

第

浏览器提醒您：  
使用本复制品  
请尊重相关知识产权！

21

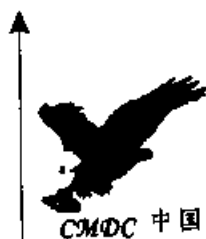
篇

## 轴及轴毂联接

主 编 卜 炎

编 写 王有起

审 稿 董 刚



中国机械工程学会  
中国机械设计大典编委会

超星浏览器提醒您：  
使用本复制品  
请尊重相关知识产权！

# 第 1 章 轴

超星阅读器提醒您：  
使用本复制品  
请尊重相关知识产权！

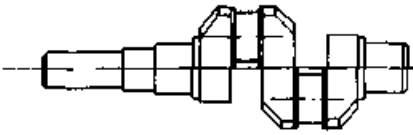
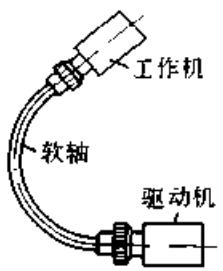
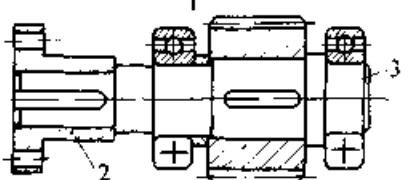
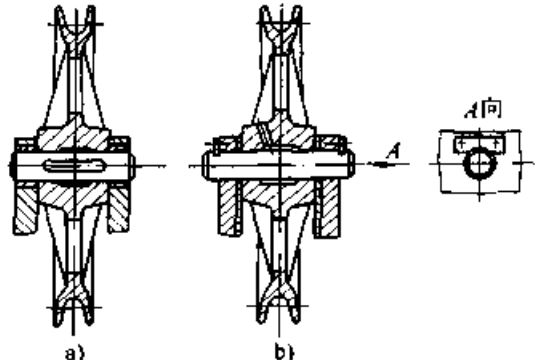
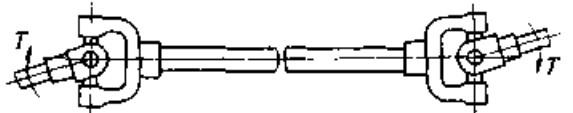
## 1 轴的分类

根据轴和轴线的形状不同，将轴分为直轴、曲轴和软轴三类。

根据轴的受力特征将直轴分为转轴、心轴和传动轴。

各种轴的分类、结构和特点见表 21.1-1。

表 21.1-1 轴的分类及特点

分 类	结构简图	特 点
曲 轴		用于旋转运动与往复直线运动的转换，如活塞式发动机、冲床、剪床等
软 轴		工作时可自由改变轴线的形态和工作机与驱动器之间距离，具有缓冲、吸振性能，但只能传递转矩。常用于混凝土震动器、清理与清淤设备等
直 轴	 1—滚动轴承 2—半联轴器 3—转轴	同时受弯矩及转矩，机械传动中的轴大多数为转轴，如齿轮轴、蜗杆轴及安装齿轮的轴等
	 a) 转动心轴 b) 固定心轴	只受弯矩，不受转矩或转矩较小，如滑轮轴、火车车箱的车轮轴等
		主要受转矩，不受弯矩或弯矩较小，如汽车传动轴

## 2 轴的毛坯与材料

根据轴的用途、重要程度和加工情况的不同,常用轧材圆棒料或锻件作轴的毛坯。阶梯轴、曲轴和重要的轴常用锻件毛坯,光轴和不太重要的轴常用轧材圆棒料毛坯。软轴则由专门化工厂用钢丝、钢带等缠制而成。

机器中大多数轴既受弯矩又受转矩,且多在循环变应力条件下工作。因此,轴的材料应具有

必要的强度和韧性。当采用滑动轴承时,轴颈需具有耐磨性。

一般工作条件下的轴广泛用碳素钢制造,尤以用 45 钢为多。碳素钢较合金钢价廉且对应力集中不太敏感。在高温、低温、腐蚀或重载条件下工作的轴宜用合金钢制造。用热处理的方法可以提高材料的强度、韧性和耐磨性。必要时可采用喷丸、滚压等表面强化处理方法提高轴的疲劳强度。轴的常用材料见表 21.1-2。

表 21.1-2 轴的常用材料及其主要力学性能

材料牌号	热处理	毛坯直径/ mm	硬 度 (HBS)	抗拉强度 $\sigma_b$ / MPa	屈服点 $\sigma_s$ / MPa	弯曲疲 劳极限 $\sigma_{-1}$ /MPa	扭转疲 劳极限 $\tau_{-1}$ /MPa	备 注
Q235		>16~40		418	225	174	100	用于不重要或受力较小的轴
Q275		>16~40		550	265	220	127	
20	正火	25	$\leq 156$	420	250	180	100	用于载荷不大要求韧性好的轴
	正火 回火	$\leq 100$	103~156	400	220	165	95	
		>100~300		380	200	155	90	
		>300~500		370	190	150	85	
	>500~700		360	180	145	80		
35	正火	25	$\leq 187$	540	320	230	130	应用最广泛
	正火 回火	$\leq 100$	149~187	520	270	210	120	
		>100~300		500	260	205	115	
		>300~500	143~187	480	240	190	110	
	>500~750	460		230	185	105		
	调质	$\leq 100$	156~207	560	300	230	130	
>100~300		540		280	220	125		
45	正火	25	$\leq 241$	610	360	260	150	应用最广泛
	正火 回火	$\leq 100$	170~217	600	300	240	140	
		>100~300		580	290	235	135	
		>300~500	162~217	560	280	225	130	
	>500~750	156~217	540	270	215	125		
调质	$\leq 200$	217~255	650	360	270	155		
40Cr	调质	25		1 000	800	485	280	用于载荷较大,而无大冲击的重要轴
		$\leq 100$	241~286	750	550	350	200	
		>100~300	229~269	700	500	320	185	
		>300~500		650	450	295	170	
		>500~800	217~255	600	350	255	145	

续表 21.1-2

材料牌号	热处理	毛坯直径/ mm	硬 度 (HBS)	抗拉强度 $\sigma_b$ / MPa	屈服点 $\sigma_s$ / MPa	弯曲疲 劳极限 $\sigma_{-1}$ /MPa	扭转疲 劳极限 $\tau_{-1}$ /MPa	备 注
37SiMn2MoV	调质	25		1000	850	495	285	用于高强度、大尺寸及重载荷的轴。35SiMn、42SiMn、40MnB 的性能与之相近
		$\leq 200$	269~302	880	700	425	245	
		>200~400	241~286	830	650	395	230	
		>400~600	241~269	780	600	370	215	
38CrMoAlA	调质	30	229	1 000	850	495	285	用于要求高耐磨性、高强度且变形很小的轴
20Cr	渗碳 淬火 回火	15	表面 56~62 (HRC)	850	550	375	215	用于要求强度和韧性均较高的轴(如某些齿轮轴、蜗杆等)
		30		650	400	280	160	
		$\leq 60$		650	400	280	160	
20CrMnTi	渗碳 淬火 回火	15	表面 56~62 (HRC)	1 100	850	525	300	
1Cr13	调质	$\leq 60$	187~217	600	420	275	155	用于在腐蚀条件下工作的轴(如螺旋桨轴等)
2Cr13	调质	$\leq 100$	197~248	660	450	295	170	
1Cr18Ni9Ti	淬火	$\leq 60$	$\leq 192$	550	220	205	120	用于在高、低温及强腐蚀条件下工作的轴
		>60~100		540	200	195	115	
		>100~200		500	200	185	105	
QT450-10			160~210	450	310	160	140	用于结构形状复杂的凸轮轴及曲轴等
QT500-7			170~230	500	320	180	155	
QT600-3			190~270	600	370	215	185	
QT700-2			225~305	700	420	250	215	
QT800-2			245~335	800	480	285	245	
QT900-2			280~360	900	600	320	275	

注: 1. 表中所列疲劳极限数值, 均按下列各式计算: 钢  $\sigma_{-1} \approx 0.27(\sigma_b + \sigma_s)$ ,  $\tau_{-1} \approx 0.156(\sigma_b + \sigma_s)$ ; 球墨铸铁  $\sigma_{-1} \approx 0.36\sigma_b$ ,  $\tau_{-1} \approx 0.31\sigma_b$ 。

2. 其他性能, 一般可取  $\tau_0 \approx (0.55 \sim 0.62)\sigma_s$ ,  $\sigma_0 \approx 1.4\sigma_{-1}$ ,  $\tau_0 \approx 1.5\tau_{-1}$ 。

### 3 直轴

#### 3.1 轴的结构设计

轴的结构决定于载荷情况, 传动布置方案, 轴上零件的布局 and 定位、固定方式, 轴承的类型和尺寸, 轴的毛坯, 制造和装配工艺等条件。轴的结构应使轴受力合理, 轴上零件定位可靠, 装拆方便,

尽量减少应力集中, 并具有良好的工艺性。对于刚度要求高的轴, 要从结构上采取减少变形的措施。

轴的结构设计包括定出轴的合理外形和各轴段结构尺寸, 局部结构等。各轴段直径、长度和局部结构, 既要满足承载能力要求, 又要符合标准零部件及标准尺寸的规范。

##### 3.1.1 各轴段名称

轴段名称及功能见图 21.1-1。

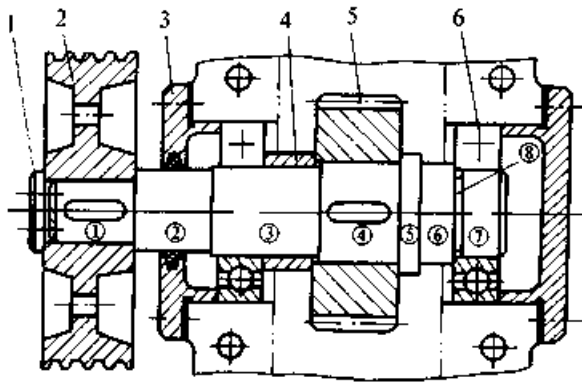


图 21.1-1 轴的结构  
 ①④—轴头 ③⑦—轴颈 ②—轴肩  
 ⑤—轴环 ⑥⑧—轴身  
 1—轴端挡圈 2—带轮 3—轴承盖  
 4—套筒 5—齿轮 6—滚动轴承

输入端与输出端的轴头，称为轴伸，为了便于机器间的连接，对轴伸制定了国家标准。轴伸分圆柱形和圆锥形两种，每种又有长、短两个系

列。GB/T1569—1990 对一般圆柱形轴伸作了规定，GB/T756—1990 对旋转电机轴伸作了规定，GB/T1570—1990 对一般圆锥形轴伸作了规定，GB/T757—1993 对旋转电机圆锥形轴伸作了规定。

圆柱形轴伸直径的公差带  $d \leq 30 \text{ mm}$  时为  $j6$ ， $30 < d \leq 50 \text{ mm}$  时为  $k6$ ， $d > 50 \text{ mm}$  时为  $m6$ 。圆锥形轴伸，基本直径  $d$  的公差选用  $IT8$ 。圆锥角公差选用  $AT6$ 。

3.1.2 零件在轴上的定位与固定

常用轴向定位与固定方法有：轴肩与轴环、圆螺母，圆锥面，弹性挡圈，轴端挡圈，锁定挡圈，套筒，轴端挡板等，见表 21.1-3。

常用周向定位与固定方法有：键，花键，过盈配合，胀套，非圆成形面等，见表 21.1-4。

可以同时起轴向和周向定位与固定作用的有紧定螺钉与销，见表 21.1-5。

在以上定位方法中，过盈配合、胀套等可兼作轴向和周向固定用。

表 21.1-3 轴上零件的轴向定位与固定

定位与固定方法	简 图	特点与应用
轴肩、轴环		结构简单、可靠，能承受较大的轴向力。一般取 $a = 0.07d + (1 \sim 2) \text{ mm}$ ， $b \geq 1.4a$ ， $r < c$ ， $r < R$ ， $a > c$ ， $r$ 、 $c$ 、 $R$ 值见表 21.1-6 及表 21.1-7，安装滚动轴承的轴肩其 $a$ 值由滚动轴承安装要求确定
圆螺母		固定可靠，能承受较大的轴向力。需要防松措施，如图中的双螺母、止动垫圈。圆螺母、止动垫圈的结构尺寸见 GB/T810、GB/T812 及 GB/T858。结构较复杂。螺纹位于承载轴段时，会削弱轴的疲劳强度
圆锥面		轴和轮毂间无径向间隙，装拆较方便，能承受冲击载荷，多用于轴端零件的定位与固定。锥面加工较麻烦。同轴度高但轴向定位不准确。高速轻载及同轴度要求高时可以用不用键，圆锥形轴伸的结构尺寸见 GB/T1570
弹性挡圈		结构简单、紧凑，只能承受较小的轴向力，可靠性差。挡圈位于承载轴段时，轴的强度削弱较严重。轴用弹性挡圈及轴槽的结构尺寸见 GB/T894.1、GB/T894.2

续表 21.1-3

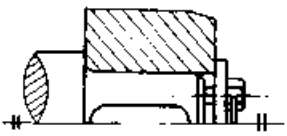
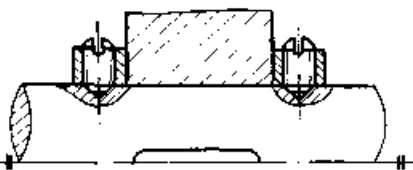
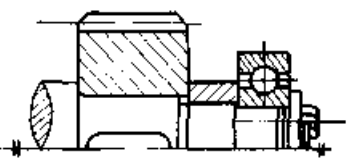
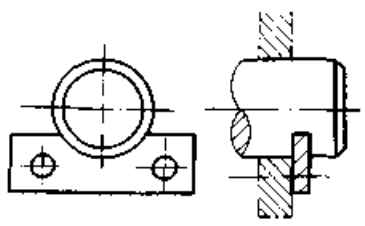
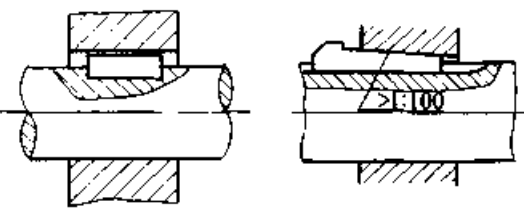
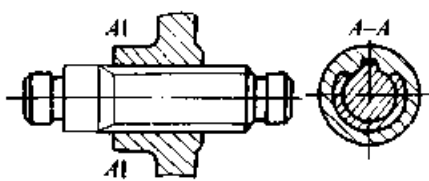
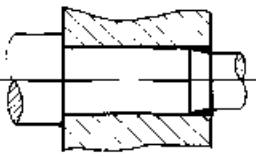
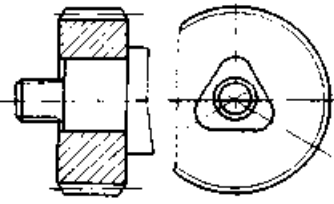
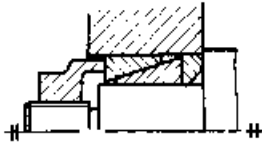
定位与固定方法	简 图	特点与应用
轴端挡圈		适于轴端零件的定位和固定。可承受剧烈的振动和冲击载荷，需采取防松措施，如图中的防松结构。轴端挡圈的结构尺寸见 GB/T891 及 GB/T892
锁紧挡圈		结构简单，不能承受大的轴向力。有冲击、振动的场合，应采取防松措施。锁紧挡圈的结构尺寸见 GB/T883、GB/T884、GB/T885
套 筒		结构简单、可靠。适于轴上两零件间的定位和固定，轴上不需开槽、钻孔。可将零件的轴向力不经轴而直接传到轴承上
轴端挡板		适于心轴的轴端定位和固定，只能承受小的轴向力

表 21.1-4 轴上零件的周向定位与固定

定位与固定方法	简 图	特点与应用
键		平键对中性好，可用于较高精度、高转速及冲击或变载荷作用的场合。楔键不适于要求严格对中、有冲击载荷及高速回转的场合，但能承受单向轴向力
花键		承载能力高，对中性和导向性好，但制造困难、成本高
过盈配合		结构简单，对中性好，承载能力高，同时起轴向固定作用，不适于经常拆卸的场合。常与平键联合使用，以承受大的循环、振动和冲击载荷

定位与固定方法	简 图	特点与应用
非圆成形面		成形联接, 可承受大载荷, 对中性好, 但制造困难; 方形联接, 多用于轴端和手动机构中, 对中性差
胀套		对中性好, 压紧力可以调整, 多次拆卸仍能保持良好的配合性质, 但结构复杂

超星阅读器提醒您：  
使用本复制品  
请尊重相关知识产权！

表 21.1-5 轴上零件轴向与周向同时定位与固定

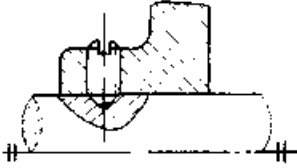
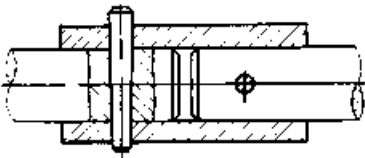
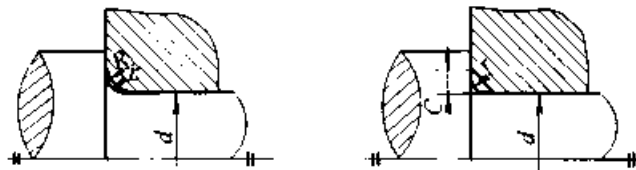
紧定螺钉		适于轴向力很小、转速很低或仅为防止偶然轴向滑动的场合。同时可起周向和轴向定位和固定的作用。锥端紧定螺钉的结构尺寸见 GB/T71
销		结构简单, 用于受力不大, 同时可起周向和轴向定位和固定作用

表 21.1-6 配合表面处圆角半径和倒角尺寸

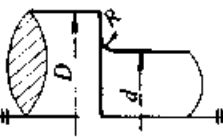
(mm)



直径 $d$	3~6	>6~10	>10~18	>18~30	>30~50	>50~80	>80~120
$r$	0.4	0.5	1	1.5	2	2.5	3
$R/c$	0.5	1	1.5	2	2.5	3	4
直径 $d$	>120~180	>180~260	>260~360	>360~500	>500~630	>630~800	>800~1 000
$r$	4	5	6	8	10	12	16
$R/c$	5	6	8	10	12	16	20

表 21.1-7 轴肩自由表面过渡圆角半径

(mm)

	$(D-d)$	2	5	8	10	15	20	25
	$R$	1	2	3	4	5	8	10
	$(D-d)$	30	40	55	70	100	140	180
	$R$	12	16	20	25	30	40	50

注:  $(D-d)$  为两组数据中间值时, 一般可按小值选取  $R$ 。



### 3.1.3 减小应力集中的结构措施

轴截面变化处（如轴肩、轴环、键槽、环槽等）会产生应力集中，往往是轴发生疲劳破坏的部位。为了减小应力集中，提高轴的疲劳强度，

轴阶梯处的过渡圆角半径不应过小，参见表 21.1-6、表 21.1-7。如圆角半径受轴向定位限制，则可采用凹切圆角、过渡肩环或减载槽结构，见图 21.1-2。

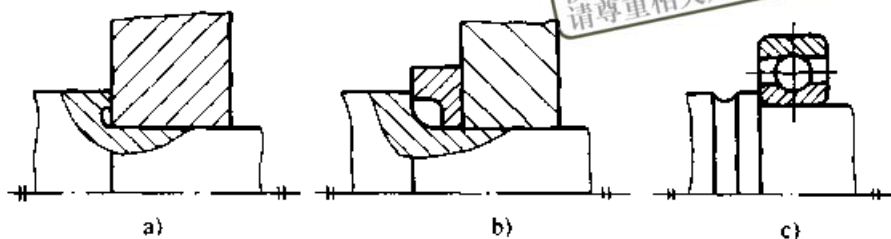


图 21.1-2 减小轴应力集中的三种结构  
a) 凹切圆角 b) 过渡肩环 c) 减载槽

渐开线花键处引起的应力集中比矩形花键的小，花键结构应保证环槽直径  $d_1$  近似等于花键的内径  $d$ ，见图 21.1-3。

轴毂过盈联接所引起的应力集中，将严重影响轴的疲劳强度。可采取以下几种措施降低应力集中。

1) 使非配合部分的轴径小于配合部分的轴径（图 21.1-4a），并以较大的圆弧过渡，通常取

$$d_1/d \geq 1.05, r \geq (0.1 \sim 0.2)d_1$$

2) 在被包容轴段上加工出卸载槽（图 21.1-4b）通常取  $d_1 = (0.92 \sim 0.95)d_1$ ，必要时卸载槽应经滚压处理，以便进一步提高疲劳强度。

3) 在被包容件的端面上加工出卸荷槽（图 21.1-4c），通常取  $a = 0.1d_1, b = 0.05d_1, c = 0.125d_1, r = 0.033d_1$ 。

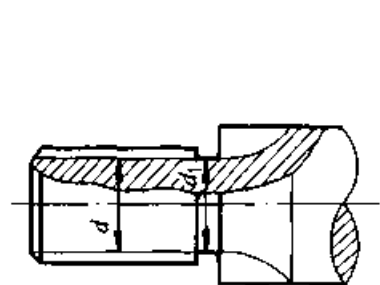


图 21.1-3 减小花键应力集中的结构

轴上不同部位的键槽应开在同一母线上，以利于加工，同时应注意不要开到圆角或过盈配合的边缘处，避免应力集中过大。

当必须在轴上开横孔时，应将孔端倒角，并合理减小孔的表面粗糙度数值。螺纹、孔、退刀槽或其他环槽应设计在强度有较大裕量的部位。

## 3.2 轴的强度计算

轴的强度计算通常有三种方法：转矩法、当量弯矩法、安全因数校核法。

### 3.2.1 轴的力学计算简图

非过盈配合集中力简化见图 21.1-5a、过盈配合集中力简化见图 21.1-5b。

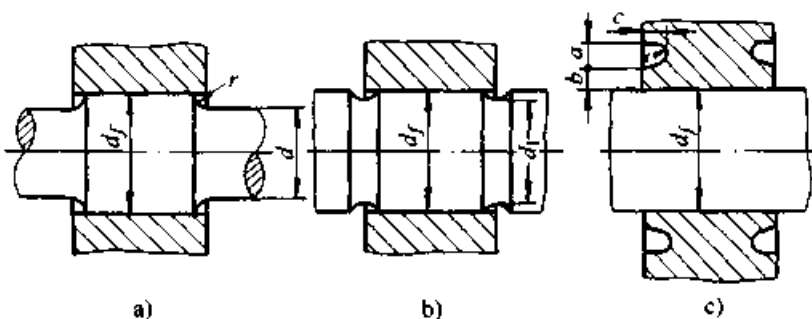


图 21.1-4 过盈联接的轴结构

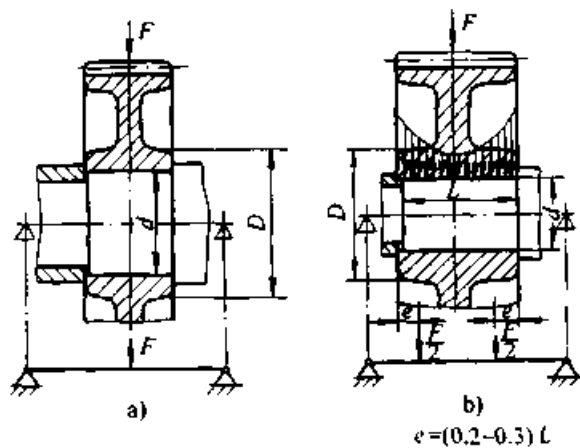


图 21.1-5 轴的载荷简化

轴的支点简化见图 21.1-6。

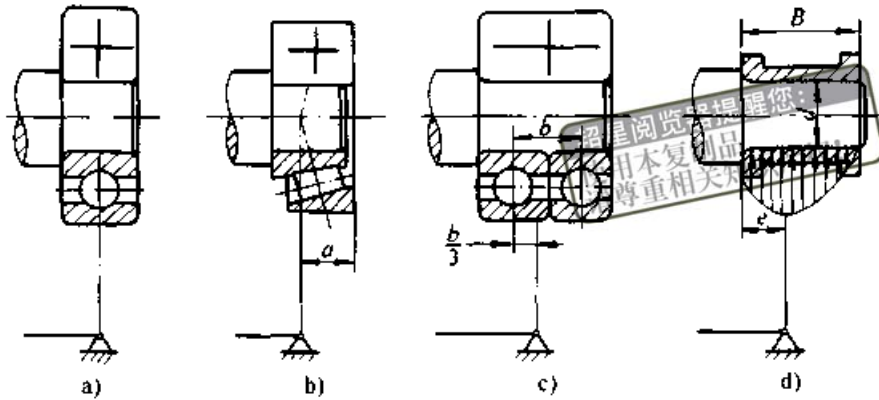


图 21.1-6 轴的支点简化

$B/d < 1, e = 0.5B$ ;  $B/d > 1, e = 0.5d$ , 但  $e \geq (0.25 \sim 0.35)B$ ; 调心轴承  $e = 0.5B$

### 3.2.2 转矩法

对于仅承受转矩或主要承受转矩的传动轴，可直接用此法计算。对承受弯矩、转矩复合作用的轴，常用此法作轴径估算。轴的强度条件为

$$\tau_T = \frac{T}{W_T} = \frac{P}{W_T n} \leq \tau_{Tp} \quad (21.1-1)$$

- 式中  $\tau_T$  —— 扭应力；  
 $T$  —— 转矩；  
 $W_T$  —— 轴的抗扭截面系数，见表 21.1-10；  
 $P$  —— 轴传递的功率；  
 $n$  —— 轴的转速；  
 $\tau_{Tp}$  —— 许用扭应力，见表 21.1-8。

对于常用的光轴，代入  $W_T \approx 0.2d^3(1-\gamma^4)$ ，可将式 (21.1-1) 转变为轴直径的设计式

$$d \geq C \sqrt[3]{\frac{P}{n}} \sqrt[3]{\frac{1}{1-\gamma^4}} \quad (21.1-2)$$

- 式中  $d$  —— 轴的外直径；  
 $C$  —— 与轴的材料及相应的  $\tau_{Tp}$  值有关的系数；  
 $\gamma$  —— 空心轴的内直径与外直径之比。

若功率  $P$  用 kW 作单位、转速  $n$  用 r/min 作单位，得到的轴径  $d$  的单位为 mm，则系数  $C$  值可由表 21.1-8 确定。当弯矩相对转矩很小或只受转矩时， $C$  取较小值 ( $\tau_{Tp}$  取较大值)，否则反之。对于采用 Q235 或 35SiMn 钢为材料的轴， $C$  取较大值 ( $\tau_{Tp}$  取较小值)。

当轴截面有一个键槽时，需将轴径加大 3%；同一截面有两个键槽时，需将轴径加大 7%，并将计算结果按 GB/T 2822 圆整为标准值。

表 21.1-8 几种常用轴材料的  $\tau_{Tp}$  及  $C$  值

轴材料	Q235、20	35	45	40Cr、35SiMn 38SiMnMo、2Cr13
$\tau_{Tp}/\text{MPa}$	12~20	20~30	30~40	40~50
$C$	160~135	135~118	118~106	106~98

### 3.2.3 当量弯矩法

通常，转轴在完成结构设计之后，用弯矩、转矩合成当量弯矩法，按复合强度条件，对轴进行强度校核计算。具体计算方法和步骤如下：

- 1) 作出轴的力学计算简图，如图 21.1-7b。
- 2) 作出垂直面和水平面受力图，如图 21.1-7c、并求出垂直面和水平面支反力的大小

和方向。

3) 作出垂直面上的弯矩 ( $M_V$ ) 图和水平面上的弯矩 ( $M_H$ ) 图，如图 21.1-7d。

4) 用式  $M = \sqrt{M_V^2 + M_H^2}$  求出  $M$ ，并作出合成弯矩 ( $M$ ) 图，如图 21.1-7e。

5) 作出转矩 ( $T$ ) 图，如图 21.1-7f。

6) 用式  $M_e = \sqrt{M^2 + (\alpha T)^2}$  求出  $M_e$ ，作出

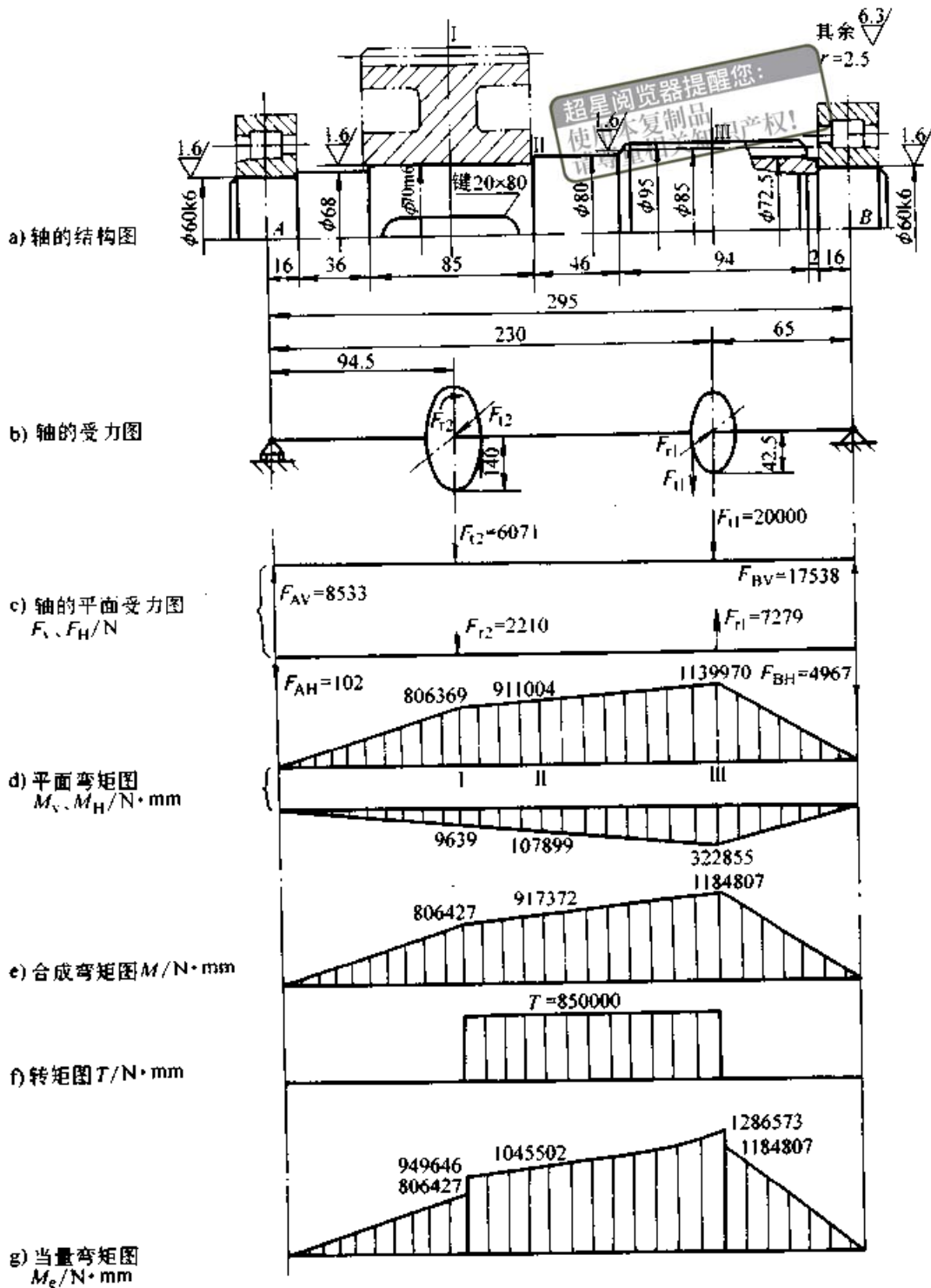


图 21.1-7 轴的计算简图

当量弯矩 ( $M_e$ ) 图, 如图 21.1-7g。

上式中  $\alpha$  是由转矩性质决定的应力校正因子。通常对定转矩, 取  $\alpha = \frac{\sigma_{-1bp}}{\sigma_{+1bp}}$ ; 对于 (启停频繁的轴) 脉动循环转矩, 取  $\alpha = \frac{\sigma_{-1bp}}{\sigma_{0bp}}$ ; 对于 (频繁正反转工作的轴) 对称循环转矩, 取  $\alpha =$

$\frac{\sigma_{-1bp}}{\sigma_{-1bp}} = 1$ 。  $\sigma_{+1bp}$ 、 $\sigma_{0bp}$  和  $\sigma_{-1bp}$  分别为材料在静、脉动循环和对称循环应力状态下的许用弯曲应力, 其数值由表 21.1-9 选取。

7) 计算结果应满足下列强度条件:

$$\sigma_e = \frac{M_e}{W} \leq \sigma_{-1bp} \quad (21.1-3)$$

式中  $\sigma_e$  ——当量弯矩产生的弯曲应力；

$M_e$  ——当量弯矩；

$W$  ——轴的抗弯截面系数，见表 21.1-10。

对于常用的光轴，上式可写为

$$d \geq \sqrt[3]{\frac{M_e}{0.1\sigma_{-1b_p}}} \sqrt[3]{\frac{1}{1-\gamma^4}} \quad (21.1-4)$$

式中  $d$  为轴的外径； $\gamma = d_1/d$ 。

当轴上有键槽时，可适当增加轴径，增加的量同转矩法。

表 21.1-9 轴的许用弯曲应力 (MPa)

材 料	$\sigma_b$	$\sigma_{-1b_p}$	$\sigma_{0b_p}$	$\sigma_{-1b_p}$
碳素钢	400	130	70	40
	500	170	75	45
	600	200	95	55
	700	230	110	65
合金钢	800	270	130	75
	1 000	330	150	90
铸钢	400	100	50	30
	500	120	70	40

### 3.2.4 安全因数校核法

当量弯矩法适用于一般转轴的强度计算，是偏于安全的。对于大批量生产或很重要的轴，则需要用安全因数校核法对轴的安全性进行精确的评定，即对轴的危险截面作出安全性判断。

#### (1) 轴的疲劳强度校核

根据轴上作用的循环应力，计算轴危险截面处的疲劳强度安全因数。用前述方法，作出轴的弯矩图和转矩图，将这两项循环应力分解成平均应力  $\sigma_m$  和  $\tau_m$ ，应力幅  $\sigma_a$  和  $\tau_a$ ，然后分别求出弯矩作用下的安全因数  $S_\sigma$  和转矩作用下的安全因数  $S_\tau$ ，以及综合安全因数  $S$ 。

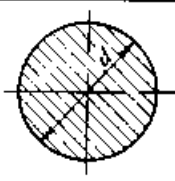
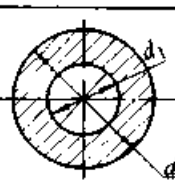
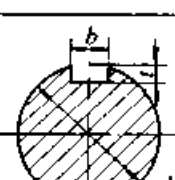
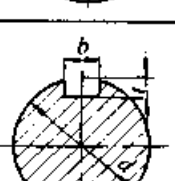
$$S_\sigma = \frac{K_N \sigma_{-1}}{\frac{K_\sigma}{\beta_\sigma} \sigma_a + \Psi_\sigma \sigma_m} \quad (21.1-5)$$

$$S_\tau = \frac{K_N \tau_{-1}}{\frac{K_\tau}{\beta_\tau} \tau_a + \Psi_\tau \tau_m} \quad (21.1-6)$$

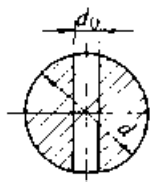
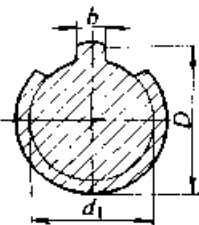
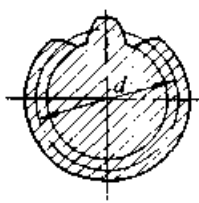
$$S = \frac{S_\sigma S_\tau}{\sqrt{S_\sigma^2 + S_\tau^2}} \geq S_p \quad (21.1-7)$$

上式中各参数的意义见表 21.1-11。

表 21.1-10 抗弯、抗扭截面系数  $W$ 、 $W_T$  计算公式

截 面	$W$	$W_T$
	$\frac{\pi d^3}{32} \approx 0.1d^3$	$\frac{\pi d^3}{16} \approx 0.2d^3$
	$\frac{\pi d^3}{32} (1-\gamma^4) \approx 0.1d^3 (1-\gamma^4)$ $\gamma = d_1/d$	$\frac{\pi d^3}{16} (1-\gamma^4) \approx 0.2d^3 (1-\gamma^4)$ $\gamma = d_1/d$
	$\frac{\pi d^3}{32} - \frac{bt(d-t)^2}{2d}$	$\frac{\pi d^3}{16} - \frac{bt(d-t)^2}{2d}$
	$\frac{\pi d^3}{32} - \frac{bt(d-t)^2}{d}$	$\frac{\pi d^3}{16} - \frac{bt(d-t)^2}{d}$

续表 21.1-10

截 面	W	W <sub>l</sub>
	$\frac{\pi d^3}{32} \left(1 - 1.54 \frac{d_0}{d}\right)$	
	$\frac{\pi d_1^3 + bz (D - d_1) (D + d_1)^2}{32D}$ (z—花键齿数)	$\frac{\pi d_1^3 + bz (D - d_1) (D + d_1)^2}{16D}$ (z—花键齿数)
	$\approx \frac{\pi d^3}{32} \approx 0.1 d^3$	$\approx \frac{\pi d^3}{16} \approx 0.2 d^3$

超星浏览器提醒您：  
使用163(163.com)  
请尊重相关知识产权!

表 21.1-11 疲劳强度校核式各参数的意义及选用

代 号	名 称	说 明			
$\sigma_{-1}$	对称循环下的弯曲疲劳极限	见表 21.1-2			
$\tau_{-1}$	对称循环下的扭转疲劳极限				
$S_p$	用于疲劳强度的许用安全因数		材 质	载荷计算	$S_p$
		1	均 匀	精 确	1.3~1.5
		2	不够均匀	不够精确	1.5~1.8
		3	均匀性较差	精确性较差	1.8~2.5
$K_N$	寿命因数	$K_N = \sqrt[m]{\frac{N_0}{N}} \quad N > N_0 \text{ 取 } N = N_0$ <p><math>m</math>——寿命指数，其值与受载方式及材质有关。钢试件在拉、压、弯曲及扭应力下，取 <math>m=9</math></p> <p><math>N_0</math>——循环基数，其值与材质有关。对硬度小于 350HBS 的钢，<math>N_0=10^7</math>；对于硬度大于 350HBS 的钢、铸铁等通常取 <math>N_0=25 \times 10^7</math></p>			
$K_\sigma$	弯曲时疲劳缺口因数	见图 21.1-8；图 21.1-9			
$K_\tau$	扭转时疲劳缺口因数	见图 21.1-10；图 21.1-11			
$\epsilon_\sigma$	弯曲时的尺寸因数	见图 21.1-12			
$\epsilon_\tau$	扭转时的尺寸因数				

续表 21.1-11

代号	名称	说明			
$\beta$	表面状态因数	见图 21.1-13; 表 21.1-13。在疲劳强度计算中, 零件如在腐蚀介质中工作, 取 $\beta = \beta_2$ ; 如经表面强化, 取 $\beta = \beta_3$ ; 否则, 取 $\beta = \beta_1$			
$\Psi_\sigma$	弯曲等效因数	碳钢	0.1~0.2	合金钢	0.2~0.3
$\Psi_\tau$	扭转等效因数	碳钢	0.05~0.1	合金钢	0.1~0.15
$K_\sigma/\epsilon_\sigma$		见图 21.1-14			
$K_\tau/\epsilon_\tau$		见图 21.1-15			

(2) 轴的静强度校核

和扭应力;

静强度校核的目的在于检验轴抵抗塑性变形的能力。轴的静强度, 是根据轴的短时最大载荷(包括冲击载荷)即峰值载荷计算的。强度校核条件为

$\sigma_s$  和  $\tau_s$  ——材料的正应力和切应力屈服点;

$S_{s,p}$  ——用于静强度的许用安全因数, 见表 21.1-12。

$$S_{s,\sigma} = \frac{\sigma_s}{\sigma_{\max}} \quad (21.1-8)$$

$$S_{s,\tau} = \frac{\tau_s}{\tau_{\max}} \quad (21.1-9)$$

$$S_s = \frac{S_{s,\sigma} S_{s,\tau}}{\sqrt{S_{s,\sigma}^2 + S_{s,\tau}^2}} \geq S_{s,p} \quad (21.1-10)$$

式中  $\sigma_{\max}$  和  $\tau_{\max}$  ——峰值载荷产生的弯曲应力

和扭应力;  
 例 21.1-1 按当量弯矩法和安全因数校核法, 校核图 21.1-7a 所示的减速器中间轴的强度。已知条件: 轴的转矩  $T = 850 \text{ N}\cdot\text{m}$ , 齿轮 1 的分度圆直径  $d_1 = 85 \text{ mm}$ , 齿轮 2 的分度圆直径  $d_2 = 280 \text{ mm}$ , 标准安装, 轴的材料为 45 钢调质处理, 寿命因数  $K_N = 1$ 。其他尺寸见图 21.1-7a。

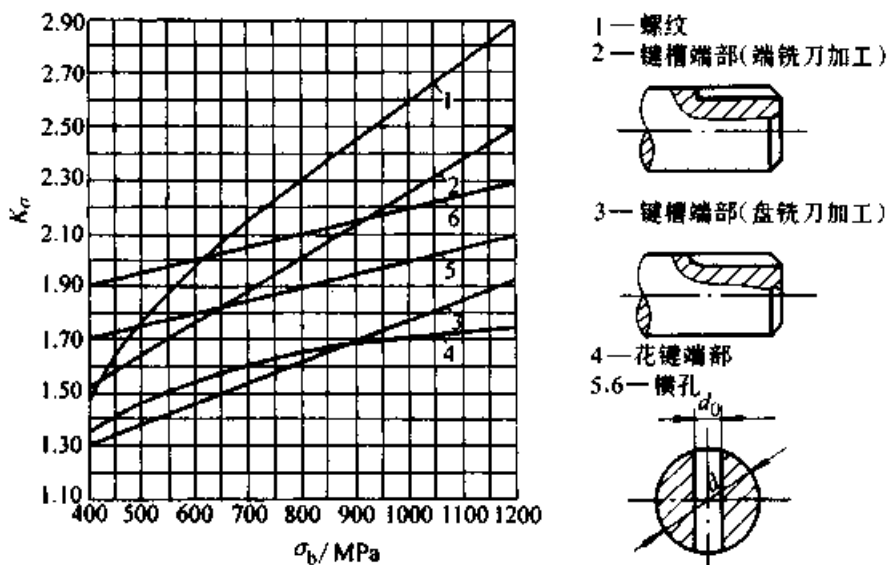
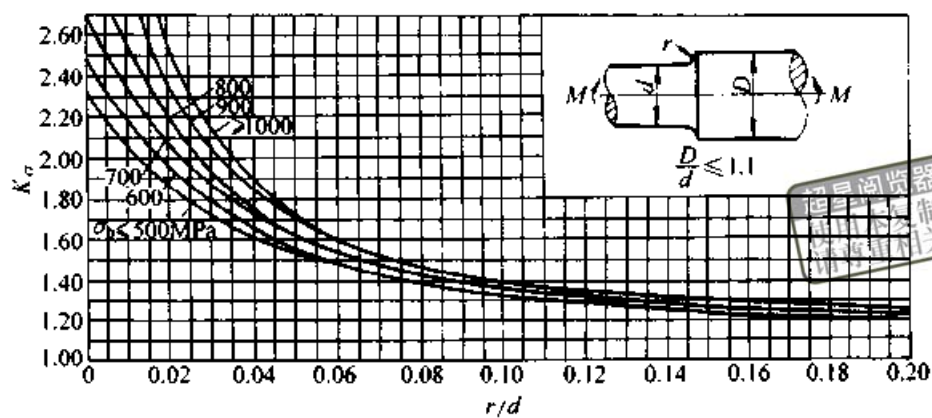
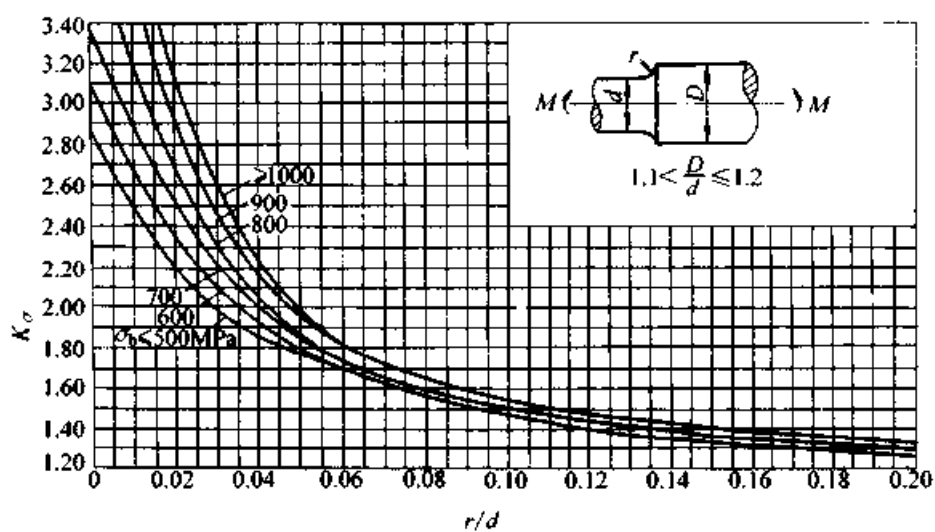


图 21.1-8 弯曲时, 螺纹、键槽、横孔的疲劳缺口因数  $K_\sigma$

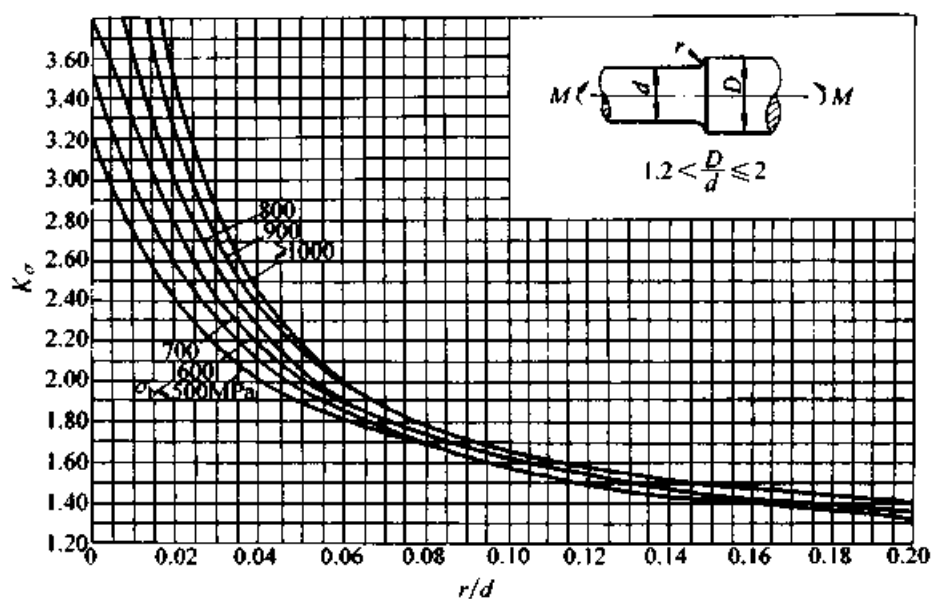
1—螺纹 2—键槽端部(端铣刀加工) 3—键槽端部(盘铣刀加工) 4—花键端部  
 5—横孔 ( $d_0/d = 0.15 \sim 0.25$ ) 6—横孔 ( $d_0/d = 0.05 \sim 0.15$ )



a)



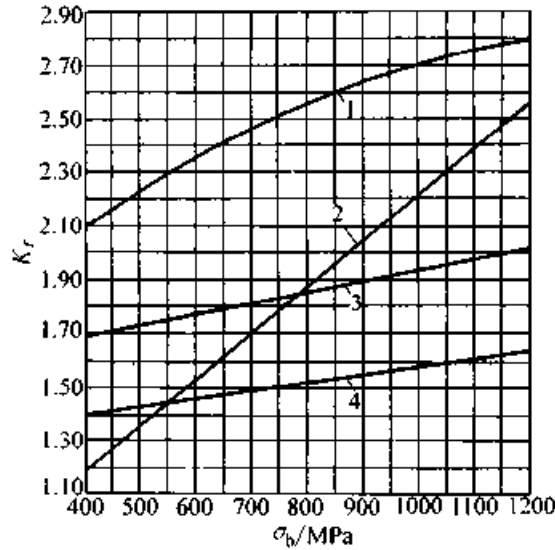
b)



c)

图 21.1-9 弯曲时圆角的疲劳缺口因数  $K_\sigma$

浏览器提醒您：  
制品  
相关知识产权！



超星阅读器提醒您：  
使用本复制品  
请尊重相关知识产权！

图 21.1-10 扭转时，键槽、横孔的疲劳缺口因数  $K_r$  (螺纹的  $K_r = 1$ )

1—矩形花键 2—键槽 3—横孔 ( $d_0/d = 0.15 \sim 0.25$ ) 4—渐开线花键

解：

简图、弯矩图、合成弯矩图、转矩图和当量弯矩图。

(1) 按当量弯矩法校核

1) 根据给定的轴系结构图，确定轴的受力

表 21.1-12 用于静强度计算的许用安全因数

安全因数	峰值载荷作用时间极短，其数值可精确求得时				峰值载荷很难准确计算时
	高塑性钢 $\sigma_s/\sigma_b \leq 0.6$	中等塑性钢 $\sigma_s/\sigma_b > 0.6 \sim 0.8$	低塑性钢	铸铁	
$S_{\sigma, \nu}$	1.2~1.4	1.4~1.8	1.8~2	2~3	3~4

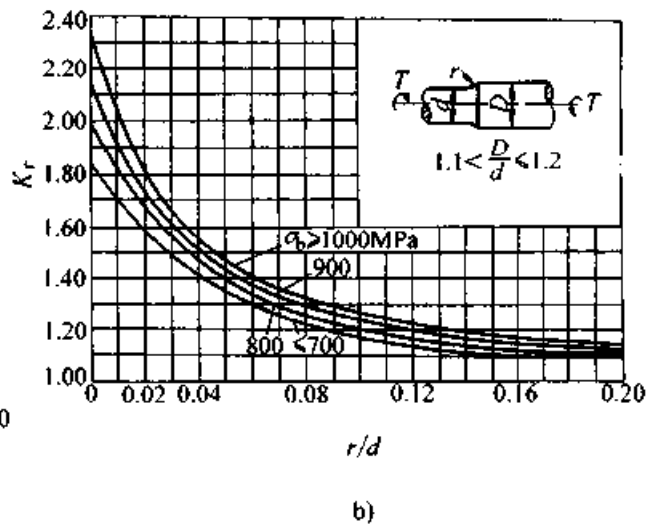
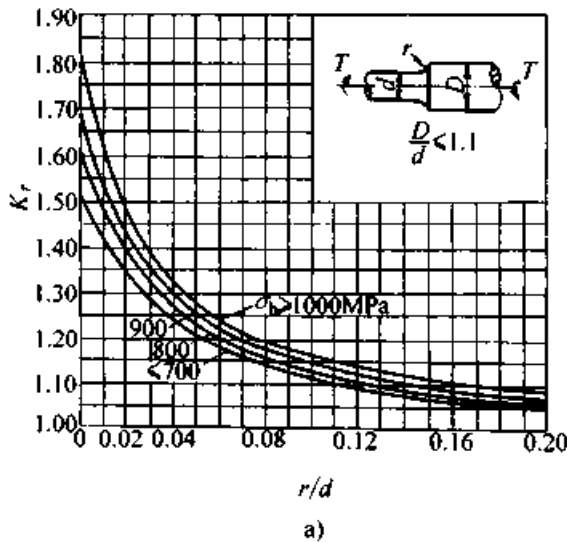
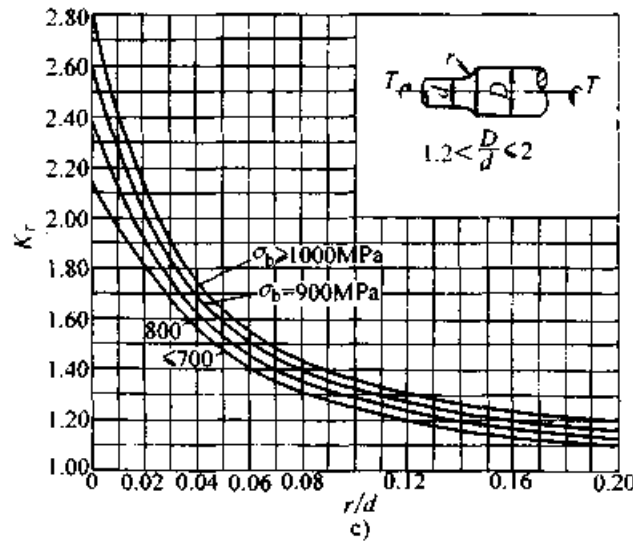


图 21.1-11 扭转时圆角的疲劳缺口因数  $K_r$





超星浏览器提醒您：  
使用本复制品  
请尊重相关知识产权！

续图 21.1-11

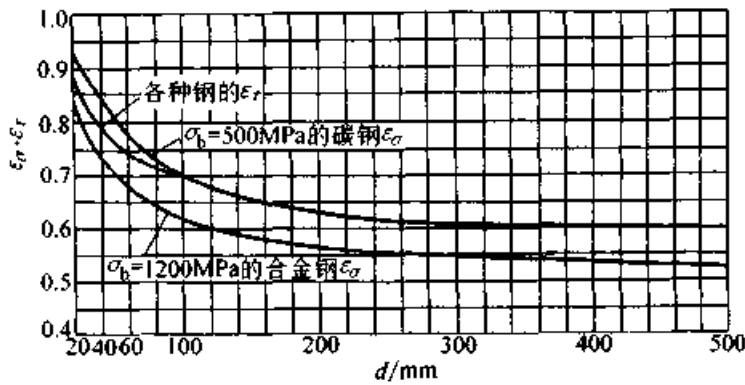


图 21.1-12 尺寸因数

- ①轴的受力简图 (图 21.1-7b)
- ②求作用在轴上的力 (图 21.1-7c)
- ③作出弯矩图、合成弯矩图 (图 21.1-7d、e)
- ④作出转矩图 (图 21.1-7f)  
 $T = 850\,000 \text{ N}\cdot\text{mm}$
- ⑤确定许用应力

已知轴材料为 45 钢，调质处理，由表 21.1-2 查得  $\sigma_b = 650 \text{ MPa}$ 。用插入法由表 21.1-9 查得  $\sigma_{obp} = 102.5 \text{ MPa}$ ， $\sigma_{-1bp} = 60 \text{ MPa}$ 。 $\alpha = \frac{\sigma_{-1bp}}{\sigma_{obp}} = \frac{60}{102.5} = 0.59$ 。

⑤作出当量弯矩图 (图 21.1-7g)，并确定可能的危险截面为 I、II 和 III (图 21.1-7a)

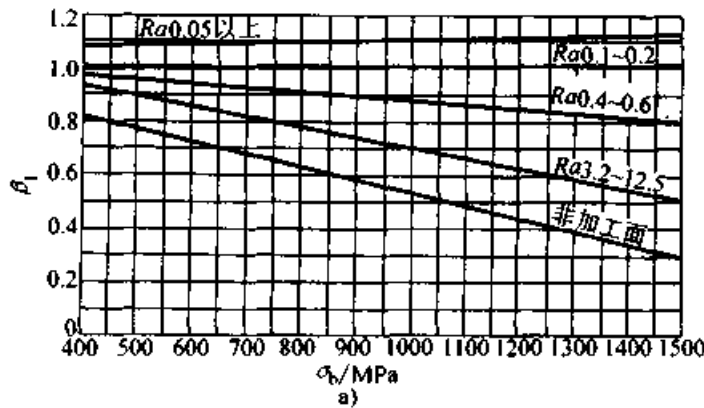
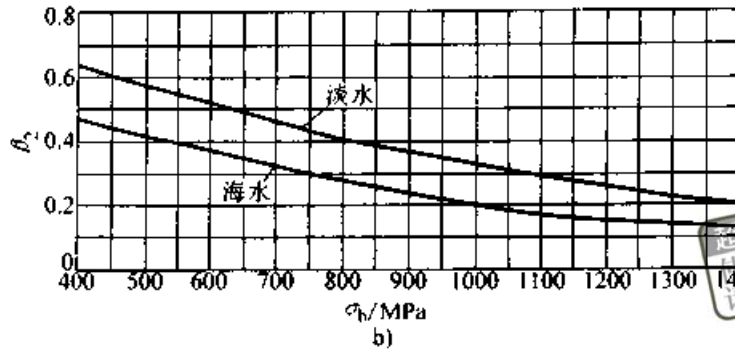


图 21.1-13 表面状态因数  $\beta$

a) 各种表面粗糙度的  $\beta_1$  b) 腐蚀环境下的  $\beta_2$



星浏览器提醒您：  
 禁止用本复制品  
 请尊重相关知识产权！

续图 21.1-13

表 21.1-13 各种强化处理的表面状态系数  $\beta_s$

强化方法	心部强度 $\sigma_b$ /MPa	$\beta_s$		
		光试件	$K_s \leq 1.5$	$K_s \geq 1.8-2$
高频感应加热淬火	600~800	1.5~1.7	1.4~1.5	2.1~2.4
	800~1000	1.3~1.5		
渗氮	900~1200	1.1~1.25	1.5~1.7	1.7~2.1
渗碳	400~600	1.8~2.0	3	3.5
	700~800	1.4~1.5	2.3	2.7
	1000~1200	1.2~1.3	2	2.3
喷丸强化	600~1500	1.1~1.25	1.5~1.6	1.7~2.1
滚压强化	600~1500	1.1~1.3	1.3~1.5	1.6~2.0

- 注：1. 高频感应加热淬火系根据直径为 10~20 mm，有效淬硬厚度为  $(0.05 \sim 0.2)d$  的试件实验求得的数据。对大尺寸试件， $\beta_s$  值会有所降低。  
 2. 渗氮层厚度为  $0.01d$  时用小值，在  $(0.03 \sim 0.04)d$  时用大值。  
 3. 喷丸强化是根据厚度 8~40 mm 的试件获得的数据。喷丸速度低时用小值，速度高时用大值。  
 4. 滚压是根据直径 17~130 mm 的试件测定的。

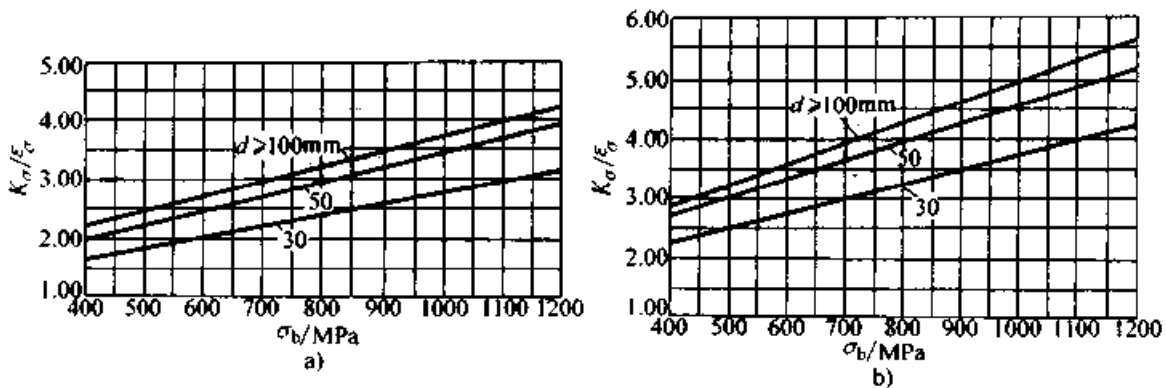


图 21.1-14 弯曲时，轴上配合件边缘疲劳缺口因数与尺寸因数之比值  
 (滚动轴承轴颈配合处，一般按 H7/r6 选取  $K_s/\epsilon_s$ )

a) H7/k6 b) H7/r6 配合

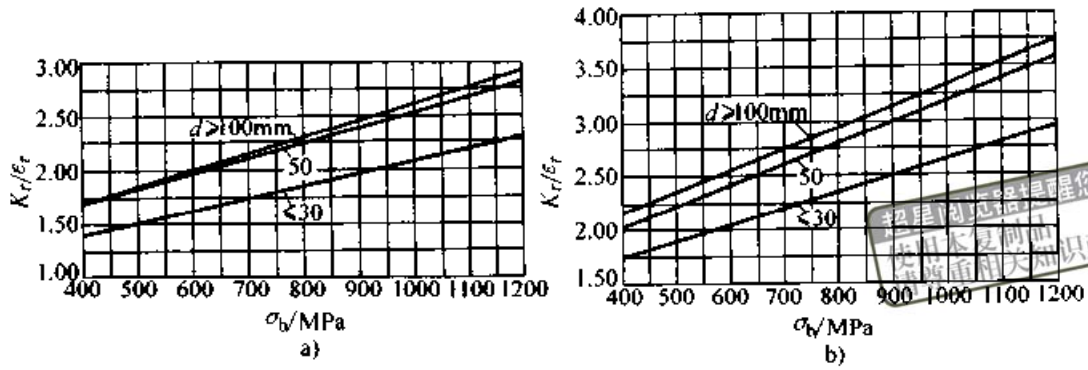


图 21.1-15 扭转时，轴上配合件边缘疲劳缺口因数与尺寸因数之比值  
(滚动轴承轴颈配合处，一般按 H7/r6 选取  $K_t/\epsilon_r$ )  
a) H7/k6 b) H7/r6 配合

	垂 直 面 ( $F_V$ )	水 平 面 ( $F_H$ )
齿轮 1	$F_{t1} = \frac{2T}{d_1} = \frac{2 \times 850 \times 1\,000}{85} \text{ N} = 20\,000 \text{ N}$	$F_{r1} = F_{t1} \tan 20^\circ = 7\,279 \text{ N}$
齿轮 2	$F_{t2} = \frac{2T}{d_2} = \frac{2 \times 850 \times 1\,000}{280} \text{ N} = 6\,071 \text{ N}$	$F_{r2} = F_{t2} \tan 20^\circ = 2\,210 \text{ N}$
轴承反力	$F_{BV} = \frac{F_{t1} \times 230 + F_{t2} \times 94.5}{295}$ $= \frac{20\,000 \times 230 + 6\,071 \times 94.5}{295}$ $= 17\,538 \text{ N}$	$F_{BH} = \frac{F_{r1} \times 230 + F_{r2} \times 94.5}{295}$ $= \frac{7\,279 \times 230 + 2\,210 \times 94.5}{295}$ $= 4\,967 \text{ N}$
	$F_{AV} = F_{t1} + F_{t2} - F_{BV} = 8\,533 \text{ N}$	$F_{AH} = F_{r1} - F_{r2} - F_{BH} = 102 \text{ N}$
I 截面	$M_{V1} = F_{AV} \times 94.5 = 806\,369 \text{ N}\cdot\text{mm}$	$M_{H1} = -F_{AH} \times 94.5 = -9\,639 \text{ N}\cdot\text{mm}$
	合 成 弯 矩	
	$M_I = \sqrt{M_{V1}^2 + M_{H1}^2} = \sqrt{(806\,369)^2 + (-9\,639)^2} \text{ N}\cdot\text{mm} = 806\,427 \text{ N}\cdot\text{mm}$	
II 截面	$M_{V2} = F_{AV} \times (94.5 + 42.5) - F_{t2} \times 42.5$ $= 911\,004 \text{ N}\cdot\text{mm}$	$M_{H2} = -F_{AH} \times (94.5 + 42.5) - F_{r2} \times 42.5$ $= -107\,899 \text{ N}\cdot\text{mm}$
	合 成 弯 矩	
	$M_{II} = \sqrt{M_{V2}^2 + M_{H2}^2} = \sqrt{(911\,004)^2 + (-107\,899)^2} \text{ N}\cdot\text{mm} = 917\,372 \text{ N}\cdot\text{mm}$	
III 截面	$M_{V3} = F_{BV} \times 65 = 1\,139\,970 \text{ N}\cdot\text{mm}$	$M_{H3} = -F_{BH} \times 65 = -322\,855 \text{ N}\cdot\text{mm}$
	合 成 弯 矩	
	$M_{III} = \sqrt{M_{V3}^2 + M_{H3}^2} = \sqrt{(1\,139\,970)^2 + (-322\,855)^2} \text{ N}\cdot\text{mm} = 1\,184\,807 \text{ N}\cdot\text{mm}$	

I 截面	$M_{eI} = \sqrt{M_1^2 + (\alpha T)^2} = \sqrt{(806\ 427)^2 + (0.59 \times 850\ 000)^2} \text{ N}\cdot\text{mm} = 949\ 646 \text{ N}\cdot\text{mm}$
II 截面	$M_{eII} = \sqrt{M_{II}^2 + (\alpha T)^2} = \sqrt{(917\ 372)^2 + (0.59 \times 850\ 000)^2} \text{ N}\cdot\text{mm} = 1\ 045\ 502 \text{ N}\cdot\text{mm}$
III 截面	$M_{eIII} = \sqrt{M_{III}^2 + (\alpha T)^2} = \sqrt{(1\ 184\ 807)^2 + (0.59 \times 850\ 000)^2} \text{ N}\cdot\text{mm} = 1\ 286\ 573 \text{ N}\cdot\text{mm}$

## 2) 校核轴径

I 截面	$d_I = \sqrt[3]{\frac{M_{eI}}{0.1\sigma_{-1bP}}} = 54.1 \text{ mm} < 70 \text{ mm}$	结 论	按当量弯矩法校核轴的强度 足够
II 截面	$d_{II} = \sqrt[3]{\frac{M_{eII}}{0.1\sigma_{-1bP}}} = 55.9 \text{ mm} < 70 \text{ mm}$		
III 截面	$d_{III} = \sqrt[3]{\frac{M_{eIII}}{0.1\sigma_{-1bP}}} = 59.9 \text{ mm} < 85 \text{ mm}$		

## (2) 按安全因数法校核

计算内容及公式	计算结果			说 明	
	I 截面	II 截面	III 截面		
转矩 $T/(N\cdot mm)$	850 000			已知	
合成弯矩 $M/(N\cdot mm)$	806 427	917 372	1 184 807	由前计算所得	
轴的直径 $d/mm$	70	70	85	已知	
抗弯截面系数 $W/mm^3$	29 488	33 674	60 292	按表 21.1-10 给出的公式计算	
抗扭截面系数 $W_T/mm^3$	63 163	67 348	120 583		
弯曲应力幅 $\sigma_a/MPa$	27.3	27.2	19.7	按对称应力循 环计算	
弯曲平均应力 $\sigma_m/MPa$	0	0	0		
扭应力幅 $\tau_a/MPa$	6.7	6.3	3.5	按脉动应力循 环计算	
平均扭应力 $\tau_m = \tau_a/MPa$	6.7	6.3	3.5		
弯曲、扭转疲劳极限/MPa	$\sigma_{-1} = 270$ $\tau_{-1} = 155$			见表 21.1-2	
弯曲和扭转等效因数 $\Psi$	$\Psi_\sigma = 0.2$ $\Psi_\tau = 0.1$			见表 21.1-11	
尺寸因数 $\epsilon$	$\epsilon_\sigma$	0.73	0.73	0.70	见图 21.1-12
	$\epsilon_\tau$	0.73	0.73	0.71	

续表

计算内容及公式	计算结果			说 明
	I 截面	II 截面	III 截面	
表面状态因数 $\beta$	0.94	0.94	0.94	见图 21.1-13
弯曲时疲劳缺口因数 $K_\sigma$	1.82(键槽)	2.02(圆角)		见图 21.1-8、 图 21.1-9
$K_\sigma/\epsilon_\sigma$	2.49(键槽)	2.77(圆角) 2.70(配合)	1.43	见图 21.1-14 m6 近似按 k6 查
扭转时疲劳缺口因数 $K_\tau$	1.61(键槽)	1.44(圆角)	1.48	见图 21.1-10、 图 21.1-11
$K_\tau/\epsilon_\tau$	2.21(键槽)	1.97(圆角) 2.05(配合)	2.08	见图 21.1-15
寿命因数 $K_N$		$K_N = 1$		已知
只考虑弯矩作用时的安全因数 $S_\sigma = \frac{K_N \sigma_{-1}}{\frac{K_\sigma}{\beta \epsilon_\sigma} \sigma_a + \Psi_\sigma \sigma_m}$	3.74	3.37	9.00	式(21.1-5)
只考虑转矩作用时的安全因数 $S_\tau = \frac{K_N \tau_{-1}}{\frac{K_\tau}{\beta \epsilon_\tau} \tau_a + \Psi_\tau \tau_m}$	9.44	10.79	19.15	式(21.1-6)
安全因数 $S = \frac{S_\sigma S_\tau}{\sqrt{S_\sigma^2 + S_\tau^2}}$	3.48	3.22	8.15	式(21.1-7)
许用安全因数 $S_p$	1.5~1.8			见表 21.1-11
校核计算结论	$S > S_p$			轴的疲劳强度 足够

0.94  
星阅浏览器提醒您：  
使用本复制品  
请尊重相关知识产权！

### 3.3 轴的刚度计算

轴的刚度不足，在工作中就会产生过大的变形，影响轴上零件的正常工作。例如，对于安装轴承的轴颈，如果弯矩产生的转角  $\theta$  过大，就会引起轴承偏载，造成过度和过度磨损；在电机中转子轴在弯矩作用下产生过大的挠度  $y$ ，会改变转子与定子间的正常间隙，影响电机的性能；发

动机的凸轮轴在转矩作用下，如果产生的扭转角  $\varphi$  过大，将改变换气阀正常启闭时间；安装齿轮的轴如果有过大的转角和扭转角，就会影响正常啮合，降低传动精度。

轴的变形有两种形式，弯曲变形和扭转变形。弯曲变形可以用挠度  $y$  和转角  $\theta$  描述，扭转变形用扭转角  $\varphi$  描述。轴的刚度计算，一般是计算轴受载时某些部位的变形量，检查是否小于

许用值, 将变形控制在允许的范围内, 即,  $y \leq y_p$ ,  $\theta \leq \theta_p$ ,  $\varphi \leq \varphi_p$ ; 对于精密传动及对刚度有较

高要求的轴, 必须进行刚度计算。机械传动中一般用途轴的变形允许值见表 21.1-14。

表 21.1-14 轴的挠度、转角和扭转角的许用值  $y_p$ 、 $\theta_p$ 、 $\varphi_p$

变形种类	应用场合	许用值	变形种类	应用场合	许用值
挠度 $y_p$ (mm)	一般用途的轴	0.000 3~0.000 5L	转角 $\theta_p$ /rad	滑动轴承	0.001
	刚度要求较高的轴	0.000 2L		深沟球轴承	0.003
	感应电动机轴	0.1Δ		调心球轴承	0.05
	安装齿轮的轴	0.01~0.03 $m_n$		圆柱滚子轴承	0.001 2
	安装蜗轮的轴	0.02~0.05 $m_t$		圆锥滚子轴承	0.000 9
	蜗杆轴	0.002 5 $d_1$		安装齿轮处	0.001~0.002
注: L——跨距 Δ——定子与转子的间隙 $d_1$ ——螺杆分度圆直径 $m_n$ ——齿轮法面模数 $m_t$ ——蜗轮端面模数			每米轴长 扭转角 $\varphi_p/[(^{\circ})/m]$	精密传动	0.25~0.50
				一般传动	0.50~1.00
				要求不高的传动	>1.00

### 3.3.1 扭转角的计算

轴受转矩  $T$  作用时其扭转角为

$$\varphi = \frac{Tl}{GI_p} \quad (21.1-11)$$

$$I_p = \frac{\pi(d^4 - d_1^4)}{32} \quad (21.1-12)$$

式 (21.1-11)、(21.1-12) 中

- $l$ ——轴受转矩作用的长度;
- $I_p$ ——轴的截面极惯性矩;
- $d$ ——轴的外直径;
- $d_1$ ——空心轴的内直径;
- $G$ ——轴材料的切变模量。

对于阶梯轴, 扭转角应按下式计算

$$\varphi = \frac{1}{G} \sum_{i=1}^n \frac{T_i l_i}{I_{pi}} \quad (21.1-13)$$

- 式中  $T_i$ ——第  $i$  轴段所受转矩;
- $l_i$ ——第  $i$  轴段转矩作用的长度;
- $I_{pi}$ ——第  $i$  轴段截面极惯性矩。

### 3.3.2 轴的弯曲变形计算

轴弯曲变形的精确计算较复杂。除受力和支承情况外, 轴上配合零件的刚度、以及轴的局部

削弱等, 对变形都有影响。通常可用材料力学中求梁的挠度或转角的公式进行计算。计算时, 对于有过盈配合的轴段, 应与轮毂当作一个整体来考虑, 即取零件轮毂的外径作为轴的直径。当轴上承受几个位于同一平面的载荷时, 可分别算出每个载荷单独作用时各截面处的挠度, 再用叠加法求出总的挠度。如果轴上载荷不在同一平面内, 则可将各载荷分解为互相垂直的两个平面分力, 分别算出这两个平面内该截面处的挠度, 然后用几何相加求合成挠度。对于阶梯轴的弯曲变形可用当量轴径法、能量法和图解法求得。

#### (1) 当量轴径法

当轴的各段轴径相差不大并只需要作近似计算时, 则可将阶梯轴转化为当量等径光轴, 然后用材料力学中的公式 (表 21.1-15) 用叠加法计算  $y$  和  $\theta$ 。当量轴径  $d_e$  可按下列式求出

$$d_e = \frac{\sum d_i l_i}{\sum l_i} \quad (21.1-14)$$

- 式中  $d_i$ ——阶梯轴第  $i$  轴段的直径;
- $l_i$ ——阶梯轴第  $i$  轴段的长度。

表 21.1-15 轴的挠度  $y$  与转角  $\theta$  的计算公式

轴受载情况简图	转角 $\theta/\text{rad}$	挠度 $y$	最大挠度 $y_{\max}$
	$\theta_A = -\frac{Fab}{6EI}(l+b)$ $\theta_B = \frac{Fab}{6EI}(l+a)$ $\theta_D = -\frac{Fb}{6EI}(l^2 - b^2 - 3a^2)$	<p>在 <math>0 \leq x \leq a</math> 段</p> $y = -\frac{Fbx}{6EI}(l^2 - x^2 - b^2)$ <p>在 <math>a \leq x \leq l</math> 段</p> $y = -\frac{Fa(l-x)}{6EI}[l^2 - a^2 - (l-x)^2]$ <p>在 F 力作用点 D</p> $y_D = -\frac{Fa^2b^2}{3EI}$	<p>设 <math>a &gt; b</math></p> <p>在 <math>x = \sqrt{\frac{l^2 - b^2}{3}}</math> 处</p> $y_{\max} = \frac{\sqrt{3}Fb}{27EI}(l^2 - b^2)^{3/2}$ <p>在 <math>x = \frac{l}{2}</math> 处</p> $y_c = -\frac{Fb}{48EI}(3l^2 - 4b^2)$
	$\theta_A = \frac{Fal}{6EI}$ $\theta_B = -\frac{Fal}{3EI}$ $\theta_D = -\frac{Fa}{6EI}(2l + 3a)$	<p>在 <math>0 \leq x \leq l</math> 段</p> $y = \frac{Fax}{6EI}(l^2 - x^2)$ <p>在 <math>l \leq x \leq (l+a)</math> 段</p> $y = -\frac{F(x-l)}{6EI}[a(3x-l) - (x-l)^2]$	<p>在 F 力作用点 D</p> $y_D = -\frac{Fa^2}{3EI}(l+a)$ <p>在 <math>x = 0.57735l</math> 处</p> $y_{\max} = \frac{Fal^2}{15.55EI}$
	$\theta_A = \frac{M}{6EI}(l^2 - 3b^2)$ $\theta_B = \frac{M}{6EI}(l^2 - 3a^2)$ $\theta_D = \frac{M}{6EI}(l^2 - 3b^2 - 3a^2)$	<p>在 <math>0 \leq x \leq a</math> 段</p> $y = \frac{Mx}{6EI}(l^2 - 3b^2 - x^2)$ <p>在 <math>a \leq x \leq l</math> 段</p> $y = -\frac{M(l-x)}{6EI}[l - 3a^2 - (l-x)^2]$	<p>设 <math>a &gt; b</math></p> <p>在 <math>x = \sqrt{\frac{l^2 - 3b^2}{3}}</math> 处</p> $y_{\max} = \frac{\sqrt{3}M}{27EI}(l^2 - 3b^2)^{3/2}$
	$\theta_A = \frac{Ml}{6EI}$ $\theta_B = -\frac{Ml}{3EI}$ $\theta_D = -\frac{M}{3EI}(l + 3a)$	<p>在 <math>0 \leq x \leq l</math> 段</p> $y = \frac{Mx}{6EI}(l^2 - x^2)$ <p>在 <math>l \leq x \leq (l+a)</math> 段</p> $y = -\frac{M}{6EI}(3x-l)(x-l)$	<p>在 M 的作用点 D</p> $y_D = -\frac{Ma}{6EI}(2l + 3a)$ <p>在 <math>x = 0.57735l</math> 处</p> $y_{\max} = \frac{Ml^2}{15.55EI}$

注：1. 挠度  $y$  与  $y$  轴线方向相同时为正，反之为负，如只需确定绝对值，则可不考虑正负号。

2. 支承处的转角  $\theta$ ，当挠度  $y$  随  $x$  增大而增大时为正，反之为负。

(2) 能量法

用能量法计算弯曲变形时, 应先绘出轴的结构图、受力简图和弯矩图 (图 21.1-16a、b、c), 然后在需求挠度处 (如图 21.1-16a 的 A 点) 加一单位载荷  $F_i$  (与变形方向相同), 并绘出由  $F_i$  引起的弯矩  $M'$  图 (图 21.1-16d)。当计算转角  $\theta$  时, 则在需求转角处 (如图 21.1-16a 的 B 点) 加一单位弯矩  $M_i$  (与变形方向相同), 并绘出由

$M_i$  所引起的弯矩 ( $M'$ ) 图 (图 21.1-16e)。然后按  $M$ 、 $M'$  及截面的连续性把轴分为若干 ( $n$ ) 段。为了保持弯矩的线性, 应在轴段截面形状有变化处分段; 在外载荷的作用点处分段。计算截面处的挠度  $y$  或转角  $\theta$  可用下式计算:

$$y(\theta) = \sum_{i=1}^n \int_0^{l_i} \frac{MM'}{EI} dl \quad (21.1-15)$$

各种形式弯矩和轴段的积分值见表 21.1-16。

表 21.1-16 积分值  $\int_0^{l_i} \frac{MM'}{EI} dl$

弯矩图	轴段形状	$\int_0^{l_i} \frac{MM'}{EI} dl$
		$\frac{l_i}{0.294Ed^4} [M_1(2M'_1 + M'_2) + M_2(2M'_2 + M'_1)]$
		$\frac{l_i}{0.294Ed_1^3d_2^3} [2d_2^3M_1M'_1 + d_1d_2(M_1M'_2 + M_2M'_1) + 2d_1^3M_2M'_2]$
		$\frac{l_i}{0.098Ed^4} (M'_1 + M'_2)M$ $\frac{l_i}{0.294Ed_1^3d_2^3} M [2d_2^3M'_1 + d_1d_2(M'_1 + M'_2) + 2d_1^3M'_2]$
		$\frac{l_i}{0.294Ed^4} M'(M_1 + 2M_2)$ $\frac{l_i}{0.294Ed_1^2d_2^3} (d_2M_1M' + 2d_1M_2M')$
		$\frac{l_i}{0.147Ed^4} MM'$ $\frac{l_i}{0.147Ed_1d_2^3} MM'$
		$\frac{l_i}{0.294Ed^4} MM'$ $\frac{l_i}{0.294Ed_1^2d_2^3} MM'$

- 注: 1. 如  $M$  和  $M'$  的方向相反, 则其中一个取 “+”, 另一个取 “-”。  
2. 如轴段为空心圆柱形, 则表中的  $d_i^4$  要用  $d_i^4(1-\gamma^4)$  代替,  $\gamma$  见表 21.1-10。

(3) 积分变换法

将拉普拉斯变换与奇异函数方法结合起来, 可以求得阶梯轴的挠曲线和转角解析表达式, 计算结果较有限差分法精确。

轴的挠曲线近似微分方程为

$$y^{(4)} = \frac{q(x)}{EI(x)} \quad (21.1-16)$$

式中  $q(x)$ ——作用在轴上的等效载荷集度;

$I(x)$ ——轴的截面惯性矩。

作用在轴上的几种常见载荷的等效载荷集度



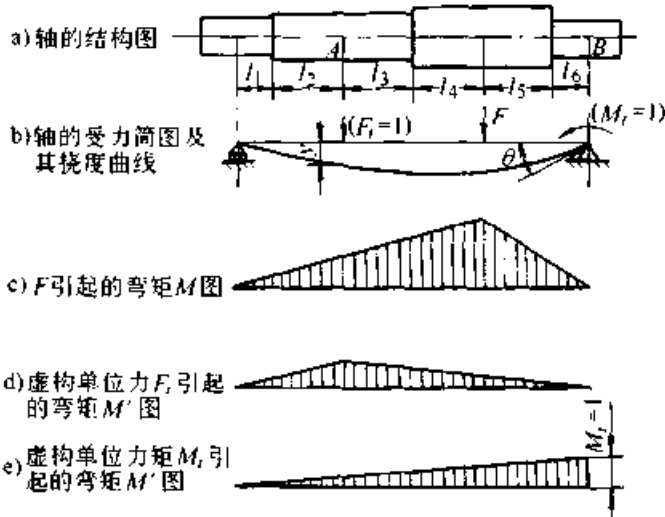


图 21.1-16 用能量法计算轴的弯曲变形图

的计算式为 (图 21.1-17)

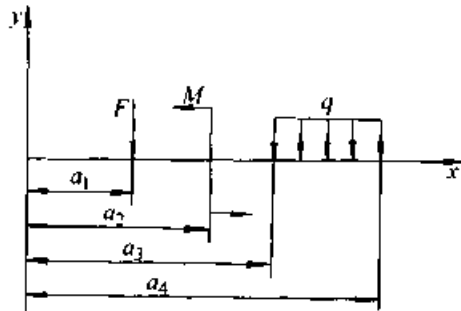


图 21.1-17 有效载荷集度计算示意图

$$q(x) = -F(x - a_F)^{-1} - M(x - a_M)^{-2} - p[(x - a_{p1})^0 - (x - a_{p2})^2] \quad (21.1-17)$$

若某一载荷与图 21.1-17 中所示的方向相反, 则式 (21.1-18) 中相应项要改变正负号。

阶梯轴截面惯性矩的倒数用奇异函数表示为

$$\frac{1}{I(x)} = \frac{1}{I_1} + \sum_{i=2}^n \left( \frac{1}{I_i} - \frac{1}{I_{i-1}} \right) \langle x - x_{i-1} \rangle^0 \quad (21.1-18)$$

- 式中  $I_i$  ——第  $i$  段轴的截面惯性矩;
- $I_1$  ——坐标起始点处那段轴的截面惯性矩;
- $x_i$  ——第  $i$  段轴的最大横坐标 (见图 21.1-18)。

对于实心圆轴, 惯性矩  $I = \frac{\pi d^4}{64}$ , 式 (21.1-18) 改写为

$$\frac{1}{d^4(x)} = \frac{1}{d_0^4} + \sum_{i=1}^n \left( \frac{1}{d_i^4} - \frac{1}{d_{i-1}^4} \right) \langle x - x_{i-1} \rangle^0 \quad (21.1-19)$$

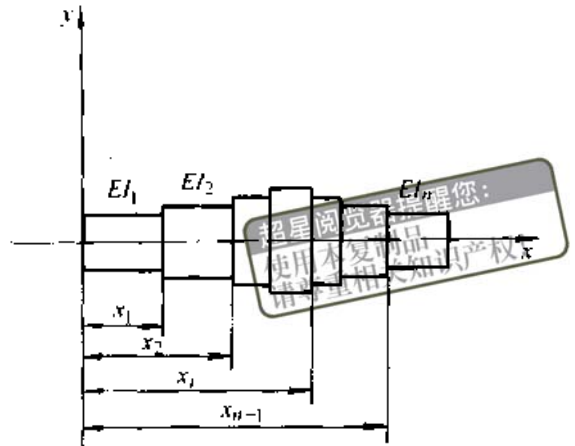


图 21.1-18 计算轴弯曲变形的坐标

计算轴的弯曲变形时, 取轴的左端为坐标原点 (图 21.1-18), 原点上的载荷, 支反力 (或力偶) 要计入等效载荷集中中。

奇异函数及其乘积的拉普拉斯变换公式为

$$n \geq 0 \quad L[\langle x - a \rangle^n] = \frac{e^{-as} n!}{s^{n+1}}$$

$$n < 0 \quad L[\langle x - a \rangle^n] = \frac{e^{-as}}{s^{n+1}}$$

$$a \geq b \quad L[\langle x - a \rangle^n \langle x - b \rangle^0] = L[\langle x - b \rangle^n] + R_n$$

$$R_0 = \frac{(b-a)^2}{2} L[\langle x - b \rangle^{-2}] + (b-a) L[\langle x - b \rangle^{-1}]$$

$$R_{-1} = (b-a) L[\langle x - b \rangle^{-2}]$$

$$R_{-2} = 0$$

式中  $s$  ——象函数的自变量。

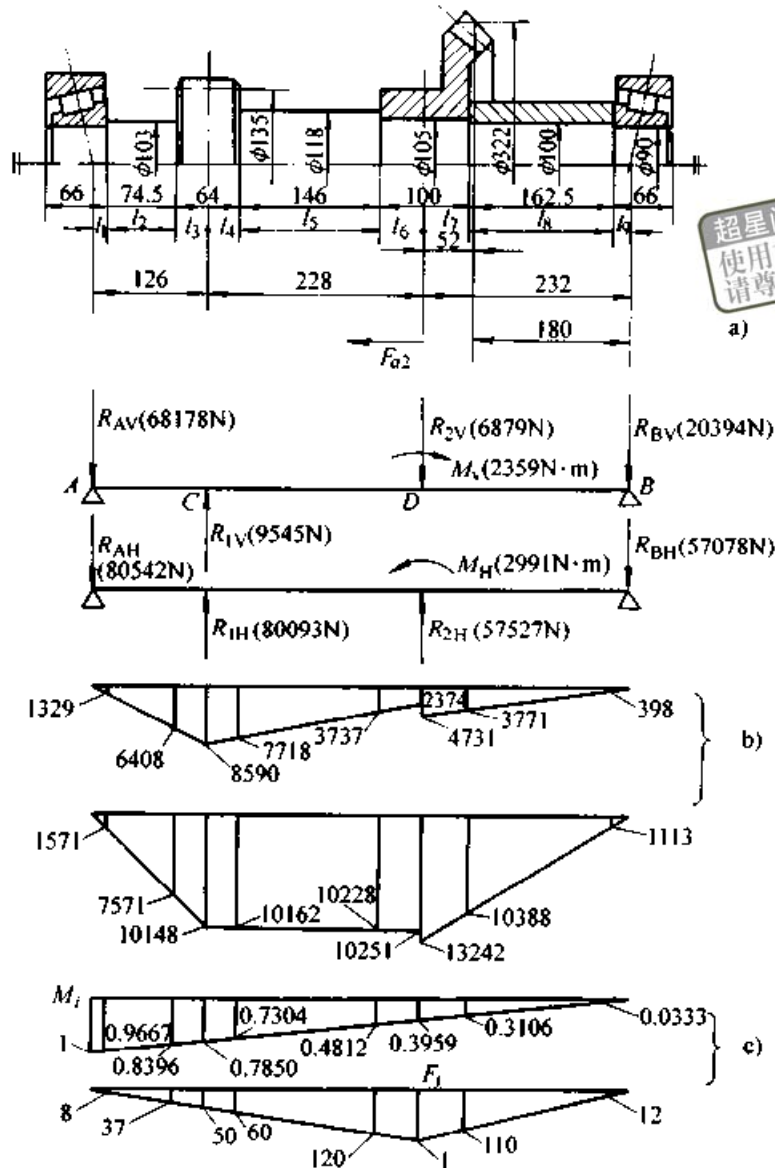
根据轴的结构形状和载荷情况, 利用式 (21.1-17) 和式 (21.1-18)、(21.1-19) 建立起以奇异函数描述的轴的挠曲线方程。然后分别对等式两边作拉普拉斯变换, 代入初值条件, 则把挠曲线方程化成象函数的代数方程, 对其再作拉普拉斯逆变换, 就得出轴的挠曲线方程。对挠曲线方程求一次导数, 即得转角方程。

根据上述两个方程可以方便地求出任意  $x$  值处的挠度和转角。

例 21.1-2 计算图 21.1-19a 所示结构中轴的左支点处 (A) 的转角和安装锥齿轮处 (D) 的挠度。垂直面和水平面弯矩图见图 21.1-19b。

解: 1. 能量法 在截面 A 处加一单位力矩,  $M_1 = 1 \text{ N} \cdot \text{mm}$  画出弯矩  $M'$  图。在截面 D 处加一单位力  $F_1 = 1 \text{ N}$  画出弯矩  $M''$  图, 见图 21.1-19c。

根据截面直径和弯矩图形状, 将轴分为 9 个轴段。



超星阅读器提醒您：  
使用本复制品  
请尊重相关知识产权！

图 21.1-19 例 21.1-2 计算用图

a) 计算截面处的挠度  $y_D$ 。  $y_{DV}$ 、 $y_{DH}$  计算结果列于下表。

轴段	$\int_0^l \frac{MM'}{EI} dl$	结果
1	$\frac{1}{0.294E} \left\{ \frac{19.5}{90^4} [1\ 329\ 000 \times 8 \times 2] \right\}$	16.319 91
2	$\frac{1}{0.294E} \left\{ \frac{74.5}{103^4} [1\ 329\ 000(2 \times 8 + 37) + 6\ 408\ 000(2 \times 37 + 8)] \right\}$	1394.435 21
3	$\frac{1}{0.294E} \left\{ \frac{32}{135^4} [6\ 408\ 000(2 \times 37 + 50) + 8\ 590\ 000(2 \times 50 + 37)] \right\}$	1189.930 41
4	$\frac{1}{0.294E} \left\{ \frac{32}{135^4} [8\ 590\ 000(2 \times 50 + 62) + 7\ 718\ 000(2 \times 62 + 50)] \right\}$	1263.447 91
5	$\frac{1}{0.294E} \left\{ \frac{146}{118^4} [7\ 718\ 000(2 \times 62 + 120) + 3\ 737\ 000(2 \times 120 + 62)] \right\}$	12268.015 71
6	$\frac{1}{0.294E} \left\{ \frac{50}{105^4} [3\ 737\ 000(2 \times 120 + 140) + 2\ 374\ 000(2 \times 140 + 120)] \right\}$	1974.762 61

续表

轴段	$\int_0^l \frac{MM'}{EI} dl$	结 果
7	$\frac{1}{0.294E} \left\{ \frac{50}{105^3} [4\ 731\ 000(2 \times 140 + 110) + 3\ 711\ 000(2 \times 110 + 140)] \right\}$	1130.85289
8	$\frac{1}{0.294E} \left\{ \frac{162.5}{100^3} [3\ 711\ 000(2 \times 110 + 12) + 398\ 000(2 \times 12 + 110)] \right\}$	1485.7115
9	$\frac{1}{0.294E} \left\{ \frac{19.5}{90^3} [2 \times 398\ 000 \times 12] \right\}$	12.8390
累计	$y_{Dv} = \sum_{i=1}^9 \int_0^l \frac{MM'}{EI} dl$ 取 $E = 2.15 \times 10^5$ MPa	0.109 mm

超星浏览器提醒您：  
使用本复制机-485-7115  
请尊重相关知识版权

轴段	$\int_0^l \frac{MM'}{EI} dl$	结 果
1	$\frac{1}{0.294E} \left\{ \frac{19.5}{90^3} [2 \times 1\ 571\ 000 \times 8] \right\}$	17.4707
2	$\frac{1}{0.294E} \left\{ \frac{74.5}{103^3} [1\ 571\ 000(2 \times 8 + 37) + 7\ 571\ 000(2 \times 37 + 8)] \right\}$	1466.0500
3	$\frac{1}{0.294E} \left\{ \frac{32}{135^3} [1\ 571\ 000(2 \times 37 + 50) + 10\ 148\ 000(2 \times 50 + 37)] \right\}$	1152.7095
4	$\frac{1}{0.294E} \left\{ \frac{32}{135^3} [10\ 148\ 000(2 \times 50 + 62) + 10\ 162\ 000(2 \times 62 + 50)] \right\}$	1328.7341
5	$\frac{1}{0.294E} \left\{ \frac{146}{118^3} [10\ 162\ 000(2 \times 62 + 120) + 10\ 228\ 000(2 \times 120 + 62)] \right\}$	14193.2814
6	$\frac{1}{0.294E} \left\{ \frac{50}{105^3} [10\ 228\ 000(2 \times 120 + 140) + 10\ 251\ 000(2 \times 140 + 120)] \right\}$	13285.4788
7	$\frac{1}{0.294E} \left\{ \frac{50}{105^3} [13\ 242\ 000(2 \times 140 + 110) + 10\ 388\ 000(2 \times 110 + 140)] \right\}$	13662.6961
8	$\frac{1}{0.294E} \left\{ \frac{162.5}{100^3} [10\ 388\ 000(2 \times 110 + 12) + 1\ 113\ 000(2 \times 12 + 110)] \right\}$	14158.6318
9	$\frac{1}{0.294E} \left\{ \frac{19.5}{90^3} [2 \times 1\ 113\ 000 \times 12] \right\}$	17.9391
累计	$y_{DH} = \sum_{i=1}^9 \int_0^l \frac{MM'}{EI} dl$ 取 $E = 2.15 \times 10^5$ MPa	0.199 mm

截面 D 处的挠度  $y_D = \sqrt{y_{Dv}^2 + y_{DH}^2} = \sqrt{(0.109)^2 + (0.199)^2} \text{ mm} = 0.227 \text{ mm}$

挠度与跨距之比  $y_D/L = 0.000\ 387$ ,  $y_D/m_n$  (8mm) = 0.0284。由表 21.1-14 可知按一般用

途轴 D 处挠度在许用值范围内, 但如按刚度要求较高的轴或安装齿轮的轴比较则超出了许用值, 需重新设计。

b) 计算截面 A 处的转角  $\theta_A$ 、 $\theta_{AV}$ 、 $\theta_{AH}$  的计算值列于下表。

轴段	$\int_0^l \frac{MM'}{EI} dl$	结 果
1	$\frac{1}{0.294E} \left\{ \frac{19.5}{90^3} [1\ 329\ 000 \times (2 \times 0.9667 + 1)] \right\}$	11.1587
2	$\frac{1}{0.294E} \left\{ \frac{74.5}{103^3} [1\ 329\ 000(2 \times 0.9667 + 0.8396) + 640\ 800(2 \times 0.8396 + 0.9667)] \right\}$	113.6622
3	$\frac{1}{0.294E} \left\{ \frac{32}{135^3} [6\ 408\ 000(2 \times 0.8396 + 0.785) + 8\ 590\ 000(2 \times 0.785 + 0.8396)] \right\}$	13.5154

续表

轴段	$\int_0^l \frac{MM'}{EI} dl$	结 果
4	$\frac{1}{0.294E} \left\{ \frac{32}{135^4} [8\,590\,000(2 \times 0.785 + 0.730\,4) + 7\,718\,000(2 \times 0.730\,4 + 0.785)] \right\}$	13.573 7
5	$\frac{1}{0.294E} \left\{ \frac{146}{118^4} [7\,718\,000(2 \times 0.730\,4 + 0.481\,2) + 3\,737\,000(2 \times 0.481\,2 + 0.730\,4)] \right\}$	16.204 5
6	$\frac{1}{0.294E} \left\{ \frac{50}{105^4} [3\,737\,000(2 \times 0.481\,2 + 0.395\,9) + 2\,374\,000(2 \times 0.395\,9 + 0.481\,2)] \right\}$	13.331 2
7	$\frac{1}{0.294E} \left\{ \frac{50}{105^4} [4\,731\,000(2 \times 0.395\,9 + 0.310\,6) + 3\,711\,000(2 \times 0.310\,6 + 0.395\,9)] \right\}$	13.828 2
8	$\frac{1}{0.294E} \left\{ \frac{162.5}{100^4} [3\,711\,000(2 \times 0.310\,6 + 0.033\,3) + 398\,000(2 \times 0.033\,3 + 0.310\,6)] \right\}$	14.190 8
9	$\frac{1}{0.294E} \left\{ \frac{19.5}{90^4} [2 \times 398\,000 \times 0.033\,3] \right\}$	10.007 9
累计	$\theta_{AV} = \sum_{i=1}^9 \int_0^l \frac{MM'}{EI} dl$ 取 $E = 2.15 \times 10^5$ MPa	$0.782 7 \times 10^{-3}$ rad

浏览器提醒您：  
使用本复制品16.204.5  
请尊重相关知识产权！

轴段	$\int_0^l \frac{MM'}{EI} dl$	结 果
1	$\frac{1}{0.294E} \left\{ \frac{19.5}{90^4} [1\,571\,000 \times (2 \times 0.966\,7 + 1)] \right\}$	11.369 7
2	$\frac{1}{0.294E} \left\{ \frac{74.5}{103^4} [1\,571\,000(2 \times 0.966\,7 + 0.839\,6) + 7\,571\,000(2 \times 0.839\,6 + 0.966\,7)] \right\}$	116.143 3
3	$\frac{1}{0.294E} \left\{ \frac{32}{135^4} [7\,571\,000(2 \times 0.839\,6 + 0.785) + 10\,148\,000(2 \times 0.785 + 0.839\,6)] \right\}$	14.153 2
4	$\frac{1}{0.294E} \left\{ \frac{32}{135^4} [10\,148\,000(2 \times 0.785 + 0.730\,4) + 10\,162\,000(2 \times 0.730\,4 + 0.785)] \right\}$	14.447 7
5	$\frac{1}{0.294E} \left\{ \frac{146}{118^4} [10\,162\,000(2 \times 0.730\,4 + 0.481\,2) + 10\,228\,000(2 \times 0.481\,2 + 0.730\,4)] \right\}$	127.899 5
6	$\frac{1}{0.294E} \left\{ \frac{50}{105^4} [10\,228\,000(2 \times 0.481\,2 + 0.395\,9) + 10\,251\,000(2 \times 0.395\,9 + 0.481\,2)] \right\}$	111.082 7
7	$\frac{1}{0.294E} \left\{ \frac{50}{105^4} [13\,242\,000(2 \times 0.395\,9 + 0.310\,6) + 10\,388\,000(2 \times 0.310\,6 + 0.395\,9)] \right\}$	110.351 1
8	$\frac{1}{0.294E} \left\{ \frac{162.5}{100^4} [10\,388\,000(2 \times 0.310\,6 + 0.033\,3) + 1\,113\,000(2 \times 0.033\,3 + 0.310\,6)] \right\}$	11.730 5
9	$\frac{1}{0.294E} \left\{ \frac{19.5}{90^4} [2 \times 1\,113\,000 \times 0.033\,3] \right\}$	10.022 0
累计	$\theta_{AH} = \sum_{i=1}^9 \int_0^l \frac{MM'}{EI} dl$ 取 $E = 2.15 \times 10^5$ MPa	$1.379 5 \times 10^{-3}$ rad

截面 A 处的转角  $\theta_A = \sqrt{\theta_{AV}^2 + \theta_{AH}^2} = \sqrt{(0.782 7 \times 10^{-3})^2 + (1.379 5 \times 10^{-3})^2}$  rad =  $1.586 1 \times 10^{-3}$  rad 由表 21.1-14 知  $\theta_A$  在许用值范围内。

2. 积分变换法 将坐标原点取在左支承(截面 A)处, 根据轴上载荷, 等效载荷集度为(见图 21.1-20)。

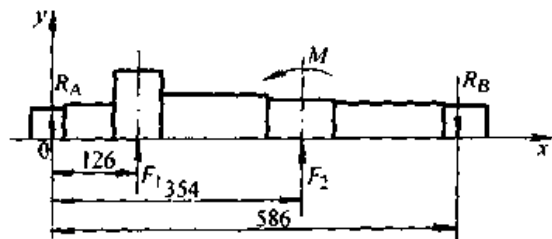


图 21.1-20 弯曲变形积分变换用图

$q(x) = -R_A \langle x-0 \rangle^{-1} + F_1 \langle x-126 \rangle^{-1} - F_2 \langle x-354 \rangle^{-1} - M \langle x-354 \rangle^{-2} - R_B \langle x-586 \rangle^{-1}$   
 已知在垂直平面  $R_{AV} = 68\,178\text{ N}$ 、 $F_{1V} = 9\,545\text{ N}$ 、 $F_{2V} = 6\,879\text{ N}$ 、 $M_V = 2\,359\,222\text{ N}\cdot\text{mm}$ 、 $R_{BV} = 20\,394\text{ N}$ 。

在水平平面  $R_{AH} = 80\,542\text{ N}$ 、 $F_{1H} = 80\,093\text{ N}$ 、 $F_{2H} = -57\,527\text{ N}$ 、 $M_H = 2\,991\,000\text{ N}\cdot\text{mm}$ 、 $R_{BH} =$

$57\,078\text{ N}$ 。

根据轴的直径，取  $d_1 = 90\text{ mm}$ ，则用奇异函数表述的截面惯性矩的倒数，各项列于下表第一列。

将载荷集度与惯性矩倒数代入式 (21.1-16)，展开后将各项作拉普拉斯变换，相应地列于该表中。

积分变换法计算表

$K_i(x)$	$q(x)$				
	$-R_A \langle x-0 \rangle^{-1}$	$+F_1 \langle x-126 \rangle^{-1}$	$-F_2 \langle x-354 \rangle^{-1}$	$-M \langle x-354 \rangle^{-2}$	$-R_B \langle x-586 \rangle^{-1}$
1	$R_A$	$F_1 e^{-126s}$	$-F_2 e^{-354s}$	$-M s e^{-354s}$	$-R_B e^{-586s}$
$-0.4171 \langle x-19.5 \rangle^0$	$8.1335 e_A s e^{-39s}$	$-0.4171 F_1 e^{-126s}$	$+0.4171 F_2 e^{-354s}$	$+0.4171 M s e^{-354s}$	$+0.4171 R_B e^{-586s}$
$-0.3854 \langle x-94 \rangle^0$	$36.2276 R_A s e^{-188s}$	$-0.3854 F_1 e^{-126s}$	$+0.3854 F_2 e^{-354s}$	$+0.3854 M s e^{-354s}$	$+0.3854 R_B e^{-586s}$
$+0.1409 \langle x-158 \rangle^0$	$-22.2622 R_A s e^{-316s}$	$+22.2622 F_1 s e^{-316s}$	$-0.1409 F_2 e^{-354s}$	$-0.1409 M s e^{-354s}$	$-0.1409 R_B e^{-586s}$
$+0.2014 \langle x-304 \rangle^0$	—	—	$-0.2014 F_2 e^{-354s}$	$-0.2014 M s e^{-354s}$	$-0.2014 R_B e^{-586s}$
$+0.1163 \langle x-404 \rangle^0$	—	—	—	$-0.1163 M s e^{-354s}$	$-0.1163 R_B e^{-586s}$
$+0.3439 \langle x-566.5 \rangle^0$	—	—	—	$-0.3439 M s e^{-354s}$	$-0.3439 R_B e^{-586s}$

注：1.  $\frac{1}{EI(x)} = \frac{1}{EI} \sum K_i(x)$ 。

2. e 的指数常数超过 586 的项，将来作拉普拉斯逆变换时，因轴长不会大于该常数，故该项为零。

代入初值条件  $y(0) = 0$  及  $y''(0) = y'(0) = 0$ ，得出以象函数表述的挠曲线微分方程

$$S^4 f(s) - S^2 y'(0) = \frac{64}{\pi E d_1^4} [-R_A + 8.1335 R_A s e^{-39s} + 0.1975 F_1 e^{-126s} + 36.2276 R_A s e^{-188s} - 22.2622 (R_A - F_1) s e^{-316s} - 0.5398 F_2 e^{-354s} - M s e^{-354s} - R_B e^{-586s}]$$

再代入 V、H 平面上的载荷，并对象函数进行拉普拉斯逆变换，得

$$y_V(x) = y'_V(0)x - 16.5402 \times 10^{-9} x^3 + 800.8355 \times 10^{-9} \langle x-39 \rangle^2 + 27.2251 \times 10^{-9} \langle x-126 \rangle^3 + 3.567.0190 \times 10^{-9} \langle x-188 \rangle^2 + 876.8445 \times 10^{-9} \langle x-316 \rangle^2 - 5.3627 \times 10^{-9} \langle x-354 \rangle^3 - 3.407.1434 \times 10^{-9} \langle x-354 \rangle^2 - 29.4526 \times 10^{-9} \langle x-586 \rangle^3$$

$$y_H(x) = y'_H(0)x - 19.3862 \times 10^{-9} x^3 + 946.0661 \times 10^{-9} \langle x-39 \rangle^2 + 22.8446 \times 10^{-9} \langle x-$$

$$126 \rangle^3 + 4.213.8937 \times 10^{-9} \langle x-188 \rangle^2 - 14.4356 \times 10^{-9} \langle x-316 \rangle^2 + 44.8463 \times 10^{-9} \langle x-354 \rangle^3 - 4.319.5451 \times 10^{-9} \langle x-354 \rangle^2 - 82.4310 \times 10^{-9} \langle x-586 \rangle^3$$

利用约束条件  $y_V(586) = y_H(586) = 0$ ，求出

$$y'_V(586) = 0.1027 \times 10^{-3}$$

$$y'_H(586) = 0.6834 \times 10^{-3}$$

于是，此轴的挠曲线方程为

$$y_V(x) = 0.1027 \times 10^{-3} x - 16.5402 \times 10^{-9} x^3 + 800.8355 \times 10^{-9} \langle x-39 \rangle^2 + 27.2251 \times 10^{-9} \langle x-126 \rangle^3 + 3.567.0190 \times 10^{-9} \langle x-188 \rangle^2 + 876.8445 \times 10^{-9} \langle x-316 \rangle^2 - 5.3627 \times 10^{-9} \langle x-354 \rangle^3 - 3.407.1434 \times 10^{-9} \langle x-354 \rangle^2 - 29.4526 \times 10^{-9} \langle x-586 \rangle^3$$

$$y_H(x) = 0.6834 \times 10^{-3} x - 19.3862 \times 10^{-9} x^3 + 946.0661 \times 10^{-9} \langle x-39 \rangle^2 + 22.8446 \times$$

$$10^{-9}(x-126)^3 + 4.213.893.7 \times 10^{-9}(x-188)^2 - 14.435.6 \times 10^{-9}(x-316)^2 + 44.846.3 \times 10^{-9}(x-354)^3 - 4.319.545.1 \times 10^{-9}(x-354)^2 - 82.431.0 \times 10^{-9}(x-586)^3$$

因此，转角方程是

$$\theta_V(x) = 0.102.7 \times 10^{-3} - 49.620.6 \times 10^{-9}x^2 + 1.601.671.0 \times 10^{-9}(x-39) + 81.675.3 \times 10^{-9}(x-126)^2 + 7.134.038.0 \times 10^{-9}(x-188) + 1.753.689.2 \times 10^{-9}(x-316) - 16.088.1 \times 10^{-9}(x-354)^2 - 6.814.286.8 \times 10^{-9}(x-354) - 88.357.8 \times 10^{-9}(x-586)^2$$

$$\theta_{II}(x) = 0.683.4 \times 10^{-3} - 58.158.6 \times 10^{-9}x^2 + 1.892.132.2 \times 10^{-9}(x-39) + 68.533.8 \times 10^{-9}(x-126)^2 + 8.427.787.4 \times 10^{-9}(x-188) - 28.871.2 \times 10^{-9}(x-316) + 134.538.9 \times 10^{-9}(x-354)^2 - 8.639.090.2 \times 10^{-9}(x-354) - 247.293.0 \times 10^{-9}(x-586)^2$$

代入  $x = 0$ ，求得  $\theta_A = \sqrt{\theta_V^2(0) + \theta_{II}^2(0)} = \sqrt{(0.102.7 \times 10^{-3})^2 + (0.683.4 \times 10^{-3})^2} = 0.000.69 \text{ rad}$

代入  $x = 354$ ， $y_D = \sqrt{y_V^2(354) + y_{II}^2(354)} = \sqrt{(-0.195.7)^2 + (-0.137.4)^2} = 0.239 \text{ mm}$

### 3.4 轴的振动与临界转速

轴的转速达到一定值时，其运转将出现不稳定状态，并产生显著的反复变形，这种现象称为轴的振动。轴的振动有弯曲振动（又称横向振动）、扭转振动和纵向振动三种。轴在工作时，发生弯曲振动的可能性最大，故仅讨论弯曲振动。

因轴及轴上零件材料的不均匀，安装对中不好，制造中的误差等造成轴及轴上零件的质心偏移都会使轴旋转时产生不平衡的离心惯性力，当轴的转速达到一定值，使离心力的频率与轴的固有频率相同或相近时，就会出现共振现象。轴发生共振时的转速称为轴的临界转速，用  $n_c$  表示。如果继续提高转速，运转又平稳下来，但转速达到另一较高值时，共振又会出现。其中最低的临界转速称为一阶临界转速 ( $n_{c1}$ )，由低向高依次为二阶 ( $n_{c2}$ )、三阶 ( $n_{c3}$ )……。轴的振动计算就是计算其临界转速，使轴的工作转速避开各阶临界转速以防止轴发生共振。工作转速低于一阶临界转速的轴称为刚性轴，刚性轴的设计原则是  $n \leq 0.75n_{c1}$ ；工作转速高于一阶临界转速的轴称为挠性轴，挠性轴的设计原则是  $1.4n_{c1} \leq n \leq 0.7n_{c2}$ 。

#### 3.4.1 两支承均布重力载荷轴的临界转速

不同支座形式下临界转速的计算公式见表 21.1-17。

表 21.1-17 两支承均布载荷下轴的临界转速

支座形式				
临界转速 $n_{c1}/(r \cdot \min^{-1})$	$\frac{30}{\pi} \sqrt{\frac{98EI}{mL^3}}$	$\frac{30}{\pi} \sqrt{\frac{237EI}{mL^3}}$	$\frac{30}{\pi} \sqrt{\frac{12.4EI}{mL^3}}$	$\frac{30}{\pi} \sqrt{\frac{237EI}{mL^3}}$

$E$ —材料弹性模量，Pa； $I$ —轴截面惯性矩， $m^4$ ； $L$ —跨距，m； $m = \frac{W}{g}$ —质量，kg

对于光轴，本身自重属均布载荷。对于阶梯轴，可近似看作当量光轴，当量直径的计算式为

$$d_{eq} = \alpha \frac{\sum d_i l_i}{L} \quad (21.1-20)$$

$d_i$ ——阶梯轴各段直径；

$l_i$ ——阶梯轴各段长度；

$L$ ——轴的全长；

$\alpha$ ——经验修正因数。

当阶梯轴最粗一段长度超过轴全长的 50%、或最粗一段长度不足 15% 而次粗一段长度超过 50%，可取  $\alpha = 1$ 。一般的压缩机、离心机、鼓风机转子可取  $\alpha = 1.094$ 。

#### 3.4.2 两支承单盘轴的临界转速

不计轴的质量，认为质量集中在盘中心，不同支座形式下的临界转速计算式见表 21.1-18。

表 21.1-18 两支承、单一集中载荷下的临界转速

支座形式					
临界转速 $n_{cl}/(r \cdot \min^{-1})$	$\frac{30}{\pi} \sqrt{\frac{3EI}{ml^2L}}$	$\frac{30}{\pi} \sqrt{\frac{3EIL}{ml^2(l_1^2 + l_2^2)}}$	$\frac{30}{\pi} \sqrt{\frac{12EIL^3}{ml^2(l_1^2 + l_2^2)(3L + l_2)}}$	$\frac{30}{\pi} \sqrt{\frac{3EI}{mL^3}}$	$\frac{30}{\pi} \sqrt{\frac{3EIL}{ml^2(l_1^2 + l_2^2)}}$

符号意义同表 21.1-17

3.4.3 两支承多盘轴的临界转速

带有多个圆盘的两支承轴，或仅有单盘但必须考虑轴自重的轴，可用分解代换法近似计算临界转速，计算式为

$$n_{cl} = \sqrt{\frac{I}{\frac{1}{n_{cl0}^2} + \frac{1}{n_{cl1}^2} + \frac{1}{n_{cl2}^2} + \dots + \frac{1}{n_{cli}^2}}} \quad (21.1-21)$$

式中  $n_{cl0}$ ——轴仅承受自重时的一阶临界转速  
 $n_{cl1}$ 、 $n_{cl2}$ …… $n_{cli}$ ——轴上只装一个圆盘，且不计轴的自重时

轴的一阶临界转速。

若需精确计算轴的临界转速，可采用传递矩阵法。

3.4.4 支座形式

根据计算精度的要求和支承条件，支座分为刚性支座和弹性支座。相对轴的弯曲刚度，若轴承、轴承座及油膜刚度比较大时，可以忽略支承弹性的影响，把支承简化为刚性支座。

根据支承对轴的约束不同，支座分为铰支支座和固定支座。不同轴承类型和结构相应构成的支座形式见表 21.1-19。

表 21.1-19 轴承类型与结构相应构成的支座形式

支座形式	铰支支座	固定支座
滑动轴承	B/D < 2 的径向轴承调心轴承	B/D > 2 的径向轴承径向、推力组合轴承
滚动轴承	单列向心轴承 双列深沟球轴承 成对面对面安装向心角接触轴承 调心式轴承	多列径向接触轴承 成对背对背安装向心角接触轴承 向心、推力组合轴承

例 21.1-3 图 21.2-21 为一泵的示意图。已知叶轮质量为 3 kg，轴材料的密度  $\rho = 7.86 \text{ g/cm}^3$ ，弹性模量  $E = 2.1 \times 10^{11} \text{ Pa}$ ，试计算该轴的临界转速。

解：

按考虑自重的单盘轴固定支座计算。惯性矩

$$I = \frac{\pi d^4}{64} = \frac{\pi(0.03)^4}{64} \text{ m}^4 = 3.976 \times 10^{-8} \text{ m}^4$$

$$\text{外伸轴的质量 } m = \frac{\pi d^2}{4} L \rho = \frac{\pi(0.03)^2}{4} \cdot 0.22 \times 7.86 \times 10^3 \text{ kg} = 1.22 \text{ kg}$$

$$\text{由表 21.1-17 } n_{cl0} = \frac{30}{\pi} \sqrt{\frac{12.4EI}{mL^3}} =$$

$$\frac{30}{\pi} \sqrt{\frac{12.4 \times 2.1 \times 10^{11} \times 3.976 \times 10^{-8}}{1.22 \times (0.22)^3}} \text{ r/min} = 26\,960 \text{ r/min}$$

$$\text{由表 21.1-18 } n_{cl1} = \frac{30}{\pi} \sqrt{\frac{3EI}{ml^3}} =$$

$$\frac{30}{\pi} \sqrt{\frac{3 \times 2.1 \times 10^{11} \times 3.976 \times 10^{-8}}{3 \times (0.22)^3}} \text{ r/min} = 8\,456 \text{ r/min}$$

临界转速

$$n_{cl} = \sqrt{\frac{I}{\frac{1}{n_{cl0}^2} + \frac{1}{n_{cl1}^2}}} = \sqrt{\frac{I}{\frac{1}{(26\,960)^2} + \frac{1}{(8\,456)^2}}} = 8\,068 \text{ r/min}$$

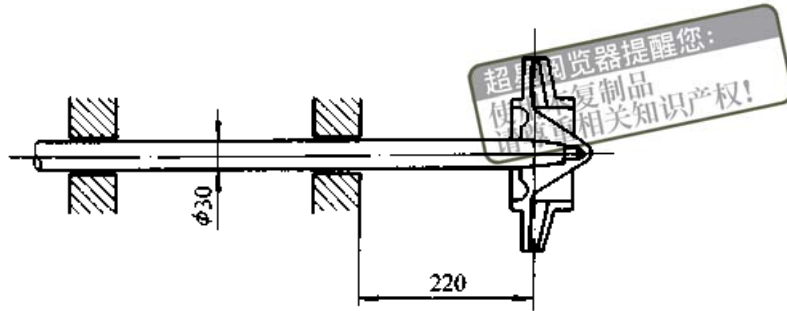
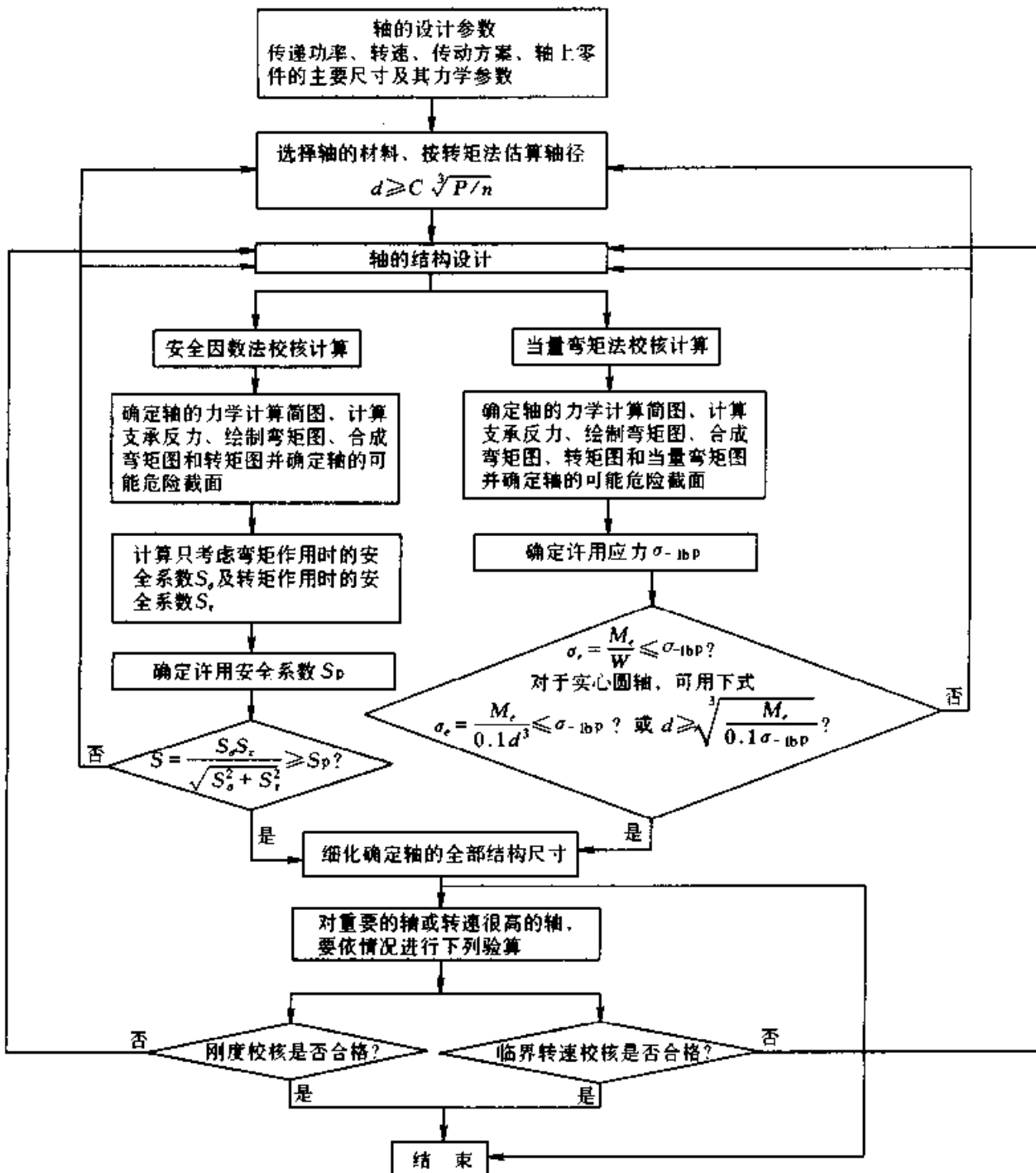


图 21.1-21 系轴示意图

### 3.5 转轴设计流程





## 4 曲轴

曲轴用于实现旋转运动与往复运动之间的转换，是活塞式内燃机、压缩机和往复泵等机器的关键部件。

### 4.1 曲轴的结构

曲轴有整体式和组合式之分（图 21.1-22）

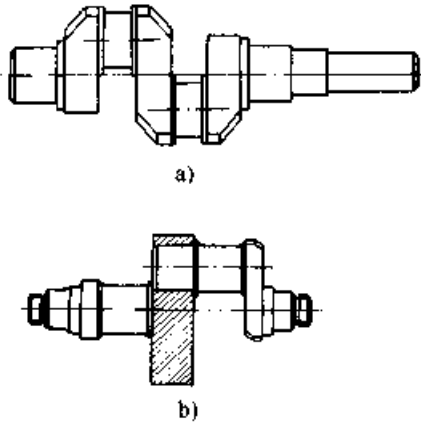


图 21.1-22 曲轴  
a) 整体式 b) 组合式

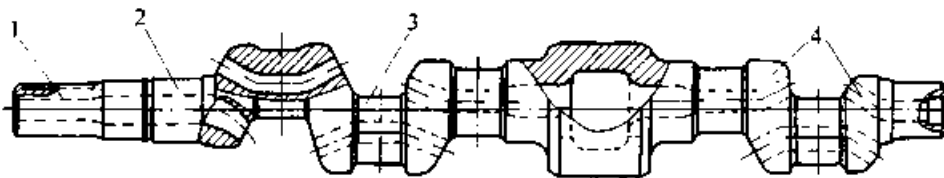


图 21.1-23 曲轴结构图  
1—轴端 2—主轴颈 3—连杆轴颈 4—曲柄臂

一般采用整体结构。整体曲轴毛坯可锻造也可铸造。中碳钢锻造曲轴制造技术成熟，应用较多。

#### 4.1.1 曲轴各部分名称及功能（图 21.1-23）

##### (1) 轴端

与曲轴工作时定回转轴线同心的轴向端部称为轴端。轴端一般作为曲轴的输入（输出）端，与带轮、联轴器、飞轮或驱动机等联接。

##### (2) 轴颈

轴颈包括主轴颈、支承轴颈和连杆轴颈。轴端上安装主轴承的部位称为主轴颈，在两主轴颈中间与之同轴线起支承作用的部位称为支承轴颈，与连杆大头连接的部位称为连杆轴颈。

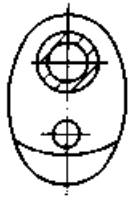
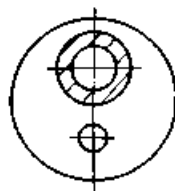
##### (3) 曲柄臂及曲拐

曲轴上连接主轴颈和连杆轴颈或连接两相邻连杆轴颈的部分叫曲柄臂，前者称短臂，后者称长臂。曲柄臂与连杆轴颈的组合体称为曲拐。与主轴颈相连的叫短拐；连接两连杆轴颈的叫长拐。

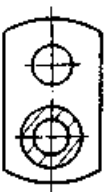
主轴颈中心（定轴心）到连杆轴颈中心（动轴心）的距离称为曲柄半径。

曲柄臂的外形及其特点见表 21.1-20。

表 21.1-20 曲柄臂的外形及其特点

曲柄臂外形	特 点	成形方式	适用场合
椭圆形 	材料利用最合理，疲劳强度高，但对于自由锻造曲轴，曲柄外形需靠模加工	铸造或锻造	适用于各种形式的曲轴
圆形 	结构简单，有利于曲轴平衡。加工制造方便。材料利用率次于椭圆曲柄	锻造或棒料车削	适用于小批量曲轴，特别是多支承曲轴

请尊重相关知识产权! 续表 21.1-20

曲柄臂外形	特 点	成形方式	适用场合
矩形 	材料利用率最差, 质量及转动惯量较大。但加工制造方便	铸造成形	主要用于低转速和小批量曲轴

4.1.2 其他结构特点及其功能

(1) 油孔

曲轴的油孔一般采取斜油孔或直角油孔的形式。当轴瓦内壁上环向油槽时, 一般沿曲拐平面开油孔, 否则油孔应开在轴颈载荷最小的区域。油孔直径约为轴颈直径的 5%~10%, 但不得小于 3 mm。轴颈表面油孔边缘应倒钝锐边或倒圆并抛光。

(2) 平衡块

压缩机曲轴和内燃机曲轴上通常装有平衡块, 它的作用是保证曲轴的静平衡和动平衡。

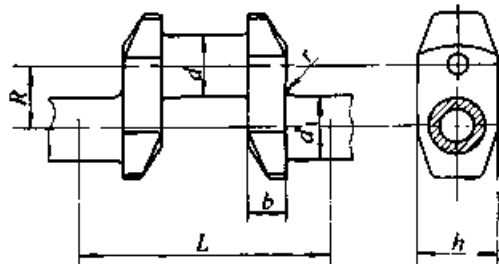
平衡块的基本形状为扇形, 锻造曲轴平衡块为分体结构, 用螺栓与曲柄联接, 铸造曲轴平衡块与曲柄是一体的。

(3) 过渡圆角

各轴颈与曲柄连接处应圆滑过渡, 圆角半径尽可能取得大一些, 以避免发生过大的应力集中。

曲轴各部分的尺寸比例见表 21.1-21。

表 21.1-21 曲轴各部分的尺寸比例



适用机器	$L$	$d$	$d_1$	$b$	$h$	$r$	
发 动 机	船用和内燃机 车用发动机	$(1.1 \sim 1.5)D^{\text{①}}$ $(1.3 \sim 1.6)D^{\text{②}}$	$(0.6 \sim 0.8)D$	$(0.6 \sim 0.9)D$	$(0.3 \sim 0.5)d$	$(1.45 \sim 2.0)d$	$(0.006 \sim 0.1)d$
	汽车、拖拉机和 移动式增压发动 机	$(1.1 \sim 1.4)D$	$(0.6 \sim 0.85)D$	$(0.7 \sim 1.0)D$	$(0.2 \sim 0.35)d$	$(1.45 \sim 2.0)d$	$(0.008 \sim 0.1)d$
	柴油机、煤气 机、低速固定式和 船用发动机	$(1.5 \sim 1.7)D^{\text{①}}$ $(1.7 \sim 1.8)D^{\text{②}}$	$(0.56 \sim 0.75)D$	$(0.6 \sim 0.8)D$	$(0.45 \sim 0.55)d$	$(1.3 \sim 1.6)d$	$(0.055 \sim 0.07)d$
	四冲程化油器 式和罐装煤气式 发动机	$(1.1 \sim 1.5)D$	$(0.5 \sim 0.65)D$	$(0.6 \sim 0.75)D$	$(0.15 \sim 0.35)d$	—	$(0.06 \sim 0.09)d^{\text{③}}$
压缩机		$(0.46 \sim 0.56)\sqrt{F}$	$(1.0 \sim 1.1)d$	$(0.6 \sim 0.7)d$	$(1.2 \sim 1.6)d$	$(0.05 \sim 0.06)d$	
往复泵		$(0.54 \sim 0.72)\sqrt{F}$	$(0.9 \sim 1.1)d$	$(0.5 \sim 0.7)d$	$(1.4 \sim 1.8)d$	$(0.05 \sim 0.1)d$	

注:  $D$  为气缸内径 (mm);  $F$  为最大活塞力 (N);  $d$  为连杆轴颈直径。

①对四冲程发动机。

②对单作用式二冲程发动机。

③不小于 2~3 mm。

4.1.3 各类曲轴的结构设计要点

1) 曲轴各部位的尺寸和形状应在保证强度和刚度的条件下, 尽量减少质量。

2) 曲柄臂间错角以及连杆轴颈轴向间距应均等, 两主轴颈间距离尽可能减小, 并力求对曲轴几何中心对称, 以利于曲轴运转时惯性力和惯性力矩的平衡。

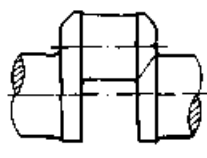
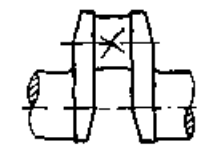
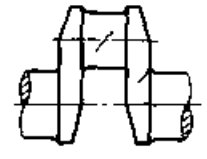
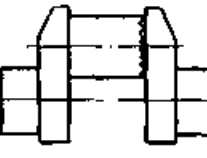
3) 多拐曲轴曲拐的轴向布置应使曲轴各部分载荷均匀, 并尽可能布置在中间主轴承的两侧。

4.2 曲轴的强度计算

4.2.1 曲轴的破坏形式

曲轴的破坏形式基本有两种, 即弯曲疲劳破坏和扭转疲劳破坏, 前者的发生概率大于后者。弯曲疲劳裂纹首先产生在连杆轴颈或主轴颈圆角处, 然后向曲柄臂发展。扭转疲劳裂纹产生于加工不良的油孔或圆角处, 然后向与轴线成 45° 方向发展。曲轴破坏的主要形式与特征见表 21.1-22。

表 21.1-22 曲轴主要破坏形式及原因

破坏形式及图示	特征	主要原因
	裂纹由圆角处产生, 向曲柄臂发展, 导致曲柄臂断裂。这是最常见的曲轴破坏形式, 任何曲轴都可能发生, 常发生在曲轴全长 2/3 的部位	1. 圆角半径过小 2. 圆角加工不良 3. 曲柄臂太薄 4. 主轴承不均匀磨损产生过大的附加弯曲应力 5. 材质不良
	裂纹起源于油孔, 沿与轴线成 45° 方向发展	1. 过大的扭转振动 2. 油孔过渡圆角太小 3. 油孔边缘加工不良
	裂纹起源于过渡圆角或油孔, 且只沿一个方向发展, 裂纹与轴线成 45°	1. 由于不对称循环转矩引起最大应力, 导致疲劳破坏 2. 圆角加工不良及热加工工艺不完善, 造成材料组织不均匀 3. 油孔边缘加工不良 4. 连杆轴颈太细
	裂纹沿过渡圆角周向同时发生, 断口呈径向锯齿形	1. 过渡圆角太小, 引起过大的应力集中 2. 材料有缺陷
腐蚀疲劳破坏	裂纹由圆角蚀点处产生	润滑油中含有腐蚀性物质

4.2.2 曲轴受力分析

在分析、计算曲轴受力时, 通常作如下假设

- 1) 把多支承曲轴看作是以主轴承和支承轴承中心分开的分段简支梁, 并把曲轴视为绝对刚体。
- 2) 连杆力集中作用在连杆轴颈的中心处。
- 3) 把主轴颈和支承轴颈中心既看成是支承点, 又看成是集中支反力的作用点。
- 4) 略去回转惯性力。

5) 略去因加工精度、装配质量以及因使用后磨损、热变形造成的附加载荷。

单拐曲轴、双拐曲轴的计算简图见图 21.1-24。在图 21.1-24 中,  $F_1$ 、 $F_1'$  为作用在连杆轴颈上的切向力;  $F_2$ 、 $F_2'$  为作用在连杆轴颈上的法向力;  $F_y$ 、 $F_z$  为轴前端载荷沿坐标方向的分量;  $F_{Ay}$ 、 $F_{Az}$ 、 $F_{By}$ 、 $F_{Bz}$ 、 $F_{Cy}$ 、 $F_{Cz}$  分别为 A、B、C 三个主轴承 (支承轴承) 处支反力沿坐标

超星浏览器提醒您：  
使用本复制品  
请尊重相关知识产权！

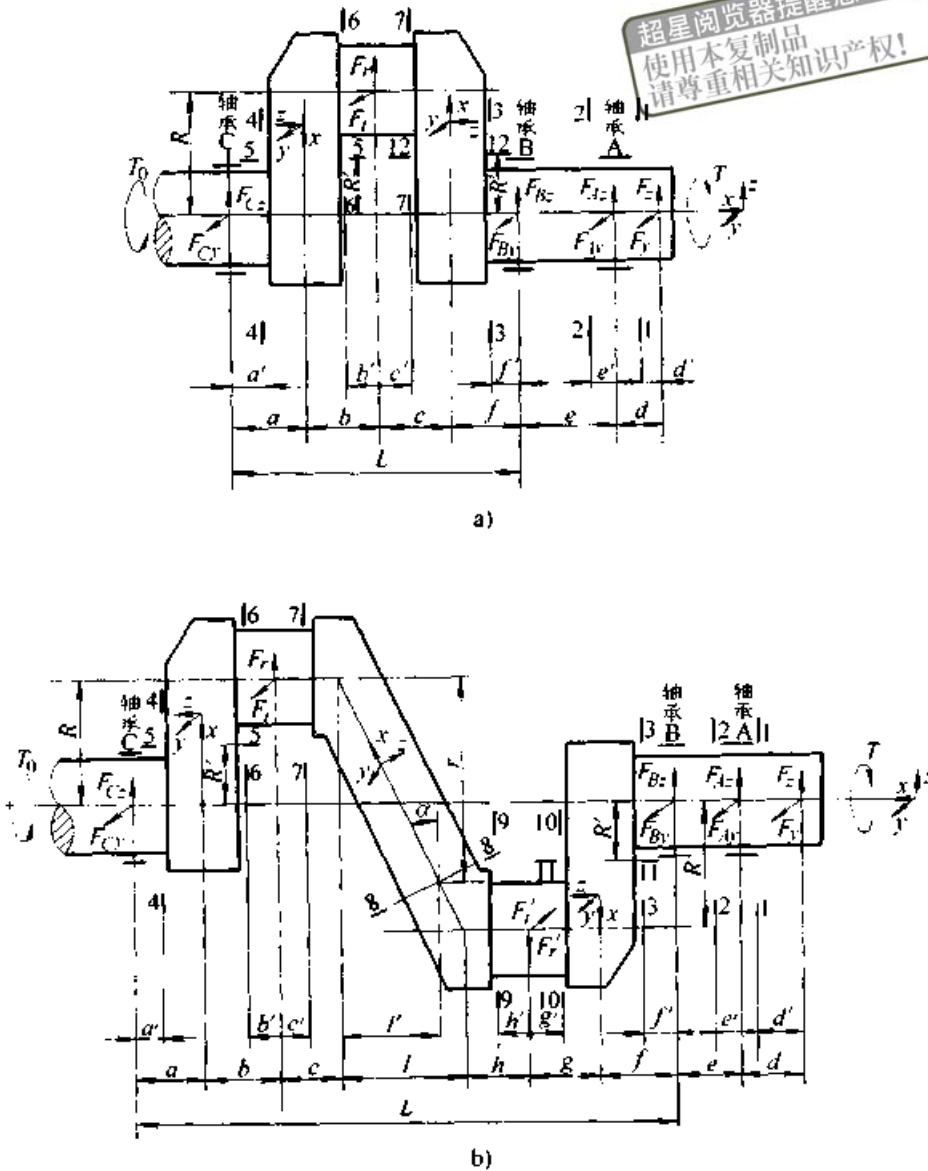


图 21.1-24 曲轴计算简图  
a) 单拐曲轴 b) 双拐曲轴

方向的分量； $T$  为输入转矩； $T_0$  为相邻一跨传来的阻力转矩。

由于轴承间隙的存在，假定连杆轴颈载荷只由轴承 B 和轴承 C 支承；轴前端载荷只由轴承 A 和轴承 C 支承。这样，可按静定梁计算各轴承支反力。并进一步由平衡方程式解出轴各个截面上的弯矩、转矩和轴向力。支反力的计算见表 21.1-23。各截面处的弯矩、转矩和轴向力的计算式见表 21.1-24。内力正负号规定见图 21.1-25。

由图 21.1-24 可看出。当  $l=0$  或角度  $\alpha=0$  时，就是对称平衡式的情形；当  $e=0$ ，就是只有一个端轴承，并且考虑前端载荷的情形；当作

用力  $F=0$ ，就是轴前端载荷较小，可以略去，或者没有轴前端载荷的情形。

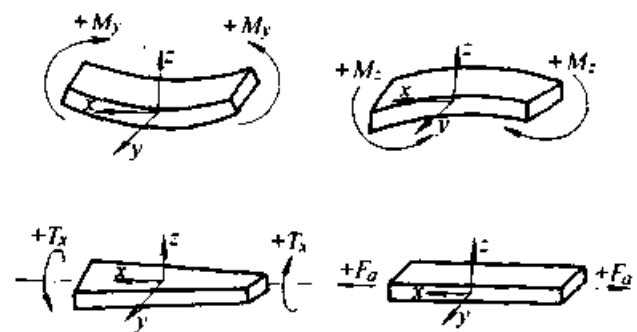


图 21.1-25 内力正负号规定

表 21.1-23 支反力计算式

支反力	单拐轴计算式	双拐轴计算式
$F_{Ax}$	$-\frac{L+d+e}{L+e}F_x$	$-\frac{L+d+e}{L+e}F_x$
$F_{Ay}$	$-\frac{L+d+e}{L+e}F_y$	$-\frac{L+d+e}{L+e}F_y$
$F_{Bx}$	$-\frac{a+b}{L}F_x$	$\frac{L-f-g}{L}F_x, -\frac{a+b}{L}F_x$
$F_{By}$	$-\frac{a+b}{L}F_y$	$\frac{L-f-g}{L}F_y, -\frac{a+b}{L}F_y$
$F_{Cx}$	$-\frac{c+f}{L}F_x + \frac{d}{L+e}F_x$	$\frac{l+g}{L}F_x, -\frac{L-a-b}{L}F_x + \frac{d}{L+e}F_x$
$F_{Cy}$	$-\frac{c+f}{L}F_y + \frac{d}{L+e}F_y$	$\frac{l+g}{L}F_y, -\frac{L-a-b}{L}F_y + \frac{d}{L+e}F_y$
$T_0$	$T - RF_x$	$T - R(F_x + F'_x)$

表 21.1-24 截面弯矩、转矩及轴向力计算式

截面号 $i$	绕 $y$ 轴弯矩 $M_{iy}$	绕 $z$ 轴弯矩 $M_{iz}$	绕 $x$ 轴转矩 $T_{ix}$	轴向力 $F_{ix}$
1	$F_x d'$	$F_y d'$	$T$	—
2	$F_x(d+e') + F_{Ax}e'$	$F_y(d+e') + F_{Ay}e'$	$T$	—
3	$F_x(d+e+f') + F_{Ax}(e+f') + F_{Bx}f'$	$F_y(d+e+f') + F_{Ay}(e+f') + F_{By}f'$	$T$	—
4	$F_{Cx}a'$	$F_{Cy}a'$	$T_0$	—
5	$F_{Cx}a$	$-T_0 + F_{Cy}R'$	$F_{Cy}a$	$-F_{Cx}$
6	$F_{Cx}(a+b-b')$	$F_{Cy}(a+b-b')$	$T_0 - F_{Cy}R$	—
7	$F_{Cx}(a+b+c') + F_x c'$	$F_{Cy}(a+b+c') + F_y c'$	$T_0 - F_{Cy}R$	—
8	$F_{Cx}(a+b+c+l') + F_x(c+l')$	$F_{Cy} \left[ \left( a+b+c + \frac{l}{2} \right) \sin\alpha + \frac{r-R}{\cos\alpha} \right] + F_x(c \sin\alpha + r/\cos\alpha) + T_0 \cos\alpha$	$-F_{Cy} \left( a+b+c + \frac{l}{2} \right) \cos\alpha - F_x c \cos\alpha + T_0 \sin\alpha$	$(F_{Cy} + F_x) \cos\alpha$
9	$F_{Cx}(a+b+c+l+h-h') + F_x(c+l+h-h')$	$F_{Cy}(a+b+c+l+h-h') + F_y(c+l+h-h')$	$T_0 + F_{Cy}R + 2F_x R$	—
10	$F_{Cx}(a+b+c+l+h+g') + F_x(c+l+h+g') - F'_x g'$	$F_{Cy}(a+b+c+l+h+g') + F_y(c+l+h+g') - F'_y g'$	$T_0 + F_{Cy}R + 2F_x R$	—
11	$F_x(d+e+f) + F_{Ax}(e+f) + F_{Bx}f$	$-T + (F_y + F_{Ay} + F_{Bx})R'$	$F_x(d+e+f) + F_{Ay}(e+f) + F_{Bx}f$	$F_x + F_{Ax} + F_{Bx}$
12	$F_x(d+e+f) + F_{Ax}(e+f) + F_{Bx}f$	$T - (F_y + F_{Ay} + F_{By})R'$	$-F_x(d+e+f) - F_{Ay}(e+f) - F_{Bx}f$	$-F_x - F_{Ax} - F_{Bx}$

4.2.3 曲轴的疲劳强度校核

曲轴各过渡圆角处, 由于应力集中大, 是曲轴最容易发生疲劳破坏的部位, 因此需要考虑疲劳缺口因数和尺寸因数。

疲劳强度的校核公式为

$$S_\sigma = \frac{\sigma_{-1}}{\sigma_a \frac{K_\sigma}{\epsilon} + \sigma_m \Psi_\sigma} \quad (21.1-22)$$

$$S_\tau = \frac{\tau_{-1}}{\tau_a \frac{K_\tau}{\epsilon} + \tau_m \Psi_\tau} \quad (21.1-23)$$

式中  $S_\sigma$  —— 只考虑弯矩作用时的安全因数;

$S_\tau$  —— 只考虑转矩作用时的安全因数;

$\sigma_m$ 、 $\tau_m$  —— 弯曲和扭转的平均应力;

$\sigma_a$ 、 $\tau_a$  —— 弯曲和扭转应力幅;

$\sigma_{-1}$ 、 $\tau_{-1}$  —— 材料的弯曲和扭转疲劳极限;

$K_\sigma$ 、 $K_\tau$  —— 弯曲和扭转时曲轴的疲劳缺口因数;

$\epsilon$  —— 曲轴的尺寸因数;

$\Psi_\sigma$ 、 $\Psi_\tau$  —— 材料对应力循环不对称性的敏感因数。

在大多数情况下, 曲轴过渡圆角处疲劳强度的计算过程中, 式 (21.1-22) 和式 (21.1-23) 分母中的第二项远小于第一项, 故可略去。将简化后的式 (21.1-22) 和式 (21.1-23) 代入式 (21.1-7) 得

$$S = \frac{\sigma_{-1} \epsilon}{\sqrt{(\sigma_a K_\sigma)^2 + \left(\frac{\sigma_{-1}}{\tau_{-1}}\right)^2 (\tau_a K_\tau)^2}} \geq S_p \quad (21.1-24)$$

推荐  $S_p = 1.5 \sim 3.0$

式 (21.1-25) 中的  $\sigma_a$  和  $\tau_a$  按下式计算

$$\sigma_a = \frac{M_{y\max} - M_{y\min}}{2W_y} \quad (21.1-25)$$

$$\tau_a = \frac{T_{x\max} - T_{x\min}}{2W_x} \quad (21.1-26)$$

式中  $M_{y\max}$ 、 $M_{y\min}$  —— 曲轴旋转一周过程中, 作用在曲柄过渡圆角所在截面处的最大和最小绕 y 轴的弯矩;

$T_{x\max}$ 、 $T_{x\min}$  —— 曲轴旋转一周过程中, 作用在轴颈过渡圆角所在截面处的最大和最小绕 x 轴的转矩;

超星阅读器提醒你: 使用本产品, 请尊重相关知识版权。  
曲柄抗弯截面系数;  
轴颈抗扭截面系数;

式 (21.1-25) 中的  $K_\sigma$ 、 $K_\tau$ 、 $\epsilon$  可分别从图 21.1-26、图 21.1-27 和图 21.1-28 中查取: 图中给出的是  $K_\sigma/\epsilon$  和  $K_\tau/\epsilon$ , 将它们乘以  $\epsilon$  即可得出  $K_\sigma$  和  $K_\tau$ 。

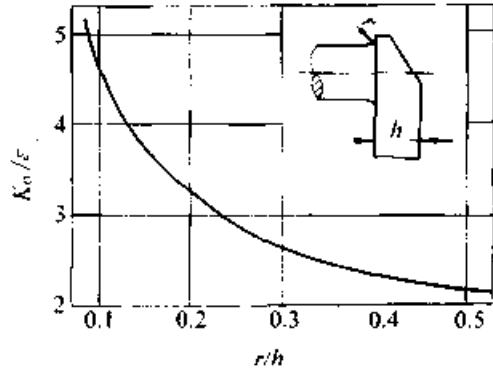


图 21.1-26 曲柄弯曲疲劳缺口因数

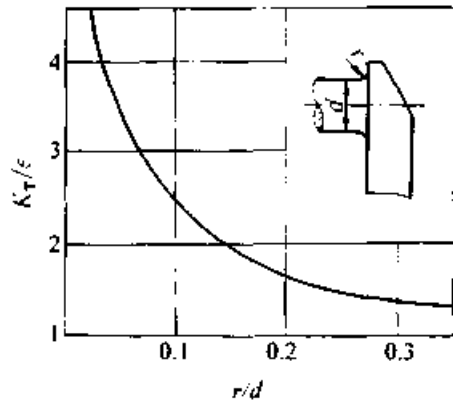


图 21.1-27 轴颈扭转疲劳缺口因数

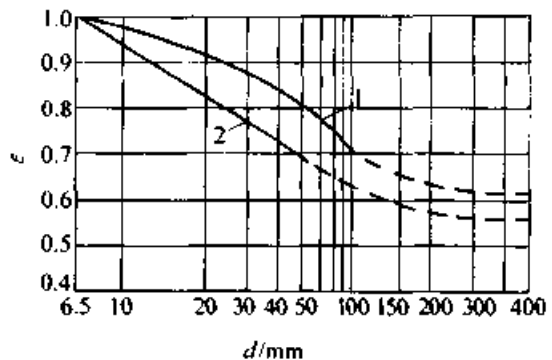


图 21.1-28 尺寸因数  
1—碳钢 2—合金钢

5 软轴

5.1 软轴的类型和用途

软轴的类型见图 21.1-29, 其中钢丝绕线式

最常用。软轴用于两传动件的轴线不在同一直线上，或驱动机与工作机相互位置不固定的空间传动。钢丝绕线式软轴还具有缓冲和吸振功能，但不适于瞬时传动比要求准确的场合。软轴安装简便，结构紧凑，多用于高转速小转矩的传动。转速可达 20 000 r/min，传递的功率一般不超过

5.5 kW。按照用途的不同，软轴有功率型（G 型）和控制型（K 型）两种。软轴很多还包括防逆转装置，以保证单向传动。

## 5.2 软轴的结构和规格

软轴通常由钢丝软轴、软管、软轴接头和软管接头等几部分组成。

### 5.2.1 钢丝软轴

钢丝软轴由几层弹簧钢丝缠绕而成。见图 21.1-30。相邻钢丝层的缠绕方向相反，轴的旋转方向，应使表层钢丝趋于绕紧才为合理。按照外层钢丝绕向不同，钢丝软轴有左旋和右旋两种。常用钢丝软轴的规格见表 21.1-25。

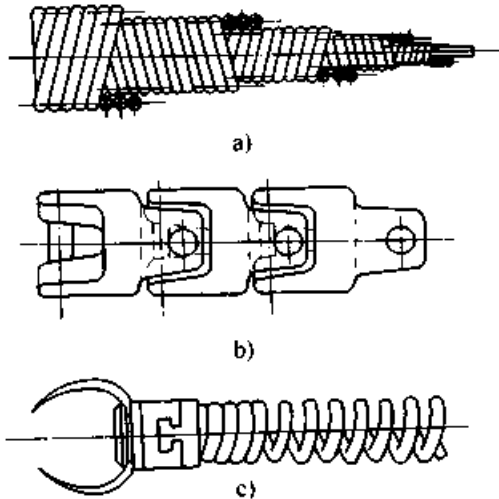


图 21.1-29 软轴的类型

- a) 钢丝绕线式软轴 b) 联轴节式软轴  
c) 钢丝弹簧式软轴

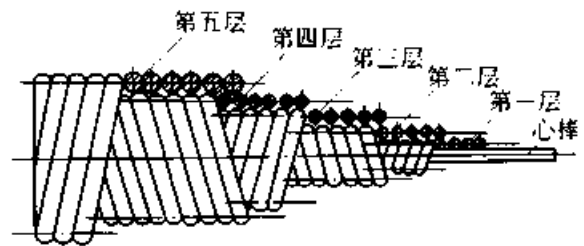


图 21.1-30 钢丝软轴的结构

表 21.1-25 钢丝软轴的直径规格

(mm)

类型	功率型 (G 型)							控制型 (K 型)					
	10	13	16	19	22	25	30	3.3	4	5	6	6.5	8
公称尺寸	10	13	16	19	22	25	30	3.3	4	5	6	6.5	8
许用偏差	±0.1	±0.15	±0.15	±0.2	±0.3	±0.3	±0.3	±0.08	±0.1	±0.1	±0.1	±0.1	±0.1

注：1. 外层钢丝一般为左旋，可按需制成右旋。  
2. 长度可按需要与制造厂商定。

### 5.2.2 软管

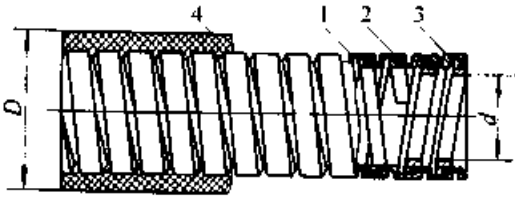
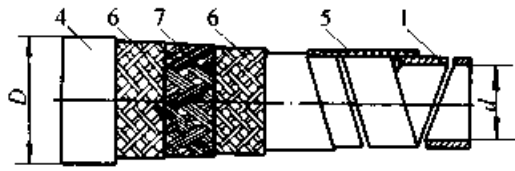
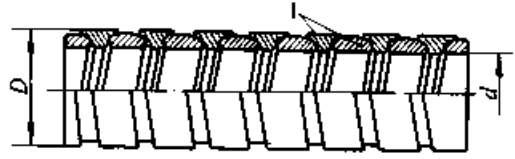
软管用来保护钢丝软轴，避免软轴与外界接触，并可防尘和保存润滑剂，工作时软管起支承

作用，使软轴便于操作。常用的软管结构型式见表 21.1-26，软管选配尺寸见表 21.1-27。

表 21.1-26 常用的软管结构型式

结构简图	说 明
	<p>由镀锌低碳钢带 (1) 卷成，钢带接口内填以石棉绳 (2) 或棉纱绳。结构简单、质量轻，外径小；但强度和耐磨性较差</p>

超星浏览器提醒您：续表 21.1-26  
使用本库制品 请尊重相关知识产权！

结构简图	说明
	在上一种软管内面衬以弹簧钢带卷成的衬簧 (3)，外面包以橡胶保护层 (4)。耐磨性和密封性较好
	由弹簧钢带卷成，外面依次包上耐油橡胶帆布 (5)、棉纱 (6)、钢丝编织层 (7) 和耐磨橡胶。强度、挠性、耐磨性和密封性较好
	由两层成型钢带卷成。挠性好，密封性较差。多用于控制型

注：1—成型钢带，2—密封，3—衬簧，4—橡胶层，5—耐油橡胶帆布，6—棉纱编织层，7—钢丝编织层。

表 21.1-27 软轴和软管的选配尺寸 (mm)

钢丝软轴直径	3.3	4	5	6	8	10	13	16	19	22
软管直径	5.5	6	8	9	12	16	20	24	28	32

5.2.3 软轴接头

软轴接头用以联接动力机输出轴及工作机输入轴，其联接有固定和滑动两种方式。固定式多用于软轴较短，或工作中弯曲半径变化不大的场合；当软轴工作中的弯曲半径较小时，容易磨损。滑动式允许钢丝软轴在软管内有较大的窜动，因而能补偿软管弯曲时的长度变化。常用软轴接头的结构型式见表 21.1-28。接头与轴端联接方式见图 21.1-31。

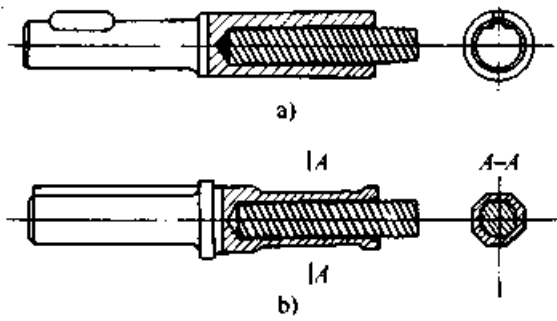





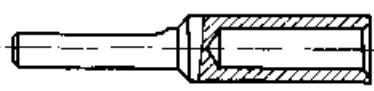

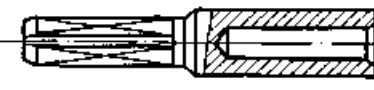
图 21.1-31 软轴接头与钢丝软轴的联接方式 a) 焊接 b) 铆压联接

表 21.1-28 常用的软轴接头结构型式

结构简图	说明
	用紧定螺钉联接，装拆方便
	用外螺纹联接，简单可靠，装拆较费时
	用内螺纹联接，特点同外螺纹联接



续表 21.1-28

	结构简图	
滑动式		用鸭舌形插头联接, 制造容易、装拆方便
		用键联结, 能传递较大转矩
		用方形插头联接, 制造容易

超星浏览器提醒您：  
使用本复制品  
请尊重相关知识产权！

### 5.2.4 软管接头

软管接头用以联接传动装置及工作机的机体, 有时也是软轴接头的轴承座。软管与软管接

头常用联接方式见图 21.1-32, 其中除锥套式外, 都不可拆。

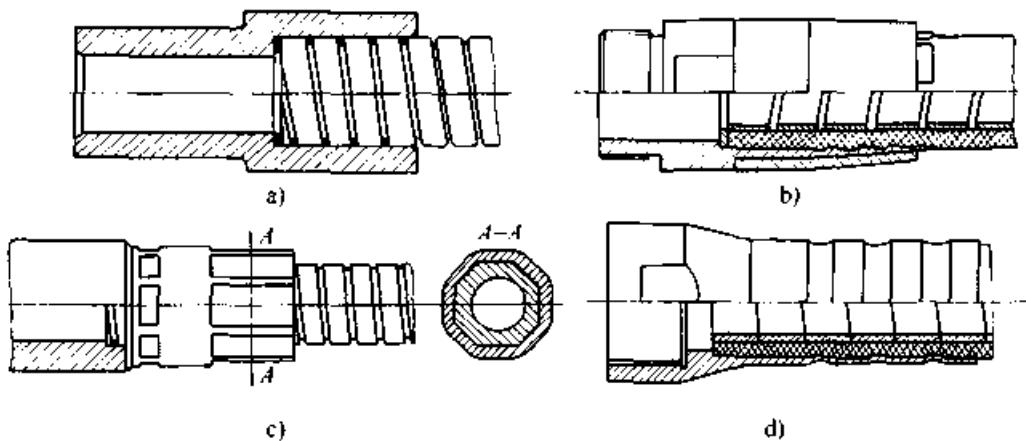


图 21.1-32 软管与软管接头联接方式

a) 焊接 b) 锥套联接 c) 铆压联接 d) 液压联接

### 5.3 软轴的选择和使用

应根据软轴传递的转矩、转速、旋转方向、工作中软轴的弯曲半径, 以及传递距离等使用要求选择软轴尺寸。

软轴在额定转速下所能传递的最大转矩和最高转速见表 21.1-29。低于额定转速时, 软轴按恒转矩传递动力; 高于额定转速时, 软轴按恒功率传递动力。软轴直径可按下式计算的计算转矩  $T_c$ , 根据  $T_c \leq T_0$  从表 21.1-29 中选取。

$$T_c \geq T \frac{k_1 k_2 k_3 n}{\eta n_0} \quad (21.1-27)$$

式中  $T_c$  ——软轴计算转矩 (N·mm);

$n_0$  ——额定转速 (r/min);

$T$  ——软轴从动端所需工作转矩 (N·mm);

$n$  ——软轴的工作转速 (r/min), 当  $n < n_0$  时, 用  $n_0$  代入;

$k_1$  ——过载因子, 短时最大转矩与软轴无弯曲时所能传递的最大转矩之比,  $k_1 < 1$  时取  $k_1 = 1$ ; 当大于此值时,  $k_1$  可取与此值的比值;

$k_2$  ——软轴转向因子, 当旋转时, 软轴外层钢丝趋于绕紧,  $k_2 = 1$ ; 反之  $k_2 \approx 1.5$ ;

$k_3$  ——软轴支承情况因子, 当钢丝软轴

在软管内，其支承跨距与软轴直径之比小于 50 时， $k_3 \approx 1$ ；当比值大于 150 时， $k_3 \approx 1.25$ ；

$\eta$  —— 软轴的传动效率，通常  $\eta = 1 \sim 0.7$ ；当软轴无弯曲工作时， $\eta \approx 1$ ，弯曲半径越小，弯曲段越多， $\eta$  值越近下限。

软轴通常用在传动系统中转速较高一级，并使其工作转速尽可能接近额定转速。传动的长度，一般是几米到几十米。

使用软轴时应注意：

1) 钢丝软轴必须定期涂润滑脂，软管应定期清洗。

2) 切勿把控制型软轴与功率型软轴相互替代。

3) 在运输和安装过程中，不得使软轴的弯曲半径小于允许值（一般为钢丝软轴直径的 15~20 倍）。

4) 钢丝软轴和软管要分别与接头牢固联接。当工作中弯曲半径变化较大时，应使钢丝软轴或软管的接头有一端可以滑动，以补偿软轴弯曲时的长度变化。

表 21.1-29 软轴在额定转速  $n_0$  时能传递的最大转矩  $T_0$

钢丝软轴 直径/ mm	工作中的弯曲半径/mm										额定转速 $n_0 /$ $r \cdot \min^{-1}$	最高转速 $n_{\max} /$ $r \cdot \min^{-1}$
	$\infty$	1 000	750	600	450	350	250	200	150	120		
	$T_0 / N \cdot m$											
6	1.5	1.4	1.3	1.2	1.0	0.8	0.6	0.5	0.4	0.3	3 200	13 000
8	2.4	2.2	2.0	1.8	1.6	1.4	1.2	0.9	0.6	—	2 500	10 000
10	4	3.6	3.3	3.0	2.6	2.3	1.9	1.5	—	—	2 100	8 000
13	7	6	5.2	4.6	4.0	3.4	2.8	—	—	—	1 750	6 000
16	13	12	10	8	6	4.5	—	—	—	—	1 350	4 000
19	20	17	14	11	8	5.5	—	—	—	—	1 150	3 000
25	33	26	19	13	9	—	—	—	—	—	950	2 000
30	50	38	25	16	10	—	—	—	—	—	800	1 600

## 第2章 轴毂联接

超星浏览器提醒您：  
日本复制品  
请尊重知识产权！

轴和回转零件（如齿轮、凸轮、联轴器等）轮毂的联接称为轴毂联接，联接使回转零件在轴上定位并固定，以便传递运动和动力。

轴毂联接的方式有键联结、花键联结、成形联接、胀套联接、销联接、紧定螺钉联接、过盈联接等，有些联接方式仅用于轴毂联接，有些联接方式可兼作其他联接。键和花键联结是最常见的轴毂联接方式。

### 1 键联结

#### 1.1 键联结的类型、特点和应用

（表 21.2-1）

#### 1.2 键的选择和键联结的强度计算

键的类型可根据联接的结构特点、使用要求和工作条件参照表 21.2-1 选定。键的截面尺寸通常根据轴的直径从标准中选取。对于某些特殊情况，在保证传递动力的条件下，允许选用比标准为小的截面尺寸；对于薄壁零件、传递转矩较小或主要用于定位时可选用薄型键。键的长度按轮毂长度从标准中选取。

平键联接受力情况如图 21.2-1 所示，失效形式有以下几种，对于普通平键（静联接）失效形式为：键、轴和轮毂三者中较弱的（通常为轮毂）工作表面被压溃；对于导向平键和滑键联接（动联接），失效形式为工作表面的过度磨损，键面的切断在工程实际中十分罕见，因此对键联结只需进行挤压强度或耐磨性计算。

##### 1.2.1 平键联结的强度计算

$$\text{挤压强度(静联接)} \quad \sigma_p = \frac{2T}{kld} \leq \sigma_{pp} \quad (21.2-1)$$

$$\text{耐磨性(动联接)} \quad p = \frac{2T}{kld} \leq p_p \quad (21.2-2)$$

式中： $T$ ——传递的转矩；

$d$ ——轴的直径；

$k$ ——键与轮毂的接触高度；

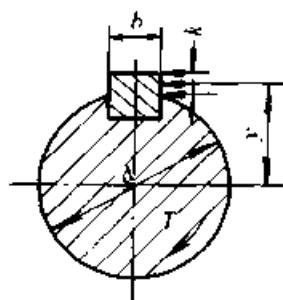
$l$ ——键的接触长度，圆头键  $l = L - b$ 、方头键  $l = L$ 、单圆头键  $l = L - b/2$ ；

$L$ ——键的公称长度；

$\sigma_{pp}$ ——许拥挤压应力，见表 21.2-2；

$p_p$ ——许用压强，见表 21.2-2。

如果使用一个平键不能满足强度要求，可采用两个平键，两键应相隔  $180^\circ$  布置。考虑载荷分布的不均匀性，双键联结的强度按 1.5 个键计算。半圆键可参照式 21.2-1 和式 21.2-2 计算。



$$r \approx \frac{d}{2}$$

图 21.2-1 平键联结受力简图

##### 1.2.2 楔键联结的强度计算

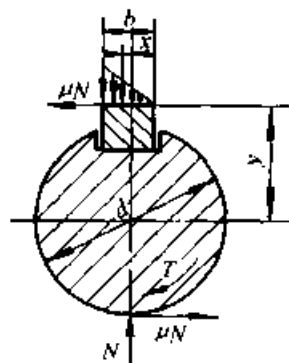
楔键联接的受力简图见图 21.2-2。

$$\text{挤压强度} \quad \sigma_p = \frac{12T}{bl(6\mu d + b)} \leq \sigma_{pp} \quad (21.2-3)$$

式中： $b$ ——键宽；

$\mu$ ——摩擦因数，对于钢和铸铁  $\mu = 0.12 \sim 0.17$ 。

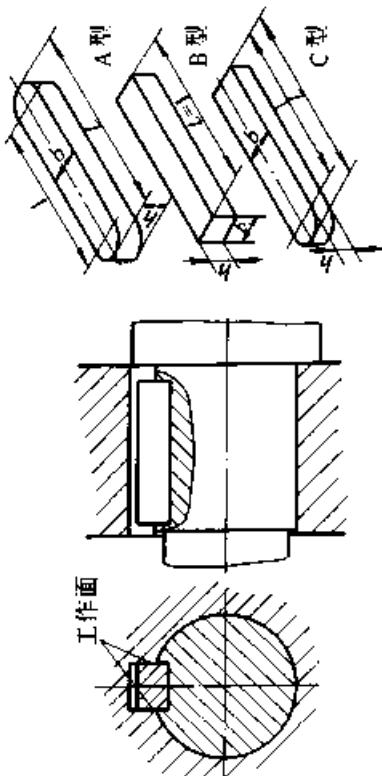
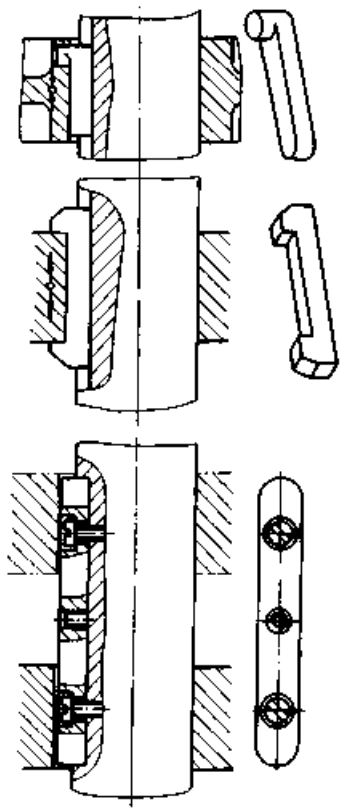
其他参数意义同式 21.2-1。



$$r \approx \frac{d}{2} \quad r \approx \frac{b}{6}$$

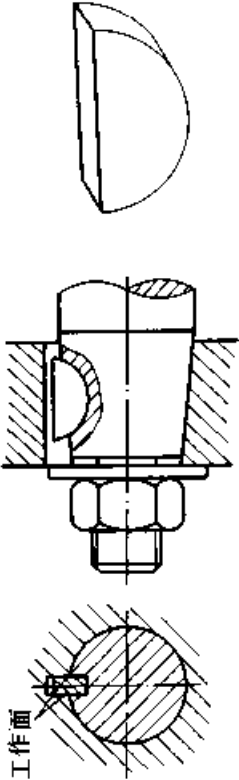
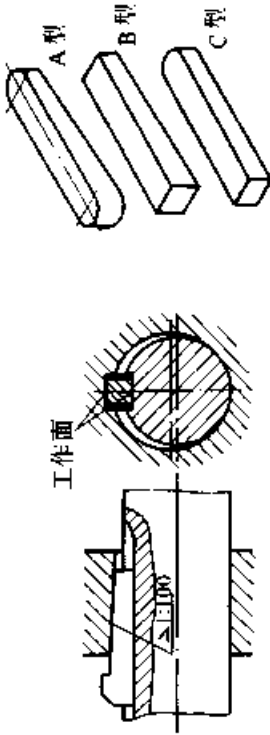
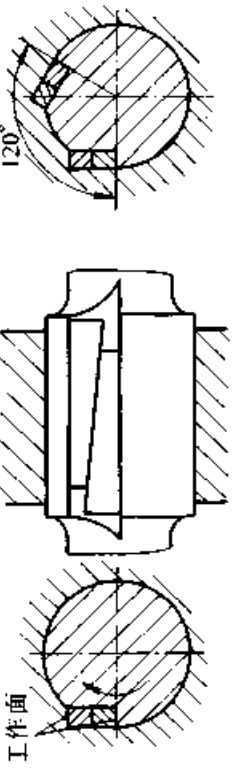
图 21.2-2 楔键联结受力简图

表 21.2-1 键联接的类型、特点和应用

类 型	特 点	应 用
<p>普通平键 GB/T1096—1979 薄型平键 GB/T1567—1979</p> 	<p>通常键与轴槽的配合较紧，A型用于端铣刀加工的轴槽，键在槽中轴向固定良好，但应力集中较大；B型用于盘铣刀加工的轴槽；C型用于轴端，属于静联结</p>	<p>应用最广，适于高精度、高速或承受变载、冲击的场合。 薄型平键用于薄壁轮毂或传递转矩较小的联结</p>
<p>平 键</p>  <p>导向平键 GB/T1097—1979 滑键</p>	<p>靠侧面传递转矩。对中性好，拆装方便。不能实现轮毂的轴向固定</p>	<p>导向平键用于轴上零件轴向移动量不大的场合，如变速箱中的齿轮 滑键用于轴上零件轴向移动量较大的场合</p>

超星阅读提醒您  
使用本书时请尊重知识产权！

续表 21.2-1

类 型	特 点	应 用
<p>半圆键 GB/T1099—1979</p>  <p>工作面</p>	<p>靠侧面传递转矩，键在槽中能沿槽底圆弧摆动，装配方便。键槽深，对轴削弱较大</p>	<p>一般用于轻载，适用于轴的锥形轴伸</p>
<p>普通楔键 GB/T1564—1979 钩头楔键 GB/T1565—1979 薄型楔键 GB/T16922—1997</p>  <p>工作面</p>	<p>键的上下两面是工作面。键的上表面和键槽的底面各有1:100的斜度，装配时需打入，靠楔紧作用传递转矩。能使轴上零件和轴产生偏心和偏斜，破坏了轮毂与轴的同心性</p>	<p>用于精度要求不高、转速较低时传递较大的、双向的或有振动的转矩 有钩头的用于不能从另一端将键打出的场合，钩头供拆卸用，应注意加保护罩。</p>
<p>切向键 GB/T1974—1980</p>  <p>工作面</p>	<p>由两个斜度为1:100的楔键组成。其上下两面（窄面）为工作面，其中一面在通过轴心线的平面内。工作面上的压力沿轴的切线方向作用，能传递很大的转矩 一组切向键只传递一个方向的转矩，传递双向转矩时，需用两组互成120°~135°的切向键</p>	<p>用于载荷很大、对中性要求不严格的场合</p>

超星浏览器提醒您：  
使用本复制品  
请尊重相关知识产权！

1.2.3 切向键联接的强度计算

切向键的受力简图见图 21.2-3。

$$\text{挤压强度 } \sigma_p = \frac{T}{(0.5\mu + 0.45)dl(t-c)} \leq \sigma_{pp} \quad (21.2-4)$$

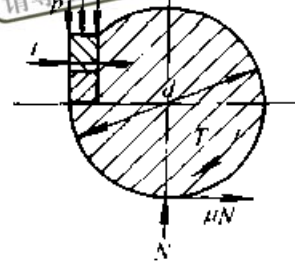
式中:  $t$  ——切向键工作面宽度;

$c$  ——切向键倒角宽度。

其他参数意义同式 21.2-3。

键的材料,要有足够的强度和硬度,以满足防止压溃和耐磨的需要。国家标准规定,键用抗拉强度不低于 600 MPa 的钢制造,如 45 钢、Q275 等。大批量生产时,可采用精拔中碳钢。若轮毂为非铁金属或非金属材料,则键可用 20、

Q235 等牌号的钢。



$$y \approx \frac{d-t}{2} \quad t \approx \frac{d}{10}$$

图 21.2-3 切向键联接受力简图

表 21.2-2 键联接的许用挤压应力和压强 (MPa)

联接的工作方式	联接中较弱零件的材料	$\sigma_{pp}$ 或 $p_p$		
		静载荷	轻微冲击载荷	冲击载荷
静联接	钢	125~150	100~120	60~90
	铸铁	70~80	50~60	30~45
动联接	钢	50	40	30

1.3 键联接的尺寸系列、公差配合和表面粗糙度

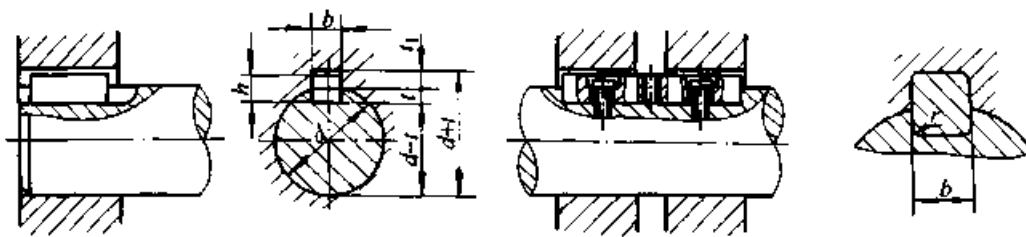
1.6~3.2  $\mu\text{m}$ ; 轴槽底面、轮毂槽底面的表面粗糙度  $R_a$  值为 6.3  $\mu\text{m}$ , 键联接的键、键槽尺寸及公差见表 21.2-3~表 21.2-16。

轴槽、轮毂槽两侧面的表面粗糙度  $R_a$  值为

表 21.2-3 普通平键、导向平键和键槽的截面尺寸及公差

(摘自 GB/T 1095—1979)

(mm)



注: 在工作图中, 轴槽深用  $t$  或  $(d-t)$  标注, 轮毂槽深用  $(d+t_1)$  标注。

公称直径 $d$	键 公称尺寸 $b \times h$	键 槽												
		公称尺寸 $b$	宽 度 $b$						深 度				半 径 $r$	
			极 限 偏 差						轴 $t$	毂 $t_1$				
			较松键联接		一般键联接		较紧键联接				公称尺寸	极限偏差	公称尺寸	极限偏差
自 6~8	2×2	2	+0.025	+0.060	-0.004	±0.0125	-0.006	1.2	+0.1	1	+0.1	0.08	0.16	
>8~10	3×3	3	0	+0.020	-0.029		-0.031							1.8

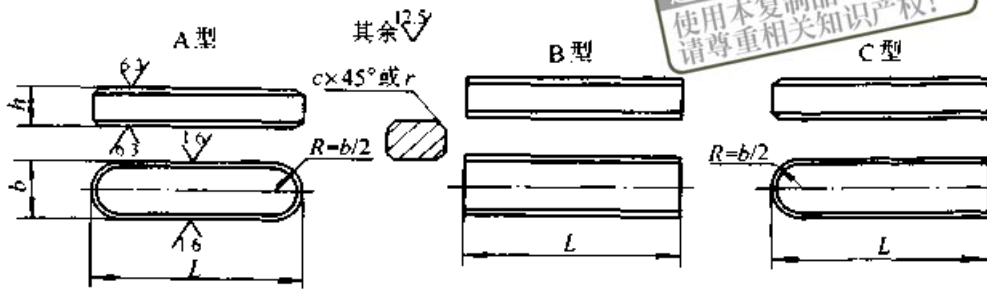
超星浏览器提醒您：  
使用本复制品  
请尊重相关知识产权！

续表 21.2-3

轴 公称直径 $d$	键 公称尺寸 $b \times h$	键 公称尺寸 $b$	宽度 $b$					深度				半径 $r$		
			极限偏差					轴 $t$		毂 $t_1$				
			较松键联接		一般键联接		较紧键联接	轴和毂 (P9)	公称尺寸	极限偏差	公称尺寸	极限偏差	最小	最大
			轴(H9)	毂(D10)	轴(N9)	毂(Js9)								
>10~12	4×4	4					2.5		1.8		0.08	0.16		
>12~17	5×5	5	+0.030 0	+0.078 +0.030	0 -0.036	±0.015	-0.012 -0.042	3.0	+0.1 0	2.3	+0.1 0			
>17~22	6×6	6					3.5		2.8		0.16	0.25		
>22~30	8×7	8	+0.036 0	+0.098 +0.040	0 -0.036	±0.018	-0.015 -0.051	4.0 5.0		3.3 3.3				
>30~38	10×8	10												
>38~44	12×8	12					5.0		3.3					
>44~50	14×9	14	+0.043 0	+0.120 +0.050	0 -0.043	±0.0215	-0.018 -0.061	5.5 6.0		3.8 4.3		0.25	0.40	
>50~58	16×10	16												
>58~65	18×11	18					7.0	+0.2 0	4.4	+0.2 0				
>65~75	20×12	20					7.5		4.9					
>75~85	22×14	22	+0.052 0	+0.149 +0.065	0 -0.052	±0.026	-0.022 -0.074	9.0 9.0		5.4 5.4		0.40	0.60	
>85~95	25×14	25												
>95~110	28×16	28					10.0		6.4					
>110~130	32×18	32					11.0		7.4					
>130~150	36×20	36					12.0		8.4					
>150~170	40×22	40	+0.062 0	+0.180 +0.080	0 -0.062	±0.031	-0.026 -0.088	13.0		9.4		0.70	1.0	
>170~200	45×25	45					15.0		10.4					
>200~230	50×28	50					17.0		11.4					
>230~260	56×32	56					20.0	+0.3 0	12.4	+0.3 0				
>260~290	63×32	63	+0.074 0	+0.220 +0.100	0 -0.074	±0.037	-0.032 -0.106	20.0		12.4		1.2	1.6	
>290~330	70×36	70					22.0		14.4					
>330~380	80×40	80					25.0		15.4					
>380~440	90×45	90	+0.087 0	+0.260 +0.120	0 -0.087	±0.0435	-0.037 -0.124	28.0		17.4		2.0	2.5	
>440~500	100×50	100					31.0		19.5					

注：(d-t) 和 (d+t<sub>1</sub>) 两组组合尺寸的极限偏差按相应的 t 和 t<sub>1</sub> 的极限偏差选取，但 (d-t) 极限偏差值应取负号。

表 21.2.4 普通平键型式尺寸 (摘自 GB/T 1096—1979) (mm)



标记示例:

圆头普通平键 (A型)  $b = 16 \text{ mm}$ 、 $h = 10 \text{ mm}$ 、 $L = 100 \text{ mm}$  标记: 键  $16 \times 100 \text{ GB/T 1096—1979}$

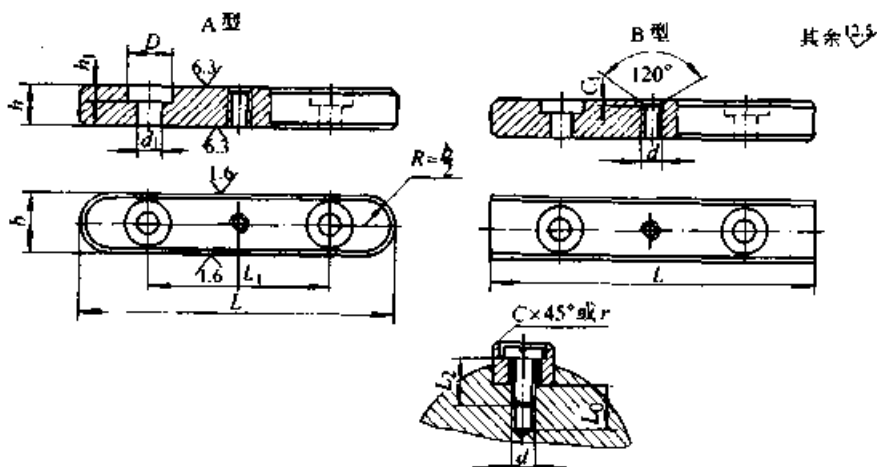
同尺寸 (B型)、(C型) 标记: 键  $B16 \times 100 \text{ GB/T 1096—1979}$ 、标记: 键  $C16 \times 100 \text{ GB/T 1096—1979}$

h	公称尺寸	2	3	4	5	6	8	10	12	14	16	18	20	22
	极限偏差 (h9)	0 -0.025			0 -0.030		0 -0.036			0 -0.043			0 -0.052	
h	公称尺寸	2	3	4	5	6	7	8	8	9	10	11	12	14
	极限偏差 (h11)	0 -0.06	0 (-0.025) <sup>①</sup>	0 -0.075	0 (-0.030) <sup>①</sup>				0 -0.090				0 -0.110	
C 或 r		0.16~0.25			0.25~0.40			0.40~0.60				0.60~0.80		
h	公称尺寸	25	28	32	36	40	45	50	56	63	70	80	90	100
	极限偏差 (h9)	0 -0.052			0 -0.062				0 -0.074				0 -0.087	
h	公称尺寸	14	16	18	20	22	25	28	32	32	36	40	45	50
	极限偏差 (h11)	0 -0.110			0 -0.130				0 -0.160					
C 或 r		0.60~0.80			1.0~1.2			1.6~2.0				2.5~3.0		

注: 键长 L 系列: 6、8、10、12、14、16、18、20、22、25、28、32、36、40、45、50、56、63、70、80、90、100、110、125、140、160、180、200、220、250、280、320、360、400、450、500, 公差带为 h14

① 括号内的数值 (相应 h9) 适用于 B 型键

表 21.2.5 导向平键型式尺寸 (摘自 GB/T 1097—1979) (mm)



标记示例:

圆头导向平键 (A型)  $b = 16 \text{ mm}$ 、 $h = 10 \text{ mm}$ 、 $L = 100 \text{ mm}$  标记: 键  $16 \times 100 \text{ GB/T 1097—1979}$

平头导向平键 (B型) 尺寸同上, 标记: 键  $B16 \times 100 \text{ GB/T 1097—1979}$



超星阅览器  
使用本复制品  
请尊重相关版权!

	公称尺寸	8	10	12	14	16	18	20	22	25	28	32	36	40	45	
$h$	极限偏差 (h9)	0 -0.036			0 -0.043			0 -0.052			0 -0.062					
	公称尺寸	7	8	8	9	10	11	12	14	14	16	18	20	22	25	
$h$	极限偏差 (h11)	0 -0.090					0 -0.110					0 -0.130				
$C$ 或 $r$	0.25~0.40	0.40~0.60					0.60~0.80					1.0~1.2				
$h_1$	2.4	3.0	3.5	4.5			6	7	8							
$d$	M3	M4	M5	M6			M8	M10	M10							
$d_1$	3.4	4.5	5.5	6.6			9	11	11							
$D$	6	8.5	10	12			15	18	18							
$C_1$	0.3	0.5			0.5			0.5	0.5	0.5						
$L_0$	7	8	10			12			15	18	22					
螺钉 ( $d \times L_2$ )	M3 × 8	M3 × 10	M4 × 10	M5 × 10	M5 × 10	M6 × 12	M6 × 12	M6 × 16	M8 × 16	M8 × 16	M10 × 20	M10 × 25	M10 × 25	M10 × 25		
$L$	36	40	45	50	56	63	70	80	90	100	110	125	140	160	180	200
$L_1$	18	20	23	26	30	35	40	48	54	60	66	75	80	90	100	110

表 21.2-6 薄型平键键和键槽的截面尺寸及公差

(摘自 GB/T 1566—1979)

(mm)

公称直径 $d$	键 公称尺寸 $b \times h$	键 槽										半径 $r$ 最小 最大	
		宽 度 $b$					深 度						
		极限偏差					轴 $f$	毂 $f_1$	半径				
		较松键联接		一般键联接		较紧键联接							
轴(H9)	毂(D10)	轴(N9)	毂(Js9)	轴和毂(P9)	公称尺寸	极限偏差	公称尺寸	极限偏差	最小	最大			
自 12~17	5 × 3	5	+0.030	+0.078	0	±0.015	-0.012	1.8	+0.1	1.4	0.16	0.25	
>17~22	6 × 4	6	0	+0.030	-0.030	±0.015	-0.042	2.5		1.8			
>22~30	8 × 5	8	+0.036	+0.098	0	±0.018	-0.015	3	0	2.3	+0.1	0	
>30~38	10 × 6	10	0	+0.040	-0.036	±0.018	-0.051	3.5		2.8			
>38~44	12 × 6	12	+0.043	+0.120	0	±0.0215	-0.018	3.5	+0.2	2.8	+0.2	0	
>44~50	14 × 6	14						3.5		2.8			
>50~58	16 × 7	16	0	+0.050	-0.043	±0.0215	-0.061	4	0	3.3	+0.2	0	
>58~65	18 × 7	18	4	3.3									

超星浏览器提醒您：  
使用本复制品  
请尊重相关知识产权！  
续表 21.2-6

轴 公称直径 $d$	键 公称尺寸 $b \times h$	键 槽												
		公称 尺寸	宽 度 $b$						深 度				半 径 $r$	
			极 限 偏 差						轴 $t$		毂 $t_1$			
			较松键联接		一般键联接		较紧键联接		轴 $t$		毂 $t_1$			
轴(H9)	毂(D10)	轴(N9)	毂(Js9)	轴和 毂(P9)	公称 尺寸	极 限 偏 差	公称 尺寸	极 限 偏 差	最 小	最 大				
>65~75	20×8	20						5		3.3				
>75~85	22×9	22	+0.052	+0.149	0	$\pm 0.026$	-0.022	5.5		3.8				
>85~95	25×9	25	0	+0.065	-0.052		-0.074	5.5	+0.2	3.8	+0.2	0.40	0.60	
>95~110	28×10	28						6	0	4.3	0			
>110~130	32×11	32	+0.062	+0.180	0	$\pm 0.031$	-0.026	7		4.4				
>130~150	36×12	36	0	+0.080	-0.062		-0.088	7.5		4.9		0.70	1.0	

注：(d-t) 和 (d+t<sub>1</sub>) 两个组合尺寸的极限偏差按相应的 t 和 t<sub>1</sub> 的极限偏差选取，但 (d-t) 极限偏差值应取负号。

表 21.2-7 薄型平键型式尺寸 (摘自 GB/T 1567—1979) (mm)

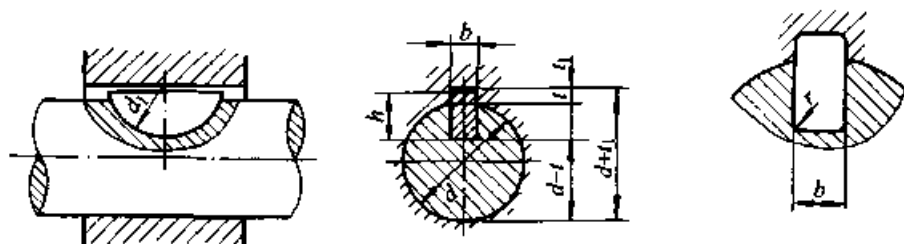
标记示例：

圆头薄型平键 (A型)  $b=16\text{ mm}$ 、 $h=7\text{ mm}$ 、 $L=100\text{ mm}$ ，标记：键 16×7×100 GB/T 1567—1979  
同尺寸 (B型)、(C型)，标记：键 B16×7×100 GB/T 1567—1979、键 C16×7×100 GB/T 1567—1979

$b$	公称尺寸	5	6	8	10	12	14	16	18	20	22	25	28	32	36
	极限偏差 (h9)	0		0		0		0		0		0		0	
$h$	公称尺寸	3	4	5	6	6	6	7	7	8	9	9	10	11	12
	极限偏差 (h11)	0		0		0		0		0		0		0	
C 或 $r$		0.25~0.40			0.40~0.60				0.60~0.80				1.0~1.2		

注：键长 L 系列见表 21.2-4。

表 21.2-8 半圆键键和键槽的截面尺寸及公差 (摘自 GB/T 1098—1979) (mm)



注：在工作图中，键槽深用  $t$  或  $(d-t)$  标注，轮毂槽深用  $(d+t_1)$  标注

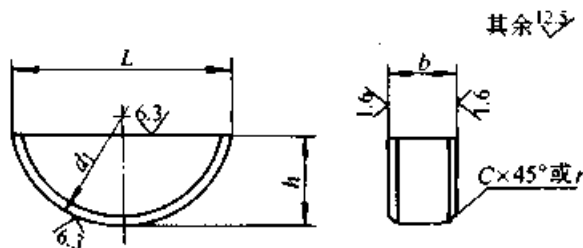
超星网见诸品  
使用本复制品  
请尊重相关续表 21.2.8

轴径 $d$		键		槽								
键传递转矩	键定位用	公称尺寸 $b \times h \times d_1$	公称尺寸	宽度 $b$			深度				半径 $r$	
				极限偏差			轴 $t$		毂 $t_1$		最小	最大
				一般键联结		较紧键联结	公称尺寸	极限偏差	公称尺寸	极限偏差		
				轴(N9)	毂(Js9)	轴和毂(P9)						
自3~4	自3~4	1.0×1.4×4	1.0	-0.004 -0.029	±0.012	-0.006 -0.031	1.0	+0.1 0	0.6	0.08	0.16	
>4~5	>4~6	1.5×2.6×7	1.5				2.0		0.8			
>5~6	>6~8	2.0×2.6×7	2.0				1.8		1.0			
>6~7	>8~10	2.0×3.7×10	2.0				2.9		1.0			
>7~8	>10~12	2.5×3.7×10	2.5				2.7		1.2			
>8~10	>12~15	3.0×5.0×13	3.0				3.8		1.4			
>10~12	>15~18	3.0×6.5×16	3.0				5.3		1.4			
>12~14	>18~20	4.0×6.5×16	4.0				5.0		1.8			
>14~16	>20~22	4.0×7.5×19	4.0				6.0		1.8			
>16~18	>22~25	5.0×6.5×16	5.0				4.5		2.3			
>18~20	>25~28	5.0×7.5×19	5.0	0 -0.030	±0.015	-0.012 -0.042	5.5	+0.2 0	2.3	0.16	0.25	
>20~22	>28~32	5.0×9.0×22	5.0				7.0		2.3			
>22~25	>32~36	6.0×9.0×22	6.0				6.5		2.8			
>25~28	>36~40	6.0×10.0×25	6.0				7.5		2.8			
>28~32	40	8.0×11.0×28	8.0	0 -0.036	+0.018	-0.015 -0.051	8.0	+0.2 0	3.3	0.25	0.40	
>32~38	—	10.0×13.0×32	10.0				10.0		3.3			

注：( $d-t$ ) 和 ( $d+t_1$ ) 两个组合尺寸的极限偏差按相应的  $t$  和  $t_1$  的极限偏差选取，但 ( $d-t$ ) 极限偏差值应取负号。

表 21.2-9 半圆键型式尺寸 (摘自 GB/T 1099—1979)

(mm)



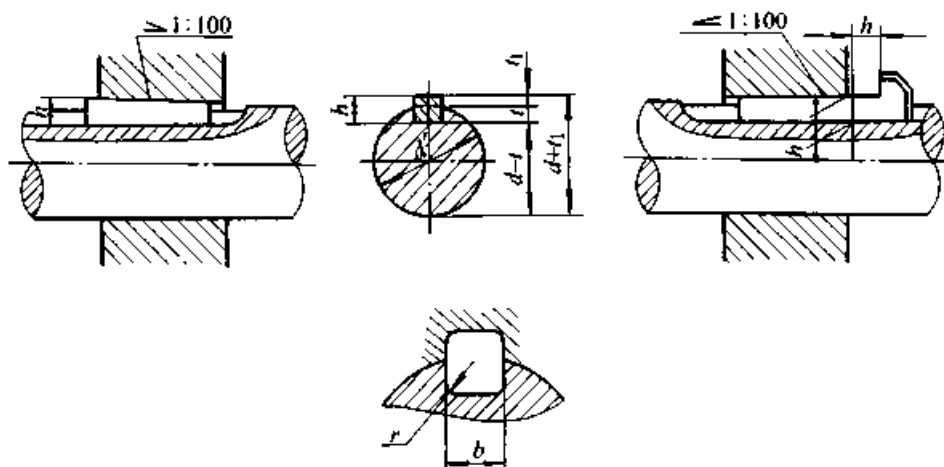
标记示例：

半圆键  $b=6$  mm、 $h=10$  mm、 $d_1=25$  mm，标记：键 6×25 GB/T 1099—1979

超星浏览器提醒您：  
使用本复制品  
请尊重相关续表 21.2-9

键宽 $b$		高度 $h$		直径 $d_1$		$L \approx$	C		每 1 000 件 的质量 kg $\approx$
公称尺寸	极限偏差 (h9)	公称尺寸	极限偏差 (h11)	公称尺寸	极限偏差 (h12)		最小	最大	
1.0	0 -0.025	1.4	0 -0.060	4	0 -0.120	3.9	0.16	0.25	0.031
1.5		2.6		7	6.8	0.153			
2.0		2.6	7	6.8	0.204				
2.0		3.7	0 -0.075	10	0 -0.150	9.7			0.414
2.5		3.7		10		9.7			0.518
3.0		5.0	0 -0.180	13	0 -0.180	12.7			1.10
3.0		6.5		16		15.7			1.80
4.0		0 -0.030	6.5	0 -0.090	16	0 -0.210			15.7
4.0	7.5		19		18.6		3.27		
5.0	6.5		16		0 -0.180	15.7	3.01		
5.0	7.5		19		0 -0.210	18.6	4.09		
5.0	9.0		22			21.6	5.73		
6.0	9.0		22		0 -0.210	21.6	6.88		
6.0	10.0		25			24.5	8.64		
8.0	0 -0.036		11.0		0 -0.110	28	0 -0.250	27.4	0.40
10.0		13.0	32	31.4		19.3			

表 21.2-10 楔键键和键槽的截面尺寸及公差 (摘自 GB/T 1563—1979) (mm)



注：①在工作图中，轴槽深用  $t$  或  $(d-t)$  标注，轮毂槽深用  $(d+t_1)$  标注

②  $(d+t_1)$  及  $t_1$  表示大端轮毂槽深度

③安装时，键的斜面与轮毂槽的斜面必须紧密贴合

超星网  
使用本复制品  
请尊重相关知识产权!

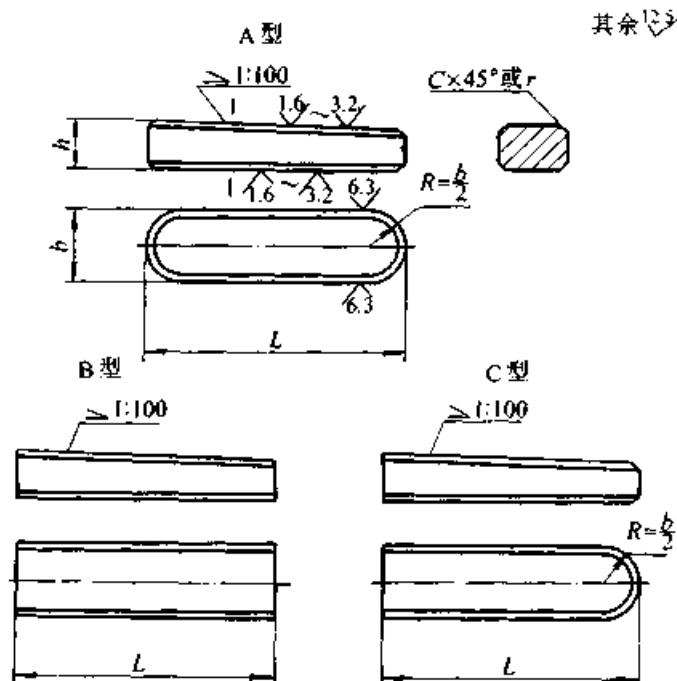
续表 21.2-10

轴 公称 直径 $d$	键 公称 尺寸 $b \times h$	键 槽							
		宽度 $b$		深度				半径	
		公称尺寸	轴和毂极 限偏差 (D10)	轴 $t$		毂 $t_1$		最小	最大
公称尺寸	极限偏差			公称尺寸	极限偏差				
自 6~8	2×2	2	+0.060	1.2	+0.1 0	0.5	+0.1 0	0.08	0.16
>8~10	3×3	3	+0.020	1.8		0.9			
>10~12	4×4	4	+0.078 +0.030	2.5		1.2			
>12~17	5×5	5		3.0	1.7				
>17~22	6×6	6	+0.098 +0.040	3.5	+0.2 0	2.2	+0.2 0	0.16	0.25
>22~30	8×7	8		4.0		2.4			
>30~38	10×8	10	+0.120 +0.050	5.0	+0.2 0	2.4	+0.2 0	0.25	0.40
>38~44	12×8	12		5.0		2.4			
>44~50	14×9	14	+0.149 +0.065	5.5	+0.2 0	2.9	+0.2 0	0.40	0.60
>50~58	16×10	16		6.0		3.4			
>58~65	18×11	18	+0.180 +0.080	7.0	+0.3 0	3.4	+0.3 0	0.40	0.60
>65~75	20×12	20		7.5		3.9			
>75~85	22×14	22	+0.220 +0.100	9.0	+0.3 0	4.4	+0.3 0	0.70	1.0
>85~95	25×14	25		9.0		4.4			
>95~110	28×16	28	+0.260 +0.120	10.0	+0.3 0	5.4	+0.3 0	0.70	1.0
>110~130	32×18	32		11.0		6.4			
>130~150	36×20	36	+0.220 +0.100	12.0	+0.3 0	7.1	+0.3 0	1.2	1.6
>150~170	40×22	40		13.0		8.1			
>170~200	45×25	45	+0.260 +0.120	15.0	+0.3 0	9.1	+0.3 0	2.0	2.5
>200~230	50×28	50		17.0		10.1			
>230~260	56×32	56	+0.220 +0.100	20.0	+0.3 0	11.1	+0.3 0	2.0	2.5
>260~290	63×32	63		20.0		11.1			
>290~330	70×36	70	+0.260 +0.120	22.0	+0.3 0	13.1	+0.3 0	2.0	2.5
>330~380	80×40	80		25.0		14.1			
>380~440	90×45	90	+0.260 +0.120	28.0	+0.3 0	16.1	+0.3 0	2.0	2.5
>440~500	100×50	100		31.0		18.1			

注:  $(d-t)$  和  $(d+t_1)$  两个组合尺寸的极限偏差按相应的  $t$  和  $t_1$  的极限偏差选取, 但  $(d-t)$  极限偏差值应取负号。

表 21.2-11 普通楔键型式尺寸 (摘自 GB/T 1564—1979)

超星浏览器提醒您：  
使用本复制品  
请尊重相关知识产权！  
(mm)



标记示例：

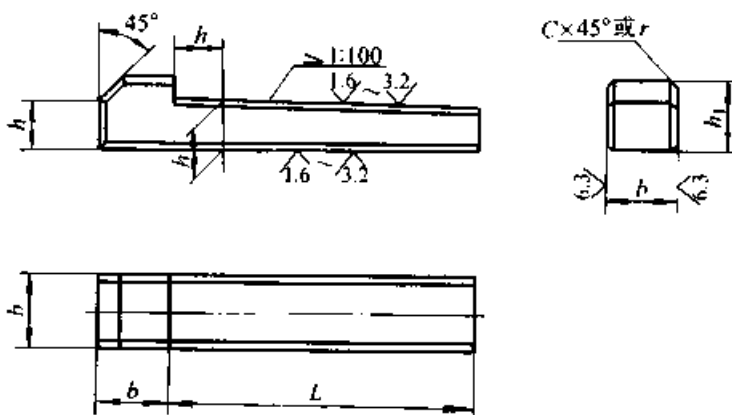
圆头普通楔键 (A型)  $b = 16 \text{ mm}$ 、 $h = 10 \text{ mm}$ 、 $L = 100 \text{ mm}$ ，标记：键  $16 \times 100 \text{ GB/T 1564—1979}$ 同尺寸 (B型)、(C型)，标记：键  $B16 \times 100 \text{ GB/T 1564—1979}$ 、键  $C16 \times 100 \text{ GB/T 1564—1979}$ 

$b$	公称尺寸	2	3	4	5	6	8	10	12	14	15	18	20	22
	极限偏差 (h9)	0 -0.025	0 -0.030			0 -0.036			0 -0.043			0 -0.052		
$h$	公称尺寸	2	3	4	5	6	7	8	8	9	10	11	12	14
	极限偏差 (h11)	0 -0.060	0 -0.075			0 -0.090			0 -0.110			0 -0.110		
C或r		0.16~0.25			0.25~0.40			0.40~0.60			0.60~0.80			
$b$	公称尺寸	25	28	32	36	40	45	50	56	63	70	80	90	100
	极限偏差 (h9)	0 -0.052	0 -0.062			0 -0.074			0 -0.087			0 -0.087		
$h$	公称尺寸	14	16	18	20	22	25	28	32	32	36	40	45	50
	极限偏差 (h11)	0 -0.110	0 -0.130			0 -0.160			0 -0.160			0 -0.160		
C或r		0.60~0.80			1.0~1.2			1.6~2.0			2.5~3.0			

注：键长  $L$  系列见表 21.2-4。

表 21.2-12 钩头楔键型式尺寸 (摘自 GB/T 1565—1979)

其余<sup>12.5</sup>



标记示例:

钩头楔键  $b = 16 \text{ mm}$ 、 $h = 10 \text{ mm}$ 、 $L = 100 \text{ mm}$ ，标记：键  $16 \times 100$  (GB/T 1565—1979)

$b$	公称尺寸	4	5	6	8	10	12	14	16	18	20	22	25
	极限偏差 (h9)	0 -0.030			0 -0.036			0 -0.043			0 -0.052		
$h$	公称尺寸	4	5	6	7	8	8	9	10	11	12	14	14
	极限偏差 (h11)	0 -0.075			0 -0.090				0 -0.110				
$h_1$		7	8	10	11	12	12	14	16	18	20	22	22
$C$ 或 $r$		0.16~ 0.25	0.25~0.40				0.40~0.60				0.60~0.80		
$b$	公称尺寸	28	32	36	40	45	50	56	63	70	80	90	100
	极限偏差 (h9)	0 -0.052	0 -0.062				0 -0.074				0 -0.087		
$h$	公称尺寸	16	18	20	22	25	28	32	32	36	40	45	50
	极限偏差 (h11)	0 -0.110		0 -0.130				0 -0.160					
$h_1$		25	28	32	36	40	45	50	50	56	63	70	80
$C$ 或 $r$		0.60~0.80		1.0~1.2				1.6~2.0			2.5~3.0		

注：键长  $L$  系列见表 21.2-4。



表 21.2-13 薄型楔键键和键槽的截面尺寸及公差 (摘自 GB/T 16922—1997) (mm)

轴 基本直径 $d$	键 基本尺寸 $b \times h$	键槽 (轮毂)						平台 (轴)	
		宽度 $b$		深度 $t_1$		半径 $r$		深度 $t$	
		基本尺寸	极限偏差 (D10)	基本尺寸	极限偏差	最小	最大	基本尺寸	极限偏差
22~30	8×5	8	+0.098	1.7	+0.1 0	0.16	0.25	3.0	+0.1 0
>30~38	10×6	10	+0.040	2.2		0.25	0.40	3.5	
>38~44	12×6	12	+0.120 +0.050	2.2				3.5	
>44~50	14×6	14		2.2				3.5	
>50~58	16×7	16	+0.149 +0.065	2.4	+0.2 0	0.40	0.60	4	+0.2 0
>58~65	18×7	18		2.4				4	
>65~75	20×8	20		2.4				5	
>75~85	22×9	22		2.9				5.5	
>85~95	25×9	25	2.9	5.5					
>95~110	28×10	28	3.4	6					
>110~130	32×11	32	3.4	7					
>130~150	36×12	36	+0.180 +0.080	3.9		0.70	1	7.5	
>150~170	40×14	40		4.4	9				
>170~200	45×16	45		5.4	10				
>200~230	50×18	50		6.4	11				

注:  $(d-t)$  和  $(d+t_1)$  两个组合尺寸的极限偏差按相应的  $t$  和  $t_1$  的极限偏差选取, 但  $(d-t)$  极限偏差值应取负号。

表 21.2-14 薄型楔键型式尺寸 (摘自 GB/T 16922—1997) (mm)

标记示例:

圆头薄型楔键 (A)  $b=16\text{ mm}$ 、 $h=7\text{ mm}$ 、 $L=100\text{ mm}$ , 标记: 键 A16×7×100 GB/T 16922—1997  
同尺寸 (B型)、(C型) 标记: 键 B16×7×100 GB/T 16922—1997、键 C16×7×100 GB/T 16922—1997

$b$	基本尺寸	8	10	12	14	16	18	20	22	25	28	32	36	40	45	50
	极限偏差 (h9)	0 -0.036	0 -0.043			0 -0.052			0 -0.062							
$h$	基本尺寸	5	6	6	6	7	7	8	9	9	10	11	12	14	16	18
	极限偏差 (h11)	0 -0.075			0 -0.090			0 -0.110								
$C$ 或 $r$	最小	0.25		0.40			0.6			1.0						
	最大	0.40		0.60			0.8			1.2						



表 21.2-15 钩头薄型楔键型式尺寸 (摘自 GB/T 16922—1997) (mm)

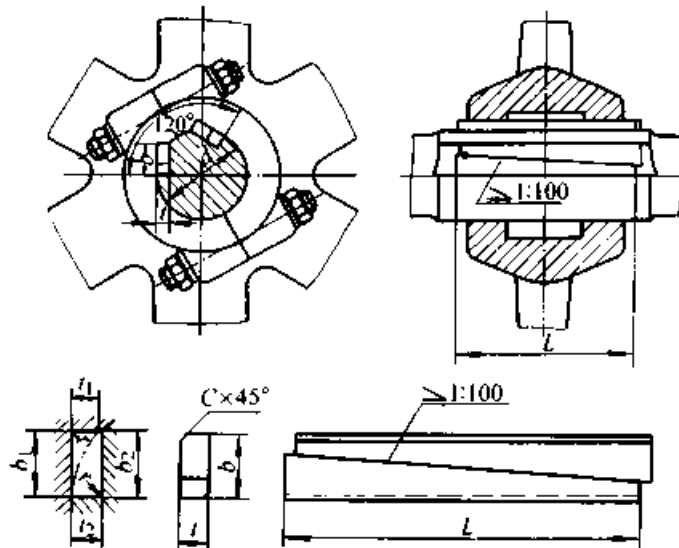


标记示例:

钩头薄型楔键:  $b=16\text{ mm}$ 、 $h=7\text{ mm}$ 、 $L=100\text{ mm}$ 、标记: 键 16×7×100 GB/T 16922—1997

$b$	基本尺寸	8	10	12	14	16	18	20	22	25	28	32	36	40	45	50
	极限偏差 (h9)	0 -0.036	0 -0.043				0 -0.052				0 -0.062					
$h$	基本尺寸	5	6	6	6	7	7	8	9	9	10	11	12	14	16	18
	极限偏差 (h11)	0 -0.075			0 -0.090				0 -0.110							
$h_1$		8	10		11		12	14	16		18	20	22	25	28	
$C$ 或 $r$	最小	0.25		0.40			0.6				1.0					
	最大	0.40		0.60			0.8				1.2					

表 21.2-16 普通切向键、强力切向键及键槽的尺寸 (摘自 GB/T 1974—1980) (mm)



- 注: ①一对切向键在装配之后的相互位置应用销或其他适当方法固定  
 ②长度  $L$  按实际结构确定, 建议一般比轮毂厚度长 10%~15%  
 ③一对切向键在装配时, 1:100 的两斜面之间, 以及键的两工作面与轴槽和轮毂槽的工作面之间, 都必须紧密贴合

普通切向键及键槽尺寸

轴径 $d$	键				键 槽								
	厚度 $t$		计算 宽度 $b$	倒角 $C$		深度				计算宽度		半径 $r$	
	尺寸	极限偏差 (h11)		最小	最大	轮毂 $t_1$		轴 $t_2$		轮毂 $b_1$	轴 $b_2$	最大	最小
			尺寸			极限偏差	尺寸	极限偏差					
60	7	0 -0.090	19.3	0.6	0.8	7	0 -0.2	7.3	+0.2 0	19.3	19.6	0.6	0.4
65			20.1							20.5			
70			21.0							21.4			

超星浏览器提醒您：  
使用本复制品  
请尊重知识产权  
续表 21.2-16

普通切向键及键槽尺寸

轴径 $d$	键					键 槽							
	厚度 $t$		计算 宽度 $b$	倒角 $C$		深度				计算宽度		半径 $r$	
	尺寸	极限偏差 (h11)		最小	最大	轮毂 $t_1$		轴 $t_2$		轮毂 $b_1$	轴 $b_2$	最大	最小
			尺寸			极限偏差	尺寸	极限偏差					
75	8	0 -0.090	23.2	0.6	0.8	8	0 -0.2	8.3	+0.2 0	23.2	23.5	0.6	0.4
80			24.0							24.4			
85			24.8							25.2			
90			25.6							26.0			
95	9	0 -0.090	27.8	1	1.2	9	0 -0.2	9.3	+0.2 0	27.8	28.2	1.0	0.7
100			28.6							29.0			
110			30.1							30.6			
120	10	0 -0.110	33.2	1.6	2.0	10	0 -0.3	10.3	+0.3 0	33.2	33.6	1.6	1.2
130			34.6							35.1			
140	11	0 -0.110	37.7	2.5	3.0	11	0 -0.3	11.4	+0.3 0	37.7	38.3	2.5	2.0
150			39.1							39.7			
160			42.1							42.8			
170			43.5							44.2			
180	12	0 -0.110	44.9	3.0	4.0	12	0 -0.3	12.4	+0.3 0	44.9	45.6	3.0	2.5
190			49.6							50.3			
200	51.0	51.7											
220	16	0 -0.130	57.1	3.0	4.0	16	0 -0.3	16.4	+0.3 0	57.1	57.8	3.0	2.5
240			59.9							60.6			
250	18	0 -0.130	64.6	3.0	4.0	18	0 -0.3	18.4	+0.3 0	64.6	65.3	3.0	2.5
260			66.0							66.7			
280	20	0 -0.130	72.1	3.0	4.0	20	0 -0.3	20.4	+0.3 0	72.1	72.8	3.0	2.5
300			74.8							75.5			
320	22	0 -0.130	81.0	3.0	4.0	22	0 -0.3	22.4	+0.3 0	81.0	81.6	3.0	2.5
340			83.6							84.3			
360	26	0 -0.130	93.2	3.0	4.0	26	0 -0.3	26.4	+0.3 0	93.2	93.8	3.0	2.5
380			95.9							96.6			
400	98.6	99.3											
420	30	0 -0.160	108.2	3.0	4.0	30	0 -0.3	30.4	+0.3 0	108.2	108.8	3.0	2.5
450			112.3							112.9			
480	34	0 -0.160	123.1	3.0	4.0	34	0 -0.3	34.4	+0.3 0	123.1	123.8	3.0	2.5
500			125.9							126.6			
530	38	0 -0.160	136.7	3.0	4.0	38	0 -0.3	38.4	+0.3 0	136.7	137.4	3.0	2.5
560			140.8							141.5			
600	42	0 -0.160	153.1	3.0	4.0	42	0 -0.3	42.4	+0.3 0	153.1	153.8	3.0	2.5
630			157.1							157.8			

超星阅览器  
使用本复制品  
请尊重版权！  
续表 21.2-16

强力切向键及键槽尺寸

轴径 $d$	键					键 槽							
	厚度 $t$		计算 宽度 $b$	倒角 $C$		深度				计算宽度		半径 $r$	
	尺寸	极限偏差 (h11)		最小	最大	轮毂 $t_1$		轴 $t_2$		轮毂 $b_1$	轴 $b_2$	最大	最小
			尺寸			极限偏差	尺寸	极限偏差					
100	10	0 -0.090	30	1.0	1.2	10	0 -0.2	10.3	+0.2 0	30	30.4	1.0	0.7
110	11	0 -0.110	33			11		11.4		33	33.5		
120	12		36			12		12.4		36	36.5		
130	13		39			13		13.4		39	39.5		
140	14		42			14		14.4		42	42.5		
150	15		45	1.6	2.0	15	15.4	45	45.5	1.6	1.2		
160	16	48	16			16.4	48	48.5					
170	17	51	17			17.4	51	51.5					
180	18	54	18			18.4	54	54.5					
190	19	0 -0.130	57	2.5	3.0	19	19.4	57	57.5	2.5	2.0		
200	20		60			20	20.4	60	60.5				
220	22		66			22	22.4	66	66.5				
240	24		72			24	24.4	72	72.5				
250	25		75			25	25.4	75	75.5				
260	26	78	26	26.4	78	78.5	3.0	2.5					
280	28	84	3.0	4.0	28	0 -0.3			28.4	+0.3 0	84	84.5	
300	30	90			30				30.4		90	90.5	
320	32	96			32				32.4		96	96.5	
340	34	102			34				34.4		102	102.5	
360	36	108			36		36.4	108	108.5				
380	38	114	38	38.4	114	114.5	4.0	3.0					
400	40	120	40	40.4	120	120.5							
420	42	126	42	42.4	126	126.5							
450	45	135	45	45.4	135	135.5							
480	48	144	4.0	5.0	48	48.5			144	144.7			
500	50	150			50	50.5	150	150.7					
530	53	159			53	53.5	159	159.7					
560	56	168	56	56.5	168	168.7	5.0	4.0					
600	60	0 -0.190	180	5.0	7.0	60			60.5	180	180.7		
630	63		189			63			63.5	189	189.7		
710	71		213			71			71.5	213	213.7		
800	80		240			80			80.5	240	240.7		
900	90		270			90	90.5	270	270.7				
1 000	100	0 -0.220	300	7.0	9.0	100	100.5	300	300.7	7.0	5.0		

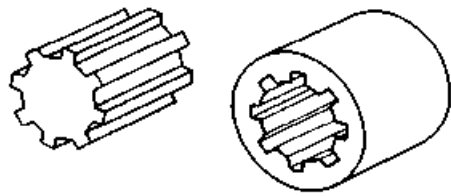
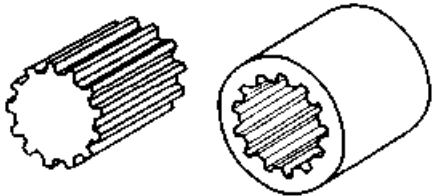
超星浏览器提醒您：  
 禁止复制或传播！  
 保护知识产权！

## 2 花键联接

### 2.1 花键联接的类型、特点和应用

花键联接为多齿工作，承载能力高，对中性、导向性好，齿根较浅，应力集中小，轴与毂削弱小。花键联接按其齿形不同，分为矩形花键和渐开线花键两种，其特点和应用见表 21.2-17

表 21.2-17 花键联接的特点和应用

类 型	简 图	特 点	应 用
矩形花键 GB/T 1144—2001		加工方便，可用磨削方法获得较高的精度。按齿数和齿高的不同规定有轻、中两个系列，轻系列多用于轻载联接或固定联接；中系列多用于中等载荷联接或空载下移动的动联接	应用很广泛，如飞机、汽车、拖拉机、机床制造业、农业机械及一般机械传动装置等中等载荷联接
渐开线花键 GB/T 3478.1—3478.9—1995		齿廓为渐开线，受载时齿上有径向分力，能起自动定心作用，使各齿载荷作用均匀，强度高，寿命长。加工工艺与齿轮加工相同，刀具比较经济，易获得较高的精度和互换性。 齿根有平齿根和圆齿根。渐开线标准压力角 $\alpha_D$ 有 $30^\circ$ 、 $37.5^\circ$ 及 $45^\circ$ 三种	用于载荷较大，定心精度要求较高，以及尺寸较大的联接

### 2.2 花键联接的强度校核计算

花键联接的受力情况和强度校核计算与平键相近似，对于静联接，其主要失效形式为齿面压溃，偶尔也会发生齿根被折断。对于动联接，其主要失效形式是工作面的过度磨损。因此，一般只对花键联接进行挤压强度或耐磨性计算。

假设压力在齿侧接触面均匀分布，各齿压力的合力作用在平均直径  $d_m$  处，则强度条件为

$$\text{挤压强度 (静联接)} \quad \sigma_p = \frac{2T}{\Psi Z h l d_m} \leq \sigma_{pp} \quad (21.2-5)$$

$$\text{耐磨性 (动联接)} \quad p = \frac{2T}{\Psi Z h l d_m} \leq p_v \quad (21.2-6)$$

式中  $T$  ——传递的转矩；

$\Psi$  ——各齿间载荷分布不均匀因子，其值视加工精度而定，一般为  $0.7 \sim 0.8$ ；

$Z$  ——对矩形花键  $Z$  为键数 ( $N$ )，对渐开线花键  $Z$  为齿数；

$h$  ——键的工作高度，矩形花键： $h = 0.5$

$(D - d) - 2c$  ( $D$  为大径， $d$  为小径， $c$  为键齿顶部倒角)，渐开线花键： $30^\circ$  压力角  $h = m$ ， $37.5^\circ$  压力角  $h = 0.9 m$ ， $45^\circ$  压力角  $h = 0.8 m$ ；

$l$  ——齿的接触长度；

$d_m$  ——平均直径，矩形花键为  $0.5 (D + d)$ ，渐开线花键为  $D$ ；

$\sigma_{pp}$  ——许用挤压应力，见表 21.2-18；

$p_v$  ——许用压强，见表 21.2-18。

### 2.3 矩形花键联接

#### 2.3.1 基本尺寸与键槽截面尺寸

矩形花键的基本尺寸系列和键槽截面尺寸见表 21.2-19。

矩形内花键长度系列见表 21.2-20。

#### 2.3.2 公差与配合

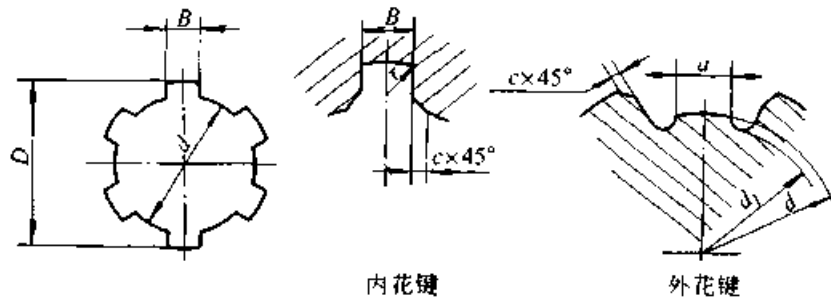
GB/T 1144—2001 规定了两种场合的矩形花键尺寸公差：一种是一般用途的，另一种是精密

表 21.2-18 花键联接的许用挤压应力  $\sigma_{pp}$  和许用压强  $p_p$

联接方式	使用和制造情况	$\sigma_{pp}/\text{MPa}, p_p/\text{MPa}$	
		齿面未经热处理	齿面经热处理
静联接	不良	35~50	40~70
	中等	60~100	100~140
	良好	80~120	120~200
不在载荷作用下移动的动联接	不良	15~20	20~35
	中等	20~30	30~60
	良好	25~40	40~70
在载荷作用下移动的动联接	不良		3~10
	中等		5~15
	良好		10~20

注：1. 使用和制造情况“不良”，系指受变载、有双向冲击、振动频率高和振幅大、润滑不良（动联接）、材料硬度不高和精度不高等。同一种情况下， $\sigma_{pp}$ 和 $p_p$ 的较小值用于工作时间和较重要的场合；  
2. 材料：内、外花键用抗拉强度不低于600 MPa的钢制造。

表 21.2-19 矩形花键的基本尺寸系列和键槽截面尺寸（摘自 GB/T 1144—2001）（mm）



内花键

外花键

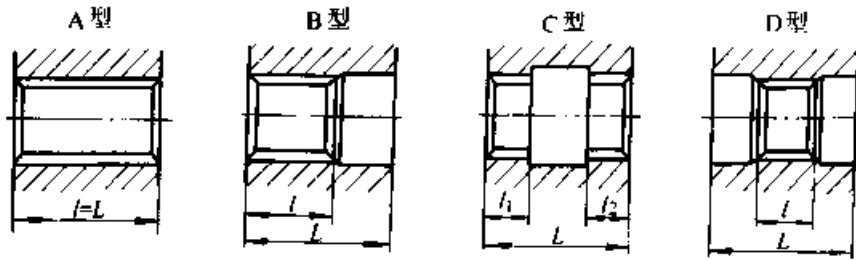
小径 $d$	轻 系 列					中 系 列				
	规 格 $N \times d \times D \times B$	$c$	$r$	$h_{\min}$	参 考 $d_{1\min}$ $a_{\min}$	规 格 $N \times d \times D \times B$	$c$	$r$	$h_{\min}$	参 考 $d_{1\min}$ $a_{\min}$
11						6×11×14×3	0.2	0.1	1.1	—
13						6×13×16×3.5				
16	—	—	—	—	—	6×16×20×4				14.4 1.0
18						6×18×22×5	0.3	0.2	1.4	16.6 1.0
21						6×21×25×5				19.5 2.0
23	6×23×26×6	0.2	0.1	1.1	22 3.5	6×23×28×6	0.3	0.2	1.9	21.2 1.2
26	6×26×30×6				24.5 3.8	6×26×32×6				23.6 1.2
28	6×28×32×7				26.6 4.0	6×28×34×7				25.8 1.4
32	8×32×36×6	0.3	0.2	1.4	30.3 2.7	8×32×38×6	0.4	0.3	2.2	29.4 1.0
36	8×36×40×7				34.4 3.5	8×36×42×7				33.4 1.0
42	8×42×46×8				40.5 5.0	8×42×48×8				39.4 2.5
46	8×46×50×9				44.6 5.7	8×46×54×9				42.6 1.4
52	8×52×58×10				49.6 4.8	8×52×60×10	0.5	0.4	3	48.6 2.5
56	8×56×62×10				53.5 6.5	8×56×65×10				52.0 2.5
62	8×62×68×12				59.7 7.3	8×62×72×12				57.7 2.4
72	10×72×78×12	0.4	0.3	2.2	69.6 5.4	10×72×82×12				67.4 1.0
82	10×82×88×12				79.3 8.5	10×82×92×12	77.0 2.9			
92	10×92×98×14				89.6 9.9	10×92×102×14	87.3 4.5			
102	10×102×108×16				99.6 11.3	10×102×112×16	97.7 6.2			
112	10×112×120×18	0.5	0.4	3	108.8 10.5	10×112×125×18	0.6	0.5	5.3	106.2 4.1

注：1.  $d_1$ 和 $a$ 值仅适用于展成法加工，矩形花键以小径定心。

2.  $h_{\min}$ 为内、外花键最小接触高度。

超星浏览器提醒您：  
 禁止本复制品  
 传播相关知识版权！  
 (mm)

表 21.2-20 矩形内花键长度系列 (摘自 GB/T10081—1988)



花键长度： $l$  或  $l_1 + l_2$ ；孔的最大长度： $L$

花键小径基本尺寸 $d$	11	13	16	18	21	23	26	28	32	36	42	46	52	56	62	72	82	92	102	112
花键长度 $l$ 或 $l_1 + l_2$	10~50		10~80						22~120						32~120		32~200			
孔的最大长度 $L$	50	80			120			200			250			300						
$l$ 或 $l_1 + l_2$ 长度系列	10、12、15、18、22、25、28、30、32、36、38、42、45、48、50、56、60、63、71、75、80、85、90、95、100、110、120、130、140、160、180、200																			

传动用途的。一般用途矩形花键，适用于普通机械，通常可作为 7~8 级齿轮的基准孔。精密传动用矩形花键，适用于较精密的机械传动，常被选用作精密齿轮的基准孔，对于 5 级齿轮，其内

外花键的小径公差带建议选 IT5 级，对于 6 级齿轮建议选 IT6 级。

内外花键的尺寸公差带、位置公差、对称度公差见表 21.2-21~21.2-23。

表 21.2-21 内、外花键的尺寸公差带 (摘自 GB/T 1144—2001)

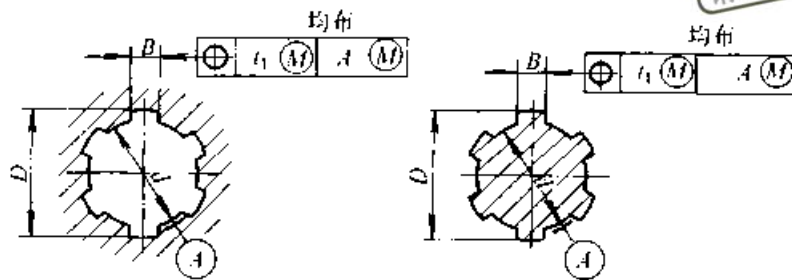
内 花 键				外 花 键			装配型式	用 途
$d$	$D$	$B$		$d$	$D$	$B$		
		拉削后不热处理	拉削后热处理					
H7	H10	H9	H11	f7	a11	d10	滑 动	一般用
				g7		f9	紧滑动	
				h7		h9	固 定	
H5	H10	H7、H9		f5	a11	d8	滑 动	精密传动用
				g5		f7	紧滑动	
				h5		h8	固 定	
				f6		d8	滑 动	
				g6		f7	紧滑动	
H6			h6	h8	固 定			

注：1. 精密传动用的内花键，当需要控制键侧配合间隙时，槽宽可选用 H7，一般情况下可选用 H9。

2.  $d$  为 H6 和 H7 的内花键，允许与提高一级的外花键配合。

表 21.2-22 矩形花键位置度公差 (摘自 GB/T 1144—2001)

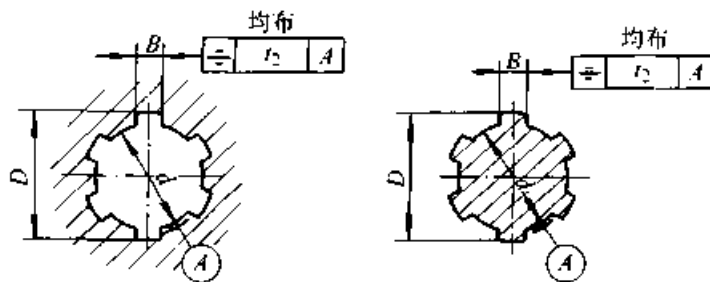
(mm)



键槽宽或键宽 $B$	3	3.5~6	7~10	12~18
	位置度公差 $t_1$			
键槽宽	0.010	0.015	0.020	0.025
键宽	滑动、固定	0.010	0.020	0.025
	紧滑动	0.006	0.010	0.013

表 21.2-23 矩形花键对称度公差 (摘自 GB/T 1144—2001)

(mm)



键槽宽或键宽 $B$	3	3.5~6	7~10	12~18
	对称度公差 $t_2$			
一般用	0.010	0.012	0.015	0.018
精密传动用	0.006	0.008	0.009	0.011

注：花键的等分度公差值等于键宽的对称度公差。

## 2.4 渐开线花键联结

渐开线花键端面两侧齿廓是渐开线。

渐开线花键联接齿面接触好，承载能力高，结构紧凑，精度高，能自动定心。

根据分度圆压力角的不同，渐开线花键分为  $30^\circ$ 、 $37.5^\circ$  和  $45^\circ$  压力角三种。

### 2.4.1 基本参数及其选用

渐开线花键的基本参数见表 21.2-24

#### (1) 压力角 $\alpha_f$

花键的压力角大，则键齿强度大，在传递相同圆周力时，其正压力较大。选择压力角时，主要考虑联接的工作特点，即有无滑动、浮动以及

配合性质。

$30^\circ$  压力角花键应用比较广泛，既适用于传递运动，又适用于传递动力，不仅适于固定联接（过渡配合和小间隙配合），而且适于滑动和浮动联接，（大间隙配合）。当壁厚较薄或需要滚刀紧靠轴肩时采用平齿根。

$45^\circ$  压力角花键适用于固定联接，通常用在传动精度要求不太高的结构上。 $45^\circ$  压力角花键适用于冷成形工艺。

$37.5^\circ$  压力角花键介于上述二者之间，通常为满足冷成形工艺要求而选用。常用于联轴器。

#### (2) 模数 $m$

应优先选用第一系列。选用时要考虑零件几

表 21.2-24 基本参数 (摘自 GB/T 3478.1—1995)

(mm)

模数 $m$		齿距 $p$	基本齿宽 $E$ 和基本齿厚 $S$		模数 $m$		齿距 $p$	基本齿宽 $E$ 和基本齿厚 $S$	
			$a_D$					$a_D$	
第 1 系列	第 2 系列		30°、37.5°	45°	第 1 系列	第 2 系列		30°、37.5°	45°
0.25		0.785		0.393	2.5		7.854	3.927	3.927
0.5		1.571	0.785	0.785	3		9.425	4.712	
	0.75	2.356	1.178	1.178		4	12.566	6.283	
1		3.142	1.571	1.571	5		15.708	7.854	
	1.25	3.927	1.963	1.963		6	18.850	9.425	
1.5		4.712	2.356	2.356		8	25.133	12.566	
	1.75	5.498	2.749	2.749	10		31.416	15.708	
2		6.283	3.142	3.142					

何尺寸、空间条件、载荷和公差等级。模数大小的应用范围大致如下：

0.25~1.75 mm 为小模数花键，通常用于结构紧凑，载荷不很大的传动中。

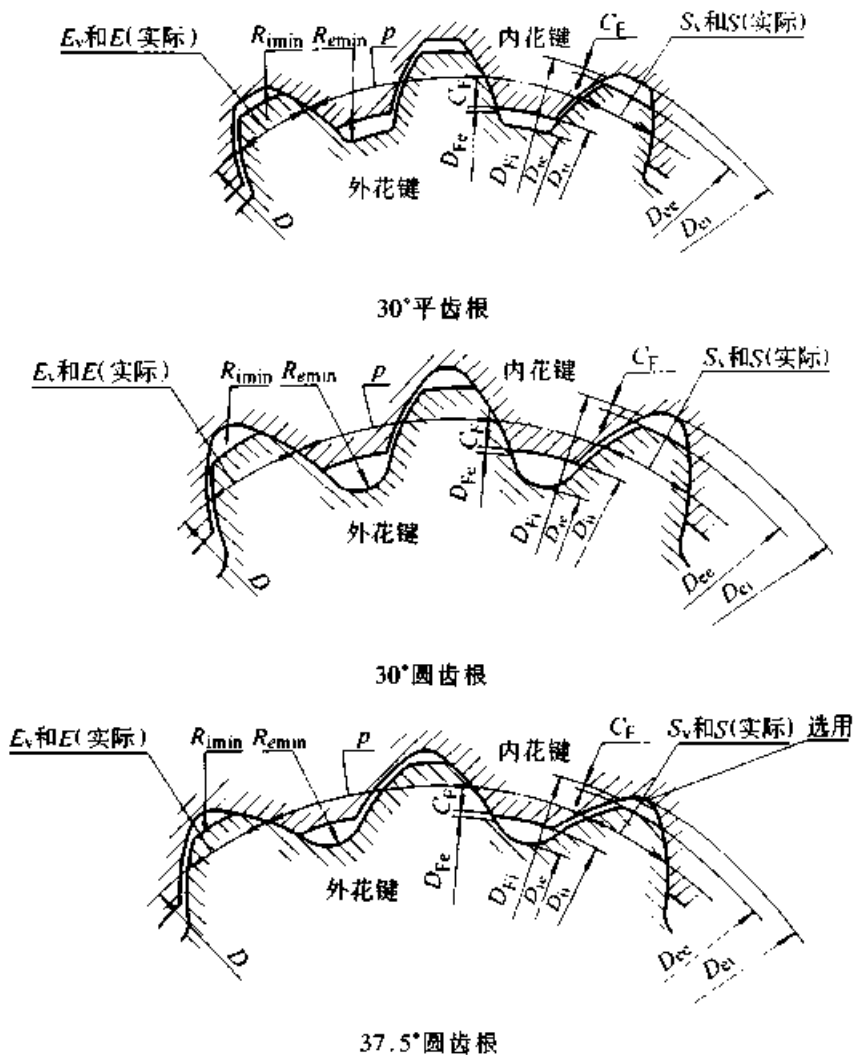
2~4 mm 为中模数花键，通常用于结构紧

凑，载荷较大（甚至很大）的传动中。

5~10 mm 为大模数花键，通常用于不受结构尺寸限制的大载荷传动中。

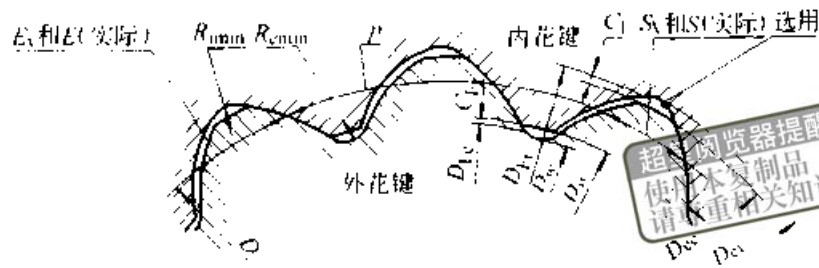
2.4.2 渐开线花键的尺寸计算 (表 21.2-25)

表 21.2-25 渐开线花键的尺寸计算





续表 21.2-25



45°圆齿根

项 目	代 号	公式或说明
分度圆直径	$D$	$mZ$
基圆直径	$D_b$	$mZ \cos \alpha_D$
齿距	$p$	$\pi m$
内花键大径基本尺寸	30°平齿根	$m(Z+1.5)$
	30°圆齿根	$m(Z+1.8)$
	37.5°圆齿根	$m(Z+1.4)^I$
	45°圆齿根	$m(Z+1.2)^I$
内花键大径下偏差		0
内花键大径公差		从 IT12、IT13 或 IT14 中选取
内花键渐开线终止圆直径最小值	30°平齿根和圆齿根	$m(Z+1)+2C_f$
	37.5°圆齿根	$m(Z+0.9)+2C_f$
	45°圆齿根	$m(Z+0.8)+2C_f$
内花键小径基本尺寸	$D_{f1}$	$D_{Fmax} + 2C_f^2$
内花键小径极限偏差		见表 21.2-33
基本齿槽宽	$E$	$0.5\pi m$
作用齿槽宽最小值	$E_{Vmin}$	$0.5\pi m$
实际齿槽宽最大值	$E_{max}$	$E_{Vmin} + (T+\lambda)$ 见表 21.2-29
实际齿槽宽最小值	$E_{min}$	$E_{Vmin} + \lambda$
作用齿槽宽最大值	$E_{Vmax}$	$E_{max} - \lambda$
外花键作用齿厚上偏差	$es_v$	见表 21.2-31
外花键大径基本尺寸	30°平齿根和圆齿根	$m(Z+1)$
	37.5°圆齿根	$m(Z+0.9)$
	45°圆齿根	$m(Z+0.8)$
外花键大径上偏差		$es_v / \tan \alpha_D$ 见表 21.2-32
外花键大径公差		见表 21.2-33

项 目		代 号	公式或说明
外花键渐开线起始圆直径最大值		$D_{Fmax}$	$2 \sqrt{(0.5D_b)^2 + \left[ \frac{0.5D_b \sin \alpha_D}{\sin \alpha_D} + \frac{0.5 \cdot es_V}{\sin \alpha_D} \right]^2}$ <p>对于 30° 压力角 <math>h_f = 0.6m</math>                      37.5° 压力角 <math>h_f = 0.55m</math>                      45° 压力角 <math>h_f = 0.5m</math></p>
外花键小径基本尺寸	30° 平齿根	$D_w$	$m(Z - 1.5)$
	30° 圆齿根		$m(Z - 1.8)$
	37.5° 圆齿根		$m(Z - 1.4)$
	45° 圆齿根		$m(Z - 1.2)$
外花键小径上偏差			$es_V / \tan \alpha_D$ 见表 21.2-32
外花键小径公差			从 IT12、IT13 或 IT14 中选取
基本齿厚		S	$0.5\pi m$
作用齿厚最大值		$S_{Vmax}$	$S + es_V$
实际齿厚最小值		$S_{min}$	$S_{Vmax} - (T + \lambda)$
实际齿厚最大值		$S_{max}$	$S_{Vmax} - \lambda$
作用齿厚最小值		$S_{Vmin}$	$S_{min} + \lambda$
齿形裕度		$C_F$	$0.1m^3$

注：① 37.5° 和 45° 圆齿根内花键允许选用平齿根，此时，内花键大径基本尺寸  $D_w$  应大于内花键渐开线终止圆直径最小值  $D_{Fmin}$ 。  
 ② 对所有花键齿侧配合类别，均按 H/h 配合类别取  $D_{Fmax}$  值。  
 ③ 本公式是按齿条形刀具加工原理推导的。  
 ④ 除 H/h 配合类别  $C_F$  等于  $0.1m$  外，其他各种配合类别的齿形裕度均有变化。

2.4.3 渐开线花键的基本尺寸 (表 21.2-26 ~ 表 21.2-28)

表 21.2-26 30° 外花键大径基本尺寸 (摘自 GB/T3478.1—1995) (mm)

齿数 Z	模 数													
	0.5	(0.75)	1	(1.25)	1.5	(1.75)	2	2.5	3	(4)	5	(6)	(8)	10
10	5.5	8.25	11	13.75	16.5	19.25	22	27.5	33	44	55	66	88	110
11	6.0	9.00	12	15.00	18.0	21.00	24	30.0	36	48	60	72	96	120
12	6.5	9.75	13	16.25	19.5	22.75	26	32.5	39	52	65	78	104	130
13	7.0	10.50	14	17.50	21.0	24.50	28	35.0	42	56	70	84	112	140
14	7.5	11.25	15	18.75	22.5	26.25	30	37.5	45	60	75	90	120	150
15	8.0	12.00	16	20.00	24.0	28.00	32	40.0	48	64	80	96	128	160
16	8.5	12.75	17	21.25	25.5	29.75	34	42.5	51	68	85	102	136	170
17	9.0	13.50	18	22.50	27.0	31.50	36	45.0	54	72	90	108	144	180
18	9.5	14.25	19	23.75	28.5	33.25	38	47.5	57	76	95	114	152	190
19	10.0	15.00	20	25.00	30.0	35.00	40	50.0	60	80	100	120	160	200
20	10.5	15.75	21	26.25	31.5	36.75	42	52.5	63	84	105	126	168	210
21	11.0	16.50	22	27.50	33.0	38.50	44	55.0	66	88	110	132	176	220

续表 21.2-26

齿数 Z	模 数													
	0.5	(0.75)	1	(1.25)	1.5	(1.75)	2	2.5	3	(4)	5	(6)	(8)	10
22	11.5	17.25	23	28.75	34.5	40.25	46	57.5	69	92	115	138	184	230
23	12.0	18.00	24	30.00	36.0	42.00	48	60.0	72	96	120	144	192	240
24	12.5	18.75	25	31.25	37.5	43.75	50	62.5	75	100	125	150	200	250
25	13.0	19.50	26	32.50	39.0	45.50	52	65.0	78	104	130	156	208	260
26	13.50	20.25	27	33.75	40.5	47.25	54	67.5	81	108	135	162	216	270
27	14.0	21.00	28	35.00	42.0	49.00	56	70.0	84	112	140	168	224	280
28	14.5	21.75	29	36.25	43.5	50.75	58	72.5	87	116	145	174	232	290
29	15.0	22.50	30	37.50	45.0	52.50	60	75.0	90	120	150	180	240	300
30	15.5	23.25	31	38.75	46.5	54.25	62	77.5	93	124	155	186	248	310
31	16.0	24.00	32	40.00	48.0	56.00	64	80.0	96	128	160	192	256	320
32	16.5	24.75	33	41.25	49.5	57.75	66	82.5	99	132	165	198	264	330
33	17.0	25.50	34	42.50	51.0	59.50	68	85.0	102	136	170	204	272	340
34	17.5	26.25	35	43.75	52.5	61.25	70	87.5	105	140	175	210	280	350
35	18.0	27.00	36	45.00	54.0	63.00	72	90.0	108	144	180	216	288	360
36	18.5	27.75	37	46.25	55.5	64.75	74	92.5	111	148	185	222	296	370
37	19.0	28.50	38	47.50	57.0	66.50	76	95.0	114	152	190	228	304	380
38	19.5	29.25	39	48.75	58.5	68.25	78	97.5	117	156	195	234	312	390
39	20.0	30.00	40	50.00	60.0	70.00	80	100.0	120	160	200	240	320	400
40	20.5	30.75	41	51.25	61.5	71.75	82	102.5	123	164	205	246	328	410
41	21.0	31.50	42	52.50	63.0	73.50	84	105.0	126	168	210	252	336	420
42	21.5	32.25	43	53.75	64.5	75.25	86	107.5	129	172	215	258	344	430
43	22.0	33.00	44	55.00	66.0	77.00	88	110.0	132	176	220	264	352	440
44	22.5	33.75	45	56.25	67.5	78.75	90	112.5	135	180	225	270	360	450
45	23.0	34.50	46	57.50	69.0	80.50	92	115.0	138	184	230	276	368	460
46	23.5	35.25	47	58.75	70.5	82.25	94	117.5	141	188	235	282	376	470
47	24.0	36.00	48	60.00	72.00	84.00	96	120.0	144	192	240	288	384	480
48	24.5	36.75	49	61.25	73.5	85.75	98	122.5	147	196	245	294	392	490
49	25.0	37.50	50	62.50	75.0	87.50	100	125.0	150	200	250	300	400	500
50	25.5	38.25	51	63.75	76.5	89.25	102	127.5	153	204	255	306	408	510
51	26.0	39.00	52	65.00	78.0	91.00	104	130.0	156	208	260	312	416	520
52	26.5	39.75	53	66.25	79.5	92.75	106	132.5	159	212	265	318	424	530
53	27.0	40.50	54	67.50	81.0	94.50	108	135.0	162	216	270	324	432	540

$$D_e = m(Z+1)$$

齿数 Z	模 数													
	0.5	(0.75)	1	(1.25)	1.5	(1.75)	2	2.5	3	(4)	5	(6)	(8)	10
54	27.5	41.25	55	68.75	82.5	96.25	110	137.5	165	220	275	330	440	550
55	28.0	42.00	56	70.00	84.0	98.00	112	140.0	168	224	280	336	448	560

表 21.2-27 37.5°外花键大径基本尺寸 (摘自 GB/T3478.1—1995) (mm)

$$D_e = m(Z+0.9)$$

齿数 Z	模 数													
	0.5	(0.75)	1	(1.25)	1.5	(1.75)	2	2.5	3	(4)	5	(6)	(8)	10
10	5.45	8.18	10.9	13.62	16.35	19.07	21.8	27.25	32.7	43.6	54.5	65.4	87.2	109
11	5.95	8.93	11.9	14.87	17.85	20.82	23.8	29.75	35.7	47.6	59.5	71.4	95.2	119
12	6.45	9.68	12.9	16.12	19.35	22.57	25.8	32.25	38.7	51.6	64.5	77.4	103.2	129
13	6.95	10.43	13.9	17.37	20.85	24.32	27.8	34.75	41.7	55.6	69.5	83.4	111.2	139
14	7.45	11.18	14.9	18.62	22.35	26.07	29.8	37.25	44.7	59.6	74.5	89.4	119.2	149
15	7.95	11.93	15.9	19.87	23.85	27.82	31.8	39.75	47.7	63.6	79.5	95.4	127.2	159
16	8.45	12.67	16.9	21.12	25.35	29.57	33.8	42.25	50.7	67.6	84.5	101.4	135.2	169
17	8.95	13.42	17.9	22.37	26.85	31.32	35.8	44.75	53.7	71.6	89.5	107.4	143.2	179
18	9.45	14.17	18.9	23.62	28.35	33.07	37.8	47.25	56.7	75.6	94.5	113.4	151.2	189
19	9.95	14.92	19.9	24.87	29.85	34.82	39.8	49.75	59.7	79.6	99.5	119.4	159.2	199
20	10.45	15.67	20.9	26.12	31.35	36.57	41.8	52.25	62.7	83.6	104.5	125.4	167.2	209
21	10.95	16.43	21.9	27.37	32.85	38.32	43.8	54.75	65.7	87.6	109.5	131.4	175.2	219
22	11.45	17.18	22.9	28.62	34.35	40.07	45.8	57.25	68.7	91.6	114.5	137.4	183.2	229
23	11.95	17.93	23.9	29.87	35.85	41.82	47.8	59.75	71.7	95.6	119.5	143.4	191.2	239
24	12.45	18.68	24.9	31.12	37.35	43.57	49.8	62.25	74.7	99.6	124.5	149.4	199.2	249
25	12.95	19.43	25.9	32.37	38.85	45.32	51.8	64.75	77.7	103.6	129.5	155.4	207.2	259
26	13.45	20.18	26.9	33.62	40.35	47.07	53.8	67.25	80.7	107.6	134.5	161.4	215.2	269
27	13.95	20.93	27.9	34.87	41.85	48.82	55.8	69.75	83.7	111.6	139.5	167.4	223.2	279
28	14.45	21.68	28.9	36.12	43.35	50.57	57.8	72.25	86.7	115.6	144.5	173.4	231.2	289
29	14.95	22.43	29.9	37.37	44.85	52.32	59.8	74.75	89.7	119.6	149.5	179.4	239.2	299
30	15.45	23.18	30.9	38.62	46.35	54.07	61.8	77.25	92.7	123.6	154.5	185.4	247.2	309
31	15.95	23.93	31.9	39.87	47.85	55.82	63.8	79.75	95.7	127.6	159.5	191.4	255.2	319
32	16.45	24.68	32.9	41.12	49.35	57.57	65.8	82.25	98.7	131.6	164.5	197.4	263.2	329
33	16.95	25.43	33.9	42.37	50.85	59.32	67.8	84.75	101.7	135.6	169.5	203.4	271.2	339

续表 21.2-27

$D_w = m(Z + 0.9)$

齿数 <i>Z</i>	模 数													
	0.5	(0.75)	1	(1.25)	1.5	(1.75)	2	2.5	3	4	5	(6)	(8)	10
34	17.45	26.18	34.9	43.62	52.35	61.07	69.8	87.25	104.7	139.6	174.5	209.4	279.2	349
35	17.95	26.93	35.9	44.87	53.85	62.82	71.8	89.75	107.7	143.6	179.5	215.4	287.2	359
36	18.45	27.68	36.9	46.12	55.35	64.58	73.8	92.25	110.7	147.6	184.5	221.4	295.2	369
37	18.95	28.43	37.9	47.37	56.85	66.33	75.8	94.75	113.7	151.6	189.5	227.4	303.2	379
38	19.45	29.18	38.9	48.62	58.35	68.08	77.8	97.25	116.7	155.6	194.5	233.4	311.2	389
39	19.95	29.93	39.9	49.87	59.85	69.83	79.8	99.75	119.7	159.6	199.5	239.4	319.2	399
40	20.45	30.68	40.9	51.12	61.35	71.58	81.8	102.25	122.7	163.6	204.5	245.4	327.2	409
41	20.95	31.43	41.9	52.37	62.85	73.33	83.8	104.75	125.7	167.6	209.5	251.4	335.2	419
42	21.45	32.17	42.9	53.62	64.35	75.08	85.8	107.25	128.7	171.6	214.5	257.4	343.2	429
43	21.95	32.92	43.9	54.87	65.85	76.83	87.8	109.75	131.7	175.6	219.5	263.4	351.2	439
44	22.45	33.67	44.9	56.12	67.35	78.58	89.8	112.25	134.7	179.6	224.5	269.4	359.2	449
45	22.95	34.42	45.9	57.37	68.85	80.33	91.8	114.75	137.7	183.6	229.5	275.4	367.2	459
46	23.45	35.17	46.9	58.62	70.35	82.08	93.8	117.25	140.7	187.6	234.5	281.4	375.2	469
47	23.95	35.92	47.9	59.87	71.85	83.83	95.8	119.75	143.7	191.6	239.5	287.4	383.2	479
48	24.45	36.67	48.9	61.12	73.35	85.58	97.8	122.25	146.7	195.6	244.5	293.4	391.2	489
49	24.95	37.42	49.9	62.37	74.85	87.33	99.8	124.75	149.7	199.6	249.5	299.4	399.2	499
50	25.45	38.17	50.9	63.62	76.35	89.08	101.8	127.25	152.7	203.6	254.5	305.4	407.2	509
51	25.95	38.92	51.9	64.87	77.85	90.83	103.8	129.75	155.7	207.6	259.5	311.4	415.2	519
52	26.45	39.67	52.9	66.12	79.35	92.58	105.8	132.25	158.7	211.6	264.5	317.4	423.2	529
53	26.95	40.42	53.9	67.37	80.85	94.33	107.8	134.75	161.7	215.6	269.5	323.4	431.2	539
54	27.45	41.17	54.9	68.62	82.35	96.08	109.8	137.25	164.7	219.6	274.5	329.4	439.2	549
55	27.95	41.92	55.9	69.87	83.85	97.83	111.8	139.75	167.7	223.6	279.5	335.4	447.2	559

表 21.2-28 45°外花键大径基本尺寸 (摘自 GB/T3478.1—1995) (mm)

$D_w = m(Z + 0.8)$

齿数 <i>Z</i>	模 数								
	0.25	0.5	(0.75)	1	(1.25)	1.5	(1.75)	2	2.5
10	2.70	5.40	8.10	10.80	13.50	16.20	18.90	21.60	27.00
11	2.95	5.90	8.85	11.80	14.75	17.70	20.65	23.60	29.50
12	3.20	6.40	9.60	12.80	16.00	19.20	22.40	25.60	32.00
13	3.45	6.90	10.35	13.80	17.25	20.70	24.15	27.60	34.50

超星阅读器提醒您：  
 使用本复制品  
 请尊重相关知识产权！

$D_w = m(Z + 0.8)$									
齿数 $Z$	模 数								
	0.25	0.5	(0.75)	1	(1.25)	1.5	(1.75)	2	2.5
14	3.70	7.40	11.10	14.80	18.50	22.20	25.90	29.60	37.00
15	3.95	7.90	11.85	15.80	19.75	23.70	27.65	31.60	39.50
16	4.20	8.40	12.60	16.80	21.00	25.20	29.40	33.60	42.00
17	4.45	8.90	13.35	17.80	22.25	26.70	31.15	35.60	44.50
18	4.70	9.40	14.10	18.80	23.50	28.20	32.90	37.60	47.00
19	4.95	9.90	14.85	19.80	24.75	29.70	34.65	39.60	49.50
20	5.20	10.40	15.60	20.80	26.00	31.20	36.40	41.60	52.00
21	5.45	10.90	16.35	21.80	27.25	32.70	38.15	43.60	54.50
22	5.70	11.40	17.10	22.80	28.50	34.20	39.90	45.60	57.00
23	5.95	11.90	17.85	23.80	29.75	35.70	41.65	47.60	59.50
24	6.20	12.40	18.60	24.80	31.00	37.20	43.40	49.60	62.00
25	6.45	12.90	19.35	25.80	32.25	38.70	45.15	51.60	64.50
26	6.70	13.40	20.10	26.80	33.50	40.20	46.90	53.60	67.00
27	6.95	13.90	20.85	27.80	34.75	41.70	48.65	55.60	69.50
28	7.20	14.40	21.60	28.80	36.00	43.20	50.40	57.60	72.00
29	7.45	14.90	22.35	29.80	37.25	44.70	52.15	59.60	74.50
30	7.70	15.40	23.10	30.80	38.50	46.20	53.90	61.60	77.00
31	7.95	15.90	23.85	31.80	39.75	47.70	55.65	63.60	79.50
32	8.20	16.40	24.60	32.80	41.00	49.20	57.40	65.60	82.00
33	8.45	16.90	25.35	33.80	42.25	50.70	59.15	67.60	84.50
34	8.70	17.40	26.10	34.80	43.50	52.20	60.90	69.60	87.00
35	8.95	17.90	26.85	35.80	44.75	53.70	62.65	71.60	89.50
36	9.20	18.40	27.60	36.80	46.00	55.20	64.40	73.60	92.00
37	9.45	18.90	28.35	37.80	47.25	56.70	66.15	75.60	94.50
38	9.70	19.40	29.10	38.80	48.50	58.20	67.90	77.60	97.00
39	9.95	19.90	29.85	39.80	49.75	59.70	69.65	79.60	99.50
40	10.20	20.40	30.60	40.80	51.00	61.20	71.40	81.60	102.00
41	10.45	20.90	31.35	41.80	52.25	62.70	73.15	83.60	104.50
42	10.70	21.40	32.10	42.80	53.50	64.20	74.90	85.60	107.00
43	10.95	21.90	32.85	43.80	54.75	65.70	76.65	87.60	109.50

续表 21.2-28

$D_w = m(Z + 0.8)$									
齿数 $Z$	模 数								
	0.25	0.5	(0.75)	1	(1.25)	1.5	(1.75)	2	2.5
44	11.20	22.40	33.60	44.80	56.00	67.20	78.40	89.60	112.00
45	11.45	22.90	34.35	45.80	57.25	68.70	80.15	91.60	114.50
46	11.70	23.40	35.10	46.80	58.50	70.20	81.90	93.60	117.00
47	11.95	23.90	35.85	47.80	59.75	71.70	83.65	95.60	119.50
48	12.20	24.40	36.60	48.80	61.00	73.20	85.40	97.60	122.00
49	12.45	24.90	37.35	49.80	62.25	74.70	87.15	99.60	124.50
50	12.70	25.40	38.10	50.80	63.50	76.20	88.90	101.60	127.00
51	12.95	25.90	38.85	51.80	64.75	77.70	90.65	103.60	129.50
52	13.20	26.40	39.60	52.80	66.00	79.20	92.40	105.60	132.00
53	13.45	26.90	40.35	53.80	67.25	80.70	94.15	107.60	134.50
54	13.70	27.40	41.10	54.80	68.50	82.20	95.90	109.60	137.00
55	13.95	27.90	41.85	55.80	69.75	83.70	97.65	111.60	139.50
56	14.20	28.40	42.60	56.80	71.00	85.20	99.40	113.60	142.00
57	14.45	28.90	43.35	57.80	72.25	86.70	101.15	115.60	144.50
58	14.70	29.40	44.10	58.80	73.50	88.20	102.90	117.60	147.00
59	14.95	29.90	44.85	59.80	74.75	89.70	104.65	119.60	149.50
60	15.20	30.40	45.60	60.80	76.00	91.20	106.40	121.60	152.00
61	15.45	30.90	46.35	61.80	77.25	92.70	108.15	123.60	154.50
62	15.70	31.40	47.10	62.80	78.50	94.20	109.90	125.60	157.00
63	15.95	31.90	47.85	63.80	79.75	95.70	111.65	127.60	159.50
64	16.20	32.40	48.60	64.80	81.00	97.20	113.40	129.60	162.00
65	16.45	32.90	49.35	65.80	82.25	98.70	115.15	131.60	164.50
66	16.70	33.40	50.10	66.80	83.50	100.20	116.90	133.60	167.00
67	16.95	33.90	50.85	67.80	84.75	101.70	118.65	135.60	169.50
68	17.20	34.40	51.60	68.80	86.00	103.20	120.40	137.60	172.00
69	17.45	34.90	52.35	69.80	87.25	104.70	122.15	139.60	174.50
70	17.70	35.40	53.10	70.80	88.50	106.20	123.90	141.60	177.00
71	17.95	35.90	53.85	71.80	89.75	107.70	125.65	143.60	179.50
72	18.20	36.40	54.60	72.80	91.00	109.20	127.40	145.60	182.00
73	18.45	36.90	55.35	73.80	92.25	110.70	129.15	147.60	184.50

齿数 $Z$	$D_p = m(Z + 0.8)$								
	模 数								
	0.25	0.5	(0.75)	1	(1.25)	1.5	(1.75)	2	2.5
74	18.70	37.40	56.10	74.80	93.50	112.20	130.90	149.60	187.00
75	18.95	37.90	56.85	75.80	94.75	113.70	132.65	151.60	189.50
76	19.20	38.40	57.60	76.80	96.00	115.20	134.40	153.60	192.00
77	19.45	38.90	58.35	77.80	97.25	116.70	136.15	155.60	194.50
78	19.70	39.40	59.10	78.80	98.50	118.20	137.90	157.60	197.00
79	19.95	39.90	59.85	79.80	99.75	119.70	139.65	159.60	199.50
80	20.20	40.40	60.60	80.80	101.00	121.20	141.40	161.60	202.00
81	20.45	40.90	61.35	81.80	102.25	122.70	143.15	163.60	204.50
82	20.70	41.40	62.10	82.80	103.50	124.20	144.90	165.60	207.00
83	20.95	41.90	62.85	83.80	104.75	125.70	146.65	167.60	209.50
84	21.20	42.40	63.60	84.80	106.00	127.20	148.40	169.60	212.00
85	21.45	42.90	64.35	85.80	107.25	128.70	150.15	171.60	214.50
86	21.70	43.40	65.10	86.80	108.50	130.20	151.90	173.60	217.00
87	21.95	43.90	65.85	87.80	109.75	131.70	153.65	175.60	219.50
88	22.20	44.40	66.60	88.80	111.00	133.20	155.40	177.60	222.00
89	22.45	44.90	67.35	89.80	112.25	134.70	157.15	179.60	224.50
90	22.70	45.40	68.10	90.80	113.50	136.20	158.90	181.60	227.00
91	22.95	45.90	68.85	91.80	114.75	137.70	160.65	183.60	229.50
92	23.20	46.40	69.60	92.80	116.00	139.20	162.40	185.60	232.00
93	23.45	46.90	70.35	93.80	117.25	140.70	164.15	187.60	234.50
94	23.70	47.40	71.10	94.80	118.50	142.20	165.90	189.60	237.00
95	23.95	47.90	71.85	95.80	119.75	143.70	167.65	191.60	239.50
96	24.20	48.40	72.60	96.80	121.00	145.20	169.40	193.60	242.00
97	24.45	48.90	73.35	97.80	122.25	146.70	171.15	195.60	244.50
98	24.70	49.40	74.10	98.80	123.50	148.20	172.90	197.60	247.00
99	24.95	49.90	74.85	99.80	124.75	149.70	174.65	199.60	249.50
100	25.20	50.40	75.60	100.80	126.00	151.20	176.40	201.60	252.00

## 2.4.4 公差配合

## (1) 公差

渐开线花键的公差等级是指齿槽宽与齿厚及其有关参数,即齿距累积误差、齿形误差和齿向

误差的公差等级。公差等级按总公差 ( $T + \lambda$ ) 的大小划分。GB/T3478.1—1995 规定了 4、5、6、7 四个公差等级。4、5 级用于精密传动,通常需要磨削加工;6、7 级,只需滚齿、插齿或



拉削加工, 6级用于一般精度的传动, 7级用于精度要求不高的传动。

总公差  $(T + \lambda)$ 、综合公差  $\lambda$ 、加工公差  $T$  的计算公式见表 21.2-29 齿距累积公差  $F_p$ 、齿形公差  $f_f$ 、齿向公差  $F_f$  的计算公式见表 21.2-30;

作用齿槽宽  $E_v$  的下偏差和作用齿厚  $S_v$  的

上偏差  $e_{sv}$  见表 21.2-31;

外花键小径  $D_e$  和大径  $D_w$  的上偏差见表 21.2-32;

内花键小径  $D_e$  的极限偏差和外花键大径  $D_w$  的公差见表 21.2-33;

齿根圆弧最小曲率半径  $R_{\text{min}}$  和  $R_{\text{rmin}}$  见表 21.2-34;

表 21.2-29 总公差  $(T + \lambda)$ 、综合公差  $\lambda$  和加工公差  $T$  ( $\mu\text{m}$ )

公差等级	$T + \lambda$	$\lambda$	$T$
4	$10i^1 + 40i^2$	$0.6 \sqrt{(F_p)^2 + (f_f)^2 + (F_f)^2}$	$(T + \lambda) - \lambda$
5	$16i^1 + 64i^2$		
6	$25i^1 + 100i^2$		
7	$40i^1 + 160i^2$		

注: ①以分度圆直径  $D$  为基础的公差, 其公差单位  $i$  为:

当  $D \leq 500 \text{ mm}$  时,  $i = 0.45 \sqrt[3]{D} + 0.001D$

当  $D > 500 \text{ mm}$  时,  $i = 0.004D + 2.1$

②以基本齿宽  $E$  或基本齿厚  $S$  为基础的公差, 其公差单位  $i$  为:

$i = 0.45 \sqrt[3]{E} + 0.001E$  或  $i = 0.45 \sqrt[3]{S} + 0.001S$

上式中的  $D$ 、 $E$ 、 $S$  的单位为  $\text{mm}$

表 21.2-30 齿距累积公差  $F_p$ 、齿形公差  $f_f$ 、齿向公差  $F_f$  (摘自 GB/T3478.1—1995) ( $\mu\text{m}$ )

公差等级	$F_p$	$f_f$	$F_f$	注
4	$2.5\sqrt{L} + 6.3$	$1.6\varphi f + 10$	$0.8\sqrt{g} + 4$	1. $L = \pi m z / 2$ ; $\varphi f = m + 0.0125D$ ; $g$ —花键配合长度 2. 式中 $L$ 、 $\varphi f$ 、 $g$ 的单位为 $\text{mm}$
5	$3.55\sqrt{L} + 9$	$2.5\varphi f + 16$	$1\sqrt{g} + 5$	
6	$5\sqrt{L} + 12.5$	$4\varphi f + 25$	$1.25\sqrt{g} + 6.3$	
7	$7.1\sqrt{L} + 18$	$6.3\varphi f + 40$	$2.0\sqrt{g} + 10$	

表 21.2-31 作用齿槽宽  $E_v$  下偏差和作用齿厚  $S_v$  上偏差 (摘自 GB/T3478.1—1995)

分度圆直径 $D / \text{mm}$	基本偏差						
	H	d	e	f	h	js	k
	作用齿槽宽 $E_v$ 下偏差/ $\mu\text{m}$	作用齿厚 $S_v$ 上偏差 $e_{sv} / \mu\text{m}$					
$\leq 6$	0	-30	-20	-10	0		
$> 6 \sim 10$	0	-40	-25	-13	0		
$> 10 \sim 18$	0	-50	-32	-16	0	$+(T + \lambda)/2$	$+(T + \lambda)$
$> 18 \sim 30$	0	-65	-40	-20	0		
$> 30 \sim 50$	0	-80	-50	-25	0		

分度圆直径 $D/$ mm	基本偏差						
	H	d	e	f	h	js	k
	作用齿槽宽 $E_s$ 下偏差/ $\mu\text{m}$	作用齿厚 $S_s$ 上偏差 $es_s/\mu\text{m}$					
>50~80	0	-100	-60	-30	0		
>80~120	0	-120	-72	-36	0		
>120~180	0	-145	-85	-43	0		
>180~250	0	-170	-100	-50	0		
>250~315	0	-190	-110	-56	0	$+(T+\lambda)/2$	$+(T+\lambda)$
>315~400	0	-210	-125	-62	0		
>400~500	0	-230	-135	-68	0		
>500~630	0	-260	-145	-76	0		
>630~800	0	-290	-160	-80	0		
>800~1 000	0	-320	-170	-86	0		

表 21.2-32 外花键小径  $D_e$  和大径  $D_w$  上偏差  $es_V/\tan\alpha_D$  (摘自 GB/T3478.1—1995)

分度圆直径 $D/$ mm	d									e			f			h	js	k			
	标准压力角 $\alpha_D$																				
	30°			37.5°			45°			30°			37.5°			45°			30°、37.5°、45°		
	$es_V/\tan\alpha_D/\mu\text{m}$																				
$\leq 6$	-52	-39	-30	-35	-26	-20	-17	-13	-10												
>6~10	-69	-52	-40	-43	-33	-25	-23	-17	-13												
>10~18	-87	-65	-50	-55	-42	-32	-28	-21	-16												
>18~30	-113	-85	-65	-69	-52	-40	-35	-26	-20												
>30~50	-139	-104	-80	-87	-65	-50	-43	-33	-25												
>50~80	-173	-130	-100	-104	-78	-60	-52	-39	-30												
>80~120	-208	-156	-120	-125	-94	-72	-62	-47	-36												
>120~180	-251	-189	-145	-147	-111	-85	-74	-56	-43	0											
>180~250	-294	-222	-170	-173	-130	-100	-87	-65	-50												
>250~315	-329	-248	-190	-191	-143	-110	-97	-73	-56												
>315~400	-364	-274	-210	-217	-163	-125	-107	-81	-62												
>400~500	-398	-300	-230	-234	-176	-135	-118	-89	-68												
>500~630	-450	-339	-260	-251	-189	-145	-132	-99	-76												
>630~800	-502	-378	-290	-277	-209	-160	-139	-104	-80												
>800~1 000	-554	-417	-320	-294	-222	-170	-149	-112	-86												

注：①对于大径，取值为零。

表 21.2-33 内花键小径  $D_i$  极限偏差和外花键大径  $D_o$  公差

(摘自 GB/T3478.1—1995)

( $\mu\text{m}$ )

直径 $D_i$ 和 $D_o$ / mm	内花键小径 $D_i$ 极限偏差			外花键大径 $D_o$ 公差		
	模数 $m$					
	0.25~0.75 H10	1~1.75 H11	2~10 H12	0.25~0.75 IT10	1~1.75 IT11	2~10 IT12
$\leq 6$	+48 0			48		
>6~10	+58 0	+90 0		58		
>10~18	+70 0	+110 0	+180 0	70	110	
>18~30	+84 0	+130 0	+210 0	84	130	210
>30~50	+100 0	+160 0	+250 0	100	160	250
>50~80	+120 0	+190 0	+300 0	120	190	300
>80~120		+220 0	+350 0		220	350
>120~180		+250 0	+400 0		250	400
>180~250			+460 0			460
>250~315			+520 0			520
>315~400			+570 0			570
>400~500			+630 0			630
>500~630			+700 0			700
>630~800			+800 0			800
>800~1000			+900 0			900

表 21.2-34 齿根圆弧最小曲率半径  $R_{i\min}$  和  $R_{e\min}$  (摘自 GB/T3478.1—1995) (mm)

模数 $m$	标准压力角 $\alpha_D$			
	30°		37.5°	45°
	平齿根 0.2m	圆齿根 0.4m	圆齿根 0.3m	圆齿根 0.25m
0.25				0.06
0.5	0.10	0.20	0.15	0.12

模 数 $m$	标准压力角 $\alpha_D$			
	30°		37.5°	45°
	平齿根 $0.2m$	圆齿根 $0.4m$	圆齿根 $0.3m$	圆齿根 $0.25m$
0.75	0.15	0.30	0.22	0.19
1	0.20	0.40	0.30	0.25
1.25	0.25	0.50	0.38	0.31
1.5	0.30	0.60	0.45	0.38
1.75	0.35	0.70	0.52	0.44
2	0.40	0.80	0.60	0.50
2.5	0.50	1.00	0.75	0.62
3	0.60	1.20	0.90	
4	0.80	1.60	1.20	
5	1.00	2.00	1.50	
6	1.20	2.40	1.80	
8	1.60	3.20	2.40	
10	2.00	4.00	3.00	

注：在产品允许的情况下，对平齿根花键，齿根圆弧曲率半径可小于表中数值。

## (2) 配合

渐开线花键联结的齿侧配合采用基孔制，即仅用改变外花键作用齿厚上偏差的方法实现不同的配合。

GB/T3478.1—1995 规定 6 种齿侧配合类别，即 H/k、H/js、H/h、H/f、H/e 和 H/d。对 45° 压力角的花键联结，应优先选用 H/k、H/h

和 H/f。

允许不同公差等级的内外花键相互配合。

## 2.4.5 标注与标记

在零件图上，应标出制造花键时所需的全部参数、尺寸和公差，列出参数表，如表 21.2-35。表中的项目可按实际需要增减，必要时可画出齿形图。

表 21.2-35 渐开线花键的参数标注示例

内花键参数表			外花键参数表		
齿数	$Z$	24	齿数	$Z$	24
模数	$m$	2.5	模数	$m$	2.5
压力角	$\alpha_D$	30°	压力角	$\alpha_D$	30°
公差等级和配合类别	5H	5H GB/T 3478.1—1995	公差等级和配合类别	5h	5h GB/T 3478.1—1995
大径	$D_e$	$\phi 63.75^{+0.30}_0$	大径	$D_e$	$\phi 62.5^{+0.30}_0$
渐开线终止圆直径最小值	$D_{Fmin}$	$\phi 63$	渐开线起始圆直径最小值	$D_{Fmax}$	$\phi 57.24$
小径	$D_i$	$\phi 57.74^{+0.30}_0$	小径	$D_i$	$\phi 56.25^{+0.30}_0$
齿根圆弧最小曲率半径	$R_{rmin}$	R0.50	齿根圆弧最小曲率半径	$R_{rmin}$	R0.50
实际齿槽宽最大值	$E_{max}$	4.002	作用齿厚最大值	$S_{Vmax}$	3.927
作用齿槽宽最小值	$E_{Vmax}$	3.927	实际齿厚最小值	$S_{min}$	3.852

在图样和技术文件中，渐开线花键联结的标记方法参见第13篇第1章。

### 3 过盈联接

过盈联接利用包容件与被包容件之间的过盈配合，产生弹性变形，在结合面间产生压力，利

用摩擦力传递转矩和轴向力。它的主要应用场合为轴毂联接。过盈联接结构简单、定心性好、承载能力高，承受变载荷和冲击载荷的性能好，又可避免切削键槽对轴和毂的削弱。

#### 3.1 类型、特点和应用 (表 21.2-36)

表 21.2-36 过盈联接的类型、特点和应用

分 类		特点和应用
按配合面形状分	圆柱面过盈联接	圆柱面过盈联接的过盈量是由所选择的配合来确定的。过盈量及配合尺寸较小时，一般采用压入法装配，过盈量及配合尺寸较大时，多采用胀缩法装配。 圆柱面过盈联接结构简单，定心性好，承载能力高，加工方便，但不宜多次拆卸。
	圆锥面过盈联接	圆锥面过盈联接是利用包容件和被包容件相对轴向位移压紧装配来获得过盈配合的。故拆装方便，可用于多次拆装的场合。定心性好，承载能力高，但对配合面的加工精度要求较高。
按功能分	传递载荷的	要求结合面直径大，过盈量大。如大齿轮齿圈与轮芯的配合，机车中车轴与轮毂及轮心与轮缘的配合，压缩机中转子轮盘与主轴，叶轮与主轴的配合等。
	起固定作用的	联接的被包容件多为套类，受力不大，过盈量较小。
按装配方法分	纵向过盈联接	采用压入法装配。
	横向过盈联接	采用胀缩法装配。

#### 3.2 圆柱面过盈联接

圆柱面过盈联接 (图 21.2-4) 的承载能力主要取决于联接所能产生的摩擦力和联接中各零件的强度。根据联接所能传递的载荷、被联接件的材料和尺寸先确定最小过盈量，再确定强度所允许的最大过盈量，依据过盈量上下偏差选合适的配合种类，再作校核计算，并计算零件的直径

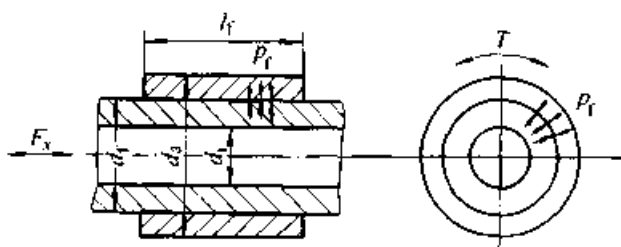


图 21.2-4 圆柱面过盈联接

变化量。

##### 3.2.1 计算的基础和假设条件

计算以两个简单厚壁圆筒在弹性范围内的联接为基础，假定条件为：

- 1) 包容件与被包容件处于平面应力状态，即轴向应力  $\sigma_x = 0$ ；
- 2) 包容件与被包容件在结合长度上压力为常量；
- 3) 材料的弹性模量为常量；
- 4) 按变形能理论计算。

对于几何形状复杂或有特殊应力的过盈联接，不能按此方法准确计算。

##### 3.2.2 传递载荷所需最小过盈量 (表 21.2-37)

##### 3.2.3 允许的最大过盈量 (表 21.2-38)

##### 3.2.4 配合选择 (表 21.2-39)

##### 3.2.5 校核计算

表 21.2-37 传递载荷所需的最小过盈量

序号	计算内容		计算公式	说明
1	传递载荷所需的最小结合力 $P_{fmin}$	传递转矩	$P_{fmin} = \frac{2T}{\pi \mu l d_f^2}$	T——转矩 F <sub>a</sub> ——轴向力 d <sub>f</sub> ——结合直径 l <sub>f</sub> ——结合长度 μ——摩擦因数(见表 21.2-43、表 21.2-44)
		承受轴向力	$P_{fmin} = \frac{F_a}{\pi l d_f \mu}$	
		同时传递转矩和轴向力	$P_{fmin} = \frac{\sqrt{F_a^2 + (2T/d_f)^2}}{\pi l d_f \mu}$	
2	直径比	包容件	$q_a = d_f/d_a$	对实心轴 q <sub>a</sub> = 0
		被包容件	$q_i = d_i/d_f$	
3	包容件传递载荷所需最小直径变化量		$e_{amin} = P_{fmin} \frac{d_f C_a}{E_a}$	$C_a = \frac{1+q_a^2}{1-q_a^2} + \nu_a$ $C_i = \frac{1+q_i^2}{1-q_i^2} + \nu_i$ C <sub>a</sub> 、C <sub>i</sub> 值可查表 21.2-42 E 值、ν 值查表 21.2-45
4	被包容件传递载荷所需最小直径变化量		$e_{imin} = P_{fmin} \frac{d_f C_i}{E_i}$	
5	传递载荷所需的最小有效过盈量		$\delta_{emin} = e_{amin} + e_{imin}$	
6	考虑压平量后的最小过盈量		纵向过盈联接 $\delta_{min} = \delta_{emin} + 2(S_a + S_i)$ 横向过盈联接 $\delta_{min} = \delta_{emin}$	对纵向过盈联接 S <sub>a</sub> = 0.4R <sub>za</sub> S <sub>i</sub> = 0.4R <sub>zi</sub> 或 S <sub>a</sub> = 1.6R <sub>za</sub> S <sub>i</sub> = 1.6R <sub>zi</sub>

表 21.2-38 过盈联接件不产生塑性变形所允许的最大过盈量

序号	计算内容	计算公式	说明
1	包容件不产生塑性变形所允许的最大结合压力	塑性材料 $P_{fmax} = a\sigma_{sa}$	$a = \frac{1-q_a^2}{\sqrt{3+q_a^4}}$ $b = \frac{1-q_a^2}{1+q_a^2}$ $c = \frac{1-q_i^2}{2}$ a、b、c 值可查图 21.2-5
		脆性材料 $P_{fmax} = b\sigma_{hi}/(2-3)$	
2	被包容件不产生塑性变形所允许的最大结合压力	塑性材料 $P_{fmax} = c\sigma_{si}$	
		脆性材料 $P_{fmax} = c\sigma_{hi}/(2-3)$	
3	联接不产生塑性变形的最大结合压力	$P_{fmax}$ 取 $P_{fmax}$ 和 $P_{fmax}$ 中较小者	

续表 21.2-38

序号	计算内容	计算公式	说明
4	联接不产生塑性变形的传递力	$F_t = p_{t\max} \pi d_f l_f \mu$	$\mu$ 值查表 21.2-43, 表 21.2-44
5	不产生塑性变形包容件所允许的最大直径变化量	$e_{r\max} = \frac{p_{t\max} d_f}{E_a} C_a$	C 值查表 21.2-42 E 值查表 21.2-45
6	不产生塑性变形被包容件所允许的最大直径变化量	$e_{r\max} = \frac{p_{t\max} d_f}{E_s} C_s$	
7	不产生塑性变形联接所容许的最大有效过盈量	$\delta_{e\max} = e_{r\max} + e_{r\max}$	

表 21.2-39 配合的选择

序号	计算内容	计算公式	说明
1	选择配合的要求	保证过盈联接传递给定的载荷 $\delta_{\min p} > \delta_{\min}$ 保证联接件不产生塑性变形 $\delta_{\max p} \leq \delta_{e\max}$	
2	确定基本过盈量	— 一般情况 $\delta_b = (\delta_{\min} + \delta_{\max}) / 2$ 要求联接有较多的强度储备时, 可取 $\delta_{e\max} > \delta_b > \frac{\delta_{\min} + \delta_{e\max}}{2}$ 要求有较多的联接件材料强度储备时, 可取 $\delta_{\min} < \delta_b < \frac{\delta_{\min} + \delta_{e\max}}{2}$	$\delta_{\min p}, \delta_{\max p}$ —— 标准确定的最小、最大过盈量
3	确定配合的基本偏差代号		由 GB/T 1800.3—1998、GB/T 1800.4—1999、(GB/T 1801—1999《极限与配合》) 选定, 或由 $\delta_b$ 和 $d_f$ 在图 21.2-6 中查出
4	选定配合, 定出最大、最小过盈量	定出 $\delta_{\max p}, \delta_{\min p}$	由 GB/T 1801—1999 确定配合

必要时选取配合后进行校核计算, 计算项目与公式见表 21.2-40。在某些情况下还要计算装配后联接件的尺寸变化量, 计算公式见表 21.2-41。

表 21.2-40 过盈联接的校核计算

序号	计算内容	计算公式	说明
1	最小传递力	$F_{t\min} = p_{t\min p} \pi \mu d_f l_f$	$p_{t\min p} = \frac{\delta_{\min p} - 2(S_a + S_s)}{d_f \left( \frac{C_a}{E_a} + \frac{C_s}{E_s} \right)}$
2	包容件的最大应力	塑性材料 $\sigma_{a\max} = \frac{p_{t\max p}}{a}$ 脆性材料 $\sigma_{a\max} = \frac{p_{t\max p}}{b}$	$p_{t\max p} = \frac{\delta_{\max p}}{d_f \left( \frac{C_a}{E_a} + \frac{C_s}{E_s} \right)}$
3	被包容件的最大应力	$\sigma_{s\max} = \frac{p_{t\max p}}{c}$	

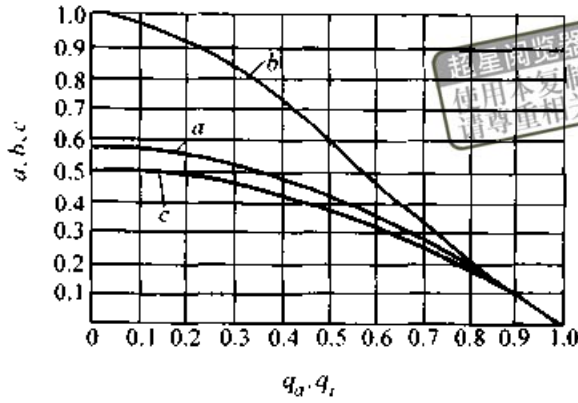


图 21.2-5 a、b、c 线图

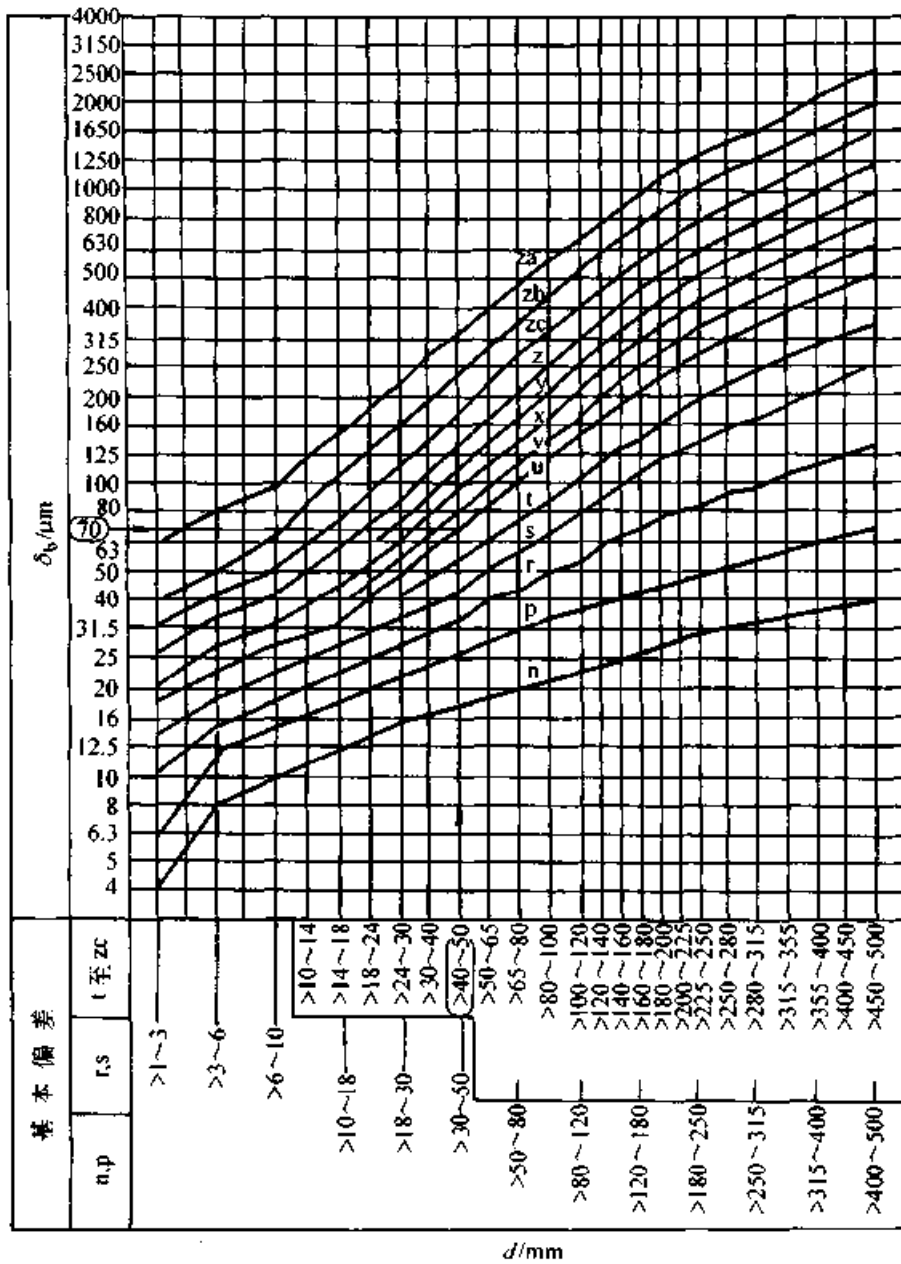


图 21.2-6 基本偏差选择图



表 21.2-41 联接件的直径变化量计算

序号	计算内容	计算公式
1	包容件的外径扩大量	$\Delta d_a = \frac{2p_d q_a^2}{E_a (1 - q_a^2)}$
2	被包容件的内径缩小量	$\Delta d_i = \frac{2p_d q_i^2}{E_i (1 - q_i^2)}$

说明：  
 $p_d$  取  $p_{dmax}$  与  $p_{dmin}$  分别计算  
 $\Delta d_{a,max}$ 、 $\Delta d_{i,max}$  与  $\Delta d_{a,min}$ 、 $\Delta d_{i,min}$

表 21.2-42 因子  $C_a$  和  $C_i$

$q_a$ 或 $q_i$	$C_a$		$C_i$	
	$\nu_a = 0.3$	$\nu_a = 0.25$	$\nu_i = 0.3$	$\nu_i = 0.25$
0	—	—	0.700	0.750
0.10	1.320	1.270	0.720	0.770
0.14	1.340	1.290	0.740	0.790
0.20	1.383	1.333	0.783	0.833
0.25	1.433	1.383	0.833	0.883
0.28	1.470	1.420	0.870	0.920
0.31	1.512	1.462	0.912	0.962
0.35	1.579	1.529	0.979	1.029
0.40	1.681	1.631	1.081	1.131
0.45	1.808	1.758	1.208	1.258
0.50	1.967	1.917	1.367	1.417
0.53	2.081	2.031	1.481	1.531
0.56	2.214	2.164	1.614	1.664
0.60	2.425	2.375	1.825	1.875
0.63	2.616	2.566	2.016	2.066
0.67	2.929	2.879	2.329	2.379
0.71	3.333	3.283	2.733	2.783
0.75	3.871	3.821	3.271	3.321
0.80	4.855	4.805	4.255	4.305
0.85	6.507	6.457	5.907	5.957
0.90	9.826	9.776	9.226	9.276

表 21.2-43 纵向过盈联接的摩擦因数

材 料	摩擦因数 $\mu$	
	无 润 滑	有 润 滑
钢-钢	0.07~0.16	0.05~0.13
钢-铸钢	0.11	0.08
钢-结构钢	0.10	0.07
钢-优质结构钢	0.11	0.08
钢-青铜	0.15~0.2	0.03~0.06
钢-铸铁	0.12~0.15	0.05~0.10
铸铁-铸铁	0.16~0.25	0.05~0.10

表 21.2-44 横向过盈联接的摩擦因数

材 料	结合方式、润滑	摩擦因数 $\mu$
钢-钢	油压扩径, 压力油为矿物油	0.125
	油压扩径, 压力油为甘油, 接合面排油干净	0.13
	在电炉中加热包容件至 300℃	0.14
	在电炉中加热包容件至 300℃ 以后, 接合面脱脂	0.2
钢-铸铁	油压扩径, 压力油为矿物油	0.1
钢-铝镁合金	无润滑	0.10~0.15

表 21.2-45 常用材料的弹性模量、泊松比和线膨胀系数

材 料		弹性模量 $E/\text{GPa}$ $\approx$	泊松比 $\nu$ $\approx$	线膨胀系数 $\alpha/(10^{-6} \cdot ^\circ\text{C}^{-1})$	
				加 热 $\approx$	冷 却 $\approx$
碳钢、低合金钢、合金结构钢		200~235	0.3~0.31	11	-8.5
灰 铸 铁	HT150 HT200	70~80	0.24~0.25	10	-8
	HT250 HT300	105~130	0.24~0.26	10	-8
可锻铸铁		90~100	0.25	10	-8
非合金球墨铸铁		160~180	0.28~0.29	10	-8
青铜		85	0.35	17	-15
黄铜		80	0.36~0.37	18	-16
铝合金		69	0.32~0.36	21	-20
镁合金		40	0.25~0.3	25.5	-25

## 3.2.6 过盈联接的装拆压力和装配温度

## (1) 装拆压力

采用压入法装配时, 应计算装拆压力, 即压入力  $F_{xi}$  和压出力  $F_{xe}$ , 并依此确定所用压力机的容量。压入力的计算公式为:

$$F_{xi} = \pi d_i l_1 p_{tmax} \mu \quad (21.2-7)$$

通常可取  $F_{xe} = F_{xi}$ , 若考虑动、静摩擦的差别, 亦可取  $F_{xe} = (1.3 \sim 1.5) F_{xi}$ 。

## (2) 装配温度

采用胀缩法装配时, 要计算装配时的加热(或冷却)温度, 为了易于装配, 要留有一定的装配间隙  $\delta_i$ 。装配温度计算式为:

$$t = \frac{\delta_{max} + \delta_i}{\alpha d_j} + t_0 \quad (21.2-8)$$

式中  $t$  ——装配时的加热(或冷却)温度;

$\delta_i$  ——留出的最小装配间隙, 通常取 H7/g6 间隙配合的最小间隙;

$\alpha$  ——联接零件材料加热(或冷却)时的线膨胀系数, 查表 21.2-45;

$t_0$  ——装配环境温度。

例 有一 45 钢制造的齿轮轮缘, 拟用过盈联接方法装在灰铸铁 (HT200) 的轮心上 (尺寸如图 21.2-7 所示), 在常温环境下工作, 联接传递的最大转矩  $T = 8000 \text{ N} \cdot \text{m}$ , 轮缘和轮心结合

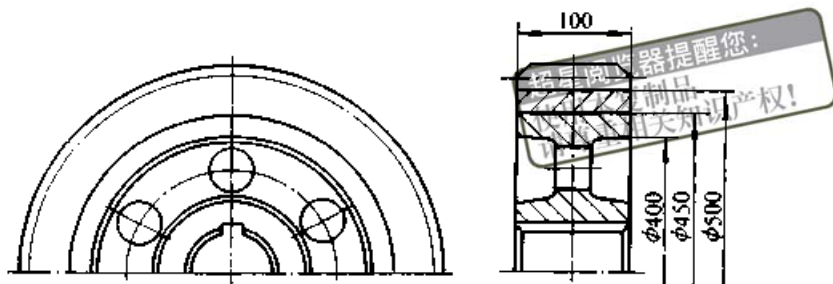


图 21.2-7 联接结构图

面的表面粗糙度为  $R_z = 0.0063 \text{ mm}$ , 用压入法 装配, 试计算此过盈联接。

解

计算与说明	主要结果
<p>1. 确定联接件材料的力学性能 由手册查得, HT200 的 <math>\sigma_b = 170 \text{ MPa}</math>、45 钢的 <math>\sigma_s = 360 \text{ MPa}</math>, 按无润滑由表 21.2-43 查取摩擦因数 <math>\mu = 0.13</math>, 由表 21.2-42 查得 <math>\nu_a = 0.3</math>、<math>\nu_i = 0.25</math></p>	<p><math>\sigma_b = 170 \text{ MPa}</math> <math>\sigma_s = 360 \text{ MPa}</math> <math>\mu = 0.13</math> <math>\nu_a = 0.3</math> <math>\nu_i = 0.25</math></p>
<p>2. 计算所需的最小结合压力和允许的最大结合压力 由表 21.2-37 可知</p>	
$p_{f \min p} = \frac{2T}{\pi d_f^2 l_f \mu}$	
<p>代入 <math>T = 8000 \text{ N}\cdot\text{m}</math>、<math>d_f = 0.45 \text{ m}</math>、<math>l_f = 0.1 \text{ m}</math></p>	
$\text{得} [p_{f \min p}] = \frac{2 \times 8000}{\pi \times (0.45)^2 \times 0.1 \times 0.13} = 1.93 \text{ MPa}$	<p>1.93 MPa</p>
<p>由表 21.2-38 可知</p>	
$p_{f \max p} = a\sigma_s$ $p_{f \max p} = b\sigma_b / (2 \sim 3)$	
<p>由题可知结合直径 <math>d_f = 450 \text{ mm}</math>、近似取包容件外径 <math>d_a = 500 \text{ mm}</math>、被包容件直径 <math>d_i = 400 \text{ mm}</math>。包容件直径比 <math>q_a = d_f/d_a = 450/500 = 0.9</math>、被包容件直径比 <math>q_i = d_i/d_f = 400/450 = 0.89</math></p>	<p><math>q_a = 0.9</math>、<math>q_i = 0.89</math> <math>a = 0.1</math>、<math>c = 0.1</math></p>
<p>按表 21.2-38 中公式计算或查图 21.2-5 得 <math>a = 0.1</math>、<math>c = 0.1</math></p>	
<p>故 <math>p_{f \max p} = 0.1 \times 360 = 36 \text{ MPa}</math></p>	
<p><math>p_{f \max p} = 0.1 \times 170 / (2 \sim 3) = 6.8 \text{ MPa}</math> (中间值)</p>	
<p>联接允许的最大结合压力取 <math>p_{f \max p}</math>、<math>p_{f \max p}</math> 两者的小值, 即 <math>p_{f \max p} = 6.8 \text{ MPa}</math></p>	<p><math>p_{f \max p} = 6.8 \text{ MPa}</math></p>
<p>3. 计算所需的最小有效过盈量和允许的最大有效过盈量</p>	
<p>由表 21.2-45 查得 <math>E_a = 2.1 \times 10^5 \text{ MPa}</math>、<math>E_i = 7.5 \times 10^4 \text{ MPa}</math></p>	<p><math>E_a = 2.1 \times 10^5 \text{ MPa}</math> <math>E_i = 7.5 \times 10^4 \text{ MPa}</math></p>
<p>由表 21.2-42 查得 <math>C_a = 9.826</math>、<math>C_i = 8.612</math></p>	<p><math>C_a = 9.826</math>、<math>C_i = 8.612</math></p>
<p>由表 21.2-37 中</p>	
<p>最小有效过盈量的公式 <math>\delta_{e \min} = e_{a \min} + e_{i \min} = p_{f \min p} d_f \left( \frac{C_a}{E_a} + \frac{C_i}{E_i} \right)</math></p>	
$\delta_{e \min} = 1.93 \times 450 \left( \frac{9.826}{2.1 \times 10^5} + \frac{806.21}{7.5 \times 10^4} \right) = 0.14 \text{ mm}$	<p><math>\delta_{e \min} = 0.14 \text{ mm}</math></p>
<p>用压入法装配时, 考虑压平量的最小过盈量由表 21.2-37 可得</p>	
$\delta_{e \min p} = \delta_{e \min} + 2 \times 0.4(R_{za} + R_{zi}) = 0.14 + 2 \times 0.4(0.0063 + 0.0063) = 0.15 \text{ mm}$	<p><math>R_{za} = R_{zi} = 0.0063 \text{ mm}</math> <math>\delta_{e \min p} = 0.15 \text{ mm}</math></p>
<p>由式 <math>\delta_{e \max} = e_{a \max} + e_{i \max}</math> 或 <math>\delta_{e \max p} = \delta_{e \min p} p_{f \max p} / p_{f \min p}</math> 计算联接允许的最大有效过盈量 <math>\delta_{e \max p}</math>, 即 <math>\delta_{e \max p} = \delta_{e \min p} p_{f \max p} / p_{f \min p} = 0.14 \times 6.8 / 1.93 = 0.493 \text{ mm}</math></p>	<p><math>\delta_{e \max p} = 0.493 \text{ mm}</math></p>

## 计算与说明

超星阅读提醒您：  
使用本复制品  
请尊重知识产权！主要结果

## 4. 选择配合

选出的配合，其最大过盈量  $\delta_{\max}$  和最小过盈量  $\delta_{\min}$  应满足如下条件

$$\delta_{\min} \geq \delta_{\min p}$$

$$\delta_{\max} \leq \delta_{\max p}$$

由表 21.2-40 中基本过盈量  $\delta_b$  公式

$$\delta_b = \delta_{\min p}/2 + \delta_{\max p}/2 = 0.15/2 + 0.493/2 = 0.3215 \text{ mm}$$

$$\delta_b = 0.321 \text{ mm}$$

按  $\delta_b = 321 \mu\text{m}$ 、 $d_f = 450 \text{ mm}$  由图 21.2-4 选取基本偏差代号为  $t$ ，按上述应满足的条件，选定配合为 H7/t6（包容件  $\phi 450^{+0.063} \text{ mm}$ 、被包容件  $\phi 450^{+0.370}_{-0.330} \text{ mm}$ ），从而得

$$\delta_{\min} = (0.33 - 0.063) = 0.267 \text{ mm}, \delta_{\max} = (0.370 - 0) = 0.370 \text{ mm}$$

$$\delta_{\min} = 0.267 \text{ mm}$$

$$\delta_{\max} = 0.370 \text{ mm}$$

满足  $\delta_{\min p} > \delta_{\min}$ 、 $\delta_{\max} < \delta_{\max p}$

故 H7/t6 可用

H7/t6

## 5. 计算装配压力

可能的最大结合压力

$$p_{f\max} = p_{f\max p} \delta_{\max} / \delta_{\max p} = 6.8 \times 0.370 / 0.493 = 5.10 \text{ MPa}$$

$$p_{f\max} = 5.10 \text{ MPa}$$

装配压力 由式(21.2-7)得

$$F_{xi} = \pi d_f l_f p_{f\max} \mu = \pi \times 450 \times 100 \times 5.10 \times 0.13 = 9.37 \times 10^4 \text{ N}$$

$$F_{xi} = 9.37 \times 10^4 \text{ N}$$

结论：从以上计算结果和所选择的过盈配合（H7/t6）得知，该过盈联接既能传递所需的转矩，又能保证联接零件有足够的强度

## 3.3 圆锥面过盈联接

## 3.3.1 液压装拆的圆锥面过盈联接

圆锥面过盈联接（图 21.2-8）利用高压油装拆，装拆时用高压油泵将油（油压可达 200 MPa 以上）由包容件（图 21.2-8a）上或被包容件（图 21.2-8b）上的油孔和油沟压入结合面，使包容件的内径胀大，被包容件的外径缩小；装配时沿轴向施加一定的轴向力将其压紧到预定位置后，排出高压油，即可形成过盈联接。

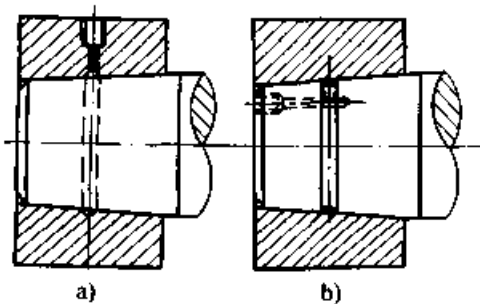


图 21.2-8 液压装拆过盈联接

## (1) 结合面锥度

通常可取为 1:50~1:30。

## (2) 油沟和油孔

油沟通常为环形，并与油孔相通，其位置应尽量接近包容件轴向截面的形心，见图 21.2-9。当结合面长度较长时，应开两条或更多的油沟。油沟的棱边必须倒圆，否则不利于高压油的排出。

油沟和油孔的尺寸可参考表 21.2-46 确定。

## (3) 排油槽

为了使装配后的过盈联接顺利排出结合面间的压力油，在结合面上应开螺旋形（图 21.2-9a）或轴向（图 21.2-9b）排油槽。排油槽应与油沟相通，但不得达到结合面边缘。

排油槽的截面形状、尺寸及至结合面边缘的距离可参考图 21.2-9 确定。

## (4) 结合面表面粗糙度

一般  $Ra$  值不应超过  $1.6 \sim 6.3 \mu\text{m}$ 。

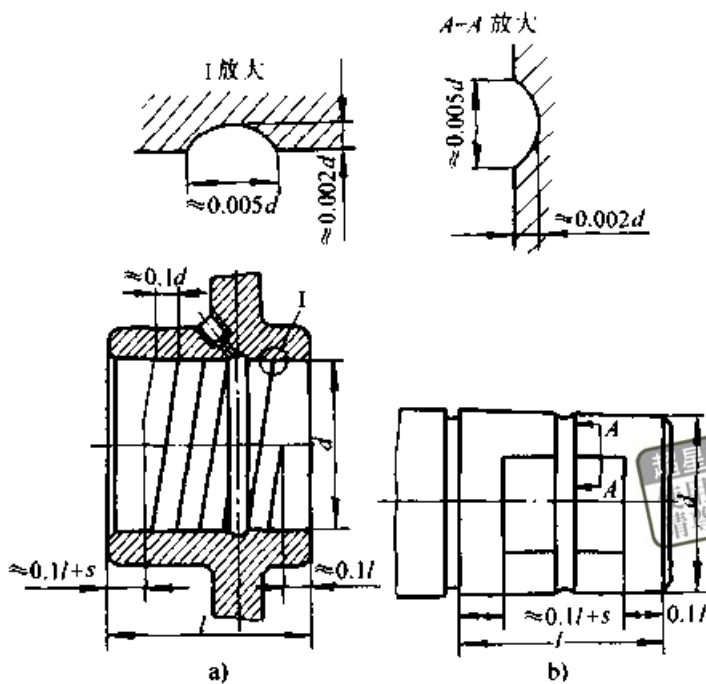
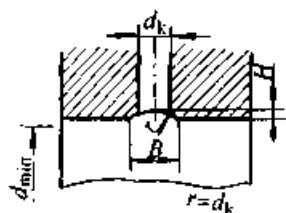


图 21.2-9 排油槽形式 ( $s$ —压入量)

表 21.2-46 油沟和油孔的推荐尺寸

(mm)

	结合面小端直径 $d_{\min}$	油孔直径 $d_k$	油沟尺寸	
			$B$	$H$
	< 30	2	2.5	0.5
	30~50	2.5	3	0.5
	50~100	3	4	0.8
	100~150	4	5	1
	150~200	5	6	1.25
	200~250	5	7	1.5
	250~300	6	8	1.5
	300~400	7	10	2
	400~500	8	12	2
	500~650	10	14	2.5
	650~800	12	16	3
	800~1 000	12	18	4



3.3.2 螺母压紧的圆锥面过盈联接

这种联接的结构见图 21.2-10，拧紧螺母可使结合面压紧形成过盈联接，多用于轴伸联接，有时可作为过载保护装置。

结合面锥度通常取 1:30~1:8。

3.3.3 圆锥面过盈联接的计算

圆锥面过盈联接的计算方法与圆柱面过盈联

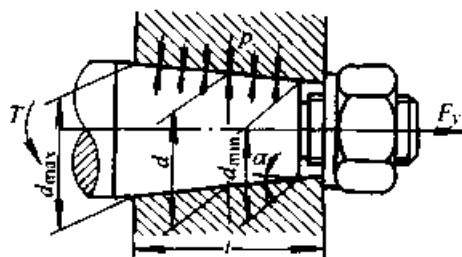


图 21.2-10 螺母压紧的过盈联接

接相同, 但结合面的直径应以圆锥面的平均直径  $d_m$  代入

$$d_m = (d_{\min} + d_{\max})/2 \quad (21.2-9)$$

式中  $d_{\min}$ 、 $d_{\max}$ ——圆锥结合面的小端和大端直径。

过盈量  $\delta$  由轴向压入量  $s$  保证,  $s$  值应为

$$s = (\delta + 4R_z)/K \quad (21.2-10)$$

式中  $K$ ——结合面锥度;

$R_z$ ——两结合面微观不平度十点高度的平均值。

装配压力  $p_y$  常较结合面的实际压力高 20%~30%, 因此, 按表 21.2-38 计算容许的最大有效过盈量  $\delta_{y\max}$  时, 应将计算所得允许的最大压力  $p_{j\max}$  降低 20%~30%。

装拆力为

$$F_y = \pi d l p_y \left( \mu \pm \frac{K}{2} \right) \quad (21.2-11)$$

式中“+”号用于装配,“-”号用于拆卸。 $\mu$  为结合面的摩擦因数。

对液压装拆圆锥面过盈联接, 因结合面有油膜, 一般  $\mu = 0.02$ 。由于  $\mu < K/2$ , 所以拆卸时并不需要轴向力, 当油压入结合面后, 联接自动分离。

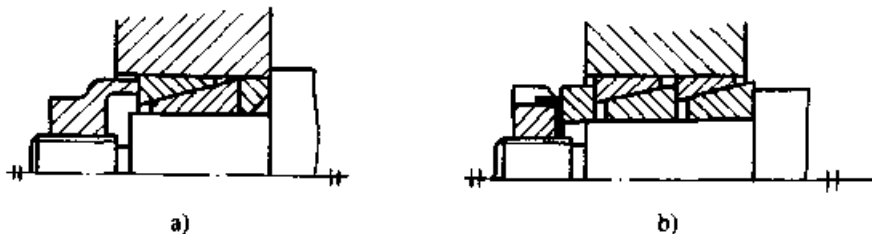


图 21.2-11 胀套联接结构图

a) 单对 b) 双对

$$F_a \approx \frac{2T}{\mu d i_c} [\tan(\rho + \alpha) + \tan\rho] \quad (21.2-12)$$

$$p \approx \frac{2T}{\mu \pi d^2 b i_c} \quad (21.2-13)$$

式中  $\alpha$ ——弹性环锥面的半锥角;  
 $\mu$ ——结合面间摩擦因数, 通常取  $\mu = 0.07 \sim 0.16$ ;  
 $d$ ——轴的直径;  
 $T$ ——传递的转矩;  
 $\rho$ ——摩擦角,  $\rho = \arctan\mu$ ;  
 $b$ ——弹性环的宽度;

### 3.4 胀套联接

胀套联接是由以锥面相互贴合, 并挤紧在轴毂之间的弹性钢环所组成的联接, 见图 21.2-11。在轴向力的作用下, 轴、毂孔和锥面胀套相互抵紧, 内弹性环的内径  $d$  减小箍紧轴, 外弹性环的外径  $D$  增大而撑紧毂孔, 在各接触面之间产生径向压力, 从而产生摩擦力及摩擦力矩来传递转矩。

这种联接的定心性好, 装拆方便, 承载能力高, 不削弱被联接件。

图 21.2-11a 为单环结构, 图 21.2-11b 为双环结构, 联接所用胀套的对数多承载能力高, 但不宜超过 3~4 对, 因为结合面的压力将顺次减少。胀套锥面的锥角  $\alpha$  愈小, 配合面的压力愈大, 承载能力愈高, 但  $\alpha$  过小不便于拆卸, 一般取  $\alpha = 12.5^\circ \sim 17^\circ$ 。内、外弹性环与轴和毂孔的配合, 当直径  $d < 38 \text{ mm}$  时, 取 H7/h6; 当直径  $d > 38 \text{ mm}$  时, 取 H8/h7。配合面粗糙度一般为  $Ra0.2 \sim 0.8 \mu\text{m}$ , 弹性环材料常用 65、65Mn、55Cr2、60Cr2 钢。胀套联接的轴向压紧力  $F_a$  和接触面压力  $p$  可根据所传递的转矩分别按下式计算。

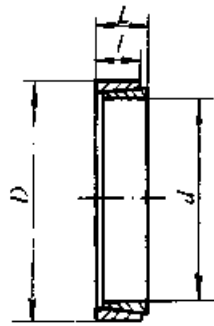
$i_c$ ——弹性环的有效对数, 当实际对数  $i = 1, 2, 3$  或 4 时  $i_c = 1, 1.5, 1.75$  或 1.875。

胀套的强度和变形可按圆锥面过盈联接, 参照表 21.2-37~表 21.2-46 所列有关公式计算。

#### 3.4.1 型式和基本尺寸

胀套联接现已标准化。表 21.2-47~表 21.2-51 分别给出了 Z1 型~Z5 型胀紧联接套的标准。

表 21.2-47 Z1 型胀紧联接套的基本尺寸和参数 (摘自 JB/T 7934—1999)

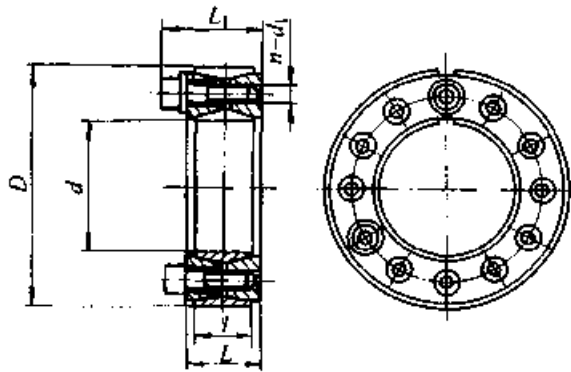


标记示例：  
内径  $d = 100$  mm、外径  $D = 114$  mm；  
胀套 Z1-100×114 JB/T 7934—1999

基本尺寸				当 $p_r = 100$ MPa 时的额定载荷		
$d$	$D$	$L$	$l$	轴向力 $F_r /$ kN	转矩 $T_r /$ N·m	kg
mm						
20	25	6.3	5.3	4.0	40	0.01
22	26			4.5	50	0.01
25	30			5.0	60	0.01
28	32			5.6	80	0.01
30	35			6.0	90	0.01
32	36			6.4	100	0.01
35	40	7.0	6.0	8.2	150	0.02
40	45	8.0	6.6	9.9	200	0.02
45	52	10.0	8.6	14.6	330	0.04
50	57			16.2	400	0.05
55	62			17.8	490	0.05
60	68	12.0	10.4	23.5	700	0.07
65	73			25.6	830	0.08
70	79	14.0	12.2	32.0	1 120	0.11
75	84			34.4	1 290	0.12
80	91	17.0	15.0	45.0	1 810	0.19
85	96			48.0	2 040	0.20
90	101			51.0	2 290	0.22
95	106			54.0	2 550	0.23
100	114	21.0	18.7	70.0	3 500	0.38
105	119			73.2	3 820	0.40
110	124			77.0	4 250	0.41
120	134			84.0	5 050	0.45
125	139			92.0	5 750	0.62

提醒您：  
超星网  
使用本复制品  
请尊重知识版权！

表 21.2-48 Z2 型胀紧联接套的基本尺寸和参数 (摘自 JB/T 7934-1999)



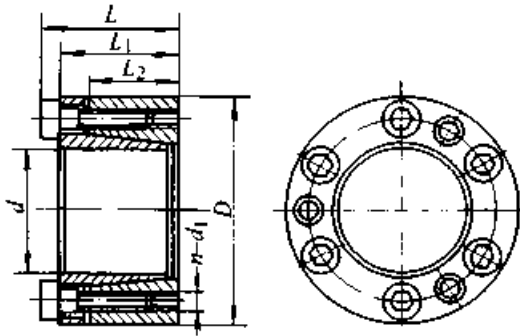
标记示例:

内径  $d = 130$  mm、外径  $D = 180$  mm;  
胀套 Z2-130 × 180 JB/T 7934-1999

基本尺寸						额定载荷		胀套与轴接 合面上的 压力 $p_t$ / MPa	螺钉的拧 紧力矩 $T_A$ / N·m	质量 / kg							
$d$	$D$	$l$	$L$	$L_1$	$d_1$	$n$	轴向力 $F_t$ / kN				转矩 $T_t$ / N·m						
20	47	17	20	27.5	M6	8	27	270	14	0.24							
22							300	0.23									
25	50						30	380			190	0.25					
28							33	470			185	0.30					
30	55						40	500			175	0.29					
35							46	700			180	0.32					
38	63						46	880			185	0.33					
40	65						46	920			180	0.34					
42	72	20	24	33.5	M8	12	65	1 360	35	0.48							
45	72						1 620	210			0.57						
50	80						71	1 770			190	0.60					
55	85						83	2 270			200	0.63					
60	90						83	2 470			180	0.69					
65	95						93	3 040			190	0.73					
70	110						24	28			39.5	M10	14	132	4 600	70	1.26
75	115													131	4 900		
80	120	148	5 200	180	1.40												
85	125	147	6 300	195	1.49												
90	130	147	6 600	180	1.53												
95	135	167	7 900	195	1.62												
100	145	192	9 600	185	2.01												
105	150	190	9 980	180	2.10												
110	155	29	33	47.0	M12	14	191	10 500	125	2.15							
120	165						218	13 100			185	2.35					
125	170						220	13 780			180	2.95					
130	180						272	17 600			165	3.51					
140	190						298	20 900			165	3.85					
150	200						324	24 200			170	4.07					
160	210						350	28 000				4.30					
170	225						38	44			60	M14	22	386	190	5.78	
180	235	24	420	37 800	6.05												
190	250	28	490	46 500	8.25												



表 21.2-49 Z3 型胀紧联接套的基本尺寸和参数 (摘自 JB/T 7934—1999)



标记示例:

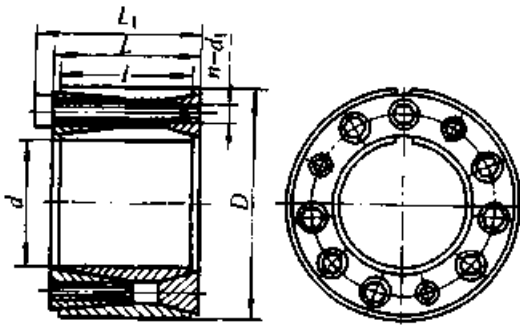
内径  $d = 150 \text{ mm}$ , 外径  $D = 200 \text{ mm}$ ;

胀套 Z3—150 × 200 JB/T 7934—1999

基本尺寸						额定载荷		胀套与轴接合面上的压力 $p_1$ / MPa	螺钉的拧紧力矩 $T_A$ / N·m	质量 / kg														
$d$	$D$	$L$	$L_1$	$L_2$	$d_1$	$n$	轴向力 $F_t$ / kN				转矩 $T_t$ / N·m													
mm																								
20	47	37	31	21.7	M6	4	30	300	287	17	0.29													
22	47							330			0.27													
25	50					5	35	440	287		0.30													
28	55							490	256		0.36													
30	55							530	239		0.34													
35	60							6	45		810	246	0.38											
40	65	940	215	0.41																				
45	75	46	38	25.3	M8	6	80	1 860	283	41	0.70													
50	80							2 070			255	0.76												
55	85					7	90	2 540	270		8	105	3 580	261	0.94									
60	90															2 770	247	0.88						
65	95															8	175	7 450	230	8	175	7 900	217	2.60
70	110																							
75	115	60	50	33.4	M10	7	140	5 460	228	83	2.20													
80	120							5 850			214	2.30												
85	125					8	205	9 900	257		10	220	11 000	192	3.70									
90	130															7 450	230	2.40						
95	135															7 900	217	2.60						
100	145															9 900	257	2.70						
105	150	68	58	40.8	M12	10	220	11 550	210	145	3.90													
110	155							12 100			175	4.00												
120	165					12	260	15 700	192		10	320	17 500	189	4.80									
125	170															20 700	188	5.90						
130	180															22 500	175	6.30						
140	190															28 500	196	6.70						
150	200	77	65	45.4	12	380	28 500	196	6.70															

注: Z3 型胀紧联接套螺钉的力学性能等级为 12.9 级。

表 21.2-50 Z4 型胀紧联接套的基本尺寸和参数 (摘自 JB/T 7934—1999)

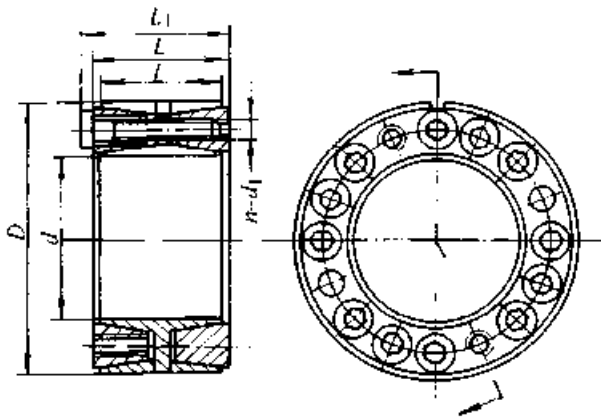


标记示例:  
内径  $d = 200$  mm、外径  $D = 270$  mm;  
胀套 Z4—200 × 270 JB/T 7934—1999

基本尺寸						额定载荷		胀套与轴接 合面上的 压力 $p$ / MPa	螺钉的拧 紧力矩 $T_A$ / N·m	质量 / kg	
$d$	$D$	$l$	$L$	$L_1$	$d_t$	轴向力 $F_t$ / kN	转矩 $T_t$ / N·m				
mm						$n$					
70	120	56	62	74	M12	8	197	6 850	201	145	3.3
80	130					12	291	11 650	263		3.7
90	140						290	13 000	234		4.0
100	160	74	80	94	M14	15	389	19 700	213	230	7.2
110	170						483	22 600	242		7.7
120	180						482	28 900	222		8.3
125	185						480	30 000	212		8.5
130	190					18	31 200	205	8.8		
140	200						574	40 200	227		9.3
150	210						572	42 900	212		10.0
160	230						800	64 000	227		14.9
170	240	83	94	110	M16	21	795	67 800	214	355	15.7
180	250						923	83 000	235		16.4
190	260					921	88 000	223	17.2		
200	270					1 050	105 000	242	18.8		
210	290	110	116	134	M18	20	1 118	117 300	197	485	23.0
220	300					21	1 120	123 000	189		27.7
240	320					24	1 280	153 000	198		29.8
250	330					27	1 282	160 200	205		31.0
260	340						1 430	186 000			32.0
280	370					130	136	156	M20		24
300	390	245 000	179	49.0							

注: Z4 型胀紧联接套螺钉的力学性能等级为 12.9 级。

表 21.2-51 Z5 型胀紧联接套的基本尺寸和参数 (摘自 JB/T 7934—1999)



标记示例:

内径  $d = 300$  mm、外径  $D = 375$  mm;  
 胀套 Z5—300—375 JB/T 7934—1999

超星网器提醒  
 使用本复制品  
 请尊重相关知识产权!

基本尺寸						额定载荷		胀套与轴接 合面上的 压力 $p_r$ / MPa	螺钉的拧 紧力矩 $T_N$ / N·m	质量 / kg	
$d$	$D$	$l$	$L$	$L_1$	$d_1$	$n$	轴向力 $F_t$ / kN				转矩 $T_t$ / kN·m
mm											
100	145	60	65	77	M12	10	288	14.4	192	4.1	
110	155							15.8			4.4
120	165							20.8			4.8
130	180	68	74	86		15	433	28.1	193	6.5	
140	190							36.3			7.0
150	200							39.0			7.4
160	210	75	81	95	M14	18	606	48.5	219	7.8	
170	225							60.6			10.0
180	235							64.1			10.6
190	250							75.2			14.3
200	260	88	94	108	24	950	95.0	203	15.0		
210	275						102.0			17.5	
220	285	98	104	120	M16	18	990	187	19.8		
240	305						109.0			21.4	
250	315						158.0			22.0	
260	325	120	126	144	M18	24	1370	215	23.0		
280	355						178.0			23.0	
300	375						222.5			35.2	
320	405						248.0			37.4	
340	425	135	142	162	M20	25	2140	192	690		
360	455						344.0			51.3	
380	475						365.0			54.1	
400	495	158	165	187	M22	25	480.0	176	930		
420	515						508.0			75.4	
450	555						535.0			79.0	
480	585						558.0			82.8	
500	605	172	180	204	M24	30	673.0	181	86.5		
530	640						832.5			112.0	
560	670						948.0			119.0	
600	710	190	200	227	M27	32	988.0	168	123.0		
530	640						1145.0			157.0	
560	670	190	200	227	M27	30	1210.0	148	160.0		
600	710						1380.0			170.0	

注: Z5 型胀紧联接套螺钉的力学性能等级为 12.9 级。

3.4.2 胀套联接的选用

选用胀套联接应满足的条件, 见表 21.2-52。

与胀套结合的孔或轴的公差见表 21.2-53。

表面粗糙度推荐值见表 21.2-54。

表 21.2-52 选用胀套联接应满足的条件

项 目	条 件	备 注
传递转矩	$T_i \geq T$	$T_i$ —— 额定转矩(N·m); $T$ —— 需传递转矩(N·m);
承受轴向力	$F_i \geq F_a$	$F_i$ —— 额定轴向力(N); $F_a$ —— 需传递的轴向力(N);
承受径向力	$p_i \geq \frac{F_r}{d \cdot l}$	$p_i$ —— 轴与套间的许用压力(MPa);
传递力	$F_i \geq \sqrt{F_a^2 + \left(\frac{T}{d/2} \times 10^3\right)^2}$	$F_r$ —— 需承受的径向力(N); $d$ —— 胀套内径(mm); $l$ —— 内环宽度(mm)

注: 胀套串联使用的总额定载荷按  $T_{\Sigma} = m \cdot T_i$  计算, 串联因子  $m$  查表 21.2-55

表 21.2-53 推荐的孔、轴公差带

胀套型式	胀套内径 $d$ /mm	轴的公差带	孔的公差带
Z1	< 38	h6	H7
	$\geq 38$	h8	H8
Z2	所有直径	h7 或 h8	H7 或 H8
Z3	所有直径	h8	H8
Z4	所有直径	h9 或 k9	N9 或 H9
Z5	所有直径	h8	H8

表 21.2-54 推荐的表面粗糙度 ( $\mu\text{m}$ )

胀套型式	$R_z$	
	与胀套结合的轴	与胀套结合的孔
Z1	$\leq 6.3$	$\leq 6.3$
Z2	$\leq 16$	$\leq 16$
Z3	$\leq 10$	$\leq 10$
Z4	$\leq 16$	$\leq 16$
Z5	$\leq 16$	$\leq 16$

表 21.2-55 串联因子  $m$

串联的胀套数量	$m$	
	Z1 型	Z2、Z3、Z4、Z5 型
1	1.00	1.0
2	1.56	1.8
3	1.86	2.7
4	2.03	—

4 成型联接

成型联接是利用非圆截面的轴与形面相同的毂孔所构成的轴毂联接 (图 21.2-12)。这种联接无需键或花键, 故亦称无键联接。轴头和毂孔

可以是柱形的 (图 21.2-12a), 也可以是锥形的 (图 21.2-12b)。柱形的易加工, 既可用于静联接也可用于动联接; 锥形的装卸容易, 同时能承受单向轴向力, 但加工困难。

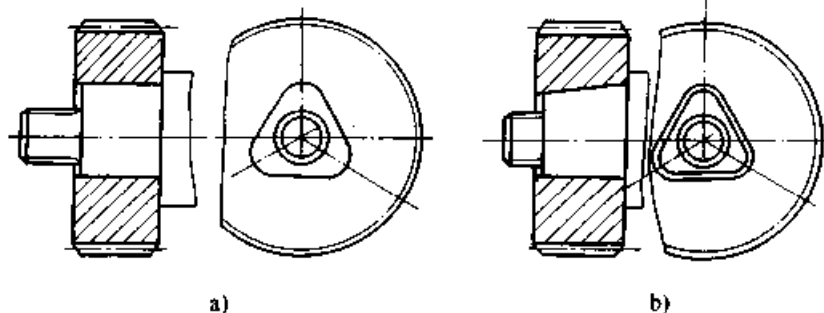


图 21.2-12 成型联接  
a) 柱形 b) 锥形

常用的成形曲线为等距曲线(图 21.2-13)

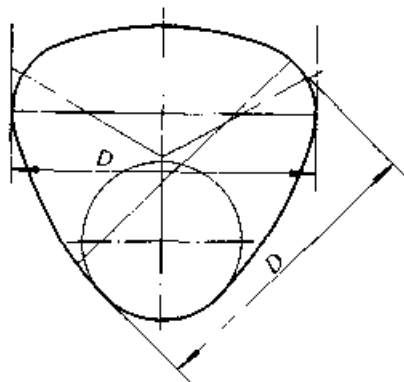


图 21.2-13 等距曲线

这种曲线轮廓两侧任意两条平行切线之间的距离相等,故加工与测量比较方便。此外,还有摆线轮廓。方形、六方形以及带缺口的圆形等截面的轴毂联接也属于成形联接,但定心精度不高。

成型联接装拆方便,能保证良好的对中性;联接面上没有键槽及尖角等应力集中源,因而承载能力高。缺点是加工困难,特别是为了保证配合精度,最后一道工序需要在专用机床上进行磨削加工,因而限制了这种联接的推广应用。

超星阅读器  
使用本复制品  
请尊重相关知识产权!

### 参 考 文 献

- 1 董刚等主编. 机械设计. 第3版. 北京. 机械工业出版社. 1999
- 2 机械工程手册电机工程手册编辑委员会编. 机械零部件设计卷. 第2版. 北京. 机械工业出版社. 1996
- 3 卜炎主编. 机械传动装置设计手册. 北京. 机械工业出版社. 1999
- 4 葛中民主编. 机械设计基础. 北京. 中央广播电视大学出版社. 1994
- 5 周开勤主编. 机械设计师实用手册. 天津. 天津科学技术出版社. 1995
- 6 机械设计手册联合编写组编. 机械设计手册. 第2版. 北京. 化学工业出版社. 1985
- 7 钟毅芳主编. 机械设计. 武汉. 华中理工大学出版社. 1999

超星浏览器提醒您：  
使用本复制品  
请尊重相关知识产权！

中国机械设计大典  
CHINA MECHANICAL DESIGN CANON

第  
22  
篇

超星浏览器提醒您：  
使用本复制品  
请尊重相关知识产权！

联接与紧固

主 编 范顺成

编 写 范顺成 孙立新  
钟丹华 张顺心  
戴水清 杨光耀  
邓青宇

审 稿 范厚军



中国机械工程学会  
中国机械设计大典编委会

超星浏览器提醒您：  
使用本复制品  
请尊重相关知识产权！



# 第 1 章 螺纹联接

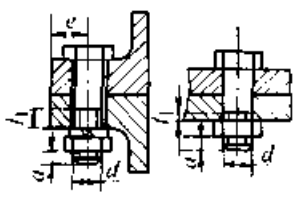
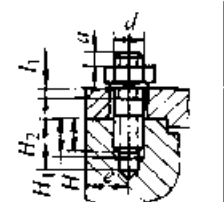
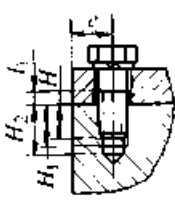
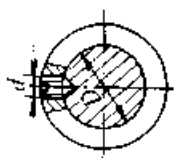
超星浏览器提醒您：  
使用本复制品  
请尊重相关知识产权！

## 1 基本类型及应用

螺纹联接有通过螺纹紧固件的联接（如螺栓

联接）和直接用被联接件上的螺纹进行的联接（如管子的管螺纹联接）。表 22.1-1 给出了螺纹紧固件联接的基本类型及应用。

表 22.1-1 螺纹紧固件联接的基本类型及应用

类型	螺栓联接	螺柱联接	螺钉联接	紧定螺钉联接	自攻螺钉联接
结构					
尺寸关系	螺纹余留长度 $l_1$ 静载荷: $l_1 \geq (0.3 \sim 0.5)d$ 变载荷: $l_1 \geq 0.75d$ 冲击载荷或弯曲载荷: $l_1 \geq d$ 铰制孔用螺栓 $l_1 \approx 0$ 螺纹伸出长度 $a \approx (0.2 \sim 0.3)d$ 螺栓轴线到边缘的距离 $e = d + (3 \sim 6)\text{mm}$	座端拧入深度 $H$ , 当螺孔为 钢或青铜: $H = d$ 铸铁: $H = (1.25 \sim 1.5)d$ 铝合金: $H = (1.5 \sim 2.5)d$ 螺孔深度 $H_1 = H + (2 \sim 2.5)P$ 钻孔深度 $H_2 = H_1 + (0.5 \sim 1)d$ $l_1, a, e$ 值同螺栓联接			
应用	用于通孔, 损坏后容易更换	多用于不通孔, 联接需经常拆卸零件	多用于不通孔, 联接很少拆卸零件	用以固定两个零件的相对位置, 可传递不大的力和力矩	用于轻工产品的联接

## 2 螺纹联接的预紧及其控制

在施加工作载荷之前, 螺纹紧固件联接需先夹紧被联接件, 此过程被称为螺纹紧固件的预紧, 该夹紧力为预紧力, 用  $F'$  表示。预紧的目的在于提高联接的可靠性、防松能力、疲劳强度及增强联接的紧密性和刚性。大量的试验和使用实践证明: 较高的预紧力对联接的可靠性和被联接件的寿命是有益的, 特别是对有密封要求的联接, 预紧更为重要。但当预紧力过大时, 如果控制不当或偶然的过载, 可能导致联接失效。因此, 对重要的联接, 要严格控制预紧力。

### 2.1 预紧力 $F'$ 的确定与选取

预紧力的确定通常按经验数据选取, 或根据联接时具有的剩余预紧力或摩擦力计算联接需要的预紧力大小 (详见第 4.2 节)。对于受拉螺栓联接, 预紧力的选取如下:

$$\text{在一般机械中, } F' = (0.5 \sim 0.7) \sigma_s \cdot \frac{\pi}{4} d_1^2$$

$$\text{在航空航天机械中, } F' \approx 0.35 \sigma_s \cdot \frac{\pi}{4} d_1^2$$

在特殊联接中 (如钢结构),

$$F' \approx 0.75 \sigma_s \cdot \frac{\pi}{4} d_1^2$$

表 22.1-2 给出了各种螺栓联接推荐的预紧力值及其选择准则, 供参考。

表 22.1-3 给出了一般机械联接用钢螺栓的预紧力。

表 22.1-2 螺栓联接预紧力值的选择准则

联接类型与应用场合	预紧应力/屈服点 <sup>①</sup>
受剪的铰制孔螺栓联接 拉伸载荷极小的螺栓联接, 如地脚螺栓 有因较大应力腐蚀而断裂之危险的螺栓联接	0.10~0.20
有垫片的密封螺栓联接	0.35~0.40
没有垫片的密封螺栓联接, 此联接承受拉伸载荷, 并且必须满足安全规范的要求 压力容器螺栓联接预紧力的上限	0.50~0.60
为避免振动松退或疲劳等压紧力过小的场合 主要根据装配中所用预紧力控制方式和螺栓是否允许拉力超过屈服点选择预紧力 采用力矩扳手拧紧时的预紧力上限	0.7
螺栓强度或拉力在装配时可以测量出的场合	0.85~0.95
钢结构螺栓联接, 联接依靠摩擦力抵抗横向外载荷 外载荷预先准确知道, 并且螺栓允许拉力超过屈服点, 螺栓经加工硬化仍有足够韧性的场合	1.00

① 屈服点系指螺栓材料的屈服点  $\sigma_s$ 。

表 22.1-3 一般机械联接用钢螺栓的预紧力

螺纹规格 <i>d</i>	螺栓机械性能等级					
	4.6	5.6	6.8	8.8	10.9	12.9
	预紧力 $F'$ /N (按预紧应力/屈服点=0.7 计算)					
M6	3 230	3 940	6 180	8 190	11 600	13 600
M8	5 890	7 140	11 200	14 800	21 200	24 800
M10	9 310	11 300	17 800	23 500	33 600	39 400
M12	13 500	16 500	25 900	35 400	49 000	57 200
M16	25 200	30 800	48 300	66 100	91 000	106 000
M20	39 400	48 000	75 600	102 000	142 000	166 000
M24	56 800	69 100	108 000	148 000	205 000	239 000
M30	90 300	109 000	172 000	235 000	326 000	380 000
M36	131 000	160 000	251 000	343 000	474 000	554 000

## 2.2 预紧力与拧紧力矩的关系

螺栓预紧力通过拧紧力矩获得, 一般情况下, 拧紧螺母时, 要克服螺纹副间的螺纹力矩  $T_1$  和螺母支承面上的摩擦力矩  $T_2$ , 故拧紧力矩  $T = T_1 + T_2$ 。如图 22.1-1 所示, 对于公称直径为  $d$  的螺栓,  $T$  与  $F'$  的关系为:

$$T = F' \left[ \tan(\psi + \rho') \frac{d_2}{2} + \frac{\mu_n}{3} \left( \frac{D_0^3 - d_0^3}{D_0^2 - d_0^2} \right) \right] \quad (22.1-1)$$

式中  $\psi$  —— 螺纹升角;

$\rho'$  —— 螺纹副当量摩擦角,

$\rho' = \arctan(1.15\mu)$ ,  $\mu$  为螺纹副的摩擦因数, 见表 22.1-4;

$d_2$  —— 螺纹中径 (mm);

$\mu_n$  —— 支承面的摩擦因数, 见表 22.1-4;

$D_0$  —— 螺母支承面的外径 (mm);

$d_0$  —— 被联接件或垫圈的孔径 (mm),

$d_0 \approx d + (1 \sim 1.5)$ 。

将式 (22.1-1) 改写为

$$T = k_1 F' d \quad (22.1-2)$$

式中  $k_1$  ——拧紧力矩因子,  $k_1$  与螺栓尺寸、螺纹参数、螺纹副和支承面的摩擦因数等因素有关, 其值见表 22.1-5。

对于 M10 ~ M68 的粗牙钢制螺栓, 当螺纹副无润滑时, 可由下式进行粗略估算:

$$T = 0.2 F' d$$

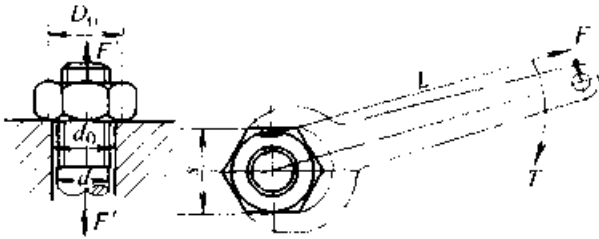


图 22.1-1 螺纹副的拧紧

表 22.1-4 不同涂层、不同润滑状态下的螺纹联接摩擦因数

涂 层	摩擦因数	无润滑	L-AN 油	钙基润滑脂	L-AN 油 + 20% MoS <sub>2</sub>
无涂层	$\mu$	0.40 <sup>+0.12</sup> <sub>-0.08</sub>	0.21 <sup>+0.03</sup> <sub>-0.02</sub>	0.19 <sup>+0.03</sup> <sub>-0.02</sub>	0.13 ± 0.02
	$\mu_n$	0.20 <sup>+0.04</sup> <sub>-0.03</sub>	0.12 ± 0.02	0.13 <sup>+0.01</sup> <sub>-0.02</sub>	0.09 <sup>+0.01</sup> <sub>-0.02</sub>
氧化	$\mu$	0.64 <sup>+0.20</sup> <sub>-0.13</sub>	0.45 ± 0.06	0.44 <sup>+0.05</sup> <sub>-0.03</sub>	0.18 ± 0.03
	$\mu_n$	0.34 <sup>+0.09</sup> <sub>-0.14</sub>	0.26 <sup>+0.03</sup> <sub>-0.02</sub>	0.26 <sup>+0.03</sup> <sub>-0.02</sub>	0.09 ± 0.02
镀锌	$\mu$	0.40 <sup>+0.08</sup> <sub>-0.16</sub>	0.19 <sup>+0.01</sup> <sub>-0.04</sub>	0.17 <sup>+0.02</sup> <sub>-0.03</sub>	0.17 <sup>+0.02</sup> <sub>-0.03</sub>
	$\mu_n$	0.09 <sup>+0.01</sup> <sub>-0.02</sub>	0.10 <sup>+0.02</sup> <sub>-0.01</sub>	0.09 <sup>+0.02</sup> <sub>-0.01</sub>	0.08 <sup>+0.01</sup> <sub>-0.02</sub>
磷化	$\mu$	0.20 <sup>+0.03</sup> <sub>-0.05</sub>	0.18 <sup>+0.02</sup> <sub>-0.03</sub>	0.17 ± 0.02	0.16 <sup>+0.01</sup> <sub>-0.02</sub>
	$\mu_n$	0.10 <sup>+0.02</sup> <sub>-0.01</sub>	0.11 <sup>+0.02</sup> <sub>-0.01</sub>	0.11 ± 0.02	0.09 <sup>+0.01</sup> <sub>-0.02</sub>
镀镉	$\mu$	0.29 <sup>+0.03</sup> <sub>-0.05</sub>	0.21 <sup>+0.04</sup> <sub>-0.06</sub>	0.18 <sup>+0.04</sup> <sub>-0.03</sub>	0.14 <sup>+0.03</sup> <sub>-0.03</sub>
	$\mu_n$	0.17 <sup>+0.02</sup> <sub>-0.03</sub>	0.11 <sup>+0.04</sup> <sub>-0.06</sub>	0.11 <sup>+0.02</sup> <sub>-0.06</sub>	0.06 <sup>+0.01</sup> <sub>-0.02</sub>

表 22.1-5 钢制螺栓的  $k_1$  值

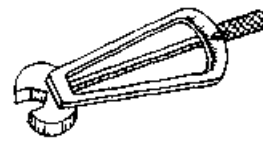
表面涂覆层	无涂层	镀镉	涂铝基脂	磷化涂油	涂轻质原油	涂油和磷酸脂	
$k_1$	平均值	0.199 6	0.186	0.137	0.177	0.123	0.19
	最大值	0.267	0.250	0.16	—	0.150	0.23
	最小值	0.158	0.106	0.10	—	0.099	0.15

## 2.3 预紧力控制

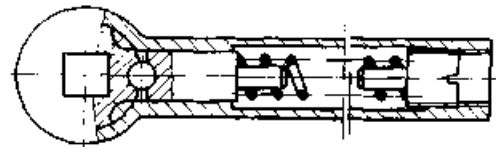
### 2.3.1 力矩法

式(22.1-2)表明拧紧力矩与预紧力呈线性关系, 控制拧紧力矩则可实现预紧力的控制。力矩法简单、易于实施, 是普遍采用的方法。但控制精度低, 误差一般约为 ± 25%。适用于一般联接。

按螺栓直径规定扳手长度的呆扳手是最简单的控制拧紧力矩的扳拧工具(误差约为 ± 40%)。精度较高的控制拧紧力矩的扳拧工具是测力矩扳手和限力矩扳手, 见图 22.1-2。



a)



b)

图 22.1-2 测力矩和限力矩扳手  
a) 测力矩扳手 b) 限力矩扳手

测力矩扳手有很多种, 拧紧力矩可从  $7 \times 10^{-3} \text{ N} \cdot \text{m}$  到  $1.3 \times 10^3 \text{ N} \cdot \text{m}$ , 力矩读数精度为 ± 20% 到 ± 2%。

### 2.3.2 螺栓伸长法

通过测量螺栓的伸长来控制预紧力, 其应用条件是螺栓预紧力引起的螺栓伸长必须在弹性范围内。

螺栓原始长度为  $L_0$ , 设计规定的预紧力为  $F'$ , 则拧紧后需要的螺栓长度  $L_1$  为

$$L_1 = L_0 + \frac{F'}{C_b}$$

式中  $C_b$  ——螺栓刚度。

由于螺栓的伸长仅和螺栓刚度与载荷有关, 排除了摩擦因数、被联接件变形等不易控制因素的影响, 因此该方法控制精度较高, 被广泛用于重要螺栓联接的预紧力控制。通常, 若测量精确, 则在长度测量精度为 ± 1 μm 时, 长度为 20 ~ 25 mm 的螺栓, 其预紧力误差约为 ± 5%。

对于螺栓联接, 只需在结构上保证能使测量

工具接近螺栓两端面，便可直接测量拧紧前后螺栓长度。螺栓两端面为测量面、需精加工或做出锥形中心孔，见图 22.1-3。该方法适用于较短的螺栓，特别是法兰螺栓联接更为适宜，见图 22.1-4。

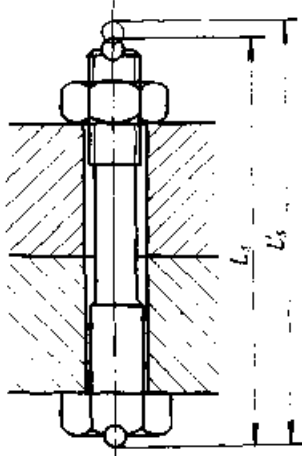


图 22.1-3 测量螺栓伸长量的方法

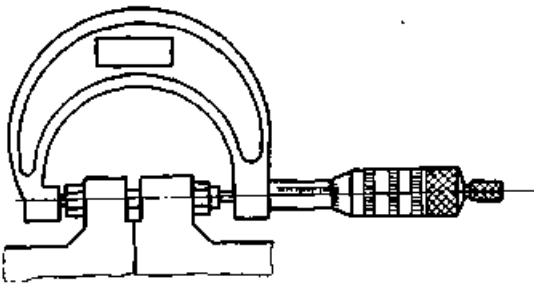


图 22.1-4 用千分尺测量法兰螺栓伸长

### 2.3.3 螺母转角法

该方法是根据需要的预紧力计算出螺母转角，拧紧时控制螺母转角来达到控制预紧力的目的。

设螺母与支承面完全接触时为螺母转角的起始位置，则为保证预紧力需再旋拧的角度为

$$\theta = \frac{360^\circ}{P} \cdot \frac{F'}{C_b}$$

式中  $P$  —— 螺距。

由于接触变形，螺母与支承面完全接触的起始位置较难确定，加之其他因素的影响，该方法测得的预紧力误差约为  $\pm 15\%$ 。

### 2.3.4 预紧力指示垫圈

利用特制垫圈控制预紧力，见图 22.1-5。

预紧力指示垫圈由一个外圈、一个内圈和两个平垫圈组成。在拧紧螺母过程中，内外圈高度差  $b$  逐渐缩小。当  $b$  减到零时，两平垫圈夹紧

外圈，此时则达到了设计的预紧力。该方法使用方便，易于实现装配自动化，但增加了联接零件。该方法的预紧力误差为  $\pm 10\%$ ，精度较高。

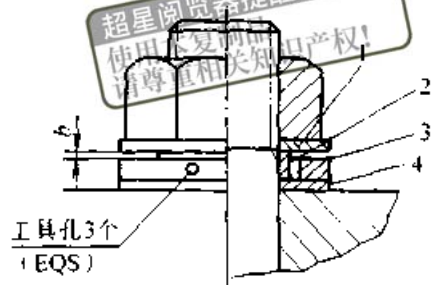


图 22.1-5 预紧力指示垫圈

1—平垫圈 2—内圈 3—外圈 4—平垫圈

### 2.3.5 用液压拉紧器控制预紧力

该方法的原理是首先对螺栓施加拉力，使之伸长，而后再轻轻旋紧螺母，待撤去拉力之后，螺栓收缩变形，在联接中产生和拉力相等的预紧力。这一方法可精确控制预紧力。

图 22.1-6 所示为按此设想制造的一种液压拉紧器。在拉紧器的推杆上有内螺纹，先将螺母用手拧在螺柱上，再把带有液压缸的底座置于被联接件支承面上，并将推杆拧在螺柱上。将压力油送入液压缸，推动活塞，使推杆向上移动，通过旋合螺纹拉伸螺柱。转动手柄，经锥齿轮传动而转动螺母，待螺母与被联接件支承面贴合后停止转动。放掉压力油，撤去压力。卸去液压拉紧器后，双头螺柱联接形成的预紧力和所施加的拉力相等。由于拉力的大小等于压力油的压力乘活塞面积，因此只要控制压力油的压力就能控制预紧力。

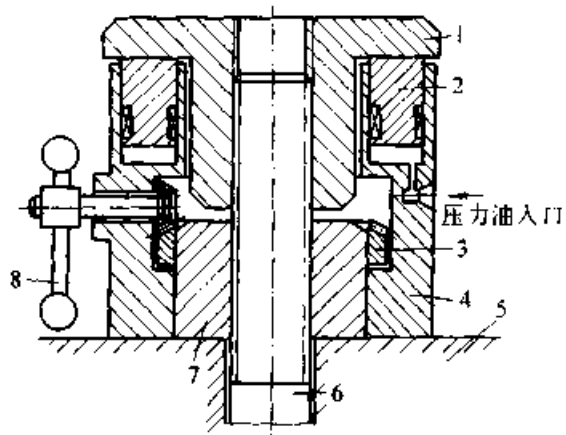


图 22.1-6 液压拉紧器

1—推杆 2—活塞 3—锥齿轮副  
4—底座 5—被联接件 6—双头螺柱  
7—螺母 8—手柄

这种方法适用于任何尺寸的紧固件，而且可以同时给螺栓组联接的所有螺栓同时加预紧力，均匀压紧被联接件和垫片，不会因倾斜、翘曲而影响预紧力的真实值。另外，由于没有螺纹副的摩擦力矩，螺栓杆不受切应力，因此螺栓将有更高的承受拉力的能力。

### 2.4 螺栓组联接的预紧

在螺栓组联接中，每个螺栓预紧力的一致性将直接影响结合面上接触压力分布的均匀性，进而影响联接的可靠性和强度。

为保证螺栓组中每个螺栓预紧力的一致性，根据经验可归纳成如下规律：

1) 先拧最靠近结合面形心的螺栓，并依次从中心呈螺旋形向外顺序拧紧，见图 22.1-7。

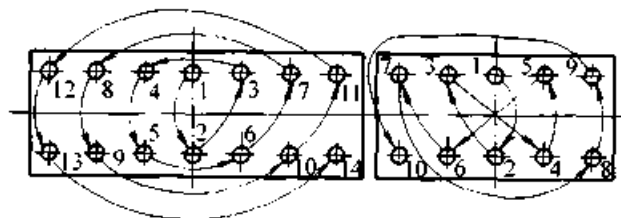


图 22.1-7 螺栓组联接的拧紧顺序

2) 对法兰联接应相对法兰中心对称地顺序拧紧，典型的拧紧顺序见图 22.1-8。

3) 拧紧时不能一次拧到预定的预紧力，而应分几次拧紧。分多次拧紧可使预紧力比较一致。通常分 2~4 次拧至规定的预紧力为宜。

松退螺母时，应按拧紧顺序反向进行。

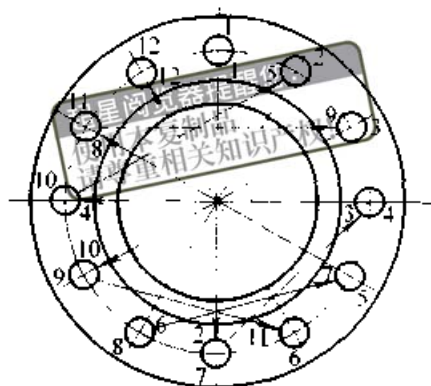


图 22.1-8 法兰联接的拧紧顺序  
外圈数字为螺栓序号，  
内圈数字为螺栓拧紧顺序号

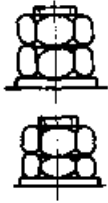
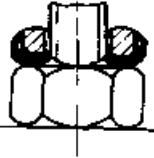
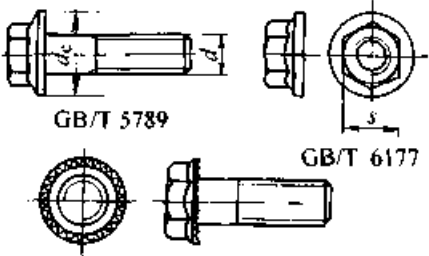

### 3 螺纹联接的防松

联接螺纹通常均能满足自锁条件 ( $\phi < \rho$ )，且拧紧后螺母和螺栓头部支承面与被联接件支承面间存在着摩擦力。因此，在静载荷且工作温度变化不大时，可保证联接自锁而不松退。但在冲击、振动或变载荷的作用下，或在高温、温度变化较大的情况下，仍会出现联接松动甚至松退，使机器不能正常工作甚至造成严重事故。因此，对螺纹联接必须采取有效的防松措施，以保证正常工作。

按防松原理，螺纹联接的防松方法可分为摩擦防松、机械防松和破坏螺纹副防松等几种。常用防松方法、特点及应用见表 22.1-6。

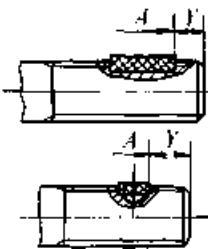
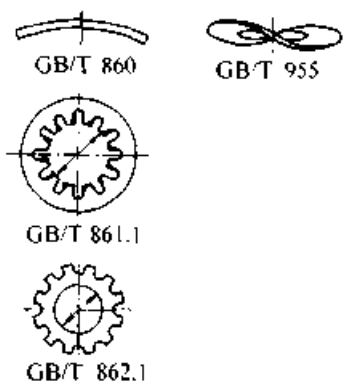
表 22.1-6 螺纹联接常用的防松方法

类型及原理	结构简图	特点及应用
摩擦锁合 防松能力随螺纹联接副预紧力的增加而提高	<p>弹簧垫圈</p> <p>GB/T 7245 GB/T 7246</p>	<p>依靠弹簧垫圈在压平后产生的弹力及其切口尖角嵌入被联接件及紧固件支承面起防松作用。结构简单、成本低、使用简便</p> <p>GB/T 93、GB/T 859 和 GB/T 7244 等传统使用的弹簧垫圈，由于弹力不均，也不十分可靠，多用于不甚重要的联接。对联接表面不允许划伤和经常拆卸的场合不宜选用</p> <p>GB/T 7245《鞍形弹簧垫圈》和 GB/T 7246《波形弹簧垫圈》则可明显改善一般弹簧垫圈之不足</p>

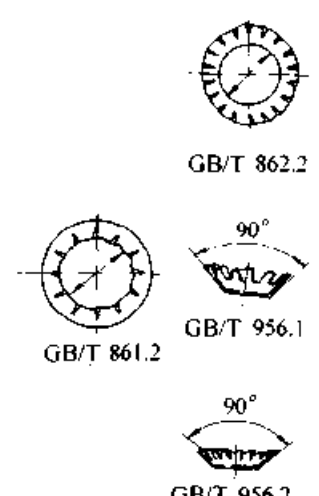
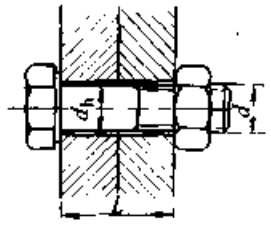
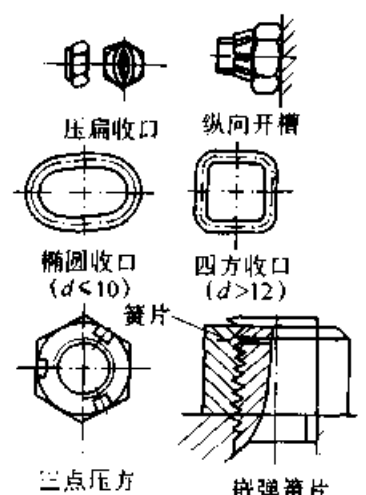
类型及原理	结构简图	特点及应用
<p>防松能力随螺纹联接副预紧力的增加而提高</p>	<p>双螺母</p> 	<p>两个螺母对顶拧紧，使螺栓在旋合段内受拉而螺母受压，构成螺纹联接副纵向压紧。正确的安装方法为：先用规定的拧紧力矩的80%拧紧下面的螺母，再用100%的拧紧力矩拧紧上面的螺母；下面的螺母螺纹牙只受对顶力，其高度可以减小，一般用薄螺母；而上面的螺母用1型标准螺母；有的为防止装错和保证下面的螺母有足够的强度，则采用两个等高的螺母（1型）</p> <p>该结构简单、防松效果好、成本低、质量大，多用于低速重载或载荷平稳的场合</p>
	<p>扣紧螺母</p> 	<p>先用六角螺母紧固联接件，然后旋上（GB/T 805—2000《扣紧螺母》）（扣紧螺母的螺纹有缺口，用以锁紧），并用手拧紧，再用扳手拧紧（约转过<math>60^{\circ} \sim 90^{\circ}</math>）。松退扣紧螺母时，必须先拧紧六角螺母，使其与扣紧螺母之间产生间隙，然后才能拧下扣紧螺母，以免划伤螺栓螺纹</p> <p>该结构防松性能良好，但不宜用于频繁装卸的场合；国外在电力铁塔上使用效果十分良好，可几十年不松动</p>
	<p>六角法兰面型式——无锁紧元件</p>  <p>GB/T 5789</p> <p>GB/T 6177</p>	<p>GB/T 5789—5790—2000 等六角法兰面螺栓、GB/T 6177.1—6177.2—2000 六角法兰面螺母，具有加大的支承面直径（<math>d_c</math> 大于2倍的螺纹直径），在一定的预紧力作用下，可获得足够的防松能力。如在其支承面上再制出齿纹，则防松能力成倍提高，又称为“三合一螺栓（母）”，即具有六角扳拧部分、加大支承面的功能，以及防松功能，三者合为一体，是当代最新型的六角扳拧紧固件的结构型式</p> <p>适用于高强度（8.8级及其以上）紧固件，在重要的联接场合，如发动机、锻压设备、摩托车产品中使用，但成本高</p>
<p>依靠螺栓或螺母结构上的“有效力矩”的摩擦阻力和联接副预紧力这两方面产生的摩擦阻力矩防止松动</p>	<p>非金属嵌件六角锁紧螺母</p> 	<p>GB/T 889.1—889.2—2000 和 GB/T 6182—2000 锁紧螺母和 GB/T 6183.1—6183.2—2000 非法兰面锁紧螺母锁紧部分是嵌装在螺母体上，没有内螺纹的尼龙圈。当外螺纹件拧入后，由于尼龙材料良好的弹性产生锁紧力，达到锁紧</p> <p>该类螺母由于尼龙熔点的限制，一般最高工作温度应小于<math>120^{\circ}\text{C}</math>，以<math>100^{\circ}\text{C}</math>以下为宜。如遇特殊需要，更换材料可达<math>240^{\circ}\text{C}</math></p> <p>由于尼龙属惰性物质，不受工业中常用化学产品的腐蚀，但受无机酸、弱酸与强碱的腐蚀，因此，不可在镀锌、镀锌等酸槽中浸泡，即装尼龙圈之前应先完成螺母体的电镀，而装入尼龙圈之后不可再进行电镀</p>

摩擦锁合

续表 22.1-6

类型及原理	结构简图	特点及应用
<p>依靠螺栓或螺母结构上的“有效力矩”的摩擦阻力和联接副预紧力这两方面产生的摩擦阻力矩防止松动</p>		<p>理论与实践表明：该种螺母经拧紧、松退 400 次以上时，其性能基本稳定。</p> <p>适用于经常拆装的场合，且不易损坏外螺纹；又由于在没有预紧力的条件下，亦有保证的松退力矩；故在振动不大的情况下还可用于调整位置的场合；经热老化的试验研究证明，热老化以后，尼龙圈失去弹性，锁紧力反而倍增，直至拧碎才可松退螺母。所以，设计中不必考虑老化问题。</p> <p>安装时应注意：①尼龙圈内孔上的螺纹在螺栓拧入时挤压形成，而不得预先用丝锥攻出螺纹；②适当增大拧紧力矩；③选配适当长度的螺栓，过长，增加劳动强度；过短，影响防松效果，一般以螺栓末端外露 2~3 牙为宜；④螺栓上不得有开口销孔及毛刺，以免拧坏尼龙圈；螺母拧紧后少量尼龙丝挤出圈外，不影响防松效果；为便于装配可加润滑油（脂），但锁紧性能略有降低。</p> <p>目前，国内已成批生产尼龙圈锁紧螺母。</p>
<p>摩擦锁合</p>	<p>带尼龙嵌件的锁紧螺栓或螺钉</p>  <p><math>Y = (3 \sim 4)P</math></p> <p><math>A = 5P</math></p> <p>式中 A —— 有效力矩部分的轴向长度 P —— 螺距</p>	<p>锁紧部分是尼龙件，其尺寸与安装位置都影响锁紧性能。一般标准规定的安装位置如图所示。</p> <p>该锁紧方式适用于非标准螺母或机体内螺纹，由于结构特点决定其使用的规格较小，以免影响螺杆强度。</p> <p>一般使用中应采用较高的内螺纹公差等级。粗牙为 5H、6H；细牙为 6H。内螺纹的有效螺纹长度等于或大于 6 倍螺距。螺孔必须制出倒角，以保证锁紧性能。</p>
	<p>弹性垫圈</p>  <p>GB/T 860      GB/T 955</p> <p>GB/T 861.1</p> <p>GB/T 862.1</p>	<p>除弹簧垫圈以外的弹性垫圈品种较多，已标准化的如图所示。这些垫圈的共同特点是：弹力均匀、载荷偏心小、规格较小。由于薄片弹性元件对氢脆的敏感性，所以，表面处理时应倍加注意。</p> <p>GB/T 860 鞍形弹性垫圈，GB/T 955 波形弹性垫圈在一定的载荷条件下，弹性好，各种硬度的被联接件均可使用。工作中不会划伤被联接件表面，可用于经常拆卸的场合；常用于调整并紧固被联接件间的间隙的场合，以及低性能等级，如 5.8 级及其以下的联接。</p> <p>GB/T 861.1、GB/T 862.1 内、外齿锁紧垫圈，依靠齿被压平产生的弹力，以及齿嵌入被联接件和支承面产生的阻力起锁紧作用。由于齿形的强度较低，弹力也有限，一般适用于小规格、低性能等级的联接。</p>

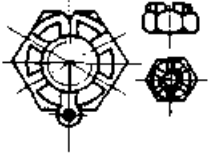
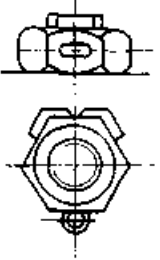
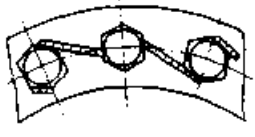
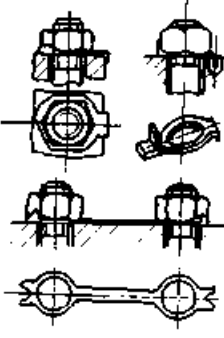
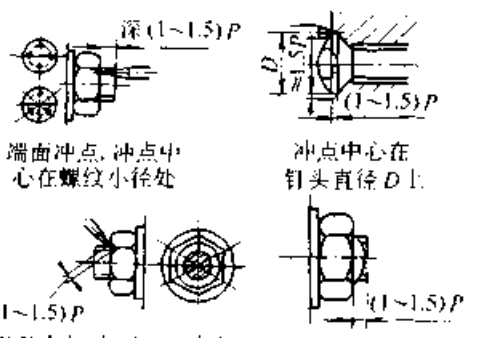
超星阅读器提醒您：  
续表 22.1-6  
知识版权！

类型及原理	结构简图	特点及应用
<p>依靠螺栓或螺母结构上的“有效力矩”的摩擦阻力和联接副预紧力这两方面产生的摩擦阻力矩防止松动</p>	 <p>GB/T 862.2</p> <p>GB/T 861.2</p> <p>GB/T 956.1</p> <p>GB/T 956.2</p>	<p>GB/T 861.2 和 GB/T 862.2 内、外锯齿锁紧垫圈，又称错齿型，也是依靠齿形受压产生的弹力，以及齿嵌入被联接件及支承面产生的阻力起锁紧作用。锯齿强度高，可适用于性能等级较高及较大的规格，能获得较好的防松效果</p> <p>内、外齿与锯齿锁紧垫圈，均不宜于被联接件材料过硬或过软的场合，否则效果不佳</p> <p>GB/T 956.1 与 GB/T 956.2 锥形锁紧垫圈的特点与上述情况类同，仅适用于沉头或半沉头螺钉</p> <p>内齿垫圈，适用于钉头直径 <math>d_k</math> 较小的，如开槽圆柱头螺钉；还常用于因外观或要求防止钩挂异物等的场合，如理发坐椅。外齿垫圈，推荐用于一切允许采用的场合，因齿形处于较大力臂的部位，可获得最大的松退力矩</p>
<p>摩擦锁合</p>	<p>标准六角头螺栓与螺母采用或省略防松元件的参考条件</p> 	<p>用力矩法控制预紧力时，防松元件的使用可能使预紧力出现较大的损失，而预紧力的损失，又增加了松动的可能，所以，在一定条件下可以省略防松元件</p> <p>在螺栓承受轴向载荷的条件下，对 8.8 级及其以上的螺栓，其夹紧长度如图所示大于螺纹直径的 3 倍时，可以不采用防松元件。因为，在这种情况下，如能比较准确地控制预紧力，即使承受冲击载荷时，一般还能保证足够的剩余预紧力，以阻止螺栓松动</p> <p>对 4.8、5.6 和 5.8 级的螺栓，其夹紧长度大于螺纹直径的 5 倍时，也可以不采用防松元件。在引进技术中，有的重要的螺栓，省略了以往采用开槽螺母及开口销锁紧的结构型式</p> <p>但在螺栓承受横向载荷的条件下，或由于被联接件的弹性变形，使轴向作用力引起横向位移的情况下，必须采用防松元件</p>
	<p>全金属锁紧螺母</p>  <p>压扁收口</p> <p>纵向开槽</p> <p>椭圆收口 (<math>d &lt; 10</math>)</p> <p>四方收口 (<math>d &gt; 12</math>)</p> <p>簧片</p> <p>三点压方</p> <p>嵌弹簧片</p>	<p>该类螺母品种繁多，也有不少专利产品，大体可分两类：</p> <p>一类为使螺纹局部变形而产生有效力矩，其中包括：压扁收口型（椭圆收口或四方收口或圆周收口）；点压（一点、两点或三点）；开槽收口或压扁（一条或多条，纵向或横向开槽）</p> <p>GB/T 6184 ~ 6186—2000 全金属六角锁紧螺母，GB/T 6183.1 ~ 6183.2—2000 全金属六角法兰面锁紧螺母为此类标准产品</p> <p>一类为嵌入金属弹性元件，增加摩擦阻力而产生有效力矩，该类螺母一般适用于高强度外螺纹的场合</p>



超星阅读器提醒您：  
使用超星阅读器时，请妥善保管您的知识产权。

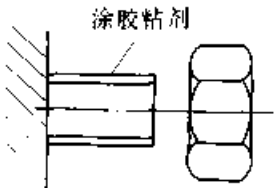
续表 22.1-6

类型及原理	结构简图	特点及应用
借助紧固件的附件固定紧固件与紧固件之间或紧固件与被联接件之间的相互位置（紧固件的附件如开口销、止动垫圈、金属丝）	螺栓带孔、开槽螺母配开口销 	适用于变载、振动场合的重要部位联接的防松，性能可靠。设计及装配不便。航空、汽车及拖拉机等行业普遍采用，但不适用于双头螺栓的防松方法
	普通螺栓和螺母配开口销 	装配时，拧紧螺母后配钻；开口销孔可参照 GB/T 5278 选用。适用于单件生产的重要联接，但不适用于高强度紧固件联接及双头螺栓
	头部带孔螺栓穿金属丝 	用低碳钢丝穿入成组的螺栓头部金属丝孔，可相互制约，防松可靠，安装时应注意钢丝走向。图示仅适用于右旋螺纹；也适用于双头螺栓的防松。金属丝孔可参照 GB/T 5278 确定
	六角头螺栓或螺母配止动垫圈 	一般用低碳钢制成的单耳（GB/T 854）或双耳（GB/T 855），或外舌（GB/T 856）止动垫圈，将螺栓六角头或螺母锁定于被联接件上，防松可靠，但要求有一定的安装空间
使螺纹联接副局部材料产生塑性变形互相嵌入而防松	 <p>深 <math>(1 \sim 1.5)P</math></p> <p>端面冲点，冲点中心在螺纹小径处</p> <p>冲点中心在钉头直径 <math>D</math> 上</p> <p>侧面冲点，<math>d &lt; 8\text{mm}</math> 时冲 3 点，<math>d &gt; 8\text{mm}</math> 时冲 2 点</p> <p>螺栓末端外露 <math>(1 \sim 1.5)P</math> 长度，待螺母拧紧后铆死</p>	在螺栓末端冲单点或多点或铆死；在螺钉头部冲单点或多点，如图所示。防松性能一般，仅适用于低强度紧固件

机械锁合

材料锁合

超星阅读器提醒你：  
续表 22.1-6  
特点及应用  
请尊重知识产权！

类型及原理	结构简图	特点及应用
借助粘接剂固定内外螺纹的相互位置  材料锁合		粘接旋合螺纹，方法简单，经济并有效。其防松性能与粘接剂直接相关，根据松退力矩和温度条件，以及可以拆卸或不可拆卸等要求，选用适当的粘接剂

## 4 螺栓组联接的设计

螺栓、螺柱和螺钉有相当大部分是成组使用的，统称为螺栓组联接。通常同一螺栓组采用尺寸相同的联接件（紧固件）。

螺栓组的设计，一般是根据联接的用途和被联接件的结构，确定螺栓组螺栓的数目及布置方案，然后根据螺栓组布置方案和工作载荷进行受力分析，找出螺栓组受力最大的螺栓，并按其进行强度计算，以确定联接件的结构尺寸。

### 4.1 螺栓组联接的结构设计

螺栓组联接结构设计的主要目的在于合理地确定联接结合面的几何形状和布置螺栓，便于加工和装配，并使各螺栓受力均匀。为此，设计时应综合考虑以下几方面的问题：

1) 联接结合面的几何形状应尽可能设计成轴对称的简单几何形状，螺栓对称布置，螺栓组的对称中心和联接结合面的形心重合，见图 22.1-9。

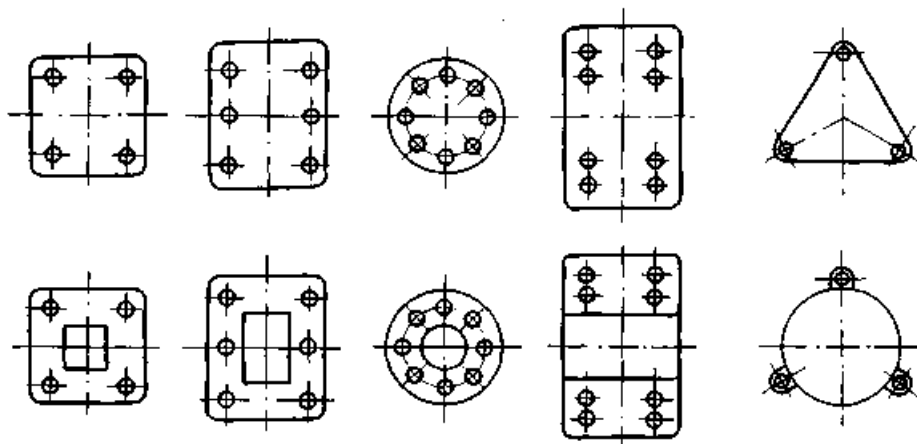


图 22.1-9 螺栓组联接结合面常用形状及螺栓布置方案

2) 承受横向载荷的螺栓组，螺栓的布置应使各螺栓的受力尽量均匀。对于铰制孔用受剪螺栓，在平行于工作载荷的方向上螺栓布置不宜超过 6 个，以防载荷分布过于不均。

3) 承受翻转力矩或旋转力矩的螺栓组，螺栓布置应尽量远离翻转或旋转轴线，见图 22.1-10。

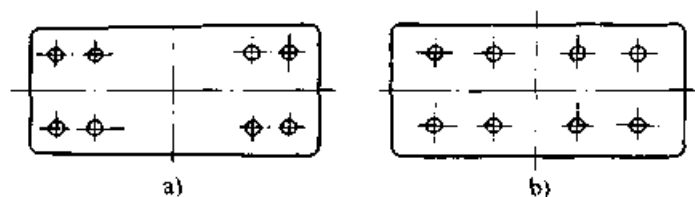
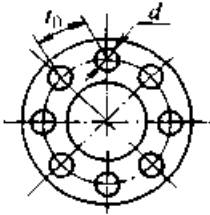


图 22.1-10 接合面受翻转力矩或旋转力矩时螺栓的布置  
a) 合理 b) 不合理

4) 螺栓的排列应有合理的间距、边距, 以保证必要的扳手空间。对于压力容器等紧密性要

求较高的重要联接, 螺栓的间距不得大于表 22.1-7 所推荐的数值。

表 22.1-7 螺栓间距  $t_0$

	工作压力/MPa	$\leq 1.6$	1.6~4	4~10	10~16	16~20	20~30
	$t_0$ /mm	$7d$	$4.5d$	$4.5d$	$4d$	$3.5d$	$3d$

注: 表中  $d$  为螺栓公称直径。

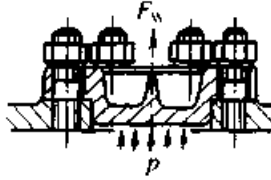
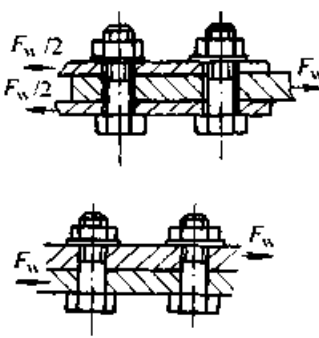
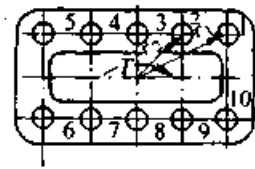
5) 分布在同一圆周上的螺栓数目, 应取 4、6、8 等偶数。

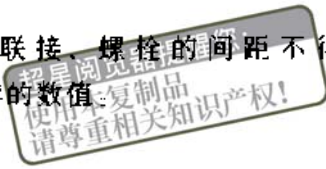
6) 同一螺栓组中各螺栓的长度、直径和性能等级均应尽可能相同。

### 4.2 螺栓组联接的受力分析

几种典型的螺栓组的受力分析及受力最大的螺栓载荷计算见表 22.1-8。

表 22.1-8 典型螺栓组的受力分析及螺栓载荷计算

载荷类型	螺栓组的布置	工作要求	单个螺栓的载荷
载荷平行于螺栓组的轴线, 且合力通过被联接件结合面的形心		保证受载后结合面的紧密性	各螺栓受工作载荷均等: $F = \frac{F_x}{z}$ 式中 $z$ —螺栓的个数; $F_x$ —作用于被联接件上的外力总和
载荷作用在被联接件的结合面上, 且通过螺栓组的形心		在受横向载荷后, 被联接件不允许有相对错动	采用普通螺栓联接时, 各螺栓受力(预紧力)均等: $F' = \frac{K_f F_x}{m \mu z}$ 采用铰制孔螺栓联接时, 各螺栓受力(切向力)均等: $F_s = \frac{F_x}{z}$ 式中 $K_f$ —摩擦联接可靠性因子, 取 $K_f = 1.1 \sim 1.3$ ; $m$ —结合面数; $\mu$ —结合面间摩擦因数, 见表 22.1-9
载荷为作用在结合面上的旋转力矩 $T$		受旋转力矩后, 被联接件不能有相对转动	采用普通螺栓联接时, 各螺栓的预紧力均等: $F' = \frac{K_f T}{\mu (r_1 + r_2 + \dots + r_z)}$ 采用铰制孔螺栓时, 距螺栓组形心最远的螺栓受力最大: $F_{smax} = \frac{T r_{max}}{r_1^2 + r_2^2 + \dots + r_z^2}$



超星阅读器提供  
使用本软件者  
请尊重知识产权  
续表 22.1-8

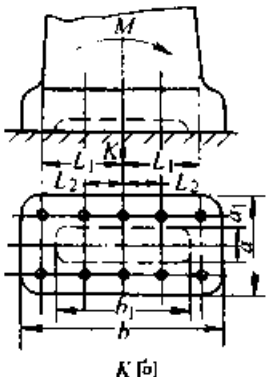
载荷类型	螺栓组的布置	工作要求
螺栓组受翻转力矩 $M$	 <p style="text-align: center;">K 向</p> $A = ab - a_1 b_1$ $W = \frac{ab^3 - a_1 b_1^3}{6b}$	<p>受载后, 结合面不允许开缝和压溃</p> <p>距结合面对称轴最远的螺栓受工作载荷最大:</p> $F = \frac{ML_{\max}}{L_1^2 + L_2^2 + \dots + L_n^2}$ <p>螺栓最小预紧力:</p> $F'_{\min} \geq \frac{MA}{Wz}$ <p>允许螺栓最大预紧力:</p> $F'_{\max} \leq (\sigma_{pr} - \frac{M}{W}) \frac{A}{z}$ <p><math>\sigma_{pr}</math>—结合面材料的许用挤压应力, 见表 22.1-10</p>

表 22.1-9 联接结合面间的摩擦因数

被联接件	结合面的表面状态	摩擦因数 $\mu$
钢或铸铁零件	干燥的加工表面	0.10~0.16
	有油的加工表面	0.06~0.10
钢结构件	轧制表面、钢丝刷清理浮锈	0.30~0.35
	涂富锌漆	0.35~0.40
	喷砂处理	0.45~0.55
铸铁对砖料、混凝土或木料	干燥表面	0.40~0.45

### 5 单个螺栓的强度计算

螺栓联接通常应采用标准紧固件, 其螺纹牙型、螺栓头部尺寸、螺杆及其他部分, 以及相配合的螺母、垫圈等尺寸都是根据等强度原则及使用经验确定的, 一般不需要全都进行强度计算。联接的强度计算主要是确定螺栓的直径或校核其危险截面的强度。单个螺栓强度计算公式列于表 22.1-10。表中主要结论和方法同样适用于双头螺柱和螺钉。

表 22.1-10 单个螺栓强度计算公式

类型	计算项目	计算公式	说明
受轴向载荷的松螺栓联接	确定螺栓直径 $d_1$	$d_1 \geq \sqrt{\frac{4F}{\pi\sigma_p}}$ $\sigma_p = \frac{\sigma_s}{S_s}$	<p><math>F</math>—螺栓所受轴向载荷;</p> <p><math>\sigma_p</math>—许用拉应力;</p> <p><math>\sigma_s</math>—螺栓屈服点;</p> <p><math>S_s</math>—安全因数, <math>S_s = 1.2 \sim 1.7</math>;</p> <p><math>d_1</math>—螺纹小径</p>
受轴向载荷的紧螺栓联接	<p>螺栓所受的总拉力</p> <p>螺栓危险截面强度校核</p> <p>确定螺栓直径 <math>d_1</math></p>	$F_0 = F'' + F$ $\sigma = \frac{1.3F_0}{\frac{\pi}{4}d_1^2} \leq \sigma_p$ $\sigma_p = \frac{\sigma_s}{S_s}$ $d_1 \geq \sqrt{\frac{1.3F_0}{\frac{\pi}{4}\sigma_p}}$	<p><math>F_0</math>—螺栓总拉力;</p> <p><math>F''</math>—剩余预紧力, 推荐值见表 22.1-11;</p> <p>控制预紧力时, <math>S_s = 1.2 \sim 1.5</math>;</p> <p>不控制预紧力时, <math>S_s</math> 见表 22.1-12</p>

超星阅读器提供  
使用本说明  
请尊重知识产权!

类型	计算项目	计算公式	
受轴向载荷的紧螺栓联接	校核最大应力	$\sigma_{max} = \frac{1.3F_0}{\frac{\pi}{4}d_1^2} \leq \sigma_p$	$S_s$ —最大应力安全因数, 控制预紧力时, $S_s = 1.2 \sim 1.5$ ; 不控制预紧力时, 见表 22.1-12;
	校核应力幅	$\sigma_s = \frac{\sigma_s}{S_s}$ $\sigma_s = \frac{C_b}{C_b + C_m} \cdot \frac{2F}{\pi d_1^2} \leq \sigma_{sp}$ $\sigma_{sp} = \frac{\epsilon K_f K_u \sigma_{-1T}}{K_r S_s}$	$\sigma_s$ —变载荷紧螺栓联接应力幅; $C_b$ —螺栓的刚度; $C_m$ —被联接件刚度; $\frac{C_b}{C_b + C_m}$ —螺栓相对刚度, 见表 22.1-13; $\sigma_{sp}$ —许用应力幅; $\epsilon$ —尺寸因数, 见表 22.1-14; $K_r$ —疲劳缺口因数, 见表 22.1-15; $K_f$ —螺纹制造工艺因数, 切削 $K_f = 1$ ; 滚制、搓螺纹 $K_f = 1.25$ ; $K_u$ —受力不均匀因数, 受压螺母 $K_u = 1$ ; 受拉螺母 $K_u = 1.5 \sim 1.6$ ; $S_s$ —应力幅安全因数, 不控制预紧力时, $S_s = 2.5 \sim 5$ 。控制预紧力时 $S_s = 1.5 \sim 2.5$ ; $\sigma_{-1T}$ —试件的对称循环疲劳极限, 见表 22.1-16
受横向载荷的螺栓	螺栓危险截面强度校核	$\sigma = \frac{1.3F'}{\frac{\pi}{4}d_1^2} \leq \sigma_p$	$F'$ —螺栓的预紧力, 根据螺栓受力求出, 见表 22.1-8; 控制预紧力时, $S_s = 1.2 \sim 1.5$ ; 不控制预紧力时, $S_s$ 见表 22.1-12
	确定螺栓直径 $d_1$	$d_1 \geq \sqrt{\frac{1.3F'}{\frac{\pi}{4}\sigma_p}}$	
受横向载荷的螺栓	螺栓的切应力	$\tau = \frac{F_s}{m \frac{\pi}{4}d_0^2} \leq \tau_p$	$F_s$ —螺栓所受横向载荷, 见表 22.1-8; $m$ —螺栓受剪面个数; $d_0$ —螺栓受剪面直径 (可取为螺栓孔直径); $\tau_p$ —许用切应力,
	螺栓杆与孔壁的挤压应力	$\tau_p = \frac{\sigma_s}{S_s}$ $\sigma_p = \frac{F_s}{d_0 \delta} \leq \sigma_{wp}$	静载 $\tau_p = \frac{\sigma_s}{2.5}$ 变载 $\tau_p = \frac{\sigma_s}{3.5 \sim 5}$ $\delta$ —计算对象的受压高度; $\sigma_{wp}$ —计算对象的许用挤压应力, 静载: 钢 $\sigma_{wp} = \frac{\sigma_s}{1.25}$ 铸铁 $\sigma_{wp} = \frac{\sigma_s}{2 \sim 2.5}$ 变载: 将静载的许用值再降低 20% ~ 30%

表 22.1-11 剩余预紧力  $F'$  推荐值

联接情况		$F'$
紧固联接	工作拉力无变化	$(0.2 \sim 0.6) F$
	工作拉力有变化	$(0.6 \sim 1.0) F$
紧密联接		$(1.5 \sim 1.8) F$
地脚螺栓联接		$> F$

注：应保证密封面剩余预紧力的压强为压力容器工作压强的 2~3.5 倍。

表 22.1-12 预紧联接螺栓的安全因数  $S$ ，  
(不控制预紧力)

材料种类	静载荷			变载荷		
	M6~M16	M16~M30	M30~M60	M6~M16	M16~M30	M30~M60
	碳钢	4~3	3~2	2~1.3	10~6.5	6.5
合金钢	5~4	4~2.5	2.5	7.5~5	5	5~7.5

表 22.1-13 螺栓的相对刚度  $\frac{C_b}{C_b + C_m}$  值

联接型式	$\frac{C_b}{C_b + C_m}$
连杆螺栓	0.2
钢板联接 + 金属垫 (或无垫)	0.2~0.3
钢板联接 + 皮革垫	0.7
钢板联接 + 铜皮石棉垫	0.8
钢板联接 + 橡胶垫	0.9

表 22.1-14 尺寸因数  $\epsilon$

螺栓直径 $d/\text{mm}$	<12	16	20	24	30	36	42	48	56	64
$\epsilon$	1	0.87	0.80	0.74	0.65	0.64	0.60	0.57	0.54	0.53

表 22.1-15 螺纹疲劳缺口因数  $K_f$

螺栓材料 $\sigma_b/\text{MPa}$	400	600	800	1000
$K_f$	3	3.9	4.8	5.2

注：若螺栓为辗压螺纹， $K_f$  应将表值降低 20%~30%。

表 22.1-16 螺纹紧固件常用材料及力学性能

钢号	抗拉强度 $\sigma_b$	屈服点 $\sigma_s$	疲劳极限	
			弯曲 $\sigma_{-1}$	拉压 $\sigma_{-1T}$
10	340~420	210	160~220	120~150
Q215-A	340~420	220		
Q235-A	410~470	240	170~220	120~160
35	540	320	220~300	170~220
45	610	360	250~340	190~250
15MnVB	1000~1200	800	—	—
40Cr	750~1000	650~900	320~440	240~340
30CrMnSi	1080~1200	900	—	—

## 6 螺纹紧固件的常用材料及性能等级

### 6.1 碳钢、合金钢螺栓、螺钉和螺柱的性能等级 (GB/T 3098.1—2000)

GB/T 3098.1—2000 规定，螺纹紧固件按其机械性能，分为不同的性能等级。螺栓、螺钉和螺柱的性能等级标记制度见表 22.1-17。

性能等级用数字和“.”表示，点前数字乘 100 即为螺栓的抗拉强度，点后数字乘点前数字再乘 10，即为螺栓的屈服点或屈服强度，单位均为 MPa。

螺栓、螺钉和螺柱的性能等级及其机械性能见表 22.1-18，推荐使用的材料及热处理方法见表 22.1-19。

粗牙螺纹和细牙螺纹的最小拉力载荷和保证载荷见表 22.1-20~表 22.1-23。

### 6.2 碳钢、合金钢螺母的性能等级 (GB/T 3098.2—2000)

螺母亦根据其机械性能分成不同的性能等级，其性能等级的标记制度见表 22.1-24 和表 22.1-25。

表 22.1-24 中螺母性能等级用螺栓性能等级标记的第一位数字表示，该螺栓应为可与该螺母相配合螺栓中最高性能等级的螺栓。

表 22.1-17 螺栓、螺钉和螺柱的性能等级标记制度

浏览器提醒您：  
使用本复制品  
请尊重相关知识产权！

公称抗拉强度 $\sigma_b$ /MPa	300	400	500	600	700	800	900	1 000	1 200	1 400
7										
8										
9					6.8				12.9	
10								10.9		
12				5.8			9.8 <sup>①</sup>			
14						8.8				
16			4.8							
18										
20										
22				5.6						
25			4.6							
30	3.6									

最小断后伸长率  $\delta$ /%

屈服点与抗拉强度的关系

第二部分数字代号	.6	.8	.9
$\frac{\text{公称屈服点 } (\sigma_s)^2}{\text{公称抗拉强度 } (\sigma_b)^2} \times 100\%$ 或 $\frac{\text{公称规定非比例伸长应力 } (\sigma_{p0.2})^2}{\text{公称抗拉强度 } (\sigma_b)^2} \times 100\%$	60	80	90

注：虽然本表给出了高级别的性能等级，但并不意味着这些等级适用于所有的产品。适用的性能等级应按产品标准的规定。对非标准紧固件，尽量参照类似的标准紧固件选用。

- ① 仅适用于  $d \leq 16$  mm；
- ② 公称数值按表 22.1-18 规定。

表 22.1-18 螺栓、螺钉和螺柱的机械和物理性能

机械性能和物理性能		性能等级																							
		3.6	4.6	4.8	5.6	5.8	6.8	8.8 <sup>①</sup>		9.8 <sup>②</sup>	10.9	12.9													
								$d \leq 16$ <sup>③</sup> mm	$d > 16$ <sup>③</sup> mm																
公称抗拉强度 $\sigma_b$ /MPa		300		400		500		600		800		800		900		1 000		1 200							
最小抗拉强度 $\sigma_{bmin}$ <sup>④,⑤</sup> /MPa		330		400		420		500		520		600		800		830		900		1 040		1 220			
维氏硬度 HV $F \geq 98N$	min	95		120		130		155		160		190		250		255		290		320		385			
	max							220 <sup>⑥</sup>				250		320		335		360		380		435			
布氏硬度 HBS $F = 30D^2$	min	90		114		124		147		152		181		238		242		276		304		366			
	max							209 <sup>⑥</sup>				238		304		318		342		361		414			
洛氏硬度 HR	min	HRB	52		67		71		79		82		89		—		—		—		—		—		
		HRC	—		—		—		—		—		—		22		23		28		32		39		
	max	HRB							95.0 <sup>⑥</sup>				99.5		—		—		—		—		—		
		HRC							—				—		32		34		37		39		44		
表面硬度 HV0.3		max																							
屈服点 $\sigma_s$ <sup>⑧</sup> /MPa	公称	180		240		320		300		400		480		—		—		—		—		—			
	min	190		240		340		300		420		480		—		—		—		—		—			
规定非比例伸长应力 $\sigma_{p0.2}$ <sup>⑨</sup>	公称									—		640		640		720		900		1 080					
	min									—		640		660		720		940		1 100					
保证应力	$S_p/\sigma_s$ 或 $S_p/\sigma_{p0.2}$		0.94		0.94		0.91		0.93		0.90		0.92		0.91		0.91		0.90		0.88		0.88		
	$S_p$ /MPa		180		225		310		280		380		440		580		600		650		830		970		
破坏扭矩 $M_D$ /(N·m)		min																							
断后伸长率 $\delta$ /%		min		25		22		—		20		—		—		12		12		10		9		8	
断面收缩率 $\psi$ /%		min														52		48		48		44			
楔负载 <sup>⑦</sup>																									
冲击吸收功 $A_{ku}$ /J		min		—				25		—				30		30		25		20		15			
头部坚固性																									
螺纹未脱碳层的最小高度 E																									
全脱碳层的最大深度 G/mm																									
再回火后的硬度																									
表面缺陷																									

- ① 因超拧造成载荷超出保证载荷时，对螺纹直径  $d \leq 16$  mm 的 8.8 级螺栓，则增加了螺母脱扣的危险。推荐参考 GB/T 3098.2。
- ② 仅适用于螺纹直径  $d \leq 16$  mm。
- ③ 对钢结构用螺栓为 12 mm。
- ④ 最小抗拉强度适用于公称长度  $l \geq 2.5d$  的产品；最低硬度适用于长度  $l < 2.5d$  以及其他不能进行拉力试验（如头部结构的影响）的产品。
- ⑤ 对螺栓、螺钉和螺柱的实物进行楔负载试验时，应按  $\sigma_{bmin}$  计算。
- ⑥ 在螺栓、螺钉和螺柱末端测试的硬度的最大值为：250HV、238HBS 或 99.5HRB。
- ⑦ 表面硬度不应比芯部硬度高出 30 个维氏硬度值。10.9 级的表面硬度不应大于 390HV 0.3。
- ⑧ 当不能测定屈服点  $\sigma_s$  时，允许以测量规定非比例伸长应力  $\sigma_{p0.2}$  代替。4.8、5.8 和 6.8 级的  $\sigma_s$  值仅为计算用，不是试验数值。
- ⑨ 按性能等级标记的屈强比和规定非比例伸长应力  $\sigma_{p0.2}$  适用于机械加工试件。因受试件加工方法和尺寸的影响，这些数值与螺栓和螺钉实物测出的数值是不相同的。



表 22.1-19 螺栓、双头螺柱和螺钉的荐用材料与热处理

性能等级	材料和热处理	化学成分 (质量分数) %					回火温度 /
		C		P	S	B <sup>①</sup>	℃
		min	max	max	max	max	min
3.6 <sup>②</sup>	碳钢	—	0.20	0.05	0.06	0.003	—
4.6 <sup>②</sup>		—	0.55	0.05	0.06	0.003	—
4.8 <sup>②</sup>		—	0.55	0.05	0.06	0.003	—
5.6		0.13	0.55	0.05	0.06	0.003	—
5.8 <sup>②</sup>		—	0.55	0.05	0.06		
6.8 <sup>②</sup>		—	0.55	0.05	0.06		
8.8 <sup>②</sup>	低碳合金钢 (如硼、锰或铬), 淬火并回火 或中碳钢, 淬火并回火	0.15 <sup>③</sup>	0.04	0.035	0.035	0.003	425
		0.25	0.55	0.035	0.035		
9.8	低碳合金钢 (如硼、锰或铬), 淬火并回火 或中碳钢, 淬火并回火	0.15 <sup>③</sup>	0.35	0.035	0.035	0.003	425
		0.25	0.55	0.035	0.035		
10.9 <sup>②,④</sup>	低碳合金钢 (如硼、锰或铬), 淬火并回火	0.15 <sup>④</sup>	0.35	0.035	0.035	0.003	340
10.9 <sup>②</sup>	中碳钢, 淬火并回火 或低、中碳合金钢 (如硼、锰或铬), 淬火并回火 或合金钢淬火并回火 <sup>⑤</sup>	0.25	0.55	0.035	0.035	0.003	425
		0.20 <sup>④</sup>	0.55	0.035	0.035		
		0.20	0.55	0.035	0.035	0.003	
12.9 <sup>⑥,⑦,⑧</sup>	合金钢, 淬火并回火 <sup>⑨</sup>	0.28	0.50	0.035	0.035	0.003	380

- ① 硼的含量可达 0.005%，其非有效硼可由添加钛和（或）铝控制。
- ② 这些性能等级允许采用易切钢制造，其硫、磷及铅的最大含量为：硫 0.34%；磷 0.11%；铅 0.35%。
- ③ 为保证良好的淬透性，螺纹直径超过 20 mm 的紧固件，需采用对 10.9 级规定的钢。
- ④ 含碳量低于 0.25%（桶样分析）的低碳硼合金钢的锰最低含量为：8.8 级：0.6%；9.8、10.9 和 10.9 级：0.7%。
- ⑤ 该产品应在性能等级代号下增加一横线标志。10.9 级应符合表 22.1-18 对 10.9 级规定的所有性能，而较低的回火温度对其在提高温度的条件下，将造成不同程度的应力削弱。
- ⑥ 用于该性能等级的材料应具有良好的淬透性，以保证紧固件螺纹截面的芯部在淬火后、回火前获得约 90% 的马氏体组织。
- ⑦ 合金钢至少应含有以下元素中的一种元素，其最小含量为：铬 0.30%；镍 0.30%；钼 0.20%；钒 0.10%。
- ⑧ 考虑承受抗拉应力，12.9 级的表面不允许有金相能测出的白色磷聚集层。
- ⑨ 该化学成分（质量分数）和回火温度尚在调查研究中。

表 22.1-20 粗牙螺纹最小拉力载荷

螺纹规格 $d$	螺纹的应力 截面积 $A_s /$ $\text{mm}^2$	性能等级									
		3.6	4.6	4.8	5.6	5.8	6.8	8.8	9.8	10.9	12.9
		最小拉力载荷 ( $A_s \times \sigma_{\text{tmin}}$ ) / N									
M3	5.03	1 660	2 010	2 110	2 510	2 620	3 020	4 020	4 530	5 230	6 140
M3.5	6.78	2 240	2 710	2 850	3 390	3 530	4 070	5 420	6 100	7 050	8 270
M4	8.78	2 900	3 510	3 690	4 390	4 570	5 270	7 020	7 900	9 130	10 700
M5	14.2	4 690	5 680	5 960	7 100	7 380	8 520	11 350	12 800	14 800	17 300
M6	20.1	6 630	8 040	8 440	10 000	10 400	12 100	16 100	18 100	20 900	24 500
M7	28.9	9 540	11 600	12 100	14 400	15 000	17 300	23 100	26 000	30 100	35 300
M8	36.6	12 100	14 600	15 400	18 300	19 000	22 000	29 200	32 900	38 100	44 600
M10	58	19 100	23 200	24 400	29 000	30 200	34 800	46 400	52 200	60 300	70 800
M12	84.3	27 800	33 700	35 400	42 200	43 800	50 600	67 400 <sup>①</sup>	75 900	87 700	103 000
M14	115	38 000	46 000	48 300	57 500	59 800	69 000	92 000 <sup>①</sup>	104 000	120 000	140 000
M16	157	51 800	62 800	65 900	78 500	81 600	94 000	125 000 <sup>①</sup>	141 000	163 000	192 000
M18	192	63 400	76 800	80 600	96 000	99 800	115 000	159 000	—	200 000	234 000
M20	245	80 800	98 000	103 000	122 000	127 000	147 000	203 000	—	255 000	299 000
M22	303	100 000	121 000	127 000	152 000	158 000	182 000	252 000	—	315 000	370 000
M24	353	116 000	141 000	148 000	176 000	184 000	212 000	293 000	—	367 000	431 000
M27	459	152 000	184 000	193 000	230 000	239 000	275 000	381 000	—	477 000	560 000
M30	561	185 000	224 000	236 000	280 000	292 000	337 000	466 000	—	583 000	684 000
M33	694	229 000	278 000	292 000	347 000	361 000	416 000	576 000	—	722 000	847 000
M36	817	270 000	327 000	343 000	408 000	425 000	490 000	678 000	—	850 000	997 000
M39	976	322 000	390 000	410 000	488 000	508 000	586 000	810 000	—	1 020 000	1 200 000

① 对钢结构用螺栓, 分别以 70 000 N、95 500 N 和 130 000 N 代替。

表 22.1-21 粗牙螺纹的保证载荷

螺纹规格 $d$	螺纹的应力 截面积 $A_s /$ $\text{mm}^2$	性能等级									
		3.6	4.6	4.8	5.6	5.8	6.8	8.8	9.8	10.9	12.9
		保证载荷 ( $A_s \times S_p$ ) / N									
M3	5.03	910	1 130	1 560	1 410	1 910	2 210	2 920	3 270	4 180	4 880
M3.5	6.78	1 220	1 530	2 100	1 900	2 580	2 980	3 940	4 410	5 630	6 580
M4	8.78	1 580	1 980	2 720	2 460	3 340	3 860	5 100	5 710	7 290	8 520
M5	14.2	2 560	3 200	4 400	3 980	5 400	6 250	8 230	9 230	11 800	13 800
M6	20.1	3 620	4 520	6 230	5 630	7 640	8 840	11 600	13 100	16 700	19 500
M7	28.9	5 200	6 500	8 960	8 090	11 000	12 700	16 800	18 800	24 000	28 000
M8	36.6	6 590	8 240	11 400	10 200	13 900	16 100	21 200	23 800	30 400	35 500
M10	58	10 400	13 000	18 000	16 200	22 000	25 500	33 700	37 700	48 100	56 300
M12	84.3	15 200	19 000	26 100	23 600	32 000	37 100	48 900 <sup>①</sup>	54 800	70 000	81 800

续表 22.1-21

螺纹规格 $d$	螺纹的应力 截面积 $A_s / \text{mm}^2$	性能等级									
		3.6	4.6	4.8	5.6	5.8	6.8	8.8	9.8	10.9	12.9
		保证载荷 ( $A_s \times S_p$ ) / N									
M14	115	20 700	25 900	35 600	32 200	43 700	50 600	66 700	74 800	95 500	112 000
M16	157	28 300	35 300	48 700	44 000	59 700	69 100	91 000	102 000	130 000	152 000
M18	192	34 600	43 200	59 500	53 800	73 000	84 500	115 000	—	159 000	186 000
M20	245	44 100	55 100	76 000	68 600	93 100	108 000	147 000	—	203 000	238 000
M22	303	54 500	68 200	93 900	84 800	115 000	133 000	182 000	—	252 000	294 000
M24	353	63 500	79 400	109 000	98 800	134 000	155 000	212 000	—	293 000	342 000
M27	459	82 600	103 000	142 000	128 000	174 000	202 000	275 000	—	381 000	445 000
M30	561	101 000	126 000	174 000	157 000	213 000	247 000	337 000	—	466 000	544 000
M33	694	125 000	156 000	215 000	194 000	264 000	305 000	416 000	—	576 000	673 000
M36	817	147 000	184 000	253 000	229 000	310 000	359 000	490 000	—	678 000	792 000
M39	976	176 000	220 000	303 000	273 000	371 000	429 000	586 000	—	810 000	947 000

① 对钢结构用螺栓，分别以 50 700 N、68 800 N 和 94 500 N 代替。

表 22.1-22 细牙螺纹的最小拉力载荷

螺纹规格 $d \times P^i$	螺纹的应力 截面积 $A_s / \text{mm}^2$	性能等级									
		3.6	4.6	4.8	5.6	5.8	6.8	8.8	9.8	10.9	12.9
		最小拉力载荷 ( $A_s \times \sigma_{bmin}$ ) / N									
M8 × 1	39.2	12 900	15 700	16 500	19 600	20 400	23 500	31 360	35 300	40 800	47 800
M10 × 1	64.5	21 300	25 800	27 100	32 300	33 500	38 700	51 600	58 100	67 100	78 700
M10 × 1.25	61.2	20 200	24 500	25 700	30 600	31 800	36 700	49 000	55 100	63 600	74 700
M12 × 1.25	92.1	30 400	36 800	38 700	46 100	47 900	55 300	73 700	82 900	95 800	112 400
M12 × 1.5	88.1	29 100	35 200	37 000	44 100	45 800	52 900	70 500	79 300	91 600	107 500
M14 × 1.5	125	41 200	50 000	52 500	62 500	65 000	75 000	100 000	112 000	130 000	152 000
M16 × 1.5	167	55 100	66 800	70 100	83 500	86 800	100 000	134 000	150 000	174 000	204 000
M18 × 1.5	216	71 300	86 400	90 700	108 000	112 000	130 000	179 000	—	225 000	264 000
M20 × 1.5	272	89 800	109 000	114 000	136 000	141 000	163 000	226 000	—	283 000	332 000
M22 × 1.5	333	110 000	133 000	140 000	166 000	173 000	200 000	276 000	—	346 000	406 000
M24 × 2	384	127 000	154 000	161 000	192 000	200 000	230 000	319 000	—	399 000	469 000
M27 × 2	496	164 000	198 000	208 000	248 000	258 000	298 000	412 000	—	516 000	605 000
M30 × 2	621	205 000	248 000	261 000	310 000	323 000	373 000	515 000	—	646 000	758 000
M33 × 2	761	251 000	304 000	320 000	380 000	396 000	457 000	632 000	—	791 000	928 000
M36 × 3	865	285 000	346 000	363 000	432 000	450 000	519 000	718 000	—	900 000	1 055 000
M39 × 3	1 030	340 000	412 000	433 000	515 000	536 000	618 000	855 000	—	1 070 000	1 260 000

①  $P$ —螺距。

表 22.1-23 细牙螺纹的保证载荷

螺纹规格 $d \times P^{\text{①}}$	螺纹的 应力 截面积 $A_s /$ $\text{mm}^2$	性能等级									
		3.6	4.6	4.8	5.6	5.8	6.8	8.8	9.8	10.9	12.9
保证载荷 ( $A_s \times S_p$ ) $\wedge$											
M8×1	39.2	7 060	8 820	12 200	11 000	14 900	17 200	22 700	25 500	32 500	38 000
M10×1	64.5	11 600	14 500	20 000	18 100	24 500	28 400	37 400	41 900	53 500	62 700
M10×1.25	61.2	11 000	13 800	19 000	17 100	23 300	26 900	35 500	39 800	50 800	59 400
M12×1.25	92.1	16 600	20 700	28 600	25 800	35 000	40 500	53 400	59 900	76 400	89 300
M12×1.5	88.1	15 900	19 800	27 300	24 700	33 500	38 800	51 100	57 300	73 100	85 500
M14×1.5	125	22 500	28 100	38 800	35 000	47 500	55 000	72 500	81 200	104 000	121 000
M16×1.5	167	30 100	37 600	51 800	46 800	63 500	73 500	96 900	109 000	139 000	162 000
M18×1.5	216	38 900	48 600	67 000	60 500	82 100	95 000	130 000	—	179 000	210 000
M20×1.5	272	49 000	61 200	84 300	76 200	103 000	120 000	163 000	—	226 000	264 000
M22×1.5	333	59 900	74 900	103 000	93 200	126 000	146 000	200 000	—	276 000	323 000
M24×2	384	69 100	86 400	119 000	108 000	146 000	169 000	230 000	—	319 000	372 000
M27×2	496	89 300	112 000	154 000	139 000	188 000	218 000	298 000	—	412 000	481 000
M30×2	621	112 000	140 000	192 000	174 000	236 000	273 000	373 000	—	515 000	602 000
M33×2	761	137 000	171 000	236 000	213 000	289 000	335 000	457 000	—	632 000	738 000
M36×3	865	156 000	195 000	268 000	242 000	329 000	381 000	519 000	—	718 000	839 000
M39×3	1 030	185 000	232 000	319 000	288 000	391 000	453 000	618 000	—	855 000	999 000

① P—螺距。

表 22.1-24 公称高度 $\geq 0.8D$ 螺母的标记制度

螺母性能等级	相配的螺栓、螺钉和螺柱		螺 母	
			1 型	2 型
	性能等级	螺纹规格范围	螺纹规格范围	
4	3.6、4.6、4.8	>M16	>M16	—
5	3.6、4.6、4.8	$\leq$ M16	$\leq$ M39	—
	5.6、5.8	$\leq$ M39		
6	6.8	$\leq$ M39	$\leq$ M39	—
8	8.8	$\leq$ M39	$\leq$ M39	>M16 $\leq$ M39
9	9.8	$\leq$ M16	—	$\leq$ M16
10	10.9	$\leq$ M39	$\leq$ M39	—
12	12.9	$\leq$ M39	$\leq$ M16	$\leq$ M39

注：一般来说，性能等级较高的螺母，可以替换性能等级较低的螺母。螺栓-螺母组合件的应力高于螺栓的屈服强度或保证应力是可行的。

表 22.1-25 公称高度 $\geq 0.5D$ ， $< 0.8D$ 螺母的标记制度和保证应力 (MPa)

螺母性能等级	公称保证应力	实际保证应力
04	400	380
05	500	500

表中螺母性能等级用“0”及一位数字标记；其中数字乘 100 即为保证应力，而“0”则表示这种螺母组合件的实际承载能力比数字表示的承载能力低。

螺母的机械性能见表 22.1-26。螺母的保证载荷见表 22.1-27。

表 22.1-26 螺母的机械性能

螺纹规格		性能等级														
		04				05				4						
		保证应力 $S_p$ / MPa	维氏硬度 HV		螺母		保证应力 $S_p$ / MPa	维氏硬度 HV		螺母		保证应力 $S_p$ / MPa	维氏硬度 HV		螺母	
> / ≤	min	max	热处理	型式	min	max	热处理	型式	min	max	热处理	型式				
—	M4	380	188	302	不淬火回火	薄型	500	272	353	淬火并回火	薄型	—	—	—	—	—
M4	M7											—	—	—	—	—
M7	M10											—	—	—	—	—
M10	M16											—	—	—	—	—
M16	M39											510	117	302	不淬火回火	1

螺纹规格		性能等级															
		5				6				8							
		保证应力 $S_p$ / MPa	维氏硬度 HV		螺母		保证应力 $S_p$ / MPa	维氏硬度 HV		螺母		保证应力 $S_p$ / MPa	维氏硬度 HV		螺母		
> / ≤	min	max	热处理	型式	min	max	热处理	型式	min	max	热处理	型式					
—	M4	520	130	302	不淬火回火	1	600	150	302	不淬火回火	1	800	180	200	302	不淬火回火	1
M4	M7	580					670					855					
M7	M10	590					680					870					
M10	M16	610					700					880					
M16	M39	630					720					170	920				

螺纹规格		性能等级														
		8				9				10						
		保证应力 $S_p$ / MPa	维氏硬度 HV		螺母		保证应力 $S_p$ / MPa	维氏硬度 HV		螺母		保证应力 $S_p$ / MPa	维氏硬度 HV		螺母	
> / ≤	min	max	热处理	型式	min	max	热处理	型式	min	max	热处理	型式				
—	M4	—	—	—	—	—	900	170	302	不淬火回火	2	1 040	272	353	淬火并回火	1
M4	M7						915	1 040								
M7	M10						940	1 040								
M10	M16						950	1 050								
M16	M39						890	180				302				

螺纹规格		性能等级									
		12									
		保证应力 $S_p$ / MPa	维氏硬度 HV		螺母		保证应力 $S_p$ / MPa	维氏硬度 HV		螺母	
> / ≤	min	max	热处理	型式	min	max	热处理	型式			
—	M4	1 140	295	353	淬火并回火	1	1 150	272	353	淬火并回火	2
M4	M7	1 140					1 150				
M7	M10	1 140					1 160				
M10	M16	1 170					1 190				
M16	M39	—					—				

注：最低硬度仅对经热处理的螺母或规格太大而不能进行保证载荷试验的螺母，才是强制性的；对其他螺母不是强制性的，是指导性的。对不淬火回火的，而又能满足保证载荷试验的螺母，最低硬度应不作为拒收依据。



### 6.3 紧定螺钉的材料及性能等级 (GB/T 3098.3—2000)

GB/T 3098.3—2000 规定，紧定螺钉按其维氏硬度，分为不同的性能等级。性能等级的标记制度见表 22.1-28。

性能等级的标记代号由数字和字母组成，数字乘 10 即为螺钉的最低维氏硬度，字母 H 表示硬度。

表 22.1-28 紧定螺钉性能等级的标记

性能等级	14H	22H	33H	45H
维氏硬度 HV <sub>0.05</sub>	140	220	330	450

紧定螺钉推荐使用的材料与热处理方法见表 22.1-29，其性能等级及其机械性能见表 22.1-30。

表 22.1-29 紧定螺钉的材料和热处理方法

性能等级	材料	热处理	化学成分 (质量分数) /%			
			C		P	S
			max	min	max	max
14H	碳钢 <sup>①②</sup>	—	0.50	—	0.11	0.15
22H	碳钢 <sup>③</sup>	淬火并回火	0.50	—	0.05	0.05
33H	碳钢 <sup>③</sup>	淬火并回火	0.50	—	0.05	0.05
45H	合金钢 <sup>③④</sup>	淬火并回火	0.50	0.19	0.05	0.05

① 使用易切钢时，其铅、磷及硫的最大含量为：铅 0.35%；磷 0.11%；硫 0.34%。

② 方头紧定螺钉允许表面硬化。

③ 可以采用最大含铅量为 0.35% 的钢材。

④ 应含有一种或多种铬、镍、钼、钒或硼合金元素。

表 22.1-30 紧定螺钉的机械性能

机械性能		性能等级 <sup>†</sup>				
		14H	22H	33H	45H	
维氏硬度 HV10	min	140	220	330	450	
	max	290	300	440	560	
布氏硬度 HBS, F=30D <sup>2</sup>	min	133	209	314	428	
	max	276	285	418	532	
洛氏硬度	HRB	min	75	95	—	—
		max	105	②	—	—
	HRC	min	—	②	33	45
		max	—	30	44	53
保证扭矩		—	—	—	见表 22.1-31	
螺纹未脱碳层的最小高度 E <sub>min</sub>		—	$\frac{1}{2} H_1$	$\frac{2}{3} H_1$	$\frac{3}{4} H_1$	
全脱碳层的最大深度 G <sub>max</sub> /mm		—	0.015	0.015	③	
表面硬度 HV0.3		max	—	320	450	580

① 内六角紧定螺钉没有 14H、22H 和 33H 级。

② 如进行洛氏硬度试验，对 22H 级需要采用 HRB 试验最小值和 HRC 试验最大值。

③ 对 45H 级不允许有全脱碳层。

表 22.1-31 45H 内六角紧定螺钉的保证扭力矩

螺纹公称 直径 $d/mm$	试验螺钉的最小长度/mm				保证扭力 矩 $N \cdot m$
	平端	锥端	圆柱端	凹端	
3	4	5	6	5	0.9
4	5	6	8	6	2.5
5	6	8	8	6	5
6	8	8	10	8	8.5
8	10	10	12	10	20
10	12	12	16	12	40
12	16	16	20	16	65
16	20	20	25	20	160
20	25	25	30	25	310
24	30	30	35	30	520

6.4 不锈钢螺栓、螺钉和螺柱的材料及性能等级 (GB/T 3098.6—2000)

螺栓、螺钉和螺柱的不锈钢组别和性能等级

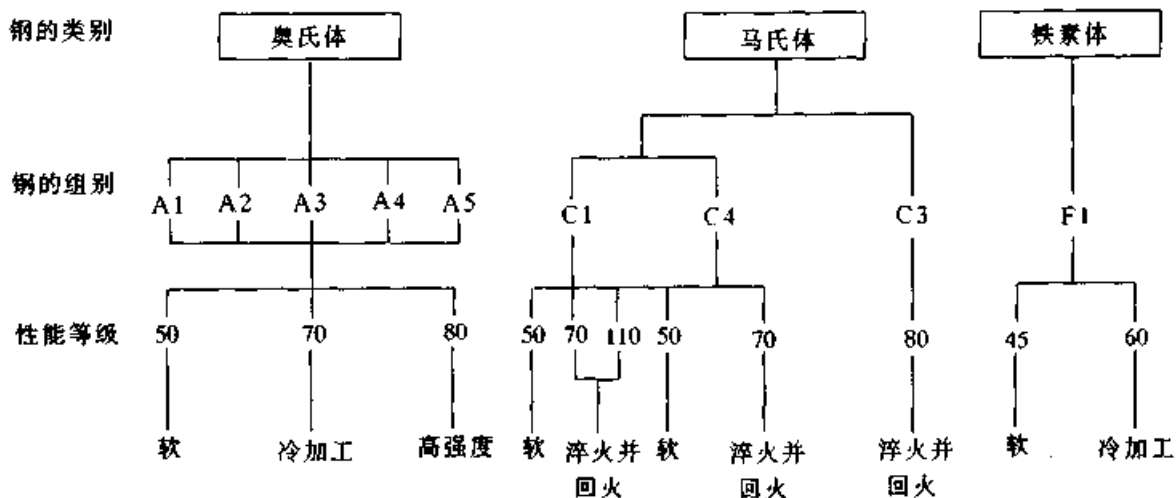


图 22.1-11 螺栓、螺钉和螺柱不锈钢组别和性能等级标记制度

表 22.1-32 不锈钢组别与化学成分 (质量分数)

类别	组别	化学成分 <sup>①</sup> (质量分数) /%									注
		C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni	Cu	
奥氏体	A1	0.12	1	6.5	0.2	0.15~0.35	16~19	0.7	5~10	1.75~2.25	②、③、④
	A2	0.1	1	2	0.05	0.03	15~20	— <sup>⑤</sup>	8~19	4	⑦、⑧
	A3	0.08	1	2	0.045	0.03	17~19	— <sup>⑤</sup>	9~12	1	⑨
	A4	0.08	1	2	0.045	0.03	16~18.5	2~3	10~15	1	⑧、⑩
	A5	0.08	1	2	0.045	0.03	16~18.5	2~3	10.5~14	1	⑨、⑩

的标记制度, 见图 22.1-11。材料标记由短划隔开的两部分组成。第一部分标记钢的组别, 第二部分标记性能等级。

钢的组别 (第一部分) 标记由字母和一个数字组成, 字母表示钢的类别, 数字表示该类钢的化学成分 (质量分数) 范围。其中: A——奥氏体钢; C——马氏体钢; F——铁素体钢。

性能等级 (第二部分) 标记由两个数字组成, 并表示紧固件抗拉强度的 1/10。

示例:

1) A2-70 表示:

奥氏体钢、冷加工、最小抗拉强度为 700 MPa;

2) C4-70 表示:

马氏体钢、淬火并回火、最小抗拉强度为 700 MPa。

不锈钢螺栓、螺钉、螺柱推荐使用材料的化学成分 (质量分数) 见表 22.1-32, 其机械性能见表 22.1-33~表 22.1-35。



续表 22.1-32

类别	组别	化学成分 <sup>①</sup> (质量分数) /%									注
		C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni	Cu	
马氏体	C1	0.09~0.15	1	1	0.05	0.03	11.5~14	—	1	—	⑩
	C3	0.17~0.25	1	1	0.04	0.03	16~18	—	1.5~2.5	—	⑩
	C4	0.08~0.15	1	1.5	0.06	0.15~0.35	12~14	0.6	1	—	②、⑩
铁素体	F1	0.12	1	1	0.04	0.03	15~18	— <sup>⑤</sup>	1	—	⑩、⑫

- ① 除已表明者外，均系最大值。
- ② 硫可用硒代替。
- ③ 如镍含量低于8%，则锰的最小含量必须为5%。
- ④ 镍含量大于8%时，对铜的最小含量不予限制。
- ⑤ 钼含量可能在制造者的说明书中出现。但对某些使用场合，如有必要限定钼的极限含量，则必须在订单中由用户注明。
- ⑥ 钨含量可能在制造者的说明书中出现。
- ⑦ 如铬含量低于17%，则镍的最小含量应为12%。
- ⑧ 对最大含碳量达到0.03%的奥氏体不锈钢，氮含量最高可达到0.22%。
- ⑨ 为了稳定组织，钛含量应 $\geq 5 \times C\% \sim 0.8\%$ ，并按本表适当标志，或者铌和（或）钽含量应 $\geq 10 \times C\% \sim 1.0\%$ ，并按本表适当标志。
- ⑩ 对较大直径的产品，为达到规定的机械性能，在制造者的说明书中，可能有较高的碳含量，但对奥氏体钢不应超过0.12%。
- ⑪ 钛含量可能为 $\geq 5 \times C\% \sim 0.8\%$ 。
- ⑫ 钽含量可能为 $\geq 10 \times C\% \sim 1.0\%$ 。

表 22.1-33 奥氏体钢螺栓、螺钉和螺柱机械性能

类别	组别	性能等级	螺纹直径	抗拉强度 $\sigma_b^{\text{①}}$ /	规定非比例伸长应力 $\sigma_{0.2}^{\text{①}}$ /	断后伸长量 $\delta^{\text{②}}$ /
				min MPa	min MPa	min mm
奥氏体	A1、A2、	50	$\leq M39$	500	210	0.6d
	A3、A4、	70	$\leq M24^{\text{③}}$	700	450	0.4d
	A5	80	$\leq M24^{\text{③}}$	800	600	0.3d

- ①  $\sigma_b$  和  $\sigma_{0.2}$  是根据螺纹的应力截面积  $A_s$  计算出来的。
- ② 按规定的试验方法测定实物的伸长量。
- ③ 螺纹公称直径  $d > 24$  mm 的紧固件，其机械性能应由供需双方协议，并可按本表给出的组别和性能等级标志。

表 22.1-34 马氏体和铁素体钢螺栓、螺钉和螺柱机械性能

类别	组别	性能等级	抗拉强度 $\sigma_b^{\text{①}}$ /	规定非比例伸长应力 $\sigma_{0.2}^{\text{①}}$ /	断后伸长量 $\delta^{\text{②}}$ /	硬度		
			min MPa	min MPa	min mm	HBS	HRC	HV
马氏体	C1	50	500	250	0.2d	147~209	—	155~220
		70	700	410	0.2d	209~314	20~34	220~330
		110 <sup>③</sup>	1100	820	0.2d	—	36~45	350~440
	C3	80	800	640	0.2d	228~323	21~35	240~340

类别	组别	性能等级	抗拉强度 $\sigma_b$ <sup>①</sup>	规定非比例伸长应力 $\sigma_{p0.2}$ <sup>②</sup>	断后伸长量 $\delta^2$	硬度		
			min MPa	min MPa	min mm	HBS	HRC	HV
马氏体	C4	50	500	250	0.2d	147~209	—	155~220
		70	700	410	0.2d	209~314	20~34	220~330
铁素体	F1 <sup>③</sup>	45	450	250	0.2d	128~209	—	135~220
		60	600	410	0.2d	171~271	—	180~285

- ①  $\sigma_b$  和  $\sigma_{p0.2}$  是根据螺纹的应力截面积  $A_s$  计算出来的。
- ② 按规定的试验方法测定实物的伸长量。
- ③ 淬火并回火，最低回火温度为 275℃。
- ④ 螺纹公称直径  $d \leq 24$  mm。

超星浏览器提醒您：  
 使用本复制品  
 请尊重相关知识产权！

表 22.1-35 奥氏体钢螺栓和螺钉的破坏扭力矩 M1.6~M16 (粗牙螺纹)

螺纹	破坏扭力矩 $M_{Rmin}/N \cdot m$		
	性能等级		
	50	70	80
M1.6	0.15	0.2	0.24
M2	0.3	0.4	0.48
M2.5	0.6	0.9	0.96
M3	1.1	1.6	1.8
M4	2.7	3.8	4.3
M5	5.5	7.8	8.8
M6	9.3	13	15
M8	23	32	37
M10	46	65	74
M12	80	110	130
M16	210	290	330

### 6.5 不锈钢螺母的材料及性能等级 (GB/T 3098.15—2000)

螺母的不锈钢组别和性能等级的标记制度，见图 22.1-12。材料标记、钢的组别标记与螺栓相同，见 6.4 节。

性能等级 (第二部分) 标记：对  $m \geq 0.8D$  的 (I 型) 螺母，由两个数字组成，并表示保证载荷应力的 1/10；对高度  $0.5D \leq m < 0.8D$  的 (薄型) 螺母，由三个数字组成，第一位数字表示降低承载能力的螺母，后两位数字表示保证载荷应力的 1/10。

示例：

1) A2-70 表示：

奥氏体钢、冷加工、最小保证应力 (I 型螺母) 为 700 MPa；

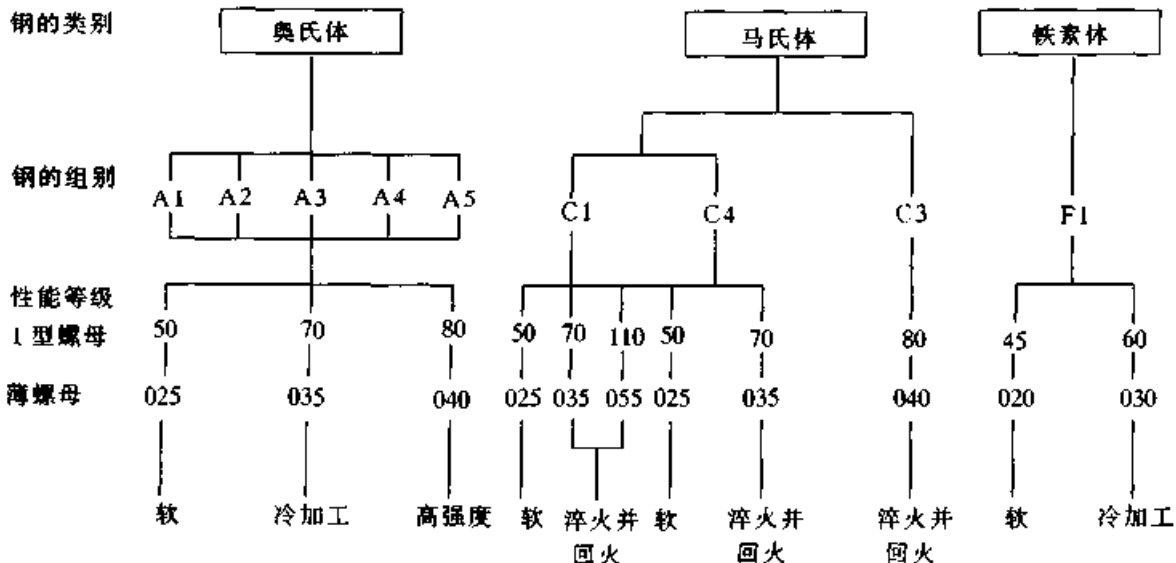


图 22.1-12 螺母产品不锈钢组别和性能等级标记制度

2) C4-70 表示:

马氏体钢、淬火并回火、最小保证应力(1型螺母)为 700 MPa;

3) A2-035 表示:

奥氏体钢、冷加工、最小保证应力(薄螺

母)为 350 MPa。

不锈钢螺母的材料与螺栓相同,其化学成分(质量分数)见表 22.1-32;不锈钢螺母的机械性能见表 22.1-36~37。

表 22.1-36 奥氏体钢螺母机械性能

类别	组别	性能等级		螺纹直径范围 $D/mm$	保证应力 $S_t/MPa$	
		1型螺母 ( $m \geq 0.8D$ )	薄螺母 ( $0.5D \leq m < 0.8D$ )		1型螺母 ( $m \geq 0.8D$ )	薄螺母 ( $0.5D \leq m < 0.8D$ )
奥氏体	A1	50	025	$\leq 39$	300	250
	A2、A3	70	035	$\leq 24^{\ddagger}$	700	350
	A4、A5	80	040	$\leq 24^{\ddagger}$	800	400

① 螺纹公称直径  $D > 24$  mm 的紧固件,其机械性能应由供需双方协议,并可按本表给出的组别和性能等级标志。

表 22.1-37 马氏体和铁素体钢螺母机械性能

类别	组别	性能等级		保证应力 $S_p/MPa$		硬度		
		1型螺母 ( $m \geq 0.8D$ )	薄螺母 ( $0.5D \leq m < 0.8D$ )	1型螺母 ( $m \geq 0.8D$ )	薄螺母 ( $0.5D \leq m < 0.8D$ )	HBS	HRC	HV
马氏体	C1	50	025	500	250	147~209	—	155~220
		70	—	700	—	209~314	20~34	220~330
		110 <sup>①</sup>	055 <sup>①</sup>	1100	550	—	36~45	350~440
	C3	80	040	800	400	228~323	21~35	240~340
	C4	50	—	500	—	147~209	—	155~220
		70	035	700	350	209~314	20~34	220~330
铁素体	F1 <sup>②</sup>	45	020	450	200	128~209	—	135~220
		60	030	600	300	171~271	—	180~285

① 淬火并回火,最低回火温度为 275℃。

② 螺纹公称直径  $D \leq 24$  mm。

### 6.6 有色金属螺栓、螺钉、螺柱和螺母的材料及性能等级(GB/T 3098.10—1993)

有色金属螺栓、螺钉、螺柱和螺母的性能等级代号由字母及数字两部分组成,字母用有色金属材料化学元素符号的字母表示;数字表示性能等级序号。其性能等级的标记代号见表 22.1-38;各性能等级适用的有色金属材料牌号见

表 22.1-39;各性能等级所对应的机械性能见表 22.1-40。螺栓、螺钉和螺柱的最小拉力载荷或螺母的保证载荷见表 22.1-41,最小破坏扭矩见表 22.1-42。

表 22.1-38 有色金属螺栓、螺钉、螺柱和螺母性能等级的标记代号

性能等级	CU1	CU2	CU3	CU4	CU5	CU6	CU7
		AL1	AL2	AL3	AL4	AL5	AL6

表 22.1-39 有色金属螺栓、螺钉、螺柱和螺母性能等级及材料

性能等级	材料牌号	标准编号	性能等级	材料牌号	标准编号
CU1	Cu-ETP 或 Cu-FRHC	GB/T 5231	AL1	AlMg3	GB/T 3190
CU2	CuZn37	GB/T 5232	AL2	AlMg5	GB/T 3190
CU3	CuZn39Pb3	GB/T 5232	AL3	AlSi1MgMn	GB/T 3190
CU4	CuSn6	GB/T 5233	AL4	AlCu4MgSi	GB/T 3190
CU5	CuNi1Si	GB/T 5233	AL5	AlZnMgCu0.5	GB/T 3190
CU6	CuZn40Mn1Pb	—	AL6	AlZn5.5MgCu	GB/T 3190
CU7	CuAl10Ni5Fe4	GB/T 5233	—		

表 22.1-40 有色金属螺栓、螺钉、螺柱和螺母的机械性能

性能等级	螺纹直径 $d$ / mm	抗拉强度 $\sigma_b$ (min) / MPa	屈服强度 $\sigma_{0.2}$ (min) / MPa	伸长率 $\delta$ (min) / %
CU1	$\leq 39$	240	160	14
CU2	$\leq 6$	440	340	11
	$> 6 \sim 39$	370	250	19
CU3	$\leq 6$	440	340	11
	$> 6 \sim 39$	370	250	19
CU4	$\leq 12$	470	340	22
	$> 12 \sim 39$	400	200	33
CU5	$\leq 39$	590	540	12
CU6	$> 6 \sim 39$	440	180	18
CU7	$> 12 \sim 39$	640	270	15
AL1	$\leq 10$	270	230	3
	$> 10 \sim 20$	250	180	4
AL2	$\leq 14$	310	205	6
	$> 14 \sim 36$	280	200	6
AL3	$\leq 6$	320	250	7
	$> 6 \sim 39$	310	260	10
AL4	$\leq 10$	420	290	6
	$> 10 \sim 39$	380	260	10
AL5	$\leq 39$	460	380	7
AL6	$\leq 39$	510	440	7

表 22.1-41 有色金属螺柱、螺柱和螺钉的最小拉力载荷或螺母的保证载荷

螺纹直径 $d$ 或 $D$ / mm	螺距 $P$ / mm	公称应力 截面积 $A_s$ / $\text{mm}^2$	性能等级						
			CU1	CU2	CU3	CU4	CU5	CU6	CU7
			最小拉力载荷 $A_s \times \sigma_b$ 或保证载荷 $A_s \times S_0$ /N						
3	0.5	5.03	1 210	2 210	2 210	2 360	2 970	—	—
3.5	0.6	6.78	1 630	2 980	2 980	3 190	4 000	—	—
4	0.7	8.78	2 110	3 860	3 860	4 130	5 180	—	—
5	0.8	14.2	3 410	6 250	6 250	6 670	8 380	—	—
6	1	20.1	4 820	8 840	8 840	9 450	11 860	—	—
7	1	28.9	6 940	10 690	10 690	13 580	17 050	12 720	—
8	1.25	36.6	8 780	13 540	13 540	17 200	21 590	16 100	—
10	1.5	58.0	13 920	21 460	21 460	27 260	34 220	25 520	—
12	1.75	84.3	20 230	31 190	31 190	39 620	49 740	37 090	—
14	2	115	27 600	42 550	42 550	46 000	67 850	50 600	73 600
16	2	157	37 680	58 090	58 090	62 800	92 630	69 080	100 500
18	2.5	192	46 080	71 040	71 040	76 800	113 300	84 480	122 900
20	2.5	245	58 800	90 650	90 650	98 000	144 500	107 800	156 800
22	2.5	303	72 720	112 100	112 100	121 200	178 800	133 300	193 900
24	3	353	84 720	130 600	130 600	141 200	208 300	155 300	225 900
27	3	459	110 200	169 800	169 800	183 600	270 800	202 000	293 800
30	3.5	561	134 600	207 600	207 600	224 400	331 000	246 800	359 000
33	3.5	694	166 600	256 800	256 800	277 600	—	305 400	444 200
36	4	817	196 100	302 300	302 300	326 800	—	359 500	522 900
39	4	976	234 200	361 100	361 100	390 400	—	429 400	624 600

螺纹直径 $d$ 或 $D$ / mm	螺距 $P$ / mm	公称应力 截面积 $A_s$ / $\text{mm}^2$	性能等级					
			AL1	AL2	AL3	AL4	AL5	AL6
			最小拉力载荷 $A_s \times \sigma_b$ 或保证载荷 $A_s \times S_0$ /N					
3	0.5	5.03	1 360	1 560	1 610	2 110	2 310	2 570
3.5	0.6	6.78	1 830	2 100	2 170	2 850	3 120	3 460
4	0.7	8.78	2 370	2 720	2 810	3 690	4 040	4 480
5	0.8	14.2	3 830	4 400	4 540	5 960	6 530	7 240
6	1	20.1	5 430	6 230	6 430	8 440	9 250	10 250
7	1	28.9	7 800	8 960	8 960	12 140	13 290	14 740
8	1.25	36.6	9 880	11 350	11 350	15 370	16 840	18 670
10	1.5	58.0	15 660	17 980	17 980	24 360	26 680	29 580

续表 22.1-41

螺纹直径 $d$ 或 $D$ / mm	螺距 $P$ / mm	公称应力 截面积 $A_s$ / $\text{mm}^2$	性能等级					
			AL1	AL2	AL3	AL4	AL5	AL6
			最小拉力载荷 $A_s \times \sigma_b$ 或保证载荷 $A_s \times S_p / N$					
12	1.75	84.3	21 080	26 130	26 130	32 030	38 780	42 990
14	2	115	28 750	35 650	35 650	43 700	52 900	58 650
16	2	157	39 250	43 960	48 670	59 660	72 220	80 070
18	2.5	192	48 000	53 760	59 520	72 960	88 320	97 920
20	2.5	245	61 250	68 600	75 950	93 100	112 700	124 900
22	2.5	303	—	84 840	93 930	115 100	139 400	154 500
24	3	353	—	98 840	109 400	134 100	162 400	180 000
27	3	459	—	128 500	142 300	174 400	211 100	234 100
30	3.5	561	—	157 100	173 900	213 200	258 100	286 100
33	3.5	694	—	194 300	215 100	263 700	319 200	353 900
36	4	817	—	228 800	253 300	310 500	375 800	416 700
39	4	976	—	—	302 600	370 900	449 000	497 800

表 22.1-42 有色金属螺栓、螺钉、螺柱和螺母的最小破坏扭力矩

螺纹直径 $d$ / mm	性能等级										
	CU1	CU2	CU3	CU4	CU5	AL1	AL2	AL3	AL4	AL5	AL6
	最小破坏扭力矩 $/N \cdot m$										
1.6	0.06	0.10	0.10	0.11	0.14	0.06	0.07	0.08	0.1	0.11	0.12
2	0.12	0.21	0.21	0.23	0.28	0.13	0.15	0.16	0.2	0.22	0.25
2.5	0.24	0.45	0.45	0.5	0.6	0.27	0.3	0.3	0.43	0.47	0.5
3	0.4	0.8	0.8	0.9	1.1	0.5	0.6	0.6	0.8	0.8	0.9
3.5	0.7	1.3	1.3	1.4	1.7	0.8	0.9	0.9	1.2	1.3	1.5
4	1	1.9	1.9	2	2.5	1.1	1.3	1.4	1.8	1.9	2.2
5	2.1	3.8	3.8	4.1	5.1	2.4	2.7	2.8	3.7	4	4.5

6.7 自攻螺钉的材料及机械性能  
(GB/T 3098.5—2000)  
(见表 22.1-43)

6.8 自挤螺钉的材料及机械性能  
(GB/T 3098.7—2000)  
(见表 22.1-44)

表 22.1-43 自攻螺钉的机械性能

螺 纹 规 格	渗碳层深度/ mm		拧入性能试验				破坏扭力矩试验 破坏扭力矩 $/N \cdot m$
			试验板厚度/mm		试验孔孔径/mm		
	min	max	min	max	min	max	min
ST2.2	0.04	0.10	1.17	1.30	1.905	1.955	0.45
ST2.6	0.04	0.10	1.17	1.30	2.185	2.235	0.90
ST2.9	0.05	0.18	1.17	1.30	2.415	2.465	1.50

续表 22.1-43

螺 纹 规 格	渗碳层深度/ mm		拧入性能试验				破坏扭力矩试验
			试验板厚度/mm		试验孔孔径/mm		破坏扭力矩/(N·m)
	min	max	min	max	min	max	min
ST3.3	0.05	0.18	1.17	1.30	2.68	2.73	2
ST3.5	0.05	0.18	1.85	2.06	2.92	2.97	2.7
ST3.9	0.10	0.23	1.85	2.06	3.24	3.29	3.4
ST4.2	0.10	0.23	1.85	2.06	3.43	3.48	4.4
ST4.8	0.10	0.23	3.10	3.23	4.015	4.065	6.3
ST5.5	0.10	0.23	3.10	3.23	4.735	4.785	10
ST6.3	0.15	0.28	4.67	5.05	5.475	5.525	13.6
ST8	0.15	0.28	4.67	5.05	6.885	6.935	30.5

注：1. 自攻螺钉材料：冷镦、渗碳钢。

2. 热处理后螺钉的表面硬度 $\geq 450$  HV0.3；芯部硬度为 270~390HV5（螺纹 $\leq$ ST3.9）或 270~390HV10（螺纹 $\geq$ ST4.2）。

表 22.1-44 自挤螺钉的机械性能

螺纹公称 直径/ mm	表面渗碳层深度/ mm		机械和工作性能要求			拧入性能试验		
			破坏扭力 矩/(N·m)	拧入扭力 矩/(N·m)	破坏拉力 载荷/N	试板厚度/ mm	试孔孔径/ mm	
	min	max	min	max	min	—	min	max
2	0.04	0.12	0.5	0.3	1 940	2	1.800	1.825
2.5	0.04	0.12	1.2	0.6	3 150	2.5	2.250	2.275
3	0.05	0.18	2.1	1.1	4 680	3	2.750	2.775
3.5	0.05	0.18	3.4	1.7	6 300	3.5	3.15	3.18
4	0.10	0.25	4.9	2.5	8 170	4	3.65	3.68
5	0.10	0.25	10	5	13 200	5	4.50	4.53
6	0.15	0.28	17	8.5	18 700	6	5.40	5.43
8	0.15	0.28	42	21	34 000	8	7.300	7.336
10	0.15	0.32	85	43	53 900	10	9.200	9.236
12	0.15	0.32	150	75	78 400	12	11.100	11.143

注：1. 材料：冷镦、渗碳钢。其化学成分（质量分数）：C 为 0.15%~0.25%，Mn 为 0.70%~1.65%（抽样）；C 为 0.13%~0.27%，Mn 为 0.64%~1.71%（检验）。

2. 热处理：螺钉成品应进行表面淬火和回火处理，最低回火温度为 340℃。

3. 芯部硬度为 290~370 HV10，最低表面硬度为 450 HV0.3。

## 6.9 螺纹紧固件材料的选择

螺纹紧固件材料的选择是螺纹紧固件生产与螺纹联接设计各环节中重要的一环。材料选择应满足下列三方面要求：

1) 所选材料应满足使用要求，即材料的力学性能如：静强度、疲劳强度、刚度、屈服点（屈服强度）、蠕变极限和持久强度，以及质量等

应能满足联接的性能要求：

2) 所选材料应在制造的各个阶段满足最小劳动量的要求，即便于加工和装配，有良好的工艺性；

3) 所选材料应满足经济的要求，即材料费用最低，除材料本身价格外，还应考虑到有关消耗，如仓储与运输费用等。

选择材料时还需注意螺栓与螺母材料的匹

配, 螺钉与被联接件材料的匹配。一般情况下, 螺栓、螺母不使用同一牌号材料, 螺母材料的性能略低于螺栓材料, 两者的硬度宜差 20 ~ 30HBS。

螺纹紧固件使用的材料有三大类, 即钢、铁金属和非金属, 常用材料特点及应用见表 22.1-45。

表 22.1-45 常用材料特点及应用

材料种类	材料牌号	特点及应用	
低碳钢 或中碳钢	10、15、25、35、45 Q215-A、Q235-A	用于静载荷、轻型结构的联接, 强度较低, 价格便宜	
合金钢	40Cr、15MnVB、30CrMoSi、 40CrNi、40CrV、20CrV	强度高, 用于重要的联接	
不锈钢	0Cr18Ni9、1Cr18Ni9 1Cr18Ni11Nb、00Cr17Ni14Mo3 1Cr13、2Cr13、1Cr17Ni2、1Cr17	适于在腐蚀性环境中工作	
超级合金	GH2036 A-286、19-9DL W-545、M-252	强度极高, 在极高和极低的温度下, 力学性能稳定	
耐热钢	2Cr13、1Cr12WMoV 1Cr5Mo、2Cr12NiMoWV 0Cr15Ni25Ti2MoALVB	高温强度高, 抗氧化性强, 最高工作温度 500 ~ 700℃	
非铁金属	黄铜	HPb59-1、H62	机械性能好, 工艺性好, 但强度质量比小, 低温性能差。加工后应进行低温回火
	青铜	CuAl10Fe3Mn1.5 CuAl10Ni5Fe4 CuSi3Mn1 CuSi1Ni3	
	铝合金	2A11	
塑料	TEE、ABS、尼龙 66	质量轻、耐腐蚀性好, 易加工, 但强度低, 不耐高温	

超星浏览器提醒您：  
使用本复制品  
请尊重知识产权！

### 7 扭剪型高强度螺栓联接

#### 1) 扭剪型高强度螺栓联接结构型式及应用

扭剪型高强度螺栓联接由一个螺栓、一个螺母和一个垫圈构成, 见图 22.1-13。它具有强度高、安装简便、质量容易保证、可以单面拧紧等优点。主要用于铁路、公路、建筑、化工、冶金等钢结构的联接。

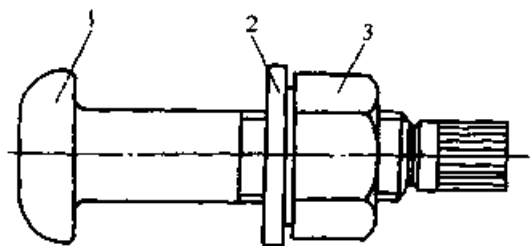


图 22.1-13 扭剪型高强度螺栓联接  
1—螺栓 2—垫圈 3—螺母



2) 紧固件品种与规格

目前,我国扭剪型高强度螺栓国家标准只有一个品种(GB/T 3632—1995),规格为 M16、

M20、M22 和 M24 的粗牙螺纹。

3) 常用材料及机械性能

推荐使用的材料及性能见表 22.1-46。

表 22.1-46 扭剪型高强度螺栓、螺母推荐使用的材料及机械性能 (摘自 GB/T 3632—1995)

联接件	性能等级	推荐材料	力学性能	硬度 HRC
螺栓	10.9S	20MnTiB	抗拉强度: 1 040~1 240 MPa	33~39
螺母	10H	35、45、15MnVB	保证应力: ≥1 040 MPa	≤28
垫圈	—	35、45	—	35~45

4) 预紧力及其控制

高强度螺栓联接通常用来承受较大的外载荷,为充分发挥螺栓的能力,应将高强度螺栓拧紧到塑性变形,即让预紧力达到或超过螺栓的屈服点。

我国标准规定的预紧应力  $\sigma'$  的平均值为:

$$\sigma' = 0.75\sigma_s \quad (22.1-3)$$

预紧力的控制建议采用转角法或力矩—转角法:力矩—转角法控制预紧力的拧紧操作程序如下:先用力矩扳手按规定的拧紧力矩拧紧螺栓,规定的拧紧力矩一般按预紧应力为  $0.3\sigma_s \sim 0.8\sigma_s$  计算得到,然后用螺母转角法控制最后的预紧力,使其达到或超过屈服点。该方法控制预紧力的误差约为  $\pm 5\%$ ,单用螺母转角法控制预紧力,误差约为  $\pm 25\% \sim \pm 30\%$ 。

此外,还可采用扭断法来控制扭剪型高强度螺栓结构的预紧力。装配时用特制的电动扳手,其上有两个套筒,一个套在螺母的六角上,一个套在螺栓的十二角体上,见图 22.1-14。拧紧时对螺母施加顺时针力矩,对螺栓施加等量的逆时针力矩,使螺栓断颈部分承受扭剪,至断颈扭断为止,即安装完毕。螺栓的安装力矩即为拧紧力矩,亦即扭断力矩。因此,预紧力与螺栓断颈处直径、材料和拧紧力矩因数  $K_t$  有关,其关系式为

$$F' = \frac{d_0^3 \sigma_b}{6.6 K_t d}$$

- 式中  $d_0$  ——螺栓断颈处直径 (mm);
- $\sigma_b$  ——螺栓材料的抗拉强度 (MPa);
- $d$  ——螺栓公称直径 (mm);
- $K_t$  ——拧紧力矩因数,见表 22.1-47。

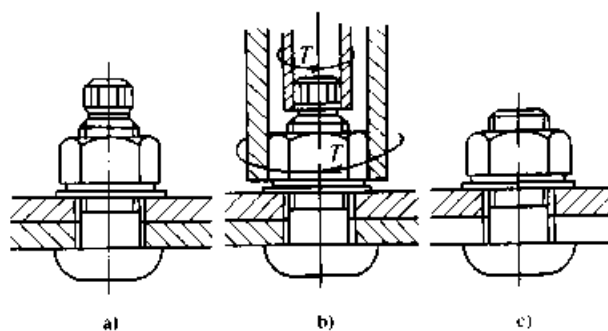


图 22.1-14 扭剪型高强度螺栓联接装配示意图

a) 拧紧前 b) 拧紧中 c) 拧紧后

表 22.1-47 高强度螺栓联接的拧紧力矩因数  $K_t$

表面状态	未处理表面	磷化
一批螺栓的平均值	0.11~0.15	0.15~0.19
一批螺栓的标准偏差	<0.010	<0.013

5) 设计与计算

扭剪型高强度螺栓主要应用在钢结构上,承受横向载荷,和普通螺栓联接类似,其承载能力计算公式为:

$$F_w = \frac{\mu m \sigma A_s}{K_t}$$

式中  $K_t$  ——可靠性因子,一般取  $K_t = 1.5 \sim 1.6$ ;

$\mu$  ——结合面间摩擦因数,见表 22.1-9;

$m$  ——结合面数;

$\sigma$  ——计算拉应力;

$A_s$  ——螺栓联接的总应力面积;

考虑到拧紧时预紧力的控制精度为  $\pm 5\% \sim$

± 10%，为确保螺栓的承载能力，取计算拉应力为预紧应力的 90%，即

$$\sigma = 0.9F' / A_s$$

由式 (22.1-3)， $\sigma' = 0.75\sigma_s$  可得螺栓的总应力面积为

$$A_{s\Sigma} = \frac{K_t F_w}{0.675 m \mu \sigma_s}$$

于是，所需螺栓直径为

$$d \geq \sqrt{\frac{4A_{s\Sigma}}{\pi z}} = 0.974 \sqrt{\frac{3P}{z}}$$

式中  $z$  —— 螺栓个数；

$P$  —— 螺距 (mm)。

螺栓的间距和边距可按表 22.1-48 推荐值选用，螺栓孔直径  $D_0 = d + 3 \text{ mm}$ 。

表 22.1-48 高强度螺栓联接的间距和边距 (mm)

螺栓直径	钢结构				公路桥			
	间距		边距		间距		边距	
	最小	标准	手工焰切边 剪切边	轧制边	最小	标准	手工焰切边 剪切边	轧制边
16	40	60	28	22	—	—	—	—
20	50	70	34	26	65	—	32	28
22	50	80	38	28	75	—	37	32
24	60	90	44	30	85	—	42	37

注：此处边距指垂直于载荷方向的边距，顺载荷方向的边距可取为螺栓直径的 2.5 倍。

### 8 螺栓联接的可靠性设计

螺栓联接可靠性设计的目的就是在给定螺栓联接的目标可靠度前提下，确定螺栓的直径或已知螺栓的直径，验算该螺栓联接是否达到规定的可靠性要求。可靠性设计的内容包括：

1) 已知螺栓载荷、材料及可靠度指标，求

螺栓直径及其公差；

2) 已知螺栓尺寸和可靠度指标，分析可靠度对螺栓尺寸变化的敏感度。

试验表明，受拉螺栓联接的强度分布、应力分布等均近似服从正态分布规律。表 22.1-49 给出了螺栓强度均值和变差因数。

表 22.1-49 螺栓强度均值及变差因数估算值

强度级别	抗拉强度 $\sigma_b / \text{MPa}$	均值 $\mu_{ob} / \text{MPa}$	变差因数 $C_{\sigma b}$	屈服点 $\sigma_s / \text{MPa}$	均值 $\mu_{os} / \text{MPa}$	变差因数 $C_{\sigma s}$	推荐材料
4.6	400	475	0.053	240	272.5	0.06	15、Q235-A
4.8				320	387.5	0.074	10、Q215-A
5.6	500	600	0.055	300	341.5	0.052	25、35
5.8				400	483.7	0.074	15、Q235-A
6.6	600	700	0.048	360	408.8	0.051	45
6.9				540	580	0.074	35
8.3	800	900	0.037	640	774.9	0.075	35 45
10.9	1 000	1 100	0.03	900	1 008	0.077	40Cr
12.9	1 200	1 300	0.026	1 080	1 332	0.094	20CrMnSi 15MnVB

注：变差因数  $C$  为标准差与均值之比。

螺栓联接可靠性设计的步骤如下：

①确定设计准则

设计准则取决于失效形式，不同的螺栓联接形式和受力形式有着不同的失效形式，也就有着不同的可靠性设计准则。表 22.1-50 给出了对应特定失效形式的可靠性设计准则。

表 22.1-50 螺栓联接可靠性设计准则

联接形式		失效形式	设计准则
受拉伸 静载荷	松联接	断裂	$P(\sigma_b - \sigma > 0) \geq R$
	紧联接	屈服	$P(\sigma_s - \sigma > 0) \geq R$
受拉伸循环载荷 紧联接		疲劳断裂	$P(\sigma_{-1} - \sigma_n > 0) \geq R$
受剪切静载荷联接		切断	$P(\tau_b - \tau > 0) \geq R$
		压溃	$P(\sigma_s - \sigma_p > 0) \geq R$ 或 $P(\sigma_b - \sigma_p > 0) \geq R$
受剪切循环载荷联接		疲劳切断	$P(\tau_{-1} - \tau > 0) \geq R$

注：P—概率；R—可靠度。

②确定应力分布和强度分布

螺栓联接的应力和强度分布一般按正态分布处理。常用代数法对两个正态分布进行综合，以确定它们的均值和标准差。表 22.1-51 给出了正态分布随机变量的二元综合计算公式。

③应用联结方程求可靠度或螺栓直径

螺栓联接的联结方程表达式为：

$$Z_R = -\frac{\mu_b - \mu_\sigma}{\sqrt{S_b^2 + S_\sigma^2}}$$

式中  $Z_R$ ——联结因数，或称安全因数；

$\mu_b$ ——强度分布的均值；

$S_b$ ——强度分布的标准差；

$\mu_\sigma$ ——应力分布的均值；

$S_\sigma$ ——应力分布的标准差。

在进行螺栓联接的可靠性设计时，若给定目标可靠度，则可由标准正态分布表（见表 22.1-52）查出相应的联结因数，再按联结

表 22.1-51 正态分布随机变量的二元综合计算公式

运算公式号	z 的运算	均值 $\mu_z$	标准差 $\sigma_z$
1	常数：z = c	c	0
2	有常数的乘积 z = cx	$c\mu_x$	$c\sigma_x$
3	有常数的乘积再加或减一常数 z = cx ± d	$c\mu_x \pm d$	$c\sigma_x$
4	和：z = x + y	$\mu_x + \mu_y$	$(\sigma_x^2 + \sigma_y^2)^{1/2}$ 或 $(\sigma_x^2 + \sigma_y^2 + 2\rho\sigma_x\sigma_y)^{1/2}$
5	差：z = x - y	$\mu_x - \mu_y$	$(\sigma_x^2 + \sigma_y^2)^{1/2}$ 或 $(\sigma_x^2 + \sigma_y^2 - 2\rho\sigma_x\sigma_y)^{1/2}$
6	积：z = x · y	$\mu_x\mu_y$ 或 $\mu_x\mu_y + \rho\sigma_x\sigma_y$	$(\mu_x^2\sigma_y^2 + \mu_y^2\sigma_x^2 + 2\rho\mu_x\mu_y\sigma_x\sigma_y)^{1/2}$ 或 $[(\mu_x^2\sigma_y^2 + \mu_y^2\sigma_x^2 + \sigma_x^2\sigma_y^2)(1 + \rho^2)]^{1/2}$
7	商：z = $\frac{x}{y}$	$\frac{\mu_x}{\mu_y}$ 或 $\frac{\mu_x}{\mu_y} + \frac{\sigma_y^2\mu_x}{\mu_y^3}$ 或 $\frac{\mu_x}{\mu_y} + \frac{\sigma_y\mu_x}{\mu_y^2} \times \left(\frac{\sigma_y}{\mu_y} - \rho\frac{\sigma_x}{\mu_x}\right)$	$\frac{1}{\mu_y} \left(\frac{\mu_x^2\sigma_y^2 + \mu_y^2\sigma_x^2}{\mu_x^2 + \sigma_x^2}\right)^{1/2}$ 或 $\frac{\mu_x}{\mu_y} \left(\frac{\sigma_y^2}{\mu_x^2} + \frac{\sigma_y^2}{\mu_y^2} - 2\rho\frac{\sigma_x\sigma_y}{\mu_x\mu_y}\right)^{1/2}$ 或 $\left(\frac{\mu_x^2\sigma_y^2 + \mu_y^2\sigma_x^2}{\mu_x^4}\right)^{1/2}$
8	指数幂：z = x <sup>c</sup>		
8.1	z = x <sup>2</sup>	$\mu_x^2$ 或 $\mu_x^2 + \sigma_x^2$	$2\mu_x\sigma_x$ 或 $(4\mu_x^2\sigma_x^2 + 2\sigma_x^4)^{1/2}$
8.2	z = x <sup>3</sup>	$\mu_x^3$ 或 $\mu_x^3 + 3\sigma_x^2\mu_x$	$3\mu_x^2\sigma_x$ 或 $(3\sigma_x^6 + 8\sigma_x^4\mu_x^2 + 5\sigma_x^2\mu_x^4)^{1/2}$
8.3	z = x <sup>n</sup>	$\mu_x^n$	$n\mu_x^{n-1}\sigma_x$
8.4	z = x <sup>1/2</sup>	$\left(\frac{1}{2}\sqrt{4\mu_x^2 - 2\sigma_x^2}\right)^{1/2}$	$\left(\mu_x - \frac{1}{2}\sqrt{4\mu_x^2 - 2\sigma_x^2}\right)^{1/2}$
9	矢量：z = (x <sup>2</sup> + y <sup>2</sup> ) <sup>1/2</sup>	$(\mu_x^2 + \mu_y^2)^{1/2}$	$\left(\frac{\mu_x^2\sigma_y^2 + \mu_y^2\sigma_x^2}{\mu_x^2 + \mu_y^2}\right)^{1/2}$

注：1. 对于加、减运算，公式是精确的。

2. 其余的运算是近似的，当  $C_{vx} = \frac{\sigma_x}{\mu_x} < 0.10$ ， $C_{vy} = \frac{\sigma_y}{\mu_y} < 0.10$  时，结果是足够近似的。

方程求出螺栓直径；若给定螺栓直径，则可按联结方程求出联结因数，再由标准正态分布表

22.1-52 查出相应的可靠度，分析可靠度对螺栓尺寸变化的敏感度。

表 22.1-52 标准正态分布表

$Z_k$	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
0.0	0.500 00	50 399	50 798	51 197	51 595	51 994	52 392	52 790	53 188	53 586
0.1	53 983	54 380	54 776	55 172	55 567	55 962	56 356	56 749	57 142	57 535
0.2	57 926	58 317	58 706	59 095	59 483	59 871	60 257	60 642	61 026	61 409
0.3	61 791	62 172	62 552	62 930	63 307	63 683	64 058	64 431	64 803	65 173
0.4	65 542	65 910	66 276	66 640	67 003	67 364	67 724	68 082	68 439	68 793
0.5	69 146	69 497	69 847	70 194	70 540	70 884	71 226	71 566	71 904	72 240
0.6	72 575	72 907	73 237	73 565	73 891	74 215	74 537	74 857	75 175	75 490
0.7	75 804	76 115	76 424	76 730	77 035	77 337	77 637	77 935	78 230	78 524
0.8	78 814	79 103	79 389	79 673	79 955	80 234	80 511	80 785	81 057	81 327
0.9	81 594	81 859	82 121	82 381	82 639	82 894	83 147	83 398	83 646	83 891
1.0	84 134	84 375	84 614	84 850	85 083	85 314	85 543	85 769	85 993	86 214
1.1	86 433	86 650	86 864	87 076	87 286	87 493	87 698	87 900	88 100	88 298
1.2	88 493	88 686	88 877	89 065	89 251	89 435	89 617	89 796	89 973	90 147
1.3	90 320	90 490	90 658	90 824	90 988	91 149	91 309	91 466	91 621	91 774
1.4	91 924	92 073	92 220	92 364	92 507	92 647	92 786	92 922	93 056	93 189
1.5	93 319	93 448	93 574	93 699	93 822	93 943	94 062	94 179	94 295	94 408
1.6	94 520	94 630	94 738	94 845	94 950	95 053	95 154	95 254	95 352	95 449
1.7	95 543	95 637	95 728	95 818	95 907	95 994	96 080	96 164	96 246	96 327
1.8	96 407	96 485	96 562	96 638	96 712	96 784	96 856	96 926	96 995	97 062
1.9	97 128	97 193	97 257	97 320	97 381	97 441	97 500	97 558	97 615	97 670
2.0	97 725	97 778	97 831	97 882	97 932	97 982	98 030	98 077	98 124	98 169
2.1	98 214	98 257	98 300	98 341	98 382	98 422	98 461	98 500	98 537	98 574
2.2	98 610	98 645	98 679	98 713	98 745	98 778	98 809	98 840	98 870	98 899
2.3	98 928	98 956	98 983	99 010	99 036	99 061	99 086	99 111	99 134	99 158
2.4	99 180	99 202	99 224	99 245	99 266	99 286	99 305	99 324	99 343	99 361
2.5	99 379	99 396	99 413	99 430	99 446	99 461	99 477	99 492	99 506	99 520
2.6	99 534	99 547	99 560	99 573	99 585	99 598	99 609	99 621	99 632	99 643
2.7	99 653	99 664	99 674	99 683	99 693	99 702	99 711	99 720	99 728	99 736
2.8	99 744	99 752	99 760	99 767	99 774	99 781	99 788	99 790	99 801	99 807
2.9	99 813	99 819	99 825	99 831	99 836	99 841	99 846	99 851	99 856	99 861
$Z_R$	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
3	0.998 65	99 903	99 931	99 952	99 966	99 977	99 984	99 989	99 993	99 995

## 9 螺纹联接的标准元件

## 9.1 螺栓和螺柱 (见表 22.1-53)

表 22.1-53 螺栓、螺柱汇总表

类别	名称	标准	规格范围		螺栓头部尺寸/mm	特点及应用
			$d/mm$	$l/mm$		
六角头	六角头螺栓 C级	GB/T 5780—2000	M5—M64	25—500	$s=8-95$	应用广泛, 产品分 A、B 和 C 三个等级; A 级精度最高, C 级精度最低; A 级用于装配精度高、振动冲击较大或承受变载荷的重要联接 A 级螺栓: $d \leq 24 \text{ mm}$ , $l \leq 10d$ 或 $l \leq 150 \text{ mm}$ B 级螺栓: $d > 24 \text{ mm}$ , $l > 10d$ 或 $l > 150 \text{ mm}$
	六角头螺栓 全螺纹 C级	GB/T 5781—2000		10—500	$e=8.63-104.86$ $k=3.5-40$	
	六角头螺栓	GB/T 5782—2000	M3—M64	20—400	$s=5.5-95$ $e=6.01-104.86$ $k=2-40$	
	六角头螺栓 全螺纹	GB/T 5783—2000	M3—M64	6—500	$s=5.5-95$ $e=6.61-104.86$ $k=2-40$	
	六角头螺栓 细牙	GB/T 5785—2000	M8×1— M64×4	35—400		
	六角头螺栓 细牙全螺纹	GB/T 5786—2000		16—400		
	六角头螺栓—细杆—B级	GB/T 5784—1986	M3—M20	20—150	$s=5.5-30$ $e=5.98-32.95$ $k=2-12.5$	
六角法兰面	六角法兰面螺栓—加大系列—B级	GB/T 5789—1986	M5—M20	10—200	$s=8-30$	防松性能好, 应用愈来愈广泛
	六角法兰面螺栓—加大系列—细杆—B级	GB/T 5790—1986		30—200	$e=8.56-32.66$ $k=5.4-17.7$	
六角头头部带孔、带槽	六角头头部带孔螺栓 细杆 B级	GB/T 32.2—1988	M6—M20	25—150	$d_1=1.6-3.0$ $h=2.0-6.2$	使用时, 可通过机械方法将螺栓锁合、防松可靠
	六角头头部带孔螺栓 A 和 B 级	GB/T 32.1—1988	M6—M48	30—400	$d_1=1.6-4.0$ $h=2.0-15$	
	六角头头部带孔螺栓 细牙 A 和 B 级	GB/T 32.3—1988	M8×1— M48×3	35—400	$d_1=2-4$ $h=2.6-15$	
	六角头头部带槽螺栓 A 和 B 级	GB/T 29.4—1988	M3—M12	6—100	$n=0.86-3.06$ $t=0.7-3$	
六角头螺杆带孔	六角头螺杆带孔螺栓 A 和 B 级	GB/T 31.1—1988	M6—M48	30—300	$d_1=1.85-8.36$	螺杆上制出开口销孔或金属丝孔, 采用机械防松, 防松可靠
	六角头螺杆带孔螺栓 细牙 A 和 B 级	GB/T 31.3—1988	M8×1— M48×3	35—300	$d_1=2.25-8.36$	
	六角头螺杆带孔螺栓 细杆 B 级	GB/T 31.2—1988	M6—M20	25—150	$d_1=1.85-4.30$	
十字槽凹穴六角头	十字槽凹穴六角头螺栓	GB/T 29.2—1988	M4—M8	8—60	$s=7-13$ $e=7.5-14.20$ $k=2.8-5.30$	安装拧紧方便, 主要用于受载较小的轻工、仪器仪表

仪器提醒您：  
使用本仪器前，  
请尊重相关知识产权。

续表 22.1-53

类别	名称	标准	规格范围		螺栓头部 尺寸/mm	特点及应用
			d/mm	l/mm		
六角头铰制孔	六角头铰制孔用螺栓 A 和 B 级	GB/T 27—1988	M6 ~ M48	25 ~ 300	s = 10 ~ 75 e = 10.89 ~ 82.60 k = 4.24 ~ 26.42	承受横向载荷, 能精 确保证被联接件的相互 位置, 加工精度要求高
	六角头螺杆带孔铰制孔用螺栓 A 和 B 级	GB/T 28—1988				
方头	方头螺栓 C 级	GB/T 8—1988	M10 ~ M48	20 ~ 300	s = 16 ~ 75 e = 20.24 ~ 95.03 k = 7 ~ 30	方头尺寸小, 便于扳 手口卡住或靠其他零件 防止转动。可用于 T 形 槽中, 便于在槽中位置 调整
	小方头螺栓 B 级	GB/T 35—1988	M5 ~ M48	20 ~ 300	s = 8 ~ 75 e = 9.93 ~ 95.05 k = 3.5 ~ 26	
沉头	沉头方颈螺栓	GB/T 10—1988	M6 ~ M20	25 ~ 200	d <sub>k</sub> = 11.05 ~ 36.80 k = 6.1 ~ 15.05	方颈或榫有正转作 用。多用于零件表面 要求平坦或不阻挂东 西的场合
	沉头带榫螺栓	GB/T 11—1988	M6 ~ M24	25 ~ 200	d <sub>k</sub> = 11.05 ~ 45.80 k = 4.1 ~ 16.5	
	沉头双榫螺栓	GB/T 800—1988	M6 ~ M12	25 ~ 80	d <sub>k</sub> = 11.05 ~ 21.65 k = 3.0 ~ 5.5	
半圆头	半圆头带榫螺栓	GB/T 13—1988	M6 ~ M24	20 ~ 200	d <sub>k</sub> = 12.1 ~ 43.6 k = 4.08 ~ 17.1	多用于由于结构受 限制而不能使用其他 螺栓头或零件表面要 求光滑的场合。半圆 头方颈螺栓多用于金 属件、大半圆头的用 于木制件
	半圆头方颈螺栓	GB/T 12—1988	M6 ~ M20	16 ~ 200	d <sub>k</sub> = 13.1 ~ 41.6 k = 4.08 ~ 13.1	
	大半圆头方颈螺栓 C 级	GB/T 14—1998	M6 ~ M24	20 ~ 200	d <sub>k</sub> = 15.1 ~ 53.9 k = 3.48 ~ 13.1	
	大半圆头带榫螺栓	GB/T 15—1988	M6 ~ M24	20 ~ 200	d <sub>k</sub> = 15.1 ~ 53.9 k = 3.48 ~ 13.1	
T 形槽	T 形槽用螺栓	GB/T 37—1988	M5 ~ M48	25 ~ 300	D = 12 ~ 105 s = 9 ~ 86 k = 4.24 ~ 32.5	螺栓插入被联接件 T 形槽中, 靠 T 形槽防止 转动, 构成联接, 多用于 工装
地脚用铰链用	地脚螺栓	GB/T 799—1988	M6 ~ M48	80 ~ 1 500	D = 10 ~ 70 h = 41 ~ 302	用于水泥基础中机座 的固定
铰链用	活节螺栓	GB/T 798—1988	M4 ~ M36	20 ~ 300	D = 8 ~ 64 s = 5 ~ 40	多用于经常拆装的场 所和工装
钢结构用	钢结构用扭剪型高强度螺栓联接副	GB/T 3632—1995	M16 ~ M24	40 ~ 180	d <sub>k</sub> = 30 ~ 44 k = 10 ~ 15	强度高, 主要用于桥 梁、塔架等钢结构
双头螺栓	等长双头螺栓 B 级	GB/T 901—1988	M2 ~ M56	10 ~ 500		用于被联接件太厚不 使用螺栓或因拆装频繁 不宜采用螺钉联接的场 合, 双头螺栓通常一端 旋入螺孔, 一端用螺母 联接, 等长双头螺栓则 两端均配螺母
	等长双头螺栓 C 级	GB/T 953—1988	M8 ~ M48	100 ~ 2 500		
	双头螺栓: b <sub>m</sub> = 1d	GB/T 897—1988	M5 ~ M48	16 ~ 300		
	b <sub>m</sub> = 1.25d	GB/T 898—1988	M5 ~ M48	16 ~ 300		
	b <sub>m</sub> = 1.5d	GB/T 899—1988	M2 ~ M48	12 ~ 300		
b <sub>m</sub> = 2d	GB/T 900—1988	M2 ~ M48	12 ~ 300			
	螺杆	GB/T 15389—1994	M4 ~ M42 M8 × 1 ~ M42 × 3	1 000 ~ 4 000		

9.2 螺钉 (见表 22.1-54)

表 22.1-54 螺钉汇总表

超星浏览器提醒您：  
使用本复制品  
请尊重相关知识产权！

类别	名称	标准编号	规格范围		螺钉头部尺寸/mm	特点及应用	
			d/mm	l/mm			
机 螺 钉	十字槽盘头螺钉	GB/T 818—2000	M1.6 ~ M10	3 ~ 60	$d_k = 3.2 \sim 20$ $k = 1.3 \sim 7.5$	十字槽拧紧时对中性好, 易实现自动装配, 生产率高, 槽的强度高, 不易打滑	
	十字槽沉头螺钉	GB/T 819.1—2000 GB/T 819.2—1997	M1.6 ~ M10	3 ~ 60	$d_k = 3.6 \sim 20$ $k = 1 \sim 5$		
	十字槽半沉头螺钉	GB/T 820—2000					
	十字槽圆柱头螺钉	GB/T 822—2000	M2 ~ M10	3 ~ 60	$d_k = 3.5 \sim 15.0$ $k = 1.4 \sim 6.0$		
	十字槽小盘头螺钉	GB/T 823—1988	M2 ~ M8	3 ~ 60	$d_k = 3.5 \sim 14.0$ $k = 1.4 \sim 5.4$		
	开槽圆柱头螺钉	GB/T 65—2000	M1.6 ~ M10	2 ~ 80	$d_k = 3.00 \sim 16$ $k = 1.10 \sim 6$	开槽螺钉, 多用于较小零件的联接	
	开槽盘头螺钉	GB/T 67—2000	M1.6 ~ M10	2 ~ 80	$d_k = 3.2 \sim 20$ $k = 1 \sim 6$		
	开槽沉头螺钉	GB/T 68—2000	M1.6 ~ M10	2.5 ~ 80	$d_k = 3 \sim 18.3$ $k = 1 \sim 5$		
	开槽半沉头螺钉	GB/T 69—2000					
	内六角花形圆柱头螺钉—4.8级	GB/T 6190—1986	M6 ~ M20	8 ~ 80	$d_k = 10 \sim 30$ $k = 3.9 \sim 13$	内六角可承受较大的拧紧力矩, 联接强度高, 可替代六角头螺栓, 头部可埋入零件沉孔中, 外形平滑, 结构紧凑	
	内六角花形圆柱头螺钉—8.8和10.9级	GB/T 6191—1986					
	内六角花形盘头螺钉	GB/T 2672—1986	M6 ~ M12	8 ~ 80	$d_k = 12 \sim 24$ $k = 4.6 \sim 9$		
	内六角花形沉头螺钉	GB/T 2673—1986	M6 ~ M20	8 ~ 80	$d_k = 11.3 \sim 36$ $k = 3.3 \sim 10$		
	内六角花形半沉头螺钉	GB/T 2674—1986					
	内六角圆柱头螺钉	GB/T 70.1 ~ 70.3—2000	M1.6 ~ M36	2 ~ 200	$d_k = 3 \sim 54$ $k = 1.6 \sim 36$		
	内六角圆柱头轴肩螺钉	GB/T 5281—1985	M5 ~ M20	10 ~ 120	$d_k = 10 \sim 36$ $k = 4.5 \sim 16$		
紧 定 螺 钉	开槽锥端紧定螺钉	GB/T 71—1985	M1.2 ~ M12	2 ~ 60		锥端 靠端头直接顶紧零件, 一般用于不常拆装或零件硬度不高的场合	
	开槽平端紧定螺钉	GB/T 73—1985					
	开槽凹端紧定螺钉	GB/T 74—1985					
	开槽长圆柱紧定螺钉	GB/T 75—1985	M1.6 ~ M12			平端 端头平滑, 不伤零件表面, 多用于受载小, 经常调节位置的场合	
	内六角平端紧定螺钉	GB/T 77—2000					
	内六角锥端紧定螺钉	GB/T 78—2000	M1.6 ~ M24	2 ~ 60			凹端 适用于零件硬度较大的场合
	内六角凹端紧定螺钉	GB/T 80—2000					
	内六角圆柱端紧定螺钉	GB/T 79—2000					

超星浏览器提醒您：  
使用本复制品  
请尊重知识产权！

续表 22.1-54

类别	名称	标准编号	规格范围		螺钉钉头尺寸/mm	特点及应用
			d/mm	l/mm		
紧定螺钉	方头长圆柱球面端紧定螺钉	GB/T 83—1988	M8~M20	16~100	s=8~22 e=9.7~27.1 k=9~23	圆柱端 承载能力高, 用于位置经常调节或固定安装在管轴上的零件。使用时应有防松措施。球面端 除压顶平面外, 还可压在零件的圆高中。紧定螺钉的硬度 螺钉硬度高于零件硬度。一般螺钉的热处理硬度为 28~38HRC
	方头凹端紧定螺钉	GB/T 84—1988	M5~M20	10~100	s=5~22 e=6~27.1 k=5~18	
	方头长圆柱端紧定螺钉	GB/T 85—1988		12~100		
	方头短圆柱端紧定螺钉	GB/T 86—1988				
	方头侧角端紧定螺钉	GB/T 821—1988	M5~M20	8~100	s=5~22 e=6~27.1 k=5~18	
定位螺钉	开槽盘头定位螺钉	GB/T 828—1988	M1.6~M10	1.5~20	d <sub>k</sub> =3.2~20 k=1.0~6.0	主要作用是定位, 但可传递不大的载荷
	开槽圆柱端定位螺钉	GB/T 829—1988	M1.6~M10	1.0~20		
	开槽锥端定位螺钉	GB/T 72—1988	M3~M12	4~50		
不脱出螺钉	开槽盘头不脱出螺钉	GB/T 837—1988	M3~M10	10~60	d <sub>k</sub> =5.6~20.0 k=1.8~6.0	多用于冲击振动较大, 不允许脱出的联接。可在细的螺牙处装防脱元件
	六角头不脱出螺钉	GB/T 838—1988	M5~M16	14~100	s=8~24 e=8.79~26.75 k=3.5~10	
	滚花头不脱出螺钉	GB/T 839—1988	M3~M10	10~60	d <sub>k</sub> =5~17 k=4.5~13.5	
	开槽沉头不脱出螺钉	GB/T 948—1988	M3~M10	10~60	d <sub>k</sub> =6.3~20.0 k=1.65~5.00	
	开槽半沉头不脱出螺钉	GB/T 949—1988	M3~M10	10~60	d <sub>k</sub> =5.5~18.3 k=1.65~5.00	
自攻螺钉	十字盘头自攻螺钉	GB/T 845—1985	ST2.2~ST9.5	4.5~50	d <sub>k</sub> =4~20 k=1.6~7.5	多用于较薄的钢板和有色金属板的联接。螺钉硬度较高, 一般热处理硬度为 50~58HRC。被联接件可不预先制出螺纹。在联接时, 利用螺钉攻出螺纹
	十字槽沉头自攻螺钉	GB/T 846—1985	ST2.2~ST9.5	4.5~50	d <sub>k</sub> =3.8~18.3 k=1.1~5.25	
	十字槽半沉头自攻螺钉	GB/T 847—1985	ST2.2~ST9.5	4.5~50	d <sub>k</sub> =3.8~18.3 k=1.1~5.25	
	六角头自攻螺钉	GB/T 5285—1985	ST2.2~ST9.5	4.5~50	s=3.2~16 e=3.38~17.62 k=1.6~7.5	
	十字槽沉头自攻锁紧螺钉	GB/T 6561—1986	M2.5~M6	6~40	d <sub>k</sub> =4.7~11.3 k=1.5~3.3	
	六角头自攻锁紧螺钉	GB/T 6563—1986	M5~M12	10~80	s=8~18 e=8.79~20.03 k=3.5~7.5	
特殊用途螺钉	开槽圆柱头轴位螺钉	GB/T 830—1988	M1.6~M10	1~20	d <sub>k</sub> =3.5~20 k=1.32~6.24	多用于受载较小的工业设备的联接
	开槽无头轴位螺钉	GB/T 831—1988	M1.6~M10	2~20		



超星浏览器提醒您  
使用本复制品  
请尊重知识产权!

续表 22.1-54

类别	名称	标准编号	规格范围		螺钉头部尺寸/mm	特点及应用
			d/mm	l/mm		
特殊用途螺钉	开槽带孔球面圆柱头螺钉	GB/T 832—1988	M1.6~M10	2.5~60	$d_k = 3 \sim 15$ $k = 2.6 \sim 12.5$	多用于受载较小的工 装设备的联接
	滚花高头螺钉	GB/T 834—1988	M1.6~M10	2~35	$d_k = 7 \sim 30$ $k = 4.7 \sim 20$ $k_1 = 2 \sim 8$	
	滚花平头螺钉	GB/T 835—1988	M1.6~M10	2~45	$d_k = 7 \sim 30$ $k = 4.7 \sim 20$	
	滚花小头螺钉	GB/T 836—1988	M1.6~M6	3~40	$d_k = 3.5 \sim 10$ $k = 10 \sim 13$	
	塑料滚花头螺钉	GB/T 840—1988	M4~M16	8~80	$d_k = 12 \sim 40$ $k = 5 \sim 12$	
	开槽球面圆柱头轴位螺钉	GB/T 946—1988	M1.6~M10	1~20	$d_k = 3.5 \sim 20$ $k = 1.2 \sim 6$	
	吊环螺钉	GB/T 825—1988	M8~ M100×6	16~140	$D_1 = 20 \sim 200$ $d_2 = 36 \sim 350$ $h = 18 \sim 175$	用于起吊机械等
	精度机械用紧固件 十字槽螺钉	GB/T 13806.1 —1992	M1.2~M3	1.6~10	$d_k = 2 \sim 15$ $k = 0.55 \sim 1.40$	主要用于仪器、仪表 等精密机械

9.3 螺母 (见表 22.1-55)

表 22.1-55 螺母汇总表

类别	名称	标准编号	规格范围 D/mm	外形尺寸/ mm	特点及应用
方形	方螺母 C级	GB/T 39—1988	M3~M24	$s = 5.5 \sim 36$ $e = 6.76 \sim 45.5$ $m = 2.4 \sim 19$	扳手卡口大, 不易打滑, 用于结构简单、支承面粗 糙的场合
六角形	1型六角螺母	GB/T 6170—2000	M1.6~M64	$s = 3.2 \sim 95$ $e = 3.41 \sim 104.86$ $m = 1.3 \sim 51$	应用较多, 产品分 A、 B、C 三个等级, A 级精度 最高, C 级最差。A 级螺 母 $D \leq 16$ mm, B 级螺母 $D > 16$ mm。2 型较 1 型螺 母约厚 10%, 性能等级也 略高 薄螺母在双螺母防松时, 作为副螺母使用 厚螺母用于经常拆装的 场合 扁螺母用于受切向力为 主或结构尺寸要求紧凑的 场合 六角法兰螺母防松性能 较好, 可省去弹簧垫圈 球面六角螺母多用于管 路的联接
	六角薄螺母	GB/T 6172.1~ 6172.2—2000	M1.6~M64	$s = 3.2 \sim 95$ $e = 3.41 \sim 104.86$ $m = 1 \sim 32$	
	1型六角螺母 细牙	GB/T 6171—2000	M8×1~M64×4	$s = 13 \sim 95$ $e = 14.38 \sim 104.86$ $m = 6.8 \sim 51$	
	六角薄螺母 细牙	GB/T 6173—2000	M8×1~M64×4	$s = 13 \sim 95$ $e = 14.38 \sim 104.86$ $m = 4 \sim 32$	
	六角螺母 C级	GB/T 41—2000	M5~M64	$s = 8 \sim 95$ $e = 8.63 \sim 104.86$ $m = 5.6 \sim 52.4$	
	2型六角螺母	GB/T 6175—2000	M5~M36	$s = 8 \sim 55$ $e = 8.79 \sim 60.79$ $m = 5.1 \sim 34.7$	
	2型六角螺母 细牙	GB/T 6176—2000	M8×1~M36×3	$s = 13 \sim 55$ $e = 14.38 \sim 60.79$ $m = 7.5 \sim 34.7$	

超星浏览器提醒您：  
使用本复制品  
请尊重知识产权！

续表 22.1-55

类别	名称	标准编号	规格范围 D/mm	外形尺寸/ mm	特点及应用
六角形	六角薄螺母 无倒角	GB/T 6174—2000	M1.6~M10	$s = 3.2 \sim 16$ $e = 3.28 \sim 17.59$ $m = 1 \sim 5$	应用较多，产品分 A、B、C 三个等级，A 级精度最高，C 级最差。A 级螺母 $D \leq 16$ mm，B 级螺母 $D > 16$ mm；2 型较 1 型螺母约厚 10%，性能等级也略高 薄螺母在双螺母防松时，作为副螺母使用 厚螺母用于经常拆装的场合 扁螺母用于受切向力为主或结构尺寸要求紧凑的场合 六角法兰螺母防松性能较好，可省去弹簧垫圈 球面六角螺母多用于管路的联接
	小六角特扁细牙螺母	GB/T 808—1988	M4×0.5~M24×1	$s = 7 \sim 32$ $e = 7.66 \sim 35.72$ $m = 1.7 \sim 3.74$	
	六角厚螺母	GB/T 56—1988	M16~M48	$s = 24 \sim 75$ $e = 26.17 \sim 82.60$ $m = 25 \sim 75$	
	六角法兰面螺母	GB/T 6177.1~6177.2—2000	M5~M20	$s = 8 \sim 30$ $e = 8.79 \sim 33.53$ $m = 5 \sim 20$	
	球面六角螺母	GB/T 804—1988	M6~M48	$s = 10 \sim 75$ $e = 11.05 \sim 82.60$ $m = 10.29 \sim 75.6$	
六角开槽	1 型六角开槽螺母—C 级	GB/T 6179—1986	M5~M36	$s = 8 \sim 55$ $e = 8.63 \sim 60.79$ $m = 7.6 \sim 40.9$	配开口销防止松退，用于振动、冲击、变载荷等易发生螺母松退的场合
	2 型六角开槽螺母—A 和 B 级	GB/T 6180—1986	M5~M36	$s = 8 \sim 55$ $e = 8.79 \sim 60.79$ $m = 7.1 \sim 43.7$	
	六角开槽薄螺母—A 和 B 级	GB/T 6181—1986	M5~M36	$s = 8 \sim 55$ $e = 8.79 \sim 60.79$ $m = 5.1 \sim 34.7$	
	1 型六角开槽螺母—A 和 B 级	GB/T 6178—1986	M4~M36	$s = 7 \sim 55$ $e = 7.66 \sim 60.79$ $m = 5 \sim 40$	
	1 型六角开槽螺母细牙 A 和 B 级	GB/T 9457—1988	M8×1~M36×3	$s = 13 \sim 55$ $e = 14.38 \sim 60.79$ $m = 9.8 \sim 40$	
	2 型六角开槽螺母细牙 A 和 B 级	GB/T 9458—1988	M8×1~M36×3	$s = 13 \sim 55$ $e = 14.38 \sim 60.79$ $m = 10.5 \sim 43.7$	
	六角开槽薄螺母细牙 A 和 B 级	GB/T 9459—1988	M8×1~M36×3	$s = 13 \sim 55$ $e = 14.38 \sim 60.79$ $m = 7.5 \sim 34.7$	
六角锁紧及扣紧	1 型全金属六角锁紧螺母	GB/T 6184—2000	M5~M36	$s = 8 \sim 55$ $e = 8.79 \sim 60.79$ $h = 5.3 \sim 32.5$	带嵌件锁紧螺母 防松性能好，弹性好 扣紧螺母 一般与六角螺母配合使用，防止螺母松退
	2 型全金属六角锁紧螺母	GB/T 6185.1~6185.2—2000	M5~M36	$s = 8 \sim 55$ $e = 8.79 \sim 60.79$ $h = 5.4 \sim 36$	
		GB/T 6186—2000	M6~M36	$s = 10 \sim 55$ $e = 11.05 \sim 60.79$ $h = 6.7 \sim 38.5$	

超星浏览器提醒您  
 使用本复制品  
 请尊重知识产权!

续表 22.1-55

类别	名称	标准号	规格范围 D/mm	外形尺寸 mm	特点及应用
六角锁紧及扣紧	1型非金属嵌件六角锁紧螺母	GB/T 889.1~889.2-2000	M3~M36	$s = 5.5 \sim 55$ $e = 6.01 \sim 60.79$ $m = 2.15 \sim 29.4$ $h = 4.5 \sim 38.9$	带嵌件锁紧螺母 防松性能好, 弹性好 扣紧螺母 一般与六角螺母配合使用, 防止螺母松退
	2型非金属嵌件六角锁紧螺母	GB/T 6182-2000	M5~M36	$s = 8 \sim 55$ $e = 8.79 \sim 60.79$ $m = 4.8 \sim 33.1$ $h = 7.2 \sim 42.6$	
	非金属嵌件六角法兰面锁紧螺母	GB/T 6183.1~6183.2-2000	M5~M20	$s = 8 \sim 30$ $e = 8.79 \sim 33.53$ $m = 4.7 \sim 18.9$	
	全金属六角法兰面锁紧螺母	GB/T 6187.1~6187.2-2000	M5~M20	$s = 8 \sim 30$ $e = 8.79 \sim 33.53$ $m = 4.7 \sim 18.9$	
	扣紧螺母	GB/T 805-1988	M6×1~M48×5	$s = 10 \sim 75$ $e = 11.5 \sim 86.5$ $m = 3 \sim 14$	
异形	蝶形螺母	GB/T 62-1988	M3×0.5~M16×1.5	$R = 3 \sim 10$ $L = 20 \sim 72$ $k = 8 \sim 32$ $m = 3.5 \sim 14$	蝶形、环形螺母 一般不用工具即可拆装, 通常用于经常拆装和受载不大的地方
	组合式盖形螺母	GB/T 802-1988	M5~M24	$s = 8 \sim 36$ $e = 8.79 \sim 39.55$ $m = 9 \sim 40$ $h = 5.5 \sim 22$	盖形螺母 用于在端部螺纹需要罩盖处
	圆螺母	GB/T 812-1988	M10×1~M60×2	$d_k = 22 \sim 250$ $m = 8 \sim 30$	圆螺母 多为细牙螺纹, 常用于直径较大的联接, 一般配圆螺母止动垫圈
	小圆螺母	GB/T 810-1988	M10×1~M200×3	$d_k = 20 \sim 240$ $m = 6 \sim 22$	小圆螺母外径、厚度较小, 结构紧凑, 适用于两件成组使用, 可作轴向微调
	环形螺母	GB/T 63-1988	M12~M24	$d_k = 24 \sim 46$ $m = 15 \sim 26$ $L = 66 \sim 98$ $k = 52 \sim 84$	滚花螺母和带槽螺母多用于工艺装备
	滚花高螺母	GB/T 806-1988	M1.6~M10	$d_k = 7 \sim 30$ $m = 4.7 \sim 20$ $k = 2 \sim 8$	
	滚花薄螺母	GB/T 807-1988	M1.4~M10	$d_k = 6 \sim 30$ $m = 2 \sim 8$ $k = 1.5 \sim 6$	
	盖形螺母	GB/T 923-1988	M3~M24	$s = 5.5 \sim 36$ $e = 6.01 \sim 39.55$ $m = 6 \sim 38$ $h = 2.5 \sim 19$	
	端面带孔圆螺母	GB/T 815-1988	M2~M10	$d_k = 5.5 \sim 22$ $m = 2 \sim 8$	
	侧面带孔圆螺母	GB/T 816-1988	M2~M10	$d_k = 5.5 \sim 22$ $m = 2 \sim 8$	
	带槽圆螺母	GB/T 817-1988	M1.4~M12	$d_k = 3 \sim 22$ $m = 1.6 \sim 10$	

超星浏览器提醒您：  
使用本复制品，  
请尊重相关知识产权！

## 9.4 垫圈及挡圈 (见表 22.1-56)

表 22.1-56 垫圈及挡圈汇总表

类别	名称	标准编号	规格范围 (螺纹大径) /mm	外形尺寸/ mm	特点及应用
圆形	平垫圈—A级	GB/T 97.1—1985	1.6~36	$d_2=4\sim66$ $h=0.3\sim5$	一般用于金属零件的联接, 增加支承面积, 防止损伤零件表面。大垫圈多用于木制结构中
	平垫圈—C级	GB/T 95—1985	5~36	$d_2=10\sim66$ $h=1\sim5$	
	平垫圈 倒角型—A级	GB/T 97.2—1985	5~36	$d_2=10\sim66$ $h=1\sim5$	
	小垫圈—A级	GB/T 848—1985	1.6~36	$d_2=3.5\sim60$ $h=0.3\sim5$	
	大垫圈—A和C级	GB/T 96—1985	3~36	$d_2=9\sim110$ $h=0.8\sim8$	
	特大垫圈 C级	GB/T 5287—1985	5~36	$d_2=18\sim125$ $h=2\sim8$	
异形	工字钢用方斜垫圈	GB/T 852—1988	6~36	$B=16\sim70$ $H=2\sim3$ $H_1=4.7\sim14.7$	方斜垫圈用于槽钢、工字钢翼缘类倾斜面垫平, 使联接件免受弯矩作用 球面垫圈与锥面垫圈配合使用, 具有自动调位作用, 多用于工装设备 开口垫圈可从侧面装拆, 用于工装设备
	槽钢用方斜垫圈	GB/T 853—1988	6~36	$B=16\sim70$ $H=2\sim3$ $H_1=3.6\sim10$	
	球面垫圈	GB/T 849—1988	6~48	$D=12.5\sim92.00$ $h=3.00\sim20.00$ $SR=10\sim70$	
	锥面垫圈	GB/T 850—1988	6~48	$D=12.5\sim92$ $h=2.6\sim17.4$	
	开口垫圈	GB/T 851—1988	5~36	$D=16\sim160$ $H=4\sim20$	
弹簧及弹性垫圈	标准型弹簧垫圈	GB/T 93—1987	2~48	$d=2.1\sim48.5$ $s, b=0.5\sim12$ $H=1.25\sim30$	靠弹性及斜口摩擦防松, 广泛用于经常拆装的联接
	重型弹簧垫圈	GB/T 7244—1987	6~36	$d=6.1\sim36.5$ $s=1.8\sim10.8$ $b=2.6\sim11.0$ $H=4.5\sim27$	
	轻型弹簧垫圈	GB/T 859—1987	3~30	$d=3.1\sim30.5$ $s=0.6\sim6$ $b=1\sim9$ $H=1.5\sim15$	
	波形弹性垫圈	GB/T 955—1987	3~30	$D=8\sim56$ $H=1.6\sim10$ $s=0.5\sim2$	靠弹性变形压紧紧固件防松, 波形弹力较大, 受力均匀, 鞍形变形大, 支承面积小
	波形弹簧垫圈	GB/T 7246—1987	3~30	$d=3.4\sim31.5$ $s=0.6\sim6$ $b=1\sim9$ $H=1.3\sim10.5$	
	鞍形弹性垫圈	GB/T 860—1987	2~10	$D=4.5\sim18$ $s=0.3\sim0.8$ $H=1\sim4$	

超星浏览器提醒您：  
 使用本复制品  
 请尊重知识产权！

续表 22.1-56

类别	名称	标准编号	规格范围 (螺纹大径) /mm	外形尺寸 / mm	特点及应用	
弹簧及弹性垫圈	鞍形弹簧垫圈	GB/T 7245—1987	3~30	$d = 3.4 \sim 31.5$ $s = 0.6 \sim 6$ $b = 1 \sim 9$ $H = 1.3 \sim 10.5$	靠弹性变形压紧紧固件防松，波形弹力较大，受力均匀，鞍形变形大，支承面积小	
	锥形锁紧垫圈	GB/T 956.1—1987	3~12	$D = 6 \sim 23$	防松可靠、受力均匀、不宜用在经常拆装和材料较软的联接中	
	锥形锯齿锁紧垫圈	GB/T 956.2—1987	3~12	$d = 3.5 \sim 12.93$ $s = 0.4 \sim 1.0$		
止动垫圈	内齿锁紧垫圈	GB/T 861.1—1987	2~20	$D = 4.5 \sim 33$	内齿用于螺钉头部尺寸较小的联接，外齿应用较多、防松可靠	
	外齿锁紧垫圈	GB/T 862.1—1987	2~20	$d = 2.45 \sim 21.52$ $s = 0.3 \sim 1.5$		
	单耳止动垫圈	GB/T 854—1988	2.5~48	$D = 8 \sim 100$ $L = 10 \sim 80$ $B_1 = 6 \sim 90$ $s = 0.4 \sim 1.5$		允许螺母拧紧在任意位置加以锁合、防松可靠
	双耳止动垫圈	GB/T 855—1988	2.5~4.8	$D = 5 \sim 75$ $L_1 = 4 \sim 50$ $B = 3 \sim 40$ $s = 0.4 \sim 1.5$		
外舌止动垫圈	GB/T 856—1988	2.5~48	$D = 10 \sim 100$ $s = 0.4 \sim 1.5$			
	圆螺母用止动垫圈	GB/T 858—1988	10~200	$D = 25 \sim 256$ $D_1 = 16 \sim 230$ $s = 1.0 \sim 2.5$	与圆螺母配合使用，可用于滚动轴承的固定	
挡圈	螺栓紧固轴端挡圈	GB/T 892—1986	20~100	$D = 20 \sim 100$ $H = 4 \sim 8$	用于锁紧固定在轴端的零件	
	螺钉紧固轴端挡圈	GB/T 891—1986	20~100	$D = 20 \sim 100$ $H = 4 \sim 8$		
	螺钉锁紧挡圈	GB/T 884—1986	8~90	$D = 20 \sim 125$ $H = 10 \sim 22$		
	带锁圈的螺钉锁紧挡圈	GB/T 885—1986	8~90	$D = 20 \sim 125$ $H = 10 \sim 22$		

## 第2章 销 联 接

### 1 销联接的类型、特点和应用

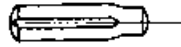
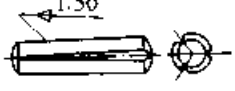



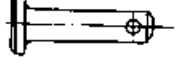
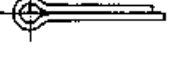
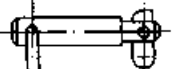
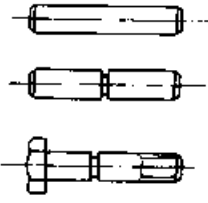
销联接主要用来固定零件之间的相互位置，也可用于轴与毂的联接或其他零件的联接，并可

传递不大的载荷，此外，销还可作为安全装置中的过载剪断元件。销可分为圆柱销、圆锥销及异形销等，其特点和应用见表 22.2-1。

表 22.2-1 销联接的类型、特点和应用

类型	图形	标准	特点	应用	
圆 柱 销	普通圆柱销	GB/T 119.1~119.2-2000	销孔需要铰制，多次装卸后会降低定位的精度和联接的紧固性。只能传递不大的载荷	直径公差带有 m6 (A型)、h8 (B型)、h11 (C型) 和 u8 (D型) 四种，以满足不同的配合要求	主要用于定位，也可用于联接
	内螺纹圆柱销	GB/T 120.1~120.2-2000	直径公差带只有 m6 一种，内螺纹供拆卸时使用。有 A 型和 B 型两种内螺纹圆柱销	B 型有通气平面，用于不通孔	
	螺纹圆柱销	GB/T 878-1986		直径公差较大，定位精度低	用于精度要求不高的场合
	带孔销	GB/T 880-1986	用开口销锁定，拆卸方便	用于铰接处	
	弹性圆柱销	GB/T 879.1~879.5-2000	具有弹性，装入销孔后与孔壁压紧，不易松脱。销孔精度要求较低，互换性好，可多次装拆，但刚性较差，不适合于高精度定位。载荷大时可用几个套在一起使用，相邻内外两销的缺口应错开 180°	用于有冲击、振动的场合，可代替部分圆柱销、圆锥销、开口销或销轴	
圆 锥 销	普通圆锥销	GB/T 117-2000	有 1:50 的锥度，便于安装。定位精度比圆柱销高，在受横向力时能够自锁，销孔需铰制 螺纹供拆卸用。螺尾圆锥销制造困难。开尾圆锥销打入销孔后，末端可以稍微胀开，以防止松脱	主要用于定位，也可用于固定零件、传递动力，多用于经常装拆的场合	
	内螺纹圆锥销	GB/T 118-2000		用于不通孔	
	螺尾圆锥销	GB/T 881-2000		用于拆卸困难的场合	
	开尾圆锥销	GB/T 877-1986		用于有冲击、振动的场合	

续表 22.2-1

类型	图形	标准	特点	应用	
槽 销	直槽销 	GB/T 13829.1—1992 (= ISO 8739) (= ISO 8740)	沿销体母线碾压或模锻三条(相隔120°)沟槽,打入销	全长具有平行槽,端部有导杆和倒角两种,销与孔壁间压力分布较均匀	用于有严重振动和冲击载荷的场合
	中心槽销 	GB/T 13829.1—1992 (= ISO 8743) (= ISO 8742)	孔并与孔壁压紧,不易松脱,能承受振动和循环载荷。销孔不需铰光,可多次装拆	销的中部有短槽,槽长有 $\frac{1}{2}$ 全长和 $\frac{1}{3}$ 全长两种	用作心轴,将带毂的零件固定在短槽处
	锥槽销 	GB/T 13829.2—1992 (= ISO 8744) (= ISO 8745)		沟槽成楔形,有全长和半长两种,作用与圆锥销相似,销与孔壁间压力分布不均匀	与圆锥销相同
	半长倒锥槽销 	GB/T 13829.2—1992 (= ISO 8741)		一半为圆柱销,一半为圆锥销	用作轴杆
	有头槽销 	GB/T 13829.3—1992 (= ISO 8746) (= ISO 8747)		有圆头和沉头两种	可代替螺钉、抽芯铆钉,用以紧固标牌、管夹子等
其 他 销	销轴 	GB/T 882—1986	用开口销锁定,拆卸方便	用于铰接处	
	开口销 	GB/T 91—2000	工作可靠,拆卸方便	用于锁定其他紧固件,与槽形螺母合用	
					用于尺寸较大处
	快卸销 	HB 704—1983	既能定位并承受一定的横向力,还能快速拆卸,有快卸止动销,快卸弹簧销等多种形式	需要快速拆卸的销联接	
HB 706—1983					
安全销 			结构简单,形式多样,必要时可在销上切出圆槽。为防止断销时损坏孔壁,可在孔内加销套	用于传动装置和机器的过载保护,如作为安全联轴器等的过载剪断元件	

超星浏览器提供  
使用本复制品  
请尊重相关知识产权!

## 2 销的选择和联接强度校核

销的类型可根据工作要求选定。用于联接的销，其直径可根据联接的结构特点按经验确定，必要时再作强度校核。

定位销通常不受载荷或只受很小的载荷，数目不能少于两个。销在每一个被联接件内的长度约为销直径的 1~2 倍。定位销的材料通常选 35、45 钢，并进行硬化处理，根据工作需要也可以选用 30CrMnSiA、1Cr13、2Cr13、H62 和 1Cr18Ni9Ti 等材料；弹性圆柱销多采用 65Mn。

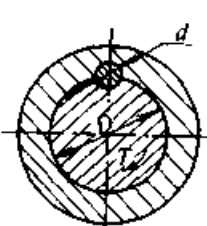
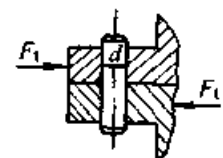
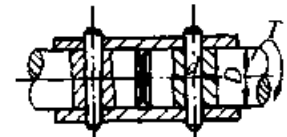
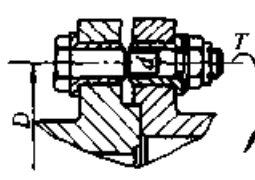
其槽口位置不应装在销子受压的一面，要在装配图上表示出槽口的方向。

设计安全销时，应考虑销剪断后不易飞出和要易于更换。安全销的材料可选用 35、45、50 钢或 T8A、T10A 等，热处理后硬度为 30~36HRC；销套材料可选用 45 钢、35SiMn、40Cr 等，热处理后硬度为 40~50HRC。安全销的直径应按销的抗剪强度  $\tau_b$  进行计算，一般可取  $\tau_b = (0.6 \sim 0.7)\sigma_b$ 。

销的强度校核公式见表 22.2-2。

超星浏览器提醒您：  
使用超星浏览器  
请尊重相关知识产权！

表 22.2-2 销联接的强度校核计算

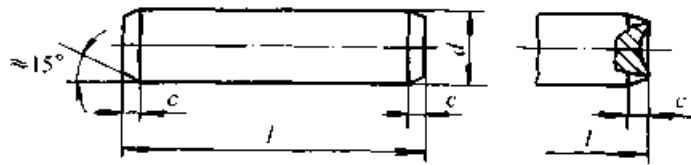
销的类型	受力情况	校核公式
圆柱销		1) 按销的抗剪强度校核 $\tau = \frac{2T}{Ddl} \leq \tau_p$ 2) 按销或被联接件的抗压强度校核 $\sigma_p = \frac{4T}{Ddl} \leq \sigma_{pp}$ 其中 $d = (0.13 \sim 0.16)D$ $l = (1 \sim 1.57)D$
		按销的抗剪强度校核 $\tau = \frac{4F_1}{\pi d^2 z} \leq \tau_p$
圆锥销		按销的抗剪强度校核 $\tau = \frac{4T}{\pi d^2 D} \leq \tau_p$ 其中 $d = (0.2 \sim 0.3)D$
安全销		1) 按销的抗剪强度校核 $\tau = \frac{8T}{\pi d^2 z D_1} \leq \tau_b$ 2) 销的直径为 $d \geq 1.6 \sqrt{\frac{T}{D_1 z \tau_b}}$
备注	$F_1$ —横向力 $T$ —转矩 $z$ —销的数量 $d$ —销的直径，对于圆锥销 $d$ 为平均直径 $l$ —销的长度 $D$ —轴的直径 $D_1$ —安全销的中心圆直径 $\tau_p$ —销的许用切应力 $\sigma_{pp}$ —销联接的许用挤压应力，可以按键联接的许用应力选取 $\tau_b$ —销的抗剪强度，一般 $\tau_b = (0.6 \sim 0.7)\sigma_b$	



3 销联接的标准元件

3.1 圆柱销 (见表 22.2-3~表 22.2-7)

表 22.2-3a 不淬硬钢和奥氏体不锈钢圆柱销 (摘自 GB/T 119.1—2000) (mm)



超星浏览器提醒您：  
 请勿对本复制品  
 进行复制或再生产！

标记示例

公称直径  $d = 6$  mm、公差为 m6、公称长度  $l = 30$  mm、材料为钢、不经淬火、不经表面处理的圆柱销的标记：

销 GB/T 119.1 6 m6 × 30

公称直径  $d = 6$  mm、公差为 m6、公称长度  $l = 30$  mm、材料为 A1 组奥氏体不锈钢、表面简单处理的圆柱销的标记：

销 GB/T 119.1 6 m6 × 30-A1

$d$ (m6/h8) <sup>T</sup>	0.6	0.8	1	1.2	1.5	2	2.5	3	4	5	6	8	10	12	16	20	25	30	40	50
$c$ ≈	0.12	0.16	0.2	0.25	0.3	0.35	0.4	0.5	0.63	0.8	1.2	1.6	2	2.5	3	3.5	4	5	6.3	8
$l$ (商品长度范围)	2	2	4	4	4	6	6	8	8	10	12	14	18	22	26	35	50	60	80	95
	6	8	10	12	16	20	24	30	40	50	60	80	95	140	180	200	200	200	200	200

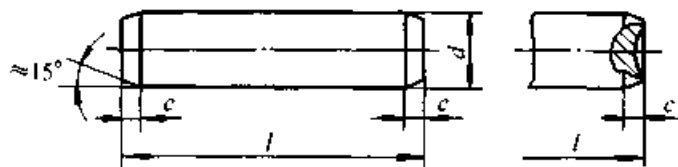
注：1.  $l$  系列 (公称尺寸) 为 2, 3, 4, 5, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 24, 26, 28, 30, 32, 35, 40, 45, 50, 55, 60, 65, 70, 75, 80, 85, 90, 95, 100, 120, 140, 160, 180, 200 mm。公称长度大于 200 mm, 按 20 mm 递增。

2. 硬度钢为 125~245HV30; 奥氏体不锈钢为 210~280HV30。

3. 表面粗糙度: 公差 m6:  $Ra \leq 0.8 \mu\text{m}$ ; 公差 h8:  $Ra \leq 1.6 \mu\text{m}$ 。

① 其他公差由供需双方协议。

表 22.2-3b 淬硬钢和马氏体不锈钢圆柱销 (摘自 GB/T 119.2—2000) (mm)



标记示例

公称直径  $d = 6$  mm、公差为 m6、公称长度  $l = 30$  mm、材料为钢、普通淬火 (A 型)、表面氧化处理的圆柱销的标记：

销 GB/T 119.2 6 × 30

公称直径  $d = 6$  mm、公差为 m6、公称长度  $l = 30$  mm、材料为 C1 组马氏体不锈钢、表面简单处理的圆柱销的标记：

销 GB/T 119.2 6 × 30-C1

续表 22.2-3b

$d$ m6 <sup>①</sup>	1	1.5	2	2.5	3	4	5	6	8	10	12	16	20
$c$ ≈	0.2	0.3	0.35	0.4	0.5	0.63	0.8	1.2	1.6	2	2.5	3	3.5
$l$	3	4	5	6	8	10	12	14	18	22	26	40	50
(商品长度范围)	10	16	20	24	30	40	50	60	80	100	100	100	100

注：1.  $l$  系列（公称尺寸）为 3, 4, 5, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 24, 26, 28, 30, 32, 35, 40, 45, 50, 55, 60, 65, 70, 75, 80, 85, 90, 95, 100 mm。公称长度大于 100 mm，按 20 mm 递增。

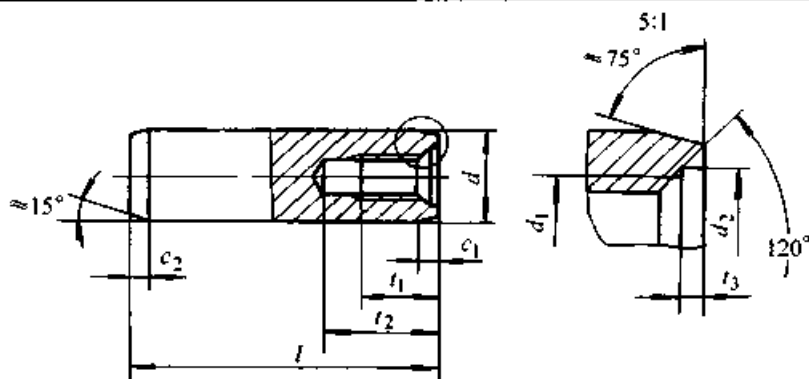
2. 材料为钢：A 型（普通淬火）的硬度为 550~650HV30，B 型（表面淬火）的表面硬度为 600~700HV1，渗碳层深度 0.25~0.4 mm 的硬度为 550HV1 min；材料为马氏体不锈钢，淬火并回火硬度为 460~560HV30。

3. 表面粗糙度： $Ra \leq 0.8 \mu m$ 。

① 其他公差由供需双方协议。

超星阅读器  
使用本复制品  
请尊重相关知识产权!

表 22.2-4 a 不淬硬钢和奥氏体不锈钢内螺纹圆柱销(摘自 GB/T 120.1—2000) (mm)



标记示例

公称直径  $d = 6$  mm、公差为 m6、公称长度  $l = 30$  mm、材料为钢、不经淬火、不经表面处理的内螺纹圆柱销的标记：

销 GB/T 120.1 6×30

公称直径  $d = 6$  mm、公差为 m6、公称长度  $l = 30$  mm、材料为 A1 组奥氏体不锈钢、表面简单处理的内螺纹圆柱销的标记：

销 GB/T 120.1 6×30-A1

$d$ m6 <sup>①</sup>	6	8	10	12	16	20	25	30	40	50
$c_1$ ≈	0.8	1	1.2	1.6	2	2.5	3	4	5	6.3
$c_2$ ≈	1.2	1.6	2	2.5	3	3.5	4	5	6.3	8
$d_1$	M4	M5	M6	M6	M8	M10	M16	M20	M20	M24
$p$ <sup>②</sup>	0.7	0.8	1	1	1.25	1.5	2	2.5	2.5	3
$d_2$	4.3	5.3	6.4	6.4	8.4	10.5	17	21	21	25
$t_1$	6	8	10	12	16	18	24	30	30	36
$t_2$ min	10	12	16	20	25	28	35	40	40	50
$t_3$	1	1.2	1.2	1.2	1.5	1.5	2	2	2.5	2.5
$l$ (商品长度范围)	16~60	18~80	22~100	26~120	32~160	40~200	50~200	60~200	80~200	100~200

注：1.  $l$  系列（公称尺寸）为 16, 18, 20, 22, 24, 26, 28, 30, 32, 35, 40, 45, 50, 55, 60, 65, 70, 75, 80, 85, 90, 95, 100, 120, 140, 160, 180, 200 mm。公称长度大于 200 mm，按 20 mm 递增。

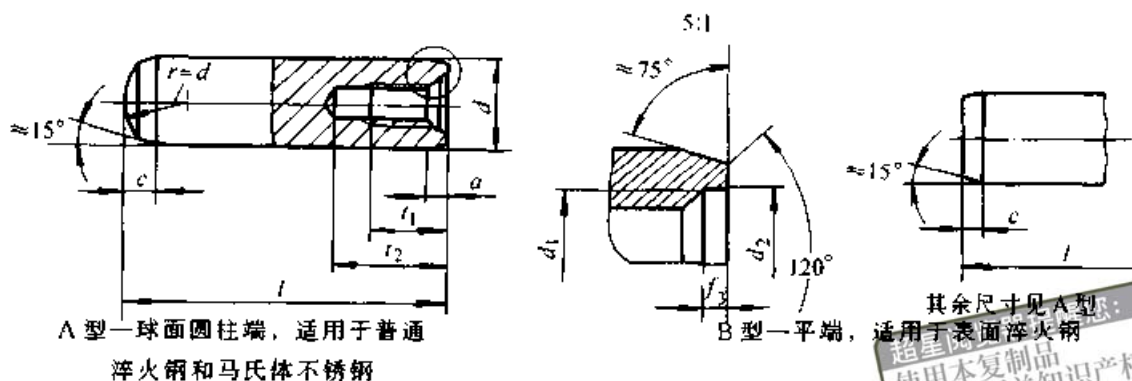
2. 材料为钢，硬度为 125~245HV30；材料为奥氏体不锈钢，硬度为 210~280HV30。

3. 表面粗糙度： $Ra \leq 0.8 \mu m$ 。

① 其他公差由供需双方协议。

② P—螺距。

表 22.2-4b 淬硬钢和马氏体不锈钢内螺纹圆柱销(摘自 GB/T 120.2—2000) (mm)



A型—球面圆柱端, 适用于普通  
淬硬钢和马氏体不锈钢

B型—平端, 适用于表面淬硬钢

标记示例

公称直径  $d = 6\text{ mm}$ 、公差为  $m6$ 、公称长度  $l = 30\text{ mm}$ 、材料为钢、普通淬火 (A型)、表面氧化处理的内螺纹圆柱销的标记:

销 GB/T 120.2 6×30-A

公称直径  $d = 6\text{ mm}$ 、公差为  $m6$ 、公称长度  $l = 30\text{ mm}$ 、材料为 C1 组马氏体不锈钢、表面简单处理的内螺纹圆柱销的标记:

销 GB/T 120.2 6×30-C1

$d$	$m6^{①}$	6	8	10	12	16	20	25	30	40	50
$a$	$\approx$	0.8	1	1.2	1.6	2	2.5	3	4	5	6.3
$c$		2.1	2.6	3	3.8	4.6	6	6	7	8	10
$d_1$		M4	M5	M6	M6	M8	M10	M16	M20	M20	M24
$P^{②}$		0.7	0.8	1	1	1.25	1.5	2	2.5	2.5	3
$d_2$		4.3	5.3	6.4	6.4	8.4	10.5	17	21	21	25
$t_1$		6	8	10	12	16	18	24	30	30	36
$t_2$	min	10	12	16	20	25	28	35	40	40	50
$t_3$		1	1.2	1.2	1.2	1.5	1.5	2	2	2.5	2.5
$l$ (商品长度范围)		16~60	18~80	22~100	26~120	32~160	40~200	50~200	60~200	80~200	100~200

注: 1.  $l$  系列 (公称尺寸) 为 16, 18, 20, 22, 24, 26, 28, 30, 32, 35, 40, 45, 50, 55, 60, 65, 70, 75, 80, 85, 90, 95, 100, 120, 140, 160, 180, 200 mm。公称长度大于 200 mm, 按 20 mm 递增。

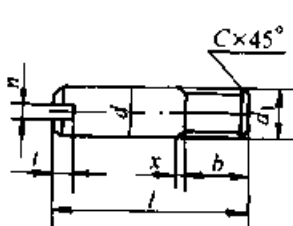
2. 材料为钢: A 型 (普通淬火) 的硬度为 550~650HV30, B 型 (表面淬火) 的表面硬度为 600~700HV1, 渗碳层深度 0.25~0.4 mm 的硬度为 550HV1 min; 材料为马氏体不锈钢: 淬火并回火硬度为 460~560HV30。

3. 表面粗糙度:  $Ra \leq 0.8\ \mu\text{m}$ 。

① 其他公差由供需双方协议。

②  $P$ —螺距。

表 22.2-5 螺纹圆柱销 (摘自 GB/T 878—1986) (mm)



标记示例

公称直径  $d = 10\text{ mm}$ 、长度  $l = 30\text{ mm}$ 、材料为 35 钢、热处理硬度 28~38HRC、表面氧化处理的螺纹圆柱销:

销 GB/T 878 10×30

续表 22.2.5

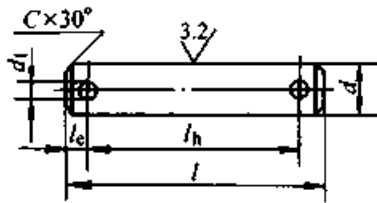
$d$	公称 h13	4	6	8	10	12	16	18
$d_1$		M4	M6	M8	M10	M12	M16	M20
$b$	max	4.4	6.6	8.8	11	13.2	17.6	22
$n$	公称	0.6	1	1.2	1.6	2	2.5	3
$t$	max	2.05	2.9	3.6	4.25	4.8	5.5	6.8
$x$	max	1.4	2	2.5	3	3.5	4	5
$C$	≈	0.6	1	1.2	1.5	2	2	2.5
100mm 长质量/kg≈		0.012	0.022	0.038	0.06	0.09	0.15	0.20
$l$ (商品规格范围)		10~14	12~20	14~28	18~35	22~40	24~50	30~60

注：1. 螺纹的技术条件按 GB/T 196 及 GB/T 197 规定的 6g 级制造。

2.  $l$  系列 (公称尺寸) 为 10, 12, 14, 18, 20, 22, 24, 26, 28, 30, 32, 35, 40, 45, 50, 55, 60 mm。

表 22.2-6 带孔销 (摘自 GB/T 880—1986)

(mm)



其余 12.5

标记示例

公称直径  $d = 10$  mm、长度  $l = 60$  mm、材料为 35 钢、热处理硬度 28~38HRC、表面氧化处理的带孔销：

销 GB/T 880 10×60

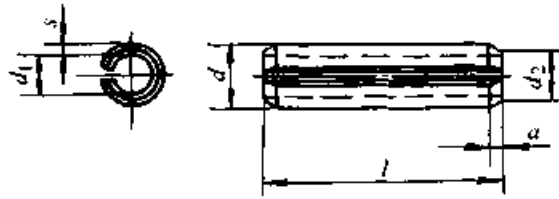
$d$ (公称)	h11	3	4	5	6	8	10	12	(14)	16	(18)	20	(22)	25
$d_1$	min H13	0.8	1	1.6		2	3.2	4			5		6.3	
$l_c$	≈	1.5	2		2.5	3	4	5			6.5		8	
$C$	≈	1		2			3			4				
开口销		0.8×6	1×8	1.6×10		2×12	3.2×16	4×20	4×25		5×30		5×35	6.3×40
$l_h$	H14	$l-3$	$l-4$		$l-5$	$l-6$	$l-8$	$l-10$			$l-13$		$l-16$	
100 mm 长质量/kg≈		0.0048	0.0086	0.0104	0.0203	0.035	0.06	0.085	0.115	0.153	0.191	0.237	0.288	0.368
$l$ (商品规格范围)		8~50		12~60		16~80	20~100	30~120			40~160	40~200		50~200

注：1. 尽可能不用括号内的规格。

2.  $l_h$  尺寸为商品规格范围。

3.  $l$  系列 (公称尺寸) 为 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 24, 26, 28, 30, 32, 35, 40, 45, 50, 55, 60, 65, 70, 75, 80, 85, 90, 95, 100, 120, 140, 160, 180, 200 mm。

表 22.2-7a 弹性圆柱销 (直槽重型) (摘自 GB/T 879.1—2000) (mm)



标记示例

公称直径  $d=6$  mm、公称长度  $l=30$  mm、材料为钢 (St)、热处理硬度  $500\sim 560\text{HV}_{30}$ 、表面氧化处理、直槽、重型弹性圆柱销的标记:

销 GB/T 879.1 6×30

超星阅读器  
使用本复制品  
请尊重相关知识产权!

$d$	公称	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	6	8	10	12	13	
	装配前	max	1.3	1.8	2.4	2.9	3.5	4.0	4.6	5.1	5.6	6.7	8.8	10.8	12.8	13.8
		min	1.2	1.7	2.3	2.8	3.3	3.8	4.4	4.9	5.4	6.4	8.5	10.5	12.5	13.5
$d_1$	装配前	0.8	1.1	1.5	1.8	2.1	2.3	2.8	2.9	3.4	4	5.5	6.5	7.5	8.5	
$a$	max	0.35	0.45	0.55	0.6	0.7	0.8	0.85	1.0	1.1	1.4	2.0	2.4	2.4	2.4	
	min	0.15	0.25	0.35	0.4	0.5	0.6	0.65	0.8	0.9	1.2	1.6	2.0	2.0	2.0	
$s$		0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.75	0.8	1	1	1.2	1.5	2	2.5	2.5	
最小剪切载荷 双面剪 <sup>①</sup> /kN		0.7	1.58	2.82	4.38	6.32	9.06	11.24	15.36	17.54	26.04	42.76	70.16	104.1	115.1	
$l$ (商品长度范围)		4~20	4~20	4~30	4~30	4~40	4~40	4~50	5~50	5~80	10~100	10~120	10~160	10~180	10~180	
$d$	公称	14	16	18	20	21	25	28	30	32	35	38	40	45	50	
	装配前	max	14.8	16.8	18.9	20.9	21.9	25.9	28.9	30.9	32.9	35.9	38.9	40.9	45.9	50.9
		min	14.5	16.5	18.5	20.5	21.5	25.5	28.5	30.5	32.5	35.5	38.5	40.5	45.5	50.5
$d_1$	装配前 <sup>①</sup>	8.5	10.5	11.5	12.5	13.5	15.5	17.5	18.5	20.5	21.5	23.5	25.5	28.5	31.5	
$a$	max	2.4	2.4	2.4	3.4	3.4	3.4	3.4	3.4	3.6	3.6	4.6	4.6	4.6	4.6	
	min	2.0	2.0	2.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	4.0	4.0	4.0	4.0	
$s$		3	3	3.5	4	4	5	5.5	6	6	7	7.5	7.5	8.5	9.5	
最小剪切载荷 双面剪 <sup>②</sup> /kN		144.7	171	222.5	280.6	298.2	438.5	542.6	631.4	684	859	1 003	1 068	1 360	1 685	
$l$ (商品长度范围)		10~200	10~200	10~200	10~200	14~200	14~200	14~200	14~200	20~200	20~200	20~200	20~200	20~200	20~200	

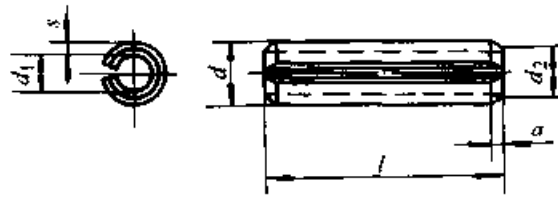
注: 1.  $l$  系列 (公称尺寸) 为 4, 5, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 24, 26, 28, 30, 32, 35, 40, 45, 50, 55, 60, 65, 70, 75, 80, 85, 90, 95, 100, 120, 140, 160, 180, 200 mm。长度大于 200 mm, 按 20 mm 递增。

2. 材料为优质碳素钢, 淬火并回火硬度为  $420\sim 520\text{HV}_{30}$ , 或奥氏体回火硬度  $500\sim 560\text{HV}_{30}$ ; 材料为硅锰钢, 淬火并回火硬度  $420\sim 560\text{HV}_{30}$ ; 材料为马氏体不锈钢, 淬火并回火硬度  $440\sim 560\text{HV}_{30}$ ; 材料为奥氏体不锈钢, 冷加工。

① 参考

② 仅适用于钢和马氏体不锈钢; 对奥氏体不锈钢弹性销, 不规定双面剪切载荷值。

表 22.2-7b 弹性圆柱销 (直槽 轻型) (摘自 GB/T 879.2—2000) (mm)



## 标记示例

公称直径  $d=6$  mm、公称长度  $l=30$  mm、材料为钢 (St)、热处理硬度 500~560HV30、表面氧化处理、直槽、轻型弹性圆柱销的标记:

销 GB/T 879.2 6×30

超星阅读器提醒您：  
使用本复制品  
请尊重相关知识产权！

$d$	公称	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	6	8	10	12	13	
	装配前	max	2.4	2.9	3.5	4.0	4.6	5.1	5.6	6.7	8.8	10.8	12.8	13.8
		min	2.3	2.8	3.3	3.8	4.4	4.9	5.4	6.4	8.5	10.5	12.5	13.5
$d_1$	装配前 <sup>①</sup>	1.9	2.3	2.7	3.1	3.4	3.9	4.4	4.9	7	8.5	10.5	11	
$a$	max	0.4	0.45	0.45	0.5	0.7	0.7	0.7	0.9	1.8	2.4	2.4	2.4	
	min	0.2	0.25	0.25	0.3	0.5	0.5	0.5	0.7	1.5	2.0	2.0	2.0	
$s$		0.2	0.25	0.3	0.35	0.5	0.5	0.5	0.75	0.75	1	1	1.2	
最小剪切载荷 双面剪 <sup>②</sup> /kN		1.5	2.4	3.5	4.6	8	8.8	10.4	18	24	40	48	66	
$l$ (商品长度范围)		4~30	4~30	4~40	4~40	4~50	6~50	6~80	10~100	10~120	10~160	10~180	10~180	
$d$	公称	14	16	18	20	21	25	28	30	35	40	45	50	
	装配前	max	14.8	16.8	18.9	20.9	21.9	25.9	28.9	30.9	35.9	40.9	45.9	50.9
		min	14.5	16.5	18.5	20.5	21.5	25.5	28.5	30.5	35.5	40.5	45.5	50.5
$d_1$	装配前 <sup>①</sup>	11.5	13.5	15	16.5	17.5	21.5	23.5	25.5	28.5	32.5	37.5	40.5	
$a$	max	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	3.4	3.4	3.4	3.6	4.6	4.6	4.6	
	min	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	3.0	3.0	3.0	3.0	4.0	4.0	4.0	
$s$		1.5	1.5	1.7	2	2	2	2.5	2.5	3.5	4	4	5	
最小剪切载荷 双面剪 <sup>②</sup> /kN		84	98	126	58	168	202	280	302	490	634	720	1 000	
$l$ (商品长度范围)		10~200	10~200	10~200	10~200	14~200	14~200	14~200	14~200	20~200	20~200	20~200	20~200	

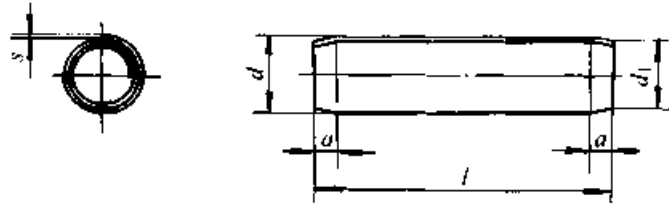
注: 1.  $l$  系列 (公称尺寸) 为 4, 5, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 24, 26, 28, 30, 32, 35, 40, 45, 50, 55, 60, 65, 70, 75, 80, 85, 90, 95, 100, 120, 140, 160, 180, 200 mm。公称长度大于 200 mm, 按 20 mm 递增。

2. 材料热处理、硬度与直槽重型弹性圆柱销相同, 见表 22.2-7a 注 2。

① 见表 22.2-7a 注①。

② 见表 22.2-7a 注②。

表 22.2-7c 弹性圆柱销 (卷制重型) (摘自 GB/T 879.3—2000) (mm)



超星浏览器提醒您：  
使用本复制品  
请尊重相关知识产权！

标记示例

公称直径  $d = 6$  mm、公称长度  $l = 30$  mm、材料为钢 (St)、热处理硬度 420~545HV30、表面氧化处理、卷制、重型弹性圆柱销的标记：

销 GB/T 879.3 6×30

公称直径  $d = 6$  mm、公称长度  $l = 30$  mm、材料为奥氏体不锈钢 (A)、不经热处理、表面简单处理、卷制、重型弹性圆柱销的标记：

销 GB/T 879.3 6×30-A

公称		1.5	2	2.5	3	3.5	4	5	6	8	10	12	14	16	20
$d$	max	1.71	2.21	2.73	3.25	3.79	4.30	5.35	6.40	8.55	10.65	12.75	14.85	16.9	21.0
	min	1.61	2.11	2.62	3.12	3.64	4.15	5.15	6.18	8.25	10.30	12.35	14.40	16.4	20.4
$d_1$	装配前 max	1.4	1.9	2.4	2.9	3.4	3.9	4.85	5.85	7.8	9.75	11.7	13.6	15.6	19.6
$a$	≈	0.5	0.7	0.7	0.9	1	1.1	1.3	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5
$s$		0.17	0.22	0.28	0.33	0.39	0.45	0.56	0.67	0.9	1.1	1.3	1.6	1.8	2.2
最小剪切 载荷双面 剪/kN	①	1.9	3.5	5.5	7.6	10	13.5	20	30	53	84	120	165	210	340
	②	1.45	2.5	3.8	5.7	7.6	10	15.5	23	41	64	91	—	—	—
$l$ (商品长度范围)		4~26	4~40	5~45	6~50	6~50	8~60	10~60	12~75	16~120	20~120	24~160	28~200	40~200	45~200

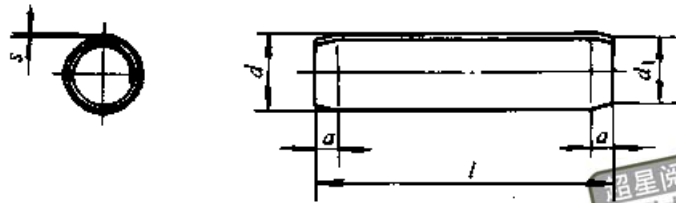
注：1.  $l$  系列 (公称尺寸) 为 4, 5, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 24, 26, 28, 30, 32, 35, 40, 45, 50, 55, 60, 65, 70, 75, 80, 85, 90, 95, 100, 120, 140, 160, 180, 200 mm。公称长度大于 200 mm, 按 20 mm 递增。

2. 材料为钢, 淬火并回火硬度为 420~545HV30; 材料为马氏体不锈钢, 淬火并回火硬度为 460~560HV30; 材料为奥氏体不锈钢, 冷加工。

① 适用于钢和马氏体不锈钢产品。

② 适用于奥氏体不锈钢产品。

表 22.2-7d 弹性圆柱销 (卷制标准型) (摘自 GB/T 879.4—2000) (mm)



浏览器提醒您：  
使用本复制品  
请尊重相关知识产权！

## 标记示例

公称直径  $d=6$  mm、公称长度  $l=30$  mm、材料为钢 (St)、热处理硬度 420~545HV30、表面氧化处理、卷制、标准型弹性圆柱销的标记：

销 GB/T 879.4 6×30

公称直径  $d=6$  mm、公称长度  $l=30$  mm、材料为奥氏体不锈钢 (A)、不经热处理、表面简单处理、卷制、标准型弹性圆柱销的标记：

销 GB/T 879.4 6×30-A

公称		0.8	1	1.2	1.5	2	2.5	3	3.5	4	5	6	8	10	12	14	16	20
$d$	max	0.91	1.15	1.35	1.73	2.25	2.78	3.30	3.84	4.4	5.50	6.50	8.63	10.80	12.85	14.95	17.00	21.1
	min	0.85	1.05	1.25	1.62	2.13	2.65	3.15	3.67	4.2	5.25	6.25	8.30	10.35	12.40	14.45	16.45	20.4
$d_1$ 装配前 max		0.75	0.95	1.15	1.4	1.9	2.4	2.9	3.4	3.9	4.85	5.85	7.8	9.75	11.7	13.6	15.6	19.6
$a$ $\approx$		0.3	0.3	0.4	0.5	0.7	0.7	0.9	1	1.1	1.3	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5
$s$		0.07	0.08	0.1	0.13	0.17	0.21	0.25	0.29	0.33	0.42	0.5	0.67	0.84	1	1.2	1.3	1.7
最小剪切 载荷双面 剪/kN	①	0.4	0.6	0.9	1.45	2.5	3.9	5.5	7.5	9.6	15	22	39	62	89	120	155	250
	②	0.3	0.45	0.65	1.05	1.9	2.9	4.2	5.7	7.6	11.5	16.8	30	48	67	—	—	—
$l$ (商品长度范围)		4~ 16	4~ 16	4~ 16	4~ 24	4~ 40	5~ 45	6~ 50	6~ 50	8~ 60	10~ 60	12~ 75	16~ 120	20~ 120	24~ 160	28~ 200	32~ 200	45~ 200

注：1.  $l$  系列 (公称尺寸) 为 4, 5, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 24, 26, 28, 30, 32, 35, 40, 45, 50, 55, 60, 65, 70, 75, 80, 85, 90, 95, 100, 120, 140, 160, 180, 200 mm。公称长度大于 200 mm, 按 20 mm 递增。

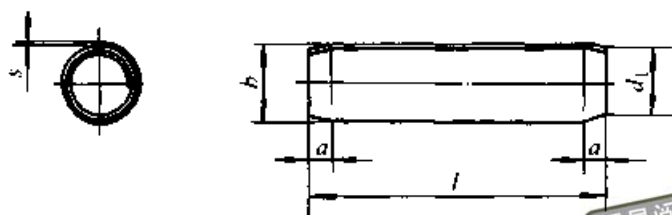
2. 材料同表 22.2-7c 注 2。

① 同表 22.2-7c 注①。

② 同表 22.2-7c 注②。



表 22.2-7e 弹性圆柱销 (卷制轻型) (摘自 GB/T 879.5—2000) (mm)



超星浏览器提醒您：  
使用本复制品  
请尊重相关知识产权！

标记示例

公称直径  $d = 6$  mm、公称长度  $l = 30$  mm、材料为钢 (St)、热处理硬度 420~545HV30、表面氧化处理、卷制、轻型弹性圆柱销的标记：

销 GB/T 879.5 6×30

公称直径  $d = 6$  mm、公称长度  $l = 30$  mm、材料为奥氏体不锈钢 (A)、不经热处理、表面简单处理、卷制、轻型弹性圆柱销的标记：

销 GB/T 879.5 6×30-A

		公称	1.5	2	2.5	3	3.5	4	5	6	8
$d$	装配前	max	1.75	2.28	2.82	3.35	3.87	4.45	5.5	6.55	8.65
		min	1.62	2.13	2.65	3.15	3.67	4.20	5.2	6.25	8.30
$d_1$	装配前	max	1.4	1.9	2.4	2.9	3.4	3.9	4.85	5.85	7.8
$a$		≈	0.5	0.7	0.7	0.9	1	1.1	1.3	1.5	2
$s$			0.08	0.11	0.14	0.17	0.19	0.22	0.28	0.33	0.45
最小剪切载荷 双面剪/kN	①		0.8	1.5	2.3	3.3	4.5	5.7	9	13	23
	②		0.65	1.1	1.8	2.5	3.4	4.4	7	10	18
$l$ (商品长度范围)			4~24	4~40	5~45	6~50	6~55	8~65	10~65	12~75	14~120

注：1.  $l$  系列 (公称尺寸) 为 4, 5, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 24, 26, 28, 30, 32, 35, 40, 45, 50, 55, 60, 65, 70, 75, 80, 85, 90, 95, 100, 120 mm。公称长度大于 120 mm, 按 20 mm 递增。

2. 同表 22.2-7c 注 2。

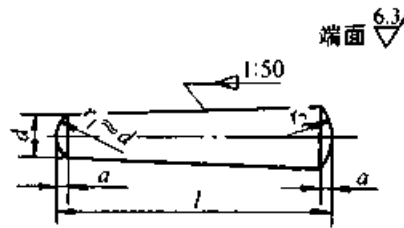
① 同表 22.2-7c 注①。

② 同表 22.2-7c 注②。

3.2 圆锥销 (见表 22.2-8~表 22.2-11)

表 22.2-8 圆锥销 (摘自 GB/T 117—2000)

(mm)



超星浏览器提醒您：  
使用本复制品  
请尊重相关知识产权！

$$r_2 \approx \frac{a}{2} + d + \frac{(0.021)^2}{(8a)}$$

标记示例

公称直径 \$d=6\$ mm、公称长度 \$l=30\$ mm、材料为 35 钢、热处理硬度 28~38HRC、表面氧化处理的 A 型圆锥销的标记：

销 GB/T 117 6×30

\$d\$	h10 <sup>①</sup>	0.6	0.8	1	1.2	1.5	2	2.5	3	4	5
\$a\$	\$\approx\$	0.08	0.1	0.12	0.16	0.2	0.25	0.3	0.4	0.5	0.63
\$l\$ (商品长度范围)		4	5	6	6	8	10	10	12	14	18
		~ 8	~ 12	~ 16	~ 20	~ 24	~ 35	~ 35	~ 45	~ 55	~ 60
\$d\$	h10 <sup>①</sup>	6	8	10	12	16	20	25	30	40	50
\$a\$	\$\approx\$	0.8	1	1.2	1.6	2	2.5	3	4	5	6.3
\$l\$ (商品长度范围)		22	22	26	32	40	45	50	55	60	65
		~ 90	~ 120	~ 160	~ 180	~ 200	~ 200	~ 200	~ 200	~ 200	~ 200

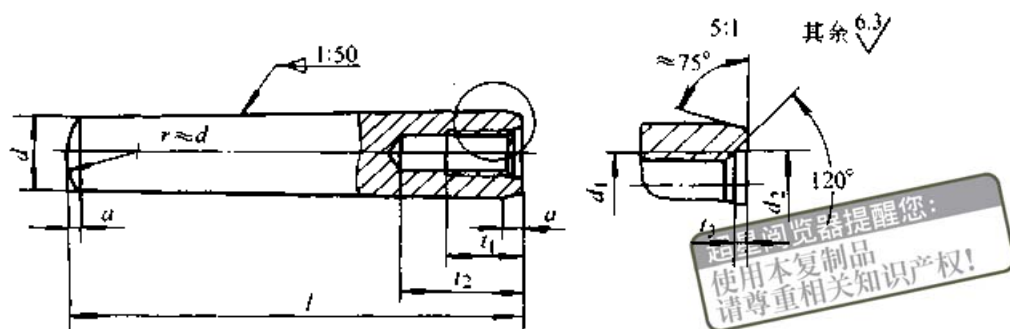
注：1. \$l\$ 系列 (公称尺寸) 为 2, 3, 4, 5, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 24, 26, 28, 30, 32, 35, 40, 45, 50, 55, 60, 65, 70, 75, 80, 85, 90, 95, 100, 120, 140, 160, 180, 200 mm。公称长度大于 200 mm, 按 20 mm 递增。

2. 材料：Y12、Y15、35 (28~38HRC)、45 (38~46HRC)、30CrMnSiA (35~41HRC)、1Cr13、2Cr13、Cr17Ni2、0Cr18Ni9Ti。

3. A 型 (磨削)：锥面表面粗糙度 \$Ra=0.8 \mu\text{m}\$；B 型 (切削或冷锻)：锥面表面粗糙度 \$Ra=3.2 \mu\text{m}\$。

① 其他公差，如 \$a\_{11}\$, \$c\_{11}\$ 和 \$f\_8\$，由供需双方协议。

表 22.2-9 内螺纹圆锥销 (摘自 GB/T 118—2000) (mm)



标记示例

公称直径  $d = 6$  mm、公称长度  $l = 30$  mm、材料为 35 钢、热处理硬度 28~38HRC、表面氧化处理的 A 型内螺纹圆锥销的标记:

销 GB/T 118 6×30

$d$	$h10^{\text{①}}$	6	8	10	12	16	20	25	30	40	50
$a$	$\approx$	0.8	1	1.2	1.6	2	2.5	3	4	5	6.3
$d_1$		M4	M5	M6	M8	M10	M12	M16	M20	M20	M24
$P^{\text{②}}$		0.7	0.8	1	1.25	1.5	1.75	2	2.5	2.5	3
$d_2$		4.3	5.3	6.4	8.4	10.5	13	17	21	21	25
$l_1$		6	8	10	12	16	18	24	30	30	36
$l_2$	min	10	12	16	20	25	28	35	40	40	50
$l_3$		1	1.2	1.2	1.2	1.5	1.5	2	2	2.5	2.5
$l$ (商品长度范围)		16~20	18~80	22~100	26~120	32~160	40~200	50~200	60~200	80~200	100~200

注: 1.  $l$  系列 (公称尺寸) 为 16, 18, 20, 22, 24, 26, 28, 30, 32, 35, 40, 45, 50, 55, 60, 65, 70,

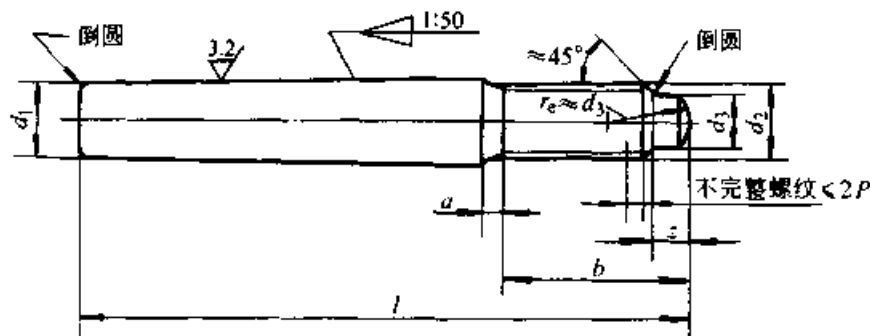
75, 80, 85, 90, 95, 100, 120, 140, 160, 180, 200 mm。公称长度大于 200 mm, 按 20 mm 递增;

2. 材料同表 22.2-8 注 2。

① 同表 22.2-8 注 ①。

②  $P$ —螺距。

表 22.2-10 螺尾锥销 (摘自 GB/T 881—2000) (mm)



标记示例

公称直径  $d_1 = 6$  mm、公称长度  $l = 50$  mm、材料为 Y12 或 Y15、不经热处理、不经表面处理的螺尾锥销的标记:

销 GB/T 881 6×50

续表 22.2-10

$d_1$	$h10^{\text{I}}$	5	6	8	10	12	16	20	25	30	40	50
$a$	max	2.4	3	4	4.5	5.3	6	6	7.5	9	10.5	12
$b$	max	15.6	20	24.5	27	30.5	39	39	45	52	65	78
	min	14	18	22	24	27	35	35	40	46	58	70
$d_2$		M5	M6	M8	M10	M12	M16	M16	M20	M24	M30	M36
$P^{\text{②}}$		0.8	1	1.25	1.5	1.75	2	2	2.5	3	3.5	4
$d_3$	max	3.5	4	5.5	7	8.5	12	12	15	18	23	28
	min	3.25	3.7	5.2	6.6	8.1	11.5	11.5	14.5	17.5	22.5	27.5
$z$	max	1.5	1.75	2.25	2.75	3.25	4.3	4.3	5.3	6.3	7.5	9.4
	min	1.25	1.5	2	2.5	3	4	4	5	6	7	9
$l$ (商品长度范围)		40~ 50	45~ 60	50~ 75	65~ 100	85~ 120	100~ 160	120~ 190	140~ 250	160~ 280	190~ 320	220~ 400

注: 1.  $l$  系列 (公称尺寸) 为 40, 45, 50, 55, 60, 65, 75, 85, 100, 120, 140, 160, 190, 220, 250, 280, 320, 360, 400 mm。公称长度大于 400 mm, 按 40 mm 递增。

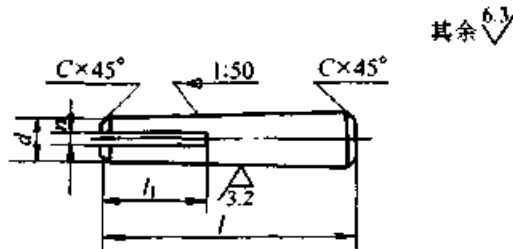
2. 材料同表 22.2-8 注 2。

① 其他公差由供需双方协议。

②  $P$ —螺距。

表 22.2-11 开尾圆锥销 (摘自 GB/T 877—1986)

(mm)



标记示例

公称直径  $d = 10$  mm、长度  $l = 60$  mm、材料为 35 钢、不经热处理及表面处理的开尾圆锥销:

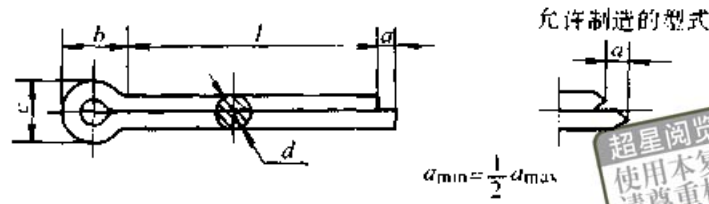
销 GB/T 877 10 × 60

$d$ (公称)	$h10$	3	4	5	6	8	10	12	16
$n$	公称	0.8		1		1.6		2	
$l_1$		10		12	15	20	25	30	40
$C$	≈	0.5		1		1.5			
100 mm 长质量 / kg ≈		0.007	0.012	0.017	0.029	0.048	0.071	0.098	0.17
$l$ (商品规格范围)		30~55	35~60	40~80	50~100	60~120	70~160	80~200	100~200

注:  $l$  系列 (公称尺寸) 为 30, 32, 35, 40, 45, 50, 55, 60, 65, 70, 75, 80, 85, 90, 95, 100, 120, 140, 160, 180, 200 mm。

3.3 开口销和销轴 (见表 22.2-12~表 22.2-14)

表 22.2-12 开口销 (摘自 GB/T 91—2000) (mm)



标记示例

公称规格为 5 mm、公称长度  $l=50$  mm、材料为 Q215 或 Q235、不经表面处理的开口销的标记:

销 GB/T 91 5×50

公称规格 <sup>①</sup>		0.6	0.8	1	1.2	1.6	2	2.5	3.2	4	5	6.3	8	10	13	16	20	
d	max	0.5	0.7	0.9	1.0	1.4	1.8	2.3	2.9	3.7	4.6	5.9	7.5	9.5	12.4	15.4	19.3	
	min	0.4	0.6	0.8	0.9	1.3	1.7	2.1	2.7	3.5	4.4	5.7	7.3	9.3	12.1	15.1	19.0	
a	max	1.6	1.6	1.6	2.50	2.50	2.50	2.50	3.2	4	4	4	4	6.30	6.30	6.30	6.30	
	min	0.8	0.8	0.8	1.25	1.25	1.25	1.25	1.6	2	2	2	2	3.15	3.15	3.15	3.15	
b	≈	2	2.4	3	3	3.2	4	5	6.4	8	10	12.6	16	20	26	32	40	
c	max	1.0	1.4	1.8	2.0	2.8	3.6	4.6	5.8	7.4	9.2	11.8	15.0	19.0	24.8	30.8	38.5	
	min	0.9	1.2	1.6	1.7	2.4	3.2	4.0	5.1	6.5	8.0	10.3	13.1	16.6	21.7	27.0	33.8	
适用的直径 <sup>②</sup>	螺栓	>	—	2.5	3.5	4.5	5.5	7	9	11	14	20	27	39	56	80	120	170
		≤	2.5	3.5	4.5	5.5	7	9	11	14	20	27	39	56	80	120	170	—
	U形销	>	—	2	3	4	5	6	8	9	12	17	23	29	44	69	110	160
		≤	2	3	4	5	6	8	9	12	17	23	29	44	69	110	160	—
l (商品长度范围)		4~ 12	5~ 16	6~ 20	8~ 25	8~ 32	10~ 40	12~ 50	14~ 63	18~ 80	22~ 100	32~ 125	40~ 160	45~ 200	71~ 250	112~ 280	160~ 280	

注: l 系列 (公称尺寸) 为 4, 5, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 25, 28, 32, 36, 40, 45, 50, 56, 63, 71, 80, 90, 100, 112, 125, 140, 160, 180, 200, 224, 250, 280 mm。

① 公称规格等于开口销孔的直径。对销孔直径推荐的公差为:

公称规格 ≤ 1.2 : H13;

公称规格 > 1.2 : H14

根据供需双方协议, 允许采用公称规格为 3、6 和 12 mm 的开口销。

② 用于铁道和在 U 形销中开口销承受交变横向力的场合, 推荐使用的开口销规格应较本表规定的加大一档。

表 22.2-13 开口销的材料及技术条件 (摘自 GB/T 91—2000)

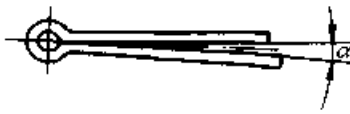
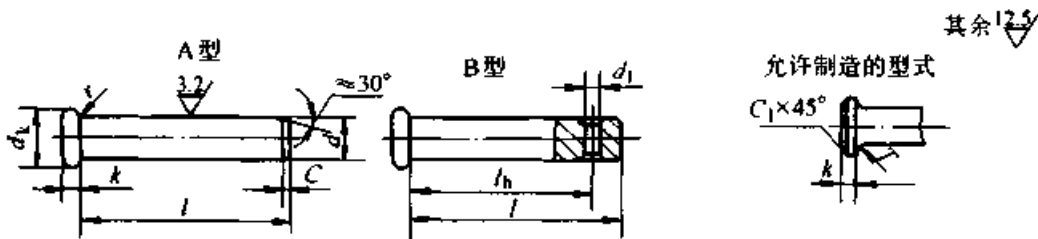
材 料	 <p>碳素钢: Q215、Q235 (GB/T 700)                  铜合金: H63 (GB/T 5232)                  不锈钢: 1Cr17Ni7、0Cr18Ni9Ti (GB/T 1220)                  其他材料由供需双方协议</p>				
初 性	<p>开口销的每一个脚应能经受反复一次的弯曲, 而在弯曲部分不发生断裂或裂缝。                  弯曲方法: 把开口销拉开, 将其任意一直脚部分夹紧在检验模内 (不应产生压扁), 然后将开口销弯曲 90°, 往返一次为一次弯曲。试验速度不应超过 60 次/min。检验模应制出半圆槽孔, 其直径等于开口销的公称规格, 钳口应有 <math>r = 0.5 \text{ mm}</math> 的圆角</p>				
工作质量	<p>1) 眼圈应尽可能制成圆形。                  2) 开口销两脚的横截面应为圆形, 但允许开口销两脚平面与圆周交接处有半径 <math>r = (0.05 \sim 0.1) d_{\max}</math> 的圆角。                  3) 开口销两脚的间隙和两脚的错移量应不大于开口销公称规格与 <math>d_{\max}</math> 之差值。                  4) 开口销允许制成开口的 (<math>\alpha</math>—两脚内平面的夹角); 公称规格 <math>\leq 1.6 \text{ mm}</math>, <math>\alpha \leq 8^\circ</math>; <math>2 \sim 6.3 \text{ mm}</math>, <math>\alpha \leq 4^\circ</math>; <math>\geq 8 \text{ mm}</math>, <math>\alpha \leq 2^\circ</math></p>				
表面缺陷	不允许有毛刺、不规则的和有害的缺陷				
表面处理	<table border="1"> <tr> <th>钢</th> <th>铜、不锈钢</th> </tr> <tr> <td>                     不经处理;                      镀锌钝化按 GB/T 5267;                      磷化按 GB/T 11376                 </td> <td>简单处理</td> </tr> </table>	钢	铜、不锈钢	不经处理; 镀锌钝化按 GB/T 5267; 磷化按 GB/T 11376	简单处理
	钢	铜、不锈钢			
	不经处理; 镀锌钝化按 GB/T 5267; 磷化按 GB/T 11376	简单处理			
其他表面镀层或表面处理应由供需双方协议					

表 22.2-14 销轴 (摘自 GB/T 882—1986)

(mm)



标记示例

公称直径  $d = 10 \text{ mm}$ 、长度  $l = 50 \text{ mm}$ 、材料为 35 钢、热处理硬度 28~38HRC、表面氧化处理的 A 型销轴:  
 销 GB/T 882 A10 × 50

$d$ (公称)	h11	3	4	5	6	8	10	12	14	16	18	20
$d_k$	max	5	6	8	10	12	14	16	18	20	22	25
$k$	公称	1.5		2		2.5		3		3.5		4
$d_1$	min	1.6		2		3.2		4		5		
$r$		0.2		0.5								
$C$	$\approx$	0.5		1			1.5			3		
$C_1$	$\approx$	0.2		0.3			0.5			1		
$l_h$	h14	$l-2$	$l-3$		$l-4$		$l-5$			$l-6$		
100 mm 长质量/kg $\approx$		0.007	0.013	0.019	0.023	0.043	0.064	0.093	0.124	0.166	0.205	0.257
$l$ (商品规格范围)		6~ 22	6~ 30	8~ 40	12~ 60	12~ 80	14~ 120	20~ 120	20~ 120	20~ 140	24~ 140	24~ 160

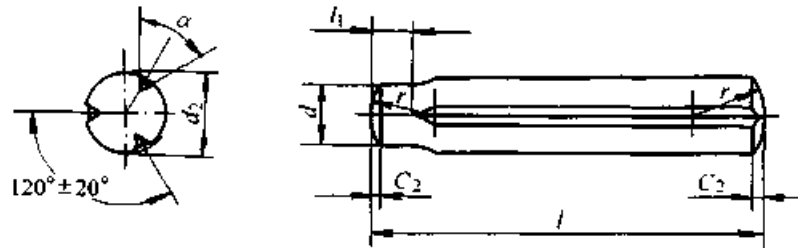
超星浏览器提醒您：  
续表 22.2-14

$d$ (公称)	h11	22	25	28	30	32	36	40	45	50	55	60
$d_k$	max	28	32	36	38	40	45	50	55	60	65	70
$k$	公称	4	5		6			7		8		
$d_1$	min	5	6.3			8			10			
$r$		1					1.5					
$C$	≈	3					5					
$C_1$	≈	1					1.5					
$l_h$	h14	$l-6$		$l-8$			$l-10$			$l-12$		
100 mm 长质量/kg≈		0.314	0.412	0.517	0.593	0.683	0.862	1.067	1.365	1.663	2.043	2.47
$l$ (商品规格范围)		24~ 160	40~ 180	40~ 180	50~ 200	50~ 200	60~ 200	70~ 200	70~ 200	70~ 200	80~ 200	90~ 200

注： $l$  系列（公称尺寸）为 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 24, 26, 28, 30, 32, 35, 40, 45, 48, 50, 55, 60, 65, 70, 75, 80, 85, 90, 95, 100, 120, 140, 160, 180, 200 mm。

3.4 槽销 (见表 22.2-15~表 22.2-23)

表 22.2-15 A 型平行沟槽槽销 (摘自 GB/T 13829.1—1992) (mm)



标记示例

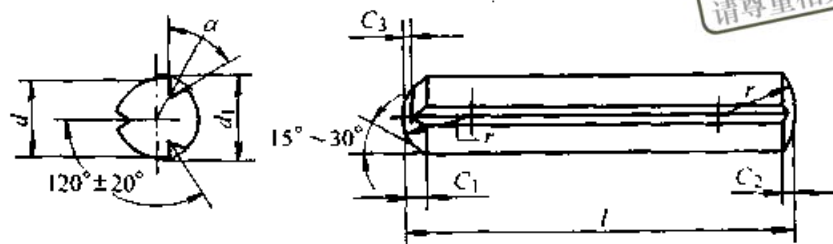
公称直径  $d=6$  mm、公称长度  $l=50$  mm、材料为 Y12、硬度为 125~245HV、不经处理的 A 型一带导杆及全长平行沟槽的槽销：

销 GB/T 13829.1 A6×50

$d$ 公称	1.5	2	2.5	3	4	5	6	8	10	12	16	20	25
$l_1$ max	2	2	2.5	2.5	3	3	4	4	5	5	5	7	7
$C_2$ ≈	0.2	0.25	0.3	0.4	0.5	0.63	0.8	1	1.2	1.6	2	2.5	3
$d_2$	1.60	2.15	2.65	3.20	4.25	5.25	6.30	8.30	10.35	12.35	16.40	20.50	25.50
$d_2$ 的偏差	+0.05 0		±0.05						±0.10				
最小抗剪力 (双剪) /kN	1.6	2.84	4.4	6.4	11.3	17.6	25.4	45.2	70.4	101.8	181	283	444
$l$ (商品规格范围)	8~ 20	8~ 30	10~ 30	10~ 40	10~ 60	14~ 60	14~ 80	14~ 100	14~ 100	18~ 100	22~ 100	26~ 100	26~ 100

- 注：1. 最小抗剪力仅适用于由易切钢制成的槽销。  
 2. 扩展直径  $d_2$  仅适用于由易切钢制成的槽销。对于其他材料，由供需双方协议。  
 3. 扩展直径  $d_2$  应使用光滑通、止环规进行检验。  
 4.  $l$  系列（公称尺寸）为 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 24, 26, 28, 30, 32, 35, 40, 45, 50, 55, 60, 65, 70, 75, 80, 85, 90, 95, 100 mm。

表 22.2-16 B 型平行沟槽槽销 (摘自 GB/T 13829.1—1992) (mm)



标记示例

公称直径  $d=6$  mm、公称长度  $l=50$  mm、材料为 Y12、硬度为 125~245HV、不经处理的 B 型一带倒角及全长平行沟槽的槽销:

销 GB/T 13829.1 B6×50

$d$ 公称	1.5	2	2.5	3	4	5	6	8	10	12	16	20	25
$C_3$ ≈	0.12	0.18	0.25	0.3	0.4	0.5	0.6	0.8	1	1.2	1.6	2	2.5
$C_1$	0.6	0.8	1	1.2	1.4	1.7	2.1	2.6	3	3.8	4.6	6	7.5
$C_2$ ≈	0.2	0.25	0.3	0.4	0.5	0.63	0.8	1	1.2	1.6	2	2.5	3
$d_2$	1.60	2.15	2.65	3.20	4.25	5.25	6.30	8.30	10.35	12.35	16.40	20.50	25.50
$d_2$ 的偏差	+0.05 0		±0.05						±0.10				
最小抗剪力 (双剪) /kN	1.6	2.84	4.4	6.4	11.3	17.6	25.4	45.2	70.4	101.8	181	283	444
$l$ (商品规格范围)	8~ 20	8~ 30	10~ 30	10~ 40	10~ 60	14~ 60	14~ 80	14~ 100	14~ 100	18~ 100	22~ 100	26~ 100	26~ 100

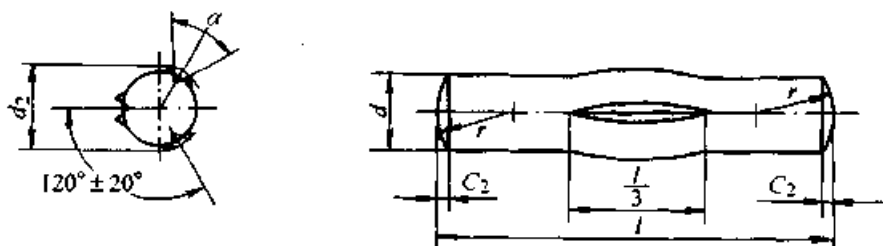
注: 1. 最小抗剪力仅适用于由易切钢制成的槽销。

2. 扩展直径  $d_2$  仅适用于由易切钢制成的槽销。对于其他材料, 由供需双方协议。

3. 扩展直径  $d_2$  应使用光滑通、止环规进行检验。

4.  $l$  系列 (公称尺寸) 为 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 24, 26, 28, 30, 32, 35, 40, 45, 50, 55, 60, 65, 70, 75, 80, 85, 90, 95, 100 mm。

表 22.2-17 C 型平行沟槽槽销 (摘自 GB/T 13829.1—1992) (mm)



标记示例

公称直径  $d=6$  mm、公称长度  $l=50$  mm、材料为 Y12、硬度为 125~245HV、不经处理的 C 型—中部带 1/3 全长平行沟槽的槽销:

销 GB/T 13829.1 C6×50

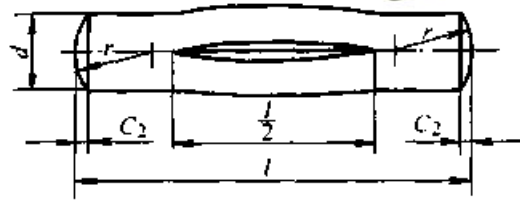
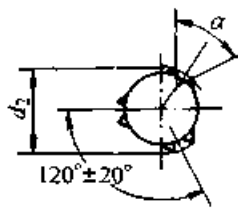


超星浏览器提醒您：  
使用本复制品，请尊重知识产权！  
续表 22.2.17

$d$	公称	1.5	2	2.5	3	4	5	6	8	10	12	16	20	25
$C_2$	≈	0.2	0.25	0.3	0.4	0.5	0.63	0.8	1	1.2	1.6	2	2.5	3
$d_2$		1.60 1.63	2.10 2.15	2.60 2.65	3.10 3.15 3.20	4.15 4.20 4.25 4.30	5.15 5.20 5.25 5.30	6.15 6.25 6.30 6.35	8.20 8.25 8.30 8.35 8.40	10.20 10.30 10.40 10.45 10.40	12.25 12.30 12.40 12.50	16.25 16.30 16.40 16.50	20.25 20.30 20.40 20.50	25.25 25.30 25.40 25.50
$d_2$ 的偏差		+0.05 0		±0.05						±0.10				
最小抗剪力 (双剪) /kN		1.6	2.84	4.4	6.4	11.3	17.6	25.4	45.2	70.4	101.8	181	283	444
$l$ (商品规格范围)		8~ 20	12~ 30	12~ 30	12~ 40	18~ 60	18~ 60	22~ 80	26~ 100	32~ 160	40~ 200	45~ 200	45~ 200	45~ 200
$d_2$		1.60	1.63	2.10	2.15	2.60	2.65	3.10	3.15	3.20	4.15	4.20	4.25	4.30
$l$ (商品规格范围)		8~ 12	14~ 20	12~ 20	22~ 30	12~ 16	18~ 30	12~ 16	18~ 24	26~ 40	18~ 20	22~ 30	32~ 45	50~ 60
$d_2$		5.15	5.20	5.25	5.30	6.15	6.25	6.30	6.35	8.20	8.25	8.30	8.35	8.40
$l$ (商品规格范围)		18~ 20	22~ 30	32~ 55	60	22~ 24	26~ 35	40~ 60	65~ 80	26~ 30	32~ 35	40~ 45	50~ 65	70~ 100
$d_2$		10.20	10.30	10.40	10.45	10.40	12.25	12.30	12.40	12.50	16.25	16.30	16.40	16.50
$l$ (商品规格范围)		32~ 40	45~ 55	60~ 75	80~ 100	120~ 160	40~ 45	50~ 60	65~ 80	85~ 200	45	50~ 60	65~ 80	85~ 200
$d_2$		20.25	20.30	20.40	20.50	25.25	25.30	25.40	25.50					
$l$ (商品规格范围)		45~ 50	55~ 65	70~ 90	95~ 200	45~ 50	55~ 65	70~ 90	95~ 200					

- 注：1. 最小抗剪力仅适用于由易切钢制成的槽销。  
 2. 扩展直径  $d_2$  仅适用于由易切钢制成的槽销。对于其他材料，由供需双方协议。  
 3. 扩展直径  $d_2$  应使用光滑通、止环规进行检验。  
 4.  $l$  系列（公称尺寸）为 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 24, 26, 28, 30, 32, 35, 40, 45, 50, 55, 60, 65, 70, 75, 80, 85, 90, 95, 100, 120, 140, 160, 180, 200 mm。

表 22.2-18 D型平行沟槽槽销 (摘自 GB/T 13829.1—1992)



超星数字图书馆提醒您：  
使用本复制品  
请尊重相关知识版权。

标记示例

公称直径  $d=6$  mm、公称长度  $l=50$  mm、材料为 Y12、硬度为 125~245HV、不经处理的 D 型—中部带  $1/2$  全长平行沟槽的槽销：

销 GB/T 13829.1 D6×50

$d$	公称	1.5	2	2.5	3	4	5	6	8	10	12	16	20	25
$C_2$	≈	0.2	0.25	0.3	0.4	0.5	0.62	0.8	1	1.2	1.6	2	2.5	3
$d_2$		1.60 1.63	2.10 2.15	2.60 2.65	3.10 3.15 3.20	4.15 4.20 4.25 4.30	5.15 5.20 5.25 5.30	6.15 6.25 6.30 6.35	8.20 8.25 8.30 8.35 8.40	10.20 10.30 10.40 10.45 10.40	12.25 12.30 12.40 12.50	16.25 16.30 16.40 16.50	20.25 20.30 20.40 20.50	25.25 25.30 25.40 25.50
$d_2$ 的偏差		+0.05 0		±0.05						±0.10				
最小抗剪力 (双剪) /kN		1.6	2.84	4.4	6.4	11.3	17.6	25.4	45.2	70.4	101.8	181	283	444
$l$ (商品规格范围)		8~ 20	12~ 30	12~ 30	12~ 40	18~ 60	18~ 60	22~ 80	26~ 100	32~ 160	40~ 200	45~ 200	45~ 200	45~ 200
$d_2$		1.60	1.63	2.10	2.15	2.60	2.65	3.10	3.15	3.20	4.15	4.20	4.25	4.30
$l$ (商品规格范围)		8~ 12	14~ 20	12~ 20	22~ 30	12~ 16	18~ 30	12~ 16	18~ 24	26~ 40	18~ 20	22~ 30	32~ 45	50~ 60
$d_2$		5.15	5.20	5.25	5.30	6.15	6.25	6.30	6.35	8.20	8.25	8.30	8.35	8.40
$l$ (商品规格范围)		18~ 20	22~ 30	32~ 55	60	22~ 24	26~ 35	40~ 60	65~ 80	26~ 30	32~ 35	40~ 45	50~ 65	70~ 100
$d_2$		10.20	10.30	10.40	10.45	10.40	12.25	12.30	12.40	12.50	16.25	16.30	16.40	16.50
$l$ (商品规格范围)		32~ 40	45~ 55	60~ 75	80~ 100	120~ 160	40~ 45	50~ 60	65~ 80	85~ 200	45	50~ 60	65~ 80	85~ 200
$d_2$		20.25	20.30	20.40	20.50	25.25	25.30	25.40	25.50					
$l$ (商品规格范围)		45~ 50	55~ 65	70~ 90	95~ 200	45~ 50	55~ 65	70~ 90	95~ 200					

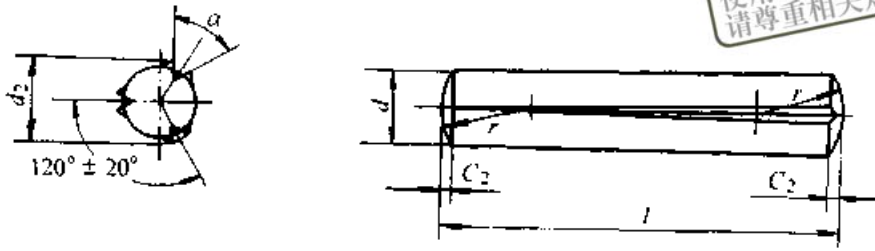
注：1. 最小抗剪力仅适用于由易切钢制成的槽销。

2. 扩展直径  $d_2$  仅适用于由易切钢制成的槽销。对于其他材料，由供需双方协议。

3. 扩展直径  $d_2$  应使用光滑通、止环规进行检验。

4.  $l$  系列 (公称尺寸) 为 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 24, 26, 28, 30, 32, 35, 40, 45, 50, 55, 60, 65, 70, 75, 80, 85, 90, 95, 100, 120, 140, 160, 180, 200 mm。

表 22.2-19 A 型锥槽槽销 (摘自 GB/T 13829.2-1992) (mm)



标记示例

公称直径  $d = 6 \text{ mm}$ 、公称长度  $l = 50 \text{ mm}$ 、材料为 Y12、硬度为 125~245HV、不经处理的 A 型一锥槽的槽销:

销 GB/T 13829.2 A6 × 50

$d$	公称	1.5	2	2.5	3	4	5	6	8	10	12	16	20	25
$C_2$	≈	0.2	0.25	0.3	0.4	0.5	0.63	0.8	1	1.2	1.6	2	2.5	3
$d_2$		1.63 1.60	2.15	2.70 2.65	3.25 3.30 3.25	4.30 4.35 4.30	5.30 5.35 5.30	6.30 6.35 6.30	8.35 8.40 8.55 8.30 8.25	10.40 10.45 10.40 10.35 10.30	12.40 12.45 12.40 12.30	16.65 16.60 16.55 16.50	20.60	25.60
$d_2$ 的偏差		+0.05 0		±0.05						±0.10				
最小抗剪力 (双剪) /kN		1.6	2.84	4.4	6.4	11.3	17.6	25.4	45.2	70.4	101.8	181	283	444
$l$ (商品规格范围)		8~ 20	8~ 30	8~ 30	8~ 40	8~ 60	8~ 60	10~ 80	12~ 100	14~ 120	14~ 120	24~ 120	26~ 120	26~ 120
$d_2$		1.63	1.60	2.15	2.70	2.65	3.25	3.30	3.25	3.20	4.30	4.35	4.30	4.25
$l$ (商品规格范围)		8~ 10	12~ 20	8~ 30	8~ 16	18~ 30	8	10~ 16	18~ 24	26~ 40	8~ 10	12~ 20	22~ 35	40~ 60
$d_2$		5.30	5.35	5.30	5.25	6.30	6.35	6.30	6.25	8.35	8.40	8.55	8.30	8.25
$l$ (商品规格范围)		8~ 12	14~ 20	22~ 40	45~ 60	10~ 12	14~ 30	32~ 50	55~ 80	12~ 16	18~ 30	32~ 55	60~ 80	85~ 100
$d_2$		10.40	10.45	10.40	10.35	10.30	12.40	12.45	12.40	12.30	16.65	16.60	16.55	16.50
$l$ (商品规格范围)		14~ 20	22~ 40	45~ 60	65~ 100	120	14~ 20	22~ 40	45~ 65	70~ 120	24	26~ 50	55~ 90	95~ 120
$d_2$		20.60	25.60											
$l$ (商品规格范围)		26~ 120	26~ 120											

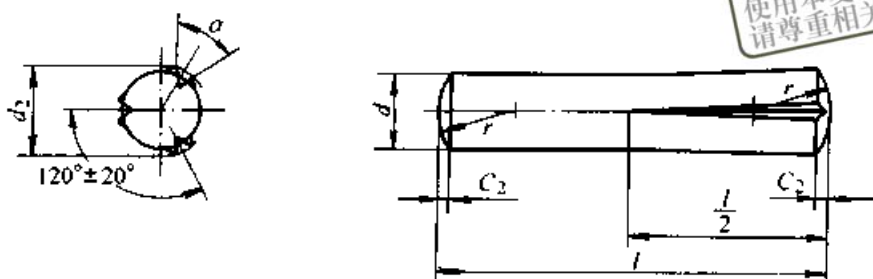
注: 1. 最小抗剪力仅适用于由易切钢制成的槽销。

2. 扩展直径  $d_2$  仅适用于由易切钢制成的槽销。对于其他材料, 由供需双方协议。

3. 扩展直径  $d_2$  应使用光滑通、止环规进行检验。

4.  $l$  系列 (公称尺寸) 为 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 24, 26, 28, 30, 32, 35, 40, 45, 50, 55, 60, 65, 70, 75, 80, 85, 90, 95, 100, 120 mm。

表 22.2-20 B型锥槽槽销 (摘自 GB/T 13829.2—1992) (mm)



## 标记示例

公称直径  $d=6$  mm、公称长度  $l=50$  mm、材料为 Y12、硬度为 125~245HV、不经处理的 B 型—锥槽的槽销：

销 GB/T 13829.2 B6×50

$d$	公称	1.5	2	2.5	3	4	5	6	8	10	12	16	20	25
$C_2$	≈	0.2	0.25	0.3	0.4	0.5	0.63	0.8	1	1.2	1.6	2	2.5	3
$d_2$		1.63	2.15	2.65 2.70	3.25 3.30 3.25	4.30 4.35 4.30	5.30 5.35 5.30	6.30 6.35 6.30	8.25 8.30 8.35 8.40 8.30	10.30 10.35 10.40 10.45 10.40 10.35	12.30 12.35 12.40 12.45 12.40 12.35	16.50 16.55 16.60 16.55	20.55 20.60	25.50 25.60
$d_2$ 的偏差		+0.05 0		±0.05						±0.10				
最小抗剪力 (双剪) /kN		1.6	2.84	4.4	6.4	11.3	17.6	25.4	45.2	70.4	101.8	181	283	444
$l$ (商品规格范围)		8~ 20	8~ 30	8~ 30	8~ 40	10~ 60	10~ 60	10~ 80	14~ 100	14~ 200	18~ 200	26~ 200	26~ 200	26~ 200
$d_2$		1.63	2.15	2.65	2.70	3.20	3.25	3.30	3.25	4.25	4.30	4.35	4.30	5.25
$l$ (商品规格范围)		8~ 20	8~ 30	8~ 10	12~ 30	8~ 10	12~ 16	18~ 30	32~ 40	10~ 12	14~ 20	22~ 40	45~ 60	10~ 12
$d_2$		5.30	5.35	5.30	6.25	6.30	6.35	6.30	8.25	8.30	8.35	8.40	8.35	10.30
$l$ (商品规格范围)		14~ 20	22~ 50	55~ 60	10~ 16	18~ 24	26~ 60	65~ 80	14~ 16	18~ 20	22~ 40	45~ 75	80~ 100	14~ 20
$d_2$		10.35	10.40	10.45	10.40	10.35	12.30	12.35	12.40	12.45	12.40	12.35	16.50	16.55
$l$ (商品规格范围)		22~ 24	26~ 45	50~ 80	85~ 120	140~ 200	18~ 20	22~ 24	26~ 45	50~ 80	85~ 120	140~ 200	26~ 30	32~ 55
$d_2$		16.60	16.55	20.55	20.60	25.50	25.60							
$l$ (商品规格范围)		60~ 100	120~ 200	26~ 50	55~ 200	26~ 50	55~ 200							

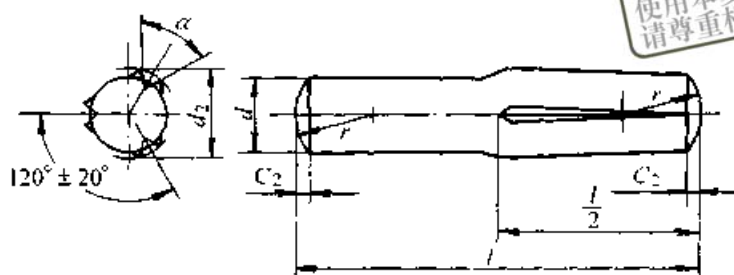
注：1. 最小抗剪力仅适用于由易切钢制成的槽销。

2. 扩展直径  $d_2$  仅适用于由易切钢制成的槽销。对于其他材料，由供需双方协议。

3. 扩展直径  $d_2$  应使用光滑通、止环规进行检验。

4.  $l$  系列 (公称尺寸) 为 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 24, 26, 28, 30, 32, 35, 40, 45, 50, 55, 60, 65, 70, 75, 80, 85, 90, 95, 100, 120, 140, 160, 180, 200 mm。

表 22.2-21 C型锥槽槽销 (摘自 GB/T 13829.2—1992) (mm)



标记示例

公称直径  $d = 6$  mm、公称长度  $l = 50$  mm、材料为 Y12、硬度为 125~245HV、不经处理的 C 型一半长倒锥槽的槽销:

销 GB/T 13829.2 C6 × 50

$d$ 公称	1.5	2	2.5	3	4	5	6	8	10	12	16	20	25
$C_2$ ≈	0.2	0.25	0.3	0.4	0.5	0.63	0.8	1	1.2	1.6	2	2.5	3
$d_2$	1.60	2.10	2.60	3.10	4.15	5.15	6.15	8.20	10.20	12.25	16.25	20.25	25.25
	1.63	2.15		2.65	3.15	4.20	5.20	6.25	8.25	10.30	12.30	16.30	20.30
			2.70	3.20	4.25	5.25	6.30	8.30	10.40	12.40	16.40	20.40	25.40
				3.25	4.30	5.30	6.35	8.35	10.45	12.50	16.50	20.50	25.50
$d_2$ 的偏差	+0.05 0		±0.05						±0.10				
最小抗剪力 (双剪) /kN	1.6	2.84	4.4	6.4	11.3	17.6	25.4	45.2	70.4	101.8	181	283	444
$l$ (商品规格范围)	8~ 20	8~ 30	8~ 30	8~ 40	10~ 60	10~ 60	12~ 80	14~ 100	18~ 160	26~ 200	26~ 200	26~ 200	26~ 200
$d_2$	1.60	1.63	2.10	2.15	2.60	2.65	2.70	3.10	3.15	3.20	3.25	4.15	4.20
$l$ (商品规格范围)	8~ 10	12~ 20	8~ 16	18~ 30	8~ 12	14~ 20	22~ 30	8~ 12	14~ 16	18~ 24	26~ 40	10~ 12	14~ 20
$d_2$	4.25	4.30	5.15	5.20	5.25	5.30	6.15	6.25	6.30	6.35	8.20	8.25	8.30
$l$ (商品规格范围)	22~ 35	40~ 60	10~ 12	14~ 20	22~ 35	40~ 60	12~ 16	18~ 24	26~ 40	45~ 80	14~ 20	22~ 24	26~ 30
$d_2$	8.35	8.40	8.35	10.20	10.30	10.40	10.45	10.40	12.25	12.30	12.40	12.50	12.45
$l$ (商品规格范围)	32~ 45	50~ 75	80~ 100	18~ 24	26~ 35	40~ 50	55~ 90	95~ 160	26~ 30	32~ 40	45~ 55	60~ 100	120~ 200
$d_2$	16.25	16.30	16.40	16.50	16.45	20.25	20.30	20.40	20.50	20.45	25.25	25.30	25.40
$l$ (商品规格范围)	26~ 30	32~ 40	45~ 55	60~ 100	120~ 200	26~ 35	40~ 45	50~ 55	60~ 120	140~ 200	26~ 35	40~ 45	50~ 55
$d_2$	25.50	25.45											
$l$ (商品规格范围)	60~ 120	140~ 200											

注: 1. 最小抗剪力仅适用于由易切钢制成的槽销。

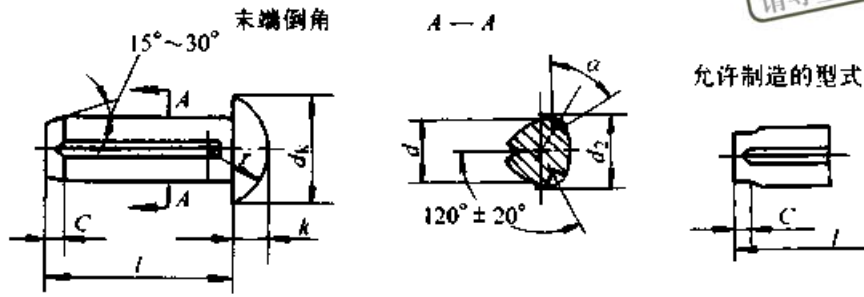
2. 扩展直径  $d_2$  仅适用于由易切钢制成的槽销。对于其他材料, 由供需双方协议。

3. 扩展直径  $d_2$  应使用光滑通、止环规进行检验。

4.  $l$  系列 (公称尺寸) 为 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 24, 26, 28, 30, 32, 35, 40, 45, 50, 55, 60, 65, 70, 75, 80, 85, 90, 95, 100, 120, 140, 160, 180, 200 mm。

表 22.2-22 圆头槽销 (摘自 GB/T 13829.3—1992) (mm)

星浏览器提醒您：  
使用本复制品  
请尊重相关知识产权！



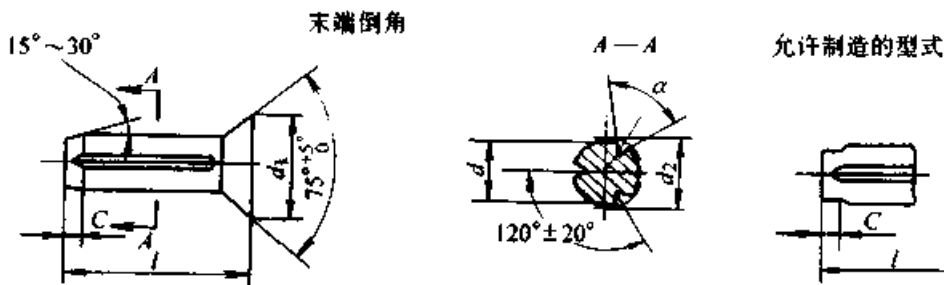
标记示例

公称直径  $d=6$  mm、公称长度  $l=50$  mm、材料为 Y12、硬度为 125~245HV、不经处理的 A 型—圆头槽销：  
销 GB/T 13829.3 A6×50

$d$	公称	1.4	1.6	2	2.5	3	4	5	6	8	10	12	16	20
$d_k$	max	2.6	3.0	3.7	4.6	5.45	7.25	9.1	10.8	14.4	16	19	25	32
$k$	max	0.9	1.1	1.3	1.6	1.95	2.55	3.15	3.75	5.0	7.4	8.4	10.9	13.9
$r$	≈	1.4	1.6	1.9	2.4	2.8	3.8	4.6	5.7	7.5	8	9.5	13	16.5
$C$		0.42	0.48	0.6	0.75	0.9	1.2	1.5	1.8	2.4	3.0	3.6	4.8	6
$d_2$		1.50	1.70	2.15	2.70	3.20	4.25	5.25	6.30	8.30	10.35	12.35	16.40	20.50
$d_2$ 的偏差		+0.05 0			±0.05						±0.10			
$l$ (商品规格范围)		3~ 6	3~ 8	3~ 10	3~ 12	4~ 16	5~ 20	6~ 25	8~ 30	10~ 40	12~ 40	16~ 40	20~ 40	25~ 40

- 注：1. 扩展直径  $d_2$  仅适用于由易切钢制成的槽销。对于其他材料，由供需双方协议。  
2. 扩展直径  $d_2$  应使用光滑通、止环规进行检验。  
3.  $l$  系列（公称尺寸）为 3, 4, 5, 6, 8, 10, 12, 16, 20, 25, 30, 35, 40 mm。

表 22.2-23 沉头槽销 (摘自 GB/T 13829.3—1992) (mm)



标记示例

公称直径  $d=6$  mm、公称长度  $l=30$  mm、材料为 Y12、硬度为 125~245HV、不经处理的 B 型—沉头槽销：  
销 GB/T 13829.3 B6×30

续表 22.2-23

$d$ 公称	1.4	1.6	2	2.5	3	4	5	6	8	10	12	16	20
$d_k$ max	2.7	3.0	3.7	4.6	5.45	7.25	9.1	10.8	14.4	16	19	26	31.5
$C$	0.42	0.48	0.6	0.75	0.9	1.2	1.5	1.8	2.4	3.0	3.6	4.8	6
$d_2$	1.50	1.70	2.15	2.70	3.20	4.25	5.25	6.30	8.30	10.35	12.35	16.40	20.50
$d_2$ 的偏差	+0.05 0			±0.05						±0.10			
$l$ (商品规格范围)	3~ 6	3~ 8	4~ 10	4~ 12	5~ 16	6~ 20	8~ 25	8~ 30	10~ 40	12~ 40	16~ 40	20~ 40	25~ 40

- 注：1. 扩展直径  $d_2$  仅适用于由易切钢制成的槽钢。对于其他材料，由供需双方协议。  
 2. 扩展直径  $d_2$  应使用光滑通、止环规进行检验。  
 3.  $l$  系列（公称尺寸）为 3、4、5、6、8、10、12、16、20、25、30、35、40 mm。

# 第3章 铆 接

## 1 铆接的类型、特点和应用

利用铆钉把两个或两个以上的零件（钢板、型钢或机械零件）联接在一起称为铆钉联接，简称铆接，它是不可拆的联接。

铆接的最大特点是耐冲击、抗振性非常好。此外，它还具有工艺装备简单、联接可靠、构件变形小、抗疲劳性能好、对应力集中不敏感等特点。但铆接时噪声大、劳动强度高、生产率低、紧密性差、构件质量较大、并且被联接件上需要钻孔，因而强度将有所削弱。

根据所使用的铆钉材料和尺寸的不同，有冷铆和热铆两种铆接工艺方法。对于直径小于10 mm的钢铆钉或使用塑性良好的铜、铝合金铆钉，可以在常温下冷铆，冷铆后，钉杆胀满钉孔；对于直径大于10 mm的钢铆钉，一般要将铆钉加热到1 000~1 100℃进行热铆，铆钉在红热时进行铆合，冷却后由于钉杆的纵向收缩，把被铆件压紧，而横向收缩，则在钉杆与孔壁间产生微小的间隙。热铆时，钉杆上的单位锤击力为650~800 MPa。

铆接的类型及应用见表 22.3-1。

表 22.3-1 铆接的类型与应用

类型	工作要求	应用实例
强固联接	联接强度	飞机蒙皮、起重机机架、桥梁、建筑
强密联接	联接强度与紧密性	压力容器、蒸汽锅炉
紧密联接	紧密性	低压容器、水柜

## 2 铆缝形式

铆钉联接的接缝（接头）叫铆缝，有强固联接、强密联接和紧密联接三种。根据铆接接头的构造不同，铆缝可分为搭接（见图 22.3-1a）、单盖板对接（见图 22.3-1b）和双盖板对接（见图 22.3-1c）三种。根据主板上铆钉的排数不同，铆缝又可分为单排、双排和多排联接等几种形式。在双排和多排联接中，根据铆钉的排列方式不同，又可分为并列和交错两种。图 22.3-1d 为并列铆缝、图 22.3-1e 为交错铆缝。

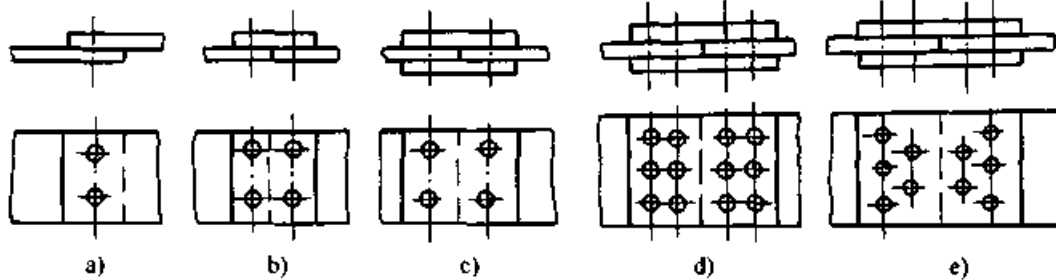


图 22.3-1 铆缝形式

## 3 铆接接头的结构设计及强度计算

### 3.1 铆接中的元件

#### 3.1.1 铆钉

##### (1) 铆钉类型

铆钉是标准件，有实心铆钉和空心铆钉两种。空心铆钉用于受力较小的薄板或非金属件的

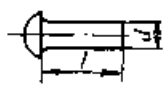



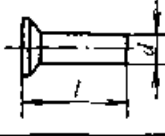
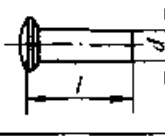
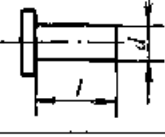
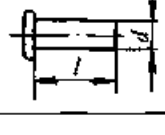
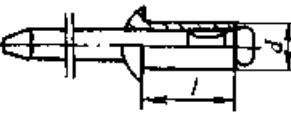

联接。钢制实心铆钉按钉头形式的不同可以有多种，常用铆钉型式见表 22.3-2。

##### (2) 铆钉材料与许用应力

铆钉的材料必须具有良好的塑性和无淬硬性。为避免因膨胀系数的不同而影响铆缝的强度或与腐蚀介质接触时产生电化学反应，一般铆钉的材料应与被铆件的材料相同或相近。常用的铆钉材料有：



表 22.3-2 常用铆钉的类型

名称	形状	标准	规格/mm		应用
			$d$	$l$	
半圆头		GB/T 863.1—1986 <sup>①</sup> (粗制)	12~36	20~200	用于承受较大横向载荷的铆缝, 应用最广
		GB/T 863.2—1986 <sup>①</sup> (粗制)	10~36	12~200	
		GB/T 867—1986 <sup>①</sup>	0.6~1.6	1~110	
平锥头		GB/T 864—1986 (粗制)	12~36	20~200	因钉头较大, 耐腐蚀性较强, 常用于船壳、锅炉、水箱等腐蚀性较强的场合
		GB/T 868—1986 <sup>①</sup>	2~16	2~110	
沉头		GB/T 865—1986 <sup>①</sup> (粗制)	12~36	20~200	用于表面要求平滑, 并且载荷不大的铆缝; 承载能力比半圆头低
		GB/T 869—1986 <sup>①</sup>	1~16	2~100	
半沉头		GB/T 866—1986 (粗制)	12~36	20~200	用于表面要求平滑, 并且载荷不大的铆缝
		GB/T 870—1986	1~16	2~100	
120°沉头		GB/T 954—1986	1.2~8	1.5~50	用于表面要求平滑, 并且载荷不大的铆缝
120°半沉头		GB/T 1012—1986	3~6	5~40	用于表面要求平滑, 并且载荷不大的铆缝
平头		GB/T 109—1986 <sup>①</sup>	2~10	4~30	做强固接缝用
扁平头		GB/T 872—1986 <sup>①</sup>	1.2~10	1.5~50	用于金属薄板或非金属材料之间的铆缝
抽芯铆钉		GB/T 12615—1990 <sup>①</sup>	3~6	6~18	用于汽车车身覆盖件、支架等的单面铆接
		GB/T 12616—1990 <sup>①</sup>		7~40	
		GB/T 12617—1990 <sup>①</sup>			
		GB/T 12618—1990 <sup>①</sup>			
标牌铆钉		GB/T 827—1986 <sup>①</sup>	1.6~5	3~20	用于标牌的铆接

① 为商品紧固件产品, 应优先选用。

钢铆钉: Q215A、Q215B、Q235A、Q235B、Q345、ML2、ML3、ML10、ML15、10、15 和 1Cr18Ni9Ti。

铜铆钉: T3、H62 和 HPb59-1。

铝铆钉: 1050A、1035、ZA01、ZA10、5B05 和 3A21。

钢铆钉联接的许用应力见表 22.3-3。

表 22.3-3 钢铆钉联接的许用应力 (MPa)

被铆件	材料		Q215-A	Q235-A	Q345
	许用应力	$\sigma_{lv}, \sigma_{yp}$	Q215-B	Q235-B	
					140~155
铆钉	许用应力	$\sigma_{lv}$	钻孔	280~310	430~480
			冲孔	240~260	365~410
		材料		ML2, ML3	
铆钉	许用应力	$\tau_p$	钻孔	145	
			冲孔	115	
		$\sigma_{lv}$		95	

注：1. 被铆件之一厚度大于 16 mm 时，表中数值取小值。

2. 被铆件受循环载荷作用时，表中数值应降低 10%~20%。

(3) 铆钉长度的确定

铆钉长度根据铆钉类型和铆接后的形状决定，可以按照推荐的公式进行计算，也可由推荐表选取。

钢制半圆头铆钉铆成半圆头时，铆合前钉杆的长度可按式(1)进行计算：

$$l = 1.1 \Sigma \delta + 1.4 d$$

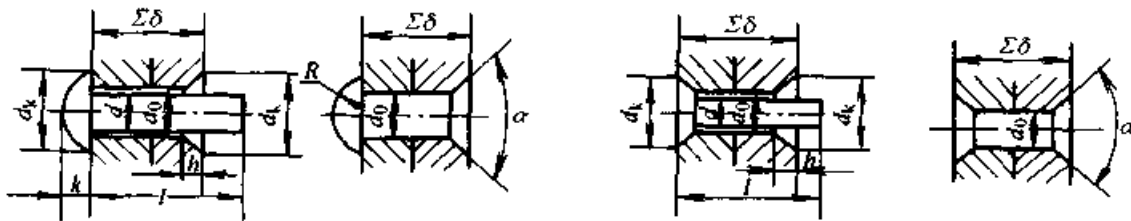
式中  $\Sigma \delta$  —— 被铆件总厚度 (mm)，一般取

$$\Sigma \delta \leq 5d;$$

$d$  —— 铆钉直径 (mm)。

半圆头铆钉及沉头铆钉铆成沉头时的钉杆长度  $l$  可参照表 22.3-4 选取。

表 22.3-4 半圆头铆钉及沉头铆钉钉杆长度的选择 (mm)



半圆头铆钉铆成沉头

沉头铆钉铆成沉头

l	d								l	d							
	3	4	5	6	8	10	12	16		3	4	5	6	8	10	12	16
铆接厚度 $\Sigma \delta$																	
5	3								6	4	4						
6	4	3							8	5.5	5.5	5.5					
8	5.5	5	5						10	7.5	7	7					
10	7.5	7	7	6.5					12	9.5	8.5	8.5					
12	9	8.5	8.5	8					14	11	10	10	10				
14	11	10	10	9.5					16	13	11.5	11.5	11.5	11			
16	13	11.5	12	11	11	9			18	14.5	13	13	13	12.5	12		
18	14.5	13.5	13.5	12.5	12.5	11			20	16.5	14.5	14.5	14.5	14.5	14		
20	16	15	15	14	14	13			22	18	16.5	16	16	16	15.5		
22		17	17	15.5	15.5	14.5	14		24	20	18	17.5	17.5	17.5	17	16	
24		18.5	18.5	17.5	17	16	16										
26		20	20	19	18.5	17.5	17.5		26	21.5	19.5	19	19	19.5	18.5	17.5	
28		22	21.5	21	20	19	19		28		21	21	21	21	20	19	
30		24	23	22.5	22	20.5	20.5		30			22.5	22.5	23	22	21	
32		26	24.5	24	23.5	22	22		32			24	24	24.5	23.5	22.5	
34		27.5	26	25.5	25	23.5	23.5		34			25.5	25.5	26	25	24.5	

3.1.2 被铆件

在铆接结构中，通常选用低碳的角钢或钢板作为被铆件的材料，尽量不用轧制的工字钢或槽钢。因为角钢或钢板的表面比较平整，容易放置铆钉头，并且当横截面积相同时，角钢的翼缘比其他型钢宽，能放置较大的铆钉。为保证铆接后铆钉能涨满铆钉孔，被铆件的厚度一般不超过铆

钉直径的5倍。

3.2 钢结构件铆接的结构参数

(1) 钉孔直径  $d_0$

为了使铆接时铆钉容易穿过钉孔，钉孔的直径应略大于钉杆的直径，钉孔直径见表 22.3-5。

表 22.3-5 铆钉用通孔直径  $d_0$  (摘自 GB/T 152.1—1988) (mm)

铆钉直径 $d$	0.6	0.7	0.8	1	1.2	1.4	1.6	2	2.5	3	3.5	4	5	
$d_0$	精装配	0.7	0.8	0.9	1.1	1.3	1.5	1.7	2.1	2.6	3.1	3.6	4.1	5.2
	粗装配	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
铆钉直径 $d$	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	27	30	36	
$d_0$	精装配	6.2	8.2	10.3	12.4	14.5	16.5	—	—	—	—	—	—	
	粗装配	—	—	11	13	15	17	19	21.5	23.5	25.5	28.5	32	38

铆接用通孔既可采用钻孔的方式也可采用冲孔的方式获得。但由于冲出的孔孔边有毛刺、孔壁表面有冲剪的痕迹以及加工硬化而产生的裂纹，因此冲孔铆接的承载能力要比钻孔铆接的承载能力降低 20% 左右。为此，冲孔只能用于不受力或受力较小的不重要铆接中。一般尽量采用钻孔的方式，尤其是承受交变载荷时更应注意这

一点。如果要采用冲孔方式，最好冲孔后要留下 3~5 mm 的钻孔余量。

(2) 铆钉的间距

铆钉的间距是根据联接各部分强度近似相等，并考虑到铆接工艺等方面的要求来确定的。根据钢结构设计规范，铆钉的间距应该符合表 22.3-6 的要求。

表 22.3-6 铆钉的最大、最小容许间距 (mm)

名称	位置与方向		最大容许距离 (取两者之小值)	最小容许距离
中心间距	外排		$8d_0$ 或 $12\delta$	$3d_0$
	中间排	构件受压力	$12d_0$ 或 $18\delta$	
		构件受拉力	$16d_0$ 或 $24\delta$	
中心至构件 边缘距离	平行于载荷的方向		$4d_0$ 或 $8\delta$	$2d_0$
	垂直于载荷 的方向	切割边		$1.5d_0$
		轧制边		$1.2d_0$

注：1.  $d_0$  为铆钉用通孔直径， $\delta$  为较薄板件的厚度。

2. 钢板边缘与钢结构件（如角钢、槽钢等）相连的铆钉的最大容许间距，可按中间排的数值选取。

3.3 有色金属或异种材料铆接的结构参数

有色金属或异种材料（如石棉制动带与铸铁制动瓦）铆接的结构参数推荐如下：

1) 铆钉直径  $d = 1.5\delta + 2 \text{ mm}$

2) 铆钉间距  $t = (2.5 \sim 3) d$

3) 铆钉边距  $e_1 \geq 2d$  (平行于载荷的方向)

$e_2 \geq (1.8 \sim 2) d$  (垂直于载荷

的方向)

4) 铆钉杆长度  $l = \sum \delta + 1.4d$

3.4 铆缝的强度计算

设计铆缝时,一般首先根据被铆件的特点及使

用场合确定铆缝的型式,然后再根据载荷情况,通过强度计算确定被铆件的尺寸、铆钉的直径和数量。

铆接接头的强度计算公式见表 22.3-7~表 22.3-8。

表 22.3-7 受力矩作用的铆钉的最大载荷计算

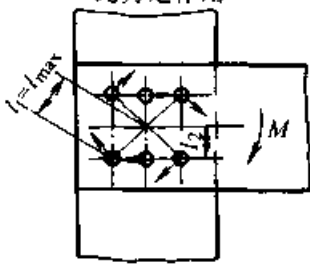

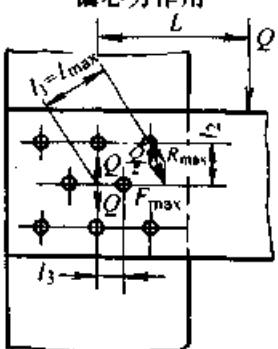
形式及图例	铆钉的最大载荷
<p>纯力矩作用</p> 	 $F_{\max} = \frac{M l_{\max}}{l_1^2 + l_2^2 + \dots + l_z^2}$
<p>偏心力作用</p> 	$F_{\max} = R_{\max} + \frac{Q}{z}$ $R_{\max} = \frac{M l_{\max}}{l_1^2 + l_2^2 + \dots + l_z^2}$ $M = QL$

表 22.3-8 受拉、压构件的强度计算

计算内容	受力方式	计算公式	备注
构件的横截面积 $A/\text{mm}^2$	构件受拉	$A = \frac{F}{\Psi \sigma_{lp}}$	根据横截面积 $A$ 确定构件的尺寸
	构件受压	$A = \frac{F}{\xi \sigma_{vp}}$	
铆钉直径 $d/\text{mm}$	单面剪切	$d \approx 2\delta$	双盖板取两盖板厚度之和
	双面剪切	$d \approx (1.25 \sim 1.5) \delta$	
铆钉数量 $z$	按铆钉抗剪强度计算	$z = \frac{4F}{m \pi d_0^2 \tau_p}$	取两个公式计算出的较大值,但是铆钉数量不能少于两个
	按构件挤压强度计算	$z = \frac{4F}{d_0 \delta \sigma_{vp}}$	
参数说明	<p><math>F</math>—作用于构件上的外加载荷;  <math>\Psi</math>—铆缝的强度因子, <math>\Psi = \frac{t-d}{d}</math>;  <math>t</math>为铆钉的间距,初算时可取 <math>\Psi = 0.6 \sim 0.8</math>;  <math>\sigma_{lp}</math>和 <math>\sigma_{vp}</math>—被铆件的许用拉应力和许用压应力,见表 22.3-3;  <math>\xi</math>—压杆纵弯曲因子,见表 22.3-9;  <math>\delta</math>—被铆件中较薄板的厚度,双盖板取两盖板厚度之和;  <math>d_0</math>—钉孔直径;  <math>m</math>—每个铆钉的抗剪面数量;  <math>\tau_p</math>—铆钉的许用切应力;  <math>\sigma_{vp}</math>—被铆件的许用挤压应力</p>		

根据钢结构设计规范规定,若一个被铆件通过其他中间板与另一个被铆件联接时,铆钉数目应比计算值增加 10%; 搭接或拼接板单面联接时,铆钉数目应比计算值增加 10%; 铆钉联接

铆合的总厚度大于  $5d$  时,总厚度每超过  $2\text{ mm}$ ,铆钉数目应比计算值增加 1% (至少增加一个),但总厚度不得超过  $7d$ 。

超星浏览器提醒您:  
使用本复制品  
请尊重相关知识产权!

表 22.3-9 压杆纵弯曲因子  $\xi$

$\lambda$	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	140	160	180	200
$\xi$	0.99	0.96	0.94	0.92	0.89	0.86	0.81	0.75	0.69	0.6	0.52	0.45	0.36	0.29	0.23	0.19

参数说明:

$\lambda$ —柔度,  $\lambda = \mu l / i_{\min}$ ;

$\mu$ —柱端系数;  $l$ —构件计算长度;  $i_{\min}$ —构件截面最小惯性半径 (mm)

### 3.5 结构设计注意事项

1) 铆接厚度一般不超过铆钉直径的 5 倍。

2) 冲孔铆接的承载能力要比钻孔铆接的承载能力降低 20% 左右,因此,冲孔只能用于不受力或受力较小的不重要铆接中。

3) 平行于载荷方向上的铆钉数量最多不超过 6 个,但不应少于 2 个。同一结构中的铆钉直径尽量统一,最多不超过两种。

4) 采用多排铆钉时,尽量使铆钉交错布置,

以提高铆接的强度因子。

5) 工地制成的铆钉,其许用应力应当适当降低。

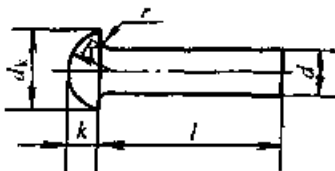
6) 多层板铆合时,需将各层板的接口错开。

7) 板厚大于  $4\text{ mm}$  时才进行敛边;板厚小于  $4\text{ mm}$ ,且对紧密性要求较高时,可以把涂有铅丹的亚麻布放在钢板之间以获得紧密性。

### 4 常用铆钉标准元件 (见表 22.3-10~表 22.3-22)

表 22.3-10 半圆头铆钉 (粗制) (摘自 GB/T 863.1—1986)

(mm)



标记示例

公称直径  $d = 12\text{ mm}$ , 公称长度  $l = 50\text{ mm}$ , 材料为 ML12, 不经表面处理的半圆头铆钉:

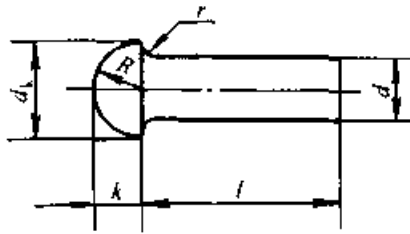
铆钉 GB/T 863.1 12×50

$d$	公称	12	(14)	16	(18)	20	(22)	24	(27)	30	36
$d_k$	max	22	25	30	33.4	36.4	40.4	44.4	49.4	54.8	63.8
$k$	max	8.5	9.5	10.5	13.3	14.8	16.3	17.8	20.2	22.2	26.2
$R$	≈	11	12.5	15.5	16.5	18	20	22	26	27	32
$r$	max	0.5					0.8				
$l$	(商品规格范围)	20~90	22~100	26~110	32~150	32~150	38~180	52~180	55~180	55~180	58~200

注: 1. 尽可能不采用括号内的规格。

2.  $l$  系列 (公称尺寸) 为 20, 22, 24, 26, 28, 30, 32, 35, 38, 40, 42, 45, 48, 50, 52, 55, 58, 60, 65, 70, 75, 80, 85, 90, 95, 100, 110, 120, 130, 140, 150, 160, 170, 180, 190, 200 mm。

表 22.3-11 小半圆头铆钉 (粗制) (摘自 GB/T 863.2—1986) (mm)



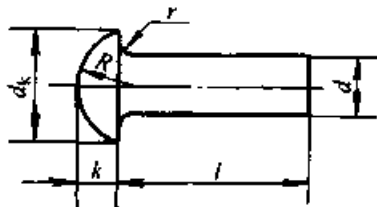
标记示例  
公称直径  $d = 12$  mm, 公称长度  $l = 50$  mm, 材料为 ML2, 不经表面处理的小半圆头铆钉;  
铆钉 GB/T 863.2 12×50

$d$	公称	10	12	(14)	16	(18)	20	(22)	24	(27)	30	36
$d_k$	max	16	19	22	25	28	32	36	40	43	48	58
$k$	max	7.4	8.4	9.9	10.9	12.6	14.1	15.1	17.1	18.1	20.3	24.3
$r$	max	0.5	0.6	0.6	0.8	0.8	1	1	1.2	1.2	1.6	2
$R$		8	9.5	11	13	14.5	16.5	18.5	20.5	22	24.5	30
$l$	(商品规格范围)	12~50	16~60	20~70	25~80	28~90	30~200	35~200	38~200	40~200	42~200	48~200

注: 1. 尽可能不采用括号内的规格。

2.  $l$  系列 (公称尺寸) 为 12, 14, 16, 18, 20, 22, 25, 28, 30, 32, 35, 38, 40, 42, 45, 48, 50, 52, 55, 58, 60, 62, 65, 68, 70, 75, 80, 85, 90, 95, 100, 110, 120, 130, 140, 150, 160, 170, 180, 190, 200 mm。

表 22.3-12 半圆头铆钉 (摘自 GB/T 867—1986) (mm)



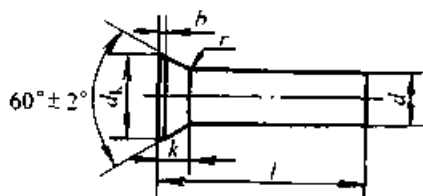
标记示例  
公称直径  $d = 8$  mm, 公称长度  $l = 50$  mm, 材料为 ML2, 不经表面处理的半圆头铆钉;  
铆钉 GB/T 867 8×50

$d$	公称	0.6	0.8	1	(1.2)	1.4	(1.6)	2	2.5	3	(3.5)	4	5	6	8	10	12	(14)	16
$d_k$	max	1.3	1.6	2	2.3	2.7	3.2	3.74	4.84	5.54	6.59	7.39	9.09	11.35	14.35	17.35	21.42	24.42	29.42
$k$	max	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.2	1.4	1.8	2	2.3	2.6	3.2	3.84	5.04	6.24	8.29	9.29	10.29
$R$	≈	0.58	0.74	1	1.2	1.4	1.6	1.9	2.5	2.9	3.4	3.8	4.7	6	8	9	11	12.5	15.5
$r$	max	0.05	0.05	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.4	0.4	0.4
$l$	商品规格范围	—	—	—	—	—	—	3~16	5~20	5~26	7~26	7~50	7~55	8~60	16~65	16~85	—	—	—
	通用规格范围	1~6	1.5~8	2~8	2.5~8	3~12	3~12	—	—	—	—	—	—	—	—	—	20~90	22~100	26~110

注: 1. 尽可能不采用括号内的规格。

2.  $l$  系列 (公称尺寸) 为 1, 1.5, 2, 2.5, 3, 3.5, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 22, 24, 26, 28, 30, 32, 34, 36, 38, 40, 42, 44, 46, 48, 50, 52, 55, 58, 60, 62, 65, 68, 70, 75, 80, 85, 90, 95, 100, 110 mm。

表 22.3-13 沉头铆钉 (粗制) (摘自 GB/T 865—1986) (mm)



标记示例

公称直径  $d = 12$  mm, 公称长度  $l = 50$  mm, 材料为 ML2, 不经表面处理的沉头铆钉:

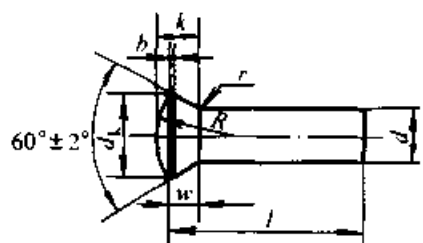
铆钉 GB/T 865 12×50

超星浏览器提醒您:  
 本资源由超星数字图书馆提供

$d$	公称	12	(14)	16	(18)	20	(22)	24	(27)	30	36
$d_k$	max	19.6	22.5	25.7	29	33.4	37.4	40.4	44.4	51.4	59.8
$k$	≈	6	7	8	9	11	12	13	14	17	19
$b$	max	0.6				0.8					
$r$	max	0.5				0.8					
$l$	(商品规格范围)	20~75	20~100	24~110	28~150	30~150	38~180	50~180	55~180	60~200	65~200

注:  $l$  系列 (公称尺寸) 为 20, 22, 24, 26, 28, 30, 32, 35, 38, 40, 42, 45, 48, 50, 52, 55, 58, 60, 65, 70, 75, 80, 85, 90, 95, 100, 110, 120, 130, 140, 150, 160, 170, 180, 190, 200 mm。

表 22.3-14 半沉头铆钉 (粗制) (摘自 GB/T 866—1986) (mm)



标记示例

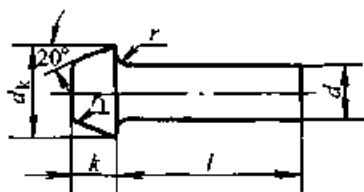
公称直径  $d = 12$  mm, 公称长度  $l = 50$  mm, 材料为 ML2, 不经表面处理的半沉头铆钉:

铆钉 GB/T 866 12×50

$d$	公称	12	(14)	16	(18)	20	(22)	24	(27)	30	36
$d_k$	max	19.6	22.5	25.7	29	33.4	37.4	40.4	44.4	51.4	59.8
$k$	≈	8.8	10.4	11.4	12.8	15.3	16.8	18.3	19.5	23	26
$w$	≈	6	7	8	9	11	12	13	14	17	19
$R$	≈	17.5	19.5	24.7	27.7	32	36	38.5	44.5	55	63.6
$b$	max	0.6				0.8					
$r$	max	0.5				0.8					
$l$	(通用规格范围)	20~75	20~100	24~100	28~150	30~150	38~180	50~180	55~180	60~200	65~200

注:  $l$  系列 (公称尺寸) 为 20, 22, 24, 26, 28, 30, 32, 35, 38, 40, 42, 45, 48, 50, 52, 55, 58, 60, 65, 70, 75, 80, 85, 90, 95, 100, 110, 120, 130, 140, 150, 160, 170, 180, 190, 200 mm。

表 22.3-15 平锥头铆钉 (粗制) (摘自 GB/T 864—1986) (mm)



标记示例

公称直径  $d = 12$  mm、公称长度  $l = 50$  mm、材料为 ML2、不经表面处理的平锥头铆钉:

铆钉 GB/T 864 12×50



$d$	公称	12	(14)	16	(18)	20	(22)	24	(27)	30	36
$d_k$	max	21	25	29	32.4	35.4	39.9	41.4	46.4	51.4	61.8
$k$	max	10.5	12.8	14.8	16.8	17.8	20.2	22.7	24.7	28.2	34.6
$r_1$	max	2				3					
$r$	max	0.5				0.8					
$l$	(通用规格范围)	20~100	20~100	24~110	30~150	30~150	38~180	50~180	58~180	65~180	70~200

注:  $l$  系列 (公称尺寸) 为 20, 22, 24, 26, 28, 30, 32, 35, 38, 40, 42, 45, 48, 50, 52, 55, 58, 60, 65, 70, 75, 80, 85, 90, 95, 100, 110, 120, 130, 140, 150, 160, 170, 180, 190, 200 mm。

表 22.3-16 平锥头铆钉 (摘自 GB/T 868—1986) (mm)



标记示例

公称直径  $d = 6$  mm、公称长度  $l = 30$  mm、材料为 ML2、不经表面处理的平锥头铆钉:

铆钉 GB/T 868 6×30

$d$	公称	2	2.5	3	(3.5)	4	5	6	8	10	12	(14)	16
$d_k$	max	3.84	4.74	5.64	6.59	7.49	9.29	11.15	14.75	18.35	20.42	24.42	28.42
$k$	max	1.2	1.5	1.7	2	2.2	2.7	3.2	4.24	5.24	6.24	7.29	8.29
$r$	max	0.1	0.1	0.1	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.4	0.4	0.4
$r_1$	max	0.7	0.7	0.7	1	1	1	1	1	1	1.5	1.5	1.5
$l$	商品规格范围	3~16	4~20	6~24	6~28	8~32	10~40	12~40	16~60	16~90	—	—	—
	通用规格范围	—	—	—	—	—	—	—	—	—	18~110	18~110	24~110

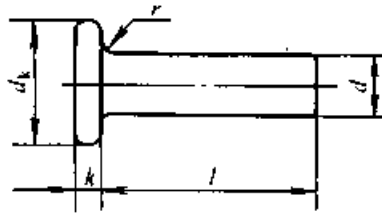
注: 1. 尽可能不采用括号内规格。

2. 技术条件按 GB/T 116—1986 规定。

3.  $l$  系列 (公称尺寸) 为 3, 3.5, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 22, 24, 26, 28, 30, 32, 34, 36, 38, 40, 42, 44, 46, 48, 50, 52, 55, 58, 60, 62, 65, 68, 70, 75, 80, 85, 90, 95, 100, 110 mm。



表 22.3-17 平头铆钉 (摘自 GB/T 109—1986) (mm)



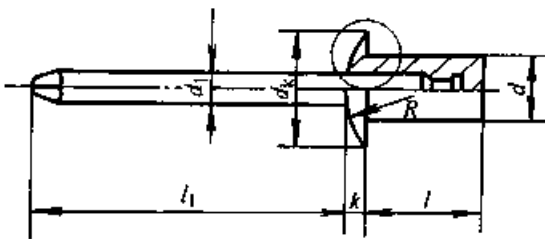
标记示例

公称直径  $d = 6 \text{ mm}$ 、公称长度  $l = 15 \text{ mm}$ 、材料为 ML12、不经表面处理的平头铆钉  
 铆钉 GB/T 109 6×15

$d$	公称	2	2.5	3	(3.5)	4	5	6	8	10
$d_k$	max	4.24	5.24	6.24	7.29	8.29	10.29	12.35	16.35	20.42
$k$	max	1.2	1.4	1.6	1.8	2	2.2	2.6	3	3.44
$r$	max	0.1	0.1	0.1	0.3	0.3	0.3	0.3	0.5	0.5
$l$	(商品规格范围)	4~8	5~10	6~14	6~18	8~22	10~26	12~30	16~30	20~30

- 注：1. 尽可能不采用括号内的规格。  
 2. 技术要求按 GB/T 116—1986 规定。  
 3.  $l$  系列 (公称尺寸) 为 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 22, 24, 26, 28, 30。

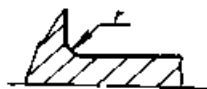
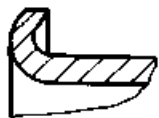
表 22.3-18 封闭型扁圆头抽芯铆钉 (摘自 GB/T 12615—1990) (mm)



标记示例

公称直径  $d = 5 \text{ mm}$ 、公称长度  $l = 10 \text{ mm}$  的封闭型扁圆头抽芯铆钉：  
 抽芯铆钉 GB/T 12615 5×10

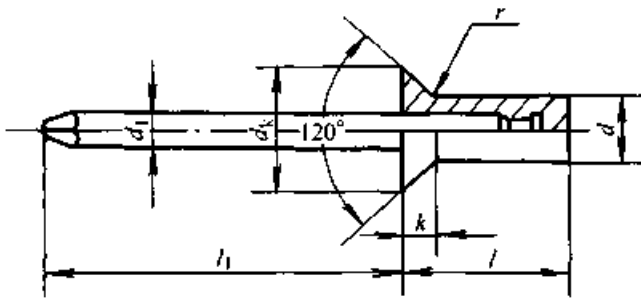
用板材制造的类型 2:1 用线材制造的类型



$d$	公称	3	(3.2)	4	5	6
	min	2.93	3.11	3.91	4.91	5.91
	max	3.07	3.29	4.09	5.09	6.09
$d_k$	max	6.24		8.29	9.89	12.35
	min	5.76		7.71	9.31	11.65
$k$	max	1.4		1.7	2.0	2.5
$d_1$	≈	1.80		2.18	2.80	3.60
$l_1$	min	26		27		31
$R$		5		6.8	7.6	9.3
$r$	max	0.5			0.7	
$l$	(通用规格范围)	6~12		6~14		7~18

- 注：1. 尽可能不采用括号内规格。  
 2. 技术条件按 GB/T 12619 的规定。  
 3.  $l$  系列 (公称尺寸) 为 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18 mm。

表 22.3-19 封闭型沉头抽芯铆钉 (摘自 GB/T 12616—1990) (mm)

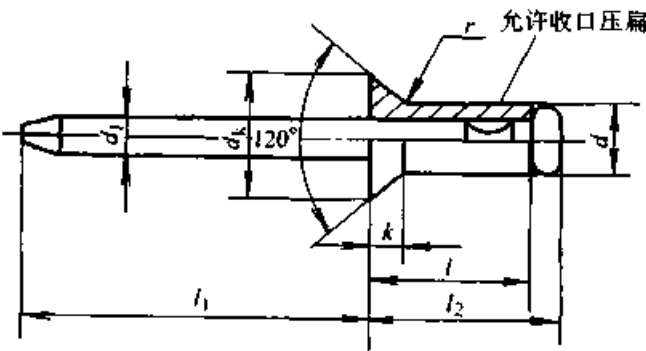


标记示例  
公称直径  $d=5$  mm、公称长度  $l=10$  mm 的封闭型沉头抽芯铆钉：  
抽芯铆钉 GB/T 12616 5×10

d	公称	3	(3.2)	4	5	6
	min	2.93	3.11	3.91	4.91	5.91
	max	3.07	3.29	4.09	5.09	6.09
dk	max	6.24		8.29	9.89	12.35
	min	5.76		7.71	9.31	11.65
k	max	1.2		1.4	1.6	2.0
d1	≈	1.80		2.18	2.80	3.60
l1	min	26		27		31
r	max	0.5			0.7	
l (通用规格范围)		6~12		6~14		7~18

- 注：1. 尽可能不采用括号内规格。  
2. 技术条件按 GB/T 12619 的规定。  
3. l 系列 (公称尺寸) 为 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18 mm。

表 22.3-20 开口型沉头抽芯铆钉 (摘自 GB/T 12617—1990) (mm)

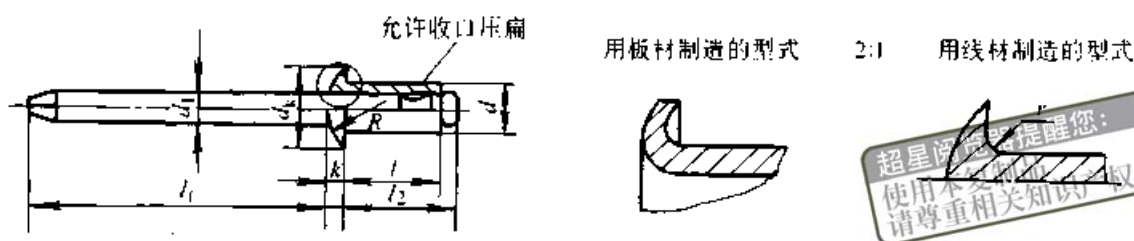


标记示例  
公称直径  $d=5$  mm、公称长度  $l=10$  mm 的开口型沉头抽芯铆钉：  
抽芯铆钉 GB/T 12617 5×10

d	公称	3	(3.2)	4	5	6
	min	2.93	3.11	3.91	4.91	5.91
	max	3.07	3.29	4.09	5.09	6.09
dk	max	6.24		8.29	9.89	12.35
	min	5.76		7.71	9.31	11.65
k	max	1.2		1.4	1.6	2.0
d1	≈	1.80		2.18	2.80	3.60
l1	min	26		27		31
r	max	0.5			0.7	
l2	max	l + 3.4		l + 3.5		l + 4.0
l (通用规格范围)		7~19		8~20		9~34

- 注：1. 尽可能不采用括号内规格。  
2. 技术条件按 GB/T 12619 的规定。  
3. l 系列 (公称尺寸) 为 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 22, 24, 26, 28, 30, 32, 34, 36, 38, 40 mm。

表 22.3-21 开口型扁圆头抽芯铆钉 (摘自 GB/T 12618—1990) (mm)



标记示例

公称直径  $d=5$  mm、公称长度  $l=10$  mm 的开口型扁圆头抽芯铆钉：  
抽芯铆钉 GB/T 12618 5×10

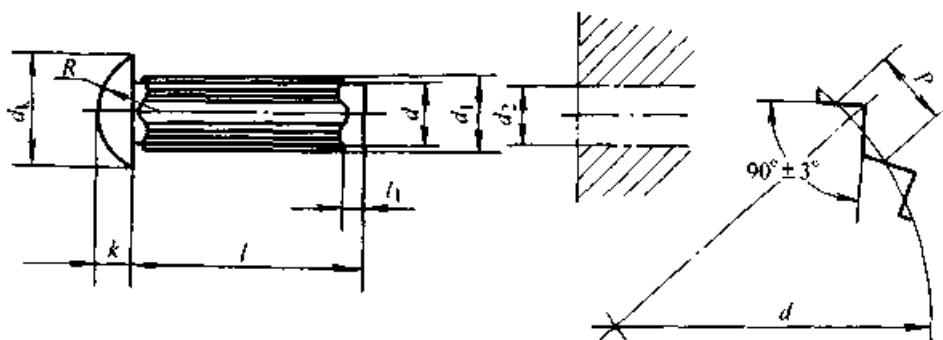
$d$	公称	3	(3.2)	4	5	6
	min	2.93	3.11	3.91	4.91	5.91
	max	3.07	3.29	4.09	5.09	6.09
$d_k$	max	6.24		8.29	9.89	12.35
	min	5.76		7.71	9.31	11.65
$k$	max	1.4		1.7	2.0	2.5
$d_1$	≈	1.80		2.18	2.80	3.60
$l_1$	min	26		27		31
$R$		5.0		6.8	8.2	9.3
$r$	max	0.5			0.7	
$l_2$	max	$l+3.4$	$l+3.5$		$l+4.0$	$l+4.5$
$l$	(通用规格范围)	7~19		8~20	9~34	10~40

注：1. 尽可能不采用括号内规格。

2. 技术条件按 GB/T 12619 的规定。

3.  $l$  系列（公称尺寸）为 7、8、9、10、11、12、13、14、15、16、17、18、19、20、22、24、26、28、30、32、34、36、38、40 mm。

表 22.3-22 标牌铆钉 (摘自 GB/T 827—1986) (mm)



标记示例

公称直径  $d=3$  mm、公称长度  $l=10$  mm、材料为 BL2、不经表面处理的标牌铆钉：  
铆钉 GB/T 827 3×10

续表 22.3-22

$d$		公称	(1.6)	2	2.5	3	4	5
$d_k$	max		3.2	3.74	4.84	5.54	7.39	9.09
	min		2.8	3.26	4.36	5.06	6.81	8.51
$k$	max		1.2	1.4	1.8	2.0	2.6	3.2
	min		0.8	1.0	1.4	1.6	2.2	2.8
$d_1$	min		1.75	2.15	2.65	3.15	4.15	5.15
$P$	≈		0.72	0.72	0.72	0.72	0.84	0.92
$l_1$			1	1	1	1	1.5	1.5
$R$	≈		1.6	1.9	2.5	2.9	3.8	4.7
$d_2$ (推荐)	max		1.56	1.96	2.46	2.96	3.96	4.96
	min		1.5	1.9	2.4	2.9	3.9	4.9
$l$ (通用规格范围)			3~6	3~8	3~10	4~12	6~18	8~20

注：1. 尽可能不采用括号内规格。

2. 技术条件按 GB/T 116 的规定。

3.  $l$  系列（公称尺寸）为 3, 4, 5, 6, 8, 10, 12, 15, 18, 20 mm。

# 第 4 章 焊 接

超星浏览器提醒您：  
 禁止复制或传播！  
 保留所有权利！

## 1 焊接方法代号

借助加热或加压使两个金属元件在连接处形成原子或分子间的结合而构成的不可拆连接称为焊连接，简称焊接。

在焊接图样上，为简化焊接方法的标注和说明，国家标准 GB/T 5185—1985 规定了六类 99 种焊接方法代号，其中常用的焊接方法代号见表 22.4-1。

表 22.4-1 常用焊接方法代号 (摘自 GB/T 5185—1985)

代号	焊接方法	代号	焊接方法
12	埋弧焊	135	熔化极非惰性气体保护焊 (含二氧化碳气体保护焊)
15	等离子弧焊	141	钨极惰性气体保护焊 (含钨极氩弧焊)
21	点焊	291	高频电阻焊
22	缝焊	311	氧—乙炔焊
24	闪光对焊	912	火焰硬钎焊
25	电阻对焊	915	盐浴硬钎焊
42	摩擦焊	916	感应硬钎焊
78	螺柱焊	942	火焰软钎焊
111	手弧焊	944	浸沾软钎焊
131	熔化极惰性气体保护焊 (含熔化极氩弧焊)	952	烙铁软钎焊

## 2 焊接的类型、特点和应用

焊接有很多优点，如：被焊件不需钻孔，不减小被焊件的强度；焊接不用盖板等辅助件，焊接结构比同样尺寸的铆接结构质量约轻 10% ~ 20%；焊缝比铆缝更容易保证紧密性；焊接工艺简单、施工方便，有较高的强度和刚度等。因此，在机械制造中，焊接结构已基本取代了铆

接结构。船体、车辆底盘、起重机及挖掘机的梁柱、桁架、吊臂以及锅炉等各种容器现都已广泛采用焊接结构。

但是，焊接接头在承受冲击载荷时不如铆接接头工作可靠；焊接质量不如铆接易于从外部检查。

常用的焊接方法、特点和应用见表 22.4-2。

表 22.4-2 常用焊接方法、特点及应用

焊接方法	原理及特点	应用范围				
		被焊材料	板厚 / mm	接头类型	特点	备注
熔 气 焊	利用乙炔和氧气等可燃气体燃烧发热来熔化焊件及焊条进行焊接。焊件变形大、焊接质量不高、生产率较低	碳钢	≤3	对接	用于载荷不大的结构	常用于焊接薄钢板、黄铜和焊补铸铁件；也可作为钎焊、热处理等的加热热源
		铸铁	—			
		铝、铜及其合金	≤14			

焊接方法	原理及特点	应用范围				
		被焊材料	板厚 / mm	接头类型	特点	备注
手工电弧焊	利用电弧产生高温熔化金属来进行焊接。操作灵活方便,但生产率较低	碳钢、低合金钢、不锈钢、铸铁	>2	对接、搭接、丁字接	可用于紧固、紧密型的焊缝	具有较高的灵活性,是目前应用最广泛的一种方法
		铝、铜及其合金	≥1	对接		
埋弧自动焊	利用电弧加热、渣保护进行焊接。焊接质量稳定、生产率高、焊件变形小	碳钢、低合金钢	≥3	对接、搭接	可用于紧固、紧密型的焊缝	适用于大批量生产的长直焊缝及环缝
		铝及其合金	≥6	对接		
		铜及其合金	≥4	对接		
手工钨极氩弧焊	利用电弧加热、氩气保护进行焊接。焊接质量好、焊件变形小,限室内焊接	不锈钢、耐热钢、铝、铜、钛及其合金	0.25~8	对接、搭接、丁字接、角接	用于载荷不大的结构,致密性、耐腐蚀性和耐热性较好	适宜焊接活泼易氧化的金属,焊前需仔细清理工件表面
8~25						
二氧化碳气体保护焊	利用电弧加热、二氧化碳气体保护进行焊接。焊接质量好、焊件变形小、限室内焊接	碳钢、低合金钢	≥0.8	对接、搭接、丁字接、角接	用于载荷不大的结构	适宜焊接薄板结构,工件表面清理要求不严格
脉冲窄间隙气体保护焊	用脉冲电流控制过渡频率,用 Ar + CO <sub>2</sub> 混合气体保护,节省金属、生产率高	碳钢、不锈钢、耐热钢、低温钢	20~300	对接	强度高	适用于厚壁结构
电渣焊	利用电流通过熔渣产生的电阻热来熔化金属进行焊接。任何厚度都不开坡口,一次焊成,焊后需正火处理	碳钢、合金钢、耐热钢	>25	对接、搭接、丁字接	焊接后要进行处理	适合于焊接大截面及变截面的工件
等离子弧焊	利用等离子弧加热进行焊接,不开坡口一次焊成	合金钢、铜合金及钨、钼、钽、钛等难熔金属	0.025~12	对接	适用于薄壁件的焊接,焊接质量好	可焊箱材、微型电容器及薄壁容器。但设备复杂,气体消耗量大
电子束焊	利用在真空中电子轰击金属表面产生的热量来熔化金属。金属不氧化、无污染、焊缝表面平滑、熔合好、无缺陷	低合金钢、不锈钢、高强度钢、铝、钛、锆、钼、铍、钽,也可焊接异种金属	0.1~200	对接、搭接、丁字接	适用于焊接要求变形小的经过精加工的零件或贵重零件的补焊,且焊后不需再加工	含锌高的铝合金、黄铜、未脱氧的低碳钢等不能焊。焊件尺寸受真空室限制,用于原子能、航空、航天等部门
激光焊	利用激光能来熔化金属进行焊接。被焊材料不易氧化、生产率高	不锈钢、铜、镍、钼、钨、钽,也可焊接异种金属	线材、薄板	对接、搭接、丁字接	适用于微型、精密零件和对焊接质量要求较高的场合	装置复杂,适用于电子、仪表业的微型件焊接,可实现薄片、薄膜、丝与丝及异种金属的焊接

续表 22.4-2

焊接方法	原理及特点	应用范围				
		被焊材料	板厚/ mm	接头 类型	特点	备注
压 力 焊	对焊	碳钢、合金钢、不锈钢、铝、铜及异种金属焊接	截面积由 0.1~20 000 mm <sup>2</sup> 线材、管材和板材	对接	要求坚固	设备复杂, 耗电量大
	点焊	碳钢、合金钢、耐热钢及钛、铝、铜及其合金	0.05~6	搭接	的焊缝	适用于薄板、冲压件及钢筋
	缝焊	低碳钢, 不锈钢及铜合金	>3	搭接	要求坚固、紧密的焊缝	适用于要求气密性的焊缝
	摩擦焊	利用摩擦产生的热量将工件加热到塑性状态, 在压力下完成焊接。焊接过程不需填充材料, 焊接质量好且稳定、生产率高、成本低	各种金属及异种金属	截面积 < 20 000 mm <sup>2</sup>	对接	焊接质量好、可靠
钎焊	利用熔融钎料的粘着力或熔合力把焊件表面粘合起来。工件变形小、接头光滑、尺寸精确, 但接头强度低	各种金属及异种金属		搭接	用于其他焊接方法难于焊接的工件, 并对强度要求不高的场合	焊接中变形小, 可以制造复杂的工件

### 3 常用材料的焊接性 (见表 22.4-3~表 22.4-5)

表 22.4-3 常用金属的焊接性

材料名称	牌号	焊接性	说明
钢	低碳钢	良好	在普通的条件下就可以焊接。焊接后的变形容易矫正。当车间温度低于 -15℃ 时需要预热, 某些低合金钢需要预热, 且焊后要热处理
	低合金钢		
	不锈钢		
	中碳钢	一般	冷裂倾向小, 采用适当的焊接规范可以得到满意的结果。焊接结构复杂件或是厚板时必须预热
	低合金钢		
	不锈钢		
	中碳钢	较差	一般情况下, 有形成冷裂的倾向, 焊接前应预热, 焊接后要消除应力热处理
	低合金钢		
	不锈钢		
	中、高碳钢	不好	很容易形成裂纹, 但如果焊接前进行预热, 焊接后进行热处理, 也可以焊接
	低合金钢		
	不锈钢		

续表 22.4.3

材料名称		牌号	焊接性	说明
铸 铁	灰口铸铁	HT100, HT150, HT200 等	一般	结构复杂时容易出现裂纹, 比焊接低碳钢要困难得多
	球墨铸铁	QT400-15, QT450-10, QT500-7 等	较差	焊缝极易出现裂纹, 比焊接低碳钢要困难得多
铝 及 其 合 金	工业纯铝	1070A, 1060, 1050A, 1035, 1200	良好	主要采用气焊、氩弧焊、电阻焊和等离子弧焊
	二十一号防锈铝	3A21	良好	主要采用气焊、氩弧焊、电阻焊和等离子弧焊
	防锈铝	5A02, 5A03, 5A05, 5A06	较好	主要采用氩弧焊、电阻焊和等离子弧焊。 5A02、5A03 采用气焊时, 焊接性一般
	硬铝合金 (铝、铜、镁合金)	2A11, 2A12, 2A16	较好 一般	采用电阻焊 采用氩弧焊
铜 及 其 合 金	无氧铜		较好	采用氩弧焊、埋弧焊、等离子弧焊
	电解铜		一般	采用氩弧焊
	磷脱氧铜		良好	采用氩弧焊
			一般	采用埋弧焊
	低锌黄铜		较好	采用氩弧焊、气焊
	黄铜		较好	采用电阻点焊
	锰黄铜		较好	采用电阻点焊
	镍黄铜		较好	采用电阻点焊
	铝青铜		较好	采用氩弧焊、手弧焊、等离子弧焊
	硅青铜		良好	采用氩弧焊、等离子弧焊和电阻点焊
高强度铍青铜		较好	采用氩弧焊、手弧焊、等离子弧焊	
		良好	采用电阻点焊	
镍白铜		良好	采用氩弧焊、手弧焊、等离子弧焊和电阻点焊	
钛 及 其 合 金	工业纯钛	TA1, TA2, TA3	良好	采用氩弧焊、等离子弧焊、埋弧焊、电渣焊和固相焊接
	$\alpha$ 钛合金	Ti-5Al-2.5Sn (杂质低)、Ti-2.5Cu、 Ti-5Al-5Sn-5Zr, Ti-8Al-1Mo-1V	良好	其他牌号的钛合金焊接性较差
		Ti-5Al-2.5Sn (杂质正常)、 Ti-7Al-12Zn	较好	
	$\beta$ 钛合金	Ti-3Al-13V-11Cr	较好	
	$\alpha + \beta$ 钛合金	Ti-2Al-1.5Mn、Ti-3Al-1.5Mn、 Ti-3Al-4V (杂质低)	良好	
Ti-3Al-4V (杂质正常)		较好		



表 22.4-4 异种金属间的焊接性

金属名称	铬钢	镀锡铁皮	镀锌铁皮	锌	铜	锡	铅	铝	镁	铝	紫铜	青铜	黄铜	镍铜合金	镍铬合金	镍	不锈钢	碳钢
碳钢	●	●	●					●		●	●	●	●	●	●	●	●	●
不锈钢	●	●	●	▲	▲	▲		●		×	●	●	●	●	●	●	●	
镍	●	●	●	▲	×	×		●		○	●	●	●	●	●	●		
镍铬合金	●	●	●	○	●	●	▲	●		▲	●	●	●	●	●			
镍铜合金	▲	●	●	○	●	●	×	×		○	●	●	●	●				
黄铜	▲	●	●	○	●	●	×	×	▲	▲	●	●	●					
青铜	●	●	●	○	●	●		×		○	●	●						
纯铜	×	●	▲	●	×	×		▲	●	●	●							
铅								●	●									
镁								●										
铝		●	▲	▲	●	●		▲										
铅		●	●	▲	●	●	●											
锡		●	●	▲	●	●												
铜		▲	▲	○	●													
锌	●	●	●	●														
镀锌铁皮	●	●	●															
镀锡铁皮	●	●																
铬钢	●																	

注：●—焊接性好；  
 ○—焊接性尚好，但焊缝脆弱；  
 ▲—焊接性不好；  
 ×—不能焊接；  
 空白—未经试焊。

表 22.4-5 热塑性塑料的焊接性

塑料名称	焊 接 性							焊接温度/ ℃
	电加热		火加热			机械加热		
	接触加热	高频电流加热	热空气加热	热惰性气体加热	热混合气体加热	摩擦加热	热工具加热	
聚乙烯 (板材、薄膜)	好	—	好	好	一般	—	好	140~180
聚乙烯 (棒材、管)	好	—	好	好	好	—	好	140~180
硬聚氯乙烯 (板材、薄膜)	好	好	好	好	好	好	好	200~240
硬聚氯乙烯 (棒材、管)	好	好	好	好	好	好	好	200~240
聚酰胺	好	好	好	好	—	—	好	160~230

超星阅读器 续表 22.4-5  
使用本复制品 请尊重相关知识产权!

塑料名称	焊 接 性							焊接温度 / ℃
	电加热		火加热			机械加热		
	接触加 热	高频电 流加热	热空气 加热	热惰性气 体加热	热混合气 体加热	摩擦加 热	热工具 加热	
巴维诺尔薄膜	好	好	好	好	—	—	好	
聚甲基丙烯酸甲酯 (有机玻璃)	好	一般	—	—	一般	一般	好	200~220
聚异丁烯	—	—	好	好	一般	—	—	
聚苯乙烯	好	—	好	—	—	好	好	140~160
软聚氯乙烯	好	一般	好	好	一般	—	—	180~200
氟塑料 (板材、薄膜)	好	一般	一般	一般	—	—	好	380~385
聚丙烯 (板材、薄膜)	好	一般	一般	一般	—	—	好	160~165

#### 4 焊缝符号及其表示方法

为了简化图样上的焊缝，一般应采用标准规定的焊缝符号表示，但也可以采用技术制图标准规定的方法表示。

##### 4.1 焊缝图示法

在图样上可以用视图、剖视图、剖面图、轴侧图和局部放大图等方法表示焊缝，允许用细实线 (见图 22.4-1b) 或粗实线 (2b~3b) (见图 22.4-1a) 表示焊缝。在焊缝的端面视图中，可以用粗实线或细实线绘出焊缝的轮廓；在剖视

图或剖面图中，通常将焊缝区域涂黑；必要时可以将焊缝部位局部放大，以便于标注焊缝尺寸、符号或数字。

##### 4.2 焊缝符号

焊缝符号一般由基本符号与指引线组成。必要时，还可加上辅助符号、补充符号和焊缝尺寸符号。

###### (1) 基本符号

基本符号是表示焊缝横截面形状的符号，见表 22.4-6。

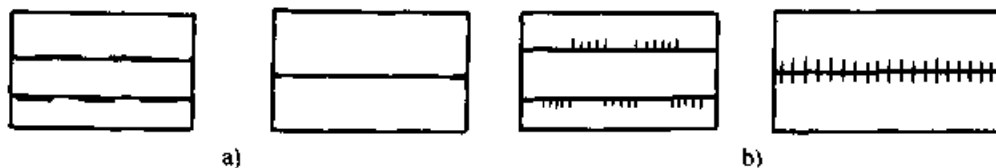


图 22.4-1 焊缝的表示方法

表 22.4-6 基本符号 (摘自 GB/T 324—1988)

名称	示意图	符号	名称	示意图	符号
卷边焊缝 <sup>①</sup> (卷边完全 熔化)		八	V形焊缝		∇
I形焊缝			单边 V形 焊缝		∇

续表 22.4-6

名称	示意图	符号	名称	示意图	符号
带钝边 V 形焊缝		Y	角焊缝		
带钝边单边 V 形焊缝		Y	塞焊缝或槽焊缝		
带钝边 U 形焊缝		Y	点焊缝		
带钝边 J 形焊缝		Y	缝焊缝		
封底焊缝					

① 不完全熔化的卷边焊缝用 I 形焊缝表示，并加注焊缝有效厚度。

(2) 辅助符号

表 22.4-7。不需要确切地说明焊缝的表面形状时，可以不用辅助符号。

辅助符号是表示焊缝表面形状特征的符号，标注在焊缝基本符号的上方或下方，见

表 22.4-7 辅助符号 (摘自 GB/T 324—1988)

名称	示意图	符号	说明	应用示例	
				符号	说明
平面符号		—	焊接表面平整 (一般通过加工)		平面 V 形对接焊缝
凹面符号			焊缝表面凹陷		凹面角焊缝
凸面符号			焊缝表面凸起		凸面 X 形对接焊缝

(3) 补充符号

采用的符号, 见表 22.4-8。

补充符号是为了补充说明焊缝的某些特征而

超星浏览器提醒您：  
使用本复制品  
请尊重相关知识产权！

表 22.4-8 补充符号 (摘自 GB/T 324—1988)

名称	示意图	符号	说明	应用示例	
				符号	说明
带垫板符号			表示焊缝底部有垫板		表示 V 形焊缝的背面底部有垫板
三面焊缝符号			表示三面带有焊缝		表示工件的三面有角焊缝
周围焊缝符号			表示环绕工件周围施焊		表示工件的四周有角焊缝
现场符号			表示在现场或工地施焊		表示工件的四周有角焊缝且在现场进行焊接
尾部符号			在该符号后面标注焊接工艺方法及焊缝条数等内容		表示工件的三面有角焊缝, 采用手工电弧焊的方法
交错断续焊接符号			表示焊缝由一组交错断续的相同焊缝组成		表示有对称交错断续角焊缝 35 段, 焊角尺寸为 5 mm, 相邻焊缝的间距为 30 mm, 每段焊缝长度 50 mm

(4) 指引线

指引线通常是由带有箭头的指引线 (简称箭头线) 和两条基准线 (一条为实线, 另一条为虚线) 两部分组成, 见图 22.4-2。

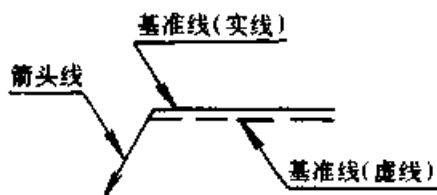


图 22.4-2 指引线

箭头线和接头的关系见图 22.4-3 和图 22.4-4。

基准线的虚线可以画在基准线的实线下侧或上侧, 一般基准线应与图样的底边平行, 特殊条件下也可与底边垂直。为了能在图样中确切地表示焊缝的位置, 应遵循以下原则:

- ① 如果焊缝在接头的箭头侧, 则将基本符号标在基准线的实线侧, 见图 22.4-5a。
- ② 如果焊缝在接头的非箭头侧, 则将基本符号标在基准线的虚线侧, 见图 22.4-5b。

超星阅读器提醒您：  
使用本复制品  
请尊重相关知识产权！

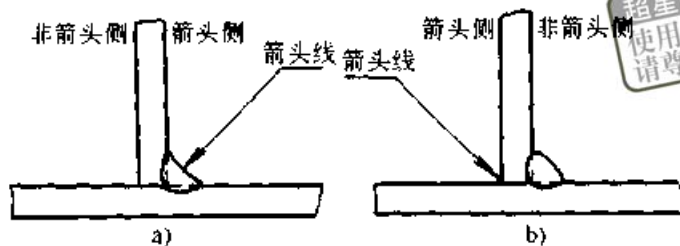


图 22.4-3 带角焊缝的 T 形接头  
a) 焊缝在箭头前 b) 焊缝在箭头后

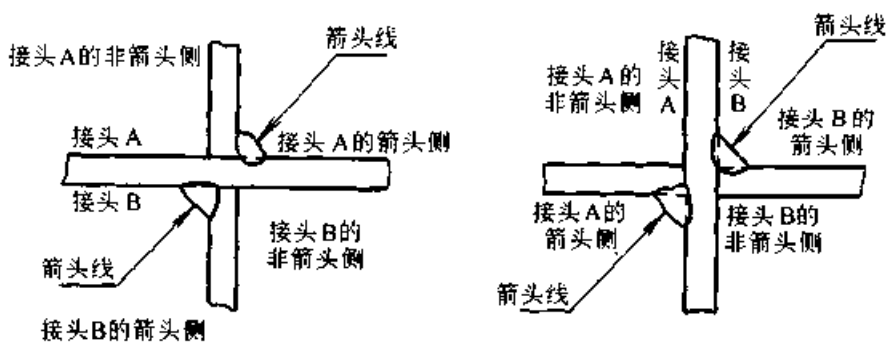


图 22.4-4 双角焊缝十字接头

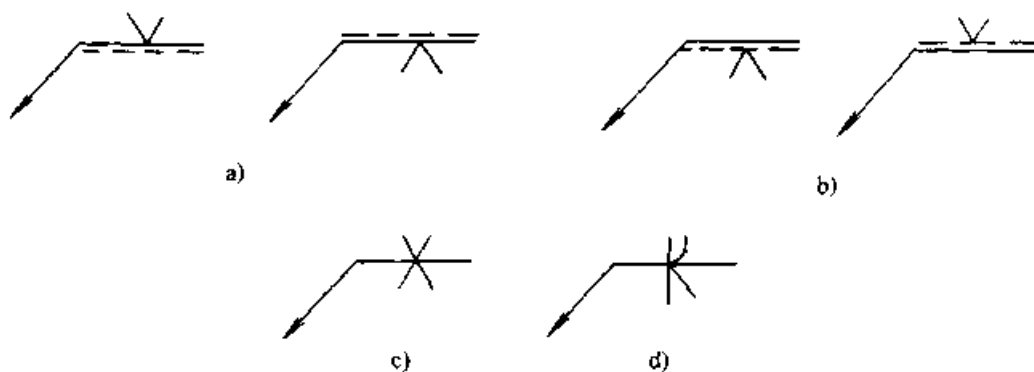


图 22.4-5 基本符号相对基准线的位置  
a) 焊缝在接头的箭头侧 b) 焊缝在接头的非箭头侧  
c) 对称焊缝 d) 双面焊缝

③ 标注对称焊缝及双面焊缝时，可不加虚线，见图 22.4-5c、d。

箭头线相对焊缝的位置一般没有特殊要求，可以标在焊缝的上、下、左、右的任何位置，见图 22.4-6a、b。但是在标注单边 V 形焊缝、带

钝边单边 V 形焊缝以及 J 形焊缝时，箭头线应该指向带有坡口一侧的工件，即箭头线的箭头方向应从没有坡口一侧的工件开始，指向带有坡口一侧的工件，见图 22.4-6c、d。

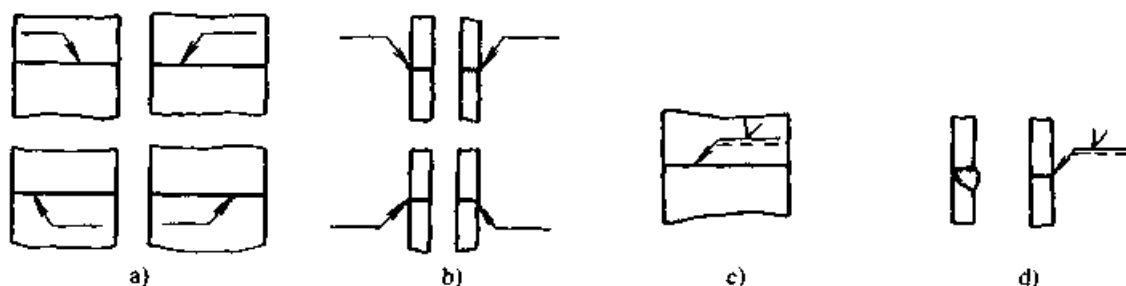


图 22.4-6 箭头线的位置

当箭头线指不到所要表示的接头时，不能采用焊缝符号表示方法。常见的错误标注示例见

表 22.4-9。

超星浏览器提醒您：  
使用本复制品  
请尊重相关知识产权！

表 22.4-9 常见错误标注示例

轴侧示意图	视图	正确标注方法		错误标注方法
		-		
		-		
		-		
		-		
		-		

(5) 焊缝尺寸符号

除了基本符号、辅助符号、补充符号和指引线外，完整的焊缝表示方法还应该包括焊缝尺寸

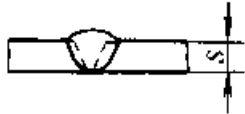
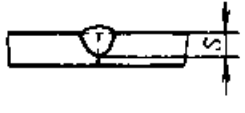
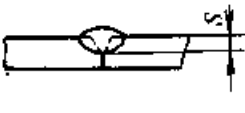
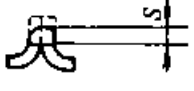
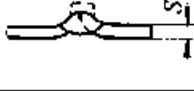
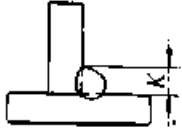
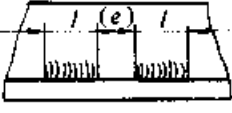
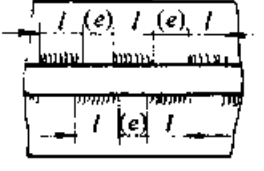
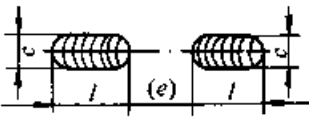
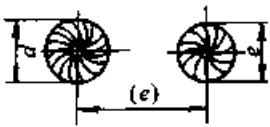
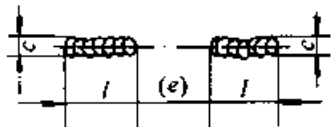
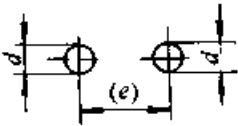
符号及其数据。焊缝尺寸符号见表 22.4-10，标注示例见表 22.4-11。

表 22.4-10 焊缝尺寸符号 (摘自 GB/T 324—1988)

符号	名称	示意图	符号	名称	示意图
$\delta$	工件厚度		$e$	焊缝间距	
$\alpha$	坡口角度		$K$	焊角尺寸	
$b$	根部间隙		$d$	熔核直径	
$p$	钝边尺寸		$S$	焊缝有效厚度	
$c$	焊缝宽度		$N$	相同焊缝数量符号	
$R$	根部半径		$H$	坡口深度	
$l$	焊缝长度		$h$	余高	
$n$	焊缝段数		$\beta$	坡口面角度	

超星浏览器提醒您：  
 禁止复制或  
 传播有关知识产权！

表 22.4-11 焊缝尺寸的标注示例 (摘自 GB/T 324—1988)

名称	示意图	示例	说明
对接焊缝		$S\checkmark$	S: 焊缝有效厚度
		$S  $	
		$S\Upsilon$	
卷边焊缝		$S  $	S: 焊缝有效厚度
		$S/\wedge$	
连续角焊缝		$K\triangle$	K: 焊角尺寸
断续角焊缝		$K\triangle n \times l(e)$	l: 焊缝长度 (不计弧坑) e: 焊缝间距 n: 焊缝段数
交错断续角焊缝		$\frac{K}{K} \triangle \frac{n \times l}{n \times l} \begin{matrix} \lceil (e) \\ \lfloor (e) \end{matrix}$	l: 焊缝长度 (不计弧坑) e: 焊缝间距 n: 焊缝段数 K: 焊角尺寸
塞焊缝或槽焊缝		$c \sqcap n \times l(e)$	l: 焊缝长度 (不计弧坑) e: 焊缝间距 n: 焊缝段数 c: 槽宽
		$d \sqcap n \times (e)$	e: 焊缝间距 n: 焊缝段数 d: 孔的直径
缝焊缝		$c \oplus n \times l(e)$	l: 焊缝长度 (不计弧坑) e: 焊缝间距 n: 焊缝段数 c: 焊缝宽度
点焊缝		$d \bigcirc n \times (e)$	e: 焊缝间距 n: 焊缝段数 d: 焊点直径



焊缝尺寸符号标注原则见图 22.4-7。

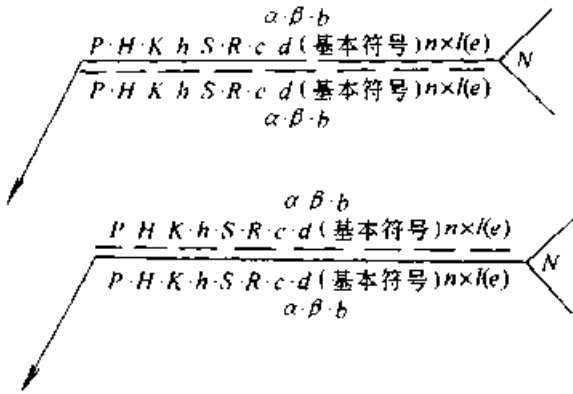


图 22.4-7 焊缝尺寸符号标注原则

① 焊缝横截面上的尺寸标注在基本符号的左侧。

② 焊缝长度方向尺寸标注在基本符号的右侧。

③ 坡口角度、坡口面角度、根部间隙等尺寸标注在基本符号的上侧或下侧。

④ 相同焊缝数量符号标注在尾部。

⑤ 当需要标注的尺寸数据较多且又不易分辨时，可以在数据前面增加相应的尺寸符号。

当箭头线方向变化时，上述原则不变。

### 4.3 焊缝符号应用实例 (见表 22.4-12~表 22.4-15)

表 22.4-12 基本符号应用实例 (摘自 GB/T 324—1988)

符号	示意图	图示法	标注方法	说明
				表示 I 形焊缝在箭头侧
V				表示 V 形焊缝在箭头侧
Y				表示带钝边 V 形焊缝在箭头侧
U				表示带钝边 U 形焊缝在箭头侧
△				表示角焊缝在箭头侧
				表示一个角焊缝在箭头侧；另一个角焊缝在非箭头侧
○				表示点焊缝在箭头侧

表 22.4-13 基本符号的组合应用实例 (摘自 GB/T 324—1988)

超星浏览器提醒您：  
设计产品  
请尊重知识产权！

符号	示意图	图示法	标注方法	说明
双面 				表示双面 对称焊缝
V ∪				表示 V 形 焊缝在箭头 侧, 另一 边为封底 焊缝
双面 ∇				表示双面 带钝边 V 形 焊缝
双面 Y				表示双面 带钝边 U 形 焊缝
双面 ∩				表示双面 U 形焊缝
V ∩				表示角焊 缝在非箭头 侧, 钝边 U 形焊缝在箭 头侧

表 22.4-14 基本符号与辅助符号的组合应用实例 (摘自 GB/T 324—1988)

符号	示意图	图示法	标注方法	说明
				表示一边为 V 形 焊缝 (平整); 另一 边为封底焊缝 (平 整)
				表示一边为 V 形 焊缝 (平整); 另一 边为封底焊缝

续表 22.4-14

符号	示意图	图示法	标注方法	说明
				表示双面 V 形焊缝 (凸面)
				表示角焊缝 (凹面) 在箭头侧

表 22.4-15 特殊焊缝的应用实例

符号	示意图	图示法	标注方法	说明
				表示喇叭形焊缝在箭头侧
				表示单边喇叭形且堆焊缝在箭头侧
				表示堆焊缝在箭头侧
				表示锁边焊缝

### 5 焊缝的基本型式与尺寸 (见表 22.4-16~表 22.4-23)

表 22.4-16 气焊、手工电弧焊及气体保护焊焊缝坡口的基本型式与尺寸 (摘自 GB/T 985—1988)

名称	符号	工件厚度 $\delta/\text{mm}$	焊缝形式	坡口形式	坡口尺寸/mm					说明
					$\alpha(\beta)/(^{\circ})$	$b$	$P$	$H$	$R$	
卷边坡口		1~2			—	—	—	—	1~2	大多数不加填充材料
					—	—	—	—		

续表 22.4-16

名称	符号	工件厚度 $\delta$ /mm	焊缝形式	坡口形式	坡口尺寸/mm					说明
					$\alpha(\beta)/(^{\circ})$	$b$	$P$	$H$	$R$	
I形坡口		1~3			—	0~1.5	—	—	—	
		3~6				0~2.5	—	—	—	
I形带垫板坡口		2~4			超星浏览器提醒您： 使用本复制品 请尊重相关知识产权！					
Y形坡口		3~26			40~60	0~3	1~4	—	—	
V形带垫板坡口		>16			(5~15)	6~15	—	—	—	
Y形带垫板坡口		6~26			45~55	3~6	0~2	—	—	
VY形坡口		>20			60~70 (8~10)	0~3	1~3	8~10	—	
带钝边U形坡口		20~60			(1~8)	0~3	1~3	—	6~8	
双Y形坡口		12~60			40~60	0~3	1~3	—	—	

续表 22.4-16

名称	符号	工件厚度 $\delta/\text{mm}$	焊缝形式	坡口形式	坡口尺寸/mm					说明
					$\alpha(\beta)/(^{\circ})$	$b$	$P$	$H$	$R$	
双V形坡口	X	>10			40~60	0~3	—	$\frac{\delta}{2}$	—	
2/3双V形坡口	X	>10			40~60	0~3	—	$\frac{\delta}{3}$	—	
双U形坡口带钝边		>30			(1~8)	0~3	2~4	$\frac{\delta-P}{3}$	6~8	
U形坡口		>30			40~60 (1~8)	0~3	2~4	$\frac{\delta-P}{3}$	6~8	
单边V形坡口		3~40			(35~50)	0~4	—	—	—	
单边V形带垫板坡口		>16			(12~30)	6~10	—	—	—	
V形带垫板坡口		6~15			30~40	3~5	—	—	—	
		>15			20~30	5~8	—	—	—	

续表 22.4-16

名称	符号	工件厚度 $\delta$ /mm	焊缝形式	坡口形式	坡口尺寸/mm					说明
					$\alpha(\beta)/(^{\circ})$	$b$	$P$	$H$	$R$	
带钝边 J 形坡口		> 16			(10~20)	0~3	2~4	—	6~8	
带钝边双 J 形坡口		> 30			(10~20)	0~3	2~4	—	6~8	
双单边 V 形坡口		> 10			(35~50)	0~3	—	$\frac{\delta}{2}$	—	
I 形坡口		2~8			—	0~2	—	—	—	
错边 I 形坡口		4~30			—	0~2	—	—	—	$a$ 值由设计确定
Y 形坡口		12~30			40~50	0~2	0~3	—	—	

续表 22.4-16

名称	符号	工件厚度 $\delta/\text{mm}$	焊缝形式	坡口形式	坡口尺寸/mm					说明
					$\alpha(\beta)/(^{\circ})$	$b$	$P$	$H$	$R$	
带钝边单边V形坡口		6~30			(30~50)	0~3	1~3	—	—	
带钝边双单边V形坡口		20~40			(35~50)	0~3	1~3	—	—	
带钝边双单边V形坡口		20~40			(40~50)	0~3	1~3	—	—	
I形坡口		2~30			—	0~2	—	—	—	仅适用于薄板
I形坡口		2~30			—	0~2	—	—	—	$i$ 值由设计确定
锁边坡口		1~3			30~60 (0~8)	—	—	—	—	

超星浏览器提醒您：  
使用本复制品  
请尊重相关知识产权！

续表 22.4-16

名称	符号	工件厚度 $\delta/\text{mm}$	焊缝形式	坡口形式	坡口尺寸/mm					说明
					$\alpha(\beta)/(^{\circ})$	$b$	$P$	$H$	$R$	
塞焊坡口		$>2$			—	—	—	—	—	孔径 $\phi \geq (0.8 - 2) \delta$ , 且 $\leq 10 \text{ mm}$ ; 若为长孔, $L$ 由设计确定; 塞焊点间距由设计确定

注: 1. 本标准适用于气焊 (用于薄板)、手工电弧焊及气体保护焊焊接的碳钢、低合金钢焊接接头。

2. 不同厚度的钢板对接接头的两板厚度差 ( $\delta - \delta_1$ ) 不超过表 22.4-17 规定时, 焊缝坡口的基本型式与尺寸按较厚板的尺寸数据来选取; 否则, 应在厚板上作出如下表所示的单面或双面削薄, 削薄长度为:  $L \geq 3(\delta - \delta_1)$ 。

表 22.4-17 不同厚度钢板的对接接头结构和尺寸 (mm)

较薄板厚度 $\delta_1$	$\geq 2-5$	$> 5-9$	$> 9-12$	$> 12$
允许厚度差 ( $\delta - \delta_1$ )	1	2	3	4
单面削薄方式				
双面削薄方式				

表 22.4-18 埋弧焊焊缝坡口的基本型式与尺寸 (摘自 GB/T 986—1988)

名称	符号	工件厚度 $\delta/\text{mm}$	焊缝形式	坡口形式	坡口尺寸/mm					说明
					$\alpha(\beta)/(^{\circ})$	$b$	$P$	$H$	$R$	
I 形坡口		3~10			—	0~1	—	—	1~2	焊缝有效厚度值由设计确定
	 D	3~5			—	0~1	—	—	—	封底焊道允许采用任何明弧焊
		6~20			—	0~2.5	—	—	—	允许后焊侧采用碳弧气刨清根
		6~12			—	0~4	—	—	—	需采用 HD 和 TD 保护熔池
	 D	6~24			—	0~4	—	—	—	需采用 HD 保护熔池, 允许后焊侧采用碳弧气刨清根



续表 22.4-18

名称	符号	工件厚度 $\delta/\text{mm}$	焊缝形式	坡口形式	坡口尺寸/mm					说明
					$\alpha(\beta)/(^{\circ})$	$b$	$P$	$H$	$R$	
1形带垫板坡口		3~12			—	0~5	—	—	—	
带钝边单边V形坡口		10~20			—	0~4	5~8	—	—	需采用 HD 和 TD 保护熔池
		10~20			(35~50)	0~2.5	6~10	—	—	允许后焊侧采用碳弧气刨清根
带钝边单边V形带垫板坡口		10~30			(20~40)	2~5	0~4	—	—	
		16~30			(20~40)	2~5	0~4	—	—	
带钝边J形坡口		20~50			(6~12)	0~2	6~10	—	3~10	
Y形坡口		10~24			50~80	0~2.5	5~8	—	—	需采用 HD 和 TD 保护熔池
		10~30			40~80	0~2.5	6~10	—	—	允许后焊侧采用碳弧气刨清根
Y形带垫板坡口		10~30			40~60	2~5	2~5	—	—	

名称	符号	工件厚度 $\delta/\text{mm}$	焊缝形式	坡口形式	坡口尺寸/mm				说明	
					$\alpha(\beta)/(^{\circ})$	$b$	$P$	$H$		$R$
Y形锁边坡口		16~30			40~60	2~5	2~5	—	—	
反Y形坡口		6~16			60~70	0~3	—	5~10	—	坡口侧采用手工明弧焊, 允许后焊侧采用碳弧气刨清根
VY形复合坡口		30~60			65~72 (8~12)	0~2.5	1~3	8~12	—	底焊缝采用任何明弧焊, 全焊透至H高度
带钝边双单边V形坡口	K	20~30			$\beta = 45$ ~60 $\beta_1 = 40$ ~50	0~2.5	1~3	—	—	允许采用对称坡口
双Y形坡口		24~60			$\alpha = 50$ ~80 $\alpha_1 = 50$ ~80	0~2.5	1~3	—	—	1) 若 $\alpha = \alpha_1$ , 只标出 $\alpha$ 值 2) 允许采用角度不对称、高度不对称、角度和高度都不对称的双Y形坡口
带钝边双U形坡口		50~160			(5~12)	0~2.5	6~10	—	6~10	1) 若 $\beta = \beta_1$ , 只标出 $\beta$ 值 2) 允许采用角度不对称、高度不对称、角度和高度都不对称的双U形坡口
UV形坡口		40~160			70~80 (5~10)	0~2.5	2~3	9~11	8~11	封底焊道允许采用任何明弧焊

续表 22.4-18

名称	符号	工件厚度 $\delta/\text{mm}$	焊缝形式	坡口形式	坡口尺寸/mm					说明
					$\alpha(\beta)/(^{\circ})$	$b$	$P$	$H$	$R$	
窄间隙坡口		60~250			70~80 (1~3)	0~2	1.5~ 2.5	9~ 11	8~ 11	1) 窄间隙坡口适用于首层焊一道, 以后每层焊两道 2) 内坡口侧采用任何明弧焊
I形坡口		6~14			—	0~ 2.5	—	—	—	$\delta > \delta_1$ 封底焊道允许采用任何明弧焊
带钝边单边V形坡口		10~20			(35~ 45)	0~ 2.5	0~3	—	—	封底焊道允许采用任何明弧焊
带钝边双面单边V形坡口		20~40			$\beta = 35$ ~45 $\beta_1 = 40$ ~50	0~ 2.5	1~ 3	0~ 10	—	封底焊道允许采用任何明弧焊
带钝边J形单边V形组合坡口		30~120			$\beta = 10$ ~20 $\beta_1 = 40$ ~50	0~ 2.5	1~3	0~ 10	7~ 10	封底焊道允许采用任何明弧焊
I形坡口		2~60			—	0~3	—	—	—	
		2~60			—	0~2	—	—	—	

名称	符号	工件厚度 $\delta/\text{mm}$	焊缝形式	坡口形式	坡口尺寸/mm				说明	
					$\alpha(\beta)/(^{\circ})$	$b$	$P$	$R$		
带钝边单边V形坡口		10~24			(35~45)	0~2.5	3~7	—	—	封底焊道允许采用任何明弧焊
带钝边双单边V形坡口		10~40			(10~50)	0~2.5	3~5	—	—	允许采用对称坡口
带钝边双J形坡口		30~60			(30~50)	0~2.5	3~5	—	5~7	允许后焊侧采用碳弧气刨清根
搭接接头		3~12			—	0~1	—	—	—	搭接长度 $l$ 根据具体情况确定

注：1. 本标准适用于碳钢和低合金钢埋弧焊焊接接头。

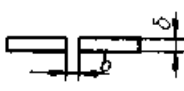
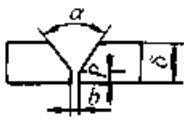
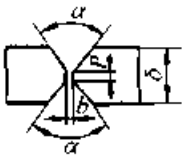
2. 不同厚度的钢板对接焊的重要接头，如果两板厚度差  $(\delta - \delta_1)$  符合表 22.4-19 规定时，其坡口尺寸按厚板的尺寸选取；否则，应在厚板上作出如下表所示的单面或双面削薄，削薄长度为： $L \geq 3(\delta - \delta_1)$ 。

表 22.4-19 不同厚度钢板的对接接头结构和尺寸

(mm)

较薄板厚度 $\delta_1$	$\geq 2-5$	$> 5-9$	$> 9-12$	$> 12$
允许厚度差 $(\delta - \delta_1)$	1	2	3	4
单面削薄方式				
双面削薄方式				

表 22.4-20 纯铜对接接头的坡口形式及尺寸

坡口形式	基本尺寸/mm											
	氧乙炔气焊				碳弧焊、手弧焊、氩弧焊、自动埋弧焊							
	$\delta$	$b$	$P$	$\alpha/(^\circ)$	$\delta$	$b$	$P$	$\alpha/(^\circ)$	$\delta$	$b$	$P$	$\alpha/(^\circ)$
	<2	0~2	—	—	2~3 3.5~5~10	0~2 2~4 <sup>①</sup> 4~8 <sup>①</sup>	—	—	8~10	2~4	—	—
	3~10	1~3	1~3	70~90	$\geq 5$ $\geq 5$	0~2 2~4	1~3 2~4	60~80 60~80	8~10 12~16 18~24	1~3 2~3 3~4	4~5 6~8 6~8	70~90 70~90 70~90
	5~30	2~4	1~3	70~90	$\geq 12$	0~2	1.5~5	60~80	>20	1~3	4~5	70~90

① 指大间隙，焊接时应使用垫板。

表 22.4-21 黄铜气焊对接接头的坡口形式及尺寸 (mm)


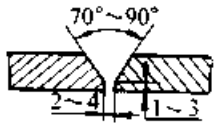

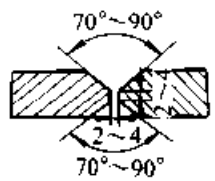
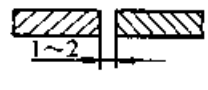
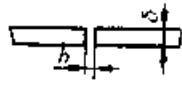
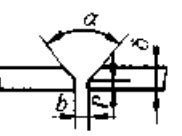
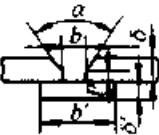
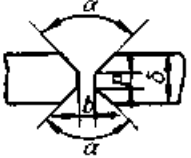
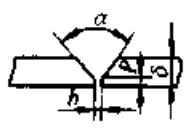
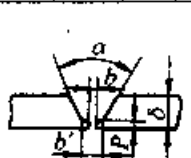
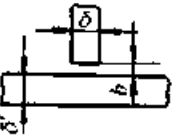
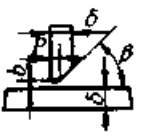

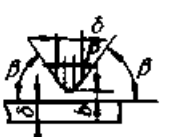

板厚 $\delta$	焊缝形式	坡口形式与尺寸	板厚 $\delta$	焊缝形式	坡口形式与尺寸
<2	卷边对接 (不加焊丝)		6~15	V形对接	
1~3	不开坡口的对接 (单面焊接)		15~25	X形对接	
3~6	不开坡口的对接				

表 22.4-22 铝合金焊接接头的坡口形式及尺寸 (TIG、MIG 焊接场合)

接头类型	焊缝形式	坡口形式	母材厚度 $\delta$ /mm	焊接层数	尺寸/mm		备注
					TIG 焊时	MIG 焊时	
板的对接接头	I形		<6	1~2	$b \leq 3$	$b \leq 2$ 使用垫板时 $b \leq$ 垫板厚度 $\delta'$	
	V形		4~12	1~4	$b \leq 3$ $P \leq 3$ $\alpha = (60^\circ \sim 90^\circ) \pm 5^\circ$ (下、立向) $\alpha = (70^\circ \sim 90^\circ) \pm 5^\circ$ (提向) $\alpha = (90^\circ \sim 110^\circ) \pm 5^\circ$ (上向)	$b \leq 3$ $P \leq 3$ $\alpha = 60^\circ \pm 5^\circ$	可以使用非永久性垫板或进行背焊

续表 22.4-22

接头类型	焊缝形式	坡口形式	母材厚度 $\delta/\text{mm}$	焊接层数	尺寸/mm		备注	
					TIG 焊时	MIG 焊时		
板的对接接头	V 形带垫板		$>4$	1~4	—	$b = 3 \sim 6$ $P \leq 6$ $\alpha = (45^\circ \sim 60^\circ) \pm 5^\circ$ $\delta' = 4 \sim 6$ $b' = 20 \sim 50$	也可用 TIG 焊	
	X 形		8~25	$>2$		$b \leq 3$ $P \leq 3$ $\alpha = (60^\circ \sim 90^\circ) \pm 5^\circ$		
管的对接	V 形		壁厚 3~10 外径 30~300	$>1$		$b \leq 6$ $P \leq 3$ $\alpha = (70^\circ \sim 75^\circ) \pm 5^\circ$ (水平旋转) $\alpha = (75^\circ \sim 110^\circ) \pm 5^\circ$ (垂直和水平固定)	$b \leq 6$ $P \leq 2$ $\alpha = 75^\circ \pm 5^\circ$	使用垫或垫板 ( $\delta' = 2 \sim 5$ $b' = 20 \sim 40$ )
	U 形 (类 U 形)		壁厚 3~10 外径 30~300	$>1$		$b \leq 0.5$ $b' = 6 \sim 10$ $P = 1.5 \sim 2.5$ $\alpha = 60^\circ \pm 5^\circ$	—	无垫或垫板场合使用
丁字接头	角焊缝		$>1$	$>1$		$b \leq 2$		板厚不同时, 以薄者为准
	单边 V 形		4~12	1~3		$b \leq 2$ $P \leq 2$ $\alpha = 50^\circ \pm 5^\circ$		
	单边 V 形 (带垫板)		$>4$	$>2$		$b = 3 \sim 6$ $\beta = (45^\circ \sim 50^\circ) \pm 5^\circ$ $P = 3 \sim 6$ $b' = 15 \sim 30$		
	双边 V 形 (K 形)		8~25	$>1$		$b \leq 2$ $P \leq 2$ $\beta = 50^\circ \pm 5^\circ$		
搭接	角焊缝		$>3$	$>1$		$\beta = (80^\circ \sim 100^\circ) \pm 5^\circ$		板与板的间隙 $<0.5 \text{ mm}$

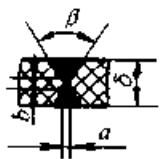
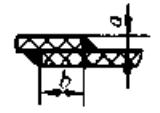







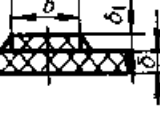
续表 22.4-22

接头类型	焊缝形式	坡口形式	母材厚度 $\delta$ /mm	焊接层数	尺寸/mm		备注
					TIG 焊时	MIG 焊时	
角接	角焊缝		>2	>1	$\alpha = (80^\circ \sim 100^\circ) \pm 5^\circ$		可以采用与 T 形接头相同的坡口形式
边接	I 形或 V 形		>1	>1	$\alpha = (90^\circ \sim 100^\circ) \pm 5^\circ$		板与板之间的间隙 < 0.5 mm
对接	卷边		1 左右	1	$h = (2 \sim 3) \delta$		只适用于 TIG 焊, 不用填充焊丝
	U 形		>8	>2	$b \leq 2$ $\alpha = (30^\circ \sim 50^\circ) \pm 5^\circ$ $P = 1.5 \sim 3$ $R = 4 \sim 8$		
	双 U 形 (H 形)		>16	>2	$b \leq 2$ $\alpha = (30^\circ \sim 50^\circ) \pm 5^\circ$ $P = 4 \sim 5$ $R = 6 \sim 8$		进行背焊后, 从背面进行焊接
丁字接	J 形		>10	>3	$b \leq 2$ $P = 2 \sim 4$ $R = 4 \sim 6$ $\alpha = (30^\circ \sim 45^\circ) \pm 5^\circ$		
搭接	棒接		3~8	1~2	$l = (1.8 \sim 2.0) \delta$		
	塞接		1~6	—	$d = 4 \sim 12$ $\alpha = (0^\circ \sim 90^\circ) \pm 5^\circ$		板与板之间的间隙 < 0.5 mm

表 22.4-23 硬聚氯乙烯焊缝结构型式与尺寸

焊缝名称	型式	尺寸/mm	应用说明
单面 V 形对接		$a = 0.5 \sim 1.5$ $b = 1 \sim 1.5$ $\delta \leq 5; \alpha = 60^\circ \sim 70^\circ$	用于只能在一面焊接的焊缝。在不焊的一面有缺口, 易于造成应力集中, 一般 $\delta \leq 6$ mm
双面 V 形对接		$\delta > 5; \alpha = 70^\circ \sim 90^\circ$ $\delta \leq 10; \beta = 60^\circ \sim 70^\circ$ $\delta > 10; \beta = 70^\circ \sim 90^\circ$	两面进行焊接, 可免除由于单面焊接而产生的应力集中, 通常 $\delta \leq 10$ mm

续表 22.4-23

焊缝名称	型式	尺寸/mm	应用说明
X形对接		$a = 0.5 \sim 1.5$ $b = 1 \sim 1.5$ $\delta \leq 5; \alpha = 60^\circ \sim 70^\circ$ $\delta > 5; \alpha = 70^\circ \sim 90^\circ$ $\delta \leq 10; \beta = 60^\circ \sim 70^\circ$ $\delta > 10; \beta = 70^\circ \sim 90^\circ$	是三种对接形式中用料最省, 强度最高的一种, 一般 $\delta \geq 6 \text{ mm}$
双面搭接		$b \geq 3a$	接头处受外力后还会产生弯曲力矩, 一般很少单独使用, 多用于辅助焊接
单斜边单面 T形连接		$a = 0.5 \sim 1$ $b = 1 \sim 1.5$ $\alpha = 45^\circ \sim 55^\circ$	用于焊接安装在塔或贮槽内的架子、隔板等处, 不易用作塔或贮槽等底部的焊缝, 即不能用作主要结构的焊接
双斜边双面 T形连接			
单斜边单面角形连接		$a = 0.5 \sim 1$ $b = 1 \sim 1.5$ $\alpha = 45^\circ \sim 55^\circ$ $\beta = 80^\circ \sim 90^\circ$	用于塔式容器及槽体顶部、底部和器壁的连接。一般用于板厚 $\delta \geq 6 \text{ mm}$
双斜边单面角形连接			
双斜边双面角形连接			用于塔式容器及槽体顶部、底部和器壁的连接。一般板厚 $\delta > 10 \text{ mm}$
带角形加强板的单斜边角形焊接		$b = 30 \sim 50$ $\delta_1 < \delta$ , 一般 $\delta_1 = 4$	用于气密性要求高的塔式容器的顶部、底部的主要焊缝
带条形加强板的 V形焊接		$\alpha = 45^\circ$ $b = 20 \sim 40$ $\delta_1 < \delta$ , 一般 $\delta_1 = 4$	
带条形加强板的 X形焊接		$b = 60 \sim 80$ $\delta_1 < \delta$ , 一般 $\delta_1 = 4$	

超星阅读器提醒您：  
 使用本复制品  
 请尊重相关知识版权



## 6 焊接接头的型式与强度计算

### 6.1 接头的基本型式

焊接接头的基本型式可分为对接接头、搭接接头、丁字(十字)接头、角接接头和塞焊接头五种。

#### (1) 对接接头

对接接头主要用于连接基本上在同一平面上的金属板,接头受力比较均匀,传力效率高,应力集中较低,并易于保证焊透和易于排除工艺缺陷(如未焊透、未熔合、咬边、裂纹、夹渣、气孔等),可获得较好的综合性能,是重要零件和结构的优选接头,应用比较广泛。其缺点是焊接前准备工作量较大,组装费工时,并且焊接变形也较大。

焊缝金属的强度高于母材的组配关系叫做高组配。一个无缺陷的致密的高组配对接接头,在承受静载荷时,一般在母材上产生塑性断裂,而焊趾处应力集中系数的大小几乎对塑性强度没有影响。但是,对于高强度钢和大型厚板结构,若采用高组配接头,焊接时易产生裂纹,并由此会引发脆裂,因此,在焊接高强度钢和大型厚板结构时,应采用比母材金属强度低的焊缝金属,即采用低组配焊接接头,由此来提高接头的抗开裂性。

#### (2) 搭接接头

搭接接头的构件形状变化较大,应力集中程度比对接接头严重,因此,其工作应力分布较复杂。此外,该接头还有母材及焊接材料的消耗量较大,强度(尤其是动载强度)较低的弱点。但是,由于其焊前准备和装配工作比对接接头要简单得多,横向收缩量比对接接头小,对焊工的技术水平要求比对接接头的低,因此广泛用于工作条件良好且又不重要的结构中。常用搭接接头的型式见图 22.4-8。

图 22.4-8a 是只有一条正面角焊缝的搭接接头,这种接头强度很低,故应在背面加焊一条焊缝,见图 22.4-8b,当背面无法焊第二条焊缝时,可采用锯齿状焊缝以提高接头的强度。图 22.4-8b 所示的搭接接头,由于作用力偏心会产生附加弯曲应力,使应力集中加剧。为了减小附加弯曲应力,两板的搭接长度应大于板厚的

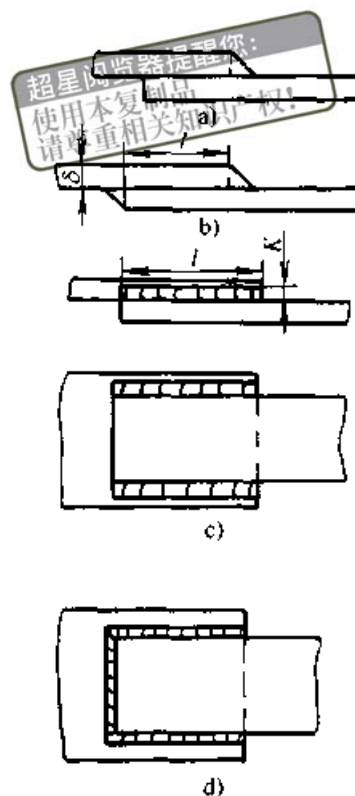


图 22.4-8 搭接接头的基本型式

a) 单面正面角焊缝 b) 双面正面角焊缝  
c) 侧面角焊缝 d) 联合角焊缝

4 倍 ( $l \geq 4\delta$ ); 当采用图 22.4-8c 所示的侧面角焊缝搭接接头时,焊缝上的切应力分布不均匀,应力集中系数的大小与  $l/K$  的大小有关,  $l/K$  越大,应力集中越严重,因此,采用这种接头时,搭接长度不宜大于 40 K (动载时) 或 60 K (静载时); 采用图 22.4-8d 所示的正面和侧面角焊缝同时存在的联合搭接接头,有助于改善接头应力分布的不均匀,但对提高接头的疲劳强度作用不大,有时还会降低。

#### (3) 丁字(十字)接头

丁字接头和十字接头是连接相互垂直板件的重要接头型式。该类接头具有较严重的应力集中,接头强度通常低于母材。单面角焊缝因承载能力非常低,应尽可能避免采用。对于较厚板,开坡口比不开坡口要经济,并且疲劳强度较高。开 K 形坡口时,可根据受力情况决定是否需要焊透,若要求完全焊透,可采用单边 V 形坡口从一面进行焊接,焊厚清根焊满比 K 形坡口施焊可靠,见图 22.4-9。丁字(十字)接头中角焊缝的根部和过渡处都有很大的应力集中,开坡口并焊透是降低应力集中的重要措施之一,故重要的丁字接头

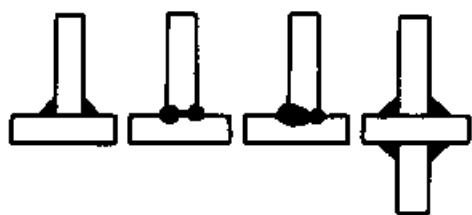


图 22.4-9 常见的丁字(十字)接头  
必须开坡口或采用保熔焊法进行焊接。

丁字(十字)接头应尽量避免在板厚方向承受较高的拉应力,因为这样容易出现层状撕裂现象,故应将其工作焊缝转化为联系焊缝,见图 22.4-10。

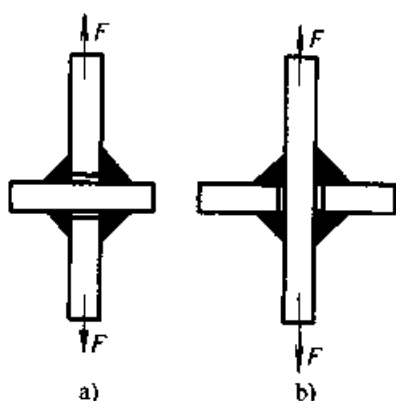


图 22.4-10 工作焊缝与联系焊缝  
a) 工作焊缝 b) 联系焊缝

#### (4) 角接头

角接头常用于箱形构件,常见的角接接头的型式见图 22.4-11。图 22.4-11a 为最常见的型

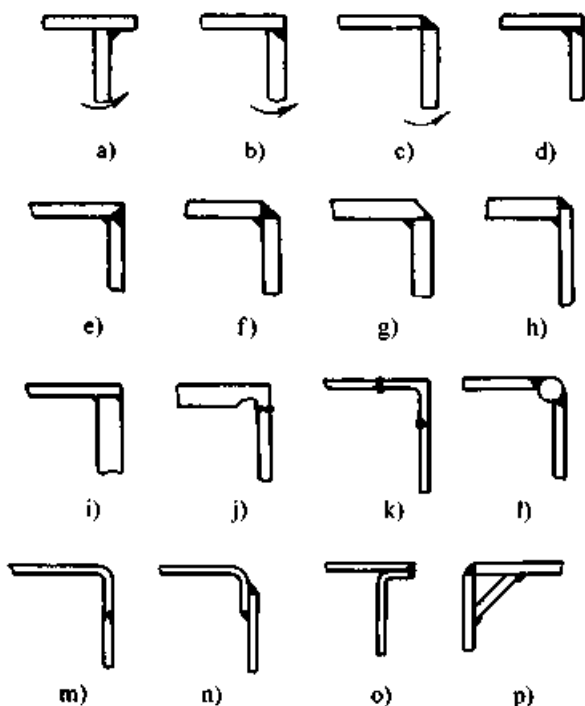


图 22.4-11 常用角接接头的型式

式,该接头装配方便,节省工时,是最经济的角接接头;图 22.4-11a~c 只有单面焊缝,对承受箭头所示方向的弯矩不利;而图 22.4-11d~f 有双面焊缝,具有较大的抗弯能力;图 22.4-11g 多用于厚板,焊缝尺寸小,外观平整,但易产生层状撕裂;图 22.4-11h~j 用于不等厚度板的角接接头;图 22.4-11k 不但保证接头有正确的直角,而且接头的刚性也较大;图 22.4-11l 具有圆滑的圆角和较大的刚性;图 22.4-11m~o 三种型式适用于薄板;图 22.4-11p 的刚性较大,但在较大的应力集中,在载荷较大时应谨慎使用。

#### (5) 塞焊接头

塞焊接头常用于搭接接头的角焊缝强度不足,反面无法施焊或两三块板叠在一起工作的情况。塞焊主要有圆点焊及矩形槽焊两种型式,它们都是用于搭接接头的局部地方,在外力作用下应力分布不均匀,因此,应尽量避免作为工作焊缝。

### 6.2 接头的静载强度计算

焊缝在焊接结构中按其功能可分为工作焊缝(承载焊缝)与联系焊缝(非承载焊缝)两类,见图 22.4-10。工作焊缝是与被连接元件串联的焊缝,它担负传递全部或部分载荷的功能,焊缝上的应力为工作应力,一旦焊缝断裂,结构立即失效;联系焊缝是与被连接元件并联的焊缝,只传递很小的载荷,只起连接作用,焊缝一旦断裂,结构不会立即失效。设计时,对工作焊缝必须进行强度计算,对于联系焊缝不必进行强度计算;对具有双重作用的焊缝,只计算工作应力,联系应力可忽略不计。

焊接接头在承载时,焊缝上的工作应力分布是不均匀的,尤其是在角焊缝的焊根与焊趾处都存在着应力集中,难以精确计算,设计时常根据理论研究的结果和生产实践的经验,对接头作某些假定与简化,推导出一些简便的计算公式,供设计时选用。

电弧焊接头静载强度的计算方法如下。

#### (1) 应力计算法

为简化计算,在焊接接头的静载强度计算中,作了如下的假设:

1) 不考虑残余应力对焊接接头静载强度的影响;

2) 不考虑焊根和焊趾处的应力集中, 接头的工作应力均匀分布, 用平均应力进行计算;

3) 焊脚尺寸的大小对角焊缝单位面积的强度没有影响;

4) 正面角焊缝和侧面角焊缝的强度相等;

5) 以焊缝中最小截面作为计算截面, 余高

和少量熔深忽略不计。

各种焊缝的计算截面见图 22.4-12, 其中,  $a$  为截面的计算厚度。

根据上述假设, 表 22.4-24 给出了各种电弧焊接接头静强度的计算公式, 公式中的焊缝许用应力见表 22.4-25 ~ 表 22.4-27。

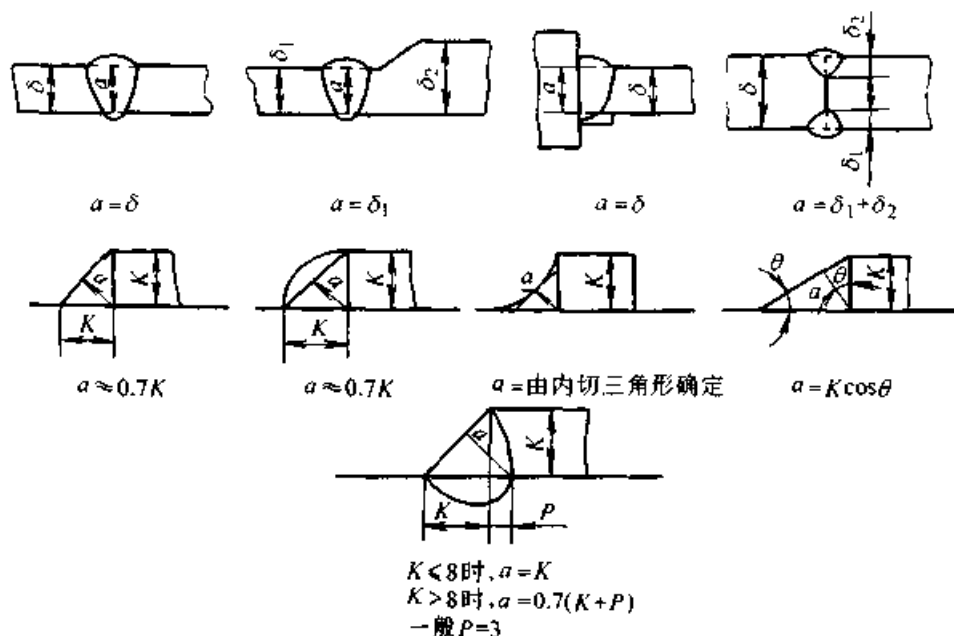


图 22.4-12 各种焊缝的计算截面

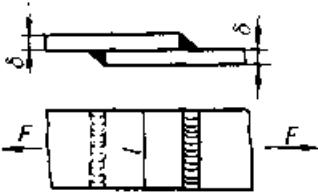
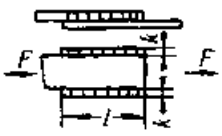


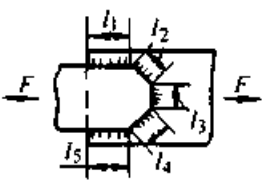
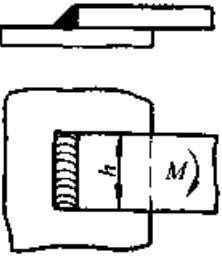
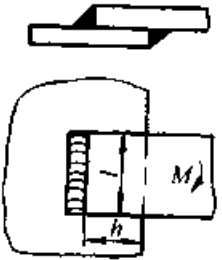
表 22.4-24 电弧焊接接头静强度计算公式

名称	简图	受力情况	计算公式	说明
对接接头		拉	$\sigma = \frac{F}{\delta l} \leq \sigma'_{lp}$	$F$ —外载荷(拉或压) $l$ —焊缝的实际长度 $\delta$ —被连接件的厚度, 计算时取两板中的较薄者 $\sigma'_{lp}$ —对接焊缝许用拉应力
		压	$\sigma = \frac{F}{\delta l} \leq \sigma'_{ap}$	$\sigma'_{ap}$ —对接焊缝许用压应力
		弯	$\sigma = \frac{6M}{\delta l^2} \leq \sigma'_{lp}$	$M$ —弯矩
		弯	$\sigma = \frac{6M}{\delta^2 l} \leq \sigma'_{lp}$	

名称	简图	受力情况	计算公式	说明	
未焊透		拉	$\tau = \frac{F}{1.4Kl} \leq \tau'_p$	$\tau'_p$ —角焊缝的许用切应力 K—直角角焊缝焊脚尺寸	
		压	$\tau = \frac{F}{1.4Kl} \leq \sigma'_{ap}$	考虑到板端能传递部分压力时,许用应力可以从 $\tau'_p$ 提高到 $\sigma'_{ap}$	
		弯	$\tau = \frac{3M}{0.7Kh^2} \leq \tau'_p$		
		弯	$\tau = \frac{M}{0.7Kl(\delta + 0.7K)} \leq \tau'_p$		
丁字接头或十字接头		拉	$\sigma = \frac{F}{\delta l} \leq \sigma'_p$		
		压	$\sigma = \frac{F}{\delta l} \leq \sigma'_{ap}$		
	焊透		弯	$\sigma = \frac{6M}{\delta l^2} \leq \sigma'_p$	
		弯	$\sigma = \frac{6M}{\delta^2 l} \leq \sigma'_p$		
		弯	$\tau = \frac{4M(R+0.7K)}{\pi[(R+0.7K)^4 - R^4]} \leq \tau'_p$ 当 $K \ll R$ 时 $\tau \approx \frac{M(R+0.7K)}{0.7\pi KR^3} \leq \tau'_p$		
		扭	$\tau = \frac{2M(R+0.7K)}{\pi[(R+0.7K)^4 - R^4]} \leq \tau'_p$ 当 $K \ll R$ 时 $\tau \approx \frac{M(R+0.7K)}{1.4\pi KR^3} \leq \tau'_p$		

超星阅读器提醒您：  
 使用本复制品  
 请尊重相关知识产权说明

续表 22.4-24

名称	简图	受力情况	计算公式	说 明
搭接接头		拉或压	$\tau = \frac{F}{1.4Kl} \leq \tau'_p$	正面焊缝
		拉或压	$\tau = \frac{F}{1.4Kl} \leq \tau'_p$	侧面焊缝 $l \leq 50K$
		拉或压	$\tau = \frac{F}{0.7K \sum l} \leq \tau'_p$ $\frac{l_1}{l_2} = \frac{e_1}{e_2}$	$e_1$ 和 $e_2$ 分别为角钢截面型心至焊缝的距离
		拉或压	$\tau = \frac{F}{0.7Kl} \leq \tau'_p$	
		拉或压	$\tau = \frac{F}{0.7K \sum l} \leq \tau'_p$	
		弯	$\tau = \frac{6M}{0.7Kh^2} \leq \tau'_p$	
		弯	$\tau = \frac{M}{0.7Kl(h+0.7K)} \leq \tau'_p$	$\tau$ 平行于焊缝方向
	当 $h \ll l$ 时 $\tau = \frac{3M}{0.7Kl^2} \leq \tau'_p$		$\tau$ 垂直于焊缝方向	

超星阅读器提醒您：  
使用本复制品  
请尊重相关知识产权！

续表 22.4-24

名称	简图	受力情况	计算公式	说明
		弯	$\tau = \frac{M}{0.7Kl(h + 0.7K)} \leq \tau'_p$	$\tau$ 平行于焊缝方向
			当 $h \ll l$ 时 $\tau = \frac{3M}{0.7Kl^2} \leq \tau'_p$	$\tau$ 垂直于焊缝方向
搭接接头		弯	<p>1) 按分段法计算:</p> $\tau = \frac{M}{0.7Kl(h + 0.7K) + \frac{0.7Kh^2}{b}} \leq \tau'_p$ <p>2) 按焊缝的轴惯性矩法计算:</p> $\tau = \frac{M}{I_x} y_{\max} \leq \tau'_p$ <p>3) 按焊缝的极惯性矩法计算:</p> $\tau = \frac{M}{I_p} r_{\max} \leq \tau'_p$	<p><math>I_p</math>—焊缝的计算截面对 o 点的极惯性矩;  <math>I_x</math>—焊缝的计算截面对 x 轴的轴惯性矩;  <math>I_y</math>—焊缝的计算截面对 y 轴的轴惯性矩;  <math>y_{\max}</math>—焊缝的计算截面距 x 轴的最大距离;  <math>r_{\max}</math>—焊缝的计算截面距 o 点的最大距离</p> <p>1) 式适用于形状简单的焊缝, 计算简单; 2) 和 3) 式适用于比较复杂的焊缝, 计算精度较高</p>

超星浏览器提醒  
使用本复制品  
请尊重相关知识产权!

(2) 国际焊接学会 (IIW) 推荐的角焊缝强度计算法

使用表 22.4-24 所列的公式进行角焊缝强度的计算, 虽然简捷方便, 但因作了较多的假定和简化, 从而使计算结果不够精确。

国际焊接学会第 XV 委员会在 1976 年推荐了一个建立在理论分析和实验研究基础上的角焊缝静载强度计算公式, 使用该公式计算出的结果与实际情况比较接近, 该公式为:

$$\sigma_{sh} = \beta \sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau^2)} \leq \sigma'_{lp}$$

式中  $\sigma_{sh}$ ——角焊缝计算截面上的折合应力;  
 $\beta$ ——因母材屈服点  $\sigma_s$  而异的因数: 当  $\sigma_s = 240 \text{ MPa}$  时,  $\beta = 0.7$ ; 当  $\sigma_s = 360 \text{ MPa}$  时,  $\beta = 0.85$ 。其他钢种可按  $\sigma_s$  值用插值法确定  $\beta$  的数值;  
 $\sigma_{\perp}$ ——垂直于计算截面的正应力;

$\tau$ ——计算截面上与焊缝平行的切应力;  
 $\tau_{\perp}$ ——计算截面上与焊缝垂直的切应力;  
 $\sigma'_{lp}$ ——焊缝金属的许用拉应力, 按表 22.4-25~表 22.4-27 确定。

(3) 焊缝的许用应力

焊缝的许用应力与很多因素有关, 除与焊接工艺和材料有关外, 还与接头的形状、焊接检验方法的精确程度等有关。

机器焊接结构中焊缝的许用应力见表 22.4-25; 我国起重机行业采用的焊缝许用应力见表 22.4-26; 钢制压力容器焊缝的许用应力见表 22.4-27。

对于高强度钢、高强度铝合金和其他特殊材料制成的或在特殊条件下 (高温、腐蚀介质等) 使用的焊接结构中焊缝的许用应力, 应按有关规定或通过专门试验来确定。

(4) 设计、计算角焊缝时应遵循的原则和规定

表 22.4-25 机器焊接结构焊缝的许用应力

焊缝种类	应力状态	焊缝许用应力	
		一般 E43 × × 型及 E50 × × 型焊条手弧焊	低氢焊条手弧焊、埋弧焊、半埋弧焊
对接焊缝	拉应力	$0.9\sigma_p$	$\sigma_p$
	压应力	$\sigma_p$	$\sigma_p$
	切应力	$0.6\sigma_p$	$0.65\sigma_p$
角接焊缝	切应力	$0.6\sigma_p$	$0.65\sigma_p$

注：1. 表中  $\sigma_p$  为基体金属的许用拉应力。

2. 上表适用于低碳钢及 500 MPa 级以下的低合金结构钢。

超星阅读器提醒您  
使用本复制品  
请尊重相关知识产权!

表 22.4-26 起重机结构焊缝的许用应力

焊缝种类	应力种类	符号	用普通方法检查的手弧焊	埋弧焊或用精确方法检查的手弧焊
对接焊缝	拉伸、压缩应力	$\sigma'_p$	$0.8\sigma_p$	$\sigma_p$
对接焊缝及角接焊缝	剪切应力	$\tau'_p$	$\frac{0.8\sigma_p}{\sqrt{2}}$	$\frac{\sigma_p}{\sqrt{2}}$

注：表中  $\sigma_p$  为基体金属的许用拉应力， $\sigma'_p$  为焊缝金属的许用拉应力， $\tau'_p$  为焊缝的许用切应力。

表 22.4-27 钢制压力容器焊缝的许用应力

无损探伤的程度	焊缝类型		
	双面焊或相当于双面焊的全焊透对接焊缝	单面对接焊缝、沿焊缝根部全长具有紧贴基体金属的垫板	单面焊环向对接焊缝、无垫板
100% 探伤	$\sigma_p$	$0.9\sigma_p$	
局部探伤	$0.85\sigma_p$	$0.8\sigma_p$	
无法探伤			$0.6\sigma_p$

注：表中系数只适用于厚度不超过 16 mm，直径不大于 600 mm 的壳体环向焊缝。

1) 角焊缝计算长度不得小于 8K，侧面角焊缝计算长度静载时不大于 60K，动载时不大于 40K。

2) 角焊缝最小焊脚尺寸不小于 4 mm，当焊件厚度小于 4 mm 时，可与焊件厚度相同。此外，角焊缝焊脚尺寸不得大于较薄件厚度的 1.2 倍，在焊件边缘的角焊缝最大焊脚尺寸应符合下列要求（见图 22.4-13）：

当  $\delta \leq 6 \text{ mm}$  时， $K \leq \delta$

$\delta > 6 \text{ mm}$  时， $K \leq \delta - (1 \sim 2) \text{ mm}$

3) 不是主要承受载荷的角焊缝，或构造上需要设置的角焊缝，其焊脚尺寸可根据焊件板厚及焊接工艺要求确定，不小于表 22.4-28 中的数值。

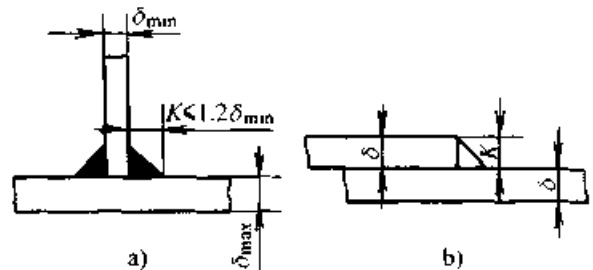


图 22.4-13 角焊缝的焊脚尺寸

4) 局部开坡口的角焊缝，不仅有利于接头的应力分布，还可提高其疲劳强度。在相同承载能力下，可大大节约焊缝金属和焊接工作量，见图 22.4-14。局部开坡口角焊缝的最小焊脚尺寸 a 见表 22.4-29。

表 22.4-28 角焊缝最小焊

被焊件中较厚件的厚度 $\delta$	脚尺寸 $K_{\min}$ (mm)
< 10	4/6
10~20	6/8
21~30	8/10

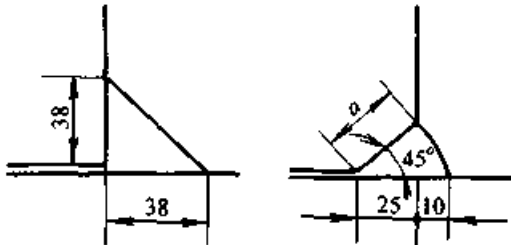


图 22.4-14 局部开坡口与局部不开坡口的比较

表 22.4-29 局部开坡口的角焊缝最

被焊件中较厚板的厚度 $\delta$	小焊喉尺寸 $a_{\min}$ (mm)
$\leq 6$	4
7~13	5
14~20	7
21~38	8
39~57	10
58~150	13
> 150	16

(5) 点塞焊和槽塞焊焊缝的强度计算

这两种焊缝的尺寸及计算方法未列入有关的强度计算规范, 通常按下述方法进行计算, 见图 22.4-15。

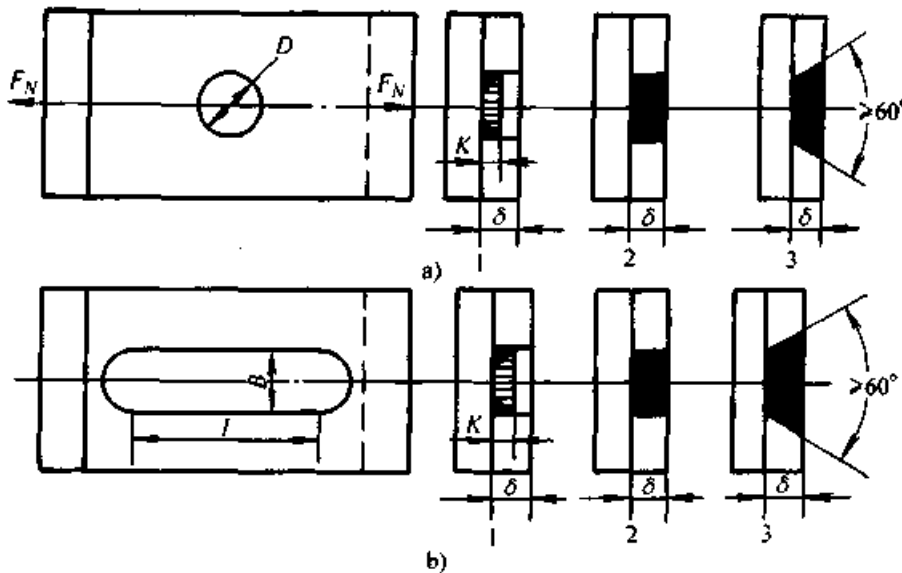


图 22.4-15 点塞焊与槽塞焊

a) 点塞焊 b) 槽塞焊

1—孔壁用角焊缝, 焊脚尺寸 K 2—直孔壁, 全焊满 3—斜孔壁, 全焊满

1) 点塞焊

可选用三种型式, 如孔径  $D$  较小, 可用焊缝金属全部填满, 或孔壁开  $60^\circ$  坡口后填满; 如

开孔较大, 可在孔壁上焊一圈焊脚尺寸为  $K$  的角焊缝。前两种情况可按孔底面受切应力或孔周围壁上受切应力分别核算, 计算式见表 22.4-30。

表 22.4-30 点塞焊与槽塞焊焊缝应力计算式

切应力作用面	点塞焊		槽塞焊	
	直孔壁	孔壁开 $60^\circ$ 坡口或自动焊	直侧壁	侧壁开 $60^\circ$ 坡口或自动焊
底面上	$D \geq 4\delta$ 时 $\frac{2F_N}{D^2}$	$D \geq 4\delta$ 时 $\frac{F_N}{0.8D^2}$	$D \geq 2\delta$ 时 $\frac{F_N}{0.7Bl}$	$D \geq 2\delta$ 时 $\frac{F_N}{Bl}$
孔(槽)壁上	$\frac{F_N}{2.2D\delta}$	$\frac{F_N}{3.1D\delta}$	$\frac{F_N}{1.4\delta l}$	$\frac{F_N}{2\delta l}$



考虑到直孔壁时的连接强度较低, 计算面积按 70% 选取。角焊缝时, 按计算厚度在周长上所受的切应力进行计算, 即:

$$\tau = \frac{F_N}{0.7K\pi(D-0.7K)} \leq \tau'_{\nu}$$

2) 槽塞焊

计算方式与点塞焊的相似, 计算槽壁面积时仅考虑两侧壁受剪, 不考虑圆弧部分, 计算式见表 22.4-30。采用角焊缝时计算公式如下:

$$\tau = \frac{F_N}{1.4Kl} \leq \tau'_{\nu}$$

6.3 焊接接头疲劳强度的计算

焊接结构中的不连续性、接头处的应力集中和残余应力, 以及焊接缺陷等对结构的疲劳强度都有很大的影响。在对结构进行了强度计算并确定了各构件截面尺寸和连接细节后, 为避免疲劳破坏, 通常还要进行疲劳强度验算。

我国的《钢结构设计规范》(GBJ 17—1988)、《起重机设计规范》(GB/T 3811—1983) 以及《钢制压力容器》(GB 150—1998) 等对疲劳强度的设计都有较详细的规定, 可参考使用。现仅就《钢结构设计规范》中的疲劳计算作一简要介绍。

在《钢结构设计规范》(GBJ 17—1988) 中规定, 承受动载荷用的钢结构构件 (如吊车梁、吊车桁架、工作平台梁等) 及其连接, 当应力循环次数  $N \geq 10^5$  时, 应进行疲劳强度计算。但本规定不适用于表面温度  $> 150^{\circ}\text{C}$ 、处于海水腐蚀的环境、焊后须经热处理消除残余应力以及受低频-大应变作用等疲劳条件下的疲劳强度计算。在应力循环中不出现拉应力的部位可不进行疲劳

强度计算。

对于恒幅变应力, 疲劳强度按下式计算:

$$\sigma_s \leq \sigma_{sp}$$

$$\sigma_{sp} = \left(\frac{C}{N}\right)^{1/\beta} \text{ MPa}$$

对于焊接部位  $\sigma_a = \sigma_{\max} - \sigma_{\min}$

对于非焊接部位  $\sigma_a = \sigma_{\max} - 0.7\sigma_{\min}$

式中  $\sigma_{\max}$  —— 计算部位每次应力循环中最大的拉应力 (取正值);

$\sigma_{\min}$  —— 计算部位每次应力循环中最小的拉应力或压应力 (压应力取负值);

$\sigma_{sp}$  —— 恒幅变应力疲劳强度的许用应力幅;

$N$  —— 应力循环次数;

$C, \beta$  —— 参数, 根据构件和连接类别按表 22.4-31 选用。

对于变幅变应力疲劳强度, 若能预测结构在使用寿命期间内各种载荷的频率分布、应力幅水平以及频次分布总和所构成的设计应力谱, 则将其折算为等效恒幅变应力疲劳, 疲劳强度按下式计算:

$$\Delta\sigma_e \leq \Delta\sigma_p$$

式中  $\Delta\sigma_e$  —— 变幅变应力疲劳强度的等效应力幅, 按下式确定:

$$\Delta\sigma_e = \left[ \frac{\sum N_i (\Delta\sigma_i)^\beta}{\sum N_i} \right]^{1/\beta}$$

$\sum N_i$  —— 以应力循环次数表示的结构预期使用寿命;

$N_i$  —— 预期寿命内应力幅水平达到  $\Delta\sigma_i$  的应力循环次数。

表 22.4-31 参数 C、β

构件和连接类别	1	2	3	4	5	6	7	8
C	$1.940 \times 10^{12}$	$861 \times 10^{12}$	$3.26 \times 10^{12}$	$2.18 \times 10^{12}$	$1.47 \times 10^{12}$	$0.96 \times 10^{12}$	$0.65 \times 10^{12}$	$0.41 \times 10^{12}$
β	4	4	3	3	3	3	3	3

# 第5章 胶 接

## 1 胶接的特点和应用

胶接是利用胶粘剂起连接作用的一种连接方法。与焊接、机械联接（铆接、螺栓联接）统称为三大连接技术。

胶接适合于金属与金属或金属与非金属以及非金属与非金属之间的连接，适合于难以用焊接和机械联接方法连接的构件。与其他连接方法相比，胶接有如下特点：

①节省了大量的铆钉、螺栓，无铆接接头和焊缝，并且可以实现较薄的金属或非金属材料连接。连接面不起皱纹、表面光滑、外形美观。

②胶接接头的应力分布比焊接、铆接或螺栓联接的均匀，应力集中系数比较低，因此，胶接接头的抗疲劳性能比较好。

③可连接金属、木材、工程塑料、复合材料以及陶瓷等材料，甚至各种不同材料之间也可以连接。

④胶接接头的密封性能好，可防止湿气、空气以及其他腐蚀性物质的进入，减小了化学腐蚀作用。此外，一般胶粘剂都是电绝缘体，防止了

金属之间的电化学腐蚀。

⑤胶接工艺简单、设备要求不高、成本低。

⑥使用温度过高或过低时均会使强度迅速下降，某些胶粘剂耐环境老化、耐溶剂的性能较差。

⑦质量因受多种因素的影响，不够稳定，并且胶接质量也比较难于检查。

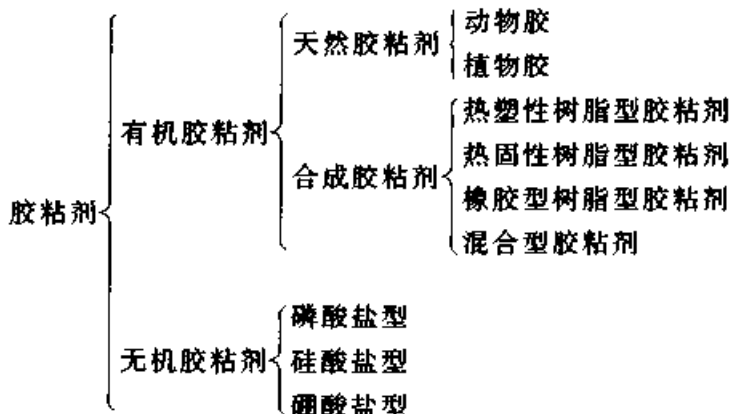
⑧某些胶粘剂中含有毒性物质，使用时要有安全保护措施。

⑨与高强度的被胶粘件相比，胶接强度还不够高，并且胶接强度的分散性也比较大。

目前，胶接技术应用较广，不仅广泛应用于金属刀具的胶接、机械设备的维修、金属零件的连接，而且在胶合板、纸品加工、制鞋、纤维加工等轻纺行业中也得到使用，它还促进了建筑、航空与造船等工业的发展。此外，在生物、医疗、电子仪表、国防军工以及空间技术等尖端技术部门也占有重要的地位。

## 2 常用胶粘剂

按主要组成成分的不同，胶粘剂可分为以下几类：



胶粘剂一般由几种组分组成，常以高分子化合物为基料，加入固化剂、填料、增韧剂以及稀

释剂等混合而成。常见的胶粘剂的使用性能、特点和施工条件见表 22.5-1 ~ 表 22.5-4。

表 22.5-1 热固性树脂胶粘剂

牌号名称	主要组成	施工工艺条件	主要性能指标						特点及用途
(1) 酚醛树脂胶粘剂									
铁锚 201 <sup>®</sup> (FSC-1) 酚醛-缩甲醛 醛胶	由酚醛树脂和聚乙烯醇缩甲醛树脂为基本原料组成的单组分胶	1) 涂胶 在胶合表面上均匀涂刷 2~3 次, 每次涂后再在室温下晾置 15~30 min, 然后, 进行胶合 2) 固化条件 在 160℃、0.098~0.15 MPa 压力下固化 2 h, 自然冷却后即可使用	1) 抗剪强度/MPa						具有高强度、耐老化、耐水、耐油、性能稳定、价格便宜等特点, 使用温度为 -70~150℃ 用于金属间(铝、铜、钢等)的胶接, 对陶瓷、玻璃、电木等胶接也有良好的效果。此外, 还可用于浸渍玻璃布, 用来压制高强度玻璃布
			铝合金	不锈钢	耐热钢	黄铜	环氧玻璃钢	材料破坏	
			22.2~23.0	23.5~25.0	23.2	22.4~24.4			
			2) 抗拉强度/MPa 铝合金: 31.2~35.7 3) 不均匀扯离强度/N·mm 铝合金: 35.0~39.0 4) 在不同温度下铝合金胶接件的抗剪强度/MPa						
			-70℃	20℃	60℃	100℃	150℃	200℃	
			23.0	22.4	22.0	20.6	13.5	3.7	
铁锚 204 <sup>®</sup> (JF-1) 酚醛-缩醛-有机硅高温胶	由酚醛、聚乙烯醇缩甲醛树脂和有机硅氧烷为基本原料组成的单组分胶	1) 涂胶 涂胶三次, 每次晾置 15~30 min, 以不沾手、能留下手印为宜, 叠合, 涂胶量约 120~150 g/m <sup>2</sup> 2) 固化条件 0.1~0.15 MPa 压力、180℃ 下固化 2 h	1) 胶液和胶接性能指标 外观: 黄色至褐色均匀液体 固含量: 25%~30% 45 钢件的抗剪强度/MPa 室温时 ≥14.7 200℃ 时 ≥5.9 2) 不同温度的抗剪强度/MPa						具有高强度和良好的耐热、耐水、耐潮湿性能, 能耐汽油、乙醇等有机溶剂, 对各种金属不产生腐蚀作用, 胶缝具有密封性, 能在 -60~200℃ 下长期工作, 短期使用温度为 300℃ 用于各种碳钢、合金钢及铝、镁、钛等合金、酚醛层压板, 各种玻璃钢、金属与非金属的蜂窝材料等自身或相互间的胶接
			温度		常温	200℃	300℃	350℃	
			材料	45 钢	22.8	15.8	8.67	4.03	
			铝合金	17.3	—	6.17	—		
3) 不均匀扯离强度/N·mm <sup>-1</sup> 铝合金(常温) ≥9.8 高低温交变性能: -60℃ 放置 6 h ↔ 常温放置 12 h ↔ 200℃ 放置 6 h, 循环五次, 45 钢件抗剪强度(常温测) 为 24.1 MPa									
KH-509 酚醛-环氧高温胶	由(甲)酚醛环氧树脂、(乙)647 酸酐和(丙)二氧化钛等无机填料组成的三组分胶	1) 配胶 甲:乙:丙 = 10:8:10 2) 涂胶 3) 固化条件 加压, 150℃ 下固化 3 h 或 150℃ 下先固化 1 h 然后再在 200℃ 下固化 2 h	胶接不同材料的抗剪强度/MPa						使用温度至 250℃, 但胶层较脆 用于长期工作在 200~250℃ 温度下金属零件的胶接或瞬间超高温(1000℃)的密封, 也可用于粘贴高温应变片及紧固高温螺栓等
			材料		铝	铜			
			测试温度	20℃	13.05	12.45			
			200℃	10.00	—				
			250℃	5.70	8.65				

续表 22.5-1

牌号名称	主要组成	施工工艺条件	主要性能指标				特点及用途
			铝合金抗剪强度/MPa				
J-104 酚醛-丁腈胶	由酚醛树脂、丁腈橡胶和配合剂等组成的单组分胶	1) 涂胶 涂胶两次, 在 80℃ 下预热 50~60 min 后合拢 2) 固化条件 0.29 MPa 压力、160~170℃ 下固化 3 h	1) 铝合金抗剪强度/MPa				使用温度为 -60~250℃, 具有良好的耐腐蚀性和耐介质性 用于汽车、拖拉机的刹车片、离合器等胶接, 也可用于农机修复
			-45℃	20℃	150℃	250℃	
			24.5~29.4	21.6~25.5	11.75~12.75	7.85~9.80	
			2) 不均匀扯离强度/ $N \cdot mm^{-1}$ : 49.0~59.0				
			3) 弯曲冲击韧度/ $N \cdot mm \cdot mm^{-2}$ : 2.9~3.9				
J-15 酚醛-丁腈胶液或胶膜	由 (甲) 高邻位酚醛树脂和 (乙) 混炼丁腈橡胶和 (丙) 氯化物催化剂等组成的三组分胶液或胶膜	1) 配胶 甲:乙:丙 = 1:4:0.1 2) 固化条件 0.1~0.29 MPa 压力、180℃ 下固化 3 h	铝合金的测试强度			使用温度为 -60~250℃, 具有较高的静态强度、疲劳强度、耐湿性和耐大气老化等特性 用于各种金属结构件的胶接, 可用于电子仪器、电机、汽车等行业	
			测试温度	抗剪强度/MPa	不均匀扯离强度/ $N \cdot mm$		
			-60℃	≥27.5	—		
			20℃	29.4~31.4	68.5~98.0		
			100℃	21.6~24.5	37.5~39.0		
			150℃	15.70~17.65	—		
250℃	7.85~9.80	—					
铁锚 705 (JX-5) 酚醛-丁腈胶	由丁腈-40、酚醛树脂和氧化镁等组成的单组分胶	1) 涂胶 涂胶三层, 每次涂后晾置 30~40 min 2) 固化条件 0.1 MPa 压力、180℃ 下固化 3 h	1) 不同材料的常温抗剪强度/MPa				使用温度为 -60~150℃, 耐水、耐油、耐老化、耐辐射, 但耐酸性较差 用于胶接多种金属材料, 如铝、铁、不锈钢、铜等, 以及玻璃钢、丁腈橡胶等非金属材料
			铝	不锈钢	钢	玻璃钢	
			19.6	24.8	22.8	材料破坏	
			2) 铝件在不同温度下的抗剪强度/MPa				
			-60℃	20℃	100℃	150℃	
			34.3	21.5	11.2	6.85	
			3) 铝件不均匀扯离强度/ $N \cdot mm^{-1}$ : 56.0				
			4) 剥离强度: 148 N/2.5 cm				
GXA-2 酚醛-尼龙胶	甲胶膜: 由羟甲基尼龙 (熔点 175℃) 加入少量防老剂 (β-萘酚) 制成 乙底胶: 由酚醛树脂、乙醇溶液组成	1) 涂胶 先涂底胶, 晾置 30~40 min 后, 再贴上胶膜, 夹在两个胶接面间, 叠合、固化 2) 固化条件 0.1 MPa 压力、185℃ 下固化 3~5 min (允许反复固化 1~3 次)	材 料	碳钢	耐热钢	使用温度为 -80~120℃, 具有高强度、高弹性和耐汽油、有机溶剂、碱、水等介质的特性, 能耐老化和多次冷热交替, 并且有良好的抗蠕变性能, 但不耐酸 可用于各种金属结构件的胶接, 也可胶接各种非金属材料	
			抗剪强度/MPa	-80℃	≥19.6		≥21.0
				25℃	≥27.5		≥29.4
				100℃	≥25.5		≥23.5
				150℃	≥15.0		≥12.0
			25℃ 抗拉强度/MPa				≥30.5
25℃ 不均匀扯离强度/ $N \cdot mm^{-1}$			≥39.0	—			

续表 22.5-1

牌号名称	主要组成	施工工艺条件	主要性能指标	特点及用途												
(2) 环氧树脂胶粘剂																
E-14 室温固化环氧胶	由 (甲) AFG-90 环氧树脂、(乙) 改性胺和 (丙) 填料等组成的三组分胶	1) 配胶 甲:乙:丙 = 100:20:42 2) 涂胶、贴合 3) 固化条件 接触压力下, 室温固化 24 h	铝合金的抗剪强度/MPa 室温~100℃: 9.8	室温固化, 可在 100℃ 下使用, 强度不变 用于胶接多种金属材料, 适合于要求室温固化而耐较高温度的零部件的胶接												
农机 2 号室温固化环氧胶	由 (甲) 环氧树脂、邻苯二甲酸二丁酯、生石灰和 (乙) 固化剂 II 号等组成的双组分胶	1) 配胶 甲:乙 = 7.25:1 2) 涂胶 3) 固化条件 接触压力下, 常温固化 6 h; 若加热至 60℃, 则固化 1 h 即可	1) 铝合金胶接件的抗剪强度/MPa 常温: 15.70~17.65 60℃: 14.70~15.70 2) 钢胶接件的常温测试强度/MPa 抗剪强度: 19.60~17.50 抗拉强度: 32.95~34.20 3) 180°剥离强度(钢与帆布)/N·mm <sup>-1</sup> 常温: 5.9 4) 铝合金胶接件的常温不均匀扯离强度 N·mm <sup>-1</sup> : 14.7	使用温度为 -30~120℃, 具有使用简便、固化快和性能稳定等特点。可胶接金属及除聚烯烃类材料以外的大部分非金属材料 用于汽车和拖拉机的油箱、水箱、机体、后桥等部位的胶接和修复, 不宜用于承受较大冲击的场合												
XY-507 XY-508 室温固化环氧胶	由 (甲) 环氧树脂和 (乙) 改性固化剂组成的双组分胶	1) 配胶 XY-507 甲:乙 = 2:1 XY-508 甲:乙 = 3:1 2) 涂胶后合拢 3) 固化条件 室温需 24 h 以上或 60℃ 固化 2~3 h	常温抗剪强度/MPa 铝合金胶接件: 19.60~24.50 使用温度范围: 常温~70℃	此胶色浅, 气味小, 室温固化, 使用方便, 耐一般介质 用于各种金属以及陶瓷、玻璃、有机玻璃、硬塑料、木材、混凝土和其他非金属材料的胶合和密封堵漏												
TG-3 低温固化环氧胶	由 (甲) 环氧树脂和 (乙) 胺类固化剂组成的双组分胶	1) 配胶 甲:乙 = 1:0.8 2) 涂胶、合拢 3) 固化条件 接触压力下, 5~10℃ 固化 24 h	胶接不同材料的常温强度: <table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <td>材 料</td> <td>钢</td> <td>铝</td> </tr> <tr> <td>抗剪强度/MPa</td> <td>28.35</td> <td>22.75</td> </tr> <tr> <td>抗拉强度/MPa</td> <td>30.60</td> <td>31.20</td> </tr> <tr> <td>不均匀扯离强度/ N·mm<sup>-1</sup></td> <td>28.5</td> <td>24.5</td> </tr> </table>	材 料	钢	铝	抗剪强度/MPa	28.35	22.75	抗拉强度/MPa	30.60	31.20	不均匀扯离强度/ N·mm <sup>-1</sup>	28.5	24.5	使用温度为常温~60℃, 5~10℃ 能固化, 蒸气压小、吸湿小、耐热性好 主要用于汽车、拖拉机的结构件修复
材 料	钢	铝														
抗剪强度/MPa	28.35	22.75														
抗拉强度/MPa	30.60	31.20														
不均匀扯离强度/ N·mm <sup>-1</sup>	28.5	24.5														

超星浏览器提醒您:  
 使用本复制品  
 请尊重相关知识版权!

续表 22.5-1

牌号名称	主要组成	施工工艺条件	主要性能指标				特点及用途		
E-10 ( JW-1 ) 中温固化 环氧胶	由 (甲) 环氧树脂和 (乙) 混合胺组成的双组分胶	1) 配胶 甲:乙 = 2:1 2) 涂胶、叠合 3) 固化条件 接触压力下、 60℃ 固化 2 h	胶接铝合金的强度:				使用温度为 -60 ~ 60℃, 中温固化, 固化时间短、强度高。可胶接铝、铜、钢等金属及玻璃钢、胶木、陶瓷、玻璃、木材等非金属		
			测试温度	-60℃	-25℃	60℃			
			抗剪强度/MPa	≥ 12.75	≥ 17.65	≥ 14.70			
			不均匀扯离强度/ N·mm <sup>-1</sup>	—	≥ 19.6	—			
HY-915-Ⅲ 高温固化 环氧胶	由环氧树脂、促进剂和潜性固化剂等组成的单组分胶	固化条件: 接触压力下、 130℃ 时固化 3 ~ 5 h 或 150℃ 时固化 1.5 h	铝合金胶接件常温测试强度/MPa 抗剪强度: 23.5 ~ 29.4 不均匀扯离强度/N·mm <sup>-1</sup> : 32.5 使用温度: -40 ~ 100℃				使用简便, 适用于流水线作业 用于金属元件的胶接, 特别适用于电器元件磁芯的胶接		
HH-703 环 氧-聚酰胺 胶	由 (甲) 环氧树脂、填料和 (乙) 聚酰胺固化剂组成的双组分胶	1) 配胶 甲:乙 = 110 ~ 160:100 2) 涂胶、贴合 3) 固化条件 接触压力下、 室温固化 24 ~ 48 h 或 80℃ 固化 2 h	胶接不同材料的常温抗剪强度				使用温度为 -60 ~ 60℃, 毒性小, 配制方便 用于胶接冲模、量具、酚醛层压布板、机床导轨、硬质泡沫塑料以及铸件修补等		
			铝合金	低碳钢	铝-酚醛层 压布板	铝-硬聚苯乙 烯泡沫塑料			
R 型环氧- 聚酰胺尺 寸恢复胶	由 (甲) 环氧树脂、(乙) 聚酰胺、间苯二胺和 (丙) 填料 (二硫化铝、石墨或金属粉) 组成的三组分胶	1) 配胶 甲:乙:丙 = 100:35 ~ 60:适量 2) 涂胶 将金属被胶接材料进行喷砂处理或砂布打磨, 表面预热, 然后用胶刮涂或喷涂 3) 固化条件 常温下固化 2 ~ 4d 或 150℃ 下 固化 2 h	1) 铝合金胶接件的抗剪强度/MPa				使用温度为常温 ~ 80℃, 具有优良的胶接性和耐磨损性 适用于修补磨损的机械零件, 恢复机械表面的几何形状和配合精度, 也可作为一般零件的胶接、裂纹或崩块的修补和砂眼的修补等		
			型号	R-0	R-1	R-2			
			常温	27.95	15.20	17.65			
			80℃	17.65	11.10	17.25			
			型号	R-3	R-4				
			常温	16.50	29.10				
			80℃	15.80	14.30				
			2) 涂层的耐磨性能						
			型号	摩擦因数	磨痕宽度/mm				
			R-0	0.035 5	1.97				
			R-1	0.040 2	1.76				
			R-2	0.037 1	1.8				
R-3	0.042 1	1.6							
R-4	0.039 9	1.53							
3) 硬度 (HBS)									
R-0	R-1	R-2	R-3	R-4					
15.2	13.4	16.2	15.2	13.4					

续表 22.5-1

牌号名称	主要组成	施工工艺条件	主要性能指标	特点及用途			
GXA-1 环氧-尼龙高强度结构胶粘剂	由 E-44 酚醛环氧树脂、羟甲基尼龙液、4,4'-二氨基二苯砜、HT-1、丁酮、β-萘酚等组成	固化条件 在 0.15 MPa 压力、160℃ 下固化 2 h	1) 抗剪强度/MPa	用于金属结构件的胶接			
			铝合金		耐热钢	不锈钢	黄铜
			32.3		34.0	35.5	18.0
			2) 铝合金胶接件不均匀扯离强度/ $N \cdot mm^{-1}$ : >40				
			3) 不同温度下铝合金胶接件的抗剪强度/MPa				
			-80℃	20℃	100℃	150℃	
			32.3	32.3	13.4	7.20	
J-19 环氧-聚砜高强度结构胶	由环氧树脂、聚砜树脂等组成的单组分胶, 按配比分 A、B、C 三种型号	1) 涂胶 涂胶后在 100℃ 下烘 1 h 后合拢 2) 固化条件 接触压力下, 升温至 180℃ 保温 3 h (A 型适合于制造胶膜; C 型挥发份较低, 用于灌注和孕镶)	1) 钢胶接件抗剪强度/MPa 室温时: A、B 型 58.8~63.7 C 型 49.0 120℃ 时: 29.4~34.3 2) 钢胶接件不均匀扯离强度/ $N \cdot mm^{-1}$ 常温时: 88.5~98.0 3) 使用温度: 常温~120℃	胶接强度高, 耐有机溶剂及盐碱性良好, 但耐水性不好, 耐湿热性不佳 适用于胶接受力较大的金属结构件及各种专用磨、钻、铣、刨、车等机床用的刀具及其他工具			
自力-4 环氧-聚砜高强度结构胶膜	由聚砜改性环氧树脂组成的胶膜	1) 将被粘件预热至 60~70℃, 再把胶膜贴上, 并在 100℃ ± 10℃ 下烘 2 h 2) 固化条件 接触压力和 175℃ ± 5℃ 条件下固化 2 h	1) 不同温度下铝合金胶接件的抗剪强度/MPa:	胶接强度高, 综合性能好, 耐介质、耐老化 用于金属及玻璃钢、碳纤维复合材料、石墨等受力钣金件和无孔蜂窝胶接件以及印刷电路的胶接			
			-55℃		常温	150℃	
			31.4		33.3	24.5	
			2) 铝合金板-铝合金板 90° 剥离强度/ $N \cdot mm^{-1}$ : 6.4 3) 使用温度: -55~150℃				
ZW-3 环氧-聚氨酯胶	由 (甲) 改性环氧树脂、(乙) 改性胺固化剂和 (丙) 偶联剂组成的三组分胶	1) 配胶 甲:乙:丙 = 3.9:1.2:0.12 2) 涂胶、合拢 3) 固化条件 接触压力或 50~75 MPa 压力和 60℃ 下固化 1 h, 然后, 再在 120℃ 下固化 4 h	1) 不同温度下铝合金胶接件的抗剪强度/MPa	使用温度为 -196~70℃, 无溶剂, 中温固化, 使用方便, 胶接强度高, 韧性好, 耐振动, 低温性良好 用于船舶上层建筑、飞机波纹壁板、蜂窝芯与面板以及合金刀具等金属与金属的胶接			
			-196℃		常温	70℃	
			≥24.5		≥29.4	≥19.6	
			2) 铝合金胶接件常温不均匀扯离强度/ $N \cdot mm^{-1}$ : ≥59.0				
			3) 铝合金胶接件 90° 剥离强度/ $N \cdot mm^{-1}$ : ≥4.9				
			4) 胶接其他金属的抗剪强度/MPa				
材料	常温	60℃					
黄铜	14.7	19.6					
不锈钢	34.3	19.6					

提醒您: 请尊重知识产权!

续表 22.5-1

牌号名称	主要组成	施工工艺条件	主要性能指标	特点及用途				
CH-108 环氧-聚硫胶	由 (甲) 改性环氧树脂和 (乙) 聚硫橡胶等组成的双组分胶	1) 配胶 甲:乙 = 4:1 2) 涂胶 3) 固化条件 接触压力下, 常温固化 7 d 或在 100℃ 下固化 1 h	1) 钢胶接件的常温测试强度: 抗拉强度 $\geq 19.6$ MPa 冲击韧度 $\geq 7360$ J/m <sup>2</sup> 2) 使用温度范围: 常温	常温固化、韧性好、强度高 用于金属、橡胶、塑料、陶瓷、玻璃、木材等胶接或耐油密封。加入金属粉可修补铸件砂眼 提醒您:				
KN-225 环氧-丁腈胶	由 (甲) 改性环氧树脂、羧基丁腈橡胶、(乙) 咪唑类固化剂和 (丙) 白炭黑等组成的三组分胶	1) 配胶 甲:乙:丙 = 130:10:2 2) 涂胶: 刮涂 3) 固化条件 接触压力下, 120℃ 固化 1~3 h 或在 80℃ 下固化 4~8 h	1) 碳钢胶接件的抗剪强度/MPa 室温时 $\geq 39.20$ 100℃ 时 $\geq 14.70$ 2) 铝合金胶接件常温不均匀扯离强度/ N·mm <sup>-1</sup> $\geq 59.0$ 3) 铝胶接件沸水煮后的抗剪强度/MPa	使用温度为常温~100℃, 中温固化, 强度高 用于胶接金属及玻璃钢、硬塑料、陶瓷、玻璃、玉石等材料 适用于胶合对热敏感或形状复杂、线膨胀系数不匹配的部位				
			100℃ 水煮时间/h		0	100	500	
			常温		$\geq 29.40$	24.00	23.25	
			60℃		27.25	19.80	18.55	
H-006 环氧-丁腈超低温胶	由 (甲) 改性环氧树脂、羧基丁腈橡胶、(乙) 咪唑类固化剂和 (丙) 白炭黑等组成的三组分胶	1) 配胶 甲:乙:丙 = 100:10:28.5 2) 涂胶后粘合 3) 固化条件 接触压力下, 80℃ 固化 5 h	铝胶接件在不同温度下的测试强度:				使用温度为 -196~150℃, 具有耐辐射、耐高低温等特点, 但粘度大、成本高 用于胶接在低温条件下使用的铝、不锈钢及钛合金等	
			测试温度/℃	-196	常温	200		
			抗剪强度/MPa	18.75~19.30	20.00~23.65	13.75~13.95		
			不均匀扯离强度/N·mm <sup>-1</sup>	—	34.5~40.0	—		
(3) 聚氨酯树脂胶粘剂								
JQ-2 聚氨酯胶	由 24 <sup>#</sup> 聚氨酯、2, 4-甲苯二异氰酸酯、水泥、丙酮等组成	1) 涂胶后粘合 2) 固化条件 0.2 MPa 压力下, 105℃ $\pm$ 5℃ 固化 4 h	胶接铝合金: 常温抗剪切强度 $\geq 1.47$ MPa 若试片涂胶后在 105℃ $\pm$ 5℃ 温度下预热, 然后再涂胶, 那么, 常温抗剪切强度 $\geq 13.75$ MPa 60℃ 抗剪切强度 $\geq 11.75$ MPa	胶接软质材料性能优良, 用于金属与非金属 (非弹性体) 之间的胶接				
DW-1 聚氨酯耐超低温胶 (1号耐超低温胶)	由 (甲) 三羟基聚氧化丙烯醚异氰酸酯的预聚合体和 (乙) 3, 3'-二氯, 4, 4'-二氨基二苯甲烷组成	1) 配胶 甲:乙 = 100:10~20 2) 涂胶、合拢 3) 固化条件 0.02 MPa 压力下, 60℃ 固化 2 h 或在 100℃ 下固化 1 h, 或室温固化 1~7 d	1) 铝 (打毛) 胶接件的抗剪强度/MPa 常温时 $\geq 4.90$ -196℃ 时 $\geq 17.65$ 2) 使用温度范围 使用温度范围为 -269~40℃, 可常温或加温固化, 粘度低, 使用方便, 在低温下有较好的胶接强度, 而且温度越低强度越高, 此外, 韧性、弹性特别好	用于各种低温管道和低温容器的胶接密封。例如液氧、液氢、液氮、液化天然气管道等超低温管道与绝热材料的胶接密封, 制氧机和冰箱中低温部位的胶接密封等				



续表 22.5-1

牌号名称	主要组成	施工工艺条件	主要性能指标			特点及用途
(4) 有机硅树脂胶粘剂						
KH-505 有机硅高温胶	由甲基苯硅树脂、无机填料和甲苯组成的单组分胶	1) 涂胶 涂胶两遍, 每次晾 30 min, 再在 120℃ 中烘 20 min, 并趁热搭接 2) 固化条件 0.5 MPa 压力、270℃ 下固化 3 h	钢胶接件抗剪强度/MPa			耐高温(可达 400℃)、耐水和耐大气老化 用于高温下金属、玻璃、陶瓷的胶接。适用于高温螺栓的紧固密封、钠硫电池高温密封等
			测试温度	常温	425℃	
			未经后固化 <sup>①</sup>	7.75~8.55	2.75~3.35	
			经后固化	9.70~10.85	3.65~4.10	

① 后固化是指在有条件时除去压力, 再在 425℃ 下固化 3 h, 可提高强度。

表 22.5-2 热塑性树脂胶粘剂

牌号名称	主要组成	施工工艺条件	主要性能指标			特点及用途
KH-501 氟基丙烯酸酯胶接剂	由 α-氟基丙烯酸甲酯和少量阻凝剂组成的单组分胶	1) 涂胶 涂胶两遍, 每次晾 30 min, 再在 120℃ 中烘 20 min, 并趁热搭接 2) 固化条件 0.5 MPa 压力下, 24 h 后达到最高强度	1) 胶液的物理常数 沸点: 60℃/8 mPa 密度 ( $d_4^{20}$ ): 1.104 4 g/cm <sup>3</sup> 折光指数: 1.443 6 2) 常温抗剪强度 (MPa) 45 钢 ≥ 19.60 黄铜 ≥ 16.65 硬铝 ≥ 14.70			使用温度为 -50~100℃, 为单组分通用型瞬间强力胶。能耐一般有机溶剂, 但是不耐碱以及高温、高湿的环境 用于胶接各种金属、橡胶、塑料、玻璃、陶瓷等
			1) 胶液的技术指标			
SA-101 室温快固丙烯酸胶	由甲基丙烯酸甲酯和 高分子接枝物组成的双组分胶	1) 配胶 不用配胶, 直接使用 2) 涂胶 在被粘物一面或两面薄薄涂上一层底剂, 待溶剂挥发后, 再涂上一层主剂, 然后, 将两个面合拢即可 3) 固化条件 指压, 25℃ 时 5~15 min 变定, 24 h 后完全固化	指 标	主 剂	底 剂	使用温度为 -15~80℃, 双组分, 不需配胶, 使用简便, 室温快速固化, 胶接强度高, 并能粘合含油表面。耐老化、耐水性较好, 耐部分介质侵蚀 用于各种铝铭牌与金属、非金属的胶接。扬声器磁钢, 有机玻璃制品以及金属设备胶接修补等
			外观	粘稠液体	棕色液体	
			固含量/%	100	—	
			粘度 $\eta_{25} / \text{Pa} \cdot \text{s}$	8.0~18.0	—	
			有机溶剂	无	低毒溶剂	
			2) 抗剪强度			
			材 料	抗剪强度/MPa		
			镀铬钢 (不打毛)	≥ 11.65		
			铝合金	≥ 15.70		
			45 钢	≥ 17.65		
不锈钢	≥ 17.65					
纯铜	≥ 14.70					
SY-6-1 羟甲基尼龙胶粘片	由羟甲基聚酰胺(25%~30%)与乙醇配制而成 (单组分胶)	固化条件 0.3~0.5 MPa 压力和 155℃ 下固化 6 h	1) 抗剪强度/MPa 铝合金胶接件 (20℃): 19.50 2) 不均匀扯离强度/N·mm <sup>-1</sup> 铝合金胶接件: 39.0			胶层柔软, 胶接力强, 但耐水性能差 用于金属、陶瓷、玻璃、皮革、尼龙制品的胶接

续表 22.5-2

牌号名称	主要组成	施工工艺条件	主要性能指标				特点及用途
			1) 铝合金胶接件抗剪强度/MPa				
30 号聚酰亚胺耐高温胶	由芳香族二胺、芳香族二元酸酐和芳香族二酰胺聚合成聚酰亚胺的二甲基乙酰胺溶液组成的单组分胶	1) 涂胶 涂胶三次, 第一次、第二次涂胶后在 100℃ 下烘 40 min, 最后一次在 100℃ 下烘 10~15 min, 合拢 2) 固化条件 0.1~0.3 MPa 压力和 200℃ 下固化 6 h, 再在 280℃ 下固化 2 h	-60℃	室温	250℃	300℃	耐高温 (-60~280℃), 综合性能好 适用于铝合金、钛合金、不锈钢、陶瓷的耐高温、耐射线照射方面的胶接, 也可作为高温应变胶使用
			≥19.60	≥19.60	≥14.70	≥9.80	
P-32/P-36 聚酰亚胺耐高温胶	P-32: 3, 3'-4, 4'-二苯甲酮四酸二酐与 3, 5-二氨基苯甲酸-β 氯乙酯聚合物的二甲基乙酰胺溶液  P-36: 3, 3'-4, 4'-二苯甲酮四酸二酐、氯乙酯和 3, 3'-二氯间苯二甲酰胺三元共聚物的二甲基乙酰胺溶液, 主要是作为供玻璃布使用的胶	1) 涂胶 涂胶三次, 每次涂胶后在 100℃ 下烘干, 最后合拢 2) 固化条件 0.3 MPa 压力和 280℃ 下固化 2 h	1) 抗剪强度/MPa 铝合金胶接件: 常温 17.65~19.60 350℃ 5.90~7.85				使用温度为 -180~350℃, 高温强度高, 可耐温度交变 用于在高、低温环境下使用的金属零件的胶接
			2) 不均匀扯离强度/N·mm <sup>-1</sup> 铝合金胶接件: 19.6~24.5 3) 高低温交变性能: 经 ±180℃ 循环 120 次后, 性能基本不变				
PBI 聚苯并咪唑耐高温胶 (胶液、胶膜)	15% 聚苯并咪唑的二甲基乙酰胺溶液	1) 涂胶 涂胶三遍, 涂第一遍后在 100~120℃ 下烘 15 min, 冷却后再重复一次, 涂第三遍后, 放上一层含 40% PBI 胶的漆布后搭接 2) 固化条件 0.1 MPa 压力和 100~120℃ 下固化 0.5 h, 再在 200℃ 下固化 0.5 h, 最后在 250℃ 下固化 3 h	1) 胶接件抗剪强度/MPa				使用温度为 -253~250℃, 瞬间耐高温性良好, 可达 583℃, 低温时也有较好的性能, 但抗氧化性差, 高温时极易氧化而破坏, 且固化工艺复杂, 价格昂贵 适用于宇航、火箭、导弹、电子工业等部门胶接高温金属零件及聚酰亚胺薄膜、硅片、硅树脂等, 也可作为低温胶使用
			温度	20℃	250℃	-78℃	
			铝合金	29.40	19.60	—	
			黄铜	27.50	22.60	28.40	
			45 钢	41.20	23.35	45.10	
不锈钢	35.30	23.50	38.30				
			4) 不均匀扯离强度/N·mm <sup>-1</sup> : 铝合金: 20℃ 时 68.5 250℃ 时 49.0 3) 耐水、乙醇、丙酮、机油性能良好, 化学性能稳定				

表 22.5-3 橡胶胶粘剂

牌号名称	主要组成	施工工艺条件	主要性能指标	特点及用途			
长城牌 303 氯丁-酚醛胶 (熊猫 303)	由氯丁橡胶与叔丁酚醛树脂组成的单组分胶	固化条件 室温固化 24-48 h, 锤压	不锈钢-橡胶胶接: 剥离强度 $\geq 59$ N/2.5 cm 使用温度: -30~70℃	初粘强度高, 耐水、耐油、耐酸碱, 绝缘性好, 能胶接橡胶、金属以及它们之间的交叉胶接			
XY-502 丁腈-间苯二酚甲醛胶 (63 胶、JX-1 胶)	由 (甲) 丁腈混炼橡胶的醋酸乙酯溶液和 (乙) 间苯二酚甲醛树脂酒精溶液组成的双组分胶	1) 配胶 甲:乙 = 4.5:1 2) 涂胶 涂胶两遍, 每次晾置 30 min 左右 3) 硫化条件 冷粘时在一定压力下需要 48 h; 热粘时, 在 9.80 MPa 压力和 143℃ 下需要 30~60 min	HC6-676-74 性能指标 1) 剥离强度 (N/2.5 cm) 橡胶与橡胶 (常温) $\geq 59$ 橡胶与碳钢 (常温 48 h 后) $\geq 98$ (常温 72 h 后) $\geq 118$ 2) 抗拉强度/MPa: 橡胶与碳钢 $\geq 4.9$	提醒您: 常温使用, 胶液耐油性良好, 且对金属无腐蚀作用 用于丁腈橡胶与铝等金属的热粘或冷粘, 也可用于要求高弹性的金属之间的胶接			
GN-521 有机硅胶接剂 (加热固化型)	由 (甲) 聚二甲基硅氧烷和甲基乙烯基硅树脂在氯铂酸络合物催化下的反应产物和 (乙) 硅油及阻聚剂等组成的双组分胶	1) 配胶 甲:乙 = 100:6~8 硫化条件 80~100℃ 下 4 h 3) 若是灌封件, 在倒入胶液后, 还需真空下脱泡	1) 硫化后胶片的性能 硬度 $\geq 40$ HS 伸长率: 100% 抗拉强度: 4.90 MPa 介电常数: 2.8 体积电阻: $5.7 \times 10^{14} \Omega \cdot \text{cm}$ 击穿电压: 16.5 kV/mm 2) 抗剪强度/MPa	使用温度为 -253~250℃, 对金属、玻璃、陶瓷及某些高分子层压材料具有良好的胶接性, 且具有弹性好、线收缩性小、透光率高、耐臭氧、耐潮湿、电性能良好等特点 适用于电子元件等精密元件的胶接、灌注和密封			
			测试温度		20℃	150℃	200℃
			不锈钢		>3.90	4.30	4.20
			铝合金		>2.90	3.75	—
GN-522 有机硅胶接剂 (室温固化型)	由 (甲) 聚二甲基硅氧烷和甲基乙烯基硅树脂在氯铂酸络合物催化下的反应产物和 (乙) 硅油等组成的双组分胶	1) 配胶 甲:乙 = 100:6~8 2) 硫化条件 25℃ 下 24 h	层压板 0.98      1.85      —				

续表 22.5-3

牌号名称	主要组成	施工工艺条件	主要性能指标				特点及用途
SY-201 点焊胶	由 E-51 环氧树脂、液体聚硫橡胶、低分子聚酰胺、双氰胺和填料组成	1) 配胶 按规定要求配制 2) 涂胶 先涂胶, 后点焊 3) 固化条件 120℃ 下固化 4 h, 或 140℃ 下固化 2 h	1) 铝合金胶接件抗剪强度/MPa				使用温度为 -60~100℃, 有较好的耐阳极化性能, 对铝合金没有腐蚀作用 用于铝合金胶焊及一般铝合金的胶接
			-60℃	常温	100℃		
			11.75	22.95	13.25		
			2) 铝合金胶接件不均匀扯离强度/ N·mm <sup>-1</sup> 常温: 11.8 100℃ 时: 9.8				
水下胶 1 号	由环氧树脂、聚酯树脂、二亚基三胺、石油磺酸和生石灰等组成的多组分胶	1) 配胶 按规定量配制, 调和成均匀糊状 2) 涂胶 涂于被胶接处, 贴合 3) 固化条件 常温、水中固化 1~3 d	1) 常温胶接强度 钢-钢抗剪强度 (固化 1 d 后): 16.20 MPa 钢-帆布剥离强度 (固化 3 d 后): 4.2~5.6 N/mm 2) 浇注件常温测试强度/MPa 抗拉强度: 13.65~29.20 抗压强度: 69.90~85.90 抗弯强度: 35.80~54.90				常温使用, 能在水中固化, 胶接强度高。但是脆性大、冬季施工不太方便 用于船舰尾轴管塔漏及船体裂缝、孔洞等的临时修复。可在泊地现场修复, 节约修理时间和费用
导热结构胶	由 6101 环氧树脂、液体丁腈橡胶-40、间苯二胺、银粉、碳黑和间苯二酚组成	涂胶 将胶接表面加热至 40~60℃, 涂胶后粘合 2) 固化条件 在 0.2 MPa 压力和 85℃ 下固化 2 h, 然后在 150℃ 下固化 6~8 h	铝合金胶接件抗剪强度/MPa				使用温度为 -120~120℃, 有较高的力学强度和良好的韧性、防振性、耐老化性和抗辐射性等性能 可胶接多种金属, 作为导热, 散热之用
			-196℃	室温	120℃	150℃	
			18.15~19.60	23.55~26.00	14.90~17.65	16.00~17.95	
			胶层的热导率/(W·(m·℃) <sup>-1</sup> )				
			58℃	78℃	102℃	121℃	
			1 080×10 <sup>-3</sup>	1 264×10 <sup>-3</sup>	1 030×10 <sup>-9</sup>	1 043×10 <sup>-3</sup>	
KY-4 环氧应变胶	由 (甲) 711 环氧树脂和 (乙) 低分子量聚硫橡胶和酚醛胺固化剂组成的双组分胶	1) 配胶 甲: 乙 = 5:1, 适用期 1~3 g, 25℃, 5~10 min 2) 涂胶 涂胶后贴合, 最好在相对湿度小于 60% 的环境下进行 3) 固化条件 25℃ 下 1 h 可初步固化, 然后在 60~80℃ 下固化 1~2 h, 或在 25℃ 下固化 5 h 后, 就可直接使用	1) 45 钢抗剪强度/MPa				使用温度为 -50~60℃, 固化快, 使用简便, 耐介质性能好, 弹性系数大, 抗蠕变及电绝缘性能良好 适用于缩醛、聚酰胺或环氧树脂为底基的丝式、箱式和半导体应变片的粘贴
			-50℃	常温	60℃	100℃	
			12.15	20.20	14.60	6.75	
			2) 应变性能 (4×10 mm 应变片)				
			测试项目	25℃ 下固化 5 h	25℃ 下固化 1 h 再在 60℃ 下固化 1 h		
			零飘 (μe)	0.5	0		
			机械滞后 (μe)	18	12		
			蠕变/%	-0.12	< -0.12		
灵敏度系数	—	2.17					

超星阅读器提醒您:  
使用本复制品  
请尊重相关知识产权!

续表 22.5-3

牌号名称	主要组成	施工工艺条件	主要性能指标	特点及用途																																																		
Y-150厌氧胶	由甲基丙烯酸环氧酯等组成的单组分胶, 另备促进剂	1) 涂胶 对钢铁、铜等将胶液涂刷于结合面或滴满缝隙, 缝隙应小于 0.2 mm, 然后贴合。铝、锌则需要使用促进剂 2) 固化条件 隔绝空气、室温固化 24 h (加促进剂只需固化 1 h)	1) 外观: 茶黄色液体 2) 密度: $1.12 \pm 0.02 \text{ g/cm}^3$ 3) 粘度: $0.15 \sim 0.30 \text{ Pa}\cdot\text{s}$ 4) 稳定性: $>30 \text{ min}$ (80℃时) 5) 铝胶接的抗剪强度 (80℃固化 6 h) $\geq 8.85 \text{ MPa}$ 最大松退力矩 (M10 钢制螺栓) $\geq 24.50 \text{ N}\cdot\text{m}$	使用温度为 $-45 \sim 150^\circ\text{C}$ , 无溶剂, 单包装, 粘度低, 有较好的紧固性和密封性 用于不经常拆卸的螺纹件的紧固、防松、密封防漏, 轴、轴承、转子、键合件的安装固定和一般要求强度不高的胶接																																																		
YY-301、302、101、102 型厌氧胶	由丙烯酸双酯、过氧化物促进剂和助促进剂等组成	1) 涂胶 将胶液滴入紧固密封件的缝隙中即可。若胶接镀锌、铬、锡的材料, 使用促进剂可加速固化, 用于非金属胶接时必须使用促进剂 2) 固化条件 隔绝空气下胶接钢、玻璃, 不加促进剂时, 常温下需要固化 1~2 d	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2" rowspan="2">强度指标</th> <th colspan="2">抗剪强度 / MPa</th> <th colspan="2">有效力矩 / N·m</th> </tr> <tr> <th>常温</th> <th>150℃</th> <th>常温</th> <th>150℃</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="4">材料牌号</td> <td>YY-301</td> <td>2.95~</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>—</td> </tr> <tr> <td>YY-302</td> <td>4.90</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>—</td> </tr> <tr> <td>YY-101</td> <td>4.90~</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>—</td> </tr> <tr> <td>YY-102</td> <td>6.85</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>—</td> </tr> <tr> <td rowspan="4">铝合金</td> <td>YY-301</td> <td>3.90~</td> <td>0.69~</td> <td>14.7~</td> <td rowspan="2">23.05</td> </tr> <tr> <td>YY-302</td> <td>5.90</td> <td>1.65</td> <td>19.6</td> </tr> <tr> <td>YY-101</td> <td>5.90~</td> <td>1.45~</td> <td>19.6~</td> <td rowspan="2">16.85</td> </tr> <tr> <td>YY-102</td> <td>8.85</td> <td>2.45</td> <td>24.5</td> </tr> </tbody> </table>	强度指标		抗剪强度 / MPa		有效力矩 / N·m		常温	150℃	常温	150℃	材料牌号	YY-301	2.95~	—	—	—	YY-302	4.90	—	—	—	YY-101	4.90~	—	—	—	YY-102	6.85	—	—	—	铝合金	YY-301	3.90~	0.69~	14.7~	23.05	YY-302	5.90	1.65	19.6	YY-101	5.90~	1.45~	19.6~	16.85	YY-102	8.85	2.45	24.5	使用温度为常温 ~ $150^\circ\text{C}$ , 单包装, 使用方便, 用于紧固螺栓时, 既具有密封性又有防振、防松的作用 用于小间隙螺纹紧固, YY-301、302 适用于经常拆卸部件的胶接, YY-101、102 适用于不经常拆卸部件及轴套、轴承的胶接。如用于紧固密封手表把管等
强度指标		抗剪强度 / MPa				有效力矩 / N·m																																																
		常温	150℃	常温	150℃																																																	
材料牌号	YY-301	2.95~	—	—	—																																																	
	YY-302	4.90	—	—	—																																																	
	YY-101	4.90~	—	—	—																																																	
	YY-102	6.85	—	—	—																																																	
铝合金	YY-301	3.90~	0.69~	14.7~	23.05																																																	
	YY-302	5.90	1.65	19.6																																																		
	YY-101	5.90~	1.45~	19.6~	16.85																																																	
	YY-102	8.85	2.45	24.5																																																		
铁锚 300 厌氧密封胶	由甲基丙烯酸双酯为主体, 并添加少量引发剂、促进剂和稳定剂等组成的单组分胶	1) 被粘表面需清除油污、杂物 2) 涂胶 使胶液充满间隙 3) 固化条件 隔绝空气、室温固化 24 h 即可。若预先涂上促进剂只需固化 2 h 即可基本固化	1) 外观: 无色透明液体 2) 密度: $1.02 \pm 0.02 \text{ g/cm}^3$ 3) 粘度 $9 \times 10^{-3} \text{ Pa}\cdot\text{s}$ 4) 胶接强度 (采用 M10 × 1 的钢螺栓测得) 有效力矩 (室温下) $>29.40 \text{ N}\cdot\text{m}$ 松退力矩 (室温下) $>29.40 \text{ N}\cdot\text{m}$ 5) 填隙能力: 0.1 mm	使用温度为 $-55 \sim 120^\circ\text{C}$ , 具有渗透性好、室温固化、耐振动、密封性好并具有可拆性等 特点 用于螺栓的锁紧、防振、机械加固、装配等方面																																																		
GM-924 光敏胶	由缩水甘油酯环氧丙烯酸和光敏剂组成的单组分胶	固化条件 700 W 中压汞灯, 光距为 100 mm, 光照时间为 2 min	有机玻璃与下列材料胶接件的常温抗剪强度 / MPa 铝合金 $>6.85$ (有机玻璃断) 黄铜: 4.10~6.20 钢: 4.80~8.85 聚碳酸酯: 3.75 聚苯乙烯: 3.25	常温使用, 经紫外线照射能迅速固化 适用于玻璃、有机玻璃等透明材料与金属或非金属材料的胶接																																																		

表 22.5-4 无机盐胶粘剂

牌号名称	主要组成	施工工艺条件	主要性能指标	特点及用途						
磷酸-氧化铜胶接剂 (衡阳市粘合剂厂的牌号为 HW 无机胶; 上海勤工化工厂生产的牌号为 WP-01)	由 (甲) 特制氧化铜粉和 (乙) 磷酸氢化铝液 (由磷酸 100 mL 与氢氧化铝 5~8 g 调制而成) 组成的双组分胶	1) 配胶 甲:乙 = 3~5 g : 1 mL 2) 涂胶 调匀成糊状, 能拉长成 1 cm 以上的丝条, 即可涂胶、胶接 3) 固化条件 室温固化 24 h 以上; 或先在 40℃ 以下烘 1.5 h, 然后在 100℃ 下固化 2 h 后, 就可直接使用	1) 甲组分堆积密度 $\geq 3.4 \text{ kg/m}^3$ , 粒度约为 0.07 mm 2) 乙组分密度: $1.9 \sim 1.92 \text{ kg/m}^3/25^\circ\text{C}$ 3) 固化后硬度: 45~65HBS 4) 45 钢胶接件常温测试强度 (MPa) 套接抗剪强度: 44.10~58.80 平面抗拉强度: 9.80~24.50 套接抗扭强度: 44.10~51.00 5) 气密性: 0.133~0.013 Pa	熔点高 (950℃), 耐高温性能好, 使用温度可达 -180~600℃ (套接件), 具有足够的套接或槽接的抗剪强度, 胶接工艺简单, 使用方便, 无毒性, 经济实用。但比较脆, 不适宜用于平面胶接, 耐酸、耐碱性较差, 但耐油性较强 适用于胶接钢铁, 也可胶接表面较粗糙的其他硬质材料。广泛用于刀具、量具、工模夹具、砂轮构件的胶接以及汽缸盖、体修复和铸件砂眼补修等方面						
C-2 无机胶接剂	由硅酸盐等组成。分单组分和双组分两种。单包装品可以直接使用, 如有分层现象, 使用前应充分搅匀。双包装品的配比为甲 (固体): 乙 (液体) = 2g:1 mL, 按配比调匀成胶	固化条件 需缓慢地升温固化, 胶接后可先在室温放置 12 h 以上, 然后在 80℃ 固化 2 h, 再在 150℃ 固化 2 h 胶接陶瓷等多孔表面时, 可先让胶接部位吸水后涂胶再胶接	1) 胶接不同材料的抗拉强度/MPa <table border="1" style="margin-left: 20px;"> <thead> <tr> <th>铜</th> <th>不锈钢</th> <th>中碳钢</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><math>\geq 25.80</math></td> <td><math>\geq 25.30</math></td> <td><math>\geq 33.00</math></td> </tr> </tbody> </table> 2) 中碳钢套接抗剪强度 $> 58.80 \text{ MPa}$ 3) 线膨胀系数: $11 \times 10^{-6}/^\circ\text{C}$	铜	不锈钢	中碳钢	$\geq 25.80$	$\geq 25.30$	$\geq 33.00$	使用温度 700℃, 最高可达 1300℃, 操作简单, 耐高温、耐酸、耐水、耐有机溶剂 用于金属、陶瓷、玻璃、刚玉及石料的胶接。可作耐热、防火、耐磨、防腐的胶粘剂、涂料和堵补铸件、烧结合金渗漏的浸渗剂。适用于电热设备、炼油设备、发动机以及电子元件、刚玉管等的胶接紧固
铜	不锈钢	中碳钢								
$\geq 25.80$	$\geq 25.30$	$\geq 33.00$								

### 3 胶接接头设计和胶接工艺

#### 3.1 接头类型

接头的基本连接形式可以分为对接、角接、T形接和平接等四种, 实际使用时可以将这四种类型进行任意组合。

##### 3.1.1 对接接头

如图 22.5-1 所示, 把两个被胶接面简单地

对合在一起。胶接面积小, 承受的是不均匀扯离力的作用, 容易引起应力集中, 强度低、效果差, 因此, 一般不采用这种方法。但在很多修补的情况下, 要求不能改变原来的形状, 则必须采用对接。



图 22.5-1 简单对接接头

简单的对接只能用在受力不大的场合, 但如果受力较大, 就要采取措施, 如采用图 22.5-2

所示的改进型对接接头，可提高其强度。

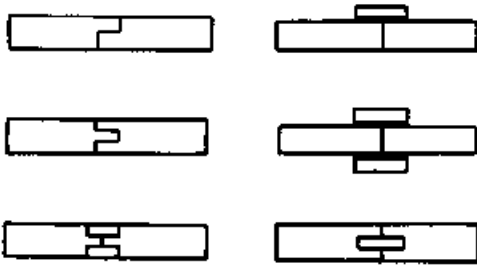


图 22.5-2 改进型对接接头

### 3.1.2 斜接接头

把接头制成具有一定角度的斜面后进行对接，就形成斜接接头。这种接头胶接面积较大，承载能力高，并且承受的是剪切力，力的分布也比较均匀，又无附加弯矩，因此是一种较好的接头类型。但应注意斜角越小越好，最好不大于  $45^\circ$ ，见图 22.5-3。



图 22.5-3 斜接接头

### 3.1.3 套接接头

它实际上是将待胶接件的一端插入另一端的孔内，或是加外套管的对接。这种接头胶接面积大，受力情况好，胶接强度高，承载能力强，适用于圆管或圆棒的胶接。但是，这种接头的胶层不易控制，中心位置不易对正。图 22.5-4 是这种接头的基本形式，为提高胶接强度和胶接效果，也可采用图 22.5-5 所示的改进形式。

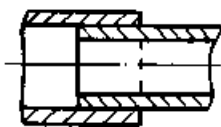


图 22.5-4 简单套接接头

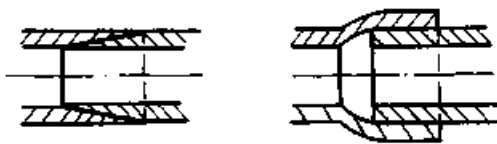


图 22.5-5 改进型套接接头

### 3.1.4 平接接头

将两个被胶接的平面胶接在一起的接头就叫平接接头。这种接头的胶接面积大，胶接强度高，适用于柔性材料之间或柔性材料与刚性材料的胶接。图 22.5-6 是这种接头的基本形式，使用时根据具体情况也可采用图 22.5-7 所示的改进形式。

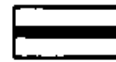


图 22.5-6 简单平接接头



图 22.5-7 改进型平接接头

### 3.1.5 搭接接头

这种接头是平接接头的一种，特别适合于薄壁件的胶接。当板较薄时，承受的主要是剪切力，并且力的分布也比较均匀。在使用时，接头宜宽不宜长，胶层宜薄不宜厚。当被胶接板较厚时，外加作用力与胶缝不在一条直线上，这样在胶接面上就将产生附加弯矩，易使胶缝剥离，且发生应力集中现象。因此在使用时，一般经常在被胶接件的端部倒角或挖槽以减少应力集中；在端部加铆钉或螺钉以防止剥离，如果使用斜面搭接则可获得较好的效果。图 22.5-8 是这种接头的基本形式，使用时根据具体情况也可采用图 22.5-9 所示的改进形式。



图 22.5-8 简单搭接接头

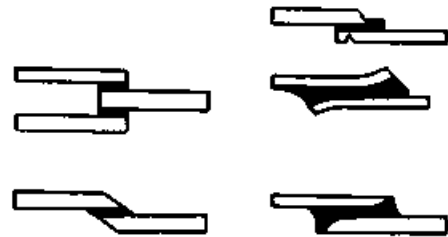


图 22.5-9 改进型搭接接头

### 3.1.6 嵌接接头

嵌接也叫槽接或镶接，它可以看成是搭接和平接的组合形式。这种接头受力情况好，胶接面积大，能获得很高的胶接强度，但接头的加工比较复杂。图 22.5-10 是这种接头的基本形式，使用时根据具体情况也可采用图 22.5-11 所示的改进形式。



图 22.5-10 简单嵌接接头

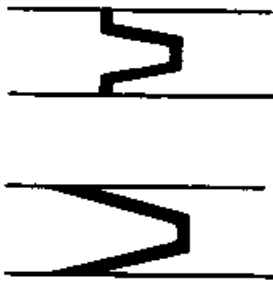


图 22.5-11 改进型嵌接接头

### 3.1.7 角接接头

如图 22.5-12 所示，它实际上是对接接头的一种形式，这种接头不但胶接面积小，而且还将受到不均匀扯离力的作用，应力集中严重，胶接强度很低，因此实际上不能采用。在实际使用时，都要根据具体情况采用一些组合结构予以补强，见图 22.5-13。



图 22.5-12 简单角接接头



图 22.5-13 改进型角接接头

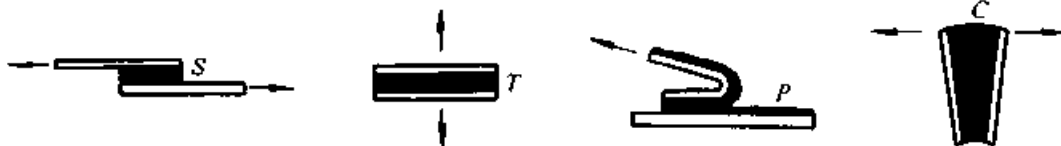


图 22.5-16 胶接接头的受力形式

接头的胶接层承受这种力。

拉伸力的作用方向与胶接面垂直，这也是胶接接头强度比较高的方向，但如果拉伸力与胶接面不垂直，胶层将受到一个附加的不均匀扯离力的作用，但承载能力大幅度降低。

剥离力的作用方向与胶接面呈一定的夹角（通常为  $90^\circ$ 、 $120^\circ$ 、 $180^\circ$ ），这是接头强度比较弱的方向，在设计时应尽可能避免这种力的作用，若确实难以避免，应采取适当的加固措施，如端面包边、端部加宽或加铆等。

不均匀扯离力的作用方向与胶接面呈一定的夹角（通常为大于  $90^\circ$ ），并作用在接头的边沿上，这是一种非均匀分布的力，集中在接头的一

### 3.1.8 T形接头

如图 22.5-14 所示，这种接头受力情况不好，胶接强度极低，因此一般不能使用。但如果按图 22.5-15 所示改变一下形式，采取一些措施，仍可取得较好的效果。

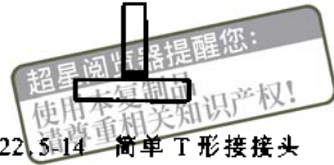


图 22.5-14 简单 T 形接头



图 22.5-15 改进型 T 形接头

## 3.2 胶接接头结构选择

### 3.2.1 胶接接头的受力形式和特点

根据作用力与胶接面的夹角不同，胶接接头所受的力可归纳为受剪切力（S）、拉伸力（T）、不均匀扯离力（C）和剥离力（P）四种，见图 22.5-16。

剪切力是沿着胶接面方向作用的力，这是胶接接头强度比较高的方向，若可能的话应尽量使


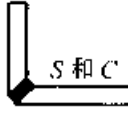



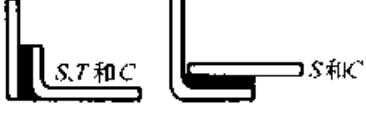
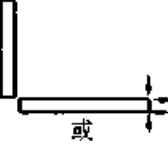


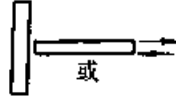
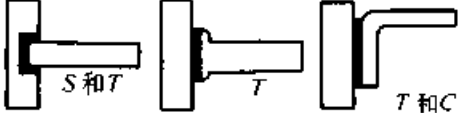
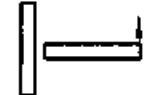
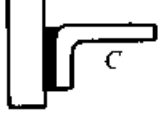
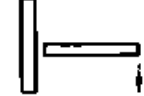




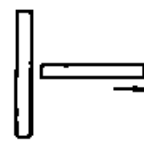
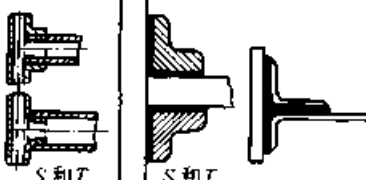
侧。在设计时应尽可能避免这种力的作用，若确实难以避免，应采取适当的加固措施，如端面包边、端部加宽或加铆等。

### 3.2.2 胶接接头的结构选择

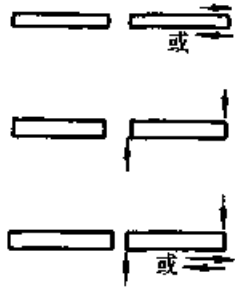

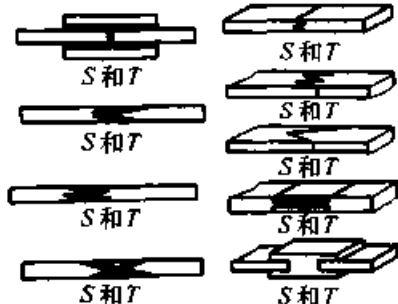

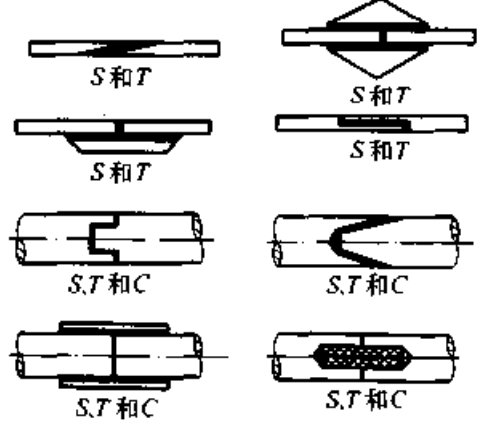
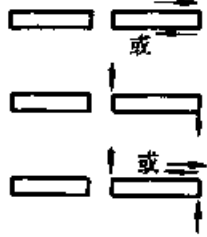
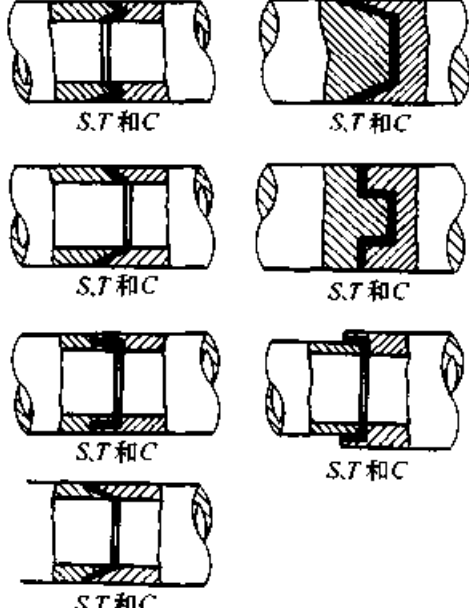
同一种胶粘剂，当胶层上受到不同的应力时，其承载能力是不同的。一般胶粘剂的抗拉强度及抗剪强度较高，不均匀扯离强度次之，剥离强度最低。因此设计接头时，最好使接头受力部件以剪切力的形式承载，或尽量把大部分的载荷安排为剪切力，而其余的力尽可能为均匀地分布于被粘面上的拉力。若胶接接头不得不承受不均匀扯离力和剥离力，就必须采取一些加强措施，见表 22.5-5。



表 22.5-5 推荐的接头结构和允许的受力情况



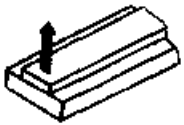
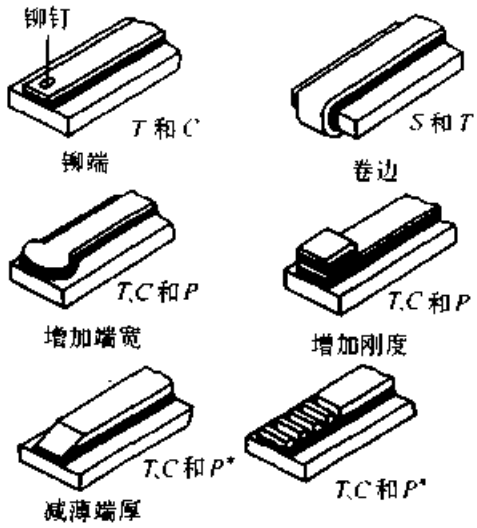

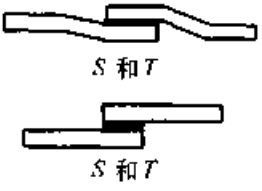
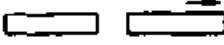
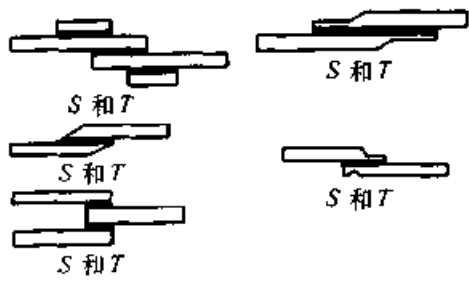
接头类型	载荷情况	接头结构及允许受力情况
角 接	 <p>或</p>	 <p>S 和 C</p>
		 <p>S 和 C</p>
		 <p>S, T 和 C</p>
	 <p>或</p>	 <p>S, T 和 C</p>
	<p>任意方向的载荷</p>	 <p>S 和 T</p>
T 形 接	 <p>或</p>	 <p>S 和 T    T    T 和 C</p>
		 <p>C</p>
		 <p>S, T 和 C</p>
	 <p>或</p>	 <p>T 和 C    S, T 和 C    S, T 和 C</p>
	<p>任意方向的载荷</p>	 <p>S, T 和 C    S, T 和 C</p>
补 强 式 T 形 接		 <p>S 和 T    S 和 T    S 和 T</p>

超星浏览器提醒您：  
 任何本复制品  
 均尊重相关知识产权！

接头类型	载荷情况	接头结构及允许受力情况
简单对接	 <p>或</p> <p>或</p>	 <p>S和T</p> <p>S和T</p> <p>S和T</p> <p>S和T</p>
	任意方向的载荷	 <p>S和T</p> <p>S和T</p> <p>S和T</p> <p>S和T</p> <p>S和T</p> <p>S和T</p>
对接		 <p>S和T</p> <p>S和T</p> <p>S和T</p> <p>S,T和C</p> <p>S,T和C</p> <p>S,T和C</p> <p>S,T和C</p>
多方向载荷的综合式对接	 <p>或</p> <p>或</p> <p>或</p>	 <p>S,T和C</p> <p>S,T和C</p> <p>S,T和C</p> <p>S,T和C</p> <p>S,T和C</p>

超星阅览器  
使用本复制品  
请尊重相关知识产权!

续表 22.5-3

接头类型	载荷情况	接头结构及允许受力情况
抗剪平接		
平接 抗剥离的自由端		
搭接 简单搭接		
搭接 补强搭接		

### 3.3 胶粘剂的选择

胶粘剂种类繁多，性能各异，适用范围也不同。为达到最佳胶接效果，可根据被胶接材料的种类、使用性能要求和工艺性等方面进行选择。

#### (1) 被胶接材料的种类与胶粘剂的选择

被胶粘材料的种类很多，如金属、塑料、橡胶、玻璃、木材等，它们的物理、化学性质相差很大，因此，对胶粘剂的要求也不尽相同。

1) 金属 金属材料本身的强度大，所以应

采用强度高的胶粘剂。大多数的胶粘剂对金属均有一定的胶合力，其中以环氧树脂和酚醛改性胶为最佳。但由于金属表面经常存在氧化膜，而氧化膜的凝聚力较小，不易胶接，因此胶接时一定要对金属表面进行处理；此外，由于金属与胶粘剂的热膨胀系数不同，胶接层内会产生内应力，因此胶接金属时应选择韧性好的胶粘剂以缓和胶接界面的应力集中。

2) 塑料 选择胶粘时应考虑塑料的类型和极性两方面的问题。

热固性塑料属于体型结构,化学性质稳定,不溶不熔,所以一般采用结构型胶粘剂。热塑性塑料属于线型结构,可溶可熔,在较高温度下易软化,因此它们一般只能使用低温固化的胶粘剂。热塑性塑料按其结晶度大小又可分为无定形和结晶形两类。无定形类,如有机玻璃、聚苯乙烯、聚氯乙烯等,容易溶于不同的溶剂,因此应选择溶剂型胶粘剂。结晶形,如聚乙烯、聚丙烯、尼龙等,它们耐溶剂的程度与结晶度有关,结晶度小耐溶剂性较差,因此可采用热溶性胶粘剂。

极性大的塑料胶接性能好,非极性塑料不能直接用普通胶粘剂胶接,表面要做活化处理。

3) 橡胶 胶接橡胶时必须注意橡胶的极性和橡胶助剂的影响。有极性的橡胶,如丁腈橡胶、氯丁橡胶等与极性的胶粘剂易于形成较强的结合,胶接效果较好。而非极性橡胶,如天然橡胶、异丁橡胶和丁基橡胶等较难胶接。对这些橡胶必须进行表面活化处理才能得到较高的胶接强度。橡胶表面存在的脱模剂或其他游离剂对胶接不利,胶接时必须完全去除。

4) 玻璃 由于玻璃表面的极性很强,对水有吸附性,因此极性胶粘剂易于与其表面牢固胶接。但使用胶粘剂时必须充分润湿其表面,以防止玻璃表面凸凹处可能存在的气泡的影响;此外,玻璃与膨胀系数相差较大的材料胶接时,必须注意温度变化而造成的应力集中,以防引起碎裂;若要保持胶接后的透明性,则需要采用可以透光的胶粘剂。

(2) 被胶接物的使用性能要求与胶粘剂的选择

在弄清了被胶接材料的性质后,还必须了解被胶接物的用途和要求,这样才能更恰当地选用胶粘剂。通常要考虑以下几方面的问题:

1) 使用目的 如果胶接对象是金属,按其使用目的不同就应采用不同的胶粘剂。若用于堵塞铸件砂眼、气孔时,要求胶粘剂不含有溶剂,并且能够在室温下固化,通常使用环氧胶粘剂;若用于结合面之间的密封时,可分别选用各类液态密封胶、厌氧胶等;当用于导电连接时,就应采用导电胶等。

2) 受力情况 当胶接接头主要承受拉伸和剪切载荷时,应选用合成树脂类胶粘剂;当承受

扯离和剥离载荷时,应选用橡胶类胶粘剂。

3) 工作温度 胶粘剂是有机物,其耐热性是有限的,因此,选择胶粘剂时,应使胶粘剂的最高耐热温度不应低于构件的最高工作温度。当被胶接件工作于冷热交变的环境,特别是被胶接件的材料不同时,胶接强度将受到很大的影响。这时为了消除不同材料在冷热交变时由于热膨胀系数不同而产生的热应力,应选用韧性较好的胶粘剂。

4) 耐老化性能 合成树脂和以橡胶为基料的胶粘剂的耐老化性能较差,可根据使用条件选用耐老化性能较好的胶粘剂,如酚醛-丁腈类、环氧-丁腈类胶粘剂。此外,在胶粘剂配方中,加入紫外线吸收剂等也可提高其抗老化性能。实际使用时,只要从配方、设计和工艺等方面采取相应的措施,就可延长胶接件的使用寿命。

(3) 工艺性与胶粘剂的选择

每一种胶粘剂都有特定的胶接工艺,有的可在室温固化,有的需加热或加热、加压固化。因此在选用胶粘剂时,除应考虑其胶接性能外,还应考虑其固化工艺,同时兼顾其成本、费用和胶接操作时的工作效率。

具体选择时,可参考表 22.5-1~表 22.5-4。

### 3.4 胶接工艺

除了合理地选择胶粘剂和适当地设计胶接接头以外,正确实施胶接工艺也是提高胶接接头强度的重要措施。胶接工艺过程主要包括被胶接件的表面处理、配胶、涂胶、晾置、合拢、固化等步骤,它们都会对胶接面的结合力和力学性能产生影响,因此必须对它们给予足够的重视。

#### 3.4.1 表面处理

表面处理的目的是清除被胶接面上的油污、锈蚀,使胶粘剂直接粘附在被胶接表面上;被胶接表面应该具有一定的表面粗糙度,以增加胶接面积,充分发挥机械粘附作用;被胶接表面应具有有良好的化学结构,以提高吸附和化学键作用,从而提高粘附力。表面处理的好坏直接关系到胶接强度的高低和耐久性的好坏。

表面处理的主要方法有脱脂处理、机械处理、化学处理以及物理化学活化处理等。

##### (1) 脱脂处理

其目的是除去被胶接表面的油脂、机械杂物

等, 以利于胶粘剂对被胶接表面的润湿和涂布。常用的脱脂处理方法有两种, 一种方法是用丙酮、无水乙醇、汽油、乙酸乙酯等有机溶剂进行擦洗, 或者用三氯乙烯热蒸汽进行清洗; 另一种

方法是待胶接件放到碱性溶液中进行清洗, 这种方法一般是用于较大部件的大批量生产, 常用材料的碱液配方及处理工序见表 22.5-6。

表 22.5-6 碱液配方及处理工序

材 料	配 方	处理温度/℃	处理时间/min
钢、铁件	氢氧化钠 10 g, 碳酸钠 50 g, 硅酸钠 50 g, 水 1 L	80~100	20~30
	氢氧化钠 10 g, 磷酸三钠 50 g, 硅酸钠 50 g, 水 1 L	60~70	30
铝合金件	碳酸钠 30 g, 硅酸钠 30 g, 水 1 L	80~100	10~20
	氢氧化钠 50 g, 水 1 L	50~60	3

### (2) 机械处理

机械处理可除去氧化皮, 使被胶接件露出新鲜表面, 增加表面粗糙度, 提高胶接强度。使用有机胶粘剂时表面粗糙度以  $Ra2.5\sim6.3\ \mu\text{m}$  为宜, 使用无机胶粘剂时表面粗糙度以  $Ra100\sim25\ \mu\text{m}$  为宜。常用的机械处理方法有钳工刮削、锉削、粗车削、砂纸(或砂布)打磨以及喷丸等。

砂纸(或砂布)打磨可除去污物, 增加表面积。打磨后再用溶剂(如汽油、酒精、丙酮等)擦洗。这种方法适用于大部分金属与部分非金属

胶接件。喷丸处理适用于钢、不锈钢、铝合金等金属材料, 其作用与打磨一样, 但是因为使用压缩空气作为动力, 压缩空气易夹有油污杂质, 故喷丸过的金属表面应该再用溶剂进行清洗。

### (3) 化学及电化学处理

化学及电化学处理适用于金属及部分非金属材料。该方法是通过化学或电化学作用使材料表面腐蚀、氧化, 从而得到具有极性的新鲜表面层。常用材料的化学及电化学处理方法见表 22.5-7。

表 22.5-7 常用材料的化学及电化学处理方法

材料	配方(质量分数)/%	处理工艺
铝及铝合金	重铬酸钠 7.5 浓硫酸 22.5 水 70.0	60~70℃, 15~20 min
	阳极化处理 铬干 20~55 g/L	直流电流 0.8~1.0 A/dm <sup>2</sup> , 电压 40 V, 时间 30 min, 温度 18~20℃
	阳极化处理 磷酸 120~140 g/L	电压 10 V±1 V, 时间 20 min, 温度 20~25℃
碳钢	浓盐酸 1 水 1	室温, 5~10 min
不锈钢	浓盐酸 10 过氧化氢 5 六次甲基四胺 25 水 100	60~70℃, 5~10 min
铜及铜合金	42%三氯化铁溶液 18 浓硝酸 32 水 200	室温, 1~2 min
锌及镀锌铁皮	浓盐酸 20 水 80	室温, 2~4 min

续表 22.5-7

材料	配方(质量分数)/%	处理工艺
聚乙烯、聚丙烯、热塑性塑料	重铬酸钾 7.5 浓硫酸 300 水 24	室温 1 h, 或 60~70℃, 10~20 min
含氟塑料	金属钠 23 苯 128 四氢呋喃 1 L	室温, 10~15 min
陶瓷、玻璃	三氧化铬 20 水 80	室温, 10~15 min
橡胶制品	浓硫酸 85~90%	室温, 5~10 min (天然橡胶), 室温, 10~15 min (合成橡胶), 再用 10% 氨水中和 5 min

#### (4) 偶联剂处理

常用偶联剂见表 22.5-8。

表 22.5-8 常用偶联剂

牌 号	名 称
南大 42	苯胺甲基三乙氧基硅烷
KH-550	$\gamma$ -氨基丙基三乙氧基硅烷
KH-560	$\gamma$ -环氧丙氧基三乙氧基丙基三甲氧基硅烷

#### 3.4.2 配胶

胶接前准备工作全部完成后, 才能进行配胶。单组份成品胶不需要配胶, 可直接使用。若胶内含有溶剂, 使用前应搅拌均匀。若粘度过大, 可添加相应的溶剂稀释。对于多组份的胶粘剂, 在配制时, 各组分的称量要准确。配胶有一定的顺序, 一般按粘料、稀释剂、增塑剂、填料、固化剂的次序进行配制。

胶粘剂配好后, 应在规定的时间内用完, 这一规定的时间称为胶粘剂的适用期。

#### 3.4.3 涂胶

涂胶适当可以得到最理想的胶接强度。根据胶粘剂的形态不同, 可以采用不同的涂胶方法。对于热熔胶可以采用热熔胶枪进行涂胶; 对于粉状胶可以进行喷撒; 对于胶膜应在溶剂未完全挥发完之前贴上滚压; 对于液体或糊状、膏状胶粘剂, 可以采用刷胶、喷胶、注胶、浸胶、漏胶、刮胶、滚胶等方法, 涂胶应均匀, 使整个表面都有胶粘剂。胶层越薄越好, 但应完全润湿被胶接面, 不要造成局部过多或缺胶现象。一般胶层的平均厚度为 0.05~0.20 mm。

#### 3.4.4 晾置

含溶剂的胶粘剂必须晾置一定时间, 使溶剂挥发干净后再进行胶合, 否则固化后的胶层结构松散, 会有气孔, 使胶接强度大幅度降低; 502 胶也需要晾置片刻, 以吸收空气中的微量水分, 引发聚合反应, 实现固化; 无溶剂液态胶粘剂在涂胶之后, 虽说可以立即进行胶和, 但最好于室温下稍加晾置, 有利于排除空气、流匀胶层、增加粘性。

#### 3.4.5 合拢

合拢也叫装配或胶合, 即将涂胶后经过适当晾置的被胶接件的表面紧密地贴合在一起, 对正位置。对于液体无溶剂胶粘剂, 合拢后最好来回错动几次, 以增加接触、排除空气、调匀胶层, 如发现缺胶或有缝, 应及时补胶填满, 合拢之后压出微小胶圈为好。对于橡胶型胶粘剂, 合拢时应一次对准位置, 不可错动, 合拢后用圆棒滚压或木锤敲打、压平并排除空气, 使之紧密接触。

为使外形美观、装配容易, 并减少固化后清理的困难与麻烦, 合拢后固化前应将剩胶或多余胶清除掉。

#### 3.4.6 固化

合拢后, 应使胶接件在室温下放置一定时间使固化反应能够初步进行, 增大粘度以致凝胶。这对于高温固化的胶粘剂来说尤为重要。若胶接合拢后马上进行加热固化, 胶液粘度将急剧降低, 发生流淌, 造成缺胶, 也可能使胶接位置错动。而对于室温固化的胶粘剂, 可以省略这一步骤。然后进行加热固化, 最后将固化后的胶接件再于一定的温度下保持一定时间, 起到补充固化

的作用，并可消除内应力，提高胶接强度。对性能要求较高的胶接件，都要进行这样的处理。

在固化过程中，温度、压力和时间三个参数对胶接质量起着非常重要的作用。

热固型胶粘剂必须在一定温度下发生化学反应，提高温度可促使胶粘剂固化。温度高有利于分子之间的扩散作用，有利于气体和水分挥发逸出，还能提高胶的流动性和润湿性。但如果温度过高，固化速度过快，反而影响润湿，使胶层产生内应力，降低胶接强度。因此必须缓慢、均匀、间接地对胶层加热固化。避免用明火直接烘烤胶接部位，避免局部加热。常用的加热设备有恒温箱、紫外线灯等。

加压的作用主要是使胶接表面紧密贴合，使整个胶层均匀、致密、厚度适宜，也易于气泡逸出。加压还可以增加胶液对金属表面的润湿和对金属表面微孔的渗透。流动性差的胶粘剂，需施加较高的压力，压力不足，将引起胶层疏松；但

压力过大，又会把胶液挤出过多造成贫胶，一般以 0.02~1.5 MPa 为宜。

在一定的温度、压力下保持一定的时间可使胶粘剂固化完全，保证胶接强度。保持时间的长短，主要取决于胶层的固化速度和有利于获得高的胶接强度。固化温度和固化时间在一定条件下是互相依赖的。一般来说，固化温度高，需要的时间短，反之，固化温度低，需要的时间就长。胶粘剂选定后，必须按着规定的固化条件固化，才能获得优异的机械性能。

### 3.4.7 检查

固化后的胶接件，应该进行一次全面的检查。首先是看胶粘剂是否已完全固化；其次是轻敲能否脱开，观察有无裂缝、裂纹、气孔、缺胶等。另外，还要注意位置有无错动，还可进行密封检查。对于大面积和大型件的胶接，还可应用 X 射线或超声波进行无损探伤。

## 参 考 文 献

- 1 卜炎等编，机械传动装置设计手册，北京：机械工业出版社，1999
- 2 成大先等编，机械设计手册，第三版，北京：化学工业出版社，1993
- 3 全国螺纹标准化技术委员会、中国标准出版社编，中国机械工业标准汇编：螺纹卷，紧固件产品卷、紧固件基础卷，北京：中国标准出版社，1999
- 4 张毅编，《技术制图》国家标准应用指南，北京：机械工业标准化技术服务部，1995
- 5 卜炎编，螺纹联接设计与计算，北京：高等教育出版社，1995
- 6 牟致忠等编，机械可靠性设计，北京：机械工业出版社，1993
- 7 范顺成等编，机械设计基础，第三版，北京：机械工业出版社，1999
- 8 国家技术监督局标准化司组编，机械基础国家标准宣贯教材，北京：中国计量出版社，1997
- 9 《紧固件连接设计手册》编写委员会编，紧固件连接设计手册，北京：国防工业出版社，1990
- 10 濮良贵编，机械设计，第五版，北京：高等教育出版社，1989
- 11 王晓敏编，工程材料学，北京：机械工业出版社，1999

超星浏览器提醒您：  
使用本复制品  
请尊重相关知识产权！



超星浏览器提醒您：  
使用本复制品  
请尊重相关知识产权！

第  
23  
篇  
弹 簧

主 编 卜 炎

编 写 卜 炎 项 忠 霞  
张 弢 葛 楠

审 稿 陈 树 昌



中国机械工程学会  
CMDC 中国机械设计大典编委会

超星浏览器提醒您：  
使用本复制品  
请尊重相关知识产权！

# 第 1 章 弹簧的类型及其特性

浏览器提醒您：  
使用本复制品  
请尊重相关知识产权！

## 1 弹簧的基本特性

设计弹簧应考虑弹簧的下列基本性能：①载荷与变形的关系；②变形能；③自振频率；④受迫振动时的振幅。

### 1.1 刚度与特性线

使弹簧产生单位变形  $f$  (角变形  $\varphi$ ) 需要的作用力  $F$  (力矩  $T$ ) 称为弹簧的刚度  $k$ 。在整个变形范围内，弹簧刚度可能是常量，也可能是变量。

载荷与变形之间的关系曲线称为弹簧的特性线 (见图 23.1-1)。弹簧的特性线的切线表征其刚度值，即刚度  $k = dF/df$  ( $k_T = dT/d\varphi$ )。弹簧刚度为常量时，其特性线为直线。弹簧刚度为变量时，其特性线为曲线，曲线为凸曲线时刚度渐减，曲线为凹曲线时刚度渐增。弹簧的特性线可能是直线、凸曲线和凹曲线的组合，称为组合型特性线。

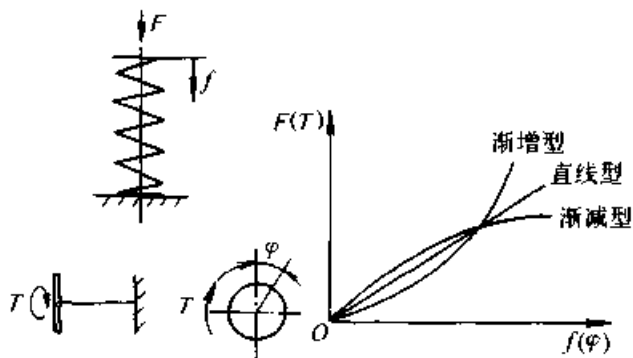


图 23.1-1 弹簧的特性线

弹簧特性线对于设计和选择弹簧类型起指导性的作用，各种弹簧的特性线见表 23.1-2。

对于弹簧特性线为直线的弹簧，其刚度也常称为弹簧常量或弹性系数。

特性线又分为加载特性线和卸载特性线，两条特性线明显不同的弹簧乃是具有能量消耗的弹簧。

### 1.2 变形能

弹簧变形后储存的能称为弹簧的变形能。在设计缓冲或隔振弹簧时，变形能是弹簧在受载后所能吸收和积蓄的能量。

拉压弹簧的变形能计算公式为

$$U = \int_0^f F(f)df \quad (23.1-1)$$

扭转弹簧的变形能计算公式为

$$U = \int_0^\varphi T(\varphi)d\varphi \quad (23.1-2)$$

当特性线是直线时，变形能的计算式为

$$U = Ff/2 \quad U = T\varphi/2 \quad (23.1-3)$$

令  $\tau$  或  $\sigma$  为最大工作应力、 $V$  为弹簧材料体积、 $E$  为弹簧材料的弹性模量、 $G$  为弹簧材料的切变模量，各种弹簧变形能的另一种计算公式及其相对比值见表 23.1-1。

从表 23.1-1 中可以看出：不同类型的弹簧， $K_0$  值不同， $K_0$  值大，同样体积下弹簧的变形能大，它标志着材料的利用程度，所以也称为材料利用因子。为了得到大变形能弹簧，应增加弹簧材料的体积或采用小弹性（切变）模量的材料

表 23.1-1 各种弹簧变形能的计算和比值

弹簧类型	拉压杆	悬臂形板弹簧	弓形板弹簧	圆截面螺旋扭转弹簧	矩形截面螺旋扭转弹簧	平面涡卷弹簧	圆截面螺旋拉压弹簧	方形截面螺旋拉压弹簧	圆截面扭杆弹簧	矩形截面螺旋拉压弹簧
计算公式	$K_0 V \sigma^2 / E$						$K_0 V \tau^2 / G$		$K_1 V \tau^2 / (2G)$	
因子 $K_0$	1/2	1/18	1/6	1/8	1/6	1/6	1/4	1/6.5	1/4	—
比值	100	11	33	25	33	33	43	27	43	—

注：1. 比值按  $G = E/2.6$ ,  $\tau = 0.577\sigma$  换算。

2. 因子  $K_1$  见表 23.2-10。

3. 各类弹簧的示意图见表 23.1-2。

### 1.3 减振与缓冲能力

加载和卸载特性线所包围的面积就是弹簧在工作过程中由于内耗和摩擦所消耗的能量，记作  $U_0$ 。此值越大，弹簧的减振和缓冲能力越强。

$U_0$  与  $U$  之比称为阻尼因子  $\psi$ ，即

$$\psi = U_0 / U$$

评定缓冲弹簧系统效能的指标为缓冲效率  $\eta$ ，其计算式为

$$\eta = mv^2 / (2F_{\max} f_{\max}) \quad (23.1-4)$$

式中  $m$  ——冲击物体的质量；

$v$  ——冲击物体与弹簧系统接触时的速度；

$F_{\max}$  ——最大冲击载荷；

$f_{\max}$  ——缓冲系统的最大变形。

### 1.4 固有频率

弹簧承受振动载荷时，为了检验载荷对弹簧系统的影响，需要计算弹簧系统的固有频率。弹簧固有频率的计算式为

$$\nu_n = (k/m_e)^{1/2} \quad (23.1-5)$$

式中  $m_e$  是弹簧本身的质量和弹簧所联结的质量的综合值，称为当量质量。螺旋弹簧组成的系统，其当量质量见表 23.2-21；如图 23.1-2b 所示系统， $m_e = m + 0.23m_s$ 。

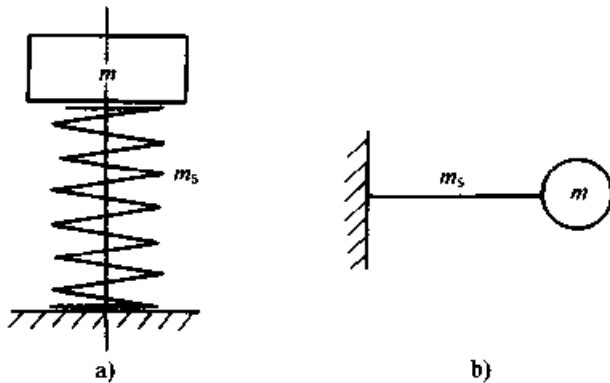


图 23.1-2 弹簧振动示意图

### 1.5 弹簧系统受迫振动的振幅

图 23.1-3 是最简单的弹簧支承系统，当该系统的振动体受到激振力  $F \sin \omega t$  的作用，或其支承受激振位移  $f \sin \omega t$  的作用时，系统将产生受迫振动。该振动的振幅  $A$  与系统阻尼的大小和类型有关。

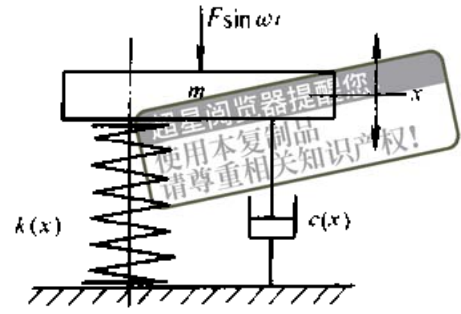


图 23.1-3 单自由度弹簧支承系统

若阻尼为黏性阻尼，在激振力  $F \sin \omega t$  作用下的振幅为

$$A = f / [(1 - \lambda^2)^2 + (2\zeta\lambda)^2]^{1/2} \quad (23.1-6)$$

$$\lambda = \omega / \omega_n = \nu / \nu_n$$

$$\zeta = c / (m\omega_n)$$

式中  $f$  ——在与激振力幅值相等的静力作用下系统的静变形；

$\lambda$  ——系统频率比；

$\omega$  ——系统激振频率；

$\omega_n$  ——系统固有频率；

$\zeta$  ——系统阻尼比；

$c$  ——阻尼系数。

在激振位移  $f \sin \omega t$  作用下的振幅为

$$A = f [1 + (2\zeta\lambda)^2]^{1/2} / [(1 - \lambda^2)^2 + (2\zeta\lambda)^2]^{1/2} \quad (23.1-7)$$

振幅是  $\lambda$  和  $\zeta$  的函数，比值  $A/f$  与  $\lambda$  和  $\zeta$  的关系见图 23.1-4。当  $\lambda \approx 1$  时，振幅急剧增大，出现共振。在共振区附近，振幅的大小主要取决于阻尼的大小。离共振区愈远，阻尼的作用愈小。当  $\lambda > 2^{1/2}$  时，振幅小于静变形。

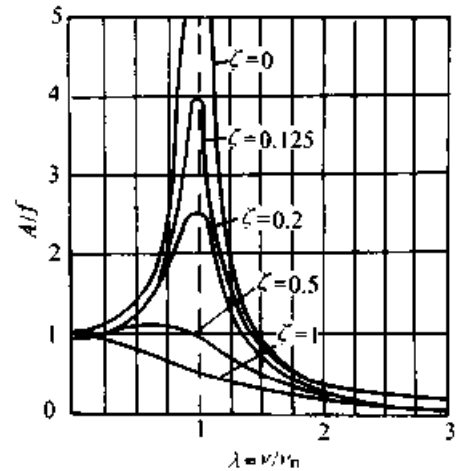


图 23.1-4 支承系统  $A/f$  与  $\lambda$  和  $\zeta$  的关系曲线

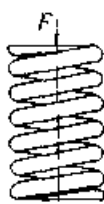
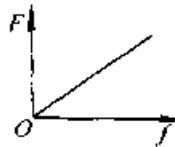


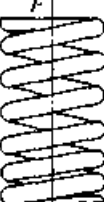



## 2 弹簧的类型

弹簧的种类很多，分类的方法也很多。

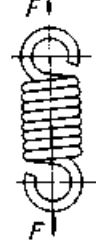
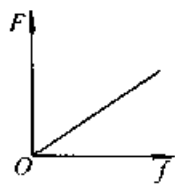
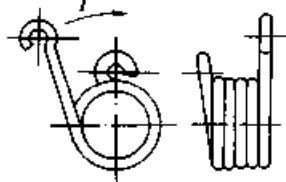
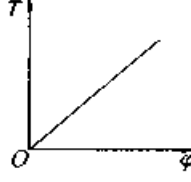
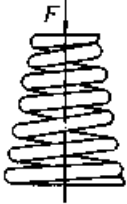
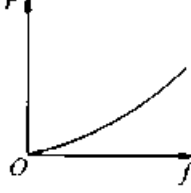

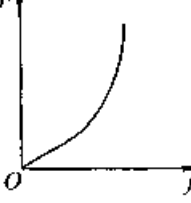
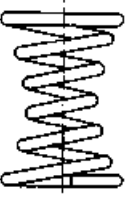
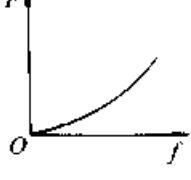
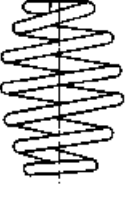
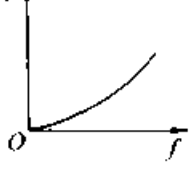
按承受的载荷类型分，有拉压弹簧、扭转弹簧、弯曲弹簧等；按结构形状分，有圆柱螺旋弹簧、非圆柱螺旋弹簧、板弹簧、碟形弹簧、环形弹簧、片弹簧、扭杆弹簧、平面涡卷弹簧等；按

材料分，有金属弹簧、非金属的空气弹簧、橡胶弹簧等；按弹簧材料产生的应力类型分，有产生弯曲应力的螺旋扭转弹簧、平面涡卷弹簧、碟形弹簧、板弹簧，产生扭应力的螺旋拉压弹簧、扭杆弹簧，产生拉压应力的环形弹簧等。常用弹簧的类型及其特性见表 23.1-2。

表 23.1-2 常用弹簧的类型与特性

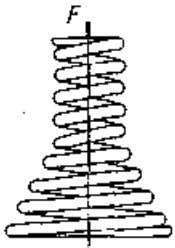
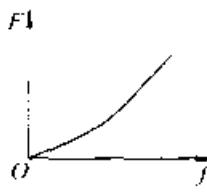
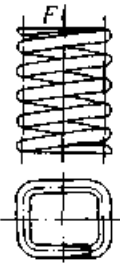
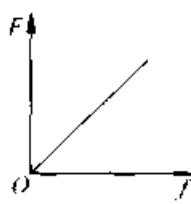
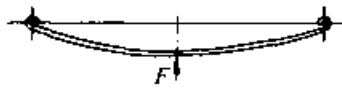
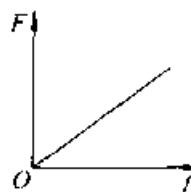

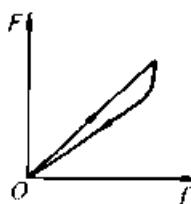
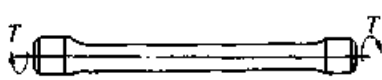
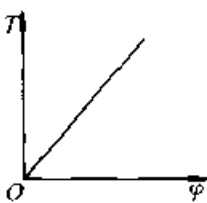
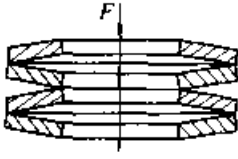

名称	简图	特性线	性能	
圆柱螺旋弹簧	圆截面压缩弹簧 		特性线呈线性，结构简单，制造方便，应用最广	
	矩形截面压缩弹簧 		在所占空间相同时，矩形截面弹簧比圆截面弹簧吸收的能量多，刚度更接近常量	
	扁截面压缩弹簧 		性能同矩形截面压缩弹簧，但其工艺性和疲劳性能优于矩形截面压缩弹簧	
	不等节距压缩弹簧 			当弹簧压缩到开始有簧圈接触后，特性线变为非线性，刚度及自振频率均为变量，利于消除或缓和共振。可作为变载荷机构的支承或弹性元件
	多股压缩弹簧 			当载荷大到一定程度后，特性线出现折点。比截面面积相同的普通螺旋弹簧强度高、减振作用大。在武器和航空发动机中常有使用

续表 23.1-2


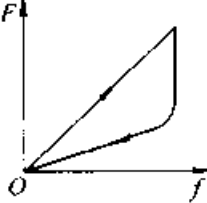
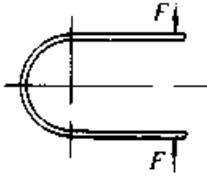
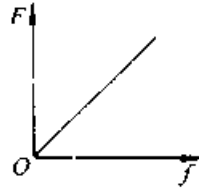
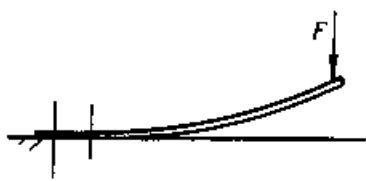

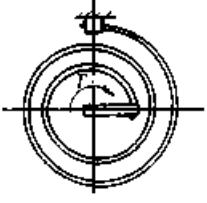
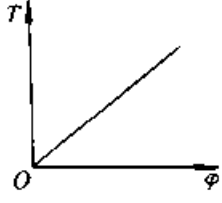
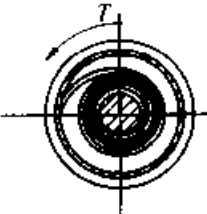
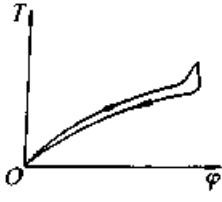
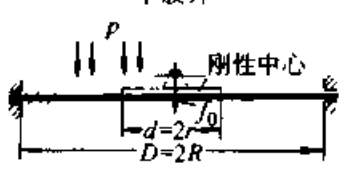
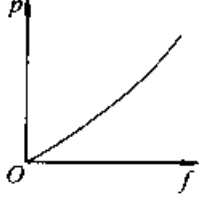
名称	简 图	特 性 线	性 能
圆柱螺旋弹簧	<p>拉伸弹簧</p> 		<p>结构简单、制造方便、刚度为常量。应用广泛</p>
	<p>扭转弹簧</p> 		<p>主要用于各种装置中的压紧和储能</p>
变径螺旋弹簧	<p>截锥压缩弹簧</p> 		<p>当压缩到开始有簧圈接触后，特性线变为非线性，刚度及自振频率均为变量。防共振能力比变节距压缩弹簧强。稳定性好，结构紧凑。多用于承受较大载荷和减振</p>
	<p>截锥涡卷压缩弹簧</p> 		<p>特性与圆锥压缩弹簧相似，但能吸收更多的能量</p>
	<p>中凹形压缩弹簧</p> 		<p>特性与圆锥压缩弹簧相似，主要用于坐垫和床垫</p>
	<p>中凸形压缩弹簧</p> 		<p>特性与圆锥压缩弹簧相似</p>

超星浏览器提醒您：  
使用本复制品  
请尊重相关知识产权！

续表 23.1-2

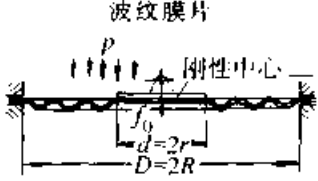
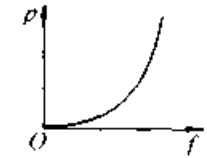
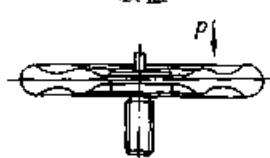
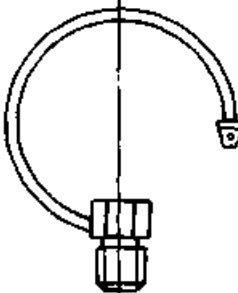
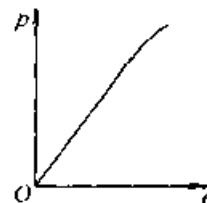

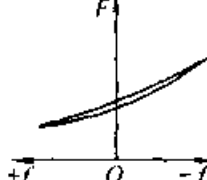
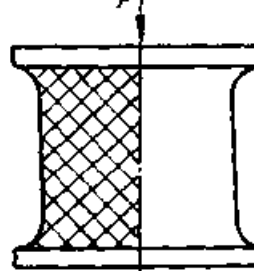
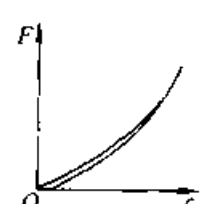
名称	简图	特性线	性能
变径螺旋弹簧	<p>混合压缩弹簧</p> 		<p>超星浏览器提醒您：                      本复制品                      在需要获得特定的特性线情况下使用                      请尊重知识产权！</p>
非圆柱螺旋弹簧	<p>矩形簧圈压缩弹簧</p> 		<p>主要用在外廓尺寸有限的场合。根据外廓空间的要求，簧圈可制成方形、矩形、椭圆形或梯形等。</p>
板簧	<p>单板弹簧</p> 		<p>缓冲和减振性能好，尤其多板弹簧减振能力强。主要用于汽车、拖拉机和铁道车辆的悬架装置。</p>
	<p>多板弹簧</p> 		
扭杆弹簧			<p>单位体积变形能大。主要用于车辆的悬架装置和稳定器，在高速内燃机上用作阀门弹簧。</p>
碟形弹簧			<p>结构简单，缓冲和减振能力强。采用不同的组合可以得到不同的特性线。多用于重型机械的缓冲和减振装置，车辆牵引钩和压力安全阀等。</p>

续表 23.1-2

名称	简 图	特 性 线	性 能
环 形 弹 簧			<p>阻尼作用很大，有很高的减振能力。多用于空间受限制的重型设备的缓冲装置，如锻锤、机车牵引装置</p>
片 弹 簧	<p>线性</p> 		<p>用金属薄片制成。主要用于载荷和变形小的场合，如仪器仪表、家用电器等</p>
	<p>非线性</p> 		
平 面 涡 卷 弹 簧	<p>非接触型</p> 		<p>圈数多，变形角大，能储存的变形能量大。多用作压紧弹簧和仪器、钟表中的储能弹簧（发条、游丝）</p>
	<p>接触型</p> 		
膜 片 膜 盒	<p>平膜片</p> 		<p>用作仪表的敏感元件。能起隔离两种不同介质的作用，如因压力改变能产生变形的柔性密封装置</p>



续表 23.1-2

名称	简 图	特 性 线	性 能
膜 片			<p>用来测量与压力成非线性关系的各种物理量，如管道中的液体或气体流量、飞行速度与高度等</p>
膜 盒		<p>特性线随波纹数、密度和深度而变化</p>	<p>两个相同膜片沿周边联接而成。安装方便</p>
压力 弹簧管			<p>在流体压力作用下末端产生位移，通过传动机构将位移传递到指针上，用于压力计、温度计、真空计、液位计、流量计等</p>
空气 弹簧			<p>可按需要设计特性线和调节高度，多用于车辆悬架装置</p>
橡胶 弹簧			<p>弹性模量小，容易得到所需要的非线性特性线。形状不受限制，各方向刚度可自由选择。可承受来自多方面的载荷</p>

## 第 2 章 圆柱螺旋弹簧

### 1 圆柱螺旋弹簧的特性线

一般可以认为圆柱螺旋弹簧的特性线是直线。但是，精确的计算表明，圆柱螺旋弹簧的特性线是非线性的（见图 23.2-1），压缩弹簧为渐减形，拉伸弹簧为渐增形，与线性的差异随螺旋升角的增加而加大。

螺旋压缩弹簧特性线与近似直线的误差见表 23.2-1。

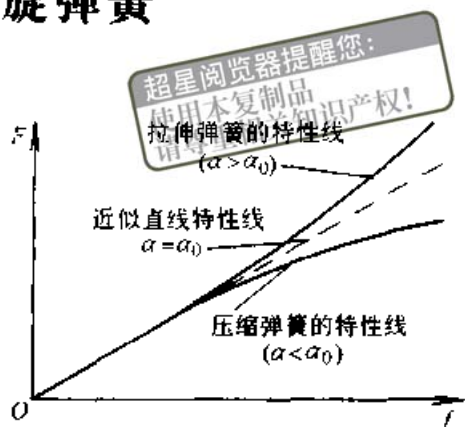


图 23.2-1 螺旋弹簧的精确特性线

表 23.2-1 圆柱螺旋压缩弹簧特性线与近似直线的误差 (%)

簧 丝 截面形状	圆		扁圆		扁圆		扁圆		扁圆		扁圆		
	$b/a$	$b/a$	$b/a$	$b/a$	$b/a$	$b/a$	$b/a$	$b/a$	$b/a$	$b/a$	$b/a$	$b/a$	
$b/a$			1		2		1/2		3		1/3		
$GI_p/EI$	0.8		0.67		1.1		0.27		1.26		0.14		
两端固定情况	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	
螺旋升角 $\alpha / (^\circ)$	5	1.64	0.9	1.74	1.1	1.4	0.7	1.9	2.8	1.3	0.6	2.0	5.4
	10	5.3	3.9	6.0	4.6	4.2	2.8	7.0	11.4	3.5	2.5	7.4	22.5
	15	12.4	9.0	13.5	10.7	10.0	6.5	17.0	26.2	10.0	5.7	18.3	51.5
	20	23.0	16.5	25.0	19.7	13.0	12.0	31.5	48.0	17.0	10.5	34.0	94.3

注：1. I—两端可以转动；II—两端不能转动。

2. 水平中心线垂直于弹簧轴线。

### 2 圆柱螺旋弹簧的主要标准尺寸

GB/T 1358—1993 对簧丝直径、弹簧中径、有效圈数和压缩弹簧自由高度作了规定。

1) 簧丝直径  $d$  常用簧丝直径见表 23.2-2。

如有特殊需要超出标准范围时，所选值应符合材料直径规范。

2) 簧圈直径 弹簧中径  $D$  是弹簧的标称直径，圆截面簧丝螺旋弹簧的中径  $D$  应符合标准的规定。常用弹簧中径见表 23.2-3。

表 23.2-2 簧丝直径系列 (摘自 GB/T 1358—1993) (mm)

第一系列	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1	1.2	1.6	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5
	6	8	10	12	16	20	25	30	35	40	45	50	60	70	80
第二系列	0.55	0.65	1.4	1.8	2.2	2.8	3.2	5.5	6.5	7	9				
	11	14	18	22	28	32	38	42	55	65					

表 23.2.3 圆截面簧丝螺旋弹簧的中径 D 系列 (摘自 GB/T 1358—1993) (mm)

3.5	3.8	4	4.2	4.5	4.8	5	5.5	6	6.5	7	7.5	8	8.5	9	10	12
14	16	18	20	22	25	28	30	32	38	42	45	48	50	52	55	58
60	65	70	75	80	85	90	95	100	105	110	115	120	125	130	135	140
145	150	160	170	180	190	200	210	220	230	240	250	260	270	280	290	300

国家标准对弹簧外径  $D_2$  和内径  $D_1$  的偏差作了严格规定。

螺旋压缩弹簧在受载后簧圈会增大, 设计时应考虑这样的尺寸变化, 以保证弹簧有足够的空间。簧圈的增大值可用下列近似公式计算: 若弹簧两端固定, 从自由高度压到并紧时, 中径的增大值为

$$\Delta D = 0.05(t^2 - d^2)/D \quad (23.2-1)$$

若两端面与支承座可以自由回转且摩擦力比较小时, 中径的增大值为

$$\Delta D = 0.10(t^2 - 0.8td - 0.2d^2)/D \quad (23.2-2)$$

式中  $t$  ——螺旋弹簧的节距。

3) 旋绕比 (弹簧指数)  $C$  旋绕比  $C [= D/d(a)]$  值越小, 弹簧的刚度越大, 但曲率也越大, 卷制越困难, 受载后簧丝内侧的扭应力大于平均应力越多。一般推荐的  $C$  值见表 23.2.4, 使质量、体积和高度最小的  $C$  值可由图 23.2.2 查取。

表 23.2.4 旋绕比 (弹簧指数)  $C$  的荐用值 (摘自 GB/T 1239.6—1989)

$d(a)/\text{mm}$	0.2~0.4	0.5~1	1.5~2.2	2.5~6	7~16	18~50
$C$	7~14	5~12	5~10	4~9	4~8	4~6

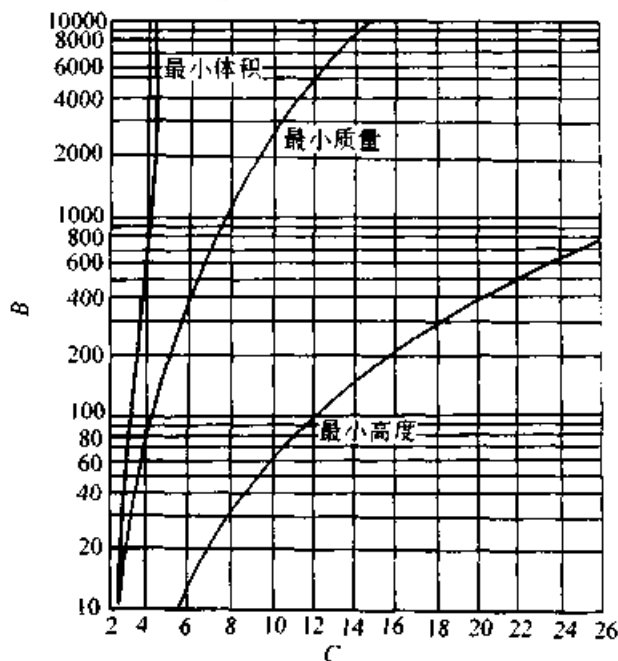


图 23.2.2 压缩弹簧质量、体积和高度最小的旋绕比  $C$

$$B = fG/[n_r(8F\pi\tau^{1/2})_p]$$

### 3 圆柱螺旋压缩弹簧

#### 3.1 结构设计

等节距圆柱螺旋压缩弹簧的基本参数关系式见表 23.2.5。

1) 弹簧的圈数 有效圈数  $n$  应符合标准 (见表 23.2.6), 最少工作圈数为 2, 但一般不少于 3 圈。支承圈数  $n_s$  取决于端部结构形式。

2) 压缩弹簧的端部结构 GB/T 1239.2—1989 和 GB/T 1239.4—1989 规定的压缩弹簧的端部结构见表 23.2.7, 其中 YIII 为开口型, 其余为接触型。矩形截面弹簧的端部一般采用接触型。

#### 3.2 设计计算公式

设计计算公式见表 23.2.8, 表中  $K$  和  $K'$  为曲度因子, 其值按下式计算:

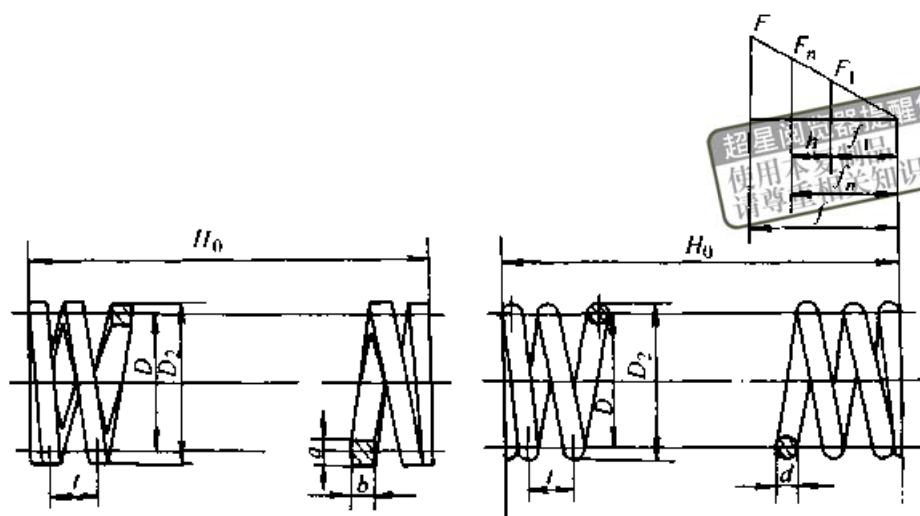
$$K = (4C - 1)/(4C - 4) + 0.615/C \quad (23.2-3)$$

$$K' = 1 + 1.2/C + 0.56/C^2 + 0.5/C^3 \quad (23.2-4)$$

#### 3.3 受循环载荷的圆柱螺旋弹簧的强度校核

受循环载荷的圆柱螺旋弹簧, 其疲劳强度安全因数  $S$  的计算式为

表 23.2-5 圆柱压缩螺旋弹簧的结构及基本参数关系式



参数名称	符号	关系式	说 明
工作载荷	$F_i^{\text{①}}$	$0.2F_s \leq F_1, \dots, F_n \leq 0.8F_s$	循环载荷和重要弹簧的 $F_n$ 取小些
试验载荷	$F_s$	$F_s \geq 1.25F_n$	测定弹簧特性时应加的最大载荷
压并载荷	$F_b$		弹簧被压至并圈时的载荷
工作行程	$h$	$h = f_n - f_1$	弹簧的变形范围
簧丝截面尺寸	$d(a \times b)$	$d(a) = (D_2 - D_1)/2$	$d(a \times b)$ 根据载荷计算, 并取标准值
弹簧中径	$D$	$D = D_2 - d(a) = (D_2 + D_1)/2$	圆截面弹簧的 $D$ 最好符合标准
弹簧内径	$D_1$	$D_1 = D - d$	
弹簧外径	$D_2$	$D_2 = D + d$	
旋绕比(弹簧指数)	$C$	$C = D/d = 4 \sim 14$	可按表 23.2-4 选取
工作圈数	$n$	$n \geq 2$	根据工作变形量计算, 按标准取值
支承圈数	$n_z$	冷卷弹簧 $n_z = 0 \sim 3$ ; 热卷弹簧 $n_z = 2 \sim 3$	工作时支承圈数不参与变形
总圈数	$n_1$	$n_1 = n + n_z$	尾数应为: $1/4, 1/2, 3/4$ 或整数
自由高度	$H_0$	两端磨平 $H_0 = nt + (n_z - 0.5)d$ 两端不磨 $H_0 = nt + (n_z + 1)d$	$H_0$ 受稳定性限制
压并高度	$H_b$	两端并紧并磨平 $H_b \approx (n_1 - 0.5)d$ 两端并紧不磨 $H_b \approx (n_1 + 1)d$	压至各圈接触时的理论高度
节距	$t$	$t = d + f_n/n + \delta_1 = (0.28 \sim 0.5) D$	
余隙	$\delta_1$	$\delta_1 \geq 0.1d$	在 $F_n$ 作用下不使各工作圈彼此接触所应保留的间隙
螺旋升角	$\alpha$	$\alpha = \arctan[t/(\pi D)]$	推荐 $\alpha = 5^\circ \sim 9^\circ$
簧丝长度	$L$	$L = \pi D n_1 / \cos \alpha$	

注: 对矩形截面弹簧, 表中的  $d$  应相应地改用  $a$  或  $b$ 。

①  $i = 1, 2, \dots, n$ 。

表 23.2-6 压缩弹簧有效圈数  $n$  系列 (摘自 GB/T 1358—1993)

2	2.25	2.5	2.75	3	3.25	3.5	3.75	4	4.25	4.5	4.75	5	5.5	6	6.5
7	7.5	8	8.5	9	9.5	10	10.5	11.5	12.5	13.5	14.5	15.5	16	18	20
22	25	28	30												

超星网提醒您：  
使用本资料时，  
请尊重相关知识产权！

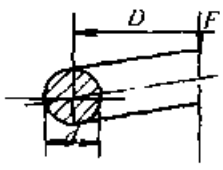
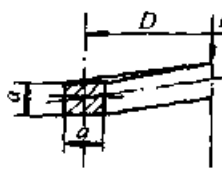
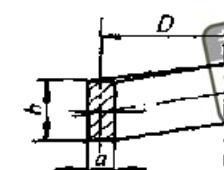

表 23.2-7 压缩弹簧的端部结构

类型	冷卷压缩弹簧			热卷压缩弹簧	
	代号	YI	YII	YIII	RYI
简图					
端部结构型式	两端圈并紧并磨平	两端圈并紧不磨	两端圈不并紧	两端圈并紧并磨平	两端圈制扁并紧，不磨或磨平
支承圈数	1 或 2.5	1.5 或 2	0 或 1	1.5 或 2.5	

表 23.2-8 圆柱螺旋压缩和拉伸弹簧计算公式

簧丝截面形状	圆形 	方形 	矩形 	扁形 
极惯性矩 $I_p$	$I_p = \pi d^4 / 32$	$I_p = 0.141 a^4$	$b > a$ 时 $I_p = K_2 a^3 b$ $a > b$ 时 $I_p = K_2 a b^3$	$I_p = I_a + I_b$
抗扭截面系数 $Z_t$	$Z_t = \pi d^3 / 16$	$Z_t = 0.208 a^3$	$b > a$ 时 $Z_t = K_3 a^2 b$ $a > b$ 时 $Z_t = K_3 a b^2$	$Z_t = 8(I_a + I_b) / (\pi a^2 b)$
变形 $f$	$f = 8D^3 nF / (Gd^4)$ $= 8C^4 nF / (GD)$ $= \pi d C^2 n \tau / (KG)$	$f = 5.57D^3 nF / (Gd^4)$ $= 5.57C^3 nF / (Ga)$ $= 2.32a C^2 n \tau / (K'G)$	$f = \pi D^3 nF / (4GI_p)$	$f = \pi D^3 nF / (4GI_p)$
扭应力 $\tau$	$\tau = 8KDF / (\pi d^3)$ $= 8KCF / (\pi d^2)$ $= KGf / (\pi d C^2 n)$	$\tau = 2.4K'DF / a^3$ $= 2.4K'CF / a^2$ $= K'Gf / (2.32a C^2 n)$	$\tau = KDF / (2Z_t)$	$\tau = KDF / (2Z_t)$
簧丝尺寸 $d(a)$	$d \geq [8KCF / (\pi \tau_p)]^{1/2}$	$a \geq (2.4K'CF / \tau_p)^{1/2}$	$b > a$ , $a^2 b \geq KDF / (2K_3 \tau_p)$ $a > b$ , $ab^2 \geq KDF / (2K_3 \tau_p)$	—
刚度 $k$	$k = Gd^4 / (8D^3 n)$ $= GD / (8C^4 n)$	$k = Ga^4 / (5.57D^3 n)$ $= Ga / (5.57C^3 n)$	$k = 4GI_p / (\pi D^3 n)$	$k = 4GI_p / (\pi D^3 n)$

续表 23.2-8

簧丝截面形状	圆形 	方形 	矩形 	扁形 
工作圈数 $n$	$n = Gd^4 f / (8FD^3)$ $= KGf / (\pi dC^2 \tau)$ $= GD / (8kC^4)$	$n = Ga^4 f / (5.57FD^3)$ $= K'Gf / (2.32aC^2 \tau)$ $= Ga / (5.57kC^3)$	$n = 4GI_p f / (\pi FD^3)$	$n = 4GI_p f / (\pi FD^3)$
变形成 $U$	$U = \tau^2 V / (4G)$	$U = \tau^2 V / (6.5G)$	$U = K_3 \tau^2 V / (2K_1 G)$	$U = K_3 \tau^2 V / (2K_1 G)$

注：1.  $V$ —弹簧材料有效长度的体积。

2.  $K_1$ 、 $K_2$ 、 $K_3$ —因子，按表 23.2-10 选取。

3.  $\tau_p$ —簧丝材料的许用扭应力。

4. 对有初拉力的拉伸弹簧，变形计算公式中的  $F$  应代以  $F - F_0$ 。

5.  $I_a$ 、 $I_b$ —分别为绕  $a$  轴和  $b$  轴的惯性矩， $I_a \approx \pi r^4 / 4 + hb^3 / 12$ ， $I_b \approx \pi r^4 / 4 + 4r^3 h / 3 + \pi r^2 h^2 / 4 + rh^3 / 6$ 。

$$S = (\tau_0 + 0.75\tau_{\min}) / \tau_{\max} \geq S_p \quad (23.2-5)$$

式中  $\tau_0$ ——脉动疲劳极限，可查表 23.2-9。

静强度的安全因数  $S_s$  的计算式为

$$S_s = \tau_s / \tau_{\max} \geq S_{sp} \quad (23.2-6)$$

式中  $\tau_s$ ——簧丝材料的屈服点。

表 23.2-9 脉动疲劳极限  $\tau_0$

载荷循环次数 $N$	$10^4$	$10^5$	$10^6$	$10^7$
$\tau_0 / \sigma_b$	0.45	0.35	0.33	0.30

注：对于硅青铜、不锈钢丝， $N = 10^4$  时，

$\tau_0 / \sigma_b = 0.35$ 。

表 23.2-10 矩形截面簧丝圆柱螺旋弹簧和扭杆弹簧计算公式中所用因子  $K_1$ 、 $K_2$ 、 $K_3$

$b/a$ 或 $a/b$	$K_1$	$K_2$	$K_3$	$b/a$ 或 $a/b$	$K_1$	$K_2$	$K_3$
1.00	0.675 3	0.140 6	0.208 2	1.90	0.918 2	0.223 3	0.243 2
1.05	0.697 9	0.147 4	0.211 2	2.00	0.930 0	0.228 7	0.245 9
1.10	0.720 0	0.154 0	0.213 9	2.25	0.952 3	0.240 1	0.252 0
1.15	0.740 0	0.160 2	0.216 5	2.50	0.968 2	0.249 4	0.257 6
1.20	0.758 8	0.166 1	0.218 9	2.75	0.978 7	0.257 0	0.262 6
1.30	0.792 0	0.177 1	0.223 6	3.00	0.985 4	0.263 3	0.267 2
1.40	0.822 3	0.186 9	0.227 3	3.50	0.993 5	0.273 3	0.275 1
1.50	0.847 6	0.195 8	0.231 0	4.00	0.996 8	0.280 8	0.281 7
1.60	0.869 4	0.203 7	0.234 3	4.50	0.998 6	0.286 6	0.287 0
1.70	0.888 0	0.210 9	0.237 5	5.00	0.999 7	0.291 4	0.291 5
1.80	0.904 3	0.217 4	0.240 4	10.00	1.000 0	0.312 3	0.312 3

注：1. 当  $b > a$  时，取  $b/a$ ；当  $b < a$  时，取  $a/b$ 。

2.  $K_1 = K_2 / K_3$ 。

### 3.4 稳定性验算

用参数高径比  $b = H_0 / D$  表征螺旋弹簧的压缩稳定性，弹簧不失稳的极限高径比与弹簧两端

支承情况有关。弹簧的支承方式大致有两种，固定支承和回转支承，其典型结构见图 23.2-3。不同支承情况下的极限高径比见表 23.2-11。当  $b$  大于表列数值时，要进行稳定性验算。

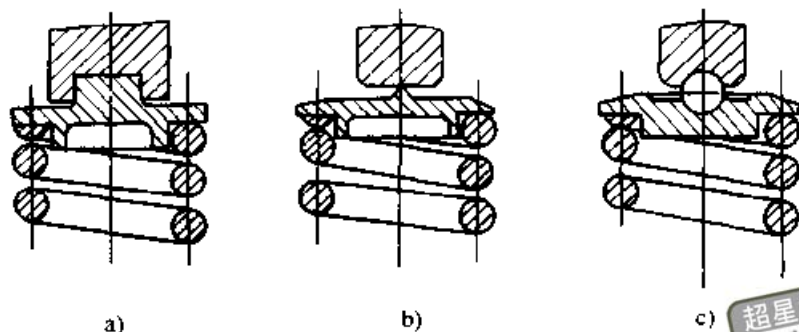


图 23.2-3 弹簧的两种支承  
a) 固定支承 b), c) 回转支承

超星阅读器提醒您：  
使用本复制品  
请尊重相关知识产权！

表 23.2-11 弹簧不失稳的极限高径比  $b$

两端支承固定情况	簧丝截面形状及其相对于轴线的布置					
$b/a$		1	2	3	1/2	1/3
两端回转支承 $\mu = 1$	2.6	2.8	2.85	2.85	2.65	2.5
一端固定、一端回转支承 $\mu = 0.7$	3.7	4.0	4.07	4.07	3.78	2.45
两端固定支承 $\mu = 0.5$	5.3	5.6	5.7	5.7	5.3	5.0

稳定的临界载荷  $F_c$  的计算公式为

$$F_c = C_B k H_0 \geq (2 \sim 2.5) F_{max} \quad (23.2-7)$$

式中  $C_B$  —— 不稳定因子。

不稳定因子的计算式为

$$C_B = \frac{1 - [1 - \pi^2 (D/H_0)^2 (2 - B_E)] / (1 + B_E)]^{1/2}}{2 - B_E} \quad (23.2-8)$$

$$B_E = G I_p / (E I_b)$$

对圆截面、钢制螺旋弹簧， $C_B$  可由图 23.2-4 查取。

螺旋压缩弹簧  $b$  值超过极限值出现不稳定时，可设置心轴或套筒解决弹簧的侧向弯曲问题。

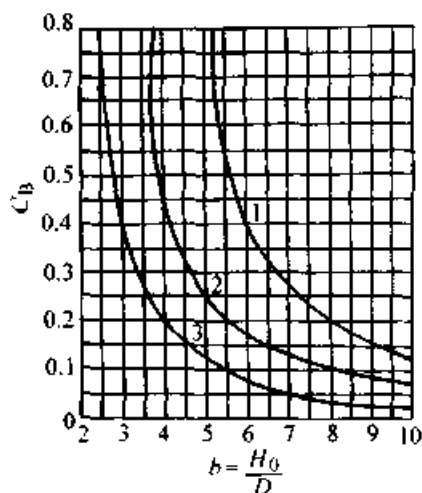


图 23.2-4 不稳定因子  $C_B$

1—两端固定支承 2—一端固定、一端回转支承 3—两端回转支承

### 3.5 大螺旋升角圆柱螺旋压缩弹簧的设计计算

若螺旋升角比较大，应用表 23.2-7 中的公式计算时，将产生较大的误差。因此，在设计计算大螺旋升角的螺旋弹簧时，应考虑螺旋升角的影响。

#### 3.5.1 圆截面簧丝螺旋压缩弹簧

考虑螺旋升角  $\alpha$  的影响，引入修正因子  $K_\alpha$ ，变形的近似计算公式为

$$f = 8 K_\alpha F D^3 n / (G d^4)$$

$$K_x = \cos\alpha + 2G\sin^2\alpha / (E\cos\alpha) \quad (23.2-9)$$

在应力计算公式中，对曲度因数  $K$  进行修正，大螺旋升角螺旋压缩弹簧的曲度因数查图 23.2-5。

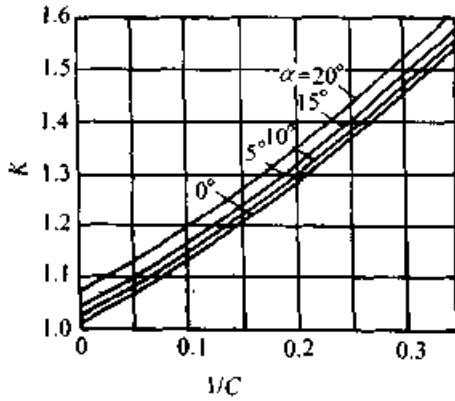


图 23.2-5 大螺旋升角螺旋压缩弹簧的曲度因数

### 3.5.2 矩形截面簧丝螺旋压缩弹簧

考虑螺旋升角  $\alpha$  的影响，引入修正因子  $K'_x$ ，变形的近似计算公式为

$$f = K'_x \pi F D^3 n / (4GI_p) \quad (23.2-10)$$

$$K'_x = (C^2 - 1)\cos\alpha / (C^2 - 1 + C_1\cos^4\alpha) + GI_p\sin^2\alpha / (EI_s\cos\alpha)$$

式中  $C_1$  ——因子，根据  $a/b$  或  $b/a$  (取大于 1 的值) 在图 23.2-6 中查取。

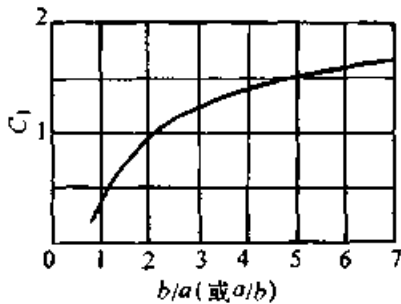


图 23.2-6  $C_1$  值

### 3.6 对中方法

机器中使用螺旋压缩弹簧多数是两端定心地装在部件中，大都是靠簧圈的内侧面进行定心(见图 23.2-7a)，也可以装在套状零件内靠簧圈外侧面定心(见图 23.2-7b)。

定心环与簧圈接触部分的高度  $h$  最少应等于簧丝直径  $d$ 。为了避免定心环与簧圈产生过分的摩擦， $h$  不应超过  $1.5d$ 。

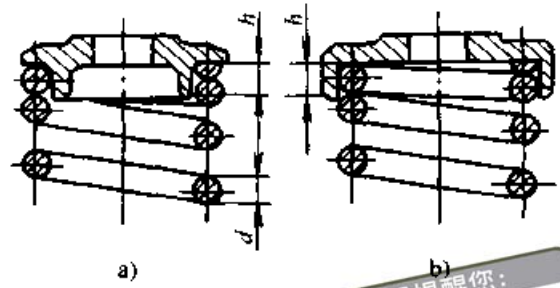


图 23.2-7 螺旋压缩弹簧的定心方式

a) 用簧圈内侧面定心 b) 用簧圈外侧面定心

簧圈与定心环接触部分之间的间隙，建议取配合直径的  $0.020 \sim 0.025$ ；非接触部分的间隙应取为  $0.3 \sim 0.5 \text{ mm}$ 。在图 23.2-8 和图 23.2-9 中，a 图是错误的，b 图是正确的。

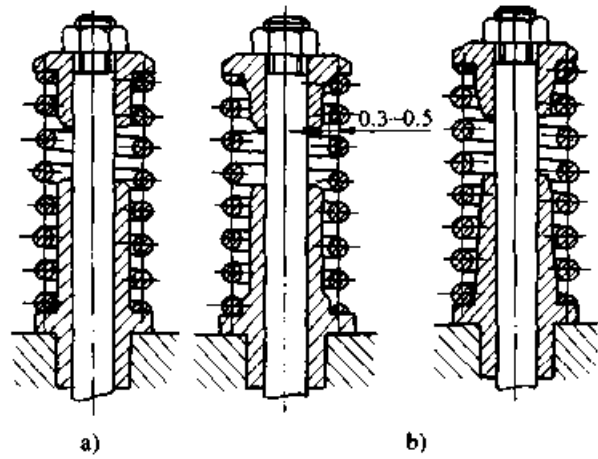


图 23.2-8 定心环的设计

a) 错误的定心环设计 b) 正确的定心环设计

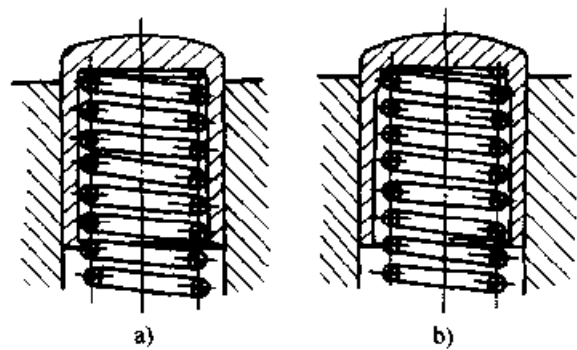


图 23.2-9 定心套筒的设计

a) 错误的定心套筒设计 b) 正确的定心套筒设计

为了保证螺旋压缩弹簧正常工作，弹簧两端必须对中，不允许端部出现侧向位移。然而，在某些使用螺旋压缩弹簧的场合，如在摆动杆上使用(见图 23.2-10)，杆的摆动将导致弹簧端部产生侧向位移，必须在结构上消除这样的位移。图 23.2-10a 无法消除该位移，是有缺陷的设计，b-f 是能消除该位移的几种结构。



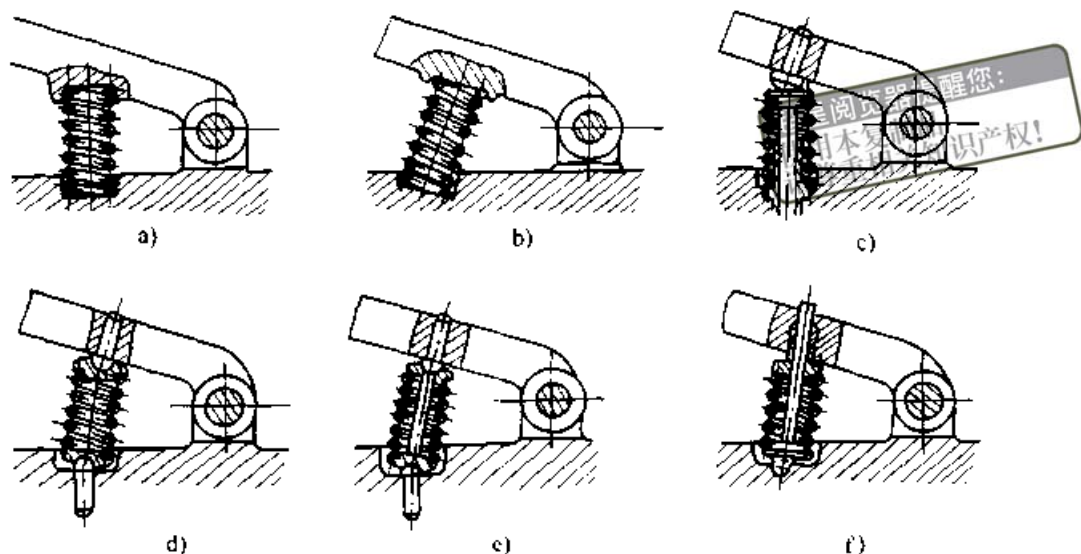


图 23.2-10 摆动杆与螺旋压缩弹簧的结合

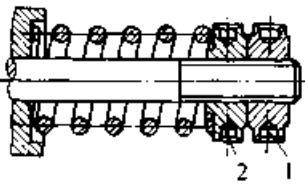
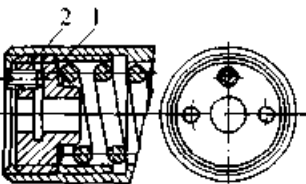
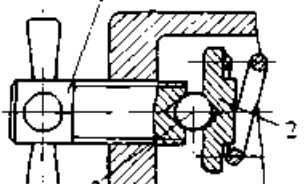
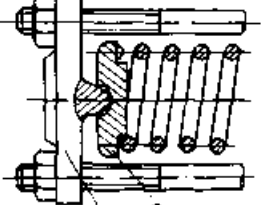
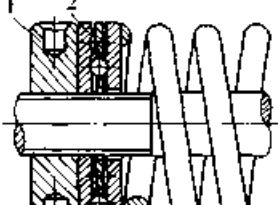
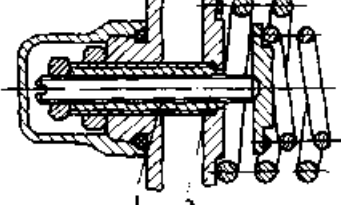
3.7 压力调整结构

在许多设备中常常需要调整压缩弹簧的作用力，表 23.2-12 所列为一些常用的调整结构，可供设计时参考。

3.8 圆柱螺旋压缩弹簧的典型图样

图 23.2-11 是圆柱螺旋压缩弹簧的典型图样，图样上应标明下列技术要求：①弹簧端部型式，②总圈数  $n_1$ ，③有效圈数  $n$ ，④旋向，⑤表

表 23.2-12 圆柱螺旋压缩弹簧调整作用力的结构

<p>结构类型</p>	 <p>锁紧螺母</p>	 <p>锁紧螺钉</p>	 <p>回转支承座</p>
<p>说明</p>	<p>调整时松开螺母 1，再拧动螺母 2，调整弹簧作用力到所需要的数值，然后再锁紧螺母 1</p>	<p>调整时松开锁紧螺钉 2，再旋动支承座 1，调整弹簧作用力到所需要的数值，然后再拧紧锁紧螺钉 2</p>	<p>在调整螺旋 1 与支承座间嵌入钢球，旋转调整螺旋即可调整弹簧作用力</p>
<p>结构类型</p>	 <p>对心顶支承弹簧座</p>	 <p>滚动摩擦支承座</p>	 <p>组合压缩弹簧的作用力调整结构</p>
<p>说明</p>	<p>弹簧座 2 可绕对心顶 1 回转，故旋转螺母调整对心顶即可调整弹簧作用力。它适用于大型弹簧</p>	<p>旋转调整螺母 1 即可调整弹簧作用力。适用于需要经常调整弹簧作用力的大型弹簧</p>	<p>通过螺杆 1 调整外层弹簧的作用力，通过旋在螺杆 1 中的螺杆 2 调整内层弹簧的作用力</p>

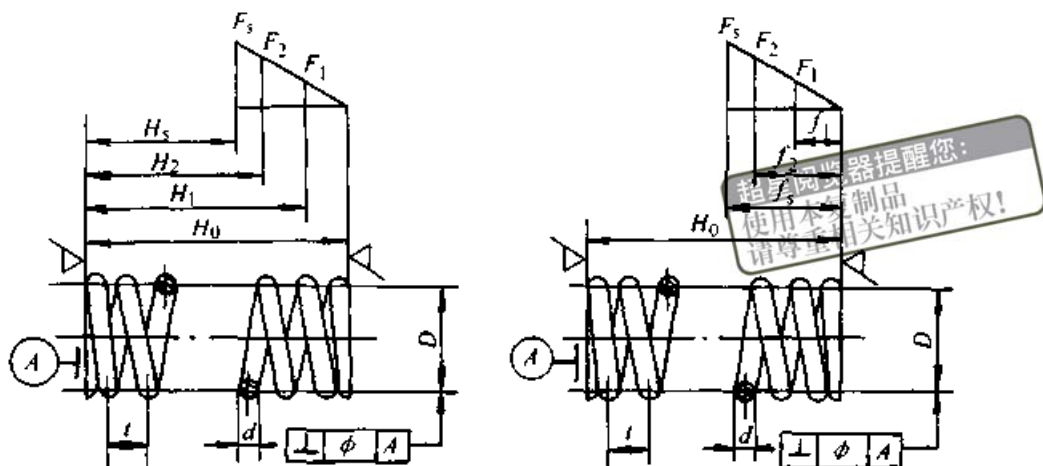


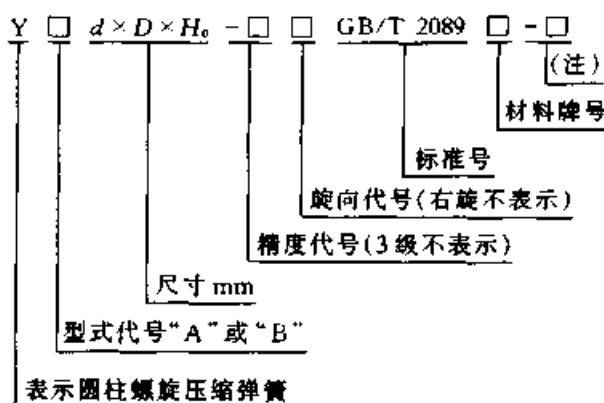
图 23.2-11 圆柱螺旋压缩弹簧典型图样

面处理, ©制造技术条件。

### 3.9 标准圆柱螺旋压缩弹簧

GB/T 1973.3—1989 对小型 ( $d < 0.5$ ) 圆柱螺旋压缩弹簧〔两端圈并紧磨平型 (Y I) 及两端圈并紧不磨平型 (Y II)〕的尺寸及参数、GB/T 2089—1994 对圆柱螺旋压缩弹簧〔两端圈并紧磨平 (A) 或锻平型 (B)〕的尺寸及参数和 JB/T 6653—1993 对扁钢丝螺旋压缩弹簧的尺寸及参数均作了规定, 用以承受循环次数小于  $10^5$  次的循环载荷。当用标准尺寸的弹簧时, 可由标准中直接查出弹簧的性能。

标准圆柱螺旋压缩弹簧〔两端圈并紧磨平 (A) 或锻平型 (B)〕的标记为:



注: 如要求镀锌、镀锡、磷化等金属镀层及化学处理时, 应在此处注明, 其标记方法应按 GB/T 13911—1992 的规定, 表面处理一般不表示。

表 23.2-13 给出了圆柱螺旋压缩弹簧〔两端圈并紧磨平 (A) 或锻平型 (B)〕的标准尺寸及参数。

表 23.2-13 标准圆柱螺旋压缩弹簧 (两端圈并紧磨平或锻平型) 的尺寸及参数  
(摘自 GB/T 2089—1994)

簧丝直径 $d/mm$	弹簧中径 $D_2/mm$	节距 $t/mm$	试验载荷 $F_s/N$	有效圈数 $n$	试验载荷下的 变形量 $f_s/mm$	弹簧刚度 $k/N \cdot mm^{-1}$	最大心轴直径 $D_X/mm$	最小套筒直径 $D_T/mm$
0.5	3.0	1.19	15.2	4.0~14.5	$0.67n$	$22.8/n$	1.9	4.1
	3.5	1.48	13.1	3.5~14.5	$0.91n$	$14.4/n$	2.4	4.6
	4.0	1.75	11.4	3.0~14.5	$1.18n$	$9.64/n$	2.9	5.1
	4.5	2.00	10.2	2.5~14.5	$1.50n$	$6.77/n$	3.4	5.6
	5.0	2.35	9.14	2.5~14.5	$1.85n$	$4.94/n$	3.9	6
	6.0	3.16	7.62	2.5~12.5	$2.67n$	$2.86/n$	4.5	7.5
	7.0	4.13	6.53	2.5~14.5	$3.63n$	$1.80/n$	5.5	8.5
0.6	3.0	1.13	24.9	4.0~14.5	$0.53n$	$47.4/n$	1.8	4.2
	3.5	1.32	21.4	3.0~14.5	$0.72n$	$29.8/n$	2.3	4.7

续表 23.2-13

簧丝直径 $d/\text{mm}$	弹簧中径 $D_2/\text{mm}$	节距 $t/\text{mm}$	试验载荷 $F_s/\text{N}$	有效圈数 $n$	试验载荷下的 变形量 $f_s/\text{mm}$	弹簧刚度 $k/\text{N}\cdot\text{mm}^{-1}$	最大心轴直径 $D_3/\text{mm}$	最小套筒直径 $D_1/\text{mm}$
0.6	4.0	1.54	18.7	2.5~14.5	$0.94n$	$20.0/n$	2.8	5.2
	4.5	1.78	16.6	2.5~14.5	$1.18n$	$14.0/n$	3.3	5.7
	5.0	2.06	15.0	2.5~14.5	$1.46n$	$10.2/n$	3.8	6.2
	6.0	2.71	12.5	2.5~14.5	$2.11n$	$5.93/n$	4.4	7.6
	7.0	3.46	10.7	2.5~14.5	$2.86n$	$3.73/n$	5.4	8.6
	8.0	4.35	9.35	2.5~12.5	$3.74n$	$2.50/n$	6.4	9.6
0.7	3.5	1.30	33.0	3.0~14.5	$0.60n$	$55.3/n$	2.2	4.8
	4.0	1.48	28.9	2.5~14.5	$0.78n$	$37.0/n$	2.7	5.3
	4.5	1.69	25.7	2.5~14.5	$0.99n$	$26.0/n$	3.2	5.8
	5.0	1.92	23.1	2.5~14.5	$1.22n$	$19.0/n$	3.7	6.3
	6.0	2.45	19.3	2.5~14.5	$1.75n$	$11.0/n$	4.3	7.7
	7.0	3.08	16.5	2.5~14.5	$2.39n$	$6.92/n$	5.3	8.7
	8.0	3.82	14.4	2.5~12.5	$3.12n$	$4.63/n$	6.3	9.7
	9.0	4.65	12.8	2.5~12.5	$3.95n$	$3.25/n$	7.3	10.7
0.8	4	1.48	43.1	3.0~14.5	$0.68n$	$63.0/n$	2.6	5.4
	4.5	1.66	38.3	2.5~14.5	$0.86n$	$44.4/n$	3.1	5.9
	5	1.87	34.5	2.5~14.5	$1.07n$	$32.4/n$	3.6	6.4
	6	2.34	28.7	2.5~14.5	$1.53n$	$18.7/n$	4.2	7.8
	7	2.89	24.6	2.5~14.5	$2.09n$	$11.8/n$	5.2	8.8
	8	3.53	21.6	2.5~14.5	$2.73n$	$7.91/n$	6.2	9.8
	9	4.25	19.2	2.5~14.5	$3.45n$	$5.55/n$	7.2	10.8
	10	5.07	17.2	2.5~12.5	$4.28n$	$4.05/n$	8.2	11.8
0.9	4	1.51	61.4	2.5~14.5	$0.61n$	$101/n$	2.5	5.5
	4.5	1.69	54.6	3.0~14.5	$0.77n$	$71.1/n$	3.0	6.0
	5	1.91	49.1	2.5~14.5	$0.95n$	$52.0/n$	3.5	6.5
	6	2.41	40.9	2.5~14.5	$1.36n$	$30.0/n$	4.1	7.9
	7	2.76	35.1	2.5~14.5	$1.86n$	$18.9/n$	5.1	8.9
	8	3.32	30.7	2.5~14.5	$2.43n$	$12.7/n$	6.1	9.9
	9	3.97	27.3	2.5~14.5	$3.08n$	$8.89/n$	7.1	10.9
	10	4.69	24.6	2.5~14.5	$3.80n$	$6.48/n$	8.1	11.9
1	4.5	1.67	72.7	3.0~14.5	$0.67n$	$108/n$	2.9	6.1
	5	1.83	65.4	2.5~14.5	$0.83n$	$79.0/n$	3.4	6.6

续表 23.2-13

簧丝直径 $d/mm$	弹簧中径 $D_2/mm$	节 距 $t/mm$	试验载荷 $F_s/N$	有效圈数 $n$	试验载荷下 的变形量 $f_s/mm$	弹簧刚度 $k/N \cdot mm$	最大心轴直径 $D_s/mm$	最小套筒直径 $D_1/mm$
1	6	2.20	54.5	2.5~14.5	$1.19n$	45.8/ $n$	4	8
	7	2.62	46.7	2.5~14.5	$1.62n$	28.8/ $n$	5	9
	8	3.12	40.9	2.5~14.5	$2.12n$	19.3/ $n$	6	10
	9	3.68	36.4	2.5~14.5	$2.68n$	13.5/ $n$	7	11
	10	4.31	32.7	2.5~14.5	$3.31n$	9.87/ $n$	8	12
	12	6.78	27.3	2.5~14.5	$4.77n$	5.70/ $n$	9	15
	14	7.49	23.4	2.5~12.5	$6.50n$	3.60/ $n$	11	17
1.2	6	2.16	91.5	2.5~14.5	$0.965n$	94.8/ $n$	3.8	8.2
	7	2.51	78.4		$1.31n$	59.7/ $n$	4.8	9.2
	8	2.92	68.6		$1.71n$	40.0/ $n$	5.8	10.2
	9	3.80	61.0		$2.60n$	28.1/ $n$	6.8	11.2
	10	4.42	54.9		$3.22n$	20.5/ $n$	7.8	12.2
	12	5.06	45.7		$3.85n$	11.9/ $n$	8.8	15.2
	14	6.46	39.2		$5.25n$	7.48/ $n$	10.8	17.2
1.4	7	2.53	124	2.5~14.5	$1.13n$	110/ $n$	4.6	9.4
	8	2.87	109		$1.47n$	74.2/ $n$	5.6	10.4
	9	3.26	96.8		$1.86n$	52.0/ $n$	6.6	11.4
	10	3.70	87.1		$2.30n$	38.0/ $n$	7.6	12.4
	12	4.71	72.6		$3.31n$	21.9/ $n$	8.6	15.4
	14	5.91	62.6		$4.50n$	13.8/ $n$	10.6	17.4
	16	7.28	54.5		$5.88n$	9.25/ $n$	12.6	19.4
	18	8.85	48.4		$7.45n$	6.50/ $n$	14.6	21.4
	20	10.6	43.6		$9.20n$	4.75/ $n$	15.6	24.4
1.6	8	2.85	158	2.5~12.5	$1.25n$	127/ $n$	5.4	10.6
	9	3.18	140		$1.58n$	88.8/ $n$	6.4	11.6
	10	3.55	126		$1.95n$	64.8/ $n$	7.4	12.6
	12	4.41	105		$2.81n$	37.5/ $n$	8.4	15.6
	14	5.42	90.1		$3.83n$	24.0/ $n$	10.4	17.6
	16	6.59	78.8		$5.00n$	15.8/ $n$	12.4	19.6
	18	7.92	70.1		$6.33n$	11.1/ $n$	14.4	21.6
	20	9.40	63.1		$7.80n$	8.10/ $n$	15.4	23.6

续表 23.2-13

簧丝直径 $d/mm$	弹簧中径 $D_2/mm$	节距 $t/mm$	试验载荷 $F_s/N$	有效圈数 $n$	试验载荷下 的变形量 $f_s/mm$	弹簧刚度 $k/N \cdot mm^{-1}$	最大心轴直径 $D_N/mm$	最小套筒直径 $D_T/mm$
1.6	22	11.0	57.3	2.5~12.5	$9.43n$	$6.08/n$	17.4	26.6
1.8	9	3.16	193	2.5~12.5	$1.36n$	$142/n$	6.2	11.8
	10	3.48	174		$1.68n$	$104/n$	7.2	12.8
	12	4.22	145		$2.42n$	$60.0/n$	8.2	15.8
	14	5.09	124		$3.29n$	$37.8/n$	10.2	17.8
	16	6.09	109		$4.29n$	$25.3/n$	12.2	19.8
	18	7.24	96.7		$5.44n$	$17.8/n$	14.2	21.8
	20	8.52	87.0		$6.72n$	$12.9/n$	15.2	24.8
	22	9.93	79.1		$8.13n$	$9.75/n$	17.2	26.8
2	10	3.46	231	2.5~14.5	$1.47n$	$158/n$	7	13
	12	4.11	192		$2.05n$	$91.5/n$	8	16
	14	4.87	165		$2.87n$	$57.5/n$	10	18
	16	5.74	144		$3.75n$	$60.0/n$	12	20
	18	6.74	128		$4.75n$	$27.1/n$	14	22
	20	7.85	115		$5.85n$	$19.7/n$	15	25
	22	9.08	105		$7.08n$	$14.9/n$	17	27
	25	11.0	92.4		$9.15n$	$10.1/n$	20	30
2.5	12	4.13	363	2.5~14.5	$1.63n$	$223/n$	7.5	16.5
	14	4.72	311		$2.22n$	$140/n$	9.5	18.5
	16	5.40	273		$2.90n$	$94.2/n$	11.5	20.5
	18	6.17	242		$3.67n$	$66.0/n$	13.5	22.5
	20	7.02	218		$4.52n$	$48.5/n$	14.5	25.5
	22	7.98	198		$5.48n$	$36.4/n$	16.5	27.5
	25	9.57	174		$7.08n$	$24.7/n$	19.5	30.5
	28	11.4	156		$8.88n$	$17.5/n$	22.5	33.5
	30	12.7	145		$10.2n$	$14.3/n$	24.5	35.5
	32	14.1	136		$11.6n$	$11.8/n$	25.5	38.5
3	14	4.78	519	2.5~14.5	$1.78n$	$292/n$	9	19
	16	5.33	454		$2.33n$	$195/n$	11	21
	18	5.94	403		$2.95n$	$137/n$	13	23

续表 23.2-13

簧丝直径 $d/\text{mm}$	簧簧中径 $D_2/\text{mm}$	节 距 $t/\text{mm}$	试验载荷 $F_s/\text{N}$	有效圈数 $n$	试验载荷下 的变形量 $f_s/\text{mm}$	簧簧刚度 $k/\text{N}\cdot\text{mm}^{-1}$	最大心轴直径 $D_X/\text{mm}$	最小套筒直径 $D_T/\text{mm}$
3	20	6.63	363	2.5~14.5	$3.63n$	$100/n$	14	26
	22	7.40	330		$4.40n$	$75.0/n$	16	28
	25	8.67	290		$5.67n$	$51.2/n$	19	31
	28	10.1	259		$7.12n$	$36.5/n$	22	34
	30	11.2	242		$8.16n$	$29.6/n$	24	36
	32	12.3	227		$9.28n$	$24.4/n$	25	39
	35	14.1	207		$11.1n$	$19.0/n$	28	42
	38	16.1	191		$13.1n$	$14.6/n$	31	45
3.5	16	5.43	696	2.5~14.5	$1.92n$	$362/n$	10.5	21.5
	18	5.94	619		$2.44n$	$255/n$	12.5	23.5
	20	6.51	557		$3.01n$	$185/n$	13.5	26.5
	22	7.14	506		$3.64n$	$139/n$	15.5	28.5
	25	8.20	446		$4.72n$	$94.8/n$	18.5	31.5
	28	9.39	398		$5.88n$	$67.5/n$	21.5	34.5
	30	10.3	371		$6.76n$	$55.0/n$	23.5	36.5
	32	11.2	348		$7.72n$	$45.0/n$	24.5	39.5
	35	12.7	318		$9.20n$	$34.5/n$	27.5	42.5
	38	14.4	293		$10.9n$	$27.0/n$	30.5	45.5
40	15.5	279	$12.0n$	$23.2/n$	32.5	47.5		
4	20	6.63	831	2.5~14.5	$2.63n$	$315/n$	13	27
	22	7.18	756		$3.18n$	$236/n$	15	29
	25	8.11	665		$4.12n$	$162/n$	18	32
	28	9.16	594		$5.16n$	$116/n$	21	35
	30	9.92	554		$5.92n$	$93.5/n$	23	37
	32	10.7	520		$6.72n$	$77.0/n$	24	40
	35	12.1	475		$8.08n$	$59.0/n$	27	43
	38	13.5	438		$9.52n$	$46.0/n$	30	46
	40	14.5	416		$10.5n$	$39.5/n$	32	48
	45	17.3	370		$13.3n$	$27.7/n$	37	53
50	20.5	333	$16.4n$	$20.2/n$	42	58		
4.5	22	7.33	1 076	2.5~14.5	$2.83n$	$381/n$	14.5	29.5
	25	8.16	947		$3.67n$	$260/n$	17.5	32.5

续表 23.2-13

簧丝直径 $d/\text{mm}$	弹簧中径 $D_2/\text{mm}$	节距 $t/\text{mm}$	试验载荷 $F/\text{N}$	有效圈数 $n$	试验载荷下的 变形量 $f_s/\text{mm}$	弹簧刚度 $k/\text{N}\cdot\text{mm}^{-1}$	最大心轴直径 $D_A/\text{mm}$	最小套筒直径 $D_1/\text{mm}$
4.5	28	9.08	846	2.5~14.5	$4.60n$	$185/n$	20.5	35.5
	30	9.76	789		$5.28n$	$150/n$	22.5	37.5
	32	10.5	740		$6.00n$	$124/n$	23.5	40.5
	35	11.7	677		$7.16n$	$94.5/n$	26.5	43.5
	38	13.1	623		$6.75n$	$73.8/n$	29.5	46.5
	40	13.9	592		$9.36n$	$63.3/n$	31.5	48.5
	45	16.4	526		$11.8n$	$44.5/n$	36.5	53.5
	50	19.1	474		$14.6n$	$32.5/n$	41.5	58.5
	55	22.2	431		$17.7n$	$24.4/n$	45.5	64.5
5	25	8.29	1 299	2.5~14.5	$3.29n$	$395/n$	17	33
	28	9.12	1 160		$4.12n$	$281/n$	20	36
	30	9.74	1 083		$4.73n$	$228/n$	22	38
	32	10.4	1 015		$5.40n$	$189/n$	23	41
	35	11.5	928		$6.44n$	$130/n$	26	44
	38	12.6	855		$7.60n$	$112/n$	29	47
	40	13.4	812		$8.44n$	$96.5/n$	31	49
	45	15.7	722		$10.7n$	$67.7/n$	36	54
	50	18.2	650		$13.2n$	$49.5/n$	41	59
	55	20.9	591		$15.9n$	$37.1/n$	45	65
	60	24.0	541		$19.0n$	$28.6/n$	50	70
6	30	9.66	1 732	2.5~14.5	$3.65n$	$474/n$	21	39
	32	10.2	1 624		$4.16n$	$390/n$	22	42
	35	11.0	1 485		$4.98n$	$298/n$	25	45
	38	11.9	1 368		$5.87n$	$233/n$	28	48
	40	12.5	1 299		$6.50n$	$200/n$	30	50
	45	14.2	1 155		$8.23n$	$140/n$	35	55
	50	16.2	1 039		$10.2n$	$102/n$	40	60
	55	18.3	945		$12.3n$	$77.0/n$	44	66
	60	20.6	866		$14.6n$	$59.3/n$	49	71
	65	23.2	800		$17.2n$	$46.6/n$	54	76
	70	25.9	742		$19.9n$	$37.3/n$	59	81

续表 23.2-13

簧丝直径 $d/\text{mm}$	弹簧中径 $D_2/\text{mm}$	节 距 $t/\text{mm}$	试验载荷 $F_s/\text{N}$	有效圈数 $n$	试验载荷下的 变形量 $f_s/\text{mm}$	弹簧刚度 $k/\text{N}\cdot\text{mm}^{-1}$	最大心轴直径 $D_N/\text{mm}$	最小套筒直径 $D_F/\text{mm}$
8	32	11.0	3 696	2.5~14.5	$3.00n$	$1\ 235/n$	20	44
	35	11.6	3 379		$3.58n$	$945/n$	23	47
	38	12.2	3 112		$4.22n$	$738/n$	26	50
	40	12.7	2 957		$4.68n$	$633/n$	28	52
	45	13.9	2 628		$5.92n$	$445/n$	33	57
	50	15.3	2 365		$7.31n$	$324/n$	38	62
	55	16.8	2 150		$8.85n$	$243/n$	42	68
	60	18.6	1 971		$10.6n$	$187/n$	47	73
	65	20.4	1 819		$12.3n$	$147/n$	52	78
	70	22.4	1 670		$14.3n$	$118/n$	57	83
	75	24.4	1 577		$16.4n$	$96.0/n$	62	88
	80	26.7	1 478		$18.7n$	$79.1/n$	67	93
	85	29.1	1 391		$21.1n$	$66.0/n$	71	99
90	31.7	1 314	$23.7n$	$55.5/n$	76	104		
10	40	13.6	5 534	2.5~14.5	$3.60n$	$1\ 542/n$	26	54
	45	14.6	4 919		$4.54n$	$1\ 082/n$	31	59
	50	15.6	4 427		$5.60n$	$790/n$	36	64
	55	16.8	4 025		$6.78n$	$593/n$	40	70
	60	18.1	3 690		$8.07n$	$456/n$	45	75
	65	19.5	3 406		$9.48n$	$360/n$	50	80
	70	21.0	3 162		$11.0n$	$288/n$	55	85
	75	22.6	2 952		$12.6n$	$234/n$	60	90
	80	24.4	2 767		$14.4n$	$193/n$	65	95
	85	26.2	2 604		$16.2n$	$161/n$	69	101
	90	28.2	2 460		$18.2n$	$135/n$	74	106
	95	30.2	2 330		$20.2n$	$115/n$	79	111
100	32.4	2 214	$22.4n$	$98.7/n$	84	116		
12	50	18.2	10 038	2.5~12.5	$6.20n$	$1\ 617/n$	34	66
	55	19.5	9 125		$7.50n$	$1\ 215/n$	38	72
	60	20.9	8 365		$8.95n$	$936/n$	43	77
	65	22.5	7 722		$10.5n$	$735/n$	48	82
	70	24.2	7 170		$12.2n$	$588/n$	53	87
	75	26.0	6 692		$14.0n$	$480/n$	58	92



续表 23.2-13

簧丝直径 $d/\text{mm}$	弹簧中径 $D_2/\text{mm}$	节距 $t/\text{mm}$	试验载荷 $F_s/\text{N}$	有效圈数 $n$	试验载荷下的 变形量 $f_s/\text{mm}$	弹簧刚度 $k/\text{N}\cdot\text{mm}^{-1}$	最大心轴直径 $D_3/\text{mm}$	最小套筒直径 $D_1/\text{mm}$
12	80	27.9	6 274	2.5~12.5	15.9 <i>n</i>	395/ <i>n</i>	63	97
	85	29.9	5 905		17.9 <i>n</i>	330/ <i>n</i>	67	103
	90	32.1	5 577		20.1 <i>n</i>	277/ <i>n</i>	72	108
	95	34.4	5 283		22.4 <i>n</i>	236/ <i>n</i>	77	113
	100	36.8	5 019		22.8 <i>n</i>	202/ <i>n</i>	82	118
	110	42.0	4 563		30.0 <i>n</i>	152/ <i>n</i>	92	128
	120	47.7	4 182		35.7 <i>n</i>	117/ <i>n</i>	102	138
14	60	21.7	13 283	2.5~14.5	7.65 <i>n</i>	1 736/ <i>n</i>	41	79
	65	23.0	12 261		9.00 <i>n</i>	1 365/ <i>n</i>	46	84
	70	24.4	11 386		10.4 <i>n</i>	1 092/ <i>n</i>	51	89
	75	26.0	10 627		12.0 <i>n</i>	888/ <i>n</i>	56	94
	80	27.6	9 962		13.6 <i>n</i>	732/ <i>n</i>	61	99
	85	29.4	9 376		15.4 <i>n</i>	609/ <i>n</i>	65	105
	90	31.4	8 855		17.2 <i>n</i>	513/ <i>n</i>	70	110
	95	33.2	8 389		19.2 <i>n</i>	437/ <i>n</i>	75	115
	100	35.3	7 970		21.3 <i>n</i>	375/ <i>n</i>	80	120
	110	39.8	7 245		25.7 <i>n</i>	282/ <i>n</i>	90	130
	120	44.7	6 642		30.6 <i>n</i>	216/ <i>n</i>	100	140
	130	50.0	6 131		36.0 <i>n</i>	170/ <i>n</i>	109	151
16	65	24.0	18 303	2.5~14.5	7.98 <i>n</i>	2 328/ <i>n</i>	44	86
	70	25.1	16 995	2.5~14.5	9.12 <i>n</i>	1 863/ <i>n</i>	49	91
	75	26.5	15 862	2.5~14.5	10.5 <i>n</i>	1 515/ <i>n</i>	54	96
	80	27.9	14 871	2.5~14.5	11.9 <i>n</i>	1 248/ <i>n</i>	59	101
	85	29.5	13 996	2.5~14.5	13.4 <i>n</i>	1 040/ <i>n</i>	63	107
	90	31.1	13 219	2.5~14.5	15.1 <i>n</i>	876/ <i>n</i>	68	112
	95	32.8	12 523	2.5~14.5	16.8 <i>n</i>	746/ <i>n</i>	73	117
	100	34.6	11 897	2.5~14.5	18.6 <i>n</i>	640/ <i>n</i>	78	122
	110	38.5	10 815	2.5~14.5	22.5 <i>n</i>	480/ <i>n</i>	88	132
	120	42.9	9 914	2.5~14.5	26.8 <i>n</i>	370/ <i>n</i>	98	142
	130	47.5	9 151	2.5~14.5	31.4 <i>n</i>	291/ <i>n</i>	107	153
	140	52.5	8 498	2.5~14.5	36.5 <i>n</i>	233/ <i>n</i>	117	163
	150	58.0	7 931	2.5~12.5	42.0 <i>n</i>	189/ <i>n</i>	127	173

续表 23.2-13

簧丝直径 $d/\text{mm}$	弹簧中径 $D_2/\text{mm}$	节 距 $t/\text{mm}$	试验载荷 $F_s/\text{N}$	有效圈数 $n$	试验载荷下 的变形量 $f_s/\text{mm}$	弹簧刚度 $k/\text{N}\cdot\text{mm}^{-1}$	最大心轴直径 $D_A/\text{mm}$	最小套筒直径 $D_T/\text{mm}$
18	75	27.3	22 585	2.5~14.5	$9.30n$	$2\ 425/n$	52	98
	80	28.6	21 174	2.5~14.5	$10.6n$	$2\ 000/n$	57	103
	85	30.0	19 928	2.5~14.5	$11.6n$	$1\ 668/n$	61	109
	90	31.4	18 821	2.5~14.5	$13.4n$	$1\ 404/n$	66	114
	95	32.9	17 831	2.5~14.5	$14.9n$	$1\ 195/n$	71	119
	100	34.6	16 939	2.5~14.5	$16.6n$	$1\ 023/n$	76	124
	110	38.0	15 399	2.5~14.5	$20.0n$	$770/n$	86	134
	120	41.8	14 116	2.5~14.5	$23.8n$	$594/n$	96	144
	130	46.0	13 030	2.5~14.5	$28.0n$	$465/n$	105	155
	140	50.4	12 099	2.5~14.5	$32.4n$	$369/n$	115	165
	150	55.3	11 293	2.5~14.5	$37.2n$	$303/n$	125	175
	160	60.4	10 587	2.5~12.5	$42.4n$	$250/n$	134	186
170	65.8	9 964	2.5~12.5	$48.0n$	$208/n$	143	197	
20	80	29.5	29 045	2.5~14.5	$9.53n$	$3\ 048/n$	55	105
	85	30.8	27 336	2.5~14.5	$10.8n$	$2\ 540/n$	59	111
	90	32.1	25 818	2.5~14.5	$12.1n$	$2\ 140/n$	64	116
	95	33.4	24 459	2.5~14.5	$13.4n$	$1\ 820/n$	69	121
	100	34.9	23 236	2.5~14.5	$14.9n$	$1\ 560/n$	74	126
	110	38.0	21 124	2.5~14.5	$18.0n$	$1\ 170/n$	84	136
	120	41.4	19 363	2.5~14.5	$21.4n$	$903/n$	94	146
	130	45.2	17 874	2.5~14.5	$25.2n$	$710/n$	103	157
	140	49.2	16597	2.5~14.5	$29.2n$	$570/n$	113	167
	150	53.5	15 491	2.5~14.5	$33.5n$	$462/n$	123	177
	160	58.1	14 523	2.5~12.5	$38.1n$	$380/n$	132	188
	170	63.1	13 668	2.5~12.5	$43.2n$	$320/n$	141	199
180	68.3	12 909	2.5~10.5	$48.4n$	$270/n$	151	209	
190	73.8	11 229	2.5~10.5	$53.6n$	$228/n$	160	220	
25	100	31.9	45 383	2.5~14.5	$11.9n$	$3\ 810/n$	69	131
	110	34.4	41 257	2.5~14.5	$14.4n$	$2\ 860/n$	79	141
	120	37.2	37 819	2.5~14.5	$17.2n$	$2\ 205/n$	89	151
	130	40.1	34 910	2.5~14.5	$20.1n$	$1\ 735/n$	98	162
	140	43.4	32 416	2.5~14.5	$23.4n$	$1\ 390/n$	108	172

续表 23.2-13

簧丝直径 $d/\text{mm}$	弹簧中径 $D_2/\text{mm}$	节 距 $t/\text{mm}$	试验载荷 $F_s/\text{N}$	有效圈数 $n$	试验载荷下 的变形量 $f_s/\text{mm}$	弹簧刚度 $k/\text{N}\cdot\text{mm}^{-1}$	最大心轴直径 $D_s/\text{mm}$	最小套筒直径 $D_1/\text{mm}$
25	150	46.8	30 255	2.5~14.5	$26.8n$	$1\ 128/n$	118	182
	160	50.5	28 364	2.5~14.5	$30.5n$	$930/n$	127	193
	170	54.4	26 696	2.5~12.5	$34.5n$	$780/n$	136	204
	180	58.6	25 213	2.5~11.5	$38.5n$	$650/n$	146	214
	190	63.1	23 886	2.5~11.5	$43.2n$	$555/n$	155	225
	200	67.7	22 691	2.5~11.5	$47.7n$	$475/n$	165	235
	220	77.7	20 629	2.5~9.5	$57.7n$	$357/n$	184	256
30	120	44.3	65 351	2.5~14.5	$14.3n$	$4\ 570/n$	84	156
	130	46.8	60 324	2.5~14.5	$16.8n$	$3\ 595/n$	93	167
	140	49.5	56 015	2.5~14.5	$19.5n$	$2\ 878/n$	103	177
	150	52.4	52 281	2.5~14.5	$22.4n$	$2\ 340/n$	113	187
	160	55.4	49 013	2.5~14.5	$25.4n$	$1\ 928/n$	122	198
	170	58.7	46 130	2.5~12.5	$28.7n$	$1\ 608/n$	131	209
	180	62.2	43 568	2.5~12.5	$37.2n$	$1\ 353/n$	141	219
	190	65.8	41 274	2.5~11.5	$35.8n$	$1\ 152/n$	150	230
	200	69.7	39 211	2.5~11.5	$39.8n$	$987/n$	160	240
	220	78.0	35 646	2.5~9.5	$48.0n$	$742/n$	179	261
35	140	51.7	88 950	2.5~14.5	$16.7n$	$5\ 332/n$	92	182
	150	54.1	83 020	2.5~14.5	$19.2n$	$4\ 335/n$	108	192
	160	56.8	77 832	2.5~14.5	$21.8n$	$3\ 570/n$	117	203
	170	59.6	73 253	2.5~12.5	$24.6n$	$2\ 978/n$	126	214
	180	62.6	69 184	2.5~12.5	$27.6n$	$2\ 510/n$	136	224
	190	65.7	65 542	2.5~12.5	$30.8n$	$2\ 134/n$	145	235
	200	69.0	62 265	2.5~11.5	$34.0n$	$1\ 829/n$	155	245
	220	76.2	56 605	2.5~10.5	$41.2n$	$1\ 374/n$	174	266
	240	84.1	51 888	2.5~9.5	$49.0n$	$1\ 055/n$	193	287
	260	92.5	47 896	2.5~8.5	$57.5n$	$832/n$	212	308
	280	102	44 475	2.5~7.5	$66.7n$	$666/n$	231	329
	300	112	41 510	2.5~7.5	$76.5n$	$540/n$	250	350

续表 23.2-13

簧丝直径 $d/\text{mm}$	弹簧中径 $D_2/\text{mm}$	节 距 $t/\text{mm}$	试验载荷 $F_s/\text{N}$	有效圈数 $n$	试验载荷下的 变形量 $f_s/\text{mm}$	弹簧刚度 $k/\text{N}\cdot\text{mm}^{-1}$	最大心轴直径 $D_X/\text{mm}$	最小套筒直径 $D_1/\text{mm}$
40	160	59.1	116 180	2.5~12.5	19.1n	6 089/n	112	208
	170	61.5	109 346	2.5~12.5	21.5n	5 081/n	121	219
	180	64.1	103 271	2.5~12.5	24.0n	4 282/n	131	229
	190	66.9	97 836	2.5~11.5	26.9n	3 640/n	140	240
	200	69.8	92 944	2.5~11.5	29.8n	3 119/n	150	250
	220	76.0	84 495	2.5~10.5	36.0n	2 344/n	169	271
	240	82.9	77 453	2.5~9.5	43.0n	1 810/n	188	292
	260	90.4	71 495	2.5~8.5	50.3n	1 419/n	207	313
	280	98.4	66 389	2.5~7.5	58.5n	1 137/n	226	334
	300	107	61 963	2.5~7.5	67.0n	922/n	245	355
320	116	58 090	2.5~6.5	76.4n	760/n	264	376	
45	180	66.5	147 040	2.5~11.5	21.5n	6 858/n	126	234
	190	68.9	139 301	2.5~11.5	23.9n	5 833/n	135	245
	200	71.5	132 336	2.5~11.5	26.5n	4 998/n	145	255
	220	77.0	120 306	2.5~10.5	32.0n	3 755/n	164	276
	240	83.1	110 280	2.5~9.5	38.1n	2 893/n	183	297
	260	89.8	101 797	2.5~8.5	44.8n	2 272/n	202	318
	280	96.9	94 526	2.5~7.5	52.0n	1 818/n	221	339
	300	105	88 224	2.5~7.5	59.6n	1 480/n	240	360
	320	113	82 710	2.5~6.5	67.8n	1 224/n	259	381
	340	121	77 845	2.5~6.5	76.5n	1 019/n	278	402
50	200	73.8	181 531	2.5~10.5	23.8n	7 615/n	140	260
	220	78.8	165 028	2.5~9.5	28.8n	5 722/n	159	281
	240	84.3	151 276	2.5~9.5	34.3n	4 408/n	178	302
	260	90.3	139 639	2.5~8.5	40.3n	3 456/n	197	323
	280	96.8	129 665	2.5~7.5	46.8n	2 771/n	216	344
	300	104	121 021	2.5~7.5	53.6n	2 258/n	235	365
	320	111	113 457	2.5~6.5	61.0n	1 854/n	254	386
	340	119	106 783	2.5~6.5	69.0n	1 552/n	273	407

注：1. 有效圈数系列为：2.5, 3, 3.5, 4, 4.5, 5.5, 6.5, 7.5, 8.5, 9.5, 10.5, 12.5, 14.5。

2. 自由高度  $H_0$  的计算式： $H_0 = (n + 2)d + f_s$ ，计算值应再按 GB/T 1358 推荐的尺寸圆整。

3. 标准中的节距  $t$  为近似值，不作主要技术参数。

### 4 圆柱螺旋拉伸弹簧

拉伸弹簧一般为闭圈。若用不需再淬火回火的弹簧钢丝卷制，成型后簧圈之间产生压力。若施加拉力于弹簧，只有在外加拉力超过其簧圈间的压力时，弹簧才会伸长。使拉伸弹簧开始伸长的拉力称为初拉力，其大小取决于材料种类、簧

丝直径、旋绕比和加工方法。卷制成型后经过淬火的拉伸弹簧，没有初拉力。

初拉力的计算式为

$$F_0 = \pi d^3 \tau_0 / (8D)$$

式中  $\tau_0$  —— 初应力，其值通常在图 23.2-12

给出的范围内！  
超星网 会员专享  
使用本资料 请尊重相关知识版权！

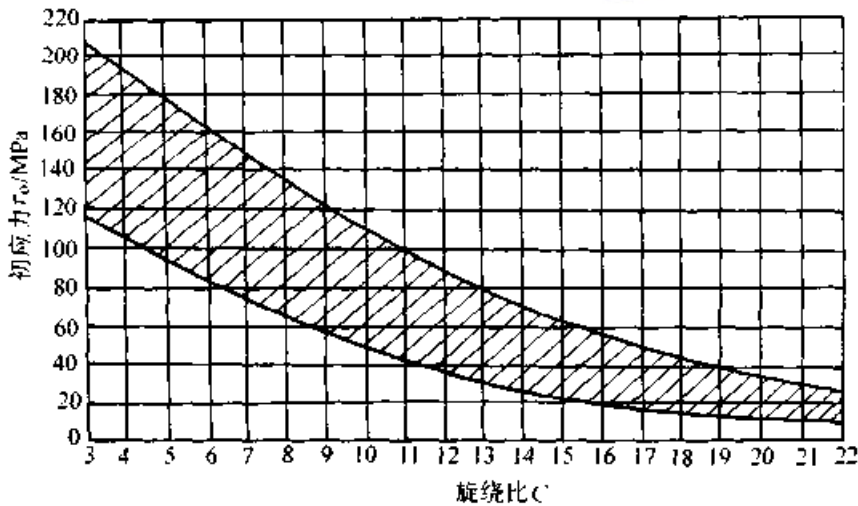


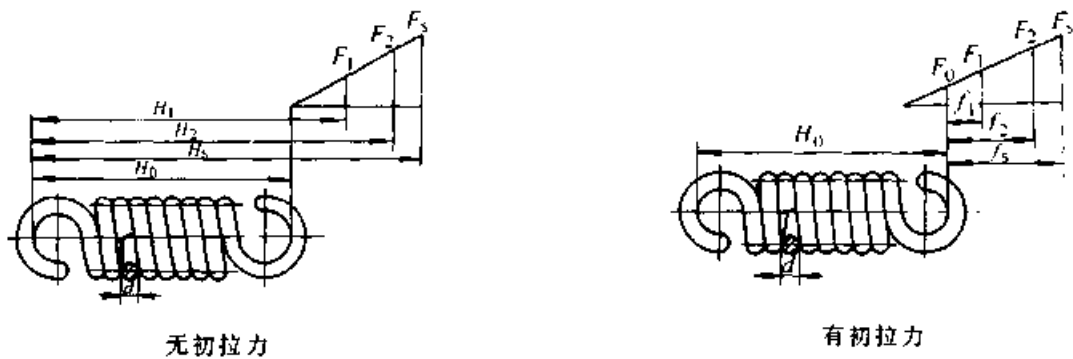
图 23.2-12 拉伸弹簧的初应力

#### 4.1 结构设计

圆柱螺旋拉伸弹簧的基本参数关系式见表 23.2-14。

1) 拉伸弹簧的圈数 有效圈数  $n$  应符合 GB/T 1358—1993 的规定，见表 23.2-15。由于两钩环相对位置不同，除表列值外，其尾数也可取为 0.25、0.5 和 0.75。

表 23.2-14 圆柱螺旋拉伸弹簧的结构及基本参数关系式



参数名称	符号	关系式	说明
工作载荷	$F_1$ <sup>①</sup>	$0.2F_n \leq F_1, \dots, F_n \leq 0.8F_n$	变载荷和重要弹簧的 $F_n$ 取小些
试验载荷	$F_n$	$F_n \geq 1.25F_n$	试验时应加的载荷
初拉力	$F_0$	$F_0 = \pi d^3 \tau_0 / (8D)$	制成后的并紧力， $\tau_0$ 见图 23.2-12
工作行程	$h$	$h = f_n - f_1$	弹簧的变形范围
材料截面尺寸	$d(a \times b)$	$d(a) = (D_2 - D_1) / 2$	$d(a \times b)$ 根据载荷计算，并取标准值

续表 23.2-14

参数名称	符 号	关 系 式	说 明
弹簧中径	$D$	$D = D_2 - d(a) = (D_2 + D_1)/2$	圆截面弹簧的 $D$ 最好符合标准
弹簧内径	$D_1$	$D_1 = D - d$	
弹簧外径	$D_2$	$D_2 = D + d$	
旋绕比(弹簧指数)	$C$	$C = D/d = 4 \sim 14$	可按表 25.2-4 选取
工作圈数	$n$	$n \geq 2$	按工作变形量计算, 依标准取值
总圈数	$n_1$	$n_1 = n$	
自由长度	$H_0$	半圆钩环 $H_0 = (n + 1)d + D_1$ 圆钩环 $H_0 = (n + 1)d + 2D_1$ 圆钩环压中心 $H_0 = (n + 1.5)d + 2D_1$	
节距	$t$	$t \approx d$	
螺旋角	$\alpha$	$\alpha = \arctan[t/(\pi D)]$	
簧丝长度	$L$	$L = \pi Dn + \text{钩环部长度}$	

注: 对矩形截面弹簧, 表中的  $d$  应相应地改用  $a$  或  $b$ 。





①  $i = 1, 2, \dots, n_0$

表 23.2-15 拉伸弹簧有效圈数  $n$  的系列值 (圈)

2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
16	17	18	19	20	22	25	28	30	35	40	45	50	55

2) 端部结构 拉伸弹簧的端部结构有钩和环两种形式, GB/T 1239.1—1989 对冷卷弹簧、GB/T 1239.4—1989 对热卷弹簧均作了规定, 见表 23.2-16。

表 23.2-16 拉伸弹簧的端部结构形式

代号	简 图	端部结构形式	说 明
L I RL I		半圆钩环	由弹簧末端的半个簧圈弯折而成, 与圆钩环比较, 具有装配空间较小, 适宜于装配位置受到空间限制的场所。弯钩处应力较集中, 易断裂
L II RL II		圆钩环	由弹簧末端的簧圈弯至中心而成, 它弯曲的曲率半径大, 故弯曲处应力集中程度较 L III 型低, 折断的可能性较小。常用于旋绕比较小的拉簧
L III RL III		圆钩环压中心	是广泛采用的基本型式, 由末端簧圈弯折压至中心而成。钩环为整圆形, 制造简单。成形时簧丝扭转与弯曲严重, 易折断。适用于 $C > 6$ 、 $d < 6$ mm 的弹簧
L IV		偏心圆钩环	由弹簧末端的簧圈弯折而成, 钩环位于簧圈边缘切线位置, 因载荷偏心 and 钩环根部 90° 的折弯, 簧丝承受大的附加应力。它适合于 $C = 8 \sim 15$ 、载荷较小或不重要弹簧

续表 23.2-16

代号	简图	端部结构形式	说明
L V		长臂半圆钩环	这两种特制的钩环加工复杂, 工序多, 需要专用夹具才能制造, 成本高。只有在有特殊需要时方采用, 一般情况下都避免采用
L VI		长臂小圆钩环	
L VII		可调式钩环	把具有圆柱螺旋的螺塞旋入弹簧两端, 在螺旋塞上另加螺杆, 它便于调整弹簧有效圈数, 从而调整弹簧载荷。主要用于精密、重要和计量弹簧
L VIII		两端具有可转式钩环	弹簧端部为圆锥形, 挂钩先另行制成压入弹簧锥体中。挂钩可任意转动, 但钩环加工工艺复杂, 非特殊场合不宜采用

注: 1. 推荐采用 I、II、III 三种结构型式。  
2. 代号中有 R 的为热卷弹簧, 其余为冷卷弹簧。

### 4.2 设计计算公式

设计计算公式和疲劳强度校核与圆柱螺旋压缩弹簧相同。

### 4.3 圆柱螺旋拉伸弹簧的典型图样

图 23.2-13 是圆柱螺旋拉伸弹簧的典型图

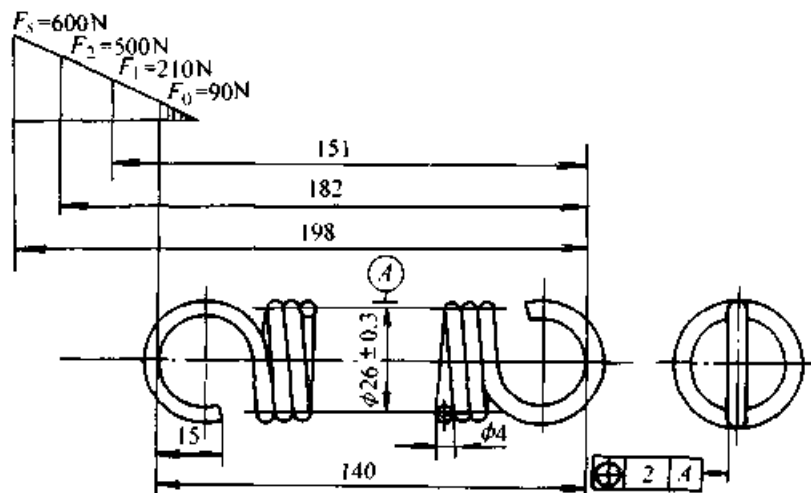


图 23.2-13 圆柱螺旋拉伸弹簧的典型图样

对普通圆柱螺旋拉伸弹簧(半圆钩环型)的尺寸、GB/T 4142—1984 对普通圆柱螺旋拉伸弹簧(圆钩环型)的尺寸、GB/T 2088—1997 对圆柱

样, 图样上应标明下列技术要求: ①弹簧端部型式, ②圈数  $n$ , ③旋向, ④表面处理, ⑤制造技术条件。

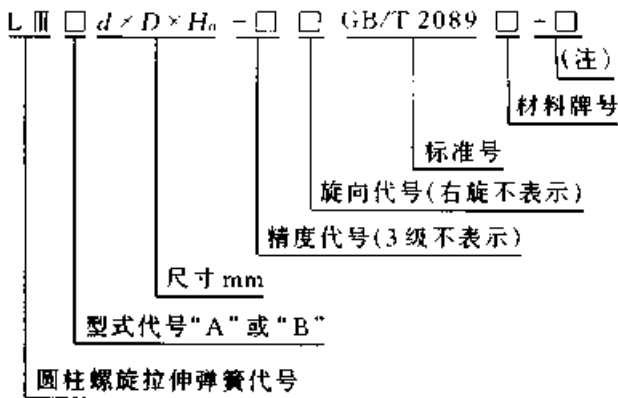
### 4.4 标准圆柱螺旋拉伸弹簧

GB/T 1973.2—1989 对小型 ( $d < 0.5$ ) 圆柱螺旋拉伸弹簧的尺寸及参数、GB/T 2087—1980

螺旋拉伸弹簧[圆钩环压中心型, 两钩环在同一平面(A)或成  $90^\circ$ (B)]的尺寸及参数均作了规定, 用以承受循环次数小于  $10^5$  次的循环载荷。当用

标准尺寸的弹簧时，可由标准中直接查出弹簧的性能。

标准圆柱螺旋拉伸弹簧的标记为：



注：如要求镀锌、镀锡、磷化等金属镀层及化学处理时，应在此处注明。

表 23.2-17 给出了圆钩环压中心型圆柱螺旋拉伸弹簧的标准尺寸及参数。

表 23.2-17 标准圆柱螺旋拉伸弹簧的尺寸及参数 (摘自 GB/T 2088—1997)

簧丝直径 $d/mm$	弹簧中径 $D/mm$	初拉力 $F_0/N$	试验载荷 $F_s/N$	有效圈数 $n$	试验载荷下的变形量 $f_s/mm$	弹簧刚度 $k/N \cdot mm^{-1}$
0.5	3	1.61	14.4	8~45	$0.629n$	$22.8/n$
	3.5	1.18	12.3		$0.857n$	$14.4/n$
	4	0.90	10.8		$1.117n$	$9.65/n$
	5	0.578	8.64		$1.75n$	$4.93/n$
	6	0.401	7.20		$2.52n$	$2.85/n$
0.6	3	3.33	23.9	8~45	$0.504n$	$47.4/n$
	3.5	2.44	20.4		$0.685n$	$29.8/n$
	4	1.87	17.9		$0.894n$	$20.0/n$
	5	1.20	14.3		$1.40n$	$10.2/n$
	6	0.832	11.9		$2.01n$	$5.92/n$
	7	0.611	10.2		$2.74n$	$3.73/n$
0.8	4	5.92	40.4	8~45	$0.639n$	$63.2/n$
	5	3.80	32.3	8~45	$1.00n$	$32.4/n$
	6	2.63	26.9	8~18	$1.44n$	$18.7/n$
	8	1.48	20.2	10~45	$2.74n$	$7.90/n$
	9	1.17	18.0	8~45	$2.74n$	$5.55/n$

续表 23.2-17

簧丝直径 $d/mm$	弹簧中径 $D/mm$	初拉力 $F_0/N$	试验载荷 $F_s/N$	有效圈数 $n$	试验载荷下的变形量 $f_s/mm$	弹簧刚度 $k/N \cdot mm^{-1}$		
1	5	9.24	61.5	8~45	$0.779n$	$79.0/n$		
	6	6.42	51.3		$1.12n$	$45.7/n$		
	7	4.72	44.0		$1.53n$	$28.8/n$		
	8	3.61	38.5		$2.00n$	$19.3/n$		
	9	2.85	34.2		$2.52n$	$13.5/n$		
	10	2.32	30.8		$3.12n$	$9.90/n$		
	12	1.61	25.6		$4.48n$	$5.71/n$		
	1.2	6	13.3		86.4	8~45	$0.911n$	$94.8/n$
		7	9.78		74.0		$1.24n$	$59.7/n$
		8	7.49		64.8		$1.62n$	$40.0/n$
		9	5.92		57.6		$2.05n$	$28.1/n$
		10	4.80		51.8		$2.53n$	$20.5/n$
12		3.33	43.2	$3.65n$	$11.8/n$			
14		2.44	37.0	$4.96n$	$7.45/n$			
1.6	8	23.6	145	8~45	$1.15n$	$126/n$		
	9	18.7	129		$1.46n$	$88.8/n$		
	10	15.1	116		$1.80n$	$64.8/n$		
	12	10.5	97.0		$2.59n$	$37.5/n$		
	14	7.72	83.1		$3.53n$	$23.6/n$		
	16	5.92	72.7		$4.60n$	$15.8/n$		
2	18	4.68	64.7	8~45	$5.81n$	$11.1/n$		
	10	37.0	215		$1.36n$	$158/n$		
	12	25.7	179		$1.95n$	$91.5/n$		
	14	18.8	153		$1.67n$	$57.6/n$		
	16	14.4	134		$3.48n$	$38.6/n$		
	18	11.4	119		$4.40n$	$27.0/n$		
	20	9.24	107		$5.44n$	$19.7/n$		
	22	7.64	97.6		$6.58n$	$14.8/n$		
2.5	12	62.7	339	8~45	$1.52n$	$223/n$		
	14	46.1	291		$2.07n$	$140/n$		
	16	35.3	255		$2.70n$	$94.2/n$		
	18	27.9	226		$3.42n$	$66.2/n$		



续表 23.2-17

簧丝直径 $d/mm$	弹簧中径 $D/mm$	初拉力 $F_0/N$	试验载荷 $F_t/N$	有效圈数 $n$	试验载荷下的变形量 $f/mm$	弹簧刚度 $k/N \cdot mm^{-1}$
2.5	20	22.6	204	8~45	$4.22n$	$48.2/n$
	22	18.6	185		$5.10n$	$36.2/n$
	25	14.4	163		$6.59n$	$24.6/n$
3	14	95.5	475	8~45	$1.63n$	$291/n$
	16	73.2	416		$2.13n$	$195/n$
	18	57.8	370		$2.69n$	$137/n$
	20	46.8	333		$3.33n$	$100/n$
	22	38.7	303		$4.02n$	$75.1/n$
	25	29.9	266		$5.20n$	$51.2/n$
	28	23.8	238		$6.52n$	$36.5/n$
3.5	18	107	587	8~45	$2.31n$	$254/n$
	20	86.8	528		$2.85n$	$186/n$
	22	71.7	480		$3.45n$	$139/n$
	25	55.5	423		$4.46n$	$94.8/n$
	28	44.2	377		$5.59n$	$67.5/n$
	32	33.8	330		$7.29n$	$45.2/n$
	35	28.4	302		$8.74n$	$34.6/n$
40	21.7	264	$11.4n$	$23.1/n$		
4	20	148	764	8~45	$2.41n$	$316/n$
	22	123	694		$2.92n$	$238/n$
	25	94.7	611		$3.78n$	$161/n$
	28	75.4	545		$4.74n$	$115/n$
	32	57.8	477		$6.18n$	$77.1/n$
	35	48.3	436		$7.40n$	$59.0/n$
	40	37.0	382		$9.66n$	$39.5/n$
45	29.2	339	$12.2n$	$27.7/n$		
4.5	22	196	988	8~45	$2.60n$	$380/n$
	25	152	870		$3.36n$	$259/n$
	28	121	777		$4.21n$	$185/n$
	32	92.6	680		$5.50n$	$124/n$
	35	77.4	621		$6.58n$	$94.4/n$
40	62.8	544	$8.59n$	$63.3/n$		

续表 23.2-17

簧丝直径 $d/mm$	弹簧中径 $D/mm$	初拉力 $F_0/N$	试验载荷 $F_t/N$	有效圈数 $n$	试验载荷下的变形量 $f/mm$	弹簧刚度 $k/N \cdot mm^{-1}$
4.5	45	46.8	483	8~45	$10.8n$	$44.4/n$
	50	37.9	435		$13.4n$	$32.4/n$
	55	31.3	395		$16.2n$	$24.4/n$
5	25	232	1 154	8~45	$2.92n$	$395/n$
	28	184	1 030		$3.66n$	$281/n$
	30	161	962		$4.20n$	$228/n$
	32	141	902		$4.79n$	$188/n$
	35	118	824		$5.72n$	$143/n$
	40	90.3	721		$7.48n$	$96.5/n$
	45	71.3	641		$9.47n$	$67.7/n$
	50	57.8	577		$11.7n$	$49.3/n$
	55	47.8	525		$14.2n$	$37.1/n$
	60	40.1	481		$16.8n$	$28.5/n$
6	30	333	1 605	8~45	$3.39n$	$474/n$
	32	292	1 505		$3.85n$	$390/n$
	35	244	1 376		$4.60n$	$298/n$
	40	187	1 204		$6.02n$	$200/n$
	45	148	1 070		$7.62n$	$140/n$
	50	120	963		$9.40n$	$102/n$
	55	99.1	876		$11.4n$	$76.9/n$
60	83.2	803	$13.5n$	$59.2/n$		
65	71.0	741	$15.9n$	$46.6/n$		
70	61.1	688	$18.4n$	$37.3/n$		
8	40	592	2 753	8~45	$4.35n$	$632/n$
	45	468	2 447		$5.52n$	$444/n$
	50	379	2 203		$6.81n$	$323/n$
	55	313	2 002		$6.24n$	$243/n$
	60	263	1 835		$9.80n$	$187/n$
	65	224	1 694		$11.5n$	$147/n$
	70	193	1 573		$13.3n$	$118/n$
	80	148	1 377		$17.5n$	$79.0/n$

注：1. 有效圈数以 0.25 和 0.5 为尾数；  
 2. 自由长度  $H_0$  的计算公式为： $H_0 = (n + 1.5)d + 2D_1$ ， $D_1$  为簧圈内径， $H_0$  的计算值应再按 GB/T 1358 推荐的尺寸圆整。

## 5 圆柱螺旋扭转弹簧

### 5.1 结构设计

图 23.2-14 是这种弹簧的一般形式，a 为常用的普通形式，b 为并列双扭转弹簧，其变形为 a 式的 1/4，c 为内外串列双重扭转弹簧，其变形约为 a 式的 2 倍。

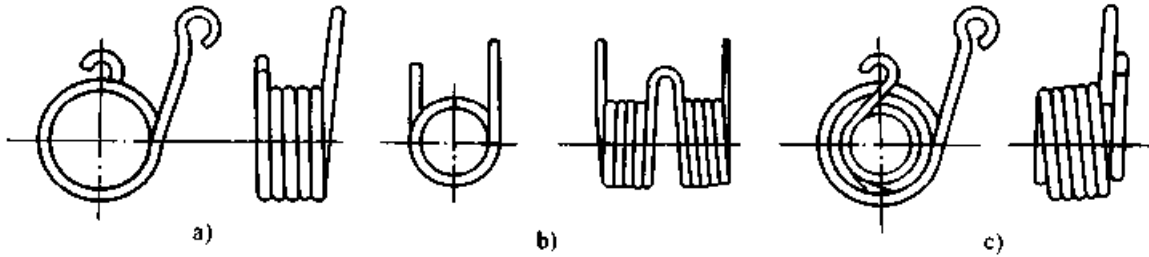


图 23.2-14 扭转弹簧的结构形式

表 23.2-18 常用的扭转弹簧端部结构

端部结构形式	外臂扭转	内臂扭转	中心臂扭转	平行双扭转	直臂扭转	单臂弯曲扭转
代号	NI	NI	NI	NI	NI	NI
简图						

$$\varphi = 64[\pi Dn + (l_1 + l_2)/3]T/(\pi Ed^4) \quad (23.2-11)$$

$$D' = Dn/[n + \varphi_j/(2\pi)] - d \quad (23.2-12)$$

式中  $T$  —— 扭矩；  
 $l_1$ 、 $l_2$  —— 扭臂长度，见图 23.2-15。

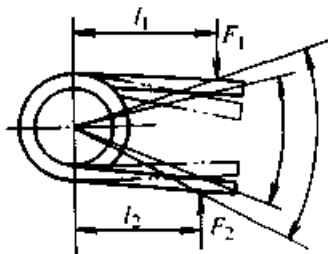


图 23.2-15 扭臂的变形

扭簧在扭转变形的同时簧圈向轴心收缩，簧圈内径缩小。在极限扭转角下缩小后的簧圈内径可按式计算

螺旋扭转弹簧分为无间距和有间距两种，无间距扭簧在工作时由于圈间产生摩擦力，故弹簧寿命较短，但因容易制造，所以应用较多。精度要求较高的扭簧相邻两圈间应有 0.3~0.5 mm 的间隙。

GB/T 1239.3—1989 对扭转弹簧的端部结构作了规定，见表 23.2-18。

扭臂变形角  $\varphi$  (rad) 的计算式为

式中  $\varphi_j$  —— 极限扭转变形角。

为了避免弹簧与心轴抱紧，扭簧的装配心轴必须比最大扭转角作用下理论计算的簧圈内径小 10% 左右。

圆柱螺旋扭转弹簧基本参数关系式见表 23.2-19。

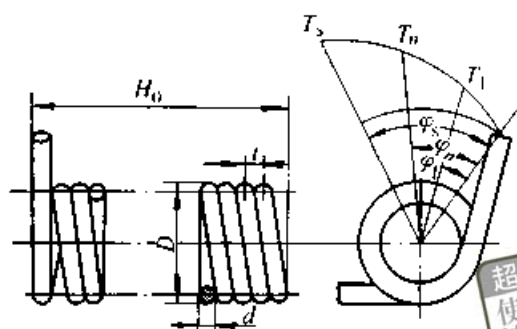
### 5.2 设计计算 (见表 23.2-20)

### 5.3 组合扭转弹簧的设计计算

可以采用组合扭转弹簧承受较大的扭矩，一般采用 2 个扭簧组合在一起。

组合扭转弹簧的设计准则是：

表 23.2-19 圆柱螺旋扭转弹簧基本参数关系式



参数名称	符号	关系式	说明
工作扭矩	$T$	$0.2T_s \leq T_1, \dots, T_n \leq 0.8T_s$	安装时必须预加扭矩 $T_1$
试验扭矩	$T_s$	$T_s \geq 1.25T_n$	对应于最大试验弯曲应力 $\sigma_s$ 的扭矩。对应的扭转变形角为 $\varphi_s$ 。
工作扭转角	$\varphi$	$\varphi = \varphi_n - \varphi_1$	变形范围
工作圈数	$n$	$n \geq (\varphi_s/123.1)^4$	所需的最少圈数
各圈间的间距	$\delta$	$\delta \approx 0 \sim 0.5 \text{ mm}$	无间距的制造容易，有间距的特性线精度高
节距	$t$	$t = d + \delta$	
螺旋角	$\alpha$	$\alpha = \arctan[t/(\pi D)]$	
自由长度	$H_0$	$H_0 = (d + \delta)n + \text{挂钩部分长度}$	
簧丝长度	$L$	$L = \pi Dn + \text{挂钩部分长度}$	

注：对矩形截面弹簧，表中的  $d$  应相应地改用  $a$  或  $b$ 。

表 23.2-20 圆柱螺旋扭转弹簧计算公式

簧丝截面形状			
抗弯截面系数 $Z_m$	$\pi d^3/32$	$a^2b/6$	$a^3/6$
惯性矩 $I$	$\pi d^4/64$	$a^3b/12$	$a^4/12$
扭转变形角 $\varphi/(^\circ)$	$\varphi = 3\,670nDT/(Ed^4)$ $= 360nD\sigma/(K_1Ed)$	$\varphi = 2\,160nDT/(Ea^3b)$ $= 360nD\sigma/(K'_1Ea)$	$\varphi = 2\,160nDT/(Ea^4)$ $= 360nD\sigma/(K'_1Ea)$
弯曲应力 $\sigma$	$\sigma = 10.2K_1T/d^3$ $= K_1Ed\varphi/(360nD)$	$\sigma = 6K'_1T/(a^2b)$ $= K'_1Ea\varphi/(360nD)$	$\sigma = 6K'_1T/a^3$ $= K'_1Ea\varphi/(360nD)$
簧丝直径 $d/\text{mm}$	$d \geq (10.2K_1T/\sigma_p)^{1/3}$	$(a^2b) \geq 6K'_1T/\sigma_p$	$a \geq (6K'_1T/\sigma_p)^{1/3}$
刚度 $k_T/[N \cdot \text{mm} \cdot (^\circ)^{-1}]$	$k_T = Ed^3/(3\,670Dn)$ $= Ed^3/(3\,670Cn)$	$k_T = Ea^3b/(2\,160Dn)$	$k_T = Ea^4/(2\,160Dn)$
圈数 $n$	$n = Ed^3\varphi/(3\,670DT)$ $= Ed^3/(3\,670Ck_T)$	$n = Ea^3b\varphi/(2\,160DT)$	$n = Ea^4\varphi/(2\,160DT)$

注： $K_1$ 、 $K'_1$  为扭转弹簧的曲度因子， $K_1 = (4C - 1)/(4C - 4)$ ； $K'_1 = (3C - 1)/(3C - 3)$ 。

各扭簧所受扭矩之和等于总的外加扭矩

$$T = T_1 + T_2 + \dots + T_n$$

各扭簧端部的扭转变形角相等

$$\varphi_1 = \varphi_2 = \dots = \varphi_n$$

各扭簧簧丝的应力应尽量相等

$$\sigma_1 = \sigma_2 = \dots = \sigma_n$$

各扭簧的并紧长度相等

$$n_1 d_1 = n_2 d_2 = \dots = n_n d_n$$

满足以上关系，组合扭簧中各个扭簧簧丝直径必定是抛物线的关系，见图 23.2-16。此抛物线的方程为

$$d^2 = 4\zeta D \quad (23.2-13)$$

$$\zeta = \pi \sigma_p (n_i d_i) / (2\varphi E)$$

式中  $d$  ——任一扭簧的簧丝直径；

$\zeta$  ——抛物线参数；

$D$  ——任一扭簧的中径；

$\sigma_p$  ——许用弯曲应力；

$n_i d_i$  ——某一扭簧圈数与簧丝直径的乘积；

$\varphi$  ——扭转变形角；

$E$  ——扭簧材料的弹性模量；

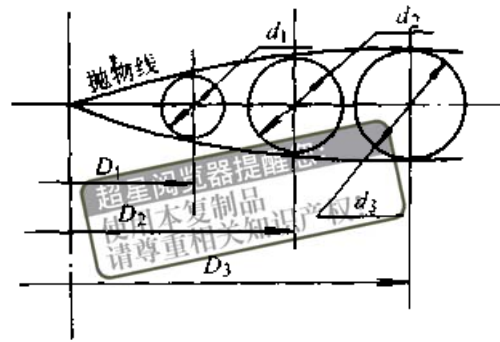


图 23.2-16 组合螺旋扭转弹簧的配置关系

在设计时可先选取旋绕比  $C$ ，然后用下式计算簧丝直径

$$d_i = 2\pi \sigma_p (n_i d_i) C / (\varphi E) \quad (23.2-14)$$

再计算其他几何尺寸。

#### 5.4 圆柱螺旋扭转弹簧的安装示例

(见图 23.2-17)

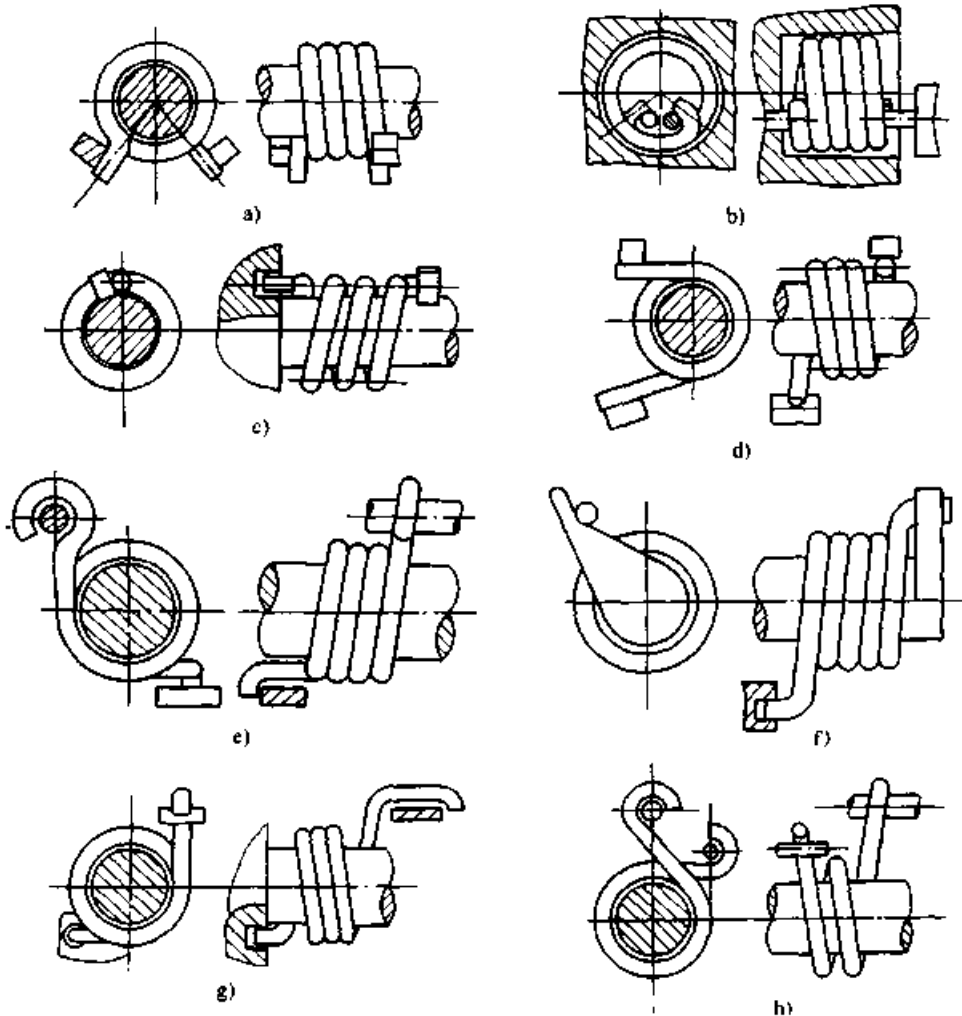


图 23.2-17 圆柱螺旋扭转弹簧安装示例

## 6 受激振载荷的圆柱螺旋弹簧

### 6.1 固有频率和当量质量

#### 6.1.1 未受载时的固有频率

当弹簧一端固定一端自由时，1 阶固有频率为

$$\nu_n = (k/m_s)^{1/2}/4 \quad (23.2-15)$$

式中  $m_s$  —— 弹簧自身的质量。

对于一般钢制弹簧，代人  $\rho = 7.8 \times 10^{-6}$  kg/mm<sup>3</sup>， $G = 78\,400$  MPa，则

$$\nu_n = 1.78 \times 10^5 d / (nD^2) \quad (23.2-16)$$

式中  $d$  —— 簧丝直径；

$n$  —— 弹簧有效圈数；

$D$  —— 弹簧中径。

当弹簧两端固定时，1 阶固有频率为

$$\nu_n = (k/m_s)^{1/2}/2 \quad (23.2-17)$$

对于一般钢制弹簧，有

$$\nu_n = 3.56 \times 10^5 d / (nD^2) \quad (23.2-18)$$

#### 6.1.2 受载时的固有频率

当弹簧受载较大时，固有频率可近似按下式计算：

$$\nu_n = (k/m_e)^{1/2} \quad (23.2-19)$$

式中  $m_e$  —— 弹簧系统的当量质量，其值查表 23.2-21。

表 23.2-21 各种螺旋弹簧系统结构形式的刚度和当量质量

系统结构形式							
刚度 $k$		$k = k$	$k = k$	$k = k$	$k = k_1 + \dots + k_n$	$1/k = 1/k_1 + \dots + 1/k_n$	$k = k$
当量质量 $m_e$	$\sum_{i=1}^n m_s/m \leq 2.63$			$m_e = 4\pi^2 (m + m_s/3)$	$m_e = 4\pi^2 (m + \sum_{i=1}^n m_s/3)$	$m_e = 4\pi^2 (m + \sum_{i=1}^n m_s/3)$	$m_e = 4\pi^2 (m + \zeta m_s)$
	$\sum_{i=1}^n m_s/m > 2.63$	$m_e = 4m_s$	$m_e = 16m_s$	$m_e = 16(2m + m_s)$	$m_e = 16(2m + \sum_{i=1}^n m_s)$	$m_e = 16(2m + \sum_{i=1}^n m_{s_i})$	$m_e = 16(2m + m_s)$

注： $m$ ——弹簧承受的质量， $\zeta$ ——质量转化因子，根据弹簧大小端半径之比  $R_2/R_1$  查图 23.2-18。

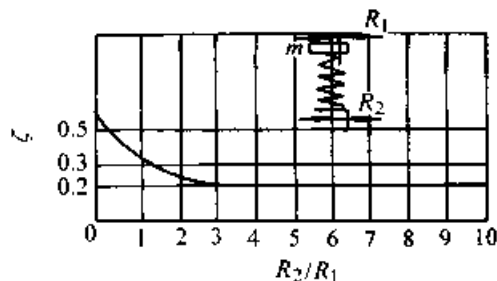


图 23.2-18 质量转化因子  $\zeta$

### 6.2 强度计算

若弹簧所受激振载荷为

$$F(t) = F_m + F_a \sin 2\pi \nu t$$

则簧丝的扭应力可按下列公式计算：

$$\tau_{\max} = 8DF_m / (\pi d^3) + 8KDF_a / [\pi d^3(1 - \lambda)] \quad (23.2-20)$$

$$\tau_{\min} = 8DF_m / (\pi d^3) - 8KDF_a / [\pi d^3(1 - \lambda)] \quad (23.2-21)$$

式中  $F_m$  —— 平均载荷；

$F_a$  —— 载荷幅；

$\lambda$  —— 频率比 ( $= \nu/\nu_n$ )。

将所得  $\tau_{\max}$  和  $\tau_{\min}$  值代入式 (23.2-5) 和式 (23.2-6) 可计算出安全因数  $S$  和  $S_s$ 。

尺寸偏差强烈影响弹簧的振动频率，因此，强度计算误差也可能很大，所以最好通过试验进行修正。

### 7 受冲击载荷的圆柱螺旋弹簧

当冲击体的速度  $v < 5 \text{ m/s}$  时, 在工程上可按下述公式近似计算圆柱螺旋弹簧的变形

$$f = (m + m') / (k g \sin \beta) + [(m g / k)^2 \sin^2 \beta + \xi v^2 m / k]^{1/2}$$

$$\xi = m / (m + m' + \zeta m_s) \quad (23.2-22)$$

式中  $m$  —— 冲击体的质量;  
 $m'$  —— 联接在弹簧上的零件的质量。  
 于是, 弹簧受到的冲击载荷为

$$F = k f$$

当冲击速度  $v$  大到某一临界值后, 无论冲击体的质量大小, 均会在弹簧受冲击端的第 1 圈引起塑性变形。对钢制圆柱螺旋弹簧该速度临界值是:

圆截面簧丝  $v = 0.029 \tau_s \quad (\text{m/s})$   
 矩形截面簧丝  $v = 0.022 \tau_s \quad (\text{m/s})$

$$(23.2-23)$$

式中  $\tau_s$  —— 材料的扭转屈服点 (MPa)。

### 8 圆柱螺旋弹簧的可靠性设计

#### 8.1 概率设计

弹簧的强度  $S$  与应力  $\tau$  均为随机变量。弹簧的失效概率分布规律与零件类型、材料种类、应力状态以及使用环境等因素有关。材料强度和圆柱螺旋拉伸弹簧的疲劳强度等数据为正态分布, 圆柱螺旋压缩弹簧的疲劳强度等数据为对数正态分布。

弹簧强度与应力之差  $\delta$  大于零的概率为弹簧的可靠度, 即可靠度

$$R = P(\delta > 0)$$

若  $S$  与  $\tau$  的分布呈正态分布, 则  $\delta$  的分布

亦呈正态分布, 其均值和标准离差为:

$$\mu_\delta = \mu_S - \mu_\tau \quad (23.2-24)$$

$$\sigma_\delta = (\sigma_S - \sigma_\tau)^{1/2} \quad (23.2-25)$$

从而可得标准化变量

$$Z_R = \mu_\delta / \sigma_\delta = (\mu_S - \mu_\tau) / (\sigma_S - \sigma_\tau)^{1/2} \quad (23.2-26)$$

根据  $Z_R$  可由表 23.2-22 查得对应的可靠度  $R$  值。

式 (23.2-26) 也可应用于对数正态分布。

表 23.2-22  $Z_R$  与  $R$  的对应值

$R$	$Z_R$	$R$	$Z_R$
0.5	0	0.999 99	4.265
0.90	1.288	0.999 999	4.753
0.95	1.645	0.999 999 9	5.199
0.99	2.326	0.999 999 99	5.612
0.999	3.091	0.999 999 999	5.997
0.999 9	3.719		

#### 8.2 可靠度计算中的均值和标准离差

##### 8.2.1 参数的均值和标准离差

正态分布的参数, 如强度  $S$ , 均值  $\mu_\delta$  和标准离差  $\sigma_\delta$  可根据足够的数据用下列公式估计:

$$\mu_\delta = \sum_{i=1}^z S_i / z \quad (23.2-27)$$

$$\sigma_\delta = \left[ \sum_{i=1}^z (S_i - \mu_\delta)^2 / (z - 1) \right]^{1/2} \quad (23.2-28)$$

##### 8.2.2 函数式的均值和标准离差

弹簧的基本设计公式是多设计参数的函数式, 若设计参数呈正态分布, 则函数式的均值和标准离差计算式可查表 23.2-23。

表 23.2-23 正态分布参数各种函数式的均值和标准离差计算式

函数式	$\mu_z$	$\sigma_z^2$	$(\sigma_z / \mu_z)^2$
$c$	$c$	0	0
$c x$	$c \mu_x$	$c^2 \sigma_x^2$	$(\sigma_x / \mu_x)^2$
$c \pm x$	$c \pm \mu_x$	$\sigma_x^2$	—
$x \pm y$	$\mu_x \pm \mu_y$	$\sigma_x^2 + \sigma_y^2$	—
$x y$	$\mu_x \mu_y$	$\mu_x^2 \sigma_y^2 + \mu_y^2 \sigma_x^2$	$(\mu_x^2 \sigma_y^2 + \mu_y^2 \sigma_x^2) / (\mu_x^2 \mu_y^2)$
$x / y$	$\mu_x / \mu_y$	$(\mu_x^2 \sigma_y^2 + \mu_y^2 \sigma_x^2) / [\mu_y^2 (\mu_x^2 + \sigma_y^2)]$	$(\mu_x^2 \sigma_y^2 + \mu_y^2 \sigma_x^2) / [\mu_x^2 (\mu_y^2 + \sigma_y^2)]$

续表 23.2-23

函 数 式	$\mu_z$	$\sigma_z^2$	$(\sigma_z/\mu_z)^2$
$r^2$	$\mu_x^2 + \sigma_x^2 \approx \mu_x^2$	$(2\mu_x\sigma_x)^2$	$(2\sigma_x/\mu_x)^2$
$r^n$	$\mu_x^n$	$(n\mu_x^{n-1}\sigma_x)^2$	$(n\sigma_x/\mu_x)^2$
$\ln r$	$\ln \mu_x - \ln[(\sigma_x/\mu_x)^2 + 1]/2$	$\ln[(\mu_x^2 + \sigma_x^2)/\mu_x^2]$	—
$(ax^2 + by^2)^{1/2}$	$(a\mu_x^2 + b\mu_y^2)^{1/2}$	$[(a\mu_x\sigma_x)^2 + (b\mu_y\sigma_y)^2]/(a\mu_x^2 + b\mu_y^2)$	$[(a\mu_x\sigma_x)^2 + (b\mu_y\sigma_y)^2]/(a\mu_x^2 + b\mu_y^2)$

### 9 螺旋弹簧的许用应力

根据工作情况将圆柱螺旋弹簧所承载荷分成三类：Ⅰ类，作用在弹簧上的载荷循环次数在  $10^6$  以上；Ⅱ类，作用在弹簧上的载荷循环次数

在  $10^3 \sim 10^6$  之间；Ⅲ类，作用在弹簧上的载荷循环次数在  $10^3$  以下直至静载荷。

各种簧丝在各类载荷下的许用应力见表 23.2-24 和表 23.2-25。

表 23.2-24 各种冷拔簧丝的许用应力

簧 丝 类 型		油 淬 火 回 火 钢 丝	碳 素 弹 簧 钢 丝、 琴 钢 丝	不 锈 钢 丝	青 铜 线	
许 用 应 力 $\tau_p$	压 缩 弹 簧	Ⅲ 类	$0.55\sigma_b$	$0.50\sigma_b$	$0.45\sigma_b$	$0.40\sigma_b$
		Ⅱ 类	$(0.40 \sim 0.47)\sigma_b$	$(0.38 \sim 0.45)\sigma_b$	$(0.34 \sim 0.38)\sigma_b$	$(0.30 \sim 0.35)\sigma_b$
		Ⅰ 类	$(0.35 \sim 0.40)\sigma_b$	$(0.35 \sim 0.38)\sigma_b$	$(0.28 \sim 0.34)\sigma_b$	$(0.25 \sim 0.30)\sigma_b$
	拉 伸 弹 簧	Ⅲ 类	$0.44\sigma_b$	$0.40\sigma_b$	$0.36\sigma_b$	$0.32\sigma_b$
		Ⅱ 类	$(0.32 \sim 0.38)\sigma_b$	$(0.30 \sim 0.36)\sigma_b$	$(0.27 \sim 0.30)\sigma_b$	$(0.24 \sim 0.28)\sigma_b$
		Ⅰ 类	$(0.28 \sim 0.32)\sigma_b$	$(0.24 \sim 0.30)\sigma_b$	$(0.22 \sim 0.27)\sigma_b$	$(0.20 \sim 0.24)\sigma_b$
	扭 转 弹 簧	Ⅲ 类	$0.80\sigma_b$		$0.75\sigma_b$	
		Ⅱ 类	$(0.60 \sim 0.68)\sigma_b$		$(0.55 \sim 0.65)\sigma_b$	
		Ⅰ 类	$(0.50 \sim 0.60)\sigma_b$		$(0.45 \sim 0.55)\sigma_b$	

- 注：1. 本表不适用于簧丝直径  $d < 1.0$  mm 的钢丝。
- 2. 表中  $\sigma_b$  值取抗拉强度的下限值。
- 3. 对受Ⅰ类载荷的弹簧，表中给出的是  $\tau_c$ 。

表 23.2-25 热卷螺旋弹簧的许用应力

材 料 牌 号	许 用 应 力 $\tau_p$ / MPa					
	压 缩 弹 簧			拉 伸 弹 簧		
	Ⅲ 类	Ⅱ 类	Ⅰ 类	Ⅲ 类	Ⅱ 类	Ⅰ 类
65Mn	570	455	340	380	325	285
55Si2Mn, 55Si2MnB, 50CrVA, 60Si2Mn, 60Si2MnA	740	590	445	495	420	310
55CrMnA, 60SiMnA	710	570	430	475	405	360

注：对受Ⅰ类载荷的弹簧，表中给出的是  $\tau_c$ 。

## 第3章 多股螺旋弹簧

### 1 多股螺旋弹簧的类型与特性

用多股钢丝拧成钢索制成的螺旋弹簧称为多股螺旋弹簧。

#### 1.1 类型

多股螺旋弹簧只有圆柱形一种。按受力情况分为压缩、拉伸和扭转弹簧，不过后者应用很少。

#### 1.2 结构

多股螺旋弹簧是由多股钢丝拧成的钢索缠绕而成（见图 23.3-1），其结构与单股簧丝的螺旋弹簧相同，且钢索中的每股钢丝都构成一个圆柱螺旋弹簧。钢索一般由 2~7 股 0.5~3 mm 的钢丝拧成，压缩弹簧钢索的旋向应与弹簧的旋向相反，而拉伸弹簧钢索的旋向应与弹簧的旋向相同，

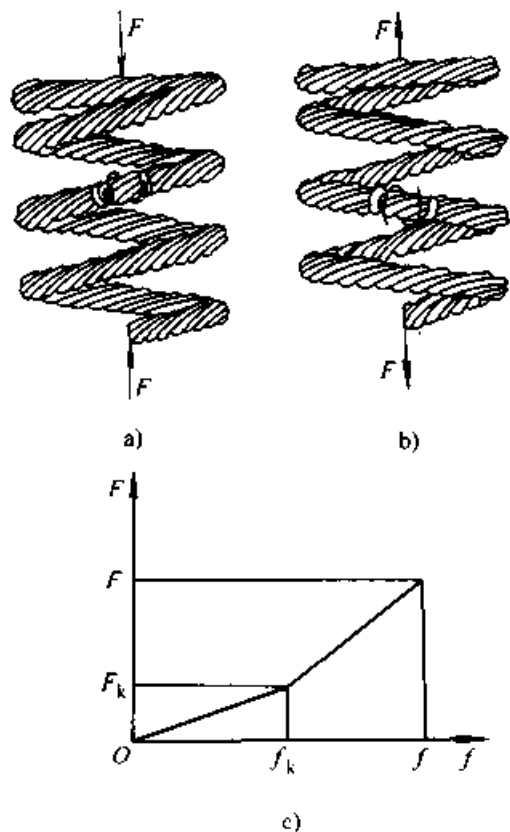


图 23.3-1 多股螺旋弹簧

a) 压缩弹簧 b) 拉伸弹簧 c) 特性线

这样钢索才不会松散。

钢索为 2~4 股钢丝时，制成无中心股的钢索（见图 23.3-2a~c），当超过 4 股钢丝后，一般要制成有中心股的钢索（见图 23.3-2d、e），这样可以增加各股钢丝相对位置的稳定性，减少受力后的相对位移。

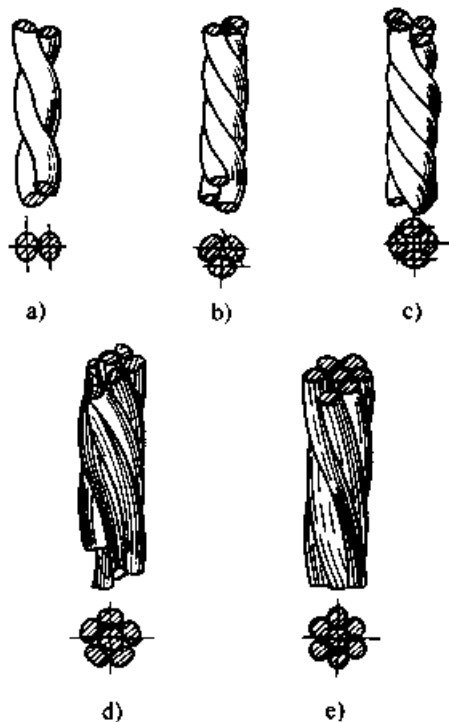


图 23.3-2 多股螺旋弹簧钢索结构

#### 1.3 特性

多股螺旋弹簧在承受载荷前钢索的各股钢丝间接触是不紧密的。承受载荷并达到一定数值时，各股钢丝才拧紧。拧紧前后弹簧的特性是不同的，故特性线为两条直线组成的折线，具有明显的转折点。转折点的载荷、变形均以脚标  $k$  表示，如  $F_k$ 、 $f_k$ 。 $F_k$  与最大工作载荷之比  $F_k/F$  是多股螺旋弹簧的重要参数，一般应取  $F_k/F = 1/4 \sim 1/3$ 。

由于多股螺旋弹簧变形时各股钢丝之间磨损较大，故载荷循环次数超过  $10^6$  次以上（即要求弹簧具有无限寿命）的情况下，不宜采用多股螺旋弹簧。



多股螺旋弹簧的其他特性有:

① 强度高, 多股螺旋弹簧采用直径较小的碳素弹簧钢丝制成, 而碳素弹簧钢丝的直径愈小, 强度愈高;

② 特性线较平直, 柔度较大;

③ 弹簧变形时钢索各股钢丝间产生一定的摩擦力, 消耗较多的能量, 减振能力较强。但在循环载荷作用下, 磨损也较严重;

④ 比单股螺旋弹簧寿命长, 安全性高;

⑤ 制造工艺较复杂, 自动化程度低, 成本高, 因而, 无特殊需要一般不采用。

## 2 无中心股多股螺旋压缩弹簧

### 2.1 钢索结构尺寸关系

多股螺旋弹簧和钢索结构尺寸见图 23.3-3, 图中  $d_2$  为各钢丝中心所在圆的直径,  $t_c$  为钢丝的节距, 称作钢索的索距。

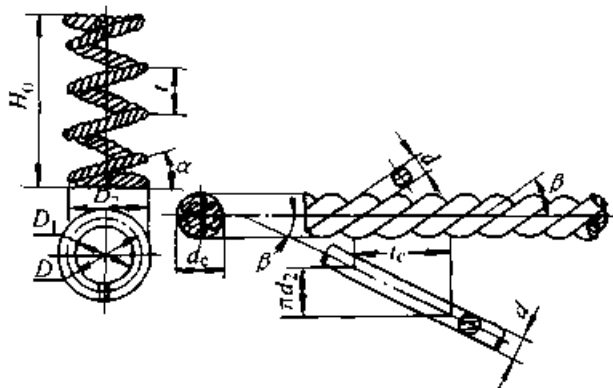


图 23.3-3 多股螺旋弹簧和钢索结构尺寸

#### 2.1.1 参数 $\psi_0$

$\psi_0$  为相邻两股钢丝的两个切点在垂直于钢索中心线的投影面内, 钢丝绕钢索中心线所转的角度 (见图 23.3-4), 它与钢索的钢丝股数  $m$ 、钢索的拧角  $\beta$  三个参数间的关系为

$$\psi_0 + \tan^2 \beta \sin \psi_0 = 2\pi/m \quad (23.3-1)$$

#### 2.1.2 钢丝中心所在圆直径 $d_2$

各股钢丝中心所在圆的直径  $d_2$  与  $\psi_0$  和  $\beta$  的关系为

$$d_2 = \epsilon d$$

$$\epsilon = 1/|\sin(\psi_0/2)[1 + \tan^2 \beta \cos^2(\psi_0/2)]^{1/2}| \quad (23.3-2)$$

$\epsilon$  值亦可由表 23.3-1 查出。

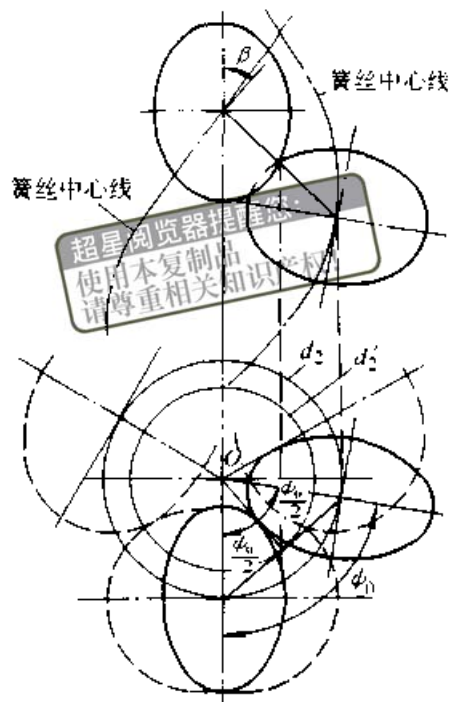


图 23.3-4 无中心股钢索几何尺寸关系

表 23.3-1 因子  $\epsilon$  值

钢索股数 $m$	钢索拧角 $\beta/ (^{\circ})$				
	15	20	25	30	35
2	1	1	1	1	1
3	1.166	1.174	1.192	1.216	1.252
4	1.456	1.462	1.502	1.548	1.606

#### 2.1.3 钢索直径 $d_c$

钢索直径  $d_c$  的大小与钢索的股数  $m$  和钢索拧角  $\beta$  有关, 其值可用下式计算:

3 股钢索

$$d_c = [1 + \cos \beta / (\frac{1}{4} + \frac{1}{2} \cos \beta)^{1/2} + \lambda] d \quad (23.3-3)$$

4 股钢索

$$d_c = [1 + \cos \beta / (\frac{1}{2} \cos 2\beta)^{1/2} + \lambda] d \quad (23.3-4)$$

式中  $\lambda$  称为钢索拧紧因子, 其值与拧角  $\beta$  成正比, 通常在 0.1~0.2 范围内。

#### 2.1.4 钢索索距 $t_c$

索距  $t_c$  的计算式为

$$t_c = \pi d_2 \cot \beta \quad (23.3-5)$$

## 2.2 参数选取

钢索股数  $m$  一般最好取为 3~4。

钢索索距  $t_c$  对 3 股螺旋弹簧应在 3~14 倍簧丝直径范围内选取, 对 4 股螺旋弹簧应在 8~12 倍簧丝直径范围内选取, 并应取毫米整数或带 0.5 的毫米值。

钢索拧角  $\beta$  一般取  $15^\circ \sim 30^\circ$ ; 当要求弹簧具有较高的刚度时,  $\beta$  可取到  $45^\circ$ ; 当要求弹簧具

有较大减振作用时,  $\beta$  可在  $30^\circ \sim 40^\circ$  范围内选取; 当要求弹簧的特性线有较大范围的线性关系时,  $\beta$  可在  $22^\circ \sim 25^\circ$  范围内选取。一般情况下建议按表 23.3-2 选取。

旋绕比  $C$  一般应在 4~8 范围内选取, 最小应不小于 3。

表 23.3-2 推荐的钢索拧角  $\beta$  (摘自 GB/T 13828—1992)

钢索股数 $m$	$t_c/d$	8	9	10	11	12	13	14
3	$\beta$	$24.97^\circ$	$22.37^\circ$	$20.25^\circ$	$18.49^\circ$	$17.00^\circ$	$15.74^\circ$	$14.64^\circ$
	$d_c/d$	2.19	2.18	2.17	2.17	2.17	2.17	2.16
4	$\beta$	$31.13^\circ$	$27.78^\circ$	$25.08^\circ$	$22.85^\circ$	$20.99^\circ$	—	—
	$d_c/d$	2.54	2.51	2.49	2.48	2.47	—	—

### 2.3 设计计算

#### 2.3.1 钢索拧紧前的刚度

多股螺旋弹簧的刚度与钢索拧角  $\beta$  有关, 其计算式为

$$k = \xi' G d^4 m / (8 D^3 n)$$

$$\xi' = (1 + \mu) \cos \beta / (1 + \mu \cos^2 \beta) \quad (23.3-6)$$

式中  $\xi'$ ——刚度因数;

$\mu$ ——材料的泊松比, 对于钢丝  $\mu = 0.3$ 。

当钢索拧紧时弹簧的变形为

$$f_k = 8 F_k D^3 n / (\xi' G d^4 m) \quad (23.3-7)$$

#### 2.3.2 钢索拧紧后的刚度

拧紧后多股螺旋弹簧的刚度发生变化, 其计算式为

$$k_c = \xi'' G d^4 m / (8 D^3 n) \quad (23.3-8)$$

式中  $\xi''$  为拧紧后的刚度因数, 其值可由图 23.3-5 查得。

#### 2.3.3 多股螺旋弹簧的平均刚度

弹簧平均刚度的计算式为

$$k = \xi G d^4 m / (8 D^3 n) \quad (23.3-9)$$

$$1/\xi = F_k / (\xi' F) + (F - F_k) / (\xi'' F)$$

平均刚度因数  $\xi$  的倒数  $1/\xi$  可根据  $F_k/F$  和  $\beta$  在图 23.3-6 中查得。 $1/\xi$  值的查取法: 从下横坐标根据  $\beta$  值(如  $30^\circ$ )向上作垂线, 与两条曲线相交(如 A, B), 从两个交点引水平线至两边纵坐标, 得两点(如 C, D), 再作该两点的连线。从上横坐标根据  $F_k/F$  值作垂线, 与该连线相交(如 E), 该交点的横坐标值即为查得的  $1/\xi$  值。

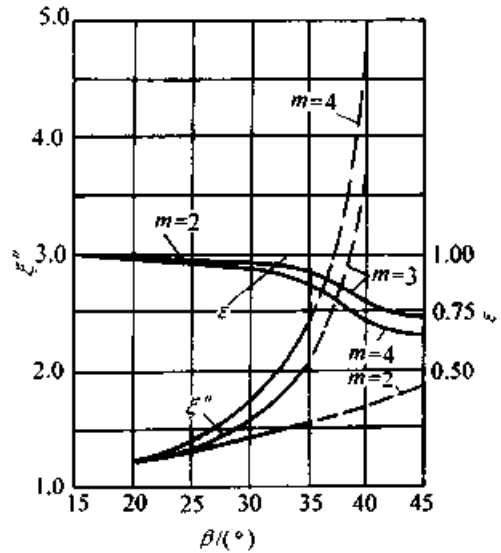


图 23.3-5 刚度因数  $\xi''$

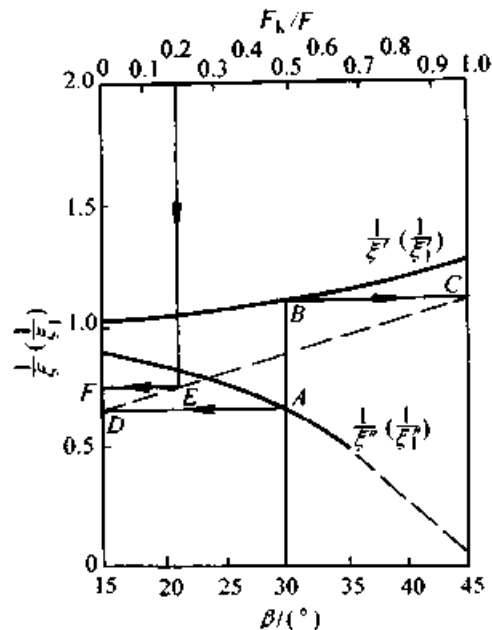


图 23.3-6 平均刚度因数的倒数  $1/\xi$  值

3股钢索螺旋弹簧，通常其平均刚度因数  $\xi = 1.2 \sim 1.3$ ；4股钢索螺旋弹簧，通常其平均刚度因数  $\xi = 1.1 \sim 1.2$ 。

因此，根据要求的弹簧刚度可以求出弹簧应有的有效圈数

$$n = \xi G d^4 m / (8 D^3 k) \quad (23.3-10)$$

### 2.3.4 弹簧的强度计算

根据第三强度理论导出钢丝直径的计算公式为

$$d \geq [8 K_{\alpha} F D / (\pi m \tau_p)]^{1/3} \quad (23.3-11)$$

$$K_{\alpha} = (\gamma_b^2 + \gamma_T^2)^{1/2}$$

$$\gamma_b = (F_k / F) \sin \beta + \gamma_b (F - F_k) / F$$

$$\gamma_T = (F_k / F) \cos \beta + \gamma_T (F - F_k) / F$$

$\gamma_b$  和  $\gamma_T$  是考虑钢索拧紧后钢丝互相间的作用力对钢丝载荷影响的因子，其值可查图 23.3-7。

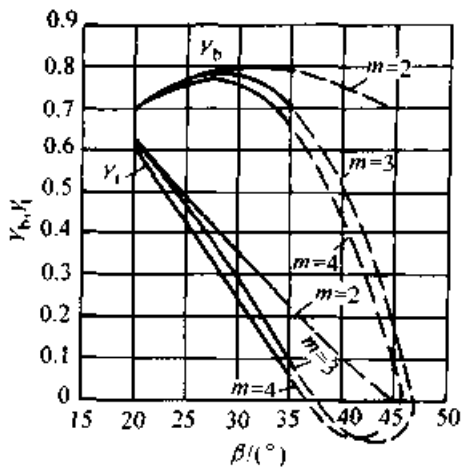


图 23.3-7 因子  $\gamma_b$  和  $\gamma_T$

### 2.3.5 展开长度

弹簧钢索的展开长度为

$$L = n_1 [(\pi D)^2 + t^2]^{1/2} \quad (23.3-12)$$

弹簧钢丝的展开长度

$$L_1 = m L [1 + \pi (d_c - d) / t_c]^2]^{1/2} \quad (23.3-13)$$

弹簧其他结构尺寸的计算与圆截面单股螺旋弹簧相同。

## 2.4 无中心股多股螺旋压缩弹簧几何尺寸系列

弹簧中径和圈数的系列尺寸见表 23.3-3 和表 23.3-4。

表 23.3-3 多股螺旋弹簧中径 D 系列

超星浏览器提醒您: 请勿随意复制、转载本资料!									
(mm)									
4	4.5	5	5.5	6	6.5	7	7.5	8	8.5
9	9.5	10	11	12	13	14	15	16	17
18	19	20	22	26	30	35	40	45	50
55	60	70	80	90	100				

表 23.3-4 多股螺旋弹簧有效圈数 n 系列

3	3.5	4	4.5	5	5.5	6	7	8	9
10	11	12	13	14	15	16	18	20	22
25	28	30	32	35	38	40	45	50	

## 3 有中心股多股螺旋压缩弹簧

### 3.1 钢索结构尺寸

图 23.3-8 为有中心股钢索的横截面几何尺寸关系。

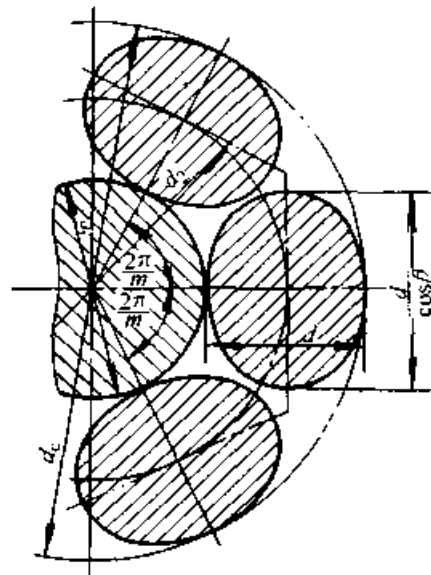


图 23.3-8 有中心股钢索横截面几何尺寸关系

令  $d$  为钢索外层钢丝直径， $d_1$  为中心股钢丝直径， $d_1'$  为钢索拧紧时外层钢丝内切圆直径， $d_2$  为各外层钢丝中心所在圆的直径， $d_c$  为钢索外径。因而有

$$d_2 = d_1 + d \quad (23.3-14)$$

$$d_c = d_1 + 2d \quad (23.3-15)$$

通常取  $d_1' / d_1 = 0.84 \sim 0.90$ 。在选取钢丝直径时，应使  $d_1 > d_1'$ ，若  $m = 5$ ，则取  $d_1 = d_1'$ 。

钢索拧角  $\beta$  的正切

$$\tan \beta = \pi d_2 / t_c \quad (23.3-16)$$

拧角的极限值为

$$\cos\beta_j = md/[\pi(d_1 + d)] \quad (23.3-17)$$

通常取钢索拧角  $\beta = 25^\circ \sim 30^\circ$ 。

### 3.2 设计计算

#### 3.2.1 拧紧前的刚度

拧紧前的刚度计算式为

$$k = \xi_1' Gd^4 m / (8D^3 n) \quad (23.3-18)$$

$$\xi_1' = (1 + \mu)\cos\beta / (1 + \mu\cos^2\beta) + (d_1/d)^4 / m$$

式中  $\xi_1'$  为刚度因数，当  $m = 5$ 、 $d_1 = d$ 、 $\mu = 0.3$  时，其值可由图 23.3-9 直接查出。

当钢索拧紧时弹簧的变形为

$$f_k = 8F_k D^3 n / (\xi_1' Gd^4 m) \quad (23.3-19)$$

#### 3.2.2 拧紧后的刚度

拧紧后的刚度为

$$k = \xi_1'' Gd^4 m / (8D^3 n) \quad (23.3-20)$$

$$\xi_1'' = (1 + \mu\sin^2 2\beta) / \cos\beta + (d_1/d)^4 / m$$

对于  $m = 5$ 、 $d_1 = d$ 、 $\mu = 0.3$  的多股螺旋弹簧， $\xi_1''$  值可查图 23.3-9。

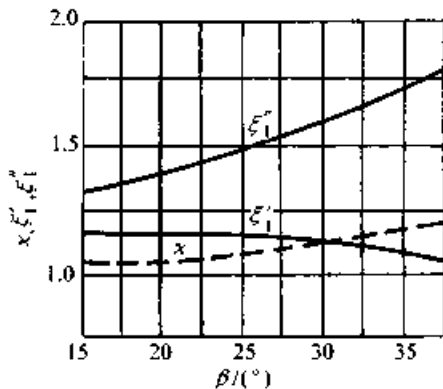


图 23.3-9 刚度因数  $\xi_1'$  和  $\xi_1''$

#### 3.2.3 平均刚度

最大工作载荷除总的变形量为平均刚度，有中心股多股螺旋弹簧平均刚度的计算式为

$$k = \xi_1 Gd^4 m / (8D^3 n) \quad (23.3-21)$$

$$1/\xi_1 = F_k / (\xi_1' F) + (F - F_k) / (\xi_1'' F)$$

### 3.3 强度计算

根据强度理论，满足强度条件的中心股钢丝直径按下式计算

$$d \geq [8K_{\tau 1} F D / (\pi \tau_p)]^{1/3}$$

$$K_{\tau 1} = K_{\tau 11} (F_k F) + K_{\tau 12} (F - F_k) / F$$

$$K_{\tau 11} = \chi / (m + \chi) \quad (23.3-22)$$

$$K_{\tau 12} = \cos\beta / [\cos\beta + m(1 + \mu\sin^2 2\beta)(d/d_1)^4]$$

式中因子  $\chi$  查图 23.3-9。

## 4 多股螺旋拉伸弹簧

多股螺旋拉伸弹簧的设计计算与压缩弹簧相同，上述设计计算方法与公式均适用。

## 5 多股螺旋扭转弹簧

### 5.1 变形角

多股螺旋扭转弹簧受扭矩  $T$  后的扭转变形角  $\varphi$  的计算式为

$$\varphi = 11520 \zeta D n T / (\pi E d^4 m) \quad (23.3-23)$$

$$\zeta = (2 + \mu\sin^2\beta) / (2\cos\beta)$$

### 5.2 强度计算

多股螺旋扭转弹簧在扭矩  $T$  的作用下，各股钢丝任意截面的危险点均在内侧，满足强度条件的钢丝直径计算式为

$$d = [10K'T / (m\sigma_p)]^{1/3} \quad (23.3-24)$$

式中因子  $K'$  是考虑各股钢丝弯曲对应力的影响而引入的因子，其值根据钢索股数  $m$  及钢索拧角  $\beta$ ，由表 23.3-5 查取。

表 23.3-5 因子  $K'$  值

钢索股数 $m$	钢索拧角 $\beta / (^\circ)$					
	20	22	24	26	28	30
2	1.10	1.12	1.15	1.18	1.21	1.25
3	1.08	1.10	1.12	1.15	1.17	1.20
4	1.06	1.08	1.09	1.11	1.13	1.15

### 5.3 参数选取

- 1) 为避免簧圈在工作时互相摩擦，它们之间应留出间隙，故其螺旋角一般为  $\alpha = 5^\circ \sim 8^\circ$ 。
- 2) 钢索拧角的选取范围为  $\beta = 20^\circ \sim 30^\circ$ 。
- 3) 旋绕比  $C$  一般应不小于 4。

## 6 材料和许用应力

多股螺旋弹簧一般应选用直径  $d < 3 \text{ mm}$  的碳素弹簧钢丝、琴钢丝或油淬火回火碳素弹簧钢丝制造。

多股螺旋弹簧的许用应力见表 23.3-6，表中  $\sigma_b$  取钢丝对应抗拉强度的下限值。

表 23.3-6 多股螺旋弹簧的许用应力

(摘自 GB/T 13828—1992)

变形速度 $v / (\text{m} \cdot \text{s}^{-1})$	~5	>5~8	>8~13
许用扭应力 $\tau_p$	(0.57 ~ 0.62) $\sigma_b$	(0.43 ~ 0.52) $\sigma_b$	
许用弯曲应力 $\sigma_p$	(0.86 ~ 0.97) $\sigma_b$	(0.68 ~ 0.75) $\sigma_b$	

## 第 4 章 圆柱组合螺旋压缩弹簧

为了改善弹簧的性能，常用 2 个以上、直径不同的弹簧，同心安装，组成组合弹簧，见图 23.4-1。

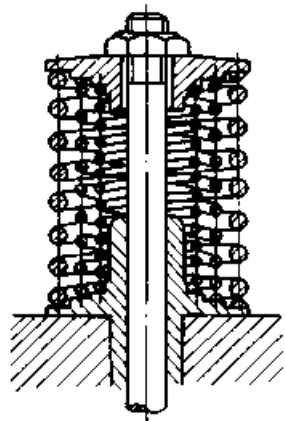


图 23.4-1 组合螺旋压缩弹簧

组合弹簧有并列式和直列式两种。并列式组

合弹簧的当量刚度为各弹簧刚度之和，即

$$k = k_1 + k_2 + \dots + k_n \quad (23.4-1)$$

直列式组合弹簧的当量柔度为各弹簧柔度之和，当量柔度为

$$1/k = 1/k_1 + 1/k_2 + \dots + 1/k_n \quad (23.4-2)$$

### 1 等变形并列式组合压缩弹簧

#### 1.1 尺寸参数关系

弹簧能承受的载荷是各弹簧承载能力之和，即

$$F = F_1 + F_2 + \dots + F_n \quad (23.4-3)$$

为了避免弹簧给支承面过大的扭矩和弹簧间簧圈彼此嵌入，相邻弹簧的旋向应相反，见图 23.4-2。

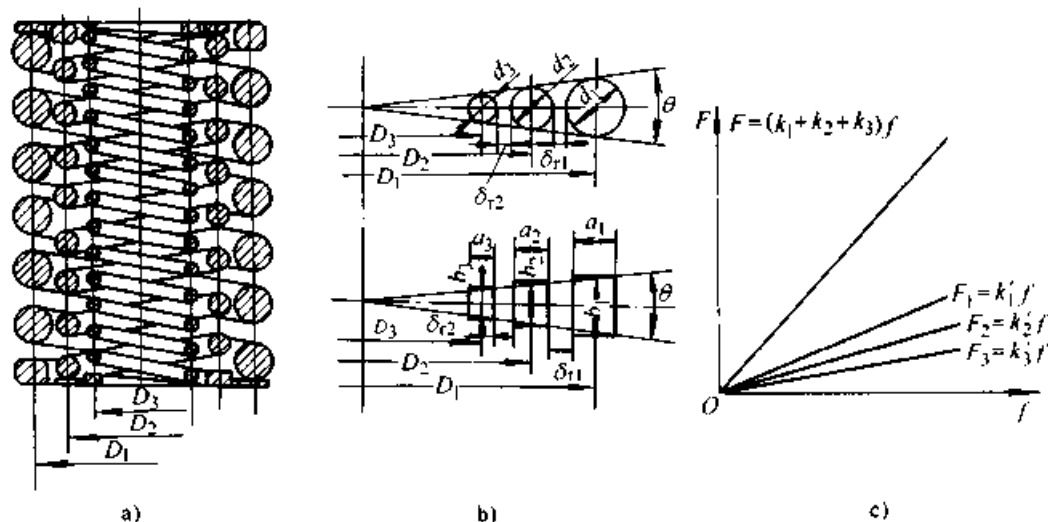


图 23.4-2 组合螺旋压缩弹簧的截面尺寸

a) 并列组合弹簧 b) 截面尺寸参数关系 c) 刚度组合关系

弹簧受载后，各组成弹簧的变形量相同，都等于总变形量，因此，各组成弹簧的压并高度应该相同。

为使各组成弹簧的应力相同，则各组成弹簧的旋绕比亦必须相等，即

$$C = D_1/d_1 = D_2/d_2 = \dots = D_n/d_n \quad (23.4-4)$$

满足上述要求，对圆截面簧丝，簧丝截面布置夹角  $\gamma$  的计算式为

$$\tan \gamma = 1/(2C) = [4\pi H_0 \tau_p / (KGf)]^{1/2} \quad (23.4-5)$$

对矩形截面簧丝，簧丝截面布置夹角  $\gamma$  的计算式为

$$\tan \gamma = 1/(2C) = [4\pi K_3(b/a)H_b\tau_p / (2K_2Gf)]^{1/2} \quad (23.4-6)$$

式中：当  $b/a < 1$  时，用  $a/b$  代替； $K_2$ 、 $K_3$  查表 23.2-10。

要使各组成弹簧强度相等，则应考虑簧丝直径对许用应力的影响，若认为许用应力与簧丝直径成反比，则等强度条件应满足

$$C_1/d_1 = C_2/d_2 = \dots = C_z/d_z \quad (23.4-7)$$

### 1.2 径向间隙

各组成弹簧之间的间隙  $\delta_r$ ，要考虑弹簧内、外径的公差，垂直度偏差和受载后直径的变化。一般可取

$$\delta_{(z-1)r} = (d_{z-1} - d_z)/2 \quad (23.4-8)$$

### 1.3 强度计算

组合弹簧的承载能力是各个弹簧承载能力之和，根据等应力条件，建立起载荷与弹簧个数间

的关系式为

$$F = [(\zeta^z - 1)/(\zeta - 1)]\pi\tau_p D_1^2 / (8KC^3) \quad (23.4-9)$$

$$\zeta = (1 - 2/C)^2 \quad (23.4-10)$$

可以根据弹簧载荷选定最外层簧丝中径  $D_1$ ，按上式计算所需弹簧个数  $z$ 。也可以选定弹簧个数  $z$ ，计算所需最外层簧丝中径  $D_1$ 。

## 2 不等变形并列式组合压缩弹簧

图 23.4-3a 为不等高度弹簧组成的并列式组合弹簧，受载后各组成弹簧依次顺序进入承载状态，各个弹簧变形不等。这种组合弹簧的特性线为非线性，刚度为变量（见图 23.4-3b）。

图 23.4-3 所示不等变形并列式组合压缩弹簧的结构特点是各组成弹簧由外层向内层依次降低  $h_2$ 、 $h_3$ 、 $\dots$ 、 $h_z$ ，受载后各组成弹簧的变形依次为

$$f_1 = h_2 + f_2 = h_3 + f_3 = \dots = h_z + f_z \quad (23.4-11)$$

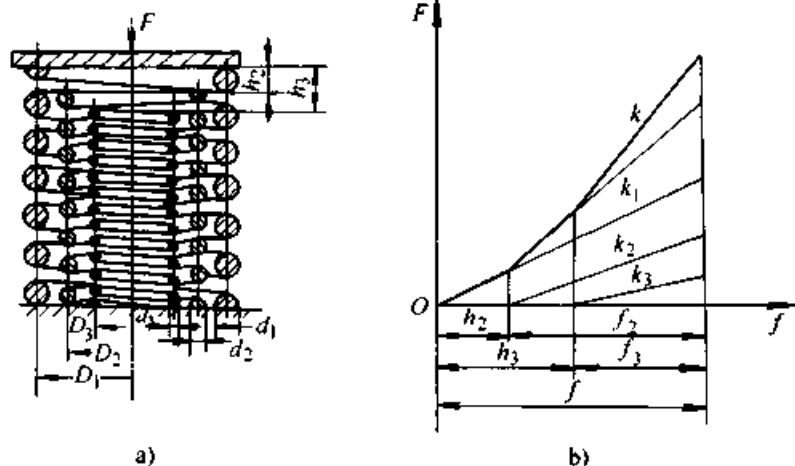


图 23.4-3 不等变形并列式组合螺旋压缩弹簧及其特性线  
a) 并列组合弹簧 b) 特性线

各组成弹簧的变形公式可表达为

$$f_i = \gamma C_i^2 \quad (23.4-12)$$

$$\gamma_i = \pi H_b \tau_i / G$$

若各组成弹簧的压并高度相等、应力相等，则  $\gamma$  为一常量。于是各组成弹簧的高度差应为

$$h_2 = \gamma(C_1^2 - C_2^2)$$

$$h_3 = \gamma(C_1^2 - C_3^2) \quad (23.4-13)$$

$$\vdots$$

$$h_z = \gamma(C_1^2 - C_z^2)$$

若各组成弹簧的压并高度相等、强度相等，则在簧丝许用应力与直径成反比 ( $\tau_p d = \alpha$ ) 的条件下，各组成弹簧的高度差应为

$$h_2 = \gamma'(C_1^2/d_1 - C_2^2/d_2)$$

$$h_3 = \gamma'(C_1^2/d_1 - C_3^2/d_3)$$

$$\vdots \quad (23.4-14)$$

$$h_z = \gamma'(C_1^2/d_1 - C_z^2/d_z)$$

$$\gamma' = \pi H_b \alpha / G$$

### 3 直列式组合压缩弹簧

图 23.4-4 为直列式组合压缩弹簧。这种组合弹簧中各个组成弹簧所受载荷相等，而组合弹簧的总变形  $f$  为各组合弹簧变形之和。

因此，压并第  $i$  个弹簧前，组合弹簧的刚度为

$$1/k_i = 1/k_1 + 1/k_2 + \dots + 1/k_i \quad (23.4-15)$$

随着各组成弹簧陆续被压并，组合弹簧的刚度发生变化，依次变为

$$\begin{aligned} 1/k_{II} &= 1/k_2 + 1/k_3 + \dots + 1/k_n \\ &\vdots \\ 1/k &= 1/k_n \end{aligned} \quad (23.4-16)$$

显然，利用此种结构形式的组合弹簧，可以获得渐增的特性线

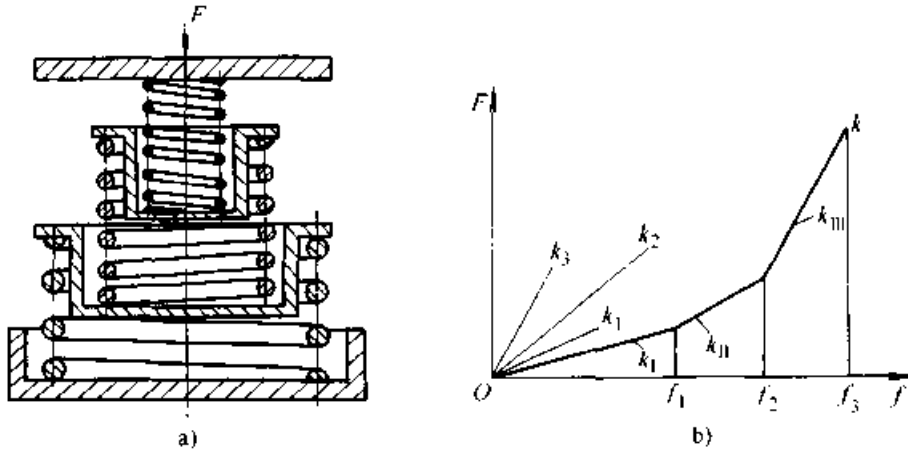


图 23.4-4 直列式组合压缩弹簧及其特性线

a) 直列式组合弹簧 b) 特性线

## 第 5 章 非线性特性线螺旋弹簧

### 1 不等节距圆柱螺旋压缩弹簧

这种弹簧与普通圆柱螺旋压缩弹簧的主要区别就是其节距大小不等。随着载荷增大，该弹簧按节距从小至大依次顺序并紧，刚度逐渐增大，见图 23.5-1。因此，其特性线为渐增型曲线，而非线性。

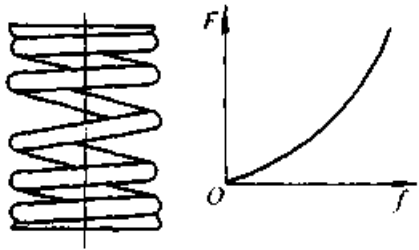


图 23.5-1 不等节距螺旋弹簧及其特性线

弹簧可以是各圈之间节距均不相等，也可以几圈为一组，各组间节距不等。节距可以由小至大顺序排列，也可以按两端小中间大双向排列。

#### 1.1 弹簧的变形

不等节距圆柱螺旋压缩弹簧相当于多个不同节距螺旋弹簧的直列组合，若簧圈间距由小至大顺序排列，当第  $i$  圈弹簧作用载荷  $F_i$  后并紧，弹簧的变形为

$$f_i = \sum_{j=1}^i \delta_j + (n-i)\delta_i \quad (23.5-1)$$

式中  $\delta_i$  ——簧圈的间距。

如果簧圈间距是连续变化的(特性线为曲线)，

变化规律为  $\delta_i = f(i)$ ，则变形的计算式为

$$f_i = \int_0^i f(i) di + (n-i)f(i) \quad (23.5-2)$$

#### 1.2 弹簧的刚度

弹簧的平均柔度等于弹簧各圈柔度之和，因此，弹簧的平均刚度等于弹簧一圈的刚度除以弹簧圈数，故弹簧一圈的刚度为

$$k_p = Gd^4 / (8D^3) \quad (23.5-3)$$

若簧圈间距由小至大顺序排列，当第  $i$  圈弹簧作用载荷  $F_i$  后并紧，则剩余弹簧圈的平均刚度为

$$k_i = k_p / (n-i) = k_0 k_p / (k_p - ik_0) \quad (23.5-4)$$

若刚度是已知的，则根据要求的刚度求弹簧有效圈数的计算式为

$$n = k_p / k_i + 1 \quad (23.5-5)$$

#### 1.3 设计计算

用下例说明根据曲线形特性线设计计算不等节距圆柱螺旋压缩弹簧的方法，计算项目与步骤见表 23.5-1。

例 设计一特性线方程为  $F = (0.28f + 0.14)^2$  的不等节距圆柱螺旋压缩弹簧。特性线的线性段  $F_0 = 5 \text{ N}$ ；工作载荷范围  $0 \sim 60 \text{ N}$ ；要求中径  $D = 16.3 \text{ mm}$ 。

计算结果见表 23.5-1。

表 23.5-1 不等节距圆柱螺旋压缩弹簧的设计计算

计算项目	计算公式及说明	计算结果
弹簧材料	选用	G2 组琴钢丝
初设簧丝直径	$d$	1.6 mm
簧丝抗拉强度	$\sigma_b$ 查表	2 108 ~ 2 305 MPa
簧丝切变模量	$G$ 查表	78 800 MPa
簧丝许用扭应力	查表 $\tau_p = (0.30 \sim 0.38)\sigma_b$	632 ~ 876 MPa
弹簧旋绕比	$C = D/d = 16.3/1.6$	10.2



续表 23.5-1

计算项目	计算公式及说明	计算结果
曲度因子	$K = (4C - 1)/(4C - 4) + 0.615/C = (4 \times 10.2 - 1)/(4 \times 10.2 - 4) + 0.615/10.2$	1.14
验算簧丝强度	$\tau = 8KDF/(\pi d^3) = 8 \times 1.14 \times 16.3 \times 60/(\pi \times 1.6^3)$	694 MPa, 通过
弹簧刚度	$k = dF/df = 0.56F^{1.2}$	$0.56F^{1.2}$
第 $i$ 圈并紧时所加载荷	$F_i = 3.19k_i^2$	$3.19k_i^2$
弹簧各圈的刚度	$k_p = Gd/(8C^3) = 78\,800 \times 1.6/(8 \times 10.2^3)$	14.9 N/mm
弹簧并圈前的最大变形	$f_0 = (F_0^{1.2} - 1.04)/0.28 = (5^{1.2} - 1.04)/0.28$	4.3 mm
弹簧并圈前的刚度	$k_0 = F_0/f_0 = 5/4.3$	1.17 N/mm
有效工作圈数	$n = k_p/k_0 = 15.2/1.17$	$\approx 13$ 圈
各圈并圈后的刚度	$k_i = 1/(1/k_0 - i/k_p)$	结果见表 23.5-2
各圈并圈后的载荷	$F_i = 3.188k_i^2$	结果见表 23.5-2
各圈的间距	$\delta_i = (F_{i-1} + F_i)/(2k_p)$	结果见表 23.5-2
各圈的节距	$t_i = d + \delta_i$	结果见表 23.5-2
端圈	$n_2$ 选取	1.5 圈
总圈数	$n_1 = n + n_2 = 13 + 1.5$	14.5 圈
自由高度	$H_0 = \sum_{i=1}^{13} t_i + (n_2 - 0.5)d = 44.93 + 1 \times 1.6$	46.93 取为 47 mm

表 23.5-2 不等节距螺旋压缩弹簧例题参数计算表

并圈圈序	并圈后刚度	并圈时载荷	间距	节距	并圈圈序	并圈后刚度	并圈时载荷	间距	节距
$i$	$k_i/\text{N} \cdot \text{mm}^{-1}$	$F_i/\text{N}$	$\delta_i/\text{mm}$	$t_i/\text{mm}$	$i$	$k_i/\text{N} \cdot \text{mm}^{-1}$	$F_i/\text{N}$	$\delta_i/\text{mm}$	$t_i/\text{mm}$
0	1.17	5			7	2.60	15.6	0.92	2.52
1	1.27	5	0.31	1.91	8	3.15	21.6	1.25	2.85
2	1.39	5.2	0.32	1.92	9	3.99	31.6	1.78	3.38
3	1.53	6.2	0.38	1.98	10	5.46	50.9	2.77	4.37
4	1.71	7.5	0.46	2.06	11	8.61	94.9	4.89	6.49
5	1.93	9.3	0.56	2.16	12	20.35	236.1	4.89	6.49
6	2.22	11.9	0.71	2.31	13		1320.4	4.89	6.49

注：第 11 圈并紧前并圈载荷已超过 60 N，故 11 圈后采用等间距。

## 2 截锥螺旋压缩弹簧

### 2.1 弹簧的特性

图 23.5-2 为截锥螺旋压缩弹簧及其特性线。这种弹簧在载荷小于大圈并圈载荷  $F_2$  时，刚度为常量，相应地特性线  $OA$  段为直线。当载荷超过  $F_2$  后，簧圈从大圈开始，逐渐接触，有效工

作圈数随之逐渐减少，而刚度逐渐增大，相应地特性线  $AB$  段为渐增型曲线。由于这种弹簧的刚度是变量，故固有频率也是变量，有利于防止发生共振，因而多用于需要减振的场合。

圆锥角  $\psi$  越大，弹簧刚度变化越大，固有频率的变化率越大，对于消除或缓和共振越有利。但圆锥角  $\psi$  大，材料利用率低，而且，当弹簧压并后，簧圈之间的挤压力和径向分力均增

大。同时，还可能发生自锁而不能回弹。另外，如簧圈从大端数起， $R_1$  为大端簧圈的中半径，则  $R_n$  为小端簧圈中半径。若圆锥角  $\psi$  大到使  $R_1 - R_n \geq nd$ ，则弹簧全部压并时，所有簧圈都落在支承座上（压并高度  $H_b = d$ ）。

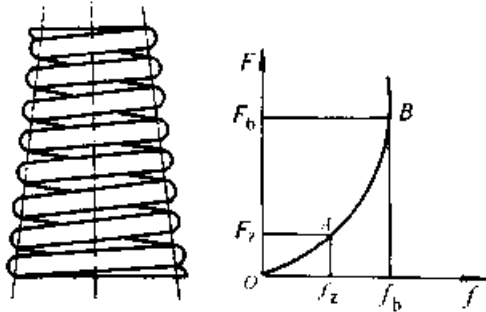


图 23.5-2 截锥螺旋压缩弹簧及其特性线

### 2.2 变形与强度计算

常用的截锥螺旋压缩弹簧有等节距型和等螺旋升角型两种。

等节距型弹簧簧丝中心线的展开线为抛物线（见图 23.5-3），在  $xy$  底平面上的投影为阿基米德螺旋线，极角  $\theta$  每增加  $2\pi$ ，半径  $R$  增加  $t \tan(\psi/2)$ ，

该螺旋线的方程为

$$R = R_n + (R_1 - R_n) \theta / (2\pi n) \quad (23.5-6)$$

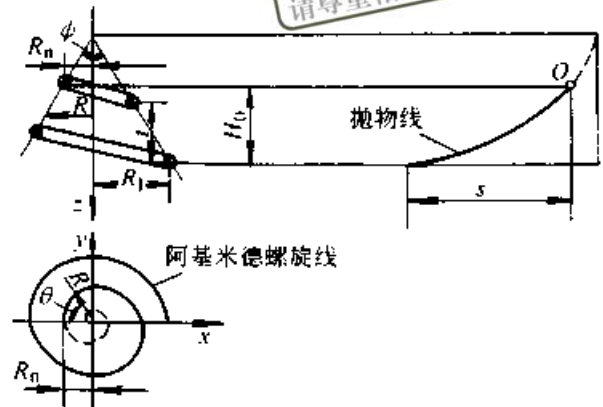


图 23.5-3 等节距截锥螺旋压缩弹簧的几何参数

等螺旋升角型弹簧簧丝中心线的展开线为直线，在  $xy$  底平面上的投影为对数螺旋线（见图 23.5-4），该螺旋线的方程为

$$R = R_n \exp[\theta / (2\pi n) \ln(R_1 / R_n)] \quad (23.5-7)$$

圆形截面簧丝的弹簧，其几何尺寸、变形和强度计算公式见表 23.5-3。

表 23.5-3 圆形簧丝截锥螺旋压缩弹簧的计算公式

参数名称	计 算 公 式	
	等 螺 旋 升 角	等 节 距
锥角	$\psi$ 按结构确定	
大端最大中半径	$R_1$ 按结构确定	
小端最小中半径	$R_n = R_1 - H_b / \tan(\psi/2)$	
第 $i$ 圈的中半径	$R_i = R_1 \exp[(-i/n) \ln(R_1/R_n)]$ $\approx R_1 - (R_1 - R_n)i/n$	$R_i = R_1 - (R_1 - R_n)i/n$
节距	$t = H'_0 / n$	
簧圈压并时的节距	$t' = d \{ 1 - [(R_1 - R_n)/(nd)]^2 \}^{1/2}$	
螺旋升角	$\alpha = 32R_1^2 F_s / (\pi G d^4) + t' / (2\pi R_1)$	
第 $i$ 圈的高度	$H_i = 2\pi i \alpha [R_1 - (R_1 - R_n)i / (2n)]$	$H_i = it$
有效工作圈的自由高度	$H'_0 = n\pi \alpha (R_1 + R_n)$	$H'_0 = nt$
总圈数	端部并紧并磨平，取 $n_2 = 0.75 \sim 1$ ，总圈数 $n_1 = n + 2n_2$	
小端支承圈最小中半径	$R_{n1} = R_n - (n_1 - n)d(R_1 - R_n) / \{ 2[H'_0{}^2 + (R_1 - R_n)^2]^{1/2} \}$	
大端支承圈最大中半径	$R_0 = R_1 + (n_1 - n)d(R_1 - R_n) / \{ 2[H'_0{}^2 + (R_1 - R_n)^2]^{1/2} \}$	
压并高度	$H_b \approx n_1 t'$	
自由高度	$H_0 = H'_0 + (n_1 - n - 0.5)t'$	
簧丝长度	$L = n_1 \pi (R_1 + R_n)$	

几何尺寸

续表 23.5-3

参数名称		计算公式	
		等螺旋升角	等节距
有簧圈接触前的变形和载荷	变形	$f = [16Fn / (Gd^4)] [(R_1^3 - R_0^3) / (R_1 - R_0)]$	
	(在最大圈上) 最大扭应力	$\tau = 16KFR_1 / (\pi d^3)$	
	刚度	$k = [Gd^4 / (16n)] [(R_1 - R_0) / (R_1^3 - R_0^3)]$	
	工作体积	$V = \pi^2 d^2 n (R_1 + R_0) / 4$	
	变形能	$U = [\tau^2 V / (8G)] [1 - (R_0 / R_1)^2]$	
有簧圈接触后的变形和载荷	载荷	$F_1 = \pi G d^4 [\alpha - t' / (2\pi R_1)] / (32 R_1^3)$	$F_2 = (G d^4 (t' + d) / (64 R_1^3))$
	变形	$f_1 = n [16 F_1 (R_1^3 - R_0^3) / (G d^4) + \pi \alpha (R_1^3 - R_0^3) - t' (R_1 - R_0)] / (R_1 - R_0)$	$f_2 = n [16 F_2 (R_1^3 - R_0^3) / (G d^4) + (t - t') (R_1 - R_0)] / (R_1 - R_0)$
	(在最大自由圈上) 扭应力	$\tau_1 = 16 K R_1 F_1 / (\pi d^3)$	

注：表中 K 为曲度因子，根据旋绕比  $C = 2R_1/d$ ，按式 (23.2-3) 计算。

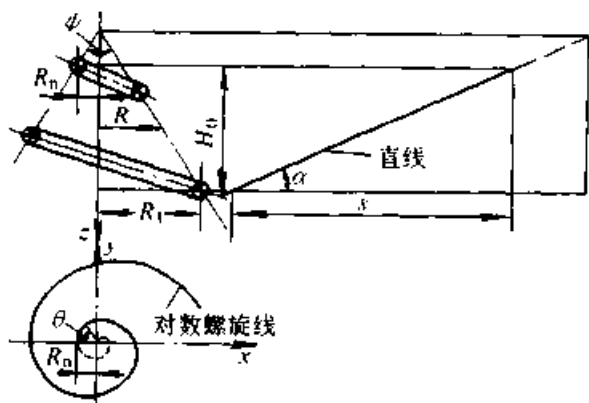


图 23.5-4 等螺旋角截锥螺旋压缩弹簧的几何参数

截锥或不等节距圆柱螺旋弹簧，如气门弹簧；中凹形螺旋弹簧（见图 23.5-6）主要用作坐垫弹簧。它们的特性与截锥螺旋弹簧相类似。

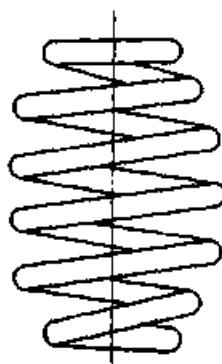


图 23.5-5 中凸形螺旋弹簧

### 3 中凹和中凸形螺旋弹簧

中凸形螺旋弹簧（见图 23.5-5）可以代替

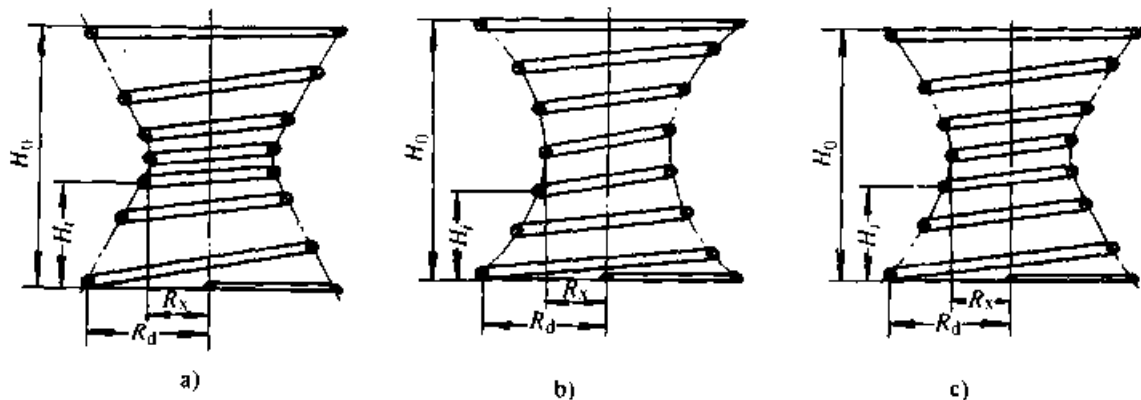


图 23.5-6 中凹形螺旋弹簧

a) 等螺旋升角型 b) 等节距型 c) 等应力型

中凹形螺旋弹簧有等螺旋升角  $\alpha$  (见图 23.5-6a)、等节距  $t$  (见图 23.5-6b) 和等应力  $\tau$  (见图 23.5-6c) 三种。

### 3.1 几何参数

如以  $R_d$  为最大簧圈的中半径,  $R_x$  为最小簧圈的中半径, 从端部工作圈数起第  $i$  圈簧圈的半径, 对中凹形螺旋弹簧

$$R_i = R_x + (R_d - R_x)(1 - 2i/n)^2 \quad (23.5-8)$$

对中凸形螺旋弹簧

$$R_i = R_d - (R_d - R_x)(1 - 2i/n)^2 \quad (23.5-9)$$

从任一端到第  $i$  圈簧圈的自由高度  $H_i$  和弹簧有效工作圈数的自由高度  $H_0$ , 见表 23.5-4。

表 23.5-4 中凹形螺旋弹簧的变形和强度计算公式

参数名称	计 算 公 式			
	等 螺 旋 升 角	等 节 距	等 应 力	
从任一端到第 $i$ 圈簧圈的自由高度	$H_i = 2\pi\alpha n(R_d - R_x) \times [1 - (1 - 2i/n)^3]/6 + iR_x$	$H_i = it$	$H_i = H_0/2 - n\pi\alpha_1[(R_d - R_x)/(R_d - R_x)]^{1/2}[3(R_d - R_x)^2 + 10R_x(R_d - R_x) + 15R_x^2]/(15R_d)$	
有效工作圈数的自由高度	$H_0 = 2n\pi\alpha(R_d + 2R_x)/3$	$H_0 = nt$	$H_0 = 2n\pi\alpha_1[3(R_d - R_x)^2 + 10R_x(R_d - R_x) + 15R_x^2]/(15R_d)$	
第 $i$ 圈簧圈接触时	载荷	$F_i = \pi Gd^4\alpha/(32R_i^2)$	$F_i = Gd^4t/(64R_i^3)$	$F_i = \pi Gd^4\alpha_1/(32R_dR_i)$
	变形	$f_i = 64nF_i[(R_d - R_x)/(R_d - R_x)]^{1/2}[5(R_d - R_x)^3 + 21R_x(R_d - R_x)^2 + 35R_xR_x^2]/(35Gd^4) + 2H_i$	$f_i = 64nF_i[(R_d - R_x)/(R_d - R_x)]^{1/2}[5(R_d - R_x)^3 + 21R_x(R_d - R_x)^2 + 35R_xR_x^2]/(35Gd^4) + nt[1 - [(R_d - R_x)/(R_d - R_x)]^{1/2}]$	$f_i = 64nF_i[(R_d - R_x)/(R_d - R_x)]^{1/2}[5(R_d - R_x)^3 + 21R_x(R_d - R_x)^2 + 35R_xR_x^2]/(35Gd^4) + 2H_i$
	应力	$\tau_i = 16KF_iR_i/(\pi d^3)$		

注:  $\alpha_1$ —最大簧圈工作圈的螺旋角。

### 3.2 有簧圈接触前的变形和应力

有簧圈接触前, 对中凹形弹簧, 载荷  $F$  与变形  $f$  和扭应力  $\tau$  的关系为

$$f = 64nF[5(R_d - R_x)^3 + 21R_x(R_d - R_x)^2 + 35R_dR_x^2]/(35Gd^4) \quad (23.5-10)$$

$$\tau = 16KFR_d/(\pi d^3) \quad (23.5-11)$$

对中凸形弹簧, 载荷  $F$  与变形  $f$  的关系为

$$f = 64nF[-5(R_d - R_x)^3 + 21R_d(R_d - R_x)^2 + 35R_d^2R_x]/(35Gd^4) \quad (23.5-12)$$

式中  $K$  为曲度因子, 根据旋绕比  $C = 2R_d/d$ , 用圆柱螺旋弹簧的公式 (23.2-3) 计算。

### 3.3 簧圈接触后的变形和强度计算 (见表 23.5-4)

## 4 截锥涡卷螺旋弹簧

截锥涡卷螺旋弹簧 (见图 23.5-7) 的特性线与截锥螺旋弹簧相似。这种弹簧能承受较大载荷, 吸收较多的变形能, 结构紧凑。但制造工艺较复杂。成本高。由于簧圈间间隙小, 热处理较困难, 也无法进行抛丸处理。热处理时最好采用热风循环炉加热, 延长保温时间并采用喷油冷却。故除重型机械的减振装置外, 一般都不推荐采用这种弹簧。

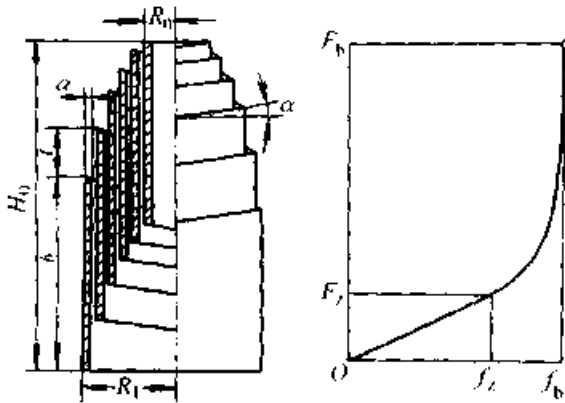


图 23.5.7 截锥涡卷螺旋弹簧及其特性线

截锥涡卷螺旋弹簧一般采用热卷成形，小型的也可冷卷，要用特制的心棒在卷簧机上成形。材料多用热轧硅锰弹簧钢板，也可用铬钒钢板或碳素弹簧钢板。

这种弹簧也有等螺旋角、等节距和等应力三种类型。

设计计算公式见表 23.5-5。当上述材料经热处理后硬度达到或超过 47HRC 时，许用应力可选为：载荷循环次数很少者，取  $\tau_p = 1330$  MPa；载荷循环次数较多者，取  $\tau_p = 770$  MPa；作为悬架使用者，取  $\tau_p = 1120$  MPa；载荷为  $r$  小于 0 的循环载荷者，取  $\tau_p = 380$  MPa。

表 23.5-5 截锥涡卷螺旋弹簧计算公式

参数名称	计 算 公 式		
	等 螺 旋 角	等 节 距	等 应 力
第 $i$ 圈簧圈的中半径	$R_i = R_1 - (R_1 - R_0)\theta / (2n\pi) = R_1 - (R_1 - R_0)i/n$		
几何尺寸	大端到第 $i$ 圈簧圈的自由高度	$H_i = n\pi a [(R_i^2 - R_0^2) / (R_1 - R_0)] + b$	$H_i = nt [(R_1 - R_i) / (R_1 - R_0)] + b$
	有效圈数的自由高度	$H_0 = n\pi a (R_1 + R_0) + b$	$H_0 = nt + b$
	大端到第 $i$ 圈簧圈的展开长度	$L \approx n\pi [(R_i^2 - R_0^2) / (R_1 - R_0)]$	
有簧圈接触前的变形和载荷	变形	$f = n\pi F [(R_1^4 - R_0^4) / (R_1 - R_0)] / (2K_2 G b a^3)$	
	最大扭应力	$\tau = K' F R_1 / (K_3 b a^2)$	
	刚度	$k = 2K_2 G b a^3 [(R_1 - R_0) / (R_1^3 - R_0^3)] / (n\pi)$	
	变形能	$U = K_3 \tau^2 V [1 + (R_0/R_1)^2] / (4K_2 G)$	
有簧圈接触后的变形和载荷	载荷	$F_i = K_2 G b a^3 a / R_i^2$	$F_i = K_2 G b a^3 t / (2\pi R_i^2)$
	螺旋角	$a = F_i R_i^2 / (K_2 G b a^3)$	$a_i = t / (2\pi R_i)$
	变形	$f_i = n\pi [(R_i^2 - R_0^2)\alpha + F_i (R_i^4 - R_0^4) / (2k_2 G b a^3)] / (R_1 - R_0)$	$f_i = n\pi [t (R_1 - R_i) / \pi + F_i (R_i^4 - R_0^4) / (2k_2 G b a^3)] / (R_1 - R_0)$
	扭应力	$\tau_i = K' F_i R_i / (K_3 b a^2)$	
说明	$R_1$ —大端簧圈中半径； $R_0$ —小端簧圈中半径； $R_i$ —从大端数起第 $i$ 圈簧圈中半径； $V$ —簧圈的材料体积； $K'$ —曲度因子， $K' = 1 + a / (2R_i)$ ； $K_2, K_3$ —因子，查表 23.2-10； $a$ —簧丝的厚度； $b$ —簧丝的宽度； $\alpha_1$ —最大簧圈工作圈的螺旋升角		

## 第6章 非圆柱螺旋弹簧

非圆柱螺旋弹簧的型式很多，常用的有方形、矩形、椭圆形和卵形等。这种弹簧在工作时，簧丝截面内的最大应力要比在同样条件下的圆柱螺旋弹簧高，另外，若簧圈为非对称形，为了保证弹簧的稳定性，弹簧必需有导套或导杆。因此，这种弹簧只有在空间尺寸受到严格限制，或在设计上有特殊要求时才采用，而且主要用于承受压力。

非圆柱螺旋弹簧的簧丝截面一般为圆形。它们的特性线为直线型。

### 1 矩形柱螺旋压缩弹簧

#### 1.1 矩形柱螺旋弹簧的几何尺寸关系

图 23.6-1 是矩形柱螺旋弹簧，从几何关系来说，方形柱螺旋弹簧是矩形柱螺旋弹簧的特殊形式。

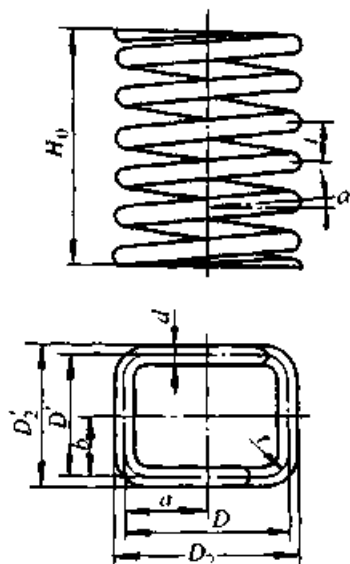


图 23.6-1 矩形柱螺旋压缩弹簧

矩形柱螺旋压缩弹簧的几何参数见表 23.6-1。有关弹簧几何参数的选取和计算参照普通圆柱螺旋压缩弹簧。

簧丝的展开长度

$$L = \zeta_1 n_1 \pi D \quad (23.6-1)$$

$$\zeta_1 = (2/\pi)[1 + (b/a)(1 - 0.43r/b)] \quad (23.6-2)$$

式中  $\zeta_1$  ——簧丝展开长度修正因子；  
 $n_1$  ——弹簧的总圈数。

表 23.6-1 矩形柱螺旋压缩弹簧的几何参数

符号	名称	符号	名称
$d$	簧丝直径	$b$	簧圈短边的半中边长
$D_2$	簧圈长边的外边长	$r$	簧圈过渡圆角中半径
$D$	簧圈长边的中边长	$t$	节距
$D'_2$	簧圈短边的外边长	$\alpha$	螺旋升角
$D'$	簧圈短边的中边长	$H_0$	自由高度
$a$	簧圈长边的半中边长		

#### 1.2 矩形柱螺旋弹簧的设计计算

##### 1.2.1 变形计算

矩形柱螺旋压缩弹簧在压力  $F$  的作用下轴向变形的计算公式为

$$f = 8FD^3 n \eta_1 / (Gd^4) \quad (23.6-3)$$

$$\eta_1 = \xi_1 + 2\xi_2 / (1 + \nu) \quad (23.6-4)$$

$$\begin{aligned} \xi_1 = & (2 - 6/\pi)(r/b)^3(b/a)^3 + (2/\pi - 1) \times \\ & (r/b)^2(b/a)^2 + (2/\pi - 1)(r/b)^2(b/a)^3 + \\ & (1/2 - 2/\pi)(r/b)(b/a) + (1/2 - 2/\pi) \times \\ & (r/b)(b/a)^3 + (2/\pi)(r/b)(b/a)^2 + \\ & (2/\pi)(b/a) + (2/\pi)(b/a)^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \xi_2 = & [1/2 - 5/(3\pi)](r/b)^3(b/a)^3 + (2/\pi - \\ & 1/2)(r/b)^2(b/a)^2 + (2/\pi - 1/2)(r/b)^2 \times \\ & (b/a)^3 + (1/4 - 1/\pi)(r/b)(b/a) + (1/4 - \\ & 1/\pi)(r/b)(b/a)^3 - (1/\pi)(r/b) \times \\ & (b/a)^2 + (b/a)^3/(3\pi) + 1/(3\pi) \end{aligned}$$

对钢制弹簧，代入  $\nu = 0.3$ ，则得

$$\begin{aligned} \eta_1 = & 0.043(r/b)^3(b/a)^3 - 0.153(r/b)^2 \times \\ & (b/a)^3 - 0.153(r/b)^2(b/a)^2 - \\ & 0.242(r/b) \times (b/a)^3 + 0.147(r/b) \\ & (b/a)^2 - 0.242(r/b)(b/a) + 0.163(b/a)^3 + \\ & 0.637(b/a)^2 + 0.637(b/a) + 0.163 \end{aligned} \quad (23.6-5)$$

当矩形簧圈几何尺寸关系为  $r/b = 1$ ， $b/a = 1$  时，即为圆形簧圈，这时  $\eta_1 = 1$ 。在  $r/b$  相同的情况下， $\eta_1$  随着  $b/a$  的增大而增大，即

随着矩形簧圈边长差的增加而增大。同样，在  $b/a$  相同的情况下， $\eta_1$  随着  $r/b$  的减小而增大，即随着过渡圆角半径减小而增大。

如果过渡圆角半径很小，忽略其影响，则矩形柱螺旋弹簧的变形计算公式为

$$f = 8FD^3 n \eta_1 / (Gd^4)$$

$$\eta_1 = 0.163(b/a)^3 + 0.637(b/a)^2 + 0.637(b/a) + 0.163 \quad (23.6-6)$$

而方形柱螺旋弹簧因  $b/a = 1$ ，则有  $\eta_1 = 1.6$ ，表明边长与圆直径相等的方形螺旋弹簧，其变形比圆柱螺旋弹簧大 1.6 倍。

### 1.2.2 应力计算

距簧圈轴线最远的点上扭应力最大，该点至轴线的距离为

$$R = r + [(a-r)^2 + (b-r)^2]^{1/2}$$

令  $R = D\chi_1/2$ ，则

$$\chi_1 = (r/b)(b/a) + [1 - 2(r/b)(b/a) - 2(r/b)(b/a)^2 + 2(r/b)^2(b/a)^2 + (b/a)^2]^{1/2} \quad (23.6-7)$$

若忽略过渡圆角半径  $r$  的影响，则

$$\chi_1 = [1 + (b/a)^2]^{1/2}$$

应力最大点上的扭应力

$$\tau = 8KFD\chi_1 / (\pi d^3) \quad (23.6-8)$$

式中  $K$  ——中径为  $D$  的圆柱螺旋压缩弹簧的曲度因子；

$\chi_1$  ——应力修正因子。

$\chi_1$  是一个大于 1 的数，式 (23.6-8) 表明，簧圈长边中边长为  $D$  的矩形柱螺旋弹簧，其最大应力大于中径为  $D$  的圆柱螺旋弹簧。

在  $r/b$  相同的情况下，簧丝的最大扭应力随  $b/a$  的增加（矩形边长差增大）而增大。同样，在  $b/a$  相同的情况下，簧丝的最大扭应力随  $r/b$  的减小（过渡圆角半径减小）而增大。

当  $r/b \approx 0$ ， $b/a = 1$  时（即过渡圆角很小的方形簧圈）， $\chi_1 = 1.41$ 。这是  $\chi_1$  的最大值。这说明在  $D$  相同的条件下， $r$  很小的方形柱螺旋弹簧强度最差。

## 2 椭圆柱螺旋压缩弹簧

### 2.1 椭圆柱螺旋弹簧的几何尺寸关系

图 23.6-2 是椭圆柱螺旋弹簧，其几何参数

见表 23.6-2。有关弹簧几何参数的选取和计算参照普通圆柱螺旋压缩弹簧。

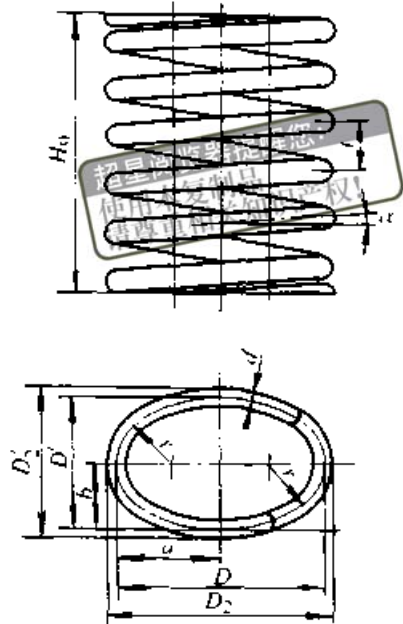


图 23.6-2 椭圆柱螺旋压缩弹簧

表 23.6-2 椭圆柱螺旋压缩弹簧的几何参数

符号	名称	符号	名称
$d$	簧丝直径	$b$	簧圈短轴的中半径
$D_2$	簧圈长轴的外径	$r$	簧圈长轴上的圆弧中半径
$D$	簧圈长轴的中径	$t$	节距
$D_1$	簧圈短轴的外径	$\alpha$	螺旋升角
$D$	簧圈短轴的中径	$H_0$	自由高度
$a$	簧圈长轴的中半径		

簧丝的展开长度

$$L = \zeta_2 n_1 \pi D \quad (23.6-9)$$

式中  $\zeta_2$  ——簧丝展开长度修正因子，可根据  $b/a$  在图 23.6-3 中查取；

$n_1$  ——弹簧的总圈数。

### 2.2 椭圆柱螺旋弹簧的设计计算

#### 2.2.1 变形计算

和矩形柱螺旋弹簧类似，椭圆柱螺旋压缩弹簧在压力  $F$  的作用下轴向变形的计算公式为

$$f = 8FD^3 n \eta_2 / (Gd^4) \quad (23.6-10)$$

式中  $\eta_2$  ——变形修正因子，根据  $b/a$  在图 23.6-3 中查取。

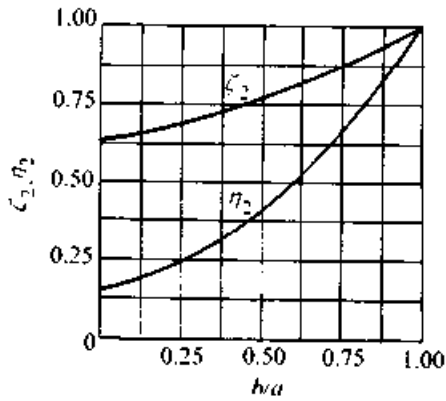


图 23.6-3 椭圆柱螺旋弹簧

簧丝展开长度修正因子  $\zeta_2$  和变形修正因子  $\eta_2$

### 2.2.2 应力计算

只要对旋绕比进行修正，即可用圆柱螺旋弹簧的应力计算公式计算椭圆柱螺旋弹簧，即

$$\begin{aligned} \tau &= 8KFD/(\pi d^3) \\ K &= (4C - 1)/(4C - 4) + 0.615/C \\ C &= (D/d)(b/a)^2 \quad (23.6-11) \end{aligned}$$

## 3 卵形柱螺旋压缩弹簧

### 3.1 卵形柱螺旋弹簧的几何尺寸关系

图 23.6-4 是卵形柱螺旋弹簧，其几何参数见表 23.6-3。有关弹簧几何参数的选取和计算参照普通圆柱螺旋压缩弹簧。

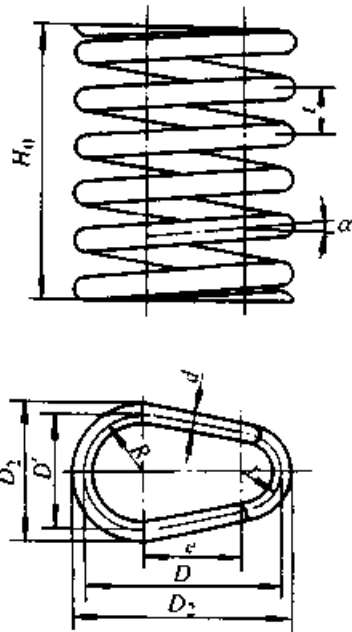


图 23.6-4 卵形柱螺旋压缩弹簧  
簧丝的展开长度

$$L = \zeta_3 n_1 \pi D \quad (23.6-12)$$

式中  $\zeta_3$  ——簧丝展开长度修正因子，可根据  $r/R$  和  $e/R$  在图 23.6-5 中查取；  
 $n_1$  ——弹簧的总圈数。

表 23.6-3 卵形柱螺旋压缩弹簧的几何参数

符号	名称	符号	名称
$d$	簧丝直径		簧圈小端圆弧中半径
$D_2$	簧圈长轴的外径		
$D$	簧圈长轴的中径		簧圈大端圆弧和小端圆弧的中心距
$D'_2$	簧圈大端的外径	$e$	
$D'$	簧圈大端的中径	$r$	节距
$R$	簧圈大端圆弧的中半径	$\alpha$	螺旋升角
		$H_0$	自由高度

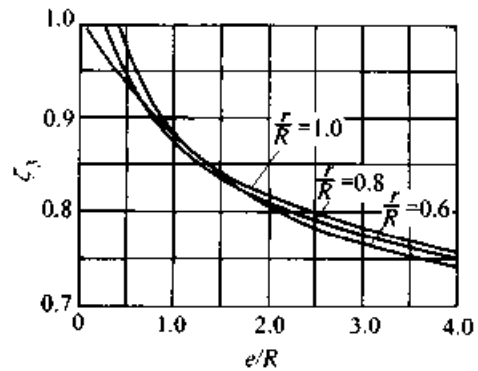


图 23.6-5 卵形柱螺旋弹簧的展开长度修正因子  $\zeta_3$

### 3.2 卵形柱螺旋弹簧的设计计算

#### 3.2.1 变形计算

参照矩形柱螺旋压缩弹簧的变形计算公式，卵形柱螺旋压缩弹簧在压力  $F$  的作用下轴向变形的计算公式为

$$f = 8FD^3 n \eta_3 / (Gd^4) \quad (23.6-13)$$

式中  $\eta_3$  ——变形修正因子，根据  $r/R$  和  $e/R$  在图 23.6-6 中查取。

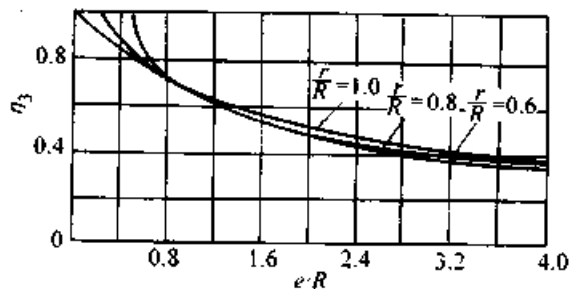


图 23.6-6 卵形柱螺旋弹簧的变形修正因子  $\eta_3$



## 3.2.2 应力计算

参照矩形柱螺旋弹簧、卵形柱螺旋压缩弹簧的应力计算公式为

$$\tau = 8KFD\chi_3 / (\pi d^3) \quad (23.6-14)$$

式中  $\chi_3$  ——应力修正因子，根据  $r/R$  和  $e/R$  在图 23.6-7 中查取。

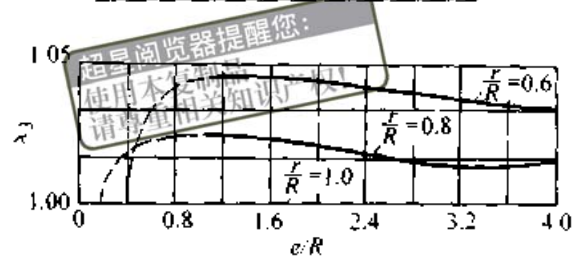


图 23.6-7 卵形柱螺旋弹簧的应力修正因子  $\chi_3$

# 第7章 板 弹 簧

板弹簧主要用于汽车、拖拉机和铁路车辆等的悬架装置，起缓冲和减振的作用。

## 1 板弹簧的类型与结构

### 1.1 类型

板弹簧按照形状和传递载荷的方式不同，分为椭圆形、弓形、伸臂弓形、悬臂形和直线形等几种，见表 23.7-2。弓形板弹簧又有对称型和非对称型两种结构，以适应悬架装置的需要。

板弹簧还有定刚度和变刚度的区别，变刚度

板弹簧能使车辆在不同载重量下获得接近的减振效果。

汽车载重量较轻，常用弓形板弹簧；铁路车辆载重量较大，常用椭圆形板弹簧，甚至将几组椭圆形板弹簧并排使用。

### 1.2 结构

图 23.7-1 所示的板弹簧为一货运汽车悬架用变刚度板弹簧，它由主、副两副板弹簧组成，一副板弹簧又由主板、副板、弹簧卡、中心螺栓（或簧箍）等组成。

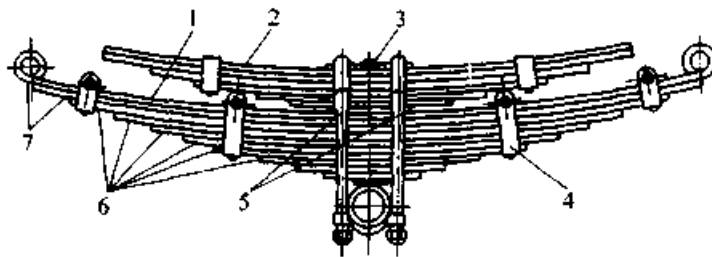


图 23.7-1 货运汽车悬架用板弹簧

1—主弹簧 2—副弹簧 3—中心螺栓 4—弹簧卡 5—骑马螺栓 6—副板 7—主板

#### 1.2.1 板片的截面形状

常用板弹簧板片的截面形状有：矩形截面、双凹弧截面、带凸肋矩形截面和带梯形槽的矩形截面，见图 23.7-2。凸肋的作用是防止板片侧向滑移，梯形槽的作用是延长板片的使用寿命，降低钢材消耗（约 10%）。

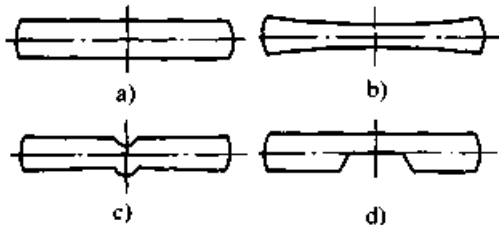


图 23.7-2 板片的截面形状

a) 矩形截面 b) 双凹弧截面 c) 带凸肋的矩形截面 d) 带梯形槽的矩形截面

#### 1.2.2 主板端部结构

主板端部的主要形式是卷耳，汽车用板弹簧的主板端部都做成卷耳与车体联接。图 23.7-3 是卷耳的三种基本形式。在重载荷下工作的板弹

簧，为了提高卷耳强度，再由第二主板弯成包耳，见图 23.7-3d~f。

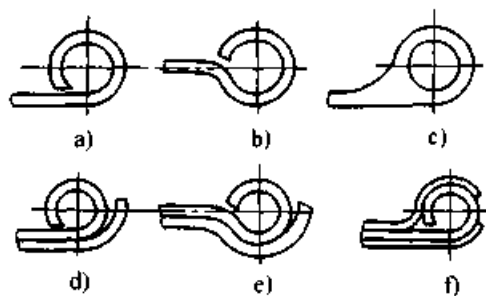


图 23.7-3 卷耳

除卷耳外，主板端部结构还有：图 23.7-4a 最简单的支撑式结构，它不能传递牵引力；图 23.7-4b 的钢枕结构，它可以传递较大的牵引力；图 23.7-4c 和图 23.7-4d 用于椭圆形板弹簧的端部结构。

#### 1.2.3 副板端部结构

副板的长度小于主板，图 23.7-5 是常见的副板端部结构。图中，a 为直角形，制作最简单，

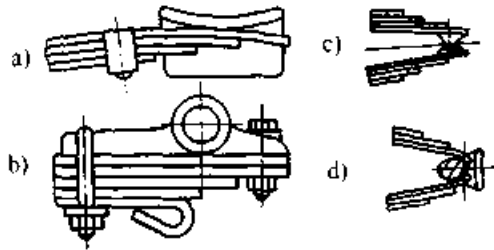


图 23.7.4 主板端部结构的其他形式

但会引起板间压力集中，加速磨损。b为梯形，使板间压力分布有所改善。c是压延成斜面的板端，能改善压力分布和减少板间摩擦。d是在板间加有润滑脂或衬垫的板端结构，能大大减少板间摩擦，消除板弹簧工作时的噪声。

1.2.4 板弹簧的固定结构

1) 中部固定结构 中部固定结构有中心螺栓式(见图 23.7-1)和簧箍式。簧箍的结构见图 23.7-6。

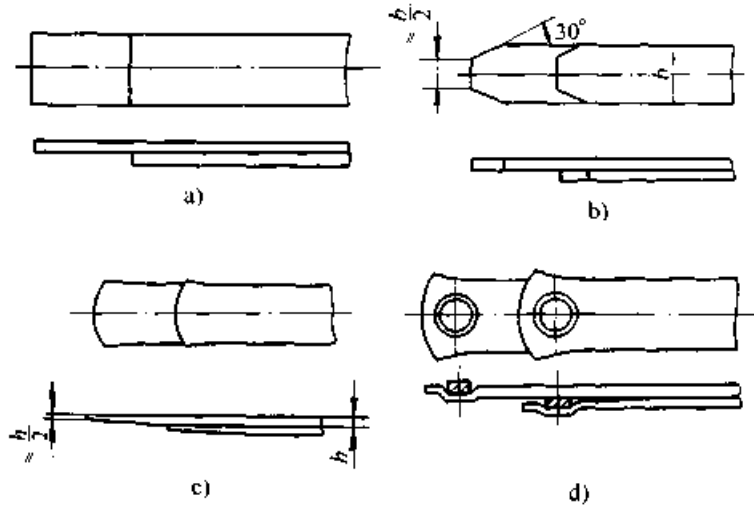


图 23.7.5 副板的端部结构

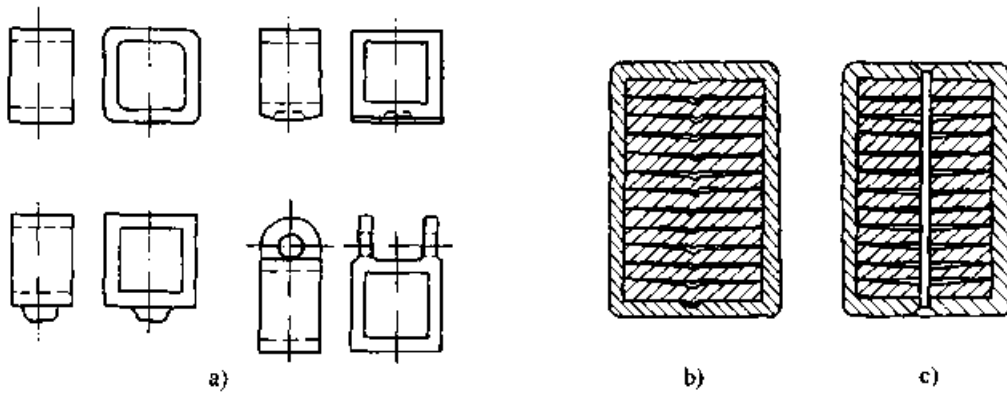


图 23.7.6 簧箍的结构

a) 簧箍的外形 b) 带凸肋的簧箍 c) 带销钉孔的簧箍

2) 两侧固定结构 中部采用中心螺栓式固定结构的板弹簧，为了消除板片的侧向位移，常在两侧装置弹簧卡。图 23.7-7 中：a 是用套管螺栓安装的弹簧卡，常用于货运汽车；b 是冲压成

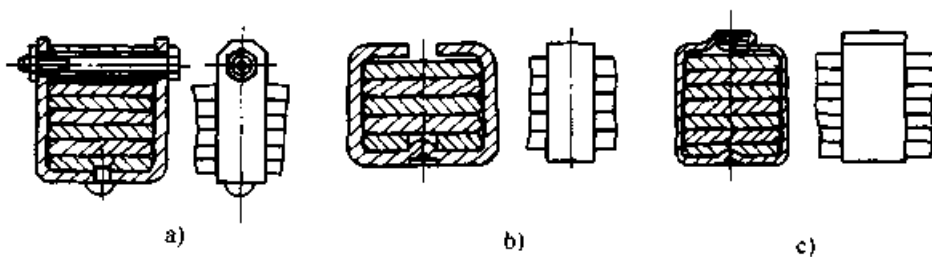


图 23.7.7 弹簧卡的结构

封闭形的弹簧卡，多用于中型货运汽车；c 是薄板冲压成封闭形的弹簧卡，多用于轿车。在弹簧卡与板片间应加润滑脂或衬垫，以消除摩擦噪声。

## 2 单板弹簧的计算

下述计算的前提条件是：①钢板的曲率不大，可当做直板来处理；②钢板的变形比其长度

小很多，可以认为在变形过程中载荷的作用方向不变。因此，其计算方法与直片弹簧相同。

几种悬臂单板弹簧的计算公式见表 23.7-1，表中公式也适用于两端支承而中间受载的椭圆形或弓形单板弹簧。

由表 23.7-1 看出，三角形单板弹簧是等强度的，将切割成三角形的板片叠在一起，可以构成等强度的多板弹簧（见图 23.7-9）。

表 23.7-1 单板弹簧的计算公式

钢板形状	矩形	三角形	抛物线形	梯形
自由端挠度 $f$	$F l^3 / (3 E I_0)$	$F l^3 / (2 E I_0)$	$2 F l^3 / (3 E I_0)$	$K_{x1} F l^3 / (3 E I_0)$
刚度 $k$	$3 E I_0 / l^3$	$2 E I_0 / l^3$	$3 E I_0 / (2 l^3)$	$3 E I_0 / (K_{x1} l^3)$
距固定端 $x$ 处的应力 $\sigma$	$F(l-x) / W_{b0}$	$F l / W_{b0}$	$F l / W_{b0}$	$F l (1-x/l) / (W_{b0} \times [1 - (1-\beta)x/l])$
固定端最大应力 $\sigma$	$F l / W_{b0}$	$F l / W_{b0}$	$F l / W_{b0}$	$F l / W_{b0}$
变形能 $U$	$F^2 l^3 / (6 E I_0)$	$F^2 l^3 / (4 E I_0)$	$F^2 l^3 / (3 E I_0)$	$K_{x1} F^2 l^3 / (6 E I_0)$
材料利用因子 $K_0$	1/18	1/6	1/6	$K_{x1} / [9(1+\beta)]$
说明	$I_0$ —弹簧钢板固定端截面二次轴矩； $W_{b0}$ —弹簧钢板固定端截面的抗弯截面系数， $W_{b0} = b_0 h^2 / 6$ ； $\beta$ —弹簧钢板的形状因子， $\beta = b / b_0$ ； $K_{x1}$ —变形修正因子， $K_{x1} = 3\{3/2 - 1/(1-\beta) - [\beta/(1-\beta)]^2 \ln \beta\} / (1-\beta)$ 或查图 23.7-8			

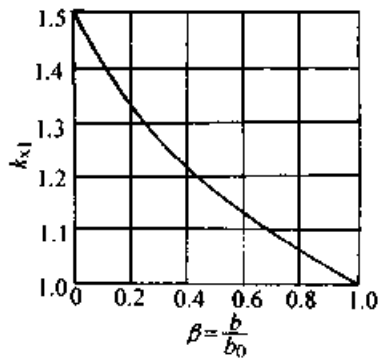


图 23.7-8 变形修正因子  $K_{x1}$

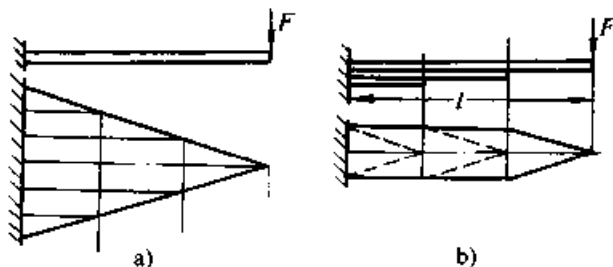


图 23.7-9 等强度多板弹簧

## 3 多板弹簧的计算

### 3.1 主要参数和尺寸

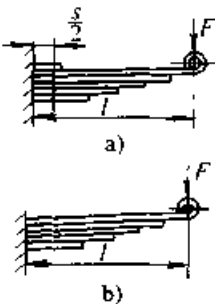
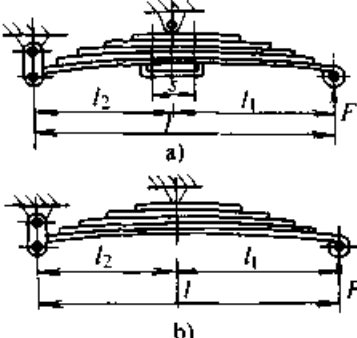
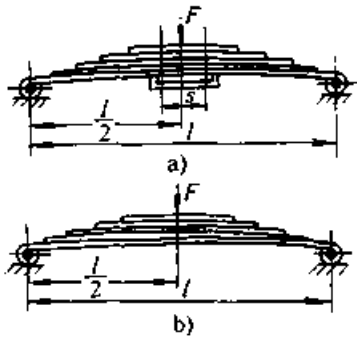
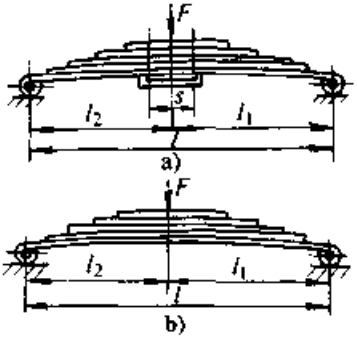
多板弹簧的主要参数和尺寸有：伸直状态下弹簧的工作长度  $l$ 、板片数量  $n$ 、板片截面尺寸  $b \times h$ 、板弹簧静载荷下的挠度  $f$  和自由状态下的弧高  $H_0$  等。 $l$  由其结构和车辆布置确定。 $f$  根据车辆行驶平稳性要求给定。

### 3.2 计算公式

多板弹簧的板片展开面接近于梯形，设计时一般用梯形单板弹簧的计算公式来近似确定多板弹簧的主要尺寸和参数。

各种类型多板弹簧的总截面二次轴矩  $I_0$ 、挠度  $f$  和最大弯曲应力  $\sigma$  的计算公式见表 23.7-2。

表 23.7-2 多板弹簧总截面二次矩  $I_0$ 、挠度  $f$  和最大弯曲应力  $\sigma$  的计算式

板弹簧类型	计 算 公 式		
	有 骑 马 螺 栓	无 骑 马 螺 栓	预压时的近似挠度 $f_0$
 <p>悬臂形板弹簧</p>	$f = 4K_{\alpha} F (l - s/4)^3 / (Eb \Sigma h^3)$ $I_0 = K_{\alpha} F (l - s/4)^3 / (3Ef)$ $\sigma = 6F (l - s/2) / (b \Sigma h^2)$	$f = 4K_{\alpha} F l^3 / (Eb \Sigma h^3)$ $I_0 = K_{\alpha} F l^3 / (3Ef)$ $\sigma = 6Fl / (b \Sigma h^2)$	$f_0 = l^2 / (200h_1)$
 <p>伸臂弓形板弹簧</p>	$f = 4K_{\alpha} F [(l_1 - s/4)^3 + (l_1/l_2)^2 (l_2 - s/4)^3] / (Eb \Sigma h^3)$ $I_0 = K_{\alpha} F [(l_1 - s/4)^3 + (l_1/l_2)^2 (l_2 - s/4)^3] / (3Ef)$ $\sigma = 6F (l_1 - s/2) / (b \Sigma h^2) \text{ 或}$ $\sigma = 6F (l_1/l_2) (l_2 - s/2) / (b \Sigma h^2)$	$f = 4K_{\alpha} F l_1^2 l / (Eb \Sigma h^3)$ $I_0 = K_{\alpha} F l_1^2 l / (3Ef)$ $\sigma = 6Fl_1 / (b \Sigma h^2)$	$f_0 = l_1 l_2 / (200h_1)$
 <p>对称弓形板弹簧</p>	$f = K_{\alpha} F (l - s/2)^3 / (4Eb \Sigma h^3)$ $I_0 = K_{\alpha} F (l - s/2)^3 / (48Ef)$ $\sigma = 6F (l - s) / (b \Sigma h^2)$	$f = K_{\alpha} F l^3 / (4Eb \Sigma h^3)$ $I_0 = K_{\alpha} F l^3 / (48Ef)$ $\sigma = 6Fl / (b \Sigma h^2)$	$f_0 = l^2 / (800h_1)$
 <p>非对称弓形板弹簧</p>	$f = 4K_{\alpha} F [l_2^2 (l_1 - s/4)^3 + l_1^2 (l_2 - s/4)^3] / (Eb \Sigma h^3 l^2)$ $I_0 = K_{\alpha} F [l_2^2 (l_1 - s/4)^3 + l_1^2 (l_2 - s/4)^3] / (3Efl^2)$ $\sigma = 6Fl_2 (l_1 - s) / (b \Sigma h^2 l) \text{ 或}$ $\sigma = 6Fl_1 (l_2 - s) / (b \Sigma h^2 l)$	$f = 4K_{\alpha} F l_1^2 l_2^2 / (Eb \Sigma h^3 l)$ $I_0 = K_{\alpha} F l_1^2 l_2^2 / (3Efl)$ $\sigma = 6Fl_1 l_2 / (b \Sigma h^2 l)$	$f_0 = l_1 l_2 / (200h_1)$

注:  $K_{\alpha}$ —变形修正因子, 其值见表 23.7-3。

表 23.7-3 变形因子  $K_{\Sigma 2}$

板弹簧的结构特征	变形因子 $K_{\Sigma 2}$
三角形板端的板弹簧 (等强度梁)	1.5
板端具有压延斜面的板弹簧 (接近等强度梁)	1.40~1.45
直角形板端、其副板仅一片且与主板长度相同的板弹簧	1.35
直角形板端、其副板有数片且有 2~3 片与主板长度相同的板弹簧	1.3
副板有数片且有多片与主板长度相同的特重型板弹簧	1.25

### 3.3 尺寸与参数的确定

1) 板片数量和截面尺寸 根据给定的  $l$  和  $f$ 、利用表 23.7-2 中的公式, 可求得板弹簧所需的总截面二次矩  $I_0$ 。采用不等厚度板片时, 总截面二次轴矩  $I_0$  与板宽  $b$ 、板厚  $h$  的关系为

$$I_0 = b \Sigma h_i^3 / 12 \quad (23.7-1)$$

通常取  $b/h = 6 \sim 10$ , 且  $b$  和  $h$  要符合扁钢的规格。

板的厚度一般不多于三种, 以最厚的作主板, 最薄的作副板中的短板, 这样可以提高材料利用率。采用相同厚度板片时, 确定了板宽、板厚后, 板片的数量

$$n = 12I_0 / (bh^3) \quad (23.7-2)$$

$n$  一般为 6~14, 也可以超过 20。

2) 各板片长度 板片长度可用作图法求得 (见图 23.7-10), 将中心螺栓至主板卷耳中心  $A$  的距离取为  $l_1/2$ , 沿垂线方向依次截取  $h^3$ , 根据结构确定最短板片长度, 得  $B$  点, 联接  $A$ 、 $B$ , 即得各板片长度。

3) 挠度的精确计算 表 23.7-2 中的挠度公式是近似公式。在确定了板片数和尺寸后, 可以精确计算板弹簧的挠度与刚度。

当把板弹簧作为一变截面梁, 利用能量法求变截面梁变形的原理, 得到计算悬臂形板弹簧的挠度公式

$$f = K_0 F \sum_{i=1}^n a_{i+1}^3 (Y_i - Y_{i-1}) / (3E) \quad (23.7-3)$$

$$a_i = l_1 - l_i$$

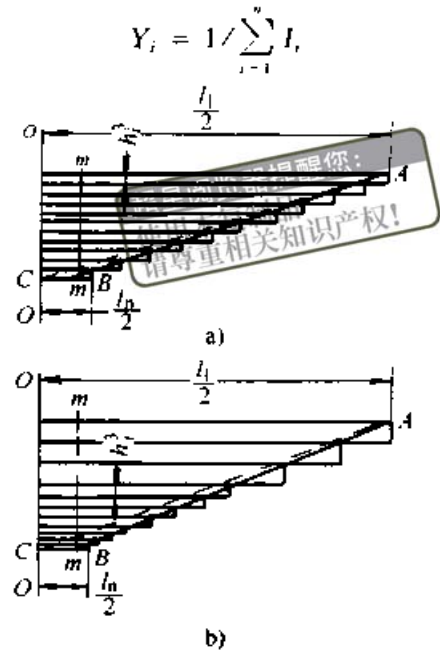


图 23.7-10 板片长度确定法

式中  $K_0$  ——考虑板弹簧与变截面梁之差异的修正因子, 其值为 1.15~1.21, 大值用于货运汽车, 小值用于轿车。

对于对称的弓形板弹簧, 如作用在中心螺栓处的载荷为  $F$ , 则板端所承载荷为  $F/2$ , 用  $F/2$  代入式中即可求得其精确挠度。

4) 自由状态下板弹簧的弧高 自由状态下板弹簧的弧高  $H_0$  是指组装后未经预压处理的板弹簧的弧高, 其值按下式计算:

$$H_0 = H + f + \gamma \quad (23.7-4)$$

式中  $H$  ——车辆悬架结构在满载时所需要的板弹簧的弧高;

$f$  ——满载时板弹簧的静挠度;

$\gamma$  ——预压处理造成的剩余变形。

根据经验,  $\gamma$  值推荐按下列情况选取: 在制造条件较完善并经过精细处理的板弹簧  $\gamma = 0.05f_0$ ; 制造和热处理条件较差的板弹簧  $\gamma = 0.06f_0$ ; 用手工方式生产的板弹簧  $\gamma = 0.07f_0$ 。  $f_0$  值的计算公式见表 23.7-2。

### 3.4 各板片工作应力和自由状态下的曲率半径

#### 3.4.1 板片工作应力的计算

各板片的工作应力依据不同的假设, 目前有两种计算方法。

1) 无间隙接触法 又称共同曲率法。这种

方法假设各板片经常处于全长范围内接触，因而各板片的曲率保持相等。这种方法导出的最大弯曲应力计算公式见表 23.7-2。

2) 板端法 又称集中载荷法。这种方法假设各板片之间仅靠板端与邻板接触并传递载荷，

其计算结果与实际比较相近。

按照这样的假设，构成一组一端固定而外力作用在自由端的悬臂梁，参见图 23.7-11。设第  $i$  板片固定端的应力为  $\sigma_{i0}$ ，接触点处的应力为  $\sigma_{ic}$ ，它们的计算公式如下：

超星阅读器提醒您：  
使用本复制品  
请尊重相关知识产权！

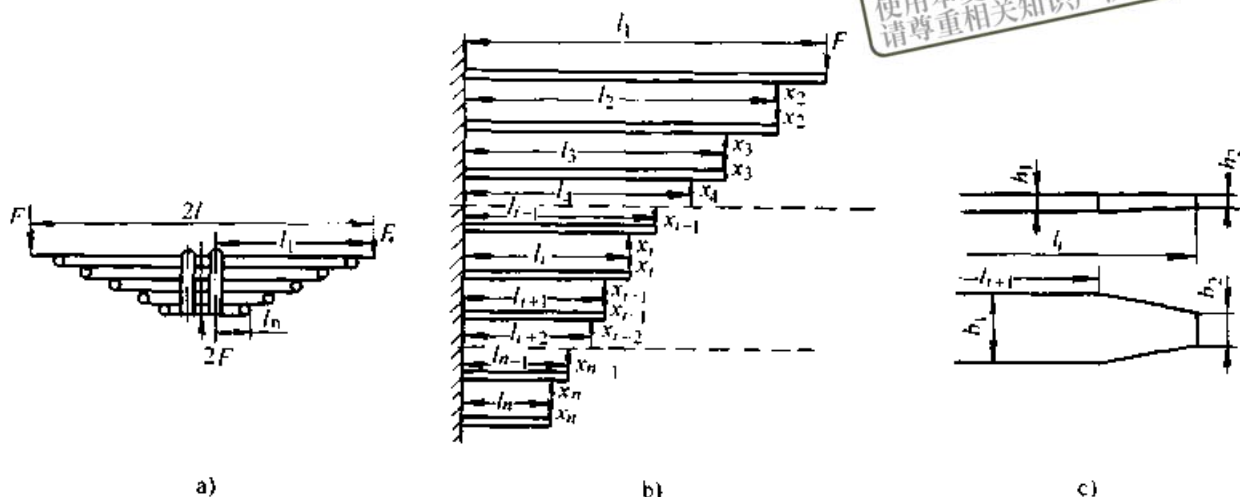


图 23.7-11 板端法计算板片工作应力

$$\sigma_{i0} = (F_i l_i - F_{i+1} l_{i+1}) / W_{b0}$$

$$\sigma_{ic} = F_i (l_i - l_{i+1}) / W_{b0} \quad (23.7-5)$$

上式中未知的外力有  $n - 1$  个，求解它们的方程组为

$$\begin{aligned} A_2 F + B_2 F_2 + C_2 F_3 &= 0 \\ A_3 F_2 + B_3 F_3 + C_3 F_4 &= 0 \\ &\vdots \\ A_i F_{i-1} + B_i F_i + C_i F_{i+1} &= 0 \quad (23.7-6) \\ &\vdots \\ A_n F_{n-1} + B_n F_n + C_n F_{n+1} &= 0 \end{aligned}$$

方程组中常数项的计算式为

$$\begin{aligned} A_i &= 0.5(I_i / I_{i-1})(3l_{i-1} / l_i - 1) \\ B_i &= -[1 + I_i / I_{i-1} + \lambda_i (l_i - l_{i+1})^3 / l_i^3] \\ C_i &= 0.5(l_{i+1} / l_i)^3 (3l_i / l_{i+1} - 1) \end{aligned} \quad (23.7-7)$$

当板片端部（悬臂梁部分）宽度  $b$  和厚度  $h$  均相同时， $\lambda_i = 0$ ；若板片端部宽度、厚度均按直线变化时， $\lambda_i$  可用下式计算

$$\begin{aligned} \lambda_i &= 3[\bar{b}^2 \ln(\bar{h} / \bar{b}) / (\bar{h} - \bar{b})^3] + \\ &3(\bar{h} - 3\bar{b}) / [2(\bar{h} - \bar{b})^2] - 1 \end{aligned} \quad (23.7-8)$$

式中  $\bar{b} = b_2 / b_1$ ， $\bar{h} = h_2 / h_1$

### 3.4.2 自由状态下曲率半径的计算

板弹簧的所有板片通常冲压成不同曲率半径的弯板，组装时由于中心螺栓或簧箍的夹紧作用，致使各板片趋向无间隙接触，所有板片的曲率半径均产生变化，长板曲率半径变小，短板曲率半径变大。因此，组装后各板片在受外载荷前就产生了预应力，预应力值与组装前后的曲率半径有关，为

$$\sigma_{0i} = (EI_i / W_{bi})(1/R_i - 1/R_{0i}) \quad (23.7-9)$$

式中  $I_i$  ——第  $i$  板片的截面二次轴矩；

$W_{bi}$  ——第  $i$  板片的抗弯截面系数；

$R_i$  ——第  $i$  板片在自由状态下的曲率半径；

$R_{0i}$  ——第  $i$  板片组装后的曲率半径。

若不计板片厚度，则组装后各板片的曲率半径相等，板片为矩形截面时，预应力的近似计算公式为

$$\sigma_{0i} = (Eh_i / 2)(1/R_i - 1/R_0) \quad (23.7-10)$$

设卷耳的内径为  $d$ ，板片平直时两卷耳中心间的距离为  $L$ ，则可根据要求的弧高  $H_0$  按下式初步预计主板组装后的曲率半径

$$R_0 = (L/2)^2 / (2H_0 - d) \quad (23.7-11)$$

然后, 给定各板的预应力值即可由式 (23.7-10) 求得自由状态下应有的曲率半径。通常, 应使主板的预应力为负、短板的预应力为正, 其他板片的预应力取中间值。对于等厚板片的板弹簧, 设计时一般取第 1、第 2 板片的预应力为  $-(80 \sim 150) \text{MPa}$ , 最短几片板片预应力为  $(20 \sim 60) \text{MPa}$ ; 对于不等厚板片的板弹簧, 组装预应力的选择应按疲劳曲线确定。

确定出各板片自由状态下的曲率半径  $R_i$  后, 尚须计算组装后主板实际的曲率半径  $R_0$ 。按组装中势能最小的原则求主板组装后实际的曲率半径, 其计算式为

$$R_0 = \Sigma(L_i I_i) / \Sigma(L_i I_i / R_i) \quad (23.7-12)$$

式中  $L_i$  ——第  $i$  板片的全长。

板弹簧在自由状态下的实际弧高

$$H_0 = L^2 / (8R_0 - 4d) \approx L^2 / (8R_0) \quad (23.7-13)$$

按式 (23.7-13) 计算出的  $H_0$  值应接近要求的弧高, 否则, 需要调整各板片的预应力重新进行计算。

## 4 变刚度和变截面板弹簧的计算

### 4.1 变刚度板弹簧的计算

通常通过两种方式使板弹簧的刚度变化: 一

是用主、副簧的组合方式, 当载荷大到一定程度时, 副簧参与承担载荷, 致使刚度改变, 如图 23.7-1; 一是板弹簧变形过程中簧端接触点产生位移, 使板片的长度改变, 致使刚度改变, 见图 23.7-12。



图 23.7-12 一种变刚度弹簧

变刚度板弹簧的特性线呈非线性, 在载荷变化时具有较稳定的固有频率, 可以提高车辆行驶的平顺性。

主副簧组合式变刚度弹簧: 当载荷较小时, 载荷仅由主簧承受, 特性线是直线, 刚度为定值; 当载荷增大到某一值 (以  $F_1$  表示), 主副簧开始接触, 随载荷继续增大, 接触范围逐渐增大, 直至完全接触, 主副簧成一体。这时的载荷以  $F_2$  表示, 载荷由  $F_1$  增至  $F_2$  期间, 弹簧特性线是曲线, 刚度为变值; 载荷继续增大, 主副簧成为一个弹簧, 特性线又为直线, 刚度为定值。

#### 4.1.1 变形与刚度

主副簧组合式变刚度板弹簧载荷、变形和刚度的计算式见表 23.7-4。

表 23.7-4 主副簧组合式变刚度板弹簧变形、刚度的计算公式

项 目	两端的载荷	变 形	刚 度
主副簧开始接触	$F_1 = (EI_{s0}/l_1)(1/R_2 - 1/R_1)$	$f_1 = F_1 l_1^3 [1 + (K_{s1} - 1) \times (1 - l_1/l_2)^2] / (3EI_{s0})$	$k_1 = 3EI_{s0}/l_1^3 [1 + (K_{s1} - 1) (1 - l_1/l_2)^2]$
主副簧完全接触	$F_2 = [EI_{s0}/(l_2 - l_1)] \times (1/R_2 - 1/R_1)$	$f_2 = F_2 l_1^3 [1 - \eta + (K_{s1} - 1)(1 - l_1/l_2)^3] / (3EI_{s0})$	$k_2 = (3EI_{s0}/l_1^3) \times 1 / [K_{s1} [1 - (l_1/l_2)^3] - 3K_{s2} / \{\varphi(1 - \beta)\}]$
说 明	$I_{s0}$ —主弹簧中央部分整个截面的二次轴距; $l_2$ —主弹簧的跨距; $l_1$ —副弹簧的跨距; $K_{s1}$ —变形修正因子, 其值见表 23.7-1 或图 23.7-8; $R_2$ —主弹簧组装后的曲率半径; $R_1$ —副弹簧组装后的曲率半径; $\eta = F(l_1) / [\varphi(1 - \beta)]$ ; $F(l_1) = (l_1/l_2)^3 [6A - 3 - \varphi(1 - \beta)] / 2 - 3(l_1/l_2)^2 [2 - \varphi(1 - \beta)] / 2 + 3(l_1/l_2)^2 (A - 1) [A(l_1/l_2) - 1] \ln(1 - 1/A)$ ; $A = (1 + \varphi) / [\varphi(1 - \xi)]$ ; $\varphi = l_1/l_2$ ; $\beta = b/b_0$ ; $K_{s2} = (l_1/l_2)^3 (1 + 2A) / 2 - 2(l_1/l_2)^2 + (l_1/l_2) [A(l_1/l_2) - 1] \ln(1 - 1/A)$		

#### 4.1.2 应力

主副板弹簧上的应力计算式分别为

当  $F \leq F_1$  时

$$\sigma_2 = Fl_2 / W_{b2} \quad \sigma_1 = 0 \quad (23.7-14)$$



当  $F > F_1$  时

$$\begin{aligned} \sigma_2 &= (l_2/W_{bz})[(F + \varphi F_1)/(1 + \varphi)] \\ \sigma_1 &= (l_2/W_{bz})[\varphi(F - F_1)/(1 + \varphi)] \end{aligned} \quad (23.7-15)$$

式中  $W_{bz}$ ——主弹簧的抗弯截面系数；  
 $W_{b1}$ ——副弹簧的抗弯截面系数。

### 4.2 变截面板弹簧的计算

变截面板弹簧的板片，其厚度从中间向两边逐渐减薄，从而使板片上的应力比较均匀，达到减轻弹簧自身质量的目的。

#### 4.2.1 板片的变形和刚度

对称形斜面板片（见图 23.7-13），如板端各作用载荷为  $F$ ，则板片的变形和刚度计算式为

$$f = K_{sd}Fl^3/(3EI_0) \quad (23.7-16)$$

$$k = 3EI_0/(K_{sd}l^3) \quad (23.7-17)$$

$$K_{sd} = 1 + (1 - l_1/l)^3 \{1 - 2[1 - (l_2 - l_1)/(l - l_1)]^{3/2}\} + (1 - l_2/l)^3(h_1/h_2) \quad (23.7-18)$$

式中  $I_0$ ——板片中央的截面二次轴矩。

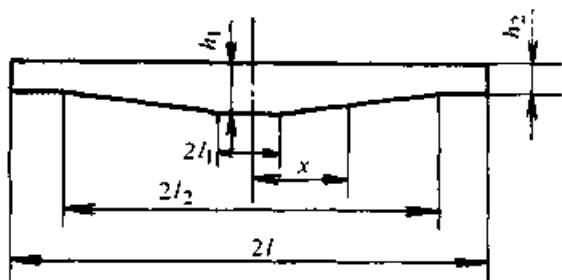


图 23.7-13 对称形斜面板片

若弹簧是由 2 片以上的板片组成的，则弹簧的刚度为各板片刚度之和。

#### 4.2.2 板片的应力

当板片两端受载荷  $F$  作用时，各截面上的应力计算式为

$$\begin{aligned} \sigma &= 6F(l - x)/(bh_1^2) & 0 \leq x \leq l_1 \\ \sigma &= 6F(l - l_1)/(bh_1^2) \\ &= 6F(l - l_2)/(bh_2^2) & l_1 \leq x \leq l_2 \\ \sigma &= 6F(l - x)/(bh_2^2) & l_2 \leq x \leq l \end{aligned} \quad (23.7-19)$$

非对称形变截面弹簧的计算，可以载荷作用点为界，将其分成两部分，各自按悬臂梁分别计算出刚度，然后代入式 (23.7-16) 和式 (23.7-19) 计算其变形和应力。

## 5 板弹簧的材料和许用应力

### 5.1 材料

板弹簧最常用的材料是 55Si2Mn、60Si2MnA 和 55SiMnVB。板材厚度大于 12 mm 时，建议用 55SiMnVB。板片经热处理后硬度应达到 39 ~ 47HRC，并对其凹面进行抛丸处理，以提高使用寿命。

组装后对板弹簧进行强压处理，第一次加载后产生的变形一般要达到使用时静挠度的 2 ~ 3 倍，剩余变形应有 6 ~ 12 mm。在第二次加上同样载荷后，剩余变形将减小到 1 ~ 2 mm，第三次加载后制造较好的板弹簧就不再有明显的剩余变形。大量生产时，往往只作一次强压处理。处理后的板弹簧在比强压载荷小 500 ~ 1 000 N 的载荷作用下，不应还有剩余变形。

### 5.2 许用应力

板弹簧的许用应力可查表 23.7-5。汽车用板弹簧的许用应力也可按图 23.7-14 选取。

表 23.7-5 板弹簧主板的许用应力  $\sigma_p$

板弹簧应用场合	$\sigma_p$ /MPa
轿车后板弹簧	500 ~ 600
机车、货车、电车等的板弹簧	450 ~ 500
轿车前板弹簧	
货运汽车、客车、拖车的后板弹簧	350 ~ 450
货运汽车的前板弹簧	
缓冲器的板弹簧	300 ~ 400

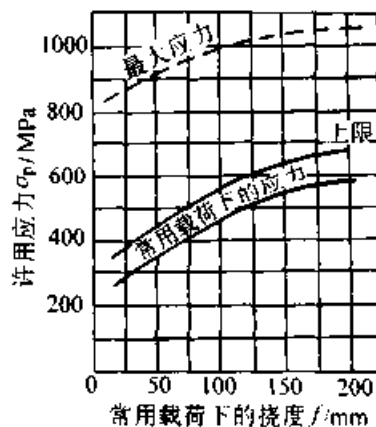


图 23.7-14 汽车用板弹簧的许用应力

# 第8章 碟形弹簧

碟形弹簧是一种呈碟状的弹簧，简称碟簧，常用钢带、钢板或锻造坯料加工成截锥形而成。它刚度大、具有变刚度特性。碟形弹簧可以单片使用，更多的是组合使用。

## 1 碟形弹簧的类型与特点

### 1.1 碟片的几何参数

最基本的碟片形状见图 23.8-1，其主要几何参数见表 23.8-1。

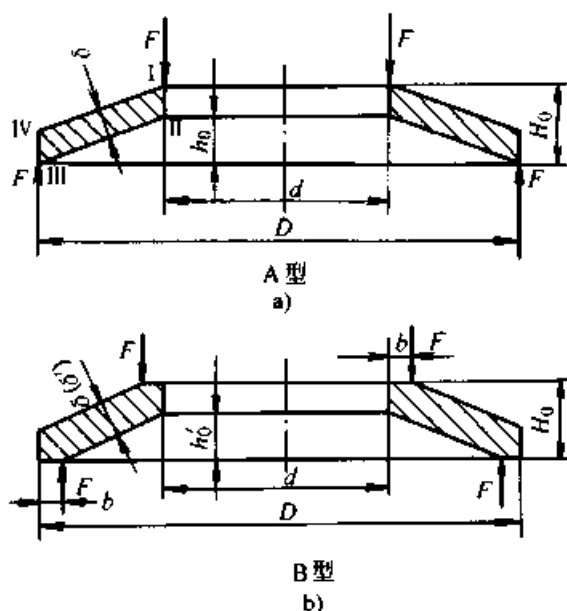


图 23.8-1 单个碟簧（碟片）及其几何参数  
a) 无支承面碟形弹簧 b) 有支承面碟形弹簧

表 23.8-1 碟形弹簧的几何参数

参数名称	符号	参数名称	符号
外径	$D$	减薄碟簧厚度	$\delta'$
内径	$d$	单个碟簧的自由高度	$H_0$
中性径	$D_0$	无支承面碟簧压平时变形量的计算值	$h_0$
厚度	$\delta$	有支承面碟簧压平时变形量的计算值	$h'_0$
变形	$f$	支承面宽度	$b$

### 1.2 类型

1) 按截面形状 碟形弹簧有多种截面和形状，见图 23.8-2。

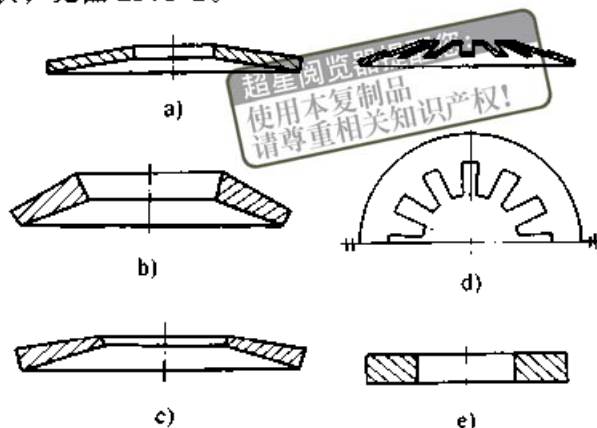


图 23.8-2 单片碟形弹簧主要类型

- a) 普通碟形弹簧 b) 梯形截面碟形弹簧  
c) 锥状梯形截面碟形弹簧 d) 开槽形碟形弹簧 e) 圆板形碟形弹簧

图 23.8-2 中，a、b、c 三种形状和结构简单，应用较广，常在重型机械（如锻压机、锅炉吊架、打桩机等）、飞机、大炮等机器或武器中作为强力缓冲和减振弹簧；d 常用于离合器中，如车床、汽车和拖拉机等离合器；e 的截面为圆板形，受载后产生变形而成为截锥形。结构简单，刚度很大，用于有特殊要求的场合。

2) 按支承结构 碟形弹簧的支承结构有两种型式：一种是无支承面碟簧（见图 23.8-1a），其内缘上面和外缘下面未经加工，因此承受载荷部分没有支承面；另一种是有支承面碟簧（见图 23.8-1b），内、外缘加工出支承面，载荷作用于支承面上。在同样的尺寸下，有支承面碟簧的刚度大于无支承面的。

3) 按厚度 碟形弹簧按厚度  $\delta$  分为三类：第一类  $\delta \leq 1.25$  mm，该类只有无支承面，不减薄厚度的；第二类  $\delta > 1.25 \sim 6$  mm，该类只有无支承面，不减薄厚度的；第三类  $\delta > 6 \sim$

14 mm, 该类只有有支承面、减薄厚度的。

为了使第三类标准碟簧在同样的尺寸  $D$ 、 $d$ 、 $H_0$  时、在变形  $f = 0.75h_0$  下, 有、无支承面两种碟簧有相同的承载能力, 将有支承面碟簧的厚度适当减薄至  $\delta'$ 。根据等效条件, 减薄后的厚度与未减薄厚度之比见表 23.8-2。

表 23.8-2 等效比值  $\delta'/\delta$

系 列	A	B	C
$\delta'/\delta$	0.94	0.94	0.96

### 1.3 特点

1) 在载荷作用方向尺寸很小, 且刚度大变形亦很小, 故占用空间小。单位体积材料的变形能较大, 材料利用率高。具有高缓冲吸振能力, 特别是叠合组合时, 由于表面摩擦阻尼作用, 吸收冲击和消散能量的作用更显著。

2) 具有变刚度特性。改变碟片内截锥高度  $h_0$  与厚度  $\delta$  的比值, 可以改变弹簧的特性线, 其特性线可为直线型、渐增型、渐减型或是它们的组合型。

3) 可以用不同厚度或不同片数碟片、通过不同的组合方式获得不同的承载能力和变刚度特性, 因此, 一种尺寸的碟片可以适应很广泛的使用范围, 这就使备件的准备与管理都比较容易。

4) 尺寸不大的碟片经过组合可以承受很大的载荷, 有利于弹簧的加工和热处理。弹簧损坏往往是几个碟片损坏, 更换个别损坏的碟片即可使弹簧恢复功能, 有利于维护和修理。

5) 具有很长的使用寿命。

6) 由于碟片内截锥高度  $h_0$  与厚度  $\delta$  的比值对弹簧的特性影响极大, 因此, 碟片的制造精度要求较高, 限制了它的使用范围。即便均匀截面的碟片, 其应力分布也不均匀, 因而影响其疲劳强度和材料利用率的进一步提高。

## 2 碟形弹簧载荷与变形的关系

受载后, 接触部分有无支承面将影响其力臂值的变化, 因此, 这两种型式的碟簧, 其载荷与变形的关系是不同的, 其计算式也有所不同。

计算碟形弹簧的变形时通常作如下假设:

① 受载后, 碟片的轴向截面仍为矩形 (即截面不发生扭曲变形), 只是截面绕一中性点  $O$  回转 (见图 23.8-3), 忽略径向应力的影响;

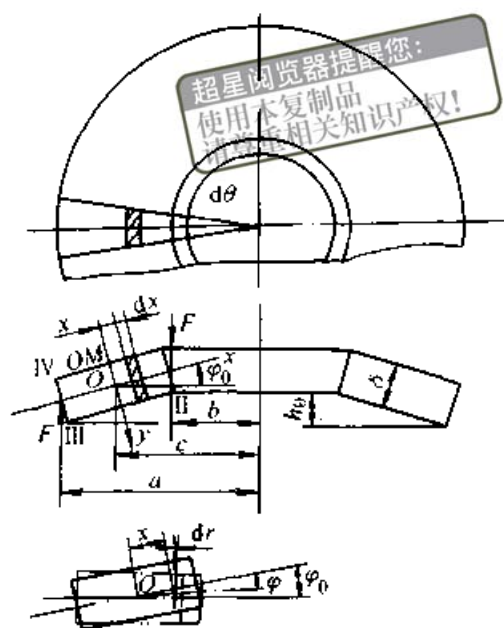


图 23.8-3 碟片上的载荷与变形

② 外加载荷和支承处的反作用力沿内、外圆周均匀分布, 材料为完全弹性 (没有塑性变形), 且忽略接触处摩擦力的影响。

### 2.1 单片碟簧载荷刚度和变形能与变形的关系

单片碟簧载荷、刚度和变形能的计算式见表 23.8-3。

载荷与压平载荷的关系可以写成

$$F = K_m F_0 \quad (23.8-1)$$

因子  $K_m$  可由图 23.8-4 根据相对变形  $f/h_0$  查出, 于是, 按上式计算出碟簧的作用载荷十分方便。

### 2.2 碟簧的特性线

从表 23.8-3 中的公式可以看出, 碟形弹簧轴向载荷  $F$  与轴向变形量  $f$  的关系与直径比  $C$  (影响因子  $K_1$ )、比值  $h_0/\delta$ 、尺寸  $\delta$ 、 $D$ 、材料特性以及碟片结构型式 (有无支承面) 有关。当材料、结构型式和尺寸都相同时, 碟簧特性线只与比值  $h_0/\delta$  相关, 而且, 特性线随  $h_0/\delta$  的变化有很大的改变 (见图 23.8-5)。

表 23.8-3 单片碟簧载荷、刚度和变形能的计算公式

项目	计 算 公 式	
	无支承面碟簧	有支承面碟簧
载荷	$F = [4E/(1-\nu^2)](\delta^4/D^2)(f/\delta)\{ (h_0/\delta - f/\delta)[h_0/\delta - f/(2\delta)]/K_1 + 1/K_1 \}$	$F = K_1^2[4E/(1-\nu^2)]\{\delta^4/(K_1 D^2)\}(f/\delta') \times [K_1^2(h_0'/\delta' - f/\delta')[h_0'/\delta' - f/(2\delta')] + 1\}$
压平载荷	$F_c \approx [4E/(1-\nu^2)]\{\delta^3 h_0/(K_1 D^2)\}$	$F_c = K_1^2[4E/(1-\nu^2)]\{\delta^3 h_0/(K_1 D^2)\}$
刚度	$k \approx [4E/(1-\nu^2)]\{\delta^3/(K_1 D^2)\}\{[(h_0/\delta')^2 - 3(h_0/\delta')(f/\delta')/2 + (f/\delta')^2/2] + 1\}$	$k = K_1^2[4E/(1-\nu^2)]\{\delta^3/(K_1 D^2)\}\{K_1^2[(h_0'/\delta')^2 - 3(h_0'/\delta')(f/\delta')/2 + (f/\delta')^2/2] + 1\}$
变形能	$U = [2E/(1-\nu^2)]\{\delta^5/(K_1 D^2)\}(f/\delta) \times [h_0/\delta - f/(2\delta)] + 1\}$	$U = K_1^2[2E/(1-\nu^2)]\{\delta^5/(K_1 D^2)\}(f/\delta') \times [K_1^2[h_0'/\delta' - f/(2\delta')] + 1\}$
说明	$C_1 = (\delta'/\delta)/(H_0/(4\delta) - \delta'/\delta + 3/4)[5H_0/(8\delta) - \delta'/\delta + 3/8]$ ; $C_2 = C_1[5(H_0/\delta - 1)^2/32 + 1]/(\delta'/\delta)^3$ ; $K_1 = (1/\pi)[(C-1)/C]^2/[(C+1)/(C-1) - 2/\ln C]$ ; $K_1' = (6/\pi)[(C-1)/C]^2 \ln C$ ; $K_1 = \{[(C_1/2)^2 + C_2]^{1/2} - C_1/2\}^{1/2}$ ; $C = D/d$ ; $E$ —碟簧材料的弹性模量; $\nu$ —碟簧材料的泊松比; $f$ —碟簧的变形量	

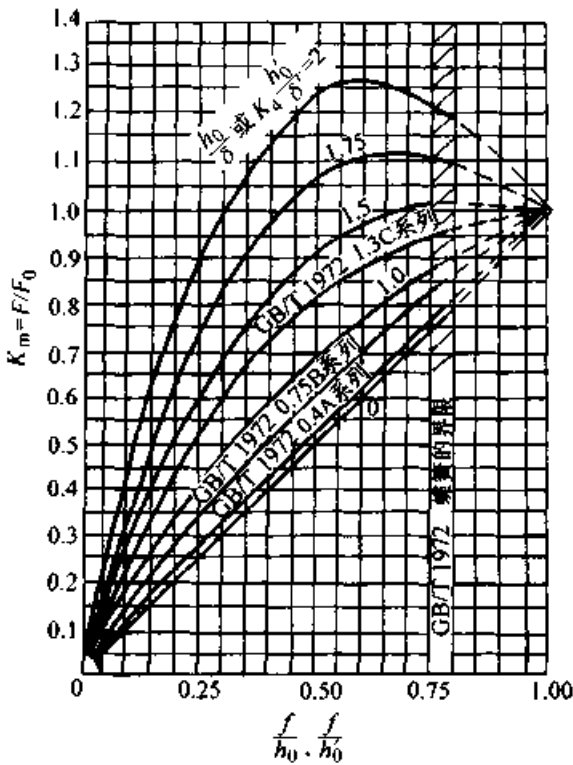


图 23.8-4 因子  $K_m$  与  $f/h_0$  和  $h_0/\delta$  的关系曲线

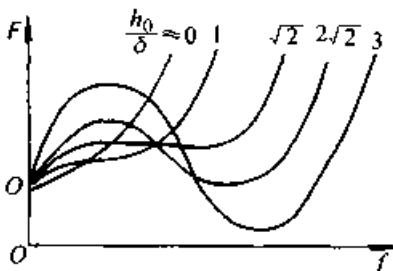


图 23.8-5 单片碟簧的特性曲线

$h_0/\delta$  值在不同的范围内, 特性线有不同的特点:

①  $h_0/\delta = 0 \sim 0.5$  时, 特性线接近于直线, 与圆柱螺旋弹簧近似;

②  $h_0/\delta = 0.5 \sim \sqrt{2}$  时, 弹簧刚度随  $h_0/\delta$  的增大而增大,  $h_0/\delta$  值在  $\sqrt{2}$  左右, 特性线将有一段接近水平线 (刚度为零), 这时载荷即使没有什么变化, 但变形却继续增大;

③  $h_0/\delta > \sqrt{2}$  时, 载荷增大到一定值后, 将出现载荷减小而变形继续增大的负刚度特性区域, 这时碟簧的工作情况是不稳定的;

④  $h_0/\delta > 2\sqrt{2}$  时, 这时具有更大的负刚度区域, 在碟簧变形量超过某一数值后, 碟片将突然倒翻过来。

因此, 可以用改变  $h_0/\delta$  数值的方法以获得不同的弹簧特性线, 来满足工作要求。GB/T 1972 根据  $h_0/\delta$  值, 规定了 A、B、C 三个系列 ( $h_0/\delta = 0.4, 0.75, 1.3$ ), 它们的特性线各不相同。

直径比  $C$  通过  $K_1$  影响碟簧的特性线,  $C$  增大,  $K_1$  增大, 碟簧刚度减小。同时  $C$  愈大对  $K_1$  或刚度的影响愈小,  $C > 5$  后对碟簧的特性线已几乎没有影响。

同样变形条件下, 载荷  $F$  与  $\delta^3$  成正比, 因此, 为保证制作的碟簧其特性线符合工作要求, 必须严格控制厚度  $\delta$  的制造误差。

由于受载后碟簧截面也有变形，支承面间有摩擦，载荷作用位置也有变化，加之制造误差等因素的影响，实际碟簧的特性线与理论特性线常常不完全一致，具有某些偏差，见图 23.8-6。

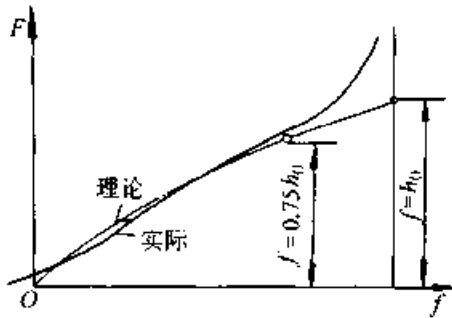


图 23.8-6 碟簧理论特性线与实际特性线的比较

由图 23.8-6 可知，当  $f/h_0 > 0.75$  时，实测载荷与理论计算载荷的偏差已经较大了。

### 3 组合碟形弹簧

单片碟簧的承载能力和变形有限，所以大都成组使用。采用不同的组合方式可以得到不同的弹簧特性线。

#### 3.1 组合方式与特性

同样的碟片，采用不同的组合方式或碟片数，能使弹簧特性在很大范围内变化。各种组合方式及其特性线见表 23.8-4。

不同厚度碟片对合组合时，组合碟簧的载荷将等于最厚碟片的载荷，变形等于各碟片变形之和。不同片数叠合弹簧组成的复合组合碟簧，其载荷将等于片数最多之叠合弹簧的载荷，变形等于各叠合弹簧变形之和。

表 23.8-4 碟簧的组合方式、特性线和计算公式

	单片	对合	叠合
组合方式与特性线 ( $h_0/\delta < 0.5$ )			
载荷与变形计算公式	$F_z = F$ $f_z = f$ $H_z = H_0$	$F_z = F$ $f_z = if$ $H_z = iH_0$	$F_z = jF$ $f_z = f$ $H_z = H_0 + (j - 1)\delta$
组合方式与特性线 ( $h_0/\delta < 0.5$ )			
组合方式与特性线 ( $h_0/\delta < 0.5$ )	$F_z = jF$ $f_z = if$ $H_z = i[H_0 + (j - 1)\delta]$	$F_z = F$ $f_z = \sum f_i$ $H_z = \sum H_{0i}$	$F_z = jF_i$ $f_z = \sum f_i$ $H_z = \sum [H_{0i} + (j_i - 1)\delta]$
说明	F—单个碟片的载荷； $F_z$ —组合碟簧的载荷；f—单个碟片的变形； $f_z$ —组合碟簧的变形； $H_0$ —单个碟片的自由高度； $H_z$ —组合碟簧的自由高度；j—一个叠合弹簧组中的碟片数；i—叠合弹簧组组数； $\delta$ —碟片厚度		

注：载荷与变形计算公式未计入摩擦力。

### 3.2 摩擦力对组合碟簧特性线的影响

碟形弹簧受载后，在支承表面和叠合面上，在碟片与导向件之间，都会产生摩擦力，而摩擦力将改变碟形弹簧的特性线。图 23.8-7 为 1~4 片叠合碟簧的实际特性线，为了比较，用虚线表示出其理论计算特性线。

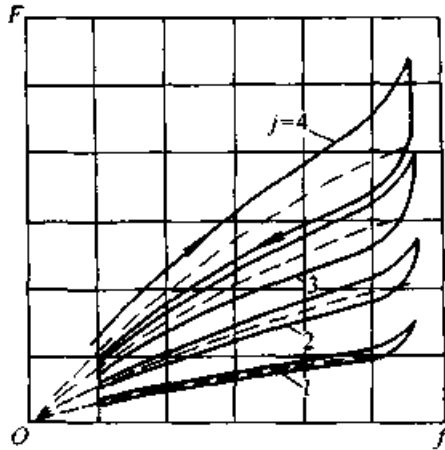


图 23.8-7 有摩擦碟簧的实际特性线

加载时，摩擦力阻碍变形，因此使弹簧实际刚度增大。卸载时摩擦力阻碍弹性变形恢复，因此使弹簧实际刚度减小。摩擦力的大小与碟片表面质量、润滑状况有关，并随叠合片数增加而增大。

作为缓冲、吸振碟簧，摩擦力能起消能、吸振作用，是有利的。但当振动频率较高、振幅较大时，摩擦产生较多的热，引起温度升高。此外摩擦还将引起噪声和磨损。因此，通常碟簧需要良好的润滑，一般常用  $\text{MoS}_2$  作润滑剂。

考虑摩擦力时碟簧载荷的计算式为叠合组合碟簧

$$F_z = nF/[1 \pm \mu_M(n-1) \pm \mu_R] \quad (23.8-2)$$

复合组合碟簧（未计入支承面的摩擦力）

$$F_z = nF/[1 \pm \mu_M(n-1)] \quad (23.8-3)$$

式中  $F$  ——未计摩擦力时碟簧的载荷；

$\mu_M$  ——碟片截锥面间的摩擦因数，见表 23.8-5；

$\mu_R$  ——碟片支承面上的摩擦因数，见表 23.8-5；

$n$  ——碟簧的碟片数。

‘+’号用于加载时，‘-’号用于卸载时。

表 23.8-5 摩擦因数  $\mu_M$  和  $\mu_R$

（摘自 GB/T 1972—1992）

系 列	$\mu_M$	$\mu_R$
A	0.005~0.03	0.03~0.05
B	0.003~0.02	0.02~0.04
C	0.002~0.015	0.01~0.03

### 3.3 组合碟形弹簧设计中应注意的问题

1) 导向件及其尺寸 为了防止受载时碟片出现横向移动，组合碟簧应设导向心轴（导杆）或导向套筒（导套），通常导套效果较好。碟片变形时外径将增大而内径将减小，因此导向件与变形前的碟片间应具有一定的间隙，GB/T 1972—1992 推荐了合适的间隙值，见表 23.8-6。

表 23.8-6 碟片与导向件间的间隙

(mm)

$d(D)$	$\leq 16$	>16 ~20	>20 ~26	>26 ~31.5	>31.5 ~50	>50 ~80	>80 ~140	>140 ~250
间隙	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.8	1.0	1.6

导向件与碟片间应润滑，以减小摩擦力。为了耐磨，导向件表面硬度应高于碟片硬度。导向件尽可能进行表面渗碳处理，渗碳层厚度需要 0.8 mm 左右，硬度一般为 55HRC。导向件表面粗糙度参数  $Ra$  应小于  $3.2 \mu\text{m}$ 。

2) 组合碟簧的碟片数 碟片数不宜过多。碟簧在载荷作用下，碟片沿导向件表面滑动，将一部分载荷传给了导向件，使各个碟片受力不等。碟片承受的载荷由动端向静端依次递减，动端的碟片受力最大，寿命最短，静端的碟片受力最小。碟片数越多，两端碟片受载的差异越大。因此，一般应尽可能采用直径大些、碟片数少些的组合碟簧，来满足载荷和变形的要求。

在结构要求碟片数多的场合，应将疲劳强度校核计算中的许用应力适当降低，以保证应力最大的动端碟片具有足够的使用寿命。

对于碟片厚度不同或叠合片数不同的组合碟簧，为防止厚度较小或碟片数较少的碟片组被压平而使应力过大，应在结构上采取避免压平的措施。例如在对合的碟片间设置衬环（见图 23.8-8）

等,以保证这些碟片的最大变形在  $0.75h_0$  以内。



图 23.8-8 防止碟片变形过大的结构

## 4 碟形弹簧的强度计算

### 4.1 应力计算

碟簧截面上的应力有径向位移导致的切应力和角位移导致的切应力,在截面各处应力均不相同,在内、外圆周的上、下表面(见图 23.8-9 中的 I、II、III、IV 点)应力值均较大。

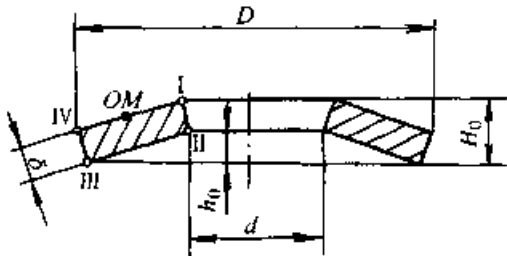


图 23.8-9 应力点示意图

在中性径上表面处(见图 23.8-9 中的 OM 点)为压应力。

上述几点处的应力计算式如下:

$$\begin{aligned} \sigma_I &= K_4 \left[ -4E/(1-\nu^2) \right] \left[ \delta^2/(K_1 D^2) \right] \times \\ &\quad (f/\delta) \{ K_4 K_2 [h_0/\delta - f/(2\delta)] + K_3 \} \\ \sigma_{II} &= K_4 \left[ -4E/(1-\nu^2) \right] \left[ \delta^2/(K_1 D^2) \right] \times \\ &\quad (f/\delta) \{ K_4 K_2 [h_0/\delta - f/(2\delta)] - K_3 \} \\ \sigma_{III} &= K_4 \left[ -4E/(1-\nu^2) \right] \left[ \delta^2/(K_1 D^2 C) \right] \times \\ &\quad (f/\delta) \{ K_4 (K_2 - 2K_3) [h_0/\delta - \\ &\quad f/(2\delta)] - K_3 \} \end{aligned} \quad (23.8-4)$$

$$\begin{aligned} \sigma_{IV} &= K_4 \left[ -4E/(1-\nu^2) \right] \left[ \delta^2/(K_1 D^2 C) \right] \times \\ &\quad (f/\delta) \{ K_4 (K_2 - 2K_3) [h_0/\delta - \\ &\quad f/(2\delta)] + K_3 \} \\ \sigma_{OM} &= (3K_4/\pi) \left[ 4E/(1-\nu^2) \right] \left[ \delta^2/(K_1 D^2) \right] \times \\ &\quad (f/\delta) \\ K_2 &= (6/\pi) \{ (C-1)/\ln C - 1 \} / \ln C \end{aligned} \quad (23.8-5)$$

$$K_3 = (3/\pi) \{ (C-1)/\ln C \} \quad (23.8-6)$$

计算应力为正值时为拉应力,负值时是压应力。

从应力计算公式可以看出:直到碟片压平

( $f \leq h_0$ ),  $\sigma_I$  始终是压应力,并且有  $\sigma_I > \sigma_{II}$ , 故  $\sigma_I$  是最大应力。

应力  $\sigma_{OM}$  更能表征碟簧的强度,且计算简便,取  $f = h_0$  的  $\sigma_{OM}$  值小于或等于材料的屈服点,进行碟片的强度计算。

### 4.2 强度和许用应力

#### 4.2.1 静强度和许用应力

载荷循环次数少于  $10^4$  时,可视为静载荷。这时碟片的失效形式是在最大应力点产生塑性变形。为了保证自由高度的稳定,应使压平时 OM 点的压应力满足下列要求:

$$\sigma_{OM} = (h_0/\delta) (3K_4/\pi) \left[ 4E/(1-\nu^2) \right] \times \left[ \delta^2/(K_1 D^2) \right] \leq \sigma_s$$

对于 60Si2MnA 和 50CrVA 制的碟簧,可取  $\sigma_s = 1400 \sim 1600 \text{ MPa}$ 。

#### 4.2.2 疲劳强度和许用应力

##### (1) 危险应力

承受循环载荷的碟簧,失效形式为疲劳断裂。碟片的疲劳源都是在受拉应力的下表面内、外圆周处(见图 23.8-10 中的 II、III 两点)。为保证循环载荷作用下碟形弹簧的强度,必须使该两点的拉应力小于疲劳极限应力。

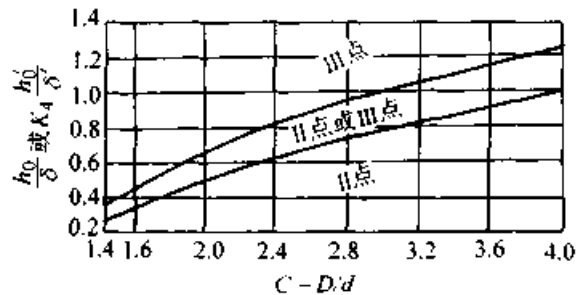


图 23.8-10 碟簧疲劳破坏危险点的判断曲线

II、III 两点中,那一点较危险,视直径比 C 和比值  $h_0/\delta$  而定。图 23.8-10 以 C 为横坐标,  $h_0/\delta$  为纵坐标,给出两条曲线。在两条曲线上面的区域,III 点是危险点;在两条曲线下方的区域,II 点是危险点;在两条曲线之间的区域,危险点不能肯定。

对于有支承面的碟片,应以比值  $K_4 h_0'/\delta'$  代替  $h_0/\delta$ 。

##### (2) 强度条件

以预压变形量  $f_{min}$  求得的最小应力,工作变形量  $f_{max}$  求得的最大应力,分别验算最大应力和

应力幅, 满足:

$$\sigma_{\max} \leq \sigma_{r\max}, \quad \sigma_a \leq \sigma_{ra}$$

式中  $\sigma_{r\max}$  和  $\sigma_{ra}$  是碟形弹簧的疲劳极限最大应力和应力幅。

(3) 许用应力

通常认为碟片的循环基数是  $2 \times 10^6$ , 载荷循环次数超过该值者, 为无限寿命设计, 极限应

力为疲劳极限, 载荷循环次数低于此值者, 为有限寿命设计, 极限应力为条件疲劳极限。

由材料 50CrVA 制造的单片碟簧, 或不超过 10 片的对合组合碟簧, 在循环载荷的作用下, 不同载荷循环次数、不同厚度时的疲劳极限, 在图 23.8-11 中以最大应力极限和最小应力极限的形式给出。

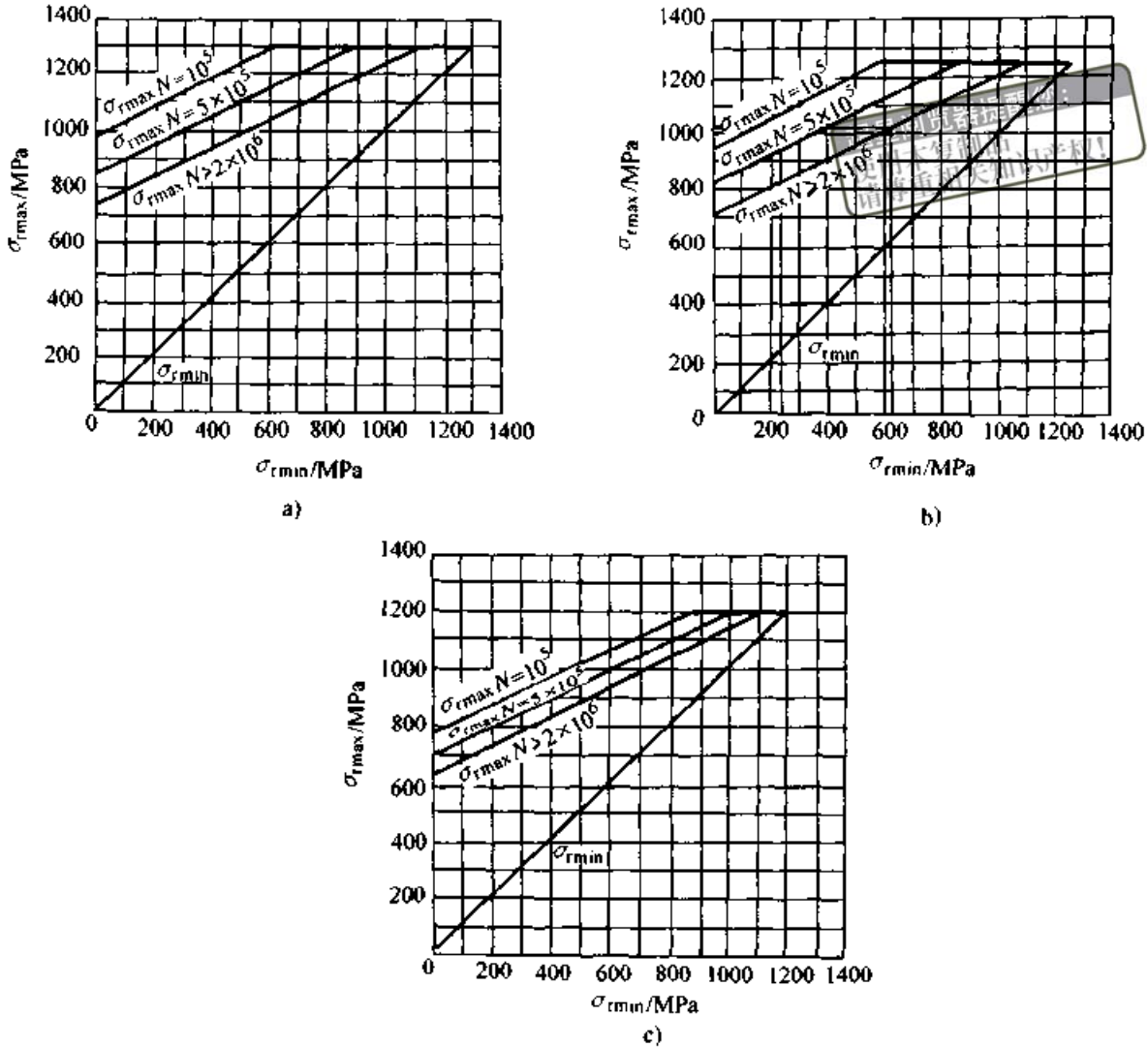


图 23.8-11 碟簧的极限应力曲线

a)  $\delta < 1.25 \text{ mm}$  b)  $\delta = 1.25 \sim 6 \text{ mm}$  c)  $\delta = 6 \sim 14 \text{ mm}$

4.3 蠕变和松弛

长期承受载荷的碟簧, 随着时间的延续, 会出现蠕变和松弛。发生蠕变时, 受恒力作用的碟簧会缓慢发生塑性变形, 导致自由高度减小, 因而在同样高度上, 承载能力下降。

5 碟形弹簧的选用

GB/T 1972—1992 对碟形弹簧的主要几何参

数  $D$ 、 $d$ 、 $\delta$ 、 $h_0$ 、 $H_0$  作了规定, 分三个系列, 即: 系列 A  $D/\delta = 18$ 、 $h_0/\delta = 0.4$ ; 系列 B  $D/\delta = 28$ 、 $h_0/\delta = 0.75$ ; 系列 C  $D/\delta = 40$ 、 $h_0/\delta = 1.3$ 。

符合标准规定的碟片, 在承受静载荷的场合, 在变形  $f = 0.75h_0$  的情况下, 能满足强度要求, 不会产生塑性变形, 无须进行强度验算, 但在承受循环载荷的场合, 需验算疲劳强度。

一般按载荷与变形的关系、载荷大小、结构



尺寸等要求, 选取适用的碟片尺寸、数量和组合方式。

5.1 碟形弹簧的系列、尺寸及参数  
(见表 23.8-7)

表 23.8-7 碟形弹簧的系列、尺寸及参数

类别	D/ mm	d/ mm	$\delta(\delta')/mm$	$h_0/mm$	$H_0/mm$	$f \approx 0.75h_0$				每千件质量 <i>m</i> /kg
						F/N	f/mm	$\sigma_{OM}/MPa$	$\sigma_{II}(\sigma_{III})/MPa$	
系列 A $D/\delta \approx 18; h_0/\delta \approx 0.4; E = 206\ 000\ MPa; \nu = 0.3$										
1	8	4.2	0.4	0.20	0.6	210	0.15	-1 200	1 200*	0.114
	10	5.2	0.5	0.25	0.75	329	0.19	-1 210	1 240*	0.225
	12.5	6.2	0.7	0.30	1.0	673	0.23	-1 280	1 420*	0.508
	14	7.2	0.8	0.30	1.1	813	0.23	-1 190	1 340*	0.711
	16	8.2	0.9	0.35	1.25	1 000	0.26	-1 160	1 290*	1.050
	18	9.2	1.0	0.40	1.4	1 250	0.30	-1 170	1 300*	1.480
	20	10.2	1.1	0.45	1.55	1 530	0.34	-1 180	1 300*	2.010
2	22.5	11.2	1.25	0.50	1.75	1 950	0.38	-1 170	1 320*	2.940
	25	12.2	1.5	0.55	2.05	2 910	0.41	-1 210	1 410*	4.400
	28	14.2	1.5	0.65	2.15	2 850	0.49	-1 180	1 280*	5.390
	31.5	16.3	1.75	0.70	2.45	3 900	0.53	-1 190	1 310*	7.840
	35.5	18.3	2.0	0.80	2.8	5 190	0.60	-1 210	1 330*	11.40
	40	20.4	2.25	0.90	3.15	6 540	0.68	-1 210	1 340*	16.40
	45	22.4	2.5	1.00	3.5	7 720	0.75	-1 150	1 300*	23.50
	50	25.4	3.0	1.10	4.1	12 000	0.83	-1 250	1 430*	34.30
	56	28.5	3.0	1.30	4.3	11 400	0.98	-1 180	1 280*	43.00
	63	31	3.5	1.40	4.9	15 000	1.05	-1 140	1 300*	64.90
	71	36	4.0	1.60	5.6	20 500	1.20	-1 200	1 330*	91.80
	80	41	5.0	1.70	6.7	33 700	1.28	-1 260	1 460*	145.0
	90	46	5.0	2.00	7.0	31 400	1.50	-1 170	1 300*	184.5
	100	51	6.0	2.20	8.2	48 000	1.65	-1 250	1 420*	273.7
112	57	6.0	2.50	8.5	43 800	1.88	-1 130	1 240*	343.8	
3	125	64	8(7.5)	2.60	10.6	85 900	1.95	-1 280	1 330*	533.0
	140	72	8(7.5)	3.20	11.2	85 300	2.40	-1 260	1 280*	666.6
	160	82	10(9.4)	3.50	13.5	139 000	2.63	-1 320	1 340*	1 094
	180	92	10(9.4)	4.00	14.0	125 000	3.00	-1 180	1 200	1 387
	200	102	12(11.25)	4.20	16.2	183 000	3.15	-1 210	1 230*	2 100
	225	112	12(11.25)	5.00	17.0	171 000	3.75	-1 120	1 140	2 640
	250	127	14(13.1)	5.60	19.6	249 000	4.20	-1 200	1 220	3 750

续表 23.8-7

类别	D/ mm	d/ mm	$\delta(\delta')/mm$	$h_0/mm$	$H_0/mm$	$f \approx 0.75h_0$				每千件质量 $m/kg$
						F/N	f/mm	$\sigma_{OM}/MPa$	$\sigma_{II}(\sigma_{III})/MPa$	
系列 B $D/\delta \approx 28$ ; $h_0/\delta \approx 0.75$ ; $E = 206\ 000\ MPa$ ; $\nu = 0.3$										
1	8	4.2	0.3	0.25	0.55	119	0.19	-1 140	1 330	0.086
	10	5.2	0.4	0.30	0.7	213	0.23	-1 170	1 300	0.180
	12.5	6.2	0.5	0.35	0.85	291	0.26	-1 000	1 110	0.363
	14	7.2	0.5	0.40	0.9	279	0.30	-970	1 100	0.444
	16	8.2	0.6	0.45	1.05	412	0.34	-1 010	1 120	0.698
	18	9.2	0.7	0.50	1.2	572	0.38	-1 040	1 130	1.030
	20	10.2	0.8	0.55	1.35	745	0.41	-1 030	1 110	1.460
	22.5	11.2	0.8	0.65	1.45	710	0.49	-962	1 080	1.880
	25	12.2	0.9	0.70	1.6	868	0.53	-938	1 030	2.640
	28	14.2	1.0	0.80	1.8	1 110	0.60	-961	1 090	3.590
2	31.5	16.3	1.25	0.90	2.15	1 920	0.68	-1 090	1 190	5.600
	35.5	18.3	1.25	1.00	2.25	1 700	0.75	-944	1 070	7.130
	40	20.4	1.5	1.15	2.65	2 620	0.86	-1 020	1 130	10.95
	45	22.4	1.75	1.30	3.05	3 660	0.98	-1 050	1 150	16.40
	50	25.4	2.0	1.40	3.4	4 760	1.05	-1 060	1 140	22.90
	56	28.5	2.0	1.60	3.6	4 440	1.20	-963	1 090	28.70
	63	31	2.5	1.75	4.25	7 180	1.31	-1 020	1 090	46.40
	71	36	2.5	2.00	4.5	6 750	1.50	-934	1 060	57.70
	80	41	3.0	2.30	5.3	10 500	1.73	-1 030	1 140	87.30
	90	46	3.5	2.50	6.0	14 200	1.88	-1 030	1 120	129.1
3	100	51	3.5	2.80	6.3	13 100	2.10	-926	1 050	159.7
	112	57	4.0	3.20	7.2	17 800	2.40	-963	1 090	229.2
	125	64	5.0	3.50	8.5	30 000	2.63	-1 060	1 150	355.4
	140	72	5.0	4.00	9.0	27 900	3.00	-970	1 110	444.4
	160	82	6.0	4.50	10.5	41 100	3.38	-1 000	1 110	698.3
	180	92	6.0	5.10	11.1	37 500	3.83	-895	1 040	885.4
	200	102	8(7.5)	5.60	13.6	76 400	4.20	-1 060	1 250	1 369
	225	112	8(7.5)	6.50	14.5	70 800	4.88	-951	1 180	1 761
	250	127	10(9.4)	7.00	17.0	119 000	5.25	-1 050	1 240	2 687

续表 23.8-7

类别	D/ mm	d/ mm	$\delta(\delta')$ / mm	$h_0$ / mm	$H_0$ / mm	$f \approx 0.75h_0$				每千件质量 m/kg
						F/N	f/mm	$\sigma_{OM}/\text{MPa}$	$\sigma_{II}(\sigma_{II}^*)/\text{MPa}$	
系列 C $D/\delta \approx 40$ ; $h_0/\delta \approx 1.3$ ; $E = 206\,000\text{ MPa}$ ; $\nu = 0.3$										
1	8	4.2	0.2	0.25	0.45	39	0.19	-762	1 040	0.057
	10	5.2	0.25	0.30	0.55	58	0.23	-734	980	0.112
	12.5	6.2	0.35	0.45	0.8	152	0.34	-944	1 280	0.251
	14	7.2	0.35	0.45	0.8	123	0.34	-769	1 060	0.311
	16	8.2	0.4	0.50	0.9	155	0.38	-751	1 020	0.466
	18	9.2	0.45	0.60	1.05	214	0.45	-789	1 110	0.661
	20	10.2	0.5	0.65	1.15	254	0.49	-772	1 070	0.912
	22.5	11.2	0.6	0.80	1.4	425	0.60	-883	1 230	1.410
	25	12.2	0.7	0.90	1.6	601	0.68	-936	1 270	2.060
	28	14.2	0.8	1.00	1.8	801	0.75	-961	1 300	2.870
	31.5	16.3	0.8	1.05	1.85	687	0.79	-810	1 130	3.580
	35.5	18.3	0.9	1.15	2.05	831	0.86	-779	1 080	5.140
	40	20.4	1.0	1.30	2.3	1 020	0.98	-772	1 070	7.300
2	45	22.4	1.25	1.60	2.85	1 890	1.20	-920	1 250	11.70
	50	25.4	1.25	1.60	2.85	1 550	1.20	-754	1 040	14.30
	56	28.5	1.5	1.95	3.45	2 620	1.46	-879	1 220	21.50
	63	31	1.8	2.35	4.15	4 240	1.76	-985	1 350	33.40
	71	36	2.0	2.60	4.6	5 140	1.95	-971	1 340	46.20
	80	41	2.25	2.95	5.2	6 610	2.21	-982	1 370	65.50
	90	46	2.5	3.20	5.7	7 680	2.4	-935	1 290	92.20
	100	51	2.7	3.50	6.2	8 610	2.63	-895	1 240	123.2
	112	57	3.0	3.90	6.9	10 500	2.93	-882	1 220	171.9
	125	64	3.5	4.50	8.0	15 100	3.38	-956	1 320	248.9
	140	72	3.8	4.90	8.7	17 200	3.68	-904	1 250	337.7
	160	82	4.3	5.60	9.9	21 800	4.20	-892	1 240	500.4
	180	92	4.8	6.20	11.0	26 400	4.65	-869	1 200	708.4
200	102	5.5	7.00	12.5	36 100	5.25	-910	1 250	1 004	
3	225	112	6.5 (6.2)	7.10	13.6	44 600	5.33	-840	1 140	1 456
	250	127	7 (6.7)	7.80	14.8	50 500	5.85	-814	1 120	1 915

注：1. 表中碟簧厚度值是  $\delta$ ，括号内的厚度值是  $\delta'$ 。

2. 表中应力有 \* 号者为  $\sigma_{II}$ ，其余为  $\sigma_{OM}$ 。

5.2 标记

标记示例

一级精度，系列 A，外径  $D = 100 \text{ mm}$  的第 2 类碟簧：碟簧 A100-1 GB/T 1972

5.3 技术要求

碟簧制造精度分两级：一级和二级。

外径的极限偏差：一级为  $h12$ ，二级为  $h13$ 。  
内径的极限偏差：一级为  $H12$ ，二级为  $H13$ 。

碟片厚度、自由高度的极限偏差和载荷波动范围按表 23.8-8 的规定。

碟片的表面粗糙度按表 23.8-9 的规定。

6 碟形弹簧的设计

采用非标准碟簧时需要进行设计。设计时的

表 23.8-8 碟片厚度、自由高度的极限偏差和载荷的波动范围

参数名称	碟 片 厚 度 $\delta(\delta')$ /mm						
	第 1 类		第 2 类			第 3 类	
	0.2~0.6	>0.6~1.25	>1.25~2.0	>2.0~3.0	>3.0~3.8	>3.8~6.0	>6.0~14
碟片厚度 $\delta$ /mm	+0.02 -0.06	+0.03 -0.09	+0.04 -0.12		+0.05 -0.15		+0.10 -0.10
自由高度 $H_0$ /mm	+0.10 -0.05		+0.15 -0.08	+0.20 -0.10	+0.30 -0.15		+0.30 -0.30
载荷 $F$ 的波动 范围/% ( $f = 0.75h_0$ )	+25 (+30) -7.5 (-10)		+15 (+20) -7.5 (-10)		+10 (+15) -5 (-7.5)		+5 (+10) -5 (-10)

注：载荷波动范围，括号外为一级精度的偏差，括号内为二级精度偏差；厚度和自由高度偏差一、二级通用。

表 23.8-9 碟片表面粗糙度

制 造 方 法		冷成形，边缘倒圆角	冷或热成形，切削内外圆或平面，边缘倒圆角	精冲，边缘倒圆角	热成形，加工所有表面，边缘倒圆角
表面粗糙度 $Ra/\mu\text{m}$	上、下表面	3.2	6.3	6.3	12.5
	内、外圆	12.5	6.3	3.2	12.5

已知条件应有：载荷值及其性质，弹簧特性线，空间结构尺寸的限制条件等。设计要做的工作有：选定材料，确定组合形式和碟片数量，确定碟片主要尺寸参数 ( $h_0, \delta, D, d$ )，画出特性线和零件工作图。

6.1 主要参数的选取

6.1.1 比值  $h_0/\delta$

要求特性线为直线时，可取  $h_0/\delta \approx 0.5$ ；要求弹簧具有刚度为零的区域时，可取  $h_0/\delta \approx 1.414$ ；要求弹簧具有负刚度特性时，可取  $h_0/\delta > 1.414$ 。

6.1.2 直径比  $C$

直径比  $C \approx 1.7$  时，碟簧单位体积材料的变形能最大，因此用于缓冲、吸振和储能的碟簧，最好取  $C = 1.7 \sim 2.5$ 。

若是控制装置用碟簧，对弹簧特性有特殊要求， $C$  值可增大到 3.5。 $C$  值大于 3.5 后，将使外径过大。

$C$  值又不宜过小，否则内、外径十分接近，会给制造带来困难。因此一般取  $C = 2$ ，不小于 1.25。

6.1.3 比值  $f/h_0$

随着  $f/h_0$  值增大，实际杠杆臂缩短，弹

簧实际承载能力与计算值的差增大, 当  $f/h_0 > 0.75$  时, 该差值已十分明显。所以 GB/T 1972 规定  $f_{max}/h_0 = 0.75$ 。

当  $f/h_0 < 0.15 \sim 0.20$  时, I 点的剩余拉应力不能完全消除, 该点可能出现疲劳裂纹。所以, 为了保证弹簧特性的稳定, 提高疲劳强度, 一般承受循环载荷的碟簧, 最好取  $f_{min}/h_0 = 0.25 \sim 0.60$ , 不得小于  $0.15 \sim 0.20$ 。

### 6.2 设计步骤

1) 按特性线的要求选定碟片比值  $h_0/\delta$ : 若选  $h_0/\delta > 1.414$  时, 应采取结构措施, 以避免碟片突然被压平或翻转。

2) 根据空间结构限制选定  $D$ , 确定比值  $C$  即可计算出  $d$ 。

3) 选用材料和许用应力。受静载荷的碟簧压平时的应力  $\sigma_{fmax}$  应不超过弹簧材料的屈服点。循环载荷作用下的碟簧, 一般选定尺寸后进行疲劳强度校核计算。根据要求的寿命 (载荷循环次数) 计算许用应力幅。

4) 给定比值  $f_{max}/h_0$ , 根据强度条件, 由应力计算公式求出碟片厚度  $\delta$ 。计算时, 计算式中的  $f/\delta$  均以  $f_{max}/\delta = (f_{max}/h_0)(h_0/\delta)$  代入。求出  $\delta$  后, 应按材料规格并考虑加工余量要求适当调整。

5) 由比值  $h_0/\delta$  和  $\delta$  值求出内截锥高度  $h_0$ 。

6) 按载荷与变形关系的要求, 确定碟簧组合方式和片数。画出特性线, 计算变形能。

7) 绘制碟簧工作图, 确定各项技术要求。图 23.8-12 是碟形弹簧的典型图样。

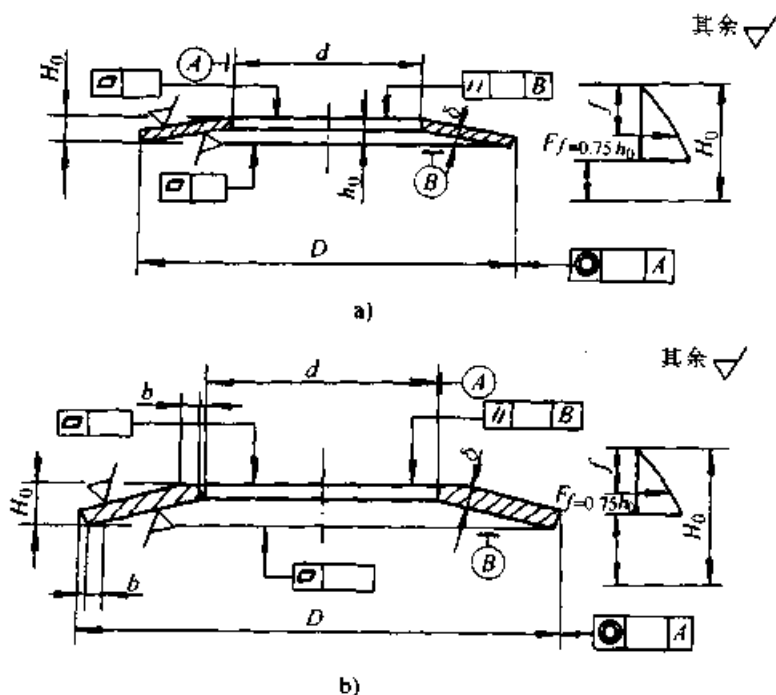


图 23.8-12 碟簧典型图样

a) 无支承面碟簧 b) 有支承面碟簧

## 7 碟形弹簧的材料

碟形弹簧多用冷轧或热轧带钢、板材或锻造坯料 (锻造比不小于 2) 制造, 弹簧材料应采用 60Si2MnA 或 50CrVA 等弹簧钢。厚度小于 1.1 mm 的碟形弹簧也可以用高碳钢制造。有防锈、防蚀、防磁或耐热等特殊要求时, 也可以用不锈钢、耐热钢、青铜或玻璃钢等材料。

## 8 其他类型碟形弹簧

### 8.1 梯形截面碟形弹簧

梯形截面碟簧 (见图 23.8-13) 截面中的应力分布较普通碟簧均匀, 故疲劳寿命较高。相同锥角的碟簧, 梯形截面使允许的变形量减小, 因而可作为行程限制器, 而不需要任何附加零件。

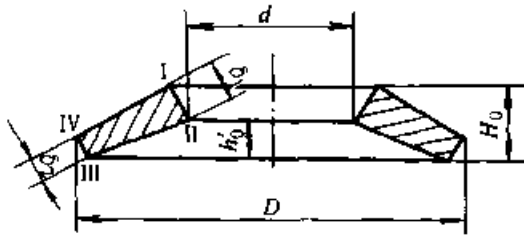


图 23.8-13 梯形截面碟簧

(1) 载荷与变形的关系

$$F = [4E/(1 - \nu^2)](f\delta_1^3/D^2) \times \{K_5(h_0/\delta_1 - f/\delta_1)[h_0/\delta_1 - f/(2\delta_1)] + K_6\} \quad (23.8-7)$$

式中  $K_5$ 、 $K_6$  两个因子由图 23.8-14 查取。

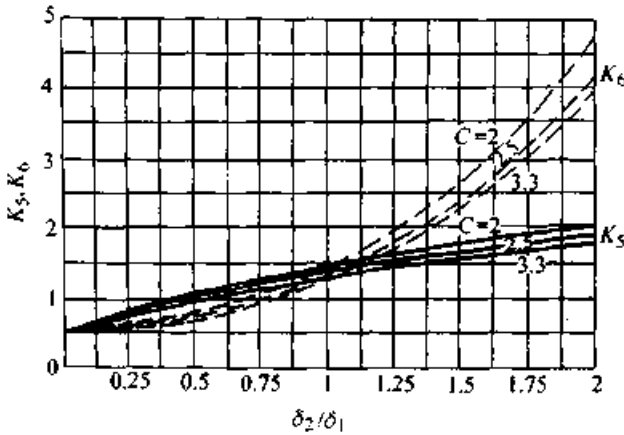


图 23.8-14 梯形截面碟簧因子  $K_5$ 、 $K_6$  与厚度比  $\delta_2/\delta_1$  的关系曲线

(2) 应力计算公式

$$\begin{aligned} \sigma_I &= [-4E/(1 - \nu^2)][K_3 f \delta_1 / (K_1 D^2)] \times \{K_0[h_0/\delta_1 - f/(2\delta_1)] + 1\} \\ \sigma_{II} &= [-4E/(1 - \nu^2)][K_3 f \delta_1 / (K_1 D^2)] \times \{K_0[h_0/\delta_1 - f/(2\delta_1)] - 1\} \\ \sigma_{III} &= [-4E/(1 - \nu^2)][K_3 f \delta_1 / (K_1 C D^2)] \times \{(2 - K_0)[h_0/\delta_1 - f/(2\delta_1)] + \delta_2/\delta_1\} \\ \sigma_{IV} &= [-4E/(1 - \nu^2)][K_3 f \delta_1 / (K_1 C D^2)] \times \{(2 - K_0)[h_0/\delta_1 - f/(2\delta_1)] - \delta_2/\delta_1\} \end{aligned} \quad (23.8-8)$$

式中因子  $K_0$  可由图 23.8-15 中的曲线查得。

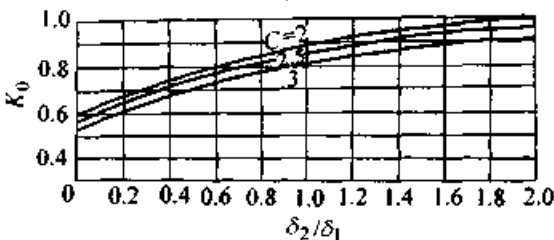


图 23.8-15 梯形截面碟簧  $K_0$  与厚度比  $\delta_2/\delta_1$  的关系曲线

## 8.2 锥状梯形截面碟形弹簧

锥状梯形截面碟簧 (见图 23.8-16) 在受载变形过程中, 载荷始终作用在外圆周上, 这就避免了普通碟簧在  $f > 0.75h_0$  后因载荷内移而使特性线偏离理论值的现象, 并使应力分布均匀化。

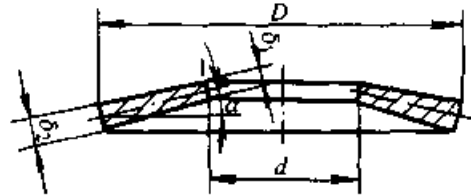


图 23.8-16 锥状梯形截面碟簧

(1) 载荷与变形的关系

$$F = f[2\pi E \delta_2^2 / [3D(D - d)]] [\alpha^2(D - d)^2 / 4 + \delta_2^2(D^2 + Dd + d^2) / (3D^2)] \quad (23.8-9)$$

式中  $\alpha$  —— 碟簧中心锥角。

(2) 应力计算公式

I 点是危险点。

$$\sigma_I = f[E/(D - d)][\alpha(D - d)/d + \delta_2/D] \quad (23.8-10)$$

## 8.3 圆板弹簧

### 8.3.1 矩形圆板弹簧

矩形圆板弹簧 (见图 23.8-17) 载荷作用于内、外圆周后, 产生轴向变形, 成为截锥形。

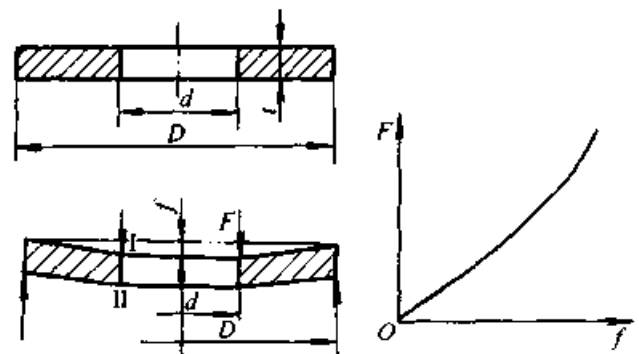


图 23.8-17 圆板弹簧及其变形

圆板弹簧的特性线为渐增型。

(1) 变形计算式

$$f = K_{y1} F D^2 / (4E\delta^3) \quad (23.8-11)$$

$$K_{y1} = 1/[0.5514(C^2 - 1)/C^2 + 1.614(\ln C)^2 / (C^2 - 1)]$$

(23.8-12)

(2) 应力计算式

在  $f/\delta$  较小的场合，内圆周的上表面 I 点的应力最大，为压应力；在  $f/\delta$  较大的场合，内圆周的下表面 II 点应力最大，为拉应力。最大应力计算式为

$$\sigma_{\max} = K_{y2} F / \delta^2 \quad (23.8-13)$$

$$K_{y2} = 0.3343 + 1.242C^2 \ln C / (C^2 - 1) \quad (23.8-14)$$

8.3.2 变厚度圆板弹簧

变厚度圆板弹簧（见图 23.8-18）中心较薄，圆周较厚，并且常以组合形式应用。

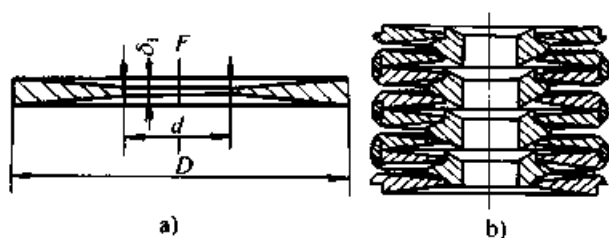


图 23.8-18 变厚度圆板弹簧

a) 单片式 b) 组合式

(1) 变形计算式

$$f = K_{by1} \eta F D^2 / (4E\delta^3) \quad (23.8-15)$$

$$K_{by1} = 5.73(C-1) / [C^2(C^2+C+1)] \quad (23.8-16)$$

$$\eta = 1 / [1 + 1.5f^2 / (\delta_1^2(C^2+C+1))] \quad (23.8-17)$$

式中  $\eta$  为变形修正因子， $f$  很小时可取  $\eta \approx 1$ 。在  $f$  较大的场合，计算时需先赋  $\eta$  一个初值（例如 1），代入式 (23.8-15) 中计算求得  $f$  的近似值，然后用此  $f$  代入式 (23.8-17) 计算  $\eta$ 。若与所赋之值不等，再将计算出的  $\eta$  值作为新的赋值代入式 (23.8-15) 计算变形，直至所赋之值与计算值十分接近为止。

(2) 应力计算式

$$\sigma_{\max} = K_{by2} F / \delta_1^2 \quad (23.8-18)$$

$$K_{by2} = 2.86 / (C^2 + C + 1) \quad (23.8-19)$$

例 设计一碟形弹簧装置，承受循环载荷，预加载荷  $F_1 = 1500 \text{ N}$ ，工作载荷  $F_2 = 5000 \text{ N}$ ，最大变形量要求为 5 mm，导杆最大直径为 20 mm。解 按导杆尺寸条件，选取内径  $d = 20.4 \text{ mm}$  的碟片，三个系列此种碟片的尺寸和参数见表 23.8-10。

表 23.8-10  $d = 20.4 \text{ mm}$  三个系列的尺寸和参数

碟片系列	类别	D/mm	d/mm	$\delta$ /mm	$h_0$ /mm	$H_0$ /mm	$f = 0.75h_0$		
							F/N	f/mm	$\sigma_{II}(\sigma_{II})$ /MPa
A40 GB/T 1972	2	40	20.4	2.25	0.90	3.15	6 540	0.68	1 340
B40 GB/T 1972	2	40	20.4	1.50	1.15	2.65	2 620	0.86	1 130
C40 GB/T 1972	1	40	20.4	1.00	1.30	2.30	1 020	0.98	1 070

由表 23.8-10 可知，采用 A 系列碟片承载能力足够，而变形量满足不了要求，为此，采用 A 系列碟片对合式组合碟簧，该碟片为无支承结

构。

A40 GB/T 1972 对合式组合碟簧的计算步骤与结果见表 23.8-11。

表 23.8-11 对合式组合碟簧的计算步骤与结果

超星浏览器提醒您：  
 请勿复制或  
 传播本复制品  
 请尊重相关知识产权！

项 目	计 算 公 式 及 说 明	计 算 结 果
弹性模量	$E$ 根据 GB/T 1972—1992	206 000 MPa
泊松比	$\nu$ 根据 GB/T 1972—1992	0.3
直径比	$C = D/d = 40/20.4$	1.96
因子	$K_1 = (1/\pi) \{ (C-1)/C \}^2 \{ (C+1)/(C-1) - 2/\ln C \} = (1/\pi) \times \{ (1.96-1)/1.96 \}^2 \{ (1.96+1)/(1.96-1) - 2/\ln 1.96 \}$	0.69
压平载荷	$F_c = [4E/(1-\nu^2)] \{ \delta^3 h_0 / (K_1 D^2) \} = [4 \times 206\,000 / (1-0.3^2)] \times \{ 2.25^3 \times 0.90 / (0.69 \times 40^2) \}$	8 410 N
因子	$K_m = F_2/F_c = 5\,000/8\,410$	0.59
比值	$h_0/\delta = 0.90/2.25$	0.4
比值	$f_2/h_0$ 查图 23.8-4, 由 $K_m = 0.59, h_0/\delta = 0.4$ 得	0.57
碟片的工作变形量	$f_2 = (f_2/h_0)h_0 = 0.57 \times 0.90$	0.51 mm
组合弹簧片数	$i = f/f_2 = 5/0.51$	9.7 取 10 片
碟簧的工作变形量	$f_s = if_2 = 10 \times 0.51$	5.1 mm
因子	$K'_m = F_1/F_c = 1\,500/8\,410$	0.18
比值	$f_1/h_0$ 查图 23.8-4, 由 $K'_m = 0.18, h_0/\delta = 0.4$ 得	0.16
碟片的预变形量	$f_1 = (f_1/h_0)h_0 = 0.16 \times 0.90$	0.14 mm
组合碟簧的预变形量	$f_{s1} = if_1 = 10 \times 0.14$	1.4 mm
自由高度	$H_{0z} = iH_0 = 10 \times 3.15$	31.5 mm



# 第9章 环形弹簧

## 1 环形弹簧的结构和特性

### 1.1 结构

环形弹簧由带有内锥面的外圆环和带有同样锥角之外锥面的内圆环配合组成(见图 23.9-1), 内、外圆环的数量由承受载荷的大小和变形量的要求来决定。

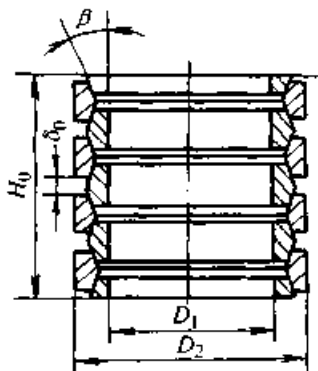


图 23.9-1 环形弹簧

环形弹簧也可以由两套, 或者更多套不同直径环形弹簧组成组合弹簧应用(见图 23.9-2)。

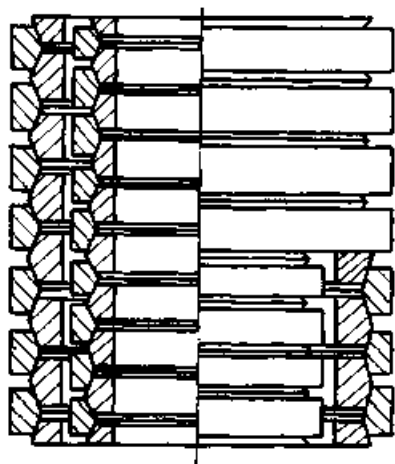


图 23.9-2 组合环形弹簧

当轴向载荷  $F$  作用在圆环端面上后, 在外圆环和内圆环相互接触的锥面上作用着法向压力, 使外圆环胀大, 产生拉应力, 使内圆环缩小, 产生压应力, 各圆环沿轴线作相对运动而互相压入, 弹簧轴向尺寸缩短。把它视为环形弹簧

的轴向变形  $f$ 。

环形弹簧一般安装在导向套筒或心轴上使用。由于环形弹簧的实际变形是内、外圆环的胀缩, 因此, 外圆环与导向套筒、内圆环与心轴间均应留出适当的间隙(一般约为直径的 2%)。

### 1.2 特性

由于内、外圆环沿轴线相对运动时, 在相互接触的圆锥面上有很大的摩擦力, 卸载时, 摩擦力阻碍弹簧弹性变形的恢复, 因此环形弹簧加载特性线与卸载特性线不重合(见图 23.9-3)。

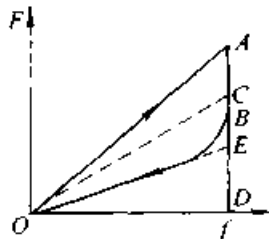


图 23.9-3 环形弹簧的特性线

环形弹簧加载与卸载两条特性线所包围的面积较大, 摩擦消耗的能量较多, 其大小几乎可达加载变形能的 60% ~ 70%。因此, 它的缓冲减振能力很高。

### 1.3 应用

环形弹簧常用于空间尺寸受限制而又要求强力缓冲的场合, 例如大型管道的吊架、振动机械的支承、重型铁路车辆的连接部分等。

环形弹簧常由多对内、外圆环组成, 因此损坏或磨损后, 往往只需更换个别圆环即可, 维修方便、经济。

## 2 参数选择与几何尺寸计算

图 23.9-4 是环形弹簧尺寸示意图。

- 1) 摩擦角  $\rho$  具有良好润滑条件的环形弹簧, 圆锥接触面的摩擦因数大约为:  
接触面未作精加工且载荷较重  $\mu \approx 0.16$   
接触面经过精加工且载荷较重  $\mu \approx 0.15$

接触面经过精加工且载荷较轻  $\mu \approx 0.12$   
与其相应, 环形弹簧的摩擦角  $\rho = 7^\circ \sim 9^\circ$ 。

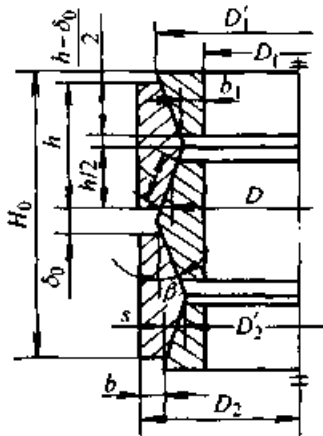


图 23.9.4 环形弹簧尺寸示意图

2) 圆锥半角  $\beta$   $\beta$  必须大于摩擦角, 否则卸载时将出现自锁, 即不能回弹。  $\beta$  小, 弹簧刚度小,  $\beta$  大, 缓冲减振能力低。一般取  $\beta = 13^\circ \sim 20^\circ$ 。接触表面加工精度较高时, 可取  $\beta \approx 12^\circ$ ; 加工精度一般时, 常取斜度为 1:4, 即  $\beta = 14^\circ 3'$ ; 润滑条件差、表面较粗糙时,  $\beta$  宜取大值, 以免出现自锁。

3) 圆环厚度  $b$  和  $b_1$  外环端面厚度  $b$  和内环(小)端面厚度  $b_1$  应由强度条件决定, 一般在初选时可取  $b = b_1 = (1/6 \sim 1/2)h$ 。因为外环受拉应力, 内环受压应力, 故在高度相同、材料相同的条件下, 按等强度要求, 应取  $b \approx 1.3b_1$ 。

4) 圆环直径

内环内径  $D_1$  由结构确定

外环外径  $D_2 = D_1 + 2(b + b_1) + (h - \delta_0)\tan\beta$   
(23.9-1)

外环内径  $D_2' = D_2 - 2b + h\tan\beta$  (23.9-2)

内环外径  $D_1' = D_1 + 2b_1 + h\tan\beta$  (23.9-3)

接触面中径  $D = (D_2 - 2b + D_1 + 2b_1)/2$   
(23.9-4)

式中  $\delta_0$  ——自由状态下相邻两外(内)环的间距, 一般取  $\delta_0 \approx h/4$ ;

$h$  ——圆环高度。

5) 圆环高度  $h$   $h$  小, 圆环截面面积小, 接触面积也小, 应力较大;  $h$  大, 制造较困难。通常可取  $h = (1/6 \sim 1/5)D_2$  或  $h = (1/5.6 \sim 1/3)D$ 。

6) 圆环件数 环形弹簧圆锥接触面的对数  $n$  根据弹簧所受的载荷及变形要求计算确定,

内、外环的总数(包括两端的单锥面环)为

$$n_0 = n + 1 \quad (23.9-5)$$

一般两端单锥面环为内环, 故外环数为  $n/2$ , 内环数为  $n/2 + 1$ 。

7) 自由高度  $H_0$  和并紧高度  $H_b$

弹簧的自由高度为

$$H_0 = n(h + \delta_0)/2 = n(h + \delta)/2 + f \quad (23.9-6)$$

式中  $\delta$  ——加载后相邻两外(内)环的间距。

环形弹簧的并紧高度为

$$H_b = nh/2 \quad (23.9-7)$$

为了保证环形弹簧的稳定性,  $H_b$  应大于  $4f$ 。

为避免环形弹簧并紧, 应使弹簧在工作极限位置仍保留有不少于 1 mm 的最小间距, 直径较大时最小间距应取大些, 若加工精度较低, 可取

$$\delta_{\min} \approx D/50$$

若加工精度较高, 可取

$$\delta_{\min} \approx D/100$$

### 3 应力计算

#### 3.1 受力分析

环形弹簧端面受轴向力  $F$  作用, 在内、外环的圆锥面上产生法向压力  $F_N$  和摩擦力  $\mu F_N$ 。法向压力  $F_N$  与轴向载荷  $F$  的关系式为

$$F_N = F/(\sin\beta + \mu\cos\beta) \quad (23.9-8)$$

式中  $\mu$  ——摩擦因数。

#### 3.2 外环的应力计算

法向压力在外环内表面上产生的最大拉应力计算公式为

$$\sigma_2 = F/(\pi A_2 \gamma) \{1 + 2A_2/[\nu D(h - \delta_0) \times (1 - \mu\tan\beta)]\} \quad (23.9-9)$$

$$A_2 = hb + h^2\tan\beta/4$$

$$\gamma = \tan(\beta + \rho)$$

式中  $\rho$  ——摩擦角。

该应力应小于许用应力, 并保证弹簧被压缩到并紧时不超过材料的弹性极限。

#### 3.3 内环的应力计算

法向压力在内环上产生的最大压应力计算公

式为

$$\sigma_1 = F/(\pi A_1 \gamma) \quad (23.9-10)$$

$$A_1 = hb_1 + h^2 \tan\beta/4$$

根据强度条件  $\sigma_1 \leq \sigma_{1p}$ ，即可求得需要的内环厚度

$$b_1 \geq F/(\pi \gamma \sigma_{1p}) - h \tan\beta/4 \quad (23.9-11)$$

式中  $\sigma_{1p}$  ——内环许用应力。

该应力应保证弹簧被压缩到并紧时不超过材料的弹性极限。

### 4 变形计算

1) 加载时的变形计算公式为

$$f = [nF/(2\pi E\gamma \tan\beta)](D_{01}/A_1 + D_{02}/A_2) \quad (23.9-12)$$

式中  $n$  ——环形弹簧圆锥接触面的对数；

$D_{01}$  ——内环截面中心直径,  $D_{01} \approx D_1 + 1.3b$ ；

$D_{02}$  ——外环截面中心直径,  $D_{02} \approx D_2 - 1.3b$ 。

2) 卸载时载荷与变形的关系 卸载时载荷与变形的关系式为

$$f = [nF_{xx}/(2\pi E\gamma' \tan\beta)](D_{01}/A_1 + D_{02}/A_2) \quad (23.9-13)$$

$$\gamma' = \tan(\beta - \rho)$$

卸载过程中，环形弹簧的弹性变形开始恢复时，其变形量为加载过程的最后变形量  $f$ ，故弹簧弹性变形开始恢复时的载荷为

$$F_{xx} = F \tan(\beta - \rho) / \tan(\beta + \rho) \quad (23.9-14)$$

3) 变形能 环形弹簧的特性线是直线，加载过程吸收的变形能为

$$U = Ff/2 \quad (23.9-15)$$

卸载时的特性线也是直线，故卸载过程释放出的变形能为

$$U_{xx} = F_{xx}f/2 = U \tan(\beta - \rho) / \tan(\beta + \rho) \quad (23.9-16)$$

因此，加载、卸载一次循环，环形弹簧消耗的能量为

$$U_n = U - U_{xx} = \psi U \quad (23.9-17)$$

$$\psi = 1 - \tan(\beta - \rho) / \tan(\beta + \rho)$$

称  $\psi$  为弹簧的阻尼因数。

### 5 材料与许用应力

环形弹簧常用 60Si2MnA、65Si2MnWA 和 50CrVA 等弹簧钢。环形弹簧的许用应力见表 23.9-1。

表 23.9-1 环形弹簧的许用应力

加工和使用条件	(MPa)	
	$\sigma_{2p}$	$\sigma_{1p}$
一般使用寿命	900	1 200
短使用寿命，接触表面未精加工	1 000	1 300
短使用寿命，接触表面经精加工	1 200	1 500

### 6 环形弹簧参数荐用值

设计环形弹簧时可参照表 23.9-2 所列荐用参数值，各参数符号的意义参见图 23.9-4。

表 23.9-2 环形弹簧参数荐用值及其特性

结 构 尺 寸									最大应力		一对接触面的轴向变形	最大载荷 (按 $\mu=0.16$ 计算)
圆 环 直 径				节距	圆环厚度		高度	圆角半径				
$D_2/mm$	$D_1/mm$	$D_2'/mm$	$D_1'/mm$		$t/mm$	$b/mm$			$b_1/mm$	$h/mm$	$r/mm$	$\sigma_2/MPa$
489	428.5	460	470.5	102	13.0	9.5	78	3.0	900	1 100	7.90	1 998
391	341.8	352	375.8	82	10.5	8.0	62	2.5			6.25	1 264
313	274.8	282	301.8	66	8.0	6.0	50	2.0			5.00	806
250	218.6	225	240.6	52	6.0	5.0	40	1.6			3.90	528
200	173.8	180	191.8	42	5.5	4.5	32	1.3			3.30	322
160	140.5	143	154.5	34	4.0	3.0	26	1.0			2.44	222
128	111.6	115	122.6	27	3.0	2.5	21	—			2.10	142
102	89.5	92	98.5	22	2.5	2.0	17	—			1.65	85
82	72.1	74	79.1	18	2.0	1.5	14	—			1.35	55.5

# 第 10 章 片弹簧、线弹簧、弹性挡圈和弹簧垫圈

## 1 片弹簧

片弹簧由金属薄板制成，利用板片的弹性弯曲变形起弹簧作用。通常采用矩形截面的板片，一端固定、另一端为自由端，载荷作用在自由端上，或两端固定，中间承受载荷。

片弹簧主要用于载荷和变形均不大、要求弹簧刚度较小的场合。例如继电器触点、棘轮机构中棘爪的压紧机构、定位器等。

片弹簧一般用螺钉固定，有时也采用铆钉，常用的固定方法及其相关尺寸见图 23.10-1。过渡部分应用圆弧平滑过渡，以减小应力集中。

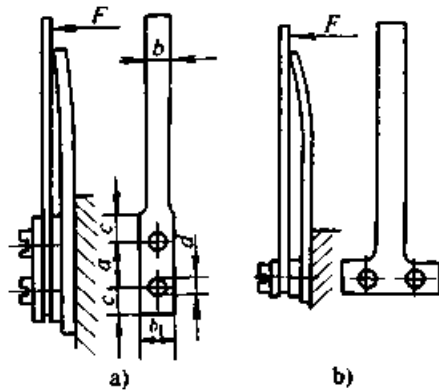


图 23.10-1 片弹簧结构

$$a = (1.1 \sim 1.2)b_1; b_1 = 1.2b;$$

$$c = (0.60 \sim 0.64)b_1; d = (0.72 \sim 0.77)b_1$$

### 1.1 分类与特点

#### 1.1.1 分类

1) 按形状 分直片弹簧和弯片弹簧两类。采用弯片弹簧可以在较小的空间内有较长的工作长度。

2) 按板片形状 分为矩形片弹簧、梯形片弹簧和三角形片弹簧。

3) 按板片数量 分为单片弹簧和叠片弹簧，叠片弹簧可以承受较大载荷。

#### 1.1.2 特点

1) 由于板片厚度小，因而在变形较大时，弯曲应力也不高。

2) 采用一些辅助零件很容易获得非线性特性。

3) 多采用金属薄片组成，可以冲压成型，适宜于批量生产。

### 1.2 直片弹簧

#### 1.2.1 一端固定矩形片弹簧的计算

一端为固定端  $O$  (见图 23.10-2)，另一端为自由端，若载荷  $F$  作用点至  $O$  的距离为  $l_1$ ，测量变形之点至  $O$  的距离为  $l_2$ ，如果变形较小 ( $f < 0.2l_2$ )，则变形  $f$  和固定端最大应力  $\sigma$  的计算式列于表 23.10-1。

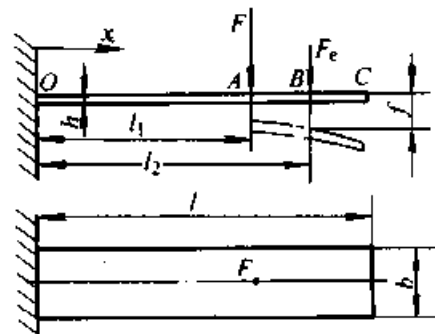


图 23.10-2 矩形片弹簧计算示意图

如果变形较大，则必须按表 23.10-1 公式计算后再作修正，即引入修正因子  $\eta$ 、 $\epsilon$

表 23.10-1 矩形片弹簧的变形  $f$  和弯曲应力  $\sigma$  的计算式

工作载荷 $F$ 与工作变形 $f$ 的位置	工作变形 $f$	固定端最大弯曲应力 $\sigma$
$l_1 < l_2$	$f = Fl_1^3 / (6EI)(3l_2/l_1 - 1)$	$\sigma = F_2 l_1 / Z_m$
$l_1 > l_2$	$f = Fl_1^3 / (6EI)(3 - l_2/l_1)$	$\sigma = F_2 l_1 / Z_m$
说明	$E$ —材料弹性模量； $I$ —固定端截面二次轴矩，对矩形截面 $I = bh^3/12$ ； $F_2$ —总载荷，即工作载荷与预加载荷之和； $Z_m$ —固定端抗弯截面系数，对矩形截面 $Z_m = bh^2/6$	

$$\sigma' = \eta\sigma \quad f' = \epsilon f \quad (23.10-1)$$

$\eta$ 、 $\epsilon$  值可根据  $Fl^2/(EI)$  值由图 23.10-3 查得。

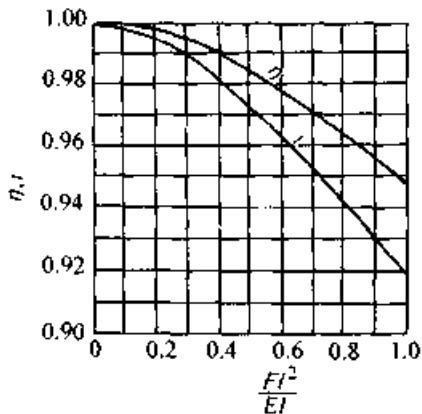


图 23.10-3 修正因子  $\eta$ 、 $\epsilon$

### 1.2.2 一端固定的阶梯形片弹簧的计算

阶梯形片弹簧 (见图 23.10-4), 当在自由端作用载荷  $F$  时, 载荷作用点处的变形为

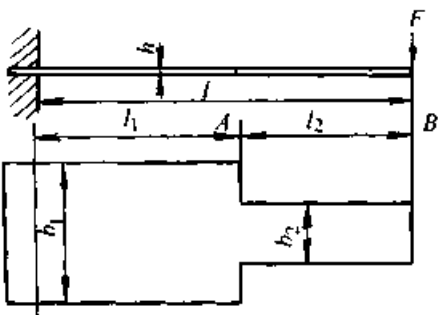


图 23.10-4 阶梯形片弹簧

$$f = Fl_1^2(3 - l_1/l)/(6EI_1) + Fl_1l_2(2 - l_1/l)/(2EI_1) + Fl_2^3/(3EI_2) \quad (23.10-2)$$

- 式中  $l_1$  —— 宽度为  $b_1$  部分的长度;
- $l_2$  —— 宽度为  $b_2$  部分的长度;
- $l$  —— 片弹簧的总长度;
- $I_1$  —— 宽度为  $b_1$  部分的截面二次矩;
- $I_2$  —— 宽度为  $b_2$  部分的截面二次矩;
- $E$  —— 材料的弹性模量。

### 1.2.3 一端固定的梯形和三角形片弹簧的计算

梯形和三角形片弹簧 (见图 23.10-5), 当载荷作用于自由端时, 载荷作用点的变形可按下式计算

$$f = K_x Fl^3/(3EI) \quad (23.10-3)$$

$$K_x = 3\{3/2 - 1/(1 - \beta) - [\beta/(1 - \beta)]^2 \times \ln\beta\}/(1 - \beta)$$

$$\beta = b_1/b$$

对三角形片弹簧,  $\beta=0$ , 则

$$f = Fl^3/(2EI) \quad (23.10-4)$$

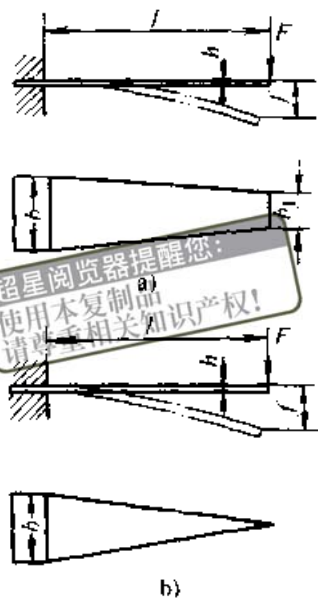


图 23.10-5 梯形和三角形片弹簧  
a) 梯形 b) 三角形

当变形较大时, 同样按式 (23.10-1) 进行修正, 修正因子  $\eta$ 、 $\epsilon$  可根据  $Fl^2/(EI)$  和  $\beta$  查图 23.10-6 和图 23.10-7。

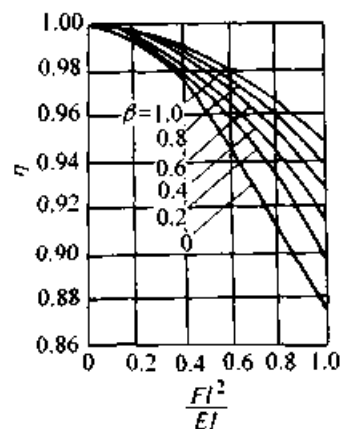


图 23.10-6 梯形和三角形片弹簧修正因子  $\eta$

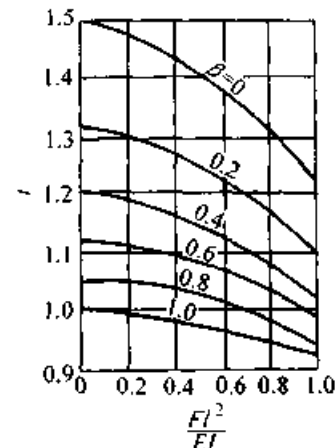


图 23.10-7 梯形和三角形片弹簧修正因子  $\epsilon$

1.2.4 一端固定复式片弹簧的计算

复式片弹簧 (见图 23.10-8) 的自由端在载荷作用下产生变形以后, 端面仍能保持原来的垂直位置。

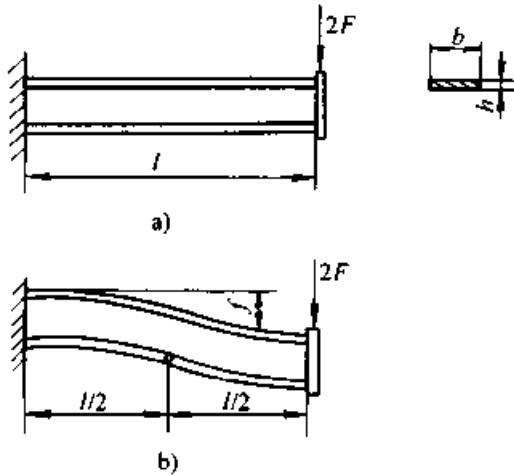


图 23.10-8 复式片弹簧

a) 变形前 b) 变形后

复式片弹簧自由端的变形计算式为

$$f = Fl^3 / (12EI) \quad (23.10-5)$$

式中  $I$  ——单片弹簧的截面二次矩。

1.2.5 两端自由支承的矩形片弹簧的计算

两端自由支承的矩形片弹簧 (见图 23.10-9), 当载荷作用于中点时, 该点的变形为

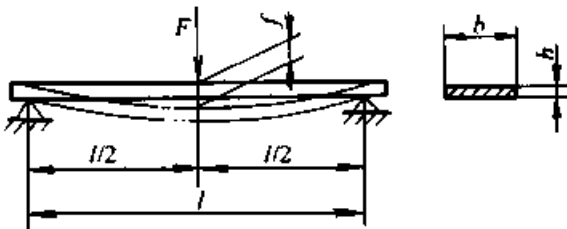


图 23.10-9 两端自由支承的片弹簧

$$f = Fl^3 / (48EI) \quad (23.10-6)$$

1.2.6 两端固定支承的矩形片弹簧的计算

两端固定支承的矩形片弹簧 (见图 23.10-10), 当载荷作用于中点时, 该点的变形为

$$f = Fl^3 / (192EI) \quad (23.10-7)$$

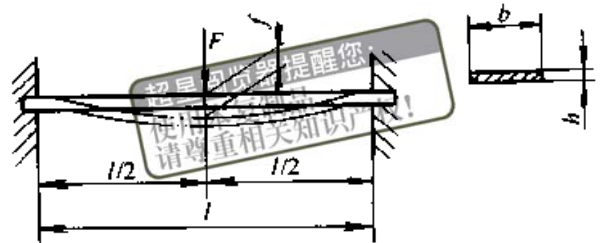


图 23.10-10 两端固定支承的片弹簧

1.2.7 叠片弹簧的计算

叠片弹簧的计算与单片弹簧相同, 只是每片弹簧所承受的载荷为

$$F = F_{\Sigma} / n \quad (23.10-8)$$

式中  $F_{\Sigma}$  ——叠片弹簧所受的总载荷;

$n$  ——叠片弹簧的片数。


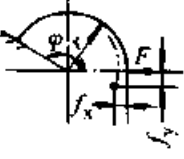
实际上, 各片之间存在摩擦, 真实的变形将小于按单片弹簧的计算值。

1.3 弯片弹簧

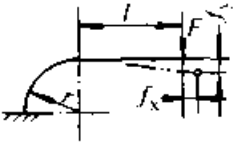
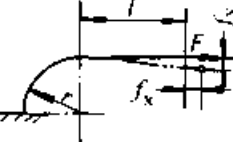
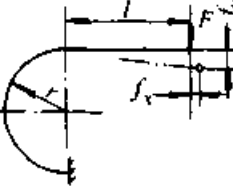
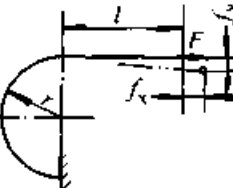
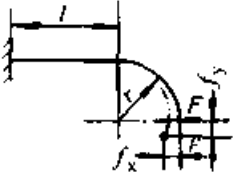
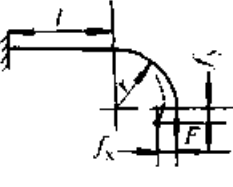

一般情况下, 弯片弹簧按结构要求设计, 不进行计算。

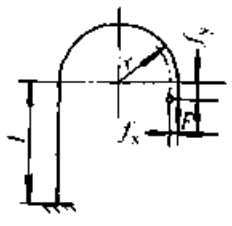
弯片弹簧载荷与变形的关系应按曲梁公式计算, 其最大应力截面 (危险截面) 因载荷作用点和方向的变化而改变。宽度、厚度均相同, 由圆弧和直线构成的弯片弹簧, 其典型形状的变形、刚度和最大应力的计算公式见表 23.10-2。

表 23.10-2 弯片弹簧计算公式

形状和受力状态	变 形	刚 度	最大应力
	$f_x = C_1 Fr^3 / (EI),$ $f_y = C_2 Fr^3 / (EI)$	$k_x = EI / (C_1 r^3),$ $k_y = EI / (C_2 r^3)$	$\sigma = Fr(1 - \cos\phi) / Z_m$
	$f_x = C_3 Fr^3 / (EI),$ $f_y = C_2 Fr^3 / (EI)$	$k_x = EI / (C_3 r^3),$ $k_y = EI / (C_2 r^3)$	$\sigma = Fr \sin\phi / Z_m$

超星浏览器提醒您：  
使用本复制品  
请尊重相关知识产权！  
续表 23.10-2  
最大应力

形状和受力状态	变 形	刚 度	最大应力
	$f_x = C_4 Fr^3 / (EI),$ $f_y = C_5 Fr^3 / (EI)$	$k_x = EI / (C_4 r^3),$ $k_y = EI / (C_5 r^3)$	$\sigma = F(l + r) / Z_m$
	$f_x = 0.36 Fr^3 / (EI),$ $f_y = C_4 Fr^3 / (EI)$	$k_x = EI / (0.36 r^3),$ $k_y = EI / (C_4 r^3)$	$\sigma = Fr / Z_m$
	$f_x = C_6 Fr^3 / (EI),$ $f_y = C_7 Fr^3 / (EI)$	$k_x = EI / (C_6 r^3),$ $k_y = EI / (C_7 r^3)$	$\sigma = F(l + r) / Z_m$
	$f_x = 4.71 Fr^3 / (EI),$ $f_y = C_6 Fr^3 / (EI)$	$k_x = EI / (4.71 r^3),$ $k_y = EI / (C_6 r^3)$	$\sigma = 2Fr / Z_m$
	$f_x = C_8 Fr^3 / (EI),$ $f_y = C_9 Fr^3 / (EI)$	$k_x = EI / (C_8 r^3),$ $k_y = EI / (C_9 r^3)$	$\sigma = Fr / Z_m$
	$f_x = C_9 Fr^3 / (EI),$ $f_y = C_{10} Fr^3 / (EI)$	$k_x = EI / (C_9 r^3),$ $k_y = EI / (C_{10} r^3)$	$\sigma = F(l + r) / Z_m$
	$f_x = C_{11} Fr^3 / (EI),$ $f_y = C_{12} Fr^3 / (EI)$	$k_x = EI / (C_{11} r^3),$ $k_y = EI / (C_{12} r^3)$	$\sigma = Fr / Z_m, r = \max(l, r)$

形状和受力状态	变 形	刚 度	最大应力
	$f_x = C_{12}Fr^3/(EI)$ $f_y = C_{13}Fr^3/(EI)$	$k_x = EI/(C_{12}r^3)$ $k_y = EI/(C_{13}r^3)$	$\sigma = Fr/Z_m$
说 明	$l$ —弹簧片截面二次矩, $I = bh^3/12$ ; $E$ —弹簧片材料的弹性模量; $Z_m$ —弹簧片抗弯截面系数, $Z_m = bh^2/6$ ; $C_i$ —形状因子, 其值见图 23.10-11~图 23.10-14		

超星浏览器提醒您：  
使用本复制品  
请尊重相关知识产权！

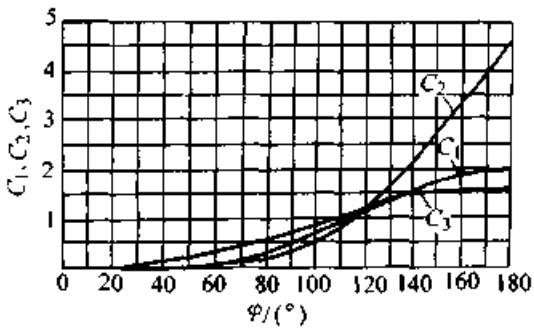


图 23.10-11 形状因子  $C_1$ 、 $C_2$  和  $C_3$

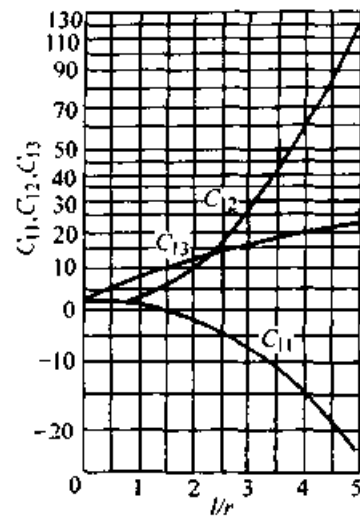


图 23.10-14 形状因子  $C_{11}$ 、 $C_{12}$  和  $C_{13}$

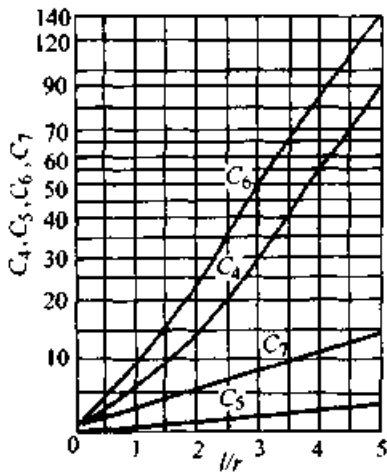


图 23.10-12 形状因子  $C_4$ 、 $C_5$ 、 $C_6$  和  $C_7$

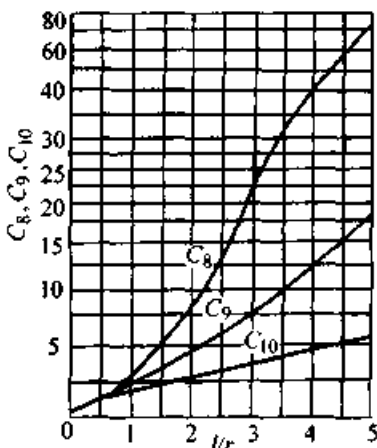


图 23.10-13 形状因子  $C_8$ 、 $C_9$  和  $C_{10}$

### 1.4 变刚度片弹簧

变刚度片弹簧 (见图 23.10-15) 在载荷作用下, 其固定端的支承接触位置依次改变, 因而力臂是变化的。若支持板的曲线为  $y = f(x)$ , 载荷  $F$  作用在自由端, 接触位置离固定端的距离为  $x$ , 则自由端的变形为

$$f \approx y + (l-x)y' + (l-x)^2 y''/3 \quad (23.10-9)$$

载荷开始作用时片弹簧的刚度为

$$k_0 = 3EI/[l^3(1-v^2)]$$

在  $x$  点接触时的刚度为

$$k_x = k_0 l^3 / (l-x)^3$$

如果要求弹簧的刚度变化规律为  $k = \varphi(f)$ , 因而有

$$f = \psi(k)$$

由式 (23.10-9) 可得

$$y + (l-x)y' + (l-x)^2 y''/3 = \psi(k)$$

解该方程即可求出需要的支持板的曲线方程  $y$ 。



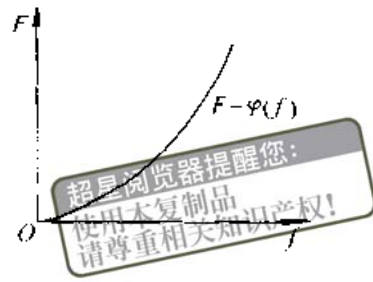
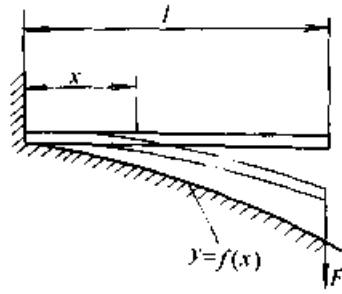


图 23.10-15 变刚度片弹簧

### 1.5 同时受轴向和横向载荷作用的片弹簧

这种片弹簧（见图 23.10-16）一端固定，另一端横向可自由移动，但不能转动。



图 23.10-16 同时受轴向和横向载荷作用的片弹簧

轴向载荷稳定性的临界值为

$$F_c = EI\pi^2/l \quad (23.10-10)$$

若轴向载荷  $F < F_c$ ，则由横向载荷  $F_r$  产生的变形  $f$  和应力  $\sigma$  的计算式为

$$f = F_r l^3 (1 - \nu^2) / (12EI) \quad (23.10-11)$$

$$\sigma = F_r l (1 - \nu^2) / (2Z_m) \quad (23.10-12)$$

如  $F > F_c$ ，则由横向载荷  $F_r$  产生的变形  $f$  和应力  $\sigma$  的计算式为

$$f = [1 / (1 - F/F_c)] [F_r l^3 (1 - \nu^2) / (12EI)] \quad (23.10-13)$$

$$\sigma = (1 - 0.178 F/F_c) [F_r l (1 - \nu^2) / (2Z_m)] \quad (23.10-14)$$

### 1.6 片弹簧的材料和许用应力

#### 1.6.1 材料

片弹簧大多采用碳钢，只在要求高强度时才用合金钢。常用碳钢牌号有：50、75、85、T7 和 T10 等。要求耐蚀、耐热或良好导电性时，采用耐热钢或铜合金。

片弹簧一般采用热轧并经热处理的材料。

#### 1.6.2 应力集中

前面所述片弹簧计算中的应力均为标称应力，实际上由于片弹簧具有圆孔、弯曲、截面变化等结构，在该处有应力集中。在循环载荷的作用下，应力集中影响疲劳强度，因此必须引入疲劳缺口因数  $K_f$ ，所以实际最大应力应为

$$\sigma_{\max} = K_f \sigma \quad (23.10-15)$$

式中  $\sigma$  —— 标称应力。

图 23.10-17 是片弹簧弯曲处的疲劳缺口因数，按厚度  $h$  和圆弧直径  $2R$  的比值查取。

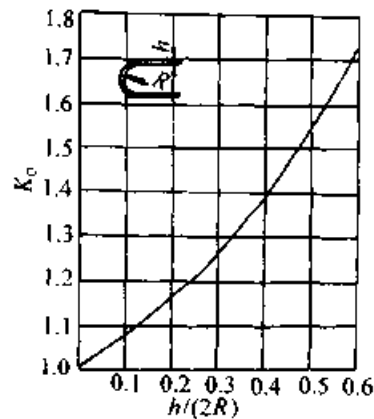


图 23.10-17 片弹簧弯曲处的疲劳缺口因数

图 23.10-18 是片弹簧圆孔处的疲劳缺口因数，按圆孔直径  $d$  和板片宽度  $b$  的比值查取。

图 23.10-19 是板片截面呈阶梯变化处的疲劳缺口因数，按过渡圆角半径  $r$  和板片宽度  $b$  的比值查取。

#### 1.6.3 许用应力

片弹簧的许用应力与板片厚度有关，钢制片弹簧的许用应力见表 23.10-3。

精确计算片弹簧循环载荷下的疲劳强度时，对碳的质量分数为 0.65%~0.85% 的碳钢，硬度为 45~48HRC 时，循环载荷下的极限应力可查图 23.10-20。

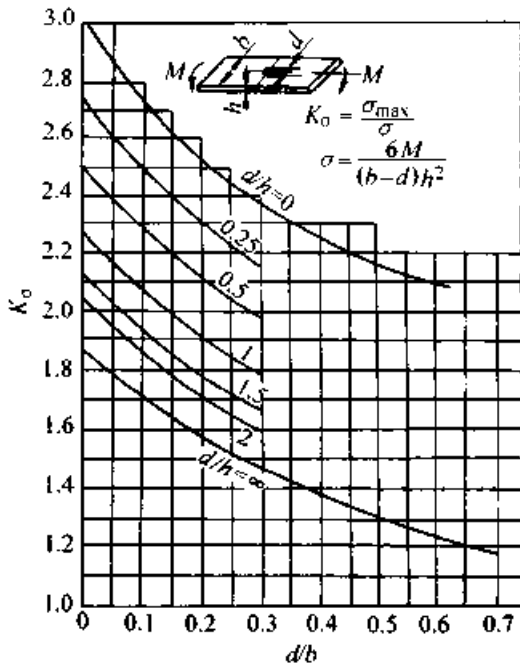


图 23.10-18 片弹簧圆孔处的疲劳缺口因数

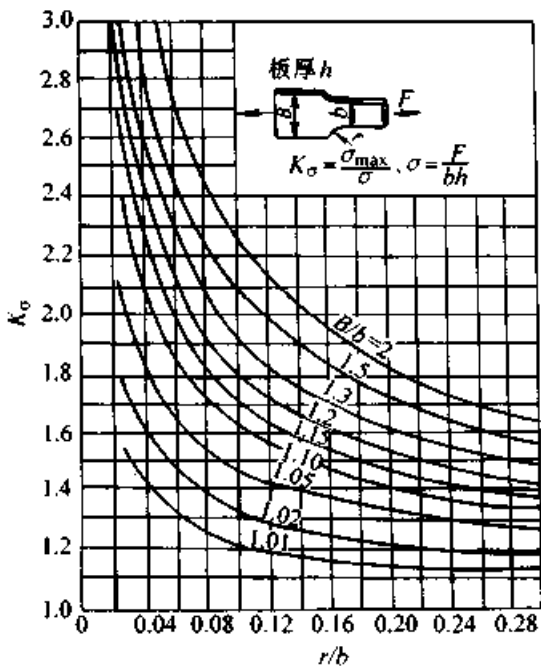


图 23.10-19 片弹簧截面阶梯变化处疲劳缺口因数

表 23.10-3 片弹簧的许用应力 (MPa)

片厚 h/mm	0.12	0.25	0.50	0.70	1.0	1.5	2.3
静载荷 许用应力 $\sigma_p$	1 350	1 250	1 130	1 050	1 000	870	830
循环载荷 许用应力 $\sigma_v$	1 050	1 000	920	870	830	700	680

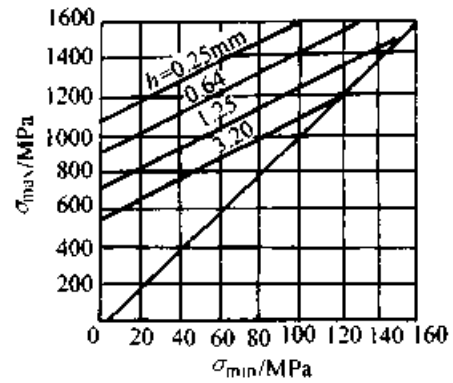


图 23.10-20 片弹簧循环载荷下的极限应力

## 2 线弹簧

线弹簧是由线材按一定形状制造的弹簧。一般用于载荷很小、对弹簧特性线没有严格要求的场合。线弹簧截面多为圆形。

在一般情况下，线弹簧的计算可以用片弹簧的计算方法，只需将相应公式中的截面二次矩  $I$  和抗弯截面系数  $Z_m$  按线弹簧的实际截面形状考虑：当截面为圆时， $I = \pi d^4/64$ ， $Z_m = \pi d^3/32$ ；当截面为正方形时， $I = a^4/12$ ， $Z_m = d^3/6$ 。

线弹簧的形状是多种多样的，下面介绍两种典型形状线弹簧的计算方法。

### 2.1 圆弧与直线构成的线弹簧

圆弧与直线构成的线弹簧(见图 23.10-21)，在两端作用载荷  $F$  时，在载荷作用方向上的变形

$$f = 2Fl^3 \cos^2 \alpha / (3EI) + [2Fr \cos^2 \alpha / (EI)] \times [l^2 \beta + 2lr(1 - \cos \beta) + r^2(\beta - \frac{1}{2} \sin^2 \beta) / 2] \quad (23.10-16)$$

式中  $E$ 、 $I$  的意义同前，其余各符号的意义见图 23.10-21。

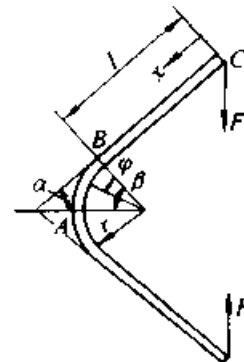


图 23.10-21 圆弧和直线构成的线弹簧

弹簧的刚度为

$$k = 3EI / \left\{ \cos^2 \alpha \left[ l^3 + 3r(l^2 \beta + 2lr - 2lr \cos \beta + r^2 \beta / 2 - \frac{1}{4} r^2 \sin^2 \beta) \right] \right\} \quad (23.10-17)$$

变形能为

$$U = F^2 l^3 \cos^2 \alpha / (6EI) + [F^2 r \cos^2 \alpha / (2EI)] \left[ l^2 \beta + 2lr(1 - \cos \beta) + r^2 \left( \beta - \frac{1}{2} \sin^2 \beta \right) / 2 \right] \quad (23.10-18)$$

最大应力产生在 A 点, 其值为

$$\sigma = F(l + r \sin \beta) \cos \alpha / Z_m \quad (23.10-19)$$

## 2.2 圆弧形线弹簧

图 23.10-22 为圆弧形线弹簧, 钢丝挡圈、弹簧圈即为这类线弹簧。

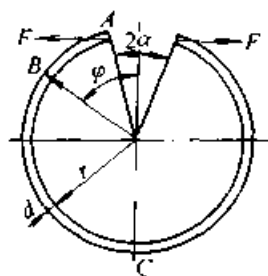


图 23.10-22 圆弧形线弹簧

若缺口处的作用力为  $F$ , 则该处的变形为

$$f = [2Fr^3 / (EI)] \left[ (\pi - \alpha)(\cos^2 \alpha + 1/2) + 3\sin(2\alpha)/4 \right] \quad (23.10-20)$$

式中  $E$ 、 $I$  的意义同前,  $r$ 、 $\alpha$  的意义见图 23.10-22。

弹簧刚度

$$k = EI / \left\{ r^3 \left[ (\pi - \alpha)(\cos^2 \alpha + 1/2) + 3\sin(2\alpha)/4 \right] \right\} \quad (23.10-21)$$

变形能

$$U = [F^2 r^3 / (2EI)] \left[ (\pi - \alpha)(\cos^2 \alpha + 1/2) + 3\sin(2\alpha)/4 \right] \quad (23.10-22)$$

最大应力产生在缺口对面的 C 点, 其值为

$$\sigma = Fr(\cos \alpha + 1) / Z_m \quad (23.10-23)$$

## 3 弹性挡圈

弹性挡圈是一种轴向止挡零件, 它有很多类型, 分轴用和孔用两种。图 23.10-23 为钢丝挡圈 (GB/T 895.1 ~ 895.2), 结构最为简单。图 23.10-24 为偏心弹性挡圈 (GB/T 893.1 ~

893.2), 最为常用, 由 65Mn 带钢制成, 热处理后硬度应达 44 ~ 53HRC, 其标称直径为轴的直径 (孔径)。图 23.10-25 为 E 形弹性挡圈, 有 120° 的缺口, 从径向插入轴的环槽, 装拆均很方便, 用在轴端止挡位置要求严格, 阻止零件产生轴向移动的场所。

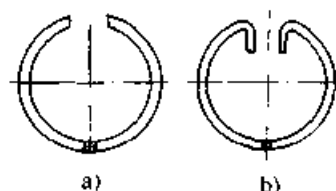


图 23.10-23 钢丝挡圈

a) 轴用 b) 孔用

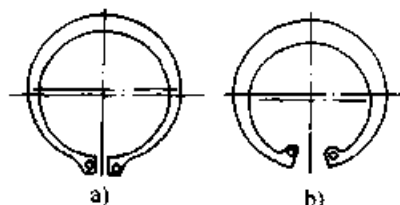


图 23.10-24 偏心弹性挡圈

a) 轴用 b) 孔用

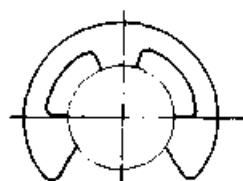


图 23.10-25 E 形弹性挡圈

钢丝挡圈的变形和应力计算可参照圆弧形线弹簧的计算方法。

偏心弹性挡圈的内孔和外圆是两个偏心距为  $\delta$  的圆, 故其宽度各处不等, 其几何参数见图 23.10-26。为使挡圈在变形后保持圆形, 应使挡圈各处应力近似相等, 故应取  $\delta/b = 0.26 \sim 0.30$ 。由此得外径  $d_2$  和内径  $d_1$  的关系为

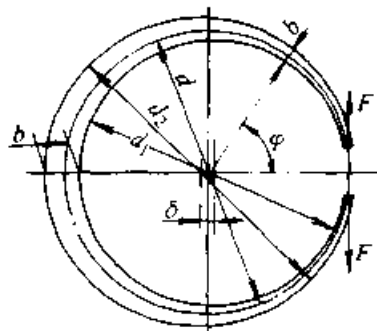


图 23.10-26 偏心弹性挡圈尺寸参数

$$d_2 = d_1 + (1.40 \sim 1.48)b$$

能承受的轴向力为

$$F_s = \pi d h \tau_{bp} \quad (23.10-24)$$

式中  $\tau_{bp}$ ——许用切应力，一般取为 250 MPa。

#### 4 弹簧垫圈

弹簧垫圈（见图 23.10-27）是用于防止螺纹紧固件松动的一种弹性元件，虽然其防松效果很差，但因使用方便、价格低廉，应用十分普遍。

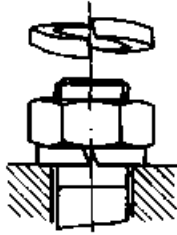


图 23.10-27 弹簧垫圈

弹簧垫圈用专用梯形钢丝绕成，状似仅有 1 圈的螺旋弹簧。通常弹簧垫圈置于螺母或螺栓头

之下，拧紧螺母或螺钉后，弹簧垫圈被压平。

弹簧垫圈簧丝两端的相对变形可按下列式计算

$$f = Fr^3/k_{jM} [\pi(3k_{jM} + k_{jT}) / (2k_{jT})]$$

$$k_{jM} = 12E(b\delta^3) \quad (23.10-25)$$

$$k_{jT} = Gb\delta^3/1/3 - 0.21\delta[1 - (\delta/126)^4]/b$$

式中  $F$ ——载荷；

$r$ ——中半径；

$k_{jM}$ ——簧丝截面弯曲刚度；

$k_{jT}$ ——簧丝截面扭转刚度；

$E$ ——材料弹性模量；

$b$ ——簧丝宽度；

$\delta$ ——簧丝厚度；

$G$ ——材料切变模量。

若取  $E/G = 2.6$ ，则弹簧垫圈的刚度为

$$k = Gb\delta^3 / (1.812d^3) \times \{ 11.8 - 2.52(\delta/b) + 0.21(\delta/b)^5 / [4 - 2.52(\delta/b) + 0.021(\delta/b)^5] \} \quad (23.10-26)$$

式中  $d$ ——弹簧垫圈中径。

# 第 11 章 平面涡卷弹簧

## 1 平面涡卷弹簧的结构、特点和用途

平面涡卷弹簧是用细长弹簧材料绕制成平面螺旋线形的一种弹簧（见图 23.11-1）。

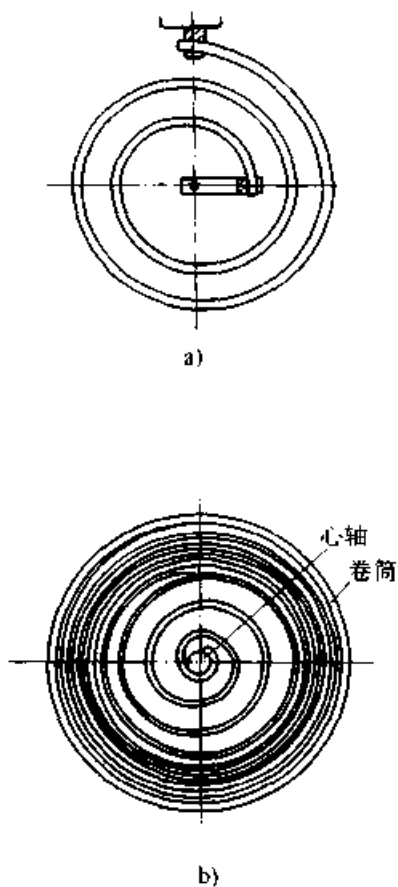


图 23.11-1 平面涡卷弹簧

a) 非接触型平面涡卷弹簧 b) 接触型平面涡卷弹簧

### 1.1 平面涡卷弹簧的特点和应用

弹簧一端固定，另一端作用转矩后，簧丝受弯矩作用，产生弯曲弹性变形，因而弹簧在自身平面内发生扭转，其转（变形）角的大小与转矩成正比。

平面涡卷弹簧根据相邻圈接触与否分成非接触型（见图 23.11-1a）和接触型（见图 23.11-1b）两类。它们的特性、用途和设计计算方法均有所不同。

平面涡卷弹簧的卷绕成形比较简单，一般在静载荷下工作。它的刚度较小，由于卷绕圈数可以很多，变形角大，因此具有在较小体积内储存较多能量的特点。簧丝截面形状有矩形（如钢带）、圆形（如钢丝）。矩形截面簧丝的平面涡卷弹簧，其单位体积储能能力较大，用得较多。

非接触型平面涡卷弹簧常用来产生反作用力矩，例如用于电机电刷的压紧弹簧和仪表、钟表中的游丝等，均属于这一类。

接触型平面涡卷弹簧可储存较多能量，常用作各种仪器或钟表机构中的原动机，俗称发条。

### 1.2 平面涡卷弹簧的端部固定结构

端部固定方法对弹簧的特性和应力值影响很大，设计时应注意选择。

#### 1.2.1 非接触型弹簧的端部固定

弹簧的内端通常做成折钩状（见图 23.11-1a），将其插入轴套上相应的槽或孔中，用销固定，见图 23.11-2，然后将轴套固定在心轴上。

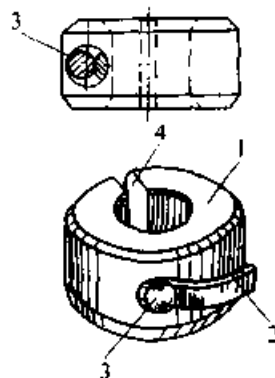


图 23.11-2 非接触型弹簧内端的固定

1—轴套 2—弹簧内端 3—销 4—轴套上的槽

弹簧外端与机架固定，有刚性固定和铰接固定两种型式，其示意图见图 23.11-4。

#### 1.2.2 接触型弹簧的端部固定

弹簧内端固定在心轴上，固定结构见表 23.11-1；弹簧外端固定在卷筒内壁上，其固定结构见表 23.11-2。衬片固定式外端用衬片的形状与结构尺寸见图 23.11-3。

表 23.11-1 接触型平面涡卷弹簧内端固定结构

结构型式	槽式固定	齿式固定	钩式固定	销式固定
应用范围	槽为 V 形, 适用于具有大直径心轴的弹簧	适用于簧丝较厚的弹簧	将心轴表面制成螺旋线形状, 用弯钩将弹簧端部加以固定。适用于重要和精密机构中的弹簧	结构简单, 销孔将使簧丝产生较大应力集中。适用于不太重要机构中的弹簧

表 23.11-2 平面涡卷弹簧外端固定结构

结构型式	铰式固定	销式固定	V 形固定	衬片固定
应用范围	圈间摩擦较大, 使输出转矩降低很多, 且刚性不稳定。不适用于精密和特别重要机构中的弹簧	圈间摩擦较铰式固定低。适用于较大尺寸的弹簧	结构简单, 在弯曲处容易折断。适用于尺寸较小的弹簧	在端部铆接一衬片, 将衬片两侧的凸耳分别插入盒底和盒盖的矩形孔中。由于衬片可在矩形孔内径向移动, 故卷紧时圈间摩擦较小, 具有较稳定的刚性, 是较合理的固定结构

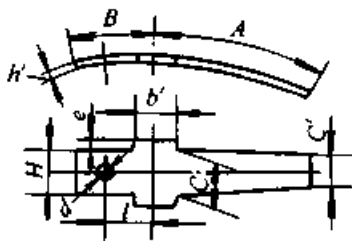


图 23.11-3 衬片形状与尺寸

$$\begin{aligned}
 A &= (0.25 \sim 0.40)\pi R & B &= (0.5 \sim 0.6)A \\
 h' &= h & b' &= (6 \sim 8)h' & l &= (0.5 \sim 0.6)B \\
 C &= H & &= (0.93 \sim 0.97)b \\
 C' &= (0.65 \sim 0.75)b & e &= (6 \sim 8)h & d &= 0.3H
 \end{aligned}$$

## 2 平面涡卷弹簧载荷与变形的关系

### 2.1 非接触型平面涡卷弹簧载荷与变形的关系

非接触型平面涡卷弹簧载荷与变形成正比, 即特性线为直线。外端固定的非接触型平面涡卷

弹簧 (见图 23.11-4), 其变形角大小与载荷的关系与外端固定方式有关, 关系式为

$$\varphi = K_g T l / (EI) \quad (23.11-1)$$

式中  $T$  ——作用在弹簧上的转矩;

$l$  ——簧丝长度;

$E$  ——弹簧材料的弹性模量;

$I$  ——簧丝材料的截面二次矩;

$K_g$  ——考虑外端固定方式影响的因子, 外端刚性固定,  $K_g = 1$ ; 外端铰接,  $K_g = 1.25$ 。

因此, 这种弹簧的刚度计算式为

$$k_T = EI / (K_g l) \quad (23.11-2)$$

### 2.2 接触型平面涡卷弹簧载荷与变形的关系

给接触型平面涡卷弹簧施加转矩时 (一般在轴上施加转矩), 弹簧被卷紧并积蓄能量。弹簧松

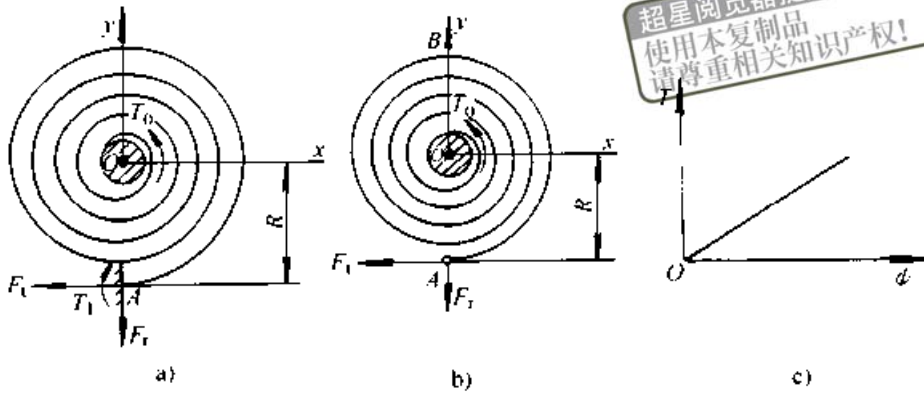


图 23.11-4 外端固定的非接触型平面涡卷弹簧  
a) 外端刚性固定 b) 外端铰接固定 c) 特性线

卷时，释放出变形能而输出工作转矩。

由于卷筒内径比弹簧自由状态的外径小，故松卷状态时弹簧各圈紧密接触并压紧在筒壁上（见图 23.11-5a）。在卷紧状态，弹簧圈紧抱在轴上（见图 23.11-5b），各圈也是紧密接触的。在卷紧和松卷过程中，各圈间有摩擦，所以表征转矩与变形角之间关系的特性线与簧丝表面粗糙度和润滑条件有关，因此计算出来的特性线与实测特性线往往出入较大。图 23.11-5c 为接触型平面

涡卷弹簧特性线的形状。图中  $abcd$  段为卷紧弹簧时施加转矩与变形角的关系曲线，其中  $b$  点为最后一圈脱离筒壁的瞬间， $bc$  段为弹簧全长参加变形，表现出线性关系，都旋绕在轴上之后，逐渐拉紧，特性线急剧变化为  $cd$  段的渐增形； $ea$  段为松卷时弹簧变形角与输出工作转矩的关系曲线，由于圈间摩擦和弹性滞后的影响，最大力矩在  $e$  点，特性线与卷紧时不重合。

接触型平面涡卷弹簧，其特性线处于  $bc$  段时，载荷与变形的关系和非接触型的相近，变形与刚度的计算公式为

$$\varphi = Tl / (EI)$$

$$k_T = EI / l$$

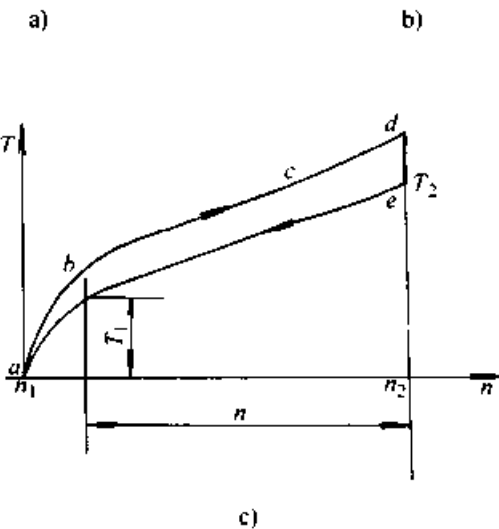
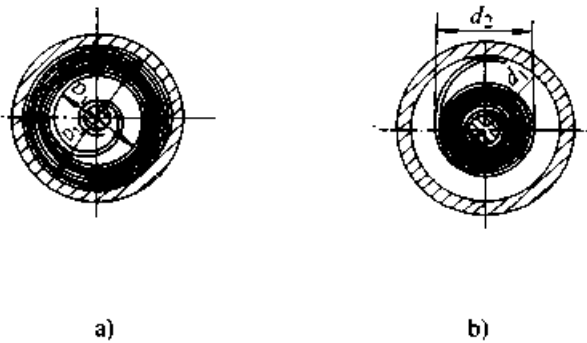


图 23.11-5 接触型平面涡卷弹簧  
a) 卷紧状态 b) 松卷状态 c) 特性线

### 3 平面涡卷弹簧的设计计算

平面涡卷弹簧的簧丝多为矩形截面，因此下面给出矩形截面簧丝的平面涡卷弹簧的设计计算。对于圆截面簧丝的弹簧，只需在计算公式中代入相应的截面二次矩和抗弯截面系数。

本章给出的强度和变形计算式多为近似式，计算结果与实际情况有一定的误差，尤其当弹簧圈数小于 3 时，误差更大，必须特殊考虑。对于要求精度较高的弹簧，应通过试验进行修正。

#### 3.1 非接触型平面涡卷弹簧的设计计算

设计非接触型平面涡卷弹簧时，一般已知条件为：弹簧承受的转矩  $T$  和要求的变形角  $\varphi$ 。然后根据工作条件选取合适的材料，再进行有关参数的计算。

非接触型平面涡卷弹簧的设计计算公式与步骤见表 23.11-3。

表 23.11-3 非接触型平面涡卷弹簧的设计计算式

计算项目	计算公式
外端固定方式影响因子	$K_{g1}$ : 刚性固定 $K_{g1} = 1$ ; 铰接 $K_{g1} = 1.25$
变形角	$\varphi = 12K_{g1}Tl / (Ebh^3)$
刚度	$k_T = Ebh^3 / (12K_{g1}l)$
簧丝宽度	$b$ : 根据空间条件按标准 值选取
外端固定方式影响因子	$K_{g2}$ : 刚性固定 $K_{g2} = 1$ ; 铰接 $K_{g2} = 2$
簧丝厚度	$h = [6K_{g2}T / (b\sigma_p)]^{1/2}$
工作转数	$n = 6K_{g1}Tl / (\pi Ebh^3)$ $= K_{g1}l\sigma_p / (\pi Eh)$
簧丝有效工作长度	$l = \pi Ebh^3 n / (6K_{g1}T)$ $= \pi Ehn / (K_{g1}\sigma_p)$
簧丝展开长度	$L = l +$ 两端固定部分长 度
簧圈的内半径	$R_1 = (8 \sim 15)h$
簧圈的外半径	$R = 2l / \varphi - R_1$
节距	$t = \pi(R^2 - R_1^2) / l$
自由状态下的圈数	$n_0 = (R - R_1) / t$
弯曲应力	$\sigma = 6K_{g2}T / (bh^2)$ $= \pi n E h K_{g2} / (K_{g1}l)$

续表 23.11-4

计算项目	计算公式
外端固定方式影响因子	$K_{g3}$ 按表 23.11-5 查取
极限输出转矩	$T_1 = T_2 / K_{g3}$
最小输出转矩	$T_1 = (0.5 \sim 0.7) T_2$ $= (0.5 \sim 0.7) K_{g3} b h^2 \sigma_b / 6$
簧丝宽度	$b$ 按材料标准选取
簧丝厚度	$h = [6T_1 / (b\sigma_b)]^{1/2}$ 按材料标准圆整
有效因子	$K_c$ 由图 23.11-6 查得
簧丝有效展开长度	$l = \pi Ehn / (K_{g3} K_c \sigma_b)$
心轴直径	$d_1 = (15 \sim 25)h$
簧丝心轴固定部分长度	$l_d = (1 \sim 1.5)\pi d_1$
簧丝簧盒固定部分长度	$l_D = 0.8\pi d_1$
材料展开长度	$L = l + l_d + l_D$
卷紧时簧圈外径	$d_2 = (4lh / \pi + d_1^2)^{1/2}$
簧盒内直径	$D_2 = (2.55lh + d_1^2)^{1/2}$
松卷时簧圈内径	$D_1 = (D_2^2 - 4lh / \pi)^{1/2}$
自由状态下的圈数	$n_0 = (d_2 - d_1) / (2h) -$ $K_{g3} l \sigma_b / (\pi Eh)$
卷紧在心轴上的圈数	$n_2 = (d_2 - d_1) / (2h)$
松卷后的圈数	$n_1 = (D_2 - D_1) / (2h)$
有效工作转数	$n = K_c (n_2 - n_1)$

3.2 接触型平面涡卷弹簧的设计计算

设计接触型平面涡卷弹簧时，一般已知条件为：最大输出转矩  $T_2$  和相应的工作转数  $n$ 。然后根据工作条件选取合适的材料，再进行有关参数的计算。

接触型平面涡卷弹簧的输出转矩与簧丝内、外端的固定方式有关。

接触型平面涡卷弹簧的设计计算公式与步骤见表 23.11-4。

表 23.11-4 接触型平面涡卷弹簧的设计计算式

计算项目	计算公式
最大输出转矩	通常为已知 $(T_2 = K_{g3} b h^2 \sigma_b / 6)$
有效工作转数	通常为已知 $[n = K_c (n_2 - n_1)]$

表 23.11-5 外端固定方式影响因子  $K_{g3}$

固定形式	铰式固定	销式固定	V形固定	衬片固定
$K_{g3}$	0.65 ~ 0.70	0.72 ~ 0.78	0.80 ~ 0.85	0.90 ~ 0.95

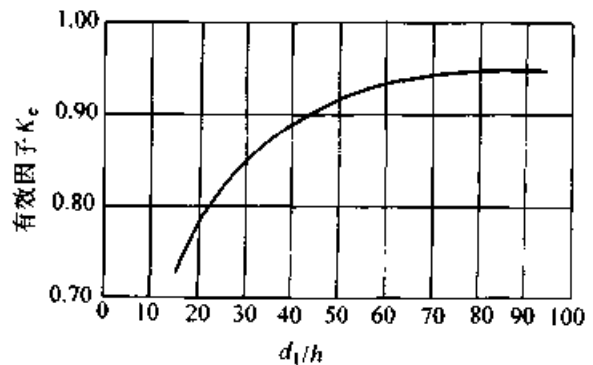


图 23.11-6 有效因子  $K_c$

设计时一般可取  $l/h = 3\ 000 \sim 7\ 000$ ，最大



不得超过 15 000。

### 4 定载荷和定转矩平面涡卷弹簧

定载荷和定转矩弹簧（见图 23.11-7），在工作时载荷  $F$  和转矩  $T$  不随变形的大小变化，接近一定值。它们是接触型平面涡卷弹簧的一种特殊结构型式。

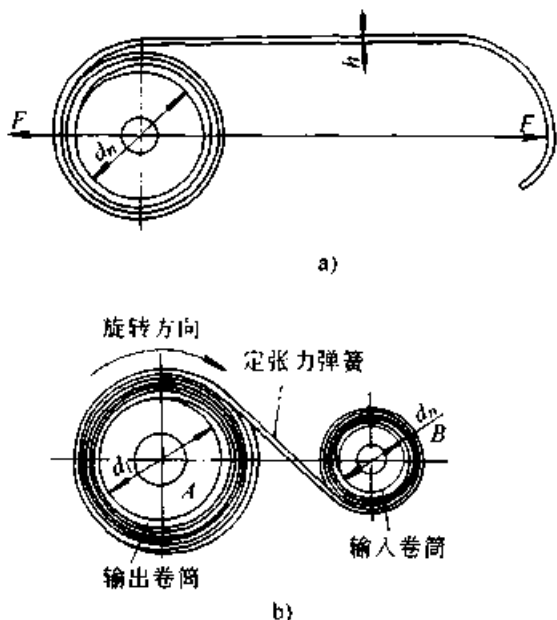


图 23.11-7 定载荷和定转矩平面涡卷弹簧

a) 定载荷弹簧 b) 定转矩弹簧

定载荷平面涡卷弹簧的载荷和应力计算式为

$$F = Ebh^3 / (6.6d_n^2) \quad (23.11-3)$$

$$\sigma = Eh / d_n \quad (23.11-4)$$

式中  $d_n$  —— 弹簧自由状态下的内圈直径。

定转矩平面涡卷弹簧转矩和应力的计算式为

$$T = (Ebh^3 d_1 / 12) (1/d_n + 1/d_1)^2 \quad (23.11-5)$$

$$\sigma = Eh (1/d_n + 1/d_1) \quad (23.11-6)$$

式中  $d_1$  —— 弹簧的心轴直径，取  $d_1 = 1.6d_n$ 。

### 5 平面涡卷弹簧的材料和许用应力

平面涡卷弹簧一般采用冷轧钢带或热处理钢带。常用弹簧钢、工具钢冷轧钢带的牌号有：65Mn、50CrVA、60Si2MnA 和 60Si2Mn 等。常用热处理钢带的牌号有：65Mn、T7A、T8A、T9A、65Si2MnA 和 70Si2Cr 等。

弹簧的许用应力，对于碳素钢带和合金钢带，当转矩作用次数小于  $10^3$  次时，取  $\sigma_p = 0.8\sigma_b$ ，大于  $10^3$  次时，取  $\sigma_p = (0.60 \sim 0.80)\sigma_b$ 。

大于  $10^5$  次时，取  $\sigma_p = (0.50 \sim 0.80)\sigma_b$ 。

对于一些在重要场合使用的平面涡卷弹簧，应由试验方法确定许用应力，但一般应低于材料的弹性极限。

## 6 平面涡卷弹簧的技术要求

JB/T 6654—1993 制定了平面涡卷弹簧的技术条件。

### 6.1 材料尺寸系列

厚度尺寸系列见表 23.11-6，宽度尺寸系列见表 23.11-7。

表 23.11-6 平面涡卷弹簧材料厚度

(mm)

0.20	0.22	0.25	0.28	0.30	0.35	0.40	0.45	0.50	0.55
0.60	0.70	0.80	0.90	1.00	1.10	1.20	1.40	1.50	1.60
1.80	2.0	2.2	2.5	2.8	3.0	3.2	3.5	3.8	4.0

表 23.11-7 平面涡卷弹簧材料宽度

(mm)

3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	7.0	8.0	9.0
10	12	14	16	18	20	22	25	28	30
32	35	40	45	50	60	70	80		

### 6.2 各尺寸与几何参数的允许偏差

弹簧各圈应在垂直于涡旋中心线的同一平面上，其平面度公差见表 23.11-8；非接触型弹簧圈数的极限偏差见表 23.11-9；弹簧内、外径的极限偏差见表 23.11-10；弹簧弯钩钩部长度的极限偏差见表 23.11-11。

表 23.11-8 平面度公差 (mm)

弹簧外径	≤50	>50~100	>100~200	>200
平面度公差	1	2	3	协议

表 23.11-9 非接触型平面涡卷弹簧圈数极限偏差

精度等级	1 级	2 级
极限偏差/圈	±0.125	±0.25

表 23.11-10 内、外径极限偏差

(mm)

精度等级		1 级	2 级
极限 偏差	$D_2$	$\pm 0.03D_2$ 最小 $\pm 0.5$	$\pm 0.04D_2$ 最小 $\pm 0.7$
	$D_1$	$\pm 0.03D_1$ 最小 $\pm 0.3$	$\pm 0.04D_1$ 最小 $\pm 0.4$

表 23.11-11 弹簧弯钩钩部长度的极限偏差

(mm)

弯钩钩部长度	$\leq 10$	$> 10 \sim 30$	$> 30$
极限偏差	$\pm 1$	$\pm 1.5$	$\pm 2$

超星浏览器提醒您：  
使用本复制品  
请尊重相关知识产权！

# 第12章 扭杆弹簧

超星浏览器提醒您：  
使用本复制品  
请尊重相关知识产权！

## 1 扭杆弹簧的结构、类型和应用

扭杆弹簧的主体为一直杆，一端固定，一端承受转矩载荷，扭杆的扭转变形为弹簧的变形。

扭杆弹簧结构简单，由表 23.1-1 可以看出，扭杆弹簧单位材料体积的变形能很大，故质量轻、占用空间小。

扭杆截面形状有：圆形、空心圆形、矩形、方形和多边形等。

扭杆弹簧主要应用场合为：汽车、铁路车辆、火炮牵引车和履带越野车辆的悬架装置（见图 23.12-1）；为避免振动引起圆柱螺旋弹簧颤动，在高速内燃机上用扭杆弹簧作辅助气门弹簧（见图 23.12-2）；在使用空气弹簧作为缓冲器的

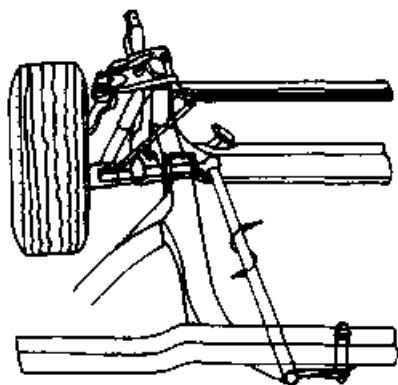


图 23.12-1 汽车悬架用扭杆弹簧

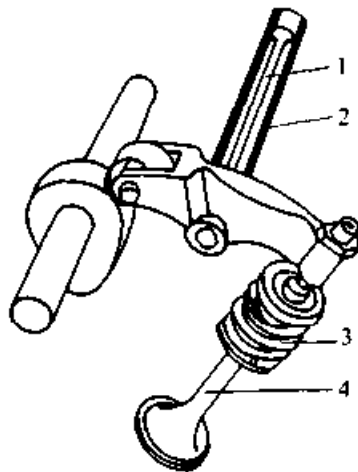


图 23.12-2 辅助气门弹簧  
1—扭杆 2—扭杆套 3—气门弹簧 4—气门

各种车辆上，用扭杆弹簧作为稳压器；为缓和转矩变化，在驱动轴中插入扭杆。扭杆弹簧的应用有逐渐扩大的趋势。

扭杆弹簧还可以组合使用，有串联组合（见图 23.12-3a）和并联组合（见图 23.12-3b），以获得需要的刚度。

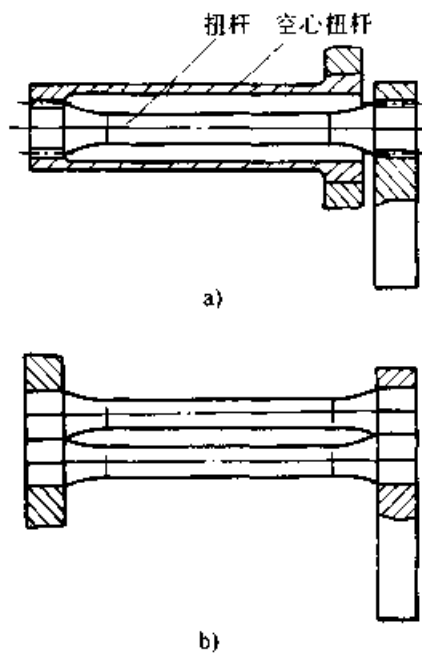


图 23.12-3 组合式扭杆弹簧  
a) 串联扭杆弹簧 b) 并联扭杆弹簧

## 2 扭杆弹簧变形与载荷的关系

图 23.12-4 是悬架装置扭杆弹簧的机构图。

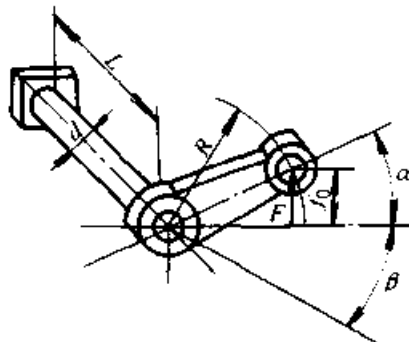


图 23.12-4 悬架装置扭杆弹簧机构图  
若作用在扭杆臂上的载荷为一固定方向的力  $F$ （图中取为垂直方向），则此机构的转矩载荷

不是定值，而是与杆臂的安装角度和变形角有关的变量，因而机构的弹簧刚度也不是定值。

由图 23.12-4 可知，扭杆所受转矩为

$$T = FR \cos \alpha \quad (23.12-1)$$

式中  $\alpha$  —— 受载  $F$  时扭杆臂与水平线的夹角 (取图示位置为正)。

扭转刚度为

$$k_T = T/\varphi = T/(\alpha + \beta) \quad (23.12-2)$$

式中  $\beta$  —— 卸载后扭杆臂与水平线的夹角 (取图示位置为正)。

因此，扭杆弹簧的特性与力臂的安装角有关。由式 (23.12-1) 和式 (23.12-2) 可知，作用力  $F$  与扭转刚度的关系为

$$F = k_T C_1 / R \quad (23.12-3)$$

$$C_1 = (\alpha + \beta) / \cos \alpha \quad (23.12-4)$$

载荷  $F$  作用点的扭杆刚度  $k = dF/d\delta$ ，故有

$$k = k_T C_2 / R^2 \quad (23.12-5)$$

$$C_2 = [1 + (\alpha + \beta) \tan \alpha] / \cos^2 \alpha \quad (23.12-6)$$

$C_2$  表征弹簧刚度的大小，它是  $\alpha$  和  $\beta$  的函数。令载荷  $F$  作用点至水平线的距离为  $l_0$ ，因  $\sin \alpha = l_0/R$ ，故可绘出不同  $\beta$  值下的  $C_2 - l_0/R$  曲线 (见图 23.12-5)。在设计悬架用扭杆弹簧时，载荷变化的范围可能很大，为了取得好的效果，应使弹簧刚度随着变形而增加。为此，在常用载荷作用下，应使力臂保持水平或比水平稍高一些的位置 ( $\alpha \geq 0$ )，也就是使弹簧的特性如图 23.12-5 右半部分所示。

根据变形的定义有  $f = F/k$ ，则

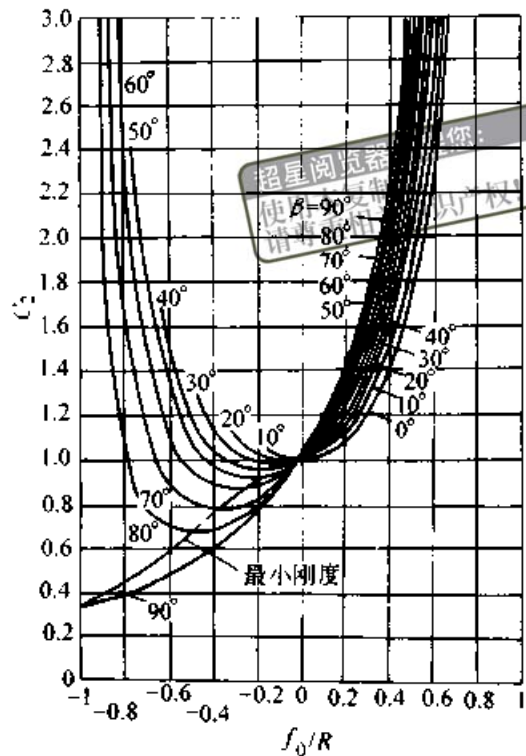


图 23.12-5 系数  $C_2$  值与  $\beta$  和  $l_0/R$  的关系

$$f = C_1 R / C_2 \quad (23.12-7)$$

于是，扭杆弹簧的固有频率为

$$\nu = [0.9 \times 10^6 / (RC_2 / C_3)]^{1/2} \quad (23.12-8)$$

### 3 扭杆的设计计算

各种形状截面的扭杆，受转矩作用后转角  $\varphi$ 、扭应力  $\tau$ 、扭转刚度  $k_T$ 、载荷力作用点的扭杆刚度  $k$  和变形能  $U$  的计算公式见表 23.12-1。

表 23.12-1 各种形状截面的扭杆弹簧的设计计算公式

扭杆截面形状						
$I_p$	$I_p = \pi d^4 / 32$	$I_p = \pi(d^4 - d_1^4) / 32$	$I_p = \pi d^3 d_1^3 / [16(d^2 + d_1^2)]$	$I_p = K_2 a^3 b$	$I_p = 0.141 a^4$	$I_p = 0.021 6 a^4$
$Z_T$	$Z_T = \pi d^3 / 16$	$Z_T = \pi(d^4 - d_1^4) / (16d)$	$Z_T = \pi d d_1^3 / 16$	$Z_T = K_3 a^2 b$	$Z_T = 0.208 a^3$	$Z_T = 0.05 a^3$
$\varphi$	$\varphi = 32 TL / (\pi d^4 G)$	$\varphi = 32 TL / [\pi(d^4 - d_1^4) G]$	$\varphi = 16 TL (d^2 + d_1^2) / (\pi d^3 d_1^3 G)$	$\varphi = TL / (K_2 a^3 b G)$	$\varphi = TL / (0.141 a^4 G)$	$\varphi = TL / (0.021 6 a^4 G)$
$\tau$	$\tau = 16 T / (\pi d^3)$	$\tau = 16 T d / [\pi(d^4 - d_1^4)]$	$\tau = 16 T / (\pi d d_1^3)$	$\tau = T / (K_3 a^2 b)$	$\tau = T / (0.208 a^3)$	$\tau = 20 T / a^3$

续表 23.12-1

扭杆截面形状						
$k_1$	$k_1 = \pi d^4 G / (32L)$	$k_1 = \pi (d^4 - d_1^4) G / (32L)$	$k_1 = \pi d^3 d_1^3 G / [16L(d^2 + d_1^2)]$	$k_1 = K_2 a^3 b G / L$	$k_1 = 0.141 a^4 G / L$	$k_1 = a^4 G / (46.2L)$
$k$	$k = \pi d^4 G / (32LR^2)$	$k = \pi (d^4 - d_1^4) G / (32LR^2)$	$k = \pi d^3 d_1^3 G / [16LR^2(d^2 + d_1^2)]$	$k = K_2 a^3 b G / (LR^2)$	$k = 0.141 a^4 G / (LR^2)$	$k = a^4 G / (46.2LR^2)$
$U$	$U = \tau^2 V / (4G)$	$U = \tau^2 (d^2 + d_1^2) V / (4d^2 G)$	$U = \tau^2 (d^2 + d_1^2) \times V / (8d^2 G)$	$U = K_3 \tau^2 V / (2K_1 G)$	$U = \tau^2 V / (6.48G)$	$U = \tau^2 V / (7.5G)$

注：1.  $I_p$ —截面二次极矩； $W_t$ —抗扭截面系数；  
 2.  $\varphi = TL / (GI_p)$ 、 $\tau = T / Z_t$ 、 $U = T\varphi / 2$ 。  
 3.  $K_1$ 、 $K_2$ 、 $K_3$ 见表 23.2·10。

### 4 扭杆弹簧的端部结构和有效工作长度

#### 4.1 端部结构

为了传递载荷并便于安装，扭杆端部可以制成花键轴形、细齿形和多角形（见图 23.12-6）。

花键轴形多采用渐开线齿；细齿形常采用三角形齿。

扭杆端部尺寸（见图 23.12-7）的推荐值见表 23.12-2。

为了避免大的应力集中，端部与杆体采用圆弧过渡结构或圆锥过渡结构，取过渡圆角半径  $R = (3 \sim 5)d$ ，锥顶角  $2\beta \geq 30^\circ$ 。

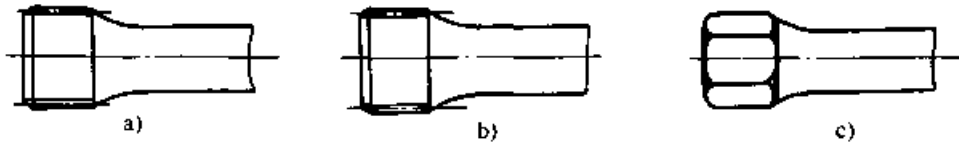


图 23.12-6 扭杆端部结构

a) 花键轴形 b) 细齿形 c) 多角形

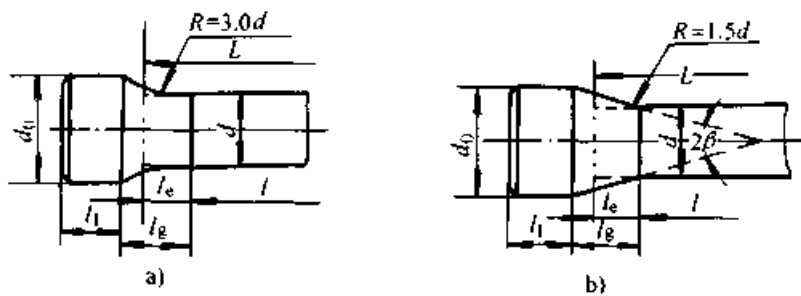


图 23.12-7 扭杆端部几何尺寸

a) 圆弧过渡结构 b) 圆锥过渡结构

表 23.12-2 扭杆端部尺寸推荐值

端部形状	推荐尺寸					
多角形	外切圆直径			长度		
	$d_0 = 1.2d$			$l_1 = (0.7 \sim 1.0)d$		
花键轴形	外径	模数 $m/\text{mm}$	压力角	齿数	内径	长度
	$d_0 = (1.15 \sim 1.25)d$	0.75, 1.0	$45^\circ$	$z = d_0/m - 0.8$	$d_1 = (z - 1.2)m$	$l_1 = (0.5 \sim 0.7)d$
细齿形	$d_0 = (1.15 \sim 1.25)d$	0.75, 1.0	$45^\circ$	$z = d_0/m - 1$	$d_1 = (z - 1)m$	$l_1 = (0.5 \sim 0.7)d$

齿间底部的圆角半径应足够大，以防止扭杆疲劳损坏。安装后应保证在齿全长上啮合，以免降低扭杆工作寿命。

为了避免因安装扭杆的结构件刚性不足而导致扭杆出现弯曲应力，应在两端或一端加设橡胶垫。

#### 4.2 扭杆的有效工作长度

由于杆体两端的过渡部分也发生扭转变形，因此在计算变形时，需将过渡部分换算成当量长度。对于圆截面扭杆，若采取前面推荐的过渡形状和尺寸，其过渡部分的当量长度  $l_e$  可由图 23.12-8 中查得。

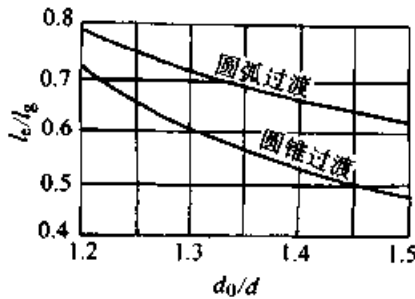


图 23.12-8 扭杆过渡部分的当量长度  $l_e$ 。

扭杆的有效长度为

$$L = l + 2l_e \quad (23.12-9)$$

式中  $l$  —— 扭杆杆体长度。

### 5 扭杆弹簧的材料和许用应力

#### 5.1 扭杆弹簧的材料

扭杆一般采用热轧弹簧钢制造，材料应具有足够的淬透性和良好的加工性，热处理后硬度应达到 50HRC 左右。常用材料为硅锰和铬镍钼等合金钢，如 60Si2MnA 和 45CrNiMoVA 等。性能要求不高的场合，也可采用碳钢，如 65Mn 等。

#### 5.2 扭杆的许用应力

对于车辆悬架用扭杆弹簧，仅承受单向循环载荷，如选用性能与 45CrNiMoVA 相近的合金钢，在热处理后硬度达到 50HRC 左右，再经滚压和强扭处理，其许用应力可取为  $\tau_p = 800 \sim 1\,000$  MPa，大值用于载荷循环次数低者。

对于承受双向循环载荷的扭杆弹簧，应参照对称疲劳极限确定其许用应力，当  $N = 10^6$  次时，

扭杆的疲劳极限  $\sigma_{-1} \approx 820$  MPa,  $\tau_{-1} \approx 420$  MPa。

对于军用和重要车辆的悬架扭杆，因采用严格的质量控制，其许用应力可取为  $\tau_p = 1\,100 \sim 1\,300$  MPa。

用碳钢制造的舱盖、门和罩的平衡扭杆、稳定扭杆等，许用应力为  $\tau_p = 500 \sim 700$  MPa。

### 6 扭杆弹簧的技术要求

扭杆弹簧的工作应力大，故制造技术要求较高，其一般制造工序为：切料、锻两端部、缓冷或退火、加工外径和端部、淬火和回火、磨削、机械强化和表面涂防锈层。

淬火时最好用井式炉，以防变形。回火温度要严格控制，时间要足够。

对扭杆弹簧进行的强化处理包括滚压、抛丸和强扭处理。它们能提高扭杆弹簧的寿命。

强扭强化处理就是在淬火和回火后给扭杆施加一扭矩  $T$ ，使扭杆产生一定的塑性切应变。当所加扭矩引起的扭应力超过材料的弹性极限时，扭杆的表面应力可按下式计算

$$\tau = 4(\theta d T / d\theta + 3T) / (\pi d^3) \quad (23.12-10)$$

式中  $\theta$  —— 单位长度扭转角；

$d$  —— 扭杆直径。

为了既保证强扭处理的质量，又不致造成过分强扭，应使  $\tau \leq (1.1 \sim 1.3)\tau_s$ 。扭杆仅作强扭强化处理效果较差，只能承受等于强扭载荷的单向载荷。强扭处理后，材料切变模量  $G$  略有下降， $G \approx 76$  GPa，所以扭杆刚度将有些降低。

抛丸处理所用的钢丸，其直径应小于花键或细齿齿间的圆角半径之半，一般为 0.8 ~ 1.0 mm。先进行抛丸处理，再做强扭处理，两者结合起来可以获得较好的效果。

对杆体进行滚压处理，尤其是两端过渡圆弧及花键齿底部滚压强化，提高弹簧寿命的效果十分显著。滚压力对滚压效果有重要影响，所加滚压力应使接触应力  $\sigma_c$  超过屈服点  $\sigma_s$ 。

用滚轮滚压扭杆杆体时，表面接触应力可按下式估算：

$$\sigma_c = \alpha \{ FE^2 [(R+r)/(Rr)]^2 \}^{1/3} \quad (23.12-11)$$

$$\alpha = F(R+r)/(Rr)$$

式中  $F$  —— 滚压力；  
 $E$  —— 材料的弹性模量；  
 $R$  —— 滚轮半径；  
 $r$  —— 扭杆杆体半径。

用滚轮滚压端部花键齿根时，表面接触应力可按下式估算：

$$\sigma_c = \alpha(FE^2/R^2)^{1/3} \quad (23.12-12)$$

$$\alpha = R\rho/[R(r-\rho)]$$

式中  $r$  —— 花键齿根圆角半径；  
 $\rho$  —— 滚轮顶部曲率半径。

扭杆直径误差对弹簧刚度影响较大，故直径尺寸精度应不低于 h12，表面粗糙度  $Ra \leq 0.8 \mu m$ 。

超星浏览器提醒您：  
使用本复制品  
请尊重相关知识产权！

# 第 13 章 仪器用弹性元件

## 1 膜片与膜盒

膜片与膜盒常用作气体或液体压力测量装置的敏感元件，它对压力反应灵敏，在不大的几何尺寸下，可获得显著和较高的固有频率和输出力。

### 1.1 膜片与膜盒的类型和特性

#### 1.1.1 膜片的类型

膜片分为平面膜片和波纹膜片两种（见图 23.13-1）。平面膜片压力与中心位移大致呈抛物线关系，一般用于中心位移小、特性稳定度要求不严格的测量装置中。

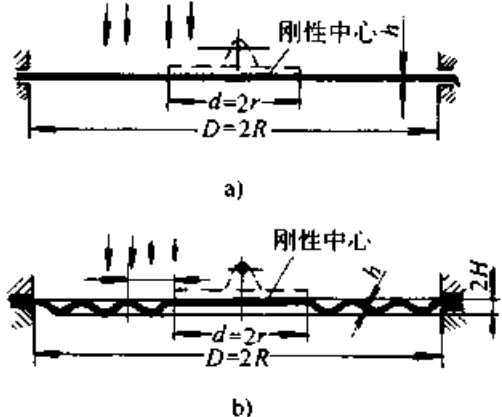


图 23.13-1 波纹膜片的横截面  
a) 平面膜片 b) 波纹膜片

波纹膜片是一个带有环状同心波纹的薄片。波纹的形状有正弦形、梯形、锯齿形、圆形和弧形等（见图 23.13-2）。

波纹膜片的性能优于平面膜片，它的特点是：

- ① 中心位移大，即相同材料，不产生塑性变形的中心挠度较大；
- ② 压力-位移特性可以呈线性关系；
- ③ 特性稳定，边缘固定时可能产生的扭曲较小；
- ④ 波纹的形状影响压力-位移特性，因此，有可能按需要的特性线设计波纹膜片。

膜片作为测量元件时的缺点是：有迟滞、灵

敏度受环境温度的影响，难以设计出满足预定特性要求的波纹膜片。

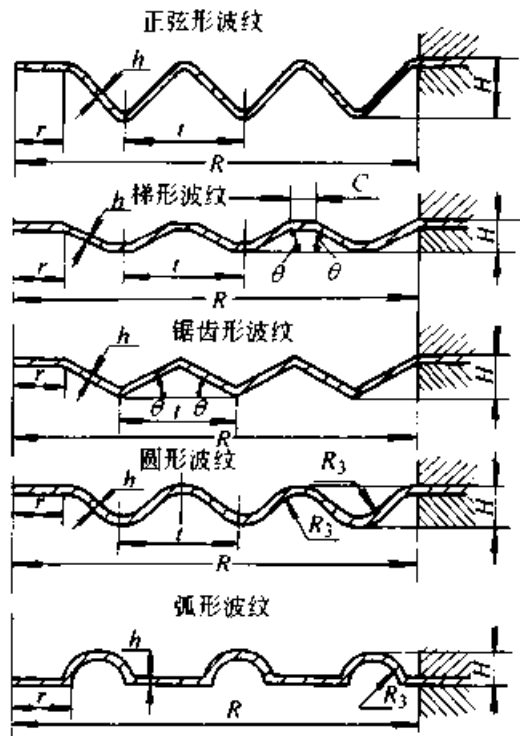


图 23.13-2 波纹的形状

#### 1.1.2 膜盒及其类型

两片膜片沿周边焊接在一起构成膜盒，其目的是增大位移。制作膜盒的膜片，一般其边缘都有特殊的波纹（见图 23.13-3）。

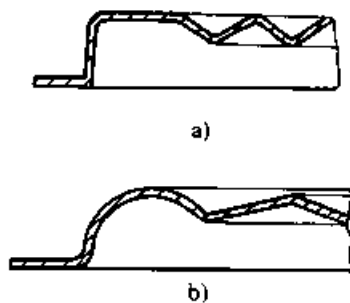


图 23.13-3 带边缘波纹的膜片

膜盒有压力、真空和填充式三种（见图 23.13-4）。

膜盒（片）的周边可用钎焊、熔焊或螺纹紧固件固定在装置中，并在其中心焊有中心杆。周



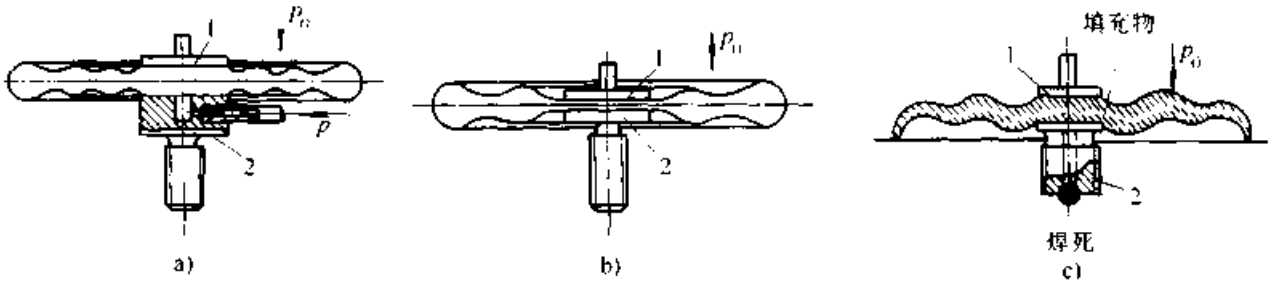


图 23.13-4 膜盒的类型

a) 压力式膜盒 b) 真空式膜盒 c) 填充式膜盒

边的联接要坚固，且尽可能避免剩余应力或歪曲。根据联接形式，膜盒分为单片膜盒、扁鼓状膜盒、凸状膜盒和组合膜盒（见图 23.13-5）。

1.1.3 膜片的特性线

(1) 平面膜片的特性线

平面膜片中心点位移与压力的关系为

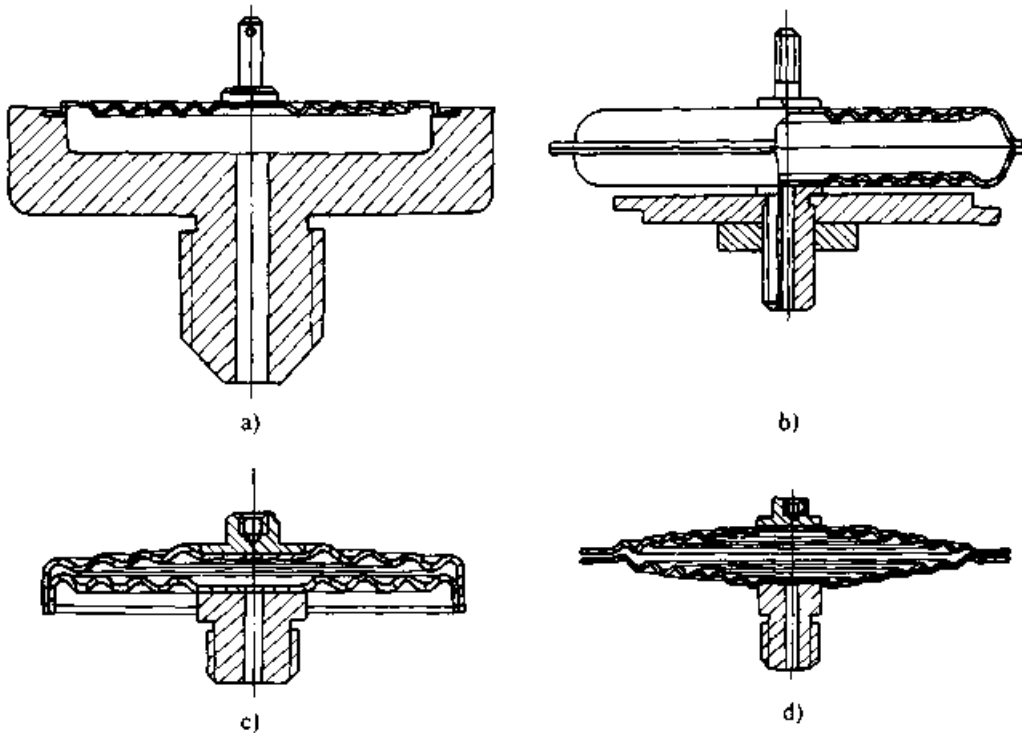


图 23.13-5 膜盒（片）按联接形式分类

a) 单片膜盒 b) 扁鼓状膜盒 c) 凸状膜盒 d) 组合膜盒

$$p = \alpha f_0 + \beta f_0^3 \quad (23.13-1)$$

式中  $\alpha$ 、 $\beta$  为与几何尺寸及周边固定方法有关的常量。起始刚度小，随着中心点位移增加，刚度迅速增加，其特性线见图 23.13-6 中  $2H=0$  的曲线。

(2) 波纹膜片的特性线

波纹膜片位移与压力的关系通常由实验得出，膜片几何参数对膜片特性的影响如下。

1) 波纹深度 在其他参数不变时，随着波纹深度的加大，特性线逐渐平直（见

图 23.13-6），直到获得线性特性线。

2) 波纹形状 波纹形状对特性线的影响较小，图 23.13-7 是实验得到的锯齿形、梯形和正弦形波纹膜片的特性线。正弦形膜片的刚度较小，特性线为非线性的，曲度较大。锯齿形膜片刚度较大，且特性线接近线性。梯形膜片介于两者之间。

3) 波纹数 在波纹深度相同的情况下，波纹数对特性线影响很小。

4) 边缘波纹 边缘波纹对膜片的特性线影

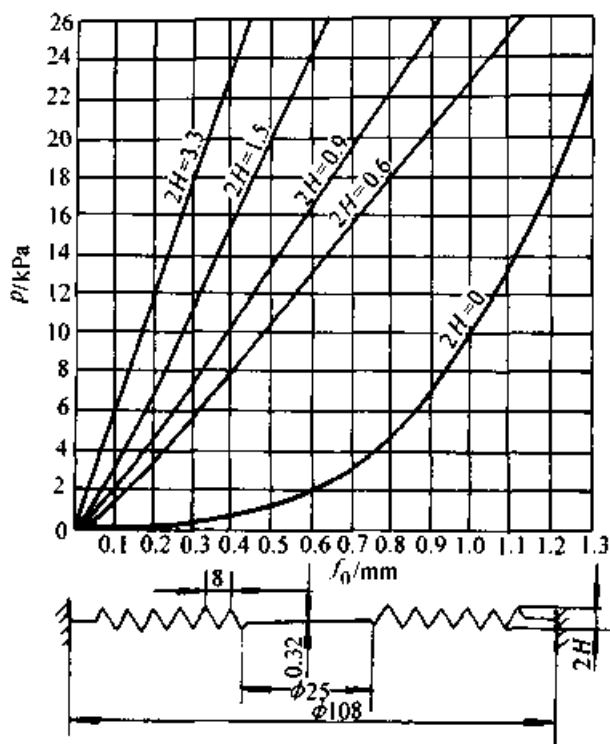


图 23.13-6 波纹深度对特性线的影响

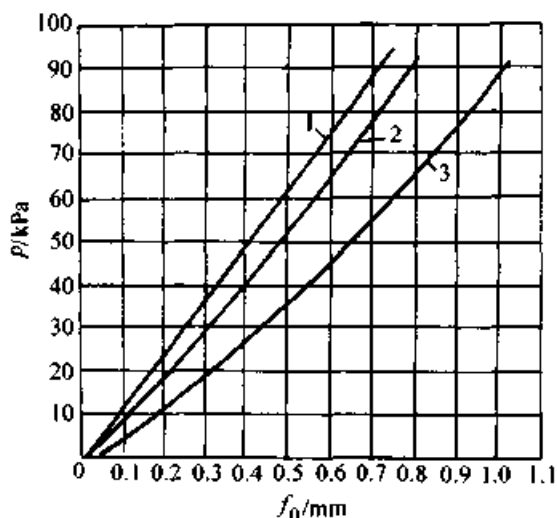


图 23.13-7 波纹形状对特性线的影响

1—锯齿形 2—梯形 3—正弦形

响甚大，有边缘波纹的膜片，其中心点位移比无边缘波纹的大几倍(见图 23.13-8)。实验表明，略微增减边缘波纹的半径，将显著改变膜片的特性。

5) 膜片厚度 膜片厚度对膜片特性影响较大，膜片愈厚，刚度愈大。

6) 膜片直径 增大直径将使灵敏度增加。

总之，改变膜片的几何参数可使膜片呈现不同的特性线，因此可以通过适当选择膜片几何参数，得到所需要的膜片特性线。

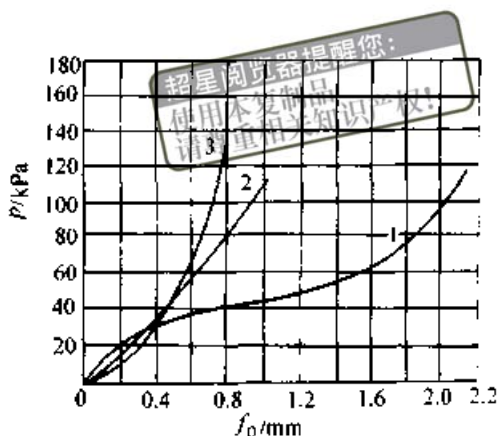


图 23.13-8 边缘波纹对膜片特性线的影响

1—有边缘波纹  $2H=0.7$  2—无边缘波纹  $2H=0.75$  3—平面膜片

## 1.2 常用仪表要求的膜片特性线

1) 测量压力的仪表要求膜片的中心位移与压力呈线性关系。

2) 飞机的空速表要求膜片的中心位移与速度呈线性关系。因为速度与压力的关系为

$$v = (2p/\rho)^{1/2} \quad (23.13-2)$$

式中  $p$  ——空气的动压力；

$\rho$  ——空气的密度。

因而，中心点位移  $f_0$  与压力  $p$  的关系应为

$$f_0 = K(2p/\rho)^{1/2} \quad (23.13-3)$$

3) 航空用高度表要求膜片的中心位移与高度呈线性关系。空气压力与高度的关系为

$$p_h = p_0(1 - 2.26 \times 10^{-5}h)^{5.256} \quad (23.13-4)$$

式中  $p_h$  ——在高度  $h$  处的空气压力；

$p_0$  ——地面空气压力；

$h$  ——高度。

## 1.3 膜盒的特性

膜盒的特性为两个膜片特性之和。

## 2 膜片的设计计算

### 2.1 平面膜片的特性计算

膜片的安装方式有滑装和刚性固定两种。滑装系指膜片变形时周边可在径向自由滑动的安装方式，刚性固定方式的膜片周边则是固定不动的。膜片受载后压力与中心点位移的关系式见表 23.13-1。

表 23.13-1 平面膜片压力与中心点位移的关系式

安装方式	滑 装	刚 性 固 定
较精确计算式	$\rho R^4 / (E \delta^4) = \{16 / [3(1 - \nu^2)]\} (f_0 / \delta) - 2 \times 6 (f_0 / \delta)^3 / 7$	$\rho R^4 / (E \delta^4) = \{16 / [3(1 - \nu^2)]\} (f_0 / \delta) - 2 \times (f_0 / \delta)^3 [(23 - 9\nu) / (1 - \nu)] / 21$
近似计算式	$f_0 = 3(1 - \nu^2) / (16E) \times (\rho R^4 / \delta^3)$	
说 明	$\rho$ —压力; $R$ —膜片半径; $E$ —膜片材料的弹性模量; $\delta$ —膜片厚度; $\nu$ —膜片材料的泊松比; $f_0$ —膜片中心点位移	

2.2 波纹膜片的特性计算

1) 位移与压力成线性关系的波纹膜片  
图 23.13-9 所示 E 型波纹膜片, 其特性接近于线性关系, 且相当稳定, 中心点位移与压力的关系式为

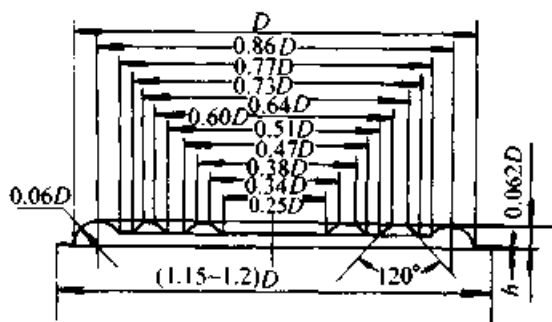


图 23.13-9 E 型波纹膜片

$$f_0 = (1 - \nu^2) / E \times \{ (2R)^4 \rho / (66\delta^3 + 0.00355\delta R^2) \} \quad (23.13-5)$$

式中符号的意义同表 23.13-1。

2) 位移与压力成非线性关系的波纹膜片  
无边缘波纹、无硬中心、波纹数  $n \geq 3$  的任意形状周期性波纹,  $f_0 < (20 - 30)\delta$  的波纹膜片, 其中中心点位移与压力的关系式为

$$\begin{aligned} p &= E\delta(a\delta^2 f_0 + b f_0^3) / R^4 \quad (23.13-6) \\ a &= 4(n + 3)[3K_1(1 - \nu^2/n)] \\ b &= 32K_1 / (m^2 - 9) \times \{1/6 - (3 - \nu) / [(m - \nu)(m + 3)]\} \\ m &= (K_1 K_2)^{1/2} \\ n &= K_1 K_3 \end{aligned}$$

式中  $K_1$ 、 $K_2$ 、 $K_3$  为波纹截面相对因子, 其值见表 23.13-2, 其余符号意义同表 23.13-1。

表 23.13-2 常用波纹截面相对因子  $K_1$ 、 $K_2$ 、 $K_3$

截面形状	梯形	锯齿形	正弦形	
			$H/t < 8$	$H/t \geq 8$
$K_1$	$(1 - 2C/t) / \cos\theta_0 + 2C/t$	$1 / \cos\theta_0$	1	$2A_0 / [\pi(1 - C^2)^{1/2}]$
$K_2$	$H^2[(1 - 2C/t) / \cos\theta_0 + 6C/t] / \delta^2 + (1 - 2C/t) \cos\theta_0 + 2C/t$	$H^2 / (\delta^2 \cos\theta_0) + \cos\theta_0$	$3H^2 / (2\delta^2) + 1$	$2H^2 / [\pi\delta^2(1 - C^2)^{1/2}] \times \{(1 / C^2 - 1)B_0 + (2 - 1/C^2)A_0\} + 2(1 - C^2)^{1/2} B_0 / \pi$
$K_3$	$H^2[(1 - 2C/t) / \cos\theta_0 + 6C/t] / \delta^2 + (1 - 2C/t) / \cos\theta_0 + 2C/t$	$H^2 / (\delta^2 \cos\theta_0) + 1 / \cos^3\theta_0$	$3H^2 / (2\delta^2) + 1$	$2H^2 / [\pi\delta^2(1 - C^2)^{1/2}] \times \{(1 / C^2 - 1)B_0 + (2 - 1/C^2)A_0\} + 2 / [3\pi(1 - C^2)^{1/2}] \times [2(2 - C^2)A_0 / (1 - C^2) - B_0]$
说明	$A_0 = \int_0^{\pi/2} (1 - C^2 \sin^2 \alpha)^{1/2} d\alpha$ ; $B_0 = \int_0^{\pi/2} (1 - C^2 \sin^2 \alpha)^{-1/2} d\alpha$ ; $\alpha = 2\pi r / t$ ; $C = (H\pi/t) / [1 + (H\pi/t)^2]^{1/2}$			

### 2.3 按给定的特性线计算膜片

将压力与膜片中心变形的关系式记为

$$p = \alpha f_0 + \beta f_0^3 \quad (23.13-7)$$

$$\alpha = E\delta^3 a / R^4$$

$$\beta = E\delta b / R^4$$

则 
$$a = \alpha E^2 b^3 / (\beta^3 R^8) \quad (23.13-8)$$

根据给定的特性线可确定系数  $\alpha$  和  $\beta$ 。选择好膜片材料及直径，即可将上述参数代入式 (23.13-8)，求出  $b = f(a)$ 。

图 23.13-10~图 23.13-13 分别给出  $a$  与  $b$  在不同值时的  $b = f(a)$  曲线。将计算出的  $b = f(a)$  画在上述图上，使其曲线能与某一图中  $b = f(a)$  曲线相交，记下交点的  $a$  和  $b$  值。

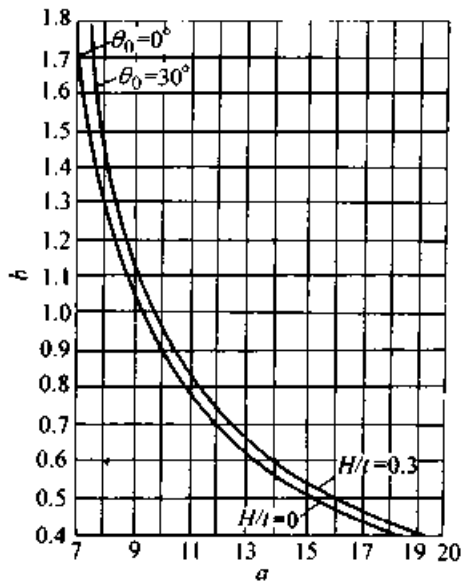


图 23.13-10  $a = 7 \sim 20$  范围内的  $b = f(a)$  曲线

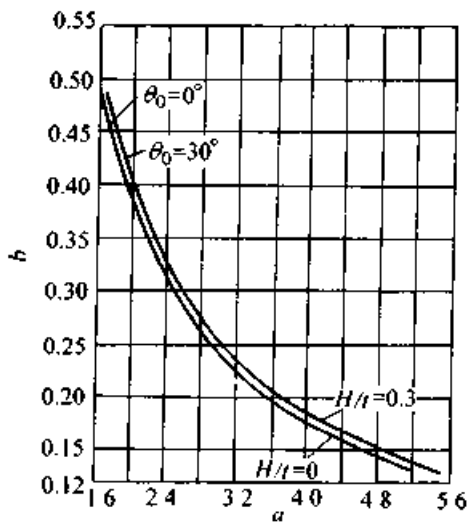


图 23.13-11  $a = 16 \sim 56$  范围内的  $b = f(a)$  曲线

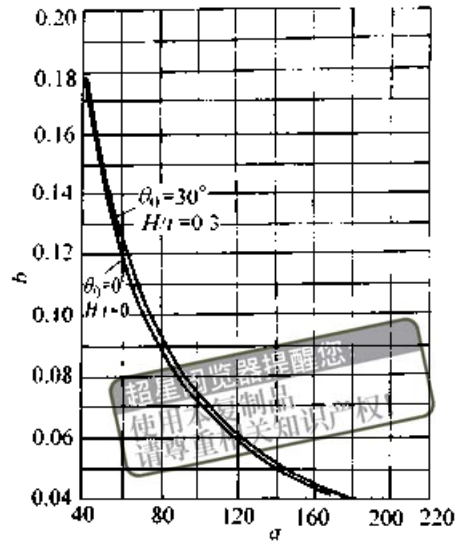


图 23.13-12  $a = 40 \sim 220$  范围内的  $b = f(a)$  曲线

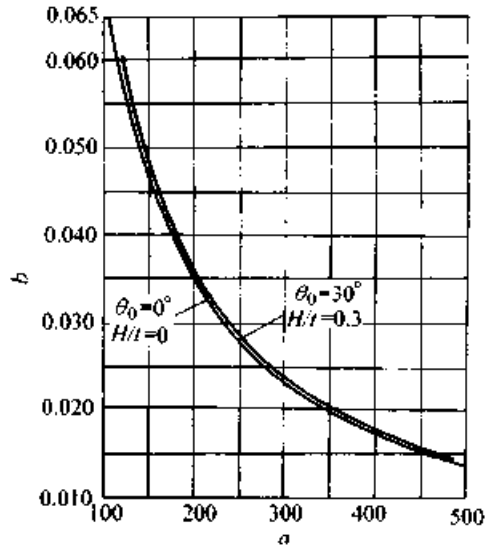


图 23.13-13  $a = 100 \sim 500$  范围内的  $b = f(a)$  曲线

再由图 23.13-14~图 23.13-17，根据记下的  $a$  值查出需要的  $H/\delta$  值，由式 (23.13-6) 求出  $\delta$  值后，即可依此求出  $H$  值。

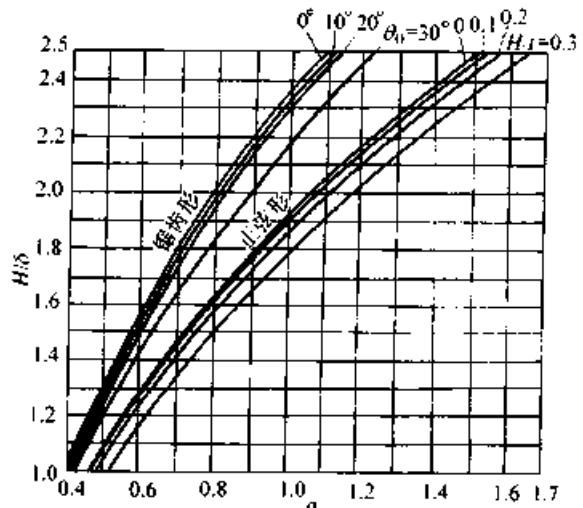


图 23.13-14  $a$  与  $H/\delta$  关系曲线 ( $H/\delta = 1 \sim 2.5$ )

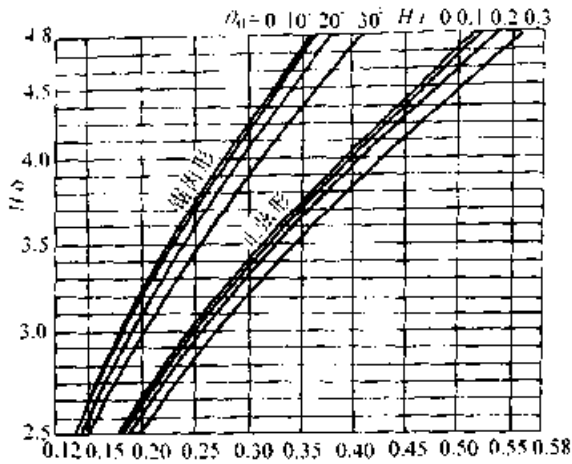


图 23.13.15 a 与 H/d 关系曲线 (H/d = 2.5 ~ 4.8)

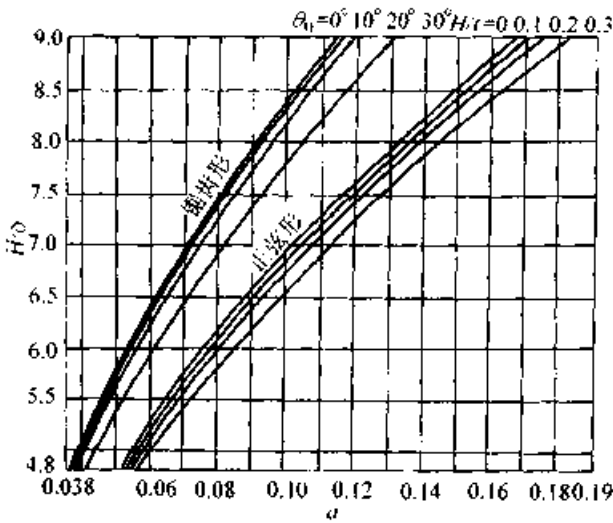


图 23.13.16 a 与 H/d 关系曲线 (H/d = 4.8 ~ 9)

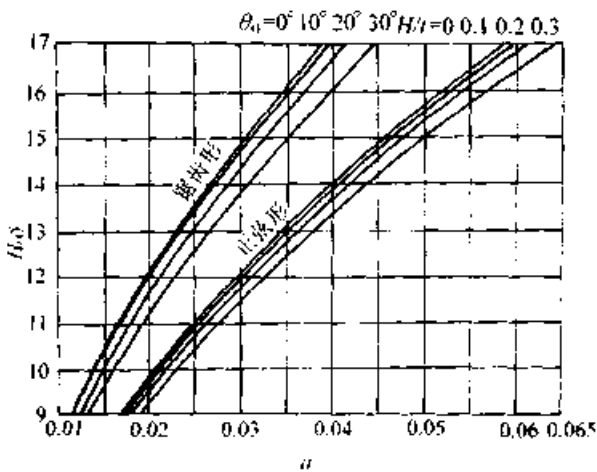


图 23.13.17 a 与 H/d 关系曲线 (H/d = 9 ~ 17)

### 2.4 膜片的牵引力

在仪表里，当膜片或膜盒产生位移时，会受到来自传动机构或与其相联接的其他零件的阻力。当压力作用到膜片上时，其中心产生的力称为牵引力。牵引力必须要能够克服阻力，方能产

生位移。假设机构的阻力为作用在膜片中心的集中力，则牵引力可由下式近似计算

$$F = A \delta \quad (23.13-9)$$

$$A = \pi(R_1^2 + R_2^2 + r^2) \times 3$$

式中  $r$  —— 膜片硬心半径。

$A$  —— 膜片的有效面积。

### 3 膜片的材料

膜片材料应具备：足够的伸长率和强度，结构组织均匀，能防锈，便于焊接；应具有良好的塑性，以便制出凹凸较大的波纹；弹性模量温度系数要小。

膜片常用材料见表 23.13-3。

表 23.13-3 膜片常用材料

材料名称	特 性
CuSn4Zn3、 CuSn6P	锡青铜的特点是：强度高、伸长率大、硬度高，能承受冲击和振动，有很好的防锈性。锡青铜膜片特性线稳定，弹性迟滞和弹性后效作用小；便于钎焊和熔焊
CuZn38	黄铜膜片的性能远逊于锡青铜膜片，只能用黄铜制造不重要的波纹膜片。冷作过的黄铜易产生裂缝，且弹性迟滞和弹性后效作用较大
CuZn20Ni15	锌白铜比黄铜的防锈性好，易于钎焊和熔焊
1Cr18Ni9Ti	不锈钢的防锈性较高，可用它制造在腐蚀性介质中工作的波纹膜片。但不锈钢不能钎焊，而电焊膜盒极为复杂，成本高昂
CuBe2	铍青铜具有很高的力学性能和极好的防锈性，淬火后塑性好，易于形成复杂形状的波纹。铍青铜波纹膜片特性线最为稳定。其缺点是成本高，在热处理时易发生扭曲变形，但用特殊夹具可以减少变形
T8A、T10A、 65Mn	工具钢、弹簧钢适于制造承受载荷的膜片。钢制波纹膜片弹性迟滞较大，不易焊接
Ni36CrTiAl、 Ni42CrTi	弹性元件用合金 Ni36CrTiAl 有弱磁性；在磷酸、含硫石油等介质中耐腐蚀；温度在 200℃ 以下有良好的弹性，经时效处理后可获得很高的弹性和强度；加工性能和焊接性能良好；Ni42CrTi 合金温度在 -60 ~ 100℃ 范围内具有低的弹性模量温度系数；较高的弹性和强度；加工性能好
低膨胀合金 4J36、4J32	4J36 在温度 0 ~ 100℃、4J32 在温度 -60 ~ 100℃ 范围内具有很低的线胀系数，塑性好，适用于要求弹性不随温度变化的波纹膜片

# 第 14 章 压力弹簧管

## 1 压力弹簧管的类型和特性

### 1.1 压力弹簧管的类型

压力弹簧管也称为包端管，它广泛应用于压力表和压力转换器中，如压力、液面、流量和温

度等调节器的转换器。

压力弹簧管的类型见表 23.14-1，管的截面形状见表 23.14-2，其中最常用的是椭圆形和扁圆形。

单圈弹簧管自由端的位移小，要求大的位移时，可用螺旋形弹簧管或平面涡卷形弹簧管。

表 23.14-1 压力弹簧管的类型

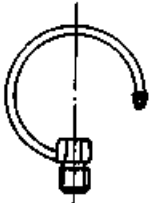


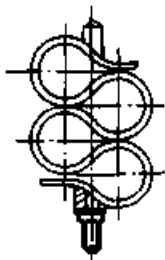

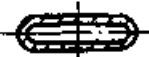





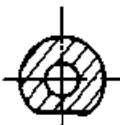
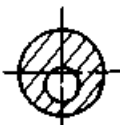
名称	单圈弹簧管	螺旋形弹簧管	平面涡卷形弹簧管	S形弹簧管
形状				
管的截面形状	任何截面	序号 3、4、6、7	序号 3、6、7	序号 3、6、7
备注	张角可达 10°	张角可达 $n \times 10^\circ$ ， $n$ 为螺旋工作圈数	张角可达 $n \times 10^\circ$ ， $n$ 为螺旋工作圈数	弹簧管自由端可作直线位移

表 23.14-2 常用弹簧管的截面形状

截面形状					
序号	1	2	3	4	5
截面形状					
序号	6	7	8	9	

### 1.2 压力弹簧管的特性

#### 1.2.1 特性线

图 23.14-1 是扁圆形(序号 5)弹簧管的特性线，它是由实验方法得到的。该曲线表明，在一定压力范围内，弹簧管工作压力与行程的关系是线性的。

#### 1.2.2 比例极限

从弹簧管的特性线看出，当压力增加到某一数值之后，特性线不再是直线，该压力值称为比例极限。压力管可以测量的最大压力应在比例极限的 40%~70% 范围内选取，以减少弹性迟滞和弹性后效误差。

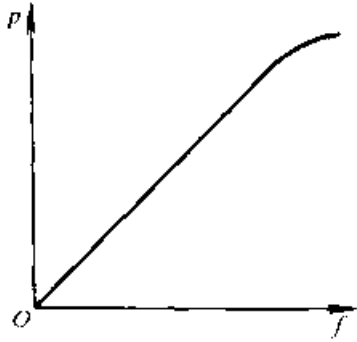


图 23.14-1 扁圆形弹簧管的特性线

1.2.3 灵敏度

灵敏度是指弹簧管自由端位移增量  $\Delta f$  与内外压差的增量  $\Delta p$  之比的极限。当弹簧管的特性线为直线时，其灵敏度为常量。

1.2.4 弹簧管几何尺寸对特性线的影响

1) 轴长比 弹簧管截面长短半轴尺寸之比为轴长比。根据实验，其他条件相同时，轴长比越大，弹簧管的灵敏度越高（见图 23.14-2），而比例极限越低（见图 23.14-3）。

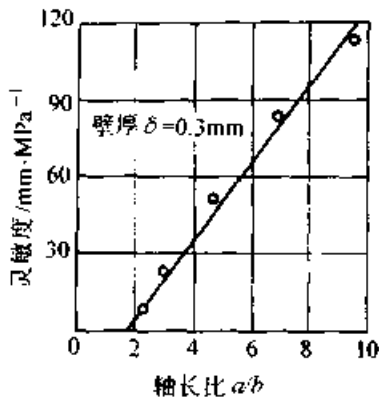


图 23.14-2 轴长比与灵敏度的关系

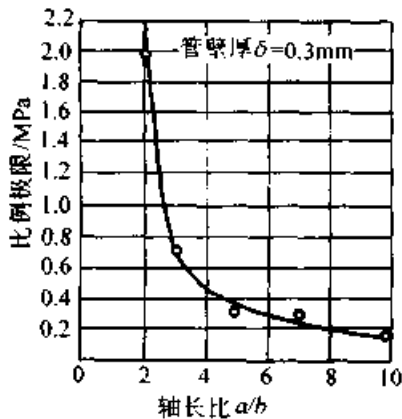


图 23.14-3 轴长比与比例极限的关系

由实验结果可知，轴长比选择 4~6 比较合适。此时依靠增加壁厚的方法来提工作压力，将不会使灵敏度剧烈下降；因制造误差轴长比略有变化时，对比例极限影响不大。

2) 壁厚 壁厚增加，灵敏度下降，当轴长比较小时，灵敏度下降得快，反之，下降得慢（见图 23.14-4）；壁厚增加，弹簧管的比例极限增大，当壁厚在 0.2~0.4 mm 时，壁厚对比例极限影响不大（见图 23.14-5）。

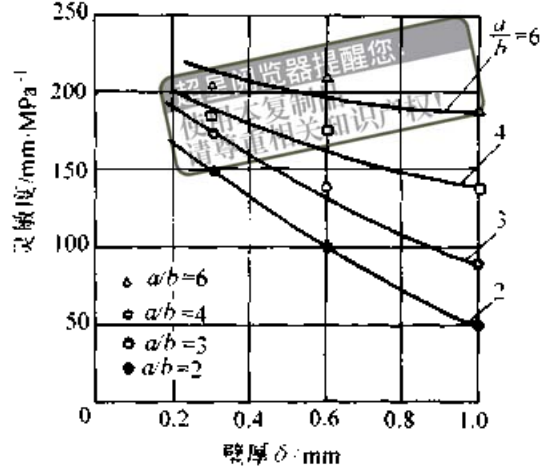


图 23.14-4 壁厚对灵敏度的影响

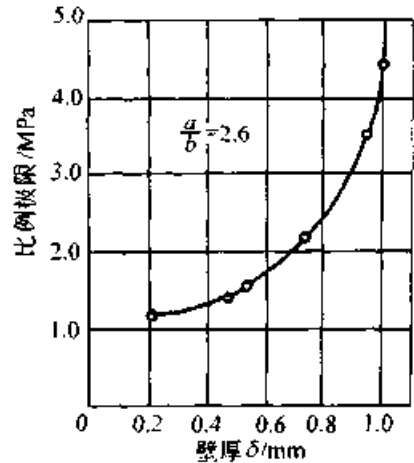


图 23.14-5 壁厚对比例极限的影响

3) 管的直径 直径增加，弹簧管的灵敏度提高，自由端的位移也增大（见图 23.14-6），而

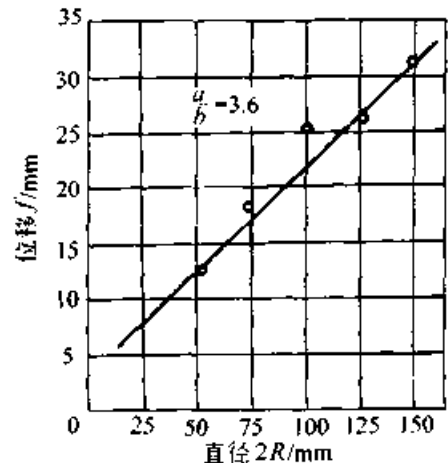


图 23.14-6 直径对自由端位移的影响

比例极限下降 (见图 23.14-7)。

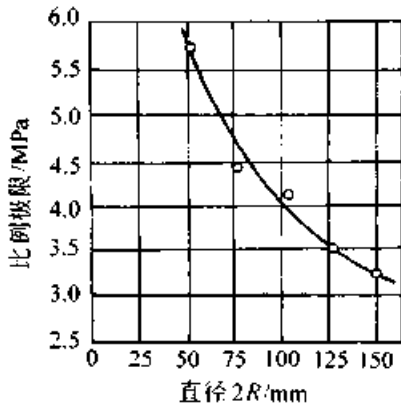


图 23.14-7 直径与比例极限的关系

## 2 压力弹簧管的设计计算

设计的大体程序是根据装置的要求和数据，初选几何形状及尺寸，再进行刚度和牵引力的计算，经试制和实验后确定尺寸和形状。单圈弹簧管的形状，大多数设计成超半圆弧形 (270°左右)。

### 2.1 单圈薄壁弹簧管的计算

$\delta/b \leq 0.7$  者属薄壁弹簧管，用以承受较低的压力。

#### 2.1.1 刚度 (位移) 计算公式

切向位移

$$f_t = [p(1 - \nu^2)\rho_0^3 / (Eb\delta)] [a(1 - b^2/a^2) / (\beta + x^2)] (\gamma_0 - \sin \gamma_0)$$

$$x = \rho_0 \delta / a^2 \quad (23.14-1)$$

径向位移

$$f_r = [p(1 - \nu^2)\rho_0^3 / (Eb\delta)] [a(1 - b^2/a^2) / (\beta + x^2)] (1 - \cos \gamma_0) \quad (23.14-2)$$

总位移

$$f = [p(1 - \nu^2)\rho_0^3 / (Eb\delta)] [a(1 - b^2/a^2) / (\beta + x^2)] [(\gamma_0 - \sin \gamma_0)^2 + (1 - \cos \gamma_0)^2]^{1/2} \quad (23.14-3)$$

总位移方向与切线方向夹角

$$\theta = \arccos \{ (\gamma_0 - \sin \gamma_0) / [(\gamma_0 - \sin \gamma_0)^2 + (1 - \cos \gamma_0)^2]^{1/2} \} \quad (23.14-4)$$

式中  $p$  ——作用在弹簧管上的压力差；

$\nu$  ——管材的泊松比；

$\rho_0$  ——弹簧管变形前的曲率半径 (见图 23.14-8)；

$E$  ——管材的弹性模量；

$a, b$  ——弹簧管截面的长半轴和短半轴；

$\delta$  ——管壁厚度；

$\alpha, \beta$  ——管子截面形状和比值  $a/b$  的影响因子，椭圆和扁圆弹簧管的  $\alpha, \beta$  值可查表 23.14-3。

$\gamma_0$  ——压力作用前弹簧管端的中心角；

$x$  ——弹簧管的基本参数

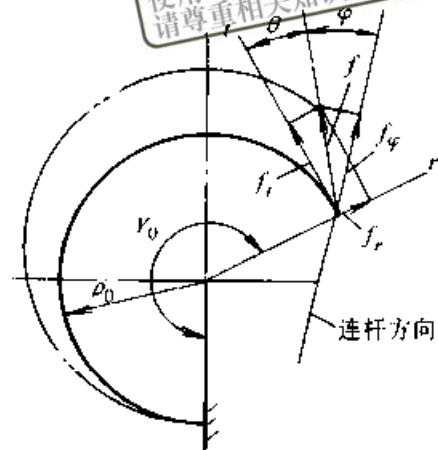


图 23.14-8 管端位移

#### 2.1.2 牵引力计算公式

切向牵引力

$$F_t = pab(1 - b^2/a^2) [48\zeta / (\xi + x^2)] \times [(\gamma_0 - \sin \gamma_0) / (3\gamma_0 - 4\sin \gamma_0 + \sin \gamma_0 \cos \gamma_0)] \quad (23.14-5)$$

径向牵引力

$$F_r = pab(1 - b^2/a^2) [48\zeta / (\xi + x^2)] \times [(1 - \cos \gamma_0) / (\gamma_0 - \sin \gamma_0 \cos \gamma_0)] \quad (23.14-6)$$

总牵引力

$$F = pab(1 - b^2/a^2) [48\zeta / (\xi + x^2)] \times \{ [(\gamma_0 - \sin \gamma_0) / (3\gamma_0 - 4\sin \gamma_0 + \sin \gamma_0 \cos \gamma_0)]^2 + [(1 - \cos \gamma_0) / (\gamma_0 - \sin \gamma_0 \cos \gamma_0)]^2 \}^{1/2} \quad (23.14-7)$$

式中因子  $\zeta, \xi$  与  $a/b$  有关，可查表 23.14-3。

把按刚度公式计算得到的参数代入牵引力公式，计算出的牵引力应大于机构阻力。否则可以提高  $p$  值，减小机构阻力，或者改变弹簧管尺寸。

#### 2.1.3 作温度计时计算公式

作温度计用时管内充满液体，液体体积随温度而改变，因而管端产生位移。液体体积变化  $\Delta V$  与管端位移  $f$  的关系式为



表 23.14-3 弹簧管计算中的各因子值

截面形状	椭圆形					圆形				
	$a/b$	$\alpha$	$\beta$	$\zeta$	$\xi$	$\nu$	$\alpha$	$\beta$	$\zeta$	$\xi$
1	0.750	0.083	0.098 2	0.833	0.197	0.637	0.096	0.083 3	0.811	0.149
1.5	0.636	0.062	0.077 5	0.662	0.149	0.595	0.110	0.084 8	0.713	0.151
2	0.566	0.053	0.066 2	0.584	0.142	0.548	0.115	0.081 5	0.652	0.144
3	0.493	0.045	0.056 5	0.499	0.121	0.480	0.121	0.074 3	0.591	0.131
4	0.452	0.044	0.051 5	0.459	0.110	0.437	0.121	0.069 0	0.552	0.122
5	0.430	0.043	0.048 0	0.439	0.106	0.408	0.121	0.065 2	0.524	0.115
6	0.416	0.042	0.046 5	0.429	0.102	0.388	0.121	0.062 4	0.504	0.110
7	0.406	0.042	0.046 0	0.423	0.100	0.372	0.120	0.060 2	0.488	0.107
8	0.400	0.042	0.045 5	0.416	0.098	0.360	0.119	0.058 5	0.476	0.105
9	0.395	0.042	0.045 0	0.410	0.097	0.350	0.119	0.057 1	0.467	0.103
10	0.390	0.042	0.044 5	0.404	0.095	0.343	0.118	0.056 0	0.459	0.101

$$\Delta V = 12fab\gamma_0(1 - b^2/a^2)\nu/a[(1 - \cos\gamma_0)^2 + (\gamma_0 - \sin\gamma_0)^2]^{1/2} \quad (23.14-8)$$

式中  $\nu$  和  $\alpha$  可查表 23.14-3。

### 2.2 单圈厚壁弹簧管的计算

$\delta/b = 0.8 \sim 1.2$  者属厚壁弹簧管，用以承受较高的压力。

#### 2.2.1 刚度（位移）计算公式

自由端切向位移

$$f_t = \rho(1 - \nu^2)\rho_0^3(1 - \chi)(\gamma_0 - \sin\gamma_0) / \{Eb\delta[\delta^2/(12b^2) + \chi]\} \quad (23.14-9)$$

径向位移

$$f_r = \rho(1 - \nu^2)\rho_0^3(1 - \chi)(1 - \cos\gamma_0) / \{Eb\delta[\delta^2/(12b^2) + \chi]\} \quad (23.14-10)$$

总位移

$$f_t = \rho(1 - \nu^2)\rho_0^3(1 - \chi)[(\gamma_0 - \sin\gamma_0)^2 + (1 - \cos\gamma_0)^2]^{1/2} / \{Eb\delta[\delta^2/(12b^2) + \chi]\} \quad (23.14-11)$$

总位移方向与切线方向夹角的计算用式 (23.14-4)。

#### 2.2.2 牵引力计算式

切向牵引力

$$F_t = 8pab(1 - \chi)(\gamma_0 - \sin\gamma_0) / \{3\gamma_0 - 4\sin\gamma_0 + \sin\gamma_0\cos\gamma_0\} \quad (23.14-12)$$

径向牵引力

$$F_r = 8pab(1 - \chi)(1 - \cos\gamma_0) / [(\gamma_0 - \sin\gamma_0\cos\gamma_0)] \quad (23.14-13)$$

总牵引力

$$F = 8pab(1 - \chi) \{[(\gamma_0 - \sin\gamma_0) / (3\gamma_0 - 4\sin\gamma_0 + \sin\gamma_0\cos\gamma_0)]^2 + [(1 - \cos\gamma_0) / (\gamma_0 - \sin\gamma_0\cos\gamma_0)]^2\}^{1/2} \quad (23.14-14)$$

上述各式中

$$\chi = (\sinh^2\omega + \sin^2\omega) / [\omega(\cosh\omega\sinh\omega + \cos\omega\sin\omega)]$$

$$\omega = (1.732/r)^{1/2}$$

### 2.3 异形截面弹簧管的计算

当压力达 2 000 MPa 时，可采用截面形状序号为 8、9 的异形弹簧管，序号 8 是带偏心圆孔的，序号 9 是被切去一部分的弹簧管。

自由端的位移公式：

切向位移

$$f_t = M\rho_0^2(\gamma_0 - \sin\gamma_0) / (EI_{xt}) - F_N\rho_0\sin\gamma_0 / (EA) \quad (23.14-15)$$

径向位移

$$f_r = M\rho_0^2(1 - \cos\gamma_0) / (EI_{xt}) + F_N\rho_0(1 - \cos\gamma_0) / (EA) \quad (23.14-16)$$

总位移

$$f = (f_t^2 + f_r^2)^{1/2}$$

$$F_N = p\pi r^2 \quad (23.14-17)$$

$$M = yF_N \quad (23.14-18)$$

式中  $F_N$  ——作用在圆孔纵轴上的力；  
 $M$  —— $F_N$  相对于中性轴  $x_{cl}$  的弯矩；  
 $I_{x_{cl}}$  ——绕  $x_{cl}$  轴的截面二次轴矩；  
 $A$  ——截面面积；  
 $r$  ——圆孔半径；  
 $y$  ——圆孔中心到  $x_{cl}$  轴的距离。

对偏心孔型截面的弹簧管(见图 23.14-9a)：

$$y = R^2 e / (R^2 - r^2) \quad (23.14-19)$$

$$I_{x_{cl}} = \pi(R^4 - r^4)/4 + \pi[R^2 \times (y - e)^2 - y^2 r^2] \quad (23.14-20)$$

$$A = \pi(R^2 - r^2) \quad (23.14-21)$$

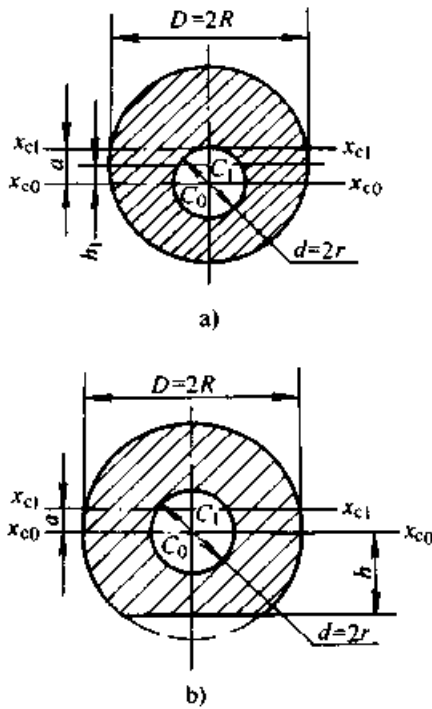


图 23.14-9 异形截面弹簧管的截面  
 a) 偏心孔 b) 切去部分

对切去部分型截面的弹簧管(见图 23.14-9b)

$$y = 0.75(R^2 - h^2)^{1/2} / [\pi(R^2/2 - r^2) + h(R^2 + h^2)^{1/2} + R^2 \arcsin(h/R)] \quad (23.14-22)$$

$$I_{x_{cl}} = \pi(R^4/2 - r^4)/4 + R^4[\arcsin(h/R) - h(R^2 - h^2)^{1/2}(R - 2h)/R^3] - y^2 A \quad (23.14-23)$$

$$A = \pi(R^2 - r^2) + h(R^2 - h^2)^{1/2} - R^2 \arcsin(h/R) \quad (23.14-24)$$

## 2.4 螺旋形和平面涡卷形弹簧管的计算

### 2.4.1 螺旋形弹簧管

螺旋形弹簧管的末端位移、牵引力和内部体积变化的计算式与单圈弹簧管的相同，只是螺旋形弹簧管的中心角  $\gamma_0 = 2\pi n$ ，这里  $n$  为弹簧管的圈数。

### 2.4.2 平面涡卷形弹簧管

将  $\rho_0 = f(\theta)$  代入下列两式，即为平面涡卷形弹簧管位移与压力的关系式

$$f_t = (1 - \gamma/\gamma_0) \int_0^{\gamma_0} \rho_0 (1 - \cos\theta) d\theta \quad (23.14-25)$$

$$f_r = (1 - \gamma/\gamma_0) \int_0^{\gamma_0} \rho_0 \sin\theta d\theta \quad (23.14-26)$$

由于工艺上的原因，这两种形状的弹簧管多做成厚壁的。

## 3 压力弹簧管的材料

- 1) 高压弹簧管用 50CrVA、18CrNiWA；
- 2) 要求弹性迟滞小的弹簧管用铍青铜或锰白铜；
- 3) 中压或弹性滞后误差要求不严格的弹簧管用锡青铜或黄铜；
- 4) 低压弹簧管用石英制造，它的温度适应范围宽而且没有弹性滞后现象。

# 第 15 章 金属弹簧材料及其性能

## 1 弹簧钢

弹簧钢有 17 个钢种, 4 个为碳素钢 (碳素钢 3 种、锰钢 1 种), 当钢丝直径  $0.5 \text{ mm} \leq d \leq 4 \text{ mm}$  时, 其切变模量  $G = 81.4 \sim 78.7 \text{ GPa}$ , 弹性模量  $E = 203.5 \sim 201.1 \text{ GPa}$ ; 当  $d > 4 \text{ mm}$  时, 其切变模量  $G = 78.7 \text{ GPa}$ , 弹性模量  $E = 196.2 \text{ GPa}$ 。其余 13 个钢种为合金钢 (硅锰钢 3

种、含硼钢 3 种、铬锰钢 4 种、硅铬钢、铬钒钢和钨铬钒钢各 1 种)。其切变模量  $G = 78.7 \text{ GPa}$ , 弹性模量  $E = 196.2 \text{ GPa}$ 。弹簧钢牌号、热处理制度及其他力学性能列于表 23.15-1。

这 17 种弹簧钢还不能满足弹簧制造的需要, 又从超高强度钢 (高速工具钢、不锈钢和耐热钢中选择一些钢号作弹簧材料使用。表 23.15-2 是我国目前常用来做弹簧的非弹簧钢钢号的力学性能。

表 23.15-1 弹簧钢的牌号及其力学性能

序号	牌 号	热处理制度			力 学 性 能				
		淬火温度/ ℃	淬火 介质	回火温度/ ℃	屈服点 $\sigma_s$ / MPa	抗拉强度 $\sigma_b$ / MPa	伸 长 率		断面收缩率 $\psi$ /%
							$\delta_5$ /%	$\delta_{10}$ /%	
1	65	840	油	800	784	980	—	9	35
2	70	830		480	833	1 029		8	30
3	85	820		480	980	1 127		6	30
4	65Mn	830		540	784	980		8	30
5	55Si2Mn	870		480	1 170	1 274		6	30
6	55Si2MnB	8 700		480	1 170	1 274		6	30
7	55SiMnVB	860		460	1 225	1 372		5	30
8	60Si2Mn	870		480	1 170	1 274		5	25
9	60Si2MnA	870		440	1 372	1 568		5	20
10	60Si2CrA	870		420	1 568	1 764		6	20
11	60Si2CrVA	850		410	1 666	1 862		6	20
12	55CrMnA	830~860		460~510	1 078	1 225		9	20
13	60CrMnA	830~860		460~520	1 078	1 225		9	20
14	60CrMnMoA	—		—	—	—	—	—	
15	50CrVA	850		500	1 172	1 274	10	40	
16	60CrMnBA	830~860		460~520	1 078	1 225	9	20	
17	30W4Cr2VA	1 050~1 100		600	1 323	1 470	7	40	

注: 1. 除规定了热处理温度上下限外, 表中热处理温度允许偏差为: 淬火  $\pm 20^\circ\text{C}$ 、回火  $\pm 50^\circ\text{C}$ 。

2. 30W4Cr2VA 除抗拉强度外, 其他性能供参考。

3. 采用标距为 50 mm, 平行长度 60 mm, 直径 14 mm, 肩部半径大于 15 mm, 或标距为  $4A^{1/2}$ , 平行长度 1.2 倍标距长度, 肩部半径大于 15 mm 的试样。若按 GB/T 228—1987《金属拉力试验方法》做拉伸试验时, 所测  $\delta$  值供参考。

表 23.15-2 弹簧常用非弹簧钢的牌号、热处理制度和力学性能

温馨提示：  
使用本制品  
请尊重知识产权！

序号	牌 号	热处理制度			力 学 性 能				
		淬火温度/ ℃	淬火 介质	回火温度/ ℃	屈服点 $\sigma_s$ / MPa	抗拉强度 $\sigma_b$ / MPa	伸 长 率		断面收缩率
							$\delta_5$ /%	$\delta_{10}$ /%	$\psi$ /%
1	55CrSiA <sup>①</sup>	950	油	445	1 666	1 862			45
2	65Si2MnWA	850		420	1 666	1 862	5		20
3	70Si3MnA	860		430	1 568	1 764		5	20
4	55SiMnVB	860		460	1 225	1 372		5	30
5	55SiMnMoV	880		550	1 274	1 372	—	6	30
6	55SiMnMoVNb	880		530	1 274	1 372		8	35
7	45CrMoV	950		550	1 170	1 372		8	35
8	40CrNiMoV	860		600 水或油冷	980	833	12	—	55
9	45CrNiMoVA	860		460 油冷	1 327	1 070		7	35
10	0Cr17Ni7Al	I: 1 050℃ 空冷 + 950℃ 空冷 + 73℃ 8 h + 510℃ 1 h 空冷			I: 1 441 II: 1 788	1 548 1 823	—		
11	0Cr15Ni7Mo2Al	II: 1 050℃ 空冷 + 60% 以上冷变 形 + 480℃ 1 h 空冷			I: 1 490 II: 1 788	1 607 1 823	—		
12	4Cr13	1 050	空气	600	892	1 117	12.5		32
13	1Cr18Ni9	1 100~1 150	水	—	196	539		45	50
14	1Cr18Ni9Ti	1 000~1 200	水	—	196	539		40	55

① 钢的力学性能只适用于  $\phi 4.2$  的钢丝。

弹簧钢钢材有热成型和冷成型两种，热成型钢材的直径或高度一般大于 8~12 mm。

弹簧、碟形弹簧和应力较低的大型螺旋弹簧。热轧弹簧圆钢的规格尺寸及允许偏差见表 23.15-3。

### 1.1 热轧弹簧钢

#### 1.1.2 热轧弹簧扁钢

#### 1.1.1 热轧弹簧圆钢

热轧弹簧扁钢主要用于制造板弹簧，按其形状分为两种，平面弹簧扁钢和单面双槽弹簧扁钢（见图 23.15-1）。

热轧弹簧圆钢主要用于制造扭杆弹簧、环形

表 23.15-3 热轧弹簧圆钢直径及其允许偏差

(mm)

直径 $d$	5	5.5	6	6.5	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
允许偏差	普通精度	±0.4																		±0.5					
	较高精度	±0.2						±0.25												±0.3					
直径 $d$	28	29	30	31	32	34	35	36	38	40	42	45	48	50	52	55	56	58	60	63	65	68	70	75	80
允许偏差	普通精度	±0.5			±0.6												±0.8								
	较高精度	±0.3			±0.4												±0.6								

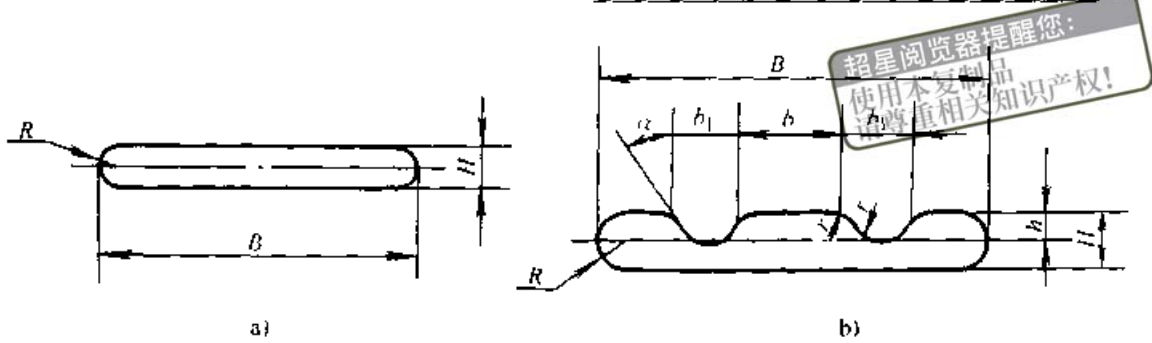


图 23.15-1 热轧弹簧扁钢

a) 平面弹簧扁钢 b) 单面双槽弹簧扁钢

平面弹簧扁钢的规格尺寸见表 23.15-4，其尺寸允许偏差见表 23.15-5。

单面双槽弹簧扁钢的尺寸如下：宽度  $B = 75 \text{ mm}$ 、厚度  $H = 9, 10, 11 \text{ mm}$ 、 $h = H/2$ 、 $b = 25 \text{ mm}$ 、 $b_1 = 13 \text{ mm}$ 、 $\alpha = 30^\circ$ ，其厚度允许偏差为  $\pm 0.25 \text{ mm}$ 。

1.1.3 热轧梯形弹簧钢

热轧梯形弹簧钢用来制造方形或矩形截面圆柱螺旋弹簧，其截面形状见图 23.15-2，通常  $b/a < 4$ ，梯形坯料大底边宽  $b_2$ 、小底边宽  $b_1$  和弧底曲率半径  $\rho$  根据成品弹簧矩形截面的尺寸  $a$ 、 $b$  和弹簧直径确定，可按式计算：

表 23.15-4 平面弹簧扁钢的规格尺寸 (mm)

宽度 B	厚度 H
45	5, 6, 7, 8, 10
50	5, 6, 8, 10
55	6, 8, 10
60	6, 8, 10
(63)	5, (6.5), 8, (9.5), 11
65	6, 7, 8, 10, 11
70	6, (6.5), 8, 9, 10, 11, 12
75	6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, (13)
(76)	8, (9.5), 10, 11
80	8, 10, 11, 12
90	(6.5), 7, 8, 9, (9.5), 10, 11, 12, (13)
100	(6.5), 8, 9, (9.5), 10, 11, 12, (13), 14
120	7, 8, 9, (9.5), 10, 11, 12, (13), 14, 16, 18, 20, 25
140	8, 10, 11, 12, (13), 14, 16, 18, 20, 25
160	10, 12, 16, 20, 25, 30

表 23.15-5 平面弹簧扁钢尺寸的允许偏差 (mm)

尺寸		允许偏差		
		$B \leq 50$	$B > 50 - 100$	$B > 100$
厚度 H	$\leq 7$	$\pm 0.17$	$\pm 0.18$	$\pm 0.30$
	$> 7 - 12$	$\pm 0.20$	$\pm 0.25$	$\pm 0.35$
	$> 12 - 20$	—	$+0.25$ $-0.30$	$\pm 0.40$
	$> 20 - 30$	—	—	$\pm 0.40$
宽度 B	$\leq 50$	$\pm 0.60$		
	$> 20 - 30$	$\pm 0.80$		
	$> 100$	$\pm 1.1\%$		



图 23.15-2 热轧梯形弹簧钢截面

$$b_1 = b[1 - K_1 a / (D_0 + a)] \quad (23.15-1)$$

$$b_2 = b[1 + K_1 a / (D_0 + a)] \quad (23.15-2)$$

$$\rho = K_2 a \quad (23.15-3)$$

式中  $K_1$  —— 弹簧卷绕影响因子，对于热卷弹簧  $K_1 = 0.4$ ；对于冷卷弹簧  $K_1 = 0.3$ ；

$D_0$  —— 卷簧心轴直径；

$K_2$  —— 旋绕比影响因子，可由图 23.15-3 查出；

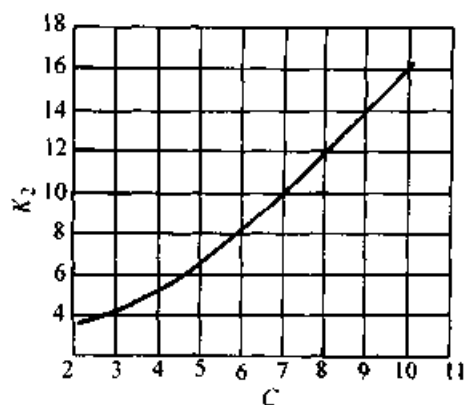


图 23.15-3 因子  $K_2$

热轧梯形弹簧钢截面大、小底边尺寸公差、高度公差和对角线公差，可根据与梯形面积相等的正方形边长确定；正方形边长不超过 20 mm 者，底边公差和高度公差为  $\pm 0.3$  mm，对角线公差不能超过 0.60 mm；正方形边长超过 20 mm 者，底边公差和高度公差的上偏差为 +0.3 mm，下偏差为 -0.5 mm，对角线公差不能超过 0.80 mm。

用于冷卷的梯形弹簧钢材，硬度  $\leq 302$ HBS；用于热卷的梯形弹簧钢材，硬度  $\leq 321$ HBS。

## 1.2 冷拔钢丝和冷轧钢带

### 1.2.1 硅锰弹簧钢丝

GB/T 5218 规定，硅锰弹簧钢丝用 60Si2MnA 制造，也有用 65Si2MnWA、70Si3MnA 等制造的。按交货状态分为冷拉 (L)、退火 (T)、正火 (Zh)、高温回火 (Gh) 和银亮 (Zy) 等 5 种。钢丝的直径范围为 1.0~12.0 mm，钢丝直径的允许偏差见表 23.15-6，力学性能见表 23.15-9。

标记示例：60Si2MnA，直径为 3.5 mm，极限偏差为 11 级的冷拉弹簧钢丝标记为

硅锰弹簧钢丝  $\frac{3.5-11-GB/T 342-1997}{60Si2MnA-L-GB/T 5218-1999}$

### 1.2.2 铬钒弹簧钢丝

GB/T 5218—1999 规定，铬钒弹簧钢丝用 50CrVA 制造。按交货状态分为冷拉 (L) 和退火 (T) 2 种。钢丝的直径范围为 0.8~12.0 mm，钢丝直径的允许偏差见表 23.15-7，力学性能见表 23.15-9。

表 23.15-6 硅锰弹簧钢丝直径的允许偏差

钢丝直径 $d$	9 级	10 级	11 级	12 级
1.0	$\pm 0.01$	$\pm 0.01$	$\pm 0.02$	$\pm 0.03$
>1.0~3.0	$\pm 0.01$	$\pm 0.02$	$\pm 0.03$	$\pm 0.05$
>3.0~6.0	$\pm 0.02$	$\pm 0.02$	$\pm 0.04$	$\pm 0.06$
>6.0~10.0	$\pm 0.02$	$\pm 0.03$	$\pm 0.05$	$\pm 0.08$
>10.0~12.0	$\pm 0.02$	$\pm 0.04$	$\pm 0.06$	$\pm 0.09$

表 23.15-7 铬钒弹簧钢丝直径的允许偏差

$d$	0.8~1.0	>1.0~3.0	>3.0~6.0	>6.0~10.0	>10.0~12.0
10 级	$\pm 0.01$	$\pm 0.02$	$\pm 0.02$	$\pm 0.03$	$\pm 0.04$
11 级	$\pm 0.02$	$\pm 0.03$	$\pm 0.04$	$\pm 0.05$	$\pm 0.06$

### 1.2.3 阀门用铬钒弹簧钢丝

YB/T 5136 推荐的阀门用铬钒弹簧钢丝用 50CrVA 制造。按交货状态分为冷拉 (L)、退火 (T)、冷拉+银亮 (L+Zy)、退火+银亮 (T+Zy) 等 4 种。钢丝的直径范围为 0.5~12.0 mm，钢丝直径的允许偏差见表 23.15-8，力学性能见表 23.15-9。

表 23.15-8 阀门用铬钒弹簧钢丝直径允许偏差 (mm)

钢丝直径 $d$	9 级	10 级	11 级
0.5~1.0	$\pm 0.01$	$\pm 0.01$	$\pm 0.02$
>1.0~3.0	$\pm 0.01$	$\pm 0.02$	$\pm 0.03$
>3.0~6.0	$\pm 0.02$	$\pm 0.02$	$\pm 0.04$
>6.0~10.0	$\pm 0.02$	$\pm 0.03$	$\pm 0.05$
>10.0~12.0	$\pm 0.02$	$\pm 0.04$	$\pm 0.06$

表 23.15-9 合金弹簧钢丝的抗拉强度

材料类别	硅锰弹簧钢丝	铬钒弹簧钢丝	阀门用铬钒弹簧钢丝	
牌 号	60Si2MnA	50CrVA	50CrVA	
状 态	冷拉退火	冷拉退火	退火	冷拉 淬火回火
抗拉强度 $\sigma_b$ /MPa	$d > 5$ mm, $\leq 1 029$	$d > 5$ mm, $\leq 1 029$	784	1 029 1 470~1 764

## 1.2.4 铬硅弹簧钢丝

GB/T 5218—1999 规定, 铬硅弹簧钢丝用 55CrSiA 制造。按交货状态分为冷拉 (L) 和退火 (T) 2 种。钢丝的直径范围为 0.8~6.0 mm, 钢丝直径的允许偏差见表 23.15-10。

表 23.15-10 铬硅弹簧钢丝直径的允许偏差  
(mm)

钢丝直径 $d$	0.8~1.0	>1.0~3.0	>3.0~6.0
10 级	$\pm 0.01$	$\pm 0.02$	$\pm 0.02$
11 级	$\pm 0.02$	$\pm 0.03$	$\pm 0.04$

## 1.2.5 弹簧垫圈用梯形钢丝

GB/T 5222 规定, 弹簧垫圈用的梯形钢丝用 65Mn 钢制造。按交货状态分为冷拉 (L)、退火 (T) 2 种, 按截面形状分为平底 (Pd) 和弧底 (Hd) 2 种 (见图 23.15-4)。

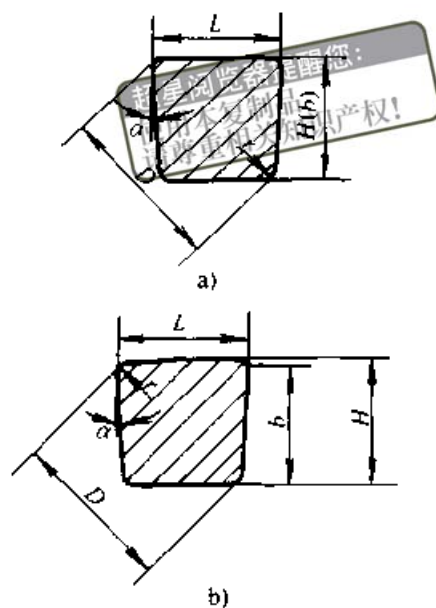


图 23.15-4 弹簧垫圈用梯形钢丝

a) 平底 b) 弧底

标准形和轻形垫圈用钢丝的尺寸及其允许偏差分别见表 23.15-11 和表 23.15-12。

表 23.15-11 标准形垫圈用钢丝尺寸及其允许偏差

规格型号	钢 丝 尺 寸									
	标称高度 $b$ /mm	梯形高度 $H$ /mm		梯形底长 $L$ /mm		梯形对角线 $D$ /mm		梯形夹角 $\alpha$ /( $^{\circ}$ )		圆角半径 $r$ /mm
		尺寸	允许偏差	尺寸	允许偏差	最大尺寸	最小尺寸	角度	允许偏差	
TD0.6	0.6	0.60	-0.10	0.62	-0.10	0.83	0.76	5.0	-0.5	0.25b
TD0.8	0.8	0.80	-0.10	0.85	-0.10	1.12	1.04	5.0	-0.5	0.25b
TD1	1.0	1.01	-0.10	1.05	-0.10	1.39	1.31	5.0	-0.5	0.25b
TD1.2	1.2	1.21	-0.10	1.25	-0.10	1.67	1.59	5.0	-0.5	0.25b
TD1.6	1.6	1.62	-0.10	1.65	-0.10	2.21	2.12	5.0	-0.5	0.25b
TD2	2.0	2.02	-0.10	2.10	-0.10	2.80	2.71	4.5	-0.5	0.25b
TD2.5	2.5	2.52	-0.10	2.60	-0.10	3.48	3.38	4.5	-0.5	0.25b
TD3	3.0	3.03	-0.10	3.10	-0.10	4.17	4.07	4.5	-0.5	0.20b
TD3.5	3.5	3.53	-0.12	3.65	-0.12	4.86	4.77	4.5	-0.5	0.20b
TD4	4.0	4.03	-0.12	4.15	-0.12	5.57	5.46	4.5	-0.5	0.20b
TD4.5	4.5	4.54	-0.12	4.70	-0.12	6.31	6.19	4.0	-0.5	0.20b
TD5	5.0	5.04	-0.12	5.20	-0.12	7.00	6.88	4.0	-0.5	0.20b
TD6	6.0	6.05	-0.12	6.30	-0.12	8.44	8.30	4.0	0.5	0.20b
TD6.5	6.5	6.55	-0.15	6.80	-0.15	9.12	8.98	4.0	-0.5	0.20b
TD7	7.0	7.06	-0.15	7.40	-0.15	9.88	9.73	4.0	-0.5	0.18b
TD8	8.0	8.06	-0.15	8.40	-0.15	11.25	11.10	4.0	-0.5	0.18b
TD9	9.0	9.07	-0.15	9.50	-0.15	12.69	12.53	4.0	-0.5	0.18b

表 23.15-12 轻形垫圈用钢丝尺寸及其允许偏差

规格型号	钢 丝 尺 寸									
	标称高度 <i>b</i> /mm	梯形高度 <i>H</i> /mm		梯形底长 <i>L</i> /mm		梯形对角线 <i>D</i> /mm		梯形夹角 $\alpha$ /(°)		圆角半径 <i>r</i> /mm
		尺寸	允许偏差	尺寸	允许偏差	最大尺寸	最小尺寸	角度	允许偏差	
TD0.8×0.5	0.8	0.80	-0.10	0.52	-0.10	0.93	0.86	4.0	-0.5	0.25 <i>b</i>
TD0.8×0.6	0.8	0.80	-0.10	0.62	-0.10	0.98	0.90	4.0	-0.5	0.25 <i>b</i>
TD1×0.8	1.0	1.01	-0.10	0.85	-0.10	1.28	1.20	4.0	-0.5	0.25 <i>b</i>
TD1.2×0.8	1.2	1.21	-0.10	0.85	-0.10	1.43	1.35	4.0	-0.5	0.25 <i>b</i>
TD1.2×1	1.2	1.21	-0.10	1.05	-0.10	1.95	1.47	4.0	-0.5	0.25 <i>b</i>
TD1.6×1.2	1.6	1.62	-0.10	1.25	-0.10	1.98	1.89	4.0	-0.5	0.25 <i>b</i>
TD2×1.6	1.6	2.02	-0.10	1.65	-0.10	2.54	2.45	3.5	-0.5	0.25 <i>b</i>
TD2.5×2	2.5	2.52	-0.10	2.05	-0.10	3.16	3.06	3.5	-0.5	0.20 <i>b</i>
TD3.5×2.5	3.5	3.52	-0.12	2.60	-0.12	4.26	4.16	3.5	-0.5	0.20 <i>b</i>
TD4×3	4.0	4.03	-0.12	3.10	-0.12	4.94	4.83	3.5	-0.5	0.20 <i>b</i>
TD4.5×3.2	4.5	4.53	-0.12	3.30	-0.12	5.47	5.36	3.0	0.5	0.20 <i>b</i>
TD5×3.5	5.0	5.03	-0.12	3.60	-0.12	6.04	5.92	3.0	-0.5	0.20 <i>b</i>
TD5.5×4	5.5	5.53	-0.12	4.10	-0.12	6.72	6.60	3.0	-0.5	0.20 <i>b</i>
TD6×4.5	6.0	6.05	-0.15	4.60	-0.15	7.40	7.25	3.0	-0.5	0.20 <i>b</i>
TD6.5×4.8	6.5	6.55	-0.15	4.90	-0.15	7.97	7.83	3.0	-0.5	0.20 <i>b</i>
TD7×5.5	7.0	7.01	-0.15	5.60	-0.15	8.78	8.63	3.0	-0.5	0.18 <i>b</i>
TD8×6	8.0	8.10	-0.15	6.10	-0.15	9.85	9.70	3.0	-0.5	0.18 <i>b</i>

弹簧垫圈用梯形钢丝的力学性能为：退火状态抗拉强度  $\sigma_b = 588 \sim 784$  MPa、硬度 157~217HBS；冷拉状态抗拉强度  $\sigma_b = 833 \sim 1\ 078$  MPa、硬度 241~310HBS。

1.2.6 高速工具钢丝

GB/T 3080 规定，高速工具钢丝用 W18Cr4V 和 W6Mo5Cr4V2 制造，用来制作耐热弹簧。按交货状态分为冷拉 (L) 和磨光 (Zm) 2 种。钢丝直径范围为 1.0~12.0 mm。冷拉钢丝尺寸的允许偏差见表 23.15-13，磨光钢丝尺寸的允许偏差应符合银亮钢 GB/T 3207 的规定。

表 23.15-13 冷拉高速工具钢丝直径的允许偏差

公称直径/ mm	1.0~3.0	>3.0 ~6.0	>6.0 ~10.0	>10.0
允许偏差/ mm	0 -0.05	0 -0.07	0 -0.09	0 -0.11

钢丝的硬度  $\geq 63$ HRC。

1.2.7 弹簧钢、工具钢冷轧钢带

弹簧钢、工具钢冷轧钢带的种类：按制造精度分为普通精度的钢带 (P)、宽度精度较高的钢带 (K)、厚度精度较高的钢带 (H)、厚度精度高的钢带 (J)、宽度和厚度精度较高的钢带 (KH)；按表面质量分为 I 组钢带、II 组钢带；按边缘状态分为切边钢带 (Q) 和不切边钢带 (BQ)；按材料状态分为冷硬钢带 (Y)、退火钢带 (T) 和球化退火钢带 (QT)。

钢带尺寸及其允许偏差见表 23.15-14，钢带的力学性能见表 23.15-15。

1.3 冷拔强化钢丝和冷轧强化钢带

冷拔强化钢丝和冷轧强化钢带供货时已进行强化处理，是制造中、小型弹性元件较好的材料。

1.3.1 碳素弹簧钢丝

碳素弹簧钢丝 (GB/T 4357) 是选用优质碳素钢盘条经铅浴等温淬火后冷拔强化而成。钢丝



表 23.15-14 弹簧钢、工具钢冷轧钢带的尺寸及允许偏差 (mm)

厚度尺寸	厚度允许偏差			切边钢带		不切边钢带	
				宽度尺寸	允许偏差		宽度允许尺寸
	普通精度(P)	较高精度(H)	高精度(J)		普通精度(P)	较高精度(K)	
>0.10~0.15	-0.02	-0.015	-0.010	4~12	-0.3		
>0.15~0.25	-0.03	-0.020	-0.015				
>0.25~0.40	-0.04	-0.030	-0.020	6~160			≤50 +2 -1
>0.40~0.50	-0.05	-0.040	-0.030				
>0.50~0.70	-0.05	-0.040	-0.030	10~160	-0.4	-0.3	
>0.70~0.95	-0.07	-0.050	-0.040				
>0.95~1.00	-0.09	-0.060	-0.050				
>1.00~1.35	-0.09	-0.060	-0.050	18~200	-0.6	-0.4	>50 +3 -2
>1.35~1.75	-0.11	-0.080	-0.060				
>1.75~2.30	-0.13	-0.100	-0.080				
>2.30~3.00	-0.16	-0.120	-0.100				

表 23.15-15 弹簧钢、工具钢冷轧钢带的力学性能

牌 号	钢带厚度 / mm	退 火 钢 带		冷硬钢带
		抗拉强度 $\sigma_b$ /MPa $\leq$	伸长率 $\delta$ /%	抗拉强度 $\sigma_b$ /MPa
65Mn, T7, T7A, T8, T8A	≤1.5	637	≥20	735~1176
	>1.5	735	≥15	
T8Mn, T8MnA, T9, T9A, T10, T10A, T11, T11A, T12, T12A, 85	0.10~3.00	735	≥10	784~1176
T13, T13A		882	—	
Cr06		931	—	
60Si2Mn, 60Si2MnA, 65Si2MnWA, 50CrVA		832	≥10	
70Si2CrA		833	≥8	

分为 3 组, B 组用于一般弹簧, C 组用于低应力弹簧, D 组用于较高应力弹簧。

碳素弹簧钢丝直径的允许偏差见表 23.15-16, 其抗拉强度见表 23.15-17。

标记示例: 直径为 1.00 mm, 直径极限偏差为 h11, 钢丝等级为 D 级的碳素弹簧钢丝

碳素弹簧钢丝  $\frac{1.00-h11-GB/T 342-1997}{D-GB/T 4357-1989}$

1.3.2 琴钢丝

琴钢丝 (YB/T 5101) 是选用琴钢丝用盘条经铅浴淬火后在常温下拉拔制成。钢丝分为 3 组, G1 组用于各种重要弹簧, G2 组用于各种高

应力弹簧, F 组用于阀门弹簧。

琴钢丝的规格尺寸、允许偏差和抗拉强度见表 23.15-18。

表 23.15-16 碳素弹簧钢丝直径的允许偏差 (mm)

钢丝直径 d	允许偏差	钢丝直径 d	允许偏差
0.05~0.10	±0.010	>1.0~3.0	±0.030
>0.10~0.30	±0.014	>3.0~6.0	±0.038
>0.30~0.60	±0.018	>6.0~10.0	±0.045
>0.60~1.00	±0.020	>10.0~16.0	±0.055

表 23.15-17 碳素弹簧钢丝的抗拉强度 (摘自 GB/T 4357—1989)

簧丝直径 $d/mm$	抗拉强度 $\sigma_b/MPa$			簧丝直径 $d/mm$	抗拉强度 $\sigma_b/MPa$		
	B 级	C 级	D 级		B 级	C 级	D 级
0.08	2 400~2 800	2 740~3 140	2 840~3 240	1.20	1 620~1 960	1 910~2 250	2 250~2 550
0.09	2 350~2 750	2 690~3 090	2 840~3 240	1.40	1 620~1 910	1 860~2 210	2 150~2 450
0.10	2 300~2 700	2 650~3 040	2 790~3 190	1.60	1 570~1 860	1 810~2 160	2 110~2 400
0.12	2 250~2 650	2 600~2 990	2 740~3 140	1.80	1 520~1 810	1 760~2 110	2 010~2 300
0.14	2 200~2 600	2 550~2 940	2 740~3 140	2.00	1 470~1 760	1 710~2 010	1 910~2 200
0.16	2 150~2 550	2 500~2 890	2 690~3 090	2.20	1 420~1 710	1 660~1 960	1 810~2 110
0.18	2 150~2 550	2 450~2 840	2 690~3 090	2.50	1 420~1 710	1 660~1 960	1 760~2 060
0.20	2 150~2 550	2 400~2 790	2 690~3 090	2.80	1 370~1 670	1 620~1 910	1 710~2 010
0.22	2 110~2 500	2 350~2 750	2 690~3 090	3.00	1 370~1 670	1 570~1 860	1 710~1 960
0.25	2 060~2 450	2 300~2 700	2 640~3 040	3.20	1 320~1 620	1 570~1 810	1 660~1 910
0.28	2 010~2 400	2 300~2 700	2 640~3 040	3.50	1 320~1 620	1 570~1 810	1 660~1 910
0.30	2 010~2 400	2 300~2 700	2 640~3 040	4.00	1 320~1 620	1 520~1 760	1 620~1 860
0.35	1 960~2 350	2 250~2 650	2 600~2 990	4.50	1 320~1 570	1 520~1 760	1 620~1 860
0.40	1 910~2 300	2 250~2 650	2 600~2 990	5.00	1 320~1 570	1 470~1 710	1 570~1 810
0.45	1 860~2 260	2 200~2 600	2 550~2 940	5.50	1 270~1 520	1 470~1 710	1 570~1 810
0.50	1 860~2 260	2 200~2 600	2 550~2 940	6.00	1 220~1 470	1 420~1 660	1 520~1 760
0.55	1 810~2 210	2 150~2 550	2 500~2 890	7.00	1 170~1 420	1 370~1 570	—
0.60	1 760~2 160	2 110~2 500	2 450~2 840	8.00	1 170~1 420	1 370~1 570	—
0.70	1 710~2 060	2 060~2 450	2 450~2 840	9.00	1 130~1 320	1 320~1 520	—
0.80	1 710~2 060	2 010~2 400	2 400~2 840	10.00	1 130~1 320	1 320~1 520	—
0.90	1 710~2 060	2 010~2 350	2 350~2 750	11.00	1 080~1 270	1 270~1 470	—
1.00	1 660~2 010	1 960~2 300	2 300~2 690	12.00	1 080~1 270	1 270~1 470	—

表 23.15-18 琴钢丝的规格尺寸、允许偏差和抗拉强度

钢丝直径 $d/mm$	抗拉强度 $\sigma_b/MPa$			允许偏差/ mm	钢丝直径 $d/mm$	抗拉强度 $\sigma_b/MPa$			允许偏差/ mm
	G1 组	G2 组	F 组			G1 组	G2 组	F 组	
0.08	2 893~3 187	3 187~3 481	—	±0.006	0.18	2 599~2 893	2 893~3 187	—	±0.009
0.09	2 844~3 138	3 138~3 432	—		0.20	2 599~2 844	2 844~3 089	—	
0.10	2 795~3 089	3 089~3 383	—		0.23	2 550~2 795	2 795~3 040	—	
0.12	2 746~3 040	3 040~3 334	—	±0.009	0.26	2 501~2 746	2 746~2 991	—	±0.012
0.14	2 697~2 991	2 991~3 285	—		0.29	2 452~2 697	2 697~2 942	—	
0.16	2 684~2 942	2 942~3 236	—		0.32	2 403~2 648	2 648~2 893	—	

续表 23.15-18

钢丝直径 $d/mm$	抗拉强度 $\sigma_b/MPa$			允许偏差/ mm	钢丝直径 $d/mm$	抗拉强度 $\sigma_b/MPa$			允许偏差/ mm
	G1组	G2组	F组			G1组	G2组	F组	
0.35	2 403~2 648	2 648~2 893	—	$\pm 0.012$	1.60	1 912~2 108	2 108~2 305	—	$\pm 0.020$
0.40	2 354~2 599	2 599~2 844	—		1.80	1 863~2 059	2 059~2 256	—	
0.45	2 305~2 550	2 550~2 795	—		2.00	1 814~2 010	2 010~2 206	1 716~1 863	
0.50	2 305~2 550	2 550~2 795	—		2.30	1 765~1 961	1 961~2 158	1 716~1 863	
0.55	2 256~2 501	2 501~2 746	—		2.60	1 765~1 961	1 961~2 158	1 667~1 814	
0.60	2 206~2 452	2 452~2 697	—		2.90	1 716~1 912	1 912~2 108	1 667~1 814	
0.65	2 206~2 452	2 452~2 697	—		3.20	1 667~1 863	1 863~2 059	1 618~1 765	
0.70	2 158~2 403	2 403~2 648	—	3.50	1 667~1 814	1 814~1 961	1 618~1 765	$\pm 0.024$	
0.80	2 108~2 354	2 354~2 599	—	4.00	1 618~1 765	1 765~1 912	1 569~1 716		
0.90	2 108~2 305	2 305~2 501	—	4.50	1 569~1 716	1 716~1 863	1 520~1 667		
1.00	2 059~2 256	2 256~2 452	—	5.00	1 520~1 667	1 667~1 814	1 471~1 618		
1.20	2 010~2 206	2 206~2 403	—	5.50	1 471~1 618	1 618~1 765	—	$\pm 0.020$	
1.40	1 961~2 158	2 158~2 354	—	6.00	1 422~1 569	1 569~1 716	—		

## 1.3.3 弹簧用不锈钢丝

弹簧用不锈钢丝(YB/T 11)用1Cr18Ni9、0Cr19Ni10、0Cr17Ni12Mo2、0Cr17Ni8Al不锈钢冷拔制成,主要用于制造在淡水、海水、酸性和碱性环境中工作的弹簧,适用温度范围:  $-200\sim 300^{\circ}\text{C}$ 。

只需进行回火,以消除应力。0Cr17Ni8Al需进行沉淀硬化处理:  $470^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$ , 1 h 空冷。

弹簧用不锈钢丝分为A组、B组和C组3种,其规格尺寸及抗拉强度见表23.15-19,直径允许偏差及圆度见表23.15-20。

表 23.15-19 弹簧用不锈钢丝的规格尺寸和抗拉强度

钢丝直径 $d/mm$	抗拉强度 $\sigma_b/MPa$			钢丝直径 $d/mm$	抗拉强度 $\sigma_b/MPa$		
	A组	B组	C组		A组	B组	C组
0.080, 0.090, 0.10, 0.12	1 618~1 863	2 157~2 403	—	1.60, 1.80, 2.00	1 324~1 569	1 667~1 912	1 569~1 814
0.14, 0.16, 0.18, 0.20	1 618~1 863	2 157~2 403	1 961~2 206	2.30, 2.60	1 275~1 520	1 569~1 814	1 569~1 814
0.23, 0.26, 0.29, 0.32, 0.35, 0.40	1 569~1 814	2 059~2 305	1 912~2 157	2.90, 3.20, 3.50, 4.00	1 177~1 422	1 471~1 716	1 373~1 618
0.45, 0.50, 0.55, 0.60, 0.65, 0.70	1 569~1 814	1 961~2 206	1 814~2 059	4.50, 5.00, 5.50, 6.00	1 079~1 324	1 373~1 618	1 275~1 520
0.80, 0.90, 1.00	1 471~1 716	1 863~2 108	1 765~2 010	6.50, 7.00, 8.00	981~1 226	1 275~1 520	—
1.20, 1.40	1 373~1 618	1 765~2 010	1 667~1 912	9.00	—	1 128~1 373	—
				10.00		981~1 226	
				12.00		883~1 128	

注: A组材料为1Cr18Ni9、0Cr19Ni10、0Cr17Ni12Mo2; B组材料为1Cr18Ni9、0Cr19Ni10; C组材料为0Cr17Ni8Al。

表 23.15-20 弹簧用不锈钢丝直径允差及圆度 (mm)

钢丝直径 $d$	允许偏差	圆度
0.08~0.10	$\pm 0.010$	$\pm 0.005$
>0.10~0.30	$\pm 0.014$	$\pm 0.007$
>0.30~0.60	$\pm 0.018$	$\pm 0.009$
>0.60~1.00	$\pm 0.020$	$\pm 0.010$
>1.00~3.00	$\pm 0.030$	$\pm 0.015$
>3.00~6.00	$\pm 0.038$	$\pm 0.019$
>6.00~10.0	$\pm 0.045$	$\pm 0.023$
>10.0~12.0	$\pm 0.055$	$\pm 0.028$

1.3.4 阀门用油淬火回火铬钒合金弹簧钢丝

阀门用油淬火回火铬钒合金弹簧钢丝 (YB/T 5008) 用 50CrVA 钢制造, 适用于制作内

燃机阀门弹簧等。

钢丝直径与抗拉强度见表 23.15-21, 直径不超过 3.20 mm 者, 直径允许偏差为  $\pm 0.02$  mm, 圆度误差不许超过 0.02 mm; 直径大于 3.20 mm 不超过 6.00 mm 者, 直径允许偏差为  $\pm 0.03$  mm, 圆度误差不许超过 0.03 mm; 直径大于 6.00 mm 者, 直径允许偏差为  $\pm 0.05$  mm, 圆度误差不许超过 0.05 mm。

1.3.5 阀门用油淬火回火碳素弹簧钢丝

阀门用油淬火回火碳素弹簧钢丝 (YB/T 5102) 采用材料为 65Mn、70 钢的琴钢丝用盘条冷拔而成, 适用于制造内燃机阀门弹簧等。

钢丝的直径及抗拉强度见表 23.15-21, 直径允许偏差和圆度误差: 直径不超过 3.2 mm 者, 分别为  $\pm 0.02$  mm 和 0.02 mm; 直径超过 3.2 mm 者, 分别为  $\pm 0.03$  mm 和 0.03 mm。

表 23.15-21 阀门用油淬火回火铬钒合金钢、碳素钢、铬硅合金钢弹簧钢丝的直径和抗拉强度

材料种类	铬 钒 合 金 钢 丝																					
直径 $d$ /mm	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0	2.2	2.5	3.0	3.2	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0	8.0	9.0	10.0	
抗拉强度 $\sigma_b$ /MPa	1 667~1 863				1 618~1 765				1 569~1 716			1 520~1 667			1 471~1 618			1 422~1 569			1 373~1 520	
材料种类	碳 素 钢 丝																					
直径 $d$ /mm	2.0	2.2	2.5	3.0	3.2	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0											
抗拉强度 $\sigma_b$ /MPa	1 422~1 569						1 373~1 520			1 324~1 471												
材料种类	铬 硅 合 金 钢 丝																					
直径 $d$ /mm	1.6	1.8	2.0	2.2	2.5	3.0	3.2	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0	8.0						
抗拉强度 $\sigma_b$ /MPa	1 961~2 108		1 912~2 059				1 863~2 011			1 814~1 961			1 765~1 912			1 716~1 863		1 667~1 814				

1.3.6 阀门用油淬火回火铬硅合金弹簧钢丝

阀门用油淬火回火铬硅合金弹簧钢丝 (YB/T 5104) 用 55CrSi 钢制成, 适于制作在较高温度下耐高应力的内燃机阀门弹簧。

钢丝直径和抗拉强度见表 23.15-21, 直径不

超过 3.20 mm 者, 直径允许偏差为  $\pm 0.02$  mm, 圆度误差不许超过 0.02 mm; 直径大于 3.20 mm 不超过 6.00 mm 者, 直径允许偏差为  $\pm 0.03$  mm, 圆度误差不许超过 0.03 mm; 直径大于 6.00 mm 者, 直径允许偏差为  $\pm 0.05$  mm, 圆度误差不许

超过 0.05 mm。

1.3.7 油淬火回火碳素弹簧钢丝

油淬火回火碳素弹簧钢丝 (YB/T 5103) 分

为 2 种、一般强度的 A 类和较高强度的 B 类，用来制作机械弹簧。钢丝的直径和抗拉强度见表 23.15-22，直径允许偏差和圆度见表 23.15-23。

表 23.15-22 油淬火回火碳素弹簧钢丝的直径和抗拉强度

钢丝直径 d/mm	抗拉强度 $\sigma_b$ /MPa		钢丝直径 d/mm	抗拉强度 $\sigma_b$ /MPa	
	A 组	B 组		A 组	B 组
2.0	1 618~1 765	1 716~1 863	5.5		
2.2	1 569~1 716	1 667~1 814	6.0	1 275~1 422	1 373~1 520
2.5	1 569~1 716	1 667~1 814	6.5		
3.0	1 520~1 667	1 618~1 765	7.0		
3.2	1 471~1 618	1 569~1 716	8.0	1 226~1 373	1 324~1 471
3.5	1 471~1 618	1 569~1 716	9.0		
4.0	1 422~1 569	1 520~1 667	10.0		
4.5	1 373~1 520	1 471~1 618	11.0	1 177~1 324	1 275~1 422
5.0	1 324~1 471	1 422~1 569	12.0		

表 23.15-23 油淬火回火碳素弹簧钢丝的直径允许偏差和圆度 (mm)

钢丝直径 d	≤2.60	>2.60 ~4.00	>4.00 ~6.00	>6.00 ~10.00	>10.00
直径允许偏差	±0.03	±0.04	±0.05	±0.06	±0.07
圆度	≤0.03	≤0.04	≤0.05	≤0.06	≤0.07

1.3.8 油淬火回火硅锰弹簧钢丝

油淬火回火硅锰弹簧钢丝 (YB/T 5104) 用 60Si2MnA 钢制成，按用途分为 3 类：A 类，作一般弹簧用；B 类，作一般弹簧及汽车悬架螺旋弹簧用；C 类，作汽车悬架螺旋弹簧用。

钢丝直径及其允许偏差、圆度和抗拉强度见表 23.15-24。

表 23.15-24 油淬火回火硅锰弹簧钢丝直径及其允许偏差、圆度和抗拉强度

直径 d/mm	2.0	2.2	2.5	3.0	3.2	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0	7.5	8.0	8.5	9.0	9.5	10.0	10.5	11.0	11.5	12.0	13.0	14.0
抗拉强度 $\sigma_b$ /MPa	A 类	1 569~1 716		1 520~1 667		1 471~1 618		1 422~1 569		1 373~1 520															
	B 类	1 667~1 814		1 618~1 765		1 569~1 716		1 520~1 667		1 471~1 618															
	C 类	1 765~1 912		1 716~1 863		1 667~1 814		1 618~1 765		1 569~1 716		—													
允许偏差/mm	±0.05						±0.06						±0.08												
圆度/mm	≤0.05						≤0.06						≤0.08												

1.3.9 热处理弹簧钢带

热处理弹簧钢带用 T7A、T8A、T9A、T10A、65Mn、60Si2MnA、70Si2CrA 钢轧制。钢带按强度分为 I、II、III 3 种级别；按制造精度分为普通精度 (P)、较高精度 (J) 和高级精度 (G)；按边缘状态分为切边钢带 (Q)、磨边

钢带 (M) 和压扁钢丝制成的钢带 (Y)；按表面颜色分为抛光钢带 (Po)、光亮钢带 (Gn)、经调色处理的钢带 (S) 和灰暗色钢带 (A)。

钢带的尺寸规格见表 23.15-25 和表 23.15-26，宽度、厚度的允许偏差见表 23.15-27 和表 23.15-28。

表 23.15-25 热处理弹簧钢带的宽度 (mm)

1.5	1.6	1.8	2.0	2.2	2.5	2.8	3.0	3.6	4.0	4.5	5.0	5.6	6.0	7.0	8.0	9.0	10	11	12
14	15	16	18	20	22	25	28	30	32	36	40	45	50	55	60	70	80	90	100

表 23.15-26 热处理弹簧钢带的规格 (mm)

钢带厚度	0.08	0.10	0.11	0.12	0.14	0.15	0.16	0.18	0.20	0.22	0.23	0.25	0.26	0.30	0.32
宽度范围	3~40								1.5~100						
钢带厚度	0.36	0.40	0.45	0.50	0.55	0.60	0.65	0.70	0.80	0.90	1.00	1.10	1.20	1.40	1.50
宽度范围	1.5~100				2~100			2.5~100							

表 23.15-27 热处理弹簧钢带厚度允许偏差 (mm)

钢带厚度	精 度		
	P	J	G
0.08~0.15	-0.02	-0.015	-0.010
0.16~0.25	-0.03	-0.02	-0.015
0.26~0.40	-0.04	-0.03	-0.02
0.45~0.70	-0.05	-0.04	-0.03
0.80~0.90	-0.07	-0.05	-0.04
1.00~1.10	-0.09	-0.06	-0.05
1.20~1.50	-0.11	-0.08	-0.06

表 23.15-28 热处理弹簧钢带宽度允许偏差 (mm)

钢带厚度	精 度		
	P	J	G
0.08~0.50	-0.3	-0.2	-0.1
0.55~1.00	-0.4	-0.3	-0.2
1.10~1.50	-0.5	-0.4	-0.3

1.3.10 弹簧用不锈钢冷轧钢带

弹簧用不锈钢冷轧钢带用奥氏体不锈钢

表 23.15-30 弹簧用不锈钢冷轧钢带的屈服强度、抗拉强度、硬度和伸长率

材料牌号	交货状态	冷轧、固溶或退火状态				沉淀硬化处理状态		
		硬度(HV)	$\sigma_{0.2}$ /MPa	$\sigma_b$ /MPa	$\delta_5$ /%	热 处 理	$\sigma_{0.2}$ /MPa	$\sigma_b$ /MPa
1Cr17Ni7	1/2H	$\geq 310$	$\geq 510$	$\geq 932$	$\geq 10$	—	—	—
	3/4H	$\geq 370$	$\geq 745$	$\geq 1128$	$\geq 5$	—	—	—
	H	$\geq 430$	$\geq 1030$	$\geq 1324$	—	—	—	—
	EH	$\geq 490$	$\geq 1275$	$\geq 1569$	—	—	—	—

1Cr17Ni7、0Cr19Ni9, 马氏体不锈钢 3Cr13 和沉淀硬化不锈钢 0Cr17Ni7Al 冷轧制成, 主要用作耐蚀片簧和涡卷弹簧, 适用温度范围为 -200~300℃, 稳定性较好。

钢带按冷作硬化强度分 1/2H、3/4H、H、和 EH 4 种。

钢带的标准厚度规定为: 0.10、0.12、0.15、0.20、0.25、0.30、0.35、0.40、0.45、0.50、0.55、0.60、0.70、0.80、0.90、1.00、1.10、1.20、1.40、1.60 mm。钢带的标准宽度为: 10、13、16、20、25、32、40、50、63、80、100、125、160、200、250 mm。

钢带宽度的允许偏差见表 23.15-29, 屈服强度、抗拉强度、硬度和伸长率见表 23.15-30。

表 23.15-29 弹簧用不锈钢冷轧钢带宽度允许偏差 (mm)

钢带厚度	钢 带 宽 度		
	10~80	80~160	160~250
$\leq 0.60$	$\pm 0.10$	$\pm 0.15$	$\pm 0.20$
$> 0.60 \sim 1.00$	$\pm 0.15$	$\pm 0.20$	$\pm 0.25$
$> 1.00 \sim 1.60$	$\pm 0.20$	$\pm 0.20$	$\pm 0.30$

续表 23.15-30

材料牌号	交货状态	冷轧、固溶或退火状态				沉淀硬化处理状态		
		硬度 (HV)	$\sigma_{0.2}/\text{MPa}$	$\sigma_b/\text{MPa}$	$\delta_5/\%$	热 处 理	$\sigma_{0.2}/\text{MPa}$	$\sigma_b/\text{MPa}$
0Cr19Ni9	1/2H	$\geq 250$	$\geq 471$	$\geq 785$	$\geq 6$	—	—	—
	3/4H	$\geq 310$	$\geq 667$	$\geq 932$	$\geq 3$	—	—	—
	H	$\geq 370$	$\geq 883$	$\geq 1\ 128$	—	—	—	—
0Cr17Ni7Al	0	$\geq 200$	—	$\geq 1\ 030$	$\geq 20$	固溶 + 565℃ 时效 固溶 + 510℃ 时效	$\geq 961$ $\geq 1\ 030$	$\geq 1\ 138$ $\geq 1\ 126$
	1/2H	$\geq 350$	—	$\geq 1\ 079$	$\geq 5$	1/2H + 475℃ 时效	$\geq 883$	$\geq 1\ 226$
	3/4H	$\geq 400$	—	$\geq 1\ 177$	—	3/4H + 475℃ 时效	$\geq 1\ 079$	$\geq 1\ 422$
	H	$\geq 450$	—	$\geq 1\ 422$	—	H + 475℃ 时效	$\geq 1\ 324$	$\geq 1\ 716$

## 2 弹性合金

弹性合金具有较高的强度和特殊的物理性能,是制造仪器、仪表和重要用途弹性元件的材料。

### 2.1 高弹性合金

高弹性合金 Co40NiCrMo (3J21) (YB/T 5253—1993) 具有无磁性感应和耐腐蚀性能,是良好的弹性材料,主要用于制作工作温度 400℃ 以下的各种航空仪表用弹簧。

材料的品种有冷轧带材和冷拉丝材。

高弹性合金的化学成分、物理特性和力学性能分别见表 23.15-31~表 23.15-33。

### 2.2 弹性元件用合金

弹性元件用弹性合金 Ni36CrTiAl (3J1) 和 Ni42CrTi (3J53) (YB/T 5256—1993) 主要用于制作仪表中的膜片、膜盒、波纹管 and 衡器弹簧等弹性元件。3J1 具有弱磁、耐腐蚀性能,时效处理后可获得高的弹性和强度。3J53 在 -60~100℃ 温度范围内具有低的弹性模量温度系数、较高的弹性和强度。

表 23.15-31 高弹性合金 Co40NiCrMo 的化学成分

(%)

元 素	C	Mn	Ni	Cr	Co	Mo	Si	P	S	Fe
质量分数	0.07~0.12	1.70~2.30	14.0~21.0	19.0~21.0	39.0~41.0	6.50~7.50	$\leq 0.60$	$\leq 0.01$	$\leq 0.01$	余量

表 23.15-32 高弹性合金 Co40NiCrMo 的物理特性

弹性模量 $E/\text{MPa}$	切变模量 $G/\text{MPa}$	密度 $\rho/\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$	平均线胀系数 $\alpha/\text{K}^{-1}$	电阻率 $\rho/\Omega\cdot\text{m}$	磁化率 $\kappa$
196 133~215 746	73 550~83 357	8.4	$14 \times 10^{-6}$	$0.92 \times 10^{-6}$	(50~1 000) $\times 10^{-6}$

表 23.15-33 高弹性合金 Co40NiCrMo 的力学性能

产品形状	交货状态	厚度或直径/mm	性能组别	力 学 性 能	
				抗拉强度 $\sigma_b/\text{MPa}$	伸长率 $\delta/\%$
带	冷轧	0.20~2.50	A	1 177~1 471	$\geq 5$
			B	1 471~1 765	$\geq 3$
丝	冷拉	0.20~2.50	A	1 275~1 569	—
			B	1 569~1 863	—

材料的品种有：带材，以冷轧或软化状态交货；丝材和棒材，以冷拉状态交货；热轧（锻）圆、扁材，以热轧（锻）状态交货。弹性元件用合金的化学成分和力学性能分别见表 23.15-34~表 23.15-36。

表 23.15-34 弹性元件合金 Ni36CrTiAl 和 Ni42CrTi 的化学成分 (%)

元 素	C	Mn	Si	P	S	Ni	Cr	Ti	Al	Fe	
质量	3J1	≤0.05	≤1.00	≤0.80	≤0.020	≤0.020	34.5~36.5	11.5~13.0	2.70~3.20	1.00~1.80	余量
分数	3J53	≤0.05	≤0.80	≤0.80	≤0.020	≤0.020	41.5~43.0	5.20~5.80	2.30~2.70	0.50~0.80	余量

表 23.15-35 弹性元件合金 Ni36CrTiAl 和 Ni42CrTi 的力学性能

牌 号	产品形状	交货状态	厚度或直径/mm	抗拉强度 $\sigma_b$ /MPa	伸长率 $\delta$ /%
3J1	带	软化	0.20~0.50	≥981	≥20
		冷拉	0.20~0.30	≥981	—
3J53	带	软化	0.20~0.50	≥883	≥20
		冷拉	0.20~0.30	≥932	—

表 23.15-36 弹性元件合金 Ni36CrTiAl 和 Ni42CrTi 时效处理后的力学性能

牌 号	产品形状	状 态	厚度或直径/mm	抗拉强度 $\sigma_b$ /MPa	屈服强度 $\sigma_{0.2}$ /MPa	伸长率 $\delta$ /%
Ni36CrTiAl (3J1)	带	冷轧	0.20~2.50	1 373	≥981	5
		软化	0.20~1.00	1 177	≥735	8
	丝	冷拉	0.5~5.0	1 471	—	5
		棒	冷拉	3.0~18.0	1 373	—
	圆、扁材	热轧、热锻	6.0~25.0	1 177	—	10
Ni42CrTi (3J53)	带	冷轧	0.20~2.50	1 226	≥883	5
		软化	0.20~1.00	1 079	≥686	8
	丝	冷拉	0.5~5.0	1 373	—	5
		棒	冷拉	3.0~18.0	1 324	—
	圆、扁材	热轧、热锻	6.0~25.0	1 079	—	10

### 3 铜合金

铜合金具有优良的导电性、导热性、非磁性，较好的耐蚀性、耐磨性，有较高的强度和塑性，易于加工成型，冲击时不产生火花。铜合金制造的弹簧广泛应用于航海、化工、仪器仪表和

电器等部门。

制造弹簧的铜合金主要有：按力学性能由高到低排列，铍青铜、硅青铜、锡青铜、白铜、黄铜；按价格由低到高排列，黄铜、硅青铜、锡青铜、白铜、铍青铜。

弹簧用铜合金的物理性能见表 23.15-37。

表 23.15-37 弹簧用铜合金的物理性能

组 别	牌 号	密 度 $\rho/g \cdot cm^{-3}$	线胀系数 $\alpha/(10^6 K)^{-1}$	热 导 率 $\lambda/(10^{-6} W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1})$	电 阻 率 $\rho/(10^{-9} \Omega \cdot m)$	弹性模量 $E/MPa$	切变模量 $G/MPa$
硅青铜	QSi3-1	8.47	15.8	1.1	150	93 163	40 207
锡青铜	QSn4-3	8.80	18.0	2.0	87	93 163	39 227
	QSn4-0.3	8.90	17.6	2.0	91		
	QSn6.5-0.1	8.80	17.2	1.4	128		



超星阅读器提醒您：  
续表 23.15-37

组别	牌 号	密 度 $\rho/g \cdot cm^{-3}$	线胀系数 $\alpha/(10^6 K)^{-1}$	热 导 率 $\lambda/(10^{-6} W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1})$	电 阻 率 $\rho/(10^{-9} \Omega \cdot m)$	弹性模量 E/MPa	切变模量 G/MPa
锡青铜	QSn6.5-0.4	8.80	17.1	1.5~2.0	176	93 163	39 227
	QSn7-0.2	8.80	17.5	1.2	—		
铝青铜	QA15	8.2	18.0	2.5	100	103 000	41 100
	QA17	7.8	17.8	1.9	110		
	QA19-2	7.6	17.0	1.7	110		
	QA19-4	7.5	16.2	1.4	120		
铍青铜	QBe2	8.23	16.6	2.0~2.5	—	129 448	42 169
白铜	BMn40-1.5	—	—	—	—	—	—
	BMn3-12	—	—	—	—	—	—
	BZn15-20	8.60	16.6	0.60~0.85	260	123 564	39 227
	BA16-1.5	8.70	—	—	—	—	—
	BA113-3	—	—	—	—	—	—
	B19	8.90	16.0	0.92	287	137 293	39 227

### 3.1 铜合金线材

#### 3.1.1 硅青铜线

GB/T 14955—1994 规定, 硅青铜线用 QS3-1 冷拉强化而成。它适用于机械、仪表等工业部门制造弹性元件。

硅青铜线以硬状态 (Y) 供应, 其直径范

围、允许偏差和抗拉强度见表 23.15-38。

#### 3.1.2 锡青铜线

GB/T 14955—1994 规定, 锡青铜线用 QSn6.5-0.1、QSn6.5-0.4 和 QSn7-0.2 冷拉强化制成, 适用于制作弹簧和耐磨零件。

锡青铜线以硬状态 (Y) 供应, 其直径范围、允许偏差和抗拉强度见表 23.15-38。

表 23.15-38 硅青铜线、锡青铜线直径、允许偏差和抗拉强度

线材直径 d/mm		0.10~ 0.30	0.31~ 0.50	0.51~ 0.60	0.61~ 0.95	1.00~ 2.00	2.10~ 2.50	2.60~ 3.00	3.10~ 4.00	4.10~ 6.00
硅 青 铜	允许偏差/ mm	4 级	-0.013	-0.015	-0.018	—	—	—	—	—
	5 级	-0.020	-0.025	-0.030	—	-0.040	—	-0.048	—	
	6 级	—	—	—	—	—	-0.060	—	-0.080	
抗拉强度 $\sigma_b/MPa$		883~1 128		883~1 079			834~1 030		785~981	
锡 青 铜	允许偏差/ mm	4 级	-0.013	-0.015	-0.018	—	-0.020	—	-0.025	—
	5 级	-0.020	-0.025	-0.030	—	-0.040	—	-0.048	—	
	6 级	—	—	—	—	-0.060	—	-0.080	—	
抗拉强度 $\sigma_b/MPa$		883~1 128			883~ 1 059		834~1 030		785~981	

3.1.3 白青铜线

GB/T 3125 规定, 白青铜线用 BMn40 - 1.5、BMn3 - 12、BZn15 - 20 和 B19 冷拉强化制

成, 适用于制作仪器、仪表弹簧元件。白青铜线以硬状态 (Y) 供应, 其直径范围、允许偏差和抗拉强度见表 23.15-39。

表 23.15-39 白青铜线直径、允许偏差和抗拉强度

线材直径/mm		0.05~ 0.09	0.10~ 0.15	0.16~ 0.20	0.21~ 0.30	0.31~ 0.50	0.51~ 0.60	0.61~ 0.95	1.00~ 3.00	3.10~ 6.00
允许偏差/ mm	4 级	-0.006	-0.013	-0.013			-0.015	-0.018	—	—
	5 级	-0.006	-0.015	-0.020			-0.025	-0.030	-0.040	-0.048
	6 级	—	—	—			—	—	-0.060	-0.080
抗拉强度 $\sigma_b$ /MPa	BMn40 - 1.5	686~981			686~883		637~834			
	BMn3 - 12	$\geq 785$							$\geq 686$	
	BMn15 - 20	—	735~981	735~932		637~883		539~785		
	B19	—	588~883			490~785				

3.1.4 铍青铜线

GB/T 3134 规定, 铍青铜线用 QBe2 冷拉制成, 适于制作电器上的精密弹簧。

铍青铜线的供应状态有: 硬 (Y)、半硬 (Y<sub>2</sub>) 和软 (M) 3 种, 其直径范围、允许偏差见表 23.15-40, 抗拉强度见表 23.15-41。

表 23.15-40 铍青铜线的直径及其允许偏差 (mm)

线材直径	允许偏差	线材直径	允许偏差
0.03~0.04	-0.004	>0.75~1.10	-0.040
>0.04~0.06	-0.006	>1.10~1.80	-0.045
>0.06~0.09	-0.010	>1.80~2.50	-0.050
>0.09~0.25	-0.020	>2.50~4.20	-0.055
>0.25~0.50	-0.030	>4.20~6.00	-0.060
>0.50~0.75	-0.035		

表 23.15-41 铍青铜线的抗拉强度  $\sigma_b$  (MPa)

供应状态		M	Y <sub>2</sub>	Y
抗拉强度	硬化调质前	373~569	539~785	785
	硬化调质后	>1 030	>1 177	>1 275

3.2 铜合金带材

3.2.1 铝青铜带

GB/T 2062 规定, 铝青铜带用 QA15、QA17、QA19 - 2 和 QA19 - 4 冷轧而成, 适于制作仪表上的弹性元件。

铝青铜带的供应状态有: 软 (M)、半硬 (Y<sub>2</sub>)、硬 (Y)、特硬 (T), 硬 (Y) 和特硬 (T) 适于制作弹性元件。

铝青铜带材的力学性能见表 23.15-42, 其尺寸规格及其允许偏差见表 23.15-43。

表 23.15-42 铝青铜带材的力学性能

合金牌号	供应状态	抗拉强度 $\sigma_b$ /MPa	伸长率 $\delta_{10}$ %
QA15	M	$\geq 275$	$\geq 33$
	Y	$\geq 588$	$\geq 2.5$
QA17	Y <sub>2</sub>	588~735	$\geq 10$
	Y	$\geq 637$	$\geq 5$
QA19 - 2	M	$\geq 441$	$\geq 18$
	Y	$\geq 588$	$\geq 5$
	T	$\geq 883$	—
QA19 - 4	Y	$\geq 637$	—

表 23.15-43 铝青铜带材的尺寸规格及其允许偏差 (mm)

厚度		0.05	0.06	0.07	0.08	0.09	0.10	0.12	0.15	0.18	0.20	0.22	0.25	0.30	0.35	0.40	
厚度 允许偏差	普通精度	-0.010					-0.020			-0.03					-0.05		
	较高精度	—					-0.015			-0.02					-0.04		
宽度	30~150	允许															
	>150~300	偏差															
长度		≥2 000															
厚度		0.50	0.55	0.60	0.65	0.70	0.75	0.80	0.85	0.90	0.95	1.00	1.10	1.20			
厚度 允许偏差	普通精度	-0.06										-0.07		-0.08			
	较高精度	-0.05										-0.06		-0.07			
宽度	30~150	允许												-0.6		-1.0	
	>150~300	偏差												-1.0		-1.5	
长度		≥2 000															

## 3.2.2 锡青铜带

GB/T 2066 规定, 锡青铜带用 QSn6.5 - 0.4、QSn6.5 - 0.1、QSn4 - 3 和 QSn4 - 0.3 冷轧而成, 适于制作机械、仪表上的弹性元件。

锡青铜带的供应状态有: 软 (M)、半硬

(Y<sub>2</sub>)、硬 (Y)、特硬 (T)、硬 (Y) 和特硬 (T) 适于制作弹性元件。

锡青铜带材的尺寸规格及其厚度允许偏差见表 23.15-44, 宽度允许偏差见表 23.15-45, 力学性能见表 23.15-46。

表 23.15-44 锡青铜带材的尺寸规格及其允许偏差 (mm)

厚度		0.05	0.06	0.07	0.08	0.09	0.10	0.12	0.15	0.18	0.20	0.22	0.25	0.30	0.33	0.35	0.40
厚度允 许偏差	普通精度	-0.010					-0.020			-0.030					-0.04		
	较高精度	—					-0.015			-0.020					-0.03		
	高精度	—					-0.010			-0.015					-0.02		
宽度		40~200					40~300			40~400							
长度		3 000															
厚度		0.45	0.50	0.55	0.60	0.65	0.70	0.75	0.80	0.85	0.90	0.95	1.00	1.10	1.20		
厚度允 许偏差	普通精度	-0.05				-0.06						-0.07		-0.08			
	较高精度	-0.04				-0.05						-0.06		-0.07			
	高精度	-0.03				-0.04						-0.05		-0.06			
宽度		40~400															
长度		3 000					2 000										

表 23.15-45 锡青铜带宽度允许偏差

(mm)

宽度	允许偏差	
	厚度 ≤ 1	厚度 > 1
40~200	-0.6	-1.0
>200~400	-1.0	-1.5

## 3.2.3 铝白铜带

GB/T 2069 规定, 铝白铜带用 BA16 - 1.5、BA113 - 3 冷轧而成, 适于制作机械、仪表中的各种重要弹性元件。

BA16 - 1.5 铝白铜带以硬状态 (Y) 供应, BA113 - 3 铝白铜带以热处理状态 (CYS) 供应。

BA16 - 1.5 铝白铜带的抗拉强度不低于

588 MPa, 伸长率  $\delta_{10} \geq 5\%$ , 其尺寸规格见表 23.15-48。

表 23.15-46 锡青铜带力学性能

合金牌号	供应状态	抗拉强度 $\sigma_b/\text{MPa}$	伸长率 $\delta_{10}/\%$
QSn6.5-0.1 QSn6.5-0.4	Y		8
QSn4-3 QSn4-0.3	Y		3
QSn6.5-0.1 QSn6.5-0.4	T	$\geq 666$	2
QSn4-3 QSn4-0.3		$\geq 637$	

## 3.2.4 锌白铜带

GB/T 2071 规定, 锌白铜带用 BZn15-20 冷轧而成, 适于制作仪表上的弹性元件。

供应状态有: 软 (M)、半硬 ( $Y_2$ )、硬 (Y)、特硬 (T)、硬 (Y) 和特硬 (T) 适于制作弹簧。

锌白铜带的力学性能见表 23.15-47, 其尺寸规格见表 23.15-48。

表 23.15-47 锌白铜带的力学性能

供应状态	M	Y	$Y_2$	T
抗拉强度 $\sigma_b/\text{MPa}$	$\geq 343$	441~569	539~686	$\geq 637$
伸长率 $\delta_{10}/\%$	$\geq 35$	$\geq 5$	$\geq 1.5$	$\geq 1$

表 23.15-48 铝白铜、锌白铜、镍及镍合金带的尺寸规格及其允许偏差 (mm)

厚 度		0.05	0.06	0.07	0.08	0.09	0.10	0.12	0.15	0.18	0.20	0.22	0.25	0.30			
厚 度 允许偏差	普通精度	-0.010					-0.020			-0.03							
	较高精度	—					-0.015			-0.02							
宽 度	30~150	允许偏差															
	>150~300	—															
长 度		$\geq 3\ 000$															
厚 度		0.35	0.40	0.45	0.50	0.55	0.60	0.65	0.70	0.75	0.80	0.85	0.90	0.95	1.00	1.10	1.20
厚 度 允许偏差	普通精度	-0.04			-0.05			-0.06					-0.07		-0.08		
	较高精度	-0.03			-0.04			-0.05					-0.06		-0.07		
宽 度	30~150	允许偏差															
	>150~300	—															
长 度		$\geq 3\ 000$						$\geq 2\ 000$									

## 4 镍及其合金

镍及其合金具有良好的高低温力学性能、压力加工性能和耐腐蚀性能, 尤其是耐海水腐蚀的性能最为突出, 在清洁的大气中不变色, 在含硫化物和水分的空气中产生一层从绿色到棕色的薄

膜。但会被无机酸 (硝酸、盐酸、亚硫酸、铬酸等) 腐蚀。

常用作弹性元件的是纯镍和镍铜合金。它们不能通过热处理强化, 只能靠冷拉 (轧) 提高强度。

镍铜合金 NiCu28-2.5-1.5 (蒙乃尔合金) 的物理性能见表 23.15-49。

表 23.15-49 NGu28-2.5-1.5 (蒙乃尔合金) 的物理性能

密度 $\rho/g \cdot cm^{-3}$	电阻率(0℃) $\rho/(10^{-9}\Omega \cdot m)$	电阻温度系数 (0℃)/(10 <sup>-3</sup> K <sup>-1</sup> )	热导率(20℃) $\lambda/(10^{-6}W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1})$	比热容(20℃) $c/(10^{-3}J \cdot kg^{-1} \cdot K^{-1})$	线胀系数 $\alpha/(10^{-6}K^{-1})$	磁性转变 温度/K
8.8	42.5	1.9	0.6	12.7	—	300~368

## 4.1 线材

### 4.1.1 镍线

GB/T 3120 规定, 镍线用 N6、N7 或 N8 冷拉制成, 适用于无线电、机械、化工等工业部门制作高耐蚀性的弹性元件。

线材直径范围为 0.03~6.00 mm, 制作弹性元件应选用硬 (Y) 供应状态。镍线直径的允许

偏差及抗拉强度见表 23.15-50。

### 4.1.2 镍铜合金线

镍铜合金线用 NGu28-2.5-1.5、NGu40-2-1 冷拉制成, 适于制作电子仪表中的高耐蚀性弹性元件。

线材直径范围为 0.05~6.00 mm, 作弹性元件一般选用硬 (Y) 供应状态。镍铜合金线直径的允许偏差和抗拉强度见表 23.15-51。

表 23.15-50 镍线直径的允许偏差和抗拉强度

线材直径 $d/mm$	0.03	0.04~0.09	0.10	0.11~0.30	0.31~0.50	0.53~0.60	0.61~1.00	1.05~3.00	3.10~6.00
允许 偏差	4 级	-0.004	-0.008	-0.13	-0.015	-0.018	-0.020	-0.025	-0.025
	5 级	-0.005	-0.010	-0.020	-0.025	-0.030	-0.040	-0.050	-0.050
	6 级	—	—	-0.035	-0.040	-0.045	-0.060	-0.080	-0.080
抗拉强度 $\sigma_b/MPa$	883~1 324		834~1 079			735~981		637~882	

表 23.15-51 镍铜合金线直径的允许偏差和抗拉强度

线材直径 $d/mm$	0.05~0.09	0.10~0.30	0.31~0.50	0.51~0.60	0.61~0.95	1.0~3.0	3.1~4.0	4.1~6.0
允许 偏差	4 级	-0.006	-0.003	-0.015	-0.018	—	—	—
	5 级	-0.006	-0.002	-0.025	-0.030	-0.040	-0.048	-0.048
	6 级	—	—	—	—	-0.060	-0.080	-0.080
抗拉 强度 $\sigma_b/MPa$	NCu28- 2.5-1.5	785~981			686~883			637~834
	NCu40- 2-1	637						

表 23.15-52 镍及镍合金带的力学性能

	供应状态	M	Y <sub>2</sub>	Y
抗拉 强度 $\sigma_b/MPa$	N6、N7、NSi0.19、 NMg0.1	≥392	—	≥539
	NCu28-2.5-1.5	441	569	—
伸长 率 $\delta_{10}/%$	N6、N7、NiS0.19、 NMg0.1	30	—	2
	NCu28-2.5-1.5	25	6.5	—

## 4.2 带材

GB/T 2072 规定, 镍及镍合金带材用 N6、N7、NSi0.19、NMg0.1、NCu28-2.5-1.5、NCu40-2-1 冷拉制成, NCu28-2.5-1.5 带适于制作仪表、电讯及其他机械中的弹性元件。

镍及镍合金带的供应状态有: 软 (M)、半硬 (Y<sub>2</sub>)、硬 (Y), 其尺寸规格及允许偏差见表 23.15-48, 力学性能见表 23.15-52。

### 5 金属弹簧材料的选择

根据弹簧承受载荷的性质、应力状态、应力大小、工作温度、环境介质、使用寿命、对导电磁性能的要求、工艺性能、材料来源与价格等因素选择弹簧材料。

在确定弹簧截面形状和尺寸时，应优先选用

国家标准和行业标准所规定的系列和尺寸。

中、小型弹簧，特别是螺旋拉伸弹簧应优先选用经过强化处理的钢丝。铅浴等温冷拔钢丝和油淬火回火钢丝，具有较高的强度和良好的表面质量，疲劳性能优于普通淬火回火钢丝，加工简单，工艺性好，质量稳定。

各种强化钢丝强度下限值的对比见图 23.15-5。

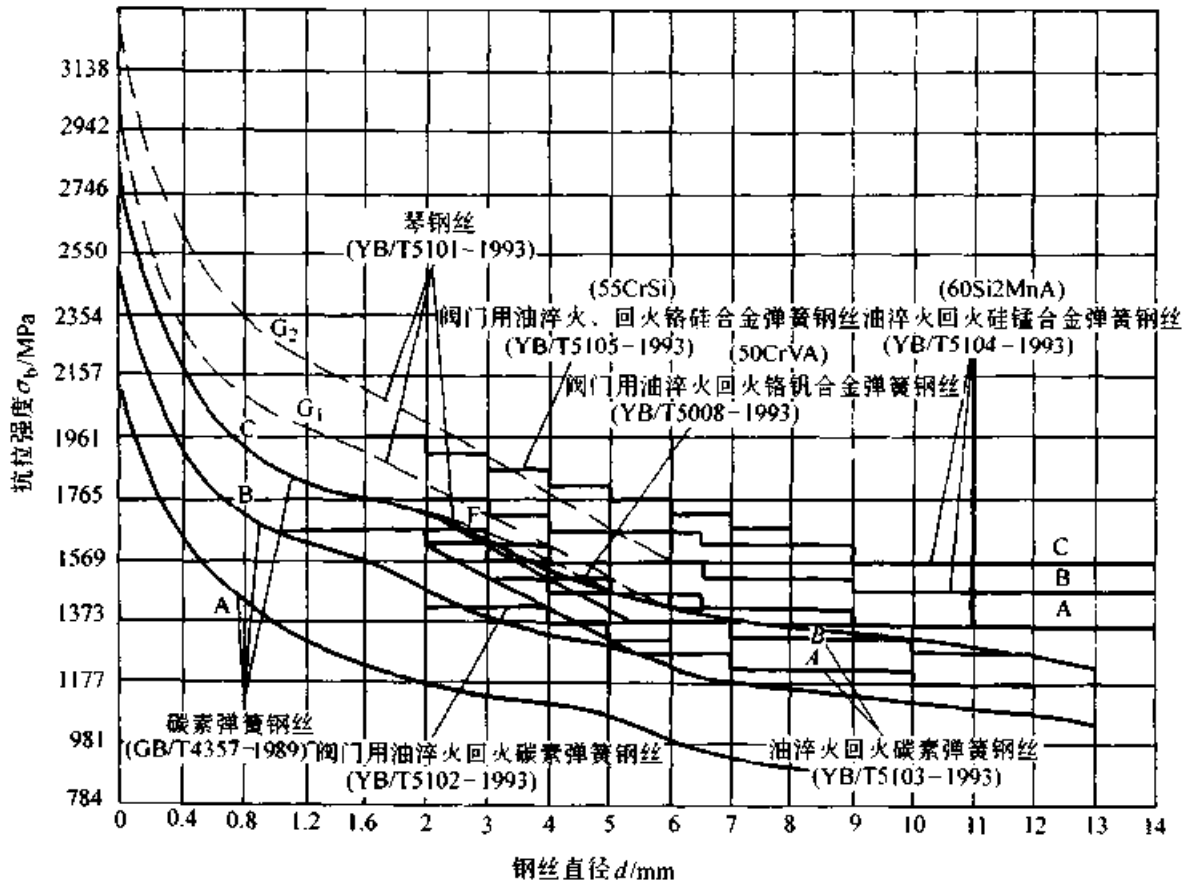


图 23.15-5 各种强化钢丝强度下限值

油淬火回火钢丝是在钢丝拉拔到规定尺寸后进行调质强化处理的，基本上没有剩余应力，成型弹簧后经低温回火，尺寸变化很小，耐热稳定性好。而冷拔钢丝，在冷拔和成型弹簧后，均有较大的剩余应力，回火后尺寸变化大，难以控制尺寸精度。

大、中型弹簧，应力或精度要求较高者，应选用冷拔或冷拔后磨光的钢材，反之可选用热轧钢材。

淬火经不同温度回火后，各种钢的强度近似值见图 23.15-6。

板弹簧一般选用 55Si2Mn、60Si2MnA、

55SiMnVB、55SiMnMoV、60CrMn、60CrMnB 等钢号的扁钢。

螺旋弹簧应优先选用圆截面材料。正方形和矩形截面材料，虽然承载能力高，抗冲击性能好，又能使弹簧小型化，但材料来源少，价格较高，除特殊需要外，一般尽量选用圆截面材料。近年来，用轧扁的圆钢丝代替梯形钢丝，取得了很好的效果。

在高温下工作的弹簧，要求弹簧材料有较好的热稳定性、抗松弛或蠕变能力、抗氧化能力。各种弹簧材料推荐的使用温度见表 23.15-54。

弹簧工作温度升高，材料的弹性模量下降，导致弹簧刚度下降，承载能力减小。因此，必须了解弹簧材料弹性模量随温度的变化率按照 GB/T 1239.1~1239.4 的规定，普通螺旋弹簧工作温度超过 60℃ 时，应对切变模量进行修正，其计算公式为

$$G_T = K_T G$$

式中  $G_T$  ——工作温度  $T$  下的切变模量；

$K_T$  ——温度修正因数，见表 23.15-53；

$G$  ——常温下的切变模量；

在低温下使用的弹簧，其材料应具有良好的低温韧性和低温强度；在低温下，材料的脆性对表面缺陷十分敏感，因此对材料表面质量应要求严格；环境介质对材料腐蚀程度比在室温下小得多；材料的弹性模量和线胀系数变化不大，在设计中可不考虑。

钢制弹簧，硬度的选用应依据弹簧载荷性质和应力大小而定。钢材的平面应变断裂韧性值随硬度增加而显著下降，故在确定弹簧材料的硬度时，应在满足弹簧特性要求的前提下，偏低一些好。各种弹簧用钢材推荐的硬度范围见表 23.15-54。

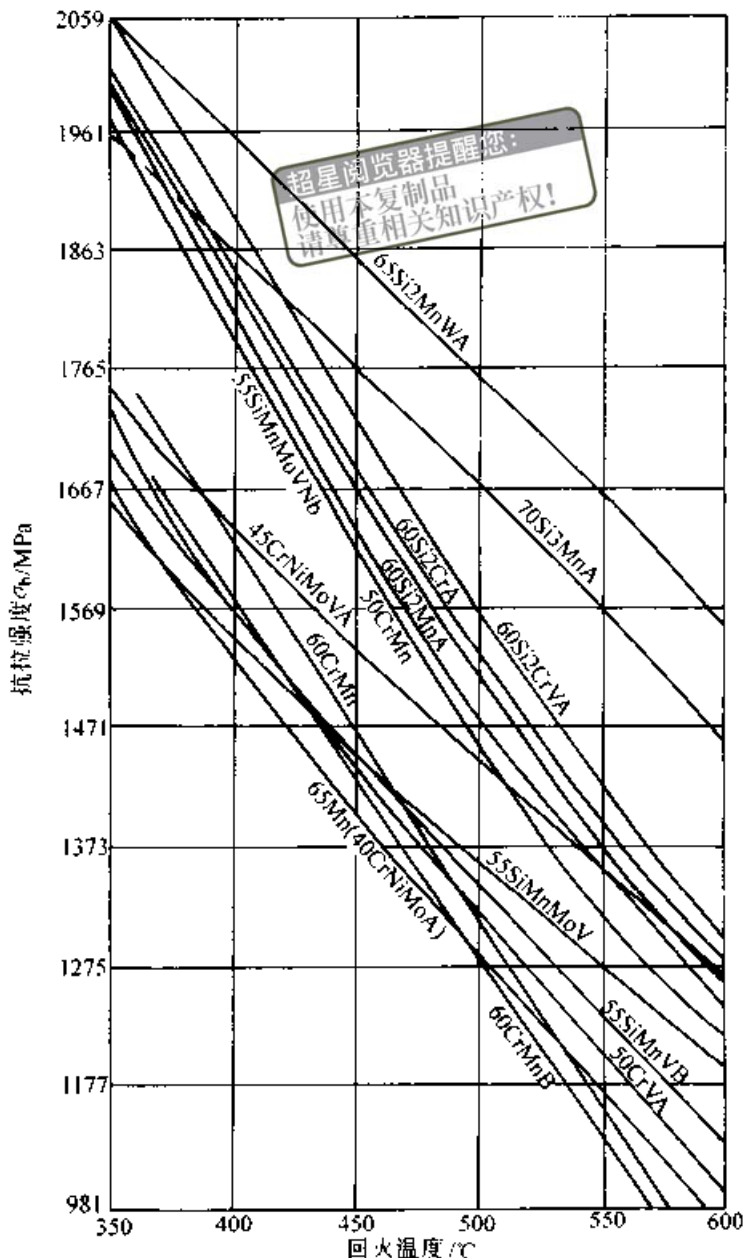


图 23.15-6 淬火经不同温度回火后各种钢的强度近似值

表 23.15-53 切变模量的温度修正因数

材料牌号	工作温度 $T/^\circ\text{C}$			
	$\leq 60$	150	200	250
	$K_T$			
50CrVA	1	0.96	0.95	0.94
60Si2Mn	1	0.99	0.98	0.98
1Cr18Ni9Ti	1	0.98	0.94	0.90
0Cr17Ni7Al	1	0.95	0.94	0.92
QBz2	1	0.95	0.94	0.92

选择弹簧材料时要注意材料的淬透性。各种钢材的淬透尺寸见表 23.15-54。

以弹簧作导体的电器弹簧，或在湿度变化不定的条件下，如水、水蒸汽环境下工作的弹簧，一般选用铜合金。

在酸类及其他腐蚀介质中工作的弹簧，一般选用不锈钢或镍合金等耐蚀材料。

在衡器和仪表中使用的弹簧，为了满足仪表精度不受温度变化的影响，一般选用弹性模量和线胀系数变化极小的恒弹性合金。

表 23.15-54 各种弹簧材料的综合性能

材料牌号	推荐使用硬度 (HRC)	适用淬透 尺寸/mm	推荐使用 温度/℃	切变模量/GPa	弹性模量/GPa
65 70 85 65Mn	45~50	10 11 12 12	-40~120	78.8	196
55Si2Mn 55Si2MnB 55SiMnVB 60Si2Mn 60Si2MnA	47~50	20 40 48 25 30	-40~250		
60Si2CrA 60Si2CrVA 55CrMnA 60CrMnA 60CrMnMoA 50CrVA 60CrMnBA	45~50	45 50 30 30 85 40 55	-40~300 -40~350 -40~250 -40~250 -40~300 -40~300 -40~250	78.8	196
30W4Cr2VA 55SiMnMoVNB 65Si2MnWA 70Si3A 55CrSiA 50CrMn 40CrNiMoA 45CrNiMoVA 45CrMoV W18Cr4V	43~47 45~50 47~52 47~52 47~50 47~50 45~50 45~50 43~47 52~65	~90 50 50 40 35 30 80 85 70 —	-40~500 -40~250 -40~350 -40~250 -40~270 -40~250 -40~200 -40~200 -40~450 -40~600		
4Cr13 1Cr18Ni9 1Cr18Ni9Ti 0Cr17Ni7Al 0Cr15NiMo2Al 1Cr15Ni36W3Ti	48~53 — — 45~50 45~50 45~50	— 冷拔≤6 冷拔≤6 — — —	-400~300 -250~300 -250~300 -200~350 -200~425 -200~650	75.7 71.5 71.5 73.5 73.5 76.4	206 199 198 183.4 183.4 198
QSi3-1 QSn4-3 QSn6.5-0.1 QSn6.5-0.4 QSn7-0.2 BMn40-1.5	90~100HBS	— — — — — —	-40~120	— — 40 39.2 — —	— — 93.1 93.1 — —

超星浏览器  
使用本复制品  
请尊重相关知识产权!



# 第 16 章 橡胶弹簧

## 1 橡胶弹簧的类型和弹性特性

利用橡胶的弹性变形实现弹簧作用的弹性元件称为橡胶弹簧。橡胶弹簧的优点是：

- 1) 形状不受限制，各个方向的刚度可以根据设计要求自由选择；
- 2) 弹性模量很小，可以得到较大的变形，容易实现理想的非线性特性；
- 3) 具有较高的内阻，对突然冲击和高频振动的吸收能力和隔声效果良好；
- 4) 同一橡胶弹簧能同时承受多向载荷，因而可使悬架系统的结构简化；
- 5) 安装和拆卸简便，且无需润滑，故维护保养性好。

因此，在机械工程中橡胶弹簧的应用日益广泛。

橡胶弹簧的缺点是耐高低温性和耐油性比较差。

### 1.1 橡胶弹簧的类型

按橡胶弹簧的载荷性质分类，有压缩型、剪切型和复合型 3 类。一般压缩型橡胶弹簧能承受较大的载荷，多用于载荷大或空间小的场合。剪切型橡胶弹簧一般用于希望主方向的刚度特别低的场合，或者载荷轻、转速低的机器支承上。在压缩型和剪切型橡胶弹簧的垂直与横向刚度比均不能达到设计要求时，需采用复合型橡胶弹簧。

表 23.16-1 列出了各类橡胶弹簧通常的垂直与横向刚度比值的范围。

表 23.16-1 各类橡胶弹簧的垂直与横向刚度比

类 型	压缩型	剪切型	复合型
垂直刚度/横向刚度	≥4.5	≤0.2	0.2~4.5

### 1.2 橡胶元件的变形计算

#### 1.2.1 拉伸和压缩变形

橡胶元件在简单拉伸和压缩变形时，其应力  $\sigma$  与应变  $\epsilon$  之间的关系式为

$$\sigma = E_a \left[ (1 + \epsilon) - (1 + \epsilon)^2 \right] / 3 \quad (23.16-1)$$

式中  $E_a$  ——橡胶元件的表观弹性模量；

$\epsilon = f/h$  ——橡胶元件的变形量；

$h$  ——橡胶元件的高度。

橡胶弹簧的压缩变形量，一般均在  $\epsilon < 50\%$  范围内。若  $\epsilon < 15\%$ ，可近似取

$$\sigma \approx E_a \epsilon \quad (23.16-2)$$

橡胶的表观压缩弹性模量  $E_a$  与橡胶元件的几何形状有关，可表示为

$$E_a = iG \quad (23.16-3)$$

$$\left. \begin{aligned} i &= 3 + j_s^2 && \text{垫圈形} \\ i &= 4 + 0.56j_s^2 && \text{衬套形} \\ i &= [4 + 2b/a + 0.56(1 + b/a)^2 j_s^2] / (1 + b/a) && \text{矩形块} \end{aligned} \right\} \quad (23.16-4)$$

$$j = 10.7 - 0.098(HS)$$

式中  $i$  ——几何形状和硬度影响因子；

$G$  ——橡胶的切变模量；

$s$  ——形状因子，为承载面积  $A_L$  与自由面积  $A_f$  之比值；

HS ——橡胶的肖氏硬度值。

橡胶元件形状因子的计算式为

$$s = d/(4h) \quad \text{圆柱体}$$

$$s = ab/[2(a+b)h] \quad \text{矩形块}$$

$$s = l/[(r_1 + r_2)\ln(r_2/r_1)]$$

$$\approx l/[2(r_2 - r_1)]$$

等长度衬套(23.16-5)

$$s = (l_1 r_2 - l_2 r_1) / [(r_2^2 - r_1^2) \times$$

$$\ln[(l_1 r_2)/(l_2 r_1)]]$$

长度随半径线性变化的衬套

式中  $d$  ——圆柱体直径；

$h$  ——圆柱体或矩形块的高度；

$a$  ——矩形块的长度；

$b$  ——矩形块的宽度；

$r_1$ 、 $r_2$  ——衬套内、外半径；

$l$  ——衬套长度，见表 23.16-2。

橡胶的表观拉伸弹性模量  $E_s$  为

$$E_s = 3G \quad (23.16-6)$$

1.2.2 切向变形

(1) 切应力与切应变的关系

橡胶受切向力作用时，切应力  $\tau$  和切应变  $\gamma$  之间的关系为

$$\tau = G_s \gamma \quad (23.16-7)$$

$$\gamma = f_t/h$$

式中  $G_s$  ——表观切变模量；

$\gamma$  ——变形角；

$f_t$  ——切向变形量；

$h$  ——橡胶元件高度。

(2) 表观切变模量

橡胶的表观切变模量为

$$G_s = lG$$

$$l = 1/[1 + k^2/(12i\rho^2)] \quad (23.16-8)$$

式中  $l$  ——弯曲变形影响因子；

$i$  ——几何形状和硬度影响因子，由式 (23.16-4) 确定；

$\rho$  ——回转半径，圆柱体橡胶元件，

$$\rho = d/4。$$

当橡胶元件的高度  $h$  与直径  $d$  (边长  $a$ ) 之比值小于 0.5 时，可忽略弯曲变形的影响，取  $l = 1$ 。对于较薄的橡胶衬套亦可同样处理。即近似取

$$G_s \approx G \quad (23.16-9)$$

(3) 切变模量与硬度的关系

在实用范围内，橡胶的切变模量  $G$  与橡胶的肖氏硬度之间呈现下述近似关系

$$G = 0.117e^{0.034HS} \quad (\text{MPa}) \quad (23.16-10)$$

2 橡胶弹簧的静刚度计算

2.1 橡胶弹簧的静刚度计算式

若变形较小，可以把应力与应变的关系近似视为线性，因而刚度为常量。在近似把刚度视为常量条件下，表 23.16-2 列出橡胶弹簧的静刚度计算式。

表 23.16-2 橡胶弹簧静刚度计算式

圆 柱 形 橡 胶 弹 簧				
变 形	压 缩	剪 切	弯 曲	扭 转
简 图				
刚度计算式	$k = E_s \pi d^2 / (4h)$	$k_t = G \pi d^2 / (4h)$	$k_M = E_s \pi d^4 / (64h)$	$k_T = G \pi d^4 / (32h)$
圆 环 形 橡 胶 弹 簧				
变 形	压 缩	剪 切	弯 曲	扭 转
简 图				
刚度计算式	$k = E_s \pi (d_2^2 - d_1^2) / (4h)$	$k_t = G \pi (d_2^2 - d_1^2) / (4h)$	$k_M = E_s \pi (d_2^4 - d_1^4) / (64h)$	$k_T = G \pi (d_2^4 - d_1^4) / (32h)$

续表 23.16-2

弹簧类型	矩形块橡胶弹簧			
变形	压缩	剪切	弯曲	扭转
简图				
刚度计算式	$k = E_s ab/h$	$k_T = Gab/h$	$k_M = E_s a^3 b/(12h)$	$k_T = Gab(a^2 + b^2)/(12h)$
弹簧类型	端部带圆角之圆柱橡胶弹簧		端部带圆角之矩形柱橡胶弹簧	
变形	压缩	扭转	压缩	扭转
简图				
刚度计算式	$k = E_s \pi d^2 / [4(h - (8 - 2\pi)r^2/d)]^{1.5}$	$k_T = G\pi/[32(h - 2r)/d^4 + \xi]^2$	$k = E_s ab/[h - (2 - \pi/2)(a + b)r^2/(ab)]^{1.5}$	$k_T = G/[ (h - 2r)/(\beta ab) + \xi ]^2$
弹簧类型	圆台形橡胶弹簧			
变形	压缩	剪切	扭转	
简图				
刚度计算式	$k = E_s \pi d_1 d_2 / (4h)$	$k_T = G\pi d_1 d_2 / (4h)$	$k_T = 3\pi G / (32h) \cdot [d_1^3 d_2^3 / (d_1^4 + d_1 d_2 + d_2^4)]$	

弹簧类型		棱 台 形 橡 胶 弹 簧			
变 形	压 缩	剪 切	剪 切	扭 转	
简 图					
刚度计算式	正棱台	$k = E_s a_2 b_1 / h$	$k_s = G a_2 b_1 / h$	$k_T = 3\beta G a_2 b_1^2 b_2^2 / [h(b_1^2 + b_1 b_2 + b_2^2)]$	
	拟棱台	$k = E_s (a_1 b_2 - a_2 b_1) / [h \ln \{a_1 b_2 / (a_2 b_1)\}]$	$k_s = G (a_1 b_2 - a_2 b_1) / [h \times \ln \{a_1 b_2 / (a_2 b_1)\}]$	$k_T = (\beta G / h) / (a_2 - a_1)^2 / (a_2 b_1 - a_1 b_2)^3 \times \ln \{a_2 b_1 / (a_1 b_2)\} - (b_2 - b_1) / [(a_2 b_1 - a_1 b_2)^2 b_1^2 b_2^2] > [(a_2 - a_1) b_1 b_2 + (b_1 + b_2) \times (a_2 b_1 - a_1 b_2) / 2]^2$	
弹簧类型		空 心 圆 台 形 橡 胶 弹 簧			
变 形	轴 向	径 向	弯 曲	扭 转	
简 图					
刚度计算式	$k = (E_s \sin^2 \gamma + G \times \cos^2 \gamma) \pi h (r_1 + r_2) / \delta$	$k_r = (E_s + G) \pi (r_2 - r_1) / [\tan \gamma \ln \{1 + 2\delta / (r_1 + r_2)\}]$	$k_M = (E_s + G) \pi h z_0^2 / \{3 \ln [1 + 2\delta / (2r_2 - z_0 \tan \gamma)]\} + \pi G [(r_2 + \delta)^3 - (r_1 + \delta)^3] / \{3 \tan \gamma \ln [2\delta / (1 + r_1 + r_2)]\}^2$	$k_T = 4\pi G / (\delta \tan \gamma) \times \{ (r_2^2 - r_1^2) / 8 + \delta (r_2^2 - r_1^2) / 4 + \delta^2 (r_2^2 - r_1^2) / 16 - \delta^3 (r_2 - r_1) - \delta^4 \ln [(2r_2 + \delta) / (2r_1 + \delta)] / 32 \}$	

续表 23.16-2

弹簧类型		等长度衬套式橡胶弹簧		
变形	轴向	径向	弯曲	扭转
简图				
刚度计算式	$k = 2\pi lG / \ln(r_2/r_1)$	$k_r = \pi l(E_s + G) / \ln(r_2/r_1)$	$k_M = \pi l^3(E_s + G) / [12 \ln(r_2/r_1)]$	$k_t = 4\pi lG / (1/r_1^2 - 1/r_2^2)$
弹簧类型		变长度衬套式橡胶弹簧		
变形	轴向	径向	扭转	
简图				
刚度计算式	$k = 2\pi G(l_1 r_2 - l_2 r_1) / (r_2 - r_1) \ln[(l_1 r_2) / (l_2 r_1)]$	$k_r = \pi(E_s + G)(l_1 r_2 - l_2 r_1) / \{ (r_2 - r_1) \ln[(l_1 r_2) / (l_2 r_1)] \}$	$k_t = 4\pi G(l_1 r_2 - l_2 r_1) / (r_2 - r_1) \times 1/3(1/r_1^2 - 1/r_2^2) - 2(l_2 - l_1)(1/r_1 - 1/r_2) / (l_1 r_2 - l_2 r_1) + 2[(l_2 - l_1) / (l_1 r_2 - l_2 r_1)]^2 \times \ln[(l_2 r_1) / (l_1 r_2)]$	
弹簧类型		组合式橡胶弹簧		
变形	垂直	横向	剪切	
简图				

弹簧类型	组 合 式 橡 胶 弹 簧			
变 形	垂 直	横 向	切	
刚度计算式	$k = 2ab/h \times (E_s \cos^2 \alpha + G \sin^2 \alpha)$	$k_r = 2ab/h \times (E_s \sin^2 \alpha + G \cos^2 \alpha)$	$k_t = 2abG/h [1 + (\delta/h)^2]$	$k_c = 2aG(a_2 - a_1) / [h \ln(a_2/a_1)]$

① 此公式仅适用于  $r$  比  $d$  小得多的情况。

②  $\xi = 4 \int_0^r dz / [d/2 + r - (r^2 - z^2)^{1/2}]$ 。

③  $\zeta = \int_0^r 2dz / \{\beta' [a + r - (r^2 - z^2)^{1/2}] [b + r - (r^2 - z^2)^{1/2}]\}$  式中  $\beta'$  是圆角过渡部分各个不同截面的  $\beta$  因子值,  $\beta$  值见图 23.16-1。

④  $z_0$  由下列方程解出:  $z_0 / \ln[1 + 2\delta / (2r_2 - z_0 \tan \gamma)] = (h - z_0)^2 / \ln[1 + 2\delta / (r_1 + r_2 - z_0 \tan \gamma)]$ 。

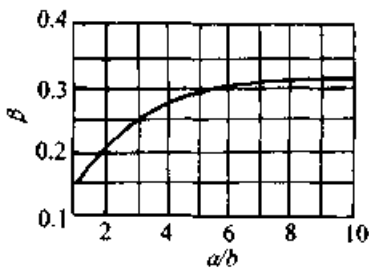


图 23.16-1 β 值

### 2.2 衬套式橡胶弹簧挤缩加工的影响

挤缩加工可以显著改善衬套式橡胶弹簧的耐久性能, 但其刚度值也将有较大改变, 一般情况下, 其轴向剪切刚度减小, 径向压缩刚度增大。若挤缩前衬套厚度为  $\delta_0$ , 挤缩后衬套厚度为  $\delta (= r_2 - r_1)$ , 则挤缩率为

$$\epsilon_j = (\delta_0 - \delta) / \delta_0 \quad (23.16-11)$$

这样, 挤缩加工过的衬套式橡胶弹簧, 在计算静刚度时应对其弹性模量和切变模量进行修正 (乘以修正因子), 修正因子  $K_x$  的表达式为

$$K_{xG} = (1 + \epsilon_j)^2 \quad (23.16-12)$$

$$K_{xE} = [1 + 2 / (1 + \epsilon_j)^3] / 3 \quad (23.16-13)$$

### 2.3 橡胶弹簧的相似法则

形状复杂的橡胶弹簧, 其弹性特性的理论计算很困难, 因此通常利用几何形状相似的模型进行实验以确定其特性。

设模型实验测得的弹簧特性线为  $F_m = f(\epsilon)$  和  $k_m$ , 则线性尺寸比模型大  $n$  倍的实物, 其特性线和刚度分别为

$$F = n^2 f(\epsilon) = n^2 F_m \quad (23.16-14)$$

$$k = nk_m \quad (23.16-15)$$

## 3 橡胶弹簧的动态性能

影响橡胶弹簧动刚度的因素有: 生胶的品种和填充度、温度、硬度、变形幅度和速度、弹簧形状以及平均应力 (应变)。所以, 在确定橡胶弹簧的动力特性时, 试验条件应尽可能接近橡胶弹簧的使用状态。

橡胶弹簧的动刚度  $k_d$  大于静刚度  $k_s$ 。目前, 在设计时可初步按图 23.16-2 根据橡胶硬度初步估算  $k_d$ 。

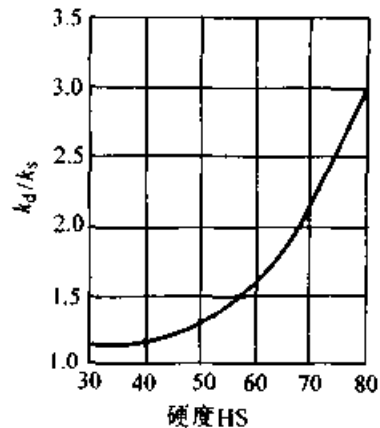


图 23.16-2  $k_d/k_s$  与肖氏硬度的关系

## 4 橡胶弹簧的许用应力

橡胶弹簧的使用寿命与它所受应力和应变有关, 推荐的许用应力和许用应变见表 23.16-3。

选择许用应力时不仅要考虑橡胶的强度, 而且还要考虑橡胶与金属的固结强度。

表 23.16-3 橡胶弹簧的许用应力和许用应变

应力和应变的类型	许用应力/MPa		许用应变/%	
	静态	动态	静态	动态
压缩	30	±10	15	5
剪切	15	±0.4	25	8
扭转	20	±0.7	—	—

橡胶弹簧的疲劳破坏主要由产生于拉应力应力集中处的裂纹、发生于橡胶与金属粘接处的剥离以及产生于压缩侧的折皱等逐步发展造成的。所以,设计时应尽量避免橡胶元件产生应力集

中,并使表面的变形比较均匀。

## 5 橡胶弹簧的设计

### 5.1 材料选择

作减振用的橡胶弹簧,要求其弹性的波动尽量小,随使用条件改变、时间增加,其性能均变化不大。

已用于制造橡胶元件的生胶有:天然橡胶、丁苯橡胶、顺丁橡胶、异戊橡胶(又称合成天然橡胶)、丁腈橡胶、氯丁橡胶、丁基橡胶和乙丙橡胶。它们的物理力学特性见表 23.16-4。

表 23.16-4 橡胶的物理力学性能

物理力学性能	橡 胶 品 种								
	天然橡胶 NR	丁苯橡胶 SBR	顺丁橡胶 BR	异戊橡胶 IR	丁腈橡胶 NBR	氯丁橡胶 CR	丁基橡胶 IIR	乙丙橡胶 EPDM	
生胶密度/g·cm <sup>-3</sup>	0.93	0.94	0.91~0.93	0.93	1.0	1.23	0.91~0.93	0.86	
热导率/ W·(m·K) <sup>-1</sup>	1.5×10 <sup>-3</sup>	2.5×10 <sup>-3</sup>	—	—	2.5×10 <sup>-3</sup>	1.9×10 <sup>-3</sup>	2.7×10 <sup>-3</sup>	—	
比热容/ J·(kg·K) <sup>-1</sup>	2 180	1 900	—	—	—	2 180	1 940	—	
扯断强度/MPa	25~35	15~20	18~25	20~30	15~30	25~27	17~21	15~25	
扯断伸 长率/%	未补强	800	700	500	800	800	800	>1 000	>500
	补强后	<600	500	>500	<600	<600	<600	<800	500
100%定伸强度/MPa	—	0.7~0.9	1~4	—	—	—	—	—	
压缩永久变形	良	良	优	良	良	良	优	中~良	
抗撕裂性	优	良	中~良	良~优	良	良~优	良	良~优	
回弹性	优	良	优	优	良	良	中	良	
最高使用温度/℃	100	100	120	120	170	150	170	150	
常用温度上限/℃	70~80	80~100	100	100	120	120	150	150	
脆性温度/℃	-55	-45	-70	-55	-20	-20	-30~-55	-50	
特 性		滞后损 耗较大	很少单 独作橡胶 弹簧用	多数情 况下与其 他橡胶混 合作作橡 胶弹簧	滞后损 耗较大。 耐油性好	滞后损 耗较大。 耐酸、碱、 臭氧腐蚀	阻尼特 性优良,加 工性差,与 其他橡胶 的混合性 差	耐酸、 碱、臭氧腐 蚀	

### 5.2 橡胶弹簧的形状和结构设计

橡胶弹簧由橡胶元件和金属配件组成，若形状设计不当，将引起应力集中。在图 23.16-3 中，a 图形状是由于变形后橡胶侧面鼓胀而在各个角隅处产生较大的弯曲应力。b 图形状的特点是支承板有稍许凸度，可减小橡胶元件个角隅处的局部应力。c 图形状的特点是橡胶元件的侧面凹入，能有效减小橡胶元件的应力集中。

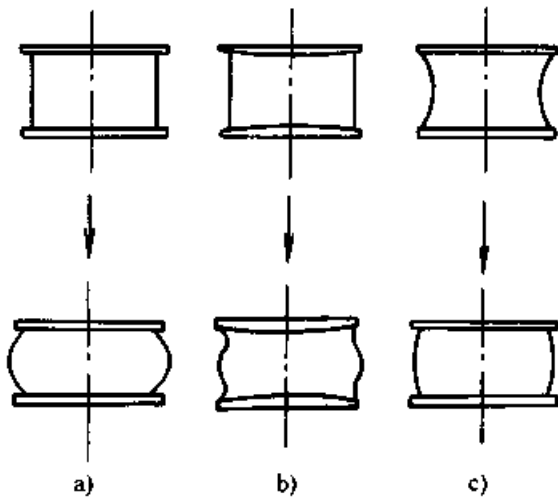


图 23.16-3 几种简单橡胶弹簧压缩时的形状变化

为防止形成应力集中源，橡胶弹簧金属配件表面不应该有锐角、凸起、沟和孔，并使橡胶元件的变形尽量均匀。图 23.16-4 中，a 图为不适当的设计，b 图为较适当的设计。

橡胶弹簧在变形过程中，其横截面不应与其他结构零件接触，以避免产生接触应力和磨损。

带有金属配件的橡胶弹簧，其寿命主要取决于橡胶与金属结合的牢固程度，故在结合前，金属配件表面的锈蚀、油污和灰尘等必须清除干净。粘合剂的涂布和干燥必须按规定的工艺，在规定的温度和环境下进行。

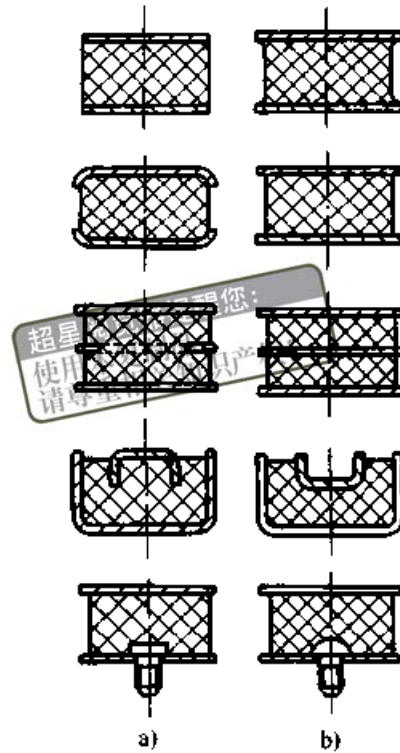


图 23.16-4 橡胶弹簧的结构设计  
a) 不适当的设计 b) 较适当的设计

### 6 橡胶-金属螺旋复合弹簧

橡胶与金属螺旋弹簧制成复合压缩弹簧，其特性线为渐增型。它比橡胶弹簧的刚度大，比金属螺旋弹簧的阻尼大，具有承载能力大，减振性、耐蚀性、耐磨性和防爆性强等优点，适用于矿山机械和重型车辆的悬架结构。橡胶-金属螺旋复合弹簧的制造成本较高。

JB/T 8584—1997 为橡胶-金属螺旋复合弹簧标准，它的结构型式和代号见表 23.16-5。标准中规定：弹簧的外径（或内径）极限偏差为  $\pm 0.035D_2$  (或  $D_1$ )；自由高度的极限偏差为  $\pm 0.035H_0$ ；复合弹簧的静载荷、静刚度的极限偏差分为 1、2、3 三个等级，其值见表 23.16-6。

表 23.16-5 橡胶-金属螺旋复合弹簧的结构型式及代号

代号	FA	FB	FC	FD
名称	直筒型	外螺内直型	内外螺旋型	外直内螺型
结构型式	金属螺旋弹簧被橡胶所包裹，橡胶套内外表面均为光滑筒形	金属螺旋弹簧被橡胶所包裹，橡胶套外表面为螺旋形，内表面为光滑筒形	金属螺旋弹簧被橡胶所包裹，橡胶套内外表面均为螺旋形	金属螺旋弹簧被橡胶所包裹，橡胶套外表面为光滑筒形，内表面为螺旋形



续表 23.16-5





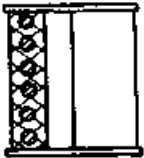

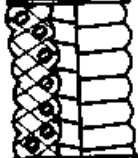
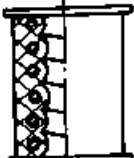
代号	FA	FB	FC	FD
名称	直筒型	外螺内直型	内外螺旋型	外直内螺型
图示				
代号	FTA	FTB	FTC	FTD
名称	带铁板直筒型	带铁板外螺内直型	带铁板内外螺旋型	带铁板外直内螺型
结构型式	代号为 FA 的复合弹簧的两端或一端硫化有铁板	代号为 FB 的复合弹簧的两端或一端硫化有铁板	代号为 FC 的复合弹簧的两端或一端硫化有铁板	代号为 FD 的复合弹簧的两端或一端硫化有铁板
图示				

表 23.16-6 复合弹簧静载荷、静刚度的极限偏差

精度等级	1	2	3
静载荷极限偏差	$\pm 0.05F$	$\pm 0.10F$	$\pm 0.15F$
静刚度极限偏差	$\pm 0.05k$	$\pm 0.10k$	$\pm 0.15k$

# 第 17 章 空气弹簧

## 1 空气弹簧的特点

空气弹簧是在密闭的柔性容器中充满压缩空气，利用空气的可压缩性实现弹性作用的一种非金属材料。

在机械的减振系统中采用空气弹簧有以下优点：

1) 具有非线性特性，可以根据需要将它特性线设计成较理想的曲线；

2) 弹簧的刚度随载荷而变，因而在任何载荷下其固有频率不变，使弹簧装置具有几乎不变的性能；

3) 可以附加气室，增加贮气容积，降低弹簧刚度。根据需要，借助于改变附加气室的容积，能选择(调节)弹簧刚度，且调节范围相当宽；

4) 可以附加高度控制阀，通过它使空气弹簧的工作高度在任何载荷下保持定值，也可以使弹簧在同一载荷下，工作高度不同，因此能适应多种结构上的要求；

5) 能同时承受轴向和径向载荷，也能传递转矩。调整空气压力能方便地改变承载能力，能适应多种载荷的需要；

6) 吸收高频振动的能力强，隔声性能好；

7) 在空气弹簧本体和附加气室间设节流孔可增强阻尼作用，如孔径适当，系统中可不另设减振器；

8) 承受剧烈振动载荷时，橡胶弹簧的寿命比金属弹簧长。

因此，在车辆悬架装置中采用空气弹簧可以大大改善车辆的动力性能。在压力机、剪床、压缩机、离心机、振动输送机、振动筛、空气锤、铸造机械等设备中，空气弹簧被用作隔振元件，在电子显微镜、激光仪器及各种精密仪器中，空气弹簧被用作支承，以隔离地基的振动。

## 2 空气弹簧的结构和类型

空气弹簧可分为囊式、膜式和混合式三类。囊式空气弹簧可设计成单曲、双曲或三曲的；膜式空气弹簧有约束膜式和自由膜式两种。

囊式空气弹簧的优点是寿命长，缺点是刚度大，制造工艺较复杂。约束膜式空气弹簧的优点是刚度小，特性线可以通过约束裙(内外筒)的形状来控制，缺点是橡胶膜的耐久性差。自由膜式空气弹簧由于没有约束裙约束橡胶膜的变形，因而膜的寿命较高。

空气弹簧的密封一般有螺钉紧封式和压力自封式两种，后者结构简单，组装检修方便，应用渐广。

图 23.17-1 是双曲囊式空气弹簧结构，图 23.17-2 是约束膜式空气弹簧结构，图 23.17-3 是自由膜式空气弹簧结构，它们是铁道车辆上采用的。

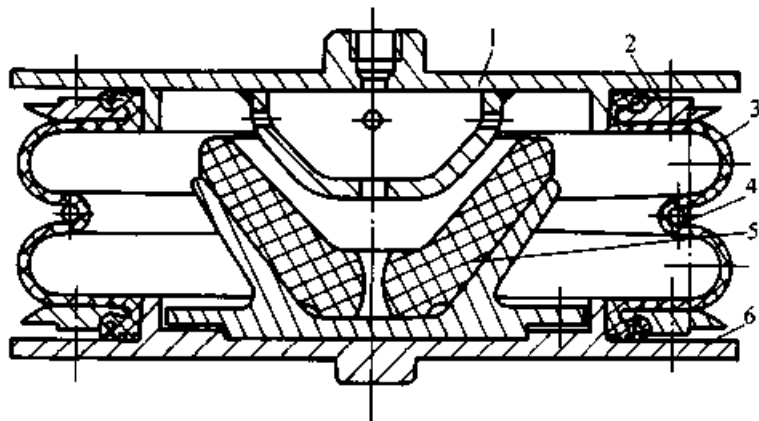


图 23.17-1 囊式空气弹簧

1—上盖板 2—压环 3—橡胶囊 4—腰环 5—橡胶垫 6—下盖板

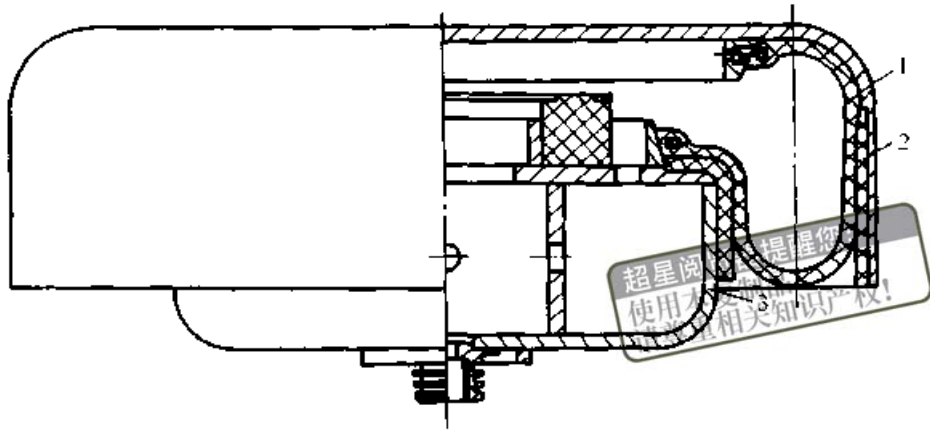


图 23.17-2 约束膜式空气弹簧  
1—橡胶膜 2—外筒 3—内筒

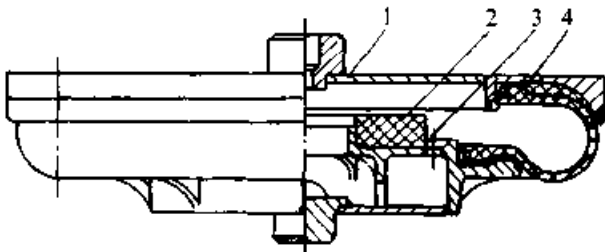


图 23.17-3 自由膜式空气弹簧  
1—上盖板 2—橡胶垫 3—下座 4—橡胶膜

### 3 空气弹簧的刚度计算

#### 3.1 空气弹簧的有效面积

在空气弹簧的设计计算中，最主要的参数是有效面积  $A_e$ 。在载荷作用下，气囊与传力零件表面接触，接触的最大半径为有效半径  $R_e$ ，则有效面积  $A_e = \pi R_e^2$ ，因此空气弹簧上的载荷为

$$F = Ap = \pi R_e^2 p \quad (23.17-1)$$

式中  $p$  ——空气弹簧的内压力。

在空气弹簧变形过程中，有效面积在变化。计算空气弹簧垂直刚度的主要问题是确定与弹簧几何形状有关的有效面积的变化规律。

#### 3.2 空气弹簧的垂直刚度

空气弹簧的体积越大，其垂直刚度越低，所以连接附加气室可以减小空气弹簧的垂直刚度。

空气弹簧的垂直刚度与它在变形过程中有效面积的变化规律有关。

空气弹簧垂直刚度的计算式为

$$k = \chi(p + p_a)A_e/V + \alpha p A_e \quad (23.17-2)$$

式中  $\chi$  ——多变指数，若为等温过程（如计算静刚度）， $\chi = 1$ ，若为定熵过程， $\chi = 1.4$ ，一般过程  $1 < \chi < 1.4$ ；

$p_a$  ——大气压力；

$V$  ——空气弹簧的有效体积；

$\alpha$  ——垂直特性形状系数，其计算公式见表 23.17-1。

图 23.17-4 和图 23.17-5 是根据表 23.17-1 中相关公式作出的空气弹簧垂直特性形状系数和有效半径之乘积  $\alpha R_e$  与几何参数  $\alpha(\theta)$  的关系曲线图，按图可以方便地选择几何参数，以使形状系数  $\alpha$  很小。

#### 3.3 空气弹簧的横向刚度

空气弹簧横向刚度的计算要比垂直刚度的计算困难，因为它不仅与空气弹簧的几何形状有关，且受橡胶囊（膜）材质的影响较大。

##### 3.3.1 囊式空气弹簧的横向刚度

一般囊式空气弹簧在横向载荷作用下的变形，是弯曲变形和切向变形的合成变形。

单曲囊式空气弹簧的弯曲刚度计算式为（见图 23.17-6）：

$$k_M = \alpha \pi p R_e^3 (R_e + r \cos \theta) \quad (23.17-3)$$

式中  $\alpha$  为囊式空气弹簧垂直特性形状系数，可按表 23.17-1 中的公式计算。

单曲囊式空气弹簧切向刚度的计算公式为（见图 23.17-7）：

$$k_{1r} = \pi \rho i A' E_1 (R_e + r \cos \theta) \sin^2 2\varphi / (8r\theta) \quad (23.17-4)$$

式中  $\rho$  ——一层帘线的排列密度；

表 23.17-1 空气弹簧的垂直特性形状系数

型 式	囊式空气弹簧	自由膜式空气弹簧	约束膜式空气弹簧
简 图			
形状系数	$a = [(\cos\theta + \theta\sin\theta)/(\sin\theta - \theta\cos\theta)] / (nR_c)$	$a = \{[\sin\theta\cos\theta + \theta(\sin^2\theta - \cos^2\phi)] / [\sin\theta(\sin\theta - \theta\cos\theta)]\} / R_c$	$a = \{[\sin(\alpha + \beta) + (\pi + \alpha + \beta)\sin\beta] / [1 + \cos(\alpha + \beta) + (\pi + \alpha + \beta)\sin(\alpha + \beta)/2]\} / (-R_c)$

注：n 为囊式空气弹簧的曲数。

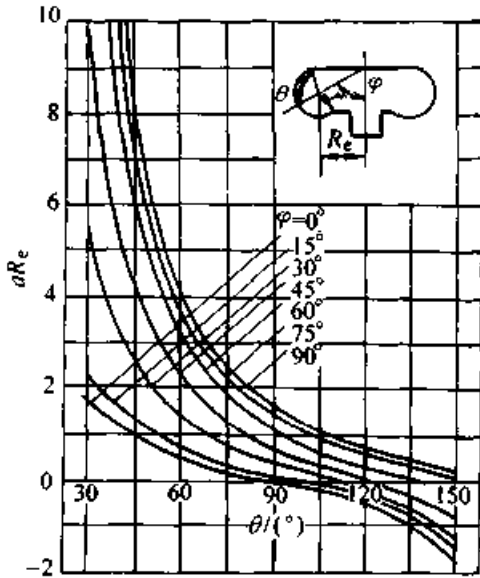


图 23.17-4 自由膜式空气弹簧垂直特性形状系数

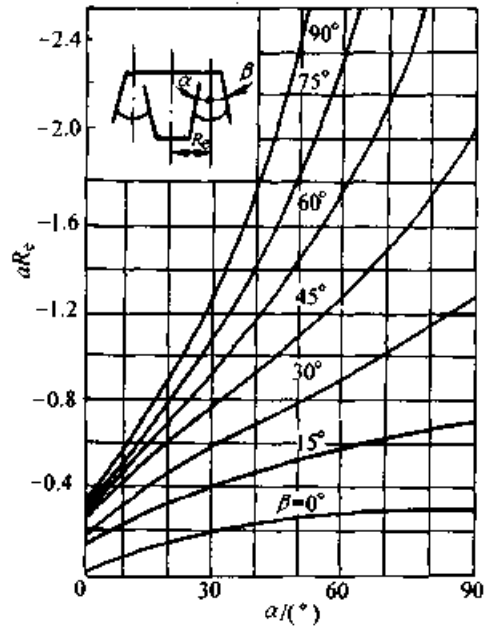


图 23.17-5 约束膜式空气弹簧垂直特性形状系数

- i —— 帘线的层数；
- A' —— 一根帘线的截面积；
- E<sub>t</sub> —— 帘线的纵向弹性模量；
- φ —— 帘线相对结线的角度。

将各曲的变形叠加，得到多曲囊式空气弹簧的变形，当横截面总的变形很小时，多曲囊式空气弹簧横向刚度的计算式为

$$k_r = 1 / \{ n/k_{1r} + [(n-1)(h+h'+F/k_{1r})]^2 / [(2k_M + F^2/2k_{1r}) - F(n-1)(h+h'+F/k_{1r})] \} \quad (23.17-5)$$

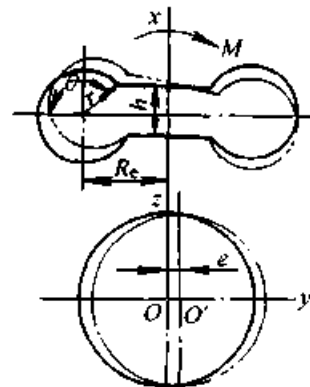


图 23.17-6 空气弹簧的弯曲变形

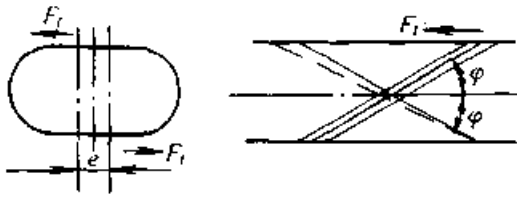


图 23.17-7 空气弹簧的切向变形

式中  $n$  ——空气弹簧的曲数；

$h$  ——一曲橡胶囊的高度；

$h'$  ——中间腰环的高度；

$F$  ——空气弹簧上的垂直载荷。

由上式可知，空气弹簧的曲数愈多，其横向刚度愈小。实际上 4 曲以上的空气弹簧，由于弹

性不稳定现象，已不适于受横向载荷的场合。此外，在利用空气弹簧横向弹性时，应使最大横向变形幅度不超过橡胶囊高度的 20%，尽可能控制在 10% 之下。

### 3.3.2 膜式空气弹簧的横向刚度

自由膜式和约束膜式空气弹簧的横向刚度可用下面同一公式计算

$$k_r = b\rho A_e + k'_0 \quad (23.17-6)$$

式中  $b$  ——决定于空气弹簧几何参数的横向特性形状系数，其计算公式见表 23.17-2；

$k'_0$  ——橡胶-帘线膜本身的横向刚度。

表 23.17-2 空气弹簧的横向特性形状系数

型 式	自由膜式空气弹簧	约束膜式空气弹簧
简 图		
形状系数	$b = \frac{1}{2} [\sin\theta\cos\theta + \theta(\sin^2\theta - \sin^2\varphi)] / [\sin\theta \times (\sin\theta - \theta\cos\theta)] / (2R_e)$	$b = \frac{1}{2} [-\sin(\alpha + \beta) + (\pi + \alpha + \beta)\cos\alpha\cos\beta] / [1 + \cos(\alpha + \beta) + (\alpha + \beta)\sin(\alpha + \beta)/2] / (2R_e)$

## 4 带附加气室的空气弹簧的阻尼

在空气弹簧本体之外设附加气室，附加气室与弹簧本体之间设一节流孔，图 23.17-8 是其示意图。

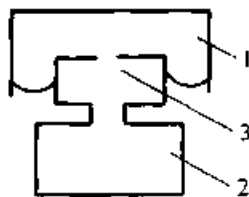


图 23.17-8 节流孔阻尼的空气弹簧示意图

1—空气弹簧 2—附加气室 3—节流孔

设空气弹簧本体的容积为  $V_1$ ，附加气室的容积为  $V_2$ ，令  $\xi = V_1/V_2$ 。将该空气弹簧悬架系统简化为单自由度系统，于是得出最佳阻尼比  $\zeta$  可以按表 23.17-3 中所列公式计算。

已知阻尼比后，与该阻尼比值对应的节流孔直径可由下式近似计算

$$d_0 = 1.26 \times 10^{-3} (A_e/\zeta)^{1/3} \{(\rho + \rho_a) V_1/m\}^{1/6} \quad (23.17-7)$$

式中  $d_0$  ——节流孔直径 (mm)；

$A_e$  ——空气弹簧的有效面积 (mm<sup>2</sup>)；

$\rho$  ——空气弹簧的内压力 (MPa)；

$V_1$  ——空气弹簧本体的容积 (mm<sup>3</sup>)；

$m$  ——空气弹簧所承受物体的质量(kg)。

表 23.17-3 带附加气室空气弹簧最佳阻尼比的计算式

振动型式	自由振动	受迫振动的振幅	受迫振动的加速度
计算式	$\zeta = [\xi(1 + \xi)^3]^{1/4}/2$	$\zeta = [(1 + \xi)/2] \times \{ (1 + 2\xi)/[2(1 + \xi)] \}^{1/2}$	$\zeta = [\xi(1 + 2\xi)/2]^{1/2}/2$

### 5 空气弹簧的强度计算

空气弹簧的强度计算主要是橡胶囊(膜)的计算。假设空气弹簧在变形前后,橡胶膜的自由变形部分,其径向截面仍保持为圆弧,径向载荷全部由帘线承担,内、外橡胶层只起密封作用。

橡胶囊(膜)在变形前的几何参数为  $R_c$ 、 $r$  和  $\theta$  (见图 23.17-6),内压力为  $p$ ,则整个膜厚上的周向平均应力

$$\sigma_{\varphi m} = K_i p r \quad (23.17-8)$$

式中  $K_i$  的表达式见表 23.17-4。整个膜厚上的径向平均应力

$$\sigma_{rm} = (E_r/E_\varphi) K_j p r \quad (23.17-9)$$

$$K_j = K_k (R_c/r + \sin\theta/\theta) / (R_c/r + 1) \quad (23.17-10)$$

表 23.17-4  $K_i$  的表达式

$R > r$	$K_i = 1/2 + R/[\theta(R^2 - r^2)^{1/2}] \times \arctan[(R - r)^{1/2} \tan(\theta/2)/(R + r)^{1/2}]$
$R = r$	$K_i = 1/2 + \tan(\theta/2)/(2\theta)$
$R < r$	$K_i = 1/2 + R/[2\theta(r^2 - R^2)^{1/2}] \times \lg\{[(r + R)^{1/2} + (r - R)^{1/2} \tan(\theta/2)] / [(r + R)^{1/2} - (r - R)^{1/2} \tan(\theta/2)]\}$

### 6 空气弹簧的产品标准

GB/T 13061—1991 为汽车悬架用空气弹簧

表 23.17-5 橡胶气囊内外层胶胶料的物理力学性能

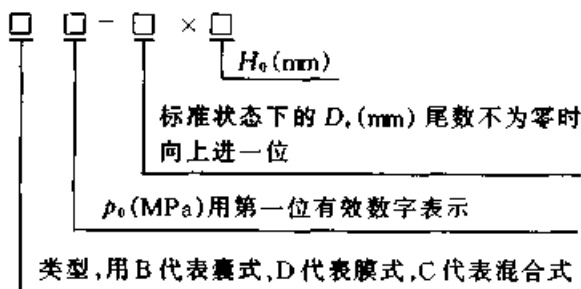
项目	抗拉强度/ MPa	扯断伸长率/ %	扯断永久变形/ %	硬度(肖氏 A 型)/ (°)	曲挠龟裂/ 万次	老化后抗张积 变化率 <sup>②</sup> /%
指标	$\geq 20^{\text{①}}$	$\geq 500$	$\leq 35$	55~65	$\geq 50$	$\geq -20$

① 采用 50% 以上的丁基类橡胶的内外层胶时,该值为 15。

② 热空气老化条件:温度 70℃、时间 96 h。

气囊 24 h 的内压降不得超过 0.02 MPa,破坏内压不得低于 2.00 MPa,帘布层间的粘附强度不得低于 6 kN/m,台架寿命不得低于 300 万次。

产品标记方法



$$K_k = r/(R_c + r) \times \theta(1 - \cos\theta) / (\sin\theta - \cos\theta) \times K_j \quad (23.17-11)$$

式中  $E_r$ 、 $E_\varphi$  ——  $r$  和  $\varphi$  方向膜单位宽度的弹性模量;

设一根帘线的抗拉强度为  $\sigma_{Ncr}$ , 其值为

$$\sigma_{Ncr} = (\sigma_{\varphi m} / \cos^2 \psi + \sigma_{rm} / \sin^2 \psi) / (i \rho) \quad (23.17-12)$$

式中  $\psi$  ——帘线与橡胶囊经线的夹角;

$i$  ——橡胶囊的帘线层数;

$\rho$  ——橡胶囊一层帘线的排列密度。

由此得出临界内压力的计算式

$$p_{cr} = i \rho \sigma_{Ncr} / r [K_i / \cos^2 \psi + (K_j / \sin^2 \psi) \times (E_r / E_\varphi)] \quad (23.17-13)$$

的橡胶气囊的产品标准。橡胶气囊内外层胶胶料的物理力学性能应符合表 23.17-5 的规定。

### 7 液力-空气弹簧(压缩气弹簧)

液力-空气弹簧又称压缩气弹簧。它是以惰性气体(例如氮气等)作为弹性元件,以油液(例如变压器油与汽轮机油的混合油等)传递载荷的一种弹簧,实际上是套筒式空气弹簧的变形,所以气弹簧具有空气弹簧的一般特性。

气弹簧具有结构简单轻巧、工作行程大、运动平稳、有阻尼缓冲作用、特性线稳定、操作简便、安全可靠等优点,但加工成本较高。

典型气弹簧一般主要由缸体、活塞、密封件

和气室组成 (见图 23.17-9)。在载荷作用下活塞 4 向上 (见图 23.17-9) 移动, 活塞上方油液通过减振阀 11 进入气室 1, 通过气室膜而压缩气室内的氮气, 因而油液和气体处于有压力的状

态。载荷减小时, 气体压迫气室膜, 使油液通过减振阀 10 流回缸体内。活塞在液压缸内往复运动, 使油液在缸体和气室间来回流动, 通过减振阀时产生阻尼作用。

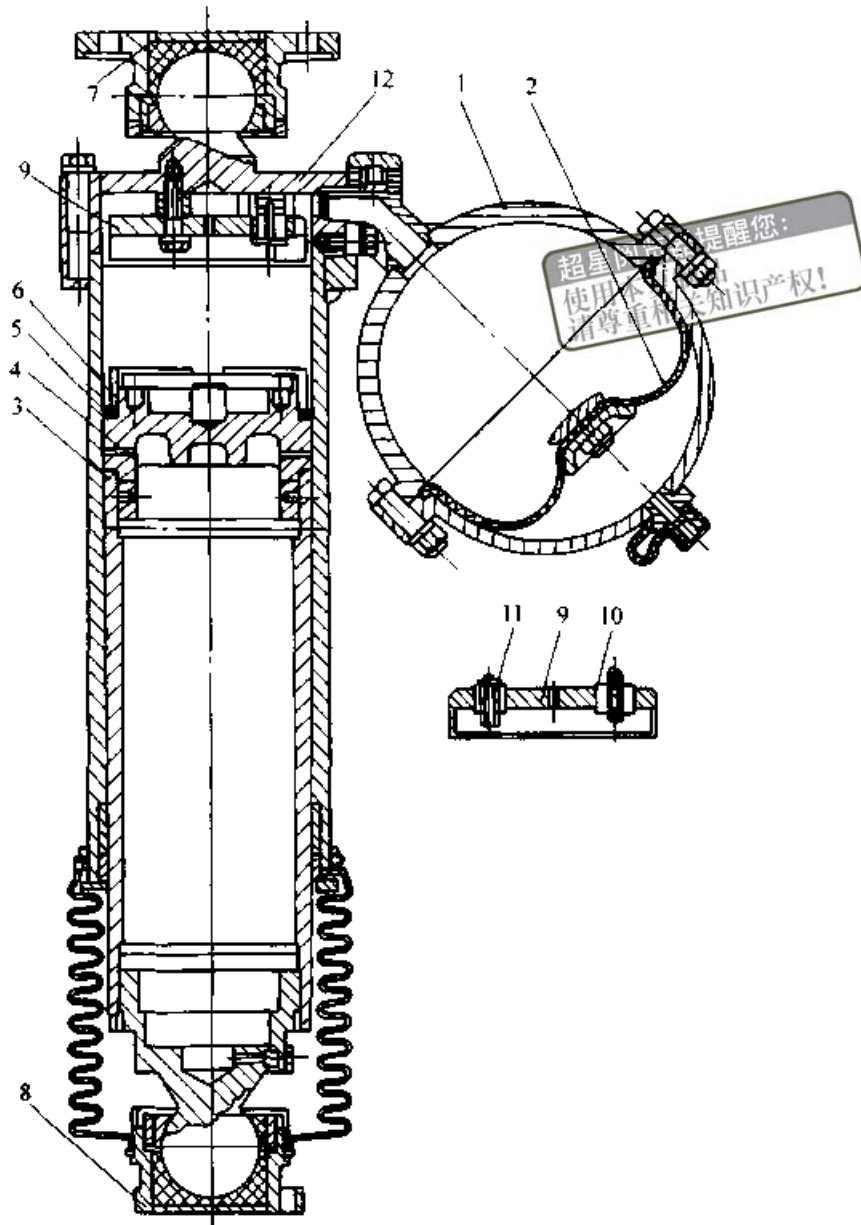


图 23.17-9 气弹簧

- 1—气室 2—气室膜 3—缸筒 4—活塞 5—密封圈 6—螺母挡圈 7—上球座  
8—下球座 9—阀座 10、11—减振阀 12—弹簧座

活塞上的作用力为

$$F = \rho_0 V_0 A / (V_0 - As) \quad (23.17-14)$$

式中  $\rho_0$  ——缸体内的初始压力;

$V_0$  ——油缸的初始容积;

$A$  ——活塞面积;

$s$  ——活塞行程 (距初始位置的距离)。

我国目前生产的液力-空气弹簧有压缩气弹

簧 (简称气弹簧) 和可锁定气弹簧两类。

### 7.1 (压缩)气弹簧

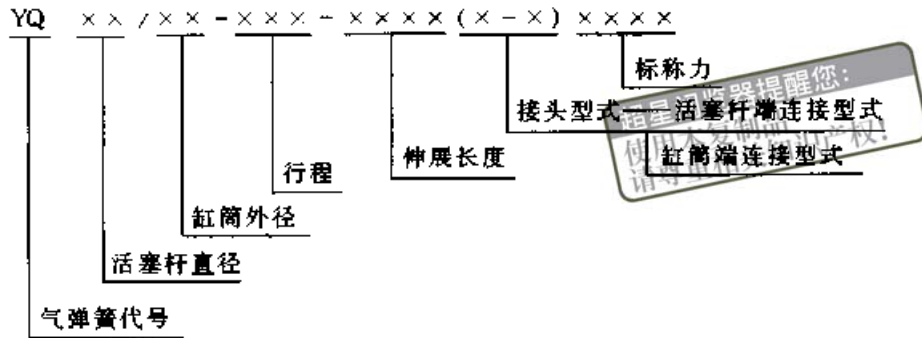
(压缩)气弹簧有拉伸和压缩弹簧两种。气压缩弹簧广泛应用于汽车、建筑设备、医疗器械等, 主要起支撑作用。气拉伸弹簧主要用于门窗的启闭、健身器的复位装置等。

气弹簧的主要尺寸参数有：缸筒外径；活塞杆直径；行程，活塞杆从伸展状态压缩到最小安装尺寸时的轴向位移；伸展长度，活塞杆自由伸展至极限位置时两连接中心的距离；标称力，最小伸展力和最小压缩力的平均值。在伸展过程中，距工作行程起点 5 mm (10 mm) 处测定的伸展力为最小伸展力。在压缩过程中，距工作行

程起点 5 mm (10 mm) 处测定的压缩力为最小压缩力。

气弹簧活塞杆直径应按 GB/T 2348—1993 《液压气动系统及元件 缸内径及活塞杆外径》选用，活塞行程应按 GB/T 2349—1980 《液压气动系统及元件 缸活塞行程系列》选用。

气弹簧的标记为：



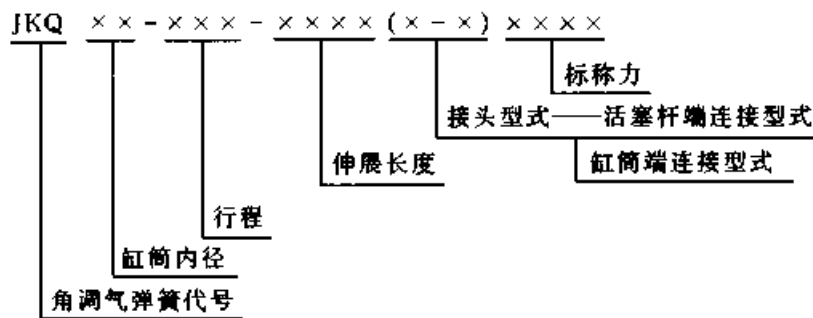
### 7.2 可锁定气弹簧

可锁定气弹簧分为角调可锁定气弹簧（简称角调气弹簧）和升降可锁定气弹簧（升降气弹簧）两种。角调气弹簧是一种无级调节元件，主要用于座椅、医疗床、绘图仪和办公设备等。升降气弹簧主要用于旋转座椅的高度调整。

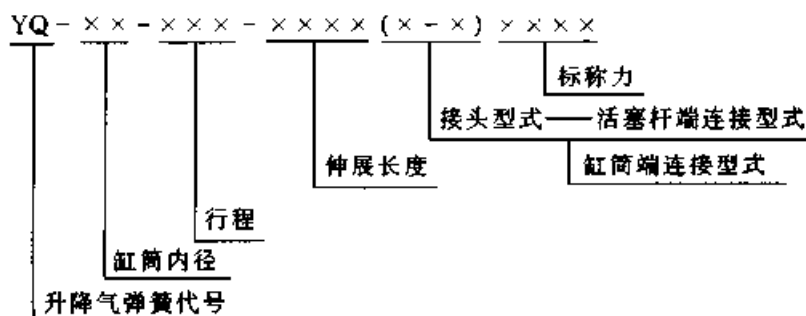
锁定力。对刚性锁定的气弹簧，锁定在伸展状态时使活塞杆产生 1 mm 位移所需轴向压缩力值为锁定力值；对弹性锁定的气弹簧，锁定在行程中点时使活塞杆产生 4 mm 位移所需轴向压缩力值为锁定力值。

可锁定气弹簧在非锁定状态时的特性与压缩气弹簧相同，故可锁定气弹簧的尺寸参数与压缩气弹簧也相同，可锁定气弹簧的一个特有参数是角调气弹簧的标记为：

可锁定气弹簧活塞杆直径应按 GB/T 2348—1993 《液压气动系统及元件 缸内径及活塞杆外径》选用，活塞行程应按 GB/T 2349—1980 《液压气动系统及元件 缸活塞行程系列》选用。



升降气弹簧的标记为：





## 参考文献

- 1 机械工程手册编辑委员会编. 机械工程手册: 机械零部件设计卷. 北京: 机械工业出版社, 1996
- 2 张英会等主编. 弹簧手册. 北京: 机械工业出版社, 1999
- 3 张英会主编. 弹簧. 北京: 机械工业出版社, 1980
- 4 汪曾祥, 刘祥至编. 弹簧设计手册. 上海: 上海科学技术文献出版社, 1986
- 5 中国标准出版社, 全国弹簧标准化技术委员会编. 中国机械工业标准汇编: 弹簧卷. 北京: 中国标准出版社, 1999
- 6 汪 恺主编. 机械设计标准应用手册. 北京: 机械工业出版社, 1997
- 7 [美]沃尔 AM 著. 机械弹簧. 谭惠民等译. 北京: 国防工业出版社, 1981
- 8 Carlson H. Spring Designer's Handbook. New York: MARCEL DEKKER, INC, 1978
- 9 Springs materials design manufacture. Sheffield: The Spring Research Association, 1968
- 10 陆文遂著. 碟形弹簧的计算设计与制造. 上海: 复旦大学出版社, 1990
- 11 Тарасов С В. Технология Часового Производства. Москва: МАШГИЗ, 1963
- 12 (前苏)波诺马廖夫 С Д 等著. 机器及仪器弹性元件的计算. 王鸿翔译. 北京: 化学工业出版社, 1987
- 13 刘广玉, 庄肇康编. 仪表弹性元件. 北京: 国防工业出版社, 1981
- 14 SAE-J796a. 扭杆弹簧的设计和制造手册. 盛景方译. 北京: 学术期刊出版社, 1988
- 15 徐 灏主编. 机械设计手册: 第4卷. 北京: 机械工业出版社, 1991
- 16 机械工程手册编辑委员会编. 机械工程手册: 工程材料卷. 北京: 机械工业出版社, 1997
- 17 日本ばね技术研究会编. ばね第3版. 东京: 丸善株式会社, 1982

超星浏览器提醒您：  
使用本复制品  
请尊重相关知识产权！

第

超星阅读器提醒您：  
使用本复制品  
请尊重相关知识产权！

24

篇

## 滚动轴承

主 编 李元科 孔凌嘉

编 写 李元科 胡于进  
王 国 光 孔凌嘉  
温 旭 华 徐东求  
黄 长 清 席永全  
丁 为 联 田克彤  
戴 水 清 钟丹华

审 稿 李振清



超星浏览器提醒您：  
使用本复制品  
请尊重相关知识产权！

# 第 1 章 滚动轴承的分类与代号方法

超星浏览器提醒您：  
超星数字图书馆  
请尊重知识产权！

## 1 滚动轴承的分类(GB/T 271—1997)

滚动轴承有多种分类方法，通常根据载荷性质、结构形式和公称尺寸大小分类，分别称结构

类型分类和尺寸大小分类

### 1.1 结构类型分类

滚动轴承的结构类型分类方法见图 24.1-1

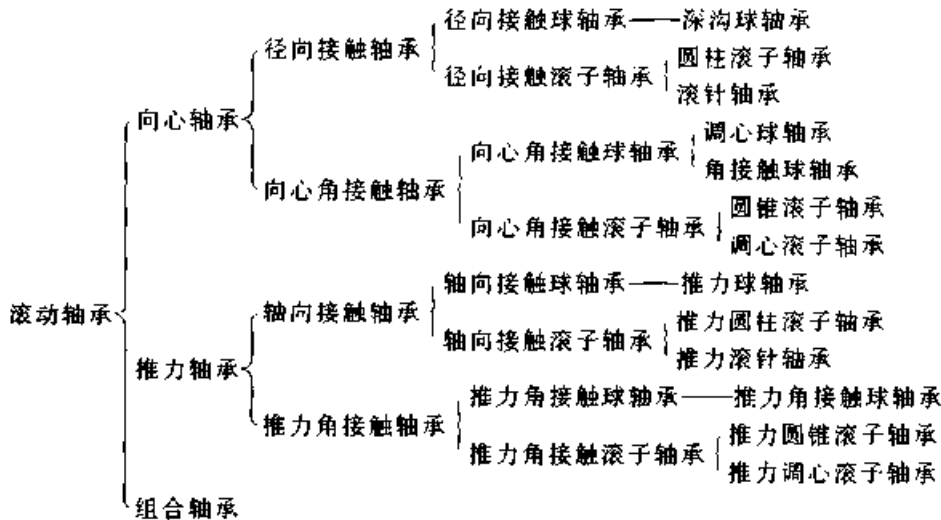


图 24.1-1 滚动轴承结构类型分类图

1) 轴承按其所能承受的载荷方向的不同分为向心轴承（主要用于承受径向载荷的滚动轴承，其公称接触角从  $0^{\circ}$  到  $45^{\circ}$ ）和推力轴承（主要用于承受轴向载荷的滚动轴承，其公称接触角大于  $45^{\circ}$  到  $90^{\circ}$ ）。按公称接触角不同，向心轴承分为径向接触轴承（公称接触角为  $0^{\circ}$ ）和角接触向心轴承（公称接触角大于  $0^{\circ}$  到  $45^{\circ}$ ）；推力轴承分为轴向接触轴承（公称接触角为  $90^{\circ}$ ）和角接触推力轴承（公称接触角大于  $45^{\circ}$  但小于  $90^{\circ}$ ）。

2) 轴承按滚动体的种类分为球轴承（滚动体为球）和滚子轴承（滚动体为滚子）。

滚子轴承按滚子种类又分为：圆柱滚子轴承、滚针轴承、圆锥滚子轴承、调心滚子轴承（滚动体为球面滚子）。

3) 轴承按其能否调心分为调心轴承（滚道为球面形的，能适应两滚道轴线间的角偏差及角运动的轴承）和刚性轴承（能阻抗滚道间轴线角偏移的轴承）。

4) 轴承按滚动体的列数分为：单列轴承、双列轴承和多列轴承（具有多于两列的滚动体并

承受同一方向载荷的轴承）。

5) 轴承按其部件能否分离分为可分离轴承（套圈可分离）和不可分离轴承（套圈不可分离）。

6) 轴承按其结构形状（如：有无装填槽、有无内外圈以及套圈的形状、挡边的结构、甚至有无保持架等）还可分为多种结构类型。

### 1.2 尺寸大小分类

轴承按其外径尺寸大小分为：微型轴承（外径尺寸在 26 mm 以下）、小型轴承（外径尺寸为 28~55 mm）、中小型轴承（外径尺寸为 60~115 mm）、中大型轴承（外径尺寸为 120~190 mm）、大型轴承（外径尺寸为 200~430 mm）、特大型轴承（外径尺寸为 440 mm 以上）。

## 2 滚动轴承的代号方法 (GB/T 272—1993、JB/T 2974—1993、JB/T 6640—1993)

滚动轴承代号是用字母加数字来表示滚动轴

承的结构、尺寸、公差等级、技术性能等特征的产品符号。

常用轴承代号由基本代号、前置代号和后置代号构成，其排列如下：

前置代号 基本代号 后置代号

### 2.1 基本代号

#### 2.1.1 滚动轴承基本代号（滚针轴承除外）

基本代号表示轴承的基本类型、结构和尺寸，是轴承代号的基础。除滚针轴承外，基本代号由轴承类型代号、尺寸系列代号、内径代号构成，其排列如下：

类型代号 尺寸系列代号 内径代号

##### (1) 类型代号

轴承类型代号用数字或字母按表 24.1-1 表示。

表 24.1-1 滚动轴承的类型代号

轴承类型	代 号	
	新标准	旧标准
双列角接触球轴承	0	6
调心球轴承	1	1
调心滚子轴承	2	3
推力调心滚子轴承	2	9
圆锥滚子轴承	3	7
双列深沟球轴承	4	0
推力球轴承	5	8
深沟球轴承	6	0
角接触球轴承	7	6
推力圆柱滚子轴承	8	9
圆柱滚子轴承	N <sup>①</sup>	2
外球面球轴承	U	0
四点接触球轴承	QJ	6

① 双列或多列用字母 NN 表示。

##### (2) 尺寸系列代号

尺寸系列代号由轴承的宽（高）度系列代号和直径系列代号组合而成。向心轴承、推力轴承尺寸系列代号见表 24.1-2。向心轴承、推力轴承尺寸系列新旧代号对照见表 24.1-3 和表 24.1-4。

表 24.1-2 滚动轴承的尺寸系列代号

直径系列代号	向心轴承						推力轴承					
	宽度系列代号						高度系列代号					
	8	0	1	2	3	4	5	6	7	9	1	2
	尺寸系列代号											
7	—	—	17	—	37	—	—	—	—	—	—	—
8	—	08	18	28	38	48	58	68	—	—	—	—
9	—	09	19	29	39	49	59	69	—	—	—	—
0	—	00	10	20	30	40	50	60	70	90	10	—
1	—	01	11	21	31	41	51	61	71	91	11	—
2	82	02	12	22	32	42	52	62	72	92	12	22
3	83	03	13	23	33	—	—	—	73	93	13	23
4	—	04	—	24	—	—	—	—	74	94	14	24
5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	95	—	—

表 24.1-3 向心轴承直径系列、宽度系列新、旧代号对照

直径系列		宽度系列	
新标准	旧标准	新标准	旧标准
7	超特轻 7	1	正常 1
		3	特宽 3
8	超轻 8	0	窄 7
		1	正常 1
		2	宽 2
		3	特宽 3
		4	特宽 4
		5	特宽 5
9	超轻 9	6	特宽 6
		0	窄 7
		1	正常 1
		2	宽 2
		3	特宽 3
		4	特宽 4
0	特轻 1	5	特宽 5
		6	特宽 6
		0	窄 7
		1	正常 0
		2	宽 2
		3	特宽 3
0	特轻 1	4	特宽 4
		5	特宽 5
		6	特宽 6

续表 24.1-3

直径系列		宽度系列	
新标准	旧标准	新标准	旧标准
1	特轻 7	0	窄 7
		1	正常 1
		2	宽 2
		3	特宽 3
		4	特宽 4
2	轻 2 5 <sup>①</sup>	8	特窄 8
		0	窄 0
		1	正常 1
		2	宽 0 <sup>①</sup>
		3	特宽 3
3	中 3 6 <sup>②</sup>	4	特宽 4
		8	特窄 8
		0	窄 0
		1	正常 1
4	重 4	2	宽 0 <sup>①</sup>
		3	特宽 3
		2	宽 2

① 表示轻宽 5。

② 表示中宽 6。

表 24.1-4 推力轴承直径系列、  
高度系列新、旧代号对照

直径系列		高度系列	
新标准	旧标准	新标准	旧标准
0	超轻 9	7	特低 7
		9	低 9
		1	正常 1
1	特轻 1	7	特低 7
		9	低 9
2	轻 2	1	正常 1
		7	特低 7
		9	低 9
3	中 3	1	正常 0
		2	正常 0 <sup>①</sup>
		7	特低 7
4	重 4	9	低 9
		1	正常 0
		2	正常 0 <sup>①</sup>
5	特重 5	7	特低 7
		9	低 9

① 双向推力轴承高度系列。

## (3) 内径代号

表示轴承公称内径的代号见表 24.1-5。

表 24.1-5 滚动轴承的内径代号

轴承公称内径/ mm	内径代号	示 例
0.6 到 10 (非 整数)	用公称内径毫 米数直接表示, 在其与尺寸系列 代号之间用 “/” 分开	深沟球轴承 618/2.5 $d = 2.5 \text{ mm}$
1 到 9 (整数)	用公称内径毫 米数直接表示, 对深沟球轴承及 角接触球轴承 7、8、9 直径系 列, 内径与尺寸 系列代号之间用 “/” 分开	深沟球轴承 625 618/5 $d = 5 \text{ mm}$
10 到 17	10 12 15 17	00 01 02 03 深沟球轴承 6200 $d = 10 \text{ mm}$
20 到 480 (22、28、32 除 外)	公称内径除以 5 的商数, 商数 为个位数, 需在 商数左边加 “0”, 如 08	调心滚子轴 承 23208 $d = 40 \text{ mm}$
大于和等于 500 以及 22、 28、32	用公称内径毫 米数直接表示, 但在与尺寸系列 之间用 “/” 分 开	调心滚子轴 承 230/500 $d = 500 \text{ mm}$ 深沟球轴承 62/22 $d = 22 \text{ mm}$



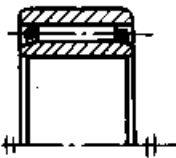
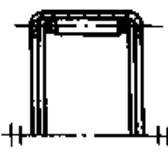
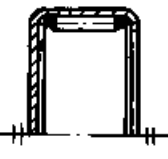
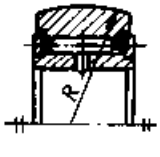
例: 调心滚子轴承 23224: 2——类型代号  
32——尺寸系列代号 24——内径代号  $d = 120 \text{ mm}$

2.1.2 滚针轴承基本代号

滚针轴承基本代号由轴承类型代号和表示轴承配合安装特征的尺寸构成。类型代号用字母表

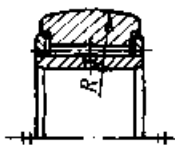

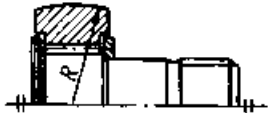
示,表示轴承配合安装特征的尺寸,用尺寸系列、内径代号或者直接用毫米数表示。类型代号和表示配合安装特征尺寸的轴承基本代号见表 24.1-6。

表 24.1-6 滚针轴承的基本代号

轴承类型	简图	新 标 准			旧 标 准											
		类型代号	配合安装特征尺寸表示	轴 承基本代号	类型代号	配合安装特征尺寸表示	轴 承基本代号									
滚针和保持架组件 GB/T 5846		K	$F_w \times E_w \times B_c$	$K F_w \times E_w \times B_c$ 示例: K 8 × 12 × 10	K	$F_w E_w B_c$	$K F_w E_w B_c$ 示例: K081210									
推力滚针和保持架组件 GB/T 4605		AXK	$D_d D_c$ <sup>①</sup>	AXK $D_d D_c$ 示例: AXK 2030	889	用尺寸系列代号、内径代号表示	示例: 889106									
滚针轴承 GB/T 5801		NA	用尺寸系列代号、内径代号表示			宽度系列代号	结构代号	类型代号	直径系列代号							
			尺寸系列代号	内径代号按表												
			48	24.1-5 <sup>②</sup>							NA 4800	4	54	4	8	4544800
			49								NA 4900	4	54	4	9	4544900
69		NA 6900	6	25	4	9	6254900									
穿孔型冲压外圈滚针轴承 GB/T 290		HK	$F_w B$ <sup>①</sup>	HK $F_w B$ 示例: HK 0408	HK	$F_w DB$	HK $F_w DB$ 示例: HK040808									
封口型冲压外圈滚针轴承 GB/T 290		BK	$F_w B$ <sup>①</sup>	BK $F_w B$ 示例: BK 0408	BK	$F_w DE$	BK $F_w DB$ 示例: BK040808									
平挡圈滚针轴承 (轻系列、重系列) GB/T 6445		NATR NATR	$d$ $d D$	NATR $d$ NATR $d D$				NATD $d$ NATD $d D$								



续表 24.1-6

轴承类型	简图	新 标 准			旧 标 准		
		类型代号	配合安装特征尺寸表示	轴 承基本代号	类型代号	配合安装特征尺寸表示	轴 承基本代号
平挡圈滚轮满装滚针轴承 (轻系列、重系列) GB/T 6445		NATV NATV	$d$ $dD$	NATV $d$ NATV $dD$			NATD $dV$ NATD $dDV$
带螺栓轴滚轮滚针轴承(轻系列、重系列) GB/T 6445		KR <sup>①</sup> KR	$D$ $Dd_1$	KR $D$ KR $Dd_1$			NAKD $D$ NAKD $Dd_1$
带螺栓轴滚轮满装滚针轴承 (轻系列、重系列) GB/T 6445		KRV <sup>③</sup> KRV	$D$ $Dd_1$	KRV $D$ KRV $Dd_1$			NAKD $DV$ NAKD $Dd_1V$

注：表中  $F_w$ —无内圈滚针轴承滚针总体内径（滚针保持架组件内径）； $E_w$ —滚针保持架组件外径； $B$ —轴承公称宽度； $B_c$ —滚针保持架组件宽度； $D_2$ —推力滚针保持架组件内径； $D_1$ —推力滚针保持架组件外径； $d$ —轴承内径； $D$ —轴承外径； $d_1$ —带螺栓轴滚轮滚针轴承螺栓公称直径。

- ① 尺寸直接用毫米数表示时，如是个位数，需在其左边加“0”。如8 mm用08表示。
- ② 内径代号除  $d < 10$  mm用“/实际公称毫米数”表示外，其余按表 24.1-5。
- ③ 滚轮滚针轴承代号摘自 JB/T 2974—1993。
- ④ KR、KRV型轴承带偏心套，则在该型代号后加E，分别变为KRE、KRVE。

2.1.3 基本代号编制规则

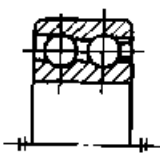
基本代号中当轴承类型代号用字母表示时，编排时应与表示轴承尺寸的系列代号、内径代号

或安装配合特征尺寸的数字之间空半个汉字距。

例如：NJ 230、AXK 0821。

2.1.4 常用轴承的类型、结构及代号(表 24.1-7)

表 24.1-7 常用轴承的类型、结构及代号

轴承类型	结构简图	新 标 准			旧 标 准				
		类型代号	尺 寸系列代号	轴承代号	宽度系列代号	结构代号	类型代号	直径系列代号	轴承代号
双列角接触球轴承 GB/T 296		(0)	32	3200	3	05		2	3056200
		(0)	33	3300	3	05	6	3	3056300

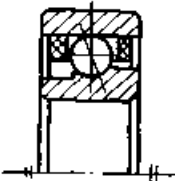
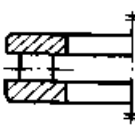
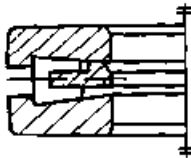
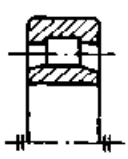
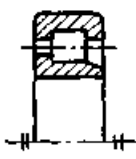
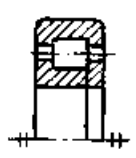
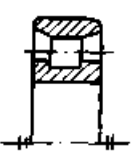
续表 24.1-7

轴承类型	结构简图	新 标 准			旧 标 准				
		类型 代号	尺 寸 系列代号	轴承代号	宽度系列 代号	结构 代号	类型 代号	直径系列 代号	轴承代号
调心球轴承 GB/T 281		1	(0)2	1200	0	00	1	2	1200
		(1)	22	2200	0	00		5	1500
		1	(0)3	1300	0	00		3	1300
		(1)	23	2300	0	00		6	1600
调心滚子轴承 GB/T 288		2	13	21300 C	0	05	3	3	53300
		2	22	22200 C	0	05		5	53500
		2	23	22300 C	0	05		6	53600
		2	30	23000 C	3	05		1	3053100
		2	31	23100 C	3	05		7	3053700
		2	32	23200 C	3	05		2	3053200
		2	40	24000 C	4	05		1	4053100
		2	41	24100 C	4	05		7	4053700
推力调心滚子轴承 GB/T 5859		2	92	29200	9	03	9	2	9039200
		2	93	29300	9	03		3	9039300
		2	94	29400	9	03		4	9039400
圆锥滚子轴承 GB/T 297		3	02	30200	0	00	7	2	7200
		3	03	30300	0	00		3	7300
		3	13	31300	0	02		3	27300
		3	20	32000	2	00		1	2007100
		3	22	32200	0	00		5	7500
		3	23	32300	0	00		6	7600
		3	29	32900	2	00		9	2007900
		3	30	33000	3	00		1	3007100
		3	31	33100	3	00		7	3007700
3	32	33200	3	00	2	3007200			
双列深沟球轴承		4	(2)2	4200	0	81	0	5	810500
		4	(2)3	4300	0			6	810600
推力球轴承 GB/T 301		5	11	51100	0	00	8	1	8100
		5	12	51200	0	00		2	8200
		5	13	51300	0	00		3	8300
		5	14	51400	0	00		4	8400

续表 34.1-7

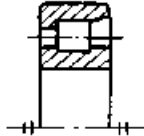
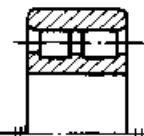
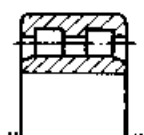

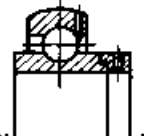
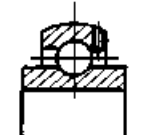
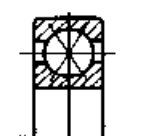
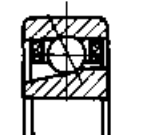
轴承类型	结构简图	新 标 准			招 星 阅 凡 器 器 醒 您 准				轴承代号
		类型 代号	尺 寸 系列代号	轴 承 代 号	宽 度 系 列 代 号	结 构 代 号	类 型 代 号	直 径 系 列 代 号	
双向推力 球轴承 GB/T 301		5	22	52200	0	03		2	38200
		5	23	52300	0	03	8	3	38300
		5	24	52400	0	03		4	38400
外调心推 力球轴承		5	32 <sup>1</sup>	53200	0	02		2	28200
		5	33	53300	0	02	8	3	28300
		5	34	53400	0	02		4	28400
双向外调 心推力球轴 承		5	42 <sup>2</sup>	54200	0	05		2	58200
		5	43	54300	0	05	8	3	58300
		5	44	54400	0	05		4	58400
深沟球轴 承 GB/T 276		6	17	61700	1	00		7	1000700
		6	37	63700	3	00		7	3000700
		6	18	61800	1	00		8	1000800
		6	19	61900	1	00		9	1000900
		16	(0)0	16000	7	00	0	1	7000100
		6	(1)0	6000	0	00		1	100
		6	(0)2	6200	0	00		2	200
		6	(0)3	6300	0	00		3	300
有装球缺 口的有保持 架深沟球轴 承		(6)	(0)2	200	0	37	0	2	370200
		(6)	(0)3	300	0	37	0	3	370300
角接触球 轴承 GB/T 292		7	19	71900	1	03		9	1036900
		7	(1)0	7000	0	03	6	1	3 6100
		7	(0)2	7200	0	04		2	4 6200
		7	(0)3	7300	0	06		3	6 6300
		7	(0)4	7400	0			4	6400
分离型角 接触球轴承 GB/T 292		S 7		S 70000		00	6		6000

续表 24.1-7

轴承类型	结构简图	新 标 准			旧 标 准				
		类型代号	尺 寸系列代号	轴承代号	宽度系列代号	结构代号	类型代号	直径系列代号	轴承代号
内圈分离型角接触球轴承		SX7		SN70000		10	6		106000
推力圆柱滚子轴承 GB/T 4663		8 8	11 12	81100 81200	0 0	00 00	9	1 2	9100 9200
推力圆锥滚子轴承 <sup>①</sup>		9		90000			01	9	19000
内圈无挡边圆柱滚子轴承 GB/T 283		NU NU NU NU NU NU	10 (0)2 22 (0)3 23 (0)4	NU 1000 NU 200 NU 2200 NU 300 NU 2300 NU 400	0 0 0 0 0 0	03 03 03 03 03 03		1 2 5 3 6 4	32100 32200 32500 32300 32600 32400
内圈单挡边圆柱滚子轴承 GB/T 283		NJ NJ NJ NJ NJ	(0)2 22 (0)3 23 (0)4	NJ 200 NJ 2200 NJ 300 NJ 2300 NJ 400	0 0 0 0 0	04 04 04 04 04		2 5 3 6 4	42200 42500 42300 42600 42400
内圈单挡边并带平挡圈圆柱滚子轴承 GB/T 283		NUP NUP NUP NUP	(0)2 22 (0)3 23	NUP 200 NUP 2200 NUP 300 NUP 2300	0 0 0 0	09 09 09 09		2 5 3 6	92200 92500 92300 92600
外圈无挡边圆柱滚子轴承 GB/T 283		N N N N N N	10 (0)2 22 (0)3 23 (0)4	N 1000 N 200 N 2200 N 300 N 2300 N 400	0 0 0 0 0 0	00 00 00 00 00 00		1 2 5 3 6 4	2100 2200 2500 2300 2600 2400

超星浏览器提醒您：  
使用本复制品  
请尊重相关知识产权！

续表 24.1-7

轴承类型	结构简图	新标准			旧标准				
		类型代号	尺寸系列代号	轴承代号	宽度系列代号	结构代号	类型代号	直径系列代号	轴承代号
外圈单挡边圆柱滚子轴承 GB/T 283		NF NF NF	(0)2 (0)3 23	NF 200 NF 300 NF 2300	0 0 0	01 01 01			12200 12300 12600
双列圆柱滚子轴承 GB/T 285		NN	30	NN 3000	3	28	2	1	3282100
内圈无挡边双列圆柱滚子轴承 GB/T 285		NNU	49	NNU 4900	4	48	2	9	4482900
带顶丝外球面球轴承 GB/T 3882		UC UC	2 3	UC 200 UC 300	0 0	09 09	0 0	5 6	90500 90600
带偏心套外球面球轴承 GB/T 3882		UEL UEL	2 3	UEL 200 UEL 300	0 0	39 39		5 6	390500 390600
圆锥孔外球面球轴承 GB/T 3882		UK UK	2 3	UK 200 UK 300	0 0	19 19		5 6	190500 190600
四点接触球轴承 GB/T 294		QJ QJ	(0)2 (0)3	QJ 200 QJ 300	0 0	17 17	6	2 3	176200 176300
锁口在内圈上的角接触球轴承 GB/T 293		B7		B7000 C B7000 AC B7000 B		13 14 16	6 6 6		136000 146000 166000

续表 24.1-7

轴承类型	结构简图	新标准			旧标准				
		类型代号	尺寸系列代号	轴承代号	宽度系列代号	结构代号	类型代号	直径系列代号	轴承代号
双向推力角接触球轴承 <sup>③</sup> JB/T6362		23 23 23	44 <sup>①</sup> 47 49	234400 234700 234900	2 2	26 26	8 8	1 1	2268100 2268100 K —
双半内圈三点接触球轴承 <sup>③</sup>		QJS		QJS 0000					276000
双内圈双列圆锥滚子轴承 <sup>③</sup> GB/T299		35		350000		09	7		97000
四列圆锥滚子轴承 <sup>③</sup> GB/T300		38		380000		07	7		77000

注：表中用“( )”括住的数字表示在代号中省略。

- ① 尺寸系列实为 12, 13, 14, 分别用 32, 33, 34 表示。
- ② 尺寸系列实为 22, 23, 24, 分别用 42, 43, 44 表示。
- ③ 轴承代号摘自 JB/T 2974—1993。
- ④ 尺寸系列不同于 GB/T 272。

## 2.2 前置、后置代号

前置、后置代号是轴承在结构形状、尺寸、公差、技术要求等有改变时，在其基本代号左右添加的补充代号。其排列见表 24.1-8。

### 2.2.1 前置代号

前置代号用字母表示，代号及其含义见表 24.1-9。

### 2.2.2 后置代号

后置代号用字母(或加数字)表示。

#### (1) 后置代号的编制规则

1) 后置代号置于基本代号的右边并与基本代号空半个汉字距(代号中有符号“-”、“/”除外)。当改变项目多，具有多组后置代号，按表 24.1-8 所列从左至右的顺序排列；

表 24.1-8 前置、后置代号的排列

前置代号		轴承代号							
		后置代号(组)							
		1	2	3	4	5	6	7	8
成套轴承分部件	基本代号	内部结构	密封与防尘套圈变型	保持架及其材料	轴承材料	公差等级	游隙	配置	其他

2) 改变 4 组(含 4 组)以后的内容，则在其代号前用“/”与前面代号隔开(例：6205-2Z/P6、22308/P63)；

3) 改变内容为第4组后的两组时, 当前组与后组代号中的数字或文字表示含义可能混淆时, 两代号间空半个汉字距 (例: 6208/P63 V1)。

表 24.1-9 前置代号

代 号		含 义	示 例	
新标准	旧标准		新标准	旧标准
L	—	可分离轴承的可分离内圈或外圈	LNU 207, 表示 NU 207 轴承内圈	—
R	无代号, 用轴承结构型式表示	不带可分离内圈或外圈的轴承 (滚针轴承仅适用于 NA 型)	RNU 207, 表示无内圈的 NU 207 轴承, RNA 6904 表示无内圈的 NA 6904 轴承	292207 6354904

超星阅读器提醒  
使用本复制品  
请尊重相关知识

续表 24.1-9

代 号		含 义	示 例	
新标准	旧标准		新标准	旧标准
K	无代号, 用轴承结构型式表示	滚子和保持架组件	K 81107, 表示 81107 轴承的滚子与保持架组件	309707
WS	—	推力圆柱滚子轴承轴圈	WS 81107, 表示 81107 轴承轴圈	—
GS	—	推力圆柱滚子轴承座圈	GS 81107, 表示 81107 轴承座圈	—

(2) 后置代号及含义 (表 24.1-10 ~ 24.1-17)

表 24.1-10 内部结构代号及含义

代 号		含 义	示 例	
新标准	旧标准		新 标 准	旧 标 准
A	无代号, 用轴承结构型式表示	1) 表示内部结构改变 2) 表示标准设计, 其含义随不同类型、结构而异	626 A, 外圈无挡边的深沟球轴承	400026
B			7210 B, 公称接触角 $\alpha = 40^\circ$ 的角接触球轴承	66210
C			32310 B, 接触角加大的圆锥滚子轴承	—
E <sup>①</sup>			7210 C, 公称接触角 $\alpha = 15^\circ$ 的角接触球轴承	36210
			23122 C, C型调心滚子轴承	3053722
			NU 207 E, 加强型内圈无挡边圆柱滚子轴承	32207E
AC		角接触球轴承 公称接触角 $\alpha = 25^\circ$	7210 AC, 公称接触角 $\alpha = 25^\circ$ 的角接触球轴承	46210
D		剖分式轴承	K 50 × 55 × 20 D	KSS05520
ZW		滚针保持架组件 双列	K 20 × 25 × 40 ZW, 双列滚针保持架组件	KK202540

① 加强型, 即内部结构设计改进, 增大轴承承载能力。

表 24.1-11 密封、防尘与外部形状变化代号及含义

代 号		含 义	示 例	
新标准	旧标准		新 标 准	旧标准
K	无代号, 用轴承结构型式表示	圆锥孔轴承 锥度 1:12 (外球面球轴承除外)	1210 K, 有圆锥孔调心球轴承	111210
K30		圆锥孔轴承 锥度 1:30	23220 K, 有圆锥孔调心滚正轴承	3153220
R		轴承外圈有止动挡边 (凸缘外圈) (不适用于内径小于 10 mm 的深沟球轴承)	24122 K30, 有圆锥孔 (1:30) 调心滚子轴承 30307 R, 凸缘外圈圆锥滚子轴承	4453722 67307
N		轴承外圈上有止动槽	6210 N, 外圈上有止动槽的深沟球轴承	50210
NR		轴承外圈上有止动槽, 并带止动环	6210 NR, 外圈上有止动槽并带止动环的深沟球轴承	—
-RS		轴承一面带骨架式橡胶密封圈 (接触式)	6210-RS, 一面带密封圈 (接触式) 的深沟球轴承	160210
-2RS		轴承两面带骨架式橡胶密封圈 (接触式)	6210-2RS, 两面带密封圈 (接触式) 的深沟球轴承	180210
-RZ		轴承一面带骨架式橡胶密封圈 (非接触式)	6210-RZ, 一面带密封圈 (非接触式) 的深沟球轴承	160210 K
-2RZ		轴承两面带骨架式橡胶密封圈 (非接触式)	6210-2RZ, 两面带密封圈 (非接触式) 的深沟球轴承	180210 K
-Z		轴承一面带防尘盖	6210-Z, 一面带防尘盖的深沟球轴承	60210
-2Z		轴承两面带防尘盖	6210-2Z, 两面带防尘盖的深沟球轴承	80210
-RSZ		轴承一面带骨架式橡胶密封圈 (接触式)、一面带防尘盖	6210-RSZ, 一面带密封圈 (接触式), 另一面带防尘盖的深沟球轴承	—
-RZZ		轴承一面带骨架式橡胶密封圈 (非接触式)、一面带防尘盖	6210-RZZ, 一面带密封圈 (非接触式), 另一面带防尘盖的深沟球轴承	—
-ZN		轴承一面带防尘盖, 另一面外圈有止动槽	6210-ZN, 一面带防尘盖, 另一面外圈有止动槽的深沟球轴承	150210
-2ZN		轴承两面带防尘盖, 外圈有止动槽	6210-2ZN, 两面带防尘盖, 外圈有止动槽的深沟球轴承	250210
-ZNR		轴承一面带防尘盖, 另一面外圈有止动槽并带止动环	6210-ZNR, 一面带防尘盖, 另一面外圈有止动槽, 并带止动环的深沟球轴承	—
-ZNB		轴承一面带防尘盖, 同一面外圈有止动槽	6210-ZNB, 防尘盖和止动槽在同一面上的深沟球轴承	—
U		有调心座圈的外调心推力球轴承	53210 U, 有调心座圈的外调心推力球轴承	18210



续表 24.1-11

代 号		含 义	示 例	
新标准	旧标准		新 标 准	旧标准
D	无代号, 用轴承结构型式表示	1) 双列角接触球轴承, 双内圈, 接触角 $\alpha = 45^\circ$	1) 3307 D 双内圈双列角接触球轴承, 接触角 $\alpha = 45^\circ$ , $d = 35 \text{ mm}$	—
DI		2) 双列圆锥滚子轴承, 无内隔圈, 端面不修磨	2) 352930 D 双列圆锥滚子轴承, 无内隔圈, 端面不修磨	2057930
		双列圆锥滚子轴承, 无内隔圈, 端面修磨	352930 DI 双列圆锥滚子轴承, 无内隔圈, 端面修磨	2037930
X	P	滚轮滚针轴承外圈表面为圆柱面	NATR 30 X 外圈外表面为圆柱形的半挡圈滚轮滚针轴承 NATV 30 X 外圈外表面为圆柱形的半挡圈满装滚轮滚针轴承	NATD30P NATD30V

注: 密封圈代号与防尘盖代号同样可以与止动槽代号进行多种组合。

表 24.1-12 保持架结构、材料改变的代号及含义

类别	代 号		含 义	类别	代 号		含 义
	新标准	旧标准			新标准	旧标准	
保持架材料	F	W	钢、球墨铸铁或粉末冶金 实体保持架	保持架材料	TN3	A2	聚酰亚胺
	F1	W1	碳钢		TN4	A3	聚碳酸酯
	F2	W	石墨钢		TN5	A4	聚甲醛
	F3	W2	球墨铸铁		J	F	钢板冲压保持架
	F4	W3	粉末冶金		Y	F	铜板冲压保持架
	Q	Q	青铜实体保持架	SZ	D	保持架由弹簧丝或弹簧制造	
	Q1	Q	铝铁锰青铜	保持架结构型式及表面处理	H	—	自锁兜孔保持架
	Q2	Q1	硅铁锌青铜		W	—	焊接保持架
	Q3	Q2	硅镍青铜		R	—	铆接保持架 (用于大型轴承)
	Q4	—	铝青铜		E	—	磷化处理保持架
	M	H	黄铜实体保持架		D	—	碳氮共渗保持架
	L	L	轻合金实体保持架		D1	—	渗碳保持架
	L1	L	LY11CZ		D2	—	渗氮保持架
	L2	L1	LY12CZ		C	Y	有镀层的保持架 (Cl — 镀银)
	T	J	酚醛层布管实体保持架		A	—	外圈引导
	TH	—	玻璃纤维增强酚醛树脂保持架 (筐形)		B	—	内圈引导
	TN	A	工程塑料模注保持架		P	—	由内圈或外圈引导的拉孔或冲孔的窗形保持架
	TN1	A	尼龙		S	—	引导面有润滑槽
	TN2	A1	聚砜		V	①	满装滚动体 (无保持架)

注: 1. 本表摘自 JB/T 2974—1993。

2. 标记示例: JA—钢板冲压保持架, 外圈引导; FE—经磷化处理的钢制实体保持架。

① 用轴承结构型式表示。

表 24.1-13 轴承材料改变的代号及含义

代 号		含 义	示 例
新标准	旧标准		
/HE	—	套圈、滚动体和保持架或仅是套圈和滚动体由电渣重熔轴承钢（军用钢）ZGCr15 制造	6204/HE
/HA	—	套圈、滚动体和保持架或仅是套圈和滚动体由真空冶炼轴承钢制造	6204/HA
/HU	X2	套圈、滚动体和保持架或仅是套圈和滚动体由不可淬硬不锈钢 1Cr18Ni9Ti 制造	6004/HU
/HV	X	套圈、滚动体和保持架或仅是套圈和滚动体由可淬硬不锈钢（/HV-9Cr18；/HV1-9Cr18Mo）制造	6014/HV
/HN	N	套圈、滚动体由耐热钢（/HN - Cr4Mo4V；/HN1 - Cr14Mo4；/HN2 - Cr15Mo4V；/HN3 - W18Cr4V）制造	NU 208/HN
/HC	S	套圈和滚动体或仅是套圈由渗碳钢（/HC - 20Cr2Ni4A；/HC1 - 20Cr2Mn2MoA；/HC2 - 15Mn）制造	—
/HP	P	套圈和滚动体由铍青铜或其他防磁材料制造，材料有变化时，附加数字表示	—
/HQ	V	套圈和滚动体由不常用的材料（/HQ - 塑料；/HQ1 - 陶瓷合金）制造	—
/HG	G	套圈和滚动体或仅是套圈由其他轴承钢（/HG - 5CrMnMo；/HG1 - 55SiMoVA）制造	—

注：本表摘自 JB/T 2974—1993。

表 24.1-14 公差等级代号

代 号		含 义	示 例	
新标准	旧标准		新 标 准	旧标准
/P0 <sup>①</sup>	G	公差等级符合标准规定的 0 级	6203 公差等级为 0 级的深沟球轴承	203
/P6	E	公差等级符合标准规定的 6 级	6203/P6 公差等级为 6 级的深沟球轴承	E203
/P6x	Ex	公差等级符合标准规定的 6x 级	30210/P6x 公差等级为 6x 级的圆锥滚子轴承	Ex7210
/P5	D	公差等级符合标准规定的 5 级	6203/P5 公差等级为 5 级的深沟球轴承	D203
/P4	C	公差等级符合标准规定的 4 级	6203/P4 公差等级为 4 级的深沟球轴承	C203
/P2	B	公差等级符合标准规定的 2 级	6203/P2 公差等级为 2 级深沟球轴承	B203
/SP <sup>②</sup>	—	尺寸精度相当于 P5 级，旋转精度相当于 P4 级	234420/SP 尺寸精度相当于 P5 级，旋转精度相当于 P4 级的双向推力角接触球轴承	—
/UP <sup>②</sup>	—	尺寸精度相当于 P4 级，旋转精度高于 P4 级	234730/UP 尺寸精度相当于 P4 级，旋转精度高于 P4 级的双向推力角接触球轴承	—

① 代号中省略不表示。

② 摘自 JB/T 2974—1993。

表 24.1-15 游隙代号

代 号		含 义	示 例	
新标准	旧标准		新 标 准	旧 标 准
/C1	1	游隙符合标准规定的 1 组	NN 3006/C1, 径向游隙为 1 组的双列圆柱滚子轴承	1G3282106
/C2	2	游隙符合标准规定的 2 组	6210/C2, 径向游隙为 2 组的深沟球轴承	2G210
—	—	游隙符合标准规定的 0 组	6210, 径向游隙为 0 组的深沟球轴承	210
/C3	3	游隙符合标准规定的 3 组	6210/C3, 径向游隙为 3 组的深沟球轴承	3G210
/C4	4	游隙符合标准规定的 4 组	NN 3006 K/C4, 径向游隙为 4 组的圆锥孔双列圆柱滚子轴承	4G3182106
/C5	5	游隙符合标准规定的 5 组	NNU 4920 K/C5, 径向游隙为 5 组的圆锥孔内圈无挡边的双列圆柱滚子轴承	5G4382920
/CN <sup>1</sup>	—	0 组游隙 <sup>2</sup>	—	—
/C9 <sup>1</sup>	U	轴承游隙不同于现标准	6205-2RS/C9 两面带密封圈的深沟球轴承, 轴承游隙不同于现标准	180205U

注：公差等级代号与游隙代号需同时表示时，可进行简化，取公差等级代号加上游隙组号（0 组不表示）组合表示。例：/P63 表示轴承公差等级 P6 级，径向游隙 3 组。

① 摘自 JB/T 2974—1993。

② /CN 与字母 H、M 或 L 组合，表示游隙范围减半，或与 P 组合，表示游隙范围偏移。如：/CNH 0 组游隙减半，位于上半部；/CNM 0 组游隙减半，位于中部；/CML 0 组游隙减半，位于下半部；/CNP 游隙范围位于 0 组的上半部及 C3 级的下半部。

表 24.1-16 配置代号

代 号		含 义	示 例	
新标准	旧标准		新 标 准	旧 标 准
/DB	无代号、	成对背对背安装	7210 C/DB, 背对背成对安装的角接触球轴承	236210
/DF	用轴承结构	成对面对面安装	7210 C/DF, 面对面成对安装的角接触球轴承	336210
/DT	型式表示	成对串联安装	7210 C/DT, 串联成对安装的角接触球轴承	436210
/TBT		串联和背对背排列组装的 3 套轴承	7210 C/TBT, 两套串联和一套背对背排列组装的角接触球轴承	—
/TFT		串联和面对面排列组装的 3 套轴承	7210 C/TFT, 两套串联和一套面对面排列组装的角接触球轴承	—
/TT		串联排列组装的 3 套轴承	7210 C/TT, 3 套串联组装的角接触球轴承	—

表 24.1-17 其他特性代号

代 号		含 义	示 例	
新标准	旧标准		新 标 准	旧 标 准
/Z	Z	轴承的振动加速度级极值组别		
/Z1	Z1	振动加速度级极值符合标准规定的 Z1 组	6204/Z1, 深沟球轴承, 达到规定的振动加速度级	204Z1
/Z2	Z2	振动加速度级极值符合标准规定的 Z2 组		
/Z3	Z3	振动加速度级极值符合标准规定的 Z3 组		

代 号		含 义	示 例	
新标准	旧标准		新 标 准	旧标准
/V	Z	轴承的振动速度级极值组别		
/V1	ZV1	振动速度级极值符合标准规定的 V1 组	6306/V1, 深沟球轴承, 达到规定的振动速度级	306ZV1
/V2	ZV2	振动速度级极值符合标准规定的 V2 组		
/V3	ZV3	振动速度级极值符合标准规定的 V3 组		
/ZC	—	轴承噪声级极值有规定, 附加数字表示极值不同	—	—
/T	M	对启动力矩有要求的轴承, 后接数字表示启动力矩	—	—
/RT	M	对转动力矩有要求的轴承, 后接数字表示转动力矩	—	—
/S0	T 或 T1	轴承套圈经过高温回火处理, 工作温度可达 150 ℃	N 210/S0, 圆柱滚子轴承, 工作温度可达 150 ℃	2210T 或 T1
/S1	T2	轴承套圈经过高温回火处理, 工作温度可达 200 ℃	NUP 212/S1, 圆柱滚子轴承, 工作温度可达 200 ℃	92212T2
/S2	T3	轴承套圈经过高温回火处理, 工作温度可达 250 ℃	NU 214/S2, 圆柱滚子轴承, 工作温度可达 250 ℃	32214T3
/S3	T4	轴承套圈经过高温回火处理, 工作温度可达 300 ℃	NU 308/S3, 圆柱滚子轴承, 工作温度可达 300 ℃	32308T4
/S4	T5	轴承套圈经过高温回火处理, 工作温度可达 350 ℃	NU 214/S4, 圆柱滚子轴承, 工作温度可达 350 ℃	32214T5
/AS	—	外圈有油孔, 附加数字表示油孔数 (滚针轴承)	HK 2020/AS1, 冲压外圈滚针轴承 HK 2020, 外圈有一个润滑油孔	—
/IS	—	内圈有油孔, 附加数字表示油孔数 (滚针轴承) 在 AS、IS 后加 “R” 分别表示内圈或外圈上有润滑油孔和沟槽	NK 17/12TN/ASR, 滚针轴承 (轻系列), 外圈有一个润滑油孔和油槽	—
/W20	—	轴承外圈上有三个润滑油孔	—	—
/W26	—	轴承内圈上有六个润滑油孔	—	—
/W33	—	轴承外圈上有润滑油槽和三个润滑油孔	23120CC/W33, CC 型调心滚子轴承, 外圈上有润滑油槽和三个润滑油孔	—
/W33X	—	轴承外圈上有润滑油槽和六个润滑油孔	—	—
/W513	—	W26 + W33	—	—
/W518	—	W20 + W26	—	—
/HT	R	轴承内充特殊高温润滑脂。当轴承内润滑脂的装脂量和标准值不同时附加字母表示: A—润滑脂装填量少于标准值 B—润滑脂装填量多于标准值 C—润滑脂装填量多于 B (充满)	—	—

超星浏览器提醒您:  
使用本复制品  
请尊重相关知识产权!

超星浏览器提醒您：  
使用本复制品  
请尊重相关版权  
续表 24.1-17

代 号		含 义	新 标 准	
新标准	旧标准		新 标 准	旧标准
/LT	R	轴承内充特殊低温润滑脂。附加字母的含义同 HT	—	—
/MT	R	轴承内充特殊中温润滑脂。附加字母的含义同 HT	—	—
/LHT	R	轴承内装填特殊高、低温润滑脂。附加字母的含义同 HT	—	—
/Y <sup>1</sup>	Y	Y 和另一字母（如 YA、YB）或再加数字组合用来识别无法用现有后置代号表达的非成系列的改变 YA—结构改变（综合表达） YA1—轴承外圈外表面与标准设计有差异 YA2—轴承内圈内孔与标准设计有差异 YA3—轴承套圈端面与标准设计有差异 YA4—轴承套圈滚道与标准设计有差异 YA5—轴承滚动体与标准设计有差异 YB—技术条件改变（综合表示） YB1—轴承套圈表面有镀层 YB2—轴承尺寸和公差要求改变 YB3—轴承套圈表面粗糙度要求改变 YB4—热处理要求（如硬度）改变	—	—

注：本表摘自 JB/T 2974—1993。

① 凡轴承代号中有 Y 和另一个字母或加数字的后置代号，必须查阅图样或补充技术条件才能了解改变的具体内容。

### 2.3 带附件轴承代号

带附件轴承代号是由轴承代号 + 附件代号构成，具体代号见表 24.1-18。

### 2.4 非标准轴承代号

非标准尺寸轴承（简称非标准轴承）的代号由基本代号和前置、后置代号构成。基本代号由

类型代号和表示轴承基本尺寸的尺寸表示两部分组成；前置、后置代号与常用轴承相同。

(1) 类型代号

与常用轴承相同，见表 24.1-1。

(2) 尺寸表示

1) 尺寸系列 尺寸系列代号有两种表示方

法。

表 24.1-18 带附件轴承代号

所带附件名称	带附件轴承代号 <sup>①</sup>	示 例	
		新标准	旧标准
紧定套	轴承代号 + 紧定套代号	22208 K + H 308	253507
退卸套	轴承代号 + 退卸套代号	22208 K + AH 308	353507
内圈	适用于无内圈的滚针轴承、滚针组合轴承 轴承代号 + IR	NKX 30 + IR	NKX 30 + IR
斜挡圈	适用于圆柱滚子轴承 轴承代号 + 斜挡圈代号 <sup>②</sup>	NJ 210 + HJ 210	62210

① 仅适用于带附件轴承的包装及图纸、设计文件、手册的标记，不适用于轴承标志。

② 可组合简化 NJ... + HJ... = NH...，例：NH 210。

① 非标准外径或宽(高)度尺寸用对照标准尺寸的方法或按 GB/T 273.2、GB/T 273.3 规定的外形尺寸延伸的规则,取最接近的直径系列或宽(高)度系列,并在基本代号后加字母表示,见表 24.1-19。

表 24.1-19 尺寸系列表示法

字母	含义
X1	外径非标准
X2	宽度(高度)非标准
X3	外径、宽(高)度非标准(标准内径)

② 非标准内径、外径、宽(高)度尺寸无法采用对照标准尺寸或按 GB/T 273.2、GB/T 273.3 规定的外形尺寸延伸规则时,用不定系列表示,见表 24.1-20。

表 24.1-20 不定系列的尺寸系列表示法

轴承类型	不定系列		备注
	宽(高)度系列代号	直径系列代号	
向心轴承	0(4)	6	1. 双列角接触球轴承不定系列为 46 2. 不定系列 06 与类型代号组合时“0”省略(圆锥滚子轴承、双列深沟球轴承除外)
推力轴承	1 2	7	单向推力轴承、不定系列 17 双向推力轴承、不定系列 27

2) 内径 内径表示法按表 24.1-21。

表 24.1-21 内径表示法

内径	表示法
标准尺寸	按表 24.1-5 的规定
非标准尺寸	500 mm 以下能用 5 整除的整数,用除以 5 的商数表示,其他尺寸用实际内径毫米数直接表示,但应与尺寸系列代号间用“/”分开

示例: 66/6.4 —— 深沟球轴承,不定系列,内径 6.4 mm;

61700 X1 —— 深沟球轴承,外径非标准,接近直径系列 7;

62/14.5 —— 深沟球轴承,尺寸系列 02,内径 14.5 mm;

52706 —— 双向推力球轴承,不定系列,内径 30 mm;

3) 配合安装特征尺寸表示法 轴承的尺寸表示为:

“/内径×外径×宽度 实际尺寸的毫米数”

示例: K/13×17×13 —— 滚针和保持架组件,  $F_w = 13$  mm,  $E_w = 17$  mm,  $B_c = 13$  mm;

HK/12×17×15 —— 穿孔型冲压外圈滚针轴承,  $F_w = 12$  mm,  $D = 17$  mm,  $B = 15$  mm;

4) 附加序号表示法 同一类型外形尺寸差异不大的几个非标准轴承代号相同时,在其基本代号后用符号“-”加顺序号 1, 2, 3, …加以区别。

例: 61700 X1-1

61700 X1-2

52706-1

52706-2

### 2.5 带座外球面球轴承代号

带座外球面球轴承(简称带座轴承)代号由基本代号、前置代号和后置代号构成,其排列顺序如下:

前置代号 基本代号 后置代号

(1) 基本代号

带座轴承的基本代号由带座轴承结构型式代号、尺寸系列代号、内径代号构成,其排列如下:

结构型式代号 尺寸系列代号 内径代号

1) 结构型式代号 带座轴承结构型式代号由外球面球轴承结构型式代号与外球面球轴承座结构型式代号组成(轴承结构型式代号排在轴承座结构型式代号的前面),用大写拉丁字母表示。外球面球轴承结构型式代号见表 24.1-22,外球面球轴承座结构型式代号见表 24.1-23。

2) 尺寸系列代号 带座轴承的尺寸系列代号按座中轴承的尺寸系列代号表示,轴承尺寸系列代号用阿拉伯数字表示,见表 24.1-24。

3) 内径代号 带座轴承的内径代号以座中轴承的内径代号表示,其表示方法按表 24.1-5 的规定。

表 24.1-22 外球面球轴承结构型式代号

外球面球轴承结构型式	代 号		外球面球轴承结构型式	代 号	
	新标准	旧标准		新标准	旧标准
带顶丝外球面球轴承	UC	09	带紧定套外球面球轴承	UK+H	29
带偏心套外球面球轴承	UEL	39	一端平头带顶丝外球面球轴承	UB	09
有圆锥孔外球面球轴承	UK	19	一端平头带偏心套外球面球轴承	UE	39
			两端平头外球面球轴承	UD	—

表 24.1-23 外球面球轴承座结构型式代号

外球面球轴承座结构型式	代 号		外球面球轴承座结构型式	代 号	
	新标准	旧标准		新标准	旧标准
铸造立式座	P	Z	铸造环形座	C	Y
铸造高中心立式座	PH	ZH	铸造三角形座	FT	—
铸造窄立式座	PA	ZA	铸造悬挂式座	FB	FB
铸造方形座	FU	F	铸造悬吊式座	HA	HA
铸造凸台方形座	FS	—	冲压立式座	PP	CZ
铸造菱形座	FLU	L	冲压圆形座	PF	CY
铸造可调菱形座	FA	LA	冲压三角形座	PFT	CS
铸造凸台圆形座	FC	TY	冲压菱形座	PFL	CL
铸造滑块座	K	K			

表 24.1-24 外球面球轴承尺寸系列代号

尺寸系列		尺寸系列代号	
新标准	旧标准	新标准	旧标准
2 系列	轻宽系列	2	5
	轻窄系列		2
3 系列	中宽系列	3	6

4) 常用带座轴承的基本代号 常用带座轴承的基本代号见表 24.1-25。

#### (2) 前置代号

表 24.1-25 常用带座轴承的结构型式、尺寸系列及基本代号

带座轴承名称	新 标 准				旧 标 准			
	带座轴承结构型式代号		尺寸系列代号	带座轴承基本代号	带座轴承结构型式代号		尺寸系列代号	带座轴承基本代号
	轴承结构型式代号	轴承座结构型式代号			轴承结构型式代号	轴承座结构型式代号		
带立式座顶丝外球面球轴承	UC	P	2	UCP 200	09	Z	5	Z90500
			3	UCP 300			6	Z90600

前置代号为带座轴承上附加防尘盖时,在其基本代号前添加的补充代号。前置代号用大写拉丁字母表示,代号及其含义见表 24.1-26。

#### (3) 后置代号

后置代号为带座轴承在结构型式、尺寸、公差、技术要求等有改变时,在基本代号后添加的补充代号。

后置代号用大写拉丁字母(或加数字)表示,其含义及排列顺序见表 24.1-27。

#### (4) 带附件的带座轴承的代号(表 24.1-28)

超星浏览器提醒您：  
使用本复制品  
请尊重相关知识产权！

续表 24.1-25

带座轴承 名称	新 标 准				旧 标 准			
	带座轴承结构型式代号		尺寸系列 代 号	带座轴承 基本代号	带座轴承结构型式代号		尺寸系列 代 号	带座轴承 基本代号
	轴承结构 型式代号	轴承座结构 型式代号			轴承结构 型式代号	轴承座结构 型式代号		
带立式座偏心套 外球面球轴承	UEL	P	2	UEL P 200	39	Z	5	Z390500
			3	UEL P 300			6	Z390600
带高中心立式座 顶丝外球面球轴承	UC	PH	2	UCPH 200	09	ZH	5	ZH90500
带窄立式座顶丝 外球面球轴承	UC	PA	2	UCPA 200	09	ZA	5	ZA90500
带立式座紧定套 外球面球轴承	UK + H	P	2	UKP 200 + H 0000	29	Z	5	Z290500
			3	UKP 300 + H 0000			6	Z290600
带方形座顶丝 外球面球轴承	UC	FU	2	UCFU 200	09	F	5	F90500
			3	UCFU 300			6	F90600
带方形座偏心套 外球面球轴承	UEL	FU	2	UEL FU 200	39	F	5	F390500
			3	UEL FU 300			6	F390600
带方形座紧定套 外球面球轴承	UK + H	FU	2	UKFU 200 + H 0000	29	F	5	F290500
			3	UKFU 300 + H 0000			6	F290600
带凸台方形座顶丝 外球面球轴承	UC	FS	3	UCFS 300	—	—	—	—
带菱形座顶丝 外球面球轴承	UC	FLU	2	UCFLU 200	09	L	5	L90500
			3	UCFLU 300			6	L90600
带菱形座偏心套 外球面球轴承	UEL	FLU	2	UEL FLU 200	39	L	5	L390500
			3	UEL FLU 300			6	L390600
带菱形座紧定套 外球面球轴承	UK + H	FLU	2	UKFLU 200 + H 0000	29	L	5	L290500
			3	UKFLU 300 + H 0000			6	L290600
带可调菱形座顶丝 外球面球轴承	UC	FA	2	UCFA 200	09	LA	5	LA90500
带凸台圆形座顶丝 外球面球轴承	UC	FC	2	UCFC 200	09	TY	5	TY90500
带凸台圆形座偏心套 外球面球轴承	UEL	FC	2	UEL FC 200	39	TY	5	TY390500
带凸台圆形座紧定套 外球面球轴承	UK + H	FC	2	UKFC 200 + H 0000	29	TY	5	TY290500
带滑块座顶丝 外球面球轴承	UC	K	2	UCK 200	09	K	5	K90500
			3	UCK 300			6	K90600



续表 24.1-25

带座轴承 名称	新 标 准				旧 标 准			
	带座轴承结构型式代号		尺寸系列 代 号	带座轴承 基本代号	带座轴承结构型式代号		尺寸系列 代 号	带座轴承 基本代号
	轴承结构 型式代号	轴承座结构 型式代号			轴承结构 型式代号	轴承座结构 型式代号		
带滑块座偏心套 外球面球轴承	UEL	K	2	UELK 200	39	K	5	K390500
			3	UELK 300			6	K390600
带滑块座紧定套 外球面球轴承	UK+H	K	2	UKK 200+H0000	29	K	5	K290500
			3	UKK 300+H0000			6	K290600
带环形座顶丝 外球面球轴承	UC	C	2	UCC 200	09	Y	5	Y90500
			3	UCC 300			6	Y90600
带环形座偏心套 外球面球轴承	UEL	C	2	UELC 200	39	Y	5	Y390500
			3	UELC 300			6	Y390600
带三角形座顶丝 外球面球轴承	UC	FT	2	UCFT 200	—	—	—	—
带悬挂式座顶丝 外球面球轴承	UC	FB	2	UCFB 200	09	FB	5	FB90500
带悬吊式座顶丝 外球面球轴承	UC	HA	2	UCHA 200	09	HA	5	HA90500
带冲压立式座顶丝 外球面球轴承	UB	PP	2	UBPP 200	09	CZ	2	CZ90200
带冲压立式座偏心套 外球面球轴承	UE	PP	2	UEPP 200	39	CZ	2	CZ390200
带冲压圆形座顶丝 外球面球轴承	UB	PF	2	UBPF 200	09	CY	2	CY90200
带冲压圆形座偏心套 外球面球轴承	UE	PF	2	UEPF 200	39	CY	2	CY390200
带冲压三角形座顶丝 外球面球轴承	UB	PFT	2	UBPFT 200	09	CS	2	CS90200
带冲压三角形座偏心套 外球面球轴承	UE	PFT	2	UEPFT 200	39	CS	2	CS390200
带冲压菱形座顶丝 外球面球轴承	UB	PFL	2	UBPFL 200	09	CL	2	CL90200
带冲压菱形座偏心套 外球面球轴承	UE	PFL	2	UEPFL 200	39	CL	2	CL390200

表 24.1-26 带座轴承的前置代号

代 号		含 义
新标准	旧标准	
C-	C	带座轴承两侧 (对法兰座 <sup>①</sup> 只有一侧) 为铸造通盖
CM-	CM	带座轴承一侧为铸造通盖, 而另一侧 (对法兰座只有这一侧) 为铸造盲盖
S-	S	带座轴承两侧 (对法兰座只有一侧) 为钢板冲压通盖
SM-	SM	带座轴承一侧为钢板冲压通盖, 而另一侧 (对法兰座只有这一侧) 为钢板冲压盲盖

① 方形、菱形、圆形、三角形座属法兰座。

超星阅读器提醒您：  
使用本复制品  
请尊重相关知识产权！

表 24.1-27 带座轴承的后置代号

顺序号	项目名称	含 义	代 号	
			新标准	旧标准
1	内部结构	1) 内部结构改变 2) 轴承外圈上有润滑油槽	A、B 或 C W3	无代 号, 用轴 承结构型 式表示
2	密封与防尘结构变 型	1) 一面密封结构改变 2) 两面密封结构改变	-RZ -2RZ	
3	保持架及其材料	轴承在保持架结构、材料改变时	见表 24.1-12	
4	轴承零件 (保持架 除外) 与轴承座材料	轴承零件 (除保持架外) 及轴承座在材料改变时	见表 24.1-13	
5	游隙	1) 游隙符合标准规定的 0 组 2) 游隙符合标准规定的 2 组 3) 游隙符合标准规定的 3 组	— /C2 /C3	— 2 3
6	配合	1) 轴承与轴承座的球面内径采用 H 公差相配合 2) 轴承与轴承座的球面内径采用 j 公差相配合 3) 轴承与轴承座的球面内径采用 K 公差相配合	— /j /K	— — —
7	其他	对振动、噪声、摩擦力矩、工作温度、润滑等有特殊 要求时	见表 24.1-17	

表 24.1-28 常用带紧定套的带座轴承的代号

结构型式	带座轴承结构型式代号	紧定套代号	组合代号
带立式座紧定套外球面球轴承	UKP	H 0000	UKP 000 + H 0000
带方形座紧定套外球面球轴承	UKFU	H 0000	UKFU 000 + H 0000
带菱形座紧定套外球面球轴承	UKFLU	H 0000	UKFL 000 + H 0000
带凸台圆形座紧定套外球面球轴承	UKFC	H 0000	UKFC 000 + H 0000
带滑块座紧定套外球面球轴承	UKK	H 0000	UKK 000 + H 0000

## 第2章 滚动轴承的选择和设计计算

### 1 滚动轴承的选用程序

1) 选择轴承类型 综合考虑载荷等因素选择轴承类型。

2) 选择轴承尺寸 主要根据轴承所承受的载荷、轴承的寿命及可靠性等要求进行。

当轴承的转速  $n > 10 \text{ r/min}$  时, 应根据额定动载荷选择轴承尺寸。可根据要求的使用寿命和当量动载荷, 由寿命公式计算出所选轴承应具有的基本额定动载荷值, 在轴承尺寸性能参数表中查出合适的轴承型号。也可根据轴颈直径预选某一型号的轴承, 查出其基本额定动载荷值, 计算出预期的使用寿命, 若不满足使用寿命要求, 则应重新选择轴承型号。

当轴承静止或缓慢旋转 (转速  $n \leq 10 \text{ r/min}$ ) 时, 应根据额定静载荷选择轴承尺寸, 即所选轴承尺寸应满足  $C_0 \geq S_0 P_0$  ( $C_0$  为额定静载荷,  $P_0$  为当量静载荷,  $S_0$  为安全系数)。对按额定动载荷选择的轴承, 若承受较大冲击载荷, 也应进行额定静载荷条件的验算。

3) 验算极限转速 轴承的工作转速应低于轴承实际使用中的许用转速。当轴承许用转速不能满足使用要求时, 可以采取某些改进措施, 如改变润滑方式等。

4) 选择轴承游隙 应考虑轴承与轴、轴承座的配合、工作温度、载荷引起原始游隙的变化来选择轴承的游隙组别。

5) 选择轴承预紧 为降低轴承振动、噪声, 提高支承刚度和运转平稳性, 可对轴承进行适当预紧。

6) 选择轴承精度等级 一般情况下, 优先选用 0 级轴承。对轴的旋转精度、振动、噪声、摩擦温升有特殊要求的场合, 应选择高精度的轴承。

7) 选择润滑剂和润滑方法 一般选用润滑脂润滑。高速和要求温升低的场合, 以及某些传动装置, 因工作需要选用油润滑。

8) 选择密封方式 为防止外界杂质侵入和润滑脂泄漏, 可选用带密封圈或防尘盖的轴承。

超星阅读器提醒您:  
如选用开式轴承, 应在轴和轴承座之间设置密封装置。

9) 选择轴和轴承座的配合 考虑载荷种类和大小, 选择轴与轴承内孔、轴承座孔与轴承外径相配合表面的配合种类和公差。

10) 对圆锥滚子轴承进行最小径向载荷的验算; 对推力轴承进行最小轴向载荷的验算。

### 2 滚动轴承类型的选择

各种结构类型轴承由于不同的结构特性, 可适应于不同的使用条件, 设计人员可根据自己的需要进行选择。通常选择轴承类型时应综合考虑下列各主要因素:

#### (1) 载荷情况

载荷是选择轴承最主要的依据, 通常应根据载荷的大小、方向和性质选择轴承。

1) 载荷大小 一般情况下, 滚子轴承由于是线接触, 承载能力大, 适于承受较大载荷; 球轴承由于是点接触, 承载能力小, 适用于轻、中等载荷。各种轴承载荷能力一般以额定载荷比表示。

2) 载荷方向 纯径向力作用, 宜选用深沟球轴承、圆柱滚子轴承或滚针轴承, 也可考虑选用调心轴承。纯轴向载荷作用, 选用推力球轴承或推力滚子轴承。径向载荷和轴向载荷联合作用时, 一般选用角接触球轴承或圆锥滚子轴承, 这两种轴承随接触角  $\alpha$  增大承受轴向载荷能力提高。若径向载荷较大而轴向载荷较小时, 也可选用深沟球轴承和内、外圈都有挡边的圆柱滚子轴承。若轴向载荷较大而径向载荷较小时, 可选用推力角接触球轴承、推力圆锥滚子轴承。

3) 载荷性质 有冲击载荷时, 宜选用滚子轴承。

#### (2) 高速性能

一般摩擦力矩小、发热量小的轴承高速性能好。球轴承比滚子轴承有较高的极限转速, 故高速时应优先考虑选用球轴承。径向载荷小时, 选用深沟球轴承; 径向载荷大时, 选用圆柱滚子轴承。对联合载荷, 载荷小时, 选用角接触球轴

承；载荷大时，选用圆锥滚子轴承或圆柱滚子轴承与角接触球轴承组合。在相同内径时，外径越小，滚动体越轻、小，运转时滚动体作用在外圈上的离心力也越小，因此更适于较高转速下工作。在一定条件下，工作转速较高时，宜选用直径系列为8、9、0、1的轴承。保持架的材料与结构对轴承转速影响很大。实体保持架比冲压保持架允许的转速高。高速重载的轴承需验算其极限转速。

(3) 轴向游动性能

一般机械工作时，因机械摩擦或工作介质的关系而使轴发热，从而有热胀冷缩产生。在选择轴承结构类型时，应使其轴有轴向游动的可能性。因此，常在轴的某一端选用一内圈或一外圈无挡边的圆柱滚子轴承或滚针轴承，以适应由于热胀冷缩而引起轴的伸长或缩短。

(4) 调心性能

当轴两端轴承孔同轴性差（制造误差或安装误差所致）或轴的刚度小，变形较大，以及多支

点轴，均要求轴承调心性好，这时应选用调心球轴承或调心滚子轴承。

(5) 允许的空间

在机械设计中，一般都是先确定轴的尺寸，然后根据轴的尺寸来确定轴承的尺寸：小轴选用球轴承，大轴选用滚子轴承；在内径尺寸（即轴尺寸）已确定，若径向尺寸受限，可选用滚针轴承或直径系列为8、9、0、1的轴承；若宽度尺寸受限，可选用宽度系列为8、0的轴承。

(6) 安装与拆卸方便

对于轴承使用寿命一般都难以等同主机使用寿命，在实际使用中轴承作为易损件要经常装拆。因此，在选用轴承结构类型时应要求装拆方便。可分离型的角接触球轴承、圆柱滚子轴承、圆锥滚子轴承、推力轴承和内圈为锥孔、带紧定套或退卸套的调心滚子轴承、调心球轴承等均具有装拆方便性能。

表 24.2-1~2 分别列出一些常见轴承的特性和使用性能比较，可供选择轴承时参考。

表 24.2-1 常见滚动轴承特性比较

类型	名称	特 性		类型	名称	特 性	
		一般特性	其他			一般特性	其他
深沟球轴承	深沟球轴承	1. 额定动载荷比 <sup>①</sup> 为1 2. 能承受一定的双向轴向载荷 3. 轴向位移限制在轴向游隙范围内 4. 极限转速 <sup>②</sup> 高		调心球轴承	圆柱孔调心球轴承	1. 额定动载荷比为0.6~0.9 2. 能承受少量双向轴向载荷，不宜承受纯轴向载荷 3. 轴向位移限制在轴向游隙范围内 4. 极限转速高	调心性好
	外圈有止动槽的深沟球轴承		轴向紧固简单，支承结构的轴向尺寸小		圆锥孔调心球轴承		调心性好，安装时可微量调整径向及轴向游隙
	一面带防尘盖的深沟球轴承		防尘性好		装在紧定套上的调心球轴承		
	两面带防尘盖的深沟球轴承		防尘性好 润滑简单				
	一面带密封圈的深沟球轴承		密封性好				
	两面带密封圈的深沟球轴承		密封性好 润滑方便				
	带顶丝的外球面深沟球轴承		自动调心 内圈较宽便于装拆				
			圆柱滚子轴承	外圈无挡边圆柱滚子轴承	1. 额定动载荷比为1.5~3 2. 不能承受轴向载荷 3. 不能限制轴向位移 4. 极限转速高	可分别安装内、外圈，刚性好	
			内圈无挡边圆柱滚子轴承				

续表 24.2-1

类型	名称	特 性		类型	名称	特 性	
		一般特性	其他			一般特性	其他
圆柱滚子轴承	外圈单挡边圆柱滚子轴承	1. 额定动载荷比为 1.5~3 2. 能承受少量单向轴向载荷	可分别安装内、外圈, 刚性好	调心滚子轴承	调心滚子轴承	1. 额定动载荷比为 1.8~4 2. 能承受少量双向轴向载荷	可微量调整径向、轴向游隙
	内圈单挡边圆柱滚子轴承	3. 能限制一个方向的轴向位移 4. 极限转速高			圆锥孔 (1:12) 调心滚子轴承	3. 轴向位移限制在轴向游隙范围内 4. 极限转速低 5. 调心性好	
	内圈单挡边带斜挡圈圆柱滚子轴承	1. 额定动载荷比为 1.5~3 2. 能承受少量双向轴向载荷 3. 轴向位移限制在轴向游隙范围内 4. 极限转速高	圆锥孔 (1:30) 调心滚子轴承		装在紧定套上的调心滚子轴承	可微量调整径向、轴向游隙 适用于无轴肩的轴	
	内圈单挡边带平挡圈圆柱滚子轴承						
	外圈无挡边并带双锁圈圆柱滚子轴承	1. 额定动载荷比为 1.6~3.5 2. 无轴向承载能力 3. 不能限制轴向位移 4. 极限转速低 5. 刚性好	无保持架, 滚子数多, 承载能力大	滚针轴承	有保持架滚针轴承	1. 不能承受轴向载荷 2. 不能限制轴向位移 3. 极限转速低 4. 径向尺寸小	
	无外圈圆柱滚子轴承	1. 额定动载荷比为 1.5~3 2. 不能承受轴向载荷 3. 不能限制轴向位移 4. 极限转速高 5. 刚性好	径向尺寸小		无内圈有保持架滚针轴承		
	无内圈圆柱滚子轴承				双列有保持架滚针轴承		
	圆柱孔双列圆柱滚子轴承	1. 额定动载荷比为 2.6~5.2 2. 不能承受轴向载荷 3. 不能限制轴向位移 4. 极限转速高 5. 刚性好	可微量调整径向游隙		双列无内圈有保持架滚针轴承		
	圆锥孔 (1:12) 双列圆柱滚子轴承	6. 承载能力大			只有冲压外圈有保持架滚针轴承 (封口的)		
	内圈无挡边双列圆柱滚子轴承				只有冲压外圈有保持架滚针轴承		
					只有冲压外圈的滚针轴承		
				只有冲压外圈的滚针轴承 (封口的)			

超星浏览器提醒您：  
使用本库制品  
请尊重相关权利  
续表 24.2-1

类型	名称	特 性		类型	名称	特 性	
		一般特性	其他			一般特性	其他
角接触球轴承	分离型 (磁电机) 角接触球轴承	1. 额定动载荷比为 0.5~0.8 2. 能承受一定的单向轴向载荷 3. 能限制一个方向的轴向位移 4. 极限转速高 5. 成对使用	可分别安装在内、外圈		圆锥滚子轴承	1. 额定动载荷比为 1.1~2.5 2. 能承受较大的单向轴向载荷, 轴向载荷能力随接触角 $\alpha$ 的增大而增大 3. 能承受以径向载荷为主的联合载荷 4. 能限制一个方向的轴向位移 5. 极限转速中	可调整径、轴向游隙
	角接触球轴承	1. 额定动载荷比为 1~1.4 2. 能承受单向轴向载荷, 轴向载荷能力随接触角 $\alpha$ 的增大而增大 3. 能限制一个方向的轴向位移 4. 极限转速高 5. 成对使用			凸缘外圈圆锥滚子轴承		
	锁口在内圈上的角接触球轴承	1. 额定动载荷比为 1.4~1.8 2. 能承受双向轴向载荷 3. 轴向位移限制在轴向游隙范围内 4. 极限转速高	高速性好	圆锥滚子轴承	双列圆锥滚子轴承	1. 额定动载荷比为 2.6~4.3 2. 能承受大的双向轴向载荷 3. 轴向位移限制在轴向游隙范围内 4. 极限转速低	改变隔圈厚度, 可调整径、轴向游隙
	双半内圈 (四点接触) 球轴承	1. 额定动载荷比为 1.4~1.8 2. 能承受双向轴向载荷 3. 轴向位移限制在轴向游隙范围内 4. 极限转速高	结构紧凑, 承载能力大		四列圆锥滚子轴承	1. 额定动载荷比为 4.5~7.4 2. 能承受较大的轴向载荷 3. 轴向位移限制在轴向游隙范围内 4. 极限转速低	
	双半内圈 (三点接触) 球轴承	1. 额定动载荷比为 1.6~2.3 2. 能承受双向轴向载荷, 承受轴向载荷的能力随接触角 $\alpha$ 的增大而增大 3. 通过预紧可限制轴向位移, 增加轴承刚性 4. 极限转速中	抗弯刚性大	推力球轴承	推力球轴承	1. 额定动载荷比为 1 2. 只能承受单向轴向载荷 3. 限制单向轴向位移 4. 极限转速低	
	成对安装角接触球轴承 (背对背)	1. 额定动载荷比为 1.6~2.3 2. 能承受较大的单向轴向载荷, 承受能力随接触角 $\alpha$ 的增大而增大 3. 限制一个方向的轴向位移			双向推力球轴承	1. 额定动载荷比为 1 2. 能承受双向轴向载荷 3. 限制双向轴向位移 4. 极限转速低	
	成对安装角接触球轴承 (面对面)	1. 额定动载荷比为 1.6~2.1 2. 能承受双向轴向载荷 3. 轴向位移限制在轴向游隙范围内 4. 极限转速中			双向推力角接触球轴承	1. 能承受双向轴向载荷 2. 限制轴向位移在轴向游隙范围内	

超星浏览器提醒您：  
使用本复制品  
请尊重相关知识产权！

续表 24.2-1

类型	名称	特 性		类型	名称	特 性	
		一般特性	其他			一般特性	其他
推力滚子轴承	推力圆柱滚子轴承	1. 额定动载荷比为 1.7~1.9 2. 能承受较大的单向轴向载荷 3. 限制单向轴向位移 4. 极限转速低		推力滚子轴承	推力调心滚子轴承	1. 额定动载荷比为 1.7~2.2 2. 能承受较大的单向轴向载荷 3. 限制单向轴向位移 4. 可承受以轴向载荷为主的径、轴向联合载荷 5. 极限转速中	
	推力圆锥滚子轴承	1. 额定动载荷比为 2.0~2.1 2. 能承受较大的单向轴向载荷 3. 限制单向轴向位移 4. 极限转速低					

- ① 指各种轴承额定动载荷值与相同外形尺寸的深沟球轴承额定动载荷值之比。对于推力轴承，则与单向推力球轴承相比较。
- ② 指各种轴承极限转速与深沟球轴承极限转速之比：高一相当于 100%~90%；中一相当于 90%~60%；低一相当于 60% 以下。

表 24.2-2 常见轴承使用性能比较

轴承类型	轴承代号	适 用 性												
		径向载荷	轴向载荷	可分离	调心性	提高公差等级	高速性	平稳运转	圆锥孔	单、双面密封	高刚性	低摩擦	固定支承	游动支承
深沟球轴承	61700, 63700, 61800, 61900, 16000, 6000, 6200, 6300, 6400	好	一般	不适合	有限	一般	一般	很好	不适合	很好	一般	很好	好	一般
双列深沟球轴承	4200, 4300	好	一般	不适合	不适合	有限	一般	一般	不适合	一般	一般	一般	好	一般
有装球缺口的有保持架深沟球轴承	200, 300	好	一般 <sup>①</sup>	有限	不适合	有限	有限	有限	不适合	不适合	一般	一般	一般	有限
角接触球轴承	71900, 7000, 7200, 7300, 7400	好	好 <sup>①</sup>	不适合	有限	一般	好	好	不适合	不适合	好	好	很好	一般
分离型角接触球轴承	S70000	好	一般 <sup>①</sup>	有限	不适合	一般	一般	好	不适合	不适合	一般	好	一般	不适合
四点接触球轴承	QJ200, QJ300	有限	好	不适合	不适合	有限	一般	有限	不适合	不适合	一般	一般	好	不适合

续表 24.2-2

轴承类型	轴承代号	适 用 性													
		径向 载荷	轴向 载荷	可分离	调心性	提高公 差等级	高速性	平稳 运转	圆锥孔	单、双 面密封	高刚性	低摩擦	固定 支承	游动 支承	
调心球 轴承	1200, 2200, 1300, 2300	好	有限	不适合	很好	不适合	好	有限	很好	很好	有限	好	一般	一般	
圆柱滚子 轴承	NU 1000, NU 200, NU 2200, NU 300, NU 2300, NU 400	很好	有限	很好	有限	好	很好	一般	一般	不适合	好	好	不适合	很好	
	N 1000, N 200, N 2200, N 300, N 2300, N 400	很好	有限	很好	有限	好	很好	一般	一般	不适合	好	好	不适合	很好	
	NJ 200, NJ 2200, NJ 300, NJ 2300 NJ 400	很好	一般	很好	有限	一般	好	有限	不适合	不适合	好	好	一般	一般	
	NUP 200, NUP 2200, NUP 300, NUP 2300	很好	一般	很好	有限	一般	好	有限	不适合	不适合	好	好	好	有限	
	NNU 4900 NN 3000	很好	不适合	很好	不适合	很好	很好	一般	很好	不适合	很好	好	不适合	很好	
	NF 200, NF 300, NF 2300	很好	一般	不适合	不适合	不适合	不适合	不适合	不适合	不适合	一般	很好	不适合	一般	一般
圆锥滚 子轴承	30200, 30300, 31300, 32000, 32200, 32300, 32900, 33000, 33100, 33200	很好	很好 <sup>①</sup>	很好	有限	好	一般	有限	不适合	不适合	很好	一般	很好	有限	
双列圆 锥滚子轴 承	350000, 370000	很好	很好	很好	有限	好	一般	有限	有限	不适合	很好	一般	很好	有限	
四列圆 锥滚子轴 承	380000	很好	很好	很好	有限	一般	一般	有限	有限	不适合	很好	一般	很好	不适合	
调心滚 子轴承	21300 C, 22200 C, 22300 C, 23000 C, 23100 C, 23200 C, 24000 C, 24100 C	很好	好	不适合	很好	不适合	一般	有限	很好	一般	好	一般	好	一般	

超星浏览器提醒您：  
使用本复制品  
请尊重相关知识产权！



续表 24.2-2

轴承类型	轴承代号	适用性												
		径向 载荷	轴向 载荷	可分离	调心性	提高公 差等级	高速性	平稳 运转	圆锥孔	单、双 面密封	高刚性	低摩擦	固定 支承	游动 支承
单列调 心滚子轴 承	20200、20300、 20400	很好	一般	不适合	很好	不适合	一般	有限	很好	不适合	好	一般	好	一般
推力球 轴承	51100、51200、 51300、51400	不 适 合	好 <sup>①</sup>	很好	一般	好	一般	有限	不 适 合	不 适 合	一般	一般	一般	不 适 合
双向推 力球轴承	52200、52300、 52400	不 适 合	好	很好	一般	不适合	有限	不 适 合	不 适 合	不 适 合	一般	有限	一般	不 适 合
推力角 接触球轴 承	560000	有限	好 <sup>①</sup>	不适合	有限	很好	好	有限	不 适 合	不 适 合	好	一般	很好	不 适 合
双向推 力角接触 球轴承	234400、234700、 234900	不 适 合	好	不适合	很好	很好	很好	有限	不 适 合	不 适 合	很好	一般	很好	不 适 合
推力圆 柱滚子轴 承	81100、81200	不 适 合	很 好 <sup>①</sup>	很好	不适合	一般	有限	不 适 合	不 适 合	不 适 合	好	不适合	好	不 适 合
双向推 力圆柱滚 子轴承	82200、82300	不 适 合	很好	很好	不适合	不适合	不适合	不 适 合	不 适 合	不 适 合	好	不适合	好	不 适 合
双列或 多列推力 圆柱滚子 轴承	89300、87400、 89400	不 适 合	很 好 <sup>①</sup>	很好	不适合	一般	不适合	不 适 合	不 适 合	不 适 合	好	不适合	好	不 适 合
推力调 心滚子轴 承	29200、29300、 29400	有限	很 好 <sup>①</sup>	很好	很好	不适合	有限	不 适 合	不 适 合	不 适 合	好	有限	好	不 适 合

① 适用于一个方向的轴向载荷。

### 3 滚动轴承的尺寸选择

#### 3.1 基本概念

##### (1) 寿命

一套轴承，其中一个套圈（或垫圈）或滚动体的材料出现第一个疲劳扩展迹象之前，一个套圈（或垫圈）相对另一个套圈（或垫圈）的转数。

##### (2) 可靠性

轴承寿命的可靠性用可靠度指标衡量，它指

一组在同一条件下运转的，近于相同的滚动轴承所期望达到或超过规定寿命的百分率。单个滚动轴承的可靠度为该轴承达到或超过规定寿命的概率。

##### (3) 基本额定寿命

对于一套滚动轴承或一组在同一条件下运转的，近于相同的滚动轴承，其寿命是指与 90% 的可靠度、常用的材料和加工质量以及常规的运转条件相关的寿命，称之为基本额定寿命。

##### (4) 基本额定动载荷

表征轴承在旋转（转速  $n > 10 \text{ r/min}$ ）时的

承载能力。

1) 径向基本额定动载荷 系指一套滚动轴承的基本额定寿命为一百万转时假想能承受的恒定径向载荷。对于单列角接触轴承,该载荷指引起轴承套圈相互间产生纯径向位移的载荷的径向分量。

2) 轴向基本额定动载荷 系指一套滚动轴承的基本额定寿命为一百万转时假想能承受的恒定中心轴向载荷。

#### (5) 当量动载荷

系指一大小和方向恒定的载荷。在这一载荷作用下,轴承寿命与在实际载荷作用下的寿命相等。

1) 径向当量动载荷 系指一恒定的径向载荷。

2) 轴向当量动载荷 系指一恒定的中心轴向载荷。

#### (6) 额定静载荷

表征轴承在静止或缓慢旋转(转速  $n \leq 10 \text{ r/min}$ )时的承载能力。

1) 径向额定静载荷 系指滚动轴承在静止或缓慢旋转状态下,其最大载荷滚动体与滚道接触中心处引起与下列接触应力相当的假想径向静载荷。

4 600 MPa	调心球轴承
4 200 MPa	所有其他的向心球轴承
4 000 MPa	所有的向心滚子轴承

对于单列角接触球轴承,其径向额定静载荷是指使轴承套圈间仅产生相对纯径向位移的载荷的径向分量。

2) 轴向额定静载荷 系指滚动轴承在静止或缓慢旋转状态下,其最大载荷滚动体与滚道接触中心处引起与下列接触应力相当的假想中心轴向静载荷。

4 200 MPa	推力球轴承
4 000 MPa	所有的推力滚子轴承

#### (7) 当量静载荷

1) 径向当量静载荷 系指在最大载荷滚动体与滚道接触中心处,引起与实际载荷条件下相同接触应力的径向静载荷。

2) 轴向当量静载荷 系指在最大载荷滚动体与滚道接触中心处,引起与实际载荷条件下相同接触应力的中心轴向静载荷。

## 3.2 根据额定动载荷选择轴承尺寸

### 3.2.1 滚动轴承寿命计算

#### (1) 寿命计算公式

根据 GB/T 6391—1995,滚动轴承的基本额定寿命  $L_{10}$  可由下式计算

$$L_{10} = \left( \frac{C}{P} \right)^{\epsilon} \quad (24.2-1)$$

式中  $L_{10}$ ——基本额定寿命 ( $10^6$  转);

$C$ ——基本额定动载荷 (N);

$P$ ——当量动载荷 (N);

$\epsilon$ ——寿命指数 (球轴承  $\epsilon = 3$ , 滚子轴承  $\epsilon = 10/3$ )。

若轴承的转速恒定,其基本额定寿命可用运转小时数表示为

$$L_{10h} = \frac{10^6}{60n} \left( \frac{C}{P} \right)^{\epsilon} \text{ 或 } L_{10h} = \frac{10^6}{60n} L_{10} \quad (24.2-2)$$

式中  $L_{10h}$ ——基本额定寿命 (h);

$n$ ——轴承转速 (r/min)。

对于车辆轮毂用轴承,基本额定寿命可用其行驶千米数表示:

$$L_{10k} = \pi D \left( \frac{C}{P} \right)^{\epsilon} \text{ 或 } L_{10k} = \pi D L_{10} \quad (24.2-3)$$

式中  $L_{10k}$ ——基本额定寿命 (km);

$D$ ——车轮直径 (mm)。

若轴承作摆动运动,绕摆动中心摆动幅角为  $\pm \gamma$ , 则

$$L_{10osc} = \frac{180}{2\gamma} L_{10} \quad (24.2-4)$$

式中  $L_{10osc}$ ——基本额定寿命 ( $10^6$  次摆动周期);

$\gamma$ ——摆幅 ( $^{\circ}$ )。

当摆幅很小时,不计算基本额定寿命。

为了简化计算,取 500 h 作为额定寿命的基准,引入速度系数  $f_n$  和寿命系数  $f_h$ :

$$\text{当 } f_n = \left( \frac{33 \cdot 1/3}{n} \right)^{1/\epsilon}$$

$$f_h = \left( \frac{L_{10h}}{500} \right)^{1/4}$$

则轴承寿命公式可转换为

$$C = \frac{f_h}{f_n} P \quad (24.2-5)$$

根据轴承的工作转速  $n$  和预期的使用寿命  $L_{10h}$ ,由表 24.2-3 和表 24.2-4 查出  $f_h$ 、 $f_n$  的数值后,即可很方便地确定出待选用轴承所应具有的基本额定动载荷值。



表 24.2-4 速度系数

$n/$ (r/min)	$f_n$		$n/$ (r/min)	$f_n$		$n/$ (r/min)	$f_n$		$n/$ (r/min)	$f_n$	
	球轴承	滚子轴承		球轴承	滚子轴承		球轴承	滚子轴承		球轴承	滚子轴承
10	1.494	1.435	60	0.822	0.838	250	0.511	0.546	900	0.333	0.372
11	1.447	1.395	62	0.813	0.830	260	0.504	0.540	920	0.331	0.370
12	1.406	1.359	64	0.805	0.822	270	0.498	0.534	940	0.329	0.367
13	1.369	1.326	66	0.797	0.815	280	0.492	0.528	960	0.326	0.366
14	1.335	1.297	68	0.788	0.807	290	0.486	0.523	980	0.324	0.363
15	1.305	1.271	70	0.781	0.800	300	0.481	0.517	1 000	0.322	0.360
16	1.277	1.246	72	0.774	0.794	310	0.476	0.512	1 050	0.317	0.355
17	1.252	1.224	74	0.767	0.787	320	0.471	0.507	1 100	0.312	0.350
18	1.228	1.203	76	0.760	0.781	320	0.466	0.503	1 150	0.307	0.346
19	1.206	1.184	78	0.753	0.775	340	0.461	0.498	1 200	0.303	0.341
20	1.186	1.166	80	0.747	0.769	350	0.457	0.494	1 250	0.299	0.337
21	1.166	1.149	82	0.741	0.763	360	0.452	0.490	1 300	0.295	0.333
22	1.149	1.133	84	0.735	0.758	370	0.448	0.486	1 350	0.291	0.329
23	1.132	1.118	86	0.729	0.753	380	0.444	0.482	1 400	0.288	0.326
24	1.116	1.104	88	0.724	0.747	390	0.441	0.478	1 450	0.284	0.322
25	1.110	1.090	90	0.718	0.742	400	0.437	0.475	1 500	0.281	0.319
26	1.086	1.077	92	0.713	0.737	410	0.433	0.471	1 550	0.278	0.316
27	1.073	1.065	94	0.708	0.733	420	0.430	0.467	1 600	0.275	0.313
28	1.060	1.054	96	0.703	0.728	430	0.426	0.464	1 650	0.272	0.310
29	1.048	1.043	98	0.698	0.724	440	0.423	0.461	1 700	0.270	0.307
30	1.036	1.032	100	0.693	0.719	450	0.420	0.458	1 750	0.267	0.305
31	1.024	1.022	105	0.682	0.709	460	0.417	0.455	1 800	0.265	0.302
32	1.014	1.012	110	0.672	0.699	470	0.414	0.452	1 850	0.262	0.300
33	1.003	1.003	115	0.662	0.690	480	0.411	0.449	1 900	0.260	0.297
34	0.993	0.994	120	0.652	0.681	490	0.408	0.447	1 950	0.258	0.295
35	0.984	0.985	125	0.644	0.673	500	0.405	0.444	2 000	0.255	0.293
36	0.975	0.977	130	0.635	0.665	520	0.400	0.439	2 100	0.251	0.289
37	0.966	0.969	135	0.627	0.657	540	0.395	0.434	2 200	0.247	0.285
38	0.957	0.961	140	0.620	0.650	560	0.390	0.429	2 300	0.244	0.281
39	0.949	0.954	145	0.613	0.643	580	0.386	0.424	2 400	0.240	0.277
40	0.941	0.947	150	0.606	0.637	600	0.382	0.420	2 500	0.237	0.274
41	0.933	0.940	155	0.599	0.631	620	0.377	0.416	2 600	0.234	0.271
42	0.926	0.933	160	0.593	0.625	640	0.373	0.412	2 700	0.231	0.268
43	0.919	0.927	165	0.587	0.619	660	0.370	0.408	2 800	0.228	0.265
44	0.912	0.920	170	0.581	0.613	680	0.366	0.405	2 900	0.226	0.262
45	0.905	0.914	175	0.575	0.608	700	0.363	0.401	3 000	0.223	0.259
46	0.898	0.908	180	0.570	0.603	720	0.359	0.398	3 100	0.221	0.257
47	0.892	0.902	185	0.565	0.598	740	0.356	0.395	3 200	0.218	0.254
48	0.886	0.896	190	0.560	0.593	760	0.353	0.391	3 300	0.216	0.252
49	0.880	0.891	195	0.555	0.589	780	0.350	0.388	3 400	0.214	0.250
50	0.874	0.885	200	0.550	0.584	800	0.347	0.385	3 500	0.212	0.248
52	0.862	0.875	210	0.541	0.576	820	0.344	0.383	3 600	0.210	0.246
54	0.851	0.865	220	0.533	0.568	840	0.341	0.380	3 700	0.208	0.243
56	0.841	0.856	230	0.525	0.560	860	0.338	0.377	3 800	0.206	0.242
58	0.831	0.847	240	0.518	0.553	880	0.336	0.375	3 900	0.205	0.240

续表 24.2-4

$n/$ (r/min)	$f_a$		$n/$ (r/min)	$f_b$		$n/$ (r/min)	$f_a$		$n/$ (r/min)	$f_c$	
	球轴承	滚子轴承		球轴承	滚子轴承		球轴承	滚子轴承		球轴承	滚子轴承
4 000	0.203	0.238	7 000	0.168	0.201	12 500	0.139	0.169	25 000	0.110	0.137
4 100	0.201	0.236	7 200	0.167	0.199	13 000	0.137	0.167	26 000	0.109	0.136
4 200	0.199	0.234	7 400	0.165	0.198	13 500	0.135	0.165	27 000	0.107	0.134
4 300	0.198	0.233	7 600	0.164	0.196	14 000	0.134	0.163	28 000	0.106	0.133
4 400	0.196	0.231	7 800	0.162	0.195	14 500	0.132	0.162	29 000	0.105	0.131
4 500	0.195	0.230	8 000	0.161	0.193	15 000	0.131	0.160	30 000	0.104	0.130
4 600	0.193	0.228	8 200	0.160	0.192	15 500	0.129	0.158			
4 700	0.192	0.227	8 400	0.158	0.190	16 000	0.128	0.157			
4 800	0.191	0.225	8 600	0.157	0.189	16 500	0.126	0.155			
4 900	0.190	0.224	8 800	0.156	0.188	17 000	0.125	0.154			
5 000	0.188	0.222	9 000	0.155	0.187	17 500	0.124	0.153			
5 200	0.186	0.220	9 200	0.154	0.185	18 000	0.123	0.151			
5 400	0.183	0.217	9 400	0.153	0.184	18 500	0.122	0.150			
5 600	0.181	0.215	9 600	0.152	0.183	19 000	0.121	0.149			
5 800	0.179	0.213	9 800	0.150	0.182	19 500	0.120	0.148			
6 000	0.177	0.211	10 000	0.140	0.181	20 000	0.119	0.147			
6 200	0.175	0.209	10 500	0.147	0.178	21 000	0.117	0.146			
6 400	0.173	0.207	11 000	0.145	0.176	22 000	0.115	0.143			
6 600	0.172	0.205	11 500	0.143	0.173	23 000	0.113	0.141			
6 800	0.170	0.203	12 000	0.141	0.171	24 000	0.112	0.139			

## (2) 轴承的使用寿命

寿命。通常，可参照机械的大修期限予以决定。

在选择轴承时，一般应根据机械的类型，工作条件及可靠性要求，预先确定一个恰当的使用

各种机械所需的轴承使用寿命的推荐值见表 24.2-5。

表 24.2-5 轴承使用寿命的推荐值

使用条件	使用寿命/h
不经常使用的仪器和设备	300 ~ 3 000
短期或间断使用的机械，中断使用不致引起严重后果，如手动机械、农业机械、装配吊车、自动送料装置	3 000 ~ 8 000
间断使用的机械，中断使用将引起严重后果，如发电站辅助设备、流水作业的传动装置、带式运输机、车间起重机	8 000 ~ 12 000
每天 8 小时工作的机械，但经常不是满负荷使用，如电机、一般齿轮装置、压碎机、起重机和一般机械	10 000 ~ 25 000
每天 8 小时工作，满负荷使用，如机床、木材加工机械、工程机械、印刷机械、分离机、离心机	20 000 ~ 30 000
24 小时连续工作的机械，如压缩机、泵、电机、轧机齿轮装置、纺织机械	40 000 ~ 50 000
24 小时连续工作的机械，中断使用将引起严重后果，如纤维机械、造纸机械、电站主要设备、给排水设备、矿用泵、矿用通风机	≈ 100 000

(3) 修正的额定寿命 (GB/T 6391—1995)

可靠性为 (100 - n)% 时非常规材料特性和运转条件下的修正额定寿命为

$$L_{na} = a_1 a_2 a_3 L_{10} \quad (24.2-6)$$

式中  $a_1$  ——对可靠性的寿命修正因数, 见表 24.2-6;

$a_2$  ——对材料的寿命修正因数, 一般由轴承生产厂根据试验结果及经验给出, 对常规材料 (高质量淬硬钢),  $a_2 = 1$ , 其他材料可查表 24.2-7;

$a_3$  ——对运转条件的寿命修正因数, 在工作温度下, 当转速特别低 ( $n \times D_{pw} < 10\,000 \text{ mm} \cdot \text{r}/\text{min}$ ) 时, 或润滑剂的黏度对于球轴承小于  $13 \text{ mm}^2/\text{s}$ , 对于滚子轴承小于  $20 \text{ mm}^2/\text{s}$  时, 应考虑  $a_3 < 1$ 。一般运转条件下,  $a_3 = 1$ 。只有当润滑条件特别优越时, 可以考虑取  $a_3 > 1$ 。

表 24.2-6 对可靠性的寿命修正因数  $a_1$

可靠性/%	$L_{na}$	$a_1$	可靠性/%	$L_{na}$	$a_1$
90	$L_{10a}$	1	97	$L_{3a}$	0.44
95	$L_{5a}$	0.62	98	$L_{2a}$	0.33
96	$L_{4a}$	0.53	99	$L_{1a}$	0.21

表 24.2-7 材料因数  $a_2$

所用材料	$a_2$	所用材料	$a_2$	所用材料	$a_2$
普通冶炼轴承钢	1	真空脱气轴承钢	3	真空重熔轴承钢	5

### 3.2.2 基本额定动载荷的确定

轴承的基本额定动载荷值由 GB/T 6391—1995 所规定的滚动轴承额定动载荷的计算方法计算得到。常用轴承的基本额定动载荷值可由轴承产品样本或第 4 章的轴承性能参数表查得。需要时可按下述方法计算。

(1) 单排滚动轴承基本额定动载荷

计算公式见表 24.2-8。系数  $f_c$  之值列于表 24.2-9, 表中数值适用于下列范围:

1) 对于深沟和角接触球轴承, 内圈沟曲率半径不大于  $0.52D_w$ , 外圈沟曲率半径不大于  $0.53D_w$ ; 对于调心球轴承, 内圈沟曲率半径不大于  $0.53D_w$ ; 对于推力球轴承, 沟曲率半径不大于  $0.54D_w$ 。

沟曲率半径小于上述值, 轴承的载荷能力不一定提高; 但是, 沟曲率半径大于上述值, 载荷能力要减小。

表 24.2-8 滚动轴承基本额定动载荷的计算公式

轴承类型		名称	计算公式	
			$D_w \leq 25.4 \text{ mm}$	$D_w > 25.4 \text{ mm}$
向心轴承	球轴承	径向基本额定动载荷	$C_r = b_m f_c (i \cos \alpha)^{0.7} Z^{2/3} D_w^{1.8}$	$C_r = 3.647 b_m f_c (i \cos \alpha)^{0.7} Z^{2/3} D_w^{1.4}$
	滚子轴承		$C_r = b_m f_c (i L_{wc} \cos \alpha)^{7/9} Z^{3/4} D_{wc}^{29/27}$	
推力轴承	球轴承	轴向基本额定动载荷	$C_a = b_m f_c Z^{2/3} D_w^{1.8}$	$C_a = 3.647 b_m f_c Z^{2/3} D_w^{1.4}$
			$C_a = b_m f_c (\cos \alpha)^{0.7} \tan \alpha Z^{2/3} D_w^{1.8}$	$C_a = 3.647 b_m f_c (\cos \alpha)^{0.7} \tan \alpha Z^{2/3} D_w^{1.4}$
	滚子轴承		$C_a = b_m f_c L_{wc}^{7/9} Z^{3/4} D_{wc}^{29/27}$	
			$C_a = b_m f_c (L_{wc} \cos \alpha)^{7/9} \tan \alpha Z^{3/4} D_{wc}^{29/27}$	

注: 表中符号含义:  $C_r$ —径向基本额定动载荷 (N);  $C_a$ —轴向基本额定动载荷 (N);  $D_{pw}$ —球或滚子组节圆直径 (mm);  $D_w$ —球直径 (mm);  $D_{wc}$ —用于计算额定动载荷的滚子直径, 即滚子中部的直径 (mm);  $L_{wc}$ —用于计算额定动载荷的滚子长度 (mm);  $Z$ —单列轴承中滚动体数量;  $\alpha$ —轴承的公称接触角 ( $^\circ$ );  $i$ —轴承中滚动体的列数;  $f_c$ —与轴承零件的几何形状、不同零件的制造精度和材料有关的系数;  $b_m$ —当代常用材料和加工质量的额定系数。向心球轴承的  $b_m$  值: 径向接触和角接触深沟球轴承以及调心球轴承 (有装填槽和外球面轴承除外) 为 1.3, 有装填槽的轴承为 1.1, 外球面轴承为 1; 推力球轴承:  $b_m = 1.3$ ; 向心滚子轴承的  $b_m$  值: 圆柱滚子轴承、圆锥滚子轴承和机制套圈的滚针轴承为 1.1, 冲压外圈滚针轴承为 1, 调心滚子轴承为 1.15; 推力滚子轴承的  $b_m$  值: 圆柱滚子轴承和滚针轴承为 1, 圆锥滚子轴承为 1.1, 调心滚子轴承为 1.15。

表 24.2-9 滚动轴承的系数  $f_c$  值

$\frac{D_w \cos \alpha}{D_{pw}}$	向 心 球 轴 承			
	单列径向接触深沟球轴承和单、双列角接触深沟球轴承	双列径向接触深沟球轴承	单、双列调心球轴承	可分离单列径向接触球轴承 (磁电机轴承)
0.01	29.1	27.5	9.9	9.4
0.02	35.8	33.9	12.4	11.7
0.03	40.3	38.2	14.3	13.4
0.04	43.8	41.5	15.9	14.9
0.05	46.7	44.2	17.3	16.2
0.06	49.1	46.5	18.6	17.4
0.07	51.1	48.4	19.9	18.5
0.08	52.8	50.0	21.1	19.5
0.09	54.3	51.4	22.3	20.6
0.10	55.5	52.6	23.4	21.5
0.11	56.6	53.6	24.5	22.5
0.12	57.5	54.5	25.6	23.4
0.13	58.2	55.2	26.6	24.4
0.14	58.8	55.7	27.7	25.3
0.15	59.3	56.1	28.7	26.2
0.16	59.6	56.5	29.7	27.1
0.17	59.8	56.7	30.7	27.9
0.18	59.9	56.8	31.7	28.8
0.19	60	56.8	32.6	29.7
0.20	59.9	56.8	33.5	30.5
0.21	59.8	56.6	34.4	31.3
0.22	59.6	56.5	35.2	32.1
0.23	59.3	56.2	36.1	32.9
0.24	59.0	55.9	36.8	33.7
0.25	58.6	55.5	37.5	34.5
0.26	58.2	55.1	38.2	35.2
0.27	57.7	54.6	38.8	35.9
0.28	57.1	54.1	39.4	36.6
0.29	56.6	53.6	36.9	37.2
0.30	56.0	53.0	40.3	37.8
0.31	55.3	52.4	40.6	38.4
0.32	54.6	51.8	40.9	38.9
0.33	53.9	51.1	41.1	39.4
0.34	53.2	50.4	41.2	39.8
0.35	52.4	49.7	41.3	40.1
0.36	51.7	48.9	41.3	40.4
0.37	50.9	48.2	41.2	40.7
0.38	50.0	47.4	41.0	40.8
0.39	49.2	46.6	40.7	40.9
0.40	48.4	45.8	40.4	40.9

续表 24.2-9

推 力 球 轴 承						
$D_w/D_{pw}$	$f_c$		$D_w \cos \alpha / D_{pw}$	$f_c$		
	$\alpha = 90^\circ$			$\alpha = 45^\circ$	$\alpha = 60^\circ$	$\alpha = 75^\circ$
0.01	36.7	0.01	42.1	39.2	37.3	
0.02	45.2	0.02	51.7	48.1	45.9	
0.03	51.1	0.03	58.2	54.2	51.7	
0.04	55.7	0.04	63.3	58.9	56.1	
0.05	59.5	0.05	67.3	62.6	59.7	
0.06	62.9	0.06	70.7	65.8	62.7	
0.07	65.8	0.07	73.5	68.4	65.2	
0.08	68.5	0.08	75.9	70.7	67.3	
0.09	71.0	0.09	78.0	72.6	69.2	
0.10	73.3	0.10	79.7	74.2	70.7	
0.11	75.4	0.11	81.1	75.5		
0.12	77.4	0.12	82.3	76.6		
0.13	79.3	0.13	83.3	77.5		
0.14	81.1	0.14	84.1	78.3		
0.15	82.7	0.15	84.7	78.8		
0.16	84.4	0.16	85.1	79.2		
0.17	85.9	0.17	85.4	79.5		
0.18	87.4	0.18	85.5	79.6		
0.19	88.8	0.19	85.5	79.6		
0.20	90.2	0.20	85.4	79.5		
0.21	91.5	0.21	85.2			
0.22	92.8	0.22	84.9			
0.23	94.1	0.23	84.5			
0.24	95.3	0.24	84.0			
0.25	96.4	0.25	83.4			
0.26	97.6	0.26	82.8			
0.27	98.7	0.27	82			
0.28	99.8	0.28	81.3			
0.29	100.8	0.29	80.4			
0.30	101.9	0.30	79.6			
0.31	102.9					
0.32	103.9					
0.33	104.8					
0.34	105.8					
0.35	106.7					

向 心 滚 子 轴 承										
$D_{we} \cos \alpha / D_{pw}$	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09	0.10
$f_c$	52.1	60.8	66.5	70.7	74.1	76.9	79.2	81.2	82.8	84.2
$D_{we} \cos \alpha / D_{pw}$	0.12	0.14	0.16	0.18	0.20	0.22	0.24	0.26	0.28	0.30
$f_c$	86.4	87.7	88.5	88.8	88.7	88.2	87.5	86.4	85.2	83.8



超星阅读器提醒  
使用本复制品  
请尊重相关知识产权!

续表 24.2-9

推力滚子轴承

$D_{wi}/D_{pw}$	$f_c$		$f_c$		
	$\alpha = 90^\circ$	$D_{wi}\cos\alpha/D_{pw}$	$\alpha = 50^\circ$	$\alpha = 65^\circ$	$\alpha = 80^\circ$
0.01	105.4	0.01	109.7	107.1	105.6
0.02	122.9	0.02	127.8	124.7	123.0
0.03	134.5	0.03	139.5	136.2	134.3
0.04	143.4	0.04	148.3	144.7	142.8
0.05	150.7	0.05	155.2	151.5	149.4
0.06	156.9	0.06	160.9	157.0	154.9
0.07	162.4	0.07	165.6	161.6	159.4
0.08	167.2	0.08	169.5	165.5	163.2
0.09	171.7	0.09	172.8	168.7	166.4
0.10	175.7	0.10	175.5	171.4	169.0
0.11	179.5	0.11	177.8	173.6	171.2
0.12	183.0	0.12	179.7	175.4	173.0
0.13	186.3	0.13	181.1	176.8	174.4
0.14	189.4	0.14	182.3	177.9	175.5
0.15	192.3	0.15	183.1	178.8	176.3
0.16	195.1	0.16	183.7	179.3	
0.17	197.7	0.17	184	179.6	
0.18	200.3	0.18	184.1	179.7	
0.19	202.7	0.19	184	179.6	
0.20	205.0	0.20	183.7	179.3	
0.21	207.2	0.21	183.2		
0.22	209.4	0.22	182.6		
0.23	211.5	0.23	181.8		
0.24	213.5	0.24	180.9		
0.25	215.4	0.25	179.8		
0.26	217.3	0.26	178.7		
0.27	219.1				
0.28	220.9				
0.29	222.7				
0.30	224.3				

注：1. 对于  $D_w/D_{pw}$ 、 $D_w\cos\alpha/D_{pw}$ 、 $D_{wi}/D_{pw}$ 、 $D_{wi}\cos\alpha/D_{pw}$  的中间值，其  $f_c$  值可由线性内插法求得。

2.  $D_{pw}$ —球或滚子组的节圆直径。

① 对于推力球轴承， $\alpha > 45^\circ$ ， $\alpha = 45^\circ$  的值供  $\alpha$  在  $45^\circ$  和  $60^\circ$  之间的内插计算使用。

② 对于推力滚子轴承， $\alpha = 50^\circ$  适用于  $45^\circ < \alpha < 60^\circ$ ； $\alpha = 65^\circ$  适用于  $60^\circ \leq \alpha < 75^\circ$ ； $\alpha = 80^\circ$  适用于  $75^\circ \leq \alpha < 90^\circ$ 。

2) 对于滚子轴承， $f_c$  值为最大值，仅适用于在载荷作用下沿最大载荷滚子与滚道接触处材料应力大致为均匀分布的轴承。

如果在载荷作用下，滚子与滚道接触处的一部分出现明显的应力集中，则应使用小于表 24.2-9 所列的  $f_c$  值。这样的应力集中，例如在公称点接触的中心、线接触的端部、滚子无精确引导以及滚子长度大于其直径 2.5 倍的轴承上是

可以预料到的。

(2) 双列或多列轴承的基本额定动载荷

1) 两套相同的单列深沟球轴承、角接触球轴承或滚子轴承安装在同一轴上，“背对背”或“面对面”配置作为一个整体（成对安装）运转，这对轴承的径向基本额定动载荷按一套双列轴承计算。

2) 两套或两套以上相同的单列角接触球轴承、向心滚子轴承或单向推力滚子轴承安装在同

一轴上,以“串联”配置作为一个整体(成对或组合安装)运转,制造和安装精确,能保证载荷均匀分布,这一轴承组的径向或轴向基本额定动载荷,对球轴承为轴承数的0.7次幂乘一套轴承的额定动载荷,对滚子轴承为轴承数的7/9次幂乘一套轴承的额定动载荷。

如果因为某些技术上的原因,可以将轴承配置视为许多单列(或单向)轴承,它们是可更换的、相互无关的,则以上规定不适用。

3) 对推力球轴承,当双列或多列轴承球径相同且承受同一方向的载荷时,轴向基本额定动载荷为

$$C_a = (Z_1 + Z_2 + \dots + Z_n) \times [(Z_1/C_{a1})^{10/3} + (Z_2/C_{a2})^{10/3} + \dots + (Z_n/C_{an})^{10/3}]^{-3/10} \quad (24.2-7)$$

式中  $Z_1, Z_2, \dots, Z_n$  ——各列轴承的球数;

$C_{a1}, C_{a2}, C_{an}$  ——各单列轴承的轴向基本额定动载荷(N)。

4) 对推力滚子轴承,双列或多列轴承承受同一方向载荷时,其轴向基本额定动载荷为

$$C_a = (Z_1 L_{we1} + Z_2 L_{we2} + \dots + Z_n L_{wen}) \times [(Z_1 L_{we1}/C_{a1})^{9/2} + (Z_2 L_{we2}/C_{a2})^{9/2} + \dots + (Z_n L_{wen}/C_{an})^{9/2}]^{-2/9} \quad (24.2-8)$$

式中  $L_{we1}, L_{we2}, \dots, L_{wen}$  ——各列轴承用于额定载荷计算中的滚子长度(mm)。

### 3.2.3 影响轴承动载荷能力的主要因素

#### (1) 材质的影响

轴承钢因冶炼方法不同,材料中夹杂物的大小、分布与含量亦不同。这种材质的差别会对轴承的承载能力产生有利或不利的影 响。轴承尺寸与性能表中所列轴承基本额定动载荷均是以真空脱气轴承钢为基本材料。如果采用普通电炉轴承钢,轴承的载荷能力将会有不同程度的下降。反之,如果采用诸如真空重熔,电渣重熔等方法冶炼的轴承钢或其他等效材质的钢材,轴承的载荷能力将会得到不同程度的提高。

#### (2) 温度的影响

一般轴承所能承受的工作温度可达120℃。对于超过此限定温度的工作条件,应采用经过特殊(稳定)热处理或特殊(耐热)材料制造的轴承。

轴承若经常在120℃以上的温度中使用,或者在很短时间的极高温下使用时,都会使轴承的组织发生变化,导致轴承载荷能力的降低。其影响关系可用下式表示:

$$C_T = g_T C \quad (24.2-9)$$

式中  $C_T$  ——经过温度修正的基本额定动载荷(N);

$g_T$  ——温度因数,可参考表24.2-10选取

表 24.2-10 温度因数

工作温度/℃	120	125	150	175	200	225	250	300
$g_T$	1.00	0.95	0.90	0.85	0.80	0.75	0.70	0.60

#### (3) 硬度的影响

轴承零件的表面硬度一般为61~65HRC,但在某些应用场合,其实际硬度低于规定范围。例如,经过高温回火处理的高温轴承,直接利用轴颈和轴承箱孔作为滚道的某些滚针轴承等。轴承材料表面硬度的降低,特别是降至58HRC以下时,将会导致轴承载荷能力的相应降低。其影响关系,通常可用下列经验公式表示:

$$C_H = g_H C \quad (24.2-10)$$

$$g_H = (H/58)^{3.6} \quad (24.2-11)$$

式中  $C_H$  ——经过材料硬度修正的基本额定动载荷;

$H$  ——硬度HRC值;

$g_H$  ——硬度因数。

### 3.2.4 当量动载荷的计算

#### (1) 一般计算公式

在恒定的径向载荷  $F_r$  和中心轴向载荷  $F_a$  作用下,当量动载荷为:

1) 向心球和滚子轴承,当接触角  $\alpha \neq 0^\circ$  时,其径向当量动载荷为

$$P_r = X F_r + Y F_a \quad (24.2-12)$$

当  $\alpha = 0^\circ$  时,只承受纯径向载荷,其径向当量动载荷为

$$P_r = F_r \quad (24.2-13)$$

两套相同的单列角接触球或滚子轴承安装在同一轴上,“背对背”或“面对面”配置作为一个整体(成对安装)运转,这对轴承的径向当量动载荷按一套双列角接触轴承计算。

两套或两套以上相同的单列向心球或角接触滚子轴承并列安装在同一轴上,以“串联”配置作为一个整体(成对或组合安装)运转,计算径向当量动载荷时,用单列轴承的  $X$  和  $Y$  系数值。对于球轴承,“相对轴向载荷”用  $i = 1$  和其中一

套轴承的  $F_a$  和  $C_{0r}$  确定 (虽然总载荷  $F_r$  和  $F_a$  是用来计算整个配置的当量载荷的)。

$$P_a = XF_r + YF_a \quad (24.2-14)$$

当  $\alpha = 90^\circ$  时, 只承受纯轴向载荷, 其轴向当量

2) 推力球和滚子轴承, 当  $\alpha \neq 90^\circ$  时, 其轴向当量动载荷为

$$P_a = F_a \quad (24.2-15)$$

系数  $X$  和  $Y$  的值列于表 24.2-11 和表 24.2-12。

表 24.2-11 向心轴承的  $X$  和  $Y$  系数

轴承类型	“相对轴向载荷” <sup>①</sup>		单列轴承				双列轴承				$e$
			$F_a/F_r \leq e$		$F_a/F_r > e$		$F_a/F_r \leq e$		$F_a/F_r > e$		
	$f_0 F_a / C_{0r}$	$F_a / (iZD_w^2)$	$X$	$Y$	$X$	$Y$	$X$	$Y$	$X$	$Y$	
径向接触深沟球轴承	0.172	0.172				2.30				2.30	0.19
	0.345	0.345				1.99				1.99	0.22
	0.689	0.689				1.71				1.71	0.26
	1.03	1.03				1.55				1.55	0.28
	1.38	1.38	1	0	0.56	1.45	1	0	0.56	1.45	0.30
	2.07	2.07				1.31				1.31	0.34
	3.45	3.45				1.15				1.15	0.38
	5.17	5.17				1.04				1.04	0.42
	6.89	6.89				1.00				1.00	0.44
$\alpha = 5^\circ$	0.173	0.172						2.78		3.74	0.23
	0.346	0.345						2.40		3.23	0.26
	0.692	0.689						2.07		2.78	0.30
	1.04	1.03						1.87		2.52	0.34
	1.38	1.38	1	0	此类轴承用单列径向接触深沟球轴承的 $X$ 、 $Y$ 和 $e$ 值		1	0.78	1.75	2.36	0.36
	2.08	2.07						1.58		2.13	0.40
	3.46	3.45						1.39		1.87	0.45
	5.19	5.17						1.26		1.69	0.50
	6.92	6.89						1.21		1.63	0.52
	角接触深沟球轴承	0.175	0.172				1.88		2.18		3.06
0.35		0.345				1.71		1.98		2.78	0.32
0.7		0.689				1.52		1.76		2.47	0.36
1.05		1.03				1.41		1.63		2.29	0.38
1.4		1.38	1	0	0.46	1.34	1	1.55	0.75	2.18	0.40
2.1		2.07				1.23		1.42		2.00	0.44
3.5		3.45				1.10		1.27		1.79	0.49
5.25		5.17				1.01		1.17		1.64	0.54
7		6.89				1.00		1.16		1.63	0.54
$\alpha = 15^\circ$	0.178	0.172				1.47		1.65		2.39	0.38
	0.357	0.345				1.40		1.57		2.28	0.40
	0.714	0.689				1.30		1.46		2.11	0.43
	1.07	1.03				1.23		1.38		2.00	0.46
	1.43	1.38	1	0	0.44	1.19	1	1.34	0.72	1.93	0.47
	2.14	2.07				1.12		1.26		1.82	0.50
	3.57	3.45				1.02		1.14		1.66	0.55
	5.35	5.17				1.00		1.12		1.63	0.56
7.14	6.89				1.00		1.12		1.63	0.56	

续表 24.2-11

轴承类型		“相对轴向载荷” <sup>①</sup>		单列轴承				双列轴承				e
				$F_a/F_r \leq e$		$F_a/F_r > e$		$F_a/F_r \leq e$		$F_a/F_r > e$		
				X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	
角接触深沟球轴承	$\alpha = 20^\circ$	—	—			0.43	1.00		1.09	0.70	1.63	0.57
	$\alpha = 25^\circ$	—	—			0.41	0.87		0.92	0.67	1.41	0.68
	$\alpha = 30^\circ$	—	—			0.39	0.76		0.78	0.63	1.24	0.80
	$\alpha = 35^\circ$	—	—	1	0	0.37	0.66	1	0.66	0.60	1.07	0.95
	$\alpha = 40^\circ$	—	—			0.35	0.57		0.55	0.57	0.93	1.14
	$\alpha = 45^\circ$	—	—			0.33	0.50		0.47	0.54	0.81	1.34
调心球轴承				1	0	0.40	$0.40 \times \cot \alpha$	1	$0.42 \times \cot \alpha$	0.65	$0.65 \times \cot \alpha$	$1.5 \times \tan \alpha$
可分离单列径向接触球轴承 (磁电机轴承)				1	0	0.50	2.5	—	—	—	—	0.2
向心滚子轴承 $\alpha \neq 0^\circ$				1	0	0.4	$0.4 \times \cot \alpha$	1	$0.45 \times \cot \alpha$	0.67	$0.67 \times \cot \alpha$	$1.5 \times \tan \alpha$

① 对于径向接触深沟球轴承，“相对轴向载荷”容许的最大值决定于轴承设计（游隙和沟道深度）。对角接触深沟球轴承，“相对轴向载荷”和接触角的中间值，其 X、Y 和 e 值可由线性内插法求得。

表 24.2-12 推力轴承的 X、Y 系数

轴承类型		单向轴承 <sup>①</sup>		双向轴承				e
		$F_a/F_r > e$		$F_a/F_r \leq e$		$F_a/F_r > e$		
		X	Y	X	Y	X	Y	
推力球轴承	$\alpha = 45^\circ$ <sup>②</sup>	0.66		1.18	0.59	0.66		1.25
	$\alpha = 50^\circ$	0.73		1.37	0.57	0.73		1.49
	$\alpha = 55^\circ$	0.81		1.60	0.56	0.81		1.79
	$\alpha = 60^\circ$	0.92		1.90	0.55	0.92		2.17
	$\alpha = 65^\circ$	1.06	1	2.30	0.54	1.06	1	2.68
	$\alpha = 70^\circ$	1.28		2.90	0.53	1.28		3.43
	$\alpha = 75^\circ$	1.66		3.89	0.52	1.66		4.67
	$\alpha = 80^\circ$	2.43		5.86	0.52	2.43		7.09
	$\alpha = 85^\circ$	4.80		11.75	0.51	4.80		14.29
推力球轴承	$\alpha \neq 90^\circ$	$1.25 \tan \alpha \times (1 - \frac{2}{3} \sin \alpha)$	1	$\frac{20}{13} \tan \alpha \times (1 - \frac{1}{3} \times \sin \alpha)$	$\frac{10}{13} (1 - \frac{1}{3} \sin \alpha)$	$1.25 \tan \alpha \times (1 - \frac{2}{3} \sin \alpha)$	1	$1.25 \tan \alpha$
推力滚子轴承	$\alpha \neq 90^\circ$	$\tan \alpha$	1	$1.5 \tan \alpha$	0.67	$\tan \alpha$	1	$1.5 \tan \alpha$

① 对于单向轴承， $F_a/F_r \leq e$  不适用。

② 对于推力球轴承， $\alpha > 45^\circ$ ， $\alpha = 45^\circ$  的值供  $\alpha$  在  $45^\circ$  和  $50^\circ$  之间时的内插计算使用。

(2) 考虑力矩载荷的当量动载荷

当轴承承受恒定力矩载荷时，当量动载荷可按下列式计算：

$$P_m = f_m P \quad (24.2-16)$$

式中  $P_m$  —— 考虑力矩载荷的当量动载荷 (N)；

$f_m$  —— 力矩载荷因数，见表 24.2-13。

表 24.2-13 力矩载荷因数

载荷大小	$f_m$
力矩载荷较小时	1.5
力矩载荷较大时	2

(3) 考虑冲击载荷的当量动载荷

当轴承承受冲击载荷时，当量动载荷可按下列式计算：

$$P_d = f_d P \quad (24.2-17)$$

式中  $P_d$  ——考虑冲击载荷的当量动载荷 (N);  
 $f_d$  ——冲击载荷因数, 见表 24.2-14。

表 24.2-14 冲击载荷因数

载荷性质	$f_d$	举例
无冲击或轻微冲击	1.0~1.2	电机、汽轮机、通风机、水泵
中等冲击	1.2~1.8	车辆、机床、起重机、冶金设备、内燃机
强大冲击	1.8~3.0	破碎机、轧钢机、石油钻机、振动筛

(4) 变载荷情况下的平均当量动载荷  $P_m$

当轴承的载荷和 (或) 转速随时间周期性变化时, 应将其当量动载荷取其平均值, 计算公式为:

$$P_m = \left[ \int_0^N \frac{(XF_r + YF_d)^6 dN}{N} \right]^{\frac{1}{6}} \quad (24.2-18)$$

式中  $N$  ——一个周期的转数;

$L$  ——周期;

$\epsilon$  ——寿命指数, 球轴承  $\epsilon = 3$ , 滚子轴承  $\epsilon = 10/3$

对下列几种常见动载荷, 可用相应的简化公式:

1) 轴承依次在当量动载荷  $P_1, P_2, P_3, \dots$  作用下运转, 其相应转速为  $n_1, n_2, n_3, \dots$ , 在每种工况下运转的时间为  $t_1, t_2, t_3, \dots$ ; 如图 24.2-1a 所示, 则有

$$P_m = \left( \frac{P_1^6 n_1 t_1 + P_2^6 n_2 t_2 + P_3^6 n_3 t_3 + \dots}{N} \right)^{\frac{1}{6}} \quad (24.2-19)$$

式中  $N = n_1 t_1 + n_2 t_2 + n_3 t_3 + \dots$

2) 轴承转速不变, 当量动载荷在  $P_{min}$  和  $P_{max}$  之间线性变化, 如图 24.2-1b 所示, 则有

$$P_m = 1/3 \times (P_{min} + 2P_{max}) \quad (24.2-20)$$

3) 轴承载荷由大小、方向都不变化的固定载荷  $F_1$  (如转子质量) 和大小不变的旋转载荷  $F_2$  (如不平衡量引起的离心力) 组成, 如图 24.2-1c, 则有:

$$P_m = \phi_m (F_1 + F_2) \quad (24.2-21)$$

式中  $\phi_m$  根据比值  $\frac{F_1}{F_1 + F_2}$  由图 24.2-2 查出。

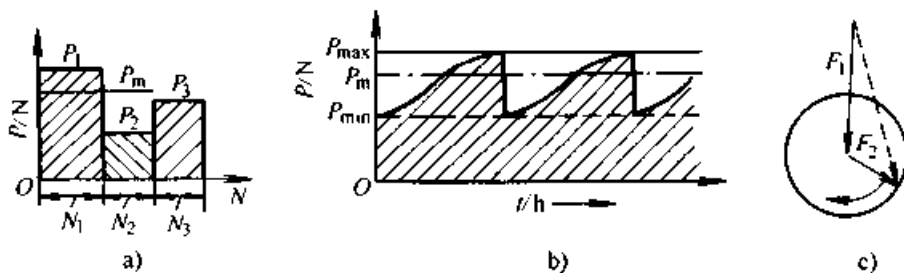


图 24.2-1 各种动载荷随时间的变化规律

a) 轴承依次在  $P_1, P_2, P_3, \dots$  作用下运转 b) 当量动载荷在  $P_{min}$  和  $P_{max}$  之间线性变化  
 c) 轴承受固定载荷和旋转载荷同时作用

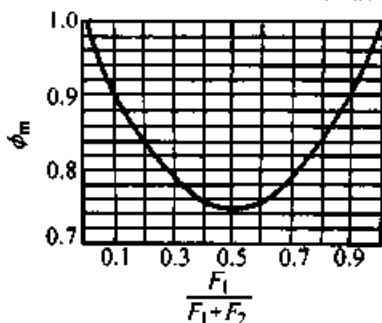


图 24.2-2  $\frac{F_1}{F_1 + F_2}$  与  $\phi_m$  的关系

### 3.2.5 向心角接触轴承的载荷计算

1) 载荷作用中心 角接触轴承在计算支承反力时, 首先要确定载荷作用中心  $O$  点的位置 (图 24.2-3), 其位置参数  $a$  的数值可见本篇第 4 章轴承性能参数表。

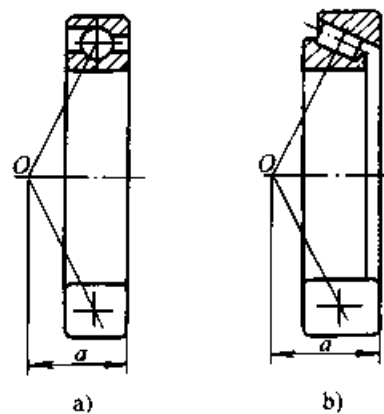


图 24.2-3 角接触轴承的载荷作用中心  
 a) 角接触球轴承 b) 圆锥滚子轴承

2) 附加轴向力 角接触轴承在承受纯径向载荷时, 将产生附加轴向力  $S$ , 计算公式为

角接触球轴承 
$$S = eF_r \quad (24.2-22)$$

式中  $e$  的数值可由表 24.2-11 查出:

圆锥滚子轴承 
$$S = F_r/2Y \quad (24.2-23)$$

式中  $Y$  应取表 24.2-11 中  $F_a/F_r > e$  的数值。

3) 成对安装的角接触轴承轴向载荷 成对安装的角接触轴承, 在计算轴向载荷时要同时考虑由径向力引起的附加轴向载荷  $S$  和作用于轴上的工作载荷  $F_A$ 。在不同的安装情况下, 轴承 1、2 的轴向载荷  $F_{a1}$  和  $F_{a2}$  的计算公式见表 24.2-15:

表 24.2-15 成对安装的角接触轴承轴向载荷计算公式

安装简图	载荷条件	轴承 1 轴向力 $F_{a1}$	轴承 2 轴向力 $F_{a2}$		
	$S_1 \leq S_2$ $F_A \geq 0$	$F_{a1} = S_2 + F_A$	$F_{a2} = S_2$		
	$S_1 > S_2$ $F_A \geq S_1 - S_2$			$F_{a1} = S_1$	$F_{a2} = S_1 - F_A$
	$S_1 \geq S_2$ $F_A \geq 0$	$F_{a1} = S_1$	$F_{a2} = S_1 + F_A$		
	$S_1 < S_2$ $F_A \geq S_2 - S_1$			$F_{a1} = S_2 - F_A$	$F_{a2} = S_2$
	$S_1 < S_2$ $F_A < S_2 - S_1$				

3.2.6 静不定支承结构的载荷计算

图 24.2-4 所示为一端成对安装两个同一型号的角接触轴承, 另一端安装一个只能承受径向载荷的向心轴承, 若轴的变形忽略不计, 可参照图 24.2-5 采用试算迭代的方法求出每个轴承承受的载荷, 计算步骤如下:

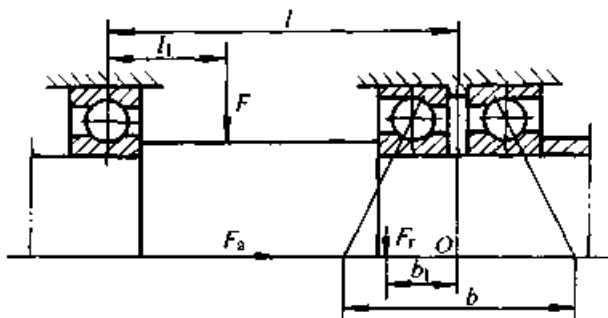


图 24.2-4 静不定支承结构

1) 假定合成径向载荷  $F_r$  作用在中点  $O$  处, 可算出

$$F_r^{(1)} = \frac{F l_1}{l} \quad (24.2-24)$$

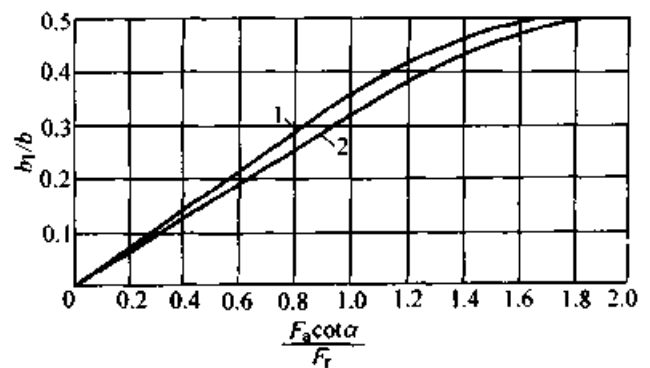


图 24.2-5  $\frac{F_a \cot \alpha}{F_r}$  与  $\frac{b_1}{b}$  之对应值

1—角接触球轴承 2—圆锥滚子轴承

2) 由  $\frac{F_a \cot \alpha}{F_r^{(1)}}$  值查图 24.2-5, 找出相应的  $\frac{b_1}{b}$

值。其中, 对角接触球轴承

$$\cot \alpha = \frac{1.25}{e}$$

对圆锥滚子轴承

$$\cot \alpha = 2.5Y$$

式中  $e$ 、 $Y$  值可由表 24.2-11 查出。

3) 根据  $b_1$  值, 可由下式计算  $F_r^{(2)}$

$$F_r^{(2)} = \frac{Fl_1}{l - b_1} \quad (24.2-25)$$

这样, 经过几次迭代,  $F_r^{(n)}$  与  $F_r^{(n-1)}$  比较接近或  $b_1$  值在两次迭代中比较接近时, 即可得到  $F_r$  的值。

成对安装两个同一型号的角接触轴承, 可按双列轴承进行寿命计算, 其额定动载荷和当量动载荷均应取双列轴承的数值。如单列轴承的额定动载荷为  $C_{11}$ , 则双列轴承的额定动载荷为:

角接触球轴承:  $C_r = 1.62C_{11}$

圆锥滚子轴承:  $C_r = 1.71C_{11}$

### 3.3 按额定静载荷选择轴承尺寸

#### 3.3.1 额定静载荷的确定

轴承的额定静载荷值由 GB/T 4662—1993 所规定的方法计算得到。常用轴承的额定静载荷值可由轴承产品样本或第4章的轴承性能参数表查得。需要时可按表 24.2-16 所列公式进行计算。

表 24.2-16 额定静载荷的计算公式

名称	轴承类型	计算公式
径向额定静载荷	向心球轴承	$C_{0r} = f_0 i Z D_w^2 \cos \alpha$
	向心滚子轴承	$C_{0r} = 44 \left( 1 - \frac{D_{wc} \cos \alpha}{D_{pw}} \right) i Z L_{w1} D_{wc} \cos \alpha$
轴向额定静载荷	单向或双向推力球轴承	$C_{0a} = f_0 Z D_w^2 \sin \alpha$
	单向或双向推力滚子轴承	$C_{0a} = 220 \left[ 1 - (D_{wc} \cos \alpha / D_{pw}) \right] Z L_{w2} D_{wc} \sin \alpha$

注: 表中符号含义:  $C_{0r}$ —径向额定静载荷 (N);  $C_{0a}$ —轴向额定静载荷 (N);  $D_{pw}$ —球或滚子组节圆直径 (mm);  $D_w$ —球直径 (mm);  $D_{wc}$ —用于计算额定载荷的滚子直径, 即滚子中部的直径 (mm);  $L_{w1}$ —用于计算额定载荷的滚子长度 (mm);  $Z$ —单列轴承中滚动体数量;  $f_0$ —取决于轴承零件的几何形状和应力水平的系数, 见表 24.2-17;  $\alpha$ —轴承的公称接触角 ( $^\circ$ );  $i$ —轴承中滚动体的列数。

表 24.2-17 球轴承的系数  $f_0$  值

$\frac{D_w \cos \alpha}{D_{pw}}$	系数 $f_0$			$\frac{D_w \cos \alpha}{D_{pw}}$	系数 $f_0$		
	深沟和角接触球轴承	调心球轴承	推力球轴承		深沟和角接触球轴承	调心球轴承	推力球轴承
0	14.7	1.9	61.6	0.12	15.9	2.4	51.9
0.01	14.9	2	60.8	0.13	15.6	2.5	51.2
0.02	15.1	2	59.9	0.14	15.4	2.5	50.4
0.03	15.3	2.1	59.1	0.15	15.2	2.6	49.6
0.04	15.5	2.1	58.3	0.16	14.9	2.6	48.8
0.05	15.7	2.1	57.5	0.17	14.7	2.7	48
0.06	15.9	2.2	56.7	0.18	14.4	2.7	47.3
0.07	16.1	2.2	55.9	0.19	14.2	2.8	46.5
0.08	16.3	2.3	55.1	0.2	14	2.8	45.7
0.09	16.5	2.3	54.3	0.21	13.7	2.8	45
0.1	16.4	2.4	53.5	0.22	13.5	2.9	44.2
0.11	16.1	2.4	52.7	0.23	13.2	2.9	43.5

续表 24.2-17

$\frac{D_w \cos \alpha}{D_{pw}}$	系数 $f_0$			$\frac{D_w \cos \alpha}{D_{pw}}$	系数 $f_0$		
	深沟和角接触球轴承	调心球轴承	推力球轴承		深沟和角接触球轴承	调心球轴承	推力球轴承
0.24	13	3	42.7	0.33	10.9	3.4	36
0.25	12.8	3	41.9	0.34	10.7	3.5	35.3
0.26	12.5	3.1	41.2	0.35	10.5	3.5	34.6
0.27	12.3	3.1	40.5	0.36	10.3	3.6	
0.28	12.1	3.2	39.7	0.37	10	3.6	
0.29	11.8	3.2	39	0.38	9.8	3.7	
0.3	11.6	3.3	38.2	0.39	9.6	3.8	
0.31	11.4	3.3	37.5	0.4	9.4	3.8	
0.32	11.2	3.4	36.8				

注：此表是基于 Hertz 点接触公式，取弹性模数 =  $2.07 \times 10^5$  MPa，泊松比为 0.3。假设向心球轴承中载荷分布的最大球载荷为  $5 \frac{F_r}{Z \cos \alpha}$ ，推力球轴承为  $\frac{F_a}{Z \sin \alpha}$ ，对于  $\frac{D_w \cos \alpha}{D_{pw}}$  的中间值，其  $f_0$  值可用线性插入法求取。

表 24.2-16 中所列公式适用于下列范围：

- 1) 对于深沟和角接触球轴承，内圈沟曲率半径不大于  $0.52D_w$ ，外圈沟曲率半径不大于  $0.53D_w$ 。
- 2) 对于调心球轴承，内圈沟曲率半径不大于  $0.53D_w$ 。
- 3) 对于推力球轴承，沟曲率半径不大于  $0.54D_w$ 。

使用小于上述值的沟曲率半径的轴承，不一定增加其载荷能力，但使用大于上述值的沟曲率半径的轴承，则可能降低其载荷能力，对于后者，应使用适当减小的  $f_0$  值。

对于两套相同的单列深沟球轴承、角接触球轴承或滚子轴承以“背对背”或“面对面”排列安装（成对安装）在同一轴上作为一个支承整体运转情况下，其径向额定静载荷为一套单列轴承额定静载荷的 2 倍。

对于两套或两套以上相同的单列深沟球轴承、角接触球轴承、滚子轴承或单向推力滚子轴承以“串联”排列安装（成对或成串安装）在同一轴上作为一个支承整体运转情况下，如经适当制造和安装使得载荷均布，则其径向或轴向额定静载荷为一套单列或单向轴承额定静载荷乘以轴承数量。

### 3.3.2 当量静载荷的确定

对于向心轴承，径向当量静载荷取下列两式

计算值的较大者：

$$\begin{cases} P_{or} = X_0 F_r + Y_0 F_a \\ P_{or} = F_r \end{cases} \quad (24.2-26)$$

式中  $P_{or}$ ——径向当量静载荷 (N)；

$F_r$ ——轴承径向载荷即轴承实际载荷的径向分量 (N)；

$F_a$ ——轴承轴向载荷即轴承实际载荷的轴向分量 (N)；

$X_0$ ——径向载荷系数，见表 24.2-18；

$Y_0$ ——轴向载荷系数，见表 24.2-18。

表 24.2-18 向心轴承的系数  $X_0$  和  $Y_0$  值

轴承类型	单列轴承		双列轴承	
	$X_0$	$Y_0^{\text{①}}$	$X_0$	$Y_0^{\text{②}}$
深沟球轴承 <sup>①</sup>	0.6	0.5	0.6	0.5
角接触球轴承	15°	0.5	0.46	1
	20°	0.5	0.42	1
	25°	0.5	0.38	1
	$\alpha = 30^\circ$	0.5	0.33	1
	35°	0.5	0.29	1
	40°	0.5	0.26	1
45°	0.7	0.22	1	0.44
调心球轴承	$\alpha \neq 0^\circ$	0.5	$0.22 \cot \alpha$	1
向心滚子轴承	$\alpha \neq 0^\circ$	0.5	$0.22 \cot \alpha$	1

① 许可的  $F_a/C_{0a}$  最大值与轴承设计（内部游隙和沟道深度）有关。

② 对于中间接触角的  $Y_0$  值，用线性插入法求取。



对于推力轴承, 轴向当量静载荷为:

$$\begin{cases} P_{0a} = 2.3 F_r \tan \alpha + F_a & \alpha \neq 90^\circ \\ P_{0a} = F_a & \alpha = 90^\circ \end{cases} \quad (24.2-27)$$

式中  $P_{0a}$ ——轴向当量静载荷 (N)。

对于两套相同的单列深沟球轴承、角接触球轴承、角接触滚子轴承以“背对背”或“面对面”排列安装 (成对安装) 在同一轴上作为一个支承整体运转情况下, 计算其径向当量静载荷时应取双列轴承的  $X_0$  和  $Y_0$  值, 以  $F_r$  和  $F_a$  为作用在该支承上的总载荷。

对于两套或两套以上相同的单列深沟球轴承、角接触球轴承、角接触滚子轴承以“串联”排列安装 (成对安装或成串安装) 在同一轴上作为一个支承整体运转情况下, 计算其径向当量静载荷时应取单列轴承的  $X_0$  和  $Y_0$  值, 以  $F_r$  和  $F_a$  为作用在该支承上的总载荷。

对于两套或两套以上的推力滚子轴承以“串联”排列安装 (成对安装或成串安装) 在同一轴上作为一个支承整体运转情况下, 计算其轴向当量静载荷时, 以  $F_r$  和  $F_a$  为作用在该支承上的总载荷。

### 3.3.3 额定静载荷的计算

在下列工况下, 为保证轴承良好地工作, 应对轴承进行额定静载荷计算:

- 1) 轴承静止或缓慢转动 (转速小于 10 r/min), 且承受连续或间断 (冲击) 载荷;
- 2) 轴承在载荷作用下缓慢摆动;
- 3) 轴承在正常载荷作用下作转速大于 10 r/min 的旋转运动, 且承受间断的、较大冲击载荷。

额定静载荷的计算公式为

$$C_0 \geq S_0 \cdot P_0 \quad (24.2-28)$$

式中  $C_0$ ——额定静载荷 (N);

$P_0$ ——当量静载荷 (N);

$S_0$ ——安全因数。

静止轴承、缓慢摆动或转速极低的轴承, 其安全因数可参考表 24.2-19 选取。

对载荷变化较大, 尤其冲击载荷较大的旋转轴承, 除按额定动载荷进行疲劳寿命计算之外, 还必须进行额定静载荷计算。

若轴承转速较低, 对运转精度和摩擦力矩要求不高时, 可取  $S_0 < 1$ 。旋转轴承的安全因数可按表 24.2-20 选取。

表 24.2-19 静止轴承的安全因数

轴承使用场合	$S_0$
飞机变距螺旋桨叶片	$\geq 0.5$
水坝闸门装置	$\geq 1$
吊桥	$\geq 1.5$
附加动载荷较小的大型起重机吊钩	$\geq 1$
附加动载荷很大的小型装卸起重机起重吊钩	$\geq 1.6$

表 24.2-20 旋转轴承的安全因数

使用要求 载荷性质	$S_0$	
	球轴承	滚子轴承
旋转精度及平稳性要求高, 或受冲击载荷	1.5~2	2.5~4
正常使用	0.5~2	1~3.5
旋转精度及平稳性要求较低, 没有受冲击	0.5~2	1~3

对推力调心滚子轴承, 无论旋转与否, 均取  $S_0 \geq 4$ 。

另外, 轴承座的刚度较低时, 应取较大的安全因数; 反之, 刚度较高时, 可取较小的安全因数。

### 3.4 滚动轴承磨损寿命的计算

轴承磨损的主要原因有: 密封不佳、润滑不当或润滑油老化以及滚动面锈蚀等。随着磨损量的增加, 轴承的游隙增大, 运转精度降低, 噪声增大, 根据磨损极限而定出的轴承寿命, 称为轴承的磨损寿命, 通常根据磨损因数对磨损寿命进行估算。

1) 磨损率  $e_0$  由式 (24.2-29) 或图 24.2-6 求得

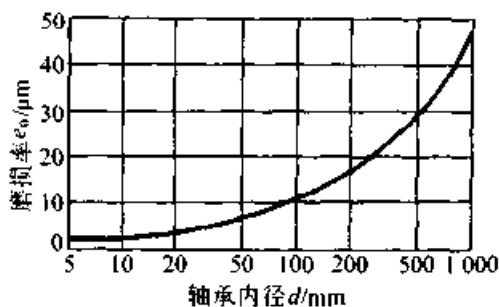


图 24.2-6 轴承磨损率  $e_0$

$$e_0 = 0.46 d^{0.67} \quad (24.2-29)$$

式中  $d$  ——轴承内径 (mm);  
 $e_0$  ——与轴承内径尺寸有关的磨损率 ( $\mu\text{m}$ )。

$$f_v = V/e_0 \quad (24.2-30)$$

式中  $V$  ——径向游隙增加量 ( $\mu\text{m}$ )。

2) 许用磨损因数  $f_v$  由式 (24.2-30) 求得

3) 按照轴承使用部位, 从表 24.2-21 中选择相应的磨损因数区域;

表 24.2-21 磨损因数区域和许用磨损系数  $f_v$

轴承使用部位		磨损系数的区域	许用磨损因数 $f_v$	轴承使用部位		磨损因数的区域	许用磨损系数 $f_v$
汽车	齿轮	$g \sim k$	5~8	运输装备	矿井带传动	$c \sim d$	5~10
	传动轴	$h \sim k$	3~6		皮带运输托辊	$g \sim k$	10~20
	水泵	$k$	5~7		带轮	$e \sim f$	10~15
	离合器	$k$	5~7		挖掘机传动轴	$c \sim e$	5~10
	轮毂	$h \sim i$	4~6		风机	小型风机	$f \sim h$
电动机	电动机	$i \sim k$	3~5	中型风机		$d \sim f$	3~5
	标准电动机	$c \sim d$	3~5	大型风机		$c \sim d$	3~5
	大电动机	$b \sim d$	3~5	泵	离心泵	$d \sim f$	3~5
	主传动电动机	$c \sim d$	3~5		压缩机	$d \sim f$	3~5
机床	车床主轴	$a \sim b$	0.5~1.5	冶金机械	破碎机	$f \sim g$	8~10
	铣床主轴	$a \sim b$	0.5~1.5		轧辊	$e \sim f$	6~10
	钻床主轴	$b \sim c$	1~2		振动筛	$e \sim f$	4~6
	磨床主轴	$c \sim d$	0.5~1		管轧机	$f \sim g$	12~18
	精研机主轴	$c \sim d$	0.5	造纸机械	湿的部位	$b \sim c$	7~10
	压力机飞轮	$d \sim f$	3~8		干的部位	$a \sim b$	10~15
	压力机曲轴	$d \sim e$	3~5		精制机械	$b \sim c$	5~8
	齿轮	电动工具	$g \sim h$	3~8	压光机	$a \sim b$	4~8
		气动工具	$g \sim h$	3~8	木工机械	铣刨机	$e \sim f$
	一般齿轮	$d \sim e$	3~8	锯床		$e \sim g$	3~4
大尺寸齿轮		$c \sim d$	6~10	加工塑料机械		$e \sim f$	3~5
铁路车辆	客车	$c \sim d$	8~12	纺织机械	$a \sim e$	2~8	
	货车	$c \sim d$	8~12	离心浇铸机	$e \sim f$	8~12	
	机车	$d \sim e$	6~10	印刷机械	$a \sim b$	3~4	

4) 从图 24.2-7 中, 取许用磨损因数  $f_v$  为常数的水平线与相应区域边线的交点, 即为轴承磨损寿命的最大值和最小值。

若选定了轴承许用磨损因数  $f_v$ , 由式 (24.2-29) 或图 24.2-6 得到磨损率  $e_0$ , 则可由式 (24.2-30) 推算出轴承到磨损失效时的径向游隙增加量。

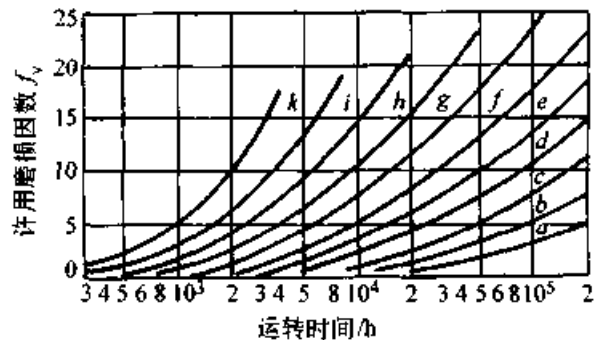


图 24.2-7 许用磨损因数  $f_v$  和轴承磨损寿命

### 3.5 滚动轴承最小轴向载荷和最小径向载荷的计算

(1) 推力轴承和推力角接触轴承的最小轴向载荷

推力和推力角接触轴承旋转时，特别是高速旋转时，作用于滚动体上的陀螺力矩，将影响轴承的正常运转，使钢球和滚道之间产生滑动导致

发热。在推力和推力向心滚子轴承中该力矩趋使两套圈相互分离。

为防止该力矩在轴承上所造成的一个轴向载荷，必须确定一个最小值称为最小轴向载荷  $F_{amin}$ 。各类推力和推力向心轴承的  $F_{amin}$  计算公式列于表 24.2-22。

在许多情况下，推力轴承的实际载荷都超过  $F_{amin}$  的计算值。反之，滚轴承必须预紧。

表 24.2-22  $F_{amin}$  的计算式

轴承类型		$F_{amin}/N$
推力球轴承		$F_{amin} \geq A \left( \frac{n}{1000} \right)^2$
推力角接触球轴承	$\alpha = 45^\circ$	$F_{amin} > 1.9F_r + A \left( \frac{n}{1000} \right)^2$
	$\alpha = 60^\circ$	$F_{amin} > 3.3F_r + A \left( \frac{n}{1000} \right)^2$
推力圆柱滚子、推力圆锥滚子轴承		$F_{amin} > A \left( \frac{n}{1000} \right)^2$
推力滚针轴承		$F_{amin} \geq 0.0005C_0$
推力调心滚子轴承		$F_{amin} > 0.0005C_0 + A \left( \frac{n}{1000} \right)^2$ ( $1.8F_r < 0.0005C_0$ 时) $F_{amin} > 1.8F_r + A \left( \frac{n}{1000} \right)^2$ ( $1.8F_r \geq 0.0005C_0$ 时)

注：表中  $\alpha$ —接触角； $A$ —最小载荷常数，列于轴承性能表中； $n$ —轴承转速 (r/min)； $C_0$ —额定静载荷。

(2) 向心轴承必需的最小径向载荷或轴向载荷

1) 深沟球轴承、调心球轴承、角接触球轴承

$$F_{rmin} = K_r \left( \frac{vn}{1000} \right)^{2/3} \left( \frac{D_m}{100} \right)^2 \quad (24.2-31)$$

式中  $F_{rmin}$ —所需最小径向载荷 (N)；

$K_r$ —最小径向载荷因数，可由表 24.2-23 中查出；

$v$ —轴承工作温度下润滑油运动黏度 ( $\text{mm}^2/\text{s}$ )；

$n$ —轴承转速 (r/min)；

$D_m$ —轴承平均直径 (mm)。

表 24.2-23 深沟球轴承、调心球轴承、角接触球轴承最小径向载荷因数  $K_r$

轴承类型	最小径向载荷因数 $K_r$
深沟球轴承	618 系列，取 $K_r = 15$
	619、160 系列，取 $K_r = 20$
	60、62 系列，取 $K_r = 25$
	63 系列，取 $K_r = 30$
	64 系列，取 $K_r = 35$
双列深沟球轴承	42 系列，取 $K_r = 50$
	43 系列，取 $K_r = 60$
成对配置的深沟球轴承	按上述 $K_r$ 值加倍计算

续表 24.2-23

轴承类型	最小径向载荷因数 $K_r$
有装球缺口的有保持架深沟球轴承	200 系列, 取 $K_r = 40$ 300 系列, 取 $K_r = 50$
调心球轴承	12E, 13E, 22 系列, 取 $K_r = 30$ 12K, 13K 系列, 取 $K_r = 40$ 22E, 13 系列, 取 $K_r = 45$ 23E, 取 $K_r = 50$
双列角接触球轴承	32 系列, 取 $K_r = 80$ 32A 系列, 取 $K_r = 60$ 32E 系列, 取 $K_r = 90$ 33 系列, 取 $K_r = 95$ 33A 系列, 取 $K_r = 70$ 33E 系列, 取 $K_r = 110$
DB 或 DF 配置的成对双联角接触球轴承	72B 系列, 取 $K_r = 80$ 72BE 系列, 取 $K_r = 95$ 73B 系列, 取 $K_r = 90$ 73BE 系列, 取 $K_r = 100$

超星浏览器提醒您：  
使用本复制品  
请尊重相关知识产权！

2) 向心圆柱滚子轴承

$$F_{rmin} = K_r \left( 6 + \frac{4n}{n_{lim}} \right) \left( \frac{D_m}{100} \right)^2 \quad (24.2-32)$$

式中  $F_{rmin}$ ——所需最小径向载荷 (N);

$K_r$ ——最小径向载荷因数, 可由表 24.2-24 中查出;

$n$ ——轴承转速 (r/min);

表 24.2-24 向心圆柱滚子轴承最小径向载荷因数  $K_r$

轴承类型	$K_r$
向心圆柱滚子轴承	10 系列, 取 $K_r = 100$ 2、3、4 系列, 取 $K_r = 150$ 22 系列, 取 $K_r = 200$ 23 系列, 取 $K_r = 250$
满装滚子向心圆柱滚子轴承	18 系列, 取 $K_r = 100$ 29、48 系列, 取 $K_r = 200$ 49 系列, 取 $K_r = 250$ 22、30 系列, 取 $K_r = 300$ 23 系列, 取 $K_r = 350$ NNF50, 取 $K_r = 400$ 50 系列, 取 $K_r = 500$

$n_{lim}$ ——油润滑时, 轴承极限转速 (r/min);

$D_m$ ——轴承平均直径 (mm)。

3) 滚针轴承、调心滚子轴承、圆锥滚子轴承

$$F_{rmin} = 0.02C \quad (24.2-33)$$

4) 角接触球轴承、DT 配置的角接触球轴承、四点接触球轴承

$$F_{amin} = K_a \left( \frac{C_0}{100} \right) \left( \frac{nD_m}{100\,000} \right)^2 \quad (24.2-34)$$

式中  $F_{amin}$ ——所需最小轴向载荷 (N);

$K_a$ ——最小轴向载荷因数, 可由表 24.2-25 中查出;

$n$ ——轴承转速 (r/min);

$D_m$ ——轴承平均直径。

表 24.2-25 最小轴向载荷因数  $K_a$

轴承类型	$K_a$
单个使用或 DT 配置的角接触球轴承	72BE 系列, 取 $K_a = 1.4$ 72B 系列, 取 $K_a = 1.2$ 73BE 系列, 取 $K_a = 1.6$ 73B 系列, 取 $K_a = 1.4$
四点接触球轴承	QJ2 系列, 取 $K_a = 1.0$ QJ3 系列, 取 $K_a = 1.1$

在轴承实际使用中，如果作用于轴承上的载荷之和小于上述公式估算出的  $F_{lim}$  或  $F_{amin}$ ，则为了防止轻载打滑，必须有另外附加载荷作用于轴承上。附加轴向载荷可以用弹簧进行预紧。附加径向载荷可以通过张紧传动带的方法实现。

### 4 滚动轴承的极限转速计算

滚动轴承的极限转速是指在一定的载荷、润滑条件下轴承允许的最高转速。它与轴承类型、尺寸、载荷的大小与方向、润滑剂的种类与数量、润滑方法、轴承精度、游隙、保持架材料与结构及冷却条件等多种因素有关。轴承性能表中列出的各种型号轴承系在脂润滑和油浴润滑条件下的极限转速  $n_{lm}$ ，适用于当量动载荷  $P \leq 0.1C_r$  ( $C_r$  为基本额定动载荷)、润滑与冷却条件正常、向心轴承仅受径向载荷，推力轴承仅受轴向载荷的 0 级精度轴承。

当轴承的  $P > 0.1C_r$  时，由于接触面上的接触应力增大，致使轴承温度升高，影响润滑性能。因此须将性能表所列极限转速乘以载荷因数  $f_1$ ， $f_1$  可由图 24.2-8 查得。

当轴承在径向和轴向载荷联合作用下工作时，由于承受载荷的滚动体数量增加，摩擦与润滑条件恶化。因此需要根据轴承的类型和轴向载荷的大小将极限转速乘以载荷分布因数  $f_2$ ， $f_2$  可由图 24.2-9 查得。

这样，实际工作条件下轴承允许的最高转速  $n_{max}$  为

$$n_{max} \leq f_1 f_2 n_{lm} \quad (24.2-35)$$

式中  $n_{lm}$  —— 轴承性能表中给出的极限转速 (r/min)；

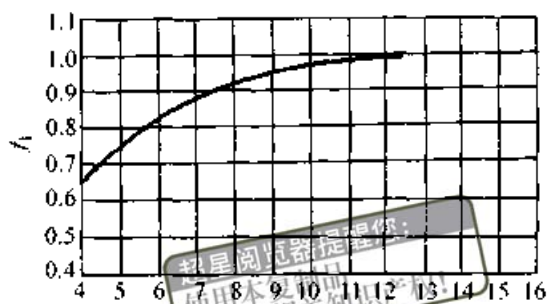


图 24.2-8 载荷因数

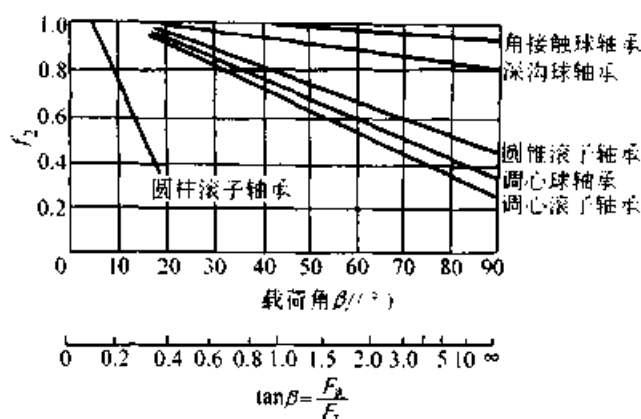


图 24.2-9 载荷分布因数

### 5 设计计算实例

图 24.2-10 示减速器的输入轴用一对圆锥滚子轴承支承。已知锥齿轮的圆周力  $F_T = 2000 \text{ N}$ ，径向力  $F_R = 650 \text{ N}$ ，轴向力  $F_A = 325 \text{ N}$ ，轴颈直径  $d = 40 \text{ mm}$ ，转速  $n = 960 \text{ r/min}$ ，载荷性质为中等冲击，要求轴承的使用寿命大于 20 000 h，可靠性 90%，试选用适当的轴承支承。

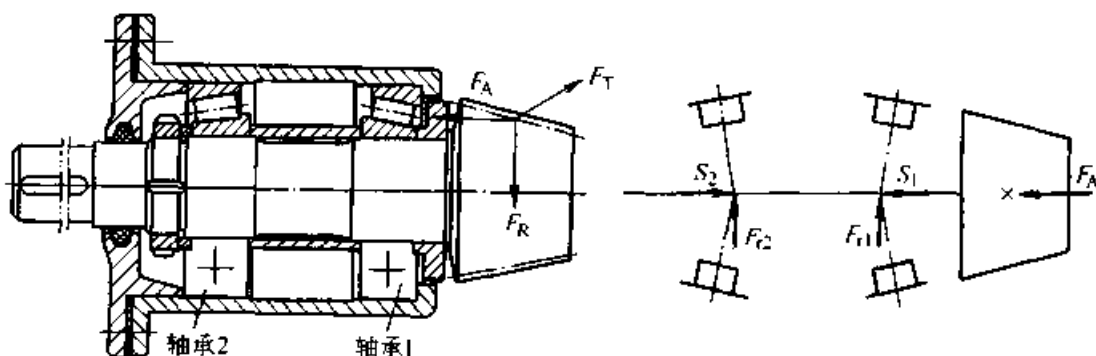


图 24.2-10 算例简图

解:

计算项目	计算依据	计算结果
1. 寿命计算		
(1) 选轴承型号 30208	由轴颈直径及载荷性质	
径向基本额定动载荷 $C_r$	表 24.4-7	63 000 N
径向额定静载荷 $C_{or}$	表 24.4-7	74 000 N
极限转速 $n_{lim}$	表 24.4-7 (脂润滑)	5 000 r/min
判断系数 $e$	表 24.4-7	0.37
系数 $Y$	表 24.4-7	1.6
系数 $Y_0$	表 24.4-7	0.9
(2) 计算附加轴向力		
轴承径向载荷 $F_{r1}$	由力学公式计算	3 500 N
$F_{r2}$	由力学公式计算	1 700 N
附加轴向力 $S_1$	式 (24.2-23)	1 094 N
$S_2$	式 (24.2-23)	531 N
(3) 计算单个轴承的轴向载荷		
轴上轴向载荷 $F_A$	题目已知	325 N
比较 $S_1 + F_A$ 与 $S_2$	$S_1 + F_A \geq S_2$	
$F_{a1}$	表 24.2-15	1 094 N
$F_{a2}$	表 24.2-15	1 419 N
(4) 计算当量动载荷		
$P_{r1}$	表 24.4-7 ( $F_{a1}/F_{r1} \leq 0.37$ )	3 500 N
$P_{r2}$	表 24.4-7 ( $F_{a2}/F_{r2} > 0.37$ )	2 950 N
(5) 考虑冲击载荷的当量动载荷		
冲击载荷因数 $f_d$	表 24.2-14	1.5
$P_{dr1}$	式 (24.2-17)	5 250 N
$P_{dr2}$	式 (24.2-17)	4 425 N
(6) 寿命 $L_{10h}$	式 (24.2-2)	68 680 h > 20 000 h
2. 额定静载荷验算		
(1) 当量静载荷		
$P_{0r1}$	表 24.4-7	3 500 N
$P_{0r2}$	表 24.4-7	2 127 N
(2) 所需额定静载荷		
安全因数 $S_0$	表 24.2-20	2.5
$S_0 P_{0r1}$	式 (24.2-28)	8 750 N < $C_{or}$
3. 极限转速验算		
载荷因数 $f_1$	图 24.2-8	1
载荷分布因数 $f_2$	图 24.2-9	0.9
$f_1 f_2 n_{lim}$	式 (24.2-35)	4 500 r/min > $n$
		所选轴承符合要求

超星阅览器提醒您：  
使用本复制品  
请尊重相关知识产权！

# 第3章 滚动轴承的应用设计

浏览器提醒您：  
使用本复制品  
请尊重相关知识产权！

## 1 轴承组件设计的制约条件

对于轴承组件的设计，可以大致分为选定轴承（设计）、轴和轴承座的设计、润滑组件的设

计及安装保养的设计等四项内容。图 24.3-1 表示了在设计滚动轴承组件时所受到的制约条件及各种制约关系。本章将对这些条件中最为重要的条件以及最为基本的使用方法加以叙述。

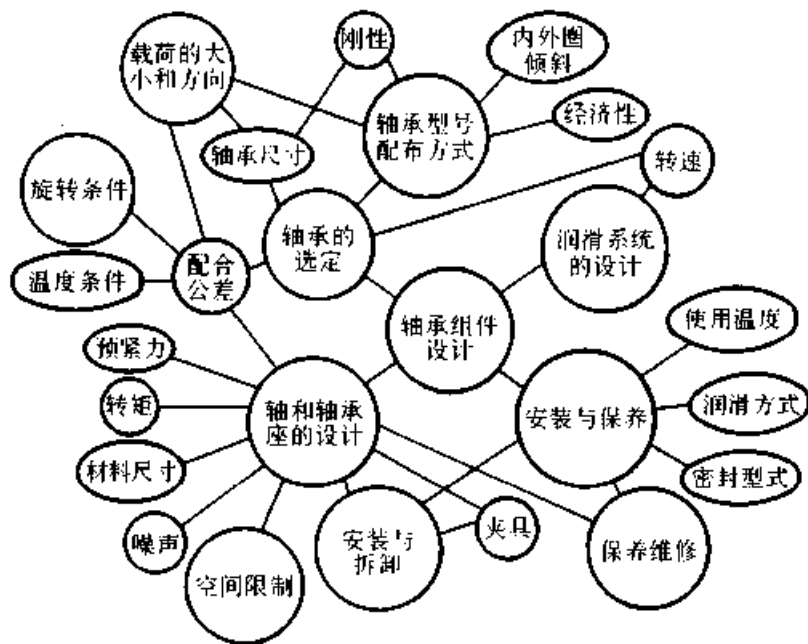


图 24.3-1 轴承组件设计的制约条件

## 2 滚动轴承的支承结构

机器的主轴和传动轴是机器的重要零件。它们的运转状况不仅直接影响机器的工作性能，而且还将影响机器的主要技术指标。合理设计支承结构对保证轴的运转精度、保持轴的正常运转，以及充分发挥轴承性能等将起重要的作用。

### 2.1 选择支承结构形式应考虑的问题

1) 如何限定轴的位置，包括径向和轴向位置是首先要考虑的问题。一般的轴多采用双支承结构，轴的径向位置由两个支承共同限定，每个支承处应有起径向定位作用的向心或角接触轴承。轴向位置可由两个支承各限制一个方向的轴向位移，也可由一个支承限制两个方向的轴向位移。在一般情况下，不同的轴向定位方式可得到不同的运转精度。因此，设计支承结构时应根据

轴的运转精度和工作条件，选择轴向定位的具体方案。

2) 在同时承受径向载荷和轴向载荷的情况下，支承常采用角接触轴承成对安装。角接触轴承成对安装有如图 24.3-2 所示的三种排列方式：两个轴承外圈宽端面相对安装称背对背排列，如图 24.3-2a 所示。两支承力作用点落在支承跨距之外。这种排列方式因支承跨距大、轴悬臂时刚性好，轴受热伸长时内、外圈呈脱开趋势，因而轴不会卡死，故使用比较广泛。但如若采用预紧安装，则在轴受热时预紧量将会减少。两个轴承外圈窄端面相对安装称面对面排列，如图 24.3-2b 所示。两个支承的力作用点落到支承跨距之内。这种排列方式结构简单、装拆、调试均较方便，故使用也较广泛，主要用于短轴和温升不高的场合，但要注意一定要留有备用游隙。轴向游隙也不宜过大，过大时会降低轴的运转精度。当

轴向载荷较大，需多个轴承同时承受时，常采用轴承外圈宽、窄端面相对安装的排列方式，称串联排列，如图 24.3-2c 所示。各轴承力作用点均

落在轴承的同一侧。采用此种排列方式时要注意结构上和制造上保证每个轴承都能尽量承受载荷。

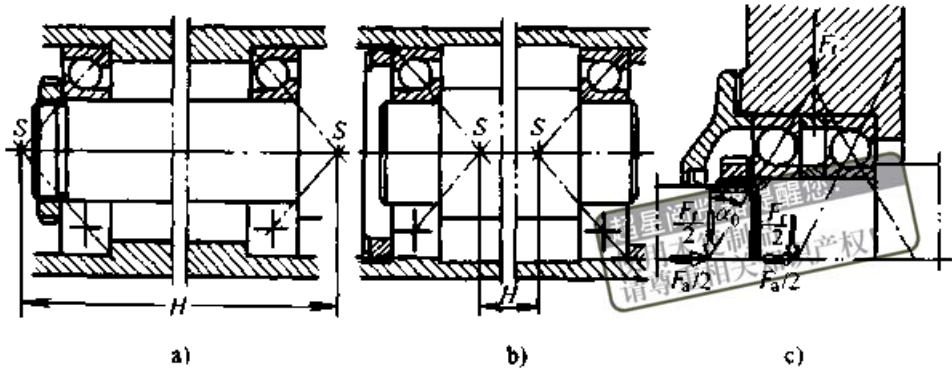


图 24.3-2 角接触轴承的配置方式

a) 背对背排列 b) 面对面排列 c) 串联排列

3) 机器在运转中，一般主轴或传动轴的温度高于相邻零件的温度，因而轴将热胀伸长。为了保持轴的转动灵活，在支承结构设计中，在满足轴向定位精度要求的同时，还要考虑轴受热自由伸缩的要求。轴向定位和轴向伸缩的方式是相对应的。

4) 调整轴承游隙是为了控制轴的运动精度。轴的轴向位置调整是为了满足某些啮合传动的特殊要求。例如：在蜗杆传动中，蜗杆轴线必须落在蜗轮的中间平面内以保证其正确啮合，因而要求蜗轮轴能在轴向调整其位置。在锥齿轮传动中，两个锥齿轮的节圆锥锥顶点必须重合，因而要求两个锥齿轮轴都能轴向调整。

## 2.2 支承结构的基本类型

根据支承限定轴向位移的能力，滚动轴承支承结构分为三种基本类型。

### (1) 单向限位支承

只能限定单向轴向位移和承受单向轴向力的支承，如表 24.3-1 所示。

### (2) 双向限位支承

限定轴的两个方向的轴向位移并承受双向轴向力的支承，又称固定支承，如表 24.3-2 所示。轴承的配置可以是一个或两个。双向限位支承的结构应使轴承相对于轴和外壳孔双向固定。为了方便装拆和轴向位置的调整，双向限位支承大多采用套杯结构。

### (3) 游动支承

只起径向定位、只能承受径向载荷的支承称

表 24.3-1 单向限位支承结构举例

简图	说明
	单向轴向载荷由轴肩传至轴承内、外圈，最后由端盖承受。深沟球轴承靠轴肩和端盖实现轴向固定
	单向轴向载荷由轴肩通过内圈挡边传至外圈，由止动环承受。此轴承靠轴肩和止动环实现轴向固定
	单向轴向载荷由轴肩传至轴承内、外圈，最后由螺纹环承受。此圆锥滚子轴承靠轴肩和螺纹环实现轴向固定
	单向轴向载荷由轴端双螺母传至轴承内、外圈，最后由轴承座孔挡肩承受。此圆锥滚子轴承靠锁紧螺母和挡肩实现轴向固定
	单向轴向载荷由轴端锁紧螺母传至轴承内、外圈，由弹性挡圈承受。此角接触球轴承靠锁紧螺母和弹性挡圈实现轴向固定



表 24.3-2 双向限位支承结构举例

简图	说明
	承受双向轴向载荷的深沟球轴承内圈由轴肩和双螺母实现双向轴向固定；外圈由套杯挡肩和端盖实现双向轴向固定
	承受双向轴向载荷的深沟球轴承内圈是靠轴肩和弹性挡圈实现双向轴向固定；外圈是靠止动环和端盖挡肩实现双向轴向固定
	承受双向轴向载荷的双列角接触球轴承的内圈，由轴肩和压板双向轴向固定；外圈由弹性挡圈和螺纹环实现双向轴向固定
	固定端由两个圆锥滚子轴承面对面排列组成。两轴承的内圈由套筒和轴肩双向轴向固定；外圈由挡肩和端盖双向轴向固定
	固定端由两个角接触球轴承背对背排列组成。两个轴承的内圈由轴肩和轴端锁紧螺母双向轴向固定；而两个外圈则由同一个孔用弹性挡圈中间隔开

游动支承，如表 24.3-3 所示。游动支承不能轴向定位和承受任何方向轴向力。游动支承采用内、外圈不可分离的轴承时，内圈双向紧固在轴上或外圈双向紧固在外壳孔中，轴承随轴一起在外壳孔中轴向游动或轴相对轴承内孔轴向游动。若采用圆柱滚子轴承时，轴承内、外圈的轴向位置均能调整，以补偿加工、装配中的误差。

表 24.3-3 游动支承结构举例

简图	说明
	游动端采用内、外圈不可分离型深沟球轴承或调心球轴承。此时，只需轴承内圈双向轴向固定，外圈可在轴承座孔内游动，轴承外圈与轴承座孔之间应取较松的配合
	游动端采用内、外圈可分的圆柱滚子轴承。此时，轴承内、外圈均需双向轴向固定。当轴受热伸长时，轴带着内圈相对外圈游动

### 2.3 轴支承的三种基本组合形式

根据轴的具体结构和使用要求，轴的两个支承可采用两个单向限位支承组合，如图 24.3-3 所示。当支承主要承受径向载荷时，可采用深沟球轴承。但轴承外圈与外壳孔配合应较松、且轴承端面与端盖之间应留出 0.5~1 mm 的间隙；当支承承受径向和轴向联合载荷时，多选用角接触球轴承或圆锥滚子轴承。为适应轴的热胀伸长应留有适当的轴向游隙。高速轻载主轴如磨床砂轮轴等采用此种支承组合时，常采用弹簧进行轴向预紧，以消除游隙提高轴的运转精度。

一般精密机床主轴或要求高速、高温、高精度及承受载荷较大的轴，多采用一端固定、一端游动的支承组合形式。图 24.3-4 所示的支承组合中，固定端可以用一个轴承限定径向和两个轴向位置，也可以用两个相同或不同的轴承共同限定轴向位置。游动端一般分两种类型：内、外圈不可分的深沟球轴承、调心球轴承或调心滚子轴承等；另一类是内、外圈可分的圆柱滚子轴承。此种一端固定、一端游动的支承组合形式应用非常广泛。在一些特殊场合如需要轴向自动调位，用以补偿由于加工及安装带来的磨损不均匀，可采用两个游动支承的组合方式，即轴向不定位。例如人字齿轮传动中的小字人字齿轮轴，因大齿轮

轴已轴向定位, 由于大小人字齿轮的啮合, 使小人字齿轮仍不会轴向窜出。小人字齿轮轴的自由

轴向调位避免了轮齿上的不均匀磨损。图 24.3-5 所示为两个游动支承的组合。

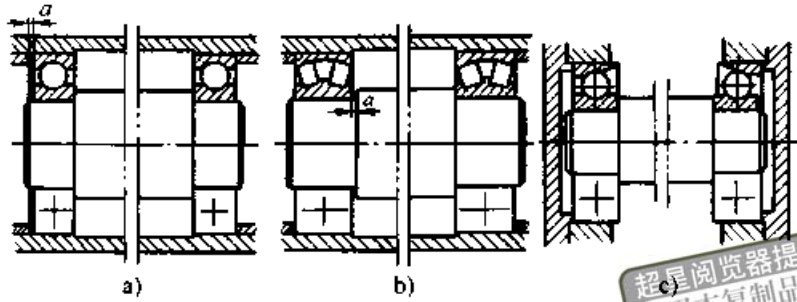


图 24.3-3 单向限位支承的组合

超星阅读器提醒您：  
使用本复制品  
请尊重相关知识产权！

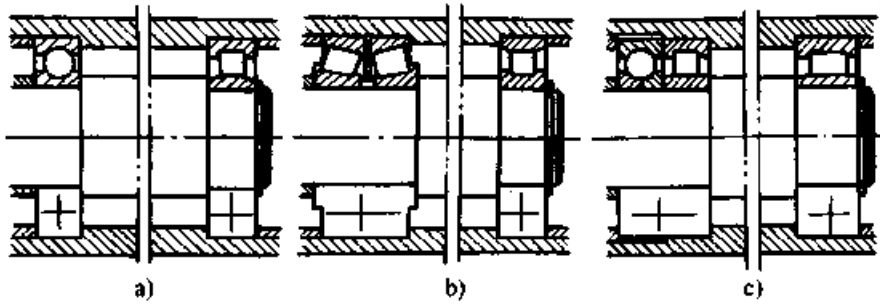


图 24.3-4 双向限位-游动支承组合

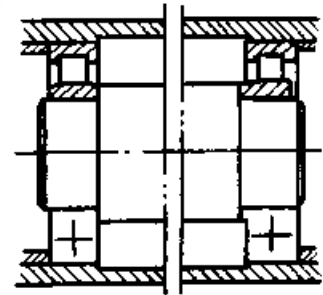


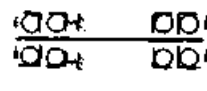
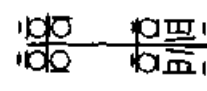
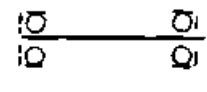
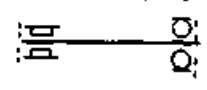
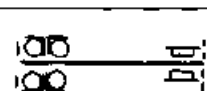
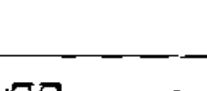
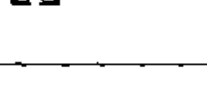

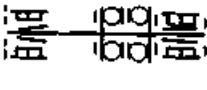
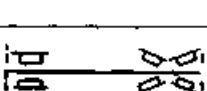
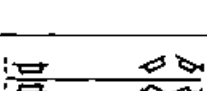
图 24.3-5 两个游动支承的组合

2.4 常见的支承结构 (表 24.3-4)

表 24.3-4 常见的支承结构简图

支承型式	序号	简图	轴承配置		承受轴向载荷情况	轴热伸长补偿方式	其他特点
			固定端	游动端			
两端固定	1		一对深沟球轴承		能承受单向轴向载荷 (应指向不留间隙的一端)	外圈端面与端盖间的间隙	转速高, 结构简单, 调整方便
	2		一对外球面深沟球轴承		能承受双向轴向载荷	轴承游隙	
	3		一对角接触球轴承 (面对面排列)				
	4		一对角接触球轴承 (背对背排列)				
一端固定	5		一对外圈单挡边圆柱滚子轴承		能承受较小的双向轴向载荷	外圈端面与端盖间隙	结构简单, 调整方便
	6		一对圆锥滚子轴承 (面对面排列)		能承受双向轴向载荷	轴承游隙	
	7		一对圆锥滚子轴承 (背对背排列)				
	8		二套深沟球轴承与推力球轴承组合				

续表 24.3-4

支承型式	序号	简图	轴承配置		承受轴向载荷情况	轴热伸长补偿方式	其他特点	
			固定端	游动端				
两端固定	9		角接触球轴承串联构成背对背排列		能承受双向轴向载荷	轴热伸长后轴承游隙增大, 靠预紧弹簧保持预紧量	用于转速较高的场合	
	10		深沟球轴承、推力球轴承与带锥度双列圆柱滚子轴承组合				轴承游隙	通过径向预紧可提高支承刚性
固定游动	11		深沟球轴承		能承受双向轴向载荷	轴热伸长后轴承游隙增大, 靠预紧弹簧保持预紧量	右端向心球轴承外圈与轴承座孔为动配合	允许转速高, 结构简单、调整方便
	12		深沟球轴承	外圈无挡边圆柱滚子轴承			滚子相对外圈滚道轴向移动	结构简单、调整方便
	13		成对安装角接触球轴承 (背对背)	外圈无挡边圆柱滚子轴承			通过轴向预紧可提高支承刚性	
	14		成对安装角接触球轴承 (面对面)	外圈无挡边圆柱滚子轴承			滚子相对外圈滚道轴向移动	通过轴向预紧可提高支承刚性
	15		三点接触球轴承与外圈无挡边圆柱滚子轴承	外圈无挡边圆柱滚子轴承			左端支承滚子相对外圈滚道轴向移动	允许转速较高, 能承受较大的径向载荷, 结构紧凑
	16		圆锥孔双列圆柱滚子轴承与双向推力球轴承	圆锥孔双列圆柱滚子轴承			可承受较大的径、轴向载荷, 支承刚性好	
	17		成对安装圆锥滚子轴承 (背对背)	外圈无挡边圆柱滚子轴承			可承受较大的径、轴向载荷, 结构简单, 调整方便	
	18		成对安装圆锥滚子轴承 (面对面)	外圈无挡边圆柱滚子轴承				
	19		成对安装角接触球轴承 (背对背)	成对安装角接触球轴承 (串联)			右端轴承外圈与轴承座孔为动配合	允许转速较高

续表 24.3-4

支承型式	序号	简图	轴承配置		承受轴向载荷情况	轴热伸长补偿方式	其他特点
			固定端	游动端			
固定、游动	20		双向推力角接触球轴承与圆锥孔双列圆柱滚子轴承	内圈无挡边圆柱滚子轴承	能承受双向轴向载荷	左端轴承滚子相对内圈滚道轴向移动	旋转精度较高 能承受较大的径、轴向载荷、刚性较好
	21		一对调心滚子轴承		能承受较小的双向轴向载荷	右端轴承外圈与轴承座为动配合	适用于径向载荷较大的轴，具有调心性能
两端游动	22		一对外圈无挡边圆柱滚子轴承		不能承受轴向载荷	两端轴承的滚子相对外圈滚道移动	用于要求轴能轴向游动的场合
	23		一对无内圈滚针轴承			两端支承处滚针相对轴移动	

2.5 典型的轴承配置形式 (表 24.3-5)

表 24.3-5 考虑轴的热变形现象而设置的轴承配置

热伸缩的处理方法	具体结构	轴承类型
用轴承内外圈位移来吸收热伸缩	用轴承 A 固定轴的轴向位置、用轴承 B 来吸收轴的位移  固定侧 游动侧(分离型轴承)	轴承 A 单列深沟球轴承 组合式圆锥滚子轴承 调心滚子轴承 轴承 B 圆柱滚子轴承
用外圈和端盖之间的间隙来吸收轴的变形	在轴承 C 的外圈和端盖之间留出间隙，并且外圈与轴承座孔之间采用动配合来吸收轴的变形。(这种型式只用于单列深沟球轴承)  固定侧 游动侧(非分离型轴承)	轴承 A、轴承 C 单列深沟球轴承 双列角接触球轴承 调心滚子轴承
短轴时，对热伸缩可忽略不计	短轴热变形很小时，对两个轴承同时加预负荷  固定侧、游动侧没有区别 固定侧、游动侧没有区别	轴承 D、轴承 E 单列深沟球轴承 双列角接触球轴承 调心滚子轴承

### 3 滚动轴承的轴向紧固装置

#### 3.1 滚动轴承的轴向定位和固定

为了防止滚动轴承在轴上和外壳孔内发生不必要的轴向移动, 轴承内圈或外圈应作轴向紧固。轴向紧固包括轴向定位和轴向固定。

##### (1) 轴向定位

轴承内外圈, 一般靠轴和外壳孔的挡肩定位。为了保证轴承端面与挡肩接触, 防止过渡圆角与轴承倒角相碰(图 24.3-6), 轴和外壳孔的单向最大圆角半径应符合表 24.3-6 的规定。

挡肩的高度  $h$ , 不仅应保证与轴承端面的充

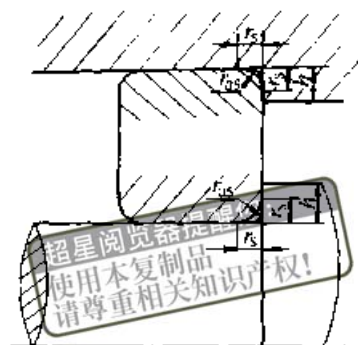


图 24.3-6 轴承倒角半径  $r_s$  与挡肩高度  $h$  的关系  
分接触, 而且要便于安装和拆卸工具的使用。一般情况下, 挡肩最小高度应符合表 24.3-7 的规定。

表 24.3-6 轴和外壳孔单向最大圆角半径 (mm)

轴承最小单向倒角 $r_{smin}$	$r_{smax}$	轴承最小单向倒角 $r_{smi}$	$r_{smax}$	轴承最小单向倒角 $r_{smin}$	$r_{smax}$	轴承最小单向倒角 $r_{smin}$	$r_{smax}$
0.05	0.05	0.30	0.30	2.0	2.0	6.0	5.0
0.08	0.08	0.60	0.60	2.1	2.1	7.5	6.0
0.10	0.10	1.00	1.00	3.0	2.5	9.5	8.0
0.15	0.15	1.10	1.10	4.0	3.0	12.0	10.0
0.20	0.20	1.50	1.50	5.0	4.0	15.0	12.0

表 24.3-7 挡肩最小高度 (mm)

轴承最小单向倒角 $r_{smin}$	$h_{min}$		轴承最小单向倒角 $r_{smin}$	$h_{min}$		轴承最小单向倒角 $r_{smin}$	$h_{min}$		轴承最小单向倒角 $r_{smin}$	$h_{min}$	
	一般情况	特殊情况 <sup>①</sup>		一般情况	特殊情况 <sup>①</sup>		一般情况	特殊情况 <sup>①</sup>		一般情况	特殊情况 <sup>①</sup>
0.05	0.2	—	0.30	1.2	1.0	2.0	5	4.5	6.0	14	12.0
0.08	0.3	—	0.60	2.5	2.0	2.1	6	5.5	7.5	18	—
0.10	0.4	—	1.00	3.0	2.5	3.0	7	6.5	9.5	22	—
0.15	0.6	—	1.10	3.5	3.3	4.0	9	8.0	12.0	27	—
0.20	0.8	—	1.50	4.5	4.0	5.0	11	10.0	15.0	32	—

① 特殊情况指推力载荷极小, 或要求挡肩小的情况。

##### (2) 轴向固定

轴承的轴向固定, 是为了使轴承始终处于定位面所限定的位置上。因此轴向固定包括内圈在轴上的固定和外圈在外壳孔内的固定。尽管轴承的内外圈都要求准确的定位, 但并不一定要同时作轴向固定。两端固定的支承结构中, 每个支承端只受单向轴向载荷, 故只需从一个方向加以轴

向固定。固定-游动支承中, 固定端承受双向轴向载荷, 故需双向轴向固定。游动端应根据轴承类型和游动方式采用不同的固定结构。

#### 3.2 几种常用的轴向紧固装置

轴向紧固装置的种类很多, 选用时应考虑轴向载荷的大小、转速的高低、轴承类型及其在轴

上的安装位置和装拆条件等。载荷愈大、转速愈高，轴向紧固应愈可靠。这时，内圈多采用锁紧螺母、止动垫圈；外圈多采用端盖、螺纹环等。轴向载荷较小，转速较低时，内圈多采用弹性挡圈、紧定套、退卸套，外圈多采用孔用弹性挡圈、止动环等。已标准化的轴向紧固装置有：

1) 锁紧螺母与止动垫圈 锁紧螺母与止动垫圈必须同时使用，止动垫圈起防松作用。

2) 弹性挡圈(图 24.3-7) 弹性挡圈分轴用弹性挡圈和孔用弹性挡圈二种。由于这种挡圈结构简单、尺寸小，广泛应用于转速不高、载荷较小的场合。

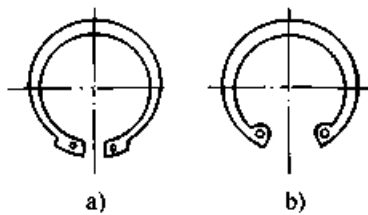


图 24.3-7 弹性挡圈

a) 轴用弹性挡圈 b) 孔用弹性挡圈

3) 紧定套和退卸套(图 24.3-8) 紧定套的

内孔为圆柱面，用以与轴相配合，外表面为圆锥面，用以与锥孔轴承内孔相配合。紧定套沿轴向有一切口，尾部车有外螺纹。它与锁紧螺母配合使用时，可使轴承沿紧定套锥面轴向移动，实现其轴向紧固。此种紧固装置结构简单、装拆方便，适用于转速不高、轴向载荷不大的光轴。

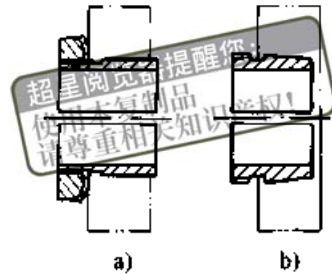


图 24.3-8 紧定套和退卸套

a) 紧定套 b) 退卸套

退卸套的结构与紧定套相似。使用时可用轴上的锁紧螺母将退卸套推入轴承孔内，以达到紧固轴承的目的。尾部的外螺纹是供拆卸轴承用的。

### 3.3 常见的轴承内、外圈固定方式 (表 24.3-8~9)

表 24.3-8 常见轴承内圈的固定方式

简 图	紧固方式	特 点
	内圈靠轴肩定位，过盈配合紧固	结构简单，装拆方便，占用空间小，可用于两端固定支承中
	用弹性挡圈紧固	结构简单，装拆方便，占用空间小，多用于向心轴承的紧固
	内圈用螺母与止动垫圈紧固	结构简单，装拆方便，紧固可靠
	用螺母 2 紧固内圈，紧定螺钉 1 防松，垫片 3 用软金属制造以增强防松效果并防止螺纹压坏	常用于机床主轴的端部支承或中间支承
	用两个螺母和一个套筒紧固内圈	双螺母防松可靠，套筒可防止螺母将轴承压斜
	用螺母紧固内圈，开口销防松	防松可靠，常用于振动较大的场合。装配工艺性不好

续表 24.3-8


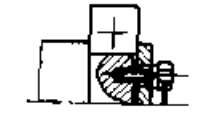


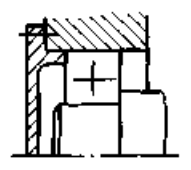
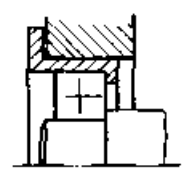
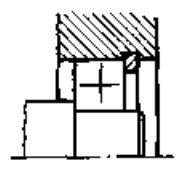
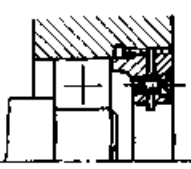
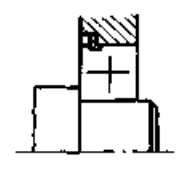
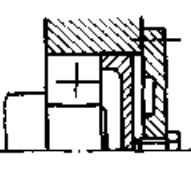

简图	紧固方式	特点
	用阶梯套筒紧固内圈，套筒与轴颈 $d_1$ 及 $d_2$ 为过盈配合	可克服螺母端面与中心线不垂直引起的变形，适用于高速精密机床主轴；装配时先将套筒加热装在轴上，冷却后，在套筒和主轴间通入压力油，使套筒涨大，再用螺母调整套筒的位置
	在轴端用压板和螺钉紧固，用弹簧垫片和铁丝防松	不能调整轴承游隙，多用于轴颈较大 ( $d > 70 \text{ mm}$ ) 的场合，不在轴上车螺纹，允许转速较高
	带锥度的轴承内孔和锥度轴颈相配合，由垫圈螺母紧固	可调整轴承的径向游隙，适用于带锥孔的轴承
	用紧定套（或退卸套）螺母，止动垫圈紧固内圈	可调整轴承的轴向位置和径向游隙，装拆方便，多用于调心球轴承的内圈紧固，适用于不便加工轴肩的多支点轴的支承

表 24.3-9 常见的轴承外圈的固定方式

简图	紧固方式	特点	简图	紧固方式	特点
	外圈用端盖紧固	结构简单，紧固可靠，调整方便		外圈由套筒上的挡肩定位，再用端盖紧固	结构简单，外壳孔可为通孔，利用垫片可调整轴系的轴向位置，装配工艺性好
	外圈用弹性挡圈紧固	结构简单，装拆方便，占用空间小，多用于向心轴承		外圈由带螺纹的端盖紧固，端盖上有开口槽，用螺钉拧入即可防松	多用于角接触轴承。缺点是要在孔内加工螺纹
	外圈用止动环紧固	用于轴向尺寸受限制的部件，外壳孔不需加工凸肩		外圈用螺钉和调节杯紧固	便于调整轴承游隙，用于角接触轴承的紧固
	外圈由挡肩定位，支承靠螺母或端盖紧固	结构简单，工作可靠			

## 4 滚动轴承公差与配合的选择

### 4.1 滚动轴承的配合特点

1) 滚动轴承内圈与轴的配合采用基孔制，

外圈与外壳孔的配合采用基轴制。与一般的圆柱面配合不同，由于轴承的内、外径上偏差均为零，故在配合种类相同的情况下，内圈与轴颈的配合较紧，外圈与外壳孔的配合较松。与一般的圆柱面配合相比，其公差带不完全一样。图 24.3-9 所

示为各种精度等级轴承公差带的分布示意图。

2) 相配零件的加工精度一般应与轴承精度相对应。考虑到轴与外壳孔对轴承精度的不同影响, 以及加工的难易程度, 一般轴的加工精度取轴承同级精度或高一级精度; 而外壳孔则取低一级精度或同级精度。表 24.3-10 列出各种精度轴承常用的配合。

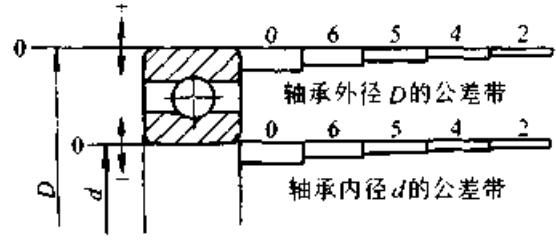


图 24.3-9 轴承内径、外径公差带分布示意图

表 24.3-10 各级精度轴承常采用的配合

精度等级	轴承与轴		轴承与外壳孔		
	过渡配合	过盈配合	间隙配合	过渡配合	过盈配合
0 级	h9 h8 g6、h6、j6、js6 g5、h5、j5	r7 k6、m6、 n6、p6、r6 k5、m5	H8 G7、H7 H6	J7、Js7、K7、M7、N7 J6、Js6、K6、M6、N6	P7 P6
6 级	g6、h6、j6、js6 g5、h5、j5	r7 k6、m6、n6、 p6、r6 k5、m5	H8 G7、H7 H6	J7、Js7、K7、M7、N7 J6、Js6、K6、M6、N6	P7 P6
5 级	h5、j5、js5	k6、m6 k5、m5	G6、H6	Js6、K6、M6 Js5、K5、M5	
4 级	h5、js5 h4、js4	k5、m5 k4	H5	K6 Js5、K5、M5	
2 级	h3、js3		H4	Js4、K4	

注: 1. 孔 N6 与 0 级精度轴承 (外径  $D < 150$  mm) 和 6 级精度轴承 (外径  $D < 315$  mm) 的配合为过渡配合。  
2. 轴 r5 用于内径  $d > 120 \sim 500$  mm; 轴 r7 用于内径  $d > 180 \sim 500$  mm。

### 4.2 轴承与轴和外壳配合的常用公差带

轴承与轴和外壳配合的常用公差带见图 24.3-10、图 24.3-11。

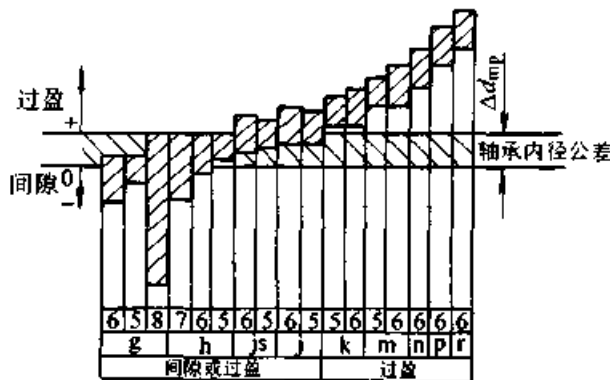


图 24.3-10 轴承与轴配合的常用公差带关系图

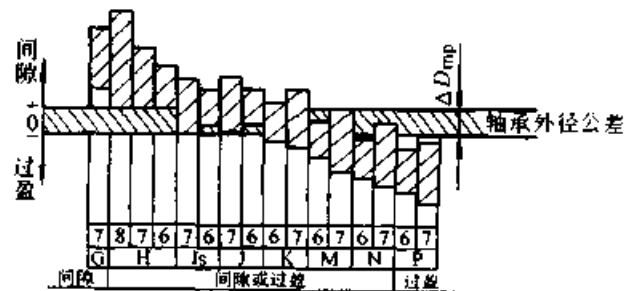


图 24.3-11 轴承与外壳配合常用公差带关系图

### 4.3 滚动轴承公差等级的选择

GB/T 307.3—1996 按尺寸公差和旋转精度将轴承公差等级分为 0、6(6x)、5、4、2 等, 依次由低到高, 详见表 24.3-11。



表 24.3-11 滚动轴承公差等级  
(摘自 GB/T 307.3—1996)

轴承类型	公差等级				
	0	6	5	4	2
向心轴承 <sup>①</sup>	0	6	5	4	2
圆锥滚子轴承	0	6x	5	4	—
推力轴承	0	6	5	4	—

① 圆锥滚子轴承除外。

表 24.3-12 列出了各公差等级轴承的应用：0 级应用最广，各类轴承都制造有 0 级精度的产品。高于 0 级精度的轴承可按表 24.3-13 选用。表 24.3-14 给出了金属切削机床主轴轴承类型及其公差等级应用示例，供选择时参考。

轴承公差等级的对照见表 24.3-15。

表 24.3-12 各公差等级轴承的应用

公差等级	应用示例
0	在旋转精度大于 10 μm 的一般轴承系中，应用十分广泛。如普通机床的变速机构、进给机构，汽车、拖拉机的变速机构，普通电机、水泵及农业机械等一般通用机械的旋转机构
6、5	在旋转精度 5~10 μm 或转速较高的精密轴承系中，应用很广泛。如普通车床主轴所用的轴承（前支承采用 5 级，后支承采用 6 级），较精密的仪器、仪表以及精密的仪器、仪表和精密机械的旋转机构
4、2	在旋转精度小于 5 μm 或转速要求很高的超精密轴承系中应用。例如精密坐标镗床、精密齿轮磨床的主轴系统、精密仪器、仪表以及高速摄影机等精密机械的轴系统

表 24.3-13 轴承的制造精度

轴承类型	轴承结构型式	系列代号	精度级别			
			6	5	4	
深沟球轴承	单 列	61800, 61900, 16000, 6000, 6200, 6300	△	△	△	
		6400	△	△	—	
	单列带防尘盖	所有系列	△	—	—	
调心球轴承	双 列	内径小于和等于 80 mm 的轴承	△	△	—	
		内径大于 80 mm 的轴承	△	—	—	
圆柱滚子轴承	单 列	N 1000, N 200, N 2200, N 300, N 2300	△	△	△	
		N 400	△	△	—	
		NU 1000, NU 200, NU 2200, NU 300, NU 2300	△	△	△	
		NU 400, NJ 200, NJ 2200, NJ 300, NJ 2300, NJ 400	△	△	—	
	双 列	NN 3000, NN 4900	△	△	△	
角接触球轴承	单 列	分离型 (6000 型)	所有系列	△	△	△
		不可分离型	7000 C, 7000 AC, 7200 C, 7200 AC	△	△	△
			7300 C, 7300 AC, 7300 B, 7400 AC, 7400 B	△	△	—
		锁口在内圈上	B 7100 C, B 7100 AC, B 7200 C, B 7200 AC	△	△	△
			B 7300 C, B 7300 AC	△	△	—
		四点接触	QJ 1900, QJ 100, QJ 1700, QJ 200	△	△	△
	QJ 300		△	△	—	
	成对双联	接触角 15° 和 25°，尺寸系列 00, 01 的轴承	△	△	△	
		尺寸系列 30, 40 的轴承	△	△	—	
	双 列	所有系列	△	—	—	
圆锥滚子轴承	单 列	32100, 30200, 32200, 30300, 32300	△	△	△	
推力球轴承	单 向	所有系列	△	△	△	

① 标有“△”表示目前已生产。

表 24.3-14 金属切削机床主轴轴承常用类型及其公差等级应用示例

轴承类型	公差等级	应用示例
深沟球轴承 角接触球轴承	4、2	高精度磨床、丝锥磨床、螺纹磨床、齿轮磨床、插齿刀磨床
	5	精密镗床、内圆磨床、齿轮加工机床
	6	普通车床、铣床
双列圆柱 滚子轴承	4	精密丝杠车床、高精度车床、高精度外圆磨床
	5	精密车床、精密铣床、镗床、普通外圆磨床、多轴车床、转塔车床
	6	普通车床、自动车床、铣床、立式车床
圆柱滚子轴承	6	精密车床及铣床后轴承
圆锥滚子轴承	4、2	齿轮磨床、坐标镗床
	5	精密车床、精密铣床、镗床、精密转塔车床、滚齿机床
	6	普通车床、普通铣床
推力角接触球轴承 推力球轴承	5	各种精密机床
	6	一般精密机床

超星浏览器提醒您：  
请尊重知识产权！

表 24.3-15 滚动轴承的公差等级对照

向心轴承 <sup>①</sup>				圆锥滚子轴承				推力轴承			
中国		ISO	SKF	中国		ISO	SKF	中国		ISO	SKF
新	旧			新	旧			新	旧		
0	G	普通级	P0	0	G	普通级	P0	0	G	普通级	P0
6	E	6级	P6	6x	Ex	6x	P6x	6	E	6	P6
5	D	5级	P5	5	D	5	P5	5	D	5	P5
4	C	4级	P4	4	C	4	P4	4	C	4	P4
2	B	2级	P2	—	—	—	—	—	—	—	—

① 圆锥滚子轴承除外。

#### 4.4 滚动轴承配合的选择

##### 4.4.1 轴承配合选择的基本原则 (GB/T 275—1993)

###### (1) 轴承套圈相对于载荷的状况

相对于载荷方向旋转或摆动的套圈，应选择过盈配合或过渡配合。相对于载荷方向固定的套圈，应选择间隙配合。

当以不可分离型轴承作游动支承时，则应以相对于载荷方向为固定的套圈作为游动套圈，选择间隙或过渡配合。

###### (2) 载荷的类型和大小

当受冲击载荷或重载荷时，一般应选择比正常、轻载荷时更紧密的配合。对向心轴承载荷的大小用径向当量动载荷  $P_r$  与径向额定动载荷  $C_r$  的比值区分，见表 24.3-16。载荷越大，配合过盈越大。

###### (3) 轴承尺寸大小

随着轴承尺寸的增大，选择的过盈配合过盈越大，间隙配合间隙越小。

表 24.3-16 向心轴承径向当量动载荷  $P_r$  与径向额定动载荷  $C_r$  的比值

载荷大小	$P_r/C_r$
轻载荷	$\leq 0.07$
正常载荷	$> 0.07 \sim 0.15$
重载荷	$> 0.15$

###### (4) 轴承游隙

采用过盈配合会导致轴承游隙的减小，应检验安装后轴承的游隙是否满足使用要求，以便正确选择配合及轴承游隙。

###### (5) 公差等级的选择

与轴承配合的轴或外壳孔的公差等级与轴承精度有关。与 0、6 (6x) 级公差轴承配合的轴，其公差等级一般为 IT6，外壳孔一般为 IT7。

对旋转精度和运转平稳性有较高要求的场合，在提高轴承公差等级的同时，轴承配合部位

也应按相应精度提高。

(6) 公差带的选择

向心轴承和轴的配合、轴公差带按表 24.3-17 选择；向心轴承和外壳的配合，孔公差带按表 24.3-18 选择；推力轴承和轴的配合，轴公差带按表 24.3-19 选择；推力轴承和外壳的配合，孔公

差带按表 24.3-20 选择

(7) 其他因素的影响

轴和轴承座的材料，强度和导热性能，从外部进入轴承的以及在轴承中产生的热的导热途径和热量，支承安装和调整性能等都影响配合的选择。

表 24.3-17 向心轴承和轴的配合 轴公差带

圆柱孔轴承							
运转状态		载荷状态	深沟球轴承、调心球轴承和角接触球轴承	圆柱滚子轴承和圆锥滚子轴承	调心滚子轴承	公差带	
说明	举例		轴承公称内径/mm				
旋转的内圈 载荷及摆动载荷	一般通用机械、电动机、机床主轴、泵、内燃机、直齿轮传动装置、铁路机车车辆轴箱、破碎机等	轻 载 荷	≤18	—	—	h5	
			>18~100	≤40	≤40	j6 <sup>①</sup>	
			>100~200	>40~140	>40~100	k6 <sup>②</sup>	
				—	>140~200	>100~200	m6 <sup>③</sup>
		正 常 载 荷	≤18	—	—	j5 j5 <sup>④</sup>	
			>18~100	≤40	≤40	k5 <sup>⑤</sup>	
			>100~140	>40~100	>40~65	m5 <sup>⑥</sup>	
			>140~200	>100~140	>65~100	m6	
			>200~280	>140~200	>100~140	n6	
—	>200~400		>140~280	p6			
	—	—	>280~500	r6			
固 定 的 内 圈 载 荷	静止轴上的各种轮子、张紧轮绳轮、振动筛、惯性振动器	所 有 载 荷	所有尺寸			f6	
						g6 <sup>⑦</sup>	
						h6	
						j6	
仅有轴向载荷			所有尺寸			j6、j5/6	
圆锥孔轴承							
所有载荷	铁路机车车辆轴箱		装在退卸套上的所有尺寸			h8(IT6) <sup>⑧⑨</sup>	
	一般机械传动		装在紧定套上的所有尺寸			h9(IT7) <sup>⑩⑪</sup>	

- ① 凡对精度有较高要求的场合，应用 j5、k5、…代替 j6、k6、…。
- ② 圆锥滚子轴承、角接触球轴承配合、对游隙影响不大，可用 k6、m6 代替 k5、m5。
- ③ 重载荷下轴承游隙应选大于 0 组。
- ④ 凡有较高精度或转速要求的场合，应选用 h7 (IT5) 代替 h8 (IT6) 等。
- ⑤ IT6、IT7 表示圆柱度公差数值。

表 24.3-18 向心轴承和外壳的配合 孔公差带

运转状态		载荷状态	其他状况	公差带 <sup>①</sup>	
说明	举例			球轴承	滚子轴承
固定的外圈载荷	一般机械、铁路机车车辆轴箱、电动机、泵、曲轴主轴承	轻、正常、重	轴向易移动, 可采用剖分式外壳	H7、G7 <sup>②</sup>	
		冲击	轴向能移动, 可采用整体或剖分式外壳	J7、Js7	
摆动载荷		轻、正常	轴向不移动, 采用整体式外壳	K7	
		正常、重		M7	
旋转的外圈载荷	张紧滑轮、轮毂轴承	轻		K7	
		正常		K7、M7	M7、N7
		重		—	N7、P7

① 并列公差带随尺寸的增大从左至右选择, 对旋转精度有较高要求时, 可相应提高一个公差等级。

② 不适用于剖分式外壳。

表 24.3-19 推力轴承和轴的配合 轴公差带

运转状态	载荷状态	推力球和推力滚子轴承	推力调心滚子轴承 <sup>②</sup>	公差带
		轴承公称内径/mm		
仅有轴向载荷		所有尺寸		j6、js6
固定的轴圈载荷		—	≤250	j6
		—	>250	js6
旋转的轴圈载荷或摆动载荷	径向和轴向联合载荷	—	≤200	k6 <sup>①</sup>
		—	>200~400	m6
		—	>400	n6

① 要求较小过盈时, 可分别用 j6、k6、m6 代替 k6、m6、n6。

② 也包括推力圆锥滚子轴承、推力角接触球轴承。

表 24.3-20 推力轴承和外壳的配合 孔公差带

运转状态	载荷状态	轴承类型	公差带	备注
仅有轴向载荷		推力球轴承	H8	
		推力圆柱、圆锥滚子轴承	H7	
		推力调心滚子轴承		外壳孔与座圈间间隙为 0.001D (D 为轴承公称外径)
固定的座圈载荷	径向和轴向联合载荷	推力角接触球轴承、推力调心滚子轴承、推力圆锥滚子轴承	H7	
旋转的座圈载荷或摆动载荷			K7	普通使用条件
			M7	有较大径向载荷时

4.4.2 空心轴、铸铁和轻金属轴承座时轴承配合的选择

如果轴承是以过盈配合安装于空心轴上, 为使轴承的内圈和轴配合面之间有足够的压力, 当

空心轴的直径比大于 0.5 的情况下, 通常所取的过盈量要比安装于实心轴的大。而当空心轴的直径比小于 0.5 时, 所取的过盈量与实心轴相同。

$$\text{设 } C_i = \frac{d_i}{d}, C_e = \frac{d}{d_e} \approx \frac{d}{k(D-d) + d}$$

- 式中  $C_i$  ——空心轴的直径比；  
 $C_e$  ——轴承内圈的直径比；  
 $d$  ——轴承内径及空心轴的外径 (mm)；  
 $d_i$  ——空心轴的内径 (mm)；  
 $d_e$  ——内圈的外径 (mm)；  
 $D$  ——轴承外径 (mm)；  
 $k$  ——系数。圆柱滚子轴承、22 和 23 系列的调心球轴承， $k=0.25$ ；其他轴承  $k=0.3$ 。

空心钢轴所需要的平均过盈量  $\Delta d_H$  与同直径实心钢轴所求得平均过盈量  $\Delta d_m$  之关系可参考图 24.3-12 并结合空心轴的实际直径比，选择空心轴的公差。

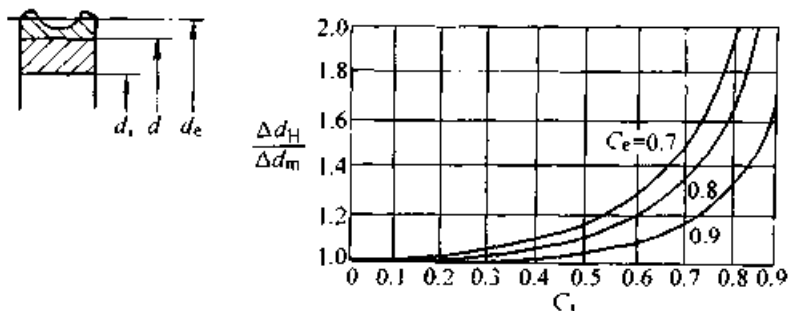


图 24.3-12  $\Delta d_H$  与  $\Delta d_m$  的关系

#### 4.4.3 用估算法选择轴承的配合

选择轴承配合时，通常都是根据现有机械上轴承的装调使用情况和经验，用类比法并参考标准的推荐进行选择。但也可依据表 24.3-21 所列

例：选用 6208 轴承，安装于实心轴上，选用 k5 级公差，若安装于  $C_i = 0.8$  的空心轴上，所需的配合过盈量是多少，采用的公差等级是什么？

经查阅 6208 轴承内孔尺寸为  $40^{+0.012}$ ，外径  $D=80$ ，采用 k5 级公差，轴的尺寸为  $40^{+0.015}$

$$\Delta d_m = \frac{13+2}{100} \cdot 0.012 = 13.5 \mu\text{m}$$

$$\text{而 } C_e = \frac{40}{0.3(80-40) + 40} = 0.77$$

从图 24.3-12 查出，当  $C_i = 0.8$ ， $C_e = 0.77$  时， $\Delta d_H/\Delta d_m \approx 1.7$  因此，安装于空心轴所需的平均过盈量  $\Delta d_H = 1.7 \times 13.5 = 23 \mu\text{m}$ ，此值符合公差 m6 的值。这时轴承与空心轴的配合采用 m6，其空心轴的尺寸为  $40^{+0.025}$ 。

公式进行估算，用所需最少过盈量作为选择配合的依据，或对已选配合进行最小过盈量的校核计算。

表 24.3-21 名义过盈量  $\Delta d$  的估算

名称	计算公式	符号
有效过盈量 $\Delta d_v/\mu\text{m}$	$\Delta d_v = \frac{d}{d+3} \cdot \Delta d$ (磨削) $\Delta d_v = \frac{d}{d+2} \cdot \Delta d$ (精研)	$\Delta d$ ——名义过盈量 ( $\mu\text{m}$ ) $d$ ——轴承公称内径 (mm)
由 $F_r$ 引起的过盈量的降低 $\Delta d_f/\mu\text{m}$	$\Delta d_f = 0.25 \sqrt{\frac{d}{9.8B}} \cdot F_r$	$B$ ——轴承内圈宽度 (mm) $F_r$ ——径向载荷 (N)
由 $\Delta T$ 引起的过盈量的降低 $\Delta d_T/\mu\text{m}$	$\Delta d_T = (0.10 \sim 0.15) \Delta T \cdot \alpha d \times 1000 \cdot 0.00015 \Delta T \cdot d$	$\Delta T$ ——轴承内部与周围环境之温差 ( $^{\circ}\text{C}$ )
钢的热胀系数 $\alpha/^{\circ}\text{C}^{-1}$	$\alpha = 12.5 \times 10^{-6}$	
过盈条件	$\Delta d_v - \Delta d_f - \Delta d_T \geq 0$	
名义过盈量 $\Delta d/\mu\text{m}$	$\Delta d \geq \frac{d+3}{d} (0.25 \sqrt{\frac{d}{9.8B}} \cdot F_r + 0.00015 \Delta T \cdot d)$	

注：当轴承及其环境不受冷或热时，其内、外圈温差一般为  $5 \sim 10^{\circ}\text{C}$ ；但车轮上轴承行驶时受气流冷却，内、外圈温差可达  $15 \sim 20^{\circ}\text{C}$ 。

4.4.4 机床主轴轴承配合的选择

4级、2级精度深沟球轴承、角接触球轴承及圆锥滚子轴承推荐的配合如表24.3-22、表24.3-23所示。

表 24.3-22 4级、2级精度深沟球轴承、角接触球轴承及圆锥滚子轴承与轴的配合

轴承公称内径 d/mm		4级	2级
超过	到	轴颈公差带	
18	120	js4、h4(预紧)	js3、h3(预紧)
120	250	k4	js3、h3(预紧)

表 24.3-23 4级、2级精度深沟球轴承、角接触球轴承及圆锥滚子轴承与外壳孔的配合

轴承类型	是否轴向游动	4级	2级
		外壳孔公差带	
深沟球轴承	游动	H5	H4
角接触球轴承	固定	Js5	Js4
圆锥滚子轴承	游动	H5	H4
	固定	K5	K4
圆锥孔双列圆柱滚子轴承		K5	K4

使用2级精度轴承时，主轴轴颈及外壳孔最好根据配合性质按轴承实际内、外径配作。应保证的配合过盈量和间隙量如表24.3-24、表24.3-25所示。

表 24.3-24 2级精度深沟球轴承、角接触球轴承及圆锥滚子轴承与轴的配合过盈量 (μm)

轴承的速度因数 dn ≤	轴承公称内径/mm							
	18~30		30~50		50~80		80~120	
	最小	最大	最小	最大	最小	最大	最小	最大
200 000	0	+3	0	+4	+1	+5	+1	+6
400 000	0	+2	0	+2	0	+2	0	+3
800 000	-1	+1	-1	+1	-1	+1	-	-

注：“-”号为间隙量，“+”号为过盈量。

表 24.3-25 2级精度深沟球轴承、角接触球轴承及圆锥滚子轴承与外壳孔的配合间隙量 (μm)

轴承的速度因数 dn ≤	轴承公称外径/mm							
	30~50		50~80		80~120		120~180	
	最小	最大	最小	最大	最小	最大	最小	最大
深沟球轴承和角接触球轴承								
100 000	-4	+4	-5	+5	-6	+6	-7	+7
200 000	-1	+5	-1	+6	-1	+7	-1	+9
400 000	0	+4	0	+5	0	+6	0	+7
800 000	+1	+3	+1	+3	+1	+4	-	-
双列圆柱滚子轴承和圆锥滚子轴承								
100 000	-6	+2	-7	+2	-8	+3	-9	+3
200 000	-4	+4	-4.5	+4.5	-5	+5	-6	+6
300 000	-2	+6	-2	+7	-3	+8	-3	+9

注：1.“-”号为过盈量，“+”号为间隙量。

2.对于支承刚度和抗振性要求较高的轴承，可在上述间隙范围内选用较紧的配合。

3.对于转速特别高的轴承，为了减小由于主轴部件不平衡所产生的振动，也应选用较紧的配合。

4.5 配合表面及端面的形状和位置公差 (GB/T 275—1993)

轴颈和外壳孔表面的圆柱度公差、轴肩及外壳孔肩的端面圆跳动按表24.3-26的规定。

4.6 配合表面及端面的粗糙度 (GB/T 275—1993)

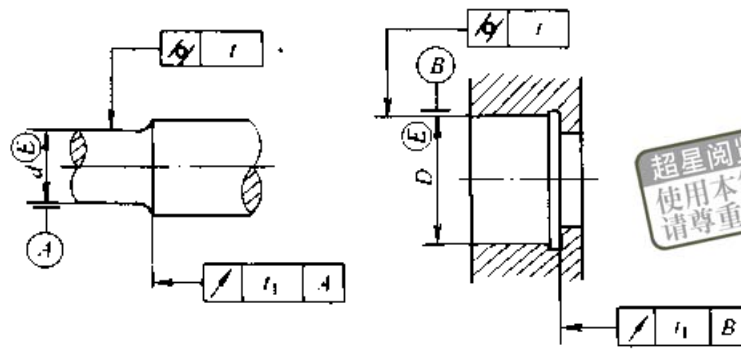
1) 轴承配合表面和端面的粗糙度按表24.3-27的规定。

2) 轴颈和外壳的配合表面的粗糙度应符合GB/T 1031—1995第1系列的数值。

3) 轴颈和外壳孔的配合表面的粗糙度按表24.3-28的规定。

4.7 轴承与轴和外壳配合的间隙或过盈数值表 (表24.3-29~34)

表 24.3-26 轴和外壳的形位公差



基本尺寸/mm		圆柱度 $t$				端面圆跳动 $t_1$			
		轴 颈		外 壳 孔		轴 肩		外 壳 孔 肩	
		轴承公差等级							
		0	6 (6x)	0	6 (6x)	0	6 (6x)	0	6 (6x)
超过	到	公 差/ $\mu\text{m}$							
	6	2.5	1.5	4	2.5	5	3	8	5
6	10	2.5	1.5	4	2.5	6	4	10	6
10	18	3.0	2.0	5	3.0	8	5	12	8
18	30	4.0	2.5	6	4.0	10	6	15	10
30	50	4.0	2.5	7	4.0	12	8	20	12
50	80	5.0	3.0	8	5.0	15	10	25	15
80	120	6.0	4.0	10	6.0	15	10	25	15
120	180	8.0	5.0	12	8.0	20	12	30	20
180	250	10.0	7.0	14	10.0	20	12	30	20
250	315	12.0	8.0	16	12.0	25	15	40	25
315	400	13.0	9.0	18	13.0	25	15	40	25
400	500	15.0	10.0	20	15.0	25	15	40	25

表 24.3-27 轴承配合表面和端面的粗糙度 (摘自 GB/T 307.3—1996)

表面名称	轴承公差等级	轴 承 公 称 直 径 <sup>I</sup> /mm				
		超过	30	80	500	1 600
		到 30	80	500	1 600	2 500
$Ra/\mu\text{m}$						
内圈内孔表面	0	0.8	0.8	1	1.25	1.6
	6, 6x	0.63	0.63	1	1.25	—

续表 24.3-27

表面名称	轴承公差等级	轴承公称直径 <sup>i</sup> /mm				
		超过	30	80	500	1 600
		到 30	80	500	1 600	2 500
Ra/μm						
内圈内孔表面	5	0.5	0.5	0.8	—	—
	4	0.25	0.25	0.5	—	—
	2	0.16	0.2	0.4	—	—
外圈外圆柱表面	0	0.63	0.63	1	1.25	1.6
	6, 6x	0.32	0.32	0.63	1	—
	5	0.32	0.32	0.63	0.8	—
	4	0.25	0.25	0.5	—	—
	2	0.16	0.2	0.4	—	—
套圈端面	0	0.8	0.8	1	1.25	1.6
	6, 6x	0.63	0.63	1	1	—
	5	0.5	0.5	0.8	0.8	—
	4	0.4	0.4	0.63	—	—
	2	0.32	0.32	0.4	—	—

① 内圈内孔及其端面按内孔直径查表，外圈外径及其端面按外径查表。单向推力轴承垫圈及其端面，按轴圈内孔直径查表，双向推力轴承垫圈（包括中圈）及其端面按座圈化整的内孔直径查表。

表 24.3-28 轴颈和外壳孔配合面的表面粗糙度 (μm)

轴或轴承座直径/mm		轴或外壳配合表面直径公差等级								
		IT7			IT6			IT5		
		表面粗糙度								
超过	到	Rz	Ra		Rz	Ra		Rz	Ra	
			磨	车		磨	车		磨	车
	80	10	1.6	3.2	6.3	0.8	1.6	4	0.4	0.8
80	500	16	1.6	3.2	10	1.6	3.2	6.3	0.8	1.6
端面		25	3.2	6.3	25	3.2	6.3	10	1.6	3.2



表 24.3-29 向心轴承 (圆锥滚子轴承除外) 0 级公差轴承与轴的配合 (μm)

基本尺寸 /mm		轴 公 差 带																													
		g6	g5	h6	h5	j5	j6	js6	k5	k6	m5	m6	n6	μ6	r6	r7															
轴承内径 $\Delta d_{mp}$		轴颈直径的极限偏差																													
上差下差																															
>3~6	0	-4	-12	-4	-8	0	-5	+3	-2	+6	-2	+4	-4	+6	+1	+9	+4	+12	+4	+16	+8	+20	+12	-	-						
>6~10	0	-8	-5	-14	-5	-11	0	-6	+4	-2	+7	-2	+4.5	4.5	+7	+1	+10	+1	+12	+6	+15	+6	+19	+10	+24	+15	-	-			
>10~18	0	-8	-6	-17	-6	-14	0	-8	+5	-3	+8	-3	+5.5	-5.5	+9	+1	+12	+1	+15	+7	+18	+7	+23	+12	+29	+18	-	-			
>18~30	0	-10	-7	-20	-7	-16	0	-13	9	+5	-4	+9	-4	+6.5	-6.5	+11	+2	+17	+8	+21	+8	+28	+15	+35	+22	-	-	-	-		
>30~50	0	-12	-9	-25	-9	-20	0	-16	0	+6	-5	+11	-5	+8	-8	+13	+2	+18	+2	+25	+9	+33	+17	+42	+26	-	-	-	-		
>50~80	0	-15	-10	-29	-10	-23	0	-19	0	+6	-7	+12	-7	+9.5	-9.5	+15	+2	+21	+2	+24	+11	+30	+11	+39	+20	+51	+32	-	-		
>80~120	0	-20	-12	-34	-12	-27	0	-22	0	+6	-9	+13	-9	+11	-11	+18	+3	+25	+3	+28	+13	+35	+13	+45	+23	+59	+37	-	-		
>120~140																										+88	+63	-	-		
>140~160	0	-25	-14	-39	-14	-32	0	-25	0	+7	-11	+14	-11	+12.5	-12.5	+21	+3	+28	+3	+33	+15	+40	+15	+52	+27	+68	+43	+90	+65	-	
>160~180																										+93	+68	-	-		
>180~200																										+106	+77	+123	+77	-	
>200~225	0	-30	-15	-44	-15	-35	0	-29	0	+7	-13	+16	-13	+14.5	-14.5	+24	+4	+33	+4	+37	+17	+46	+17	+60	+31	+79	+50	+109	+80	+126	+80
>225~250																										+113	+84	+130	+84	-	-
>250~280	0	35	17	49	17	40	0	-32	0	+7	16	-	+16	-16	+27	+4	+36	+4	+43	+20	+52	+20	+66	+34	+88	+58	+126	+94	+146	+94	-
>280~315																										+130	+98	+150	+98	-	-
>315~355	0	-40	-18	-54	-18	-43	0	-36	0	+7	-18	-	+18	-18	+29	+4	+40	+4	+46	+21	+57	+21	+73	+37	+98	+62	+144	+108	+165	+108	-
>355~400																										+150	+114	+171	+114	-	-
>400~450	0	45	20	60	20	47	0	-40	0	+7	-20	-	+20	-20	+32	+5	+45	+5	+50	+23	+63	+23	+80	+40	+108	+68	+166	+126	+189	+126	-
>450~500																										+172	+132	+195	+132	-	-

浏览器提醒您：  
 未经允许，不得转载。  
 侵权必究

续表 24.3-29

基本尺寸/mm	间隙或过盈												过盈																			
	最大间隙	最大过盈	最大间隙	最大过盈	最大间隙	最大过盈	最大间隙	最大过盈	最大间隙	最大过盈	最大间隙	最大过盈	最大间隙	最大过盈	最大间隙	最大过盈	最大间隙	最大过盈	最大间隙	最大过盈												
>3~6	12	4	9	4	8	5	8	2	11	2	14	4	12	1	14	1	17	4	17	4	20	8	24	12	28	-	-	-	-			
>6~10	14	3	11	3	9	6	8	2	12	2	15	4.5	12.5	1	15	1	18	6	20	6	23	10	27	15	32	-	-	-	-			
>10~18	17	2	14	2	11	8	8	3	13	3	16	5.5	13.5	1	17	1	20	7	23	7	26	12	31	18	37	-	-	-	-			
>18~30	20	3	16	3	13	10	10	4	15	4	19	6.5	16.5	2	21	2	25	8	27	8	31	15	38	22	45	-	-	-	-			
>30~50	25	3	20	3	16	12	11	5	18	5	23	8	20	2	25	2	30	9	32	9	37	17	45	26	54	-	-	-	-			
>50~80	29	5	23	5	19	15	13	7	21	7	27	9.5	24.5	2	30	2	36	11	39	11	45	20	54	32	68	-	-	-	-			
>80~120	34	8	27	8	22	15	20	9	26	9	33	11	31	3	38	3	45	13	48	13	55	23	65	37	79	-	-	-	-			
>120~140																										63	113	-	-	-	-	
>140~160	39	11	32	11	25	18	25	11	32	11	39	12.5	37.5	3	46	3	53	15	58	15	65	27	77	43	93	-	-	-	-			
>160~180																											68	118	-	-	-	-
>180~200																											77	136	77	153	-	-
>200~225	44	15	35	15	29	20	30	13	37	13	46	14.5	44.5	4	54	4	63	17	67	17	76	31	90	50	109	80	139	80	156	-	-	
>225~250																											84	143	84	160	-	-
>250~280	49	18	40	18	32	23	35	16	42	-	-	-	-	4	62	4	71	20	78	20	87	34	101	58	123	94	161	94	181	-	-	
>280~315																											98	165	98	185	-	-
>315~355	54	22	43	22	36	25	40	18	47	-	-	-	-	4	69	4	80	21	86	21	97	37	113	62	138	108	184	108	205	-	-	
>355~400																											114	190	114	211	-	-
>400~450	60	25	47	25	40	27	45	20	52	-	-	-	-	5	77	5	90	23	95	23	108	40	125	68	153	126	211	126	234	-	-	
>450~500																											132	217	132	240	-	-

表 24.3.30 向心轴承 (圆锥滚子轴承除外) 6 级公差轴承与轴的配合 (μm)

基本尺寸 /mm		轴 公 差 带														r7															
		g6	g5	h6	h5	j5	j6	js6	k5	k6	m5	m6	n6	p6	r6																
轴 承 内 径		轴 颈 直 径 的 极 限 偏 差																													
$\Delta d_{up}$																															
上 差		0	-7	-4	-12	-4	-9	0	-8	0	-5	+3	-2	+6	-2	+4	-4	+6	+1	+9	+1	+9	+4	+12	+4	+16	+8	+20	+12	-	-
下 差		0	-7	-5	-14	-5	-11	0	-9	0	-6	+4	-2	+7	-2	+4.5	-4.5	+7	+1	+10	+1	+12	+6	+15	+6	+19	+10	+24	+15	-	-
>3~6		0	-7	-6	-17	-6	-14	0	-11	0	-8	+5	-3	+8	-3	+5.5	-5.5	+9	+1	+12	+1	+15	+7	+18	+7	+23	+12	+29	+18	-	-
>6~10		0	-7	-7	-20	-7	-16	0	-13	0	-9	+5	-4	+9	-4	+6.5	-6.5	+11	+2	+15	+2	+17	+8	+21	+8	+28	+15	+35	+22	-	-
>10~18		0	-7	-7	-25	-9	-20	0	-16	0	-11	+6	-5	+11	-5	+8	-8	+13	+2	+18	+2	+20	+9	+25	+9	+33	+17	+42	+26	-	-
>18~30		0	-8	-8	-29	-10	-23	0	-19	0	-13	+6	-7	+12	-7	+9.5	-9.5	+15	+2	+21	+2	+24	+11	+30	+11	+39	+20	+51	+32	-	-
>30~50		0	-8	-8	-34	-12	-27	0	-22	0	-15	+6	-9	+13	-9	+11	-11	+18	+3	+25	+3	+28	+13	+35	+13	+45	+23	+59	+37	-	-
>50~80		0	-8	-8	-39	-14	-32	0	-25	0	-18	+7	-11	+14	-11	+12.5	-12.5	+21	+3	+28	+3	+33	+15	+40	+15	+52	+27	+68	+43	-	-
>80~120		0	-8	-8	-44	-15	-35	0	-29	0	-20	+7	-13	+16	-13	+14.5	-14.5	+24	+4	+33	+4	+37	+17	+46	+17	+60	+31	+79	+50	-	-
>120~140		0	-8	-8	-49	-17	-40	0	-32	0	-23	+7	-16	-	-	+16	-16	+27	+4	+36	+4	+43	+20	+52	+20	+68	+34	+88	+56	-	-
>140~160		0	-8	-8	-54	-18	-43	0	-36	0	-25	+7	-18	-	-	+18	-18	+29	+4	+40	+4	+46	+21	+57	+21	+73	+37	+98	+62	-	-
>160~180		0	-8	-8	-60	-20	-47	0	-40	0	-27	+7	-20	-	-	+20	-20	+32	+5	+45	+5	+50	+23	+63	+23	+80	+40	+108	+68	-	-
>180~200		0	-8	-8	-66	-22	-51	0	-44	0	-30	+7	-22	-	-	+22	-22	+35	+6	+50	+6	+55	+26	+76	+26	+95	+48	+126	+86	-	-
>200~225		0	-8	-8	-72	-24	-55	0	-48	0	-33	+7	-24	-	-	+24	-24	+39	+7	+55	+7	+60	+29	+81	+29	+102	+51	+134	+94	-	-
>225~250		0	-8	-8	-78	-26	-60	0	-52	0	-36	+7	-26	-	-	+26	-26	+43	+8	+60	+8	+65	+32	+84	+32	+106	+53	+138	+98	-	-
>250~280		0	-8	-8	-84	-28	-66	0	-56	0	-39	+7	-28	-	-	+28	-28	+51	+9	+68	+9	+73	+36	+95	+36	+118	+59	+150	+110	-	-
>280~315		0	-8	-8	-90	-30	-72	0	-62	0	-42	+7	-30	-	-	+30	-30	+57	+10	+75	+10	+80	+40	+102	+40	+126	+63	+158	+118	-	-
>315~355		0	-8	-8	-96	-32	-78	0	-68	0	-45	+7	-32	-	-	+32	-32	+63	+11	+81	+11	+86	+42	+104	+42	+129	+64	+162	+122	-	-
>355~400		0	-8	-8	-102	-34	-84	0	-74	0	-48	+7	-34	-	-	+34	-34	+71	+12	+90	+12	+95	+45	+113	+45	+138	+69	+171	+131	-	-
>400~450		0	-8	-8	-108	-36	-90	0	-80	0	-51	+7	-36	-	-	+36	-36	+77	+13	+96	+13	+101	+48	+120	+48	+145	+72	+177	+137	-	-
>450~500		0	-8	-8	-114	-38	-96	0	-86	0	-54	+7	-38	-	-	+38	-38	+84	+14	+105	+14	+110	+51	+129	+51	+154	+77	+189	+149	-	-



表 24.3-31 圆锥滚子轴承 (0、6x 级公差) 与轴的配合 (μm)

基本尺寸 /mm	轴 公 差 带														r6																	
	f6	g6	g5	h6	h5	j5	j6	js6	k5	k6	m5	m6	n6	p6																		
	轴承内径																															
	Δd <sub>mp</sub>																															
	上差下差																															
>10~18	0	-12	-16	-27	-6	-17	-6	-14	0	-11	0	-8	+5	-3	+8	-3	+5.5	-5.5	+9	+1	+12	+1	+15	+7	+18	+7	+23	+12	+29	+18	—	
>18~30	0	-12	-20	-33	-7	-20	-7	-16	0	-13	0	-9	+5	-4	+9	-4	+6.5	-6.5	+11	+2	+15	+2	+17	+8	+21	+8	+28	+15	+35	+22	—	
>30~50	0	-12	-25	-41	-9	-25	-9	-20	0	-16	0	-11	+6	-5	+11	-5	+8	-8	+13	+2	+18	+2	+20	+9	+25	+9	+33	+17	+42	+26	—	
>50~80	0	-15	-30	-49	-10	-29	-10	-23	0	-19	0	-13	+6	-7	+12	-7	+9.5	-9.5	+15	+2	+21	+2	+24	+11	+30	+11	+39	+20	+51	+32	—	
>80~120	0	-20	-36	-58	-12	-34	-12	-27	0	-22	0	-15	+6	-9	+13	-9	+11	-11	+18	+3	+25	+3	+28	+13	+35	+13	+45	+23	+59	+37	—	
>120~140																															+88	+63
>140~160	0	-25	-43	-68	-14	-39	-14	-32	0	-25	0	-18	+7	-11	+14	-11	+12.5	-12.5	+21	+3	+28	+3	+33	+15	+40	+15	+52	+27	+68	+43	+90	+65
>160~180																															+93	+68
>180~200																															+106	+77
>200~225	0	-30	-50	-79	-15	-44	-15	-35	0	-29	0	-20	+7	-13	+16	-13	+14.5	-14.5	+24	+4	+33	+4	+37	+17	+46	+17	+60	+31	+79	+50	+109	+80
>225~250																															+113	+84
>250~280	0	-35	-56	-88	-17	-49	-17	-40	0	-32	0	-23	+7	-16	—	—	+16	-16	+27	+4	+36	+4	+43	+20	+52	+20	+66	+34	+88	+56	+126	+94
>280~315																															+130	+98
>315~355	0	-40	-62	-98	-18	-54	-18	-43	0	-36	0	-25	+7	-18	—	—	+18	-18	+29	+4	+40	+4	+46	+21	+57	+21	+73	+37	+98	+62	+144	+108
>355~400																															+150	+114
>400~450	0	-45	-68	-108	-20	-60	-20	-47	0	-40	0	-27	+7	-20	—	—	+20	-20	+32	+5	+45	+5	+50	+23	+63	+23	+80	+40	+108	+68	+166	+126
>450~500																															+172	+132



表 24.3.32 向心轴承(圆锥滚子轴承除外)0级公差轴承与外壳的配合 ( $\mu\text{m}$ )

基本尺寸 /mm	外壳孔公差带										轴颈直径的极限偏差																																																					
	轴承外径					轴承内径					轴颈直径					轴颈直径																																																
	G7	H8	H7	H6	J7	J6	J57	J56	K6	K7	M6	M7	N6	N7	P6	P7	G6	H7	H8	H9	J8	J7	J6	J5	K5	K4	M4	M5	N4	N5	P4	P5																																
>10~18	0	+24	+6	+270	+180	+110	0	+10	-8	+6	-5	+9	-9	+5.5	-5.5	+2	-9	+6	-12	-4	-15	0	18	-9	-20	-5	-23	-15	-26	-11	29	0	+8	+24	+6	+270	+180	+110	0	+10	-8	+6	-5	+9	-9	+5.5	-5.5	+2	-9	+6	-12	-4	-15	0	18	-9	-20	-5	-23	-15	-26	-11	29	
>18~30	0	-9	+28	+7	+330	+210	+130	0	+12	-9	+8	-5	+10	-10	+6.5	-6.5	+2	-11	+6	-15	-4	-17	0	-21	-11	-24	-7	-28	-18	-31	-14	-35	0	-9	+28	+7	+330	+210	+130	0	+12	-9	+8	-5	+10	-10	+6.5	-6.5	+2	-11	+6	-15	-4	-17	0	-21	-11	-24	-7	-28	-18	-31	-14	-35
>30~50	0	-11	+34	+9	+390	+250	+160	0	+14	-11	+10	-6	+12	12	+8	-8	+3	-13	+7	-18	-4	-20	0	25	-12	-28	-8	-33	-21	-37	-17	-42	0	-11	+34	+9	+390	+250	+160	0	+14	-11	+10	-6	+12	12	+8	-8	+3	-13	+7	-18	-4	-20	0	25	-12	-28	-8	-33	-21	-37	-17	-42
>50~80	0	-13	+40	+10	+460	+300	+190	0	+18	-12	+13	-6	+15	-15	+9.5	-9.5	+4	-15	+9	-21	-5	-24	0	-30	-14	-33	-9	-39	-26	-45	-21	-51	0	-13	+40	+10	+460	+300	+190	0	+18	-12	+13	-6	+15	-15	+9.5	-9.5	+4	-15	+9	-21	-5	-24	0	-30	-14	-33	-9	-39	-26	-45	-21	-51
>80~120	0	-15	+47	+12	+540	+350	+220	0	+22	-13	+16	-6	+17	-17	+11	-11	+4	-18	+10	-25	-6	-28	0	-35	-16	-38	-10	-45	-30	-52	-24	-59	0	-15	+47	+12	+540	+350	+220	0	+22	-13	+16	-6	+17	-17	+11	-11	+4	-18	+10	-25	-6	-28	0	-35	-16	-38	-10	-45	-30	-52	-24	-59
>120~150	0	-18	+54	+14	+630	+400	+250	0	+26	-14	+18	-7	+20	-20	+12.5	-12.5	+4	-21	+12	-28	-8	-33	0	-40	-20	-45	-12	-52	-36	-61	-28	-68	0	-18	+54	+14	+630	+400	+250	0	+26	-14	+18	-7	+20	-20	+12.5	-12.5	+4	-21	+12	-28	-8	-33	0	-40	-20	-45	-12	-52	-36	-61	-28	-68
>150~180	0	-25	+54	+14	+630	+400	+250	0	+26	-14	+18	-7	+20	-20	+12.5	-12.5	+4	-21	-12	-28	-8	-33	0	-40	-20	-45	-12	-52	-36	-61	-28	-68	0	-25	+54	+14	+630	+400	+250	0	+26	-14	+18	-7	+20	-20	+12.5	-12.5	+4	-21	-12	-28	-8	-33	0	-40	-20	-45	-12	-52	-36	-61	-28	-68
>180~250	0	-30	+61	+15	+720	+460	+290	0	+30	-16	+22	-7	+23	-23	+14.5	-14.5	+5	-24	-13	-33	-8	-37	0	46	22	51	14	60	41	70	33	79	0	-30	+61	+15	+720	+460	+290	0	+30	-16	+22	-7	+23	-23	+14.5	-14.5	+5	-24	-13	-33	-8	-37	0	46	22	51	14	60	41	70	33	79
>250~315	0	-35	+69	+17	+810	+520	+320	0	+36	-16	+25	-7	+26	-26	+16	-16	+5	-27	+16	-36	-9	-41	0	52	25	57	14	66	47	79	36	88	0	-35	+69	+17	+810	+520	+320	0	+36	-16	+25	-7	+26	-26	+16	-16	+5	-27	+16	-36	-9	-41	0	52	25	57	14	66	47	79	36	88
>315~400	0	-40	+75	+18	+890	+570	+360	0	+39	-18	+29	-7	+28	-28	+18	-18	+7	-29	+17	-40	-10	-46	0	-57	-26	-62	-16	-73	-51	-87	-41	-98	0	-40	+75	+18	+890	+570	+360	0	+39	-18	+29	-7	+28	-28	+18	-18	+7	-29	+17	-40	-10	-46	0	-57	-26	-62	-16	-73	-51	-87	-41	-98
>400~500	0	-45	+83	+20	+970	+630	+400	0	+43	-20	+33	-7	+31	-31	+20	-20	+8	-32	+18	-45	-10	-50	0	63	27	67	17	80	55	95	45	108	0	-45	+83	+20	+970	+630	+400	0	+43	-20	+33	-7	+31	-31	+20	-20	+8	-32	+18	-45	-10	-50	0	63	27	67	17	80	55	95	45	108

基本尺寸/mm	间隙			过盈		
	最大	最小	过盈	最大过盈	最大间隙	过盈
>10~18	32	6	35	0	19	0
>18~30	37	7	42	0	22	0
>30~50	45	9	50	0	27	0
>50~80	53	10	59	0	32	0
>80~120	62	12	69	0	37	0
>120~150	72	15	81	0	43	0
>150~180	79	14	88	0	50	0
>180~250	91	15	102	0	59	0
>250~315	104	17	116	0	67	0
>315~400	115	18	129	0	76	0
>400~500	128	20	142	0	85	0

注：“-”号表示过盈。

表 24.3-33 向心轴承 (圆锥滚子轴承除外) 6 级公差轴承与外壳的配合 (μm)

基本尺寸 /mm		外 壳 孔 公 差 带													外 壳 孔 直 径 的 极 限 偏 差																						
		轴 承 外 径													间 隙 或 过 盈																						
		ΔD <sub>exp</sub>	G7	H8	H7	H6	J7	J6	Js7	Js6	K6	K7	M6	M7	N6	N7	P6	P7	间 隙	间 隙	过 盈	过 盈	过 盈	过 盈													
上 差	下 差	最 大	最 小	最 大	最 小	最 大	最 小	最 大	最 小	最 大	最 小	最 大	最 小	最 大	最 小	最 大	最 小	最 大	最 小	最 大	最 小	最 大	最 小	最 大	最 小												
>10~18	0	-7	+24	+6	+27	0	+18	+11	0	+10	-8	+6	-5	+9	-9	+5.5	-5.5	+2	-9	+6	-12	-4	-15	0	-18	-9	-20	-5	-23	-15	-26	-11	-29	间 隙	间 隙	过 盈	过 盈
>18~30	0	-8	+28	+7	+33	0	+21	+13	0	+12	-9	+8	-5	+10	-10	+6.5	-6.5	+2	-11	+6	-15	-4	-17	0	-21	-11	-24	-7	-28	-18	-31	-14	-35	间 隙	间 隙	过 盈	过 盈
>30~50	0	-9	+34	+9	+39	0	+25	+16	0	+14	-11	+10	-6	+12	-12	+8	-8	+3	-13	+7	-18	-4	-20	0	-25	-12	-28	-8	-33	-21	-37	-17	-42	间 隙	间 隙	过 盈	过 盈
>50~80	0	-11	+40	+10	+46	0	+30	+19	0	+18	-12	+13	-6	+15	-15	+9.5	-9.5	+4	-15	+9	-21	-5	-24	0	-30	-14	-33	-9	-39	-26	-45	-21	-51	间 隙	间 隙	过 盈	过 盈
>80~120	0	-13	+47	+12	+54	0	+35	+22	0	+22	-13	+16	-6	+17	-17	+11	-11	+4	-18	+10	-25	-6	-28	0	-35	-16	-38	-10	-45	-30	-52	-24	-59	间 隙	间 隙	过 盈	过 盈
>120~150	0	-15	+54	+14	+63	0	+40	+25	0	+26	-14	+18	-7	+20	-20	+12.5	-12.5	+4	-21	+12	-28	-8	-33	0	-40	-20	-45	-12	-52	-36	-61	-28	-68	间 隙	间 隙	过 盈	过 盈
>150~180	0	-18	+54	+14	+63	0	+40	+25	0	+26	-14	+18	-7	+20	-20	+12.5	-12.5	+4	-21	+12	-28	-8	-33	0	-40	-20	-45	-12	-52	-36	-61	-28	-68	间 隙	间 隙	过 盈	过 盈
>180~250	0	-20	+61	+15	+72	0	+46	+29	0	+30	-16	+22	-7	+23	-23	+14.5	-14.5	+5	-24	+13	-33	-8	-37	0	-46	-22	-51	-14	-60	-41	-70	-33	-79	间 隙	间 隙	过 盈	过 盈
>250~315	0	-25	+69	+17	+81	0	+52	+32	0	+36	-16	+25	-7	+26	-26	+16	-16	+5	-27	+16	-36	-9	-41	0	-52	-25	-57	-14	-66	-47	-79	-36	-88	间 隙	间 隙	过 盈	过 盈
>315~400	0	-28	+75	+18	+89	0	+57	+36	0	+39	-18	+29	-7	+28	-28	+18	-18	+7	-29	+17	-40	-10	-46	0	-57	-26	-62	-16	-73	-51	-87	-41	-98	间 隙	间 隙	过 盈	过 盈
>400~500	0	-33	+83	+20	+97	0	+63	+40	0	+43	-20	+33	-7	+31	-31	+20	-20	+8	-32	+18	-45	-10	-50	0	-63	-27	-67	-17	-80	-55	-95	-45	-108	间 隙	间 隙	过 盈	过 盈



表 24.3-34 圆锥滚子轴承 (0、6x 级公差) 与外壳的配合

基本尺寸 /mm	轴 公 差 带														外 壳 孔 直 径 的 极 限 偏 差																	
	轴 承 外 径							轴 承 外 径							外 壳 孔 直 径 的 极 限 偏 差							外 壳 孔 直 径 的 极 限 偏 差										
	$\Delta D_{mp}$	G7	H8	H7	H6	J7	J6	js7	js6	K6	K7	M6	M7	N6	N7	P6	P7	最大	最小	最大	最小	最大	最小	最大	最小	最大	最小	最大	最小			
>30~50	0	-14+34	+9+39	+25	+16	+14-11	+10-6	+12-12	+8.5-8.5	+3-13	+7-18	-4-20	0	-25-12	-28-8	-33-21	-37-17	-42	-42	-42	-42	-42	-42	-42	-42	-42	-42	-42	-42	-42	-42	
>50~80	0	16+40	+10+46	+30	+19	+18-12	+13-6	+15-15	+9.5-9.5	+4-15	+9-21	-5-24	0	-30-14	33	9	39	26	45	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	
>80~120	0	18+47	+12+54	+35	+22	+22-13	+16-6	+17-17	+11-11	+4-18	+10-25	-6-28	0	-35-16	38	10	45	30	52	59	59	59	59	59	59	59	59	59	59	59	59	
>120~150	0	20+54	+14+63	+40	+25	+26-14	+18-7	+20-20	+12.5-12.5	+4-21	+12-28	-8-33	0	-40-20	45	12	52	36	61	68	68	68	68	68	68	68	68	68	68	68	68	
>150~180	0	25+54	+14+63	+40	+25	+26-14	+18-7	+20-20	+12.5-12.5	+4-21	+12-28	-8-33	0	-40-20	45	12	52	36	61	68	68	68	68	68	68	68	68	68	68	68	68	68
>180~250	0	30+61	+15+72	+46	+29	+30-16	+22-7	+23-23	+14.5-14.5	+5-24	+13-33	-8-37	0	-46-22	51	14	60	41	70	79	79	79	79	79	79	79	79	79	79	79	79	79
>250~315	0	35+69	+17+81	+52	+32	+36-16	+25-7	+26-26	+16-16	+5-27	+16-36	9	41	-52-25	57	14	66	47	79	88	88	88	88	88	88	88	88	88	88	88	88	88
>315~400	0	40+75	+18+89	+57	+36	+39-18	+29-7	+28-28	+18-18	+7-29	+17-40	-10-46	0	-57-26	62	16	73	51	87	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98
>400~500	0	45+83	+20+97	+63	+40	+43-20	+33-7	+31-31	+20-20	+8-32	+18-45	-10-50	0	-63-27	67	17	80	55	95	108	108	108	108	108	108	108	108	108	108	108	108	108

基本尺寸/mm	间 隙														间 隙 或 过 盈																			
	最大	最小	最大	最小	最大	最小	最大	最小	最大	最小	最大	最小	最大	最小	最大	最小	最大	最小	最大	最小	最大	最小	最大	最小	最大	最小	最大	最小						
>30~50	48	9	50	0	39	0	30	0	28	11	24	6	26	12	22	8	17	13	21	18	10	20	14	25	2	28	6	33	7	37	3	42	3	42
>50~80	56	10	59	0	46	0	35	0	34	12	29	6	31	15	25.5	9.5	20	15	25	21	11	24	16	30	2	33	7	39	10	45	5	51	5	51
>80~120	65	12	69	0	53	0	40	0	40	13	34	6	35	17	29	11	22	18	28	25	12	28	18	35	2	38	8	45	12	52	6	59	6	59
>120~150	74	14	81	0	60	0	45	0	46	14	38	7	40	20	32.5	12.5	24	21	32	28	12	33	20	40	0	45	18	52	16	61	8	68	8	68
>150~180	79	14	88	0	65	0	50	0	51	14	43	7	45	20	37.5	12.5	29	21	37	28	17	35	25	40	5	45	23	52	11	61	3	68	3	68
>180~250	91	15	102	0	76	0	59	0	60	16	52	7	53	23	44.5	14.5	35	24	43	33	22	37	30	46	8	51	16	60	11	70	3	79	3	79
>250~315	104	17	116	0	87	0	67	0	71	16	60	7	61	26	51	16	40	27	51	36	26	41	35	52	10	57	21	66	12	79	1	88	1	88
>315~400	115	18	129	0	97	0	76	0	79	18	69	7	68	28	58	18	47	29	57	40	30	46	40	57	14	62	24	73	11	87	1	98	1	98
>400~500	128	20	142	0	108	0	85	0	88	20	78	7	76	31	65	20	53	32	63	45	35	50	45	63	18	67	28	80	10	95	0	108	0	108

### 5 滚动轴承游隙的选择

滚动轴承的游隙分为径向游隙  $u_r$  和轴向游隙  $u_a$ 。它们分别表示一个套圈固定时，另一套圈沿径向和轴向由一个极限位置到另一个极限位置的移动量，如图 24.3-13 所示。

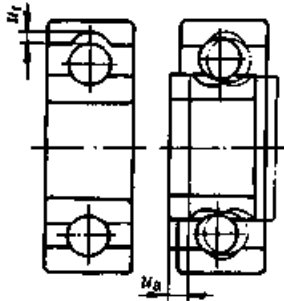


图 24.3-13 滚动轴承的游隙

各类轴承的径向游隙  $u_r$  和轴向游隙  $u_a$  之间有一定的对应关系，如图 24.3-14 所示。

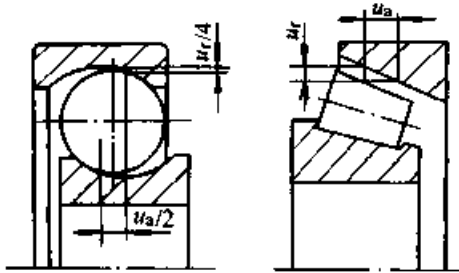


图 24.3-14 径向游隙和轴向游隙的关系

径向游隙又分为原始游隙、安装游隙和工作游隙。原始游隙指未安装前的游隙。各种轴承的原始游隙分组数值见表 24.3-35~41。

合理的轴承游隙的选择，应在原始游隙的基础上，考虑因配合、内外圈温度差以及载荷等因素所引起的游隙变化，以使工作游隙接近于最佳状态。

由于过盈配合和温度的影响，轴承的工作游隙小于原始游隙。0 组径向游隙值适用于一般的运转条件、常规温度及常用的过盈配合，即对球轴承不得超过 j5、k5（轴）和 J6（座孔）；对滚子轴承不得超过 k5、m5（轴）和 K6（座孔）。当采用较紧配合、内外圈温差较大、需要降低摩擦力矩及深沟球轴承承受较大轴向载荷或需改善调心性能的场合，宜采用 3、4、5 组游隙值；当旋转精度要求较高或需严格限制轴向位移时，宜采用 2 组游隙值。

对于球轴承，最适宜的工作游隙是趋于 0；对于滚子轴承，可保持少量的工作游隙。在要求支承刚性良好的部件中（例如机床主轴），轴承应有一定的预紧。

角接触球轴承、圆锥滚子轴承以及内圈带锥孔的轴承等，由于结构特点可以在安装或使用过程中调整游隙。

表 24.3-35 深沟球轴承的径向游隙（摘自 GB/T 4604—1993） (μm)

公称内径 $d/mm$		2 组		0 组		3 组		4 组		5 组	
超 过	到	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max
2.5	6	0	7	2	13	8	23	—	—	—	—
6	10	0	7	2	13	8	23	14	29	20	37
10	18	0	9	3	18	11	25	18	33	25	45
18	24	0	10	5	20	13	28	20	36	28	48
24	30	1	11	5	20	13	28	23	41	30	53
30	40	1	11	6	20	15	33	28	46	40	64
40	50	1	11	6	23	18	36	30	51	45	73
50	65	1	15	8	28	23	43	38	61	55	90
65	80	1	15	10	30	25	51	46	71	65	105
80	100	1	18	12	36	30	58	53	84	75	120
100	120	2	20	15	41	36	66	61	97	90	140

续表 24.3-35

公称内径 $d/mm$		2组		0组		3组		4组		5组	
超过	到	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max
120	140	2	23	18	48	41	87	71	114	105	160
140	160	2	23	18	53	46	91	81	130	120	180
160	180	2	25	20	61	53	102	91	147	135	200
180	200	2	30	25	71	63	117	107	163	150	230
200	225	2	35	25	85	75	140	125	195	175	265
225	250	2	40	30	95	85	160	145	225	205	300
250	280	2	45	35	105	90	170	155	245	225	340
280	315	2	55	40	115	100	190	175	270	245	370
315	355	3	60	45	125	110	210	195	300	275	410
355	400	3	70	55	145	130	240	225	340	315	460
400	450	3	80	60	170	150	270	250	380	350	510
450	500	3	90	70	190	170	300	280	420	390	570
500	560	10	100	80	210	190	330	310	470	440	630
560	630	10	110	90	230	210	360	340	520	490	690
630	710	20	130	110	260	240	400	380	570	540	760
710	800	20	140	120	290	270	450	430	630	600	840
800	900	20	160	140	320	300	500	480	700	670	940
900	1 000	20	170	150	350	330	550	530	770	740	1 040
1 000	1 120	20	180	160	380	360	600	580	850	820	1 150
1 120	1 250	20	190	170	410	390	650	630	920	890	1 260

表 24.3-36 圆柱孔调心球轴承的径向游隙 (摘自 GB/T 4604—1993) ( $\mu m$ )

公称内径 $d/mm$		2组		0组		3组		4组		5组	
超过	到	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max
2.5	6	1	8	5	15	10	20	15	25	21	33
6	10	2	9	6	17	12	25	19	33	27	42
10	14	2	10	6	19	13	26	21	35	30	48
14	18	3	12	8	21	15	28	23	37	32	50
18	24	4	14	10	23	17	30	25	39	34	52
24	30	5	16	11	24	19	35	29	46	40	58
30	40	6	18	13	29	23	40	34	53	46	66

续表 24.3-36

公称内径 $d/mm$		2组		0组		3组		4组		5组	
超 过	到	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max
40	50	6	19	14	31	25	44	37	57	50	71
50	65	7	21	16	36	30	50	45	69	62	88
65	80	8	24	18	40	35	60	54	83	76	108
80	100	9	27	22	48	42	70	64	96	89	124
100	120	10	31	25	56	50	83	75	114	105	145
120	140	10	38	30	68	60	100	90	135	125	175
140	160	15	44	35	80	70	120	110	161	150	210

表 24.3-37 圆锥孔调心球轴承的径向游隙 (摘自 GB/T 4604—1993) ( $\mu m$ )

公称内径 $d/mm$		2组		0组		3组		4组		5组	
超 过	到	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max
18	24	7	17	13	26	20	33	28	42	37	55
24	30	9	20	15	28	23	39	33	50	44	62
30	40	12	24	19	35	29	46	40	59	52	72
40	50	14	27	22	39	33	52	45	65	58	79
50	65	18	32	27	47	41	61	56	80	73	99
65	80	23	39	35	57	50	75	69	98	91	123
80	100	29	47	42	68	62	90	84	116	109	144
100	120	35	56	50	81	75	108	100	139	130	170
120	140	40	68	60	98	90	130	120	165	155	205
140	160	45	74	65	110	100	150	140	191	180	240

表 24.3-38 圆柱孔圆柱滚子轴承的径向游隙 (摘自 GB/T 4604—1993) ( $\mu m$ )

公称内径 $d/mm$		2组		0组		3组		4组		5组	
超 过	到	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max
	10	0	25	20	45	35	60	50	75	—	—
10	24	0	25	20	45	35	60	50	75	65	90
24	30	0	25	20	45	35	60	50	75	70	95
30	40	5	30	25	50	45	70	60	85	80	105
40	50	5	35	30	60	50	80	70	100	95	125
50	65	10	40	40	70	60	90	80	110	110	140

续表 24.3-38

公称内径 $d/mm$		2组		0组		3组		4组		5组	
超过	到	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max
65	80	10	45	40	75	65	100	90	125	130	165
80	100	15	50	50	85	75	110	105	140	155	190
100	120	15	55	50	90	85	125	125	165	180	220
120	140	15	60	60	105	100	145	145	190	200	245
140	160	20	70	70	120	115	165	165	215	225	275
160	180	25	75	75	125	120	170	170	220	250	300
180	200	35	90	90	145	140	195	195	250	275	330
200	225	45	105	105	165	160	220	220	280	305	365
225	250	45	110	110	175	170	235	235	300	330	395
250	280	55	125	125	195	190	260	260	330	370	440
280	315	55	130	130	205	200	275	275	350	410	485
315	355	65	145	145	225	225	305	305	385	455	535
355	400	100	190	190	280	280	370	370	460	510	600
400	450	110	210	210	310	310	410	410	510	565	665
450	500	110	220	220	330	330	440	440	550	625	735

注：滚针轴承的径向游隙：

除冲压外圈滚针轴承和重系列滚针轴承外，有内、外圈和保持架的滚针轴承采用本表中给出的圆柱滚子轴承的径向游隙值。有内、外圈的重系列滚针轴承和内圈作为一个分离零件交货的有保持架滚针轴承，其径向游隙由内圈滚道直径和滚针组件内径决定。

表 24.3-39 圆柱孔调心滚子轴承的径向游隙（摘自 GB/T 4604—1993）（ $\mu m$ ）

公称内径 $d/mm$		2组		0组		3组		4组		5组	
超过	到	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max
14	18	10	20	20	35	35	45	45	60	60	75
18	24	10	20	20	35	35	45	45	60	60	75
24	30	15	25	25	40	40	55	55	75	75	95
30	40	15	30	30	45	45	60	60	80	80	100
40	50	20	35	35	55	55	75	75	100	100	125
50	65	20	40	40	65	65	90	90	120	120	150
65	80	30	50	50	80	80	110	110	145	145	180
80	100	35	60	60	100	100	135	135	180	180	225
100	120	40	75	75	120	120	160	160	210	210	260
120	140	50	95	95	145	145	190	190	240	240	300

续表 24.3.39

公称内径 $d/mm$		2组		0组		3组		4组		5组	
超 过	到	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max
140	160	60	110	110	170	170	220	220	280	280	350
160	180	65	120	120	180	180	240	240	310	310	390
180	200	70	130	130	200	200	260	260	340	340	430
200	225	80	140	140	220	220	290	290	380	380	470
225	250	90	150	150	240	240	320	320	420	420	520
250	280	100	170	170	260	260	350	350	460	460	570
280	315	110	190	190	280	280	370	370	500	500	630
315	355	120	200	200	310	310	410	410	550	550	690
355	400	130	220	220	340	340	450	450	600	600	750
400	450	140	240	240	370	370	500	500	660	660	820
450	500	140	260	260	410	410	550	550	720	720	900
500	560	150	280	280	440	440	600	600	780	780	1 000
560	630	170	310	310	480	480	650	650	850	850	1 100
630	710	190	350	350	530	530	700	700	920	920	1 190
710	800	210	390	390	580	580	770	770	1 010	1 010	1 300
800	900	230	430	430	650	650	860	860	1 120	1 120	1 440
900	1 000	260	480	480	710	710	930	930	1 220	1 220	1 570

表 24.3.40 圆锥孔调心滚子轴承的径向游隙 (摘自 GB/T 4604—1993) ( $\mu m$ )

公称内径 $d/mm$		2组		0组		3组		4组		5组	
超 过	到	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max
18	24	15	25	25	35	35	45	45	60	60	75
24	30	20	30	30	40	40	55	55	75	75	95
30	40	25	35	35	50	50	65	65	85	85	105
40	50	30	45	45	60	60	80	80	100	100	130
50	65	40	55	55	75	75	95	95	120	120	160
65	80	50	70	70	95	95	120	120	150	150	200
80	100	55	80	80	110	110	140	140	180	180	230
100	120	65	100	100	135	135	170	170	220	220	280
120	140	80	120	120	160	160	200	200	260	260	330
140	160	90	130	130	180	180	230	230	300	300	380
160	180	100	140	140	200	200	260	260	340	340	430

续表 24.3-40

公称内径 $d/\text{mm}$		2组		0组		3组		4组		5组	
超 过	到	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max
180	200	110	160	160	220	220	290	290	370	370	470
200	225	120	180	180	250	250	320	320	410	410	520
225	250	140	200	200	270	270	350	350	450	450	570
250	280	150	220	220	300	300	390	390	490	490	620
280	315	170	240	240	330	330	430	430	540	540	680
315	355	190	270	270	360	360	470	470	590	590	740
355	400	210	300	300	400	400	520	520	650	650	820
400	450	230	330	330	440	440	570	570	720	720	910
450	500	260	370	370	490	490	630	630	790	790	1 000
500	560	290	410	410	540	540	680	680	870	870	1 100
560	630	320	460	460	600	600	760	760	980	980	1 230
630	710	350	510	510	670	670	850	850	1 090	1 090	1 360
710	800	390	570	570	750	750	960	960	1 220	1 220	1 500
800	900	440	640	640	840	840	1 070	1 070	1 370	1 370	1 690
900	1 000	490	710	710	930	930	1 190	1 190	1 520	1 520	1 860

表 24.3-41 推荐的双列圆柱滚子轴承径向游隙 (摘自 GB/T 4604—1993) ( $\mu\text{m}$ )

公称内径 $d/\text{mm}$		圆锥孔双列圆柱滚子轴承				圆柱孔双列圆柱滚子轴承					
		1组		2组		1组		2组		3组	
超 过	到	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max
	24	10	20	20	30	5	15	10	20	20	30
24	30	15	25	25	35	5	15	10	25	25	35
30	40	15	25	25	40	5	15	12	25	25	40
40	50	17	30	30	45	5	18	15	30	30	45
50	65	20	35	35	50	5	20	15	35	35	50
65	80	25	40	40	60	10	25	20	40	40	60
80	100	35	55	45	70	10	30	25	45	45	70
100	120	40	60	50	80	10	30	25	50	50	80
120	140	45	70	60	90	10	35	30	60	60	90
140	160	50	75	65	100	10	35	35	65	65	100
160	180	55	85	75	110	10	40	35	75	75	110
180	200	60	90	80	120	15	45	40	80	80	120
200	225	60	95	90	135	15	50	45	90	90	135

公称内径 $d/mm$		圆锥孔双列圆柱滚子轴承				圆柱孔双列圆柱滚子轴承					
		I组		2组		1组		2组		3组	
超 过	到	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max
225	250	65	100	100	150	15	50	50	100	100	150
250	280	75	110	110	165	20	55	55	110	110	165
280	315	80	120	120	180	20	60	60	120	120	180
315	355	90	135	135	200	20	65	65	135	135	200
355	400	100	150	150	225	25	75	75	150	150	225
400	450	110	170	170	255	25	85	85	170	170	255
450	500	120	190	190	285	25	95	95	190	190	285

## 6 滚动轴承的预紧

预紧就是轴承安装时采取一定措施使轴承中的滚动体和内外套圈间产生一定的预变形，以保持轴承内外套圈均处于压紧状态的一种措施。

轴承的预紧分轴向预紧和径向预紧两类，通常大多采用的是轴向预紧。对轴向预紧又可分为定位预紧和定压预紧两种。

### 6.1 定位预紧

定位预紧是指轴承的轴向相对位置在使用中保持不变的一种预紧方式。如图 24.3-15 所示，可以通过调整间距套的宽度以获得一定的预紧量。

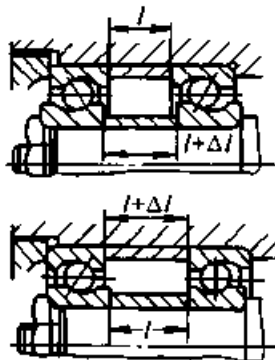


图 24.3-15 定位预紧

一对深沟球轴承在定位预紧安装下的载荷-变形曲线如图 24.3-16 所示。

预紧前，两轴承的内圈与内垫片间存在间隙  $2\delta_0$ ，施加轴向预紧力  $F_{a0}$  后，轴向间隙  $2\delta_0$  消除，轴承内部产生的轴向变形  $\delta_{aI}$ 、 $\delta_{aII}$  均为  $\delta_0$ 。

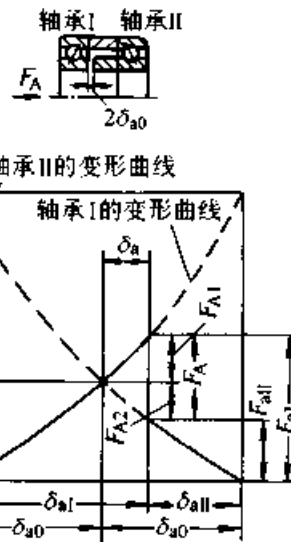


图 24.3-16 定位预紧的载荷与变形

当继续施加轴向载荷  $F_A$  时，两轴承的轴向变形和轴向载荷发生如下变化（见图 24.3-16）

$$\begin{aligned} \delta_{aI} &= \delta_{a0} + \delta_a & \delta_{aII} &= \delta_{a0} - \delta_a \\ F_{aI} &= F_{a0} + F_{A1} & F_{aII} &= F_{a0} - F_{A2} \end{aligned}$$

当  $F_A$  增大到使  $F_{A2} = F_{a0}$  时，轴承 II 将处于卸载状态，此时支承系统的轴向变形量

$$\delta_a = \delta_{a0}$$

若不加预紧，使轴承 II 卸载的支承系统变形量（轴承 I 的变形量）

$$\delta_a = 2\delta_{a0}$$

可见，与不预紧相比，定位预紧可提高支承刚度一倍。

定位预紧时，滚动体与滚道应始终保持接触，为此所需要的最小预紧载荷  $F_{a0min}$  可按表 24.3-42 所列公式确定。



表 24.3-42 定位预紧时的最小预紧载荷

轴承类型	载荷状况	最小预紧载荷 $F_{dmin}$
角接触球轴承	纯轴向载荷	$F_{dmin} = 0.35F_A$
	径向和轴向联合载荷	$\begin{cases} F_{dmin} \geq 1.7F_{rI} \tan \alpha_I - 0.5F_A \\ F_{dmin} \geq 1.7F_{rII} \tan \alpha_{II} + 0.5F_A \end{cases}$ 取两者中的较大值
圆锥滚子轴承	纯轴向载荷	$F_{dmin} = 0.5F_A$
	径向和轴向联合载荷	$\begin{cases} F_{dmin} \geq 1.9F_{rI} \tan \alpha_I - 0.5F_A \\ F_{dmin} \geq 1.9F_{rII} \tan \alpha_{II} + 0.5F_A \end{cases}$ 取两者中的较大值

注： $F_{rI}$ —轴承 I 所承受的径向载荷；  
 $F_{rII}$ —轴承 II 所承受的径向载荷；  
 $\alpha_I$ —轴承 I 的接触角；  
 $\alpha_{II}$ —轴承 II 的接触角。

### 6.2 定压预紧

定压预紧是指使轴承的轴向预紧载荷在使用中保持不变的一种轴向预紧方式。如图 24.3-17 所示，可以通过调整弹簧的压缩量以获得一定的预紧量。

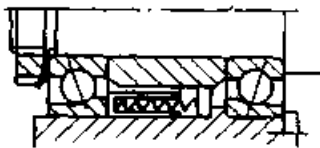


图 24.3-17 定压预紧

一对角接触球轴承采用定压预紧时的载荷-变形曲线如图 24.3-18 所示。图中弹簧产生的预紧载荷为  $F_{a0}$ ，当外部轴向载荷  $F_A$  作用到轴上时，轴承 I 的轴向变形增加  $\delta_a$ ，而轴承 II 的变形量几乎不变。因此，定压预紧不会出现卸载状态，且预紧量不受温度变化的影响，但对轴承刚度的提高不大。

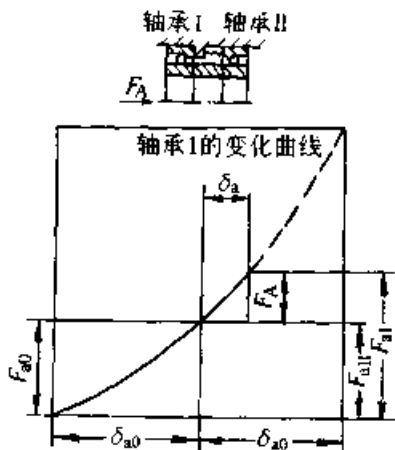


图 24.3-18 定压预紧的载荷与变形

### 6.3 径向预紧

利用轴承和轴颈的过盈配合，使轴承内圈膨胀，以消除径向游隙并产生一定预变形的方称轴承的径向预紧。通常，这种预紧可以通过带锥孔的轴承内圈，在带锥面的套筒或轴颈上移动来实现。

### 6.4 实现轴向预紧的方法

#### (1) 成对安装角接触球轴承

成对安装的角接触球轴承是在轴承生产中已考虑到预紧变形量的大小，在相配对的两个轴承的内圈或外圈的端面上，磨去一定的预紧变形量  $\delta_{a0}$ ，当将这对轴承安装到轴承部件上去时，用紧固装置压紧相应端面，两轴承即处于预紧状态。如图 24.3-19 所示。

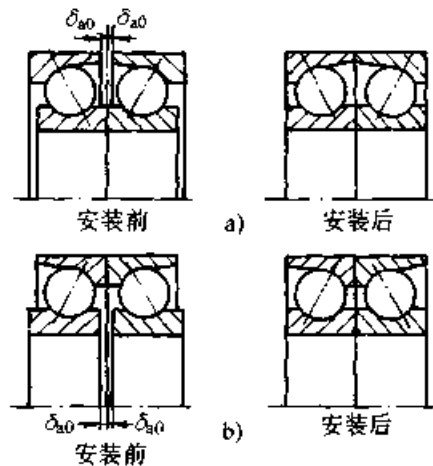


图 24.3-19 成对安装角接触球轴承的预紧安装

a) 面对面排列 b) 背对背排列

#### (2) 采用衬垫或间隔套

两个角接触球轴承成对安装时，在内圈或外圈之间放置不同厚度的衬垫，使这对轴承实现预紧变形，如图 24.3-20 所示。

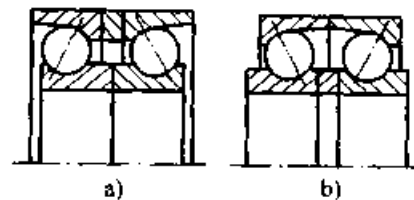


图 24.3-20 用衬垫实现预紧

a) 背对背排列 b) 面对面排列

#### (3) 用弹簧实现预紧

轴承安装到轴承部件中时，始终用弹簧顶住

不旋转的外圈，以实现定压预紧，如图 24.3-21 所示。

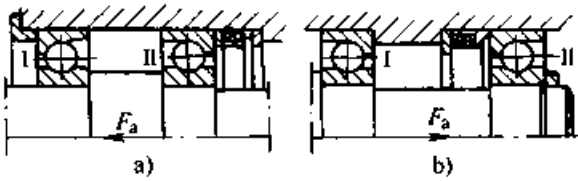


图 24.3-21 用弹簧实现定压预紧  
a) 面对面排列 b) 背对背排列

## 7 滚动轴承密封

为了防止润滑剂泄漏，防止灰尘、切屑微粒及其他有害异物和水分侵入，轴承必须进行必要的密封，以保持良好的润滑条件和工作环境，使轴承达到预期的工作寿命。

密封装置一般可分为静密封（固定密封）和动密封（转动密封）两种，前者称为垫圈密封，后者称为密封圈密封。按密封的结构形式一般又可分为接触式密封和非接触式密封。

### 7.1 接触式密封

接触式密封就是密封装置和所需密封部位间存在着一定贴合压力的直接接触。因此接触式密封装置的接触形式、贴合压力、润滑状态、滑动

速度以及相接触处的表面加工质量等因素都会直接影响到轴承的摩擦力矩、许用转速及温升。表 24.3-43 为接触式密封允许的圆周速度，表 24.3-44 为密封贴合面的要求。接触式密封常用的有毡圈密封、橡胶密封等结构型式，应用于不同场合，参见表 24.3-45。接触式密封，由于其密封件与配合件直接接触，在工作中摩擦较大，发热亦大，接触面容易磨损，从而导致密封性能下降，因此适用于中、低速的工作条件。

表 24.3-43 接触式密封允许的圆周速度

材 料	允许圆周速度 / (m/s)
毛 毡	3.5~4
皮 革	8~10
合成橡胶 (丁腈橡胶)	10~15

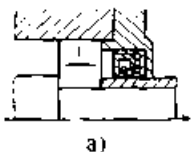
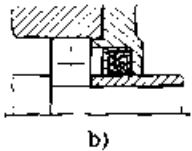
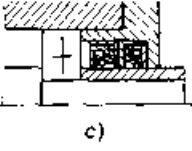
表 24.3-44 密封贴合面的要求

圆周速度 / (m/s)	表面粗糙度 $Ra / \mu m$	轴加工工艺要求
~5	3.2	磨 削
5~10	1.6~3.2	磨 削
>10	0.8	表面淬硬、镀铬

表 24.3-45 接触式密封

序号	密封形式	简 图	说 明
1	单毡圈式		主要用于脂润滑，工作环境比较干净的轴承密封。一般接触处的圆周速度不超过 4~5 m/s，允许工作温度可达 90℃。如果轴表面经过抛光，毛毡质量较好，圆周速度可允许到 7~8 m/s。
2	双毡圈式		毡圈与轴之间的摩擦较大，长期使用易把轴磨出沟槽。因此，一般多采用轴套与毛毡圈接触，以保护轴。
3	多毡圈式		毛毡式密封效果欠佳，虽然多毡圈式比单、双毡圈式密封效果要好一些，但因为外面的毡圈首先与污物接触却得不到轴承内部的润滑剂，逐渐干燥失去弹性

续表 24.3-45

序号	密封形式	简 图	说 明
4	皮 碗 密 封		<p>皮碗密封圈是用耐油橡胶制成。用于脂润滑或油润滑的轴承密封中。接触处的圆周速度不大于 7 m/s、适用于温度 -40~100 ℃</p> <p>为了保持密封圈的压力，皮碗用弹簧圈紧箍在轴上，使密封唇呈锐角状。图 a 的密封唇面向轴承，主要用于防止润滑油的泄出。图 b 的密封唇背向轴承，主要用于阻止灰尘杂物的侵入</p> <p>图 c 同时采用两个皮碗相对安装：面向轴承者为阻止润滑油流出，背向轴承者为阻止灰尘杂物的侵入</p>
			
			

超星浏览器提醒您：  
使用本复制说明  
请尊重相关知识产权！

### 7.2 非接触式密封




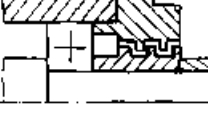
非接触式密封就是密封装置和所需密封部位间不发生直接接触。由于非接触式密封装置中的密封间隙处，除了存在润滑剂摩擦外均不会出现任何其他摩擦，因此非接触式密封不会产生磨损，使用时间较长也不会产生明显的热量，可适用于转速较高的场合。但密封的间隙也不能过大，否则起不到密封效果。表 24.3-46 为非接触

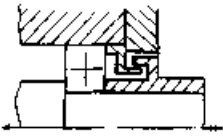
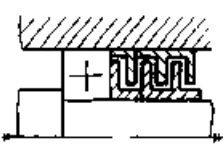
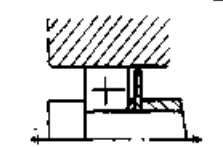
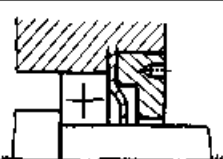
式密封装置的间隙。非接触式密封常用的有间隙式、迷宫式和垫圈式等各种不同结构形式、应用于不同场合，参见表 24.3-47。

表 24.3-46 非接触式密封装置的间隙 (mm)

轴 径	径向间隙	轴向间隙
< 50	0.1~0.4	1~2
≥ 50	0.5~1.0	3~5

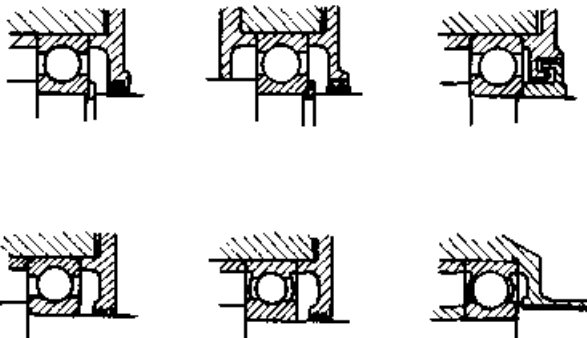
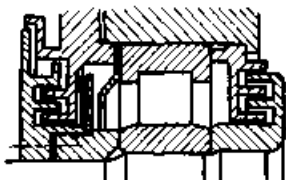
表 24.3-47 非接触式密封

序号	密封形式	简 图	说 明
1	间 隙 式		轴与端盖配合面之间，间隙越小，轴向宽度越长，密封效果越好。适用于环境比较干净的脂润滑的工作条件
2			在端盖配合面上，开有三个以上的宽为 3~4 mm、深为 4~5 mm 的沟槽，充填润滑脂，以提高密封效果
3			用于油润滑。在轴上或套上开有“W”形槽，借以甩回渗漏出来的润滑油。端盖孔壁上相应开有回油槽，将甩到孔壁上的油回收流入轴承内（或箱内）
4	迷 宫 式		径向迷宫曲路由套和端盖的径向间隙组成。端盖应剖分，迷宫曲路沿轴向展开，故径向尺寸比较紧凑。曲路折回数越多，密封越可靠。适用于比较脏的工作环境，如金属切削机床的工作端多采用此种密封形式

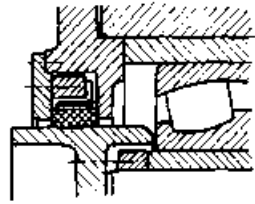
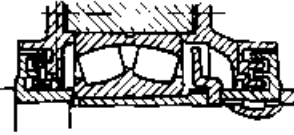
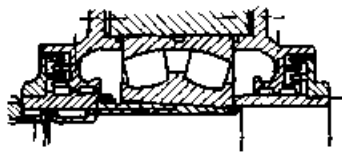
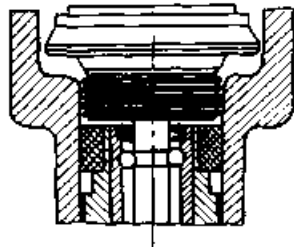
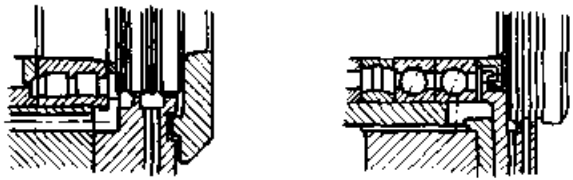
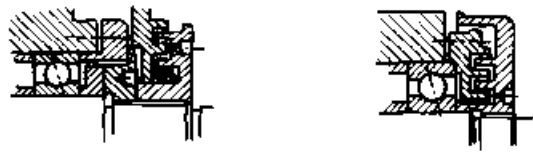
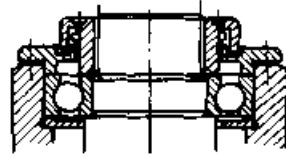
序号	密封形式	简图	说明
5	迷宫式 轴向迷宫		轴向迷宫曲路由套和端盖的轴向间隙组成。但迷宫曲路沿径向展开，故曲路折回次数不宜过多。由于拆装方便，端盖不须剖分，因此轴向迷宫比径向迷宫应用广泛
6	迷宫式 组合式迷宫		组合式迷宫曲路由两组“U”形垫圈组成。占用空间小，成本低。适用于成批生产的条件。此类垫圈成组安装，数量越多密封效果越好
7	垫圈式 旋转垫圈		工作时，垫圈与轴一起转动，轴的转速越高，密封效果越好。旋转垫圈既可用于来阻挡油的泄出，也可用来阻挡杂物的侵入，视垫圈所在位置而定
8	垫圈式 静止垫圈		固定在轴承外圈上的垫圈工作时静止不动。主要用来阻挡外界灰尘、杂物的侵入

7.3 密封结构示例 (表 24.3-48)

表 24.3-48 常见支承的密封结构示例

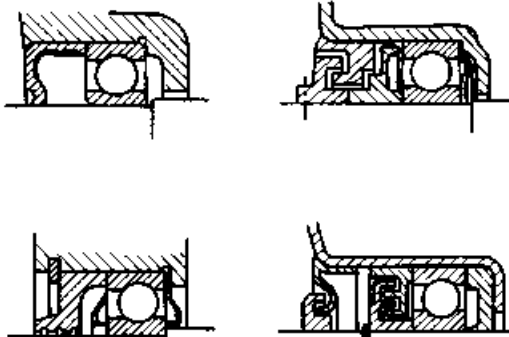
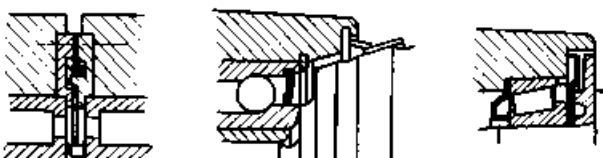



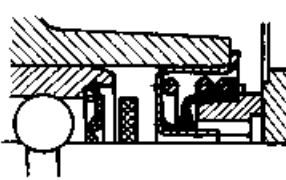
密封任务										典型工况	结构示例
防外					封内						
固体杂质			水		润滑剂			高湿			
影响小	影响一般	影响大	影响很大	滴水	喷水	高压水	油池油		循环油		
✓									✓	电动机	
✓									✓	牵引电动机	

续表 24.3-48


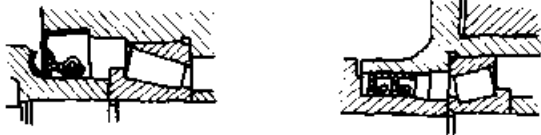
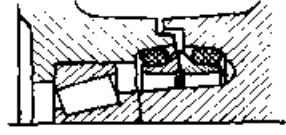
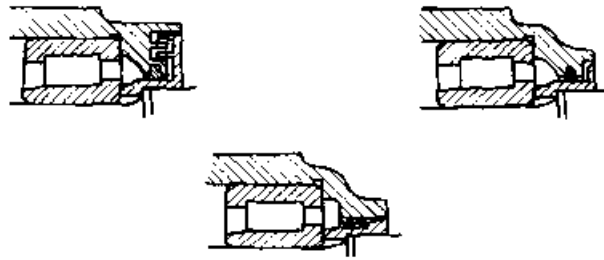
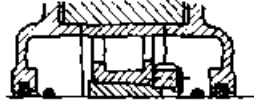
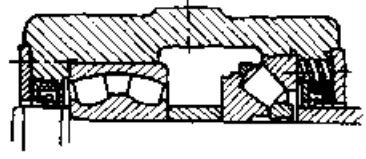
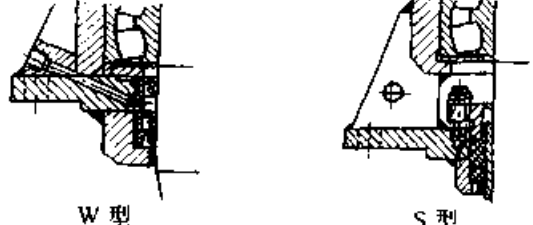
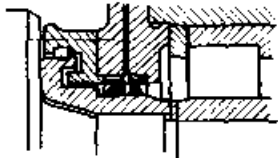
密封任务										典型工况	高温	
防外					封内							
固体杂质				水			润滑剂		脂			
影响小	影响一般	影响大	影响很大	滴水	喷水	高压水	油池油	循环油				
			✓							✓	转炉	
			✓							✓	锤式磨碎机 冲击式破碎机	
			✓				✓				锤击式破碎机 锤式磨碎机	
	✓									✓	纺锤	
✓										✓	车床主轴	
		✓								✓	砂轮轴	
			✓							✓	立式铣刀轴	

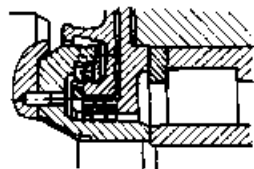
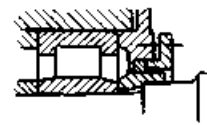
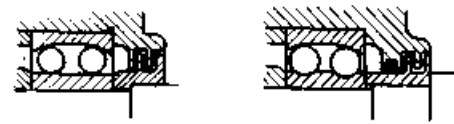
超星浏览器提醒您：  
 请勿复制  
 侵权必究  
 请尊重知识产权！

超星浏览器提醒  
使用本复制品  
请尊重相关知识产权!

密封任务										典型工况	结构示意图
防外					封内						
固体杂质			水		润滑剂			高 温			
影响小	影响一般	影响大	滴水	喷水	高压水	油池油	循环油		脂		
	✓									✓	圆盘锯、磨床
			✓	✓					✓	输送带靴子	
		✓		✓					✓	汽车前轮	
		✓		✓		✓				汽车变速箱	
		✓		✓					✓	摩托车轮毂	
	✓								✓	离合器分离轴承	
✓					✓				✓	汽车水泵	

续表 24.3-48

密封任务										高 温	典型工况	
防 外					封 内							
固体杂质				水			润滑剂		脂			
影响小	影响一般	影响大	影响很大	滴水	喷水	高压水	油池油	循环油				
		✓			✓			✓			汽车齿轮轴轴承	
			✓		✓			✓			挖掘机轴承	
		✓		✓						✓	铁道车辆轴箱轴承	
✓								✓			船轴支承轴承	
✓					✓			✓			船舶推力轴承	
	✓	✓			✓	✓				✓	船舵支承 W型 S型	 <p style="text-align: center;">W型                      S型</p>
密封装置防止轧制用润滑液进入											冷轧轧辊	

密封任务										典型工况	高温	结构示例
防 外					封 内							
固体杂质				水			润滑剂					
影响小	影响一般	影响大	影响很大	滴水	喷水	高压水	油池油	循环油	脂			
		✓			✓				✓	✓	热轧轧辊	
✓									✓	✓	橡胶压光机	
	✓									✓	干燥炉支承部位	

超星浏览器提醒您：  
使用本资料示例  
请尊重相关知识版权！

## 8 滚动轴承的润滑

### 8.1 润滑的作用和润滑剂的选择

为使轴承正常运转，避免零件表面直接接触，减少轴承内部的摩擦及磨损，提高轴承性能，延长轴承的使用寿命，必须对轴承进行润滑。轴承应用中，选择合适的润滑剂和润滑方式十分重要。轴承的润滑分为脂润滑、油润滑和固

体润滑等。脂润滑的优点是轴承座、密封结构及润滑设施简单，维护保养容易，润滑脂不易泄漏，有一定的防止水、气、灰尘和其他有害杂质侵入轴承的能力。因此在一般情况下，脂润滑得到广泛的应用。油润滑的优点是可用于重载、高速、高温等场合，润滑油流动性良好。

选择润滑剂应考虑的因素见表 24.3-49。油润滑和脂润滑情况下推荐的  $D_m n$  值见表 24.3-50。各种润滑脂的适用工作温度范围见表 24.3-51。

表 24.3-49 润滑剂的选择原则

选择依据	选 择 原 则
轴承转速	轴承转速越高，则摩擦发热越大，高速时选用黏度较小的润滑油或工作锥入度较大的润滑脂，低速时反之。脂润滑和油润滑的 $D_m n$ 值列于表 24.3-50 中
工作温度	滚动轴承在运转过程中，由于摩擦发热会使轴承温度很快升高，每种润滑剂都有一定的温度适用范围，温度还是影响轴承的精度因素。因此，工作温度高时应选用黏度较大、闪点较高的润滑油或工作锥入度较小、滴点较高、耐高温的润滑脂。推荐的润滑脂适用温度范围列于表 24.3-51 中
轴承载荷	轴承载荷的大小对能否形成油膜影响很大，载荷越大，越不易形成油膜。因此，载荷大时宜选用黏度较大的润滑油或工作锥入度较小的润滑脂，载荷小时则反之。承受冲击载荷时宜选用黏度较大的润滑油或工作锥入度较小的润滑脂
工作环境	周围空气潮湿，灰尘较多，密封装置简单时，应选择不易溶于水的钙基脂；周围空气干燥、水分较少，则宜选用钠基润滑脂



续表 24.3-49

选择依据	选择原则
安装状态	安装在立式或倾斜轴上的轴承，润滑剂易于流失，除了密封应特别注意外，应选用黏度稍大的润滑油或工作锥入度稍小的润滑脂
润滑方式	滴油润滑 选用黏度较小的润滑油 循环润滑 选用黏度较小的润滑油 喷射润滑 选用有抗氧化添加剂的润滑油

超星浏览器提醒您：  
使用本复制品  
请尊重相关知识产权！

表 24.3-50 脂润滑和油润滑适用的  $D_m n$  值

轴承类型	脂润滑	油 润 滑			
		油浴润滑	滴油润滑	油雾、油气润滑	喷射润滑
深沟球轴承	300 000	500 000	600 000	1 000 000	2 500 000
角接触球轴承	300 000	500 000	500 000	900 000	2 500 000
圆柱滚子轴承	300 000	400 000	400 000	1 000 000	2 000 000
圆锥滚子轴承	250 000	350 000	350 000	450 000	—
推力球轴承	70 000	100 000	200 000	—	—

注：1.  $D_m$ —轴承平均直径，即（外径+内径）/2（mm）； $n$ —轴的转速（r/min）。

2. 滴油润滑、油雾、油气润滑、喷射润滑的  $D_m n$  值适用于高速和高精度轴承。对于承受重载荷的轴承，应取表列数值的 85%。

表 24.3-51 推荐润滑脂适用的温度范围

润滑脂种类	适用工作温度/℃
锂基脂	-30 ~ +110
锂基复合脂	-20 ~ +140
钠基脂	-30 ~ +80
钠基复合脂	-20 ~ +140
钙基脂	-10 ~ +60
钙基复合脂	-20 ~ +130
铝基合成脂	-30 ~ +110
硼基合成脂	-20 ~ +130
聚脲系脂	-30 ~ +140

## 8.2 脂润滑

### (1) 润滑脂的选用

选择润滑脂一般是根据轴承的工作条件、工作温度和载荷条件来决定润滑脂的种类和性能。

1) 按照工作温度选择润滑脂时，主要指标

应是滴点、氧化安定性和低温性能。轴承的实际工作温度应低于滴点 10~20℃。合成润滑脂的使用温度应低于滴点 20~30℃。

2) 根据轴承载荷选择润滑脂时，对重载荷应选针入度小的润滑脂。在高压下工作的润滑脂，除针入度外，还应有较高的油膜强度和极压性能。

3) 根据环境条件选择润滑脂时，钙基润滑脂不易溶于水，适用于环境潮湿、水分较多的场合。钠基润滑脂易溶于水，适用于干燥、水分较少的场合。

润滑脂按稠化剂的种类不同可分为钙基、钠基、钙钠基、铝基、锂基、钡基、烃基等多种。常用润滑脂的种类和一般特性、用途见表 24.3-52。同是一个种类的润滑脂，也会因牌号不同而性能相差很大，所以在选用时应注意。

润滑脂按其流动性即针入度分为若干等级。针入度数值越大表示润滑脂越软。不同针入度润滑脂的使用场合见表 24.3-53。特殊润滑脂的使用温度范围见表 24.3-54。

表 24.3-52 常用润滑脂的性质和用途

润 滑 脂		针入度 (1/10 mm)	滴点/℃ ≥	组 成	特 性 与 用 途
名 称	牌 号				
钙基 润滑脂	ZG-1	310~340	75	脂肪酸钙皂稠化中黏度矿物润滑油	具有良好的抗水性,用于工业、农业和交通运输等机械设备。使用温度:1和2号脂不高于55℃;3和4号脂不高于60℃;5号脂不高于65℃
	ZG-2	265~295	80		
	ZG-3	220~250	85		
	ZG-4	175~205	90		
	ZG-5	130~160	95		
钙 合成钙基 润滑脂	ZG-2H	270~330	75	合成脂肪酸钙皂稠化中黏度矿物油	用途同上,使用温度:1号脂不高于55℃;2号脂不高于60℃
	ZG-3H	220~270	85		
基 合成复合钙基 润滑脂	ZFG-1H	310~340	180		机械安定性和胶体安定性较好,适用于较高使用温度
	ZFG-2H	265~295	200		
	ZFG-3H	220~250	220		
	ZFG-4H	175~205	240		
复合钙 基润滑脂	ZFG-1	310~340	180	酞酸钙复合的脂肪酸钙皂稠化润滑油	分别适用于120~180℃的使用温度,如轧钢机前设备,染色、造纸、塑料、橡胶加热滚筒
	ZFG-2	265~295	200		
	ZFG-3	210~250	224		
	ZFG-4	175~205	240		
钠基 润滑脂	ZN-2	265~295	140	天然脂肪酸钠皂稠化润滑油	适用于各种机械,耐热不耐水。使用温度:2、3号不超过120℃;4号不超过135℃
	ZN-3	220~250	140		
	ZN-4	175~205	150		
基 合成钠 基润滑脂	ZN-1H	225~275	130	合成脂肪酸钠皂稠化润滑油	适用于温度<100℃、不与湿气、水分接触的汽车,拖拉机及其他设备的润滑
	ZN-2H	175~225	150		
钙 钠基 压延机 润滑脂	ZGN40-1	310~355	80	硬化油和硫化棉子油的钙钠皂稠化汽缸油	具有良好的泵送性、极压性。适于集中供脂的压延机使用,1号脂冬天用,2号脂夏季用
	ZGN40-2	250~295	85		
钙 钠基 滚动轴 承润滑脂		250~290	120	蓖麻油钙钠皂稠化6号合成汽油机油	有良好的机械和胶体安定性。适用于温度小于90℃的球轴承,如机车导杆、汽车和电机轴承
铝 基 合成复合铝基 润滑脂	ZU	230~280	75	脂肪酸铝皂稠化润滑油	具有极好的耐水性,适用于航运机械润滑及金属表面防锈
	ZFU-1H	310~350	180	低分子有机酸或苯甲酸和合成脂肪酸复合铝皂稠化润滑油	滴点高,机械和胶体安定性好,适用于铁路机车、汽车、水泵、电机等各种轴承润滑,分别用于150~180℃的工作温度
	ZFU-2H	260~300	200		
	ZFU-3H		220		
ZFU-4H		240			
锂 基 通用锂基 润滑脂	ZL-1	310~340	170	天然脂肪酸锂皂稠化中等黏度润滑油加抗氧剂	良好的抗水性、机械安定性,防锈性和氧化安定性。适用于-20~120℃宽温度范围内各种机械设备的滚动轴承和滑动轴承及其他摩擦部位
	ZL-2	265~295	175		
	ZL-3	265~295	180		

续表 24.3-52

润 滑 脂		针入度 (1/10 mm)	滴点/℃ ≥	组 成	特性与用途	
名 称	牌 号					
锂 基	极压锂基 润滑油	0	355~385	天然脂肪酸锂皂稠化 中等黏度润滑油加抗氧 剂	良好的机械安定性、抗水性、防锈性、极 压抗磨性和泵送性。适用温度范围 - 20 ~ 120℃, 用于压延机、锻造机、减速机等重 载机械设备及齿轮轴承!	
		1	310~340			170
		2	265~295			
	合成锂基 润滑脂	ZL-1H	310~340	合成脂肪酸锂皂稠化 中黏度润滑油	与天然锂皂基本相似, 使用范围相同	
		ZL-2H	265~295			180
		ZL-3H	220~250			190
		ZL-4H	175~205			200
	精密机床 主轴 润滑脂		265-295	180	锂皂稠化低黏度、低 凝点润滑脂	具有抗氧化安定性、胶体安定性和机械安 定性。适用于各种精密机床
			220-250			
	精密 仪表脂	ZT53-7	35	160	硬脂酸锂皂地蜡稠化 仪表油	适用于精密仪器、仪表轴承。使用范围: 特7号为 - 70 ~ 120℃、特75号为 - 70 ~ 80℃
ZT53-75		45	140			
钡 基	钡基 润滑脂	ZB-3	200~260	150	脂肪酸钡皂稠化中黏 度润滑油	耐水、耐高温、极压性好。适用于抽水机、 船舶推进器及高温、高压、潮湿条件下工作 的重型机械
	多效密封 润滑脂	ZB10-2	260~330	110	硬脂酸钡皂稠化低凝 点合成变压器油	用于密封酒精、机油、水和空气导管系统 的结合处, 也用于转速急剧变化之滚动轴承
烃 基	仪表 润滑脂	ZT53-3	230~265	60	地蜡稠化仪表油	适用于 - 60 ~ 55℃ 温度范围内工作的仪器
	精密 仪表脂	ZT53	30	70		
	润滑脂	ZT-11	160	70		

表 24.3-53 针入度与使用条件

针入度代号	0	1	2	3	4
针入度值	385~355	340~310	295~265	250~220	205~175
使用场合	用于易发生微 动磨损的场合	用于低温及易 发生微动磨损的 场合	一般密封球轴 承	一般高温用密 封球轴承	高温用, 脂密 封场合

表 24.3-54 特殊润滑脂的使用温度范围

润滑脂牌号	7001	7007	7008	7011	7012	7013	7014	7014-1
使用温度范围/℃	- 60 ~ + 120	- 60 ~ + 120	- 60 ~ + 120	- 60 ~ + 120	- 70 ~ + 120	- 70 ~ + 120	- 60 ~ + 200	- 40 ~ + 200
润滑脂牌号	7014-2	7015	7016	7017	7018	7019	7020	221
使用温度范围/℃	- 50 ~ + 200	- 70 ~ + 180	- 60 ~ + 230	- 60 ~ + 250	- 45 ~ + 160	20 ~ + 150	- 20 ~ + 300	- 60 ~ + 150

(2) 润滑脂的填充量

润滑脂的填充量，以填充轴承和轴承壳体空间的1/3到1/2为宜。若加脂过多，由于搅拌发热，会使脂变质恶化或软化。高速时应仅填充至1/3或更少。当转速很低时，为防止外部异物进入轴承内，可以填满壳体空间。

(3) 润滑脂的补充和更换

润滑脂的使用寿命是有限的，由于剪切作用和老化，其润滑性能在工作过程中逐渐降低，在使用中磨屑也逐渐增多。因此，在多数支承中必须每间隔一定时间补充或更换一次润滑脂。润滑

脂的补充周期与轴承结构、尺寸、转速、温度和环境条件有关。

图24.3-22为深沟球轴承、圆柱滚子轴承和圆锥滚子轴承与调心滚子轴承的润滑脂补充周期曲线图。可根据轴承内径和转速，查出润滑脂更换的大致时间。

此图是在轴承外径表面温度为70℃的情况下绘出的，因此适用于轴承温度70℃以下，若超过70℃，每上升15℃，补充周期应减半。如轴承用于尘埃很多，且密封不可靠的场合，补充周期可缩短到图示值的1/2到1/10。

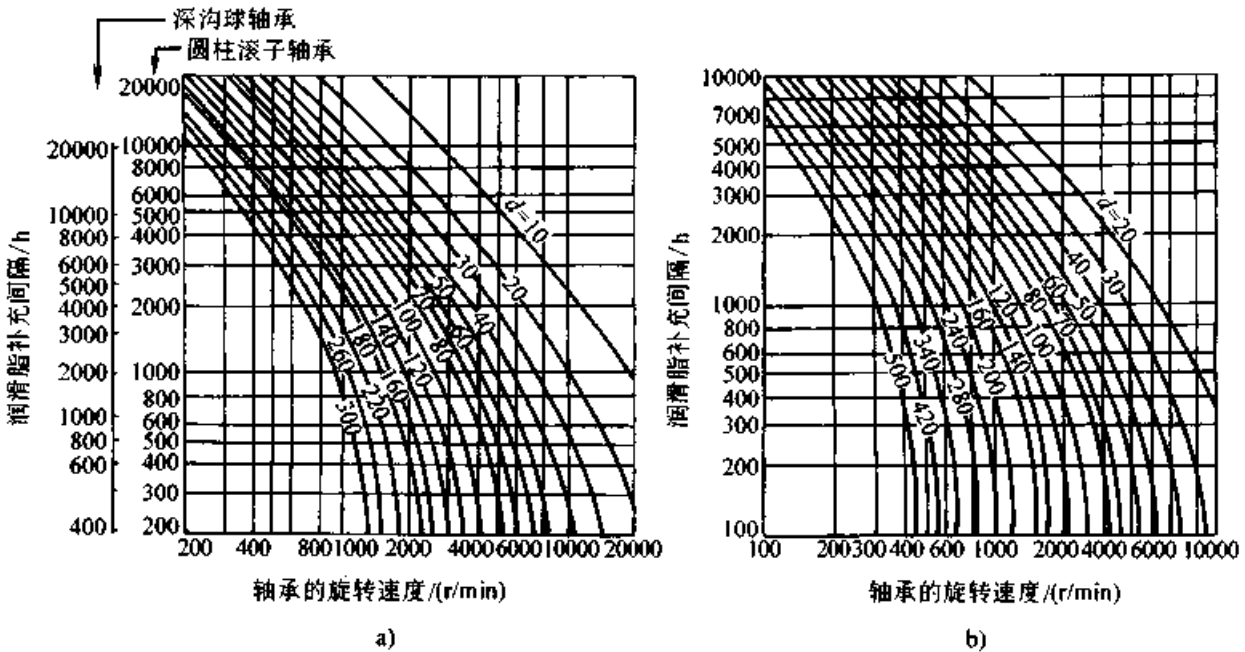


图 24.3-22 润滑脂补充间隔

a) 深沟球轴承、圆柱滚子轴承    b) 圆锥滚子轴承、调心滚子轴承

(4) 润滑脂的混合

原则上，牌号不同的润滑脂不能混合，含有不同种类稠化剂的脂相混合会破坏润滑脂的结构和稠度，不同基油的脂相混合会造成两相流体而影响连续润滑。因此，一般应避免混合使用各种润滑脂，若必须更换牌号相异的润滑脂时，应把轴承内原有的润滑脂完全清除后，再填入新的润滑脂。

8.3 油润滑

(1) 润滑油的选用

润滑油的选择主要是根据润滑油的黏度，要保证在轴承工作温度下足以在滚动体与滚道间形成一定厚度的油膜，避免金属直接接触。润滑油

在工作温度下应具有最低所需黏度值。

滚动轴承的润滑一般用不含添加剂的矿物油，其在轴承工作温度下所需的最小运动黏度可由图24.3-23查出。

润滑油的黏度与温度有关，它随温度上升而下降，为了保证滚动体与滚道接触表面间形成足够的润滑油膜，润滑油在工作温度下必须保持一定的黏度。黏度过低，不能充分形成油膜，造成轴承异常磨损和寿命下降；黏度过高，由于黏性阻力而造成发热，扩大动力损失。

一般而言，转速高应选用低黏度的油；载荷越大轴承越大，则应选择高黏度的润滑油。通常希望在轴承工作温度下，润滑剂的黏度对球轴承不应低于13 mm<sup>2</sup>/s，滚子轴承不应低于20 mm<sup>2</sup>/s，

推力调心滚子轴承不应低于  $32 \text{ mm}^2/\text{s}$ 。

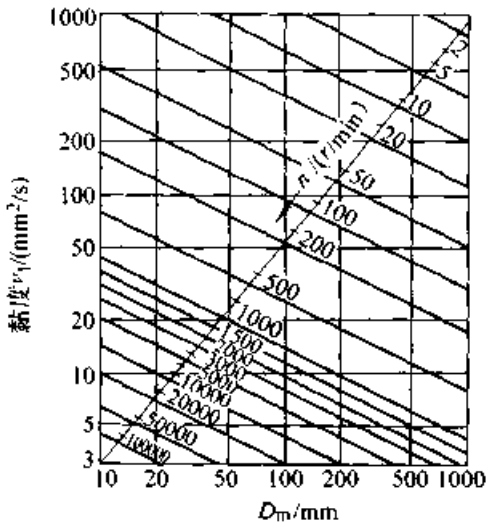


图 24.3-23 最低黏度  $v_1$

选用滚动轴承用润滑油时，推荐选用黏度指数 VI 至少为 85 的润滑油。如果运行温度已知，则在国际标准参考温度  $40^\circ\text{C}$  (或其他温度) 时润滑油黏度的对应值由图 24.3-24 查出，此图是在黏度指数 VI 为 85 时绘出的。

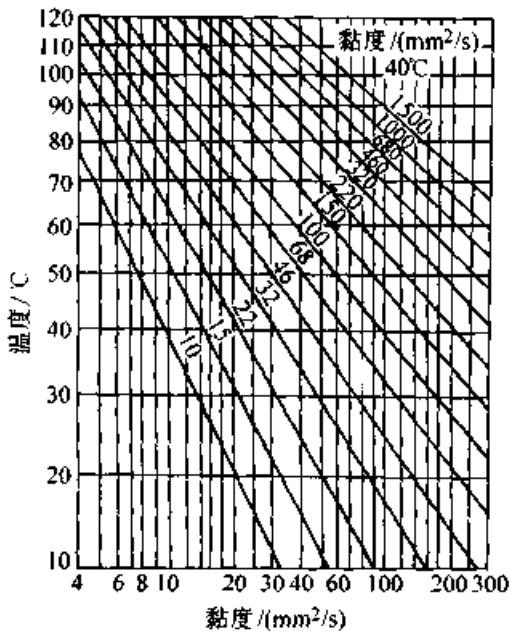


图 24.3-24 黏度-温度关系

(2) 润滑方式选择

滚动轴承的润滑方式与轴承转速、载荷、温升及轴承类型有关。常用的润滑方式有以下几种。

1) 油浴润滑 油浴润滑多用于低、中速轴承的润滑。轴承的一部分浸在油槽中，润滑油由旋转的轴承零件带起然后又回到油槽中。当轴承

静止时，油面一般应保持在最低滚动体的中心处。

2) 滴油润滑 多用于较高转速的小型轴承，通过可视的油杯给轴承滴油，油量一般为每分钟数滴。

3) 飞溅给油润滑 利用装在轴上的齿轮或简单叶片回转产生的飞溅来使轴承润滑的方法。这种方法广泛用于汽车变速箱和差动齿轮装置以及机床齿轮箱等。

4) 循环油润滑 用油泵将经过过滤的润滑油输送到轴承部件中。通过轴承后的润滑油再经过过滤，冷却后循环使用。由于油循环可带走一定的热量，使轴承温度降低，故此方法适用于转速较高的轴承部件。循环供油系统的过滤装置可以排除磨粒和外界杂质，还可装置恒温控制阀以保证油的黏度处于最优范围。

循环润滑的油量可参考图 24.3-25 选取。若采用循环油润滑不是为了散热，而只是给轴承润滑，只需很少量的油就够了。若要散热，则需要较大的油量，为防止油流过轴承时由于产生阻力而使油积存在轴承前面，可按图中的 b 和 c 确定油流量的上限。具体在单位时间内需要供给多大的油量，以得到满意的工作温度，取决于发热与散热的比率，通常需要进行试运转。

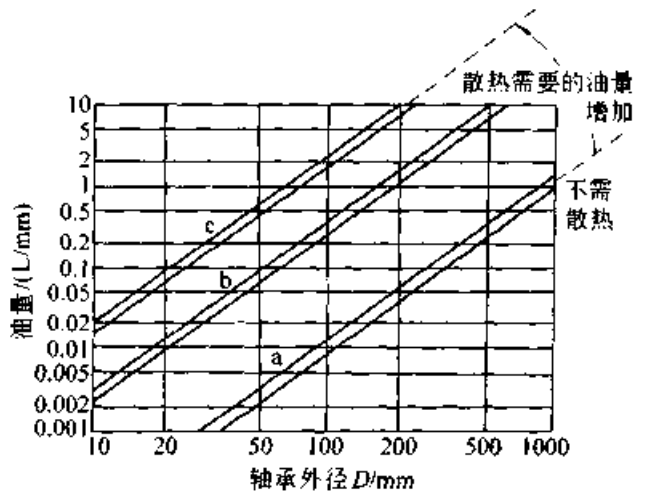


图 24.3-25 循环润滑的油量

a—充足油量的润滑 b—对称型轴承上限  
c—非对称型轴承的上限

5) 喷射润滑 用油泵将高压油经喷嘴喷射到轴承中，贯穿轴承内部流入油槽。在高速轴承中，当轴承旋转时，滚动体、保持架也以相当高的速度旋转，使其周围空气形成气流，造成较大

阻力,用一般润滑方法很难将润滑油输入轴承中,这时必须采用此种方法。喷嘴的位置应指向内圈和保持架之间的间隙处。

喷射润滑所需要的油量主要取决于油应排出的热量。表 24.3-55 给出了与轴承大小对应的喷射润滑所需油量的大概值。根据油量确定喷嘴直径和压力大小,当喷嘴前的油压 $\leq 10$  MPa,喷嘴直径一般可取 0.7~2.0 mm 之间。在喷射润滑系统中,一般安装一个滤油器,以避免喷嘴堵塞。

表 24.3-55 喷射润滑的用水量

轴承内径/ mm	超过	50		120
	到	50	120	
需油量	L/min	0.5~1.5	1.1~4.2	2.5

6) 油雾润滑 用经过过滤的极干燥、洁净的压缩空气与润滑油混合形成雾状,喷射到轴承中。轴承座内的气流可冷却轴承,而轴承座内产生的压力又可有效地防止杂质进入,润滑油量可精确调节,因而搅拌阻力小,适用于高速高温轴承部件的润滑。

7) 油气润滑 采用活塞式定量分配器,每隔一定时间将微量油送到管内的压缩空气流中,在管壁上形成连续流动的油流,提供给轴承。由于经常送进的新的润滑油,因而油不会老化。压缩空气使得外部杂质不易侵入轴承内部。油的微量供给减少了对周围环境的污染。油气润滑比油雾润滑油量少且稳定,摩擦力矩小,温升低,特别适用于高速轴承。

### (3) 换油周期

润滑油的更换周期与运行状况和润滑油用量有关。油浴润滑时如运行温度不超过 50℃,没有污染现象,一般一年更换一次油。温度越高,换油次数应越多。如果运行温度接近 100℃时,必须每三个月换一次油。运转条件恶劣时,也应增加换油次数。

循环油润滑和喷射润滑时,换油周期由润滑油循环快慢及机油是否污染和冷却状况来决定。合适的换油周期只能通过试验和分析检验润滑油状况来决定。油雾润滑和油气润滑中的润滑油仅通过轴承一次而不循环使用。

## 9 滚动轴承的安装与拆卸

### 9.1 轴承的安装

#### (1) 安装前的准备

轴承的安装要在干燥、清洁的环境条件下进行。安装之前应准备好所有必需的部件、工具及设备。并确定好各相关零件的安装顺序。

安装前应仔细检查轴和外壳的配合表面、凸肩的端面、沟槽和连接表面的加工质量。所有配合连接表面必须仔细清洗并除去毛刺,铸件未加工表面必须除净型砂。

在安装准备工作没有完成前,不要拆开轴承的包装,以免污染。

#### (2) 圆柱孔轴承的安装

1) 压入法 对于圆柱形内孔且又必须与配合件过盈配合的小型轴承,可用机械的或液压的方法将轴承压装到轴上或壳体中,如图 24.3-26 所示。安装压力应直接施加于过盈配合的轴承套圈端面上,不允许施加于非过盈配合套圈通过滚动体来传递压力,否则会在轴承工作表面上造成压伤,导致轴承很快地损坏。

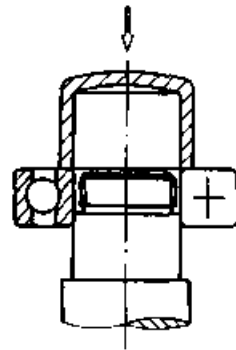


图 24.3-26 内圈的压入

若轴承套圈与轴及外壳孔都是过盈配合,装配时轴承内、外圈要同时压入轴和壳体内,此时,装配环的形状应能同时压紧轴承内、外圈的端面,见图 24.3-27。

可分离型的圆柱滚子轴承、圆锥滚子轴承、推力球轴承等,可以将内(轴)圈、外(座)圈分别安装到轴和壳体上。将已安装内圈的轴放入已装好外圈的轴承壳体中时应特别小心,必须保证对中。

2) 加热法或冷却法 当轴承尺寸较大或过盈量较大时,所需安装力会显著增大,因此,可

利用热胀冷缩原理来安装。轴承套圈与轴或壳体之间安装所需温差取决于过盈量和轴承尺寸。一般采用油浴加热或感应加热器加热等方法。

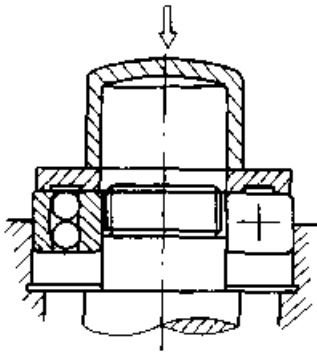


图 24.3-27 内圈、外圈同时压入

较为适宜的加热温度范围为 80~100℃，最高不能超过 120℃。

所装轴承冷却后，宽度方向将收缩，因此要用螺母或其它适当的方法使之紧固，以防止套圈端面与轴肩之间产生间隙。

(3) 圆锥孔轴承的安装

内孔为圆锥孔的轴承总是以过盈配合安装。安装时，过盈量不是像圆柱形内孔轴承那样，由所选取的轴的公差决定，而取决于轴承在锥形轴颈上或锥形紧定套上推入距离的长短。轴承的初始径向游隙在推入过程中减小，而推入量的大小决定配合程度，因此，安装之前必须首先测量轴承径向游隙。在压力安装过程中，不断测量径向游隙，直至达到要求的径向游隙减小量及理想的过盈配合为止。

图 24.3-28 为用紧定螺母在锥形轴上安装轴承。图 24.3-29 为用退卸套安装调心滚子轴承。

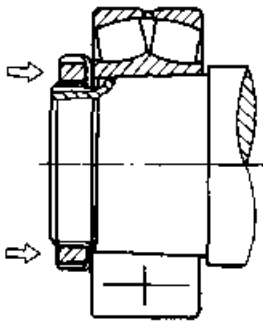


图 24.3-28 用紧定螺母安装

(4) 轴承的游隙调整

游隙可调整的轴承（如单列角接触球轴承，圆锥滚子轴承，推力轴承）安装的最后阶段是调

整轴承的游隙。游隙不仅关系到轴承的寿命和机器的正常工作，而且若轴承用于机床主轴时，还直接影响加工质量。因此，需要根据安装结构、载荷、工作温度及轴承性能进行精确调整：

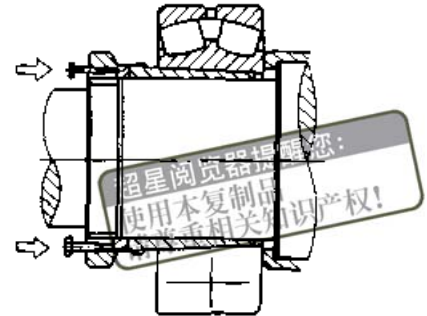


图 24.3-29 用退卸套和螺钉安装

图 24.3-30 是利用千分表测量汽车轮毂轴承轴向游隙的方法。检查时将带有千分表的支座稳固地置于机身上或壳体内，把千分表表头顶在轴的光洁表面上，向两个方向推轴时，表针指示的界限偏差，即为其轴向游隙数值。

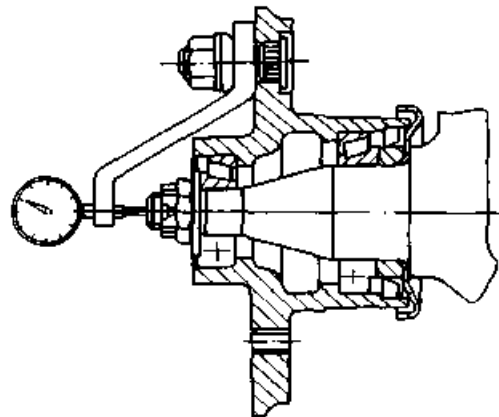


图 24.3-30 轴向游隙的测定

轴向游隙可在壳体上加衬垫或用壳体上或轴上的螺母进行调整(见图 24.3-31、图 24.3-32)。

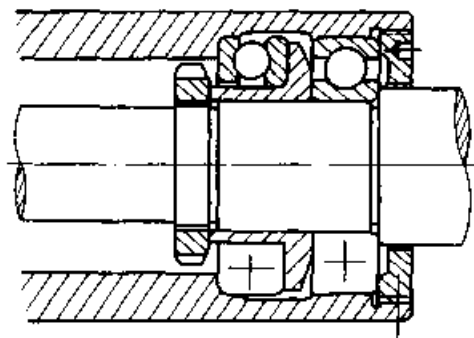


图 24.3-31 用壳体上螺母调整游隙

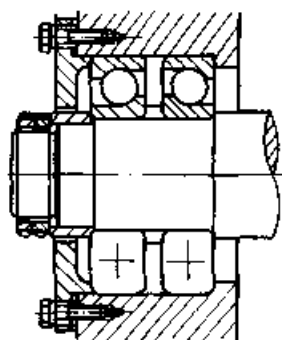


图 24.3-32 用衬垫调整游隙

## 9.2 轴承的拆卸

若轴承拆下后还将再次使用，则绝不允许通过滚动体传递拆卸力，否则滚动体和滚道都会被压伤。

对非分离型轴承，首先从较松配合面将轴承拆出，然后使用压力机将轴承从紧配合表面压出。如图 24.3-33 所示。

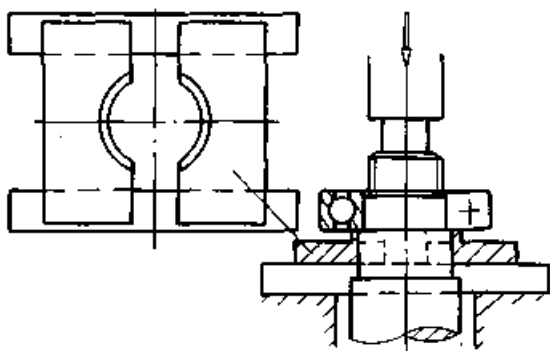


图 24.3-33 用压力机将内圈压出

还可以使用专门的拆卸器拆卸轴承。图 24.3-34 是一种简单的双拉杆拆卸器，图 24.3-35 是一种三拉杆拆卸器。

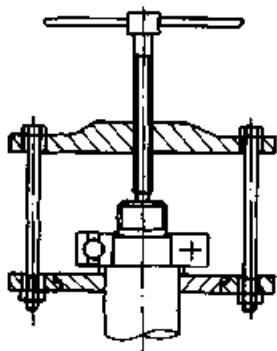


图 24.3-34 用双拉杆拆卸器

拆卸过盈配合的外圈，如果设计时在壳体挡肩上设置几处切口（图 24.3-36）或设置安装顶

出螺钉的螺纹孔（图 24.3-37）则拆卸时更为方便。

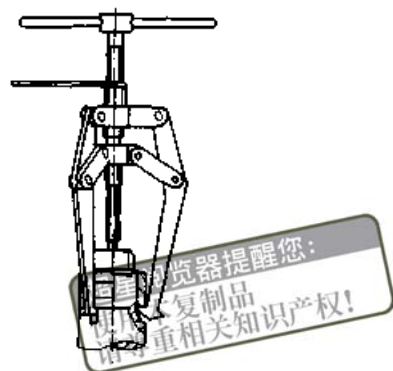


图 24.3-35 用三拉杆拆卸器

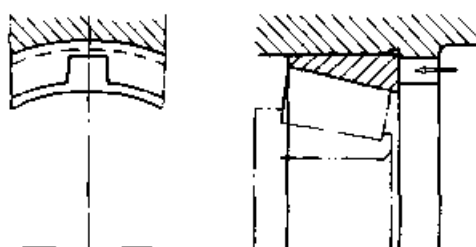


图 24.3-36 拆卸的切口

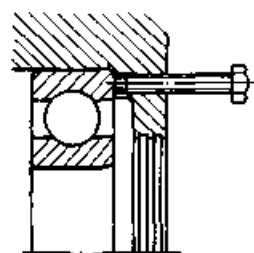


图 24.3-37 用顶出螺钉拆卸外圈

可分离型单列圆柱滚子轴承（NU、NJ 型）拆卸时轴承外圈与保持架、滚动体为一体，与轴承内圈分离。轴承内圈与轴一般都是采用紧配合，若从轴上拆卸内圈需要加很大的力并且有时会把轴或轴承内孔表面损坏。若采用轴承感应加热器，加热轴承内圈，在其热膨胀的状态下进行拆卸，便容易进行。

轴承感应加热器拆卸轴承内圈时，将感应加热器的内孔套于轴承内圈上（图 24.3-38），给线圈通以高频或工频交流电，此时线圈周围产生交变磁场，磁力线经过铁心由轴承内圈通过，在轴承内圈的表面产生涡流而迅速地使轴承内圈的温度升高。

加热时由于涡流集中在套圈表面，故表面温度最高，距表面越深温度越低。当轴承套圈在轴



上已松动，即切断电源，停止加热，进行拆卸。

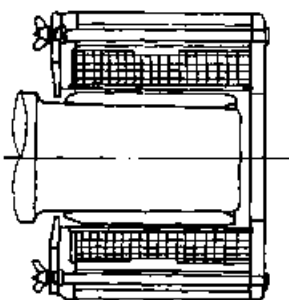


图 24.3-38 内圈的感应加热装置

拆卸小型带紧定套的轴承。如图 24.3-39 所示，将螺母转松几圈后，使用垫块用锷头敲打拆卸。图 24.3-40 是直接利用退卸套，依靠拧紧螺母来进行。作业困难的情况下，如图 24.3-41 所示，在螺母圆周上设置螺钉孔，依靠顶压螺钉来拉拔退卸套。

对于大型轴承的拆卸，往往利用液压的方法

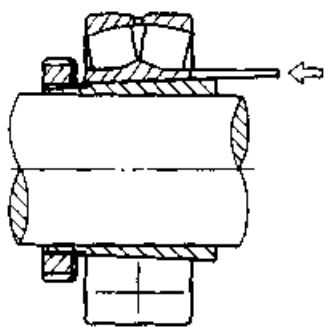


图 24.3-39 锥孔轴承的拆卸

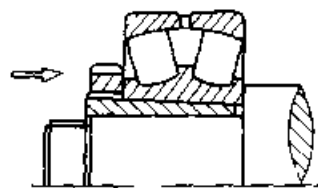


图 24.3-40 用退卸套拆卸

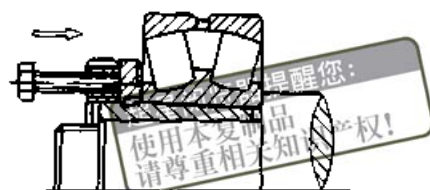


图 24.3-41 用退卸套和螺钉拆卸

(图 24.3-42)，在锥形轴上的油孔中加压送油，使内圈膨胀，拆卸轴承，操作中必须设置某种形式的止动装置，例如螺母或端盖，以限制轴承的轴向脱出。

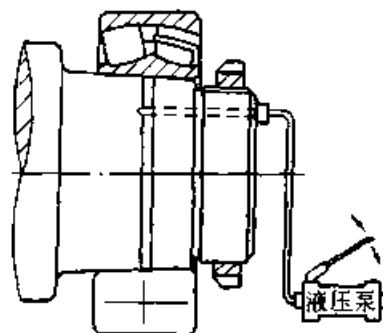
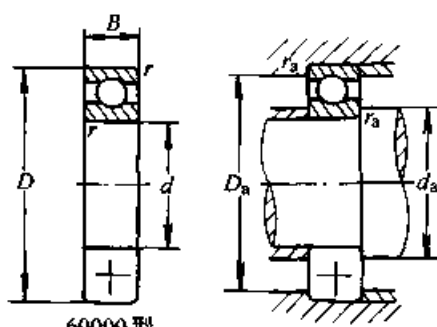


图 24.3-42 采用液压法拆卸

# 第4章 常用滚动轴承的主要尺寸和性能参数

## 1 深沟球轴承 (表 24.4-1)

表 24.4-1 深沟球轴承



60000型

当量动载荷  $P_r = XF_r + YF_a$   
 当量静载荷  
 单列、双列:  $P_{or} = 0.6F_r + 0.5F_a$   
 当  $P_{or} < F_r$  时取  $P_{or} = F_r$

相对轴向载荷	$f_0 F_a / C_{or}$	0.172	0.345	0.689	1.03	1.38	2.07	3.45	5.17	6.89	
	$F_a / (iZD_2^2)$	0.172	0.345	0.689	1.03	1.38	2.07	3.45	5.17	6.89	
单、双列轴承	$F_a / F_r \leq e$	X	1								
		Y	0								
	$F_a / F_r > e$	X	0.56								
		Y	2.3	1.99	1.71	1.55	1.45	1.31	1.15	1.04	1
$e$		0.19	0.22	0.26	0.28	0.30	0.34	0.38	0.42	0.44	

轴承代号		基本尺寸/mm			安装尺寸/mm			基本额定载荷/kN		极限转速/(r/min)		质量/kg
新代号	旧代号	d	D	B	d <sub>s</sub> min	D <sub>s</sub> max	r <sub>es</sub> max	C <sub>r</sub>	C <sub>or</sub>	脂润滑	油润滑	W ≈
61800	1000800	10	19	5	12.0	17	0.3	1.80	0.93	28 000	36 000	0.005
61900	1000900		22	6	12.4	20	0.3	2.70	1.30	25 000	32 000	0.011
6000	100		26	8	12.4	23.6	0.3	4.58	1.98	22 000	30 000	0.019
6200	200		30	9	15.0	26.0	0.6	5.10	2.38	20 000	26 000	0.032
6300	300		35	11	15.0	30.0	0.6	7.65	3.48	18 000	24 000	0.053
61801	1000801	12	21	5	14.0	19	0.3	1.90	1.00	24 000	32 000	0.007
61901	1000901		24	6	14.4	22	0.3	2.90	1.50	22 000	28 000	0.013
16001	7000101		28	7	14.4	25.6	0.3	5.10	2.40	20 000	26 000	0.019
6001	101		28	8	14.4	25.6	0.3	5.10	2.38	20 000	26 000	0.022
6201	201		32	10	17.0	28	0.6	6.82	3.05	19 000	24 000	0.035
6301	301		37	12	18.0	32	1	9.72	5.08	17 000	22 000	0.057
61802	1000802	15	24	5	17	22	0.3	2.10	1.30	22 000	30 000	0.008
61902	1000902		28	7	17.4	26	0.3	4.30	2.30	20 000	26 000	0.018
16002	7000102		32	8	17.4	29.6	0.3	5.60	2.80	19 000	24 000	0.025
6002	102		32	9	17.4	29.6	0.3	5.58	2.85	19 000	24 000	0.031

续表 24.4-1

轴承代号		基本尺寸/mm			安装尺寸/mm			基本额定载荷/kN		极限转速/(r/min)		质量/kg
新代号	旧代号	$d$	$D$	$B$	$d_a$ min	$D_a$ max	$r_{a\max}$	$C_r$	$C_{or}$	脂润滑	油润滑	$W$ $\approx$
6202	202	15	35	11	20.0	32	0.6	7.65	3.72	18 000	22 000	0.045
6302	302		42	13	21.0	37	1	11.5	5.42	16 000	20 000	0.080
61803	1000803	17	26	5	19.0	24	0.3	2.20	1.5	20 000	28 000	0.008
61903	1000903		30	7	19.4	28	0.3	4.60	2.6	19 000	24 000	0.020
16003	7000103		35	8	19.4	32.6	0.3	6.00	3.3	18 000	22 000	0.027
6003	103		35	10	19.4	32.6	0.3	6.00	3.25	17 000	21 000	0.040
6203	203		40	12	22.0	36	0.6	9.58	4.78	16 000	20 000	0.064
6303	303		47	14	23.0	41.0	1	13.5	6.58	15 000	18 000	0.109
6403	403		62	17	24.0	55.0	1	22.7	10.8	11 000	15 000	0.268
61804	1000804	20	32	7	22.4	30	0.3	3.50	2.20	18 000	24 000	0.020
61904	1000904		37	9	22.4	34.6	0.3	6.40	3.70	17 000	22 000	0.040
16004	7000104		42	8	22.4	39.6	0.3	7.90	4.50	16 000	19 000	0.050
6004	104		42	12	25.0	38	0.6	9.38	5.02	16 000	19 000	0.068
6204	204		47	14	26.0	42	1	12.8	6.65	14 000	18 000	0.103
6304	304		52	15	27.0	45.0	1	15.8	7.88	13 000	16 000	0.142
6404	404		72	19	27.0	65.0	1	31.0	15.2	9 500	13 000	0.400
61805	1000805	25	37	7	27.4	35	0.3	4.3	2.90	16 000	20 000	0.022
61905	1000905		42	9	27.4	40	0.3	7.0	4.50	14 000	18 000	0.050
16005	7000105		47	8	27.4	44.6	0.3	8.8	5.60	13 000	17 000	0.060
6005	105		47	12	30	43	0.6	10.0	5.85	13 000	17 000	0.078
6205	205		52	15	31	47	1	14.0	7.88	12 000	15 000	0.127
6305	305		62	17	32	55	1	22.2	11.5	10 000	14 000	0.219
6405	405		80	21	34	71	1.5	38.2	19.2	8 500	11 000	0.529
61806	1000806	30	42	7	32.4	40	0.3	4.70	3.60	13 000	17 000	0.026
61906	1000906		47	9	32.4	44.6	0.3	7.20	5.00	12 000	16 000	0.060
16006	7000106		55	9	32.4	52.6	0.3	11.2	7.40	11 000	14 000	0.085
6006	106		55	13	36	50.0	1	13.2	8.30	11 000	14 000	0.110
6206	206		62	16	36	56	1	19.5	11.5	9 500	13 000	0.200
6306	306		72	19	37	65	1	27.0	15.2	9 000	11 000	0.349
6406	406		90	23	39	81	1.5	47.5	24.5	8 000	10 000	0.710
61807	1000807	35	47	7	37.4	45	0.3	4.90	4.00	11 000	15 000	0.030

续表 24.4-1

轴承代号		基本尺寸/mm			安装尺寸/mm			基本额定载荷/kN		极限转速/(r/min)		质量/kg
新代号	旧代号	$d$	$D$	$B$	$d_a$ min	$D_a$ max	$r_a$ max	$C_r$	$C_{or}$	脂润滑	油润滑	$W$ ≈
61907	1000907	35	55	10	40	51	0.6	9.50	6.80	10 000	13 000	0.086
16007	7000107		62	9	37.4	59.6	0.3	12.2	8.80	9 500	12 000	0.100
6007	107		62	14	41	56	1	16.2	10.5	9 500	12 000	0.148
6207	207		72	17	42	65	1	25.5	15.2	8 500	11 000	0.288
6307	307		80	21	44	71	1.5	33.4	19.2	8 000	9 500	0.455
6407	407		100	25	44	91	1.5	56.8	29.5	6 700	8 500	0.926
61808	1000808	40	52	7	42.4	50	0.3	5.10	4.40	10 000	13 000	0.034
61908	1000908		62	12	45	58	0.6	13.7	9.90	9 500	12 000	0.110
16008	7000108		68	9	42.4	65.6	0.3	12.6	9.60	9 000	11 000	0.130
6008	108		68	15	46	62	1	17.0	11.8	9 000	11 000	0.185
6208	208		80	18	47	73	1	29.5	18.0	8 000	10 000	0.368
6308	308		90	23	49	81	1.5	40.8	24.0	7 000	8 500	0.639
6408	408	110	27	50	100	2	65.5	37.5	6 300	8 000	1.221	
61809	1000809	45	58	7	47.4	56	0.3	6.40	5.60	9 000	12 000	0.040
61909	1000909		68	12	50	63	0.6	14.1	10.90	8 500	11 000	0.140
16009	7000109		75	10	50	70	0.6	15.6	12.2	8 000	10 000	0.170
6009	109		75	16	51	69	1	21.0	14.8	8 000	10 000	0.230
6209	209		85	19	52	78	1	31.5	20.5	7 000	9 000	0.416
6309	309		100	25	54	91	1.5	52.8	31.8	6 300	7 500	0.837
6409	409	120	29	55	110	2	77.5	45.5	5 600	7 000	1.520	
61810	1000810	50	65	7	52.4	62.6	0.3	6.6	6.1	8 500	10 000	0.057
61910	1000910		72	12	55	68	0.6	14.5	11.7	8 000	95 000	0.140
16010	7000110		80	10	55	75	0.6	16.1	13.1	8 000	9 500	0.180
6010	110		80	16	56	74	1	22.0	16.2	7 000	9 000	0.258
6210	210		90	20	57	83	1	35.0	23.2	6 700	8 500	0.463
6310	310		110	27	60	100	2	61.8	38.0	6 000	7 000	1.082
6410	410	130	31	62	118	2.1	92.2	55.2	5 300	6 300	1.855	
61811	1000811	55	72	9	57.4	69.6	0.3	9.1	8.4	8 000	9 500	0.083
61911	1000911		80	13	61	75	1	15.9	13.2	7 500	9 000	0.19
16011	7000111		90	11	60	85	0.6	19.4	16.2	7 000	8 500	0.260
6011	111		90	18	62	83	1	30.2	21.8	7 000	8 500	0.362

续表 24.4-1

轴承代号		基本尺寸/mm			安装尺寸/mm			基本额定载荷/kN		极限转速/(r/min)		质量/kg
新代号	旧代号	$d$	$D$	$B$	$d_s$ min	$D_s$ max	$r_{as}$ max	$C_r$	$C_{or}$	脂润滑	油润滑	$W$ ≈
6211	211	55	100	21	64	91	1.5	43.2	29.2	6 000	7 500	0.603
6311	311		120	29	65	110	2	71.5	44.8	5 600	6 700	1.367
6411	411		140	33	67	128	2.1	100	62.5	4 800	6 000	2.316
61812	1000812	60	78	10	62.4	75.6	0.3	9.1	8.7	7 000	8 500	0.11
61912	1000912		85	13	66	80	1	16.4	14.2	6 700	8 000	0.230
16012	7000112		95	11	65	90	0.6	19.9	17.5	6 300	7 500	0.280
6012	112	65	95	18	67	89	1	31.5	24.2	6 300	7 500	0.385
6212	212		110	22	69	101	1.5	47.8	32.8	5 600	7 000	0.789
6312	312		130	31	72	118	2.1	81.8	51.8	5 000	6 000	1.710
6412	412	70	150	35	72	138	2.1	109	70.0	4 500	5 600	2.811
61813	1000813		85	10	69	81	0.6	11.9	11.5	6 700	8 000	0.13
61913	1000913		90	13	71	85	1	17.4	16.0	6 300	7 500	0.22
16013	7000113	75	100	11	70	95	0.6	20.5	18.6	6 000	7 000	0.300
6013	113		100	18	72	93	1	32.0	24.8	6 000	7 000	0.410
6213	213		120	23	74	111	1.5	57.2	40.0	5 000	6 300	0.990
6313	313	80	140	33	77	128	2.1	93.8	60.5	4 500	5 300	2.100
6413	413		160	37	77	148	2.1	118	78.5	4 300	5 300	3.342
61814	1000814		90	10	74	86	0.6	12.1	11.9	6 300	7 500	0.114
61914	1000914	85	100	16	76	95	1	23.7	21.1	6 000	7 000	0.35
16014	7000114		110	13	75	105	0.6	27.9	25.0	5 600	6 700	0.430
6014	114		110	20	77	103	1	38.5	30.5	5 600	6 700	0.575
6214	214	90	125	24	79	116	1.5	60.8	45.0	4 800	6 000	1.084
6314	314		150	35	82	138	2.1	105	68.0	4 300	5 000	2.550
6414	414		180	42	84	166	2.5	140	99.5	3 800	4 500	4.896
61815	1000815	95	95	10	79	91	0.6	12.5	12.8	6 000	7 000	0.150
61915	1000915		105	16	81	100	1	24.3	22.5	5 600	6 700	0.420
16015	7000115		115	13	80	110	0.6	28.7	26.8	5 300	6 300	0.460
6015	115	100	115	20	82	108	1	40.2	33.2	5 300	6 300	0.603
6215	215		130	25	84	121	1.5	66.0	49.5	4 500	5 600	1.171
6315	315		160	37	87	148	2.1	113	76.8	4 000	4 800	3.050
6415	415	110	190	45	89	176	2.5	154	115	3 600	4 300	5.739

续表 24.4-1

轴承代号		基本尺寸/mm			安装尺寸/mm			基本额定载荷/kN		极限转速/(r/min)		质量/kg
新代号	旧代号	$d$	$D$	$B$	$d_a$ min	$D_a$ max	$r_a$ max	$C_r$	$C_{or}$	脂润滑	油润滑	$W$ ≈
61816	1000816	80	100	10	84	96	0.6	12.7	13.3	5 600	6 700	0.160
61916	1000916		110	16	86	105	1	24.9	23.9	5 300	6 300	0.440
16016	7000116		125	14	85	120	0.6	33.1	31.4	5 000	6 000	0.600
6016	116		125	22	87	118	1	47.5	39.8	5 000	6 000	0.821
6216	216		140	26	90	130	2	71.5	54.2	4 300	5 300	1.448
6316	316		170	39	92	158	2.1	123	86.5	3 800	4 500	3.610
6416	416		200	48	94	186	2.5	163	125	3 400	4 000	6.740
61817	1000817	85	110	13	90	105	1	19.2	19.8	5 000	6 300	0.285
61917	1000917		120	18	92	113.5	1	31.9	29.7	4 800	6 000	0.620
16017	7000117		130	14	90	125	0.6	34	33.3	4 500	5 600	0.630
6017	117		130	22	92	123	1	50.8	42.8	4 500	5 600	0.848
6217	217		150	28	95	140	2	83.2	63.8	4 000	5 000	1.803
6317	317		180	41	99	166	2.5	132	96.5	3 600	4 300	4.284
6417	417		210	52	103	192	3	175	138	3 200	3 800	7.933
61818	1000818	90	115	13	95	110	1	19.5	20.5	4 800	6 000	0.28
61918	1000918		125	18	97	118.5	1	32.8	31.5	4 500	5 600	0.650
16018	7000118		140	16	96	134	1	41.5	39.3	4 300	5 300	0.850
6018	118		140	24	99	131	1.5	50.8	49.8	4 300	5 300	1.10
6218	218		160	30	100	150	2	95.8	71.5	3 800	4 800	2.17
6318	318		190	43	104	176	2.5	145	108	3 400	4 000	4.97
6418	418		225	54	108	207	3	192	158	2 800	3 600	9.56
61819	1000819	95	120	13	100	115	1	19.8	21.3	4 500	5 600	0.30
61919	1000919		130	18	102	124	1	33.7	33.3	4 300	5 300	0.67
16019	7000119		145	16	101	139	1	42.7	41.9	4 000	5 000	0.89
6019	119		145	24	104	136	1.5	57.8	50.0	4 000	5 000	1.15
6219	219		170	32	107	158	2.1	110	82.8	3 600	4 500	2.62
6319	319		200	45	109	186	2.5	157	122	3 200	3 800	5.74
61820	1000820	100	125	13	105	120	1	20.1	22.0	4 300	5 300	0.31
61920	1000920		140	20	107	133	1	42.7	41.9	4 000	5 000	0.92
16020	7000120		150	16	106	144	1	43.8	44.3	3 800	4 800	0.91
6020	120		150	24	109	141	1.5	64.5	56.2	3 800	4 800	1.18

续表 24.4-1

轴承代号		基本尺寸/mm			安装尺寸/mm			基本额定载荷/kN		极限转速/(r/min)		质量/kg
新代号	旧代号	$d$	$D$	$B$	$d_1$ min	$D_2$ max	$r_{as}$ max	$C_r$	$C_{0r}$	脂润滑	油润滑	$W$ ≈
6220	220	100	180	34	112	168	2.1	122	92.8	3 400	4 300	3.19
6320	320		215	47	114	201	2.5	173	140	2 800	3 600	7.07
6420	420		250	58	118	232	3	223	195	2 400	3 200	12.9
61821	1000821	105	130	13	110	125	1	20.3	22.7	4 000	5 000	0.34
61921	1000921		145	20	112	138	1	33.9	44.3	3 800	4 800	0.96
16021	7000121		160	18	111	154	1	51.8	50.6	3 600	4 500	1.20
6021	121		160	26	115	150	2	71.8	63.2	3 600	4 500	1.52
6221	221		190	36	117	178	2.1	133	105	3 200	4 000	3.78
6321	321		225	49	119	211	2.5	184	153	2 600	3 200	8.05
61822	1000822	110	140	16	115	135	1	28.1	30.7	3 800	5 000	0.60
61922	1000922		150	20	117	143	1	43.6	44.4	3 600	4 500	1.00
16022	7000122		170	19	116	164	1	57.4	50.7	3 400	4 300	1.42
6022	122		170	28	120	160	2	81.8	72.8	3 400	4 300	1.89
6222	222		200	38	122	188	2.1	144	117	3 000	3 800	4.42
6322	322		240	50	124	226	2.5	205	178	2 400	3 000	9.53
6422	422		280	65	128	262	3	225	238	2 000	2 800	18.34
61824	1000824	120	150	16	125	145	1	28.9	32.9	3 400	4 300	0.65
61924	1000924		165	22	127	158	1	55.0	56.9	3 200	4 000	1.40
16024	7000124		180	19	126	174	1	58.8	60.4	3 000	3 800	1.80
6024	124		180	28	130	170	2	87.5	79.2	3 000	3 800	1.99
6224	224		215	40	132	203	2.1	155	131	2 600	3 400	5.30
6324	324		260	55	134	246	2.5	228	208	2 200	2 800	12.2
61926	1000926	130	180	24	139	171	1.5	65.1	67.2	3 000	3 800	1.8
16026	7000126		200	22	137	193	1	79.7	79.2	2 800	3 600	2.63
6026	126		200	33	140	190	2	105	96.8	2 800	3 600	3.08
6226	226		230	40	144	216	2.5	165	148.0	2 400	3 200	6.12
6326	326		280	58	148	262	3	253	242	2 000	2 600	14.77
61928	1000928	140	190	24	149	181	1.5	66.6	71.2	2 800	3 600	1.90
16028	7000128		210	22	147	203	1	82.1	85	2 400	3 200	3.08
6028	128		210	33	150	200	2	116	108	2 400	3 200	3.17
6228	228		250	42	154	236	2.5	179	167	2 000	2 800	7.77

续表 24.4-1

轴承代号		基本尺寸/mm			安装尺寸/mm			基本额定载荷/kN		极限转速/(r/min)		质量/kg
新代号	旧代号	$d$	$D$	$B$	$d_a$ min	$D_a$ max	$r_{as}$ max	$C_r$	$C_{or}$	脂润滑	油润滑	$W$ ≈
6328	328	140	300	62	158	282	3	275	272	1 900	2 400	18.33
16030	7000130	150	225	24	157	218	1	91.9	98.5	2 200	3 000	3.580
6030	130		225	35	162	213	2.1	132	125	2 200	3 000	3.940
6230	230		270	45	164	256	2.5	203	199	1 900	2 600	9.779
6330	330		320	65	168	302	3	288	295	1 700	2 200	21.87
61832	1000832	160	200	20	167	193	1	49.6	59.1	2 600	3 200	1.250
16032	7000132		240	25	169	231	1.5	98.7	107	2 000	2 800	4.32
6032	132		240	38	172	228	2.1	145	138	2 000	2 800	4.83
6232	232		290	48	174	276	2.5	215	218	1 800	2 400	12.22
6332	332		340	68	178	322	3	313	340	1 600	2 000	26.43
61834	1000834	170	215	22	177	208	1	61.5	73.3	2 200	3 000	1.810
61934	1000934		230	28	180	220	2	88.8	100	2 000	2 800	3.40
16034	7000134		260	28	179	251	1.5	118	130	1 900	2 600	5.770
6034	134		260	42	182	248	2.1	170	170	1 900	2 600	6.50
6234	234		310	52	188	292	3	245	260	1 700	2 200	15.241
6334	334		360	72	188	342	3	335	378	1 500	1 900	31.43
61836	1000836	180	225	22	187	218	1	62.3	75.9	2 000	2 800	2.00
61936	1000936		250	33	190	240	2	118	133	1 900	2 600	4.80
16036	7000136		280	31	190	270	2	144	157	1 800	2 400	7.60
6036	136		280	46	192	268	2.1	188	198	1 800	2 400	8.51
6236	236		320	52	198	302	3	262	285	1 600	2 000	15.518
61838	1000838	190	240	24	199	231	1.5	75.1	91.6	1 900	2 600	2.38
61938	1000938		260	33	200	250	2	117	133	1 800	2 400	5.25
16038	7000138		290	31	200	280	2	149	168	1 700	2 200	7.89
6038	138		290	46	202	278	2.1	188	200	1 700	2 200	8.865
6238	238		340	55	208	322	3	285	322	1 500	1 900	18.691
61840	1000840	200	250	24	209	241	1.5	74.2	91.2	1 800	2 400	8.28
61940	1000940		280	38	212	268	2.1	149	168	1 700	2 200	7.4
16040	7000140		310	34	210	300	2	167	191	1 800	2 000	10.10
6040	140		310	51	212	298	2.1	205	225	1 600	2 000	11.64
6240	240		360	58	218	342	3	288	332	1 400	1 800	22.577



续表 24.4-1

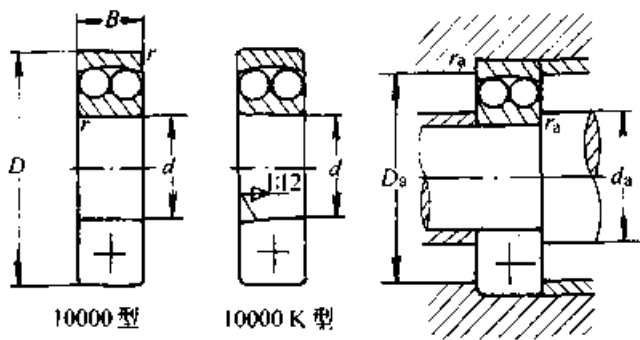
轴承代号		基本尺寸/mm			安装尺寸/mm			基本额定载荷/kN		极限转速/(r/min)		质量/kg
新代号	旧代号	$d$	$D$	$B$	$d_a$ min	$D_a$ max	$r_a$ max	$C_r$	$C_{10}$	脂润滑	油润滑	$W$ ≈
61844	1000844	220	270	24	229	261	1.5	76.4	97.8	1 700	2 200	3.00
61944	1000944		300	38	232	288	2.1	152	178	1 600	2 000	7.60
16044	7000144		340	37	232	328	2.1	181	216	1 400	1 800	11.5
6044	144		340	56	234	326	2.5	252	268	1 400	1 800	18.0
6244	244		400	65	238	382	3	355	365	1 200	1 600	36.5
61848	1000848	240	300	28	250	290	2	83.5	108	1 500	1 900	4.50
61948	1000948		320	38	252	308	2.1	142	178	1 400	1 800	8.2
16048	7000148		360	37	252	348	2.1	172	210	1 200	1 600	14.5
6048	148		360	56	254	346	2.5	270	292	1 200	1 600	20.0
6248	248		440	72	258	422	3	358	467	1 000	1 400	53.9
61852	1000852	260	320	28	270	310	2	95	128	1 300	1 700	4.85
61952	1000952		360	46	272	348	2.1	210	268	1 200	1 600	13.70
16052	7000152		400	44	274	386	2.5	235	310	1 100	1 500	22.5
6052	152		400	65	278	382	3	292	372	1 100	1 500	28.80
61856	1000856	280	350	33	290	340	2	135	178	1 100	1 500	7.4
61956	1000956		380	46	292	368	2.1	210	268	1 000	1 400	15.0
6056	156	280	420	65	298	402	3	305	408	950	1 300	32.10
61860	1000860	300	380	38	312	368	2.1	162	222	1 000	1 400	11.0
61960	1000960		420	56	314	406	2.5	270	370	950	1 300	21.10
61864	1000864	320	400	38	332	388	2.1	168	235	950	1 300	11.80
61964	1000964		440	56	334	426	2.5	275	392	900	1 200	23.0
6064	164		480	74	338	462	3	345	510	850	1 100	48.4
61968	1000968	340	460	56	354	446	2.5	292	418	850	1 100	27.0
6072	172	360	540	82	382	518	4	400	622	750	950	68.0
61876	1000876	380	480	46	392	468	2.1	235	348	800	1 000	20.5
6080	180	400	600	90	422	478	4	512	868	630	800	89.4
61892	1000892	460	580	56	474	566	2.5	322	538	600	750	36.28
619/500	10009/500	500	670	78	522	648	4	445	808	500	630	79.50
60/500	1/500		720	100	528	692	5	625	1 178	450	560	117.00

注：主要生产厂：北京人民轴承厂、上海微型轴承厂、哈尔滨轴承厂、虹山轴承厂、洛阳轴承厂。

## 2 调心球轴承 (表 24.4-2~3)

表 24.4-2 调心球轴承

超星浏览器提醒您：  
使用本复制品  
请尊重相关知识产权！



当量动载荷

$$P_r = F_r + Y_1 F_a \quad \text{当 } F_a/F_r \leq e$$

$$P_r = 0.65 F_r + Y_2 F_a \quad \text{当 } F_a/F_r > e$$

当量静载荷

$$P_{0r} = F_r + Y_0 F_a$$

轴承代号				基本尺寸/mm			安装尺寸/mm			计算系数				基本额定载荷/kN		极限转速/(r/min)		质量/kg
新代号	旧代号	新代号	旧代号	d	D	B	d <sub>amax</sub>	D <sub>amax</sub>	r <sub>amax</sub>	e	Y <sub>1</sub>	Y <sub>2</sub>	Y <sub>0</sub>	C <sub>r</sub>	C <sub>0r</sub>	脂	油	W ≈
1200	1200 K	1200	111200	10	30	9	15	25	0.6	0.32	2.0	3.0	2.0	5.48	1.20	24 000	28 000	0.035
2200	2200 K	1500	—	30	14	15	25	25	0.6	0.62	1.0	1.6	1.1	7.12	1.58	24 000	28 000	0.050
1300	1300 K	1300	—	35	11	15	30	30	0.6	0.33	1.9	3.0	2.0	7.22	1.62	20 000	24 000	0.06
2300	2300 K	1600	—	35	17	15	30	30	0.6	0.66	0.95	1.5	1.0	11.0	2.45	18 000	22 000	0.09
1201	1201 K	1201	111201	12	32	10	17	27	0.6	0.33	1.9	2.9	2.0	5.55	1.25	22 000	26 000	0.042
2201	2201 K	1501	—	32	14	17	27	27	0.6	—	—	—	—	8.80	1.80	22 000	26 000	—
1301	1301 K	1301	—	37	12	18	31	31	1	0.35	1.8	2.8	1.9	9.42	2.12	18 000	22 000	0.07
2301	2301 K	1601	—	37	17	18	31	31	1	—	—	—	—	12.5	2.72	17 000	22 000	—
1202	1202 K	1202	111202	15	35	11	20	30	0.6	0.33	1.9	3.0	2.0	7.48	1.75	18 000	22 000	0.051
2202	2202 K	1502	—	35	14	20	30	30	0.6	0.50	1.3	2.0	1.3	7.65	1.80	18 000	22 000	0.06
1302	1302 K	1302	—	42	13	21	36	36	1	0.33	1.9	2.9	2.0	9.50	2.28	16 000	20 000	0.1
2302	2302 K	1602	—	42	17	21	36	36	1	0.51	1.2	1.9	1.3	12.0	2.88	14 000	18 000	0.11
1203	1203 K	1203	111203	17	40	12	22	35	0.6	0.31	2.0	3.2	2.1	7.90	2.02	16 000	20 000	0.076
2203	2203 K	1503	—	40	16	22	35	35	0.6	0.50	1.2	1.9	1.3	9.00	2.45	16 000	20 000	0.09
1303	1303 K	1303	—	47	14	23	41	41	1	0.33	1.9	3.0	2.0	12.5	3.18	14 000	17 000	0.14
2303	2303 K	1603	—	47	19	23	41	41	1	0.52	1.2	1.9	1.3	14.5	3.58	13 000	16 000	0.17
1204	1204 K	1204	111204	20	47	14	26	41	1	0.27	2.3	3.6	2.4	9.95	2.65	14 000	17 000	0.12
2204	2204 K	1504	111504	47	18	26	41	41	1	0.48	1.3	2.0	1.4	12.5	3.28	14 000	17 000	0.15
1304	1304 K	1304	111304	52	15	27	45	45	1	0.29	2.2	3.4	2.3	12.5	3.38	12 000	15 000	0.17
2304	2304 K	1604	111604	52	21	27	45	45	1	0.51	1.2	1.9	1.3	17.8	4.75	11 000	14 000	0.22
1205	1205 K	1205	111205	25	52	15	31	46	1	0.27	2.3	3.6	2.4	12.0	3.30	12 000	14 000	0.14
2205	2205 K	1505	111505	52	18	31	46	46	1	0.41	1.5	2.3	1.5	12.5	3.40	12 000	14 000	0.19
1305	1305 K	1305	111305	62	17	32	55	55	1	0.27	2.3	3.5	2.4	17.8	5.05	10 000	13 000	0.26
2305	2305 K	1605	111605	62	24	32	55	55	1	0.47	1.3	2.1	1.4	24.5	6.48	9 500	12 000	0.35

续表 24.4-2

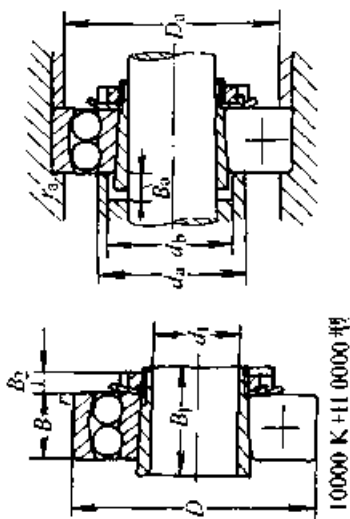
轴承代号				基本尺寸/mm			安装尺寸/mm			计算系数				基本额定 载荷/ $kN$		极限转速/ (r/min)		质量 /kg
新代号		旧代号		$d$	$D$	$B$	$d_{amax}$	$D_{amax}$	$r_{asmax}$	$e$	$Y_1$	$Y_2$	$Y_3$	$C$	$C_0$	油	$W$ ≈	
1206	1206 K	1206	111206	30	62	16	36	56	1	0.24	2.6	4.0	2.7	15.8	4.70	10 000	12 000	0.23
2206	2206 K	1506	111506		62	20	36	56	1	0.39	1.6	2.4	1.7	15.2	4.60	10 000	12 000	0.26
1306	1306 K	1306	111306		72	19	37	65	1	0.26	2.4	3.8	2.6	21.5	6.28	8 500	11 000	0.4
2306	2306 K	1606	111606		72	27	37	65	1	0.44	1.4	2.2	1.5	31.5	8.68	8 000	10 000	0.5
1207	1207 K	1207	111207	35	72	17	42	65	1	0.23	2.7	4.2	2.9	15.8	5.08	8 500	10 000	0.32
2207	2207 K	1507	111507		72	23	42	65	1	0.38	1.7	2.6	1.8	21.8	6.65	8 500	10 000	0.44
1307	1307 K	1307	111307		80	21	44	71	1.5	0.25	2.6	4.0	2.7	25.0	7.95	7 500	9 500	0.54
2307	2307 K	1607	111607		80	31	44	71	1.5	0.46	1.4	2.1	1.4	39.2	11.0	7 100	9 000	0.68
1208	1208 K	1208	111208	40	80	18	47	73	1	0.22	2.9	4.4	3.0	19.2	6.40	7 500	9 000	0.41
2208	2208 K	1508	111508		80	23	47	73	1	0.24	1.9	2.9	2.0	22.5	7.38	7 500	9 000	0.53
1308	1308 K	1308	111308		90	23	49	81	1.5	0.24	2.6	4.0	2.7	29.5	9.50	6 700	8 500	0.71
2308	2308 K	1608	111608		90	33	49	81	1.5	0.43	1.5	2.3	1.5	44.8	13.2	6 300	8 000	0.93
1209	1209 K	1209	111209	45	85	19	52	78	1	0.21	2.9	4.6	3.1	21.8	7.32	7 100	8 500	0.49
2209	2209 K	1509	111509		85	23	52	78	1	0.31	2.1	3.2	2.2	23.2	8.00	7 100	8 500	0.55
1309	1309 K	1309	111309		100	25	54	91	1.5	0.25	2.5	3.9	2.6	38.0	12.8	6 000	7 500	0.96
2309	2309 K	1609	111609		100	36	54	91	1.5	0.42	1.5	2.3	1.6	55.0	16.2	5 600	7 100	1.25
1210	1210 K	1210	111210	50	90	20	57	83	1	0.20	3.1	4.8	3.3	22.8	8.08	6 300	8 000	0.54
2210	2210 K	1510	111510		90	23	57	83	1	0.29	2.2	3.4	2.3	23.2	8.45	6 300	8 000	0.68
1310	1310 K	1310	111310		110	27	60	100	2	0.24	2.7	4.1	2.8	43.2	14.2	5 600	6 700	1.21
2310	2310 K	1610	111610		110	40	60	100	2	0.43	1.5	2.3	1.6	64.5	19.8	5 000	6 300	1.64
1211	1211 K	1211	111211	55	100	21	64	91	1.5	0.20	3.2	5.0	3.4	26.8	10.0	6 000	7 100	0.72
2211	2211 K	1511	111511		100	25	64	91	1.5	0.28	2.3	3.5	2.4	26.8	9.95	6 000	7 100	0.81
1311	1311 K	1311	111311		120	29	65	110	2	0.23	2.7	4.2	2.8	51.5	18.2	5 000	6 300	1.58
2311	2311 K	1611	111611		120	43	65	110	2	0.41	1.5	2.4	1.6	75.2	23.5	4 800	6 000	2.1
1212	1212 K	1212	111212	60	110	22	69	101	1.5	0.19	3.4	5.3	3.6	30.2	11.5	5 300	6 300	0.9
2212	2212 K	1512	111512		110	28	69	101	1.5	0.28	2.3	3.5	2.4	34.0	12.5	5 300	6 300	1.1
1312	1312 K	1312	111312		130	31	72	118	2.1	0.23	2.8	4.3	2.9	57.2	20.8	4 500	5 600	1.96
2312	2312 K	1612	111612		130	46	72	118	2.1	0.41	1.6	2.5	1.6	86.8	27.5	4 300	5 300	2.6
1213	1213 K	1213	111213	65	120	23	74	111	1.5	0.17	3.7	5.7	3.9	31.0	12.5	4 800	6 000	0.92
2213	2213 K	1513	111513		120	31	74	111	1.5	0.28	2.3	3.5	2.4	43.5	16.2	4 800	6 000	1.5
1313	1313 K	1313	111313		140	33	77	128	2.1	0.23	2.8	4.3	2.9	61.8	22.8	4 300	5 300	2.39
2313	2313 K	1613	111613		140	48	77	128	2.1	0.38	1.6	2.6	1.7	96.0	32.5	3 800	4 800	3.2
1214	1214 K	1214	111214	70	125	24	79	116	1.5	0.18	3.5	5.4	3.7	34.5	13.5	4 800	5 600	1.29
2214	2214 K	1514	111514		125	31	79	116	1.5	0.27	2.4	3.7	2.5	44.0	17.0	4 500	5 600	1.62

续表 24.4-2

轴承代号				基本尺寸/mm			安装尺寸/mm			计算系数				基本额定载荷/kN		极限转速/(r/min)		质量/kg
新代号	旧代号	旧代号	旧代号	$d$	$D$	$B$	$d_{amax}$	$D_{amax}$	$r_{amax}$	$e$	$Y_1$	$Y_2$	$Y_{11}$	$C_r$	$C_{0r}$	脂	油	$W \approx$
1314	1314 K	1314	111314	70	150	35	82	138	2.1	0.22	2.8	4.4	2.9	74.5	27.5	4 000	5 000	3.0
2314	2314 K	1614	111614		150	51	82	138	2.1	0.38	1.7	2.6	1.8	110	37.5	3 600	4 500	3.9
1215	1215 K	1215	111215	75	130	25	84	121	1.5	0.17	3.6	5.6	3.8	38.8	15.2	4 300	5 300	1.35
2215	2215 K	1515	111515		130	31	84	121	1.5	0.25	2.5	3.9	2.6	44.2	18.0	4 300	5 300	1.72
1315	1315 K	1315	111315		160	37	87	148	2.1	0.22	2.8	4.4	3.0	79.0	29.8	3 800	4 500	3.6
2315	2315 K	1615	111615		160	55	87	148	2.1	0.38	1.7	2.6	1.7	122	42.8	3 400	4 300	4.7
1216	1216 K	1216	111216	80	140	26	90	130	2	0.18	3.6	5.5	3.7	39.5	16.8	4 000	5 000	1.65
2216	2216 K	1516	111516		140	33	90	130	2	0.25	2.5	3.9	2.6	48.8	20.2	4 000	5 000	2.19
1316	1316 K	1316	111316		170	39	92	158	2.1	0.22	2.9	4.5	3.1	88.5	32.8	3 600	4 300	4.2
2316	2316 K	1616	111616		170	58	92	158	2.1	0.39	1.6	2.5	1.7	128	45.5	3 200	4 000	5.7
1217	1217 K	1217	111217	85	150	28	95	140	2	0.17	3.7	5.7	3.9	48.8	20.5	3 800	4 500	2.1
2217	2217 K	1517	111517		150	36	95	140	2	0.25	2.5	3.8	2.6	58.2	23.5	3 800	4 500	2.53
1317	1317 K	1317	111317		180	41	99	166	2.5	0.22	2.9	4.5	3.0	97.8	37.8	3 400	4 000	5.0
2317	2317 K	1617	111617		180	60	99	166	2.5	0.38	1.7	2.6	1.7	140	51.0	3 000	3 800	6.70
1218	1218 K	1218	111218	90	160	30	100	150	2	0.17	3.8	5.7	4.0	56.5	23.2	3 600	4 300	2.5
2218	2218 K	1518	111518		160	40	100	150	2	0.27	2.4	3.7	2.5	70.0	28.5	3 600	4 300	3.22
1318	1318 K	1318	111318		190	43	104	176	2.5	0.22	2.8	4.4	2.9	115	44.5	3 200	3 800	6.0
2318	2318 K	1618	111618		190	64	104	176	2.5	0.39	1.6	2.5	1.7	142	57.2	2 800	3 600	7.9
1219	1219 K	1219	111219	95	170	32	107	158	2.1	0.17	3.7	5.7	3.9	63.5	27.0	3 400	4 000	3.0
2219	2219 K	1519	111519		170	43	107	158	2.1	0.26	2.4	3.7	2.5	82.8	33.8	3 400	4 000	4.2
1319	1319 K	1319	111319		200	45	109	186	2.5	0.23	2.8	4.3	2.9	132	50.8	3 000	3 600	7.0
2319	2319 K	1619	111619		200	67	109	186	2.5	0.38	1.7	2.6	1.8	162	64.2	2 800	3 400	9.2
1220	1220 K	1220	111220	100	180	34	112	168	2.1	0.18	3.5	5.4	3.7	68.5	29.2	3 200	3 800	3.7
2220	2220 K	1520	111520		180	46	112	168	2.1	0.27	2.3	3.6	2.5	97.2	40.5	3 200	3 800	5.0
1320	1320 K	1320	111320		215	47	114	201	2.5	0.24	2.7	4.1	2.8	142	57.2	2 800	3 400	8.64
2320	2320 K	1620	111620		215	73	114	201	2.5	0.37	1.7	2.6	1.8	192	78.5	2 400	3 200	12.4
1221	1221 K	1221	111221	105	190	36	117	178	2.1	0.18	3.5	5.5	3.7	74	32.2	3 000	3 600	4.4
2221	2221 K	1521	111521		190	50	117	178	2.1	—	—	—	—	—	—	3 000	3 600	—
1321	1321 K	1321	111321		225	49	119	211	2.5	0.24	2.6	4.1	2.7	152	64.5	2 600	3 200	9.55
1222	1222 K	1222	111222	110	200	38	122	188	2.1	0.17	3.6	5.6	3.8	87.2	37.5	2 800	3 400	5.2
2222	2222 K	1522	111522		200	53	122	188	2.1	0.28	2.2	3.5	2.4	125	52.2	2 800	3 400	7.2
1322	1322 K	1322	111322		240	50	124	226	2.5	0.23	2.8	4.3	2.9	162	72.8	2 400	3 000	11.8
2322	2322 K	1622	111622		240	80	124	226	2.5	0.39	1.6	2.5	1.7	215	94.2	2 200	2 800	17.6

注：主要生产厂：上海微型轴承厂、北京人民轴承厂、哈尔滨轴承厂、瓦房店轴承厂、重庆轴承厂。

表 24.4.3 带紧定套的调心球轴承



当量动载荷  $P_v = F_r + Y_1 F_a$  当  $F_r/F_a \leq e$   
 $P_v = 0.65 F_r + Y_2 F_a$  当  $F_r/F_a > e$   
 当量静载荷  $P_{0v} = F_r + Y_0 F_a$

轴承代号	组件代号		基本尺寸/mm		安装尺寸/mm			计算系数			基本额定载荷/kN		极限转速/(r/min)		质量/kg							
	旧代号	新代号	轴	紧定套	$d_1$	$D$	$B$	$d_a$ max	$d_b$ min	$D_a$ max	$B_a$ min	$r_{as}$ max	$e$	$Y_1$		$Y_2$	$Y_0$	$C_r$	$C_{0r}$	脂	油	$W \approx$
1204 K+H 204	11203	1204 K	111204	H204	17	47	14	28	23	41	5	1	0.27	2.3	3.6	2.4	9.95	2.65	14 000	17 000	—	—
2204 K+H 304	11503	2204 K	111504	H304		47	18	28	23	41	5	1	0.48	1.3	2.0	1.4	12.5	3.28	14 000	17 000	—	—
1304 K+H 304	11303	1304 K	111304	H304		52	15	31	23	45	8	1	0.29	2.2	3.4	2.3	12.5	3.38	12 000	15 000	—	—
2304 K+H 304	11603	2304 K	111604	H304		52	21	28	24	45	5	1	0.51	1.2	1.9	1.3	17.8	4.75	11 000	14 000	—	—
1205 K+H 205	11204	1205 K	111205	H205	20	52	15	33	28	46	5	1	0.27	2.3	3.6	2.4	12.0	3.30	12 000	14 000	0.21	0.21
2205 K+H 305	11504	2205 K	111505	H305		52	18	33	28	46	5	1	0.41	1.5	2.3	1.5	12.5	3.40	12 000	14 000	0.35	0.35
1305 K+H 305	11304	1305 K	111305	H305		62	17	37	28	55	6	1	0.27	2.3	3.5	2.4	17.8	5.05	10 000	13 000	0.51	0.51
2305 K+H 305	11604	2305 K	111605	H305		62	24	34	30	55	5	1	0.47	1.3	2.1	1.4	24.5	6.48	9 500	12 000	—	—
1206 K+H 206	11205	1206 K	111206	H206	25	62	16	40	33	56	5	1	0.24	2.6	4.0	2.7	15.8	4.70	10 000	12 000	0.33	0.33
2206 K+H 306	11505	2206 K	111506	H306		62	20	40	33	56	5	1	0.39	1.6	2.4	1.7	15.2	4.60	10 000	12 000	0.37	0.37
1306 K+H 306	11305	1306 K	111306	H306		72	19	44	33	65	6	1	0.26	2.4	3.8	2.6	21.5	6.28	8 500	11 000	0.51	0.51
2306 K+H 306	11605	2306 K	111606	H2306		72	27	41	35	65	5	1	0.44	1.4	2.2	1.5	31.5	8.68	8 000	10 000	0.63	0.63
1207 K+H 207	11206	1207 K	111207	H207	30	72	17	47	38	65	5	1	0.23	2.7	4.2	2.9	15.8	5.08	8 500	10 000	0.45	0.45
2207 K+H 307	11506	2207 K	111507	H307		72	23	46	39	65	5	1	0.38	1.7	2.6	1.8	21.8	6.65	8 500	10 000	0.58	0.58
1307 K+H 307	11306	1307 K	111307	H307		80	21	51	39	71	7	1.5	0.25	2.6	4.0	2.7	25	7.95	7 500	9 500	0.68	0.68

续表 24.4-3

轴承代号		组件代号		基本尺寸/mm		安装尺寸/mm				计算系数				基本额定载荷/kN		极限转速/(r/min)		质量/kg			
新代号	旧代号	轴 承		d <sub>1</sub>	D	β	d <sub>s</sub> max	d <sub>b</sub> min	D <sub>s</sub> max	B <sub>s</sub> min	r <sub>we</sub> max	ε	Y <sub>1</sub>	Y <sub>2</sub>	Y <sub>0</sub>	C <sub>r</sub>	C <sub>0</sub>	脂	油	W ≈	
		新代号	旧代号																		紧定套
2307 K+H 2307	11606	2307 K	111607	H2307	30	80	31	46	40	71	5	1.5	0.46	1.4	2.1	1.4	39.2	11	7 100	9 000	0.85
1208 K+H 208	11207	1208 K	111208	H208	35	80	18	53	43	73	6	1	0.22	2.9	4.4	3.0	19.2	6.40	7 500	9 000	0.58
2208 K+H 308	11507	2208 K	111508	H308	80	23	52	52	44	73	6	1	0.34	1.9	2.9	2.0	22.5	7.38	7 500	9 000	0.72
1308 K+H 308	11307	1308 K	111308	H308	90	23	57	57	44	81	6	1.5	0.24	2.6	4.0	2.7	29.5	9.5	6 700	8 500	0.9
2308 K+H 2308	11607	2308 K	111608	H2308	90	33	53	53	45	81	6	1.5	0.43	1.5	2.3	1.5	44.8	13.2	6 300	8 000	1.15
1209 K+H 209	11208	1209 K	111209	H209	40	85	19	57	48	78	6	1	0.21	2.9	4.6	3.1	21.8	7.32	7 100	8 500	0.72
2209 K+H 309	11508	2209 K	111509	H309	85	23	57	57	50	78	8	1	0.31	2.1	3.2	2.2	23.2	8.00	7 100	8 500	0.8
1309 K+H 309	11308	1309 K	111309	H309	100	25	63	63	50	91	6	1.5	0.25	2.5	3.9	2.6	38.0	12.8	6 000	7 500	1.21
2309 K+H 2309	11608	2309 K	111609	H2309	100	36	60	60	50	91	6	1.5	0.42	1.5	2.3	1.6	54.0	16.2	5 600	7 100	1.51
1210 K+H 210	11209	1210 K	111210	H210	45	90	20	62	53	83	6	1	0.20	3.1	4.8	2.3	22.8	8.08	6 300	8 000	0.81
2210 K+H 310	11509	2210 K	111510	H310	90	23	62	62	55	83	10	1	0.29	2.2	3.4	2.3	23.2	8.45	6 300	8 000	0.98
1310 K+H 310	11309	1310 K	111310	H310	110	27	70	70	55	100	6	2	0.24	2.7	4.1	2.8	43.2	14.2	5 600	6 700	1.51
2310 K+H 2310	11609	2310 K	111610	H2310	110	40	65	65	56	100	6	2	0.43	1.5	2.3	1.6	64.5	19.8	5 000	6 300	2
1211 K+H 211	11210	1211 K	111211	H211	50	100	21	70	60	91	7	1.5	0.2	3.2	5.0	3.4	26.8	10	6 000	7 100	1.03
2211 K+H 311	11510	2211 K	111511	H311	100	25	69	69	60	91	11	1.5	0.28	2.3	3.5	2.4	26.8	9.95	6 000	7 100	1.2
1311 K+H 311	11310	1311 K	111311	H311	120	29	77	77	60	110	7	2	0.23	2.7	4.2	2.8	51.5	18.2	5 000	6 300	1.97
2311 K+H 2311	11610	2311 K	111611	H2311	120	43	72	72	61	110	7	2	0.41	1.5	2.4	1.6	75.2	23.5	4 800	6 000	2.52
1212 K+H 212	11211	1212 K	111212	H212	55	110	22	77	64	101	7	1.5	0.19	3.4	5.3	3.6	30.2	11.5	5 300	6 3	1.25
2212 K+H 312	11511	2212 K	111512	H312	110	28	75	75	65	101	10	1.5	0.28	2.3	3.5	2.4	34.0	12.5	5 300	6 300	1.49
1312 K+H 312	11311	1312 K	111312	H312	130	31	87	87	65	118	7	2.1	0.23	2.8	4.3	2.9	57.2	21.2	4 500	5 600	2.35
2312 K+H 2312	11611	2312 K	111612	H2312	130	46	76	76	66	118	7	2.1	0.41	1.6	2.5	1.6	86.8	27.5	4 300	5 300	3.09
1213 K+H 213	11212	1213 K	111213	H213	60	120	23	85	70	111	7	1.5	0.17	3.7	5.7	3.9	31.0	12.5	4 800	6 000	1.32
2213 K+H 313	11512	2213 K	111513	H313	120	31	81	81	70	111	9	1.5	0.28	2.3	3.5	2.4	43.5	16.2	4 800	6 000	1.96
1313 K+H 313	11312	1313 K	111313	H313	140	33	92	92	70	128	7	2.1	0.23	2.8	4.3	2.9	61.8	22.2	4 300	5 300	2.85
2313 K+H 2313	11612	2313 K	111613	H2313	140	48	85	85	72	128	7	2.1	0.38	1.6	2.6	1.7	96.0	32.5	3 800	4 800	3.75
1215 K+H 215	11213	1215 K	111215	H215	65	130	25	93	80	121	7	1.5	0.17	3.6	5.6	3.8	38.8	15.2	4 300	5 300	2.06
2215 K+H 315	11513	2215 K	111515	H315	130	31	93	93	80	121	13	1.5	0.25	2.5	3.9	2.6	44.2	18.0	4 300	5 300	2.55

续表 24.4.3

轴承代号		组成件代号		基本尺寸/mm		安装尺寸/mm					计算系数			基本额定载荷/kN		极限转速/(r/min)		质量/kg					
																			新代号	旧代号	轴	承	新代号
1315 K + H 315	11313	1315 K	111315	H315	65	160	37	104	80	148	7	2.1	0.22	2.8	4.4	3.0	79.0	29.8	3800	4 500	4.43		
2315 K + H 315	11613	2315 K	111615	H2315		160	55	97	82	148	7	2.1	0.38	1.7	2.6	1.7	122	42.8	3400	4 300	5.75		
1216 K + H 216	11214	1216 K	111216	H216	70	140	26	101	85	130	7	2	0.18	3.6	5.5	3.7	39.5	16.8	4 000	5 000	2.53		
2216 K + H 316	11514	2216 K	111516	H316		140	33	98	85	130	13	2	0.25	2.5	3.9	2.6	48.8	20.2	4 000	5 000	3.19		
1316 K + H 316	11314	1316 K	111316	H316		170	39	109	85	158	7	2.1	0.22	2.9	4.5	3.1	88.5	32.8	3 600	4 300	5.2		
2316 K + H 2316	11614	2316 K	111616	H2316		170	58	104	88	158	7	2.1	0.39	1.6	2.5	1.7	128	45.5	3 200	4 000	7.0		
1217 K + H 217	11215	1217 K	111217	H217	75	150	28	107	90	140	8	2	0.17	3.7	5.7	3.9	48.8	20.5	3 800	4 500	3.1		
2217 K + H 317	11515	2217 K	111517	H317		150	36	105	91	140	13	2	0.25	2.5	3.8	2.6	58.2	23.5	3 800	4 500	3.73		
1317 K + H 317	11315	1317 K	111317	H317		180	41	117	91	166	8	2.1	0.22	2.9	4.4	3.0	97.8	37.8	3 400	4 000	6.7		
2317 K + H 2317	11615	2317 K	111617	H2317		180	60	111	94	166	8	2.5	0.38	1.7	2.6	1.7	140	51.5	3 000	3 800	8.15		
1218 K + H 218	11216	1218 K	111218	H218	80	160	30	112	95	150	8	2	0.17	3.8	5.7	4.0	56.5	23.2	3 600	4 300	3.7		
2218 K + H 318	11516	2218 K	111518	H318		160	40	112	96	150	11	2	0.27	2.4	3.7	2.5	70.0	28.5	3 600	4 300	4.57		
1318 K + H 318	11316	1318 K	111318	H318		190	43	122	96	176	8	2.5	0.22	2.8	4.4	2.9	115	44.5	3 200	3 800	7.35		
2318 K + H 2318	11616	2318 K	111618	H2318		190	64	115	100	176	8	2.5	0.39	1.6	2.5	1.7	142	57.2	2 800	3 600	9.6		
1219 K + H 219	11217	1219 K	111219	H219	85	170	32	120	100	158	8	2.1	0.17	3.7	5.7	3.9	63.5	27.0	3 400	4 000	4.35		
2219 K + H 319	11517	2219 K	111519	H319		170	43	118	102	158	10	2.1	0.26	2.4	3.7	2.7	82.8	33.8	3 400	4 000	5.75		
1319 K + H 319	11317	1319 K	111319	H319		200	45	126	102	186	8	2.5	0.23	2.8	4.3	2.9	132	50.8	3 000	3 600	8.55		
2319 K + H 2319	11617	2319 K	111619	H2319		200	67	118	105	186	8	2.5	0.38	1.7	2.6	1.8	162	64.2	2 800	3 400	—		
1220 K + H 220	11218	1220 K	111220	H220	90	180	34	127	106	168	8	2.1	0.18	3.5	5.4	3.7	68.5	29.2	3 200	3 800	5.2		
2220 K + H 320	11518	2220 K	111520	H320		180	46	125	108	168	9	2.1	0.27	2.3	3.6	2.5	97.2	40.5	3 200	3 800	6.7		
1320 K + H 320	11318	1320 K	111320	H320		215	47	136	108	201	8	2.5	0.24	2.7	4.1	2.8	142	57.2	2 800	3 400	10.34		
2320 K + H 2320	11618	2320 K	111620	H2320		215	73	118	110	201	7	2.5	0.37	1.7	2.6	1.8	192	78.5	2 400	3 200	—		
1222 K + H 222	11220	1222 K	111222	H222	100	200	38	140	116	188	8	2.1	0.17	3.6	5.6	3.8	87.2	37.5	2 800	3 400	7.1		
2222 K + H 322	11520	2222 K	111522	H322		200	53	137	118	188	7	2.1	0.28	2.2	3.5	2.4	125	52.2	2 800	3 400	9.4		
1322 K + H 322	11320	1322 K	111322	H322		240	50	154	118	226	10	2.5	0.23	2.8	4.3	2.9	162	72.8	2 400	3 000	14		

注：主要生产厂：承德轴承厂、武汉轴承厂、梁山轴承厂。

3 圆柱滚子轴承 (表 24.4.4~5)

表 24.4.4 圆柱滚子轴承

轴承代号		基本尺寸/mm			安装尺寸/mm							基本额定载荷/kN		极限转速/(r/min)		质量/kg	
		d	D	B	F <sub>w</sub>	d <sub>a</sub> max	d <sub>a</sub> min	d <sub>u</sub> min	d <sub>c</sub> min	D <sub>s</sub> max	r <sub>as</sub> max	r <sub>bs</sub> max	C <sub>r</sub>	C <sub>or</sub>	脂		油
NU 202	NJ 202	15	35	11	19.3	—	—	21	23	31	0.6	0.3	7.98	5.5	15 000	19 000	—
NU 203	NJ 203	17	40	12	22.9	—	—	24	27	36	0.6	0.3	9.12	7.0	14 000	18 000	—
NU 303	NJ 303	—	47	14	27	—	—	27	30	42	1	0.6	12.8	10.8	13 000	17 000	0.147
NU 1004	—	20	42	12	25.5	—	—	27	—	38	0.6	0.3	10.5	9.2	13 000	17 000	0.09
NU 204 E	NJ 204 E	—	47	14	26.5	—	—	29	32	42	1	0.6	25.8	24.0	12 000	16 000	0.117
NU 2204 E	NJ 2204 E	—	47	18	26.5	—	—	29	32	42	1	0.6	30.8	30.0	12 000	16 000	0.149
NU 304 E	NJ 304 E	—	52	15	27.5	—	—	30	33	45.5	1	0.6	29.0	25.5	11 000	15 000	0.155
NU 2304 E	NJ 2304 E	—	52	21	27.5	—	—	30	33	45.5	1	0.6	39.2	37.5	10 000	14 000	0.216
NU 1005	—	25	47	12	30.5	—	—	32	—	43	0.6	0.3	11.0	10.2	11 000	15 000	0.1
NU 205 E	NJ 205 E	—	52	15	31.5	—	—	34	37	47	1	0.6	27.5	26.8	11 000	14 000	0.14

轴 承 代 号		旧 代 号	
NU 202	—	32202	42202
NU 203	NUP 203	32203	42203
NU 303	—	32303	42303
NU 1004	—	32104	—
NU 204 E	NUP 204 E	32204E	42204E
NU 2204 E	NUP 2204 E	32504E	42504E
NU 304 E	NUP 304 E	32304E	42304E
NU 2304 E	NUP 2304 E	32604E	42604E
NU 1005	—	32105	—
NU 205 E	NUP 205 E	32205E	42205E

当量静载荷	当量动载荷
$P_r = F_r$	$P_r = F_r$
对轴向承载圆柱滚子轴承	对轴向承载圆柱滚子轴承
对于 NJ 200、NUP 300 系列	对于 NJ 200、NUP 300 系列
$P_r = F_r + 0.3F_a$ , 当 $0 \leq F_a/F_r \leq 0.12$	$P_r = F_r + 0.3F_a$ , 当 $0 \leq F_a/F_r \leq 0.12$
$P_r = 0.94F_r + 0.8F_a$ , 当 $0.12 \leq F_a/F_r \leq 0.3$	$P_r = 0.94F_r + 0.8F_a$ , 当 $0.12 \leq F_a/F_r \leq 0.3$
对于 NJ 2200、NUP 2300 系列	对于 NJ 2200、NUP 2300 系列
$P_r = F_r + 0.2F_a$ , 当 $0 \leq F_a/F_r \leq 0.18$	$P_r = F_r + 0.2F_a$ , 当 $0 \leq F_a/F_r \leq 0.18$
$P_r = 0.94F_r + 0.53F_a$ , 当 $0.18 \leq F_a/F_r \leq 0.3$	$P_r = 0.94F_r + 0.53F_a$ , 当 $0.18 \leq F_a/F_r \leq 0.3$
当量静载荷	当量动载荷
$P_{or} = F_c$	$P_{or} = F_c$



续表 24.4.4

轴 承 代 号			基本尺寸/mm			安装尺寸/mm						基本额定 载荷/kN		极限转速/ (r/min)		质量/ kg		
新代号	旧代号	轴 承 代 号	d	D	B	F <sub>s</sub>	d <sub>a</sub> max	d <sub>a</sub> min	d <sub>i</sub> min	d <sub>i</sub> min	D <sub>a</sub> max	r <sub>ns</sub> max	r <sub>is</sub> max	C <sub>r</sub>	C <sub>or</sub>	脂	油	W ≈
NU 305 E	NJ 305 E	NUP 305 E	25	52	18	31.5	31	29	34	37	47	1	0.6	32.8	33.8	11 000	14 000	0.168
NU 2305 E	NJ 2305 E	NUP 2305 E		62	17	34	33	31.5	37	40	55.5	1	1	38.5	35.8	9 000	12 000	0.251
NU 1006	—	—	30	55	13	36.5	35	34	38	—	50	1	0.6	13.0	12.8	9 500	12 000	0.12
NU 206 E	NJ 206 E	NUP 206 E		62	16	37.5	37	34	40	44	57	1	0.6	36.0	35.5	8 500	11 000	0.214
NU 2206 E	NJ 2206 E	NUP 2206 E		62	20	37.5	37	34	40	44	57	1	0.6	45.5	48.0	8 500	11 000	0.268
NU 306 E	NJ 306 E	NUP 306 E		72	19	40.5	40	36.5	44	48	65.5	1	1	49.2	48.2	8 000	10 000	0.377
NU 2306 E	NJ 2306 E	NUP 2306 E		72	27	40.5	40	36.5	44	48	65.5	1	1	70.0	75.5	8 000	10 000	0.538
NU 406	NJ 406	NUP 406		90	23	45	44	38	47	52	82	1.5	1.5	57.2	53.0	7 000	9 000	0.73
NU 1007	—	—	35	62	14	42	41	39	44	—	57	1	0.6	19.5	18.8	8 500	11 000	0.16
NU 207 E	NJ 207 E	NUP 207 E		72	17	44	43	39	46	50	65.5	1	0.6	46.5	48.0	7 500	9 500	0.311
NU 2207 E	NJ 2207 E	NUP 2207 E		72	23	44	43	39	46	50	65.5	1	0.6	57.5	63.0	7 500	9 500	0.414
NU 307 E	NJ 307 E	NUP 307 E		80	21	46.2	45	41.5	48	53	72	1.5	1.5	62.0	63.2	7 000	9 000	0.501
NU 2307 E	NJ 2307 E	NUP 2307 E		80	31	46.2	45	41.5	48	53	72	1.5	1.5	87.5	98.2	7 000	9 000	0.738
NU 407	NJ 407	NUP 407		100	25	53	52	43	55	61	92	1.5	1.5	57.5	68.2	6 000	7 500	0.94
NU 1008	NJ 1008	—	40	68	15	47	46	44	49	—	63	1	0.6	22.0	22.0	7 500	9 500	0.22
NU 208 E	NJ 208 E	NUP 208 E		80	18	49.5	49	46.5	52	56	73.5	1	1	51.5	53.0	7 000	9 000	0.394
NU 2208 E	NJ 2208 E	NUP 2208 E		80	23	49.5	49	46.5	52	56	73.5	1	1	67.5	75.2	7 000	9 000	0.507
NU 308 E	NJ 308 E	NUP 308 E		90	23	52	51	48	55	60	82	1.5	1.5	76.8	77.8	6 300	8 000	0.68
NU 2308 E	NJ 2308 E	NUP 2308 E		90	33	52	51	48	55	60	82	1.5	1.5	105	118	6 300	8 000	0.974
NU 408	NJ 408	NUP 408		110	27	58	57	49	60	67	101	2	2	90.5	89.8	5 600	7 000	1.25

续表 24.4.4

轴承代号			基本尺寸/mm			安装尺寸/mm						基本额定载荷/kN		极限转速/(r/min)		质量/kg			
新代号	旧代号	轴代号	d	D	B	F <sub>w</sub>	d <sub>a</sub> max	d <sub>a</sub> min	d <sub>b</sub> min	d <sub>c</sub> min	D <sub>a</sub> max	r <sub>se</sub> max	r <sub>be</sub> max	C <sub>r</sub>	C <sub>in</sub>	脂	油	W	
																			质量/kg
NU 1009	NJ 1009	—	45	75	16	52.5	52	49	54	—	70	1	0.6	23.2	23.8	6 500	8 500	0.26	
NU 209 E	NUP 209 E	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
NU 209 E	NUP 209 E	32209E	85	85	19	54.5	54	51.5	57	61	78.5	1	1	58.5	63.8	6 300	8 000	0.45	
NU 2209 E	NUP 2209 E	32509E	85	85	23	54.5	54	51.5	57	61	78.5	1	1	71.0	82.0	6 300	8 000	0.55	
NU 309 E	NUP 309 E	32309E	100	100	25	58.5	57	53	60	66	92	1.5	1.5	93.0	98.0	5 600	7 000	0.93	
NU 2309 E	NUP 2309 E	32609E	100	100	36	58.5	57	53	60	66	92	1.5	1.5	130	152	5 600	7 000	1.34	
NU 409	NUP 409	32409	120	120	29	64.5	63	54	66	74	111	2	2	102	100	5 000	6 300	1.8	
NU 1010	NJ 1010	—	50	80	16	57.5	57	54	59	—	75	1	0.6	25.0	27.5	6 300	8 000	—	
NU 210 E	NUP 210 E	32210E	90	90	20	59.5	58	56.5	62	67	83.5	1	1	61.2	69.2	6 000	7 500	0.505	
NU 2210 E	NUP 2210 E	32510E	90	90	23	59.5	58	56.5	62	67	83.5	1	1	74.2	88.8	6 000	7 500	0.59	
NU 310 E	NUP 310 E	32310E	110	110	27	65	63	59	67	73	101	2	2	105	112	5 300	6 700	1.2	
NU 2310 E	NUP 2310 E	32610E	110	110	40	65	63	59	67	73	101	2	2	155	185	5 300	6 700	1.79	
NU 410	NUP 410	32410	130	130	31	70.8	69	61	73	81	119	2.1	2.1	120	120	4 800	6 000	2.3	
NU 1011	NJ 1011	—	55	90	18	64.5	63	60	66	—	83.5	1	1	35.8	40.0	5 600	7 000	0.45	
NU 211 E	NUP 211 E	32211E	100	100	21	66	65	61.5	68	73	92	1.5	1	80.2	95.5	5 300	6 700	0.68	
NU 2211 E	NUP 2211 E	32511E	100	100	25	66	65	61.5	68	73	92	1.5	1	94.8	118	5 300	6 700	0.81	
NU 311 E	NUP 311 E	32311E	120	120	29	70.5	69	64	72	80	111	2	2	128	138	4 800	6 000	1.53	
NU 2311 E	NUP 2311 E	32611E	120	120	43	70.5	69	64	72	80	111	2	2	190	228	4 800	6 000	2.28	
NU 411	NUP 411	32411	140	140	33	77.2	76	66	79	87	129	2.1	2.1	128	132	4 300	5 300	2.8	
NU 1012	NJ 1012	—	60	95	18	69.5	68	65	71	—	88.5	1	1	38.5	45.0	5 300	6 700	0.48	
NU 212 E	NUP 212 E	32212E	110	110	22	72	71	68	75	80	102	1.5	1.5	89.8	102	5 000	6 300	0.86	
NU 2212 E	NUP 2212 E	32512E	110	110	28	72	71	68	75	80	102	1.5	1.5	122	152	5 000	6 300	1.12	

超星浏览器提醒您：  
超星数字图书馆  
www.superstar.cn

续表 24.4-4

轴承代号			基本尺寸/mm				安装尺寸/mm							基本额定		极限转速/		质量/ kg			
														载荷/kN	$C_{10}$	脂	油				
新代号			旧代号			$d$	$D$	$B$	$F_w$	$d_a$ max	$d_a$ min	$d_b$ min	$d_c$ min	$D_a$ max	$r_{as}$ max	$r_{bs}$ max	$C_r$	$C_{10r}$	W ≈		
						NU 312 E	NJ 312 E	NUP 312 E	32312E	42312E	92312E	60	130	31	77	75	71	79		86	119
NU 2312 E	NJ 2312 E	NUP 2312 E	32612E	42612E	92612E	130	46	77	75	71	79	86	119	2.1	2.1	212	260	4 500	5 600	2.81	
NU 412	NJ 412	NUP 412	32412	42412	92412	150	35	83	82	71	85	94	139	2.1	2.1	155	162	4 000	5 000	3.4	
NU 1013	NJ 1013	—	32113	—	—	65	100	18	74.5	73	70	76	—	93.5	1	1	39	46.5	4 800	6 000	0.51
NU 213 E	NJ 213 E	NUP 213 E	32213E	42213E	92213E	120	23	78.5	77	73	81	87	112	1.5	1.5	102	118	4 500	5 600	1.08	
NU 2213 E	NJ 2213 E	NUP 2213 E	32513E	42513E	92513E	120	31	78.5	77	73	81	87	112	1.5	1.5	142	180	4 500	5 600	1.48	
NU 313 E	NJ 313 E	NUP 313 E	32313E	42313E	92313E	140	33	82.5	81	76	85	93	129	2.1	2.1	170	188	4 000	5 000	2.31	
NU 2313 E	NJ 2313 E	NUP 2313 E	32613E	42613E	92613E	140	48	82.5	81	76	85	93	129	2.1	2.1	235	285	4 000	5 000	3.34	
NU 413	NJ 413	NUP 413	32413	42413	92413	160	37	89.5	88	76	91	100	149	2.1	2.1	170	178	3 800	4 800	4	
NU 1014	NJ 1014	—	32114	42114	—	70	110	20	80	78	75	82	—	103.5	1	1	47.5	57.0	4 800	6 000	0.71
NU 214 E	NJ 214 E	NUP 214 E	32214E	42214E	92214E	125	24	83.5	82	78	86	92	117	1.5	1.5	112	135	4 300	5 300	1.2	
NU 2214 E	NJ 2214 E	NUP 2214 E	32514E	42514E	92514E	125	31	83.5	82	78	86	92	117	1.5	1.5	148	192	4 300	5 300	1.56	
NU 314 E	NJ 314 E	NUP 314 E	32314E	42314E	92314E	150	35	89	87	81	92	100	139	2.1	2.1	195	220	3 800	4 800	2.86	
NU 2314 E	NJ 2314 E	NUP 2314 E	32614E	42614E	92614E	150	51	89	87	81	92	100	139	2.1	2.1	260	320	3 800	4 800	4.1	
NU 414	NJ 414	NUP 414	32414	42414	92414	180	42	100	99	83	102	112	167	2.5	2.5	215	232	3 400	4 300	5.9	
NU 1015	NJ 1015	—	32115	42115	—	75	115	20	85	83	80	87	—	108.5	1	1	51.5	61.2	4 500	5 600	0.74
NU 215 E	NJ 215 E	NUP 215 E	32215E	42215E	92215E	130	25	88.5	87	83	90	96	122	1.5	1.5	125	155	4 000	5 000	1.32	
NU 2215 E	NJ 2215 E	NUP 2215 E	32515E	42515E	92515E	130	31	88.5	87	83	90	96	122	1.5	1.5	155	205	4 000	5 000	1.64	
NU 315 E	NJ 315 E	NUP 315 E	32315E	42315E	92315E	160	37	95	93	86	97	106	149	2.1	2.1	228	260	3 600	4 500	3.43	
NU 2315	NJ 2315	NUP 2315	32615	42615	92615	160	55	95.5	93	86	98	107	149	2.1	2.1	245	308	3 600	4 500	5.4	
NU 415	NJ 415	NUP 415	32415	42415	92415	190	45	104.5	103	88	107	118	177	2.5	2.5	250	272	3 200	4 000	7.1	

续表 24.4-4

轴 承 代 号			基本尺寸/mm				安装尺寸/mm						基本额定 载荷/kN		极限转速/ (r/min)		质量/ kg	
新代号	旧代号	轴 承 代 号	d	D	B	F <sub>w</sub>	d <sub>a</sub> max	d <sub>a</sub> min	d <sub>b</sub> min	d <sub>c</sub> min	D <sub>s</sub> max	r <sub>as</sub> max	r <sub>fs</sub> max	C <sub>r</sub>	C <sub>or</sub>	脂	油	W ≈
NU 1016	—	—	80	125	22	91.5	90	85	94	—	118.5	1	1	59.2	77.8	4 300	5 300	1
NU 216 E	NUP 216 E	—	—	140	26	95.3	94	89	97	104	131	2	2	132	165	3 800	4 800	1.58
NU 2216 E	NUP 2216 E	—	—	140	33	95.3	94	89	97	104	131	2	2	178	242	3 800	4 800	2.05
NU 316 E	NUP 316 E	—	—	170	39	101	99	91	105	114	159	2.1	2.1	245	282	3 400	4 300	4.05
NU 2316	NUP 2316	—	—	170	58	103	99	91	106	114	159	2.1	2.1	258	328	3 400	4 300	6.4
NU 416	NUP 416	—	—	200	48	110	109	93	112	124	187	2.5	2.5	285	315	3 000	3 800	8.3
NU 1017	—	—	85	130	22	96.5	95	90	99	—	123.5	1	1	64.5	81.6	4 000	5 000	1.05
NU 217 E	NUP 217 E	—	—	150	28	100.5	99	94	104	110	141	2	2	158	192	3 600	4 500	2
NU 2217 E	NUP 2217 E	—	—	150	36	100.5	99	94	104	110	141	2	2	205	272	3 600	4 500	2.58
NU 317 E	NUP 317 E	—	—	180	41	108	106	98	110	119	167	2.5	2.5	280	332	3 200	4 000	4.82
NU 2317	NUP 2317	—	—	180	60	108	106	98	111	120	167	2.5	2.5	295	380	3 200	4 000	7.4
NU 417	NUP 417	—	—	210	52	113	111	101	115	128	194	3	3	312	345	2 800	3 600	9.8
NU 1018	—	—	90	140	24	103	101	96.5	106	—	132	1.5	1	74.0	94.8	3 800	4 800	1.36
NU 218 E	NUP 218 E	—	—	160	30	107	105	99	109	116	151	2	2	172	215	3 400	4 300	2.44
NU 2218 E	NUP 2218 E	—	—	160	40	107	105	99	109	116	151	2	2	230	312	3 400	4 300	3.26
NU 318 E	NUP 318 E	—	—	190	43	113.5	111	103	117	127	177	2.5	2.5	298	348	3 000	3 800	5.59
NU 2318	NUP 2318	—	—	190	64	115	111	103	118	128	177	2.5	2.5	310	395	3 000	3 800	8.4
NU 418	NUP 418	—	—	225	54	123.5	122	106	125	139	209	3	3	352	392	2 400	3 200	11
NU 1019	—	—	95	145	24	108	106	101.5	111	—	137	1.5	1	75.5	98.5	3 600	4 500	1.4
NU 219 E	NUP 219 E	—	—	170	32	112.5	111	106	116	123	159	2.1	2.1	208	262	3 200	4 000	2.96
NU 2219 E	NUP 2219 E	—	—	170	43	112.5	111	106	116	123	159	2.1	2.1	275	368	3 200	4 000	3.97

续表 24.4-4

轴承代号			基本尺寸/mm			安装尺寸/mm						基本额定载荷/kN		极限转速/(r/min)		质量/kg		
新代号	旧代号	旧代号	d	D	B	F <sub>w</sub>	d <sub>h</sub> max	d <sub>h</sub> min	d <sub>b</sub> min	d <sub>c</sub> min	D <sub>s</sub> max	r <sub>rs</sub> max	r <sub>ra</sub> max	C <sub>r</sub>	C <sub>10</sub>	脂	油	W
NU 319 E	NUP 319 E	32319E	95	200	45	121.5	119	108	124	134	187	2.5	2.5	315	380	2 800	3 600	6.52
NU 2319	NUP 2319	32619	200	67	121.5	119	108	124	135	187	2.5	2.5	370	500	2 800	3 600	10.4	
NU 419	NUP 419	32419	240	55	133	132	111	136	149	224	3	3	378	428	2 200	3 000	14	
NU 1020	—	32120	100	150	24	113	111	106.5	116	—	142	1.5	1	78.0	102	3 400	4 300	1.5
NU 220 E	NUP 220 E	32220E	180	34	119	117	111	122	130	169	2.1	2.1	235	302	3 000	3 800	3.58	
NU 2220 E	NUP 2220 E	32520E	180	46	119	117	111	122	130	169	2.1	2.1	318	440	3 000	3 800	4.86	
NU 320 E	NUP 320 E	32320E	215	47	127.5	125	113	132	143	202	2.5	2.5	365	425	2 600	3 200	7.89	
NU 2320	NUP 2320	32620	215	73	129.5	125	113	132	143	202	2.5	2.5	415	558	2 600	3 200	13.5	
NU 420	NUP 420	32420	250	58	139	137	116	141	156	234	3	3	418	480	2 000	2 800	16	
NU 1021	—	32121	105	160	26	119.5	118	112	122	—	151	2	1	91.5	122	3 200	4 000	1.9
NU 221	NUP 221	32221	190	36	126.8	124	116	129	137	179	2.1	2.1	185	235	2 800	3 600	4	
NU 321	NUP 321	32321	225	49	135	132	118	137	149	212	2.5	2.5	322	392	2 200	3 000	—	
NU 421	NUP 421	32421	260	60	144.5	143	121	147	162	244	3	3	508	602	1 900	2 600	—	
NU 1022	—	32122	110	170	28	125	124	116.5	128	—	161	2	1	115	155	3 000	3 800	2.3
NU 222 E	NUP 222 E	32222E	200	38	132.5	130	121	135	144	189	2.1	2.1	278	360	2 600	3 400	5.02	
NU 2222	NUP 2222	32522	200	53	132	130	121	135	144	189	2.1	2.1	312	445	2 600	3 400	7.5	
NU 322	NUP 322	32322	240	50	143	140	123	145	158	227	2.5	2.5	352	428	2 000	2 800	11	
NU 2322	NUP 2322	32622	240	80	143	140	123	145	158	227	2.5	2.5	535	740	2 000	2 800	17.5	
NU 422	NUP 422	32422	280	65	155	153	126	157	173	264	3	3	515	602	1 800	2 400	22	
NU 1024	—	32124	120	180	28	135	134	126.5	138	—	171	2	1	130	168	2 600	3 400	2.96

续表 24.4.4

轴承代号			基本尺寸/mm			安装尺寸/mm						基本额定载荷/kN		极限转速/(r/min)		质量/kg		
新代号	旧代号	轴 承 代 号	d	D	B	F <sub>a</sub>	d <sub>a</sub> max	d <sub>a</sub> min	d <sub>b</sub> min	d <sub>c</sub> min	D <sub>a</sub> max	r <sub>ws</sub> max	r <sub>ws</sub> max	C <sub>r</sub>	C <sub>or</sub>	脂	油	W ≈
NU 224 E	32224E	NUP 224 E	120	215	40	143.5	141	131	146	156	204	2.1	2.1	322	422	2 200	3 000	6.11
NU 2224	32524	NUP 2224	215	58	143.5	141	131	146	156	204	2.1	2.1	2.1	345	522	2 200	3 000	9.5
NU 324	32324	NUP 324	260	55	154	151	133	156	171	247	2.5	2.5	2.5	440	552	1 900	2 600	14
NU 2324	32624	NUP 2324	260	86	154	151	133	156	171	247	2.5	2.5	2.5	632	868	1 900	2 600	22.5
NU 424	32424	NUP 424	310	72	170	168	140	172	190	290	4	4	4	642	772	1 700	2 200	30
NU 1026	32126	—	130	200	33	148	146	136.5	151	—	191	2	1	152	212	2 400	3 200	3.7
NU 226	32226	NUP 226	230	40	156	151	143	158	168	217	2.5	2.5	2.5	258	352	2 000	2 800	7
NU 2226	32526	NUP 2226	230	64	156	151	143	158	168	217	2.5	2.5	2.5	368	552	2 000	2 800	11.5
NU 326	32326	NUP 326	280	58	167	164	146	169	184	264	3	3	3	492	620	1 700	2 200	18
NU 2326	32626	NUP 2326	280	93	167	164	146	169	184	264	3	3	3	748	1 060	1 700	2 200	28.5
NU 426	32426	NUP 426	340	78	185	183	150	187	208	320	4	4	4	782	942	1 500	1 900	39
NU 1028	32128	—	140	210	33	158	156	146.5	161	—	201	2	1	158	220	2 000	2 800	4
NU 228	32228	NUP 228	250	42	169	166	153	171	182	237	2.5	2.5	2.5	302	415	1 800	2 400	9.1
NU 2228	32528	NUP 2228	250	68	169	166	153	171	182	237	2.5	2.5	2.5	438	700	1 800	2 400	15
NU 328	32328	NUP 328	300	62	180	176	156	182	198	284	3	3	3	545	690	1 600	2 000	22
NU 2328	32628	NUP 2328	300	102	180	176	156	182	198	284	3	3	3	825	1 180	1 600	2 000	37
NU 428	32428	NUP 428	360	82	196	195	160	200	222	340	4	4	4	845	1 020	1 400	1 800	—
NU 1030	32130	—	150	225	35	169.5	167	158	173	—	214	2.1	1.5	188	268	1 900	2 600	4.8
NU 230	32230	NUP 230	270	45	182	179	163	184	196	257	2.5	2.5	2.5	360	490	1 700	2 200	11
NU 2230	32530	NUP 2230	270	73	182	179	163	184	196	257	2.5	2.5	2.5	530	772	1 700	2 200	17
NU 330	32330	NUP 330	320	65	193	190	166	195	213	304	3	3	3	595	765	1 500	1 900	26

续表 24.4-4

轴承代号		基本尺寸/mm				安装尺寸/mm							基本额定载荷/kN		极限转速/(r/min)		质量/kg				
																		新代号		旧代号	
NU 2330	NJ 2330	NUP 2330	32630	42630	92630	d	D	B	F <sub>w</sub>	d <sub>s</sub> max	d <sub>s</sub> min	d <sub>L</sub> min	d <sub>L</sub> max	D <sub>s</sub> max	r <sub>se</sub> max	r <sub>fs</sub> max	C <sub>r</sub>	C <sub>0r</sub>	脂	油	W
NU 430	NJ 430	NUP 430	32430	42430	92430	150	320	108	193	190	166	195	213	304	3	3	930	1 340	1 500	1 900	45
NU 1032	NJ 1032	—	32132	42132	—	160	240	38	180	178	168	184	—	229	2.1	1.5	212	302	1 800	2 400	6
NU 232	NJ 232	NUP 232	32232	42232	92232	290	48	48	193	192	173	197	210	277	2.5	2.5	405	552	1 600	2 000	14
NU 232	NJ 232	NUP 232	32532	42532	92532	290	80	80	193	190	173	196	209	277	2.5	2.5	590	898	1 600	2 000	25
NU 332	NJ 332	NUP 332	32332	42332	92332	340	68	68	208	200	176	211	228	324	3	3	628	825	1 400	1 800	31.6
NU 232	NJ 232	NUP 232	32632	42632	92632	340	114	114	208	200	176	211	228	324	3	3	972	1 430	1 400	1 800	55.8
NU 1034	NJ 1034	—	32134	42134	—	170	260	42	193	190	181	197	—	249	2.1	2.1	255	365	1 700	2 200	8.14
NU 234	NJ 234	NUP 234	32234	42234	92234	310	52	52	208	204	186	211	223	294	3	3	425	650	1 500	1 900	17.1
NU 334	NJ 334	NUP 334	32334	42334	92334	360	72	72	220	216	186	223	241	344	3	3	715	952	1 300	1 700	36
NU 234	NJ 234	NUP 234	32634	42634	92634	360	120	120	220	212	186	223	241	344	3	3	1 110	1 650	1 300	1 700	63
NU 1036	NJ 1036	—	32136	42136	—	180	280	46	205	203	191	209	—	269	2.1	2.1	300	438	1 600	2 000	10.1
NU 236	NJ 236	NUP 236	32236	42236	92236	320	52	52	218	214	196	221	233	304	3	3	425	650	1 400	1 800	18
NU 336	NJ 336	NUP 336	32336	42336	92336	380	75	75	232	227	196	235	255	364	3	3	835	1 100	1 200	1 600	42
NU 236	NJ 236	NUP 236	32636	42636	92636	380	126	126	230	222	196	236	255	364	3	3	1 210	1 780	1 200	1 600	71.2
NU 1038	NJ 1038	—	32138	42138	—	190	290	46	215	213	201	219	—	279	2.1	2.1	335	495	1 500	1 900	—
NU 238	NJ 238	NUP 238	32238	42238	92238	340	55	55	231	227	206	234	247	324	3	3	512	745	1 300	1 700	23
NU 238	NJ 238	NUP 238	32538	42538	92538	340	92	92	228	227	206	234	247	324	3	3	975	1 570	1 300	1 700	38.5
NU 338	NJ 338	NUP 338	32338	42338	92338	400	78	78	245	240	210	248	268	380	4	4	882	1 190	1 100	1 500	50
NU 1040	NJ 1040	—	32140	42140	—	200	310	51	229	226	211	233	—	299	2.1	2.1	408	615	1 400	1 800	14.3

续表 24.4-4

轴承代号			基本尺寸/mm				安装尺寸/mm						基本额定载荷/kN		极限转速/(r/min)		质量/kg	
新代号	旧代号	NUP 代号	d	D	B	F <sub>a</sub>	d <sub>h</sub> max	d <sub>h</sub> min	d <sub>b</sub> min	d <sub>c</sub> min	D <sub>a</sub> max	r <sub>as</sub> max	r <sub>bs</sub> max	C <sub>r</sub>	C <sub>10</sub>	脂	油	W ≈
NU 240	NJ 240	NUP 240	200	360	58	244	240	216	247	261	344	3	3	570	842	1 200	1 600	26
NU 2240	NJ 2240	NUP 2240	360	360	98	—	—	216	247	261	344	3	3	1 200	1 725	1 200	1 600	—
NU 340	NJ 340	NUP 340	420	420	80	260	254	220	263	283	400	4	4	972	1 290	1 000	1 400	—
NU 1044	NJ 1044	—	220	340	56	250	248	233	254	—	327	2.5	2.5	448	685	1 200	1 600	—
NU 244	NJ 244	NUP 244	400	400	65	270	266	236	273	289	384	3	3	702	1 050	1 000	1 400	36
NU 2244	NJ 2244	NUP 2244	400	400	108	270	—	236	274	—	384	3	3	1 360	2 330	1 000	1 400	62
NU 344	NJ 344	—	460	460	88	284	278	240	287	—	440	4	4	1 080	1 465	900	1 200	75
NU 1048	NJ 1048	—	240	360	56	270	268	253	275	—	347	2.5	2.5	470	745	1 000	1 400	21
NU 248	NJ 248	NUP 248	440	440	72	295	293	256	298	316	424	3	3	880	1 345	900	1 200	48.2
NU 348	NJ 348	—	500	500	95	310	296	260	313	—	480	4	4	1 290	1 810	800	1 000	97.1
NU 1052	NJ 1052	—	260	400	65	296	292	276	300	—	384	3	3	592	932	950	1 300	31
NU 1056	NJ 1056	—	280	420	65	316	311	296	320	—	404	3	3	600	965	850	1 100	33
NU 1060	NJ 1060	—	300	460	74	340	335	316	344	—	444	3	3	880	1 470	800	1 000	44
NU 260	NJ 260	—	540	540	85	365	358	320	368	392	520	4	4	1 360	2 190	700	900	87.2
NU 1064	NJ 1064	—	320	480	74	360	355	336	364	—	464	3	3	890	1 520	750	950	47
NU 1080	NJ 1080	—	400	600	90	450	446	420	455	—	580	4	4	1 420	2 480	560	700	88.8

注：1. 质量以 NJ 型为主。

2. 主要生产厂：虹山轴承厂、洛阳轴承厂、上海滚动轴承厂、哈尔滨轴承厂、瓦房店轴承厂、湘潭轴承厂、西北轴承厂。

超星浏览器提醒您：

使用本产品  
请尊重知识产权



表 24.4.5 圆柱滚子轴承

当量动载荷

$$P_v = F_r$$

对轴向承载圆柱滚子轴承

对于 NF 200、NH 300 系列

$$P_v = F_r + 0.3F_a \quad \text{当 } 0 \leq F_a/F_r \leq 0.12$$

$$P_v = 0.94F_r + 0.8F_a \quad \text{当 } 0.12 \leq F_a/F_r \leq 0.3$$

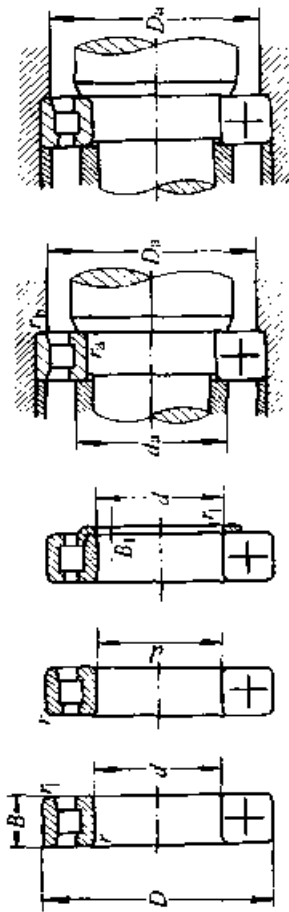
对 NF 2200、NH 2300 系列

$$P_v = F_r + 0.2F_a \quad \text{当 } 0 \leq F_a/F_r \leq 0.18$$

$$P_v = 0.94F_r + 0.53F_a \quad \text{当 } 0.18 \leq F_a/F_r \leq 0.3$$

当量静载荷

$$P_0 = F_r$$



N 0000 型 NF 0000 型 NH 0000 型

新代号	轴承代号	旧代号	基本尺寸/mm			安装尺寸/mm			基本额定载荷/kN		极限转速/(r/min)		质量/kg	
			d	D	B	d <sub>a</sub> min	D <sub>a</sub> min	r <sub>as</sub> max	r <sub>bs</sub> max	C <sub>r</sub>	C <sub>0r</sub>	脂		油
N 202	NF 202	—	15	35	11	19	—	0.6	0.3	7.98	5.5	15 000	19 000	—
N 203	NF 203	—	17	40	12	21	—	0.6	0.3	9.12	7.0	14 000	18 000	—
N 1004	—	—	20	42	12	24	—	0.6	0.3	10.5	8.0	13 000	17 000	0.09
—	NF 204	NH 204	—	47	14	25	42	—	0.6	12.5	11.0	12 000	16 000	0.11
N 204 E	—	—	47	47	14	25	42	—	0.6	25.8	24.0	12 000	16 000	0.117
N 2204 E	—	—	47	47	18	25	42	—	0.6	30.8	30.0	12 000	16 000	0.149
—	NF 304	NH 304	—	52	15	26.5	47	—	0.6	18.0	15.0	11 000	15 000	0.17
N 304 E	—	—	52	52	15	26.5	47	—	0.6	29.0	25.5	11 000	15 000	0.155
N 2304 E	—	—	52	52	21	26.5	47	—	0.6	39.2	37.5	10 000	14 000	0.216
N 1005	—	—	25	47	12	29	—	0.6	0.3	11.0	10.2	11 000	15 000	0.1
—	NF 205	NH 205	—	52	15	30	47	—	0.6	14.2	12.8	11 000	14 000	0.16
N 205 E	—	—	52	52	15	30	47	—	0.6	27.5	26.8	11 000	14 000	0.14

续表 24.4.5

轴承代号		基本尺寸/mm		安装尺寸/mm				基本额定载荷/kN		极限转速/(r/min)		质量/kg	
新代号	旧代号	d	D	B	d <sub>a</sub> min	D <sub>a</sub> min	r <sub>w</sub> max	r <sub>wa</sub> max	C <sub>r</sub>	C <sub>ov</sub>	脂	油	W ≈
—	NH 2205	25	52	18	30	—	1	0.6	21.2	19.8	11 000	14 000	—
N 2205 E	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	52	18	30	47	1	0.6	32.8	33.8	11 000	14 000	0.168
—	NH 305	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
N 305 E	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	NF 305	—	62	17	31.5	55	1	1	25.5	22.5	9 000	12 000	0.2
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	NF 2305	—	62	17	31.5	55	1	1	38.5	35.8	9 000	12 000	0.251
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
N 2305 E	—	—	62	24	31.5	55	1	1	38.5	39.2	9 000	12 000	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	NF 206	—	62	24	31.5	55	1	1	53.2	54.5	9 000	12 000	0.355
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	NH 206	30	62	16	36	56	1	0.6	19.5	18.2	8 500	11 000	0.2
N 206 E	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	62	16	36	56	1	0.6	36.0	35.5	8 500	11 000	0.214
—	NH 2206	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
N 2206 E	—	—	62	20	36	—	1	0.6	28.8	30.2	8 500	11 000	0.29
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	NH 306	—	62	20	36	56	1	0.6	45.5	48.0	8 500	11 000	0.268
N 306 E	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	72	19	37	64	1	1	33.5	31.5	8 000	10 000	0.3
—	NF 306	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
N 306 E	—	—	72	19	37	64	1	1	49.2	48.2	8 000	10 000	0.377
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	NF 2306	—	72	27	37	64	1	1	46.5	47.5	8 000	10 000	0.6
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
N 2306 E	—	—	72	27	37	64	1	1	70.0	75.5	8 000	10 000	0.538
N 406	—	—	90	23	39	—	1.5	1.5	57.2	53.0	7 000	9 000	0.73
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	NH 207	35	72	17	42	64	1	0.6	28.5	28.0	7 500	9 500	0.3
N 207 E	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	72	17	42	64	1	0.6	46.5	48.0	7 500	9 500	0.311
—	NH 2207	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
N 2207 E	—	—	72	23	42	—	1	0.6	43.8	48.5	7 500	9 500	0.45
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	NF 307	—	72	23	42	64	1	0.6	57.5	63.0	7 500	9 500	0.414
N 307 E	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	80	21	44	71	1.5	1	41.0	39.2	7 000	9 000	0.56
—	NH 307	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
N 307 E	—	—	80	21	44	71	1.5	1	62.0	68.2	7 000	9 000	0.501
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	NF 2307	—	80	31	44	71	1.5	1	54.8	57.0	7 000	9 000	0.85
N 2307 E	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	80	31	44	71	1.5	1	87.5	98.2	7 000	9 000	0.738
N 407	—	—	100	25	44	—	1.5	1.5	70.8	68.2	6 000	7 500	0.94

续表 24.4-5

轴承代号	新代号			旧代号			基本尺寸/mm			安装尺寸/mm				基本额定载荷/kN		极限转速/(r/min)		质量/kg	
	新代号	NH	NH	2108	—	—	d	D	B	d <sub>a</sub> min	D <sub>a</sub> min	r <sub>sk</sub> max	r <sub>he</sub> max	C <sub>1</sub>	C <sub>0r</sub>	脂	油		W ≈
N 1008	—	—	—	2108	—	—	40	68	15	45	—	1	0.6	21.2	22.0	7 500	9 500	0.22	
—	NF 208	NH 208	—	—	12208	62208	—	80	18	47	72	1	1	37.5	38.2	7 000	9 000	0.4	
N 208 E	—	—	—	2208E	—	—	—	80	18	47	72	1	1	51.5	53.0	7 000	9 000	0.394	
—	—	NH 2208	—	—	—	62508	—	80	23	47	—	1	1	52.0	57.8	7 000	9 000	0.53	
N 2208 E	—	—	—	2508E	—	—	—	80	23	47	72	1	1	67.5	75.2	7 000	9 000	0.507	
—	NF 308	NH 308	—	2508E	12308	62308	—	90	23	49	80	1.5	1.5	48.8	47.5	6 300	8 000	0.7	
N 308 E	—	—	—	2308E	—	—	40	90	23	49	80	1.5	1.5	76.8	77.8	6 300	8 000	0.68	
—	NF 2308	—	—	—	12608	—	—	90	33	49	80	1.5	1.5	70.8	76.8	6 300	8 000	1.1	
N 2308 E	—	—	—	2608E	—	—	—	90	33	49	80	1.5	1.5	105	118	6 300	8 000	0.974	
N 408	—	NH 408	—	2408	—	62408	—	110	27	50	—	2	2	90.5	89.8	5 600	7 000	1.25	
—	NF 209	NH 209	—	—	2209	62209	45	85	19	52	77	1	1	39.8	41.0	6 300	8 000	0.5	
N 209 E	—	—	—	2209E	—	—	—	85	19	52	77	1	1	58.5	63.8	6 300	8 000	0.45	
—	—	NH 2209	—	—	—	62509	—	85	23	52	—	1	1	54.8	62.2	6 300	8 000	0.59	
N 2209 E	—	—	—	2509E	—	—	—	85	23	52	77	1	1	71.0	82.0	6 300	8 000	0.55	
—	NF 309	NH 309	—	—	12309	62309	—	100	25	54	89	1.5	1.5	66.8	66.8	5 600	7 000	0.9	
N 309 E	—	—	—	2309E	—	—	—	100	25	54	89	1.5	1.5	93.0	98.0	5 600	7 000	0.93	
—	NF 2309	—	—	—	12609	—	—	100	36	54	89	1.5	1.5	91.5	100	5 600	7 000	1.5	
N 2309 E	—	—	—	2609E	—	—	—	100	36	54	89	1.5	1.5	130	152	5 600	7 000	1.34	
N 409	—	NH 409	—	2409	—	62409	—	120	29	55	—	2	2	102	100	5 000	6 300	1.8	
N 1010	—	—	—	2110	—	—	50	80	16	55	—	1	0.6	25.0	27.5	6 300	8 000	0.6	
—	NF 210	NH 210	—	—	12210	62210	—	90	20	57	83	1	1	43.2	48.5	6 000	7 500	0.6	
N 210 E	—	—	—	2210E	—	—	—	90	20	57	83	1	1	61.2	69.2	6 000	7 500	0.505	
—	—	NH 2210	—	—	—	62510	—	90	23	57	—	1	1	57.2	69.2	6 000	7 500	0.65	
N 2210 E	—	—	—	2510E	—	—	—	90	23	57	83	1	1	74.2	88.8	6 000	7 500	0.59	

超星浏览器提醒您：  
 请勿非法复制  
 请尊重知识产权

续表 24.4-5

轴承代号			基本尺寸/mm			安装尺寸/mm				基本额定载荷/kN		极限转速/(r/min)		质量/kg
新·代号	轴·承·代·号	旧·代·号	d	D	B	d <sub>i</sub> min	D <sub>a</sub> min	r <sub>s</sub> max	r <sub>fs</sub> max	C <sub>r</sub>	C <sub>or</sub>	脂	油	W ≈
—	NH 310	—	50	110	27	60	98	2	2	76.0	79.5	5 300	6 700	1.2
N 310 E	—	2310E	—	110	27	60	98	2	2	105	112	5 300	6 700	1.2
—	NH 2310	—	—	110	40	60	98	2	2	112	132	5 300	6 700	1.85
N 2310 E	—	2610E	—	110	40	60	98	2	2	155	185	5 300	6 700	1.79
N 410	—	2410	—	130	31	62	—	2.1	2.1	120	120	4 800	6 000	2.3
N 1011	—	2111	55	90	18	61.5	—	1	1	35.8	40.0	5 600	7 000	0.45
—	NH 211	—	—	100	21	64	91	1.5	1	52.8	60.2	5 300	6 700	0.7
N 211 E	—	2211E	—	100	21	64	91	1.5	1	80.2	95.5	5 300	6 700	0.68
—	NH 2211	—	—	100	25	64	—	1.5	1	70.8	87.5	5 300	6 700	0.86
N 2211 E	—	2511E	—	100	25	64	91	1.5	1	94.8	118	5 300	6 700	0.81
—	NH 311	—	—	120	29	65	107	2	2	97.8	105	4 800	6 000	1.7
N 311 E	—	2311E	—	120	29	65	107	2	2	128	138	4 800	6 000	1.53
—	NH 2311	—	—	120	43	65	107	2	2	130	148	4 800	6 000	2.4
N 2311 E	—	2611E	—	120	43	65	107	2	2	190	228	4 800	6 000	2.28
N 411	—	2411	—	140	33	67	—	2.1	2.1	128	132	4 300	5 300	2.8
N 1012	—	2112	60	95	18	66.5	—	1	1	38.5	45.0	5 300	6 700	0.48
—	NH 212	—	—	110	22	69	100	1.5	1.5	62.8	73.5	5 000	6 300	0.9
N 212 E	—	2212E	—	110	22	69	100	1.5	1.5	89.8	102	5 000	6 300	0.86
—	NH 2212	—	—	110	28	69	—	1.5	1.5	91.2	118	5 000	6 300	1.25
N 2212 E	—	2512E	—	110	28	69	100	1.5	1.5	122	152	5 000	6 300	1.12
—	NH 312	—	—	130	31	72	116	2.1	2.1	118	128	4 500	5 600	2.2
N 312 E	—	2312E	—	130	31	72	116	2.1	2.1	142	155	4 500	5 600	1.87
—	NH 2312	—	—	130	46	72	116	2.1	2.1	155	195	4 500	5 600	2.2
N 2312 E	—	2612E	—	130	46	72	116	2.1	2.1	212	260	4 500	5 600	2.81



续表 24.4.5

轴承代号		基本尺寸/mm		安装尺寸/mm				基本额定载荷/kN		极限转速/(r/min)		质量/kg	
新代号	旧代号	d	D	B	d <sub>a</sub> min	D <sub>a</sub> min	r <sub>is</sub> max	r <sub>os</sub> max	C <sub>r</sub>	C <sub>0r</sub>	脂	油	W ≈
—	NH 315	—	160	37	87	143	2.1	2.1	165	188	3 600	4 500	3.7
N 315 E	—	—	160	37	87	143	2.1	2.1	228	260	3 600	4 500	3.43
N 2315	NH 2315	—	160	55	87	143	2.1	2.1	245	308	3 600	4 500	5.4
N 415	NH 415	—	190	45	89	—	2.5	2.5	250	272	3 200	4 000	7.1
N 1016	—	80	125	22	86.5	—	1	1	59.2	77.8	4 300	5 300	1
—	NH 216	—	140	26	90	128	2	2	102	125	3 800	4 800	1.7
N 216 E	—	—	140	26	90	128	2	2	132	165	3 800	4 800	1.58
—	NH 2216	—	140	33	90	—	2	2	145	195	3 800	4 800	2.2
N 2216 E	—	—	140	33	90	128	2	2	178	242	3 800	4 800	2.05
—	NH 316	—	170	39	92	151	2.1	2.1	175	200	3 400	4 300	4.4
N 316 E	—	—	170	39	92	151	2.1	2.1	245	282	3 400	4 300	4.05
N 2316	NH 2316	—	170	58	92	151	2.1	2.1	258	328	3 400	4 300	6.4
N 416	NH 416	—	200	48	94	—	2.5	2.5	285	315	3 000	3 800	8.3
—	NH 217	—	150	28	95	137	2	2	115	145	3 600	4 500	2.1
N 217 E	—	—	150	28	95	137	2	2	158	192	3 600	4 500	2
—	NH 2217	—	150	36	95	—	2	2	165	230	3 600	4 500	2.8
N 2217 E	—	—	150	36	95	137	2	2	205	272	3 600	4 500	2.58
—	NH 317	—	180	41	99	160	2.5	2.5	212	242	3 200	4 000	5.2
N 317 E	—	—	180	41	99	160	2.5	2.5	280	332	3 200	4 000	4.82
N 2317	NH 2317	—	180	60	99	160	2.5	2.5	295	380	3 200	4 000	7.4
N 417	NH 417	—	210	52	103	—	3	3	312	345	2 800	3 600	9.8
N 1018	—	90	140	24	98	—	1.5	1	74.0	94.8	3 800	4 800	1.36
—	NH 218	—	160	30	100	146	2	2	142	178	3 400	4 300	2.5
N 218 E	—	—	160	30	100	146	2	2	172	215	3 400	4 300	2.44

续表 24.4.5

轴承代号			基本尺寸/mm			安装尺寸/mm				基本额定载荷/kN		极限转速/(r/min)		质量/kg
新代号	旧代号	轴代号	d	D	B	d <sub>a</sub> min	D <sub>a</sub> min	r <sub>s</sub> max	r <sub>16</sub> max	C <sub>r</sub>	C <sub>0r</sub>	脂	油	W ≈
—	—	NH 2218	90	160	40	100	—	2	2	192	268	3 400	4 300	3.5
N 2218 E	—	2518E	—	160	40	100	146	2	2	230	312	3 400	4 300	3.26
—	—	NH 318	—	190	43	104	169	2.5	2.5	228	265	3 000	3 800	6.1
N 318 E	—	2318E	—	190	43	104	169	2.5	2.5	298	348	3 000	3 800	5.59
N 2318	—	2618	190	64	64	104	169	2.5	2.5	310	395	3 000	3 800	8.4
N 418	—	2418	225	54	54	108	—	3	3	352	392	2 400	3 200	11
—	—	NH 219	95	170	32	107	155	2.1	2.1	152	190	3 200	4 000	3.2
N 219 E	—	2219E	—	170	32	107	155	2.1	2.1	208	262	3 200	4 000	2.96
—	—	NH 2219	—	170	43	107	—	2.1	2.1	215	298	3 200	4 000	4.5
N 2219 E	—	2519E	—	170	43	107	155	2.1	2.1	275	368	3 200	4 000	3.97
—	—	NH 319	200	45	45	109	178	2.5	2.5	245	288	2 800	3 600	7
N 319 E	—	2319E	—	200	45	109	178	2.5	2.5	315	380	2 800	3 600	6.52
N 2319	—	2619	200	67	67	109	178	2.5	2.5	370	500	2 800	3 600	10.4
N 419	—	2419	240	55	55	113	—	3	3	428	428	2 200	3 000	14
N 1020	—	2120	100	150	24	108	—	1.5	1	78.0	102	3 400	4 300	1.5
—	—	NH 220	—	180	34	112	164	2.1	2.1	168	212	3 000	3 800	3.5
N 220 E	—	2220E	—	180	34	112	164	2.1	2.1	235	302	3 000	3 800	3.58
—	—	NH 2220	—	180	46	112	—	2.1	2.1	240	335	3 000	3 800	5.2
N 2220 E	—	2520E	—	180	46	112	164	2.1	2.1	318	440	3 000	3 800	4.86
—	—	NH 320	215	47	47	114	190	2.5	2.5	282	340	2 600	3 200	8.6
N 320 E	—	2320E	—	215	47	114	190	2.5	2.5	365	425	2 600	3 200	7.89
N 2320	—	2620	215	73	73	114	190	2.5	2.5	415	558	2 600	3 200	13.5
N 420	—	2420	250	58	58	118	—	3	3	418	480	2 000	2 800	16
N 1021	—	2121	105	160	26	114	—	2	1	91.5	122	3 200	4 200	1.9

续表 24.4-5

轴承代号	基本尺寸/mm			安装尺寸/mm				基本额定载荷/kN		极限转速/(r/min)		质量/kg			
	新代号	旧代号	轴 承 代 号	d	D	B	d <sub>s</sub> min	D <sub>s</sub> min	r <sub>se</sub> max	r <sub>be</sub> max	C <sub>r</sub>	C <sub>0r</sub>	脂	油	W ≈
N 221	NF 221	2221	NH 221	105	190	36	117	173	2.1	2.1	185	235	2 800	3 600	4
N 321	NF 321	2321	NH 321	125	225	49	119	199	2.5	2.5	322	392	2 200	3 000	—
N 421	—	2421	NH 421	140	260	60	123	—	3	3	508	602	1 900	2 600	—
N 1022	—	2122	—	110	170	28	119	—	2	1	115	155	3 000	3 800	2.3
—	NF 222	—	NH 222	120	200	38	122	182	2.1	2.1	220	285	2 600	3 400	5
N 222 E	—	2222E	—	120	200	38	122	182	2.1	2.1	278	360	2 600	3 400	5.02
N 2222	NF 2222	2522	NH 2222	125	200	53	122	—	2.1	2.1	312	445	2 600	3 400	7.5
N 322	NF 322	2322	NH 322	140	240	50	124	211	2.5	2.5	352	428	2 000	2 800	11
N 3222	NF 3222	2622	NH 3222	140	240	80	124	211	2.5	2.5	535	740	2 000	2 800	7.5
N 422	—	2422	NH 422	160	280	65	128	—	3	3	515	602	1 800	2 400	22
N 1024	—	2124	—	120	180	28	129	—	2	1	130	168	2 600	3 400	2.96
—	NF 224	—	NH 224	125	215	40	132	196	2.1	2.1	230	332	2 200	3 000	6.4
N 224 E	—	2224E	—	125	215	40	132	196	2.1	2.1	322	422	2 200	3 000	6.11
N 2224	—	2524	—	140	215	58	132	—	2.1	2.1	345	522	2 200	3 000	9.5
N 324	NF 324	2324	NH 324	160	260	55	134	230	2.5	2.5	440	552	1 900	2 600	14
N 3242	NF 3242	2624	NH 3242	160	260	86	134	230	2.5	2.5	632	868	1 900	2 600	22.5
N 424	—	2424	NH 424	180	310	72	142	—	4	4	642	772	1 700	2 200	30
N 1026	—	2126	—	130	200	33	139	—	2	1	152	212	2 400	3 200	3.7
N 226	NF 226	2226	NH 226	140	230	40	144	208	2.5	2.5	258	352	2 000	2 800	7
N 2226	NF 2226	2526	NH 2226	140	230	64	144	—	2.5	2.5	368	552	2 000	2 800	11.5
N 326	NF 326	2326	NH 326	160	280	58	148	247	3	3	492	620	1 700	2 200	18
N 3262	NF 3262	2626	NH 3262	160	280	93	148	247	3	3	748	1 060	1 700	2 200	28.5
N 426	—	2426	NH 426	180	340	78	152	—	4	4	782	942	1 500	1 900	39
N 1028	—	2128	—	140	210	33	149	—	2	1	158	220	2 000	2 800	4



续表 24.4-5

轴承代号		基本尺寸/mm		安装尺寸/mm				基本额定载荷/kN		极限转速/(r/min)		质量/kg	
新代号	旧代号	d	D	B	d <sub>s</sub> min	D <sub>s</sub> min	r <sub>sa</sub> max	r <sub>is</sub> max	C <sub>r</sub>	C <sub>0r</sub>	脂	油	W
N 228	NF 228	140	250	42	154	—	2.5	2.5	302	415	1 800	2 400	9.1
N 2228	NH 2228	—	250	68	154	—	2.5	2.5	438	700	1 800	2 400	15
N 328	NF 328	—	300	62	158	—	3	3	545	690	1 600	2 000	22
N 2328	NH 2328	—	300	102	158	—	3	3	825	1 180	1 600	2 000	37
N 428	NH 428	—	360	82	162	—	4	4	845	1 020	1 400	1 800	—
N 1030	—	150	225	35	161	—	2.1	1.5	188	268	1 900	2 600	4.8
N 230	NH 230	—	270	45	164	—	2.5	2.5	360	490	1 700	2 200	11
N 2230	NH 2230	—	270	73	164	—	2.5	2.5	530	772	1 700	2 200	17
N 330	NF 330	—	320	65	168	—	3	3	595	765	1 500	1 900	26
N 2330	NH 2330	—	320	108	168	—	3	3	930	1 340	1 500	1 900	45
N 430	NH 430	—	380	85	172	—	4	4	912	1 100	1 300	1 700	53
N 1032	—	160	240	38	171	—	2.1	1.5	212	302	1 800	2 400	6
N 232	NF 232	—	290	48	174	—	2.5	2.5	405	552	1 600	2 000	14
N 2232	NH 2232	—	290	80	174	—	2.5	2.5	590	898	1 600	2 000	25
N 332	NH 332	—	340	68	178	—	3	3	628	825	1 400	1 800	31.6
N 2332	NF 2332	—	340	114	178	—	3	3	972	1 430	1 400	1 800	55.8
N 1034	—	170	260	42	181	—	2.1	2.1	255	365	1 700	2 200	8.14
N 234	NH 234	—	310	52	188	—	3	3	425	650	1 500	1 900	17.1
N 334	—	—	360	72	188	—	3	3	715	952	1 300	1 700	36
N 2334	NF 2334	—	360	120	188	—	3	3	1 110	1 650	1 300	1 700	63
N 1036	—	180	280	46	191	—	2.1	2.1	300	438	1 600	2 000	10.1
N 236	NH 236	—	320	52	198	—	3	3	425	650	1 400	1 800	18
N 336	—	—	380	75	198	—	3	3	835	1 100	1 200	1 600	42
N 2336	NF 2336	—	380	126	198	—	3	3	1 210	1 780	1 200	1 600	71.2

续表 24.4-5

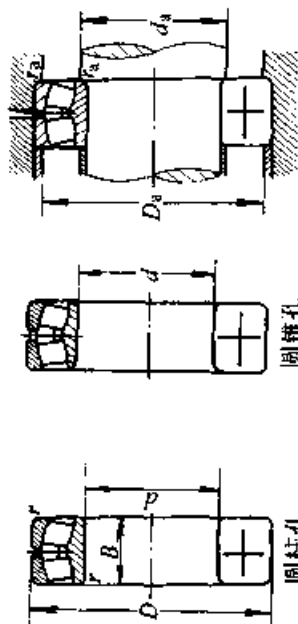
轴承代号		基本尺寸/mm			安装尺寸/mm				基本额定载荷/kN		极限转速/(r/min)		质量/kg
新代号	旧代号	d	D	B	d <sub>s</sub> min	D <sub>s</sub> min	r <sub>w</sub> max	r <sub>fs</sub> max	C <sub>r</sub>	C <sub>10c</sub>	脂	油	W ≈
N 1038	—	190	290	46	201	—	2.1	2.1	335	495	1 500	1 900	10.0
N 238	NH 238	—	340	55	208	—	3	3	512	745	1 300	1 700	23
N 2238	NH 2238	—	340	92	208	—	3	3	975	1 570	1 300	1 700	38.5
N 338	—	—	400	78	212	—	4	4	882	1 190	1 100	1 500	50
N 1040	—	200	310	51	211	—	2.1	2.1	408	615	1 400	1 800	14.3
N 240	NH 240	—	360	58	218	—	3	3	570	842	1 200	1 600	26
N 2240	NH 2240	—	360	98	218	—	3	3	1 120	1 725	1 200	1 600	—
N 340	—	—	420	80	222	—	4	4	972	1 290	1 000	1 400	—
N 1044	—	220	340	56	233	—	2.5	2.5	448	685	1 200	1 600	—
N 244	NH 244	—	400	65	238	—	3	3	702	1 050	1 000	1 400	36
N 2244	—	—	400	108	238	—	3	3	1 360	2 330	1 000	1 400	62
N 1048	—	240	360	56	253	—	2.5	2.5	470	745	1 000	1 400	21
N 248	NH 248	—	440	72	258	—	3	3	880	1 345	900	1 200	48.2
N 348	—	—	500	95	262	—	4	4	1 290	1 810	800	1 000	97.1
N 1052	—	260	400	65	276	—	3	3	592	932	950	1 300	31
N 1056	—	280	420	65	296	—	3	3	600	965	850	1 100	33
N 1060	—	300	460	74	316	—	3	3	880	1 470	800	1 000	44.4
N 260	—	—	540	85	322	487	4	4	1 360	2 190	700	900	87.2

注：主要生产厂家：西北轴承厂、洛阳轴承厂、哈尔滨轴承厂、北京轴承厂、瓦房店轴承厂、湘潭轴承厂、长治轴承厂。

超星浏览器提醒您：  
使用本复制品  
请尊重相关知识产权

4 调心滚子轴承 (表 24.4-6)

表 24.4-6 调心滚子轴承



当量动载荷 当  $F_x/F_r \leq e$   $P_d = F_r + Y_1 F_a$   
 当  $F_x/F_r > e$   $P_d = 0.67 F_r + Y_2 F_a$

当量静载荷  $P_{en} = F_r + Y_0 F_a$

新代号	旧代号	基本尺寸/mm		安装尺寸/mm		计算系数				基本额定载荷/kN		极限转速/(r/min)		质量/kg		
		d	D	B	$d_a$ min	$D_a$ max	$r_{sk}$ max	e	$Y_1$	$Y_2$	$Y_0$	$C_r$	$C_{10}$		脂	油
21304 CA	—	20	52	15	27	45	1	0.31	2.2	3.3	2.2	30.8	31.2	6 000	7 500	0.175
22205 CA/W33	—	25	52	18	30	46	1	0.35	1.9	2.9	1.9	35.8	36.8	8 000	10 000	0.177
21305 CA	—	30	62	17	32	55	1	0.29	2.4	3.5	2.3	41.5	44.2	5 300	6 700	0.277
22206 C	53506	30	62	20	36	56	1	0.33	2.0	3.0	2.0	51.8	56.8	6 300	8 000	0.3
22206 CA/W33	—	30	62	20	36	56	1	0.32	2.1	3.1	2.1	50.5	55.0	6 700	8 500	0.283
21306 CA	—	35	72	19	37	65	1	0.27	2.5	3.7	2.4	55.8	62.0	4 500	6 000	0.412
22207 C/W33	53507	35	72	23	42	65	1	0.31	2.1	3.2	2.1	66.5	76.0	5 300	6 700	0.45
22207 C/W33	—	35	72	23	42	65	1	0.32	2.1	3.2	2.1	68.5	79.0	5 600	7 000	0.437
21307 CA	—	40	80	21	44	71	1.5	0.27	2.5	3.8	2.5	63.5	73.2	4 000	5 300	0.542
22208 C/W33	53508	40	80	23	47	73	1	0.28	2.4	3.6	2.3	78.5	90.8	5 000	6 000	0.54
22208 CA/W33	—	40	80	23	47	73	1	0.28	2.4	3.6	2.4	77.0	88.5	5 000	6 300	0.524
21308 CA	—	40	90	23	49	81	1.5	0.26	2.6	3.8	2.5	85.0	96.2	3 600	4 500	0.743

续表 24.4-6

轴 承 代 号		基 本 尺 寸 /mm		安 装 尺 寸 /mm			计 算 系 数				基 本 额 定 载 荷 /kN		极 限 转 速 / (r/min)		质 量 / kg	
新 代 号	旧 代 号	d	D	B	d <sub>a</sub> min	D <sub>a</sub> max	r <sub>a</sub> max	ε	Y <sub>1</sub>	Y <sub>2</sub>	Y <sub>0</sub>	C <sub>r</sub>	C <sub>0r</sub>	脂	油	W
22308 C/W33	53608	40	90	33	49	81	1.5	0.38	1.8	2.6	1.7	120	138	4 300	5 300	1.0
22308 CA/W33	—		90	33	49	81	1.5	0.38	1.8	2.7	1.8	120	138	4 500	6 000	1.02
22209 C/W33	53509	45	85	23	52	78	1	0.27	2.5	3.8	2.5	82.0	97.5	4 500	5 600	0.58
22209 CA/W33	—		85	23	52	78	1	0.26	2.6	3.8	2.5	80.5	95.2	4 500	6 000	0.571
21309 CA	—		100	25	54	91	1.5	0.25	2.7	4.0	2.6	100	115	3 200	4 000	1.0
22309 C/W33	53609	45	100	36	54	91	1.5	0.38	1.8	2.6	1.7	142	170	3 800	4 800	1.38
22309 CA/W33	—		100	36	54	91	1.5	0.37	1.8	2.7	1.8	142	170	4 000	5 300	1.37
22210 C/W33	53510	50	90	23	57	83	1	0.24	2.8	4.1	2.7	84.5	105	4 000	5 000	0.62
22210 CA/W33	—		90	23	57	83	1	0.24	2.8	4.1	2.7	83.8	102	4 300	5 300	0.614
21310 CA	—		110	27	60	100	2	0.25	2.7	4.0	2.6	120	140	2 800	3 800	1.3
21310 TNI	—		110	27	60	100	2	0.25	2.7	4.1	2.7	125	140	2 800	3 800	1.22
22310 C/W33	53610		110	40	60	100	2	0.37	1.8	2.7	1.8	175	210	3 400	4 300	1.85
22310 CA/W33	—		110	40	60	100	2	0.37	1.8	2.7	1.8	178	212	3 800	4 800	1.79
22211 C/W33	53511	55	100	25	64	91	1.5	0.24	2.8	4.1	2.7	102	125	3 600	4 500	0.84
22211 CA/W33	—		100	25	64	91	1.5	0.24	2.8	4.2	2.8	102	125	3 800	5 000	0.847
21311 CA	—		120	29	65	110	2	0.25	2.7	4.1	2.7	142	170	2 600	3 400	1.65
22311 C/W33	53611		120	43	65	110	2	0.37	1.8	2.7	1.8	208	250	3 000	3 800	2.35
22311 CA/W33	—		120	43	65	110	2	0.36	1.9	2.8	1.8	210	252	3 400	4 300	2.31
22212 C/W33	53512	60	110	28	69	101	1.5	0.24	2.8	4.1	2.7	122	155	3 200	4 000	1.2
22212 CA/W33	—		110	28	69	101	1.5	0.24	2.8	4.1	2.7	122	155	3 600	4 500	1.15
21312 CA	—		130	31	72	118	2.1	0.24	2.8	4.2	2.7	162	195	2 400	3 200	2.08
22312 C/W33	53612		130	46	72	118	2.1	0.37	1.8	2.7	1.8	238	285	2 800	3 600	2.95
22312 CA/W33	—		130	46	72	118	2.1	0.36	1.9	2.8	1.8	242	292	3 200	4 000	2.88

续表 24.4-6

轴承代号		基本尺寸/mm		安装尺寸/mm		计算系数				基本额定载荷/kN		极限转速/(r/min)		质量/kg		
		d	D	B	$d_a$ min	$D_a$ max	$r_{as}$ max	e	$Y_1$	$Y_2$	$Y_0$	$C_1$	$C_{or}$		脂	油
22213 C/W33	22213 CK/W33	65	120	31	74	111	1.5	0.25	2.7	4.0	2.6	150	195	2 800	3 600	1.6
22213 CA/W33	22213 CAK/W33		120	31	74	111	1.5	0.25	2.7	4.0	2.6	150	195	3 200	4 000	1.54
21313 CA	21313 CAK		140	33	77	128	2.1	0.24	2.9	4.3	2.8	182	228	2 200	3 000	2.57
22313 C/W33	22313 CK/W33		140	48	77	128	2.1	0.35	1.9	2.9	1.9	260	315	2 400	3 200	3.55
22313 CA/W33	22313 CAK/W33		140	48	77	128	2.1	0.35	1.9	2.9	1.9	265	320	3 000	3 800	3.47
22214 C/W33	22214 CK/W33	70	125	31	79	116	1.5	0.23	2.9	4.3	2.8	158	205	2 600	3 400	1.7
22214 CA/W33	22214 CAK/W33		125	31	79	116	1.5	0.24	2.9	4.3	2.8	150	195	3 000	3 800	1.6
21314 CA	21314 CAK		150	35	82	138	2.1	0.23	2.9	4.3	2.8	212	268	2 000	2 800	3.11
22314 C/W33	22314 CK/W33		150	51	82	138	2.1	0.35	1.9	2.9	1.9	292	362	2 200	3 000	4.4
22314 CA/W33	22314 CAK/W33		150	51	82	138	2.1	0.34	2.0	2.9	1.9	312	395	2 800	3 400	4.34
22215 C/W33	22215 CK/W33	75	130	31	84	121	1.5	0.22	3.0	4.5	2.9	162	215	2 400	3 200	1.8
22215 CA/W33	22215 CAK/W33		130	31	84	121	1.5	0.22	3.0	4.5	2.9	162	215	3 000	3 800	1.69
21315 CA	21315 CAK		160	37	87	148	2.1	0.23	3.0	4.4	2.9	238	302	1 900	2 600	3.76
22315 C/W33	22315 CK/W33		160	55	87	148	2.1	0.35	1.9	2.9	1.9	342	438	2 000	2 800	5.25
22315 CA/W33	22315 CAK/W33		160	55	87	148	2.1	0.35	2.0	2.9	1.9	348	448	2 600	3 200	5.28
22216 C/W33	22216 CK/W33	80	140	33	90	130	2	0.22	3.0	4.5	2.9	175	238	2 200	3 000	2.2
22216 CA/W33	22216 CAK/W33		140	33	90	130	2	0.22	3.0	4.5	3.0	175	235	2 800	3 400	2.13
21316 CA	21316 CAK		170	39	92	158	2.1	0.23	3.0	4.4	2.9	260	332	1 800	2 400	4.47
22316 C/W33	22316 CK/W33		170	58	92	158	2.1	0.35	1.9	2.9	1.9	385	498	1 900	2 600	6.39
22316 CA/W33	22316 CAK/W33		170	58	92	158	2.1	0.34	2.0	2.9	1.9	392	508	2 400	3 000	6.32
22217 C/W33	22217 CK/W33	85	150	36	95	140	2	0.22	3.0	4.4	2.9	210	278	2 000	2 800	2.7
22217 CA/W33	22217 CAK/W33		150	36	95	140	2	0.23	3.0	4.4	2.9	212	282	2 600	3 200	2.67
21317 CA	21317 CAK		180	41	99	166	2.5	0.23	3.0	4.4	2.9	298	385	1 700	2 200	5.23

续表 24.4-6

轴承代号		基本尺寸/mm		安装尺寸/mm			计算系数				基本额定载荷/kN		极限转速/(r/min)		质量/kg	
新代号	旧代号	d	D	B	d <sub>a</sub> min	D <sub>a</sub> max	r <sub>as</sub> max	e	Y <sub>1</sub>	Y <sub>2</sub>	Y <sub>n</sub>	C <sub>r</sub>	C <sub>or</sub>	脂	油	W ≈
22317 C/W33	53617	85	180	60	99	166	2.5	0.34	1.9	3.0	2.0	420	540	1 800	2 400	7.25
22317 CA/W33	—		180	60	99	166	2.5	0.34	2.0	3.0	2.0	430	555	2 200	2 800	7.27
22218 C/W33	53518	90	160	40	100	150	2	0.23	2.9	4.4	2.8	240	322	1 900	2 600	3.28
22218 CA/W33	—		160	40	100	150	2	0.24	2.9	4.3	2.8	250	338	2 400	3 000	3.38
23218 C/W33	3053218		160	52.4	100	150	2	0.31	2.1	3.2	2.1	325	478	1 700	2 200	4.6
23218 CA/W33	—		160	52.4	100	150	2	0.31	2.2	3.2	2.1	330	482	1 800	2 400	4.4
21318 CA	—		190	43	104	176	2.5	0.23	3.0	4.5	2.9	320	420	1 600	2 200	6.17
22318 C/W33	53618		190	64	104	176	2.5	0.34	2.0	2.9	2.0	475	622	1 800	2 400	8.6
22318 CA/W33	—		190	64	104	176	2.5	0.34	2.0	3.0	2.0	482	640	2 200	2 600	8.63
22219 C/W33	53519	95	170	43	107	158	2.1	0.24	2.9	4.4	2.7	278	380	1 900	2 600	4.1
22219 CA/W33	—		170	43	107	158	2.1	0.24	2.8	4.2	2.7	282	390	2 200	2 800	4.2
21319 CA	—		200	45	109	186	2.5	0.22	3.1	4.6	3.0	355	485	1 700	2 200	7.15
22319 C/W33	53619		200	67	109	186	2.5	0.34	2.0	3.0	2.0	520	688	1 700	2 200	10.1
22319 CA/W33	—		200	67	109	186	2.5	0.34	2.0	3.0	2.0	530	705	2 000	2 600	9.97
23120 C/W33	3053720	100	165	52	110	155	2	0.30	2.3	3.4	2.2	320	505	1 600	2 000	5
23120 CA/W33	—		165	52	110	155	2	0.29	2.3	3.5	2.3	322	510	1 700	2 200	4.31
22220 C/W33	53520		180	46	112	168	2.1	0.23	2.9	4.3	2.8	310	425	1 800	2 400	5
22220 CA/W33	—		180	46	112	168	2.1	0.24	2.8	4.1	2.7	315	435	2 200	2 600	5.01
23220 C/W33	3053220		180	60.3	112	168	2.1	0.33	2.0	3.0	2.0	415	618	1 600	2 000	6.7
23220 CA/W33	—		180	60.3	112	168	2.1	0.32	2.1	3.2	2.1	420	630	1 600	2 200	6.52
21320 CA	—		215	47	114	201	2.5	0.22	3.1	4.6	3.0	385	530	1 600	2 000	8.81
22320 C/W33	53620		215	73	114	201	2.5	0.35	1.9	2.9	1.9	608	815	1 400	1 800	13.4
22320 CA/W33	—		215	73	114	201	2.5	0.34	2.0	2.9	1.9	618	832	1 900	2 400	12.8
21321 CA	—	105	225	49	119	211	2.5	0.22	3.1	4.5	3.0	408	558	1 500	1 900	10.0

续表 24.4-6

轴承代号		基本尺寸/mm		安装尺寸/mm		计算系数				基本额定 载荷/kN		极限转速/ (r/min)		质量/ kg				
															新代号	旧代号	$d$	$D$
23022 C/W33	23022 CK/W33	3053122	3153122	110	170	45	120	160	2	0.24	2.8	4.2	2.8	270	448	1 400	1 800	3.9
23022 CA/W33	—	—	—	—	170	45	120	160	2	0.24	2.8	4.2	2.8	272	452	2 000	2 400	3.68
23122 C/W33	23122 CK/W33	353722	3153722	120	180	56	120	170	2	0.29	2.3	3.4	2.3	375	595	1 300	1 700	6.25
23122 CA/W33	—	—	—	—	180	56	120	170	2	0.29	2.4	3.5	2.3	378	602	1 600	2 000	5.51
24122 CA/W33	24122 CAK30/W33	—	—	—	180	69	120	170	2	0.35	1.9	2.8	1.9	458	775	1 600	2 000	6.63
22222 C/W33	22222 CK/W33	53522	153522	120	200	53	122	188	2.1	0.25	2.7	4.0	2.6	405	575	1 700	2 200	7.2
22222 CA/W33	22222 CAK/W33	—	—	—	200	53	122	188	2.1	0.25	2.7	4.0	2.6	410	588	1 900	2 400	7.32
23222 C/W33	23222 CK/W33	3053222	3153222	120	200	69.8	122	188	2.1	0.33	2.0	3.0	2.0	515	785	1 400	1 800	9.7
23222 CA/W33	23222 CAK/W33	—	—	—	200	69.8	122	188	2.1	0.34	2.0	3.0	2.0	520	800	1 500	1 900	9.46
21322 CA	21322 CAK	—	—	—	240	50	124	226	2.5	0.21	3.2	4.8	3.1	460	635	1 400	1 800	11.8
22322 C/W33	22322 CK/W33	53622	153622	120	240	80	124	226	2.5	0.34	2.0	2.9	1.9	695	935	1 500	1 900	18
22322 CA/W33	22322 CAK/W33	—	—	—	240	80	124	226	2.5	0.34	2.0	3.0	2.0	715	968	1 700	2 200	17.5
23024 C/W33	23024 CK/W33	3053124	3153124	120	180	46	130	170	2	0.22	3.0	4.6	2.8	295	495	1 400	1 800	—
23024 CA/W33	23024 CAK/W33	—	—	—	180	46	130	170	2	0.23	2.9	4.4	2.9	300	500	1 800	2 200	3.98
24024 CA/W33	24024 CAK30/W33	—	—	—	180	60	130	170	2	0.30	2.3	3.4	2.2	380	675	1 500	2 000	5.05
23124 C/W33	23124 CK/W33	3053724	3153724	120	200	62	130	190	2	0.28	2.4	3.6	2.5	450	715	1 300	1 700	—
23124 CA/W33	23124 CAK/W33	—	—	—	200	62	130	190	2	0.29	2.4	3.5	2.3	450	722	1 400	1 800	7.67
24124 CA/W33	24124 CAK30/W33	—	—	—	200	80	130	190	2	0.37	1.8	2.7	1.8	575	998	1 400	1 800	9.65
22224 C/W33	22224 CK/W33	53524	153524	120	215	58	132	203	2.1	0.24	2.8	4.1	2.7	470	678	1 600	2 000	8.9
22224 CA/W33	22224 CAK/W33	—	—	—	215	58	132	203	2.1	0.26	2.6	3.9	2.6	480	690	1 700	2 200	9.0
23224 C/W33	23224 CK/W33	3053224	3153224	120	215	76	132	203	2.1	0.35	1.9	2.9	1.9	602	940	1 300	1 700	12
23224 CA/W33	23224 CAK/W33	—	—	—	215	76	132	203	2.1	0.34	2.0	3.0	2.0	610	955	1 300	1 700	11.7
22324 C/W33	22324 CK/W33	53624	153624	120	260	86	134	246	2.5	0.34	2.0	2.9	1.9	822	1 120	1 300	1 700	22
22324 CA/W33	22324 CAK/W33	—	—	—	260	86	134	246	2.5	0.34	2.0	3.0	2.0	845	1 160	1 500	1 900	22.2

续表 24.4-6

轴承代号	新代号	旧代号	基本尺寸/mm		安装尺寸/mm			计算系数				基本额定载荷/kN		极限转速/(r/min)		质量/kg	
			d	D	B	d <sub>a</sub> min	D <sub>e</sub> max	r <sub>ae</sub> max	e	Y <sub>1</sub>	Y <sub>2</sub>	Y <sub>0</sub>	C <sub>r</sub>	C <sub>re</sub>	脂		油
23026 C/W33	23026 CK/W33	3053126	130	200	52	140	190	2	0.23	2.9	4.4	2.8	372	625	1 200	1 600	—
23026 CA/W33	23026 CAK/W33	—		200	52	140	190	2	0.23	2.9	4.3	2.8	375	630	1 700	2 000	5.85
24026 CA/W33	24026 CAK30/W33	—		200	69	140	190	2	0.31	2.2	3.2	2.1	472	852	1 400	1 800	7.55
23126 C/W33	23126 CK/W33	3053726		210	64	140	200	2	0.28	2.4	3.6	2.5	478	788	1 300	1 700	—
23126 CA/W33	23126 CAK/W33	—		210	64	140	200	2	0.28	2.4	3.6	2.4	482	802	1 300	1 700	8.49
24126 CA/W33	24126 CAK30/W33	—		210	80	140	200	2	0.35	1.9	2.9	1.9	585	1 030	1 300	1 700	10.3
22226 C/W33	22226 CK/W33	53526		230	64	144	216	2.5	0.26	2.6	3.9	2.5	550	810	1 400	1 800	11.2
22226 CA/W33	22226 CAK/W33	—		230	64	144	216	2.5	0.26	2.6	3.8	2.5	562	832	1 600	2 000	11.2
23226 C/W33	23226 CK/W33	3053226		230	80	144	216	2.5	0.33	2.0	3.0	2.0	668	1 060	1 200	1 600	14
23226 CA/W33	23226 CAK/W33	—		230	80	144	216	2.5	0.33	2.0	3.0	2.0	678	1 080	1 200	1 600	13.8
22326 C/W33	22326 CK/W33	53626		280	93	148	262	3	0.34	1.9	2.9	1.9	942	1 300	1 200	1 600	28.5
22326 CA/W33	22326 CAK/W33	—		280	93	148	262	3	0.34	2.0	3.0	2.0	965	1 340	1 400	1 800	27.5
23028 C/W33	23028 CK/W33	3053128	140	210	53	150	200	2	0.22	3.0	4.6	2.8	402	698	1 100	1 500	—
23028 CA/W33	23028 CAK/W33	—		210	53	150	200	2	0.22	3.0	4.5	2.9	395	680	1 600	1 900	6.31
24028 CA/W33	24028 CAK30/W33	—		210	69	150	200	2	0.29	2.3	3.4	2.3	488	895	1 300	1 700	8.01
23128 C/W33	23128 CK/W33	3053728		225	68	152	213	2.1	0.28	2.4	3.6	2.5	545	925	1 100	1 500	—
23128 CA/W33	23128 CAK/W33	—		225	68	152	213	2.1	0.28	2.4	3.6	2.4	538	905	1 200	1 600	10.2
24128 CA/W33	24128 CAK30/W33	—		225	85	152	213	2.1	0.35	1.9	2.9	1.9	670	1 200	1 200	1 600	12.5
22228 C/W33	22228 CK/W33	53528		250	68	154	236	2.5	0.25	2.7	3.9	2.5	628	930	1 300	1 700	14.5
22228 CA/W33	22228 CAK/W33	—		250	68	154	236	2.5	0.26	2.6	3.9	2.6	640	955	1 400	1 700	14.2
23228 C/W33	23228 CK/W33	3053228		250	88	154	236	2.5	0.35	1.9	2.9	1.9	802	1 280	1 000	1 400	18.5
23228 CA/W33	23228 CAK/W33	—		250	88	154	236	2.5	0.34	2.0	3.0	2.0	812	1 300	1 100	1 500	18.1
22328 C/W33	22328 CK/W33	53628		300	102	158	282	3	0.34	1.9	2.9	1.9	1 110	1 570	1 100	1 500	34.5
22328 CA/W33	22328 CAK/W33	—		300	102	158	282	3	0.34	2.0	2.9	1.9	1 130	1 610	1 300	1 700	34.6



续表 24.4-6

轴承代号		基本尺寸/mm		安装尺寸/mm		计算系数				基本额定载荷/kN		极限转速/(r/min)		质量/kg	
															$d$
新代号	旧代号	$d$	$D$	$B$	$d_a$	$D_a$	$r_{as}$	$r_{as}$	$r_{as}$	$r_{as}$	$r_{as}$	$r_{as}$	$r_{as}$	$r_{as}$	$r_{as}$
23030 C/W33	3053130	150	225	56	162	213	2.1	0.22	3.0	4.6	2.8	438	762	1 400	—
23030 CA/W33	—	—	225	56	162	213	2.1	0.22	3.0	4.5	3.0	432	750	1 400	7.74
24030 CA/W33	—	—	225	75	162	213	2.1	0.30	2.3	3.4	2.2	570	1 070	1 500	10.1
23130 C/W33	3053730	150	250	80	162	238	2.1	0.30	2.3	3.4	2.2	725	1 230	1 300	—
23130 CA/W33	—	—	250	80	162	238	2.1	0.30	2.3	3.4	2.2	738	1 250	1 400	15.7
24130 CA/W33	—	—	250	100	162	238	2.1	0.37	1.8	2.7	1.8	890	1 600	1 400	19.0
22230 C/W33	53530	150	270	73	164	256	2.5	0.26	2.6	3.9	2.5	738	1 100	1 200	18.6
22230 CA/W33	—	—	270	73	164	256	2.5	0.26	2.6	3.9	2.6	750	1 130	1 300	18
23230 C/W33	3053230	150	270	96	164	256	2.5	0.35	1.9	2.9	1.9	935	1 520	1 300	24
23230 CA/W33	—	—	270	96	164	256	2.5	0.34	2.0	3.0	1.9	948	1 540	1 400	23.2
22330 CA/W33	—	—	320	108	168	302	3	0.34	2.0	3.0	1.9	1 270	1 850	1 500	42
23032 C/W33	3053132	160	240	60	172	228	2.1	0.22	3.0	4.6	2.8	500	875	1 900	—
23032 CA/W33	—	—	240	60	172	228	2.1	0.22	3.0	4.5	3.0	508	890	1 700	9.43
24032 CA/W33	—	—	240	80	172	228	2.1	0.30	2.3	3.4	2.2	652	1 230	1 400	12.2
23132 C/W33	3053732	160	270	86	172	258	2.1	0.30	2.3	3.4	2.2	845	1 420	1 200	—
23132 CA/W33	—	—	270	86	172	258	2.1	0.30	2.3	3.4	2.2	845	1 440	1 300	19.8
24132 CA/W33	—	—	270	109	172	258	2.1	0.37	1.8	2.7	1.8	1 040	1 880	1 300	24.4
22232 C/W33	53532	150	290	80	174	276	2.5	0.26	2.6	3.9	2.5	825	1 250	1 400	23.1
22232 CA/W33	—	—	290	80	174	276	2.5	0.26	2.6	3.8	2.5	848	1 290	1 500	22.9
23232 C/W33	3053232	160	290	104	174	276	2.5	0.35	1.9	2.9	1.9	1 080	1 760	1 200	30
23232 CA/W33	—	—	290	104	174	276	2.5	0.34	2.0	2.9	1.9	1 090	1 780	1 400	29.4
23034 C/W33	3053134	170	260	67	182	248	2.1	0.23	2.9	4.4	2.8	608	1 080	1 200	—
23034 CA/W33	—	—	260	67	182	248	2.1	0.23	2.9	4.3	2.9	615	1 100	1 600	12.8
24034 CA/W33	—	—	260	90	182	248	2.1	0.31	2.2	3.2	2.1	792	1 520	1 300	16.7

续表 24.4-6

轴承代号		基本尺寸/mm			安装尺寸/mm			计算系数				基本额定载荷/kN		极限转速/(r/min)		质量/kg
新代号	旧代号	d	D	B	d <sub>a</sub> min	D <sub>a</sub> max	r <sub>ae</sub> max	e	Y <sub>1</sub>	Y <sub>2</sub>	Y <sub>0</sub>	C <sub>r</sub>	C <sub>en</sub>	脂	油	W ≈
23134 C/W33	3053734	170	280	88	182	268	2.1	0.30	2.3	3.4	2.2	885	1 520	850	1 100	—
23134 CA/W33	—	—	280	88	182	268	2.1	0.29	2.3	3.5	2.3	900	1 550	1 000	1 300	21.1
24134 CA/W33	—	—	280	109	182	268	2.1	0.36	1.9	2.8	1.8	1 070	1 930	1 000	1 300	25.5
22234 CA/W33	—	—	310	86	188	292	3	0.26	2.6	3.8	2.5	975	1 500	1 100	1 400	28.1
23234 CA/W33	—	—	310	110	188	292	3	0.34	2.0	3.0	2.0	1 200	2 030	900	1 200	35.7
23036 C/W33	3053136	180	280	74	192	268	2.1	0.24	2.8	4.2	2.8	710	1 260	800	1 000	—
23036 CA/W33	—	—	280	74	192	268	2.1	0.24	2.8	4.2	2.8	718	1 310	1 200	1 400	16.9
24036 CA/W33	—	—	280	100	192	268	2.1	0.32	2.1	3.1	2.1	928	1 820	950	1 200	22.1
23136 C/W33	3053736	190	300	96	194	286	2.5	0.30	2.3	3.4	2.2	1 030	1 800	800	1 000	—
23136 CA/W33	—	—	300	96	194	286	2.5	0.30	2.3	3.4	2.2	1 050	1 830	900	1 200	26.9
24136 CA/W33	—	—	300	118	194	286	2.5	0.36	1.9	2.8	1.8	1 210	2 220	900	1 200	32.0
22236 CA/W33	—	—	320	86	198	302	3	0.25	2.7	3.9	2.6	1 010	1 590	1 100	1 300	29.4
23236 CA/W33	—	—	320	112	198	302	3	0.33	2.0	3.0	2.0	1 280	2 170	850	1 100	37.9
23038 C/W33	3053138	190	290	75	202	278	2.1	0.23	2.9	4.4	2.8	745	1 350	800	1 000	—
23038 CA/W33	—	—	290	75	202	278	2.1	0.23	2.9	4.3	2.8	755	1 380	1 100	1 400	17.7
24038 CA/W33	—	—	290	100	202	278	2.1	0.31	2.2	3.3	2.1	975	1 910	900	1 200	23.0
23138 CA/W33	—	—	320	104	204	306	2.5	0.30	2.2	3.3	2.2	1 200	2 120	850	1 100	33.6
24138 CA/W33	—	—	320	128	204	306	2.5	0.37	1.8	2.7	1.8	1 410	2 590	850	1 100	40.2
23238 CA/W33	—	—	340	120	208	322	3	0.33	2.0	3.0	2.0	1 450	2 490	800	1 100	46.1
23040 CA/W33	—	200	310	82	212	298	2.1	0.24	2.8	4.2	2.8	890	1 650	1 000	1 300	22.7
24040 CA/W33	—	—	310	109	212	298	2.1	0.32	2.1	3.2	2.1	1 120	2 220	850	1 100	29.3
23140 CA/W33	—	—	340	112	214	326	2.5	0.31	2.2	3.3	2.2	1 380	2 460	800	1 000	41.6
24140 CA/W33	—	—	340	140	214	326	2.5	0.38	1.8	2.6	1.7	1 580	2 950	800	1 000	49.9
23240 CA/W33	—	—	360	128	218	342	3	0.34	2.0	3.0	2.0	1 610	2 790	750	1 000	55.4

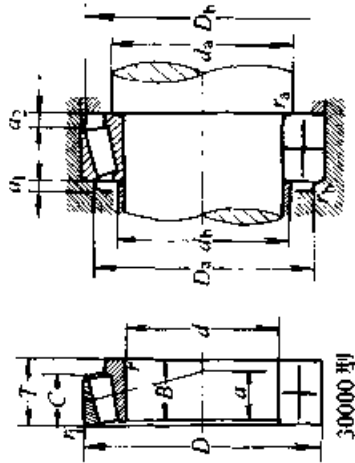
续表 24.4-6

轴承代号		基本尺寸/mm		安装尺寸/mm			计算系数				基本额定载荷/kN		极限转速/(r/min)		质量/kg			
																新代号	旧代号	d
23044 CA/W33	23044 CAK/W33	—	—	220	340	90	234	326	2.5	0.24	2.9	4.3	2.8	1 060	1 990			
24044 CA/W33	24044 CAK30/W33	—	—	—	340	118	234	326	2.5	0.31	2.2	3.2	2.1	1 330	2 680	750	1 000	38.1
23144 CA/W33	23144 CAK/W33	—	—	—	370	120	238	352	3	0.30	2.3	3.4	2.2	1 570	2 820	700	950	51.5
24144 CA/W33	24144 CAK30/W33	—	—	—	370	150	238	352	3	0.38	1.8	2.7	1.8	1 850	3 490	700	950	62.3
23244 CA/W33	23244 CAK/W33	—	—	—	400	144	238	382	3	0.34	2.0	2.9	1.9	2 070	3 620	670	900	78.5
23048 CA/W33	23048 CAK/W33	—	—	240	360	92	254	346	2.5	0.23	3.0	4.4	2.9	1 130	2 160	850	1 100	32.4
24048 CA/W33	24048 CAK30/W33	—	—	—	360	118	254	346	2.5	0.29	2.3	3.4	2.3	1 400	2 850	700	950	40.8
23148 CA/W33	23148 CAK/W33	—	—	—	400	128	258	382	3	0.30	2.3	3.4	2.2	1 790	3 220	670	850	63.7
24148 CA/W33	24148 CAK30/W33	—	—	—	400	160	258	382	3	0.37	1.8	2.7	1.8	2 100	3 980	670	850	76.9
23248 CA/W33	23248 CAK/W33	—	—	—	440	160	258	422	3	0.35	2.0	2.9	1.9	2 490	4 490	630	800	107.3
23052 CA/W33	23052 CAK/W33	—	—	260	400	104	278	382	3	0.23	2.9	4.3	2.8	1 420	2 770	800	950	47.7
24052 CA/W33	24052 CAK30/W33	—	—	—	400	140	278	382	3	0.31	2.1	3.2	2.1	1 790	3 740	630	850	62.4
23152 CA/W33	23152 CAK/W33	—	—	—	440	144	278	422	3	0.30	2.2	3.3	2.2	2 210	4 070	600	800	88.2
24152 CA/W33	24152 CAK30/W33	—	—	—	440	180	278	422	3	0.38	1.8	2.7	1.7	2 660	5 180	600	800	107.6
23056 CA/W33	23056 CAK/W33	—	—	280	420	106	298	402	3	0.22	3.0	4.5	2.9	1 540	3 000	700	900	50.9
24056 CA/W33	24056 CAK30/W33	—	—	—	420	140	298	402	3	0.30	2.3	3.4	2.2	1 910	3 980	600	800	65.8
23156 CA/W33	23156 CAK/W33	—	—	—	460	146	302	438	4	0.29	2.3	3.5	2.3	2 310	4 290	560	750	94.1
24156 CA/W33	24156 CAK30/W33	—	—	—	460	180	302	438	4	0.36	1.9	2.8	1.8	2 730	5 330	560	750	113.2
23060 CA/W33	23060 CAK/W33	—	—	300	460	118	318	442	3	0.23	3.0	4.4	2.9	1 860	3 690	670	850	71.4
24060 CA/W33	24060 CAK30/W33	—	—	—	460	160	318	442	3	0.31	2.2	3.2	2.1	2 360	5 010	530	700	94.1

注：主要生产厂：黄石轴承厂、洛阳轴承厂、瓦房店轴承厂。

5 圆锥滚子轴承 (表 24.4-7~8)

表 24.4-7 圆锥滚子轴承



当量动载荷

$$P_v = F_r \quad \text{当 } F_v/F_r \leq e$$

$$P_v = 0.4F_r + YF_a \quad \text{当 } F_v/F_r > e$$

当量静载荷

$$P_{ur} = 0.5F_r + Y_0F_a$$

若  $P_{ur} < F_r$  取  $P_{ur} = F_r$

轴承代号	基本尺寸/mm				安装尺寸/mm						基本额定载荷 /kN		极限转速/(r/min)		计算系数			质量/kg			
	d	D	T	B	C	d <sub>s</sub> min	d <sub>b</sub> max	D <sub>h</sub> min	D <sub>h</sub> max	a <sub>1</sub> min	a <sub>2</sub> mm	r <sub>ws</sub> max	r <sub>ws</sub> max	C <sub>r</sub>	C <sub>0r</sub>	脂	油		e	Y	Y <sub>0</sub>
30204	20	47	15.25	14	12	26	27	43	41	2	3.5	1	1	28.2	30.5	8 000	10 000	0.35	1.7	1	0.124
30304		52	16.25	15	13	27	28	48	45	3	3.5	1.5	1.5	33.0	33.2	7 500	9 500	0.3	2	1.1	0.168
32304		52	22.25	21	18	27	28	48	45	3	4.5	1.5	1.5	42.8	46.2	7 500	9 500	0.3	2	1.1	0.24
30205	25	52	16.25	15	13	31	31	48	46	2	3.5	1	1	32.2	37.0	7 000	9 000	0.37	1.6	0.9	0.159
30305		62	18.25	17	15	32	34	58	55	3	3.5	1.5	1.5	46.8	48.0	6 300	8 000	0.3	2	1.1	0.25
31305		62	18.25	17	13	32	31	59	55	3	5.5	1.5	1.5	40.5	46.0	6 300	8 000	0.83	0.7	0.4	0.255
32305		62	25.25	24	20	32	32	58	55	3	5.5	1.5	1.5	61.5	68.8	6 300	8 000	0.3	2	1.1	—
32006	30	55	17	17	13	—	—	—	—	3	5	—	—	35.8	46.8	6 300	8 000	0.26	2.3	1.3	0.16
30206		62	17.25	16	14	36	37	58	56	2	3.5	1	1	43.2	50.5	6 000	7 500	0.37	1.6	0.9	0.245
32206		62	21.25	20	17	36	36	58	56	3	4.5	1	1	51.8	63.8	6 000	7 500	0.37	1.6	0.9	0.285
30306		72	20.75	19	16	37	40	66	65	3	5	1.5	1.5	59.0	63.0	5 600	7 000	0.31	1.9	1	0.408
31306		72	20.75	19	14	37	37	68	65	3	7	1.5	1.5	52.5	60.5	5 600	7 000	0.83	0.7	0.4	0.376
32306		72	28.75	27	23	37	38	66	65	4	6	1.5	1.5	81.5	96.5	5 600	7 000	0.31	1.9	1	0.575

续表 24.4-7

轴承代号	基本尺寸/mm						安装尺寸/mm							基本额定载荷/ $\sqrt{kN}$		极限转速/ $(r/min)$		计算系数		质量/kg		
	$d$	$D$	$T$	$H$	$C$	新代号	$d_s$ min	$d_b$ max	$D_s$ max	$D_b$ min	$a_1$ min	$a_2$ min	$r_{se}$ max	$r_{ie}$ max	$C_r$	$C_w$	脂	油	$e$		$Y$	$Y_0$
32007	35	62	18	18	14	2007107	—	—	—	—	3	5	1	1	43.2	59.2	5 600	7 000	0.29	2.1	1.1	0.21
30207		72	18.25	17	15	7207 E	42	44	65	67	3	3.5	1.5	1.5	54.2	63.5	5 300	6 700	0.37	1.6	0.9	0.345
32207		72	24.25	23	19	7507 E	42	42	65	68	3	5.5	1.5	1.5	70.5	89.5	5 300	6 700	0.37	1.6	0.9	0.488
30307		80	22.75	21	18	7307 E	44	45	71	74	3	5	2	1.5	75.2	82.5	5 000	6 300	0.31	1.9	1	0.513
31307		80	22.75	21	15	27307 E	44	42	71	76	4	8	2	1.5	65.8	76.8	5 000	6 300	0.83	0.7	0.4	0.53
32307		80	32.75	31	25	7607 E	44	43	71	74	4	8	2	1.5	99.0	118	5 000	6 300	0.31	1.9	1	0.683
32908	40	62	15	15	12	2007908	—	—	—	—	3	5	0.6	0.6	31.5	46.0	5 600	7 000	0.28	2.1	1.2	0.14
32008		68	19	19	14.5	2007108	—	—	—	—	3	5	1	1	51.8	71.0	5 300	6 700	0.3	2	1.1	0.27
30208		80	19.75	18	16	7208 E	47	49	73	75	3	4	1.5	1.5	63.0	74.0	5 000	6 300	0.37	1.6	0.9	0.411
32208		80	24.75	23	19	7508 E	47	48	73	75	3	6	1.5	1.5	77.8	97.2	5 000	6 300	0.37	1.6	0.9	0.559
30308		90	25.25	23	20	7308 E	49	52	81	84	3	5.5	2	1.5	90.8	108	4 500	5 600	0.35	1.7	1	0.761
31308		90	25.25	23	17	27308 E	49	48	81	87	4	8.5	2	1.5	81.5	96.5	4 500	5 600	0.83	0.7	0.4	0.671
32308		90	35.25	33	27	7608 E	49	49	81	83	4	8.5	2	1.5	115	148	4 500	5 600	0.35	1.7	1	1.045
32909	45	68	15	15	12	2007909	—	—	—	—	3	5	0.6	0.6	32.0	48.5	5 300	6 700	0.31	1.9	1.1	—
32009		75	20	20	15.5	2007109	—	—	—	—	4	6	1	1	58.5	81.5	5 000	6 300	0.3	2	1.1	0.32
30209		85	20.75	19	16	7209 E	52	53	78	80	3	5	1.5	1.5	67.8	83.5	4 500	5 600	0.4	1.5	0.8	0.506
32209		85	24.75	23	19	7509 E	52	53	78	81	3	6	1.5	1.5	80.8	105	4 500	5 600	0.4	1.5	0.8	0.577
30309		100	27.25	25	22	7309 E	54	59	91	94	3	5.5	2	1.5	108	130	4 000	5 000	0.35	1.7	1	1.066
31309		100	27.25	25	18	27309 E	54	54	91	96	4	9.5	2	1.5	95.5	115	4 000	5 000	0.83	0.7	0.4	0.989
32309		100	38.25	36	30	7609 E	54	56	91	93	4	8.5	2	1.5	145	188	4 000	5 000	0.35	1.7	1	1.48
32910	50	72	15	15	12	2007910	—	—	—	—	3	5	0.6	0.6	36.8	56.0	5 000	6 300	0.35	1.7	0.9	0.7
32010		80	20	20	15.5	2007110 E	—	—	—	—	4	6	1	1	61.0	89.0	4 500	5 600	0.32	1.9	1	0.31
30210		90	21.75	20	17	7210 E	57	58	83	86	3	5	1.5	1.5	73.2	92.0	4 300	5 300	0.42	1.4	0.8	0.592

续表 24.4-7

轴承代号	基本尺寸/mm					安装尺寸/mm							基本额定载荷/kN		极限转速/(r/min)		计算系数		质量/kg				
	新代号	旧代号	d	D	T	B	C	d <sub>a</sub> min	d <sub>b</sub> max	D <sub>a</sub> max	D <sub>b</sub> min	a <sub>1</sub> min	a <sub>2</sub> min	r <sub>wa</sub> max	r <sub>wb</sub> max	C <sub>r</sub>	C <sub>0c</sub>	脂		油	r	Y	Y <sub>0</sub>
32210		7510 E	50	90	24.75	23	19	57	57	83	86	3	6	1.5	1.5	82.8	108	4 300	5 300	0.42	1.4	0.8	0.618
30310		7310 E		110	29.25	27	23	60	65	100	103	4	6.5	2.1	2	130	158	3 800	4 800	0.35	1.7	1	1.25
31310		27310 E		110	29.25	27	19	60	58	100	105	4	10.5	2.1	2	108	128	3 800	4 800	0.83	0.7	0.4	1.254
32310		7610 E		110	42.25	40	33	60	61	100	102	5	9.5	2.1	2	178	235	3 800	4 800	0.35	1.7	1	1.885
32011		2007111 E	55	90	23	23	17.5	—	—	—	—	4	6	1.5	1.5	80.2	118	4 000	5 000	0.31	1.9	1.1	0.53
30211		7211 E		100	22.75	21	18	64	64	91	95	4	5	2	2	90.8	115	3 800	4 800	0.4	1.5	0.8	0.739
32211		7511 E		100	26.75	25	21	64	62	91	96	4	6	2	2	108	142	3 800	4 800	0.4	1.5	0.8	0.915
30311		7311 E		120	31.5	29	25	65	70	110	112	4	6.5	2.1	2	152	188	3 400	4 300	0.35	1.7	1	1.63
31311		27311 E		120	31.5	29	21	65	63	110	114	4	10.5	2.1	2	130	158	3 400	4 300	0.83	0.7	0.4	1.528
32311		7611 E		120	45.5	43	35	65	66	110	111	5	10.5	2.1	2	202	270	3 400	4 300	0.35	1.7	1	2.39
32912		2007912 E	60	85	17	17	14	—	—	—	—	3	5	1	1	46.0	73.0	4 000	5 000	0.38	1.6	0.9	0.24
32012		2007112 E		95	23	23	17.5	—	—	—	—	4	6	1.5	1.5	81.8	122	3 800	4 800	0.33	1.8	1	0.56
30212		7212 E		110	23.75	22	19	69	69	101	103	4	5	2	2	102	130	3 600	4 500	0.4	1.5	0.8	0.934
32212		7512 E		110	29.75	28	24	69	68	101	105	4	6	2	2	132	180	3 600	4 500	0.4	1.5	0.8	1.197
30312		7312 E		130	33.5	31	26	72	76	118	121	5	7.5	2.5	2.1	170	210	3 200	4 000	0.35	1.7	1	1.94
3131		27312 E		130	33.5	31	22	72	69	118	124	5	11.5	2.5	2.1	145	178	3 200	4 000	0.83	0.7	0.4	1.896
3231		7612 E		130	48.5	46	37	72	72	118	122	6	11.5	2.5	2.1	228	302	3 200	4 000	0.35	1.7	1	2.88
32013		2007113	65	100	23	23	17.5	—	—	—	—	4	6	1.5	1.5	82.8	128	3 600	4 500	0.35	1.7	0.9	0.63
30213		7213 E		120	24.75	23	20	74	77	111	114	4	5	2	2	120	152	3 200	4 000	0.4	1.5	0.8	1.132
32213		7513 E		120	32.75	31	27	74	75	111	115	4	6	2	2	160	222	3 200	4 000	0.4	1.5	0.8	1.58
30313		7313 E		140	36	33	28	77	83	128	131	5	8	2.5	2.1	195	242	2 800	3 600	0.35	1.7	1	2.629
31313		27313 E		140	36	33	23	77	75	128	134	5	13	2.5	2.1	165	202	2 800	3 600	0.83	0.7	0.4	2.406
32313		7613 E		140	51	48	39	77	79	128	131	6	12	2.5	2.1	260	350	2 800	3 600	0.35	1.7	1	3.609

续表 24.4.7

轴承代号		基本尺寸/mm				安装尺寸/mm							基本额定载荷 /kN		极限转速 / (r/min)		计算系数			质量 / kg		
新代号	旧代号	d	D	T	B	C	d <sub>s</sub> min	d <sub>b</sub> max	D <sub>s</sub> max	D <sub>b</sub> min	a <sub>1</sub> min	a <sub>2</sub> min	r <sub>as</sub> max	r <sub>fs</sub> max	C <sub>r</sub>	C <sub>0</sub>	脂	油	e	Y	Y <sub>n</sub>	W ≈
32914	2007914	70	100	20	20	16	—	—	—	—	4	6	1	1	70.8	115	3 600	4 500	0.33	1.8	1	—
32014	2007114		110	25	25	19	—	—	—	—	5	7	1.5	1.5	105	160	3 400	4 300	0.34	1.8	1	0.85
30214	7214 E		125	26.25	24	21	79	81	116	119	4	5.5	2	2	132	175	3 000	3 800	0.42	1.4	0.8	1.296
32214	7514 E		125	33.25	31	27	79	79	116	120	4	6.5	2	2	168	238	3 000	3 800	0.42	1.4	0.8	1.62
30314	7314 E		150	38	35	30	82	89	138	141	5	8	2.5	2.1	218	272	2 600	3 400	0.35	1.7	1	3.17
31314	27314 E		150	38	35	25	82	80	138	143	5	13	2.5	2.1	188	230	2 600	3 400	0.83	0.7	0.4	3.032
32314	7614 E		150	54	51	42	82	84	138	141	6	12	2.5	2.1	298	408	2 600	3 400	0.35	1.7	1	4.43
32015	2007115 E	75	115	25	25	19	—	—	—	—	5	7	1.5	1.5	102	160	3 200	4 000	0.35	1.7	0.9	0.88
30215	7215 E		130	27.25	25	22	84	85	121	125	4	5.5	2	2	138	185	2 800	3 600	0.44	1.4	0.8	1.384
32215	7515 E		130	33.25	31	27	84	84	121	126	4	6.5	2	2	170	242	2 800	3 600	0.44	1.4	0.8	1.765
30315	7315 E		160	40	37	31	87	95	148	150	5	9	2.5	2.1	252	318	2 400	3 200	0.35	1.7	1	3.542
31315	27315 E		160	40	37	26	87	86	148	153	6	14	2.5	2.1	208	258	2 400	3 200	0.83	0.7	0.4	3.4
32315	7615 E		160	58	55	45	87	91	148	150	7	13	2.5	2.1	348	482	2 400	3 200	0.35	1.7	1	5.316
32016	2007116 E	80	125	29	29	22	—	—	—	—	5	3	1.5	1.5	140	220	3 000	3 800	0.34	1.8	1	1.18
30216	7216 E		140	28.25	26	22	90	90	130	133	4	6	2.1	2	160	212	2 600	3 400	0.42	1.4	0.8	1.65
32216	7516 E		140	35.25	33	28	90	89	130	135	5	7.5	2.1	2	198	278	2 600	3 400	0.42	1.4	0.8	2.162
30316	7316 E		170	42.5	39	33	92	102	158	160	5	9.5	2.5	2.1	278	352	2 200	3 000	0.35	1.7	1	4.486
31316	27316 E		170	42.5	39	27	92	91	158	161	6	15.5	2.5	2.1	230	288	2 200	3 000	0.83	0.7	0.4	3.3
32316	7616 E		170	61.5	58	48	92	97	158	160	7	13.5	2.5	2.1	388	542	2 200	3 000	0.35	1.7	1	6.39
32917	2007917 E	85	120	23	23	18	—	—	—	—	4	6	1.5	1.5	96.8	165	3 400	3 800	0.26	2.3	0.3	0.77
32017	2007117 E		130	29	29	22	—	—	—	—	5	8	1.5	1.5	140	220	2 800	3 600	0.35	1.7	0.9	1.25
30217	7217 E		150	30.5	28	24	95	96	140	142	5	6.5	2.1	2	178	238	2 400	3 200	0.42	1.4	0.8	2.06
32217	7517 E		150	38.5	36	30	95	95	140	143	5	8.5	2.1	2	228	325	2 400	3 200	0.42	1.4	0.8	2.67

续表 24.4-7

轴承代号	基本尺寸/mm					安装尺寸/mm								基本额定载荷/kN		极限转速/(r/min)			计算系数			质量/kg	
	新代号	旧代号	d	D	T	B	C	d <sub>s</sub> min	d <sub>b</sub> max	D <sub>a</sub> max	D <sub>b</sub> min	d <sub>1</sub> min	a <sub>2</sub> min	r <sub>s</sub> max	r <sub>ts</sub> max	C <sub>r</sub>	C <sub>0r</sub>	脂	油	e	Y		Y <sub>0</sub>
30317		7317 E	85	180	44.5	41	34	99	107	166	168	6	10.5	3	2.5	305	388	2 000	2 800	0.35	1.7	1	5.305
31317		27317 E	180	180	44.5	41	28	99	96	166	171	6	16.5	3	2.5	255	318	2 000	2 800	0.83	0.7	0.4	4.975
32317		7617 E	180	180	63.5	60	49	99	102	166	168	8	14.5	3	2.5	422	592	2 000	2 800	0.35	1.7	1	6.81
32918		2007918 E	90	125	23	23	18	—	—	—	—	4	6	1.5	95.8	165	3 200	3 600	0.38	1.6	0.9	—	
32018		2007118 E	140	140	32	32	24	—	—	—	—	5	8	2	170	270	2 600	3 400	0.34	1.8	1	1.7	
30218		7218 E	160	160	32.5	30	26	100	102	150	151	5	6.5	2.1	200	270	2 200	3 000	0.42	1.4	0.8	2.558	
32218		7518 E	160	160	42.5	40	34	100	101	150	153	5	8.5	2.1	270	395	2 200	3 000	0.42	1.4	0.8	3.265	
30318		7318 E	190	190	46.5	43	36	104	113	176	178	6	10.5	3	2.5	342	440	1 900	2 600	0.35	1.7	1	6.144
31318		27318 E	190	190	46.5	43	30	104	102	176	181	6	16.5	3	2.5	282	358	1 900	2 600	0.83	0.7	0.4	6.428
32318		7618 E	190	190	67.5	64	53	104	107	176	178	8	14.5	3	2.5	478	682	1 900	2 600	0.35	1.7	1	8.568
32019		2007119 E	95	145	32	32	24	—	—	—	—	5	8	2	175	280	2 400	3 200	0.36	1.7	0.9	1.7	
30219		7219 E	170	170	34.5	32	27	107	108	158	160	5	7.5	2.5	228	308	2 000	2 800	0.42	1.4	0.8	3.269	
32219		7519 E	170	170	45.5	43	37	107	106	158	163	5	8.5	2.5	302	448	2 000	2 800	0.42	1.4	0.8	4.216	
30319		7319 E	200	200	49.5	45	38	109	118	186	185	6	11.5	3	2.5	370	478	1 800	2 400	0.35	1.7	0.8	7.13
31319		27319 E	200	200	49.5	45	32	109	107	186	189	6	17.5	3	2.5	310	400	1 800	2 400	0.83	0.7	0.4	6.8
32319		7619 E	200	200	71.5	67	55	109	114	186	187	8	16.5	3	2.5	515	738	1 800	2 400	0.35	1.7	1	10.13
32020		2007120 E	100	150	32	32	24	—	—	—	—	5	8	2	172	282	2 200	3 000	0.37	1.6	0.9	1.79	
30220		7220 E	180	180	37	34	29	112	114	168	169	5	8	2.5	255	350	1 900	2 600	0.42	1.4	0.8	3.976	
32220		7520 E	180	180	49	46	39	112	113	168	172	5	10	2.5	340	512	1 900	2 600	0.42	1.4	0.8	5.213	
30320		7320 E	215	215	51.5	47	39	114	127	201	199	6	12.5	3	2.5	405	525	1 600	2 000	0.35	1.7	1	8.169
31320		27320 E	215	215	56.5	51	35	114	115	201	204	7	21.5	3	2.5	372	488	1 600	2 000	0.83	0.7	0.4	8.10
32320		7620 E	215	215	77.5	73	60	114	122	201	201	8	17.5	3	2.5	600	872	1 600	2 000	0.35	1.7	1	12.96
32021		2007121 E	105	160	35	35	26	—	—	—	—	6	9	2	205	335	2 000	2 800	0.36	1.7	0.9	2.5	
30221		7221 E	190	190	39	36	30	117	121	178	178	6	9	2.5	285	398	1 800	2 400	0.42	1.4	0.8	4.936	
32221		7521 E	190	190	53	50	43	117	118	178	182	5	10	2.5	380	578	1 800	2 400	0.42	1.4	0.8	6.495	



续表 24.4-7

轴承代号	基本尺寸/mm				安装尺寸/mm								基本额定载荷/ kN		极限转速/ (r/min)		计算系数			质量/ kg			
	新代号	旧代号	d	D	T	B	C	d <sub>a</sub> mid	d <sub>b</sub> max	D <sub>a</sub> max	D <sub>b</sub> min	a <sub>1</sub> min	a <sub>2</sub> min	r <sub>as</sub> max	r <sub>fs</sub> max	C <sub>r</sub>	C <sub>or</sub>	脂	油		e	Y	Y <sub>0</sub>
30321		7321 E	105	225	53.5	49	41	119	133	211	208	7	12.5	3	2.5	432	562	1 500	1 900	0.35	1.7	1	9.912
31321		27321 E		225	58	53	36	119	121	211	213	7	22	3	2.5	398	525	1 500	1 900	0.83	0.7	0.4	9.112
32321		7621 E		225	81.5	77	63	119	128	211	210	8	18.5	3	2.5	648	945	1 500	1 900	0.35	1.7	1	14.458
32922		2007922 E	110	150	25	25	20	—	—	—	—	5	7	1.5	1.5	130	232	2 000	2 800	0.28	2.1	1.2	1.1
32022		2007122 E	170	38	38	29	—	—	—	—	—	6	9	2.1	2	245	402	1 900	2 600	0.35	1.7	0.9	3.1
30222		7222 E	200	41	38	32	122	128	188	189	189	6	9	2.5	2.1	315	445	1 700	2 200	0.42	1.4	0.8	5.422
32222		7522 E	200	56	53	46	122	124	188	192	192	6	10	2.5	2.1	430	665	1 700	2 200	0.42	1.4	0.8	7.86
30322		7322 E	240	54.5	50	42	124	142	226	222	222	8	12.5	3	2.5	472	612	1 400	1 800	0.35	1.7	1	11.45
31322		27322 E	240	63	57	38	124	129	226	226	226	7	25	3	2.5	458	610	1 400	1 800	0.83	0.7	0.4	11.96
32322		7622 E	240	84.5	80	65	124	137	226	224	224	9	19.5	3	2.5	725	1 060	1 400	1 800	0.35	1.7	1	18.78
32024		2007124 E	120	180	38	38	29	—	—	—	—	6	9	2.1	2	242	405	1 700	2 200	0.37	1.6	0.9	3.1
30224		7224 E	215	43.5	40	34	132	139	203	203	203	6	9.5	2.5	2.1	338	482	1 500	1 900	0.44	1.4	0.8	6.125
32224		7524 E	215	61.5	58	50	132	134	203	206	206	7	11.5	2.5	2.1	478	758	1 500	1 900	0.44	1.4	0.8	9.169
30324		7324 E	260	59.5	55	46	134	153	246	238	238	8	13.5	3	2.5	562	745	1 300	1 700	0.35	1.7	1	13.7
31324		27324 E	260	68	62	42	134	140	246	246	246	9	26	3	2.5	535	725	1 300	1 700	0.83	0.7	0.4	17.1
32324		7624 E	260	90.5	86	69	134	147	246	240	240	9	21.5	3	2.5	825	1 230	1 300	1 700	0.35	1.7	1	21.7
32926		2007926 E	130	180	32	32	25	—	—	—	—	5	8	2	1.5	205	380	1 700	2 200	0.27	2.2	1.2	2.31
32026		2007126 E	200	45	45	34	—	—	—	—	—	7	11	2.1	2	335	568	1 600	2 000	0.35	1.7	0.9	4.46
30226		7226 E	230	43.75	40	34	144	150	216	219	219	7	10	3	2.5	365	520	1 400	1 800	0.44	1.4	0.8	7.24
32226		7526 E	230	67.75	64	54	144	143	216	221	221	7	14	3	2.5	552	888	1 400	1 800	0.44	1.4	0.8	11.37
30326		7326 E	280	63.75	58	49	145	165	262	258	258	8	15	4	3	640	855	1 100	1 500	0.35	1.7	1	17.1
31326		27326 E	280	72	66	44	147	150	262	263	263	9	28	4	3	592	805	1 100	1 500	0.83	0.7	0.4	18.5
32928		2007928 E	140	190	32	32	25	—	—	—	—	5	8	2	1.5	208	392	1 600	2 000	0.29	2.1	1.1	2.43
32028		2007128 E	210	45	45	34	—	—	—	—	—	7	11	2.1	2	330	568	1 400	1 800	0.37	1.6	0.9	5.21
30228		7228 E	250	45.75	42	36	154	162	236	236	236	9	11	3	2.5	408	585	1 200	1 600	0.44	1.4	0.8	8.892
32228		7528 E	250	71.75	68	58	154	156	236	240	240	8	14	3	2.5	645	1 050	1 200	1 600	0.44	1.4	0.8	14.68

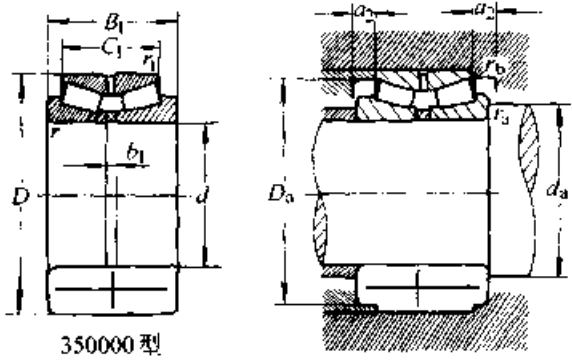
续表 24.4-7

轴 承 代 号		基本尺寸/mm				安装尺寸/mm								基本额定载荷 /kN		极限转速 / (r/min)		计算系数			质量 / kg	
新代号	旧代号	d	D	T	B	C	d <sub>s</sub> min	d <sub>b</sub> max	D <sub>s</sub> max	D <sub>b</sub> min	d <sub>1</sub> min	a <sub>2</sub> min	r <sub>as</sub> max	r <sub>bs</sub> max	C <sub>1</sub>	C <sub>0r</sub>	脂	油	e	Y	Y <sub>0</sub>	W ≈
30328	7328 E	140	300	67.75	62	53	155	176	282	275	9	15	4	3	722	975	1 000	1 400	0.35	1.7	1	21.7
31328	27328 E		300	77	70	47	157	162	282	283	9	30	4	3	678	928	1 000	1 400	0.83	0.7	0.4	17.4
32930	2007930 E	150	210	38	38	30	—	—	—	—	6	9	2.1	2	260	510	1 400	1 800	0.27	2.2	1.2	—
32030	2007130 E		225	48	48	36	—	—	—	—	7	12	2.5	2.1	368	635	1 300	1 700	0.37	1.6	0.9	6.2
30230	7230 E	270	49	45	38	38	161	174	256	252	9	11	3	2.5	450	645	1 100	1 500	0.44	1.4	0.8	10.3
32230	7530 E	270	77	73	60	60	161	168	256	256	8	17	3	2.5	720	1 180	1 100	1 500	0.44	1.4	0.8	17.4
30330	7330 E	320	72	65	55	55	165	190	302	294	9	17	4	3	802	1 090	950	1 300	0.35	1.7	1	27.4
31330	27330 E	320	82	82	75	50	167	173	302	302	9	32	4	3	772	1 070	950	1 300	0.83	0.7	0.4	29.5
32932	2007932 E	160	220	38	38	33	—	—	—	—	6	9	2.1	2	262	525	1 300	1 700	0.27	2.2	1.2	3.79
32032	2007132 E		240	51	51	38	—	—	—	—	7	12	2.5	2.1	420	735	1 200	1 600	0.37	1.6	0.9	7.7
30232	7232 E	290	52	48	40	40	174	189	276	271	9	12	3	2.5	512	738	1 000	1 400	0.44	1.4	0.8	12.9
32232	7532 E	290	84	80	67	67	174	180	276	276	10	17	3	2.5	858	1 430	1 000	1 400	0.44	1.4	0.8	21.1
30332	7332 E	340	75	68	58	58	175	202	322	312	9	17	4	3	878	1 190	900	1 200	0.35	1.7	1	—
32934	2007934 E	170	230	38	38	30	—	—	—	—	6	6	2.1	2	280	560	1 200	1 600	0.28	2.1	1.2	3.84
32034	2007134 E		260	57	57	43	—	—	—	—	8	13	2.5	2.1	520	920	1 100	1 500	0.31	1.9	1.1	10.1
30234	7234 E	310	57	52	43	43	188	201	292	290	9	14	4	3	590	865	1 000	1 300	0.44	1.4	0.8	19
32234	7534 E	310	91	86	71	71	188	194	292	296	10	20	4	3	968	1 640	1 000	1 300	0.44	1.4	0.8	28.5
30334	7334 E	360	80	72	62	62	185	214	342	331	10	18	4	3	995	1 370	850	1 100	0.35	1.7	1	34
32036	2007136 E	180	280	64	64	48	—	—	—	—	8	14	2.5	2.1	640	1 150	1 000	1 400	0.4	1.5	0.8	14.7
30236	7236 E	320	57	52	43	43	198	209	302	300	9	14	4	3	610	912	900	1 200	0.45	1.3	0.7	18.1
32236	7536 E	320	91	86	71	71	198	201	302	306	10	20	4	3	998	1 720	900	1 200	0.45	1.3	0.7	28.5
30336	7336 E	380	83	75	64	64	198	228	362	351	10	19	4	3	1 090	1 500	900	1 100	0.35	1.7	1	—
32938	2007938 E	190	260	45	45	34	—	—	—	—	7	11	2.1	2	360	740	1 000	1 400	0.38	1.6	0.9	6.52
32038	2007138 E		290	64	64	48	—	—	—	—	8	14	2.5	2.1	652	1 180	950	1 300	0.29	2.1	1.1	14.1
30238	7238 E	340	60	60	55	46	208	223	322	321	9	14	4	3	698	1 030	850	1 100	0.44	1.4	0.8	21.7
32238	7538 E	340	97	92	75	75	208	214	322	326	10	22	4	3	1 120	1 900	850	1 100	0.44	1.4	0.8	35.7

注：主要生产厂：洛阳轴承厂、瓦房店轴承厂

表 24.4-8 双列圆锥滚子轴承

超星浏览器提醒您：  
使用本复制品  
请尊重相关知识版权！



当量动载荷

$$P_v = F_r + Y_1 F_a \quad \text{当 } F_a/F_r \leq e$$

$$P_v = 0.67 F_r + Y_2 F_a \quad \text{当 } F_a/F_r > e$$

当量静载荷

$$P_{0c} = F_r + Y_0 F_a$$

轴承代号		基本尺寸/mm			安装尺寸/mm					基本额定载荷/kN		极限转速/(r/min)		计算系数				质量/kg
新代号	旧代号	d	D	B <sub>1</sub>	d <sub>s</sub> min	D <sub>s</sub> min	a <sub>2</sub> min	r <sub>2s</sub> max	r <sub>3</sub> max	C <sub>r</sub>	C <sub>0c</sub>	脂润滑	油润滑	e	Y <sub>1</sub>	Y <sub>2</sub>	Y <sub>0</sub>	W
351305	297305 E	25	62	42	32	59	5.5	1.5	0.6	66.5	100	4 600	5 600	0.83	0.8	1.2	0.8	—
351306	297306 E	30	72	47	37	68	7	1.5	0.6	85	125	4 000	5 000	0.83	0.8	1.2	0.8	—
351307	297307 E	35	80	51	44	76	8	2	0.6	108	160	3 600	4 500	0.83	0.8	1.2	0.8	—
352208	97508 E	40	80	55	47	75	6	1.5	0.6	128	188	3 600	4 500	0.37	1.8	2.7	1.8	—
351308	297308 E		90	56	49	87	8.5	2	0.6	132	170	3 200	4 000	0.83	0.8	1.2	0.8	—
352209	97509 E	45	85	55	52	81	6	1.5	0.6	135	200	3 200	4 000	0.4	1.7	2.5	1.6	—
351309	297309 E		100	60	54	96	9.5	2	0.6	152	218	2 900	3 600	0.83	0.8	1.2	0.8	—
352210	97510 E	50	90	55	57	86	6	1.5	0.6	145	218	3 200	3 800	0.42	1.6	2.4	1.6	—
351310	297310 E		110	64	60	105	10.5	2.1	0.6	175	260	2 700	3 400	0.83	0.8	1.2	0.8	—
352211	97511 E	55	100	60	64	96	6	2	0.6	175	270	2 800	3 400	0.4	1.7	2.5	1.6	—
351311	297311 E		120	70	65	114	10.5	2.1	0.6	208	305	2 400	3 000	0.83	0.8	1.2	0.8	—
352212	97512 E	60	110	66	69	105	6	2	0.6	215	330	2 600	3 200	0.4	1.7	2.5	1.6	—
351312	297312 E		130	74	72	124	11.5	2.5	1	235	350	2 300	2 800	0.83	0.8	1.2	0.8	—
352213	97513	65	120	70	74	114	7.5	2	0.6	220	365	2 200	3 000	0.37	1.8	2.7	1.8	—
352213	97513 E		120	73	74	115	6	2	0.6	260	410	2 200	3 000	0.4	1.7	2.5	1.6	—
351313	297313 E		140	79	77	134	13	2.5	1	268	410	2 000	2 600	0.83	0.8	1.2	0.8	—
352214	97514 E	70	125	74	79	120	6.5	2	0.6	272	440	2 200	2 800	0.42	1.6	2.4	1.6	—
351314	297314 E		150	83	82	143	13	2.5	1	302	460	1 900	2 400	0.83	0.8	1.2	0.8	—
352215	97515 E	75	130	74	84	126	6.5	2	0.6	275	445	2 000	2 600	0.44	1.6	2.3	1.5	—
351315	297315 E		160	88	87	153	14	2.5	1	338	510	1 700	2 200	0.83	0.8	1.2	0.8	—
352216	97516 E	80	140	78	90	135	7.5	2.1	0.6	320	530	1 900	2 400	0.42	1.6	2.4	1.6	—
351316	297316 E		170	94	92	161	15.5	2.5	1	370	590	1 600	2 200	0.83	0.8	1.2	0.8	—
352217	97517 E	85	150	86	95	143	8.5	2.1	0.6	368	600	1 700	2 200	0.42	1.6	2.4	1.6	—

续表 24.4-8

轴承代号		基本尺寸/mm			安装尺寸/mm					基本额定 载荷/kN		极限转速/ (r/min)		计算系数				质量 kg
新代号	旧代号	d	D	B <sub>1</sub>	d <sub>s</sub> min	D <sub>s</sub> min	a <sub>2</sub> mm	r <sub>ms</sub> max	r <sub>bs</sub> max	C <sub>r</sub>	C <sub>or</sub>	脂润滑	油润滑	e	Y <sub>1</sub>	Y <sub>2</sub>	Y <sub>0</sub>	W %
351317	297317 E	85	180	99	99	171	16.5	3	1	408	660	1 400	2 000	0.83	0.8	1.2	0.8	—
352218	97518 E	90	160	94	100	153	8.5	2.1	0.6	440	720	1 600	2 200	0.42	1.6	2.4	1.6	—
351318	297318 E		190	103	104	181	16.5	3	1	455	738	1 300	1 900	0.83	0.8	1.2	0.8	—
352219	97519 E	95	170	100	107	163	8.5	2.5	1	492	835	1 400	2 000	0.42	1.6	2.4	1.6	—
351319	297319 E		200	109	109	189	17.5	3	1	502	830	1 300	1 700	0.83	0.8	1.2	0.8	—
352220	97520 E	100	180	107	112	172	10	2.5	1	555	925	1 400	1 900	0.42	1.6	2.4	1.6	—
351320	297320 E		215	124	114	204	21.5	3	1	602	1 010	1 100	1 400	0.83	0.8	1.2	0.8	—
352221	97521 E	105	190	115	117	182	10	2.5	1	618	1 080	1 300	1 700	0.42	1.6	2.4	1.6	—
351321	297321 E		225	127	119	213	22	3	1	640	1 080	1 100	1 400	0.83	0.8	1.2	0.8	—
352122	2097722	110	180	95	120	173	10.5	2	0.6	422	840	1 300	1 700	0.25	2.7	4	2.6	10
352222	97522 E		200	121	122	192	10	2.5	1	698	1 210	1 200	1 600	0.42	1.6	2.4	1.6	—
351322	297322 E		240	137	124	226	25	3	1	752	1 290	1 000	1 300	0.83	0.8	1.2	0.8	—
352124	2097724	120	200	110	130	194	11	2	0.6	508	910	1 100	1 500	0.3	2.2	3.3	2.2	12.6
352224	97524 E		215	132	132	206	11.5	2.5	1	775	1 360	1 100	1 400	0.44	1.6	2.3	1.5	—
351324	297324 E		260	148	134	246	26	3	1	862	1 490	900	1 200	0.83	0.8	1.2	0.8	—
352926X2	2097926	130	180	70	139	174	11	2	0.6	258	565	1 200	1 600	0.27	2.5	3.7	2.4	4.88
352026X2	2097126		200	95	140	194	11	2.1	0.6	422	830	1 100	1 500	0.35	1.9	2.9	1.9	9.72
352126	2097726		210	110	141	203	11	2	0.6	540	1 000	1 000	1 400	0.26	2.6	3.8	2.5	12.9
352226	97526 E		230	145	144	221	14	3	1	895	1 630	1 000	1 300	0.44	1.6	2.3	1.5	—
351326	297326 E		280	156	147	263	28	4	1	968	1 640	800	1 100	0.83	0.8	1.2	0.8	—
352028X2	2097128	140	210	95	150	204	11	2.1	0.6	448	900	950	1 300	0.27	1.8	2.7	1.8	8.35
352128	2097728		225	115	151	217	13.5	2.1	1	560	1 110	950	1 300	0.34	2	3	2	15.3
352228	97528 E		250	153	154	240	14	3	1	1 050	1 840	850	1 100	0.44	1.6	2.3	1.5	—
350328	297328 E		300	168	157	283	30	4	1	1 110	1 940	700	1 000	0.83	0.8	1.2	0.8	—
352930X2	2097930	150	210	80	159	204	10	2.1	0.6	352	790	950	1 300	0.27	2.5	3.7	2.4	9.32
352130	2097730		250	138	163	242	14	2.1	1	778	1 560	850	1 100	0.3	2.2	3.3	2.2	25.8
352230	97530 E		270	164	164	256	17	3	1	1 170	2 140	800	1 100	0.44	1.6	2.3	1.5	—
351330	297330 E		320	178	167	302	32	4	1	1 260	2 250	670	950	0.83	0.8	1.2	0.8	—
352032X2	2097132	160	240	115	171	234	13.5	2.5	1	608	1 260	850	1 100	0.37	1.8	2.7	1.8	16.5
352132	2097732		270	150	174	262	16	2.1	1	872	1 720	800	1 000	0.36	1.9	2.8	1.8	28.2
352232	97532 E		290	178	174	276	17	3	1	1 390	2 840	700	1 000	0.44	1.6	2.3	1.5	46.9
352934X2	2097934	170	230	82	180	223	9.5	2.1	0.6	395	922	850	1 100	0.28	2.4	3.6	2.3	8.11
352034X2	2097134		260	120	183	252	13.5	2.5	1	672	1 460	800	1 000	0.31	2.2	3.2	2.1	20.4

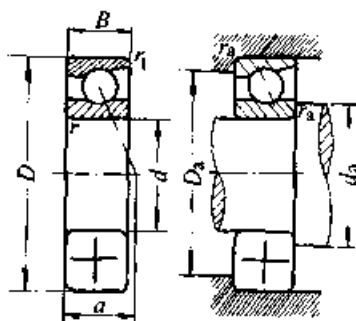
续表 24.4-8

轴承代号		基本尺寸/mm			安装尺寸/mm					基本额定 载荷/kN		极限转速/ (r/min)		计算系数				质量 kg
新代号	旧代号	d	D	B <sub>1</sub>	d <sub>s</sub> min	D <sub>s</sub> min	a <sub>2</sub> min	r <sub>as</sub> max	r <sub>bs</sub> max	C	C <sub>r</sub>	脂润滑	油润滑	e	Y <sub>1</sub>	Y <sub>2</sub>	Y <sub>0</sub>	W ≈
352134	2097734		280	150	184	271	16	2.1	1	962	2 000	750	950	0.38	1.8	2.6	1.7	35.6
352234	97534 E		310	192	188	296	20	4	1	1 580	3 200	750	950	0.44	1.6	2.3	1.5	58.2
352936	2097936	180	250	95	190	243	11.5	2.1	0.6	468	1 080	800	1 000	0.37	1.8	2.7	1.8	13
352036	2097136		280	134	191	272	14	2.5	1	742	1 540	750	950	0.28	2.4	3.6	2.4	28.5
352136	2097736		300	164	196	287	16	2.5	1	1 100	2 350	700	900	0.26	2.6	3.8	2.6	39.9
352236	97536		320	192	198	306	20	4	1	1 620	3 350	670	850	0.45	1.5	2.2	1.5	63.8
352938X2	2097938	190	260	95	200	253	11	2.1	0.6	522	1 270	750	950	0.38	1.8	2.6	1.7	13.3
352038X2	2097138		290	134	202	282	16	2.5	1	742	1 540	700	900	0.45	1.5	2.4	1.5	28.8
352138	2097738		320	170	207	306	21	2.5	1	1 160	2 420	670	850	0.31	2.2	3.2	2.1	52
352238	97538 E		340	204	208	326	22	4	1	1 740	3 350	600	800	0.44	1.6	2.3	1.5	69.8
352940X2	2097940	200	280	105	211	273	13.5	2.5	1	610	1 520	700	900	0.39	1.8	2.6	1.7	18.1
352040X2	2097140		310	152	212	300	17	2.5	1	912	2 140	670	850	0.39	1.7	2.6	1.7	39
352140	2097740		340	184	220	326	18	2.5	1	1 450	2 970	630	800	0.25	2.7	4	2.7	63.8
352240	97540 E		360	218	218	342	22	4	1	2 140	3 950	560	700	0.41	1.7	2.5	1.6	90.7
352944X2	2097944	220	300	110	231	292	12	2.5	1	660	1 710	670	850	0.31	2.2	3.2	2.1	21.7
352044X2	2097144		340	165	234	331	18.5	3	1	1 240	2 680	600	750	0.35	1.9	2.9	1.9	49
352144	2097744		370	195	238	356	23.5	3	1	1 540	3 240	600	750	0.37	1.8	2.7	1.8	76.3
352948X2	2097948	240	320	110	251	312	11	2.5	1	660	1 580	600	750	0.32	2.1	3.1	2.1	22.2
352048X2	2097148		360	165	256	349	18.5	3	1	1 240	2 820	530	670	0.33	2	3	2	52.8
352148	2097748		400	210	261	384	25	3	1	1 870	4 050	500	630	0.31	2.2	3.2	2.1	98.1

6 角接触球轴承

表 24.4-9 角接触球轴承

轴承类型	当量动载荷	当量静载荷	70000 C 型		
			F <sub>s</sub> /C <sub>0r</sub>	e	Y
70000 C 型 (15°)	当 F <sub>s</sub> /F <sub>r</sub> ≤ e	P <sub>or</sub> = 0.5F <sub>r</sub> + 0.46F <sub>s</sub> 当 P <sub>or</sub> < F <sub>r</sub> 取 P <sub>or</sub> = F <sub>r</sub>	0.015	0.38	1.47
	P <sub>r</sub> = F <sub>r</sub>		0.029	0.40	1.40
	当 F <sub>s</sub> /F <sub>r</sub> > e		0.058	0.43	1.30
70000 AC 型 (25°)	当 F <sub>s</sub> /F <sub>r</sub> ≤ 0.68	P <sub>or</sub> = 0.5F <sub>r</sub> + 0.38F <sub>s</sub> 当 P <sub>or</sub> < F <sub>r</sub> 取 P <sub>or</sub> = F <sub>r</sub>	0.087	0.46	1.23
	P <sub>r</sub> = F <sub>r</sub>		0.12	0.47	1.19
	当 F <sub>s</sub> /F <sub>r</sub> > 0.68		0.17	0.50	1.12
70000 B 型 (40°)	当 F <sub>s</sub> /F <sub>r</sub> ≤ 1.14	P <sub>or</sub> = 0.5F <sub>r</sub> + 0.26F <sub>s</sub> 当 P <sub>or</sub> < F <sub>r</sub> 取 P <sub>or</sub> = F <sub>r</sub>	0.29	0.55	1.02
	P <sub>r</sub> = F <sub>r</sub>		0.44	0.56	1.00
	当 F <sub>s</sub> /F <sub>r</sub> > 1.14		0.58	0.56	1.00
	P <sub>r</sub> = 0.35F <sub>r</sub> + 0.57F <sub>s</sub>				



70000 C 型(15°)  
70000 AC 型(25°)  
70000 B 型(40°)

续表 24.4.9

轴承代号		基本尺寸/mm				安装尺寸/mm			基本额定载荷 /kN		极限转速/ (r/min)		质量 kg
新代号	旧代号	<i>d</i>	<i>D</i>	<i>B</i>	<i>a</i>	<i>d</i> <sub>s</sub> min	<i>D</i> <sub>s</sub> max	<i>r</i> <sub>as</sub> max	<i>C</i> <sub>i</sub>	<i>C</i> <sub>0r</sub>	脂润滑	油润滑	<i>W</i> ≈
7002 C	36102	15	32	9	7.6	17.4	29.6	0.3	6.25	3.42	17 000	24 000	0.028
7002 AC	46102		32	9	10	17.4	29.6	0.3	5.95	3.25	17 000	24 000	0.028
7202 C	36202		35	11	8.9	20	30	0.6	8.68	4.62	16 000	22 000	0.043
7202 AC	46202		35	11	11.4	20	30	0.6	8.35	4.40	16 000	22 000	0.043
7003 C	36103	17	35	10	8.5	19.4	32.6	0.8	6.60	3.85	16 000	22 000	0.036
7003 AC	46103		35	10	11.1	19.4	32.6	0.3	6.30	3.68	16 000	22 000	0.036
7203 C	36203		40	12	9.9	22	35	0.6	10.8	5.95	15 000	20 000	0.062
7203 AC	46203		40	12	12.8	22	35	0.6	10.5	5.65	15 000	20 000	0.062
7004 C	36104	20	42	12	10.2	25	37	0.6	10.5	6.08	14 000	19 000	0.064
7004 AC	46104		42	12	13.2	25	37	0.6	10.0	5.78	14 000	19 000	0.064
7204 C	36204		47	14	11.5	26	41	1	14.5	8.22	13 000	18 000	0.1
7204 AC	46204		47	14	14.9	26	41	1	14.0	7.82	13 000	18 000	0.1
7204 B	66204		47	14	21.1	26	41	1	14.0	7.85	13 000	18 000	0.11
7005 C	36105	25	47	12	10.8	30	42	0.6	11.5	7.45	12 000	17 000	0.074
7005 AC	46105		47	12	14.4	30	42	0.6	11.2	7.08	12 000	17 000	0.074
7205 C	36205		52	15	12.7	31	46	1	16.5	10.5	11 000	16 000	0.12
7205 AC	46205		52	15	16.4	31	46	1	15.8	9.88	11 000	16 000	0.12
7205 B	66205		52	15	23.7	31	46	1	15.8	9.45	11 000	16 000	0.13
7305 B	66305		62	17	26.8	32	55	1	26.2	15.2	9 500	14 000	0.3
7006 C	36106	30	55	13	12.2	36	49	1	15.2	10.2	9 500	14 000	0.11
7006 AC	46106		55	13	16.4	36	49	1	14.5	9.85	9 500	14 000	0.11
7206 C	36206		62	16	14.2	36	56	1	23.0	15.0	9 000	13 000	0.19
7206 AC	46206		62	16	18.7	36	56	1	22.0	14.2	9 000	13 000	0.19
7206 B	66206		62	16	27.4	36	56	1	20.5	13.8	9 000	13 000	0.21
7306 B	66306		72	19	31.1	37	65	1	31.0	19.2	8 500	12 000	0.37
7007 C	36107	35	62	14	13.5	41	56	1	19.5	14.2	8 500	12 000	0.15
7007 AC	46107		62	14	18.3	41	56	1	18.5	13.5	8 500	12 000	0.15
7207 C	36207		72	17	15.7	42	65	1	30.5	20.0	8 000	11 000	0.28
7207 AC	46207		72	17	21	42	65	1	29.0	19.2	8 000	11 000	0.28
7207 B	66207		72	17	30.9	42	65	1	27.0	18.8	8 000	11 000	0.3
7307 B	66307		80	21	24.6	44	71	1.5	38.2	24.5	7 500	10 000	0.51
7008 C	36108	40	68	15	14.7	46	62	1	20.0	15.2	8 000	11 000	0.18
7008 AC	46108		68	15	20.1	46	62	1	19.0	14.5	8 000	11 000	0.18
7208 C	36208		80	18	17	47	73	1	36.8	25.8	7 500	10 000	0.37
7208 AC	46208		80	18	23	47	73	1	35.2	24.5	7 500	10 000	0.37

续表 24.4-9

轴承代号		基本尺寸/mm				安装尺寸/mm			基本额定载荷/kN		极限转速/(r/min)		质量/kg
新代号	旧代号	$d$	$D$	$B$	$a$	$d_a$ min	$D_a$ max	$r_{as}$ max	$C_r$	$C_{or}$	脂润滑	油润滑	$W$ ≈
7208 B	66208	40	80	18	34.5	47	73	1	32.5	23.5	7 500	10 000	0.39
7308 B	66308		90	23	38.8	49	81	1.5	46.2	30.5	6 700	9 000	0.67
7408 B	66408		110	27	37.7	50	100	2	67.0	47.5	6 000	8 000	1.4
7009 C	36109	45	75	16	16	51	69	1	25.8	20.5	7 500	10 000	0.23
7009 AC	46109		75	16	21.9	51	69	1	25.8	19.5	7 500	10 000	0.23
7209 C	36209		85	19	18.2	52	78	1	38.5	28.5	6 700	9 000	0.41
7209 AC	46209		85	19	24.7	52	78	1	36.8	27.2	6 700	9 000	0.41
7209 B	66209		85	19	36.8	52	78	1	36.0	26.2	6 700	9 000	0.44
7309 B	66309		100	25	42.9	54	91	1.5	59.5	39.8	6 000	8 000	0.9
7010 C	36110	50	80	16	16.7	56	74	1	26.5	22.0	6 700	9 000	0.25
7010 AC	46110		80	16	23.2	56	74	1	25.2	21.0	6 700	9 000	0.25
7210 C	36210		90	20	19.4	57	83	1	42.8	32.0	6 300	8 500	0.46
7210 AC	46210		90	20	26.3	57	83	1	40.8	30.5	6 300	8 500	0.46
7210 B	66210		90	20	39.4	57	83	1	37.5	29.0	6 300	8 500	0.49
7310 B	66310		110	27	47.5	60	100	2	68.2	48.0	5 600	7 500	1.15
7410 B	66410		130	31	46.2	62	118	2.1	95.2	64.2	5 000	6 700	2.08
7011 C	36111	55	90	18	18.7	62	83	1	37.2	30.5	6 000	8 000	0.38
7011 AC	46111		90	18	25.9	62	83	1	35.2	39.2	6 000	8 000	0.38
7211 C	36211		100	21	20.9	64	91	1.5	52.8	40.5	5 600	7 500	0.61
7211 AC	46211		100	21	28.6	64	91	1.5	50.5	38.5	5 600	7 500	0.61
7211 B	66211		100	21	43	64	91	1.5	46.2	36.0	5 600	7 500	0.65
7311 B	66311		120	29	51.4	65	110	2	78.8	56.5	5 000	6 700	1.45
7012 C	36112	60	95	18	19.38	67	88	1	38.2	32.8	5 600	7 500	0.4
7012 AC	46112		95	18	27.1	67	88	1	36.2	31.5	5 600	7 500	0.4
7212 C	36212		110	22	22.4	69	101	1.5	61.0	48.5	5 300	7 000	0.8
7212 AC	46212		110	22	30.8	69	101	1.5	58.2	46.2	5 300	7 000	0.8
7212 B	66212		110	22	46.7	69	101	1.5	56.0	44.5	5 300	7 000	0.84
7312 B	66312		130	31	55.4	72	118	2.1	90.0	66.3	4 800	6 300	1.85
7412 B	66412		150	35	55.7	72	138	2.1	118	85.5	4 300	5 600	3.56
7013 C	36113	65	100	18	20.1	72	93	1	40.4	35.5	5 300	7 000	0.43
7013 AC	46113		100	18	28.2	72	93	1	38.0	33.8	5 300	7 000	0.43
7213 C	36213		120	23	24.2	74	111	1.5	69.8	55.2	4 800	6 300	1
7213 AC	46213		120	23	33.5	74	111	1.5	66.5	52.5	4 800	6 300	1
7213 B	66213		120	23	51.1	74	111	1.5	62.5	53.2	4 800	6 300	1.05
7313 B	66313		140	33	59.5	77	128	2.1	102	77.8	4 300	5 600	2.25

续表 24.4-9

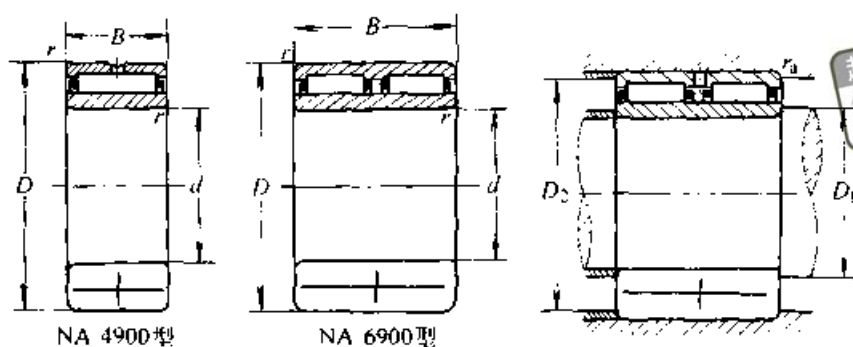
轴承代号		基本尺寸/mm				安装尺寸/mm			基本额定载荷/kN		极限转速/(r/min)		质量/kg
新代号	旧代号	<i>d</i>	<i>D</i>	<i>B</i>	<i>a</i>	<i>d<sub>s</sub></i> min	<i>D<sub>s</sub></i> max	<i>r<sub>s</sub></i> max	<i>C<sub>r</sub></i>	<i>C<sub>0r</sub></i>	脂润滑	油润滑	<i>W</i> ≈
7014 C	36114	70	110	20	22.1	77	103	1	48.2	43.5	5 000	6 700	0.6
7014 AC	46114		110	20	30.9	77	103	1	45.8	41.5	5 000	6 700	0.6
7214 C	36214		125	24	25.3	79	116	1.5	70.2	60.0	4 500	6 700	1.1
7214 AC	46214		125	24	35.1	79	116	1.5	69.2	57.5	4 500	6 700	1.1
7214 B	66214		125	24	52.9	79	116	1.5	70.2	57.2	4 500	6 700	1.15
7314 B	66314		150	35	63.7	82	138	2.1	115	87.2	4 000	5 300	2.75
7015 C	36115	75	115	20	22.7	82	108	1	49.5	46.5	4 800	6 300	0.63
7015 AC	46115		115	20	32.2	82	108	1	46.8	44.2	4 800	6 300	0.63
7215 C	36215		130	25	26.4	84	121	1.5	79.2	65.8	4 300	5 600	1.2
7215 AC	46215		130	25	36.6	84	121	1.5	75.2	63.0	4 300	5 600	1.2
7215 B	66215		130	25	55.5	84	121	1.5	72.8	62.0	4 300	5 600	1.3
7315 B	66315		160	37	68.4	87	148	2.1	125	98.5	3 800	5 000	3.3
7016 C	36116	80	125	22	24.7	87	118	1	58.5	55.8	4 500	6 000	0.85
7016 AC	46116		125	22	34.9	87	118	1	55.5	53.2	4 500	6 000	0.85
7216 C	36216		140	26	27.7	90	130	2	89.5	78.2	4 000	5 300	1.45
7216 AC	46216		140	26	38.9	90	130	2	85.0	74.5	4 000	5 300	1.45
7216 B	66216		140	26	59.2	90	130	2	80.2	69.5	4 000	5 300	1.55
7316 B	66316		170	39	71.9	92	158	2.1	135	110	3 600	4 800	3.9
7017 C	36117	85	130	22	25.4	92	123	1	62.5	60.2	4 300	5 600	0.89
7017 AC	46117		130	22	36.1	92	123	1	59.2	57.2	4 300	5 600	0.89
7217 C	36217		150	28	29.9	95	140	2	99.8	85.0	3 800	5 000	1.8
7217 AC	46217		150	28	41.6	95	140	2	94.8	81.5	3 800	5 000	1.8
7217 B	66217		150	28	63.3	95	140	2	93.0	81.5	3 800	5 000	1.95
7317 B	66317		180	41	76.1	99	166	2.5	148	122	3 400	4 500	4.6
7018 C	36118	90	140	24	27.4	99	131	1.5	71.5	69.8	4 000	5 300	1.15
7018 AC	46118		140	24	38.8	99	131	1.5	67.5	66.5	4 000	5 300	1.15
7218 C	36218		160	30	31.7	100	150	2	122	105	3 600	4 800	2.25
7218 AC	46218		160	30	44.2	100	150	2	118	100	3 600	4 800	2.25
7218 B	66218		160	30	67.9	100	150	2	105	94.5	3 600	4 800	2.4
7318 B	66318		190	43	80.8	104	176	2.5	158	138	3 200	4 300	5.4
7019 C	36119	95	145	24	28.1	104	136	1.5	73.5	73.2	3 800	5 000	1.2
7019 AC	46119		145	24	40	104	136	1.5	69.5	69.8	3 800	5 000	1.2
7219 C	36219		170	32	33.8	107	158	2.1	135	115	3 400	4 500	2.7
7219 AC	46219		170	32	46.9	107	158	2.1	128	108	3 400	4 500	2.7
7219 B	66219		170	32	72.5	107	158	2.1	120	108	3 400	4 500	2.9
7319 B	66319		200	45	84.4	109	186	2.5	172	155	3 000	4 000	6.25
7020 C	36120	100	150	24	28.7	109	141	1.5	79.2	78.5	3 800	5 000	1.25
7020 AC	46120		150	24	41.2	109	141	1.5	75	74.8	3 800	5 000	1.25

注：主要生产厂：上海微型轴承厂、洛阳轴承厂、虹山轴承厂、杭州轴承厂。



## 7 滚针轴承 (表 24.4-10)

表 24.4-10 滚针轴承



超星阅读器提醒您:  
使用本复制品  
请尊重相关知识产权!

当量动载荷

$$P_v = F_v$$

当量静载荷

$$P_{0v} = F_v$$

轴承代号		基本尺寸/mm			安装尺寸/mm			基本额定载荷/ kN		极限转速/ (r/min)		质量/ g
新代号	旧代号	d	D	B	D <sub>1</sub> min	D <sub>2</sub> max	r <sub>1</sub> max	C <sub>r</sub>	C <sub>0r</sub>	脂润滑	油润滑	W ≈
NA 4900	4544900	10	22	13	12	20	0.3	8.60	9.20	15 000	22 000	24.3
NA 4901	4544901	12	24	13	14	22	0.3	9.60	10.8	13 000	19 000	26
NA 6901	6544901		24	22	14	22	0.3	16.2	21.5	13 000	19 000	46
NA 4902	4544902	15	28	13	17	26	0.3	10.2	12.8	10 000	16 000	34
NA 6902	6544902		28	23	17	26	0.3	17.5	25.2	10 000	16 000	64
NA 4903	4544903	17	30	13	19	28	0.3	11.2	14.5	9 500	15 000	37
NA 6903	6544903		30	23	19	28	0.3	19.0	28.8	9 500	15 000	72
NA 4904	4544904	20	37	17	22	35	0.3	21.2	25.2	9 000	14 000	75
NA 6904	6544904		37	30	22	35	0.3	35.2	48.5	9 000	14 000	140
NA 4905	4544905	25	42	17	27	40	0.3	24.0	31.2	8 000	12 000	88
NA 6905	6544905		42	30	27	40	0.3	40.0	60.2	8 000	12 000	160
NA 4906	4544906	30	47	17	32	45	0.3	25.5	35.5	7 000	10 000	100
NA 6906	6544906		47	30	32	45	0.3	42.8	68.5	7 000	10 000	190
NA 4907	4544907	35	55	20	39	51	0.6	32.5	51.0	6 000	8 500	170
NA 6907	6254907		55	36	39	51	0.6	49.5	87.2	6 000	8 500	310
NA 4908	4544908	40	62	22	44	58	0.6	43.5	66.2	5 300	7 500	230
NA 6908	6254908		62	40	44	58	0.6	62.8	108	5 300	7 500	430
NA 4909	4544909	45	68	22	49	64	0.6	46.0	73.0	4 800	6 700	270
NA 6909	6254909		68	40	49	64	0.6	67.2	118	4 800	6 700	500
NA 4910	4544910	50	72	22	54	68	0.6	48.2	80.0	4 500	6 300	270
NA 6910	6254910		72	40	54	68	0.6	70.2	128	4 500	6 300	520
NA 4911	4544911	55	80	25	60	75	1	58.2	99.0	4 000	5 600	400

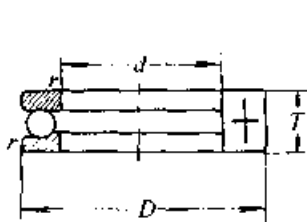
续表 24.4-10

轴承代号		基本尺寸/mm			安装尺寸/mm			基本额定载荷/ kN		极限转速/ (r/min)		质量/ g
新代号	旧代号	<i>d</i>	<i>D</i>	<i>B</i>	<i>D</i> <sub>1</sub> min	<i>D</i> <sub>2</sub> max	<i>r</i> <sub>a</sub> max	<i>C</i> <sub>r</sub>	<i>C</i> <sub>0r</sub>	脂润滑	油润滑	<i>W</i> ≈
NA 6911	6254911	55	80	45	60	75	1	87.8	168	4 000	5 600	780
NA 4912	4544912	60	85	25	65	80	1	66.5	150	3 800	5 300	430
NA 6912	6254912		85	45	65	80	1	90.8	182	3 800	5 300	810
NA 4913	4544913	65	90	25	70	85	1	62.2	112	3 600	5 000	460
NA 6913	6254913		90	45	70	85	1	93.2	188	3 600	5 000	830
NA 4914	4544914	70	100	30	75	95	1	84.0	152	3 200	4 500	730
NA 6914	6254914		100	54	75	95	1	130	260	3 200	4 500	1 350
NA 4915	4544915	75	105	30	80	100	1	85.5	158	3 000	4 300	780
NA 6915	6254915		105	54	80	100	1	130	270	3 000	4 300	1 450
NA 4916	4544916	80	110	30	85	105	1	89.0	170	2 800	4 000	880
NA 6916	6254916		110	54	85	105	1	135	292	2 800	4 000	1 500
NA 4917	4544917	85	120	35	91.5	113.5	1	112	235	2 400	3 600	1 250
NA 6917	6254917		120	63	91.5	113.5	1	155	365	2 400	3 600	2 200
NA 4918	4544918	90	125	35	96.5	118.5	1	115	250	2 200	3 400	1 300
NA 6918	6254918		125	63	96.5	118.5	1	165	388	2 200	3 400	2 300
NA 4919	4544919	95	130	35	101.5	123.5	1	120	265	2 000	3 200	1 400
NA 6919	6254919		130	63	101.5	123.5	1	172	412	2 000	3 200	2 500
NA 4920	4544920	100	140	40	106.5	133.5	1	130	270	2 000	3 200	1 900
NA 6920	6254920		140	71	106.5	133.5	1	202	480	2 000	3 200	3 400
NA 4922	4544922	110	150	40	116.5	143.5	1	138	295	1 900	3 000	2 100
NA 4924	4544924	120	165	45	126.5	158.5	1	180	382	1 800	2 800	2 850
NA 4926	4544926	130	180	50	138	172	1.5	202	460	1 600	2 400	3 900
NA 4828	4544828	140	175	35	146.5	168.5	1	122	320	1 500	2 200	2 170
NA 4928	4544928		190	50	148	182	1.5	210	488	1 500	2 200	4 150
NA 4834	4544834	170	215	45	176.5	208.5	1	192	520	1 300	2 000	4 310
NA 4836	4544836	180	225	45	186.5	218.5	1	198	552	1 200	1 900	4 600
NA 4844	4544844	220	270	50	228	262	1.5	245	785	950	1 500	7 120
NA 4852	4544852	260	320	60	269	311	2	368	1 130	800	1 200	11 300
NA 4856	4544856	280	350	69	289	341	2	445	1 310	780	1 100	15 700

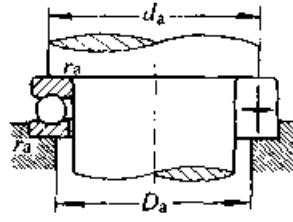
8 推力球轴承 (表 24.4-11~24.4-12)

超星浏览器提醒您：  
使用本复制品  
请尊重相关知识产权！

表 24.4-11 单向推力球轴承



51000型



当量动载荷

$$P_A = F_A$$

当量静载荷

$$P_{0A} = F_A$$

轴承代号		基本尺寸/mm			安装尺寸/mm			基本额定载荷/kN		最小载荷常数	极限转速/(r/min)		质量/kg
新代号	旧代号	d	D	T	d <sub>a</sub> min	D <sub>a</sub> max	r <sub>a</sub> max	C <sub>A</sub>	C <sub>0A</sub>	A	脂润滑	油润滑	W ≈
51104	8104	20	35	10	29	26	0.3	14.2	24.5	0.004	4 800	6 700	0.036
51204	8204		40	14	32	28	0.6	22.2	37.5	0.007	3 800	5 300	0.075
51304	8304		47	18	36	31	1	35.0	55.8	0.016	3 600	4 500	0.15
51105	8105	25	42	11	35	32	0.6	15.2	30.2	0.005	4 300	6 000	0.055
51205	8205		47	15	38	34	0.6	27.8	50.5	0.013	3 400	4 800	0.11
51305	8305		52	18	41	36	1	35.5	61.5	0.021	3 000	4 300	0.17
51405	8405		60	24	46	39	1	55.5	89.2	0.044	2 200	3 400	0.31
51106	8106	30	47	11	40	37	0.6	16.0	34.2	0.007	4 000	5 600	0.062
51206	8206		52	16	43	39	0.6	28.0	54.2	0.016	3 200	4 500	0.13
51306	8306		60	21	48	42	1	42.8	78.5	0.033	2 400	3 600	0.26
51406	8406		70	28	54	46	1	72.5	125	0.082	1 900	3 000	0.51
51107	8107	35	52	12	45	42	0.6	18.2	41.5	0.010	3 800	5 300	0.077
51207	8207		62	18	51	46	1	39.2	78.2	0.033	2 800	4 000	0.21
51307	8307		68	24	55	48	1	55.2	105	0.059	2 000	3 200	0.37
51407	8407		80	32	62	53	1	86.8	155	0.13	1 700	2 600	0.76
51108	8108	40	60	13	52	48	0.6	26.8	62.8	0.021	3 400	4 800	0.11
51208	8208		68	19	57	51	1	47.0	98.2	0.050	2 400	3 600	0.26
51308	8308		78	26	63	55	1	69.2	135	0.096	1 900	3 000	0.53
51408	8408		90	36	70	60	1	112	205	0.22	1 500	2 200	1.06
51109	8109	45	65	14	57	53	0.6	27.0	66.0	0.024	3 200	4 500	0.14
51209	8209		73	20	62	56	1	47.8	105	0.059	2 200	3 400	0.30
51309	8309		85	28	69	61	1	75.8	150	0.130	1 700	2 600	0.66
51409	8409		100	39	78	67	1	140	262	0.36	1 400	2 000	1.41
51110	8110	50	70	14	62	58	0.6	27.2	69.2	0.027	3 000	4 300	0.15
51210	8210		78	22	67	61	1	48.5	112	0.068	2 000	3 200	0.37
51310	8310		95	31	77	68	1	96.5	202	0.21	1 600	2 400	0.92

超星阅览器  
使极限转速  
请尊重知识产权

续表 24.4-11

轴承代号		基本尺寸/mm			安装尺寸/mm			基本额定 载荷/kN		最小载 荷常数	极限转速/ (r/min)		质量 kg
新代号	旧代号	<i>d</i>	<i>D</i>	<i>T</i>	<i>d</i> <sub>a</sub> min	<i>D</i> <sub>a</sub> max	<i>r</i> <sub>a</sub> max	<i>C</i> <sub>r</sub>	<i>C</i> <sub>0r</sub>	<i>A</i>	脂润滑	油润滑	<i>W</i> ≈
51410	8410	50	110	43	86	74	1.5	160	302	0.50	1 300	1 900	1.86
51111	8111	55	78	16	69	64	0.6	33.8	89.2	0.043	2 800	4 000	0.22
51211	8211		90	25	76	69	1	67.5	158	0.13	1 900	3 000	0.58
51311	8311		105	35	85	75	1	115	242	0.31	1 500	2 200	1.28
51411	8411		120	48	94	81	1.5	182	355	0.68	1 100	1 700	2.51
51112	8112	60	85	17	75	70	1	40.2	108	0.063	2 600	3 800	0.27
51212	8212		95	26	81	74	1	73.5	178	0.16	1 800	2 800	0.66
51312	8312		110	35	90	80	1	118	262	0.35	1 400	2 000	1.37
51412	8412		130	51	102	88	1.5	200	395	0.88	1 000	1 600	3.08
51113	8113	65	90	18	80	75	1	40.5	112	0.07	2 400	3 600	0.31
51213	8213		100	27	86	79	1	74.8	188	0.18	1 700	2 600	0.72
51313	8313		115	36	95	85	1	115	262	0.38	1 300	1 900	1.48
51413	8413		140	56	110	95	2	215	448	1.14	900	1 400	3.91
51114	8114	70	95	18	85	80	1	40.8	115	0.078	2 200	3 400	0.33
51214	8214		105	27	91	84	1	73.5	188	0.19	1 600	2 400	0.75
51314	8314		125	40	103	92	1	148	340	0.60	1 200	1 800	1.98
51414	8414		150	60	118	102	2	255	560	1.71	850	1 300	4.85
51115	8115	75	100	19	90	85	1	48.2	140	0.11	2 000	3 200	0.38
51215	8215		110	27	96	89	1	74.8	198	0.21	1 500	2 200	0.82
51315	8315		135	44	111	99	1.5	162	380	0.77	1 100	1 700	2.58
51415	8415		160	65	125	110	2	268	615	2.00	800	1 200	6.08
51116	8116	80	105	19	95	90	1	48.5	145	0.12	1 900	3 000	0.40
51216	8216		115	28	101	94	1	83.8	222	0.27	1 400	2 000	0.90
51316	8316		140	44	116	104	1.5	160	380	0.81	1 000	1 600	2.69
51416	8416		170	68	133	117	2	292	692	2.55	750	1 100	7.12
51117	8117	85	110	19	100	95	1	49.2	150	0.13	1 800	2 800	0.42
51217	8217		125	31	109	101	1	102	280	0.41	1 300	1 900	1.21
51317	8317		150	49	124	111	1.5	208	495	1.28	950	1 500	3.47
51417	8417		180	72	141	124	2	318	782	3.24	700	1 000	8.28
51118	8118	90	120	22	108	102	1	65.0	200	0.21	1 700	2 600	0.65
51218	8218		135	35	117	108	1	115	315	0.52	1 200	1 800	1.65
51318	8318		155	50	129	116	1.5	205	495	1.34	900	1 400	3.69
51418	8418		190	77	149	131	2	325	825	3.71	670	950	9.86
51120	8120	100	135	25	121	114	1	85.0	268	0.37	1 600	2 400	0.95

超星浏览器提醒您：  
 此图本复制品  
 续表 24.4-11

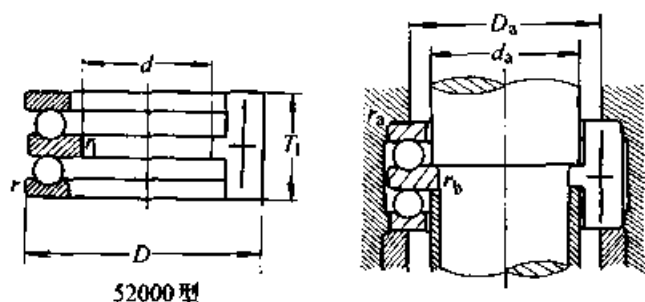
轴承代号		基本尺寸/mm			安装尺寸/mm			基本额定 载荷/kN		最小载 荷常数	极限转速/ (r/min)		质量 kg
新代号	旧代号	$d$	$D$	$T$	$d_a$ min	$D_a$ max	$r_{as}$ max	$C_r$	$C_{10}$	$A$	脂润滑	油润滑	$W$ ≈
51220	8220	100	150	38	130	120	1	132	375	0.75	1 100	1 700	2.21
51320	8320		170	55	142	128	1.5	235	595	1.88	800	1 200	4.86
51420	8420		210	85	165	145	2.5	400	1 080	6.17	600	850	13.3
51122	8122	110	145	25	131	124	1	87.0	288	0.43	1 500	2 200	1.03
51222	8222		160	38	140	130	1	138	412	0.89	1 000	1 600	2.39
51322	8322		190	63	158	142	2	278	755	2.97	700	1 100	7.05
51422	8422		230	95	181	159	2.5	490	1 390	10.4	530	750	20.0
51124	8124	120	155	25	141	134	1	87.0	298	0.48	1 400	2 000	1.10
51224	8224		170	39	150	140	1	135	412	0.96	950	1 500	2.62
51324	8324		210	70	173	157	2	330	945	4.58	670	950	9.54
51126	8126	130	170	30	154	146	1	108	375	0.74	1 300	1 900	1.70
51226	8226		190	45	166	154	1.5	188	575	1.75	900	1 400	3.93
51326	8326		225	75	186	169	2	358	1 070	5.91	600	850	11.7
51426	8426		270	110	212	188	3	630	2 010	21.1	430	600	32.0
51128	8128	140	180	31	164	156	1	110	402	0.84	1 200	1 800	1.85
51228	8228		200	46	176	164	1.5	190	598	1.96	850	1 300	4.27
51328	8328		240	80	199	181	2	395	1 230	7.84	560	800	14.1
51428	8428		280	112	222	198	3	630	2 010	22.2	400	560	32.2
51130	8130	150	190	31	174	166	1	110	415	0.93	1 100	1 700	1.95
51230	8230		215	50	189	176	1.5	242	768	3.06	800	1 200	5.52
51330	8830		250	80	209	191	2	405	1 310	8.80	530	750	14.9
51430	8430		300	120	238	212	3	670	2 240	27.9	380	530	38.2
51132	8132	160	200	31	184	176	1	110	428	1.01	1 000	1 600	2.06
51232	8232		225	51	199	186	1.5	240	768	3.23	750	1 100	5.91
51332	8332		270	87	225	205	2.5	470	1 570	12.8	500	700	18.9
51134	8134	170	215	34	197	188	1	135	528	1.48	950	1 500	2.71
51234	8234		240	55	212	198	1.5	280	915	4.48	700	1 000	7.31
51334	8334		280	87	235	215	2.5	470	1 580	13.8	480	670	22.5
51136	8136	180	225	34	207	198	1	135	528	1.56	900	1 400	2.77
51236	8236		250	56	222	208	1.5	285	958	4.91	670	950	7.84
51336	8336		300	95	251	229	2.5	518	1 820	17.9	430	600	28.7
51138	8138	190	240	37	220	210	1	172	678	2.41	850	1 300	3.61
51238	8238		270	62	238	222	2	328	1 160	6.97	630	900	10.5
51338	8338		320	105	266	244	3	608	2 220	26.7	400	560	41.1

续表 24.4.11

轴承代号		基本尺寸/mm			安装尺寸/mm			基本额定 载荷/kN		最小载 荷常数	极限转速/ (r/min)		质量/ kg
新代号	旧代号	<i>d</i>	<i>D</i>	<i>T</i>	<i>d<sub>a</sub></i> min	<i>D<sub>a</sub></i> max	<i>r<sub>as</sub></i> max	<i>C<sub>r</sub></i>	<i>C<sub>os</sub></i>	<i>A</i>	脂润滑	油润滑	<i>W</i> ≈
51140	8140	200	250	37	230	220	1	172	698	2.60	800	1 200	3.77
51240	8240		280	62	248	232	2	332	1 210	7.59	600	850	11.0
51340	8340		340	110	282	258	3	600	2 220	28.0	360	500	44

注：主要生产厂：瓦房店轴承厂、哈尔滨轴承股份有限公司、洛阳轴承厂、北京轴承厂、天津市轴承厂。

表 24.4.12 双向推力球轴承



52000型

当量动载荷

$$P_o = F_s$$

当量静载荷

$$P_{os} = F_s$$

轴承代号		基本尺寸/mm			安装尺寸/mm				基本额定 载荷/kN		最小载 荷常数	极限转速/ (r/min)		质量/ kg
新代号	旧代号	<i>d</i>	<i>D</i>	<i>T<sub>1</sub></i>	<i>d<sub>a</sub></i> max	<i>D<sub>a</sub></i> min	<i>r<sub>as</sub></i>	<i>r<sub>bs</sub></i>	<i>C<sub>r</sub></i>	<i>C<sub>os</sub></i>	<i>A</i>	脂润滑	油润滑	<i>W</i> ≈
52205	38205	20	47	28	25	34	0.6	0.3	27.8	50.5	0.013	3 400	4 800	0.21
52305	38305		52	34	25	36	1	0.3	35.5	61.5	0.021	3 000	4 300	0.32
52406	38406		70	52	30	46	1	0.6	72.5	125	0.082	1 900	3 000	0.97
52206	38206	25	52	29	30	39	0.6	0.3	28.0	54.2	0.016	3 200	4 500	0.24
52306	38306		60	38	30	42	1	0.3	42.8	78.5	0.033	2 400	3 600	0.47
52407	38407		80	59	35	53	1	0.6	86.8	155	0.13	1 700	2 600	1.41
52207	38207	30	62	34	35	46	1	0.3	39.2	78.2	0.033	2 800	4 000	0.41
52307	38307		68	44	35	48	1	0.3	55.2	105	0.059	2 000	3 200	0.68
52208	38208		68	36	40	51	1	0.6	47.0	98.2	0.050	2 400	3 600	0.53
52308	38308		78	49	40	55	1	0.6	69.2	135	0.098	1 900	3 000	1.03
52408	38408		90	65	40	60	1	0.6	112	205	0.22	1 500	2 200	1.94
52209	38209	35	73	37	45	56	1	0.6	47.8	105	0.059	2 200	3 400	0.59
52309	38309		85	52	45	61	1	0.6	75.8	150	0.13	1 700	2 600	1.25
52409	38409		100	72	45	67	1	0.6	140	262	0.36	1 400	2 000	2.64
52210	38210	40	78	39	50	61	1	0.6	48.5	112	0.068	2 000	3 200	0.69
52310	38310		95	58	50	68	1	0.6	96.5	202	0.21	1 600	2 400	1.76
52410	38410		110	78	50	74	1.5	0.6	160	302	0.50	1 300	1 900	3.40

续表 24.4-12

轴承代号		基本尺寸/mm			安装尺寸/mm				基本额定 载荷/kN		最小载 荷常数	极限转速/ (r/min)		质量/ kg
新代号	旧代号	$d$	$D$	$T_1$	$d_a$ max	$D_a$ min	$r_a$	$r_b$	$C_r$	$C_{0r}$	$A$	脂润滑	油润滑	$W$ ≈
52211	38211	45	90	45	55	69	1	0.6	67.5	158	0.13	1 900	3 000	1.17
52311	38311		105	64	55	75	1	0.6	115	242	0.31	1 500	2 200	2.38
52411	38411		120	87	55	81	1.5	0.6	182	355	0.68	1 100	1 700	4.54
52212	38212	50	95	46	60	74	1	0.6	73.5	178	0.16	1 800	2 800	1.24
52312	38312		110	64	60	80	1	0.6	118	262	0.35	1 400	2 000	2.54
52412	38412		130	93	60	88	1.5	0.6	200	395	0.88	1 000	1 600	5.58
52413	38413		140	101	65	95	2	1	215	448	1.14	900	1 400	7.07
52213	38213	55	100	47	65	79	1	0.6	74.8	188	0.18	1 700	2 600	1.32
52313	38313		115	65	65	85	1	0.6	115	262	0.38	1 300	1 900	2.72
52214	38214		105	47	70	84	1	1	73.5	188	0.19	1 600	2 400	1.42
52314	38314		125	72	70	92	1	1	148	340	0.60	1 200	1 800	3.64
52414	38414		150	107	70	102	2	1	255	560	1.71	850	1 300	8.71
52215	38215	60	110	47	75	89	1	1	74.8	198	0.21	1 500	2 200	1.50
52315	38315		135	79	75	99	1.5	1	162	380	0.77	1 100	1 700	4.72
52415	38415		160	115	75	110	2	1	268	615	2.00	800	1 200	10.7
52216	38216	65	115	48	80	94	1	1	83.8	222	0.27	1 400	2 000	1.63
52316	38316		140	79	80	104	1.5	1	160	380	0.81	1 000	1 600	4.92
52417	38417		180	128	85	124	2.1	1	318	782	3.24	700	1 000	14.8
52217	38217	70	125	55	85	109	1	1	102	280	0.41	1 300	1 900	2.27
52317	38317		150	87	85	114	1.5	1	208	495	1.28	950	1 500	6.26
52418	38418		190	135	90	131	2.1	1	325	825	3.71	670	950	17.3
52218	38218	75	135	62	90	108	1	1	115	315	0.52	1 200	1 800	3.05
52318	38318		155	88	90	116	1.5	1	205	495	1.34	900	1 400	6.56
52420	38420	80	210	150	100	145	2.5	1	400	1 080	6.17	600	850	23.5
52220	38220	85	150	67	100	120	1	1	132	375	0.75	1 100	1 700	4.03
52320	38320		170	97	100	128	1.5	1	235	595	1.88	800	1 200	8.62
52422	38422	90	230	166	110	159	2.5	1	490	1 390	10.4	530	750	33.0
52222	38222	95	160	67	110	130	1	1	138	412	0.89	1 000	1 600	4.38
52322	38322		190	110	110	142	2	1	278	755	2.97	700	1 100	12.4
52224	38224	100	170	68	120	140	1	1	135	412	0.96	950	1 500	4.82
52324	38324		210	123	120	157	2.1	1	330	945	4.58	670	950	17.1
52426	38426		270	192	130	188	3	2	630	2 010	21.1	430	600	55.0

续表 24.4-12

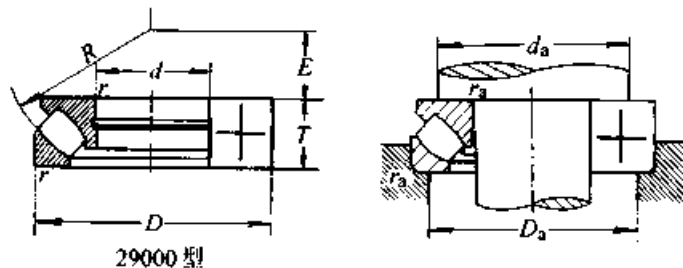
轴承代号		基本尺寸/mm			安装尺寸/mm				基本额定载荷/kN		最小载荷常数	极限转速/(r/min)		质量/kg
新代号	旧代号	<i>d</i>	<i>D</i>	<i>T</i> <sub>1</sub>	<i>d</i> <sub>s</sub> max	<i>D</i> <sub>s</sub> min	<i>r</i> <sub>as</sub>	<i>r</i> <sub>hs</sub>	<i>C</i> <sub>a</sub>	<i>C</i> <sub>in</sub>	<i>A</i>	脂润滑	油润滑	<i>W</i> ≈
52226	38226	110	190	80	130	154	1.5	1	188	575	1.75	900	1 400	7.36
52326	38326		225	130	130	169	2.1	1	358	1 070	5.91	600	850	20.8
52428	38428		280	196	140	198	3	2	630	2 010	22.2	400	560	61.2
52228	38228	120	200	81	140	164	1.5	1	190	598	1.96	850	1 300	7.80
52328	38328		240	140	140	181	2.1	1	395	1 230	7.84	560	800	25.0
52430	38430		300	209	150	212	3	2	670	2 240	27.9	380	530	68.1
52230	38230	130	215	89	150	176	1.5	1	242	768	3.06	800	1 200	10.3
52330	38330		250	140	150	191	2.1	1	405	1 310	8.80	530	750	26.4
52232	38232	140	225	90	160	186	1.5	1	240	768	3.23	750	1 100	10.9
52332	38332		270	153	160	205	2.5	1	470	1 570	12.8	500	700	33.6
52234	38234	150	240	97	170	198	1.5	1	280	915	4.48	700	1 000	13.4
52334	38334		280	153	170	215	2.5	1	470	1 580	13.8	480	670	15.0
52236	38236		250	98	180	208	1.5	2	285	958	4.91	670	950	14.6
52336	38336		300	165	180	229	2.5	2	518	1 820	17.9	430	600	49.0
52238	38238	160	270	109	190	222	2	2	328	1 160	6.97	630	900	19.5
52240	38240	170	280	109	200	232	2	2	332	1 210	7.59	600	850	20.4

注：主要生产厂：瓦房店轴承厂、哈尔滨轴承股份有限公司、新华轴承厂、沈阳轴承厂、济南轴承厂。

## 9 推力滚子轴承

### 9.1 推力调心滚子轴承 (表 24.4-13)

表 24.4-13 推力调心滚子轴承



当量动载荷

$$P_d = F_a + 1.2F_r$$

当量静载荷

$$P_{dn} = F_a + 2.7F_r$$

轴承代号		基本尺寸/mm				安装尺寸/mm			基本额定载荷/kN		最小载荷常数	极限转速/(r/min)	
新代号	旧代号	<i>d</i>	<i>D</i>	<i>T</i>	<i>E</i>	<i>d</i> <sub>s</sub> min	<i>D</i> <sub>s</sub> max	<i>r</i> <sub>as</sub> max	<i>C</i> <sub>a</sub>	<i>C</i> <sub>in</sub>	<i>A</i>	脂润滑	油润滑
29412	9039412	60	130	42	38	90	107	1.5	319	897	0.086	—	2 400
29413	9039413	65	140	45	42	100	115	2	371	1 048	0.118	—	2 200



续表 24.4-13

轴承代号		基本尺寸/mm				安装尺寸/mm			基本额定 载荷/kN		最小载 荷常数	极限转速 (r/min)	
新代号	旧代号	$d$	$D$	$T$	$E$	$d_a$ min	$D_a$ max	$r_a$ max	$C$	$C_0$	$A$	脂润滑	油润滑
29414	9039414	70	150	48	44	105	124	2	416	1198	0.155	1 400	2 000
29415	9039415	75	160	51	47	115	132	2	468	1 367	0.21	—	1 900
29416	9039416	80	170	54	50	120	141	2.1	532	1 563	0.263	1 100	1 700
29317	9039317	85	150	39	50	115	129	1.5	326	1 037	0.105	—	2 200
29417	9039417		180	58	54	130	150	2.1	582	1 708	0.304	—	1 600
29318	9039318	90	155	39	52	118	135	1.5	335	1 089	0.116	—	2 200
29418	9069418		190	60	56	135	158	2.1	642	1 904	0.392	950	1 500
29320	9039320	100	170	42	58	132	148	1.5	390	1 284	0.166	—	2 000
29420	9039420		210	67	62	150	175	2.5	778	2 343	0.588	—	1 300
29322	9039322	110	190	48	64	145	165	2	487	1 625	0.279	—	1 800
29422	9039422		230	73	69	165	192	3	923	2 854	0.724	—	1 200
29324	9039324	120	210	54	70	160	182	2.1	620	2 066	0.44	—	1 600
29424	9039424		250	78	74	180	210	3	1 074	3 308	0.933	—	1 100
29326	9039326	130	225	58	76	170	195	2.1	663	2 235	0.543	—	1 500
29426	9039426		270	85	81	195	227	3	1 249	3 918	1.64	—	1 000
29328	9039328	140	240	60	82	185	208	2.1	719	2 539	0.71	—	1 400
29428	9039428		280	85	86	205	237	3	1 288	4 133	1.796	—	950
29330	9039330	150	250	60	87	195	220	2.1	781	2 753	0.774	—	1 300
29430	9039430		300	90	92	220	253	3	1 452	4 680	2.285	—	900
29332	9039332	160	270	67	92	210	236	2.5	927	3 253	1.063	—	1 200
29432	9039432		320	95	99	230	271	4	1 589	5 315	2.969	—	800
29334	9039334	170	280	67	96	220	247	2.5	940	3 358	1.16	—	1 100
29434	9039434		340	103	104	245	288	4	1 878	6 265	4.015	—	750
29336	9039336	180	300	73	103	235	263	2.5	1 111	4 056	1.628	—	1 000
29436	9039436		360	109	110	260	305	4	2 056	6 867	4.936	—	670
29338	9039388	190	320	78	110	250	281	3	1 301	4 861	2.294	—	900
29438	9039438		380	115	117	275	322	4	2 297	7 774	6.228	—	600
29240	9039240	200	280	48	108	235	258	2	612	2 518	0.759	—	1 400
29340	9039340		340	85	116	265	298	3	1 430	5 181	2.827	—	900
29440	9039440		400	122	122	290	338	4	2 483	8 386	7.588	—	600

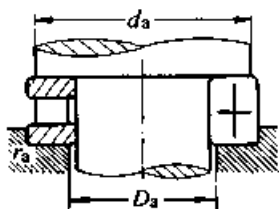
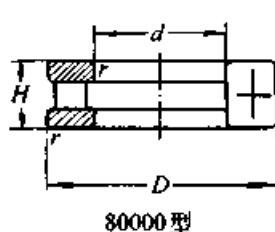
超星阅读器提醒您：  
续表 24.4-13

轴承代号		基本尺寸/mm				安装尺寸/mm			基本额定 载荷/kN		最小载 荷常数	极限转速/ (r/min)	
新代号	旧代号	<i>d</i>	<i>D</i>	<i>T</i>	<i>E</i>	<i>d<sub>s</sub></i> min	<i>D<sub>s</sub></i> max	<i>r<sub>as</sub></i> max	<i>C<sub>r</sub></i>	<i>C<sub>0r</sub></i>	<i>A</i>	脂润滑	油润滑
29244	9039244	220	300	48	117	260	277	2	634	2 705	0.749	—	1 300
29344	9039344		360	85	125	285	316	3	1 524	5 661	3.21	—	800
29444	9039444		420	122	132	310	360	5	2 588	8 990	8.583	—	560
29248	9039248	240	340	60	130	285	311	2.1	915	3 951	1.483	—	1 100
29348	9039348		380	85	135	300	337	3	1 583	6 014	3.569	—	750
29448	9039448		440	122	142	330	381	5	2 725	9 771	9.656	—	530
29252	9029252	260	360	60	139	305	331	2.1	944	4 207	1.754	—	1 000
29352	9039352		420	95	148	330	372	4	1 940	7 716	6.073	—	670
29452	9039452		480	132	154	360	419	5	3 247	11 930	14.45	—	480
29256	9039256E	280	380	60	150	325	351	2.1	954	4 348	1.855	—	950
29356	9039356		440	95	158	350	394	4	2 023	8 207	6.782	—	630
29456	9039456		520	145	166	390	446	5	3 753	13 794	20.73	—	430
29260	9039260	300	420	73	162	355	386	2.5	1 340	6 057	3.43	—	900
29360	9039360		480	109	168	380	429	4	2 554	10 396	10.2	—	560
29460	9039460		540	145	175	410	471	5	3 895	14 689	22.95	—	380
29264	9039264	320	440	73	172	375	406	2.5	1 046	6 556	3.822	—	800
29364	9039364		500	109	180	400	449	4	2 578	10 691	11.15	—	530
29464	9039464		580	155	191	435	507	6	4 537	17 432	31.97	—	360
29268	9039268	340	460	73	183	395	427	2.5	1 432	6 838	4.27	—	750
29368	9039368		540	122	192	430	484	4	3 052	12 554	15.64	—	480
29468	9039468		620	170	201	465	541	6	5 002	18 866	38.98	—	320

注：主要生产厂：瓦房店轴承厂、沈阳轴承厂、四川轴承厂。

9.2 推力圆柱滚子轴承 (表 24.4-14)

表 24.4-14 推力圆柱滚子轴承



当量动载荷  
 $P_r = F_r$   
当量静载荷  
 $P_{0r} = F_r$

轴承代号		基本尺寸/mm			安装尺寸/mm			基本额定 载荷/kN		最小载 荷常数	极限转速/ (r/min)		质量/ kg
新代号	旧代号	<i>d</i>	<i>D</i>	<i>H</i>	<i>d<sub>s</sub></i> min	<i>D<sub>s</sub></i> max	<i>r<sub>as</sub></i> max	<i>C<sub>r</sub></i>	<i>C<sub>0r</sub></i>	<i>A</i>	脂润滑	油润滑	<i>W</i> ≈
81108	9108	40	60	13	58	42	0.6	37.2	115	0.002	1 700	2 400	0.12
81208	9208		68	19	66	43	1	68.2	190	0.004	1 200	1 800	0.27

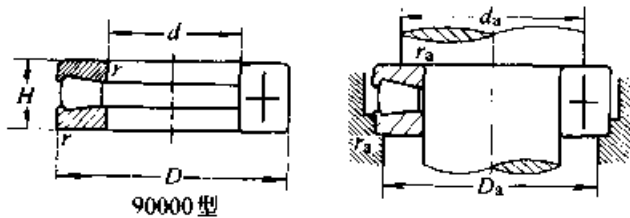
续表 24.4-14

轴承代号		基本尺寸/mm			安装尺寸/mm			基本额定 载荷/kN		最小载 荷常数	极限转速/ (r/min)		质量 /kg
新代号	旧代号	d	D	H	d <sub>a</sub> min	D <sub>a</sub> max	r <sub>as</sub> max	C <sub>r</sub>	C <sub>0r</sub>	A	脂润滑	油润滑	W ≈
81210	9210	50	78	22	75	53	1	77.0	235	0.005	1 000	1 600	0.45
81111	9111	55	78	16	77	57	0.6	56.5	215	0.005	1 400	2 000	0.24
81211	9211		90	25	85	59	1	104	318	0.009	950	1 500	0.71
81113	9113	65	90	18	87	67	1	65.8	235	0.006	1 200	1 800	0.381
81213	9213		100	27	96	69	1	112	362	0.012	850	1 300	0.874
81215	9215	75	110	27	106	79	1	125	430	0.017	750	1 100	0.98
81117	9117	85	110	19	108	87	1	75.0	302	0.008	900	1 400	0.45
81217	9217		125	31	119	90	1	152	550	0.026	670	950	1.44
81118	9118	90	120	22	117	93	1	105	408	0.015	850	1 300	0.67
81220	9220	100	150	38	142	107	1	228	840	0.059	560	850	2.58
81124	9124	120	155	25	151	124	1	155	660	0.036	700	1 000	1.36
81226	9226	130	190	45	181	137	1.5	368	1 420	0.164	450	700	4.59

注：主要生产厂：洛阳轴承厂、镇江轴承厂。

### 9.3 推力圆锥滚子轴承 (表 24.4-15)

表 24.4-15 推力圆锥滚子轴承



当量动载荷

$$P_d = F_d$$

当量静载荷

$$P_{0d} = F_d$$

轴承代号		基本尺寸/mm			安装尺寸/mm			基本额定 载荷/kN		最小载 荷常数	极限转速/ (r/min)		质量/ kg
新代号	旧代号	d	D	H	d <sub>a</sub> min	D <sub>a</sub> max	r <sub>as</sub> max	C <sub>r</sub>	C <sub>0r</sub>	A	脂润滑	油润滑	W ≈
99426	9019426	130	270	85	195	227	3	1 040	3 780	0.638	380	500	28.5
99428	9019428	140	280	85	205	237	3	1 120	4 150	0.736	360	480	—
99434	9019434	170	340	103	245	288	4	1 520	5 750	1.38	280	380	58
99436	9019436	180	360	109	260	305	4	1 630	5 980	1.58	240	340	55.8
99440	9019440	200	400	122	290	338	4	1 840	7 210	2.256	200	300	75
99448	9019448	240	440	122	330	381	5	2 320	9 480	3.826	180	260	—
99452	9019452	260	480	132	360	419	5	2 730	11 400	5.50	160	220	—
99456	9019456	280	520	145	390	446	5	3 150	13 400	7.56	140	190	—
99464	9019464	320	580	155	435	507	6	4 000	17 200	12.6	110	160	—
99476	9019476	380	670	175	510	587	6	5 040	22 900	22.2	85	120	254

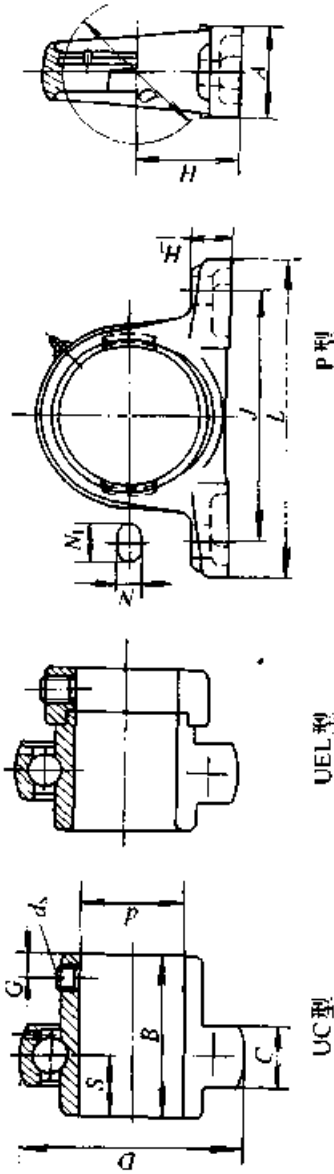
注：主要生产厂：镇江轴承厂、洛阳轴承厂。

### 10 带座外球面球轴承

带座外球面球轴承的外形尺寸符合 GB/T

7810—1995, 轴承尺寸符合 GB/T 3882—1995, 轴承座尺寸符合 GB/T 7809—1995。常见带座外球面球轴承的主要尺寸和性能参数见表 24.4-16~25。

表 24.4.16 带立式座外球面球轴承 (带顶丝 UCP 型、带偏心套 UELP 型)



带座轴承代号		轴承代号		座代号		轴承尺寸/mm				配用件		基本额定载荷/kN		极限转速/(r/min)		座尺寸/mm							
新代号	旧代号	新代号	旧代号	新代号	旧代号	d	D	B	S	C		d <sub>s</sub>	G	C <sub>r</sub>	C <sub>0r</sub>	脂润滑	A <sub>max</sub>	H	H <sub>1</sub> <sub>max</sub>	N <sub>min</sub>	N <sub>1</sub> <sub>min</sub>	J	L <sub>max</sub>
										min	max												
UCP 201	Z90501	UC 201	90501	P 203	Z503	12	40	27.4	11.5	12	15	M5 × 0.5	4	7.35	4.78	4 500	39	30.2	17	10.5	16	96	129
UEL P 201	Z390501	UEL 201	390501	P 203	Z503	40	37.3	13.9	12	15	—	—	—	7.35	4.78	4 500	39	30.2	17	10.5	16	96	129
UCP 202	Z90502	UC 202	90502	P 203	Z503	15	40	27.4	11.5	12	15	M5 × 0.5	4	7.35	4.78	4 500	39	30.2	17	10.5	16	96	129
UEL P 202	Z390502	UEL 202	390502	P 203	Z503	40	37.3	13.9	12	15	—	—	—	7.35	4.78	4 500	39	30.2	17	10.5	16	96	129
UCP 203	Z90503	UC 203	90503	P 203	Z503	17	40	27.4	11.5	12	15	M5 × 0.5	4	7.35	4.78	4 500	39	30.2	17	10.5	16	96	129
UEL P 203	Z390503	UEL 203	390503	P 203	Z503	40	37.3	13.9	12	15	—	—	—	7.35	4.78	4 500	39	30.2	17	10.5	16	96	129
UCP 204	Z90504	UC 204	90504	P 204	Z504	20	47	31.0	12.7	14	17	M6 × 0.75	5	9.88	6.65	4 000	39	33.3	17	10.5	16	96	134
UEL P 204	Z390504	UEL 204	390504	P 204	Z504	47	43.7	17.1	14	17	—	—	—	9.88	6.65	4 000	39	33.3	17	10.5	16	96	134
UCP 205	Z90505	UC 205	90505	P 205	Z505	25	52	34.1	14.3	15	17	M6 × 0.75	5	10.8	7.88	3 400	39	36.5	17	10.5	16	105	142
UCP 305	Z90605	UC 305	90605	P 305	Z605	62	38	15	17	24	M6 × 0.75	6	—	17.2	11.5	2 800	45	45	17	17	20	132	175
UEL P 205	Z390505	UEL 205	390505	P 205	Z505	52	44.4	17.5	15	17	—	—	—	10.8	7.88	3 400	39	36.5	17	10.5	16	105	142
UEL P 305	Z390605	UEL 305	390605	P 305	Z605	62	46.8	16.7	17	24	—	—	—	17.2	11.5	2 800	45	45	17	17	20	132	175

续表 24.4-16

带座轴承代号		轴承代号		座 代 号		轴 承 尺 寸 /mm						配 用 件		基 本 额 定 载 荷 /kN		极 限 转 速 / (r/min)		座 尺 寸 /mm						
新代号	旧代号	新代号	旧代号	新代号	旧代号	d	D	B	S	C		d <sub>s</sub>	G	偏心套	C <sub>r</sub>	C <sub>0r</sub>	脂润滑	A <sub>max</sub>	H	H <sub>1</sub> <sub>max</sub>	N <sub>min</sub>	N <sub>j</sub>	L <sub>max</sub>	
										min	max													
UCP 206	Z90506	UC 206	90506	P 206	Z506	30	62	38.1	15.9	16	19	M6 × 0.75	5	—	15.0	11.2	2 800	48	42.9	20	13	19	121	167
UCP 306	Z90606	UC 306	90606	P 306	Z606	72	72	43	17	19	26	M6 × 0.75	6	—	20.8	15.2	2 600	50	50	20	17	20	140	180
UEL P 206	Z390506	UEL 206	390506	P 206	Z506	62	48.4	18.3	16	19	—	—	—	E206	15.0	11.2	2 800	48	42.9	20	13	19	121	167
UEL P 306	Z390606	UEL 306	390606	P 306	Z606	72	50	17.5	19	26	—	—	—	E306	20.8	15.2	2 600	50	50	20	17	20	140	180
UCP 207	Z90507	UC 207	90507	P 207	Z507	35	72	42.9	17.5	17	20	M8 × 1	7	—	19.8	15.2	2 400	48	47.6	20	13	19	126	172
UCP 307	Z90607	UC 307	90607	P 307	Z607	80	48	19	21	28	—	M8 × 1	8	—	25.8	19.2	2 200	56	56	22	17	25	160	210
UEL P 207	Z390507	UEL 207	390507	P 207	Z507	72	51.1	18.8	17	20	—	—	—	E207	19.8	15.2	2 400	48	47.6	20	13	19	126	172
UEL P 307	Z390607	UEL 307	390607	P 307	Z607	80	51.6	18.3	21	28	—	—	—	E307	25.8	19.2	2 200	56	56	22	17	25	160	210
UCP 208	Z90508	UC 208	90508	P 208	Z508	40	80	49.2	19	18	22	M8 × 1	8	—	22.8	18.2	2 200	55	49.2	20	13	19	136	186
UCP 308	Z90608	UC 308	90608	P 308	Z608	90	52	19	23	30	—	M10 × 1.25	10	—	31.2	24.0	2 000	60	60	24	17	27	170	220
UEL P 208	Z390508	UEL 208	390508	P 208	Z508	80	56.3	21.4	18	22	—	—	—	E208	22.8	18.2	2 200	55	49.2	20	13	19	136	186
UEL P 308	Z390608	UEL 308	390608	P 308	Z608	90	57.1	19.8	23	30	—	—	—	E308	31.2	24.0	2 000	60	60	24	17	27	170	220
UCP 209	Z90509	UC 209	90509	P 209	Z509	45	85	49.2	19.0	19	22	M8 × 1	8	—	24.5	20.8	1 900	55	54	22	13	19	146	192
UCP 309	Z90609	UC 309	90609	P 309	Z609	100	57	22	25	33	—	M10 × 1.25	10	—	40.8	31.8	1 800	67	67	26	20	30	190	215
UEL P 209	Z390509	UEL 209	390509	P 209	Z509	85	56.3	21.4	19	22	—	—	—	E209	24.5	20.8	1 900	55	54	22	13	19	146	192
UEL P 309	Z390609	UEL 309	390609	P 309	Z609	100	58.7	19.8	25	33	—	—	—	E309	40.8	31.8	1 800	67	67	26	20	30	190	245
UCP 210	Z90510	UC 210	90510	P 210	Z510	50	90	51.6	19.0	20	24	M10 × 1	10	—	27.0	23.2	1 800	61	57.2	23	17	20	159	208
UCP 310	Z90610	UC 310	90610	P 310	Z610	110	61	22	27	35	—	M12 × 1.5	12	—	47.5	37.8	1 700	75	75	29	20	35	212	275
UEL P 210	Z390510	UEL 210	390510	P 210	Z510	90	62.7	24.6	20	24	—	—	—	E210	27.0	23.2	1 800	61	57.2	23	17	20	159	208
UEL P 310	Z390610	UEL 310	390610	P 310	Z610	110	66.6	24.6	27	35	—	—	—	E310	47.5	37.8	1 700	75	75	29	20	35	212	275
UCP 211	Z90511	UC 211	90511	P 211	Z511	55	100	55.6	22.2	21	25	M10 × 1	10	—	33.5	29.2	1 600	61	63.5	25	17	20	172	233

续表 24.4-16

带座轴承代号		轴承代号		座 代 号		轴 承 尺 寸 /mm					配 用 件		基 本 额 定 载 荷 /kN		极 限 转 速 / (r/min)		座 尺 寸 /mm							
新 代 号	旧 代 号	新 代 号	旧 代 号	新 代 号	旧 代 号	d	D	B	S	C		d <sub>s</sub>	G	C <sub>1</sub>	C <sub>0</sub>	脂 润 滑	A <sub>max</sub>	H	H <sub>1</sub> <sub>max</sub>	N <sub>min</sub>	N <sub>1</sub> <sub>min</sub>	J	L <sub>max</sub>	
										min	max													
UCP 311	Z90611	UC 311	90611	P 311	Z611	55	120	66	25	29	37	M12×1.5	12	55.2	44.8	1 400	80	80	32	20	38	236	310	
UEL P 211	Z390511	UEL 211	390511	P 211	Z511	100	71.4	27.8	21	25	—	—	—	E211	33.5	29.2	1 600	61	63.5	25	17	20	172	233
UEL P 311	Z390611	UEL 311	390611	P 311	Z611	120	73	27.8	29	37	—	—	—	E311	55.2	44.8	1 400	80	80	32	20	38	236	310
UCP 212	Z90512	UC 212	90512	P 212	Z512	60	110	65.1	25.4	22	27	M10×1	10	—	36.8	32.8	1 500	71	69.9	27	17	22	186	243
UCP 312	Z90612	UC 312	90612	P 312	Z612	130	71	26	31	39	M12×1.5	12	—	—	62.8	51.8	1 300	85	85	34	25	38	250	330
UEL P 212	Z390512	UEL 212	390512	P 212	Z512	110	77.8	31.0	22	27	—	—	—	E212	36.8	32.8	1 500	71	69.9	27	17	22	186	243
UEL P 312	Z390612	UEL 312	390612	P 312	Z612	130	79.4	30.95	31	39	—	—	—	E312	62.8	51.8	1 300	85	85	34	25	38	250	330
UCP 213	Z90513	UC 213	90513	P 213	Z513	65	120	65.1	25.4	23	32	M10×1	10	—	44.0	40.0	1 400	72	76.2	30	21	24	203	268
UCP 313	Z90613	UC 313	90613	P 313	Z613	140	75	30	33	41	M12×1.5	12	—	—	72.2	60.5	1 200	90	90	37	25	38	260	340
UEL P 213	Z390513	UEL 213	390513	P 213	Z513	120	85.7	34.1	23	32	—	—	—	E213	44.0	40.0	1 400	72	76.2	30	21	24	203	268
UEL P 313	Z390613	UEL 313	390613	P 313	Z613	140	85.7	32.55	33	41	—	—	—	E313	72.2	60.5	1 200	90	90	37	25	38	260	340
UCP 214	Z90514	UC 214	90514	P 214	Z514	70	125	74.6	30.2	24	33	M12×1.25	12	—	46.8	45.0	1 300	74	79.4	30	21	24	210	269
UCP 314	Z90614	UC 314	90614	P 314	Z614	150	78	33	35	43	M12×1.5	12	—	—	80.2	68.0	1 100	90	95	41	27	40	280	360
UEL P 214	Z390514	UEL 214	390514	P 214	Z514	125	85.7	34.1	24	33	—	—	—	E214	46.8	45.0	1 300	74	79.4	30	21	24	210	269
UEL P 314	Z390614	UEL 314	390614	P 314	Z614	150	92.1	34.15	35	43	—	—	—	E314	80.2	68.0	1 100	90	95	41	27	40	280	360
UCP 215	Z90515	UC 215	90515	P 215	Z515	75	130	77.8	33.3	25	34	M12×1.25	12	—	50.8	49.5	1 200	76	82.6	31	21	24	217	278
UCP 315	Z90615	UC 315	90615	P 315	Z615	160	82	32	37	46	M14×1.5	14	—	—	87.2	76.8	1 000	100	100	41	27	40	290	380
UEL P 215	Z390515	UEL 215	390515	P 215	Z515	130	92.1	37.3	25	34	—	—	—	E215	50.8	49.5	1 200	76	82.6	31	21	24	217	278
UEL P 315	Z390615	UEL 315	390615	P 315	Z615	160	100	37.3	37	46	—	—	—	E315	87.2	76.8	1 000	100	100	41	27	40	290	380
UCP 216	Z90516	UC 216	90516	P 216	Z516	80	140	82.6	33.3	26	35	M12×1.25	12	—	55.0	54.2	1 100	80	88.9	33	21	24	232	295

超星阅读器  
 本图本轴品  
 1000重  
 1000重

续表 24.4-16

带座轴承代号		轴承代号		座代号		轴承尺寸/mm						配用件		基本额定载荷/kN		极限转速/(r/min)		座尺寸/mm						
新代号	旧代号	新代号	旧代号	新代号	旧代号	d	D	B	S	C		d <sub>s</sub>	G	偏心套	C <sub>r</sub>	C <sub>0r</sub>	脂润滑	A <sub>max</sub>	H	H <sub>1</sub> <sub>max</sub>	N <sub>1</sub> <sub>min</sub>	N <sub>2</sub> <sub>min</sub>	L <sub>max</sub>	
										min	max													
UCP 316	Z90616	UC 316	90616	P 316	Z616	80	170	86	34	39	48	M14×1.5	14	—	94.5	86.5	1 000	110	106	46	27	40	300	400
UEL P 316	Z390616	UEL 316	390616	P 316	Z616	170	106.4	40.5	39	48	—	—	—	E316	94.5	86.5	1 000	110	106	46	27	40	300	400
UCP 217	Z90517	UC 217	90517	P 217	Z517	85	150	85.7	34.1	28	36	M12×1.25	12	—	64.0	63.8	1 000	85	95.2	35	21	24	247	313
UCP 317	Z90617	UC 317	90617	P 317	Z617	180	96	40	41	50	50	M16×1.5	16	—	102	96.5	950	110	112	46	33	45	320	420
UEL P 317	Z390617	UEL 317	390617	P 317	Z617	180	109.5	42.05	41	50	—	—	—	E317	102	96.5	950	110	112	46	33	45	320	420
UCP 218	Z90518	UC 218	90518	P 218	Z518	90	160	96.0	39.7	30	38	M12×1.25	12	—	73.8	71.5	950	90	101.6	37	25	26	262	330
UCP 318	Z90618	UC 318	90618	P 318	Z618	190	96	40	43	52	52	M16×1.5	16	—	110	108	900	110	118	51	33	45	330	430
UEL P 318	Z390618	UEL 318	390618	P 318	Z618	190	115.9	43.65	43	52	—	—	—	E318	110	108	900	110	118	51	33	45	330	430
UCP 319	Z90619	UC 319	90619	P 319	Z619	95	200	103	41	45	54	M16×1.5	16	—	120	122	850	120	125	51	36	50	360	470
UEL P 319	Z390619	UEL 319	390619	P 319	Z619	200	122.3	38.9	45	54	—	—	—	E319	120	122	850	120	125	51	36	50	360	470
UCP 320	Z90620	UC 320	90620	P 320	Z620	100	215	108	42	47	58	M18×1.5	18	—	132	140	800	120	140	56	36	50	380	490
UEL P 320	Z390620	UEL 320	309620	P 320	Z620	215	128.6	50	47	58	—	—	—	E320	132	140	800	120	140	56	36	50	380	490
UCP 321	Z90621	UC 321	90621	P 321	Z621	105	225	112	44	49	60	M18×1.5	18	—	142	152	750	120	140	56	36	50	380	490
UCP 322	Z90622	UC 322	90622	P 322	Z622	110	240	117	46	50	62	M18×1.5	18	—	158	178	700	140	150	61	40	55	400	520
UCP 324	Z90624	UC 324	90624	P 324	Z624	120	260	126	51	55	66	M18×1.5	18	—	175	208	630	140	160	71	40	55	450	570
UEL P 326	Z390626	UC 326	90626	P 326	Z626	130	280	135	54	58	72	M20×1.5	20	—	195	242	560	140	180	81	40	55	480	600
UCP 328	Z90628	UC 328	90628	P 328	Z628	140	300	145	59	62	76	M20×1.5	20	—	212	272	500	140	200	81	40	55	500	620

注：主要生产厂：新疆轴承厂、东莞轴承厂、东方轴承厂。

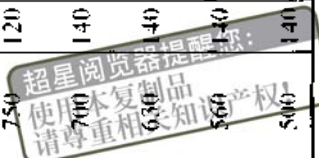
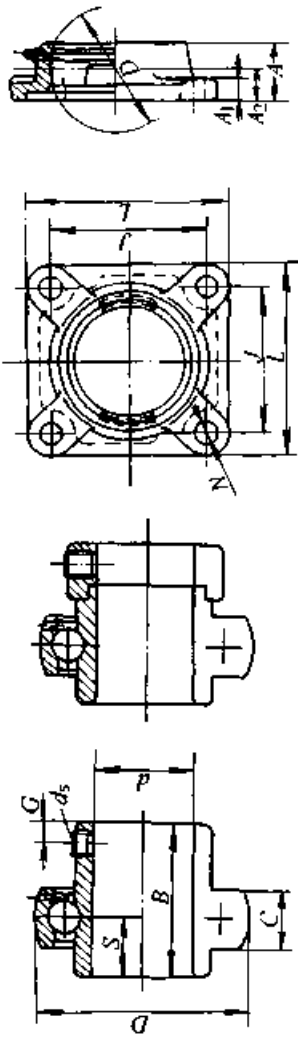


表 24.4-17 带方形座外球面球轴承 (带顶丝 UCFU 型、带偏心套 UELFU 型)



UC 型

UEL 型

FU 型

带座轴承代号		轴承代号		座代号		轴承尺寸/mm						配用件		基本额定载荷/kN		极限转速/(r/min)		座尺寸/mm					
新代号	旧代号	新代号	旧代号	新代号	旧代号	d	D	B	S	C		d <sub>s</sub>	G	C <sub>r</sub>	C <sub>0</sub>	脂润滑		A	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	J	L	N
										min	max							max	max			max	min
UCFU 201	F90501	UC 201	90501	FU 203	F503	12	40	27.4	11.5	12	15	M5×0.5	4	7.35	4.78	4 500		32	13	17	54	78	10.5
UEL FU 201	F390501	UEL 201	390501	FU 203	F503	40	40	37.3	13.9	12	15	—	—	7.35	4.78	4 500	E201	32	13	17	54	78	10.5
UCFU 202	F90502	UC 202	90502	FU 203	F503	15	40	27.4	11.5	12	15	M5×0.5	4	7.35	4.78	4 500		32	13	17	54	78	10.5
UEL FU 202	F390502	UEL 202	390502	FU 203	F503	40	40	37.3	13.9	12	15	—	—	7.35	4.78	4 500	E202	32	13	17	54	78	10.5
UCFU 203	F90503	UC 203	90503	FU 203	F503	17	40	27.4	11.5	12	15	M5×0.5	4	7.35	4.78	4 500		32	13	17	54	78	10.5
UEL FU 203	F390503	UEL 203	390503	FU 203	F503	40	40	37.3	13.9	12	15	—	—	7.35	4.78	4 500	E203	32	13	17	54	78	10.5
UCFU 204	F90504	UC 204	90504	FU 204	F504	20	47	31.0	12.7	14	17	M6×0.75	5	9.88	6.65	4 000		34	15	19	63.5	88	10.5
UEL FU 204	F390504	UEL 204	390504	FU 204	F504	47	47	43.7	17.1	14	17	—	—	9.88	6.65	4 000	E204	34	15	19	63.5	88	10.5
UCFU 205	F90505	UC 205	90505	FU 205	F505	25	52	34.1	14.3	15	17	M6×0.75	5	10.8	7.88	3 400		35	15	19	70	97	11.5
UCFU 305	F90605	UC 305	90605	FU 305	F605	62	62	38	15	17	24	M6×0.75	6	17.2	11.5	2 800		29	13	17	80	110	16
UEL FU 205	F390505	UEL 205	390505	FU 205	F505	52	52	44.4	17.5	15	17	—	—	10.8	7.88	3 400	F205	35	15	19	70	97	11.5
UEL FU 305	F390605	UEL 305	390605	FU 305	F605	62	62	46.8	16.7	17	24	—	—	17.2	11.5	2 800	F305	29	13	17	80	110	16



续表 24.4-17

带座轴承代号		轴承代号		座代号		轴承尺寸/mm						配用件		基本额定载荷/kN		极限转速/(r/min)		座尺寸/mm					
新代号	旧代号	新代号	旧代号	新代号	旧代号	d	D	B	S	C		d <sub>s</sub>	G	偏心套	C <sub>r</sub>	C <sub>0r</sub>	脂润滑	A <sub>max</sub>	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	J	L <sub>max</sub>	N <sub>min</sub>
										min	max												
UCFU 206	F90506	UC 206	90506	FU 206	F506	30	62	38.1	15.9	16	19	M6 × 0.75	5	—	15.0	11.2	2 800	38	16	20	82.5	110	11.5
UCFU 306	F90606	UC 306	90606	FU 306	F606	40	72	43	17	19	26	M6 × 0.75	6	—	20.8	15.2	2 600	32	15	18	95	125	16
UELFU 206	F390506	UEL 206	390506	FU 206	F506	30	62	48.4	18.3	16	17	—	—	F206	15.0	11.2	2 800	38	16	20	82.5	110	11.5
UELFU 306	F390606	UEL 306	390606	FU 306	F606	40	72	50	17.5	19	26	—	—	F206	20.8	15.2	2 600	32	15	18	95	125	16
UCFU 207	F90507	UC 207	90507	FU 207	F507	35	72	42.9	17.5	17	20	M8 × 1	8	—	19.8	15.2	2 400	38	17	21	92	119	13
UCFU 307	F90607	UC 307	90607	FU 307	F607	45	80	48	19	21	28	M8 × 1	7	—	25.8	19.2	2 200	36	16	20	100	135	19
UELFU 207	F390507	UEL 207	390507	FU 207	F507	35	72	51.1	18.8	17	20	—	—	F207	19.7	15.2	2 400	38	17	21	92	119	13
UELFU 307	F390607	UEL 307	390607	FU 307	F607	45	80	51.6	18.3	21	28	—	—	F307	25.7	19.2	2 200	36	16	20	100	135	19
UCFU 208	F90508	UC 208	90508	FU 208	F508	40	80	49.2	19.0	18	22	M8 × 1	8	—	22.8	18.2	2 200	43	17	24	101.5	132	13
UCFU 308	F90608	UC 308	90608	FU 308	F608	50	90	52	19	23	30	M10 × 1.25	10	—	31.2	24.0	2 000	40	17	23	112	150	19
UELFU 208	F390508	UEL 208	390508	FU 208	F508	40	80	56.3	21.4	18	22	—	—	F208	22.8	18.2	2 200	43	17	24	101.5	132	13
UELFU 308	F390608	UEL 308	390608	FU 308	F608	50	90	57.1	19.8	23	30	—	—	308	31.2	24.0	2 000	40	17	23	112	150	19
UCFU 209	F90509	UC 209	90509	FU 209	F509	45	85	49.2	19.0	19	22	M8 × 1	8	—	24.5	20.8	1 900	45	18	24	105	139	13
UCFU 309	F90609	UC 309	90609	FU 309	F609	55	100	57	22	25	33	M10 × 1.25	10	—	40.8	31.8	1 800	43	18	25	125	160	19
UELFU 209	F390509	UEL 209	390509	FU 209	F509	45	85	56.3	21.4	19	22	—	—	F209	24.5	20.8	1 900	45	18	24	105	139	13
UELFU 309	F390609	UEL 309	390609	FU 309	F609	55	100	58.7	19.8	25	33	—	—	F309	40.8	31.8	1 800	44	18	25	125	160	19
UCFU 210	F90510	UC 210	90510	FU 210	F510	50	90	51.6	19.0	20	24	M10 × 1	10	—	27.0	23.2	1 800	48	20	28	111	145	17
UCFU 310	F90610	UC 310	90610	FU 310	F610	60	110	61	22	27	35	M12 × 1.5	12	—	47.5	37.8	1 700	48	19	28	132	175	23
UELFU 210	F390510	UEL 210	390510	FU 210	F510	50	90	62.7	24.6	20	24	—	—	F210	27.0	23.2	1 800	48	20	28	111	145	17
UELFU 310	F390610	UEL 310	390610	FU 310	F610	60	110	66.6	24.6	27	35	—	—	F310	47.5	37.8	1 700	48	19	28	132	175	23

续表 24.4-17

带座轴承代号		轴承代号		座代号		轴承尺寸/mm						配件		基本额定载荷/kN		极限转速/(r/min)		座尺寸/mm					
新代号	旧代号	新代号	旧代号	新代号	旧代号	d	D	B	S	C		d <sub>s</sub>	G	偏心套	C <sub>r</sub>	C <sub>or</sub>	脂润滑	A <sub>max</sub>	A <sub>1</sub> max	A <sub>2</sub>	J	L <sub>max</sub>	N <sub>min</sub>
										min	max												
UCFU 211	F90511	UC 211	90511	FU 211	F511	55	100	55.6	22.2	21	25	M10×1	10	—	33.5	29.2	1 600	51	21	31	130	164	17
UCFU 311	F90611	UC 311	90611	FU 311	F611	120	120	66	25	29	37	M12×1.5	12	—	55.2	44.8	1 400	52	20	30	140	185	23
UELFU 211	F390511	UEL 211	390511	FU 211	F511	100	100	71.4	27.8	21	25	—	—	E211	33.5	29.2	1 600	51	21	31	130	164	17
UELFU 311	F390611	UEL 311	390611	FU 311	F611	120	120	73	27.8	29	37	—	—	E311	55.2	44.8	1 400	52	20	30	140	185	23
UCFU 212	F90512	UC 212	90512	FU 212	F512	60	110	65.1	25.4	22	27	M10×1	10	—	36.8	32.8	1 500	60	21	34	143	177	17
UCFU 312	F90612	UC 312	90612	FU 312	F612	130	130	71	26	31	39	M12×1.5	12	—	62.8	51.8	1 300	56	22	33	150	195	23
UELFU 212	F390512	UEL 212	390512	FU 212	F512	110	110	77.8	31.0	22	27	—	—	E212	36.8	32.8	1 500	60	21	34	143	177	17
UELFU 312	F390612	UEL 312	390612	FU 312	F612	130	130	79.4	30.95	31	39	—	—	E312	62.8	51.8	1 300	56	22	33	150	195	23
UCFU 213	F90513	UC 213	90513	FU 213	F513	65	120	65.1	25.4	23	32	M10×1	10	—	44.0	40.0	1 400	52	21	35	150	188	17
UCFU 313	F90613	UC 313	90613	FU 313	F613	140	140	75	30	33	41	M12×1.5	12	—	72.2	60.5	1 200	58	22	33	166	108	23
UELFU 213	F390513	UEL 213	390513	FU 213	F513	120	120	85.7	34.1	23	32	—	—	E213	44.0	40.0	1 400	52	21	35	150	188	17
UELFU 313	F390613	UEL 313	390613	FU 313	F613	140	140	85.7	32.55	33	41	—	—	E313	72.2	60.5	1 200	58	22	33	166	208	23
UCFU 214	F90514	UC 214	90514	FU 214	F514	70	125	74.6	30.2	24	33	M12×1.25	12	—	46.8	45.0	1 300	54	24	35	152	193	17
UCFU 314	F90614	UC 314	90614	FU 314	F614	150	150	78	33	35	43	M12×1.25	12	—	80.2	68.0	1 100	61	25	36	178	226	25
UELFU 214	F390514	UEL 214	390514	FU 214	F514	125	125	85.7	34.1	24	33	—	—	E214	46.8	45.0	1 300	54	24	35	152	193	17
UELFU 314	F390614	UEL 314	390614	FU 314	F614	150	150	92.1	34.15	35	43	—	—	E314	80.2	68.0	1 100	61	25	36	178	226	25
UCFU 215	F90515	UC 215	90515	FU 215	F515	75	130	77.8	33.3	25	34	M12×1.25	12	—	50.8	49.5	1 200	58	22	38	152	198	17
UCFU 315	F90615	UC 315	90615	FU 315	F615	160	160	82	32	37	46	M14×1.5	14	—	87.2	76.8	1 000	66	25	39	184	236	25
UELFU 215	F390515	UEL 215	390515	FU 215	F515	130	130	92.1	37.3	25	34	—	—	E215	50.8	49.5	1 200	58	22	38	152	198	17
UELFU 315	F390615	UEL 315	390615	FU 315	F615	160	160	100	37.3	37	46	—	—	E315	87.2	76.8	1 000	66	25	39	184	236	25

续表 24.4-17

带座轴承代号		轴承代号		座代号		轴承尺寸/mm						配用件		基本额定载荷/kN		极限转速/(r/min)		座尺寸/mm					
新代号	旧代号	新代号	旧代号	新代号	旧代号	d	D	B	S	C		d <sub>i</sub>	G	偏心套	C <sub>r</sub>	C <sub>0r</sub>	脂润滑	A <sub>max</sub>	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	J	L <sub>max</sub>	N <sub>min</sub>
										min	max												
UCFU 216	F90516	UC 216	90516	FU 216	F516	80	140	82.6	33.3	26	35	M12×1.25	12	—	55.0	54.2	1 100	65	22	34	166	213	21
UCFU 316	F90616	UC 316	90616	FU 316	F616	170	170	86	34	39	48	M14×1.5	14	—	94.5	86.5	1 000	68	27	41	196	256	31
UEL FU 316	F390616	UEL 316	390616	FU 316	F616	170	170	106.4	40.5	39	48	—	—	E316	94.5	86.5	1 000	68	27	41	196	256	31
UCFU 217	F90517	UC 217	90517	FU 217	F517	85	150	85.7	34.1	28	36	M12×1.25	12	—	64.0	63.8	1 000	75	27	36	172	220	21
UCFU 317	F90617	UC 317	90617	FU 317	F617	180	180	96	40	41	50	M16×1.5	16	—	102	96.5	950	74	27	44	204	260	31
UEL FU 317	F390617	UEL 317	390617	FU 317	F617	180	180	109.5	42.05	41	50	—	—	E317	102	96.5	950	74	27	44	204	260	31
UCFU 318	F90618	UC 318	90618	FU 318	F618	90	190	96	40	43	52	M16×1.5	16	—	110	108	900	76	30	44	216	280	35
UEL FU 318	F390618	UEL 318	390618	FU 318	F618	90	190	115.9	43.65	43	52	—	—	E318	110	108	900	76	30	44	216	280	35
UCFU 319	F90619	UC 319	90619	FU 319	F619	95	200	103	41	45	54	M16×1.5	16	—	120	112	850	94	30	59	228	290	35
UEL FU 319	F390619	UEL 319	390619	FU 319	F619	95	200	122.3	38.9	45	54	—	—	E319	120	112	850	94	30	59	228	290	35
UCFU 320	F90620	UC 320	90620	FU 320	F620	100	215	108	42	47	58	M18×1.5	18	—	132	140	800	94	32	59	242	310	38
UEL FU 320	F390620	UEL 320	390620	FU 320	F620	100	215	128.6	50	47	58	—	—	E320	132	140	800	94	32	59	242	310	38
UCFU 321	F90621	UC 321	90621	FU 321	F621	105	225	112	44	49	60	M18×1.5	18	—	142	152	750	94	32	59	242	310	38
UCFU 322	F90622	UC 322	90622	FU 322	F622	110	240	117	46	50	62	M18×1.5	18	—	158	178	700	96	35	60	266	340	41
UCFU 324	F90624	UC 324	90624	FU 324	F624	120	260	126	51	55	66	M18×1.5	18	—	175	208	630	110	40	65	290	370	41
UCFU 326	F90626	UC 326	90626	FU 326	F626	130	280	135	54	58	72	M20×1.5	20	—	195	242	560	115	45	65	320	410	41
UCFU 328	F90628	UC 328	90628	FU 328	F628	140	300	145	59	62	76	M20×1.5	20	—	212	272	500	125	55	75	350	450	41

注：主要生产厂：新疆轴承厂、东莞轴承厂、东方轴承厂。

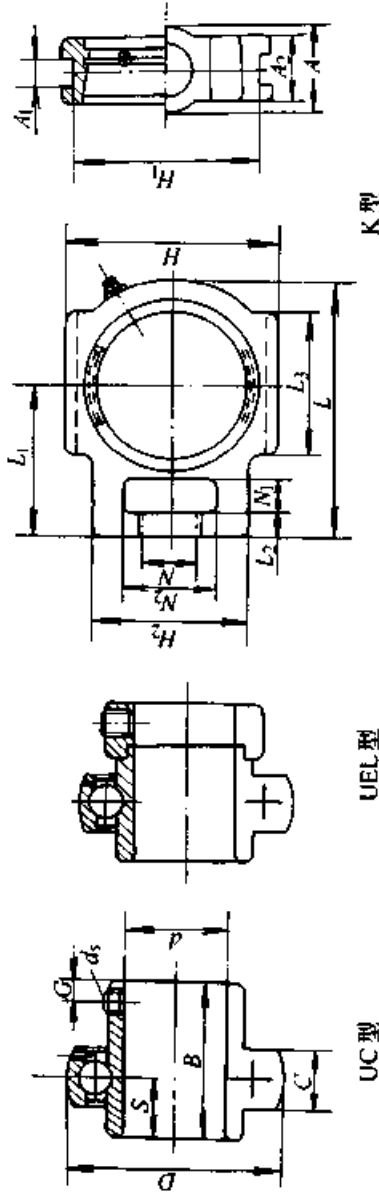


续表 24.4-18

带座轴承代号		轴承代号		座代号		轴承尺寸/mm						配用件		基本额定载荷/kN		极限转速/(r/min)		座尺寸/mm								
新代号	旧代号	新代号	旧代号	新代号	旧代号	d	D	B	S	C		d <sub>s</sub>	G	偏心套	C <sub>e</sub>	C <sub>or</sub>	脂润滑	A <sub>max</sub>	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub> <sub>max</sub>	H <sub>1</sub>	J	N <sub>min</sub>	P
										min	max															
UCFC 207	TY90507	UC 207	90507	FC 207	TY507	35	72	42.9	17.5	17	20	M8×1	7	—	19.8	15.2	2 400	34	26	11	90	135	9	77.8	14	110
UELFC 207	TY390507	UEL 207	390507	FC 207	TY507	72	72	51.1	18.8	17	20	—	—	E207	19.8	15.2	2 400	34	26	11	90	135	9	77.8	14	110
UCFC 208	TY90508	UC 208	90508	FC 208	TY508	40	80	49.2	19.0	18	22	M8×1	8	—	22.8	18.2	2 200	36	26	11	100	145	9	84.8	14	120
UELFC 208	TY390508	UEL 208	390508	FC 208	TY508	80	80	56.3	21.4	18	22	—	—	E208	22.8	18.2	2 200	36	26	11	100	145	9	84.8	14	120
UCFC 209	TY90509	UC 209	90509	FC 209	TY509	45	85	49.2	19.0	19	22	M8×1	8	—	24.5	20.8	1 900	38	26	10	105	160	14	93.3	16	132
UELFC 209	TY390509	UEL 209	390509	FC 209	TY509	85	85	56.3	21.4	19	22	—	—	E209	24.5	20.8	1 900	38	26	10	105	160	14	93.3	16	132
UCFC 210	TY90510	UC 210	90510	FC 210	TY510	50	90	51.6	19.0	20	24	M10×1	10	—	27.0	23.2	1 800	40	28	10	110	165	14	97.6	16	138
UELFC 210	TY390510	UEL 210	390510	FC 210	TY510	90	90	62.7	24.6	20	24	—	—	E210	27.0	23.2	1 800	40	28	10	110	165	14	97.6	16	138
UCFC 211	TY90511	UC 211	90511	FC 211	TY511	55	100	55.6	22.2	21	25	M10×1	10	—	33.5	29.2	1 600	43	31	13	125	185	15	106.1	19	150
UELFC 211	TY390511	UEL 211	390511	FC 211	TY511	100	100	71.4	27.8	21	25	—	—	E211	33.5	29.2	1 600	43	31	13	125	185	15	106.1	19	150
UCFC 212	TY90512	UC 212	90512	FC 212	TY512	60	110	65.1	25.4	22	27	M10×1	10	—	36.8	32.8	1 500	48	36	17	135	195	15	113.1	19	160
UELFC 212	TY390512	UEL 212	390512	FC 212	TY512	110	110	77.8	31.0	22	27	—	—	E212	36.8	32.8	1 500	48	36	17	135	195	15	113.1	19	160
UCFC 213	TY90513	UC 213	90513	FC 213	TY513	65	120	65.1	25.4	23	32	M10×1	10	—	44.0	40.0	1 400	50	36	16	140	205	15	120.2	19	170
UELFC 213	TY390513	UEL 213	390513	FC 213	TY513	120	120	85.7	34.1	23	32	—	—	E213	44.0	40.0	1 400	50	36	16	140	205	15	120.2	19	170
UCFC 214	TY90514	UC 214	90514	FC 214	TY514	70	125	74.6	30.2	24	33	M12×1.25	12	—	46.8	45.0	1 300	54	40	17	150	215	18	125.1	19	177
UELFC 214	TY390514	UEL 214	390514	FC 214	TY514	125	125	85.7	34.1	24	33	—	—	E214	46.8	45.0	1 300	54	40	17	150	215	18	125.1	19	177
UCFC 215	TY90515	UC 215	90515	FC 215	TY515	75	130	77.8	33.3	25	34	M12×1.25	12	—	50.8	49.5	1 200	56	40	18	165	230	18	130.1	19	184
UELFC 215	TY390515	UEL 215	390515	FC 215	TY515	130	130	92.1	37.3	25	34	—	—	E215	50.8	49.5	1 200	56	40	18	165	230	18	130.1	19	184
UCFC 216	TY90516	UC 216	90516	FC 216	TY516	80	140	82.6	33.3	26	35	M12×1.25	12	—	55.0	54.2	1 100	58	42	18	170	240	18	141.4	23	200
UCFC 217	TY90517	UC 217	90517	FC 217	TY517	85	150	85.7	34.1	28	36	M12×1.25	12	—	64.0	63.8	1 000	63	45	18	180	250	20	147.1	23	208
UCFC 218	TY90518	UC 218	90518	FC 218	TY518	90	160	96.0	39.7	30	38	M12×1.25	12	—	73.8	71.5	950	68	50	22	190	265	20	155.5	23	220

注：主要生产厂：新疆轴承厂、东莞轴承厂。

表 24.4-19 带滑块座外球面球轴承 (带顶丝 UCK 型、带偏心套 UELK 型)



UC 型

UEL 型

K 型

带座轴承代号	轴承代号		座代号	轴承尺寸/mm				基本额定载荷/kN	极限转速/(r/min)	座尺寸/mm																						
	新代号	旧代号		新代号	旧代号	d	D			B	S	C	d <sub>s</sub>	G	偏心套	C <sub>r</sub>	C <sub>or</sub>	脂润滑	A	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	H	H <sub>1</sub>	H <sub>2</sub>	L	L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>	L <sub>3</sub>	N	N <sub>1</sub>	N <sub>2</sub>	
UCK 204	K90504	UC 204	90504	K 204	K504	20	47	31.0	2.7	14	17	M6 × 0.75	5	—	—	9.886	6.5	4	000	51	13.5	36	94	76	64	104	69	9	59	18	15	30
UELK 204	K390504	UEL 204	390504	K 204	K504	47	43.7	17.1	14	17	—	—	—	E204	9.886	6.5	4	000	51	13.5	36	94	76	64	104	69	9	59	18	15	30	
UCK 205	K90505	UC 205	90505	K 205	K505	25	52	34.1	4.3	15	17	M6 × 0.75	5	—	—	10.87	8.8	3	400	51	13.5	38	94	76	64	104	69	9	59	18	15	30
UCK 305	K90605	UC 305	90605	K 305	K605	62	38	15.4	17	24	M6 × 0.75	6	—	—	17.2	11.5	2	800	36	12	26	89	80	62	122	76	12	65	26	16	36	
UELK 205	K390505	UEL 205	390505	K 205	K505	52	44.4	17.5	15	17	—	—	—	E205	10.87	8.8	3	400	51	13.5	38	94	76	64	104	69	9	59	18	15	30	
UELK 305	K390605	UEL 305	390605	K 305	K605	62	46.8	16.7	17	24	—	—	—	E305	17.2	11.5	2	800	36	12	26	89	80	62	122	76	12	65	26	16	36	
UCK 206	K90506	UC 206	90506	K 206	K506	30	62	38.1	5.9	16	19	M6 × 0.75	5	—	—	15.0	11.2	2	800	53	13.5	38	107	89	66	118	74	9	66	19	15	36
UCK 306	K90606	UC 306	90606	K 306	K606	72	43	17	19	26	M6 × 0.75	6	—	—	20.8	15.2	2	600	41	16	28	100	90	70	137	85	14	74	28	18	41	
UELK 206	K390506	UEL 206	390506	K 206	K506	62	48.4	18.3	16	19	—	—	—	E206	15.0	11.2	2	800	53	13.5	38	107	89	66	118	74	9	66	19	15	36	
UELK 306	K390606	UEL 306	390606	K 306	K606	72	50	17.5	19	26	—	—	—	E306	20.8	15.2	2	600	41	16	28	100	90	70	137	85	14	74	28	18	41	
UCK 207	K90507	UC 207	90507	K 207	K507	35	72	42.9	7.5	17	20	M8 × 1	7	—	—	19.8	15.2	2	400	53	13.5	38	107	89	66	131	78	10	72	19	15	36
UCK 307	K90607	UC 307	90607	K 307	K607	80	48	19	21	28	M8 × 1	8	—	—	25.8	19.2	2	200	45	16	32	111	100	75	150	94	15	80	30	20	45	
UELK 207	K390507	UEL 207	390507	K 207	K507	72	51.1	18.8	17	20	—	—	—	E207	19.8	15.2	2	400	53	13.5	38	107	89	66	131	78	10	72	19	15	36	

续表 24.4-19

带座轴承代号		轴承代号		座代号		轴承尺寸/mm					座尺寸/mm										基本额定载荷/kN		极限转速/(r/min)						
新代号	旧代号	新代号	旧代号	新代号	旧代号	D	B	S	C	d <sub>s</sub>	G	A	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	H	H <sub>1</sub>	H <sub>2</sub>	L	L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>	L <sub>3</sub>	N	N <sub>1</sub>	N <sub>2</sub>	A	C <sub>r</sub>	C <sub>or</sub>	脂润滑	
						J			min			max	max	max	max	max	max	max	max	min	min	min	min	min	min	max	min	min	min
UELK 307	K390607	UEL 307	K 307	390607	K 307	80	51.6	18.3	21.28	—	—	45	16	32	111	100	75	150	94	15	80	30	20	45	45	25.8	19.2	2 200	
UCK 208	K90508	UC 208	K 208	90508	K 208	80	49.2	19.0	18.22	M8 × 1	8	67	17.5	44	124	101	85	146	91	14	84	27	18	47	67	22.8	18.2	2 200	
UCK 308	K90608	UC 308	K 308	90608	K 308	90	52	19.0	23.30	M10 × 1.25	10	50	18	34	124	112	83	162	100	17	89	32	22	50	50	31.2	24.0	2 000	
UELK 208	K390508	UEL 208	K 208	390508	K 208	80	56.3	21.4	18.22	—	—	67	17.5	44	124	101	85	146	91	14	84	27	18	47	67	22.8	18.2	2 200	
UELK 308	K390608	UEL 308	K 308	390608	K 308	90	57.1	19.8	23.30	—	—	50	18	34	124	112	83	162	100	17	89	32	22	50	50	31.2	24.0	2 000	
UCK 209	K90509	UC 209	K 209	90509	K 209	85	85.4	21.9	0.19	M8 × 1	8	67	17.5	44	124	101	85	149	91	14	84	27	18	47	67	24.5	20.8	1 900	
UCK 309	K90609	UC 309	K 309	90609	K 309	100	57	22	25.33	M10 × 1.25	10	55	18	38	138	125	90	178	110	18	97	34	24	55	55	40.8	31.8	1 800	
UELK 209	K390509	UEL 209	K 209	390509	K 209	85	56.3	21.4	19.22	—	—	67	17.5	44	124	101	85	149	91	14	84	27	18	47	67	24.5	20.8	1 900	
UELK 309	K390609	UEL 309	K 309	390609	K 309	100	58.7	19.8	25.33	—	—	55	18	38	138	125	90	178	110	18	97	34	24	55	55	40.8	31.8	1 800	
UCK 210	K90510	UC 210	K 210	90510	K 210	90	51.6	19.0	20.24	M10 × 1	10	67	17.5	50	124	101	85	153	92	14	88	27	18	47	67	27.0	23.2	1 800	
UCK 310	K90610	UC 310	K 310	90610	K 310	110	61	22	27.35	M12 × 1.5	12	61	20	40	151	140	98	191	117	20	106	37	27	61	61	47.5	37.8	1 700	
UELK 210	K390510	UEL 210	K 210	390510	K 210	90	62.7	24.6	20.24	—	—	67	17.5	50	124	101	85	153	92	14	88	27	18	47	67	27.0	23.2	1 800	
UELK 310	K390610	UEL 310	K 310	390610	K 310	110	66.6	24.6	27.35	—	—	61	20	40	151	140	98	191	117	20	106	37	27	61	61	47.5	37.8	1 700	
UCK 211	K90511	UC 211	K 211	90511	K 211	95	100.5	22.2	21.25	M10 × 1	10	72	27	56	152	130	104	191	120	17	104	34	24	62	72	33.5	29.2	1 600	
UCK 311	K90611	UC 311	K 311	90611	K 311	120	66	25	29.37	M12 × 1.5	12	66	22	44	163	150	105	207	127	21	115	39	29	66	66	55.2	44.8	1 400	
UELK 211	K390511	UEL 211	K 211	390511	K 211	100	71.4	27.8	21.25	—	—	72	27	56	152	130	104	191	120	17	104	34	24	62	72	33.5	29.2	1 600	
UELK 311	K390611	UEL 311	K 311	390611	K 311	120	73	27.8	29.37	—	—	66	22	44	163	150	105	207	127	21	115	39	29	66	66	55.2	44.8	1 400	
UCK 212	K90512	UC 212	K 212	90512	K 212	95	106.5	22.5	22.27	M10 × 1	10	72	27	56	152	130	104	196	120	17	104	34	29	62	72	36.8	32.8	1 500	
UCK 312	K90612	UC 312	K 312	90612	K 312	130	71	26	31.39	M12 × 1.5	12	71	22	46	178	160	113	220	135	23	123	41	31	71	71	62.0	51.8	1 300	
UELK 212	K390512	UEL 212	K 212	390512	K 212	110	77.8	31.0	22.27	—	—	72	27	56	152	130	104	196	120	17	104	34	29	62	72	36.8	32.8	1 500	
UELK 312	K390612	UEL 312	K 312	390612	K 312	130	79.4	30.9	31.39	—	—	71	22	46	178	160	113	220	135	23	123	41	31	71	71	62.0	51.8	1 300	

续表 24.4-19

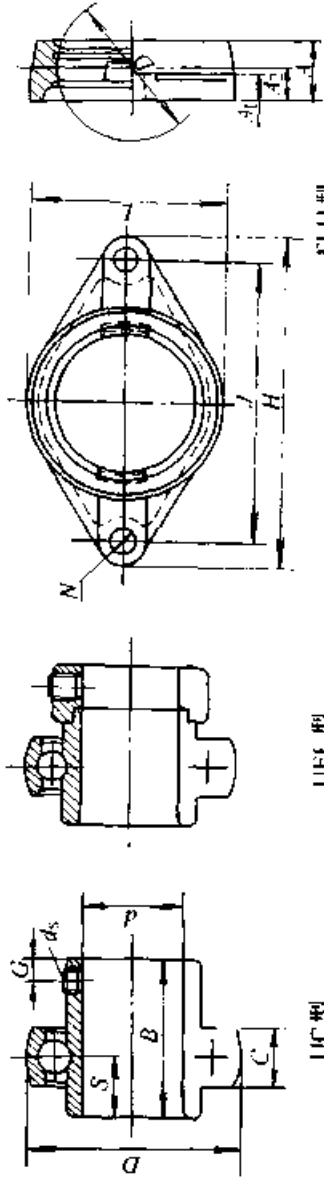
带座轴承代号	轴承代号	座代号	轴 承 尺 寸/mm					座 尺 寸 /mm										基本额定 载荷/C <sub>r</sub> /kN	极限转 速/n <sub>r</sub> (r/min)											
			新代号	旧代号	D	B	S	C		d <sub>s</sub>	G	偏 心 套	C <sub>r</sub>	C <sub>or</sub>	脂 滑 油	A	A <sub>1</sub>			A <sub>2</sub>	H	H <sub>1</sub>	H <sub>2</sub>	L	L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>	L <sub>3</sub>	N	N <sub>1</sub>	N <sub>2</sub>
								min	max																					
UCK 313	K90613	UC 313	90613	K 313	K613	65140	75	30	33 41	M12 × 1.5	12	—	72.260.5	1 200	80	26	50	190	170	116	238	146	25	134	43	32	70			
UELK 313	K390613	UEL 313	390613	K 313	K613	14085.732.55	—	—	33 41	—	—	E313	72.260.5	1 200	80	26	50	190	170	116	238	149	25	134	43	32	70			
UCK 314	K90614	UC 314	90614	K 314	K614	70150	78	33	35 43	M12 × 1.5	12	—	80.268.0	1 100	90	26	52	202	180	130	252	155	25	140	46	36	85			
UELK 314	K390614	UEL 314	390614	K 314	K614	15092.134.15	—	—	35 43	—	—	E314	80.268.0	1 100	90	26	52	202	180	130	252	155	25	140	46	36	85			
UCK 315	K90615	UC 315	90615	K 315	K615	75160	82	32	37 46	M14 × 1.5	14	—	87.276.8	1 000	90	26	55	216	192	132	262	160	25	150	46	36	85			
UELK 315	K390615	UEL 315	390615	K 315	K615	160100	37.3	37 46	—	—	—	E315	87.276.8	1 000	90	26	55	216	192	132	262	160	25	150	46	36	85			
UCK 316	K90616	UC 316	90616	K 316	K616	80170	86	34	39 48	M14 × 1.5	14	—	94.586.5	1 000	102	30	60	230	204	150	282	174	28	160	53	42	98			
UELK 316	K390616	UEL 316	390616	K 316	K616	170106.440.5	39 48	—	41 50	—	—	E316	94.586.5	1 000	102	30	60	230	204	150	282	174	28	160	53	42	98			
UCK 317	K90617	UC 317	90617	K 317	K617	85180	96	40	41 50	M16 × 1.5	16	—	102.96.5	950	102	32	64	240	214	152	298	183	30	170	53	42	98			
UELK 317	K390617	UEL 317	390617	K 317	K617	180109.542.05	41 50	—	41 50	—	—	E317	102.96.5	950	102	32	64	240	214	152	298	183	30	170	53	42	98			
UCK 318	K90618	UC 318	90618	K 318	K618	90190	96	40	43 52	M16 × 1.5	16	—	110.108	900	110	32	66	255	228	160	312	192	30	175	57	46	106			
UELK 318	K390618	UEL 318	390618	K 318	K618	190115.943.65	43 52	—	43 52	—	—	E318	110.108	900	110	32	66	255	228	160	312	192	30	175	57	46	106			
UCK 319	K90619	UC 319	90619	K 319	K619	95200	103	41	45 54	M16 × 1.5	16	—	120.122	850	110	35	72	270	240	165	322	197	31	180	57	46	106			
UELK 319	K390619	UEL 319	390619	K 319	K619	200122.388.9	45 54	—	45 54	—	—	E319	120.122	850	110	35	72	270	240	165	322	197	31	180	57	46	106			
UCK 320	K90620	UC 320	90620	K 320	K620	100215	108	42	47 58	M18 × 1.5	18	—	132.140	800	120	35	75	290	260	175	345	210	32	200	59	48	115			
UELK 320	K390620	UEL 320	390620	K 320	K620	215128.6	50	47 58	47 58	—	—	E320	132.140	800	120	35	75	290	260	175	345	210	32	200	59	48	115			
UCK 321	K90621	UC 321	90621	K 321	K621	105225	112	44	49 60	M18 × 1.5	18	—	142.152	750	120	35	75	290	260	175	345	210	32	200	59	48	115			
UCK 322	K90622	UC 322	90622	K 322	K622	110240	117	46	50 62	M18 × 1.5	18	—	158.178	700	130	38	80	320	285	185	385	235	38	215	65	52	125			
UCK 324	K90624	UC 324	90624	K 324	K624	120260	126	51	55 66	M18 × 1.5	18	—	175.208	630	140	45	90	355	320	210	432	267	42	230	70	60	140			
UCK 326	K90626	UC 326	90626	K 326	K626	130280	135	54	58 72	M20 × 1.5	20	—	195.242	560	150	50	100	385	350	220	465	285	45	240	75	65	150			
UCK 328	K90628	UC 328	90628	K 328	K628	140300	145	59	62 76	M20 × 1.5	20	—	212.272	500	155	50	100	415	380	230	515	315	50	255	80	70	160			

注：主要生产厂：开封轴承厂、东莞轴承厂、上海群益五金厂。



表 24.4.20 带菱形座外球面球轴承 (带顶丝 UCFLU 型, 带偏心套 UELFLU 型)

带座轴承代号		轴承代号		座代号		轴承尺寸/mm				配件		基本额定载荷/kN		极限转速/(r/min)		座尺寸/mm								
新代号	旧代号	新代号	旧代号	新代号	旧代号	d	D	B	S	C		d <sub>1</sub>	G	偏心套	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	脂润滑	A	A <sub>1</sub> max	A <sub>2</sub>	H max	J	L max	N min
										min	max													
UCFLU 201	L90501	UC 201	90501	FLU 203	L503	12	40	27.4	11.5	12	15	M5×0.5	4	—	7.35	4.78	4 500	32	13	17	99	76.5	61	10.5
UELFLU 201	L390501	UEL 201	390501	FLU 203	L503	40	37.3	13.9	12	15	—	—	—	E201	7.35	4.78	4 500	32	13	17	99	76.5	61	10.5
UCFLU 202	L90502	UC 202	90502	FLU 203	L503	15	40	27.4	11.5	12	15	M5×0.5	4	—	7.35	4.78	4 500	32	13	17	99	76.5	61	10.5
UELFLU 202	L390502	UEL 202	390502	FLU 203	L503	40	37.3	13.9	12	15	—	—	—	E202	7.35	4.78	4 500	32	13	17	99	76.5	61	10.5
UCFLU 203	L90503	UC 203	90503	FLU 203	L503	17	40	27.4	11.5	12	15	M5×0.5	4	—	7.35	4.78	4 500	32	13	17	99	76.5	61	10.5
UELFLU 203	L390503	UEL 203	390503	FLU 203	L503	40	37.3	13.9	12	15	—	—	—	E203	7.35	4.78	4 500	32	13	17	99	76.5	61	10.5
UCFLU 204	L90504	UC 204	90504	FLU 204	L504	20	47	31.0	12.7	14	17	M6×0.75	5	—	9.88	6.65	4 000	34	15	19	113	90	62	10.5
UELFLU 204	L390504	UEL 204	390504	FLU 204	L504	47	43.7	17.1	14	17	—	—	—	E204	9.88	6.65	4 000	34	15	19	113	90	62	10.5
UCFLU 205	L90505	UC 205	90505	FLU 205	L505	25	52	34.1	14.3	15	17	M6×0.75	5	—	10.8	7.88	3 400	35	15	19	125	90	70	11.5
UCFLC 305	L90605	UC 305	90605	FLU 305	L605	62	38	15	17	24	24	M6×0.75	6	—	17.2	11.5	2 800	29	13	17	150	113	80	19
UELFLU 205	L390505	UEL 205	390505	FLU 205	L505	52	44.4	17.5	15	17	—	—	—	E205	10.8	7.88	3 400	35	15	19	125	90	70	11.5
UELFLU 305	L390605	UEL 305	390605	FLU 305	L605	62	46.8	16.7	17	24	24	—	—	E305	17.2	11.5	2 800	29	13	17	150	113	80	19
UCFLU 206	L90506	UC 206	90506	FLU 206	L506	30	62	38.1	15.9	16	19	M6×0.75	5	—	15.0	11.2	2 800	38	16	20	142	116.5	83	11.5
UCFLU 306	L90606	UC 306	90606	FLU 306	L606	72	43	17	19	26	26	M6×0.75	6	—	20.8	15.2	2 600	32	15	18	180	134	90	23
UELFLU 206	L390506	UEL 206	390506	FLU 206	L506	62	48.4	18.3	16	19	—	—	—	E206	15.0	11.2	2 800	38	16	20	142	116.5	83	11.5
UELFLU 306	L390606	UEL 306	390606	FLU 306	L606	72	50	17.5	19	26	26	—	—	E306	20.8	15.2	2 600	32	15	18	180	134	90	23



续表 24.4-20

带座轴承代号		轴承代号		座代号		轴承尺寸/mm						基本额定载荷/kN		极限转速/(r/min)		座尺寸/mm								
新代号	旧代号	新代号	旧代号	新代号	旧代号	d	D	B	C		d <sub>c</sub>	G	偏心套	C <sub>r</sub>	C <sub>0r</sub>	脂润滑	A <sub>max</sub>	A <sub>1</sub> max	A <sub>2</sub> max	H max	J	L max	N min	
									min	max														
UCFLU 207	L90507	UC 207	90507	FLU 207	L507	35	72	42.9	17.5	17	20	M8×1	7	—	19.8	15.2	2 400	38	17	21	156	130	96	13
UCFLU 307	L90607	UC 307	90607	FLU 307	L607	80	48	19	21	28	28	M8×1	8	—	25.8	19.2	2 200	36	16	20	185	140	100	23
UELFLU 207	L390507	UEL 207	390507	FLU 207	L507	72	51.1	18.8	17	20	—	—	—	E207	19.8	15.2	2 400	38	17	21	156	130	96	13
UELFLU 307	L390607	UEL 307	390607	FLU 307	L607	80	51.6	18.3	21	28	—	—	—	E307	25.8	19.2	2 200	36	16	20	185	141	100	23
UCFLU 208	L90508	UC 208	90508	FLU 208	L508	40	80	49.2	19.0	18	22	M8×1	8	—	22.8	18.2	2 200	43	17	24	172	143.5	105	13
UCFLU 308	L90608	UC 308	90608	FLU 308	L608	90	52	19.0	23	30	30	M10×1.25	10	—	31.2	24.0	2 000	40	17	23	200	158	112	23
UELFLU 208	L390508	UEL 208	390508	FLU 208	L508	80	56.3	21.4	18	22	—	—	—	E208	22.8	18.2	2 200	43	17	24	172	143.5	105	13
UELFLU 308	L390608	UEL 308	390608	FLU 308	L608	90	57.1	19.8	23	30	—	—	—	E308	31.2	24.0	2 000	40	17	23	200	158	112	23
UCFLU 209	L90509	UC 209	90509	FLU 209	L509	45	85	49.2	19.0	19	22	M8×1	8	—	24.5	20.8	1 900	45	18	24	180	148.5	112	13
UCFLU 309	L90609	UC 309	90609	FLU 309	L609	100	57	22	25	33	33	M10×1.25	10	—	40.8	31.8	1 800	44	18	25	230	177	125	25
UELFLU 209	L390509	UEL 209	390509	FLU 209	L509	85	56.3	21.4	19	22	—	—	—	E209	24.5	20.8	1 900	45	18	24	180	148.5	112	13
UELFLU 309	L390609	UEL 309	390609	FLU 309	L609	100	58.7	19.8	25	33	—	—	—	E309	40.8	31.8	1 800	44	18	25	230	177	125	25
UCFLU 210	L90510	UC 210	90510	FLU 210	L510	50	90	51.6	19.0	20	24	M10×1	10	—	27.0	23.2	1 800	48	20	28	190	157	117	17
UCFLU 310	L90610	UC 310	90610	FLU 310	L610	110	61	22	27	35	35	M12×1.5	12	—	47.5	37.8	1 700	48	19	28	240	187	140	25
UELFLU 210	L390510	UEL 210	390510	FLU 210	L510	90	62.7	24.6	20	24	—	—	—	E210	27.0	23.2	1 800	48	20	28	190	157	117	17
UELFLU 310	L390610	UEL 310	390610	FLU 310	L610	110	66.6	24.6	27	35	—	—	—	E310	47.5	37.8	1 700	48	19	28	240	187	140	25
UCFLU 211	L90511	UC 211	90511	FLU 211	L511	55	100	55.6	22.2	21	25	M10×1	10	—	33.5	29.2	1 600	51	21	31	217	184	134	17
UCFLU 311	L90611	UC 311	90611	FLU 311	L611	120	66	25	29	37	37	M12×1.5	12	—	55.2	44.8	1 400	52	20	30	250	198	150	25
UELFLU 211	L390511	UEL 211	390511	FLU 211	L511	100	71.4	27.8	21	25	—	—	—	E211	33.5	29.2	1 600	51	21	31	217	184	134	17
UELFLU 311	L390611	UEL 311	390611	FLU 311	L611	120	73	27.8	29	37	—	—	—	E311	55.2	44.8	1 400	52	20	30	250	198	150	25
UCFLU 212	L90512	UC 212	90512	FLU 212	L512	60	110	65.1	25.4	22	27	M10×1	10	—	36.8	32.8	1 500	60	21	34	235	202	142	17
UCFLU 312	L90612	UC 312	90612	FLU 312	L612	130	71	26	31	39	39	M12×1.5	12	—	62.8	51.8	1 300	56	22	33	270	212	160	31
UELFLU 212	L390512	UEL 212	390512	FLU 212	L512	110	77.8	31.0	22	27	—	—	—	E212	36.8	32.8	1 500	60	21	34	235	202	142	17
UELFLU 312	L390612	UEL 312	390612	FLU 312	L612	130	79.4	30.95	31	39	—	—	—	E312	62.8	51.8	1 300	56	22	33	270	212	160	31

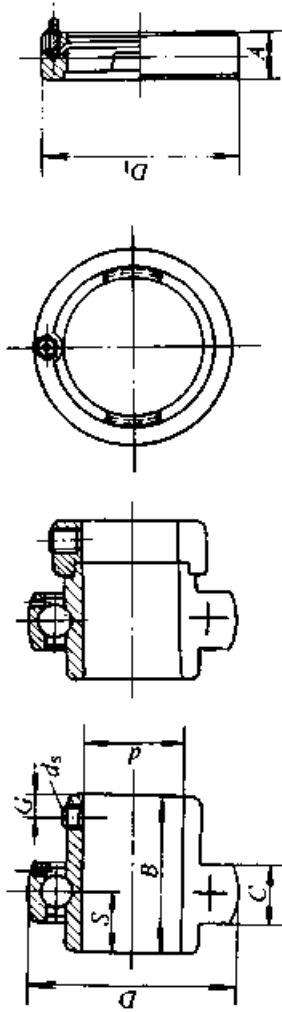
续表 24.4-20

带座轴承代号		轴承代号		座代号		轴承尺寸/mm						配件		基本额定载荷/kN		极限转速/(r/min)		座尺寸/mm						
新代号	旧代号	新代号	旧代号	新代号	旧代号	D	B	S	C		d <sub>s</sub>	G	偏心套	C <sub>r</sub>	C <sub>a</sub>	脂润滑	A <sub>1</sub> max	A <sub>2</sub>	H max	J	L max	N min		
									min	max														
UCFLU 313	L90613	UC 313	90613	FLU 313	L613	65	140	75	30	33	41	M12×1.5	12	—	72.2	60.5	1 200	58	33	295	240	175	31	
UELFLU 313	L390613	UEL 313	390613	FLU 313	L613	140	85.7	32.55	33	41	—	—	E313	—	72.2	60.5	1 200	58	33	295	240	175	31	
UCFLU 314	L90614	UC 314	90614	FLU 314	L614	70	150	78	33	35	43	M12×1.5	12	—	80.2	68.0	1 100	61	28	315	250	185	35	
UELFLU 314	L390614	UEL 314	390614	FLU 314	L614	150	92.1	34.15	35	43	—	—	E314	—	80.2	68.0	1 100	61	28	315	250	185	35	
UCFLU 315	L90615	UC 315	90615	FLU 315	L615	75	160	82	32	37	46	M14×1.5	14	—	87.2	76.8	1 000	66	30	320	260	195	35	
UELFLU 315	L390615	UEL 315	390615	FLU 315	L615	160	100	37.3	37	46	—	—	E315	—	87.2	76.8	1 000	66	30	320	260	195	35	
UCFLU 316	L90616	UC 316	90616	FLU 316	L616	80	170	86	34	39	48	M14×1.5	14	—	94.5	86.5	1 000	68	32	355	285	210	38	
UELFLU 316	L390616	UEL 316	390616	FLU 316	L616	170	106.4	40.5	39	48	—	—	E316	—	94.5	86.5	1 000	68	32	355	285	210	38	
UCFLU 317	L90617	UC 317	90617	FLU 317	L617	85	180	96	40	41	50	M16×1.5	16	—	102	96.5	950	74	32	44	370	300	220	38
UELFLU 317	L390617	UEL 317	390617	FLU 317	L617	180	109.5	42.05	41	50	—	—	E317	—	102	96.5	950	74	32	44	370	300	220	38
UCFLU 318	L90618	UC 318	90618	FLU 318	L618	90	190	96	40	43	52	M16×1.5	16	—	110	108	900	76	36	44	385	315	235	38
UELFLU 318	L390618	UEL 318	390618	FLU 318	L618	190	115.9	43.65	43	52	—	—	E318	—	110	108	900	76	36	44	385	315	235	38
UCFLU 319	L90619	UC 319	90619	FLU 319	L619	95	200	103	41	45	54	M16×1.5	16	—	120	122	850	94	40	59	405	330	250	41
UELFLU 319	L390619	UEL 319	390619	FLU 319	L619	200	122.3	45.9	45	54	—	—	E319	—	120	122	850	94	40	59	405	330	250	41
UCFLU 320	L90620	UC 320	90620	FLU 320	L620	100	215	108	42	47	58	M18×1.5	18	—	132	140	800	94	40	59	440	360	270	44
UELFLU 320	L390620	UEL 320	390620	FLU 320	L620	215	128.6	50	47	58	—	—	E320	—	132	140	800	94	40	59	440	360	270	44
UCFLU 321	L90621	UC 321	90621	FLU 321	L621	105	225	112	44	49	60	M18×1.5	18	—	142	152	750	94	40	59	440	360	270	44
UCFLU 322	L90622	UC 322	90622	FLU 322	L622	110	240	117	46	50	62	M18×1.5	18	—	158	178	700	96	42	60	470	390	300	44
UCFLU 324	L90624	UC 324	90624	FLU 324	L624	120	260	126	51	55	66	M18×1.5	18	—	175	208	630	110	48	65	520	430	330	47
UCFLU 326	L90626	UC 326	90626	FLU 326	L626	130	280	135	54	58	72	M20×1.5	20	—	195	242	560	115	50	65	550	460	360	47
UCFLU 328	L90628	UC 328	90628	FLU 328	L628	140	300	145	59	62	76	M20×1.5	20	—	212	272	500	125	60	75	600	500	400	51

注：主要生产商：新疆轴承厂、东莞轴承厂、东方轴承厂。

表 24.4-21 带环形座外球面球轴承 (带顶丝 UCC 型、带偏心套 UELC 型)

带座轴承代号		轴承代号		座代号		代号		轴承尺寸/mm						配用件		基本额定载荷/kN		极限转速/(r/min)		座尺寸/mm	
		新代号	旧代号	新代号	旧代号	新代号	旧代号	$d$	$D$	$B$	$S$	$C$		$d_1$	$G$	$C_1$	$C_2$	脂润滑	$A$	$D_1$	
UCC 201	Y90501	UC 201	90501	C 203	Y503	12	40	27.4	11.5	12	15	15	12	15	4	7.35	4.78	4 500	20	67	
UEL 201	Y390501	UEL 201	390501	C 203	Y503	12	40	37.3	13.9	12	15	15	12	15	—	7.35	4.78	4 500	20	67	
UCC 202	Y90502	UC 202	90502	C 203	Y503	15	40	27.4	11.5	12	15	15	12	15	4	7.35	4.78	4 500	20	67	
UEL 202	Y390502	UEL 202	390502	C 203	Y503	15	40	37.3	13.9	12	15	15	12	15	—	7.35	4.78	4 500	20	67	
UCC 203	Y90503	UC 203	90503	C 203	Y503	17	40	27.4	11.5	12	15	15	12	15	4	7.35	4.78	4 500	20	67	
UEL 203	Y390503	UEL 203	390503	C 203	Y503	17	40	37.3	13.9	12	15	15	12	15	—	7.35	4.78	4 500	20	67	
UCC 204	Y90504	UC 204	90504	C 204	Y504	20	47	31.0	12.7	14	17	17	14	17	5	9.88	6.65	4 000	20	72	
UEL 204	Y390504	UEL 204	390504	C 204	Y504	20	47	43.7	17.1	14	17	17	14	17	—	9.88	6.65	4 000	20	72	
UCC 205	Y90505	UC 205	90505	C 205	Y505	25	52	34.1	14.3	15	17	17	15	17	5	10.8	7.88	3 400	22	80	
UCC 305	Y90605	UC 305	90605	C 305	Y605	25	62	38	15	17	24	24	17	24	6	17.2	11.5	2 800	26	90	
UEL 205	Y390505	UEL 205	390505	C 205	Y505	25	52	44.4	17.5	15	17	17	15	17	—	10.8	7.88	3 400	22	80	
UEL 305	Y390605	UEL 305	390605	C 305	Y605	25	62	46.8	16.7	17	24	24	17	24	—	17.2	11.5	2 800	26	90	
UCC 206	Y90506	UC 206	90506	C 206	Y506	30	62	38.1	15.9	16	19	19	16	19	5	15.0	11.2	2 800	27	85	



续表 24.4.21

带座轴承代号		轴承代号		座 代 号		轴 承 尺 寸/mm						配 用 件		基 本 额 定 载 荷/kN		极 限 转 速 / (r/min)		座 尺 寸/mm	
新 代 号	旧 代 号	新 代 号	旧 代 号	新 代 号	旧 代 号	d	D	B	S	C		d <sub>s</sub>	G	偏 心 套	C <sub>r</sub>	C <sub>0r</sub>	脂 润 滑	A	D <sub>1</sub>
										min	max								
UCC 306	Y90606	UC 306	90606	C 306	Y606	30	72	43	17	19	26	M6/0.75	6	—	20.8	15.2	2 600	28	100
UELC 206	Y390506	UEL 206	390506	C 206	Y506	—	62	48.4	18.3	16	19	—	—	E206	15.0	11.2	2 800	27	85
UELC 306	Y390606	UEL 306	390606	C 306	Y506	—	72	50	17.5	19	26	—	—	E306	20.8	15.2	2 600	28	100
UCC 207	Y90507	UC 207	90507	C 207	Y507	35	72	42.9	17.5	17	20	M8×1	7	—	19.8	15.2	2 400	28	90
UCC 307	Y90607	UC 307	90607	C 307	Y607	—	80	48	19	21	28	M8×1	8	—	25.8	19.2	2 200	32	110
UELC 207	Y390507	UEL 207	390507	C 207	Y507	—	72	51.1	18.8	17	20	—	—	E207	19.8	15.2	2 400	28	90
UELC 307	Y390607	UEL 307	390607	C 307	Y607	—	80	51.6	18.3	21	28	—	—	E307	25.8	19.2	2 200	32	110
UCC 208	Y90508	UC 208	90508	C 208	Y508	40	80	49.2	19.0	18	22	M8×1	8	—	22.8	18.2	2 200	30	100
UCC 308	Y90608	UC 308	90608	C 308	Y608	—	90	52	19.0	23	30	M10×1.25	10	—	31.2	24.0	2 000	34	120
UELC 208	Y390508	UEL 208	390508	C 208	Y508	—	80	56.3	21.4	18	22	—	—	E208	22.8	18.2	2 200	30	100
UELC 308	Y390608	UEL 308	390608	C 308	Y608	—	90	57.1	19.8	23	30	—	—	E308	31.2	24.0	2 000	34	120
UCC 209	Y90509	UC 209	90509	C 209	Y509	45	85	49.2	19.0	19	22	M8×1	8	—	24.5	20.8	1 900	31	110
UCC 309	Y90609	UC 309	90609	C 309	Y609	—	100	57	22	25	33	M10×1.25	10	—	40.8	31.8	1 800	38	130
UELC 209	Y390509	UEL 209	390509	C 209	Y509	—	85	56.3	21.4	19	22	—	—	E209	24.5	20.8	1 900	31	110
UELC 309	Y390609	UEL 309	390609	C 309	Y609	—	100	58.7	19.8	25	33	—	—	E309	40.8	31.8	1 800	38	130
UCC 210	Y90510	UC 210	90510	C 210	Y510	50	90	51.6	19.0	20	24	M10×1	10	—	27.0	21.2	1 800	33	120
UCC 310	Y90610	UC 310	90610	C 310	Y610	—	110	61	22	27	35	M12×1.5	12	—	47.5	37.8	1 700	40	140
UELC 210	Y390510	UEL 210	390510	C 210	Y510	—	90	62.7	24.6	20	24	—	—	E210	27.0	23.2	1 800	33	120
UELC 310	Y390610	UEL 310	390610	C 310	Y610	—	110	66.6	24.6	27	35	—	—	E310	47.5	37.8	1 700	40	140
UCC 211	Y90511	UC 211	90511	C 211	Y511	55	100	55.6	22.2	21	25	M10×1	10	—	33.5	29.2	1 600	35	125
UCC 311	Y90611	UC 311	90611	C 311	Y611	—	120	66	25	29	37	M12×1.5	12	—	55.2	41.8	1 400	44	150

续表 24.4-21

带座轴承代号		轴承代号		座 代 号		轴 承 尺 寸/mm								配 用 件		基 本 额 定 载 荷/kN		最 限 转 速 / (r/min)	座 尺 寸/mm	
新 代 号	旧 代 号	新 代 号	旧 代 号	新 代 号	旧 代 号	d	D	B	S	C		d <sub>s</sub>	G	偏 心 套	C <sub>1</sub>	C <sub>0</sub>	脂 润 滑	A	D <sub>1</sub>	
										min	max									
UEL 211	Y390511	UEL 211	390511	C 211	Y511	55	100	71.4	27.8	21	25	—	—	F211	33.5	29.2	1 600	35	125	
UEL 311	Y390611	UEL 311	390611	C 311	Y611	60	120	73	27.8	29	37	—	—	F311	55.2	44.8	1 400	44	150	
UCC 212	Y90512	UC 212	90512	C 212	Y512	60	110	65.1	25.4	22	27	M10×1	10	—	36.8	32.8	1 500	38	130	
UCC 312	Y90612	UC 312	90612	C 312	Y612	60	130	71	26	31	39	M12×1.5	12	—	62.8	51.8	1 300	46	160	
UEL 212	Y390512	UEL 212	390512	C 212	Y512	65	110	77.8	31.0	22	27	—	—	F212	36.8	32.8	1 500	38	130	
UEL 312	Y390612	UEL 312	390612	C 312	Y612	65	130	79.4	30.95	31	39	—	—	F312	62.8	51.8	1 300	46	160	
UCC 213	Y90513	UC 213	90513	C 213	Y513	65	120	65.1	25.4	23	32	M10×1	10	—	44.0	40.0	1 400	40	140	
UCC 313	Y90613	UC 313	90613	C 313	Y613	65	140	75	30	33	41	M12×1.5	12	—	72.2	60.5	1 200	50	170	
UEL 213	Y390513	UEL 213	390513	C 213	Y513	70	120	85.7	34.1	23	32	—	—	E213	44.0	40.0	1 400	40	140	
UEL 313	Y390613	UEL 313	390613	C 313	Y613	70	140	85.7	32.55	33	41	—	—	E313	72.2	60.5	1 200	50	170	
UCC 314	Y90614	UC 314	90614	C 314	Y614	70	150	78	33	35	43	M12×1.5	12	—	80.2	68.0	1 100	52	180	
UEL 314	Y390614	UEL 314	390614	C 314	Y614	75	150	92.1	34.15	35	43	—	—	E314	80.2	68.0	1 100	52	180	
UCC 315	Y90615	UC 315	90615	C 315	Y615	75	160	82	32	37	46	M14×1.5	14	—	87.2	76.8	1 000	55	190	
UEL 315	Y390615	UEL 315	390615	C 315	Y615	75	160	100	37.3	37	46	—	—	E315	87.2	76.8	1 000	55	190	
UCC 316	Y90616	UC 316	90616	C 316	Y616	80	170	86	34	39	48	M14×1.5	14	—	94.5	86.5	1 000	60	200	
UEL 316	Y390616	UEL 316	390616	C 316	Y616	80	170	106.4	40.5	39	48	—	—	E316	94.5	86.5	1 000	60	200	
UCC 317	Y90617	UC 317	90617	C 317	Y617	85	180	96	40	41	50	M16×1.5	16	—	102	96.5	950	64	215	
UEL 317	Y390617	UEL 317	390617	C 317	Y617	85	180	109.5	42.05	41	50	—	—	F317	102	96.5	950	64	215	
UCC 318	Y90618	UC 318	90618	C 318	Y618	90	190	96	40	43	52	M16×1.5	16	—	110	108	900	66	225	
UEL 318	Y390618	UEL 318	390618	C 318	Y618	90	190	115.9	43.65	43	52	—	—	F318	110	108	900	66	225	

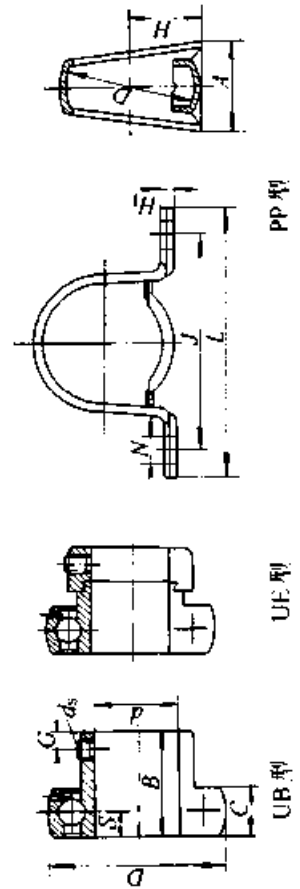
续表 24.4.21

带座轴承代号		轴承代号		座代号		轴承尺寸/mm		配用件		基本额定载荷/kN		极限转速/(r/min)		座尺寸/mm						
新代号	旧代号	新代号	旧代号	新代号	旧代号	d	D	B	S	C		d <sub>s</sub>	G	偏心套	C <sub>r</sub>	C <sub>0r</sub>	脂润滑	A	D <sub>1</sub>	
										min	max									
UCC 319	Y90619	UC 319	90619	C 319	Y619	95	200	103	41	45	54	M16×1.5	16	—	120	122	850	72	240	
UELC 319	Y390619	UEL 319	390619	C 319	Y619	200	200	122.3	38.9	45	54	—	—	F319	120	122	850	72	240	
UCC 320	Y90620	UC 320	90620	C 320	Y620	100	215	108	42	47	58	M18×1.5	18	—	132	140	800	75	260	
UELC 320	Y390620	UEL 320	390620	C 320	Y620	215	215	128.6	50	47	58	—	—	F320	132	140	800	75	260	
UCC 321	Y90621	UC 321	90621	C 321	Y621	105	225	112	44	49	60	M18×1.5	18	—	142	152	750	75	260	
UCC 322	Y90622	UC 322	90622	C 322	Y622	110	240	117	46	50	62	M18×1.5	18	—	158	178	700	80	300	
UCC 324	Y90624	UC 324	90624	C 324	Y624	120	260	126	51	55	66	M18×1.5	18	—	175	208	630	90	320	
UCC 326	Y90626	UC 326	90626	C 326	Y626	130	280	135	54	58	72	M20×1.5	20	—	195	242	560	100	340	
UCC 328	Y90628	UC 328	90628	C 328	Y628	140	300	145	59	62	76	M20×1.5	20	—	212	272	500	100	360	

注：主要生产厂：新疆轴承厂。

表 24.4.22 带冲压立式座外球面球轴承（带顶丝 UBPP 型、带偏心套 UEPP 型）

超星阅读器提醒您：  
使用本复制品  
请尊重相关知识产权！



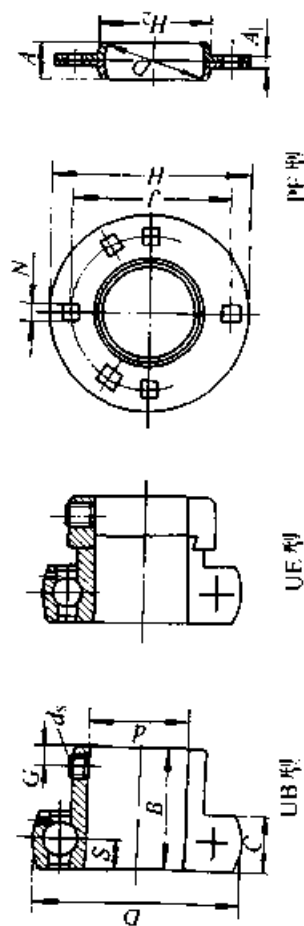
续表 24.4-22

带座轴承代号		轴承代号		座代号		轴 承 尺 寸/mm		配 用 件		基本额定 载荷/kN		极限转速 (r/min)		轴承座允许 轴向载荷/kN		座 尺 寸 /mm						
新代号	旧代号	新代号	旧代号	新代号	旧代号	d	D	B	S	C	d <sub>s</sub>	G	偏心套	C <sub>r</sub>	C <sub>π</sub>	max	A	H	H <sub>1</sub> max	J	L max	N
UEPP 201	CZ390201	UE 201	390201	PP 203	CZ203	12	40	28.6	6.5	12 13	—	—	E201	7.35	4.78	2.45	26	22.2	4	68	87	9.5
UEPP 202	CZ390202	UE 202	390202	PP 203	CZ203	15	40	28.6	6.5	12 13	—	—	E202	7.35	4.78	2.45	26	22.2	4	68	87	9.5
UBPP 203	CZ90203	UB 203	90203	PP 203	CZ203	17	40	24	7	14	M6×1	5	—	7.35	4.78	2.45	26	22.2	4	68	87	9.5
UEPP 203	CZ390203	UE 203	390203	PP 203	CZ203	40	28.6	6.5	6.5	12 13	—	—	E203	7.35	4.78	2.45	26	22.2	4	68	87	9.5
UBPP 204	CZ90204	UB 204	90204	PP 204	CZ204	20	47	27	8	16	M6×1	5	—	9.88	6.65	3.29	33	25.4	4	76	99	9.5
UEPP 204	CZ390204	UE 204	390204	PP 204	CZ204	47	31.0	7.5	7.5	14 15	—	—	E204	9.88	6.65	3.29	33	25.4	4	76	99	9.5
UBPP 205	CZ90205	UB 205	90205	PP 205	CZ205	25	52	28	8.5	17	M6×1	5	—	10.8	7.88	3.60	33	28.6	4.5	86	109	11.5
UEPP 205	CZ390205	UE 205	390205	PP 205	CZ205	52	31.0	8	8	15 16	—	—	E205	10.8	7.88	3.60	33	28.6	4.5	86	109	11.5
UBPP 206	CZ90206	UB 206	90206	PP 206	CZ206	30	62	31	9	19	M6×1	6	—	15.0	11.2	5.00	39	33.3	4.5	95	119	11.5
UEPP 206	CZ390206	UE 206	390206	PP 206	CZ206	62	35.7	9	9	16 18	—	—	E206	15.0	11.2	5.00	39	33.3	4.5	95	119	11.5
UBPP 207	CZ90207	UB 207	90207	PP 207	CZ207	35	72	33.5	10	20	M6×1	6	—	19.8	15.2	6.56	43	39.7	5	106	130	11.5
UEPP 207	CZ390207	UE 207	390207	PP 207	CZ207	72	38.9	9.5	9.5	17 19	—	—	E207	19.8	15.2	6.56	43	39.7	5	106	130	11.5
UBPP 208	CZ90208	UB 208	90208	PP 208	CZ208	40	80	38	10.5	21	M8×1	8	—	22.8	18.2	7.56	43	43.7	5	120	148	13
UEPP 208	CZ390208	UE 208	390208	PP 208	CZ208	80	43.7	11.0	11.0	18 22	—	—	E208	22.8	18.2	7.56	43	43.7	5	120	148	13
UEPP 209	CZ390209	UE 209	390209	PP 209	CZ209	45	85	43.7	11.0	19 22	—	—	E209	24.5	20.8	8.13	45	46.8	6	128	156	13

注：1. 冲压座强度低，只适用于较小的载荷，允许轴向载荷小于允许径向载荷的 50%。

2. 主要生产厂：开封轴承厂、新疆轴承厂。

表 24.4-23 带冲压圆形座外球面球轴承（带顶丝 UBPF 型、带偏心套 UEPP 型）



超星阅读器提醒您：  
使用本复制品  
请尊重相关知识产权！



续表 24.4.23

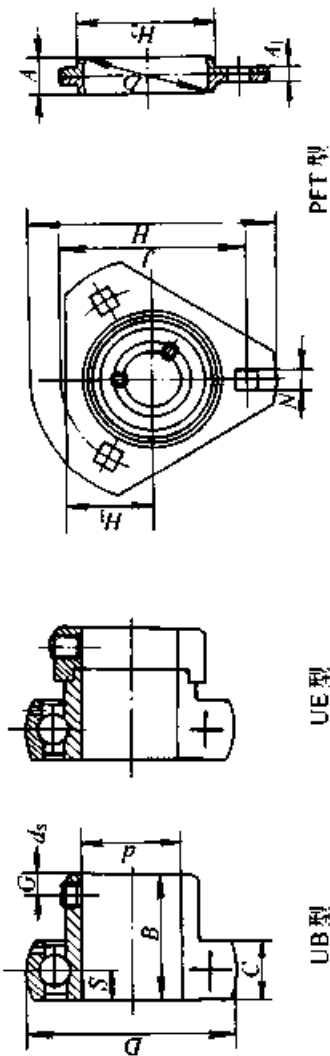
带座轴承代号		轴承代号		座代号		轴承尺寸/mm					基本额定载荷/kN		极限转速/(r/min)		轴承允许径向载荷/kN		座尺寸/mm							
新代号	旧代号	新代号	旧代号	新代号	旧代号	d	D	B	S	C		d <sub>s</sub>	G	偏心套	C <sub>r</sub>	C <sub>0</sub>	脂润滑	max	A	A <sub>1</sub> max	H	H <sub>2</sub> max	J	N
										min	max													
UEPF 201	CY390201	UE 201	390201	PF 203	CY203	12.40	28.6	6.5	12	13	—	—	E201	7.35	4.78	4 500	2.45	15	4.5	82	49	63.5	7.1	
UEPF 202	CY390202	UE 202	390202	PF 203	CY203	15.40	28.6	6.5	12	13	—	—	E202	7.35	4.78	4 500	2.45	15	4.5	82	49	63.5	7.1	
UBPF 203	CY90203	UB 203	90203	PF 203	CY203	17.40	24	7	14	14	M6×1.5	—	—	—	7.35	4.78	4 500	2.45	15	4.5	82	49	63.5	7.1
UEPF 203	CY390203	UE 203	390203	PF 203	CY203	40	28.6	6.5	12	13	—	—	E203	7.35	4.78	4 500	2.45	15	4.5	82	49	63.5	7.1	
UBPF 204	CY90204	UB 204	90204	PF 204	CY204	20.47	27	8	16	16	M6×1.5	—	—	—	9.88	6.65	4 000	3.29	17	4.5	91	56	71.5	9
UEPF 204	CY390204	UE 204	390204	PF 204	CY204	47	31.0	7.5	14	15	—	—	E204	9.88	6.65	4 000	3.29	17	4.5	91	56	71.5	9	
UBPF 205	CY90205	UB 205	90205	PF 205	CY205	25	28	8.5	17	17	M6×1.5	—	—	—	10.8	7.88	3 400	3.60	19	4.5	96	61	76	9
UEPF 205	CY390205	UE 205	390205	PF 205	CY205	52	31.0	8	15	16	—	—	E205	10.8	7.88	3 400	3.60	19	4.5	96	61	76	9	
UBPF 206	CY90206	UB 206	90206	PF 206	CY206	30	31	9	19	19	M6×1.6	—	—	—	15.0	11.2	2 800	5.00	20	5.5	114	72	90.5	11
UEPF 206	CY390206	UE 206	390206	PF 206	CY206	62	35.7	9	16	18	—	—	E206	15.0	11.2	2 800	5.00	20	5.5	114	72	90.5	11	
UBPF 207	CY90207	UB 207	90207	PF 207	CY207	35	33.5	10	20	20	M6×1.6	—	—	—	19.8	15.2	2 400	6.56	23	5.5	126	81	100	11
UEPF 207	CY390207	UE 207	390207	PF 207	CY207	72	38.9	9.5	17	19	—	—	E207	19.8	15.2	2 400	6.56	23	5.5	126	81	100	11	
UBPF 208	CY90208	UB 208	90208	PF 208	CY208	40	38	10.5	21	21	M8×1.8	—	—	—	22.8	18.2	2 200	7.56	23	7	149	91	119	13.5
UEPF 208	CY390208	UE 208	390208	PF 208	CY208	80	43.7	11.0	18	22	—	—	E208	22.8	18.2	2 200	7.56	23	7	149	91	119	13.5	
UEPF 209	CY390209	UE 209	390209	PF 209	CY209	45	43.7	11.0	19	22	—	—	E209	24.5	20.8	1 900	8.13	23	7	150	98	120.5	13.5	
UEPF 210	CY390210	UE 210	390210	PF 210	CY210	50	43.7	11.0	20	22	—	—	E210	27.0	23.2	1 800	9.00	25	8	157	102	127	13.5	
UEPF 211	CY390211	UE 211	390211	PF 211	CY211	55	48.4	12.0	21	25	—	—	E211	33.5	29.2	1 600	11.1	26	8	168	113	138	13.5	
UEPF 212	CY390212	UE 212	390212	PF 212	CY212	60	53.1	13.5	22	27	—	—	E212	36.8	32.8	1 500	12.2	28	8	177	122	148	13.5	

注：1. D≥80 mm 轴承座有 4 个螺孔。

2. 冲压座强度低，只适用于较小的载荷，允许轴向载荷小于允许径向载荷的 50%。

3. 主要生产厂：开县轴承厂、新疆轴承厂。

表 24.4-24 带冲压三角形座外球面球轴承 (带顶丝 UBPF 型、带偏心套 UEPFT 型)

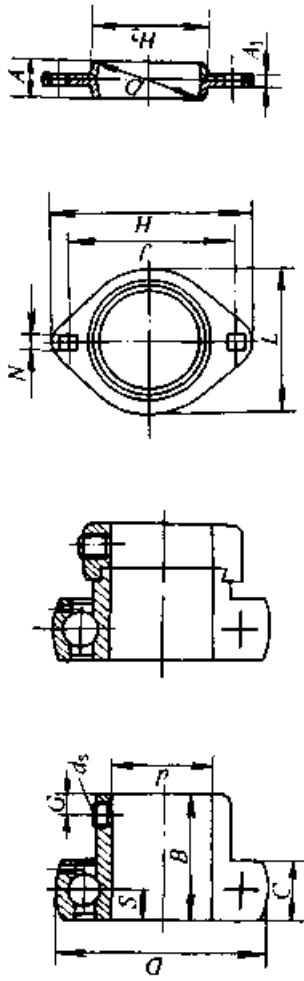


带座轴承代号	轴承代号		座 代 号	座 代 号	轴 承 尺 寸/mm				配 用 件	基 本 额 定 载 荷/kN	极 限 转 速 / (r/min)	轴 承 座 允 许 径 向 载 荷 /kN	座 尺 寸 /mm											
	旧 代 号	新 代 号			旧 代 号	新 代 号	旧 代 号	新 代 号					旧 代 号	新 代 号	A	A <sub>1</sub>	H	H <sub>1</sub>	H <sub>2</sub>	J	N			
UEPFT 201	CS390201	UE 201	390201	PFT 203	CS203	12	40	28.6	6.5	12	13	—	E201	7.35	4.78	4 500	2.45	15	4.5	82	29	49	63.5	7.1
UEPFT 202	CS390202	UE 202	390202	PFT 203	CS203	15	40	28.6	6.5	12	13	—	E202	7.35	4.78	4 500	2.45	15	4.5	82	29	49	63.5	7.1
UBPFT 203	CS90203	UB 203	90203	PFT 203	CS203	17	40	24	7	14	—	M6×1	—	7.35	4.78	4 500	2.45	15	4.5	82	29	49	63.5	7.1
UEPFT 203	CS390203	UE 203	390203	PFT 203	CS203	40	28.6	6.5	12	13	—	—	E203	7.35	4.78	4 500	2.45	15	4.5	82	29	49	63.5	7.1
UBPFT 204	CS90204	UB 204	90204	PFT 204	CS204	20	47	27	8	16	—	M6×1	—	9.88	6.65	4 000	3.29	17	4.5	91	34	56	71.5	9
UEPFT 204	CS390204	UE 204	390204	PFT 204	CS204	47	31.0	7.5	14	15	—	—	E204	9.88	6.65	4 000	3.29	17	4.5	91	34	56	71.5	9
UBPFT 205	CS90205	UB 205	90205	PFT 205	CS205	25	52	28	8.5	17	—	M6×1	—	10.8	7.88	3 400	3.60	19	4.5	96	36	61	76	9
UEPFT 205	CS390205	UE 205	390205	PFT 205	CS205	52	31.0	8	15	16	—	—	E205	10.8	7.88	3 400	3.60	19	4.5	96	36	61	76	9
UBPFT 206	CS90206	UB 206	90206	PFT 206	CS206	30	62	31	9	19	—	M6×1	—	15.0	11.2	2 800	5.00	20	5.5	114	41	72	90.5	11
UEPFT 206	CS390206	UE 206	390206	PFT 206	CS206	62	35.7	9	16	18	—	—	E206	15.0	11.2	2 800	5.00	20	5.5	114	41	72	90.5	11
UBPFT 207	CS90207	UB 207	90207	PFT 207	CS207	35	72	33.5	10	20	—	M6×1	—	19.8	15.2	2 400	6.56	23	5.5	126	45	81	100	11
UEPFT 207	CS390207	UE 207	390207	PFT 207	CS207	72	38.9	9.5	17	19	—	—	E207	19.8	15.2	2 400	6.56	23	5.5	126	45	81	100	11

注：1. 冲压座强度低，只适用于较小的载荷，允许轴向载荷小于允许径向载荷的 50%。

2. 主要生产厂：新疆轴承厂。

表 24.4-25 带冲压菱形座外球面球轴承 (带顶丝 UBPFLL 型、带偏心套 UEPFLL 型)



UB 型

UE 型

PFL 型

带座轴承代号	轴承代号		座 代 号	座 代 号	轴 承 尺 寸/mm				配 用 件	基本额定 载荷/kN	极限转速 (r/min)	轴承座允许 径向载荷 /kN	座 尺 寸 /mm												
	新代号	旧代号			d	B	S	C					d <sub>s</sub>	G	A	A <sub>1</sub>	H	H <sub>2</sub>	J	L	N				
UEPFL 201	CL390201	UE 201	390201	PFL 203	CL203	12	40	28.6	6.5	12	13	—	—	F201	7.35	4.78	4 500	2.45	15	4.5	82	49	63.5	60	7.1
UEPFL 202	CL390202	UE 202	390202	PFL 203	CL203	15	40	28.6	6.5	12	13	—	—	F202	7.35	4.78	4 500	2.45	15	4.5	82	49	63.5	60	7.1
UBPFL 203	CL90203	UB 203	90203	PFL 203	CL203	17	40	24	7	14	13	M6×1	5	—	7.35	4.78	4 500	2.45	15	4.5	82	49	63.5	60	7.1
UEPFL 203	CL390203	UE 203	390203	PFL 203	CL203	40	28.6	6.5	12	13	13	—	—	F203	7.35	4.78	4 500	2.45	15	4.5	82	49	63.5	60	7.1
UBPFL 204	CL90204	UB 204	90204	PFL 204	CL204	20	47	27	8	16	13	M6×1	5	—	9.88	6.65	4 000	3.29	17	4.5	91	56	71.5	68	9
UEPFL 204	CL390204	UE 204	390204	PFL 204	CL204	47	31.0	7.5	12	13	13	—	—	F204	9.88	6.65	4 000	3.29	17	4.5	91	56	71.5	68	9
UBPFL 205	CL90205	UB 205	90205	PFL 205	CL205	25	52	28	8.5	17	13	M6×1	5	—	10.8	7.88	3 400	3.60	19	4.5	96	61	76	72	9
UEPFL 205	CL390205	UE 205	390205	PFL 205	CL205	52	31.0	8	15	16	13	—	—	F205	10.8	7.88	3 400	3.60	19	4.5	96	61	76	72	9
UBPFL 206	CL90206	UB 206	90206	PFL 206	CL206	30	62	31	9	19	13	M6×1	6	—	15.0	11.2	2 800	5.00	20	5.5	114	72	90.5	85	11
UEPFL 206	CL390206	UE 206	390206	PFL 206	CL206	62	35.7	9	16	18	13	—	—	F206	15.0	11.2	2 800	5.00	20	5.5	114	72	90.5	85	11
UBPFL 207	CL90207	UB 207	90207	PFL 207	CL207	35	72	33.5	10	20	13	M6×1	6	—	19.8	15.2	2 400	6.56	23	5.5	126	81	100	95	11
UEPFL 207	CL390207	UE 207	390207	PFL 207	CL207	72	38.9	9.5	17	19	13	—	—	F207	19.8	15.2	2 400	6.56	23	5.5	126	81	100	95	11

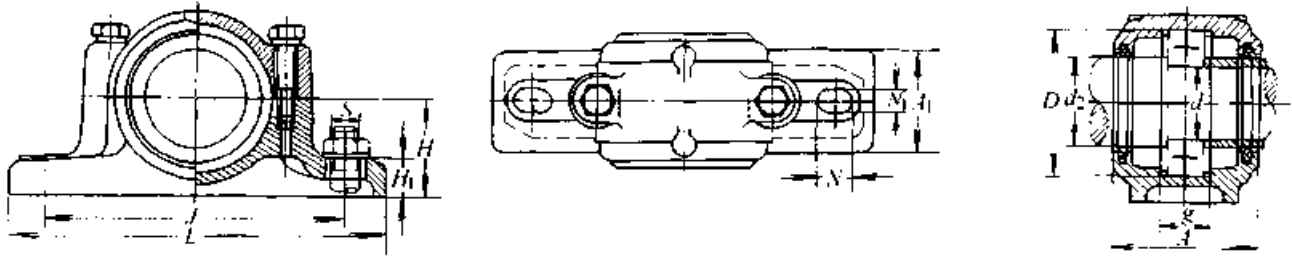
注: 1. 冲压座强度低, 只适用于较小的载荷, 允许轴向载荷小于允许径向载荷的 50%。

2. 主要生产厂: 新疆轴承厂。

超星浏览器提醒您：  
使用本复制品  
请尊重相关知识产权！

11 滚动轴承座 (表 24.4-26 ~ 29)

表 24.4-26 等径孔二螺柱轴承座 (摘自 GB/T 7813—1998)



轴承座代号	尺寸 /mm														质量/kg W ≈	适用轴承代号			
	$d$	$d_2$	$D$	$g$	$A_{max}$	$A_1$	$H$	$H_{1max}$	$L$	$J$	$S$	$N_1$	$N$	深沟球轴承		调心球轴承	调心滚子轴承 <sup>j</sup>		
SN 205	25	30	52	25	72	46	40	22	165	130	M12	15	20	1.3	6205	1205	2205	22205 C	—
SN 305			62	34	82	52	50	22	185	150	M12	15	20	1.9	6305	1305	2305	—	—
SN 206	30	35	62	30	82	52	50	22	185	150	M12	15	20	1.8	6206	1206	2206	22206 C	—
SN 306			72	37	85	52	50	22	185	150	M12	15	20	2.1	6306	1306	2306	—	—
SN 207	35	45	72	33	85	52	50	22	185	150	M12	15	20	2.1	6207	1207	2207	22207 C	—
SN 307			80	41	92	60	60	25	205	170	M12	15	20	3.0	6307	1307	2307	—	—
SN 208	40	50	80	33	92	60	60	25	205	170	M12	15	20	2.6	6208	1208	2208	22208 C	—
SN 308			90	43	100	60	60	25	205	170	M12	15	20	3.3	6308	1308	2308	22308 C	—
SN 209	45	55	85	31	92	60	60	25	205	170	M12	15	20	2.8	6209	1209	2209	22209 C	—
SN 309			100	46	105	70	70	28	255	210	M16	18	23	4.6	6309	1309	2309	22309 C	—
SN 210	50	60	90	33	100	60	60	25	205	170	M12	15	20	3.1	6210	1210	2210	22210 C	—
SN 310			110	50	115	70	70	30	255	210	M16	18	23	5.1	6310	1310	2310	22310 C	—
SN 211	55	65	100	33	105	70	70	28	255	210	M16	18	23	4.3	6211	1211	2211	22211 C	—
SN 311			120	53	120	80	80	30	275	230	M16	18	23	6.5	6311	1311	2311	22311 C	—
SN 212	60	70	110	38	115	70	70	30	255	210	M16	18	23	5.0	6212	1212	2212	22212 C	—
SN 312			130	56	125	80	80	30	280	230	M16	18	23	7.3	6312	1312	2312	22312 C	—
SN 213	65	75	120	43	120	80	80	30	275	230	M16	18	23	6.3	6213	1213	2213	22213 C	—
SN 313			140	58	135	90	95	32	315	260	M20	22	27	9.7	6313	1313	2313	22313 C	—
SN 214	70	80	125	44	120	80	80	30	275	230	M16	18	23	6.1	6214	1214	2214	22214 C	—
SN 314			150	61	140	90	95	32	320	260	M20	22	27	11.0	6314	1314	2314	22314 C	—
SN 215	75	85	130	41	125	80	80	30	280	230	M16	18	23	7.0	6215	1215	2215	22215 C	—
SN 315			160	65	145	100	100	35	345	290	M20	22	27	14.0	6315	1315	2315	22315 C	—
SN 216	80	90	140	43	135	90	95	32	315	260	M20	22	27	9.3	6216	1216	2216	22216 C	—
SN 316			170	68	150	100	112	35	345	290	M20	22	27	13.8	6316	1316	2316	22316 C	—

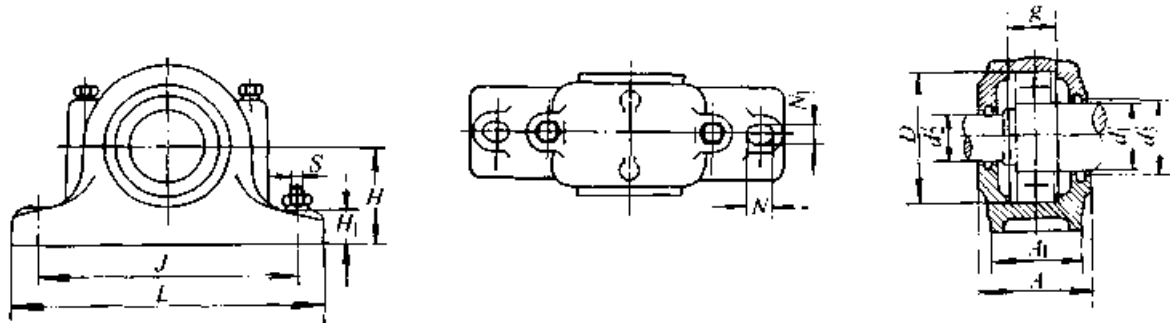
续表 24.4-26

轴承代号	尺寸/mm														质量/kg		适用轴承代号			
	$d$	$d_2$	$D$	$g$	$A_{max}$	$A_1$	$H$	$H_1_{max}$	$L$	$J$	$S$	$N_1$	$N$	$W$	$W$	深沟球轴承	调心球轴承	调心滚子轴承	—	
SN 217	85	95	150	46	140	90	95	32	320	260	M20	22	27	9.8	6217	1217	2217	22217 C	—	
SN 317			180	70	165	110	112	40	380	320	M24	26	32	15.8	6317	1317	2317	22317 C	—	
SN 218	90	100	160	62.4	145	100	100	35	345	290	M20	22	27	12.3	6218	1218	2218	22218 C	—	
SN 220	100	115	180	70.3	165	110	112	40	380	320	M24	26	32	16.5	6220	1220	2220	22220 C	23220 C	
SN 222	110	125	200	80	177	120	125	45	410	350	M24	26	32	19.3	6222	1222	2222	22222 C	23222 C	
SN 224 <sup>2</sup>	120	135	215	86	187	120	140	45	410	350	M24	26	32	24.6	—	—	—	22224 C	23224 C	
SN 226 <sup>2</sup>	130	145	230	90	192	130	150	50	445	380	M24	26	32	30.0	—	—	—	22226 C	23226 C	
SN 228 <sup>2</sup>	140	155	250	98	207	150	150	50	500	420	M30	33	42	37.0	—	—	—	22228 C	23228 C	
SN 230 <sup>2</sup>	150	165	270	106	224	160	160	60	530	450	M30	33	42	45.0	—	—	—	22230 C	23230 C	
SN 232 <sup>2</sup>	160	175	290	114	237	160	170	60	550	470	M30	33	42	53.0	—	—	—	22232 C	23232 C	

① 所列调心滚子轴承代号为基本代号，它包括非对称型调心滚子轴承（22205、22206、22207 除外）和对称型调心滚子轴承基型、CC 型结构。

② SN 224 ~ SN 232 应装有吊环螺钉。

表 24.4-27 异径孔二螺柱轴承座 (摘自 GB/T 7813—1998)



轴承座代号	尺寸/mm														适用轴承代号			
	$d_1$	$d_2_{max}$	$d_3_{min}$	$D$	$g$	$A_{max}$	$A_1$	$H$	$H_1$	$L$	$J$	$S$	$N_1$	$N$	调心球轴承	调心滚子轴承	—	—
SNK 205	25	20	30	52	25	72	46	40	22	165	130	M12	15	20	1205	2205	22205 C	—
SNK 305			35	62	34	82	52	50	22	185	150	M12	15	20	1305	2305	—	21305 C
SNK 206	30	25	35	62	30	82	52	50	22	185	150	M12	15	20	1206	2206	22206 C	—
SNK 306			40	72	37	85	52	50	22	185	150	M12	15	20	1306	2306	—	21306 C
SNK 207	35	30	45	72	33	85	52	50	22	185	150	M12	15	20	1207	2207	22207 C	—
SNK 307			45	80	41	92	60	60	25	205	170	M12	15	20	1307	2307	—	21307 C
SNK 208	40	35	50	80	33	92	60	60	25	205	170	M12	15	20	1208	2208	22208 C	—
SNK 308			50	90	43	100	60	60	25	205	170	M12	15	20	1308	2308	22308 C	21308 C

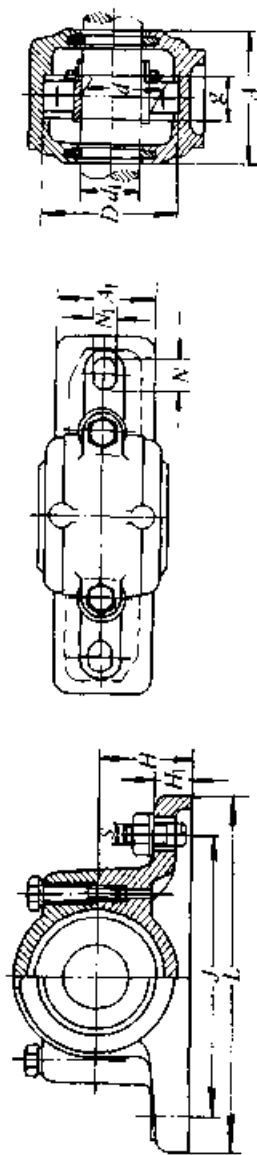
续表 24.4-27

轴承座 代号	尺寸 /mm														适用轴承代号			
	$d_1$	$d_2$ max	$d_3$ min	$D$	$g$	$A$ max	$A_1$	$H$	$H_1$	$L$	$J$	$S$	$N_1$	$N$	调心球轴承	调心滚子轴承 <sup>①</sup>		
SNK 209	45	40	55	85	31	92	60	60	25	205	170	M12	15	20	1209	2209 C		
SNK 309			55	100	46	105	70	70	28	255	210	M16	18	23	1309	22309 C 21309 C		
SNK 210	50	45	60	90	33	100	60	60	25	205	170	M12	15	20	1210	2210 22210 C —		
SNK 310			60	110	50	115	70	70	30	255	210	M16	18	23	1310	2310 22310 C 21310 C		
SNK 211	55	50	65	100	33	105	70	70	28	255	210	M16	18	23	1211	2211 22211 C —		
SNK 311			65	120	53	120	80	80	30	275	230	M16	18	23	1311	2311 22311 C 21311 C		
SNK 212	60	55	70	110	38	115	70	70	30	255	210	M16	18	23	1212	2212 22212 C —		
SNK 312			70	130	56	125	80	80	30	280	230	M16	18	23	1312	2312 22312 C 21312 C		
SNK 213	65	60	75	120	43	120	80	80	30	275	230	M16	18	23	1213	2213 22213 C —		
SNK 313			75	140	58	135	90	95	32	315	260	M20	22	27	1313	2313 22313 C 21313 C		
SNK 214	70	65	80	125	44	120	80	80	30	275	230	M16	18	23	1214	2214 22214 C —		
SNK 314			80	150	61	140	90	95	32	320	260	M20	22	27	1314	2314 22314 C 21314 C		
SNK 215	75	70	85	130	41	125	80	80	30	280	230	M16	18	23	1215	2215 22215 C —		
SNK 315			85	160	65	145	100	100	35	345	290	M20	22	27	1315	2315 22315 C 21315 C		
SNK 216	80	75	90	140	43	135	90	95	32	315	260	M20	22	27	1216	2216 22216 C —		
SNK 316			90	170	68	150	100	112	35	345	290	M20	22	27	1316	2316 22316 C 21316 C		
SNK 217	85	80	95	150	46	140	90	95	32	320	260	M20	22	27	1217	2217 22217 C —		
SNK317			100	180	70	165	110	112	40	380	320	M24	26	32	1317	2317 22317 C 21317 C		
SNK 218	90	85	100	160	62.4	145	100	100	35	345	290	M20	22	27	1218	2218 22218 C 23218 C		
SNK2 20	100	95	115	180	70.3	165	110	112	40	380	320	M24	26	32	1220	2220 22220 C 23220 C		
SNK 222	110	105	125	200	80	177	120	125	45	410	350	M24	26	32	1222	2222 22222 C 23222 C		
SNK 224 <sup>②</sup>	120	115	135	215	86	187	120	140	45	410	350	M24	26	32	—	— 22224 C 23224 C		
SNK 226 <sup>②</sup>	130	125	145	230	90	192	130	150	50	445	380	M24	28	36	—	— 22226 C 23226 C		
SNK 228 <sup>②</sup>	140	135	155	250	98	207	150	150	50	500	420	M30	33	42	—	— 22228 C 23228 C		
SNK 230 <sup>②</sup>	150	145	165	270	106	224	160	160	60	530	450	M30	33	42	—	— 22230 C 23230 C		
SNK 232 <sup>②</sup>	160	150	175	290	114	237	160	170	60	550	470	M30	33	42	—	— 22232 C 23232 C		

① 所列调心滚子轴承代号为基本代号，它包括非对称调心滚子轴承和对称型调心滚子轴承 C 型、CC 型结构。

② SNK 224~SNK 232 应装有吊环螺钉。

表 24.4-28 带紧定套的等径二球柱轴承座 (摘自 GB/T7813—1998)



轴承座 代号	尺寸/mm											质量 /kg	适用轴承代号			
	d <sub>1</sub>	d	D	κ	A <sub>max</sub>	A <sub>1</sub>	H	H <sub>1</sub> max	L	J	S		N <sub>1</sub>	N	W ≈	调心球轴承
SN 504	17	20	47	24	66	45	35	19	150	115	M10	12	20	1.1	1204 K + H 204	—
SN 505	20	25	52	25	72	46	40	22	165	130	M12	15	20	1.4	1205 K + H 205	2205 K + H 305
SN 605		62	62	34	82	52	50	22	185	150	M12	15	20	2.0	1305 K + H 305	2305 K + H 2305
SN 506	25	30	62	30	82	52	50	22	185	150	M12	15	20	1.9	1206 K + H 206	2206 K + H 306
SN 606		72	72	37	85	52	50	22	185	150	M12	15	20	2.2	1306 K + H 306	2306 K + H 2306
SN 507	30	35	72	33	85	52	50	22	185	150	M12	15	20	2.1	1207 K + H 207	2207 K + H 307
SN 607		80	80	41	92	60	60	25	205	170	M12	15	20	3.3	1307 K + H 307	2307 K + H 2307
SN 508	35	40	80	33	92	60	60	25	205	170	M12	15	20	3.1	1208 K + H 208	2208 K + H 308
SN 608		90	90	43	100	60	60	25	205	170	M12	15	20	3.4	1308 K + H 308	2308 K + H 2308
SN 509	40	45	85	31	92	60	60	25	205	170	M12	15	20	2.9	1209 K + H 209	2209 K + H 309
SN 609		100	100	46	105	70	70	28	255	210	M16	18	23	4.7	1309 K + H 309	2309 K + H 2309
SN 510	45	50	90	33	100	60	60	25	205	170	M12	15	20	3.3	1210 K + H 210	2210 K + H 310
SN 610		110	110	50	115	70	70	30	255	210	M16	18	23	5.0	1310 K + H 310	2310 K + H 2310
SN 511	50	55	100	33	105	70	70	28	255	210	M16	18	23	4.6	1211 K + H 211	2211 K + H 311

超星浏览器提醒您：  
使用本复制  
请尊重相关知识产权

续表 24.4-28

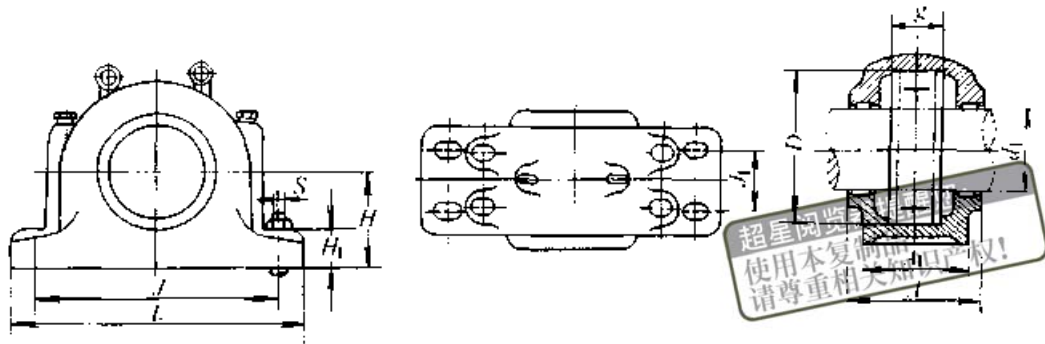
轴承座 代号	尺寸/mm										质量/kg		适用轴承代号				
	$d_1$	$d$	$D$	$\kappa$	$A$	$A_1$	$H$	$H_1$	$L$	$J$	$S$	$N_1$	$N$	$W$	调心球轴承	调心滚子轴承 <sup>1)</sup>	
					$\max$		$\max$							$\approx$			
SN 611	50	55	120	53	120	80	80	30	275	230	M16	18	23	6.6	1311 K+H 311	21311 CK-H 311	22311 CK+H 2311
SN 512	55	60	110	38	115	70	70	30	255	210	M16	18	23	5.4	1212 K+H 212	22212 CK-H 312	—
SN 612		130	130	56	125	80	80	30	280	230	M16	18	23	7.3	1312 K+H 312	21312 CK+H 312	22312 CK+H 2312
SN 513	60	65	120	43	120	80	80	30	275	230	M16	18	23	6.7	1213 K+H 213	22213 CK+H 313	—
SN 613		140	140	58	135	90	95	32	315	260	M20	22	27	9.9	1313 K+H 313	21313 CK+H 313	22313 CK+H 2313
SN 515	65	75	130	41	125	80	80	30	280	230	M16	18	23	7.3	1215 K+H 215	22215 CK+H 315	—
SN 615		160	160	65	145	100	100	35	345	290	M20	22	27	13.3	1315 K+H 315	21315 CK+H 315	22315 CK+H 2315
SN 516	70	80	140	43	135	90	95	32	315	260	M20	22	27	9.3	1216 K+H 216	22216 CK+H 316	—
SN 616		170	170	68	150	100	112	35	345	290	M20	22	27	14.3	1316 K+H 316	21316 CK+H 316	22316 CK+H 2316
SN 517	75	85	150	46	140	90	95	32	320	260	M20	22	27	9.8	1217 K+H 217	22217 CK+H 317	—
SN 617		180	180	70	165	110	112	40	380	320	M24	26	32	15	1317 K+H 317	21317 CK+H 317	22317 CK+H 2317
SN 518	80	90	160	62.4	145	100	100	35	345	290	M20	22	27	12.5	1218 K+H 218	22218 CK+H 318	23218 CK+H 2318
SN 520	90	100	180	70.3	165	110	112	40	380	320	M24	26	32	17	1220 K+H 220	22220 CK+H 320	23220 CK+H 2320
SN 522	100	110	200	80	177	120	125	45	410	350	M24	26	32	18.5	1222 K+H 222	22222 CK+H 322	23222 CK+H 2322
SN 524 <sup>2)</sup>	110	120	215	86	187	120	140	45	410	350	M24	26	32	24.5	—	22224 CK+H 324	23224 CK+H 2324
SN 526 <sup>2)</sup>	115	130	230	90	192	130	150	50	445	380	M24	28	32	30	—	22226 CK+H 326	23226 CK+H 2326
SN 528 <sup>2)</sup>	125	140	250	98	207	150	150	50	500	420	M30	33	40	38	—	22228 CK+H 328	23228 CK+H 2328
SN 530 <sup>2)</sup>	135	150	270	106	224	160	160	60	530	450	M30	33	40	45.6	—	22230 CK+H 330	23230 CK+H 2330
SN 532 <sup>2)</sup>	140	160	290	114	237	160	170	60	550	470	M30	33	40	53.8	—	22232 CK+H 332	23232 CK+H 2332

① 所列调心滚子轴承代号为基本代号,它包括非对称型调心滚子轴承(21300系列除外)和对称型调心滚子轴承 C 型、CC 型结构。

② SN 524 ~ SN 532 应装有吊环螺钉。



表 24.4-29 四螺柱轴承座 (根据 GB/T 7813—1998)



轴承座 代号	尺寸 /mm												适用轴承代号
	$d_1$	$d$	$D$	$g$	$A$	$A_1$	$H$	$H_1$	$L$	$J$	$J_1$	$S$	
SD 3134	150	170	280	108	235	180	170	70	515	430	100	M24	23134 CK + H 3134
SD 534			310	96	270	230	180	60	620	510	140	M30	22234 CK + H 3134
SD 634			360	130	300	270	210	65	740	610	170	M30	22334 CK + H 2334
SD 3136	160	180	300	116	245	190	180	75	535	450	110	M24	23136 CK + H 3136
SD 536			320	96	280	240	190	60	650	540	150	M30	22236 CK + H 3136
SD 636			380	136	320	290	225	70	780	640	180	M36	22336 CK + H 2336
SD 3138	170	190	320	124	265	210	190	80	565	480	120	M24	23138 CK + H 3138
SD 538			340	102	290	260	200	65	700	570	160	M30	22238 CK + H 3138
SD 638			400	142	330	300	240	70	820	680	190	M36	22338 CK + H 2338
SD 3140	180	200	340	132	285	230	210	85	615	510	130	M30	23140 CK + H 3140
SD 540			360	108	300	270	210	65	740	610	170	M30	22240 CK + H 3140
SD 640			420	148	350	320	250	85	860	710	200	M36	22340 CK + H 2340
SD 3144	200	220	370	140	295	240	220	90	645	540	140	M30	23144 CK + H 3144
SD 544			400	118	330	300	240	70	820	680	190	M36	22244 CK + H 3144
SD 644			460	155	360	330	280	85	920	770	210	M36	22344 CK + H 2344
SD 3148	220	240	400	148	315	260	240	95	705	600	150	M30	23148 CK + H 3148
SD 548			440	130	340	310	260	85	880	740	200	M36	22248 CK + H 3148
SD 648			500	165	390	370	300	100	990	830	230	M42	22348 CK + H 2348
SD 3152	240	260	440	164	325	280	260	100	775	650	160	M36	23152 CK + H 3152
SD 552			480	140	370	340	280	85	940	790	210	M36	22252 CK + H 3152
SD 652			540	175	410	390	325	100	1 060	890	250	M42	22352 CK + H 2352
SD 3156	260	280	460	166	325	280	280	105	795	670	160	M36	23156 CK + H 3156
SD 556			500	140	390	370	300	100	990	830	230	M42	22256 CK + H 3156
SD 656			580	185	440	420	355	110	1 110	930	270	M48	22356 CK + H 2356
SD 3160	280	300	500	180	355	310	300	110	835	710	190	M36	23160 CK + H 3160
SD 560			540	150	410	390	325	100	1 060	890	250	M42	22260 CK + H 3160
SD 3164	300	320	540	196	375	330	320	115	885	750	200	M36	23164 CK + H 3164
SD 564			580	160	440	420	355	110	1 110	930	270	M48	22264 CK + H 3164

① 采用浮动结构时的尺寸。

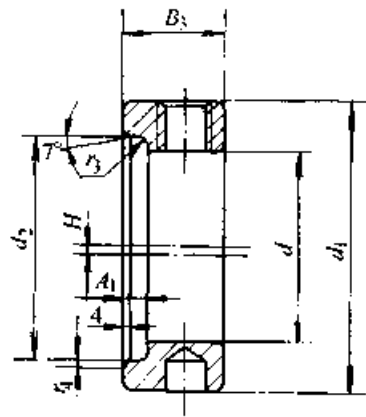
② SD 500、SD 600 系列  $A_1$  为最小值。

超星浏览器提醒您：  
使用本复制品  
请尊重相关知识产权！

12 滚动轴承附件

12.1 偏心套 (表 24.4-30)

表 24.4-30 偏心套 (摘自 GB/T 3882—1995)



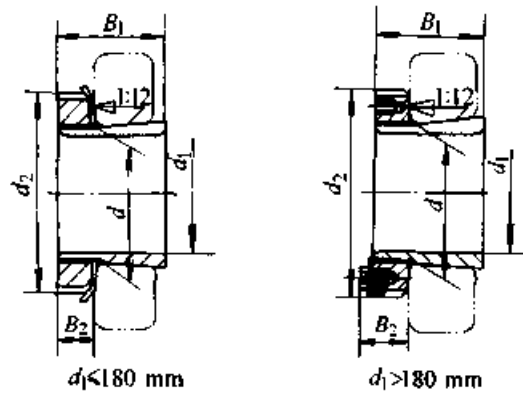
偏心套代号		尺寸 /mm								适用轴承代号	
新代号	旧代号	$d$	$d_{1max}$	$d_2$	$B_3$	$H$	$A_{1max}$	$r_{4min}$	$r_{3max}$	UEL 型	UE 型
E 201	P501	12	28.6	21.6	13.5	0.8	4	0.8	0.4	UEL 201	UE 201
E 202	P502	15	28.6	21.6	13.5	0.8	4	0.8	0.4	UEL 202	UE 202
E 203	P503	17	28.6	21.6	13.5	0.8	4	0.8	0.4	UEL 203	UE 203
E 204	P504	20	33.3	26.6	13.5	0.8	4	0.8	0.4	UEL 204	UE 204
E 205	P505	25	38.1	31.6	13.5	0.8	4	0.8	0.4	UEL 205	UE 205
E 305	P605		42.8	33.2	15.9	0.8	4	0.8	0.4	UEL 305	
E 206	P506	30	44.5	37.9	15.9	0.8	4	0.8	0.4	UEL 206	UE 206
E 306	P606		50	42.4	17.5	0.8	4	0.8	0.4	UEL 306	
E 207	P507	35	55.6	44.7	17.5	0.8	4	0.8	0.4	UEL 207	UE 207
E 307	P607		55	46.7	17.5	0.8	4	0.8	0.4	UEL 307	
E 208	P508	40	60.3	49.4	18.3	1.6	4.8	1.2	0.4	UEL 208	UE 208
E 308	P608		63.5	52.7	20.6	1.6	4.8	1.2	0.4	UEL 308	
E 209	P509	45	63.5	54.4	18.3	1.6	4.8	1.2	0.4	UEL 209	UE 209
E 309	P609		70	58	20.6	1.6	4.8	1.2	0.4	UEL 309	
E 210	P510	50	69.9	60.0	18.3	1.6	4.8	1.2	0.4	UEL 210	UE 210
E 310	P610		76.2	64.9	22.2	1.6	4.8	1.2	0.4	UEL 310	
E 211	P511	55	76.2	66.9	20.7	1.6	4.8	1.2	0.4	UEL 211	UE 211
E 311	P611		83	71.7	22.2	1.6	4.8	1.2	0.4	UEL 311	
E 212	P512	60	84.2	73.5	22.3	1.6	6.4	1.6	0.4	UEL 212	UE 212
E 312	P612		89	76.2	23.9	1.6	6.4	1.6	0.4	UEL 312	

续表 24.4-30

偏心套代号		尺寸 /mm								适用轴承代号	
新代号	旧代号	$d$	$d_{1max}$	$d_2$	$B_3$	$H$	$A_{1max}$	$r_{4min}$	$r_{5max}$	UEL 型	UE 型
E 213	P513	65	86	79	23.5	1.6	6.4	1.6	0.4	UEL 213	
E 313	P613		97	83.7	27	1.6	6.4	1.6	0.4	UEL 313	
E 214	P514	70	90	83.3	23.5	1.6	6.4	1.6	0.4	UEL 214	
E 314	P614		102	90.2	30.2	1.6	6.4	1.6	0.4	UEL 314	
E 215	P515	75	102	87.7	23.5	1.6	6.4	1.6	0.4	UEL 215	
E 315	P615		113	96.7	31.8	1.6	6.4	1.6	0.4	UEL 315	
E 316	P616	80	119	102.5	31.8	2.4	6.4	2	0.4	UEL 316	
E 317	P617	85	127	108.1	31.8	2.4	6.4	2	0.4	UEL 317	
E 318	P618	90	133	114.6	36.5	2.4	7.9	2	0.4	UEL 318	
E 319	P619	95	140	121.1	36.5	2.4	7.9	2	0.4	UEL 319	
E 320	P620	100	146	129.1	36.5	2.4	7.9	2.5	0.4	UEL 320	

12.2 紧定套

表 24.4-31 紧定套 (摘自 JB/T 7919.2—1999)



紧定套代号	尺寸 /mm					质量/kg	组成零件 <sup>①</sup> 的代号			
	$d_1$	$d$	$d_2$	$B_1$	$B_2$		紧定衬套	锁紧螺母	锁紧垫圈	锁紧卡
H 205	20	25	38	26	8	0.070	A 205	KM05	MB05	—
H 305			38	29	8	0.075	A 305	KM05	MB05	—
H 206	25	30	45	27	8	0.10	A 206	KM06	MB06	—
H 306			45	31	8	0.11	A 306	KM06	MB06	—
H 207	30	35	52	29	9	0.13	A 207	KM07	MB07	—
H 307			52	35	9	0.14	A 307	KM07	MB07	—
H 2307			52	43	9	0.17	A 2307	KM07	MB07	—
H 208	35	40	58	31	10	0.17	A 208	KM08	MB08	—
H 308			58	36	10	0.19	A 308	KM08	MB08	—

续表 24.4-31

紧定套代号	尺寸/mm					质量/kg	组成零件的代号			
	$d_1$	$d$	$d_2$	$B_1$	$B_2$		$W \approx$	紧定衬套	锁紧螺母	锁紧垫圈
H 2308	35	40	58	46	10	0.22	A 2308	KM08	MB08	—
H 209	40	45	65	33	11	0.23	A 209	KM09	MB09	—
H 309			65	39	11	0.25	A 309	KM09	MB09	—
H 2309			65	50	11	0.28	A 2309	KM09	MB09	—
H 210	45	50	70	35	12	0.27	A 210	KM10	MB10	—
H 310			70	42	12	0.30	A 310	KM10	MB10	—
H 2310			70	55	12	0.36	A 2310	KM10	MB10	—
H 211	50	55	75	37	12	0.31	A 211	KM11	MB11	—
H 311			75	45	12	0.35	A 311	KM11	MB11	—
H 2311			75	59	12	0.42	A 2311	KM11	MB11	—
H 212	55	60	80	38	13	0.35	A 212	KM12	MB12	—
H 312			80	47	13	0.39	A 312	KM12	MB12	—
H 2312			80	62	13	0.48	A 2312	KM12	MB12	—
H 213	60	65	85	40	14	0.40	A 213	KM13	MB13	—
H 313			85	50	14	0.46	A 313	KM13	MB13	—
H 2313			85	65	14	0.55	A 2313	KM13	MB13	—
H 2314		70	92	68	14	0.90	A 2314	KM14	MB14	—
H 215	65	75	98	43	15	0.71	A 215	KM15	MB15	—
H 315			98	55	15	0.83	A 315	KM15	MB15	—
H 2315			98	73	15	1.05	A 2315	KM15	MB15	—
H 216	70	80	105	46	17	0.88	A 216	KM16	MB16	—
H 316			105	59	17	1.00	A 316	KM16	MB16	—
H 2316			105	78	17	1.30	A 2316	KM16	MB16	—
H 217	75	85	110	50	18	1.00	A 217	KM17	MB17	—
H 317			110	63	18	1.20	A 317	KM17	MB17	—
H 2317			110	86	18	1.45	A 2317	KM17	MB17	—
H 218	80	90	120	52	18	1.20	A 218	KM18	MB18	—
H 318			120	65	18	1.35	A 318	KM18	MB18	—
H 2318			120	86	18	1.70	A 2318	KM18	MB18	—
H 219	85	95	125	55	19	1.35	A 219	KM19	MB19	—
H 319			125	68	19	1.55	A 319	KM19	MB19	—
H 2319			125	90	19	1.90	A 2319	KM19	MB19	—
H 220	90	100	130	58	20	1.50	A 220	KM20	MB20	—
H 320			130	71	20	1.70	A 320	KM20	MB20	—

续表 24.4-31

紧定套代号	尺寸/mm					质量/kg	组成零件 <sup>1)</sup> 的代号			
	$d_1$	$d$	$d_2$	$B_1$	$B_2$		$W \approx$	紧定衬套	锁紧螺母	锁紧垫圈
H 3120	90	100	130	76	20	—	A 3120	KM20	MB20	
H 2320			130	97	20	2.15	A 2320	KM20	MB20	
H 221	95	105	140	60	20	1.70	A 221	KM21	MB21	
H 321			140	74	20	1.95	A 321	KM21	MB21	
H 222	100	110	145	63	21	1.90	A 222	KM22	MB22	
H 322			145	71	21	2.20	A 322	KM22	MB22	
H 3122			145	81	21	—	A 3122	KM22	MB22	
H 2322			145	105	21	2.75	A 2322	KM22	MB22	
H 3024	110	120	145	72	22	1.95	A 3024	KML24	MBL24	
H 3124			155	88	22	2.65	A 3124	KM24	MB24	
H 2324			155	112	22	3.20	A 2324	KM24	MB24	
H 3026	115	130	155	80	23	2.85	A 3026	KML26	MBL26	
H 3126			165	92	23	3.65	A 3126	KM26	MB26	
H 2326			165	121	23	4.60	A 2326	KM26	MB26	
H 3028	125	140	165	82	24	3.15	A 3028	KML28	MBL28	
H 3128			180	97	24	4.35	A 3128	KM28	MB28	
H 2328			180	131	24	5.55	A 2328	KM28	MB28	
H 3030	135	150	180	87	26	3.90	A 3030	KML30	MBL30	
H 3130			195	111	26	5.50	A 3130	KM30	MB30	
H 2330			195	139	26	6.60	A 2330	KM30	MB30	
H 3032	140	160	190	93	28	5.20	A 3032	KML32	MBL32	
H 3132			210	119	28	7.65	A 3132	KM32	MB32	
H 2332			210	147	28	9.15	A 3132	KM32	MB32	
H 3034	150	170	200	101	29	6.00	A 3034	KML34	MBL34	
H 3134			220	122	29	8.40	A 3134	KM34	MB34	
H 2334			220	154	29	10.0	A 2334	KM34	MB34	
H 3036	160	180	210	109	30	6.85	A 3036	KML36	MBL36	
H 3136			230	131	30	9.50	A 3136	KM36	MB36	
H 2336			230	161	30	11.0	A 2336	KM36	MB36	
H 3038	170	190	220	112	31	7.45	A 3038	KML38	MBL38	
H 3138			240	141	31	11.0	A 3138	KM38	MB38	
H 2338			240	169	31	12.5	A 2338	KM38	MB38	
H 3040	180	200	240	120	32	9.20	A 3040	KML40	MBL40	
H 3140			250	150	32	12.0	A 3140	KM40	MB40	
H 2340			250	176	32	14.0	A 2340	KM40	MB40	

紧定套代号	尺寸/mm					质量/kg	组成零件 <sup>①</sup> 的代号			
	$d_1$	$d$	$d_2$	$B_1$	$B_2$		$W \approx$	紧定衬套	锁紧螺母	锁紧垫圈
H 3044	200	220	260	126	41	10.5	A 3044	KML44		MSL48
H 3144			280	161	44	15.0	A 3144	KM44		MS44
H 2344			280	186	44	17.0	A 2344	KM44		MS44
H 3048	220	240	290	133	46	13.0	A 3048	KML48		MSL48
H 3148			300	172	46	18.0	A 3148	KM48		MS48
H 2348			300	199	46	20.0	A 2348	KM48		MS48
H 3052	240	260	310	145	46	15.5	A 3052	KML52		MSL52
H 3152			330	190	49	22.5	A 3152	KM52		MS52
H 2352			330	211	49	25.0	A 3252	KM52		MS52
H 3056	260	280	330	152	50	17.5	A 3056	KML56		MSL56
H 3156			350	195	51	25.0	A 3156	KM56		MS56
H 2356			350	224	51	26.5	A 2356	KM56		MS56
H 3060	280	300	360	168	54	23.0	A 3060	KML60		MSL60
H 3160			380	208	53	30.0	A 3160	KM60		MS60
H 3260			380	240	53	—	A 3260	KM60		MS60
H 3064	300	320	380	171	55	24.5	A 3064	KML64		MSL64
H 3164			400	226	56	35.0	A 3164	KM64		MS64
H 3264			400	258	56	39.0	A 3264	KM64		MS64
H 3068	320	340	400	187	58	28.5	A 3068	KML68		MSL68
H 3168			440	254	72	—	A 3168	KM68		MS68
H 3268			440	288	72	—	A 3268	KM68		MS68
H 3072	340	360	420	188	58	30.5	A 3072	KML72		MSL72
H 3172			460	259	75	—	A 3172	KM72		MS72
H 3272			460	299	75	—	A 3272	KM72		MS72
H 3076	360	380	450	193	62	36.0	A 3076	KML76		MSL76
H 3176			490	264	77	—	A 3176	KM76		MS76
H 3276			490	310	77	—	A 3276	KM76		MS76
H 3080	380	400	470	210	66	41.5	A 3080	KML80		MSL80
H 3180			520	272	82	—	A 3180	KM80		MS80
H 3280			520	328	82	—	A 3280	KM80		MS80
H 3084	400	420	490	212	66	43.5	A 3084	KML84		MSL84
H 3184			540	304	90	—	A 3184	KM84		MS84
H 3284			540	352	90	—	A 3284	KM84		MS84
H 3088	410	440	520	228	77	—	A 3088	KML88		MSL88
H 3188			560	307	90	—	A 3188	KM88		MS88

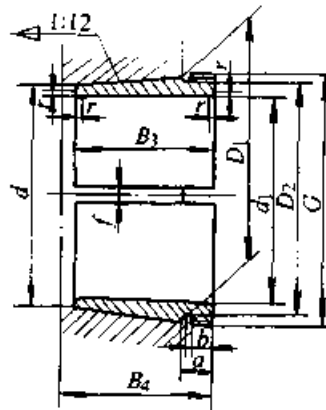
续表 24.4.31

紧定套代号	尺寸 /mm					质量/kg	组成零件 <sup>1</sup> 的代号			
	$d_1$	$d$	$d_2$	$B_1$	$B_2$		$W \approx$	紧定衬套	锁紧螺母	锁紧垫圈
H 3288	410	440	560	361	90	—	A 3288	KM88		MS88
H 3092	430	460	540	234	77	—	A 3092	KML92		MSL92
H 3192			580	326	95	—	A 3192	KM92		MS92
H 3292			580	382	95	—	A 3292	KM92		HS92
H 3096	450	480	560	237	77	73.5	A 3096	KML96		MSL96
H 3196			620	335	95	—	A 3196	KM96		MS96
H 3296			620	397	95	—	A 3296	KM96		MS96
H 30/500	470	500	580	247	85	—	A 30/500	KML100		MSL100
H 31/500			630	356	100	—	A 31/500	KM100		MS100
H 32/500			630	428	100	—	A 32/500	KM100		MS100

① 紧定衬套基本尺寸查 JB/T 7919.3—1999, 锁紧螺母基本尺寸查 JB/T 7919.4—1999, 锁紧垫圈基本尺寸查 JB/T 7919.5—1999, 锁紧卡基本尺寸查 JB/T 7919.6—1999。

12.3 退卸衬套 (表 24.4-32)

表 24.4-32 退卸衬套 (摘自 JB/T 7919.1—1999)



退卸衬套代号	尺寸 /mm										质量/kg	对应螺母
	$d_1$	$d$	$B_{3 \max}$	$B_4$	$D_1$	$D_2$	$a$	$b$	$f$	螺纹 G		
AH 208	35	40	25	27	41.5	41.0	9	6	2	M45×1.5	—	KM9
AH 308			29	32	41.92	41.0	9	6	2	M45×1.5	0.09	KM9
AH 2308			40	43	42.75	42.0	10	7	2	M45×1.5	0.128	KM9
AH 209	40	45	26	29	46.67	46.0	9	6	2	M50×1.5	—	KM10
AH 309			31	34	47.08	46.5	9	6	2	M50×1.5	0.109	KM10
AH 2309			44	47	48.08	47.5	10	7	2	M50×1.5	0.164	KM10
AH 210	45	50	28	31	51.15	51.0	10	7	2	M55×2	—	KM11
AH 310			35	38	52.33	51.5	10	7	2	M55×2	0.137	KM11

超星阅读器提醒您：  
使用本复制品 续表 24!4-32  
请尊重知识产权

通卸衬套代号	尺寸 /mm										质量/kg	对应螺母
	$d_1$	$d$	$B_1$ max	$B_2$	$D_1$	$D_2$	$a$	$b$	$f$	螺纹 G	$W$ ≈	
AH 2310	45	50	50	53	53.50	52.0	12	9	2	M55×2	0.209	KM11
AH 211	50	55	29	32	56.83	56.0	10	7	3	M60×2	—	KM12
AH 311			37	40	57.50	56.5	10	7	3	M60×2	0.161	KM12
AH 2311			54	57	58.67	57.0	13	10	3	M60×2	0.253	KM12
AH 212	55	60	32	35	62.00	61.5	11	8	3	M65×2	—	KM13
AH 312			40	43	62.67	61.5	11	8	3	M65×2	0.189	KM13
AH 2312			58	61	63.92	62.0	14	11	3	M65×2	0.297	KM13
AH 213	60	65	32.5	36	67.08	66.5	11	8	3	M75×2	—	KM15
AH 313			42	45	67.83	67.0	11	8	3	M75×2	0.253	KM15
AH 2313			61	64	69.08	68.5	15	12	3	M75×2	0.395	KM15
AH 214	65	70	33.5	37	72.17	71.5	11	8	3	M80×2	—	KM16
AH 314			43	47	73.00	72.5	11	8	3	M80×2	0.28	KM16
AH 2314			64	68	74.42	73.5	15	12	3	M80×2	0.466	KM16
AH 215	70	75	34.5	38	77.25	76.5	11	8	3	M85×2	—	KM17
AH 315			45	49	78.17	77.5	11	8	3	M85×2	0.313	KM17
AH 2315			68	72	79.75	79.0	15	12	3	M85×2	0.534	KM17
AH 216	75	80	35.5	39	82.33	81.5	11	8	3	M90×2	—	KM18
AH 316			48	52	83.42	82.5	11	8	3	M90×2	0.365	KM18
AH 2316			71	75	85.00	84.5	15	12	3	M90×2	0.597	KM18
AH 217	80	85	38.5	42	87.5	87.0	12	9	3	M95×2	—	KM19
AH 317			52	56	88.67	88.0	12	9	3	M95×2	0.429	KM19
AH 2317			74	78	90.17	89.5	16	13	3	M95×2	0.69	KM19
AH 218	85	90	40	44	92.67	92.0	12	9	3	M100×2	—	KM20
AH 318			53	57	93.75	93.0	12	9	3	M100×2	0.461	KM20
AH 3218			63	67	94.5	94.0	13	10	3	M100×2	0.576	KM20
AH 2318			79	83	95.5	95.0	17	14	3	M100×2	0.779	KM20
AH 219	90	95	43	47	97.83	97.0	13	10	4	M105×2	—	KM21
AH 319			57	61	99.00	98.5	13	10	4	M105×2	0.532	KM21
AH 3219			67	71	99.75	99.0	14	11	4	M105×2	—	KM21
AH 2319			85	89	100.83	100.0	19	16	4	M105×2	0.886	KM21
AH 220	95	100	45	49	103.00	102.5	13	10	4	M110×2	—	KM22
AH 320			59	63	104.17	103.5	13	10	4	M110×2	0.582	KM22
AH 3120			64	68	104.50	104.0	14	11	4	M110×2	0.650	KM22
AH 3220			73	77	105.25	104.5	14	11	4	M110×2	0.767	KM22



续表 24.4-32

拆卸衬套代号	尺寸/mm										质量/kg	对应螺母
	$d_1$	$d$	$B_3$ max	$B_4$	$D_1$	$D_2$	$a$	$b$	$f$	螺纹 G	$W$ ≈	
AH 2320	95	100	90	94	106.25	105.5	19	16	4	M110×2	0.998	KM22
AH 222	105	110	50	54	113.33	112.5	14	11	4	M120×2	0.663	KM24
AH 322			63	67	114.33	113.5	15	12	4	M120×2	0.663	KM24
AH 3122			68	72	114.83	114.0	14	11	4	M120×2	0.760	KM24
AH 3222			82	86	116.00	115.5	14	11	4	M125×2	0.880	KM25
AH 2322			98	102	116.92	116.0	19	16	4	M125×2	0.950	KM25
AH 224			115	120	53	57	123.50	123.0	15	12	4	M130×2
AH 3024	60	64			124.00	123.5	16	13	4	M130×2	0.750	KM26
AH 324	69	73			124.25	124.0	16	13	4	M130×2	—	KM26
AH 3124	75	79			125.33	124.0	15	12	4	M130×2	0.950	KM26
AH 3224	90	94			126.50	126.0	16	13	4	M135×2	1.110	KM27
AH 2324	105	109			127.42	126.5	20	17	4	M135×2	1.600	KM27
AH 226	125	130	53	57	133.50	133.0	15	12	4	M140×2	—	KM28
AH 3026			67	71	134.50	134.0	17	14	4	M140×2	0.930	KM28
AH 326			74	78	135.08	134.5	17	14	4	M140×2	—	KM28
AH 3126			78	82	135.58	135	15	12	4	M140×2	1.080	KM28
AH 3226			98	102	137.00	136.5	18	15	4	M145×2	1.580	KM29
AH 2326			115	119	138.08	137.5	22	19	4	M145×2	1.970	KM29
AH 228	135	140	56	61	143.75	143.0	16	13	4	M150×2	—	KM30
AH 3028			68	73	144.67	144.0	17	14	4	M150×2	1.010	KM30
AH 328			77	82	145.42	144.5	17	14	4	M150×2	—	KM30
AH 3128			83	88	145.92	145.0	17	14	4	M150×2	1.280	KM30
AH 3228			104	109	147.58	147.0	18	15	4	M155×3	1.840	KM31
AH 2328			125	130	148.92	148.0	23	20	4	M155×3	2.330	KM31
AH 230	145	150	60	65	154.00	153.5	17	14	4	M160×3	—	KM32
AH 3030			72	77	154.92	154.0	18	15	4	M160×3	1.150	KM32
AH 330			83	88	155.83	155.0	18	15	4	M165×3	—	KM33
AH 3130			96	101	156.92	156.0	18	15	4	M165×3	1.790	KM33
AH 3230			114	119	158.25	157.5	20	17	4	M165×3	2.220	KM33
AH 2330			135	140	159.42	158.5	27	24	4	M165×3	2.820	KM33
AH 232	150	160	64	69	164.25	163.0	18	15	5	M170×3	—	KM34
AH 3032			77	82	165.25	164.0	19	16	5	M170×3	2.060	KM34
AH 332			88	93	166.17	165.0	19	16	5	M180×3	—	KM36
AH 3132			103	108	167.42	166.0	19	16	5	M180×3	2.870	KM36
AH 3232			124	130	168.92	167.0	23	20	5	M180×3	4.080	KM36
AH 2332			140	146	169.92	168.0	27	24	4	M180×3	4.72	KM36

招星浏览器提醒您：  
使用本受制品  
请尊重相关知识产权  
续表 24.4-32

退卸衬套代号	尺寸 /mm									质量/kg	对应螺母	
	$d_1$	$d$	$B_1$ max	$B_4$	$D_1$	$D_2$	$a$	$b$	$f$			螺纹 G
AH 234	160	170	69	74	174.58	173.0	19	16	5	M180×3	—	KM36
AH 3034			85	90	175.83	174.0	20	17	5	M180×3	2.430	KM36
AH 334			93	98	176.50	175.0	20	17	5	M190×3	—	KM38
AH 3134			104	109	177.00	176.0	19	16	5	M190×3	3.040	KM38
AH 3234			134	140	179.42	178.0	27	24	5	M190×3	4.80	KM38
AH 2334			146	152	180.42	179.0	27	24	5	M190×3	5.25	KM38
AH 236	170	180	69	74	184.58	183.0	19	16	5	M190×3	—	KM38
AH 3036			92	98	186.25	185.0	23	17	5	M190×3	2.81	KM38
AH 2236			105	110	187.50	186.0	20	17	5	M200×3	—	KM40
AH 3136			116	122	188.33	187.0	22	19	5	M200×3	3.76	KM40
AH 3236			140	146	189.92	188.0	27	24	5	M200×3	5.32	KM40
AH 2336			154	160	190.92	189.0	29	26	5	M200×3	5.83	KM40
AH 238	180	190	73	78	194.58	193.0	23	17	5	T205×4	—	HML41
AH 3038			96	102	196.50	195.0	24	18	5	T205×4	3.32	HML41
AH 2238			112	117	197.75	196.0	24	18	5	T210×4	—	KM42
AH 3138			125	131	198.75	197.0	26	20	5	T210×4	4.89	KM42
AH 3238			145	152	200.08	199.0	31	25	5	T210×4	5.90	KM42
AH 2338			160	167	201.25	200.0	32	26	5	T210×4	6.63	KM42
AH 240	190	200	77	82	204.83	203.0	24	18	5	T215×4	—	HML43
AH 3040			102	108	206.92	205.0	25	19	5	T215×4	3.80	HML43
AH 2240			118	123	208.17	207.0	25	19	5	T220×4	—	KM44
AH 3140			134	140	209.42	208.0	27	21	5	T220×4	5.49	KM44
AH 3240			153	160	210.75	209.0	31	25	5	T220×4	6.68	KM44
AH 2340			170	177	211.75	210.0	36	30	5	T220×4	7.54	KM44
AH 244	200	220	85	91	225.58	224.0	24	18	5	T235×4	—	HML47
AH 3044			111	117	227.58	226.0	26	20	5	T235×4	7.40	HML47
AH 2244			130	136	229.17	228.0	26	20	5	T240×4	—	KM48
AH 3144			145	151	230.17	229.0	29	23	5	T240×4	10.40	KM48
AH 2344			181	189	232.75	231.0	36	30	5	T240×4	13.50	KM48
AH 248	220	240	96	102	246.17	245.0	28	22	5	T260×4	—	HML52
AH 3048			116	123	248.00	247.0	27	21	5	T260×4	8.75	HML52
AH 2248			144	150	250.25	249.0	27	21	5	T260×4	—	KM52
AH 3148			154	161	250.83	249.0	31	25	5	T260×4	12.0	KM52
AH 2348			189	197	253.42	252.0	36	30	5	T260×4	15.50	KM52
AH 252	240	260	105	111	266.83	265.0	29	23	6	T280×4	—	HML56
AH 3052			128	135	268.83	267.0	29	23	6	T280×4	10.70	HML56

超星阅读器  
使用本复制品  
请尊重版权  
续表 24-1-32

退卸衬套代号	尺寸/mm										质量/kg	对应螺母
	$d_1$	$d$	$B_3$ max	$B_4$	$D_1$	$D_2$	$a$	$b$	$f$	螺纹 G	$W$ ≈	
AH 2252			155	161	271.00	270.0	29	23	6	T290×4	—	KM58
AH 3152			172	179	272.25	271.0	32	26	6	T290×4	16.20	KM58
AH 2352			205	213	274.75	273.0	36	30	6	T290×4	19.60	KM58
AH 256	260	280	105	113	287.00	286.0	29	23	6	T300×4	—	HML60
AH 3056			131	139	289.08	288.0	30	24	6	T300×4	12.0	HML60
AH 2256			155	163	291.08	290.0	30	24	6	T310×5	—	KM62
AH 3156			175	183	292.42	291.0	34	28	6	T310×5	17.5	KM62
AH 2356			212	220	295.33	294.0	36	30	6	T310×5	21.6	KM62
AH 3060	280	300	145	153	310.08	309.0	32	26	6	T320×5	14.4	HML64
AH 2260			170	178	312.17	311.0	32	26	6	T330×5	—	KM66
AH 3160			192	200	313.67	312.0	36	30	6	T330×5	20.8	KM66
AH 3260			228	236	316.33	315.0	40	34	6	T330×5	26.0	KM66
AH 3064	300	320	149	157	330.33	329.0	33	27	6	T345×5	16.0	HML69
AH 2264			180	190	333.08	332.0	33	27	6	T350×5	—	KM70
AH 3164			209	217	335.00	334.0	37	31	6	T350×5	24.5	KM70
AH 3264			246	254	337.67	336.0	42	36	6	T350×5	30.6	KM70
AH 3068	320	340	162	171	351.42	350.0	34	28	6	T365×5	19.5	HML73
AH 3168			225	234	356.25	355.0	39	33	6	T370×5	29.0	KM74
AH 3268			264	273	359.08	358.0	44	38	6	T370×5	35.4	KM74
AH 3072	340	360	167	176	371.67	370.0	36	30	6	T385×5	21.0	HML77
AH 3172			229	238	376.42	375.0	41	35	6	T400×5	33.0	KM80
AH 3272			274	283	379.95	378.0	46	40	6	T400×5	41.5	KM80
AH 3076	360	380	170	180	391.92	390.0	37	31	6	T410×5	23.2	HML82
AH 3176			232	242	396.67	395.0	42	36	6	T420×5	35.7	KM84
AH 3276			284	294	400.50	399.0	48	42	6	T420×5	45.6	KM84
AH 3080	380	400	183	193	412.83	411.0	39	33	6	T430×5	27.3	HML86
AH 3180			240	250	417.17	416.0	44	38	6	T440×5	39.5	KM88
AH 3280			302	312	421.83	420.0	50	44	6	T440×5	51.7	KM88
AH 3084	400	420	186	196	433.00	432.0	40	34	8	T450×5	29.0	HML90
AH 3184			266	276	439.17	438.0	46	40	8	T460×5	46.5	KM92
AH 3284			321	331	443.25	442.0	52	46	8	T460×5	58.9	KM92
AH 3088	420	440	194	205	453.67	452.0	41	35	8	T470×5	32.0	HML94
AH 3188			270	281	459.42	458.0	48	42	8	T480×5	49.8	KM96
AH 3288			330	341	463.92	462.0	54	48	8	T480×5	63.8	KM96

续表 24.4-32

退卸衬套代号	尺寸/mm										质量/kg	对应螺母
	$d_1$	$d$	$B_3$ max	$B_4$	$D_1$	$D_2$	$a$	$b$	$f$	螺纹 $G$	$W$ $\approx$	
AH 3092	440	460	202	213	474.17	473.0	43	37	8	T490×5	35.2	HML98
AH 3192			285	296	480.58	479.0	49	43	8	T510×6	57.9	KM102
AH 3292			349	360	485.33	484.0	56	50	8	T510×6	74.5	KM102
AH 3096	460	480	205	217	494.42	493.0	44	38	8	T520×6	39.2	HML104
AH 3196			295	307	501.33	500.0	51	45	8	T530×6	63.1	KM106
AH 3296			364	376	506.50	505.0	58	52	8	T530×6	82.1	KM106
AH 30/500	480	500	209	221	514.58	513.0	46	40	8	T540×6	42.5	HML108
AH 31/500			313	325	522.67	521.0	53	47	8	T550×6	70.9	KM110
AH 32/500			393	405	528.75	527.0	60	54	8	T550×6	94.6	KM110

## 参 考 文 献

- 1 洛阳轴承研究所编. 滚动轴承产品样本. 北京: 中国石化出版社, 机械工业出版社, 2000
- 2 徐源主编. 机械设计手册: 第4卷. 北京: 机械工业出版社, 2000
- 3 机械工程师手册编辑委员会编. 机械工程师手册. 北京: 机械工业出版社, 2000
- 4 刘泽九主编. 滚动轴承应用手册. 北京: 机械工业出版社, 1996
- 5 全国滚动轴承标准化技术委员会编. 中国机械工业标准汇编: 滚动轴承卷(上、下). 北京: 中国标准出版社, 1998

中国机械设计大典  
CHINA MECHANICAL DESIGN CANON

第  
25  
篇

超星浏览器提醒您：  
使用本复制品  
请尊重相关知识产权！

滑动轴承

主 编 卜 炎

编 写 卜 炎 项 忠 霞  
张 军 陈 树 昌

审 稿 潘 凤 章



中国机械工程学会  
CMDC 中国机械设计大典编委会

超星浏览器提醒您：  
使用本复制品  
请尊重相关知识产权！

轴承是机器和仪器、器械的重要基础件，各种机器和仪器、器械靠轴承在作相对运动的零件间传递作用力，或保持回转件的位置精度。轴承的功能是：

- 1) 支承回转零件，使其保持需要的位置精度；
- 2) 维持较小的摩擦因数以减小摩擦力，减少摩擦功耗；
- 3) 维持较小的磨损率，以保证足够的工作寿命；
- 4) 结构上要能方便地更换磨损件，以便于更换摩擦表面。通常都是把轴瓦设计成磨损件，磨损后更换轴瓦。

支承件和被支承件构成滑动摩擦副称为滑动支承，若被支承件是轴，则该滑动支承称为滑动轴承。

一方面，极简单的回转支承为了降低成本采用滑动轴承，或为了减小径向尺寸采用滑动轴承。另一方面，滑动轴承主要用于滚动轴承难以满足支承要求的场合，如高回转速度、长寿命、低摩阻、大冲击载荷、低噪声、无污染等要求的场合，故宇航器的高精度陀螺仪、火力和水力发电机组、自动化办公设备、家用电器等，绝大多数采用滑动轴承。

需要采用剖分结构的轴承，多半采用滑动轴承，例如内燃机轴承。相当部分机床（特别是高速、高精度机床）采用滑动轴承。

由于工艺原因，特大型和微小型轴承以采用滑动轴承为宜。

滑动轴承最基本的结构要素就是轴颈和轴瓦。轴上被支承的部分称为轴颈，滑动轴承的轴颈通常都是圆柱形和圆锥形，结构比较简单。与轴颈相配的支承件称为轴瓦。整体管形轴瓦又称为轴套（图 25.0-1a），对开剖分的弧形轴瓦就称为轴瓦（图 25.0-1b）。以后，把轴瓦和轴套统称为轴瓦。

最简易的滑动轴承在箱壁上钻孔成为轴瓦。

轴瓦分单层和多层两种，多层轴瓦由衬层和衬背组成。衬背用强度较高的材料制造，支持着衬层使轴瓦具有需要的强度和刚度。衬层起减摩

作用，用摩擦学性能较好的材料制造，又称为减摩层；有时为改善磨合性和减摩性，在衬层上再镀覆一层摩擦学性能更好的材料。

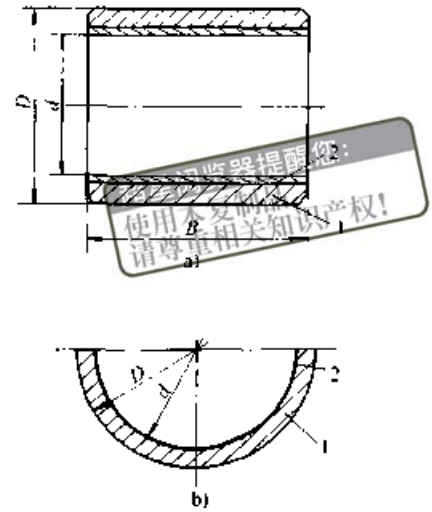


图 25.0-1 滑动轴承轴瓦  
1—衬背 2—衬层

按轴瓦厚度，轴瓦又分为薄壁轴瓦（图 25.0-1）和厚壁轴瓦（图 25.0-2）：薄壁轴瓦一般采用卷制法制造，又称卷制轴瓦，如图 25.0-1a 所示，为一多层卷制轴瓦。厚壁轴瓦多半用车削法制造。

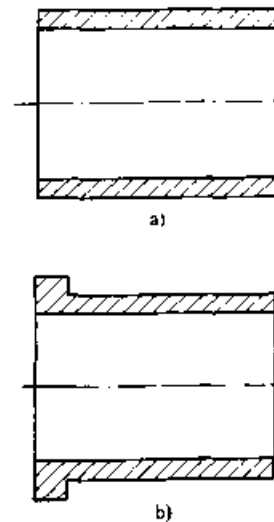


图 25.0-2 厚壁轴瓦

a) 不带挡边轴瓦 b) 带挡边轴瓦

根据轴瓦型式不同，厚壁轴瓦有带挡边和不带挡边大两种（图 25.0-2）。

滑动轴承有时以机器的箱体零件作为轴瓦的支承件，有时以独立的轴承座作为轴瓦的支承件。

# 第 1 章 滑动轴承的类型及其选择

超星阅读器提醒您：  
使用本复制品  
请尊重相关知识产权！

## 1 滑动轴承的类型

滑动摩擦的状态有固体摩擦、边界摩擦、流体摩擦，以及它们的混合状态——混合摩擦。滑动轴承的润滑方式可以由外部提供润滑剂或轴瓦材料自身含有润滑剂，由外部提供润滑剂可以用

油杯、油枪、油垫、油环和油泵等。

因此，滑动轴承的种类繁多，有的结构十分简单、价格低廉，有的结构复杂、加工精度很高、价格昂贵。

按摩擦（润滑）状态的分类见表 25.1-1，根据不同依据的分类见表 25.1-2。

表 25.1-1 滑动轴承按摩擦状态的分类

轴承类型		摩擦状态	润滑方式	润滑状态	计算方法
干摩擦 轴承	无润滑轴承	固体摩擦	—	固体润滑	考虑磨损的条件性计算
	固体润滑轴承		涂覆固体润滑剂膜		
含油轴承	不完全油膜轴承	固体、边界、流体摩擦的混合状态	浸渍润滑油	固体、边界、流体润滑的混合状态	近似计算或条件性计算
			脂杯、滴油、油绳、油垫润滑		
流体膜轴承		流体摩擦	循环润滑	流体润滑	求解二维雷诺方程

表 25.1-2 滑动轴承按不同方式的分类

分类依据	轴承类型	说明	分类依据	轴承类型	说明
承载方向	径向轴承	只承受径向载荷	轴瓦材料	普通金属轴承	铅基合金、锡基合金、铜基合金、铝基合金、铸铁等
	止推轴承	只承受轴向载荷		粉末冶金轴承	
载荷性质	静载轴承	载荷的大小和方向均不变	轴瓦材料	多孔质材料轴承	粉末冶金、成长铸铁、聚合物等
	动载轴承			载荷大小和（或）方向改变	塑料轴承
润滑机理	动压轴承	流体润滑	轴瓦材料	炭石墨轴承	炭石墨
	静压轴承	流体润滑		宝石轴承	人造刚玉、玛瑙等
润滑剂	动静压混合轴承	流体润滑	轴瓦材料	橡胶轴承	橡胶
	混合润滑轴承	混合润滑		木轴承	愈疮木、枫木、橡木等
润滑剂	磁力轴承	几乎无摩擦	轴瓦结构	圆瓦轴承	轴瓦孔各横截面均为圆形
	静电轴承	几乎无摩擦		部分瓦轴承	
润滑剂	油润滑轴承	矿物润滑油、合成润滑油	轴瓦结构	椭圆轴承	双圆弧瓦
	水润滑轴承			水、水基润滑液	多油楔轴承
润滑剂	脂润滑轴承	润滑脂	轴瓦结构	固定瓦块轴承	瓦块位置固定
	气体润滑轴承	空气、氢、氦、氮等		可倾瓦块轴承	瓦块能自行调整位置
润滑剂	磁流体润滑轴承	磁性流体	轴瓦结构	浮环轴承	轴颈与轴瓦间有浮动的环
	固体润滑轴承	MoS <sub>2</sub> 、石墨、聚合物、软金属、陶瓷等		螺旋槽轴承	
			其他	自位轴承	能自动调整轴线位置

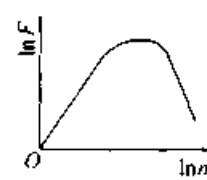
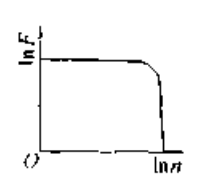
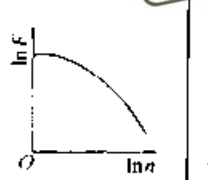
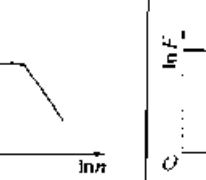
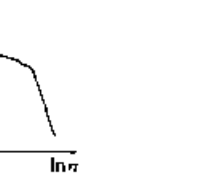


## 2 各种轴承的性能比较

能有很大差异, 它们的性能比较见表 25.1-3。为了便于选择轴承, 表中还列入了滚动轴承:

不同摩擦(润滑)状态下的滑动轴承, 其性

表 25.1-3 不同摩擦(润滑)状态滑动轴承的性能比较

轴承性能	动压轴承	静压轴承	含油轴承	干摩擦轴承	滚动轴承	
承载特性						
运转性能	阻 尼	中~大	大	较小	最小	
	起动转矩	中~大	最小	大	最大	
	功 耗	小~大, 与润滑剂黏度、转速成正比	最小~中, 与润滑剂黏度、转速成正比, 另有泵功耗	较大, 与载荷有较大关系	最大, 与轴瓦材料有较大关系	较小
	旋转精度	高	最高	中	低	高
	运转噪声	很小	轴承本身很小, 但泵还有噪声	很小	稳定载荷下较小	小~中
	运转寿命	有限寿命, 决定于起动次数	无限寿命	有限寿命, 决定于轴瓦材料的耐磨性		有限寿命
环境适应性	高 温	温度限制决定于润滑剂的抗氧化能力或轴瓦材料		温度限制决定于润滑剂的抗氧化能力	温度限制决定于轴瓦材料	
	低 温	温度限制决定于起动转矩			温度限制决定于轴瓦材料	>30 ℃
	真 空	一般, 但要用特殊润滑剂			最好	一般, 但要用特殊润滑剂
	潮 湿	好		一般, 注意密封	一般, 轴颈和轴瓦材料必须耐腐蚀	一般, 注意密封
	尘 埃	一般, 注意润滑系统密封和润滑剂过滤	好, 注意润滑系统密封和润滑剂过滤	一般, 注意密封	好, 密封更好	一般, 必须仔细密封
	辐 射	受润滑剂限制			好	受润滑剂限制
运动适应性	频繁起动	差	好			
	频繁改向	差	好	一般	很好	
	摆 动	不可以	可以			
制造维护性能	对制造和装配误差的敏感性	差	中	好		中
	标准化程度	较差	最差	好	较好	最好
	润 滑	循环润滑, 润滑剂用量多, 润滑装置复杂	循环润滑, 润滑剂用量最多, 润滑装置复杂	简单, 用油量少	无需润滑	大多数简单, 润滑剂用量有限
	维 护	经常检查, 定期清洗润滑系统和更换润滑油		定时补充润滑油	无需维护	定期清洗并更换润滑剂
成 本	制造成本高, 运转成本决定于润滑系统		较低	最低	低	

### 3 滑动轴承型式的选择

滑动轴承的主要工况参数是载荷  $F$  和转速  $n$ 。除了静压轴承和固体润滑轴承之外，滑动轴承在工况变化时，摩擦状态会转换。在固体摩擦为主的状态下，摩擦副材料的抗压强度或疲劳强度决定轴承的承载能力；在边界摩擦为主的状态下，轴承的温升决定轴承的承载能力；在液体摩擦（动力润滑）状态下，最小油膜厚度决定轴承的承载能力。直径、宽度确定的一个轴承，不同转速下的极限载荷变化，见图 25.1-1。

由图可见，这种轴承最危险的区域是在中等转速范围。所以，轴承如果在载荷下起动或停车，必须很快加速或减速，以便顺利通过该危险区域。可以参考图 25.1-2、25.1-3，按载荷和转速选择适宜的滑动轴承类型。

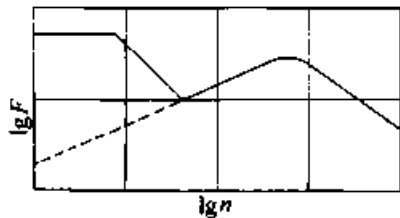


图 25.1-1 典型轴承载荷-速度曲线

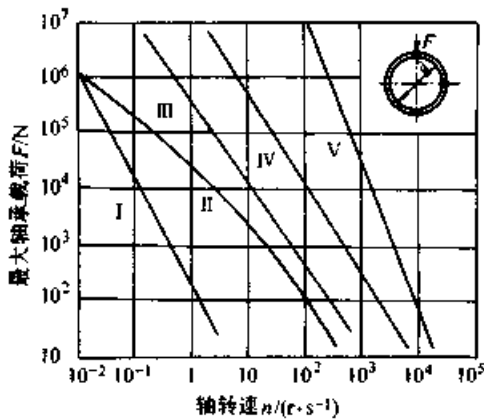


图 25.1-2 各类径向滑动轴承的适用区域

- I—干摩擦轴承、含油轴承和滚动轴承适用区
- II—含油轴承、不完全油膜轴承、滚动轴承适用区
- III—滚动轴承适用区
- IV—动压轴承、滚动轴承适用区
- V—动压轴承适用区（静压轴承各区均适用）

### 4 滑动轴承的基本形式

径向动压轴承的基本形式见图 25.1-4，止推滑动轴承的基本形式见图 25.1-5。图 25.1-4 中：a、b、c 三种形式结构简单、制造方便、动力润滑时承载能力大，但高速稳定性差，易产生油膜振荡；在上方（非承载区）设置油槽（形式 b），

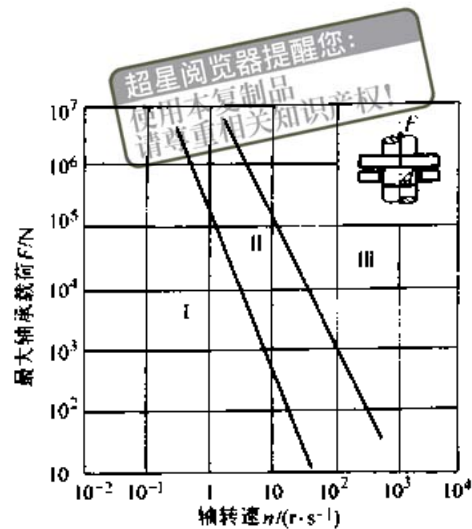


图 25.1-3 各类止推滑动轴承的适用区域

- I—干摩擦轴承、含油轴承、不完全油膜轴承、滚动轴承适用区
- II—动压轴承、滚动轴承适用区
- III—动压轴承适用区（静压轴承各区均适用）

有利于减少摩擦、降低温升、提高承载能力，且可收集油中杂质；两侧设置油槽（形式 c），供油量较大，轴承温升低；是轴承载荷方向基本不变时主要采用的形式。

d 形式的浮动环随轴转动，转速约为轴转速的 1/2，使轴颈与浮动环、浮动环与轴瓦间的相对速度下降，从而降低了功耗和温升。环内外均能形成压力油膜，故高速稳定性好，是小型高速轻载轴承采用的主要形式。

e 形式由中间周向油槽向两侧供油，相当于两个窄轴承的组合，故承载能力较低，是载荷方向变动，尤其是旋转载荷轴承能采用的形式。

f 形式利用螺旋槽的泵入作用给轴承供油，并且槽与台构成阶梯，可以形成动压油膜。它供油充分、轴承温升低、高速稳定性好。

g-1 都是固定瓦多油楔轴承形式，运转时形成多个压力油膜。与圆轴承形式比较，承载能力有所下降，功耗有所上升，但旋转精度和定心性较好，刚度和阻尼较大，高速稳定性提高，是高速轻载轴承常常采用的形式。

m、n 是可倾瓦多油楔轴承形式，能随载荷、速度的变化自动调整瓦块斜度，是稳定性最好的一种轴承形式，主要是高速、轻载轴承采用。

o 是箔轴承形式，它工作稳定可靠、承载能力大、功耗低，对环境污染、温度变化、表面变形及外部冲击载荷、振动等有较强承受能力。要求的制造精度较低。

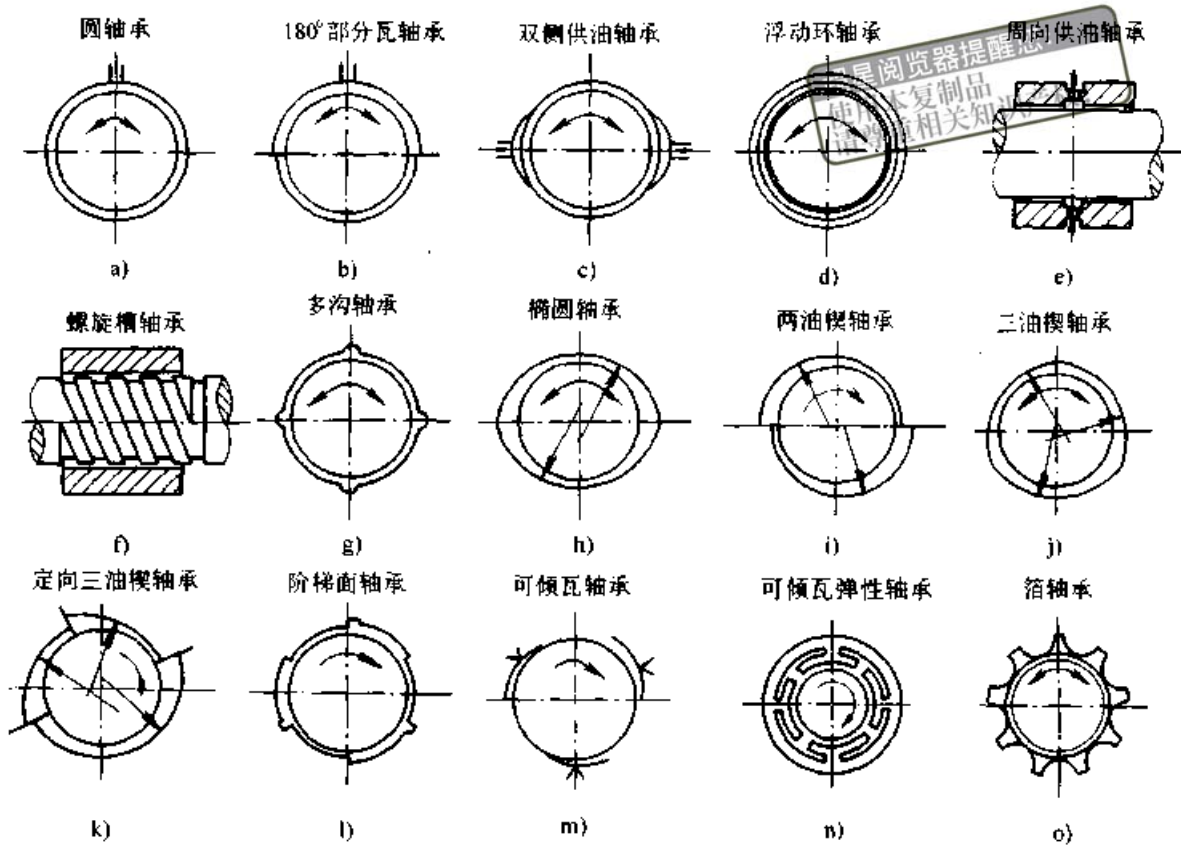


图 25.1.4 径向动压轴承的基本形式

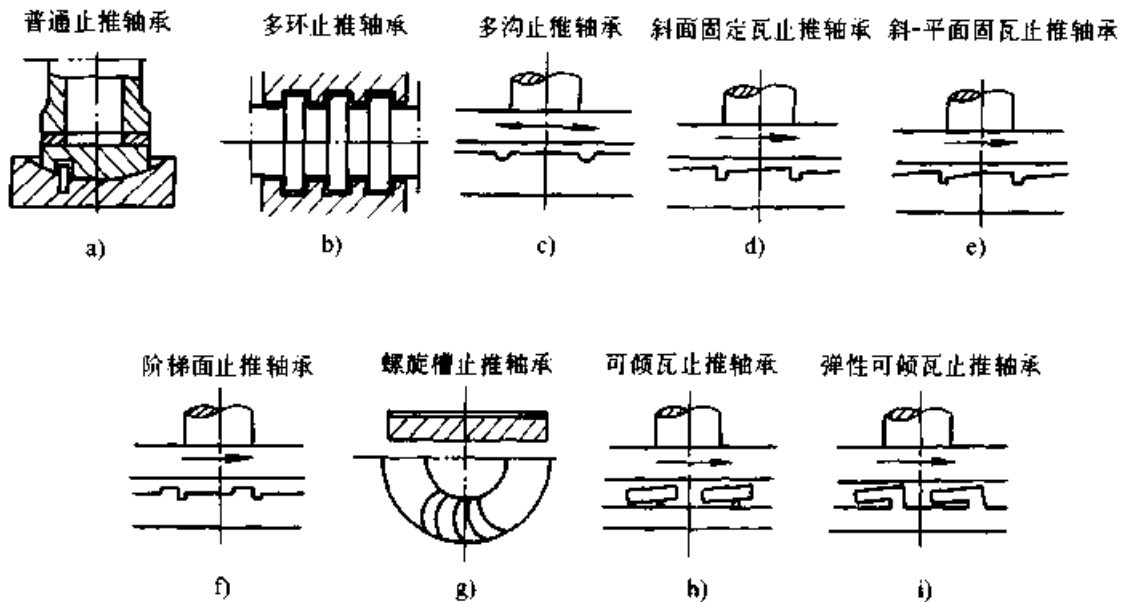


图 25.1.5 止推轴承基本形式

图 25.1.5 中：a、b 为普通止推轴承，不易获得完全油膜润滑，一般为不重要轴承采用的形式。其中 a 为端轴颈，轴承直径受轴直径尺寸的限制，承载能力有限。b 是环面轴颈，采用多环

以增加支承面积。

c~g 为固定瓦止推轴承形式，是止推轴承的最主要形式，其中 d 形式只适用于卧式轴承。h、i 为可倾瓦止推轴承形式，是大、中型、重要

止推轴承常采用的形式。

径向止推轴承采用的主要形式是 H 形、锥形和球形轴承, 见图 25.1-6。

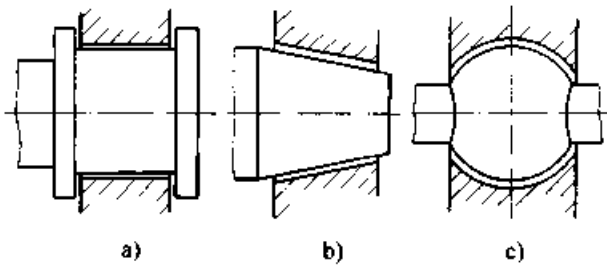


图 25.1-6 径向止推轴承的形式  
a) H 形 b) 锥形 c) 球形

## 5 滑动轴承的设计

滑动轴承的设计是在有限的已知条件下, 确定全部轴承参数与性能。要确定的参数有: 几何参数、工况参数、润滑剂与润滑装置参数、热流动状况参数、材料参数、运转特性参数、工艺与安装参数, 以及与轴承生产、安装和控制有关的说明, 关于维护保养的规定等。这些参数中, 只有少量的可以通过轴承分析计算获得, 大量参数需凭设计师的经验选定。有些参数往往只有在很窄的范围内, 设计方能成功, 因此, 滑动轴承设计可能是一项困难的工作。

另一方面, 还有一些环境因素的可变性, 影响滑动轴承分析计算的可靠性与准确性。

### 5.1 滑动轴承参数

#### (1) 几何参数

几何参数包括各种尺寸 (例如轴瓦与轴颈的直径、轴瓦宽度、轴承间隙、供油槽长度等等) 和结构参数 (例如瓦块数、瓦块支点位置、供油槽位置等)。

#### (2) 工况参数

工况参数包括载荷的大小、方向和特性, 两表面的运动学特性 (例如速度)。

#### (3) 运转特性参数

运转特性参数包括油膜厚度、轴心轨迹、刚度、阻尼、失稳转速等。

#### (4) 热流动状况参数

热流动状况参数包括功耗、散热量、油膜平均温度、进油温度、出油温度等。

#### (5) 润滑剂与润滑装置参数

润滑剂与润滑装置参数包括润滑剂品种、特性 (特别是黏度、黏温指数、黏压指数等)、供油压力、供油量及油路各部分尺寸。

#### (6) 材料参数

材料参数包括轴颈和轴瓦材料的物理、力学性能、热处理性能等。

#### (7) 工艺与安装参数

工艺与安装参数包括表面微观几何形貌 (表面粗糙度、波度)、加工公差、安装精度等。

## 5.2 滑动轴承设计方法

不同类型的滑动轴承有不同的设计方法, 但设计要求基本一致, 除一般机械零件设计的要求外, 主要是:

- 1) 最大的承载能力;
- 2) 最小的摩擦功耗;
- 3) 在两表面之间保持一个最佳空间形状;
- 4) 转子系统运转稳定。

### 5.2.1 流体膜润滑轴承的设计

设计的准则是通过润滑分析计算, 保证轴承在给定的外部条件下, 转子稳定运转在流体膜润滑状态。通常设计方法有下列 3 种:

1) 表格曲线法 将轴承性能参数: 承载能力、偏心距、摩擦功耗、润滑剂流量、刚度、阻尼等转变为量纲为 1 的特征数, 用数值计算方法求解润滑方程, 得出这些特征数与偏心率或最小油膜厚度的关系曲线或表格。设计时根据这些数据表格, 再辅之以一些经验数据, 确定需要的轴承参数。

这种方法简便、经济、快捷, 大多数滑动轴承都适用。

2) 拟合公式法 得出量纲为 1 的轴承特征数与偏心率或最小油膜厚度的关系曲线之后, 找出这些曲线的拟合公式, 再辅之以选择某些轴承参数的经验公式, 通过计算确定需要的轴承参数。

3) 数值计算法 除已知参数外, 再初步选定一些必需的参数, 然后代入润滑方程, 用数值计算方法求解, 计算出轴承的主要参数。这种方法计算精度高, 适用于大型、重要的滑动轴承。

### 5.2.2 滑动轴承常用设计资料

滑动轴承常用设计资料见表 25.1-4。

表 25.1-4 滑动轴承设计资料

机器名称	轴承形式	许用压力 <sup>d</sup> $p_0/\text{MPa}$	许用速度 $v_0/\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$	许用 $pv$ 值 $(pv)_0/$ $\text{MPa}\cdot\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$	适宜黏度 $\eta/\text{Pa}\cdot\text{s}$	$(\eta/\rho)_{\text{min}}$ $/10^{-4}$	相对间隙 $\Psi$	宽径比 $B/D$
金属切削机床	主轴承	0.5~5.0	—	1~5	0.04	2.5	<0.001	1~3
传动装置	轻载轴承	0.15~0.30	—	1~2	0.025~0.06	230	0.001	1~2
	重载轴承	0.5~1.0	—					
减速器	各轴轴承	0.5~4.0	1.5~6.0	3~20	0.03~0.05	66	0.001	1~3
轧钢机	主轴承	5~30	0.5~30	50~80	0.05	23	0.0015	0.8~1.5
冲压机、剪床	主轴承	28	—	—	0.1	—	0.001	1~2
	曲柄轴承	55	—	—	—	—	—	—
铁路车辆	货车轴承	3~5	1~3	10~15	0.1	116	0.001	1.4~2.0
	客车轴承	3~4						
发电机、 电动机、 离心压缩机	转子轴承	1~3	—	2~3	0.025	416	0.0013	0.8~1.5
汽轮机	主轴承	1~3	5~60	85	0.002~0.016	250	0.001	0.8~1.25
活塞式 压缩机和泵	主轴承	2~10	—	2~3	0.03~0.08	66	0.001	0.8~2.0
	连杆轴承	4~10	—	3~4		46	<0.001	0.9~2.0
	活塞销轴承	7~13	—	5		23	<0.001	1.5~2.0
精纺机	锭子轴承	0.01~0.02	—	—	0.002	25 000	0.005	—
汽车发动机	主轴承	6~15	6~8	>50	0.007~0.008	33	0.001	0.35~0.7
	连杆轴承	6~20	6~8	>80		23	0.001	0.5~0.8
	活塞销轴承	18~40	—	—		16	<0.001	0.8~1.0
航空发动机	主轴承	12~22	8~10	>80	0.007~0.008	36	0.001	0.4~0.6
	连杆轴承 (排形)	13~20	8~10	>100		23	0.001	0.7~1.0
	连杆轴承 (星形)	20~26	8~10	>100		23	0.001	0.7~1.0
	活塞销轴承	50~85	—	>100		18	<0.001	0.8~0.9
2冲程柴油机	主轴承	5~9	1~5	10~15	0.02~0.065	58	0.001	0.6~0.75
	连杆轴承	7~10	1~5	15~20		28	<0.001	0.5~1.0
	活塞销轴承	9~13	—	—		23	<0.001	1.5~2.0
4冲程柴油机	主轴承	6~13	1~5	15~20	0.02~0.065	47	0.001	0.45~0.9
	连杆轴承	12~15	—	20~30		23	<0.001	0.5~0.8
	活塞销轴承	15~20	—	—		12	<0.001	1~2

注：本表仅供参考。

① 与轴瓦材料和润滑方法有关：小值用于滴油、油环或飞溅润滑，轴瓦材料强度较低者；大值用于压力供油润滑，轴瓦材料强度较高者。

## 第2章 滑动轴承材料

滑动轴承材料包括轴颈材料和轴瓦材料，轴颈材料通常就是轴的材料，比较简单，绝大多数都是采用钢。

用作滑动轴承轴瓦的材料品种繁多，有金属材料、粉末冶金材料和非金属材料。动、静压轴承，不完全油膜轴承一般都用金属材料，含油轴承常用粉末冶金材料，干摩擦轴承常用非金属材料，水润滑轴承常用橡胶。用作轴瓦的金属材料有铸铁和锡基、铅基及铝基轴承合金。

### 1 对滑动轴承轴瓦材料的要求

轴瓦材料应具备的性能是：

#### (1) 摩擦相容性

摩擦时轴瓦材料和轴颈材料不发生粘附的性能。影响摩擦副摩擦相容性的材料因素是：

- 1) 匹配材料在冶金上构成合金的难易程度；
- 2) 与润滑剂的亲和能力；
- 3) 无润滑时的摩擦因数；
- 4) 微观组织；
- 5) 热导率；
- 6) 表面能和氧化膜的特性。

#### (2) 顺应性

轴瓦材料靠表层的弹塑性变形来补偿滑动表面初始配合不良的性能。材料弹性模量低，则顺应性好。

#### (3) 嵌入性

轴瓦材料容许硬质颗粒嵌入而减轻刮伤或磨粒磨损的性能。对金属材料而言，硬度和弹性模量低者嵌入性就好。非金属材料却不一定，例如炭石墨，弹性模量较低，但嵌入性却不好。

#### (4) 耐磨性

轴瓦材料抵抗磨损的能力。在规定的摩擦条件下，耐磨性可以用磨损率或磨损度的倒数来表示。

#### (5) 抗疲劳性

轴瓦材料在动载荷作用下抵抗疲劳破坏的性能。在使用温度下，材料的强度、冲击强度、硬度和组织的均匀性对抗疲劳性是十分重要的。磨

合性、嵌入性好的材料，通常抗疲劳性低。

#### (6) 耐蚀性

轴瓦和轴颈材料抵抗介质腐蚀的性能。润滑油氧化产生的酸性物质、极压（抗磨）添加剂等，都会腐蚀轴承材料，所以即使不在腐蚀环境中工作，也需重视轴承材料的耐蚀性。

#### (7) 磨合性

在磨合过程中减小轴颈或轴瓦圆柱度误差、同轴度误差、表面粗糙度，使接触均匀，从而降低摩擦力、磨损率的能力。

#### (8) 耐气蚀性

材料抵抗气蚀的能力。通常铜铅合金、锡铋合金和铝锌硅系合金的耐气蚀性较好。

## 2 滑动轴承常用轴瓦材料及其性能

### 2.1 金属轴瓦材料

表 25.2-1 列出轴瓦常用金属材料及其基本性能，表中列出的轴承合金有的仅能作双层轴瓦的减摩层，有的既可作减摩层还可制作单层轴瓦。

### 2.2 粉末冶金轴瓦材料

粉末冶金材料是一种多孔质材料，常利用其孔隙储存润滑油，构成含油轴承。表 25.2-2 给出含油轴承常用的粉末冶金材料及其物理、力学性能。

### 2.3 非金属轴瓦材料

滑动轴承轴瓦用非金属材料有塑料、炭石墨、陶瓷、木材和橡胶等。

#### 2.3.1 塑料

塑料又称聚合物，作为机械工程材料使用的塑料称为工程塑料。它是以合成树脂为主要成分，还含有各种增塑剂、稳定剂、抗氧剂、防静电剂、阻燃剂、固化剂和增强料、填充料的有机高分子材料。

表 25.2-1 轴瓦常用金属材料及其基本性能

材料牌号	许用载荷 $p_p / \text{MPa}$	许用速度 $v_p / \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$	$(pv)_p / \text{MPa} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$	最高工作温度 $\theta_{max} / ^\circ\text{C}$	硬度 HBS	摩擦相容性	顺应性	耐腐蚀性	抗疲劳性	一般用途	
整体轴瓦材料											
铜基合金	CuSn8Pb2			280	60	中	劣	良	优	制作不重要的轴承，需充分润滑。 适宜有冲击载荷的轴承。	
	CuSn7Pb7Zn3				65						
	CuSn10P	15			90						
	CuSn12Pb2				80						
	CuPb5Sn5Zn5	8	3		15						65
	CuSn8P			200	160	中	劣	优	优	-般用途的轴承 用于重载、高速、冲击载荷轴承	
	CuZn31Si1				150						
	CuZn37Mn2Al2Si	10	1		10						150
CuAl9Fe4Ni4	15	4	12	280	160	劣	劣	良	良	适宜制作在海洋环境中工作的轴承	
铝基合金	AlSn6CuNi			200	40	中	中	优	优	用于高速、中到重载轴承，如柴油机、压气机、制冷机轴承	
整体轴瓦与衬层通用材料											
铜基合金	CuPb9Sn5			280	60	中	差	良	良	一般用作汽轮机、发动机、机床、汽车转向器和差速器轴承	
	CuPb10Sn10				70						
	CuPb15Sn8				65						
	CuPb20Sn5				55						
	CuAl10Fe5Ni5				140						
	CuAl10Fe3	20	5	15	110	劣	劣	良	良	汽车变速箱、内燃机摇臂轴轴套 适宜制作在海洋环境中工作的轴承	
轴瓦衬层材料											
锡基合金	SnSb12Pb10Cu4	25	80	20	29	优	优	优	劣	用于高速、重载下工作的重要轴承。循环载荷下易疲劳。价贵	
	SnSb12Cu6Cd1				34						
	SnSb11Cu6				27						
	SnSb8Cu4				24						
	SnSb4Cu4				20						
铅基合金	PbSb16Sn16Cu2	15	12	10	150	优	优	中	劣	用于中速、中载、不承受显著冲击载荷的轴承	
	PbSb15Sn5Cu3Cd2	5	8	5							
	PbSb15Sn5										20
	PbSb10Sn6	12									18
	PbSb15SnAs										20 <sup>②</sup>
	PbSb15Sn10	20	15	15							24
	PbSn10Cu2										
	PbSn10										
PbIn7											
铜基合金	CuPb30	25	12	30	25	良	良	劣	中	用于重载、高速、冲击载荷轴承	
	CuPb10Sn10 <sup>①</sup>				70	中	差	良	良	一般用作汽轮机、发动机、机床、汽车转向器和差速器轴承	
	CuPb17Sn5				95					适用于重载内燃机轴承	
	CuPb24Sn4				80	良	良	良	良	适用于高速、重载轴承	
	CuPb24Sn				70					常用于内燃机轴承	

续表 25.2-1

材料牌号		许用载荷 $p_p / \text{MPa}$	许用速度 $v_p / \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$	$(pv)_p / \text{MPa} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$	最高工作温度 $\theta_{\text{max}} / \text{℃}$	硬度 HBS	摩擦相容性	顺应性	耐蚀性	抗疲劳性	一般用途	
铝基合金	AlSn20Cu	35	14		170	40	良	良	良	中	用于高速、中到重载轴承，如柴油机、压气机、制冷机轴承	
	AlSn6Cu					45	中	中	优	优		
	AlSi4Cd					40						常用于内燃机主轴和连杆轴承
	AlCd3CuNi					55						
	AlSi11Cu					60						
耐磨铸铁	铸铸铁	9				220	劣	劣	优	优	低速、不重要的轴承	
	铸铜铸铁					220						
	铸钢铸铁					250						
	铸锡铁					9						

注：材料的加工方法有：沙型铸造、金属型铸造、离心铸造、连续铸造、烧结、轧制和挤压，表中给出的硬度是最高硬度。

① 作衬层用的 CuPb10Sn10 与可以作整体轴瓦用的 CuPb10Sn10 化学元素质量分数不同。② 该硬度为 HV。

表 25.2-2 常用含油轴承轴瓦材料的物理、力学特性

轴瓦材料		牌号	含油密度 $\rho / \text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$	油体积 分数/%	线胀系数 $\alpha / (10^{-6} \cdot \text{℃}^{-1})$	热导率 $\lambda / \text{W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$	弹性模量 E/GPa	径向抗压强度 $\sigma / \text{MPa}$	表观硬度 HBS				
粉末冶金	铁基	铁	FZ1160	5.7~6.2	$\geq 18$	11~12	41.9~125.6	80~100	>196	30~70			
			FZ1165	>6.2~6.6	$\geq 12$				>245	40~80			
		铁-碳	FZ1260	5.7~6.2	$\geq 18$				>245	50~100			
			FZ1265	>6.2~6.6	$\geq 12$				>294	60~110			
		铁-碳-铜	FZ1360	5.7~6.2	$\geq 18$				>343	60~110			
			FZ1365	>6.2~6.6	$\geq 12$				>392	70~120			
	铁-铜	FZ1460	5.8~6.3	$\geq 18$	>294				50~100				
		FZ1465	>6.3~6.7	$\geq 12$	>343				60~110				
	铜基	铜-锡-锌-铅	FZ2170	6.6~7.2	$\geq 18$				16~18	41.9~58.6	60~70	>147	20~50
			FZ2175	>7.2~7.8	$\geq 12$							>196	30~60
铜-锡		FZ2265	6.2~6.8	$\geq 18$	>147	25~55							
		FZ2270	>6.8~7.4	$\geq 12$	>196	35~65							
	铜-锡-铅	FZ2365	6.3~6.9	$\geq 18$	>147	20~50							

注：粉末冶金含油轴承轴瓦材料的性能中除线胀系数、热导率和弹性模量外，摘自 GB/T 2688—1981。

塑料的种类很多，常用的主要是热塑性塑料：聚酰胺、聚酯、聚乙烯、聚四氟乙烯、聚丙烯、聚氨酯和热固性塑料：酚醛树脂、环氧树脂等。热塑性塑料是具有线型或支链型结构的有机高分子化合物，它们可以反复受热软化和冷却变硬。热固性塑料在加工过程中加入催化剂或固化剂使之固化，一旦固化完成，它就成为永远不可熔融的固体材料。

热塑性塑料可用注塑、挤塑、吹塑、压延等工艺方法成型；热固性塑料可用压塑、层压、浇铸等方法成型。

因此，常用塑料制作轴承、导轨、活塞环等摩擦副零件，例如水泵轴承，轧钢机轴承，船尾轴承等，特别是可以用塑料制作无润滑轴承。

塑料具有质轻、绝缘、减摩、耐磨、自润滑、耐腐蚀、成型工艺简单、生产效率高等特



点。与金属材料比较，它们的摩擦学性能对环境温度和湿度敏感、与黏弹性有关的性质显著、机械强度低、弹性模量小、对润滑油的吸附性差。滑动轴承常用塑料及其性能见表 25.2-3。

表 25.2-3 轴瓦用塑料的基本性能

轴瓦材料		硬度 HBS	摩擦因数	许用载荷 $p_v$ /MPa	最高工作温度 $\theta_{max}$ /℃	说 明	
热固性 塑料	酚醛层压石棉布材	30~45	0.10~0.40	35	150~170	强度高、耐磨、耐酸和弱碱，抗振性好	
	酚醛层压布材	30~35			85		
热 塑 性 塑 料	聚酰胺 (尼龙)	单层轴瓦(套)	7.8~17.2	0.10~0.43	10	85~120	耐油、耐磨、耐冲击与疲劳。噪声很低。但易吸湿，蠕变性大。增强后性能改善
		金属衬背轴瓦减摩层	—	0.17~0.43		120	
		填充 MoS <sub>2</sub>		—	0.20~0.42	14	
		填充石墨	120~158				
	聚醚醚酮	单层轴瓦(套)	—	—	—	—	耐磨、耐热，耐冲击与疲劳，成型加工性好。增强后强度高
		金属衬背轴瓦减摩层					
		填充固体润滑剂	100~118 <sup>①</sup>	0.11	—	—	
		填充纤维	—				
	均聚甲醛	单层轴瓦(套)	11.4	0.25~0.35	—	104	耐磨，极耐疲劳
		金属衬背轴瓦减摩层				—	
		填充 PTFE	—	91			
		聚苯 硫醚	无填充物	—	0.34	200	不耐冲击
			填充石墨	—	0.26	—	
		聚酰 亚胺	无填充物	92~102 <sup>①</sup>	0.29	—	—
填充石墨	68~94 <sup>①</sup>		0.03~0.25				
聚对苯二甲酸丁二酯		132~151	0.30~0.33	—	150	性能稍差，价格低	
氟 塑 料	聚 四 氟 乙 烯	无填充物	—	0.05~0.20	2	250	能耐任何化学制剂的侵蚀。但价格高、承载能力低，刚度和尺寸稳定性差。增强后，耐磨性成百倍的提高，热导率、抗压强度，压缩弹性模量均有增加
		酚醛层压材衬背		0.10~0.40	35	150	
		填充玻璃纤维	5.6~6.9	0.20~0.24	7	250	
		填充锡青铜粉	8.1	0.18~0.20			
		填充石墨	5.1~5.3	0.16			
		填充碳纤维	5.8	0.19			
		填充锡青铜粉、玻璃纤维和石墨	—	—			
		填充玻璃纤维和石墨	5.2~5.9	0.15~0.17			
		填充聚苯	6.4	0.11			
浸渍聚四氟乙烯棉织物衬层		—	0.05~0.25	700	120		
浸渍聚四氟乙烯玻璃丝织物衬层					150		

① 为洛氏硬度 HRM。

滑动轴承使用的通常不是纯塑料，而是填入填充料的塑料，又称增强塑料。常用填充料的种类及其作用见表 25.2-4。

表 25.2-4 聚合物填充料的种类和作用

填充料的种类	作用
固体润滑剂、润滑油、金属皂	改善润滑性能
棉布、玻璃纤维、玻璃丝网	提高机械强度
炭黑、颜料	提高耐气候性
陶瓷、滑石	提高尺寸稳定性
石棉	提高耐热性
金属纤维、金属粉末、金属薄片	提高传热性

常用的增强纤维有：

玻璃纤维 直径为 5~20 μm，具有很高的抗拉强度 (1 000~2 400 MPa)，弹性模量约为

钢的 1/3 (70 GPa)。

碳纤维 其抗拉强度极高，可达 1 700~3 300 MPa，弹性模量为 230~290 GPa。

金属纤维 常用钢纤维、铜纤维和铝纤维。此外，棉纤维、石棉纤维、尼龙纤维和聚四氟乙烯纤维也可用来增强聚合物。

常用的增强颗粒填料有：石墨、二硫化钼、聚四氟乙烯。

选用塑料首先要了解塑料的特性、使用条件和适宜的工作环境。

1) 增强聚四氟乙烯的性能

聚四氟乙烯在充填增强纤维和功能性填料之后，摩擦学性能和力学性能均有很大提高。作为轴瓦材料的增强聚四氟乙烯，常用填料有：玻璃纤维、石墨、青铜粉末、二硫化钼等。这类增强聚四氟乙烯的力学性能见表 25.2-5，摩擦学性能见表 25.2-6。

表 25.2-5 增强聚四氟乙烯的力学性能

性能	充 填 材 料					
	15% 玻璃纤维	25% 玻璃纤维	15% 石墨	60% 青铜	20% 玻璃纤维、5% 石墨	15% 玻璃纤维、5% MoS <sub>2</sub>
抗压强度 $\sigma_b$ /MPa	19.3~24.8	14.4~18.6	14.7~18.6	12.4~13.7	11.0~15.8	15.1~22.1
抗弯强度 $\sigma_{bb}$ /MPa	3.9	4.2	5.9	7.8	5.4	8.3
伸长率/%	3.2~3.3	2.3~2.7	1.3~2.4	0.8~0.9	2.2	2.8
抗压强度 $\sigma_b$ /MPa(1% 变形)	6.9	8.2	7.5	7.7	6.9	7.8
弹性模量/MPa	6.8	8.1	6.6	7.6	6.6	7.6

表 25.2-6 增强聚四氟乙烯的摩擦学性能

性能		充 填 材 料						
		15% 玻璃纤维	25% 玻璃纤维	15% 石墨	60% 青铜	20% 玻璃纤维、5% 石墨	15% 玻璃纤维、5% MoS <sub>2</sub>	
极限 $pv$ / MPa·m·s <sup>-1</sup>	$v$ / m·s <sup>-1</sup>	0.05	0.34	0.34	0.34	0.52	0.38	0.38
		0.5	0.43	0.45	0.59	0.64	0.52	0.48
		5.0	0.52	0.55	0.96	1.02	0.76	0.60
磨损率 $K_v$ /μm·h <sup>-1</sup>		1.2	0.7	2.6	0.5	1.1	0.7	
磨损系数 $K_p$ /(m <sup>2</sup> ·N <sup>-1</sup> ·10 <sup>-6</sup> )		3.11	1.93	6.59	1.17	2.89	1.74	
静摩擦因数 <sup>①</sup>		0.10~0.13			0.08~0.10			
动摩擦 因数	$v$ / m·s <sup>-1</sup>	0.05	0.20~0.22	0.17~0.21	0.12~0.16	0.08~0.10	0.12~0.15	0.12~0.13
		0.5	0.27~0.40	0.26~0.29	0.20~0.26		0.24~0.50	0.32~0.35
		5.0	0.37~0.50	0.30~0.45	0.30~0.31		0.24~0.37	0.19~0.24

① 试验载荷 226 N。

2) 聚缩醛轴瓦材料的性能

作为轴瓦材料的聚缩醛,有杜邦公司的 Derlin, Polynlastic 公司的 Duracon 等,它们都是充填有聚四氟乙烯短纤维或粉末的聚缩醛。填充料使聚缩醛的机械强度、伸长率降低,摩擦学性能改善。商品 Derlin 和 Duracon 的极限  $p v$  值见表 25.2-7。

表 25.2-7 聚缩醛轴承的极限  $p v$  值

轴瓦材料		Derlin AF	Derlin 500	Duracon PE20
极限 $p v / \text{MPa} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$	0.05	0.26	0.17	—
	0.20	0.23	0.13	—
	0.50	0.19	0.10	0.36
	1.0	—	—	0.42
	2.0	0.14	0.08	—
摩擦因数				0.23 ~ 0.24

2.3.2 炭石墨

石墨是由碳元素组成的一类非金属材料。石墨是碳元素 3 种异构体中的一种,属六方晶系,

各层面由六角形环构成,层面与层面平行,呈有序的重叠晶体结构。碳是无定形结构,虽有微晶,但没有像石墨那样的有序排列。

石墨按来源分为天然石墨和人造石墨两种;人造石墨是由碳质材料经 2 500 °C 以上高温石墨化处理而成。

炭石墨一般导电性好,耐热、耐磨,有自润滑性,高温稳定性好,耐化学腐蚀能力强,热导率比聚合物高,线胀系数小。在大气和室温条件下与镀铬表面的摩擦因数和磨损率都很低。但在湿度很低时会丧失润滑性。涂附耐磨涂层能提高其耐磨性。

石墨不但可作固体润滑剂,加入树脂、金属、陶瓷等材料中,增加这些材料的减摩性,还可直接作为摩擦副材料使用,如制作造纸、木材加工、纺织、食品等忌油场所的轴承,高温滑动轴承,密封圈,活塞环,刮片等。

机械工程用炭石墨材料的代号为 M,有 4 个系列:炭石墨材料、电化石墨材料、树脂炭复合材料和金属石墨材料。

轴瓦用炭石墨材料的品种及其物理、力学性能见表 25.2-8。

表 25.2-8 轴瓦用炭石墨材料及其物理、力学性能

轴瓦材料	线胀系数 $\alpha / (10^{-6} \cdot \text{K}^{-1})$	热导率 $\lambda / [\text{W}(\text{m} \cdot \text{K})^{-1}]$	硬度 HS	压缩弹性模量 $E / \text{GPa}$	摩擦因数 $\mu$	最大静载荷 $p / \text{MPa}$	最高工作温度 $\theta_{\text{max}} / \text{°C}$
炭石墨	1.50 ~ 1.56	11	40 ~ 65	9.6	0.15 ~ 0.35	2	350 ~ 450
电化石墨	1.55 ~ 1.80	55	30 ~ 55	4 ~ 8	0.15 ~ 0.32	1.4	500
混入铜粉的石墨 混入铜粉和铅粉的石墨	—	23	—	15.8		4	350
混入锡铋合金粉的石墨	2.36 ~ 2.40	15	55 ~ 60	7		3	200
浸渍热固性树脂的石墨	1.6 ~ 1.8	40	50 ~ 70	11.7	0.13 ~ 0.49	2	300
浸渍金属和 $\text{MoS}_2$ 的石墨	—	126	—	28	0.10 ~ 0.15	70	350 ~ 500

2.3.3 陶瓷材料

陶瓷是以无机非金属天然矿物或人造化合物为原料,经粉碎、成形和高温烧结而成的,由无数无机非金属小晶体和玻璃相组成的非金属材料。以无机非金属天然矿物,如黏土、长石、石英等为原料制成的是传统陶瓷;以人造化合物为

原料制成的是特种陶瓷。

机械工程采用的陶瓷,一般是以氧化铝、氧化镁、氧化锆、氧化铅、氧化钛、碳化硅、碳化硼、氮化硅、氮化硼等人造化合物为原料制作的特种陶瓷。

陶瓷的性能在很大程度上决定于它们的显微

结构,包括晶粒尺寸和分布,玻璃相的成分和含量,杂质的性质、含量和分布。而显微结构又由原料、组成和制造工艺所决定。陶瓷的共同特性是硬度高、抗压强度大、耐高温、耐磨、抗氧化、耐腐蚀性好、质脆、不耐冲击、无延展性。

陶瓷是一种较新的无润滑轴承材料,特别是

SiC和 $\text{Si}_3\text{N}_4$ ,它们的强度、耐热性和耐蚀性都很好,摩擦学特性也很好。表25.2-9是轴瓦用陶瓷材料及其性能。

材料的物理性能是选择轴瓦材料时的重要参考,表25.2-10列出各种轴瓦材料的物理性能的平均值。

表 25.2-9 轴瓦用陶瓷及其基本性能

陶瓷材料	密度 $\rho/\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$	抗弯强度 $\sigma_{bb}/\text{MPa}$	弹性模量 $E/\text{GPa}$	硬度 HV	热导率 $\lambda/[\text{W}\cdot(\text{m}\cdot^\circ\text{C})^{-1}]$	线胀系数 $\alpha/(10^{-6}^\circ\text{C}^{-1})$	最高工作温度 $\theta_{\max}/^\circ\text{C}$
SiC	3.1	785	390	2 600	79.5	3.9	1 400~1 500
$\text{Si}_3\text{N}_4$	3.2	785	295	1 400	16.7	3.0	1 100~1 400
$\text{Al}_2\text{O}_3$	3.83~3.93	295~440	375	90~95 <sup>①</sup>	19.3	7.90~8.26	1 700~1 750

① 该硬度值为 HRA。

表 25.2-10 轴瓦材料的物理性能

轴瓦材料	抗拉强度 $\sigma_b/\text{MPa}$	弹性模量 $E/\text{GPa}$	密度 $\rho/\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$	热导率 $\lambda/[\text{W}(\text{m}\cdot^\circ\text{C})^{-1}]$	线胀系数 $\alpha/(10^{-6}^\circ\text{C}^{-1})$
锡基轴承合金	80~90	48~57	7 300~7 380	33.5~38.5	23.1
铅基轴承合金	60~80	29	9 300~10 200	20.9~25.1	24.0~28.0
铜基轴承合金	150~680	75~120	7 600~9 000	27~71	16~19
铝基轴承合金	100~250	71	2 650~2 900	184~210	23.0~24.0
耐磨铸铁	200~350	—	—	—	—
铁基粉末冶金	200~400 <sup>②</sup>	80~100	5 700~6 700 <sup>④</sup>	41.9~125.6	11~12
铜基粉末冶金	150~200 <sup>②</sup>	60~70	6 200~7 800 <sup>④</sup>	41.9~58.6	16~18
酚醛层压材	150~250 <sup>②</sup>	7.0	1 300~1 600	0.38	80/25 <sup>③</sup>
聚酰胺(尼龙)	73.6~175 <sup>②</sup>	2.8	1 030~1 700	0.04~0.26	80~170
均聚甲醛	80.6~82.0 <sup>②</sup>	3.1	1 420~1 540	0.23	14~58
聚苯硫醚	127~183 <sup>②</sup>	—	1 340	0.29	54
聚酰亚胺	124~276 <sup>②</sup>	—	1 430~1 650	0.33~2.22	23~63
聚醚醚酮	—	1.0	1 320~1 470	—	9~15
聚四氟乙烯	4.9~22.6 <sup>②</sup>	0.4~1.1	2 180~3 920	0.26~0.33	116/14 <sup>③</sup>
炭石墨	40~200 <sup>②</sup>	4~28	1 500~2 400	11~126	1.4~20.0
木材	8	12	680	0.19	5
橡胶	—	—	1 200	0.16	77

① 分子为垂直瓦面的值,分母为沿瓦面的值;② 为抗压强度;③ 分子为增强后的值,分母为未增强的值;

④ 为含油密度。

# 第3章 压力供油径向圆形轴承和部分瓦轴承

超星浏览器提醒您：  
使用本复制品  
请尊重相关知识产权！

普通径向轴承若轴瓦内孔（轴承孔）横截面呈圆形，称为轴瓦包角为 $360^\circ$ 的圆形轴承，若轴瓦只是一段圆弧，其包角小于 $360^\circ$ ，则称为部分瓦轴承。当轴颈中心偏离轴承孔的中心时，轴承间隙具有收敛楔形。压力供油提供充足的润滑油，可以形成动力润滑，构成动压轴承。间隙最大处的油膜厚度为最大油膜厚度 $h_1$ ，间隙最小处的油膜厚度为最小油膜厚度 $h_2$ ，轴颈中心偏离的距离称为偏心距 $e$ ，它与半径间隙 $c$ 之比称为偏心率 $\epsilon$ 。

## 1 供油槽与供油装置

润滑油以 $0.07\sim 0.35\text{ MPa}$ 的压力通过进油孔泵入轴瓦的油槽中。油槽有轴向油槽和周向油槽两种形式。在轴瓦不受载的一侧开一横跨轴承大部分宽度的轴向油槽是向轴瓦内最合适的供油方法，但它只能用于载荷方向变化不大的场合。当载荷方向变动范围超过 $180^\circ$ 时，需要采用周向油槽。压力供油径向轴承常用供油槽形式及其应用场合见表25.3-1。

供油温度取决于循环润滑系统的冷却效果。对于高速轴承，供油温度定为 $40^\circ\text{C}$ 左右是合适的。

表 25.3-1 供油槽形式及其特点

油槽形式		单 轴 向 油 槽		双轴向油槽	周向油槽
特 点	轴承座	整 体	对 开	对开/整体	对开/整体
	轴颈转向	单 向		双 向	
	载荷方向	不 变			变 化

## 2 稳态性能计算

计算目的在于确定使轴承在液体动力润滑状

态下安全运转的有关参数。这样，轴承可以产生一个完全的承载油膜（图25.3-1）。

本计算适用于压力供油，稳定载荷。

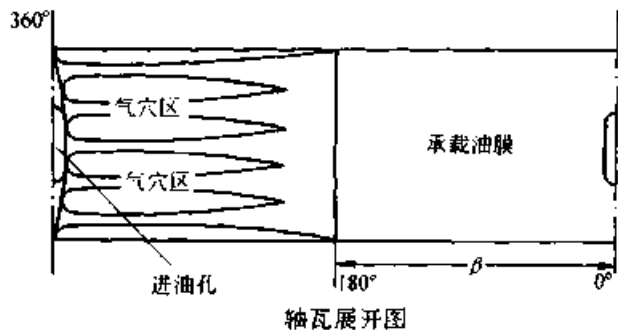
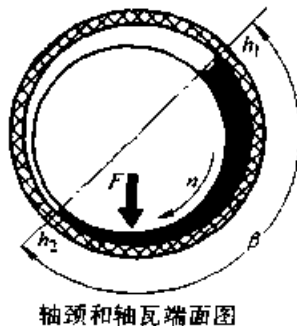


图 25.3-1 完全油膜

### 2.1 承载能力

轴瓦直径 $D$ 、轴瓦宽度 $B$ 、轴承上的载荷 $F$ ，取轴承上的平均载荷 $p_m = F/(BD)$ ；轴承半

径间隙 $c$ ，取相对间隙 $\Psi = c/R$ ；计算油温下的油黏度 $\eta_c$ ，转速 $n$ ，令载荷数

$$\bar{F} = p_m \Psi^2 / (\eta_c n) \quad (25.3-1)$$

它是个量纲为1的数群，表征轴承的承载能力。

载荷数  $\bar{F}$  与偏心率  $\epsilon$ 、宽径比  $\bar{B} (= B/D)$ 、轴瓦包角  $\alpha$  有关。

$\alpha = 360^\circ$  时, 在不同宽径比  $\bar{B}$ 、不同偏心率  $\epsilon$  下, 数值计算获得的载荷数  $\bar{F}$  值见表 25.3-2。

表 25.3-2 圆形轴承基本特征值

宽径比 $\bar{B}$	特征数	偏 心 率 $\epsilon$							
		0.2	0.4	0.6	0.8	0.9	0.925	0.95	0.975
1.5	偏位角 $\phi/(\circ)$	72.523 6	62.658 8	51.969 2	38.160 1	27.961 0	24.618 4	19.800 7	13.597 1
	载荷数 $\bar{F}$	2.684 8	6.286 3	12.393 0	29.420 4	63.700 2	86.868 8	138.506 5	306.889 0
	摩擦数 $\mu'/\Psi$	7.599 2	3.603 5	2.227 2	1.365 3	0.921 8	0.790 6	0.617 3	0.404 0
	摩擦数 $\mu/\Psi$	4.968 4	2.658 2	1.669 5	1.073 6	0.760 4	0.667 8	0.535 9	0.358 6
	流量数 $q_1$	0.199 8	0.391 7	0.570 1	0.736 8	0.812 2	0.829 4	0.841 9	0.852 8
1.25	偏位角 $\phi/(\circ)$	73.342 7	62.653 3	51.390 1	37.247 4	27.270 1	23.958 6	19.304 5	13.315 4
	载荷数 $\bar{F}$	2.142 6	5.123 9	10.502 3	26.456 6	59.452 1	82.208 6	132.745 5	298.659 9
	摩擦数 $\mu'/\Psi$	9.497 8	4.380 8	2.583 7	1.485 5	0.967 8	0.819 7	0.633 2	0.409 7
	摩擦数 $\mu/\Psi$	6.201 6	3.245 7	1.925 7	1.128 5	0.794 9	0.690 0	0.548 4	0.363 1
	流量数 $q_1$	0.223 2	0.440 3	0.646 9	0.844 0	0.934 9	0.955 5	0.973 1	0.984 7
1.0	偏位角 $\phi/(\circ)$	74.208 0	62.574 4	50.454 5	36.027 8	26.368 5	23.072 6	18.639 2	12.938 8
	载荷数 $\bar{F}$	1.565 8	3.839 0	8.282 5	22.591 2	53.534 6	75.613 1	124.400 8	286.337 9
	摩擦数 $\mu'/\Psi$	12.958 0	5.786 8	3.210 2	1.691 5	1.045 7	0.868 2	0.659 9	0.419 3
	摩擦数 $\mu/\Psi$	8.448 9	4.272 1	2.376 1	1.276 6	0.853 7	0.727 5	0.569 6	0.371 0
	流量数 $q_1$	0.247 6	0.493 2	0.731 4	0.963 2	1.073 2	1.098 3	1.120 3	1.136 0
0.75	偏位角 $\phi/(\circ)$	75.022 0	62.258 4	49.355 4	34.514 4	25.188 7	21.882 3	17.739 3	12.426 4
	载荷数 $\bar{F}$	0.995 3	2.508 9	5.752 3	17.497 4	44.996 4	65.729 0	111.440 5	266.299 6
	摩擦数 $\mu'/\Psi$	20.390 9	8.760 6	4.516 7	2.106 7	1.197 9	0.962 7	0.711 9	0.438 4
	摩擦数 $\mu/\Psi$	13.237 2	6.183 0	3.316 1	1.571 2	0.969 6	0.801 0	0.611 4	0.386 9
	流量数 $q_1$	0.272 7	0.544 5	0.814 3	1.082 4	1.212 2	1.242 4	1.270 0	1.281 8
0.5	偏位角 $\phi/(\circ)$	75.818 8	61.762 8	47.970 3	32.965 3	23.503 7	20.317 1	16.529 2	11.716 4
	载荷数 $\bar{F}$	0.489 3	1.273 0	3.138 5	10.932 7	32.408 0	49.742 7	89.068 5	228.946 7
	摩擦数 $\mu'/\Psi$	41.264 1	17.087 5	8.083 7	3.226 7	1.576 8	1.205 0	0.844 9	0.487 0
	摩擦数 $\mu/\Psi$	26.832 2	12.010 1	5.856 1	2.369 8	1.260 4	0.992 0	0.719 8	0.415 0
	流量数 $q_1$	0.292 8	0.588 1	0.883 4	1.178 7	1.324 5	1.359 7	1.391 1	1.417 5
0.25	偏位角 $\phi/(\circ)$	75.852 2	61.484 3	47.407 6	31.289 6	21.531 5	18.530 6	15.078 0	10.779 2
	载荷数 $\bar{F}$	0.131 3	0.351 9	0.917 3	3.803 2	13.846 3	23.063 7	46.160 0	142.417 8
	摩擦数 $\mu'/\Psi$	153.245 2	61.556 7	27.106 5	8.857 7	3.435 6	2.399 4	1.493 1	0.714 9
	摩擦数 $\mu/\Psi$	99.557 1	41.887 9	18.705 8	6.396 1	2.697 2	1.942 4	1.254 6	0.563 2
	流量数 $q_1$	0.309 1	0.618 3	0.924 9	1.236 5	1.389 8	1.427 5	1.462 7	1.495 4

注:  $\mu/\Psi$  是承载区的摩擦数,  $\mu'/\Psi$  是轴承(包括非承载区)的摩擦数。

$\alpha \neq 360^\circ$  时, 可用式(25.3-2)近似计算不同轴瓦包角下的载荷因数  $\bar{F}$ :

$$\bar{F} = 2\pi [ A_1 x + A_2 x \bar{B} + A_3 x \bar{B}^2 + A_4 x \bar{B}^3 + A_5 \bar{B}^2 + A_6 (1 - \bar{B})^2 + A_7 \bar{B}^3 + A_8 \epsilon + A_9 \epsilon^6 + A_{10} \epsilon^2 + A_{11} (\epsilon + B_3)^8 + A_{12} \epsilon (B_4 - \bar{B}) + A_{13} \epsilon^2 \bar{B}^{1/2} + A_{14} \epsilon^3 (\bar{B} + B_5)^{1/2} + A_{15} \epsilon^5 \bar{B}^{1/2} + A_{16} \epsilon (\bar{B} + B_6)^{-1} ] \quad (25.3-2)$$

$$x = \epsilon \bar{B}^2 [ \pi (1 - \epsilon)^2 + 16\epsilon ]^{1/2} (\epsilon - 1) B_1 / [ 2(1 - \epsilon)^2 (\epsilon + B_2) ]$$

式中  $A_1 \sim A_{16}$ 、 $B_1 \sim B_6$  是 22 个常数, 可查表 25.3-3。

## 2.2 流量

在轴承的油膜中, 由于形成的油膜压力和供油压力, 一部分润滑油从轴承两端被挤出, 称为

端泄。另一部分润滑油沿周向流动, 通过无压力的非承载区, 重新进入承载油膜。

轴承的流量就是其端泄流量, 只要能不断提供这么多的润滑油, 轴承将会在流体润滑下运转。

### 2.2.1 轴向供油槽轴承的流量

轴承的(端泄)流量由油膜压力产生的和供油压力产生的两部分组成, 即

$$q = q_1 + q_2$$

(1) 油膜压力产生的流量

令油膜压力产生的(端泄)流量数

$$\bar{q}_1 = q_1 / (\Psi n B D^2) \quad (25.3-3)$$

它与偏心率  $\epsilon$ 、宽径比  $B$ 、轴瓦包角  $\alpha$  有关。

$\alpha = 360^\circ$  时的  $q_1$  值见表 25.3-2。 $\alpha \neq 360^\circ$  时, 可用式(25.3-4)、(25.3-5)近似计算不同轴瓦包角下油的(端泄)流量  $q_1$

表 25.3-3 用于近似计算部分瓦轴承载荷数的各常数  $A_i$ 、 $B_i$  值

常数	$\alpha$				常数	$\alpha$			
	180°	150°	120°	90°		180°	150°	120°	90°
$A_1$	0.988 573 753	0.793 823 236	1.315 831 92	1.271 727 63	$A_{12}$	-1.784 264 71	-1.672 694 54	-1.461 742 93	0.359 002 396
	0.310 812 26	0.601 506 483	0.808 291 103	0.803 513 347		0.699 476 324	0.389 991 377	1.127 714 54	0.993 811 382
$A_2$	-3.264 186 91	-2.348 820 67	-4.539 776 18	-4.286 518 78	$A_{13}$	41.047 129 2	43.552 084 6	30.679 501 6	20.878 861 6
	-0.561 581 221	-1.034 986 89	-1.363 486 17	-1.409 560 78		6.514 428 31	4.695 985 47	6.721 828 44	4.940 177 03
$A_3$	4.178 042 73	3.069 003 39	6.030 561 93	5.621 731 32	$A_{14}$	-50.125 726 9	-52.717 070 3	-38.293 821 5	-25.648 984 8
	0.368 236 227	0.668 512 226	0.862 090 637	0.926 330 394		-6.110 571 58	-4.330 416 36	-7.103 800 95	-5.049 615 99
$A_4$	-1.924 524 76	-1.448 535 29	-2.855 516 69	-2.652 984 00	$A_{15}$	34.315 885 4	35.770 001 3	27.632 365 9	21.164 144 8
	-0.085 513 387	-0.152 852 611	-0.192 847 252	-0.214 711 17		8.534 730 19	6.519 248 60	7.381 940 09	5.595 633 35
$A_5$	-20.984 902 8	-22.521 672 3	-15.838 621 9	-10.531 662 3	$A_{16}$	18.508 333 7	20.193 948 4	15.745 407 3	6.309 796 59
	-4.176 538 64	-2.929 952 10	-3.704 337 33	-2.633 284 37		-4.938 301 96	-3.821 991 70	-3.492 857 32	-2.564 307 83
$A_6$	-0.682 883 643	-0.745 301 544	-0.497 037 779	-0.284 616 456	$B_1$	2.02	2.01	2.04	1.99
	0	0	0	0		2.02	2.04	2.05	1.99
$A_7$	0.079 479 758	0.052 343 477	0.028 913 947	0.067 056 983	$B_2$	-1.02	-1.01	-1.04	-1.04
	0.031 384 639	0.013 466 269	0.025 547 057	0.017 363 602		-1.02	-1.06	-1.1	-1.09
$A_8$	-15.791 905 8	-17.553 440 6	-12.197 094 1	-7.673 613 24	$B_3$	1.38	1.39	1.34	1.34
	0.169 583 17	1.058 585 67	-0.497 081 725	-0.813 486 172		1.45	1.36	1.30	1.42
$A_9$	-41.172 176 1	-48.270 852 2	-35.313 703 2	-25.473 448 7	$B_4$	2.01	1.99	2.04	2.05
	40.056 477 9	-17.087 558 1	-14.785 717 1	-11.137 773 3		2.00	2.06	2.02	2.04
$A_{10}$	17.818 957 9	24.268 799	15.697 600 9	11.805 023 2	$B_5$	-0.01	-0.01	0	-0.04
	36.234 393 0	13.564 289 9	9.574 038 65	7.933 268 56		-0.03	-0.04	0.1	0.02
$A_{11}$	0.034 903 997	0.036 695 599	0.032 011 32	0.018 996 975	$B_6$	0.97	0.99	1.06	0.94
	0.009 058 714	0.005 881 982	0.009 481 231	0.003 930 798		1.03	1.00	0.98	1.06

注：各常数上行的值适用于  $0.25 \leq \bar{B} < 0.75$ ，下行的值适用于  $0.75 \leq \bar{B} \leq 1.5$ 。

$$\bar{q}_1 = 2\pi \epsilon \sum_{i=1}^3 A_i \bar{B}^i + \epsilon^2 \sum_{i=1}^3 A_{i+3} \bar{B}^i + \epsilon^3 \sum_{i=1}^3 A_{i+6} \bar{B}^i + \epsilon^4 \sum_{i=1}^3 A_{i+9} \bar{B}^i \quad (25.3-4)$$

$$q_1 = \bar{q}_1 \Psi n B D^2 \quad (25.3-5)$$

式中  $A_i$  是 12 个常数，可查表 25.3-4。

(2) 供油压力产生的流量

表 25.3-4 用于近似计算部分瓦轴承端泄流量  $q_1$  的常数  $A_i$  值

常数	$\alpha$				常数	$\alpha$			
	180°	150°	120°	90°		180°	150°	120°	90°
$A_1$	0.247 848 390	0.181 172 095	0.164 218 686	0.139 785 702	$A_7$	0.495 907 706	-0.207 957 998	-0.222 358 243	-0.159 270 687
	0	0.216 704 486	0.167 115 996	0.198 834 929		-2.421 613 560	-0.265 212 145	-0.478 145 821	0.396 922 772
$A_2$	0	0.240 245 675	0.171 844 890	0.066 676 13	$A_8$	-0.805 971 279	2.352 433 850	2.334 808 470	1.668 018 270
	0.459 985 409	0	0	-0.163 999 887		5.194 170 950	1.109 782 060	1.409 333 550	-0.336 738 138
$A_3$	-0.077 559 19	-0.284 905 151	-0.240 202 362	-0.152 774 636	$A_9$	1.050 825 660	-2.163 632 500	-2.173 333 510	1.604 271 530
	-0.231 993 454	-0.038 176 123	-0.035 091 243	0.044 759 607		-2.247 794 180	-0.510 126 464	-0.652 535 233	0.084 128 337
$A_4$	-0.216 098 048	0.146 455 377	0.121 314 875	0.071 974 139	$A_{10}$	-0.376 337 145	0	0.023 053 088	0
	1.547 864 410	0.177 317 579	0.215 973 038	-0.335 623 073		1.023 032 930	-0.041 993 861	0.148 874 618	-0.235 682 531
$A_5$	0.254 337 077	-1.579 216 390	-1.518 913 750	-1.149 480 460	$A_{11}$	0.393 589 866	-1.166 423 160	-1.128 167 530	-0.682 794 972
	-3.357 718 870	-0.836 529 421	-0.869 205 937	0.257 323 577		-2.444 867 650	-0.353 362 512	-0.592 626 913	0.221 396 615
$A_6$	-0.539 777 394	1.364 289 710	1.347 137 540	1.091 436 685	$A_{12}$	-0.449 492 902	1.146 123 340	1.141 711 680	0.728 515 811
	1.437 065 650	0.381 045 047	0.416 031 490	-0.063 658 878		1.088 733 130	0.190 474 702	0.287 176 412	-0.058 919 673

注：各常数上行的值适用于  $0.25 \leq \bar{B} < 0.75$ ，下行的值适用于  $0.75 \leq \bar{B} < 1.5$ 。

供油压力产生的流量与供油槽形式和尺寸有关。令供油压力产生的(端泄)流量数的表达式为:

$$\begin{aligned} \text{单轴向油槽 } \bar{q}_2 &= \eta_1 q_2 / (\rho_s h_1^3) \\ \text{双轴向油槽 } \bar{q}_2 &= \eta_1 q_2 / [\rho_s (h_{11}^3 + h_{12}^3)] \end{aligned} \quad (25.3-6)$$

式中  $\eta_1$  ——进口油温下油的黏度;  
 $\rho_s$  ——供油压力;  
 $h_f$  ——油槽处油膜厚度, 由图 25.3-3 可查出  $(h_f/c)^3$  值。

$\bar{q}_2$  与油槽形状和尺寸的关系曲线见图 25.3-2。

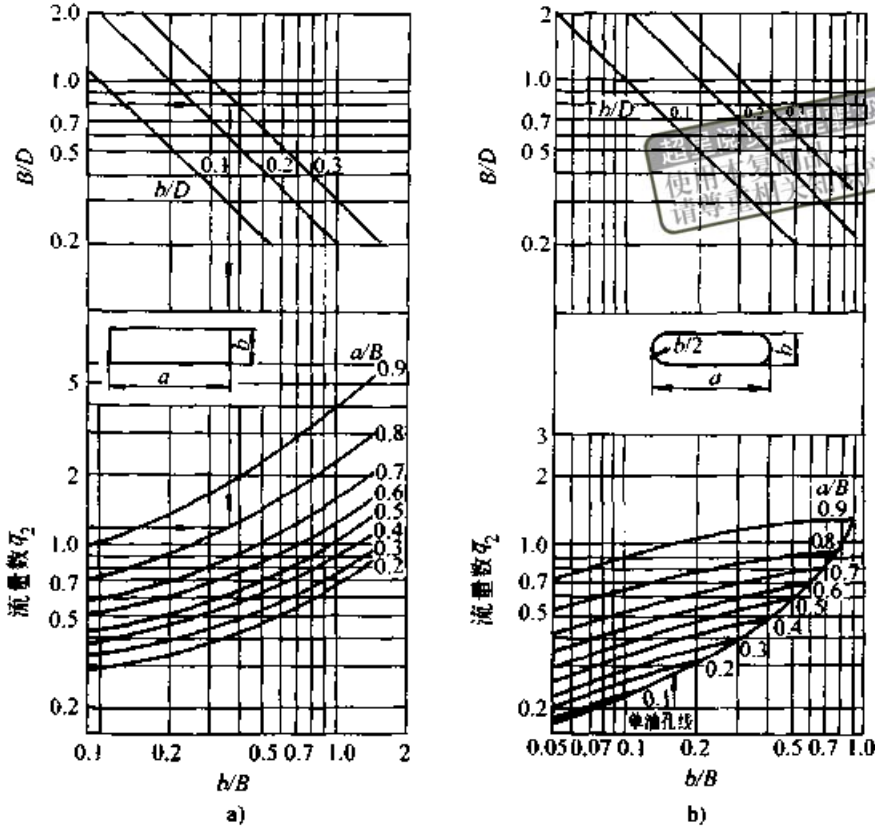


图 25.3-2 压力供油径向圆轴承的流量数  $\bar{q}_2$   
 a) 方头轴向供油槽 b) 圆头轴向供油槽

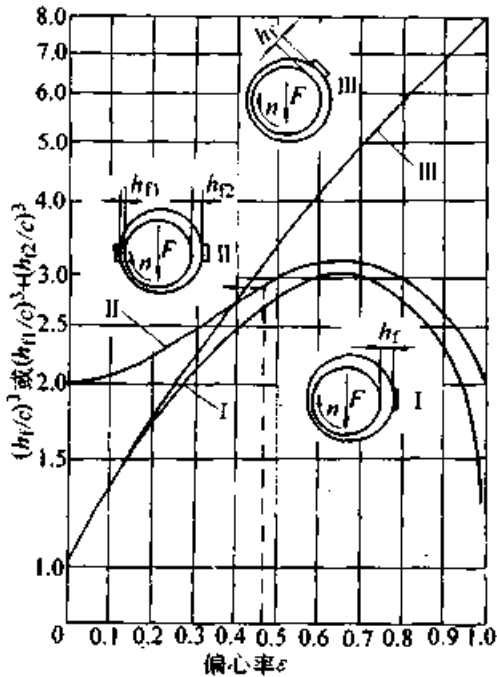


图 25.3-3 油槽处的相对油膜厚度  $(h_f/c)^3$

### 2.2.2 中间周向供油槽轴承的流量

中间周向供油槽轴承的流量可用下式近似计算

$$q = 0.523 2 \rho_s c^3 (1 + 1.5\epsilon) / (\eta_c B) \quad (25.3-7)$$

式中  $\rho_s$  ——供油压力;  
 $\eta_c$  ——计算油温下油的黏度。

### 2.3 摩擦功耗

摩擦功耗用下式计算

$$P_\mu = \mu' F v = (\mu' / \Psi) \bar{F} \pi \eta_c B D^2 n^2 / \Psi \quad (25.3-8)$$

其中摩擦数  $(\mu' / \Psi)$  在  $\alpha = 360^\circ$  时的值见表 25.3-2。

$\alpha \neq 360^\circ$  时, 摩擦数用下式计算:

$$\begin{aligned} \mu' / \Psi &= A_1 + A_2 / \epsilon + A_3 / (\epsilon + B_1) + A_4 / (\epsilon^2 + B_2) + \\ &A_5 / (\epsilon + B_3)^2 + A_6 / (\epsilon + B_3)^3 + A_7 / \bar{B} + A_8 / \\ &(\bar{B} + B_4) + A_9 \epsilon \bar{B} / [(\epsilon + B_5)(\bar{B} + B_6)] + \end{aligned}$$



$$A_{10}/(\epsilon^2 \bar{B}) + A_{11}/[(\epsilon + B_2)^2 (\bar{B} + B_7)] + B_8 (\bar{B} + B_2)^2 + A_{15} (\epsilon - 1) / \bar{B}^3 \quad (25.3-9)$$

$$A_{12}/(\epsilon \bar{B}^2) + A_{13}/[(\epsilon - 1) \bar{B}^2] + A_{14}/[(\epsilon + \text{式中 15 个常数 } A、8 \text{ 个常数 } B \text{ 列于表 25.3-5。}]$$

表 25.3-5 用于近似计算部分瓦轴承摩擦数的常数  $A_i$ 、 $B_i$  值

常数	$\alpha$				常数	$\alpha$			
	180°	150°	120°	90°		180°	150°	120°	90°
$A_1$	1 174.789 38	433.739 935	1 142.271 03	- 235.318 535	$A_{12}$	1.018 593 44	0.549 810 656	0.139 677 024	0.293 125 392
	- 2.282 138 93	19.332 953 1	39.911 476 0	35.598 006 0		$A_{13}$	2.310 964 85	- 1.262 828 80	2.181 175 04
$A_2$	6.059 579 64	3.572 815 34	1.490 640 03	0.735 009 524	$A_{14}$		- 5.612 075 09	- 3.476 896 54	- 0.965 075 505
	- 0.579 051 255	0.168 865 673	- 0.362 261 057	0.335 600 108		$A_{15}$	- 0.798 497 728	- 0.449 075 087	- 0.699 453 721
$A_3$	2 041.191 63	666.106 702	2 436.062 94	- 334.109 015	$B_1$		- 2.661 336 50	0.509 036 872	- 0.033 309 953
	- 88.913 480 1	37.271 077 4	159.345 793	123.645 753		$B_2$	- 0.150 034 808	0.224 773 263	- 0.324 549 308
$A_4$	161.874 843	99.081 625 3	- 14.464 357 4	- 47.663 744 3	$B_3$		2.223 609 44	- 0.962 097 813	- 0.329 075 471
	45.946 441 4	20.574 163 4	- 19.090 132 2	- 1.835 460 66		$B_4$	- 1.9	- 1.9	- 1.9
$A_5$	- 432.251 862	- 299.434 065	518.914 852	251.044 630	$B_5$		- 1.96	- 1.87	- 2.01
	- 146.957 006	52.300 502 5	186.456 462	144.860 523		$B_6$	- 1.9	- 2.0	- 1.9
$A_6$	- 491.822 237	- 208.220 381	25.621 744 0	108.196 200	$B_7$		- 2.02	- 1.99	- 1.99
	- 101.534 696	5.139 351 40	86.979 652 8	57.991 542 2		$B_8$	- 2.0	- 2.0	- 2.0
$A_7$	- 222.924 168	- 152.420 514	- 119.392 305	- 95.259 273 9	$B_9$		- 2.14	2.03	- 1.99
	- 3.305 580 08	- 1.911 156 44	- 0.668 272 422	- 0.938 939 918		$B_{10}$	0.01	0.01	0.010 1
$A_8$	228.011 376	151.576 818	123.826 795	95.333 477 1	$B_{11}$		- 1.85	- 1.79	- 1.99
	1.799 726 4	0.477 187 161	- 0.214 039 278	- 0.140 512 287		$B_{12}$	- 2.1	- 2.0	- 2.1
$A_9$	- 1 326.940 06	- 492.459 558	- 1 159.202 89	261.122 151	$B_{13}$		- 1.86	- 1.79	- 2.0
	- 3.270 497 38	- 1.776 909 25	0.890 409 728	0.017 231 523		$B_{14}$	0.010 1	0.01	0.009 9
$A_{10}$	- 0.469 442 406	- 0.257 415 418	- 0.097 062 446	- 0.004 774 744	$B_{15}$		- 2.09	- 2.19	- 1.99
	- 0.005 195 169	0.074 080 61	0.166 016 919	0.140 352 113		$B_{16}$	0.01	0.01	0.01
$A_{11}$	6.748 194 14	6.561 716 04	5.434 082 20	- 2.679 814 31	$B_{17}$		- 2.09	- 2.09	- 2.0
	- 5.073 855 43	- 3.236 205 34	2.222 091 29	0.441 572 93		$B_{18}$	- 2.0	- 2.0	- 2.0
$A_{12}$	2.006 103 93	1.368 119 25	1.047 005 25	0.852 160 998			- 1.83	- 2.14	- 2.0

注：各常数上行的值适用于  $0.25 \leq \bar{B} < 0.75$ ，下行的值适用于  $0.75 \leq \bar{B} < 1.5$ 。

### 2.4 温升

轴承间隙中的摩擦热有少部分靠传导、对流和辐射传给周围环境，大部分传给润滑油。传给润滑油的部分所占比例称为功耗比数  $K$ 。严格计算  $K$  值十分困难，压力供油通常取  $K = 0.8 \sim 1.0$ ，非压力供油取  $K = 0 \sim 0.2$ 。

润滑油膜中各处的油温是不同的，在进口处将要进入轴承的油温称为进口油温，记作  $\theta_i$ ；从轴承两端流出的润滑油的平均温度称为出口油温，记作  $\theta_o$ ；油膜承载区起点和终点处油温的平均值称为有效油温，记作  $\theta_e$ ；有效油温和进口油温的平均值称为平均油温，记作  $\theta_m$ 。

有效油温与进口油温之差称为润滑油的温

升, 即

$$\Delta\theta = \theta_c - \theta_i \quad (25.3-10)$$

轴向供油槽轴承以有效油温  $\theta_c$  作为计算油温  $\theta_i$ ; 中间周向供油槽轴承以平均油温  $\theta_m$  作为计算油温  $\theta_i$ 。

确定进口油温后, 可根据功耗  $P_v$ , 流量  $q$  由表 25.3-6 中的公式计算出轴承温升和各种油温。

### 2.5 偏位角

轴颈中心与轴承孔中心的连心线与载荷作用线所夹锐角称为偏位角  $\phi$ 。

$\alpha = 360^\circ$  时, 轴承的偏位角值可根据偏心率  $\epsilon$  和宽径比  $\bar{B}$  由表 25.3-2 查出。

$\alpha \neq 360^\circ$  时, 偏位角  $\phi$  用下列近似公式计算:

$$\phi = \left[ \sum_{i=1}^6 C_i \epsilon^{i-1} \right] \arctan \left[ \pi(1 - \epsilon^2)^{1/2} / (2\epsilon) \right] \quad (25.3-11)$$

$$C_i = A_{2i-1} + A_{2i} \bar{B}$$

式中 12 个常数  $A$  的值列于表 25.3-7。

表 25.3-7 用于近似计算部分瓦轴承偏位角的常数  $A_i$  值

常 数	$\alpha$				常 数	$\alpha$			
	180°	150°	120°	90°		180°	150°	120°	90°
$A_1$	234.242 108	90.039 333 9	83.810 865 9	0	$A_7$	-15 485.110 1	-2 971.466 43	-1 887.259 01	4 955.171 05
	134.302 103	53.139 009 1	0	0		-7 851.702 39	567.207 114	5 656.627 09	5 125.272 26
$A_2$	-175.606 654	-17.133 580 8	-90.247 089 9	20.326 237 2	$A_8$	14 693.584 7	1 704.916 85	7 844.596 31	-1 667.825 34
	-25.339 299 5	28.007 972	18.069 189 3	14.525 454 4		2 817.432 41	-2 591.976 16	-1 977.746 40	-1 479.435 89
$A_3$	-2 032.247 77	-421.300 316	-347.276 927	579.220 126	$A_9$	13 697.649 8	2 543.168 58	1 445.156 19	-4 357.850 59
	-946.314 46	0	601.979 494	562.140 092		7 255.937 33	-626.759 792	-5 232.783 27	-4 604.879 63
$A_4$	1 929.073 11	161.042 170	976.155 222	-288.370 055	$A_{10}$	-12 905.653 3	-1 556.770 27	-6 952.449 59	1 260.023 75
	278.898 372	-353.516 412	-253.643 154	-202.511 856		-2 763.044 92	2 273.851 90	1 766.121 95	1 264.903 10
$A_5$	8 203.409 64	1 606.888 85	1 155.227 37	-2 588.343 62	$A_{11}$	-4 598.706 43	-817.754 939	-420.055 841	1 443.275 28
	3 962.567 44	-206.253 53	-2 809.699 22	-2 611.855 8		-2 529.233 86	246.471 565	1 812.850 58	1 564.712 84
$A_6$	-7 830.431 17	-804.689 958	-4 105.247 51	1 021.989 45	$A_{12}$	4 306.134 93	519.335 267	2 339.081 91	-340.216 324
	-1 311.370 74	1 404.526 33	1 043.912 05	811.317 070		1 011.082 69	-759.552 565	-596.311 718	-408.338 258

注: 各常数上行的值适用于  $0.25 \leq \bar{B} < 0.75$ , 下行的值适用于  $0.75 \leq \bar{B} < 1.5$ 。

### 3 稳定性计算

油膜的刚度和阻尼是描述轴承动态特性的重要参数, 它们分别反映油膜压力与轴颈位移、油膜阻尼力与轴颈位移速度之间的函数关系。

用刚度系数和阻尼系数来表示刚度和阻尼的大小, 将它们的量纲化为 1, 得

$$\bar{k}_{ij} = k_{ij}c/F \quad (25.3-12)$$

$$\bar{d}_{ij} = 2\pi n c d_{ij}/F \quad (25.3-13)$$

称其为刚度数和阻尼数。

对不可压缩的牛顿流体, 在层流状态下, 不考虑轴的变形时, 油膜刚度数  $\bar{k}_{ij}$  与载荷数  $\bar{F}$  的关系曲线见图 25.3-4 和 25.3-5, 油膜阻尼数  $\bar{d}_{ij}$  与载荷数  $\bar{F}$  的关系曲线见图 25.3-6 和 25.3-7。

表 25.3-6 油温计算公式

计算项目	计 算 公 式
润滑油温升	$\Delta\theta = KP_v / (c_p \rho q)$
有效油温	$\theta_c = \theta_i + \Delta\theta$
出口油温	$\theta_o \approx \theta_c$
平均油温	$\theta_m = \theta_i + \Delta\theta/2$
最高油温	$\theta_m = \theta_i + 2\Delta\theta$
说 明	$c_p$ —比定压热容; $\rho$ —润滑油密度

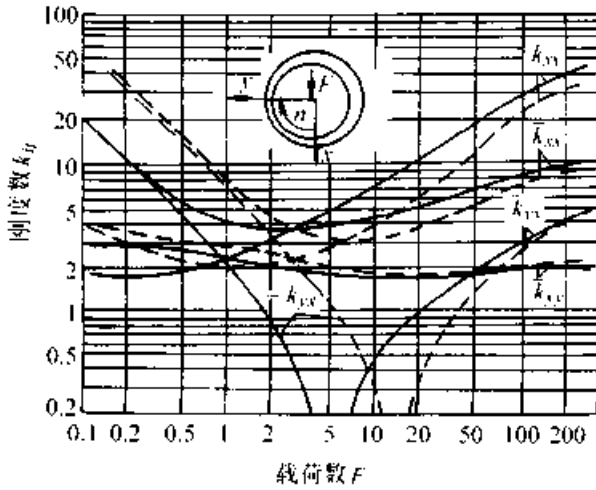


图 25.3-4  $\bar{k}_n - F$  关系曲线  
—  $B/D=0.5$     ---  $B/D=1.0$

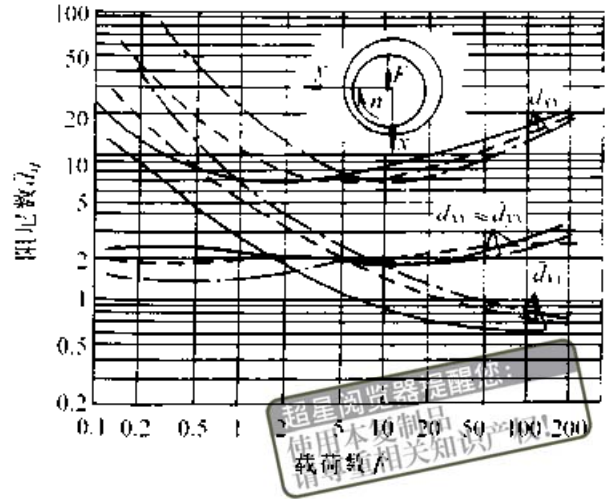


图 25.3-7  $d_n - F$  关系曲线  
—  $B/D=0.35$     ---  $B/D=0.75$     - - -  $B/D=1.5$

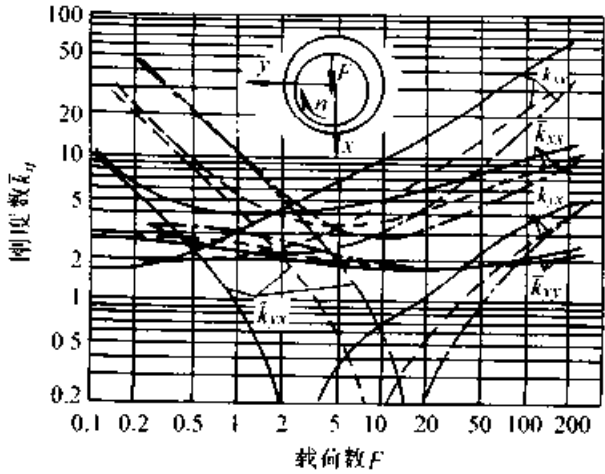


图 25.3-5  $\bar{k}_n - F$  关系曲线  
—  $B/D=0.35$     ---  $B/D=0.75$     - - -  $B/D=1.5$

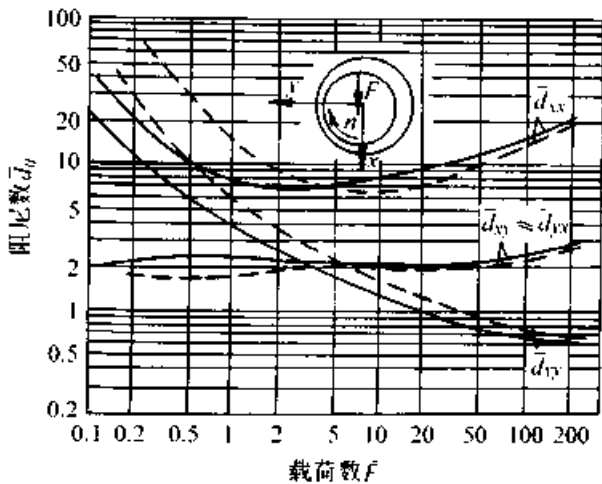


图 25.3-6  $\bar{d}_n - F$  关系曲线  
—  $B/D=0.5$     ---  $B/D=1.0$

通过特征方程的系数分析进行稳定性判别，特征方程系数的计算公式为

$$\begin{aligned}
 a_1 &= (d_{xx} + d_{yy})/m \\
 a_2 &= (d_{xx}d_{yy} - d_{xy}d_{yx})/m^2 + (k_{xx} + k_{yy})/m \\
 a_3 &= (d_{xx}k_{yy} + d_{yy}k_{xx})/m^2 - (d_{xy}k_{yx} + d_{yx}k_{xy})/m^2 \\
 a_4 &= (k_x k_{yy} - k_{xy} k_{yx})/m^2
 \end{aligned}
 \tag{25.3-14}$$

根据劳斯-赫尔维茨判别法，在各个系数都为正的条件下，稳定运转的条件是系数行列式的主子式大于零，即

$$a_1 a_2 a_3 - a_1^2 a_4 - a_3^2 > 0 \tag{25.3-15}$$

## 4 参数选择

### 4.1 宽径比 B

通常  $B$  在 0.3~1.5 范围内。小宽径比有利于增大压力而提高运转稳定性、增加流量而降低温升和功耗、减少占用空间，但承载能力也将降低，压力分布曲线变得陡峭，易于出现轴瓦材料局部过热现象。

高速重载轴承温升高，有边缘接触危险， $B$  宜取小值；低速重载轴承为提高轴承整体刚性， $B$  宜取大值；高速轻载轴承，如对轴承刚性无很高要求， $B$  可取小值；转子挠性较大的轴承， $B$  宜取大值，参见表 25.3-8。

表 25.3-8 宽径比  $B$  的选取

运转条件	载荷	速度	轴的挠性	要求转子系统刚性
取较大 $B$	小	低	小	大
取较小 $B$	大	高	大	小

一般机器常用的  $B$  值见表 25.1-4。

### 4.2 相对间隙 $\Psi$

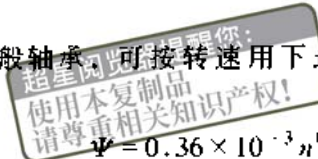
相对间隙  $\Psi$  值主要根据载荷和速度选取：速度愈高， $\Psi$  值应愈大；载荷愈大， $\Psi$  值则应愈小。此外，直径大、宽径比小、调心性能好、加工精度高时， $\Psi$  可取小值，反之，取大值。

相对间隙  $\Psi$  值大时，通过轴承间隙的流量大，温升高，轴承承载能力亦低。

间隙大小对轴承运转平稳性有较大影响：通常，载荷小的轴承、减小间隙可提高平稳性；而

压强较大的轴承，增大间隙可提高运转平稳性。选取间隙要考虑的因素很多，可参考表 25.3-9 选取

一般轴承，可按转速用下式选取相对间隙  $\Psi$



$$\Psi = 0.36 \times 10^{-3} n^{0.44} \quad (25.3-16)$$

式中  $n$  —— 转速 (r/s)。

各种金属轴瓦材料适宜的相对间隙见表 25.3-10。

常用机器的轴承相对间隙见表 25.1-4。

表 25.3-9 相对间隙的选取

影响因素	轴瓦材料	载荷大小	载荷方向	圆周速度	宽径比	支座结构	发热量	轴颈与轴瓦的硬度差	表面粗糙度参数	加工精度
选较小的 $\Psi$	软、弹性模量较小，如锡铋合金、铅铋合金	高	旋转	低	$\leq 0.8$	调心	小	$\geq 100\text{HBS}$	小	高
选较大的 $\Psi$	硬、弹性模量较大，如铜基合金	低	静止	高	$> 0.8$	刚性	大	$< 100\text{HBS}$	大	低

表 25.3-10 各种金属轴瓦材料适宜的相对间隙

轴瓦材料	锡铋合金	铅铋合金	铜基合金	铸造铜基合金	铜铅合金	铝基合金	铸铁
$\Psi$	0.0004~0.001	0.0005~0.001	0.001~0.0045	0.001~0.0025	0.0005~0.002	0.0007~0.003	0.002~0.003

### 4.3 润滑油黏度 $\eta$

润滑油黏度高，承载能力大，轴承流量小，功耗大，故轴承温升高。温度高，润滑油黏度下降，因而靠提高润滑油黏度以增加轴承承载能力将受到限制。

一般轴承按转速由公式

$$\eta = 0.068 n^{-1/3} \quad (25.3-17)$$

计算所需润滑油黏度，可以保证轴承温升不会过高。计算所得黏度应为有效油温（或平均油温）下的黏度。

### 4.4 最小油膜厚度的极限值 $h_{2min}$

为确保轴承在液体润滑状态下安全运转，考虑轴的挠曲和对中误差后，轴承边缘处的油膜厚度应不低于最小安全值  $h_s$ 。 $h_s$  值可根据转速和轴颈直径由图 25.3-18 查出

因此，最小油膜厚度极限值的计算式为

$$h_{2min} = h_s + y_1 + y_2 \quad (25.3-18)$$

式中  $y_1$  —— 轴挠曲变形在轴承端面出现的挠度；

$y_2$  —— 两轴承对中误差在轴承端面造成的偏移量。

对中间受载的双支承轴（图 25.3-9a），挠度  $y_1$  的计算式为

$$y_1 \approx 1.6 B y_{max} / L \quad (25.3-19)$$

对悬臂受载的双支承轴（图 25.3-9b）， $y_1$  的计算式为

$$y_1 \approx B y_{max} / [2a(1 + 1.5a/L)] \quad (25.3-20)$$

对中误差造成的偏移量，其计算式为（图 25.3-10）

$$y_2 = B \tan(\beta/2) \quad (25.3-21)$$

轴承载荷小于 3 MPa 时， $y_1$  可忽略不计。对自动调心轴承， $y_1$  和  $y_2$  均可忽略。

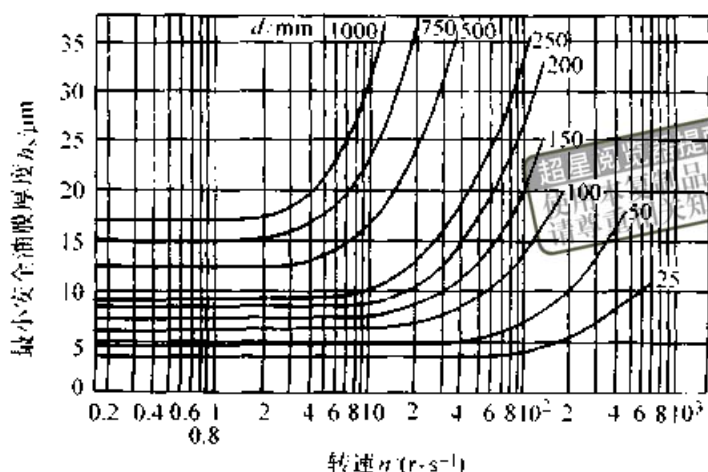


图 25.3-8 油膜厚度最小安全值  $h_s$

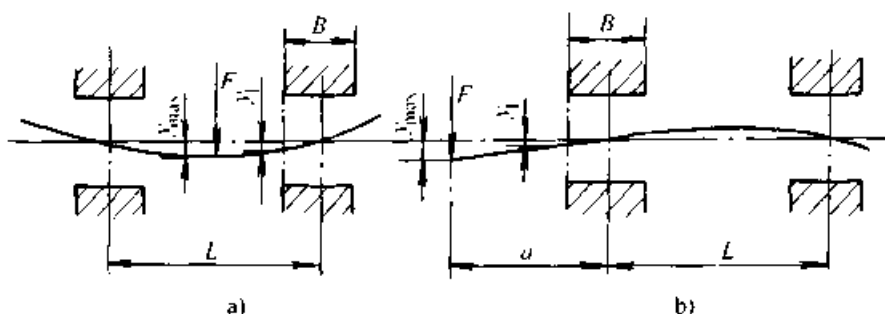


图 25.3-9 挠度计算

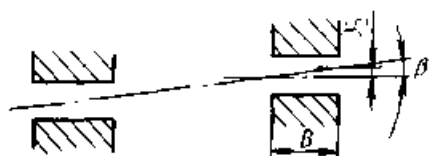


图 25.3-10 偏移量计算

### 4.5 润滑油温度

轴承性能计算根据润滑油的有效油温  $\theta_e$  或平均油温  $\theta_m$  进行，它们与端泄油的平均温度（出口油温  $\theta_o$ ）十分接近。

进口油温（供油温度） $\theta_i$  随外部供油装置条件变化，而外部供油装置条件差别极大，因此很难准确计算进口油温。不便计算时，建议取  $\theta_i \approx 40^\circ\text{C}$ 。若轴承有封闭循环的润滑系统或温升较高时，则必须通过热平衡计算，正确计算出进口油温。

出口油温将影响润滑油氧化变质速度，对一般的矿物油，希望  $\theta_o \leq 75^\circ\text{C}$ 。

轴承中的最高温度可用下式估算：

$$\theta_{\max} \approx 2(\theta_e - \theta_i) + \theta_i \quad (25.3-22)$$

最高温度的允许值与润滑油和轴承材料有关，对矿物油和锡基、铅基轴承合金，常控制  $\theta_{\max}$  值不超过  $90 \sim 100^\circ\text{C}$ 。

## 5 供油槽设计

### 5.1 轴向油槽

#### 5.1.1 油槽的位置

单轴向油槽最好开在最大油膜厚度的位置上，因偏位角随载荷、转速和转向变化，所以只有在稳定工况下最大油膜厚度的位置方稳定。当工况变化不大时，可按其平均工况拟定油槽位置，该位置与最大油膜厚度位置偏离不多时，没有很不利的影响。

当载荷方向不变时，可在与载荷作用方向成  $90^\circ$ 、靠最大油膜厚度一侧的半径方向开供油槽。剖分轴瓦通常把该位置作为剖分面，故供油槽一般开在剖分处。

单轴向油槽轴承，轴颈只能按给定方向旋转。

双轴向油槽通常开在与载荷作用方向成

±90°的半径方向上,这种油槽形式允许轴正、反两方向旋转

5.1.2 油槽的尺寸

轴向油槽的长度通常取为轴承宽度的80%,即  $a/B=0.8$ 。油槽宽度  $b$  可根据轴承宽径比和流量,在  $0.1D \sim 0.3D$  范围内选取。

如宽径比  $B < 1$ ,可以用油孔代替油槽。

5.2 周向油槽

周向油槽一般设在轴承宽度的中央的圆周上,把轴承分为两个宽度约小一半的轴承。不考虑轴的弯曲导致的边缘载荷,轴承的承载能力大约与宽径比的1.5次方成正比,所以,周向油槽轴承的承载能力较同样尺寸轴向油槽轴承低得多。

但是,这种轴承适用于载荷方向改变,甚至载荷旋转的场合,也能适应轴颈双向旋转。

周向油槽尺寸受许多因素影响,在无任何限制的前提下,建议槽宽取为轴承直径的1/10,槽深取为槽宽的1/3。

6 表面粗糙度的确定

通常,轴颈与轴承孔表面轮廓算术平均偏差之和 ( $Ra_1 + Ra_2$ ) 应不大于  $h_2$  的1/10,图25.3-11可供按油膜厚度最小安全值  $h_2$  选取  $Ra_1$  和  $Ra_2$  时参考。考虑到加工孔与轴的难易因数,

一般轴颈表面粗糙度参数值小于轴承孔的,建议  $Ra_1$  按图中下限取,而  $Ra_2$  按上限取

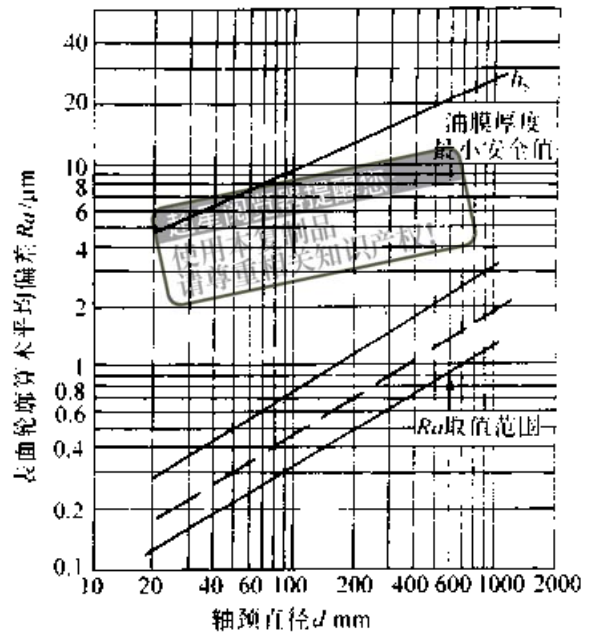


图 25.3-11 选取表面粗糙度参数值参考图

例 计算汽轮机转子的压力供油径向圆轴承(包角 360°) 已知: 转子直径  $d = 300 \text{ mm}$ ; 载荷  $F = 65 \text{ kN}$ ; 转速  $n = 3000 \text{ r/min}$  (50 r/s); 轴承选用调心式, 载荷垂直向下, 在水平剖面两侧供油, 进油温度控制在  $40 \text{ }^\circ\text{C}$  左右; 计算结果见表25.3-11。

表 25.3-11 压力供油径向圆轴承性能计算

计算项目	计算公式及说明	计算结果
宽径比	$B = B/D$ 选定	0.8
轴承宽度	$B = (B/D)D = 0.8 \times 0.3$	0.24 m
压力	$p_m = F/(BD) = 65000/(0.3 \times 0.24)$	$9.030 \times 10^5 \text{ Pa}$
相对间隙	$\Psi = 0.36 \times 10^{-3} n^{0.44} = 0.36 \times 10^{-3} \times 50^{0.44}$ [见式(25.3-18)]	0.002
半径间隙	$c = \Psi D/2 = 0.002 \times 0.3/2$	$0.3 \times 10^{-3} \text{ m}$
初选黏度	$\eta = 0.068 n^{-1/3} = 0.068 \times 50^{-1/3}$ [见式(25.3-19)]	0.0185 Pa·s
润滑油牌号		L-TSA 22
初取有效油温	$\theta_c$	50 $^\circ\text{C}$
实际黏度	$\eta_c$	0.0153 Pa·s
载荷数	$\bar{F} = p_m \Psi^2 / (\eta_c n) = 65000 \times 0.002^2 / (0.3 \times 0.24 \times 0.0153 \times 50)$	4.720
偏心率	$\epsilon$ 查表 25.3-2(用插入法)	0.53
偏位角	$\phi$ 查表 25.3-2(用插入法)	53.7°
最小油膜厚度	$h_2 = c(1 - \epsilon) = 0.3 \times 10^{-3}(1 - 0.53)$	0.141 mm

超星浏览器提醒您：  
使用本复制品  
请尊重相关知识产权！

续表 25.3-11

计算项目	计算公式及说明	计算结果
安全油膜厚度	$h$ 、查图 25.3-10	0.026 mm
轴的挠度	$y_1 \approx 1.6By_{\max}/L$ , 因 $p < 3 \text{ MPa}$	0
轴颈偏移量	$y_2$ , 因为是调心轴承	0
最小油膜厚度极限值	$h_{2\min} = h_1 + y_1 + y_2 = 0.026 + 0 + 0$	0.026 mm
校核 $h_2 > h_{2\min}$ ?		通过
摩擦数	$(\mu'/\Psi)$ 查表 25.3-2 (用插入法)	5.1
功耗	$P_p = (\mu'/\Psi) F \pi \eta_s BD^2 n^2 / \Psi = 5.1 \times 4.72 \times \pi \times 0.015^3 \times 0.24 \times 0.3^2 \times 50^2 / 0.002$	31.24 kW
流量数 $\bar{q}_1$	$\bar{q}_1$ 查表 25.3-2 (用插入法)	0.51
流量 $q_1$	$q_1 = \bar{q}_1 \Psi n BD^2 = 0.51 \times 0.002 \times 50 \times 0.24 \times 0.3^3$	$1.099 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$
供油槽长度	取 $a/B = 0.8, a = 0.8 \times 0.24$	0.192 m
供油槽宽度	取 $b/B = 0.3, b = 0.3 \times 0.24$	0.072 m
流量数 $\bar{q}_2$	查图 25.3-2	1.25
供油压力 $p_s$	选取	0.2 MPa
比值 $(h_H/c)^3 + (h_L/c)^3$	查图 25.3-3	3.05
油槽处油膜厚度	$h_H^3 + h_L^3 = [(h_H/c)^3 + (h_L/c)^3] \cdot c^3 = 3.05 \times (0.3 \times 10^{-3})^3$	$82.35 \times 10^{-12} \text{ m}^3$
流量 $q_2$	流量 $q_2 = \bar{q}_2 p_s (h_H^3 + h_L^3) / \eta_s = 1.25 \times 0.2 \times 10^6 \times 82.35 \times 10^{-12} / 0.015^3$	$1.346 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$
轴承流量 $q$	$q = q_1 + q_2 = 1.099 \times 10^{-3} + 1.346 \times 10^{-3}$	$2.445 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$
功耗比数 $K$	设定	0.8
进口油温 $\theta_i$	给定	40 °C
进口油温下的油黏度	$\eta_{40}$	0.020 9 Pa·s
润滑油温升	$\Delta\theta = KP_p / (c_p q) = 0.8 \times 31\,240 / (1\,890 \times 900 \times 2.445 \times 10^{-3})$	6 °C
有效油温	$\theta_e = \Delta\theta + \theta_i = 6 + 40$	46 °C
出口油温	$\theta_e \approx \theta_i$	46 °C
最高油温	$\theta_{\max} = 2\Delta\theta + \theta_i = 2 \times 6 + 40$	52 °C 通过

## 第4章 曲轴轴承

曲轴轴承包括曲轴主轴颈与机座上的轴瓦组成的主轴承、曲柄轴颈与连杆大头轴瓦组成的连杆轴承和活塞销与连杆小头轴套组成的活塞销轴承。它们是典型的承受循环载荷的轴承。

除极个别的小型高速发动机，特别是二冲程汽油机以外，汽油机、柴油机、往复式压缩机的曲轴轴承，几乎都是用滑动轴承。因为只有单曲柄或组装式曲轴能安装整体轴承，否则，只能安装剖分式轴承，而滑动轴承更适宜作剖分轴承。

### 1 流体动力润滑条件

好的设计可以使曲轴轴承在动压油膜润滑条件下工作，这时决定载荷极限的因素已不是疲劳强度，而是最小油膜厚度条件。

#### 1.1 曲轴轴承的载荷

曲轴轴承上的载荷是循环载荷，不但载荷的大小作周期性的变化，而且载荷的方向也在作周期性的变化。为此，作流体动力润滑计算前，必须要计算出轴承上一个循环周期内，每个瞬间的载荷值和作用方向。图 25.4-1 是曲轴轴承典型载荷极坐标图。

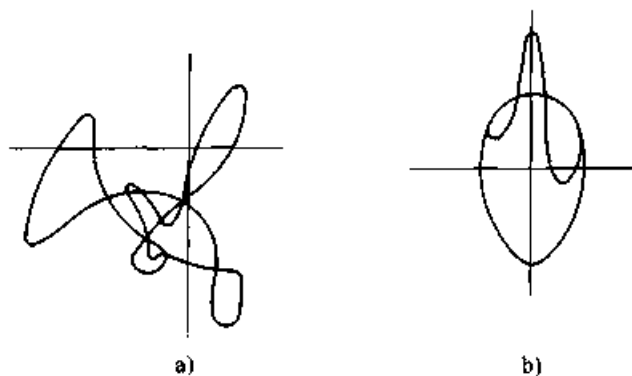


图 25.4-1 曲轴轴承载荷极坐标图

a) 主轴承载荷极坐标图 b) 连杆轴承载荷极坐标图

#### 1.2 润滑计算

由于曲轴轴承的载荷是变化的，故除了流体动力润滑的楔效应外，挤压效应亦占很大比例。所以，润滑计算需要用数值法求解带时间变量的

雷诺方程，得出一系列各瞬间的偏位角和偏心率。将这些数据标在极坐标图上，得出的曲线乃是轴承运转中的轴心轨迹，由轴心轨迹图可以找出一个循环周期内的最小油膜厚度的极小值及其位置。

最小油膜厚度应不小于本复制品 请尊重相关知识产权!	
主轴承	0.0025~0.0042 mm
连杆轴承	0.002~0.004 mm

由循环载荷的雷诺方程知道，载荷向量的旋转速度接近轴转速的一半时轴承的动力润滑能力接近于零。图 25.4-1a 是某一 V 型发动机主轴承的载荷图，两个点火高峰时载荷向量大致以轴速的一半旋转着，所以，这时的最小油膜厚度最小。

#### 1.3 改善动力润滑性能的措施

1) 改进点火顺序，例如不让靠近一个轴承的汽缸连续点火，以减小载荷峰值，或者通过点火顺序的调整，增加载荷向量的旋转速度与轴转速一半的差。

2) 提高曲轴的平衡精度以减小载荷旋转分量值。

3) 增加轴承面积以减小轴承载荷，增加轴承宽度比加大轴承直径更有效。

4) 减轻连杆质量可以减小连杆大头轴承的载荷。

### 2 材料选择

往复式发动机和压缩机轴承上的载荷是循环载荷，在轴瓦上产生循环应力，故要求轴瓦材料有高的抗疲劳性。为此，曲轴上的主轴承和连杆大头轴承均采用薄壁轴瓦，绝大多数采用多层材料制成，通常采用钢背上涂覆衬层的轴瓦。

#### 2.1 衬层材料的性质及其选择

表 25.4-1 给出曲轴轴瓦常用钢背上不同衬层材料的性质。表中数据仅适用于大、中型柴油机的连杆大头轴承，主轴承允许的极限载荷一般



要低 20%，且不适用于十字头或压缩机轴承。

表 25.4-1 钢背上不同材料衬层的性质

衬层材料	衬层厚度 $\delta$ /mm	相对疲劳强度	载荷峰值极限 $p$ /MPa	推荐轴颈硬度 HBS
SnSb9Cu4(G)	$>0.1$ $<0.1$	1.0 1.3	12~14 14~17	160
SnSb8Cu3Cd1(G)	—	1.1	12~15	160
CuPb30 + ZSnSb9Cu4 涂覆层	0.2	1.4	15~17	160
CuPb30(P) + Sn 镀层	0.05 0.025	1.8 2.4	21~23 28~31	230 280
CuPb24(G) + Pb-Sn(Pb-In)镀覆层	0.025	2.4	31	—
CuPb22Sn4(P) + Pb-Sn 镀覆层	0.025	2.4	28~31	400
AlSn40	—	1.8	21~23	230
AlSn6Cu1 + Pb-Sn 镀覆层	0.025	2.4	28~31	400
AlSn20	—	3.3	28~35	230

注：G—浇铸；P—烧结。

## 2.2 衬层的厚度

轴瓦材料的疲劳强度随衬层厚度增加而下降，图 25.4-2 表明锡铋轴承合金衬层不同厚度下的相对疲劳强度。

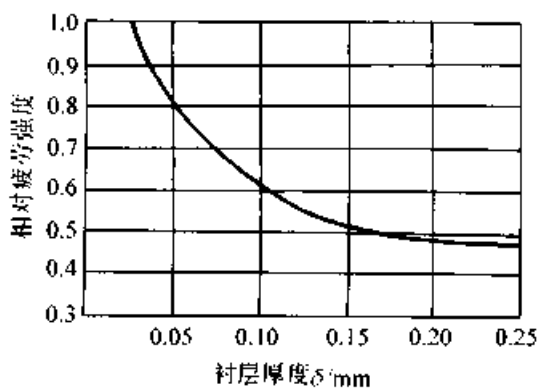


图 25.4-2 衬层厚度对疲劳强度的影响

除锡铋和铅铋合金外，小型发动机轴承的载荷极限可以比表中数值高许多，铅青铜和铝锡合金轴瓦，适用的载荷可达 52.5 MPa。

衬层的厚度见表 25.4-2

表 25.4-2 衬层厚度

衬层材料	衬层厚度 mm	
	外径 $D_1 \leq 110$	外径 $D_1 > 110$
锡基、铅基合金	0.20~0.40	0.25~0.50
铜基合金	0.30~0.60	0.30~0.70
铝基合金	0.30~0.70	0.30~0.80

小型发动机轴承还采用很薄的镀覆层，这时最大载荷不决定于镀覆层的疲劳强度，而仍是决定于衬层的疲劳强度。

## 2.3 镀覆层材料

常用镀覆层材料的化学成分（质量分数）和硬度见表 25.4-3。

表 25.4-3 常用镀覆层材料的化学成分和硬度

合金材料	化学成分	硬度 HV <sub>0.05</sub>
铅锡合金	$w(\text{Sn})8\% \sim 12\%$ , $w(\text{Pb})88\% \sim 98\%$	8~10
铅锡铜合金	$w(\text{Sn})8\% \sim 12\%$ , $w(\text{Cu})1\% \sim 3\%$ , $w(\text{Pb})85\% \sim 91\%$	13~15
铅铟合金	$w(\text{In})5\% \sim 10\%$ , $w(\text{Pb})90\% \sim 95\%$	8~10

## 3 润滑剂供给系统

含有曲轴的绝大多数机器都用压力供油，润滑系统包括油箱、油泵、调压阀、滤油器和管道等。通常，油泵将油泵入曲轴的油孔，部分进入主轴承轴瓦，其余流入连杆大头轴承的轴瓦，并穿过连杆中间的孔道进入连杆小头轴承（活塞销）。

### 3.1 轴瓦上的油槽与油孔

由于载荷向量是旋转的，故以不开油槽为宜，必须开设油槽时，只能开一个中间位置的周向油槽（图 25.4-3a），任何情况不允许开轴向油槽（图 25.4-3b）。

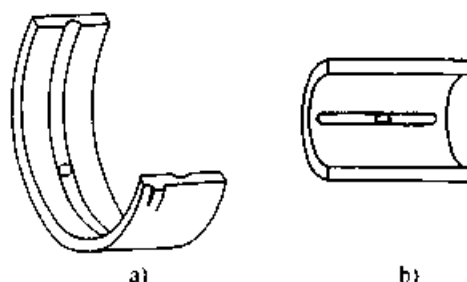


图 25.4-3 曲轴轴瓦上的油槽

必须开设油槽时，为了使轴瓦重载区不间断，周向油槽可以分段而不连续，或只开一小段油槽（图 25.4-4）。

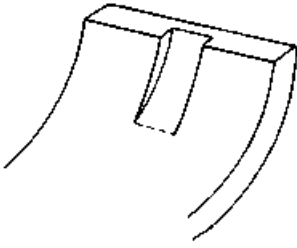


图 25.4-4 局部油槽

油孔直径应根据使用要求确定，但应略小于油槽宽度。

### 3.2 流量计算

通过一个轴承的流量可用下式计算

$$q = 0.262 p_s c^3 / (\eta \bar{B}) (1.5 \epsilon^2 + 1) \quad (25.4-1)$$

- 式中  $p_s$  —— 供油压力 (MPa);  
 $c$  —— 半径间隙 (m);  
 $\eta$  —— 润滑油黏度 (Pa·s);  
 $\bar{B}$  —— 轴瓦宽径比;  
 $\epsilon$  —— 偏心率。

绝大多数情况，计算  $\epsilon = 1$  时的流量就可以了。

根据经验数据，大、中型柴油机在供油压力为 0.35 MPa 时所需流量如下：

机器底座通道到主轴承	0.55 L/(min)
主轴承到连杆大头	0.37 L/(min)
连杆大头到活塞	0.20 L/(min)

### 3.3 管（通）道口径

管（通）道口径应使油的流速符合要求，通常规定：

泵吸入侧流速为	1.2 m/s
泵排出侧流速为	1.8~3.0 m/s

### 3.4 供油压力

现代发动机一般采用 0.28~0.42 MPa 的供油压力，也有用 0.56 MPa 供油压力的。

### 3.5 油的过滤

因为允许的最小油膜厚度越小，轴瓦的承载能力越高，所以油的过滤特别重要。设计供油系

统时，滤油器应能清除：

- ≥15 μm 的颗粒，全部
- ≥10 μm 的颗粒，95%
- ≥5 μm 的颗粒，90%

## 4 轴瓦及相关零件的设计、公差与表面粗糙度

### 4.1 轴瓦结构

曲轴轴承通常采用薄壁轴瓦，有一般薄壁轴瓦和薄壁翻边轴瓦两种，其结构见图 25.4.5

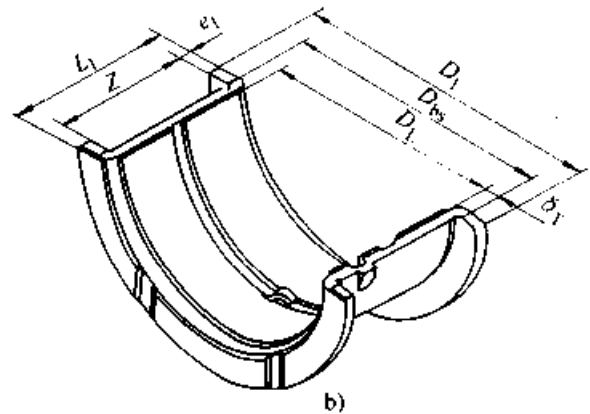
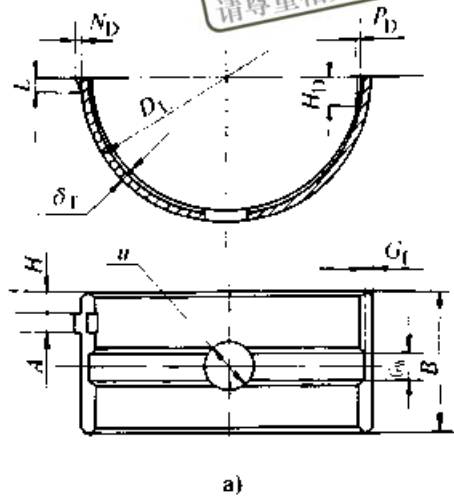


图 25.4.5 曲轴轴承用薄壁轴瓦  
 a) 薄壁轴瓦 b) 薄壁翻边轴瓦

### 4.2 轴瓦挤缩量

未加载时两轴瓦的圆周长度与轴承座孔圆周长度之差，称为轴瓦半圆周长高出度或挤缩量（图 25.4-6）。最小挤缩量。

$$\delta_n = \max[44 \times 10^{-6} D_L / \delta_0, 0.12 \text{ mm}] \quad (25.4-2)$$

$$\delta_0 = \delta_1 + K \delta_2$$

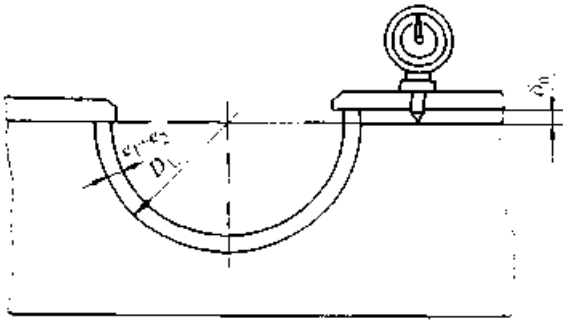


图 25.4-6 曲轴薄壁轴瓦的挤缩量

式中  $D_L$  ——轴瓦座孔直径 (mm);  
 $\delta_0$  ——轴瓦等效壁厚 (mm);  
 $\delta_1$  ——钢背厚度 (mm);  
 $K$  ——因子, 锡铋、铅铋轴承合金:  
 $K=0$ ; 铜基轴承合金:  $K=0.5$ ;  
 铝基轴承合金:  $K=0.3$ ;  
 $\delta_2$  ——衬层厚度 (mm)。

衬层为锡铋或铅铋轴承合金, 或者轻载荷的轴瓦, 最小挤缩量可以减半。

测量时施加载荷

$$F_c = 100B\delta_0 \quad (\text{适用于 } \delta_0/D_L \leq 0.05)$$

式中  $B$  ——轴瓦宽度 (mm);

这时瓦的高出量为

$$S_N = \delta_n/2 - 0.050 \text{ mm} \quad (25.4-3)$$

### 4.3 轴承座螺栓

#### 4.3.1 螺栓位置

螺栓位置应尽量靠近瓦背, 应能安全地拧紧, 使夹紧力达到把轴瓦压紧在轴承座里的力与轴颈所承受的动载荷之和。

#### 4.3.2 螺栓的压紧力

压缩‘挤缩量’的载荷为

$$F = \min\{EB + \delta_m\} / [\pi(D_L - \delta_0) \times 10^6] \cdot B\delta_0\sigma_s \times 10^{-3}$$

$$\delta_m = \delta_n + \pi\Delta D_L + \Delta\delta_n \quad (25.4-4)$$

式中  $E$  ——瓦背的弹性模量 (Pa);

$\delta_m$  ——两片轴瓦最大圆周挤缩量之和 (mm);

$\sigma_s$  ——轴瓦的屈服点, 钢背、锡铋或铅铋合金衬层:  $\sigma_s = 350 \text{ MPa}$ ; 铜基合金衬层:  $\sigma_s = 300 \sim 400 \text{ MPa}$ ; 铝基合金衬层:  $\sigma_s = 600 \text{ MPa}$ 。

这样, 每边螺栓应有的压紧力为

$$F_b = 2F + F_c/2 \quad (25.4-5)$$

式中  $F_c$  ——轴颈上的动载荷。

### 4.4 轴承座的公差与表面粗糙度

轴承座孔的圆柱度、轴线平行度的公差应不大于 GB/T 1184 中规定的 8 级。止推面垂直度误差应不超过  $0.0003 \times D_L$ 。相邻轴承座轴线不同轴度应该在  $1/10\,000 \sim 1/12\,000$  之间。

轴承座孔表面粗糙度:

$$Ra = 0.75 \sim 1.60 \mu\text{m}$$

### 4.5 轴瓦在轴承座上的定位

虽然轴瓦被压紧在轴承座中, 但为了更有效地使轴瓦在轴承座里保持正确位置, 还需要定位结构。推荐的定位结构为定位唇结构 (图 25.4-7), 不推荐定位销结构。装配时, 将轴瓦的定位唇嵌入轴承座相应的凹槽中, 与两片轴瓦对应的凹槽应配置在同一边。

定位唇的典型尺寸为 (见图 25.4-7):

$$A = d/20 + 1.8 \text{ mm}, \quad d \text{ 为轴颈直径};$$

$$H = A; \quad N_D = A - 1.0 \text{ mm}; \quad L = 1.3A$$

$A$  在凹槽中允许有  $0.25 \text{ mm}$  以下的间隙, 凹槽中相应  $N_D$  的尺寸应为  $2N_D$ , 相应  $L$  的尺寸应为  $L + 2.5 \text{ mm}$ 。

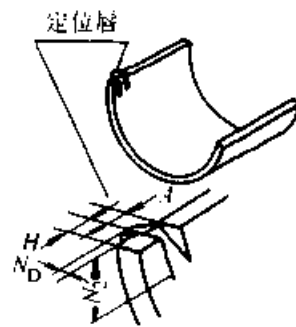


图 25.4-7 薄壁轴瓦的定位唇

### 4.6 轴瓦的标准尺寸

#### 4.6.1 薄壁轴瓦的标准尺寸

轴瓦各部位尺寸代号见图 25.4-5a, 轴瓦尺寸、结构要素与公差按下述表、图等选取:

1) 外径  $D_L$  和壁厚  $\delta_T$  的标准尺寸见表 25.4-4, 表中还给出了壁厚的公差;

2) 油槽的标准形式、尺寸与极限偏差见表 25.4-5。

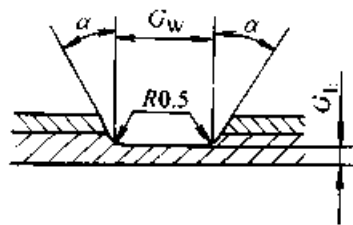
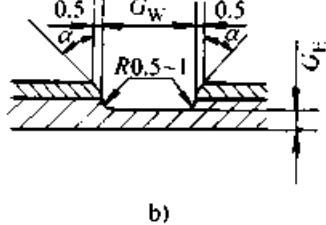
3) 定位唇与定位槽的标准尺寸与极限偏差见表 25.4-6。

表 25.4-4 薄壁轴瓦的外径  $D_L$ 、壁厚  $\delta_T$  和壁厚公差 (mm)

壁 厚													$\delta_T$			
1.25	1.50	1.75	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	6.0	8.0	10.0	12.0			
外 径													$D_L$			
20,21,22,24,25,26,28,30			(0.008/0.013)													
32,34,36,38																
40,42,45,48,50,53,56,60,63									(0.012/0.017;40,42,45在上一档,80,85在下一档)							
67,71,75,80,85																
90~120 间隔5									(0.013/0.018;120在下一档)							
125,130~160 间隔10															(0.0018/0.025)	
170~200 间隔10																
									210,220,240,250,260							
									(0.025/0.035)		280~340 间隔20					
											360,380,400					
											(0.030/0.040)			420,450,480,500		

注：黑框内是相应于侧面外径的壁厚公差，分子用于双层金属轴瓦，分母用于带镀覆层的三层金属轴瓦。

表 25.4-5 油槽形式、尺寸与极限偏差 (mm)

油槽形式					
油槽宽度	尺寸 $G_w$	2.0, 2.5, 3.0, 3.5, 4.0, 5.0, 6.0		8.0, 9.0, 10.0 等	
	极限偏差	$\pm 0.25$			
槽底壁厚	尺寸 $G_E$	$(1/2 \sim 1/3)\delta_1; \geq 0.7$		$\geq 1.2$	
	极限偏差	+0.2		+0.35	

4) 对于需要进行瓦口削薄的等壁厚轴瓦(参看图 25.4-5),它的削薄高度  $H_D$  推荐取  $1/6 D_L$ , 削薄量  $P_D$  以及它们的极限偏差见表 25.4-7。

4.6.2 薄壁翻边轴瓦的标准尺寸

轴瓦各部位尺寸代号见图 25.4-5b。外径  $D_L$ 、推力边外径  $D_1$  和壁厚  $\delta_T$  的标准尺寸见表 25.4-8,壁厚公差见表 25.4-9。定位唇与定位槽的尺寸应符合表 25.4-10 的规定。

表 25.4-6 定位唇与定位槽的标准尺寸与极限偏差 (mm)

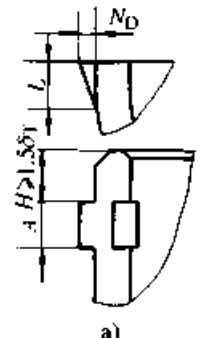
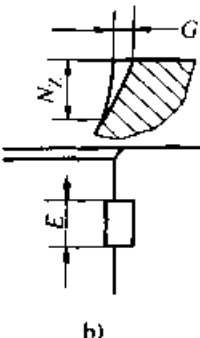
图 示	外径 $D_L$		尺寸与极限偏差					
	大于	至	定位唇 宽度 A	定位唇 长度 L	定位唇 高度 $N_D$	定位槽 宽度 E	定位槽 长度 $N_L$	定位槽 深度 G
 <p>a)</p>	—	38	$2.8_{-0.12}^0$	$4.0_{-1.2}^0$	$1.1_{-0.3}^0$	$2.9_{-0.12}^{+0.12}$	$4.5_{-1.0}^{+1.0}$	$1.5_{-0.4}^{+0.4}$
	38	45	$3.8_{-0.12}^0$	$6.0_{-1.2}^0$	$1.2_{-0.3}^0$	$3.9_{-0.12}^{+0.12}$	$7.0_{-1.5}^{+1.5}$	$1.6_{-0.4}^{+0.4}$
	45	75	$4.8_{-0.14}^0$	$6.0_{-1.2}^0$	$1.5_{-0.3}^0$	$4.9_{-0.14}^{+0.14}$	$8.0_{-2.0}^{+2.0}$	$2.0_{-0.6}^{+0.6}$
	75	110	$5.8_{-0.12}^0$	$7.0_{-1.2}^0$	$1.7_{-0.4}^0$	$5.9_{-0.14}^{+0.14}$	$9.0_{-3.0}^{+3.0}$	$2.5_{-0.8}^{+0.8}$
	110	200	$7.8_{-0.16}^0$	$10.0_{-1.5}^0$	$2.0_{-0.5}^0$	$7.9_{-0.16}^{+0.16}$	$12.0_{-5.0}^{+5.0}$	$3.0_{-1.0}^{+1.0}$
 <p>b)</p>	200	340	$9.8_{-0.12}^0$	$13.0_{-1.5}^0$	$2.5_{-0.5}^0$	$9.9_{-0.16}^{+0.16}$	$15.0_{-5.0}^{+5.0}$	$3.5_{-1.2}^{+1.2}$
	340	500	$14.7_{-0.20}^0$	$18.0_{-2.0}^0$	$3.5_{-0.5}^0$	$14.9_{-0.20}^{+0.20}$	$20.0_{-6.0}^{+6.0}$	$4.5_{-1.5}^{+1.5}$

表 25.4-7 瓦口削薄尺寸与极限偏差 (mm)

外径 $D_L$	大于	—	45	75	110	200	300	400
	至	45	75	110	200	300	400	500
尺寸与 极限偏差	瓦口削薄量 $P_D$	$0.035_{-0.020}^0$	$0.040_{-0.025}^0$	$0.045_{-0.030}^0$	$0.050_{-0.035}^0$	$0.070_{-0.040}^0$	$0.080_{-0.050}^0$	$0.100_{-0.060}^0$
	削薄高度 $H_D$ 的极限偏差	0 -2.0	0 -3.0	0 -4.0	0 -5.0	0 -5.0	0 -6.0	0 -8.0

表 25.4-8 薄壁翻边轴瓦的外径  $D_L$ 、止推边外径  $D_1$  和壁厚  $\delta_T$  (mm)

壁厚 $\delta_T$	外径 $D_L$	止推边外径 $D_1$		壁厚 $\delta_T$
		外	内	
2.0	40, 42, 45, 48, 50, 53, 56, 60, 63	67, 71, 75, 80, 85	125, 130 $D_1 = D_L + 24$	170, 180, 190, 200
2.5			其他 $D_1 = D_L + 30$	
3.0			$D_1 = D_L + 30$	
3.5		$D_1 = D_L + 12$ 63 为下一档	90, 95, 100, 105, 110, 120	$D_1 = D_L + 40$
4.0		$D_1 = D_L + 16$ 85 为下一档	85~100 $D_1 = D_L + 20$ 105~120 $D_1 = D_L + 24$	210, 220
5.0				240, 250

注：黑框内为对应于上(下)面轴瓦外径的止推边外径计算式。

表 25.4-9 薄壁翻边轴瓦壁厚公差 (mm)

外径 $D_L$	大于	—	75	110	200
	至	75	110	200	250
壁厚 公差	双层金属轴瓦	0.008	0.010	0.015	0.020
	带镀覆层的三层金属轴瓦	0.012	0.015	0.022	0.030

表 25.4-10 薄壁翻边轴瓦定位唇与定位槽的尺寸与极限偏差 (mm)

外径 $D_L$		定位唇宽度 $A$	定位唇长度 $L$	定位唇高度 $N_D$	$H$ 的 极限偏差	定位槽宽度 $E$	定位槽长度 $N_L$	定位槽深度 $G$
大于	至							
—	45	2.20~2.35	3.0~4.0	0.8~1.1	+0.15 0	3.06~2.94	5.5~4.5	1.75~1.50
45	65	3.20~3.35	5.0~6.0	1.0~1.3		4.06~3.94	8.5~7.0	2.15~1.75
65	85	4.20~4.35	5.0~6.0	1.2~1.5		5.07~4.93	10.0~8.0	2.60~2.00
85	120	5.20~5.35	6.0~7.0	1.4~1.7		6.07~5.93	12.0~9.0	3.00~2.25
120	200	6.20~6.35	8.5~10.0	1.5~2.0	+0.2	8.08~7.92	15.5~12.0	4.00~3.00
200	250	7.20~7.35	11.5~13.0	2.0~2.5	0	10.08~9.92	20.0~15.0	4.70~3.50

## 第5章 浮环轴承

这种轴承有一个薄圆环，浮动在轴瓦和轴颈间，图 25.5-1 是其示意图。它具有两层润滑膜，相当两个串联的圆形轴承。设置浮动环的初始目的是为了减小摩擦面间的相对速度，以降低轴承摩擦功耗。但实践结果表明，这种轴承的最大特点是稳定性特别好。

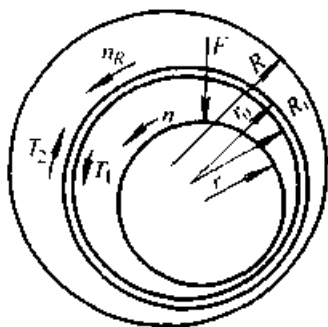


图 25.5-1 浮环轴承示意图

浮环轴承轴颈旋转之后，通过摩擦力带动浮动环旋转。设浮动环转速为  $n_R$ 。于是，形成两层油膜，即轴颈与浮动环之间的内层油膜和浮动环与静止的轴套之间的外层油膜。

### 1 浮环轴承的计算

浮环轴承的计算可按内、外层油膜分别进行。若轴颈以转速  $n$  旋转，轴套静止，则内层油膜相当一个转速为  $(n + n_R)$  的圆形轴承，外层油膜相当一个转速为  $n_R$  的圆形轴承，按圆形轴承的计算公式和数据进行计算。

#### 1.1 承载能力

浮环轴承的承载能力是两层油膜中能力较差的一个的承载能力，一般来说，外层油膜承载能力较差。

设想有一个当量圆形轴承，具有如下尺寸： $n_e = n$ 、 $c_e = c_1$ 、 $d_e = d$ 。若  $\bar{F}_e/\bar{F}_0 < 1$ ，则浮环轴承的承载能力低于当量圆形轴承，若  $\bar{F}_e/\bar{F}_0 > 1$ ，则浮环轴承的承载能力高于当量圆形轴承。

#### 1.2 流量与摩擦功耗

浮环轴承的润滑油流量是两层油膜流量之和。

浮环轴承总的摩擦功耗是两层油膜摩擦功耗的和，但是，它的摩擦功耗总是低于当量圆形轴承的。

不考虑端泄，浮环轴承总摩擦功耗的计算式为

$$P_p = \pi n \left\{ \epsilon_1 c_1 F \sin \phi_1 + \pi^2 \eta d^3 B [n - n_R (d_0/d_1)] / [c_1 (1 - \epsilon_1^2)]^{1/2} \right\} \quad (25.5-1)$$

### 2 两层油膜的偏心率

两层油膜上的载荷是相同的，当‘两个轴承’的各个直径和半径间隙确定之后，浮环轴承的两个偏心率将保持一定的关系，即一个确定之后，另一个亦是确定的。不考虑端泄时，它们应满足如下的关系式

$$2 + \epsilon_1^2 - 3\epsilon_1 \left[ \epsilon_1 (1 - \epsilon_1^2)^{1/2} + (c_0/c_1) \epsilon_0 (1 - \epsilon_0^2)^{1/2} \right] = (c_0/c_1)^2 \times (\epsilon_1/\epsilon_0) (2 + \epsilon_0^2) \{ 2(D_1/d_0)^3 [(1 - \epsilon_0^2)/(1 - \epsilon_1^2)]^{1/2} + (c_1 + c_0) \} \quad (25.5-2)$$

### 3 浮动环的转速

浮动环的转速是自动确定的。根据内外层油膜给浮动环的摩擦力矩保持平衡的条件，可以求出浮动环的转速。

不考虑端泄时得出的浮动环转速计算公式为

$$n_R = Kn$$

$$K = 1 / \left\{ (c_1/c_0)^2 (d_0/D_1)^3 (\epsilon_0/\epsilon_1) \left[ (2 + \epsilon_1^2)/(2 + \epsilon_0^2) \right] \times \left[ (1 - \epsilon_1^2)/(1 - \epsilon_0^2) \right]^{1/2} - 1 \right\} \quad (25.5-3)$$

式中  $n_R$  —— 浮动环转速；

$n$  —— 轴颈转速；

$c_1$  —— 轴颈与浮动环之间的半径间隙；

$c_0$  —— 浮动环与轴套之间的半径间隙；

$d_0$  —— 浮动环外径；

$D_1$  —— 浮动环内径；

$\epsilon_i$  ——轴颈与浮动环之间的偏心率；

$\epsilon_o$  ——浮动环与轴套之间的偏心率。

式(25.5-3)表明,在给定的偏心率  $\epsilon_i$  下,浮动环转速  $n_R$  是内、外间隙比( $c_i/c_o$ )和浮环直径比( $d_o/D_i$ )的函数,图 25.5-2 表示它们之间的关系。通常,  $n_R/n < 0.5$ 。

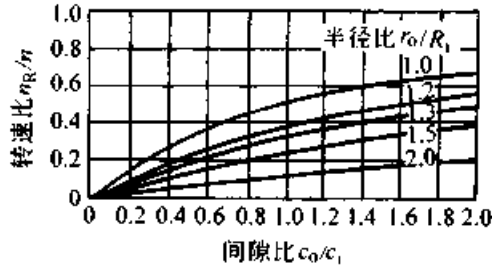


图 25.5-2 浮动环转速随轴承参数的变化

考虑端泄时浮动环转速计算式为

$$n = K' n_R$$

$$K' = (1 - x)/(1 + x)$$

$$x = [1.5\epsilon_i^2 L_i / (2 + \epsilon_o^2)] + (Y_1 / Y_2) (L_i / L_o) \cdot (c_o / c_i) \{ [(2 + \epsilon_o^2) + 1.5\epsilon_o^2 L_o] / (2 + \epsilon_i^2) \}$$

$$Y_1 = \epsilon_i (1 - \epsilon_o^2)^{1/2} [\pi^2 - (\pi^2 - 4)\epsilon_i^2]^{1/2}$$

$$Y_2 = \epsilon_i (1 - \epsilon_i^2)^{1/2} [\pi^2 - (\pi^2 - 4)\epsilon_o^2]^{1/2}$$

$$L_j = [d_j / (B\lambda_j)] \tanh(B\lambda_j / d_j) \quad j = i, 0$$

$$\lambda_j = (2 + \epsilon_j^2)\epsilon_j^2 / [(1 + 1.5\epsilon_j^2)(1 - \epsilon_j^2)^{1/2} - (1 - \epsilon_j^2)] \quad j = i, 0$$

(25.5-4)



# 第 6 章 多油楔径向轴承

轴瓦孔横截面不是简单的圆形，而是特定的复杂形状，与圆形轴颈配合构成 1 个以上的楔形间隙，运转时在每个油楔中都能产生液体动压力，称为多油楔径向轴承，见图 25.6-1。若说浮环轴承是两个油膜的串联，则多油楔径向轴承是多个油膜的并联；多油楔径向轴承的承载能力为各油楔油膜压力合力的矢量和，摩擦功耗为各油楔摩擦功耗的数量和。

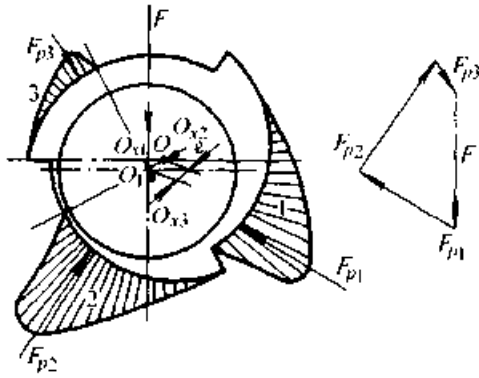


图 25.6-1 三油楔径向轴承的油膜压力

多油楔径向轴承可分为双向结构和单向结构两种形式。双向结构（图 25.6-2a）轴可在顺时针和逆时针两个方向上旋转，单向结构（图 25.6-2b）轴只能在一个方向上旋转。

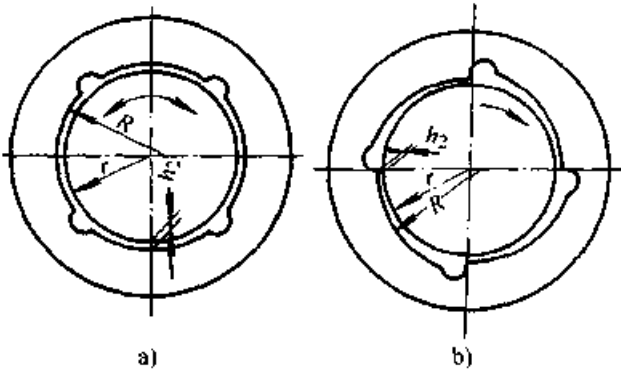


图 25.6-2 多油楔径向轴承的结构类型

a) 双向结构 b) 单向结构

多油楔径向轴承有固定瓦和可倾瓦两种。固定瓦常用油楔曲线有：阿基米德螺旋线、偏心圆弧和不等半径圆弧组成的‘阶梯面’等。

通常为提高滑动轴承运转的稳定性而采用多油楔径向轴承。

## 1 几何参数

由于轴承孔的几何形状复杂，在以后的几何尺寸和性能计算中，用轴颈直径  $d$  代替轴承直径  $D$ 。

由两段圆弧构成、双向结构的两油楔径向轴承通常称为椭圆轴承。

多油楔径向轴承的几何参数、符号及计算公式见表 25.6-1。

## 2 参数选择

### 2.1 油楔数 $Z$

油楔数  $Z$  增多，一般轴承承载能力将下降。

油楔数还影响轴承的稳定性，椭圆轴承的稳定运转区比圆形轴承的大，三油楔轴承的稳定运转区又比椭圆轴承的大，但并非油楔数越多，稳定区越大。

油楔数愈多，在各个半径方向上的油膜刚度愈均匀。

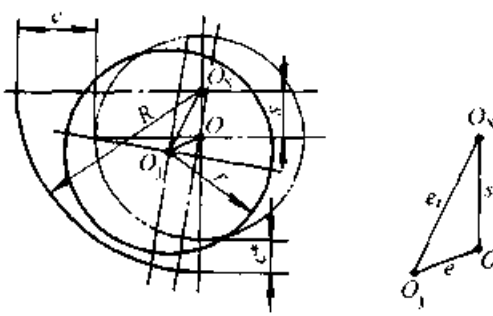
确定油楔数时要兼顾稳定性和承载能力两方面的要求。为了提高多油楔轴承的承载能力，可采用不等长的油楔，用较长的油楔承受轴承载荷，见图 25.6-1。

确定油楔数时还需考虑轴瓦结构，偶数油楔便于轴瓦剖分。

### 2.2 半径间隙 $c^*$

轴颈中心处于轴承孔几何中心时，轴颈表面到油楔表面的最小距离，称为半径间隙  $c^*$ ，在椭圆轴承中称顶隙，它与轴颈半径  $r$  之比称为相对间隙（相对顶隙） $\Psi^*$ 。高精度机床主轴承常采用  $2 \sim 10 \mu\text{m}$  以下的半径间隙，相对间隙为  $0.0001 \sim 0.0002$ 。速度较高的轴承，如汽轮机、发电机、离心式压缩机和水轮机等，为了减少功耗、降低温升，常采用较大的间隙，相对间隙为  $0.001 \sim 0.0025$ 。

表 25.6-1 多油楔径向轴承的几何参数、符号及计算公式



符号	计算公式	参数名称	
		椭圆轴承	多楔轴承
$O$	—	轴瓦几何中心	
$O_1$	—	轴颈中心	
$O_2$	—	油楔面曲率中心	
$R$	—	油楔面曲率半径	
$r$	—	轴颈半径	
$s$	$OO_2$	油楔加工偏心距	
$c^*$	$c^* = R - r - s$	顶隙	半径间隙
$c$	$c = R - r = c^* + s$	侧隙	半径楔隙
$e$	$OO_1$	偏心距	
$e_i$	$O_i O_{2i}$	油楔偏心距	
$\epsilon$	$\epsilon = e/c$	偏心率	
$\epsilon_i$	$\epsilon_i = e_i/c$	油楔偏心率	
$\Psi^*$	$\Psi^* = c^*/r$	相对顶隙	相对间隙
$\Psi$	$\Psi = c/r$	相对侧隙	相对楔隙
$s/c$	$s/c = 1 - c^*/c$	椭圆度	楔形度

### 2.3 半径楔隙 $c$

油楔面曲率半径  $R$  与轴颈半径  $r$  之差称为半径楔隙  $c$ ，在椭圆轴承中称侧隙。它与  $r$  之比为相对楔隙（相对侧隙） $\Psi$ 。

### 2.4 楔形度 $s/c$

油楔加工偏心距  $s$  与半径楔隙  $c$  之比  $s/c$  称为楔形度，在椭圆轴承中称为椭圆度。楔形度主要取决于油楔偏心距  $s$ 。 $s$  愈大，楔形度愈大，即油楔的楔角愈大。

楔形度大，则油楔开口大，可能在楔形的起

始段形不成承载油膜，使承载油膜变短，轴承的摩擦因数增加。

楔形度小，工艺上难以实现。同时，轴颈偏移之后，有的油楔只能形成很短的承载油膜。

最佳楔形度在  $1/2 \sim 2/3$  范围内。间隙很小的多油楔 ( $Z \geq 3$ ) 轴承，工艺上很难实现这样小的楔形度。同时，对于偏心距较大的轴承，为了在轴颈位移后，各楔形形成的承载油膜不致太短，推荐取楔形度  $s/c \geq 0.8$ ，即油楔加工偏心距大于或等于 4 倍半径间隙， $s \geq 4c^*$ 。

## 3 椭圆轴承

由两段圆弧面组成、双向结构的双油楔径向轴承称为椭圆轴承(图 25.6-3)。因为它有较大的侧隙，故流量大、功耗和轴承温升较圆形轴承低。

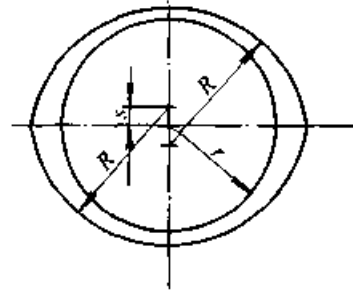


图 25.6-3 椭圆轴承

椭圆轴承通常做成剖分的，在两半轴瓦之间垫以厚度为  $2s$  的垫片，然后作轴瓦圆孔的最后加工，安装时撤去垫片，构成椭圆轴承，制造简单。

椭圆轴承的每个油楔相当于一个部分瓦轴承，轴颈位移产生偏心距  $e$  之后，在两个油楔上出现不同的偏心距，称为油楔偏心距  $e_i$ ， $i = 1, 2, 3, \dots$ ，因而有不同的油楔偏心率  $\epsilon_i$ 。由于两个油楔的偏心率不同，故其油膜压力亦不同，两油膜压力合力之差即为椭圆轴承的承载能力。

根据计算结果绘制的（椭圆度  $s/c = 0.55, 0.67$  和  $0.75$ ）椭圆轴承，其载荷数  $\bar{F}$  与受载瓦偏心率  $\epsilon_1$  的关系曲线分别见图 25.6-4、25.6-5 和 25.6-6。

椭圆轴承的润滑油流量分两部分计算：压力油膜区油膜压力产生的端泄流量  $q_1$  和油槽区因供油压力产生的端泄流量  $q_2$ 。端泄流量  $q_1$  的计算式为

$$q_1 = 2\pi n c d B \bar{q}_1 \quad (25.6-1)$$

式中  $\bar{q}_1$  为油膜压力产生的端泄流量数， $\bar{q}_1$  与  $\epsilon_1$  的关系曲线见图 25.6-7；端泄流量  $q_2$  的计算式为

$$q_2 = 0.3 p_s c^3 \bar{q}_2 / \eta_c \quad (25.6-2)$$

式中  $\bar{q}_2$  为供油压力产生的流量数,  $\bar{q}_2$  与椭圆度  $s/c$  的关系曲线见图 25.6-8。

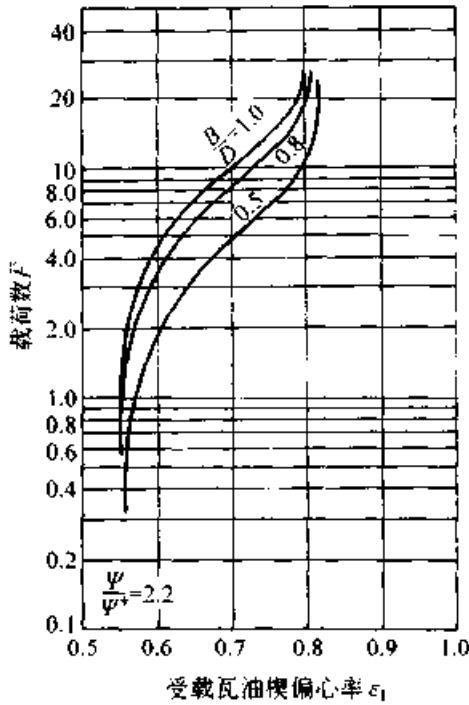


图 25.6-4 椭圆轴承  $\bar{F}-\epsilon_1$  关系曲线  
 $s/c = 0.55 \quad \bar{F} = \rho_m \Psi^2 / (\eta_c n)$

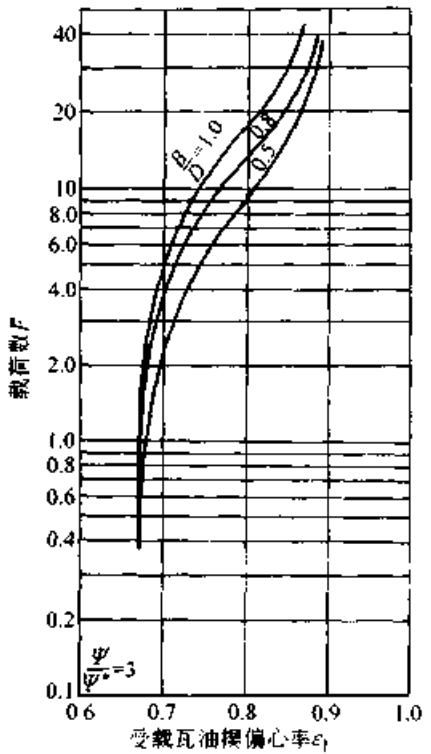


图 25.6-5 椭圆轴承  $\bar{F}-\epsilon_1$  关系曲线  
 $s/c = 0.67 \quad \bar{F} = \rho_m \Psi^2 / (\eta_c n)$

椭圆轴承摩擦功耗的计算式为

$$P_p = \bar{P}_p \eta_c d^2 n^2 B \pi^2 / \Psi \quad (25.6-3)$$

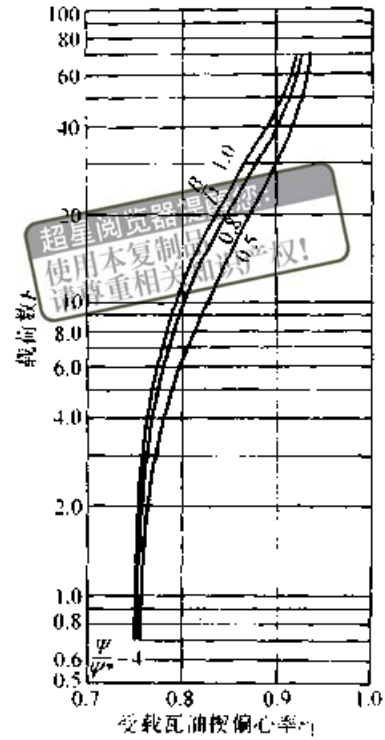


图 25.6-6 椭圆轴承  $\bar{F}-\epsilon_1$  关系曲线  
 $s/c = 0.75 \quad \bar{F} = \rho_m \Psi^2 / (\eta_c n)$

式中  $\bar{P}_p$  为功耗数, 它与椭圆度  $s/c$  的关系曲线亦见图 25.6-8。

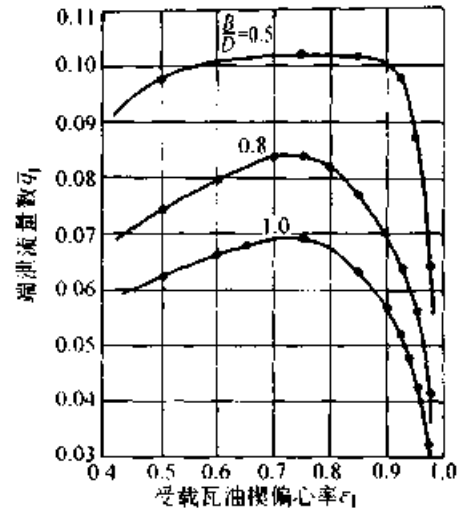


图 25.6-7 椭圆轴承  $\bar{q}_1-\epsilon_1$  关系曲线

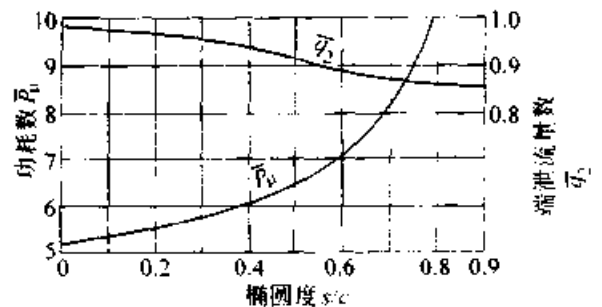


图 25.6-8 椭圆轴承油槽端泄流量数和功耗数  
润滑油温升的计算式为

$$\Delta\theta = \theta_c - \theta_i = KP_n / (c_p \rho q \epsilon) \quad (25.6-4)$$

椭圆度为 0.50、0.67、0.75 的椭圆轴承的刚度数、阻尼数与载荷数的关系曲线分别见图 25.6-9~图 25.6-14。

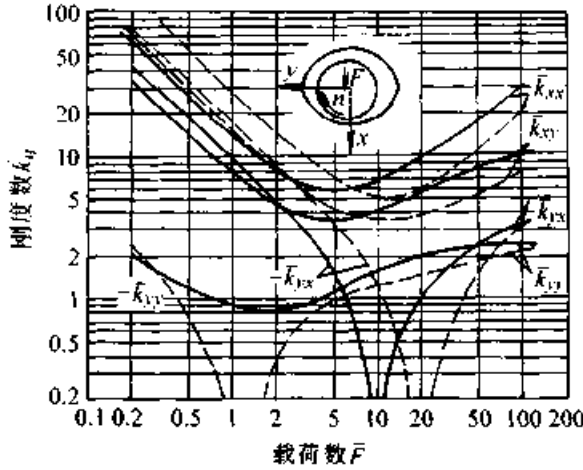


图 25.6-9 椭圆轴承  $\bar{k}_{ij}$ - $\bar{F}$  关系曲线

$s/c = 0.50$  ——  $\bar{B} = 0.5$  ---  $\bar{B} = 1.0$   $\bar{k}_{ij} = k_{ij} - c/F$

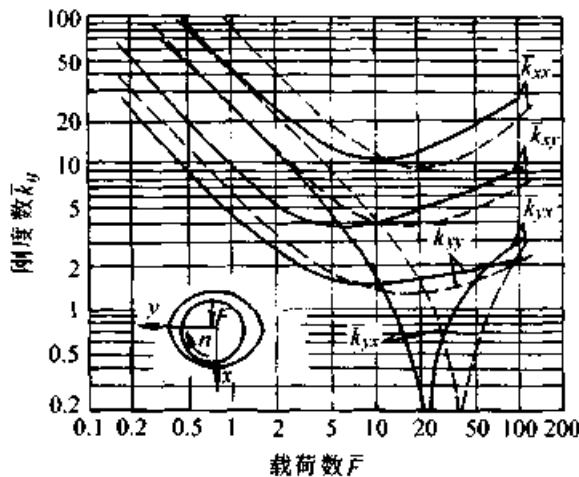


图 25.6-10 椭圆轴承  $\bar{k}_{ij}$ - $\bar{F}$  关系曲线

$s/c = 0.67$  ——  $\bar{B} = 0.5$  ---  $\bar{B} = 1.0$   $\bar{k}_{ij} = k_{ij} - c/F$

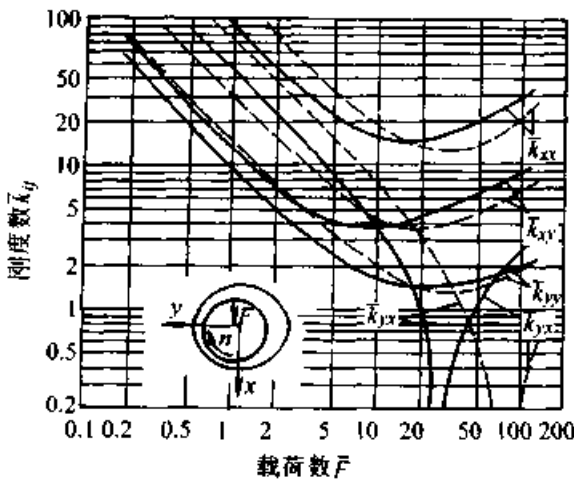


图 25.6-11 椭圆轴承  $\bar{k}_{ij}$ - $\bar{F}$  关系曲线

$s/c = 0.75$  ——  $\bar{B} = 0.5$  ---  $\bar{B} = 1.0$   $\bar{k}_{ij} = k_{ij} - c/F$

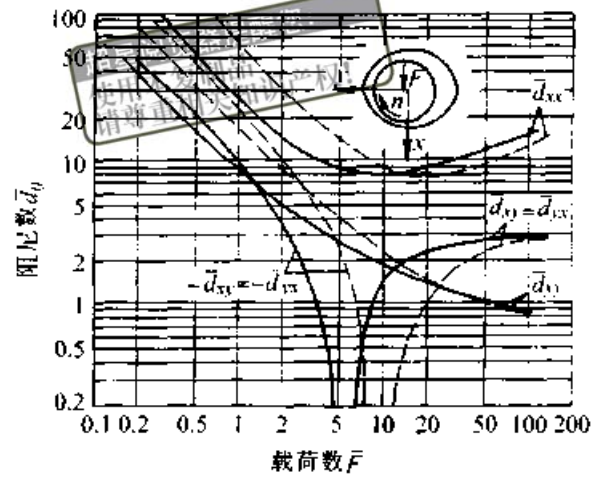


图 25.6-12 椭圆轴承  $\bar{d}_{ij}$ - $\bar{F}$  关系曲线

$s/c = 0.50$  ——  $\bar{B} = 0.5$  ---  $\bar{B} = 1.0$

$$\bar{d}_{ij} = 2\pi n c d_{ij} - c/F$$

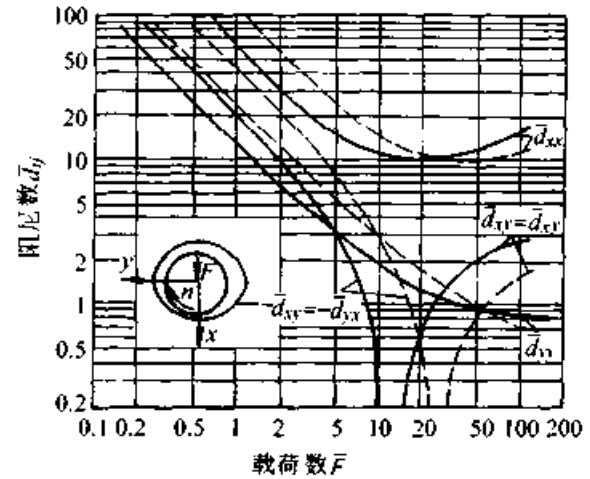


图 25.6-13 椭圆轴承  $\bar{d}_{ij}$ - $\bar{F}$  关系曲线

$s/c = 0.67$  ——  $\bar{B} = 0.5$  ---  $\bar{B} = 1.0$

$$\bar{d}_{ij} = 2\pi n c d_{ij} - c/F$$

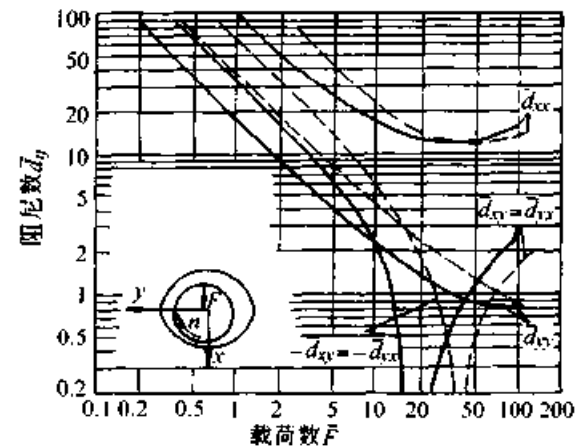


图 25.6-14 椭圆轴承  $\bar{d}_{ij}$ - $\bar{F}$  关系曲线

$s/c = 0.75$  ——  $\bar{B} = 0.5$  ---  $\bar{B} = 1.0$

$$\bar{d}_{ij} = 2\pi n c d_{ij} - c/F$$

椭圆轴承的性能计算见表 25.6-2。

$n = 3\,000 \text{ r/min}$ ；在水平中分面两侧供油，供油压力  $p_s = 0.1 \text{ MPa}$ ；进油温度控制在  $40 \text{ }^\circ\text{C}$ 。计算结果见表 25.6-2。

例 1 设计汽轮机转子的椭圆轴承。已知：轴颈直径  $d = 300 \text{ mm}$ ；载荷  $F = 65\,000 \text{ N}$ ；转速

表 25.6-2 椭圆轴承性能计算

计算项目	计算公式及说明	计算结果
载荷	$F$ 已知	$65\,000 \text{ N}$
转速	$n$ 已知	$50 \text{ r/s}$
轴颈直径	$d$ 已知	$0.30 \text{ m}$
宽径比	$\bar{B}$ 选取	1
轴承宽度	$B = \bar{B} \times d = 1 \times 0.3$	$0.30 \text{ m}$
轴承压力	$p_m = F/(BD) = 65\,000/(0.3 \times 0.3)$	$0.722 \times 10^6 \text{ Pa}$
挠度 $y_1$	因 $p_m < 3 \text{ MPa}$	0
偏移量 $y_2$	采用调心轴承	0
最小油膜厚度的安全值	$h_s$ 按图 25.3-8	$26 \times 10^{-6} \text{ m}$
最小油膜厚度的极限值	$h_{2\text{min}} = h_s + y_1 + y_2 = 26 \times 10^{-6} + 0 + 0$	$26 \times 10^{-6} \text{ m}$
椭圆度	$s/c$ 选定	0.55
相对顶隙	$\Psi^*$ 选定	0.001 5
顶隙	$c^* = \Psi^* d/2 = 0.001 5 \times 0.3/2$	$0.225 \times 10^{-3} \text{ m}$
侧隙	$c = c^*/[1 - (s/c)] = 0.225 \times 10^{-3}/[1 - (0.55)]$	$0.500 \times 10^{-3} \text{ m}$
相对侧隙	$\Psi = c/r = 0.500 \times 10^{-3}/0.15$	0.003 3
油楔加工偏心距	$s = (s/c)c = 0.55 \times 0.500 \times 10^{-3}$	$0.275 \times 10^{-3} \text{ m}$
润滑油牌号	选定	L-TSA 22
初设轴承平均油温	$\theta_m$ 设定	$50 \text{ }^\circ\text{C}$
平均油温下的黏度	$\eta_s$	$0.015 3 \text{ Pa}\cdot\text{s}$
载荷数	$\bar{F} = p_m \Psi^2 / (\eta_s n) = 0.722 \times 10^6 \times 0.003 3^2 / (0.015 3 \times 50)$	10.49
受载瓦偏心率	$\epsilon_1$ 查图 25.6-4	0.72
最小油膜厚度	$h_2 = c(1 - \epsilon_1) = 0.500 \times 10^{-3}(1 - 0.72)$	$140 \times 10^{-6} \text{ m} (> h_{2\text{min}})$
压力油膜区端泄流量数	$\bar{q}_1$ 查图 25.6-7	0.069 5
压力油膜区端泄流量	$q_1 = \bar{q}_1 2\pi n d c B = 0.069 5 \times 2\pi \times 50 \times 0.3 \times 0.500 \times 10^{-3} \times 0.3$	$0.98 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$
供油压力	$p_s$ 选取	$0.1 \times 10^6 \text{ Pa}$
油槽端泄流量数	$\bar{q}_2$ 查图 25.6-8	0.9
油槽侧泄流量	$q_2 = 0.3 p_s c^3 \bar{q}_2 / \eta_s = 0.3 \times 0.1 \times 10^6 (0.500 \times 10^{-3})^3 \times 0.9 / 0.015 3$	$0.22 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$
总流量	$q = q_1 + q_2 = 0.98 \times 10^{-3} + 0.22 \times 10^{-3}$	$1.20 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$
功耗数	$\bar{P}_\mu$ 查图 25.6-8	6.75
功耗	$P_\mu = \bar{P}_\mu \eta_s d^2 n^2 B \pi^2 / \Psi = 6.75 \times 0.015 3 \times 0.3^2 \times 50^2 \times 0.3 \times \pi^2 / 0.003 3$	$20.6 \text{ kW}$
润滑油温升	$\Delta\theta = \theta_c - \theta_i = KP_\mu / (c_p q) = 0.8 \times 20.6 / (1\,890 \times 900 \times 1.20 \times 10^{-3})$	$8.1 \text{ }^\circ\text{C}$
校核轴承平均油温	$\theta_m = \theta_c = \theta_i + \Delta\theta = 40 + 8.1$	$48.1 \text{ }^\circ\text{C}$ 与初设很接近

### 4 固定瓦多油楔径向轴承

固定瓦多油楔径向轴承的承载能力与油楔布置方式有关，载荷正对油楔（图 25.6-15a）的承载能力比载荷对着两油楔之间（图 25.6-15b）的大。

这种轴承的承载能力计算有两种方法。

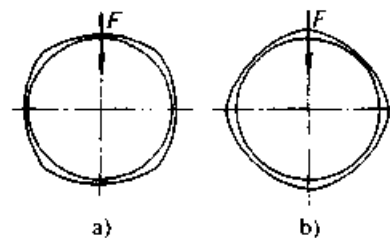


图 25.6-15 固定瓦多楔径向轴承的布置方式  
a) 载荷正对油楔中心 b) 载荷对着两油楔之间

### 4.1 迭代法

固定瓦多油楔径向轴承给定载荷方向时的承载能力只能用迭代法计算。对于偏心圆弧形油楔曲线的固定瓦多油楔径向轴承，若已知条件为：轴承的安装位置、载荷的作用方向、轴承的几何尺寸、偏心距，则可求出油楔偏心率后，根据第3章包角小于 $180^\circ$ 的部分瓦的性能数据，用迭代法求出给定最小油膜厚度下的承载能力。对于其他油楔曲线的固定瓦多油楔径向轴承，将固有的膜厚方程代入雷诺方程，用数值法迭代求解。

迭代法的计算框图见图 25.6-16。

还可依此步骤，以一定的步长，找出各个  $e$  值下的  $O_i$  点位置和承载能力，连接这些点构成载荷逐渐增加时的轴心位移曲线，图 25.6-17 为不等长固定瓦三楔径向轴承的轴心位移曲线。

### 4.2 近似算法

固定瓦多楔径向轴承给定偏心距方向的承载能力，若偏心距较小，除了上述计算方法外，还可采用下述近似算法。

偏心距  $e$  很小，则  $e/s \ll 1$ ，可以忽略  $e/s$  的高次项，若取轴颈偏心方向与第一个油楔偏心距方向的夹角为  $\varphi$ ，于是第  $i$  个油楔的油楔偏心

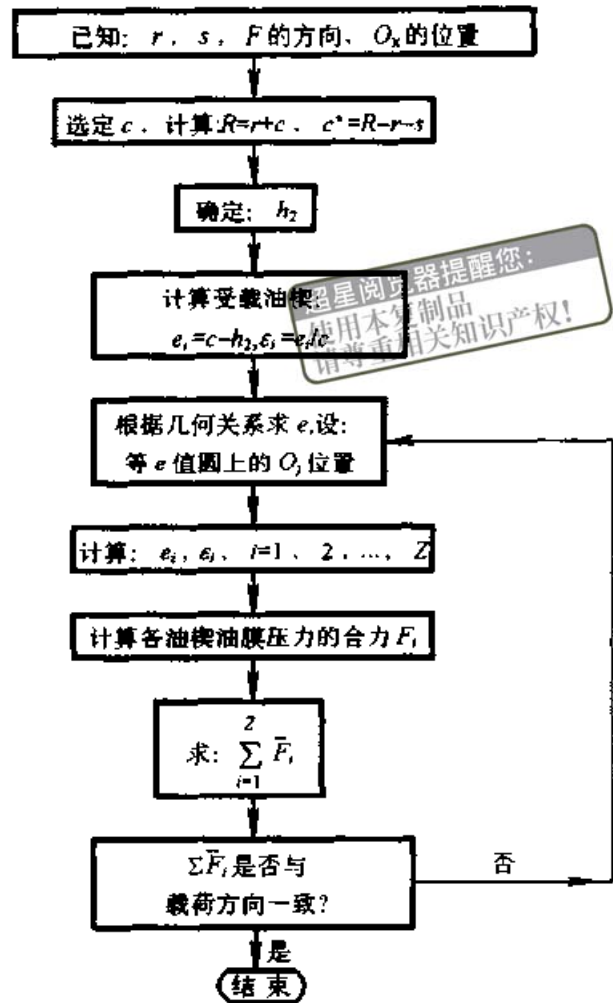


图 25.6-16 固定瓦多楔径向轴承迭代法计算框图

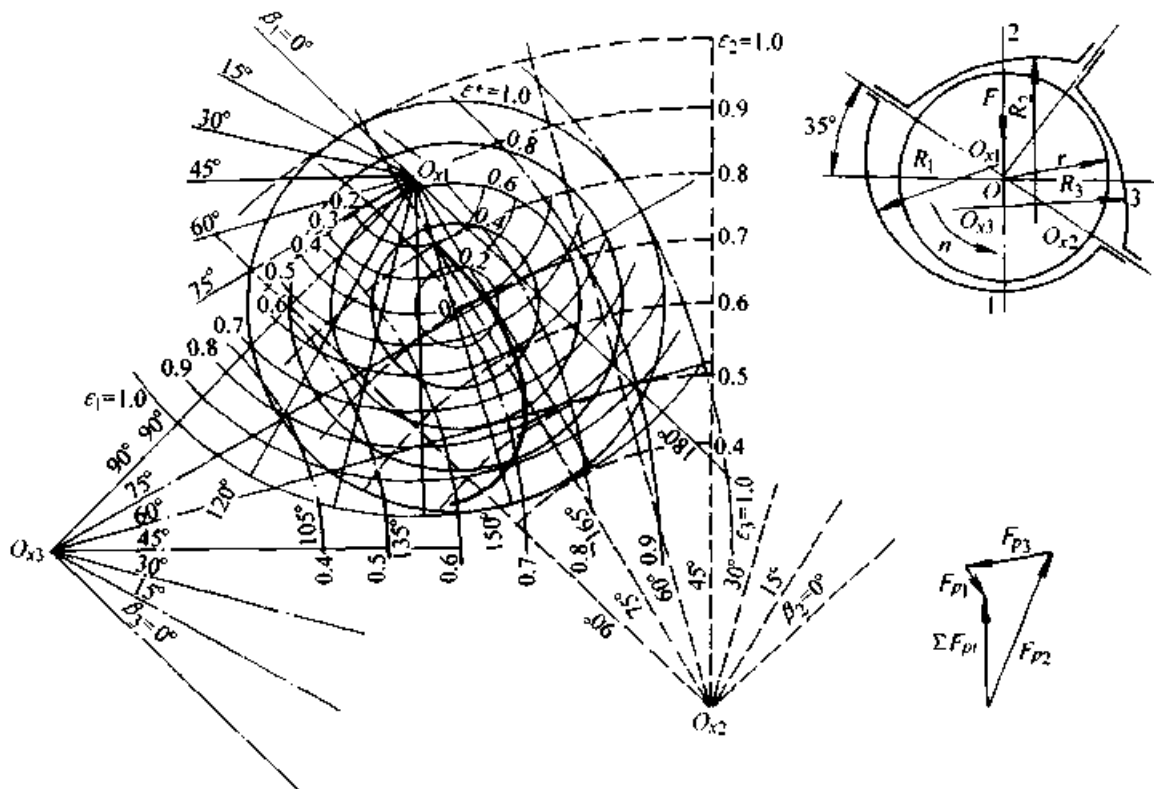


图 25.6-17 不等长三楔径向轴承轴心位移曲线

距  $e$ , 可近似表示为 (见图 25.6-18):

$$e_i = s - e \cos[\varphi - 2\pi(i-1)/Z] \quad (25.6-5)$$

同时, 若  $\varphi \rightarrow \pi$ , 则上式可进一步简化为:

$$e_i = s + e \cos[2\pi(i-1)/Z] \quad (25.6-6)$$

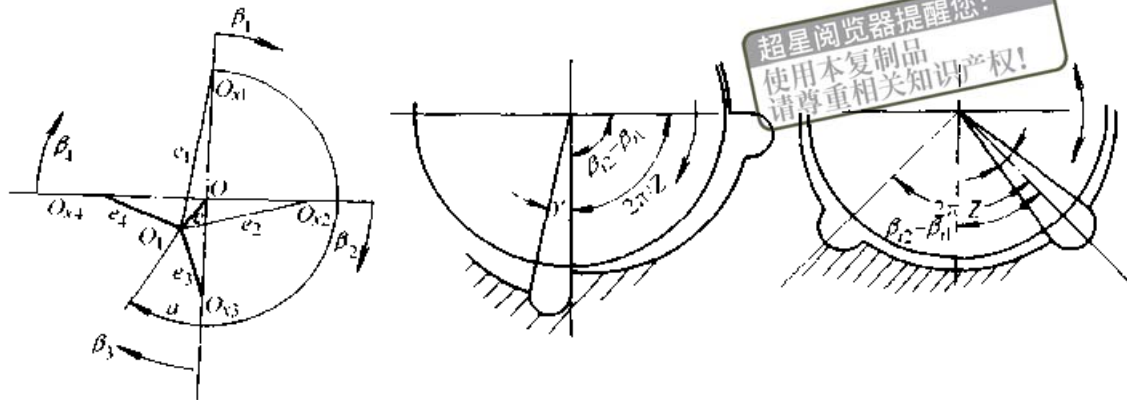


图 25.6-18 固定瓦多楔径向轴承  $e_i$  的计算

若不考虑油槽宽度所对中心角  $\gamma$  的影响, 则每个油楔面起点角度  $\beta_{i1}$  为 (见图 25.6-18):

$$\left. \begin{aligned} \beta_{i1} &= (Z-1)\pi/Z \quad (\text{双向结构}) \\ \beta_{i1} &= (Z-2)\pi/Z \quad (\text{单向结构}) \end{aligned} \right\} \quad (25.6-7)$$

终点角为  $\beta_{i2} = \pi$ 。

偏心率很小时, 油膜中压力不很高, 若忽略轴向的压力流动(端泄), 则可用无限宽一维雷诺方程作近似计算, 计算公式及步骤见表 25.6-3。由于计算

未考虑端泄, 所以一般计算出来的承载能力偏大。

例 2 一单向结构的固定瓦五油楔径向轴承, 宽度  $B = 90 \text{ mm}$ , 直径  $d = 60 \text{ mm}$ , 轴颈转速  $n = 1200 \text{ r/min}$  ( $= 20 \text{ r/s}$ ), 半径间隙  $e = 0.045 \text{ mm}$ , 油楔偏心距  $s = 0.04 \text{ mm}$ , 采用 L-FC2 轴承油润滑。试计算轴颈偏心距  $e = 0.001 \text{ mm}$  时的承载能力。

计算结果见表 25.6-4。

表 25.6-3 固定瓦多楔径向轴承近似计算

计算项目	符号	计算公式	计算项目	符号	计算公式
置换变量	$\gamma_i$	$\cos \gamma_i = (e_i + e \cos \beta_{i1}) / (1 + e_i \cos \beta_{i1})$	—	$x_i$	$x_i = I_{2i} - J_{2i} J_{3i} / J_{3i}$
积分	$J_{1i}$	$J_{1i} = (\pi - \gamma_i) \epsilon_i / (1 - \epsilon_i^2)^{1/2}$	载荷数	$y_i$	$y_i = J_{1i} - J_{2i}^2 / J_{3i}$
	$J_{2i}$	$J_{2i} = \epsilon_i^2 (\pi - \gamma_i + e_i \sin \gamma_i) / (1 - \epsilon_i^2)^{3/2}$		$S_x$	$S_x = \sum_{i=1}^Z x_i \cos[2(i-1)\pi/Z] + y_i \sin[2(i-1)\pi/Z] / \epsilon_i^2$
	$J_{3i}$	$J_{3i} = \epsilon_i^3 [(\pi - \gamma_i)(1 + \epsilon_i^2/2) + 2e_i \sin \gamma_i - \epsilon_i^2 \sin(2\gamma_i)/4] / (1 - \epsilon_i^2)^{5/2}$		$S_y$	$S_y = \sum_{i=1}^Z y_i \cos[2(i-1)\pi/Z] - x_i \sin[2(i-1)\pi/Z] / \epsilon_i^2$
	$I_{2i}$	$I_{2i} = \epsilon_i / (1 + e_i \cos \beta_{i2}) - \epsilon_i / (1 + e_i \cos \beta_{i1})$		$\bar{F}$	$\bar{F} = 6\pi(S_x^2 + S_y^2)^{1/2}$
	$I_{3i}$	$I_{3i} = [\epsilon_i^2 / (1 + e_i \cos \beta_{i2})^2 - \epsilon_i^2 / (1 + e_i \cos \beta_{i1})^2] / 2$			

表 25.6-4 固定瓦多楔径向轴承的计算结果

计算项目	单位	油楔代号					计算项目	单位	油楔代号				
		1	2	3	4	5			1	2	3	4	5
$e_i$	mm	0.041 0	0.040 3	0.039 2	0.039 2	0.040 3	$I_{3i}$		51.727 1	36.151 3	22.047 4	22.047 4	36.151 3
$e$	—	0.911 1	0.895 8	0.870 9	0.870 9	0.895 8	$x_i$		2.321 5	1.822 3	1.286 0	1.286 0	1.822 3
$\gamma_i$	rad	0.577 1	0.624 4	0.693 8	0.693 8	0.624 4	$y_i$		0.995 1	0.822 2	0.620 0	0.620 0	0.822 2
$\beta_{i1}$	rad	1.885 0					$S_x$		1.456 9				
$\beta_{i2}$	rad	$\pi$					$S_y$		0.504 9				
$J_{1i}$		5.668 9	5.072 1	4.337 8	4.337 8	5.072 1	$\bar{F}$		29.096 1				
$J_{2i}$		36.298 6	27.772 9	19.200 9	19.200 9	27.772 9	$\eta$	Pa·s	0.001 5 (设平均温度为 50 °C)				
$J_{3i}$		281.910 0	181.493 7	99.166 3	99.166 3	181.493 7	$\psi$	—	0.001 5				
$I_{2i}$		8.981 8	7.352 4	5.554 9	5.554 9	7.352 4	$F$	N	2 095				

### 5 可倾瓦多油楔径向轴承

可倾瓦多油楔径向轴承由若干弧形瓦块( $Z \geq 3$ )组成,瓦块可以绕支承在轴颈运动方向摆动,改变楔角以适应不同的工况。若支承为球面,瓦也能在轴线方向摆动,以适应轴承的同轴度误差和轴的弯曲变形。可倾瓦多油楔径向轴承最主要的优点是稳定性极好,故在高速、轻载轴承中应用很广。

瓦的布置方式有两种,载荷对着瓦的支承和对着两支承之间,见图 25.6-19。在受载最大瓦的最小油膜厚度相同的条件下,载荷对着两支承之间的形式,承载能力较高。

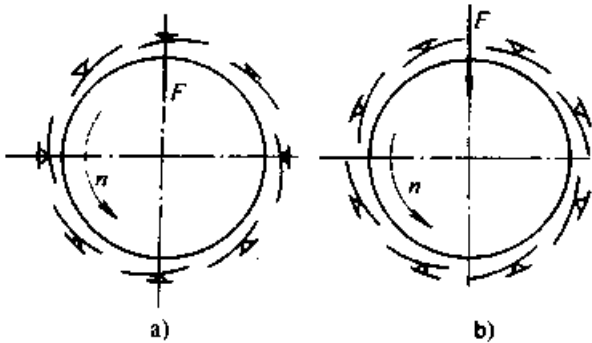


图 25.6-19 可倾瓦多油楔径向轴承的布置方式  
a) 载荷对着瓦的支点 b) 载荷对着两支点之间

#### 5.1 半径间隙

瓦面曲率半径  $R$  与轴颈半径  $r$  之差称为加工间隙  $c$ , 由轴颈和瓦面加工尺寸所决定。瓦装入轴承后, 支承处瓦面至轴承几何中心的距离与轴颈半径之差称为安装间隙  $c_a$ , 在安装时确定, 通常  $c_a$  可以调整。不允许  $c_a > c$ ,  $c/c_a$  最好在 1~2 范围内。

#### 5.2 油膜厚度

最小油膜厚度  $h_2$  不仅与轴颈偏心距有关, 还与瓦的摆角有关。而支承处的油膜厚度  $h_c$  仅与间隙和轴颈偏心距有关。轴颈在轴承几何中心时, 各瓦的  $h_c$  等于  $c_a$ , 当轴颈偏移距离  $e$  后, 各瓦的  $h_c$  近似为:

$$h_{ci} = c_a + e \cos \beta_i \quad (25.6-8)$$

式中  $\beta$  ——轴承几何中心与轴颈中心连心线到支承处的夹角 (图 25.6-20)。

可倾瓦径向轴承的载荷作用线与轴颈位移方

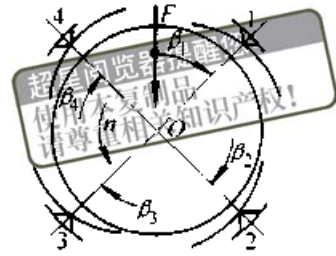


图 25.6-20 支承的角度坐标

向十分接近 (偏位角  $\phi$  接近于零), 通常可以认为两者是一致的。所以  $\beta$  也是载荷作用线到支承处的夹角。

当  $c/c_a = 1$  时, 最小油膜厚度  $h_2$  与  $h_c$  的关系为

$$h_2 = c / [(1 - L_c/L)a + L_c/L] \quad (25.6-9)$$

式中  $a$  ——间隙比,  $a = h_1/h_2$ ;

$L$  ——瓦块的弧长;

$L_c$  ——瓦块进油端到支承的弧长。

#### 5.3 支承位置

支承位置影响瓦块的承载能力, 获得最大承载能力的支承位置与瓦块几何尺寸  $L/B$  有关, 可以从图 25.6-21 中查出  $L_c/L$  后确定。当轴颈需要双向旋转时, 只能牺牲承载能力, 取  $L_c/L = 0.5$ 。

#### 5.4 几何尺寸

一个轴承各瓦块的总弧长  $ZL$  与轴颈圆周长  $\pi d$  之比, 称作填充因子  $K_k$ , 即

$$K_k = ZL / (\pi d) \quad (25.6-10)$$

通常取  $K_k = 0.7 \sim 0.8$ 。因功耗与  $K_k$  成正比, 当载荷较小时可取更小的填充因子 (如  $K_k = 0.5$ ), 以降低功耗和温升。

于是, 每块瓦的弧长

$$L = K_k \pi d / Z \quad (25.6-11)$$

瓦的轴向尺寸为宽度  $B$ , 其值最好接近瓦的弧长  $L$ , 即长宽比  $L/B \approx 1$ 。

同一直径的轴承, 瓦数多则  $L$  值小,  $B$  亦不能太大, 所以瓦数越多, 宽径比  $\bar{B} = B/d$  越小, 可倾瓦多油楔径向轴承通常取  $\bar{B} = 0.3 \sim 0.8$ 。

瓦块的几何尺寸影响瓦块的承载能力、最小油膜厚度、功耗、温升和流量。图 25.6-21 给出



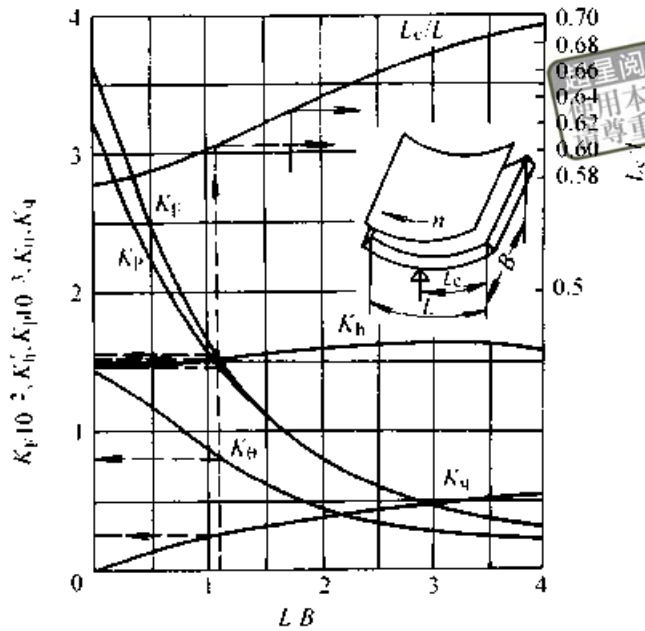


图 25.6-21 可倾瓦多楔径向轴承的性能参数和支点位置

了不同  $L/B$  值下，瓦块的这些性能参数。

### 5.5 性能计算

以  $p_m \Psi^2 / (\eta_c n K_k^2 K_F)$  为可倾瓦多油楔径向轴承的载荷数  $\bar{F}$ ，其中相对间隙  $\Psi$  是加工间隙  $c$  与轴颈半径  $r$  之比， $K_k$  为填充因子， $K_F$  是载荷因子，可由图 25.6-21 查出。

图 25.6-22 是因数  $[K_h h_2 / c]$ 、系数  $[\Delta \theta K_k K_\theta / p_m]$ 、 $\epsilon$  与载荷数  $\bar{F}$  的关系曲线。图 25.6-23 是因数  $[F_{max} / F]$ 、 $[K_P K_k \mu / \Psi]$  与载荷

数  $\bar{F}$  的关系曲线。由这些关系曲线，即可根据载荷数求出最小油膜厚度、偏心率、温升、摩擦因数、功耗及瓦块上最大载荷。

性能计算步骤见表 25.6-5。

**例 3** 计算一鼓风机五块可倾瓦径向轴承：已知：轴颈直径  $d = 80 \text{ mm}$ ；转速  $n = 11\,500 \text{ r/min}$ ；宽径比  $\bar{B} = 0.4$ ；相对间隙  $\Psi = 0.002$ ；转子质量  $m = 125 \text{ kg}$ 。进油温度希望在  $40 \text{ }^\circ\text{C}$  左右，瓦块的布置如图 25.6-24。

计算结果见表 25.6-5。

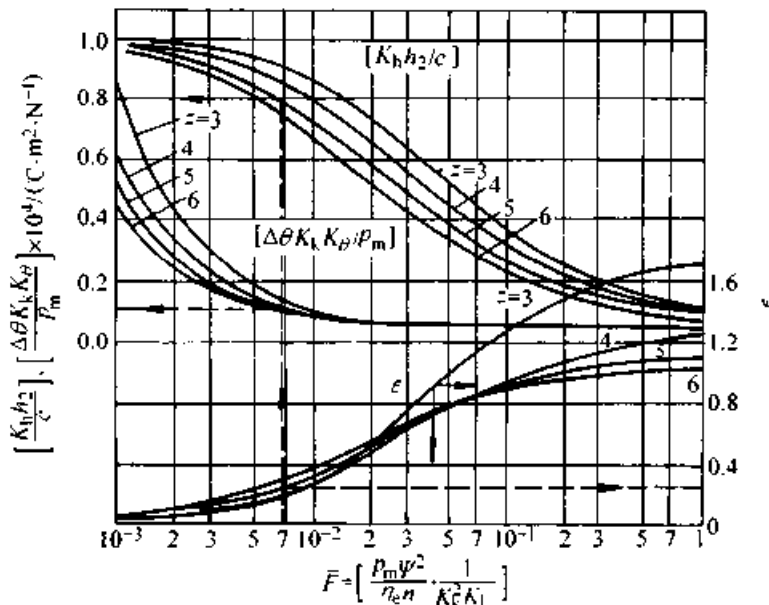


图 25.6-22 可倾瓦多油楔径向轴承  $[K_h h_2 / c]$ 、 $[\Delta \theta K_k K_\theta / p_m]$ 、 $\epsilon$  与  $\bar{F}$  的关系曲线

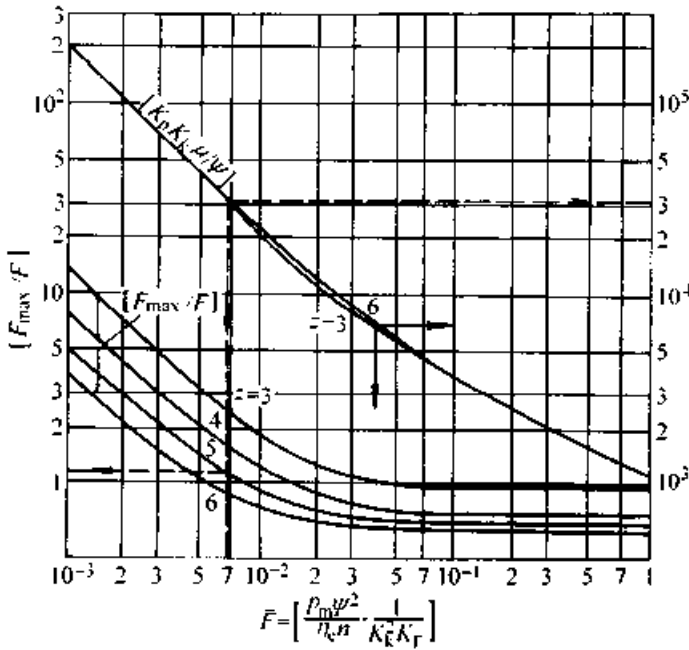


图 25.6-23 可倾瓦多油楔径向轴承  $[F_{max}/F]$ 、 $[K_p K_k \mu / \Psi]$  与  $\bar{F}$  的关系曲线

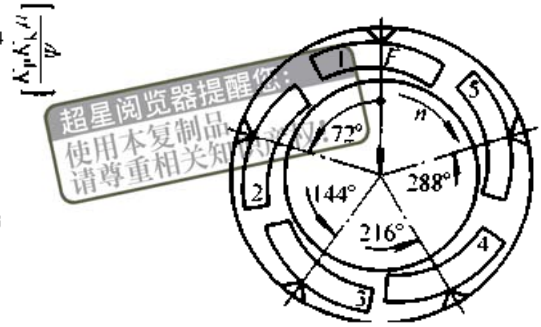


图 25.6-24 例3可倾瓦多油楔径向轴承瓦的布置

表 25.6-5 可倾瓦多油楔径向轴承的性能计算

计算项目	计算公式及说明	计算结果
载荷	$F = mg = 125 \times 9.8$	1 225 N
转速	$n$ 已知	191.67 r/s
轴颈直径	$d$ 已知	0.08 m
轴承宽径比	$\bar{B}$ 已知(或选定)	0.4
瓦块宽	$B = \bar{B}d = 0.4 \times 0.08$	0.032 m
瓦块数	$Z$ 已知(或选定)	5
填充因子	$K_k$ 选取	0.7
瓦的弧长	$L = \pi K_k d / Z = 0.7 \times 0.08\pi / 5$	0.035 m
瓦的中心角	$\beta = 2L/d = 2 \times 0.035 / 0.08$	0.875 rad
瓦的长宽比	$L/B = 0.035 / 0.032$	1.094(符合要求)
相对间隙	$\Psi$ 已知(或选取)	0.002
加工间隙	$c = \Psi d / 2 = 0.002 \times 0.08 / 2$	$80 \times 10^{-6}$ m
润滑油牌号	选取	L-TSA 22
轴承平均工作温度	$\theta_m$ 设定	50 °C
润滑油黏度		0.015 3 Pa·s
支承位置	$L_c/L$ 查图 25.6-21	0.606
载荷因子	$K_F$ 查图 25.6-21	152.5
最小油膜厚度因子	$K_h$ 查图 25.6-21	1.525
功耗因子	$K_p$ 查图 25.6-21	$1.45 \times 10^3$
温升因子	$K_\theta$ 查图 25.6-21	0.78
流量因子	$K_q$ 查图 25.6-21	0.24
进油端到支承弧长	$L_c = (L_c/L)L = 0.606 \times 0.035$	0.021 2 m
进油端到支承夹角	$\beta_c = 2L_c/d = 2 \times 0.021 2 / 0.08$	0.53 rad

超星浏览器提醒  
使用本复制品  
请尊重相关知识产权

续表 25.6.5

计算项目	计算公式及说明	计算结果
轴承压力	$p_m = F/(Bd) = 1\,225/(0.08 \times 0.032)$	$0.479 \cdot 10^6 \text{ Pa}$
载荷数	$\bar{F} = p_m \Psi^2 / (\eta_r n K_k^2 K_v) = 0.479 \cdot 10^6 \times 0.002^2 / (0.015 \cdot 3 \cdot 191.67 \times 0.7^2 > 152.5)$	$8.74 \cdot 10^{-3}$
因数 $[K_b h_2/c]$	$[K_b h_2/c]$ 查图 25.6-22	0.76
最小油膜厚度	$h_2 = [K_b h_2/c] c / K_b = 0.76 \times 80 \cdot 10^{-6} / 1.525$	$39.9 \cdot 10^{-6} \text{ m}$
偏心率	$\epsilon$ 查图 25.6-22	0.3
因数 $[K_p K_k \mu / \Psi]$	$[K_p K_k \mu / \Psi]$ 查图 25.6-23	$25 \cdot 10^3$
摩擦因数	$\mu = [K_p K_k \mu / \Psi] \Psi / (K_p K_k) = 25 \times 10^3 \times 0.002 / (1.45 \cdot 10^3 \cdot 0.7)$	0.049
功耗	$P = \pi \mu F n d = 0.049 \times 1\,225 \times 191.67 \times 0.08 \pi$	2.9 kW
系数 $[\Delta \theta k_k K_\theta / p_m]$	$[\Delta \theta k_k K_\theta / p_m]$ 查图 25.6-22	$0.01 \cdot 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{N}$
温升	$\Delta \theta = [\Delta \theta k_k K_\theta / p_m] p_m / (K_k K_\theta) = 0.01 \cdot 10^{-5} \times 0.479 \cdot 10^6 / (0.7 \cdot 0.78)$	$8.77 \text{ } ^\circ\text{C}$
校核轴承平均工作温度	$\theta_m = \theta_i + \Delta \theta = 40 + 8.77$	$48.77 \text{ } ^\circ\text{C}$ (接近 50 $^\circ\text{C}$ )
流量	$q = \pi n d c B Z K_q = 191.67 \times 0.08 \times 80 \times 10^{-6} \times 0.032 \times 5 \cdot 0.24 \pi$	$0.15 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 \cdot \text{s}$
因数 $[F_{\max}/F]$	$[F_{\max}/F]$ 查图 25.6-23	0.9
受载最大瓦的载荷	$F_{\max} = [F_{\max}/F] F = 0.9 \times 1\,225$	1 100 N
受载最大瓦的压力	$p_{\max} = F_{\max} / (BL) = 1\,100 / (0.032 \times 0.035)$	$0.98 \cdot 10^6 \text{ Pa}$

超星浏览器提醒您：  
使用本复制品  
请尊重知识产权！

## 第7章 脂、油绳和滴油润滑径向轴承

采用润滑脂、油绳或滴油润滑的径向轴承，得不到足够的润滑剂以产生一个完全的承载油膜，只能在不完全油膜上运转。不完全油膜就是全宽油膜的长度对应的中心角  $\beta$  小于  $180^\circ$  的油膜 ( $\beta$  角见图 25.3-1)。这类轴承的性能与轴瓦材料、轴颈和轴瓦表面的粗糙度、润滑剂供给量等有关。

### 1 主要参数选取

#### 1.1 最小油膜厚度的极限值

最小油膜厚度的安全值  $h_s$  决定于轴瓦材料和轴颈、轴瓦两表面的粗糙度，可按式计算：

$$h_s = 4K_m(Ra_1 + Ra_2) \quad (25.7-1)$$

式中  $K_m$ ——轴瓦材料因子，其值见表 25.7-1；  
 $Ra_1$ 、 $Ra_2$ ——轴颈、轴瓦表面轮廓算术平均偏差。

表 25.7-1 轴瓦材料因子  $K_m$

轴瓦材料	ZCuSn10Pb	铜铅合金	铝锡合金	锡基、铅基轴承合金	热塑性塑料	热固性塑料
$K_m$	1	0.8	0.8	0.5	0.6	0.7

注：轴颈材料硬度应为轴瓦材料硬度的 5 倍。

考虑到轴的挠度和两轴承同轴度的影响，和

压力供油径向固定瓦轴承一样，最小油膜厚度的极限值  $h_{2min}$  按式 (25.3-20) 计算，即

$$h_{2min} = h_s + y_1 + y_2$$

#### 1.2 表面粗糙度

建议轴颈表面粗糙度取为  $Ra = 0.2 \sim 0.4 \mu\text{m}$ ，轴瓦表面粗糙度取为  $Ra = 0.4 \sim 0.8 \mu\text{m}$ 。

#### 1.3 轴承半径间隙

根据轴颈直径和制造精度按表 25.7-2 选择合适的轴承间隙。

表 25.7-2 轴承半径间隙

制造精度	轴承间隙
差	$c = 0.00046d + 0.0016 \text{ mm}$
一般	$c = 0.00034d + 0.0010 \text{ mm}$
高、对中良好、经过仔细磨合	$c = 0.00028d + 0.0025 \text{ mm}$

#### 1.4 宽径比

轴承宽径比应在  $0.7 \sim 1.3$  之间选取。

#### 1.5 润滑剂

可按表 25.7-3 选取润滑剂。

表 25.7-3 不完全油膜径向轴承的润滑剂选择

工作温度 $\theta / ^\circ\text{C}$	速度 $v / \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$	润 滑 脂		润 滑 油	
		种 类	锥入度	种 类	$v_{40} / \text{mm}^2\cdot\text{s}^{-1}$
<60	<0.5	钙基润滑脂	265~340	含摩擦改进剂的矿物油	68
	>0.5		335~385		32
60~130	<0.5	以高黏度指数矿物油为基础油，含抗氧添加剂的烃基脂；锂基润滑脂	220~250	含抗氧添加剂的矿物油	130
	>0.5				68
>130		含硅油的膨润土基脂	220~250	含抗氧添加剂的合成油	130

## 2 轴承性能计算

### 2.1 承载能力

用量纲为1的数群 $[\rho_m \Psi^2 / (\eta_c n)]$ (载荷数)来表示轴承在完全同轴时的承载能力。当轴有挠度和两轴承不同轴时,轴承的承载能力将下降,用同轴度影响因子 $K_h$ (见表25.7-4)计及其影响。于是,不完全油膜(脂、油绳和滴油润滑)径向轴承的实际载荷数为

$$\bar{F} = \rho_m \Psi^2 / (K_h \eta_c n) \quad (25.7-2)$$

表 25.7-4 同轴度影响因子  $K_h$

$(y_1 + y_2) / c$		0	0.1	0.5	1.0	1.5	
$K_h$	$h_{2mm}/c$	0.2	1.0	0.65	0.25	0.12	0.08
		0.02	1.0	0.33	0.07	0.03	0.01

### 2.2 润滑油流量

润滑油流量对 $\bar{F}$ 有很大影响,载荷数与流量数的关系曲线见图25.7-1。

#### 2.2.1 需要的最低流量

在载荷、轴承参数已知的情况下,若连续运转、载荷稳定,则维持一定厚度油膜所需最低润滑油流量可通过下式计算

$$q = q \pi DBnc \quad (25.7-3)$$

式中 $q$ 为流量数,可根据 $\bar{F}$ 与宽径比的平方 $B^2$ 的比值,由图25.7-1查出。

#### 2.2.2 润滑方式能提供的流量

油绳润滑和滴油润滑能提供的流量可分别从图25.7-2、图25.7-3查出。

脂润滑能提供的流量按下式计算:

$$q = K_g \pi DBnc \quad (25.7-4)$$

式中 $K_g$ ——流量系数,其值见表25.7-5。

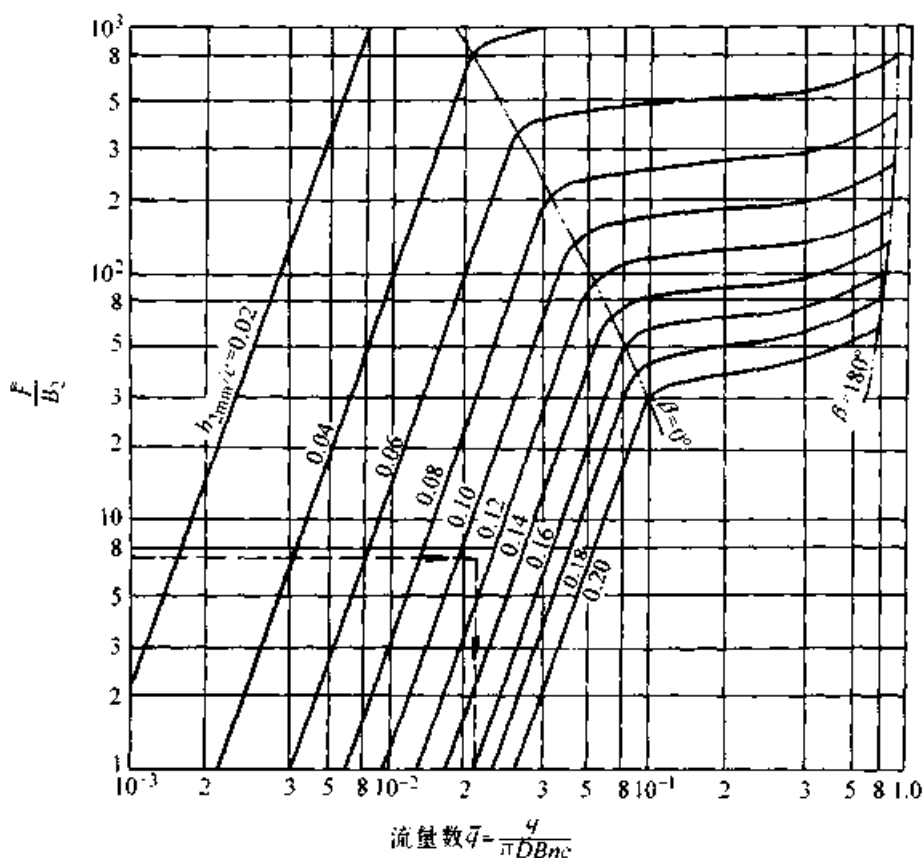
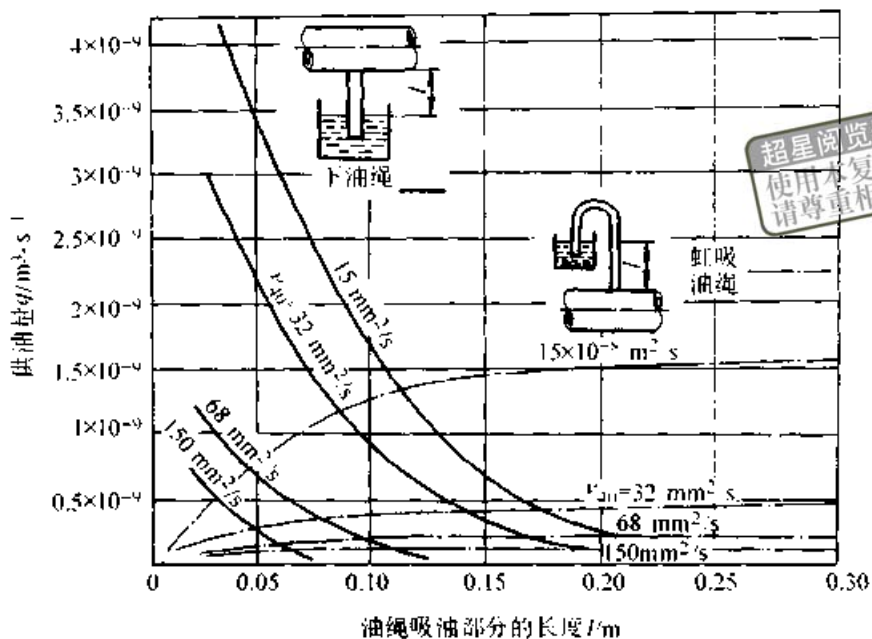


图 25.7-1 载荷数与流量数的关系曲线



超星浏览器提醒您：  
使用本复制品  
请尊重相关知识产权！

图 25.7-2 毛毡、油绳润滑的供油量

温度  $21^\circ\text{C}$  油绳截面积  $65 \text{ mm}^2$  毛毡密度  $3.4 \text{ g/cm}^3$

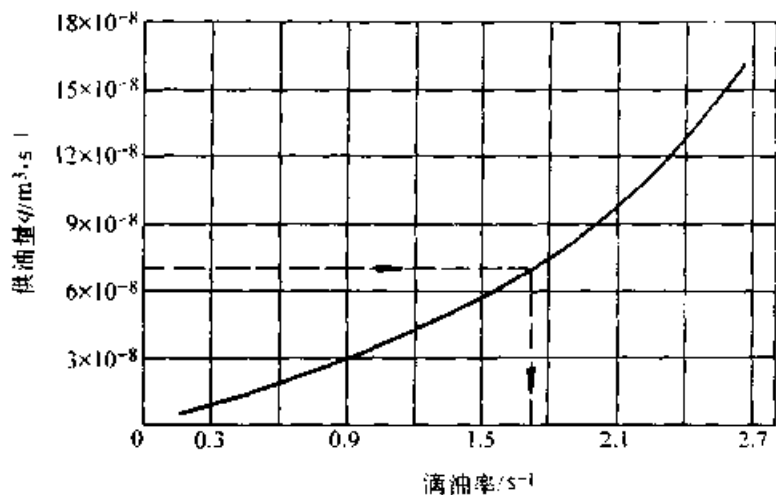


图 25.7-3 滴油润滑的供油量

表 25.7-5 不同转速时的流量系数  $K_q$

转速 $n/r \cdot s^{-1}$	<2	2~4	4~8	8~17
流量系数 $K_q/10^{-3} s^{-1}$	18	9	4.5	1.8

### 2.3 摩擦功耗

轴承摩擦功耗用下式计算：

$$P_p = \pi(\mu/\Psi) F d n \Psi \quad (25.7-5)$$

式中  $\mu/\Psi$  称为摩擦数，可根据载荷数  $\bar{F}$  和同轴度影响因子  $K_h$  的乘积，由图 25.7-4 查出

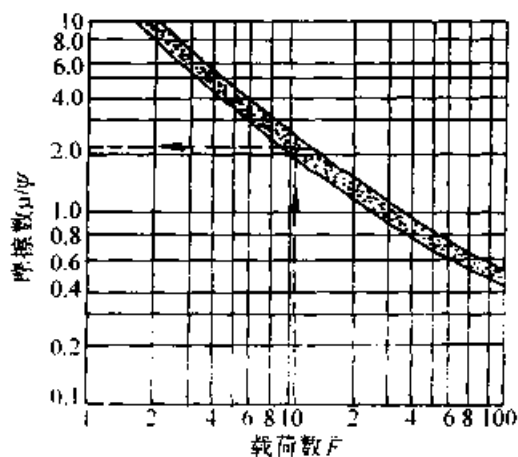


图 25.7-4 摩擦数  $\mu/\Psi$  曲线

### 2.4 轴承温度

假定不完全油膜径向轴承中摩擦产生的热量全部经轴承座表面散去以进行热平衡计算。因此，轴承座表面上的热流密度  $\varphi$  为

$$\varphi = P_f / A \quad (25.7-6)$$

式中  $A$  ——轴承座散热表面积

计算出  $\varphi$  值后，利用图 25.7-5 即可查出油膜工作温度和轴承座表面温度

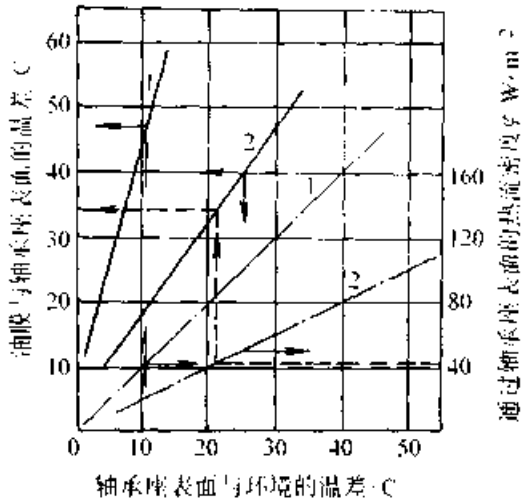


图 25.7-5 不完全油膜轴承的温度  
1—气流速度 2.5 m/s 2—空气静止

图 25.7-5 的使用方法如下 根据  $\varphi$  值和空

气流动速度在点划线上找到一点，该点的横坐标为轴承座表面温度与环境温度之差。从该点垂直向上，与相应空气流动速度的实线相交，交点的纵坐标为油膜工作温度与轴承座表面温度之差。已知环境温度后即可计算出油膜工作温度和轴承座表面温度。轴承工作温度应在润滑剂和轴瓦材料的允许范围内，否则应采取加强散热的措施或改变轴承参数。

### 3 油槽形式与尺寸

#### 3.1 油槽的形式

轴瓦内表面或轴颈表面应开油槽，以使润滑剂均匀分布于轴瓦工作表面上。除脂润滑外，油槽尽可能开在非承载区，油槽在轴向不能开通，建议其轴向长度为轴瓦宽度的 80%。脂、滴油、油绳润滑轴承常用的油槽形式见表 25.7-6。

#### 3.2 油槽的形状和尺寸

油槽的形状见图 25.7-6，槽的边缘要圆滑过渡。图中 a、b、c 用于径向轴承的轴瓦，d 用于径向轴承的轴颈。

油槽的尺寸选取可以参考表 25.7-7。

表 25.7-6 油槽形式及其应用

油槽形式	图 1	图 2	图 3	图 4	图 5	图 6	图 7
载荷方向	固定	固定或变化	固定	固定	固定	固定或变化	固定或变化
旋转方向	固定	固定或变化	变化	固定或变化	固定或变化	固定或变化	固定或变化
轴瓦结构	整体或剖分	整体	整体	整体或剖分 (经轴供油)	整体或剖分	整体	整体
润滑剂	油	油	油	油	油	脂	脂
备注	通用式	用于移动轴瓦	用于小型电动机		通用式		

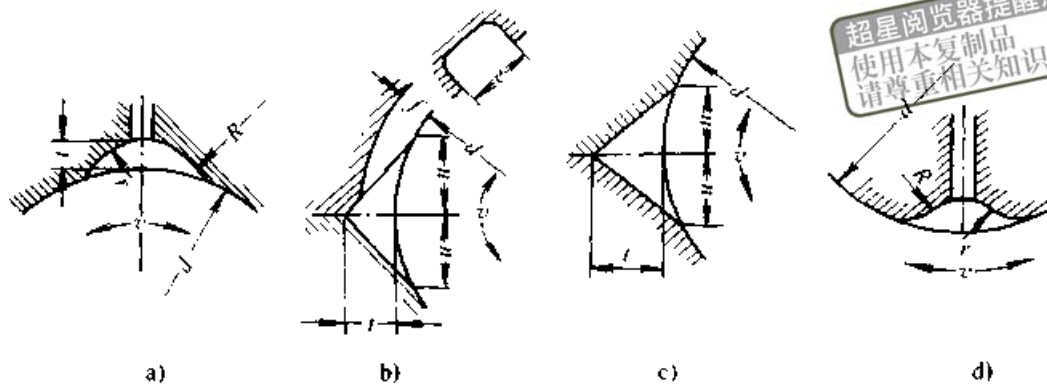


图 25.7-6 油槽形状

表 25.7-7 油槽的推荐尺寸

(mm)						
轴径 $d$ /mm	$r$	$f$	$u$	$R$	$t$	$e$
<60	3	1.5	7			
>60~80	4	1.5	8			
>80~90	5	2	10			
>90~110	6	2	13			
>110~140	7	2.5	16	$3r$	$0.5r$	$2r$
>140~180	8	2.5	20			
>180~260	10	2.5	30			
>260~380	12	3	40			
>380~500	16	4	50			

#### 4 适宜的工作区域

通过计算可以找到不完全油膜轴承适宜的载荷-速度范围，见图 25.7-7。

虚线内是轴承安全工作的区域，实线内是轴承可以工作的区域，在虚线和实线之间的区域工作时要注意：磨合要仔细、表面粗糙度参数值要小、两轴承同轴度要高、轴承材料选择要正确。

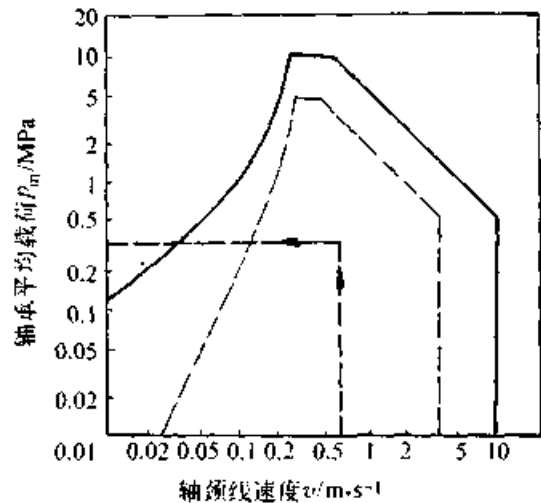


图 25.7-7 不完全油膜径向轴承的适宜工作区

#### 5 计算程序

脂、油绳或滴油润滑径向轴承的计算程序见图 25.7-8。

例 计算一滴油润滑径向滑动轴承：轴瓦直径  $D = 100$  mm、转速  $n = 120$  r/min，轴颈上载荷  $F = 4$  kN，轴瓦材料选用 ZCuSn10P1，计算结果见表 25.7-8。



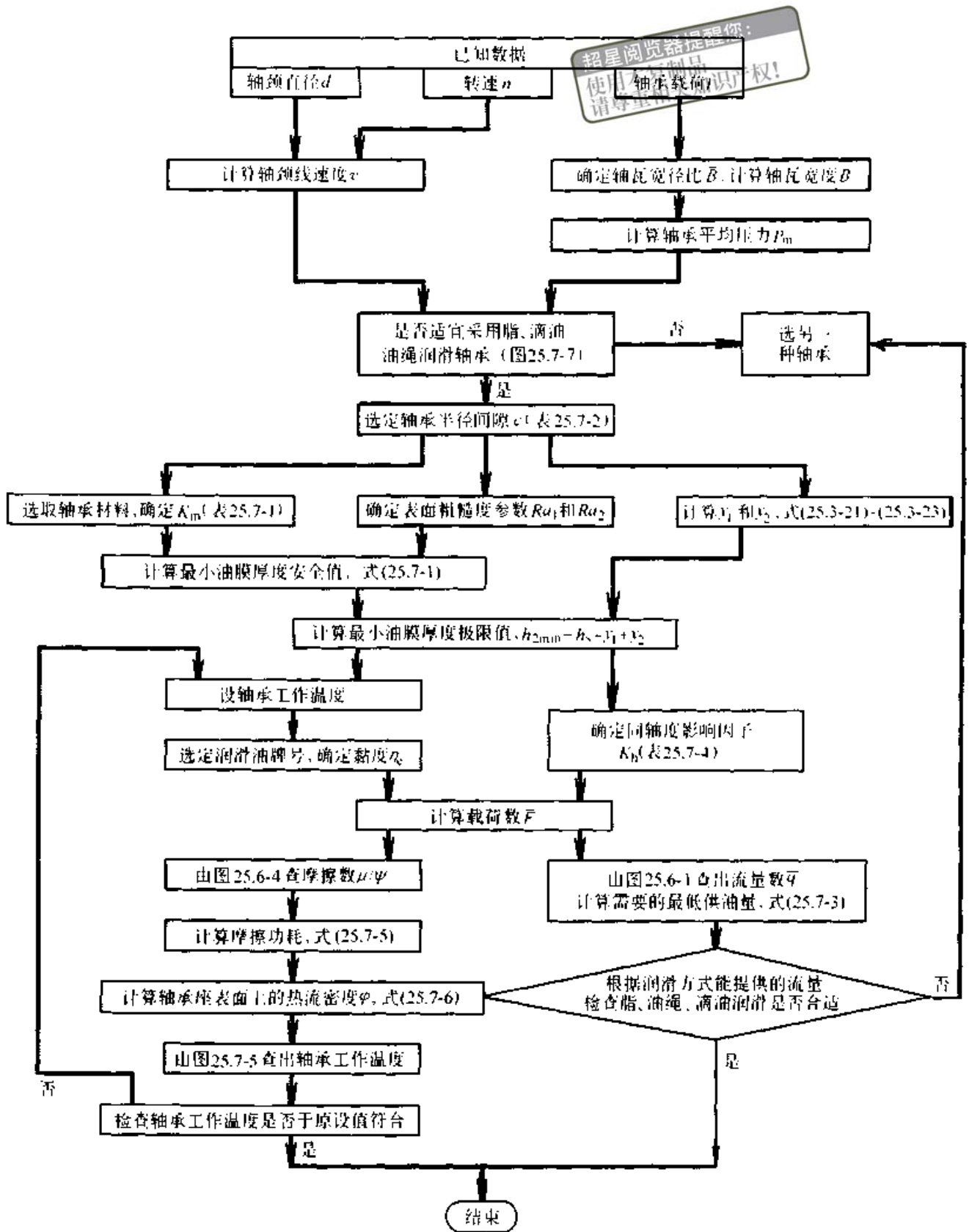


图 25.7-8 脂、油绳或滴油润滑径向轴承的计算程序

表 25.7-8 滴油润滑径向轴承的性能计算

计算项目	计算公式及说明	计算结果
宽径比	$B$ 选定	1.2
轴颈速度	$v = \pi d n = \pi \times 0.1 \times 120/60$	0.63 m/s
平均压力	$p_m = F/(BD) = 4\,000/(0.12 \times 0.1)$	0.33 MPa
检查工作区域	按图 25.7-7	通过
轴承半径间隙	$c = 0.000\,34d + 0.010$ mm, 表 25.7-2	0.044 mm
相对间隙	$\Psi = 2c/D = 2 \times 0.044/100$	$0.88 \times 10^{-3}$
材料因子	由表 25.7-1	1
轴颈表面粗糙度	选定	$Ra_1 = 0.4 \mu\text{m}$
轴瓦表面粗糙度	选定	$Ra_2 = 0.8 \mu\text{m}$
轴的挠度	因 $p_m < 3$ MPa	0
轴颈偏斜量	用自位轴承	0
最小油膜厚度安全值	$h_s = 4K_n(Ra_1 + Ra_2) = 4 \times 1 \times (0.4 + 0.8)$ , 式(25.7-1)	4.8 $\mu\text{m}$
最小油膜厚度极限值	$h_{2\text{min}} = h_s + y_1 + y_2 = 4.8 + 0 + 0$	4.8 $\mu\text{m}$
同轴度影响因子	$K_n$ , 按表 25.7-4	1
初设轴承工作温度		78 $^{\circ}\text{C}$
润滑油牌号		L-FC 46
润滑油黏度	$\eta_c$	0.012 6 Pa·s
载荷数	$\bar{F} = p_m \Psi^2 / (\eta_c n K_n) = 0.33 \times 10^6 \times (0.88 \times 10^{-3})^2 / (0.012\,6 \times 2 \times 1)$	10.24
摩擦数	$\mu/\Psi$ , 查图 25.7-4	2.1
摩擦功耗	$P_\mu = \pi(\mu/\Psi)FDn/\Psi = \pi \times 2.1 \times 4\,000 \times 0.1 \times 2/0.88 \times 10^{-3}$	4.64 W
轴承座表面积	按 JB/T 2561—1991 轴承座 H2100 估算	0.11 $\text{m}^2$
热流密度	$\varphi = P_\mu/A = 4.64/0.11$	42.2 $\text{W}/\text{m}^2$
轴承工作温度	查图 25.7-5, 取环境温度 20 $^{\circ}\text{C}$ 20 + 21 + 34	75 $^{\circ}\text{C}$ (与原设接近)
流量数	$\bar{q}$ 查图 25.7-1	0.021
最低供油量	$q = \bar{q}\pi DBnc = 0.021 \times \pi \times 0.1 \times 0.12 \times 2 \times 0.044 \times 10^{-3}$	$7 \times 10^{-8} \text{m}^3/\text{s}$
需要滴油率	查图 25.7-3	1.7 滴/s, 可行

超星浏览器提醒您：  
使用本复制品  
请尊重相关知识产权！

## 第 8 章 液体动压止推轴承

提醒您：  
使用本复制品  
请尊重相关知识产权！

液体动压止推轴承均采用环形结构，由若干扇形瓦块和止推环组成（图 25.8-1），其基本形式见图 25.1-5。

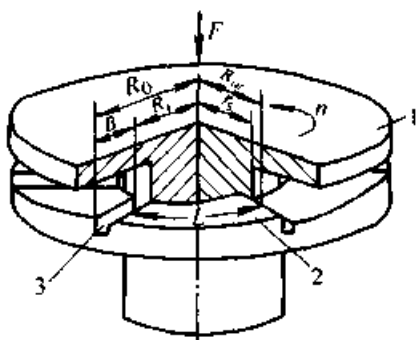


图 25.8-1 止推滑动轴承组成  
1—止推环 2—扇形瓦 3—油沟

### 1 主要参数选择

#### 1.1 内外径比 $D_o/D_i$

为轴承外径  $D_o$  与内径  $D_i$  之比。内径  $D_i$  取决于转子直径  $d_s$ ，它应比  $d_s$  大一些，完全避开止推环和转子间的过渡圆角，并保证有足够的缝隙供润滑油通过。

轴承外径  $D_o$  根据轴承上的载荷决定，使固定瓦瓦面上的压力  $p_m$  在 1.5~3.5 MPa 为宜。进油温度能严格控制、有均载结构的可倾瓦块推力轴承， $p_m$  可提高到 6~7 MPa。

由于希望宽长比  $B/L \approx 1$ ，所以  $D_o/D_i$  与瓦块数  $Z$  呈一定的对应关系，考虑到瓦块数不宜过多，通常取  $D_o/D_i = 1.2 \sim 2.4$ 。

#### 1.2 宽长比 $B/L$

半径方向瓦面的尺寸称为瓦宽  $B$ ，即  $B = R_o - R_i$ （见图 25.8-1）。圆周方向瓦面弧长称为瓦长，通常以平均直径上的弧长作为瓦长  $L$ ；宽长比为瓦宽  $B$  与瓦长  $L$  之比，用它表征瓦块的几何形状。在同样的内径下， $B/L = 1$  时承载能力最大，故通常取  $B/L = 0.6 \sim 2.0$ 。

#### 1.3 瓦块数 $Z$

瓦块数  $Z$  最少为 3，多数为 6~12，最多有达 20 块以上的。瓦块数过多，承载能力下降，且增加制造、安装调整的困难。瓦块数少，轴承温升高。

#### 1.4 填充因子 $K_k$

为瓦长之和  $ZL$  与轴承中径周长  $\pi D_m$  之比。建议取  $K_k = 0.70 \sim 0.85$ 。 $K_k$  值过大，瓦块与瓦块之间的距离即油沟宽度过小，由前瓦流出的热油易于进入下一瓦块，使进瓦油温较高，油黏度降低，影响承载能力。 $K_k$  值过小，使轴瓦工作面积减小。

#### 1.5 最小油膜厚度极限值 $h_{2min}$

不考虑制造与安装误差的最小油膜厚度安全值  $h_s$  可根据表面粗糙度参数  $Ra$  值查表 25.8-1。 $h_{2min}$  值应在  $h_s$  上增加制造与安装误差。不作精细计算时，可取  $h_{2min} = (10 \sim 50) \times 10^{-6} \text{ m}$ 。

表 25.8-1  $h_s$  值

瓦面粗糙度参数 $Ra/\mu\text{m}$	0.1~0.2	0.2~0.4	0.4~0.8	0.8~1.6	1.6~3.2
最小油膜厚度安全值 $h_s/\text{m}$	$2.5 \times 10^{-6}$	$6.2 \times 10^{-6}$	$12.5 \times 10^{-6}$	$25 \times 10^{-6}$	$50 \times 10^{-6}$

#### 1.6 润滑方式与润滑油温度

止推轴承的润滑主要有两种方式：油池润滑和压力供油润滑（图 25.8-2）。为降低搅油损失，高速轴承不宜用油池润滑。

油池润滑时‘冷油’从内侧进入轴瓦，其油温称为供油温度  $\theta_s$ ，同时有部分从前一个瓦流出的‘热油’流入，该油的温度称为出油温度  $\theta_o$ 。故进瓦油温  $\theta_i$  近似取为

$$\theta_i = (\theta_s + \theta_o) / 2 \quad (25.1-1)$$

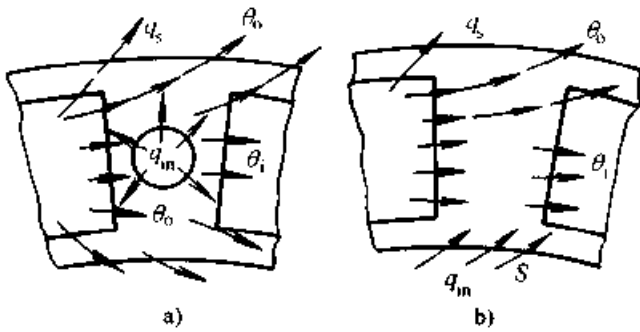


图 25.8-2 推力轴承润滑方式

a) 压力供油润滑 b) 油池润滑

$q_{in}$ —供油流量  $q_s$ —侧泄流量  $\theta_0$ —进油油温

$\theta_i$ —出油油温  $\theta_i$ —进瓦油温

压力供油润滑时,进瓦油温即为供油油温,即

$$\theta_i = \theta_0 \quad (25.1-1')$$

通过轴瓦后,油的温度升高,温升为  $\Delta\theta$ 。油膜最高油温约为

$$\theta_{max} = \theta_i + 1.5\Delta\theta \quad (25.1-2)$$

进瓦油温  $\theta_i$  宜控制在  $40 \sim 60 \text{ }^\circ\text{C}$ , 油的温升  $\Delta\theta$  最好在  $20 \text{ }^\circ\text{C}$  左右。使用矿物油时,最高油温不宜超过  $120 \text{ }^\circ\text{C}$ 。

进行止推轴承性能计算时,常用有效油温  $\theta_e$  或平均油温  $\theta_m$ , 因计算方法不同而异。有效油温为进口油温加油的温升,平均油温是进、出口油温的平均值。

## 2 平面固定瓦止推轴承

理论上说,如图 25.1-5c 所示的平面止推环与平面固定瓦不可能形成动压作用。实际上,由于微小的表面起伏,运转时热膨胀引起的微小尺寸变化,在一定的速度下也能产生动压作用。不同润滑油黏度时能产生动压作用的最低速度见表 25.8-2。

表 25.8-2 产生 0.5 MPa 承载能力的最低速度

润滑油黏度等级	100	68	46	32
最低速度 $v_{min}/\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$	2.5	4	6	8

这种轴承的性能不能精确地预测,只能作近似计算,计算公式如下。

最大载荷

$$F = 0.3(D_o^2 - D_i^2) \quad (25.8-3)$$

式中  $F$  ——载荷 (N);

$D_o$  ——轴瓦外径 (mm);

$D_i$  ——轴瓦内径 (mm);

功耗

$$P_\mu = 70 \times 10^{-6} F n D_m \quad (25.8-4)$$

式中  $P_\mu$  ——摩擦功耗 (W);

$n$  ——轴的转速 (r/s);

$D_m$  ——轴瓦中径 (mm)。

润滑油流量

$$q = 2.1 \times 10^{-12} F n D_m \quad (25.8-5)$$

式中  $q$  ——流量 ( $\text{m}^3/\text{s}$ )。

## 3 斜-平面固定瓦止推轴承

主要用于中、小尺寸的止推轴承,最大直径约为  $0.6 \text{ m}$ 。瓦面有斜面和平面的两部分,转子转动时止推环与瓦块构成油楔,在斜-平面上形成动压油膜(图 25.8-3)。对于立轴,转子静止时由平面部分支承包括重力在内的全部静载荷。

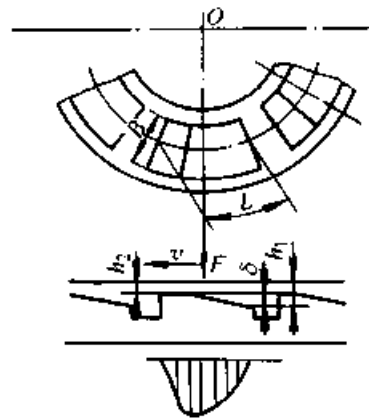


图 25.8-3 斜-平面固定瓦止推轴承

单向和双向转动的止推轴承,其瓦块沿轴承中径周长方向的轮廓见图 25.8-4。按图示尺寸比例轴承承载能力最佳。双向旋转时  $B/L = 3/5$ , 只有一个斜面起作用,和单向旋转的轴承相比,瓦块数约少  $1/3$ , 承载能力约小  $35\%$ , 功耗约低  $20\%$ 。

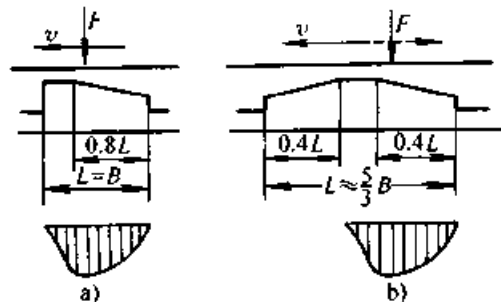


图 25.8-4 斜-平面固定瓦块周向轮廓

a) 单向旋转 b) 双向旋转

各瓦块的平面应在同一平面上，若偏差大于瓦斜面升高的10%，则将严重影响轴承性能，平面较高的瓦块温升将很高，出现过热现象。瓦块的平面和止推环平面必须很好地垂直于转子轴线，否则亦将出现个别瓦块过热。

### 3.1 确定轴承几何尺寸

首先可以根据转子直径  $d$ ，选定瓦块内径  $D_i$ 。在选定润滑油牌号和润滑方式之后，赋值升一个初值  $\Delta\theta_{es}$ ，然后可以初步确定润滑油有效黏度  $\eta_e$ 。

最小油膜厚度的极限值  $h_{2min}$  取决于瓦块和止推环的表面粗糙度，制造和安装精度，建议按

下式计算：

$$h_{2min} = h_s + (0.10 \sim 0.25) \times 10^{-3} d_s \quad (25.8-6)$$

式中  $h_s$  —— 最小油膜厚度安全值，见表 25.8-1。

对于制造、安装精度高的轴承，式中数字取小值，否则取大值。

令轴承载荷数  $\bar{F} = F / (\eta_e n D_i^2)$ 、最小油膜厚度极限值数  $\bar{h}_{2min} = h_{2min} \bar{F}^{1/2} D_i$ 、估算温升数  $\Delta\bar{\theta}_{es} = \Delta\theta_{es} c_p \rho D_i^2 / F$ ，由图 25.8-5，依据  $\Delta\bar{\theta}_{es}$  和  $\bar{h}_{2min}$  选取  $D_o/D_i$ 、 $Z$  和  $\delta/h_2$ ，并计算出  $D_o$  和  $\delta$ 。

### 3.2 油温与流量的计算

不同润滑（供油）方式，润滑油温度与流量是不同的，其计算方法见表 25.8-3。

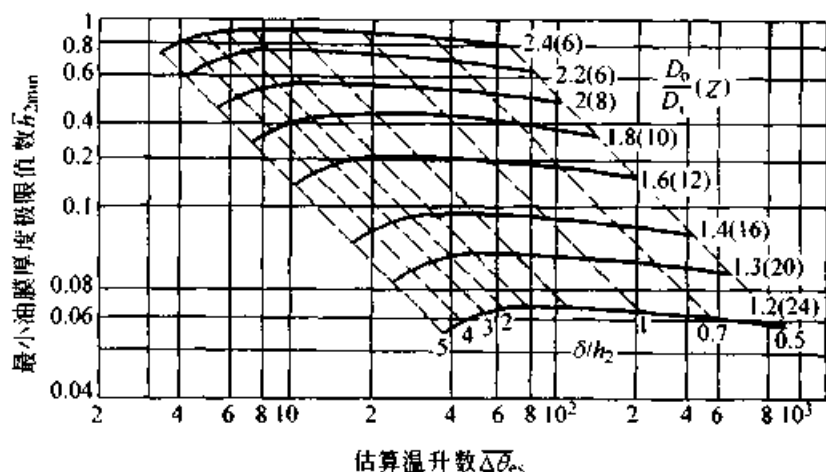


图 25.8-5 轴承内外径比、瓦块数和斜面升高

表 25.8-3 斜平面止推轴承润滑油温与流量的计算

计算项目	润 滑 方 式		备 注
	油池润滑	压力润滑	
进瓦油温	$\theta_i = (\theta_1 + \theta_{in}) / 2$	$\theta_i \approx \theta_1$	$\Delta\bar{\theta}$ —温升数，查图 25.8-6
温升	$\Delta\theta = \Delta\bar{\theta} F / (Z B^2 c_p \rho K_\theta)$		$K_\theta$ —温度修正因子，见图 25.8-7
有效油温	$\theta_e = \theta_i + \Delta\theta$		$\bar{q}_v$ —侧泄流量数，见图 25.8-8
最高油温	$\theta_{max} = \theta_i + 1.5 \Delta\theta$		$\bar{F}_v$ —瓦载荷数， $\bar{F}_v = F_v / (\eta_e n B D_m)$
流量	$q_e = F_v / [(\theta_e - \theta_1) c_p \rho]$	$q_s = Z n B^2 D_m \bar{q}_v / \bar{F}_v^{1/2}, q_{in} > q_s$	$F_v \approx F / Z$

### 3.3 校核计算

令瓦载荷数  $\bar{F}_v = F_v / (\eta_e n B D_m)$ ，则瓦功耗  $P_{vp}$ 、最小油膜厚度  $h_2$  的计算公式为

$$P_{vp} = n D_m \bar{F}_v \bar{P}_{vp} / (Z \bar{F}_v^{1/2}) \quad (25.8-7)$$

$$h_2 = \bar{h}_2 B / \bar{F}_v^{1/2} \quad (25.8-8)$$

式中  $\bar{P}_{vp}$  —— 瓦功耗数，查图 25.8-9；

$\bar{h}_2$  —— 最小油膜厚度数，查图 25.8-10；

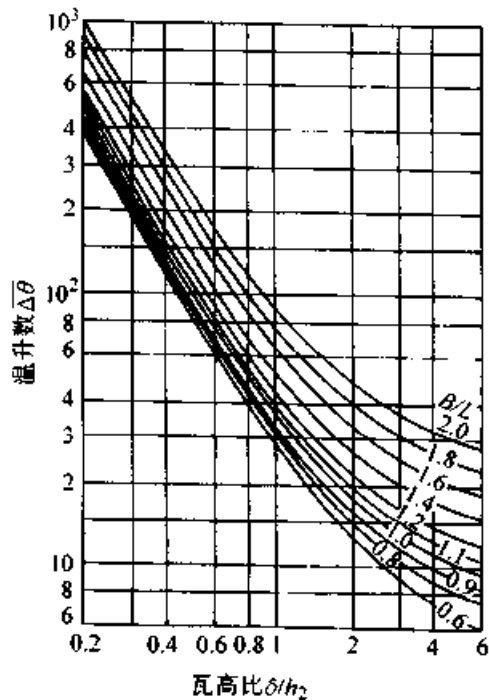


图 25.8-6 温升数

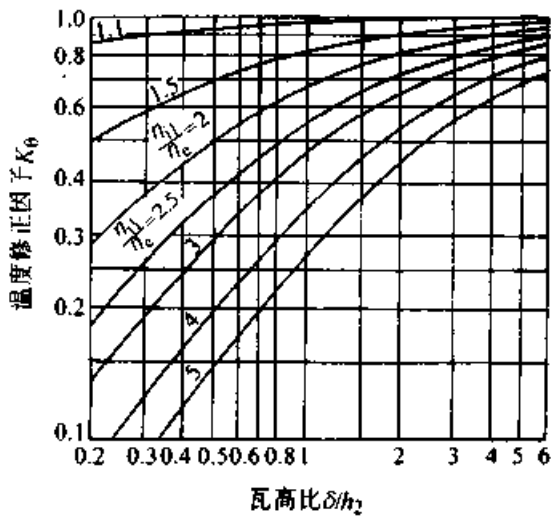


图 25.8-7 温度修正因子

计算出的  $h_2$  必须满足  $h_2 > h_{2min}$ ；按表 25.8-3 计算温升  $\Delta\theta$ 、最高油温  $\theta_{max}$  和流量  $q$ ， $\Delta\theta$  必须接近确定轴承尺寸时初设的  $\Delta\theta_{es}$ ，当采用压力供油润滑时，供油量  $q_{in}$  必须大于总的侧泄流量，即  $q_{in} > q_s$ 。

斜-平面固定瓦止推轴承的计算步骤见表 25.8-4。

例 设计一立轴的斜-平面固定瓦止推轴承。轴径  $d_s = 125 \text{ mm}$ ，转速  $n = 7\ 200 \text{ r/min}$ ，转子质量  $m = 102 \text{ kg}$ ，工作载荷  $F = 8\ 000 \text{ N}$ 。压力

供油润滑。

计算结果见表 25.8-4。

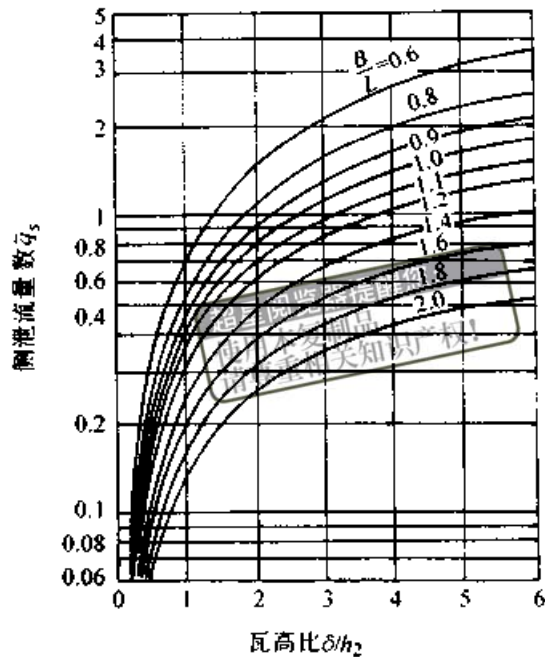


图 25.8-8 侧泄流量数

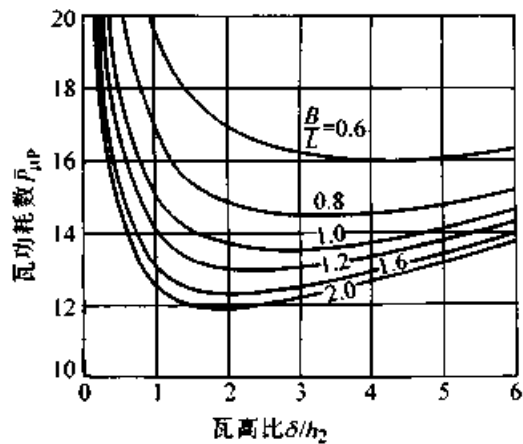


图 25.8-9 瓦功耗数

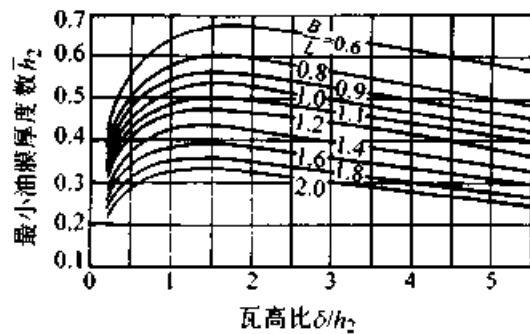


图 25.8-10 最小油膜厚度数

表 25.8-4 斜-平面止推轴承性能计算及其结果

计算项目	计算公式及说明	计算结果
几 何 尺 寸 选 取		
轴承内径	取 $D_1$ 略大于 $d_1$	0.140 m
油膜厚度最小安全值	取 $Ra = 0.2 \sim 0.4 \mu\text{m}$ , 由表 25.8-1 查得 $h_1$	$6.2 \times 10^{-6} \text{ m}$
最小油膜厚度极限值	$h_{2\text{min}} = h_1 + (0.10 \sim 0.25) \times 10^{-3} d_1 = 6.2 \times 10^{-6} + 0.25 \times 10^{-3} \times 0.125$	$37.5 \times 10^{-6} \text{ m}$
润滑油牌号	L-FC 46	
进瓦油温	设定 $\theta_1$	60 ℃
额定温升初值	$\overline{\Delta\theta_{cs}}$	8 ℃
有效油温	$\theta_1 = \theta_1 + \Delta\theta_{cs} = 60 + 8$ (表 25.8-4)	68 ℃
润滑油进油黏度	$\eta_1$	0.020 6 Pa·s
润滑油有效黏度	$\eta_c$	0.015 5 Pa·s
黏度比	$\eta_1/\eta_c = 0.020 6/0.015 5$	1.33
$c_p \rho$	查得	$1.70 \times 10^6 \text{ J}/(\text{m}^3 \cdot \text{℃})$
载荷数	$\bar{F} = F/(\eta_c n D_1^2) = 8\ 000/(0.015\ 5 \times 120 \times 0.140^2)$	$219 \times 10^3$
最小油膜厚度极限值数	$\bar{h}_{2\text{min}} = h_{2\text{min}} \bar{F}^{1/2}/D_1 = 37.5 \times 10^{-6} \times (219 \times 10^3)^{1/2}/0.140$	0.125
估算温升数	$\overline{\Delta\theta_{cs}} = \Delta\theta_{cs} D_1^2 c_p \rho / F = 8 \times 0.140^2 \times 1.7 \times 10^6 / 8\ 000$	33.32
内外径比	根据 $\overline{\Delta\theta_{cs}}$ 和 $\bar{h}_{2\text{min}}$ 由图 25.8-5 查出 $D_0/D_1$	1.3
瓦数	根据 $\overline{\Delta\theta_{cs}}$ 和 $\bar{h}_{2\text{min}}$ 由图 25.8-5 查出 $Z$	20
瓦斜面升高比	根据 $\overline{\Delta\theta_{cs}}$ 和 $\bar{h}_{2\text{min}}$ 由图 25.8-5 查出 $\delta/h_2$	3.0
轴承外径	$D_0 = (D_0/D_1) \times D_1 = 1.3 \times 0.140$	0.182 m
轴承中径	$D_m = (D_0 + D_1)/2 = (0.140 + 0.182)/2$	0.161 m
轴瓦宽度	$B = (D_0 - D_1)/2 = (0.182 - 0.140)/2$	0.021 m
瓦中径周长	取 $L = B$	0.021 m
瓦平面中径周长	按图 25.8-4, 取 $0.2L$	0.004 2 m
校 核 计 算		
瓦载荷	$F_p = F/Z = 8\ 000/20$	400 N
温度修正因子	根据 $\delta/h_2$ 和 $\eta_1/\eta_c$ 由图 25.8-7 查出 $K_\theta$	0.97
温升数	根据 $\delta/h_2$ 和 $B/L$ 由图 25.8-6 查出 $\overline{\Delta\theta}$	12.5
温升	$\Delta\theta = \overline{\Delta\theta} F / (Z B^2 c_p \rho K_\theta) = 12.5 \times 400 / (0.021^2 \times 1.7 \times 10^6 \times 0.97)$	6.9 ℃ 与初值接近
最小油膜厚度数	根据 $\delta/h_2$ 和 $B/L$ 由图 25.8-10 查出 $\bar{h}_2$	0.50
瓦载荷数	$\bar{F}_p = F_p / (\eta_c n B D_m) = 400 / (0.015\ 5 \times 120 \times 0.021 \times 0.161)$	$63.6 \times 10^3$
最小油膜厚度	$h_2 = \bar{h}_2 B / \bar{F}_p^{1/2} = 0.50 \times 0.021 / 63\ 600^{1/2}$	$1.6 \times 10^{-6} \text{ m} > h_{2\text{min}}$
最高油温	$\theta_{\text{max}} = \theta_1 + 1.5 \Delta\theta = 60 + 1.5 \times 6.9$	70 ℃, < 120 ℃
瓦的平面部分面积	$A_p \approx 0.004\ 2 \times ZB = 0.004\ 2 \times 20 \times 0.021$	$1.76 \times 10^{-6} \text{ m}^2$

计算项目	计算公式及说明	计算结果
静载压力	$p_{st} = W/A_p = 1000/1.76 \times 10^{-6}$	$0.57 \times 10^6$ Pa, 可用
瓦斜面升高	$\delta = (\delta/h_2)h_2 = 3.0 \times 41.6 \times 10^{-6}$	$125 \times 10^{-6}$ m
瓦功耗数	根据 $\delta/h_2$ 和 $B/L$ 由图 25.8-9 查出 $\bar{P}_{pv}$	13.7
瓦功耗	$P_{pv} = \bar{P}_{pv} n D_m F_v / \bar{F}_v^{1/2} = 13.7 \times 120 \times 0.161 \times 400 / 63600^{1/2}$	420 W
总功耗	$P_p = Z P_{pv} = 20 \times 420$	8.4 kW
侧泄流量数	根据 $\delta/h_2$ 和 $B/L$ 由图 25.8-8 查出 $\bar{q}_s$	1.1
侧泄流量	$q_s = n Z B^2 D_m \bar{q}_s / \bar{F}_v^{1/2} = 120 \times 20 \times 0.021^2 \times 0.161 \times 1.1 / 63600^{1/2}$	$0.743 \times 10^{-3}$ m <sup>3</sup> /s
供油量	$q_m \geq q_s = 0.743 \times 10^{-3} \times 60 \times 10^3$	44.6 L/min

超星浏览器提醒您  
使用本复制品  
请尊重相关知识产权!

### 4 阶梯面固定瓦止推轴承

阶梯面固定瓦止推轴承(图 25.8-11)结构简单,主要用于小型轴承。每一瓦面由高度差为  $\delta$  的两平行平面组成。根据流体动力润滑的要求,  $\delta = h_1 - h_2$ , 它应该近似等于最小油膜厚度  $h_2$ , 所以  $\delta$  是极小的值。这样小的  $\delta$  切削加工比较困难, 可用压痕法、腐蚀法等制出阶梯面。

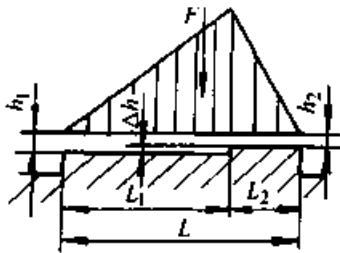


图 25.8-11 阶梯面固定瓦止推轴承

运转中, 当间隙比  $a (= h_1/h_2) = 1.866$ ,  $L_1/L_2 = 2.549$  时, 轴承的承载能力最大。这时, 计算油膜厚度和功耗的公式分别为

$$h_2 = 0.80L(\eta D_m n Z B / F)^{1/2} \quad (25.8-9)$$

$$P_p = 8.34L\eta D_m^2 n^2 Z B / h_2 \quad (25.8-10)$$

若欲提高承载能力, 可将阶梯面制成带阻油边的形式(图 25.8-12)。

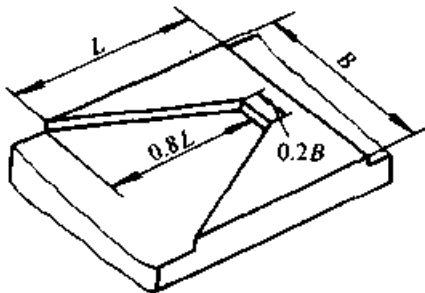


图 25.8-12 带阻油边的阶梯面固定瓦

### 5 可倾瓦块止推轴承

可倾瓦块止推轴承各瓦块能适应工况的变化自动调节斜度, 出油端油膜厚度  $h_2$  相应改变, 但间隙比  $h_1/h_2$  保持不变(图 25.8-13)。载荷或速度经常变化的大、中、小型轴承均合用, 在大型轴承中应用最广。

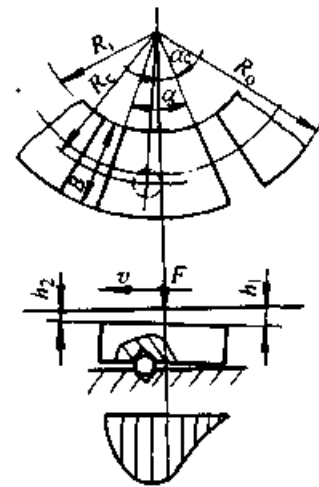


图 25.8-13 可倾瓦块止推轴承

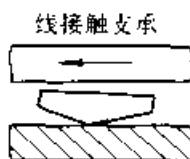


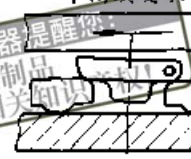



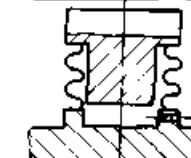
#### 5.1 可倾瓦块的支承方式

可倾瓦块的支承方式见表 25.8-5。

刚性支承中: 线接触和球接触支承, 结构简单, 制造、安装方便, 成本低; 螺柱支承结构较简单, 制造亦方便, 瓦块转动较灵活。半刚性托盘可均衡瓦块的力变形和热变形。转动螺柱可调整瓦高以调节瓦块载荷, 但较为麻烦; 平衡块支承应用较支梁杠杆原理自动平衡瓦块间的载荷分配, 安装较方便。因受平衡块惯性的限制, 只适用于低速、大型轴承。



表 25.8-5 可倾瓦块止推轴承支承方式

刚性支承	 <p>线接触支承</p>	 <p>球接触支承</p>	 <p>螺栓支承</p>	 <p>平衡块支承</p>
弹性支承	 <p>弹性垫支承</p>	 <p>弯曲弹性支承</p>	 <p>弹簧支承</p>	 <p>弹性油箱支承</p>
应用	小型轴承	小型、中型轴承	中型、大型轴承	大型轴承

弹性支承中：弹性垫支承结构最简单，安装方便、成本低。弹性垫的材料为耐油橡胶。调整斜度的能力较弱；弯曲弹性支承的弹性一般不大，故调整斜度的能力也不强；弹簧支承由一簇弹簧组成，对弹簧特性要求较高。弹簧便于大批量生产，成本不高；弹性油箱支承的各油箱用连通器连通，能自动均衡瓦块间的载荷分配，载荷不均匀度能控制在 3% 以下，长期运行稳定可靠。油箱制造复杂，费用较贵。

### 5.2 瓦块支承位置

线接触支承、单向旋转的轴承，使承载能力最大的支承位置和最佳间隙比见图 25.8-14。双向旋转的轴承支承只能取在瓦的中点。

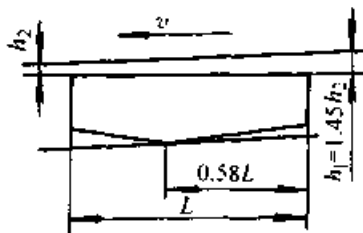


图 25.8-14 最佳支承位置和间隙比

### 5.3 瓦块尺寸的选取

首先确定宽长比，之后，轴承的承载能力就决定于瓦块数、转速和润滑油的黏度。对于中、小型轴承，若取  $B/L = 1$ ，当载荷、轴的直径给定之后，可以用图 25.8-15 选取瓦块数  $Z$  和瓦宽  $B$ 。然后用图 25.8-16 根据瓦块数和瓦宽选取轴瓦内径（内接圆直径） $D_i$ 。

轴瓦外径  $D_o = D_i + 2B$ ，瓦长  $L = B$ 。

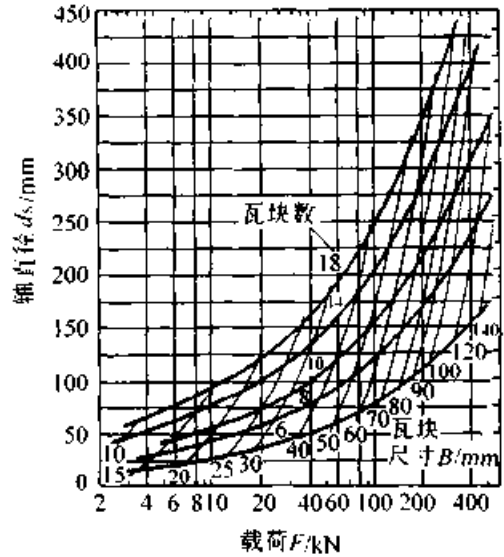


图 25.8-15 瓦块数  $Z$  和瓦宽  $B$  的初选

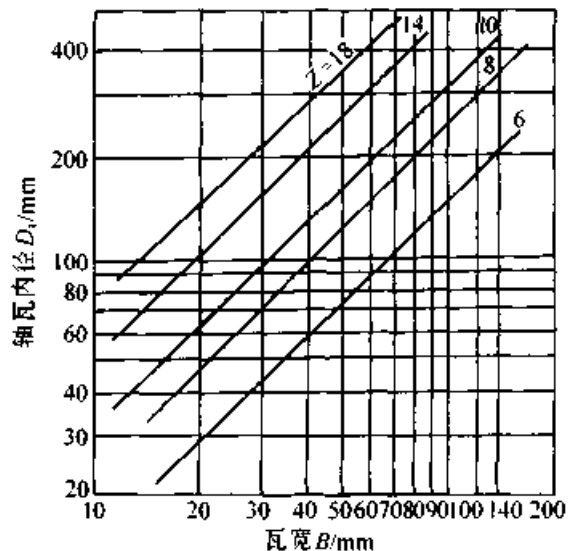


图 25.8-16 轴瓦内径的初选

为降低瓦温可以采取下列措施：适当增大瓦间距；改变瓦的形状，切去对承载能力贡献不大的瓦角，甚至采用圆形瓦；在瓦间设置冷却喷管；设置刮油板以刮去瓦上热油；在瓦内设冷却

盘管等。后几种方法主要用于大型止推轴承。

### 5.4 性能计算

性能计算公式见表 25.8-6。

表 25.8-6 可倾瓦止推轴承主要计算公式

浏览器提醒您：  
使用本资料时  
请尊重相关知识产权！

计算项目	最小油膜厚度	摩擦功耗	平均总流量	支点角度位置	支点径向位置
计算公式	$h_2 = \bar{h}_2 L (ZB\eta v / F)^{1/2}$	$P_\mu = \bar{P}_\mu (FZB\eta v^3)^{1/2}$	$q_m = \bar{q}_m Z h_2 B v$	$\alpha_c = \bar{\alpha}_c \alpha$	$R_c = (0.97 \sim 1.06) R_m$
说明	$\bar{h}_2$ —最小油膜厚度数，查图 25.8-17； $L$ —瓦长； $Z$ —瓦块数； $\eta$ —润滑油黏度； $v$ —平均线速度； $F$ —轴承总载荷； $\bar{P}_\mu$ —摩擦功耗数，查图 25.8-18； $\bar{q}_m$ —平均总流量数，查图 25.8-19； $\bar{\alpha}_c$ —角度位置因子，查图 25.8-20； $\alpha$ —轴瓦包角				

计算公式中的最小油膜厚度数  $\bar{h}_2$ 、摩擦功耗数  $\bar{P}_\mu$ 、平均总流量数  $\bar{q}_m$  和角度位置因子  $\bar{\alpha}_c$  与比值  $D_o/D_i$  有关，分别见图 25.8-17~25.8-20。

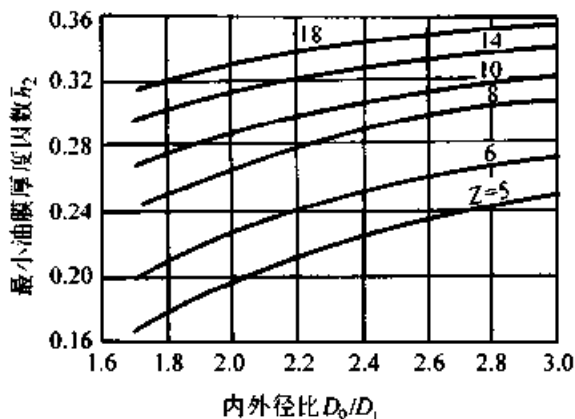


图 25.8-17 最小油膜厚度数  $\bar{h}_2$

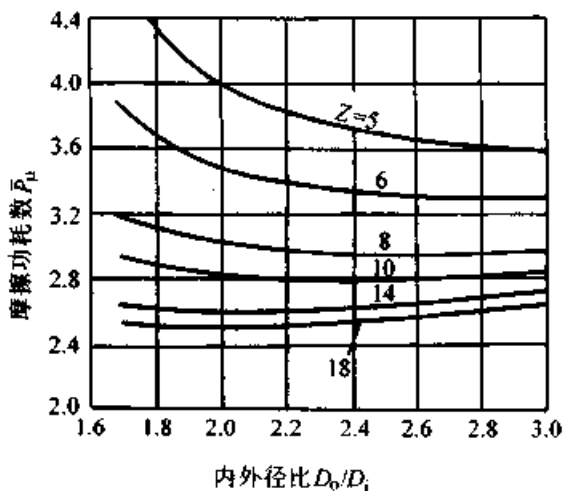


图 25.8-18 摩擦功耗数  $\bar{P}_\mu$

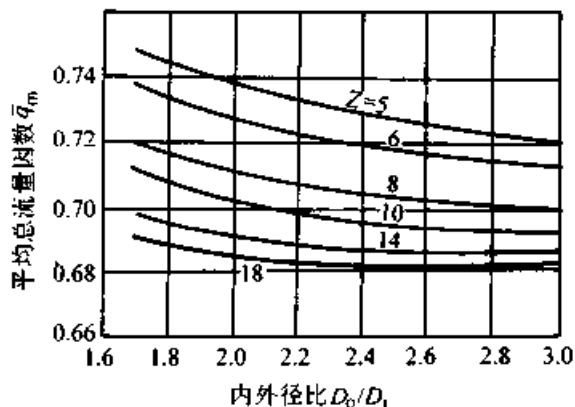


图 25.8-19 平均总流量数  $\bar{q}_m$

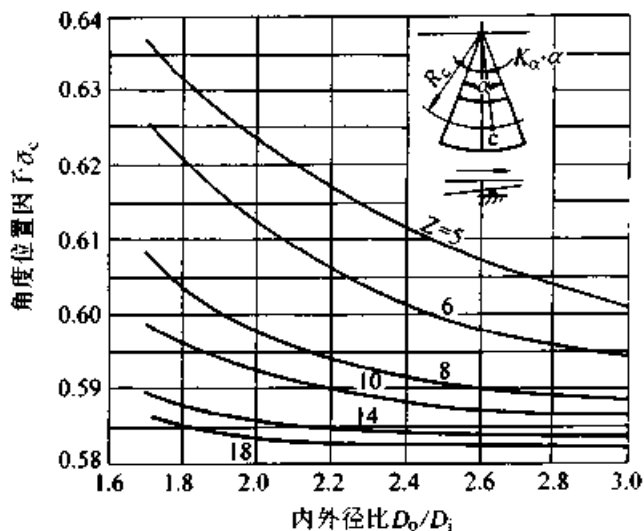


图 25.8-20 角度位置因子  $\bar{\alpha}_c$

例 设计一可倾瓦块止推轴承。已知：载荷  $F=210$  kN；轴径  $d=180$  mm；转速  $n=5$  r/s (300 r/min)。希望进瓦油温不低于  $35^\circ\text{C}$ ，出瓦油温不高于  $70^\circ\text{C}$ 。采用 L-FC 30 油、压力供油。计算结果见表 25.8-7。

表 25.8-7 可倾瓦块止推轴承性能计算及其结果

计算项目	计算公式及说明	计算结果
瓦块数	$Z$ 由图 25.8-15 选取	8
瓦宽	$B$ 由图 25.8-15 选取	0.090 m
轴瓦内径	$D_1$ 由图 25.8-16 选取	0.200 m
轴瓦外径	$D_o = D_1 + 2B = 0.200 + 2 \times 0.090$	0.380 m
平均直径	$D_m = (D_1 + D_o)/2 = (0.200 + 0.380)/2$	0.290 m
内外径比	$D_o/D_1 = 0.380/0.200$	1.90
瓦块平均周长	$L = B = 0.090$	0.090 mm
填充因子	$K_k = ZL/(\pi D_m) = 8 \times 0.090/(\pi \times 0.290)$	0.79 合适
平均圆周速度	$v = \pi n D_m = \pi \times 5 \times 0.290$	4.56 m/s
平均油温	初设 $\theta_m$	50 ℃
润滑油黏度	$\eta_{\theta m}$	0.028 Pa·s
轴瓦包角	$\alpha = 2L \times 180/(\pi D_m) = 2 \times 0.090 \times 180/(\pi \times 0.290)$	35.6°
最小油膜厚度数	$\bar{h}_2$ 查图 25.8-17	0.26
最小油膜厚度	$h_2 = \bar{h}_2 L (ZB\eta v/F)^{1/2} = 0.26 \times 0.090 (8 \times 0.090 \times 0.028 \times 4.56/210\,000)^{1/2}$	$15.5 \times 10^{-6}$ m 可行
摩擦功耗数	$\bar{P}_\mu$ 查图 25.8-18	3.08
摩擦功耗	$P_\mu = \bar{P}_\mu (FZB\eta v^3)^{1/2} = 3.08 (210\,000 \times 8 \times 0.090 \times 0.028 \times 4.56^3)^{1/2}$	1 950 W
平均总流量数	$\bar{q}_m$ 查图 25.8-19	0.714
平均总流量	$q_m = \bar{q}_m Z h_2 B v = 0.714 \times 8 \times 15.5 \times 10^{-6} \times 0.090 \times 4.56$	$36.3 \times 10^{-6}$ m <sup>3</sup> /s
润滑油温升	$\Delta\theta = P_\mu / (c_p \rho q_m) = 1\,950 / (1.7 \times 10^6 \times 36.3 \times 10^{-6})$	31.6 ℃
校核平均油温	$\theta_m = \theta_1 + \Delta\theta/2 = 35 + 31.6/2$	50.8 ℃ 与初设相符
校核出瓦油温	$\theta_o = \theta_1 + \Delta\theta = 35 + 31.6$	66.6 ℃ 满足要求
支承角度位置因子	$\bar{\alpha}_c$ 查图 25.8-20	0.60
支承角度	$\alpha_c = \bar{\alpha}_c \alpha = 0.60 \times 35.6$	21.4°
支承半径	$R_c = (0.97 \sim 1.06) D_m/2 = (0.97 \sim 1.06) 0.290/2$	0.141~0.154 m 取 0.150 m

超星阅读器提醒您  
使用本复制品  
请尊重知识产权!

## 第9章 液体静压轴承

静压轴承靠外部供给压力油建立承载油膜，该油膜将两个表面隔开。如果在载荷作用下，支承的两个表面互相接近时，润滑剂被迫流经较小的间隙，根据流量平衡原理，油腔压力必定增加，直至油腔及其周围封油面上的压力总和与载荷平衡。油膜阻碍间隙随载荷而变化的能力，取决于流量控制器的类型。

静压轴承在两表面相对静止的条件下，也能建立承载油膜，由于油腔较深，在高速时其摩擦功耗也低于动压轴承，故其适应工况范围极广。

### 1 静压轴承系统

静压支承系统由润滑（供油）装置和油垫组成。润滑装置由油箱、电动机、油泵、过滤器、溢流阀、安全阀、蓄能器、节流器等组成；油垫由油腔、封油面和配合表面等组成（图 25.9-1）。

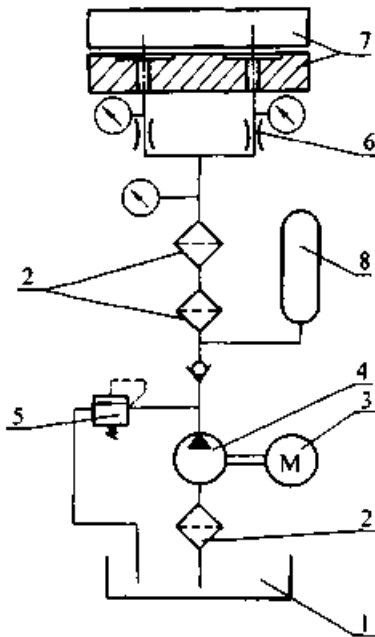


图 25.9-1 液体静压轴承的润滑装置

1—油箱 2—滤油器 3—电动机 4—油泵  
5—溢流阀 6—节流器 7—油垫 8—蓄能器

封油面、油腔和配合表面的组合称为油垫，它就是要润滑的表面。

润滑装置有恒压力和恒流量两种。图 25.9-1 是恒压力供油装置，通常用一个油泵、分别通过若干节流器，向若干油腔供油，由溢流阀调节供油

压力。恒流量供油装置可以用定量泵或定量阀，图 25.9-2 是用定量阀的恒流量供油装置，它无需节流器，直接向每一个油腔供给定量的润滑油。

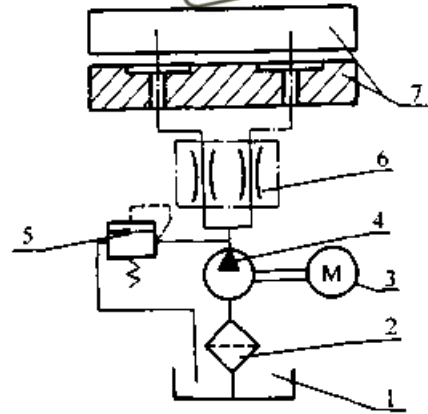


图 25.9-2 静压轴承恒流量润滑系统

1—油箱 2—过滤器 3—电动机 4—油泵  
5—安全阀 6—分流器 7—油垫

### 2 节流器及其流量

节流器是恒压力润滑装置中的流量控制器，所以它是装置中最重要的元件。节流器的安装位置应尽可能接近油垫。

#### 2.1 节流器的类型与特性

有节流尺寸不可调的固定节流器和节流尺寸能自动调节的可变节流器。各种节流器的节流尺寸和特性见表 25.9-1。

#### 2.2 节流器的流量计算

通过各种节流器的流量计算公式见表 25.9-2，因为是恒压力供油，故公式中的供油压力  $p$  是常量。

### 3 油垫及其流量

#### 3.1 油垫结构类型

油垫分单腔油垫和多腔油垫（表 25.9-3），一个单腔油垫没有抗偏心载荷的能力，而一个多腔油垫则可承受偏心载荷。

表 25.9-1 节流器分类

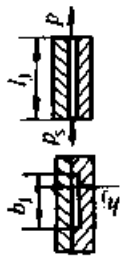
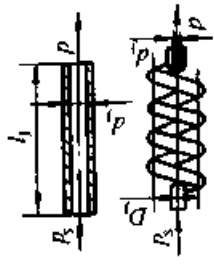
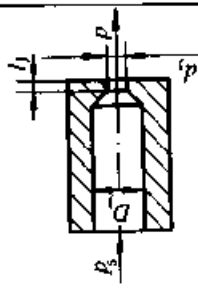
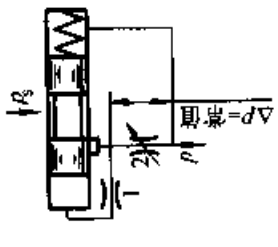
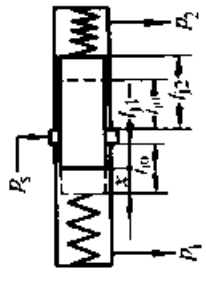
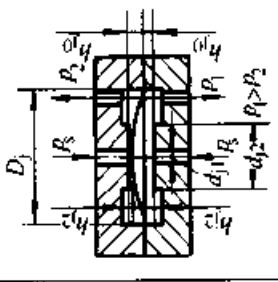
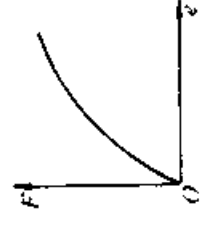
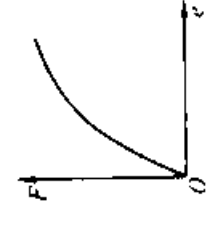
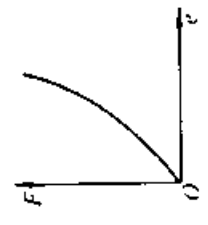
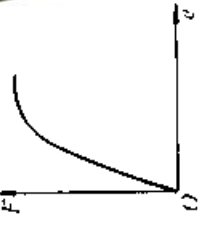

类型	缝式节流器	管式节流器	孔式节流器	定量泵、定量阀	滑阀节流器	薄膜节流器
示意图						
节流尺寸	为一狭长缝，节流尺寸为缝宽 $b_1$ 、缝高 $h_1$ 、缝长 $l_1$ 。缝隙可以直接做在轴瓦上	为一细长管，节流尺寸为管径 $d_1$ 和管长 $l_1$ 。可为直管或螺旋管，长度可以做成可调的	为一锐边小孔， $l_1 < 0.5d_1$ 。小孔节流时，节流尺寸为孔的面积（即 $d_1$ ）；环面节流时，节流尺寸为孔的周长（即 $d_1$ ）和间隙 $h$	$p$ —接油腔 1—稳定节流孔 2—工作节流孔	$p_1$ —受载油腔 $p_2$ —背载油腔	薄膜平直时，节流尺寸为间隙 $h_{10}$ 和节流长度 $(d_{11} - d_{12})/2$ 。受载后，薄膜因两侧压差而变形，节流间隙改变
特性	结构较简单。轴承性能稳定，不受油黏度变化的影响	占用空间小。流动状态为湍流，油黏度变化将影响轴承性能	结构较复杂，制造费用较高	流量与节流长度成反比，反馈灵敏度较高，结构较复杂，制造费用较高	流量与节流长度成反比，反馈灵敏度较高，结构较复杂，制造费用较高	流量与节流间隙的3次方成正比，反馈灵敏度较高，结构较复杂，制造费用较高
载荷位移曲线						

表 25.9-2 节流器流量  $q_j$  及节流器尺寸

节流器	流量公式	节流器尺寸
管式节流器	$q_1 = \bar{q}_1(\rho_s - \rho)/\eta$ $\bar{q}_1 = \pi d_j^4 / (128 l_j K_L)$	1. 避免堵塞, 应满足 $d_j \geq 0.55 \text{ mm}$ ; 2. 保证层流, 应满足 $l_j/d_j \geq 20$ ; 3. 非圆管时, $d_j = 4A_j/s$ , $A_j$ 为管的截面积, $s$ 为湿周长度; 4. $K_L$ 为螺旋形流阻修正因子, 其值见图 25.9-3, 直管取 $K_L = 1$
缝式节流器	$q_1 = \bar{q}_1(\rho_s - \rho)/\eta$ $\bar{q}_1 = b_j h_j^3 / (12 l_j)$	防止自堵塞, 应满足 $h_j \geq 0.02 \text{ mm}$
小孔节流器	$q_1 = \bar{q}_1[(\rho_s - \rho)/\rho]^{1/2}$ $\bar{q}_1 = \pi K d_j^3 / 8^{1/2}$	1. 避免堵塞, 应满足 $d_j \geq 0.45 \text{ mm}$ 2. $K$ 为流量修正因子, 通常取 $K = 0.6 \sim 0.7$ , 准确值见图 25.9-4
滑阀节流器	$q_1 = \bar{q}_1(\rho_s - \rho)/\eta \cdot t_{j0}/l$ $\bar{q}_1 = \pi d_j h_{j0}^3 / (12 l_{j0})$	1. 防止自堵塞, 应满足 $h_{j0} \geq 0.03 \text{ mm}$ ; 2. 避免卡住滑阀, 应满足 $l_{j0}/d_j \geq 1.0 \sim 1.5$ ; 3. 通常取 $d_j \geq 10 \sim 16 \text{ mm}$
薄膜节流器	$q_1 = \bar{q}_1(\rho_s - \rho)/\eta \cdot (h_1/h_{j0})^3$ $\bar{q}_1 = \pi h_j^3 / [6 \ln(d_{j2}/d_{j1})]$	1. 防止自堵塞, 应满足 $h_{j0} \geq 0.03 \text{ mm}$ ; 2. 保证足够节流长度, 应满足 $(d_{j2} - d_{j1})/2 \geq 3 \sim 4 \text{ mm}$ ; 3. 通常取 $D_j = 25 \sim 35 \text{ mm}$

注:  $\bar{q}_1$  为流量数; 脚标 0 表示设计 (原始) 状态。

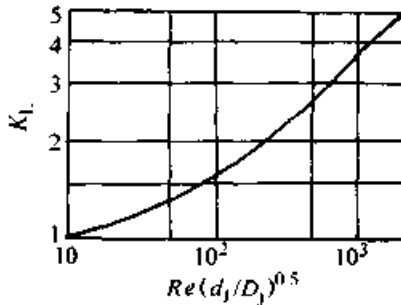


图 25.9-3 螺旋形管流阻修正因子  $D_j$ —螺旋线中径

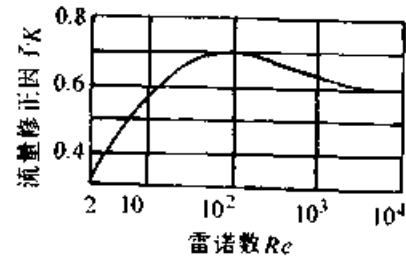


图 25.9-4 节流小孔流量修正因子

油垫还有平面油垫、柱面油垫、锥面油垫和球面油垫之分 (表 25.9-3), 止推轴承和导轨属平面油垫, 径向轴承属柱面油垫, 径向止推轴承属锥面和球面油垫。

表 25.9-3 油垫的结构类型

圆形单腔平面油垫	圆环形单腔平面油垫	圆环形多腔平面油垫	圆环形多腔平面油垫	矩形多腔平面油垫	
多腔锥面油垫	多腔(截)锥面油垫	多腔(半)球面油垫	多腔(整)球面油垫	单腔(半)柱面油垫	多腔(整)柱面油垫

由于布置方式不同，油垫分单向油垫和对向油垫（图 25.9-5）。对向油垫的承载能力是两个油垫之差，而刚度是两个油垫之和。

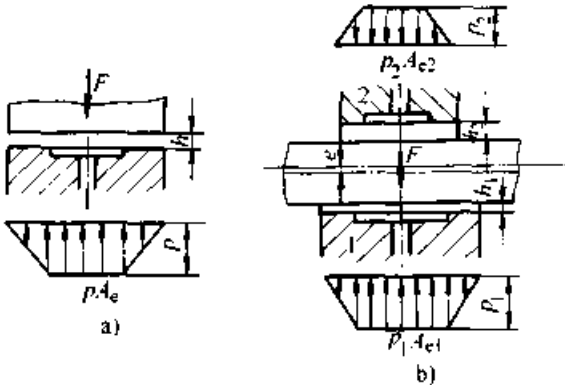


图 25.9-5 油垫的布置  
a) 单向油垫 b) 对向油垫

载荷指向油垫中心的是正置油垫，否则是偏置油垫（图 25.9-6）。

### 3.2 油垫的流量公式

参见图 25.9-6，偏位角为  $\phi_1$ ，位移为  $e$ ，油腔压力为  $p$  时，通过油垫的流量可用下式近似计算（偏心率愈小，误差也愈小）

$$q = \bar{q} p c^3 (1 - \Phi \epsilon)^3 / \eta$$

$$\Phi = [\sin \beta_m + (B - b)/D \times \cos \beta_m b/s] / [\beta_m + (B - b)/D \times b/s] |\cos \phi_1| \quad (25.9-1)$$

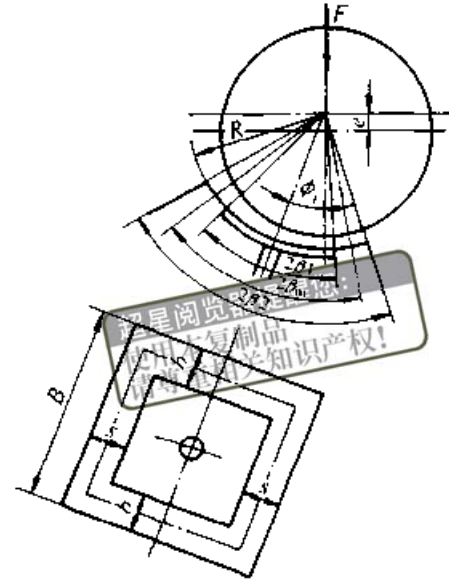


图 25.9-6 偏置柱面油垫

$$\epsilon = e/c$$

式中  $\bar{q}$  ——油垫流量数，与油垫形状和尺寸有关，计算公式见表 25.9-4；

$c$  ——径向轴承半径间隙（止推轴承设计间隙）；

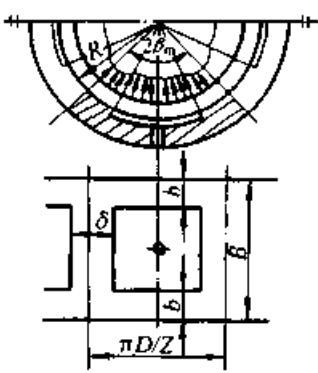
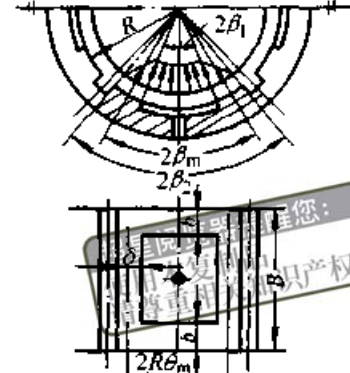
$\Phi$  ——油垫曲度因子，对平面油垫，因  $\beta_m = 0$ ， $\Phi = 1$ ；

$\epsilon$  ——偏心率；

$e$  ——径向轴承为偏心距，止推轴承为位移。

表 25.9-4 油垫流量数  $\bar{q}$  和有效承载面积  $A_e$

圆形单腔平面油垫	环形单（多）腔平面油垫	环形多垫平面油垫	矩形单腔平面油垫
$\bar{q} = \pi / (6 \ln \bar{D})$ , $\bar{D} = D_0 / D$ $A_e = \pi D_0^2 (\bar{D}^2 - 1) / (8 \bar{D}^2 \ln \bar{D})$	$\bar{q} = \pi (1 / \ln \bar{D}_0 + 1 / \ln \bar{D}_1) / 6$ $\bar{D}_1 = D_1 / D_0$ ; $\bar{D}_0 = D_0 / D_0$ $A_e = \pi [D_0^2 (\bar{D}_0^2 - 1) / (\bar{D}_0^2 \ln \bar{D}_0) - D_1^2 (\bar{D}_1^2 - 1) / (\ln \bar{D}_1)] / 8$	$\bar{q} = \pi [(a_1/2) (1 / \ln \bar{D}_0 + 1 / \ln \bar{D}_1) + (D_{0c} - D_{1c}) / (2s)] / 6$ $\bar{D}_1 = D_{1c} / D_0$ ; $\bar{D}_0 = D_0 / D_{0c}$ $A_e = a_2 Z [D_0^2 (\bar{D}_0^2 - 1) / (\bar{D}_0^2 \ln \bar{D}_0) - D_1^2 (\bar{D}_1^2 - 1) / (\ln \bar{D}_1)] / 16$	$\bar{q} = [(1 - \bar{b})/s + (1 - \bar{B}\bar{s}) / (\bar{B}\bar{b})] / 6$ $\bar{b} = b/B$ ; $\bar{s} = s/B$ ; $\bar{B} = B/L$ $A_e = B^2 (1 - \bar{b})(1 - \bar{B}\bar{s}) / \bar{B}$

多腔单垫柱面油垫	单腔多垫柱面油垫
	
$\bar{q}_0 = \pi / (6\bar{B}\bar{b}Z),$ $A_e = \bar{B}D^2(1 - \bar{b}) / \sin\beta_m, \bar{B} = B/D; \bar{b} = b/B; \bar{s} = s/B$ $\Gamma = (1 - \bar{b})\bar{B}\bar{b}Z / (\pi\bar{s}^2)$	$\bar{q}_0 = [\pi - Z\bar{B}(\bar{\delta} + \bar{s})](1 + \Gamma) / (6\bar{B}\bar{b}Z), \bar{B} = B/D;$ $A_e = \bar{B}D^2(1 - \bar{b}) / \sin\beta_m, \bar{b} = b/B; \bar{s} = s/B;$ $\Gamma = (1 - \bar{b})\bar{B}\bar{b}Z / \{[\pi - Z\bar{B}(\bar{\delta} + \bar{s})]\bar{s}\}, \bar{\delta} = \delta/B$

注: Z 为油腔数。

## 4 性能计算

### 4.1 承载能力

#### 4.1.1 油垫有效承载面积

单向油垫, 其油膜压力的合力即承载能力, 可以表示为

$$F = pA_e \quad (25.9-2)$$

式中  $A_e$  称为油垫的有效承载面积, 当把封油面上的压力降近似视为线性时,  $A_e$  的计算公式见表 25.9-4。对于柱面油垫,  $A_e$  为与载荷方向垂直的投影面积。

对向油垫的承载能力表示为(参见图 25.9-5)

$$F = F_1 - F_2 = p_1A_{e1} - p_2A_{e2} \quad (25.9-3)$$

#### 4.1.2 载荷数

油垫的承载能力常用量纲为 1 的载荷数  $\bar{F}$  的形式表示。止推轴承的载荷数表示为

$$\bar{F} = F / (p_s A_e) \quad (25.9-4)$$

式中  $p_s$  ——油垫的供油压力。

各种节流方式下平面油垫的载荷数见表 25.9-5、25.9-7、25.9-9。

径向轴承常用下式表示载荷数:

$$\bar{F} = F / (p_s BD) \text{ 或 } \bar{F} = F / [p_s (B - b) D] \quad (25.9-5)$$

### 4.2 油膜刚度

承载能力相对位移的变化率为油膜刚度, 即

$$k = dF/de$$

油膜刚度与节流器种类和尺寸有关。管式、缝式、孔式节流和恒流量供油的静压油垫(轴承), 其刚度始终为正值, 而反馈节流的静压油垫(轴承), 其刚度有可能出现负值, 或称负刚度。必须避免出现负刚度。

油膜刚度还随轴颈位移量而改变, 设计间隙(原始状态)下的油膜刚度为

$$k_0 = \bar{k}_0 p_s A_e / c \quad (25.9-6)$$

式中  $\bar{k}_0$  ——设计间隙下的刚度数, 各种节流方式静压轴承的  $\bar{k}_0$  值见表 25.9-10、25.9-12。

### 4.3 功耗

静压轴承的功耗包括摩擦功耗和泵功耗。

设计间隙下油垫上的摩擦力为

$$F_\mu = \eta v A_\mu / c \quad (25.9-7)$$

式中  $A_\mu$  ——摩擦面积: 低速时可取为封油面面积; 高速时可取为封油面面积加 0.20~0.25 倍油腔面积。

摩擦功耗的计算公式为

$$P_\mu = \eta v^2 A_\mu / c \quad (25.9-8)$$

泵功耗的计算公式为

$$P_p = p_s q \quad (25.9-9)$$

总功耗

$$P = P_\mu + P_p = (1 + G) P_p \quad (25.9-10)$$

式中  $G$  ——功耗比,  $G = P_\mu / P_p$



#### 4.4 温升

不计热传导、辐射散去的热量, 润滑油流经油垫一次后的温升为

$$\Delta\theta = (1+G)p_s/(c_p\rho) \quad (25.9-11)$$

若近似取油的比定压热容  $c_p = 2000 \text{ J}/(\text{kg}\cdot^\circ\text{C})$ , 油的密度  $\rho = 850 \text{ kg}/\text{m}^3$ , 则油的温升为

$$\Delta\theta = (1+G)p_s/(1.7 \times 10^6 \text{ Pa}/^\circ\text{C}) \quad (25.9-12)$$

润滑油工作温度

$$\theta = \theta_1 + (1+G)p_s/(c_p\rho)$$

式中  $\theta_1$  ——进油温度。

若控制进油温度为  $40^\circ\text{C}$ , 则工作温度不超过  $75^\circ\text{C}$  允许的功耗比为

$$G_p = (\theta - \theta_1)c_p\rho/p_s - 1 \approx 60 \text{ MPa}/p_s - 1$$

### 5 主要参数选择

#### 5.1 压力比 $\bar{p}$

压力比  $\bar{p}$  定义为

$$\bar{p} = p/p_s$$

式中  $p$  ——通过节流器后进入油腔时的压力。

设计间隙(原始状态)下的压力比为

$$\bar{p}_0 = p_0/p_s$$

它对静压轴承性能有很大影响, 是个极重要的参数。

可根据不同的要求, 例如: 最大承载能力、最大油膜刚度、最小位移、最小流量等, 选取最佳压力比。单向油垫(单向止推轴承)常从最小位移出发选取压力比; 对向油垫(双向止推轴承和径向轴承)常从最大刚度出发选取压力比。

为了简化计算公式, 引入压力比因子  $a$ , 其值为

$$a = (1 - \bar{p}_0)/\bar{p}_0 \quad (25.9-13)$$

#### 5.2 节流器节流尺寸计算

选定压力比后, 依据流量相等原则, 即可计算出需求的节流尺寸, 公式如下:

$$\text{管式节流 } l_j K_L/d_j = \pi a / (128\bar{q}) \cdot (d_j/c)^3$$

$$\text{缝式节流 } l_j/b_j = a / (12\bar{q}) \cdot (h_j/c)^3$$

$$\text{小孔节流 } d_j = \{2.83c^3\bar{q}/(\pi K\eta) \cdot [\rho p_s / (a(a+1))]\}^{1/2} \cdot 1/2$$

$$\text{滑阀反馈节流 } h_p = c [12l_{j0}\bar{q}/(\pi a d_1)]^{1/3}$$

$$\text{薄膜反馈节流 } h_p = c [6\ln(d_{j2}/d_{j1})\bar{q}/(\pi a)]^{1/3}$$

#### 5.3 润滑油黏度

选定预期的工作温度后, 可按下式选择润滑

油黏度

$$\eta \leq p_s c^2 / v \cdot (G_p \eta / 1.4)^{1/2} \quad (25.9-14)$$

若计算出来的黏度过低, 首先考虑适当减小封油面宽度, 其次考虑适当增大设计间隙

#### 5.4 设计间隙

设计间隙可由油膜厚度最小值与最大位移率决定:

$$c = h_{\min} / (1 - \epsilon_{\max})$$

$h_{\min}$  取决于轴承尺寸、形状偏差、表面粗糙度及偏斜量等因素, 建议取下列各值中的大者:

$$h_{\min} \geq 25L^{1/4} \quad [L \text{ 为油垫长度 (m)}] \quad (\mu\text{m});$$

$$h_{\min} \geq 3 \times \text{几何形状偏差};$$

$$h_{\min} \geq 40Ra;$$

$$h_{\min} \geq 2 \times \text{预计偏斜量}.$$

功耗比  $G = 3$  时总功耗最小, 依此, 设计间隙由下式计算

$$c = \{ \eta^2 v^2 A_p / (3p_s^2 \bar{q} \bar{p}_0) \}^{1/4} \quad (25.9-15)$$

径向轴承的半径间隙也可参考下列数值选取:

$$D \leq 50 \text{ mm}, \quad c = (0.30 \sim 0.50) \times 10^{-3} D$$

$$50 < D \leq 100 \text{ mm}, \quad c = (0.25 \sim 0.40) \times 10^{-3} D$$

$$100 < D \leq 200 \text{ mm}, \quad c = (0.20 \sim 0.35) \times 10^{-3} D$$

#### 5.5 供油压力

满足刚度要求的供油压力为

$$p_s \geq kc / (\bar{k}A_e) \quad (25.9-16)$$

若无刚度要求, 可按承载能力选择供油压力, 这时

$$p_s \geq F / (\bar{F}A_e) \quad (25.9-17)$$

在此前提下不宜选用过高的供油压力, 以免增大功耗和温升。

#### 5.6 宽径(长宽)比

径向轴承, 宽径比  $\bar{B} = B/D = 0.5 \sim 1.5$ , 通常取  $\bar{B} = 1$ 。

圆环形止推轴承(油垫), 长宽比为圆环中径弧长  $L$  与宽度  $B$  之比(图 25.9-7), 即  $\bar{L} = L/B$ , 常取作  $1 \sim 2$ 。

#### 5.7 封油面宽度

同样尺寸的油垫, 封油面宽度减小, 有效承

载面积增大，摩擦功耗减少，流量增多，温升下降，但泵功耗增加。

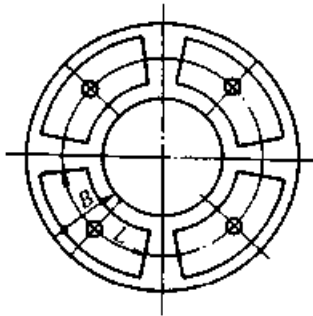


图 25.9-7 圆环形平面油垫（止推轴承）  
速度较低的油垫按泵功耗最小原则，圆形平

面油垫取  $b = D/4$ ；矩形油垫取  $b = B/4, s = L/4$ 。径向轴承的封油面宽度也可按此比例选取。

速度较高的油垫，为了减少摩擦功耗，宜取较小的封油面宽度，最小封油面宽度可取为  $b = B/10$ ，甚至小至  $100c$ 。

## 6 单向止推轴承（单向平面油垫）

### 6.1 管式、缝式和小孔节流单向止推轴承（单向平面油垫）

管式、缝式和小孔节流单向止推轴承的压力比  $\bar{p}_0$ 、载荷数  $\bar{F}$  和刚度数  $\bar{k}$  的计算公式和轴承性能曲线分别见表 25.9-5 和图 25.9-8、25.9-9。

表 25.9-5 管式、缝式和小孔节流单向止推轴承的性能计算公式

计算项目	管式和缝式节流	小孔节流
压力比	$\bar{p} = p/p_s = 1/[1 + a(1 - \epsilon)^3]$	$\bar{p} = p/p_s = 1/[1 + [1 + 4a(a + 1)(1 - \epsilon)^3]^{1/2}]$
载荷数	$\bar{F} = F/(p_s A_c) = \bar{p}$	$\bar{F} = F/(p_s A_c) = \bar{p}$
刚度数	$\bar{k} = 3a(1 - \epsilon)^2/[1 + a(1 - \epsilon)^3]^2$	$\bar{k} = 24a(a + 1)(1 - \epsilon)^5/[1 + [1 + 4a(a + 1)(1 - \epsilon)^3]^{1/2}]^2 \times 1/[1 + 4a(a + 1)(1 - \epsilon)^6]^{1/2}$

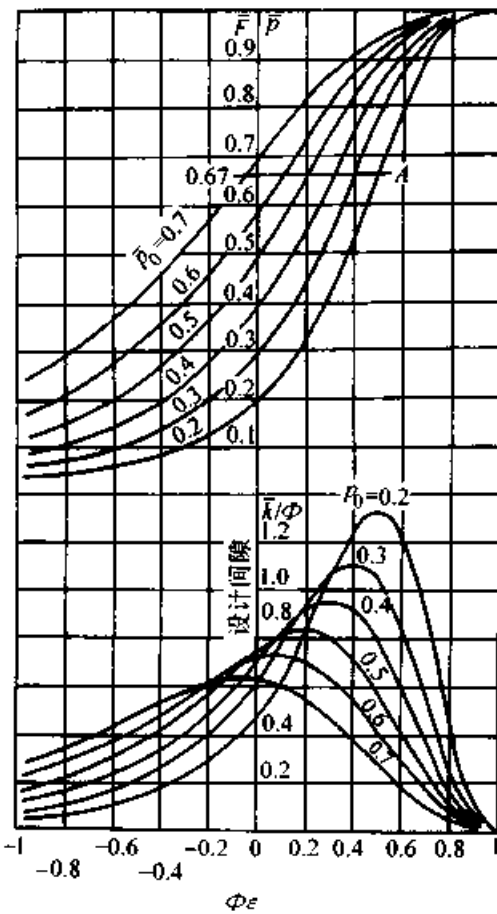


图 25.9-8 管和缝式节流单向油垫性能曲线

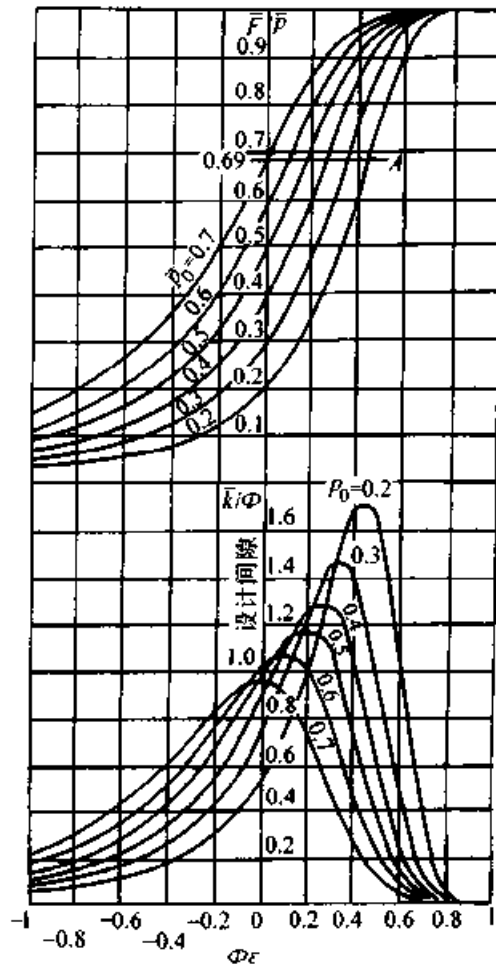


图 25.9-9 小孔节流单向油垫性能曲线

由图可见：无论压力比是多少，刚度最大时的载荷数  $\bar{F}$ ，管式和缝式节流是 0.67，小孔节流是 0.69；刚度最大的设计间隙压力比  $\bar{p}_0$ ，管式和缝式节流是 0.5，小孔节流是 0.6。

压力比的常用范围是 0.4~0.7。载荷变化大而又要求位移较小的场合，可取较小的压力比（如 0.2），流量亦可相应减小。

例 1 设计一管式节流单向止推轴承（环形单腔平面油垫）。已知：最大载荷  $F_{\max} = 20 \text{ kN}$ ，最小载荷  $F_{\min} = 5 \text{ kN}$ ；油垫尺寸  $D_o = 300 \text{ mm}$ ， $D_i = 115 \text{ mm}$ ， $D_{oc} = 240 \text{ mm}$ ， $D_{ic} = 175 \text{ mm}$ ；平均线速度  $v = 0.6 \text{ m/s}$ 。要求位移率  $\epsilon \leq 0.4$ ，最大位移  $e_{\max} \leq 0.025 \text{ mm}$ 。

计算步骤和计算结果见表 25.9-6。

表 25.9-6 管式节流单向平面油垫性能计算

计算项目	计算公式及说明	计算结果
压力比	根据要求 $\epsilon \leq 0.4$ 及较高的刚度，由图 25.9-8 选 $\bar{p}_0$	0.2
载荷数	由图 25.9-8，根据 $\epsilon = 0.4$ ； $\bar{p}_0 = 0.2$ ，取 $\bar{F}_{\max}$	0.54
油垫尺寸	$\bar{D}_i = D_{ic}/D_i = 0.175/0.115$ ； $\bar{D}_o = D_o/D_{oc} = 0.30/0.24$	1.52；1.25
有效面积	$A_e = \pi[D_o^2(\bar{D}_o^2 - 1)/(\bar{D}_o \ln \bar{D}_o) - D_i^2(\bar{D}_i^2 - 1)/(\ln \bar{D}_i)]/8 =$ $\pi[0.3^2(1.25^2 - 1)/(1.25 \times \ln 1.25) - 0.115^2(1.52^2 - 1)/(\ln 1.52)]/8$	0.055 $\text{m}^2$
供油压力	$p_s = F/(\bar{F}_{\max} A_e) = 20\,000/(0.54 \times 0.055) = 0.67$ ，取 $p_s$	0.8 MPa
载荷因数	$\bar{F}_{\min} = F_{\min}/(p_s A_e) = 5\,000/(800\,000 \times 0.055)$ $\bar{F}_{\max} = F_{\max}/(p_s A_e) = 20\,000/(800\,000 \times 0.055)$	0.11 0.45
位移率	由图 25.9-8 查出： $\epsilon_{\max}$ 、 $\epsilon_{\min}$	0.30、-0.24
表面粗糙度	取 $Ra$	0.4 $\mu\text{m}$
最小油膜厚度	$h_{\min} \geq 40Ra \geq (40 \times 0.4) \geq 16 \mu\text{m}$ ，取 $h_{\min}$	20 $\mu\text{m}$
设计间隙	$c \geq h_{\min}/(1 - \epsilon_{\max}) \geq 20/(1 - 0.30) \geq 28.6$ ，取 $c$	30 $\mu\text{m}$
最大位移	$e_{\max} = (\epsilon_{\max} - \epsilon_{\min})c = [0.30 - (-0.24)] \times 30$	16.2 $\mu\text{m}$ ，< 25 $\mu\text{m}$
刚度数	由图 25.9-8 查出： $\bar{k}_{\max}$ $\bar{k}_{\min}$	1.12 0.24
流量数	$\bar{q} = \pi(1/\ln \bar{D}_o + 1/\ln \bar{D}_i)/6 = \pi(1/\ln 1.25 + 1/\ln 1.52)/6$	3.6
摩擦面积	$A_\mu = \pi(D_o^2 + D_i^2 - D_{oc}^2 - D_{ic}^2)/4 = \pi(0.3^2 + 0.115^2 - 0.24^2 - 0.175^2)/4$	0.039 $\text{m}^2$
预选功耗比	$G \leq 60/p_s - 1 = 60/0.8 - 1 = 74$ ，取 $G$	4
润滑油计算黏度	$\eta \leq p_s c^2 / v \cdot (G \bar{p}_0 \bar{q} / A_\mu)^{1/2} \leq 80\,000 \times (30 \times 10^{-6})^2 / 0.6 \times$ $(4 \times 0.2 \times 3.6 / 0.039)^{1/2}$	0.010 3 Pa·s
润滑油牌号	选用	L-FC 15
润滑油实际黏度	查润滑油性能， $\eta_{40}$	0.012 8 Pa·s
油腔压力	$p_0 = \bar{p}_0 p_s = 0.2 \times 0.8$	0.16 MPa
设计间隙流量	$q_0 = \bar{q} p_0 c^3 / \eta = 3.6 \times 0.16 \times 10^6 \times (30 \times 10^{-6})^3 / 0.012 8$	$1.22 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s}$

续表 25.9-6

计算项目	计算公式及说明	计算结果
泵功耗	$P_p = p_s q_a = 0.8 \times 10^6 \times 1.22 \times 10^{-6}$	0.97 W
摩擦功耗	$P_f = \eta \omega^2 A_s / c = 0.0128 \times 0.6^2 \times 0.039 / 30 \times 10^{-6}$	5.99 W
实际功耗比	$G = P_f / P_p = 5.99 / 0.97$	6.18
润滑油温升	$\Delta\theta = (1 + G) p_s / (c_p \rho) = (1 + 6.18) \times 0.8 \times 10^6 / 1.7 \times 10^6$	3.4 °C
压力比因子	$a = (1 - \bar{p}_0) / \bar{p}_0 = (1 - 0.2) / 0.2$	4
节流管直径	采用针管, 按标准取 $d_j$	0.56 mm
节流管长径比	$l_j K_L / d_j = \pi a / (128 \bar{q}) \cdot (d_j / c)^3 = \pi \times 4 / (128 \times 3.6) \cdot (0.56 \times 10^{-3} / 30 \times 10^{-6})^3$	177.4; > 20
针管长度	$l_j = (l_j / d_j) d_j / K_L = 177.4 \times 0.56 / 1$	100 mm
雷诺数	$Re = 4 q_{01} \rho / (\pi d_j \eta) = 4 \times 1.22 \times 10^{-6} \times 850 / (\pi \times 0.56 \times 10^{-3} \times 0.0128)$	184; < 2000, 层流

超星浏览器提醒您:  
使用本复制品  
请尊重相关知识产权!

### 6.2 定量泵、定量阀单向止推轴承

由于流量为常量, 根据流量公式可知: 当间隙(油膜厚度)减小 20%, 油腔压力将增大 95%。因此, 这种止推轴承具有很高的承载能力和刚度。

定量泵、定量阀单向油垫(止推轴承)的性能计算公式见表 25.9-7, 性能曲线见图 25.9-10。

表 25.9-7 定量泵、定量阀单向油垫的性能计算公式

计算项目	定量阀	定量泵
压力比	$\bar{p} = p / p_s = p_0 / (1 - \epsilon)^3$	$\bar{p} = p / p_0 = 1 / (1 - \epsilon)^3$
载荷数	$\bar{F} = F / (p_s A_c) = \bar{p}$	$\bar{F} = F / (p_0 A_c) = \bar{P}$
刚度数	$\bar{k} = 3 \bar{p}_0 / (1 - \epsilon)^4$	$\bar{k} = 3 / (1 - \epsilon)^4$

采用定量泵时, 供油压力等于油腔压力。

### 6.3 薄膜单向反馈节流单向止推轴承

薄膜单向反馈节流器有无弹簧式和有弹簧式两种, 见图 25.9-11。薄膜通常为平的圆形薄片, 四周固定在阀体上, 与直径为  $d_2$  的圆台平面有  $c_{12}$  的间隙, 称该间隙为安装间隙。油通过直径为  $d_{j1}$  的孔泵入间隙  $c_{j1}$ , 节流后从圆台外侧环形腔的孔道, 流入油垫。

也可以由环形腔的孔道泵入油, 从直径为  $d_{j1}$  的孔流入油垫。

在油压作用下膜片变形, 若膜片中心变形量为  $\delta$ , 定义膜片刚度为

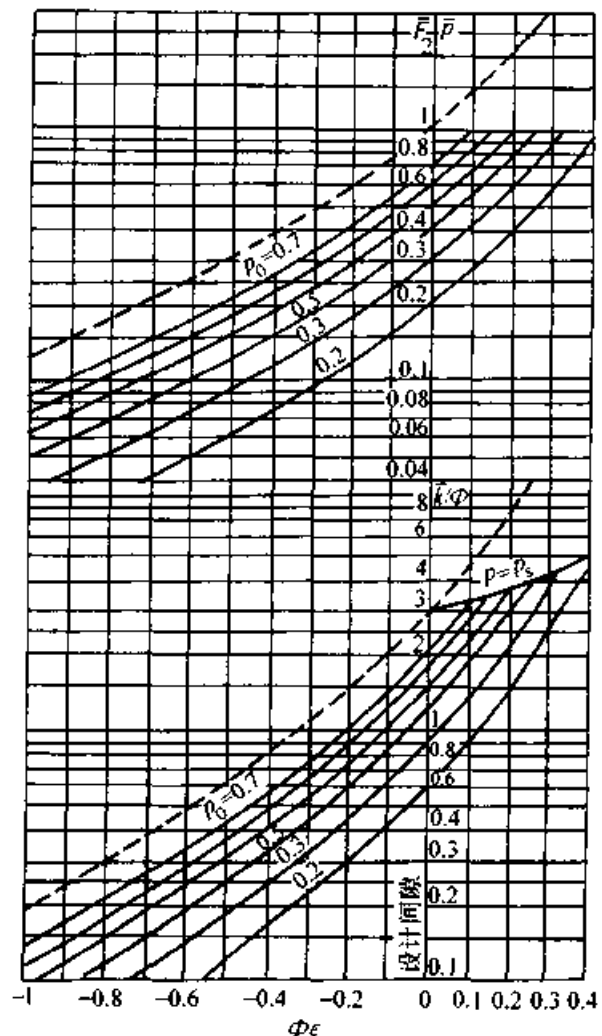


图 25.9-10 定量供油单向油垫性能曲线  
——定量阀单向油垫    --- 定量泵单向油垫

$$k_j = \pi D_j p / (4\delta) \quad (25.9-18)$$

薄膜单向反馈节流单向止推轴承的载荷-位移关系是

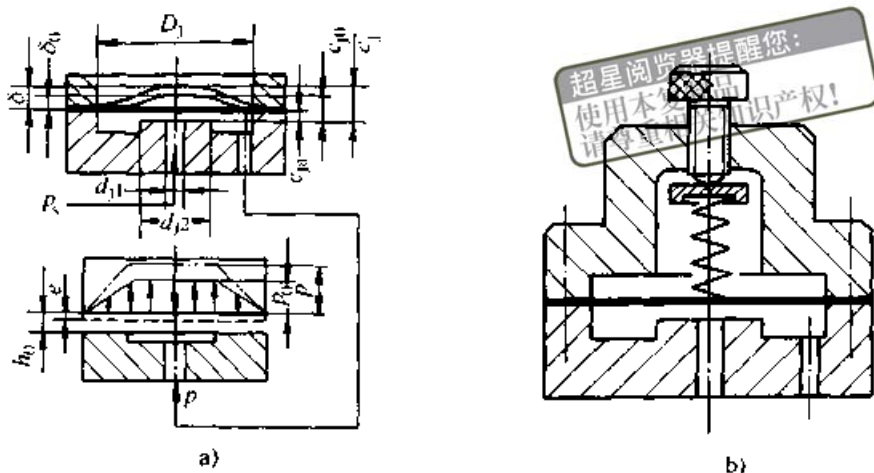


图 25.9-11 薄膜单向反馈节流器

a) 无弹簧式 b) 有弹簧式

$$\epsilon = 1 - [1 + (\bar{p} - \bar{p}_0) K_C] [(1 - \bar{p}) / (1 - \bar{p}_0) \cdot \bar{p}_0 / \bar{p}]^{1/3}$$

$$K_C = \pi \rho_s D_1^2 / (4 k_1 c_{j0}) \quad (25.9-19)$$

式中  $K_C$  —— 节流器控制因子，它与膜片的刚度有关；

$c_{j0}$  —— 薄膜单向反馈节流器的设计间隙；

有弹簧式薄膜节流器调节弹簧力的大小可以改变节流器控制因子  $K_C$  和膜片安装间隙  $c_{j0}$ 。

在不同压力比  $\bar{p}_0$  和节流器控制因子  $K_C$  下，油垫的性能曲线见图 25.9-12。

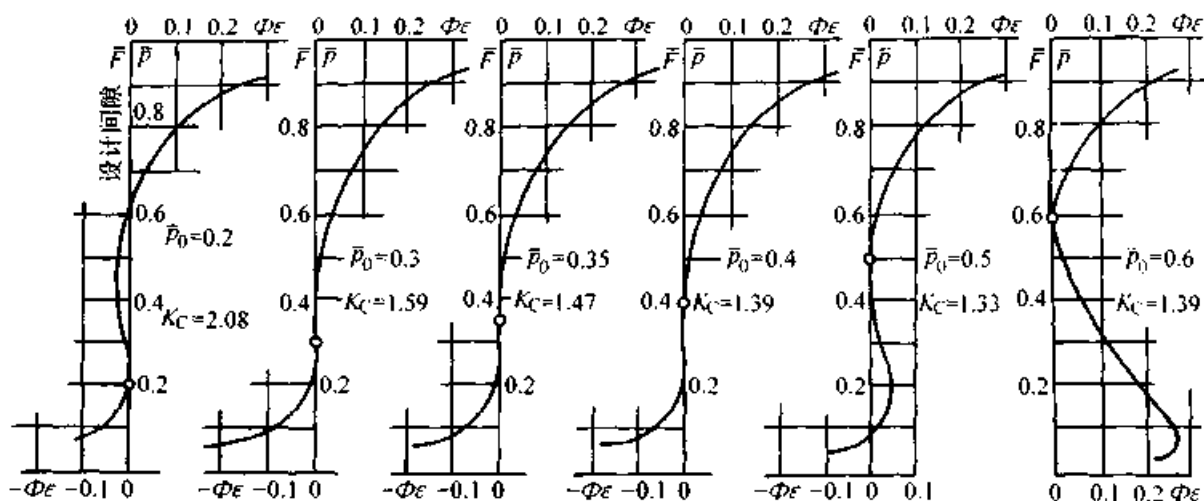


图 25.9-12 薄膜单向反馈节流单向油垫性能曲线

$K_C$  值满足

$$K_C = 1 / [3 \bar{p}_0 (1 - \bar{p}_0)] \quad (25.9-20)$$

时，在  $\epsilon = 0$ （设计间隙）下的刚度为无穷大；当  $\bar{p}_0 = 0.4$ 、 $K_C = 1.39$ ，在载荷数  $\bar{F}$  变化范围为 0.2~0.5 时，轴颈位移量最小；为避免出现较大负刚度， $\bar{p}_0$  最好小于 0.5。

例 2 设计一薄膜单向反馈节流单向止推轴

承，油垫形状为环形单腔油垫。已知：最大载荷  $F_{max} = 20 \text{ kN}$ 、最小载荷  $F_{min} = 5 \text{ kN}$ ；油垫尺寸  $D_o = 300 \text{ mm}$ 、 $D_i = 115 \text{ mm}$ 、 $D_{oc} = 240 \text{ mm}$ 、 $D_{ic} = 175 \text{ mm}$ ；滑动速度  $v = 0.6 \text{ m/s}$ 。要求位移率  $\epsilon \leq 0.05$ 。

计算步骤和计算结果见表 25.9.8。

表 25.9-8 薄膜单向反馈单向矩形平面油基性能计算

计算项目	计算公式及说明	计算结果
压力比	$\bar{p}_0$ 选取	0.4
节流器控制因子	$K_c = 1/[3\bar{p}_0(1-\bar{p}_0)] = 1/[3 \times 0.4(1-0.4)]$	1.39
最大载荷	$F_{max}$ 已知	20 kN
最小载荷	$F_{min}$ 已知	5 kN
有效面积	$A_c = \pi[D_o^2(\bar{D}_o^2 - 1)/(\bar{D}_o \ln \bar{D}_o) - D_i^2(\bar{D}_i^2 - 1)/(\ln \bar{D}_i)]/8 =$ $\pi[0.3^2(1.25^2 - 1)/(1.25 \times \ln 1.25) - 0.115^2(1.52^2 - 1)/(\ln 1.52)]/8 =$	0.055 m <sup>2</sup>
摩擦面积	$A_\mu = \pi(D_o^2 + D_i^2 - D_o^2 - D_i^2)/4 = \pi(0.3^2 + 0.175^2 - 0.115^2 - 0.24^2)/4$	0.039 m <sup>2</sup>
油垫流量数	$\bar{q} = \pi(1/\ln \bar{D}_o + 1/\ln \bar{D}_i)/6 = \pi(1/\ln 1.25 + 1/\ln 1.52)/6$	3.6
最小油膜厚度	$h \geq 40Ra \geq (40 \times 0.4) \geq 16 \mu\text{m}$ , 取 $h$ 根据 $\epsilon_{max} = 0.05$ ; $\bar{p}_0 = 0.4$ ; $K_c = 1.39$ , 查图 25.9-12,	20 $\mu\text{m}$
最大载荷数	$\bar{F}_{max}$	0.67
供油压力	$p_s = F_{max}/(\bar{F}_{max} A_c) = 20\,000/(0.67 \times 0.055) = 0.54 \times 10^6$ , 取 $p_s$	0.6 MPa
设计间隙	$c \geq h(1 - \epsilon_{max}) \geq 20/(1 - 0.05) \geq 21.05$ , 取 $c$	22 $\mu\text{m}$
初选功耗比	按最小功耗原则, 选 $G$	3
润滑油黏度	$\eta \approx p_s c^2 / v \cdot (G \bar{p}_0 \bar{q} / A_\mu)^{1/2} \approx 0.60 \times 10^6 \times (22 \times 10^{-6})^2 / 0.6 \times (3 \times 0.4 \times 3.6 / 0.039)^{1/2}$	0.005 1 Pa·s
润滑油牌号	选	L-FC 7
润滑油实际黏度	查润滑油性能, $\eta_{40}$	0.005 8 Pa·s
油腔压力	$p_0 = \bar{p}_0 p_s = 0.4 \times 0.60 \times 10^6$	$0.24 \times 10^6$ Pa
设计间隙流量	$q_0 = \bar{q} p_s c^3 / \eta = 3.6 \times 0.24 \times 10^6 \times (22 \times 10^{-6})^3 / 0.005 8$	$1.59 \times 10^{-6}$ m <sup>3</sup> /s
泵功耗	$P_p = p_s q_0 = 0.60 \times 10^6 \times 1.59 \times 10^{-6}$	0.95 W
摩擦功耗	$P_\mu = A_\mu \eta v^2 / c = 0.039 \times 0.005 8 \times 0.6^2 / 22 \times 10^{-6}$	3.70 W
实际功耗比	$G = P_\mu / P_p = 3.70 / 0.95$	3.9
油垫温升	$\Delta\theta = (1 + G) p_s / (c_p \rho) = (1 + 3.9) \times 0.6 \times 10^6 / 1.7 \times 10^6$	1.7 $^\circ\text{C}$
节流器尺寸	$D_1$ , 选取 $d_{j1}$ , 选取 $d_{j2}$ , 选取 $A_j = \pi D_j^2 / 4 = \pi \times (35 \times 10^{-3})^2 / 4$	35 mm 3 mm 10 mm $0.96 \times 10^{-3}$ m <sup>2</sup>
压力比因子	$a = (1 - \bar{p}_0) / \bar{p}_0 = (1 - 0.4) / 0.4$	1.5
节流器设计间隙	$c_{j0} = c[6 \ln(d_{j2}/d_{j1}) \bar{q} / (\pi a)]^{1/3} = 22 \times 10^{-6} [6 \times \ln(10/3) \times 3.6 / (1.5\pi)]^{1/3}$	$39 \times 10^{-6}$ m
膜片刚度	$k_j = p_s A_j / (K_c c_{j0}) = 0.60 \times 10^6 \times 0.96 \times 10^{-3} / (1.39 \times 39 \times 10^{-6})$	$10.63 \times 10^6$ N/m
膜片厚度	$t = 0.24 [k_j D_j^2 / E]^{1/3} = 0.24 [10.63 \times 10^6 \times (35 \times 10^{-3})^2 / 2.1 \times 10^{11}]^{1/3}$	$0.95 \times 10^{-3}$ m
安装间隙	$c_{j0} = c_{j0} - (p_0 A_j / k_j) = 39 \times 10^{-6} - (0.24 \times 10^6 \times 0.96 \times 10^{-3} / 10.63 \times 10^6)$	$17.3 \times 10^{-6}$ m

超星浏览器提醒您：  
使用本复制品  
请尊重相关知识产权！

7 双向止推轴承（对向平面油垫）

双向止推轴承是两个单向止推轴承的组合，其承载能力是两个单向止推轴承承载能力之差，而刚度和流量分别是两个单向止推轴承刚度和流量之和。

7.1 缝式、管式和小孔节流双向止推轴承（对向等平面油垫）

形状、尺寸、供油压力和压力比均相同的单向止推轴承组成的双向止推轴承（对向等平面油垫），利用缝式、管式和小孔节流时，其载荷数和刚度数的计算公式见表 25.9-9 和图 25.9-13~25.9-16。

表 25.9-9 缝式、管式和小孔节流  $\gamma = 0$  对向等平面油垫性能计算公式

管式和缝式节流	$\bar{F} = F / (p_s A_s) = 1 / [1 + a(1 - \epsilon)^3] - 1 / [1 + a(1 + \epsilon)^3]$ $\bar{k} = kc / (p_s A_s) = 3a(1 - \epsilon)^2 / [1 + a(1 - \epsilon)^3]^2 + 3a(1 + \epsilon)^2 / [1 + a(1 + \epsilon)^3]^2$
小孔节流	$F = F / (p_s A_s) = 2 / [1 + [1 + 4a(a + 1)(1 - \epsilon)^6]^{1/2}] - 2 / [1 + [1 + 4a(a + 1)(1 + \epsilon)^6]^{1/2}]$ $\bar{k} = kc / (p_s A_s) = 24a(a + 1)(1 - \epsilon)^5 / \{ [1 + [1 + 4a(a + 1)(1 - \epsilon)^6]^{1/2}]^2 [1 + 4a(a + 1)(1 - \epsilon)^6]^{1/2} \} + 24a(a + 1)(1 + \epsilon)^5 / \{ [1 + [1 + 4a(a + 1)(1 + \epsilon)^6]^{1/2}]^2 [1 + 4a(a + 1)(1 + \epsilon)^6]^{1/2} \}$

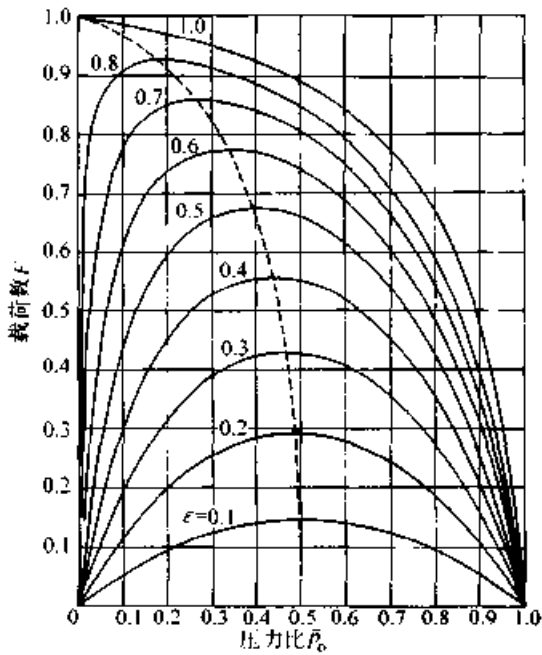


图 25.9-13 缝式和管式节流双向止推轴承 (对向等平面油垫) 的载荷数曲线

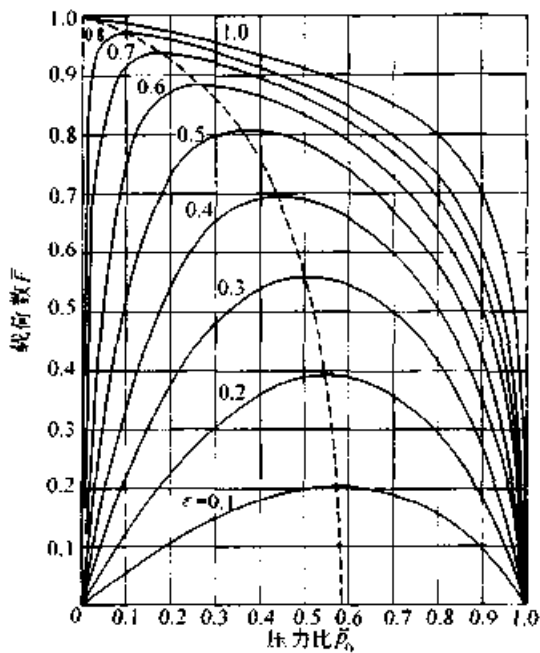


图 25.9-14 小孔节流双向止推轴承 (对向等平面油垫) 载荷数曲线

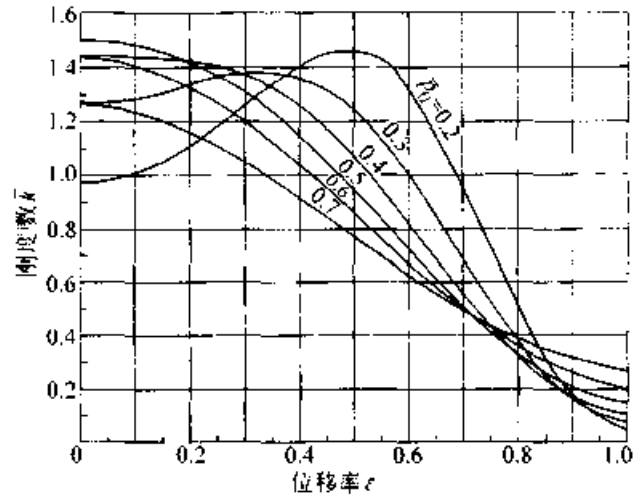


图 25.9-15 缝式和管式节流双向止推轴承 (对向等平面油垫) 刚度数曲线

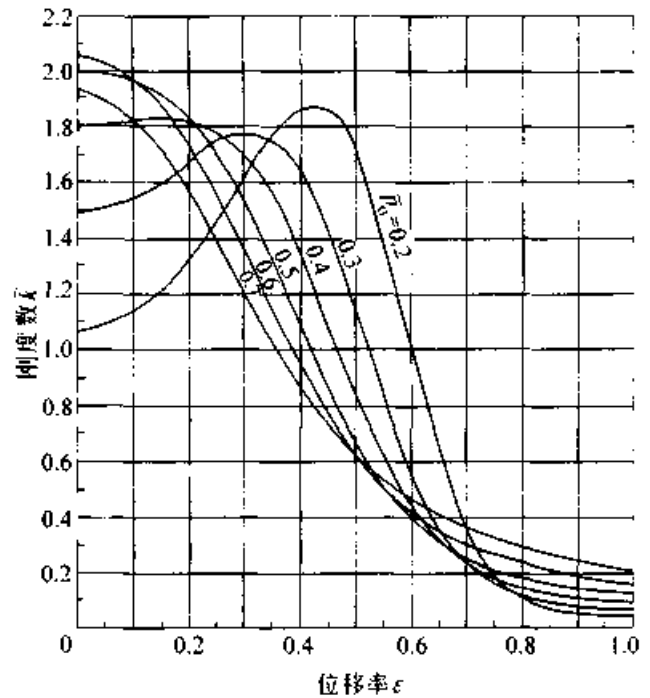


图 25.9-16 小孔节流双向止推轴承 (对向等平面油垫) 刚度数曲线

7.2 滑阀反馈节流、薄膜反馈节流双向止推轴承（对向等平面油垫）

滑阀反馈节流和薄膜反馈节流双向止推轴承

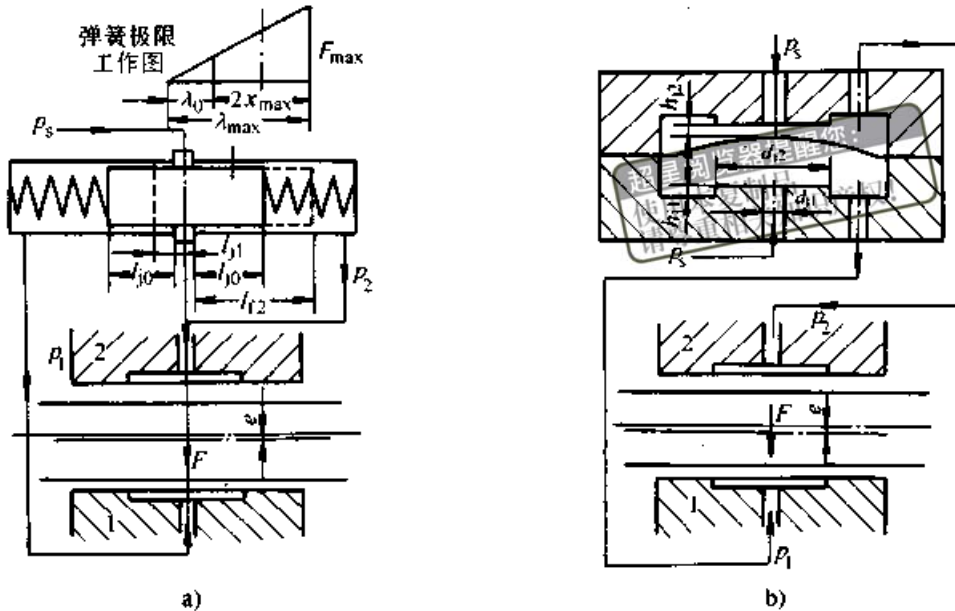


图 25.9-17 滑阀、薄膜反馈节流对向等平面油垫  
a) 滑阀反馈节流 b) 薄膜反馈节流  
1—受载油垫 2—背载油垫

表 25.9-10 滑阀、薄膜反馈节流双向止推轴承（对向等平面油垫）性能计算

滑 阀 反 馈 节 流	薄 膜 反 馈 节 流
$\bar{p}_1 = p_1/p_s = 1/[1 + a(1 - K_c \bar{F})(1 - \epsilon)^2]$	$\bar{p}_1 = p_1/p_s = 1/[1 + a(1 - \epsilon)/(1 + K_c \bar{F})]^2$
$\bar{p}_2 = p_2/p_s = 1/[1 + a(1 + K_c \bar{F})(1 + \epsilon)^2]$	$\bar{p}_2 = p_2/p_s = 1/[1 + a[(1 + \epsilon)/(1 - K_c \bar{F})]^2]$
$\epsilon = e/c =  \bar{F}[(a + 1)^2/a - 2K_c] - aF^3 K_c^2  / [6(1 - K_c \bar{F}^2)]$	$\epsilon = e/c = \bar{F}   (1 - K_c^2 \bar{F}^2)^2 + 2a[1 - 3K_c + K_c^2 \bar{F}^2(3 - K_c)] + a^2   / [6a[1 - 3K_c(1 - K_c)\bar{F}^2 - K_c^2 \bar{F}^4]]$
$x = l_{j0} K_c \bar{F}$	$\delta = c_{j0} K_c \bar{F}$
$K_c = p_s A_j / (2k_j / l_{j0}) \quad A_j = \pi d_j^2 / 4$	$K_c = p_s A_j / (k_j c_{j0}) \quad A_j = \pi D_j^2 / 4$

1) 设计滑阀反馈节流双向止推轴承(对向等平面油垫)时,需要先确定  $\bar{F}_{max}$ :精密支承可取  $\bar{F}_{max} \leq 0.3$ ;重载支承可取  $0.3 < \bar{F}_{max} < 0.6$ 。在满足载荷最大时轴心位移为零和滑阀最大位移  $x_{max} \leq 0.9l_{j0}$ 前提下,若采用最佳  $\bar{p}_0$ 、 $K_c$  组合,则都将在约  $2\bar{F}_{max}/3$  时出现最大轴心位移。滑阀反馈节流双向止推轴承(对向等平面油垫)的载

(对向等平面油垫)见图 25.9-17,在载荷作用下受载油垫和背载油垫的压力比  $\bar{p}_1$ 、 $\bar{p}_2$ ,位移率  $\epsilon$ 、滑阀位移量  $x$  或薄膜变形量  $\delta$ 、滑阀或薄膜控制因子  $K_c$  等计算公式均见表 25.9-10;表 25.9-11为滑阀、薄膜反馈节流器的计算公式。

荷-位移曲线见图 25.9-18。

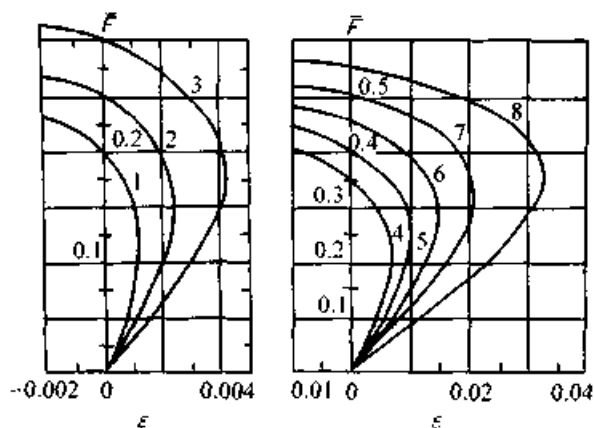
2) 设计薄膜反馈节流双向止推轴承(对向等平面油垫)时,若取  $\bar{p}_0 \leq 0.6$ ,则均为正刚度(见图 25.9-19),当  $\bar{p}_0 > 0.7$  方可能出现负刚度。可根据允许的最大位移率和最大载荷数确定可用压力比范围。



表 25.9-11 滑阀、薄膜反馈节流器计算公式

滑阀反馈节流器(参照图 25.9-17a)	薄膜反馈节流器(参照图 25.9-17b)
滑阀直径 $d_1$ (取 8~16 mm)	薄膜节流器内径 $D_1$
滑阀居中节流长度 $l_0 = (1 \sim 1.5)d_1$	节流器圆台孔径 $d_{11}$
滑阀最大位移 $x_{max} = K_C l_0 \bar{F}_{max}$	节流器圆台直径 $d_{12}$
滑阀最小节流长度 $l_{min} = l_0 - x_{max}$	薄膜居中间隙 $c_{j0} = c [6\bar{q} \ln(d_{12}/d_{11}) / (\pi \alpha)]^{1/3}$
弹簧刚度 $k_j = p_0 A_j / (2K_C l_0)$ $A_j = \pi d_j^2 / 4$	薄膜最大变形 $\delta_{max} = K_C c_{j0} \bar{F}_{max}$
弹簧最大压缩量 $\lambda_{max} = 2x_{max} + \lambda_0$	薄膜刚度 $k_f = p_0 A_f / (K_C c_{j0}^2 A_f = \pi D_1^2 / 4)$
弹簧最大载荷 $F_{max} = k_j \lambda_{max}$	薄膜厚度 $\delta = 0.24 (k_f D_1^2 / F)^{1/3}$
滑阀设计间隙 $c_{j0} = c [12 l_0 \bar{q} / (\pi \alpha d_1)]^{1/3}$	

超星阅读器提醒您  
使用本资源者  
请尊重相关知识产权!



曲线	$\bar{F}_{max}$	$\bar{p}_0$	$K_C$	曲线	$\bar{F}_{max}$	$\bar{p}_0$	$K_C$
1	0.20	0.74	2.55	5	0.40	0.70	2.24
2	0.25	0.73	2.47	6	0.45	0.65	1.98
3	0.30	0.73	2.44	7	0.50	0.60	1.81
4	0.35	0.72	2.35	8	0.55	0.52	1.63

图 25.9-18 滑阀反馈节流双向止推轴承 (对向等平面油垫) 的载荷-位移曲线

### 7.3 对向斜平面油垫

若两个单向平面油垫组成夹角为  $2\gamma$  的对向等平面油垫 (见图 25.9-20)。各个单向油垫在  $x$  和  $y$  向的承载能力和刚度分别为

$$\begin{aligned}
 F_{ix} &= F_i \sin \gamma & F_{iy} &= F_i \cos \gamma \\
 k_{ix} &= k_i \sin^2 \gamma & k_{iy} &= k_i \cos^2 \gamma
 \end{aligned}
 \quad (25.9-21)$$

对向等平面油垫在  $x$  向总的承载能力和刚度为

$$\begin{aligned}
 F_x &= F_{1x} - F_{2x} \\
 k_x &= k_{1x} + k_{2x}
 \end{aligned}$$

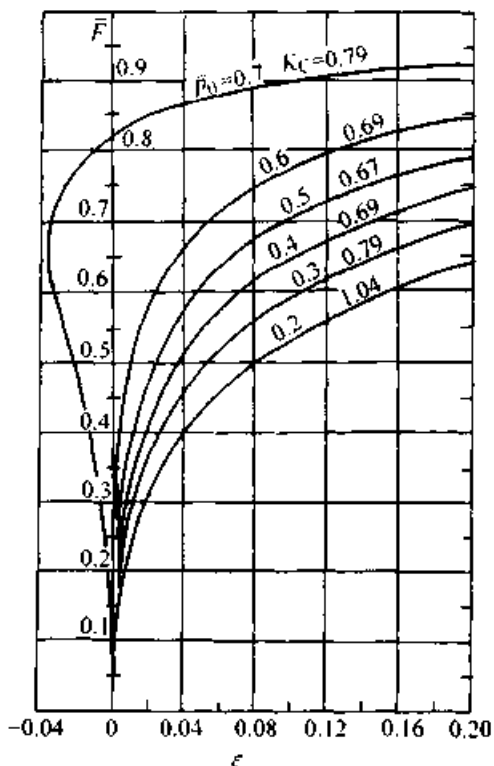


图 25.9-19 薄膜反馈节流双向止推轴承 (对向等平面油垫) 的载荷-位移曲线

在  $y$  向总的承载能力和刚度为

$$\begin{aligned}
 F_y &= F_{1y} + F_{2y} \\
 k_y &= k_{1y} + k_{2y}
 \end{aligned}$$

流量与功耗按法向参数逐一计算。

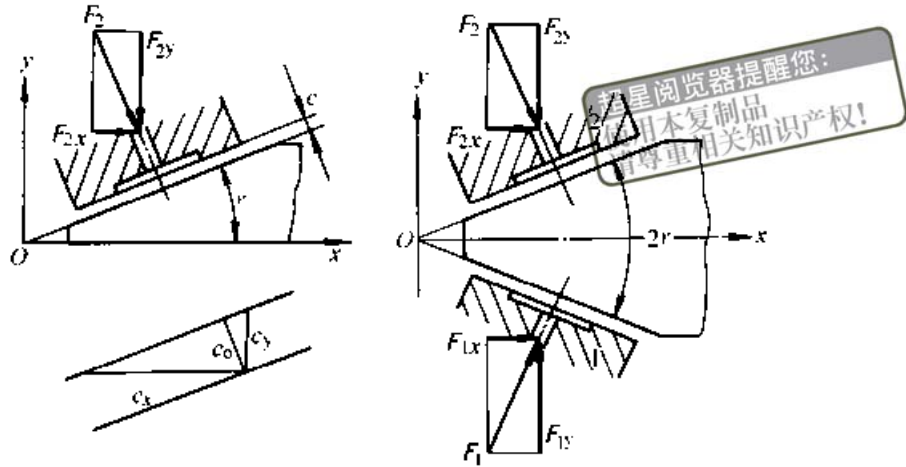


图 25.9-20 夹角为  $2\gamma$  的对向等平面油垫

## 8 径向轴承

液体静压径向轴承有垫式和腔式两种。腔间轴向回油槽把圆柱内表面分割成若干独立的油垫

(图 25.9-21a)，构成单腔多垫式轴承，称为垫式轴承；腔间无回油槽（图 25.9-21b），则内柱面是一个油垫，构成多腔单垫式轴承，称为腔式轴承。

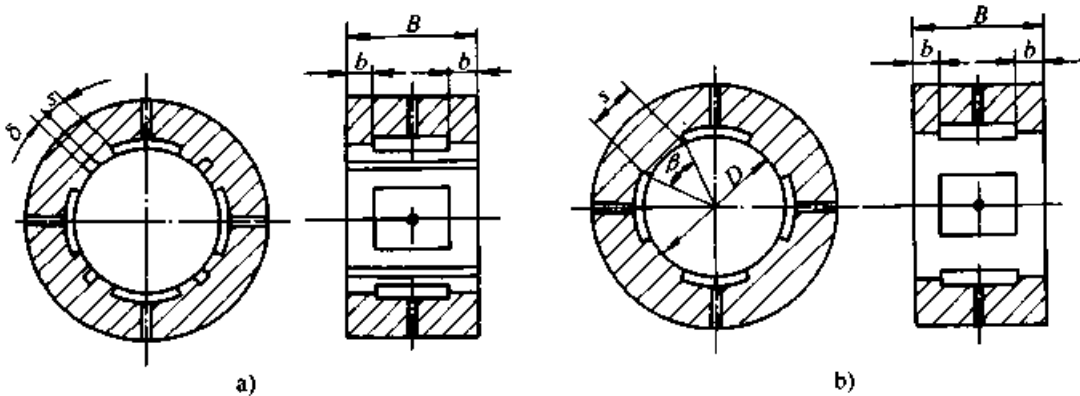


图 25.9-21 径向轴承的基本形式

a) 垫式轴承 b) 腔式轴承

径向轴承的垫（腔）数可根据设计要求在 3~8 范围内选取。腔（垫）数愈多，轴承刚度愈大（见表 25.9-12），且各个半径方向上刚度愈均匀，同时，腔数多，腔式轴承的承载能力亦大一些（见图 25.9-22）。但是，考虑到制造工艺性，最常用的是 4 个等平面油垫（腔）的径向轴承。

采用偶数平面油垫（腔）时，载荷方向指向两平面油垫（腔）之间较好；采用奇数平面油垫（腔）时，载荷方向指向油垫（腔）中心较好。

### 8.1 层流判据

下面介绍的径向轴承的性能计算仅适用与层流状态，根据泰勒（Taylor）准则，径向轴承中

润滑油由层流转变为非层流的转子临界转速为

$$n_{cr} = 9.25 \eta [1 / (Dc)^3]^{1/2} / \rho \quad (25.9-22)$$

### 8.2 垫式径向轴承

#### 8.2.1 设计间隙下的性能

设计状态即轴颈与轴瓦处于同心。

(1) 承载能力

这时，轴承的承载能力为零。

(2) 刚度

若轴颈位移方向指向平面油垫中心，其刚度的计算公式为

$$k_0 = \bar{k}_0 p_s BD / c \quad (25.9-23)$$

式中  $\bar{k}_0$  ——设计间隙下的刚度数，其值见表

25.9-12。

(3) 流量

轴承流量的计算公式为

$$q_0 = Z \bar{q}_0 \rho_0 c^3 / \eta \quad (25.9-24)$$

式中  $\bar{q}_0$  ——设计间隙下的流量数，见表 25.9-

4；

Z ——垫数；

(4) 功耗

泵功耗的计算公式为

$$P_{p,0} = p_0 q_0 \quad (25.9-25)$$

摩擦功耗的计算公式为

$$P_{f,0} = \eta A_p \rho_0 c^2 / c \quad (25.9-26)$$

表 25.9-12 垫式轴承的刚度数  $\bar{k}_0$

垫数	缝式、管式节流	小孔节流	定量供油
3	$4.5 \Delta \bar{p}_0 (1 - \bar{p}_0) (1 - \bar{b}) / [1 + \Gamma (1 - \bar{p}_0)]$	$9 \Delta \bar{p}_0 (1 - \bar{p}_0) (1 - \bar{b}) / [2 - \bar{p}_0 + 2\Gamma (1 - \bar{p}_0)]$	$4.5 \Delta \bar{p}_0 (1 - \bar{b}) / [1 + \Gamma]$
4	$6.0 \Delta \bar{p}_0 (1 - \bar{p}_0) (1 - \bar{b}) / [1 + \Gamma (1 - \bar{p}_0)]$	$12 \Delta \bar{p}_0 (1 - \bar{p}_0) (1 - \bar{b}) / [2 - \bar{p}_0 + 2\Gamma (1 - \bar{p}_0)]$	$6.0 \Delta \bar{p}_0 (1 - \bar{b}) / [1 + \Gamma]$
5	$7.5 \Delta \bar{p}_0 (1 - \bar{p}_0) (1 - \bar{b}) / [1 + \Gamma (1 - \bar{p}_0)]$	$15 \Delta \bar{p}_0 (1 - \bar{p}_0) (1 - \bar{b}) / [2 - \bar{p}_0 + 2\Gamma (1 - \bar{p}_0)]$	$7.5 \Delta \bar{p}_0 (1 - \bar{b}) / [1 + \Gamma]$
6	$9.0 \Delta \bar{p}_0 (1 - \bar{p}_0) (1 - \bar{b}) / [1 + \Gamma (1 - \bar{p}_0)]$	$18 \Delta \bar{p}_0 (1 - \bar{p}_0) (1 - \bar{b}) / [2 - \bar{p}_0 + 2\Gamma (1 - \bar{p}_0)]$	$9.0 \Delta \bar{p}_0 (1 - \bar{b}) / [1 + \Gamma]$

注： $\Lambda = \sin \beta_m (\sin \beta_m / \beta_m + \Gamma \cos \beta_m)$ ； $\Gamma$ —阻力比，见表 25.9-4； $\bar{b} = b/B$

8.2.2 性能计算

(1) 承载能力

不考虑动压效应，垫式轴承轴颈位移方向和载荷方向一致。当其偏心率为  $\epsilon$  时，相对第  $i$  个油垫的偏心率（图 25.9-22）为

$$\epsilon_i = \epsilon \cos \phi_i$$

式中  $\phi_i$  ——第  $i$  个油垫位置角，即从连心线到第  $i$  个油垫中心的夹角。

由此得出轴承在轴颈位移方向的承载能力为

$$F = \sum_{i=1}^Z F_i \cos \phi_i \quad (25.9-27)$$

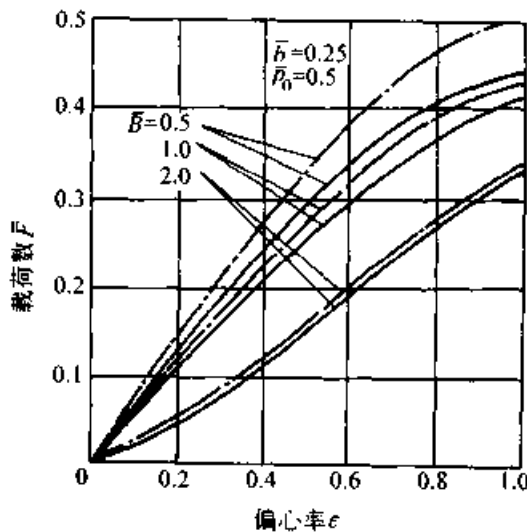


图 25.9-22 腔式轴承的  $\bar{F}$ - $\epsilon$  曲线

——  $Z=4 \quad \beta=30^\circ$     - - -  $Z=6 \quad \beta=24^\circ$

$$\bar{F} = F / (p_0 BD) \quad \epsilon = e/c \quad \phi = 0^\circ \quad \bar{b} = 0.25$$

(2) 刚度

轴承在轴颈位移方向的刚度为

$$k = \sum_{i=1}^Z k_i \cos^2 \phi_i \quad (25.9-28)$$

流量与功耗的计算可用设计间隙下的公式近似计算。

垫式径向轴承的性能计算见表 25.9-13。

例 3 计算一四油垫径向轴承的承载能力。

已知： $B = D = 64 \text{ mm}$ ， $b = 16 \text{ mm}$ ， $2\beta_1 = 60^\circ$ ， $2\beta_2 = 84.6^\circ$ ， $2\beta_m = 72.3^\circ$ ， $s = 6.88 \text{ mm}$ ， $\delta = 3 \text{ mm}$ ， $c = 33.5 \mu\text{m}$ ， $p_s = 1.5 \text{ MPa}$ ， $\bar{p}_0 = 0.5$ ， $\epsilon_{\max} = 0.5$ ， $\eta = 0.0085 \text{ Pa}\cdot\text{s}$ （润滑油牌号 L-FC 10）， $n = 20 \text{ r/s}$ ，载荷指向两油垫之间。

采用管式节流，计算结果见表 25.9-13。

8.3 腔式径向轴承

腔式径向轴承和垫式轴承一样，当轴颈与轴瓦同心时，轴承承载能力为零。腔式轴承各油腔间油因有压力差而有串流，影响油腔压力，只能通过求解雷诺方程方可计算出承载能力。

8.3.1 承载能力

图 25.9-22 给出当不考虑动压效应（转速为零）时，四腔（ $\beta = 30^\circ$ ， $\beta_m = 45^\circ$ ）、六腔（ $\beta = 24^\circ$ ， $\beta_m = 30^\circ$ ）腔式静压轴承的载荷数  $\bar{F}$  与偏心率  $\epsilon$  的关系曲线，图 25.9-23 给出其载荷数  $\bar{F}$  与压力比  $\bar{p}_0$  的关系曲线。

表 25.9-13 垫式径向轴承的性能计算

计算项目	计算公式及说明	计算结果			
		45°	135°	225°	315°
几何参数	$\bar{B} = B/D = 64/64$ $\bar{b} = b/B = 16/64$ $\bar{s} = s/B = 6.88/64$ $\bar{\delta} = \delta/B = 3/64$				
油垫位置角	$\phi_i$	45°	135°	225°	315°
油垫偏心率	$\epsilon_{i,max} = \epsilon_{max} \cos \phi_i = 0.5 \times \cos \phi_i$	0.353 6	-0.353 6	-0.353 6	0.353 6
油垫曲度因子	$\Phi_i = [\sin \beta_m + b(B-b) \cos \beta_m / (Dc)] / [\beta_m + b(B-b) / (Dc)] \cdot  \cos \phi_i  =$ $[\sin 36.15^\circ + 16(64-16) \cos 36.15^\circ / (64 \times 6.88)] / [0.630 9 + 16(64-16) / (64 \times 6.88)] \cdot  \cos \phi_i $				0.594 9
$\Phi_i \epsilon_{i,max}$	$\Phi_i \epsilon_{i,max} = 0.594 9 \times \epsilon_{i,max}$	0.210 3	-0.210 3	-0.210 3	0.210 3
载荷数	$\bar{F}_i$ 根据 $\Phi_i \epsilon_{i,max}$ 和 $\bar{p}_0$ 由图 25.9-8 查出	0.675	0.360	0.360	0.675
$\bar{k}_i / \Phi_i$	根据 $\Phi_i \epsilon_{i,max}$ 和 $\bar{p}_0$ 由图 25.9-8 查出	0.83	0.56	0.56	0.83
刚度数	$\bar{k}_i = (\bar{k}_i / \Phi_i) \Phi_i = (\bar{k}_i / \Phi_i) \times 0.594 9$	0.494	0.333	0.333	0.494
$\bar{F}_i \cos \phi_i$	$\bar{F}_i \times \cos \phi_i$	0.477	-0.255	-0.255	0.477
$\bar{k}_i \cos^2 \phi_i$	$\bar{k}_i \times \cos^2 \phi_i$	0.247	0.166	0.166	0.247
有效面积	$A_c = BD(1-\bar{b}) \sin \beta_m = 64 \times 64(1-0.25) \sin 36.15^\circ$	$1.812 \times 10^{-3} \text{ m}^2$			
轴承承载能力	$F = \rho_s A_c \Sigma \bar{F}_i \cos \phi_i = 1.5 \times 10^6 \times 1.812 \times 10^{-3} \times \Sigma \bar{F}_i \cos \phi_i$	1 212 N			
轴承刚度	$k = \rho_s A_c / c \cdot \Sigma \bar{k}_i \cos^2 \phi_i = 1.5 \times 10^6 \times 1.812 \times 10^{-3} / 33.5 \times 10^{-6} \cdot \Sigma \bar{k}_i \cos^2 \phi_i$	$67 \times 10^6 \text{ N/m}$			
阻力比	$\Gamma = (1-\bar{b}) \bar{B} \bar{\delta} Z / [\pi - Z \bar{B} (\bar{\delta} + \bar{s})] \bar{s} =$ $(1-0.25) \times 1 \times 0.25 \times 4 / [\pi - 4 \times 1 \times (0.046 9 + 0.107 5)] \times 0.107 5$	2.764			
流量数	$\bar{q}_0 = [\pi - Z \bar{B} (\bar{\delta} + \bar{s})] (1 + \Gamma) / (6 \bar{B} \bar{\delta} Z) =$ $[\pi - 4 \times 1 \times (0.107 5 + 0.046 9)] (1 + 2.746) / (6 \times 1 \times 0.25 \times 4)$	1.58			
轴承流量	$q \approx q_0 = Z \bar{q}_0 \rho_0 c^3 / \eta = 4 \times 1.58 \times 0.5 \times 1.5 \times (33.5 \times 10^{-6})^3 / 0.008 5$	$21 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s}$			
泵功耗	$P_p = \rho_s q = 1.5 \times 10^6 \times 21 \times 10^{-6}$	31.5 W			
线速度	$v = \pi d n = \pi \times 0.064 \times 20$	4.02 m/s			
摩擦面积	$A_p = \pi DB - 3(B-2b) 2R\beta_1 Z/4 - ZB\delta = \pi \times 0.064 \times$ $0.064 - 3(0.064 - 2 \times 0.016) \times 2 \times 0.032 \times$ $0.523 6 \times 4/4 - 4 \times 0.064 \times 0.003$	$8.88 \times 10^{-3} \text{ m}^2$			
摩擦功耗	$P_\mu = \eta A_p v^2 / c = 0.008 5 \times 8.88 \times 10^{-3} \times 4.02^2 / 33.5 \times 10^{-6}$	36.4 W			
功耗比	$G = P_\mu / P_p = 36.4 / 31.5$	1.16			
温升	$\Delta\theta = (1+G) \rho_s / 1.7 \times 10^6 = (1+1.16) \times 1.5 \times 10^6 / 1.7 \times 10^6$	1.91 °C			
节流器尺寸	与表 25.9-6 类似, 从略				

油垫编写是为您：  
 超星数字图书馆  
 使用本复制品，请尊重知识产权！

8.3.2 刚度

轴颈位移方向指向油腔中心时,设计间隙下的刚度数  $\bar{k}_0$  见表 25.9-14

位置角  $\phi = 0^\circ$  (载荷指向油腔中心) 时,不同偏心率和压力比下的刚度数  $\bar{k}$  见图 25.9-24。

8.3.3 流量

不同宽径比下,符合图 25.9-22 参数条件的腔式径向轴承流量数见表 25.9-15。

8.3.4 计算值的修正

若  $\bar{b} \neq 0.25$ ,需对上述曲线和表值进行修正,修正公式如下:

$$\bar{F} = \bar{F}_{0.25} (1 - \bar{b}) / (1 - 0.25) \quad (25.9-29)$$

$$\bar{k} = \bar{k}_{0.25} (1 - \bar{b}) / (1 - 0.25) \quad (25.9-30)$$

$$\bar{q} = 0.25 \bar{q}_{0.25} / \bar{b} \quad (25.9-31)$$

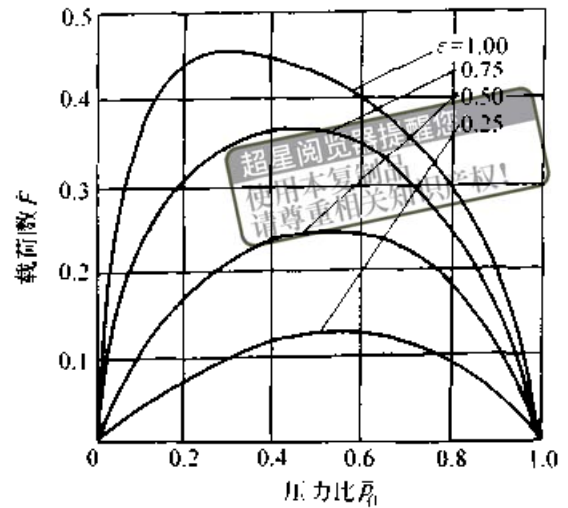


图 25.9-23 腔式轴承的  $\bar{F}-\bar{p}_0$  曲线

$$\bar{B} = 1 \quad \bar{b} = 0.25 \quad \epsilon = 0.5 \quad \bar{F} = F / (\rho_s B D)$$

表 25.9-14 腔式径向轴承设计间隙下的刚度数  $\bar{k}_0$

腔数	缝式、管式节流	小孔节流	定量供油
3	$3.22 \bar{p}_0 (1 - \bar{p}_0) (1 - \bar{b}) / [1 + 1.50 \Gamma (1 - \bar{p}_0)]$	$6.44 \bar{p}_0 (1 - \bar{p}_0) (1 - \bar{b}) / [2 - \bar{p}_0 + 3.00 \Gamma (1 - \bar{p}_0)]$	$3.22 \bar{p}_0 (1 - \bar{b}) / (1 + 1.50 \Gamma)$
4	$3.82 \bar{p}_0 (1 - \bar{p}_0) (1 - \bar{b}) / [1 + \Gamma (1 - \bar{p}_0)]$	$7.65 \bar{p}_0 (1 - \bar{p}_0) (1 - \bar{b}) / [2 - \bar{p}_0 + 2.00 \Gamma (1 - \bar{p}_0)]$	$3.82 \bar{p}_0 (1 - \bar{b}) / (1 + \Gamma)$
5	$4.12 \bar{p}_0 (1 - \bar{p}_0) (1 - \bar{b}) / [1 + 0.69 \Gamma (1 - \bar{p}_0)]$	$8.25 \bar{p}_0 (1 - \bar{p}_0) (1 - \bar{b}) / [2 - \bar{p}_0 + 1.38 \Gamma (1 - \bar{p}_0)]$	$4.25 \bar{p}_0 (1 - \bar{b}) / (1 + 0.69 \Gamma)$
6	$4.30 \bar{p}_0 (1 - \bar{p}_0) (1 - \bar{b}) / [1 + 0.50 \Gamma (1 - \bar{p}_0)]$	$8.60 \bar{p}_0 (1 - \bar{p}_0) (1 - \bar{b}) / [2 - \bar{p}_0 + \Gamma (1 - \bar{p}_0)]$	$4.30 \bar{p}_0 (1 - \bar{b}) / (1 + 0.50 \Gamma)$

注:  $\bar{k}_0 = k_{0c} / (\rho_s B D)$ ;  $\Gamma$ —阻力比, 见表 25.9-4;  $\bar{b} = b / B_c$

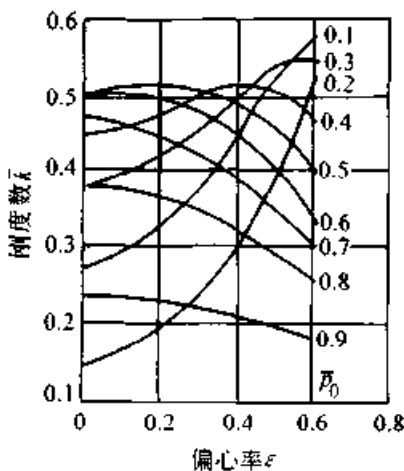


图 25.9-24 腔式轴承的  $\bar{k}-\epsilon$  曲线

$$\phi = 0^\circ \quad \beta = 30^\circ \quad B/D = 1 \quad \bar{b} = 0.25 \quad \bar{k} = k_c / (\rho_s B D)$$

表 25.9-15 腔式轴承的流量数  $\bar{q}$

宽径比 $\bar{B}$	0.5	1.0	2.0
流量数 $\bar{q}$	4.166	2.08	1.0

8.3.5 润滑油黏度的选取

润滑油黏度可根据封油面宽度、功耗比和公差等级,由图 25.9-25 查出  $\rho_s D / (\eta B)$ ,再计算出  $\eta$  值。

8.3.6 参数的选取

1) 封油面宽度 轴向封油面宽度建议取  $\bar{b} = 0.25$ ;周向封油面宽度:四腔轴承,建议取  $\theta = 30^\circ$  ( $s = 0.2618D$ );六腔轴承,建议取  $\beta = 24^\circ$  ( $s = 0.2094D$ )。封油面宽,流量少,但承

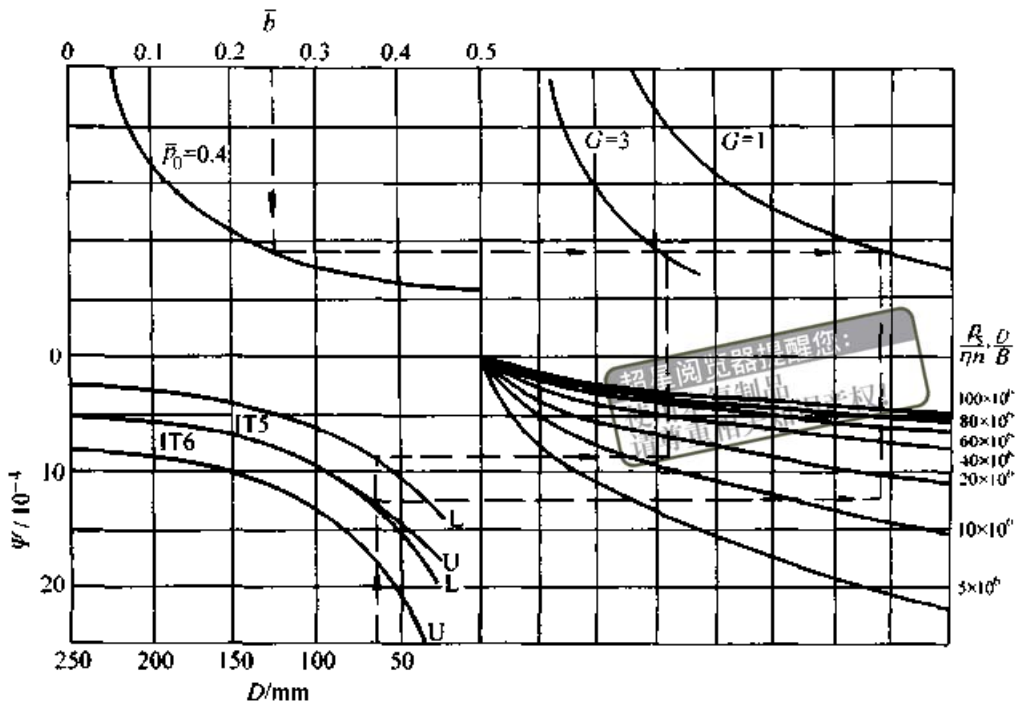


图 25.9-25 腔式轴承润滑油黏度的选取

载能力低，封油面窄，很容易因擦伤而使流量过分增大。

2) 压力比 理论分析表明，当  $\epsilon \leq 0.5$  时，压力比  $\bar{p}_0 = 0.5$  承载能力最大，不过在  $\bar{p}_0 = 0.4 \sim 0.7$  范围内，承载能力变化不大。

3) 半径间隙偏差 由于轴颈和轴瓦孔直径都有一定的制造误差，所以半径间隙具有偏差。

建议选择公差等级时要保证最大间隙与最小间隙之比不超过 1.5，据此，通常选 IT5 或 IT6 较为合适。

例 4 设计一四腔静压轴承，已知数据： $F = 4\,000\text{ N}$ ， $B = D = 64\text{ mm}$ ， $b = 16\text{ mm}$ ， $n = 20\text{ r/s}$ ， $\epsilon_{\max} = 0.5$ 。采用管式节流。

计算步骤和结果见表 25.9-16。

表 25.9-16 腔式静压轴承性能计算

计算项目	计算公式及说明	计算结果
腔间周向尺寸	$\beta$ 选取	$30^\circ$
位置角	$\phi$ 选取	$0^\circ$
压力比	$\bar{p}_0$ 选取	0.5
几何尺寸因子	$\bar{B} = B/D = 64/64$	1
	$\bar{b} = b/B = 16/64$	0.25
	$\bar{s} = s/B = 0.2618D/B = 0.2618 \times 64/64$	0.2618
载荷数	$\bar{F}$ 查图 25.9-22，当 $\epsilon_{\max} = 0.5$ 时	0.25
供油压力	$p_s = F/(\bar{F}B\bar{D}) = 4\,000/(0.25 \times 0.064 \times 0.064)$	3.91，取为 4 MPa
阻力比	$\Gamma = (1 - \bar{b})\bar{B}\bar{b}Z(\pi\bar{s}) = (1 - 0.25) \times 1 \times 0.25 \times 4/(0.2618\pi)$	0.912
公差等级	选取	IT5
相对间隙	$\Psi = 2c/D$ 查图 25.9-25	$1.05 \times 10^{-3}$

超星浏览器提醒您：  
使用本复制软件时，  
请尊重相关知识产权。

续表 25.9-16

计算项目	计算公式及说明	计算结果
半径间隙	$c = \Psi > D/2 = 1.05 \times 10^{-3} \times 0.064/2$	$34 \times 10^{-6} \text{ m}$
刚度数	$\bar{k}_0 = 3.82 \bar{p}_0 (1 - \bar{p}_0) (1 - \bar{b}) / [1 + \Gamma(1 - \bar{p}_0)] = 3.82 \times 0.5 (1 - 0.5) (1 - 0.25) / [1 + 0.912(1 - 0.5)]$ $\bar{k}_{0.5}$ 查图 25.9-24	0.492 0.45
轴承刚度	$k_0 = \rho_s B D \bar{k}_0 / c = 4 \times 10^6 \times 0.064 \times 0.064 \times 0.492 / 34 \times 10^{-6}$ $k_{0.5} = \rho_s B D \bar{k}_{0.5} / c = 4 \times 10^6 \times 0.064 \times 0.064 \times 0.45 / 34 \times 10^{-6}$	$232 \times 10^6 \text{ N/m}$ $212 \times 10^6 \text{ N/m}$
$[\rho_s D / (\eta n B)]$	根据 $\bar{b} = 0.25, \bar{p}_0 = 0.5$ , 公差等级 IT5, $D = 0.064$ , 查图 25.9-25	$15 \times 10^6$
计算黏度	$\eta = \rho_s D / ([\rho_s D / (\eta n B)] n B) = 4 \times 10^6 \times 0.064 / (15 \times 10^6 \times 20 \times 0.064)$	0.013 3 Pa·s
润滑油牌号	选取	L-FC 15
润滑油黏度	$\eta_{10}$	0.012 8 Pa·s
流量数	$\bar{q}$ 查表 25.9-15	2.08
轴承流量	$q = \rho_s \bar{p}_0 c^3 \bar{q} / \eta = 4 \times 10^6 \times 0.5 \times (34 \times 10^{-6})^3 \times 2.08 / 0.012 8$	$12.77 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s}$
摩擦面积	$A_\mu = \pi B D \{1 - 3(1 - 2\bar{b})[1 - Z\beta/(2\pi)]\} / 4 =$ $0.064 \times 0.064 \pi \{1 - 3(1 - 2 \times 0.25)[1 - 4 \times 30/(2\pi)]\} / 4 =$	$9.65 \times 10^{-3} \text{ m}^2$
线速度	$v = \pi D n = \pi \times 0.064 \times 20$	4.02 m/s
泵功耗	$P_p = \rho_s q = 4 \times 10^6 \times 12.77 \times 10^{-6}$	51.1 W
摩擦功耗	$P_\mu = \eta A_\mu v^2 / c = 0.012 8 \times 9.65 \times 10^{-3} \times 4.02^2 / 34 \times 10^{-6}$	58.7 W
功耗比	$G = P_\mu / P_p = 58.7 / 51.1$	1.15
总功耗	$P = P_p + P_\mu = 58.7 + 51.1$	109.8 W
温升	$\Delta\theta = (1 + G) \rho_s / 1.7 \times 10^6 = (1 + 1.15) \times 4 \times 10^6 / 1.7 \times 10^6$	5.1 ℃
节流器尺寸	计算从略	

## 9 径向止推轴承

径向止推轴承。

### 9.1 H形轴承

利用径向轴瓦的两个侧面作止推瓦面，相应地轴上有两个止推环，构成能承受双向轴向力的径向止推轴承，这样的轴承称为 H 形轴承。可以在止推瓦面上开设油腔，与径向轴承的间隙相通，利用径向轴承的回油作止推轴承的供油，这种 H 形轴承（见图 25.9-26）结构简单、使用可靠、供油量小、单位载荷泵功耗小。但是，这种 H 形轴承径向性能与止推性能相互影响，提高径向性能，止推性能必定降低，反之亦然。故当轴向载荷大或要求轴向刚度高的场合，需采用径向和止推有各自独立供油系统的 H 形轴承或其它

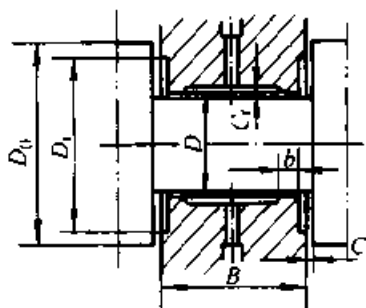


图 25.9-26 H 形轴承

#### 9.1.1 参数选取

各设计参数以下标区分，下标 r 表示属于径向轴承，下标 t 表示属于止推轴承。

在设计间隙下，径向轴承和止推轴承的压力比具有下列关系

$$\bar{p}_{or} = (1 + \bar{p}_{ot}) / 2 \quad (25.9-32)$$

为使径向轴承和止推轴承都能得到较满意的承载能力和刚度，建议取  $\bar{p}_{\alpha} = 0.1 \sim 0.3$ 。

径向部分的轴向封油面宽度的选取与径向轴承相同，周向封油面宽度应该与轴向的近似相等，建议按下式计算

$$\bar{s} = 4\pi\bar{b} / (32\bar{B}) \quad (25.9-33)$$

止推部分的封油面宽度需按流量平衡确定，故止推部分油腔尺寸根据流量数  $\bar{q}_t$ ，由图 25.9-27 确定。

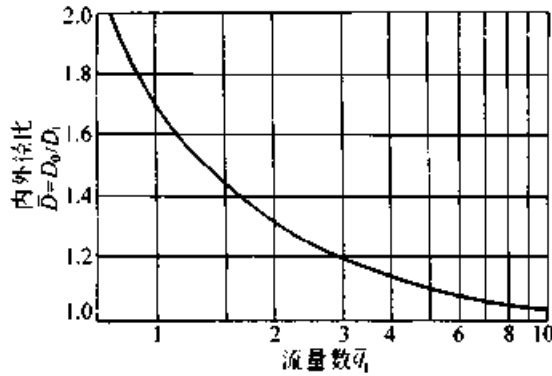


图 25.9-27 止推轴尺寸

润滑油黏度可以根据最佳功耗比选取，为此引入辅助参数  $S_h = [\eta m / (\rho_s \Psi_s^2)]$ ，其最佳值为

$$S_h = [\bar{q}_t (c_1/c_r)^3 / (8\bar{P}_\mu)]^{1/2} \quad (25.9-34)$$

### 9.1.2 性能计算

径向和轴向承载能力分别为

$$F_r = \bar{F}_r \rho_s B D \quad (25.9-35)$$

$$F_t = \bar{F}_t A_{\alpha} \quad (25.9-36)$$

式中  $\bar{F}_r$  —— 径向载荷数；  
 $\bar{F}_t$  —— 轴向载荷数；  
 $A_{\alpha}$  —— 止推轴承有效面积。

对于止推轴承为环形油腔的 H 形轴承，在复合载荷下的承载能力特性见图 25.9-28，不同压力比下的载荷数见图 25.9-29。

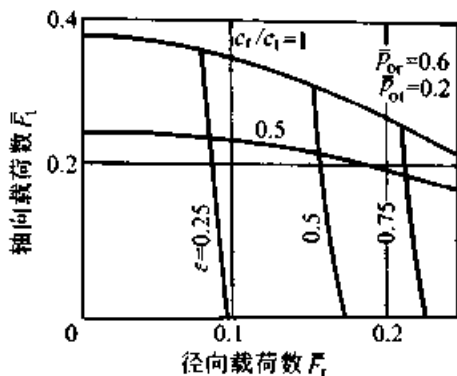


图 25.9-28 H形轴承承载能力特性曲线

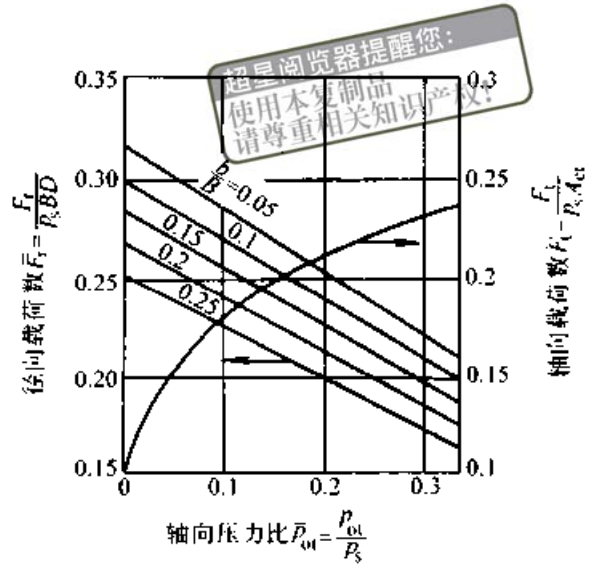


图 25.9-29 H形轴承  $\bar{F}-\bar{p}_{\alpha}$  曲线

轴承流量为

$$\left. \begin{aligned} q &= \rho_s c^3 \bar{q} / \eta \\ \bar{q} &= 2\bar{p}_{\alpha} \bar{q}_t \\ \bar{q}_t &= \bar{q}_r (\bar{p}_{\alpha r} / \bar{p}_{\alpha t} - 1) (c_r / c_t)^3 / 2 \\ \bar{q}_r &= \pi / (6\bar{b} \bar{B}) \end{aligned} \right\} \quad (25.9-37)$$

式中  $\bar{q}$  —— 流量数；  
 $\bar{q}_t$  —— 轴向流量数；  
 $\bar{q}_r$  —— 径向流量数。

H 形轴承的径向和轴向刚度分别为

$$k_r = \rho_s D (B - b) \bar{k}_r / c_r \quad (25.9-38)$$

$$k_t = \rho_s A_{\alpha} \bar{k}_t / c_t \quad (25.9-39)$$

$$\bar{k}_r = \bar{k}_{r_0} (1 - \bar{p}_{\alpha}) \quad (25.9-40)$$

式中  $\bar{k}_r$  —— 径向刚度数；  
 $\bar{k}_t$  —— 轴向刚度数，与  $\bar{p}_{\alpha}$  的关系曲线见图 25.9-30；  
 $\bar{k}_{r_0}$  —— 纯径向刚度数，其值见表 25.9-17。

H 形轴承的性能计算见表 25.9-18。

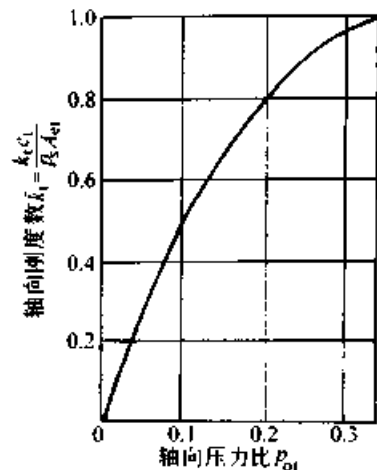


图 25.9-30 H形轴承轴向刚度数



表 25.9-17 纯径向刚度数  $\bar{k}_r$

油腔数	管式节流	孔式节流
3	$0.270/(1-0.75\Gamma)$	$0.540/(1.5-1.50\Gamma)$
4	$0.955/(1-0.50\Gamma)$	$1.910/(1.5-\Gamma)$
5	$1.030/(1-0.345\Gamma)$	$2.125/(1.5-0.69\Gamma)$
6	$1.075/(1-0.25\Gamma)$	$2.150/(1.5-0.50\Gamma)$

注：阻力比  $\Gamma = (1-\bar{b})\bar{b}Z\bar{B}/(\bar{s}\pi)$

例5 设计一液体静压H形轴承。已知： $F_r = 2\ 000\text{ N}$ ， $F_l = 1\ 200\text{ N}$ ， $n = 20\text{ r/s}$ ， $B = D = 80\text{ mm}$

解 取  $b = 0.25$ ， $B = 20\text{ mm}$ ， $c_r = c_l = 30\ \mu\text{m}$ ， $Z = 4$ ；计算结果见表 25.9-18。

### 9.2 锥形轴承

锥形轴承(见图 25.9-34)的主要特点是间隙可以调整,但轴瓦的制造工艺较为复杂。

表 25.9-18 H形轴承性能计算

计算项目	计算公式及说明	计算结果
轴向压力比	$\bar{p}_{.a}$ 选定	0.2
径向压力比	$\bar{p}_{.r} = (\bar{p}_{.a} + 1)/2 = (0.2 + 1)/2$	0.6
轴向载荷数	根据 $\bar{p}_{.a} = 0.2$ 由图 25.9-28 查出 $\bar{F}_l$	0.21
径向载荷数	根据 $\bar{b} = 0.25$ 、 $\bar{p}_{.a} = 0.2$ 由图 25.9-28 查出 $\bar{F}_r$	0.20
供油压力	$p_s = F_r/(B\bar{D}\bar{F}_r) = 2\ 000/(0.080 \times 0.080 \times 0.20)$	$1.56 \times 10^6\text{ Pa}$
径向轴承周向封油面宽度	$s = 4\pi\bar{D}\bar{b}/(3Z) = 4 \times \pi \times 80 \times 0.25/(3 \times 4)$	21 mm
径向流量数	$\bar{q}_r = \pi/(6\bar{b}\bar{B}) = \pi/(6 \times 0.25 \times 1)$	2.094
轴向流量数	$\bar{q}_l = \bar{q}_r/2 \cdot (\bar{p}_{.a}/\bar{p}_{.a} - 1)(c_r/c_l)^3 = 2.094/2 \times (0.6/0.2 - 1)(30/30)^3$	2.094
止推轴承直径比	根据 $\bar{q}_l$ 值,由图 25.9-27 查出 $\bar{D}$	1.3
止推轴承油垫面积因子	根据 $\bar{D}$ 值,由图 25.9-31 查出 $\bar{A}_l$	0.78
止推轴承需要的有效面积	$A_{.l} = F_l/(\bar{p}_{.a}\bar{F}_l) = 1\ 200/(1.56 \times 10^6 \times 0.21)$	$3.66 \times 10^{-3}\text{ m}^2$
止推轴承外径	$D_{.l} = [4A_{.l}/(\pi\bar{A}_l) + (D^2/\bar{A}_l)]^{1/2} = [4 \times 3.66 \times 10^{-3}/(0.78\pi) + 0.08^2/0.78]^{1/2}$	0.119 取 0.120 m
止推轴承油腔直径	$D_l = D_{.l}/\bar{D} = 0.120/1.3$	0.092 m
阻力比	$\Gamma = (1-\bar{b})\bar{b}Z\bar{B}/(\bar{s}\pi) = (1-0.25) \times 0.25 \times 4 \times 1/(0.021\pi/0.08)$	0.909
纯径向刚度数	采用管式节流,由表 25.9-17 查出 $\bar{k}_r = 0.955/(1-0.50 \times 0.909)$	1.75
径向刚度数	$\bar{k}_r = \bar{k}_r(1-\bar{p}_{.a}) = 1.75(1-0.2)$	1.40
轴承径向刚度	$k_r = p_s D(B-b)\bar{k}_r/c_r = 1.56 \times 10^6 \times 0.08(0.08-0.02) \times 1.4/30 \times 10^{-6}$	$349.4 \times 10^6\text{ N/m}$
轴向刚度数	根据 $\bar{p}_{.a}$ 由图 25.9-30 查出 $\bar{k}_l$	0.8
轴承轴向刚度	$k_l = p_s A_{.l}\bar{k}_l/c_l = 1.56 \times 10^6 \times 3.66 \times 10^{-3} \times 0.8/30 \times 10^{-6}$	$152.3 \times 10^6\text{ N/m}$
直径因子	$\bar{d} = (D_{.l} - D_l)/(D_{.l} - D) = (0.120 - 0.092)/(0.120 - 0.080)$	0.7
直径比	$D_{.l}/D = 0.12/0.08$	1.5
轴向摩擦面积因子	根据 $\bar{d}$ 和 $D_{.l}/D$ ,由图 25.9-32 查出 $\bar{A}_{.l}$	0.37
径向摩擦面积因子	根据 $\bar{b}$ ,由图 25.9-33 查出 $\bar{A}_{.r}$	0.7
摩擦功耗数	$\bar{P}_\mu = 2\pi^3(\bar{B}\bar{A}_{.l} + 2c_r\bar{A}_{.r}/c_l) = 2\pi^3(1 \times 0.7 + 2 \times 30 \times 10^6 \times 0.37/30 \times 10^{-6})$	89.3
轴承流量数	$\bar{q} = 2\bar{p}_{.a}\bar{q}_l = 2 \times 0.2 \times 2.094$	0.838
最佳参数	$S_b = [q/(8\bar{P}_\mu) \cdot (c_l/c_r)^3]^{1/2} = [0.838/(8 \times 89.3) \times 1]^{1/2}$	0.034

超星阅读器提醒您：  
使用本复制品，请尊重相关知识产权。

计算项目	计算公式及说明	计算结果
径向相对间隙	$\Psi_r = 2c_r/D = 2 \times 30 \times 10^{-6}/0.08$	$0.75 \times 10^{-3}$
计算润滑油黏度	$\eta = S_b \rho_s \Psi_r^2 / u = 0.034 \times 1.56 \times 10^6 \times (0.75 \times 10^{-3})^2 / 20$	0.001 49 Pa·s
润滑油牌号	根据 $\eta$ 选用	L-FC 2
实际润滑油黏度	$\eta_{40}$	0.001 88 Pa·s
轴承流量	$q = \rho_s c_r^3 \bar{q} / \eta = 1.56 \times 10^6 \times (30 \times 10^{-6})^3 \times 0.838 / 0.001 88$	$18.8 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s}$
泵功耗	$P_p = \rho_s q = 1.56 \times 10^6 \times 18.8 \times 10^{-6}$	29.3 W
摩擦功耗	$P_\mu = \eta m^2 D^4 \bar{P}_\mu / (2c_r) = 0.001 88 \times 20^2 \times 0.08^4 \times 89.3 / (2 \times 30 \times 10^{-6})$	45.8 W
总功耗	$P = P_p + P_\mu = 29.3 + 45.8$	75.1 W
轴承温升	$\Delta\theta = P / (c_p \rho q) = 75.1 / (2 000 \times 850 \times 18.8 \times 10^{-6})$	2.3 °C

超星浏览器提醒您：  
使用本复制品  
请尊重相关知识产权！

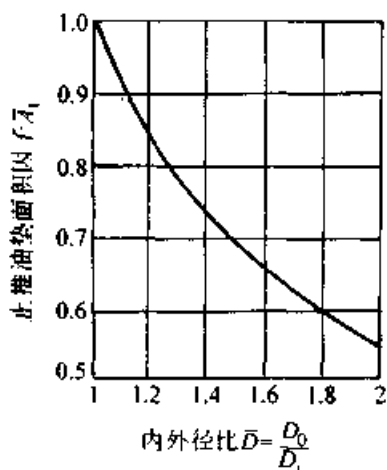


图 25.9-31 H形轴承止推油垫面积因子

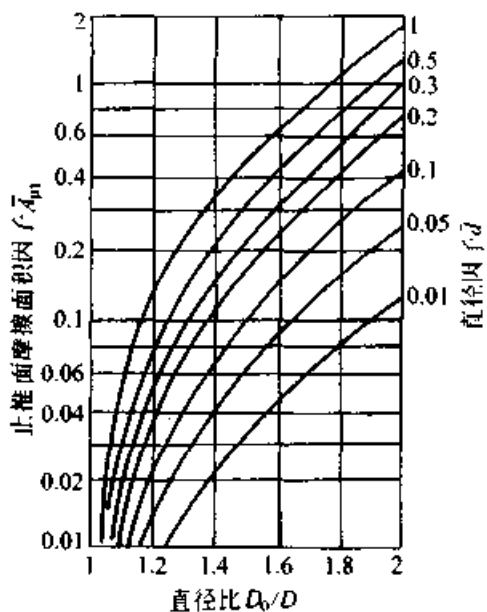


图 25.9-32 止推面摩擦面积因子

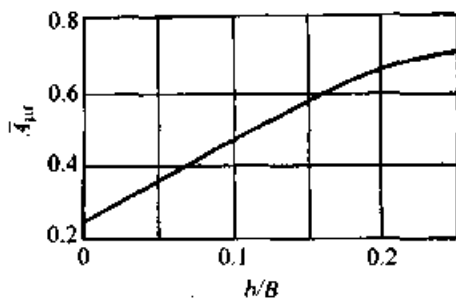


图 25.9-33 径向轴承摩擦面积因子

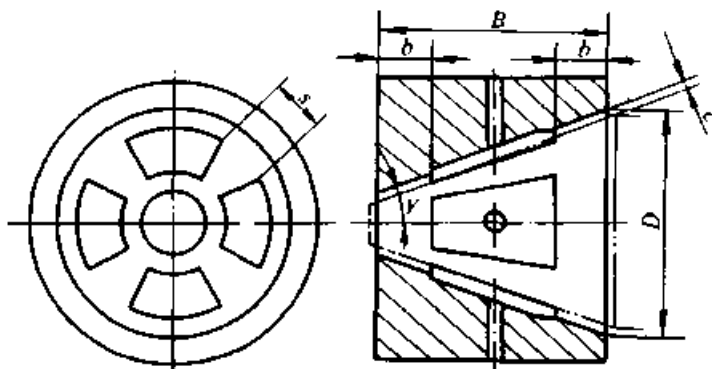


图 25.9-34 锥形轴承

9.2.1 参数选取

轴瓦尺寸参数可参考径向轴承确定。建议轴向和周向封油面宽度比取近于相等，即  $b/B \approx s/D$ 。半锥角  $\gamma$  可根据轴向载荷与径向载荷之比

$F_r/F_t$  和宽径比  $B/D$  由图 25.9-35 选定。

引入轴承特性数  $S_b = \eta m / (\rho_s \Psi^2)$ ，用以选取润滑油黏度。

9.2.2 性能计算

锥形轴承性能计算的基本公式是：

径向载荷  $F_r = p_r B D \bar{F}_r$  (25.9-41)

轴向载荷  $F_t = p_t D^2 \bar{F}_t$  (25.9-42)

径向刚度  $k_r = p_r B D \bar{k}_r / c$  (25.9-43)

轴向刚度  $k_t = p_t D^2 \bar{k}_t / c$  (25.9-44)

轴承流量  $q = p_r c^3 \bar{q} / (\eta p \bar{B})$  (25.9-45)

管式节流、 $\bar{p}_0 = 0.3$  时，载荷数  $\bar{F}_r$  和  $\bar{F}_t$ 、刚度数  $\bar{k}_r$  和  $\bar{k}_t$ 、流量数  $\bar{q}$  与最佳轴承特性数  $S_b$  分别见图 25.9-36 ~ 图 25.9-39。

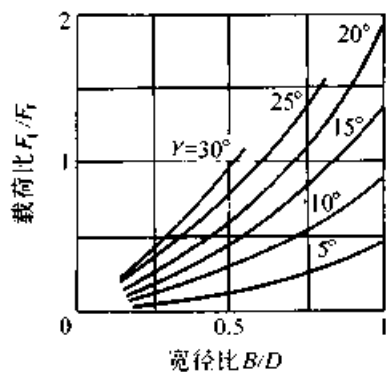


图 25.9-35 半锥角的选择

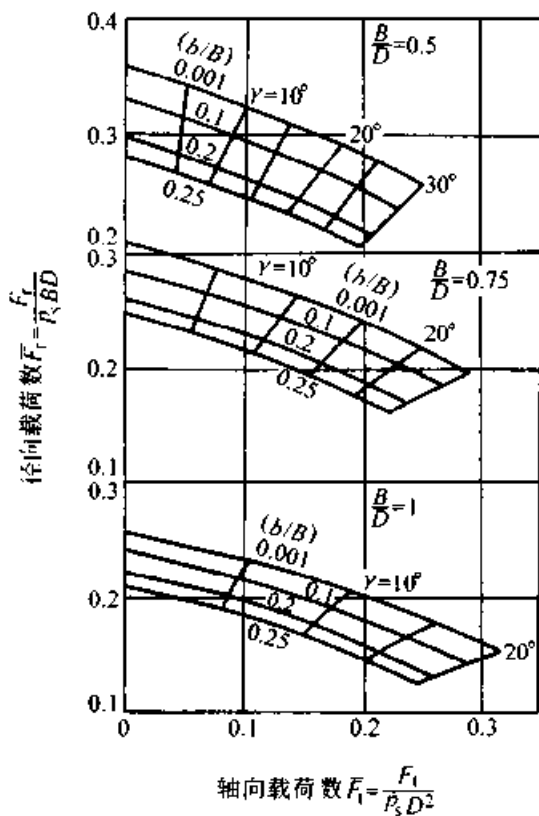


图 25.9-36 锥形轴承  $\bar{F}_r$ 、 $\bar{F}_t$  曲线

例 6 设计一锥形静压轴承。已知：径向载荷  $F_r = 2\ 500\text{ N}$ ；轴向载荷  $F_t = 1\ 500\text{ N}$ ；转速  $n = 20\text{ r/s}$ ；计算结果见表 25.9-19。

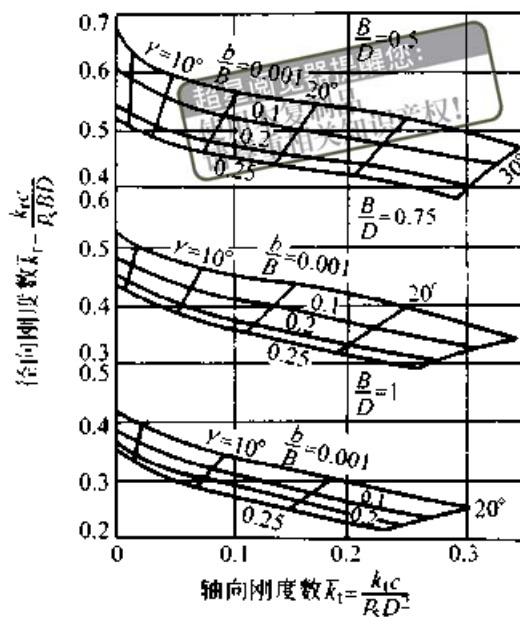


图 25.9-37 锥形轴承  $\bar{k}_r$ 、 $\bar{k}_t$  曲线

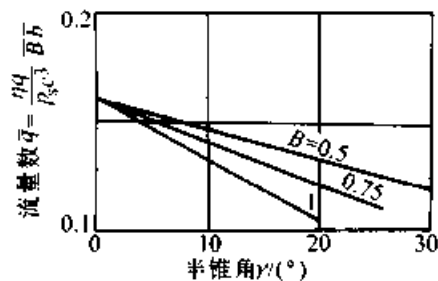


图 25.9-38 锥形轴承  $\bar{q}$  曲线

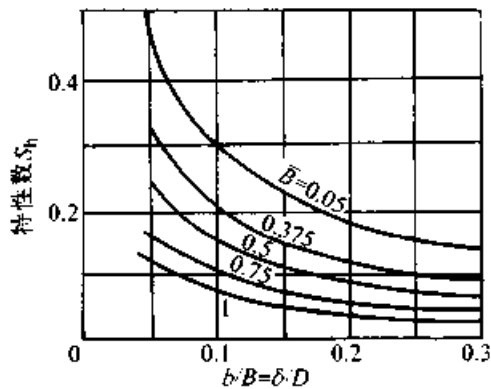


图 25.9-39 锥形轴承  $S_b$  曲线

表 25.9-19 锥形静压轴承性能计算

计算项目	计算公式及说明	计算结果
宽径比	$\bar{B} = B/D$ 选定	0.5
封油面宽度比	$\bar{b} = b/B$ 选定	0.2
载荷比	$F_r/F_t = 1\ 500/2\ 500$	0.6
半锥角	$\gamma$ 根据 $F_r/F_t = 0.6$ , $\bar{B} = 0.5$ , 由图 25.9-35 查出	$20^\circ$
径向载荷数	$\bar{F}_r$ 根据 $\bar{B} = 0.5$ , $\bar{b} = 0.2$ , $\gamma = 20^\circ$ , 由图 25.9-36 查出	0.243
轴向载荷数	$\bar{F}_t$ 根据 $\bar{B} = 0.5$ , $\bar{b} = 0.2$ , $\gamma = 20^\circ$ , 由图 25.9-36 查出	0.145
供油压力	$p_s$ 选定	2.5 MPa
轴瓦直径	$D = [F_t / (\rho_s \bar{F}_t)]^{1/2} = [1\ 500 / (2.5 \times 10^6 \times 0.145)]^{1/2}$	0.064 取 0.065 m
轴承宽度	$B = \bar{B} \times D = 0.5 \times 0.065$	0.032 m
平均直径	$D_m = D - 2B \tan \gamma = 0.065 - 2 \times 0.032 \times \tan 20^\circ$	0.053 m
平均速度	$v_m = \pi D_m n = \pi \times 0.053 \times 20$	3.35 m/s
设计间隙	$c$ 选定	$30 \times 10^{-6}$ m
径向刚度数	$\bar{k}_r$ 根据 $\bar{B} = 0.5$ , $\bar{b} = 0.2$ , $\gamma = 20^\circ$ , 由图 25.9-37 查出	0.455
轴向刚度数	$\bar{k}_t$ 根据 $\bar{B} = 0.5$ , $\bar{b} = 0.2$ , $\gamma = 20^\circ$ , 由图 25.9-37 查出	0.136
最佳轴承特性数	$S_b$ 根据 $\bar{B} = 0.5$ , $\bar{b} = 0.2$ , 由图 25.9-39 查出	0.09
计算润滑油黏度	$\eta = S_b \rho_s / n \cdot (2c/D) = 0.09 \times 2.5 \times 10^6 / 20 \times (2 \times 30 \times 10^{-6} / 0.065)^2$	0.009 59 Pa·s
润滑油牌号	选取	L-FC 15
实际润滑油黏度	$\eta$	0.012 8 Pa·s
流量数	$\bar{q}$ 根据 $\bar{B} = 0.5$ , $\gamma = 20^\circ$ , 由图 25.9-38 查出	0.13
轴承流量	$q = \rho_s c^3 \bar{q} / (\eta \bar{b} \bar{B}) = 2.5 \times 10^6 \times (30 \times 10^{-6})^3 \times 0.13 / (0.012\ 8 \times 0.2 \times 0.5)$	$6.86 \times 10^{-6}$ m <sup>3</sup> /s
泵功耗	$P_p = \rho_s q = 2.5 \times 10^6 \times 6.86 \times 10^{-6}$	17.2 W
摩擦面积	$A_\mu = B [\pi D - 4s(1 - 2\bar{b})] / \cos \gamma = 0.032 [0.065\pi - 4 \times 0.006\ 5 (1 - 2 \times 0.2)] / \cos 20^\circ$	6.42 m <sup>2</sup>
摩擦功耗	$P_\mu = \eta v_m^2 A_\mu / c = 0.012\ 8 \times 3.35^2 \times 6.42 / 30 \times 10^{-6}$	30.8 W
功耗比	$G = P_\mu / P_p = 30.8 / 17.2$	1.79
总功耗	$P = P_p + P_\mu = 30.8 + 17.2$	48 W
温升	$\Delta\theta = \rho_s (1 + G) / 1.7 \times 10^6 = 2.5 \times 10^6 (1 + 1.79) / 1.7 \times 10^6$	4.1 $^\circ\text{C}$

### 9.3 球面轴承

球面轴承的特点是倾覆阻力矩极小。

球面轴承的基本型式有中心油腔式和环形油腔式, 环形油腔式又分为单腔式和多腔式, 见图 25.9-40。

当压力比  $\bar{p}_0 = 0.5$  时, 球面轴承的荐用结构参数、设计参数和基本性能计算公式见表 25.9-20。环形多油腔式的单向和对向轴承的承载性能

曲线见图 25.9-41 和图 25.9-42。

球面轴承的性能计算见表 25.9-21。

**例 7** 设计一环形多油腔式对向球面液体静压轴承。已知: 径向载荷  $F_r = 1\ 800$  N; 轴向载荷  $F_t = 1\ 200$  N; 轴径  $d_s = 70$  mm; 转速  $n = 20$  r/s。

计算结果见表 25.9-21。

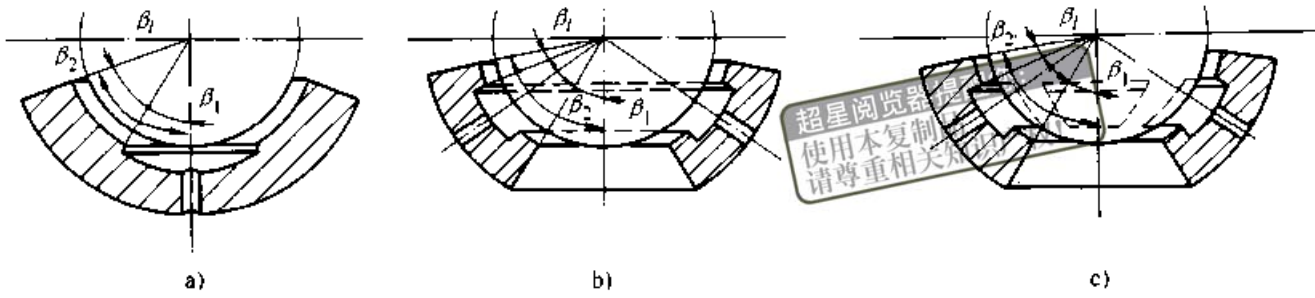


图 25.9.40 球面轴承

a) 中心油腔式 b) 环形单油腔式 c) 环形多油腔式

表 25.9-20 球面轴承参数与计算公式

基本型式	中心油腔	环形单油腔	环形多油腔单向轴承	环形多油腔对向轴承	基本型式	中心油腔	环形单油腔	环形多油腔单向轴承	环形多油腔对向轴承	设计参数	基本公式
$\beta_2$	$70^\circ$	$85^\circ$	$85^\circ$	$85^\circ$	$\bar{F}_t$	0.22	0.10~0.18	0.10~0.18	0.06	$F_t = p_0 D^2 \bar{F}_t$	$q = p_0 c^3 \bar{q} / \eta$
$\beta_1$	$35^\circ$	$7.5^\circ$	$7.5^\circ$	$7.5^\circ$	$\bar{q}$	0.328	3.56	0.06	7.12	$k_r = 2 p_0 D^2 \bar{k}_r / c$	$k_t = 2 p_0 D^2 \bar{k}_{0.5} / c$
$\varphi_1$	—	—	$7.5^\circ$	$7.5^\circ$	$\bar{k}_r$	0.1	0.03			$k_t = 2 p_0 D^2 (\bar{F}_{0.5} - \bar{F}_{10}) / c$	
$z$	1	1	6	6							

注：脚标数字为  $\epsilon$  值。

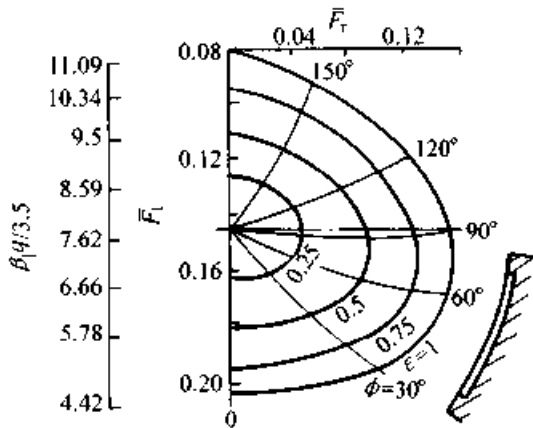


图 25.9.41 环形多油腔单向球面轴承承载性能曲线

( $Z=6 \quad \beta_1=50^\circ \quad \beta_2=85^\circ \quad \varphi_1=7.5^\circ$   
 $\beta_1=7.5^\circ \quad \bar{p}_0=0.5$ )

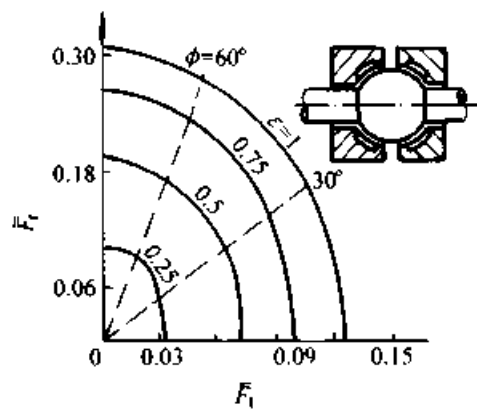


图 25.9.42 环形多油腔对向球面轴承承载性能曲线

( $Z=6 \quad \beta_1=50^\circ \quad \beta_2=85^\circ \quad \varphi_1=7.5^\circ$   
 $\beta_1=7.5^\circ \quad \bar{p}_0=0.5$ )

表 25.9-21 环形多油腔对向球面轴承的性能计算

计算项目	计算公式及说明	计算结果
结构参数	按表 25.9-20 选取 $\beta_1$	$50^\circ$
	$\beta_2$	$85^\circ$
	$\beta_1$	$7.5^\circ$
	$\varphi_1$	$7.5^\circ$
腔数	选取 $Z$	6
压力比	选取 $\bar{p}_0$	0.5

计算项目	计算公式及说明	计算结果
设计间隙	选取 $c$	$35 \times 10^{-6} \text{ m}$
球直径	$D = d_1 / \sin \beta_1 = 0.07 / \sin 50^\circ$	0.091 4 取为 0.092 m
径向载荷数	由表 25.9-20 查得 $\bar{F}_r$	0.18
轴向载荷数	$\bar{F}_a$	0.06
供油压力	$p_s = F_r / (D^2 \bar{F}_r) = 1\,200 / (0.092^2 \times 0.06)$	$2.36 \times 10^6$ 取为 2.4 MPa
油腔面积	$A_r = \pi D^2 [\cos(\beta_1 + \beta_r) - \cos(\beta_2 - \beta_r)] (1 - Z\varphi_1/360^\circ) =$ $\pi \times 0.092^2 [\cos(50^\circ + 7.5^\circ) - \cos(85^\circ - 7.5^\circ)] (1 - 6 \times 7.5^\circ/360^\circ)$	$7.47 \times 10^{-3} \text{ m}^2$
摩擦面积	$A_\mu = \pi D^2 (\cos \beta_1 - \cos \beta_2) - 3A_r/4 = \pi \times 0.092^2 (\cos 50^\circ - \cos 85^\circ) -$ $3 \times 7.47 \times 10^{-3}/4$	$9.18 \times 10^{-3} \text{ m}^2$
平均圆周速度	$v = \pi D \sin[(\beta_1 + \beta_2)/2] n = \pi \times 0.092 \times \sin[(50^\circ + 85^\circ)/2] \times 20$	5.34 m/s
流量数	由表 25.9-20 查得 $\bar{q}$	7.12
计算最佳黏度	$\eta = p_s c^3 / v \cdot (\bar{q}/A_\mu)^{1/2} = 2.4 \times 10^6 \times (35 \times 10^{-6})^2 / 5.34 \times (7.12/9.18 \times$ $10^{-3})^{1/2}$	0.015 3 Pa·s
润滑油牌号	根据润滑油标准	L-FC 22
润滑油黏度	$\eta_{40}$	0.018 8 Pa·s
轴承流量	$q = p_s c^3 \bar{q} / \eta = 2.4 \times 10^6 \times (35 \times 10^{-6})^3 \times 7.12 / 0.018 8$	$39.0 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s}$
泵功耗	$P_p = p_s q = 2.4 \times 10^6 \times 39.0 \times 10^{-6}$	93.6 W
摩擦功耗	$P_\mu = \eta A_\mu v^2 / c = 0.018 8 \times 9.18 \times 10^{-3} \times 5.34^2 / 35 \times 10^{-6}$	140.6 W
功耗比	$G = P_\mu / P_p = 140.6 / 93.6$	1.5
总功耗	$P = P_\mu + P_p = 140.6 + 93.6$	234.2 W
实际载荷数	$\bar{F}_r = F_r / (p_s D^2) = 1\,800 / (2.4 \times 10^6 \times 0.092^2)$ $\bar{F}_a = F_a / (p_s D^2) = 1\,200 / (2.4 \times 10^6 \times 0.092^2)$	0.089 0.059
偏心率	按 $\bar{F}_r = 0.089; \bar{F}_a = 0.059$ 查图 25.9-42 得 $\epsilon$	0.045
偏位角	按 $\bar{F}_r = 0.089; \bar{F}_a = 0.059$ 查图 25.9-42 得 $\phi$	$31^\circ$
给定偏心率下的载荷数	查图 25.9-42 得 $\bar{F}_{0.5}$ $\bar{F}_0$ $\bar{F}_{0.5}$	0.106 0 0.064
平均径向刚度	$k_r = 2p_s D^2 \bar{F}_{0.5} / c = 2 \times 2.4 \times 10^6 \times 0.092^2 \times 0.106 / 35 \times 10^{-6}$	$0.123 \times 10^9 \text{ N/m}$
平均轴向刚度	$k_a = 2p_s D^2 (\bar{F}_{0.5} - \bar{F}_0) / c = 2 \times 2.4 \times 10^6 \times 0.092^2 \times (0.064 - 0) / 35 \times 10^{-6}$	$0.074 \times 10^9 \text{ N/m}$

## 10 液体静压径向轴承的动态特性

转子在液体静压径向轴承中运转,或多或少必然会产生动压效应,故转子可能出现不稳定现象。

和动压轴承一样,支承在静压径向轴承上的转子,其临界转速受轴承油膜刚度和阻尼的影

响。定义静压径向轴承的刚度数

$$\bar{k}_{ij} = k_{ij} c^3 / (\eta_m B D^3) \quad (25.9-46)$$

定义静压径向轴承的阻尼数

$$\bar{d}_{ij} = d_{ij} c^3 / (\eta_m B D^3) \quad (25.9-47)$$

当腔式和垫式静压径向轴承偏心较小,且忽略液体的可压缩性,则:  $\bar{k}_{xx} = \bar{k}_{yy} = \bar{k}_0$ ,  $\bar{k}_0$  分别见表 25.9-12 和表 25.9-14;  $\bar{k}_{xy} = -\bar{k}_{yx}$ , 其值

见表 25.9-22;  $\bar{d}_{yx} = \bar{d}_{xy} = 0, \bar{d}_{xx} = \bar{d}_{yy} = \bar{k}_{xy}/\pi_0$

表 25.9-22 液体静压径向轴承的刚度数  $\bar{k}_{xy}$

垫(腔)数	管式节流	小孔节流	定量供油
3	$20.25\bar{b}\bar{B}^2(1-\bar{b})^2(1-\bar{p}_0)/[1+1.5\Gamma(1-\bar{p}_0)]$	$40.5\bar{b}\bar{B}^2(1-\bar{b})^2(1-\bar{p}_0)/[2-\bar{p}_0+3\Gamma(1-\bar{p}_0)]$	$20.25\bar{b}\bar{B}^2(1-\bar{b})^2(1-\bar{p}_0)/(1+1.5\Gamma)$
4	$24\bar{b}\bar{B}^2(1-\bar{b})^2(1-\bar{p}_0)/[1+\Gamma(1-\bar{p}_0)]$	$48\bar{b}\bar{B}^2(1-\bar{b})^2(1-\bar{p}_0)/[2+\bar{p}_0+2\Gamma(1-\bar{p}_0)]$	$24\bar{b}\bar{B}^2(1-\bar{b})^2(1-\bar{p}_0)/(1+\Gamma)$
5	$25.9\bar{b}\bar{B}^2(1-\bar{b})^2(1-\bar{p}_0)/[1+0.69\Gamma(1-\bar{p}_0)]$	$51.8\bar{b}\bar{B}^2(1-\bar{b})^2(1-\bar{p}_0)/[2-\bar{p}_0+\bar{p}_0+1.38\Gamma(1-\bar{p}_0)]$	$25.9\bar{b}\bar{B}^2(1-\bar{b})^2(1-\bar{p}_0)/(1+0.69\Gamma)$
6	$27\bar{b}\bar{B}^2(1-\bar{b})^2(1-\bar{p}_0)/[1+0.5\Gamma(1-\bar{p}_0)]$	$54\bar{b}\bar{B}^2(1-\bar{b})^2(1-\bar{p}_0)/[2-\bar{p}_0+\Gamma(1-\bar{p}_0)]$	$27\bar{b}\bar{B}^2(1-\bar{b})^2(1-\bar{p}_0)/(1+0.5\Gamma)$

注:  $\Gamma$ —阻力比, 其计算公式见表 25.9-4。

两个径向静压轴承支承的转子系统, 转子的临界转速为

$$n_{cr} = [\rho BD\bar{k}_0 / (m_c)]^{1/2} / (2\pi) \quad (25.9-48)$$

式中  $m$  ——一个轴承承担的转子质量。

转子在不同激发频率下的振幅为

$$\begin{aligned} x &= xk_{xx} / F = (k_{yy} / k_{xx}) [1 / (C^2 + D^2)^{1/2}] \\ \bar{y} &= yk_{xy} / F = [(A^2 + B^2)^{1/2} / (C^2 + D^2)^{1/2}] \\ A &= 1 - (f/n_{cr})^2 \\ B &= 2\zeta(f/n_{cr}) \end{aligned} \quad (25.9-49)$$

$$\begin{aligned} C &= [1 - (f/n_{cr})^2]^2 - [2\zeta(f/n_{cr})]^2 + (k_{yy}/k_{xx})^2 \\ D &= 4\zeta(f/n_{cr})[1 - (f/n_{cr})^2] \\ \zeta &= (k_{xy}/k_{xx})(n_{cr}/n) \end{aligned}$$

式中  $y$  ——激振力方向的振幅 (位移);  
 $x$  ——垂直于激振力方向的振幅 (位移);  
 $f$  ——激振力频率;  
 $n$  ——转子转速。

由上式可以看出, 振幅大小与比值  $(f/n_{cr})$  有关。可以认为: 当  $\zeta \geq 16$  时, 在激振频率小于临界转速的场合, 振幅  $x$ 、 $y$  极小, 转子处于稳定状态。

# 第 10 章 动静压径向轴承

动压效应与静压效应结合于一个轴承构成动静压轴承,按其结合方式可分为 3 种:

1) 静压起动、动压工作型 这类轴承在机器起动前先起动静压供油系统,利用静压油腔的压力支承起静止的转子。然后起动物器,待转子达到预定转速后,起动物压供油系统,并关闭静压供油系统,利用动压效应支承转子及其上的载荷。它起动力矩小、起动过程无磨损,而压力较高的静压供油系统又无需长期工作,故多用于重型机械,如冷轧机、大型立式车床、水轮机等;

2) 动静压联合型 这类轴承利用动压油楔内的压力液体,使之流入一个油腔,形成静压力(见图 25.10-1)。它承载能力高、温升低、功耗少,但瓦面结构复杂,工艺性不好,而且起动力矩大,起动时有磨损,未能克服动压轴承的主要缺点。

3) 动静压混合型 这类轴承起动供油系统后,静压先起作用,静压油腔的压力支承起静止的转子或使其卸荷。然后起动物器,随着转子转速增加,动压效应增大,轴承承载能力增强。特别适用于机器起动后才施加工作载荷的场合。它具有

承载能力高、刚度大、油膜阻尼大的特点,且供油压力、流量、泵功耗均比静压轴承低,起动力矩比动压轴承低,起动过程无磨损。特别适用于高速、精密主轴承,亦可用于高速重载轴承。

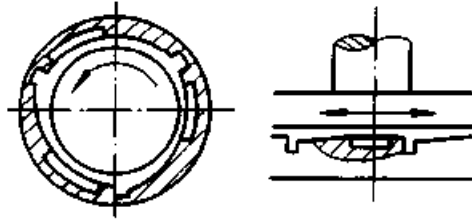


图 25.10-1 动静压联合轴承

## 1 静压升举轴承

为了不过分减弱动压承载面积,升举轴承的静压油腔一般宜取小些、浅些,所以供油压力都比较大。

液体静压升举轴承的基本型式及其静压升举性能计算见表 25.10-1,其动压效应计算与动压轴承相同,可参考第 3 章。

表 25.10-1 液体静压升举径向轴承性能计算

型式	轴向油腔(宽轴承)	周向油腔(窄轴承)	中间油腔(适贴式)
简图			



续表 25.10-1

型式	轴向油腔(宽轴承)	周向油腔(窄轴承)	中间油腔(适贴式)
性能 计算 公式	$p_0 = 2F[B]/(ld[A])$ $q = p_0 ld^2 \psi^3 / (2\eta[B])$ $\psi = c/r, \epsilon = e/c, c$ —半径间隙	$p_0 = F/l(B-b)$ $q = p_0 lh^3 / (6\eta b)$	$p_0 = F/(A_0 + A_1 + A_2)$ $q = p_0 (b^3/l + A_1 A_2 / l^2) / (6\eta)$ $A_0 = (B-2b)(S-2s)$ $A_1 = (S-2s)b; A_2 = (B-2b)s$
说明	$q$ —流量; $p_0$ —油腔压力; $F$ —升举载荷; $[A] = 12[(2+3\epsilon-\epsilon^2)/(1-\epsilon^2)^2], [B] = 12[\epsilon(4-\epsilon^2)/(2(1-\epsilon^2)^2) + (2+\epsilon^2)/(1-\epsilon^2)^{3/2} \arctan[(1+\epsilon)(1-\epsilon^2)^{1/2}]$ ; 其值见表 25.10-2		

表 25.10-2 因数 [A]、[B]

$\epsilon$	[A]	[B]	$\epsilon$	[A]	[B]	$\epsilon$	[A]	[B]	$\epsilon$	[A]	[B]
0	24.00	18.85	0.5	72.00	78.04	0.91	1 615	4 345	0.96	7 800	31 993
0.1	28.15	23.11	0.6	105.00	127.68	0.92	2 025	5 797	0.97	13 733	65 729
0.2	33.75	29.18	0.7	173.33	245.39	0.93	2 620	8 044	0.98	30 600	178 813
0.3	41.63	38.27	0.8	360.00	633.31	0.94	3 533	11 753	0.99	121 200	1 005 534
0.4	53.33	52.79	0.9	1 320.00	3 360.00	0.95	5 040	18 426	1.00	$\infty$	$\infty$

例 设计一静压升举、动压运转式径向轴承, 已知: 轴颈直径  $d = 200 \text{ mm}$ ; 轴瓦宽度  $B = 300 \text{ mm}$ ; 半径间隙  $c = 0.15 \text{ mm}$ ; 载荷  $F = 64\,000 \text{ N}$ ; 润滑油工作黏度  $\eta = 0.106 \text{ Pas}$ 。求升举至  $\epsilon = 0.4$  时所需油泵压力和流量。

因轴承较宽, 采用轴向油腔。计算结果见表 25.10-3。

表 25.10-3 液体静压升举轴承计算

计算项目	计算公式及说明	计算结果
油腔长度	确定 $l$	0.150 mm
油腔宽度	稍大于进油孔	
相对间隙	$\Psi = 2c/d = 2 \times 0.15/200$	0.001 5
[A] 值	查表 25.10-2	53.33
[B] 值	查表 25.10-2	52.79
所需油腔压力	$p_0 = 2F[B]/(ld[A]) = 2 \times 64\,000 \times 52.79 / (0.15 \times 0.2 \times 53.33)$	4.22 MPa 取 4.5 MPa
流量	$q = p_0 ld^2 \Psi^3 / (2\eta[B]) = 4.5 \times 10^6 \times 0.15 \times 0.2^2 \times 0.001 5^3 / (2 \times 0.106 \times 52.79)$	$8.14 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s}$

之增加, 但静压作用下降, 轴承表现出明显的动静压混合轴承特性。

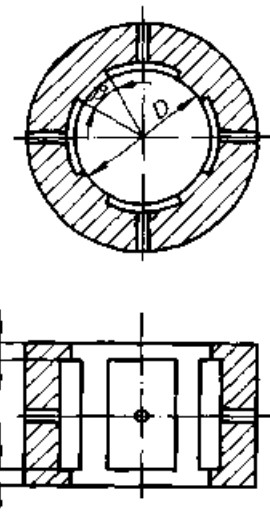


图 25.10-2 小油腔腔式径向轴承  
定义轴承特性数为

$$S_h = \eta n D^2 / (p_s c^2) \quad (25.10-1)$$

用  $S_h$  表征轴承的动压效应大小。用功耗比  $G (= P_d/P_p)$  表征动、静压效应的比例。轴承的承载能力、刚度、功耗、温升都是  $G$  的函数。

令量纲为 1 的载荷数  $\bar{F}$ 、功耗数  $\bar{P}$ 、温升数  $\bar{\Delta\theta}$  的表达式为

$$\bar{F} = F / (p_s B D) \quad (25.10-2)$$

## 2 小油腔腔式径向轴承

小油腔腔式径向轴承(图 25.10-2)由于油腔尺寸小, 故封油面尺寸增大, 因而动压效应随

$$\bar{P} = 6\rho_s^2 c\bar{b}\bar{B}P / (\pi F^2 n^2 \eta) \quad (25.10-3)$$

$$\bar{\Delta\theta} = D^2 c_p \rho \Delta\theta / F \quad (25.10-4)$$

因而刚度的计算式为

$$k = \rho_s B D \bar{F} / (\epsilon c) \quad (25.10-5)$$

流量的计算式为

$$q = P / (c_p \rho \Delta\theta) \quad (25.10-6)$$

图 25.10-3 给出, 几何参数为 (参见图 25.10-2);  $B/D = \bar{B} = 1$ ;  $b/B = \bar{b} = 0.05$  和  $0.10$ ;  $Z = 4$ ;  $\beta = 12^\circ$  和  $18^\circ$ ;  $\phi = 0^\circ$ ; 压力比为  $\bar{p}_0 = 0.5$  的小油腔腔式径向轴承, 其特性数  $S_h$ 、载荷数  $\bar{F}$ 、功耗数  $\bar{P}$ 、温升数  $\bar{\Delta\theta}$  与功耗比  $G$  的关系曲线。

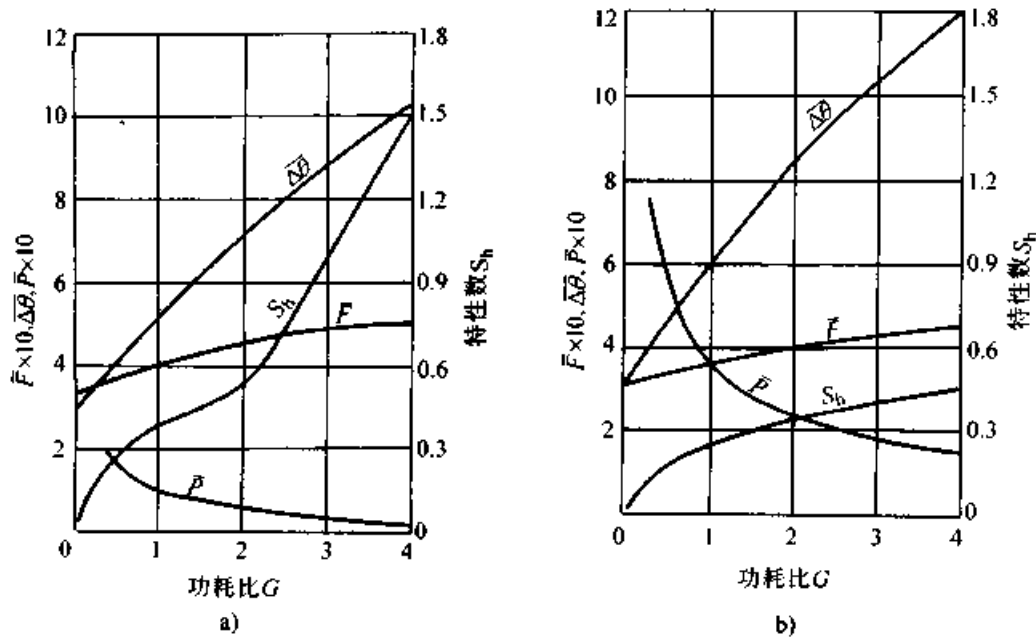


图 25.10-3 小油腔腔式径向轴承的参数关系  
a)  $\bar{b} = 0.05, \beta = 12^\circ$  b)  $\bar{b} = 0.10, \beta = 18^\circ$

### 3 无腔径向轴承

无腔径向轴承的轴瓦孔内和轴颈上均不开设油腔。常用的节流方式是缝式节流和孔式节流, 不过, 采用孔式节流时, 由于没有油腔, 孔口间

隙很小, 起节流作用的是孔口间隙的环面积, 而不是孔的截面积, 即节流面积为  $\pi d_1 h$ , 见图 25.10-4。一般轴承设双排缝/孔, 当轴承较窄时也可只设单排缝/孔。

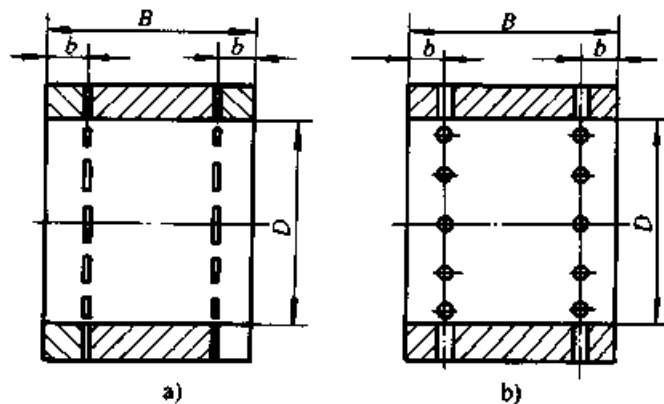


图 25.10-4 无腔径向轴承

a) 缝式节流 b) 孔式环面节流

无腔径向轴承结构简单, 工艺性好。缝/孔位置用位置因子  $\bar{b} = b/B$  表示, 采用单排缝/孔

时, 缝/孔设在轴瓦中间,  $\bar{b} = 0.5$ , 采用双排缝/孔时,  $\bar{b} = 0.25$  静压性能最佳。但是, 动压效

应较高时，有的节流缝/孔处的油膜压力可能超过供油压力，这时，润滑油将由该处节流缝/孔倒流，影响轴承性能。为避免润滑油的倒流，可取较小的  $\bar{b}$  值。然而， $\bar{b}$  值小，轴承的静压承载能力亦小，同时流量增大。可以接受的最小  $\bar{b}$  值约为 0.1。

### 3.1 纯静压承载能力

无腔径向轴承的纯静压 ( $G = 0$ ) 承载能力

[以载荷数  $\bar{F} = F / (\rho_s BD)$  表征] 与  $\bar{p}_0$  的关系曲线见图 25.10-5。图中曲线是按  $\bar{B} = 1$ 、 $\bar{b} = 0.25$  (双排缝/孔) 作出的。若  $\bar{B} \neq 1$ ，则可作如下近似修正：

$$\begin{aligned} \bar{B} = 0.5 \quad \bar{F}_{0.5} &\approx 1.1 \bar{F}_1 \\ \bar{B} = 2.0 \quad \bar{F}_2 &\approx 0.6 \bar{F}_1 \end{aligned} \quad (25.10-7)$$

若  $\bar{b} \neq 0.25$ ，则可作如下近似修正：

$$\bar{F}_b \approx \bar{F}_{0.25} (1 - \bar{b}) / (1 - 0.25) \quad (25.10-8)$$

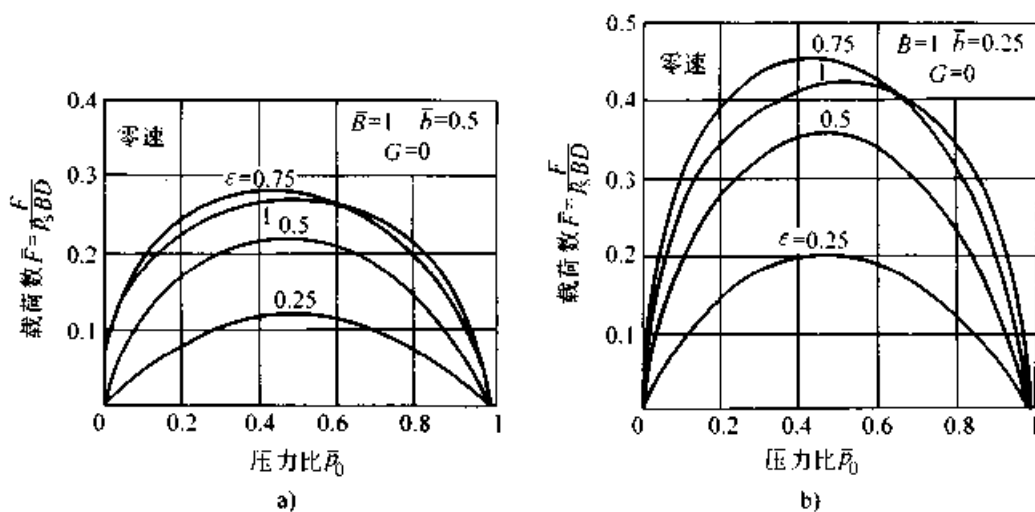


图 25.10-5 无腔径向轴承静压承载能力

a) 单排节流缝/孔 b) 双排节流缝/孔 ( $\bar{b} = 0.25$ )

### 3.2 动静压混合承载能力

无腔径向轴承在  $G = 3$  时，动静压混合承载

能力的载荷数  $\bar{F}$  随  $\bar{b}$  值变化的曲线见图 25.10-6，其随  $\bar{p}_0$  变化的曲线见图 25.10-7。

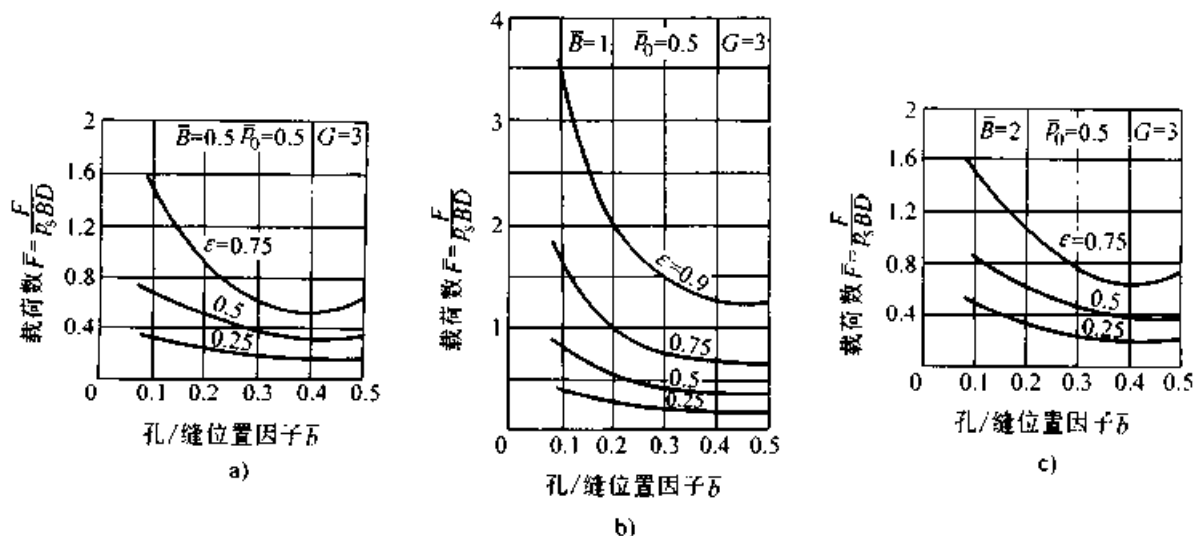


图 25.10-6 无腔径向轴承  $\bar{F}-\bar{b}$  曲线

a)  $\bar{B} = 0.5$  b)  $\bar{B} = 1.0$  c)  $\bar{B} = 2.0$

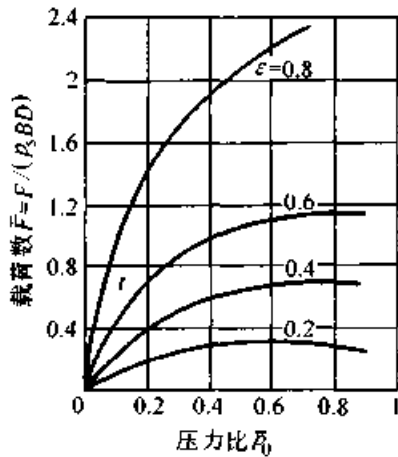


图 25.10-7 无腔径向轴承  $\bar{F}-\bar{p}_0$  曲线

3.3 参数选择

(1) 供油压力  $p_s$

供油压力  $p_s$  应根据起动时的载荷,按纯静压承载能力最好能保证起动前建立起油膜计算选取。

(2) 相对间隙  $\Psi$  提醒您:

根据轴瓦直径  $D$  和公差等级由图 25.10-8 选取,图中 IT5 和 IT6 是推荐选用的公差等级。

(3) 润滑油黏度

由图 25.10-8, 根据  $\bar{b}$ 、 $G$  和  $\Psi$  可找出最佳的  $p_s / (\eta \bar{B})$  值, 选定供油压力和轴承宽度后, 即可计算出适宜的润滑油黏度。

无腔轴承的性能计算见表 25.10-4。

例 设计一无腔径向轴承。采用缝式节流, 起动载荷 800 N, 要求  $\epsilon_{\text{启动}} \leq 0.25$ 。轴颈转速  $n = 30 \text{ r/s}$ , 运转总工作载荷 8 000 N, 要求  $\epsilon_{\text{运转}} \leq 0.75$ 。要求供油压力  $p_s \leq 2.5 \times 10^6 \text{ Pa}$ 。

计算结果见表 25.10-4。

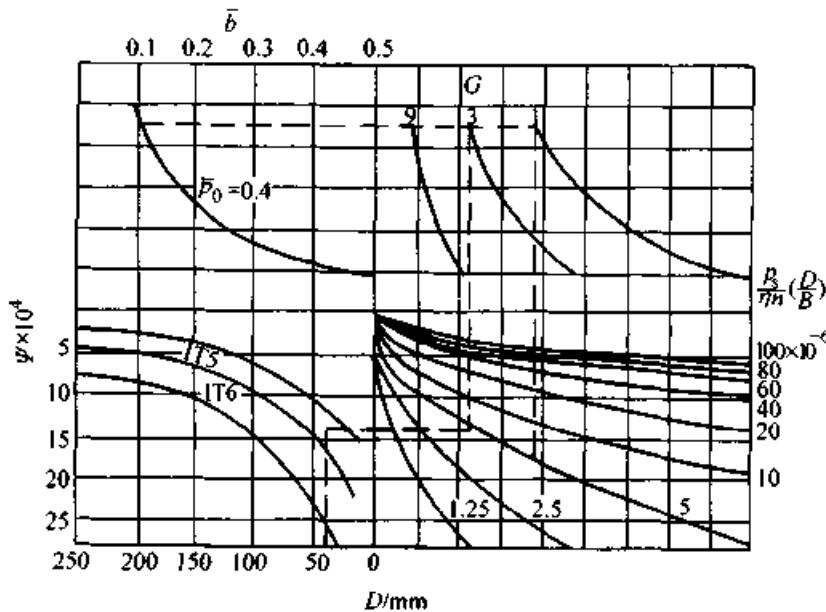


图 25.10-8 无腔径向轴承的最佳  $p_s / (\eta \bar{B})$  值

表 25.10-4 无腔径向轴承性能计算

计算项目	计算公式及说明	计算结果
宽径比	$\bar{B}$ 选取	1
节流缝位置因子	$\bar{b}$ 选取	0.1
压力比	$\bar{p}_0$ 选取	0.5
功耗比	$G$ 选取	3
载荷数	$\bar{F}$ 查图 25.10-6b, 当 $\epsilon = 0.75$ 时	1.70
轴瓦直径	$D = [F / (\rho_s \bar{B} \bar{F})]^{1/2} = [8\ 000 / (2.5 \times 10^6 \times 1 \times 1.70)]^{1/2}$	0.043 m, 取为 0.045 m
轴瓦宽度	$B = \bar{B} \times D = 1 \times 0.045$	0.045 m
起动载荷数	$\bar{F}_{0.1} = F_{\text{启动}} / (\rho_s \bar{B} D^2) = 800 / (2.5 \times 10^6 \times 1 \times 0.045^2)$	0.16

续表 25.10-4

计算项目	计算公式及说明	计算结果
校核起动偏心率	$\epsilon_{启动}$ 查图 25.10-5b, 根据 $\bar{F}_{0.1} = 0.16, \bar{p}_0 = 0.5$	
公差等级	选取	IT5
相对间隙	$\Psi$ 查图 25.10-8, 根据 $D = 0.045 \text{ m}$	$14 \times 10^{-4}$
半径间隙	$c = \Psi \times D/2 = 14 \times 10^{-4} \times 0.045/2$	$31.5 \times 10^{-6} \text{ m}$ 取为 $32 \times 10^{-6} \text{ m}$
线速度	$v = \pi D n = \pi \times 0.045 \times 30$	4.24 m/s
参数 $p_s / (\eta n \bar{B})$	根据 $\bar{b}, \Psi$ 和 $G$ , 从图 25.10-8 查出	$4.5 \times 10^6$
润滑油计算黏度	$\eta = p_s / (n \bar{B} [p_s / (\eta n \bar{B})]) = 2.5 \times 10^6 / (30 \times 1 \times 4.5 \times 10^6)$	0.018 5 Pa·s
润滑油牌号	选取	L-FC 22
实际黏度	$\eta_{油}$	0.018 8 Pa·s
流量	$q = \pi D p_s \bar{p}_0 c^3 / (6 \bar{b} B \eta) = \pi \times 0.045 \times 2.5 \times 10^6 \times 0.5 \times (32 \times 10^{-6})^3 / (6 \times 0.1 \times 0.045 \times 0.018 8)$	$11.41 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s}$
泵功耗	$P_p = p_s q = 2.5 \times 10^6 \times 11.41 \times 10^{-6}$	28.5 W
摩擦功耗	$P_\mu = \eta A_\mu v^2 / c = 0.018 8 \times \pi \times 0.045 \times 0.045 \times 4.24^2 / 32 \times 10^{-6}$	67.2 W
实际功耗比	$G = P_\mu / P_p = 67.2 / 28.5$	2.36
温升	$\Delta\theta = (1 + G) p_s / (1.7 \times 10^6) = (1 + 2.36) \times 2.5 \times 10^6 / (1.7 \times 10^6)$	8.4 °C

### 4 阶梯腔径向轴承

阶梯腔径向轴承是由阶梯面动压轴承演变而来。这种轴承分有节流器和无节流器两种。

#### 4.1 无节流器阶梯腔径向轴承

它的典型结构见图 25.10-9, 该轴承又称表面节流径向轴承。压力油由中部环槽供入, 通过轴瓦与轴颈的间隙流入很浅的油腔, 再经过封油面流出。油腔深度很小, 通常只有半径间隙的两倍左右, 故腔内压力不能再视作均匀分布。

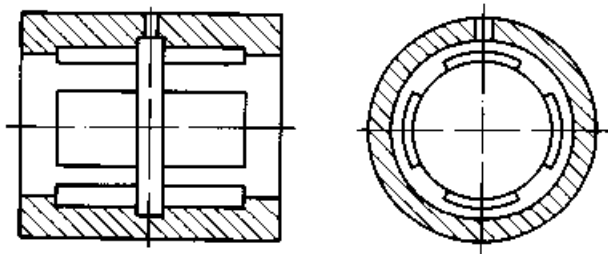


图 25.10-9 无节流器阶梯腔径向轴承

当轴颈中心偏心时, 各油腔及封油面与轴颈表面构成的间隙将不同, 故各油腔内的压力及其分布亦不相同, 产生使轴颈回复到同心位置的油腔压力差, 这就是静压承载能力。

在轴旋转的状态下, 由于腔与封油面形成的阶梯面形楔效应, 产生动压承载能力。

它没有节流器, 所以结构简单、工艺性好、不会堵塞, 且动压承载能力高。它的缺点是静压承载能力较低, 不宜用于有载起动的机器。

#### 4.2 有节流器阶梯腔径向轴承

图 25.10-10 是孔式环面节流阶梯腔径向轴承, 属有节流器一类。压力油通过节流孔孔口与轴颈表面构成的环形间隙的节流作用后, 流入油腔, 再通过封油面流出。起节流作用的通过面积

$$A_j = \pi d_j (c + \delta) \quad (25.10-8)$$

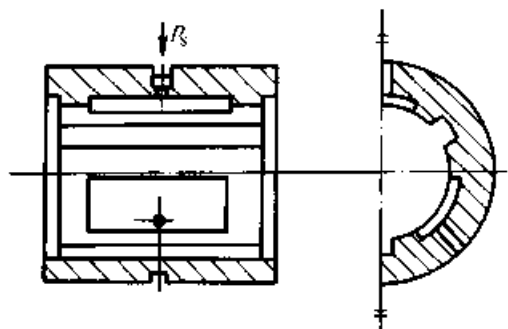


图 25.10-10 孔式环面节流阶梯腔径向轴承  
式中  $d_j$  ——节流孔孔径;

$c$  ——节流孔处的半径间隙；  
 $\delta$  ——油腔深度。

油腔很浅，油在腔内流动有节流作用，当轴转动时腔与封油面构成阶梯面，产生楔效应，因而产生动压承载能力。动静压综合承载能力比纯静压承载能力高得多，图 25.10-11 是一个三阶梯腔孔式环面节流径向轴承，当载荷指向油腔中心时的  $\bar{F}-\epsilon$  曲线，点划线为纯静压时的  $\bar{F}-\epsilon$  曲线 [ $S_h = 4\eta\mu / (\rho_s \Psi^2) = 0$ ]，实线为  $S_h \bar{p}_0 = 31.24$  时的  $\bar{F}-\epsilon$  曲线（动静压综合效应）。由图可见，当

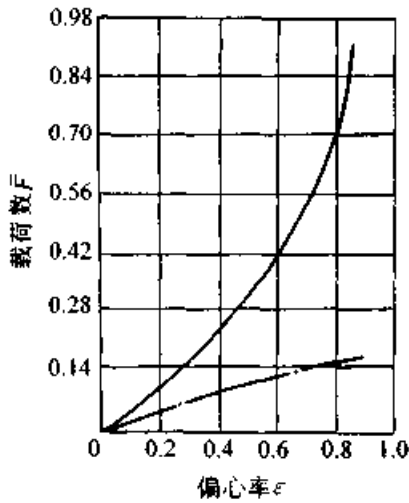


图 25.10-11 阶梯腔径向轴承的  $\bar{F}-\epsilon$  曲线  
 - - -  $S_h \bar{p}_0 = 0$       —  $S_h \bar{p}_0 = 31.24$   
 $\bar{F} = F / (\rho_s BD)$

$\epsilon = 0.5$  时，后者比前者大 2 倍多。

在轴线方向，应将节流孔设置在腔的中间；在圆周方向，应将节流孔设置在腔的一侧，处于收敛油膜的起始端，那里油膜压力低，可以避免出现动压油膜压力造成的倒流现象。利用环面节流，节流孔直径较大，故不易堵塞。

这种轴承的静压承载能力比无节流器者高，而且试验与计算表明，其动静压综合承载能力也比无节流器者高约 60% ~ 85%（见图 25.10-12），刚度也高，所以它更适合于有较大起动力载的主轴。

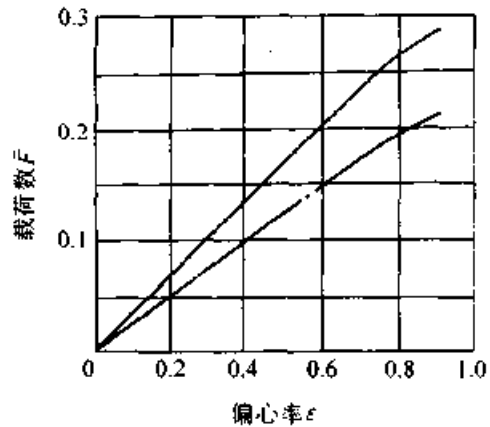


图 25.10-12 阶梯腔径向轴承静压承载能力的比较  
 — 有节流器      - - - 无节流器  
 $d_1 = 1.0 \text{ mm}$      $\rho_s = 2 \text{ MPa}$      $\bar{F} = F / (\rho_s BD)$

# 第 11 章 含油轴承

超星阅读器提醒您：  
使用本复制品  
请尊重相关知识产权！

利用材质的多孔特性或与润滑油亲和特性,在轴瓦安装、使用前,使润滑油浸润轴瓦材料,轴承工作期间可以不加或较长时间不加润滑油,这样的轴承称为含油轴承(Oil-Impregnated Bearings)。

含油轴承在不运转状态,润滑油充满其孔隙,在轴回转时,因摩擦而发热,热膨胀使孔隙减小,润滑油溢出,进入轴瓦表面。当轴停止转动后,轴瓦冷却,润滑油又被吸回孔隙。

含油轴承虽然可能形成完全油膜,但绝大多数

是处于不完全油膜的混合摩擦状态。

利用材料多孔特性,润滑油充满材料孔隙的含油轴承,其轴瓦材料有:木材、成长铸铁、铸铜合金和粉末冶金;利用材料与润滑油的亲合特性,润滑油均匀分散在材料中的含油轴承,其轴瓦材料多为聚合物,如含油酚醛树脂。含油轴承常用的粉末冶金轴瓦材料及其物理、力学性能见表 25.2-2,其他含油轴承轴瓦材料的物理、力学性能见表 25.11-11。

表 25.11-1 几种含油轴承轴瓦材料的物理、力学性能

轴瓦材料	牌号	含油密度 $\rho/g \cdot cm^{-3}$	含油体积 分数/%	线胀系数 $\alpha/(10^{-6} \cdot ^\circ C^{-1})$	热导率 $\lambda/W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$	弹性模量 $E/GPa$	径向抗压强度 $\sigma_{br}/MPa$	表面硬度 (HBS)
成长铸铁	—	6.0~7.0	5~20	10~12	41.9~54.4	60~100	300~600	100~400
含油酚醛树脂	—	—	—	84	0.13	2.5~2.6	100	20~40
铸铜合金	—	—	3~6	—	—	—	540	60~80
青铜石墨	—	—	12~30	—	—	—	70	—

## 1 粉末冶金含油轴承

含油轴承中用得最多的是粉末冶金含油轴承。通过制备粉料、成形、烧结和浸渍润滑油等主要工序制成的轴套叫做粉末冶金含油轴承。

粉末冶金含油轴承的特点是:

- 1) 适于大批量生产;
- 2) 无需切削加工,节约材料,价格便宜;
- 3) 噪声比滚动轴承低;
- 4) 几乎可以不供油,也可以通过轴瓦壁渗透供油;
- 5) 模具费用高,不适于小批量生产;
- 6) 机械强度较低;
- 7) 摩擦因数偏大。

这种制造轴套的材料叫做粉末冶金减摩材料。根据材质,粉末冶金减摩材料分为铁基、铜基和铝基三种。铁基粉末冶金减摩材料以铁为主,或加入少量铜(质量分数 2%~20%),以改善边界润滑性能,特点是强度高、价格便宜,但轴承性能较差,且会生锈,适用于低速场合,

且轴颈必须淬火;铜基粉末冶金材料以青铜为主,加入质量分数 6%~10%的锡和少量锌、铅,特点是不生锈,在中速、轻载下轴承性能稳定,但价格较贵;铝基粉末冶金减摩材料开发较晚,特点是价格较低、强度适中,但耐磨性和抗咬黏性较差。铁基和铜基粉末冶金减摩材料已制定了国家标准,其牌号和基本性能见表 25.11-2。

### 1.1 参数选择

#### 1.1.1 宽径比

因为轴瓦两端的孔隙度一般比中间部位小,故轴瓦不宜过窄。但当  $\bar{B} = B/D \geq 2 \sim 3$  时,会出现压粉不均匀。最好取  $\bar{B} \approx 1$ 。

#### 1.1.2 压入过盈量

轴套应该用压力机压入轴承座,不许用锤击打。轴套与轴承座孔应为过盈配合,其平均过盈量可取为

$$\Delta_m = 0.025 \text{ mm} + 0.0075 D^{1/2} \quad (25.11-1)$$

式中  $D$ ——轴套外径 (mm)。

表 25.11-2 轴瓦用粉末冶金材料及其基本性能

轴瓦材料		牌 号	含油率/ %	表观硬度 (HBS)	许 用 载 荷 $p_v$ /MPa				
					线 速 度 $v$ /m·s <sup>-1</sup>				
					~0.10	>0.10~0.25	>0.25~0.50	>0.50~1.00	>1.00~1.50
铁 基	铁	FZ1160	≥18	30~70	15.30	15.92	7.34	7.50	5.17
		FZ1165	≥12	40~80					
	铁碳	FZ1260	≥18	50~100					
		FZ1265	≥12	60~110					
	铁碳钢	FZ1360	≥18	60~110					
		FZ1365	≥12	70~120					
	铁铜	FZ1460	≥18	50~100					
		FZ1465	≥12	60~100					
铜 基	铜锡	FZ2170	≥18	20~50	8.20	12.20	7.36	6.53	4.81
	铅锌	FZ2175	≥12	30~60					
	铜锡	FZ2265	≥18	25~55					
		FZ2270	≥12	35~65					
	铜锡铅	FZ2365	≥18	20~50					

注：含油率为体积分数。

选择轴承座孔直径公差时，应使最大过盈不大于2倍平均过盈，最小过盈不小于平均过盈的1/2。

轴套压入轴承座孔后，轴套孔径会收缩，确定轴颈尺寸时应考虑到该收缩量。收缩量与过盈量、轴套内外径尺寸和孔隙度有关，图 25.11-1 给出不同内外径尺寸时收缩量与过盈量之比值  $K$  的曲线。材料弹性较大、轴承座刚度较大时，收缩量应按图中计算的  $K$  值再大些，反之取小些的值。

推荐的轴承座孔公差见表 25.11-3。

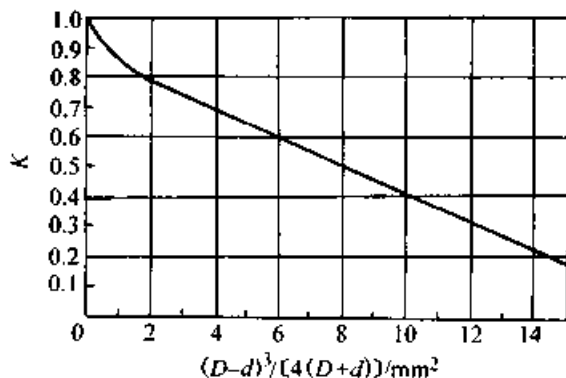


图 25.11-1 孔径收缩量与过盈量之比值  $K$

表 25.11-3 推荐的粉末冶金含油轴承  
轴承座孔的公差

轴承等级	7	8	9
轴承座孔公差	H7	H8	H8

### 1.1.3 轴承间隙

间隙大，在循环载荷下运转会出现大的噪声。间隙过小，摩擦力增大，轴承温度升高，这时轴承间隙因材料热膨胀进一步减小，很容易损坏轴承。所以要特别注意高速轴承间隙的选取。

含油轴承直径间隙  $2c$  与轴套直径  $D$  之比称为相对间隙，图 25.11-2 是推荐的粉末冶金含油轴承的相对间隙。

推荐的最小直径间隙见表 25.11-4。

### 1.1.4 配副轴颈表面状况

轴颈表面的硬度值推荐不低于 250HBS，表面粗糙度  $Ra$  不超过  $1.6 \mu\text{m}$ 。

## 1.2 润滑与润滑油

### 1.2.1 润滑油

粉末冶金含油轴承轴套在使用前需浸入 80~



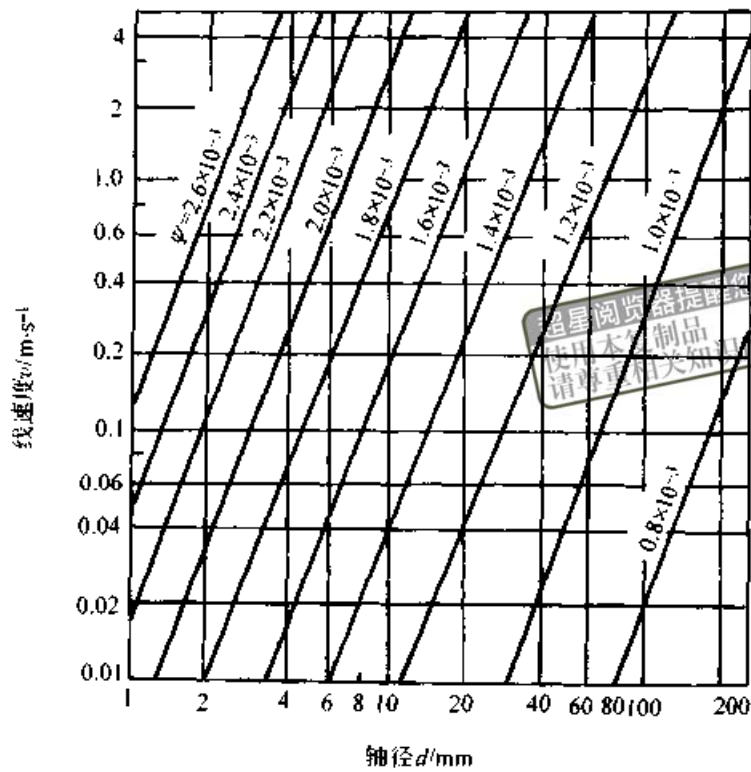


图 25.11-2 粉末冶金含油轴承相对间隙

表 25.11-4 粉末冶金含油轴承的最小直径间隙

轴直径/mm	~6	>6~10	>10~18	>18~30	>30~50	>50~60
最小直径间隙/ $\mu\text{m}$	8	10	12	25	40	50

120℃的润滑油中约 1 h，待浸透润滑油后装入轴承座内使用。它采用的润滑油需要有高的氧化安定性、油膜强度和黏温指数，特别要注意不能使用悬浮有固体颗粒的润滑油。

粉末冶金含油轴承常用的润滑油是汽油机油，高速轻载时也可以用主轴油（F类）。适宜的黏度可查图 25.11-3。

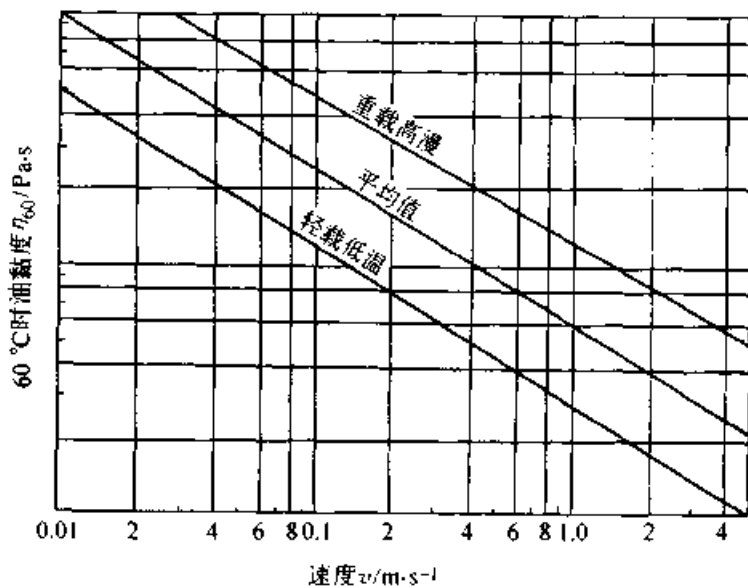


图 25.11-3 粉末冶金含油轴承适宜的黏度

### 1.2.2 重新浸油时间

含油轴承使用中可以不加润滑油，但因为油会损耗和变质，所以工作较长时间后，需要拆下重新浸油。浸一次油能工作的时间与转速和工作温度有关，大致可按图 25.11-4 由线速度和在工作温度确定。

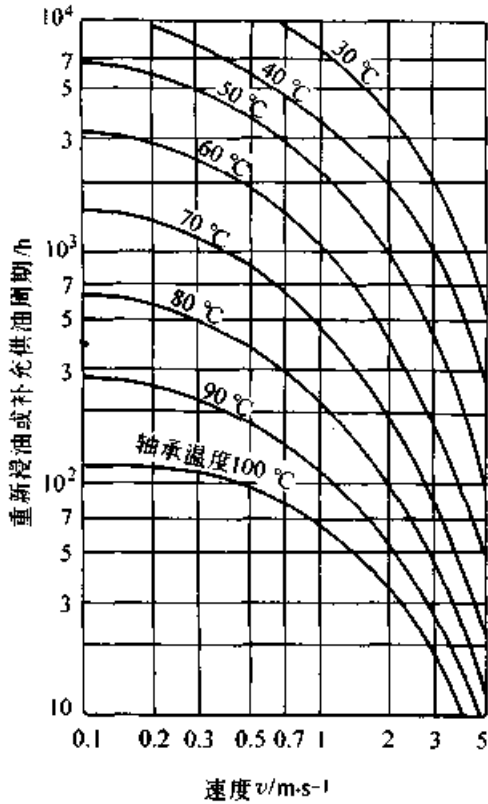


图 25.11-4 粉末冶金含油轴承重新浸油时间

### 1.2.3 供油方式

虽然含油轴承无须供油，但它也可在连续或间歇供油下运转。供油可提高含油轴承的承载能力和许用滑动速度。图 25.11-5 给出不同供油方式粉末冶金含油轴承的安全运转范围。

粉末冶金含油轴承常用供油方法见图 25.11-6。

### 1.3 许用载荷

粉末冶金含油轴承的许用载荷随速度增加而下降，当速度达到一定值后，许用  $pv$  值为常量。不同速度下的许用载荷见表 25.11-2。

许用线速度可参见图 25.11-5。

改变供油方式能显著提高粉末冶金含油轴承的承载能力和允许的运转速度。

## 1.4 粉末冶金含油轴承轴套的型式与尺寸

标准粉末冶金含油轴承轴套的型式有：筒形、带挡边的筒形、球形，见图 25.11-7。筒形轴套的壁厚有普通系列和薄系列两个系列。

这种轴承轴套的主要标准尺寸见表 25.11-5。

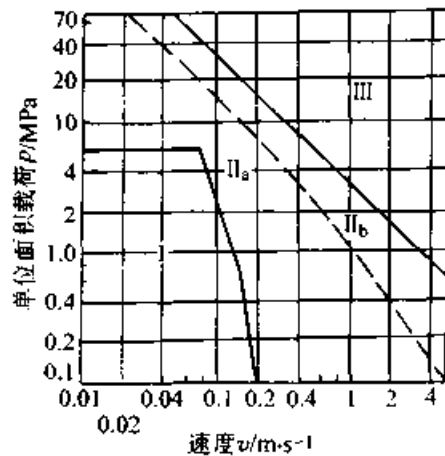


图 25.11-5 粉末冶金含油轴承不同供油方式的安全运转范围

I—不供油 II—间断供油 (II<sub>a</sub>—一般材料 II<sub>b</sub>—高孔隙率材料) III—连续供油

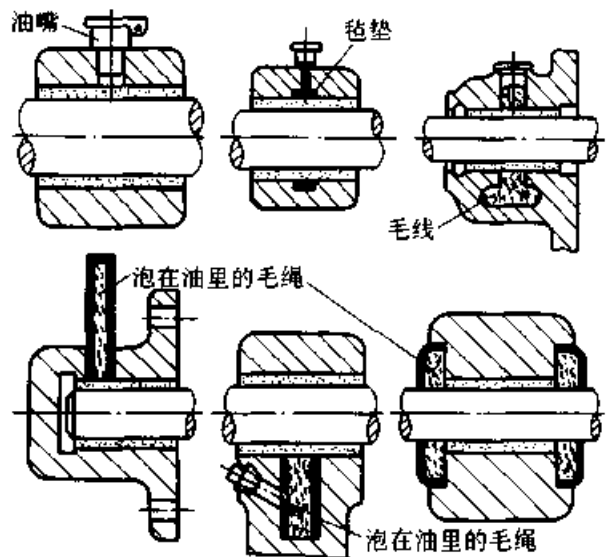


图 25.11-6 粉末冶金含油轴承的供油方法

标准粉末冶金含油轴承筒形轴套精度等级有 7、8、9 三级，球形轴套只有 7、8 两级。各精度等级的尺寸公差见表 25.11-6。

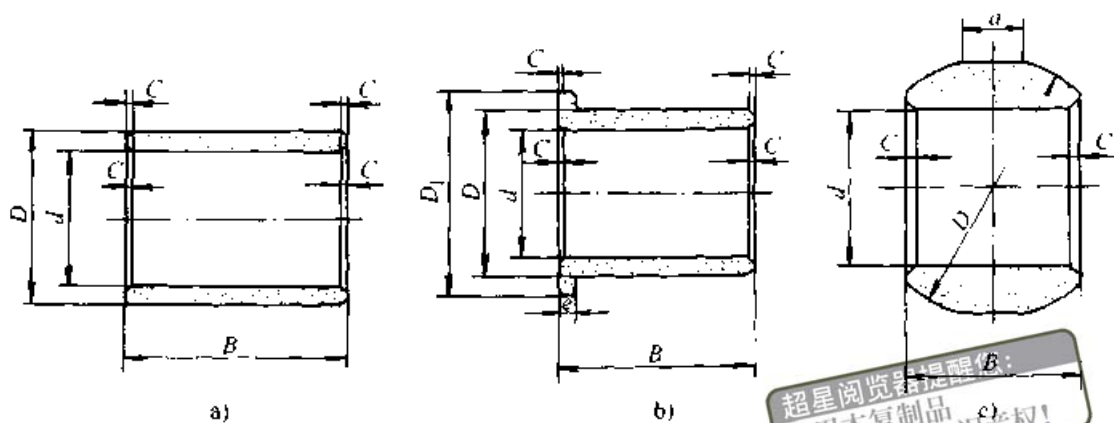


图 25.11-7 粉末冶金含油轴承的型式

a) 筒形 b) 带挡边的筒形 c) 球形

表 25.11-5 粉末冶金含油轴承轴套的主要尺寸 (mm)

孔径 $d$	0.8	1	1.5	2	2.5	3	4	5	6	7	8	9	10	12	14	15	16
薄外径 $D$	—	—	—	—	—	5	7	8	9	10	11	12	14	16	18	—	20
外径 $D$	3	3	4	5	6	6	8	9	10	11	12	14	16	18	20	—	22
挡边直径 $D_1$	—	5	6	8	9	9	12	13	14	15	16	19	22	24	26	—	28
挡边厚度 $e$	—	1	—	—	1.5	—	—	—	2	—	—	2.5	—	3	—	—	3
球径 $D$	—	3	4.5	5	6	8	10	12	14	16	16	18	22	22	24	27	28
宽度 $B$	1, 2	1, 2	1~3	2~4	2~4	3~6	3~6	4~10	4~12	5~14	6~16	6~18	8~20	8~20	10~22	—	12~28
(球形) 宽度 $B$	—	2	3	3	4	6	8	9	10	11	11	12	14	15	17	20	20
孔径 $d$	—	18	20	22	25	28	30	32	35	38	40	42	45	48	50	55	60
薄外径 $D$	—	22	24	26	30	34	36	38	42	45	48	50	53	56	58	63	68
外径 $D$	—	24	26	28	32	36	38	40	45	48	50	52	55	58	60	65	70
挡边直径 $D_1$	—	30	32	34	38	44	46	48	55	58	60	62	65	68	70	75	80
挡边厚度 $e$	—	—	3	—	3.5	—	—	4	—	—	—	—	—	5	—	—	6
球径 $D$	—	30	36	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
宽度 $B$	—	12~30	16~35	16~35	20~40	20~40	22~45	22~45	25~50	25~55	30~60	30~60	35~65	35~70	35~70	40~75	40~80
(球形) 宽度 $B$	—	20	25	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

注：1. (薄) 外径表示薄系列筒形轴套外径。

2. 筒形轴套宽度尺寸系列为：1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 25, 28, 30, 32, 35, 40, 45, 50, 55, 60, 65, 70, 75, 80。

表 25.11-6 粉末冶金含油轴承轴套尺寸公差

精度等级	7	8	9	精度等级	7	8	9
筒形内径 $d$	G7	E8	C9	球径 $D$	h11	h12	
球形内径 $d$	H7	H8		宽度 $L$	h13	h14	h15
外径 $D$	r7	s8	t9	外径对内径同轴度	9 级	10 级	10 级
挡边外径 $D_1$	js13	js14	js15	球径对内径圆跳动	9 级	10 级	
挡边厚度 $e$	js13	js14	js15	挡边内端面对内径圆跳动	10 级		

## 2 铸铜合金含油轴承

铸造青铜时加入微量的 Ti、Zr、Fe 或 Al 等元素，使晶粒细化，从而形成多孔性的铸件，浸渍润滑油后成为含油轴承。

铸铜合金含油轴承的特点是：

- 1) 需要进行切削加工；
- 2) 铸造法生产，不需要成型金属模具，故适宜制造批量少的中、大型轴承；
- 3) 与铜基粉末冶金含油轴承比较，铸铜合金含油轴承承载能力高、磨损率低，抗咬粘性相近；
- 4) 孔隙率低、含油量少，故往往需要有间断供油装置。

铸铜合金含油轴承与铜基粉末冶金含油轴承的性能比较见表 25.11-7。

表 25.11-7 铸铜合金含油轴承与铜基粉末冶金含油轴承的性能比较

性能项目	铸铜合金	铜基粉末冶金
抗拉强度 $\sigma_b$ /MPa	147~216	98
抗压强度 $\sigma_{kc}$ /MPa	540	147~245
伸长率 $\delta$ /%	3~8	1
硬度 (HBS)	60~80	25~40
含油体积分数/%	3~6	18~30

表 25.11-8 成长铸铁含油轴承的物理性能

密度 $\rho/g \cdot cm^{-3}$	抗拉强度 $\sigma_b/MPa$	抗压强度 $\sigma_{kc}/MPa$	冲击韧度 $\alpha_K/kJ \cdot m^{-2}$	硬度 (HS)	线胀系数 $\alpha/10^{-6} \cdot ^\circ C^{-1}$	弹性模量 $E/GPa$	热导率 $\lambda/[W(m \cdot ^\circ C)^{-1}]$	含油体积 分数%	摩擦因数
6~7	98~295	295~588	29~49	15~40	10~12	60~100	41.9~54.4	3~10	0.03~0.08

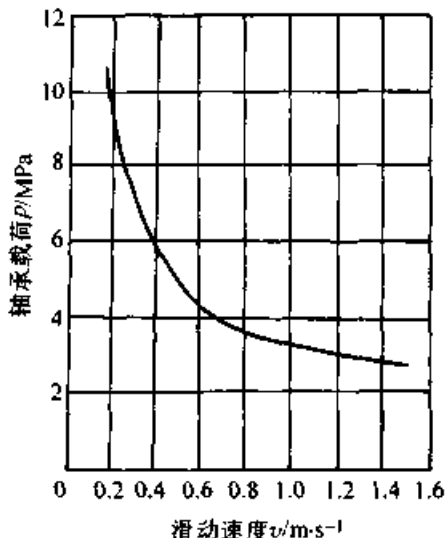


图 25.11-8 成长铸铁含油轴承的极限  $p-v$  曲线

## 3 成长铸铁含油轴承

将普通铸铁件缓慢加热到下临界点  $A_1$  以上（例如  $880^\circ C$ ）的温度，保温一段时间（例如 20 min），使其组织成长（称成长处理），形成多孔性铸件。然后进行调质处理和终加工，再浸渍润滑油后成为含油轴承。

元素 C 和 Si 对铸铁的成长影响最大，一般 C 和 Si 越多，成长率越高。但如果 Si 的质量分数超过 3%，成长反而困难。

在氧或二氧化碳等气体中加热，成长率比在空气中加热要高。在氮或氩气中加热，成长率比在空气中加热要低。

和铸铜合金含油轴承一样，因为需要用木型砂模铸造，故适于批量少的中、大型轴承。

成长铸铁含油轴承的物理力学性能见表 25.11-8，除强度外，基本和普通铸铁相同，装在用钢铁制成的机器上，尺寸稳定性、精度保持性均好。

成长铸铁含油轴承的承载能力高，抗咬粘能好，在正常工况下磨损率低。根据止推轴承摩擦试验结果，成长铸铁含油轴承的极限  $p-v$  曲线见图 25.11-8。

## 4 聚合物含油轴承

### 4.1 聚合物含油轴承的特性

聚合物含油轴承具有如下特性：

- 1) 自润滑性 与金属摩擦时摩擦因数较小；
- 2) 质量轻 聚合物的密度低于金属，一般只略超过铝的一半，有助于减轻机器的质量；
- 3) 易成型 聚合物可以注射成形，超过 1 kg 的大型轴承，可以用压缩成形或单体浇铸法成形，成形速度快、精度高，生产成本较低；
- 4) 吸振性 聚合物轴承耐冲击、吸振性好。例如轿车方向盘操纵系统采用含油聚缩醛轴承

后,阻止了路面不平引起的振动传向人体,使驾驶更舒适、更安全;

5) 顺应性 聚合物的弹性模量约为金属的1%,所以顺应性较好,能使轴颈与轴瓦接触良好;

6) 耐蚀性 聚合物的耐蚀性优于金属,甚至可用水作润滑剂。例如酚醛树脂和聚邻苯二甲酸二丙烯酸酯可作为水润滑轴承的轴瓦材料。

聚合物含油轴承的特性参数及其与普通聚合物轴承的比较见表 25.11-9。

#### 4.2 含油酚醛轴承

含油酚醛轴承是在多孔质化的酚醛树脂中浸渍润滑油构成的,在边界摩擦条件下,它显示出优越的性能。含油酚醛轴承的摩擦学性能见表 25.11-10。

表 25.11-9 聚合物含油轴承的特性参数

轴瓦材料		许用载荷 $p_p/\text{MPa}$	许用速度 $v_p/\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$	$(pv)_p/MPa\cdot\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$	摩擦因数 $\mu$	磨损系数 $K_p/(10^{-9}\text{mm}\cdot\text{Pa}^{-1}\cdot\text{m}^{-1})$	允许温度 $\theta/^\circ\text{C}$
尼龙 66	无油	7.85	0.83	0.13	0.2	227.8~908.3	80/120
	有油	14.71	5.00	1.63	0.08~0.12	5.6~69.4	
含油聚缩醛	无油	19.61	1.67	1.31	0.08~0.12	5.6~22.2	80/100
	有油	19.61	5.00	3.27	0.06~0.12	0.6~8.3	
含油聚对苯 二丁酸丁二酯	无油	14.71	1.67	0.98	0.08~0.15	13.9~44.4	120/150
	有油(100℃)	6.86	0.50	0.49	0.10~0.15	22.2~113.9	
含油聚苯硫醚	无油	14.71	1.67	1.63	0.08~0.18	8.3~36.1	200/250
	有油(150℃)	9.81	0.83	0.65	0.10~0.15	22.2~136.1	
含油苯酚树脂	无油	29.42	1.67	0.98	0.08~0.18	13.9~69.4	100/200
	有油	34.32	3.33	2.45	0.08~0.12	2.2~13.9	
	水中	34.32	16.67	16.34	0.003~0.10	0.6~83.3	
填充 4% PTFE 的聚酰亚胺	无油	11.77	5.00	3.27	0.20~0.25	1.4~22.2	200/250
	有油(200℃)	9.81	0.83	0.49	0.05~0.12	22.2~136.1	

① 分子为连续运转允许的温度,分母为断续运转允许的温度。

表 25.11-10 含油酚醛轴承的摩擦学性能

润滑剂	供油条件	极限载荷 $p/\text{MPa}$	极限线速 度 $v/m\cdot s^{-1}$	极限 $pv/MPa\cdot\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$	极限使 用温度 $\theta/^\circ\text{C}$
油润滑	不供油	9.8	1.3	0.98	常温
	油杯定期供油	11.8	1.7	1.67	100
	滴油供油	11.8	3.3	2.45	100
	油浴、压力供油	11.8	15.0	6.37	100
水润滑	不供水	9.8	1.3	0.98	常温
	水浴	14.8	15.0	4.91	100

### 5 青铜石墨含油轴承

将青铜粉末与石墨颗粒混合，烧结成多孔质材料，浸渍润滑油，构成青铜石墨含油轴承。它具有较高的耐磨性和好的减摩性，在汽车、拖拉机、洗衣机以及小型电动机、发电机中均有应用。

对青铜石墨含油轴承制定了机械行业标准。标准青铜石墨含油轴承和粉末冶金含油轴承一样，其轴套有筒形、带挡边筒形和球形三种（见图 25.11-9）。它们的含油体积分数为 12~30%，筒形轴套的径向抗压强度  $\sigma_{bc} = 70 \text{ MPa}$ 。

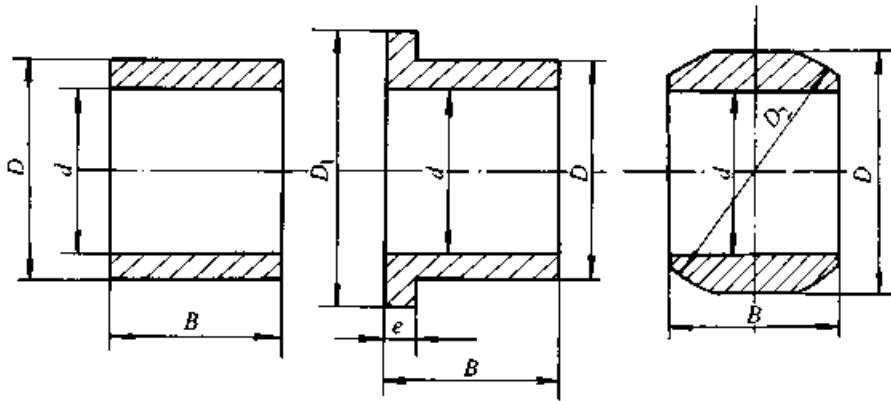


图 25.11-9 青铜石墨含油轴承的轴套型式

a) 筒形 b) 带挡边筒形 c) 球形

青铜石墨含油轴承径向破坏载荷按下式计算

$$F = \sigma_{bc} B (D - d)^2 / [2(D + d)] \quad (25.11-2)$$

青铜石墨含油轴承三种轴套型式的尺寸和偏差分别见表 25.11-11~25.11-13。

表 25.11-11 青铜石墨含油轴承筒形轴套的尺寸和偏差（摘自 JB/T 3729—1999）

(mm)

型号	Z-6	Z-10			Z-11	Z-11.9	Z-12	Z-12.3	Z12.4	
尺寸与偏差	内径d	10 <sup>+0.022</sup> <sub>0</sub>			11 <sup>+0.060</sup> <sub>0</sub>	11.9 <sup>0</sup> <sub>-0.10</sub>	12 <sup>+0.04</sup> <sub>0</sub>	12.3 <sup>0</sup> <sub>-0.10</sub>	12.4 <sup>0</sup> <sub>-0.04</sub>	
	外径D	10 <sup>+0.065</sup> <sub>0</sub>	16 <sup>+0.046</sup> <sub>0</sub>	13 <sup>+0.045</sup> <sub>0</sub>	20 <sup>+0.039</sup> <sub>0</sub>	15 <sup>+0.075</sup> <sub>0</sub>	16 <sup>+0.045</sup> <sub>0</sub>	22 <sup>+0.095</sup> <sub>0</sub>	16 <sup>+0.07</sup> <sub>0</sub>	
	宽度B	10 <sup>+0.3</sup> <sub>0</sub>	14	10 <sup>+0.2</sup> <sub>0</sub>	14	16 <sup>0</sup> <sub>-0.5</sub>	13 <sup>+0.2</sup> <sub>0</sub>	15 <sup>+0.2</sup> <sub>0</sub>	23.5 <sup>+0.5</sup> <sub>0</sub>	
同轴度公差	—	0.03	0.050	0.04	—	0.10	0.07	0.10		
型号	Z-12.5	Z-12.5	Z-12.7	Z-12.7	Z-14	Z-14	Z-15	Z-15.9	Z-16	
尺寸与偏差	内径d	12.5 <sup>+0.045</sup> <sub>0</sub>	12.5 <sup>+0.045</sup> <sub>0</sub>	12.7 <sup>+0.040</sup> <sub>0</sub>	12.7 <sup>0</sup> <sub>-0.010</sub>	14 <sup>+0.035</sup> <sub>0</sub>	14 <sup>+0.035</sup> <sub>0</sub>	15 <sup>+0.055</sup> <sub>0</sub>	15.9 <sup>+0.045</sup> <sub>0</sub>	16 <sup>+0.027</sup> <sub>0</sub>
	外径D	18.5 <sup>+0.5</sup> <sub>-1.0</sub>	16 <sup>+0.045</sup> <sub>0</sub>	16 <sup>+0.080</sup> <sub>0</sub>	20 <sup>+0.039</sup> <sub>0</sub>	18 <sup>+0.045</sup> <sub>0</sub>	17 <sup>+0.115</sup> <sub>0</sub>	21 <sup>+0.100</sup> <sub>0</sub>	20 <sup>+0.095</sup> <sub>0</sub>	20 <sup>+0.074</sup> <sub>0</sub>
	宽度B			23.5 <sup>+0.5</sup> <sub>0</sub>	14	20 <sup>+0.4</sup> <sub>-0.4</sub>	16.4 <sup>0</sup> <sub>-0.24</sub>	20 <sup>+0.3</sup> <sub>0</sub>	21 <sup>0</sup> <sub>-1.0</sub>	15
同轴度公差	0.10				—	0.10	—	0.05	0.06	
型号	Z-16.2	Z-18.2	Z-19		Z-25	Z-38	Z-45	Z-11		
尺寸与偏差	内径d	16.2 <sup>+0.050</sup> <sub>0</sub>	18.2 <sup>+0.065</sup> <sub>0</sub>	19 <sup>+0.210</sup> <sub>0</sub>	19 <sup>+0.033</sup> <sub>0</sub>	25 <sup>+0.045</sup> <sub>0</sub>	38 <sup>+0.5</sup> <sub>0</sub>	45 <sup>+0.10</sup> <sub>0</sub>	11	
	外径D	19.25 <sup>+0.095</sup> <sub>0</sub>	24 <sup>+0.100</sup> <sub>0</sub>	21.7 <sup>+0.075</sup> <sub>0</sub>	23 <sup>+0.074</sup> <sub>0</sub>	32 <sup>+0.115</sup> <sub>0</sub>	58.5 <sup>+0.5</sup> <sub>0</sub>	55 <sup>+0.051</sup> <sub>0</sub>	28 <sup>+0.036</sup> <sub>0</sub>	
	宽度B	15 <sup>+0.5</sup> <sub>-1.0</sub>	25 <sup>+0.4</sup> <sub>0</sub>	17 <sup>0</sup> <sub>-1.1</sub>	20	18 <sup>0</sup> <sub>-1.0</sub>	11 <sup>+1.0</sup> <sub>0</sub>	38 <sup>+0.25</sup> <sub>0</sub>	3	
同轴度公差	0.10	—	0.15	0.06	0.05	—	—	—	—	

表 25.11-12 青铜石墨含油轴承带挡边筒形轴套的尺寸和偏差  
(摘自 JB/T 3729—1999) (mm)

型 号	Z-10B		
内径 $d$	$10^{+0.018}_0$	$10^{+0.022}_0$	$10^{+0.016}_{-0.010}$
外径 $D$	$15.2^{+0.046}_{+0.028}$	$18^{+0.034}_{+0.012}$	$15^{+0.030}_0$
挡边外径 $D_1$	19	24	20
宽度 $B$	13	40	35
挡边厚度 $r$	2	3	7.5

表 25.11-13 青铜石墨含油轴承球形轴套的尺寸和偏差 (摘自 JB/T 3729—1999)

型 号	Z-10Q (mm)			
	Z-8Q	Z-10Q	Z-10Q	Z-12Q
内径 $d$	$8^{+0.015}_0$	$10^{+0.016}_0$	$10^{+0.022}_0$	$12^{+0.027}_0$
外径 $D$	$15.5^{+0.0}_{-0.2}$	$15.5^{+0.2}_{-0.2}$	$19.6^{+0.075}_{+0.035}$	$21.6^{+0.0}_{-0.10}$
球径 $D_2$	$15.9^{+0.0}_{-0.11}$	$16^{+0.0}_{-0.12}$	$20^{+0.0}_{-0.10}$	$22^{+0.0}_{-0.26}$
宽度 $B$	$11.2^{+0.08}_{-0.08}$	$11^{+0.0}_{-0.12}$	15	$16.5^{+0.20}_{-0.20}$
同轴度公差	0.06	0.10	0.08	0.025

## 第 12 章 固体润滑轴承

在轴瓦或轴颈上，为了减小摩擦，人为地加入固体润滑剂，这种轴承称为固体润滑轴承 (Bearings with Solid Lubricant)。

固体润滑和无润滑摩擦在摩擦的本质上没有区别，只是固体润滑参与摩擦的表层固体材料是为防止两表面咬粘、降低摩擦因数、减少磨损特意置入的。

使用固体润滑剂能够节约电力、石油产品和有色金属，避免漏油。固体润滑适用的场合为：

- 1) 高温高压，如挤压、冲压、拉制、轧制等；
- 2) 低速，如机床导轨；
- 3) 宽的温度范围；
- 4) 高真空中运转的部件，可保证真空度；
- 5) 强辐照中运转的部件，可减缓润滑剂的变质；
- 6) 需要防腐蚀的场合，它与空气、溶剂、燃料、助燃剂等不起反应，可在酸、碱、海水等环境下工作；
- 7) 有尘土的环境；
- 8) 需严格避免油污的场合，如食品、纺织、造纸、医药、印刷等设备；
- 9) 油脂易被冲刷流失的场合；
- 10) 给油很不方便的地方。

固体润滑的摩擦因数通常比油、脂润滑时高，且无冷却作用，难以排出磨屑。

### 1 固体润滑剂的种类与特性

可作为固体润滑剂的材料有具有层状晶格的化合物、聚合物、金属和无机物，它们全都具有层状结构。例如石墨、二硫化钼和云母等，是由光滑的分子或原子片组成的层状结构，聚四氟乙烯等聚合物，是由长的平行直分子链组成的层状结构。

这类材料在垂直于层的方向上抗压强度高，而在平行于层的方向抗剪强度低，故能减小摩擦因数。

对固体润滑剂的要求是：

- 1) 使摩擦副具有低且稳定的摩擦因数；
- 2) 在规定的温度范围内具有化学稳定性，不会侵蚀和损伤摩擦副表面材料；
- 3) 能牢固地粘附在摩擦副表面上，不会因载荷的作用而被挤出两表面的接触区；
- 4) 有足够的耐磨性；
- 5) 无毒、经济、便于控制。

#### 1.1 固体润滑剂的种类

最常用的固体润滑剂有： $\text{MoS}_2$ 、石墨、 $\text{PbO}$ 、 $\text{Pb}$ 、 $\text{Ag}$ 、 $\text{PTFE}$  等。根据其材料特征分为无机物、软金属和聚合物 3 类，见表 20.4-17。

#### 1.2 固体润滑剂的性能

##### 1.2.1 二硫化钼

二硫化钼为层状晶体结构，由钼原子和硫原子各自围成平面，并以 S: Mo: S: S: Mo: S 的顺序相邻排列构成晶体。在每一组 S: Mo: S 中，原子间的作用力是较强的共价键力，能抵抗表面轮廓峰的穿刺，而相邻两层硫原子面之间，则是较弱的范德华力，因而，硫原子面间易于滑动。这就是二硫化钼能降低摩擦的主要原因。

潮气对二硫化钼的润滑性能有不利影响，当相对湿度从 15% 增加到 70%，二硫化钼润滑钢试件的摩擦因数从 0.05 增加到 0.38，其磨损率增加 1 倍。

使用  $\text{MoS}_2$  润滑摩擦因数可降至 0.015 ~ 0.09，最大  $pv$  值可达 3.5  $\text{MPa}\cdot\text{m/s}$ 。

二硫化钼的外观、结构和性能见表 20.4-18，施加二硫化钼后测得的典型摩擦因数列于表 25.12-1。

##### 1.2.2 石墨

石墨是最稳定且有明显层状结构的碳结晶体。在摩擦运动时，石墨能沿着结晶层面滑移并定向，且与钢、铬、橡胶等表面有良好的粘着力，因此是一种良好的润滑剂。



表 25.12-1 施加二硫化钼测得的典型摩擦因数

MoS <sub>2</sub> 施用的方式	试 验 情 况	摩擦因数	润滑前摩擦因数
擦或涂在金属表面上	将 MoS <sub>2</sub> 擦抹在低碳钢上; 滑动速度 13 m/min, 载荷 8.8 N	0.05 ~ 0.095	0.55
	将 MoS <sub>2</sub> 擦抹在不锈钢的 MoS <sub>2</sub> 干膜上; 滑动速度 186 m/min, 载荷 3.9 N, 处于真空环境	0.06 ~ 0.10	
	将 MoS <sub>2</sub> 擦抹在钢上; 载荷 232.5 kN	0.05 ~ 0.25	0.8
擦或涂在化学处理过的表面膜上	将 MoS <sub>2</sub> 填充入钢的磷化表面的多孔结构中	0.04 ~ 0.1	
化学方法形成表面膜	在烧结钼上就地化学形成 MoS <sub>2</sub> ; 用钢滑块进行试验, 载荷 39 N	0.06 ~ 0.10	0.4 ~ 0.55
用有机胶黏剂粘接的表面膜	用玉米糖浆在低碳钢上粘接 MoS <sub>2</sub> 膜; 滑动速度 17 m/min, 载荷 0.98 N	0.19	0.54
	用玉米糖浆在低碳钢上粘接 MoS <sub>2</sub> 膜; 滑动速度 130 m/min, 载荷 7.95 N	0.20	0.55
浸渍在塑料中	在模塑塑料件中浸渍含量较低的 MoS <sub>2</sub> ; 用钢滑块进行试验, 载荷 39 N	0.10 ~ 0.15	0.45
	在热固性塑料中浸渍质量分数为 1% 的 MoS <sub>2</sub> , 在钢表面上展成薄膜并烘干; 用钢滑块进行试验, 载荷 39 N	0.25	0.40
浸渍在多孔金属中	将 MoS <sub>2</sub> 烧结在铜中; 用钢滑块进行试验, 载荷 39 N	0.13 ~ 0.20	0.3 ~ 1.2
	质量分数 10% 的 MoS <sub>2</sub> , 85% 的银, 5% 的铜烧结的钢套, 以其一端的半球压在转动的钢盘上; 转动速度 8 000 r/min, 载荷 9.98 N	0.21	0.26 ~ 0.27
	质量分数各为 50% 的 MoS <sub>2</sub> 和锡青铜; 滑动速度 13 m/min	0.10	0.35

与二硫化钼相反, 石墨在干燥时摩擦因数很高, 吸水后摩擦因数下降。石墨的吸附力较弱, 化学安定性很好。在 426 ℃ 以下可以长期使用, 540 ℃ 时只能短期使用。石墨润滑膜摩擦数可降

至 0.05 ~ 0.19, 允许的  $pv$  值, 最高可达 700 kPa·m/s。石墨还具有高的导电性和导热性。石墨的理化和润滑性能见表 25.12-2。

表 25.12-2 石墨的理化和润滑性能

项 目	特 性	项 目	特 性
外观	黑色、片状、有脂肪质感	摩擦因数	与金属表面的物理吸附力较弱。石墨的润滑作用受水蒸气及其他气体吸附层的影响较大, 在真空中失去润滑作用。摩擦因数约为 0.05 ~ 0.19
分子结构与结晶构造	为六方晶系层状结构, 呈鳞片状。层内原子间距离为 0.142 nm, 结合力强, 层与层间距离为 0.341 nm, 结合力弱, 此外, 水蒸气及其他气体吸附层对降低摩擦数有重要作用	硬度	莫氏 1 ~ 2
密度	2.2 ~ 2.3 g/cm <sup>3</sup>	化学抵抗力	非常好
熔点	3 527 ℃	电阻率	2.64 mΩ·cm
耐热性	大气压下 540 ℃ 内可短期使用, 426 ℃ 内可长期使用; 快速氧化温度 454 ℃, 氧化产物为 CO 和 CO <sub>2</sub>	抗拉强度	2.5 ~ 3.5 MPa
		冲击韧度	140 ~ 160 J/m <sup>2</sup>
与金属、橡胶的反应	不起反应	线胀系数	2.2 × 10 <sup>-6</sup> /℃
		抗辐射能力	在室温下, γ 射线辐射摩擦因数增加 43%, 中子辐射使晶格损伤
蒸汽压	较低	和水的接触角	50°

表 20.4-19 列出几种石墨分散润滑剂的应用。

### 1.2.3 聚四氟乙烯

聚四氟乙烯是一种热塑性工程塑料，耐化学腐蚀性极强，对多数化学药剂，如各种酸、碱、王水、强氧化剂和有机溶剂等不起作用，而介电强度也很高。它又耐热，能连续使用的温度范围在  $-270 \sim 260 \text{ }^{\circ}\text{C}$  之间，间断使用温度可达  $315 \text{ }^{\circ}\text{C}$ 。它不吸水且尺寸稳定。它的缺点是热膨胀率高、导热性差。

聚四氟乙烯与金属的摩擦因数低于已经应用的任何固体润滑剂，为  $0.03 \sim 0.10$ 。纯聚四氟乙烯耐磨性并不好，用软金属及其化合物、石棉纤维、碳纤维、玻璃纤维、石墨、二硫化钼等作填充剂增强后，其抗压强度、摩擦学性能均有较大提高，最大  $pv$  值提高到  $3.5 \text{ MPa}\cdot\text{m/s}$ 。

表 20.4-20 列出几种用不同编织物填充的聚四氟乙烯润滑材料与钢配副的摩擦学特性，表 20.4-21 列出几种含氟聚合物与钢配副的摩擦学性能。

### 1.2.4 尼龙

尼龙是一种热塑性工程塑料，是聚酰胺树脂族的统称。除普通的不改性尼龙外，还有用玻璃纤维、二硫化钼、石墨等填充的增强尼龙以及烧结尼龙。不改性尼龙的物理力学性能见表 20.4-22，

摩擦特性见表 20.4-23。

### 1.2.5 软金属

软金属具有抗剪强度低、导电和导热性强、抗辐射能力高等优越性能。可作为固体润滑剂使用的几种软金属的熔点和硬度见表 20.4-24。

软金属润滑主要用于真空和高温场合，通常膜厚为  $0.25 \sim 1.0 \mu\text{m}$ ，摩擦因数约为  $0.3$ 。薄膜的寿命主要取决于膜与基体材料之间的粘附强度。

### 1.2.6 其他固体润滑剂

其他较新的固体润滑剂有：氟化石墨、氮化硼、聚酰亚胺等，它们的特性见表 20.4-25。

## 2 固体润滑轴承的类型

按加入固体润滑剂的方式不同，固体润滑轴承分为：覆膜轴承、烧结轴承、复合轴承和镶嵌轴承等。

### 2.1 覆膜轴承

使固体润滑剂在轴瓦基体材料上形成一层薄膜，构成覆膜轴承。它的性能与薄膜厚度、膜的抗剪强度、膜与基体材料的结合强度有关，也与成膜的方法有关。

#### 2.1.1 成膜方法

覆膜轴承成膜方法及其特性见表 25.12-3。

表 25.12-3 固体润滑剂成膜方法及其特性

成膜方法		膜厚 $\delta/\mu\text{m}$	特 性
名称	说 明		
擦涂法	将固体润滑剂粉末与挥发性溶剂混合后擦涂于摩擦表面，或用其成形物在摩擦表面上涂擦，形成光滑薄膜	0.1~10	润滑膜寿命与基体材料硬度无明显关系，而与湿度、温度、膜厚和基体表面粗糙度有关。难以批量生产
粘接法	将固体润滑剂粉末与胶粘剂混合后喷涂于摩擦表面，固化后形成粘结覆盖层。较好的粘接剂是聚酰亚胺、磷酸钠和硅酸钠	5~25	润滑膜寿命与基体材料硬度、湿度无明显关系，而与温度、膜厚和基体表面粘接前的清洁程度有关。特别要注意固化条件和粘接剂与润滑剂的比例。摩擦因数和磨损率与时间有关
分散法	将固体润滑剂粉末分散于硬化性或挥发性液体中，如水、酒精、甲苯、矿物油等，将摩擦表面浸渍在该液体中，液体硬化或挥发后，形成润滑薄膜	—	—
沉积法	利用金属卤化物受热分解，金属原子沉积在基体表面上，或将固体润滑剂加热熔化，使之气化，然后凝聚在基体表面，形成沉积润滑薄膜	<0.5	可以准确控制覆盖层厚度和成分，可以形成复合覆盖层。适合于在精加工表面成膜，覆膜强度一般优于擦涂法

(1) 二硫化钼的成膜方法

1) 以粉末形式直接成膜 以粉末形式直接涂抹在摩擦表面上,按表面粗糙度选择  $\text{MoS}_2$  颗粒的尺寸,如粉末颗粒太小,则隔离两个表面的效果不佳,如颗粒太大,又难以进入摩擦副的间隙。

涂抹干粉所得干膜厚度一般小于 0.1 mm,且不均匀,故使用寿命较短,润滑效果较差。

2) 使用分散剂成膜 用加入固体润滑材料的分散剂涂抹在摩擦表面上,较之干粉更便于形成均匀的干膜。 $\text{MoS}_2$  分散剂的特性见表 20.5-2。

3) 粘接覆盖层 将  $\text{MoS}_2$  用胶粘剂调配涂在摩擦表面上。它不但能涂在钢等金属表面,也能涂在塑料、橡胶表面。基体材料愈硬,覆盖层与基体材料粘接愈牢。涂在金属表面上时表面最

适宜的粗糙度  $R_a$  在  $0.32 \mu\text{m} \sim 1.5 \mu\text{m}$  之间 粘接前表面应除锈、清洗,表 20.5-3 列出几种基体金属的净化处理方法。表 20.5-4 列出几种粘接  $\text{MoS}_2$  覆盖层之胶粘剂及其特性。

4) 化学膜 在金属表面涂镀一层铜,然后放在含硫的气氛中加热,生成  $\text{MoS}_2$  膜。这种膜粘附最为牢固,承载能力极高。

5) 等离子溅射膜 利用等离子焰所产生的高温将丝状或粉状  $\text{MoS}_2$  熔化,喷射到零件表面上,形成类似电镀的膜。

等离子溅射  $\text{MoS}_2$  时基体温度应大于  $7 \text{ }^\circ\text{C}$ ,并不宜在铜、青铜、银等表面溅射。

(2) 石墨的成膜方法

石墨的成膜方法见表 25.12-4。

表 25.12-4 石墨的成膜方法

名称	方 法	应 用 举 例
石墨分散剂	将石墨分散在水、油或其他溶剂中	模具、铸型、螺纹联接、磨合、汇电排
粘接薄膜	用热固性树脂粘接	办公器具、橡胶和铝件

(3) 聚合物的成膜方法

1) 聚四氟乙烯片材 将聚四氟乙烯片材冲压成唇型密封圈、轴瓦、活塞环和垫片等,成功地应用于带式输送机、打字机、缝纫机、电唱机唱盘、水泵、纺织机械和农业机械等设备上。

2) 聚合物涂层 可以用浸渍法、烧结法或粘接法形成聚合物膜。

用树脂粘接聚四氟乙烯膜,干化温度低于烧结膜,并较烧结膜致密。这种方法可用于武器、齿轮、铰链、销轴、轴承、阀门和活塞环等处。

(4) 软金属的成膜方法

可以通过真空沉降、化学镀涂和机械擦抹等方法获得软金属薄膜。薄膜的寿命主要取决于膜与基体材料之间的粘附强度。

2.1.2 SF-1 轴承

在钢背上烧结出青铜多孔质层,再浸渍铅和聚四氟乙烯膜而制成的覆膜轴承。

不同速度、不同温度下 SF-1 轴承的  $p_p$  和  $(pv)_p$  值分别见表 25.12-5、25.12-6。

2.1.3 聚四氟乙烯覆膜轴承

聚四氟乙烯覆膜卷制轴套的型式、基本尺寸、公差和表面粗糙度可参见 GB/T 12949—

1991。这种轴套的型式见图 25.12-1。

表 25.12-5 不同速度下 SF-1 轴承的  $p_p$  和  $(pv)_p$

速度 $v$ / $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$	无油润滑		有油润滑	
	$p_p$ / MPa	$(pv)_p$ / $\text{MPa}\cdot\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$	$p_p$ / MPa	$(pv)_p$ / $\text{MPa}\cdot\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$
<0.01	50	0.5	—	—
0.01	—	—	120	1.2
0.1	6	0.6	30	3.0
0.5	1.5	0.75	10	5.0
1.0	1.2	1.2	7	7.0
5.0	0.4	2.0	5	25
10.0	0.2	2.0	3	30

表 25.12-6 不同温度下 SF-1 轴承的  $(pv)_p$

$v/\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$		<0.01	0.1	1.0	5.0	10.0	20.0
$(pv)_p$ / $\text{MPa}\cdot\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$	温 度	20	0.5	0.6	1.2	2.0	1.0
	/ $^\circ\text{C}$	100	0.3	0.35	0.72	1.0	0.9
		200	0.16	0.12	0.24	0.4	0.2

轴套钢背的材料一般为 08F、08、10 号钢，烧结铜合金层的材料为 CuSn10，厚度为 0.20~0.30 mm，覆层塑料为聚四氟乙烯或聚氧化乙烯。轴套的外径公差为 IT7 级，内径公差为 H7。

长度公差为 h13，壁厚的公差为 ±0.05 mm。轴套外表面的粗糙度 Ra 值为 3.2 μm。标准轴套的基本尺寸见表 25.12-7。

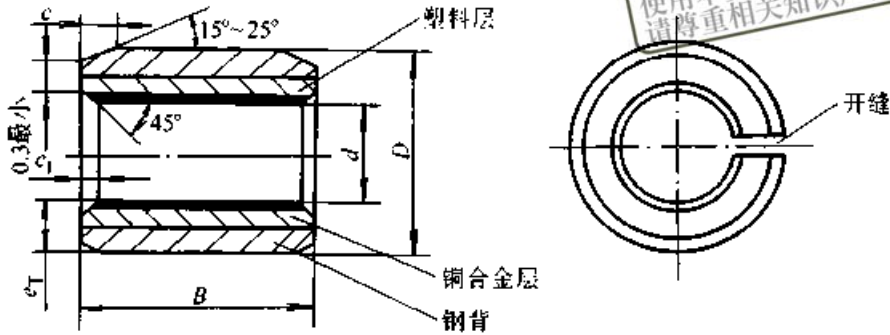


图 25.12-1 聚四氟乙烯覆膜卷制轴套

表 25.12-7 覆有减摩聚四氟乙烯层的双金属轴套的基本尺寸 (mm)

外径 D	6	7	8	9	10	12	14	16	17
壁厚 e <sub>T</sub>	1.0								
宽度 B	4, 6, 8	4, 5, 6, 8	6, 8, 10	10, 12	6, 8, 10, 12	6, 8, 10, 12, 15	6, 8, 10, 12, 15, 20	10, 12, 15, 20	10, 12, 15, 20, 25
外径 D	18	20	23	25	27	28	32		
壁厚 e <sub>T</sub>	1			1.5				2.0	
宽度 B	10, 12, 15, 20, 25	10, 12, 15, 20, 25	10, 12, 15, 20, 25, 30	10, 12, 15, 20, 25	15, 20, 25, 30	10, 12, 15, 20, 25, 30	20, 30		
外径 D	34	36	39	42	44	50	55	60	
壁厚 e <sub>T</sub>	2.0				2.5				
宽度 B	12, 15, 20, 25, 30, 40	20, 30	12, 20, 25, 30, 40, 50	30, 40	12, 20, 25, 30, 40, 50	20, 25, 30, 40, 50	20, 30, 40, 60	30, 40, 60	
外径 D	65	70	75	80	85	90	95	105	
壁厚 e <sub>T</sub>	2.5								
宽度 B	30, 40, 60	30, 40, 60	40, 60, 80	30, 40, 60, 80	40, 60, 80	40, 60, 80	40, 60, 90	50, 95	

## 2.2 烧结轴承

将固体润滑剂粉末与轴瓦基体材料的粉末混合、成形、加热，制成烧结轴承。这样，会在摩擦过程中连续向摩擦表面提供固体润滑膜。

轴瓦基体材料通常用金属，润滑剂用层状固体润滑剂，需要注意的是基体材料与润滑剂应有足够的相互浸润性，以保证轴瓦有足够的强度。可以加入增大浸润性的添加剂，如 Ca-Si 合金可以增大铁和石墨烧结的相互浸润性。实践表明，Cu-Ag-MoS<sub>2</sub> 和 Fe-Pb-MoS<sub>2</sub> 烧结轴承具有良好的性能。

烧结轴瓦的强度与润滑剂含量成反比，综合考虑轴瓦强度和摩擦学性能，工业生产中多限制润滑剂含量的体积分数在 10% 以下。

烧结材料的另一特性是各向异性，表 25.12-8 是铜基烧结材料不同方向的磨损率。

表 25.12-8 铜基烧结材料的磨损量

摩擦方向	平行于压制的方向	垂直于压制的方向
磨损率 / g·h <sup>-1</sup>	0.008 2	0.004 6

## 2.3 浸渍复合轴承

以多孔质材料为基体，浸渍固体润滑剂，构成固体润滑的浸渍复合轴承。贮存于轴瓦内部的固体润滑剂，随轴瓦磨损不断向摩擦表面供给固体润滑剂。典型的复合轴承是以炭石墨为基体材料，浸渍软金属、聚四氟乙烯或无机物（如 BaF<sub>2</sub>）构成。

浸渍的方法有：

- 1) 使浸渍物成为熔融状态进行真空浸渍；
- 2) 将硬化性液体作为载体，浸渍物置于其中，进行浸渍；
- 3) 将挥发性液体作为载体，浸渍物分散于其中，进行浸渍，然后使液体挥发；
- 4) 使浸渍物气化后浸渍。

浸渍物不但起润滑作用还可增加基体材料的强度。

### 2.4 镶嵌轴承

在轴瓦基体金属摩擦面上，开出排列有序、大小适当的孔穴或槽，嵌入成形的固体润滑剂，构成镶嵌轴承。也有用固体润滑剂乳液（如 PTFE 乳液）注入预先制出的小孔中，经固化而成。

它的特点是承载能力高、工作寿命长。与烧结轴承相比，虽然它的摩擦因数高，但磨损率却低一个数量级；与覆膜轴承相比，它具有更高的使用寿命和耐热性；与石墨轴承相比，它的磨损率较低。

用作镶嵌轴承的基体金属有：铸铁、锡青铜、不锈钢、黄铜和铅-锡合金等。镶嵌轴承的镶嵌体，多数采用复合成分固体润滑剂，主要是石墨、PTFE 和  $\text{MoS}_2$ 。应用不同的配方，可以制成线胀系数与基体材料相同的镶嵌体，以适应高温条件下使用，也可以制成耐低速重载、耐水、耐化学溶剂的镶嵌体等。

嵌入的固体润滑剂，其摩擦表面面积应占轴瓦全部摩擦面积的 30% 左右，常用排列形式见图 25.12-2。

### 3 固体润滑轴承的设计与计算

固体润滑剂的摩擦学性能、施加固体润滑剂的方法与工艺过程、轴瓦基体材料的性能、几何参数（固体润滑膜厚度，嵌入成形固体润滑剂的面积，固体润滑剂含量等）等，都会影响固体润滑轴承的性能，因此，预计固体润滑轴承许用载荷、极限速度、保证磨损寿命允许的  $p_v$  值等十分困难，目前计算此类轴承尚缺乏足够的资料。

固体润滑膜破坏的极限载荷主要决定于：润滑剂涂层和基体材料的力学性质、涂层厚度、接触表面的几何特性、表面温度和相对速度。材料

的结构因素、变形速度和温度、以及应力分布，对润滑材料的性质有较大影响。同样的润滑材料，由于变形条件改变，其破坏特性可能由脆性变为塑性。

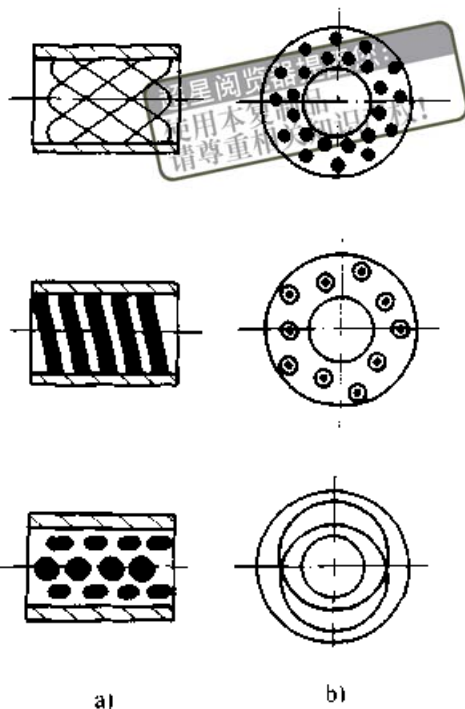


图 25.12-2 镶嵌形式

a) 径向轴承 b) 止推轴承

在载荷作用下，用球形触头在有固体润滑膜的金属板上缓慢移动，测量其极限载荷。图 25.12-3 是在不同硬度基体材料上测出的极限载荷，图 25.12-4 是在不同厚度润滑膜上测出的极限载荷。

通过理论分析和试验，得出计算固体润滑膜承载能力的近似公式为

$$F_d = \bar{F}_d \sigma_{bc} R^2$$

$$\bar{F}_d \approx 145 (\delta/R)^{0.3} (\sigma_{bc}/E)^{0.45} (\tau_{sh}/\sigma_{bc})^{0.3} \quad (25.12-1)$$

- 式中  $F_d$  —— 固体润滑膜的极限载荷；  
 $\bar{F}_d$  —— 极限载荷数；  
 $\sigma_{bc}$  —— 基体材料的抗压强度；  
 $R$  —— 触头半径；  
 $\delta$  —— 涂层膜厚；  
 $E$  —— 基体材料的弹性模量；  
 $\tau_{sh}$  —— 固体润滑膜的抗剪强度。

用式 (25.12-1) 可以评价每个几何因素和强度因素对固体润滑膜承载能力的影响。

试验表明，固体润滑膜的承载能力随表面温

度升高而下降。

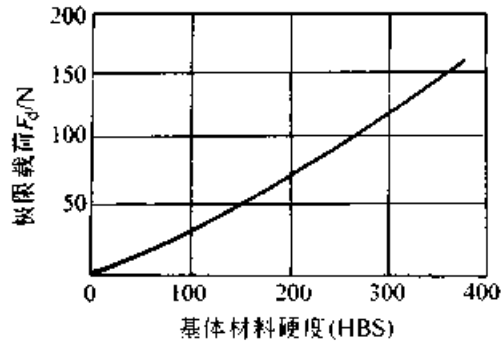


图 25.12-3 极限载荷与基体材料硬度的关系

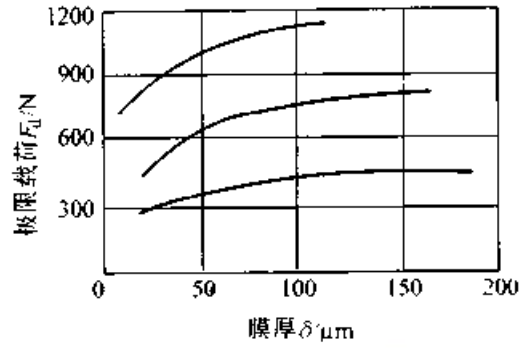


图 25.12-4 极限载荷与膜厚的关系

超星阅读器提示  
使用本复制品  
请尊重相关知识产权!

# 第 13 章 无润滑轴承

机器提醒您：  
使用本复制品  
请尊重相关知识产权！

在使用前和使用中都不必加入润滑剂，以干摩擦状态运转的滑动轴承，谓之无润滑轴承 (Unlubricated Bearing)。因此，它的轴瓦必须采用自身既有足够强度又有润滑性的材料制造，以保证轴承有足够的承载能力、低的摩擦因数（通常希望摩擦因数不超过 0.1~0.3）和低的磨损率。

采用无润滑轴承，机器结构简单、不污染环境、无须维护保养，在汽车、家用电器、办公自

动化机械、视频机械中广泛应用。

## 1 无润滑轴承的材料与结构

### 1.1 轴瓦材料

无润滑轴承轴瓦材料主要有聚合物、炭石墨和特种陶瓷三类。表 25.13-1 是三类无润滑轴承轴瓦材料的环境适应性。

表 25.13-1 无润滑轴承轴瓦材料的环境适应性

轴瓦材料	环境特征							
	高温	低温	辐射	真空	潮气	油	磨粒	酸碱
增强热固性塑料	见表 25.2-3	好	部分尚好	大多数可用	通常差，	通常好	有的差、有的尚好	部分好
增强热塑性塑料		通常好	通常差	但不能有石墨	要特别注意			尚好或好
增强氟塑料		很好	很差	作填充剂	配合间隙			很好
炭石墨	见表 25.2-8	很好	好,但不能填充塑料	极差	尚好	好	不好	好 (强酸除外)
陶瓷	见表 25.2-9	好		好			好	很好

#### 1.1.1 聚合物

聚合物有热塑性聚合物和热固性聚合物两大类。热塑性塑料可用注塑、挤塑、吹塑、压延等工艺方法成型；热固性塑料可用压塑、层压、浇铸等方法成型。

选用聚合物材料首先要了解聚合物的特性、使用条件和适宜的工作环境。

无润滑聚合物轴承常使用填入填充料的聚合物，又称增强聚合物。常用填充料的种类及其作用见表 25.2-4。

轴瓦常用的聚合物材料及其物理、力学性能见表 25.13-2。

由于聚合物一般导热性能差，不易散热，使用时从结构、环境方面要改善其散热条件；聚合物受热会膨胀，在选择配合时必须充分考虑其膨胀量；考虑聚合物的蠕变性，如果载荷较大，需

要选择蠕变较小的聚合物。

#### (1) 聚合物的摩擦学特性

在弹性接触变形范围，根据赫兹弹性接触理论，摩擦因数与载荷之间的关系为

$$\mu = K_0 \rho^{1/3} \quad (25.13-1)$$

式中  $K_0$ ——比例常量。

在塑性接触变形范围，根据摩擦粘着理论，钢球在聚合物平面上的摩擦因数表达式为

$$\mu = 1.1 \tau (1/K)^{2/m} F^{(m-2)/m} d^{2(m-2)/m} \quad (25.13-2)$$

式中  $\tau$ ——聚合物材料的抗剪强度；

$K$ ——聚合物材料的特征系数；

$F$ ——钢球上的作用力；

$d$ ——钢球直径；

$m$ ——聚合物的因子，其值见表 25.13-3。

表 25.13-2 轴瓦用聚合物

轴瓦(衬套)材料			表观密度 $\rho/\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$	线胀系数 $\alpha/10^{-6}\text{K}^{-1}$	热导率 $\lambda/[\text{W}(\text{m}\cdot\text{K})^{-1}]$	硬度 HBS
增强 热固性 塑料	含石墨或 $\text{MoS}_2$	石棉布基酚醛树脂层压料	1.6	80/25 <sup>②</sup>	0.38	30~45
	含石墨或 $\text{MoS}_2$	棉布基酚醛树脂层压料	1.3~1.4			30~35
	有 PTFE 织物表面层	布基酚醛树脂层压料	—			—
热 塑 性 塑 料	聚酰胺 (尼龙)	单层轴瓦 金属衬背的减摩层	1.03~1.15	140~170 99	0.04~0.16 0.24	7.8~17.2
		均聚甲醛	单层轴瓦 金属衬背的减摩层	1.42~1.54	58	0.23
	聚对苯二甲酸丁二酯		1.32~1.55	20~90	—	132~151
	聚苯硫醚		1.34	54	0.29	—
	聚酰亚胺		1.43	45~52	0.33~0.37	92~102 <sup>③</sup>
	聚醚醚酮	单层轴瓦 金属衬背的减摩层	1.32	—	—	—
增 强 热 塑 性 塑 料	填充 $\text{MoS}_2$ 填充石墨	聚酰胺	1.6~1.7 —	80	0.26	—
	填充固体润滑剂 填充纤维	聚醚醚酮	1.43~1.47 1.40~1.44	9~15	—	100~118 <sup>③</sup>
	填充 15% PTFE 均聚甲醛		—	14	—	—
	填充石墨聚苯硫醚		—	—	—	—
	填充石墨聚酰亚胺		1.51~1.65	23~63	0.35~2.22	68~94 <sup>③</sup>
氟 塑 料	聚四氟乙烯 (PTFE)		2.18	103~128	0.26	—
	增 强 聚 四 氟 乙 烯	填充玻璃纤维	2.26	13~14	0.33	5.6~6.9
		填充锡青铜粉	3.92	13		8.1
		填充石墨	—	14		5.1~5.3
		填充碳纤维	2.07	17		5.8
		填充锡青铜粉、玻璃纤维和石墨	—	14		—
		填充玻璃纤维和石墨	2.22~2.24	12~13		5.2~5.9
		填充聚苯	—	12		6.4
聚四氟乙烯织物	PTFE-棉织物衬层 PTFE-玻璃纤维织物衬层	—	12	0.24	—	

注:① 分子为垂直瓦面方向之值,分母为沿瓦面方向之值;

② 拉伸弹性模量;

③ 洛氏硬度 HRM。



## 及其物理、力学性能

抗压强度 $\sigma_{bc}/\text{MPa}$	压缩弹性模量 $E/\text{GPa}$	摩擦因数 $\mu$	最大静载荷 $p/\text{MPa}$	最高工作温度 $\theta/^\circ\text{C}$	说 明
—	7.0	0.10~0.40	35	150~170	强度高、坚硬、抗振性和耐磨性好。能耐酸和弱碱。但在高温下使用时会产生腐蚀性气体
150~250				85	
—				150	
73.6~98.1 —	2.8	0.10~0.43 0.17~0.43	10	85~120 120	耐冲击性、耐疲劳性和耐磨性较好。耐油、摩擦因数低、无噪声。但易吸湿、蠕变性大
82	3.1 <sup>2</sup>	0.25~0.35	—	104 —	耐疲劳性优异。自润滑性能好。磨损率低于一般工程塑料
95~119	—	0.30~0.33	—	150	性能比聚甲醛和尼龙稍差。但成本低
183		0.34		200	耐冲击性差。可在高温下工作
276		0.29		—	长期耐热性好。适宜高温工作
—	1.0 <sup>2</sup>	— 0.10~0.15	— 140	— 260	耐热性、耐药品性、耐冲击性、耐疲劳性、耐磨性和成型加工性均好
86.2~175 —	2.8	0.20~0.42	14	90~100 120~158	加入石墨和二硫化钼提高了力学性能和耐磨性
—	—	0.107	—	260	自润滑性和耐磨性优。强度高
80.6 <sup>2</sup>	—	—	—	91	
127		0.26		—	
124~221		0.03~0.25		—	
4.9~5.8	0.4	0.05~0.20	2	250	摩擦因数低、自润滑性能好。适用温度范围宽。能耐任何化学药品的侵蚀。但成本高。承载能力低。刚性和尺寸稳定性差。用玻璃纤维、石墨等材料作填充料。则耐磨性可成百倍提高。热导率、抗压强度、压缩弹性模量均有增加
16.0~16.6	0.9~1.0	0.20~0.24	7	250	
20.9	—	0.18~0.20			
14.7~15.3	—	0.16			
20.3	1.1	0.19			
—	—	—			
16.3~18.1	1.0	0.15~0.17			
22.6	—	0.11			
—	4.8	0.05~0.25			

表 25.13-3 聚合物的因子  $m$

聚合物	尼龙	聚乙烯	聚四氟乙烯	异丁烯	聚偏氯乙烯
$m$	2.7	2.7	2.5	2.6	2.4

聚合物的动摩擦因数与滑动速度有关，其关系可表述为

$$\mu = K_p v^\gamma \quad (25.13-3)$$

式中  $K_p$  —— 常量；

$\gamma$  —— 由实验确定的指数。

(2) 增强聚四氟乙烯的性能

聚四氟乙烯在充填增强纤维和功能性填料之后，摩擦学性能和力学性能均有很大提高。作为轴瓦材料的增强聚四氟乙烯，常用填料有：玻璃纤维、石墨、青铜粉末、二硫化钼等。这类增强聚四氟乙烯的力学性能见表 25.2-5、摩擦学性能见表 25.2-6。

(3) 聚缩醛轴瓦材料的性能

作为轴瓦材料的聚缩醛，有杜邦公司的 Derlin、Polynlastic 公司的 Duracon 等，它们都是充填有聚四氟乙烯短纤维或粉末的聚缩醛。填充料使聚缩醛的机械强度、伸长率降低，摩擦学性能改善。商品 Derlin 和 Duracon 的极限  $pv$  值见表 25.2-7。

1.1.2 炭石墨

机械工程用炭石墨材料的类代表符号为 M，有 4 个系列：炭石墨材料、电化石墨材料、树脂炭复合材料和金属石墨材料。

轴瓦用炭石墨材料的品种及其物理、力学性能见表 25.2-8。

1.1.3 陶瓷

陶瓷是一种较新的无润滑轴瓦材料，特别是 SiC 和  $Si_3N_4$ ，它们的强度、耐热性和耐蚀性都很好，摩擦学特性也很好。表 25.2-9 是轴瓦用陶瓷材料及其性能。

1.2 轴瓦结构

无润滑轴承的轴瓦结构有两种：单层轴瓦和带衬背轴瓦（见图 25.13-1）。单层轴瓦用单一的轴瓦材料制成。带衬背轴瓦用结构强度较高的材料（常用金属或纤维增强塑料层压材）制作衬背，用无润滑轴承轴瓦材料制作减摩层，构成多层轴瓦。

由于双层轴瓦以强度较高的材料为衬背，可

以弥补某些轴瓦材料强度的不足，同时，采用金属瓦背还可以改善轴承的传热性能，提高热导率，降低摩擦表面的热变形、蠕变和流动，因而可以增加轴承的承载能力、提高允许的滑动速度。有时还能降低成本。

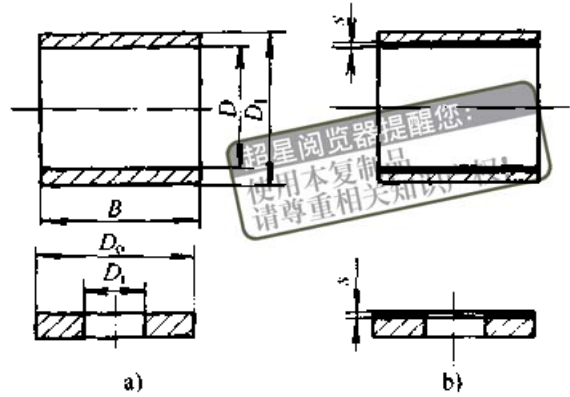


图 25.13-1 无润滑轴承轴瓦结构  
a) 单层轴瓦 b) 带衬背轴瓦

1.3 轴瓦安装

无润滑轴承在轴承座孔里正确安装轴瓦的方法是：

- 1) 聚合物单层轴瓦采用机械联接或粘接；
- 2) 金属瓦背聚合物衬层轴瓦（套）采用过盈联接；
- 3) 炭石墨轴瓦采用过盈配合联接，用胀缩法装配。

2 无润滑轴承的计算与设计准则

无润滑轴承的设计准则目前都是通过试验建立的。

2.1 设计准则

2.1.1 耐磨性准则

无润滑轴承避免不了磨损，所以轴承的使用寿命决定于轴瓦的磨损率。影响磨损率的因素除材质和环境外，与轴承设计参数有关的主要是轴瓦单位面积上的载荷  $p$  和滑动速度  $v$ 。

速度一定时，磨损率与法向压力  $p$  的关系，在压力不大时，近似呈线性关系，当压力超过某一临界值后，磨损率显著增大。

根据赫鲁晓夫 (M.M. Хрущов) 磨损理论：磨粒磨损的磨损率

$$K_w = K_p pv \quad (25.13-4)$$

非磨粒磨损的磨损率

$$K_w = K_p \rho^m v^n \quad (25.13-5)$$

式中  $m, n$  ——由材料确定的指数；

$K_p$  ——磨损系数。

为保证轴承有一定的使用寿命，必须限制其磨损率。

在稳定磨粒磨损状态下，无润滑轴承的磨损系数可由下式计算：

$$K_p = K_{pm} K_s \quad (25.13-6)$$

$$K_{pm} = K_{s1} K_{s2} K_{s3} K_{s4} K_{s5}$$

式中  $K_{pm}$  ——材料的磨损系数 ( $m^3 / (Pa \cdot m)$ )，其值见表 25.13-4；

$K_s$  ——考虑工作条件影响的修正因子。

表 25.13-4 无润滑轴承轴瓦材料的  $K_{pm}$

轴瓦材料		$K_{pm} / (m^3 \cdot Pa^{-1} \cdot m^{-1})$
热塑性塑料		$2.09 \times 10^{-15}$
增强热塑性塑料		$1.05 \times 10^{-15}$
金属瓦背增强热塑性塑料衬层		$5.11 \times 10^{-16}$
聚四氟乙烯		$4.29 \times 10^{-15}$
金属瓦背增强聚四氟乙烯衬层		$4.96 \times 10^{-17}$
布基酚醛树脂层压料瓦背聚四氟乙烯衬层		$4.34 \times 10^{-16}$
增强热固性塑料		$5.11 \times 10^{-16}$
聚四氟乙烯	填充玻璃纤维	$1.91 \times 10^{-16}$
	填充锡青铜粉和石墨	$1.91 \times 10^{-16}$
	填充石墨	$4.24 \times 10^{-16}$
碳石墨	含高碳	$4.71 \times 10^{-16}$
	电化石墨	$3.54 \times 10^{-15}$
	混入铜粉和铅粉	$4.71 \times 10^{-16}$
	混入锡铋合金粉	$3.54 \times 10^{-16}$
	浸渍热固性树脂	$3.15 \times 10^{-16}$
	浸渍金属	$3.47 \times 10^{-16}$

修正因子中各个  $K_{si}$  考虑的因素及其数值见表 25.13-5。

在稳定的非磨粒磨损状态下，可以通过实验求得一定条件下磨损率不超过给定值的极限  $p-v$  曲线。图 25.13-2~图 25.13-4 是单向载荷限定磨损率为  $0.25 \mu m/h$ 、旋转载荷限定磨损率为  $0.125 \mu m/h$  时通过实验得出的，几种无润滑轴瓦材料的极限  $p-v$  曲线。如果允许的磨损率高于  $0.25 \mu m/h$ ，则轴承可以承受高于曲线限定的载

荷和速度，反之则只能承受低于极限值的载荷和速度。

表 25.13-5 无润滑轴承磨损率的修正因子

修正因子名称	符号	条件	数值	
转动因子	$K_{s1}$	连续转动	0.5	
		单向载荷	1.0	
		摆动	2.0	
散热因子	$K_{s2}$	金属轴承座	0.5	
		非金属轴承座	2.0	
		连续运转	1.0	
温度因子	$K_{s3}$	氟塑料	20 °C	1.0
			100 °C	2.0
			200 °C	5.0
		炭石墨、热固性塑料	20 °C	4.0
			100 °C	3.0
			200 °C	6.0
轴颈材料因子	$K_{s4}$	不锈钢、镀铬	0.5	
		钢	1.0	
		铜合金、铝合金	2~5	
粗糙度因子	$K_{s5}$	$Ra / \mu m$	0.1~0.2	1
			0.2~0.4	2~3
			0.4~0.8	4~10

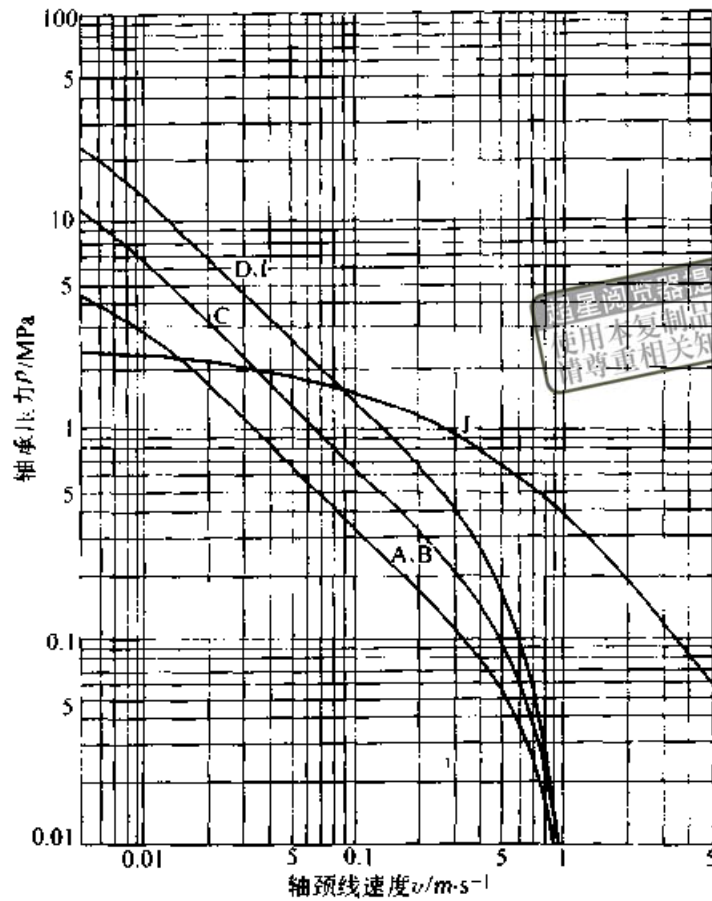
2.1.2 静载强度准则

轴瓦材料承受到载荷作用可能会出现塑性流动或蠕变，使塑性流动或蠕变的量达到给定磨损量的静载荷，即为静载承载能力，也就是  $p-v$  曲线与纵坐标轴 ( $p$  轴) 的交点，有时也以  $p_p$  的形式给出。

2.1.3 耐热性准则

轴承的温升是无润滑轴承对运转速度与载荷的另一个限制因素。为了保证轴瓦材料的物理、力学性能和几何尺寸的稳定性，必须限制轴承的温升。虽然轴承的发热量与  $p-v$  成正比，但预计轴承温升十分困难，因为散热的计算比较复杂。

$p-v$  曲线与横坐标轴 ( $v$  轴) 的交点可以作为对温升的限制指标，近似计算时也以许用速度  $v_p$  作为对温升的限制指标。



提醒您：  
 请尊重相关知识产权！  
 星图网出品  
 使用本复制品

图 25.13-2 聚合物轴承的  $p-v$  曲线

A—热塑性塑料轴瓦 B—金属瓦背热塑性塑料减摩层 C—增强热塑性塑料轴瓦  
 D—金属瓦背增强热塑性塑料减摩层 I—增强热固性塑料轴瓦 J—碳-石墨增强热固性塑料轴瓦

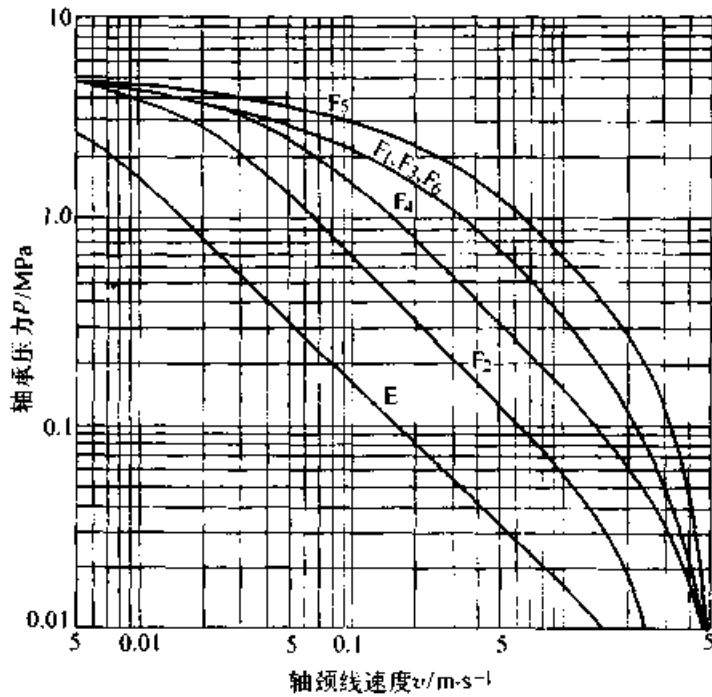


图 25.13-3 氟塑料轴承的  $p-v$  曲线

F<sub>1</sub>—填入玻璃纤维的 F<sub>2</sub>—填入云母的 F<sub>3</sub>—填入青铜和石墨的  
 F<sub>4</sub>—填入石墨的 F<sub>5</sub>—填入青铜和铅的 F<sub>6</sub>—填入陶瓷的 E—无填料的

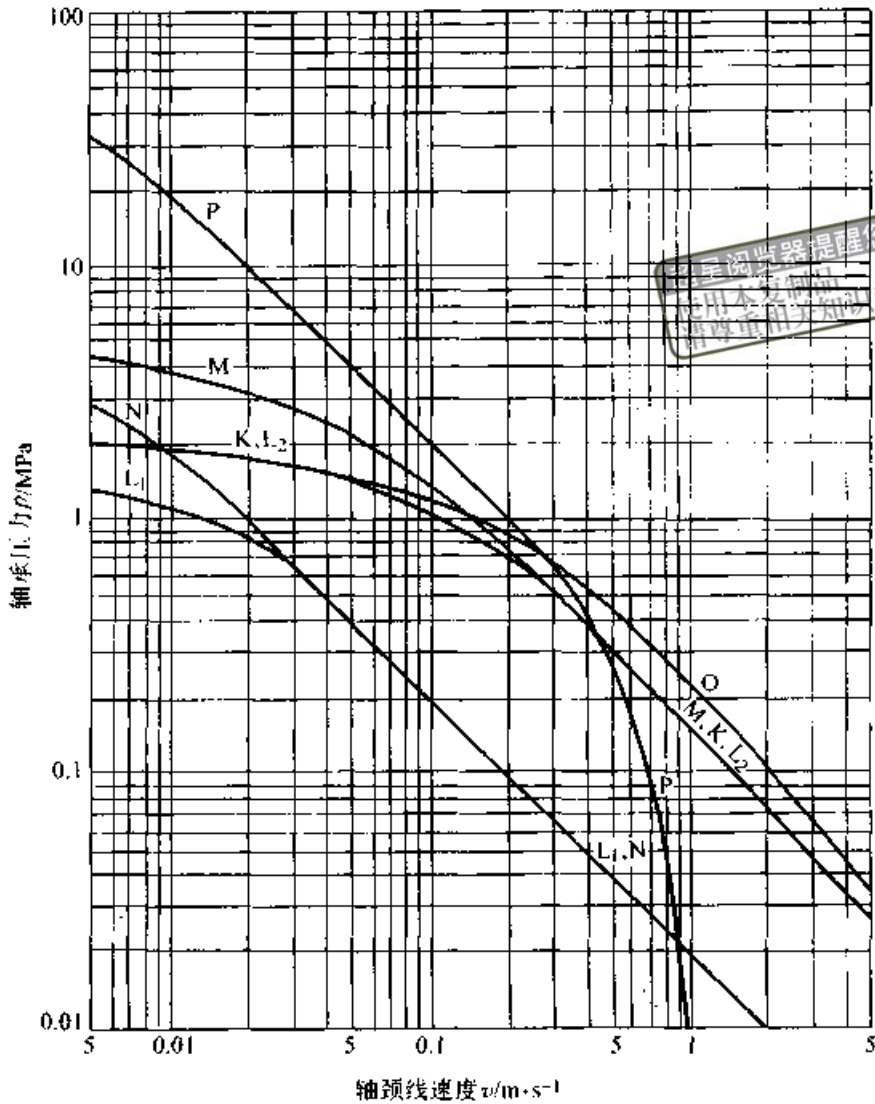


图 25.13-4 炭石墨轴承的  $p-v$  曲线

$L_1$ —炭石墨（高碳）  $L_2$ —炭石墨（低碳）  $M$ —混入铜和铅的石墨  $N$ —混入锡铋或铅铋合金的石墨  
 $O$ —浸渍热固性塑料的石墨  $K$ —电极石墨  $P$ —浸渍铁或青铜的石墨

## 2.2 单位面积载荷与速度的计算

### 2.2.1 单位面积载荷的计算

由于轴颈和轴瓦之间有间隙，所以轴颈上作用载荷  $F$  之后，轴瓦表面上的压力大小及其分布与轴颈和轴瓦的接触区有关，而接触区又随磨损量改变，计算比较复杂。不过，工程计算仍可用投影面积上的平均载荷作为轴承载荷，即

$$\left. \begin{aligned} p &= F/A \\ A &= BD \quad (\text{径向轴承}) \\ A &= K\pi(D_o^2 - D_i^2)/4 (\text{止推轴承}) \end{aligned} \right\} (25.13-7)$$

式中  $K$  ——瓦面沟槽使承载面积减少的因子。

### 2.2.2 滑动速度的计算

计算滑动速度时以平均速度作为轴承线速

度，即

$$\left. \begin{aligned} v &= \pi dn \quad (\text{径向轴承}) \\ v &= \pi(D_o + D_i)n/2 (\text{止推轴承}) \end{aligned} \right\} (25.13-8)$$

## 2.3 设计参数及其选择

### 2.3.1 宽径比 $\bar{B}$

以宽径比  $\bar{B}$  ( $= B/D$ ) 表征径向轴承的几何特征。因为增大径向轴承的直径， $v$  值同时增大，不能提高轴承的承载能力，只有增加轴承宽度方能提高其承载能力。但轴承过宽，对轴的直线度、两轴承的同轴度误差、敏感性加大，且磨屑和热量不易排出，所以无润滑轴承不宜太宽。通常  $\bar{B} = 0.35 \sim 1.50$ 。

对于止推轴承，以内外径比  $\bar{D} = D_o/D_i$  表征

其几何特征。通常取  $\bar{D} \leq 2$ ，比值小，便于排屑和散热。比值大，承载能力高，但对摩擦副表面的平面度和平行度精度要求较高。

2.3.2 轴承间隙

轴承半径间隙记作  $c$ ，它与轴瓦半径  $R$  之比为相对间隙，记作  $\psi$ 。

轴承半径间隙是无润滑轴承的重要参数，对

保证轴承正常工作有极大的作用。间隙过大，则磨损加剧，且运转精度降低；间隙过小，则发热量加大，温升增加。最佳轴承间隙通常由经验确定，以经验公式或表格形式给出。

影响轴承间隙选择的因素很多，表 25.13-6 给出各种因素对选择相对间隙  $\psi$  的影响。

表 25.13-6 各种因素对轴承相对间隙  $\psi$  选择的影响

因素	线速度	转动方向	载荷状态	载荷大小	轴颈直径	宽径比	材料硬度	材料弹性模量	热导率	支承结构	装配精度	运转精度	轴颈表面粗糙度
小的 $\psi$	小	摆动	动载荷	大	大	<0.8	软	低	小	调心式	高	高	小
大的 $\psi$	大	单向旋转	静载荷	小	小	>0.8	硬	高	大	刚性支承	低	低	大

(1) 聚合物轴承的间隙

聚合物材料按其特性分热塑性和热固性两类。

热塑性塑料的尺寸稳定性较差，它们会因吸收液体而膨胀，浸入水中的热塑性塑料，尺寸变化可达 0.3%~2.0%，而且聚四氟乙烯在 20~25℃ 时因相变体积将增大 1%。同时，这种塑料的线胀系数比金属大（PTFE 除外），故尺寸受温度的影响也大。为了使热塑性塑料轴瓦尺寸变化后也不影响运转，以及排出磨屑，热塑性塑料轴承的间隙值应取得比金属轴瓦大。实验表明，相对间隙  $\psi$  的最佳值，单层轴瓦约为 0.005~0.014，带金属衬背的轴瓦约为 0.005~0.010，而最小直径间隙不宜小于 0.1 mm。对运转精度要求不高，或者在特别高的温度、湿度下运转者，甚至取更大的相对间隙。

热固性塑料尺寸稳定性比热塑性塑料好，但不如金属。中等以下尺寸的热固性塑料轴瓦，当宽径比为 0.8~1.0、轴瓦厚度为 (0.20~0.25)  $D$  时，最佳相对间隙  $\psi$  约为 0.002~0.003。

如果没有这方面的经验或统计资料，可参考下列公式计算聚合物轴承的半径间隙。

$$\left. \begin{aligned} c_{\max} &= \sigma_{H_p}^2 d^2 B / (0.7 F E') \\ c_{\min} &= c_{\max} - 0.05 d^{1/3} \\ E' &= 2 E_1 E_2 / (E_1 + E_2) \end{aligned} \right\} \quad (25.13-9)$$

式中  $c$ ——轴承半径间隙 (mm)；  
 $\sigma_{H_p}$ ——许用接触应力，按表 25.13-7 选取；  
 $d$ ——轴颈直径 (mm)；  
 $B$ ——轴瓦宽度 (mm)；  
 $F$ ——轴承径向载荷 (N)；  
 $E_1$ ——轴颈材料的弹性模量 (MPa)；  
 $E_2$ ——轴瓦材料的弹性模量 (MPa)。

表 25.13-7 轴瓦用聚合物的许用接触应力

轴瓦材料	热固性塑料	均聚甲醛	聚四氟乙烯	聚酰胺	聚酰胺
$\sigma_{H_p}/\text{MPa}$	11.8	5.4	4.9	3.9	4.9

(2) 炭石墨轴承的间隙

炭石墨材料线胀系数较小，浸渍金属的炭石墨，线胀系数与金属接近，故轴承间隙可取得比塑料轴承小些。表 25.13-8 中给出推荐的炭石墨轴承的半径间隙。为了排屑，半径间隙最好不小于 0.038 mm。

表 25.13-8 炭石墨轴承半径间隙和壁厚的推荐值 (mm)

轴瓦直径 $D$	~10	10~20	20~35	35~70	70~100	100~150	150~200
半径间隙 $c$	0.005~0.015	0.01~0.03	0.03~0.05	0.04~0.07	0.06~0.08	0.1~0.2	0.2~0.3
轴瓦壁厚 $s$	2	3~4	4~5	6~8	10~12	12~18	18~25

炭石墨轴承的半径间隙  $c$  还可参考下列公式计算：

$$c = 0.0006d + K_B \quad (25.13-10)$$

式中  $K_B$ ——系数，按表 25.13-9 选取。

表 25.13-9 系数  $K_B$

直径 $d/\text{mm}$	10~18	18~30	30~50	50~80	80~120	120~180
系数 $K_B/\text{mm}$	0.008~0.010	0.010~0.012	0.012~0.014	0.014~0.015	0.015~0.018	0.018~0.020

2.3.3 轴瓦壁厚  $s$

(1) 聚合物轴瓦壁厚

聚合物的热导率比金属低得多，而且尺寸变

化对运转性能的影响随轴瓦体积的增加愈加明显，故壁厚应尽可能薄，建议按表 25.13-10 选取单层轴瓦的壁厚。

表 25.13-10 聚合物轴瓦壁厚推荐值

轴瓦直径 $D$	10~18	18~30	30~40	40~50	50~65	65~80
轴瓦壁厚 $s$	0.8~1.0	1.0~1.5	1.5~2.0	2.5~3.0	3.0~3.5	3.5~4.0

超星浏览器提醒您：  
使用本复制品  
请尊重知识版权！

采用金属衬背的多层轴瓦是进一步减薄聚合物层厚度，以加强散热、提高强度的有效措施。

(2) 炭石墨轴瓦壁厚

由于强度的原因，炭石墨轴瓦的壁厚应大一些，其推荐值见表 25.13-8。

2.3.4 表面粗糙度

为使无润滑轴承在运转中磨损主要发生在轴瓦上，通常轴颈表面硬度都高于轴瓦（陶瓷轴瓦除外），因此，轴瓦表面粗糙度对磨损率的影响

不如轴颈表面粗糙度。

兼顾轴承寿命和经济性，建议取轴颈表面粗糙度  $Ra = 0.2 \sim 0.4 \mu\text{m}$ 。

再有，如果轴颈表面加工的最后工序是磨削，那么，砂轮相对轴颈的运动方向应该与轴瓦相对轴颈的运动方向相同。

3 设计程序

无润滑轴承的设计程序框图见图 25.13-5。

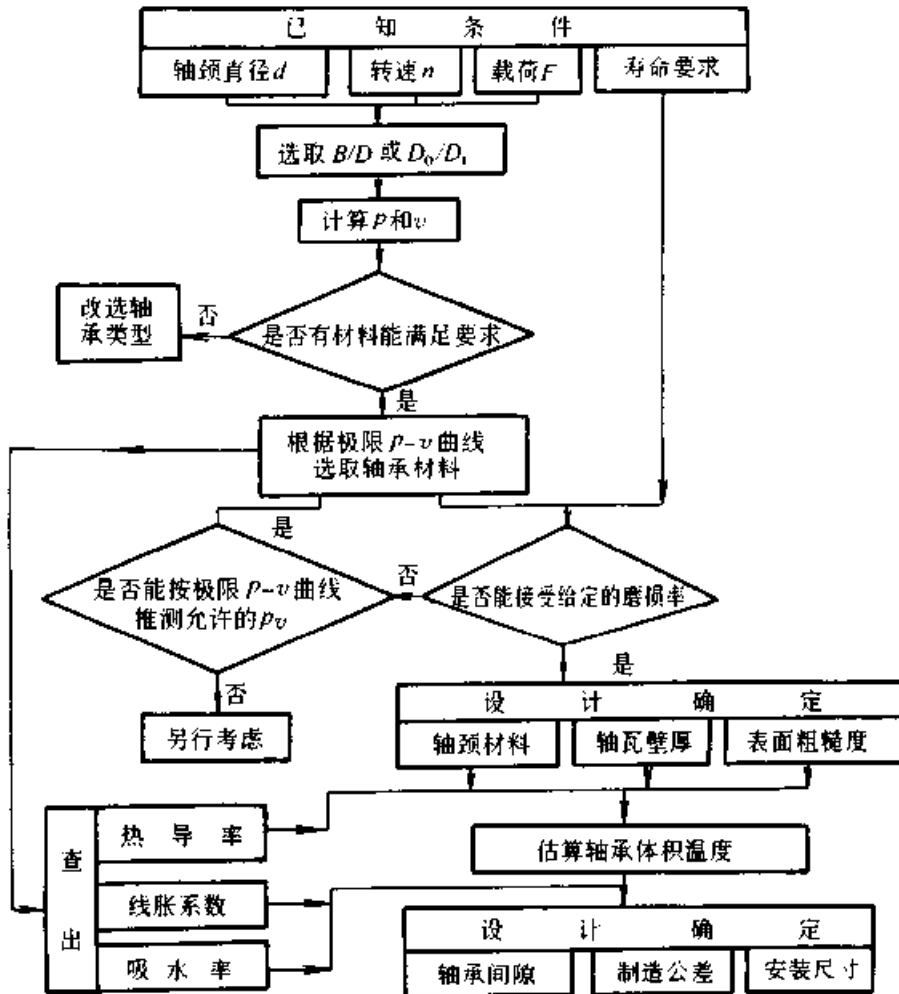


图 25.13-5 无润滑轴承设计程序框图

超星浏览器提醒您：  
使用本复制品  
请尊重相关知识产权！

## 第14章 气体轴承

用气体作润滑剂的轴承称为气体轴承。常用润滑气体及其物理性能见表 25.14-1。气体的黏度随温度升高而增大、气体黏度及其随温度的变化见图 25.14-1。

表 25.14-1 常用润滑气体及其物理性能

气体名称	符号	密度 $\rho/\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$	气体常数 $R/[\text{N}\cdot\text{m}/(\text{kg}\cdot\text{K})^{-1}]$	黏度 $\eta/\mu\text{Pa}\cdot\text{s}$	比热容比 $\gamma = c_p/c_v$	热导率 $\lambda/[\text{MW}\cdot(\text{m}\cdot\text{K})^{-1}]$		
						-100 °C	0 °C	100 °C
空气		1.293	287.24	17.5	1.401	1.58	2.41	3.17
氩	A	1.784	207.95	22.5	1.667	1.09	1.62	2.11
氦	He	0.178	2079.50	19.5	1.630	10.59	14.15	17.06
氮	N <sub>2</sub>	1.251	296.95	17.2	1.401	1.58	2.43	2.12
氢	H <sub>2</sub>	0.090	4126.40	9.5	1.407	11.23	16.84	21.60
氧	O <sub>2</sub>	1.429	259.97	19.0	1.400	1.59	2.44	3.25
二氧化碳	CO <sub>2</sub>	2.922	129.86	14.0	1.300	—	0.77	—
甲烷	CH <sub>4</sub>	0.714	520.52	11.3	1.313	1.88	3.02	—
氖	Ne	0.899	415.90	30.0	1.642	—	4.65	5.70

注：1. 密度是在温度 0 °C、压力 1.01 MPa 下的值。  
2. 比热容比是在温度 20 °C、压力 1.01 MPa 下的值。

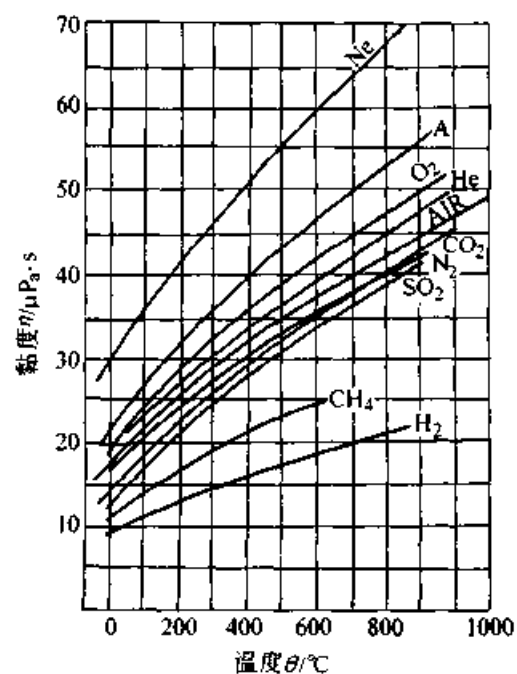


图 25.14-1 随温度变化的气体黏度

气体轴承的结构类型理论上与液体润滑轴承完全相同，由于气体黏度比液体低得多，为了提高轴承的承载能力，气体动压轴承常采用螺旋槽结构，见图 25.14-2。

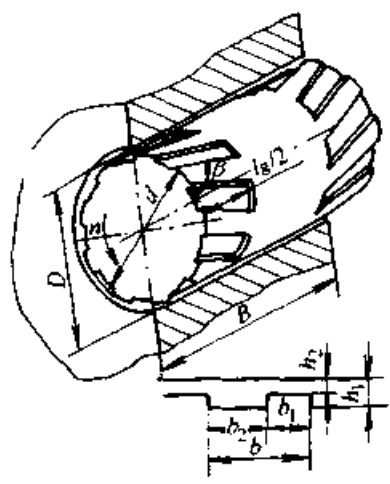


图 25.14-2 螺旋槽形气体动压轴承

### 1 气体静压轴承

#### 1.1 气体静压轴承的节流器

气体静压轴承常用的节流器型式及性能比较见表 25.14-2。

气体是可压缩的，在通过节流孔或缝时可能出现自阻塞现象，孔式和缝式节流器不阻塞条件为



超星阅读器提醒您：  
阅读时请尊重相关知识产权

$$p_d/p_s > [2/(\gamma+1)]^{1/(\gamma-1)} \quad (25.14-1)$$

空气的  $\gamma \approx 1.4$ ，故空气通过节流孔或缝的不阻塞条件为

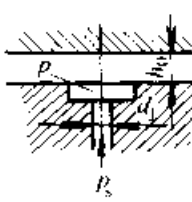
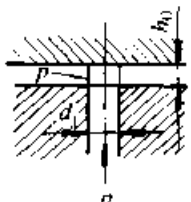
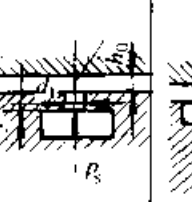
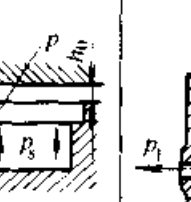
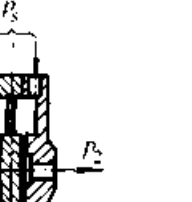
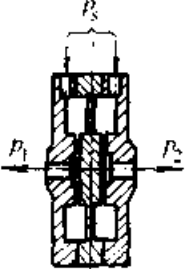
式中  $p_d$  —— 节流器出口压力；

$p_s$  —— 供气压力；

$\gamma$  —— 气体的比热容比；

$$p_d/p_s > 0.528$$

表 25.14-2 常用节流器的结构及性能比较

节流器类型		小孔节流	环面节流	周向缝节流	轴向缝节流	毛细孔节流	可变节流
结构示意图							
		$A_1 = \pi d_1^2/4$	$A_1 = \pi d_1 h$				
宽径比		0.5~2.0		$\leq 1.0$	$\geq 2.0$	任意	
性能比较	承载能力	高	较低(约低 1/3)	较高	最低	高	最高
	刚度	最大	较小	大	小	大	极大
	流量	最小	较小	大	最大	大	小
	稳定性	差	较好	好	最好	好	较差
	涡流力矩	大	大	小	最大	最小	大
影响因素	非轴向流	大	大	小	最小	最小	大
	散流	大	大	小	大	小	大
	供气压力	大	大	小	小	大	最大
	气体种类和温度	有	有	无	无	无	有
备注	在相同的供气压力下，可变节流器静压轴承的刚度比固定节流器的大几倍。常用的可变节流器有：膜片式节流器；弹性孔节流器；自补偿节流器和压变节流器等						

## 1.2 气体静压径向轴承

### 1.2.1 孔式供气型径向轴承

小孔节流和环面节流轴承统称为孔式供气轴承，其结构示意图见图 25.14-3。设孔口凹穴深度为  $\delta_R$ ，气膜厚度为  $h$ ，若节流孔直径  $d_1 \geq 10(h + \delta_R)$ ，则为环面节流，若  $d_1 \leq 1.2(h + \delta_R)$ ，则为小孔节流，否则两种节流作用同时存在。

#### (1) 设计参数选取

对于气体静压轴承， $\bar{p}_0$  为表压比，即

$$\bar{p}_0 = (p_0 - p_a) / (p_s - p_a) \quad (25.14-2)$$

式中  $p_0$  —— 设计间隙下节流器出口压力；

$p_a$  —— 环境压力，通常为大气压力；

$p_s$  —— 供气压力。

孔式供气径向轴承表压比  $\bar{p}_0 = 0.4$  时承载能力最大， $\bar{p}_0 = 0.8$  时刚度最大。

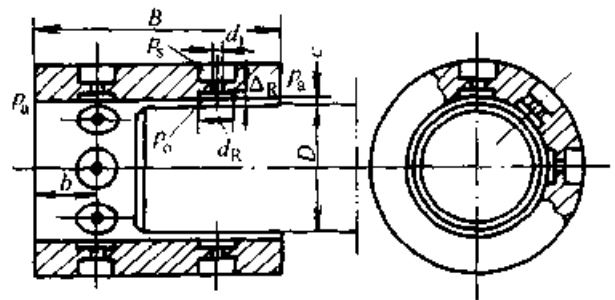


图 25.14-3 孔式供气径向轴承

其他参数建议如下选取：

供气孔位置 单列供气孔  $\bar{b} = b/B = 1/2$

双列供气孔  $\bar{b} = b/B = 1/4 \sim 1/8$

每列供气孔数  $Z = 6 \sim 12$

供气孔直径  $d_1 = (0.1 \sim 0.5) \text{mm}$

凹穴直径  $d_R \leq [0.2DBx / (Z\delta_R)]^{1/2}$

偏心率  $\epsilon = 0.1 \sim 0.5$

供气压力  $p_s = (0.2 \sim 1.0) \text{MPa}$

(2) 轴承半径间隙  $c$

定义孔节流因子为

$$Y_s = 6\eta(R\Theta)^{1/2} Z A_j / [\pi p_s c^3 (1 + \Delta^2)^{1/2}] \quad (25.14-3)$$

式中  $\eta$  —— 气体黏度；  
 $R$  —— 气体常数；  
 $\Theta$  —— 气体热力学温度；  
 $\Delta$  —— 供气孔因子， $\Delta = d_j^2 / (4cd_R)$ 。

轴承半径间隙  $c$  与  $Y_s$  应满足下述关系：

小孔节流

$$Z d_j^2 / (1 + \Delta^2)^{1/2} = 2 p_s c^3 Y_s / [3 \eta (R\Theta)^{1/2}] \quad (25.14-4)$$

环面节流

$$Z d_j / (1 + \Delta^2)^{1/2} = p_s c^2 Y_s / [6 \eta (R\Theta)^{1/2}] \quad (25.14-5)$$

选定  $d_j$  和  $\Delta$  之后，即可由上式求出轴承半径间隙  $c$ 。

半径间隙  $c$  与零件制造误差  $\Delta\delta$  应满足下述关系

$$c > (3 \sim 5) \Delta\delta$$

(3) 承载能力  $F$

用下式求承载能力

$$F = \bar{F} B D (p_s - p_a) K_x \quad (25.14-6)$$

式中  $\bar{F}$  —— 载荷数；

$K_x$  —— 载荷修正因子。

选定  $\bar{p}_0$  之后，可按图 25.14-4 查取对应于  $\epsilon$  的  $\bar{F}$  值。

载荷修正因子可按下式计算

$$K_x = 0.315 \{ [\cosh(6.36b/D) - 1] / [\sinh(6.36b/D)] + \tanh[6.36(B-2b)/D] \} / [(B-b)/D] \quad (25.14-7)$$

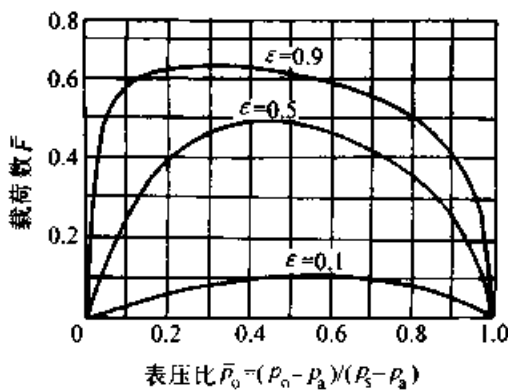


图 25.14-4 孔式供气轴承载荷因数

(4) 刚度  $k$

偏心率在 0.5 以内时，刚度近似为常量，可

按下式计算：

$$k = 2\bar{F}(p_s - p_a) B D K_x / c \quad (25.14-8)$$

角刚度与刚度的关系是

$$\left. \begin{aligned} k_o &= k B^2 / 16 \quad (\bar{b} = 1/4) \\ k_o &= 1.05 k B^2 / 16 \quad (\bar{b} = 1/8) \end{aligned} \right\} \quad (25.14-9)$$

(5) 流量  $q$

体积流量  $q_v$  的计算公式为

$$q_v = \pi c^3 D (p_0^2 - p_a^2) / (12 \eta b p_s) \quad (25.14-10)$$

质量流量  $q_m$  的计算公式为

$$q_m = \pi c^3 D p_a (p_0^2 - p_a^2) / (12 \eta R \Theta b p_s) \quad (25.14-11)$$

(6) 功耗  $P$

泵功耗的计算式是

$$P_p = q_m R \Theta \ln(p_s / p_a) \quad (25.14-12)$$

摩擦转矩

$$T_\mu = 2\pi^2 \eta B D^3 n / [c(1 - \epsilon^2)^{1/2}] \quad (25.14-13)$$

摩擦功耗

$$P_\mu = \pi^3 \eta B D^3 n^2 / [c(1 - \epsilon^2)^{1/2}] \quad (25.14-14)$$

1.2.2 缝式供气型径向轴承

缝式供气型径向轴承的节流缝常顺圆周方向开设并均布在圆周上（图 25.14-5），很少沿轴向开设。

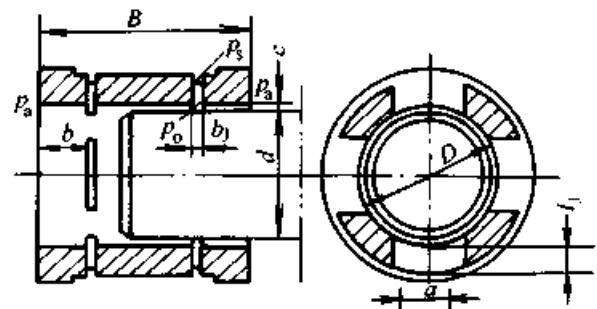


图 25.14-5 缝式供气径向轴承

(1) 设计参数选取

缝式供气型径向轴承表压比  $\bar{p}_0$  的最佳值为 0.5，一般设计取值范围是 0.2~0.7。

其他参数建议如下选取：

供气缝位置：

$$\text{单列供气缝} \quad \bar{b} = b/B = 1/2$$

$$\text{双列供气缝} \quad \bar{b} = b/B = 1/4 \sim 1/8$$

每列供气缝数  $Z = 3 \sim 12$

供气缝宽度  $b_1 = 0.01 \sim 0.05 \text{ mm}$

供气缝径向长度  $l_j < b$

供气压力  $p_s = 0.2 \sim 1.0 \text{ MPa}$

(2) 轴承半径间隙  $c$

定义缝节流因子为

$$\left. \begin{aligned} \lambda_i &= 2\pi D l_j / (Zab) \cdot (c/b_j)^3 \text{ 单列缝} \\ \lambda_i &= \pi D l_j / (Zab) \cdot (c/b_j)^3 \text{ 双列缝} \end{aligned} \right\} (25.14-15)$$

当  $\epsilon = 0.5$  时,  $\lambda_j = 8$  刚度最大, 但这时缝宽  $b_j$  必须很小, 制造困难, 故一般取缝节流因子  $\lambda_i = 1 \sim 2$ 。

确定供气缝尺寸和缝节流因子之后, 可由式 (25.14-15) 计算出轴承半径间隙  $c$ 。

(3) 承载能力  $F$

令量纲为 1 的载荷数为

$$F = \bar{F} [BD(p_s - p_a)]$$

载荷数  $\bar{F}$  是偏心率  $\epsilon$ 、轴承宽径比  $\bar{B}$  和表压比  $\bar{p}_0$  的函数。轴承几何尺寸及供气条件确定后, 轴承的实际表压比为

$$\bar{p}_0 = \left\{ \left[ p_a / (p_s - p_a) \right]^2 + (p_s + p_a) / [(p_s - p_a) \cdot (1 + \lambda_j)] \right\}^{1/2} - p_a / (p_s - p_a) \quad (25.14-16)$$

可由图 25.14-6, 根据  $\epsilon$ 、 $B/D$  和  $\bar{p}_0$  值查出  $\bar{F}$ 。

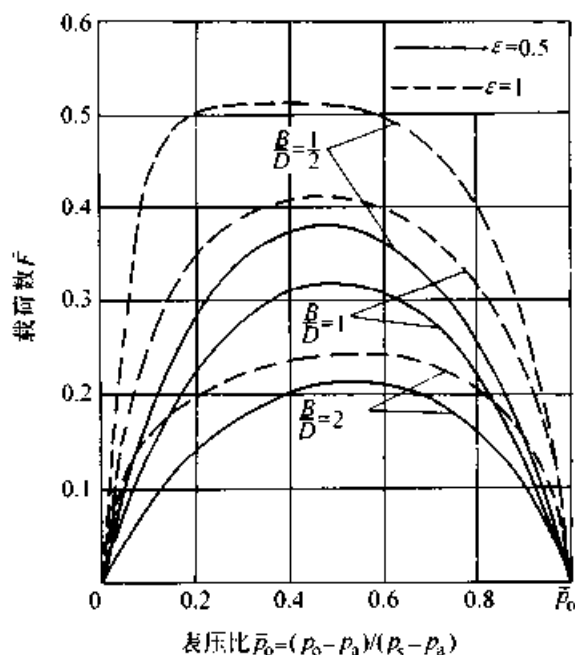


图 25.14-6 周向节流缝径向轴承的载荷数

对于  $\bar{B} \leq 0.5$  的窄轴承, 可按下式计算载荷因数

$$\bar{F} = (1 - \bar{b}) K_F \quad (25.14-17)$$

式中因子  $K_F$  由图 25.14-7, 根据表压比  $\bar{p}_0$  和偏心率  $\epsilon$  查出。得出  $\bar{F}$  后, 即可计算出轴承的承载能力。

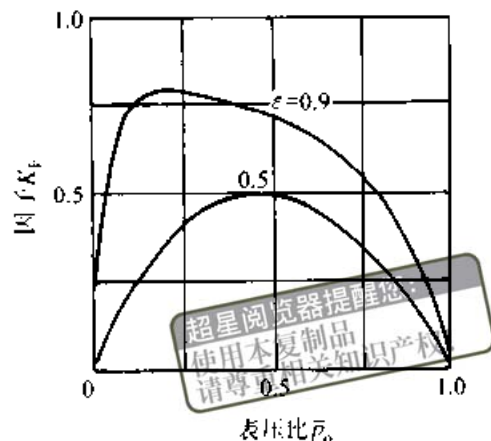


图 25.14-7 窄轴承的  $K_F$  ( $p_s/p_a = 3, Z = 6$ )

(4) 刚度  $k$

缝式供气径向轴承的刚度计算式与孔式供气的相同, 即用式 (25.14-8) 计算刚度, 式中  $K$  取为 1。

窄轴承的刚度可按下式近似计算

$$k = BD(p_s - p_a)(1 - \bar{b}) / c \cdot (dK_F/dh) \quad (25.14-18)$$

与图 25.14-7 对应的  $dK_F/dh$  值见图 25.14-8。

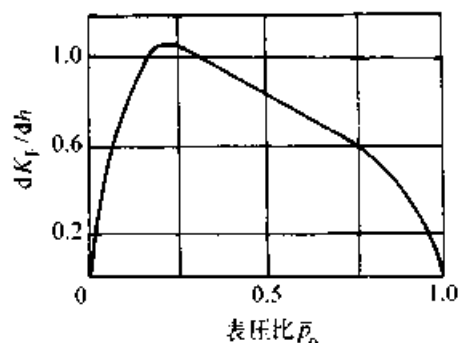


图 25.14-8 窄轴承的  $dK_F/dh$  ( $\epsilon = 0.5$ )

(5) 流量  $q$

流量的计算公式为

$$\left. \begin{aligned} q_v &= \pi c^3 D (p_s^2 - p_a^2) / [12 \eta p_a (1 + \lambda_j)] \\ q_m &= \pi c^3 D (p_s^2 - p_a^2) / [12 \eta R \Theta b (1 + \lambda_j)] \end{aligned} \right\} (25.14-19)$$

(6) 功耗  $P$

泵功耗、摩擦转矩和摩擦功耗的计算式与孔式供气轴承完全相同。

### 1.2.3 表面节流径向轴承

在轴瓦工作表面沿圆周均匀分布地开设  $Z$  个有一定轴向长度的浅槽, 构成表面节流静压轴承 (图 25.14-9)。压缩气体通过轴瓦中部的环

槽或供气孔进入浅槽，经浅槽节流后进入轴承间隙。这种轴承容易加工、成本低，动压效应大，角刚度和高速稳定性都优于孔式和缝式供气静压轴承。这种轴承也可列入气体动静压轴承。

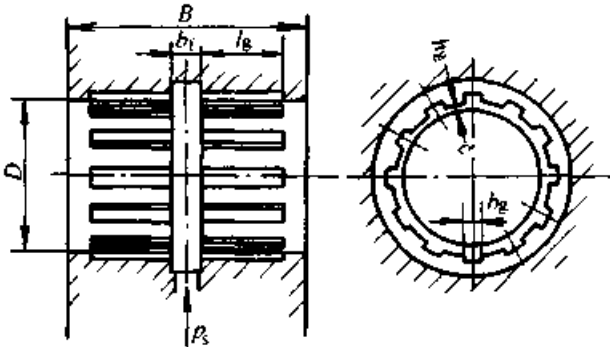


图 25.14-9 表面节流静压径向轴承

浅槽横截面形状有矩形、三角形和半圆形几种，见图 25.14-10，矩形浅槽用得最多。

表面节流径向轴承浅槽的结构参数及其取值见表 25.14-3。

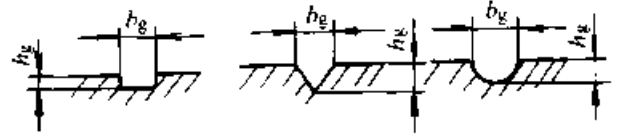


图 25.14-10 节流浅槽的形状

表 25.14-3 浅槽结构参数

槽数 Z	槽长因子 $\bar{l}_g = 2l_g / (B - b_l)$	槽宽因子 $\bar{b}_g = 2b_g / (\pi D)$	槽深因子 $\bar{h}_g = (h_g + c) / c$
16	0.8~0.9	0.1~0.3	2.25~4.00

$l_g$ —浅槽轴向长度的一半； $b_l$ —供气环槽宽； $b_g$ —浅槽槽宽； $h_g$ —浅槽槽深

### 1.3 气体静压止推轴承

#### 1.3.1 孔式供气型止推轴承

常用的有圆形和环形两种结构，见图 25.14-11，环形止推轴承用得最多。

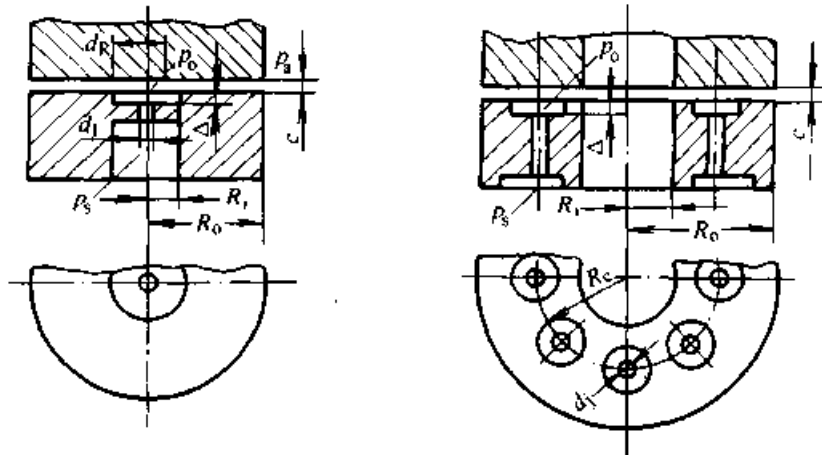


图 25.14-11 孔式供气止推轴承

#### (1) 环形止推轴承

推荐的结构参数见表 25.14-4。

稳态性能的计算如下：

承载能力

$$F = \bar{F} (p_s - p_a) \pi (R_o^2 - R_i^2)$$

$$\bar{F} = \bar{p}_o (R_o - R_i) / [\ln(1/\bar{R}) (R_o + R_i)] \quad (25.14-20)$$

轴向刚度

$$k = \bar{k} (p_s - p_a) \pi (R_o^2 - R_i^2) / c$$

$$\bar{k} = c (R_o - R_i) / [\ln(1/\bar{R}) (R_o + R_i)] \cdot (d\bar{p}_o / dh)$$

$$(25.14-21)$$

$\bar{p}_o = 0.69$  时刚度最大，刚度数的最大值为

$$\bar{k}_{max} = 0.98 (R_o - R_i) / [\ln(1/\bar{R}) (R_o + R_i)]$$

角刚度

$$k_a = k (R_o + R_i)^2 / 8 \quad (25.14-22)$$

质量流量

$$q_m = \pi c^3 (p_o^2 - p_a^2) / [3 \eta R \Theta \ln(1/\bar{R})] \quad (25.14-23)$$

摩擦功耗

$$P_\mu = 2\pi^3 \eta m^2 (R_o^4 - R_i^4) / c \quad (25.14-24)$$

表 25.14-4 环形孔式供气止推轴承结构参数

参数	c/mm	$\bar{R} (= R_i / R_o)$	$R_i$	Z	$\bar{p}_o$
推荐值	$5 \times 10^{-3} \sim 50 \times 10^{-3}$	0.33~0.80	$(R_i R_o)^{1/2}$	$\geq 6 \sim 8$	0.35~0.80

(2) 圆形止推轴承

对于单供气孔的这种轴承, 按最大刚度设计 ( $p_o = 0.69$ ), 有如下简化计算式

$$\left. \begin{aligned} \bar{F} &= 4F / [\pi(p_o - p_a)(D^2 - d_R^2)] = 0.35 / \ln(D/d_R) \\ \bar{k} &= kc / [\pi(p_o - p_a)(D^2 - d_R^2)] = 0.49 / \ln(D/d_R) \\ q_m &= \pi c^3 (p_o^2 - p_a^2) / [12\eta R \Theta \ln(D/d_R)] \end{aligned} \right\} \quad (25.14-25)$$

1.3.2 缝式供气型止推轴承

常用单列、周向缝, 环形止推轴承, 其典型结构见图 25.14-12。

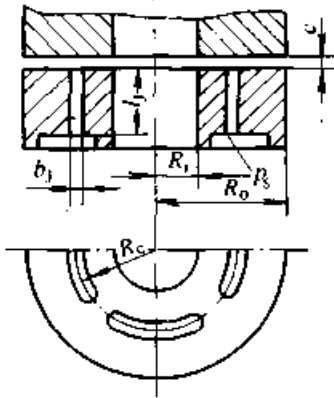


图 25.14-12 缝式供气止推轴承

表征节流特性的缝节流因子

$$\lambda_j = 4l_j / [R_c \ln(1/\bar{R}) \cdot (c/b_1)^3] \quad (25.14-26)$$

不同供气压力下的最佳缝节流因子, 以及与该缝节流因子对应的表压比  $\bar{p}_o$  和  $d\bar{p}_o/dh$  见表 25.14-5。

表 25.14-5 缝式供气止推轴承最佳  $\lambda_j$  值

供气压力 $p_o/p_a$	2	3	5
最佳缝节流因子 $\lambda_j$	0.65	0.72	0.77
表压比 $\bar{p}_o$	0.68	0.69	0.70
$d\bar{p}_o/dh$	0.64	0.61	0.58

(1) 参数选取

节流缝的位置与尺寸建议如下选取:

- 节流缝所在半径  $R_c = (R_1 R_2)^{1/2}$
- 节流缝长度  $l_j = (0.1 \sim 0.5) R_o$
- 节流缝宽度  $b_1 = (0.01 \sim 0.05) \text{mm}$
- 轴承内外径比取为

$$\bar{R} = R_1/R_o = 0.25 \sim 0.63$$

选定供气压力  $p_o$ 、最佳缝节流因子  $\lambda_j$  后, 轴承半径间隙按式(25.14-26)求出。

缝的尺寸和轴承半径间隙确定之后, 用式(25.14-16)可以计算出实际的表压比  $p_o$ 。

(2) 性能计算

计算轴承性能的公式如下:

承载能力

$$\begin{aligned} F &= \bar{F}(p_o - p_a)\pi(R_o^2 - R_i^2) \\ \bar{F} &= \bar{p}_o(R_o - R_i) / [\ln(1/\bar{R})(R_o + R_i)] \end{aligned} \quad (25.14-27)$$

刚度

$$\begin{aligned} k &= \bar{k}(p_o - p_a)\pi(R_o^2 - R_i^2)/c \\ \bar{k} &= c(R_o - R_i) / [\ln(1/\bar{R})(R_o + R_i)] \cdot (d\bar{p}_o/dh) \end{aligned} \quad (25.14-28)$$

质量流量

$$q_m = \pi c^3 (p_o^2 - p_a^2) / [3\eta R \Theta \ln(1/\bar{R})(1 + \lambda_j)] \quad (25.14-29)$$

若  $\bar{R} \rightarrow 1$ , 则载荷数和刚度数可按下式近似计算

$$\begin{aligned} \bar{F} &= \bar{p}_o/2 \\ \bar{k} &= c(d\bar{p}_o/dh)/2 \end{aligned}$$

1.3.3 表面节流型止推轴承

表面节流止推轴承也有圆形和环形两种结构, 工作表面在径向沿圆周均匀地开设浅槽, 见图 25.14-13。

轴承的稳态性能与槽参数有关: 刚度随槽数  $Z$ 、槽长  $l_g$ 、槽宽角  $\phi_g$  增加而加大, 而有使刚度最大的槽深  $h_g$ ; 承载能力和流量随槽的各个尺寸增加而提高, 但影响愈来愈不明显。推荐的槽参数见表 25.14-6。

1.3.4 径向排气式止推轴承

这是一种利用径向排气工作的止推轴承, 见图 25.14-14, 适用于轴向载荷较小的场合。

这种轴承的承载能力计算式为

$$F = (p_o - p_a)\pi(R_o^2 - R_i^2)\bar{p}_e / [2\ln(1/\bar{R})] \times [1 - 2\bar{R}^2 \ln(1/\bar{R}) / (1 - \bar{R})^2] \quad (25.14-30)$$

$$\bar{p}_e = (p_o - p_a) / (p_o - p_a)$$

式中  $\bar{p}_e$  —— 径向排气表压比, 通常  $\bar{p}_e \leq 0.3$ ;  
 $p_o$  —— 径向排气压力。

设计时应尽可能使止推环和径向轴颈间为清角, 轴瓦止推面和径向圆柱面间倒角最小。

1.3.5 双向止推轴承

在实际应用中, 大多数机械都对置两个止推

轴承，以便承受两个方向的载荷和轴向定位。这种轴承的流量  $q_d$ 、承载能力  $F_d$ 、在中间位置时的轴向刚度  $k_d$ 、摩擦力矩  $T_{fd}$  和摩擦功耗  $P_{fd}$ ，与单个轴承相应性能间的关系是：

$$q_d = 2q$$

超星阅读提醒您：  
 侵权必究  
 请尊重知识产权！

$$F_d = 1.25F$$

$$k_d = 2.88F/c$$

$$T_{fd} = 2T_f$$

$$P_{fd} = 2P_f$$

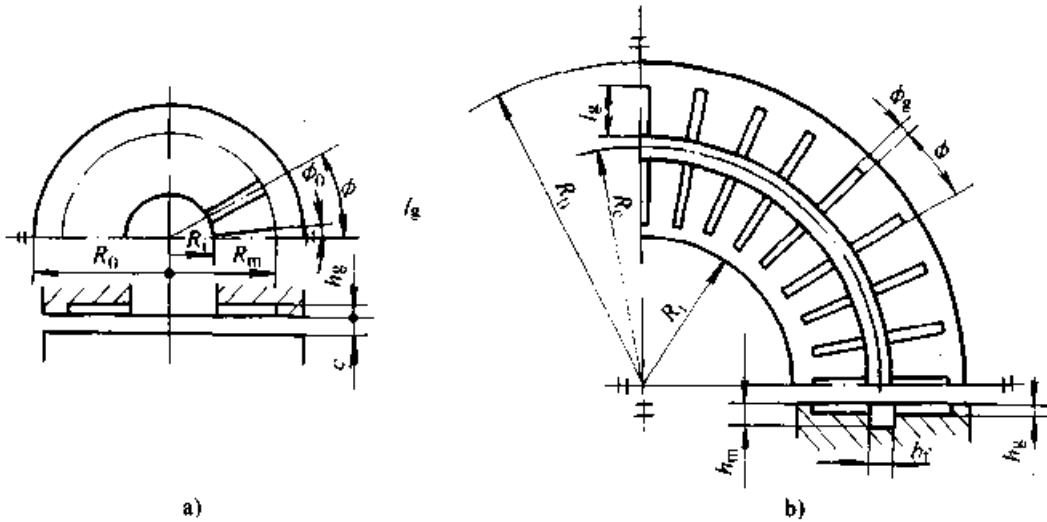


图 25.14-13 表面节流止推轴承

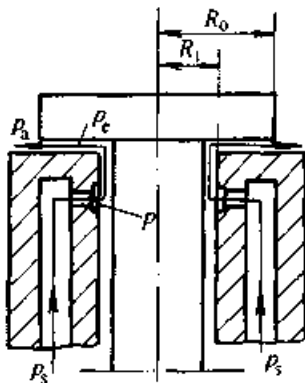


图 25.14-14 径向排气式止推轴承

表 25.14-6 表面节流止推轴承的槽参数

槽数 Z	槽长因子 $l_g = 2l_g / (R_0 - R_i - b)$	槽宽角因子 $\phi_g = Z\phi_g / (2\pi)$	槽深因子 $h_g = (h_g + c) / c$
18~48	0.9	0.1~0.5	2.5~4.0

### 1.4 气体静压轴承的稳定性

气体静压轴承中可能产生气锤振动和涡动而失去稳定性。

#### 1.4.1 气锤振动

是由于气体的可压缩性引起的，气体静压轴承不发生气锤振动的条件是除轴承气膜之外的气容总和与气膜容积之比(气容比)小于极限值，即

$$\left. \begin{aligned} \text{径向轴承 } ZV_c / (\pi B D c) &\leq 0.05 \\ \text{止推轴承 } ZV_c / [\pi (R_0^2 - R_i^2) c] &\leq 0.04 \end{aligned} \right\} \quad (25.14-31)$$

#### 1.4.2 涡动

气体静压轴承自激涡动的稳定性条件是：

$$1.15n_{cr}^{(2)} < n < 1.70n_{cr}^{(1)}$$

式中  $n_{cr}^{(1)}, n_{cr}^{(2)}$  ——一、二阶同步涡动临界转速。

两个气体静压轴承支承的转子系统、同步涡动的临界转速按下式计算：

$$n_{cr} = |(\Omega_1 + \Omega_2) / 2 \pm [(\Omega_2 - \Omega_1)^2 / 4 + \Omega_3^2]^{1/2}|^{1/2} / 2\pi$$

$$\left. \begin{aligned} \Omega_1 &= (k_1 + k_2) / m \\ \Omega_2 &= (k_1 L_1^2 + k_2 L_2^2) / (I_t - I_p) \\ \Omega_3 &= (k_2 L_2 - k_1 L_1)^2 / [m(I_t - I_p)] \end{aligned} \right\} \quad (25.14-32)$$

式中  $k_1, k_2$  ——轴承各自的刚度；

$m$  ——转子质量；

$L_1, L_2$  ——转子质心到轴承中心的距离；

$I_t$  ——转子横向转动惯量；

$I_p$  ——转子极转动惯量。

### 1.5 供气装置与轴承材料

#### 1.5.1 供气装置

气体静压轴承的气源大多数是空气，由于自

然状态的空气中含有固体杂质和水分，而且经过压缩机压缩后，气缸的润滑油蒸气又带入空气中；同时，如使用活塞式压缩机，所提供的气体压力很不稳定。因此，供给轴承的加压空气必须进行净化和稳压。供气装置通常包括粗过滤器、空压机、冷却器、精过滤器、干燥器和稳压器等。

常用的过滤元件有：烧结青铜、烧结陶瓷、

不锈钢丝滤网、玻璃棉、滤纸、毛毡以及活性炭等。过滤元件的通用规范是平均微孔直径小于轴承半径间隙的一半。

1.5.2 轴承材料

气体静压轴承的材料应具备如下特性：尺寸稳定性好、线胀系数匹配好、导热性好、耐腐蚀、工艺性好等。常用作气体静压轴承的材料见表 25.14-7。

表 25.14-7 气体静压轴承常用材料及其性能

材料名称	密度 $\rho/g \cdot cm^{-3}$	弹性模量 $E/GPa$	线胀系数 $\alpha/(10^{-6} \cdot ^\circ C^{-1})$	热导率 $\lambda/W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$	海水中的电极电压 $V/V$	最高使用温度 $\vartheta_{max}/^\circ C$	备注
铝合金	2.63~2.82	69.0~73.4	23~24	87.9	-0.9~-0.6		硬质阳极化轴套
硬黄铜	8.47	103	20	72.8	-0.30		
铅青铜	8.94~9.27	—	18	—	-0.20		
磷青铜	8.86	110	17~20	50.2	-0.20		
退火铜	8.91	117	20	236	-0.20		
灰铸铁	7.20	89.6	—	32.6	-0.70		
退火镍	8.89	207	—	52.7	-0.15		
镁合金	1.74~1.85	44.1	22~26	47.7~92.9	-1.60		
软钢	7.83	207	12~14	30.1	-0.75		
不锈钢	7.70	210	11~14	15.1	-0.35		本体材料
钛合金	4.43	103~124	8.0~8.9	4.27~10.0	-0.09~+0.06		
氧化铝陶瓷	3.74	322	6.3	13.6	—	200~300	表面喷涂
氮化硅	2.21~2.49	152	2.6	6.02	—	200~300	
碳化钨	15.20	552~690	1.1	—	—	150	表面喷涂
尼龙	1.11	2.83	45~80	0.151	--	500~550	
环氧树脂	1.11	2.76	50	2.51	—	1~400	

① 相对于饱和甘汞电极。

2 气体动压轴承

气体动压轴承的工作原理与液体动压轴承完全相同。由于气体的可压缩性，使气体动压轴承的计算较复杂。气体黏度比液体低得多，故承载能力也低得多，为了提高其承载能力，常采用螺

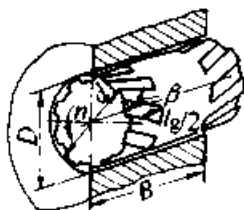
旋槽型轴承。

2.1 螺旋槽型径向轴承

螺旋槽型轴承分螺旋槽轴承和人字槽轴承两种，表 25.14-8 给出推荐的螺旋槽参数，表 25.14-9 给出性能计算的近似公式。

表 25.14-8 螺旋槽（人字槽）径向轴承的槽参数

槽结构参数	最大承载能力		最大稳定性	
	槽面旋转	非槽面旋转	槽面旋转	非槽面旋转
螺旋角 $\beta$	23°~23°	27°~28°	20°~50°	21°~32°
槽宽因子 $\bar{b} = b_x / (b_x + b_c)$	0.35~0.45	0.40~0.50	0.60	0.47~0.53
槽长因子 $\bar{l} = l_x / B$	0.50~0.60	0.70~0.85	1.00	0.50~0.70
槽深因子 $\bar{h}_x = (h_x + c) / c$	2.6	2.6~2.8	3.0~4.0	2.2~2.5
槽数 $Z$	$Z \geq S_A / 5, S_A = 12\pi\eta u / (p \cdot \Psi^2)$			



$b_x$ —槽宽  $b_c$ —台宽

表 25.14-9 螺旋槽(人字槽)径向轴承的性能计算

计算项目	符号	单位	计算公式		
			按最大承载能力选择槽参数	按最大稳定性选择槽参数	
承载能力	槽面旋转	$F$	$N$	$F = (1 + 0.040 BS_A/D) \rho_s BD \epsilon \quad (B/D \geq 1)$ $F = (0.7 + 0.056 BS_A/D) \rho_s BD \epsilon \quad (B/D < 1)$	$F_w = (0.23 \sim 0.50) F$
	非槽面旋转	$F$	$N$	$F = (1 + 0.055 BS_A/D) \rho_s BD \epsilon \quad (B/D \geq 1)$ $F = (0.7 + 0.072 BS_A/D) \rho_s BD \epsilon \quad (B/D < 1)$	$F_w = (0.70 \sim 0.80) F$
刚度	$k$	$N/m$		$k = [0.35 S_A^{0.6} + 0.045 S_A (B/D - 1)] \rho_s BD / c \quad (5 \leq S_A < 40)$ $k = [(0.048 + 0.044 B/D) S_A - 0.000 25 S_A^2] \rho_s BD / c \quad (40 \leq S_A \leq 100)$	
摩擦力矩	$T_p$	$Nm$		$T_p = 0.45 \pi^2 \eta m BD^3 / c$	
摩擦功耗	$P_p$	$W$		$P_p = 0.90 \pi^3 \eta m^2 BD^3 / c$	
偏位角	$\phi$	$(^\circ)$		$\phi = 43 - (6.625 - 0.312 5 S_A) (S_A - 2) \quad (2 \leq S_A < 10)$	
				$\phi = (B/D)^{-2.2} \arctan(3.6/S_A - 0.085) + 9.6 (B/D - 1)^{1/2} \quad (10 \leq S_A < 40)$	
				$\phi = 1 + 9 (B/D - 1)^{1/2} \quad (40 \leq S_A < 100)$	

2.2 螺旋槽型止推轴承

螺旋槽动压止推轴承有泵入式、泵出式和人字式三种槽型。泵入式的承载能力约为泵出式的1.2~1.5倍。三种式样轴承的最佳槽结构参数见表25.14-10。

螺旋槽动压止推轴承性能近似计算公式见表25.14-11。

止推轴承压缩数  $S_{At}$  愈大, 愈容易出现涡动不稳定。在内外径比  $\bar{R} = 0.4 \sim 0.7$  的范围内, 当  $S_{At} > 7$  时就可能出现涡动不稳定。提高涡动稳定性的最有效途径是减小槽长因数  $\bar{l}$ 。

表 25.14-10 螺旋槽止推轴承最佳槽结构参数

轴承示意图		泵入式		泵出式		人字槽式	
		最大承载能力	最大刚度	最大承载能力	最大刚度	最大承载能力	最大刚度
槽参数	$\beta$	71.2°	72.2°	70.5°	—	74.5°	75.0°
	$\bar{b} = b_g / (b_g + b_i)$	0.66	0.65	0.69	—	0.50	0.50
	$\bar{l} = l_g / (R_o - R_i)$	0.73	0.72	0.75	—	0.50	1.00
	$\bar{h}_g = (h_g + c) / c$	4.05	3.25	4.22	—	3.61	2.93
内外径比 $\bar{R} = R_i / R_o$		0.7~0.4					
槽数 $Z$		$Z \geq 10 \pi \bar{b} / (\bar{l} \tan \beta) \cdot [(1 + \bar{R}) / (1 - \bar{R})]$					
压缩数 $S_{At}$		$S_{At} = 6 \pi \eta m (1 - \bar{R}^2) / [\rho_s (c/R_o)^2]$					
说明		$l_g = R_o - R_g$				$l_g = (R_o - R_{g2}) + (R_{g1} - R_i)$	

注: 当槽结构参数偏差范围为:  $\beta$ :  $-6.5^\circ \sim +8.5^\circ$ ;  $\bar{b}$ :  $-0.9 \sim +1.2$ ;  $\bar{l}$ :  $-0.14 \sim +0.10$ ;  $\bar{h}_g$ :  $57\% \sim 143\%$  时, 承载能力的偏差约为 10%。



表 25.14-11 螺旋槽止推轴承性能计算

计 算 项 目		计 算 公 式	
		按最大承载能力选槽参数	按最大刚度选槽参数
承载能力 $F_r/N$	泵入式	$F_r = 0.022\pi p_s R_0^2 (1 - \bar{R}^2) S_M$	$F_r = 0.020\pi p_s R_0^2 (1 - \bar{R}^2) S_M$
	人字槽式	$F_r = 0.023\pi p_s R_0^2 (1 - \bar{R}^2) S_M$	$F_r = 0.021\pi p_s R_0^2 (1 - \bar{R}^2) S_M$
刚度 $k_r/N \cdot m^{-1}$	泵入式	$k_r = 0.044\pi p_s R_0^2 (1 - \bar{R}^2) S_M / c$	$k_r = 0.050\pi p_s R_0^2 (1 - \bar{R}^2) S_M / c$
	人字槽式	$k_r = 0.046\pi p_s R_0^2 (1 - \bar{R}^2) S_M / c$	$k_r = 0.051\pi p_s R_0^2 (1 - \bar{R}^2) S_M / c$
摩擦力矩 $T_\mu/N \cdot m$	泵入式	$T_\mu = 0.319\pi^2 \eta \mu R_0^2 (1 - \bar{R}^2) / c$	$T_\mu = 0.337\pi^2 \eta \mu R_0^2 (1 - \bar{R}^2) / c$
	人字槽式	$T_\mu = 0.638\pi^2 \eta \mu R_0^2 (1 - \bar{R}^2) / c$	$T_\mu = 0.671\pi^2 \eta \mu R_0^2 (1 - \bar{R}^2) / c$

涡动稳定性的临界转速按下式计算：

$$n_{cr} = 3K_g \eta R_0^4 l_g^2 (1 + \bar{R})^4 / [64 (c^3 I_c \bar{l}^2)] \quad (25.14-32)$$

式中  $K_g$  —— 沟槽参数因子。

按最大承载设计，取  $K_g = 0.175$ ，按最大刚度设计，取  $K_g = 0.198$ 。

磨性好、静摩擦因数小、摩擦相容性好、化学和金相稳定性好、耐蚀性好、能在高低温条件下工作、热导率高、线胀系数小、孔隙度小，能进行超精加工、价格便宜。

气体动压轴承常用材料及其性能见表 25.14-12，材料匹配及其运转性能见表 25.14-13。

### 3 气体动压轴承材料与加工

#### 3.2 加工及其精度

#### 3.1 轴承材料

为使轴承性能达到设计指标，必须严格控制轴承几何尺寸的精度，因此，需采用相应的精加工方法。

对气体动压轴承材料性能的主要要求是：耐

表 25.14-12 气体动压轴承常用材料及其性能

材 料 名 称	主 要 成 分	形 式	孔隙率/ %	主 要 性 能						
				弹性模量 $E/GPa$	密度 $\rho/g \cdot cm^{-3}$	线胀系数 $\alpha/10^{-6} \cdot ^\circ C^{-1}$	摩擦因数 $\mu$	热导率 $\lambda/(W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1})$	硬度 (HV)	熔点 $\theta/^\circ C$
氧化铍	BeO	C, E		373	3.0	3.8	0.6	4.78	2 300	—
碳化硼	B <sub>4</sub> C	B	0.5	446	2.5	5.8	0.09~0.2	23.2	3 000	2 400
氮化硅	Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub>	B		235	3.2	1.8	0.1~0.2	—	2 000	—
铬	Cr	D		—	7.5	6.3	0.4~0.7	—	1 200	—
耐高温玻璃	MgO + Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + SiO <sub>2</sub> + TiO <sub>2</sub>	A		118	2.9	9.54	0.8	—	700	—
碳化钨	WC + Co	B		721	4.9	8.64	0.5~0.8	—	1 250	—
氧化铬	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	C		—	—	5.3	0.4	—	1 200	—
Larbelox 陶瓷	98% Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + 2% W	A		397	4.15	4.0	—	—	95	—
Lucalox 陶瓷	99.9% Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	A		383	3.98	4.0	0.2~0.5	92.6	85	—
氧化铝	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	A, F		378	4.0	4.0	0.5~0.7	92.6	3 000	2 050
铁-碳化钛	TiC + Fe	B		303	6.6	7.2	0.4~0.7	303	—	—
硬质合金	TiC + Fe + Cr + Mo	B	0.4	—	6.4	8.1	—	—	70	—
合金工具钢	Cr12MoV			—	7.8	10.9	—	—	60	—

注：A—固溶体；B—热压烧结；C—喷涂；D—电镀；E—阳极氧化；F—真空沉积。

表 25.14-13 典型材料匹配及其运转性能

匹配材料		起-停 次数	抗咬 粘性
旋转零件	非旋转零件		
3号合金	渗氮钢	2 000	—
碳化钨	硅青铜	2 000	—
3号合金 <sup>①</sup>	3号合金	5 000	—
碳化钨	碳化钨	5 000	好
氧化铝	氧化铝	5 000	好
氧化铝	碳化钨 <sup>②</sup>	10 000	好
碳化硼	碳化硼	100 000	很好
硬质合金	硬质合金	4 000	—
氧化铝	氧化铍	10 000	—
Lucalox 陶瓷 <sup>③</sup>	Lucalox 陶瓷	10 000	—

注：① 美国牌号司太立特；② 喷涂碳化钨；③ 有边界润滑。

轴颈直径的圆度偏差，通常为 0.10 ~ 0.25 μm。

表 25.14-14 螺旋槽槽形的加工方法及几何精度

名称		几何精度偏差及工艺说明	
槽形几何精度	槽螺旋角偏差 $\Delta\beta$	$\pm 2^\circ$	偏差对轴承刚度的影响： $-\Delta k/k = Y_b(\Delta\bar{b}/\bar{b})^2 + Y_\beta(\Delta\beta/\beta)^2 + Y_h(\Delta\bar{h}_r/\bar{h}_r)^2 + Y_L(\Delta\bar{l}/\bar{l})^2$ $Y_b = 3.61 \sim 4.13$ $Y_\beta = 0.0028 \sim 0.0042$ $Y_h = 0.26 \sim 0.43$ $Y_L = 3.5 \sim 7.1$
	槽宽因子偏差 $\Delta\bar{b}$	$\pm 0.06$	
	槽长因子偏差 $\Delta\bar{l}$	$\pm 0.05$	
	槽深因子偏差 $\Delta\bar{h}_r$	$\pm 0.20$	
加工方法	磨削法	利用片砂轮、专用磨具、高速磨头，表面粗糙度 $R_a$ 为 1.25 ~ 0.30 μm	
	研磨法	用专用夹具、研磨膏(粉)、手工研磨，表面粗糙度 $R_a$ 为 0.32 ~ 0.08 μm。效率低，适用于单件小批量	
	切削法	用金刚石刀具，专用夹具，表面粗糙度 $R_a$ 为 5.0 ~ 2.5 μm。不适用于脆性陶瓷材料	
	喷砂法	利用保护膜将不加工的部分掩盖起来，用一定压力的空气把 $Al_2O_3$ 粉粒喷打待加工表面，被加工的零件以 200 r/min 的速度旋转。表面粗糙度 $R_a$ 为 5.0 ~ 2.5 μm	
	电化法	用照相法在轴承工作面上洗印出槽形，然后将零件浸入电解液中，通直流电，表面粗糙度 $R_a$ 为 2.5 ~ 1.25 μm。只适用于可电解材料	
	化学腐蚀法	用照相法在轴承工作面上洗印出槽形，然后将零件浸入腐蚀液(如三氯化二铁、三酸混合液等)中，不断搅动腐蚀液，表面粗糙度 $R_a$ 为 2.5 ~ 1.25 μm。只适用于可腐蚀材料	
	电火花法	在铜制零件上刻出槽形反花纹，作为加工头。将轴瓦或轴颈表面正对着加工头进行加工，表面粗糙度 $R_a$ 为 2.5 ~ 1.25 μm。只适用于导电材料	
	超声波法	与电火花法相似。利用超声波加工机床，使工作头以适当的频率振动，加入适当的磨料进行加工，表面粗糙度 $R_a$ 为 2.5 ~ 0.63 μm	
	激光刻蚀法 等离子轰击法	利用激光束和专用夹具进行刻蚀，表面粗糙度 $R_a$ 为 2.5 ~ 0.63 μm 将非槽形部分用保护膜遮蔽，置于真空容器中，用离子束轰击之，使其有原子或分子大小的“颗粒”离开被加工表面附着在真空容器内壁，表面粗糙度 $R_a$ 为 0.32 ~ 0.16 μm。此法加工槽形清晰，一次可加工多个零件，效率高。适用于各种材料，零件变形小，内应力小。但需要昂贵的设备	

0.25 μm，用圆度仪检验，母线直线度的偏差通常为 0.15 ~ 0.30 μm，用直线度测量仪检验，采用超精磨和研磨的方法加工。

轴瓦孔的圆度偏差通常为 0.10 ~ 0.25 μm，用圆度仪检验，母线直线度的偏差通常为 0.10 ~ 0.25 μm，用直线度测量仪检验，采用超精磨和研磨的方法加工。

止推环和止推瓦的平面度偏差通常为 0.1 ~ 0.3 μm，用光学平晶检验，它们与轴和孔的垂直度偏差通常为 1' ~ 3'，用准直光管测量，也用超精磨和研磨的方法加工。

轴承同轴度的偏差通常为 0.1 ~ 0.3 μm。表面粗糙度  $R_a \leq 0.04$  μm。

螺旋槽槽形的加工方法及几何精度见表

25.14-14。

超星浏览器提醒您：  
使用本复制品  
请尊重相关知识产权！

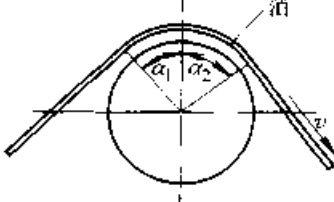
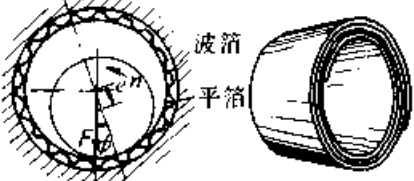
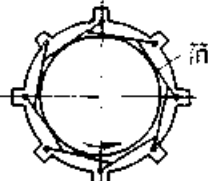
## 第 15 章 箔 轴 承

用弹性很大的薄带作轴瓦，与轴颈构成的支承称为箔轴承。箔轴承靠流体动压力或流体静压力的作用，使箔带与轴颈彼此隔开，箔带可以用金属，也可以用非金属材料制成，润滑剂可以是气体、蒸汽、水或油等。箔轴承运转稳定、可靠、承载能力大、功耗低；对环境污染、温度变

化、表面变形及冲击载荷、振动等有较强承受能力；要求的制造精度较低、允许有较大的加工误差。

实用中以气体润滑箔轴承居多。箔轴承的类型及其主要应用场合见表 25.15-1。

表 25.15-1 箔轴承的类型及其主要应用场合

类型	拉 伸 型	弯 曲 型	悬 壁 型
示意图			
主要应用场合	录音、录像机；高速摄影机；计算机磁带记录装置；有箔带移动的造纸、轧钢、纺织等工业设备	高速电主轴；高速纺锭	涡轮膨胀机；涡轮压缩机；涡轮增压器；车用燃气轮机

### 1 拉伸型箔轴承

拉伸型箔轴承有单叶式（图 25.15-1）和三叶式（图 25.15-2）两种结构。

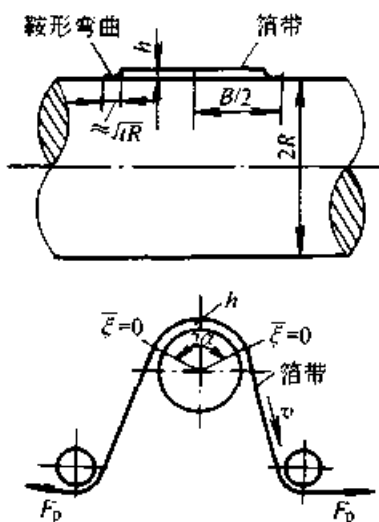


图 25.15-1 单叶动压拉伸型箔轴承

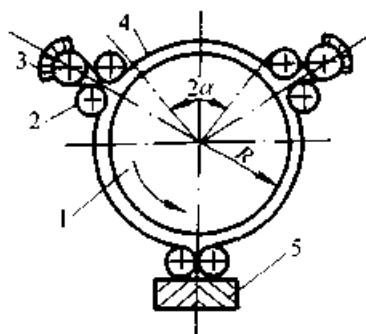


图 25.15-2 三叶动压拉伸型箔轴承

1—轴 2—导向装置 3—压板 4—箔带 5—锁定装置

#### 1.1 单叶动压箔轴承

图 25.15-1 所示单叶动压箔轴承，在小载荷，润滑流体的密度变化很小、并视为不可压缩的，流动是在等温、等黏度下，并忽略垂直箔带运动方向的流动等前提下，轴承性能计算公式见表 25.15-2。

表 25.15-2 单叶动压箔轴承性能计算公式

项目及符号	单位	计算公式	项目及符号	单位	计算公式
特性数 $S_A$		$S_A = 6\eta v (r/h_0)^{3/2} / F_p$	参数 $H'(\xi)$		$H'(\xi)$ 见图 25.15-4
箔带刚度数 $\bar{k}$		$\bar{k} = E\delta^3 / [12S_A^{2/3} r h_0 F_p (1-\nu^2)]$	包绕区压力 $p_0$	Pa	$p_0 \approx F_p / r$
包角数 $\bar{\alpha}$		$\bar{\alpha} = \alpha S_A^{1/3} (h_0/r)^{1/2}$	膜厚 $h$	m	$h = h_0 \cdot H'(\xi)$
中心膜厚 $h_0$	m	$h_0 = K_f r (6\eta v / F_p)^{2/3}$	参数 $H'(\xi)$		$H'(\xi)$ 见图 25.15-5
常数 $K_f$		$K_f$ 见图 25.15-3	$F_p$ —箔带单位宽度的张力; $\eta$ —润滑剂黏度; $v$ —箔带移动速度; $r$ —轴颈半径; $E$ —箔带材料的弹性模量; $\delta$ —箔带厚度; $\nu$ —箔带材料的泊松比; $\alpha$ —箔带在轴颈上的包角; $r$ —横坐标, 见图 25.15-1, 从入口到出口		
润滑膜压力 $p$	Pa	$p = F_p [1 - S_A^{2/3} H'(\xi)]$			
参数 $\xi$		$\xi = \alpha S_A^{1/3} / (h_0 r)^{1/2}$			

超星浏览器提醒您：  
使用本复制品  
请尊重知识产权！

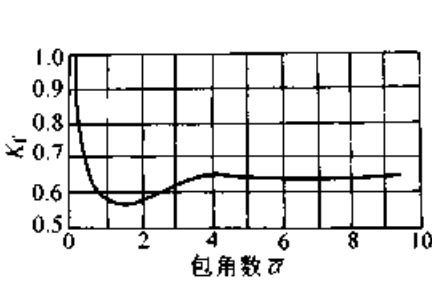


图 25.15-3  $K_f - \bar{\alpha}$  曲线

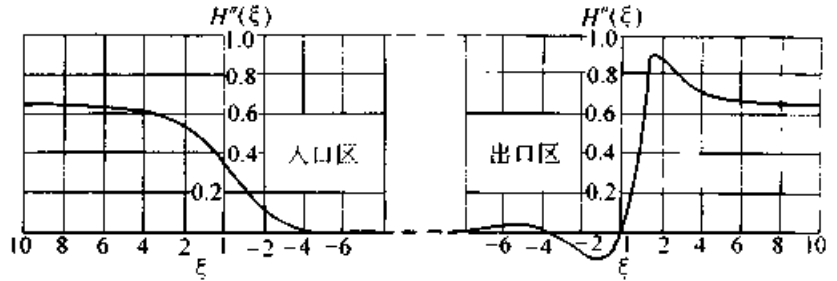


图 25.15-4  $H'(\xi) - \xi$  曲线

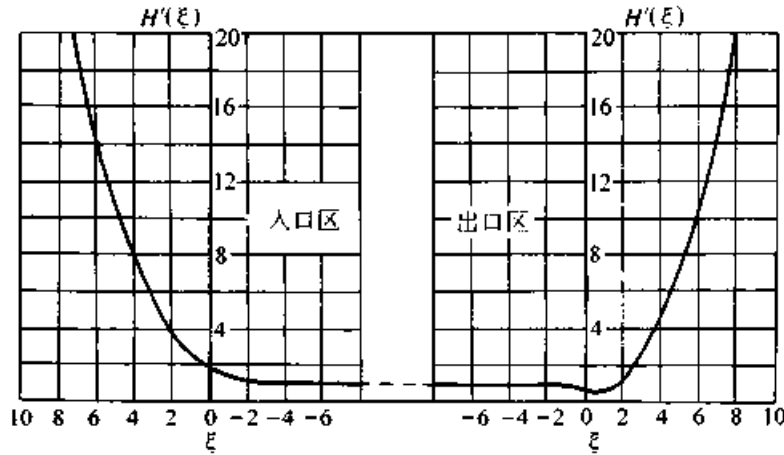


图 25.15-5  $H'(\xi) - \xi$  曲线

1.2 柱面形静压箔轴承

轴承结构形式见图 25.15-6。

入口区膜厚  $h_0$ ，出口区膜厚  $h$  的计算式为

$$\left. \begin{aligned} h_0 &= K_f r (6\eta v / F_p)^{2/3} \\ h &= h_0 + K_f \xi (p_0 r / F_p - 1) \\ \xi &= (h - h_0) F_p S_A^{2/3} / [r (p_0 - p_a)] \end{aligned} \right\} (25.15-1)$$

- 式中  $K_f$ ——常数，见图 25.15-3；  
 $r$ ——轴颈半径；  
 $\eta$ ——润滑剂黏度；  
 $v$ ——箔带相对轴颈的线速度；  
 $p_0$ ——节流器出口压力；  
 $p_a$ ——环境压力；  
 $F_p$ ——箔带单位宽度的张力；  
 $\xi$ ——参数。

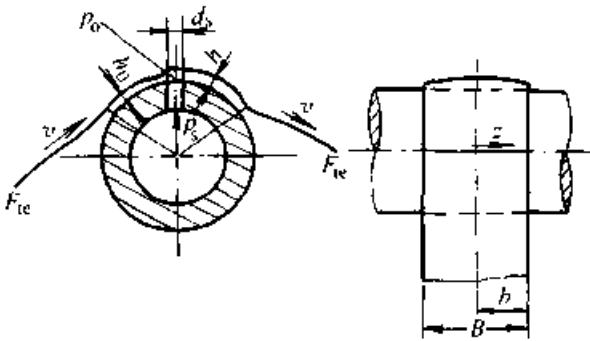


图 25.15-6 柱面拉伸型静压箔轴承

令参数

$$\epsilon = |E\delta^3/[12F_p(1-\nu^2)]|^{1/2} \quad (25.15-2)$$

式中  $E$  ——箔带材料的弹性模量；

$\delta$  ——箔带厚度；

$\nu$  ——箔带材料的泊松比。

参数  $\xi$  与  $\epsilon S_A^{1/3}/(h_0 r)^{1/2}$  和  $d_s/\epsilon$  有关, 在不同  $d_s/\epsilon$  下,  $\xi$  随  $\epsilon S_A^{1/3}/(h_0 r)^{1/2}$  的变化曲线见图 25.15-7。

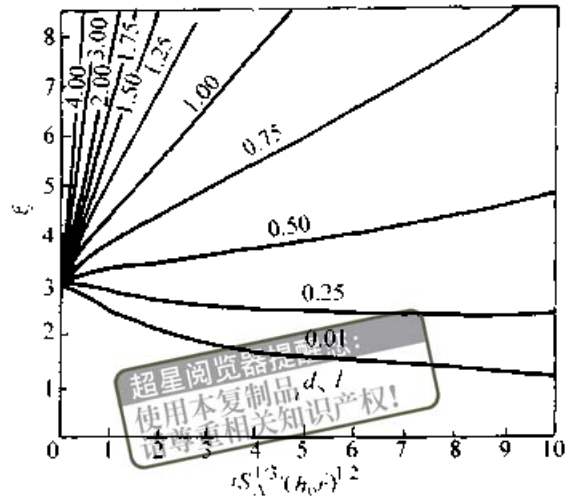


图 25.15-7  $\xi$ — $\epsilon S_A^{1/3}/(h_0 r)^{1/2}$  关系曲线

## 2 弯曲型箔轴承

弯曲型箔轴承有波箔式箔轴承、柔性支承式箔轴承和缠绕式箔轴承等类型, 它们的结构见图 25.15-8, 其中波箔式箔轴承用得最多。

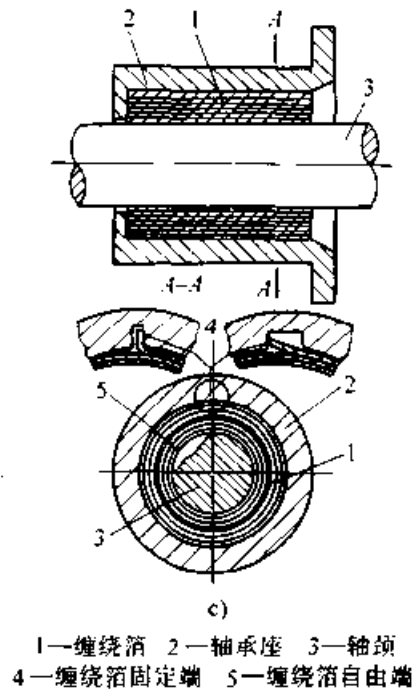
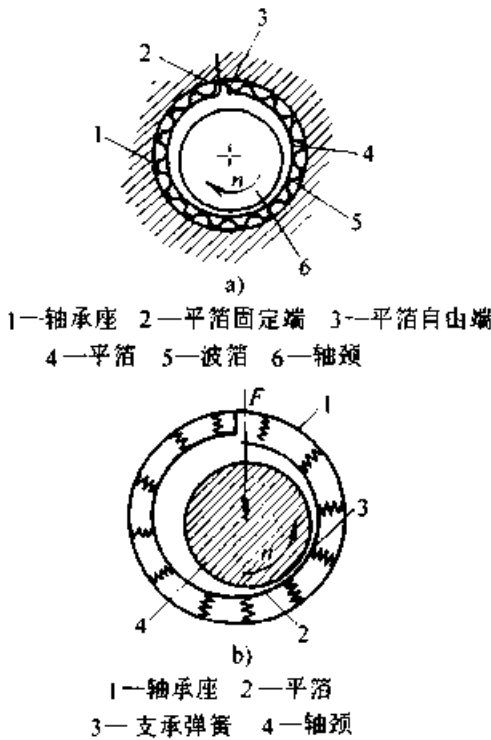


图 25.15-8 弯曲型箔轴承

a) 波箔式 b) 柔性支承式 c) 缠绕式

波箔式箔轴承的平箔带, 一端与轴承座固定, 另一端自由, 轴颈必须从自由端向固定端旋转 (图 25.15-8a)。

箔带厚度通常为 0.02~0.2 mm。平箔带可以是全周的, 也可以是若干段弧形, 构成多瓦型, 后者的稳定性较好。

金属平箔带的热处理工艺是制造波箔式箔轴承的关键问题之一。平箔的最大挠度与轴承最小间隙之比必须不小于 0.5。

对平箔进行表面涂覆可提高箔带的耐磨性, 降低摩擦因数, 从而能降低功耗, 延长寿命, 并且能改善加工性能, 降低制造成本。常用涂层材

料有：Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、TiC、TiB<sub>2</sub>、B<sub>4</sub>C和MoS<sub>2</sub>等。

波箱的波形有圆弧形、三角形、矩形、正弦曲线形和渐开线形，最常用的是圆弧形波箱。波箱有定刚度和变刚度两种，波箱的刚度是波箱轴承设计的关键，通常应为润滑膜刚度的一半。

对于圆弧形波箱的刚度：

(1) 单个波的刚度  $k_u$

箔带截面为矩形时，单个波形的刚度计算式为

$$k_u = Eb / (12\Phi) \cdot (\delta / r_a)^3 \quad (25.15-3)$$

$$\Phi = [-4\sin^2\alpha_0 + 8\sin\alpha_0 + (4\mu + 2r_a - \pi)\sin\alpha_0\cos\alpha_0 - 4\mu\cos\alpha_0 + \mu(\pi - 2r_a)\cos^2\alpha_0 + (\pi - 2r_a)^2/2 - 4] / [4(\pi - 2r_a)]$$

式中  $E$  ——波箱材料的弹性模量；

$b$  ——箔带宽度；

$\delta$  ——箔带厚度；

$r_a$  ——波箱圆弧半径 (图 25.15-9)；

$\alpha_0$  ——波形起始角 (图 25.15-9)；

$\mu$  ——摩擦因数。

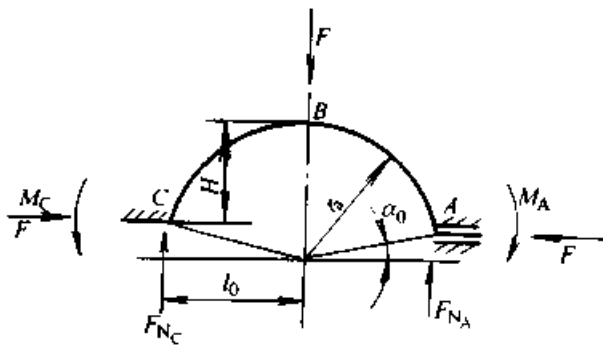


图 25.15-9 单波受力分析

(2) 波箱总刚度  $k_B$

总刚度的计算式为

$$\left. \begin{aligned} k_B &= k_u(1 + 2\Gamma) \\ \Gamma &= \sum_{i=1}^z \cos^2 i\gamma \end{aligned} \right\} \quad (25.15-4)$$

式中  $\gamma$  ——两波峰间的夹角。

## 2.1 径向轴承

对全周波箱式径向箔轴承，轴颈在载荷作用下产生位移  $e$ ，润滑膜中形成动压力，该压力使平箔和波箔产生变形。平箔变形  $\delta_P$  和波箔变形  $\delta_B$  的计算式为

$$\delta_P = [s^4 p / (24k)] \cdot (x/s)^2 \cdot (1 - x/s)^2 \quad (25.15-5)$$

$$\delta_B = psb / k_u \quad (25.15-6)$$

式中  $s$  ——节距，即两波峰间的弧长；

$p$  ——箔带上的气膜压力 (表压)；

$k$  ——平箔的刚度；

$x$  ——周向的坐标。

因此，润滑计算中的膜厚方程为

$$h = (c - e \cos\theta) + \delta_P + \delta_B$$

### 2.1.1 压缩数与平箔和波箔的柔度

波箱式箔轴承的特性数定义为

$$S_A = 12\pi\eta n / (p_a \Psi^2) \quad (25.15-7)$$

$$\Psi = c / r$$

式中  $\eta$  ——润滑剂黏度；

$n$  ——轴颈转速；

$p_a$  ——环境压力；

$\Psi$  ——轴承相对间隙；

$c$  ——轴承半径间隙；

$r$  ——轴颈半径。

平箔和波箔量纲为 1 的柔度数分别为

$$\zeta_P = p_a s^4 S_A (1 - \nu_P^2) / (32 E_P \delta_P^3 c) \quad (25.15-8)$$

$$\zeta_B = 2 p_a s l_0^2 S_A (1 - \nu_B^2) / (E_B \delta_B^3 c) \quad (25.15-9)$$

式中  $E_P$ 、 $E_B$  ——平箔、波箔材料的弹性模量；

$s$  ——波箔的节距 (见图 25.15-10)；

$\delta_P$ 、 $\delta_B$  ——平箔、波箔的厚度；

$l_0$  ——波箔跨度之半 (见图 25.15-10)；

$\nu_P$ 、 $\nu_B$  ——平箔、波箔材料的泊松比。

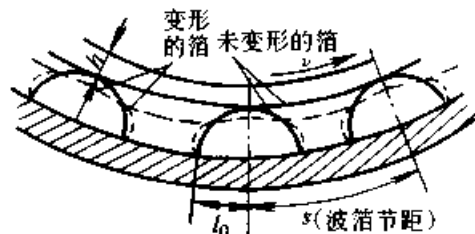


图 25.15-10 波箱轴承计算示意图

### 2.1.2 轴承性能估算

令载荷数

$$\bar{F} = F \Psi^2 / (6\pi\eta n dB) \quad (25.15-10)$$

摩擦转矩数

$$\bar{T}_\mu = 2 T_\mu \Psi / (\pi\eta n d^2 B) \quad (25.15-11)$$

最小膜厚数

$$\bar{h}_{\min} = h_{\min} / c \quad (25.15-12)$$

这些数都是偏心率  $\epsilon (= e/c, e$ —偏心距) 的函数。

对于平箔柔度数  $\zeta_P = 0$  的轴承可用图 25.15-11 ~ 25.15-13 给出的曲线估算其性能。随着  $\zeta_P$  的增加，承载能力和最小膜厚稍有减小，摩擦转矩稍有增大。

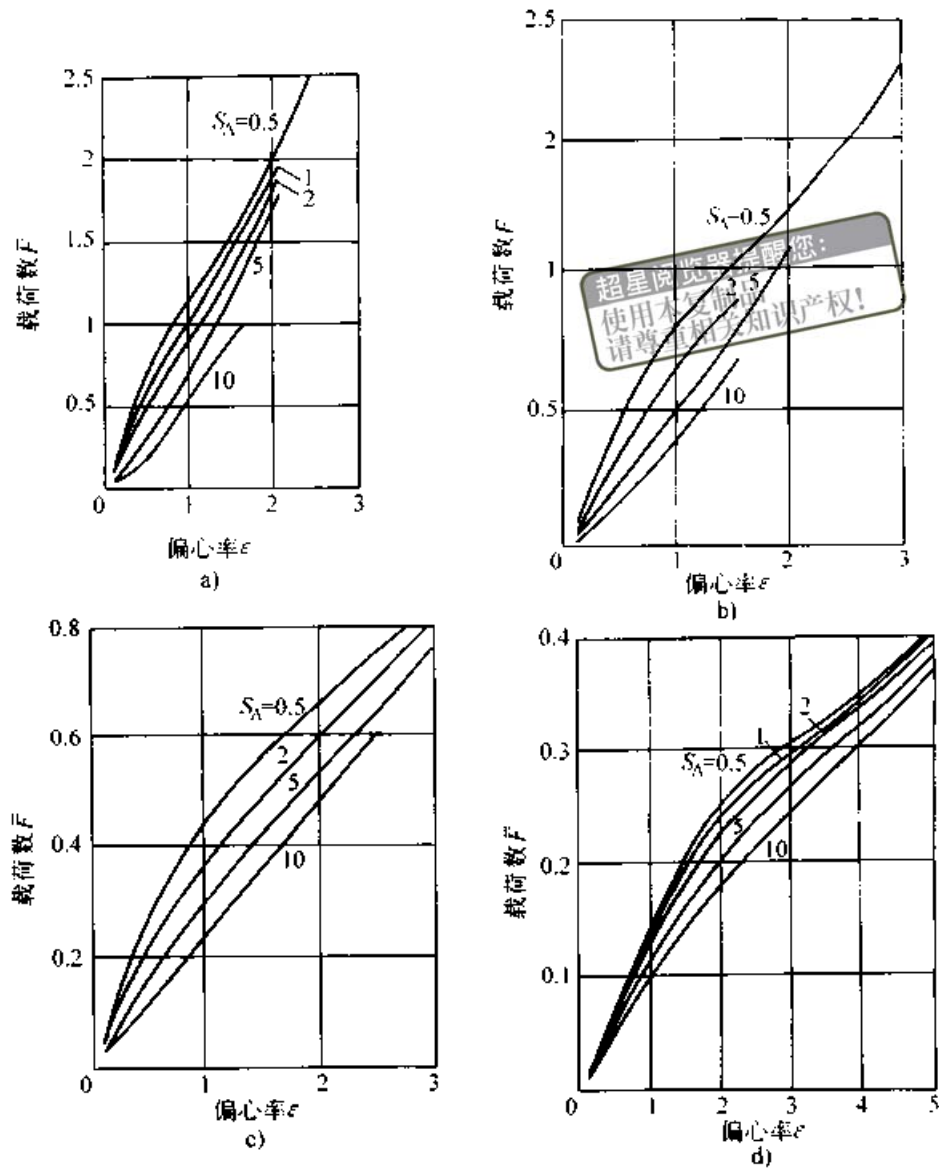


图 25.15-11 径向箔箔轴承的  $\bar{F}-\epsilon$  曲线

a)  $\zeta_u = 1$  b)  $\zeta_u = 2$  c)  $\zeta_u = 5$  d)  $\zeta_u = 20$

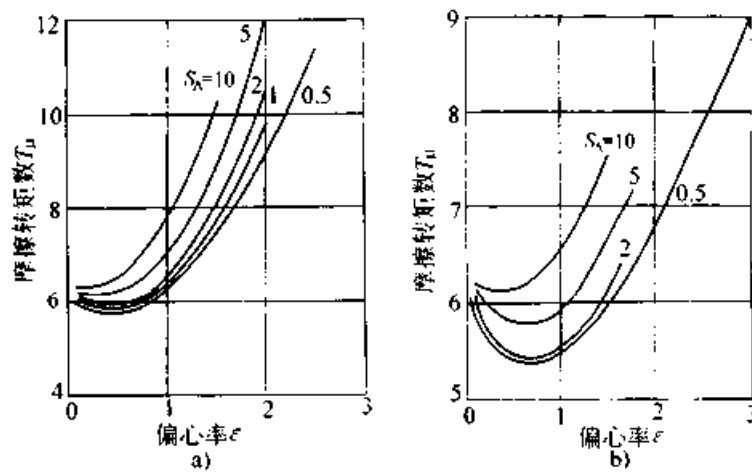
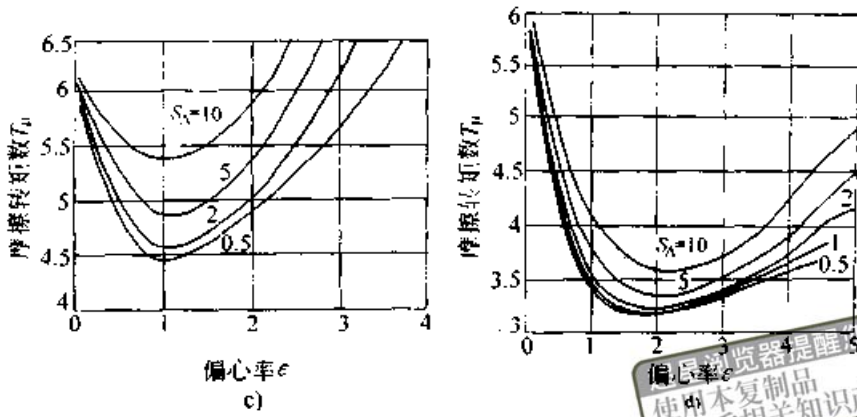


图 25.15-12 径向箔箔轴承的  $\bar{T}_f-\epsilon$  曲线

a)  $\zeta_u = 1$  b)  $\zeta_u = 2$  c)  $\zeta_u = 5$  d)  $\zeta_u = 20$



续图 25.15-12

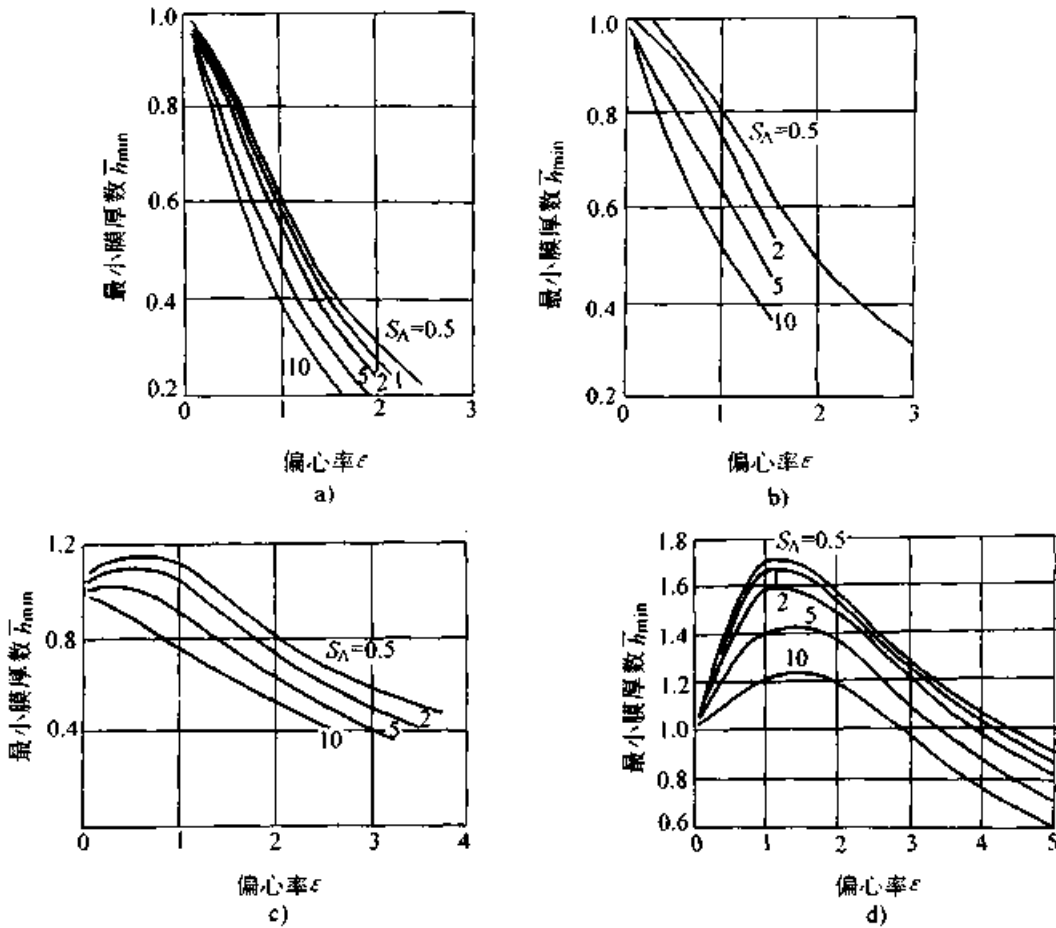


图 25.15-13 径向波箱轴承的  $\bar{h}_{\min}-\epsilon$  曲线

a)  $\zeta_B=1$  b)  $\zeta_B=2$  c)  $\zeta_B=5$  d)  $\zeta_B=20$

例 设计一 动压径向波箱式箱轴承。该轴承在  $50\text{ }^\circ\text{C}$  的空气中工作，环境压力  $p_a=0.1\text{ MPa}$ ，转速  $n=96\times 10^3\text{ r/min}$ 。要求承载能力  $F\geq$

$60\text{ N}$ ，摩擦功耗  $P_f < 40\text{ W}$ 。计算步骤及结果见表 25.15-3。



表 25.15-3 动压径向箔箔轴承计算步骤及结果

计 算 项 目	计 算 公 式 及 说 明	计 算 结 果
轴颈直径	试选 $d = 2c$	$40 \times 10^{-3} \text{ m}$
轴瓦套内径	试选 $D_1$	$42 \times 10^{-3} \text{ m}$
转速	已知 $n = 96 \times 10^3 / 60$	$1.6 \times 10^3 \text{ r/s}$
50 °C 空气的黏度	查图 25.14-1, 得 $\eta$	$18.5 \times 10^{-6} \text{ Pa}\cdot\text{s}$
轴瓦宽度	试选 $B$	$20 \times 10^{-3} \text{ m}$
轴承半径间隙	选定, $c = (0.01 \sim 0.10) \times 10^{-3} \text{ m}$	$0.05 \times 10^{-3} \text{ m}$
相对间隙	$\Psi = c/r = 0.05 \times 10^{-3} / 20 \times 10^{-3}$	$2.5 \times 10^{-3}$
特性数	$S_A = 12\pi\eta n / (\rho_a \Psi^2) = 12\pi \times 18.5 \times 10^{-6} \times 1.6 \times 10^3 / [10^5 \times (0.25 \times 10^{-3})^2]$	1.785
箔带材料	选用无磁性、耐腐蚀的高弹性合金	3J21
箔带材料弹性模量	查手册, $E_F = E_B = E$	$196 \times 10^9 \text{ Pa}$
箔带材料的泊松比	查手册, $\nu_F = \nu_B = \nu$	0.28
平箔厚度	$\delta_F = (0.05 \sim 0.20) \times 10^{-3} \text{ m}$	$0.10 \times 10^{-3} \text{ m}$
波箔厚度	$\delta_B = (0.7 \sim 1.2) \delta_F = (0.7 \sim 1.2) \times 0.10 \times 10^{-3}$	$0.08 \times 10^{-3} \text{ m}$
波箔高度	$h_B = (D_1 - d - 2\delta_F - 2c) = (42 \times 10^{-3} - 40 \times 10^{-3} - 0.2 \times 10^{-3} - 2 \times 0.05 \times 10^{-3}) / 2$	$0.85 \times 10^{-3} \text{ m}$
波箔跨度	$l_0 = (1.0 \sim 2.5) h_B = (1.0 \sim 2.5) 0.85 \times 10^{-3}$	$1.95 \times 10^{-3} \text{ m}$
波箔波数	$Z \leq \pi D_1 / (2l_0) = \pi \times 42 \times 10^{-3} / (2 \times 1.95 \times 10^{-3})$	33.8 取为 33
波箔间距	$s = \pi D_1 / Z = \pi \times 42 \times 10^{-3} / 33$	$4 \times 10^{-3} \text{ m}$
平箔柔度数	$\zeta_F = \rho_a s^4 S_A (1 - \nu_F^2) / (32 E_F \delta_F^3 c) = 10^5 \times (4 \times 10^{-3})^4 \times 1.785 (1 - 0.28^2) / [32 \times 196 \times 10^9 (0.10 \times 10^{-3})^3 \times 0.05 \times 10^{-3}]$	0.134 柔度较小, 用 $\zeta_r = 0$ 的数据, 误差不大
波箔柔度数	$\zeta_B = 2 \rho_a s^4 S_A (1 - \nu_B^2) / (E_B \delta_B^3 c) = 2 \times 10^5 \times 4 \times 10^{-3} (1.95 \times 10^{-3})^3 \times 1.785 (1 - 0.28^2) / [196 \times 10^9 (0.10 \times 10^{-3})^3 \times 0.05 \times 10^{-3}]$	0.996
最大偏心率	选定 $\epsilon_{\max}$	1.5
载荷数	由图 25.15-11a, 查得 $\bar{F}$	1.39
承载能力	$F = 6\pi\eta n d B \bar{F} / \Psi^2 = 6\pi \times 18.5 \times 10^{-6} \times 1.6 \times 10^3 \times 40 \times 10^{-3} \times 20 \times 10^{-3} \times 1.39 / (2.5 \times 10^{-3})^2$	$99 \text{ N} > 60 \text{ N}$
摩擦转矩数	由图 25.15-12a, 查得 $\bar{T}_n$	7.6
摩擦转矩	$T_n = \bar{T}_n \pi \eta n d^2 B / (2\Psi) = 7.6\pi \times 18.5 \times 10^{-6} \times 1.6 \times 10^3 \times (40 \times 10^{-3})^2 \times 20 \times 10^{-3} / (2 \times 2.5 \times 10^{-3})$	$4.52 \times 10^{-3} \text{ N}\cdot\text{m}$
摩擦功耗	$P_n = 2\pi n T_n = 2\pi \times 1.6 \times 10^3 \times 4.52 \times 10^{-3}$	45.44 W 稍大于 40 W
最小膜厚数	由图 25.15-12a, 查得 $\bar{h}_{\min}$	0.36
最小膜厚	$h_{\min} = c \bar{h}_{\min} = 0.05 \times 10^{-3} \times 0.36$	$18 \times 10^{-6} \text{ m}$

超星浏览器提醒您  
使用本复制品  
请尊重相关知识产权

### 2.2 止推轴承

波箔止推轴承是在轴瓦上设置扇形波箔和平

箔构成(图 25.15-14),用隔离块把两个扇形平箔和波箔隔开。

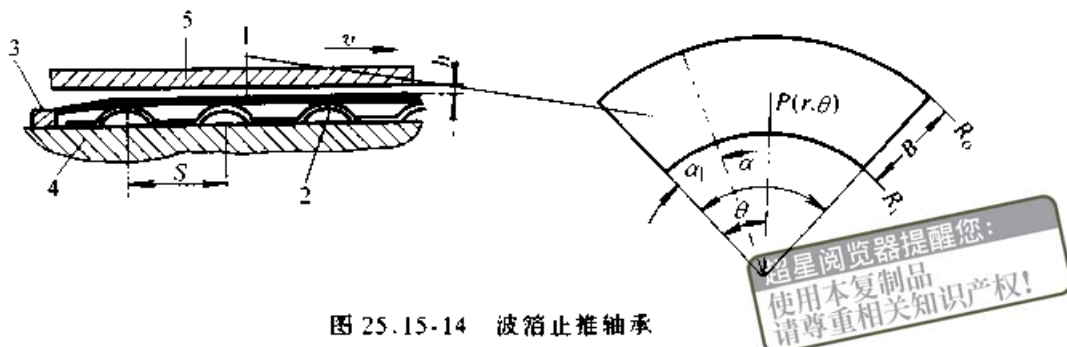


图 25.15-14 波箔止推轴承

1—平箔 2—波箔 3—隔离块 4—轴承座 5—止推环

超星浏览器提醒您：  
使用本复制品  
请尊重相关知识产权！

波箔止推轴承的柔度数为

$$\zeta = 2p_a s t^3 (1 - \nu^2) / (E \delta^3 h_2) \quad (25.15-13)$$

令压缩数为

$$S_A = 12\pi \eta m R_o^2 / (p_a h_2^2)$$

对  $S_A = 3, B/R_o = 0.5$  的一个较硬的波箔止推轴

承( $\zeta = 1.0$ )和一个较软( $\zeta = 2.67$ )的轴承进行数值计算,得出其载荷数  $\bar{F} [= F / (p_a R_o^2)]$  随瓦包角  $\alpha$  的变化曲线(图 25.15-15)。由图中可以看出:使轴承总承载能力最大的  $\alpha$  角约为  $45^\circ \sim 50^\circ$ , 即瓦数为 6~7 承载能力最高。

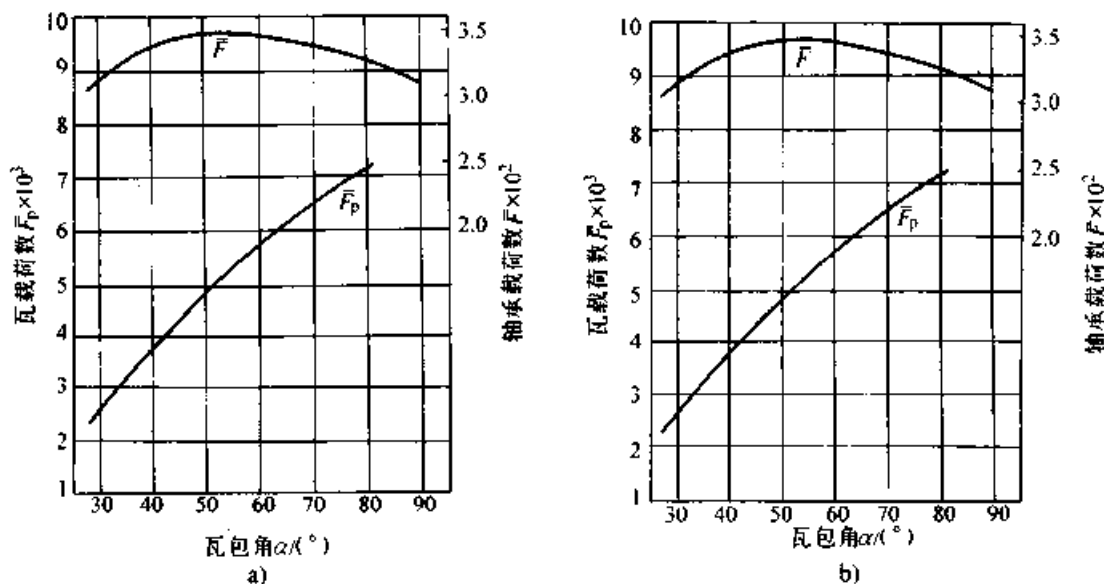


图 25.15-15 载荷数与瓦包角的关系曲线

a)  $\alpha_1/\alpha = 0.8 \quad h_1/h_2 = 2 \quad \zeta = 1.0$  b)  $\alpha_1/\alpha = 0.5 \quad h_1/h_2 = 2.5 \quad \zeta = 2.67$

$\bar{F}_p$ —一个瓦的载荷数  $\bar{F}$ —轴承的载荷数

当  $\alpha = 45^\circ, h_1/h_2 = 2$  时, 载荷数和摩擦转矩数  $\bar{T} [= T / (p_a h_2 R_o^2)]$  随  $\alpha_1/\alpha$  的变化曲线见图 25.15-16。对应最大承载能力的  $\alpha_1/\alpha$  值, 较硬轴承为 0.7, 较软轴承为 0.5。

座上构成的轴承。每片箔一端固定、一端自由成悬臂状,各片间有部分相互重叠,呈鳞片状排列。

### 3 悬臂型箔轴承

悬臂型箔轴承是将一片片矩形箔镶嵌在轴承

### 3.1 径向轴承

图 25.15-17 是典型的悬臂型径向箔轴承。箔片数通常为 6~16 片,沿轴承座内壁顺序、均匀地重叠排列,保持一定比例的重叠面积。箔片

的曲率半径大于轴颈半径，镶嵌在轴承座孔内产生弯曲弹性变形。

箔片的弹性变形、各箔片之间位移产生的摩

擦都能有效地吸收掉外部的振动与冲击能量，以及转子本身的自激涡动能量，故这种轴承有较高的稳定性。

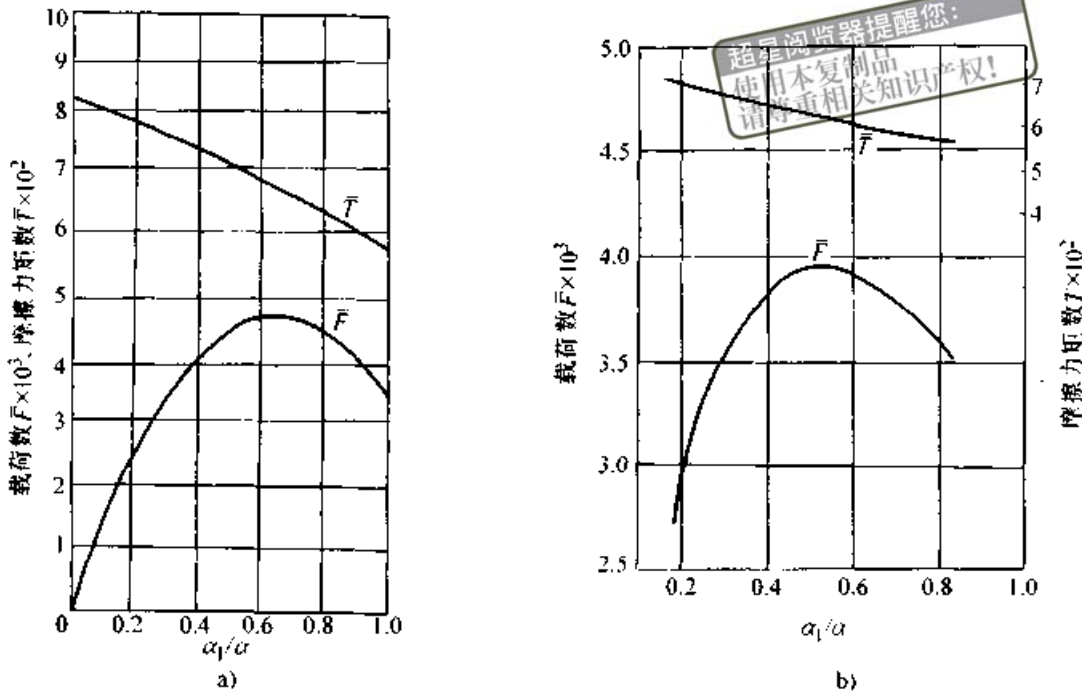


图 25.15-16  $\bar{F}$ 、 $\bar{T}$  与  $\alpha_1/a$  的关系曲线

a)  $S_A=3 \quad \zeta=1.0$  b)  $S_A=0.75 \quad \zeta=5.0$

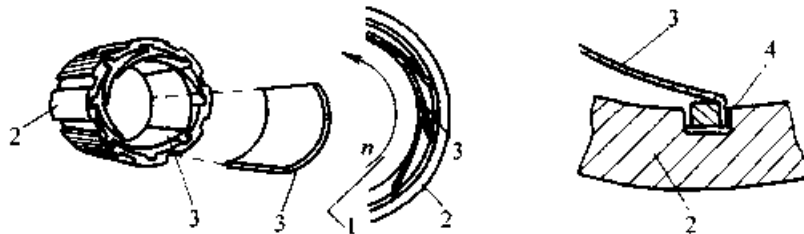


图 25.15-17 悬臂型径向箔轴承

1—轴颈 2—轴承座 3—箔片 4—锁定槽

对  $d = 35 \text{ mm}$ 、 $B = 44 \text{ mm}$  的一个具体轴承，经计算得到的承载能力与转速间的关系见图 25.15-18 的曲线。

### 3.2 止推轴承

悬臂型止推箔轴承的结构型式见图 25.15-19。

一个内径  $R_i = 40 \text{ mm}$ 、外径  $R_o = 80 \text{ mm}$ ，有 8 个箔片的止推轴承，其载荷与膜厚和转速的关系见图 25.15-20。

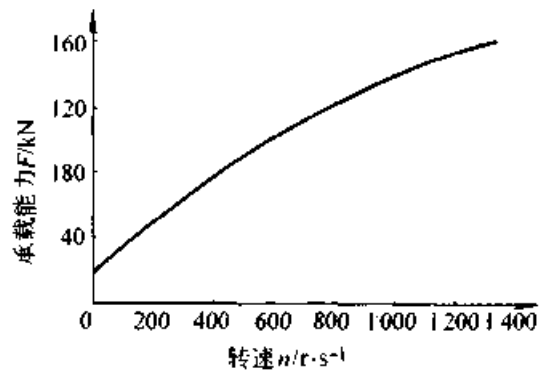


图 25.15-18 悬臂型径向箔轴承的承载能力

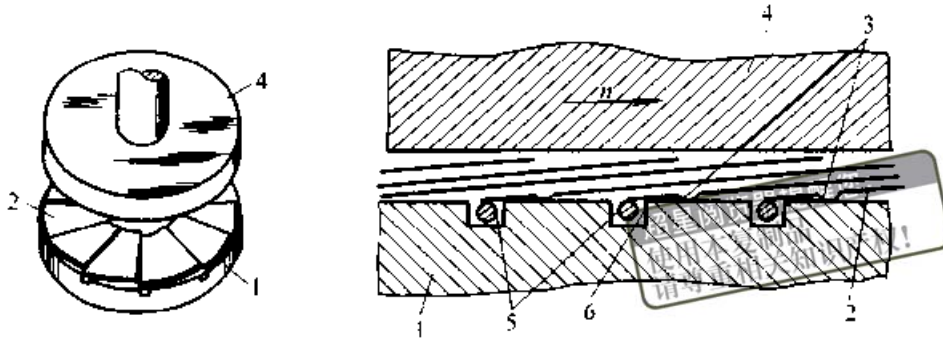


图 25.15.19 悬臂型止推箔轴承

1—轴承座 2—箔片 3—弹性槽 4—止推环  
5—锁定装置 6—定位槽

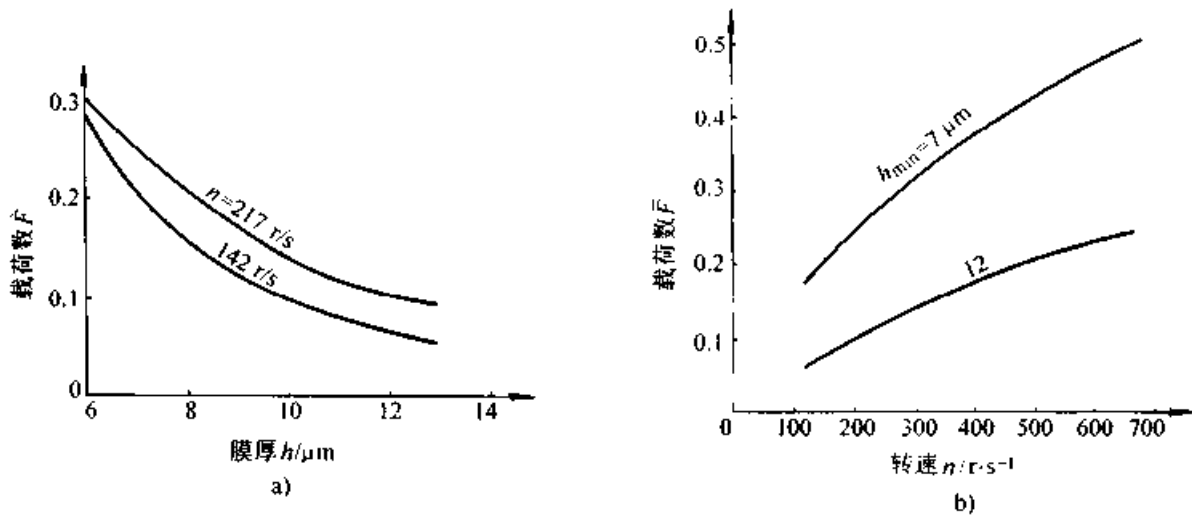


图 25.15-20 悬臂型止推箔轴承的性能

a)  $\bar{F}-h$  曲线 b)  $\bar{F}-n$  曲线

$$\bar{F} = F / (Z p_s R)$$

# 第 16 章 轴瓦型式与尺寸的标准、轴承座

超星浏览器提醒您：  
 请尊重知识版权！  
 禁止非法复制、传播、销售

## 1 轴瓦型式与尺寸的标准

### 1.1 卷制轴套

#### 1.1.1 卷制轴套

GB/T 12613—1990 对卷制轴套作了规定，轴套型式见图 25.16-1。

卷制轴套的制造精度分为：普通级（P），由轴套生产厂留有加工余量的轴套；高级（G），轴套生产厂不留加工余量的轴套。轴套的基本尺寸有：外径  $D$ 、内径  $d$ 、壁厚  $e_1$  和宽度  $B$ ，其尺寸公差见表 25.16-1，表面粗糙度见表 25.16-

2

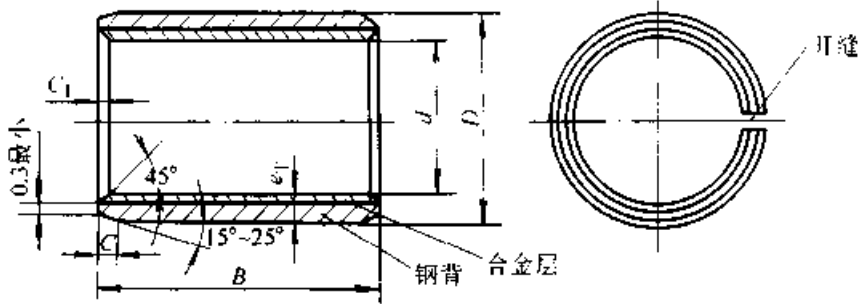


图 25.16-1 卷制轴套型式

表 25.16-1 卷制轴套的尺寸公差

普通级			
外径公差	内径公差	壁厚公差	
		0.75	$\pm 0.035$
IT7	H8	1, 1.5, 2, 2.5	$\pm 0.050$
		3, 3.5, 4	$\pm 0.065$
高级			
外径	外径公差	内径公差	同轴度公差
$\leq 50$		$\leq 0.025$	$\leq 0.025$
$> 50 \sim 80$	IT7	$\leq 0.035$	$\leq 0.030$
$> 80 \sim 120$		$\leq 0.050$	$\leq 0.040$
$> 120 \sim 150$		$\leq 0.070$	$\leq 0.050$

表 25.16-2 轴套表面粗糙度  $Ra$  ( $\mu\text{m}$ )

精度级	外表面	内表面	其他
P 级	$\leq 1.6$	$\leq 6.3$	$\leq 12.5$
G 级	$\leq 1.6$	$\leq 0.8$	$\leq 12.5$

外径和壁厚尺寸见表 25.16-3，内径  $d = D - 2e_1$ ，宽度尺寸见表 25.16-4。

表 25.16-3 卷制轴套的外径与壁厚

(mm)

外径 $D$	壁厚 $e_1$	外径 $D$	壁厚 $e_1$
6	0.75, 1.0	18	
7	0.75, 1.0	19	1.0, 1.5
8	0.75, 1.0	20	1.0, 1.5
9	0.75, 1.0	21	1.0, 1.5
10	0.75, 1.0	22	1.0, 1.5
11	0.75, 1.0	(23)	1.0, 1.5
12	0.75, 1.0	24	1.0, 1.5
13	0.75, 1.0	25	1.0, 1.5
14	0.75, 1.0	26	1.0, 1.5
15	1.0, 1.5	(27)	1.5, 2.0
16	1.0, 1.5	28	1.5, 2.0
17	1.0, 1.5	30	1.5, 2.0

续表 25.16-3

外径 D	壁厚 $e_1$	外径 D	壁厚 $e_T$
32	1.5, 2.0	(65)	2.0, 2.5, 3.0
34	1.5, 2.0	67	2.0, 2.5, 3.0
36	1.5, 2.0	(70)	2.0, 2.5, 3.0
38	1.5, 2.0	71	2.0, 2.5, 3.0
(39)	1.5, 2.0	75	2.0, 2.5, 3.0
40	1.5, 2.0	80	2.0, 2.5, 3.0
	1.5, 2.0	85	2.5, 3.0, 3.5
42	1.5, 2.0	90	2.5, 3.0, 3.5
(44)	1.5, 2.0	95	2.5, 3.0, 3.5
45	1.5, 2.0, 2.5	100	2.5, 3.0, 3.5
48	1.5, 2.0, 2.5	105	2.5, 3.0, 3.5
50	1.5, 2.0, 2.5	110	2.5, 3.0, 3.5
53	1.5, 2.0, 2.5	(115)	2.5, 3.0, 3.5
(55)	2.0, 2.5, 3.0	120	2.5, 3.0, 3.5
56	2.0, 2.5, 3.0	125	2.5, 3.0, 3.5
(57)	2.0, 2.5, 3.0	130	3.0, 3.5, 4.0
60	2.0, 2.5, 3.0	140	3.0, 3.5, 4.0
(63)	2.0, 2.5, 3.0	150	3.0, 3.5, 4.0

表 25.16-4 卷制轴套的宽度 (mm)

外径 D	宽度 B	外径 D	宽度 B
6~7	5, 10	36~48	25, 30, 40, 50
8~10	10, 15	50~57	25, 40, 60
11~15	10, 15, 20	60~67	30, 50, 70
16~20	15, 20, 25	70~80	40, 60, 80
21~25	15, 20, 25, 30	85~150	50, 70, 100
26~34	20, 25, 30, 40		

1.1.2 覆有减摩塑料层的双金属轴套

这种轴套用塑料-烧结铜合金-钢三层复合板材卷制而成, 钢背材料一般为 08F、08 或 10 号钢, 烧结铜的牌号为 CuSn10, 减摩塑料为聚四氟乙烯或聚氧化乙烯。轴套型式见图 25.16-2。铜合金层厚度在 0.20~0.30 mm 之间。

轴套尺寸公差: 内径 H7; 外径 I17; 宽度 h13; 壁厚  $e_T \leq 2.5$  时,  $\pm 0.05$ 。表面粗糙度: 外圆表面  $Ra \leq 3.2 \mu m$ ; 其他加工部位  $Ra \leq 25 \mu m$ 。

轴套基本尺寸见表 25.16-5。

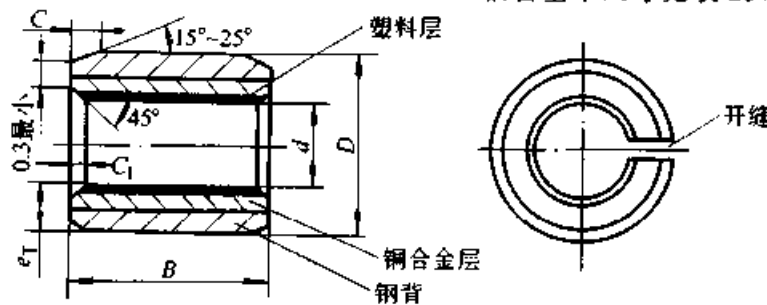


图 25.16-2 覆有减摩塑料层的双金属轴套型式

表 25.16-5 覆有减摩塑料层的双金属轴套尺寸

(mm)

壁厚 $e_T$	1.0	1.5	2.0	2.5	宽 度 B	壁厚 $e_T$	1.0	1.5	2.0	2.5	宽 度 B
	外径 D		内 径 d				外径 D		内 径 d		
6	4				4, 6, 8	34			30		12, 15, 20, 25, 30, 40
7	5				4, 5, 6, 8	36			32		20, 30
8	6				6, 8, 10	39			35		12, 20, 25, 30, 40, 50
9	7				10, 12	42			38		30, 40
10	8				6, 8, 10, 12	44			40		12, 20, 25, 30, 40, 50
12	10				6, 8, 10, 12, 15	50			45		20, 25, 30, 40, 50
14	12				6, 8, 10, 12, 15, 20	55			50		20, 30, 40, 60
16	14				10, 12, 15, 20	60			55		30, 40, 60
17	15				10, 12, 15, 20, 25	65			60		30, 40, 60
18	16				10, 12, 15, 20, 25	70			65		30, 40, 60
20	18				10, 12, 15, 20, 25	75			70		40, 60, 80
23		20			10, 12, 15, 20, 25, 30	80			75		30, 40, 60, 80
25		22			10, 12, 15, 20, 25	85			80		40, 60, 80
27		24			15, 20, 25, 30	90			85		40, 60, 80
28		25			10, 12, 15, 20, 25, 30	95			90		40, 60, 90
32			28		20, 30	105			100		50, 95

1.2 整体轴套

1.2.1 铜合金整体轴套

GB/T 2509—1981 规定了一般用途的、内径从 6 mm 至 200 mm 的铜合金整体轴套的型式、尺寸及公差。

轴套型式见图 25.16-3。

整体轴套分为薄壁和厚壁两个系列，它们的尺寸公差见表 25.16-6，尺寸分别见表 25.16-7、25.16-8。

1.2.2 铜合金带挡边整体轴套

一般用途的、内径从 6 mm 至 200 mm 的铜合金带挡边整体轴套的型式、尺寸及公差可参见 GB/T 2510—1981。

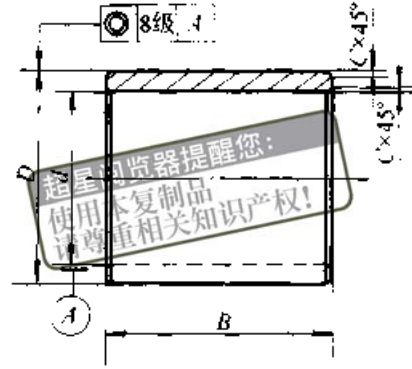


图 25.16-3 铜合金整体轴套型式

表 25.16-6 铜合金整体轴套尺寸公差

内径 <i>d</i>	外 径 <i>D</i> /mm		轴承座孔 直 径	宽 度 <i>B</i>
	≤120	>120		
H8	s6	r6	H7	h12

表 25.16-7 铜合金整体轴套薄壁系列的尺寸

(mm)

内径 <i>d</i>	外径 <i>D</i>	宽度 <i>B</i>	倒角 <i>C</i>	内径 <i>d</i>	外径 <i>D</i>	宽度 <i>B</i>	倒角 <i>C</i>
6	10	6, 8, 10	0.3	60	70	40, 45, 50, 55, 60, 65, 70, 75, 80	0.8
8	12	6, 8, 10, 12		65	75	45, 50, 55, 60, 65, 70, 75, 80	
10	14	6, 8, 10, 12, 16		70	80	45, 50, 55, 60, 65, 70, 75, 80, 90	
12	16	8, 10, 12, 16, 20		75	85	50, 55, 60, 65, 70, 75, 80, 90	
14	18	8, 10, 12, 16, 20, 25	0.5	80	90	55, 60, 65, 70, 75, 80, 90, 100	1.0
16	20	12, 16, 20, 25		85	95	55, 60, 65, 70, 75, 80, 90, 100	
18	22	12, 16, 20, 25, 30		90	105	55, 60, 65, 70, 75, 80, 90, 100, 120	
20	24	16, 20, 25, 30, 35		95	110	60, 65, 70, 75, 80, 90, 100, 120	
22	26	16, 20, 25, 30, 35	0.8	100	115	75, 80, 90, 100, 120	2.0
25	30	16, 20, 25, 30, 35, 40		105	120	75, 80, 90, 100, 120	
28	34	20, 25, 30, 35, 40, 45		110	125	80, 90, 100, 120	
30	36	20, 25, 30, 35, 40, 45		120	135	100, 120, 150	
32	38	20, 25, 30, 35, 40, 45	0.8	130	145	100, 120, 150	2.0
35	42	25, 30, 35, 40, 45, 50		140	155	100, 120, 150, 180	
38	45	20, 30, 35, 40, 45, 50, 55		150	165	120, 150, 180	
40	48	25, 30, 35, 40, 45, 50, 55, 60		160	180	120, 150, 180	
42	50	25, 30, 35, 40, 45, 50, 55, 60, 65	0.8	170	190	120, 150, 180, 200	2.0
45	53	30, 35, 40, 45, 50, 55, 60, 65		180	200	150, 180, 200, 250	
48	56	35, 40, 45, 50, 55, 60, 65		190	210	150, 180, 200, 250	
50	58	35, 40, 45, 50, 55, 60, 65		200	220	180, 200, 250	
55	63	35, 40, 45, 50, 55, 60, 65, 70					

表 25.16-8 铜合金整体轴套厚壁系列的尺寸 (mm)

内径 $d$	外径 $D$	宽度 $B$	倒角 $C$	内径 $d$	外径 $D$	宽度 $B$	倒角 $C$
6	12	6, 8, 10	0.3	60	75	40, 45, 50, 55, 60, 65, 70, 75, 80	0.8
8	14	6, 8, 10, 12		65	80	45, 50, 55, 60, 65, 70, 75, 80	1.0
10	16	6, 8, 10, 12		70	85	45, 50, 55, 60, 65, 70, 75, 80, 90	
12	18	8, 10, 12, 16, 20		75	90	50, 55, 60, 65, 70, 75, 80, 90	
14	20	10, 12, 16, 20, 25		80	95	55, 60, 65, 70, 75, 80, 90, 100	
16	22	12, 16, 20, 25		85	100	55, 60, 65, 70, 75, 80, 90, 100	
18	24	12, 16, 20, 25, 30		90	110	55, 60, 65, 70, 75, 80, 90, 100, 120	
20	26	16, 20, 25, 30, 35		95	115	60, 65, 70, 75, 80, 90, 100, 120	
22	28	16, 20, 25, 30, 35		100	120	75, 80, 90, 100, 120	
25	32	20, 25, 30, 35, 40		105	125	75, 80, 90, 100, 120	
28	36	20, 25, 30, 35, 40, 45	0.5	110	130	80, 90, 100, 120	
30	38	20, 25, 30, 35, 40, 45		120	140	100, 120, 150	
32	40	20, 25, 30, 35, 40, 45		130	150	100, 120, 150	
35	45	25, 30, 35, 40, 45, 50		140	160	100, 120, 150, 180	
38	48	25, 30, 35, 40, 45, 50, 55		150	170	120, 150, 180	
40	50	25, 30, 35, 40, 45, 50, 55, 60		160	185	120, 150, 180	
42	52	25, 30, 35, 40, 45, 50, 55, 60, 65		170	195	120, 150, 180, 200	
45	55	30, 35, 40, 45, 50, 55, 60, 65		180	210	150, 180, 200, 250	
48	58	35, 40, 45, 50, 55, 60, 65		190	220	150, 180, 200, 250	
50	60	35, 40, 45, 50, 55, 60, 65		200	230	180, 200, 250	
55	65	35, 40, 45, 50, 55, 60, 65, 70	0.8				

轴套型式见图 25.16-4。

它们的尺寸公差见表 25.16-9, 尺寸见表 25.16-10。

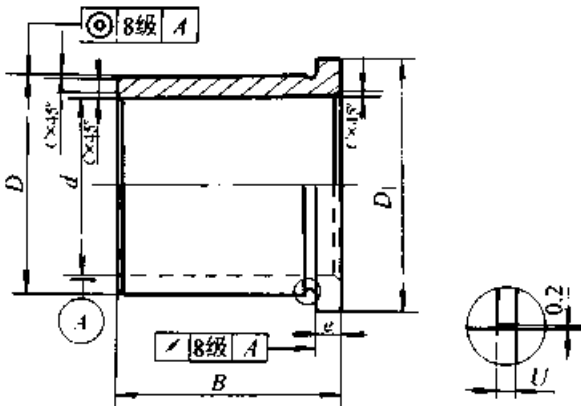


图 25.16-4 铜合金带挡边整体轴套型式

表 25.16-9 带挡边铜合金整体轴套尺寸公差

内径 $d$	外径 $D$ /mm		轴承座直径	挡边直径 $D_1$	宽度 $B$
	$\leq 120$	$> 120$			
H8	s6	r6	H7	d11	h12

### 1.3 粉末冶金轴套

国家标准对整体轴套(筒形轴套)、带挡边(筒形)轴套和球形轴套三种型式及其尺寸和公差作了规定。

#### 1.3.1 粉末冶金筒形轴套

粉末冶金筒形轴套的型式见图 25.16-5。按壁厚分为普通系列和薄系列, 按制造精度分为 7、8、9 三个等级。



表 25.16-10 铜合金带挡边整体轴套的尺寸 (mm)

$d$	$D$	$D_1$	$e$	$C$	$U$	$B$	$d$	$D$	$D_1$	$e$	$C$	$U$	$B$
6	12	14				6, 8, 10	60	75	83		0.8		40, 45, 50, 55, 60, 65, 70, 75, 80
8	14	18		0.3		6, 8, 10, 12	65	80	88			2	45, 50, 55, 60, 65, 70, 75, 80
10	16	20			1	6, 8, 10, 12, 16	70	85	95				45, 50, 55, 60, 65, 70, 75, 80, 90
12	18	22				8, 10, 12, 16, 20	75	90	100		7.5		50, 55, 60, 65, 70, 75, 80, 90
14	20	25	3			10, 12, 16, 20, 25	80	95	105				55, 60, 65, 70, 75, 80, 90, 100
16	22	28				12, 16, 20, 25	85	100	110				55, 60, 65, 70, 75, 80, 90, 100
18	24	30				12, 16, 20, 25, 30	90	110	120		1.0		55, 60, 65, 70, 75, 80, 90, 100, 120
20	26	32		0.5		16, 20, 25, 30, 35	95	115	125			3	60, 65, 70, 75, 80, 90, 100, 120
22	28	34			1.5	16, 20, 25, 30, 35	100	120	130				75, 80, 90, 100, 120
25	32	38				20, 25, 30, 35, 40	105	125	135				75, 80, 90, 100, 120
28	36	42				20, 25, 30, 35, 40, 45	110	130	140	10			80, 90, 100, 120
30	38	44	4			20, 25, 30, 35, 40, 45	120	140	150				100, 120, 150
32	40	46				20, 25, 30, 35, 40, 45	130	150	160				100, 120, 150
35	45	50				25, 30, 35, 40, 45, 50	140	160	170				100, 120, 150, 180
38	48	54				25, 30, 35, 40, 45, 50, 55	150	170	180				120, 150, 180
40	50	58			2	25, 30, 35, 40, 45, 50, 55, 60	160	185	200	12.5		4	120, 150, 180
42	52	60		0.8		25, 30, 35, 40, 45, 50, 55, 60, 65	170	195	210		2.0		120, 150, 180, 200
45	55	63	5			30, 35, 40, 45, 50, 55, 60, 65	180	210	220				150, 180, 200, 250
48	58	66				35, 40, 45, 50, 55, 60, 65	190	220	230	15			150, 180, 200, 250
50	60	68				35, 40, 45, 50, 55, 60, 65	200	230	240				180, 200, 250
55	65	73				35, 40, 45, 50, 55, 60, 65, 70							

超星阅读器提醒您：  
请尊重知识产权，  
购买正版图书。

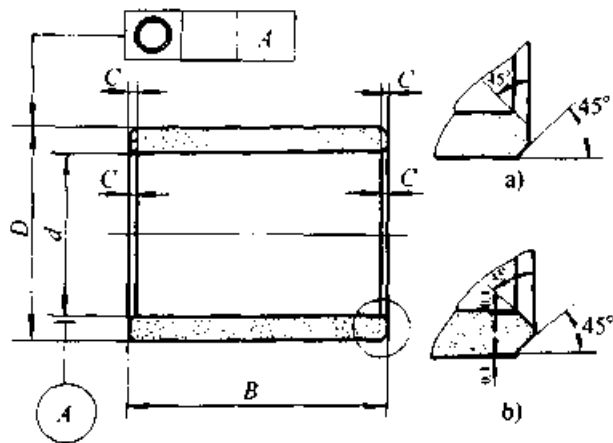


图 25.16-5 粉末冶金筒形轴套型式

粉末冶金筒形轴套的尺寸公差见表 25.16-11、尺寸见表 25.16-12，内孔表面粗糙度  $Ra \leq 0.8 \mu\text{m}$ ，外圆表面粗糙度  $Ra \leq 1.6 \mu\text{m}$ ，其他  $Ra \leq 6.3 \sim 12.5 \mu\text{m}$ 。

表 25.16-11 粉末冶金筒形轴套尺寸公差

精度等级	内径 $d$	外径 $D$	宽度 $B$	外径对内径同轴度
7	G7	r7	h13	9 级
8	E8	s8	h14	10 级
9	C9	c9 <sup>①</sup>	h15	10 级

① 外径  $D \leq 24 \text{ mm}$  时采用 s9。

表 25.16-12 粉末冶金筒形轴套尺寸 (mm)

内径 <i>d</i>	外径 <i>D</i>		倒角 <i>C</i>		宽 度 <i>B</i>	内径 <i>d</i>	外径 <i>D</i>		倒角 <i>C</i>		宽 度 <i>B</i>
	普通	薄	普通	薄			普通	薄	普通	薄	
0.8	3		0.2		1,2	18	24	22			12,14,16,18,20,22,25,28,30
1	3				1,2	20	26	24			16,18,20,22,25,28,30,32,35
1.5	4				1,2,3	22	28	26	0.4	0.3	16,18,20,22,25,28,30,32,35
2	5				2,3,4	25	32	30			20,22,25,28,30,32,35,40
2.5	6				2,3,4	28	36	34 <sup>①</sup>			20,22,25,28,30,32,35,40
3	6	5		0.2	3,4,5	30	38	36 <sup>①</sup>			22,25,28,30,32,35,40,45
4	8	7			3,4,5	32	40	38			22,25,28,30,32,35,40,45
5	9	8		0.3	4,5,6,8,10	35	45	42	0.6		25,28,30,32,35,40,45,50
6	10	9			4,5,6,8,10,12	38	48	45		0.4	25,28,30,32,35,40,45,50,55
7	11	10			5,6,8,10,12,14	40	50	48			30,32,35,40,45,50,55,60
8	12	11			6,8,10,12,14,16	42	52	50			30,32,35,40,45,50,55,60
9	14	12		0.3	6,8,10,12,14,16,18	45	55	53			35,40,45,50,55,60,65
10	16	14			8,10,12,14,16,18,20	48	58	56			35,40,45,50,55,60,65,70
12	18	16		0.4	8,10,12,14,16,18,20	50	60	58	0.7		35,40,45,50,55,60,65,70
14	20	18			10,12,14,16,18,20,22	55	65	63		0.6	40,45,50,55,60,65,70,75
16	22	20			12,14,16,18,20,22,25,28	60	70	68			40,45,50,55,60,65,70,75,80

① 亦可选用 33,35 mm。

1.3.2 粉末冶金带挡边筒形轴承

25.16-6,按制造精度分为 7、8、9 三个等级。

粉末冶金带挡边筒形轴套的型式见图

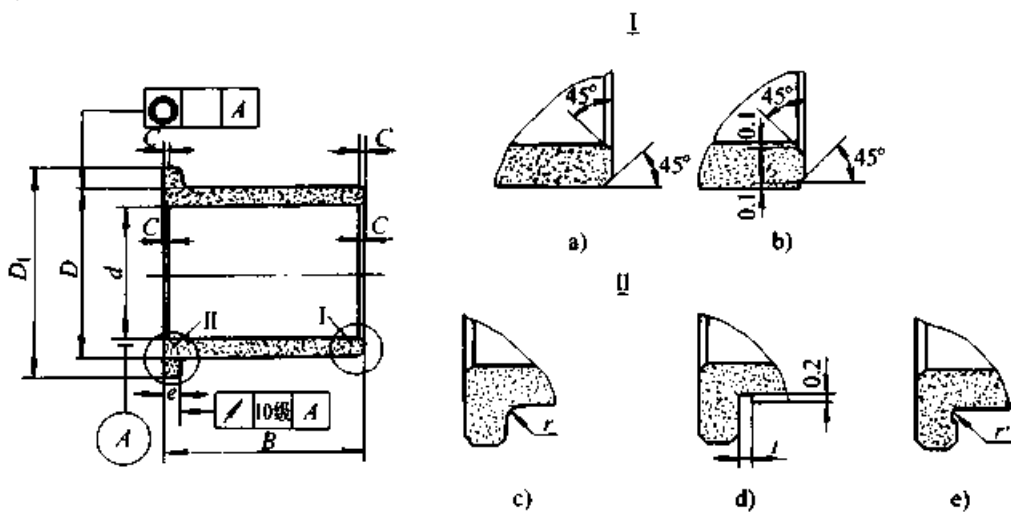


图 25.16-6 粉末冶金带挡边筒形轴套型式

粉末冶金带挡边筒形轴套内径、外径、宽度和外径对内径同轴度的尺寸公差与筒形轴套相同

(见表 25.16-11),挡边外径  $D_1$  和挡边厚度  $e$  的公差相应于 7、8、9 三个精度等级分别为:js13、

js14, js15, 挡边内端面对内径圆跳动的公差为  $10 \pm 0.8 \mu\text{m}$ , 外圆表面粗糙度  $Ra \leq 1.6 \mu\text{m}$ , 其他  $Ra \leq 6.3 \sim 12.5 \mu\text{m}$ 。内孔表面粗糙度  $Ra \leq 6.3 \sim 12.5 \mu\text{m}$ 。

表 25.16-13 粉末冶金带挡边筒形轴套尺寸 (mm)

内径 $d$	外径 $D$	挡边外径 $D_1$	挡边厚度 $e$	倒角 $C$	宽度 $B$	内径 $d$	外径 $D$	挡边外径 $D_1$	挡边厚度 $e$	倒角 $C$	宽度 $B$
1	3	5	1	0.2	1, 2	20	26	32	3	0.4	16, 18, 20, 22, 25, 28, 30, 32, 35
1.5	4	6			1, 2, 3	22	28	34			16, 18, 20, 22, 25, 28, 30, 32, 35
2	5	8			2, 3, 4	25	32	38	3.5		20, 22, 25, 28, 30, 32, 35, 40
2.5	6	9	1.5		2, 3, 4	28	36	44			20, 22, 25, 28, 30, 32, 35, 40
3	6	9			3, 4, 5, 6	30	38	46			22, 25, 28, 30, 32, 35, 40, 45
4	8	12		0.3	3, 4, 5, 6	32	40	48			22, 25, 28, 30, 32, 35, 40, 45
5	9	13			4, 5, 6, 8, 10	35	45	55			25, 28, 30, 32, 35, 40, 45, 50
6	10	14	2		4, 5, 6, 8, 10, 12	38	48	58		0.6	25, 28, 30, 32, 35, 40, 45, 50, 55
7	11	15			5, 6, 8, 10, 12, 14	40	50	60			30, 32, 35, 40, 45, 50, 55, 60
8	12	16			6, 8, 10, 12, 14, 16	42	52	62			30, 32, 35, 40, 45, 50, 55, 60
9	14	19	2.5		6, 8, 10, 12, 14, 16, 18	45	55	65	5		35, 40, 45, 50, 55, 60, 65
10	16	22			8, 10, 12, 14, 16, 18, 20	48	58	68			35, 40, 45, 50, 55, 60, 65, 70
12	18	24			8, 10, 12, 14, 16, 18, 20	50	60	70		0.7	35, 40, 45, 50, 55, 60, 65, 70
14	20	26	3	0.4	10, 12, 14, 16, 18, 20, 22	55	65	75			40, 45, 50, 55, 60, 65, 70, 75
16	22	28			12, 14, 16, 18, 20, 22, 25, 28	60	70	80	6		40, 45, 50, 55, 60, 65, 70, 75, 80
18	24	30			12, 14, 16, 18, 20, 22, 25, 28, 30						

超星浏览器提醒您：  
使用本复制品  
请尊重相关知识产权！

1.3.3 粉末冶金球形轴套

粉末冶金球形轴套的型式见图 25.16-7。按制造精度分为 7、8 两级。

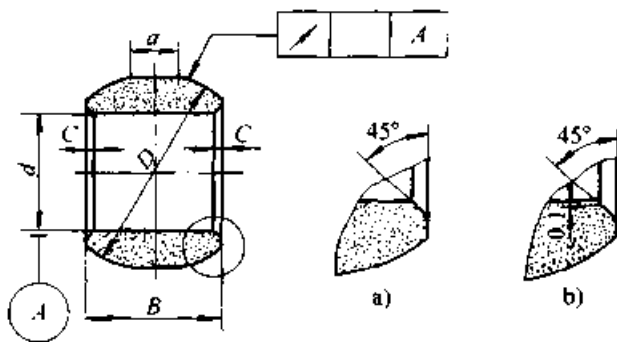


图 25.16-7 粉末冶金球形轴套型式

粉末冶金球形轴套的尺寸公差见表 25.16-14, 尺寸见表 25.16-15, 内孔表面粗糙度  $Ra \leq 0.8 \mu\text{m}$ , 外球面粗糙度  $Ra \leq 1.6 \mu\text{m}$ , 其他  $Ra \leq 6.3 \sim 12.5 \mu\text{m}$ 。

表 25.16-14 粉末冶金球形轴套尺寸公差

精度等级	内径 $d$	球径 $D$	宽度 $B$
7	H7	h11	h13
8	H8	h12	h14

表 25.16-15 粉末冶金球形轴套尺寸 (mm)

内径 $d$	球径 $D$	宽度 $B$	不完全球面宽度 $a_{max}$	倒角 $C$	内径 $d$	球径 $D$	宽度 $B$	不完全球面宽度 $a_{max}$	倒角 $C$	内径 $d$	球径 $D$	宽度 $B$	不完全球面宽度 $a_{max}$	倒角 $C$
1	3	2	0.7		5	12	9	3.5	0.6	12	22	15	4.5	
1.5	4.5	3	1	0.3	6	14	10	4		14	24	17	6	
2	5	3	1.2		7	16	11	4		15	27	20	6	
2.5	6	4	1.5		8	16	11	4.5	0.7	16	28	20	6	0.8
3	8	6	2	0.4	9	18	12	4.5		18	30	20	7	
4	10	8	3		10	22	14	4.5	0.8	20	36	25	8	

1.4 止推垫圈

止推垫圈是与轴套或轴瓦配套使用的止推滑动轴承。整圆止推垫圈与卷制轴套或整体轴套相配,半圆止推垫圈与轴瓦相配。止推垫圈一般不承受大的轴向载荷,只起防止轴颈轴向串动的作用。

垫圈的型式见图 25.16-8, 图中尺寸  $D_R$  与  $e_R$  分别为轴承座上凹座直径和深度。

垫圈的平面度: 直径不超过 80 mm 时为 0.10 mm; 超过 80 mm 时为 0.12 mm。主要尺寸和公差见表 25.16-16。

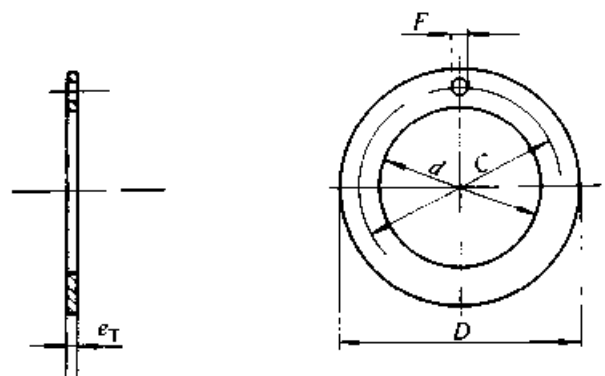


图 25.16-8 整圆止推垫圈型式

表 25.16-16 整圆止推垫圈主要尺寸和公差 (mm)

轴套	$d$	$D$	$e_T$	$C$	$F$	轴套	$d$	$D$	$e_1$	$C$	$F$
外径	+0.25 0	0 -0.25	0 -0.05	+0.15 -0.15	+0.40 +0.10	外径	+0.25 0	0 -0.25	0 -0.25	+0.15 -0.15	+0.40 +0.10
6	6	16		11		(27), 28	28	48		39	
7	7	17		12		30, 32	32	54		43	
8	8	18	1.00	13	1.5	34, 36	36	60	1.5	48	4.0
9	9	19		14		38, (39), 40	40	64		52	
10	10	22		16		42, (44), 45	45	70		57.5	
11, 12	12	24		18		48, 50	50	76		63	
13, 14	14	26		20		53, (55)	55	80		67.5	
15, 16	16	30		23	2.0	56, (57), 60	60	90		75	
17, 18	18	32	1.5	25		63, (65)	65	100	2.0	83.5	5.0
19, 20	20	36		28		67, (70)	70	105		88	
21, 22	22	38		30	3.0	71, 75	75	110		92.5	
(23), 24	24	42		33		80	80	120		100	
25, 26	26	44		35							

注: 括号内为非优选值。

## 2 轴承座

轴承座型式见图 25.16-9, 尺寸见表 25.16-17。轴承座主要承受径向载荷, 载荷方向应该在轴承座中心线左右  $35^\circ$  范围内。

### 2.1 整体有衬正滑动轴承座

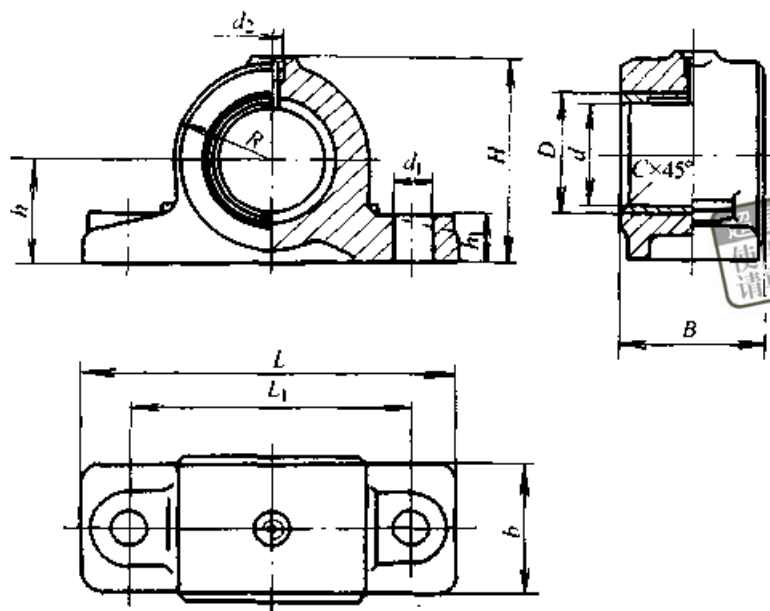


图 25.16-9 整体有衬正滑动轴承座

表 25.16-17 整体有衬正滑动轴承座尺寸

(mm)

型号	$d$ (D4)	$D$	$R$	$B$	$b$	$L$	$L_1$	$H$ $\approx$	$h$	$h_1$	$d_1$	$d_2$	$C$	质量/ kg
HZ020	20	28	26	30	25	105	80	50	30	14	12	M10×1	1.5	0.6
HZ025	25	32	30	40	35	125	95	60	35	16	14.5			0.9
HZ030	30	38		50	40	150	110	70		17				
HZ035	35	45	38	55	45	160	120	84	42	20	18.5		2	1.9
HZ040	40	50	40	60	50	165	125	88	45	24	2.4			
HZ045	45	55	45	70	60	185	140	90	50	25	24		3.6	
HZ050	50	60		75	65		100	3.8						
HZ060	60	70	55	80	70	225	170	120	60	30	28		2.5	6.5
HZ070	70	85	65	100	80	245	190	140	70					9.0
HZ080	80	95	70		255	200	155	80	10.0					
HZ090	90	105	75	120	90	285	220	165	85	40	35	M14×1.5	3	13.2
HZ100	100	115	85			305	240	180	90					15.5
HZ110	110	125	90	140	100	315	250	190	95				21.0	
HZ120	120	135	100	150	110	370	290	210	105				27.0	
HZ140	140	160	115	170	130	400	320	240	120	45	42	38.0		

2.2 对开式二螺柱正滑动轴承座

此种轴承座型式见图 25.16-10. 尺寸见表

25.16-18. 轴承座主要承受径向载荷, 载荷方向应该在轴承座中心线左右 35° 范围内.

超星网提供  
使用本复制品  
请尊重相关知识产权!

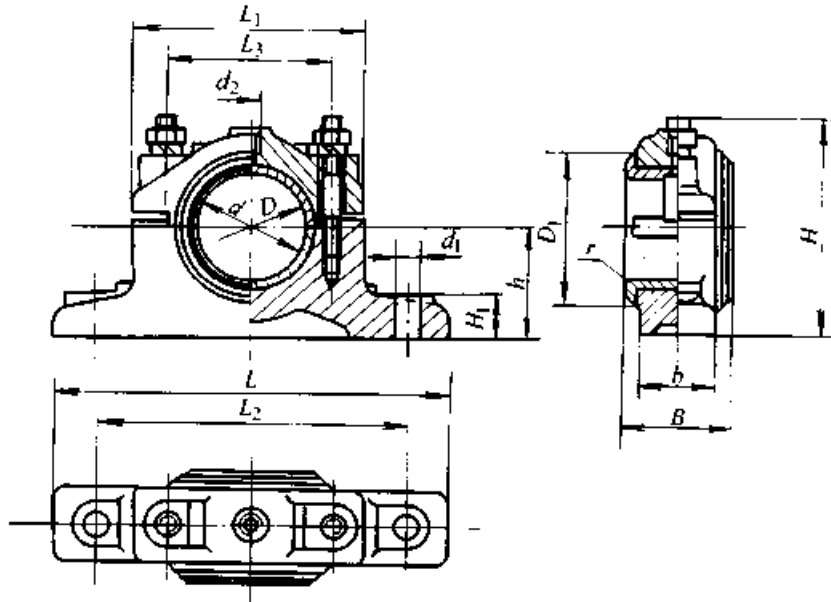


图 25.16-10 对开式二螺柱正滑动轴承座

表 25.16-18 对开式二螺柱正滑动轴承座尺寸 (mm)

型号	$d$ (D4)	$D$	$D_1$	$B$	$b$	$H$ $\approx$	$h$	$h_1$	$L$	$L_1$	$L_2$	$L_3$	$d_1$	$d_3$	$r$	质量/ kg
H 2030	30	38	48	34	22	70	35	15	140	85	115	60	10	M10×1	1.5	0.8
H 2035	35	45	55	45	28	87	42	18	165	100	135	75	12		2	1.2
H 2040	40	50	60	50	35	90	45	20	170	110	140	80	14.5			1.8
H 2045	45	55	65	55	40	100	50		175		145	85				2.3
H 2050	50	60	70	60		105	25	200	120	160	90	18.5				2.9
H 2060	60	70	80	70	50	125		60	240	140	190	100		24	M14×1.5	2.5
H 2070	70	85	95	80	60	140	70	30	260	160	210	120	7.0			
H 2080	80	95	110	95	70	160	80	35	290	180	240	140	28	10.5		
H 2090	90	105	120	105	80	170	85		300	190	250	150		3		12.5
H 2100	100	115	130	115	90	185	90	40	340	210	280	160	35			17.5
H 2110	110	125	140	125	100	190	95		350	220	290	170			19.5	
H 2120	120	135	150	140	110	205	105	45	370	240	310	190			25.0	
H 2140	140	160	175	160	120	230	120	50	390	260	330	210		4	33.5	
H 2160	160	180	200	180	140	250	130		410	280	350	230	45.5			

2.3 对开式四螺柱正滑动轴承座

25.16-19 轴承座主要承受径向载荷，载荷方向应该在轴承座中心线左右35°范围内。

这种轴承座型式见图 25.16-11，尺寸见表

超星网  
使用本复制品  
请尊重相关知识产权!

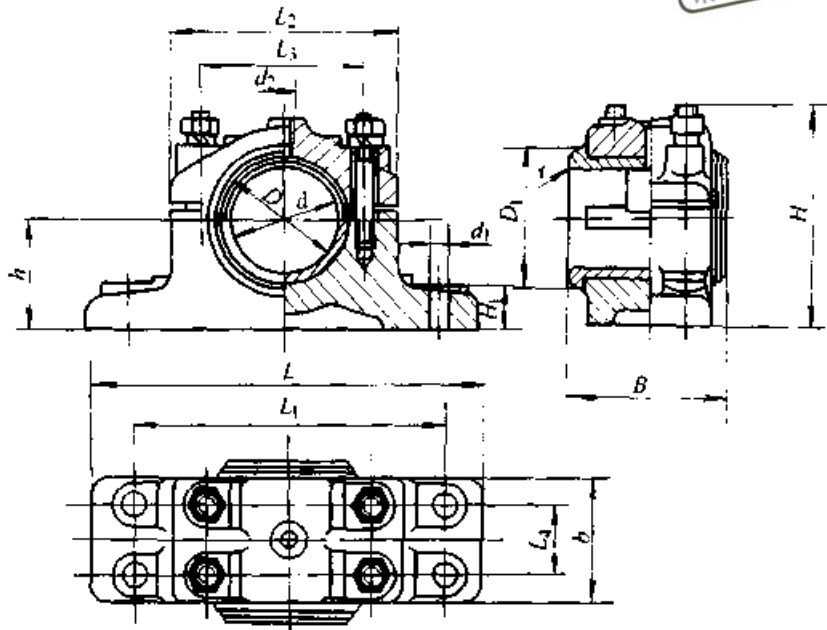


图 25.16-11 对开式四螺柱正滑动轴承座

表 25.16-19 对开式四螺柱正滑动轴承座尺寸

(mm)

型号	$d$ (D4)	$D$	$D_1$	$B$	$b$	$H$ $\approx$	$h$	$h_1$	$L$	$L_1$	$L_2$	$L_3$	$L_4$	$d_1$	$d_2$	$r$	质量/ kg
H 4050	50	60	70	75	60	105	50	25	200	160	120	90	30	14.5	MI0 > 1	2.5	4.2
H 4060	60	70	80	90	75	125	60		240	190	140	100	40	18.5			6.5
H 4070	70	85	95	105	90	135	70	30	260	210	160	120	45	24	MI4 > 1.5	3	9.5
H 4080	80	95	110	120	100	160	80	35	290	240	180	140	55				14.5
H 4090	90	105	120	135	115	165	85		40	300	250	190	150	70	28	MI4 > 1.5	3
H 4100	100	115	130	150	130	175	90	340		280	210	160	80	23.0			
H 4110	110	125	140	165	140	185	95	50	350	290	220	170	85	42	MI4 > 1.5	4	30.0
H 4120	120	135	150	180	155	200	105		370	310	240	190	90				41.5
H 4140	140	160	175	210	170	230	120	55	390	330	260	210	100	42	MI4 > 1.5	4	51.0
H 4160	160	180	200	240	200	250	130		410	350	280	230	120				59.5
H 4180	180	200	220	270	220	260	140	60	460	400	320	260	140	42	MI4 > 1.5	5	73.0
H 4200	200	230	250	300	245	295	160		520	440	360	300	160				98.0
H 4220	220	250	270	320	285	360	170	60	550	470	390	330	180	42	MI4 > 1.5	5	125.0

2.4 对开式四螺柱正斜滑动轴承座

这种轴承座型式见图 25.16-12。尺寸见表

25.16-20。轴承座主要承受径向载荷，载荷方向应该在垂直于分合面的轴承座中心线左右 35° 范围内。

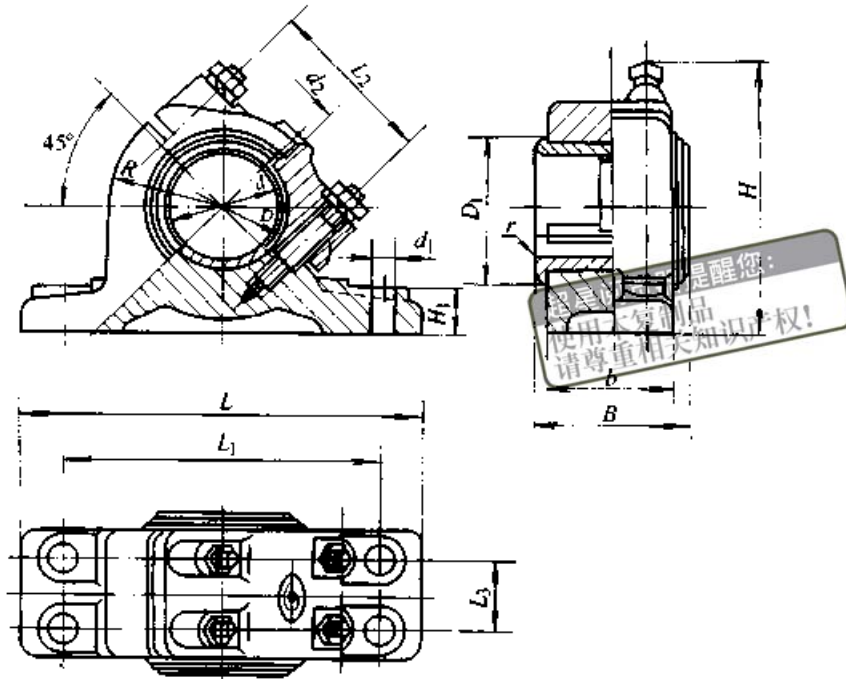


图 25.16-12 对开式四螺柱斜滑动轴承座

表 25.16-20 对开式四螺柱斜滑动轴承座尺寸

(mm)

型号	d (D4)	D	D <sub>1</sub>	B	b	H ≈	h	h <sub>1</sub>	L	L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>	L <sub>3</sub>	R	r	d <sub>1</sub>	d <sub>3</sub>	质量/ kg
HX050	50	60	70	75	60	140	65	25	200	160	90	30	60	2.5	14.5	M10×1	5.1
HX060	60	70	80	90	75	160	75		240	190	100	40	70		18.5		8.1
HX070	70	85	95	105	90	185	90	30	260	210	120	45	80	3	24	M14×1.5	12.5
HX080	80	95	110	120	100	215	100	35	290	240	140	55	90				17.5
HX090	90	105	120	135	115	225	105	40	300	250	150	70	95	4	28	M14×1.5	21.0
HX100	100	115	130	150	130	250	115		340	280	160	80	105				29.5
HX110	110	125	140	165	140	260	120	50	350	290	170	85	110	5	35	M14×1.5	32.5
HX120	120	135	150	180	155	275	130		370	310	190	90	120				40.5
HX140	140	160	175	210	170	300	140	45	390	330	210	100	130	5	42	M14×1.5	53.5
HX160	160	180	200	240	200	335	150	50	410	350	230	120	140				76.5
HX180	180	200	220	270	220	375	170	55	460	400	260	140	160	5	42	M14×1.5	94.0
HX200	200	230	250	300	245	425	190		520	440	300	160	180				120.0
HX220	220	250	270	320	265	440	205	60	550	470	330	180	195	5	42	M14×1.5	140.0



超星浏览器提醒您：  
使用本复制品  
请尊重相关知识产权！

## 第 17 章 关节轴承

关节轴承是一种球面滑动摩擦摆动轴承，它由有外球面的内圈和有内球面的外圈组成，其基本结构形式见图 25.17-1。

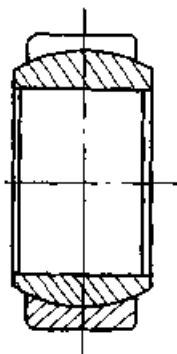


图 25.17-1 关节轴承的基本形式

关节轴承应用广泛，标准化程度高，通常把它归于滚动轴承行业，故其术语与滚动轴承接近。由于关节轴承的摩擦特性完全属于滑动摩擦，所以本书将其列入滑动轴承一篇。

### 1 关节轴承的分类

#### 1.1 分类

关节轴承按其所能承受的载荷方向分为：主要用于承受径向载荷的向心关节轴承，其公称接触角为  $0^\circ \sim 45^\circ$ ；主要用于承受轴向载荷的推力关节轴承，其公称接触角为  $>45^\circ \sim 90^\circ$ 。

依照滚动轴承的习惯，关节轴承按接触角又可分为：公称接触角为  $0^\circ$  的径向接触向心关节轴承，它主要适于承受径向载荷，但同时也能承受不大的轴向载荷；公称接触角为  $>0^\circ \sim 45^\circ$  的角接触向心关节轴承，它能同时承受径向和轴向的联合载荷；公称接触角为  $90^\circ$  的轴向接触推力关节轴承，它适于承受纯轴向载荷；公称接触角为  $>45^\circ \sim <90^\circ$  的角接触推力关节轴承，它适于承受轴向载荷，也能同时承受轴向和径向的联合载荷，但径向载荷必须小于轴向载荷的 50%。

按外圈结构分为：整体外圈关节轴承；双半外圈关节轴承；单缝外圈关节轴承；双缝外圈关节轴承。

按是否附有杆端（或是否装在杆端上）分为：一般关节轴承和杆端关节轴承。

按工作时是否需要补充润滑剂分为：自润滑关节轴承和非自润滑关节轴承。

最常用的关节轴承有如下 4 种：向心关节轴承、角接触关节轴承、推力关节轴承和杆端关节轴承。

#### 1.2 代号

关节轴承代号由基本代号和补充代号两部分组成，补充代号置于基本代号的后面，并以“/”隔开。

##### 1.2.1 基本代号

关节轴承的基本代号由 3 段组成：前段用字母表示关节轴承类型；中段用字母和数字表示轴承的尺寸系列和内径；后段用字母和数字表示轴承的结构型式、材料和间隙组别。

关节轴承的类型代号见表 25.17-1。

表 25.17-1 关节轴承的类型代号

轴 承 类 型	类型代号
向心关节轴承	GE
角接触关节轴承	GAC
推力关节轴承	GX
内螺纹杆端关节轴承	SI
外螺纹杆端关节轴承	SA
内螺纹整体杆端关节轴承	SIB
外螺纹整体杆端关节轴承	SAB
球头杆端关节轴承	SQ
左旋内螺纹杆端关节轴承	SIL
左旋外螺纹杆端关节轴承	SAL
左旋内螺纹整体杆端关节轴承	SILB
左旋外螺纹整体杆端关节轴承	SALB

关节轴承的内径值以毫米数表示，但不标单位。

关节轴承的尺寸系列代号见表 25.17-2。

表 25.17-2 关节轴承的尺寸系列代号

尺寸系列	系列代号
大型和特大型向心关节轴承特轻系列	C
关节轴承正常系列 (代号中省去)	E
关节轴承中系列	G
向心关节轴承 EW 系列 (宽内圈)	EW
杆端关节轴承 JK 系列	JK

关节轴承的结构型式、材料按表 25.17-3 的规定表示。

表 25.17-3 关节轴承的结构型式和材料代号

轴承结构和材料特点	代号
外圈为中碳钢, 有固定滑动表面材料的固定器	A
一套圈 (或滑动表面) 为烧结青铜复合材料	C
外圈为轴承钢, 在内圈装配后挤压成形	DE1
同上, 但外圈有端沟	DEM1
外圈有装配槽	DS
单缝外圈	E
一套圈滑动表面为以聚四氟乙烯为添加剂的玻璃纤维增强塑料或塑料圆片	F
一套圈滑动表面为聚醚亚胺工程塑料	F1
外圈为玻璃纤维增强塑料, 其滑动表面同“F”	F2
双半外圈	H
内圈为中碳钢, 有固定滑动表面材料的固定器	I
套圈或杆端为特殊自润滑合金	L
外圈有止动槽	N
套圈或杆端有油槽和油孔	S
外圈滑动表面为聚四氟乙烯织物	T
双缝外圈 (部分外圈)	X
两面带密封圈	-2RS
两面带防尘盖	-2Z

### 1.2.2 间隙组别及其代号

关节轴承的间隙 (直径间隙) 分为径向间隙和轴向间隙, 它们分别表示轴承一个套圈相对另一个套圈在径向或轴向由一极端位置移至另一极端位置的位移量。GB/T 12278—1990 规定关节

轴承的间隙组别有基本组和辅助组, 其中辅助组 C2 的间隙小于基本组, 而辅助组 C3 的间隙大于基本组。

轴承按基本组“0”的径向间隙制造时, 在轴承代号中不标注间隙组别代号, 按辅助组间隙制造时, 则应在轴承代号的后面标注其组别代号, 并以短线“-”隔开。

E、EW 和 G 系列向心关节轴承的径向间隙值见表 25.17-4, 自润滑向心关节轴承的径向间隙值见表 25.17-5。

表 25.17-4 E(正常)、EW(宽内圈)和 G(中)系列向心关节轴承的径向间隙值

轴承公称直径 $d/mm$	径向间隙/ $\mu m$			测量时所加的径向载荷/ $N$
	辅助组 C2	基本组 0	辅助组 C3	
>4~12	8~32	32~68	68~104	49
>12~20	10~40	40~82	82~124	
>20~35	12~50	50~100	100~150	
>35~60	15~60	60~120	120~180	146
>60~90	18~72	72~142	142~212	
>90~140	18~85	85~165	165~245	—
>140~240	18~100	100~192	192~284	
>240~315	18~110	110~214	214~318	

表 25.17-5 自润滑向心关节轴承的径向间隙值

轴承公称内径 $d/mm$	>4~12	>12~20	>20~30
基本组(0)径向间隙/ $\mu m$	4~28	5~35	6~44

### 1.2.3 补充代号

关节轴承的补充代号由字母和数字组成, 表示以下内容:

零件材料改变;

补充特殊技术要求;

结构改变 (不改变基本代号时采用)。

关节轴承的补充代号见表 25.17-6。

有多项改变特征的关节轴承, 其补充代号最多允许采用 3 个字母, 并按下列原则编制:

1) 有不超过 3 项改变特征的轴承, 其补充代号按表 25.17-6 所列顺序编制;

2) 改变特征超过 3 项的轴承, 其补充代号的第一、第二个字母按表 25.17-6 所列顺序编制, 其余改变项目用字母‘Y’表示。

表 25.17-6 关节轴承的补充代号


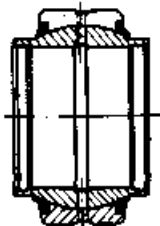
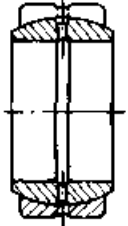
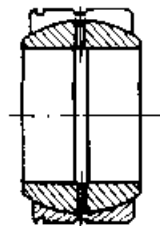

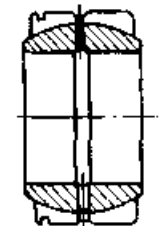
顺序	改变特征的名称		代号	顺序	改变特征的名称		代号
1	材料改变	套圈由不锈钢制造	X	2	特殊补充技术要求	轴承的摩擦力矩及旋转灵活性有特殊要求	M
		套圈由渗碳钢制造	S			套圈滑动表面涂覆固体润滑剂膜	G
		套圈或滑动表面由不常采用的材料制造	V			杆端关节轴承螺纹有特殊要求	B
		套圈或滑动表面由青铜或青铜圆片制造	Q			滑动表面以外的表面需电镀	D
2	特殊补充技术要求	套圈由铍青铜制造	P	3	结构改变	零件的形状或尺寸改变	K
		零件的回火温度有特殊要求	T	4	其他	轴承有上述各种改变特征以外的其他特征, 或具有多项改变特征而无法用上述补充代号完全表示时	Y
轴承内填充特殊润滑脂	R						
		轴承间隙不同于现行标准	U				

1.3 结构型式和特点

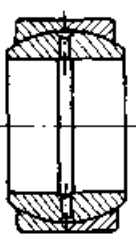
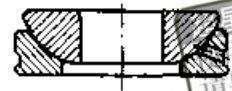
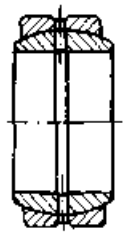
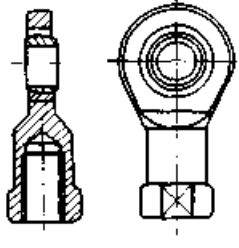
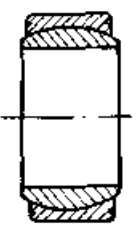
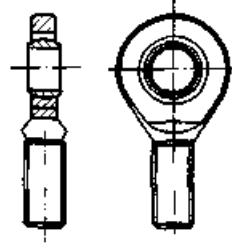
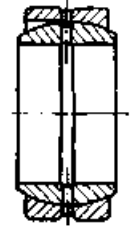
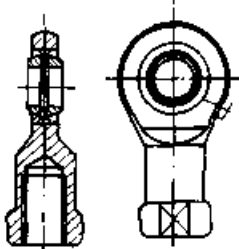
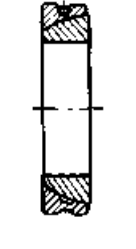
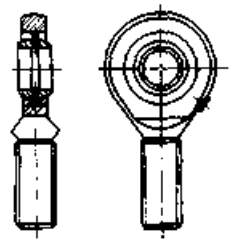
表 25.17-7: 常用自润滑关节轴承的结构型式和特点见表 25.17-8。

各类常用一般关节轴承的结构型式和特点见

表 25.17-7 常用一般关节轴承的结构型式和特点

类型	结构简图	结构型式和特点	类型	结构简图	结构型式和特点
向心关节轴承		GE...E 型 单缝外圈, 无润滑油槽 能承受径向载荷和任一方 向较小的轴向载荷	向心关节轴承		GEEW...ES-2RS 型 单缝外圈, 有润滑油槽, 两面带密封圈 能承受径向载荷和任一方 向较小的轴向载荷
		GE...ES 型 单缝外圈, 有润滑油槽 能承受径向载荷和任一方 向较小的轴向载荷			GE...ESN 型 单缝外圈, 有润滑油槽和 止动槽 能承受径向载荷和任一方 向较小的轴向载荷
		GE...ES-2RS 型 单缝外圈, 有润滑油槽, 两面带密封圈 能承受径向载荷和任一方 向较小的轴向载荷			GE...XSN 型 双缝外圈 (剖分外圈), 有 润滑油槽和止动槽 能承受径向载荷和任一方 向较小的轴向载荷

续表 25.17-7

类型	结构简图	结构型式和特点	类型	结构简图	结构型式和特点	
向心关节轴承		<p>GE...HS 型</p> <p>双半外圈，磨损后间隙可调整。内圈有润滑油槽</p> <p>能承受径向载荷和任一方向较小的轴向载荷</p>	推力关节轴承		<p>GX...S 型</p> <p>轴圈和座圈均为淬硬轴承钢。座圈有油槽和油孔</p> <p>能承受一个方向的轴向载荷或联合载荷（此时其径向载荷值不得大于轴向载荷值的 50%）</p>	
		<p>GE...DEI 型</p> <p>外圈为轴承钢，在内圈装配时挤压成形。有润滑油槽和油孔。内圈为淬硬轴承钢。内径小于 15 mm 的轴承，无润滑油槽和油孔</p> <p>能承受径向载荷和任一方向较小的轴向载荷</p>			<p>SI...E 型</p> <p>系 GE...E 型轴承与杆端的组装体。杆端带内螺纹。材料为碳素结构钢。无润滑油槽</p> <p>能承受径向载荷和任一方向不超过 20% 径向载荷的轴向载荷</p>	
		<p>GE...DEMI 型</p> <p>外圈为轴承钢，在内圈装配时挤压成形。内圈为淬硬轴承钢。轴承装入轴承座后，在外圈上压出端沟使轴承轴向固定</p> <p>能承受径向载荷和任一方向较小的轴向载荷</p>		杆端关节轴承		<p>SA...E 型</p> <p>系 GE...E 型轴承与杆端的组装体。杆端带外螺纹。材料为碳素结构钢。无润滑油槽</p> <p>能承受径向载荷和任一方向不超过 20% 径向载荷的轴向载荷</p>
		<p>GE...DS 型</p> <p>外圈有装配槽和润滑油槽。只限于大尺寸的轴承</p> <p>能承受径向载荷和任一方向较小的轴向载荷（装配槽一边不能承受轴向载荷）</p>				<p>SI...ES 型</p> <p>系 GE...ES 型轴承与杆端的组装体。杆端带内螺纹。材料为碳素结构钢。有润滑油槽</p> <p>能承受径向载荷和任一方向不超过 20% 径向载荷的轴向载荷</p>
角接触关节轴承		<p>GAC...S 型</p> <p>内外圈均为淬硬轴承钢。外圈有油槽和油孔</p> <p>能承受径向载荷和一个方向的轴向（联合）载荷</p>	杆端关节轴承		<p>SA...ES 型</p> <p>系 GE...ES 型轴承与杆端的组装体。杆端带外螺纹。材料为碳素结构钢。有润滑油槽</p> <p>能承受径向载荷和任一方向不超过 20% 径向载荷的轴向载荷</p>	

续表 25.17.7

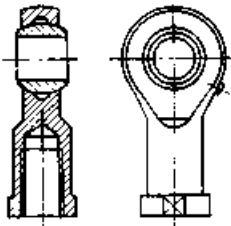
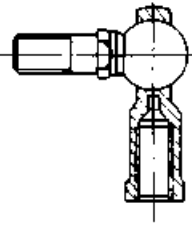
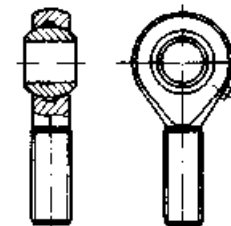

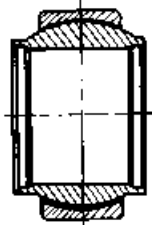
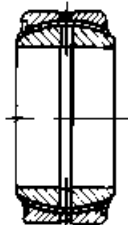
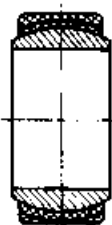

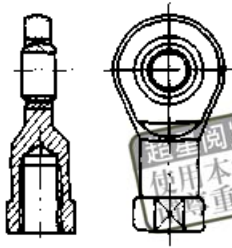

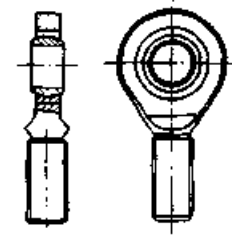

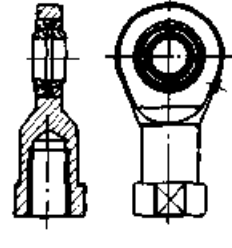
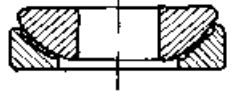
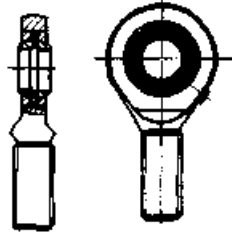
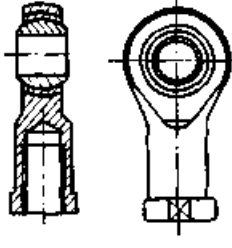
类型	结构简图	结构型式和特点	类型	结构简图	结构型式和特点
杆端关节轴承		<p>SIB...S型</p> <p>杆端带内螺纹, 材料为碳素结构钢, 内圈为淬硬轴承钢, 有润滑油槽</p> <p>能承受径向载荷和任一方 向不超过 20% 径向载荷 的轴向载荷</p>	杆端关节轴承		<p>SQ...型</p> <p>为球头杆端关节轴承, 杆端为碳素结构钢, 球头为渗碳钢</p> <p>能承受径向载荷和任一方 向不超过 20% 径向载荷 的轴向载荷</p>
		<p>SAB...S型</p> <p>杆端带外螺纹, 材料为碳素结构钢, 内圈为淬硬轴承钢, 有润滑油槽</p> <p>能承受径向载荷和任一方 向不超过 20% 径向载荷 的轴向载荷</p>			

表 25.17-8 常用自润滑关节轴承的结构型式和特点

类型	结构简图	结构型式和特点	类型	结构简图	结构型式和特点
自润滑向心关节轴承		<p>GE...C型</p> <p>挤压外圈, 外圈滑动表面为烧结青铜复合材料, 内圈为淬硬轴承钢, 滑动表面镀硬铬</p> <p>能承受方向不变的载荷, 在承受径向载荷的同时能承受任一方 向较小的轴向载荷, 只限于小尺寸的轴承</p>	自润滑向心关节轴承		<p>GEEW...T型</p> <p>外圈为轴承钢, 滑动表面为一层聚四氟乙烯织物, 内圈为淬硬轴承钢, 滑动表面镀硬铬, 两面带防尘盖</p> <p>能承受方向不变的载荷, 在承受径向载荷的同时能承受任一方 向较小的轴向载荷, 只限于小尺寸的轴承</p>
		<p>GE...T型</p> <p>外圈为轴承钢, 滑动表面为一层聚四氟乙烯织物, 内圈为淬硬轴承钢, 滑动表面镀硬铬</p> <p>能承受方向不变的载荷, 在承受径向载荷的同时能承受任一方 向较小的轴向载荷</p>			<p>GE...F型</p> <p>外圈为淬硬轴承钢, 滑动表面为以聚四氟乙烯为添加剂的玻璃纤维增强塑料, 内圈为淬硬轴承钢, 滑动表面镀硬铬, 两面带防尘盖</p> <p>能承受方向不变的中等径向载荷</p>
		<p>GE...CS-2Z</p> <p>外圈为轴承钢, 滑动表面为烧结青铜复合材料, 内圈为淬硬轴承钢, 滑动表面镀硬铬, 两面带防尘盖</p> <p>能承受方向不变的载荷, 在承受径向载荷的同时能承受任一方 向较小的轴向载荷, 只限于小尺寸的轴承</p>			<p>GE...F2型</p> <p>外圈为玻璃纤维增强塑料, 滑动表面为以聚四氟乙烯为添加剂的玻璃纤维增强塑料, 内圈为淬硬轴承钢, 滑动表面镀硬铬</p> <p>能承受方向不变的中等径向载荷</p>

续表 25.17-7

类型	结构简图	结构型式和特点	类型	结构简图	结构型式和特点
自润滑向心关节轴承		<p>GE...FSA 型</p> <p>外圈为中碳钢, 滑动表面由以聚四氟乙烯为添加剂的玻璃纤维增强塑料圆片组成, 并用固定器固定于外圈上。内圈为淬硬轴承钢。用于大型和特大型轴承</p> <p>能承受重径向载荷</p>	自润滑杆端关节轴承		<p>SI...C 型</p> <p>系 GE...C 型轴承与杆端的组装体。杆端带内螺纹, 材料为碳素结构钢</p> <p>能承受方向不变的载荷。在承受径向载荷的同时能承受任一方向不超过径向载荷 20% 的轴向载荷</p>
		<p>GE...FIH 型</p> <p>外圈为淬硬轴承钢。内圈为中碳钢, 滑动表面由以聚四氟乙烯为添加剂的玻璃纤维增强塑料圆片组成, 并用固定器固定于内圈上。双半外圈。用于大型和特大型轴承</p> <p>能承受重径向载荷</p>			<p>SA...C 型</p> <p>系 GE...C 型轴承与杆端的组装体。杆端带外螺纹, 材料为碳素结构钢</p> <p>能承受方向不变的载荷。在承受径向载荷的同时能承受任一方向不超过径向载荷 20% 的轴向载荷</p>
自润滑角接触关节轴承		<p>GAC...F 型</p> <p>外圈为淬硬轴承钢, 滑动表面为以聚四氟乙烯为添加剂的玻璃纤维增强塑料。内圈为淬硬轴承钢, 滑动表面镀硬铬</p> <p>能承受径向载荷和一个方向的轴向载荷 (联合载荷)</p>			<p>SI...CS-2Z 型</p> <p>系 GE...CS-2Z 型轴承与杆端的组装体。杆端带内螺纹, 材料为碳素结构钢</p> <p>能承受方向不变的载荷。在承受径向载荷的同时能承受任一方向不超过径向载荷 20% 的轴向载荷</p>
	自润滑推力关节轴承			<p>GX...F 型</p> <p>座圈为淬硬轴承钢, 滑动表面为以聚四氟乙烯为添加剂的玻璃纤维增强塑料。轴圈为淬硬轴承钢, 滑动表面镀硬铬</p> <p>能承受一个方向的轴向载荷或联合载荷 (此时其径向载荷值不得大于轴向载荷的 50%)</p>	
					<p>SIB...C 型</p> <p>杆端带内螺纹, 材料为碳素结构钢, 滑动表面为烧结青铜复合材料。内圈为淬硬轴承钢, 滑动表面镀硬铬</p> <p>能承受方向不变的径向载荷</p>

续表 25.17-8

类型	结构简图	结构型式和特点	类型	结构简图	结构型式和特点
自润滑杆端关节轴承		<p>SAB...C型</p> <p>杆端带外螺纹, 材料为碳素结构钢, 滑动表面为烧结青铜复合材料。内圈为淬硬轴承钢, 滑动表面镀硬铬</p> <p>能承受方向不变的径向载荷</p>	自润滑杆端关节轴承		<p>SAB...F型</p> <p>杆端带外螺纹, 材料为碳素结构钢, 滑动表面为以聚四氟乙烯为添加剂的玻璃纤维增强塑料。内圈为淬硬轴承钢, 滑动表面镀硬铬</p> <p>能承受方向不变的径向载荷</p>
		<p>SIB...F型</p> <p>杆端带内螺纹, 材料为碳素结构钢, 滑动表面为以聚四氟乙烯为添加剂的玻璃纤维增强塑料。内圈为淬硬轴承钢, 滑动表面镀硬铬</p> <p>能承受方向不变的径向载荷</p>			<p>SQ...L型</p> <p>为自润滑球头杆端关节轴承, 由特殊自润滑合金材料制成</p> <p>能承受径向载荷和任一方较小的轴向载荷</p>

### 1.4 关节轴承的配合

#### 1.4.1 轴承与外壳孔配合的常用公差带

轴承与外壳孔的配合采用基轴制。

轴承外径的极限偏差值见表 25.17-9。

根据轴承与外壳孔配合所需的配合性质, 外壳孔直径的极限偏差在基轴制的配合中选择: 若取过盈配合, 则孔采用公差带 N7、M7; 若取过渡配合, 则孔采用公差带 K7、J7; 若取间隙配合, 则孔采用公差带 H6、H7 和 H11。

表 25.17-9 轴承外径的极限偏差

轴承公称直径/mm	超过	18	30	50	80	120	150	180	250	315	400	
		到	18	30	50	80	120	150	180	250	315	400
轴承外径极限偏差/ $\mu\text{m}$	上差	0										
	下差	-8	-9	-11	-13	-15	-18	-25	-30	-35	-40	-45

#### 1.4.2 轴承与轴配合的常用公差带

轴承内径的极限偏差值见表 25.17-10。

根据轴承内圈(或轴圈)与轴配合所需的配合性质, 轴直径的极限偏差, 在基孔制配合中选

择。若取过盈配合, 则轴采用公差带 n6; 若取过渡配合, 则轴采用公差带 m6、k6; 若取间隙配合, 则轴采用公差带 h6、h7 和 g6。

表 25.17-10 轴承内径的极限偏差

轴承公称直径/mm	超过	6	10	18	30	50	80	120	150	180	250	315
		到	6	10	18	30	50	80	120	150	180	250
轴承外径极限偏差/ $\mu\text{m}$	上差	0										
	下差	-8	-10	-12	-15	-20	-25	-30	-35	-40		

#### 1.4.3 轴承配合选择的基本原则

1) 轴承与轴和外壳的配合, 根据轴承的类型、尺寸、工作条件、作用在轴承上的载荷大小、方向、性质, 轴和外壳的材料, 以及装拆方

便等进行选择;

2) 轴承的转动套圈一般采用过盈配合, 避免轴承工作时, 套圈在轴或外壳孔的配合表面产生相对转动和磨损;

3) 为防止内圈与轴之间产生滑动或爬行, 内圈与轴应优先采用过盈配合。如果因装拆需要或采用浮动支承, 必须选择间隙配合时, 轴的配合表面必须淬硬;

4) 考虑到过盈量对原始径向间隙的影响, 对必须使用大过盈量的场合, 应选用原始间隙大于基本组间隙的轴承;

5) 轴和外壳孔的公差带应按表 25.17-11 和表 25.17-12 的规定选取。

表 25.17-11 轴的公差带

轴承类型	工作条件	套圈滑动接触表面类型	
		非自润滑	自润滑
向心关节轴承	各种载荷, 浮动支承	h6, h7	h6, g6
	各种载荷, 固定支承	m6	k6
角接触关节轴承	各种载荷	m6, n6	m6
推力关节轴承	各种载荷	n6, n6	m6

1.5 配合表面的粗糙度和形位公差

轴和外壳孔与轴承的配合表面, 其表面粗糙度应符合表 25.17-13 的规定。

为保证所需配合性质, 轴和外壳孔与轴承配

合表面的形位公差与其尺寸公差之间应遵守包容原则。轴和外壳孔配合表面的圆柱度、轴肩和外壳孔肩的端面圆跳动以及垫圈两端面的平行度应符合表 25.17-14 的规定。

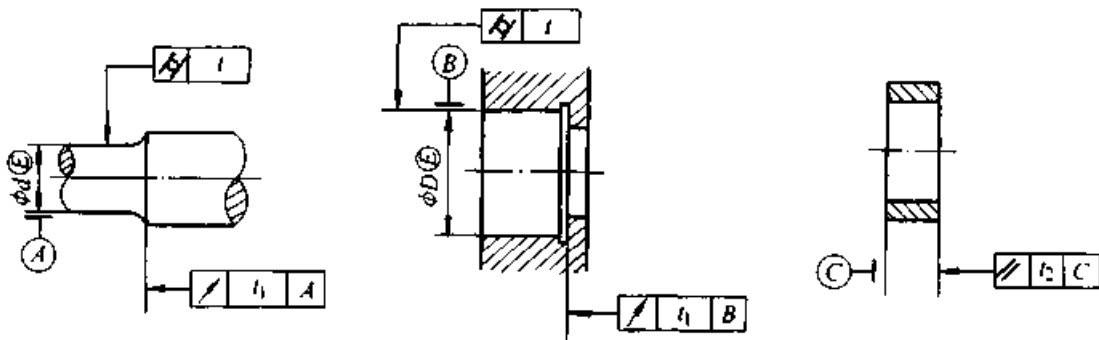
表 25.17-12 外壳孔的公差带

轴承类型	工作条件	套圈滑动接触表面类型	
		非自润滑	自润滑
向心关节轴承	轻载荷, 浮动支承	H6, H7	H7
	重载荷, 固定支承	M7	K7
	轻合金外壳孔	N7	M7
角接触关节轴承	各种载荷, 浮动支承	J7	J7
	各种载荷, 固定支承	M7	M7
推力关节轴承	纯轴向载荷	H11	H11
	联合载荷	J7	J7

表 25.17-13 配合表面的粗糙度

配合表面	轴承公称直径/mm	
	≤80	>80 ~ 500
	Ra/μm	
轴的配合表面	1.60	3.20
外壳孔表面	1.60	3.20
轴肩、垫圈及外壳孔肩端面	3.20	3.20

表 25.17-14 配合表面的形状公差和位置公差



轴承公称直径/mm	形状公差		位置公差		
	轴	外壳孔	轴肩	外壳孔肩	垫圈
	圆柱度/μm		端面圆跳动/μm		平行度/μm
~6	4	—	8	—	12
>6~10	4	4	9	9	15
>10~18	5	5	11	11	18
>18~30	6	6	13	13	21
>30~50	7	7	16	16	25
>50~80	8	8	19	19	30
>80~120	10	10	22	22	35
>120~150	12	12	25	25	40



续表 25.17-14

轴承公称直径/ mm	形状公差		位置公差		
	轴	外壳孔	轴肩	外壳孔肩	垫圈
	圆柱度/ $\mu\text{m}$		端面圆跳动/ $\mu\text{m}$		平行度/ $\mu\text{m}$
>150~180	12	12	25	25	40
>180~250	14	14	29	29	46
>250~315	16	16	32	32	52
>315~400	18	18	36	36	57
>400~500	—	20	—	40	63

## 2 关节轴承的选用

### 2.1 向心关节轴承的选用

向心关节轴承在承受动载荷时其主要的失效形式是疲劳，故应按轴承的疲劳寿命选取轴承的尺寸。

#### 2.1.1 轴承当量载荷

轴承寿命是按当量载荷计算。向心关节轴承的当量载荷计算式为（参见图 25.17-2）

$$\rho = (F_r^2 + 6F_a^2) / (F_r C D_q) \quad (25.17-1)$$

式中  $F_r$  —— 轴承的径向载荷；  
 $F_a$  —— 轴承的轴向载荷；  
 $C$  —— 轴承外圈的宽度；  
 $D_q$  —— 球面直径。

#### 2.1.2 轴承寿命

向心关节轴承的疲劳寿命计算公式为

$$L = f(\rho_0 / \rho)^3 \times 10^5 \quad (25.17-2)$$

式中  $L$  —— 轴承寿命，即在单向载荷下迄至失效时的平均摆动次数；

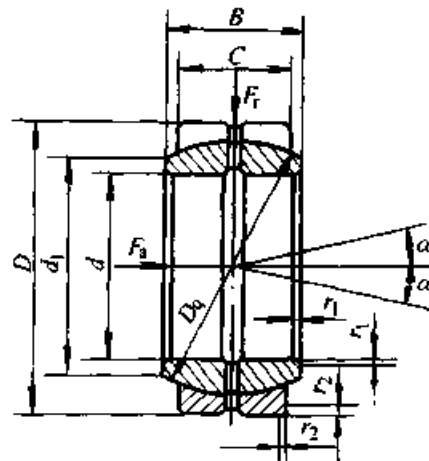


图 25.17-2 向心关节轴承载荷图

$\rho_0$  —— 轴承平均寿命为  $10^5$  次摆动时的最大轴承载荷；  
 $\rho$  —— 轴承当量载荷；  
 $f$  —— 由于定期加脂润滑使轴承寿命增加的因子。

各种向心关节轴承的最大轴承载荷、寿命增加因子、加脂润滑周期和一般特性见表 25.17-15。

表 25.17-15 向心关节轴承的最大轴承载荷、寿命增加因子、加脂润滑周期和一般特性

轴承类型	$\rho_0 / \text{MPa}$	承受对称循环载荷的能力	加脂周期/次	寿命增加因子 $f$	最高运转温度/ $^{\circ}\text{C}$	一般轴承特性
向心关节轴承	24	$1.7\rho_0$	$<0.3 \times 10^5$	10~15	—	适用于重载、对称循环载荷、冲击载荷
自润滑向心关节轴承	97	$0.25\rho_0$	—	1	280	不需维护，适用于中速、大单向载荷

- 注：1. 表中向心关节轴承数据仅适用于内、外圈为淬火的轴承；  
 2. 表中数据是根据动载荷情况建立的，在静载荷时承载能力可达到  $10\rho_0$ ；  
 3. 若向心关节轴承运转期间不加脂，则  $f=1$ ；  
 4. 表中数据对杆端式亦适用。

### 2.2 角接触和推力关节轴承的选用

根据轴承上的载荷和轴承的许用载荷，用图

25.17-3 查得需要的球面直径，图中的面积因子根据比值  $C/D_4$  查图 25.17-4。根据材料不同，单位投影面积上的许用载荷为 35~50 MPa。

超星浏览器提醒您：  
使用本复制品  
请尊重相关知识产权！

轴承上的载荷/N

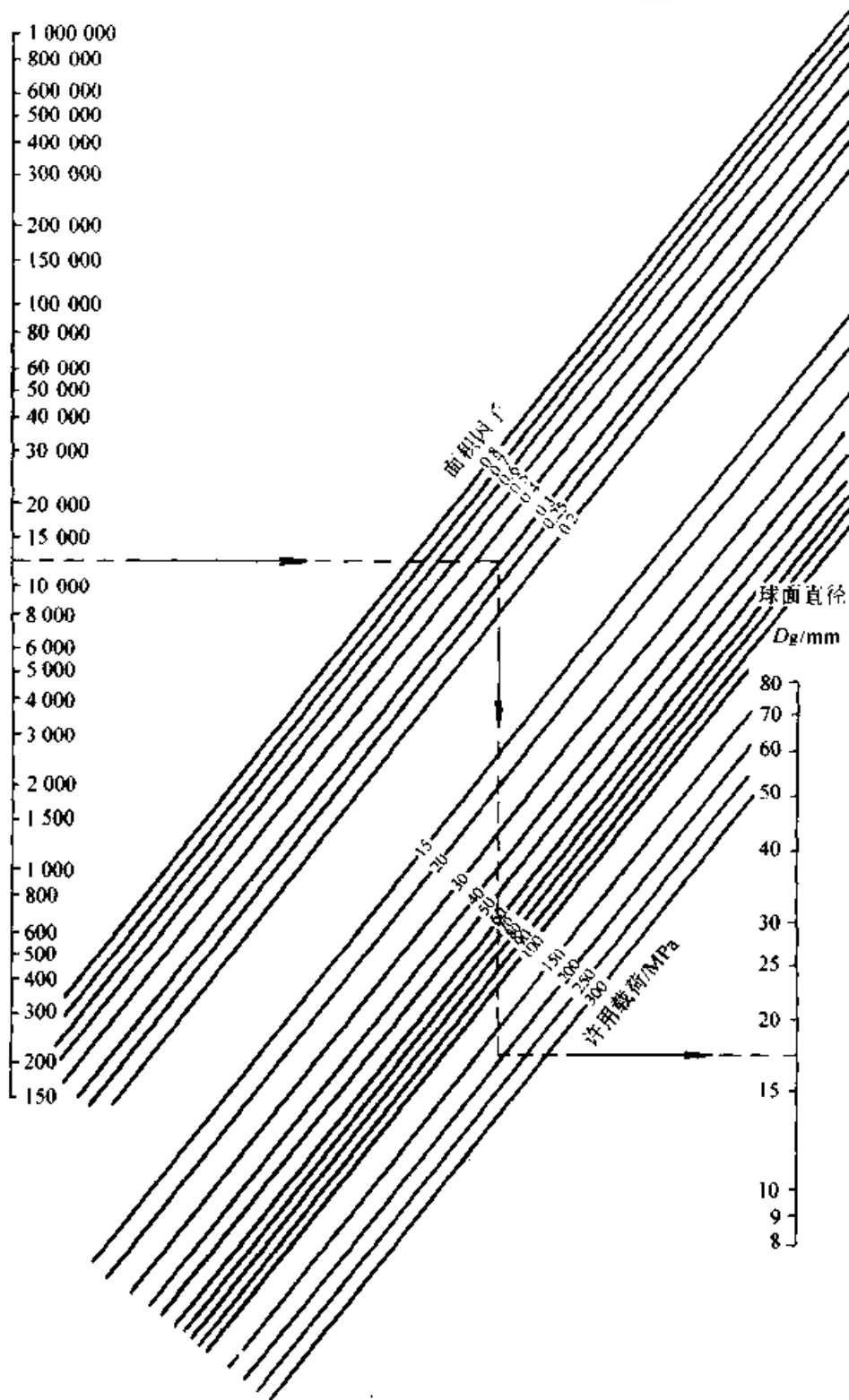


图 25.17-3 载荷、许用载荷和面积因子与球径的关系

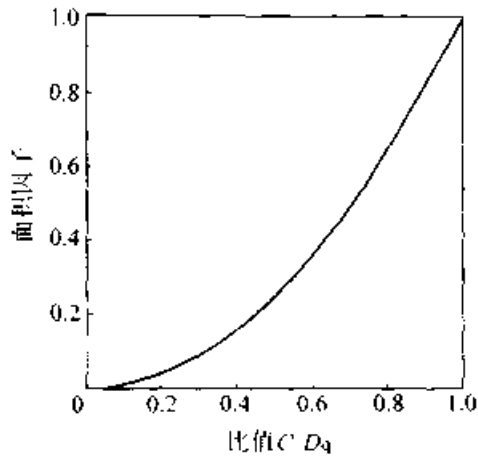


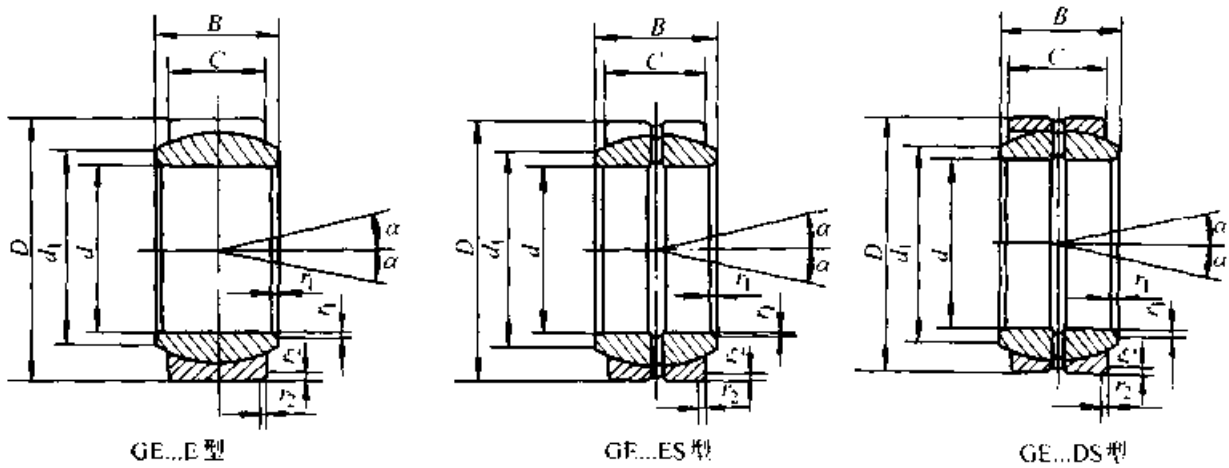
图 25.17-4 面积因子

### 3 关节轴承的结构型式和外形尺寸

#### 3.1 向心关节轴承

GB/T 9163—1990 规定了 GE...E、GE...ES、GE...DS、GE...C、GE...CS-22、GE...ES-2RS 型向心关节轴承的结构型式和外形尺寸，分别见表 25.17-16 ~ 表 25.17-19。GB/T 4646—1991 规定了 GFC...FSA 型自润滑向心关节轴承的结构型式和外形尺寸，见表 25.17-20。

表 25.17-16 GE...E、GE...ES、GE...DS 型向心关节轴承的结构型式和外形尺寸

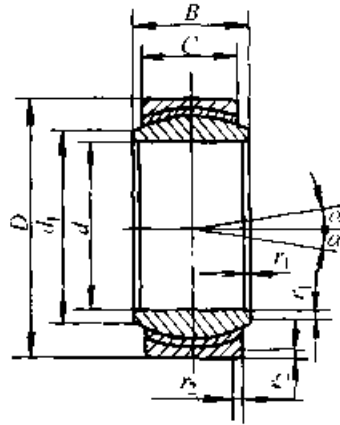


#### E (正常) 系列

轴承型号			尺寸 /mm							$\alpha / (^{\circ})$
GE...E 型	GE...ES 型	GE...DS 型	$d$	$D$	$B$	$C$	$d_{1min}$	$r_{1min}$	$r_{2min}$	$\approx$
GE4E			4	12	5	3	6	0.3	0.3	16
GE5E		GE5DS	5	14	6	4	7	0.3	0.3	13
GE6E		GE6DS	6	14	6	4	8	0.3	0.3	13
GE8E		GE8DS	8	16	8	5	10	0.3	0.3	15
GE10E		GE10DS	10	19	9	6	13	0.3	0.3	12
GE12E		GE12DS	12	22	10	7	15	0.3	0.3	10
	GE15ES	GE15DS	15	26	12	9	18	0.3	0.3	8
	GE17ES	GE17DS	17	30	14	10	20	0.3	0.3	10
	GE20ES	GE20DS	20	35	16	12	24	0.3	0.3	9
	GE25ES	GE25DS	25	42	20	16	29	0.6	0.6	7
	GE30ES	GE30DS	30	47	22	18	34	0.6	0.6	6
	GE35ES	GE35DS	35	55	25	20	39	0.6	1.0	6
	GE40ES	GE40DS	40	62	28	22	45	0.6	1.0	7
	GE45ES	GE45DS	45	68	32	25	50	0.6	1.0	7
	GE50ES	GE50DS	50	75	35	28	55	0.6	1.0	6
	GE60ES	GE60DS	60	90	44	36	66	1.0	1.0	6
	GE70ES	GE70DS	70	105	49	40	77	1.0	1.0	6

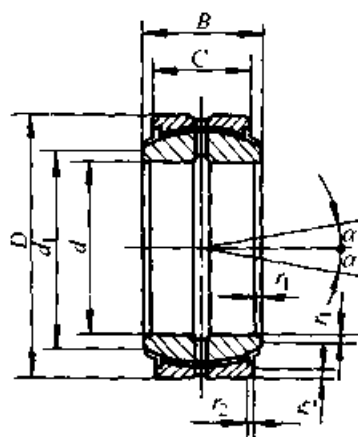
E (正常) 系列										
轴承型号			尺寸 /mm							$\alpha$ / (°)
GE...E型	GE...ES型	GE...DS型	$d$	$D$	$B$	$C$	$d_{1min}$	$r_{1min}$	$r_{2min}$	$\approx$
	GE80ES	GE80DS	80	120	55	45	88	1.0	1.0	6
	GE90ES	GE90DS	90	130	60	50	98	1.0	1.0	5
	GE100ES	GE100DS	100	150	70	55	109	1.0	1.0	7
	GE110ES	GE110DS	110	160	70	55	120	1.0	1.0	6
	GE120ES	GE120DS	120	180	85	70	130	1.0	1.0	6
	GE140ES	GE140DS	140	210	90	70	150	1.0	1.0	7
	GE160ES	GE160DS	160	230	105	80	170	1.0	1.0	8
	GE180ES	GE180DS	180	260	105	80	195	1.0	1.1	6
	GE200ES	GE200DS	200	290	130	100	212	1.1	1.1	7
	GE220ES	GE220DS	220	320	135	100	238	1.1	1.1	8
	GE240ES	GE240DS	240	340	140	100	265	1.1	1.1	8
	GE260ES	GE260DS	260	370	150	110	285	1.1	1.1	7
	GE280ES	GE280DS	280	400	155	120	310	1.1	1.1	6
	GE300ES	GE300DS	300	430	165	120	330	1.1	1.1	7
G (中) 系列										
轴承型号			尺寸 /mm							$\alpha$ / (°)
GEG...E型	GEG...ES型	GEG...DS型	$d$	$D$	$B$	$C$	$d_{1min}$	$r_{1min}$	$r_{2min}$	$\approx$
GEG4E			4	14	7	4	7	0.3	0.3	20
GEG5E			5	16	9	5	8	0.3	0.3	21
GEG6E			6	16	9	5	9	0.3	0.3	21
GEG8E			8	19	11	6	11	0.3	0.3	21
GEG10E			10	22	12	7	13	0.3	0.3	18
GEG12E			12	26	15	9	16	0.3	0.3	18
	GEG15ES	GEG15DS	15	30	16	10	19	0.3	0.3	16
	GEG17ES	GEG17DS	17	35	20	12	21	0.3	0.3	19
	GEG20ES	GEG20DS	20	42	25	16	24	0.3	0.3	17
	GEG25ES	GEG25DS	25	47	28	18	29	0.6	0.6	17
	GEG30ES	GEG30DS	30	55	32	20	34	0.6	1.0	17
	GEG35ES	GEG35DS	35	62	35	22	39	0.6	1.0	16
	GEG40ES	GEG40DS	40	68	40	25	44	0.6	1.0	17
	GEG45ES	GEG45DS	45	75	43	28	50	0.6	1.0	15
	GEG50ES	GEG50DS	50	90	56	36	57	0.6	1.0	17
	GEG60ES	GEG60DS	60	105	63	40	67	1.0	1.0	17
	GEG70ES	GEG70DS	70	120	70	45	77	1.0	1.0	16
	GEG80ES	GEG80DS	80	130	75	50	87	1.0	1.0	14
	GEG90ES	GEG90DS	90	150	85	55	98	1.0	1.0	15
	GEG100ES	GEG100DS	100	160	85	55	110	1.0	1.0	14
	GEG110ES	GEG110DS	110	180	100	70	122	1.0	1.0	12
	GEG120ES	GEG120DS	120	210	115	70	132	1.0	1.0	16
	GEG140ES	GEG140DS	140	230	130	80	151	1.0	1.0	16
	GEG160ES	GEG160DS	160	260	135	80	176	1.0	1.1	16
	GEG180ES	GEG180DS	180	290	155	100	196	1.1	1.1	14
	GEG200ES	GEG200DS	200	320	165	100	220	1.1	1.1	15
	GEG220ES	GEG220DS	220	340	175	100	243	1.1	1.1	16
	GEG240ES	GEG240DS	240	370	190	110	263	1.1	1.1	15
	GEG260ES	GEG260DS	260	400	205	120	285	1.1	1.1	15
	GEG280ES	GEG280DS	280	430	210	120	310	1.1	1.1	15

表 25.17-17 GE...C型自润滑向心关节轴承的结构型式和外形尺寸



轴承型号	尺寸 /mm							$\alpha$ (°) ≈
	$d$	$D$	$B$	$C$	$d_{1mm}$	$r_{1mm}$	$r_{2mm}$	
E (正常) 系列								
GE4C	4	12	5	3	6	0.3	0.3	16
GE5C	5	14	6	4	7	0.3	0.3	13
GE6C	6	14	6	4	8	0.3	0.3	13
GE8C	8	16	8	5	10	0.3	0.3	15
GE10C	10	19	9	6	13	0.3	0.3	12
GE12C	12	22	10	7	15	0.3	0.3	10
GE15C	15	26	12	9	18	0.3	0.3	8
GE17C	17	30	14	10	20	0.3	0.3	10
GE20C	20	35	16	12	24	0.3	0.3	9
GE25C	25	42	20	16	29	0.6	0.6	7
GE30C	30	47	22	18	34	0.6	0.6	6
G (中) 系列								
GEG4C	4	14	7	4	7	0.3	0.3	20
GEG5C	5	16	9	5	8	0.3	0.3	21
GEG6C	6	16	9	5	9	0.3	0.3	21
GEG8C	8	19	11	6	11	0.3	0.3	21
GEG10C	10	22	12	7	13	0.3	0.3	18
GEG12C	12	26	15	9	16	0.3	0.3	18
GEG15C	15	30	16	10	19	0.3	0.3	16
GEG17C	17	35	20	12	21	0.3	0.3	19
GEG20C	20	42	25	16	24	0.3	0.3	17
GEG25C	25	47	28	18	29	0.6	0.6	17
GEG30C	30	55	32	20	34	0.6	1.0	17

表 25.17-18 GE...CS-2Z 型自润滑向心关节轴承的结构型式和外形尺寸

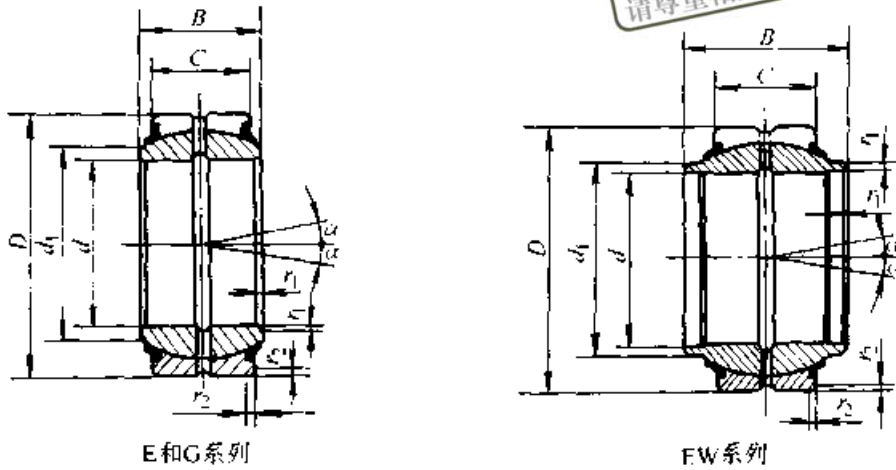


超星阅览器提醒您：  
使用本复制品  
请尊重相关知识产权！

## E (正常) 系列

轴承型号	尺寸 /mm							$\alpha / (^{\circ})$ ≈
	$d$	$D$	$B$	$C$	$d_{\min}$	$r_{1\min}$	$r_{2\min}$	
GE35CS-2Z	35	55	25	20	39	0.6	1.0	6
GE40CS-2Z	40	62	28	22	45	0.6	1.0	7
GE45CS-2Z	45	68	32	25	50	0.6	1.0	7
GE50CS-2Z	50	75	35	28	55	0.6	1.0	6
GE60CS-2Z	60	90	44	36	66	1.0	1.0	6
GE70CS-2Z	70	105	49	40	77	1.0	1.0	6
GE80CS-2Z	80	120	55	45	88	1.0	1.0	6
GE90CS-2Z	90	130	60	50	98	1.0	1.0	5
GE100CS-2Z	100	150	70	55	109	1.0	1.0	7
GE110CS-2Z	110	160	70	55	120	1.0	1.0	6
GE120CS-2Z	120	180	85	70	130	1.0	1.0	6
GE140CS-2Z	140	210	90	70	150	1.0	1.0	7
GE160CS-2Z	160	230	105	80	170	1.0	1.0	8
GE180CS-2Z	180	260	105	80	192	1.1	1.1	6
GE200CS-2Z	200	290	130	100	212	1.1	1.1	7
GE220CS-2Z	220	320	135	100	238	1.1	1.1	8
GE240CS-2Z	240	340	140	100	265	1.1	1.1	8
GE260CS-2Z	260	370	150	110	285	1.1	1.1	7
GE280CS-2Z	280	400	155	120	310	1.1	1.1	6
GE300CS-2Z	300	430	165	120	330	1.1	1.1	7

表 25.17-19 GE...ES-2RS 型向心关节轴承的结构型式和外形尺寸



轴承型号	尺寸 /mm							α / (°) ≈
	d	D	B	C	d <sub>1min</sub>	r <sub>1min</sub>	r <sub>2min</sub>	
E (正 常) 系 列								
GE15ES-2RS	15	26	12	9	18	0.3	0.3	5
GE17ES-2RS	17	30	14	10	20	0.3	0.3	7
GE20ES-2RS	20	35	16	12	24	0.3	0.3	6
GE25ES-2RS	25	42	20	16	29	0.6	0.6	4
GE30ES-2RS	30	47	22	18	34	0.6	0.6	4
GE35ES-2RS	35	55	25	20	39	0.6	1.0	4
GE40ES-2RS	40	62	28	22	45	0.6	1.0	4
GE45ES-2RS	45	68	32	25	50	0.6	1.0	4
GE50ES-2RS	50	75	35	28	55	0.6	1.0	4
GE60ES-2RS	60	90	44	36	66	1.0	1.0	3
GE70ES-2RS	70	105	49	40	77	1.0	1.0	4
GE80ES-2RS	80	120	55	45	88	1.0	1.0	4
GE90ES-2RS	90	130	60	50	98	1.0	1.0	3
GE100ES-2RS	100	150	70	55	109	1.0	1.0	5
GE110ES-2RS	110	160	70	55	120	1.0	1.0	4
GE120ES-2RS	120	180	85	70	130	1.0	1.0	4
GE140ES-2RS	140	210	90	70	150	1.0	1.0	5
GE160ES-2RS	160	230	105	80	170	1.0	1.0	6
GE180ES-2RS	180	260	105	80	192	1.1	1.1	5
GE200ES-2RS	200	290	130	100	212	1.1	1.1	6
GE220ES-2RS	220	320	135	100	238	1.1	1.1	6
GE240ES-2RS	240	340	140	100	265	1.1	1.1	6
GE260ES-2RS	260	370	150	110	285	1.1	1.1	6
GE280ES-2RS	280	400	155	120	310	1.1	1.1	5
GE300ES-2RS	300	430	165	120	330	1.1	1.1	6

超星浏览器提醒您：  
 请勿重复制品  
 请尊重相关知识产权！

续表 25.17-19

轴承型号	尺寸 /mm							$\alpha$ (°)
	$d$	$D$	$B$	$C$	$d_{1mm}$	$r_{1mm}$	$r_{2mm}$	
G (中) 系列								
GEG15ES-2RS	15	30	16	10	19	0.3	0.3	13
GEG17ES-2RS	17	35	20	12	21	0.3	0.3	16
GEG20ES-2RS	20	42	25	16	24	0.3	0.3	16
GEG25ES-2RS	25	47	28	18	29	0.6	0.6	15
GEG30ES-2RS	30	55	32	20	34	0.6	1.0	16
GEG35ES-2RS	35	62	35	22	39	0.6	1.0	15
GEG40ES-2RS	40	68	40	25	44	0.6	1.0	12
GEG45ES-2RS	45	75	43	28	50	0.6	1.0	13
GEG50ES-2RS	50	90	56	36	57	0.6	1.0	16
GEG60ES-2RS	60	105	63	40	67	1.0	1.0	15
GEG70ES-2RS	70	120	70	45	77	1.0	1.0	14
GEG80ES-2RS	80	130	75	50	87	1.0	1.0	13
GEG90ES-2RS	90	150	85	55	98	1.0	1.0	14
GEG100ES-2RS	100	160	85	55	110	1.0	1.0	12
GEG110ES-2RS	110	180	100	70	122	1.0	1.0	11
GEG120ES-2RS	120	210	115	70	132	1.0	1.0	15
GEG140ES-2RS	140	230	130	80	151	1.0	1.0	15
GEG160ES-2RS	160	260	135	80	176	1.1	1.0	14
GEG180ES-2RS	180	290	155	100	196	1.1	1.1	13
GEG200ES-2RS	200	320	165	100	220	1.1	1.1	14
GEG220ES-2RS	220	340	175	100	243	1.1	1.1	14
GEG240ES-2RS	240	370	190	110	263	1.1	1.1	14
GEG260ES-2RS	260	400	205	120	285	1.1	1.1	14
GEG280ES-2RS	280	430	210	120	310	1.1	1.1	14

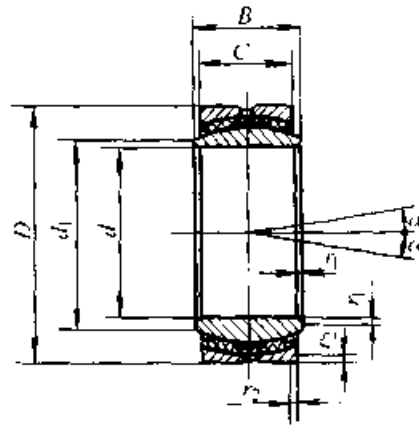
## EW (宽内圈) 系列

GEEW12ES-2RS <sup>①</sup>	12	22	12	7	15.5	0.3	0.3	4
GEEW15ES-2RS	15	26	15	9	18.5	0.3	0.3	5
GEEW16ES-2RS	16	28	16	9	20.0	0.3	0.3	4
GEEW17ES-2RS	17	30	17	10	21.0	0.3	0.3	7
GEEW20ES-2RS	20	35	20	12	25.0	0.3	0.3	4
GEEW25ES-2RS	25	42	25	16	30.5	0.6	0.6	4
GEEW30ES-2RS	30	47	30	18	34.0	0.6	0.6	4
GEEW32ES-2RS	32	52	32	18	37.0	0.6	1.0	4
GEEW35ES-2RS	35	55	35	20	40.0	0.6	1.0	4
GEEW40ES-2RS	40	62	40	22	46.0	0.6	1.0	4
GEEW45ES-2RS	45	68	45	25	52.0	0.6	1.0	4
GEEW50ES-2RS	50	75	50	28	57.0	0.6	1.0	4
GEEW60ES-2RS	60	90	60	36	68.0	1.0	1.0	3
GEEW63ES-2RS	63	95	63	36	71.5	1.0	1.0	4
GEEW70ES-2RS	70	105	70	40	78.0	1.0	1.0	4
GEEW80ES-2RS	80	120	80	45	91.0	1.0	1.0	4
GEEW100ES-2RS	100	150	100	55	113.0	1.0	1.0	4

① 仅外圈有润滑油槽。



表 25.17-20 GEC...FSA 型自润滑向心关节轴承的结构型式和外形尺寸



超星浏览器提醒您：  
使用本复制品  
请尊重相关知识产权！

## 特 轻 (C) 系 列

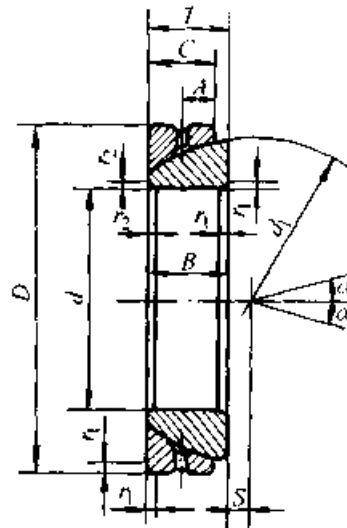
轴承型号	尺 寸 /mm						$\alpha$ / $^{\circ}$	
	$d$	$D$	$B$	$C$	$d_{1min}$	$r_{1,2min}$		
GEC320FSA	320	440	160	135	340	1.1	3.0	4
GEC340FSA	340	460	160	135	360	1.1	3.0	3
GEC360FSA	360	480	160	135	380	1.1	3.0	3
GEC380FSA	380	520	190	160	400	1.5	4.0	4
GEC400FSA	400	540	190	160	425	1.5	4.0	3
GEC420FSA	420	560	190	160	445	1.5	4.0	3
GEC440FSA	440	600	218	185	465	1.5	4.0	3
GEC460FSA	460	620	218	185	485	1.5	4.0	3
GEC480FSA	480	650	230	195	510	2.0	5.0	3
GEC500FSA	500	670	230	195	530	2.0	5.0	3
GEC530FSA	530	710	243	205	560	2.0	5.0	3
GEC560FSA	560	750	258	215	590	2.0	5.0	4
GEC600FSA	600	800	272	230	635	2.0	5.0	3
GEC630FSA	630	850	300	260	665	3.0	6.0	3
GEC670FSA	670	900	308	260	710	3.0	6.0	3
GEC710FSA	710	950	325	275	755	3.0	6.0	3
GEC750FSA	750	1 000	335	280	800	3.0	6.0	3
GEC800FSA	800	1 060	355	300	850	3.0	6.0	3
GEC850FSA	850	1 120	365	310	905	3.0	6.0	3
GEC900FSA	900	1 180	375	320	960	3.0	6.0	3
GEC950FSA	950	1 250	400	340	1 015	4.0	7.5	3
GEC1000FSA	1 000	1 320	438	370	1 065	4.0	7.5	3
GEC1060FSA	1 060	1 400	462	390	1 130	4.0	7.5	3
GEC1120FSA	1 120	1 460	462	390	1 195	4.0	7.5	3
GEC1180FSA	1 180	1 540	488	410	1 260	4.0	7.5	3
GEC1250FSA	1 250	1 630	515	435	1 330	4.0	7.5	3
GEC1320FSA	1 320	1 720	545	460	1 405	4.0	7.5	3
GEC1400FSA	1 400	1 820	585	495	1 485	5.0	9.5	3
GEC1500FSA	1 500	1 950	625	530	1 590	5.0	9.5	3
GEC1600FSA	1 600	2 060	670	565	1 690	5.0	9.5	3
GEC1700FSA	1 700	2 180	710	600	1 790	5.0	9.5	3
GEC1800FSA	1 800	2 300	750	635	1 890	6.0	12.0	3
GEC1900FSA	1 900	2 430	790	670	2 000	6.0	12.0	3
GEC2000FSA	2 000	2 570	835	705	2 100	6.0	12.0	3

3.2 角接触关节轴承

结构型式和外形尺寸, 分别见表 25.17-21 和 25.17-22。

GB/T 9164—1990 规定了角接触关节轴承的

表 25.17-21 GAC...S 型角接触关节轴承的结构型式和外形尺寸

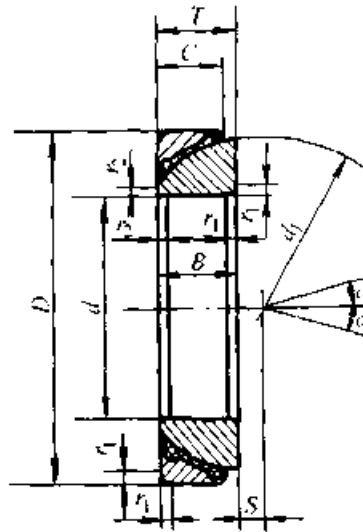


超星浏览器提醒您：  
使用本复制品  
请尊重相关知识产权！

E (正常) 系列

轴承型号	尺寸 /mm										$\alpha / (^{\circ})$ $\approx$
	$d$	$D$	$B$	$C$	$T$	$d_1$	$S$	$A$	$r_{1\text{mm}}$	$r_{2\text{mm}}$	
GAC25S	25	47	15	14	15	42	0.6	7.5	1.0	0.3	3.5
GAC30S	30	55	17	15	17	49.5	1.3	8.5	1.0	0.3	3
GAC35S	35	62	18	16	18	55.5	2.1	9	1.0	0.3	3
GAC40S	40	68	19	17	19	62	2.8	9.5	1.0	0.3	3
GAC45S	45	75	20	18	20	68.5	3.5	10	1.0	0.3	3
GAC50S	50	80	20	19	20	74	4.3	10	1.0	0.3	3
GAC55S	55	90	23	20	23	82	5.0	11.5	1.1	0.6	3
GAC60S	60	95	23	21	23	88.5	5.7	11.5	1.1	0.6	3
GAC65S	65	100	23	22	23	93.5	6.5	11.5	1.1	0.6	2.5
GAC70S	70	110	25	23	25	102	7.2	12.5	1.1	0.6	2.5
GAC75S	75	115	25	24	25	107	7.9	12.5	1.1	0.6	2.5
GAC80S	80	125	29	25.5	29	115	8.6	14.5	1.1	0.6	2.5
GAC85S	85	130	29	26.5	29	122	9.4	14.5	1.1	0.6	2.5
GAC90S	90	140	32	28	32	128.5	10.1	16	1.5	0.6	2.5
GAC95S	95	145	32	29.5	32	135	10.8	16	1.5	0.6	2.5
GAC100S	100	150	32	31	32	141	11.6	16	1.5	0.6	2
GAC105S	105	160	35	32.5	35	148	12.3	17.5	2.0	0.6	2
GAC110S	110	170	38	34	38	155	13	19	2.0	0.6	2
GAC120S	120	180	38	37	38	168	14.5	19	2.0	0.6	2

表 25.17-22 GAC...F 型自润滑角接触关节轴承的结构型式和外形尺寸



超星浏览器提醒您：  
使用本复制品  
请尊重相关知识产权！

E (正常) 系列

轴承型号	尺寸 /mm									$\alpha / (^{\circ})$ ≈
	d	D	B	C	T	d <sub>1</sub>	S	r <sub>1mm</sub>	r <sub>2mm</sub>	
GAC25F	25	47	15	14	15	42	0.6	1.0	0.3	3.5
GAC30F	30	55	17	15	17	49.5	1.3	1.0	0.3	3
GAC35F	35	62	18	16	18	55.5	2.1	1.0	0.3	3
GAC40F	40	68	19	17	19	62	2.8	1.0	0.3	3
GAC45F	45	75	20	18	20	68.5	3.5	1.0	0.3	3
GAC50F	50	80	20	19	20	74	4.3	1.0	0.3	3
GAC55F	55	90	23	20	23	82	5.0	1.1	0.6	3
GAC60F	60	95	23	21	23	88.5	5.7	1.1	0.6	3
GAC65F	65	100	23	22	23	93.5	6.5	1.1	0.6	2.5
GAC70F	70	110	25	23	25	102	7.2	1.1	0.6	2.5
GAC75F	75	115	25	24	25	107	7.9	1.1	0.6	2.5
GAC80F	80	125	29	25.5	29	115	8.6	1.1	0.6	2.5
GAC85F	85	130	29	26.5	29	122	9.4	1.1	0.6	2.5
GAC90F	90	140	32	28	32	128.5	10.1	1.5	0.6	2.5
GAC95F	95	145	32	29.5	32	135	10.8	1.5	0.6	2.5
GAC100F	100	150	32	31	32	141	11.6	1.5	0.6	2
GAC105F	105	160	35	32.5	35	148	12.3	2.0	0.6	2
GAC110F	110	170	38	34	38	155	13	2.0	0.6	2
GAC120F	120	180	38	37	38	168	14.5	2.0	0.6	2

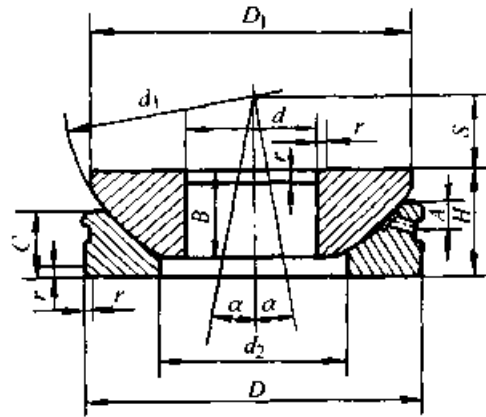
构型式和外形尺寸, 分别见表 25.17-23 和 25.17-24

浏览器提醒您：  
使用本资料前，请尊重相关知识版权

### 3.3 推力关节轴承

GB/T 9162—1990 规定了推力关节轴承的结

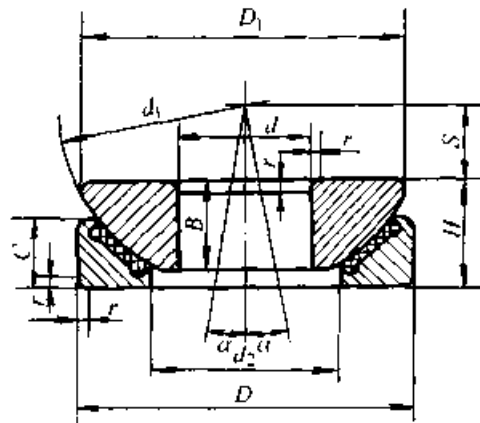
表 25.17-23 GX...S 型推力关节轴承的结构型式和外形尺寸



E (正常) 系列

轴承型号	尺寸 /mm											$\alpha / (^{\circ})$ $\approx$
	$d$	$D$	$H$	$B$	$C$	$d_1$	$d_2$	$D_1$	$S$	$A$	$r_{smio}$	
GX10S	10	30	9.5	7.5	7	32	15.5	27.5	7	3	0.6	9
GX12S	12	36	13	9.5	9.3	38	18	32	8	4	0.6	8
GX15S	15	42	15	11	10.8	46	22.5	39	10	5	0.6	8
GX17S	17	47	16	11.8	11.2	52	27	43.5	11	5	0.6	10
GX20S	20	55	20	14.5	13.8	60	31	50	12.5	6	1.0	9
GX25S	25	62	22.5	16.5	16.7	68	34.5	58.5	14	6	1.0	7
GX30S	30	75	26	19	19	82	42	70	17.5	8	1.0	7
GX35S	35	90	28	22	20.7	98	50.5	84	22	8	1.0	8
GX40S	40	105	32	27	21.5	114	59	97	24.5	9	1.0	9
GX45S	45	120	36.5	31	25.5	128	67	110	27.5	11	1.0	9
GX50S	50	130	42.5	33	30.5	139	70	120	30	10	1.0	7
GX60S	60	150	45	37	34	160	84	140	35	12.5	1.0	8
GX70S	70	160	50	42	36.5	176	94.5	153	35	13.5	1.0	8
GX80S	80	180	50	43.5	38	197	107.5	172	42.5	14.5	1.0	8
GX100S	100	210	59	51	46	222	127	198	45	15	1.1	8
GX120S	120	230	64	35.5	50	250	145	220	52.5	16.5	1.1	6

表 25.17-24 GX...F型自润滑推力关节轴承的结构型式和外形尺寸



E (正常) 系列

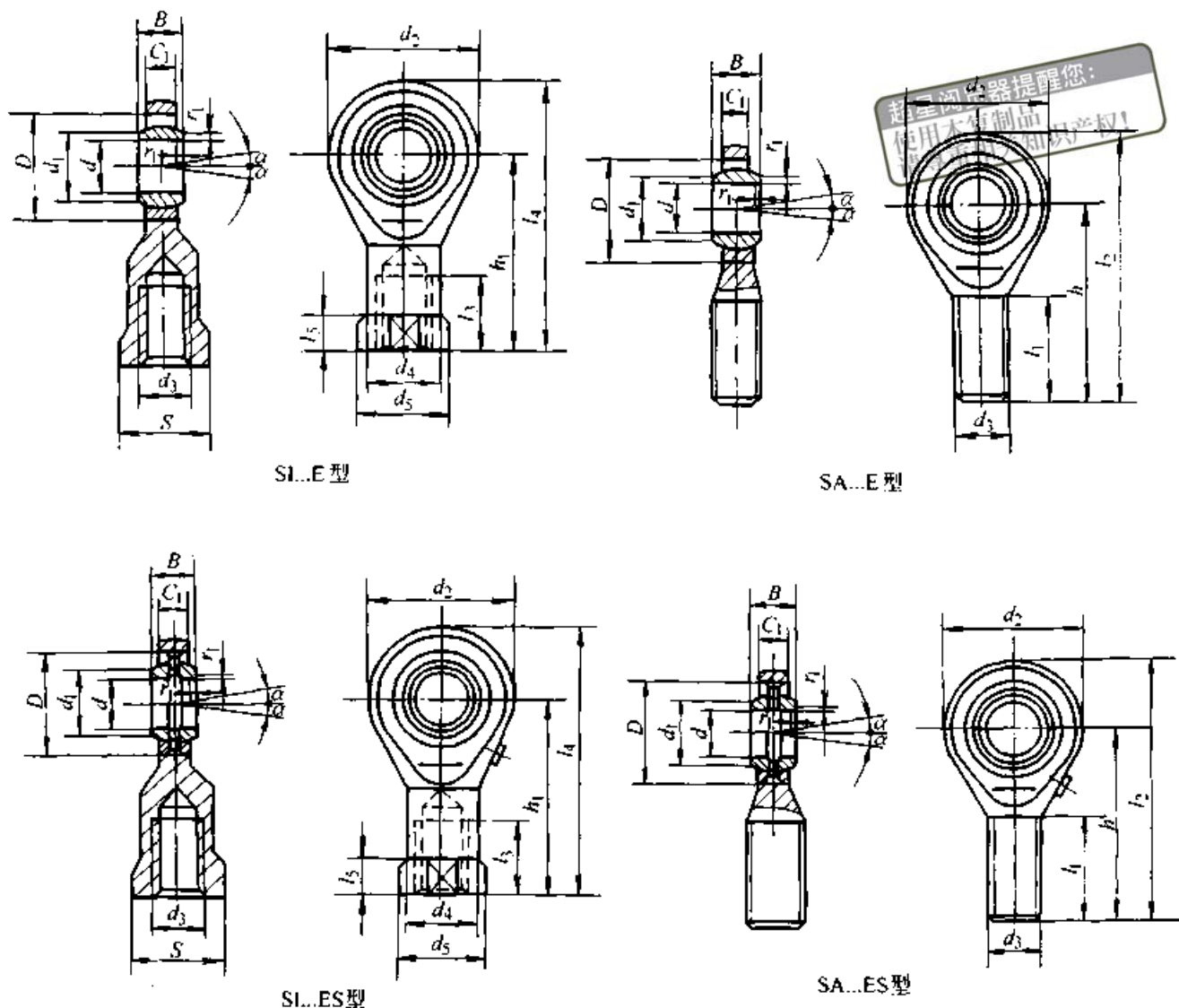
轴承型号	尺寸 /mm										$\alpha / (^{\circ})$ $\approx$
	$d$	$D$	$H$	$B$	$C$	$d_1$	$d_2$	$D_1$	$S$	$r_{\text{mm}}$	
GX10F	10	30	9.5	7.5	7	32	15.5	27.5	7	0.6	9
GX12F	12	35	13	9.5	9.3	38	18	32	8	0.6	8
GX15F	15	42	15	11	10.8	46	22.5	39	10	0.6	8
GX17F	17	47	16	11.8	11.2	52	27	43.5	11	0.6	10
GX20F	20	55	20	14.5	13.8	60	31	50	12.5	1.0	9
GX25F	25	62	22.5	16.5	16.7	68	34.5	58.5	14	1.0	7
GX30F	30	75	26	19	19	82	42	70	17.5	1.0	7
GX35F	35	90	28	22	20.7	98	50.5	84	22	1.0	8
GX40F	40	105	32	27	21.5	114	59	97	24.5	1.0	9
GX45F	45	120	36.5	31	25.5	128	67	110	27.5	1.0	9
GX50F	50	130	42.5	33	30.5	139	70	120	30	1.0	7
GX60F	60	150	45	37	34	160	84	140	35	1.0	8
GX70F	70	160	50	42	36.5	176	94.5	153	35	1.0	8
GX80F	80	180	50	43.5	38	197	107.5	172	42.5	1.0	8
GX100F	100	210	59	51	46	222	127	198	45	1.1	8
GX120F	120	230	64	53.5	50	250	145	220	52.5	1.1	6

3.4 杆端关节轴承

的杆端关节轴承的结构型式和外形尺寸，分别见表 25.17-25~表 25.17-28。

GB/T 4222—1991 规定了 E 和 JK 尺寸系统

表 25.17-25 SI...E、SA...E、SI...ES、SA...ES 型杆端关节轴承的结构型式和外形尺寸



E (正常) 系列

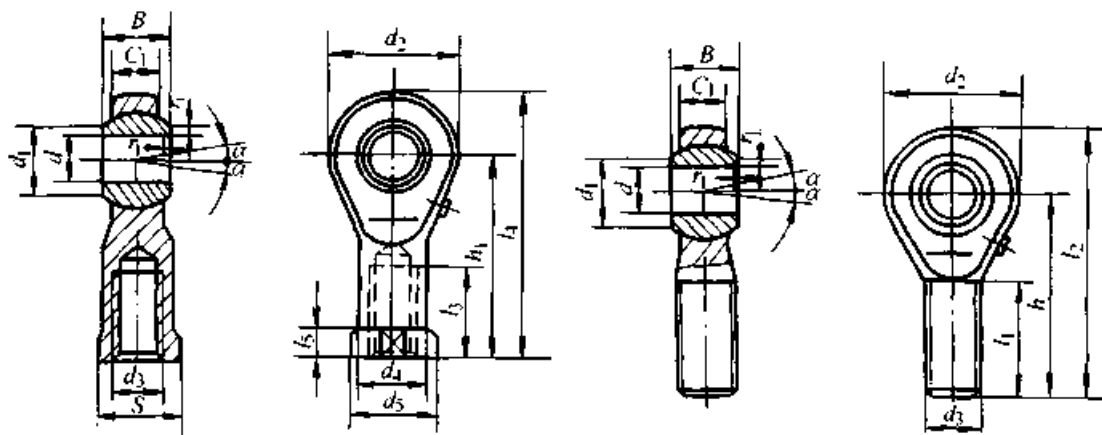
轴承型号		尺寸 /mm																	
SI...E 和 SI...ES 型内螺纹	SA...E 型 和 SA...ES 型外螺纹	d	内螺纹及外螺纹						外螺纹			内螺纹							
			D	d <sub>1</sub> min	B	r <sub>1</sub> min	α ≈	d <sub>3</sub>	c <sub>1</sub> max	d <sub>2</sub> max	h	l <sub>1</sub> min	l <sub>2</sub> max	h <sub>1</sub>	l <sub>3</sub> min	l <sub>4</sub> max	l <sub>5</sub> max	d <sub>4</sub> max	d <sub>5</sub> max
SI5E	SA5E	5	14	7	6	0.3	13°	M5	4.5	21	36	16	48	30	11	42	5.0	10	13
SI6E	SA6E	6	14	8	6	0.3	13°	M6	4.5	21	36	16	48	30	11	42	5.0	11	13
SI8E	SA8E	8	16	10	8	0.3	15°	M8	6.5	24	42	21	55	36	15	49	5.0	13	16
SI10E	SA10E	10	19	13	9	0.3	12°	M10	7.5	29	48	26	63	43	15	58	5.5	16	19
SI12E	SA12E	12	22	15	10	0.3	10°	M12	8.5	34	54	28	71	50	18	67	7.0	19	22
SI15ES	SA15ES	15	26	18	12	0.3	8°	M14	10.5	40	63	34	83	61	21	81	8.0	22	26
SI17ES	SA17ES	17	30	20	14	0.3	10°	M16	11.5	46	69	36	92	67	24	90	10.0	25	29
SI20ES	SA20ES	20	35	24	16	0.3	9°	M20×1.5	13.5	53	78	43	105	77	30	104	10.0	28	34

续表 25.17-25

轴承型号		尺寸 /mm																	
SI...E 和 SI...ES 型内螺纹	SA...E 型 和 SA...ES 型外螺纹	d	内螺纹及外螺纹						外螺纹			内螺纹							
			D	d <sub>1</sub> min	B	r <sub>1min</sub>	α ≈	d <sub>3</sub>	c <sub>1</sub> max	d <sub>2</sub> max	h	l <sub>1</sub> min	l <sub>2</sub> max	h <sub>1</sub>	l <sub>3</sub> min	l <sub>4</sub> max	l <sub>5</sub> max	d <sub>4</sub> max	d <sub>5</sub> max
SI25ES	SA25ES	25	42	29	20	0.6	7°	M24×2.0	18.0	64	94	53	126	94	36	126	12.0	35	42
SI30ES	SA30ES	30	47	34	22	0.6	6°	M30×2.0	20.0	73	110	65	147	110	45	147	15.0	42	50
SI35ES	SA35ES	35	55	39	25	0.6	6°	M36×3.0	22.0	82	140	82	182	125	60	167	15.0	48	58
SI40ES	SA40ES	40	62	45	28	0.6	7°	M39×3.0	24.0	92	150	86	198	142	65	180	18.0	52	65
SI45ES	SA45ES	45	68	50	32	0.6	7°	M42×3.0	28.0	102	163	92	217	145	65	199	20.0	58	70
SI50ES	SA50ES	50	75	55	35	0.6	6°	M45×3.0	31.0	112	185	104	246	160	68	221	20.0	62	75
SI60ES	SA60ES	60	90	66	44	1.0	6°	M52×3.0	39.0	135	210	115	282	175	70	247	20.0	70	88
SI70ES	SA70ES	70	105	77	49	1.0	6°	M56×4.0	43.0	160	235	125	318	200	80	283	20.0	80	98
SI80ES	SA80ES	80	120	88	55	1.0	6°	M64×4.0	48.0	180	270	140	365	230	85	325	25.0	95	110

- 注：1. 轴承的尺寸符合 GB/T 9163。  
 2. 螺纹可为右旋或左旋，若为左旋，轴承代号为 SIL...E 和 SAL...E、SIL...ES 和 SAL...ES。  
 3. 如果 d<sub>4</sub> = d<sub>5</sub>，则 l<sub>5</sub> 为平面的最小高度。  
 4. 对边宽度 S 按 GB/T 3104 的规定。

表 25.17-26 SIB...S、SAB...S 型杆端关节轴承的结构型式和外形尺寸



SIB...S型

SAB...S型

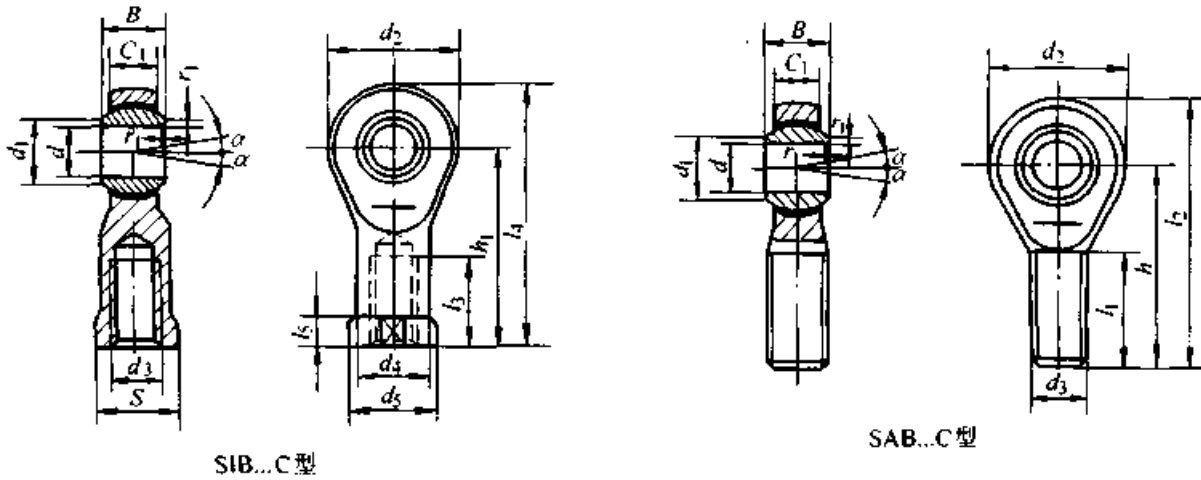
JK 系 列

轴承型号		尺寸 /mm																
SIB...S 型 内螺纹	SAB...S 型 外螺纹	d	外螺纹及内螺纹						外螺纹			内螺纹						
			d <sub>1</sub> min	B	r <sub>1min</sub>	α ≈	d <sub>3</sub>	c <sub>1</sub> max	d <sub>2</sub> max	h	l <sub>1</sub> min	l <sub>2</sub> max	h <sub>1</sub>	l <sub>3</sub> min	l <sub>4</sub> max	l <sub>5</sub> max	d <sub>4</sub> max	d <sub>5</sub> max
SIBJK5S	SABJK5S	5	7.7	8	0.3	4°	M5	7.5	18	33	19	42	27	8	36	4.0	9.0	12
SIBJK6S	SABJK6S	6	8.9	9	0.3	9°	M6	7.5	20	36	21	46	30	9	40	5.0	10.0	13
SIBJK8S	SABJK8S	8	10.3	12	0.3	12°	M8	9.5	24	42	25	54	36	12	48	5.0	12.5	16
SIBJK10S	SABJK10S	10	12.9	14	0.6	10°	M10	11.5	30	48	28	63	43	15	58	6.5	15.0	19

JK 系 列		轴 承 型 号																
		尺 寸 /mm																
SIB...S 型 内螺纹	SAB...S 型 外螺纹	d	外螺纹及内螺纹					外螺纹			内螺纹							
			d <sub>1</sub> min	B	r <sub>1smin</sub>	α ≈	d <sub>3</sub>	c <sub>1</sub> max	d <sub>2</sub> max	h	l <sub>1</sub> min	l <sub>2</sub> max	h <sub>1</sub>	l <sub>3</sub> min	l <sub>4</sub> max	l <sub>5</sub> max	d <sub>4</sub> max	d <sub>5</sub> max
SIBJK12S	SABJK12S	12	15.4	16	0.6	12°	M12	12.5	34	54	32	71	50	18	67	6.5	17.5	22
SIBJK14S	SABJK14S	14	16.8	19	0.6	14°	M14	14.5	38	60	36	79	57	21	76	8.0	20.0	25
SIBJK16S	SABJK16S	16	19.3	21	0.6	14°	M16	15.5	42	66	37	87	64	24	85	8.0	22.0	27
SIBJK18S	SABJK18S	18	21.8	23	0.6	13°	M18×1.5	17.5	46	72	41	95	71	27	94	10.0	25.0	31
SIBJK20S	SABJK20S	20	24.3	25	0.6	14°	M20×1.5	18.5	50	78	45	103	77	30	102	10.0	27.5	34
SIBJK22S	SABJK22S	22	25.8	28	0.6	14°	M22×1.5	21.0	56	84	48	112	84	33	112	12.0	30.0	37
SIBJK25S	SABJK25S	25	29.5	31	0.6	14°	M24×2.0	23.0	60	94	55	124	94	36	124	12.0	33.0	42
SIBJK28S	SABJK28S	28	32.2	35	0.6	14°	M27×2.0	26.0	66	103	62	136	103	41	136	14.0	37.0	46
SIBJK30S	SABJK30S	30	34.8	37	0.6	15°	M30×2.0	27.0	70	110	66	145	110	45	145	15.0	40.0	50

- 注：1. 螺纹可为右旋或左旋，若为左旋，轴承代号为 SILB...S 和 SALB...S。  
 2. 如果 d<sub>1</sub> = d<sub>3</sub>，则 l<sub>3</sub> 为平面的最小高度。  
 3. 对边宽度 S 按 GB/T 3104 的规定。

表 25.17-27 SIB...C、SA...C 型杆端关节轴承的结构型式和外形尺寸



SIB...C型

SAB...C型

JK 系 列		轴 承 型 号																
		尺 寸 /mm																
SIB...C 型 内螺纹	SAB...C 型 外螺纹	d	外螺纹及内螺纹					外螺纹			内螺纹							
			d <sub>1</sub> min	B	r <sub>1smin</sub>	α ≈	d <sub>3</sub>	c <sub>1</sub> max	d <sub>2</sub> max	h	l <sub>1</sub> min	l <sub>2</sub> max	h <sub>1</sub>	l <sub>3</sub> min	l <sub>4</sub> max	l <sub>5</sub> max	d <sub>4</sub> max	d <sub>5</sub> max
SIBJK5C	SABJK5C	5	7.7	8	0.3	4°	M5	7.5	18	33	19	42	27	8	36	4.0	9.0	12
SIBJK6C	SABJK6C	6	8.9	9	0.3	9°	M6	7.5	20	36	21	46	30	9	40	5.0	10.0	13
SIBJK8C	SABJK8C	8	10.3	12	0.3	12°	M8	9.5	24	42	25	54	36	12	48	5.0	12.5	16
SIBJK10C	SABJK10C	10	12.9	14	0.6	10°	M10	11.5	30	48	28	63	43	15	58	6.5	15.0	19
SIBJK12C	SABJK12C	12	15.4	16	0.6	12°	M12	12.5	34	54	32	71	50	18	67	6.5	17.5	22
SIBJK14C	SABJK14C	14	16.8	19	0.6	14°	M14	14.5	38	60	36	79	57	21	76	8.0	20.0	25



续表 25.17-27

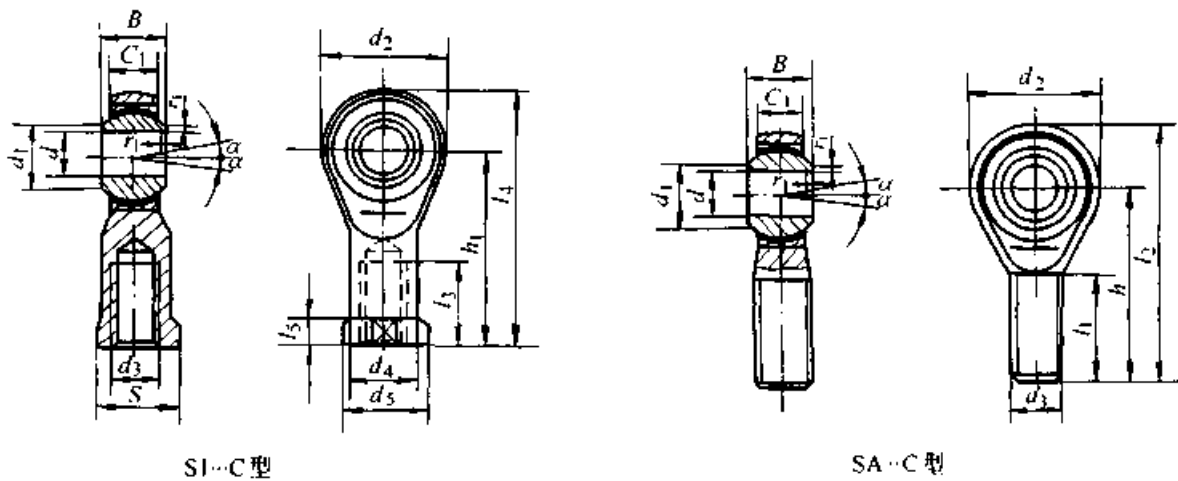
轴承型号		尺寸 /mm																
SIB...C 型 内螺纹	SAB...C 型 外螺纹	d	外螺纹及内螺纹					外螺纹			内螺纹							
			d <sub>1</sub> min	B	r <sub>1max</sub>	α ≈	d <sub>3</sub>	c <sub>1</sub> max	d <sub>2</sub> max	h	l <sub>1</sub> min	l <sub>2</sub> max	h <sub>1</sub>	l <sub>3</sub> min	l <sub>4</sub> max	l <sub>5</sub> max	d <sub>4</sub> max	d <sub>5</sub> max
SIBJK16C	SABJK16C	16	19.3	21	0.6	14°	M16	15.5	42	66	37	67	64	24	85	8.0	22.0	27
SIBJK18C	SABJK18C	18	21.8	23	0.6	13°	M18×1.5	17.5	46	72	41	95	71	27	94	10.0	25.0	31
SIBJK20C	SABJK20C	20	24.3	25	0.6	14°	M20×1.5	18.5	50	78	45	103	77	30	102	10.9	27.5	34
SIBJK22C	SABJK22C	22	25.8	28	0.6	14°	M22×1.5	21.0	56	84	48	112	84	33	112	12.0	30.0	37
SIBJK25C	SABJK25C	25	29.5	31	0.6	14°	M24×2.0	23.0	60	94	55	124	94	36	124	12.0	33.5	42
SIBJK28C	SABJK28C	28	32.2	35	0.6	14°	M27×2.0	26.0	66	103	62	136	103	41	136	14.0	37.0	46
SIBJK30C	SABJK30C	30	34.8	37	0.6	15°	M30×2.0	27.0	70	110	66	145	110	45	145	15.0	40.0	50

注：1. 螺纹可为右旋或左旋，若为左旋，轴承代号为 SILB...C 和 SALB...C。

2. 如果 d<sub>4</sub> = d<sub>5</sub>，则 l<sub>5</sub> 为平面的最小高度。

3. 对边宽度 S 按 GB/T 3104 的规定。

表 25.17-28 SI...C、SA...C 型杆端关节轴承的结构型式和外形尺寸



SI...C型

SA...C型

轴承型号		尺寸 /mm																
SI...C 型 内螺纹	SA...C 型 外螺纹	d	外螺纹及内螺纹					外螺纹			内螺纹							
			d <sub>1</sub> min	B	r <sub>1max</sub>	α ≈	d <sub>3</sub>	c <sub>1</sub> max	d <sub>2</sub> max	h	l <sub>1</sub> min	l <sub>2</sub> max	h <sub>1</sub>	l <sub>3</sub> min	l <sub>4</sub> max	l <sub>5</sub> max	d <sub>4</sub> max	d <sub>5</sub> max
SIJK5C	SAJK5C	5	7.7	8	0.3	4°	M5	7.5	18	33	19	42	27	8	36	4.0	9.0	12
SIJK6C	SAJK6C	8	8.9	9	0.3	9°	M6	7.5	20	36	21	46	30	9	40	5.0	10.0	13
SIJK8C	SAJK8C	8	10.3	12	0.3	12°	M8	9.5	24	42	25	54	36	12	48	5.0	12.5	16
SIJK10C	SAJK10C	10	12.9	14	0.6	10°	M10	11.5	30	48	28	63	43	15	58	6.5	15.0	19
SIJK12C	SAJK12C	12	15.4	16	0.6	12°	M12	12.5	34	54	32	71	50	18	67	6.5	17.5	22
SIJK14C	SAJK14C	14	16.8	19	0.6	14°	M14	14.5	38	60	36	79	57	21	76	8.0	20.0	25
SIJK16C	SAJK16C	16	19.3	21	0.6	14°	M16	15.5	42	66	37	87	64	24	85	8.0	22.0	27

续表 25.17-28

轴承型号		JK 系 列																
		尺寸/mm																
SI...C 型 内螺纹	SA...C 型 外螺纹	d	外螺纹及内螺纹						外螺纹				内螺纹					
			d <sub>1</sub> min	B	r <sub>1-max</sub>	α ≈	d <sub>3</sub>	c <sub>1</sub> max	d <sub>2</sub> max	h	l <sub>1</sub> min	l <sub>2</sub> max	h <sub>1</sub>	l <sub>3</sub> min	l <sub>4</sub> max	l <sub>5</sub> max	d <sub>4</sub> max	d <sub>5</sub> max
SIJK18C	SAJK18C	18	21.8	23	0.6	13°	M18×1.5	17.5	46	72	41	95	71	27	94	10.0	25.0	31
SIJK20C	SAJK20C	20	24.3	25	0.6	14°	M20×1.5	18.5	50	78	45	103	77	30	102	10.0	27.5	34
SIJK22C	SAJK22C	22	25.8	28	0.6	14°	M22×1.5	21.0	56	84	48	112	84	33	112	12.0	30.0	37
SIJK25C	SAJK25C	25	29.5	31	0.6	14°	M24×2.0	23.0	60	94	55	124	94	36	124	12.0	33.5	42
SIJK28C	SAJK28C	28	32.2	35	0.6	14°	M27×2.0	26.0	66	103	62	136	103	41	136	14.0	37.0	46
SIJK30C	SAJK30C	30	34.8	37	0.6	15°	M30×2.0	27.0	70	110	66	145	110	45	145	15.0	40.0	50

注：1. 螺纹可为右旋或左旋，若为左旋，其代号为 SIL...C 和 SAL...C。

2. 如果 d<sub>4</sub> = d<sub>5</sub>，则 l<sub>5</sub> 为平面的最小高度。

3. 对边宽度 S 按 GB/T 3104 的规定。

参 考 文 献

- 1 机械工程手册电机工程手册编辑委员会. 机械工程手册：机械零部件设计卷. 北京：机械工业出版社，1996
- 2 徐 灏主编. 机械设计手册：第4卷. 北京：机械工业出版社，1991
- 3 中国机械工程学会，第一机械工业部. 机修手册：第十二册. 滑动轴承. 北京：机械工业出版社，1976
- 4 トライボロジスト. 日本潤滑学会. 1991 Vol 36, No9. 东京：養賢堂，月刊
- 5 Jones M H, Scott D. Industrial Tribology: The Practical Aspects of Friction Lubrication and Wear. Amsterdam: Elsevier Scientific Publishing Company. 1983. Tribology Series: 8
- 6 (英) 尼尔 M J. 摩擦学手册. 王自新等译. 北京：机械工业出版社，1984
- 7 丹羽小三郎. 滑り軸受の適用限界とトライボロジー. トライボロジ. 1991, No4: 76~77
- 8 佐藤之信. 滑り軸受の選定と設計上のポイント. 機械設計. 1981, Vol 25, No1: 31~35
- 9 Beitz W, Kuttner K-H. Dubbel 机械工程手册：第一卷. 张 维等译. 北京：清华大学出版社，1991
- 10 日本機械学会編. すべり軸受の静特性および動特性資料集. 东京：日本工業出版. 1984
- 11 汪 恺主编. 机械设计标准应用手册：第2卷. 北京：机械工业出版社，1997
- 12 Welsh R J. Plain Bearing Design Handbook. London: Butterworths. 1983
- 13 Чернавский С А. Подшипники Скольжения. Москва: МАШИЗ. 1963
- 14 Воскресенский В А, и др. Расчет и проектирование опор скольжения (жидкостная смазка). Москва: МАШИНОСТРОЕНИЕ. 1980
- 15 Engineering Sciences Data: Mechanical Engineering Series, Machine Design. Vol 1, London: ESDU, 1972
- 16 Rowe W B. Hydrostatic and Hybrid Bearing Design. London: Butterworths. 1983
- 17 卜 炎, 李文录. 动静压轴承定义的初议. 机床与液压. 1985, No3: 43~48
- 18 张锡圣等. 阶梯腔式动静压混合轴承发展概况. 机床与液压. 1992, No1: 10~16
- 19 (德) 朗格 OR, 斯泰因希尔伯 W. 滑动轴承. 王成焘等译. 北京：机械工业出版社，1986

- 20 周恒, 刘延柱. 气体动压轴承的原理及计算. 北京: 国防工业出版社, 1981
- 21 德洛芝道维奇 B H. 动压气浮轴承. 郑丽珠译. 北京: 国防工业出版社, 1982
- 22 鲍威尔 J. 空气静压轴承的设计. 航空工业部六〇九研究所译. 北京: 国防工业出版社, 1978
- 23 Vohr J H, Pan C H T. Design data of gas lubricated spin axis bearings for gyroscopes. M. T. 1-68TR29, 1963
- 24 瓦洛惠特 J A, 艾农 J N. 润滑力学近代发展. 庄懋年等译. 北京: 机械工业出版社, 1982
- 25 Nobuyoshi Kawabata, etc. Static Characteristics of the Regular and Reversible Rotation Type Herringbone Grooved Journal Bearing. ASME Trans. Journal of Tribology, 1989, Vol. 111, No. 3: 484~490
- 26 Muijderland E A. Sprial Groove Bearings. The Netherlands: Philips Technical Library, 1966
- 27 王云飞. 陀螺马达气体动压轴承性能计算. 洛阳: 机电部轴承研究所, 1981
- 28 刘 瞰等. 静压气体轴承. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学出版社, 1990
- 29 林岗. 有限要素法による表面绞り形静压空气軸受の解析. [博士论文]. 1988
- 30 矢部 宽. 表面绞り軸受の作動特性. 潤滑. 1988, 第 33 卷第 5 号: 355~358
- 31 王云飞. 气体润滑理论与气体轴承设计. 北京: 机械工业出版社, 1999
- 32 Eshel A. Transient analysis of a planar hybrid foil-bearing model. ASME Trans. Journal of Lubrication Technology, 1974, Vol 96
- 33 Gross W A. Analysis and Design of Foil Bearings. In: 3th Gas Bearing Symposium, Paper23, 1967
- 34 龚焕孙等. 径向波箔轴承的设计计算和试验研究. 上海机械学院学报. 1991, 第 13 卷 4 期: 1~17
- 35 宋正芳. 碳石墨制品的性能及其应用. 北京: 机械工业出版社, 1987
- 36 区英鸿主编. 塑料手册. 北京: 兵器工业出版社, 1991
- 37 (美) 豪斯纳 H H. 粉末冶金手册. 北京市粉末冶金研究所译. 北京: 冶金工业出版社, 1982
- 38 川崎景民. オイルレスベアリング. 东京: アグネ, 1973
- 39 Воронков В Д. Подшипники Сухого Трения. Ленинград: Машиностроение, 1979
- 40 Clauss F J. Solid Lubricants and SelfLubricating Solid. New York and London: Academic Press, 1972
- 41 西江 宏, 関本徹雄. 焼結含油軸受 (家電製品, 音響機器用). 機械設計, 1981, Vol 25, No1: 68~72
- 42 张 恒. 复合材料轴承. 北京: 科学出版社, 1996
- 43 机械工业部标准化研究所. 滑动轴承标准汇编 (1996). 北京: 中国标准出版社, 1996

超星浏览器提醒您：  
使用本复制品  
请尊重相关知识产权！

中国机械设计大典  
CHINA MECHANICAL DESIGN CANON

超星浏览器提醒您：  
使用本复制品  
请尊重相关知识产权！

第  
**26**  
篇

密 封

主 编 范顺成

编 写 刘丽冰 王广彦  
辛 娜 张顺心

审 稿 卜 炎



中国机械工程学会  
CMDC 中国机械设计大典编委会

超星浏览器提醒您：  
使用本复制品  
请尊重相关知识产权！

# 第 1 章 概 论

## 1 密封的概念和分类

密封件与密封循环保护系统构成工业密封装置，简称密封。

密封的分类方式有多种。根据与密封部位相联系的工作零件的状态，可将密封分为静密封与动密封两大类。工作零件间无相对运动的密封称为静密封；工作零件间有相对运动的密封称为动密封。

根据所采用的密封件的材料和性能不同，可将密封分为垫密封、胶密封、填料密封等。

根据密封面间间隙状态，可将密封分为接触密封与非接触密封。借助密封力使密封面互相接触或嵌入以减少或消除间隙的各类密封称为接触密封；密封面间预留固定的装配间隙，无需密封力压紧密封面的各类密封称为非接触密封。

几乎全部静密封都属于接触密封。动密封既有接触密封也有非接触密封。

静密封常用的密封件（材料）有密封垫、密封胶、橡胶 O 形密封圈等。


动密封中，接触式动密封靠密封件与被密封零件表面接触实现密封。根据接触面的接触方式不同可分为填料密封、机械密封等。弹塑性接触方式的密封件（材料）有橡胶 O 形密封圈、唇形（标准唇形及其变形）密封圈、涨圈等；而机械密封是受控膜式接触密封；非接触式动密封利用间隙的阻力作用实现密封，如迷宫密封、浮动环密封等。若非接触式动密封中由动力元件产生压头克服泄漏，则称为动力密封，如离心密封、螺旋密封等。

满足特殊要求的密封有防尘密封、组合密封和全封闭密封等。

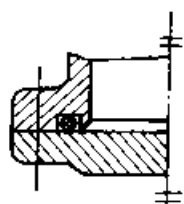
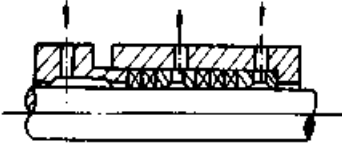

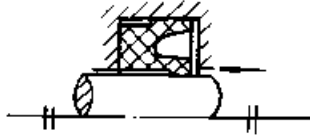

## 2 常用密封类型的特点和应用

常用密封类型的特点和应用见表 26.1-1。

表 26.1-1 密封的分类、特点及应用

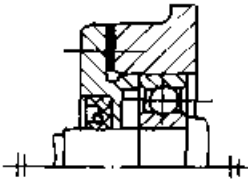
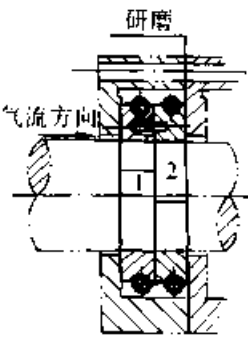
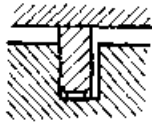
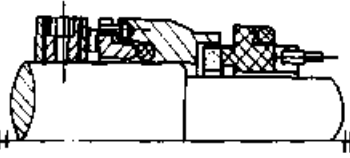
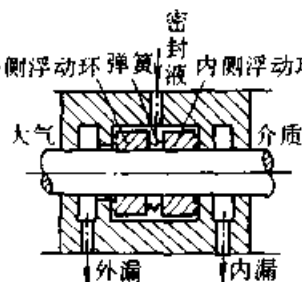
密封类型		简 图	特 点	应 用
静密封	垫密封		<p>在压紧力作用下，垫片自身产生弹性和塑性变形，填塞密封面间间隙，达到密封的目的。</p> <p>对表面加工精度要求不高，成本低。</p> <p>密封压力和温度与联接形式、垫片形式、垫片材料有关</p>	广泛用于管道、压力容器以及各种机械壳体的结合面密封
	胶密封		<p>靠胶的浸润性填充密封面的凹凸不平之处，固化后能起良好的密封作用。</p> <p>密封牢固，结构简单，耐压性好，对表面加工精度要求低，成本低，但耐温性差</p>	广泛用于机械、车辆、航空、船舶、建筑机械、仪表、电子设备、油泵以及管道等的平面法兰、螺纹联接的胶封
	堵漏 无压堵漏		<p>利用胶粘剂将需要密封的两种材料粘接在一起实现密封。</p> <p>密封性好，结构简单，成本低。</p> <p>胶粘剂粘合的密封面是不可拆的，除非使用强力进行破坏性拆开</p>	适用于对机器设备的砂眼、破洞等泄漏点进行堵漏和修复

续表 26.1-1

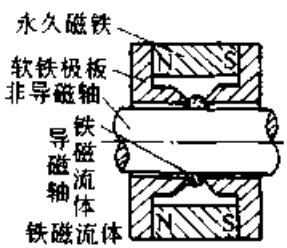
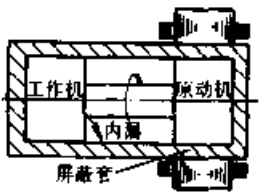
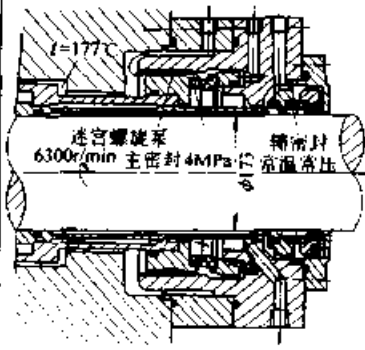
密封类型		简 图	特 点	用
静密封	堵漏 带压堵漏		<p>用专门的工具向泄漏处注入密封剂，密封剂在短时间内固化，形成坚韧的填充物，达到密封目的。</p> <p>针对不同介质的密封，要选用不同的密封剂</p>	广泛用于多种容器、设备、管道、阀门、法兰等的密封
	填料密封		<p>填料受外力产生压缩变形，消除了需要密封的间隙，达到密封目的。</p> <p>密封性好，结构紧凑，装拆方便</p>	主要用于气缸、液压缸的缸体密封
动密封	软填料密封		<p>软填料靠压盖轴向压紧，产生径向弹性变形堵塞间隙而密封。</p> <p>结构简单，装拆方便，成本低廉</p>	广泛用于各种阀门、泵类，如离心泵、真空泵等的密封
	挤压型密封		<p>靠安装挤压力和工作介质压紧力使密封件产生弹性变形，阻塞间隙，实现密封。</p> <p>按密封圈截面形状分 O 形和方形等，以 O 形应用最广。</p> <p>结构紧凑，装拆方便，成本低。</p> <p>动摩擦阻力小，且具有双向密封能力</p>	广泛用于往复及旋转运动的密封，如活塞等
	唇型密封		<p>靠密封唇的过盈和工作介质的压力（自紧）使密封件产生弹性变形，堵住间隙，实现密封。</p> <p>按密封圈截面形状分 Y、V、U、L、J 型。</p> <p>与 O 形圈比较，其装填方便，更换迅速，自紧力大。</p> <p>结构较复杂，体积大，摩擦阻力大</p>	广泛用于油压和水压机密封，主要用于往复运动的密封，如活塞等。有时也在静密封或低速旋转的动密封中使用
	毡圈密封	 毛毡	<p>在壳体槽内填以毡圈，阻塞间隙，达到密封的目的。</p> <p>结构简单、紧凑，成本低廉，对轴的偏心与窜动不敏感，但摩擦阻力大</p>	适用于一般低速机械，如齿轮箱的轴承密封。主要密封润滑脂，但与其他防尘密封组合也可密封润滑油



续表 26.1-1

密封类型	简 图	特 点	用
接触式密封	油封密封	 <p>具有回弹力大的唇部，密封接触宽度很窄，箍紧弹簧对轴具有较好的追随补偿性，密封效果好，尺寸紧凑，装拆方便，成本低，对工作环境条件及维护保养要求不高，但不能承受高压</p>	<p>常用于低压润滑系统中的旋转轴密封，有时用于简易的水密封件或低压往复柱塞密封</p>
	硬填料密封	 <p>密封圈采用金属、石墨、填充聚四氟乙烯等材料制成，与弹性材料制成的密封圈相比，耐热耐压性能更好，适用速度更高</p>	<p>广泛用于压缩机、高压釜、柱塞泵等往复动密封与旋转动密封</p>
	活塞环密封	 <p>受工作介质压力作用，活塞环一端面贴在活塞环槽的一侧产生相对运动，用液体实现密封和润滑。 采用金属或非金属固体自润滑材料制成，结构简单，成本低。 摩擦大、磨损快</p>	<p>适用于活塞式压缩机、柴油机、汽油机等活塞密封</p>
	胀圈密封	<p>用于旋转机械的活塞环密封(称为胀圈密封)。 结构简单、成本低。 摩擦大、磨损快</p>	<p>用于液体介质旋转机械装置密封，当用于气体密封时，要有油润滑表面</p>
	机械密封	 <p>靠工作时端面间形成的一层极薄的液膜达到密封的目的。 密封性能良好，工作状态稳定，维修周期长，摩擦功率损失小，对轴磨损轻微，抗振性好 结构复杂、不易拆装、价格较贵</p>	<p>应用广泛，常用于泵、压缩机、反应搅拌釜等旋转机械密封。 适用于高温、高速、高压、低温、真空等工作条件和强腐蚀、易燃易爆、有毒、有颗粒及不同粘度的工作介质</p>
非接触式密封	浮动环密封	 <p>利用工作时产生的动压控制间隙实现密封。 与机械密封相比，其结构简单、检修方便、功耗小。 制造、装配精度要求高，需要采用复杂的自动化供油系统</p>	<p>适用于高压、高速的流体机械，如离心压缩机、氢冷汽轮发电机等轴封</p>

动密封

密封类型	简 图	特 点	应 用
非接触式密封	迷宫密封	<p>靠密封面间的曲折间隙实现密封。</p> <p>无摩擦、功耗小、寿命长、维修简单、密封性能较好，但密封零件加工精度要求较高，装配较困难。</p>	适用于高温、高压、高转速、大尺寸条件下的气体密封，亦可用于液体密封，广泛用于离心压缩机、汽轮机、鼓风机等的轴端和级间密封。
	螺旋密封	<p>利用螺旋作用将液体介质赶回，阻止泄漏实现密封。</p> <p>液封可达零泄漏。</p> <p>结构简单，维修方便，使用寿命长。</p> <p>需停车密封时，结构和控制复杂。</p> <p>螺旋方向决定赶油方向。</p>	适用于高温、高压，广泛用于宇航和核技术中的气冷堆压缩机密封等。
	离心密封	<p>借离心力作用将液体介质甩出，阻止其进入泄漏缝隙，实现密封。</p> <p>结构简单、无磨损、寿命长，允许采用较大的密封间隙。</p> <p>转速愈高密封效果愈好，低转速或静止时需辅以停车密封。</p> <p>功耗大。</p>	适用于高温、高速、低压差的液体介质密封，如叶片泵、离心泵等。
	磁流体密封	 <p>永久磁铁 软铁极板 非导磁轴 铁磁流体 导磁轴 铁磁流体</p> <p>磁流体在磁场的作用下，在间隙内形成一个液态 O 形圈，阻塞间隙实现密封。</p> <p>磁流体密封可达到无泄漏，无固体摩擦，无磨损。</p> <p>对轴的表面粗糙度要求不高，允许较大的密封间隙，不需要复杂的润滑系统。</p> <p>耐温性有限，抗腐蚀性较差。</p>	广泛用于真空密封、防尘密封。 <p>适于高真空、高速度、无振动、无噪声的场合。静密封性好，无需停车密封，寿命长。</p>
特殊密封	封闭密封	 <p>工作机 原动机 内漏 屏蔽套</p> <p>构成全封闭系统，使系统内外无物质交换，实现无泄漏，达到密封的目的。</p>	用于涉及有毒、放射性、贵重、稀有物质生产设备所需密封。
	组合密封	 <p><math>t=177^{\circ}\text{C}</math> 迷宫螺旋泵 6300r/min 主密封 4MPa 辅密封 常温常压</p> <p>采用一种密封方式多级串联或采用多种密封方式合理组合，实现密封。</p>	常用于有特殊密封要求、不利条件较多、用单级或单种密封不易解决的场合。

请尊重知识产权，提醒您：  
 请尊重知识产权，提醒您：  
 请尊重知识产权，提醒您：

### 3 密封的作用和基本原理

密封的作用是阻止工作流体（液体、气体）从零件结合面间泄漏，并防止外界灰尘、空气、水分等侵入。

密封面间的间隙及密封件两侧工作流体的压差或浓度差是造成泄漏的原因，用不同的方式消除或减轻任一因素均可防止或减轻漏泄。其中，间隙对密封具有本质影响。

接触密封的工作原理（间隙密封除外）是利用密封件使零件结合面间的间隙控制在需要密封的流体能通过的最小间隙之下，该最小间隙取决于流体的压力、粘度、分子量等；而间隙密封则利用间隙节流原理实现密封。

## 4 密封的基本要求和设计要点

### 4.1 基本要求

- 1) 密封结构紧凑，制造维修方便，成本低廉。
- 2) 密封性能良好。

- 3) 密封件长期保持其材质性能的稳定。
- 4) 密封磨损小，可靠性高，寿命长。

### 4.2 设计要点

1) 根据密封设备（部件）的使用条件和要求（如负载情况、工作压力及速度大小和变化情况、使用环境及对密封性能的具体要求），正确选择密封件及与之匹配的密封结构形式。

2) 根据密封要求和工作条件，合理选用密封件材料。

3) 大多数密封件为易损件，应保证互换性，实现标准化、系列化。

4) 设计和选用密封装置及密封件时，应尽可能符合国家有关标准规定。

## 5 密封能力

密封能力是指各种密封装置所能胜任的工况参数技术指标。

表 26.1-2 为静密封和动密封所能达到的密封能力单项指标。

表 26.1-2 密封能力单项技术指标

项 目	工 作 条 件			泄 漏 量 / mg·h <sup>-1</sup>	寿 命 / 年
	温 度 /°C	压 力 /MPa	线 速 度 /m·s <sup>-1</sup>		
动密封	-240 ~ 600	$1.33 \times 10^{-14} \sim 10^3$	< 150	0.1	1 ~ 5
静密封	-240 ~ 900	$1.33 \times 10^{-15} \sim 10^4$	0	0	1 ~ 5

## 6 密封冷却方式

密封的常用冷却方式见图 26.1-1。

## 7 密封材料

密封材料分类见表 26.1-3。

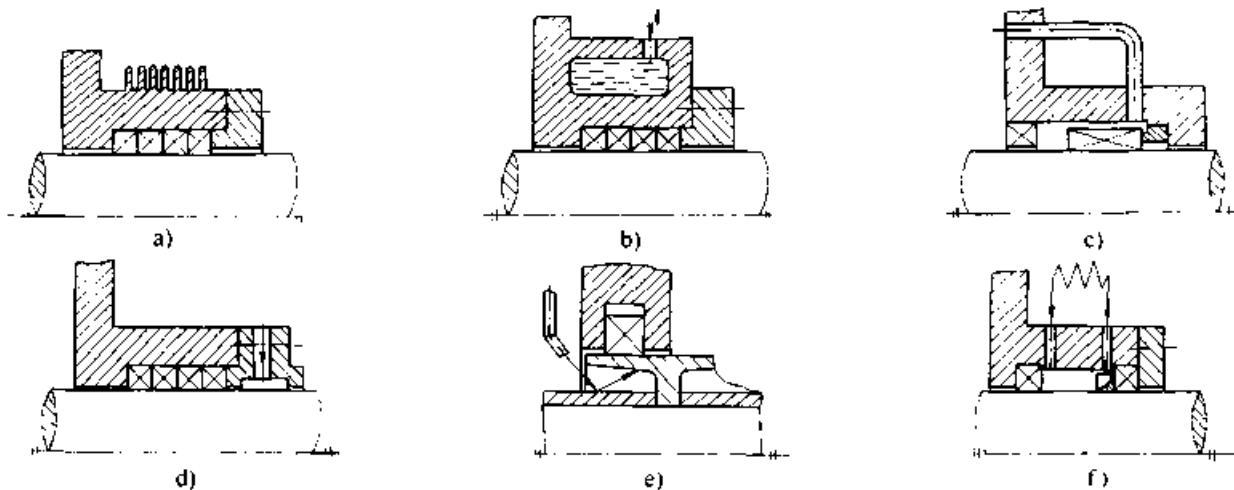


图 26.1-1 密封的冷却方式

- a) 自然冷却 b) 水套冷却 c) 自冲洗 d) 外冲洗 e) 轴内冷却 f) 循环冲洗

表 26.1-3 密封材料分类

类 别		材 料	用 途	
纤 维	植物纤维	棉、麻、纸、软木	垫片、软填料、防尘密封件、夹布橡胶密封件	
	动物纤维	毛、毡、皮革	垫片、软填料、成型填料、油封、防尘密封件	
	矿物纤维	石棉	垫片、软填料、停车密封	
	人造纤维	有机合成纤维、玻璃纤维、石墨纤维、陶瓷纤维、金属纤维	垫片、夹布橡胶密封件、无油润滑密封件	
弹 塑 性 体	橡胶	合成橡胶、天然橡胶	垫片、成型填料、油封、软填料、防尘密封件、全封闭密封件、机械密封、停车密封	
	塑料	氟塑料、尼龙、聚乙烯、酚醛塑料、氯化聚醚、聚苯醚、聚苯硫醚	垫片、成型填料、油封、软填料、硬填料、活塞环、机械密封、防尘密封件、全封闭密封件	
	柔性石墨	柔性石墨板材、带材、填料环、缠绕带	垫片、软填料、成型填料	
非 弹 塑 性 体	无 机 材 料	碳石墨	焙烧碳、电化石墨、硅化石墨	机械密封、硬填料、间隙密封
		工程陶瓷	氧化铝瓷、滑石瓷、金属陶瓷、氮化硅、碳化硅、碳化硼、微晶玻璃	机械密封
	金 属	有色金属	铜、铝、铅、锌、锡及其合金	垫片、软填料、机械密封、迷宫密封、硬填料、间隙密封
		黑色金属	碳钢、铸铁、不锈钢、堆焊硬合金、涂喷粉末、高弹性合金	垫片、机械密封、硬填料、活塞环、间隙密封、动力密封、防尘密封件、全封闭密封件、成型填料
		硬质合金	钨钴及钨钴钛硬质合金、钢结硬质合金、镍基耐腐蚀硬质合金	机械密封
磁性材料	马氏体磁钢、铝镍钴磁钢、铁氧体磁钢、稀土钴磁钢	磁流体密封、磁传动		
贵金属	金、银、钨、钼、汞、铍	高真空密封、高压密封、低温密封、磁流体密封		
液 体	密封胶	液态密封胶、厌氧胶	垫片、接头、螺纹、中分面密封	
	胶粘剂	有机胶粘剂、无机胶粘剂	无压堵漏、带压堵漏	
	磁流体	磁微粉、非金属或金属载体、表面活性剂	磁流体密封	
	油水类	水、油、脂、酯	密封系统、液封、软填料浸渍	
气体	气体与蒸汽	惰性气体、水蒸气	气封、密封系统、迷宫系统	

## 8 密封的经济分析

设计和选用密封应进行技术经济分析。

首先，应根据密封的不同使用条件和使用要求设计密封方案。然后，进行多种密封方案的经

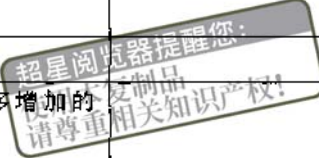
济性对比分析，确定其寿命周期内经济性最佳的密封方案。

进行密封方案经济性比较可采用费用现值法或费用年值法。其中，应计算的费用项目包括投资费用、运行费用和后处理费用。密封主要费用

项目见表 26.1-4。

表 26.1-4 密封主要费用项目

费 用 项 目		
投资费用	运行费用	后处理费用
密封件购置费	密封的内漏、外漏及摩擦损耗的动力费	因密封失效引起的对人体、机器、基础、厂房地基梁柱等的侵害损失
密封系统器件购置费	密封系统的动力费	漏泄物料后处理所需费用，包括三废处理费、污染赔偿费等
密封剂购置费	密封外漏物料损失费	
安装费	维修费	
	密封装置不可靠，需要多增加的备机台件引起的折旧费	



## 第2章 垫 密 封

超星阅读器提醒您：  
使用本复制品  
请尊重相关知识产权！

垫密封属于接触式静密封。垫密封可按密封件材料、形状、性能分类选用，也可按密封结构分类选用。

### 1 垫密封的典型结构

图 26.2-1 为垫密封的典型结构图。

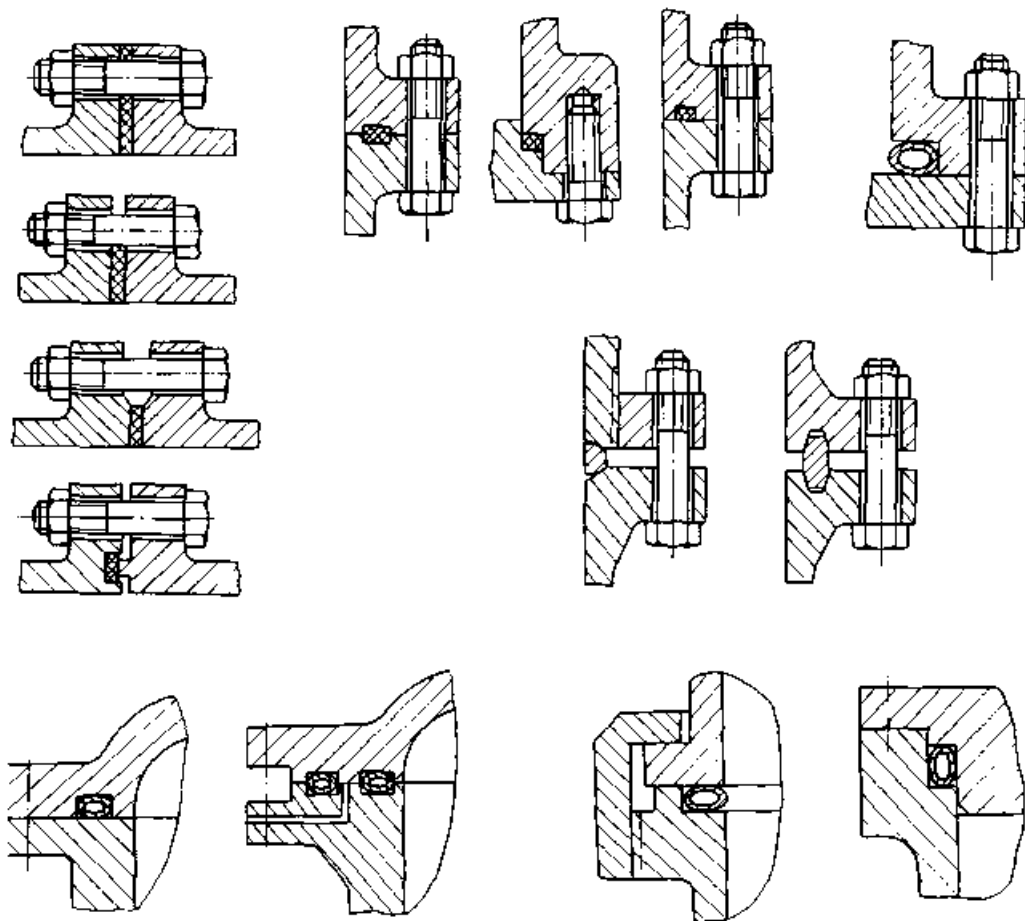


图 26.2-1 垫密封典型结构

### 2 常用密封垫片种类、材料及适用范围

垫密封常用的密封件（材料）有非金属密封垫、非金属与金属组合密封垫和金属密封垫。表 26.2-1 为常用密封垫片种类、材料及适用范围。

### 3 密封垫的选用

垫密封广泛用于机械壳体、管道以及压力容器的法兰密封中。

根据密封的结构形式、介质性质、压力、温度等选用密封垫片。

一般情况下，在常温、低压、普通介质时，

宜选用纸、橡胶或皮垫片；流体压力在 3 MPa 以下，特殊高低温（ $-180 \sim 250^{\circ}\text{C}$ ）或油、酸、碱、特殊介质时，选用聚四氟乙烯垫片；中压（ $\sim 6 \text{ MPa}$ ）、高温（ $\sim 600^{\circ}\text{C}$ ）时，宜选用非金属与金属组合垫片或金属密封垫片；在温度压力有较大波动时，选用弹性好或自紧式密封垫片（如缠绕式垫片、金属波形包垫片等）；金属空心 O 形圈适用于高温、高压、超高压、高真空、低温及介质具有放射性的场合；八角垫和椭圆垫一般用于小直径、高温高压场合；在超低温、真空、强腐蚀性、放射性流体等较苛刻条件下，考虑使用具有特殊性能的密封垫片。

密封面结构形式、表面粗糙度等对选择垫片

有直接影响。表 26.2-2 列出了各种法兰密封面 适宜配合的密封垫片

表 26.2-1 常用密封垫片种类、材料及适用范围

种类	简图	材料	适用范围		
			压力/MPa	温度/°C	介 质
纸垫片		软钢纸板	<0.4	<120	燃料油、润滑油、水等
皮垫片		牛皮或浸油、蜡、合成橡胶、合成树脂的牛皮	<0.4	-60~100	水、油、空气等
橡胶垫片		天然橡胶	1.33~10 <sup>3</sup> ~0.6	-60~100	水、海水、空气、惰性气体、盐类水溶液、稀盐酸、稀硫酸等
		丁腈橡胶	1.6	-60~120	石油产品、苯、甲苯、水酸碱等
		硅橡胶	1.6	-70~260	水、酸、酒精、氯化物溶剂、磷酸酯
		氟橡胶	1.6	-30~220	石油产品、水、酸、酒精
		合成橡胶板	~0.6	-40~60	空气、水、制动液等
夹布橡胶垫片		夹布橡胶	~0.6	-30~60	海水、淡水、空气、润滑油、燃料油等
橡胶石棉垫		高、中、低压橡胶石棉板	≤6.0	≤450	空气、压缩空气、惰性气体、蒸汽、氨、变换气、焦炉气、裂解气、水、海水、液态氨、冷凝水、≤98%硫酸、≤35%盐酸、盐类、硝氨液、硫氨液、甲胺液、烧碱、氟里昂、氢氰酸、卡普隆生产介质、聚苯乙烯生产介质
			≤4.0	≤350	
			≤1.5~6.0	≤200~450	
耐油橡胶石棉板	≤4.0	≤400	油品（汽、柴、煤、重油等）、油气、溶剂（包括丙烷、丙酮、苯、酚、糖醛、异丙醇）、浓度（质量分数）小于 30% 的尿素、氢气、硫化催化剂、润滑油、碱类		
软聚氯乙稀垫片		软聚氯乙稀板	≤1.6	<60	酸碱稀溶液及氨、具有氧化性的蒸汽及气体
聚四氟乙稀垫片		聚四氟乙稀板	≤3.0	-180~250	浓酸、碱、溶剂、油类

超星阅读器提醒您：  
 请尊重知识版权！  
 请尊重知识版权！

非  
金  
属  
密  
封  
垫

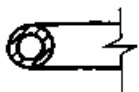

续表 26.2-1

种类	简图	材料	适用范围		
			压力/MPa	温度/°C	介质
非金属密封垫		聚四氟乙烯薄膜 包覆橡胶板或石 棉橡胶板	≤3.0	-180 -250	浓酸、碱、溶剂、油类
非金属与金属组合密封垫	夹金属丝 (网)石棉 垫片	铜(钢或不锈钢) 丝和石棉交织而 成			燃料油、润滑油、水等
	缠绕垫片	金属带:纯铜、 铝、08(15)钢、 2Cr13、1Cr13、 1Cr18Ni9Ti 非金属带:石 棉带、聚四氟乙 烯带、陶瓷纤维 带、柔性石墨带	≤6.4	≈600	蒸汽、氢气、压缩空气、 天然气、裂解气、变换气、 油品、溶剂、渣油、蜡油、 油浆、重油、丙烯、烧碱、 熔融盐载热体、酸、碱、 盐溶液、液化气、水
	金属包平垫 片	包皮材料: 铅、铜、铝、低 碳钢、不锈钢、 合金钢 垫片材料:石 棉板石棉橡胶 板、聚四氟乙 烯板、陶瓷纤维	≤6.4	≈600	蒸汽、氢气、压缩空气、 天然气、裂解气、变换气、 油品、溶剂、渣油、蜡油、 油浆、重油、丙烯、烧碱、 熔融盐载热体、酸、碱、 碱溶液、液化气、水
	金属包波形 垫片				
金属密封垫	金属平 垫片	退火纯铜、退 火铝、铅、低碳 钢、不锈钢、合 金钢	1.33× 10 <sup>-6</sup> ~20	≈600	
	金属齿形垫 片	低碳钢、不锈 钢、合金钢、铝	≥4.0	≈600	
	金属八 角垫				蒸汽、氢气、压缩空气、 天然气、裂解气、变换气、 油品、溶剂、渣油、蜡油、 油浆、重油、丙烯、烧碱、 熔融盐载热体、酸、碱、 盐溶液、液化气、水
	金属环 形垫	金属透 镜垫	低碳钢、不锈 钢、合金钢等	≥6.4	≈600
	金属椭 圆垫				

超星浏览器提醒您：  
使用本复制品  
请尊重相关知识产权！



续表 26.2-1

种类	简图	材料	适 用 范 围		
			压力/MPa	温度/°C	介 质
金属密封垫		纯铁、低碳钢、铜、铝、不锈钢、合金钢等	真空~高压	低温~高温	蒸汽、氢气、压缩空气、天然气、裂解气、变换气、油品、溶剂、渣油、蜡油、油浆、重油、丙烯、烧碱、熔融盐载热体、酸、碱、盐溶液、液化气、水
		铜丝、无氧铜丝、高纯铝丝、金银丝	$1.33 \times 10^{-6}$	-196~450	

超星浏览器提醒您：  
使用本复制品  
请尊重相关知识版权！

表 26.2-2 用于法兰密封的密封垫片






法兰名称	简 图	垫 片	压力/MPa
平面法兰		非金属软质垫片	$\leq 1.6$
		缠绕垫片	$\leq 6.4$
		金属包垫片	
凹凸面法兰		非金属软垫片	$\leq 6.4$
		缠绕垫片	
		金属包垫片	
		金属齿形垫	$\leq 20$
榫槽面法兰		非金属软垫片	$\leq 6.4$
		缠绕垫片	
		金属包垫片	
梯形槽法兰		金属八角垫	$\geq 6.4$
		金属椭圆垫	
透镜式法兰		金属透镜垫	$\geq 6.4$

表 26.2-3 列出了常用密封垫所要求的法兰表面粗糙度的经验数据。

法兰与垫片材料之间需要有硬度差，一般应使垫片的硬度低于法兰材料的硬度。使用金属垫

片时，其硬度差应大于 40HBS 为宜。

表 26.2-3 各种密封垫所要求的法兰表面粗糙度

超星阅读器提醒您：  
使用本复制品  
请尊重相关知识产权！

垫 片	法兰表面粗糙度 $Ra/\mu m$	
纸垫片	<25	
皮垫片	<25	
橡胶垫片	<25	
石棉橡胶垫片	<12.5	
聚四氟乙烯垫片	<12.5	
聚四氟乙烯包垫片	<12.5	
缠绕垫片	<12.5	
	<3.2	密封气体时
金属包垫片	<1.6	
金属齿形垫片	<1.6	
金属环形垫	<0.8	
金属空心 O 形圈	<1.6	密封液体时
	<0.4	密封气体或挥发性液体时
	更低	密封贵重、稀有、剧毒气体和轻质液体时

4 常用垫片尺寸

常用垫片尺寸见表 26.2-4~26.2-8。

表 26.2-4 凹凸面型钢制管法兰用石棉橡胶垫片 (摘自 GB/T 9126.3—1988)  
榫槽面型钢制管法兰用石棉橡胶垫片 (摘自 GB/T 9126.4—1988) (mm)



标记示例

公称直径 100 mm、公称压力 16 MPa 的凹凸面型钢制管法兰用石棉橡胶垫片：

垫片 100—16 GB/T 9126.3—1988

公称直径 100 mm、公称压力 16 MPa 榫槽面钢制管法兰用石棉橡胶垫片：

垫片 100—16 GB/T 9126.4—1988

公称通径 DN	凹凸面法兰用					榫槽面法兰用					垫片厚度 $t$			
	垫片内径 $d_1$	公称压力 PN/MPa				垫片厚度 $t$	公称压力 PN/MPa							
		1.6	2.5	4.0	5.0		1.6, 2.5, 4.0	5.0	1.6	2.5		4.0	5.0	
垫片外径 $D_0$					垫片内径 $d_1$					垫片外径 $D_0$				
10	18			34		0.8~3	24		按 PN 4.0	按 PN 4.0	34		0.8~3	
15	22	按 PN 4.0	按 PN 4.0	39	35		29	25.5			39	35		
20	27			50	43		36	33.5			50	43		

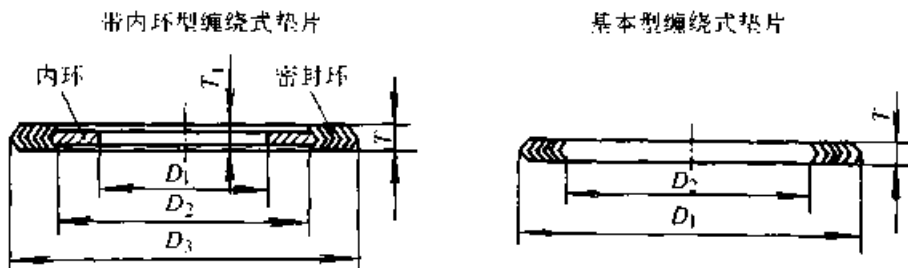
续表 26.2.4

公称通径 DN	凹凸面法兰用												垫片厚度 $t$	
	垫片内径 $d_1$	公称压力 PN/MPa				垫片厚度 $t$	公称压力 PN/MPa				垫片厚度 $t$			
		1.6	2.5	4.0	5.0		1.6, 2.5, 4.0	5.0	1.6	2.5		4.0		5.0
		垫片外径 $D_0$					垫片内径 $d_1$		垫片外径 $D_0$					
25	34			57	51		43	38			57	51		
32	43			65	63.5		51	47.5			65	63.5		
40	49			75	73		61	54			75	73		
50	61			87	92		73	73			87	92		
65	77			109	105		95	85.5			109	105		
80	89			120	127		106	108			120	127		
100	115			149	157		129	132			149	157		
125	141			175	186		155	160.5			175	186		
150	169	按 PN4.0	按 PN4.0	203	216	0.8~3	183	190.5	按 PN4.0	按 PN4.0	203	216	0.8~3	
200	220			259	270		239	238			259	270		
250	273			312	324		292	286			312	324		
300	324			363	381		343	343			363	381		
350	356			421	413		395	374.5			421	413		
400	407			473	470		447	425.5			473	470		
450	458			523	533		497	489			523	533		
500	508			575	584		549	533.5			575	584		
600	610			675	692		649	641.5			675	692		
700	712			777			751				777			
800	813	按 PN2.5		882			856		按 PN2.5		882			
900	915			987		1.5~3	961				987		1.5~3	
1 000	1 016			1 091			1 061				1 091			

表 26.2.5 钢制管法兰用带内环型、基本型缠绕式垫片

(摘自 GB/T 4622.2—1988)

(mm)



公称通径 DN	基 本 型						带 内 环 型						T <sub>1</sub>	T
	公称压力 PN/MPa						公称压力 PN/MPa							
	2.5, 4.0			5.0, 10.0, 15.0, 25.0			2.5, 4.0			5.0, 10.0, 15.0, 25.0				
	D <sub>2min</sub>	D <sub>3max</sub>	T	D <sub>2min</sub>	D <sub>3max</sub>	T	D <sub>1min</sub>	D <sub>2min</sub>	D <sub>3max</sub>	D <sub>1min</sub>	D <sub>2min</sub>	D <sub>3max</sub>		
10							15	23.6	36.4					
15				24.5	36		19	27.6	40.4	14.3	18.7	32.4		
20				32.5	44		24	33.6	47.4	20.6	25	40.1		
25				37	52		30	40.6	55.4	27	31.4	48		
32				46.5	64.5		39	49.6	66.4	34.9	44.1	60.9		
40				53	74		45	55.6	72.4	41.3	50.4	70.4	2 及 3	3.2 及 4.5
50				72	93		56	67.6	86.4	52.4	66.3	86.1		
60				84.5	106		72	83.6	103.4	63.5	79	98.9		
80				107	128		84	96.6	117.4	77.8	94.9	121.1		
100	128.5	149.5		131	158.5		108	122.6	144.4	103	120.3	149.6		
125	154.5	175.5		159.5	187	4.5	133	147.6	170.4	128.5	147.2	178.4		
150	182.5	203.5		189.5	217		160	176.6	200.4	154	174.2	210		
200	238.5	259.5		237	271		209	228.6	255.4	203.2	225	263.9		
250	291.5	312.5		285	325		262	282.6	310.4	254	280.6	317.9		
300	342.5	363.5	3.2	342	382		311	331.6	360.4	354.2	333	375.1		
350	394.5	421.5		373.5	414		355	374.6	405.4	303.2	364.7	406.8		
400	445.5	473.5		424.5	471		406	425.6	458.4	342.9	415.5	464		
450	496.5	523.5		488	534.5		452	476.6	512.4	444.5	469.5	527.5		
500	548.5	575.5		532.5	585.5		508	527.6	566.4	495.3	520.3	578.3	3 及 5	4.5 及 6.5
600	648.5	675.5		640.5	693.5		610	634.6	675.4	595.9	625.1	686.2		
700	750.5	777.5					710	734	778.5					
800	855.5	882.5	4.5				811	835	879.5					
900	960.5	987.5					909	933	980.5					
1 000	1 060.5	1 093.5												

注：国家标准没有规定垫片的适用温度范围。设计人员选用时，可参考中国石油化工总公司标准

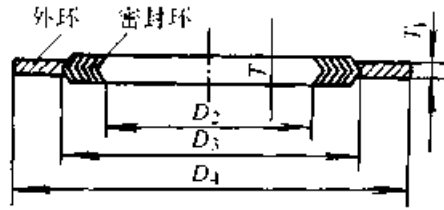
SHJ407—1989“管法兰用缠绕式垫片”规定：

不锈钢带和特制石棉带缠绕垫片： $\leq 500^{\circ}\text{C}$ ；

不锈钢带和柔性石墨带缠绕垫片： $\leq 600^{\circ}\text{C}$ （非氧化介质 $\leq 800^{\circ}\text{C}$ ）；

不锈钢带和聚四氟乙烯缠绕垫片： $-200 \sim 260^{\circ}\text{C}$ 。

表 26.2-6 钢制管法兰用带外环型缠绕式垫片 (摘自 GB/T 4622.2-1988) (mm)

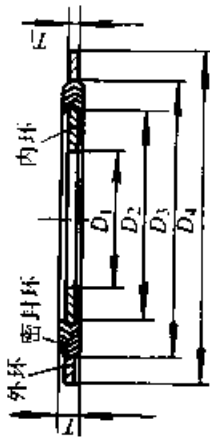


公称 通径 DN	公 称 压 力 PN/MPa													T <sub>1</sub> D <sub>4max</sub>	T	
	2.0			2.5, 4.0		2.5	4.0	5.0, 10.0, 15.0, 25.0			5.0	10.0	15.0			25.0
	D <sub>2min</sub>	D <sub>3max</sub>	D <sub>4max</sub>	D <sub>2min</sub>	D <sub>3max</sub>	D <sub>4max</sub>	D <sub>4max</sub>	D <sub>2min</sub>	D <sub>3max</sub>	D <sub>4max</sub>	D <sub>4max</sub>	D <sub>4max</sub>	D <sub>4max</sub>			
10	—	—	—	23.6	36.4	48		—	—	—		—				
15	18.7	32.4	46.5	27.6	40.4	53		18.7	32.1	52.5		62.5				
20	26.6	40.1	56.0	33.6	47.4	63		25.0	40.0	64.5		69.0				
25	32.9	48.0	65.5	40.6	55.4	73		31.4	48.9	71.0		77.5				
32	45.6	60.9	75.0	49.6	66.4	84		44.1	60.5	80.5	按 PN5.0	87.0	按 PN15			
40	53.6	70.4	84.5	55.6	72.4	94	按 PN2.5	50.4	70.1	94.5		97.0				
50	69.5	86.1	102.5	67.6	86.4	109		66.3	86.9	109.0		141.0				
65	82.2	98.9	121.5	83.6	103.4	129		79.0	98.9	129.0		163.5				
80	101.2	121.1	134.5	96.6	117.4	144		94.9	121.1	148.5		166.5	173.0	2 和 3		
100	126.6	149.6	172.5	122.6	144.1	170		120.3	149.6	180.0	192	205.0	208.5	3.2 和 4.5		
125	153.6	178.4	196.0	147.6	170.1	196		147.2	178.5	215.0	240	246.5	253.0			
150	180.6	210.0	221.5	176.6	200.4	226		174.2	210.0	250.0	265	287.5	281.5			
200	231.4	263.9	278.5	228.6	255.4	286	293	225.0	263.9	306.0	319	357.5	351.5			
250	286.9	317.9	338.0	282.6	310.4	343	355	280.6	317.9	360.5	399	434.0	434.5			
300	339.3	375.1	408.0	331.6	360.4	403	420	333.0	375.1	421.0	456	497.5	519.5			
350	371.1	406.8	449.0	374.6	405.4	460	477	364.7	406.8	484.5	491	520.0	579.0			
400	421.9	464.0	513.0	425.6	458.4	517	549	415.5	464.0	538.5	564	574.0	641.0			
450	475.9	527.5	548.0	476.6	512.4	567	574	469.5	527.5	595.5	612	638.0	702.5			
500	526.7	578.3	605.0	527.6	566.4	627	631	520.3	578.3	653.0	682	697.5	756.0			
600	631.4	686.2	716.5	634.6	675.4	734	750	625.1	686.2	774.0	790	837.5	900.5			
700				734.0	778.5	836								3 和 5		
800				835.0	879.5	945								4.5 和 6.5		
900				933.0	980.5	1045										

注：适用温度范围见表 26.2-5 注。

表 26.2-7 钢制管法兰带内外环型缠绕式垫片 (摘自 GB/T 4622.2—1988)

(mm)



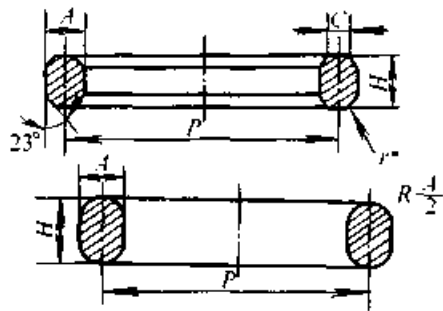
公称通径 PN	公称压力 PN/MPa																T <sub>1</sub>	T								
	2.0				2.5, 4.0				5.0, 10.0, 15.0, 25.0				10.0						15.0				25.0			
	D <sub>1min</sub>	D <sub>2min</sub>	D <sub>3max</sub>	D <sub>4max</sub>	D <sub>1min</sub>	D <sub>2min</sub>	D <sub>3max</sub>	D <sub>4max</sub>	D <sub>1min</sub>	D <sub>2min</sub>	D <sub>3max</sub>	D <sub>4max</sub>	D <sub>1min</sub>	D <sub>2min</sub>	D <sub>3max</sub>	D <sub>4max</sub>			D <sub>1min</sub>	D <sub>2min</sub>	D <sub>3max</sub>	D <sub>4max</sub>	D <sub>1min</sub>	D <sub>2min</sub>	D <sub>3max</sub>	D <sub>4max</sub>
10					15	23.6	36.4	48																		
15	14.3	18.7	32.4	46.5	19	27.6	40.4	53																		
20	20.6	26.6	40.1	56	24	33.6	47.4	63																		
25	27	32.9	48	65.5	30	40.6	55.4	73																		
32	34.9	45.6	60.9	75	39	49.6	66.4	84																		
40	41.3	53.6	70.4	84.5	45	55.6	72.4	94																		
50	52.4	69.5	86.1	102.5	56	67.6	86.4	109																		
65	63.5	82.2	98.9	121.5	72	83.6	103.4	129																		
80	77.8	101.2	121.1	134.5	84	96.6	117.4	144																		
100	103	126.6	149.6	172.5	108	122.6	144.4	170																		
125	128.5	153.6	178.4	196	133	147.6	170.4	196																		
150	154	180.6	210	221.5	160	176.6	200.4	226																		
200	203.2	231.6	263.9	278.5	209	228.6	255.4	286																		
250	254	286.9	317.9	338	262	282.6	310.4	343																		
300	303.2	339.3	375.1	408	311	331.6	360.4	403																		
350	342.9	371.1	406.8	449	355	374.6	405.4	460																		
400	393.7	421.9	464	513	406	425.6	458.4	517																		
450	444.5	475.9	527.5	548	452	476.6	512.4	567																		
500	495.3	526.7	578.5	605	508	527.6	566.4	627																		
600	596.9	631.4	686.2	716.5	610	634.6	675.4	734																		
700					710	734	778.4	836																		
800					811	835	879.5	945																		
900					909	933	980.5	1045																		

超星浏览器提醒您：  
使用本复制品  
请尊重相关知识版权！

注：适用温度范围见表 26.2.5 注。

表 26.2-8 钢制管法兰连接用八角形金属环垫 (摘自 GB/T 9128.1—1988)

钢制管法兰连接用椭圆形金属环垫 (摘自 GB/T 9128.2—1988) (mm)



标记示例

材料为0Cr19Ni9, 环号为 R21 的八角形金属环垫:

八角环垫 R21-0Cr19Ni9 GB/T 9128.1-1988

注:  $r = 1.6$  mm (环宽  $\leq 22.2$  mm)  $r = 2.4$  mm (环宽  $> 25.4$  mm)

材料为0Cr19Ni9, 环号为 R21 的椭圆形金属环垫:

椭圆环垫 R21-0Cr19Ni9 GB/T 9128.2-1988

公称压力 PN/MPa					环号	节径 P	环宽 A	八角形垫 (GB/T 9128.1-1988)			椭圆形垫 (GB/T 9128.2-1988)	
2.0	5.0, 10.0	15.0	25.0	42.0				环高 H	环的平面宽度 C	理论质量/kg	环高 H	理论质量/kg
公称通径 DN												
25	15				R11	34.14	6.4	9.5	4.3	0.05	11.1	0.05
		15	15		R12	39.67	7.9	12.7	5.2	0.1	14.3	0.1
32	20			15	R13	42.88	7.9	12.7	5.2	0.1	14.3	0.11
		20	20		R14	44.45	7.9	12.7	5.2	0.1	14.3	0.11
40	25			20	R15	47.62	7.9	12.7	5.2	0.11	14.3	0.12
		25	25		R16	50.80	7.9	12.7	5.2	0.11	14.3	0.12
50	32			25	R17	57.15	7.9	12.7	5.2	0.13	14.3	0.14
		32	32		R18	60.32	7.9	12.7	5.2	0.14	14.3	0.15
65	40			32	R19	65.07	7.9	12.7	5.2	0.15	14.3	0.16
		40	40		R20	68.27	7.9	12.7	5.2	0.15	14.3	0.17
80	50			40	R21	72.74	11.1	15.9	7.7	0.29	17.5	0.3
		50	50		R22	82.55	7.9	12.7	5.2	0.19	14.3	0.2
100	65			50	R23	82.55	11.1	15.9	7.7	0.33	17.5	0.34
		65	65		R24	95.25	11.1	15.9	7.7	0.38	17.5	0.39
125	80			65	R25	101.60	7.9	12.7	5.2	0.23	14.3	0.25
		80	80		R26	101.60	11.1	15.9	7.7	0.41	17.5	0.42
150	100			80	R27	107.95	11.1	15.9	7.7	0.43	17.5	0.45
		100	100		R28	111.12	12.7	17.5	8.7	0.56	19	0.57
200	125			100	R29	114.30	7.9	12.7	5.2	0.26	14.3	0.28
		125	125		R30	117.48	11.1	15.9	7.7	0.47	17.5	0.49
250	150			125	R31	123.82	11.1	15.9	7.7	0.5	17.5	0.51
		150	150		R32	127	12.7	17.5	8.7	0.64	19	0.65
300	200			150	R33	136.52	11.1	15.9	7.7	0.55	17.5	0.56
		200	200		R34	139.70	12.7	17.5	8.7	0.69	19	0.70
350	250			200	R35	149.22	7.9	12.7	5.2	0.34	14.3	0.37
		250	250		R36	152.40	11.1	15.9	7.7	0.58	17.5	0.59

续表 26.2-8

公称压力 PN/MPa					环号	节径 P	环宽 A	八角形垫 (GB/T 9128.1—1988)			椭圆形垫 (GB/T 9128.2—1988)	
2.0	5.0, 10.0	15.0	25.0	42.0				环高 H	环的平面 宽度 C	理论质量/ kg	环高 H	理论质量/ kg
125	100	100		100	R37	149.22	11.1	15.9	7.7	0.6	17.5	0.62
					R38	157.18	15.9	20.6	10.5	1.14	22.2	1.16
	125	125		100	R39	161.92	11.1	15.9	7.7	0.65	17.5	0.67
					R40	171.45	7.9	12.7	5.2	0.39	14.3	0.42
					R41	180.98	11.1	15.9	7.7	0.73	17.5	0.75
	150	150		125	R42	190.5	19	23.8	12.3	1.88	25.4	1.9
					R43	193.68	7.9	12.7	5.2	0.44	14.3	0.48
R44					193.68	11.1	15.9	7.7	0.78	17.5	0.8	
R45					211.14	11.1	15.9	7.7	0.85	17.5	0.87	
R46					211.14	12.7	17.5	8.7	1.06	19	1.08	
200	200		150	R47	228.6	19	23.8	12.3	2.25	25.4	2.28	
				R48	247.65	7.9	12.7	5.2	0.56	14.3	0.61	
				R49	269.88	11.1	15.9	7.7	1.08	17.5	1.12	
				R50	269.88	15.9	20.6	10.5	1.95	22.2	1.99	
250	250		200	R51	279.40	22.2	27	14.8	3.69	28.6	3.65	
				R52	304.8	7.9	12.7	5.2	0.99	14.3	0.75	
				R53	323.85	11.1	15.9	7.7	1.3	17.5	1.34	
300	300		250	R54	323.85	15.9	20.6	10.5	2.34	22.2	2.39	
				R55	342.90	28.6	34.6	19.8	7.67	36.5	7.34	
				R56	381	7.9	12.7	5.2	0.86	14.3	0.94	
				R57	381	11.1	15.9	7.7	1.53	17.5	1.53	
350	350		300	R58	381	22.2	27	14.8	5.03	28.6	4.97	
				R59	396.88	7.9	12.7	5.2	0.9	14.3	0.97	
				R60	406.4	31.8	38.1	22.3	11.08	39.7	10.48	
400	350		350	R61	419.1	11.1	15.9	7.7	1.68	17.5	1.73	
				R62	419.1	15.9	20.6	10.5	3.03	22.2	3.09	
	400	400		350	R63	419.1	25.4	31.8	17.3	7.55	33.3	7.31
					R64	454.02	7.9	12.7	5.2	1.03	14.3	1.11
					R65	469.9	11.1	15.9	7.7	1.89	17.5	1.94
	400	400		400	R66	469.9	15.9	20.6	10.5	3.1	22.2	3.46
					R67	469.9	28.6	34.9	19.8	10.51	36.5	10.06



续表 26.2-8

公称压力 PN/MPa					环号	节径 P	环宽 A	八角形垫 (GB/T 9128.1—1988)			椭圆形垫 (GB T 9128.2—1988)	
2.0	5.0, 10.0	15.0	25.0	42.0				环高 H	环的平面 宽度 C	理论质量/ kg	环高 H	理论质量 kg
公称通径 DN												
450	450	450	450		R68	517.52	7.9	12.7	5.2	1.17	14.3	1.27
					R69	533.4	11.1	15.9	7.7	2.14	17.5	2.21
					R70	533.4	19	23.8	12.3	5.25	25.4	5.33
500	500	500	500		R71	533.4	28.6	34.9	19.8	11.93	36.5	11.42
					R72	558.8	7.9	12.7	5.2	1.26	14.3	1.37
					R73	584.2	12.7	17.5	8.7	2.93	19	2.98
600	600	600	600		R74	584.2	19	23.8	12.3	5.75	25.4	5.84
					R75	584.2	31.8	38.1	22.3	15.92	39.7	15.06
					R76	673.1	7.9	12.7	5.2	1.52	14.3	1.65
					R77	692.15	15.9	20.6	10.5	5	22.2	5.1
600	600	600	600		R78	692.15	25.4	34.8	17.3	12.7	33.3	12.07
					R79	692.15	34.9	41.2	24.8	22.55	44.4	21.99

- 注：1. 环垫材料及使用温度范围见表 26.2.9。  
 2. 软铁的化学成分（质量分数）见表 26.2-10。  
 3. 环垫的材料硬度值应比法兰材料硬度值低 30--40HBS，其最大硬度值见表 26.2-11。  
 4. 环垫尺寸的极限偏差见表 26.2-12。

表 26.2-9 环垫材料及使用温度范围 (°C)

材料牌号	铁	08 或 10	0Cr13	00Cr17Ni14Mo2	0Cr18Ni9
最高适用温度	450	450	540	450	600

表 26.2-10 软铁的化学成分 (%)

w <sub>C</sub>	w <sub>Si</sub>	w <sub>Mn</sub>	w <sub>P</sub>	w <sub>S</sub>
<0.05	<0.4	<0.6	<0.035	<0.04

表 26.2-11 环垫材料最大硬度值

环垫材料	软铁	08 或 10	0Cr13	00Cr17Ni14Mo2	0Cr19Ni9
最大硬度值 HBS	90	120	160	150	160

表 26.2-12 环垫尺寸的极限偏差

尺寸代号	P	A	H	C	角度 23°	r
极限偏差/mm	±0.18	±0.2	±0.4	±0.2	±0.5°	±0.4

注：只要环垫的任意两点的高度差不超过 0.4 mm，环垫高度 H 的极限偏差可为 ±1.2 mm

## 第3章 胶粘型密封

浏览器提醒您：  
使用本复制品  
请尊重相关知识产权！

胶粘型密封是向密封面之间提供胶粘性的，甚至可以半固化、固化或磁化的密封剂，利用密封剂的胶粘阻力和半固化、固化或磁化膜的阻断能力达到密封目的。

胶粘性密封可作为静密封，典型代表是胶密封和堵漏。也可作为动密封，典型代表是磁流体密封。

### 1 胶密封

密封胶是胶粘剂的一种，有相当好的封堵堵塞作用。密封胶粘接强度有限，需同时采用联接件。胶密封联接属可拆联接。

胶密封可广泛用于法兰、阀门、接头、弯

头、插口、筒体及螺纹等结合面的密封。

目前，密封胶主要有液态密封胶、厌氧密封胶和热熔型密封胶。

#### 1.1 液态密封胶

液态密封胶又称液体垫片，通常按涂敷后成膜情况分为干性剥离型、干性附着型、半干性粘弹型及不干性粘接型四种。其中半干性粘弹型具有耐压和柔软的特点，且拆卸时可剥离，使用方便，目前应用较普遍。表 26.3-1 为液态密封胶的主要品牌、特点及用途，表 26.3-2 列出了几种常用液态密封胶的性能。

表 26.3-1 液态密封胶品牌、特点及用途

牌号名称	类型	组成	特点	用途
铁锚 601	半干性粘弹型	聚酯型聚氨酯、填料、溶剂	浅黄色黏稠液，承受压力为 1.4 MPa，使用温度为 150°C，容易拆卸，具有防漏、耐潮、耐压、耐介质等特性	用于法兰联接、螺纹联接，承插联接
铁锚 602	半干性粘弹型	聚酯型聚氨酯、填料、溶剂	蓝色黏稠液，承受压力为 1.4 MPa，使用温度为 200°C，容易拆卸，热分解温度为 332°C	用于法兰联接、螺纹联接，承插联接
铁锚 603 (W-1)	不干性粘接型	聚酯型聚氨酯、聚酯环氧树脂、助剂及填料	灰色黏稠液，承受压力为 1 MPa，使用温度为 200°C，容易拆卸，热分解温度为 220°C，耐振动，抗冲击，耐腐蚀	用于机械及液压泵的法兰联接，以及承插联接
812 密封粘接两用胶		聚酯型聚氨酯、硅油	液体，双组分，抗剪强度（铝）> 3 MPa，使用温度为 -60 ~ 130°C	用于金属、水泥、木材、陶瓷料板等材料的密封和联接，如冷藏设备的密封防水及大型油罐、管道的保温粘接

续表 26.3-4

牌号名称	类型	组成	特点	用途
W-2	不干性粘接型	聚醚型聚氨酯、环氧树脂	无溶剂非固化型, 承受压力为 1.6 MPa, 结合力 > 0.06 MPa, 热分解温度为 190°C, 具有良好的粘附性和触变性, 耐油、水及有机溶液	用于运输器材、机床和仪器等机械结合部位
W-4	不干性粘接型	聚醚型聚氨酯、聚醚环氧树脂、助剂及填料	绿色黏稠液, 泄漏压力为 1.3 MPa, 使用温度为 180°C, 可拆性较差	用于机械及液压泵的法兰连接, 以及承插连接
DW-4 低温胶		环氧改性聚氨酯	黏度大, 固化速度快, 抗剪强度 (铝) 为 10 MPa, 使用温度为 -269 ~ +40°C	用于低温管道及低温容器的粘接、密封, 特别适用快速固化的场合
CHG-333 低毒灌封胶		环氧树脂及改性胺	液体, 双组分, 固化 (70°C) 8 h, 抗弯强度为 400 MPa, 抗压强度为 111 MPa, 冲击韧度为 760 N·cm/cm <sup>2</sup> , 相对介电常数为 4.32, 毒性小, 耐潮性好	用于电器设备, 电子元件的灌封, 以及可粘接金属、陶瓷、玻璃等材料的粘接
密封-4		环氧树脂	液体, 双组分, 固化 150°C, 2 h, 抗剪强度 (铝) > 23 MPa	用于玻璃、石英、金属等材料的封接、粘接以及封接真空管件
HY-962 石油容器补漏胶		环氧树脂	黏稠液体, 抗剪强度为 (铝) 10 ~ 20 MPa, 剥离强度 > 0.25 MPa, 固化快, 表面油污状态亦可使用	用于石油容器快速修补及一般金属容器的修补
XY01 密封胶		环氧树脂	黏稠液体, 固化: 室温, 48 h, 密封效果好, 使用温度 < 200°C	主要用于高真空器件的真空、堵漏、仪器、电子器材等密封
J-13 耐碱密封胶		环氧树脂及酚醛树脂	单组分液体密封胶, 使用温度为 -60 ~ 60°C, 抗剪强度 > 20 MPa, 耐碱	用于介质呈碱性的场合
铁锚 609	干性剥离型	酚醛-定脒、填料及溶剂	浅棕色, 易成膜, 弹性好, 使用温度为 250°C, 黏度为 3 ~ 7 Pa·s, 堵漏、耐温、耐压、耐介质、抗振动	用于通用机械等产品的平面法兰连接, 机床油箱端面的封接, 可用于有坡度或间隙较大处

续表 26.3-1

牌号名称	类型	组成	特点	用途
MF-1 液态密封胶	不干性粘接型	酚醛树脂、蓖麻油、氧化镁、过氯乙烯树脂	黏稠单组分液态，灰色液体，使用温度为 $-20 \sim 100^{\circ}\text{C}$ ，热分解温度为 $230^{\circ}\text{C}$ ，承受压力为 $1.4\text{ MPa}$ ，黏度 $(2.0 \sim 2.4) \times 10^3\text{ Pa}\cdot\text{s}$	用于各种法兰面、管接头、盖板及其他机械结合面静密封，防止水、油、气、药品漏出，用于机床、阀门、压缩机、液压泵等联接部位的密封
可剥性密封胶		过氯乙烯树脂	浅黄色黏稠液体，单组分，粘接力强，具有良好的耐水性、耐油性及密封性	用于机床、交通运输机械及仪器等部件结合面密封，亦可粘接 PVC 聚苯乙烯织物等
PBI 聚苯并咪唑胶		15% 聚苯并咪唑的二甲基酰胺溶液	抗剪强度（铝合金）为 $30\text{ MPa}$ ，使用温度为 $-253 \sim 538^{\circ}\text{C}$	用于不锈钢、碳钢、铜、铝合金的密封及粘接
G-4 密封胶	不干性粘接型	多联苯醚树脂及铅粉等助剂	黏度 $400\text{ Pa}\cdot\text{s}$ ，耐压 $1.2 \sim 1.4\text{ MPa}$	用于耐高温管道以及紧固件等的密封
尼龙液垫	干性剥离型	尼龙树脂	乳白色黏稠液，黏度 $1.5 \sim 1.6\text{ Pa}\cdot\text{s}$ ，使用温度为 $-50 \sim 250^{\circ}\text{C}$ ，泄漏压力为 $1.5\text{ MPa}$ ，热分解温度为 $317^{\circ}\text{C}$ ，易拆	
M-1 密封胶		尼龙酚醛的改性物	黏稠液体，黏度 $1.5 \sim 1.6\text{ MPa}\cdot\text{s}$ ，使用温度为 $-50 \sim 150^{\circ}\text{C}$ ，热分解温度为 $320^{\circ}\text{C}$ ，结合力为 $0.12\text{ MPa}$ ，耐压为 $4\text{ MPa}$ ，耐水、汽油及变压器油	用于泵、油箱、仪器、设备结合面静密封
M-3 (JC <sub>5</sub> A) 防锈密封胶		聚酯	单组分黏稠液体，黏度 $100\text{ Pa}\cdot\text{s}$ ，结合力为 $0.071 \sim 0.086\text{ MPa}$ ，使用温度为 $-40 \sim 250^{\circ}\text{C}$ ， $150^{\circ}\text{C}$ 时密封性大于 $2.5\text{ MPa}$ ，耐水、耐汽油	用于机械、仪器的静密封及防锈
7302 密封胶	不干性粘接剂	涤纶树脂改性后的缩聚物	棕黄色膏状，黏度 $(230 \sim 380)\text{ Pa}\cdot\text{s}$ ，使用温度为 $-40 \sim 140^{\circ}\text{C}$ ，热分解温度为 $318^{\circ}\text{C}$ ，耐压 $>4\text{ MPa}$ ，不挥发成分质量分数含量为 $80\%$ ，耐油，易拆	用于机械设备的法兰及螺纹的密封防漏

续表 26.3-1

牌号名称	类型	组成	特点	用途
7303 密封胶		改性涤纶树脂及酚醛树脂	单组分, 膏状, 不挥发成分质量分数 $\geq 85\%$ , 相对密度 1.2, 最高使用温度为 $300^{\circ}\text{C}$ , 耐压 $> 7\text{ MPa}$ , 耐水、油、甲苯, 以及硫酸等介质	
7304 密封胶	不干性粘接剂	聚碳酸酯及酚醛树脂的改性物	呈膏状, 单组分, 不挥发成分质量分数为 $90\%$ , 密封后耐压 $> 7\text{ MPa}$ , 最高使用温度为 $350^{\circ}\text{C}$ , 对金属附着力强	
730 液态密封胶			绝缘性及耐水性良好	用于大型氢冷汽轮发电机端盖、端罩等的密封
高分子液态密封胶			小间隙密封可直接使用, 大间隙密封可与固体垫片配合使用	用于水、石油、煤气等管道法兰螺纹的密封
T <sub>2</sub> -系列胶			灌注性能良好, 耐水、耐土壤腐蚀	用于机械粘接、设备维修、铸件堵漏、水下施工及多种材料的粘接和密封
XF-06 液态密封胶		氯化丁基橡胶	灰白色黏稠液体, 含固量的质量分数为 $48\% \sim 52\%$ , 使用温度为 $-40 \sim 150^{\circ}\text{C}$ , 剥离强度 $25\text{ MPa}$ , 具有优良的耐酸、碱、耐化学药品性能	用于包装喹啉、吡啶等所用铁桶的密封
SP-826 密封粘堵胶		丁基橡胶、乙丙橡胶	条状, 粘附性强, 弹性好, 无毒, 使用温度 $-40 \sim 100^{\circ}\text{C}$ , 耐水、油、酸、碱	用于油槽、油箱的应急堵漏, 贮水容器的堵漏及密封
M-7 密封胶		液体聚硫橡胶及重铬酸盐	膏状物, 黏度 $> 100\text{ Pa}\cdot\text{s}$ , 耐水、油好, 活性期为 $1.5 \sim 2\text{ h}$	用于油箱及通用机械设备的密封
PR <sub>1422</sub> BT 密封胶		液体聚硫橡胶及重铬酸盐	使用温度为 $-50 \sim 100^{\circ}\text{C}$ , 耐压 $1.5\text{ MPa}$ , 脆化温度为 $-38^{\circ}\text{C}$ , 伸长率为 $364\%$	用于铆接、螺栓以及设备结构的缝隙密封

表 26.3-2 常用液态密封胶性能

类型与牌号	干性附着型	干性剥离型			半干性黏弹型		不干性粘接型					
	机床密封填料	No.4	尼龙液体塑料	铁锚 609	铁锚 601	铁锚 602	7302 <sup>①</sup>	W-1	W-4	G-1	MF-1	
一般理化性能	密度/ kg·m <sup>-3</sup>	1 100	1 200	950	1 800	1 200	1 800	1 700	1 200	2 400	5 000	1 400
	黏度/ Pa·s	2.6~	5~	1.5~	3~	39~	280~	230~	400~	550~	250~	200~
		2.8	7	1.6	7	44	320	380	420	600	300	240
	不挥发成分/%	11.7	46.8	43.1	22.3	35.2	20.7	64.5	48.1	48.3	70.5	30.8
	接合力/ MPa	0.316	0.352	0.122	0.193	0.084	0.154	0.091	0.047	0.064	0.063	0.075
	流动性/ mm·min <sup>-1</sup>	91	200	600	77	0	2.3	97	0	0	0	0.5
热分解温度/°C	219	291	317	370	319	332	318	220	241	520	230	
耐介质性能 <sup>②</sup>	水 (25°C, 24 h)	-4.16	+0.66	15.91	-2.05	-0.46	1.41	-9.06	-0.10	-7.19	-7.19	-0.70
	L-AN32 油 (80°C, 24 h)	-4.6	+14.23	-7.13	+11.0	+3.94	-0.19	-9.24	+1.34	+3.56	-2.56	+6.16
	120号汽油 (25°C, 24 h)	+5.44	-5.47	-19.4	+1.15	+2.70	26.7	-0.92	5.69	+3.53	-26.6	-21.6
施工性能	涂敷性	好	好	好	稍差	好	好	较好	较好	较好	较好	好
	去除性	较难	可剥离, 加热后难	较易	易	可剥离	可剥离	可剥离, 加热后难	可剥离	可剥离	可剥离	可剥离
适用部位	平面	优	优			优		优				
	螺纹面	优	劣			可		优				
	嵌入部位	优	劣			良		优				
	装配时有滑动部位	劣	劣			劣		可				
与垫片组合使用时的耐热、耐压性	良	优			优		优					

① 7302 胶在 80°C 以上为干附着型。

② 增重率 (%)。

## 1.2 厌氧胶

厌氧胶以丙烯酸酯为主, 添加少量引发剂、促进剂和稳定剂配制而成。

厌氧胶常态下为胶水状液体, 在空气中不硬化。进入密封面间在隔绝空气, 即无氧情况下发生聚合, 从液态转变为固态。油、水和有机溶剂

均可促进固化。

因此, 厌氧胶属于固化型。厌氧胶固化后不仅起密封作用, 同时还起连接密封面的作用, 能耐酸、碱、盐、水、油类、醇类等介质, 有良好的耐压、耐高低温特性。另外, 厌氧胶是电绝缘体, 不会产生电偶腐蚀作用。表 26.3-3 为厌氧胶的主要品牌、性能及用途, 表 26.3-4 为厌氧

胶与液态密封胶使用性能比较。

表 26.3-3 厌氧胶的主要品牌、性能及用途

牌号 名称	主要 组分	主要性能							固 化 时 间/ h	用 途	
		外观	黏度/ mPa·s	适用 温度/℃	抗剪强度/ MPa		力矩/ N·m				
					铝	钢	破坏	退出			
铁锚 300	甲基丙 烯酸羟丙 酯、引发 剂、促进 剂、稳定 剂	无色液体	9~15	-30~120							适用于细牙螺栓轴承、 管道等密封及连接。用 于平面粘接，铸件微细 孔的修补。对于活性金 属材料特别有效
铁锚 350	双甲基 丙烯酸聚 氨酯、少 量促进 剂、稳定 剂	棕黄色 液体	1 200~ 1 600	-30~120	13~14	18~20	20	25~30	8		
铁锚 302	丙烯酸 酯、少量 的引发剂 等助剂	浅黄色 液体	9~10	-30~60		30	>30	>40	0.5	螺栓紧固和防振、螺 纹联接的平面间密封、 机械过盈装配、金属或 非金属的粘接及铸件砂 眼的修补	
铁锚 322		浅黄色 液体	600~ 800	-55~120		6	4~6	1~3	0.5		
铁锚 342		浅黄色 液体	600~ 800	-55~ 120		8.5	8~10	2~5	0.5		
铁锚 351		桔红色 液体	300~ 500	-55~ 120		21	>30	>40	0.5		
铁锚 352		桔红色 液体	400~ 600	-55~ 120		22.5	>30	>40	0.5		
铁锚 353		黄色悬 浮液	900~ 1 100	-50~ 150		21	>30	>40	0.5		
铁锚 360		褐色溶 液	800~ 1 000	-55~ 150		17	>10	>20	0.5		
铁锚 370		褐色溶 液	700~ 900	-55~ 150		19	>10	>20	0.5		
铁锚 372		土黄色 悬浮液	1 500~ 2 000	-55~ 200			>10	>20	0.5		

超星浏览器提醒您：  
使用本资源时，  
请尊重相关知识产权！

续表 26.3-3

牌 号 名 称	主 要 组 分	主 要 性 能								用 途
		外 观	黏 度 / mPa·s	适 用 温 度 / <sup>o</sup> C	抗 剪 强 度 / MPa		力 矩 / N·m		固 化 时 间 / h	
					铝	钢	破 坏	退 出		
Y-150	甲基丙 烯酸环氧 酯及甲基 丙烯酸二 缩三乙二 醇酯	茶色溶 液	150~300	<150		>15	31~ 38	31~ 38	1~2	用于管接头, 结合面的耐 压密封防漏, 各种螺纹 件的防松及密封, 轴承 等装配固定, 不同材料 的粘接及密封
XQ-1	309 聚 酯、内烯 酸	茶色溶 液	200~ 300	<100	9.5	14		20	1~2	
Y-80	甲基丙 烯酸二缩 三乙二醇 酯 甲基丙 烯酸苯甲 酸二缩三 乙二醇酯	液体	185		>4	>5	8	7.5	1~2	用于运输机械的螺钉 等紧固密封, 平面法兰 的密封防漏, 轴承、键 的装配固定及粘接
Y-82		液体	164	-100	>6.5	>8.5	12.5	10	无溶剂 慢固化	
YN- 601	双基丙 烯酸酯			-30 ~80	14.7~ 21	18~ 33.8	—	—	24~ 48	
BN- 601	甲基丙 烯酸酯 环氧丙 烯酸酯	液体		<100		8~22	>23	26	3~5 (min)	用于金属、玻璃、陶 瓷、塑料的设备, 螺栓 密封防漏、紧固及粘接
BN- 501		液体	8 000~ 14 000	-40~ 50				>20	0.5	
A- 791	丙烯酸 环氧酯	液体	200~ 300	-30~ 150			15	—		用于钢铁、铜、铝、 玻璃、陶瓷等材质的紧 固密封及粘接
YY- 101	双丙烯 酸酯	液体	50~70	<150	5~7	4~9	20~25	—	24~48	用于金属零部件的密 封固定、粘接, 如平面 法兰及螺纹联接及轴承 等装配固定
YY- 102		液体	15~ 20			8~ 10	20~ 30	—	24~ 48	



超星浏览器提醒您：  
使用本复制品  
请尊重相关知识  
版权！

续表 26.3-3

牌 号 名 称	主 要 组 分	主 要 性 能								用 途
		外 观	黏 度/ mPa·s	适 用 温 度/°C	抗 剪 强 度/ MPa		力 矩/ N·m		固 化 时 间/ h	
					铝	钢	破 坏	退 出		
J-51 室 温固 化 厌氧 胶	丙 烯 酸 酯	液 体		20~ 100		>26			1.5	用于金属材料的接头密封、固定及粘接
KYY- 1	双 酚 A 环 氧 树 脂 甲 基 丙 烯 酸 酯	油 性 液 体	黏 稠	-30~ 150	带 油 3.3	带 油 54	带 油 76.5		24~ 72	能粘接金属、玻璃及其他非透气性材料、用于螺栓的紧固、平面法兰及螺纹联接的密封
KYY- 2		油 性 液 体	黏 稠	-30~ 150	带 油 2.8	带 油 66.5	带 油 68.5		24~ 72	
KYY- 3	丙 烯 酸 酯	液 体		-50~ 150			>10	>20		用于各种螺纹紧固件、轴承与座孔法兰等紧固密封或用于金属及某些不透气非金属材料的粘接
GY- 168		触 变 性 黏 稠 液	150	-50~ 120		>6				用于机械的平面结合螺纹联接、泵壳体的密封、防止漏水、漏气、漏油
GY- 240	甲 基 丙 烯 酸 酯	触 变 性 黏 稠 液				>5	10~ 30			用于需要经常维修拆卸的螺栓紧固
GY- 260		液 体	1 000~ 3 000	-55~ 150		>10	18~ 35		1	用于螺纹件紧固、平面法兰、特别是大部件的高强度的紧固密封
GY- 280		液 体	10~15			>10	2~20		0.5	掺入性厌氧胶、用于焊缝及铸件气孔的堵塞密封
GY- 340	E-44 环 氧甲 基丙 烯酸 酯、 双甲 基丙 烯酸 二缩 三乙 二醇 酯	液 体	150~ 300	-50~ 160			15~ 20	47~ 49	1~2	用于螺栓紧固、轴承装配、管道套接固定兼密封、平面结合部件密封及铸焊件的砂孔、裂缝填补

表 26.3-4 厌氧胶与液态密封胶使用性能比较

项 目	胶 种	
	厌氧胶	液态密封胶
结合强度	较大, 拆卸较困难	较小, 拆卸方便
耐压性	适用于中压或高压	适用于低压或中压
使用部位	螺纹, 管接头, 轴承	平面法兰
间 隙	$\leq 0.3$ mm (有些胶 $< 0.1$ mm)	$\leq 0.1$ mm (大于 0.1 mm 时要与垫片结合)
价 格	较高	较低

### 1.3 热熔型密封胶

热熔型密封胶广泛用于各种机械设备接合部位的密封, 尤其适用于造船、机床、汽车及工程机械等工业密封。

热熔型密封胶具有优异的耐压性和一定的可

拆性, 便于施工操作。

热熔型密封胶使用时需加热熔融后涂敷, 并经冷却固化后达到密封效果。熔融及涂敷可用手工操作或采用各类专用熔融涂敷机械完成。热熔型密封胶的选用可参考表 26.3-5。

表 26.3-5 常用热熔型密封胶的类型及性能

类 型	软化点/ °C	熔点/ °C	抗拉强度/ MPa	伸长率/ %	抗剪强度/ MPa	剥离强度/ MPa
乙烯醋酸乙烯共聚物 (EVA)	40	95	15.9	800		0.016
乙烯-丙烯酸乙酯共聚物 (EEA)	60	93	11.0	700		0.072
乙烯-丙烯酸共聚物 (EAA)	70		17.4	600	10	0.02
EAA 衍生物	75		23.2	450		0.02
聚酰胺树脂	100		11.6	300	5.6	
聚酯树脂		260	26.1	500		0.08
聚乙烯树脂	77~98	136	11.6	450		0.032
聚酯酸乙烯酯	65~195		29.0	10		
聚乙烯醇缩丁醛			37.8	100		

### 1.4 密封胶的应用

根据具体使用要求选用密封胶类型, 液态密封胶可单独使用或与固体垫片并用 (密封面间间隙大于 0.1 mm 时)。

厌氧胶的选用主要根据使用条件、密封介质特性、密封面的状态、密封件的材料及涂敷工艺等要求综合考虑。一般情况下, 承受冲击载荷的场合, 应选用强度较高的胶; 温差变化很大时, 应选用韧性好的胶; 密封气体时, 选用成膜性更好的胶; 密封液体时, 要注意胶与介质两者不得互相溶解; 间隙较大或表面粗糙时, 选用黏度较

大的胶; 密封面积大或表面光滑时, 选用黏度较小的胶; 密封件材料为非金属时, 可选用低强度胶; 金属材料则用高强度胶。

使用胶密封时, 应仔细清除密封面上的水、油污、灰尘、铁锈、漆皮等。清洗剂可选用煤油、丙酮、香蕉水、醋酸乙酯、碳酸钠、偏硅酸钠、稀氢氧化钠等, 还可采用三氯乙烯蒸汽清理密封面。

两个密封面必须彼此贴合, 间隙维持在 0.1~0.2 mm, 最大不超过 0.8 mm。

密封胶需涂刷均匀, 不得有漏涂之处。

固化型密封胶在室温固化, 通常需要 24 h。

加热固化, 缩短为1~3 h。对于厌氧胶, 需进行24 h室温固化。若在厌氧胶内加入固化促进剂, 则在数分钟内可固化。

多组分密封胶需按规定配比, 现用现配, 在规定期内用完。

密封胶不得作为承受载荷的联接手段, 凡有载荷之处, 需另外配备联接紧固件。

## 2 堵漏

### 2.1 无压堵漏

无压堵漏适用于对机器设备的砂眼、破洞等

漏点进行堵漏和修复。无压堵漏在不允许电焊或气焊动火的场合(例如煤气柜堵漏), 以及不便于电焊或气焊的机器结构(例如不锈钢泵、铸件砂眼堵漏)中有着特殊的应用价值。

无压堵漏采用胶粘剂把两种材料粘接在一起。胶粘剂比密封胶具有更强的联接强度, 可以代替焊接、铆接、螺纹联接、套接等联接方法。胶粘剂粘合的密封面是不可拆的, 除非使用强力进行破坏性拆开。

表 26.3-6 和表 26.3-7 列出了胶粘剂的主要牌号、特点和用途, 表 26.3-8 列出了胶粘剂的特性, 表 26.3-9 列出了胶粘剂的选用。

表 26.3-6 胶粘剂的牌号、特点和用途

类型	牌号	组分	工艺要求	特点	用途
通用胶粘剂	GH-20 改性聚酰亚胺脂胶	单组分	不需加压加热	耐酸、碱、水性好, 耐辐射	软 PVC 之间的粘接, 钢、橡胶、木与金属之间在干湿条件下粘接
	新 KH-601		1. 表面处理 2. 涂胶粘合固定 3. 常温固化数小时	常温固化速度快, 使用温度为 -40~70°C, 但耐热耐溶剂性差	粘接金属、玻璃、塑料(聚乙烯和氟塑料除外)
	JSF-4		1. 两次涂胶, 工艺较复杂 2. 加压加热, 固化压力为 0.5 MPa, 155°C	使用温度 60°C, 韧性大	粘接金属、玻璃、陶瓷及层压塑料
结构胶粘剂	自力-2		加压加温, 固化压力为 0.2~0.3 MPa, 170°C, 2 h	使用温度为 -55~60°C, 耐疲劳, 寿命长, 但耐热性不高	各种金属粘接
	J-03		加压加温, 固化压力为 0.3~0.5 MPa, 165°C, 3 h	粘接强度高, 韧性好, 使用温度为 -60~150°C	金属间或金属与非金属的粘接
	201 (FSC-1 胶)	单组分	1. 相对湿度 80% 以下涂胶三次, 每次间隔 15~30 min 2. 加热加压 0.1 MPa, 160°C, 2~3 h	强度高, 耐老化, 耐油、耐水, 性能稳定, 使用温度为 -70~150°C	铝合金、玻璃、酚醛塑料等材料的粘接
	202 (FSC-2 胶)		1. 相对湿度 80% 以下涂胶三次, 每次间隔 15~30 min 2. 加热加压 0.1 MPa, 160°C, 2~3 h	强度高, 使用温度为 100~120°C, 耐老化, 耐水、耐油, 性能稳定	钢、铝合金、玻璃、玻璃钢、陶瓷等材料的粘接

续表 26.3-6

类型	牌号	组分	工艺要求	特 点	用 途
结构胶 粘剂	204 (JF-1 胶)	单组分	1. 三次涂胶, 每次间隔 20~30 min 2. 加热加压 0.1~0.2 MPa, 180°C, 2 h	有良好的耐水性, 耐汽油、酒精等溶剂, 使用温度为 -60~200°C, 300°C 在 3 h 内可用	各种碳钢、合金钢、镁、钛合金以及金属和非金属的粘接
软 材 用 胶 粘 剂	101 (乌力当胶)	双组分	室温固化 5~6 h, 加热 100°C 固化 1.4~2 h, 加压 0.05 MPa	有良好的粘附性、柔软、绝缘、耐水、耐磨、耐稀酸	金属、非金属、皮革、塑料、尼龙、织物、涤纶等粘接
	XY-401 (88# 胶)	混合液	硫化, 室温放置 24 h		用于橡胶以及橡胶与金属、玻璃之间的粘接
	XY-402 (73# 胶)	单组分	硫化, 压力 1 MPa, 143°C, 10 min		用于丁腈橡胶、氯丁橡胶的粘接
	XY-502 (63# 胶或 JX-1 胶)	双组分	常温或加热硫化	硫化后胶层耐油性好	用于金属间的粘接以及丁腈橡胶与钢等金属的粘接
	J-38			常温固化	用于金属与橡胶粘接以及电子设备、减振垫的粘接
	GPS-4 (有机硅胶)	双组分	先表面处理, 再涂胶, 常温固化 7~8 h	使用温度为 -60~200°C	用于聚乙烯与镀锡、镀铜以及纯铜之间的粘接, 硅橡胶与铝、铜、钢、银间的粘接
	502	单组分	室温固化	水、碱中不适用	铝、铜、钢、橡胶、硬塑料、聚苯乙烯、有机玻璃等的粘接, 但聚乙烯、聚丙烯除外
	JX-5 胶 705#		1. 加热固化 2. 醋酸乙酯为溶剂	150°C 长期使用, 耐油、水, 耐老化, 但耐酸性差	铝、铁、不锈钢及玻璃钢、丁腈橡胶的粘接, 可作结构胶用
801	常温固化		胶膜柔软耐冲击, 耐油	橡胶、皮革、织物、金属、塑料的粘接	

表 26.3-7 无机胶粘剂的牌号、性能和用途

牌 号	成 分	性 能	用 途
C-2 胶粘剂	硅铝酸盐	白色糊状物, 单组分, 抗剪强度 (中碳钢套接) > 60 MPa, 抗拉强度 > 30 MPa, 最高使用温度为 1300°C, 线膨胀系数为 $11 \times 10^{-6}/K$	用于金属、陶瓷、玻璃、刚玉及石料等粘接及密封

续表 26.3-7

牌 号	成 分	性 能	用 途
CG-I 金属补漏胶	硅酸盐、金属氧化物	糊状液体，对金属有较强的粘附力，固化密封后的耐压力为0.8 MPa，使用温度可达550℃	对铸钢、铸铁、铸铝有良好的粘附力，用于铸件渗漏的密封、修补
氧化铜无机胶粘剂	氧化铜、磷酸	为粉、液双组分，抗剪强度（中碳钢）为5~6 MPa，抗拉强度10~25 MPa，耐油、水，绝缘性好，800℃时强度无变化，固化物熔点935℃	用于刀具、量具、模具的粘接、密封及防漏

表 26.3-8 各种胶粘剂的特性

序号	胶 类	状 态	固化条件			机械特性		适用情况									
			加 热	加 压	时 间	抗剪切	抗剥离	高 温	低 温	水	酸	碱	石 油	醇	酮	酯	芳香 烃
1	醋酸乙酯氯乙烯共聚物	溶液、乳液	△	△	△	○	×	×	○	○	○	○	○	○	×	×	×
2	氯乙烯-乙烯共聚物	溶液、乳液	△	△	△	○	○	□	□	○	○	○	○	○	○	○	○
3	聚乙烯醇胺	溶液、乳液		△	△	○	○	□		×	×	×	★	□	★	★	★
4	聚酰胺胶	薄膜与溶液	△	△		○	□	×		×	×	○	○	×	○	○	○
5	聚苯乙烯胶	溶液		△	△	○	×	×		○	○	○	□	○	×	×	×
6	氯丁胶	溶液、乳液	△	△		○	□	□	□	○	○	○	○	□	×	×	□
7	丁基胶	溶液、乳液	△	△		○	×	×	□	○	★	○	×	○	×	×	×
8	丁腈胶	溶液、乳液	△	△		○	□	○	□	★	×	×	○	□	×	×	□
9	硅胶	膏	△	△	△	□	×	★	★	○	○	□	□	□	□	□	□
10	酚醛胶	薄膜与溶液	△	△	△	○	×	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
11	脲醛胶	薄膜与溶液	△	△	△	○	×	□	□	□	○	○	○	○	○	○	○
12	间苯二酚-甲醛胶	溶液	△	△	△	★	×	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
13	聚胺酯胶	黏稠液体	△		△	○	□	□	★	○	□	○	○	□	×	×	×
14	环氧胶	粉、膏、液	△		△	○	×	□	×	□	○	○	□	□	×	×	□
15	酚醛-氯丁胶	薄膜与溶液	△	△	△	○	×	□	○	○	□	○	○	□	×	×	□
16	丁腈-酚醛胶	薄膜与溶液	△	△	△	○	□	□	□	○	○	○	○	○	×	×	×
17	酚醛-环氧胶	薄膜与溶液	△		△	★	□	○	□	○	○	○	□	○	×	×	○
18	环氧-聚酯胶	黏稠液体	△		△	○	×	□		○	○	×	○	□	×	×	□
19	环氧-聚硫胶	黏稠液体	△		△	○	□	□	○	□	○	○	○	○	×	×	○
20	无机胶粘剂	粉、液体	△	△	△	□	×	○									

注：△—需要，★—优，○—良，□—可，×—不适用。

表 26.3-9 胶粘剂的选用

被粘接材料	适用胶粘剂	被粘接材料	适用胶粘剂
合金钢	203, 204, J-08, J-03	硬聚氯乙烯	203, 301, 101, JQ-2
不锈钢	202, PBI, J-09, 705	软聚氯乙烯	G98-1, JQ-2, 铁锚-902
耐热钢	201, 202, 301	玻璃钢	J-01, J-08
碳钢	502, PBI, 新 KH-501	泡沫塑料	J-08, JQ-2, 101, 铁锚-202
低碳钢	101	天然橡胶	JQ-1, XY-103
铝合金	203, 301, GXA-2, 聚酰亚胺	氯丁橡胶	XY-401, XY-402, JQ-1
镁合金	204, J-01, J-08	丁腈橡胶	XY-501, XY-502, XY-503
黄铜	201, 302, 203, PBI	硅橡胶	GPS-1, GPS-2
纯铜	203	氯磺化聚乙烯	JX-11
有机玻璃	BS-1, 301, 101	氯丁-丁腈橡胶布	XY-403, XY-503
钛合金	204, J-08, J-09, 聚酰亚胺	玻璃	101, 新 KH-501
尼龙	JX-6	陶瓷	101, 502
氟四氟乙烯	F-4g, F-3 (B), F-1, F-2	玻璃纤维制品	XY-504, JX-6

## 2.2 带压堵漏

带压堵漏广泛用于化工、石油等生产, 实现对容器、设备、管道、阀门、法兰、换热器、汽轮机、螺纹接头、管接头、铆合接头及焊缝等泄漏的密封。

带压堵漏为不停车堵漏。若生产系统介质泄

漏, 可不停车和降低操作压力及温度进行密封堵漏操作。采用液压泵、液压注射枪、手动注射枪、高压连结胶管、风动钻、铲等工具和不同密封剂, 可实现对蒸汽、水、酸类、碱类、盐类、氢、氮、甲烷、尿液、有机化合物等 200 余种工艺介质的密封。密封剂型号和使用条件列于

表 26.3-10。

表 26.3-10 密封剂型号和使用条件

序号	密封剂型号	密封介质	使用参考压力/MPa	使用温度/°C				
1	RGM-1	空气、低压蒸汽	≤34.3	0~280				
	FSC-1B							
2	RGM-2	蒸汽、水、烃类		≤34.3	120~300			
	FSC-2A							
3	RGM-3	蒸汽、水、酸及化学品			≤34.3	120~325		
	FSC-3A							
4	RGM-4	热油及化学品				≤34.3	250~400	
	FSC-4A							
5	RGM-5	蒸汽、水、烃类					≤34.3	120~300
	FSC-2B							
6	RGM-6	蒸汽、水	≤34.3					0~280
	FSC-1/2A							

续表 26.3-10

序号	密封剂型号	密封介质	使用参考压力/MPa	使用温度/°C				
7	RGM-7	蒸汽、高温烃	≤34.3	250 ~ 540				
	FSC-2C							
8	FGM-1	低温酸及化学品		≤34.3	≤240			
	FSC-5A							
9	FGM-2	低温酸及化学品			≤34.3	≤240		
	FSC-5B							
10	FGM-3	高压蒸汽				≤34.3	450 ~ 550	
	FSC-7A							
11	FGM-4	蒸汽、水					≤34.3	250 ~ 540
	FSC-6A							
12	FGM-5	高温蒸汽	≤34.3					0 ~ 540
	FSC-7B							

超星浏览器提醒您：  
使用本复制品  
请尊重相关知识产权！

带压堵漏应用示例见图 26.3-1。其中，图 26.3-1a 为密封剂注入设备；图 26.3-1b 为法兰堵漏。

图 26.3-1b 是对直径较小的或压力较高的法兰，采用整体补漏；对大直径或低压法兰，采用局部堵漏，见图 26.3-2。

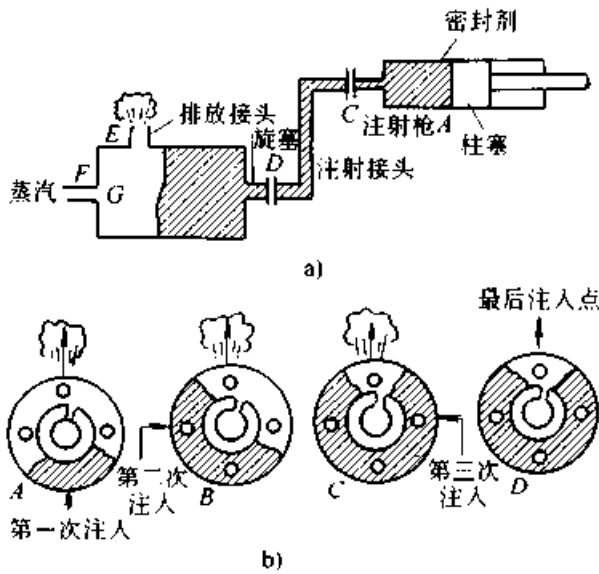


图 26.3-1 带压堵漏示例  
a) 密封剂注入设备 b) 法兰堵漏

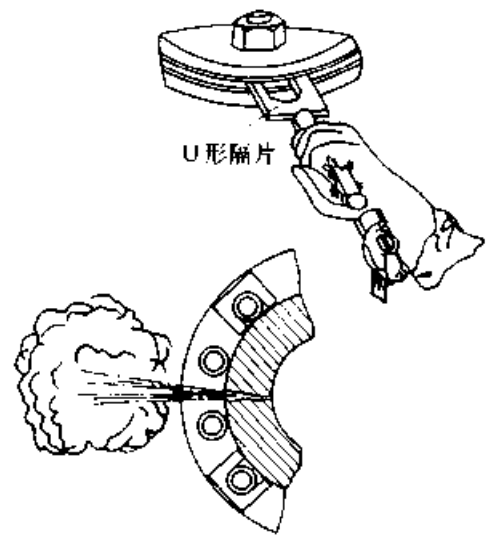


图 26.3-2 局部堵漏

### 3 磁流体密封

磁流体密封是由外加磁场在磁极与导磁轴或导磁轴套之间形成一个强磁场回路。在磁极与导磁轴的间隙内，加注一种铁磁性流体作为密封剂。铁磁流体在磁场的约束下，在间隙内形成一个液态 O 形圈，将间隙填塞，从而达到密封的

目的。铁磁流体密封结构见图 26.3-3。

磁流体在真空密封、防尘密封中有广泛应用。

磁流体密封可达到无泄漏、无固体摩擦，不产生磨损。对轴的粗糙度要求不高，允许较大的密封间隙。不需要复杂的外润滑系统。具有高真空、高速度、无振动、无噪声、静封性好、无需

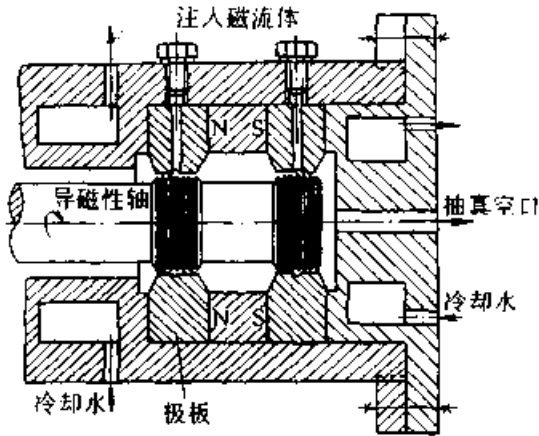


图 26.3-3 铁磁流体密封结构

停车密封、寿命长等优点。但是，磁流体密封不耐高压差，不耐高温，现有的铁磁流体能耐受的介质种类有限。

磁流体密封密封压力为真空度  $1.33 \times 10^{-6}$  MPa，轴径为 1.6~250 mm，转速可达 15 000 r/min。

磁流体的类型、性能见表 26.3-11。

在高温条件下，可采用带有冷却水套的磁流体密封，可在环境温度  $93^{\circ}\text{C}$  以下连续使用。为避免在低温时载液凝结，用酯类冰机油做载液的磁流体可在  $-50^{\circ}\text{C}$  时应用。另外，高温条件下，还可将磁流体密封与其他类型密封组合使用。

表 26.3-11 磁流体的类型、性能

磁流体类型	W-35	HC-50	DEA-40	DES-40	NS-35	L-25	FX-10
外观	黑色液态	黑褐色液态	黑色液态	黑色液态	黑色液态	黑色液态	黑色液态
磁感应强度 ( $4\pi M$ ) /T	0.036 $\pm 0.002$	0.042 $\pm 0.002$	0.040 $\pm 0.002$	0.040 $\pm 0.002$	0.030 $\pm 0.002$	0.018 $\pm 0.002$	0.010 $\pm 0.002$
密度/ $\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$	1.35	1.30	1.40	1.40	1.27	1.10	1.24
黏度/ $\text{Pa}\cdot\text{s}$ ( $25^{\circ}\text{C}$ )	0.03 $\pm 0.006$	0.03 $\pm 0.006$	0.02 $\pm 0.004$	0.03 $\pm 0.006$	1.0 $\pm 0.2$	0.3 $\pm 0.06$	—
沸点/ $^{\circ}\text{C}$ (0.101 3 MPa)	100	180~ 212	335	377			240~260 (266.64 Pa)
流动点/ $^{\circ}\text{C}$	0	-27.5	-72.5	-62	-35	-55	-35
着火点/ $^{\circ}\text{C}$		65	192	215	225	244	233
蒸气压/Pa			333.31 ( $200^{\circ}\text{C}$ 时)	66.66 ( $200^{\circ}\text{C}$ 时)	$0.33 \times 10^{-4}$ ( $200^{\circ}\text{C}$ 时) 0.666 ( $150^{\circ}\text{C}$ 时)		
载液	水	煤油	二酯	二酯	醇酸漆	合成油	磷酸二酯



## 第4章 填料密封

接触式填料密封主要靠密封件与被密封件表面接触达到密封的目的；非接触式填料密封是利用间隙的阻力作用实现密封。

接触式填料密封的典型代表有软填料密封、成型填料密封及油封等，可用于动密封或静密封；非接触式填料密封的典型代表为硬填料密封，属动密封。

### 1 软填料密封

#### 1.1 软填料密封的典型结构

软填料密封通常用作旋转或往复运动的元件与填料箱体之间环形空间的密封，其典型结构见图 26.4-1。

压盖将软填料轴向压紧，使其产生径向弹性变形，阻塞间隙实现密封。

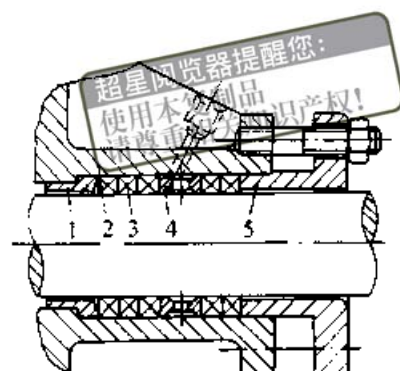


图 26.4-1 软填料密封

1—底衬套 2—填料箱体 3—填料  
4—封液 5—压盖

#### 1.2 软填料的种类、材料、特点及用途

软填料的结构特点及用途列于表 26.4-1，常用软填料规格及适用范围列于表 26.4-2，编织填料动、静密封选型列于表 26.4-3。

表 26.4-1 软填料种类、材料、特点及用途

种类	简图	特点	应用
绞合填料		石棉线绞合结构	多用于低压蒸汽阀门
		金属箔卷成束再绞合并涂以石墨	用于高压、高温阀门
编织填料	穿心式 	截面呈方形，由八股绞合线编织而成，质地松软，对轴的振动和偏心有浮动弹性，但截面尺寸大时，结构松弛，致密性差	适用于小型流体装置的密封，如阀门等
	空心式 	截面呈方形，线束呈 30°~45°角穿心交织在一起，强度高、弹性大，耐磨性好，密封性好，寿命长	适用范围广，如转子泵、往复式压缩机和阀门等
	夹心套层式 	截面呈圆形，以橡胶或金属为心，外包编织纤维线，其致密性好，密封性能好，但磨损后易脱落	一般用于静密封或运动速度低的动密封，如管道法兰、阀门等

续表 26.4-1

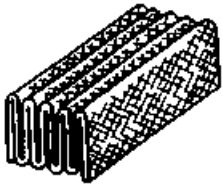

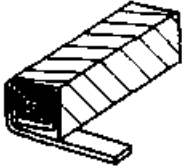

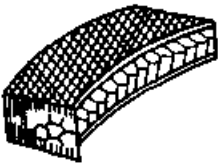
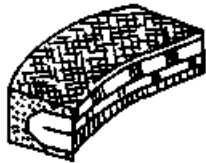
种类	简 图	特 点	应 用
塑性填料		将纤维、石墨、金属粉、油脂和弹性胶粘剂相混合模压成环形，外包编织线，其致密性好，但强度差	据工作条件，可调整混合料种类或配比。常与其他填料组合使用
		石棉或帆布涂橡胶后叠合或卷绕加热加压成型，其密封性能良好	主要用作往复泵和阀杆的密封，也可用于水压机的柱塞杆密封
金属填料		金属带缠绕而成。其导热性好，耐磨损，机械强度大，易发生界面泄漏，常与其他纤维填料组合使用	适用于高速、高温、高压的场合
		金属箔卷成束，编织压制而成。其他同金属带缠绕填料	
		中心夹 V 形铅带，外层包石棉橡胶积层	适用于抽送 300°C 以下的蒸汽、空气、氨等往复机械轴封
		内层为铅箔、铜箔包卷石棉线，外层为石棉橡胶积层	
合成纤维类填料		具有优异的自润滑性，耐高低温性和耐化学介质性能，良好的弹性和柔软性；浸渍聚四氟乙烯的可防止渗透泄漏	适应高速、高压或含有固体颗粒的流体密封，如离心泵等
		聚四氟乙烯纤维浸渍聚四氟乙烯乳液编织而成，耐磨、自润滑性好、耐腐蚀性好	适用于各种强腐蚀性介质（纯硝酸、液氧除外）

表 26.4-2 常用软填料材料、规格及适用介质

类型	名称	型号	规格 (圆形直径 或方形边长) / mm	密度 / g·cm <sup>-3</sup>	适用范围			适用介质
					温度 / °C	压力 / MPa	线速度 / m·s <sup>-1</sup>	
天然纤维类软填料	油浸棉填料		3.5、6、8、10、13、 16、19、22、25、 28、32、38、42、 45、50	0.9-1.3	<100	<20	用于水、润滑油、碳 氢化合物、空气、弱腐 蚀性气体等介质	
	油浸麻填料		3.5、6、8、10、13、 16、19、22、25、 28、32、38、42、 45、50	0.9-1.3	<100	<16	用于碱液、盐水、水 润滑油、碳氢化合物、 空气、弱腐蚀性气体等 介质	
橡胶类软填料	螺旋状 橡胶软 填料	101	3.5、6、8、9、10、 11、13、14、16、 19、22、25、28、 32、38		<120	<1.0	用于热水、中压冷水、 低压蒸汽、空气、煤气 等弱腐蚀性介质	
		102						
石棉纤维类软填料	油浸石 棉编织 填料	YS250	3、4、5、6、8、10、 13、16、19、22、 25、28、32、35、 38、42、45、50		250	4.5	用于蒸汽、空气、工 业用水、重油等介质	
		YS350		350	4.5			
		YS450		450	6.0			
	橡胶石 棉填料	XS250	3、4、5、6、8、10、 13、16、19、22、 25、28、32、35、 38、42、45、50		250	4.5	用于水、煤气、蒸汽、 空气等介质	
		XS350		350	4.5			
		XS450		450	6.0			
	金属丝 增强石 棉填料	SGG	3、5、8、10、12、 14、16、18、20、25		≤550	20	0.5	用于过热蒸汽、热水、 高温碱性流体介质
	石棉线 浸渍聚 四氟乙 烯填料	YAB	3、5、8、10、12、 14、16、18、20、25		-200~ 260	3	20	用于弱酸、弱碱、有 机溶剂等介质
						15	2	
20						2		
合成纤维类软填料	氟纤维 编织填 料	NFS	3、5、8、10、12、 14、16、18、20、25		-200~ 260	30	8	用于强腐蚀性化学药 剂 (熔融金属钠及液氟 除外)
	碳纤维 编织填 料	TCW	3、5、8、10、12、 14、16、18、20、25		-200~ 260	20	25	用于酸、强碱、溶剂 等介质
	碳氟纤 维编织 填料	TFS	3、5、8、10、12、 14、16、18、20、25		-200~ 260	20	15	用于腐蚀性化工药剂、 有机溶剂、超低温流体 (液氮、液氧、液氢)、 碱等介质

续表 26.4-2

类型	名称	型号	规格 (圆形直径 或方形边长) / mm	密度 / $\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$	适用范围			适用介质
					温度 / $^{\circ}\text{C}$	压力 / MPa	线速度 / $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$	
金属类 软填料	不锈钢纤维填料	SMB			550	30	0.1	用于过热蒸汽、高温 油、高温气体、碳氢化 合物等介质
	铜丝编织填料	SMT			450	25	0.1	
	铅纤维 填料	HEN			200	2	8	用于硫酸、弱碱、蒸 汽、氨等介质
	铝箔填 料	LEA			450	10	10	用于润滑油、重油、 燃料油、溶剂、蒸汽、 热水等介质
陶瓷纤维 填料	陶瓷纤维 填料	TSW	3, 5, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 25		800	1.0		用于超高温气体、钢 铁、炼焦、化工、高温、 烧结工业流体等介质
缓蚀填料	缓蚀油 浸石棉 填料	HYS250			250	6		用于油品、水、蒸汽 等介质
		HYS350			350	6		
	缓蚀橡 胶石棉 填料	HXS250			250	6		用于水、蒸汽等介质
		HXS350			350	6		
		HXS450			450	8		
		HXS550			550	10		

表 26.4-3 编织填料动、静密封类型

流体介质	机械装置	密封部位 温度 / $^{\circ}\text{C}$	选用编织密封填料的组成材质及结构	备 注	
过热蒸汽、热水	静密封 阀门密封	< 1 200	以蒙乃尔合金丝复合石棉线为表皮， 以陶瓷纤维作中芯，经套层编织而成		
		< 800	以蒙乃尔合金丝复合石棉线为表皮， 以膨胀石墨作中芯，经套层编织而成	在乏氧的密封部位 应用	
		< 650	以合金纤维与石棉复合制成的线编织 成密封填料，与膨胀石墨环混合装配	在乏氧的密封部位 应用	
		< 600	以合金纤维与石棉复合制成的石棉 线，经编织而成的密封填料		
		< 550	以不锈钢丝复合石棉线编织成密封填料		
		< 500	以金属纤维复合石棉线编织成密封填 料，与膨胀石墨混合装配		
	静密封 阀门密封 旋转运动密封 阀门密封 旋转运动密封	静密封 阀门密封	< 450	以铜丝复合石棉线编织成密封填料， 表面涂有石墨	
			< 400	以铜丝复合石棉线编织成密封填料， 与膨胀石墨混合装配	
		旋转运动密封 阀门密封	< 350	石棉线包覆铝箔密封填料环	
			< 300	石棉线涂石墨编织密封填料	

续表 26.4.3

流体介质	机械装置	密封部位 温度/ $^{\circ}\text{C}$	选用编织密封填料的组成材质及结构	备注
过热蒸汽、热水	阀门密封 旋转运动密封 往复运动密封	< 250	石棉线浸 PTFE 编织密封填料 石棉线浸渍润滑油编织密封填料 铝纤维八股编织密封填料 穿心编织成型的石棉密封填料 碳纤维浸渍 PTFE 编织而成的密封填 料	

提醒您：  
使用本复制品  
请尊重知识产权！

1.3 软填料的装填

软填料装填时，为改善摩擦热的散热条件，利于润滑，并阻断填料的渗漏，可选用单一品种或数种填料混装，见图 26.4-2。

1.4 软填料的填料箱

1.4.1 填料箱的典型结构

填料箱的典型结构类型列于表 26.4-4。

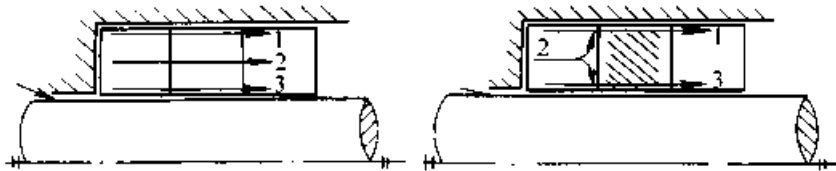



图 26.4-2 软填料装填示意图

a) 单一品种填料装填 b) 混装填料装填

表 26.4-4 填料箱的典型结构类型

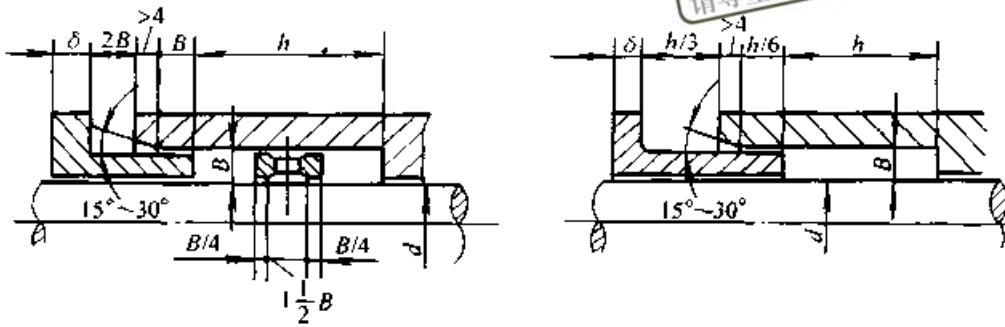
类型	简图	特点及应用
普通简易型填料箱		结构简单，适用于低压、常温、密封要求不高的一般工况条件，常用于阀门等
封液式填料箱		注入液体改善润滑，扩大工作范围，常用于泵类产品，亦可用于气体介质
双填料箱		两填料箱叠加，外箱体底部兼做内箱体压盖，在此处可引入液体冲洗、冷却或搜集漏液。可用于易燃、易爆或有毒介质
填料旋转式填料箱		填料处于旋转状态，摩擦面位于填料外圆柱面，外层空腔可引入冷却水，散热效果良好，可用于高速旋转设备，不磨损轴
内圆调心式填料箱		装有柔性材质对中环，轴套或外套可调心对中。用于轴有较大振动和偏摆的场合，不磨损轴

类 型	简 图	特点及应用
外圆调心式填料箱		装有柔性材质对中环、轴套或外套可调心对中。用于轴有较大振动和偏摆的场合，不磨损轴

1.4.2 填料箱主要结构尺寸

填料箱主要结构尺寸列于表 26.4-5。

表 26.4-5 填料箱的主要结构尺寸



旋转轴用填料箱

往复柱塞杆用填料箱

项 目	符号	参数选择及说明						
填料箱深度	$h/\text{mm}$	无封液环时： $h = nB$ 有封液环时： $h = (n + 2)B$						
填料截面宽度	$B/\text{mm}$	$B = (1.4 \sim 2) \sqrt{d}$ , $d$ —阀杆直径, mm 计算后按填料规格尺寸圆整或按表 26.4-6 选取						
填料圈数	$n$	旋转	压力/MPa	0.1	0.5	1.0	$> 1.0$	
			圈数	3~4	4~5	5~7	采用双填料箱	
		往复	压力/MPa	$< 1$	1~3.5	3.5~7	7~10	$> 10$
			圈数	3~4	4~5	5~6	6~7	7~8 或更多
		对固定不动的接管填料箱： $n = 2$						
填料压盖法兰厚度	$\delta/\text{mm}$	$\delta = 0.75d_0$						
压盖螺栓直径	$d_0/\text{mm}$	$d_0$ 由压紧填料并达到密封所需的力来决定, 见表 26.4-8						

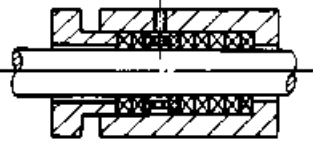
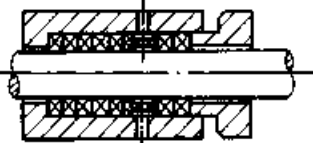

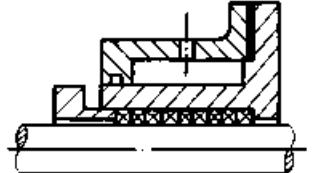
表 26.4-6 轴 (杆) 直径与密封填料宽度的关系

阀杆直径 $d/\text{mm}$	8	10	12	14	16	18	20, 22, 24							
填料宽度 $B/\text{mm}$	3		4		5		6							
阀杆直径 $d/\text{mm}$	26	28	32	36	40	44	50	55	60	65	70	75	80	90
填料宽度 $B/\text{mm}$	8				10				13			16		

1.4.3 填料箱的润滑、冲洗和冷却

填料箱的润滑、冲洗和冷却见表 26.4-7

表 26.4-7 填料箱的润滑、冲洗和冷却

方 式	简 图	特 点 和 应 用
封液润滑		在封液环处引入封液（每分钟数滴）进行润滑
贯通冲洗		在封液环处有进口和出口管线进行贯通冲洗。漏液在封液环处被释放带走。可用于易燃、易爆和有毒介质
底部或压盖冲洗		在填料箱底部封液环处，引入压力较介质压力高约 0.05 MPa 的清洁液体，阻止工作介质中的磨蚀性颗粒进入填料摩擦面。在压盖处冲洗，能带走漏液、冷却轴杆，并阻止环境中尘污进入摩擦面
夹套冷却		降低填料工作温度，用于高温介质

1.5 软填料的密封计算

软填料密封计算见表 26.4-8

表 26.4-8 软填料的密封计算

计算项目	符号	计算公式和参数选择	说 明	备 注
压盖螺栓 载荷	F	$F_1 = \frac{\pi}{4} (D^2 - d^2) y$ 石棉类填料: $y = 4.0 \text{ MPa}$ 天然纤维类填料: $y = 2.5 \text{ MPa}$	$F_1$ —压紧填料防止泄漏所需的力; $D$ —填料箱内径; $d$ —轴(杆)直径; $y$ —软填料压紧力	取 $F_1$ 和 $F_2$ 中数值较大者作为螺栓载荷 F
		$F_2 = \frac{3}{4} \pi (D^2 - d^2) p$	$F_2$ —挤紧填料防止泄漏所需的力; $p$ —介质压力	
压盖螺栓 直径	$d_b$	$d_b = \sqrt{\frac{4F}{\pi z \sigma_b}}$	$z$ —螺栓数目,一般为 2~4 个; $\sigma_b$ —螺栓许用应力; 对低碳钢螺栓(性能等级 3.6), $\sigma_b$ 取 20~25 MPa $p \geq 3 \text{ MPa}$ 时, $\sigma_b$ 取高值	

计算项目	符号	计算公式和参数选择	说明	备注
软填料对轴(杆)的摩擦力	$F_f$	$F_f = \pi \mu d h K y_b$ 油浸天然纤维类: $K = 0.6 \sim 0.8$ 石棉类: $K = 0.8 \sim 0.9$ 金属箔包石棉类: $K = 0.9 \sim 1.0$ $y_b = \frac{4F}{\pi(D^2 - d^2)}$ $\mu = 0.04 \sim 0.08$	$K$ —侧向压力因子; $\mu$ —摩擦因数; $h$ —填料深度	
软填料对轴的摩擦功率	$P$	$P = F_f v$ $v = \pi d n$	$v$ —轴表面线速度; $n$ —轴的转速	

超星阅读器提醒  
使用本复制品  
请尊重相关知识产权!

## 2 成型填料密封

成型填料泛指用橡胶、塑料、皮革和金属加工成型的环状密封圈。成型填料按工作原理分为挤压型密封圈及唇形密封圈两类;按材质分为橡胶类、塑料类、皮革类和金属类等。表 26.4-9 列出了常用密封圈的类型及适用条件。


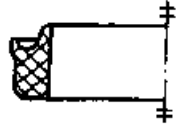

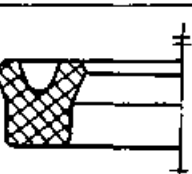
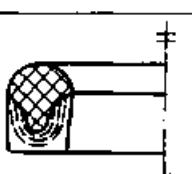
### 2.1 橡胶挤压型密封圈

表 26.4-10 列出了橡胶挤压型密封圈的类型、特点和应用场合。

#### (1) O形橡胶圈密封的典型结构

O形橡胶密封圈适用范围广泛,可作为静密封件,亦可作为动密封件。图 26.4-3 为 O形圈密封的典型结构。O形圈密封的沟槽形式见表 26.4-11。

表 26.4-9 常用密封圈的类型及适用条件

名称	简图	材料	适用条件			应用
			压力/MPa	温度/°C	介质	
O形橡胶密封圈		见表 26.4-12	0~400 (静密封) 2.5~35 (动密封)	-60~200	空气、水、矿物油等	静密封, 往复和旋转动密封
高低唇 Y形橡胶密封圈	孔用 	聚氨酯橡胶	达 15~25	-30~80	矿物油、空气	用于要求低摩擦或希望间隙较大的往复运动密封, 如液压缸和气缸中的活塞和活塞杆密封
	轴用 					
Y形橡胶密封圈		丁腈橡胶	达 15~25	-25~80	矿物油、空气	
蕾形夹织物橡胶密封圈		夹织物橡胶	达 25~50	25~80	矿物油、空气	往复运动密封



超星浏览器提醒您：  
使用本复制品  
请尊重知识产权！

续表 26.4-9

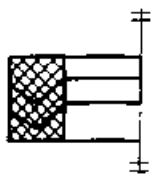
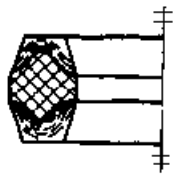
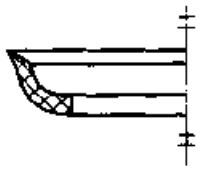
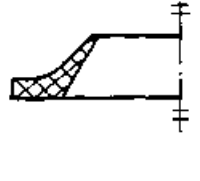
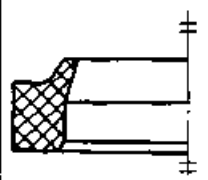
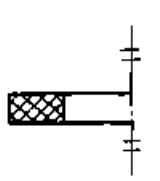








名称	简图	材料	适用条件			应用
			压力/MPa	温度/°C	介质	
V形夹织物橡胶密封圈		通用橡胶、夹织物橡胶	达 20~60	40~80	润滑油、燃料油、液压油、空气、水	用于压力高、运动速度快、直径较大情况下的往复运动密封
鼓形夹织物橡胶密封圈		夹织物橡胶	≤70	-30~100	矿物油、空气	用于液压缸活塞双向往复运动密封
L形橡胶密封圈		橡胶 I、II	≤1.0	-25~80	液体、气体	液压和气动设备的活塞密封
J形橡胶密封圈		橡胶 I、II	≤1.0	-25~80	液体、气体	液压和气动活塞杆密封
防尘圈		丁腈橡胶、聚氨酯橡胶		-25~100		活塞杆或阀杆外伸端防尘
毡圈		半粗羊毛毡	<0.1	<90	润滑脂	线速度 < 5m/s 时作为防尘、封油之用

表 26.4-10 橡胶挤压型密封圈类型、特点和应用

类型	简图	说明	类型	简图	说明
O形圈		挤压型密封圈的典型形式。能作为静密封件及各种运动条件的动密封件。高压时需挡圈防止挤出破坏	方形圈		类似于O形圈，但装填不便，摩擦阻力较大；常作静密封件应用。四个角倒圆后，性能可获改善

类型	简图	说 明	类型	简图	说 明
D 形圈		在沟槽中位置稳定, 无滚动扭曲现象。适用于变压力的场合。高压时应防止挤出破坏	心形圈		位置稳定, 不易滚动扭曲。应设置挡圈和支撑环, 以防止挤出。适宜作为低压旋转密封件
T 形圈		在沟槽中位置稳定, 无滚动扭曲, 耐振动。采用 5% 的沟槽压缩率即能密封, 摩擦阻力小。用于中低压有振动的场合。需用挡圈防止挤出破坏。工作压力可达 35 MPa	多边形圈		位置稳定, 不易滚动扭曲。漏泄量比 O 形圈少, 摩擦阻力比 O 形圈低。工作压力可达到 4 MPa, 当压力超过 10 MPa 后, 应采用挡圈。常用于液压缸或气动缸的柱塞密封
X 形圈		相当于两个 O 形圈的叠加, 位置稳定, 无滚动扭曲。采用 1% 的沟槽压缩率即能密封, 摩擦阻力小, 允许线速度高。用于旋转运动及要求低摩擦阻力的场合。应防止挤出	W 形圈		相当于三个 O 形圈的叠加。共有六个突起部分, 外侧的突起部分较高, 压缩率较大。工作压力可达 210 MPa

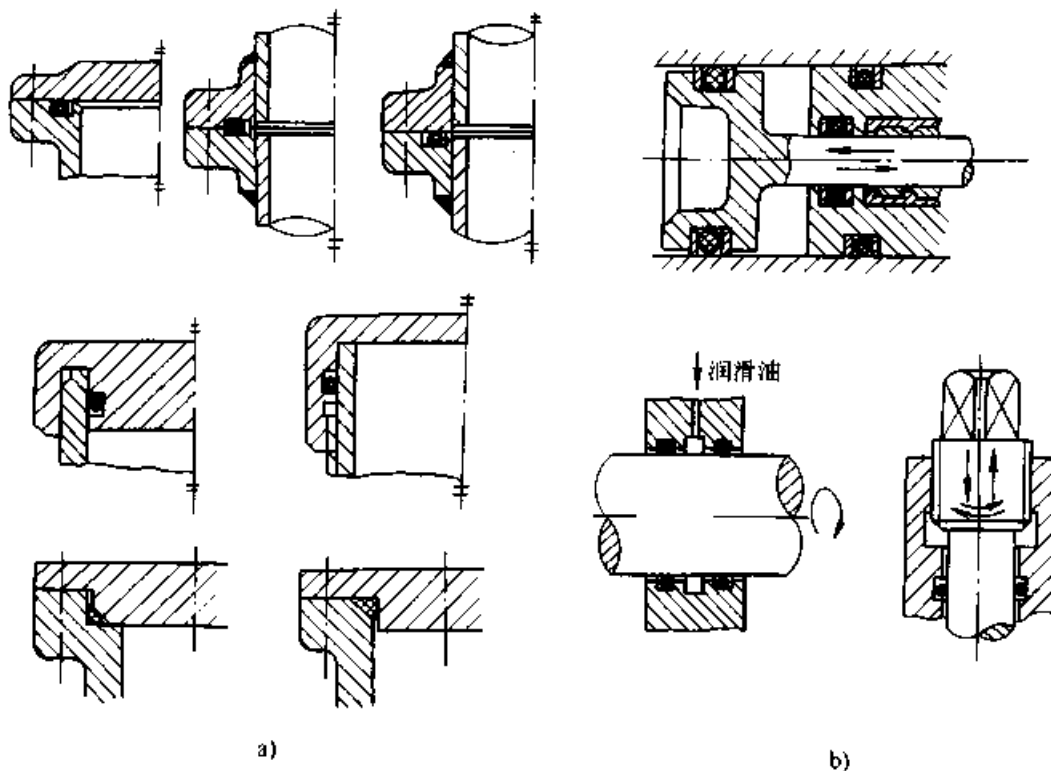




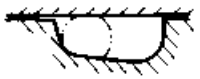


图 26.4-3 O 形圈密封典型结构

a) O 形圈作为静密封件 b) O 形圈作为动密封件

表 26.4-11 O形圈密封的沟槽形式

沟槽型式	简图	说明
矩形槽		静密封与动密封均适宜，应用普遍
三角形槽		尺寸紧凑，静密封用
燕尾形槽		可将O形圈牢固地安装在沟槽中，适于装在上法盘面上，装拆时不脱落
半圆形槽		仅用于旋转轴，应用不普遍
斜底形槽		用于在燃料油类介质中O形圈有较大膨胀的场合

超星阅览器  
使用本复制品  
请尊重相关知识产权!

(2) O形橡胶圈材料和工作条件

表 26.4-12 列出了 O形橡胶圈材料和工作条件。

(3) O形橡胶圈密封设计实例

1) 活塞密封装置设计

活塞密封装置设计见表 26.4-13。

2) 活塞杆密封装置设计

活塞杆密封装置设计见表 26.4-14。

表 26.4-12 O形橡胶圈材料和工作条件

类型	材料	适用介质	工作温度/°C		工作压力/MPa		密封面线速度/ m·s <sup>-1</sup>	轴颈/ mm
			运动	静止	运动	静止		
O形橡胶密封圈	丁腈橡胶	矿物油、汽油	80	-30~120	35	≥100	达3~5	<3000
	氟丁橡胶	空气、水、氧	80	-40~120				
	丁基橡胶	动植物油、弱酸、碱	80	-30~110				
	丁苯橡胶	碱、动植物油、水、空气	80	-30~100				
	天然橡胶	水、弱酸、弱碱	60	-30~90				
	硅橡胶	高、低温油、矿物油、动植物油、氟、弱酸、弱碱		-60~206				
	聚胺酯橡胶	水、油	60	-30~80				
	氟橡胶	热油、蒸汽、空气、无机酸、卤素类溶剂	150	-20~100				

表 26.4-13 活塞用 O 形圈密封装置设计

已知某液压缸流体介质为矿物油, 介质压力 &lt; 10 MPa,

工作温度 50°C, 缸内径  $d_1 = 100^{+0.09}_0$  mm

设计该液压缸活塞用 O 形圈密封装置

超星阅读器提醒您:  
使用本复制品  
请尊重相关知识产权!

项目	符号	单位	公式及参数选择	说明
确定密封圈材料			可用丁腈橡胶	
确定 O 形圈规格		mm	缸内径范围 $d_1 = 102.697 \sim 99.740$ 可适用于 $d_1 = 100^{+0.09}_0$ , O 形圈规格为 90 × 5.3	
沟槽深度尺寸	$t$	mm	$t = 4.48$	
最大沟槽底径	$d_{3max}$	mm	$d_{3max} = d_{4min} - 2t = 100 - 2 \times 4.48 = 91.04$	
沟槽底径	$d_3$	mm	$d_3 = 91.04 - {}^0_{-0.07}$	
沟槽宽度	$b$	mm	$b = 7.1^{+0.05}_0$	
槽底圆角半径	$r_1$	mm	$r_1 = 0.4 \sim 0.8$	
槽棱圆角半径	$r_2$	mm	$r_2 = 0.1 \sim 0.3$	
倒角长度	$z_{min}$	mm	$z_{min} = 2.7$	

表 26.4-14 活塞杆用 O 形圈密封装置设计

已知某液压缸流体介质为矿物油, 介质压力 &lt; 10 MPa,

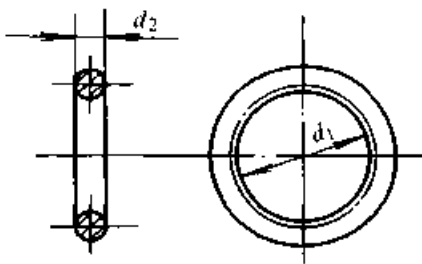
工作温度 50°C, 缸内径  $d_5 = 100^{+0.03}_{-0.09}$  mm

设计该液压缸活塞用 O 形圈密封装置

项目	符号	单位	公式及参数选择	说明
确定密封圈材料			可用丁腈橡胶	
确定 O 形圈规格		mm	缸内径范围 $d_5 = 97.84 \sim 100.53$ 、可适用于 $d_5 = 100^{+0.03}_{-0.1}$ , O 形圈规格为 100 × 5.3	
沟槽深度尺寸	$t$	mm	$t = 4.48$	
最小沟槽底径	$d_{6min}$	mm	$d_{6min} = d_{5max} + 2t = 100 - 0.03 + 2 \times 4.48 = 108.93$	
沟槽底径	$d_6$	mm	$d_6 = 108.93^{+0.09}_0$	
沟槽宽度	$b$	mm	$b = 7.1^{+0.25}_0$	
槽底圆角半径	$r_1$	mm	$r_1 = 0.4 \sim 0.8$	
槽棱圆角半径	$r_2$	mm	$r_2 = 0.1 \sim 0.3$	
倒角长度	$z_{min}$	mm	$z_{min} = 2.7$	

(4) O形橡胶圈尺寸系列标准 O形橡胶密封圈尺寸系列见表 26.4-15。活塞、活塞杆及轴向密封沟槽尺寸见表 26.4-16~表 26.4-18。

表 26.4-15 O形橡胶密封圈尺寸系列 (摘自 GB/T 3452.1—1992) (mm)



标记示例

O形圈内径  $d_1 = 5.00$  mm, 截面直径  $d_2 = 1.80$  mm

第一种方法: O形密封圈 5 × 1.8 GB/T 3452.1—1992

第二种方法: 180 00500 GB/T 3452.1—1992

代表  $d_1$

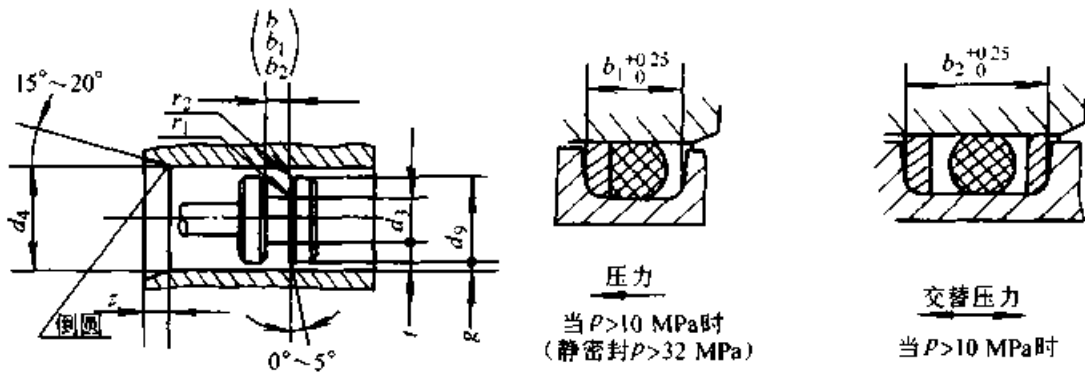
代表  $d_2$

$d_1$		$d_2$					$d_1$		$d_2$					$d_1$		$d_2$					
公称	极限	1.80 ± 0.08	2.65 ± 0.09	3.55 ± 0.10	5.30 ± 0.13	7.00 ± 0.15	公称	极限	1.80 ± 0.08	2.65 ± 0.09	3.55 ± 0.10	5.30 ± 0.13	7.00 ± 0.15	公称	极限	1.80 ± 0.08	2.65 ± 0.09	3.55 ± 0.10	5.30 ± 0.13	7.00 ± 0.15	
内径	偏差						内径	偏差						内径	偏差						
1.80		*					14.0		*	*				51.5			*	*	*	*	
2.00		*					15.0		*	*				53.0			*	*	*	*	
2.24		*					16.0	± 0.17	*	*				54.5			*	*	*	*	
2.50		*					17.0		*	*				56.0			*	*	*	*	
2.80		*					18.0		*	*	*			58.0			*	*	*	*	
3.15		*					19.0		*	*	*			60.0			*	*	*	*	
3.55		*					20.0		*	*	*			61.5			*	*	*	*	
3.75		*					21.2		*	*	*			63.0	± 0.45		*	*	*	*	
4.00	± 0.13	*					22.4		*	*	*			65.0			*	*	*	*	
4.50		*					23.6		*	*	*			67.0			*	*	*	*	
4.87		*					25.0	± 0.22	*	*	*			69.0			*	*	*	*	
5.00		*					25.8		*	*	*			71.0			*	*	*	*	
5.15		*					26.5		*	*	*			73.0			*	*	*	*	
5.30		*					28.0		*	*	*			75.0			*	*	*	*	
5.60		*					30.0		*	*	*			77.5			*	*	*	*	
6.00		*					31.5		*	*	*			80.0			*	*	*	*	
6.30		*					32.5		*	*	*			82.5			*	*	*	*	
6.70		*					33.5		*	*	*			85.0			*	*	*	*	
6.90		*					34.5		*	*	*			87.5			*	*	*	*	
7.10		*	*				35.5		*	*	*			90.0			*	*	*	*	
7.50		*	*	*			36.5		*	*	*			92.5			*	*	*	*	
8.00	± 0.14	*	*				37.5		*	*	*			95.0			*	*	*	*	
8.50		*	*				38.7		*	*	*			97.5	± 0.65		*	*	*	*	
8.75		*	*				40.0	± 0.30	*	*	*	*		100			*	*	*	*	
9.00		*	*				41.2		*	*	*	*		103			*	*	*	*	
9.50		*	*				42.5		*	*	*	*		106			*	*	*	*	
10.0		*	*				43.7		*	*	*	*		109			*	*	*	*	
10.6		*	*				45.0		*	*	*	*		112			*	*	*	*	
11.2		*	*				46.2		*	*	*	*		115			*	*	*	*	
11.8	± 0.17	*	*				47.5		*	*	*	*		118			*	*	*	*	
12.5		*	*				48.7		*	*	*	*		122	± 0.90		*	*	*	*	
13.2		*	*				50.0		*	*	*	*		125			*	*	*	*	

$d_1$		$d_2$					$d_1$		$d_2$					$d_1$		$d_2$							
公称	极限	1.80 ± 0.08	2.65 ± 0.09	3.55 ± 0.10	5.30 ± 0.13	7.00 ± 0.15	公称	极限	1.80 ± 0.08	2.65 ± 0.09	3.55 ± 0.10	5.30 ± 0.13	7.00 ± 0.15	公称	极限	1.80 ± 0.08	2.65 ± 0.09	3.55 ± 0.10	5.30 ± 0.13	7.00 ± 0.15			
内径	偏差						内径	偏差						内径	偏差								
128	± 0.90			*	*	*	230	± 1.20					*	412	± 2.60						*		
132			*	*	*	*	236						*	425								*	
136				*	*	*	243						*	437								*	
140			*	*	*	*	250						*	450								*	
145				*	*	*	258						*	462								*	
150			*	*	*	*	265						*	475								*	
155				*	*	*	272						*	487								*	
160			*	*	*	*	280						*	500								*	
165				*	*	*	290						*	515								*	
170			*	*	*	*	300						*	530								*	
175				*	*	*	307						*	545								*	
180			*	*	*	*	315						*	560								*	
185		± 1.20		*	*	*	*		325	± 1.60						*	580						*
190				*	*	*	*		335							*	600						*
195				*	*	*	345						*	615						*			
200			*	*	*	*	355						*	630						*			
206				*	*	*	365						*	650						*			
212					*	*	375						*	670						*			
218					*	*	387						*							*			
224					*	*	400						*							*			

注：\* 表示栏内  $d_2$  尺寸。

表 26.4-16 活塞密封沟槽尺寸 (摘自 GB/T 3452.3—1988) (mm)



续表 26.4-16

密封圈尺寸		沟 槽 尺 寸											最小 导角 长度	槽底 圆角 半径	槽底 圆角 半径	
内径 $d_1$	截面 直径 $d_2$	液压动密封		液压气动静密封		液压动、静 和气动静密封			气动动密封		液压气动 动密封					
		$d_4$		$d_4$		$b$	$b_1$	$b_2$	$d_4$		$b$	$d_3$				
		max	min	max	min				max	min		max				min
4.87									8.019	7.98		5.119	5			
5		8.060	8.010						8.16	8.11		5.260	5.13			
5.15		8.222	8.16						8.322	8.26		5.422	5.28			
5.3		8.384	8.31	8.304	8.29				8.484	8.41		5.584	5.43			
5.6		8.708	8.61	8.628	8.59				8.808	8.71		5.908	5.73			
6		9.140	9.01	9.060	8.99				9.240	9.11		6.340	6.13			
6.3		9.453	9.32	9.373	9.30				9.533	9.42		6.653	6.44			
6.7		9.885	9.72	9.805	9.70				9.985	9.82		7.085	6.84			
6.9		10.101	9.92	10.021	9.90				10.201	10.02		7.301	7.04			
7.1		10.317	10.12	10.237	10.10				10.417	10.22		7.517	7.34			
7.5		10.749	10.52	10.669	10.50				10.849	10.62		7.949	7.64			
8	1.8	11.289	11.02	11.209	11.00	2.4	3.8	5.2	11.389	11.12	2.2	8.489	8.14	1.1	0.2~0.1~	
8.5		11.829	11.52	11.749	11.50				11.929	11.62		9.029	8.64		0.4 0.3	
8.75		12.099	11.77	12.019	11.75				12.199	11.87		9.299	8.89			
9		12.369	12.02	12.289	12.00				12.469	12.12		9.569	9.14			
9.5		12.909	12.52	12.829	12.50				13.009	12.62		10.109	9.64			
10		13.449	13.02	13.369	13.00				13.549	13.12		10.649	10.14			
10.6		14.064	13.65	13.984	13.63				14.164	13.75		11.264	10.77			
11.2		14.712	14.25	14.632	14.23				14.812	14.35		11.912	11.37			
11.8		15.360	14.85	15.280	14.83				15.46	14.95		12.560	11.97			
12.5		16.116	15.55	16.036	15.53				16.216	15.65		13.316	12.67			
13.2		16.872	16.25	16.792	16.23				16.792	16.35		14.072	13.37			
14				17.38	17.03							14.660	14.17			
15				18.44	18.03							15.720	15.17			
16				19.50	19.03							16.780	16.17			
17				20.56	20.03							17.840	17.17			
18				21.62	21.03							18.900	18.17			
19				22.627	22.08							19.907	19.22			
20				23.687	23.08							20.967	20.22			
21.2				24.959	24.28							22.239	21.42			
22.4				26.231	25.48							23.511	22.62			
23.6				27.503	26.68							24.783	23.82			
25				28.987	28.08							26.267	25.22			

密封圈尺寸		沟 槽 尺 寸											最小 导角 长度 $r_{\min}$	槽底 圆角 半径 $r_1$	槽棱 圆角 半径 $r_2$	
内径 $d_1$	截面 直径 $d_2$	液压动密封		液压气动静密封		液压动、静 和气动静密封			气动动密封		液压、气动 动静密封					
		$d_4$		$d_4$		$b$	$b_1$	$b_2$	$d_4$		$b$	$d_3$				
		max	min	max	min				max	min		max				min
25.8				29.835	28.88							27.115	26.02			
26.5				30.577	29.58							27.857	26.72			
28				32.167	31.08							29.447	28.22			
30				34.287	33.08							31.567	30.22			
31.5				35.792	34.66							33.072	31.8			
32.5				36.852	35.66							34.132	32.8			
33.5				37.912	36.66							35.192	33.8			
34.5				38.972	37.66							36.252	34.8			
35.5	1.8			40.032	38.66	2.4	3.8	5.2			2.2	37.312	35.8	1.1	0.2~	0.1~
36.5				41.092	39.66							38.372	36.8		0.4	0.3
37.5				42.152	40.66							39.432	37.8			
38.7				43.424	41.86							40.704	39.0			
40				44.405	43.16							41.685	40.3			
41.2				45.665	44.36							42.945	41.5			
42.5				47.030	45.66							44.31	42.8			
43.7				48.290	46.86							45.57	44.0			
45				49.655	48.16							46.935	45.3			
46.2				50.915	49.36							48.195	46.5			
47.5				52.280	50.66							49.56	47.8			
48.7				53.540	51.86							50.82	49.0			
50				54.905	53.16							52.185	50.3			
7.1		11.797	11.61	11.617	11.55				11.957	11.79		7.517	7.24			
7.5		12.229	12.01	12.049	11.95				12.389	12.19		7.949	7.64			
8		12.769	12.51	12.589	12.45				12.929	12.69		8.489	8.14			
8.5		13.309	13.01	13.129	12.95				13.469	13.19		9.029	8.64			
8.75	2.65	13.579	13.26	13.399	13.20	3.6	5.0	6.0	13.739	13.44	3.4	9.299	8.89	1.5	0.2~	0.1~
9		13.849	13.51	13.669	13.450				14.009	13.690		9.569	9.14		0.4	0.3
9.5		14.389	14.01	14.209	13.950				14.549	14.190		10.109	9.64			
10		14.929	14.51	14.749	14.450				15.089	14.690		10.649	10.14			
10.6		15.544	15.14	15.364	15.080				15.704	15.320		11.264	10.77			
11.2		16.192	15.74	16.012	15.680				16.352	15.920		11.912	11.37			



续表 26.4-16

密封圈尺寸		沟 槽 尺 寸														
内径 $d_1$	截面 直径 $d_2$	液压动密封		液压气动静密封		液压动、静 和气动静密封			气动动密封		液压、气动 动静密封		最小 导角 长度 $r_{\min}$	槽底 圆角 半径 $r_1$	槽接 圆角 半径 $r_2$	
		$d_4$		$d_4$		$b$	$b_1$	$b_2$	$d_4$		$b$	$d_5$				
		max	min	max	min				max	min		max				min
11.8		16.840	16.34	16.660	16.280				17.000	16.520		12.560	11.97			
12.5		17.596	17.04	17.416	16.980				17.756	17.220		13.316	12.67			
13.2		18.352	17.74	18.172	17.680				18.512	17.920		14.072	13.37			
14		18.940	18.54	18.760	18.480				19.100	18.920		14.660	14.17			
15		20.00	19.54	19.820	19.480				20.160	19.720		15.720	15.17			
16		21.06	20.54	20.880	20.480				21.220	20.720		16.780	16.17			
17		22.12	21.54	21.940	21.480				22.280	21.720		17.840	17.17			
18		23.18	22.54	23.000	22.480				23.340	22.720		18.900	18.17			
19		24.187	23.59	24.007	23.530				24.347	23.770		19.907	19.22			
20		25.247	24.59	25.067	24.530				25.407	24.770		20.967	20.22			
21.2		26.519	25.79	26.339	25.730				26.679	25.970		22.239	21.42			
22.4		27.791	26.99	27.611	26.930				27.951	27.170		23.511	22.62			
23.6				28.883	28.130							24.783	23.82			
25	2.65			30.367	29.530	3.6	5.0	6.0			3.4	26.267	25.22	1.5	0.2~0.1~	
25.8				31.215	30.330							27.115	26.02		0.4 0.3	
26.5				31.957	31.030							27.857	26.72			
28				33.547	32.530							29.447	28.22			
30				35.667	34.530							31.567	30.22			
31.5				37.172	36.110							33.072	31.8			
32.5				38.232	37.110							34.132	32.8			
33.5				39.292	38.110							35.192	33.8			
34.5				40.352	39.110							36.252	34.8			
35.5				41.412	40.110							37.312	35.8			
36.5				42.472	41.110							38.372	36.8			
37.5				43.532	42.110							39.432	37.8			
38.7				44.804	43.110							40.704	39			
40				45.785	44.610							41.685	40.3			
41.2				47.045	45.810							42.945	41.5			
42.5				48.410	47.110							44.31	42.8			
43.7				49.670	48.310							45.57	44.0			

续表 26.4-16

密封圈尺寸		沟 槽 尺 寸														
内径 $d_1$	截面 直径 $d_2$	液压动密封		液压气动静密封		液压动、静 和气动静密封			气动动密封		液压、气动 动静密封		最小 导角 长度 $s_{\min}$	槽底 圆角 半径 $r_1$	槽棱 圆角 半径 $r_2$	
		$d_3$		$d_4$		$b$	$b_1$	$b_2$	$d_5$		$b$	$d_6$				
		max	min	max	min				max	min		max				min
45				51.035	49.610							46.935	45.3			
46.2				52.295	50.810							48.195	46.5			
47.5				53.660	52.110							49.56	47.8			
48.7				54.920	53.310							50.82	49.0			
50				56.285	54.610							52.185	50.3			
51.5				57.702	56.260							53.603	51.95			
53				59.227	57.760							55.178	53.45			
54.5				60.852	59.260							56.753	54.95			
56				62.427	60.760							58.328	56.45			
58				64.527	62.760							60.428	58.45			
60				66.627	64.760							62.528	60.45			
61.5				68.202	66.260							64.103	61.95			
63	2.65			69.777	67.760	3.6	5.0	6.0				65.678	63.45	1.5	0.2~0.1~	
65				71.877	69.760							67.778	65.45		0.4 0.3	
67				73.978	71.760							69.878	67.45			
69				76.078	73.760							71.978	69.45			
71				78.178	75.760							74.078	71.45			
73				80.277	77.760							76.178	73.45			
75				82.377	79.760							78.278	75.45			
80				87.627	84.760							83.528	80.45			
85				92.667	89.960							88.568	85.65			
90				97.917	94.960							93.818	90.65			
95				103.167	99.960							99.068	95.65			
100				107.424	104.960							103.324	100.65			
106				113.664	110.960							109.564	106.65			
112				119.904	116.960							115.804	112.65			
118				126.144	122.960							122.044	118.65			
125				133.164	130.210							129.064	125.9			
132				140.444	137.210							136.344	132.9			
140				148.764	145.210							144.664	140.9			

续表 26.4-16

密封圈尺寸		沟 槽 尺 寸														
内径 $d_1$	截面 直径 $d_2$	液压动密封		液压气动静密封		液气动、静 和气动静密封			气动动密封		液压、气动 动静密封		最小 导角 长度 $s_{min}$	槽底 圆角 半径 $r_1$	槽棱 圆角 半径 $r_2$	
		$d_4$		$d_4$		$b$	$b_1$	$b_2$	$d_4$		$b$	$d_4$				
		max	min	max	min				max	min		max				min
150	2.65			159.164	155.210	3.6	5.0	6.0			155.064	150.9	1.5	0.2~ 0.4	0.1~ 0.3	
160				169.564	165.210				165.464	160.9						
170				179.964	175.210				175.864	170.9						
180				190.364	185.210				186.264	180.9						
18	3.55	24.760	24.150	24.280	24.010	4.8	6.2	7.6	24.940	24.330	18.90	18.17	1.8	0.4~ 0.8	0.1~ 0.3	
19		25.767	25.200	25.287	25.060				25.947	25.380	3.55	19.907				19.22
20		26.827	26.200	26.347	26.060				27.007	26.380	20.967	20.22				
21.2		28.099	27.400	27.619	27.260				28.279	27.580	22.239	21.42				
22.4		29.371	28.600	28.891	28.460				29.551	28.780	23.511	22.62				
23.6		30.643	29.800	30.163	29.660				30.823	29.980	24.783	23.82				
25		32.127	31.200	31.647	31.060				32.307	31.380	26.267	25.22				
25.8		32.975	32.000	32.495	31.860				33.155	32.180	27.115	26.02				
26.5		33.717	32.700	33.237	32.560				33.897	32.880	27.875	26.72				
28		35.307	34.200	34.827	34.060				35.487	34.380	29.447	28.22				
30		37.427	36.200	36.947	36.060				37.607	36.380	31.567	30.22				
31.5		38.932	37.780	38.452	37.640				39.112	37.960	4.6	33.072				31.8
32.5		39.992	38.780	39.512	38.640				40.172	38.960	34.132	32.8				
33.5		41.052	39.780	40.572	39.640				41.232	39.960	35.192	33.8				
34.5		42.112	40.780	41.632	40.640				42.292	40.960	36.252	34.8				
35.5		43.172	41.780	42.692	41.640				43.352	41.960	37.312	35.8				
36.5		44.232	42.780	43.752	42.640				44.412	42.960	38.372	36.8				
37.5		45.292	43.780	44.812	43.640				45.472	43.960	4.6	39.432				37.8
38.7		46.564	44.980	46.084	44.840				46.744	45.160	40.704	39.0				
40		47.545	46.280	47.065	46.140				47.725	46.460	41.685	40.3				
41.2		48.805	47.480	48.325	47.340				48.985	47.660	42.945	41.5				
42.5				49.690	48.640						44.31	42.8				
43.7				50.950	49.840						45.57	44.0				
45				52.315	51.140						46.935	45.3				
46.2			53.575	52.340			48.195	46.5								
47.5			54.940	53.640			49.56	47.8								
48.7			56.200	54.840			50.82	49.0								

密封圈尺寸		沟 槽 尺 寸														
内径 $d_1$	截面 直径 $d_2$	液压动密封		液压气动静密封		液压动、静 和气动静密封			气动动密封		液压、气动 动静密封		最小 导角 长度 $s_{min}$	槽底 圆角 半径 $r_1$	槽棱 圆角 半径 $r_2$	
		$d_3$		$d_4$		$b$	$b_1$	$b_2$	$d_5$		$b$	$d_6$				
		max	min	max	min				max	min		max				min
50				57.565	56.140							52.185	50.3			
51.5				58.983	57.790							53.603	51.95			
53				60.558	59.290							55.178	53.45			
54.5				62.132	60.790							56.753	54.95			
56				63.707	62.290							58.328	56.45			
58				65.807	64.290							60.428	58.45			
60				67.907	66.290							62.528	60.45			
61.5				69.482	67.790							64.103	61.95			
63				71.057	69.290							65.678	63.45			
65				73.157	71.290							67.778	65.45			
67				75.258	73.290							69.878	67.45			
69				77.358	75.290							71.978	69.45			
71				79.457	77.290							74.078	71.45			
73	3.55			81.557	79.290	4.8	6.2	7.6				76.178	73.45	1.8	0.4~0.1~	
75				83.657	81.290							78.278	75.45		0.8 0.3	
77.5				86.282	83.790							80.903	77.95			
80				88.907	86.290							83.528	80.45			
82.5				91.322	88.990							85.943	83.15			
85				93.947	91.490							93.818	85.65			
87.5				96.572	93.990							91.193	88.15			
90				99.197	96.490							93.818	90.65			
92.5				101.822	98.990							96.443	93.15			
95				104.447	101.490							99.068	95.65			
97.5				107.072	103.990							101.693	98.15			
100				108.704	106.490							103.324	100.65			
103				111.824	109.490							106.444	103.65			
106				114.944	112.490							109.564	106.65			
109				118.064	115.490							112.684	109.65			
112				121.184	118.490							115.804	112.65			
115				124.304	121.490							118.924	115.65			

续表 26.4-16

密封圈尺寸		沟 槽 尺 寸														
内径 $d_1$	截面 直径 $d_2$	液压动密封		液压气动静密封		液压动、静 和气动静密封			气动动密封		液压、气动 动静密封		最小 导角 长度 $r_{\min}$	槽底 圆角 半径 $r_1$	槽棱 圆角 半径 $r_2$	
		$d_4$		$d_5$		$b$	$b_1$	$b_2$	$d_6$		$d_7$					
		max	min	max	min				max	min	max	min				
118	3.55			127.424	124.490						123.004	118.65				
122				131.324	128.740						125.944	122.9				
125				134.444	131.740							129.064	125.9			
128				137.564	134.740							132.184	128.9			
132				141.724	138.740							136.344	132.9			
136				145.884	142.740							140.504	136.9			
140				150.044	146.740							144.664	140.9			
145				155.244	151.740							149.864	145.9			
150				160.444	156.740	4.8	6.2	7.6				155.064	150.9	1.8	0.4~	0.1~
155				165.644	161.740							160.264	155.9		0.8	0.3
160				170.844	166.740							165.464	160.9			
165				176.044	171.740							170.664	165.9			
170				181.244	176.740							175.864	170.9			
175				186.444	181.740							180.064	175.9			
180				191.644	186.740							186.264	180.9			
185				196.532	192.040							191.152	186.2			
190				201.732	197.040							196.352	191.2			
195				206.932	202.040							201.552	196.2			
200				212.132	207.040							206.752	201.2			
40		5.3	50.565	49.390	49.965	49.150				50.985	49.810		41.685	40.3		
41.2	51.825		50.590	51.225	50.350				52.245	51.010		42.945	41.5			
42.5	53.190		51.890	52.590	51.650				53.610	52.310		44.31	42.8			
43.7	54.450		53.090	53.850	52.850				54.870	53.510		45.57	44.0			
45	55.815		54.390	55.215	54.150				56.235	54.810		46.935	45.3			
46.2	57.075		55.590	56.475	55.350	7.1	9.0	10.9	57.495	56.010	6.9	48.195	46.5	2.7	0.4~	0.1~
47.5	58.440		56.890	57.840	56.650				58.860	57.310		49.56	47.8		0.8	0.3
48.7	59.700		58.090	59.100	57.850				60.120	58.510		50.82	49.0			
50	61.065		59.390	60.465	59.150				61.485	59.810		52.185	50.3			
51.5	62.483		61.040	61.882	60.800				62.902	61.460		63.603	51.95			

续表 26.4-16

密封圈尺寸		沟 槽 尺 寸											最小 导角 长度 $\approx_{\text{mm}}$	槽底 圆角 半径 $r_1$	槽棱 圆角 半径 $r_2$	
内径 $d_1$	截面 直径 $d_2$	液压动密封		液压气动静密封		液压、静 和气动静密封			气动动密封		液压、气动 动静密封					
		$d_4$		$d_3$		$b$	$b_1$	$b_2$	$d_1$		$b$	$d_2$				
		max	min	max	min				max	min		max				min
53		64.057	62.540	63.457	62.300				64.478	62.960		55.178	53.45			
54.5		65.632	64.040	65.032	63.800				66.053	64.460		56.753	54.95			
56		67.207	65.540	66.608	65.300				67.627	65.960		58.328	56.45			
58		69.307	67.540	68.707	67.300				69.728	67.960		60.428	58.45			
60		71.407	69.540	70.807	69.300				71.828	69.960		62.528	60.45			
61.5		72.982	71.040	72.382	70.800				73.402	71.460		64.103	61.95			
63		74.557	72.540	73.957	72.300				74.978	72.960		65.678	63.45			
65		76.657	74.540	76.057	74.300				77.078	74.960		67.778	65.45			
67		78.758	76.540	78.158	76.300				79.178	76.960		69.878	67.45			
69		80.858	78.540	80.258	78.300				81.278	78.960	6.9	71.978	69.45			
71		82.957	80.540	82.358	80.300				83.378	80.960		74.078	71.45			
73	5.3	85.057	82.540	84.457	82.300	7.1	9.0	10.9	85.478	82.960		76.178	73.45	2.7	0.4~0.1~	
75		87.157	84.540	86.557	84.300				87.578	84.960		78.278	75.45		0.8 0.3	
77.5		89.782	87.040	89.182	86.800				90.203	87.460		80.903	77.95			
80		92.407	89.540	91.807	89.300				92.828	89.960		83.528	80.45			
82.5		94.822	92.240	94.222	92.000				95.243	92.660		85.943	83.15			
85		97.447	94.740	96.847	94.500				97.867	95.160		88.568	85.65			
87.5		100.072	97.240	99.472	97.000				100.492	97.660		91.193	88.15			
90		102.697	99.740	102.097	99.500				103.117	100.160		93.818	90.65			
92.5		105.332	102.240	104.722	102.000				105.742	102.660		96.443	93.15			
95		107.947	104.740	107.347	104.500				108.367	105.160		99.068	95.65			
97.5		110.572	107.240	109.972	107.000				110.992	107.660		101.693	98.15			
100		112.204	109.740	111.604	109.500				112.624	110.160		103.324	100.65			
103		115.324	112.740	114.724	112.500				115.744	113.160		106.444	103.65			
106		118.444	115.740	117.844	115.500				118.864	116.160		109.564	106.65			
109		121.564	118.740	120.964	118.50				121.984	119.160		112.684	109.65			
112		124.684	121.740	124.084	121.50				125.104	122.160	6.9	115.804	112.65			
115		127.804	124.740	127.204	124.50				128.224	125.160		118.924	115.65			
118				130.324	127.50							122.044	118.65			
122				134.224	131.75							125.944	122.9			

超星浏览器提醒您：  
使用本产品时，请仔细阅读  
本产品的说明书，以免发生  
安全事故！

续表 26.4-16

密封圈尺寸		沟槽尺寸											最小 导角 长度 $r_{min}$	槽底 圆角 半径 $r_1$	槽棱 圆角 半径 $r_2$	
内径 $d_1$	截面 直径 $d_2$	液压动密封		液压气动静密封		液压动、静 和气动静密封			气动动密封		液压、气动 动静密封					
		$d_4$		$d_5$		$b$	$b_1$	$b_2$	$d_3$		$b$	$d_3$				
		max	min	max	min				max	min		max				min
125	5.3			137.344	134.75							129.064	125.9			
128				140.464	137.75							132.184	128.9			
132				144.624	141.75							136.344	132.9			
136				148.784	145.75							140.504	136.9			
140				152.944	149.75							144.664	140.9			
145				158.144	154.75							149.864	145.9			
150				163.344	159.75							155.064	150.9			
155				168.544	164.75							160.264	155.9			
160				173.744	169.75							165.464	160.9			
165				178.944	174.75							170.664	165.9			
170				184.144	179.75							175.864	170.9			
175				189.344	184.75							180.064	175.9			
180				194.544	189.75	7.1	9.0	10.9				186.264	180.9	2.7	0.4~	0.1~
185				199.744	195.05							191.464	186.12		0.8	0.3
190				204.944	200.05							196.664	191.2			
195				209.144	205.05							201.864	196.2			
200				215.344	210.05							207.064	201.2			
212				225.744	222.05							217.464	213.2			
224				237.744	234.05							229.464	225.2			
236				250.744	246.05							241.464	237.2			
250				264.744	260.45							255.464	251.2			
265				279.744	275.45							270.464	266.6			
280				295.744	290.45							286.464	281.6			
300				315.744	310.45							306.464	301.6			
315			331.744	325.45							322.464	316.6				
335			351.744	345.95							342.464	337.1				
355			371.744	365.95							362.464	357.1				
375			392.744	385.95							383.464	377.1				
400			418.744	410.95							408.464	402.1				
109	7.0	124.484	121.70	123.924	121.44	9.5	12.3	15.1	125.024	122.280	9.3	112.684	109.65	3.6	0.8~	0.1~
112		127.604	124.70	127.044	124.44				128.144	125.280		115.804	112.65		1.2	0.3

超星网提醒您：  
请尊重知识产权！

续表 26.4-16

密封圈尺寸		沟 槽 尺 寸													
内径 $d_1$	截面 直径 $d_2$	液压动密封		液压气动静密封		液 压 动、静 和 气 动 静 密 封			气 动 动 密 封		液 压、气 动 动 静 密 封		最小 导角 长度 $r_{min}$	槽底 圆角 半径 $r_1$	槽棱 圆角 半径 $r_2$
		$d_3$		$d_4$		$b$	$b_1$	$b_2$	$d_5$		$d_6$	$d_7$			
		max	min	max	min				max	min					
115		130.724	127.70	130.164	127.440				131.264	128.280	118.924	115.65			
118		133.844	130.70	133.284	130.440				134.384	131.280	122.044	118.65			
122		137.744	134.95	137.184	134.690				138.284	135.530	125.944	122.9			
125		140.864	137.950	140.304	137.690				141.404	138.530	129.064	125.9			
128		143.984	140.950	143.424	140.690				144.524	141.530	132.184	128.9			
132		148.144	144.950	147.584	144.690				148.684	145.530	136.344	132.9			
136		152.304	148.950	151.744	148.690				152.844	149.530	140.504	136.9			
140		156.464	152.950	155.904	152.690				157.004	153.530	144.664	140.9			
145		161.664	157.950	161.104	157.690				162.204	158.530	149.864	145.9			
150		166.864	162.950	166.304	162.690				167.404	163.530	155.064	150.9			
155		172.064	167.950	171.504	167.690				172.604	168.530	160.264	155.9			
160		177.264	172.95	176.704	172.690				177.804	173.530	165.464	160.9			
165		182.464	177.95	181.904	177.690				183.004	178.530	170.664	165.9			
170		187.664	182.95	187.104	182.690				188.204	183.530	175.864	170.9			
175	7.0	192.864	187.95	192.304	187.690	9.5	12.3	15.1	193.404	188.530	9.3	180.064	175.9	3.6	0.8~0.1~
180		198.064	192.95	197.504	192.690				198.604	193.530	186.264	180.9		1.2	0.3
185		202.952	198.25	202.392	197.990				203.492	198.830	191.152	186.2			
190		208.152	203.25	207.592	202.990				208.692	203.830	196.352	191.2			
195		213.352	208.25	212.792	207.990				213.892	208.830	201.552	196.2			
200		218.552	213.25	217.992	212.990				219.092	213.830	206.752	201.2			
206		222.744	219.25	222.184	218.990				223.284	219.830	210.944	207.2			
212		228.924	225.25	228.364	224.990				229.464	225.830	217.124	213.2			
218		235.104	231.25	234.544	230.990				235.644	231.830	223.304	219.2			
224		241.284	237.25	240.724	236.990				241.824	237.830	229.484	225.2			
230		247.464	243.25	246.904	242.990				248.004	243.830	235.664	231.2			
236		253.644	249.25	253.084	248.990				254.184	249.830	241.844	237.2			
243		260.854	256.25	260.294	255.990				261.394	256.830	249.054	244.2			
250		267.652	263.65	267.092	263.390				268.192	264.230	256.264	251.2			
258				275.332	271.390						264.092	259.6			
265				282.542	278.390						271.302	266.6			



续表 26.4-16

密封圈尺寸		沟槽尺寸														
内径 $d_1$	截面 直径 $d_2$	液压动密封		液压气动静密封		液压动、静 和气动静密封			气动密封		液压、气动 动静密封		最小 导角 长度 $r_{min}$	槽底 圆角 半径 $r_1$	槽棱 圆角 半径 $r_2$	
		$d_3$		$d_4$		$b$	$b_1$	$b_2$	$d_5$		$h$	$d_6$				
		max	min	max	min				max	min		max				min
272				289.752	285.390							278.512	273.6			
280				297.992	293.390							286.752	281.6			
290				303.292	303.390							297.052	291.6			
300				318.592	313.390							307.352	301.6			
307				325.802	320.390							314.562	308.6			
315				334.042	328.390							322.802	316.6			
325				343.827	338.890							332.587	327.1			
335				354.127	348.890							342.887	337.1			
345				364.427	358.890							353.187	347.1			
355				374.727	368.890							363.487	357.1			
365				385.027	378.890							373.787	367.1			
375				395.327	388.890							384.087	377.1			
387	7.0			407.687	400.890	9.5	12.3	15.1				396.447	389.1	3.6	0.8~0.1~	
400				421.077	413.890							409.837	402.1		1.2 0.3	
412				428.828	426.390							417.588	414.6			
425				442.088	439.390							430.848	427.6			
437				454.328	451.390							443.088	439.6			
450				467.588	464.390							456.348	452.6			
462				479.828	476.390							468.588	464.6			
475				493.088	489.390							481.848	477.6			
487				505.328	501.390							494.088	489.6			
500				518.588	514.390							507.348	502.6			
515				533.276	529.990							522.036	518.2			
530				548.576	544.990							537.336	533.2			
545				563.876	559.990							552.636	548.2			
560				579.176	574.990							567.936	563.2			
580				599.576	594.990							588.336	583.2			
600				619.976	614.990							608.736	603.2			
615				635.276	629.990							624.036	618.2			

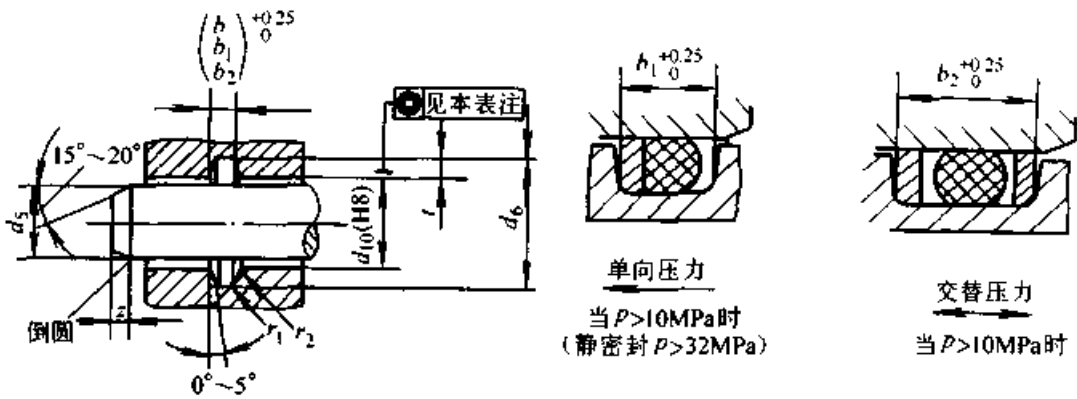
超星  
使用  
请  
日本复明  
品  
知识产权!

超星浏览器提醒您：  
使用本复制品  
请尊重相关知识产权！续表 26.4-16

密封圈尺寸		沟 槽 尺 寸														
内径 $d_1$	截面 直径 $d_2$	液压动密封		液压气动静密封		液压动、静 和气动静密封			气动动密封		液压、气动 动静密封		最小 导角 长度 $r_{min}$	槽底 圆角 半径 $r_1$	槽棱 圆角 半径 $r_2$	
		$d_4$		$d_4$		$b$	$b_1$	$b_2$	$d_4$		$b$	$d_3$				
		max	min	max	min				max	min		max				min
630	7.0			650.576	644.990						639.336	633.2	3.6	0.8~ 1.2	0.1~ 0.3	
650				670.364	665.590	9.5	12.3	15.1		9.3	659.124	653.8				
670				690.764	685.590						679.524	673.8				

- 注：1. 本表是以硬度为 70IRHD 合成橡胶材料制成的密封圈为基础制订的。工作温度随胶料而定，工作压力超过 10 MPa 时需采用带挡圈的结构形式。  
 2. 在可以选用几种截面 O 形圈的情况下，应优先选用较大截面 O 形圈。  
 3.  $d_9$  和  $d_3$  之间的同轴度公差：直径  $\leq 50$  mm 时， $\leq \phi 0.025$  mm；直径  $> 50$  mm 时， $\leq \phi 0.05$  mm。  
 4.  $d_9$ 、 $d_{10}$  由设计者自行决定。

表 26.4-17 活塞杆密封沟槽尺寸 (摘自 GB/T 3452.3—1988) (mm)



密封圈尺寸		沟 槽 尺 寸														
内径 $d_1$	截面 直径 $d_2$	液压动密封		液压气动静密封		液压动、静 和气动静密封			气动动密封		液压、气动 动静密封		最小 导角 长度 $r_{min}$	槽底 圆角 半径 $r_1$	槽棱 圆角 半径 $r_2$	
		$d_5$		$d_5$		$b$	$b_1$	$b_2$	$d_5$		$b$	$d_6$				
		max	min	max	min				max	min		max				min
4.87	1.8	5.19	5.169						4.99	4.969		8.18	8.059	1.1	0.2~ 0.4	0.1~ 0.3
5		5.32	5.289						5.12	5.089		8.31	8.179			
5.15		5.47	5.427						5.27	5.227		8.46	8.317			
5.3		5.62	5.565						5.42	5.365		8.61	8.455			
5.6		5.92	5.841	5.94	5.921	2.4	3.8	5.2	5.72	5.641	2.2	8.91	8.731			
6		6.32	6.209	6.34	6.289				6.12	6.009		9.31	9.099			
6.3		6.61	6.494	6.63	6.574				6.41	6.294		9.6	9.384			
6.7		7.01	6.862	7.03	6.942				6.81	6.662		10.0	9.752			
6.9		7.21	7.046	7.23	7.126				7.01	6.846		10.2	9.936			

续表 26.4-17

密封圈尺寸		沟槽尺寸														
内径 $d_1$	截面 直径 $d_2$	液压动密封		液压气动静密封		液压动、静 和气动静密封			气动动密封		液压、气动 动静密封		最小 导角 长度 $r_{min}$	槽底 圆角 半径 $r_1$	槽棱 圆角 半径 $r_2$	
		$d_s$		$d_s$		$b$	$b_1$	$b_2$	$d_s$		$b$	$d_s$				
		max	min	max	min				max	min		max				min
7.1		7.41	7.23	7.43	7.310				7.21	7.03		10.4	10.12			
7.5		7.81	7.598	7.83	7.678				7.61	7.398		10.8	10.488			
8		8.31	8.058	8.33	8.138				8.11	7.858		11.3	10.948			
8.5		8.81	8.518	8.83	8.598				8.61	8.318		11.8	11.408			
8.75		9.06	8.748	9.08	8.828				8.86	8.548		12.05	11.638			
9		9.31	8.978	9.33	9.058				9.11	8.778		12.3	11.868			
9.5		9.81	9.438	9.83	9.518				9.61	9.238		12.8	12.328			
10		10.31	9.898	10.33	9.978				10.11	9.698		13.3	12.788			
10.6		10.88	10.768	10.90	10.848				10.689	10.568		13.87	13.658			
11.2		11.48	11.332	11.50	11.412				11.280	11.132		14.47	14.222			
11.8		12.08	11.896	12.10	11.976				11.880	11.696		15.07	14.786			
12.5	1.8	12.78	12.554	12.80	12.634	2.4	3.8	5.2	12.580	12.354	2.2	15.77	15.444	1.1	0.2~0.1~	
13.2		13.48	13.212	13.50	13.292				13.280	13.012		16.47	16.102		0.4 0.3	
14				14.30	14.044							17.27	16.854			
15				15.30	14.984							18.27	17.794			
16				16.30	15.924							19.27	18.734			
17				17.30	16.864							20.27	19.674			
18				18.30	17.804							21.27	20.614			
19				19.25	18.791							22.22	21.601			
20				20.25	19.731							23.22	22.541			
21.2				21.45	20.859							24.42	23.669			
22.4				22.65	21.987							25.62	24.797			
23.6				23.85	23.115							26.82	25.925			
25				25.25	24.431							28.22	27.241			
25.8				26.05	25.481							29.02	28.291			
26.5				26.75	26.146							29.72	28.956			
28				28.25	27.571							31.22	30.381			
30				30.25	29.471							33.22	32.281			
31.5				31.67	30.972							34.64	33.782			
32.5				32.67	31.922							35.64	34.732			

密封圈尺寸		沟 槽 尺 寸											最小 导角 长度 $r_{min}$	槽底 圆角 半径 $r_1$	槽棱 圆角 半径 $r_2$		
内径 $d_1$	截面 直径 $d_2$	液压动密封		液压气动静密封		液压动、静 和气动静密封			气动动密封			液压、气动 动静密封					
		$d_3$		$d_5$		$b$	$b_1$	$b_2$	$d_5$		$b$	$d_6$					
		max	min	max	min				max	min		max				min	
33.5	1.8			33.67	32.872							36.64	35.682	1.1	0.2~0.1~	0.4 0.3	
34.5				34.67	33.822							37.64	36.632				
35.5				35.67	34.772							38.64	37.582				
36.5				36.67	35.772							39.64	38.532				
37.5				37.67	36.672							40.64	39.482				
38.7				38.87	37.812							41.84	40.622				
40				40.17	39.047	2.4	3.8	5.2				43.14	41.857				
41.2				41.37	40.187							44.34	42.997				
42.5				42.67	41.422							45.64	44.232				
43.7				43.87	42.562							46.84	45.372				
45				45.17	43.797							48.14	46.607				
46.2				46.37	44.937							49.34	47.747				
47.5				47.67	46.172							50.64	48.982				
48.7				48.87	47.312							51.84	50.122				
50				50.17	48.547							53.14	51.357				
7.1	2.65			7.61	7.462							12.08	11.702	1.5	0.2~0.1~	0.4 0.3	
7.5				8.01	7.83							12.48	12.070				
8				8.51	8.29							12.98	12.530				
8.5				9.01	8.75							13.48	12.990				
8.75				9.26	8.98							13.73	13.220				
9			9.45	9.03	9.51	9.21				9.19	8.77	13.98	13.450				
9.5			9.95	9.49	10.01	9.67				9.69	9.23	14.48	13.910				
10			10.45	9.95	10.51	10.13	3.6	5.0	6.0	10.19	9.69	3.4	14.98				14.370
10.6			11.02	10.855	11.08	11.035				10.76	10.595		15.55				15.275
11.2			11.62	11.419	11.68	11.599				11.36	11.159		16.15				15.839
11.8			12.22	11.983	12.28	12.163				11.96	11.723		16.75				16.403
12.5			12.92	12.641	12.98	12.821				12.66	12.381		17.45				17.061
13.2			13.62	13.299	13.68	13.479				13.36	13.039		18.15				17.719
14			14.42	14.051	14.48	14.231				14.16	13.791		18.95				18.471
15			15.42	14.991	15.48	15.171				15.16	14.731		19.95				19.411

超星阅读器提醒  
使用本复制品  
请尊重知识产权!

续表 26.4-17

密封圈尺寸		沟 槽 尺 寸											最小 导角 长度 $s_{min}$	槽底 圆角 半径 $r_1$	槽棱 圆角 半径 $r_2$	
内径 $d_1$	截面 直径 $d_2$	液压动密封		液压气动静密封		液 压 动、 静 和 气 动 静 密 封			气 动 动 密 封		液 压、 气 动 动 静 密 封					
		$d_3$		$d_3$		$b$	$b_1$	$b_2$	$d_5$		$d_6$					
		max	min	max	min							max	min	max	min	
16		16.42	15.931	16.48	16.111				16.16	15.671		20.95	20.351			
17		17.42	16.871	17.48	17.051				17.16	16.611		21.95	21.291			
18	2.65	18.42	17.811	18.48	17.991	3.6	5.0	6.0	18.16	17.551	3.4	22.95	22.231	1.5	0.2~	0.1~
19		19.37	18.798	19.43	18.978				19.11	18.538		23.9	23.218		0.4	0.3
20		20.37	19.738	20.43	19.918				20.11	19.478		24.9	24.158			
21.2		21.57	20.866	21.63	21.046				21.31	20.606		26.1	25.286			
22.4				22.83	22.174							27.3	26.414			
23.6				24.03	23.302							28.5	27.542			
25				25.43	24.618							29.9	28.858			
25.8				26.23	25.685							30.7	29.925			
26.5				26.93	26.350							31.4	30.590			
28				28.43	27.775							32.9	32.015			
30				30.43	29.675							34.9	33.915			
31.5				31.85	31.176							36.32	35.415			
32.5				32.85	32.126							37.32	36.366			
33.5				33.85	33.076							38.32	37.316			
34.5				34.85	34.026							39.32	38.266			
35.5	2.65	22.77	21.994	35.85	34.976	3.6	5.0	6.0	22.51	21.734	3.4	40.32	39.216	1.5	0.2~	0.1~
36.5				36.85	35.926							41.32	40.166		0.4	0.3
37.5				37.85	36.876							42.32	41.116			
38.7				39.05	38.016							43.52	42.256			
40				40.35	39.251							44.82	43.491			
41.2				41.55	40.391							46.02	44.631			
42.5				42.85	41.626							47.32	45.866			
43.7				44.05	42.776							48.52	47.006			
45				45.35	44.001							49.82	48.241			
46.2				46.55	45.141							51.02	49.381			
47.5				47.85	46.376							52.32	50.616			
48.7				49.05	47.516							53.52	51.756			
50				50.35	48.751							54.82	52.991			

续表 26.4-17

密封圈尺寸		沟 槽 尺 寸														
内径 $d_1$	截面 直径 $d_2$	液压动密封		液压气动静密封		液压动、静 和气动静密封			气动动密封		液压、气动 动静密封		最小 导角 长度	槽底 圆角 半径	槽棱 圆角 半径	
		$d_3$		$d_5$		$b$	$b_1$	$b_2$	$d_5$		$b$	$d_6$				
		max	min	max	min				max	min		max				min
51.5				51.70	50.319							56.17	54.559			
53				53.20	51.743							57.67	55.984			
54.5				54.70	53.169							59.17	57.409			
56				56.20	54.594							60.67	58.834			
58				58.20	56.493							62.67	60.734			
60				60.20	58.393							64.67	62.634			
61.5				61.70	60.493							66.17	64.733			
63				63.20	61.933							67.67	66.173			
65				65.20	63.853							69.67	68.093			
67				67.20	65.773							71.67	70.013			
69				69.20	67.693							73.67	71.933			
71				71.20	69.618							75.67	73.853			
73				73.20	71.533							77.67	75.773			
75	2.65	22.77	21.994	75.20	73.453	3.6	5.0	6.0	22.51	21.734	3.4	79.67	77.693	1.5	0.2~0.1~	
80				80.20	78.253							84.67	82.493		0.4 0.3	
85				85.00	83.245							89.47	87.485			
90				90.00	88.045							94.47	92.285			
95				95.00	92.845							99.47	97.085			
100				100.00	97.645							104.47	101.885			
106				106.00	103.405							110.47	107.645			
112				112.00	100.165							116.47	113.405			
118				118.00	114.925							122.47	119.165			
125				124.75	121.885							129.22	126.125			
132				131.75	129.989							136.22	134.229			
140				139.75	137.749							144.22	141.989			
150				149.75	147.449							154.22	151.689			
160				159.75	157.149							164.22	161.389			
170				169.75	166.849							174.22	171.089			
180				179.75	176.549							184.22	180.789			

续表 26.4-17

密封圈尺寸		沟 槽 尺 寸														
内径 $d_1$	截面 直径 $d_2$	液压动密封		液压气动静密封		液压动、静 和气动静密封			气动动密封		液压、气动 动静密封		最小 导角 长度 $z_{\min}$	槽底 圆角 半径 $r_1$	槽棱 圆角 半径 $r_2$	
		$d_5$		$d_5$		$b$	$b_1$	$b_2$	$d_5$		$b$	$d_6$				
		max	min	max	min				max	min		max				min
18		18.74	17.792	18.88	18.372				18.40	17.552		24.73	23.942			
19		19.69	18.879	19.83	19.359				19.35	18.539		25.68	24.929			
20		20.69	19.819	20.83	20.299				20.35	19.479		26.68	25.869			
21.2		21.89	20.947	22.030	21.427				21.55	20.607		27.88	26.997			
22.4		23.09	22.075	23.23	22.555				22.75	21.735		29.08	28.124			
23.6		24.29	23.203	24.430	23.683				23.95	22.863		30.28	29.253			
25		25.69	24.519	25.83	24.999				25.35	24.179		31.68	30.569			
25.8		26.49	25.604	26.63	26.084				26.15	25.264		32.48	31.654			
26.5		27.19	26.269	27.33	26.749				26.85	25.929		33.18	32.319			
28		28.69	27.694	28.83	28.174				28.35	27.354		34.68	33.744			
30		30.69	29.594	30.83	30.074				30.35	29.254		36.68	35.644			
31.5		32.11	31.095	32.25	31.575				31.77	30.755		38.1	37.145			
32.5		33.11	32.045	33.25	32.525				32.77	31.705		39.1	38.095			
33.5		34.11	32.995	34.25	33.475				33.77	32.655		40.1	39.045			
34.5		35.11	33.945	35.25	34.425				34.77	33.605		41.1	39.995			
35.5	3.55	36.11	34.895	36.25	35.375	4.8	6.2	7.6	35.77	34.555		42.1	40.945	1.8	0.4~0.1~	
36.5		37.11	35.845	37.25	36.325				36.77	35.505		43.1	41.895		0.8 0.3	
37.5		38.11	36.795	38.25	37.275				37.77	36.455		44.1	42.845			
38.7		39.31	37.935	39.45	38.415				38.97	37.595		45.3	43.985			
40		40.61	39.170	40.75	39.650				40.27	38.830		46.6	45.22			
41.2		41.81	40.310	41.95	40.790				41.47	39.970		47.8	46.36			
42.5				43.25	42.025							49.1	47.595			
43.7				44.45	43.165							50.3	48.735			
45				45.75	44.400							51.6	49.97			
46.2				46.95	45.540							52.8	51.11			
47.5				48.25	46.775							54.1	52.345			
48.7				49.45	47.915							55.3	53.485			
50				50.75	49.150							56.6	54.72			
51.5				52.10	50.718							57.95	56.288			
53				53.60	52.143							59.45	57.713			
54.5				55.10	53.567							60.95	61.703			

续表 26.4-17

密封圈尺寸		沟 槽 尺 寸										最小 导角 长度 $z_{\min}$	槽底 圆角 半径 $r_1$	槽棱 圆角 半径 $r_2$		
内径 $d_1$	截面 直径 $d_2$	液压动密封		液压气动静密封		液压动、静 和气动静密封			气动动密封		液压、气动 动静密封					
		$d_3$		$d_3$		$b$	$b_1$	$b_2$	$d_3$		$b$				$d_6$	
		max	min	max	min				max	min					max	min
56				56.60	54.993							62.45	60.563			
58				58.60	56.893							64.45	62.463			
60				60.60	58.792							66.45	64.363			
61.5				62.10	60.910							67.95	66.48			
63				63.60	62.350							69.45	67.92			
65				65.60	64.270							71.45	69.84			
67				67.60	66.190							73.45	71.76			
69				69.60	68.110							75.45	73.68			
71				71.60	70.030							77.45	75.6			
73				73.60	71.950							79.45	77.52			
75				75.60	73.870							81.45	79.44			
77.5				78.10	76.270							83.95	81.84			
80				80.60	78.670							86.45	84.24			
82.5	3.55			82.90	81.262	4.8	6.2	7.6			4.6	88.75	86.832	1.8	0.4~0.1~	
85				85.40	83.662							91.25	89.232		0.8 0.3	
87.5				87.90	86.062							93.75	91.632			
90				90.40	88.462							96.25	94.032			
92.5				92.90	90.862							98.75	96.432			
95				95.40	93.262							101.25	98.832			
97.5				97.90	95.662							103.75	101.232			
100				100.40	98.062							106.25	103.632			
103				103.40	100.742							109.25	106.512			
106				106.40	103.822							112.25	109.392			
109				109.40	106.702							115.25	112.272			
112				112.40	109.582							118.25	115.152			
115				115.40	112.462							121.25	118.032			
118				118.40	115.342							124.25	120.912			
122				122.15	119.422							128	124.992			
125				125.15	122.302							131	127.872			
128				128.15	126.544							134	132.114			



续表 26.4-17

密封圈尺寸		沟 槽 尺 寸											最小 导角 长度 $r_{\text{min}}$	槽底 圆角 半径 $r_1$	槽棱 圆角 半径 $r_2$		
内径 $d_1$	截面 直径 $d_2$	液压动密封		液压气动静密封		液气动、静 和气动静密封			气动动密封		液压、气动 动静密封						
		$d_3$		$d_5$		$b$	$b_1$	$b_2$	$d_5$		$b$	$d_k$					
		max	min	max	min				max	min		max	min				
132	3.55			132.15	130.424							138	135.994				
136				136.15	134.304							142	139.874				
140				140.15	138.184							146	143.754				
145				145.15	143.034							151	148.604				
150				150.15	147.884							156	153.454				
155				155.15	152.734							161	158.304				
160				160.15	157.584							166	163.154				
165				165.15	162.434	4.8	6.2	7.6				171	168.004	1.8	0.4~	0.1~	
170				170.15	167.284							176	172.854		0.8	0.3	
175				175.15	172.134							181	177.704				
180				180.15	176.984							186	182.554				
185				184.15	182.125							190.7	187.695				
190				189.85	186.975							195.7	192.545				
195				194.85	191.825							200.7	197.395				
200				199.85	196.675							205.7	202.245				
40		5.3	40.88	39.392	41.14	40.032				40.48	38.992		50.04	48.602			
41.2			42.08	40.532	42.34	41.172				41.68	40.132		51.24	49.742			
42.5			43.38	41.767	43.64	42.407				42.98	41.367		52.54	50.977			
43.7			44.58	42.907	44.84	43.547				44.18	42.507		53.74	52.117			
45			45.88	44.142	46.14	44.782				45.48	43.742		55.04	53.352			
46.2			47.08	45.282	47.34	45.922				46.68	44.882		56.24	54.492			
47.5			48.38	46.517	48.64	47.157				47.98	46.117		57.54	55.727			
48.7			49.58	47.657	49.84	48.297	7.1	9.0	10.9	49.18	47.257	6.9	58.74	56.867	2.7	0.4~	0.1~
50			50.88	48.892	51.14	49.532				50.48	48.492		60.04	58.102		0.8	0.3
51.5			52.23	50.460	52.49	51.100				51.83	50.060		61.39	50.67			
53			53.73	51.885	53.99	52.525				53.33	51.484		62.89	61.095			
54.5			55.23	53.309	55.49	53.949				54.83	52.909		64.39	62.52			
56			56.73	54.734	56.99	55.374				56.33	54.334		65.89	63.945			
58			58.73	56.635	58.99	57.275				58.33	56.234		67.89	65.845			
60			60.73	58.535	60.99	59.175				60.33	58.135		69.89	67.745			

超星阅读器提醒您：  
使用本复制品  
请尊重相关知识产权！

续表 26.4-17

密封圈尺寸		沟 槽 尺 寸														
内径 $d_1$	截面 直径 $d_2$	液压动密封		液压气动静密封		液压动、静 和气动静密封			气动动密封		液压、气动 动静密封		最小 导角 长度 $z_{\min}$	槽底 圆角 半径 $r_1$	槽棱 圆角 半径 $r_2$	
		$d_5$		$d_5$		$b$	$b_1$	$b_2$	$d_5$		$b$	$d_6$				
		max	min	max	min				max	min		max				min
61.5		62.23	60.688	62.49	61.328				61.83	60.288		71.39	69.898			
63		63.73	62.128	63.99	62.768				63.33	61.728		72.89	71.338			
65		65.73	64.048	65.99	64.688				65.33	63.648		74.89	73.258			
67		67.73	65.968	67.99	66.608				67.33	65.568		76.89	75.178			
69		69.73	67.888	69.99	68.528				69.33	67.448		78.89	77.098			
71		71.73	69.808	71.99	70.448				71.33	69.408		80.89	78.018			
73		73.73	71.728	73.99	72.368				73.33	71.328		82.89	80.938			
75		75.73	73.648	75.99	74.288				75.33	73.248		84.89	82.858			
77.5		78.23	76.048	78.49	76.688				77.83	75.648		87.39	85.258			
80		80.73	78.448	80.99	79.088				80.33	78.048		89.89	87.658			
82.5		83.03	81.040	83.29	81.680				82.63	80.640		92.19	90.25			
85		85.53	83.440	85.79	84.080				85.13	83.040		94.69	92.65			
87.5		88.03	85.840	88.29	86.480				87.63	85.440		97.19	95.05			
90		90.53	88.240	90.79	88.880				90.13	87.840		99.69	97.45			
92.5	5.3	93.03	90.640	93.29	91.280	7.1	9.0	10.9	92.63	90.240	6.9	102.19	99.85	2.7	0.4~0.1-	
95		95.53	93.040	95.79	93.680				95.13	92.640		104.69	102.25		0.8 0.3	
97.5		98.03	95.440	98.29	96.080				97.63	95.040		107.19	104.65			
100		100.53	97.840	100.79	98.480				100.13	97.440		109.69	107.05			
103		103.53	100.720	103.79	101.360				103.13	100.320		112.69	109.93			
106		106.53	103.600	106.79	104.240				106.13	103.200		115.69	112.81			
109		109.53	106.48	109.79	107.120				109.13	106.08		118.69	115.69			
112		112.53	109.36	112.79	110.000				112.13	108.96		121.69	118.57			
115		115.53	112.24	115.79	112.880				115.13	111.84		124.69	121.45			
118				118.79	115.760							127.69	124.33			
122				122.54	119.840							131.44	128.41			
125				125.54	122.720							134.44	131.29			
128				128.54	126.997							137.44	135.567			
132				132.54	130.877							141.44	139.447			
136				136.54	134.757							145.44	143.327			
140				140.54	138.637							149.44	147.207			

续表 26.4-17

密封圈尺寸		沟 槽 尺 寸														
内径 $d_1$	截面 直径 $d_2$	液压动密封		液压气动静密封		液气动、静 和气动静密封			气动动密封		液压、气动 动静密封		最小 导角 长度 $\alpha_{min}$	槽底 圆角 半径 $r_1$	槽棱 圆角 半径 $r_2$	
		$d_5$		$d_5$		$b$	$b_1$	$b_2$	$d_5$		$b$	$d_6$				
		max	min	max	min				max	min		max				min
145				145.54	143.487						154.44	152.057				
150				150.54	148.337						159.44	156.907				
155				155.54	153.187						164.44	161.757				
160				160.54	158.037						169.44	166.607				
165				165.54	162.887						174.44	171.457				
170				170.54	167.737						179.44	176.307				
175				175.54	172.587						184.44	181.157				
180				180.54	177.437						189.44	186.007				
185				185.24	182.578						194.14	191.148				
190				190.24	187.428						199.14	195.998				
195				195.24	192.278						204.14	200.848				
200	5.3			200.24	197.128	7.1	9.0	10.9			209.14	205.698	2.7	0.4~	0.1~	
212				212.24	208.768						221.14	217.338		0.8	0.3	
224				224.24	220.408						233.14	228.978				
236				236.24	232.048						245.14	240.618				
250				249.84	246.016						259.14	254.198				
265				264.84	263.341						273.74	271.911				
280				279.84	278.041						288.74	286.611				
300				299.84	297.641						308.74	306.211				
315				314.84	312.341						323.74	320.911				
335				334.34	332.431						343.24	341.001				
355				354.34	352.031						363.24	360.111				
375				374.34	371.631						383.24	379.711				
400				399.34	396.131						408.24	404.211				
109		109.88	106.832	110.16	107.372				109.32	106.292	122.05	118.992				
112		112.88	109.712	113.16	110.252				112.32	109.172	125.05	121.872				
115	7.0	115.88	112.592	116.16	113.132	9.5	12.3	15.1	115.32	112.052	9.3	128.05	124.752	3.6	0.8~	0.1~
118		118.88	115.472	119.16	116.012				118.32	114.932		131.05	127.632		1.2	0.3
122		122.63	119.552	122.91	120.092				122.07	119.012		134.8	131.712			
125		125.63	122.432	125.91	122.972				125.07	121.892		137.8	134.592			

超星提醒：  
 使用本复制品  
 请尊重版权！

密封圈尺寸		沟 槽 尺 寸										最小 导角 长度 $r_{\min}$	槽底 圆角 半径 $r_1$	槽棱 圆角 半径 $r_2$		
内径 $d_1$	截面 直径 $d_2$	液压动密封		液压气动静密封		液 压 动、 静 和 气 动 静 密 封			气 动 动 密 封		液 压、 气 动 动 静 密 封					
		$d_5$		$d_5$		$b$	$b_1$	$b_2$	$d_5$		$b$				$d_6$	
		max	min	max	min				max	min					max	min
128		128.63	126.744	128.91	127.284				128.07	126.204		140.8	138.904			
132		132.63	130.624	132.91	131.164				132.07	130.084		144.8	142.784			
136		136.63	134.504	136.91	135.044				136.07	133.964		148.8	146.664			
140		140.63	138.384	140.91	138.924				140.07	137.844		152.8	150.544			
145		145.63	143.234	145.91	143.774				145.07	142.694		157.8	155.394			
150		150.63	148.084	150.91	148.624				150.07	147.544		162.8	160.244			
155		155.63	152.934	155.91	153.474				155.07	152.394		167.8	165.094			
160		160.63	157.784	160.91	158.324				160.07	157.244		172.8	169.944			
165		165.63	162.634	165.91	163.174				165.07	162.094		177.8	174.794			
170		170.63	167.484	170.91	168.024				170.07	166.944		182.8	179.644			
175		175.63	172.334	175.91	172.874				175.07	171.794		187.8	184.494			
180		180.63	177.184	180.91	177.724				180.07	176.644		192.8	189.344			
185		185.33	182.325	185.61	182.865				184.77	181.785		197.5	194.485	0.8~	0.1~	
190	7.0	190.33	187.175	190.61	187.715	9.5	12.3	15.1	189.77	186.635	9.3	202.5	199.335	3.6	1.2 0.3	
195		195.33	192.025	195.61	192.565				194.77	191.485		207.5	204.185			
200		200.33	196.875	200.61	197.415				199.77	196.335		212.5	209.035			
206		206.33	202.695	206.61	203.235				205.77	202.155		218.5	214.855			
212		212.33	208.515	212.61	209.055				211.77	207.975		224.5	220.675			
218		218.33	214.335	218.61	214.875				217.77	213.795		230.5	226.495			
224		224.33	220.155	224.61	220.695				223.77	219.615		236.5	232.315			
230		230.33	225.975	230.61	226.515				229.77	225.435		242.5	238.135			
236		236.33	231.795	236.61	232.335				235.77	231.255		248.5	243.955			
243		243.33	238.585	243.61	239.125				242.77	238.045		255.5	250.745			
250		249.93	245.763	250.21	246.303				249.37	245.223		262.5	257.535			
258				258.21	256.802							270.1	268.422			
265				265.21	263.662							277.1	275.282			
272				272.21	270.522							284.1	282.142			
280				280.21	278.362							292.1	289.982			
290				290.21	288.162							302.1	299.782			
300				300.21	297.962							312.1	309.582			

超星提醒您：  
请尊重知识产权！

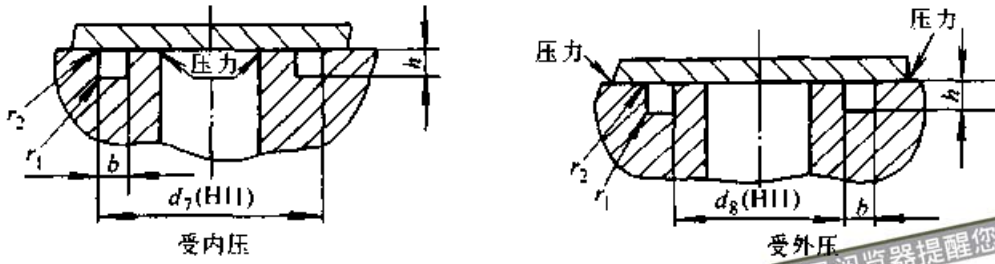
续表 26.4-17

密封圈尺寸		沟 槽 尺 寸											最小 导角 长度	槽底 圆角 半径	槽棱 圆角 半径	
内径 $d_1$	截面 直径 $d_2$	液压动密封		液压气动静密封		液压动、静 和气动静密封			气动动密封		液压、气动 动静密封					
		$d_4$		$d_5$		$b$	$h_1$	$b_2$	$d_8$		$b$	$d_6$				
		max	min	max	min				max	min		max				min
307	7.0			307.21	304.822	9.5	12.3	15.1			9.3	319.1	316.442	3.6	0.8~ 1.2	0.1~ 0.3
315				315.21	312.662				327.1	324.282						
325				324.71	322.952				336.6	334.572						
335				334.71	332.752				346.6	344.372						
345				344.71	342.552				356.6	354.172						
355				354.71	352.352				366.6	363.972						
365				364.71	362.152				376.6	373.772						
375				374.71	371.952				386.6	383.572						
387				386.71	383.712				398.6	395.332						
400				399.71	396.452				411.6	408.072						
412				411.21	408.702				423.1	420.322						
425				424.21	421.442				436.1	433.062						
437				436.21	433.202				448.1	444.822						
450				449.21	445.942				461.1	457.562						
462				461.21	457.702				473.1	469.322						
475				474.21	470.442				486.1	482.062						
487				486.21	482.202				498.1	493.822						
500				499.21	494.942				511.1	506.562						
515				513.61	510.230				525.5	521.85						
530				528.61	524.930				540.5	536.55						
545				543.61	539.630				555.5	551.25						
560				558.61	554.330				570.5	565.95						
580				578.61	573.930				590.5	585.55						
600				598.61	593.930				610.5	605.15						
615				613.61	608.230				625.5	619.85						
630				628.61	622.930				640.5	634.55						
650				648.01	643.118				659.9	654.738						
670				668.01	662.718				679.9	674.338						

注：1.  $d_{10}$ 和 $d_6$ 之间的同轴度公差：直径 $\leq 50$  mm时， $\leq \phi 0.025$  mm；直径 $> 50$  mm时， $\leq \phi 0.05$  mm

2. 其他见表 26.4-16。

表 26.4-18 轴向密封沟槽尺寸 (摘自 GB/T 3452.3—1988) (mm)



密封圈尺寸		沟 槽 尺 寸					
内径 $d_1$	截面直径 $d_2$	$d_7$ (H11)	$d_8$ (H11)	$b^{+0.25}_0$	$h^{+0.10}_0$	$r_1$	$r_2$
见表 26.4-5	1.8	$d_1 + 3.6$	$d_8 = d_1$	2.6	1.28	0.2~0.4	0.1~0.3
	2.65	$d_1 + 5.3$		3.8	1.97	0.2~0.4	0.1~0.3
	3.55	$d_1 + 7.1$		5.0	2.75	0.4~0.8	0.1~0.3
	5.3	$d_1 + 10.6$		7.3	4.24	0.4~0.8	0.1~0.3
	7.0	$d_1 + 14$		9.7	5.72	0.8~1.2	0.1~0.3

○形橡胶密封圈沟槽尺寸公差及沟槽深度尺寸 见 表 26.4-19, 沟槽各表面的粗糙度见表 26.4-20。  
 ○形橡胶密封圈用挡圈见表 26.4-21。

表 26.4-19 ○形圈沟槽尺寸公差及沟槽深度尺寸 (摘自 GB/T 3452.3—1988) (mm)

沟 槽 尺 寸		○形圈截面直径					
		1.8	2.65	3.55	5.3	7.0	
沟槽尺寸公差	缸内径 $d_4$	+0.06	+0.07	+0.08	+0.09	+0.11	
	活塞密封沟槽底直径 $d_3$	0	0	0	0	0	
	总公差值 $d_4 + d_3$	+0.10	+0.12	+0.14	+0.16	+0.20	
	活塞杆直径 $d_5$	-0.01	-0.02	-0.03	-0.03	-0.04	
	活塞杆密封沟槽底直径 $d_6$	+0.06	+0.07	+0.08	+0.09	+0.11	
	总公差值 $d_5 + d_6$	+0.1	+0.12	+0.4	+0.16	+0.20	
沟槽深度 $t$	活塞密封	液压动密封	1.42	2.16	2.96	4.48	5.95
		气动动密封	1.46	2.23	3.03	4.65	6.20
		静密封	1.38	2.07	2.74	4.19	5.67
	活塞杆密封	液压动密封	1.47	2.24	3.07	4.66	6.16
		气动动密封	1.57	2.37	3.24	4.86	6.43
		静密封	1.42	2.15	2.85	4.36	5.89

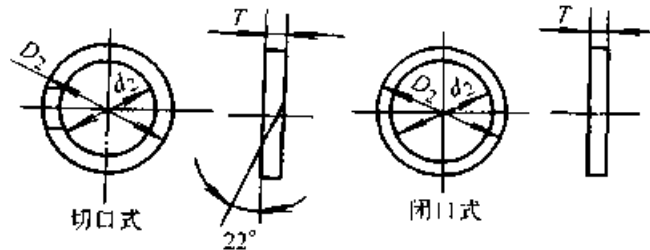
注: 为适应特殊需要,  $d_3$ 、 $d_4$ 、 $d_5$ 、 $d_6$  的公差范围可以改变, 但  $d_3 + d_4$  或  $d_5 + d_6$  的总公差值不得超过表列数值。

表 26.4-20 沟槽各表面的表面粗糙度 (摘自 GB/T 3452.3—1988)

表 面	应用情况	应力状况	表面粗糙度	
			$Ra/\mu m$	$Ra_{max}/\mu m$
沟槽的底面和侧面	静密封	无循环、无脉冲	3.2 (1.6)	12.5 (6.3)
		循环或脉冲	1.6	6.3
	动密封		1.6 (0.8)	6.3 (3.2)
配合表面	静密封	无循环、无脉冲	1.6 (0.8)	6.3 (3.2)
		循环或脉冲	0.8	3.2
	动密封		0.4	1.6
导角表面			3.2	12.5

注：括号内的数值为要求精度较高的场合应用。

表 26.4-21 O形橡胶密封圈用挡圈 (mm)



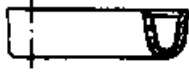
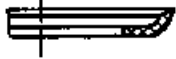



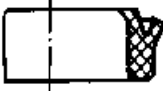
外径 $D_2$	厚度 $T$	极限偏差			使用范围		材料
		$T$	$D_2$	$d_2$	动密封	静密封	
$\leq 30$	1.25	$\pm 0.1$	-0.14	+0.14	$p < 10$ MPa 时, 不设挡圈; $p > 10$ MPa 时, 可在 O 形圈承压面设置挡圈, 单向受压设一个挡圈; 双向受压, 设置两个	$p \leq 32$ MPa 时, 不设挡圈; $p > 32$ MPa 时, 可在承压面设置挡圈	聚四氟乙烯、尼龙 6、尼龙 1010、硬度 $\geq 90$ HS
$\leq 118$	1.5	$\pm 0.12$	-0.20	+0.20			
$\leq 315$	2.0	$\pm 0.12$	-0.25	+0.25			
$> 315$	2.5	$\pm 0.15$	-0.25	+0.25			

2.2 唇形橡胶密封圈

唇形密封圈类型见表 26.4-22、唇形圈密封的典型结构见图 26.4-4。

表 26.4-22 唇形密封圈类型

类型	简图	说 明
V 形圈		唇形密封圈的典型形式。可密封孔或轴。多个装填使用, 耐压性和耐久性较好, 但摩擦阻力大, 不紧凑。广泛用于高低压水压和油压机, 特别是用于高压、大直径、高速度、长冲程等苛刻条件, 线速度可达 0.5 m/s, 工作压力: 纯胶 10 MPa, 夹布橡胶 60 MPa

类型	简图	说 明
U 形圈		可密封孔或轴。单个使用，结构简单，摩擦阻力小。要使用支撑环。既可作为往复密封件，亦可作为缓慢旋转密封件。用于油压和水压机。工作压力：纯胶 10 MPa，夹布橡胶 32 MPa
L 形圈		密封孔。用于直径不太大的低中压液压或气动活塞密封
J 形圈		密封轴。用于低中压液压或气动柱塞杆密封。亦可作为低中速的旋转密封件和防尘密封件
Y 形圈		可密封孔或轴。结构简单紧凑，抗根部磨损能力强。工作位置稳定，仅在压力波动大时需使用支撑环。高压时应加挡圈。用于液压和气动往复密封。工作压力可达 25 MPa，线速度可达 0.5 m/s
高低唇 Y 形圈	封轴用 	密封轴。以长唇保护短唇（工作唇），防止唇口咬伤。不需使用支撑环。其余特点同 Y 形圈，广泛用于液压和气动往复密封
	封孔用 	密封孔。其余特点同 Y 形圈。广泛用于液压和气动往复密封

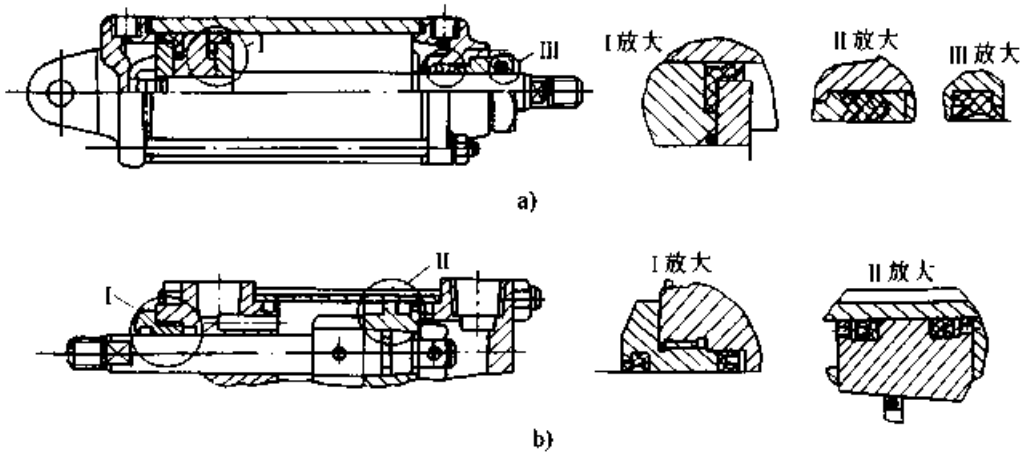


图 26.4-4 橡胶唇形圈密封结构

2.2.1 Y 形密封圈

Y 形密封圈密封性好，工作阻力小，稳定性高，结构简单，装拆容易。

Y 形密封圈适用于大缸径、长行程、速度  $< 0.5 \text{ m/s}$ 、工作压力  $< 25 \text{ MPa}$  的液压缸等活塞

和活塞杆单向往复运动密封。

活塞及活塞杆密封腔体  $L_1$  用 Y 形橡胶密封圈的尺寸及公差分别列于表 26.4-23 和表 26.4-24。

活塞及活塞杆密封腔体用高低唇 Y 形橡胶



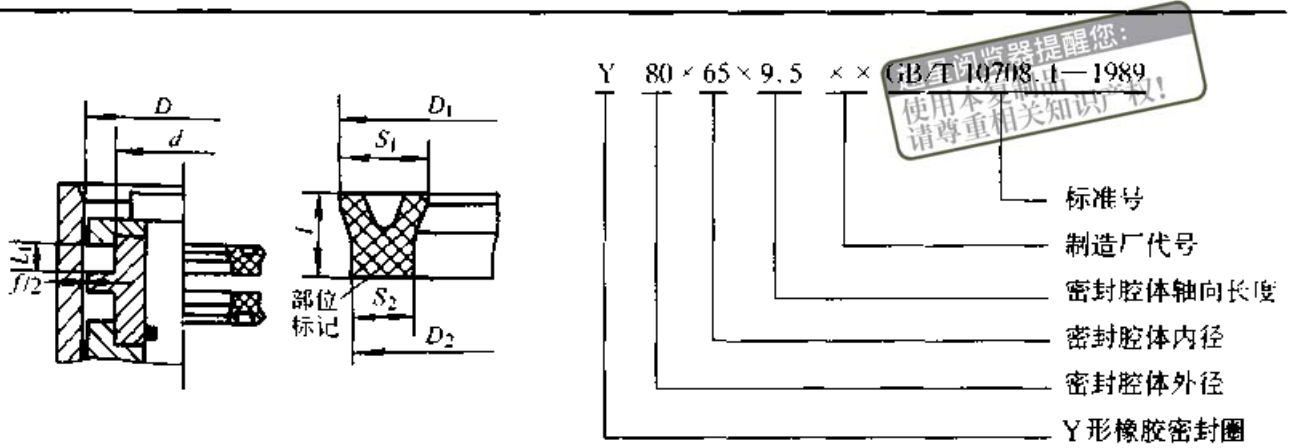
密封圈和蕾形夹织物橡胶密封圈的尺寸及公差分别列于表 26.4-25 和表 26.4-26。

液压缸活塞及活塞杆动密封沟槽型式、尺寸及公差见表 26.4-27~表 26.4-29。

表 26.4-23 活塞密封腔体  $L_1$  用 Y 形橡胶密封圈的尺寸及公差

(摘自 GB/T 10708.1—1989)

(mm)



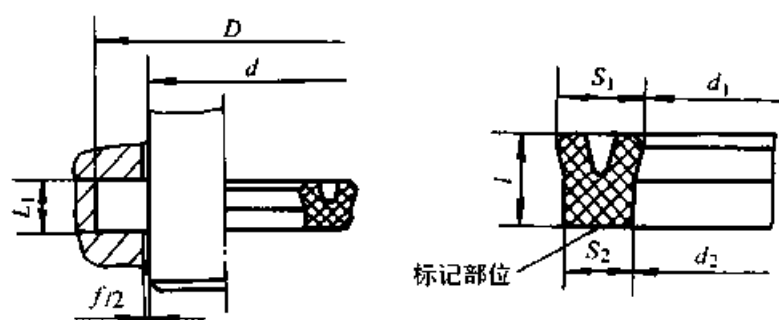
$D$	$d$	$L_1$	$D_1$	$D_2$	$D_1, D_2$ 极限偏差	$S_1$	$S_2$	$l$
12	4	5	13	11.5	± 0.20	5 ± 0.15	3.5 ± 0.15	4.4 ± 0.20
16	8		17	15.5				
20	12		21.1	19.4				
25	17		26.1	24.4	± 0.25			
32	24		33.1	31.4				
40	32		41.1	39.4				
20	10	21.2	19.4	6.2 ± 0.15		4.4 ± 0.15	5.6 ± 0.20	
25	15	26.2	24.4					
32	22	33.2	31.4					
40	30	41.2	39.4					
50	40	51.2	49.4		± 0.35			
56	46	57.2	55.4					
63	53	64.2	62.4					
50	36	51.5	49.2	9 ± 0.15		6.7 ± 0.15	8.5 ± 0.20	
56	41	57.5	55.2					
63	48	64.5	62.2					
70	55	71.5	69.2					
80	65	81.5	79.2					
90	75	91.5	89.2		± 0.45			
100	85	101.5	99.2					
110	95		111.5	109.2				

$D$	$d$	$L_1$	$D_1$	$D_2$	$D_1, D_2$ 极限偏差	$S_1$	$S_2$	$l$
70	50	12.5	71.8	69	$\pm 0.35$	11.8 $\pm 0.15$	9 $\pm 0.15$	11.3 $\pm 0.20$
80	60		81.8	79				
90	70		91.8	89				
100	80		101.8	99	$\pm 0.45$	14.7 $\pm 0.15$	11.3 $\pm 0.15$	14.8 $\pm 0.20$
110	90		111.8	109				
125	105		126.8	124				
140	120		141.8	139	$\pm 0.50$	17.8 $\pm 0.20$	13.5 $\pm 0.20$	18.5 $\pm 0.25$
160	140		161.8	159				
180	160		181.8	179				
125	100	16	127.2	123.8	$\pm 0.45$	14.7 $\pm 0.15$	11.3 $\pm 0.15$	14.8 $\pm 0.20$
140	115		142.2	138.8				
160	135		162.2	158.8				
180	155		182.2	178.8	$\pm 0.50$	17.8 $\pm 0.20$	13.5 $\pm 0.20$	18.5 $\pm 0.25$
200	175		202.2	198.8				
220	195		222.2	218.8				
250	225		252.2	248.8				
200	170	20	202.8	198.5	$\pm 0.90$	23.3 $\pm 0.20$	18 $\pm 0.20$	23 $\pm 0.25$
220	190		222.8	218.5				
250	220		252.8	248.5				
280	250		282.8	278.5	$\pm 1.40$	23.3 $\pm 0.20$	18 $\pm 0.20$	23 $\pm 0.25$
320	290		322.8	318.5				
360	330		362.8	358.5				
400	360	25	403.5	398	$\pm 1.40$	23.3 $\pm 0.20$	18 $\pm 0.20$	23 $\pm 0.25$
450	410		453.5	448				
500	460		503.5	498				

表 26.4-24 活塞杆密封腔体  $L_1$  用 Y 形橡胶密封圈的尺寸及公差

(摘自 GB/T 10708.1—1989)

(mm)



续表 26.4-24

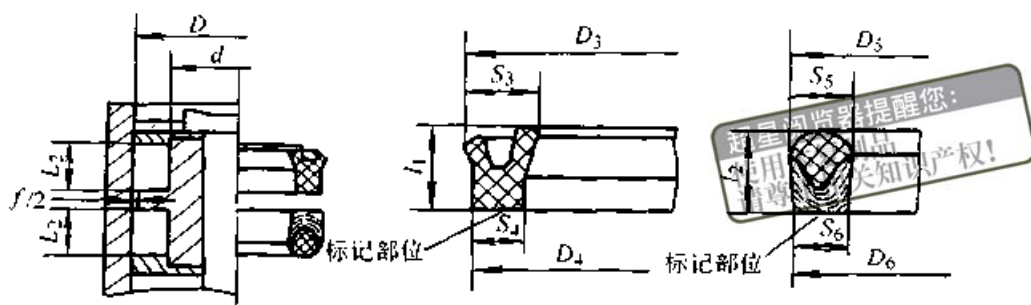
$d$	$D$	$L_1$	$d_1$	$d_2$	$d_1、d_2$ 极限偏差	$S_1$	$S_2$	$l$
6	14	5	5	6.5	$\pm 0.20$	5 $\pm 0.15$	3.5 $\pm 0.15$	4.6 $\pm 0.20$
8	16		7	8.5				
10	18		9	10.5				
12	20		11	12.5				
14	22		13	14.5				
16	24		15	16.5				
18	26		17	18.5				
20	28		19	20.5				
22	30		21	22.5				
25	33		24	25.5				
28	38	6.3	26.8	28.6	$\pm 0.25$	6.2 $\pm 0.15$	4.4 $\pm 0.15$	5.6 $\pm 0.20$
32	42		30.8	32.6				
36	46		34.8	36.6				
40	50		38.8	40.6				
45	55		43.8	45.6				
50	60		48.8	50.6				
56	71	9.5	54.5	56.8	$\pm 0.35$	9 $\pm 0.15$	6.7 $\pm 0.15$	8.5 $\pm 0.20$
63	78		61.5	63.8				
70	85		68.5	70.8				
80	95		78.5	80.8				
90	105		88.5	90.5				
100	120	12.5	98.2	101	$\pm 0.45$	11.8 $\pm 0.15$	9 $\pm 0.15$	11.3 $\pm 0.20$
110	130		108.2	111				
125	145		123.2	126				
140	160		138.2	141				
160	185	16	157.8	161.2	$\pm 0.60$	14.7 $\pm 0.15$	11.3 $\pm 0.15$	14.8 $\pm 0.20$
180	205		177.8	181.2				
200	225		197.8	201.2				
220	250	20	217.2	221.5	$\pm 0.90$	17.8 $\pm 0.15$	13.5 $\pm 0.15$	18.5 $\pm 0.20$
250	280		247.2	251.5				
280	310		277.2	281.5				
320	360	25	316.7	322	$\pm 0.90$	23.3 $\pm 0.20$	18 $\pm 0.20$	23 $\pm 0.25$
360	400		356.7	362				

超星浏览器提醒您：  
使用本复制品  
请尊重相关知识产权！

表 26.4-25 活塞密封腔体  $L_2$  用 Y 形橡胶密封圈的尺寸及公差

(摘自 GB/T 10708.1—1989)

(mm)



$D$	$d$	$L_2$	$D_3$	$D_4$	$D_3, D_4$ 极限偏差	$D_5$	$D_6$	$D_5, D_6$ 极限偏差	$S_3$	$S_4$	$S_5$	$S_6$	$l_1$	$l_2$
12	4	6.3	13	11.5	$\pm 0.20$	12.7	11.5	$\pm 0.18$						
16	8		17	15.5		16.7	15.5							
20	12		21	19.5	$\pm 0.25$	20.7	19.5	$\pm 0.22$	5	3.5	4.7	3.5	5.8	5.6
25	17		26	24.5		25.7	24.5		$\pm 0.15$	$\pm 0.15$	$\pm 0.15$	$\pm 0.15$	$\pm 0.20$	$\pm 0.20$
32	24		33	31.5		32.7	31.5							
40	32		41	39.5		40.7	39.5							
20	10	8	21.2	19.4	$\pm 0.25$	20.8	19.4	$\pm 0.22$						
25	15		26.2	24.4		25.8	24.4							
32	22		33.2	31.4		32.8	31.4							
40	30		41.2	39.4		40.8	39.4		6.2	4.4	5.8	4.4	7.3	7
50	40		51.2	49.4		50.8	49.4		$\pm 0.15$	$\pm 0.15$	$\pm 0.15$	$\pm 0.15$	$\pm 0.20$	$\pm 0.20$
56	46		57.2	55.4		56.8	55.4							
63	53	64.2	62.4	63.8	62.4									
50	35	12.5	51.5	49.2	$\pm 0.35$	51	49.1	$\pm 0.28$						
56	41		57.5	55.2		57	55.1							
63	48		64.5	62.2		64	62.1							
70	55		71.5	69.2		71	69.1		9	6.7	8.5	6.6	11.5	11.3
80	65		81.5	79.2		81	79.1		$\pm 0.15$	$\pm 0.15$	$\pm 0.15$	$\pm 0.15$	$\pm 0.20$	$\pm 0.20$
90	75		91.5	89.2		91	89.1							
100	85	101.5	99.2	101	99.1									
110	95	111.5	109.2	$\pm 0.45$	111	109.1	$\pm 0.35$							
70	50	16	71.8	69	$\pm 0.35$	71.2	68.6	$\pm 0.28$						
80	60		81.8	79		81.2	78.6		11.8	9	11.2	8.6	15	14.5
90	70		91.8	89		91.2	88.6		$\pm 0.25$	$\pm 0.25$	$\pm 0.25$	$\pm 0.25$	$\pm 0.20$	$\pm 0.20$
100	80		101.8	99		101.2	98.6							

续表 26.4-25

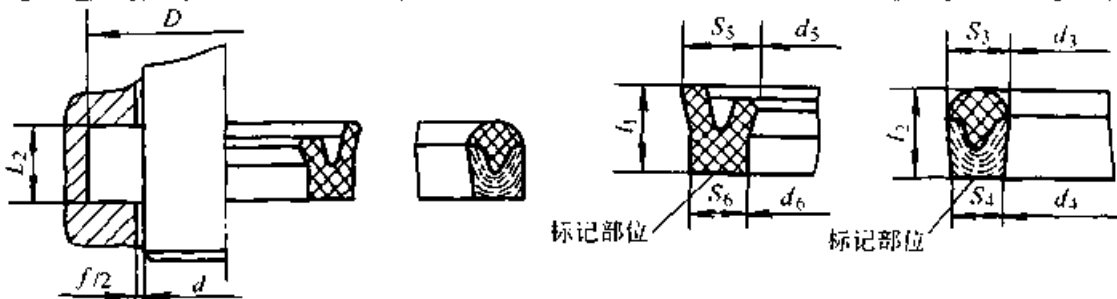
$D$	$d$	$L_2$	$D_3$	$D_4$	$D_3, D_4$ 极限偏差	$D_5$	$D_6$	$D_5, D_6$ 极限偏差	$S_3$	$S_4$	$S_5$	$S_6$	$l_1$	$l_2$
110	90	16	111.8	109	$\pm 0.45$	111.2	108.6	$\pm 0.35$	11.3 $\pm 0.15$	9 $\pm 0.15$	11.2 $\pm 0.15$	8.6 $\pm 0.15$	15 $\pm 0.20$	14.5 $\pm 0.20$
125	105		126.8	124		126.2	123.6							
140	120		141.8	139		141.2	138.6							
160	140		161.8	159		161.2	158.6							
180	160	20	181.8	179	$\pm 0.60$	181.2	178.6	$\pm 0.45$	14.7 $\pm 0.15$	11.3 $\pm 0.15$	13.8 $\pm 0.15$	10.7 $\pm 0.15$	18.5 $\pm 0.20$	18 $\pm 0.20$
125	100		127.2	123.8	$\pm 0.45$	126.3	123.2	$\pm 0.35$						
140	115		142.2	138.8		141.3	138.2							
160	135		162.2	158.8		161.3	158.2							
180	155		182.2	178.8		181.3	178.2							
200	175		202.2	198.8	$\pm 0.60$	201.3	198.2	$\pm 0.45$						
220	195		222.2	218.8		221.3	218.2							
250	225		252.2	248.8		251.3	248.2							
200	170	202.8	198.5	$\pm 0.90$		201.4	198		$\pm 0.60$					
220	190	222.8	218.5		221.4	218								
250	220	252.8	248.5		251.4	248								
280	250	282.8	278.5		281.4	278								
320	290	322.8	318.5		321.4	318								
360	330	362.8	358.5		361.4	358								
400	360	32	403.3	398	$\pm 1.40$	401.8	397	$\pm 0.90$	23.3 $\pm 0.20$	18 $\pm 0.20$	21.8 $\pm 0.20$	17 $\pm 0.20$	29 $\pm 0.20$	28.5 $\pm 0.20$
450	410		453.3	448		451.8	447							
500	460		503.3	498		501.8	497							

超星浏览器提醒您：  
使用本复制品  
请尊重相关知识产权！

表 26.4-26 活塞杆密封腔体  $L_2$  用橡胶密封圈的尺寸及公差

(摘自 GB/T 10708.1—1989)

(mm)



$d$	$D$	$L_2$	$d_3$	$d_4$	$d_3, d_4$ 极限偏差	$d_5$	$d_6$	$d_5, d_6$ 极限偏差	$S_3$	$S_4$	$S_5$	$S_6$	$l_1$	$l_2$
6	14	6.3	5.3	6.5	$\pm 0.18$	5	6.5	$\pm 0.20$	4.7 $\pm 0.15$	3.5 $\pm 0.15$	5 $\pm 0.15$	3.5 $\pm 0.15$	5.5 $\pm 0.20$	5.8 $\pm 0.20$
8	16		7.3	8.5		7	8.5							
10	18		9.3	10.5		9	10.5							

续表 26.4-26

$d$	$D$	$L_2$	$d_3$	$d_4$	$d_3, d_4$ 极限偏差	$d_5$	$d_6$	$d_5, d_6$ 极限偏差	$S_3$	$S_4$	$S_5$	$S_6$	$t_1$	$t_2$
12	20	6.3	11.3	12.5	$\pm 0.18$	11	12.5	$\pm 0.20$	4.7 $\pm 0.15$	3.5 $\pm 0.15$	5 $\pm 0.15$	3.5 $\pm 0.15$	5.5 $\pm 0.20$	5.8 $\pm 0.20$
14	22		13.3	14.5		13	14.5							
16	24		15.3	16.5		15	16.5							
18	26		17.3	18.5		17	18.5							
20	28		19.3	20.5	19	20.5								
22	30		21.3	22.5	$\pm 0.22$	21	22.5	$\pm 0.25$						
25	33		24.3	25.5		24	25.5							
10	20	8	9.2	10.6	$\pm 0.18$	8.8	10.6	$\pm 0.20$	5.80 $\pm 0.15$	4.40 $\pm 0.15$	6.20 $\pm 0.15$	4.40 $\pm 0.15$	7 $\pm 0.20$	7.30 $\pm 0.20$
12	22		11.2	12.6		10.8	12.6							
14	24		13.2	14.6		12.8	14.6							
16	26		15.2	16.6		14.8	16.6							
18	28		17.2	18.6		16.8	18.6							
20	30		19.2	20.6		18.8	20.6							
22	32		21.6	22.6	$\pm 0.22$	20.8	22.6	$\pm 0.25$						
25	35		24.2	25.6		23.8	25.6							
28	38		27.2	28.6		26.8	28.6							
32	42		31.2	32.6		30.8	32.6							
36	46		35.2	36.6		34.8	36.6							
40	50		39.2	40.6		38.8	40.6							
45	55		44.2	45.6		43.8	45.6							
50	60		49.2	50.6		48.8	50.6							
28	43	12.5	27	28.9	$\pm 0.28$	26.5	28.8	$\pm 0.35$	8.50 $\pm 0.15$	6.60 $\pm 0.15$	9 $\pm 0.15$	6.7 $\pm 0.15$	11.30 $\pm 0.20$	11.50 $\pm 0.20$
32	47		31	32.9		30.5	32.8							
36	51		35	36.9		34.5	36.8							
40	55		39	40.9		38.5	40.8							
45	60		44	45.9		43.5	45.8							
50	65		49	50.9		48.5	50.8							
56	71		55	56.9		54.5	56.8							
63	78		62	63.9		61.5	63.8							
70	85		69	70.9		68.5	70.8							
80	95		79	80.9		78.5	80.8							
90	105	89	90.9	88.5	90.8									

请尊重  
使用本复制品  
请尊重  
相关知识产权!

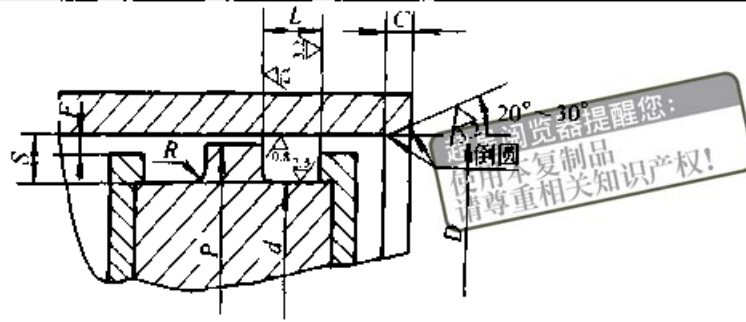
续表 26.4-26

$d$	$D$	$L_2$	$d_3$	$d_4$	$d_3, d_4$ 极限偏差	$d_5$	$d_6$	$d_5, d_6$ 极限偏差	$S_3$	$S_2$	$S_5$	$S_6$	$l_1$	$l_2$
56	76	16	54.8	57.4	±0.22	54.2	57	±0.25	11.20 ±0.15	8.60 ±0.15	11.80 ±0.15	9 ±0.15	14.50 ±0.20	15 ±0.20
63	83		61.8	64.4		61.2	64							
70	90		68.8	71.4	±0.28	68.2	71	±0.35						
80	100		78.8	81.4		78.2	81							
90	110		88.8	91.4		88.2	91							
100	120		98.8	101.4		98.2	101							
110	130	108.8	111.4	±0.35	108.2	111	±0.45							
125	145	123.8	126.4		123.2	126								
140	160	138.8	141.4		138.2	141								
100	125	98.7	101.8		97.8	101.2								
110	135	108.7	111.8	107.8	111.2									
125	150	123.7	126.8	122.8	126.2									
140	165	138.7	141.8	137.8	141.2	13.80 ±0.15	10.70 ±0.15	14.70 ±0.15	11.30 ±0.15	18 ±0.20	18.50 ±0.20			
160	185	158.7	161.8	157.8	161.2									
180	205	178.7	181.8	177.8	181.2	±0.45	±0.60							
200	225	198.7	201.8	197.8	201.2									
160	190	158.6	162	157.2	161.5									
180	210	178.6	182	177.2	181.5									
200	230	198.6	202	197.2	201.5	16.4 ±0.15	13 ±0.15	18.5 ±0.15	13.5 ±0.15	22.5 ±0.25	23 ±0.25			
220	250	218.6	222	217.2	221.5									
250	280	248.6	252	247.2	251.5	±0.45	±0.60							
280	310	278.6	282	277.2	281.5									
320	360	32	318.2	323	±0.60	316.7	322	±0.90	21.8 ±0.15	17 ±0.15	23.3 ±0.15	13 ±0.15	28.5 ±0.25	29 ±0.25
360	400		358.2	363		357.7	362							

超星浏览器提醒您：  
使用本产品  
请尊重知识产权！

表 26.4-27 液压缸活塞动密封沟槽型式、尺寸及公差  
(摘自 GB/T 2879—1986)

(mm)



D	S	d	$L \begin{smallmatrix} +0.25 \\ 0 \end{smallmatrix}$			C	R	F
			$L_1$	$L_2$	$L_3$			
12	4	4	5.0	6.3		2	0.3	0.5
16	4	8	5.0	6.3		2	0.3	0.5
20	4	12	5.0	6.3		2	0.3	0.5
	5	10	6.3	8	16	2.5		
25	4	17	5.0	6.3		2	0.3	0.5
	5	15	6.3	8	16	2.5		
32	4	24	5.0	6.3		2	0.3	0.5
	5	22	6.3	8	16	2.5		
40	4	32	5.0	6.3		2	0.3	0.5
	5	30	6.3	8	16	2.5		
50	5	40	6.3	8	16	2.5	0.3	0.5
	7.5	35	9.5	12.5	25	4	0.4	1
(56)	5	46	6.3	8	16	2.5	0.3	0.5
	7.5	41	9.5	12.5	25	4	0.4	1
63	5	53	6.3	8	16	2.5	0.3	0.5
	7.5	48	9.5	12.5	25	4	0.4	1
(70)	7.5	55	9.5	12.5	25	4	0.4	1
	10	50	12.5	16	32	5	0.6	
80	7.5	65	9.5	12.5	25	4	0.4	1
	10	60	12.5	16	32	5	0.6	
(90)	7.5	75	9.5	12.5	25	4	0.4	1
	10	70	12.5	16	32	5	0.6	
100	7.5	85	9.5	12.5	25	4	0.4	1
	10	80	12.5	16	32	5	0.6	
(110)	7.5	95	9.5	12.5	25	4	0.4	1
	10	90	12.5	16	32	5	0.6	

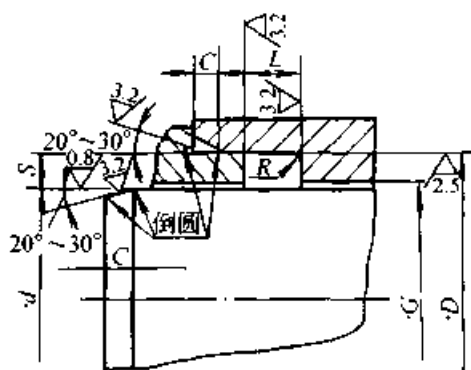


续表 26.4-27

D	S	d	L <sup>11/25</sup>			C	R	F
			L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>	L <sub>3</sub>			
125	10	105	12.5	16	32	5	0.6	1
	12.5	100	16	20	40	6.5	0.8	1.5
(140)	10	120	12.5	16	32	5	0.6	1
	12.5	115	16	20	40	6.5	0.8	1.5
160	10	140	12.5	16	32	5	0.6	1
	12.5	135	16	20	40	6.5	0.8	1.5
(180)	10	160	12.5	16	32	5	0.6	1
	12.5	155	16	20	40	6.5	0.8	1.5
200	12.5	175	16	20	40	6.5	0.8	1.5
	15	170	20	25	50	7.5	0.8	1.5
(220)	12.5	195	16	20	40	6.5	0.8	1.5
	15	190	20	25	50	7.5	0.8	1.5
250	12.5	225	16	20	40	6.5	0.8	1.5
	15	220	20	25	50	7.5	0.8	1.5
(280)	15	250	20	25	50	7.5	0.8	1.5
320	15	290	20	25	50	7.5	0.8	1.5
(360)	15	330	20	25	50	7.5	0.8	1.5
400	20	360	25	32	63	10	1.0	2
(450)	20	410	25	32	63	10	1.0	2
500	20	460	25	32	63	10	1.0	2

注：1. 滑动面公差配合推荐 H9/f8，但在液压缸使用条件不苛刻的情况下，滑动面公差配合也可采用 H10/f9。  
2. 括号内的缸内径为非优先选用尺寸。

表 26.4-28 液压缸活塞杆动密封沟槽型式、尺寸及公差 (mm)



续表 26.4-28

$d$	$S$	$D$	$L^{+0.25}$			$C$ ≥	$R$ ≠
			$L_1$	$L_2$	$L_3$		
6	4	14	5.0	6.3	14.5	2	0.3
8	4	16	5.0	6.3	14.5	2	0.3
10	4	18	5.0	6.3	14.5	2	0.3
	5	20	—	8	16	2.5	
12	4	20	5.0	6.3	14.5	2	0.3
	5	22	—	8	16	2.5	
14	4	22	5.0	6.3	14.5	2	0.3
	5	24	—	8	16	2.5	
16	4	24	5.0	6.3	14.5	2	0.3
	5	26	—	8	16	2.5	
18	4	26	5.0	6.3	14.5	2	0.3
	5	28	—	8	16	2.5	
20	4	28	5.0	6.3	14.5	2	0.3
	5	30	—	8	16	2.5	
22	4	30	5.0	6.3	14.5	2	0.3
	5	32	—	8	16	2.5	
25	4	33	5.0	6.3	14.5	2	0.3
	5	35	—	8	16	2.5	
28	5	38	6.3	8	16	2.5	0.3
	7.5	43	—	12.5	25	4	0.4
32	5	42	6.3	8	16	2.5	0.3
	7.5	47	—	12.5	25	4	0.4
36	5	46	6.3	8	16	2.5	0.3
	7.5	51	—	12.5	25	4	0.4
40	5	50	6.3	8	16	2.5	0.3
	7.5	55	—	12.5	25	4	0.4
45	5	55	6.3	8	16	2.5	0.3
	7.5	60	—	12.5	25	4	0.4
50	5	60	6.3	8	16	2.5	0.3
	7.5	65	—	12.5	25	4	0.4
56	7.5	71	9.5	12.5	25	4	0.4
	10	76	—	16	32	5	0.6

续表 26.4-28

d	S	D	L <sup>10-25</sup>			C ≥	R ≤
			L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>	L <sub>3</sub>		
63	7.5	78	9.5	12.5	25	4	0.4
	10	83	—	16	—	5	0.6
70	7.5	85	9.5	12.5	—	4	0.4
	10	90	—	16	32	5	0.6
80	7.5	95	9.5	12.5	25	4	0.4
	10	100	—	16	32	5	0.6
90	7.5	105	9.5	12.5	25	4	0.4
	10	110	—	16	32	5	0.6
100	10	120	12.5	16	32	5	0.6
	12.5	125	—	20	40	6.5	0.8
110	10	130	12.5	16	32	5	0.6
	12.5	135	—	20	40	6.5	0.8
125	10	145	12.5	16	32	5	0.6
	12.5	150	—	20	40	6.5	0.8
140	10	160	12.5	16	32	5	0.6
	12.5	165	—	20	40	6.5	0.8
160	12.5	185	16	20	40	6.5	0.8
	15	190	—	25	50	7.5	
180	12.5	205	16	20	40	6.5	0.8
	15	210	—	25	50	7.5	
200	12.5	225	16	20	40	6.5	0.8
	15	230	—	25	50	7.5	
220	15	250	20	25	50	7.5	0.8
250	15	280	20	25	50	7.5	0.8
280	15	310	20	25	50	7.5	0.8
320	20	360	25	32	63	10	1.0
360	20	400	25	32	63	10	1.0

注：滑动面公差配合推荐 H9/f8，但在液压缸使用条件不苛刻的情况下，滑动面公差配合也可以采用 H10/f9。

表 26.4-29 动密封沟槽径向深度及沟槽底径的计算  
(摘自 GB/T 2879—1986, 参照 ISO 5597-1:1980)

沟槽径向深度/mm			沟槽底径/mm	
S	S <sub>max</sub>	S <sub>min</sub>	活塞用动密封沟槽内径 d	活塞杆用动密封沟槽外径 D
4	4.15	3.95	$d_{max} = P_{min} - 2S_{min}$ $d_{min} = 2D_{max} - P_{min} - 2S_{max}$	$D_{min} = G_{max} + 2S_{min}$
5	5.15	4.90		
7.5	7.70	7.40		
10	10.25	9.90		
12.5	12.80	12.35		
15	15.35	14.80		
20	20.40	19.80		

超星浏览器提醒您：  
使用本复制品  
请尊重相关知识产权！

2.2.2 V形夹织物橡胶密封圈

V形密封圈密封性能良好，耐高压，寿命长。V形圈密封广泛用于高低压水压机和油压机等机器中活塞及活塞杆的单向往复运动密封。

根据不同的工作压力，选用相应数量的V形圈串联使用，一般为3~5个。但V形圈数量

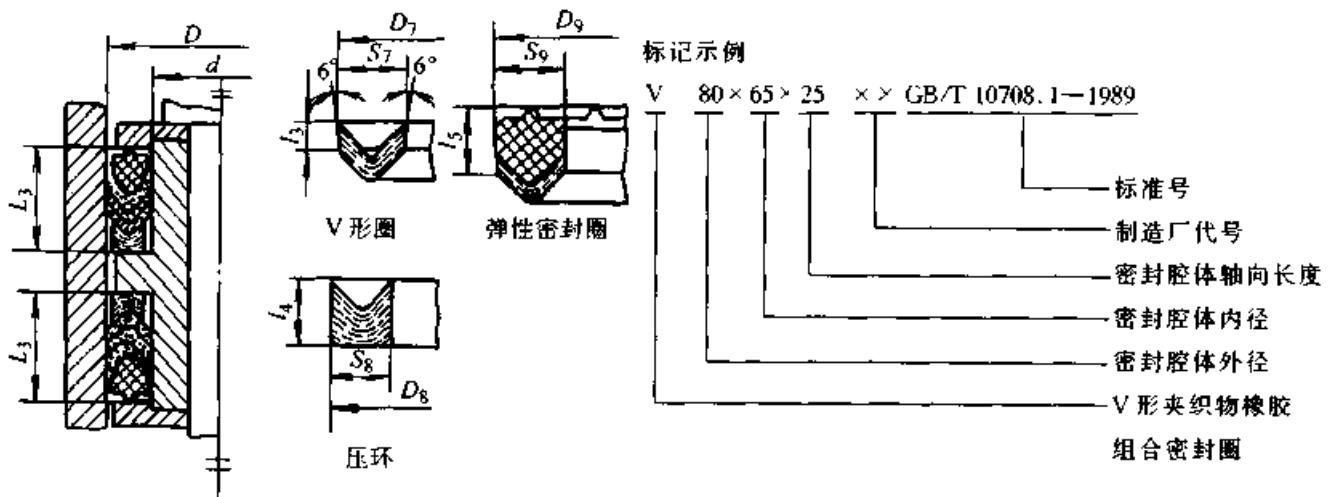
愈多，摩擦阻力愈大。

活塞及活塞杆密封腔体 L<sub>3</sub> 用 V形夹织物橡胶组合密封圈型式、尺寸及公差见表 26.4-30 和表 26.4-31。活塞及活塞杆密封沟槽尺寸及公差见表 26.4-27~表 26.4-29。

表 26.4-30 活塞密封腔体 L<sub>3</sub> 用 V形夹织物橡胶组合密封圈尺寸及公差

(摘自 GB/T 10708.1—1989)

(mm)



D	d	L <sub>3</sub>	D <sub>7</sub>	D <sub>8</sub>	D <sub>7</sub> 、D <sub>8</sub> 极限偏差	D <sub>9</sub>	极限 偏差	S <sub>7</sub>	S <sub>8</sub>	S <sub>9</sub>	S <sub>7</sub> 、S <sub>8</sub> 、S <sub>9</sub> 极限偏差	l <sub>3</sub>	l <sub>4</sub>	l <sub>5</sub>	l <sub>3</sub> 、l <sub>4</sub> 、l <sub>5</sub> 极限偏差	V形圈 数量
20	10	16	20.6	19.7	±0.22	20.8	±0.25	5.6	4.7	5.8	±0.15	3	6	6.5	±0.20	2
25	15		25.6	24.7		25.8										
32	22		32.6	31.7		32.8										
40	30		40.6	39.7		40.8										
50	40		50.6	49.7		50.8										
56	46		56.6	55.7		56.8										

续表 26.4-30

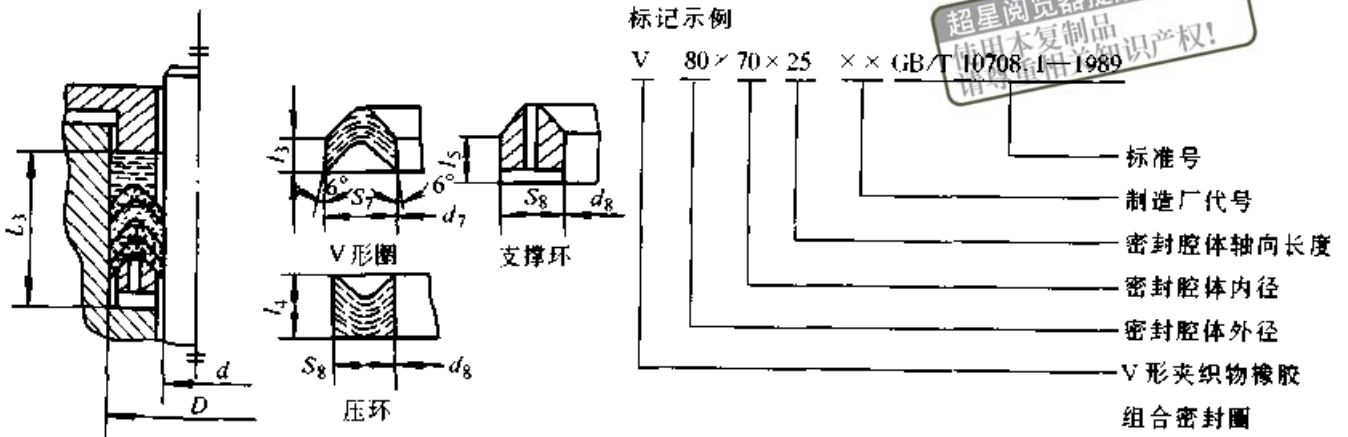
$D$	$d$	$L_3$	$D_7$	$D_8$	$D_7, D_8$ 极限偏差	$D_9$	极限 偏差	$S_7$	$S_8$	$S_9$	$S_7, S_8, S_9$ 极限偏差	$L_1$	$L_2$	$L_3$	$L_4, L_5, L_6$ 极限偏差	形圈 数量
63	53	16	63.6	62.7	$\pm 0.22$	63.8	$\pm 0.25$	5.6	4.7	5.8		3	6	6.5		
50	35	25	50.7	49.5		51.1										
56	41		56.7	55.5		57.1										
63	48		63.7	62.5		64.1										
70	55		70.7	69.5		71.1										
80	65		80.7	79.5		81.1										
90	75		90.7	89.5		91.1										
100	85		100.7	99.5	101.1											
110	95	110.7	109.5	$\pm 0.28$	111.1	$\pm 0.35$	8.2	7	8.6	4.5	8	8				
70	50	32	70.8	69.4	$\pm 0.35$	71.3	$\pm 0.45$	10.8	9.4	11.3	$\pm 0.15$	5	10	11		
80	60		80.8	79.4		81.3										
90	70		90.8	89.4		91.3										
100	80		100.8	99.4		101.3										
110	90		110.8	109.4		111.3										
125	105	125.8	124.4	126.3												
140	120	140.8	139.4	141.3												
160	140	160.8	159.4	161.3												
180	160	180.8	179.4	181.3												
125	100	40	126	124.4	$\pm 0.45$	126.6	$\pm 0.60$	13.5	11.9	14.1		6	15			
140	115		141	139.4		141.6										
160	135		161	169.4		161.6										
180	155		181	179.4		181.6										
200	175		201	199.4		201.6										
220	195	221	219.4	221.6												
250	225	251	249.4	251.6												
200	170	50	201.3	199.2	$\pm 0.60$	201.9	$\pm 0.90$	16.3	14.2	16.8		6.5	17.5			
220	190		221.3	219.2		221.9										
250	220		251.3	249.2		251.9										
280	250		281.3	279.2		281.9										
320	290		321.3	319.2		321.9										
360	330	361.3	359.2	361.9												
400	360	63	401.6	399	$\pm 0.90$	402.1	$\pm 1.20$	21.6	19	22.1	$\pm 0.20$	7	14	26.5		
450	410		451.6	449		452.1										
500	460		501.6	499		502.1										

超星阅读器提醒  
使用本复制品  
请尊重知识产权!

表 26.4.31 活塞杆密封腔体  $L_3$  用 V 形夹织物橡胶组合密封圈尺寸及公差

(摘自 GB/T 10708.1-1989)

(mm)



$d$	$D$	$L_3$	$d_7$	$d_8$	$d_7, d_8$ 极限偏差	$S_7$	$S_8$	$S_7, S_8$ 极限偏差	$l_3$	$l_4$	$l_5$	$l_3, l_4, l_5$ 极限偏差	V形圈 数量
6	14	14.5	5.5	6.3	$\pm 0.18$	4.50	3.70		2.5	6			
8	16												
10	18												
12	20												
14	22												
16	24												
18	26												
20	28												
22	30												
25	33												
10	20	16	9.4	10.3	$\pm 0.22$	5.60	4.70		3	6.50			2
12	22												
14	24												
16	26												
18	28												
20	30												
22	32												
25	35												
28	38												
32	42												
36	46												
40	55												
45	55												

续表 26.4-31

$d$	$D$	$L_3$	$d_7$	$d_8$	$d_7, d_8$ 极限偏差	$S_7$	$S_8$	$S_7, S_8$ 极限偏差	$l_3$	$l_4$	$l_5$	$l_3, l_4, l_5$ V形圈 极限偏差 数量								
50	60	16	49.4	50.3	±0.22	5.60	4.70	±0.15	3	6.50		2								
28	43	25	27.3	28.5		8.20	7		4.50	8										
32	47		31.3	32.5																
36	51		35.3	36.5																
40	55		39.3	40.5																
45	60		44.3	45.5																
50	65		49.3	50.5																
56	71		55.3	56.5																
63	78		62.3	63.5																
70	85		69.3	70.5																
80	95		79.3	80.5	±0.30			10.8							9.4	6	10	3		
90	105	89.3	90.5																	
56	76	55.2	56.6	±0.22																
63	83	62.2	63.6																	
70	90	69.2	70.6																	
80	100	79.2	80.6																	
90	110	89.2	90.6	±0.30																
100	120	99.2	100.6																	
110	130	109.2	110.6																	
125	145	124.2	125.6																	
140	160	139.2	140.6																	
100	125	99	100.6	±0.35	13.5	11.9		12				4								
110	135	109	110.6																	
125	150	124	125.6																	
140	165	139	140.6																	
160	185	159	160.6																	
180	205	179	180.6																	
200	225	199	200.6										±0.45							
160	190	158.8	160.8										±0.35							
180	210	178.8	180.8																	
200	230	198.8	200.8																	
220	250	218.8	220.8	±0.45	16.2	14.2	±0.20	6.5	14			5								
250	280	248.8	250.8																	
280	310	278.8	280.8																	
320	360	318.4	321	±0.60																
360	400	358.4	361																	
		63											21.6	19	±0.20	7	15.5	4		6

超星浏览器提醒您：  
使用本复制品  
请尊重相关知识产权！

2.2.3 L形橡胶密封圈

L形橡胶密封圈适用于中小直径的液压或气动活塞密封，对孔起密封作用。特点是装配容易，抗挤出破坏能力强，但磨损较快。

L形橡胶密封圈尺寸系列见表 26.4-32，相关件尺寸见表 26.4-33。

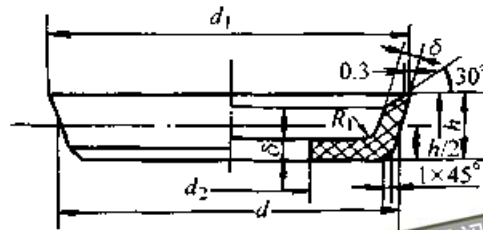
2.2.4 J形橡胶密封圈

J形橡胶密封圈适用于液压或气动活塞杆密封，对轴起密封作用。其特点同L形圈，可作为防尘圈使用。

J形橡胶密封圈的型式与尺寸见表 26.4-34，相关件尺寸见表 26.4-35。

表 26.4-32 L 形橡胶密封圈尺寸系列

(mm)



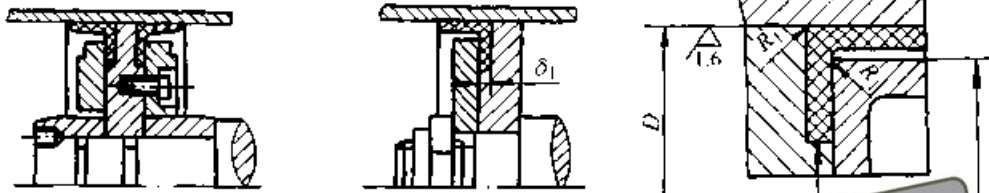
超星浏览器提醒您：  
使用本复制品  
请尊重相关知识产权！

$d$	$d_1$	$d, d_1$ 公差	$d_2$	$h$	$\delta$	$d$	$d_1$	$d, d_1$ 公差	$d_2$	$h$	$\delta$
22	24		8			125	131		95		
25	27	+0.4 -0.3	9	$\pm 0.5$		130	136	+1.1 -0.6	100		3.5
28	30		10			140	146		110		
30	32		11			150	156		120		
32	34		12	7		160	166		130	$\pm 1.2$	14
35	37		15		2	170	176		130		
38	40	+0.5 -0.4	18			180	186		140		
40	43		20	$\pm 0.6$		190	196	+1.5 -0.7	150		
42	45		22			200	208		160		4
45	48		25		+0.8 -0.5	210	218		170		
48	51		28			220	228		180	$\pm 1.5$	17
50	53		30			240	248		200		
52	55		32	8		250	258		205		+1 -0.5
55	58		35		+0.6 -0.2	260	268		215		
60	63	+0.8 -0.5	38			280	288		235		
65	68		40	$\pm 0.8$	2.5	300	309		255		
70	74		45			320	329		275		
75	79		48			340	349		295		
80	84		50	10		360	369	$d, d_3$ 值的	310		
85	89		55			380	389	+1% -0.5%	330	$d_2$ 值的	
90	95		60			400	409		350	$\pm 1\%$	20
95	100		65			420	429		370		
100	105	+1.1 -0.6	70	$\pm 1$	12	450	459		400		3
105	110		75		+1 -0.5	480	489		430		
110	116		80			500	509		460		
120	126		90	14							4.5

注：基本尺寸  $d$  与缸径相同。



表 26.4-33 I 形橡胶密封圈相关件尺寸 (mm)



超星浏览器提醒您：  
使用本复制品  
请尊重相关知识产权！

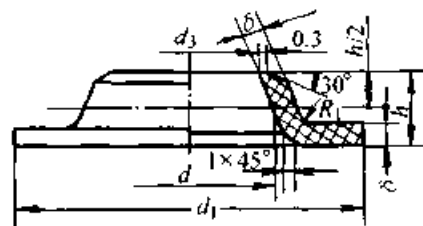
缸径 $D$	$d_2$	$d_3$	缸径 $D$	$d_2$	$d_3$	缸径 $D$	$d_2$	$d_3$	缸径 $D$	$d_2$	$d_3$
30	11	24	65	40	58	130	100	121	260	218	250
32	12	26	70	45	63	140	110	131	280	238	270
35	15	29	75	48	68	150	122	141	300	260	288
38	18	32	80	50	73	160	132	151	320	280	308
40	20	34	85	55	78	170	132	161	340	300	328
42	22	36	90	60	82	180	142	170	360	315	348
45	25	39	95	65	87	190	152	180	380	335	368
48	28	42	100	70	92	200	163	190	400	355	388
50	30	44	105	75	97	210	173	200	420	375	408
52	32	45	110	80	102	220	183	210	450	405	438
55	35	48	120	90	112	240	203	230	480	435	468
60	38	53	125	95	116	250	208	240	500	455	488

注：1. 安装 L 形密封圈时，过大的压紧力会影响密封性，因而在结构上要保证密封圈受到合适的压紧力，用于汽缸活塞密封时， $\delta_1$  尺寸建议按下表规定。

$\delta$	2	2.5	3	3.5	4	4.5
$\delta_1 (\pm 1.0)$	1.9	2.4	2.9	3.3	3.8	4.3

2. 与 L 形密封圈滑动的工作表面，其表面粗糙度  $Ra \leq 1.6 \mu m$ 。

表 26.4-34 J 形橡胶密封圈尺寸系列 (mm)

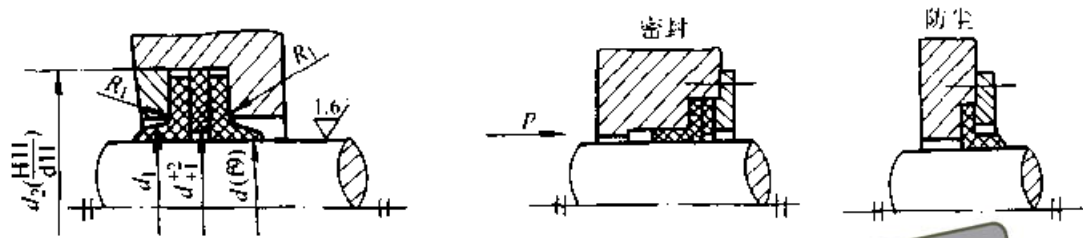


续表 26.4-34

$d$	$d_3$	$d, d_3$ 公差	$d_1$	$h$	$\delta$	$d$	$d_3$	$d, d_3$ 公差	$d_1$	$h$	$\delta$
4	2.8	+0.2 -0.3	18	6	2	90	84	+0.5 -0.8	120	14	3.5
5	3.5		20			125					
6	4.2		22			130 ±1.2					
7	5		23			135					
8	6		25			140					
9	7		26			155					
10	8		28			160					
12	10		30			165					
14	11		32			175					
16	13		35			190 ±1.5					
18	15	38	200	17	4						
20	17	40	210								
22	19	42	220								
25	21	45	230								
28	24	48	240								
30	26	50	250								
32	28	57	260								
35	30	60	280								
38	33	63	290								
40	35	65	300			20	4.5				
42	37	67	320								
45	40	70	340								
48	43	73	370								
50	45	75	390								
52	46	82	410								
55	49	85	430								
60	54	90	450								
65	59	95	470								
70	64	100	500								
75	69	105	530	+1.0 -0.5	+0.6 -0.3						
80	74	110	550								
85	79	115									
						$d, d_3$ 值的 +5.0% -1%					
						$d_1$ 值的 ±1%					
						$d, d_3$ 值的 +0.6 -0.3					

星阅提醒您：  
 使用本资料请尊重  
 知识产权！

表 26.4-35 J形橡胶密封圈相关件尺寸 (mm)



活塞杆的密封和防尘

超星浏览器提醒您：  
使用本复制品  
请尊重相关知识产权！

活塞杆直径 <i>d</i>	<i>d</i> <sub>1</sub>	<i>d</i> <sub>2</sub>	活塞杆直径 <i>d</i>	<i>d</i> <sub>1</sub>	<i>d</i> <sub>2</sub>	活塞杆直径 <i>d</i>	<i>d</i> <sub>1</sub>	<i>d</i> <sub>2</sub>
20	27	42	75	85	110	210	222	255
22	29	44	80	90	115	220	232	265
25	32	47	85	95	120	240	252	285
28	35	50	90	100	125	250	262	295
30	37	52	95	105	130	260	272	305
32	39	59	100	110	135	280	292	325
35	43	62	105	115	140	300	312	345
38	46	65	110	120	145	320	332	375
40	48	68	120	130	160	340	352	395
42	50	70	125	135	165	360	372	415
45	53	73	130	140	170	380	392	435
48	56	76	140	150	180	400	412	455
50	58	78	150	160	195	420	432	475
52	62	85	160	170	205	450	462	505
55	65	90	170	180	215	480	492	535
60	70	95	180	190	225	500	512	555
65	75	100	190	200	235			
70	80	105	200	210	245			

注：与J形橡胶密封圈相滑动的工作面，其工作表面粗糙度值  $Ra \leq 1.6 \mu m$ 。

2.2.5 橡胶防尘密封圈

橡胶防尘密封圈是用于安装在往复运动液压活塞杆导向套上起防尘和密封作用的防尘密封圈。它有三种基本型式：

1) A型,适用于安装在A型密封腔体内起防尘作用,其结构型式、尺寸及公差见表26.4-36。

2) B型,是一种有金属骨架的橡胶圈,适

用于安装在A型密封腔体内起防尘作用,其结构型式、尺寸及公差见表26.4-37。

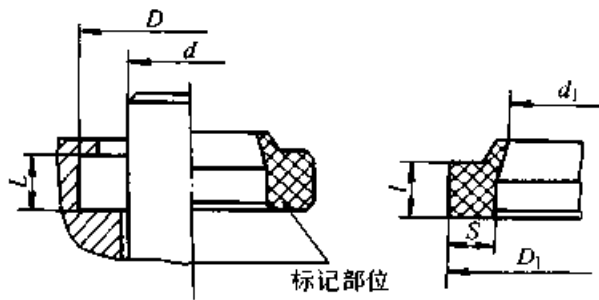
3) C型,是一种有双向唇的橡胶圈,适用于安装在B型密封腔体内起防尘和辅助密封作用,其结构型式、尺寸及公差见表26.4-38。

A型、B型和C型橡胶防尘密封圈的沟槽型式、尺寸及公差见表26.4-39~表26.4-41。

表 26.4-36 A型密封腔体用橡胶防尘密封圈的尺寸及公差

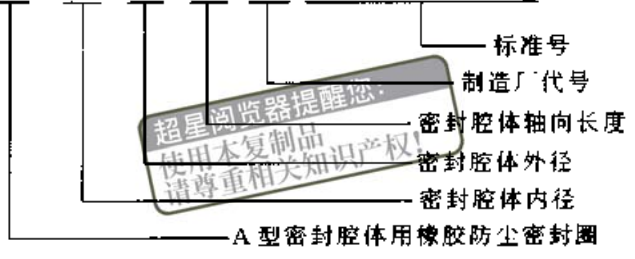
(摘自 GB/T 10708.3—1989)

(mm)



标记示例

FA 100×115×9.5 / × GB/T 10708.3—1989



d	D	L	d <sub>1</sub>	极限 偏差	D <sub>1</sub>	极限 偏差	S	l	d	D	L	d <sub>1</sub>	极限 偏差	D <sub>1</sub>	极限 偏差	S	l
6	14	5	4.6	±0.15	14	±0.15	3.5	5 <sup>-0.30</sup>	60	70	6.3	58	±0.25	70	±0.35	4.3	6.3 <sup>-0.30</sup>
8	16		6.6		16				63	73		61		73			
10	18		8.6		18				70	80		68		80			
12	20		10.6		20				80	90		78		90			
14	22		12.5		22				90	100		88		100			
16	24	14.5	24	±0.15	3.5	±0.15	5 <sup>-0.30</sup>	100	115	9.5	97.5	±0.45	115	±0.45	6.5	9.5 <sup>-0.30</sup>	
18	26	16.5	26					110	125		107.5		125				
20	28	18.5	28					125	140		122.5		140				
22	30	20.5	30					140	155		137.5		155				
25	33	23.5	33					160	175		157.5		175				
28	36	26.5	36	±0.25	4.3	±0.15	6.3 <sup>-0.30</sup>	180	195	12.5	167.5	±0.60	195	±0.60	8.7	12.5 <sup>-0.30</sup>	
32	40	30.5	40					200	215		197.5		215				
36	44	34.5	44					220	240		217		240				
40	48	38.5	48					250	270		247		270				
45	53	43.5	53					280	300		277		300				
50	58	48.5	58	±0.35	4.3	±0.15	6.3 <sup>-0.30</sup>	320	400	12.5	317	±0.90	340	±0.90	8.7	12.5 <sup>-0.30</sup>	
56	66	6.3	53					66	±0.35		4.3		±0.15				6.3 <sup>-0.30</sup>

表 26.4-37 B型密封腔体用橡胶防尘密封圈的尺寸及公差

(摘自 GB/T 10708.3—1989)

(mm)

标记示例

FB 100 · 115 > 9 × × GB/T 10708.3—1989

- 标准号
- 制造厂代号
- 密封腔体轴向长度
- 密封腔体外径
- 密封腔体内径

B型密封腔体用橡胶防尘密封圈

d	D	L <sub>1</sub>	d <sub>1</sub>	极限 偏差	D <sub>2</sub> (S7)	S (±0.15)	l <sub>1</sub>	d	D	L <sub>1</sub>	d <sub>1</sub>	极限 偏差	D <sub>2</sub> (S7)	S (±0.15)	l <sub>1</sub>
6	14	5	4.6	±0.15	14	3.5	5 <sup>-0.30</sup>	63	73	7	61	±0.25	73	4.3	7 <sup>-0.30</sup>
8	16		6.6		16			68	80		68	80			
10	18		8.6		18			78	90		78	90			
12	22	7	10.5	±0.25	22	4.3	7 <sup>-0.30</sup>	90	100	9	88	±0.45	100	6.5	9 <sup>-0.35</sup>
14	24		12.5		24			100	115		97.5		115		
16	26		14.5		26			110	125		107.5		125		
18	28		16.5		28			125	140		122.5		140		
20	30		18.5		30			140	155		137.5		155		
22	32		20.5		32			160	175		157.5		175		
25	35	7	23.5	±0.25	35	4.3	7 <sup>-0.30</sup>	180	195	12	177.5	±0.60	195	8.7	12 <sup>-0.40</sup>
28	38		26.5		38			200	215		197.5		215		
32	42		30		42			220	240		217		240		
36	46		34		46			250	270		247		270		
40	50		38		50			280	300		377		300		
45	55		43		55			320	340		317		340		
50	60		48		60			360	380		357		380		
60	70		58		70										

表 26.4-38 C型密封腔体用橡胶防尘密封圈的尺寸及公差

(摘自 GB/T 10708.3—1989)

(mm)

标记示例

FC 90 × 100 > 6 × × GB/T 10708.3—1989

- 标准号
- 制造厂代号
- 密封腔体轴向长度
- 密封腔体外径
- 密封腔体内径

C型密封腔体用橡胶防尘密封圈

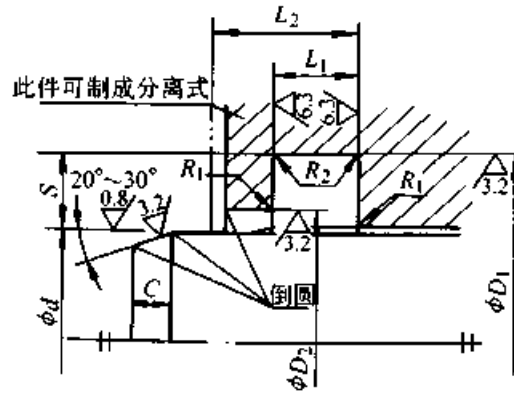
续表 26.4-38

$d$	$D$	$L_2$	$d_1$	$d_2$	$d_1, d_2$ 极限 偏差	$D_3$	极限 偏差	$S_1$	$l_1$	$d$	$D$	$L_2$	$d_1$	$d_2$	$d_1, d_2$ 极限 偏差	$D_3$	极限 偏差	$S_1$	$l_1$
12	18	4	10.8	11.2	$\pm 0.20$	18	$+0.10$ $-0.25$	4.2	$4 \begin{smallmatrix} 0 \\ -0.30 \end{smallmatrix}$	45	53	5	43.5	44	$\pm 0.25$	53	$+0.10$ $-0.35$	5.5 $\pm 0.15$	5 $\begin{smallmatrix} 0 \\ 0.30 \end{smallmatrix}$
14	20		12.8	13.2		20				56	66	54.2	54.8	66					
18	24		16.8	17.2		24				70	80	68.2	68.8	80					
22	28		20.8	21.2		28				90	100	88.2	88.8	100					
28	36	5	26.5	27	$\pm 0.25$	36	$+0.10$ $-0.35$	5.5	$5 \begin{smallmatrix} 0 \\ -0.30 \end{smallmatrix}$	110	125	8.5	107.8	108.4	$\pm 0.35$ $\pm 0.45$	125	$+0.15$ $-0.50$	9.8	$8.5 \begin{smallmatrix} 0 \\ -0.30 \end{smallmatrix}$
36	44		34.5	35		44				140	155		137.8	138.4		155			

表 26.4-39 A型液压活塞杆用防尘圈的沟槽型式、尺寸及公差

(摘自 GB/T 6578—1986)

(mm)



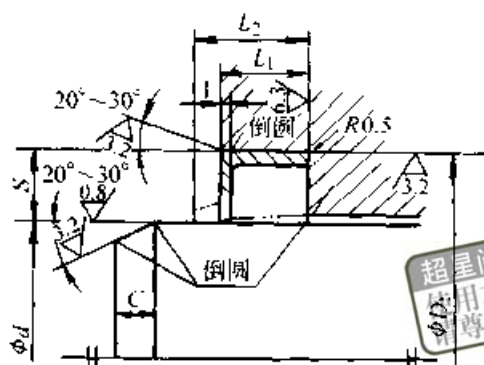
$d$	$S$	$L_1$		$D_1$	$D_2$	$L_2$	$R_1$	$R_2$	$C$	$d$	$S$	$L_1$		$D_1$	$D_2$	$L_2$	$R_1$	$R_2$	$C$
		基本尺寸	极限偏差									基本尺寸	极限偏差						
6	4	5	$+0.2$ 0	14	11.5	8	0.3	0.5	2	(60)	5	6.3	70	67	10	0.4	0.5	2.5	
8	4	5		16	13.5	8	0.3	0.5	2	63	5	6.3	73	70	10	0.4	0.5	2.5	
10	4	5		18	15.5	8	0.3	0.5	2	70	5	6.3	80	77	10	0.4	0.5	2.5	
12	4	5		20	17.5	8	0.3	0.5	2	80	5	6.3	90	87	10	0.4	0.5	2.5	
14	4	5		22	19.5	8	0.3	0.5	2	90	5	6.3	100	97	10	0.4	0.5	2.5	
16	4	5		24	21.5	8	0.3	0.5	2	100	7.5	9.5	115	110	14	0.6	0.5	4	
18	4	5		26	23.5	8	0.3	0.5	2	110	7.5	9.5	125	120	14	0.6	0.5	4	
20	4	5		28	25.5	8	0.3	0.5	2	125	7.5	9.5	140	135	14	0.6	0.5	4	
22	4	5		30	27.5	8	0.3	0.5	2	140	7.5	9.5	155	150	14	0.6	0.5	4	
25	4	5		33	30.5	8	0.3	0.5	2	160	7.5	9.5	175	170	14	0.6	0.5	4	
28	4	5		36	33.5	8	0.3	0.5	2	180	7.5	9.5	195	190	14	0.6	0.5	4	
32	4	5		40	37.5	8	0.3	0.5	2	200	7.5	9.5	215	210	14	0.6	0.5	4	
36	4	5		44	41.5	8	0.3	0.5	2	220	10	12.5	240	233.5	18	0.8	0.9	5	
40	4	5		48	45.5	8	0.3	0.5	2	250	10	12.5	270	263.5	18	0.8	0.9	5	
45	4	5		53	50.5	8	0.3	0.5	2	280	10	12.5	300	293.5	18	0.8	0.9	5	
50	4	5		58	55.5	8	0.3	0.5	2	320	10	12.5	340	333.5	18	0.8	0.9	5	
56	5	6.3	66	63	10	0.4	0.5	2.5	360	10	12.5	380	373.5	18	0.8	0.9	5		

注： $d$  (60) 为非优先选用尺寸。

表 26.4-40 B型液压活塞杆用防尘圈的沟槽型式、尺寸及公差

(摘自 GB/T 6578—1986)

(mm)



超星阅读器提醒您：  
 请勿复制或  
 传播相关知识  
 尊重相关知识产权！

d	S	L <sub>1</sub>		D <sub>1</sub> (H8)	L <sub>2</sub>	C	d	S	L <sub>1</sub>		D <sub>1</sub> (H8)	L <sub>2</sub>	C
		基本尺寸	极限偏差						基本尺寸	极限偏差			
6	4	5	+0.5 0	14	8	2	(60)	5	7	+0.5 0	70	11	2.5
8	4	5		16	8	2	63	5	7		73	11	2.5
10	4	5		18	8	2	70	5	7		80	11	2.5
12	5	7		22	11	2.5	80	5	7		90	11	2.5
14	5	7		24	11	2.5	90	5	7		100	11	2.5
16	5	7		26	11	2.5	100	7.5	9		115	13	4
18	5	7		28	11	2.5	110	7.5	9		125	13	4
20	5	7		30	11	2.5	125	7.5	9		140	13	4
22	5	7		32	11	2.5	140	7.5	9		155	13	4
25	5	7		35	11	2.5	160	7.5	9		175	13	4
28	5	7		38	11	2.5	180	7.5	9		195	13	4
32	5	7		42	11	2.5	200	7.5	9		215	13	4
36	5	7		46	11	2.5	220	10	12		240	16	5
40	5	7		50	11	2.5	250	10	12		270	16	5
45	5	7		55	11	2.5	280	10	12		300	16	5
50	5	7		60	11	2.5	320	10	12		340	16	5
56	5	7	66	11	2.5	360	10	12	380	16	5		

注：d (60) 为非优先选用尺寸。

### 2.3 橡胶组合式密封圈

组合式密封圈由挤压型和唇型密封圈组成，其类型及特点见表 26.4-42。

鼓形夹织物和蕾形夹织物橡胶密封圈密封性能好，具有摩擦阻力小、运动平稳、结构简单、轴向尺寸小和使用寿命长等特点。

鼓形夹织物橡胶密封圈适用于速度

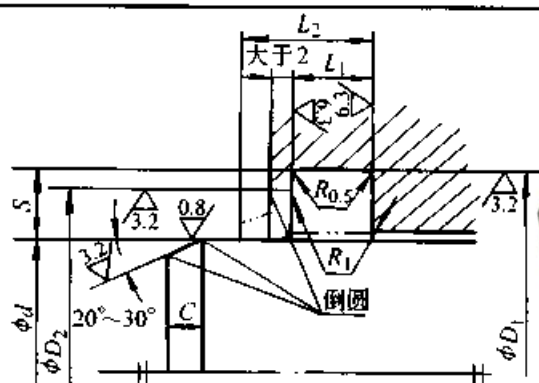
<0.5 m/s，工作压力<70 MPa 的液压缸活塞双向往复运动密封。蕾形夹织物橡胶密封圈适用于速度<0.5 m/s，工作压力<35 MPa 的液压缸活塞双向往复运动密封。

鼓形夹织物橡胶密封圈和蕾形橡胶密封圈的主要尺寸及公差见表 26.4-43，所采用的塑料支承环和导向环尺寸及公差见表 26.4-44，其沟槽尺寸见表 26.4-45。

表 26.4-41 C 型液压活塞杆用防尘圈的沟槽型式、尺寸及公差

(摘自 GB/T 6578—1986)

(mm)



d	S	L <sub>1</sub>		D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>	L <sub>2</sub>	R <sub>1</sub>	C	d	S	L <sub>1</sub>		D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>	L <sub>2</sub>	R <sub>1</sub>	C
		基本尺寸	极限偏差								基本尺寸	极限偏差					
6	3	4		12	8.5	7	0.3	2	(60)	5	6		70	63	9.7	0.3	2.5
8	3	4		14	10.5	7	0.3	2	63	5	6	+0.2	73	66	9.7	0.3	2.5
10	3	4		16	12.5	7	0.3	2	70	5	6	0	80	73	9.7	0.3	2.5
12	3	4		18	14.5	7	0.3	2	80	5	6		90	83	9.7	0.3	2.5
14	3	4		20	16.5	7	0.3	2	90	5	6		100	93	9.7	0.3	2.5
16	3	4		22	18.5	7	0.3	2	100	7.5	8.5		115	104	13	0.4	4
18	3	4	+0.2	24	20.5	7	0.3	2	110	7.5	8.5	+0.3	125	114	13	0.4	4
20	3	4	0	26	22.5	7	0.3	2	125	7.5	8.5		140	129	13	0.4	4
22	3	4		28	24.5	7	0.3	2	140	7.5	8.5		155	144	13	0.4	4
25	4	5		33	28	8	0.3	2.5	160	7.5	8.5		175	164	13	0.4	4
28	4	5		36	31	8	0.3	2.5	180	7.5	8.5		195	184	13	0.4	4
32	4	5		40	35	8	0.3	2.5	200	7.5	8.5		215	204	13	0.4	4
36	4	5		44	39	8	0.3	2.5	220	10	11		240	225	16.5	0.5	5
40	4	5		48	43	8	0.3	2.5	250	10	11		270	255	16.5	0.5	5
45	4	5		53	48	8	0.3	2.5	280	10	11		300	285	16.5	0.5	5
50	4	5		58	53	8	0.3	2.5	320	10	11		340	325	16.5	0.5	5
56	5	6		66	59	9.7	0.3	2.5	360	10	11		380	365	16.5	0.5	5

注：1. 黑体字活塞杆直径  $d$ 、符合 ISO/DP 6195 的 C 型沟槽尺寸系列推荐优先选用。

2.  $d(60)$  为非优先选用尺寸。

## 2.4 塑料密封圈

塑料密封圈用于要求密封件具有较强的化学稳定性和耐热、耐高、低温的场合。

塑料密封圈的主要形式有 O 形圈、方形圈、楔形圈和 V 形圈等，一般采用氟塑料、尼龙、聚乙烯等材质。表 26.4-46 列出了氟塑料密封圈的种类、工作条件及应用特点。

## 2.5 毡密封圈

毡密封圈密封广泛用于低速、常温、常压的电动机、齿轮箱等机械中，用来密封润滑脂、油、粘度大的液体和防尘。

毡密封圈密封温度  $\leq 90^{\circ}\text{C}$ ；粗毛毡用于线速度  $\leq 3\text{ m/s}$ ，细毛毡经抛光用于线速度  $\leq 10\text{ m/s}$ 。

毡密封圈及槽的型式及尺寸见表 26.4-47。

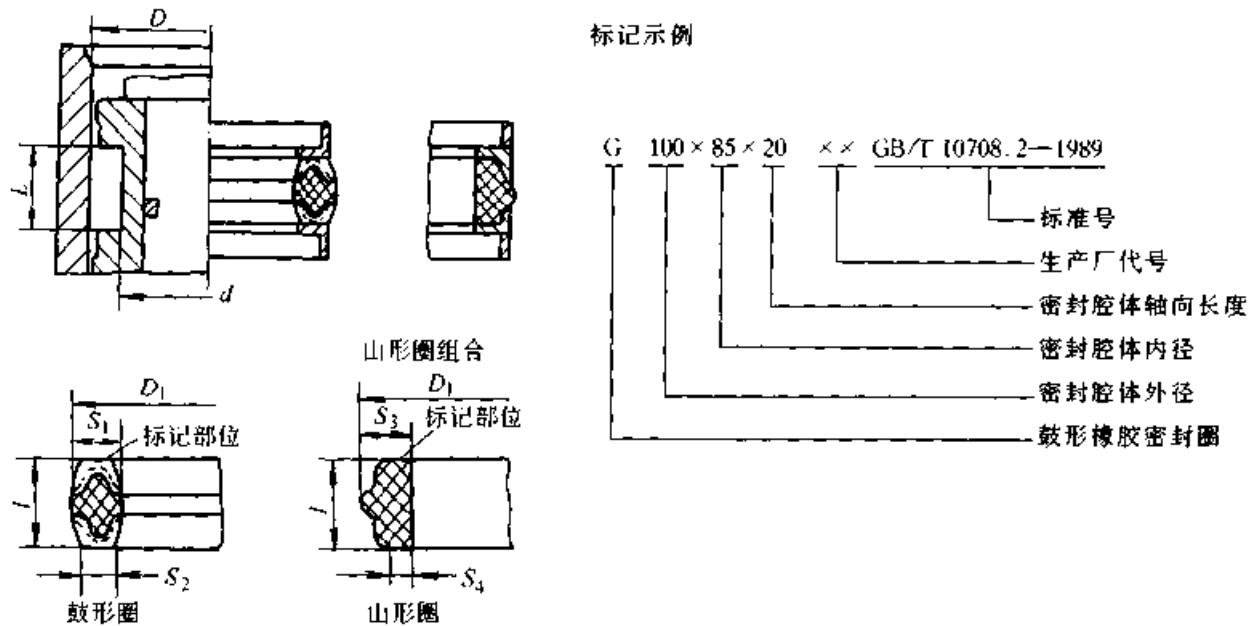


表 26.4-42 组合式密封圈类型及特点

名称	简图	说
蕾形圈		由夹织物橡胶 U 形圈与橡胶异 O 形圈组成的组合密封圈。异 O 形圈对 U 形圈相当于一个柔软的压环。蕾形圈兼有 U 形圈及 O 形圈的特征，密封性能良好，装填简单，不用支承环。工作压力可达 60 MPa。当压力低于 30 MPa 时可不加挡圈，线速度可达 0.5 m/s。适用于液压机往复密封
鼓形圈		由两个夹织物橡胶 U 形圈与橡胶异 O 形圈组成的组合密封圈。特点同蕾形圈，但具有双向密封能力。工作压力可达 60 MPa。压力低于 25 MPa 时可不加挡圈。适用于液压机往复密封
VO 形圈		相当于 V 形圈与 O 形圈叠加，自紧作用较强，以较小的压缩率即能密封，泄漏量少，摩擦阻力小，工作位置稳定。适宜作为往复密封件

表 26.4-43 鼓形夹织物橡胶密封圈和山形橡胶密封圈的尺寸及公差  
(摘自 GB/T 10708.2—1989)

(mm)



D	d	L	D <sub>1</sub>	D <sub>1</sub> 极限偏差	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>3</sub>	S <sub>4</sub>	S <sub>1</sub> 、S <sub>2</sub> 、S <sub>3</sub> 、S <sub>4</sub> 极限偏差	l	极限偏差
25	17	10	25.6	±0.22	4.6	3.4	4.7	2.5	±0.15	6.5	±0.20
32	24		32.6								
40	32		40.6								
25	15	12.5	25.7	5.7	4.2	5.8	3.2	±0.15	8.5		
32	22		32.7								

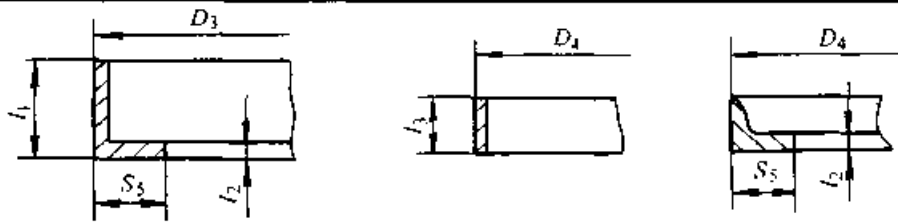
续表 26.4-43

D	d	L	D <sub>1</sub>	D <sub>1</sub> 极限偏差	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>3</sub>	S <sub>4</sub>	S <sub>1</sub> 、S <sub>2</sub> 、S <sub>3</sub> 、S <sub>4</sub> 极限偏差	l	极限偏差
40	30	12.5	40.7	±0.22	5.7	4.2	5.8	3.2	±0.15	8.5	±0.20
50	40		50.7								
56	46		56.7								
63	53		63.7								
50	35	20	50.9	±0.28	8.4	6.5	8.5	4.5	±0.15	14.5	±0.20
56	41		56.9								
63	48		63.9								
70	55		70.9								
80	65		80.9								
90	75		90.9								
100	85		100.9								
110	95	110.9									
80	60	25	81	±0.35	11	8.7	11.2	5.5	±0.15	18	±0.20
90	70		91								
100	80		101								
110	90		111								
125	105		126								
140	120		141								
160	140		161								
180	160	181									
125	100	32	126.3	±0.45	13.7	10.8	13.9	7	±0.15	24	±0.20
140	115		141.3								
160	135		161.3								
180	155		181.3								
200	170	36	201.5	±0.60	16.5	12.9	16.7	8.8	±0.20	28	±0.25
220	190		221.5								
250	220		251.5								
280	250		281.5								
320	290		321.5								
360	330	361.5									
400	360	50	401.8	±0.90	21.8	17.5	22	12	±0.20	40	±0.25
450	410		451.8								
500	460		501.8								

超星浏览器提醒您：  
使用本复制品  
请尊重相关知识产权！

表 26.4-44 塑料支承环和导向环尺寸及公差  
(摘自 GB/T 10708.2-1989)

(mm)



$D$	$d$	$L$	$D_3$	极限偏差	$D_4$	极限偏差	$l_1$	$l_2$	$l_3$	极限偏差	$S_5$	极限偏差
25	17	10	25	0 -0.16	25	0 -0.20					4	
32	24		32		32							
40	32		40		40							
25	15	12.5	25	0 -0.18	25	0 -0.25	5.5	1.5	4		5	
32	22		32		32							
40	30		40		40							
50	40		50		50							
56	46		56		56							
63	53	63	63	63	63							
50	35	20	50	0 -0.22	50	0 -0.30	6.5	1.5	5	+0.10 0	7.5	0 -0.10
56	41		56		56							
63	48		63		63							
70	55		70		70							
80	65		80		80							
90	75		90		90							
100	85		100		100							
110	95	110	110	110								
80	60	25	80	0 -0.26	80	0 -0.35	8.3	2	6.3		10	+0.10 0
90	70		90		90							
100	80		100		100							
110	90		110		110							
125	105		125		125							
140	120		140		140							
160	140		160		160							
180	160	180	180	180								
125	110	32	125	0 -0.40	125	0 -0.40	13	3	10	+0.12 0	12.5	0 -0.10
140	115		140		140							
160	135		160		160							
180	155		180		180							

超星浏览器提醒您：  
使用本复制品  
请尊重相关知识产权！

续表 26.4-44

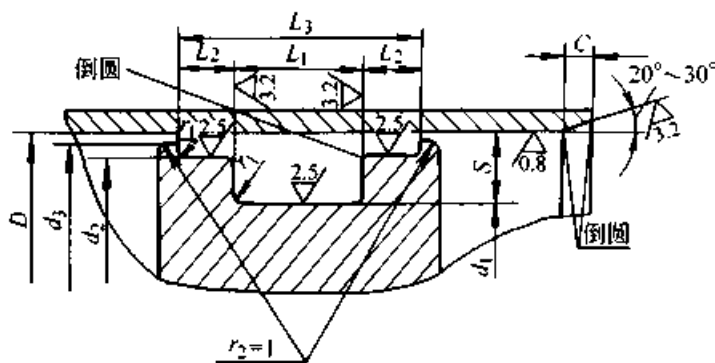
$D$	$d$	$L$	$D_3$	极限偏差	$D_4$	极限偏差	$t_1$	$t_2$	极限偏差	$S_5$	极限偏差
200	170	36	200	0 -0.35	200	0 -0.50	15.5	3	12.5	15	0 -0.12
220	190		220		220						
250	220		250		250						
280	250		280		280						
320	290		320		320						
360	330		360		360						
400	360	50	400	0 -0.50	400	0 -0.60	20	4	16	20	0 -0.15
450	410		450		450						
500	460		500		500						

注：山形橡胶密封圈用的塑料环为开口式，尺寸  $L$  见表 26.4-43 中图。

表 26.4-45 液压缸活塞用带支承环密封沟槽型式、尺寸及公差

(摘自 GB/T 6577—1986)

(mm)



$D$ (H9)	$S$	$d_1$ (h9)	$L_1^{+0.35}_{+0.10}$	$L_2^{+0.1}_0$	$L_3$	$d_2$ (h9)	$d_3$ (h11)	$r_1$	$C \geq$
25	4	17	10	4	18	22	24	0.4	2
	5	15	12.5		20.5				2.5
32	4	24	10	4	18	29	31	0.4	2
	5	22	12.5		20.5				2.5
40	4	32	10	4	18	37	39	0.4	2
	5	30	12.5		20.5				2.5
50	5	40	12.5	4	20.5	47	49	0.4	2.5
	7.5	35	20	5	30	46	48.5		4
(56)	5	46	12.5	4	20.5	53	55	0.4	2.5
	7.5	41	20	5	30	52	54.5		4
63	5	53	12.5	4	20.5	60	62	0.4	2.5
	7.5	48	20	5	30	59	61.5		4

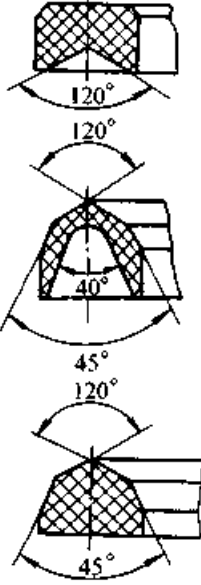
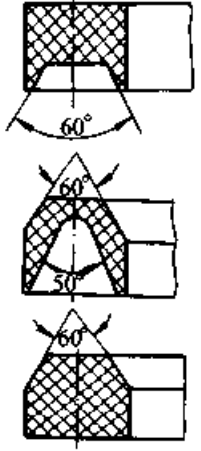
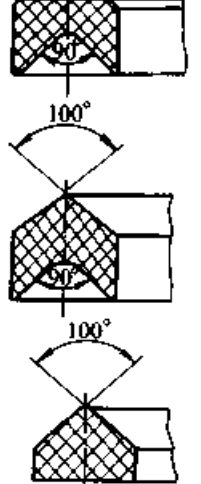
续表 26.4-45

D (H9)	S	$d_1$ (h9)	$L_1 \begin{smallmatrix} +0.35 \\ -0.10 \end{smallmatrix}$	$L_2 \begin{smallmatrix} +0.1 \\ 0 \end{smallmatrix}$	$L_3$	$d_2$ (h9)	$d_3$ (H11)	$r_1$	$C \geq$
(70)	7.5	55	20	5	30	66	68.5	0.4	4
	10	50	25	6.3	37.6	65	68	0.8	5
80	7.5	65	20	5	30	76	78.5	0.4	4
	10	60	25	6.3	37.6	75	78	0.8	5
(90)	7.5	75	20	5	30	86	88.5	0.4	4
	10	70	25	6.3	37.6	85	88	0.8	5
100	7.5	85	20	5	30	96	98.5	0.4	4
	10	80	25	6.3	37.6	95	98	0.8	5
(110)	7.5	95	20	5	30	106	108.5	0.4	4
	10	90	25	6.3	37.6	105	108	0.8	5
125	10	105	25	6.3	37.6	120	123	0.8	5
	12.5	100	32	10	52	119			6.5
(140)	10	120	25	6.3	37.6	135	138	0.8	5
	12.5	115	32	10	53	131			6.5
160	10	140	25	6.3	37.6	155	158	0.8	5
	12.5	135	32	10	52	154			6.5
(180)	10	160	25	6.3	37.6	175	178	0.8	5
	12.5	155	32	10	52	174			6.5
200	15	170	36	12.5	61	192	197	0.8	7.5
(220)	15	190	36	12.5	61	212	217	0.8	7.5
250	15	220	36	12.5	61	242	247	0.8	7.5
(280)	15	250	36	12.5	61	272	277	0.8	7.5
320	15	290	36	12.5	61	312	317	0.8	7.5
(360)	15	330	36	12.5	61	352	357	0.8	7.5
400	20	360	50	16	82	392	397	1.2	10
(450)	20	410	50	16	82	442	447	1.2	10
500	20	460	50	16	82	492	497	1.2	10

注：1. 括号内的缸孔内径为非优先选用尺寸。

2. 除缸内径  $D = 25 \sim 160$  mm，使用小截面密封圈外，缸内径  $D$  的加工精度可选 H11。

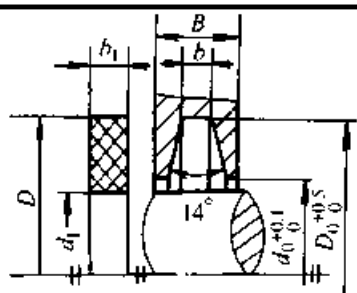
表 26.4-46 氟塑料密封圈的种类、工作条件及应用特点

种 类	简 图	工作条件			应用特点	
		工作温度/°C		工作压力/ MPa		密封面线 速度/(m·s <sup>-1</sup> )
		纯 <sup>①</sup>	填充 <sup>②</sup>			
低压 V形圈		≤150	≤250	≤1.6		
中压 V形圈		≤150	≤250	2.5~6.4	可用于强酸、强碱和强溶剂等强腐蚀性的介质中	
高压 V形圈		≤150	≤250	10~32		

超星浏览器提醒您：  
使用本复制品，  
请尊重相关知识产权！

① 纯氟塑料密封圈。  
② 填充玻璃纤维氟塑料密封圈。

表 26.4-47 毡密封圈及槽的型式及尺寸 (摘自 JB/ZQ 4606—1997) (mm)



标记示例  
轴径  $d = 40$  mm 的毡圈记为:  
毡圈 40 JB/ZQ 4606—1997

轴径 $d$	毡 封 圈			槽					轴径 $d$	毡 封 圈			槽				
	$D$	$d_1$	$b_1$	$D_0$	$d_0$	$b$	$B_{min}$			$D$	$d_1$	$b_1$	$D_0$	$d_0$	$b$	$B_{min}$	
							钢	铸铁								钢	铸铁
16	29	14	6	28	16	5	10	12	120	142	118	10	140	122	8	15	18
20	33	19		32	21				125	147	123		145	127			
25	39	24	7	38	26	6	12	15	130	152	128	12	150	132	10	18	20
30	45	29		44	31				135	157	133		155	137			
35	49	34		48	36				140	162	138		160	143			
40	53	39		52	41				145	167	143		165	148			
45	61	44		60	46				150	172	148		170	153			
50	69	49	8	68	51	7	15	18	155	177	153	14	175	158	12	20	22
55	74	53		72	56				160	182	158		180	163			
60	80	58		78	61				165	187	163		185	168			
65	84	63		85	66				170	192	168		190	173			
70	90	68		88	71				175	197	173		195	178			
75	94	73		92	77				180	202	178		200	183			
80	102	78		100	82				185	207	183		205	188			
85	107	83	105	87	190	212	188	210	193								
90	112	88	110	92	195	217	193	215	198								
95	117	93	9	115	97	8	15	18	200	222	198	14	220	203	12	20	22
100	122	98		120	102				210	232	208		230	213			
105	127	103		125	107				220	242	213		240	223			
110	132	108		130	112				230	252	223		250	233			
115	137	113		135	117				240	262	238		260	243			

注：毡圈材料有半粗羊毛毡和细羊毛毡，粗毛毡适用于速度  $v \leq 3$  m/s，优质细毛毡适用于  $v \leq 10$  m/s。

### 2.6 皮革密封圈

皮革密封圈具有优良的耐磨、耐压性能，可用于润滑条件较差、轴或缸比较粗糙的液压和气压设备密封中。

皮革密封圈典型形式为唇型圈。一般采用丹宁革、铬革或混合革等材质制成，为增强回弹性，必要时采用菊花形板簧、钢丝圈簧、橡胶垫等补充弹力。表 26.4-48 列出了皮革唇型密封圈的主要类型、工作条件及应用特点。

表 26.4-48 皮革唇型密封圈的类型、工作条件及应用特点

种类	简 图	工作条件			应用特点	
		公称尺寸/mm		工作压力/ MPa		工作温度/ °C
		内径	外径			
L 形圈		—	12~800	≤100 <sup>①</sup>	-70~100 可用于油、水和空气等介质中	
J 形圈		16~130	—			
V 形圈		8~950	24~1 000			
U 形圈		12~500	28≤550			

超星浏览器提醒您  
使用本库制品  
请尊重相关知识产权!

① 系列化的皮革制品工作压力不超过 50 MPa。

### 3 油封

油封亦称合成橡胶唇密封，也是一种唇型密封，因其品种规格繁多，有明显的特点而另列一类。油封结构见图 26.4-5。

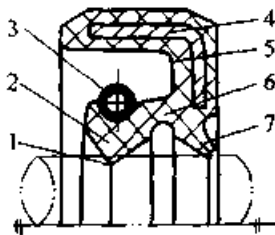


图 26.4-5 油封结构

1—唇口 2—冠部 3—弹簧 4—骨架  
5—底部 6—腰部 7—副唇

油封结构简单、尺寸紧凑、成本低廉，适用温度及转速范围宽，适宜大批量生产。因此，油封广泛地在低压润滑系统中用作旋转密封件。

#### 3.1 油封的类型及应用特点

油封按工作原理可分为普通型及流体动力型；按工作线速度可分为普通型与高速型；按材质可分为橡胶油封、皮革油封及塑料油封；按结构特点可分为骨架及无骨架式油封、包胶式及包铁式油封。有簧式油封既有用圆柱螺旋弹簧的，也有用板簧的。按唇口密闭方向可分为内向型油封及外向型油封。油封类型及应用特点见表 26.4-49 和表 26.4-50。

表 26.4-49 油封类型及应用特点

类 型	简 图	说 明
普通型		带金属骨架和螺旋弹簧的单唇油封，线速度低于 4 m/s
高速型		同普通型，但在材质及结构上针对高速条件设计，线速度可达 12~15 m/s。可做成双唇型
双唇型		同普通型，但具有防尘防水的副唇。可制成高速型
复式		可视为两个油封的复合结构，用于密封两种不同介质的场合



续表 26.4-49













类 型	简 图	说 明
耐压型		提高油封结构的承压能力，用于较高压力场合
封孔油封		唇口位于外圈，用于密封旋转孔，可做成双唇型
端面油封		唇口位于轴端面，主要作为防尘密封件
包铁型		骨架外露成金属壳，装配简单，定位准确，同心度好
无簧型		仅有骨架而无弹簧，常用作防尘密封件。尺寸紧凑，油封高度为4~7 mm
J形		仅有弹簧而无骨架，常用于大轴径的低速机械上。装填时外圈需用压板固定。用于小轴径上，亦可制成有骨架的
U形		端面似U形，仅有弹簧而无骨架，装填在梯形沟槽中使用
S形		无骨架无弹簧，尺寸紧凑，装填在与毡封圈密封相似的梯形槽中作为防尘密封件
往复型		用于低压往复柱塞杆密封，压力可达0.7 MPa，速度可达1 m/s
单向动力型		唇口气侧表面上有螺纹或斜肋等浅花纹，正转时产生动力回流作用。把将要滴漏的油回流到油侧，反转时漏油
双向动力型		唇口气侧表面上有对称的浅花纹，如三角凸块等。动力回流原理同单向动力型。正反转时均有动力回流作用

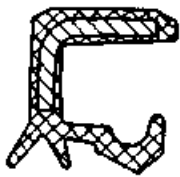
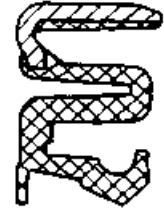

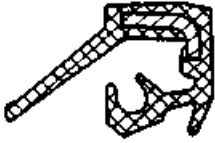
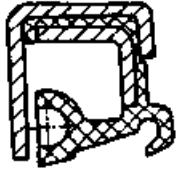
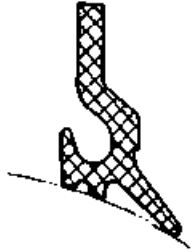

表 26.4-50 异形油封类型及应用特点

型 式	简 图	说 明
带同向副唇的双唇油封		适应顺向装填的需要，避免副唇翻转

浏览器提醒您：  
使用本套精品  
请尊重相关知识产权！

超星浏览器提醒您：  
使用本复制品  
请尊重相关知识产权！

续表 26.4-50

型 式	简 图	说 明
带积污槽的三唇油封		<p>两副唇构成积污槽阻拦脏物，改善主唇工作条件，可用于较脏环境</p>
柔性主唇油封		<p>主唇对轴的追随性好，用于线速度不高（低于 5 m/s），但轴的工作条件恶劣的场合</p>
非常规装配面油封		<p>用于装填定位面与唇口工作面远离或错位的场合</p>
带挡油片的双唇油封		<p>挡油片遮挡具有一定压力的油液飞溅，减轻主唇负担。可用于不便另外安装金属挡油片的场合</p>
带全接触式主唇、同向副唇的包铁型油封		<p>允许轻微的敲入装填（正常方法是压入装填）。全接触式主唇有利于润滑和散热，副唇防尘。可用于较重要的密封部位</p>
球面油封		<p>主唇与二副唇构成球形密封面，用于密封摇动球面。二副唇间的空腔可贮存油脂，改善润滑。长副唇兼作防护唇</p>
阀杆油封		<p>唇口用来密封发动机气门阀杆的往复运动。油封的腰部与底部反方向延伸，依靠外露骨架箍紧在阀杆导向座上。选用氟橡胶可用于 250°C 工作温度</p>



3.2 油封的工作条件

油封的工作条件见表 26.4-51。

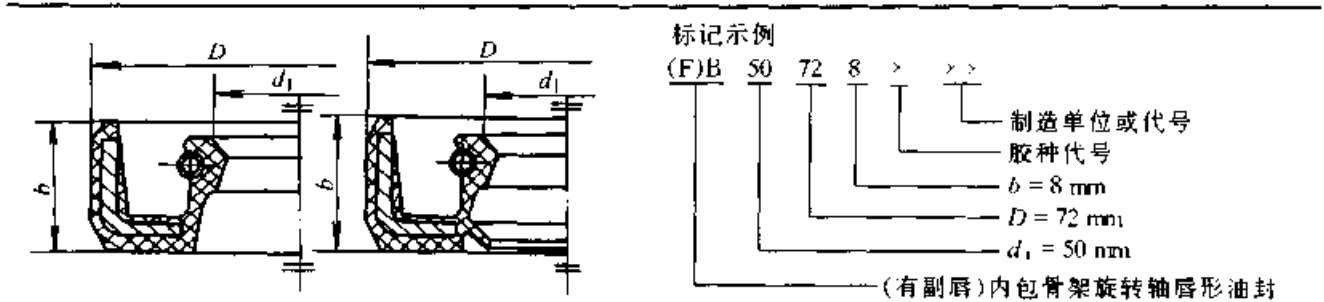
3.3 常用油封的尺寸系列

常用油封的尺寸系列见表 26.4-52 ~ 表26.4-55。

表 26.4-51 油封的工作条件

工作压力/MPa		工作温度/°C	密封面线速度/(m·s <sup>-1</sup> )		工作介质
普通型	耐压型		普通型	高速型	
0.3	0.8	-60~150	4	25	油、水、弱腐蚀性液体

表 26.4-52 内包骨架旋转轴唇形油封尺寸系列 (摘自 GB/T 13871—1992) (mm)



d <sub>1</sub> 轴的基本 直径	D		b		δ 圆度 公差	d <sub>1</sub> 轴的基本 直径	D		b		δ 圆度 公差
	基本 外径	极限 偏差	基本 宽度	极限 偏差			基本 外径	极限 偏差	基本 宽度	极限 偏差	
6	16					(18)	40				
6	22					20	35				
7	22					20	40				
8	22					(20)	45				
8	24					22	35	+0.30			0.25
9	22					22	40	+0.15			
10	22					22	47				
10	25					25	40		7		
12	24					25	47				
12	25	+0.30			0.25	25	52			±0.3	
12	30	+0.15	7	±0.3		28	40				
15	26					28	47				
15	30					28	52				
15	35					30	42	+0.35			0.35
(16)	28					30	47	+0.20			
16	30					(30)	50				
(16)	35					30	52				
18	30					32	45		8		
18	35					32	47				

续表 26.4-52

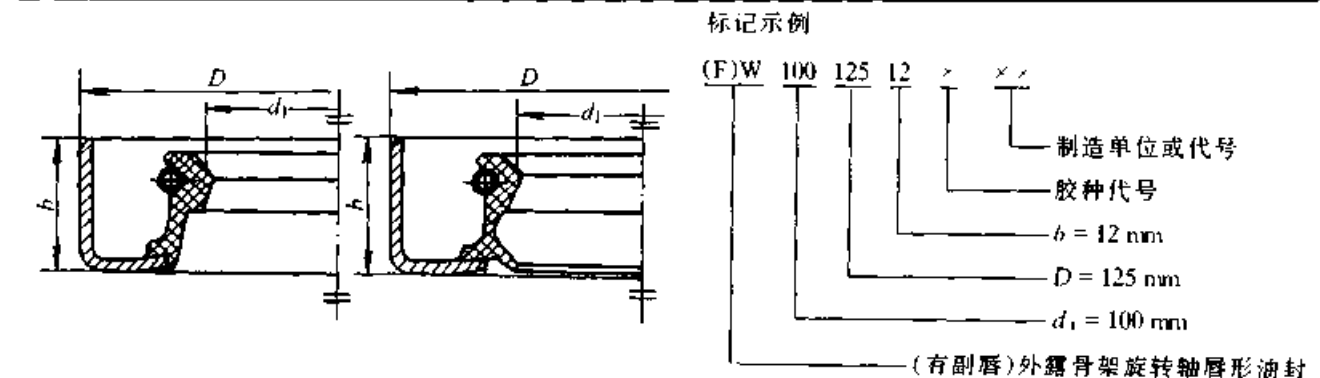
$d_1$ 轴的基本直径	$D$		$b$		$\delta$ 圆度公差	$d_1$ 轴的基本直径	$D$		$b$		$\delta$ 圆度公差
	基本 外径	极限 偏差	基本 宽度	极限 偏差			基本 外径	极限 偏差	基本 宽度	极限 偏差	
32	52					70	95				
35	50					(70)	100				
35	52					75	95				
35	55					75	100				
38	55					80	100				
38	58					(80)	105				
38	62					80	110	+0.35			
40	55					(85)	105	(0.45)			0.5
(40)	60					85	110	+0.20			
40	62					85	120				
42	55					(90)	110				
42	62					(90)	115				
(42)	65	+0.35			0.35	90	120				
45	62	+0.20				95	120				
45	65		8			(95)	125				
(45)	70			$\pm 0.3$		(95)	130				
50	68					100	125				
(50)	70					(100)	130				
50	72					(100)	140		12		
(52)	72					(105)	130			$\pm 0.4$	
(52)	75					(105)	140				
(52)	80					110	140				
55	72					(110)	150	+0.45			
(55)	75					(115)	140	(0.50)			0.65
55	80					(115)	150	+0.25			
60	80					120	150				
60	85					(120)	160				
(60)	90	+0.35			0.5	(125)	150				
65	85	(0.45)				130	160				
65	90	+0.20				(130)	170				
(65)	95		10			140	170				
70	90					(140)	180		15		

超星浏览器提醒您：  
使用本复制品，  
请尊重相关知识产权！

续表 26.4-52

$d_1$ 轴的基本直径	$D$		$b$		$\delta$ 圆度公差	$d_1$ 轴的基本直径	$D$		$b$		$\delta$ 圆度公差
	基本 外径	极限 偏差	基本 宽度	极限 偏差			基本 外径	极限 偏差	基本 宽度	极限 偏差	
150	180				0.65	(250)	290	+0.45 (0.50)	15		0.80
(150)	190					260	300	+0.25			
160	190					280	320				1.00
(160)	200					300	340				
170	200	+0.45 (0.50)	15	$\pm 0.4$	0.80	320	360	+0.55 +0.30	20	$\pm 0.4$	
180	210	+0.25				340	380				
190	220					360	400				
200	230					380	420				
220	250					400	440				
240	270										

表 26.4-53 外露骨架旋转轴唇形油封尺寸系列 (摘自 GB/T 13871-1992) (mm)

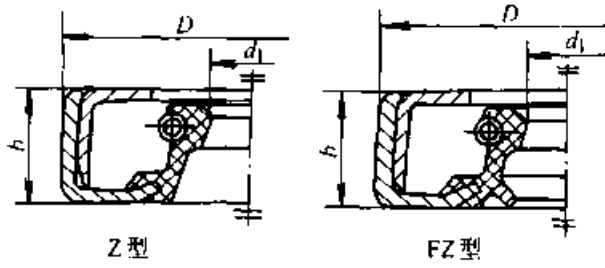


$d_1$ 轴的基本直径	$D$		$b$		$\delta$ 圆度公差	$d_1$ 轴的基本直径	$D$		$b$		$\delta$ 圆度公差
	基本 外径	极限 偏差	基本 宽度	极限 偏差			基本 外径	极限 偏差	基本 宽度	极限 偏差	
6	16					12	30				0.18
6	22					15	26				
7	22					15	30				
8	22					15	35				
8	24	+0.20	7	$\pm 0.3$		(16)	28	+0.20 +0.08	7	$\pm 0.3$	
9	22	+0.08				16	30				
10	22					(16)	35				
10	25					18	30				
12	24					18	35				
12	25					(18)	40				

续表 26.4-53

$d_1$ 轴的基 本直径	$D$		$b$		$\delta$ 圆度 公差	$d_1$ 轴的基 本直径	$D$		$b$		$\delta$ 圆度 公差
	基本 外径	极限 偏差	基本 宽度	极限 偏差			基本 外径	极限 偏差	基本 宽度	极限 偏差	
20	35					45	65				
20	40					(45)	70				
(20)	45					50	68				
22	35	+0.20			0.18	(50)	70				
22	40	+0.08				50	72				
22	47				(52)	72	+0.23			0.25	
25	40				(52)	75	+0.09				
25	47		7		(52)	80		8			
25	52				55	72					
28	40				(55)	75					
28	47				55	80					
28	52				60	80					
30	42				60	85				±0.3	
30	47				(60)	90					
(30)	50				(65)	85					
30	52				65	90					
32	45			±0.3	(65)	95					
32	47				70	90					
32	52				70	95					
35	50	+0.23			(70)	100		10			
35	52	+0.09			75	95	+0.25			0.30	
35	55				75	100	+0.10				
38	55				80	100					
38	58				(80)	105					
38	62		8		80	110					
40	55				(85)	105					
(40)	60				85	110					
40	62				(90)	110					
42	55				(90)	115					
42	62				90	120		12	±0.4		
(42)	65				(95)	125	+0.28			0.40	
45	62				(95)	130	+0.12				
					100	125					

表 26.4-54 装配式旋转轴唇形油封尺寸系列 (摘自 GB/T 13871—1992) (mm)



标记示例

(F)Z 120 150 12 ×  
 (有副唇)装配式旋转轴唇形油封

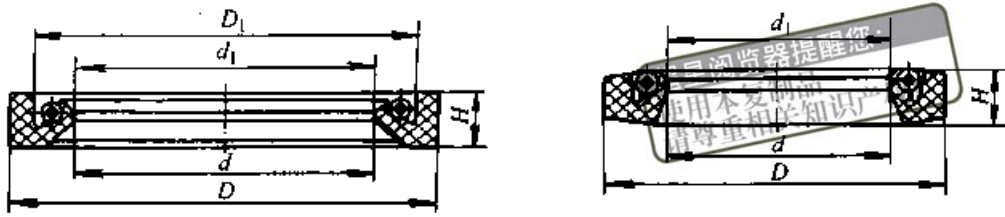
超星浏览器提醒您：  
 使用本复制品  
 请尊重相关知识产权！

制造单位或代号  
 胶种代号  
 b = 12 mm  
 D = 150 mm  
 d<sub>1</sub> = 120 mm

d <sub>1</sub> 轴的基本直径	D 基本外径	b		d <sub>1</sub> 轴的基本直径	D 基本外径	b	
		基本宽度	极限偏差			基本宽度	极限偏差
(65)	85	10	±0.3	(115)	150	12	±0.4
65	90			(120)	150		
65	(95)			(120)	160		
70	90			(125)	150		
70	95			130	160		
(70)	100			(130)	170		
75	95			140	170		
75	100			(140)	180		
80	100			150	180		
(80)	105			(150)	190		
80	110			160	190		
(85)	105			(160)	200		
85	110			170	200		
85	120			180	210		
(90)	110	190	220				
(90)	115	200	230				
90	120	220	250				
95	120	240	270				
(95)	125	(250)	290				
(95)	130	260	300				
100	125	280	320				
(100)	130	300	340				
(100)	140	320	360				
(105)	130	340	380				
(105)	140	360	400				
110	140	380	420				
(110)	150	400	440				
(115)	140						

表 26.4-55 J 型无骨架橡胶油封与 U 型无骨架橡胶油封尺寸

(mm)



标记示例

$d = 50 \text{ mm}$ ,  $D = 75 \text{ mm}$ ,  $H = 12 \text{ mm}$  耐油橡胶 I-1, J 型无骨架橡胶油封:

J 型油封  $50 \times 75 \times 12$  橡胶 I-1

$d = 50 \text{ mm}$ ,  $D = 75 \text{ mm}$ ,  $H = 12.5 \text{ mm}$ , 耐油橡胶 I-1, U 型无骨架橡胶油封:

U 型油封  $50 \times 75 \times 12.5$  橡胶 I-1

轴径 $d$	$D$	$H$		$d_1$	$D_1$	轴径 $d$	$D$	$H$		$d_1$	$D_1$	轴径 $d$	$D$	$H$		$d_1$	$D_1$
		J 型	U 型					J 型	U 型					J 型	U 型		
30	55			29	46	190	225			189	210	420	470			419	442
35	60			34	51	200	235			199	220	430	480			429	452
40	65			39	56	210	245			209	230	440	490			439	462
45	70			44	61	220	255	18	16	219	240	450	500			449	472
50	75			49	66	230	265			229	250	460	510			459	482
55	80	12	12.5	54	71	240	275			239	260	470	520			469	492
60	85			59	75	250	285			249	270	480	530			479	502
65	90			64	81	260	300			259	280	490	540			489	512
70	95			69	86	270	310			269	290	500	550			499	522
75	100			74	91	280	320			279	300	510	560			509	532
80	105			79	96	290	330			289	310	520	570			519	542
85	110			84	101	300	340			299	320	530	580	25	22.5	529	552
90	115			89	106	310	350			309	330	540	590			539	562
95	120			94	111	320	360			319	340	550	600			549	572
100	130			99	120	330	370	20	18	329	350	560	610			559	582
110	140			109	130	340	380			339	360	570	620			569	592
120	150			119	140	350	390			349	370	580	630			579	602
130	160			129	150	360	400			359	380	590	640			589	612
140	170	16	14	139	160	370	410			369	390	600	650			599	622
150	180			149	170	380	420			379	400	630	680			629	652
160	190			159	180	390	430			389	410	710	760		无规格	709	732
170	200			169	190	400	440			399	420	800	850			799	822
180	215	18	16	179	200	410	460	25	22.5	409	430						



4 硬填料密封

4.1 硬填料密封的结构形式、特点及用途

硬填料密封较弹塑性填料密封具有更高的耐热、耐压和高速性能,适用于活塞式压缩机、内燃机、蒸汽机、柱塞泵及高压釜等往复密封;也可用于如汽轮机、航空发动机等的旋转密封。当硬填料作为旋转密封件应用时,称为“圆周密封”。

硬填料密封一般由金属、石墨等非弹性材料制成,为补偿密封面的磨损和随轴的跳动,硬填料密封采用分瓣环、开口环或唇形环等结构形式,表 26.4-56 列出了硬填料密封的结构形式、特点及用途。

表 26.4-56 硬填料密封的结构形式、特点及用途

填料类型	结构简图	特点	用途
标准型三瓣斜口密封环		结构简单,制造方便,但磨损后流体可沿斜口结合面泄漏	用于压差 < 1.0 MPa, 温度 < 200°C, 速度 < 5 m/s 的气体和蒸汽密封,如低压压缩机等
分瓣式平面密封环		工艺性好,所有剖分面均可研磨,密封性能好	用于压差 < 10 MPa, 温度 < 200°C, 速度 < 5 m/s 的气体和蒸汽密封
非标准型四楔块密封环		比切线开口的三瓣斜口密封圈更为坚固	适合于石墨密封环
非标准型斜肩榫接密封环		结构简单,轴向尺寸小,但容易折断,接合面不便研磨	主要用于石墨密封环
弹性开口环		外圈 3 为弹力环,内圈 1、2 为锡铋合金,青铜或填充聚四氟乙烯制成,三环一组,切口错开以免漏气,其制造工艺简单	主要用于气体和蒸汽的密封。 填充聚四氟乙烯密封环可用在高压氮氢和空气循环压缩机上

填料类型	结构简图	特 点	用 途
弹性开口环 锥形密封环		耐高压，耐久性好，但锥形环加工精度要求高	适用于压差 10 ~ 100 MPa，温度 < 200°C，速度 < 5 m/s 的气体密封，如高压往复泵，氮氢压缩机等
金属唇型密封环 三角形密封环		结构简单，受热后易胀轴，一般在 ≤ 200 r/min 条件下使用，设计间隙取 H6/h	主要用于机械搅拌式高压釜及高压泵，材料用锡锑轴承合金、青铜等
U形密封环		U形环蓄油能力较强，补偿能力较好，性能优于三角形环	用途、材料同三角形

### 4.2 硬填料密封的主要尺寸

#### 4.2.1 标准型分瓣式硬填料密封的主要尺寸

三瓣斜口密封环的结构见图 26.4-6，其主要尺寸见表 26.4-57。

三、六瓣密封环的结构及零件见图 26.4-7 和图 26.4-8，其主要尺寸及加工精度见表 26.4-58。

#### 4.2.2 锥形密封环的主要尺寸

弹性开口式锥形密封环结构见图 26.4-9，其主要元件尺寸和加工精度见图 26.4-10、

图 26.4-11 和表 26.4-59、表 26.4-60。

### 4.3 硬填料密封组

#### 4.3.1 分瓣环密封组

图 26.4-12 为压缩机活塞杆分瓣环硬填料密封组，由六道三、六瓣密封环及刮油环串联组成密封组，是用于往复轴密封的典型结构。

分瓣环硬填料密封组不适宜作高压密封，一般只适宜压差在 10 MPa 以下的场合。密封材料可用铸铁（硬度为 170~210HBS）或青铜等。

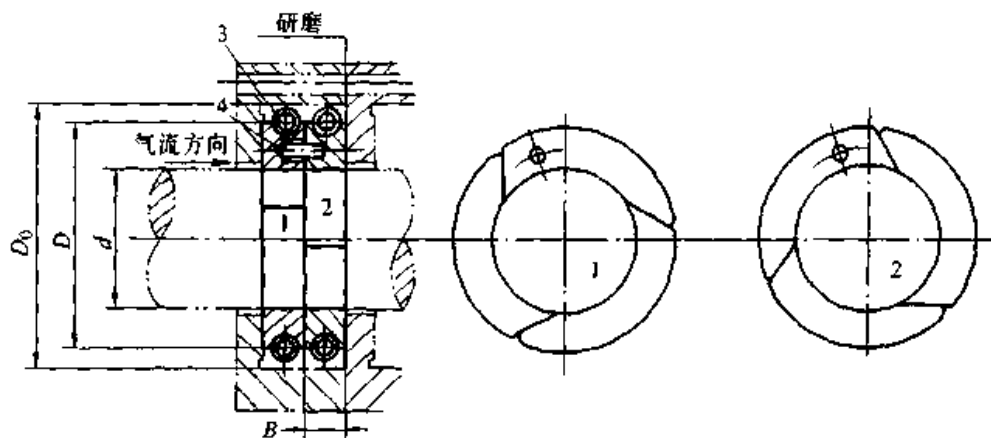


图 26.4-6 三瓣斜口密封环

表 26.4-57 三瓣斜口密封环的主要尺寸 (mm)

d		B		D	D <sub>0</sub>	选用弹簧 d × D × H <sub>0</sub>
公称尺寸	极限偏差	公称尺寸	极限偏差			
25	+0.023	7		40	46	0.5 × 3.5 × 100
30				45	52	0.5 × 3.5 × 100
35				50	60	0.5 × 3.5 × 111
40	+0.027			55	70	0.5 × 3.5 × 123
45				60	78	0.5 × 3.5 × 136
50				70	87	0.8 × 4.8 × 195
55	+0.030	8		75	98	0.8 × 4.8 × 208
60				80	105	0.8 × 4.8 × 223
65				85	112	0.8 × 4.8 × 236
70				90	120	0.8 × 4.8 × 249
75				95	128	0.8 × 4.8 × 262
80				105	140	0.8 × 4.8 × 289

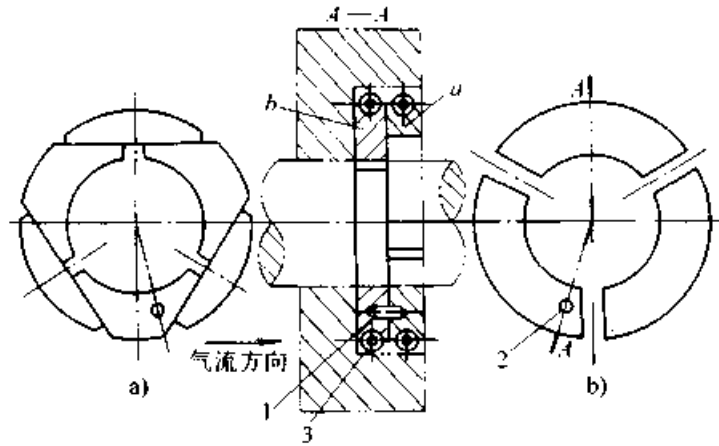


图 26.4-7 三、六瓣密封环

a) 六瓣式 b) 三瓣式

1—圆柱销 2—圆柱销孔 3—弹簧

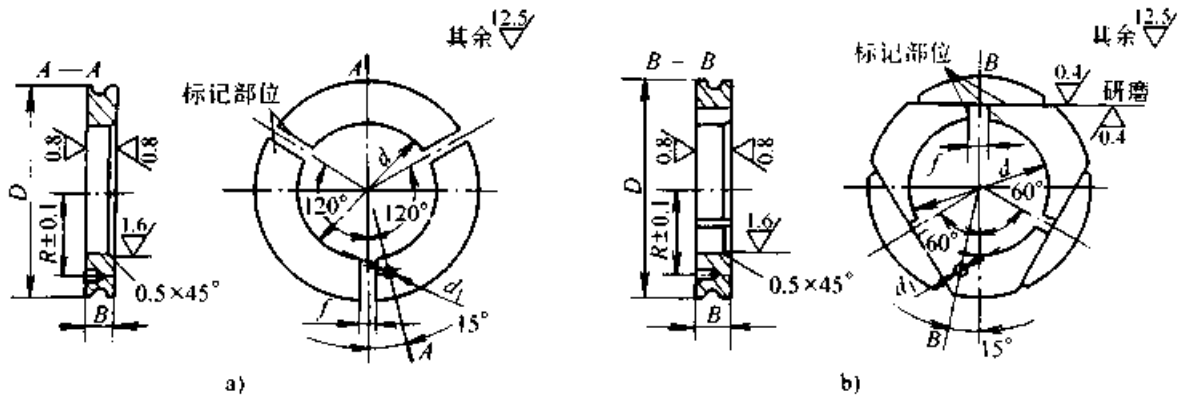


图 26.4-8 三、六瓣密封环的零件图

a) 三瓣式 b) 六瓣式

表 26.4-58 三、六瓣密封环的主要尺寸及加工精度

(mm)

$d$		$D$	$B$		$f$	$d_1$		选用弹簧 $d \times D \times H_0$
公称尺寸	极限偏差		公称尺寸	极限偏差		公称尺寸	极限偏差	
25	+0.023	50	7		1.5		+0.02	0.5 × 3.5 × 123
30		55						0.5 × 3.5 × 123
35		60						0.5 × 3.5 × 126
40		65						0.5 × 3.5 × 147
45		70						0.8 × 4.8 × 195
50	+0.027	75	8	-0.015 -0.055		4	+0.029	0.8 × 4.8 × 208
55		80						0.8 × 4.8 × 223
60		90						0.8 × 4.8 × 249
65		95						0.8 × 4.8 × 266
70		100						0.8 × 4.8 × 289
80	+0.030	110	9		2			0.8 × 4.8 × 307
90		120						1 × 5.5 × 335
100		130						1 × 5.5 × 364
110		140						1 × 5.5 × 394
120		150						1 × 5.5 × 420
130	+0.040	160						1 × 5.5 × 449

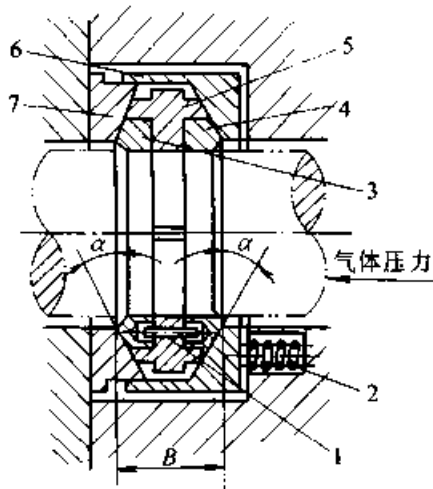


图 26.4-9 锥形密封环

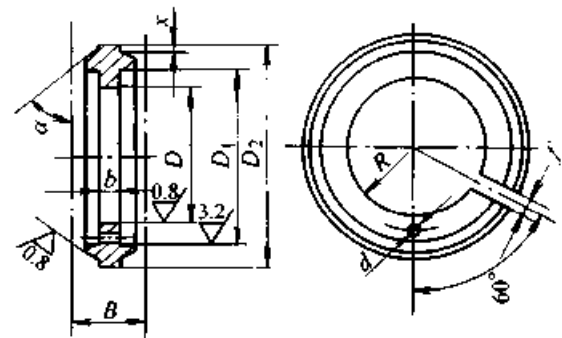


图 26.4-10 T形密封圈

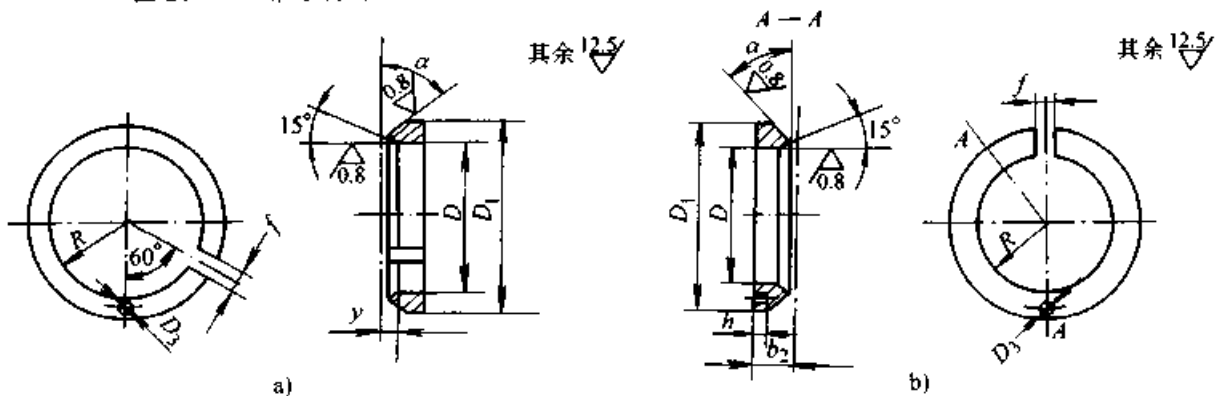


图 26.4-11 前后锥图  
a) 前锥图 b) 后锥图

表 26.4-59 前、后锥圈尺寸及加工精度 (mm)

D	公称尺寸	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	80	90	100	110	120	130	
	极限偏差	+0.016 -0.007		+0.018 -0.008				+0.020 -0.010				+0.023 -0.012			+0.027 -0.014			
D <sub>1</sub>	公称尺寸	34	39	44	49	55	59	64	70	76	82	93	103	116	126	136	146	
	极限偏差	-0.010 -0.027			-0.012 -0.032				-0.015 -0.038				-0.018 -0.045					
b <sub>2</sub>		7							11				13					
R		15	17.5	20	22.5	25	27.5	30	32.5	35	38	43	48	54	59	64	69	
D <sub>3</sub>		2							2.5									
h		3.5							4				4.5					
f		1.5							2				2.5					
v		2										2.5						

表 26.4-60 T形圈尺寸及加工精度 (mm)

D	公称尺寸	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	80	90	100	110	120	130	
	极限偏差	+0.015 -0.007		+0.018 -0.008				+0.020 -0.010				+0.023 -0.012			+0.027 -0.014			
D <sub>1</sub>	公称尺寸	34	39	44	49	55	59	64	70	76	80	93	103	116	126	136	146	
	极限偏差	+0.027			+0.03				+0.035				+0.04					
D <sub>2</sub>		40	45	50	55	61	67	73	80	87	95	105	115	130	140	150	160	
r		1							1.5									
f		1.5							2				2.5					
R		15	17.5	20	22.5	25	27.5	30	32.5	35	38	43	48	54	59	64	69	
d	公称尺寸	1.6					2											
	极限偏差	±0.01																
B		18							28				34					
b		4							6				8					
α	10°								20				24					
	20°								15				18					
	30°								10				12					

刮油环用以刮除异物、灰尘和多余的润滑油；注油孔应尽可能接近活塞杆；排漏孔用以卸除曲轴箱内的压力；冷却水套用来带走摩擦热，以维持密封环的正常工作温度；导向套可防止活塞杆的振摆。

密封室个数，又称密封级数，可根据活塞杆直径和气体压力参考表 26.4-61 确定。

#### 4.3.2 锥形环密封组

图 26.4-13 为氮氢压缩机用锥形环密封装

置，此结构由五道锥形环及前置填料组成密封组。除设有润滑油孔和气室外，在其四周还开有许多直孔以冷却填料。水从下部进入，从上部流出。锥面角度愈靠近高压侧愈小。锥形环硬填料密封组适用于高压密封。

锥形密封环的材料可用 ZCuSn5Pb5Zn5（硬度 60~65HBS）、ZSnSb11Cu6 等。

锥形填料密封环级数可根据被密封气体压力，按表 26.4 62 确定。

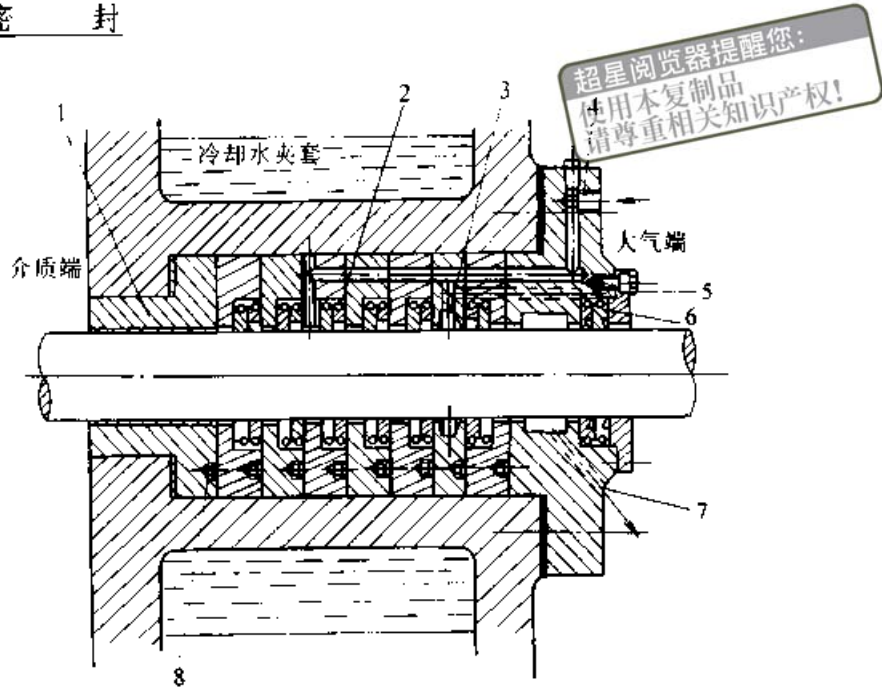


图 26.4-12 压缩机活塞杆分瓣环硬填料密封组

1—导向套 2—三六瓣填料 3—排漏平衡腔 4—注油孔 5—排漏孔 6—刮油环  
7—平衡孔 8—拆卸螺孔

表 26.4-61 分瓣环硬填料密封级数

活塞杆直径/ mm	压 差 /MPa				
	1.0	2.5	4.0	6.4	10.0
25~50	3	4	4~5	5~6	6~7
55~60	4	4~5	5~6	6~7	7~8
90~150	0	5~6	6~7	7~8	

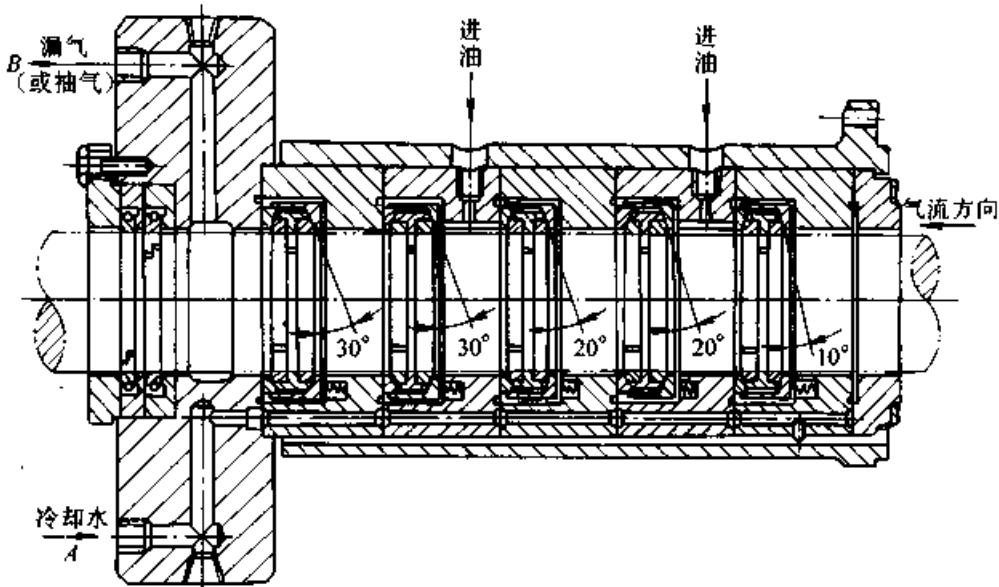


图 26.4-13 氮氢压缩机锥形环密封装置

表 26.4-62 锥形环硬填料密封级数与压差关系

压差 $\Delta p$ /MPa	<10	10~40	40~80	80~100
级数	3~4	4~5	5~6	6~7

### 5 石墨硬填料密封

图 26.4-14 为斜肩榫接式石墨硬填料密封，常用在鼓风机、小型工业汽轮机上实现密封。

采用硬石墨密封可不加润滑油，速度可达

65 m/s，温度可达 350℃。

硬石墨密封组所需环数由工作压力确定，对于鼓风机等低压密封（额定压力 0.035 MPa），至少用 2 级密封环。

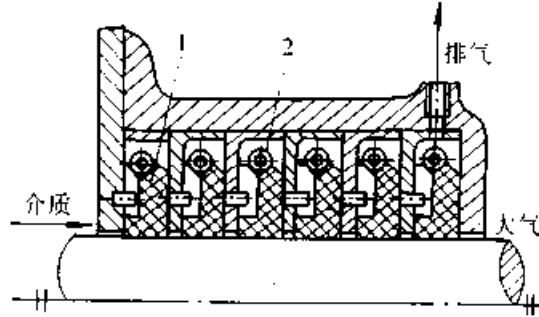


图 26.4-14 鼓风机用石墨硬填料密封

1—斜肩榫接填料圈 2—弹簧

# 第5章 机械密封

超星浏览器提醒您：  
使用本复制品  
请尊重相关知识产权！

机械密封是通过相对转动的动环和静环相互贴合，并使端面间维持一层极薄的液体膜而达到密封的目的。机械密封属于接触式动密封，常被称为端面密封。

机械密封适用于高温、高速、高压、低温、真空、腐蚀、易燃、易爆及具有颗粒介质等工况的旋转轴密封。常用于泵、釜、压缩机、液压传动和其他类似设备的旋转轴密封，也可用于齿轮箱、阀门、旋转接头、船舶尾轴等密封。

机械密封的密封性能好，泄漏量小（可控制到 $\leq 5 \text{ mL/h}$ ）。运转中不用调整，使用寿命长（一般可连续工作 $1\sim 2 \text{ a}$ ）；摩擦功率损失小，对轴磨损轻微，且抗振性好。

但是机械密封结构复杂，不易拆卸，价格较贵。

## 1 机械密封的典型结构

机械密封的典型结构形式见图 26.5-1。

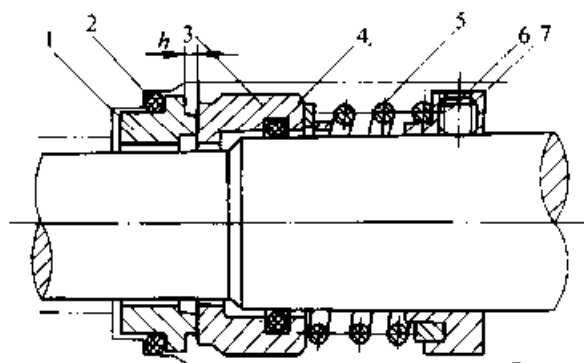


图 26.5-1 机械密封结构

1—静环 2—静环密封圈 3—动环 4—动环密封圈 5—弹簧 6—紧固螺钉 7—弹簧座

## 2 机械密封的分类、特点及应用

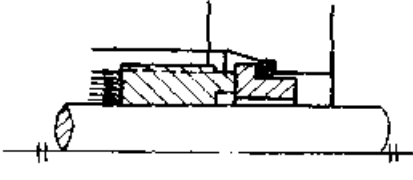
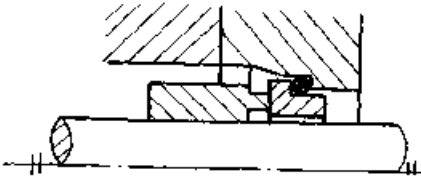
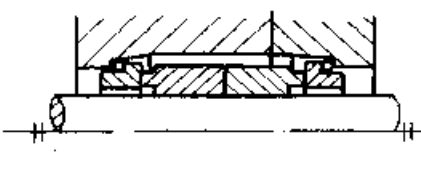
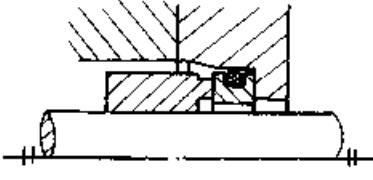
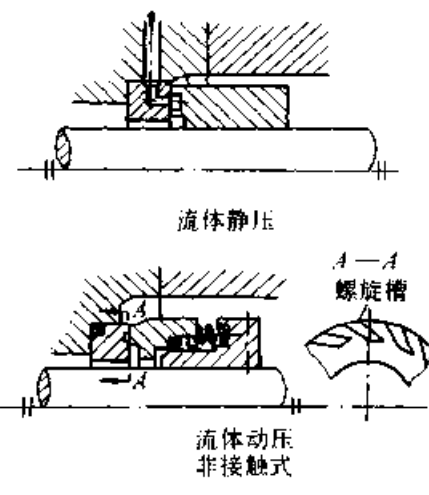
常用机械密封的分类、特点及应用见表 26.5-1。

表 26.5-1 常用机械密封的分类、特点及应用

分 类		简图及名称	特 点	应 用
依据	简称			
按静环位于密封端面盖内侧或外侧	内装式		静环装入密封端盖内侧，端面面向主机工作腔，摩擦副受力状态好，泄漏量小，润滑性好，但弹簧在介质中易受腐蚀	常用于介质无强腐蚀性且不影响弹簧性能的场所
	外装式		静环装入密封端盖外侧，端面背向主机工作腔，对密封元件腐蚀性小，便于观察、安装及维修，但介质压力低时，密封不稳定，泄漏量比内装式大	适用于强腐蚀、高粘度，易结晶介质以及介质压力较低的场所
按介质压力卸荷程度	平衡式		能使介质作用在密封端面上的压力卸荷，降低端面上的摩擦和磨损，减少摩擦热，承载能力强，性能稳定，但结构复杂，成本较高	在中、高压条件下使用，通常介质压力可达 $0.5 \text{ MPa}$ 以上



续表 26.5-1

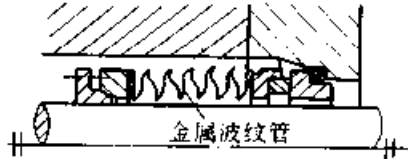

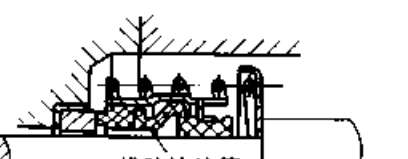
分 类		简图及名称	特 点 应 用	
依据	简称		特 点	应 用
按介质 压力卸荷 程度	非平衡式		不能使介质作用在密封端面上的压力卸荷, 但结构较简单, 径向尺寸小	用于低压条件, 在介质压力小于 0.7 MPa 时广泛应用
	按密封 端面的对 数	单端面		由一对密封端面组成, 制造装拆方便, 结构简单
多端面			由两对或更多密封端面组成, 需引入密封液进行封堵、润滑、冲洗、冷却, 密封液压力比介质压力高 0.05 ~ 0.15 MPa	适用于强腐蚀、高温、高真空、易爆、易挥发、低粘度、含颗粒介质等密封要求高的场合
按端面 摩擦工况	普通式		密封端面处于边界或混合润滑状态, 结构简单, 泄漏量小, 但磨损、功耗和发热量较大	适用于一般工作条件, 但在高速、高压下使用受一定限制
	非接触式		密封端面处于全液体润滑状态, 发热量小, 功耗小, 正常工作没有磨损, 但泄漏量较大。又分为流体静压和流体动压两类	在高速、高压等苛刻的工况条件下使用

超星阅读器提醒您：  
使用本复制品  
请尊重相关知识产权！

续表 26.5-1

分 类		简图及名称	特 点	应 用
依据	简称			
按弹簧的运动状态	旋转式		弹簧装置随轴旋转, 结构简单, 径向尺寸小	应用较广, 常用于轴径较小, 转速较低 (线速度低于 20 m/s) 的场合
	静止式		弹簧装置不随轴转动, 不受离心力的影响, 对介质没有强烈搅动, 结构复杂	用于轴径较大, 高速 (线速度高于 20 m/s) 及液体不能搅动的场合
按弹簧的数目	单弹簧式		仅有一个大弹簧, 弹簧与轴同轴安装, 簧丝较粗, 耐腐蚀, 但端面受力不均匀	适用于载荷较轻, 轴径较小 (不超过 80 mm), 有腐蚀介质的场合, 不宜用于高速运转场合
	多弹簧式		有一组弹簧, 端面受力较均匀, 但簧丝细, 耐腐蚀性差, 对安装尺寸要求较严	适用于载荷较大, 轴径较大, 速度较高, 腐蚀性较小的场合
按介质泄漏方向	内流式		密封流体在端面间泄漏方向与惯性离心力方向相同, 泄漏量小, 密封可靠	多用于内装式密封, 适用于含有固体悬浮颗粒介质的场合
	外流式		密封流体在端面间泄漏方向与惯性离心力方向相反, 可加强密封端面的润滑, 但泄漏量较大	多用于外装式机械密封, 介质压力一般为 1~2 MPa
按辅助密封圈类型	密封圈式		辅助密封圈为成型填料, 价格便宜	可在 - 50 ~ 250℃ 的温度条件下使用

续表 26.5-1

分 类		简图及名称	特 点	应 用
依据	简称			
按辅助 密封圈类 型	波纹管式	 <p>金属波纹管 金属波纹管型</p>	<p>辅助密封圈为波纹管。波纹管型密封在轴上没有相对滑动，对轴无摩擦，跟随性好。金属波纹管弹力较大，本身能代替弹性元件。聚四氟乙烯波纹管耐蚀性好，但弹力小需配置弹簧。橡胶波纹管价格便宜，使用温度受橡胶材料的限制，而且需要配置弹簧。</p>	<p>波纹管型密封适用范围广，一般用在-200~600℃的条件下。金属波纹管可在高、低温下使用。聚四氟乙烯波纹管可用于各种腐蚀介质中。橡胶波纹管使用广泛，使用条件与橡胶本身材料有关。</p>
		 <p>聚四氟乙烯波纹管 聚四氟乙烯波纹管型</p>		
		 <p>橡胶波纹管 橡胶波纹管型</p>		

超星阅读器提醒您：  
使用本复制品  
请尊重相关知识产权！

### 3 机械密封常用材料

机械密封摩擦副、辅助密封圈和弹簧常用材料见表 26.5-2。

#### 3.1 摩擦副、辅助密封圈和弹簧常用材料

表 26.5-2 机械密封常用材料

工 况			动环	静环	辅助密封圈	弹簧
名称	浓度/%	温度/℃				
清水	—	常 温	9Cr18、1Cr13 堆焊钴铬钨，铸铁	浸树脂石墨、青铜、酚醛塑料	丁腈橡胶 氯丁橡胶	3Cr13、4Cr13 1Cr18Ni9Ti 铍青铜或磷青铜
河水	含泥砂		碳化钨	碳化钨		
海水	—		碳化钨、1Cr13	浸树脂石墨、碳化钨、金属陶瓷		
过热水	—	>100	堆焊钴铬钨，铸铁	碳化钨、金属陶瓷	硅橡胶	
汽 油 润 滑 油 液 态 烃	—	常 温	碳化钨、1Cr13 堆焊钴铬钨，铸铁	浸树脂或锡铋合金石墨、酚醛塑料	丁腈橡胶	3Cr13、4Cr13 65Mn、60Si2MnA、 50CrV
		>100	碳化钨、1Cr13 堆焊钴铬钨	浸青铜或树脂石墨	聚四氟乙烯 氟橡胶	
	含颗粒	—	碳化钨	碳化钨	丁腈橡胶	

工 况			动环	静环	辅助密封圈	
名称	浓度/%	温度/℃				
硫酸	1~75	常 温	陶瓷、高硅铸 铁	填充聚四氟乙 烯、浸酚醛或咪 喃树脂石墨	氟橡胶	1Cr18Ni12Mo2Ti
	42	100			聚四氟乙烯	镍钼合金 (Hastelloy-B)
	发烟	<60	陶瓷	填充聚四氟乙 烯	聚四氟乙烯	高镍合金 (Inconel)
硝酸	3	常 温	陶瓷、高硅铸 铁	填充聚四氟乙 烯、浸环氧树脂 石墨	聚四氟乙 烯 氟橡胶	1Cr18Ni9Ti
	10	30~85				1Cr18Ni12Mo2Ti
	<66	常温-沸 腾	陶瓷	填充聚四氟乙 烯	聚四氟乙 烯	高镍合金 (Inconel)
	浓	30-100				
	发烟	—				
盐酸	<36	常 温	陶瓷	填充聚四氟乙 烯、浸环氧树脂 石墨	聚四氟乙 烯	镍钼合金 (Hastelloy-B)
	任意	沸点以下			氟橡胶	钛钼合金 (Ti32Mo)
醋酸	任意	沸点以下	陶瓷、高硅铸 铁、铬钢堆焊 钴铬钨	浸酚醛树脂石 墨	聚四氟乙 烯 丁基橡胶	1Cr18Ni9Ti 1Cr18Ni12Mo2Ti
碱	任意	常 温	碳化钨、陶瓷、 铬钢堆焊 钴铬钨、镍 铸铁、镍铜合金 (Monel)	填充聚四氟乙 烯、浸咪喃树脂 或环氧树脂石墨	聚四氟乙 烯 丁腈橡胶 氯丁橡胶	1Cr18Ni9Ti 1Cr18Ni12Mo2Ti
	含颗粒	<120 >120	碳化钨	碳化钨	聚四氟乙 烯 硅橡胶	
有 机 物	尿素	99.6	碳化钨、铬钢 堆焊钴铬钨、铸 铁	浸树脂石墨 填充聚四氟乙 烯 酚醛塑料	聚四氟乙 烯 聚硫橡胶	3Cr13, 4Cr13
	苯	<100				
	酮、醇	—				
	醛醚	—				

3.2 其他零件材料

在一般工况下，机械密封的其他金属零件通常用 1Cr13、2Cr13 等。在强腐蚀介质中，选择 1Cr18Ni9Ti 及 1Cr18Ni12Mo2Ti 等。

波片材料用沉淀硬化不锈钢 AM350。

高温条件用动环座采用低膨胀合金 4J42 等。

4 机械密封设计

4.1 机械密封主要性能参数计算及选择

机械密封主要性能参数计算及选择见表 26.5-3。

表 26.5-3 机械密封主要性能参数计算及选择

项目	符号	定义	计算公式	符号说明	备注
载荷因子	$K$	动环轴向受压面积与端面贴合面积之比	内装式： $K = \frac{d_2^2 - d_4^2}{d_2^2 - d_1^2}$ 外装式： $K = \frac{d_1^2 - d_4^2}{d_2^2 - d_1^2}$	$d_2, d_1$ —密封面外径、内径 (mm); $d_4$ —密封轴径 (mm)	$K > 1$ 为非平衡型 (不卸荷) $0 < K < 1$ 为平衡型 (部分卸荷) $K \leq 0$ 为过平衡型 (完全卸荷) $K$ 推荐值见表 26.5-5
平衡因子	$\beta$	密封的卸荷程度	$1 - K$		根据卸荷程度的不同, 机械密封分为三种平衡类型, 应用于不同的压力条件, 见表 26.5-4
弹簧压力	$p_s$ /MPa	弹性元件在密封端面上产生的压力	$p_s = \frac{F_s}{\frac{\pi}{4}(d_2^2 - d_1^2)}$	$F_s$ —总的弹簧力 (N)	$p_s$ 推荐值见表 26.5-5; 辅助密封圈采用橡胶制造, $p_s$ 可选低一些; 若采用聚四氟乙烯制造, $p_s$ 可选高一些
端面压力	$p_c$ /MPa	摩擦副端面上承受的轴向接触压力	$p_c = p_s + (K - \lambda)p$ 介质: 水 $\lambda = 0.5$ 油 $\lambda = 0.34$ 气 $\lambda = 0.67$ 液化气 $\lambda = 0.7$	$p$ —介质压力 (MPa) $\lambda$ —反压力因子	$p_c$ 推荐值见表 26.5-5; 通常压力高且粘度较大的介质, $p_c$ 应取大值, 反之取小值
校验 $p_c v$ 值	$p_c v$ / MPa·m·s <sup>-1</sup>	端面压力与线速度之积是估计密封能否正常工作的重要依据	$p_c v = p_c \frac{\pi d_m n}{60}$ $\leq (p_c v)_0$	$v$ —密封面平均速度 (m/s); $N$ —转速 (r/min); $d_m$ —密封面平均直径 (m); $d_m = \frac{d_2 + d_1}{2}$	许用 $(p_c v)_0$ 的概略值见表 26.5-6。当 $p_c v$ 值超过 $(p_c v)_0$ 值时, 应调整结构参数或改善摩擦副材质, 改进润滑状况等
摩擦功率	$P_\mu$ /kW	密封端面摩擦副的功率损失	$P_\mu = \pi d_m \cdot b \cdot \mu \cdot p_c \cdot v$ 通常 $\mu$ 值在 0.02~0.2 范围内	$b$ —密封端面宽度 (mm); $b = \frac{d_2 - d_1}{2}$ $\mu$ —摩擦因数	摩擦因数与摩擦副端面润滑状态等有关, 其值见表 26.5-7
泄漏量	$q$ / m <sup>3</sup> ·s <sup>-1</sup>	单位时间内的介质损失	边界摩擦 $q = \frac{\pi d_m \Delta p h_0^2 S}{\rho_c^2}$ 半液摩擦 $q = \frac{C_2 \pi d_m \Delta p \eta \sqrt{v b}}{\rho_c^2}$	$S$ —间隙系数 (Pa/s), 按图 26.5-2; $C_2$ —流通系数 (m/s <sup>3/2</sup> ); $C_2 = 500 \text{ m/s}^{3/2}$ ; $C_3$ —流通因数 $C_3 = 3 \times 10^3$ ; $h_0$ —端面拆合间隙 (m), 见图 26.5-3;	

项目	符号	定义	计算公式	符号说明	备注
泄漏量	$q / \text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	单位时间内的介质损失	全液摩擦 $q = C_s \pi d_m \Delta p \sqrt{\frac{\eta v^3}{\rho_c}}$	$R_a$ —端面粗糙度的微观不平度 (m); $\eta$ —动力黏度 (Pa·s); $v$ —转动线速度 (m/s); $b$ —端面宽度 (m); $d_m$ —端面平均直径 (m); $\rho_c$ —端面压力 (Pa); $\Delta p$ —压差 (Pa)	

超星阅读器提醒您：  
使用本复制品  
请尊重相关知识产权！

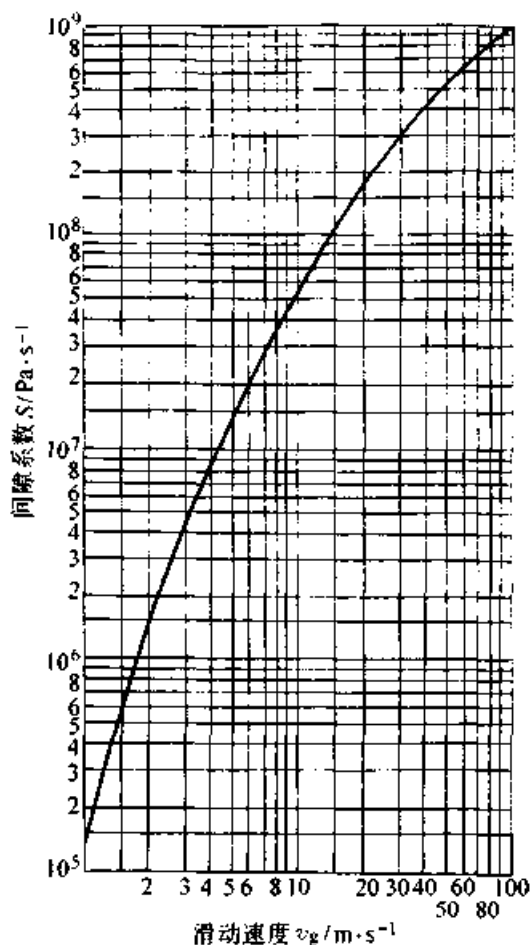


图 26.5-2 间隙系数

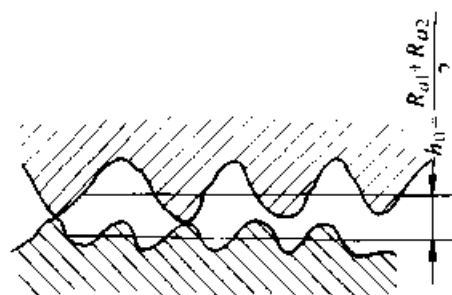


图 26.5-3 端面拆合同隙

表 26.5-4 机械密封的平衡类型

密封类型		区分原则	压力适用界限/MPa
非平衡型	内装式	$K \geq 1$	$< 0.6 \sim 0.9$
	外装式	$\beta \leq 0$	少用
平衡型	内装式	$0 < K < 1$	$> 0.6 \sim 0.9$
	外装式	$0 < \beta < 1$	$\leq 1.6$
过平衡型	内装式	$K \leq 0$	过平衡非接触型机械密封用
	外装式	$\beta \geq 1$	0.2

表 26.5-5 机械密封的端面压力、弹簧压力和载荷因子推荐值

密封类型		端面压力 $p_c$ /MPa	弹簧压力 $p_s$ /MPa	载荷因子 $K$
内装式	非平衡型	0.3~0.6	0.08~0.3	1.15~1.30
	平衡型	0.3~0.6	0.08~0.3	0.55~0.85
外装式	非平衡型	0.3~0.5	0.1~0.3	1.2~1.3
	平衡型	0.3~0.5	0.1~0.3	0.65~0.80
	过平衡型	0.2~0.4	0.2~0.6	-0.15~-0.35

表 26.5-6 普通机械密封摩擦副  $(p_c v)_p$  的概略值

工况	干摩擦	润滑差	中等润滑	良好润滑
$(p_c v)_p / \text{MPa} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$	<0.5	<1.5	<5.0	<15.0
介质	气相介质	易挥发介质	常温水等	油类

表 26.5-7 机械密封端面摩擦因数范围

摩擦工况	液体摩擦	混合摩擦	边界摩擦	摩擦
摩擦因数	0.001~0.05	0.005~0.1	0.05~0.15	0.1~0.6

超星浏览器提醒您：  
使用本复制品  
请尊重相关知识产权！

### 4.2 机械密封主要几何参数计算及选择

机械密封的主要几何参数计算方法见表 26.5-8。

表 26.5-8 机械密封的主要几何参数计算及选择 (mm)

项目	符号	计算公式或参数选取	说明	备注
密封端面宽度	$b$	$b = \frac{d_2 - d_1}{2}$	$d_2, d_1$ —密封端面外径、内径	通常将两密封环中材料较软者设计成窄环，宽环端面宽度应比窄环大 1~5 mm；当用同一类硬材料时，两环均做成窄环，并取相同宽度 按 GB/T 6556—1994 设计机械密封时， $b$ 推荐值见表 26.5-9
密封端面接触外径	$d_2$	内装式： $d_2 = 2Kb + \sqrt{d_b^2 + 4K(K-1)b^2}$ 外装式： $d_2 = 2b(1-K) + \sqrt{d_b^2 + 4K(K-1)b^2}$	$K$ —载荷因子； $d_b$ —密封轴径	为降低密封端面的平均速度，端面直径宜取小些
密封端面接触内径	$d_1$	$d_1 = d_2 - 2b$		
密封端面高度	$h$	通常： $h = 2 \sim 5$		$h$ 大小取决于端面材料的强度、耐磨性和主机密封的寿命要求等因素。如：石墨，填充聚四氟乙烯，青铜可取 3 mm，碳化钨可取 2 mm
密封环与轴的配合间隙	$e$	动环与轴的直径间隙： $e_1 = 0.5 \sim 1$ 静环与轴的直径间隙： $e_2 = 1 \sim 2$		$e_1$ 不能过大，否则会造成旋转环密封圈卡入间隙而造成密封失效，尤其在高压时更应注意 $e_2$ 在轴径较大或硬/硬配对时宜取较大值

表 26.5-9 密封端面宽度推荐值 (mm)

b	轴 径						说 明
	<16	<35	<55	<70	<100	<120	
窄系列	1.5	2.0	2.0	2.5	3.0	3.0	一般用于摩擦副材料摩擦相容性较差的情况, 如硬质合金/硬质合金, 以及饱和蒸汽压高, 易挥发的密封介质, 颗粒介质
中系列	2.0	2.5	3.0	4.0	5.0	5.0	具有兼顾宽窄系列的优点
宽系列	2.5	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	一般用于摩擦副材料摩擦相容性好的情况, 如石墨/硬质合金; 密封流体润滑性好, 机械密封需要刚性好的情况

超星浏览器提醒您：  
使用本产品，请尊重相关知识产权！

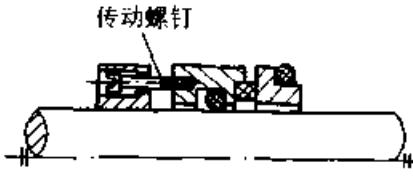
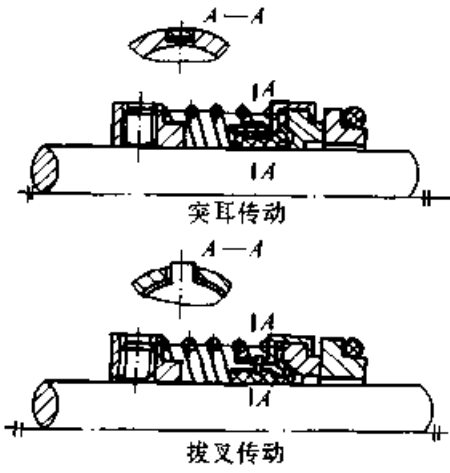

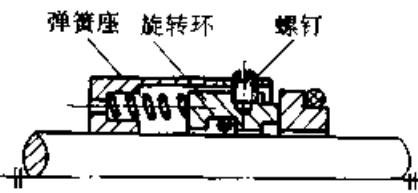
4.3 机械密封的结构设计

机械密封工作时, 动环必须克服端面上的摩擦转矩并与轴一起旋转。常见的动环传动方式见表 26.5-10。

4.3.1 动环传动和静环支承方式

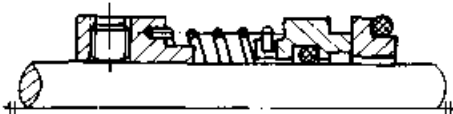
(1) 动环传动方式

表 26.5-10 动环传动方式

类 型	简 图	特点及应用
螺钉传动	 <p>传动螺钉</p>	利用螺钉或柱销传动。常用于多弹簧结构
突耳、拨叉传动	 <p>突耳传动</p> <p>拨叉传动</p>	利用金属与金属的凹凸形式传动。特别适用于复杂结构, 能保证传动的可靠性, 并允许密封有较大偏斜
弹簧过盈传动		弹簧两端过盈安装在弹簧座与动环上 (过盈量取 1~2 mm), 利用弹簧顺螺旋方向旋转, 内径变小的特点传动。其结构简单, 只能单向传动
弹簧座传动	 <p>弹簧座 旋转环 螺钉</p>	在弹簧座上开两个缺口, 旋转环上安两个销钉或螺钉配合传动。结构简单, 工作可靠, 多用于多弹簧类型的密封



续表 26.5-10

类型	简图	特点及应用
弹簧钩传动		弹簧两端分别钩住弹簧座和旋转环来传动。结构紧凑，工作可靠，只能单向传动

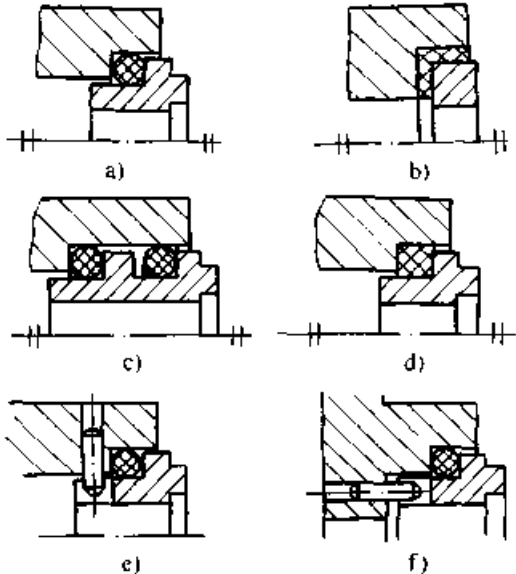
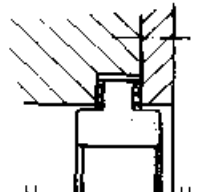
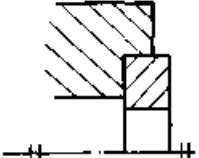
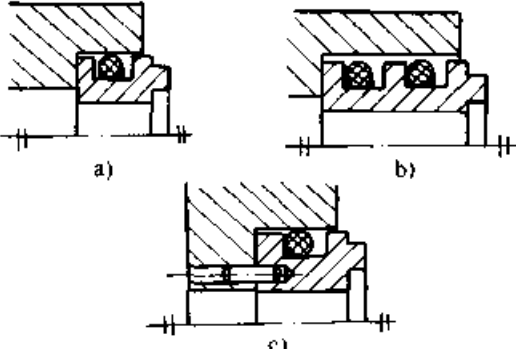
(2) 静环支承方式

静环一般由腔体支承，支承方式应使静环密

封可靠，受力合理，尽量减少变形。常见的静环

支承方式见表 26.5-11。

表 26.5-11 静环支承方式

类型	简图	特点
浮动式		静环靠柔性件（如 O 形圈等）的压缩变形支承在密封腔体上，并允许轴向和径向略作浮动。密封要求严格时，可安装两道密封，见 c 图。高粘度介质和高压、高速条件下应设置防转销，见 e 图和 f 图。 结构简单，拆装方便，能吸收部分轴和腔体的振动。但柔性件把静环隔离，不利于热传导。
紧固式		静环靠机械方法支承，结构简单，传热好，但不能吸收腔体振动。
镶装式		静环过盈配合在腔体上，结构简单，传热好，但配合部位精度和粗糙度要求高，不能吸收腔体的振动，端面磨损后不易更换。
轴向定位式		静环由腔体定位，靠柔性件的压缩变形支承，见 a 图；密封要求严格时，可安装两道密封，见 b 图。高粘度介质和高压、高速条件下应设置防转销，见 c 图。 结构简单，拆装方便，传热好，但不能吸收腔体轴向振动。

超星阅读器提醒您：  
 使用本复制品  
 请尊重相关知识版权！

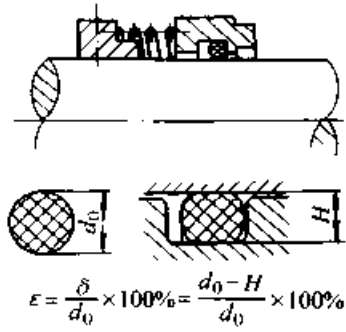
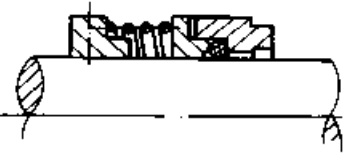
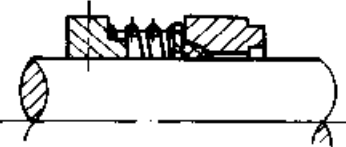
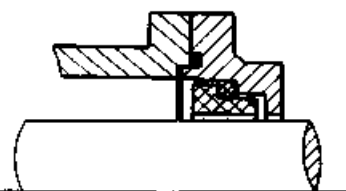
4.3.2 辅助密封圈

机械密封的辅助密封圈的作用是阻止泄漏，补偿密封面的偏斜和防振，以保证动环和静环端

面紧密贴合。常用辅助密封圈形式及特点见表 26.5-12。

表 26.5-12 常用辅助密封圈形式

超星阅读器提醒您：  
使用本软件时  
请尊重相关知识产权！

类 型	简 图	特 点 及 应 用
O 形圈	 $\varepsilon = \frac{\delta}{d_0} \times 100\% = \frac{d_0 - H}{d_0} \times 100\%$	设计、制造简单、安装使用方便、工作可靠，具有自封作用。介质含颗粒时，颗粒会在 O 形圈处堆积，妨碍轴向浮动，且对轴有微动磨损。一般补偿环用 O 形圈的压缩变形率保持在 5%~9%，非补偿环用 O 形圈保持在 5%~12%
V 形圈		V 形圈的密封性、耐压性都较好，内、外径装配过盈量在 0.05~0.5 mm 之间。V 形圈的其他特征见 O 形圈
楔形环		楔形环工作可靠，缓冲调节性好，适用于温度变化大和轴偏斜较大的场合。楔形环的其他特征见 O 形圈
矩形环		用聚四氟乙烯、石墨等材料制成，在强腐蚀、高温工况下可取代 O 形橡胶圈。外径装配过盈量为 0.1~0.25 mm 之间，内径配合为 R8/h8

4.3.3 弹簧辅助装置

机械密封弹簧辅助装置一般采用圆柱式、圆

锥式或波形弹簧等。其中圆柱螺旋压缩弹簧的主要参数推荐值见表 26.5-13。

表 26.5-13 圆柱压缩弹簧主要参数 (mm)

类 型	适用轴径 $d_0$	弹簧主要参数				
		弹簧中径	簧丝直径	有效圈数	总圈数	压缩量
大弹簧	<80	$d_0 + (6 \sim 12)$	2~8	2~4	3.5~5.5	为极限压缩量 (变形量) 的 2/3~3/4
小弹簧	>35	6~10	0.8~1.5	8~15	9.5~6.5	

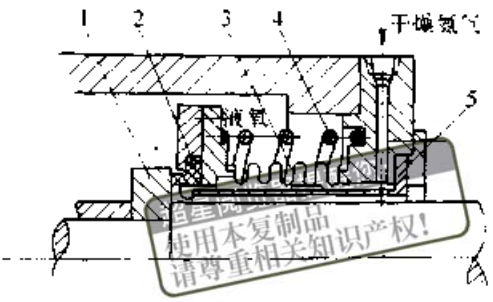
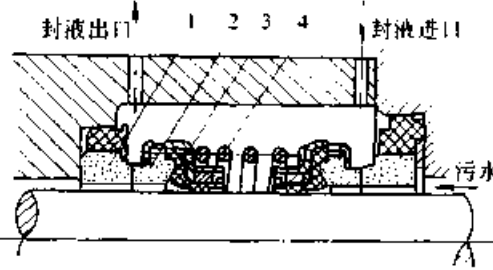
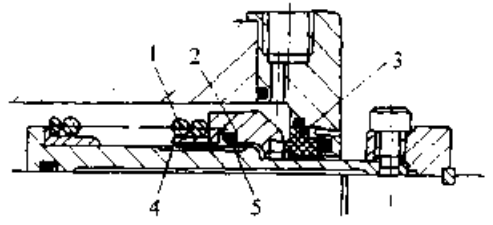
超星浏览器提醒您：  
使用本复制品  
请尊重相关知识产权！

### 5 机械密封的选用

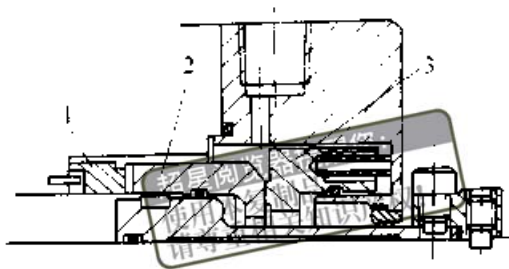
机械密封的选用见表 26.5-14。

表 26.5-14 机械密封的选用

使用条件		设计注意事项	应用实例
易腐蚀介质	盐酸、铬酸、硫酸、醋酸等	1) 选用耐腐蚀材料； 2) 采用外装式机械密封，减少与腐蚀性介质接触的零件； 3) 如采用内装式密封，弹簧应加保护层； 4) 危险大的介质选用双端面密封； 5) 设置漏液回收或稀释装置	 <p style="text-align: center;">耐酸机械密封</p> <p>1—静环 2—动环 3—弹簧 4—波纹管</p> <p>说明：                      1) 此结构为单弹簧聚四氟乙烯波纹管，外装式；                      2) 摩擦副由氧化铝陶瓷与填充玻璃纤维聚四氟乙烯组对，填充聚四氟乙烯耐磨端与纯聚四氟乙烯波纹管制成一体；                      3) 弹簧可采用普通不锈钢制造</p>
高粘度介质	润滑脂、硫酸、齿轮油、汽缸油、苯乙烯	1) 若采用旋转式密封，当介质黏度为 0.7~1.6 Pa·s 时，需加强传动销和弹簧的设计；当介质黏度大于 1.6 Pa·s 时，需要加强润滑，如采用单端面密封，通入外供冲洗液，若采用双端面密封，通入隔离流体； 2) 采用硬对硬摩擦副材料组合； 3) 采用静止式双端面密封； 4) 考虑保温结构，保证介质黏度不因温度降低而增高	1) 若采用旋转式密封，当介质黏度为 700~1600 mPa·s 时，需加大传动销和弹簧的设计，用以抵抗因黏度增加而增加的剪力，大于 1600 mPa·s 时，还需要加强润滑，如单端面密封通入外供冲洗液，或双端面密封通入隔离流体 2) 采用静止式双端面密封 3) 采用硬对硬摩擦副材料组合 4) 考虑保温结构，保证介质黏度不因温度降低而增高
高温	使用温度超过 150℃	1) 选用耐高温、具有良好的导热性、低摩擦系数和热膨胀系数的材料； 2) 及时把密封腔热量传导出去，如采用冲洗、冷却措施； 3) 有装配关系的地方，选用热膨胀系数相近的材料	 <p style="text-align: center;">热油泵用高温机械密封</p> <p>1—内冲洗节流套 2—轴套 3—动环 4—金属波纹管静环组件 5—导流套 6—填料密封</p> <p>说明：                      1) 采用冲洗、冷却结构以提高冷却效果，设置导流套增加冷却面积；                      2) 采用金属波纹管结构；                      3) 采用低膨胀合金镶装石墨静环；                      4) 最高使用温度为 256℃</p>

使用条件	设计注意事项	应用实例
<p>低温</p> <p>使用温度为 <math>-20^{\circ}\text{C}</math> 以下</p>	<p>1) 为防止端面液膜汽化, 可采取强制冷却措施;</p> <p>2) 端面压强不宜过小;</p> <p>3) 适当提高密封大气侧的压力;</p> <p>4) 在大气侧注入干燥惰性气体, 防止水汽进入密封引起结冰</p>	 <p>液氧泵低温机械密封</p> <p>1—动环 2—静环 3—波纹管 4—弹簧 5—导流套</p> <p>说明:</p> <p>1) 该结构适用工作温度为 <math>-196^{\circ}\text{C}</math>;</p> <p>2) 采用静止式金属波纹管单端面结构;</p> <p>3) 摩擦副材料组对为青铜对石墨;</p> <p>4) 引入干燥氮气保护, 稀释泄漏的氧气, 吹扫密封件周围的空气, 避免空气中的水汽在密封件与轴上冻结</p>
<p>含杂质介质</p> <p>粉尘, 晶粒, 纤维等</p>	<p>1) 结构设计上应采用防止杂质颗粒堵塞结构。如外装式结构; 采用内装式密封时, 应将弹簧与介质隔离;</p> <p>2) 一般可采用单端面密封, 但当介质浓度高, 杂质含量大时, 须用双端面机械密封;</p> <p>3) 摩擦副选用硬对硬材料;</p> <p>4) 采用冲洗方式保持端面周围环境干净;</p> <p>5) 宜采用大弹簧结构</p>	 <p>耐磨机械密封</p> <p>1—静环 2—动环 3—波纹管 4—弹簧</p> <p>说明:</p> <p>1) 此结构为双端面, 橡胶波纹管结构;</p> <p>2) 端面材料为碳化硅对碳化硅</p>
<p>高压</p> <p>工作压力超过 <math>3\text{ MPa}</math></p>	<p>1) 端面受力合理, 尽量减小变形;</p> <p>2) 采用高强度材质;</p> <p>3) 采用平衡式密封, 减小载荷系数 <math>K</math>;</p> <p>4) 选用可靠的传动方式, 如键、销等;</p> <p>5) 加强冷却和润滑</p>	 <p>高压中速机械密封</p> <p>1—弹簧 2—动环 3—静环 4—耐磨涂层 5—防挤出挡圈</p> <p>说明:</p> <p>1) 此结构用于压差 <math>7\text{ MPa}</math>, 速度不大于 <math>15\text{ m/s}</math> 的场合;</p> <p>2) 静环由碳石墨制成, 动环使用高弹性模量的硬质合金嵌件, 且基环有足够的截面厚度, 因而可适用于高压变工况的情况</p>

续表 26.5-14

使用条件	设计注意事项	应用实例
高速 端面速度 超过 25 m/s	1) 加强对端面的润滑和冷却; 2) 选用静止式密封, 尽量减少旋转零件; 3) 动环应与轴线对称且保持动平衡; 4) 选用高 $(p_c v)_p$ 值的端面材料; 尽量选取较小的端面压力; 5) 采用平衡式密封	 <p style="text-align: center;">高速机械密封</p> <p style="text-align: center;">1—止推轴承 2—动环 3—静环</p> <p>说明:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) 该结构适用于大轴径及转速高达 10 000 r/min 的情况;</li> <li>2) 动环由止推轴承定位, 由键传递转矩;</li> <li>3) 动环的浮动性好</li> </ol>

## 6 机械密封应用实例

### 6.1 泵用机械密封

#### 6.1.1 泵用机械密封的基本型式、尺寸及参数

##### (1) 基本型式及主要尺寸

① 103 型: 内装、单端面、单弹簧、非平衡型并圈弹簧传动机械密封, 见图 26.5-4, 主要尺寸见表 26.5-15;

② B103 型: 内装、单端面、单弹簧、平衡型并圈弹簧传动机械密封, 见图 26.5-5, 主要尺寸见表 26.5-16;

③ 104 型: 内装、单端面、单弹簧、非平衡型传动套传动, 见图 26.5-6, 主要尺寸见表 26.5-17; 其派生型 104a 型见图 26.5-7, 主要尺寸见表 26.5-18;

④ B104 型: 内装、单端面、单弹簧、非平衡型传动套传动, 见图 26.5-8, 主要尺寸见表 26.5-19; 其派生型 B104a 型见图 26.5-9, 主要尺寸见表 26.5-20;

⑤ 105 型: 内装、单端面、多弹簧、非平衡型螺钉传动, 见图 26.5-10, 主要尺寸见表 26.5-21;

⑥ B105 型: 内装、单端面、多弹簧、平衡型螺钉传动, 见图 26.5-11, 主要尺寸见表 26.5-22;

⑦ 114 型: 外装、单端面、单弹簧、过平衡型拨叉传动, 见图 26.5-12, 主要尺寸见表 26.5-23; 其派生型 114a 型见图 26.5-13, 主要尺寸见表 26.5-24。

##### (2) 基本参数

基本类型的 4 个基本参数见表 26.5-25。

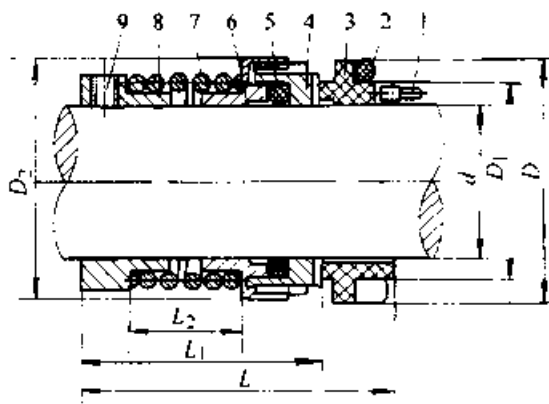


图 26.5-4 103 型机械密封

- 1—防转销 2、5—辅助密封圈 3—静止环  
 4—旋转环 6—推环 7—弹簧  
 8—弹簧座 9—紧定螺钉

表 26.5-15 103 型机械密封的主要尺寸 (mm)

规格	$d$	$D_2$	$D_1$	$D$	$L$	$L_1$	$L_2$
16	16	33	25	33	56	40	12
18	18	35	28	36	60	44	16
20	20	37	30	40	63	44	16
22	22	39	32	42	67	48	20
25	25	42	35	45	67	48	20
28	28	45	38	48	69	50	22
30	30	52	40	50	75	56	22
35	35	57	45	55	79	60	26
40	40	62	50	60	83	64	30
45	45	67	55	65	90	71	36
50	50	72	60	70	94	75	40
55	55	77	65	75	96	77	42
60	60	82	70	80	96	77	42
65	65	92	80	90	111	89	50
70	70	97	85	97	116	91	52
75	75	102	90	102	116	91	52
80	80	107	95	107	123	98	59
85	85	112	100	112	125	100	59
90	90	117	105	117	126	101	60
95	95	122	110	122	126	101	60
100	100	127	115	127	126	101	60
110	110	141	130	142	153	126	80
120	120	151	140	152	153	126	80

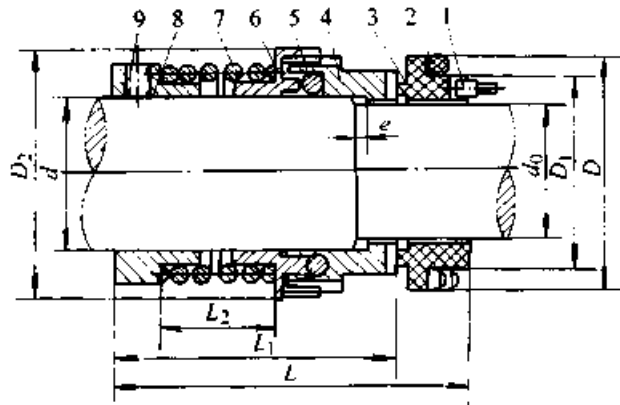


图 26.5-5 B103 型机械密封

- 1—防转销 2、5—辅助密封圈 3—静止环 4—旋转环 6—推环  
7—弹簧 8—弹簧座 9—紧定螺钉

表 26.5-16 B103 型机械密封的主要尺寸 (mm)

规格	$d$	$d_0$	$D_2$	$D_1$	$D$	$L$	$L_1$	$L_2$	$e$
16	16	11	33	25	33	64	48	12	2
18	18	13	35	28	36	68	52	16	
20	20	15	37	30	40	71	52	16	
22	22	17	39	32	42	75	56	20	
25	25	20	42	35	45	75	56	20	
28	28	22	45	38	48	77	58	22	
30	30	25	52	40	50	84	65	22	
35	35	28	57	45	55	89	70	26	
40	40	34	62	50	60	93	74	30	
45	45	38	67	55	65	100	81	36	
50	50	44	72	60	70	104	83	40	
55	55	48	77	65	75	106	87	42	
60	60	52	82	70	80	106	87	42	
65	65	58	92	80	90	118	96	50	
70	70	62	97	85	97	126	101	52	
75	75	66	102	90	102	126	101	52	
80	80	72	107	95	107	133	108	59	
85	85	76	112	100	112	135	110	59	
90	90	82	117	105	117	136	111	60	
95	95	85	122	110	122	136	111	60	
100	100	90	127	115	127	136	111	60	
110	110	100	141	130	142	165	138	80	
120	120	110	151	140	152	165	138	80	

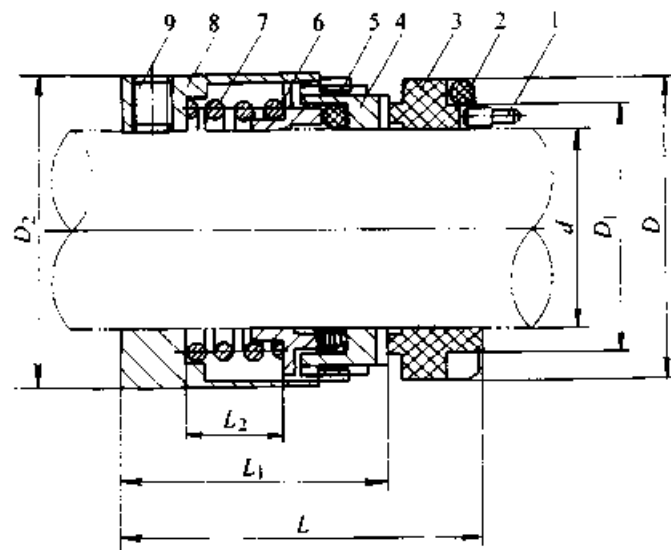


图 26.5-6 104 型机械密封

- 1—防转销 2、5—辅助密封圈 3—静止环 4—旋转环  
6—推环 7—弹簧 8—弹簧座 9—紧定螺钉

表 26.5-17 104 型机械密封的主要尺寸

超星阅读器提醒您: (mm)  
使用本复制品  
请尊重知识产权!

规格	$d$	$D$	$D_1$	$D_2$	$L$	$L_2$	$L_3$
16	16	33	25	33	53	37	8
18	18	36	28	35	58	40	11
20	20	40	30	37	59	40	11
22	22	42	32	39	62	43	14
25	25	45	35	42	62	43	14
28	28	48	38	45	63	44	15
30	30	50	40	52	68	49	15
35	35	55	45	57	70	51	17
40	40	60	50	62	73	54	20
45	45	65	55	67	79	60	25
50	50	70	60	72	82	63	28
55	55	75	65	77	84	65	30
60	60	80	70	82	84	65	30
65	65	90	80	92	96	74	35
70	70	97	85	97	101	76	37
75	75	102	90	102	101	76	37
80	80	107	95	107	106	81	42
85	85	112	100	112	107	82	42
90	90	117	105	117	108	83	43
95	95	122	110	122	108	83	43
100	100	127	115	127	108	83	43
110	110	142	130	141	132	105	60
120	120	152	140	151	132	105	60

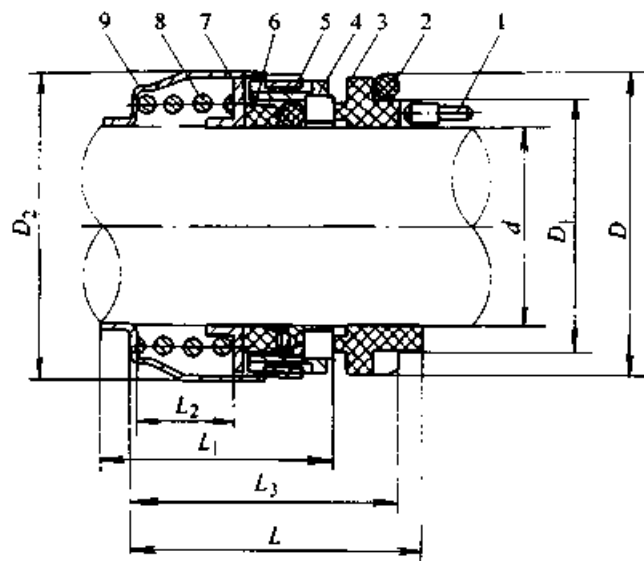


图 26.5-7 104a 型机械密封

- 1—防转销 2—静止环密封圈 3—静止环 4—旋转环  
5—旋转环密封圈 6—密封垫圈 7—推环 8—弹簧 9—传动垫



表 26.5-18 104a 型机械密封的主要尺寸 (mm)

规格	$d$	$D$	$D_1$	$D_2$	$L$	$L_1$	$L_2$	$L_3$	$L_4$
16	16	34	26	33	39.5	24.5	8	36	3.5
18	18	36	28	35	40.5	25.5	9	37	3.5
20	20	38	30	37	41.5	26.5	10	38	3.5
22	22	40	32	39	43.5	28.5	12	40	3.5
25	25	43	35	42	43.5	28.5	15	40	3.5
28	28	46	38	45	46.5	31.5	15	43	3.5
30	30	50	40	52	53	35	15	48	6
35	35	55	45	57	55	37	17	50	6
40	40	60	50	62	53	40	20	53	6
45	45	65	55	67	63	45	25	58	6
50	50	70	60	72	68	48	28	63	6
55	55	75	65	77	70	50	30	65	6
60	60	80	70	82	70	50	30	65	6
65	65	90	78	92	78	55	35	72	8
70	70	95	83	97	80	57	37	74	8
75	75	100	88	102	80	57	37	74	8
80	80	105	93	107	87	62	42	81	8
85	85	110	98	112	87	62	42	81	8
90	90	115	103	117	88	63	43	82	8
95	95	120	108	122	88	63	43	82	8
100	100	125	113	127	88	63	43	82	8

注：104a 型机械密封即原 GX 型机械密封。

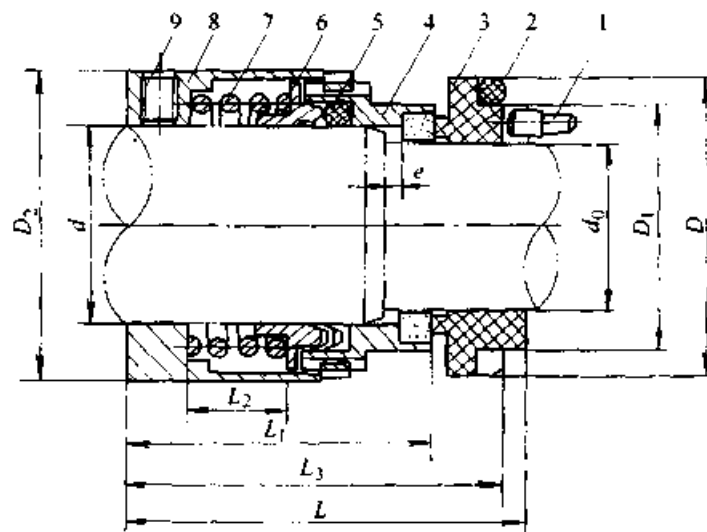


图 26.5-8 B104 型机械密封

1—防转销 2、5—辅助密封环 3—静止环 4—旋转环 6—推环  
7—弹簧 8—弹簧座 9—紧定螺钉

表 26.5-19 B104 型机械密封的主要尺寸

(mm)

规格	$d$	$d_0$	$D$	$D_1$	$D_2$	$L$	$L_1$	$L_2$	$L_3$	$e$
16	16	11	33	25	33	61	45	8	57	2
18	18	13	36	28	35	64	48	11	60	
20	20	15	40	30	37	67	48	11	62	
22	22	17	42	32	39	70	51	14	65	
25	25	20	45	35	42	70	51	14	65	
28	28	22	48	38	45	71	52	15	66	
30	30	25	50	40	52	77	58	15	72	
35	35	28	55	45	57	80	61	17	75	
40	40	34	60	50	62	83	64	20	78	
45	45	38	65	55	67	89	70	25	84	
50	50	44	70	60	72	92	73	28	87	
55	55	48	75	65	77	94	75	30	89	
60	60	52	80	70	82	94	75	30	89	
65	65	58	90	80	92	108	81	35	98	
70	70	62	97	85	97	111	86	37	105	
75	75	66	102	90	102	111	86	37	105	
80	80	72	107	95	107	116	91	42	110	
85	85	76	112	100	112	117	92	42	111	
90	90	82	117	105	117	118	93	43	112	
95	95	85	122	110	122	118	93	43	112	
100	100	90	127	115	127	118	93	43	112	
110	110	100	142	130	141	144	117	60	138	
120	120	110	152	140	151	144	117	60	138	

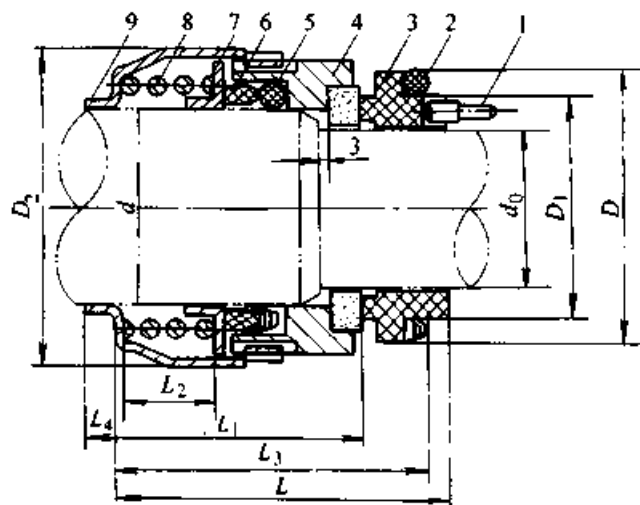


图 26.5-9 B104a 型机械密封

- 1—防转销 2、5—密封圈 3—静止环 4—旋转环 6—密封垫圈  
7—推环 8—弹簧 9—传动垫

表 26.5-20 B104a 型机械密封的主要尺寸 (mm)

规格	$d$	$d_0$	$D$	$D_1$	$D_2$	$L$	$L_1$	$L_2$	$L_3$	$L_4$
16	16	10	28	20	33	48.5	33.5	8	44.5	3.5
18	18	12	30	22	35	49.5	34.5	9	45.5	3.5
20	20	14	32	24	37	50.5	35.5	10	46.5	3.5
22	22	16	34	26	39	52.5	37.5	12	48.5	3.5
25	25	19	38	30	42	52.5	37.5	12	48.5	3.5
28	28	22	40	32	45	55.5	40.5	15	51.5	3.5
30	30	23	46	38	52	60	45	15	56	6
35	35	28	50	40	57	65	47	17	60	6
40	40	32	55	45	62	68	50	20	63	6
45	45	37	60	50	67	73	55	25	68	6
50	50	42	65	55	72	76	58	28	71	6
55	55	45	70	60	77	80	60	30	75	6
60	60	51	75	65	82	80	60	30	75	6
65	65	55	85	75	92	87	67	35	82	8
70	70	60	90	78	97	92	69	37	86	8
75	75	65	95	83	102	92	69	37	86	8
80	80	70	100	88	107	97	74	42	91	8
85	85	75	105	93	112	99	74	42	93	8
90	90	80	110	98	117	100	75	43	94	8
95	95	85	115	103	122	100	75	43	94	8
100	100	89	120	108	127	100	75	43	94	8

注：B104a 型机械密封即原 GY 型机械密封。

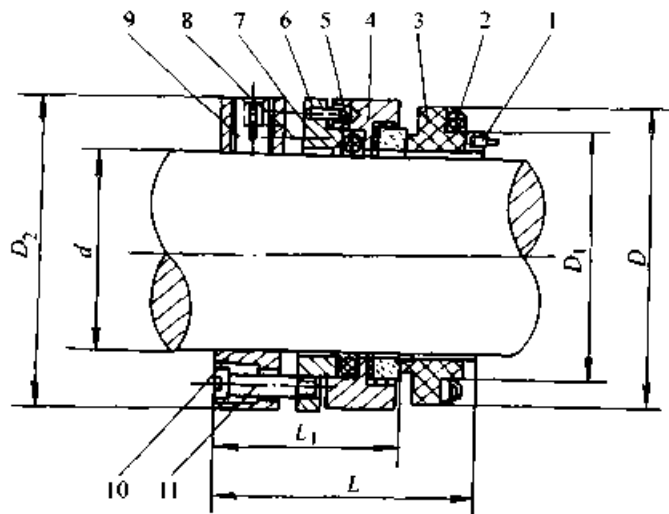


图 26.5-10 105 型机械密封

1—防转销 2、5—密封圈 3—静止环 4—旋转环 6—传动销  
7—推环 8—弹簧 9—紧定螺钉 10—弹簧座 11—传动螺钉

表 26.5-21 105 型机械密封的主要尺寸 (mm)

规格	$d$	$D$	$D_1$	$D_2$	$L_1$	$L$
35	35	55	45	57	38	57
40	40	60	50	62	38	57
45	45	65	55	67	39	58
50	50	70	60	72	39	58
55	55	75	65	77	39	58
60	60	80	70	82	39	58
65	65	90	80	91	44	66
70	70	97	85	96	44	69
75	75	102	90	101	44	69
80	80	107	95	106	44	69
85	85	112	100	111	46	71
90	90	117	105	116	46	71
95	95	122	110	121	46	71
100	100	127	115	126	46	71
110	110	142	130	140	51	78
120	120	152	140	150	51	78

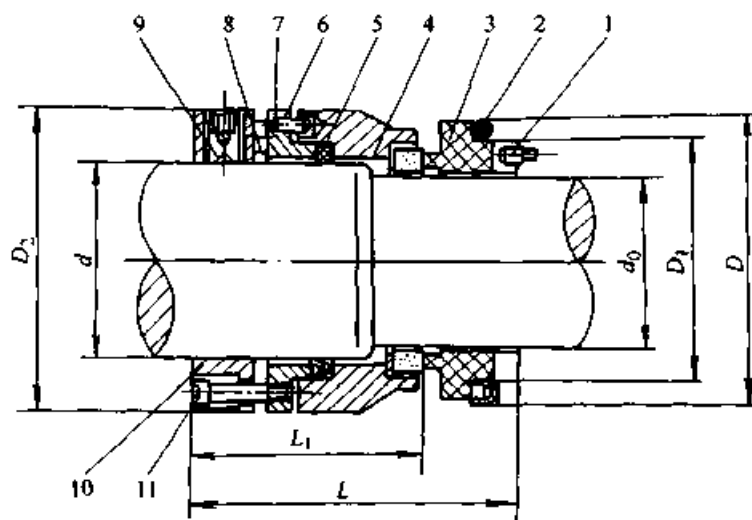


图 26.5-11 B105 型机械密封

- 1—防转销 2、5—辅助密封圈 3—静止环 4—旋转环 6—传动销  
7—推环 8—弹簧 9—紧定螺钉 10—弹簧座 11—传动螺钉

表 26.5-22 B105 型机械密封的主要尺寸 (mm)

规格	$d$	$d_0$	$D$	$D_1$	$D_2$	$L_1$	$L$
35	35	28	55	45	57	48	67
40	40	34	60	50	62	48	67
45	45	38	65	55	67	49	68
50	50	44	70	60	72	49	68
55	55	48	75	65	77	49	68
60	60	52	80	70	82	49	68
65	65	58	90	80	91	51	75
70	70	62	97	85	96	54	79
75	75	66	102	90	101	54	79
80	80	72	107	95	106	54	79
85	85	76	112	100	111	56	81
90	90	82	117	105	116	56	81
95	95	85	122	110	121	56	81
100	100	90	127	115	126	56	81
110	110	100	142	130	140	73	100
120	120	110	152	140	150	73	100

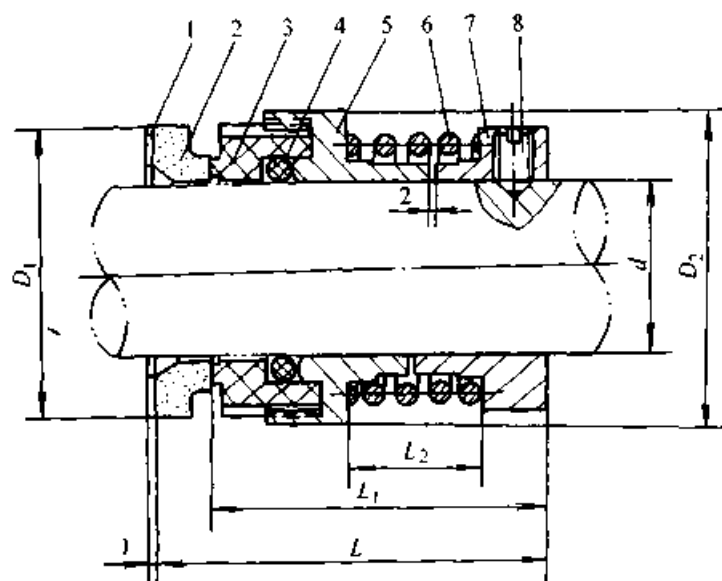


图 26.5-12 114 型机械密封

- 1—密封垫 2—静止环 3—旋转环 4—密封圈  
5—推环 6—弹簧 7—弹簧座 8—紧定螺钉

表 26.5-23 114 型机械密封的主要尺寸

(mm)

规格	$d$	$D_1$	$D_2$	$L$	$L_1$	$L_2$
16	16	34	40	55	44	11
18	18	36	42	55	44	11
20	20	38	44	58	47	14
22	22	40	46	60	49	16
25	25	43	49	64	53	20
28	28	46	52	64	53	20
30	30	53	64	73	62	22
35	35	58	69	76	65	25
40	40	63	74	81	70	30
45	45	68	79	89	75	34
50	50	73	84	89	75	34
55	55	78	89	89	75	34
60	60	83	94	97	83	42
65	65	92	103	100	86	42
70	70	97	110	100	86	42

超星阅读器提醒您：  
使用本复制品  
请尊重相关知识产权！

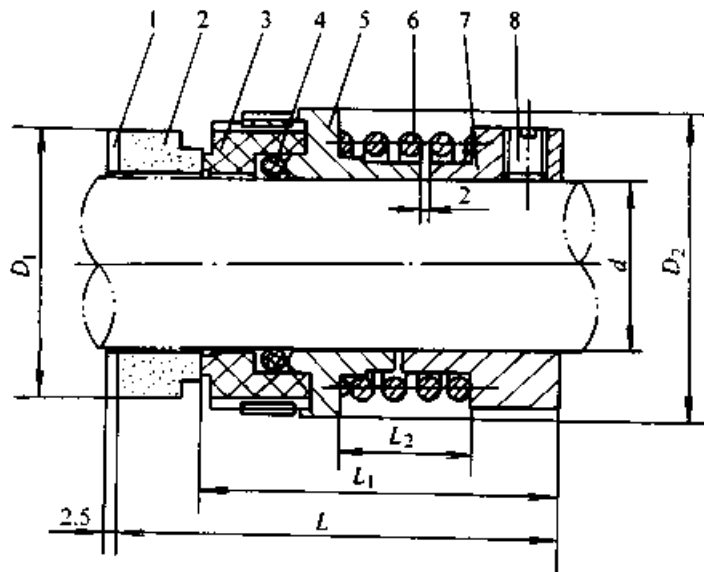


图 26.5-13 114a 型机械密封

- 1—密封垫 2—静止环 3—旋转环 4—密封圈  
5—推环 6—弹簧 7—弹簧座 8—紧定螺钉

表 26.5-24 114a 型机械密封的主要尺寸 (mm)

规格	$d$	$D_1$	$D_2$	$L$	$L_1$	$L_2$
35	35	55	62	83	65	20
40	40	60	67	90	72	25
45	45	65	72	93	75	28
50	50	70	77	95	77	30
55	55	75	82	95	77	30
60	60	80	87	104	82	35
65	65	89	96	108	86	37
70	70	98	101	108	86	37

表 26.5-25 基本参数

型号	压力/MPa	温度/℃	转速/ $r \cdot \min^{-1}$	轴径/mm	介质
103	0~0.8	-20~80	$\leq 3\ 000$	16~120	汽油、煤油、柴油、蜡油、原油、重油、润滑油、丙酮、苯、酚、吡啶、醚、稀硝酸、浓硝酸、酯酸、尿素、碱液、海水、水等
B103	0.8~3.0				
104	0~0.8				
B104	0.8~3.0				
105	0~0.8			35~120	
B105	0.8~3.0				
114	0~0.4	0~60	$\leq 3\ 600$	16~100	腐蚀性介质, 如浓及稀硫酸、40%以下硝酸、30%以下盐酸、磷酸、碱等

### 6.1.2 耐酸泵用机械密封的基本型式、尺寸及参数

#### (1) 基本型式及主要尺寸

①151型: 外装、单端面、单弹簧、聚四氟乙烯波纹管型, 结构型式见图 26.5-14, 主要尺寸见表 26.5-26;

②152型: 外装、单端面、单弹簧、聚四氟乙烯波纹管型, 结构型式见图 26.5-15, 主要尺寸见表 26.5-27; 152a型, 结构型式见图 26.5-16, 主要尺寸见表 26.5-27;

③153型: 内装、内流、单端面、多弹簧、聚四氟乙烯波纹管型, 结构型式见图 26.5-17, 主要尺寸见表 26.5-28; 153a型, 结构型式见图 26.5-18, 主要尺寸见表 26.5-29;

④154型: 内装、单端面、单弹簧、非平衡型, 结构型式见图 26.5-19, 主要尺寸见表 26.5-30; 154a型, 结构型式见图 26.5-20, 主要尺寸见表 26.5-31。

#### (2) 工作参数

工作参数见表 26.5-32。

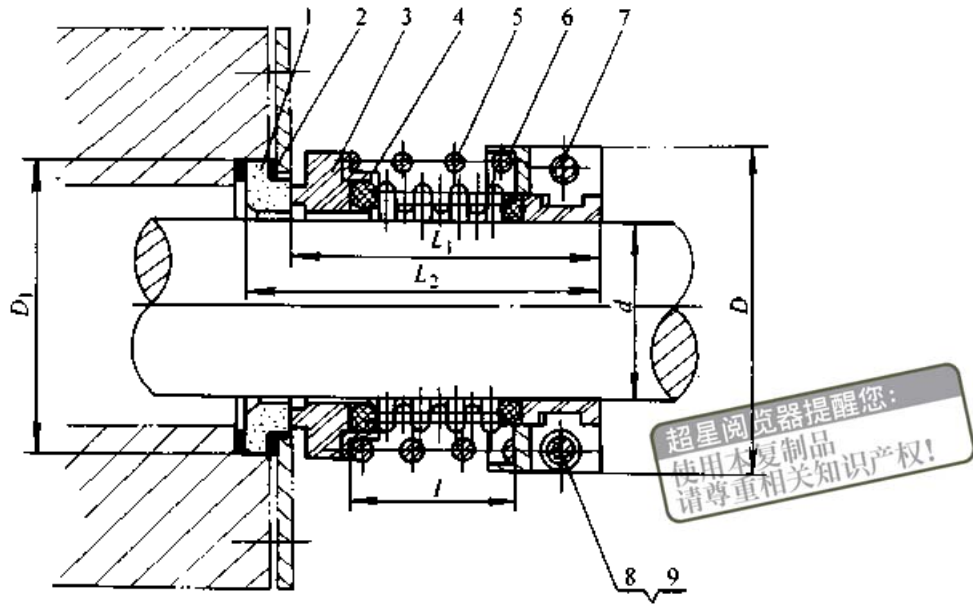


图 26.5-14 151 型机械密封

- 1—静止环 2—静止环垫 3—波纹管密封环 4—弹簧前座  
5—弹簧 6—弹簧后座 7—夹紧环 8—螺钉 9—垫圈

表 26.5-26 151 型机械密封的主要尺寸 (mm)

规格	30	35	40	45	50	55	60
公称尺寸	$d$	30	35	40	45	50	60
	$D$	65	70	75	80	88	98
	$D_1$	53	58	63	68	73	83
	$l$	31	34	36	37	44	47
	$L_1$	63	66	68	69	76	79
	$L_2$	74	77	79	83	90	93

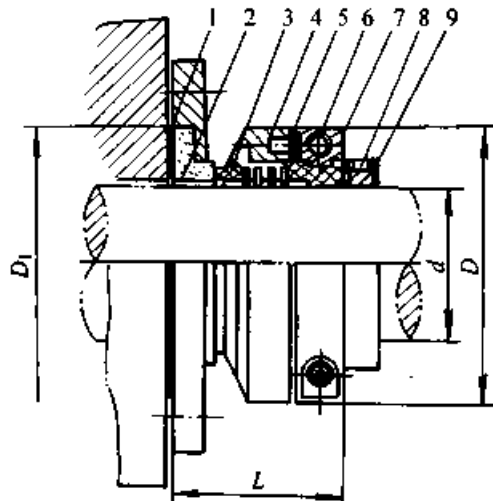


图 26.5-15 152 型机械密封

- 1—静止环密封垫 2—静止环 3—波纹管密封环  
4—弹簧座 5—弹簧 6—内六角螺钉 7—分半  
夹紧环 8—紧定螺钉 9—固定环



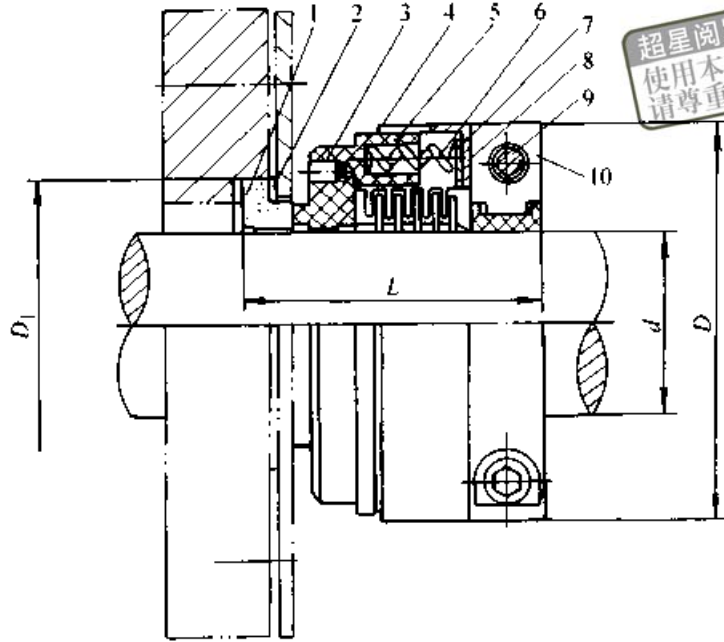


图 26.5-16 152a 型机械密封

- 1—静止环 2—静止环密封垫 3—防转销 4—波纹管密封环 5—弹簧座  
6—弹簧 7—弹簧垫 8—L 套 9—内六角螺钉 10—分半夹紧环

表 26.5-27 152、152a 型机械密封主要尺寸

(mm)

规格	30	35	40	45	50	55	60	65	70	
公称尺寸	$d$	30	35	40	45	50	55	60	65	70
	$D$	75	80	85	90	95	100	105	110	115
	$D_1$	53	58	63	68	73	78	83	88	93
	$L$	59				62				

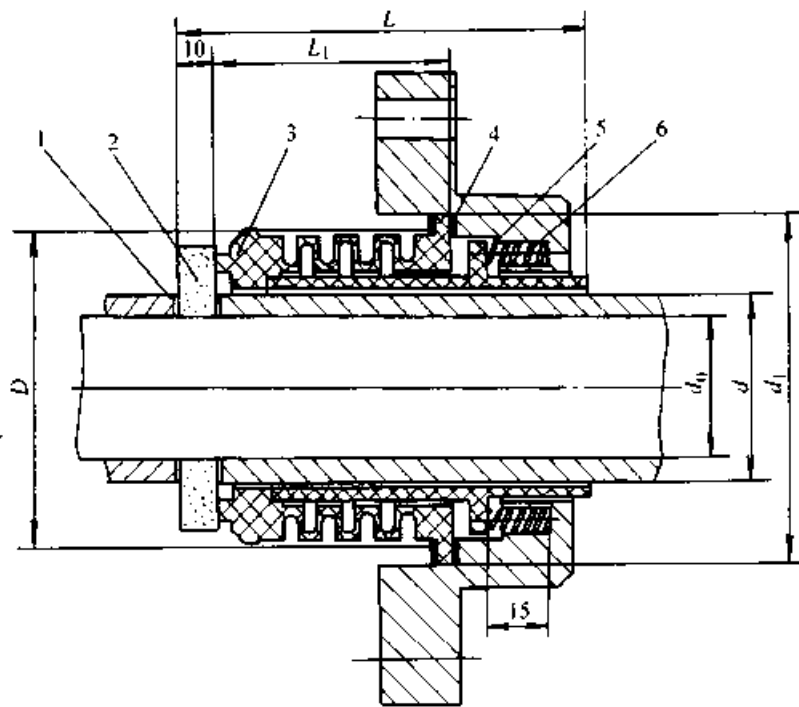


图 26.5-17 153 型机械密封

- 1、4—辅助密封圈 2—旋转环 3—波纹管静止密封环 5—推套 6—弹簧

表 26.5-28 153 型机械密封主要尺寸

超星阅读器提醒您：  
使用本复制品  
请尊重相关知识版权

规 格	公 称 尺 寸					
	$d_0$	$d$	$d_1$	$D$	$L$	$L_1$
153-35	25	35	70	60	88	48
153-40	30	40	75	65	91	51
153-45	35	45	80	70	91	51
153-50	40	50	85	75	91	51
153-55	45	55	90	80	91	51

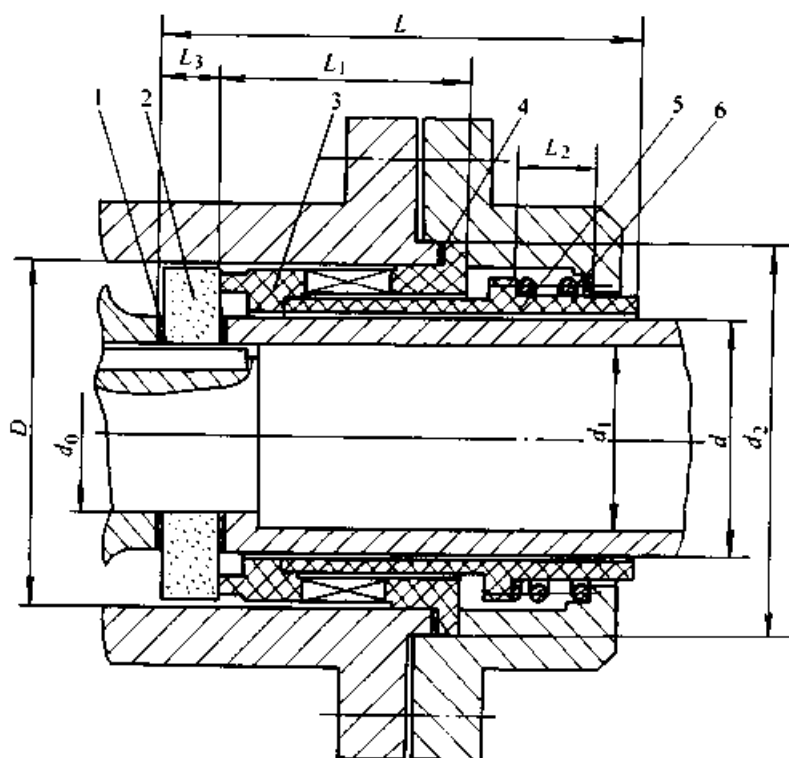


图 26.5-18 153a 型机械密封

1、4—辅助密封圈 2—旋转环 3—波纹管静止密封环 5—推套 6—弹簧

表 26.5-29 153a 型机械密封主要尺寸

(mm)

规 格	公 称 尺 寸								
	$d_0$	$d$	$d_1$	$d_2$	$D$	$L$	$L_1$	$L_2$	$L_3$
153a-35	20	35	25	61	51	85.5	44.5	14.0	10.5
153a-40	25	40	30	70	60	86.5	44.0	14.5	10.5
153a-45	30	45	35	75	65	94.5	48.5	15.0	11.5
153a-50	30	50	35	80	70	97.5	48.5	18.0	11.5
153a-55	35	55	40	85	75	104.5	55.0	17.0	12.5
153a-60	40	60	45	95	85	108.5	55.0	21.0	12.5
153a-70	50	70	55	105	95	112.5	55.0	25.0	12.5

超星阅读器提醒您：  
使用本复制品  
请尊重相关知识产权！

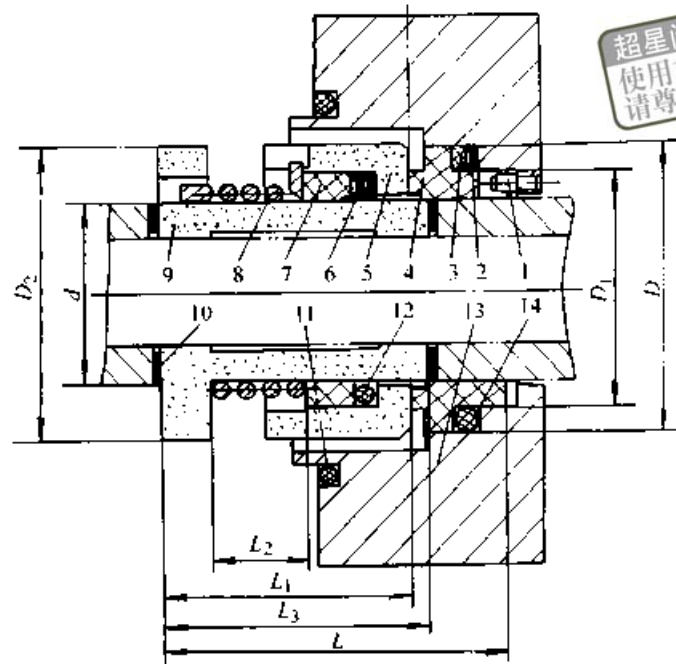


图 26.5-19 154 型机械密封

- 1—防转销 2、6、11、12、14—密封圈 3—撑环 4—静止环 5—旋转环  
7—推环 8—弹簧 9—轴套 10—密封垫 13—密封端盖

表 26.5-30 154 型机械密封主要尺寸

(mm)

规格	35	40	45	50	55	60	65	70
公称尺寸	$d$	35	40	45	50	55	60	70
	$D$	55	60	65	70	75	80	97
	$D_1$	45	50	55	60	65	70	85
	$D_2$	57	62	67	72	77	82	92
	$L_1$	49	52	57	65	67	67	79
	$L_2$	17	20	25	28	30	30	37
	$L$	68	71	76	84	86	86	102

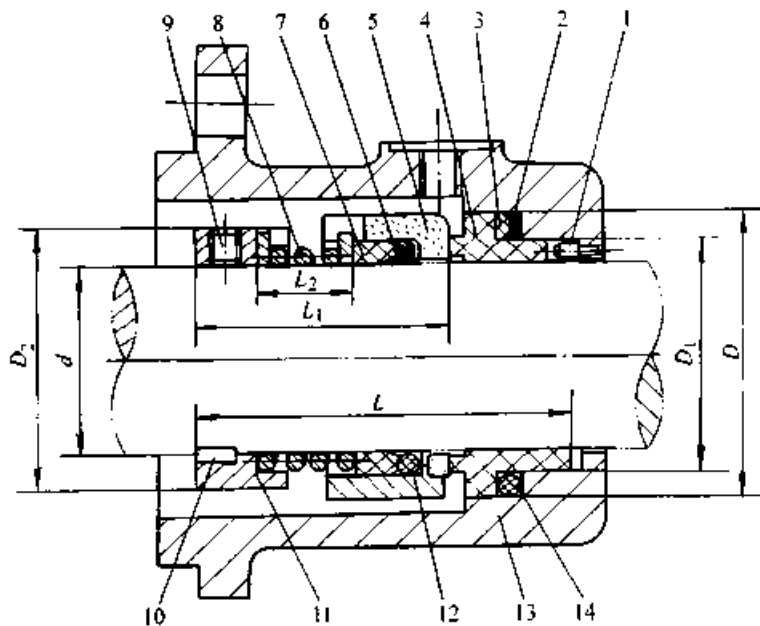


图 26.5-20 154a 型机械密封

- 1—防转销 2、6、12、14—密封圈 3—撑环 4—静止环 5—旋转环 7—推环  
8—弹簧 9—紧定螺钉 10—键 11—传动座 13—密封端盖

表 26.5-31 154a 型机械密封主要尺寸

规格		35	40	45	50	55	60	65	70
公称尺寸	$d$	35.0	40.0	45.0	50.0	55.0	60.0	65.0	70.0
	$D$	55.0	60.0	65.0	70.0	75.0	80.0	90.0	97.0
	$D_1$	45.0	50.0	55.0	60.0	65.0	70.0	80.0	85.0
	$D_2$	50.0	59.0	64.0	69.0	74.0	82.0	88.0	93.0
	$L_1$	49.0	51.5	55.5	59.5	60.5	61.5	69.5	71.5
	$L_2$	17.5	20.0	24.0	28.0	28.9	30.0	35.0	36.0
	$L$	68.0	70.5	74.5	78.5	79.5	80.5	91.5	96.5

超星浏览器提醒您：  
使用本产品，请尊重知识产权！

表 26.5-32 工作参数

型号	压力/MPa	温度/℃	转速/ $r \cdot \min^{-1}$	轴径/mm	介质
151	0~0.5	0~80	$\leq 3000$	30~60	酸性液体
152					
152a					
153					
153a	0~0.6			30~70	酸性液体（氢氟酸、发烟硝酸除外）
154					
154a					

6.1.3 耐碱泵用机械密封的基本型式、参数及尺寸

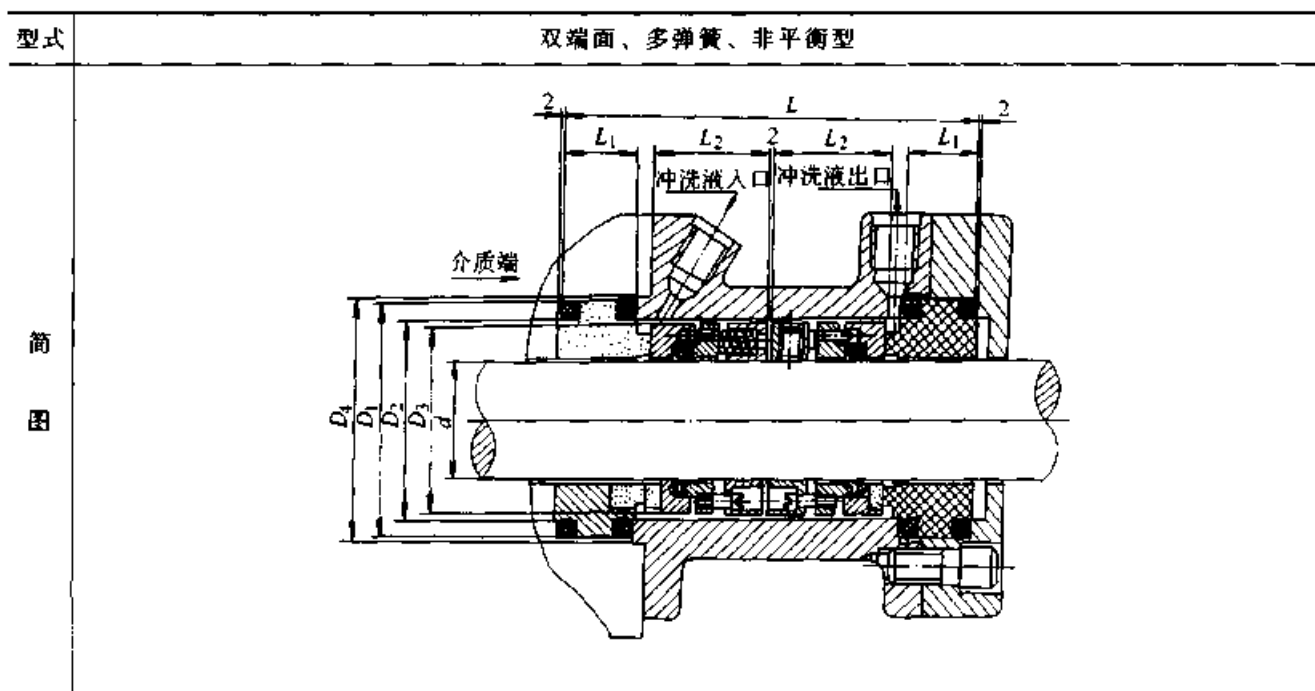
① 167 (I 105) 型：双端面、多弹簧、非平衡型，结构型式与工作参数见表 26.5-33，主要尺寸见表 26.5-34；

② 168 型：外装、单端面、单弹簧、聚四氟

乙烯波纹管式，结构型式与工作参数见表 26.5-35，主要尺寸见表 26.5-36；

③ 169 型：外装、单端面、多弹簧、聚四氟乙烯波纹管式，结构型式与工作参数见表 26.5-37，主要尺寸见表 26.5-38；

表 26.5-33 167 型机械密封型式与工作参数



超星浏览器提醒你：  
使用本复制品，  
请尊重相关知识产权！  
续表 26.5-33

工 作 参 数	介质压力 $p$ /MPa	0~0.5	封液压力/MPa	$p_f$ (0.01~0.02)
	介质温度/℃	$\leq 130$	封液温度/℃	$\leq 80$
	介 质	碱性液体、浓度 <42%、含固相颗粒 10%~20%	封 液	水或与介质相溶液体
	转速/ $r \cdot \min^{-1}$	$\leq 3\ 000$		
	轴径/mm	28~85		

表 26.5-34 167 型机械密封主要尺寸 (mm)

规 格	$d$ h6	$D_1$ H8/a11	$D_2$ A11/h8	$D_3$	$D_4$ H8/f8	$L$	$L_1$	$L_2$ $\pm 0.5$
28	28	50	44	42	54	118	18	36
30	30	52	46	44	56			
32	32	54	48	46	58			
33	33	55	49	47	59			
35	35	57	51	49	61			
38	38	64	58	54	68	122	20	
40	40	66	60	56	70			
43	43	69	63	59	73			
45	45	71	65	61	75			
48	48	74	68	64	78			
50	50	76	70	67	80	126		
53	53	79	73	70	83			
55	55	81	75	72	85			
58	58	89	83	78	93	130	22	37
60	60	91	85	80	95			
63	63	94	88	83	98			
65	65	96	90	85	100			
68	68	99	93	88	103	134	24	
70	70	101	95	90	105			
75	75	110	104	99	114			
80	80	115	109	104	119	136	25	
85	85	120	114	109	124			

注：本系列大规格可达 140 mm。

表 26.5-35 168 型机械密封型式与工作参数

型式	外装、单端面、单弹簧、聚四氟乙烯波纹管式	
简图		
工作参数	介质压力/MPa	0~0.5
	介质温度/℃	<130
	介 质	碱性液体, 浓度<42%, 含固相颗粒 10%~20%
	转速/ $r \cdot \text{min}^{-1}$	$\leq 3\ 000$
	轴径/mm	30~45

表 26.5-36 168 型机械密封主要尺寸

规 格	(mm)						
	$d$ (R7/h6)	$D_1$ (e8)	$D_2$ (H8/f9)	$D_3$	$D_4$ (H11/b11)	$L$	$L_1$ ( $\pm 1.0$ )
30	30	44	47	67	55	64.5	26.5
32	32	46	49	69	57		
35	35	49	52	72	60		
38	38	54	55	75	63	65.5	31.5
40	40	56	57	77	65		
45	45	61	62	82	70		

超星阅读器提醒您：  
使用本复制品  
请尊重相关知识版权。

表 26.5-37 169 型机械密封型式与工作参数

型式	外装、单端面、多弹簧、聚四氟乙烯波纹管式	
简图		
工作参数	介质压力/MPa	0~0.5
	介质温度/℃	<130
	介 质	碱性液体，浓度<42%，含固相颗粒10%~20%
	转速/r·min <sup>-1</sup>	≤3 000
	轴径/mm	30~60

表 26.5-38 169 型机械密封主要尺寸 (mm)

规 格	$d$ R7/h6	$D$	$D_1$	$D_2$ H9/f9	$L$ $\pm 1.0$
30	30	65	54	44	74.5
35	35	70	59	49	
38	38	75	63	54	
40	40	75	66	56	
45	45	82	71	61	
50	50	87	76	66	
55	55	92	81	71	
60	60	97	90	80	

6.2 釜用机械密封

见表 26.5-39 和表 26.5-40。

釜用机械密封的类型、结构特征及工作参数

表 26.5-39 釜用机械密封类型及工作参数

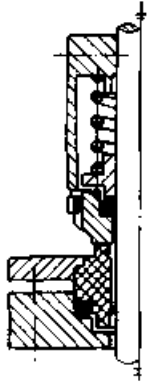

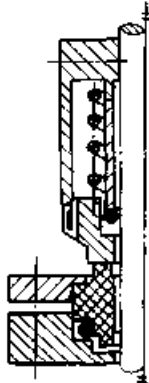
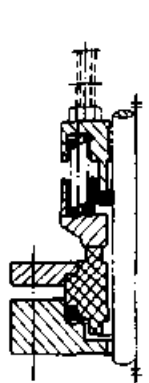
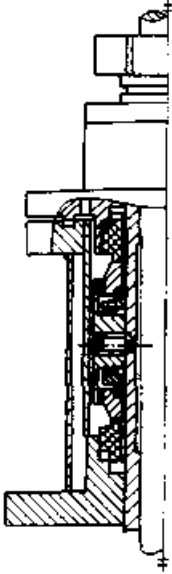
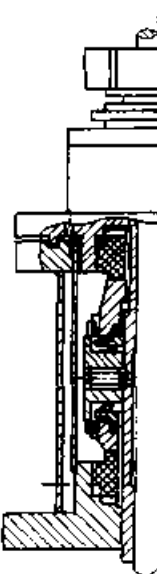
型 号	201 型	202 型	203 型	204 型	205 型	206 型
结构特点	单端面大弹簧非平衡型	单端面小弹簧非平衡型	单端面大弹簧平衡型	单端面小弹簧平衡型	双端面小弹簧非平衡型	双端面小弹簧平衡型
压力/MPa	0.098~0.25	0.098~0.25	0.25~1.6	0.25~1.6	13Pa~0.6	0.6~1.6
温度/℃	-40~250	-40~250	-40~250	-40~250	-40~250	-40~250
转速/r·min <sup>-1</sup>	≤500	≤500	≤500	≤500	≤500	≤500
介 质	一般使用：油、水类介质、中弱腐蚀性介质				对密封要求较高的场合，如易燃、易爆、颗粒性介质、中弱腐蚀性介质、低温或真空条件	
简图						

表 26.5-40 耐腐蚀釜用机械密封

型 号	212 型	221 型	222 型
结构特点	外装、单端面、多弹簧、旋转式、波纹管型	外装、径向双端面、多弹簧、外侧非平衡型、内侧平衡型、螺钉传动	外装、径向双端面、多弹簧、外侧与内侧平衡型、螺钉传动
压力/MPa	≤0.5	≤1.0	≤1.5
温度/℃	≤70	≤70	≤70
转速/r·min <sup>-1</sup>	≤500	≤500	≤500
介 质	强腐蚀性化工介质		



续表 26.5-40

型 号	212 型	221 型	222 型
简 图			

## 7 机械密封的冲洗和冷却

机械密封常见的冲洗方式见表 26.5-41。

冲洗液应为干净的液体，流量一般为 3~10 L/min，冲洗孔位置参见表 26.5-42。

### 7.1 冲洗

表 26.5-41 机械密封的冲洗方式

冲洗方式	简 图	特 点	应 用
自冲洗		被密封介质作为冲洗液，由泵的出口通过管道引入密封腔内	常用于流体温度小于 80℃、不含杂质的场合
反冲洗		被密封介质作为冲洗液，由泵密封腔通过管道引入泵的入口	常用于密封腔压力与泵吸入口压力差很小的场合
贯穿冲洗		将密封介质从泵出口引出流经密封腔冲洗后流回泵的入口侧	用于密封腔压力与进口、出口压力接近的场合

续表 26.5-41

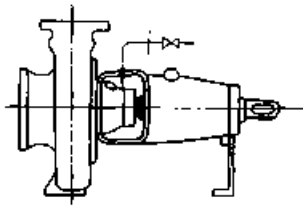
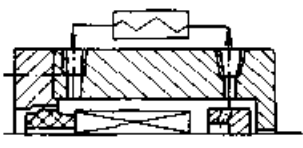
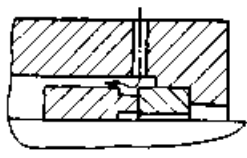
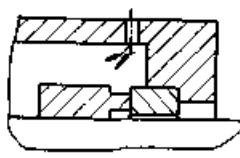
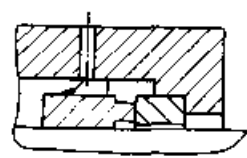
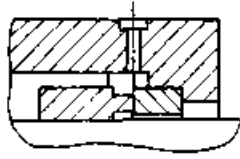

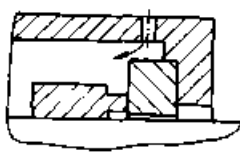
冲洗方式	简图	特点	应用
外冲洗		从外部系统引入压力流体通入密封腔内, 冲洗液压力比密封腔内压力大 0.05~0.1 MPa	用于高温、腐蚀性强、含固体颗粒量大的场合
局部循环冲洗		在泵轴上装一小叶轮, 将密封腔介质引到腔外, 通过冷却器再回到密封腔内, 形成一个封闭回路循环	适用于泵进出口压力差很小的场合

表 26.5-42 冲洗孔位置

简图	说明	简图	说明
	冲洗和冷却效率高, 冲洗孔一般应对准摩擦端面靠近旋转环一侧, 避免冲洗液对静止环局部固定冲刷。为加强冷却效果, 冲洗方向最好设在切向位置		周围间隙太大, 容易产生涡流形成死区, 冷却效果不好
	有死区, 无法把结晶物或颗粒冲走。冷却效果不佳, 容易过热		冲洗孔宜适当大些, 不应有节流作用, 否则进口处容易出现汽化现象
			冲洗孔离密封端面距离太远, 端面附近容易产生汽化

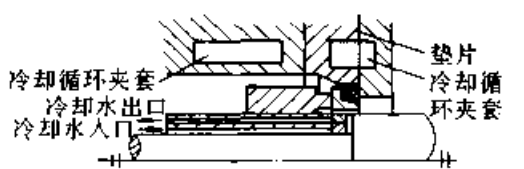
7.2 冷却

机械密封常见的冷却方式有端面直接冷却(冲洗)、间接冷却和静环背部冷却(急冷)。间

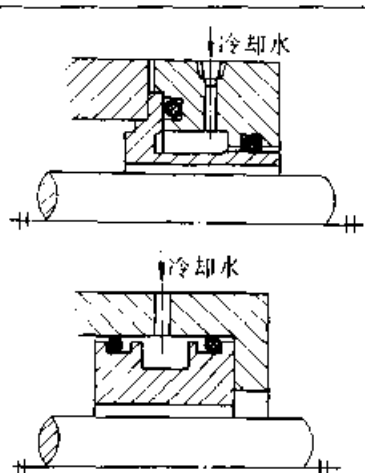
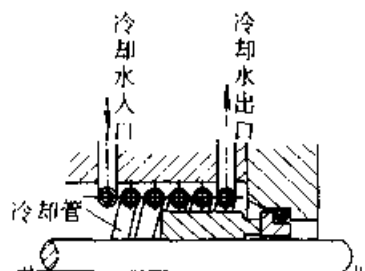
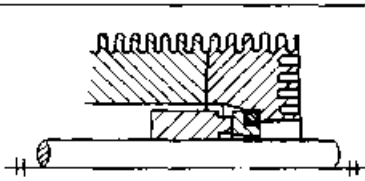
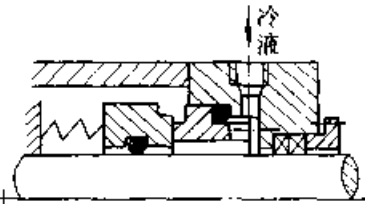
接冷却和急冷的常见方式见表 26.5-43。

当被密封流体温度超过 150℃ 时, 通常需要冷却。常用的冷却介质为水、蒸汽和空气等。间接冷却方式, 其冷却水的质量可以比急冷低。如

表 26.5-43 机械密封常见冷却方式

冷却方式	简图	说明
间接冷却 夹套和轴套冷却		夹套冷却是常用的冷却方式, 轴套冷却采用具有连通间隙的双层轴套, 其结构复杂, 通常只在高温及关键设备中使用

续表 26.5-43

冷却方式	简图	说明	
间接冷却	<p>静环外周冷却</p> 	<p>超星浏览器提醒您： 使用本复制品 请尊重相关知识产权！</p> <p>冷却水仅与静环接触，冷却效果好，但石墨静环效果不佳。不需要防止冷却水的泄漏，对冷却水的纯度要求不高</p>	
	<p>蛇形管冷却</p> 		<p>在密封装置内安装蛇形管，蛇形管内通冷却水</p>
	<p>散热片冷却</p> 		<p>在密封腔体外侧和端面上设置散热片，无需其他冷却系统，结构简单，使用温度在 200℃ 以下</p>
<p>静环背部冷却（背冷或急冷）</p> 	<p>将冷却液（水或油等）直接从静环背面引入到摩擦副内表面，其冷却效果良好，但使用时应注意水的硬度，在使用温度下应不易结垢。如果温度较高时，可采用蒸汽等作为冷却剂。主要用于密封易燃易爆、贵重的流体，也可用于密封流体沸点很低的情况</p>		

果被密封的流体易凝固或易结晶时，需要通入蒸汽，进行保温。当需加热控制温度时，上述的冷却方式也适用，只是将冷却剂改成加热剂即可。

在一般情况下，冷却液流量估算见图 26.5-21。

## 8 机械密封的尺寸系列

GB/T 6556—1994 标准适用于离心泵及类似机械旋转轴密封。

### 8.1 结构形式及主要尺寸

机械密封的结构形式见表 26.5-44，表中给出的是使用 O 形圈作为静环辅助密封圈的示例，

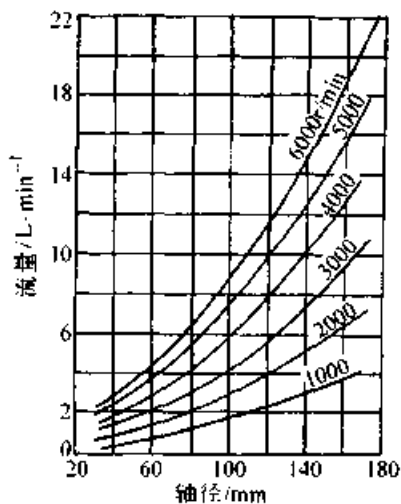
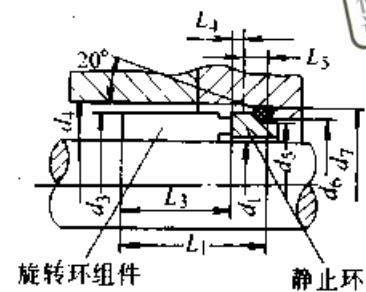
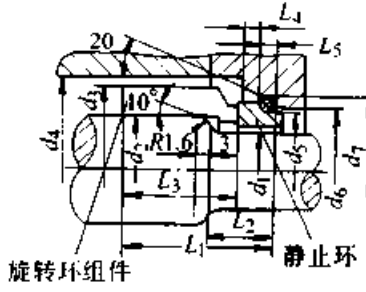
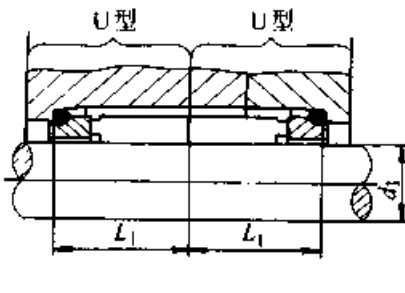
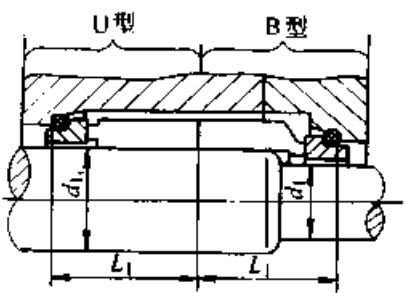
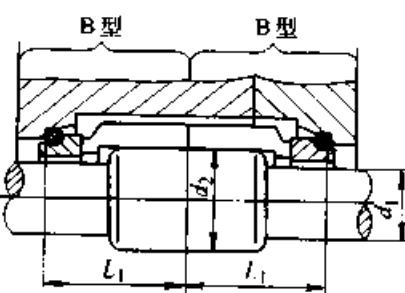


图 26.5-21 冷却液流量估算

其他截面形状的密封圈也可作为静环辅助密封圈。结构可以有所不同，但应当遵循给定的尺寸：

表 26.5-44 机械密封的结构形式

名称	结构简图	备注
单 端 面		主要尺寸见表 26.5-47
		主要尺寸见表 26.5-47
双 端 面		主要尺寸标注见本表 U 型图， 主要尺寸见表 26.5-47
		主要尺寸标注见本表 B 型结构 图 主要尺寸选取见表 26.5-47
		主要尺寸标注分别见本表 U 型 及 B 型结构图 主要尺寸选取见表 26.5-47 其公称轴径（或轴套直径）的配 置见表 26.5-45

超星浏览器提醒您：  
使用本复制品  
请尊重相关知识版权！

表 26.5-45 U、B 型机械密封公称轴径 (或轴套直径) 配置 (mm)

$d_1$	B 型	10	12	14	16	18	20	24	25	28	30	32	33	35	38	40	43	45	48
	U 型	14	16	18	20	22	24	28	30	33	35	38	38	40	43	45	48	50	53
$d_2$	B 型	50	53	55	58	60	63	65	68	70	75	80	85	90	95	100	110	120	
	U 型	55	58	60	63	65	68	70	75	75	80	85	90	95	100	105	115	125	

机械密封静环周向和轴向限位结构及尺寸应 密封腔和机械密封的主要尺寸见表 26.5-47。遵循表 26.5-46 的规定。

表 26.5-46 静止环限位结构尺寸

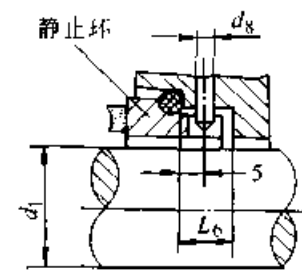
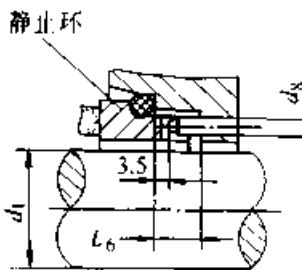
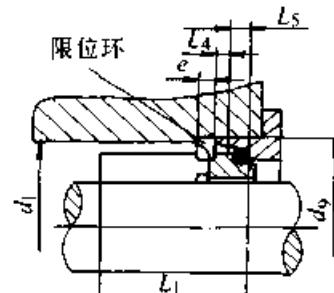
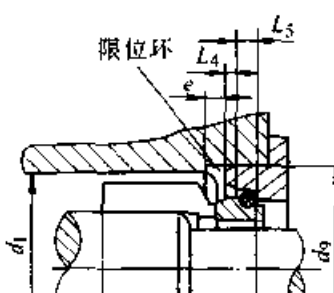
名称	结构简图	说明
静止环防转结构		<p>静环防转结构适用于平衡式和非平衡式机械密封。静环设计既可选用径向位置销钉结构,也可选用轴向位置销钉结构。其结构尺寸见表 26.5-31。其他静环防转结构由制造厂自行设计</p>
		
静止环轴向限位结构		<p>静环轴向限位结构适用于单端面机械密封、双端面机械密封的介质侧。</p> <p>图示的两种结构可供设计时选用。其结构尺寸见表 26.5-31。其他静环轴向限位结构由制造厂自行设计。</p> <p>为了保证限位环的可靠安装,静环的轴向限位应注意使密封腔内径 <math>d_1</math> 至少比限位环的外径 <math>d_0</math> 小 2 mm</p>
		

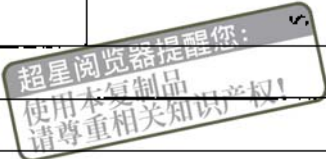
表 26.5-47 主要结构尺寸 (摘自 GB/T 6556—1994)

(mm)

公称直径 $d_1$	$d_2$		最大尺寸 $d_3$		最小尺寸 $d_4$		$d_5$	$d_6$	$d_7$	$d_8$	$d_9$		$d_{10}$		$d_{11}$	$d_{12}$	$e$	最大尺寸 $L_1$				$L_2$	$L_3$	$L_4$	$L_5$	$L_6$	$L_7$	$L_8$	$L_9$	$L_{10}$		
	U型 $b_6$	B型 $b_6$	U型 $b_5$	B型 $b_5$	U型 $b_4$	B型 $b_4$					U型 $H_8$	B型 $H_8$	U型 $H_8$	B型 $H_8$				U型 $\pm 0.5 \pm 0.5 \pm 0.5 \pm 0.5$	B型 $\pm 0.5 \pm 0.5 \pm 0.5 \pm 0.5$	N型设计 U型	K型设计 U型										N型设计 B型	K型设计 B型
10	14	20	24	24	22	26	17	21	3	26	30	50	54	7	4	40	50	32.5	40	18	1.5	4	8.5	8								
12	16	22	26	24	28	28	19	23	3	28	32	52	56	7	4	40	50	32.5	40	18	1.5	4	8.5	8								
14	18	24	32	26	34	34	21	25	3	30	38	54	62	7	4	40	50	32.5	40	18	1.5	4	8.5	8								
16	20	26	34	28	36	36	23	27	3	32	40	56	66	7	4	40	50	32.5	40	18	1.5	4	8.5	8								
18	22	32	36	34	38	38	27	33	3	38	42	62	68	7	4	40	50	32.5	40	18	1.5	4	8.5	8								
20	24	34	38	36	40	40	29	35	3	40	44	66	70	7	4	40	50	32.5	40	18	1.5	4	8.5	8								
22	26	36	40	38	42	42	31	37	3	42	46	68	72	7	4	40	50	32.5	40	18	1.5	4	8.5	8								
24	28	38	42	40	44	44	33	39	3	44	48	70	74	7	4	40	50	32.5	40	18	1.5	4	8.5	8								
25	30	39	44	41	46	46	34	40	3	45	50	72	76	7	4	40	50	32.5	40	18	1.5	4	8.5	8								
28	33	42	47	44	49	49	37	43	3	48	53	74	80	7	4	40	50	32.5	40	18	1.5	4	8.5	8								
30	35	44	49	46	51	51	39	45	3	50	55	76	84	7	4	40	50	32.5	40	18	1.5	4	8.5	8								
32	38	46	54	48	58	58	42	48	3	52	62	80	88	7	4	40	50	32.5	40	18	1.5	4	8.5	8								
33	38	47	54	49	58	58	42	48	3	53	62	80	88	7	4	40	50	32.5	40	18	1.5	4	8.5	8								
35	40	49	56	51	60	60	44	50	3	56	65	88	97	7	4	40	50	32.5	40	18	1.5	4	8.5	8								
38	43	54	59	58	63	63	49	56	3	63	68	95	100	7	4	40	50	32.5	40	18	1.5	4	8.5	8								
40	45	56	61	60	65	65	51	58	3	65	70	97	102	7	4	40	50	32.5	40	18	1.5	4	8.5	8								
43	48	59	64	63	68	68	54	61	3	68	73	100	105	7	4	40	50	32.5	40	18	1.5	4	8.5	8								
45	50	61	66	65	70	70	56	63	3	70	75	102	107	7	4	40	50	32.5	40	18	1.5	4	8.5	8								
48	53	64	69	68	73	73	59	66	3	73	78	105	110	7	4	40	50	32.5	40	18	1.5	4	8.5	8								
50	55	66	71	70	75	75	62	70	3	75	80	107	112	7	4	40	50	32.5	40	18	1.5	4	8.5	8								
53	58	69	78	73	83	83	65	73	3	78	88	112	122	7	4	40	50	32.5	40	18	1.5	4	8.5	8								

此尺寸不作规定, 各制造厂可以根据有关资料选取

此尺寸不作规定, 各制造厂可以根据有关资料选取



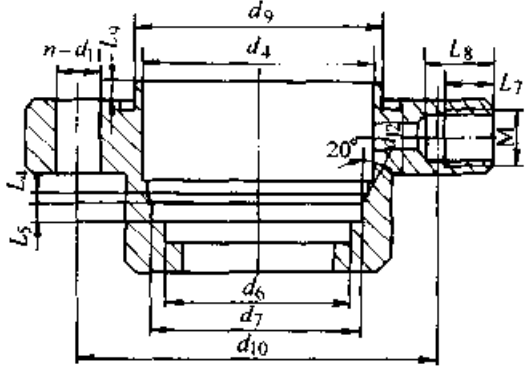
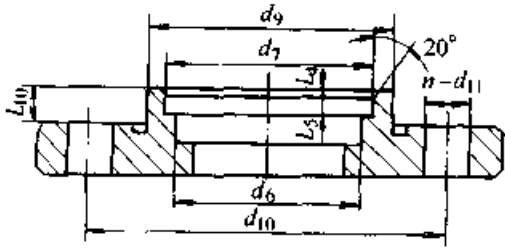


### 8.2 密封端盖的形式和主要尺寸

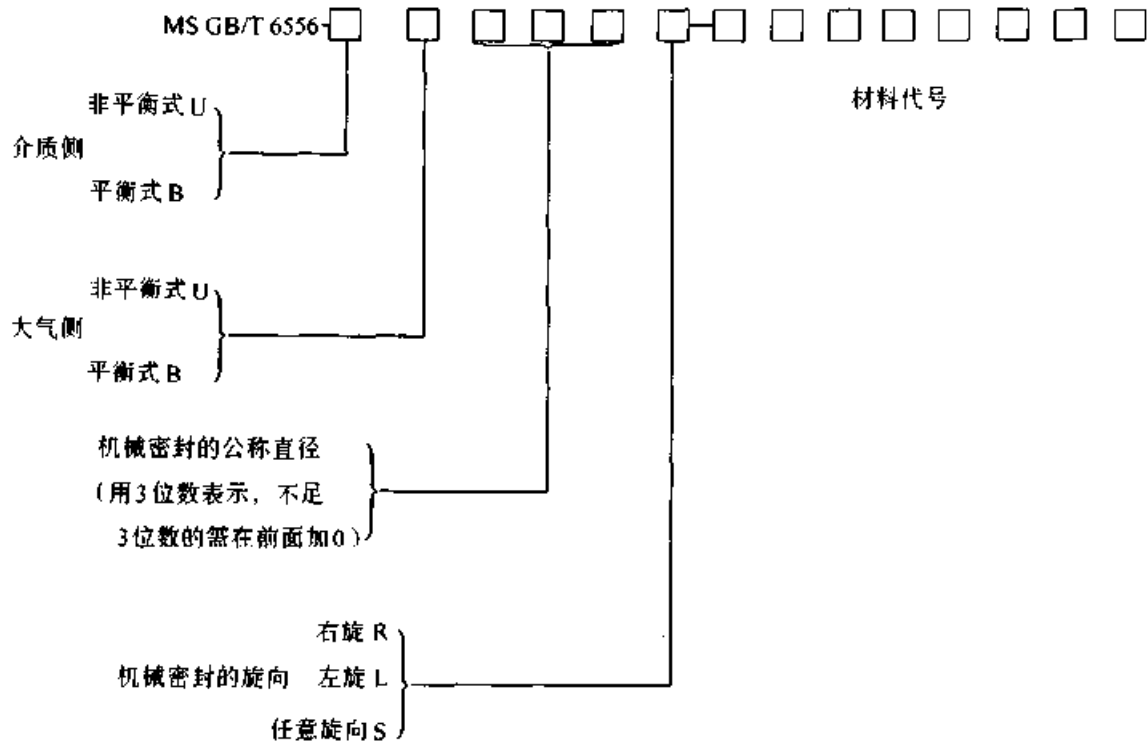
密封端盖的形式和主要尺寸见表 26.5-48。

表 26.5-48 密封端盖的形式和主要尺寸

浏览器提醒您：  
使用本复制品  
请尊重相关知识产权！

名 称	简 图	说 明
不带限位环的浮装式密封端盖		<p>1) 密封端盖的设计尺寸应遵循表 26.5-47 给定的尺寸。制造厂也可设计其他型式的密封端盖；</p> <p>2) 对不带限位环的浮装式密封端盖，机械密封若需要内循环或冲洗，则内循环连接孔或冲洗孔应开在密封端盖上，其尺寸见本表和表 26.5-47；</p>
带限位环的浮装式密封端盖		<p>3) 密封端盖与密封端部密封通常采用 O 形圈，安装 O 形圈的沟槽应开在密封端盖上；</p> <p>4) 密封端盖止口与密封腔的配合取 H8/f7</p>

### 9 单端面机械密封识别标志





右旋：由大气侧静环向动环看，机械密封转向为顺时针；

左旋：由大气侧静环向动环看，机械密封转向为逆时针；

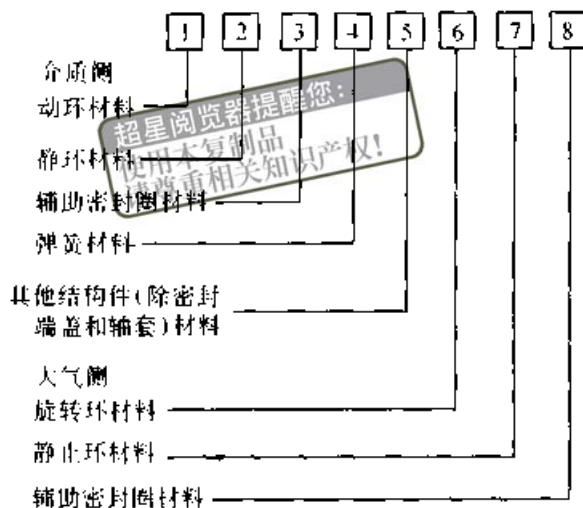
标记示例：

MS GB/T 6556-UB080S-UAVFF UBP

表示双端面机械密封介质侧为非平衡式(U)，大气侧为平衡式(B)，公称直径80 mm(080)，任意转向(S)。

介质侧			} 材料代号按下述规定
动环材料	碳化钨	U	
静环材料	石墨浸渍金属	A	
辅助密封圈材料	氟橡胶	V	
弹簧材料	铬镍钢	F	
其它结构件材料	铬镍钢	F	
大气侧			} 材料代号按下述规定
动环材料	碳化钨	U	
静环材料	石墨浸渍树脂	B	
辅助密封圈材料	丁腈橡胶	P	

各零件材料代号位置如下：



单端面机械密封材料代号取前五个位置，双端面机械密封材料代号取全部八个位置。

## 第 6 章 活塞环密封

超星浏览器提醒您：  
使用本复制品  
请尊重相关知识产权！

活塞环一般为金属制自张性弹性开口环，用于往复式机械。无油润滑活塞环多用非金属固体自润滑材料制造。用于旋转机械的活塞环密封，也叫涨圈密封。

活塞环密封通过一组活塞环外圆与气缸内表面和端面与活塞环槽壁之间的紧密接触，以及该组活塞环和环槽构成的迷宫式结构实现密封。

金属活塞环具有适应温度和压力范围宽、摩擦力小、工作可靠、寿命长、能在高速条件下工

作等特点，广泛用于活塞式压缩机、柴油机、汽油机等活塞的密封。非金属活塞环（如聚四氟乙烯活塞环），其使用温度较低，但易制造、减摩性优良，适合工作时润滑条件极差的活塞密封，如用作无油压缩机的活塞密封。

### 1 活塞环的类型及应用

表 26.6-1 列出了活塞环的常见类型和适用范围。

表 26.6-1 活塞环适用范围

活塞环名称	活塞环组压力差/MPa	速度/(m·s <sup>-1</sup> )	润滑方式	用途举例
喷钼桶形环	11	15	激激	柴油机
镀铬梯形环	5	12	激激	汽油机
铸铁矩形环	20	4	滴注	氮氢压缩机
金像奖组合环	220	2	吸气口注油	乙烯压缩机
氟塑料活塞环	15	1.5	无油	氧气压缩机
涨圈	0.1	100	激激	航空发动机

### 2 活塞环的个数与尺寸

#### 2.1 活塞环个数

活塞环个数主要根据活塞两端的压差和轴径大小选取，活塞环个数较多时，摩擦阻力大，活塞的长度也增加，因此在保证密封的前提下要尽可能减少活塞环的个数。

压缩机的活塞环个数可按表 26.6-2 推荐值选取。

目前大多数汽油机和柴油机的活塞上都装有 2~3 道气环和 1 道油环，少量大缸径的活塞上有 3 道气环和 2 道油环。

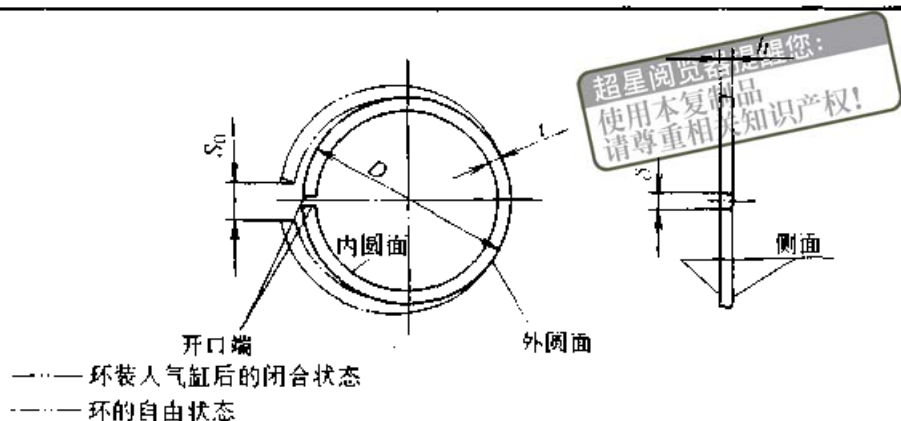
#### 2.2 活塞环的尺寸

活塞环基本尺寸参考表 26.6-3 选取。

表 26.6-2 压缩机活塞环个数

压差/MPa	<0.4	0.4~0.63	0.63~1.0	1.0~1.6
活塞环数	2	2~3	3	3~4
压差/MPa	1.6~2.5	2.5~4.0	4.0~6.3	6.3~10
活塞环数	4~5	5~6	6~7	7~8
压差/MPa	10~16	16~25	25~40	
活塞环数	8~10	10~12	12~15	

表 26.6-3 活塞环基本尺寸



项目	符号	计算公式或参数选取	说明
径向厚度	$t/\text{mm}$	对矩形截面的铸铁活塞环: $t = \left( \frac{1}{22} \sim \frac{1}{36} \right) D$ 当 $D \leq 50 \text{ mm}$ 时按组合活塞考虑 $t = \left( \frac{1}{14} \sim \frac{1}{22} \right) D$	径向厚度直接影响环的径向压力, 大直径的活塞环取下限
轴向高度	$h/\text{mm}$	$h = (0.4 \sim 1.4) t$	较高的环摩擦大, 但有利于活塞对气缸的传热。高速机械及直径较大的活塞取较小的 $h/t$ 值
自由开口间隙	$S/\text{mm}$	$S = (3 \sim 4) t$	$S$ 与环的弹力有关
开口热间隙	$\delta/\text{mm}$	$\delta = (0.0035 \sim 0.006) D$	$\delta$ 是防止工作温度下活塞环与气缸热膨胀卡紧而预留的间隙

### 3 活塞环的典型结构

内燃机气缸用活塞环由气环和油环组成, 气环主要用来密封气体; 油环是用来调节 (或控制) 气缸壁上润滑油的, 其结构型式、特点及应用见表 26.6-4。

用见表 26.6-4。

压缩机活塞环的切口有直切口、斜切口和搭切口等形式, 对微小型压缩机, 常采用内燃机通用的直切口形式活塞环。活塞环结构型式、特点及应用见表 26.6-5。

表 26.6-4 内燃机气缸用活塞环结构型式、特点及应用

类型	名称	截面形状	特点	应用
气环	矩形环		工艺简单, 成本低。工作接触面大, 磨合性、密封性较差	在性能指标不高的发动机上应用较广, 但在高速高负荷的强化发动机上很少应用
	桶形环		上、下行均能形成适量的润滑油膜; 能适应活塞的摆动; 接触面积小, 密封性好	在高速高负荷的强化发动机上广泛用作第一道气环, 桶面镀铬或喷钼

续表 26.6-4





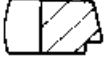

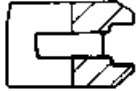
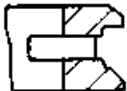



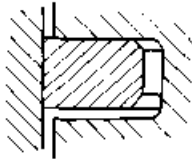
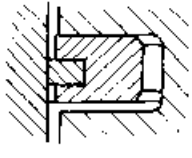
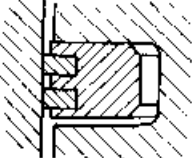
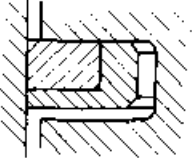
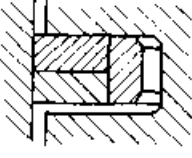
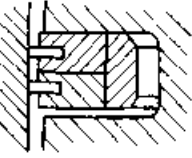
类型	名 称	截面形状	特 点	应 用
气 环	锥形环		上行能形成油膜, 下行有良好的刮油作用; 具有良好的磨合性。但不能装反, 否则窜机油	适用于高速柴油机和汽油机的第二、三道气环, 表面镀铬的锥形环也有用作汽油机第一道气环的
	梯形环		工作时由于活塞的侧向位移, 梯形环与环槽侧面间的间隙不断变化, 可防止积炭结焦, 寿命较长	广泛用于热负荷较高的柴油机的第一道气环, 表面镀铬或喷钼
	内倒角扭曲环		截面形状不对称, 使用时产生盘状正扭曲可改善磨合性, 且下行时有刮油作用	常用于第二、三道气环
	内切扭曲环			
	外切锥形环		环的截面形状不对称, 在使用时产生盖子状的反扭曲, 刮油能力强	用于油环上面的那道气环
油 环	普通油环		结构简单, 但刮油能力和耐久性较差	现代汽车发动机很少使用这种油环
	异向导角油环			
	同向导角油环			
	螺旋撑簧油环		刮油能力强, 油环外表面、环背面 (与撑簧接触表面) 都要镀铬以减少摩擦和磨损	在车用柴油机中应用普遍, 也用于一部分车用汽油机
	钢板撑簧油环		刮油能力较强	用于一些小型汽油机上
	钢片组合式油环		有上下两刮油片, 对缸壁变形适应性好, 控油能力强, 但比螺旋撑簧油环磨损快	目前很少用于柴油机, 在高速汽油机中则应用较普遍

表 26.6-5 压缩机活塞环结构型式、特点及用途

序号	截面形状	特点	应用
1		结构简单	应用最为广泛
2		采用一道或两道凸出量为 0.05 ~ 0.10 mm 的青铜嵌圈环, 改善磨合运转条件	应用广泛
3			
4			
5		采用两道或三道环安置在共同的环槽内, 有利于消除轴向缝隙	适用于高压力差的场合
6		外环具有青铜嵌圈	采用 5 组活塞环, 适用于压力差为 220 MPa 的超高压聚乙烯压缩机

超星浏览器提醒您：  
使用本复制品  
请尊重相关知识产权！

#### 4 活塞环的材料与表面处理

活塞环有硬化的和非硬化的。压缩机及内燃机用活塞环的二道环、三道环常用优质耐磨铸铁制非硬化环, 金相组织要求与缸套相同, 硬度比缸套高 96~106HRB。

活塞环的表面硬化处理有镀硬铬、喷涂钼、喷涂 RC-2、RC-4 等硬质涂层, 既适应非硬化

缸, 也适应硬化缸。

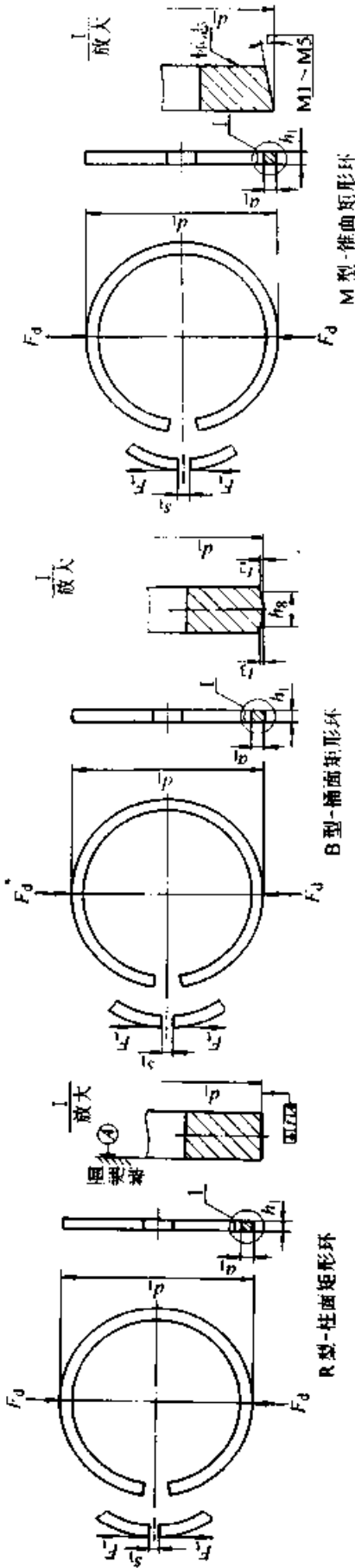
#### 5 活塞环的标准系列

表 26.6-6 为内燃机用矩形活塞环尺寸系列。

表 26.6-7 为内燃机用梯形活塞环尺寸系列。

表 26.6-8 和表 26.6-9 分别为内燃机用铸铁楔形和钢质楔形活塞环尺寸系列, 它们适用于汽缸直径小于或等于 200 mm 的往复式内燃机活塞环。

表 26.6-6 R、B 和 M 型矩形环的规格 (径向厚度“正常”)



基本直径 $d_1$	径向厚度 $a_1$ “正常”				环高 $h_1$		闭口工作间 隙 $s_1$		切向弹力 $F_t/N$				径向弹力 $F_d/N$			
	基本尺寸	极限偏差	尺寸分栏		极限偏差		基本尺寸	极限偏差	1	2	3	4	1	2	3	4
30	1.25		1	2	3	4							7.5	8.6	9.9	12.5
31	1.30												8.0	9.2	10.5	13.1
32	1.35												8.2	9.7	11.0	13.8
33	1.40												8.6	10.1	11.6	14.6
34	1.40												8.2	9.5	11.0	13.8
35	1.45	$\pm 0.15$											8.6	10.1	11.4	14.4
36	1.50	同一片											9.0	10.5	12.0	15.1
37	1.55	环上最大差:	1.50	1.75	2.00	2.50	0.15	+0.20 0					9.5	11.0	12.7	15.7
38	1.60												9.9	11.4	13.1	16.6
39	1.65	0.15											10.3	12.0	13.8	17.2
40	1.65												9.7	11.4	13.1	16.3
41	1.70												10.1	11.8	13.5	17.0
42	1.75												10.5	12.3	14.2	17.6
43	1.80												11.0	12.9	14.6	18.3
44	1.85												11.4	13.3	15.3	19.1

超星阅读器限时30%  
 $F_d \geq 21.5 N$  时:  $\pm 20\%$

续表 26.6-6

基本直径 $d_1$	径向厚度 $a_1$ “正常”		环高 $h_1$				闭口工作间 隙 $s_1$		切向弹力 $F_t/N$				径向弹力 $F_r/N$							
	基本尺寸	极限偏差	尺寸分档			基本尺寸	极限偏差	与 $h_1$ 分档对应			与 $h_1$ 分档对应			极限偏差						
			1	2	3			4	1	2	3	4								
45	1.90																			
46	1.90																			
47	1.95																			
48	2.00																			
49	2.05																			
50	2.10																			
51	2.15																			
52	2.15					0.15	+0.20 0													
53	2.20																			
54	2.25																			
55	2.30																			
56	2.35																			
57	2.40																			
58	2.40		1.50	1.75	2.00	2.50														
59	2.45																			
60	2.50																			
61	2.55																			
62	2.60																			
63	2.65																			
64	2.65																			
65	2.70																			
66	2.75																			
67	2.80																			
68	2.85																			
69	2.90																			

$F_a < 21.5 N$   
时:  $\pm 30\%$   
 $F_a \geq 21.5 N$   
时:  $\pm 20\%$

$F_t < 10 N$   
时:  $\pm 30\%$   
 $F_t \geq 10 N$   
时:  $\pm 20\%$

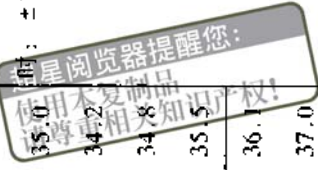


续表 26.6-6

基本直径 $d_1$	径向厚度 $a_1$ “正常”		环高 $h_1$				闭口工作间 隙 $s_1$		切向弹力 $F_1/N$				径向弹力 $F_d/N$			
	基本 尺寸	极限 偏差	尺寸分栏				基本 尺寸	极限 偏差	与 $h_1$ 分栏对应				与 $h_1$ 分栏对应			
			1	2	3	4			1	2	3	4	1	2	3	4
70	2.90								8.1	9.4	10.8	13.5	17.4	20.2	23.2	29.0
71	2.95								8.3	9.7	11.1	13.8	17.8	20.9	23.9	29.7
72	3.00					0.20	+0.25 0	8.5	9.9	11.3	14.2	18.3	21.3	24.3	30.5	
73	3.05							8.6	10.1	11.6	14.5	18.5	21.7	24.9	31.2	
74	3.10							8.8	10.3	11.8	14.8	18.9	22.1	25.4	31.8	
75	3.15							9.0	10.5	12.0	15.1	19.4	22.6	25.8	32.5	
76	3.15							8.8	10.2	11.7	14.7	18.9	21.9	25.2	31.6	
77	3.20							8.9	10.5	12.0	15.0	19.1	22.6	25.8	32.3	
78	3.25	±0.15						9.1	10.7	12.2	15.3	19.6	23.0	26.2	32.9	
79	3.30	同一片 环上最大 公差:	1.50	1.75	2.00	2.50		9.3	10.9	12.5	15.6	20.0	23.4	26.9	33.5	
80	3.35							9.5	11.1	12.7	16.0	20.4	23.9	27.3	34.4	
81	3.40							9.7	11.4	13.0	16.3	20.9	24.5	28.0	35.0	
82	3.40					0.25	-0.25 0	9.5	11.1	12.7	15.9	20.4	23.9	27.3	34.2	
83	3.45							9.7	11.3	12.9	16.2	20.9	24.3	27.7	34.8	
84	3.50							9.9	11.5	13.2	16.5	21.3	24.7	28.4	35.5	
85	3.55							10.1	11.8	13.5	16.8	21.7	25.4	29.0	36.1	
86	3.60							10.3	12.0	13.7	17.2	22.1	25.8	29.5	37.0	
87	3.65							10.4	12.2	14.0	17.5	22.4	26.2	30.1	37.6	
88	3.65							10.2	11.9	13.6	17.1	21.9	25.6	29.2	36.8	
89	3.70							10.4	12.2	13.9	17.4	22.4	26.2	29.9	37.4	

$F_d < 21.5 N$   
时: ±30%  
 $F_d \geq 21.5 N$   
时: ±20%

$F_1 < 10 N$   
时: ±30%  
 $F_1 \geq 10 N$   
时: ±20%





续表 26.6-6

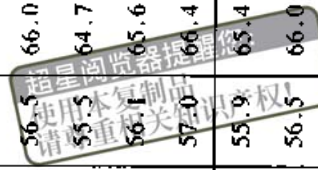
基本直径 $d_1$	径向厚度 $d_t$ “正常”		环高 $h_1$				闭口工作间隙 $s_1$		切向弹力 $F_t, \text{N}$				径向弹力 $F_d, \text{N}$				极限偏差	
	基本尺寸	极限偏差	尺寸分档				基本尺寸	极限偏差	与 $h_1$ 分档对应				与 $h_1$ 分档对应					
			1	2	3	4			1	2	3	4	1	2	3	4		
90	3.75								12.3	14.1	17.6	21.2	26.4	30.3	37.8	45.6		
91	3.80								12.5	14.3	18.0	21.6	26.9	30.7	38.7	46.4		
92	3.85								12.8	14.6	18.3	22.0	27.5	31.4	39.3	47.3		
93	3.90	$\pm 0.15$							13.0	14.9	18.6	22.4	28.0	32.0	40.0	48.2		
94	3.90	同一片 环上最大差： 0.15	1.75	2.00	2.50	3.00			12.7	14.5	18.2	21.9	27.3	31.2	39.1	47.1		
95	3.95								12.9	14.8	18.5	22.3	27.7	31.8	39.8	47.9		
96	4.00								13.2	15.1	18.8	22.6	28.4	32.5	40.4	48.6		
97	4.05								13.4	15.3	19.2	23.0	28.8	32.9	41.3	49.5		
98	4.10								13.6	15.6	19.5	23.4	29.2	33.5	41.9	50.3		$F_d < 21.5 \text{ N}$
99	4.15							0.30	13.8	15.8	19.8	23.8	29.7	34.0	42.6	51.2		时： $\pm 30\%$
100	4.15								15.5	19.4	23.3	23.3	33.3	41.7	50.1	51.0		$F_d \geq 21.5 \text{ N}$
101	4.20								15.7	19.7	23.7	23.7	33.8	42.4	51.0	51.0		时： $\pm 20\%$
102	4.25								—	16.0	20.0	24.0	—	34.4	43.0	51.6		
103	4.25	$\pm 0.20$							—	16.2	20.3	24.4	—	34.8	43.6	52.5		
104	4.30	同一片 环上最大差： 0.20	—	2.00	2.50	3.00			—	15.9	19.9	23.9	—	34.2	42.8	51.4		
105	4.35								16.1	20.1	24.2	24.2	34.6	43.2	52.0	52.0		
106	4.40								16.3	20.4	24.6	24.6	35.0	43.9	52.9	52.9		
107	4.40								—	16.0	20.0	24.1	—	34.4	43.0	51.8		
108	4.45								16.2	20.3	24.4	24.4	34.8	43.6	52.5	52.5		
109	4.50								16.4	20.6	24.8	24.8	35.3	44.3	53.3	53.3		

续表 26.6-6

基本直径 $d_1$	径向厚度 $a_1$ “正常”		环高 $h_1$				闭口工作间 隙 $s_1$		切向弹力 $F_t/N$				径向弹力 $F_d/N$			
	基本尺寸	极限偏差	尺寸分栏				基本尺寸	极限偏差	与 $h_1$ 分栏对应				与 $h_1$ 分栏对应			
			1	2	3	4			1	2	3	4	1	2	3	4
110	4.55								20.8	25.0	29.2		44.7	53.8	62.8	
111	4.55								20.4	24.5	28.6		43.9	52.7	61.5	
112	4.60								20.7	24.9	29.0		44.5	53.5	62.4	
113	4.65								21.0	25.2	29.4		45.2	54.2	63.2	
114	4.70								21.3	25.6	29.8		45.8	55.0	64.1	
115	4.70								20.9	25.1	29.3		44.9	54.0	63.0	
116	4.75								21.1	25.4	29.7		45.4	54.6	63.9	
117	4.80								21.4	25.8	30.1		46.0	55.5	64.7	
118	4.85	$\pm 0.20$							21.0	25.3	29.5		45.2	54.4	63.4	
119	4.85	同一片 环上最大差： 0.20					0.35	$+0.25$ 0	21.3	25.6	29.9		45.8	55.0	64.3	
120	4.90		2.50	3.00	3.50				21.6	25.9	30.3		46.4	55.7	65.1	
121	4.95								21.9	26.3	30.7		47.1	56.5	66.0	
122	4.95								21.5	25.8	30.1		46.2	55.5	64.7	
123	5.00								21.8	26.1	30.5		46.9	56.1	65.6	
124	5.05								22.0	26.5	30.9		47.3	57.0	66.4	
125	5.05								21.6	26.0	30.4		46.4	55.9	65.4	
126	5.10								21.9	26.3	30.7		47.1	56.5	66.0	
127	5.15								22.2	26.7	31.1		47.7	57.4	66.9	
128	5.20								22.5	27.0	31.5		48.4	58.1	67.7	
129	5.20								22.1	26.5	31.0		47.5	57.0	66.7	

$F_d < 21.5 N$   
时:  $\pm 30\%$   
 $F_d \geq 21.5 N$   
时:  $\pm 20\%$

$F_t < 10 N$   
时:  $\pm 30\%$   
 $F_t \geq 10 N$   
时:  $\pm 20\%$



续表 26.6-6

基本直径 $d_1$	径向厚度 $a_1$ “正常”		环高 $h_1$				闭口工作间 隙 $s_1$		切向弹力 $F_t/N$				径向弹力 $F_r/N$				极限 偏差				
	基本 尺寸	极限 偏差	尺寸分栏				基本 尺寸	极限 偏差	与 $h_1$ 分栏对应				与 $h_1$ 分栏对应								
			1	2	3	4			1	2	3	4	1	2	3	4					
130	5.25								22.3	26.8	31.3		47.9	57.6	67.3						
131	5.30								22.6	27.1	31.6		48.6	58.3	67.9						
132	5.30								—	22.2	26.6	31.1		—	47.7	57.2	66.9				
133	5.35								—	22.4	27.0	31.5		—	48.2	58.1	67.7				
134	5.40								—	22.7	27.3	31.9		—	48.8	58.7	68.6				
135	5.40					2.50	3.00	3.50		22.3	26.8	31.3		47.9	57.6	67.3					
136	5.45									22.6	27.2	31.7		48.6	58.5	68.2					
137	5.50									—	22.9	27.5	32.1		—	49.2	59.1	69.0			
138	5.50	$\pm 0.20$								—	22.5	27.0	31.6		—	48.4	58.1	67.9			
139	5.55	同一片 环上最 大差:							0.40	—	22.8	27.3	31.9		—	49.0	58.7	68.6			
140	5.60										27.7	32.3	36.9			59.6	69.4	79.3			
141	5.65										28.0	32.7	37.4			60.2	70.3	80.4			
142	5.65										—	27.5	32.2	36.8		—	59.1	69.2	79.1		
143	5.70										—	27.8	32.5	37.2		—	59.8	69.9	80.0		
144	5.75					3.00	3.50	4.00			—	28.2	32.9	37.6		—	60.6	70.7	80.8		
145	5.75										27.7	32.4	37.0			59.6	69.7	79.6			
146	5.80										28.0	32.7	37.4			60.2	70.3	80.4			
147	5.85										—	28.3	33.1	37.9		—	60.8	71.2	81.5		
148	5.85										—	27.9	32.6	37.3		—	60.0	70.1	80.2		
149	5.90										28.2	33.0	37.7			60.6	71.0	81.1			

$F_d < 21.5 N$   
时:  $\pm 30\%$

$F_d \geq 21.5 N$   
时:  $\pm 20\%$

$F_t < 10 N$   
时:  $\pm 30\%$

$F_t \geq 10 N$   
时:  $\pm 20\%$

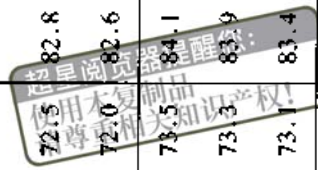
磷化环:  
0  
-0.030

续表 26.6-6

基本直径 $d_1$	径向厚度 $a_1$ “正常”		环高 $h_1$				闭口工作间 隙 $s_1$		切向弹力 $F_t/N$				径向弹力 $F_r/N$				极限 偏差
	基本 尺寸	极限 偏差	尺寸分栏				基本 尺寸	极限 偏差	与 $h_1$ 分栏对应				与 $h_1$ 分栏对应				
			1	2	3	4			1	2	3	4	1	2	3	4	
150	5.95								28.3	33.1	37.8		60.8	71.2	81.3		
152	6.00								28.2	32.9	37.7		60.6	70.7	81.1		
154	6.05								28.1	32.8	37.5		60.4	70.5	80.6		
155	6.10								28.4	33.2	37.9		61.1	71.4	81.5		
156	6.15								28.7	33.5	38.3		61.7	72.0	82.3		
158	6.20								28.6	33.4	38.2		61.5	71.8	82.1		
160	6.25								28.5	33.2	38.0		61.3	71.4	81.7		
162	6.35	$\pm 0.20$	3.00	3.50	4.00	0.50			29.0	33.9	38.8		62.4	72.9	83.4		
164	6.40	同一片 环上最 大差:							28.9	33.8	38.7		62.1	72.7	83.2		
165	6.40	0.20							28.5	33.3	38.1		61.3	71.6	81.9		
166	6.45								28.8	33.7	38.5		61.9	72.5	82.8		
168	6.50								28.7	33.5	38.4		61.7	72.0	82.6		
170	6.60								29.3	34.2	39.1		63.0	73.5	84.1		
172	6.65								29.2	34.1	39.0		62.8	73.3	83.9		
174	6.70								29.1	34.0	38.8		62.6	73.1	83.4		
175	6.75								34.1	39.0	44.0		73.3	83.9	94.6		
176	6.80		3.50	4.00	4.50	0.60			34.5	39.4	44.4		74.2	84.7	95.5		
178	6.85								34.3	39.3	44.2		73.7	84.5	95.0		

$F_{t1} < 10 N$   
时:  $\pm 30\%$   
 $F_{t1} \geq 10 N$   
时:  $\pm 20\%$

$F_{r1} < 21.5 N$   
时:  $\pm 30\%$   
 $F_{r1} \geq 21.5 N$   
时:  $\pm 20\%$



续表 26.6-6

基本直径 $d_1$	径向厚度 $a_1$ “正常”				环高 $h_1$				闭口工作间隙 $\delta_1$		切向弹力 $F_t/N$				径向弹力 $F_r/N$				极限偏差			
	基本尺寸		极限偏差		尺寸分栏				基本尺寸		极限偏差		与 $h_1$ 分栏对应				与 $h_1$ 分栏对应					
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2		3	4	
180	6.90												34.2	39.1	44.1		73.5	84.1		94.8		
182	6.95												—	34.1	39.0	43.9	—	73.3	83.9		94.4	
184	7.05												—	34.7	39.7	44.7	—	74.6	85.4		96.1	
185	7.05												—	34.3	39.2	44.2	—	73.7	84.3		95.0	
186	7.10												—	34.6	39.6	44.6	—	74.4	85.1		95.9	
188	7.15	$\pm 0.20$												—	34.5	39.5	44.4	—	74.2	84.9		95.5
190	7.20	同一片				3.50	4.00	4.50					0.60	—	34.4	39.3	44.3		74.0	84.5		95.2
192	7.25	环上最大差:											$+0.30$ $0$	—	34.3	39.2	44.2		73.7	84.3		95.0
194	7.35	0.20												—	34.9	39.9	44.9		75.0	85.8		96.5
195	7.35													—	34.5	39.5	44.4		74.2	84.9		95.5
196	7.40													—	34.8	39.8	44.8		74.8	85.6		96.3
198	7.45													—	34.7	39.7	44.7		74.6	85.4		96.1
200	7.50													—	34.6	39.6	44.5		74.4	85.1		95.7

注: 1. 中间尺寸的环(如修理尺寸), 其径向厚度可选用邻近较小基本直径环的尺寸。

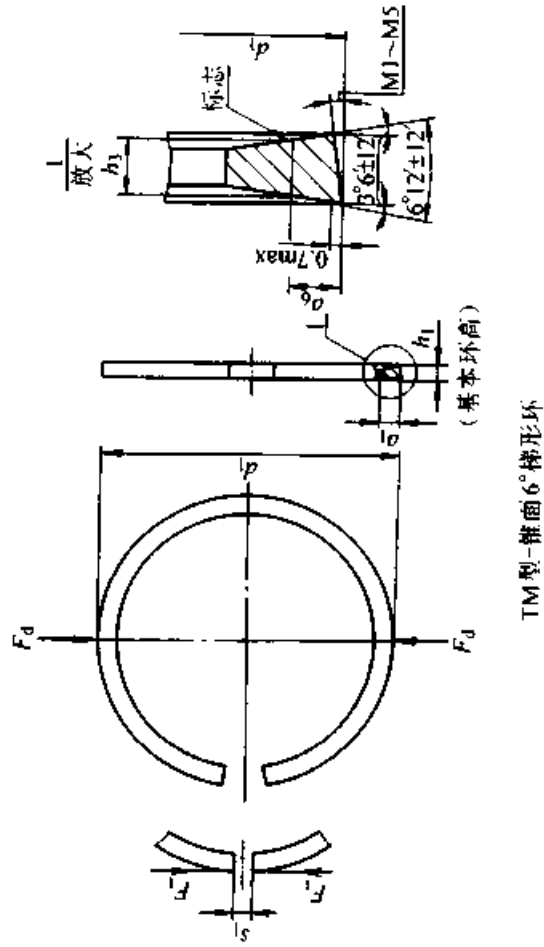
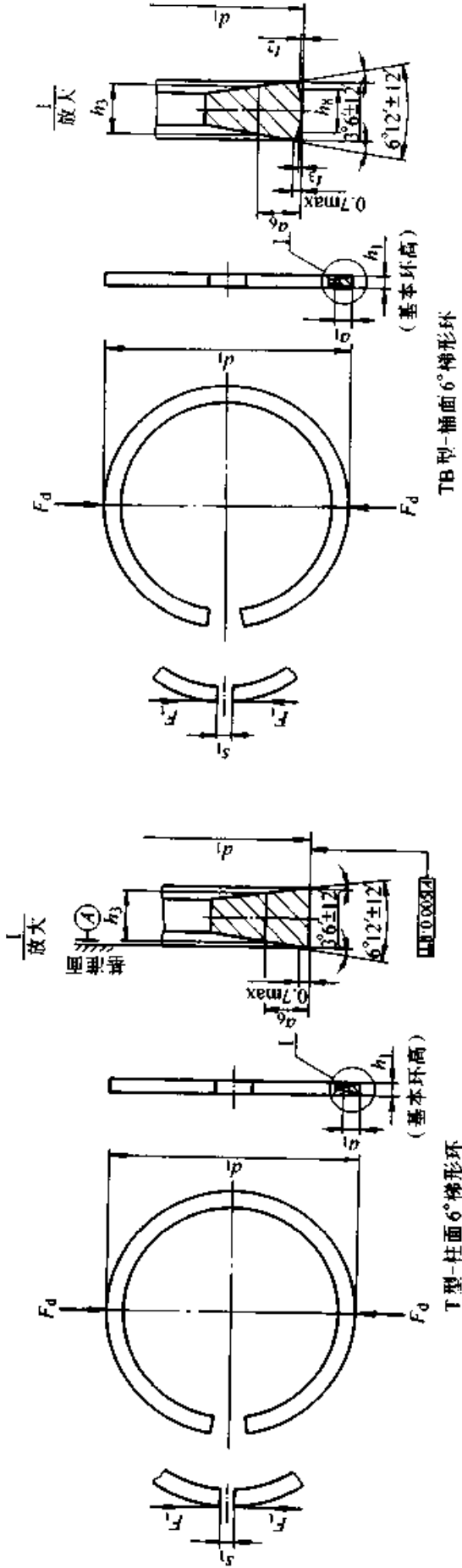
2. 本表所列  $F_t$  和  $F_r$  适用于典型弹性模量  $E$  为 100 GPa 的灰铸铁环。

平均弹力按径向厚度的基本尺寸 ( $a_1$ ) 和平均环高 ( $h_1$ ) 计算。

3. 本标准规定  $F_r/F_t$  的平均比值为 2.15。直径小于或等于 50mm 的环, 其  $F_r/F_t$  的比值由供需双方协商决定。

表 26.6-7 T、TB 和 TM 型 6° 梯形环的规格 (摘自 GB/T 14223—1993)

(mm)



超星阅读器提醒您：  
使用本复制品  
请尊重相关知识产权！

续表 26.6-7

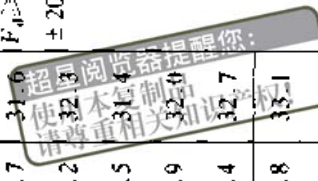
基本直径 $d_1$	径向厚度 $a_1$ “正常”		环高 $h_1$ 分栏		方法 A			方法 B			闭口 工作间隙 $s_1$		切向弹力 $F_t/N$		径向弹力 $F_r/N$	
	基本尺寸	极限偏差	给定尺寸 $a_6$	与 $h_1$ 分栏对应	被测尺寸 $h_3$		被测值 $a_6$	基本尺寸	与 $h_1$ 分栏对应	被测值	基本尺寸	极限偏差	与 $h_1$ 分栏对应	极限偏差	与 $h_1$ 分栏对应	极限偏差
					1	2										
70	2.90															
71	2.95															
72	3.00															
73	3.05															
74	3.10															
75	3.15															
76	3.15															
77	3.20															
78	3.25	$\pm 0.15$														
79	3.30	同一片														
80	3.35	环上最大差:	1.5	1.832	2.332	磷化环: $+0.010$ $-0.024$	1.82	2.32	1.61	磷化环: $+0.09$ $-0.22$	0.25					
81	3.40	0.15														
82	3.40															
83	3.45															
84	3.50															
85	3.55															
86	3.60															
87	3.65															
88	3.65															
89	3.70															

$F_t < 10 N$  时:  
 $\pm 30\%$

$F_t \geq 10 N$  时:  
 $\pm 20\%$

$F_r < 21.5 N$  时:  
 $\pm 30\%$

$F_r \geq 21.5 N$  时:  
 $\pm 20\%$



续表 26.6-7

基本直径 $d_1$	径向厚度 $a_1$		环高 $h_1$ 分栏		方法 A			方法 B			闭口工作间隙 $s_1$		切向弹力 $F_t/N$		径向弹力 $F_r/N$			
	基本尺寸	极限偏差	给定尺寸 $a_6$	被测尺寸 $h_3$		给定尺寸 $h_3$ 与 $h_1$ 分栏对应	被测值 $a_6$		基本尺寸	极限偏差	基本尺寸	极限偏差	与 $h_1$ 分栏对应		与 $h_1$ 分栏对应			
				与 $h_1$ 分栏对应	极限偏差		基本尺寸	极限偏差					1	2	1	2		
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2		
90	3.75											16.1	19.6	34.6	42.1			
91	3.80											16.3	20.0	35.0	43.0			
92	3.85											16.6	20.3	35.7	43.6			
93	3.90	$\pm 0.15$										16.9	20.6	36.3	44.3			
94	3.90	同一片环上最大差:										16.5	20.2	35.5	43.4			
95	3.95											16.8	20.5	36.1	44.1			
96	4.00	0.15										17.1	20.9	36.8	44.9			
97	4.05											17.3	21.2	37.2	45.6			
98	4.10											17.6	21.5	37.8	46.2			
99	4.15											17.9	21.9	38.5	47.1			
100	4.15		2.0	2.278	2.278	2.778	2.77	2.77	2.08	磷化环: $+0.010$ $-0.024$	磷化环: $+0.09$ $-0.22$	基本尺寸: $+0.30$ 0	17.5	21.4	37.6	46.0		
101	4.20		2.5	3.0	2.278	2.778	2.77	2.77	2.08	磷化环: $+0.010$ $-0.024$	磷化环: $+0.09$ $-0.22$	基本尺寸: $+0.30$ 0	17.7	21.7	38.1	46.7		
102	4.25											18.0	22.0	38.7	47.3			
103	4.30	$\pm 0.20$										18.2	22.3	39.1	47.9			
104	4.30	同一片环上最大差:										17.9	21.9	38.5	47.1			
105	4.35											18.1	22.2	38.9	47.7			
106	4.40	0.20										18.3	22.5	39.3	48.4			
107	4.40											18.0	22.0	38.7	47.3			
108	4.45											18.2	22.3	39.1	47.9			
109	4.5											18.4	22.6	39.6	48.6			

浏览器提醒您：  
请尊重知识产权



续表 26.6-7

基本直径 $d_1$	径向厚度 $a_1$ “正常”		环高 $h_1$ 分栏		方法 A			方法 B			闭口 工作间隙		切向弹力 $F_t$ /N		径向弹力 $F_r$ /N		
	基本尺寸	极限偏差	给定尺寸 $a_0$	被测尺寸 $h_1$		被测值 $a_0$	基本尺寸	给定尺寸 $h_1$ 与 $h_1$ 分栏对应		基本尺寸	极限偏差	基本尺寸	极限偏差	与 $h_1$ 分栏对应		与 $h_1$ 分栏对应	
				1	2			1	2					1	2	1	2
110	4.55													40.0	49.0	40.0	49.0
111	4.55													39.1	48.2	39.1	48.2
112	4.60													39.8	48.8	39.8	48.8
113	4.65													40.2	49.2	40.2	49.2
114	4.70													40.6	49.9	40.6	49.9
115	4.70													40.0	49.0	40.0	49.0
116	4.75													40.4	49.7	40.4	49.7
117	4.80		2.0	2.278	2.778		2.27	2.77	2.08					40.9	50.3	40.9	50.3
118	4.80	$\pm 0.20$								0				40.2	49.2	40.2	49.2
119	4.85	同一片 环上最大差:								-0.024				40.6	49.9	40.6	49.9
120	4.90									磷化环: +0.010 -0.024	磷化环: +0.09 -0.22			41.1	50.5	41.1	50.5
121	4.95	0.20												41.5	51.2	41.5	51.2
122	4.95													40.9	50.3	40.9	50.3
123	5.00													41.3	50.7	41.3	50.7
124	5.05													41.7	51.4	41.7	51.4
125	5.05													50.3	59.8	50.3	59.8
126	5.10													51.0	60.4	51.0	60.4
127	5.15		2.5	2.724	3.224		2.71	3.21	2.63					51.6	61.3	51.6	61.3
128	5.20													52.0	61.9	52.0	61.9
129	5.20													51.2	60.8	51.2	60.8

请单击浏览器提醒您  
使用复制品  
请尊重相关知识

续表 26.6-7

基本直径 $d_1$	径向厚度 $a_1$ “正常”		环高 $h_1$ 分栏		方法 A		方法 B		闭口工作间隙		切向弹力 $F_t/N$			径向弹力 $F_d/N$			
	基本尺寸	极限偏差	1	2	给定尺寸 $a_6$	被测尺寸 $h_1$	与 $h_1$ 分栏对应	给定尺寸 $h_3$	被测值 $a_6$	基本尺寸	极限偏差	与 $h_1$ 分栏对应		与 $h_1$ 分栏对应		极限偏差	极限偏差
												1	2	1	2		
130	5.25											24.0	28.5	51.6	61.3		
131	5.30											24.3	28.9	52.2	62.1		
132	5.30											23.9	28.4	51.4	61.1		
133	5.35											24.1	28.7	51.8	61.7		
134	5.40											24.4	29.0	52.5	62.4		
135	5.40											24.0	28.5	51.6	61.3		
136	5.45											24.3	28.8	52.2	61.9		
137	5.50											24.5	29.1	52.7	62.6		
138	5.50	$\pm 0.20$										24.1	28.7	51.8	61.7		
139	5.55	同一片										24.4	29.0	52.5	62.4		
140	5.60	环上最大差:	3.0	3.5	2.5	2.724	3.224	2.71	3.21	2.63	磷化环: 0.40	24.6	29.3	52.9	63.0		
141	5.65	0.20										24.9	29.6	53.5	63.6		
142	5.65											24.5	29.1	52.7	62.6		
143	5.70											24.7	29.4	53.1	63.2		
144	5.75											25.0	29.7	53.8	63.9		
145	5.75											24.6	29.3	52.9	63.0		
146	5.80											24.9	29.6	53.5	63.6		
147	5.85											25.1	29.9	54.0	64.3		
148	5.85											24.7	29.4	53.1	63.2		
149	5.90											25.0	29.7	53.8	63.9		



续表 26.6-7

基本直径 $d_1$	径向厚度 $a_1$ “正常”		环高 $h_1$ 分栏		方法 A			方法 B			闭口工作间隙 $s_1$		切向弹力 $F_t/N$			径向弹力 $F_r/N$			
	基本尺寸	极限偏差	给定尺寸 $a_0$	与 $h_1$ 分栏对应	被测尺寸 $h_3$		被测值 $a_6$	给定尺寸 $h_3$ 与 $h_1$ 分栏对应		基本尺寸	极限偏差	基本尺寸	极限偏差	与 $h_1$ 分栏对应		极限偏差	与 $h_1$ 分栏对应		极限偏差
					1	2		1	2					1	2		1	2	
150	5.95													25.0	29.8		53.8	64.1	
152	6.00													24.9	29.7		53.5	63.9	
154	6.05													24.8	29.5		53.3	63.4	
155	6.10													25.0	29.8		53.8	64.1	
156	6.15													25.2	30.1		54.2	64.7	
158	6.20													25.1	29.9		54.0	64.3	
160	6.25		2.5	2.724	3.224			2.71	3.21	2.63				25.0	29.8		53.8	64.1	
162	6.35													25.4	30.3		54.6	65.1	
164	6.40	$\pm 0.20$											0.50	25.3	30.2		54.4	64.9	
165	6.40	同一片环上最大差:												25.0	29.8		53.8	64.1	
166	6.45	0.20												25.2	30.0		54.2	64.5	
168	6.50													25.1	29.9		54.0	64.3	
170	6.60													30.4	35.4		65.4	76.3	
172	6.65													30.3	35.2		65.1	75.7	
174	6.70													30.2	35.1		64.9	75.5	
175	6.75		3.0	3.172	3.672			3.15	3.65	3.20				30.3	35.2		65.1	75.7	
176	6.80												0.60	30.5	35.5		65.6	76.3	
178	6.85													30.4	35.4		65.4	76.1	

超等密封器提醒您：  
侵权必究  
请尊重知识产权

$F_d < 21.5 N$  时:  
 $\pm 30\%$   
 $F_d \geq 21.5 N$  时:  
 $\pm 20\%$

$F_t < 10 N$  时:  
 $\pm 30\%$   
 $F_t \geq 10 N$  时:  
 $\pm 20\%$

续表 26.6-7

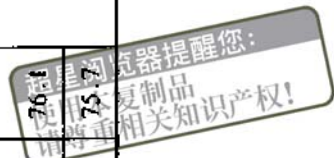
基本直径 $d_1$	径向厚度 $a_1$ “正常”		环高 $h_1$ 分栏		方法 A			方法 B			闭口工作间隙 $s_1$		切向弹力 $F_t/N$			径向弹力 $F_d/N$		
	基本尺寸	极限偏差	给定尺寸 $a_1$	与 $h_1$ 分栏对应	被测尺寸 $h_3$		被测值 $a_6$	给定尺寸 $h_3$	与 $h_1$ 分栏对应		基本尺寸	极限偏差	与 $h_1$ 分栏对应	与 $h_1$ 分栏对应		与 $h_1$ 分栏对应	极限偏差	
					1	2			1	2				1	2		1	2
180	6.90												65.1	75.7				
182	6.95												64.7	75.5				
184	7.05												65.8	76.8				
185	7.05												65.1	75.7				
186	7.10												65.6	76.3				
188	7.15	$\pm 0.20$ 同一片											65.4	76.1				
190	7.20	环上最	3.0	3.172	3.672		3.15	3.65	3.20	磷化环: 0.60			30.3	35.2				
192	7.25	大差:								+0.09			30.1	35.1				
194	7.35	0.20								-0.27			30.6	35.7				
195	7.35												30.2	35.2				
196	7.40												30.5	35.5				
198	7.45												30.4	35.4				
200	7.50												30.2	35.2				

注: 1. 中间尺寸的环(如修理尺寸), 其径向厚度可选用邻近较小基本直径环的尺寸。

2. 本表所列  $F_t$  和  $F_d$  适用于典型弹性模量  $E$  为 100 GPa 的灰铸铁环。

平均弹力按径向厚度的基本尺寸( $a_1$ )和平均环高( $h_1$ )计算。

3. 本标准规定  $F_d/F_t$  的平均比值为 2.15。





续表 26.6-8

基本直径 $d_1$	径向厚度 $a_1$		环高 $h_1$ 分栏		方法 A				方法 B				闭口工作间隙 $s_1$		切向弹力 $F_t/N$		径向弹力 $F_d/N$		
	基本尺寸	极限偏差	1	2	被测尺寸 $h_3$ 与 $h_1$ 分栏对应		给定尺寸 $h_3$ 与 $h_1$ 分栏对应		被测值 $a_6$		基本尺寸	极限偏差	基本尺寸	极限偏差	1	2	与 $h_1$ 分栏对应	与 $h_1$ 分栏对应	极限偏差
					1	2	1	2	基本尺寸	极限偏差									
43	1.80																8.2	10.5	
44	1.85																8.3	10.8	
45	1.90																8.5	11.2	
46	1.90				1.118	1.418	1.11	1.41	1.06								8.3	10.6	
47	1.95																8.5	10.9	
48	2.00																8.9	11.4	
49	2.05																9.0	11.8	
50	2.10	$\pm 0.15$															9.4	12.1	
51	2.15	同一片															9.6	12.5	
52	2.15	环上最	1.25	1.55													9.2	11.9	$\pm 30\%$
53	2.20	大差:															9.6	12.3	$\pm 30\%$
54	2.25	0.15															9.7	12.7	
55	2.30				1.093	1.393	1.08	1.38	1.3								10.1	13.0	
56	2.35																10.4	13.4	
57	2.40																10.5	13.8	
58	2.40																10.1	13.4	
59	2.45																10.5	13.8	

超星浏览器提醒:  
使用本类制品  
请尊重相关知识产权!

续表 26.6-8

基本直径 $d_1$	径向厚度 $a_1$		环高 $h_1$ 分栏		方法 A				方法 B				闭口 工作间隙 $s_1$		切向弹力 $F_t/\text{N}$		径向弹力 $F_r/\text{N}$			
	基本 尺寸	极限 偏差	1	2	被测尺寸 $h_2$ 与 $h_1$ 分栏对应		给定尺寸 $h_3$ 与 $h_1$ 分栏对应	被测值 $a_0$		基本 尺寸	极限 偏差	基本 尺寸	极限 偏差	与 $h_1$ 分栏对应	与 $h_1$ 分栏对应	1	2	1	2	
					极限 偏差	2		1	2											基本 尺寸
60	2.50																10.7	14.0		
61	2.55																10.9	14.4		
62	2.60																11.3	14.8		
63	2.65	$\pm 0.15$															11.7	15.0		
64	2.65	同上片															11.3	14.4		
65	2.70	环上最	1.20	1.55													11.5	14.8		$\pm 30\%$
66	2.75	大差:															5.3	6.9	6.9	15.3
67	2.80	0.15															5.5	7.1	7.1	15.6
68	2.85																5.5	7.3	7.3	16.0
69	2.90																5.7	7.5	7.5	16.2
70	2.90																5.7	7.6	7.6	16.2
																	5.6	7.3	7.3	15.7

注: 1. 中间尺寸的环(如修理尺寸), 其径向厚度可选用邻近较小基本直径环的尺寸。

2. 本表所列  $F_t$  和  $F_r$  适用于典型弹性模量  $E$  为 100 GPa 的灰铸铁环。

平均弹力按径向厚度的基本尺寸 ( $a_1$ ) 和平均环高 ( $h_1$ ) 计算。

3. 本标准规定  $F_r/F_t$  的平均比值为 2.15。直径小于或等于 50 mm 的环, 其  $F_r/F_t$  的比值由供需双方协商决定。

超星阅读器提醒您:  
使用本复制品  
请尊重相关知识产权!

表 26.6-9 HK 和 HKB 型钢质薄型楔形环的规格

(mm)

基本直径 $d_1$	径向厚度 $a_1$		环高 $h_1$ 分栏		方法 A				方法 B				闭口工作间隙 $s_1$		切向弹力 $F_t/N$		径向弹力 $F_r/N$		
	基本尺寸	极限偏差	1	2	被测尺寸 $h_3$ 与 $h_1$ 分栏对应		给定尺寸 $h_3$ 与 $h_1$ 分栏对应		被测值 $a_6$		基本尺寸	极限偏差	基本尺寸	极限偏差	1	2	与 $h_1$ 分栏对应	与 $h_1$ 分栏对应	极限偏差
					1	2	1	2	基本尺寸	极限偏差									
38																			
39																			
40	1.5																		
41																			
42																			
43																			
44	1.7																		
45																			
46		$\pm 0.15$																	
47		同一片环上最大																	
48		0.15																	
49	1.9																		
50																			
51																			
52																			
53	2.1																		
54																			

超星浏览器提醒您：  
使用本复制品  
请尊重相关知识产权！

$F_d < 21.5 N$   
时:  $\pm 30\%$   
 $F_d \geq 21.5 N$   
时:  $\pm 20\%$

$F_t < 10 N$   
时:  $\pm 30\%$   
 $F_t \geq 10 N$   
时:  $\pm 20\%$



续表 26.6-9

基本直径 $d_1$	径向厚度 $a_1$		环高 $h_1$		方法 A				方法 B				闭口 工作间隙		切向弹力 $F_t/\text{N}$		径向弹力 $F_r/\text{N}$		
	基本 尺寸	极限 偏差	环高 分栏	给定 尺寸 $a_6$	给定尺寸 $h_3$ 与 $h_1$ 分栏对应		被测尺寸 $h_3$ 与 $h_1$ 分栏对应		被测值 $a_6$		$a_7$	$a_7$	基本 尺寸	极限 偏差	与 $h_1$ 分栏对应		与 $h_1$ 分栏对应		极限 偏差
					1	2	1	2	基本 尺寸	极限 偏差					1	2	1	2	
55															12.4	15.6			
56	2.1														12.6	16.0			
57					1.08	1.38	1.08	1.3		0.5 max					6.0	7.5	12.8	16.2	
58															6.0	7.6	12.9	16.4	
59															6.1	7.7	13.1	16.6	
60	2.3														6.2	8.0	13.2	17.2	
61															6.3	8.1	13.6	17.4	
62															6.4	8.2	13.9	17.6	
63		$\pm 0.15$		1.2											6.5	8.3	13.9	17.8	
64		同一片 环上最大: 251.55			1.08	1.38	1.08	1.28	0 -0.19						6.6	8.4	14.1	18.0	
65	2.5	大差: 0.15													6.6	8.6	14.3	18.4	
66															6.7	8.6	14.5	18.6	
67										0.6 max					6.8	8.7	14.7	18.8	
68															6.8	8.8	14.7	19.0	
69															7.0	8.9	15.1	19.2	
70	2.7														7.1	9.1	15.3	19.6	
71															7.2	9.2	15.5	19.8	
72					1.04	1.34	1.04	1.6							7.3	9.3	15.7	20.0	
73															7.3	9.4	15.7	20.1	
74	2.9														7.4	9.5	15.8	20.4	

$F_t < 21.5 \text{ N}$   
时:  $\pm 30\%$   
 $F_t \geq 21.5 \text{ N}$   
时:  $\pm 20\%$

$F_r < 10 \text{ N}$   
时:  $\pm 30\%$   
 $F_r \geq 10 \text{ N}$   
时:  $\pm 20\%$

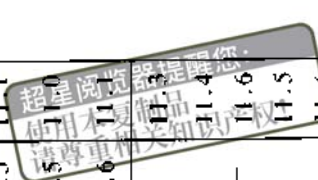
本图仅供参考  
使用时请提醒您:

续表 26.6-9

基本直径 $d_1$	径向厚度 $a_1$		环高 $h_1$ 分栏		方法 A			方法 B			闭口工作间隙 $s_1$		切向弹力 $F_t/\text{N}$		径向弹力 $F_r/\text{N}$		
	基本尺寸	极限偏差	1	2	被测尺寸 $h_3$ 与 $h_1$ 分栏对应		给定尺寸 $a_6$	被测值 $a_6$		基本尺寸	极限偏差	基本尺寸	极限偏差	与 $h_1$ 分栏对应		与 $h_1$ 分栏对应	
					1	2		1	2					1	2	1	2
75														7.5	9.6	16.1	20.7
76	2.9													7.6	9.7	16.3	20.9
77														7.7	9.8	16.6	21.1
78														7.7	10.0	16.6	21.6
79														7.8	10.1	16.8	21.7
80	3.1													7.9	10.3	17.1	22.1
81														8.0	10.4	17.2	22.3
82		$\pm 0.15$	1.25		1.04	1.34	1.6			0.25				8.1	10.5	17.4	22.7
83		同一片												8.1	10.5	17.4	22.7
84		环上最大差:	1.55											8.2	10.6	17.6	22.9
85		0.15												8.4	10.8	17.9	23.2
86	3.3													8.4	10.9	18.2	23.4
87														8.5	11.1	18.4	23.8
88														8.5	11.0	18.3	23.8
89														8.6	11.1	18.5	23.9
90																	24.3
91	3.5																24.5
92										0.30							24.9
93																	24.8
94	3.7																25.0

$F_d < 21.5 \text{ N}$   
时:  $\pm 30\%$   
 $F_d \geq 21.5 \text{ N}$   
时:  $\pm 20\%$

$F_t < 10 \text{ N}$   
时:  $\pm 30\%$   
 $F_t \geq 10 \text{ N}$   
时:  $\pm 20\%$



超星阅读器提醒：  
使用本复制品  
请尊重相关知识产权！

续表 26.6-9

基本直径 $d_1$	径向厚度 $a_1$		环高 $h_1$ 分栏		方法 A			方法 B			闭口 工作间隙		切向弹力 $F_t/N$		径向弹力 $F_d/N$				
	基本 尺寸	极限 偏差	给定 尺寸 $a_6$	$a_7$	被测尺寸 $h_3$ 与 $h_1$ 分栏对应		给定尺寸 $h_3$ 与 $h_1$ 分栏对应	被测值 $a_6$		$a_7$	基本 尺寸	极限 偏差	与 $h_1$ 分栏对应	1	2	与 $h_1$ 分栏对应	1	2	
					1	2		基本 尺寸	极限 偏差										
95																			
96																			
97	3.7	$\pm 0.15$																	
98		同一片 环上最 大差： 0.15	0.6 max																
99																			
100																			

注：1. 中间尺寸的环（如修理尺寸），其径向厚度可选用邻近较小基本直径环的尺寸。

2. 本表所列  $F_t$  和  $F_d$  适用于典型弹性模量  $E_t$  为 200 GPa 的钢质环。

平均弹力按径向厚度的基本尺寸 ( $a_1$ ) 和平均环高 ( $h_1$ ) 计算。

3. 本标准规定  $F_d/F_t$  的平均比值为 2.15。直径小于或等于 50 mm 的环，其  $F_d/F_t$  的比值由供需双方协商决定。

超星浏览器提醒您：  
 禁止非法复制品  
 请尊重相关知识产权！

## 第 7 章 非接触式密封

### 1 迷宫密封

迷宫密封是在旋转部件与静止部件之间设置迷宫间隙，利用流体流经环形密封齿与轴形成的一系列节流间隙与膨胀空腔，产生节流效应而达到阻漏目的。

迷宫密封具有结构简单、无磨损、功耗少、使用寿命长、不需润滑和维修方便等优点。迷宫密封可用于高温、高压、高转速和大尺寸条件下的气体密封，亦可用于液体密封。广泛用于汽轮机、离心压缩机、鼓风机、涡轮膨胀机等机器的

轴端和级间密封。

迷宫密封不能杜绝泄漏，而是用逐级膨胀的方法增加流阻抑制泄漏。迷宫密封零件加工精度要求较高，装配较为困难，如设计组装不良，又有压差作用时，会产生较大的泄漏。

#### 1.1 迷宫气体密封

##### (1) 结构型式

迷宫气体密封结构型式有密封片和密封环两大类，见表 26.7-1，密封齿型式、特点及用途见表 26.7-2。

表 26.7-1 迷宫气体密封的结构

名称	简图	结构说明	主要特点
密封片	<p>a)</p>	密封片用不锈钢丝嵌在转子上的狭槽中	<p>结构紧凑；相碰时密封片能向两旁弯折，减少摩擦；拆换方便；装配不好，有时会被气流吹倒。</p> <p>b 图密封效果比 a 图好，但转子上密封片有时会被惯性离心力甩出</p>
	<p>b)</p>	转子和机壳上都装有密封片	
密封环	<p>c)</p>	密封环由 6~8 块扇形块组成，装入机壳的槽子中，用弹簧片将每块环压紧在机壳上，弹簧压紧力约为 60~100 N	轴与齿环相碰时，齿环自行弹开，避免摩擦；结构尺寸较大，加工复杂；齿磨损后要将整块密封环调换，应用不及密封片结构广泛

表 26.7-2 密封齿型式

序号	简 图	尺 寸 / mm	特 点 及 用 途	
1		$s = 4$ $a = 2$ $h = 5$ $h_1 = 5$	平齿结构，其结构简单，密封效果较差，常用于低压场合，如压缩机、鼓风机级间汽封	
2		$s = 5.5$ $a = 2$ $h = 8$ $h_1 = 7 \sim 10$ $h_2 = 12 \sim 15$	高低齿结构，可强制改变气流方向，节流效果好。 适用于压缩机、鼓风机平衡盘轴端密封	
3		$s = 4$ $a = 2$ $h = 5$ $h_1 = 5$	$c = 3$ $\alpha = 20^\circ$ $r = 6$ $b = 1.5$	阶梯形齿结构，便于安装，密封效果较平齿好，但径向尺寸大，适用压缩机、鼓风机轮盖密封
4		$s = 5$ $a = 0.2$ $h = 2.5$	$h_1 = 3.6$ $a_1 = 1.4$	适用于压力不大的场合，汽轮机低压轴端密封、压缩机、鼓风机级间密封
5		$s = 4.5, 5$ $a = 0.2$ $a_1 = 1.4$ $h = 2.8, 4$ $h_1 = 2, 4$	$h_2 = 4, 8$ $r = 4.5, 5$ $r_1 = 4.5, 5$ $b = 2$	可强制改变气流方向，节流效果好，适用于汽轮机中压轴端密封、压缩机、鼓风机轴端密封
6		$s = 7$ $a_1 = 3$ $h_1 = 5$	$a = 0.5$ $h = 3.5$	密封效果好，常用于高压汽轮机轴端密封

超星阅读器提醒您  
使用本复制品  
请尊重相关知识产权!

序号	简 图	尺 寸 / mm	特点及用途
7		$s = 3, 4.5$ $h = 3, 5$ $a = 0.2$ $\alpha = 20^\circ$	平齿结构, 密封效果较差, 常用于低压场合, 适用于压缩机、鼓风机平衡盘级间密封
8		$s = 6$ $h = 6$ $b = 1.5$ $\alpha = 20^\circ$ $t = 6$	阶梯形齿结构, 密封效果较平齿好, 但径向尺寸大, 适用于压缩机、鼓风机轮盖密封

(2) 密封片数目及径向间隙

迷宫密封密封片数目及径向间隙见表 26.7-3。

(3) 密封齿材料

迷宫密封的密封齿材料主要根据密封的工作

温度和介质选择, 表 26.7-4 为汽轮机用迷宫密封齿材料。

表 26.7-3 迷宫密封片数目及径向间隙

项 目	符号	参数选取	说明	备 注
迷宫密封片数目	Z	一般情况下: $Z = 7 \sim 12$ 叶轮轮盖密封片: $Z = 4 \sim 6$		密封片数目过多占有较长的轴向尺寸, 对泄漏量的进一步降低作用不大; 但太少达不到密封的效果, 密封片数目一般不超过 35 片
迷宫密封最小径向间隙	$\delta / \text{mm}$	按下式作初步估算: $\delta = 0.2 + (0.3 \sim 0.6) \frac{D}{1000}$	D—密封直径/mm	一般汽轮机密封间隙要大些, 涡轮压缩机与水轮机密封间隙要小些。在采用软质材料涂层时, 径向间隙可取小些, 常用涂层材料为锡铋、铅铋合金、石墨、聚四氟乙烯

表 26.7-4 汽轮机用迷宫密封齿材料

用途	材料牌号	适用温度/℃	用途	材料牌号	适用温度/℃
密封片	1Cr18Ni9Ti	< 500	密封环	1Cr11MoV	< 540
	T2	< 250		1Cr12Mo	< 540
	H62	< 250		1Cr13	< 450
	HPb59-1	< 250		ZCuSn5Pb5Zn5	< 350
	2A16	< 250		2A80	< 250
	2A12	< 150		ZL104, ZL109	< 250
	8A06	< 150			

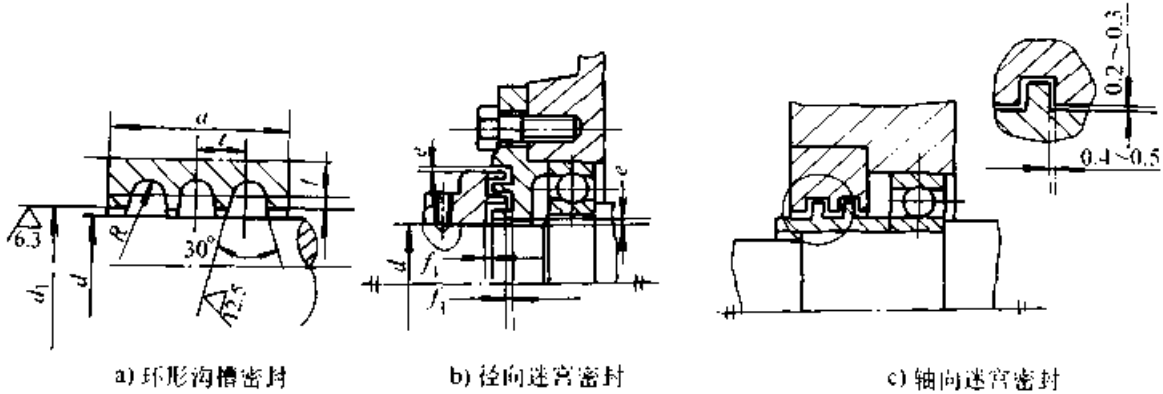
## 1.2 迷宫液体密封

迷宫液体密封可用于各种回转机器中密封润滑油或润滑脂，如齿轮传动装置、轴承等密封。它与毡圈式及油封相比具有密封零件不易损坏、要求保养条件不高、轴的圆周速度不受限制等优点。

点，其结构、尺寸可参考表 26.7-5 选取。轴向迷宫密封在因热而伸长的轴上不能使用，可用在负载较重的轴承上。

迷宫密封与其他密封联合使用时，密封效果更为可靠，在重载以及对密封要求高的工作条件下常用联合式密封装置，见图 26.7-1。

表 26.7-5 迷宫液体密封的结构、尺寸 (mm)



环 形 密 封 槽					迷 宫 密 封 槽				
轴径 $d$	25~80	>80~120	>120~180	>180	轴径 $d$	10~50	50~80	80~110	110~180
$R$	1.5	2	2.5	3	$e$	0.2	0.3	0.4	0.5
$t$	4.5	6	7.5	9	$f_1$	1	1.5	2	2.5
$d_1$	$d+1$								
$a_{\min}$	$nt+R$								
$n$ (槽数)	一般 $n=2\sim4$ , 常用 $n=3$								

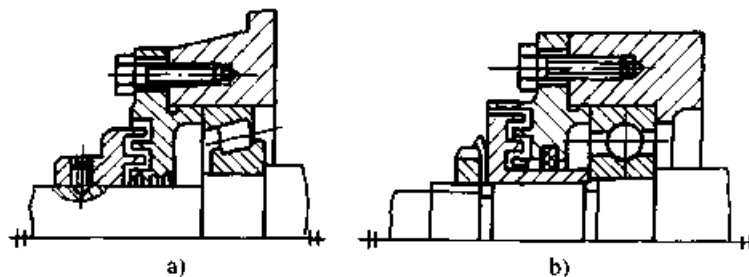


图 26.7-1 常用联合式密封装置

## 2 离心密封

### 2.1 离心密封的类型

离心密封是利用转子旋转，带动流体产生惯性离心力以克服泄漏的密封装置。离心密封装置

的主要类型见图 26.7-2。

离心密封允许较大的密封间隙，因此可以密封含有固相杂质的介质，可以做到零泄漏、无磨损、寿命长。但只适应低压差，消耗功率大，并需要辅以停车密封的场合。

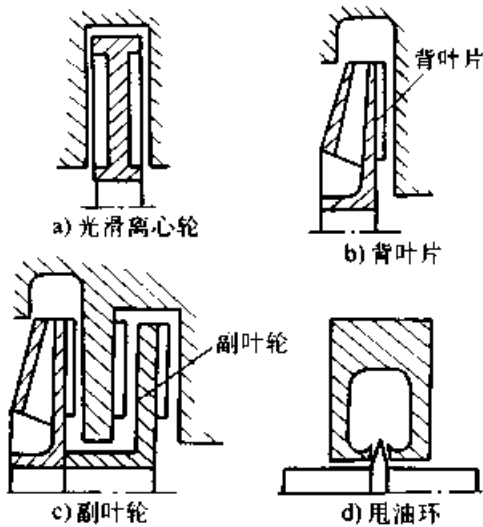


图 26.7-2 离心密封类型

### 2.2 离心密封典型结构

图 26.7-3 为矿浆泵用副叶轮离心密封结构，

用水银、低熔点合金做密封液，适用于高真空和较高温度条件的场合。

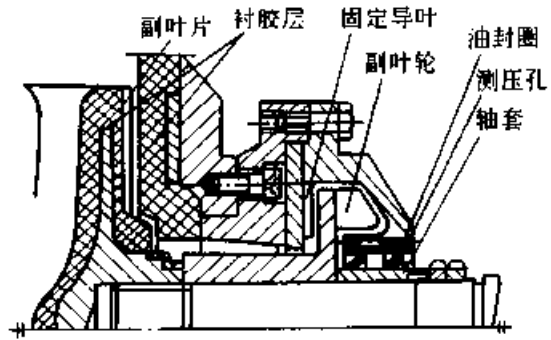


图 26.7-3 矿浆泵用副叶轮离心密封结构

### 2.3 离心密封结构设计

离心密封结构参数见表 26.7-6。

表 26.7-6 离心密封结构参数

项 目	参数选择	说 明
叶片数	8~12 片	副叶轮及背叶片常用径向直叶片，结构简单，制造方便
叶片高度	8~15 mm	必要时可增大至 25 mm，以提高副叶轮承压能力
轴向间隙	0.8~1.2 mm	轴向间隙过大，使副叶轮承压能力下降；间隙过小，安装调整困难。在介质颗粒的碾研干扰作用下，磨损加剧，并容易出现气体夹带现象
径向间隙	2 mm	
副叶轮外径和内径	结构允许条件下 尽量取小值	外径可适当大些，提高承压能力，但使功耗增大
固定导叶高度	5~8 mm	在泵后盖上制出 8~12 片径向固定导叶，提高副叶轮的承压能力

### 3 螺旋密封

螺旋密封也称粘滞密封，是利用刻在轴或孔表面的螺旋槽对被密封的粘性液体产生轴向反压来消除液体外漏的。

螺旋密封具有密封间隙较大，无固体摩擦，可在较高转速下使用且寿命长等特点，可用于低压差，密封粘性介质或利用阻塞液来密封气体。它对许多苛刻条件诸如高温、深冷、腐蚀乃至带

颗粒的液体密封都有效，但须与停车密封联合使用。

螺旋密封主要用于核装置和宇航装置密封，例如气冷堆压缩机密封、增殖堆钠泵密封等，在石油化工方面用于输送原油、渣油和重油泵的轴封中。

#### 3.1 螺旋密封的工作方式

螺旋密封的三种工作方式见表 26.7-7。



表 26.7-7 螺旋密封工作方式

超星浏览器提醒您：  
使用本复制品  
请尊重相关知识产权！

<p>特点 用单段螺旋将漏液推回，用于密封液体或液气混合物；无需外加封液；常用于轴承封油</p>	<p>特点 两段旋向相反的螺旋将封液挤向中间，产生超过被封压力的压力峰，形成液封；常用于密封气体或真空</p>	<p>特点 在高转速下，两反向螺旋将气体向两侧排出，中间形成高真空阱；可作为真空密封</p>

3.2 设计要点

螺旋密封的设计要点见表 26.7-8。

图 26.7-6 所示为二氧化碳循环机螺旋密封

装置，被密封介质为放射性二氧化碳气，采用两段反向螺旋形成液封，并在两段螺旋中间留出一定的光滑段，以保证液封工作的稳定，采用冷却水套进行冷却。

表 26.7-8 螺旋密封设计要点

项 目	说 明	项 目	说 明
赶油方向	在设计螺旋密封时，应特别注意赶油方向，若把方向搞错，则不但不能密封，反而把液体赶到漏出方向。表 26.7-9 列出了螺纹种类、旋向和密封轴转向之间的关系	密封间隙	间隙愈小，对密封愈有利。为尽可能减小间隙，但又避免工作中轴变形与壳体相碰而磨损，在壳体内表面涂一层石墨
设置回油路	如果螺旋密封的长度较长时，最好在螺旋密封的中部设置回油路，图 26.7-4a 中螺纹衬套 2 的中部有环槽通向回油孔；图 b 中将螺纹衬套分为两个，中间有很大的回油空间	螺纹形式及线数	螺杆或螺套的螺纹形式有普通三角形螺纹、锯齿形螺纹、矩形螺纹；螺纹线数可以是单线的，也可以是多线的，对于转速较低的螺旋密封，最好选用多线螺纹；矩形螺纹的主要尺寸可参考表 26.7-10 选取

表 26.7-9 螺旋密封的螺纹旋向和轴的转向

轴转向	右转（顺时针）				左转（反时针）			
螺旋种类	外螺纹（螺杆）		内螺纹（螺套）		外螺纹（螺杆）		内螺纹（螺套）	
螺纹旋向	右旋	左旋	右旋	左旋	右旋	左旋	右旋	左旋
高压侧位置	右边	左边	左边	右边	左边	右边	右边	左边
低压侧位置	左边	右边	右边	左边	右边	左边	左边	右边
流向	→	←	←	→	←	→	→	←

说明：图 26.7-5a 所示为外螺纹、右旋，转向为左转，则其高压侧 p 在左边，赶油流向是向右“→”；而图 26.7-5b 所示为内螺纹、左旋，转向为左转，则其高压侧也在左边，赶油流向是向左“←”。

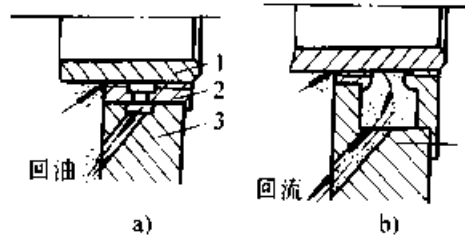


图 26.7.4 回油油路

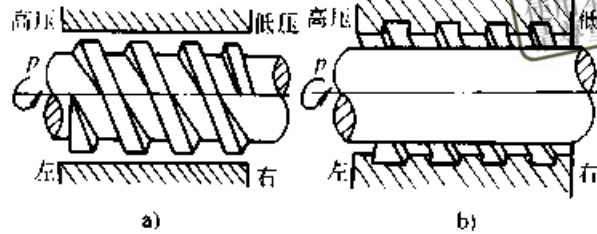


图 26.7.5 螺纹旋向和轴的转向

表 26.7-10 矩形螺纹的主要尺寸

(mm)

轴 径	直径间隙	螺 距	线 数	螺纹槽宽	螺纹槽深
10~18	0.045~0.094	3 5	1	1	0.5
>18~30	0.060~0.118	1 10	2	1	0.5
>30~50	0.075~0.142	10	2	1.5 2	1.0
>50~80	0.095~0.175	10	3	1.5	1.0
>80~120	0.120~0.210	16 24	4	9	1.0

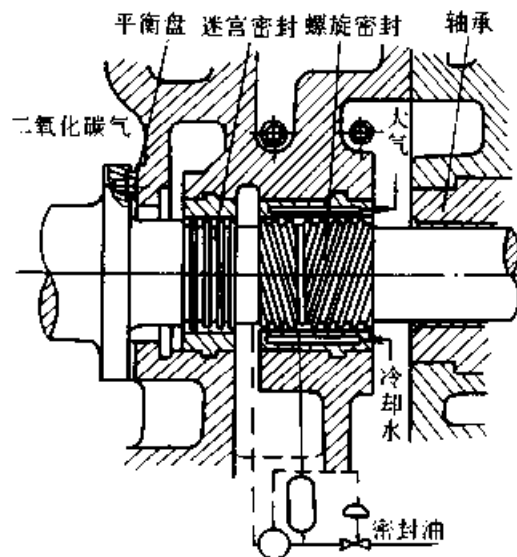
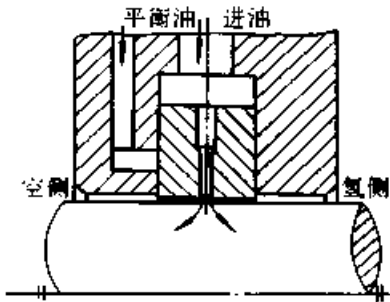
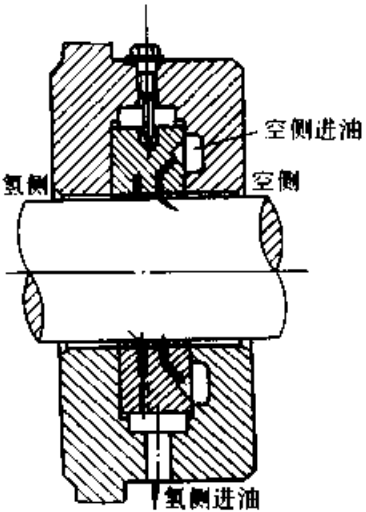
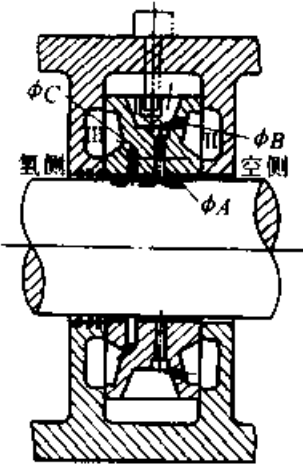


图 26.7.6 二氧化碳循环机螺旋密封装置

### 4 浮动环密封

浮动环密封类型及结构特点见表 26.7-11。

表 26.7-11 浮动环密封类型及结构特点

名称	结构简图	说明
单流浮动环		<p>密封液进入环隙后分两路流向氢侧和空侧。此类密封间隙大，耗油量较大。进入氢侧的油流带入空气并吸收氢气，需要复杂的真空净油设备</p>
剖分型浮动环		<p>氢侧及空侧两股油流在环中央被一段环隙分开，各自成为一个独立的油压系统。空侧油路设均压阀控制两股油流压力相等，以保证两股油流接触处没有油交换。氢侧油路设差压阀控制油压大于氢压，保证氢气不外漏。此结构不用真空净油设备，但需两套油系统</p>
带中间回油的浮动环		<p>封液进入室 I 后，一路经孔 <math>\phi A</math> 进入密封环隙，外漏至空侧回油箱；内漏至氢侧；中途部分通过孔 <math>\phi C</math> 进入中间回油室 III；另一路经孔 <math>\phi B</math> 进入压力平衡室 II。此结构不需要复杂的真空净油设备，系统简单</p>

名 称	结 构 简 图	说 明
带冷却孔矩形浮动环		<p>高压侧浮动环沿圆周布满冷却孔，使进入密封腔之冷流体首先通过高压侧浮动环，然后分两路分别进入高压侧及低压侧环隙。此结构对高压侧浮动环起有效的冷却作用</p>
整体型浮动环		<p>与矩形环比较，轴向长度短，结构紧凑</p>
端面减荷浮动环		<p>环 2、3 为台阶轴减荷结构（类似于机械密封平衡型），能有效地减小每环端面比压。在高压场合可用个数不多的浮动环承受较大的压降，例如离心压缩机用 2~3 环便可承受 28.5 MPa 压降</p>
浮动轴套与浮动环组合		<p>流体总压降由浮动环及浮动套分担，浮动套端面间隙很小，达到小泄漏，工作间隙 <math>h</math> 取决于浮动套的端面 <math>a</math> 及端面 <math>c</math> 的尺寸比及压力差控制，并能自动调整。此结构有较强自调能力，适用于中高压场合</p>

续表 26.7-11

名称	结构简图	说明
整体型浮动环 多级浮动环		<p>对低粘度液体，一般采用多级浮动环，使每环承受较低的压降，以保证环的浮动性。本结构多用于电站给水泵，压力从低压到 30 MPa，对低压差一般用 3 环，高压差用 10 环以上（一般每环承受 1~3 MPa 压降）。</p>

超星浏览器提醒您：  
使用本复制品  
请尊重相关知识产权！

## 第 8 章 组合密封与全封闭密封

### 1 组合密封的类型、特点及应用

当密封的工作参数较高、有特殊要求、不利条件较多、用单级或单种密封不易解决时，可采

用组合密封。

常见组合密封的类型、特点及应用见表 26.8-1。

表 26.8-1 组合密封的类型、特点及应用

超星浏览器提醒您：  
使用本复制品  
请尊重相关知识产权！

类 型	特点及应用
多级串联	活塞环组、柱塞填料组、迷宫密封组为同种密封多级串联，一组密封尚可分为几级，在级与级间设充压孔、注油孔和排漏孔
降压与阻漏结合	图 26.8-1 所示的天然气离心压缩机密封组，由机械密封和浮动环密封组成。密封油压力根据气体压力控制，介质端为机械密封，以低差工作，主要起堵漏作用。大气端为浮动环密封，承担几乎全部压差，起降压作用。它比一般的浮动环密封具有漏油少、有停车密封作用等优点。比起高压差双端面密封，具有寿命长、运行可靠的优点
防尘密封与主密封组合	用在恶劣条件下工作的机械，见图 26.8-2 轧钢机轧辊油膜轴承的组合密封，其中刮板用以阻挡异物，甩水圈及防尘唇用于挡水滴与防尘。主密封用以封油

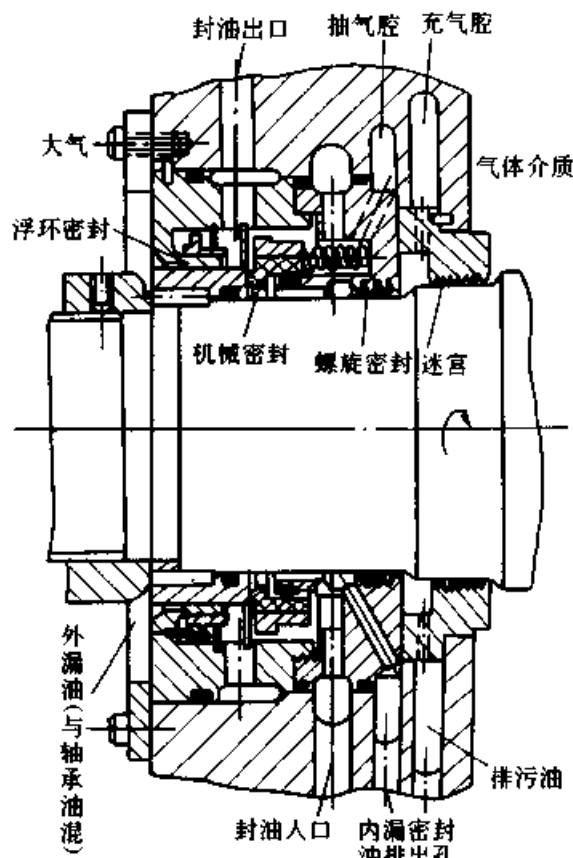


图 26.8-1 天然气离心压缩机密封组

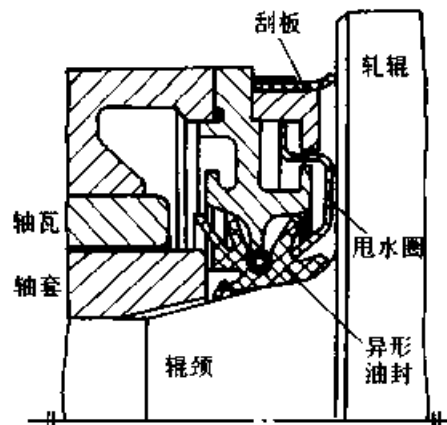


图 26.8-2 轧钢机轧辊油膜轴承的组合密封

### 2 全封闭密封

全封闭密封构成一个封闭系统，系统所包括的范围内外无物质交换，可实现无泄漏。

#### 2.1 全封闭密封的传动

全封闭的关键是在系统内外传递动力时取消贯穿器壁的传动轴或传动杆，而带之以电磁的、热力的、水利的以及间接的机械联系。透过系统的外壁或柔性薄膜传递动力。图 26.8-3a 为一般

动密封方式，图 26.8-3b 为全封闭方式。

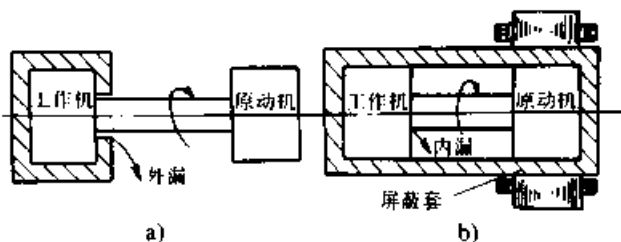


图 26.8-3 密封与传动方式  
a) 动密封 b) 全封闭

### 2.2 全封闭密封的典型结构

全封闭密封的典型结构包括整机屏蔽、屏蔽电机、屏蔽电磁联轴器、屏蔽电磁铁，见图 26.8-4 ~ 图 26.8-7。

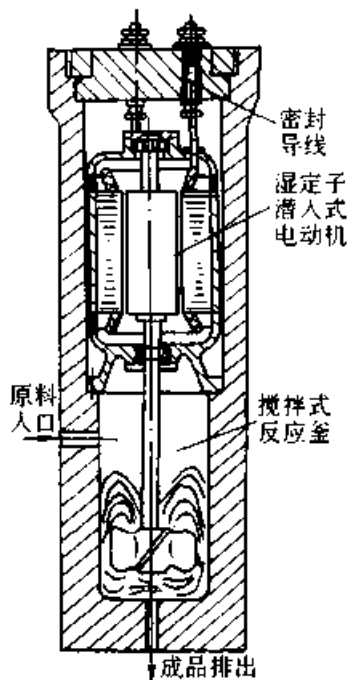


图 26.8-4 整机屏蔽

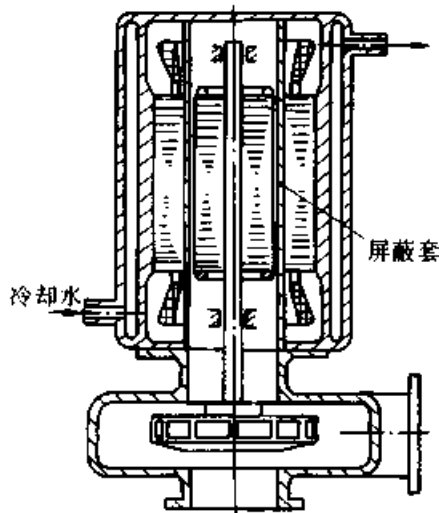


图 26.8-5 屏蔽电机

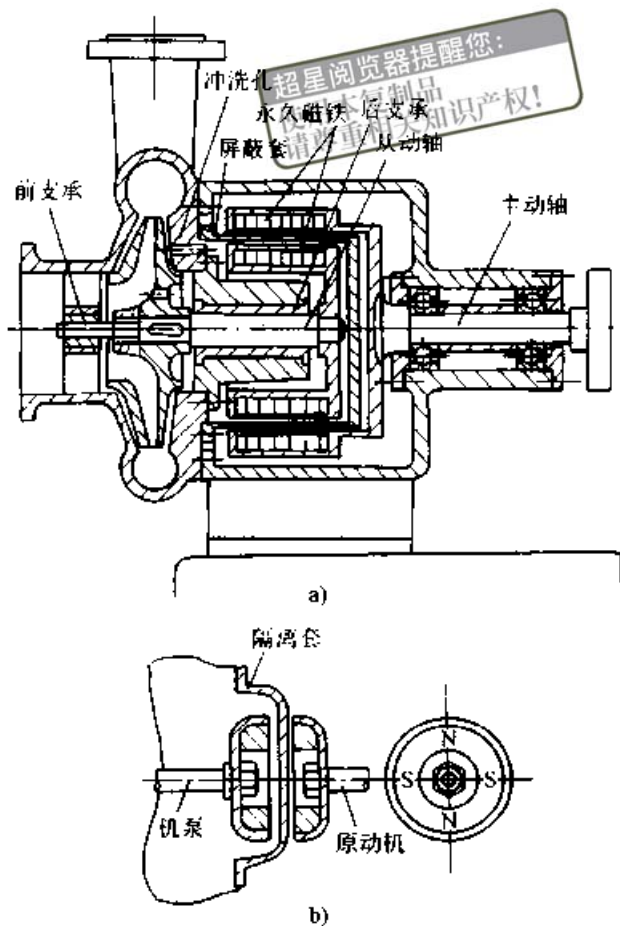


图 26.8-6 屏蔽电磁联轴器传动泵  
a) 套筒式 b) 平面式

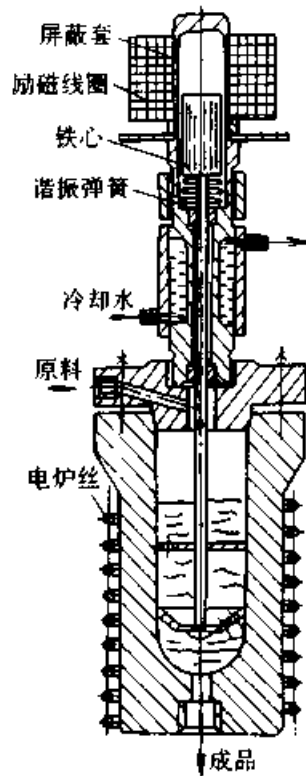
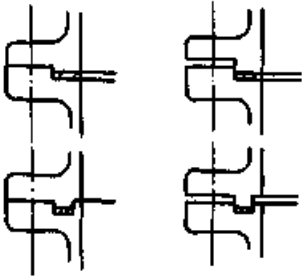

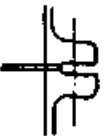
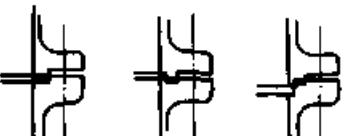
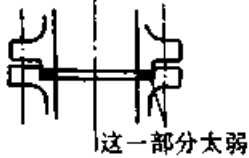
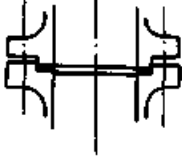
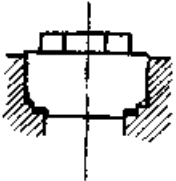
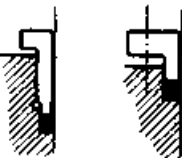


图 26.8-7 屏蔽电磁铁振荡搅拌器

## 第 9 章 密封设计中的禁忌

### 1 使用垫密封和法兰应注意的问题 (见表 26.9-1)

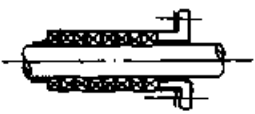
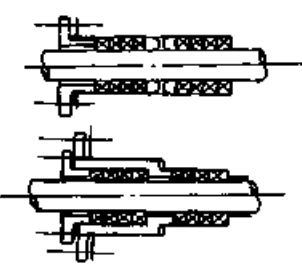
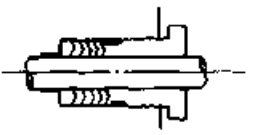
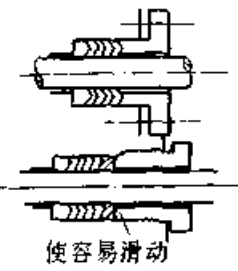
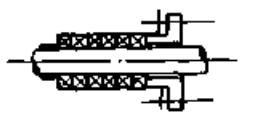
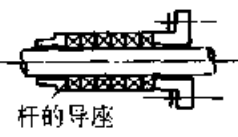
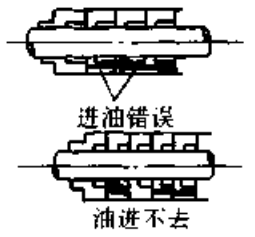

表 26.9-1 使用垫密封和法兰应注意的问题

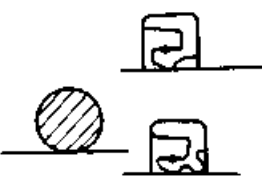
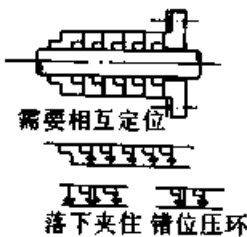
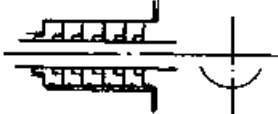
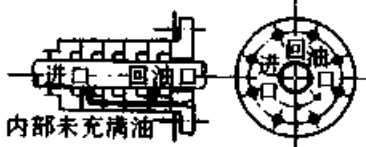
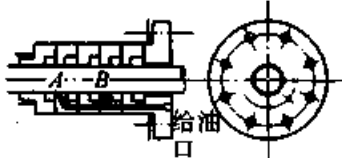
应注意的问题	简 图		说 明
	不正确	正 确	
嵌入式法兰 两法兰面不要 贴紧			装有密封垫片的法兰，如果在垫片本身完全达到必要的表面压力之前法兰面就接触了，则不能更紧了
不要使高压 法兰的密封垫 片飞出			高压的场合。为了限制压力密封面积，在内周面使用宽度窄的密封垫片。这种场合，如果是像图的左边那样，紧固后在局部有万一不完全的地方，则有密封垫片断开飞出来的危险 最好是用将密封垫片装入槽中的形式，即使万一松弛也绝对不会飞出
不要使法兰 垫片槽附近变 弱			如果凸法兰和凹法兰厚度相同，凹法兰槽底部附近非常薄，因而变弱 为了不使其变弱，凹法兰要加厚
靠螺纹旋入 紧固的垫片容 易断			如果旋入螺纹紧固垫片，则容易断 直径大，宽度窄，薄的垫片，在紧固操作中特别容易断 要避免采用垫片因对抗摩擦而滑动的紧固方式，最好是采用只靠压紧的紧固方式



## 2 使用软填料密封应注意的问题 (见表 26.9-2)

表 26.9-2 使用软填料密封应注意的问题

要注意的问题	简 图		说 明
	不 正 确	正 确	
使各填料环均匀压紧			<p>软填料环数量愈多，深处的填料环就难以充分压紧，达不到多环预期的效果。若深处填料环充分压紧，则孔口处的填料环被过度压缩，磨损严重。</p> <p>为使各环均匀压紧，可以采用首先紧固深处的一组填料环，然后再紧固孔口一组的结构型式。也可采用使两组填料环分别单独紧固的结构。深部使用较软的填料，孔口使用较硬的填料，也是有效的方法。</p>
避免压紧填料环时损伤填料环		 使容易滑动	<p>软填料环的紧固有螺纹（旋入）紧固和压入紧固两种方式。</p> <p>由于填料和压紧件间的摩擦，旋入紧固时容易损坏大直径的填料环，薄的填料环容易断裂，对这样的填料环应避免采用旋入紧固。</p>
避免填料环支承活塞杆等的重力		 杆的导座	<p>若靠软填料环支承活塞杆等的重力，则填料环损坏加快。应使填料环仅作密封用，支承重力的任务由导套承担。</p>
不要搞错组装的顺序	 进油错误 油进不去		<p>顺序纳入装在套内的填料元件，作为一组填料密封多用于要求尽量降低摩擦阻力的往复运动的高压压缩机上。这种形式的软填料密封的应用，为了适应各种情况，各元件未必完全相同，对此要加以特别注意。这种场合，要无误地明确指出元件的安装顺序，并必须严格遵守和保证。</p> <p>搞错了安装顺序，不仅成为和预期不同的不完善的密封，还会产生油不能达到必要地点等重大的不当情况。</p>

要注意的问题	简 图		说 明
	不 正 确	正 确	
与 O 形密封圈、油封接触的滑动面要确保标准规定的表面状态			<p>如果与 O 形密封圈、油封等接触的配合表面粗糙, 则不能很好地起到密封的作用, 一旦用于粗糙表面, 在密封圈的接触面上会产生伤痕, 以后就不能使用。与 O 形密封圈、油封接触的配合面, 要确实地保持各自国标中规定的表面状态</p>
在填料组合相关位置的限制上不要发生障碍			<p>除了安装顺序问题, 还有确保安装相对位置问题。为了确保相对位置, 通常采用定位销。</p> <p>如果采用左图所示的定位销, 其配合是在封闭室中进行的, 所以不能确认配合情况, 因此, 组装件会发生不吻合的压坏现象</p> <p>这种场合, 不一个一个地相互组合, 而是采用在一个导向槽中对好定位销再插入的方式, 这种能直接用眼睛确认进行安装的方法较好</p>
向压力不同的地点给油要分开单独地进行			<p>由于在上述形式的软填料密封中, 在填料元件的各区段上压力顺次下降, 在最后的元件处降到大气压, 所以中间的各区段, 其压力不同。如果从共用给油孔分岔向压力不同的地点给油, 则通过给油孔压力发生旁通, 使两者之间的填料起不了密封的作用。</p> <p>为了使全部填料有效地起作用, 不使其发生这种旁通, 要完全单独给油</p>

超星浏览器提醒您：  
使用本复制品  
请尊重相关知识产权！

续表 26.9-2

要注意的问题	简 图		说 明
	不 正 确	正 确	
油润滑的软填料密封必须经常充满油	<p>从A向B旁通给油口 内部未充满油</p>	<p>回油口 进口—回油口 充满了油</p>	<p>在上述各种形式的软填料密封中，是油润滑的，它和轴接触的接触面要经常完全浸在油中。</p> <p>这种场合，要以下侧为进油口，以上侧为出油口，给油口和排油口的位置要选在轴必定自然处在油中的位置上</p>

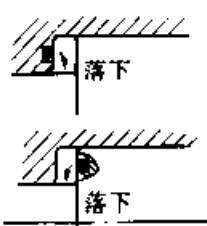
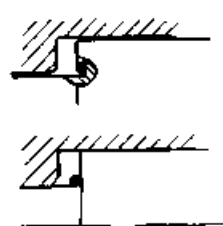
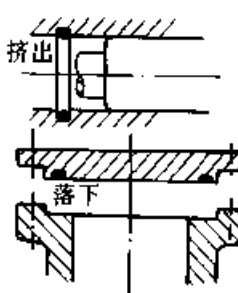
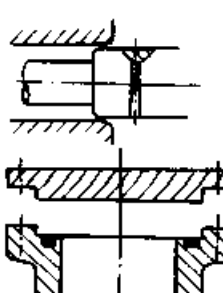
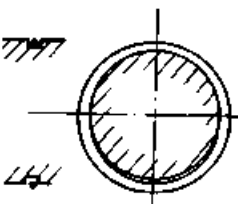
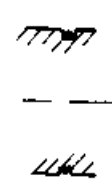

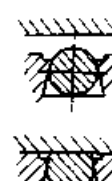
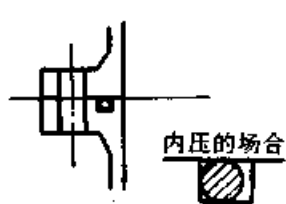
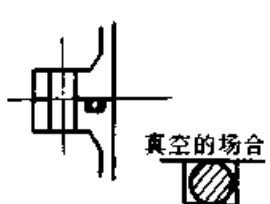
### 3 使用 O 形圈密封应注意的问题

(见表 26.9-3)

表 26.9-3 使用 O 形圈密封应注意的问题

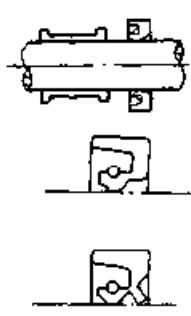
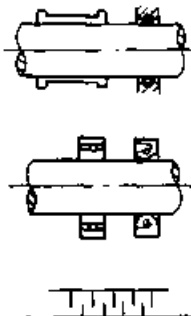
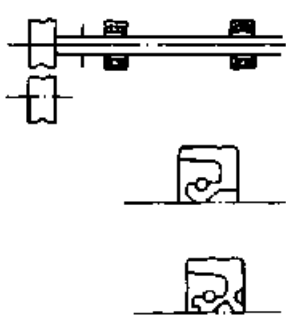
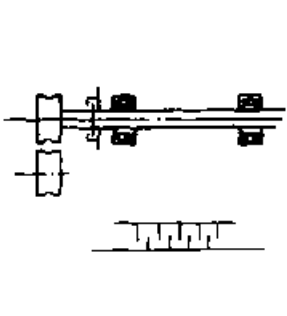
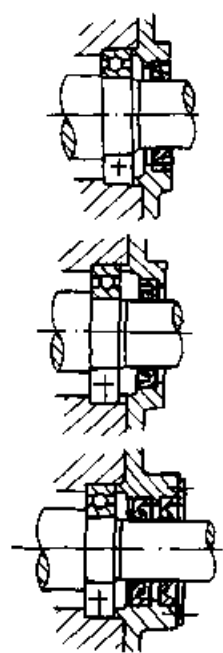
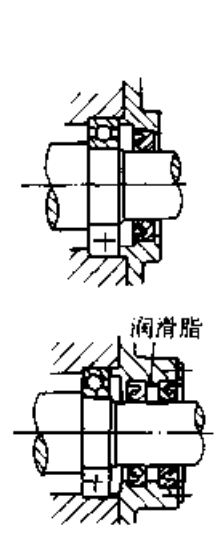
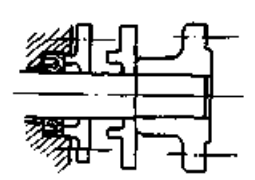
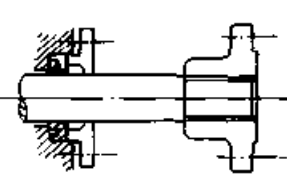
应注意的问题	简 图		说 明
	不 当	正 确	
与 O 形密封圈、油封接触的滑动面一定要保持规定的表面状态			<p>如果与 O 形密封圈、油封等接触的配合表面粗糙则不能很好地起到密封的作用，一旦用于粗糙表面，在密封圈的接触面上会产生伤痕，以后就不能使用与 O 形密封圈、油封接触的配合面，要确实地保持各自国标中规定的表面状态</p>
O 形密封圈用于高压的场合要使用保护挡圈			<p>O 形密封圈用于高压的场合，O 形密封圈有被挤出到间隙内发生损伤的情况。为了防止出现这种情况要使用保护挡圈</p>
在安装和拆卸时不要划伤 O 形密封圈			<p>O 形密封圈的材质非常容易被划伤。如果接触面被划伤则不能起密封作用</p> <p>在安装和拆卸 O 形密封圈时，以及将安装完成的零件装入配合件内时，零件结构形状应能保证顺利装卸而不致发生划伤，并且要慎重地进行操作。在其通道周围要完全没有棱角，以便能平滑地装入、平滑地移动，另外要根据需要准备安装和拆卸时用的夹具</p>
往复运动时也不要损伤 O 形密封圈	<p>损伤密封圈</p>	<p>不致损伤密封圈</p>	<p>在 O 形密封圈用于换向阀等场合，O 形密封圈每次移动都通过流道开口部，这时容易损伤 O 形密封圈。为了使密封圈能顺利通过这种地方，不挤到角上，要使其通过的各个地方平滑</p>

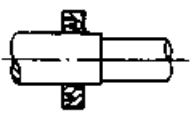
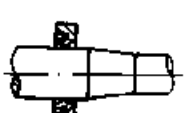
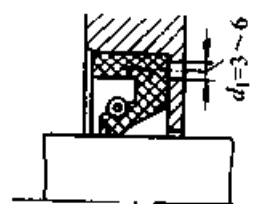
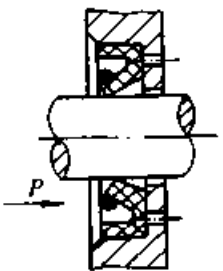
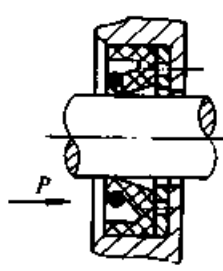
续表 26.9-3

应注意的问题	简 图		说 明
	不 当	正 确	
在安装作业中不要使 O 形密封圈偏离安装预定位置			<p>以预定的正确状态将 O 形密封圈确实地安装在预定位置上绝对必要的。一定要使其不致发生从组装时定位的位置偏离、移动、下垂、部分挤出、部分咬入等。</p>
			<p>O 形圈的设置要选择装配时能监视的状态。 对于如左边的各图所示，在安装的瞬间处于密闭室之中，不能监视和确认有无异常情况。</p>
截面直径小、周长大的 O 形密封圈由于重力而下垂			<p>在如图所示的状态下使用截面直径小、周长大的 O 形密封圈的场合，组装前 O 形密封圈由于重力而下垂，在组装时可能因挂住而拉伤。 在使用这种尺寸的 O 形密封圈的场合，要选择能具有不因重力而下垂的足够张力的周长和安装直径的尺寸。</p>
避免安装在燕尾槽内的 O 形密封圈被夹住			<p>在时而接触时而脱离的情况下使用的 O 形密封圈，为了使其脱离时也不致脱落，有将其压入梯形燕尾槽内安装的。如果是具有左图那样的燕尾槽形状的话，O 形密封圈受挤压时其边缘鼓出被夹住，因而容易被剪断。 要设法使 O 形密封圈受挤压时也不被夹住。右图为其一例。</p>
内压和外压 O 形密封圈在使用上有区别			<p>密封圈用于承受压力时与用于真空时，其接触部位不同。O 形密封圈的使用法应该是在安装时就要使其接触在使用时接触的一边。</p>

4 使用油封密封应注意的问题  
(见表 26.9-4)

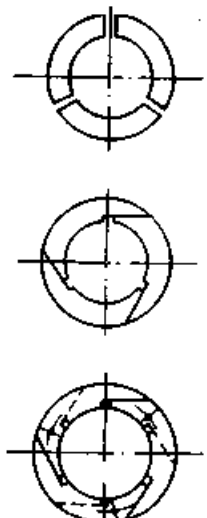
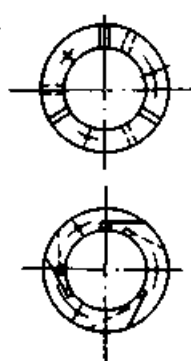
表 26.9-4 使用油封密封应注意的问题

应注意的问题	简 图		说 明
	不 当	正 确	
油封不宜与滑动轴承组合使用			<p>滑动轴承会磨损。轴承一旦发生磨损，不论在静态还是动态都产生轴心偏移。油封等不适用于轴心偏移的地方，特别是动态偏移的地方。滑动轴承必须采用即使轴心偏移也不致发生故障的其他密封方法</p>
呈弯曲状态旋转的轴不宜使用油封			<p>如果由于悬臂轴端的负载而在弯曲状态下旋转的轴的密封装置使用油封，则由于负载的变动，接触部分的单边接触程度也发生变化，因而成为漏油的原因。同时，由于这种单边接触，促进接触部分的损坏，起不了油封的作用，所以这种贯通轴部分的密封不得不采用非接触式油封</p>
在要求封住从内部来的油的同时又要阻止从外部来的灰尘时要使用双向油封			<p>油封的密封效果受其方向的限制。期望封住从内部来的漏油同时又阻止从外部侵入的灰尘时，按照其使用目的确定油封，或把两个油封组合起来使用，要根据内外状况选定或组合起来使用</p>
即使不拆卸邻近件也要能更换油封			<p>因为油封等是易损件，所以常常需要检查和更换。这时，如果为了提供更换作业必要的空间而需要拆卸没有直接关系的部分，则是非常不方便的。设计时就应该考虑更换油封所需空间，不需要拆卸无直接关系的部分</p>

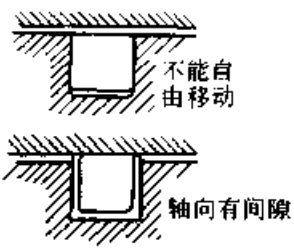
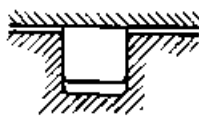
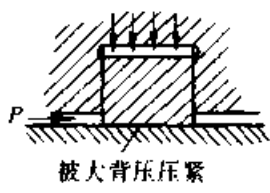
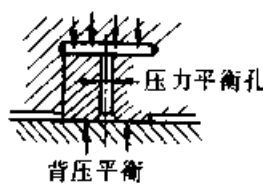
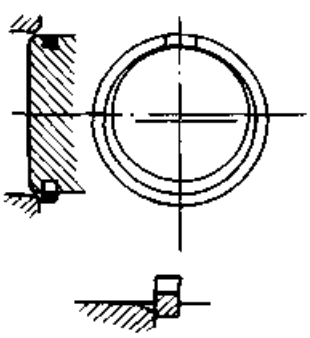

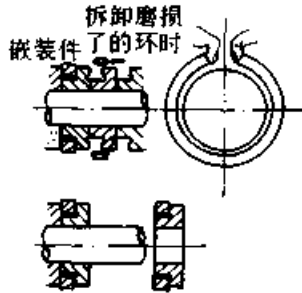
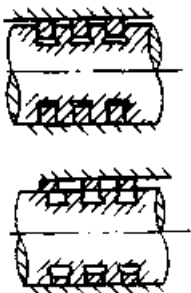
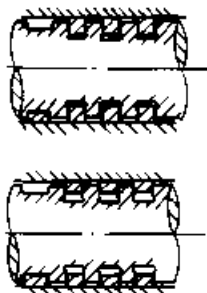
应注意的问题	简 图		说 明
	不 当	正 确	
在安装和拆卸时不要划伤油封			油封的材质非常易被划伤。如果接触面被划伤，则不能起密封作用。在安装和拆卸油封时，以及将安装完成的零件装入配合件内时，在其通道周围要完全没有棱角，以便能平滑地装入、平滑地移动。另外，要根据需要准备安装和拆卸时用的夹具
油封安装在壳体上应有拆卸孔			壳体上应钻有 $d_1 = 3 \sim 6$ mm 的小孔 3~4 个，以利于拆卸密封圈
加垫圈支承油封两侧的压力差，安装时应注意油封的安装方向			当油封前后两面之间压力差大于 0.05 MPa 而小于 0.3 MPa 时，需用垫圈来支承压差小的一面

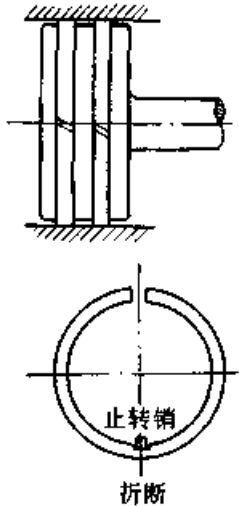
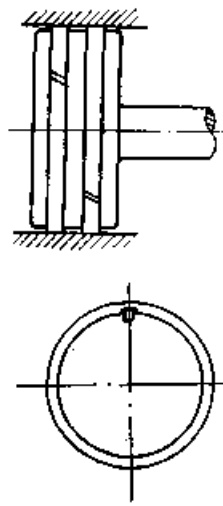
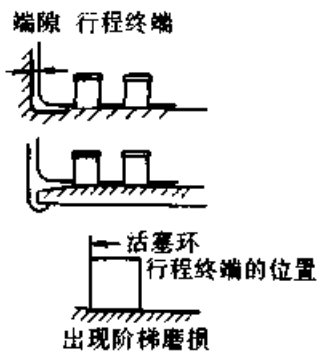
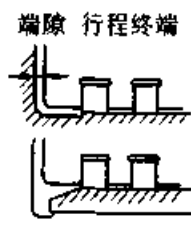
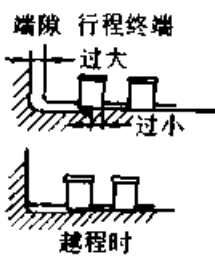
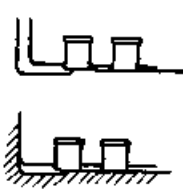
### 5 使用硬填料和活塞环密封应注意的问题 (见表 26.9-5)

表 26.9-5 使用硬填料和活塞环密封应注意的问题

应注意的问题	简 图		说 明
	不 当	正 确	
避免使三瓣填料的切口对齐	 <p>定位销周围容易变弱</p>		<p>这种填料在各片之间要有能使其内径贴紧的间隙。由于用单环时此间隙成为漏泄的地点，所以要把二个环或三个环组合起来使用。要制约这二个环或三个环的相对位置，使其间隙不重合。为了制约其相对位置，可使用定位销。定位销要设置在避开由于打定位销而使强度降低过多的位置上</p>

续表 26.9-5

应注意的问题	简 图		说 明
	不 当	正 确	
要使活塞环在槽内平稳地滑动			<p>活塞环装在环槽内，必须经常以预定的张力张紧在汽缸内壁（缸套内壁）上，并且能滑动。活塞环在环槽内必须经常处于能平稳滑动的状态，过紧则不能自由地滑动，过松在轴向产生间隙，反而会由于夹入异物使滑动不自由</p>
不要由于背压而使滑动面压力过大			<p>用于高压压缩机的活塞环，由于封闭在活塞环内的高压（该汽缸压缩的最高压力）加上活塞环的强力作用，使滑动面的面压变得非常高，因而产生异常的早期磨损。用于高压处的活塞环，为了平衡这种背压，要在环上设置槽和孔，以防止在滑动面上出现异常高的滑动面压力</p>
插入活塞时不要卡住活塞环			<p>活塞是在安装着活塞环的状态下插入汽缸的，在这种状态下，活塞环是开着的。特别是水平插入时，活塞环悬挂在环槽谷底上，所以下侧的下垂进一步增大，在插入时会卡住。尤其是安装起点在里面，不能用人手导向的情况，需要特别注意，应使其不被卡住，能自然地进入正确的位置</p>
在将活塞环安装在环槽内时不要使其产生过大应力			<p>通常，活塞环是以超越活塞的外径进行安装和拆卸为前提选定尺寸的，而用于高压的活塞环截面面积与直径之比较大，这种活塞环，如果超越外径进行安装，则由于过大应力而使环的弹性减弱或者破坏，因此要采用不扩张活塞环就能安装的组合式活塞</p>
不要使活塞环和汽缸内壁之间的间隙过大			<p>活塞的气密是由活塞环来实现的，所以活塞本身的间隙与气密无直接关系，可是当活塞环由于使用而变薄时，间隙增大，卡在环槽上的面减小，所以活塞环容易自环槽脱出。活塞本体和汽缸内壁之间的间隙以取必要的最小限为宜</p>

应注意的问题	简 图		说 明
	不 当	正 确	
活塞环的切口在运转过程中容易自然地对齐在相同位置上			<p>一般，由于活塞环的切口部分即使是在安装在汽缸内的状态下也是开口的，所以会从这一部分漏泄。因此，在装配时不使切口对齐在一条直线上，但在运转过程中切口有自然对齐成一条直线的趋势。在要求避免出现这种对齐的场合，在活塞环上要有止转定位，在设置止转定位销时，要注意不要使活塞环形成薄弱部分，止转销可加在活塞环切口处</p>
防止汽缸（缸套）内壁发生阶梯磨损	<p>端隙 行程终端</p>  <p>活塞环行程终端的位置</p>	<p>端隙 行程终端</p> 	<p>活塞进行往复运动的范围是从行程始端到行程终端，这是活塞环与汽缸接触的滑动范围。如果汽缸（缸套）内壁超过这一范围，则有一部分不与活塞环相接触。由于这一部分不磨损，所以汽缸内壁形成阶梯而称为阶梯磨损。为了不致发生阶梯磨损，有必要使汽缸（缸套）内壁从活塞环滑动终端少许后退。如果发生了阶梯磨损，则由于连杆的热膨胀、收缩、活塞位置的稍微变动，活塞环在行程终端可能卡住，在拔出活塞时活塞环也会卡住</p>
活塞运动到汽缸端壁时不要使活塞环落入槽内	<p>端隙 行程终端</p>  <p>越程时</p>		<p>如果内壁从活塞环滑动终端后退过多，即使运转过程中活塞环不致脱离开内壁，而在装配或拆卸时，活塞移动到顶在端壁时，活塞环将落入槽内，活塞就拔不出来，即使活塞顶到汽缸端部，活塞环也不致脱开是绝对必要的</p>



超星浏览器提醒您：  
使用本复制品  
请尊重相关知识产权！

### 6 使用迷宫密封应注意的问题 (见表 26.9-6)

表 26.9-6 使用迷宫密封应注意的问题

应注意的问题	简 图		说 明
	不 当	正 确	
由于运转而伸缩的轴的迷宫密封			<p>迷宫密封通道越狭窄、通道越复杂，其效果越好。但是，一般利用这种密封的机械，伴随由于运转中机内温度的上升，轴会发生伸缩。这种轴的伸缩，要求迷宫密封不致发生相互接触。</p> <p>对于和箱体的相对伸缩量大的机械，不得不使用不发生接触的单侧平型密封</p>
轴侧迷宫密封，由于接触会使轴发生弯曲			<p>密封齿设置在轴上的迷宫密封，如果在运转中晃动，则容易和轴周边的特定部分接触，而使该部分的温度上升，成为轴发生弯曲的原因。</p> <p>轴发生弯曲是产生振动的原因。</p> <p>如果是齿在机壳上的迷宫密封，则由于是机壳的特定部分接触，轴是全周接触，因而不易由于温度上升而发生弯曲。对于有可能接触的机械，采用齿在机壳上的迷宫密封是安全的</p>
迷宫密封的漏泄不可能为零			<p>非接触式的迷宫密封，没有可能实现完全意义上的阻断。因此，为了不使内部的流体流到外界，并且不使外界的流体浸入机内，要输入压力流体，使此流体介于中间，使机内和机外隔绝。</p> <p>此种场合有必要适当进行压力差的控制</p>
不要使迷宫密封因热膨胀差而松弛			<p>齿在机壳上的迷宫密封也要更换，所以，通常是将迷宫密封加工成部分里衬嵌装在箱体上。这种场合，当迷宫密封的里衬和箱体的材质不同时，由于热膨胀的差别，嵌装部分会出现间隙，从而使相互中心偏移，有可能发生接触。</p> <p>材质不同时的嵌装槽要设计成即使有热膨胀的差别也不致发生中心偏移</p>

## 参 考 文 献

超星浏览器提醒您：  
使用本复制品  
请尊重相关知识产权！

- 1 卜炎主编. 机械传动装置设计手册 (下册). 北京: 机械工业出版社, 1999
- 2 机械工程手册. 电机工程手册编辑委员会. 机械工程手册: 机械零部件设计卷, 第 11 篇密封. 北京: 机械工业出版社, 1996
- 3 液压气动与密封标准选编. 机械工业标准化技术服务部, 1992
- 4 张利平主编. 液压气动系统设计手册. 北京: 机械工业出版社, 1997
- 5 成大先主编. 机械设计手册: 第 2 卷. 北京: 化学工业出版社, 1993
- 6 张向钊, 寿震东. 密封垫片与填料. 北京: 化学工业出版社, 1994
- 7 刘令勋, 刘英贵. 动态密封设计技术. 北京: 中国标准出版社, 1993
- 8 陈匡民等主编. 流体动态密封. 成都: 成都科技大学出版社, 1990
- 9 陈德才, 崔德容. 机械密封设计制造与使用. 北京: 机械工业出版社, 1993
- 10 李继和等. 机械密封技术. 北京: 化学工业出版社, 1988
- 11 李继和, 蔡纪宁, 林学海合编. 机械密封技术. 北京: 化学工业出版社, 1988
- 12 机械工程手册编辑委员会. 机械工程手册: 第 23 篇密封. 北京: 机械工业出版社, 1980
- 13 夏延东等编. 实用密封技术手册. 黑龙江科技出版社, 1985
- 14 陈匡民, 董宗玉, 陈文梅编. 流体动密封. 成都: 成都科技大学出版社, 1990
- 15 刘厚桂编. 密封技术. 长沙: 湖南科学技术出版社, 1981
16. U.B. 克拉盖尔斯基. 摩擦磨损与润滑手册. 北京: 机械工业出版社, 1985
17. E. 迈尔. 机械密封. 北京: 化学工业出版社, 1981
- 18 徐祥发, 沈兆乾编. 机械密封手册. 南京: 东南大学出版社, 1990
- 19 沈锡华. 密封材料手册. 北京: 中国石化出版社, 1991

中国机械设计大典  
CHINA MECHANICAL DESIGN CANON

第

浏览器提醒您：  
使用本复制品  
请尊重相关知识产权！

27

篇

## 管路附件

主 编 梁丰收

编 写 梁丰收 王振林  
李新华 田 争  
陈 琳 谢存栋

审 稿 李新华



中国机械工程学会  
CMDC 中国机械设计大典编委会

超星浏览器提醒您：  
使用本复制品  
请尊重相关知识产权！

# 第 1 章 概 述

## 1 管路附件的分类

管路附件，又称管道配件，广泛应用于石油、化工、机械、水电、纺织、制药、城建等行业的管道系统和装置中。它在管路中所起的作用包括：①连接管子；②改变管路途径；③改变管路方向；④从主管路中引出支管路；⑤封闭管路；⑥过滤或混合管路内介质；⑦支承或悬吊管路等。管路附件的种类很多，归纳起来主要有下面五大类：管法兰、垫片、管件、管支吊架和其他（包括过滤器、混合器、阻火器等功能部件），见图 27.1-1。由于篇幅所限，本手册仅收录在各行业使用的量大面广的钢制管法兰及其垫片、焊接管件等部分管路附件，其他管路附件参见有关标准。

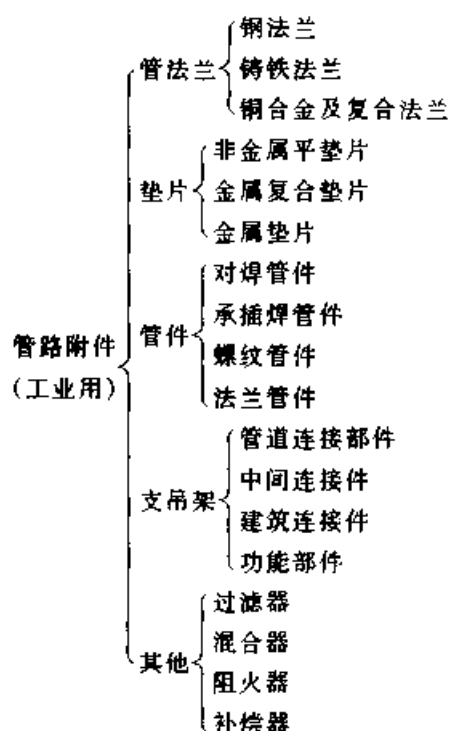


图 27.1-1 管路附件分类

## 2 管路附件的公称压力

管路附件的公称压力是指与管道元件的机械强度有关的设计给定压力。标准中规定用代号“PN”后跟一个公称压力数值 (MPa) 表示。

常用公称压力等级见表 27.1-1。

常用公称压力等级和 ANSI 标准中的压力等级对照见表 27.1-2。

表 27.1-1 常用公称压力等级  
[MPa(bar)]

欧洲体系	0.25(2.5)	0.6(6)	1.0(10)	1.6(16)
美洲体系				
欧洲体系		2.5(25)	4.0(40)	
美洲体系	2.0(20)			5.0(50)
欧洲体系	6.3(63)	10.0(100)		
美洲体系			11.0(110)	15.0(150)
欧洲体系	16.0(160)	25.0(250)		
美洲体系			26.0(260)	42.0(420)

注：对于美洲体系的 11.0 (110) 和 26.0 (260) 两个压力等级，在 GB/T 1048—1990 及有关 GB 法兰标准中为 10.0 (100) 和 25.0 (250)，而在 ISO 7005 及国内 HG 标准中则为 11.0 (110) 和 26.0 (260)。这是为了区分两个体系而做的修改，部分 GB 由于制订日期较早或考虑历史原因，尚未修改，使用中应加以注意。

表 27.1-2 常用公称压力等级和 ANSI 压力等级对照 [MPa(bar)]

常用公称压力等级	2.0(20)	5.0(50)	11.0(110)
ANSI 压力等级	Class150	Class300	Class600
常用公称压力等级	15.0(150)	26.0(260)	42.0(420)
ANSI 压力等级	Class900	Class1500	Class2500

## 3 管路附件的公称通径

管路附件的公称通径是仅与制造尺寸有关且引用方便的一个圆整数，不适用于计算，它是管道系统中除了用外径或螺纹尺寸代号标记的元件以外的所有其他元件通用的一种规格标记。但

并不是所有管道元件均必须用公称通径标记,例如钢管就既可用公称通径加壁厚等级标记,也可用外径和壁厚进行标记,要视具体的标准规定而定。

公称通径的标记用字母代号“DN”后跟一个以 mm 为单位的数值表示。

管路附件常用公称通径系列见表 27.1-3。

表 27.1-3 常用公称通径系列

DN/mm	10 <sup>①</sup>	15	20	25	32	40	50	65	80	100	125
NPS/in	1/4	1/2	3/4	1	1¼	1½	2	2½	3	4	5
DN/mm	150	200	250	300	350	400	450	500	550 <sup>②</sup>	600	650 <sup>②</sup>
NPS/in	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26
DN/mm	700	750 <sup>②</sup>	800	850 <sup>②</sup>	900	950 <sup>②</sup>	1 000	1 050	1 100	1 150 <sup>②</sup>	
NPS/in	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	
DN/mm	1 200	1 250 <sup>②</sup>	1 300	1 350 <sup>②</sup>	1 400	1 450 <sup>②</sup>	1 500 <sup>②</sup>	1 600 <sup>①</sup>	1 800 <sup>①</sup>	2 000 <sup>①</sup>	
NPS/in	48	50	52	54	56	58	60				

① 公称通径只限于欧洲法兰体系使用。

② 公称通径只限于美洲法兰体系使用。

#### 4 钢管外径系列

目前国内生产和应用的钢管外径可划分为 A、B 两个系列, A 系列为国际通用系列(俗称

“大外径”或称“英制管”), B 系列为国内沿用系列(俗称“小外径”或称“公制管”)。其对应于公称通径 DN 的钢管外径见表 27.1-4。

表 27.1-4 钢管外径系列 (mm)

公称通径 DN	10	15	20	25	32	40	50	65	80	100	125	
钢管 外径	A 系列	17.2	21.3	26.9	33.7	42.4	48.3	60.3	76.1	88.9	114.3	139.7
	B 系列	14	18	25	32	38	45	57	76	89	108	133
公称通径 DN	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600	650	
钢管 外径	A 系列	168.3	219.1	273	323.9	355.6	406.4	457	508	559	610	660
	B 系列	159	219	273	325	377	426	480	530	—	630	—
公称通径 DN	700	750	800	850	900	950	1 000	1 050	1 100	1 150	1 200	
钢管 外径	A 系列	711	762	813	864	914	965	1 016	1 067	1 118	1 168	1 219
	B 系列	720	—	820	—	920	—	1 020	—	—	—	1 220
公称通径 DN	1 250	1 300	1 350	1 400	1 450	1 500	1 600	1 800	2 000			
钢管 外径	A 系列	1 270	1 321	1 372	1 422	1 473	1 524	1 626	1 829	2 032		
	B 系列	—	—	—	1 420	—	—	1 620	1 820	2 020		

## 第 2 章 钢制管法兰

国际上钢制管法兰标准主要有两个体系，即以德国 DIN（包括原苏联）为代表的欧洲管法兰体系和以美国 ANSI 管法兰为代表的美洲管法兰体系。国内各部门制订和使用的管法兰标准比较多，常见的有 GB/T 9112 ~ 9124—2000、JB/T 74 ~ 90—1994、HG/T 20592 ~ 20635—1997、SH 标准等，它们大致也可划分为欧洲和美洲两个法兰体系。

本手册所列钢制管法兰的技术内容主要摘自在行业上应用较为广泛的 HG/T 20592 ~

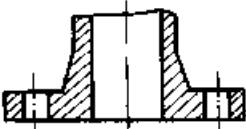

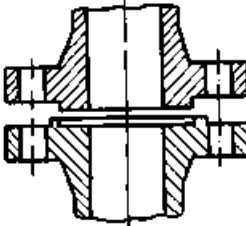
20635—1997 标准，它和刚修订完成的 GB/T 9112 ~ 9124—2000 标准相比较，技术内容除个别次要尺寸外，基本一致，完全可保证其通用互换性。

### 1 欧洲法兰体系

#### 1.1 法兰类型和适用范围

欧洲法兰体系的法兰类型和适用范围见表 27.2-1。

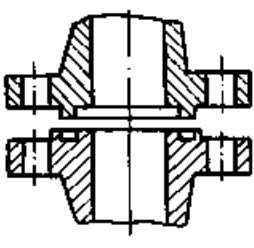
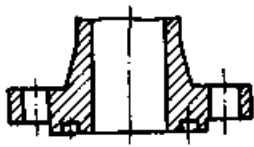
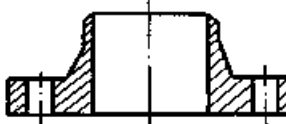
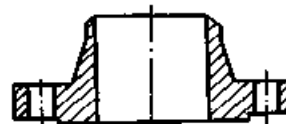
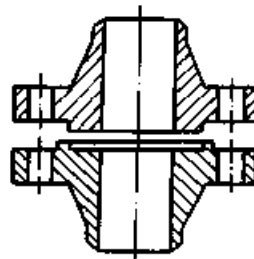
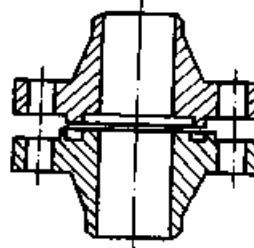
表 27.2-1 欧洲法兰体系的法兰类型和适用范围

法兰型式	密封面	公称压力 PN/ MPa	公称口径范围 DN/ mm
	全平面	0.6	10 ~ 600
		1.0	10 ~ 2 000
		1.6	
	突面	0.6	10 ~ 2 000
		1.0	
		1.6	
		2.5	10 ~ 1 200
		4.0	10 ~ 600
		6.3	10 ~ 400
		10.0	
		16.0	10 ~ 300
25.0			
	凹凸面	1.0	10 ~ 600
		1.6	
		2.5	
		4.0	
		6.3	10 ~ 400
		10.0	
		16.0	

整体法兰

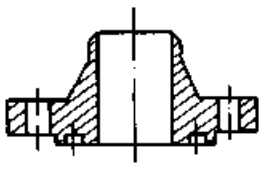
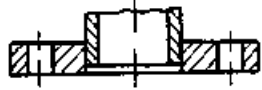
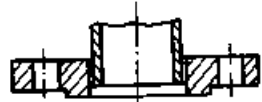


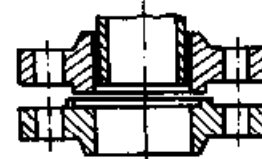
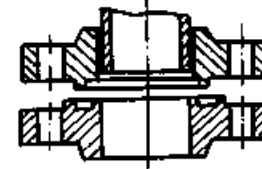

超星浏览器提醒您：  
请尊重相关知识产权！

续表 27.2-1

法兰型式		密封面	公称压力 PN/ MPa	公称通径范围 DN/ mm		
整体法兰		榫槽面	1.0	10~600		
			1.6			
			2.5			
			4.0			
			6.3			
			10.0			
			16.0	10~400		
			6.3	10~300		
			环连接面		6.3	15~400
					10.0	15~300
16.0						
25.0						
对焊法兰		全平面	1.0	10~2000		
			1.6			
		突面	1.0	10~2000		
			1.6			
			2.5	10~1000		
			4.0	10~600		
			6.3	10~400		
			10.0	10~300		
			16.0	10~250		
			25.0			
		凹凸面	1.0	10~600		
			1.6			
			2.5			
			4.0	10~400		
			6.3			
			10.0			
16.0	10~300					
	榫槽面	1.0	10~600			
		1.6				
		2.5				
		4.0	10~400			
		6.3				
		10.0				
16.0	10~300					

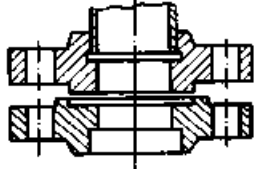
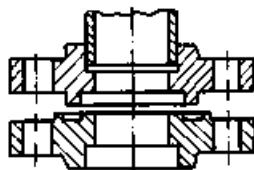
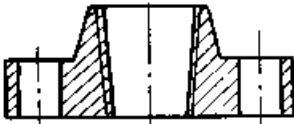
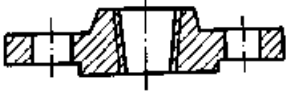
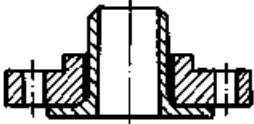
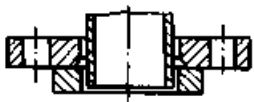
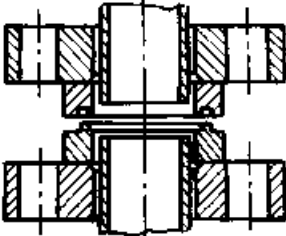
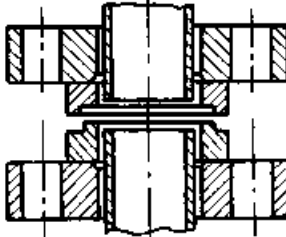


续表 27.2-1

法兰型式	密封面	公称压力 PN/ MPa	公称口径范围 DN/ mm	
对焊法兰		6.3	15~400	
		10.0		
		16.0	15~300	
		25.0	15~250	
板式平焊法兰		0.25	10~600	
		0.6		
		1.0		
		1.6		
		0.25	10~2000	
		0.6	10~600	
		1.0		
		1.6		
带颈平焊法兰		0.6	10~300	
		1.0	10~600	
		1.6		
		0.6	10~300	
		1.0	10~600	
		1.6		
		2.5		
		4.0		
		凹凸面	1.0	10~600
			1.6	
			2.5	
			4.0	
	榫槽面	1.0	10~600	
		1.6		
		2.5		
		4.0		
承插焊法兰		1.0	10~50	
		1.6		
		2.5		
		4.0		
		6.3		
		10.0		

超星浏览器提醒您：  
使用本复制品  
请尊重相关知识产权！

续表 27.2-1

法兰型式	密封面	公称压力 PN/ MPa	公称直径范围 DN/ mm
承插焊法兰	 凹凸面	1.0	10~50
		1.6	
		2.5	
		4.0	
		6.3	
	 榫槽面	1.0	10~50
		1.6	
		2.5	
		4.0	
		6.3	
螺纹法兰	 全平面	0.6	10~150
		1.0	
		1.6	
	 突面	0.6	10~150
		1.0	
		1.6	
2.5			
对焊环松套法兰	 突面	0.6	10~600
		1.0	
		1.6	
		2.5	
平焊环松套法兰	 突面	0.6	10~600
		1.0	
		1.6	
	 凹凸面	1.0	10~600
		1.6	
	 榫槽面	1.0	10~600
1.6			

超星阅读器提醒您  
使用本复制品  
请尊重相关知识产权!

续表 27.2-1

法兰型式	密封面	公称压力 PN/ MPa	公称通径范围 DN/ mm
法兰盖	全平面	0.25	10 ~ 600
		0.6	
		1.0	10 ~ 1 200
		1.6	
	突面	0.25	10 ~ 2 000
		0.6	10 ~ 1 200
		1.0	
		1.6	10 ~ 600
		2.5	
		4.0	10 ~ 400
		6.3	
		10.0	10 ~ 300
	凹凸面	1.0	10 ~ 600
		1.6	
		2.5	
		4.0	10 ~ 400
		6.3	
		10.0	
	榫槽面	16.0	10 ~ 300
		1.0	10 ~ 600
1.6			
2.5			
4.0		10 ~ 400	
6.3			
10.0			
环连接面	16.0	10 ~ 300	
	6.3	15 ~ 400	
	10.0		
	25.0	15 ~ 300	

超星阅读器提醒您：  
使用本复制品  
请尊重相关知识产权！

### 1.2 法兰连接尺寸

欧洲法兰体系的法兰连接尺寸见图 27.2-1 和表 27.2-2。其中黑线框内为不同压力等级具有相同连接尺寸的法兰。

### 1.3 法兰密封面

#### 1.3.1 密封面型式

标准法兰的密封面型式共有五种，即全平面、突面（有的标准中称凸面）、凹凸面、榫槽面和环连接面。其结构型式见图 27.2-2；适用范围见表 27.2-3。

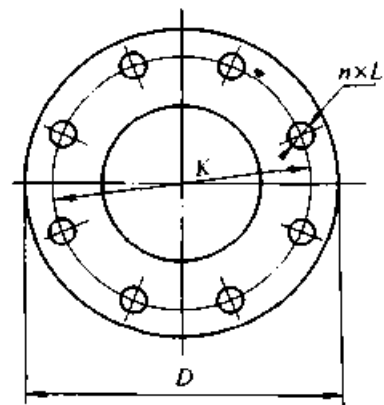


图 27.2-1 法兰连接尺寸

表 27.2-2 法兰连接尺寸

(mm)

公称直径 DN/mm	PN0.25 MPa(2.5 bar)				PN0.6 MPa(6 bar)				PN1.0 MPa(10 bar)				PN1.6 MPa(16 bar)			
	D	K	L	n	D	K	L	n	D	K	L	n	D	K	L	n
10	75	50	11	4	75	50	11	4	90	60	14	4	90	60	14	4
15	80	55	11	4	80	55	11	4	95	65	14	4	95	65	14	4
20	90	65	11	4	90	65	11	4	105	75	14	4	105	75	14	4
25	100	75	11	4	100	75	11	4	115	85	14	4	115	85	14	4
32	120	90	14	4	120	90	14	4	140	100	18	4	140	100	18	4
40	130	100	14	4	130	100	14	4	150	110	18	4	150	110	18	4
50	140	110	14	4	140	110	14	4	165	125	18	4	165	125	18	4
65	160	130	14	4	160	130	14	4	185	145	18	4(8) <sup>①</sup>	185	145	18	4(8) <sup>①</sup>
80 <sup>②</sup>	190	150	18	4	190	150	18	4	200	160	18	8	200	160	18	8
100	210	170	18	4	210	170	18	4	220	180	18	8	220	180	18	8
125	240	200	18	8	240	200	18	8	250	210	18	8	250	210	18	8
150	265	225	18	8	265	225	18	8	285	240	22	8	285	240	22	8
200	320	280	18	8	320	280	18	8	340	295	22	8	340	295	22	8
250	375	335	18	12	375	335	18	12	395	350	22	12	405	355	26	12
300	440	395	22	12	440	395	22	12	445	400	22	12	460	410	26	12
350	490	445	22	12	490	445	22	12	505	460	22	12	520	470	26	16
400	540	495	22	16	540	495	22	16	565	515	26	16	580	525	30	16
450	595	550	22	16	595	550	22	16	615	565	26	16	640	585	30	20
500	645	600	22	20	645	600	22	20	670	620	26	20	715	650	33	20
600	755	705	26	20	755	705	26	20	780	725	30	20	840	770	36	20
700	860	810	26	24	860	810	26	24	895	840	30	24	910	840	36	24
800	975	920	30	24	975	920	30	24	1015	950	33	24	1025	950	39	24
900	1075	1020	30	24	1075	1020	30	24	1115	1050	33	24	1125	1050	39	28
1000	1175	1120	30	28	1175	1120	30	28	1230	1160	36	28	1255	1170	42	28
1200	1375	1320	30	32	1405	1340	33	32	1455	1380	39	32	1485	1390	48	32
1400	1575	1520	30	36	1630	1560	36	36	1675	1590	42	36	1685	1590	48	36
1600	1790	1730	30	40	1830	1760	36	40	1915	1820	48	40	1930	1820	55	40
1800	1990	1930	30	44	2045	1970	39	44	2115	2020	48	44	2130	2020	55	44
2000	2190	2130	30	48	2265	2180	42	48	2325	2230	48	48	2345	2230	60	48

续表 27.2-2

公称通径 DN/mm	PN2.5 MPa(25 bar)					PN4.0 MPa(40 bar)					PN6.3 MPa(63 bar)				
	D	K	L	Th.	n	D	K	L	Th.	n	D	K	L	Th.	n
10	90	60	14	M12	4	90	60	14	M12	4	100	70	14	M12	4
15	95	65	14	M12	4	95	65	14	M12	4	105	75	14	M12	4
20	105	75	14	M12	4	105	75	14	M12	4	130	90	18	M16	4
25	115	85	14	M12	4	115	85	14	M12	4	140	100	18	M16	4
32	140	100	18	M16	4	140	100	18	M16	4	155	110	22	M20	4
40	150	110	18	M16	4	150	110	18	M16	4	170	125	22	M20	4
50	165	125	18	M16	4	165	125	18	M16	4	180	135	22	M20	4
65	185	145	18	M16	8	185	145	18	M16	8	205	160	22	M20	8
80	200	160	18	M16	8	200	160	18	M16	8	215	170	22	M20	8
100	235	190	22	M20	8	235	190	22	M20	8	250	200	26	M24	8
125	270	220	26	M24	8	270	220	26	M24	8	295	240	30	M27	8
150	300	250	26	M24	8	300	250	26	M24	8	345	280	33	M30×2	8
200	360	310	26	M24	12	375	320	30	M27	12	415	345	36	M33×2	12
250	425	370	30	M27	12	450	385	33	M30×2	12	470	400	36	M33×2	12
300	485	430	30	M27	16	515	450	33	M30×2	16	530	460	36	M33×2	16
350	555	490	33	M30×2	16	580	510	36	M33×2	16	600	525	39	M36×3	16
400	620	550	36	M33×2	16	660	585	39	M36×3	16	670	585	42	M39×3	16
450	670	600	36	M33×2	20	685	610	39	M36×3	20					
500	730	660	36	M33×2	20	755	670	42	M39×3	20					
600	845	770	39	M36×3	20	890	795	48	M45×3	20					
700	960	875	42	M39×3	24										
800	1 085	990	48	M45×3	24										
900	1 185	1 090	48	M45×3	28										
1 000	1 320	1 210	55	M52×4	28										
1 200	1 530	1 420	55	M52×4	32										

超星浏览器提醒您：  
使用本套制品  
请尊重知识产权

续表 27.2-2

公称通径 DN/mm	PN10.0 MPa(100 bar)					PN16.0 MPa(160 bar)					PN25.0 MPa(250 bar)				
	D	K	L	Th.	n	D	K	L	Th.	n	D	K	L	Th.	n
10	100	70	14	M12	4	100	70	14	M12	4	125	85	18	M16	4
15	105	75	14	M12	4	105	75	14	M12	4	130	90	18	M16	4
20	130	90	18	M16	4	130	90	18	M16	4	135	95	18	M16	4
25	140	100	18	M16	4	140	100	18	M16	4	150	105	22	M20	4
32	155	110	22	M20	4	155	110	22	M20	4	165	120	22	M20	4
40	170	125	22	M20	4	170	125	22	M20	4	185	135	26	M24	4
50	195	145	26	M24	4	195	145	26	M24	4	200	150	26	M24	8
65	220	170	26	M24	8	220	170	26	M24	8	230	180	26	M24	8
80	230	180	26	M24	8	230	180	26	M24	8	255	200	30	M27	8
100	265	210	30	M27	8	265	210	30	M27	8	300	235	33	M30×2	8
125	315	250	33	M30×2	8	315	250	33	M30×2	8	340	275	33	M30×2	12
150	355	290	33	M30×2	12	355	290	33	M30×2	12	390	320	36	M33×2	12
200	430	360	36	M33×2	12	430	360	36	M33×2	12	485	400	42	M39×3	12
250	505	430	39	M36×3	12	515	430	42	M39×3	12	585	490	48	M45×3	16
300	585	500	42	M39×3	16	585	500	42	M39×3	16	690	590	52	M48×3	16
350	655	560	48	M45×3	16										
400	715	620	48	M45×3	16										

① 也可采用 8 个螺栓孔。

② PN1.0~PN4.0 MPa, DN80 法兰的连接尺寸相同。

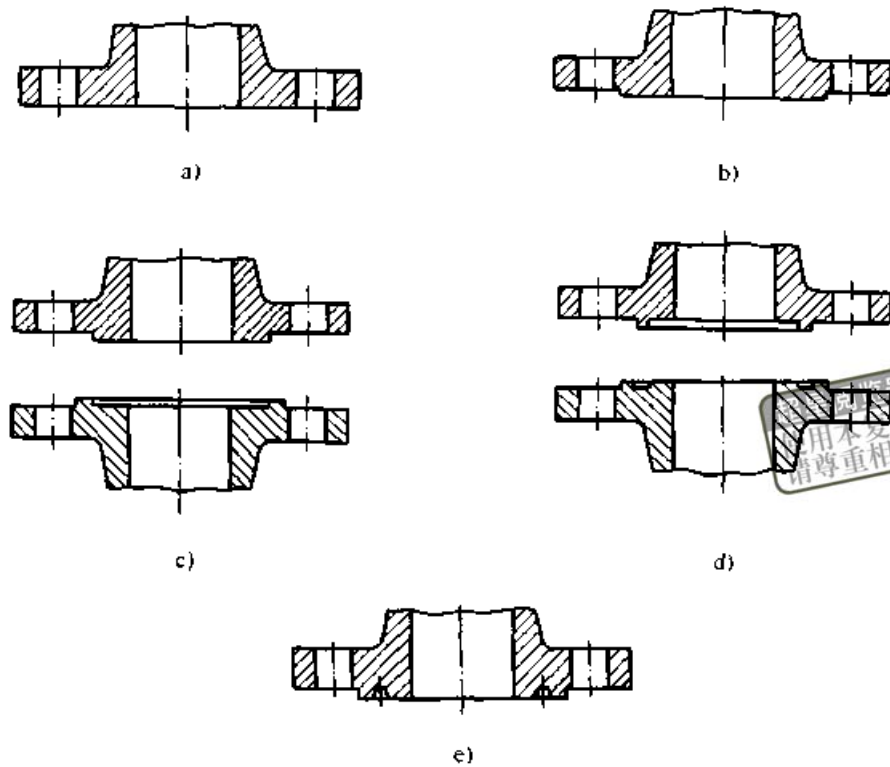


图 27.2-2 密封面型式

a) 全平面 b) 突面 c) 凹凸面 d) 榫槽面 e) 环连接面

表 27.2-3 密封面型式及适用范围

(mm)

密封面型式	公称压力 PN/MPa									
	0.25	0.6	1.0	1.6	2.5	4.0	6.3	10.0	16.0	25.0
全平面	DN10 ~ DN600		DN10 ~ DN2 000							
突面	DN10 ~ DN2 000				DN10 ~ DN1 200	DN10 ~ DN600	DN10 ~ DN400		DN10 ~ DN300	
凹凸面	—		DN10 ~ DN600				DN10 ~ DN400		DN10 ~ DN300	—
榫槽面	—		DN10 ~ DN600				DN10 ~ DN400		DN10 ~ DN300	—
环连接面	—						DN15 ~ DN400		DN15 ~ DN300	

注：对于  $PN \leq 4.0$  MPa 的突面法兰采用非金属平垫片、聚四氟乙烯包覆垫片和柔性石墨复合垫片时，可车制密纹水线。

### 1.3.2 密封面尺寸

1) 突面、凹凸面和榫槽面法兰的密封面尺寸见图 27.2-3 和表 27.2-4。

2) 环连接面法兰的密封面尺寸见图 27.2-4 和表 27.2-5。

## 1.4 法兰结构尺寸

### 1.4.1 整体法兰

整体法兰的结构型式及尺寸见图 27.2-5 和表 27.2-6~表 27.2-14。其中法兰连接尺寸  $D$ 、 $K$ 、 $L$ 、 $n$  和  $Th$ 。见本章 1.2 节；法兰密封面尺寸  $d$ 、 $f_1$ 、 $f_2$ 、 $f_3$ 、 $W$ 、 $X$ 、 $Y$ 、 $Z$ 、 $P$ 、 $E$  和  $F$  等见本章 1.3 节。

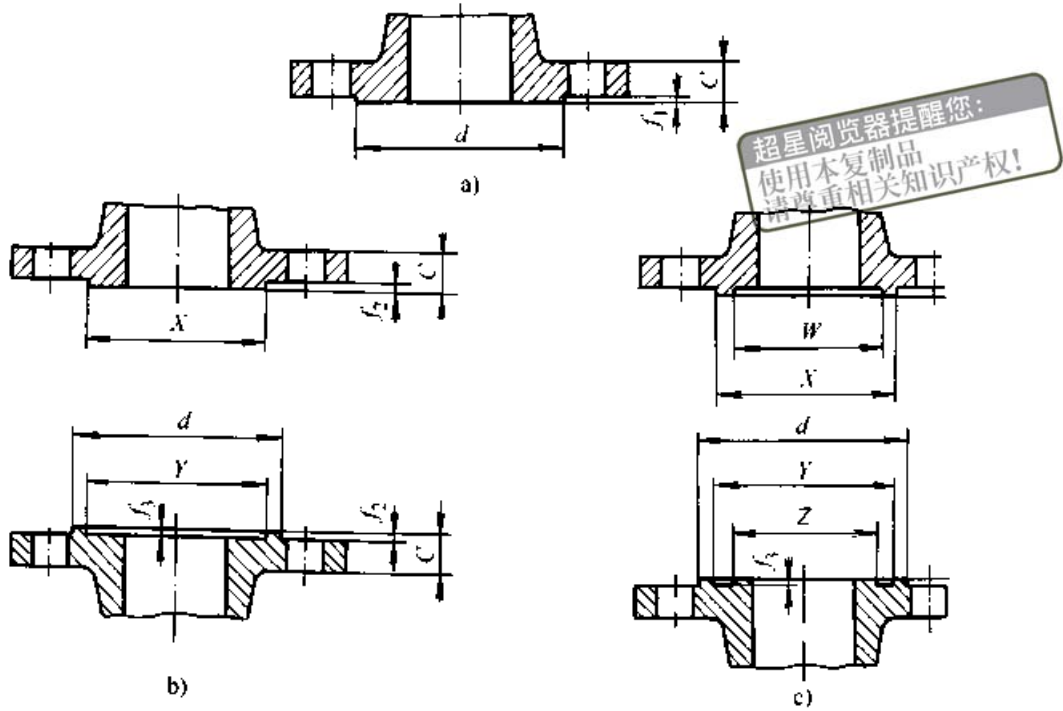


图 27.2-3 突面、凹凸面和榫槽面密封面

a) 突面 b) 凹凸面 c) 榫槽面

表 27.2-4 突面、凹凸面和榫槽面密封面尺寸

(mm)

公称通径 DN	d						f <sub>1</sub>	f <sub>2</sub>	f <sub>3</sub>	W	X	Y	Z
	公称压力 PN/MPa (bar)												
	0.25 (2.5)	0.6 (6)	1.0 (10)	1.6 (16)	2.5 (25)	≥4.0 (≥40)							
10	33	33	41	41	41	41	2	4	3	24	34	35	23
15	38	38	46	46	46	46				29	39	40	28
20	48	48	56	56	56	56				36	50	51	35
25	58	58	65	65	65	65				43	57	58	42
32	69	69	76	76	76	76				51	65	66	50
40	78	78	84	84	84	84				61	75	76	60
50	88	88	99	99	99	99				73	87	88	72
65	108	108	118	118	118	118				95	109	110	94
80	124	124	132	132	132	132				106	120	121	105
100	144	144	156	156	156	156				2	4.5	3.5	129
125	174	174	184	184	184	184	155	175	176				154
150	199	199	211	211	211	211	183	203	204				182
200	254	254	266	266	274	284	239	259	260				238
250	309	309	319	319	330	345	292	312	313				291
300	363	363	370	370	389	409	343	363	364				342
350	413	413	429	429	448	465	395	421	422				394
400	463	463	480	480	503	535	447	473	474				446
450	518	518	530	548	548	560	497	523	524				496
500	568	568	582	609	609	615	549	575	576				548
600	667	667	682	720	720	735	649	675	676	648			



续表 27.2-4

公称通径 DN	d						f <sub>1</sub>	f <sub>2</sub>	Y	Z
	公称压力 PN/MPa (bar)									
	0.25 (2.5)	0.6 (6)	1.0 (10)	1.6 (16)	2.5 (25)	≥4.0 (≥40)				
700	772	772	794	794	820					
800	878	878	901	901	928					
900	978	978	1 001	1 001	1 028					
1 000	1 078	1 078	1 112	1 112	1 140					
1 200	1 295	1 295	1 328	1 328	1 350	5				
1 400	1 510	1 510	1 530	1 530						
1 600	1 710	1 710	1 750	1 750						
1 800	1 918	1 918	1 950	1 950						
2 000	2 125	2 125	2 150	2 150						

超星浏览器提醒您：  
使用本复制品  
请尊重相关知识产权！

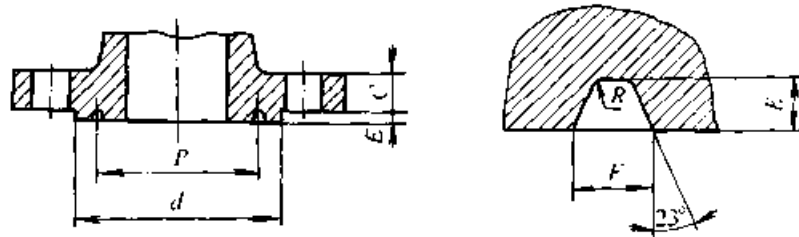


图 27.2-4 环连接面密封面

表 27.2-5 环连接面密封面尺寸 (mm)

公称通径 DN	PN6.3 MPa (63 bar)					PN10.0 MPa (100 bar)					PN16.0 MPa (160 bar)					PN25.0 MPa (250 bar)					
	d	P	E	F	R <sub>max</sub>	d	P	E	F	R <sub>max</sub>	d	P	E	F	R <sub>max</sub>	d	P	E	F	R <sub>max</sub>	
15	55	35	6.5	9	0.8	55	35	6.5	9	0.8	58	35	6.5	9	0.8	70	40	6.5	9	0.8	0.8
20	68	45				68	45				70	45				75	45				
25	78	50				78	50				80	50				82	50				
32	86	65				86	65				86	65				96	65				
40	102	75	8	12	0.8	102	75	8	12	0.8	102	75	8	12	0.8	108	75	8	12	0.8	0.8
50	112	85				116	85				118	95				122	95				
65	136	110				140	110				142	110				152	110				
80	146	115				150	115				152	130				166	135				
100	172	145	11	17	0.8	176	145	11	17	0.8	178	160	11	17	0.8	198	160	11	17	0.8	0.8
125	208	175				212	175				215	190				238	195				
150	245	205				250	205				255	205				278	210				
200	306	265				312	265				322	275				346	275				
250	362	320	14	23	0.8	376	320	14	23	0.8	388	330	14	23	0.8	438	330	14	23	0.8	0.8
300	422	375				448	375				456	380				528	380				
350	475	420	11	17	0.8	505	420	11	17	0.8			11	17	0.8			11	17	0.8	0.8
400	540	480				565	480														

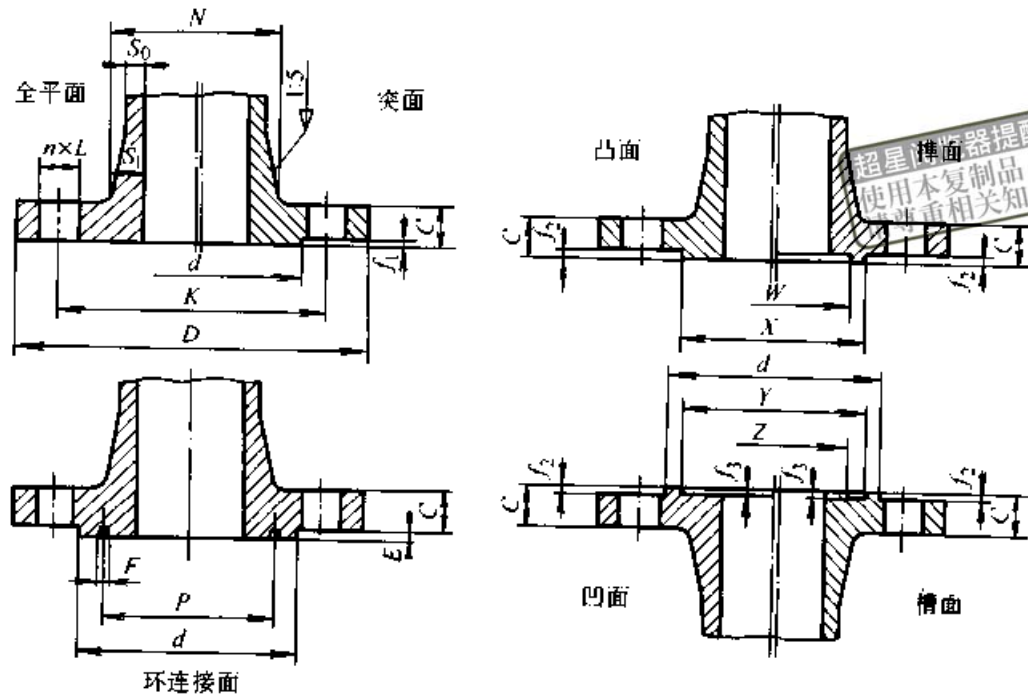


图 27.2-5 整体法兰结构型式

表 27.2-6 PN0.6 MPa 整体法兰尺寸

(mm)

公称 口径 DN	法兰 厚度 C	法兰颈				公称 口径 DN	法兰 厚度 C	法兰颈			
		N	R	S <sub>0</sub>	S <sub>1</sub>			N	R	S <sub>0</sub>	S <sub>1</sub>
10	12	20	3	3	5	125	18	160	6	9	17.5
15	12	26	3	3	5.5	150	20	182	8	10	16
20	14	34	4	3.5	7	200	22	238	8	11	19
25	14	44	4	4	9.5	250	24	284	10	11	17
32	16	54	5	4	11	300	24	342	10	12	21
40	16	64	5	4.5	12	350	24	392	10	14	21
50	16	74	5	5	12	400	24	442	10	15	21
65	16	94	6	6	14.5	450	24	494	12	16	22
80	18	110	6	7	15	500	26	544	12	16	22
100	18	130	6	8	15	600	30	642	12	17	21

表 27.2-7 PN1.0 MPa 整体法兰尺寸

(mm)

公称 口径 DN	法兰 厚度 C	法兰颈				公称 口径 DN	法兰 厚度 C	法兰颈			
		N	R	S <sub>0</sub>	S <sub>1</sub>			N	R	S <sub>0</sub>	S <sub>1</sub>
10	14	30	4	6	10	125	22	159	6	10	17
15	14	37	4	6	11	150	24	184	6	11	17
20	16	44	5	6.5	12	200	24	246	8	12	23
25	16	53	5	7	14	250	26	298	10	14	24
32	18	60	5	7	14	300	26	348	10	15	24
40	18	68	5	7.5	14	350	26	408	10	16	29
50	20	80	5	8	15	400	26	456	10	18	28
65	20	93	5	8	14	450	28	502	12	20	26
80	20	110	5	8.5	15	500	28	559	12	21	29.5
100	22	130	5	9.5	15	600	28	658	12	23	29

表 27.2-8 PN1.6 MPa 整体法兰尺寸 (mm)

公称 通径 DN	法兰 厚度 C	法兰颈				公称 通径 DN	法兰 厚度 C	法兰颈			
		N	R	S <sub>0</sub>	S <sub>1</sub>			N	R	S <sub>0</sub>	S <sub>1</sub>
10	14	30	4	6	10	125	22	159	6	11	17
15	14	37	4	6	11	150	24	184	6	11	17
20	16	44	5	6.5	12	200	24	236	6	12	18
25	16	53	5	7	14	250	26	290	8	14	20
32	18	60	5	7	14	300	28	342	8	15	21
40	18	68	5	7.5	14	350	30	396	8	16	23
50	20	80	5	8	15	400	32	448	10	18	24
65	20	93	5	8	14	450	34	500	10	20	27
80	20	110	5	8.5	15	500	34	554	10	21	30
100	22	130	5	9.5	15	600	36	660	10	23	30

表 27.2-9 PN2.5 MPa 整体法兰尺寸 (mm)

公称 通径 DN	法兰 厚度 C	法兰颈				公称 通径 DN	法兰 厚度 C	法兰颈			
		N	R	S <sub>0</sub>	S <sub>1</sub>			N	R	S <sub>0</sub>	S <sub>1</sub>
10	14	30	4	6	10	125	26	165	8	11	20
15	14	37	4	6	11	150	28	192	8	12	21
20	16	44	5	6.5	12	200	30	246	8	12	23
25	16	53	5	7	14	250	32	298	10	14	24
32	18	60	5	7	14	300	24	352	10	15	26
40	18	68	5	7.5	14	350	38	408	10	16	29
50	20	80	5	8	15	400	40	460	10	18	30
65	22	99	6	8.5	17	450	42	502	10	19	31
80	24	116	6	9	18	500	44	566	12	21	33
100	24	136	6	10	18	600	46	670	12	23	35

表 27.2-10 PN4.0 MPa 整体法兰尺寸 (mm)

公称 通径 DN	法兰 厚度 C	法兰颈				公称 通径 DN	法兰 厚度 C	法兰颈			
		N	R	S <sub>0</sub>	S <sub>1</sub>			N	R	S <sub>0</sub>	S <sub>1</sub>
10	14	30	4	6	10	125	26	165	8	11	20
15	14	37	4	6	11	150	28	192	8	12	21
20	16	44	5	6.5	12	200	34	252	10	14	26
25	16	53	5	7	14	250	38	308	10	16	29
32	18	60	5	7	14	300	42	364	12	17	32
40	18	68	5	7.5	14	350	46	420	12	19	35
50	20	80	5	8	15	400	50	476	12	21	38
65	22	99	6	8.5	17	450	57	526	12	21	38
80	24	116	6	9	18	500	57	578	15	21	39
100	24	136	6	10	18	600	72	690	15	24	45

表 27.2-11 PN6.3 MPa 整体法兰尺寸

(mm)

公称 通径 DN	法兰 厚度 C	法兰颈				公称 通径 DN	法兰 厚度 C	法兰颈			
		N	R	S <sub>0</sub>	S <sub>1</sub>			N	R	S <sub>0</sub>	S <sub>1</sub>
10	20	40	4	10	15	100	30	146	5	13	23
15	20	45	4	10	15	125	34	177	6	13	26
20	20	50	4	10	15	150	36	204	6	14	27
25	24	61	4	10	18	200	42	264	8	16	32
32	24	68	4	10	18	250	46	320	8	19	35
40	26	82	4	10	21	300	52	378	10	21	39
50	26	90	5	10	20	350	56	434	10	23	42
65	26	105	5	10	20	400	60	490	12	26	45
80	28	122	5	11	21						

表 27.2-12 PN10.0 MPa 整体法兰尺寸

(mm)

公称 通径 DN	法兰 厚度 C	法兰颈				公称 通径 DN	法兰 厚度 C	法兰颈			
		N	R	S <sub>0</sub>	S <sub>1</sub>			N	R	S <sub>0</sub>	S <sub>1</sub>
10	20	40	4	10	15	100	36	150	5	14	25
15	20	45	4	10	15	125	40	185	6	16	30
20	20	50	4	10	15	150	44	216	6	18	33
25	24	61	4	10	18	200	52	278	8	21	39
32	24	68	4	10	18	250	60	340	8	25	45
40	26	82	4	10	21	300	68	402	10	29	51
50	28	96	4	10	23	350	74	460	10	32	55
65	30	113	5	11	24	400	82	518	12	36	59
80	32	128	5	12	24						

表 27.2-13 PN16.0 MPa 整体法兰尺寸

(mm)

公称 通径 DN	法兰 厚度 C	法兰颈				公称 通径 DN	法兰 厚度 C	法兰颈			
		N	R	S <sub>0</sub>	S <sub>1</sub>			N	R	S <sub>0</sub>	S <sub>1</sub>
10	24	40	4	10	15	80	46	128	5	12	24
15	26	45	4	10	15	100	52	150	5	14	25
20	30	50	4	10	15	125	56	184	6	16	29.5
25	32	61	4	10	18	150	62	224	6	18	37
32	34	68	4	10	18	200	66	288	8	21	44
40	36	82	4	10	21	250	76	346	8	31	48
50	38	96	4	10	23	300	88	414	10	46	57
65	42	113	5	11	24						

表 27.2-14 PN25.0 MPa 整体法兰尺寸 (mm)

公称 直径 DN	法兰 厚度 C	法兰颈				公称 直径 DN	法兰 厚度 C	法兰颈			
		N	R	S <sub>0</sub>	S <sub>1</sub>			N	R	S <sub>0</sub>	S <sub>1</sub>
10	24	46	4	10	18	80	42	6	16	31	
15	26	52	4	10	18.5	100	54	6	19	34	
20	28	57	4	10	18.5	125	60	207	6	22	41
25	28	63	4	11	19	150	68	246	8	25	48
32	32	78	4	12	23	200	82	314	8	32	57
40	34	90	4	13	25	250	100	394	10	38	72
50	38	102	5	13	26	300	120	480	10	47	90
65	42	125	5	14	30						

1.4.2 对焊法兰

对焊法兰的结构型式及尺寸见图 27.2-6 和表 27.2-15~表 27.2-22。其中法兰连接尺寸  $D$ 、

$K$ 、 $L$ 、 $n$  和  $Th$ 。见本章 1.2 节；法兰密封面尺寸  $d$ 、 $f_1$ 、 $f_2$ 、 $f_3$ 、 $W$ 、 $X$ 、 $Y$ 、 $Z$ 、 $P$ 、 $F$  和  $F'$  等见本章 1.3 节。

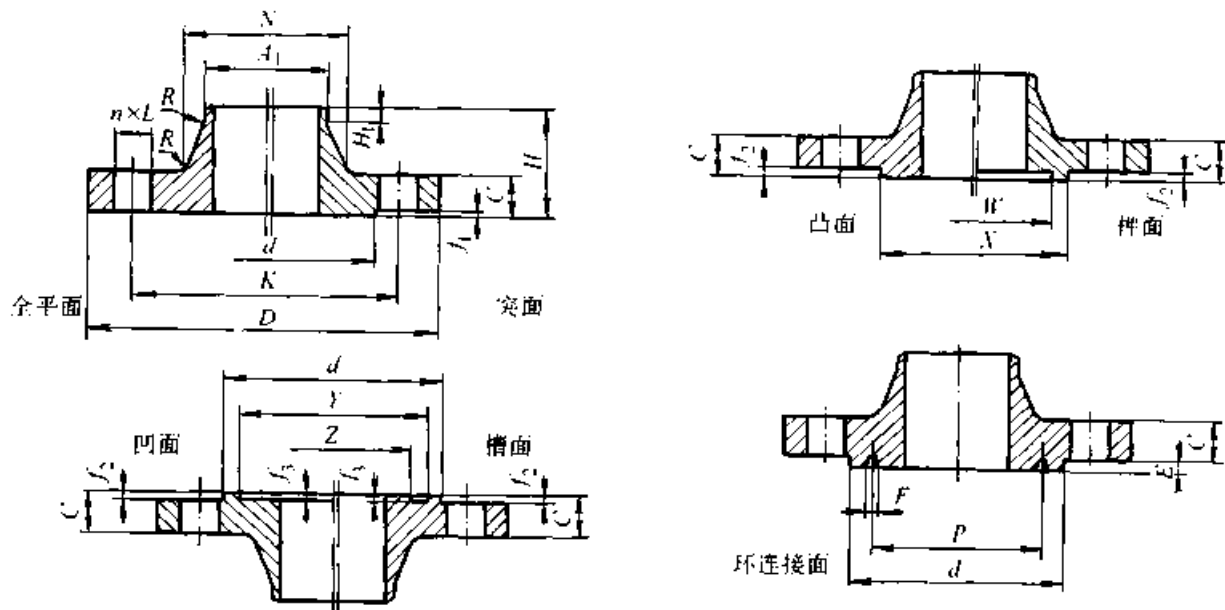


图 27.2-6 对焊法兰结构型式

表 27.2-15 PN1.0 MPa 对焊法兰尺寸 (mm)

公称 直径 DN	钢管外径 (法兰焊端外径)		法兰 厚度 C	法兰颈				法兰 高度 H	法兰理 论质量/ kg	
	A <sub>1</sub>			N		S	H <sub>t</sub> ≈			R
	A 系列	B 系列		A 系列	B 系列					
10	17.2	14	14	28	28	2	6	3	35	0.66
15	21.3	18	14	32	32	2	6	3	38	0.75
20	26.9	25	16	40	40	2.3	6	4	40	1.05
25	33.7	32	16	46	46	2.6	6	4	40	1.26

超星浏览器提醒您：续表 27.2-15

公称 口径 DN	钢管外径 (法兰焊端外径) $A_1$		法兰 厚度 $C$	法兰颈					法兰 高度 $H$	法兰理 论质量 kg
	A 系列	B 系列		$N$		$S$	$H_1$ $\approx$	$R$		
				A 系列	B 系列					
32	42.4	38	18	56	56	2.6	6	5	42	2.05
40	48.3	45	18	64	64	2.6	7	5	45	2.37
50	60.3	57	20	74	74	2.9	8	5	48	3.11
65	76.1	76	20	92	92	2.9	10	6	48	3.74
80	88.9	89	20	110	110	3.2	10	6	50	4.22
100	114.3	108	22	130	130	3.6	12	6	52	5.39
125	139.7	133	22	158	158	4	12	6	55	6.88
150	168.3	159	24	184	184	4.5	12	8	55	9.13
200	219.1	219	24	234	234	6.3	16	8	62	11.8
250	273	273	26	288	288	6.3	16	10	68	15.6
300	323.9	325	26	342	342	7.1	16	10	68	18.6
350	355.6	377	26	390	402	8	16	10	68	22.8
400	406.4	426	26	440	458	8.8	16	10	72	28.2
450	457	480	28	488	510	10	16	12	72	31.7
500	508	530	28	540	562	11	16	12	75	36.8
600	610	630	28	640	660	12.5	18	12	80	52.6

表 27.2-16 PN1.6 MPa 对焊法兰尺寸

(mm)

公称 口径 DN	钢管外径 (法兰焊端外径) $A_1$		法兰 厚度 $C$	法兰颈					法兰 高度 $H$	法兰理 论质量/ kg
	A 系列	B 系列		$N$		$S$	$H_1$ $\approx$	$R$		
				A 系列	B 系列					
10	17.2	14	14	28	28	2	6	3	35	0.66
15	21.3	18	14	32	32	2	6	3	38	0.75
20	26.9	25	16	40	40	2.3	6	4	40	1.05
25	33.7	32	16	46	46	2.6	6	4	40	1.26
32	42.4	38	18	56	56	2.6	6	5	42	2.05
40	48.3	45	18	64	64	2.6	7	5	45	2.37
50	60.3	57	20	74	74	2.9	8	5	48	3.11
65	76.1	76	20	92	92	2.9	10	6	48	3.74
80	88.9	89	20	110	110	3.2	10	6	50	4.22
100	114.3	108	22	130	130	3.6	12	6	52	5.39
125	139.7	133	22	158	158	4	12	6	55	6.88

续表 27.2-16

公称 口径 DN	钢管外径 (法兰焊端外径) $A_1$		法兰 厚度 C	法兰颈				法兰 高度 H	法兰理 论质量 kg	
	A 系列	B 系列		N		S	$H_1$ ≈			R
				A 系列	B 系列					
150	168.3	159	24	184	184	4.5	12	8	55	9.13
200	219.1	219	24	234	234	6.3	16	8	62	11.5
250	273	273	26	288	288	6.3	16	10	70	16.7
300	323.9	325	28	342	342	7.1	16	10	78	22.4
350	355.6	377	30	390	410	8	16	10	82	30.5
400	406.4	426	32	444	464	8.8	16	10	85	38.5
450	457	480	34	490	512	10	16	12	87	50.8
500	508	530	34	546	578	11	16	12	90	70.7
600	610	630	36	650	670	12.5	18	12	95	85.3

表 27.2-17 PN2.5 MPa 对焊法兰尺寸 (mm)

公称 口径 DN	钢管外径 (法兰焊端外径) $A_1$		法兰 厚度 C	法兰颈				法兰 高度 H	法兰理 论质量 kg	
	A 系列	B 系列		N		S	$H_1$ ≈			R
				A 系列	B 系列					
10	17.2	14	14	28	28	2.3	6	3	35	0.66
15	21.3	18	14	32	32	3.2	6	3	38	0.75
20	26.9	25	16	40	40	3.2	6	4	40	1.05
25	33.7	32	16	46	46	3.2	6	4	40	1.26
32	42.4	38	18	56	56	3.6	6	5	42	2.05
40	48.3	45	18	64	64	3.6	7	5	45	2.37
50	60.3	57	20	74	74	4	8	5	48	3.11
65	76.1	76	22	92	92	5	10	6	52	3.94
80	88.9	89	24	110	110	5.6	12	6	58	5.03
100	114.3	108	24	134	134	6.3	12	6	65	7.01
125	139.7	133	26	162	162	6.3	12	6	68	9.61
150	168.3	159	28	190	190	6.3	12	8	75	12.7
200	219.1	219	30	244	244	6.3	16	8	80	17.4
250	273	273	32	296	296	6.3	18	10	88	24.4
300	323.9	325	34	350	350	7.1	18	10	92	31.9
350	355.6	377	38	398	420	8	20	10	100	48.5
400	406.4	426	40	452	472	8.8	20	10	110	61.1
450	457	480	42	500	522	10	20	12	110	71.5
500	508	530	44	558	580	11	20	12	125	92.5
600	610	630	46	660	680	12.5	20	12	125	132.8

表 27.2-18 PN4.0 MPa 对焊法兰尺寸

(mm)

公称 口径 DN	钢管外径 (法兰焊端外径) $A_1$		法兰 厚度 C	法兰颈					法兰 高度 H	法兰理 论质量/ kg
	A 系列	B 系列		N		S	$H_1$ ≈	R		
				A 系列	B 系列					
10	17.2	14	14	28	28	2.3	6	3	35	0.66
15	21.3	18	14	32	32	3.2	6	3	38	0.75
20	26.9	25	16	40	40	3.2	6	4	40	1.05
25	33.7	32	16	46	46	3.2	6	4	40	1.26
32	42.4	38	18	56	56	3.6	6	5	42	2.05
40	48.3	45	18	64	64	3.6	7	5	45	2.37
50	60.3	57	20	74	74	4	8	5	48	3.11
65	76.1	76	22	92	92	5	10	6	52	3.94
80	88.9	89	24	110	110	5.6	12	6	58	5.03
100	114.3	108	24	134	134	6.3	12	6	65	7.01
125	139.7	133	26	162	162	6.3	12	6	68	9.61
150	168.3	159	28	190	190	7.1	12	8	75	12.7
200	219.1	219	34	244	244	8	16	8	88	21.4
250	273	273	38	306	306	10	18	10	105	34.6
300	323.9	325	42	362	362	10	18	10	115	48.2
350	355.6	377	46	408	430	11	20	10	125	66.8
400	406.4	426	50	462	482	12.5	20	10	135	96.0
450	457	480	57	500	522	14.2	20	12	135	100.1
500	508	530	57	562	584	16	20	12	140	125.9
600	610	630	72	666	686	17.5	20	12	150	204.2

表 27.2-19 PN6.3 MPa 对焊法兰尺寸

(mm)

公称 口径 DN	钢管外径 (法兰焊端外径) $A_1$		法兰 厚度 C	法兰颈					法兰 高度 H	法兰理 论质量/ kg
	A 系列	B 系列		N		S	$H_1$ ≈	R		
				A 系列	B 系列					
10	17.2	14	20	32	32	3	6	3	45	1.18
15	21.3	18	20	34	34	3.2	6	3	45	1.30
20	26.9	25	20	42	42	3.6	6	4	52	2.00
25	33.7	32	24	52	52	3.6	8	4	58	2.79
32	42.4	38	24	60	60	3.6	8	5	60	3.38
40	48.3	45	26	70	70	4	10	5	62	4.40
50	60.3	57	26	82	82	5	10	5	62	4.86



续表 27.2-19

公称 通径 DN	钢管外径 (法兰焊端外径) $A_1$		法兰 厚度 $C$	法兰颈				法兰 高度 $H$	法兰理 论质量 kg	
	A 系列	B 系列		N		S	$H_1$ ≈			R
				A 系列	B 系列					
65	76.1	76	26	98	98	6	12	6	68	5.92
80	88.9	89	28	112	112	6	12	6	72	6.93
100	114.3	108	30	138	138	7	12	6	78	9.98
125	139.7	133	34	168	168	7.5	12	6	88	15.6
150	168.3	159	36	202	202	8.5	12	8	95	23.0
200	219.1	219	42	256	256	10.5	16	8	110	35.0
250	273	273	46	316	316	13.5	18	10	125	48.9
300	323.9	325	52	372	372	15.5	18	10	140	68.3
350	355.6	377	56	420	442	17.5	20	10	150	95.4
400	406.4	426	60	475	495	20	20	10	160	141.3

表 27.2-20 PN10.0 MPa 对焊法兰尺寸 (mm)

公称 通径 DN	钢管外径 (法兰焊端外径) $A_1$		法兰 厚度 $C$	法兰颈				法兰 高度 $H$	法兰理 论质量 kg	
	A 系列	B 系列		N		S	$H_1$ ≈			R
				A 系列	B 系列					
10	17.2	14	20	32	32	3	6	3	45	1.18
15	21.3	18	20	34	34	3.2	6	3	45	1.30
20	26.9	25	20	42	42	3.6	6	4	52	2.00
25	33.7	32	24	52	52	3.6	8	4	58	2.79
32	42.4	38	24	60	60	3.6	8	5	60	3.38
40	48.3	45	26	70	70	4	10	5	62	4.40
50	60.3	57	28	90	90	6	10	5	68	6.24
65	76.1	76	30	108	108	7	12	6	76	7.95
80	88.9	89	32	120	120	7	12	6	78	9.10
100	114.3	108	36	150	150	8	12	6	90	13.9
125	139.7	133	40	180	180	10.5	12	6	105	22.3
150	168.3	159	44	210	210	11.5	12	8	115	30.1
200	219.1	219	52	278	278	14.5	16	8	130	51.0
250	273	273	60	340	340	18.5	18	10	157	82.2
300	323.9	325	68	400	400	20.5	18	10	170	119.4
350	355.6	377	74	460	482	22.5	20	10	189	166.2
400	406.4	426	82	510	530	25	20	10	205	214.5

表 27.2-21 PN16.0 MPa 对焊法兰尺寸

(mm)

公称 口径 DN	钢管外径 (法兰焊端外径) $A_1$		法兰 厚度 C	法兰颈					法兰 高度 H	法兰理 论质量/ kg
	A 系列	B 系列		N		S	$H_1$ ≈	R		
				A 系列	B 系列					
10	17.2	14	24	32	32	3	6	3	45	1.39
15	21.3	18	26	34	34	3.2	6	3	45	1.65
20	26.9	25	30	42	42	3.6	6	4	52	2.90
25	33.7	32	32	52	52	3.6	8	4	58	3.61
32	42.4	38	34	60	60	3.6	8	5	60	4.60
40	48.3	45	36	70	70	4	10	5	64	5.92
50	60.3	57	38	90	90	6	10	5	75	8.28
65	76.1	76	42	108	108	7	12	6	82	10.8
80	88.9	89	46	120	120	7	12	6	86	12.9
100	114.3	108	52	150	150	8	12	6	100	19.6
125	139.7	133	56	180	180	10.5	14	6	115	30.6
150	168.3	159	62	210	210	12.5	14	8	128	42.2
200	219.1	219	66	278	278	16	16	8	140	65.6
250	273	273	76	340	340	20	18	10	155	106.4
300	323.9	325	88	400	400	22.2	18	10	175	153.2

表 27.2-22 PN25.0 MPa 对焊法兰尺寸

(mm)

公称 口径 DN	钢管外径 (法兰焊端外径) $A_1$		法兰 厚度 C	法兰颈					法兰 高度 H	法兰理 论质量/ kg
	A 系列	B 系列		N		S	$H_1$ ≈	R		
				A 系列	B 系列					
10	17.2	14	24	44	44	3	6	3	60	2.26
15	21.3	18	26	48	48	3.2	6	3	60	2.65
20	26.9	25	28	54	54	3.6	6	4	65	3.12
25	33.7	32	28	60	60	3.6	8	4	65	3.74
32	42.4	38	32	72	72	4	8	5	75	5.32
40	48.3	45	34	84	84	5	10	5	80	7.08
50	60.3	57	38	95	95	6.3	10	5	85	8.61
65	76.1	76	42	124	124	8	12	6	95	13.2
80	101.6	102	46	136	136	11	12	6	102	17.0
100	127	127	54	164	164	14.2	14	6	120	28.1
125	152.4	159	60	200	206	16	16	6	140	39.7
150	177.8	180	68	240	242	17.5	18	8	160	60.5
200	244.5	—	82	305	—	25	25	8	190	111.8
250	298.5	—	100	385	—	32	30	10	215	193.3

1.4.3 板式平焊法兰

板式平焊法兰的结构型式及尺寸见图 27.2-7 和表 27.2-23 ~ 表 27.2-27。其中法兰连接尺寸  $D$ 、 $K$ 、 $L$ 、 $n$  和  $Th$ ，见本章第 1.2 节；法兰密封面尺寸  $d$  和  $f_1$  见本章第 1.3 节。

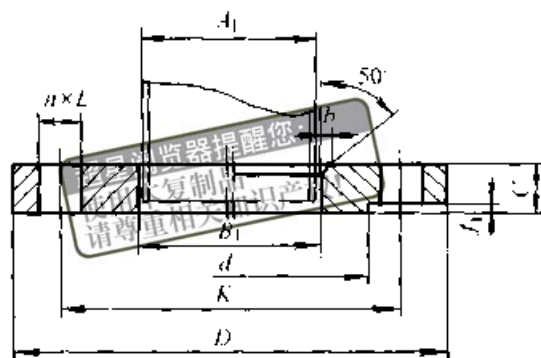


图 27.2-7 板式平焊法兰结构型式

1.4.4 带颈平焊法兰

带颈平焊法兰的结构型式及尺寸见图 27.2-8 和表 27.2-28 ~ 表 27.2-32。其中法兰连接尺寸  $D$ 、 $K$ 、 $L$ 、 $n$  和  $Th$ ，见本章第 1.2 节；法兰密封面尺寸  $d$ 、 $f_1$ 、 $f_2$ 、 $f_3$ 、 $W$ 、 $X$ 、 $Y$  和  $Z$  见本章第 1.3 节。

表 27.2-23 PN0.25 MPa 板式平焊法兰尺寸 (mm)

公称 口径 DN	管子外径 $A_1$		法兰 厚度 $C$	法兰内径 $B_1$		法兰理 论质量/ kg	公称 口径 DN	管子外径 $A_1$		法兰 厚度 $C$	法兰内径 $B_1$		法兰理 论质量/ kg
	A 系列	B 系列		A 系列	B 系列			A 系列	B 系列				
10	17.2	14	12	18	15	0.36	125	139.7	133	20	141.5	135	4.53
15	21.3	18	12	22	19	0.41	150	168.3	159	20	170.5	161	5.14
20	26.9	25	14	27.5	26	0.60	200	219.1	219	22	221.5	222	6.85
25	33.7	32	14	34.5	33	0.73	250	273	273	24	276.5	276	8.96
32	42.4	38	16	43.5	39	1.19	300	323.9	325	24	327.5	328	11.9
40	48.3	45	16	49.5	46	1.38	350	355.6	377	26	359.5	381	14.3
50	60.3	57	16	61.5	59	1.51	400	406.4	426	28	411	430	17.1
65	76.1	76	16	77.5	78	1.85	450	457	480	30	462	485	20.5
80	88.9	89	18	90.5	91	2.94	500	508	530	32	513.5	535	23.7
100	114.3	108	18	116	110	3.41	600	610	630	36	616.5	636	33.7

表 27.2-24 PN0.6 MPa 板式平焊法兰尺寸 (mm)

公称 口径 DN	管子外径 $A_1$		法兰 厚度 $C$	法兰内径 $B_1$		坡口 宽度 $b$	法兰理 论质量/ kg	公称 口径 DN	管子外径 $A_1$		法兰 厚度 $C$	法兰内径 $B_1$		坡口 宽度 $b$	法兰理 论质量/ kg
	A 系列	B 系列		A 系列	B 系列				A 系列	B 系列					
10	17.2	14	12	18	15	—	0.36	125	139.7	133	18	141.5	135	—	4.08
15	21.3	18	12	22	19	—	0.41	150	168.3	159	20	170.5	161	—	5.14
20	26.9	25	14	27.5	26	—	0.60	200	219.1	219	22	221.5	222	—	6.85
25	33.7	32	14	34.5	33	—	0.73	250	273	273	24	276.5	276	—	8.96
32	42.4	38	16	43.5	39	—	1.19	300	323.9	325	24	327.5	328	—	11.9
40	48.3	45	16	49.5	46	—	1.38	350	355.6	377	26	359.5	381	—	14.3
50	60.3	57	16	61.5	59	—	1.51	400	406.4	426	28	411	430	—	17.1
65	76.1	76	16	77.5	78	—	1.85	450	457	480	30	462	485	—	20.5
80	88.9	89	18	90.5	91	—	2.94	500	508	530	32	513.5	535	—	23.7
100	114.3	108	18	116	110	—	3.41	600	610	630	36	616.5	636	—	33.7

表 27.2-25 PN1.0 MPa 板式平焊法兰尺寸

(mm)

公称 口径 DN	管子外径 A <sub>1</sub>		法兰 厚度 C	法兰内径 B <sub>1</sub>		法兰理 论质量/ kg	公称 口径 DN	管子外径 A <sub>1</sub>		法兰 厚度 C	法兰内径 B <sub>1</sub>		法兰理 论质量/ kg
	A 系列	B 系列		A 系列	B 系列			A 系列	B 系列				
10	17.2	14	14	18	15	0.61	125	139.7	133	22	141.5	135	5.65
15	21.3	18	14	22	19	0.68	150	168.3	159	24	170.5	161	7.61
20	26.9	25	16	27.5	26	0.94	200	219.1	219	24	221.5	222	9.24
25	33.7	32	16	34.5	33	1.12	250	273	273	26	276.5	276	11.9
32	42.4	38	18	43.5	39	1.86	300	323.9	325	28	327.5	328	14.6
40	48.3	45	18	49.5	46	2.12	350	355.6	377	30	359.5	381	18.9
50	60.3	57	20	61.5	59	2.77	400	406.4	426	32	411	430	24.4
65	76.1	76	20	77.5	78	3.31	450	457	480	35	462	485	27.9
80	88.9	89	20	90.5	91	3.59	500	508	530	38	513.5	535	34.9
100	114.3	108	22	116	110	4.57	600	610	630	42	616.5	636	48.1

表 27.2-26 PN1.6 MPa 板式平焊法兰尺寸

(mm)

公称 口径 DN	管子外径 A <sub>1</sub>		法兰 厚度 C	法兰内径 B <sub>1</sub>		坡口 宽度 b	法兰理 论质量/ kg	公称 口径 DN	管子外径 A <sub>1</sub>		法兰 厚度 C	法兰内径 B <sub>1</sub>		坡口 宽度 b	法兰理 论质量/ kg
	A 系列	B 系列		A 系列	B 系列				A 系列	B 系列					
10	17.2	14	14	18	15	4	0.61	125	139.7	133	22	141.5	135	6	5.65
15	21.3	18	14	22	19	4	0.68	150	168.3	159	24	170.5	161	6	7.61
20	26.9	25	16	27.5	26	4	0.94	200	219.1	219	26	221.5	222	8	9.69
25	33.7	32	16	34.5	33	5	1.12	250	273	273	28	276.5	276	10	13.8
32	42.4	38	18	43.5	39	5	1.86	300	323.9	325	32	327.5	328	11	18.9
40	48.3	45	18	49.5	46	5	2.12	350	355.6	377	35	359.5	381	12	24.7
50	60.3	57	20	61.5	59	5	2.77	400	406.4	426	38	411	430	12	32.1
65	76.1	76	20	77.5	78	6	3.31	450	457	480	42	462	485	12	40.5
80	88.9	89	20	90.5	91	6	3.59	500	508	530	46	513.5	535	12	57.6
100	114.3	108	22	116	110	6	4.57	600	610	630	52	616.5	636	12	88.2

表 27.2-27 PN2.5 MPa 板式平焊法兰尺寸

(mm)

公称 口径 DN	管子外径 A <sub>1</sub>		法兰 厚度 C	法兰内径 B <sub>1</sub>		坡口 宽度 b	法兰理 论质量/ kg	公称 口径 DN	管子外径 A <sub>1</sub>		法兰 厚度 C	法兰内径 B <sub>1</sub>		坡口 宽度 b	法兰理 论质量/ kg
	A 系列	B 系列		A 系列	B 系列				A 系列	B 系列					
10	17.2	14	14	18	15	4	0.61	125	139.7	133	28	141.5	135	6	8.50
15	21.3	18	14	22	19	4	0.68	150	168.3	159	30	170.5	161	6	10.8
20	26.9	25	16	27.5	26	4	0.94	200	219.1	219	32	221.5	222	8	14.2
25	33.7	32	16	34.5	33	5	1.12	250	273	273	35	276.5	276	10	20.2
32	42.4	38	18	43.5	39	5	1.86	300	323.9	325	38	327.5	328	11	26.5
40	48.3	45	18	49.5	46	5	2.12	350	355.6	377	42	359.5	381	12	37.6
50	60.3	57	20	61.5	59	5	2.77	400	406.4	426	46	411	430	12	50.7
65	76.1	76	22	77.5	78	6	3.46	450	457	480	50	462	485	12	57.8
80	88.9	89	24	90.5	91	6	4.31	500	508	530	56	513.5	535	12	76.2
100	114.3	108	26	116	110	6	6.29	600	610	630	68	616.5	636	12	117.0

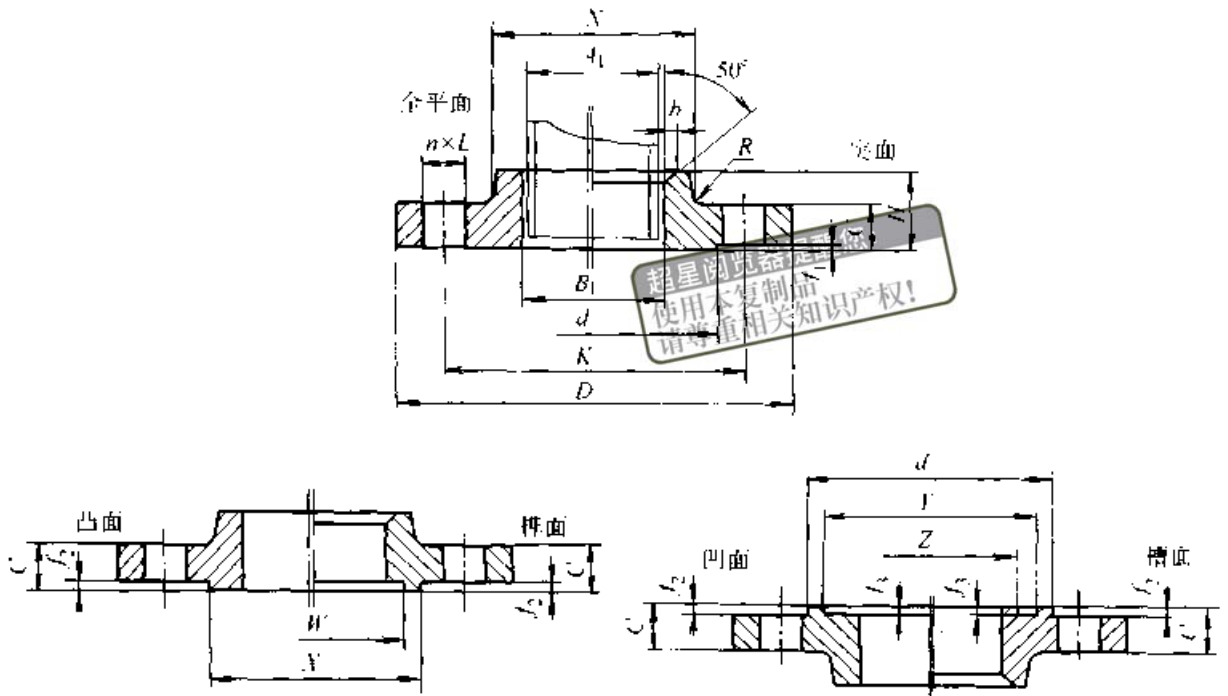


图 27.2-8 带颈平焊法兰结构型式

表 27.2-28 PN0.6 MPa 带颈平焊法兰尺寸

(mm)

公称 通径 DN	钢管外径 $A_1$		法兰 厚度 $C$	法兰内径 $B_1$		法兰颈 $N$		$R$	法兰 高度 $H$	法兰理 论质量/ kg
	A 系列	B 系列		A 系列	B 系列	A 系列	B 系列			
	10	17.2		14	12	18	15			
15	21.3	18	12	22	19	30	30	3	20	0.44
20	26.9	25	14	27.5	26	40	40	4	24	0.66
25	33.7	32	14	34.5	33	50	50	4	24	0.81
32	42.4	38	16	43.5	39	60	60	5	26	1.32
40	48.3	45	16	49.5	46	70	70	5	26	1.55
50	60.3	57	16	61.5	59	80	80	5	28	1.73
65	76.1	76	16	77.5	78	100	100	6	32	2.23
80	88.9	89	18	90.5	91	110	110	6	34	3.32
100	114.3	108	18	116	110	130	130	6	40	4.06
125	139.7	133	18	141.5	135	160	160	6	44	5.26
150	168.3	159	20	170.5	161	185	185	8	44	6.37
200	219.1	219	22	221.5	222	240	240	8	44	7.98
250	273	273	24	276.5	276	295	295	10	44	10.3
300	323.9	325	24	327.5	328	355	355	10	44	14.1

表 27.2-29 PN1.0 MPa 带颈平焊法兰尺寸

(mm)

公称 口径 DN	钢管外径 A <sub>1</sub>		法兰 厚度 C	法兰内径 B <sub>1</sub>		法兰颈			法兰 高度 H	坡口 宽度 b	法兰理 论质量/ kg
						N		R			
	A 系列	B 系列		A 系列	B 系列	A 系列	B 系列				
10	17.2	14	14	18	15	30	30	3	22	—	0.65
15	21.3	18	14	22	19	35	35	3	22	—	0.72
20	26.9	25	16	27.5	26	45	45	4	26	—	1.03
25	33.7	32	16	34.5	33	52	52	4	28	—	1.24
32	42.4	38	18	43.5	39	60	60	5	30	—	2.02
40	48.3	45	18	49.5	46	70	70	5	32	—	2.36
50	60.3	57	20	61.5	59	84	84	5	34	—	3.08
65	76.1	76	20	77.5	78	104	104	6	32	—	3.66
80	88.9	89	20	90.5	91	118	118	6	34	—	4.08
100	114.3	108	22	116	110	140	140	6	40	—	5.40
125	139.7	133	22	141.5	135	168	168	6	44	—	7.01
150	168.3	159	24	170.5	161	195	195	8	44	—	9.10
200	219.1	219	24	221.5	222	246	246	8	44	—	10.6
250	273	273	26	276.5	276	298	298	10	46	—	13.4
300	323.9	325	26	327.5	328	350	350	10	46	—	15.4
350	355.6	377	26	359.5	381	400	412	10	53	—	20.5
400	406.4	426	26	411	430	456	475	10	57	—	27.6
450	457	480	28	462	485	502	525	12	63	12	31.1
500	508	530	28	513.5	535	559	581	12	67	12	38.1
600	610	630	28	616.5	636	658	678	12	75	12	48.1

表 27.2-30 PN1.6 MPa 带颈平焊法兰尺寸

(mm)

公称 口径 DN	钢管外径 A <sub>1</sub>		法兰 厚度 C	法兰内径 B <sub>1</sub>		法兰颈			法兰 高度 H	坡口 宽度 b	法兰理 论质量/ kg
						N		R			
	A 系列	B 系列		A 系列	B 系列	A 系列	B 系列				
10	17.2	14	14	18	15	30	30	3	22	4	0.65
15	21.3	18	14	22	19	35	35	3	22	4	0.72
20	26.9	25	16	27.5	26	45	45	4	26	4	1.03
25	33.7	32	16	34.5	33	52	52	4	28	5	1.24
32	42.4	38	18	43.5	39	60	60	5	30	5	2.02
40	48.3	45	18	49.5	46	70	70	5	32	5	2.36
50	60.3	57	20	61.5	59	84	84	5	34	5	3.08

续表 27.2-30

公称 口径 DN	钢管外径 $A_1$		法兰 厚度 $C$	法兰内径 $B_1$		法兰颈			法兰 高度 $H$	坡口 宽度 $b$	法兰理 论质量 kg
	A 系列	B 系列		A 系列	B 系列	$N$		$R$			
						A 系列	B 系列				
65	76.1	76	20	77.5	78	104	104	6	32	6	3.66
80	88.9	89	20	90.5	91	118	118	6	34	6	4.08
100	114.3	108	22	116	110	140	140	6	40	6	5.40
125	139.7	133	22	141.5	135	168	168	6	44	6	7.01
150	168.3	159	24	170.5	161	195	195	8	44	6	9.10
200	219.1	219	24	221.5	222	246	246	8	44	8	10.3
250	273	273	26	276.5	276	298	298	10	46	10	14.3
300	323.9	325	28	327.5	328	350	350	10	53	11	18.8
350	355.6	377	30	359.5	381	400	412	10	57	12	25.2
400	406.4	426	32	411	430	456	475	10	63	12	34.8
450	457	480	34	462	485	502	525	12	68	12	41.2
500	508	530	34	513.5	535	559	581	12	73	12	54.9
600	610	630	36	616.5	636	658	678	12	83	12	77.0

表 27.2-31 PN2.5 MPa 带颈平焊法兰尺寸 (mm)

公称 口径 DN	钢管外径 $A_1$		法兰 厚度 $C$	法兰内径 $B_1$		法兰颈			法兰 高度 $H$	坡口 宽度 $b$	法兰理 论质量 kg
	A 系列	B 系列		A 系列	B 系列	$N$		$R$			
						A 系列	B 系列				
10	17.2	14	14	18	15	30	30	3	22	4	0.65
15	21.3	18	14	22	19	35	35	3	22	4	0.72
20	26.9	25	16	27.5	26	45	45	4	26	4	1.03
25	33.7	32	16	34.5	33	52	52	4	28	5	1.24
32	42.4	38	18	43.5	39	60	60	5	30	5	2.02
40	48.3	45	18	49.5	46	70	70	5	32	5	2.36
50	60.3	57	20	61.5	59	84	84	5	34	5	3.08
65	76.1	76	22	77.5	78	104	104	6	38	6	3.93
80	88.9	89	24	90.5	91	118	118	6	40	6	4.86
100	114.3	108	24	116	110	145	145	6	44	6	6.91
125	139.7	133	26	141.5	135	170	170	6	48	6	9.34
150	168.3	159	28	170.5	161	200	200	8	52	6	12.2
200	219.1	219	30	221.5	222	256	256	8	52	8	15.6
250	273	273	32	276.5	276	310	310	10	60	10	21.9

续表 27.2-31

公称 口径 DN	钢管外径 $A_1$		法兰 厚度 $C$	法兰内径 $B_1$		法兰颈			法兰 高度 $H$	坡口 宽度 $b$	法兰理 论质量/ kg
						N		R			
	A 系列	B 系列		A 系列	B 系列	A 系列	B 系列				
300	323.9	325	34	327.5	328	364	364	10	67	11	28.8
350	355.6	377	38	359.5	381	418	430	10	72	12	42.4
400	406.4	426	40	411	430	472	492	10	78	12	57.4
450	457	480	42	462	485	520	542	12	84	12	63.7
500	508	530	44	513.5	535	580	602	12	90	12	81.4
600	610	630	46	616.5	636	684	704	12	100	12	109.4

表 27.2-32 PN4.0 MPa 带颈平焊法兰尺寸

(mm)

公称 口径 DN	钢管外径 $A_1$		法兰 厚度 $C$	法兰内径 $B_1$		法兰颈			法兰 高度 $H$	坡口 宽度 $b$	法兰理 论质量/ kg
						N		R			
	A 系列	B 系列		A 系列	B 系列	A 系列	B 系列				
10	17.2	14	14	18	15	30	30	3	22	4	0.65
15	21.3	18	14	22	19	35	35	3	22	4	0.72
20	26.9	25	16	27.5	26	45	45	4	26	4	1.03
25	33.7	32	16	34.5	33	52	52	4	28	5	1.24
32	42.4	38	18	43.5	39	60	60	5	30	5	2.02
40	48.3	45	18	49.5	46	70	70	5	32	5	2.36
50	60.3	57	20	61.5	59	84	84	5	34	5	3.08
65	76.1	76	22	77.5	78	104	104	6	38	6	3.93
80	88.9	89	24	90.5	91	118	118	6	40	6	4.86
100	114.3	108	24	116	110	145	145	6	44	6	6.91
125	139.7	133	26	141.5	135	170	170	6	48	7	9.34
150	168.3	159	28	170.5	161	200	200	8	52	8	12.2
200	219.1	219	34	221.5	222	260	260	8	56	10	19.4
250	273	273	38	276.5	276	318	318	10	64	11	30.5
300	323.9	325	42	327.5	328	380	380	10	71	12	42.9
350	355.6	377	46	359.5	381	432	444	10	78	13	58.6
400	406.4	426	50	411	430	498	518	10	86	14	88.3
450	457	480	57	462	485	522	545	12	94	16	85.6
500	508	530	57	513.5	535	576	598	12	100	17	106.2
600	610	630	72	616.5	636	686	706	12	106	18	171.2



1.4.5 承插焊法兰

承插焊法兰的结构型式及尺寸见图 27.2-9 和表 27.2-33~表 27.2-38。其中法兰连接尺寸

$D$ 、 $K$ 、 $L$ 、 $n$  和  $Th$  见本章第 1.2 节；法兰密封面尺寸  $d$ 、 $f_1$ 、 $f_2$ 、 $f_3$ 、 $W$ 、 $X$ 、 $Y$  和  $Z$  见本章第 1.3 节

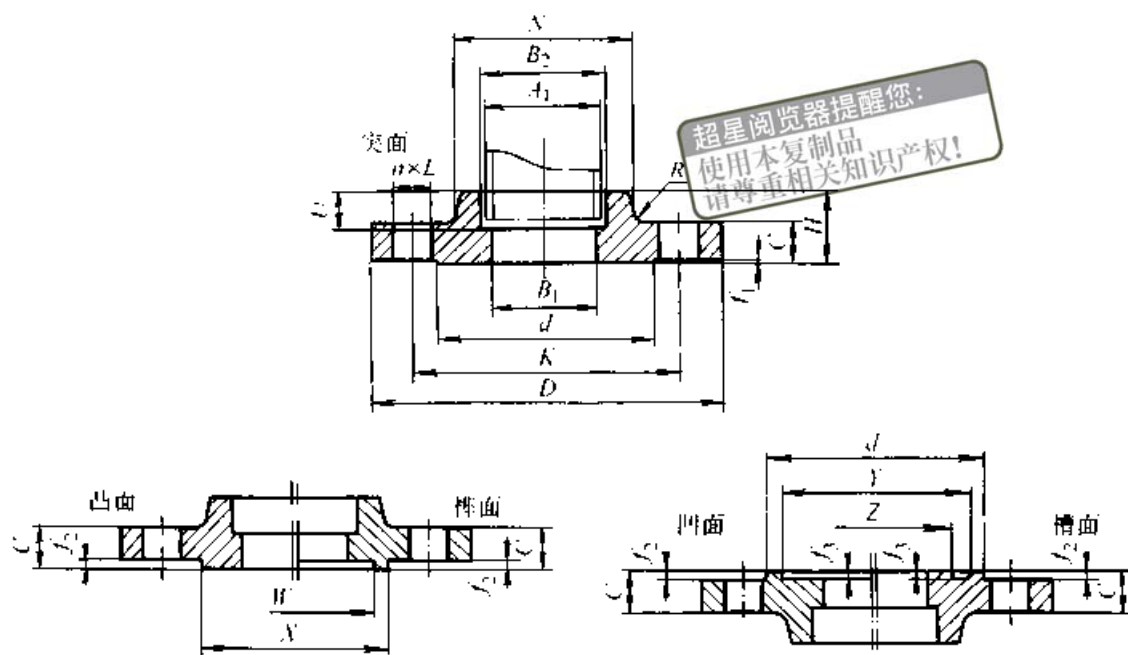


图 27.2-9 承插焊法兰结构型式

表 27.2-33 PN1.0 MPa 承插焊法兰尺寸

(mm)

公称 口径 DN	钢管外径 $A_1$		法兰 厚度 $C$	法兰内径 $B_1$		承插孔			法兰颈		法兰 高度 $H$	法兰理 论质量 / kg
	A 系列	B 系列		A 系列	B 系列	$B_2$		$U$	$N$	$R$		
						A 系列	B 系列					
10	17.2	14	14	11.5	9	18	15	9	30	3	22	0.65
15	21.3	18	14	16	12	22	19	10	35	3	22	0.72
20	26.9	25	16	21	19	27.5	26	11	45	4	26	1.03
25	33.7	32	16	26.5	26	34.5	33	13	52	4	28	1.24
32	42.4	38	18	35	30	43.5	39	14	60	5	30	2.02
40	48.3	45	18	41	37	49.5	46	16	70	5	32	2.36
50	60.3	57	20	52	49	61.5	59	17	84	5	34	3.08

表 27.2-34 PN1.6 MPa 承插焊法兰尺寸

(mm)

公称 口径 DN	钢管外径 $A_1$		法兰 厚度 $C$	法兰内径 $B_1$		承插孔			法兰颈		法兰 高度 $H$	法兰理 论质量/ kg
	A 系列	B 系列		A 系列	B 系列	$B_2$		$U$	$N$	$R$		
						A 系列	B 系列					
10	17.2	14	14	11.5	9	18	15	9	30	3	22	0.65
15	21.3	18	14	16	12	22	19	10	35	3	22	0.72
20	26.9	25	16	21	19	27.5	26	11	45	4	26	1.03
25	33.7	32	16	26.5	26	34.5	33	13	52	4	28	1.24
32	42.4	38	18	35	30	43.5	39	14	60	5	30	2.02
40	48.3	45	18	41	37	49.5	46	16	70	5	32	2.36
50	60.3	57	20	52	49	61.5	59	17	84	5	34	3.08

表 27.2-35 PN2.5 MPa 承插焊法兰尺寸

(mm)

公称 口径 DN	钢管外径 $A_1$		法兰 厚度 $C$	法兰内径 $B_1$		承插孔			法兰颈		法兰 高度 $H$	法兰理 论质量/ kg
	A 系列	B 系列		A 系列	B 系列	$B_2$		$U$	$N$	$R$		
						A 系列	B 系列					
10	17.2	14	14	11.5	9	18	15	9	30	3	22	0.65
15	21.3	18	14	16	12	22	19	10	35	3	22	0.72
20	26.9	25	16	21	19	27.5	26	11	45	4	26	1.03
25	33.7	32	16	26.5	26	34.5	33	13	52	4	28	1.24
32	42.4	38	18	35	30	43.5	39	14	60	5	30	2.02
40	48.3	45	18	41	37	49.5	46	16	70	5	32	2.36
50	60.3	57	20	52	49	61.5	59	17	84	5	34	3.08

表 27.2-36 PN4.0 MPa 承插焊法兰尺寸

(mm)

公称 口径 DN	钢管外径 $A_1$		法兰 厚度 $C$	法兰内径 $B_1$		承插孔			法兰颈		法兰 高度 $H$	法兰理 论质量/ kg
	A 系列	B 系列		A 系列	B 系列	$B_2$		$U$	$N$	$R$		
						A 系列	B 系列					
10	17.2	14	14	11.5	9	18	15	9	30	3	22	0.65
15	21.3	18	14	16	12	22	19	10	35	3	22	0.72
20	26.9	25	16	21	19	27.5	26	11	45	4	26	1.03
25	33.7	32	16	26.5	26	34.5	33	13	52	4	28	1.24
32	42.4	38	18	35	30	43.5	39	14	60	5	30	2.02
40	48.3	45	18	41	37	49.5	46	16	70	5	32	2.36
50	60.3	57	20	52	49	61.5	59	17	84	5	34	3.08

表 27.2-37 PN6.3 MPa 承插焊法兰尺寸

(mm)

公称 口径 DN	钢管外径 $A_1$		法兰 厚度 $C$	法兰内径 $B_1$		承插孔			法兰颈		法兰 高度 $H$	法兰理 论质量/ kg
	A 系列	B 系列		A 系列	B 系列	$B_2$		$U$	$N$	$R$		
						A 系列	B 系列					
10	17.2	14	20	11.5	9	18	15	9	34	3	26	1.14
15	21.3	18	20	16	12	22	19	10	38	3	26	1.26
20	26.9	25	20	21	19	27.5	26	11	48	4	29	1.93
25	33.7	32	24	26.5	26	34.5	33	13	52	4	32	2.43
32	42.4	38	24	35	30	43.5	39	14	64	5	32	3.17
40	48.3	45	26	41	37	49.5	46	16	74	5	34	3.88
50	60.3	57	26	52	49	61.5	59	17	86	5	38	4.61

表 27.2-38 PN10.0 MPa 承插焊法兰尺寸 (mm)

公称 口径 DN	钢管外径 $A_1$		法兰 厚度 $C$	法兰内径 $B_1$		承插孔 $B_2$			法兰颈 $N$ $R$		法兰 高度 $H$	法兰理 论质量/ kg
	A 系列	B 系列		A 系列	B 系列	A 系列	B 系列	$U$	$N$	$R$		
10	17.2	14	20	11.5	9	18	15	9	34	3	26	1.14
15	21.3	18	20	16	12	22	19	10	38	3	28	1.27
20	26.9	25	20	21	19	27.5	26	11	48	4	31	2.11
25	33.7	32	24	26.5	26	34.5	33	13	52	4	34	2.65
32	42.4	38	24	35	30	43.5	39	14	64	5	34	3.20
40	48.3	45	26	41	37	49.5	46	16	76	5	36	4.21
50	60.3	57	28	52	49	61.5	59	17	86	5	40	5.78

1.4.6 螺纹法兰

螺纹法兰的结构型式及尺寸见图 27.2-10 和表 27.2-39~表 27.2-43。其中法兰连接尺寸  $D$ 、 $K$ 、 $L$ 、 $h$  和  $T_h$  见本章第 1.2 节；法兰密封面尺寸  $d$  和  $f_1$  见本章第 1.3 节。

螺纹法兰采用的管螺纹分为三种情况：

- ① 采用 GB/T 7306.2 规定的 55°圆锥内螺纹 (Rc)；
- ② 采用 GB/T 7306.1 规定的 55°圆柱内螺纹 (Rp)；
- ③ 采用 GB/T 12716 规定的 60°圆锥管螺纹 (NPT)；

采用 55°管螺纹时，DN150 法兰配用的钢管外径应为 165.1 mm。采用 60°圆锥管螺纹时，

DN65 法兰配用的钢管外径应为 73 mm；DN125 法兰配用的钢管外径应为 141.3 mm。

加工法兰的内孔管螺纹时，应使钢管拧紧后的端部靠近但不超出法兰密封面。

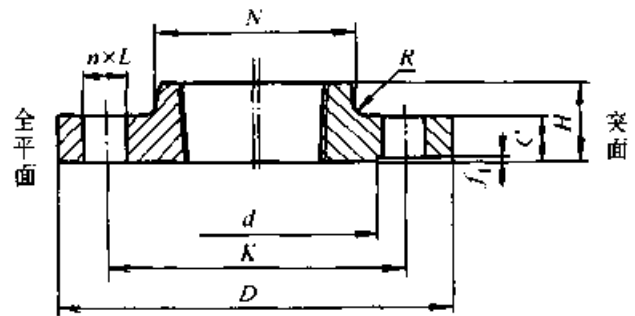


图 27.2-10 螺纹法兰结构型式

表 27.2-39 PN0.6 MPa 螺纹法兰尺寸 (mm)

公称 口径 DN	钢管 外径 A	法兰 厚度 C	法兰颈		法兰 高度 H	法兰理 论质量/ kg	管螺纹 规格 Rc、 Rp 或 NPT/ in	公称 口径 DN	钢管 外径 A	法兰 厚度 C	法兰颈		法兰 高度 H	法兰理 论质量/ kg	管螺纹 规格 Rc、 Rp 或 NPT/ in
			N	R							N	R			
10	17.2	12	25	3	20	0.37	3/8	50	60.3	16	80	5	28	1.70	2
15	21.3	12	30	3	20	0.43	1/2	65	76.1	16	100	6	32	2.29	2½
20	26.9	14	40	4	24	0.65	3/4	80	88.9	18	110	6	34	3.40	3
25	33.7	14	50	4	24	0.81	1	100	114.3	18	130	6	40	3.82	4
32	42.4	16	60	5	26	1.28	1¼	125	139.7	18	160	6	44	4.91	5
40	48.3	16	70	5	26	1.52	1½	150	168.3	20	185	8	44	5.72	6

表 27.2-40 PN1.0 MPa 螺纹法兰尺寸

(mm)

公称 口径 DN	钢管 外径 A	法兰 厚度 C	法兰颈		法兰 高度 H	法兰理 论质量/ kg	管螺纹 规格 Rc、 Rp 或 NPT/ in	公称 口径 DN	钢管 外径 A	法兰 厚度 C	法兰颈		法兰 高度 H	法兰理 论质量/ kg	管螺纹 规格 Rc、 Rp 或 NPT/ in
			N	R							N	R			
10	17.2	14	30	3	22	0.64	3/8	50	60.3	20	84	5	34	3.04	2
15	21.3	14	35	3	22	0.71	1/2	65	76.1	20	104	6	32	3.72	2 $\frac{1}{2}$
20	26.9	16	45	4	26	1.02	3/4	80	88.9	20	118	6	34	4.16	3
25	33.7	16	52	4	28	1.23	1	100	114.3	22	140	6	40	5.16	4
32	42.4	18	60	5	30	1.96	1 $\frac{1}{4}$	125	139.7	22	168	6	44	6.66	5
40	48.3	18	70	5	32	2.31	1 $\frac{1}{2}$	150	168.3	24	195	8	44	8.45	6

表 27.2-41 PN1.6 MPa 螺纹法兰尺寸

(mm)

公称 口径 DN	钢管 外径 A	法兰 厚度 C	法兰颈		法兰 高度 H	法兰理 论质量/ kg	管螺纹 规格 Rc、 Rp 或 NPT/ in	公称 口径 DN	钢管 外径 A	法兰 厚度 C	法兰颈		法兰 高度 H	法兰理 论质量/ kg	管螺纹 规格 Rc、 Rp 或 NPT/ in
			N	R							N	R			
10	17.2	14	30	3	22	0.64	3/8	50	60.3	20	84	5	34	3.04	2
15	21.3	14	35	3	22	0.71	1/2	65	76.1	20	104	6	32	3.72	2 $\frac{1}{2}$
20	26.9	16	45	4	26	1.02	3/4	80	88.9	20	118	6	34	4.16	3
25	33.7	16	52	4	28	1.23	1	100	114.3	22	140	6	40	5.16	4
32	42.4	18	60	5	30	1.96	1 $\frac{1}{4}$	125	139.7	22	168	6	44	6.66	5
40	48.3	18	70	5	32	2.31	1 $\frac{1}{2}$	150	168.3	24	195	8	44	8.45	6

表 27.2-42 PN2.5 MPa 螺纹法兰尺寸

(mm)

公称 口径 DN	钢管 外径 A	法兰 厚度 C	法兰颈		法兰 高度 H	法兰理 论质量/ kg	管螺纹 规格 Rc、 Rp 或 NPT/ in	公称 口径 DN	钢管 外径 A	法兰 厚度 C	法兰颈		法兰 高度 H	法兰理 论质量/ kg	管螺纹 规格 Rc、 Rp 或 NPT/ in
			N	R							N	R			
10	17.2	14	30	3	22	0.64	3/8	50	60.3	20	84	5	34	3.04	2
15	21.3	14	35	3	22	0.71	1/2	65	76.1	22	104	6	38	4.00	2 $\frac{1}{2}$
20	26.9	16	45	4	26	1.02	3/4	80	88.9	24	118	6	40	4.96	3
25	33.7	16	52	4	28	1.23	1	100	114.3	24	145	6	44	6.64	4
32	42.4	18	60	5	30	1.96	1 $\frac{1}{4}$	125	139.7	26	170	6	48	8.96	5
40	48.3	18	70	5	32	2.31	1 $\frac{1}{2}$	150	168.3	28	200	8	52	11.4	6

表 27.2-43 PN4.0 MPa 螺纹法兰尺寸 (mm)

公称 口径 DN	钢管 外径 A	法兰 厚度 C	法兰颈		法兰 高度 H	法兰理 论质量/ kg	管螺纹 规格 Rc、 Rp 或 NPT/ in	公称 口径 DN	钢管 外径 A	法兰 厚度 C	法兰颈		法兰 高度 H	法兰理 论质量/ kg	管螺纹 规格 Rc、 Rp 或 NPT/ in
			N	R							N	R			
10	17.2	14	30	3	22	0.64	3/8	50	60.3	20	84	5	34	3.04	2
15	21.3	14	35	3	22	0.71	1/2	65	76.1	22	104	6	38	4.00	2 1/2
20	26.9	16	45	4	26	1.02	3/4	80	88.9	23	118	6	40	4.96	3
25	33.7	16	52	4	28	1.23	1	100	114.3	24	145	6	44	6.64	4
32	42.4	18	60	5	30	1.96	1 1/4	125	139.7	26	170	6	48	8.96	5
40	48.3	18	70	5	32	2.31	1 1/2	150	168.3	28	200	8	52	11.4	6

1.4.7 对焊环松套法兰

对焊环松套法兰的结构型式及尺寸见图 27.2-11 和表 27.2-44~表 27.2-48。其中法兰连接尺寸  $D$ 、 $K$ 、 $L$ 、 $n$  和  $Th$ ，见本章第 1.2 节。

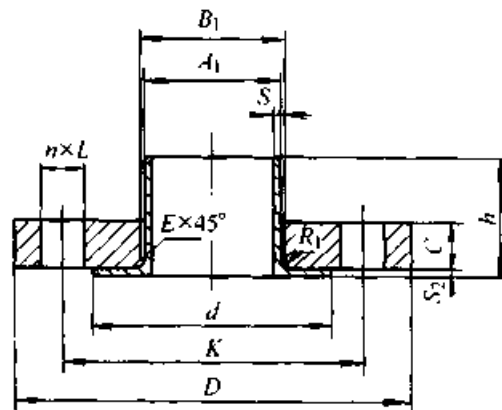


图 27.2-11 对焊环松套法兰结构型式

表 27.2-44 PN0.6 MPa 对焊环松套法兰尺寸 (mm)

公称 口径 DN	钢管外径 (对焊环 颈部外径) $A_1$		法兰 厚度 $C$	法兰内径 $B_1$		圆角 $R_1$	倒角 $E$	对焊环				理论质量/ kg	
	A 系列	B 系列		A 系列	B 系列			高度 $h$	外径 $d$	$S$	$S_2$	对焊环	法兰
10	17.2	14	12	21	18	2	2	28	33	1.8	1.8	0.03	0.36
15	21.3	18	12	25	22	2	2	30	38	2.0	2.0	0.04	0.40
20	26.9	25	14	31	29	2	2	32	48	2.3	2.3	0.08	0.58
25	33.7	32	14	38	36	3	3	35	58	2.6	2.6	0.11	0.71
32	42.4	38	16	47	42	3	3	35	69	2.6	2.6	0.16	1.17
40	48.3	45	16	53	50	3	3	38	78	2.6	2.6	0.19	1.34
50	60.3	57	16	65	62	3	3	38	88	2.9	2.9	0.27	1.48

续表 27.2.44

公称 口径 DN	钢管外径 (对焊环 颈部外径) $A_1$		法兰 厚度 $C$	法兰内径 $B_1$		圆角 $R_1$	倒角 $E$	对焊环				理论质量/ kg	
	A系列	B系列		A系列	B系列			高度 $h$	外径 $d$	$S$	$S_2$	对焊环	法兰
65	76.1	76	16	81	81	3	3	38	108	2.9	2.9	0.37	1.80
80	88.9	89	18	94	94	4	4	42	124	3.2	3.2	0.52	2.88
100	114.3	108	18	120	114	4	4	45	144	3.6	3.6	0.71	3.31
125	139.7	133	18	145	139	4	4	48	174	4.0	4.0	1.07	3.96
150	168.3	159	20	174	165	4	4	48	199	4.5	4.5	1.43	4.98
200	219.1	219	22	226	226	5	5	55	254	5.9	5.9	2.62	6.61
250	273	273	24	281	281	5	5	60	309	6.3	6.3	3.71	8.54
300	323.9	325	24	333	334	5	5	62	363	7.1	7.1	5.04	11.3
350	355.6	377	26	365	386	5	5	62	413	7.1	7.1	6.75	13.7
400	406.4	426	28	416	435	5	5	65	463	7.1	7.1	8.04	16.3
450	457	480	30	467	490	5	5	65	518	7.1	7.1	9.52	19.6
500	508	530	32	519	541	6	6	68	568	7.1	7.1	11.4	22.4
600	610	630	36	622	642	6	6	70	667	7.1	7.1	14.6	32.0

表 27.2.45 PN1.0 MPa 对焊环松套法兰尺寸

(mm)

公称 口径 DN	钢管外径 (对焊环 颈部外径) $A_1$		法兰 厚度 $C$	法兰内径 $B_1$		圆角 $R_1$	倒角 $E$	对焊环				理论质量/ kg	
	A系列	B系列		A系列	B系列			高度 $h$	外径 $d$	$S$	$S_2$	对焊环	法兰
10	17.2	14	14	21	18	2	2	35	41	1.8	1.8	0.04	0.60
15	21.3	18	14	25	22	2	2	38	46	2.0	1.0	0.05	0.67
20	26.9	25	16	31	29	2	2	40	56	2.3	2.3	0.09	0.93
25	33.7	32	16	38	36	3	3	40	65	2.6	2.6	0.13	1.10
32	42.4	38	18	47	42	3	3	42	76	2.6	2.6	0.17	1.83
40	48.3	45	18	53	50	3	3	45	84	2.6	2.6	0.20	2.07
50	60.3	57	20	65	62	3	3	48	99	2.9	2.9	0.31	2.72
65	76.1	76	20	81	81	3	3	48	118	2.9	2.9	0.41	3.25
80	88.9	89	20	94	94	4	4	50	132	3.2	3.2	0.56	3.52

续表 27.2-45

公称 口径 DN	钢管外径 (对焊环 颈部外径) A <sub>1</sub>		法兰 厚度 C	法兰内径 B <sub>1</sub>		圆角 R <sub>1</sub>	倒角 E	对焊环				理论质量/ kg	
	A 系列	B 系列		A 系列	B 系列			高度 h	外径 d	S	S <sub>2</sub>	对焊环	法兰
100	114.3	108	22	120	114	4	4	52	156	3.6	3.6	0.79	4.45
125	139.7	133	22	145	139	4	4	55	184	4.0	4.0	1.16	5.50
150	168.3	159	24	174	165	4	4	55	211	4.5	4.5	1.56	7.41
200	219.1	219	24	226	226	5	5	62	266	5.9	5.9	2.84	8.97
250	273	273	26	281	281	5	5	68	319	6.3	6.3	3.96	11.4
300	323.9	325	28	333	334	5	5	68	370	7.1	7.1	5.26	13.9
350	355.6	377	30	365	386	5	5	68	429	7.1	7.1	7.34	18.2
400	406.4	426	32	416	435	5	5	72	480	7.1	7.1	8.74	23.5
450	457	480	35	467	490	5	5	72	530	7.1	7.1	10.1	26.9
500	508	530	38	519	541	6	6	75	582	7.1	7.1	12.1	33.4
600	610	630	42	622	642	6	6	80	682	7.1	7.1	15.5	46.1

表 27.2-46 PN1.6 MPa 对焊环松套法兰尺寸 (mm)

公称 口径 DN	钢管外径 (对焊环 颈部外径) A <sub>1</sub>		法兰 厚度 C	法兰内径 B <sub>1</sub>		圆角 R <sub>1</sub>	倒角 E	对焊环				理论质量/ kg	
	A 系列	B 系列		A 系列	B 系列			高度 h	外径 d	S	S <sub>2</sub>	对焊环	法兰
10	17.2	14	14	21	18	2	2	35	41	1.8	1.8	0.04	0.60
15	21.3	18	14	25	22	2	2	38	46	2.0	2.0	0.05	0.67
20	26.9	25	16	31	29	2	2	40	56	2.3	2.3	0.09	0.93
25	33.7	32	16	38	36	3	3	40	65	2.6	2.6	0.13	1.10
32	42.4	38	18	47	42	3	3	42	76	2.6	2.6	0.17	1.83
40	48.3	45	18	53	50	3	3	45	84	2.6	2.6	0.20	2.07
50	60.3	57	20	65	62	3	3	48	99	2.9	2.9	0.31	2.72
65	76.1	76	20	81	81	3	3	48	118	2.9	2.9	0.41	3.25
80	88.9	89	20	94	94	4	4	50	132	3.2	3.2	0.56	3.52
100	114.3	108	22	120	114	4	4	52	156	3.6	3.6	0.79	4.45
125	139.7	133	22	145	139	4	4	55	184	4.0	4.0	1.16	5.50
150	168.3	159	24	174	165	4	4	55	211	4.5	4.5	1.56	7.41

续表 27.2-46

公称 口径 DN	钢管外径 (对焊环 颈部外径) $A_1$		法兰 厚度 $C$	法兰内径 $B_1$		圆角 $R_1$	倒角 $E$	对焊环				理论质量/ kg	
	A系列	B系列		A系列	B系列			高度 $h$	外径 $d$	$S$	$S_2$	对焊环	法兰
200	219.1	219	26	226	226	5	5	62	266	5.9	5.9	2.84	9.41
250	273	273	28	281	281	5	5	70	319	6.3	6.3	3.96	13.3
300	323.9	325	32	333	334	5	5	78	370	7.1	7.1	5.26	18.1
350	355.6	377	35	365	386	5	5	82	429	8.0	8.0	8.25	23.9
400	406.4	426	38	416	435	5	5	85	480	8.0	8.0	9.83	31.1
450	457	480	42	467	490	5	5	87	548	8.0	8.0	12.3	39.2
500	508	530	46	519	541	6	6	90	609	8.0	8.0	15.2	55.8
600	610	630	52	622	642	6	6	95	720	8.8	8.8	22.1	85.7

表 27.2-47 PN2.5 MPa 对焊环松套法兰尺寸

(mm)

公称 口径 DN	钢管外径 (对焊环 颈部外径) $A_1$		法兰 厚度 $C$	法兰内径 $B_1$		圆角 $R_1$	倒角 $E$	对焊环				理论质量/ kg	
	A系列	B系列		A系列	B系列			高度 $h$	外径 $d$	$S$	$S_2$	对焊环	法兰
10	17.2	14	14	21	18	2	2	35	41	1.8	1.8	0.04	0.60
15	21.3	18	14	25	22	2	2	38	46	2.0	2.0	0.05	0.67
20	26.9	25	16	31	29	2	2	40	56	2.3	2.3	0.09	0.93
25	33.7	32	16	38	36	3	3	40	65	2.6	2.6	0.14	1.10
32	42.4	38	18	47	42	3	3	42	76	2.6	2.6	0.17	1.83
40	48.3	45	18	53	50	3	3	45	84	2.6	2.6	0.22	2.07
50	60.3	57	20	65	62	3	3	48	99	2.9	2.9	0.31	2.72
65	76.1	76	22	81	81	3	3	52	118	2.9	2.9	0.46	3.40
80	88.9	89	24	94	94	4	4	58	132	3.2	3.2	0.59	4.23
100	114.3	108	26	120	114	4	4	65	156	3.6	3.6	0.93	6.15
125	139.7	133	28	145	139	4	4	68	184	4.0	4.0	1.29	8.31
150	168.3	159	30	174	165	4	4	75	211	4.5	4.5	1.90	10.6
200	219.1	219	32	226	226	5	5	80	274	6.3	6.3	3.70	13.9
250	273	273	35	281	281	5	5	88	330	7.1	7.1	5.69	19.6
300	323.9	325	38	333	334	5	5	92	389	8.0	8.0	8.50	25.6



续表 27.2-47

公称 口径 DN	钢管外径 (对焊环 颈部外径) $A_1$		法兰 厚度 $C$	法兰内径 $B_1$		圆角 $R_1$	倒角 $E$	对焊环				理论质量 kg	
	A 系列	B 系列		A 系列	B 系列			高度 $h$	外径 $d$	$S$	$S_2$	对焊环	法兰
350	355.6	377	42	365	386	5	5	100	448	8.0	8.0	10.9	36.6
400	406.4	426	46	416	435	5	5	110	503	8.8	8.8	14.7	49.4
450	457	480	50	467	490	5	5	110	548	8.8	8.8	17.1	56.3
500	508	530	56	519	541	6	6	125	609	10.0	10.0	24.8	74.0
600	610	630	68	622	642	6	6	125	720	11.0	11.0	33.4	113.7

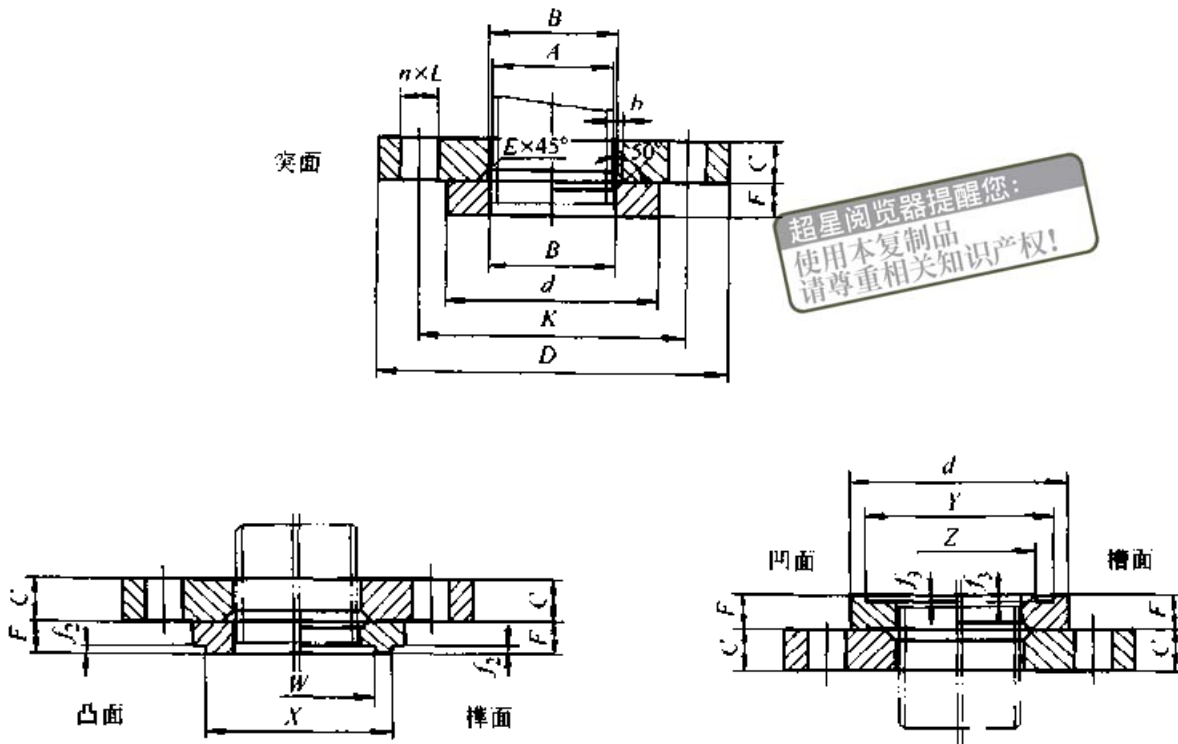
表 27.2-48 PN4.0 MPa 对焊环松套法兰尺寸 (mm)

公称 口径 DN	钢管外径 (对焊环 颈部外径) $A_1$		法兰 厚度 $C$	法兰内径 $B_1$		圆角 $R_1$	倒角 $E$	对焊环				理论质量 kg	
	A 系列	B 系列		A 系列	B 系列			高度 $h$	外径 $d$	$S$	$S_2$	对焊环	法兰
10	17.2	14	14	21	18	2	2	35	41	1.8	1.8	0.04	0.60
15	21.3	18	14	25	22	2	2	38	46	2.0	2.0	0.05	0.67
20	26.9	25	16	31	29	2	2	40	56	2.3	2.3	0.09	0.93
25	33.7	32	16	38	36	3	3	40	65	2.6	2.6	0.14	1.10
32	42.4	38	18	47	42	3	3	42	76	2.6	2.6	0.17	1.83
40	48.3	45	18	53	50	3	3	45	84	2.6	2.6	0.22	2.07
50	60.3	57	20	65	62	3	3	48	99	2.9	2.9	0.31	2.72
65	76.1	76	22	81	81	3	3	52	118	2.9	2.9	0.46	3.40
80	88.9	89	24	94	94	4	4	58	132	3.2	3.2	0.59	4.23
100	114.3	108	26	120	114	4	4	65	156	3.6	3.6	0.93	6.15
125	139.7	133	28	145	139	4	4	68	184	4.0	4.0	1.29	8.31
150	168.3	159	30	174	165	4	4	75	211	4.5	4.5	1.90	10.6
200	219.1	219	36	226	226	5	5	88	284	6.3	6.3	3.91	17.5
250	273	273	42	281	281	5	5	105	345	7.1	7.1	6.13	28.6
300	323.9	325	48	333	334	5	5	115	409	8.0	8.0	9.29	40.3
350	355.6	377	55	365	386	5	5	125	465	8.8	8.8	12.8	56.5
400	406.4	426	60	416	435	5	5	135	535	11.0	11.0	20.6	82.1
450	457	480	66	467	490	5	5	135	560	12.5	12.5	25.1	80.8
500	508	530	72	519	541	6	6	140	615	14.2	14.2	35.6	107.4
600	610	630	84	622	642	6	6	150	735	16.0	16.0	50.5	172.8

1.4.8 平焊环松套法兰

平焊环松套法兰的结构型式和尺寸见图 27.2-12和表 27.2-49 ~ 表 27.2-51。其中法

兰连接尺寸  $D$ 、 $K$ 、 $L$ 、 $n$  和  $Th$ 。见本章第 1.2 节；密封面尺寸  $f_2$ 、 $f_3$ 、 $W$ 、 $X$ 、 $Y$  和  $Z$  见本章第 1.3 节。



超星阅读器提醒您：  
使用本复制品  
请尊重相关知识产权！

图 27.2-12 平焊环松套法兰结构型式

表 27.2-49 PN0.6 MPa 平焊环松套法兰尺寸

(mm)

公称 口径 DN	钢管外径 $A_1$		法兰 厚度 $C$	法兰内径			焊环				理论质量	
	A 系列	B 系列		$B_1$		$E$	外径 $d$	内径 $B_2$		厚度 $F$	法兰/ kg	焊环/ kg
				A 系列	B 系列			A 系列	B 系列			
10	17.2	14	12	21	18	3	33	18	15	10	0.36	0.05
15	21.3	18	12	25	22	3	38	22	19	10	0.40	0.07
20	26.9	25	14	31	29	4	48	27.5	26	10	0.58	0.10
25	33.7	32	14	38	36	4	58	34.5	33	10	0.71	0.14
32	42.4	38	16	47	42	5	69	43.5	39	10	1.17	0.20
40	48.3	45	16	53	50	5	78	49.5	46	10	1.34	0.24
50	60.3	57	16	65	62	5	88	61.5	59	12	1.48	0.32
65	76.1	76	16	81	81	6	108	77.5	78	12	1.80	0.41
80	88.9	89	18	94	94	6	124	90.5	91	12	2.88	0.52
100	114.3	108	18	120	114	6	144	116	110	14	3.31	0.75

续表 27.2-49

公称 口径 DN	钢管外径 A <sub>1</sub>		法兰 厚度 C	法兰内径			焊环				理论质量	
				B <sub>1</sub>		E	外径 d	内径 B <sub>2</sub>		厚度 F	法兰/ kg	焊环/ kg
	A系列	B系列		A系列	B系列			A系列	B系列			
125	139.7	133	20	145	139	6	174	141.5	135	14	4.40	1.04
150	168.3	159	20	174	165	6	199	170.5	161	14	4.98	1.18
200	219.1	219	22	226	226	6	254	221.5	222	16	6.61	1.50
250	273	273	24	281	281	8	309	276.5	276	18	8.54	2.14
300	323.9	325	24	333	334	8	363	327.5	328	18	11.3	2.68
350	355.6	377	26	365	386	8	413	359.5	384	18	13.7	2.82
400	406.4	426	28	416	435	8	463	411	430	20	16.3	3.63
450	457	480	30	467	490	8	518	462	485	20	19.6	4.08
500	508	530	32	519	541	8	568	513.5	535	22	22.4	4.93
600	610	630	36	622	642	8	667	616.5	636	22	32.0	5.48

表 27.2-50 PN1.0 MPa 平焊环松套法兰尺寸 (mm)

公称 口径 DN	钢管外径 A <sub>1</sub>		法兰 厚度 C	法兰内径			焊环				理论质量	
				B <sub>1</sub>		E	外径 d	内径 B <sub>2</sub>		厚度 F	法兰/ kg	焊环/ kg
	A系列	B系列		A系列	B系列			A系列	B系列			
10	17.2	14	14	21	18	3	41	18	15	12	0.60	0.11
15	21.3	18	14	25	22	3	46	22	19	12	0.67	0.13
20	26.9	25	16	31	29	4	56	27.5	26	14	0.93	0.21
25	33.7	32	16	38	36	4	65	34.5	33	14	1.10	0.27
32	42.4	38	18	47	42	5	76	43.5	39	14	1.83	0.37
40	48.3	45	18	53	50	5	84	49.5	46	14	2.07	0.43
50	60.3	57	20	65	62	5	99	61.5	59	16	2.72	0.62
65	76.1	76	20	81	81	6	118	77.5	78	16	3.25	0.77
80	88.9	89	20	94	94	6	132	90.5	91	16	3.52	0.90
100	114.3	108	22	120	114	6	156	116	110	18	4.45	1.36
125	139.7	133	22	145	139	6	184	141.5	135	18	5.50	1.73
150	168.3	159	24	174	165	6	211	170.5	161	20	7.41	2.29

续表 27.2-50

公称 口径 DN	钢管外径 $A_1$		法兰 厚度 $C$	法兰内径			焊环				理论质量	
				$B_1$		$E$	外径 $d$	内径 $B_2$		厚度 $F$	法兰/ kg	焊环/ kg
	A 系列	B 系列		A 系列	B 系列			A 系列	B 系列			
200	219.1	219	24	226	226	6	266	221.5	222	20	8.97	2.65
250	273	273	26	281	281	8	319	276.5	276	22	11.4	3.47
300	323.9	325	28	333	334	8	370	327.5	328	22	13.9	3.97
350	355.6	377	30	365	386	8	429	359.5	381	22	18.2	5.27
400	406.4	426	32	416	435	8	480	411	430	24	23.5	6.73
450	457	480	35	467	490	8	530	462	485	24	26.9	6.76
500	508	530	38	519	541	8	582	513.5	535	26	33.4	8.41
600	610	630	42	622	642	8	682	616.5	636	26	46.1	9.71

表 27.2-51 PN1.6 MPa 平焊环松套法兰尺寸

(mm)

公称 口径 DN	钢管外径 $A_1$		法兰 厚度 $C$	法兰内径			焊环				理论质量	
				$B_1$		$E$	外径 $d$	内径 $B_2$		厚度 $F$	法兰/ kg	焊环/ kg
	A 系列	B 系列		A 系列	B 系列			A 系列	B 系列			
10	17.2	14	14	21	18	3	41	18	15	12	0.60	0.11
15	21.3	18	14	25	22	3	46	22	19	12	0.67	0.13
20	26.9	25	16	31	29	4	56	27.5	26	14	0.93	0.21
25	33.7	32	16	38	36	4	65	34.5	33	14	1.10	0.27
32	42.4	38	18	47	42	5	76	43.5	39	14	1.83	0.37
40	48.3	45	18	53	50	5	84	49.5	46	14	2.07	0.43
50	60.3	57	20	65	62	5	99	61.5	59	16	2.72	0.62
65	76.1	76	20	81	81	6	118	77.5	78	16	3.25	0.77
80	88.9	89	20	94	94	6	132	90.5	91	16	3.52	0.90
100	114.3	108	22	120	114	6	156	116	110	18	4.45	1.36
125	139.7	133	22	145	139	6	184	141.5	135	18	5.50	1.73
150	168.3	159	24	174	165	6	211	170.5	161	20	7.41	2.29
200	219.1	219	26	226	226	6	266	221.5	222	20	9.41	2.65
250	273	273	28	281	281	8	319	276.5	276	22	13.3	3.47
300	323.9	325	32	333	334	8	370	327.5	328	24	18.1	4.34
350	355.6	377	35	365	386	8	429	359.5	381	26	23.9	6.23
400	406.4	426	38	416	435	8	480	411	430	28	31.1	7.85
450	457	480	42	467	490	8	548	462	485	30	39.2	12.0
500	508	530	46	519	541	8	609	513.5	535	32	55.8	16.7
600	610	630	52	622	642	8	720	616.5	636	32	85.7	22.5

1.4.9 法兰盖

法兰盖的结构型式和尺寸见图 27.2-13 和表 27.2-52~表 27.2-61。其中法兰连接尺寸  $D$ 、

$K$ 、 $L$ 、 $n$ 、 $Th$ 。见本章第 1.2 节；密封面尺寸  $d$ 、 $f_1$ 、 $f_2$ 、 $f_3$ 、 $W$ 、 $X$ 、 $Y$ 、 $Z$ 、 $P$ 、 $E$  和  $F$  等见本章第 1.3 节。

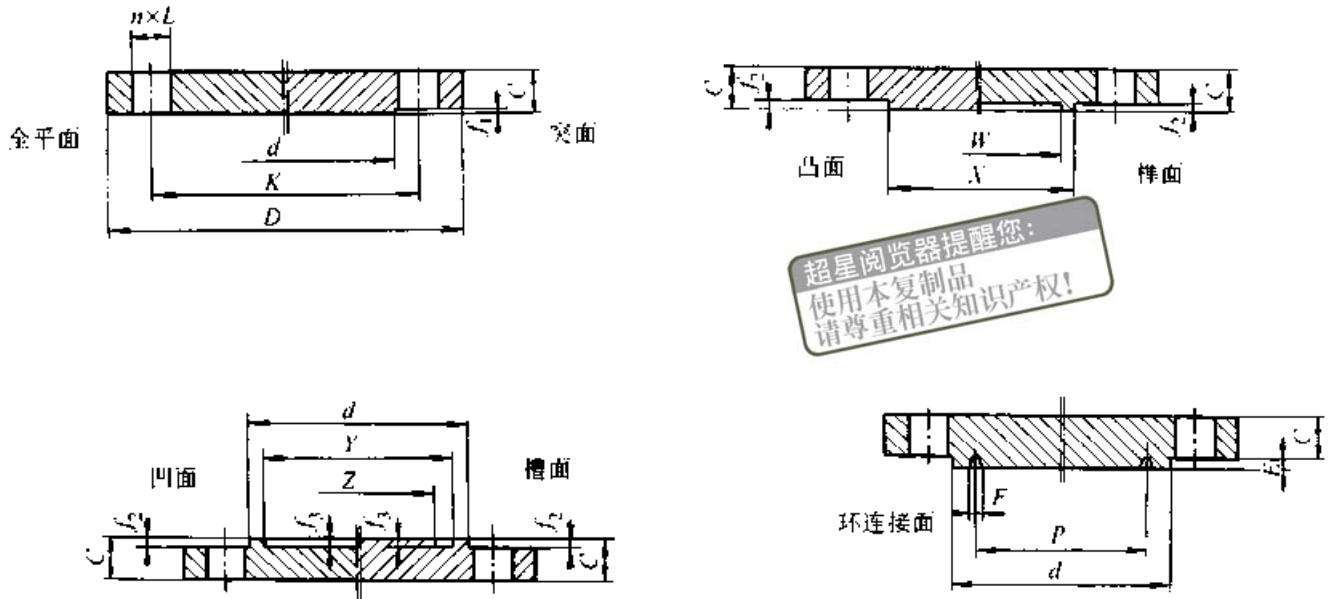


图 27.2-13 法兰盖结构型式

表 27.2-52 PN0.25 MPa 法兰盖尺寸

(mm)

公称 口径 DN	法兰盖 厚度 C	法兰盖 理论质量/ kg	公称 口径 DN	法兰盖 厚度 C	法兰盖 理论质量/ kg
10	12	0.38	125	20	6.78
15	12	0.44	150	20	8.34
20	14	0.66	200	22	13.5
25	14	0.82	250	24	20.2
32	16	1.34	300	24	27.8
40	16	1.59	350	24	34.7
50	16	1.86	400	24	42.0
65	16	2.45	450	24	51.2
80	18	3.86	500	26	65.1
100	18	4.75	600	30	102.9

表 27.2-53 PN0.6 MPa 法兰盖尺寸

(mm)

公称 口径 DN	法兰盖 厚度 C	法兰盖 理论质量/ kg	公称 口径 DN	法兰盖 厚度 C	法兰盖 理论质量/ kg
10	12	0.38	25	14	0.82
15	12	0.44	32	16	1.34
20	14	0.66	40	16	1.59

续表 27.2-53

公称 口径 DN	法兰盖 厚度 C	法兰盖 理论质量/ kg	公称 口径 DN	法兰盖 厚度 C	法兰盖 理论质量/ kg
50	16	1.86	250	24	20.2
65	16	2.45	300	24	27.8
80	18	3.86	350	24	34.7
100	18	4.75	400	24	42.0
125	18	6.10	450	24	51.2
150	20	8.34	500	26	65.1
200	22	13.5	600	30	102.9

表 27.2-54 PN1.0 MPa 法兰盖尺寸

(mm)

公称 口径 DN	法兰盖 厚度 C	法兰盖 理论质量/ kg	公称 口径 DN	法兰盖 厚度 C	法兰盖 理论质量/ kg
10	14	0.63	125	22	8.12
15	14	0.71	150	24	11.4
20	16	1.01	200	24	16.5
25	16	1.23	250	26	24.1
32	18	2.03	300	26	30.8
40	18	2.35	350	26	39.6
50	20	3.20	400	26	49.4
65	20	4.06	450	28	62.9
80	20	4.61	500	28	75.1
100	22	6.21	600	34	123.7

表 27.2-55 PN1.6 MPa 法兰盖尺寸

(mm)

公称 口径 DN	法兰盖 厚度 C	法兰盖 理论质量/ kg	公称 口径 DN	法兰盖 厚度 C	法兰盖 理论质量/ kg
10	14	0.63	65	20	4.06
15	14	0.71	80	20	4.61
20	16	1.01	100	22	6.21
25	16	1.23	125	22	8.12
32	18	2.03	150	24	11.4
40	18	2.35	200	24	16.2
50	20	3.20	250	26	25.0

续表 27.2-56

公称 通径 DN	法兰盖 厚度 C	法兰盖 理论质量/ kg	公称 通径 DN	法兰盖 厚度 C	法兰盖 理论质量 kg
300	28	35.1	450	36	86.9
350	30	48.0	500	36	108.6
400	32	63.5	600	44	184.3

表 27.2-56 PN2.5 MPa 法兰盖尺寸 (mm)

公称 通径 DN	法兰盖 厚度 C	法兰盖 理论质量/ kg	公称 通径 DN	法兰盖 厚度 C	法兰盖 理论质量 kg
10	14	0.63	125	26	10.8
15	14	0.71	150	28	14.6
20	16	1.01	200	30	22.5
25	16	1.23	250	32	33.5
32	18	2.03	300	34	46.3
40	18	2.35	350	38	68.0
50	20	3.20	400	40	89.6
65	22	4.29	450	46	119.9
80	24	5.53	500	48	150.0
100	24	7.59	600	58	244.3

表 27.2-57 PN4.0 MPa 法兰盖尺寸 (mm)

公称 通径 DN	法兰盖 厚度 C	法兰盖 理论质量/ kg	公称 通径 DN	法兰盖 厚度 C	法兰盖 理论质量/ kg
10	14	0.63	125	26	10.8
15	14	0.71	150	28	14.6
20	16	1.01	200	34	27.2
25	16	1.23	250	38	44.4
32	18	2.03	300	42	64.1
40	18	2.35	350	46	89.5
50	20	3.20	400	50	126.7
65	22	4.29	450	57	154.1
80	24	5.53	500	57	187.8
100	24	7.59	600	72	331.0

表 27.2-58 PN6.3 MPa 法兰盖尺寸 (mm)

公称 直径 DN	法兰盖 厚度 C	法兰盖 理论质量/ kg	公称 直径 DN	法兰盖 厚度 C	法兰盖 理论质量/ kg
10	20	1.14	100	30	10.6
15	20	1.26	125	34	16.7
20	20	1.92	150	36	24.5
25	24	2.71	200	42	40.5
32	24	3.27	250	46	58.2
40	26	4.32	300	52	83.4
50	26	4.88	350	56	115.8
65	26	6.11	400	60	155.5
80	28	7.31			

表 27.2-59 PN10.0 MPa 法兰盖尺寸 (mm)

公称 直径 DN	法兰盖 厚度 C	法兰盖 理论质量/ kg	公称 直径 DN	法兰盖 厚度 C	法兰盖 理论质量/ kg
10	20	1.14	100	36	14.0
15	20	1.26	125	40	22.3
20	20	1.92	150	44	30.6
25	24	2.71	200	52	54.3
32	24	3.27	250	60	87.5
40	26	4.32	300	68	131.6
50	28	6.09	350	74	178.8
65	30	7.95	400	82	239.7
80	32	9.37			

表 27.2-60 PN16.0 MPa 法兰盖尺寸 (mm)

公称 直径 DN	法兰盖 厚度 C	法兰盖 理论质量/ kg	公称 直径 DN	法兰盖 厚度 C	法兰盖 理论质量/ kg
10	24	1.36	80	46	13.5
15	26	1.64	100	52	20.2
20	30	2.88	125	56	31.2
25	32	3.61	150	62	43.2
32	34	4.63	200	66	68.9
40	36	5.98	250	76	114.3
50	38	8.27	300	88	170.3
65	42	11.1			



表 27.2-61 PN25.0 MPa 法兰盖尺寸 (mm)

公称 直径 DN	法兰盖 厚度 C	法兰盖 理论质量 /kg	公称 直径 DN	法兰盖 厚度 C	法兰盖 理论质量 /kg
10	24	2.12	80	46	16.4
15	26	2.50	100	54	27.0
20	28	2.92	125	60	37.9
25	28	3.55	150	68	57.2
32	32	4.99	200	82	108.2
40	34	6.60	250	100	188.2
50	38	8.10	300	120	320.1
65	42	12.3			

超星阅读器提醒您  
使用本复制品  
请尊重相关知识产权!

1.5 法兰焊接接头和坡口尺寸

(1) 板式平焊法兰和平焊环松套法兰

表 27.2-62 所示的板式平焊法兰、平焊环与钢管连接的焊接接头应符合图 27.2-14 的要求。

表 27.2-62

法兰类型	公称压力 PN/MPa(bar)	公称直径 DN/mm
板式平焊法兰	0.25(2.5)	10 ~ 2 000
	0.6(6)	10 ~ 1 600
	1.0(10)	10 ~ 600
平焊环	0.6(6)	10 ~ 600
	1.0(10)	10 ~ 600

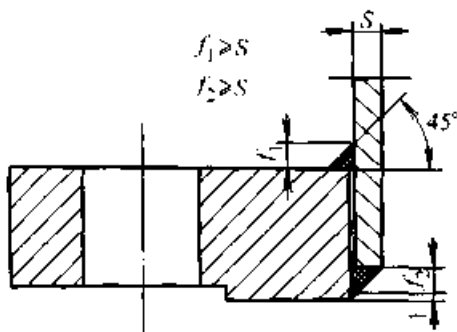


图 27.2-14

表 27.2-63 所示的板式平焊法兰、平焊环与钢管连接的焊接接头和坡口尺寸应符合图 27.2-15 和表 27.2-64 的要求。

表 27.2-63

法兰类型	公称压力 PN/MPa(bar)	公称直径 DN/mm
板式平焊法兰	0.6(6)	1 800 ~ 2 000
	1.6(16)	10 ~ 600
	2.5(25)	10 ~ 600
平焊环	1.6(16)	10 ~ 600

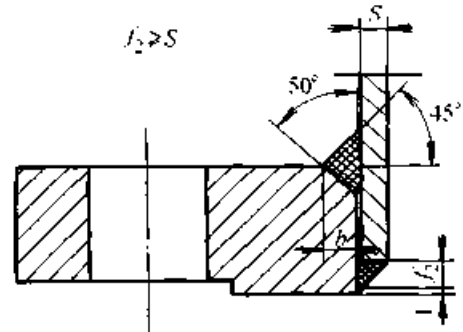


图 27.2-15

表 27.2-64 (mm)

公称直径 DN	10	15	20	25	32	40	50	65	80	100	125	150	200
坡口宽度 b	4	4	4	5	5	5	5	6	6	6	6	6	8
公称直径 DN	250	300	350	400	450	500	600	1 200	1 400	1 600	1 800	2 000	
坡口宽度 b	10	11	12	12	12	12	12	13	14	16	17	18	

(2) 带颈平焊法兰

表 27.2-65 所示的带颈平焊法兰与钢管连接的焊接接头应符合图 27.2-16 的要求。

表 27.2-66 所示的带颈平焊法兰与钢管连接的焊接接头和坡口尺寸应符合图 27.2-17 和表 27.2-67 的要求。

(3) 承插焊法兰

承插焊法兰与钢管连接的焊接接头应符合图 27.2-18 的要求。

表 27.2-65

公称压力 PN/MPa (bar)	公称口径 DN/mm
0.6 (6)	10~300
1.0 (10)	10~400

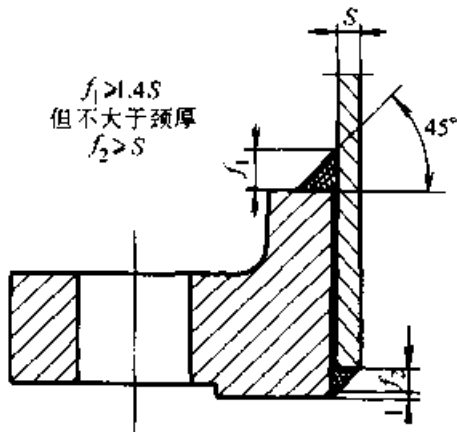


图 27.2-16

(4) 对焊法兰

带颈对焊法兰与钢管连接的焊接接头和坡口尺寸应符合图 27.2-19a 的要求。当对焊法兰的直边段厚度超过与其对接的钢管壁厚 1 mm 以上时，法兰的直边段应在内径处削薄，削薄段的斜度应小于、等于 1:3，见图 27.2-19b。

当法兰与公称壁厚  $\leq 4.8$  mm 的铁素体钢管或  $\leq 3.2$  mm 的奥氏体钢管连接时，钝边可取消。

表 27.2-66

公称压力 PN/MPa (bar)	公称口径 DN/mm
1.0 (10)	450~600
1.6 (16)	10~600
2.5 (25)	10~600
4.0 (40)	10~600

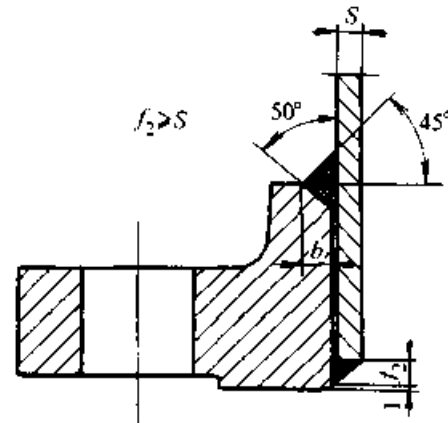


图 27.2-17

表 27.2-67

公称口径 DN/mm	坡口宽度 b/mm		公称口径 DN/mm	坡口宽度 b/mm	
	$\leq$ PN2.5 MPa (25 bar)	PN4.0 MPa (40 bar)		$\leq$ PN2.5 MPa (25 bar)	PN4.0 MPa (40 bar)
10	4	4	40	5	5
15	4	4	50	5	5
20	4	4	65	6	6
25	5	5	80	6	6
32	5	5	100	6	6

续表 27.2-67

公称通径 DN/mm	坡口宽度 $b$ /mm		公称通径 DN/mm	坡口宽度 $b$ /mm	
	$\leq$ PN2.5 MPa (25 bar)	PN4.0 MPa (40 bar)		$\leq$ PN2.5 MPa (25 bar)	PN4.0 MPa (40 bar)
125	6	7	350	12	13
150	6	8	400	13	14
200	8	10	450	14	16
250	10	11	500	12	17
300	11	12	600	12	18

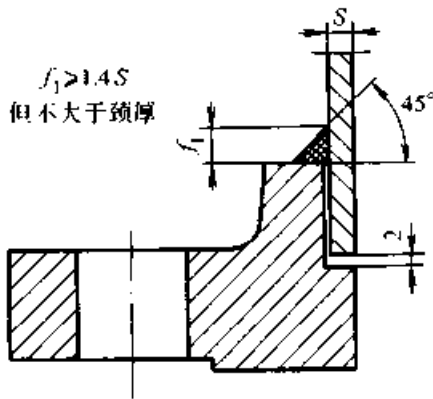


图 27.2-18

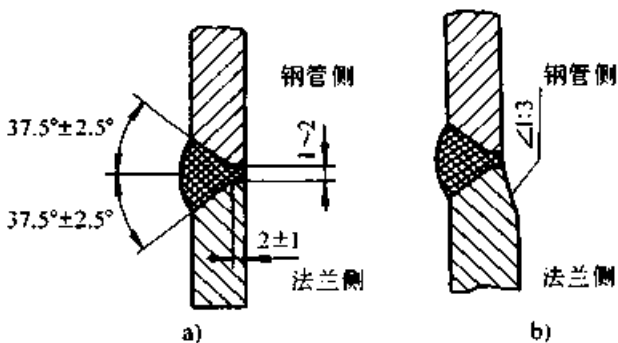


图 27.2-19

(5) 对焊环

对焊环松套法兰的对焊环与钢管连接的焊接接头和坡口尺寸应符合图 27.2-20 的要求。当对

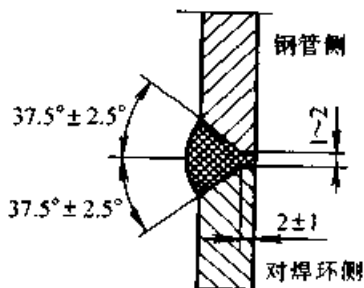


图 27.2-20

焊环与公称壁厚  $\leq 3.2$  mm 的奥氏体钢管连接时, 钝边可取消。

1.6 法兰材料及压力-温度等级

1.6.1 法兰材料

法兰材料见表 27.2-68。

1.6.2 法兰材料的公称压力和工作温度范围

法兰材料的公称压力和工作温度范围见表 27.2-69。

1.6.3 法兰在工作温度下的最高无冲击工作压力

法兰在工作温度下的最高无冲击工作压力见表 27.2-70。中间温度采用内插法确定。

工作温度系指压力作用下法兰金属的温度。工作温度低于 20℃ 时, 法兰的最高无冲击工作压力值与 20℃ 时相同。对于铁素体钢, 100℃ 的最高无冲击工作压力值可使用至 120℃; 奥氏体不锈钢 20℃ 的最高无冲击工作压力值可使用至 50℃。

如果一个法兰接头上的两个法兰具有不同的压力额定值, 该接头的最高无冲击工作压力值按较低值, 并应控制安装时的螺柱扭矩, 防止过紧。

工作温度高于表列温度而缺乏确切 (额定) 数值时, 可根据使用经验或计算, 由设计者自行确定。

采用表列以外的材料时, 法兰的最高无冲击工作压力可根据与材料许用应力相当的原则, 参照表列材料予以确定, 但不得大于公称压力。

表 27.2-68 法兰材料

类别	钢 板		锻 件		铸 件		钢 管	
	钢号	标准号	钢号	标准号	钢号	标准号	钢号	标准号
Q235	Q235A	GB/T 3274 (GB/T 700)	—	—	—	—	—	—
	Q235B	—	—	—	—	—	—	—
20	20	GB/T 711	20	JB 4726	WCA	ASTM 216, GB/T 12229	—	—
	20R	GB 6654	—	—	—	—	—	—
	09Mn2VDR 09MnNiDR	GB 3531	09Mn2VD 09MnNiD、	JB 4727	—	—	—	—
Q345	Q345R	GB 6654	Q345	JB 4726	ZG240·450AG ZG280-520G WCB WCC	GB/T 16253 ASTM A216 GB/T 12229	—	—
	Q345DR	GB 3531	Q345D	JB 4727	LCC LCB	ASTM A352	—	—
1Cr0.5Mo	15CrMoR	GB 6654	15CrMo	JB 4726	ZG15 Cr1Mo	GB/T 16253	—	—
2.25Cr1Mo	12Cr2Mo1R	GB 150 附录 A (GB 6654)	12Cr2Mo1	JB 4726	ZG12Cr2Mo1G	GB/T 16253	—	—
	—	—	1Cr5Mo	JB 4726	ZG16Cr5MoG ZG03Cr18Ni10	GB/T 16253 GB/T 16253	—	—
304L	00Cr19Ni10	—	00Cr19Ni10	—	CF3	ASTM A351 GB/T 12230	00Cr19Ni10	—
	0Cr18Ni9	—	0Cr18Ni9	—	ZG07Cr20Ni10 CF8	GB/T 16253 ASTM A351 GB/T 12230	0Cr18Ni9	—
321	0Cr18Ni10Ti (1Cr18Ni9Ti)	GB/T 4237	0Cr18Ni10Ti (1Cr18Ni9Ti)	JB 4728	ZG08Cr20Ni10Nb	GB/T 16253	0Cr18Ni10Ti (1Cr18Ni9Ti)	GB/T 14976 HG/T 20537
	00Cr17Ni14Mo2		CF8C		ASTM A351 GB/T 12230	00Cr17Ni14Mo2		
	0Cr17Ni12Mo2		ZG03Cr19Ni11Mo2 CF3M		GB/T 16253 ASTM A351 GB/T 12230	0Cr17Ni12Mo2		
316	0Cr17Ni12Mo2	—	0Cr17Ni12Mo2	—	ZG07Cr19Ni11Mo2 CF8M	GB/T 16253 ASTM A351 GB/T 12230	—	—

注：1. 管法兰材料一般应采用锻制，不推荐用钢板或型钢制造。钢板仅可用于法兰盖、板式平焊法兰、对焊环松套法兰和平焊环松套法兰。  
 2. 表列铸件仅适用于整体法兰，并不适用于带焊接的铸造法兰。  
 3. 表列钢管仅适用于采用钢管制造的奥氏体不锈钢对焊环。

表 27.2-69 法兰材料公称压力和工作温度范围

类别	钢号 (标准号)	公称压力 PN/MPa	工作温度 /℃
Q235	Q235A (GB/T 3274)	≤1.0	0 ~ +350
	Q235B (GB/T 3274)	≤1.6	0 ~ +350
20	20 (GB/T 711)	≤4.0	0 ~ +350
	20R (GB 6654)	≤25.0	-20 ~ +475
	20 (JB 4726)	≤25.0	-20 ~ +475
	09Mn2VD (JB 4727)	≤25.0	-50 ~ +350
	09MnNiD (JB 4727)	≤25.0	-20 ~ +350
Q345	Q345R (GB 6654)	≤25.0	20 ~ +475
	Q345DR (GB 3531)	≤25.0	40 ~ +350
	Q345 (JB 4726)	≤25.0	-20 ~ +475
	Q345D (JB 4727)	≤25.0	-40 ~ +350
1Cr0.5Mo	15CrMoR (GB 6654)	≤25.0	> -20 ~ +550
	15CrMo (JB 4726)		
2.25Cr1Mo	12Cr2Mo1R (GB 150, GB 6654)	≤25.0	> -20 ~ +575
	12Cr2Mo1 (JB 4726)		
5Cr0.5Mo	1Cr5Mo (JB 4726)	≤25.0	> -20 ~ +600
304L	00Cr19Ni10 (GB/T 4237, JB 4728)	≤25.0	-196 ~ +425
304	0Cr18Ni9 (GB/T 4237, JB 4728)		
321	0Cr18Ni10Ti (GB/T 4237, JB 4728) (1Cr18Ni9Ti)		-196 ~ +700
316L	00Cr17Ni14Mo2 (GB/T 4237, JB 4728)		-196 ~ +425
316	0Cr17Ni12Mo2 (GB/T 4237, JB 4728)		-196 ~ +700

注：1. 采用铸件材料的整体法兰其公称压力和工作温度按有关标准的规定。如有关产品标准未规定时，也可根据表 27.2-67 按与铸件对应的锻件材料确定公称压力和工作温度范围。

2. 采用钢管材料的奥氏体不锈钢对焊环公称压力和工作温度按有关钢管使用标准的规定。

表 27.2-70 最高无冲击工作压力 (MPa)

公称压力 PN/ MPa	法兰材料 类别	工作温度 /℃														
		≤20	100	150	200	250	300	350	400	425	450	475	500	510	520	530
0.25	Q235	0.25	0.25	0.225	0.2	0.175	0.15									
	20	0.25	0.25	0.225	0.2	0.175	0.15	0.125	0.088							
	Q345	0.25	0.25	0.245	0.238	0.225	0.2	0.175	0.138	0.113						
	1Cr0.5Mo	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.238	0.228	0.223	0.218	0.205	0.185	0.155	0.123	0.095
	2.25Cr1Mo	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.228	0.223	0.218	0.2	0.138	0.125	0.11	0.095
	5Cr0.5Mo	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25							

续表 27.2-70

公称压力 PN/ MPa	法兰材料 类别	工作温度/℃															
		≤20	100	150	200	250	300	350	400	425	450	475	500	510	520	530	
0.25	304L	0.223	0.201	0.18	0.163	0.152	0.141	0.134	0.129		0.124						
	304	0.234	0.212	0.191	0.174	0.161	0.15	0.143	0.139		0.136		0.133				
	321	0.247	0.231	0.217	0.206	0.194	0.186	0.179	0.173		0.169		0.166				
	316L	0.241	0.221	0.201	0.186	0.174	0.161	0.154	0.15		0.144						
	316	0.25	0.234	0.212	0.197	0.186	0.173	0.167	0.16		0.157		0.154				
0.6	Q235	0.60	0.60	0.54	0.48	0.42	0.36										
	20	0.60	0.60	0.54	0.48	0.42	0.36	0.3	0.21								
	Q345	0.60	0.60	0.59	0.57	0.54	0.48	0.42	0.33	0.27							
	1Cr0.5Mo	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.57	0.546	0.534	0.522	0.492	0.444	0.372	0.294	0.228	
	2.25Cr1Mo	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.546	0.534	0.522	0.48	0.33	0.3	0.264	0.228	
	5Cr0.5Mo	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60								
	304L	0.54	0.48	0.43	0.39	0.37	0.34	0.32	0.31		0.3						
	304	0.56	0.51	0.46	0.42	0.39	0.36	0.34	0.33		0.33		0.32				
	321	0.59	0.55	0.52	0.49	0.47	0.45	0.43	0.42		0.41		0.4				
	316L	0.58	0.53	0.48	0.45	0.42	0.39	0.37	0.36		0.35						
316	0.6	0.56	0.51	0.47	0.45	0.42	0.4	0.38		0.38		0.37					
1.0	Q235	1.0	1.0	0.9	0.8	0.7	0.6										
	20	1.0	1.0	0.9	0.8	0.7	0.6	0.5	0.35								
	Q345	1.0	1.0	0.98	0.95	0.9	0.8	0.7	0.55	0.45							
	1Cr0.5Mo	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.95	0.91	0.89	0.87	0.82	0.74	0.62	0.49	0.38	
	2.25Cr1Mo	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.91	0.89	0.87	0.8	0.55	0.5	0.44	0.38	
	5Cr0.5Mo	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0								
	304L	0.89	0.8	0.72	0.65	0.61	0.56	0.54	0.52		0.5						
	304	0.94	0.85	0.76	0.7	0.64	0.6	0.57	0.56		0.54		0.53				
	321	0.99	0.92	0.87	0.82	0.78	0.74	0.72	0.69		0.68		0.66				
	316L	0.96	0.88	0.8	0.74	0.7	0.64	0.62	0.6		0.58						
316	1.0	0.94	0.85	0.79	0.74	0.69	0.67	0.64		0.63		0.62					
1.6	Q235	1.6	1.6	1.44	1.28	1.12	0.96										
	20	1.6	1.6	1.44	1.28	1.12	0.96	0.8	0.56								
	Q345	1.6	1.6	1.57	1.52	1.44	1.28	1.12	0.88	0.72							
	1Cr0.5Mo	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.52	1.456	1.424	1.392	1.312	1.184	0.992	0.784	0.608	
	2.25Cr1Mo	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.456	1.424	1.392	1.28	0.88	0.8	0.704	0.608	
	5Cr0.5Mo	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6								

超星浏览器提醒:  
使用本产品  
请尊重相关知识产权

续表 27.2-70

公称压力 PN/ MPa	法兰材料 类别	工作温度/℃															
		≤20	100	150	200	250	300	350	400	425	450	475	500	510	520	530	
1.6	304L	1.43	1.29	1.15	1.05	0.97	0.9	0.86	0.82		0.8						
	304	1.5	1.36	1.22	1.12	1.03	0.96	0.92	0.89		0.87		0.85				
	321	1.58	1.48	1.39	1.32	1.24	1.19	1.14	1.11		1.08		1.06				
	316L	1.54	1.42	1.29	1.19	1.12	1.03	0.99	0.96		0.92						
	316	1.6	1.5	1.36	1.26	1.19	1.11	1.07	1.02		1.0		0.99				
2.5	20	2.5	2.5	2.25	2.0	1.75	1.5	1.25	0.88								
	Q345	2.5	2.5	2.45	2.38	2.25	2.0	1.75	1.38	1.13							
	1Cr0.5Mo	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.38	2.28	2.23	2.18	2.05	1.85	1.55	1.23	0.95	
	2.25Cr1Mo	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.28	2.23	2.18	2.0	1.38	1.25	1.1	0.95	
	5Cr0.5Mo	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5								
	304L	2.23	2.01	1.8	1.63	1.52	1.41	1.34	1.29		1.24						
	304	2.34	2.12	1.91	1.74	1.61	1.5	1.43	1.39		1.36		1.33				
	321	2.47	2.31	2.17	2.06	1.94	1.86	1.79	1.73		1.69		1.66				
	316L	2.41	2.21	2.01	1.86	1.74	1.61	1.54	1.5		1.44						
316	2.5	2.34	2.12	1.97	1.86	1.73	1.67	1.6		1.57		1.54					
4.0	20	4.0	4.0	3.6	3.2	2.8	2.4	2.0	1.4								
	Q345	4.0	4.0	3.92	3.8	3.6	3.2	2.8	2.2	1.8							
	1Cr0.5Mo	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	3.8	3.64	3.56	3.48	3.28	2.96	2.48	1.96	1.52	
	2.25Cr1Mo	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	3.64	3.56	3.48	3.2	2.2	2.0	1.76	1.52	
	5Cr0.5Mo	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0								
	304L	3.57	3.22	2.88	2.61	2.44	2.26	2.15	2.06		1.99						
	304	3.75	3.4	3.06	2.79	2.58	2.4	2.29	2.22		2.17		2.13				
	321	3.95	3.7	3.47	3.29	3.11	2.97	2.86	2.77		2.7		2.65				
	316L	3.86	3.54	3.22	2.97	2.79	2.58	2.47	2.4		2.31						
316	4.0	3.75	3.4	3.15	2.97	2.77	2.67	2.56		2.51		2.47					
6.3	20	5.28	5.10	4.85	4.47	4.10	3.72	3.15	2.21								
	Q345	6.3	6.3	6.17	5.99	5.67	5.04	4.41	3.47	2.84							
	1Cr0.5Mo	6.3	6.3	6.3	6.3	6.3	6.3	5.99	5.73	5.61	5.48	5.17	4.66	3.91	3.09	2.39	
	2.25Cr1Mo	6.3	6.3	6.3	6.3	6.3	6.3	6.3	5.73	5.61	5.48	5.04	3.47	3.15	2.77	2.39	
	5Cr0.5Mo	6.3	6.3	6.3	6.3	6.3	6.3	6.3	6.3								
	304L	5.61	5.04	4.54	4.1	3.84	3.53	3.4	3.28		3.15						
	304	5.92	5.36	4.79	4.41	4.03	3.78	3.59	3.53		3.4		3.34				
	321	6.24	5.8	5.48	5.17	4.91	4.66	4.54	4.35		4.28		4.16				

公称压力 PN/ MPa	法兰材料 类别	工作温度/℃															
		≤20	100	150	200	250	300	350	400	425	450	475	500	510	520	530	
6.3	316L	6.05	5.54	5.04	4.66	4.41	4.03	3.91	3.78		3.65						
	316	6.3	6.11	5.8	5.48	5.23	4.91	4.73	4.6		4.47		4.41				
10.0	20	8.4	8.1	7.7	7.1	6.5	5.9	5.0	3.5								
	Q345	10.0	10.0	9.8	9.5	9.0	8.0	7.0	5.5	4.5							
	1Cr0.5Mo	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	9.5	9.1	8.9	8.7	8.2	7.4	6.2	4.9	3.8	
	2.25Cr1Mo	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	9.1	8.9	8.7	8.0	5.5	5.0	4.4	3.8	
	5Cr0.5Mo	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0								
	304L	8.9	8.0	7.2	6.5	6.1	5.6	5.4	5.2		5.0						
	304	9.4	8.5	7.6	7.0	6.4	6.0	5.7	5.6		5.4		5.3				
	321	9.9	9.2	8.7	8.2	7.8	7.4	7.2	6.9		6.8		6.6				
	316L	9.6	8.8	8.0	7.4	7.0	6.4	6.2	6.0		5.8						
	316	10.0	9.4	8.5	7.9	7.4	6.9	6.7	6.4		6.3		6.2				
16.0	20	13.4	13.0	12.3	11.4	10.4	9.4	8.0	5.6								
	Q345	16.0	16.0	15.7	15.2	14.4	12.8	11.2	8.8	7.2							
	1Cr0.5Mo	16.0	16.0	16.0	16.0	16.0	16.0	15.2	14.6	14.2	13.9	13.1	11.8	9.9	7.8	6.1	
	2.25Cr1Mo	16.0	16.0	16.0	16.0	16.0	16.0	16.0	14.6	14.2	13.9	12.8	8.8	8.0	7.0	6.1	
	5Cr0.5Mo	16.0	16.0	16.0	16.0	16.0	16.0	16.0	16.0								
	304L	14.3	12.9	11.5	10.5	9.7	9.0	8.6	8.2		8.0		7.8				
	304	15.0	13.6	12.2	11.2	10.3	9.6	9.2	8.9		8.7		8.5				
	321	15.8	14.8	13.9	13.2	12.4	11.9	11.4	11.1		10.8		10.6				
	316L	15.4	14.2	12.9	11.9	11.2	10.3	9.9	9.6		9.2		9.1				
316	16.0	15.0	13.6	12.6	11.9	11.1	10.7	10.2		10.0		9.9					
25.0	20	21.0	20.25	19.25	17.75	16.25	14.75	12.5	8.8								
	Q345	25.0	25.0	24.5	23.8	22.5	20.0	17.5	13.8	11.3							
	1Cr0.5Mo	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	23.8	22.8	22.3	21.8	20.5	18.5	15.5	12.3	9.5	
	2.25Cr1Mo	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	22.8	22.3	21.8	20.0	13.8	12.5	11.0	9.5	
	5Cr0.5Mo	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0								
	304L	22.3	20.1	18.0	16.3	15.2	14.1	13.4	12.9		12.4						
	304	23.4	21.2	19.1	17.4	16.1	15.0	14.3	13.9		13.6		13.3				
	321	24.7	23.1	21.7	20.6	19.4	18.6	17.9	17.3		16.9		16.6				
	316L	24.1	22.1	20.1	18.6	17.4	16.1	15.4	15.0		14.4						
316	25.0	23.4	21.2	19.7	18.6	17.3	16.7	16.0		15.7		15.4					



## 2 美洲法兰体系

美洲法兰体系的法兰类型和适用范围见表 27.2-71。

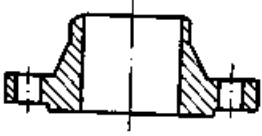
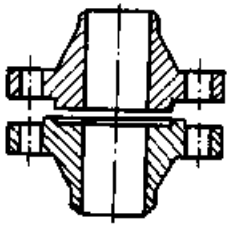
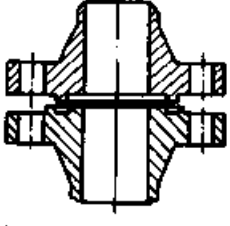



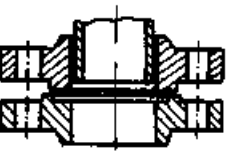
### 2.1 法兰类型和适用范围

表 27.2-71 美洲法兰体系法兰类型和适用范围

法兰型式	密封面	公称压力 PN/MPa	公称口径范围 DN/mm
整 体 法 兰	全平面	2.0	15 ~ 600
	突面	5.0	15 ~ 600
		11.0	
		15.0	
		26.0	
		42.0	15 ~ 300
	凹凸面	5.0	15 ~ 600
		11.0	
		15.0	
		26.0	
42.0		15 ~ 300	
榫槽面	5.0	15 ~ 600	
	11.0		
	15.0		
	26.0		
	42.0	15 ~ 300	
环 连 接 面	环连接面	2.0	25 ~ 600
		5.0	15 ~ 600
		11.0	
		15.0	
		26.0	
		42.0	15 ~ 300
对 焊 法 兰	全平面	2.0	15 ~ 600

超星浏览器提醒您：  
使用本复制品  
请尊重相关知识产权！

续表 27.2-71

法兰型式		密封面	公称压力 PN/MPa	公称通径范围 DN/mm
对 焊 法 兰		突面	2.0	15~600
			5.0	
			11.0	
			15.0	
			26.0	
		凹凸面	42.0	15~300
			5.0	15~600
			11.0	
			15.0	
			26.0	
	榫槽面	42.0	15~300	
		5.0	15~600	
		11.0		
		15.0		
		26.0		
	环连接面	42.0	15~300	
		2.0	25~600	
		5.0	15~600	
		11.0		
		15.0		
带 颈 平 焊 法 兰		全平面	2.0	15~600
		突面	2.0	15~600
			5.0	
			11.0	
			15.0	
		凹凸面	26.0	15~65
			5.0	15~600
			11.0	
			15.0	
	26.0	15~65		

超星阅读器提醒  
使用本复制品  
请尊重相关知识产权!

续表 27.2-71

法兰型式	密封面	公称压力 PN/MPa	公称通径范围 DN/mm
带颈平焊法兰	榫槽面	5.0	15~65
		11.0	
		15.0	
		26.0	
承插焊法兰	突面	2.0	15~80
		5.0	
		11.0	
		15.0	
承插焊法兰	凹凸面	5.0	15~80
		11.0	
		15.0	
		26.0	
承插焊法兰	榫槽面	5.0	15~80
		11.0	
		15.0	
		26.0	
承插焊法兰	环连接面	2.0	15~80
		5.0	
		11.0	
		15.0	
承插焊法兰	环连接面	26.0	15~65
		2.0	
		5.0	
		11.0	
螺纹法兰	全平面	2.0	15~150
		5.0	
螺纹法兰	突面	2.0	15~150
		5.0	
对焊环松套法兰	突面	2.0	15~600
		5.0	
		11.0	

请星浏览器提醒您：  
使用本复制品  
请尊重相关知识产权！

法兰型式	密封面	公称压力 PN/MPa	公称通径范围 DN/mm
法 兰	全平面	2.0	15~600
		5.0	15~600
	突面	11.0	15~600
		15.0	15~600
		26.0	15~300
		42.0	15~300
盖	凹凸面	5.0	15~600
		11.0	15~600
		15.0	15~600
		26.0	15~300
		42.0	15~300
盖	榫槽面	5.0	15~600
		11.0	15~600
		15.0	15~600
		26.0	15~300
		42.0	15~300
盖	环连接面	2.0	25~600
		5.0	15~600
		11.0	15~600
		15.0	15~600
		26.0	15~600
		42.0	15~300

浏览器提醒您：  
使用本复制品  
请尊重相关知识产权！

## 2.2 法兰连接尺寸

美洲法兰体系的法兰连接尺寸见图 27.2-21 和表 27.2-72。其中黑线框内为不同压力等级具有相同连接尺寸的法兰。

## 2.3 法兰密封面

### 2.3.1 密封面型式

标准法兰的密封面型式共有五种，即全平面（只限于 PN2.0 MPa 一种）、突面（有的标准中称凸面）、凹凸面、榫槽面和环连接面。其结构型式见图 27.2-22；适用范围见表 27.2-73。

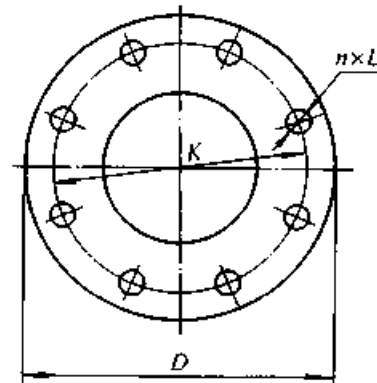


图 27.2-21 法兰连接尺寸

(mm)

表 27.2-72 DN ≤ 600 mm 法兰连接尺寸

公称通径		PN2.0 MPa (Class 150)					PN5.0 MPa (Class 300)					PN11.0 MPa (Class 600)				
NPS/ in	DN/ mm	D	K	L	Th.	n	D	K	L	Th.	n	D	K	L	Th.	n
1/2	15	90	60.5	16	M14	4	95	66.5	16	M14	4	95	66.5	16	M14	4
3/4	20	100	70	16	M14	4	120	82.5	18	M16	4	120	82.5	18	M16	4
1	25	110	79.5	16	M14	4	125	89	18	M16	4	125	89	18	M16	4
1 1/4	32	120	89	16	M14	4	135	98.5	18	M16	4	135	98.5	18	M16	4
1 1/2	40	130	98.5	16	M14	4	155	114.5	22	M20	4	155	114.5	22	M20	4
2	50	150	120.5	18	M16	4	165	127	18	M16	8	165	127	18	M16	8
2 1/2	65	180	139.5	18	M16	4	190	149	22	M20	8	190	149	22	M20	8
3	80	190	152.5	18	M16	4	210	168.5	22	M20	8	210	168.5	22	M20	8
4	100	230	190.5	18	M16	8	255	200	22	M20	8	275	216	26	M24	8
5	125	255	216	22	M20	8	280	235	22	M20	8	330	267	29.5	M27	8
6	150	280	241.5	22	M20	8	320	270	22	M20	12	355	292	29.5	M27	12
8	200	345	298.5	22	M20	8	380	330	26	M24	12	420	349	32.5	M30	12
10	250	405	362	26	M24	12	445	387.5	29.5	M27	16	510	432	35.5	M33	16
12	300	485	432	26	M24	12	520	451	32.5	M30	16	560	489	35.5	M33	20
14	350	535	476	29.5	M27	12	585	514.5	32.5	M30	20	605	527	39	M36 × 3	20
16	400	600	540	29.5	M27	16	650	571.5	35.5	M33	20	685	603	42	M39 × 3	20
18	450	635	578	32.5	M30	16	710	628.5	35.5	M33	24	745	654	45	M42 × 3	20
20	500	700	635	32.5	M30	20	775	686	35.5	M33	24	815	724	45	M42 × 3	24
22	550	750	692	35.5	M33	20	840	743	42	M39 × 3	24	870	778	48	M45 × 3	24
24	600	815	749.5	35.5	M33	20	915	813	42	M39 × 3	24	940	838	51	M48 × 3	24

续表 27.2-72

公称通径		PN15.0 MPa (Class 900)					PN26.0 MPa (Class 1500)					PN42.0 MPa (Class 2500)				
NPS/ in	DN/ mm	D	K	L	Th.	n	D	K	L	Th.	n	D	K	L	Th.	n
1/2	15	120	82.5	22	M20	4	120	82.5	22	M20	4	135	89	22	M20	4
3/4	20	130	89	22	M20	4	130	89	22	M20	4	140	95	22	M20	4
1	25	150	101.5	26	M24	4	150	101.5	26	M24	4	160	108	26	M24	4
1 1/4	32	160	111	26	M24	4	160	111	26	M24	4	185	130	29.5	M27	4
1 1/2	40	180	124	29.5	M27	4	180	124	29.5	M27	4	205	146	32.5	M30	4
2	50	215	165	26	M24	8	215	165	26	M24	8	235	171.5	29.5	M27	8
2 1/2	65	245	190.5	29.5	M27	8	245	190.5	29.5	M27	8	265	197	32.5	M30	8
3	80	240	190.5	26	M24	8	265	203	32.5	M30	8	305	228.5	35.5	M33	8
4	100	290	235	32.5	M30	8	310	241.5	35.5	M33	8	355	273	42	M39×3	8
5	125	350	279.5	35.5	M33	8	375	292	42	M39×3	8	420	324	48	M45×3	8
6	150	380	317.5	32.5	M30	12	395	317.5	39	M36×3	12	485	368.5	55	M52×3	8
8	200	470	393.5	39	M36×3	12	485	393.5	45	M42×3	12	550	438	55	M52×3	12
10	250	545	470	39	M36×3	16	585	482.5	51	M48×3	12	675	593.5	68	M64×3	12
12	300	610	533.5	39	M36×3	20	675	571.5	55	M52×3	16	760	619	74	M70×3	12
14	350	640	559	42	M39×3	20	750	635	60	M56×3	16					
16	400	705	616	45	M42×3	20	825	705	68	M64×3	16					
18	450	785	686	51	M48×3	20	915	774.5	74	M70×3	16					
20	500	855	749.5	55	M52×3	20	985	832	80	M76×3	16					
24	600	1 040	901.5	68	M64×3	20	1 170	990.5	94	M90×3	16					



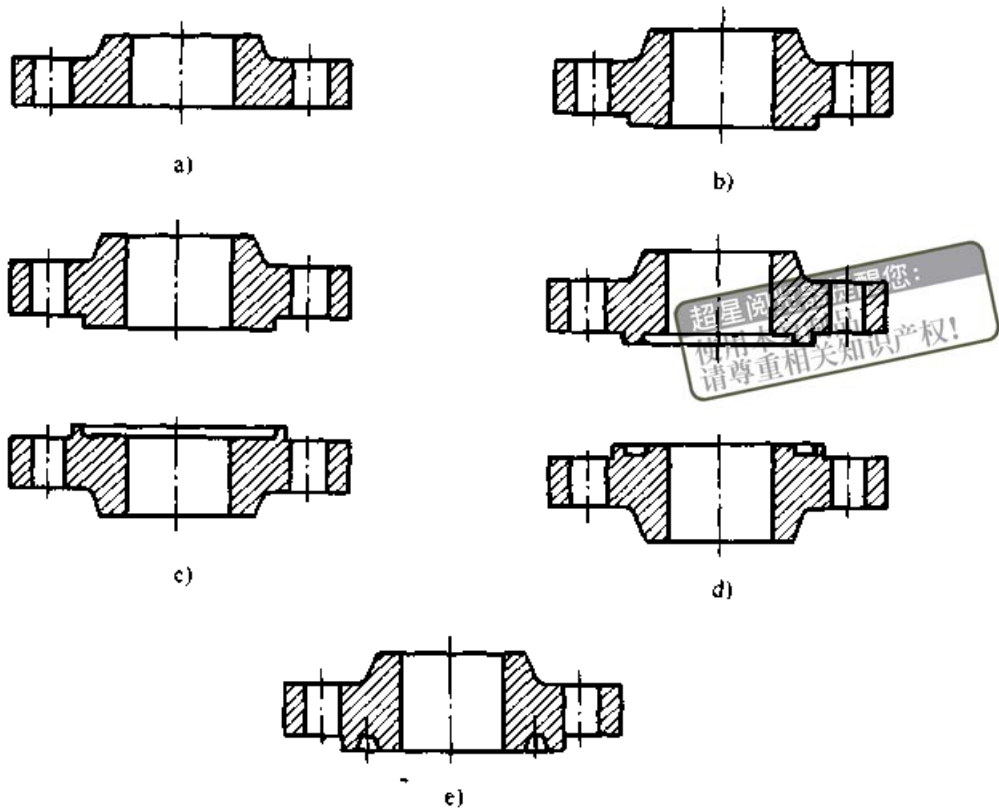


图 27.2-22 密封面型式

a) 全平面 b) 突面 c) 凹凸面 d) 榫槽面 e) 环连接面

表 27.2-73 密封面型式及适用范围

(mm)

密封面型式	公称压力 PN/ MPa					
	2.0	5.0	11.0	15.0	26.0	42.0
全平面	DN15 ~ DN600		—			
突面	DN15 ~ DN1500		DN15 ~ DN900		DN15 ~ DN600	DN15 ~ DN300
凹凸面	—	DN15 ~ DN600				DN15 ~ DN300
榫槽面	—	DN15 ~ DN600				DN15 ~ DN300
环连接面	DN25 ~ DN600		DN15 ~ DN600			DN15 ~ DN300

注：对于  $PN \leq 5.0$  MPa 的突面法兰，采用非金属平垫片、聚四氟乙烯包覆垫片和柔性石墨复合垫片时，可车制密纹水线。

2.3.2 密封面尺寸

1) 突面法兰的密封面尺寸见图 27.2-23 和表 27.2-74、表 27.2-75。注意：当  $PN \leq 5.0$  MPa

时，突台高度  $f_1$  包括在法兰厚度  $C$  内；当  $PN \geq 11.0$  MPa 时，突台高度  $f_2$  未包括在法兰厚度  $C$  内。

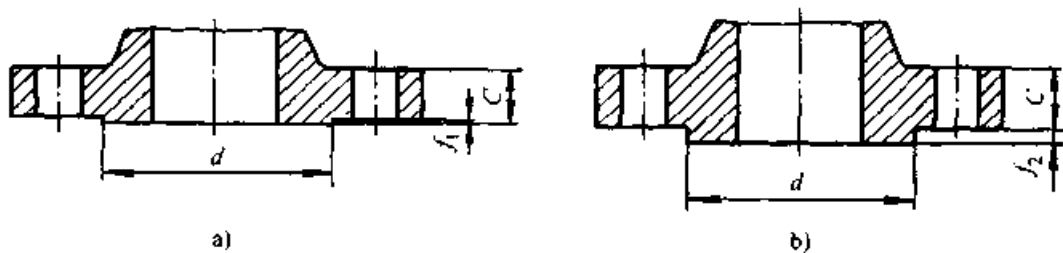


图 27.2-23 突面密封面

a)  $PN \leq 5.0$  MPa b)  $PN \geq 11.0$  MPa

表 27.2-74 DN≤600 mm 突面法兰的密封面尺寸 (mm)

公称通径		突台外径 $d$	突台高度	
NPS/ in	DN		$f_1$	$f_2$
			PN≤5.0 MPa(Class 300)	PN≥11.0 MPa(Class 600)
1/2	15	35	1.6	6.4
3/4	20	43		
1	25	51		
1¼	32	63.5		
1½	40	73		
2	50	92		
2½	65	105		
3	80	127		
4	100	157.5		
5	125	186		
6	150	216		
8	200	270		
10	250	324		
12	300	381		
14	350	413		
16	400	470		
18	450	533.5		
20	500	584		
22	550	641		
24	600	692		

超星浏览器提醒您：  
使用本复制品  
请尊重相关知识产权！

表 27.2-75 大直径突面法兰的密封面尺寸 (mm)

公称通径		公称压力 PN/MPa (Class)				突台高度	
NPS/ in	DN	2.0 (Class 150)	5.0 (Class 300)	11.0 (Class 600)	15.0 (Class 900)	PN≤5.0 MPa (Class 300)	PN≥11.0 MPa (Class 600)
		突台外径 $d$				$f_1$	$f_2$
26	650	711	737	727	762	1.6	6.4
28	700	762	787	784	819		
30	750	813	845	841	876		
32	800	864	902	895	927		
34	850	921	953	953	991		
36	900	972	1 010	1 010	1 029		



续表 27.2-75

公称通径		公称压力 PN/MPa (Class)				突台高度	
NPS/ in	DN	2.0 (Class 150)	5.0 (Class 300)	11.0 (Class 600)	15.0 (Class 900)	PN ≤ 5.0 MPa (Class 300)	PN ≥ 11.0 MPa (Class 600)
		- 突台外径 $d$				$f_1$	$f_2$
38	950	1 022	1 060			1.6	6.4
40	1 000	1 080	1 114				
42	1 050	1 130	1 168				
44	1 100	1 181	1 219				
46	1 150	1 235	1 270				
48	1 200	1 289	1 327				
50	1 250	1 340	1 378				
52	1 300	1 391	1 429				
54	1 350	1 441	1 480				
56	1 400	1 492	1 537				
58	1 450	1 543	1 594				
60	1 500	1 600	1 651				

超星浏览器提醒您：  
使用本复制品  
请尊重相关知识产权！

2) 凹凸面和榫槽面密封面尺寸见图 27.2-24 和表 27.2-76。

3) 环连接密封面尺寸见图 27.2-25 和表 27.2-77。

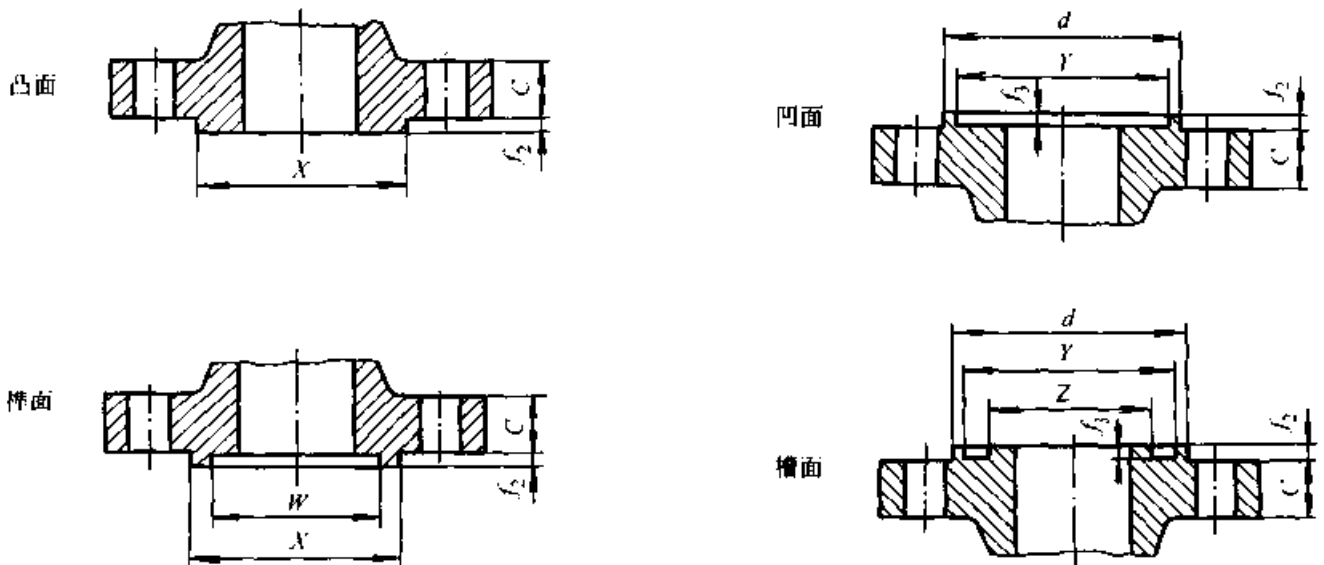


图 27.2-24 凹凸面和榫槽面密封面

表 27.2-76 凹凸面和榫槽面密封面尺寸

(mm)

公称通径		$d$	$W$	$X$	$Y$	$f_2$	$f_3$
NPS/ in	DN						
1/2	15	46	25.5	35	36.5	24	
3/4	20	54	33.5	43	44.5	32	
1	25	62	38	51	52.5	36.5	
1 1/4	32	75	47.5	63.5	65	46	
1 1/2	40	84	54	73	74.5	52.5	
2	50	103	73	92	93.5	71.5	
2 1/2	65	116	85.5	105	106.5	84	
3	80	138	108	127	128.5	106.5	
4	100	168	132	157.5	159	130.5	
5	125	197	160.5	186	187.5	159	6.4
6	150	227	190.5	216	217.5	189	5
8	200	281	238	270	271.5	236.5	
10	250	335	285.5	324	325.5	284	
12	300	392	343	381	382.5	341.5	
14	350	424	374.5	413	414.5	373	
16	400	481	425.5	470	471.5	424	
18	450	544	489	533.5	535	487.5	
20	500	595	533.5	584.5	586	532	
24	600	703	641.5	692	693.5	640	

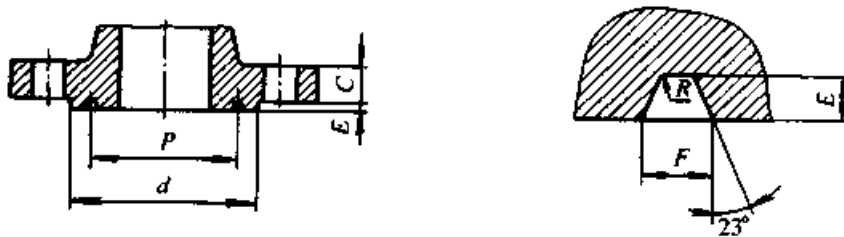


图 27.2-25 环连接密封面

表 27.2-77 环连接密封面尺寸

(mm)

公称通径		PN2.0 MPa (Class 150)						PN5.0 MPa(Class 300)和 PN11.0 MPa(Class 600)					
NPS/ in	DN	环号	$d_{min}$	$P$	$E$	$F$	$R_{max}$	环号	$d_{min}$	$P$	$E$	$F$	$R_{max}$
1/2	15	—	—	—	—	—	—	R11	51	34.14	5.56	7.14	0.8
3/4	20	—	—	—	—	—	—	R13	63.5	42.88	6.35	8.74	0.8
1	25	R15	63.5	47.62	6.35	8.74	0.8	R16	70	50.8	6.35	8.74	0.8
1¼	32	R17	73	57.15	6.35	8.74	0.8	R18	79.5	60.32	6.35	8.74	0.8
1½	40	R19	82.5	65.07	6.35	8.74	0.8	R20	90.5	68.27	6.35	8.74	0.8
2	50	R22	102	82.55	6.35	8.74	0.8	R23	108	82.55	7.92	11.91	0.8
2½	65	R25	121	101.6	6.35	8.74	0.8	R26	127	101.6	7.92	11.91	0.8
3	80	R29	133	114.3	6.35	8.74	0.8	R31	146	123.82	7.92	11.91	0.8
4	100	R36	171	149.22	6.35	8.74	0.8	R37	175	149.22	7.92	11.91	0.8
5	125	R40	194	171.45	6.35	8.74	0.8	R41	210	180.98	7.92	11.91	0.8
6	150	R43	219	193.68	6.35	8.74	0.8	R45	241	211.12	7.92	11.91	0.8
8	200	R48	273	247.65	6.35	8.74	0.8	R49	302	269.88	7.92	11.91	0.8
10	250	R52	330	304.8	6.35	8.74	0.8	R53	356	323.85	7.92	11.91	0.8
12	300	R56	406	381	6.35	8.74	0.8	R57	413	381	7.92	11.91	0.8
14	350	R59	425	396.88	6.35	8.74	0.8	R61	457	419.1	7.92	11.91	0.8
16	400	R64	483	454.03	6.35	8.74	0.8	R65	508	469.9	7.92	11.91	0.8
18	450	R68	546	517.53	6.35	8.74	0.8	R69	575	533.4	7.92	11.91	0.8
20	500	R72	597	558.8	6.35	8.74	0.8	R73	635	584.2	9.52	13.49	1.5
22	550	—	—	—	—	—	—	R81	686	635	11.13	15.09	1.5
24	600	R76	711	673.1	6.35	8.74	0.8	R77	749	692.15	11.13	16.66	1.5
公称通径		PN15.0 MPa (Class 900)						PN26.0 MPa (Class 1500)					
NPS/ in	DN	环号	$d_{min}$	$P$	$E$	$F$	$R_{max}$	环号	$d_{min}$	$P$	$E$	$F$	$R_{max}$
1/2	15	R12	60.5	39.67	6.35	8.74	0.8	R12	60.5	39.67	6.35	8.74	0.8
3/4	20	R14	66.5	44.45	6.35	8.74	0.8	R14	66.5	44.45	6.35	8.74	0.8
1	25	R16	71.5	50.8	6.35	8.74	0.8	R16	71.5	50.8	6.35	8.74	0.8
1¼	32	R18	81	60.32	6.35	8.74	0.8	R18	81	60.32	6.35	8.74	0.8
1½	40	R20	92	68.27	6.35	8.74	0.8	R20	92	68.27	6.35	8.74	0.8
2	50	R24	124	95.25	7.92	11.91	0.8	R24	124	95.25	7.92	11.91	0.8

超星浏览器提醒您：  
使用本复制品，  
请尊重相关知识产权！

续表 27.2-77

公称通径		PN15.0 MPa (Class 900)						PN26.0 MPa (Class 1500)					
NPS/ in	DN	环号	$d_{\min}$	$P$	$E$	$F$	$R_{\max}$	环号	$d_{\min}$	$P$	$E$	$F$	$R_{\max}$
2½	65	R27	137	107.95	7.92	11.91	0.8	R27	137	107.95	7.92	11.91	0.8
3	80	R31	156	123.82	7.92	11.91	0.8	R35	168	136.52	7.92	11.91	0.8
4	100	R37	181	149.22	7.92	11.91	0.8	R39	194	161.92	7.92	11.91	0.8
5	125	R41	216	180.98	7.92	11.91	0.8	R44	229	193.68	7.92	11.91	0.8
6	150	R45	241	211.12	7.92	11.91	0.8	R46	248	211.12	9.52	13.49	1.5
8	200	R49	308	269.88	7.92	11.91	0.8	R50	318	269.88	11.13	16.66	1.5
10	250	R53	362	323.85	7.92	11.91	0.8	R54	371	323.85	11.13	16.66	1.5
12	300	R57	419	381	7.92	11.91	0.8	R58	438	381	14.27	23.01	1.5
14	350	R62	467	419.1	11.13	16.66	1.5	R63	489	419.1	15.88	26.97	2.4
16	400	R66	524	469.9	11.13	16.66	1.5	R67	546	469.9	17.48	30.18	2.4
18	450	R70	594	533.4	12.7	19.84	1.5	R71	613	533.4	17.48	30.18	2.4
20	500	R74	648	584.2	12.7	19.84	1.5	R75	673	584.2	17.48	33.32	2.4
24	600	R78	772	692.15	15.88	26.97	2.4	R79	794	692.15	20.62	36.53	2.4
公称通径		PN42.0 MPa (Class 2500)											
NPS/ in	DN	环号	$d_{\min}$	$P$	$E$	$F$	$R_{\max}$						
1/2	15	R13	65	42.88	6.35	8.74	0.8						
3/4	20	R16	73	50.8	6.35	8.74	0.8						
1	25	R18	82.5	60.32	6.35	8.74	0.8						
1¼	32	R21	102	72.24	7.92	11.91	0.8						
1½	40	R23	114	82.55	7.92	11.91	0.8						
2	50	R26	133	101.6	7.92	11.91	0.8						
2½	65	R28	149	111.12	9.52	13.49	1.5						
3	80	R32	168	127	9.52	13.49	1.5						
4	100	R38	203	157.18	11.13	16.66	1.5						
5	125	R42	241	190.5	12.7	19.84	1.5						
6	150	R47	279	228.6	12.7	19.84	1.5						
8	200	R51	340	279.4	14.27	23.01	1.5						
10	250	R55	425	342.9	17.48	30.18	2.4						
12	300	R60	495	406.4	17.48	33.32	2.4						

## 2.4 法兰结构尺寸

### 2.4.1 整体法兰

整体法兰的结构型式及尺寸见图 27.2-26 和

表 27.2-78 ~ 表 27.2-83。其中法兰连接尺寸  $D$ 、 $K$ 、 $L$ 、 $n$  和  $Th$ ，见本章第 2.2 节；法兰密封面尺寸  $d$ 、 $f_1$ 、 $f_2$ 、 $f_3$ 、 $W$ 、 $X$ 、 $Y$ 、 $Z$ 、 $P$ 、 $E$  和  $F$  等见本章第 2.3 节。

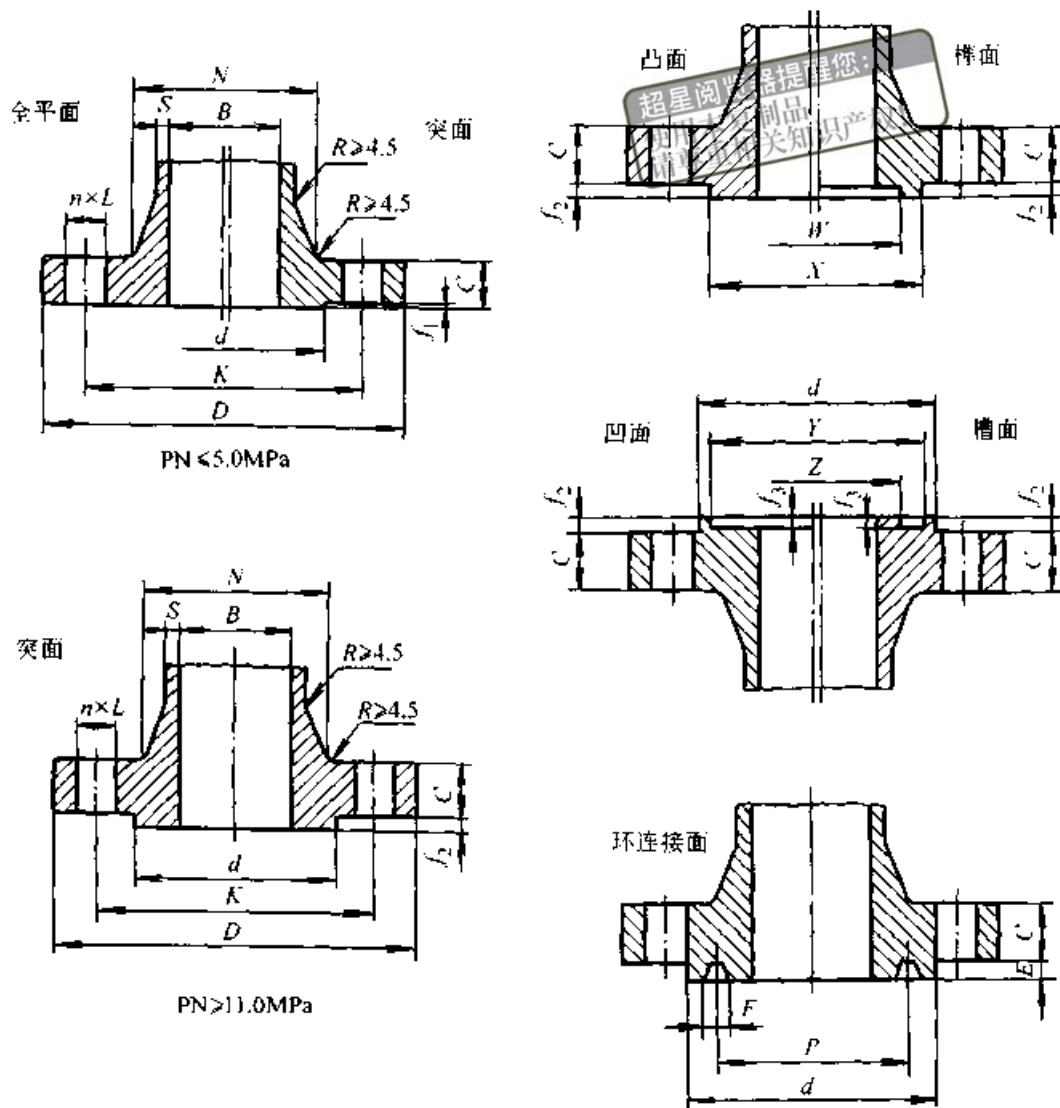


图 27.2-26 整体法兰结构型式

表 27.2-78 PN2.0 MPa 整体法兰尺寸

(mm)

公称通径		法兰厚度 $C$	法兰颈 $N$	颈部最 小壁厚 $S$	法兰 内径 $B$	公称通径		法兰 厚度 $C$	法兰颈 $N$	颈部最 小壁厚 $S$	法兰 内径 $B$
NPS/ in	DN					NPS/ in	DN				
1/2	15	11.5(10)	30	3.2	15	2 1/2	65	22.5(17.5)	90	5.6	64
3/4	20	13(10)	38	3.6	20	3	80	24(19.5)	108	5.6	76
1	25	14.5(11.5)	49	4	25	4	100	24	135	6.3	102
1 1/4	32	16(13)	59	4.8	32	5	125	24	164	7.1	127
1 1/2	40	17.5(14.5)	65	4.8	38	6	150	25.5	192	7.1	152
2	50	19.5(16)	78	5.6	51	8	200	29	246	7.9	203

续表 27.2-78

公称通径		法兰厚度 C	法兰颈 N	颈部最 小壁厚 S	法兰 内径 B	公称通径		法兰 厚度 C	法兰颈 N	颈部最 小壁厚 S	法兰 内径 B
NPS/ in	DN					NPS/ in	DN				
10	250	30.5	305	8.6	254	18	450	40	505	11.9	438
12	300	32	365	9.5	305	20	500	43	559	12.7	489
14	350	35	400	10.3	337	24	600	48	664	14.3	590
16	400	37	457	11.1	387						

注:带括号的尺寸为允许的最小厚度;适用于阀门的两端法兰。

表 27.2-79 PN5.0 MPa 整体法兰尺寸

超星阅读器提醒您:  
使用本复制品  
请尊重相关知识版权!  
(mm)

公称通径		法兰 厚度 C	法兰颈 N	颈部最 小壁厚 S	法兰 内径 B	公称通径		法兰 厚度 C	法兰颈 N	颈部最 小壁厚 S	法兰 内径 B
NPS/ in	DN					NPS/ in	DN				
1/2	15	14.5	38	3.6	15	6	150	37	206	9.5	152
3/4	20	16	48	4	20	8	200	41.5	260	11.1	203
1	25	17.5	54	4.7	25	10	250	48	321	12.7	254
1¼	32	19.5	64	5.5	32	12	300	51	375	14.3	305
1½	40	21	70	5.5	38	14	350	54	426	15.9	337
2	50	22.5	84	6.3	51	16	400	57.5	483	17.5	387
2½	65	25.5	100	6.3	64	18	450	60.5	533	19.0	432
3	80	29	118	7.1	76	20	500	63.5	587	20.6	483
4	100	32	146	7.9	102	24	600	70	702	23.8	585
5	125	35	178	9.5	127						

表 27.2-80 PN11.0 MPa 整体法兰尺寸

(mm)

公称通径		法兰 厚度 C	法兰颈 N	颈部最 小壁厚 S	法兰 内径 B	公称通径		法兰 厚度 C	法兰颈 N	颈部最 小壁厚 S	法兰 内径 B
NPS/ in	DN					NPS/ in	DN				
1/2	15	14.5	38	4.0	13	6	150	48	222	12.7	152
3/4	20	16	48	4.0	19	8	200	55.5	273	15.8	200
1	25	17.5	54	4.8	25	10	250	63.5	343	19	248
1¼	32	21	64	4.8	32	12	300	67	400	23	298
1½	40	22.5	70	5.6	38	14	350	70	432	24.6	327
2	50	25.5	84	6.3	51	16	400	76.5	495	27.8	375
2½	65	29	100	7.1	64	18	450	83	546	31	419
3	80	32	117	7.9	76	20	500	89	610	34.1	464
4	100	38.5	152	9.5	102	24	600	102	718	40.5	560
5	125	44.5	189	11.1	127						

表 27.2-81 PN15.0 MPa 整体法兰尺寸

(mm)

公称通径		法兰厚度 C	法兰颈 N	颈部最小壁厚 S	法兰内径 B	公称通径		法兰厚度 C	法兰颈 N	颈部最小壁厚 S	法兰内径 B
NPS/ in	DN					NPS/ in	DN				
1/2	15	22.5	38	4.1	13	6	150	56	235	18.3	146
3/4	20	25.5	44	4.8	17	8	200	63.5	298	22.2	191
1	25	29	52	5.6	22	10	250	70	368	27.0	238
1 1/4	32	29	64	6.3	29	12	300	79.5	419	31.7	283
1 1/2	40	32	70	7.1	35	14	350	86	451	35.2	311
2	50	38.5	105	7.9	48	16	400	89	508	39.7	356
2 1/2	65	41.5	124	8.8	57	18	450	102	565	44.4	400
3	80	38.5	127	10.3	73	20	500	108	672	48.4	445
4	100	44.5	159	12.7	98	24	600	140	749	57.9	535
5	125	51	190	15.1	121						

表 27.2-82 PN26.0 MPa 整体法兰尺寸

(mm)

公称通径		法兰厚度 C	法兰颈 N	颈部最小壁厚 S	法兰内径 B	公称通径		法兰厚度 C	法兰颈 N	颈部最小壁厚 S	法兰内径 B
NPS/ in	DN					NPS/ in	DN				
1/2	15	22.5	38	4.7	13	6	150	83	229	27.8	137
3/4	20	25.5	44	5.6	17	8	200	92	292	35.7	178
1	25	29	52	6.3	22	10	250	108	368	43.7	222
1 1/4	32	29	64	7.9	29	12	300	124	451	50.8	264
1 1/2	40	32	70	9.5	35	14	350	133.5	495	55.6	289
2	50	38.5	105	11.7	48	16	400	146.5	552	63.5	330
2 1/2	65	41.5	124	12.7	57	18	450	162	597	71.4	371
3	80	48	133	15.9	76	20	500	178	641	79.4	416
4	100	54	162	19	92	24	600	203.5	762	94.5	485
5	125	73.5	197	23.2	111						

表 27.2-83 PN42.0 MPa 整体法兰尺寸

(mm)

公称通径		法兰厚度 C	法兰颈 N	颈部最小壁厚 S	法兰内径 B	公称通径		法兰厚度 C	法兰颈 N	颈部最小壁厚 S	法兰内径 B
NPS/ in	DN					NPS/ in	DN				
1/2	15	30.5	43	6.3	11	3	80	67	133	22.2	57
3/4	20	32	51	7.1	14	4	100	76.5	165	27.7	73
1	25	35	57	8.7	19	5	125	92.5	203	34.1	92
1 1/4	32	38.5	73	11.1	25	6	150	108	235	40.4	111
1 1/2	40	44.5	79	12.7	29	8	200	127	305	52.3	146
2	50	51	95	15.8	38	10	250	165.5	375	65.8	184
2 1/2	65	57.5	114	19.0	48	12	300	184.5	441	76.9	219

2.4.2 对焊法兰

对焊法兰的结构型式及尺寸见图 27.2-27 和表 27.2-84~表 27.2-89。其中法兰连接尺寸  $D$ 、 $K$ 、

$L$ 、 $n$  和  $Th$ 。见本章第 2.2 节；法兰密封面尺寸  $d$ 、 $f_1$ 、 $f_2$ 、 $f_3$ 、 $W$ 、 $X$ 、 $Y$ 、 $Z$ 、 $P$ 、 $E$  和  $F$  等见本章第 2.3 节。

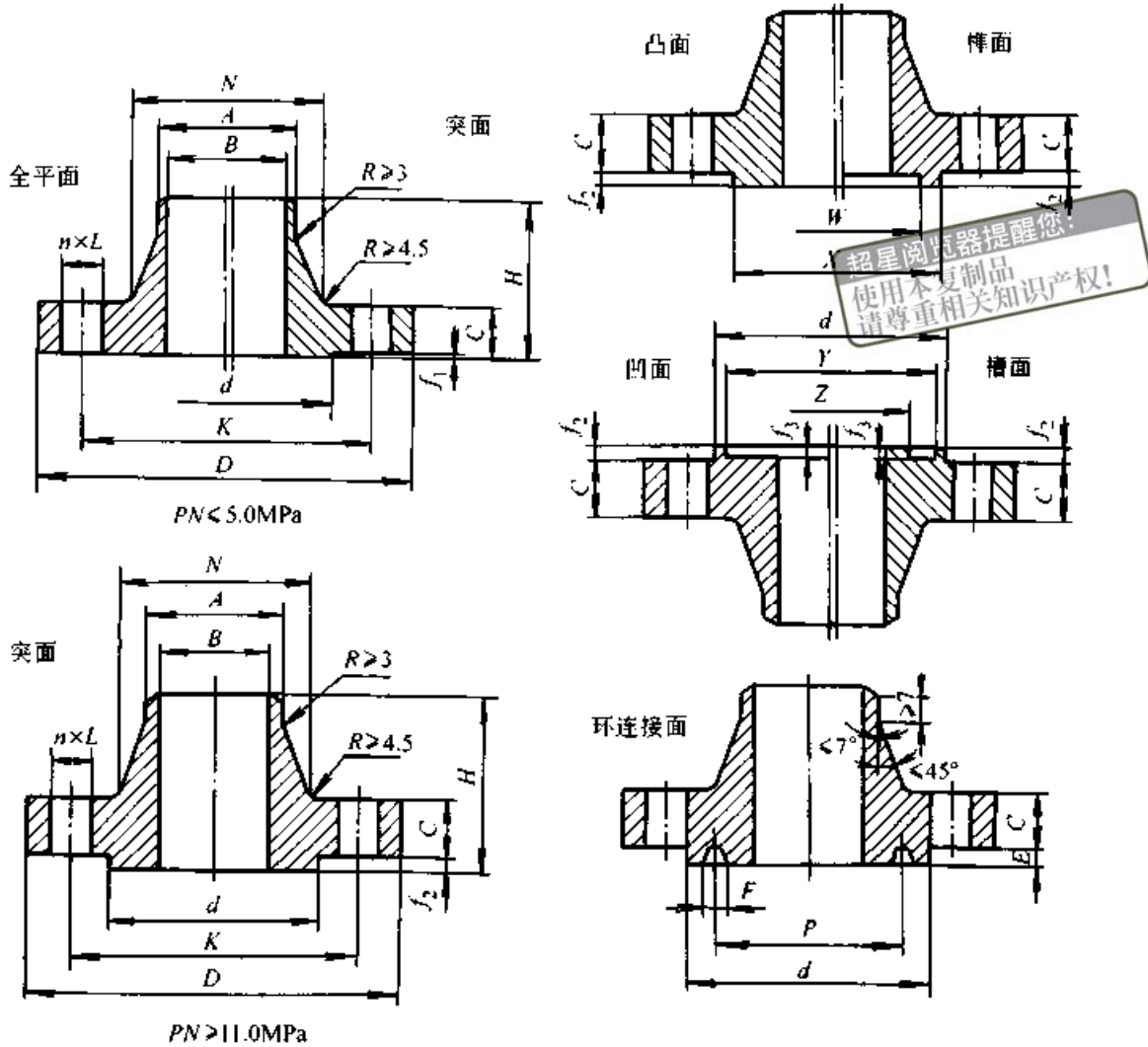


图 27.2-27 对焊法兰结构型式

注：带颈对焊法兰的锥颈斜度应不大于 45°，且应具有斜度不大于 7° 的直边段，直边段长度不小于 7 mm。

表 27.2-84 PN2.0 MPa 对焊法兰尺寸

(mm)

公称通径		钢管外径 (法兰焊 端外径) $A$	法兰 厚度 $C$	法兰颈 $N$	法兰 内径 $B^{\text{D}}$	法兰 高度 $H$	法兰理 论质量/ kg
NPS/ in	DN						
1/2	15	21.3	11.5	30	15.5	48	0.91
3/4	20	26.9	13	38	21	52	0.91
1	25	33.7	14.5	49	27	56	1.14
1 1/4	32	42.4	16	59	35	57	1.14
1 1/2	40	48.3	17.5	65	41	62	1.81
2	50	60.3	19.5	78	52	64	2.72
2 1/2	65	76.1	22.5	90	66	70	4.45



续表 27.2-84

公称通径		钢管外径 (法兰焊 端外径) A	法兰 厚度 C	法兰颈 N	法兰 内径 B <sup>①</sup>	法兰 高度 H	法兰理 论质量/ kg
NPS/ in	DN						
3	80	88.9	24	108	77.5	70	5.22
4	100	114.3	24	135	101.5	76	7.49
5	125	139.7	24	164	127	89	9.53
6	150	168.3	25.5	192	152	89	11.8
8	200	219.1	29	246	203	102	19.1
10	250	273	30.5	305	255	102	24.5
12	300	323.9	32	365	303.5	114	39.9
14	350	355.6	35	400	—	127	51.8
16	400	406.4	37	457	—	127	64.5
18	450	457	40	505	—	140	74.9
20	500	508	43	559	—	145	89.4
22	550	559	46	610	—	149	103.5
24	600	610	48	664	—	152	121.7

① 未规定的法兰内径 B 按订货要求或表 27.2-90 确定。表列法兰内径 B 相当于采用钢管壁厚为 Sch40。

表 27.2-85 PN5.0 MPa 对焊法兰尺寸 (mm)

公称通径		钢管外径 (法兰焊 端外径) A	法兰 厚度 C	法兰颈 N	法兰 内径 B <sup>①</sup>	法兰 高度 H	法兰理 论质量/ kg
NPS/ in	DN						
1/2	15	21.3	14.5	38	15.5	52	0.91
3/4	20	26.9	16	48	21	57	1.36
1	25	33.7	17.5	54	27	62	1.82
1¼	32	42.4	19.5	64	35	65	2.27
1½	40	48.3	21	70	41	68	3.18
2	50	60.3	22.5	84	52	70	3.36
2½	65	76.1	25.5	100	66	76	5.45
3	80	88.9	29	118	77.5	79	8.17
4	100	114.3	32	146	101.5	86	12.1
5	125	139.7	35	178	127	98	16.3
6	150	168.3	37	206	154	98	20.4

续表 27.2-85

公称通径		钢管外径 (法兰焊 端外径) A	法兰 厚度 C	法兰颈 N	法兰 内径 B <sup>①</sup>	法兰 高度 H	法兰理 论质量/ kg
NPS/ in	DN						
8	200	219.1	41.5	260	203	111	31.3
10	250	273	48	321	255	117	45.4
12	300	323.9	51	375	303.5	130	64.5
14	350	355.6	54	426	—	143	93.5
16	400	406.4	57.5	483	—	146	113.1
18	450	457	60.5	533	—	159	138.9
20	500	508	63.5	587	—	162	167.5
22	550	559	66.5	640	—	165	199.4
24	600	610	70	702	—	168	235.6

① 未规定的法兰内径 B 按订货要求或表 27.2-90 确定。表列法兰内径 B 相当于采用钢管壁厚 Sch40。

表 27.2-86 PN11.0 MPa 对焊法兰尺寸 (mm)

公称通径		钢管外径 (法兰焊 端外径) A	法兰 厚度 C	法兰颈 N	法兰 内径 B <sup>①</sup>	法兰 高度 H	法兰理 论质量/ kg
NPS/ in	DN						
1/2	15	21.3	14.5	38	—	52	1.36
3/4	20	26.9	16	48	—	57	1.59
1	25	33.7	17.5	54	—	62	1.82
1¼	32	42.4	21	64	—	67	2.50
1½	40	48.3	22.5	70	—	70	3.63
2	50	60.3	25.5	84	—	73	4.54
2¼	65	76.1	29	100	—	79	6.36
3	80	88.9	32	117	—	83	8.17
4	100	114.3	38.5	152	—	102	16.8
5	125	139.7	44.5	189	—	114	30.9
6	150	168.3	48	222	—	117	33.1
8	200	219.1	55.5	273	—	133	50.9
10	250	273	63.5	343	—	152	85.8
12	300	323.9	67	400	—	156	102.6
14	350	355.6	70	432	—	165	157.5
16	400	406.4	76.5	495	—	178	218.4

续表 27.2-86

公称通径		钢管外径 (法兰焊 端外径) A	法兰 厚度 C	法兰颈 N	法兰 内径 B <sup>①</sup>	法兰 高度 H	法兰理 论质量/ kg
NPS/ in	DN						
18	450	457	83	546	—	184	252.0
20	500	508	89	610	—	190	313.3
22	550	559	95	665	—	197	376.5
24	600	610	102	718	—	203	443.6

① 未规定的法兰内径 B 按订货要求或表 27.2-90 确定。

表 27.2-87 PN15.0 MPa 对焊法兰尺寸

(mm)

公称通径		钢管外径 (法兰焊 端外径) A	法兰 厚度 C	法兰颈 N	法兰 内径 B <sup>①</sup>	法兰 高度 H	法兰理 论质量/ kg
NPS/ in	DN						
1/2	15	21.3	22.5	38	—	60	3.18
3/4	20	26.9	25.5	44	—	70	3.18
1	25	33.7	29	52	—	73	3.86
1¼	32	42.4	29	64	—	73	4.54
1½	40	48.3	32	70	—	83	6.36
2	50	60.3	38.5	105	—	102	10.9
2½	65	76.1	41.5	124	—	105	16.3
3	80	88.9	38.5	127	—	102	13.2
4	100	114.3	44.5	159	—	114	23.2
5	125	139.7	51	190	—	127	39.1
6	150	168.3	56	235	—	140	49.9
8	200	219.1	63.5	298	—	162	84.9
10	250	273	70	368	—	184	121.7
12	300	323.9	79.5	419	—	200	168.9
14	350	355.6	86	451	—	213	255.2
16	400	406.4	89	508	—	216	311.0
18	450	457	102	565	—	229	419.5
20	500	508	108	672	—	248	528.5
24	600	610	140	749	—	267	956.6

① 未规定的法兰内径 B 按订货要求或表 27.2-90 确定。

表 27.2-88 PN26.0 MPa 对焊法兰尺寸

(mm)

公称通径		钢管外径 (法兰焊 端外径) A	法兰 厚度 C	法兰颈 N	法兰 内径 B <sup>①</sup>	法兰 高度 H	法兰理 论质量/ kg
NPS/ in	DN						
1/2	15	21.3	22.5	38	—	60	3.18
3/4	20	26.9	25.5	44	—	70	3.18
1	25	33.7	29	52	—	73	3.86
1¼	32	42.4	29	64	—	73	4.54
1½	40	48.3	32	70	—	83	6.36
2	50	60.3	38.5	105	—	102	10.9
2½	65	76.1	41.5	124	—	105	16.34
3	80	88.9	48	133	—	117	21.8
4	100	114.3	54	162	—	124	31.3
5	125	139.7	73.5	197	—	155	59.9
6	150	168.3	83	229	—	171	74.5
8	200	219.1	92	292	—	213	123.9
10	250	273	108	368	—	254	206.1
12	300	323.9	124	451	—	283	313.3
14	350	355.6	133.5	495	—	298	406.5
16	400	406.4	146.5	552	—	311	525.0
18	450	457	162	597	—	327	687.2
20	500	508	178	641	—	356	852.6
24	600	610	203.5	762	—	406	1366.8

① 未规定的法兰内径 B 按订货要求或表 27.2-90 确定。

表 27.2-89 PN42.0 MPa 对焊法兰尺寸

(mm)

公称通径		钢管外径 (法兰焊 端外径) A	法兰 厚度 C	法兰颈 N	法兰 内径 B <sup>①</sup>	法兰 高度 H	法兰理 论质量/ kg
NPS/ in	DN						
1/2	15	21.3	30.5	43	—	73	3.63
3/4	20	26.9	32	51	—	79	4.09
1	25	33.7	35	57	—	89	5.90
1¼	32	42.4	38.5	73	—	95	9.08
1½	40	48.3	44.5	79	—	111	12.7
2	50	60.3	51	95	—	127	19.1
2½	65	76.1	57.5	114	—	143	23.6
3	80	88.9	67	133	—	168	42.7
4	100	114.3	76.5	165	—	190	66.3
5	125	139.7	92.5	203	—	229	110.8
6	150	168.3	108	235	—	273	171.6
8	200	219.1	127	305	—	317	261.5
10	250	273	165.5	375	—	419	484.9
12	300	323.9	184.5	441	—	464	730.1

① 未规定的法兰内径 B 按订货要求或表 27.2-90 确定。

(mm)

表 27.2-90 对焊法兰的内径尺寸

公称通径		钢管壁厚规格																
NPS/ in	DN	法兰内径 B																
		Sch5S	Sch10S	Sch10	Sch20	Sch30	STD	Sch40S	Sch40	Sch60	XS	Sch80S	Sch80	Sch100	Sch120	Sch140	Sch160	XXS
1/2	15	18	17				15.5	15.5	15.5		14	14	14				12	7
3/4	20	23.5	22.5				21	21	21		18.5	18.5	18.5				15.5	10.5
1	25	30.5	27.5				27	27	27		24.5	24.5	24.5				21	16
1 1/4	32	39	36.5				35	35	35		32	32	32				29.5	22
1 1/2	40	45	42.5				41	41	41		38	38	38				34	28
2	50	57	54.5				52	52	52		49	49	49				42.5	38
2 1/2	65	72	69.5				66	66	66		61.5	61.5	61.5				56	47.5
3	80	84.5	82.5				77.5	77.5	77.5		72.5	72.5	72.5				66.5	56.5
4	100	110	107.5				101.5	101.5	101.5		96.5	96.5	96.5	92			85.5	79
5	125	133.5	132.5				127	127	127		119.5	119.5	119.5	114.5			107.5	99.5
6	150	162.5	161				154	154	154		146	146	146	139.5			133	123.5
8	200	213	211				206.5	204.5	203	203	199	194	194	187	184	179	174.5	174.5
10	250	273	265.5	265			260	257	255	255	248	248	248	238	228.5	223	217	223
12	300	323.9	315.5	314.5			311	306	303.5	303.5	295.5	298.5	298.5	279.5	273.5	267.5	259.5	273.5
14	350	355.6	347.5	345.5	343		339.5	335.5	335.5	335.5	323.5	330.5	330.5	305.5	299.5	291.5	281.5	
16	400	406.4	398	396	393.5		390	386	386	386	371	381	381	350	346	334	326	
18	450	457	449	447	444		441	435	437	437	417	432	432	397	385	377	367	
20	500	508	498	496.5	495		488	483	488	488	468	483	483	444	428	418	408	
22	550	559	549	547.5	546		539	534	539	539	509	534	534	487	479	459	449	
24	600	610	598.5	597	597		590	581.5	500	590	560	585	585	530	520	500	490	

注：壁厚系列号 (Sch.No.) 后缀加 S 者，仅用于奥氏体不锈钢钢管。

2.4.3 带颈平焊法兰

带颈平焊法兰的结构型式和尺寸见图 27.2-28 和表 27.2-91~表 27.2-95。其中法兰

连接尺寸  $D$ 、 $K$ 、 $L$ 、 $n$  和  $Th$ 。见本章第 2.2 节；法兰密封面尺寸  $d$ 、 $f_1$ 、 $f_2$ 、 $f_3$ 、 $W$ 、 $X$ 、 $Y$  和  $Z$  见本章第 2.3 节。

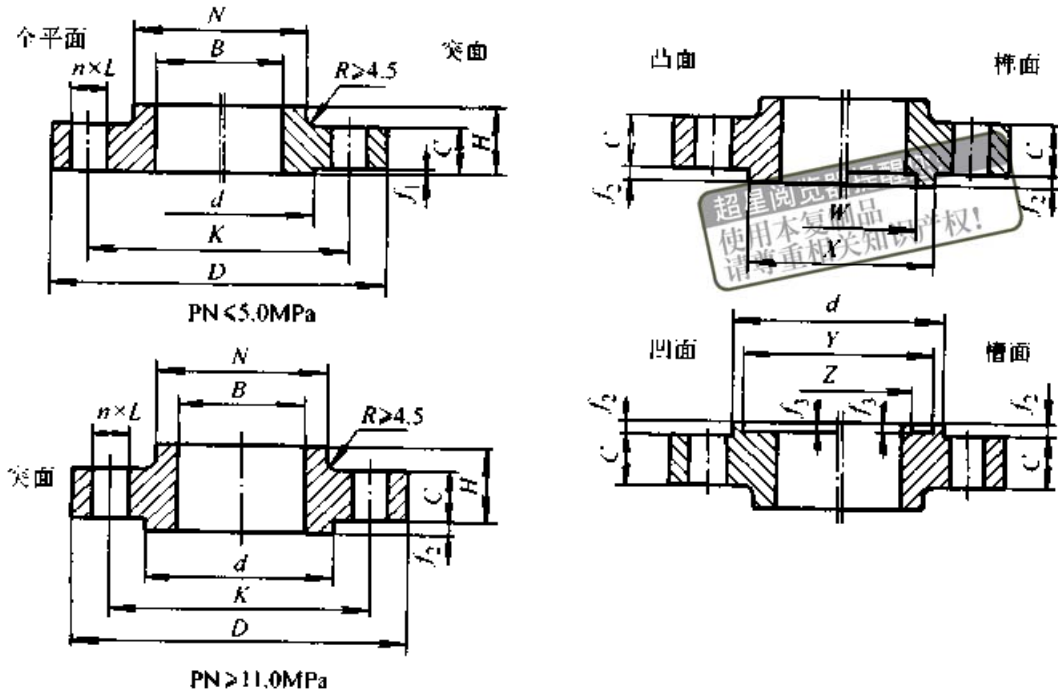


图 27.2-28 带颈平焊法兰结构型式

表 27.2-91 PN2.0 MPa 带颈平焊法兰尺寸

(mm)

公称通径		钢管 外径 $A$	法兰 厚度 $C$	法兰 内径 $B$	法兰颈 $N$	法兰 高度 $H$	法兰理 论质量/ kg
NPS/ in	DN						
1/2	15	21.3	11.5	22	30	16	0.41
3/4	20	26.9	13	27.5	38	16	0.58
1	25	33.7	14.5	34.5	49	17	0.80
1 1/4	32	42.4	16	43.5	59	21	1.07
1 1/2	40	48.3	17.5	49.5	65	22	1.37
2	50	60.3	19.5	61.5	78	25	2.01
2 1/2	65	76.1	22.5	77.5	90	29	3.32
3	80	88.9	24	90.5	108	30	3.83
4	100	114.3	24	116	135	33	5.40
5	125	139.7	24	141.5	164	36	6.26
6	150	168.3	25.5	170.5	192	40	7.50
8	200	219.1	29	221.5	246	44	12.3

续表 27.2-91

公称通径		钢管 外径 A	法兰 厚度 C	法兰 内径 B	法兰颈 N	法兰 高度 H	法兰理 论质量 kg
NPS/ in	DN						
10	250	273	30.5	276.5	305	49	16.2
12	300	323.9	32	327.5	365	56	26.5
14	350	355.6	35	359.5	400	57	34.5
16	400	406.4	37	411	457	64	45.5
18	450	457	40	462	505	68	48.5
20	500	508	43	513.5	559	73	61.8
24	600	610	48	616.5	664	83	87.7

表 27.2-92 PN5.0 MPa 带颈平焊法兰尺寸 (mm)

公称通径		钢管 外径 A	法兰 厚度 C	法兰 内径 B	法兰颈 N	法兰 高度 H	法兰理 论质量/ kg
NPS/ in	DN						
1/2	15	21.3	14.5	22	38	22	0.63
3/4	20	26.9	16	27.5	48	25	1.16
1	25	33.7	17.5	34.5	54	27	1.37
1¼	32	42.4	19.5	43.5	64	27	1.75
1½	40	48.3	21	49.5	70	30	2.47
2	50	60.3	22.5	61.5	84	33	2.90
2½	65	76.1	25.5	77.5	100	38	4.17
3	80	88.9	29	90.5	118	43	5.92
4	100	114.3	32	116	146	48	9.73
5	125	139.7	35	141.5	178	51	12.4
6	150	168.3	37	170.5	206	52	16.0
8	200	219.1	41.5	221.5	260	62	23.9
10	250	273	48	276.5	321	67	34.0
12	300	323.9	51	327.5	375	73	49.1
14	350	355.6	54	359.5	426	76	69.1
16	400	406.4	57.5	411	483	83	88.9
18	450	457	60.5	462	533	89	107.2
20	500	508	63.5	513.5	587	95	132.9
24	600	610	70	616.5	702	104	198.7

表 27.2-93 PN11.0 MPa 带颈平焊法兰尺寸 (mm)

公称通径		钢管 外径 A	法兰 厚度 C	法兰 内径 B	法兰颈 N	法兰 高度 H	法兰理 论质量/ kg
NPS/ in	DN						
1/2	15	21.3	14.5	22	38	22	0.75
3/4	20	26.9	16	27.5	48	25	1.35
1	25	33.7	17.5	34.5	54	27	1.58
1¼	32	42.4	21	43.5	64	29	2.15
1½	40	48.3	22.5	49.5	70	32	2.99
2	50	60.3	25.5	61.5	84	37	3.71
2½	65	76.1	29	77.5	100	41	5.20
3	80	88.9	32	90.5	117	46	7.13
4	100	114.3	38.5	116	152	54	14.9
5	125	139.7	44.5	141.5	189	60	24.6
6	150	168.3	48	170.5	222	67	28.7
8	200	219.1	55.5	221.5	273	76	43.5
10	250	273	63.5	276.5	343	86	70.9
12	300	323.9	67	327.5	400	92	84.5
14	350	355.6	70	359.5	432	94	99.3
16	400	406.4	76.5	411	495	106	141.0
18	450	457	83	462	546	117	174.8
20	500	508	89	513.5	610	127	221.8
24	600	610	102	616.5	718	140	313.3

表 27.2-94 PN15.0 MPa 带颈平焊法兰尺寸 (mm)

公称通径		钢管 外径 A	法兰 厚度 C	法兰 内径 B	法兰颈 N	法兰 高度 H	法兰理 论质量/ kg
NPS/ in	DN						
1/2	15	21.3	22.5	22	38	32	1.75
3/4	20	26.9	25.5	27.5	44	35	2.35
1	25	33.7	29	34.5	52	41	3.50
1¼	32	42.4	29	43.5	64	41	4.01
1½	40	48.3	32	49.5	70	44	5.52
2	50	60.3	38.5	61.5	105	57	9.81



续表 27.2-94

公称通径		钢管 外径 A	法兰 厚度 C	法兰 内径 B	法兰颈 N	法兰 高度 H	法兰理 论质量/ kg
NPS/ in	DN						
2½	65	76.1	41.5	77.5	124	64	13.5
3	80	88.9	38.5	90.5	127	54	11.5
4	100	114.3	44.5	116	159	70	19.4
5	125	139.7	51	141.5	190	79	32.4
6	150	168.3	56	170.5	235	86	41.0
8	200	219.1	63.5	221.5	298	102	70.6
10	250	273	70	276.5	368	108	99.7
12	300	323.9	79.5	327.5	419	117	132.3
14	350	355.6	86	359.5	451	130	151.8
16	400	406.4	89	411	508	133	184.1
18	450	457	102	462	565	152	256.1
20	500	508	108	513.5	672	159	333.2
24	600	610	140	616.5	749	203	600.0

表 27.2-95 PN26.0 MPa 带颈平焊法兰尺寸 (mm)

公称通径		钢管 外径 A	法兰 厚度 C	法兰 内径 B	法兰颈 N	法兰 高度 H	法兰理 论质量/ kg
NPS/ in	DN						
1/2	15	21.3	22.5	22	38	32	1.75
3/4	20	26.9	25.5	27.5	44	35	2.35
1	25	33.7	29	34.5	52	41	3.50
1¼	32	42.4	29	43.5	64	41	4.01
1½	40	48.3	32	49.5	70	44	5.52
2	50	60.3	38.5	61.5	105	57	9.81
2½	65	76.1	41.5	77.5	124	64	13.5

2.4.4 承插焊法兰

承插焊法兰的结构型式和尺寸见图 27.2-29 和表 27.2-96 ~ 表 27.2-100。其法兰连接尺寸

$D$ 、 $K$ 、 $L$ 、 $n$  和  $Th$ 。见本章第 2.2 节；法兰密封面尺寸  $d$ 、 $f_1$ 、 $f_2$ 、 $f_3$ 、 $W$ 、 $X$ 、 $Y$ 、 $Z$ 、 $P$ 、 $E$  和  $F$  等见本章第 2.3 节。

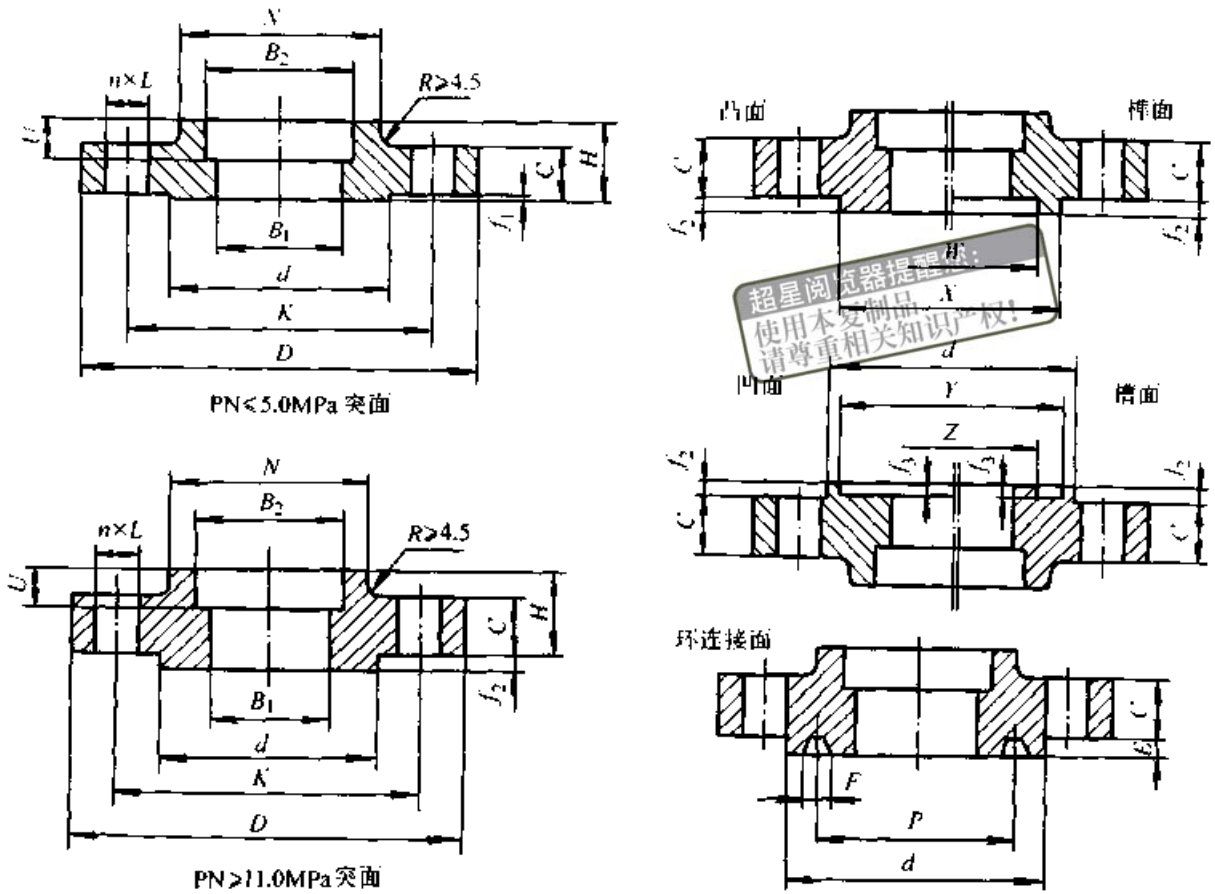


图 27.2-29 承插焊法兰结构型式

表 27.2-96 PN2.0 MPa 承插焊法兰尺寸

(mm)

公称通径		钢管 外径 A	法兰 厚度 C	法兰 内径 B <sub>1</sub>	承插孔		法兰颈 N	法兰 高度 H	法兰理 论质量/ kg
NPS/ in	DN				B <sub>2</sub>	U			
1/2	15	21.3	11.5	15.5	22	10	30	16	0.41
3/4	20	26.9	13	21	27.5	11	38	16	0.58
1	25	33.7	14.5	27	34.5	13	49	17	0.80
1 1/4	32	42.4	16	35	43.5	14	59	21	1.07
1 1/2	40	48.3	17.5	41	49.5	16	65	22	1.37
2	50	60.3	19.5	52	61.5	17	78	25	2.01
2 1/2	65	76.1	22.5	66	77.5	19	90	29	3.32
3	80	88.9	24	77.5	90.5	21	108	30	3.83

表 27.2-97 PN5.0 MPa 承插焊法兰尺寸 (mm)

公称通径		钢管 外径 A	法兰 厚度 C	法兰 内径 B <sub>1</sub>	承插孔		法兰颈 N	法兰 高度 H	法兰理 论质量/ kg
NPS/ in	DN				B <sub>2</sub>	U			
1/2	15	21.3	14.5	15.5	22	10	38	22	0.63
3/4	20	26.9	16	21	27.5	11	48	25	1.16
1	25	33.7	17.5	27	34.5	13	54	27	1.37
1¼	32	42.4	19.5	35	43.5	14	64	27	1.75
1½	40	48.3	21	41	49.5	16	70	30	2.47
2	50	60.3	22.5	52	61.5	17	84	33	2.90
2½	65	76.1	25.5	66	77.5	19	100	38	4.17
3	80	88.9	29	77.5	90.5	21	118	43	5.92

表 27.2-98 PN11.0 MPa 承插焊法兰尺寸 (mm)

公称通径		钢管 外径 A	法兰 厚度 C	法兰 内径 B <sub>1</sub> <sup>①</sup>	承插孔		法兰颈 N	法兰 高度 H	法兰理 论质量/ kg
NPS/ in	DN				B <sub>2</sub>	U			
1/2	15	21.3	14.5	—	22	10	38	22	0.75
3/4	20	26.9	16	—	27.5	11	48	25	1.35
1	25	33.7	17.5	—	34.5	13	54	27	1.58
1¼	32	42.4	21	—	43.5	14	64	29	2.15
1½	40	48.3	22.5	—	49.5	16	70	32	2.99
2	50	60.3	25.5	—	61.5	17	84	37	3.71
2½	65	76.1	29	—	77.5	19	100	41	5.20
3	80	88.9	32	—	90.5	21	117	46	7.13

① 未规定的法兰内径 B<sub>1</sub> 按订货要求或按表 27.2-90 确定。

表 27.2-99 PN15.0 MPa 承插焊法兰尺寸 (mm)

公称通径		钢管 外径 A	法兰 厚度 C	法兰 内径 B <sub>1</sub> <sup>①</sup>	承插孔		法兰颈 N	法兰 高度 H	法兰理 论质量/ kg
NPS/ in	DN				B <sub>2</sub>	U			
1/2	15	21.3	22.5	—	22	10	38	32	1.75
3/4	20	26.9	25.5	—	27.5	11	44	35	2.35
1	25	33.7	29	—	34.5	13	52	41	3.50

续表 27.2-99

公称通径		钢管 外径 A	法兰 厚度 C	法兰 内径 $B_1^1$	承插孔		法兰颈 N	法兰 高度 H	法兰理 论质量/ kg
NPS/ in	DN				$B_2$	U			
1¼	32	42.4	29	—	43.5	14	41	4.01	
1½	40	48.3	32	—	49.5	16	44	5.52	
2	50	60.3	38.5	—	61.5	17	105	9.81	
2½	65	76.1	41.5	—	77.5	19	124	13.5	
3	80	88.9	38.5	—	90.5	21	127	11.5	

① 未规定的法兰内径  $B_1$  按订货要求或按表 27.2-90 确定。

表 27.2-100 PN26.0 MPa 承插焊法兰尺寸

(mm)

公称通径		钢管 外径 A	法兰 厚度 C	法兰 内径 $B_1^1$	承插孔		法兰颈 N	法兰 高度 H	法兰理 论质量/ kg
NPS/ in	DN				$B_2$	U			
1/2	15	21.3	22.5	—	22	10	38	32	1.75
3/4	20	26.9	25.5	—	27.5	11	44	35	2.35
1	25	33.7	29	—	34.5	13	52	41	3.50
1¼	32	42.4	29	—	43.5	14	64	41	4.01
1½	40	48.3	32	—	49.5	16	70	44	5.52
2	50	60.3	38.5	—	61.5	17	105	57	9.81
2½	65	76.1	41.5	—	77.5	19	124	64	13.5

① 本规定的法兰内径  $B_1$  按订货要求或按表 27.2-90 确定。

#### 2.4.5 螺纹法兰

螺纹法兰的结构型式和尺寸见图 27.2-30 和表 27.2-101、表 27.2-102。其中法兰连接尺寸  $D$ 、 $K$ 、 $L$ 、 $n$  和  $Th$ ，见本章第 2.2 节；法兰密封面尺寸  $d$  和  $f_1$  见本章第 2.3 节。

螺纹法兰采用的管螺纹分两种情况：

① 采用 GB/T 7306 规定的 55°圆锥内螺纹

(Rc)；

② 采用 GB/T 12716 规定的 60°圆锥管螺纹 (NPT)。

采用 55°管螺纹时，DN150 法兰配用的钢管外径为 165.1 mm；采用 60°圆锥管螺纹时，DN65 法兰配用的钢管外径应为 73 mm，DN125 法兰配用的钢管外径应为 141.3 mm。

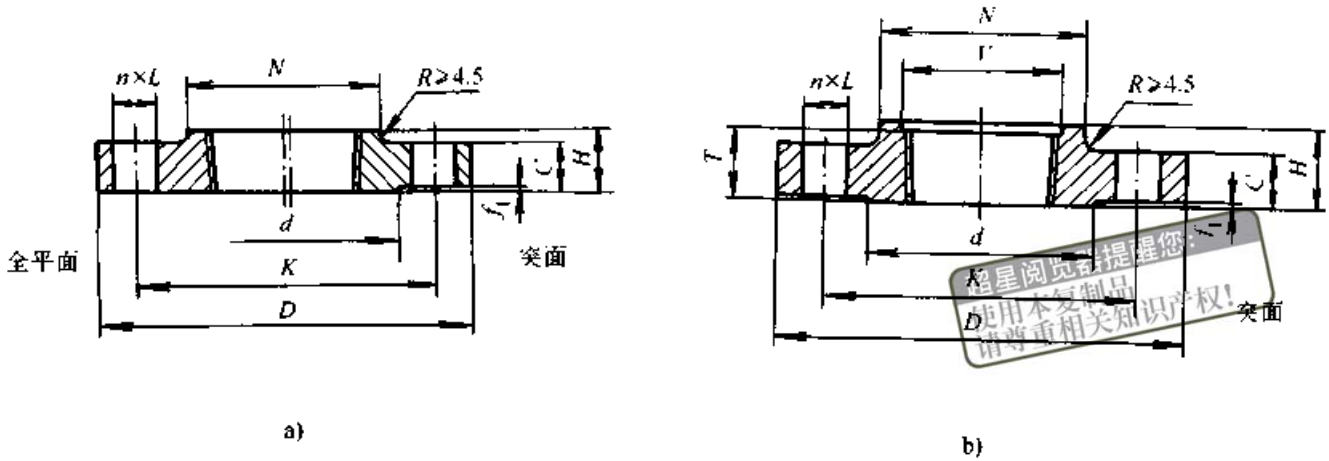


图 27.2-30 螺纹法兰结构型式  
a) PN2.0 MPa b) PN5.0 MPa

表 27.2-101 PN2.0 MPa 螺纹法兰尺寸 (mm)

公称通径		钢管 外径 A	法兰 厚度 C	法兰颈	法兰 高度 H	法兰理 论质量/ kg	管螺纹规格 Re 或 NPT/ in
NPS/ in	DN			N			
1/2	15	21.3	11.5	30	16	0.41	1/2
3/4	20	26.9	13	38	16	0.58	3/4
1	25	33.7	14.5	49	17	0.80	1
1 1/4	32	42.4	16	59	21	1.07	1 1/4
1 1/2	40	48.3	17.5	65	22	1.37	1 1/2
2	50	60.3	19.5	78	25	2.01	2
2 1/2	65	76.1	22.5	90	29	3.32	2 1/2
3	80	88.9	24	108	30	3.83	3
4	100	114.3	24	135	33	5.40	4
5	125	139.7	24	164	36	6.26	5
6	150	168.3	25.5	192	40	7.50	6

表 27.2-102 PN5.0 MPa 螺纹法兰尺寸 (mm)

公称通径		钢管 外径 A	法兰 厚度 C	法兰 颈 N	法兰 高度 H	最小螺 纹长度 T	螺纹定位 孔直径 V	法兰理 论质量/ kg	管螺纹规格 Re 或 NPT/ in
NPS/ in	DN								
1/2	15	21.3	14.5	38	22	16	24	0.63	1/2
3/4	20	26.9	16	48	25	16	29	1.16	3/4
1	25	33.7	17.5	54	27	18	36	1.37	1
1 1/4	32	42.4	19.5	64	27	21	45	1.75	1 1/4

续表 27.2-102

公称通径		钢管 外径 A	法兰 厚度 C	法兰 颈 N	法兰 高度 H	最小螺 纹长度 T	螺纹定位 孔直径 V	法兰理 论质量/ kg	管螺纹规格 Rc 或 NPT/ in
NPS/ in	DN								
1½	40	48.3	21	70	30	22	51	2.47	1½
2	50	60.3	22.5	84	33	29	64	2.90	2
2½	65	76.1	25.5	100	38	32	76	4.17	2½
3	80	88.9	29	118	43	32	92	5.92	3
4	100	114.3	32	146	48	37	118	9.73	4
5	125	139.7	35	178	51	43	146.5	12.4	5
6	150	168.3	37	206	52	46	171.5	16.0	6

2.4.6 对焊环松套法兰

对焊环松套法兰的结构型式和尺寸见图 27.2-31 和表 27.2-103 ~ 表 27.2-105。其中法兰连接尺寸 D、K、L、n 和 Th。见本章第 2.2 节。

2.4.7 法兰盖

法兰盖的结构型式和尺寸见图 27.2-32 和表 27.2-106 ~ 表 27.2-111。其中法兰连接尺寸 D、K、L、n 和 Th。见本章第 2.2 节；法兰密封面尺寸 d、f<sub>1</sub>、f<sub>2</sub>、f<sub>3</sub>、W、X、Y、Z、P、E 和 F 等见本章第 2.3 节。

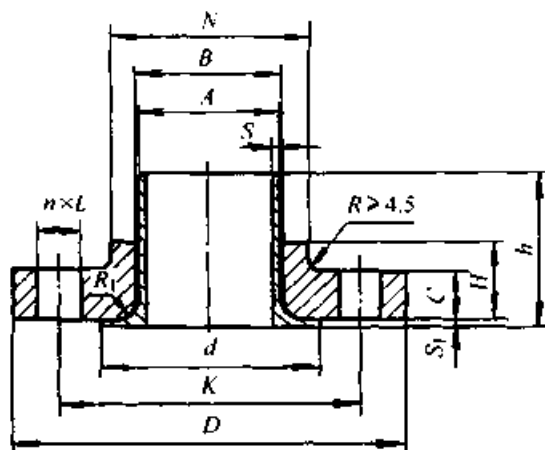


图 27.2-31 对焊环松套法兰结构型式

表 27.2-103 PN2.0 MPa 对焊环松套法兰尺寸 (mm)

公称通径		钢管外径 (对焊环 颈外径) A	法兰 厚度 C	法兰 内径 B	法兰 颈 N	法兰 高度 H	圆角 R <sub>1</sub>	对焊环		法兰理 论质量/ kg
NPS/ in	DN							高度 h	外径 d	
1/2	15	21.3	11.5	23	30	16	3	50	35	0.40
3/4	20	26.9	13	28	38	16	3	50	43	0.58
1	25	33.7	14.5	35	49	17	3	50	51	0.79
1¼	32	42.4	16	43.5	59	21	5	50	63.5	1.07
1½	40	48.3	17.5	50	65	22	6	50	73	1.36
2	50	60.3	19.5	62.5	78	25	8	65	92	2.00
2½	65	76.1	22.5	78.5	90	29	8	65	105	3.34
3	80	88.9	24	91.5	108	30	10	65	127	3.80

续表 27.2-103

公称通径		钢管外径 (对焊环 颈部外径) A	法兰 厚度 C	法兰 内径 B	法兰 颈 N	法兰 高度 H	圆角 R <sub>1</sub>	对焊环		法兰理 论质量 / kg
NPS/ in	DN							高度 h	外径 d	
4	100	114.3	24	117	135	33	11	75	157.5	5.35
5	125	139.7	24	143	164	36	11	75	186	6.07
6	150	168.3	25.5	171.5	192	40	13	90	216	7.41
8	200	219.1	29	222	246	45	13	100	270	12.4
10	250	273	30.5	277.5	305	49	13	125	324	16.0
12	300	323.9	32	328	365	56	13	150	381	26.4
14	350	355.6	35	360	400	79	13	150	413	38.5
16	400	406.4	37	411	457	87	13	150	470	51.2
18	450	457	40	462.5	505	97	13	150	533.5	55.7
20	500	508	43	514.5	559	103	13	150	584	70.2
24	600	610	48	616	664	111	13	150	692	98.7

注：对焊环壁厚 S 一般等于钢管名义厚度，由用户确定。应在订货及标注中注明；对焊环翻边厚度 S<sub>1</sub> 应不小于钢管最小壁厚 (0.875S)。

表 27.2-104 PN5.0 MPa 对焊环松套法兰尺寸 (mm)

公称通径		钢管外径 (对焊环 颈部外径) A	法兰 厚度 C	法兰 内径 B	法兰 颈 N	法兰 高度 H	圆角 R <sub>1</sub>	对焊环		法兰理 论质量/ kg
NPS/ in	DN							高度 h	外径 d	
1/2	15	21.3	14.5	23	38	22	3	50	35	0.63
3/4	20	26.9	16	28	48	25	3	50	43	1.16
1	25	33.7	17.5	35	54	27	3	50	51	1.37
1 1/4	32	42.4	19.5	43.5	64	27	5	50	63.5	1.75
1 1/2	40	48.3	21	50	70	30	6	50	73	2.46
2	50	60.3	22.5	62.5	84	33	8	65	92	2.88
2 1/2	65	76.1	25.5	78.5	100	38	8	65	105	4.20
3	80	88.9	29	91.5	118	43	10	65	127	5.87
4	100	114.3	32	117	146	48	11	75	157.5	9.66
5	125	139.7	35	143	178	51	11	75	186	12.1
6	150	168.3	37	171.5	206	52	13	90	216	15.9
8	200	219.1	41.5	222	260	62	13	100	270	23.8
10	250	273	48	277.5	321	95	13	250	324	38.2

续表 27.2-104

公称通径		钢管外径 (对焊环 颈部外径) A	法兰 厚度 C	法兰 内径 B	法兰 颈 N	法兰 高度 H	圆角 $R_1$	对焊环		法兰理 论质量/ kg
NPS/ in	DN							高度 h	外径 d	
12	300	323.9	51	328	375	102	13	250	381	54.9
14	350	355.6	54	360	426	111	13	300	413	80.1
16	400	406.4	57.5	411	483	121	13	300	470	103.9
18	450	457	60.5	462.5	533	130	13	300	533.5	124.6
20	500	508	63.5	514.5	587	140	13	300	584	154.4
24	600	610	70	616	702	152	13	300	692	232.6

注：对焊环壁厚  $S$  一般等于钢管名义厚度，由用户确定。应在订货及标注中注明；对焊环的翻边厚度  $S_1$  应不小于钢管最小壁厚 ( $0.875S$ )。

表 27.2-105 PN11.0 MPa 对焊环松套法兰尺寸

(mm)

公称通径		钢管外径 (对焊环 颈部外径) A	法兰 厚度 C	法兰 内径 B	法兰 颈 N	法兰 高度 H	圆角 $R_1$	对焊环		法兰理 论质量/ kg
NPS/ in	DN							高度 h	外径 d	
1/2	15	21.3	14.5	23	38	22	3	100	35	0.76
3/4	20	26.9	16	28	48	25	3	100	43	1.38
1	25	33.7	17.5	35	54	27	3	100	51	1.62
1 1/4	32	42.4	21	43.5	64	29	5	100	63.5	2.23
1 1/2	40	48.3	22.5	50	70	32	6	100	73	3.09
2	50	60.3	25.5	62.5	84	37	8	150	92	3.85
2 1/2	65	76.1	29	78.5	100	41	8	150	105	5.50
3	80	88.9	32	91.5	117	46	10	150	127	7.44
4	100	114.3	38.5	117	152	54	11	150	157.5	15.4
5	125	139.7	44.5	143	189	60	11	200	186	25.1
6	150	168.3	48	171.5	222	67	13	200	216	29.8
8	200	219.1	55.5	222	273	74	13	200	270	45.2
10	250	273	63.5	277.5	343	111	13	250	324	80.2
12	300	323.9	67	328	400	117	13	250	381	97.1
14	350	355.6	70	360	432	127	13	300	413	116.2
16	400	406.4	76.5	411	495	140	13	300	470	164.2
18	450	457	83	462.5	546	152	13	300	533.5	201.8
20	500	508	89	514.5	610	165	13	300	584	257.5
24	600	610	102	616	718	184	13	300	692	367.1

注：对焊环壁厚  $S$  一般等于钢管名义厚度，由用户确定并在订货及标注中注明；对焊环的翻边厚度  $S_1$  应不小于钢管最小壁厚 ( $0.875S$ )。



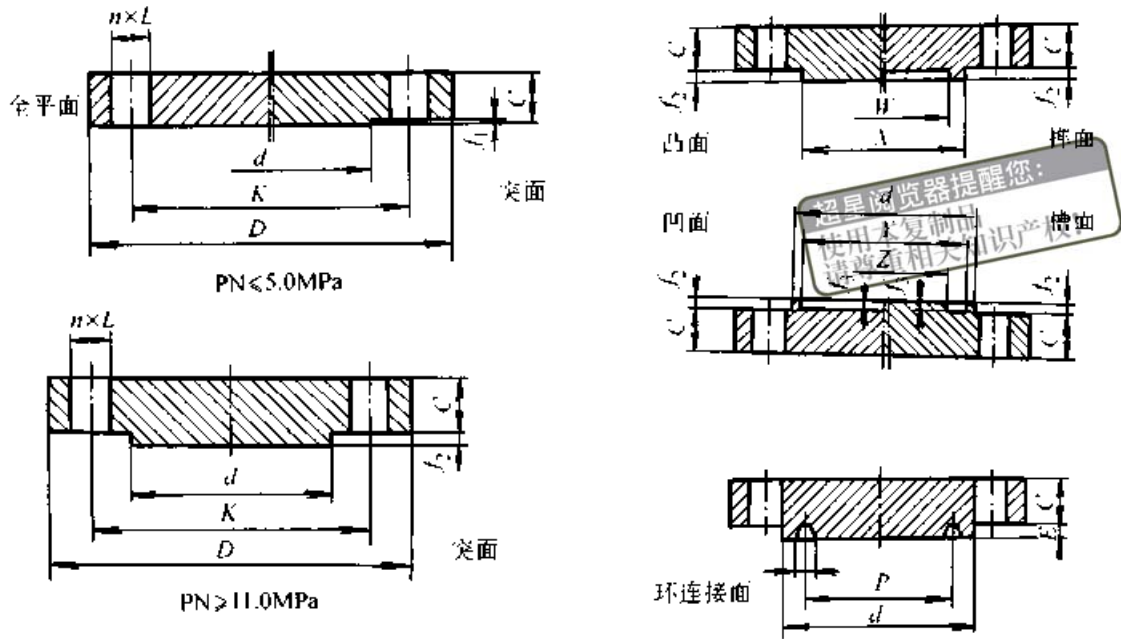


图 27.2-32 法兰盖结构型式

表 27.2-106 PN2.0 MPa 法兰盖尺寸

(mm)

公称通径		法兰盖 厚度 C	法兰盖 理论质量/ kg	公称通径		法兰盖 厚度 C	法兰盖 理论质量/ kg
NPS/ in	DN			NPS/ in	DN		
1/2	15	11.5	0.43	6	150	25.5	11.4
3/4	20	13	0.63	8	200	29	20.1
1	25	14.5	0.89	10	250	30.5	28.7
1 1/4	32	16	1.20	12	300	32	43.8
1 1/2	40	17.5	1.58	14	350	35	58.2
2	50	19.5	2.39	16	400	37	77.4
2 1/2	65	22.5	4.07	18	450	40	94.0
3	80	24	4.92	20	500	43	122.7
4	100	24	7.13	22	550	46	150.7
5	125	24	8.72	24	600	48	187.0

表 27.2-107 PN5.0 MPa 法兰盖尺寸

(mm)

公称通径		法兰盖 厚度 C	法兰盖 理论质量/ kg	公称通径		法兰盖 厚度 C	法兰盖 理论质量/ kg
NPS/ in	DN			NPS/ in	DN		
1/2	15	14.5	0.63	6	150	37	21.4
3/4	20	16	1.15	8	200	41.5	34.1
1	25	17.5	1.40	10	250	48	53.5
1 1/4	32	19.5	1.88	12	300	51	78.3
1 1/2	40	21	2.65	14	350	54	105.0
2	50	22.5	3.22	16	400	57.5	138.6
2 1/2	65	25.5	4.80	18	450	60.5	174.3
3	80	29	6.89	20	500	63.5	220.4
4	100	32	11.6	22	550	66.5	268.7
5	125	35	15.6	24	600	70	339.0

表 27.2-108 PN11.0 MPa 法兰盖尺寸 (mm)

公称口径		法兰盖 厚度 C	法兰盖/ 理论质量 kg	公称口径		法兰盖 厚度 C	法兰盖 理论质量/ kg
NPS/ in	DN			NPS/ in	DN		
1/2	15	14.5	0.77	6	150	48	36.2
3/4	20	16	1.37	8	200	55.5	59.1
1	25	17.5	1.66	10	250	63.5	98.4
1¼	32	21	2.36	12	300	67	125.3
1½	40	22.5	3.29	14	350	70	152.1
2	50	25.5	4.24	16	400	76.5	214.1
2½	65	29	6.23	18	450	83	275.4
3	80	32	8.63	20	500	89	352.4
4	100	38.5	17.7	22	550	95	428.5
5	125	44.5	29.4	24	600	102	536.8

表 27.2-109 PN15.0 MPa 法兰盖尺寸 (mm)

公称口径		法兰盖 厚度 C	法兰盖 理论质量/ kg	公称口径		法兰盖 厚度 C	法兰盖 理论质量/ kg
NPS/ in	DN			NPS/ in	DN		
1/2	15	22.5	1.78	6	150	56	47.5
3/4	20	25.5	2.43	8	200	63.5	82.4
1	25	29	3.65	10	250	70	122.2
1¼	32	29	4.27	12	300	79.5	173.7
1½	40	32	5.93	14	350	86	205.7
2	50	38.5	10.0	16	400	89	259.9
2½	65	41.5	14.0	18	450	102	366.9
3	80	38.5	18.1	20	500	108	461.0
4	100	44.5	21.8	24	600	140	874.0
5	125	51	36.8				

表 27.2-110 PN26.0 MPa 法兰盖尺寸 (mm)

公称通径		法兰盖 厚度 C	法兰盖 理论质量/ kg	公称通径		法兰盖 厚度 C	法兰盖 理论质量/ kg
NPS/ in	DN			NPS/ in	DN		
1/2	15	22.5	1.78	6	150	83	72.5
3/4	20	25.5	2.43	8	200	92	122.7
1	25	29	3.65	10	250	108	211.5
1¼	32	29	4.27	12	300	124	317.4
1½	40	32	5.93	14	350	133.5	422.7
2	50	38.5	10.0	16	400	146.5	557.2
2½	65	41.5	14.0	18	450	162	760.6
3	80	48	19.0	20	500	178	966.6
4	100	54	29.7	24	600	203.5	1 560.0
5	125	73.5	58.8				

表 27.2-111 PN42.0 MPa 法兰盖尺寸 (mm)

公称通径		法兰盖 厚度 C	法兰盖 理论质量/ kg	公称通径		法兰盖 厚度 C	法兰盖 理论质量/ kg
NPS/ in	DN			NPS/ in	DN		
1/2	15	30.5	3.11	3	80	67	34.9
3/4	20	32	3.56	4	100	76.5	53.8
1	25	35	5.05	5	125	92.5	91.5
1¼	32	38.5	7.47	6	150	108	142.5
1½	40	44.5	10.6	8	200	127	211.5
2	50	51	15.5	10	250	165.5	412.6
2½	65	57.5	22.4	12	300	184.5	588.2

## 2.5 法兰焊接接头和坡口尺寸

### (1) 带颈平焊法兰

带颈平焊法兰与钢管连接的焊接接头见图 27.2-33。

### (2) 承插焊法兰

承插焊法兰与钢管连接的焊接接头见图 27.2-34。

### (3) 带颈对焊法兰

带颈对焊法兰与钢管连接的焊端坡口结构和尺寸见图 27.2-35。当法兰的直边段厚度超过与其对接的钢管壁厚 1 mm 以上时，法兰的直边段应在内径处削薄，削薄段的斜度应小于等于 1:3，详见图 27.2-36。

### (4) 对焊环

对焊环松套法兰的对焊环与钢管连接的焊接接头和坡口尺寸见图 27.2-37。

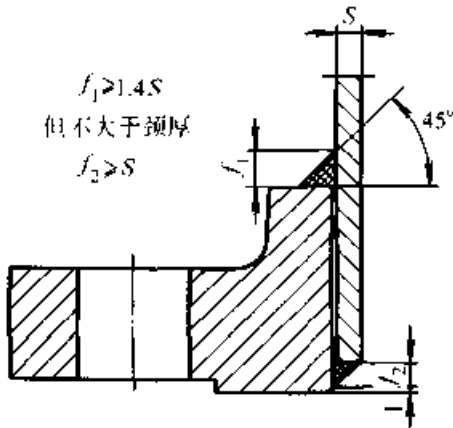


图 27.2-33 带颈平焊法兰与钢管连接的焊接接头

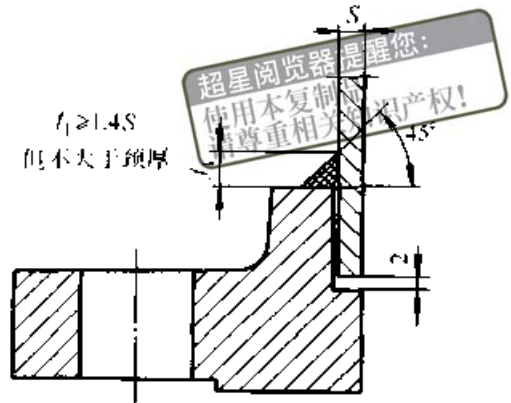


图 27.2-34 承插焊法兰与钢管连接的焊接接头

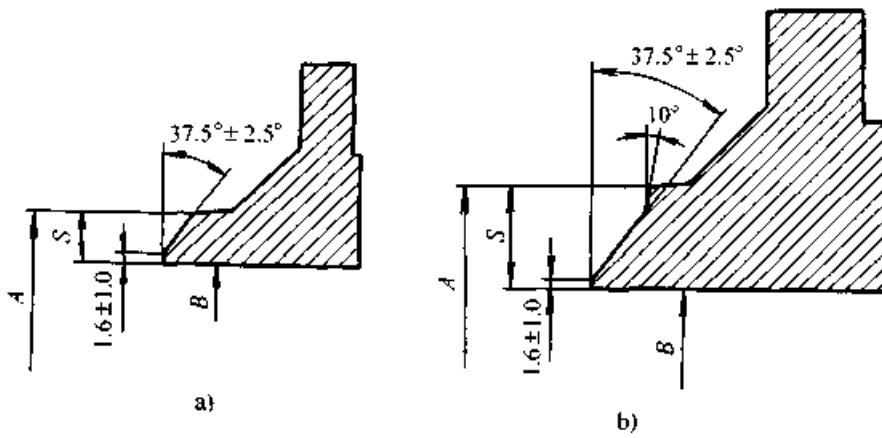


图 27.2-35 带颈对焊法兰与钢管连接的焊端坡口结构和尺寸

a)  $5 < S \leq 22$  b)  $S > 22$

A—法兰焊端外径（钢管外径）；B—法兰内径（等于钢管的公称内径）；

S—法兰焊端壁厚（等于钢管的公称壁厚）

注：当法兰与公称壁厚  $\leq 4.8$  mm 的铁素体钢管或  $\leq 3.2$  mm 奥氏体钢管连接时，钝边可取消

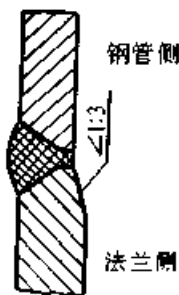


图 27.2-36

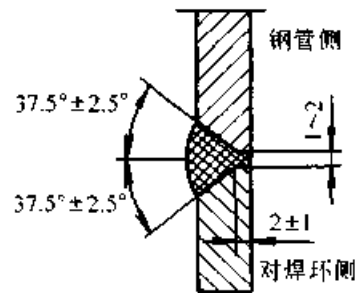


图 27.2-37 对焊环与钢管连接的焊接接头和坡口尺寸

注：当对焊环与公称壁厚  $\leq 3.2$  mm 奥氏体钢管连接时，钝边可取消

## 2.6 法兰材料及压力-温度等级

### 2.6.1 法兰材料

法兰材料见表 27.2-112。

### 2.6.2 法兰材料的公称压力和工作温度范围

法兰材料的公称压力和工作温度范围见表 27.2-113。

### 2.6.3 法兰在工作温度下的最高无冲击工作压力

法兰在工作温度下的最高无冲击工作压力见表 27.2-114 ~ 表 27.2-120。中间温度时，采用内插法确定。

表 27.2-112 法兰材料

类别号	类别	钢板		锻件		铸件		钢管	
		钢号	标准号	钢号	标准号	钢号	标准号	钢号	标准号
1.0	Q235	Q235B	GB/T 3274 (GB/T 700)	—	—	—	—	—	—
	20	20	GB/T 711	20	JB 4726	WCA	GB/T 12229	—	—
1.1	WCB	20R	GB 6654	—	—	WCB	GB/T 12229	—	—
1.2	WCC	—	—	—	—	WCC	GB/T 12229	—	—
		—	—	—	—	ZG280/520G	GB/T 16253	—	—
1.3	Q345	Q345R	GB 6654	Q345	JB 4726	ZG240/450AG	GB/T 16253	—	—
		Q345DR	GB 3531	Q345D	JB 4727	—	—	—	—
1.4	09Mn	09Mn2VDR	GB 3531	09Mn2VD	JB 4727	—	—	—	—
		09MnNiDR	GB 3531	09MnNiD	—	—	—	—	—
1.9a	1Cr0.5Mo	15CrMoR	GB 6654	15CrMo	JB 4726	ZG15Cr1Mo	GB/T 16253	—	—
1.10	2 1/2Cr1Mo	12Cr2Mo1R	GB 150 附录 A (GB 6654)	12Cr2Mo1	JB 4726	ZG12Cr2Mo1G	GB/T 16253	—	—
1.13	5Cr0.5Mo	—	—	1Cr5Mo	JB 4726	ZG16Cr5MoG	GB/T 16253	—	—
		0Cr18Ni9	—	0Cr18Ni9	—	ZG07Cr20Ni10	GB/T 16253	0Cr18Ni9	—
2.1	304	0Cr18Ni9	—	0Cr18Ni9	—	CF8	GB/T 12230	0Cr18Ni9	—
		0Cr17Ni12Mo2	—	0Cr17Ni12Mo2	—	ZG07Cr19Ni11Mo2	GB/T 16253	0Cr17Ni12Mo2	—
2.2	304L	00Cr19Ni10	GB 4237	00Cr19Ni10	JB 4728	CF8M	GB/T 12230	00Cr19Ni10	—
		00Cr17Ni14Mo2	—	00Cr17Ni14Mo2	—	ZG03Cr19Ni11Mo2	GB/T 16253	00Cr17Ni14Mo2	—
2.3	316L	00Cr19Ni10	—	00Cr19Ni10	—	CF3	GB/T 12230	00Cr19Ni10	GB/T 14976
		00Cr17Ni14Mo2	—	00Cr17Ni14Mo2	—	ZG03Cr19Ni11Mo2	GB/T 16253	00Cr17Ni14Mo2	HG 20537
2.4	321	0Cr18Ni10Ti (1Cr18Ni9Ti)	—	0Cr18Ni10Ti (1Cr18Ni9Ti)	—	CF3M	GB/T 12230	0Cr18Ni10Ti (1Cr18Ni9Ti)	—
		—	—	—	—	ZG08Cr20Ni10Nb	GB/T 16253	0Cr18Ni10Ti (1Cr18Ni9Ti)	—

注：1. 法兰材料应采用锻制，不得用钢板制造。钢板仅可用于法兰盖；  
 2. 表列铸件仅适用于整体法兰，并不适用于带焊接法兰的铸件；  
 3. 表列钢管仅适用于采用钢管制造的奥氏体不锈钢对焊环。

工作温度系指压力作用下法兰金属的温度。工作温度低于 38℃ 时, 法兰的最高无冲击工作压力值与 38℃ 时相同。

如果一个法兰接头上的两个法兰具有不同的压力额定值, 该接头的最高无冲击工作压力值按较低值, 并应控制安装时的螺柱扭矩, 防止过紧。

工作温度高于表列温度而缺乏确切(额定)数值时, 可根据使用经验或计算, 由设计者自行确定。

采用表列以外的材料时, 法兰的最高无冲击工作压力可根据与材料许用应力相当的原则, 参照表列材料予以确定, 但不得大于表 27.2-120 的数值。

表 27.2-113 法兰材料的公称压力和工作温度范围

类别号	类别	钢号(标准号)	公称压力 PN/MPa	工作温度/℃
1.0	Q235	Q235B(GB/T 3274)	≤2.0	0~+350
	20	20(GB/T 711)	≤5.0	0~+350
		20R(GB 6654)	≤42.0	>-20~+425(475)
		20(JB 4726)	≤42.0	>-20~+425(475)
1.3	Q345	Q345R(GB 6654)	≤42.0	>-20~+425(475)
		Q345DR(GB 3531)	≤42.0	-40~+350
		Q345(JB 4726)	≤42.0	>-20~+425(475)
		Q345D(JB 4727)	≤42.0	-40~+350
1.4	09Mn	09Mn2VD(JB 4727)、09Mn2VDR(GB 3531)	≤42.0	-50~+350
		09MnNiD(JB 4727)、09MnNiDR(GB 3531)	≤42.0	-70~+350
1.9a	1Cr0.5Mo	15CrMoR(GB 6654) 15CrMo(JB 4726)	≤42.0	>-20~+550(590)
1.10	2¼Cr1Mo	12Cr2Mo1R(GB 150、GB 6654) 12Cr2Mo1(JB 4726)	≤42.0	>-20~+575(590)
1.13	5Cr0.5Mo	1Cr5Mo(JB 4726)	≤42.0	>-20~+600
2.1	304	0Cr18Ni9(GB/T 4237、JB 4728)	≤42.0	-196~+700(800)
2.2	316	0Cr17Ni12Mo2(GB/T 4237、JB 4728)		-196~+700(800)
2.3	304L	00Cr19Ni10(GB/T 4237、JB 4728)		-196~+425
	316L	00Cr17Ni14Mo2(GB/T 4237、JB 4728)		-196~+425
2.4	321	0Cr18Ni10Ti(GB/T 4237、JB 4728) (1Cr18Ni9Ti)		-196~+700(800)

注:1. 采用铸件材料的整体法兰, 其公称压力和工作温度范围按有关标准的规定(如阀门、机泵标准)。

所以表中未列出 1.1、1.2 类材料的适用范围。

2. 采用钢管材料的奥氏体不锈钢对焊环公称压力和工作温度按有关钢管使用标准的规定。

3. 括号内为允许使用, 但不推荐使用的温度上限。

表 27.2-114 PN2.0 MPa 法兰的最高无冲击工作压力 (MPa)

工作温度 t/℃	法兰材料类别											
	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.9a	1.10	1.13	2.1	2.2	2.3	2.4
≤38	1.58	1.96	2.0	1.84	1.63	1.83	2.0	2.0	1.9	1.9	1.59	1.9
50	1.53	1.92	1.92	1.81	1.6	1.76	1.92	1.92	1.84	1.84	1.53	1.84
100	1.42	1.77	1.77	1.73	1.48	1.67	1.77	1.77	1.57	1.62	1.32	1.59
150	1.35	1.58	1.58	1.58	1.45	1.58	1.58	1.58	1.39	1.48	1.2	1.44
200	1.27	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.26	1.37	1.1	1.32
250	1.15	1.21	1.21	1.21	1.21	1.21	1.21	1.21	1.17	1.21	1.02	1.21
300	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	0.97	1.02
350	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84
375	0.74	0.74	0.74	0.74	0.74	0.74	0.74	0.74	0.74	0.74	0.74	0.74
400	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65
425	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56
450	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47
475	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37		0.37
500						0.28	0.28	0.28	0.28	0.28		0.28
525						0.19	0.19	0.19	0.19	0.19		0.19
540						0.13	0.13	0.13	0.13	0.13		0.13

表 27.2-115 PN5.0 MPa 法兰的最高无冲击工作压力 (MPa)

工作温度 t/℃	法兰材料类别											
	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.9a	1.10	1.13	2.1	2.2	2.3	2.4
≤38	3.95	5.11	5.17	4.79	4.25	4.74	5.17	5.17	4.96	4.96	4.14	4.96
50	3.85	5.01	5.17	4.73	4.17	4.68	5.12	5.17	4.78	4.81	4.0	4.8
100	3.56	4.64	5.15	4.51	3.86	4.66	4.9	5.15	4.09	4.22	3.45	4.15
150	3.39	4.52	5.02	4.4	3.77	4.64	4.66	5.02	3.63	3.85	3.12	3.75
200	3.18	4.38	4.88	4.27	3.66	4.55	4.48	4.88	3.28	3.57	2.87	3.44
250	2.88	4.17	4.63	4.06	3.47	4.45	4.42	4.63	3.05	3.34	2.67	3.21
300	2.57	3.87	4.24	3.77	3.23	4.24	4.24	4.24	2.91	3.16	2.52	3.05
350	2.39	3.7	4.02	3.6	3.09	4.02	4.02	4.02	2.81	3.04	2.4	2.93
375	2.29	3.65	3.88	3.53	3.09	3.88	3.88	3.88	2.78	2.97	2.36	2.89
400	2.19	3.45	3.45	3.24	3.03	3.66	3.66	3.66	2.75	2.91	2.32	2.86
425	2.12	2.88	2.88	2.73	2.58	3.51	3.51	3.45	2.72	2.87	2.27	2.85
450	1.96	2.0	2.0	1.98	1.96	3.38	3.38	3.09	2.69	2.81	2.23	2.82

超星浏览器提醒您：  
使用本复制品 续表 27.2-115  
请尊重相关知识产权

工作温度 ℃	法兰材料类别											
	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.9a	1.10	1.13	2.1	2.2	2.3	2.4
475	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	3.17	3.17	2.59	2.66	2.74		2.8
500						2.78	2.78	2.03	2.61	2.68		2.78
525						2.03	2.19	1.54	2.39	2.58		2.58
550						1.28	1.64	1.17	2.18	2.5		2.5
575						0.85	1.17	0.88	2.01	2.41		2.28
600						0.59	0.76	0.65	1.67	2.14		1.98
625									1.31	1.83		1.58
650									1.05	1.41		1.25
675									0.78	1.26		0.98
700									0.6	0.99		0.77
725									0.46	0.77		0.62
750									0.37	0.59		0.48
775									0.28	0.46		0.38
800									0.21	0.35		0.3

表 27.2-116 PN11.0 MPa 法兰的最高无冲击工作压力 (MPa)

工作温度 ℃	法兰材料类别											
	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.9a	1.10	1.13	2.1	2.2	2.3	2.4
≤38	7.9	10.21	10.34	9.57	8.51	9.48	10.34	10.34	9.93	9.93	8.27	9.93
50	7.75	10.02	10.34	9.46	8.34	9.38	10.24	10.34	9.57	9.63	7.99	9.6
100	7.12	9.28	10.31	9.02	7.72	9.32	9.81	10.31	8.18	8.44	6.9	8.3
150	6.78	9.05	10.04	8.79	7.54	9.27	9.33	10.04	7.27	7.7	6.25	7.5
200	6.36	8.76	9.76	8.54	7.31	9.1	8.97	9.76	6.55	7.13	5.74	6.87
250	5.76	8.34	9.27	8.12	6.94	8.89	8.84	9.27	6.11	6.68	5.34	6.41
300	5.14	7.75	8.49	7.54	6.46	8.49	8.49	8.49	5.81	6.33	5.05	6.11
350	4.78	7.39	8.05	7.19	6.19	8.05	8.05	8.05	5.61	6.08	4.81	5.87
375	4.58	7.29	7.76	7.06	6.17	7.76	7.76	7.76	5.55	5.94	4.72	5.78
400	4.38	6.9	6.9	6.48	6.06	7.32	7.32	7.32	5.49	5.82	4.63	5.73
425	4.24	5.75	5.75	5.46	5.16	7.02	7.02	6.9	5.43	5.73	4.54	5.7
450	3.92	4.01	4.01	3.96	3.92	6.76	6.76	6.18	5.37	5.62	4.45	5.64
475	2.71	2.71	2.71	2.71	2.71	6.33	6.33	5.18	5.31	5.47		5.6
500						5.56	5.56	4.05	5.21	5.37		5.56
525						4.05	4.38	3.08	4.78	5.16		5.16



续表 27.2-116

工作 温度 $t$	法兰材料类别											
	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.9a	1.10	1.13	2.1	2.2	2.3	2.4
550						2.55	3.27	2.34	4.36	4.99		4.99
575						1.7	2.34	1.76	4.01	4.82		4.56
600						1.18	1.53	1.31	3.34	4.29		3.96
625									2.62	3.65		3.16
650									2.1	2.82		2.5
675									1.55	2.53		1.97
700									1.2	1.99		1.54
725									0.93	1.54		1.24
750									0.73	1.1		0.96
775									0.56	0.91		0.75
800									0.41	0.7		0.61

表 27.2-117 PN15.0 MPa 法兰的最高无冲击工作压力 (MPa)

工作 温度 $t$	法兰材料类别											
	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.9a	1.10	1.13	2.1	2.2	2.3	2.4
≤38	11.85	15.32	15.52	14.36	12.76	14.23	15.52	15.52	14.89	14.89	12.41	14.89
50	11.6	15.02	15.52	14.19	12.52	14.06	15.36	15.52	14.35	14.44	11.99	14.39
100	10.68	13.91	15.46	13.53	11.58	13.99	14.71	15.46	12.26	12.66	10.35	12.45
150	10.17	13.57	15.06	13.19	11.31	13.91	13.99	15.06	10.9	11.55	9.37	11.25
200	9.54	13.15	14.64	12.8	10.97	13.64	13.45	14.64	9.83	10.7	8.61	10.31
250	8.64	12.52	13.9	12.18	10.41	13.34	13.27	13.9	9.16	10.02	8.01	9.62
300	7.71	11.62	12.73	11.31	9.69	12.73	12.73	12.73	8.72	9.49	7.57	9.16
350	7.17	11.09	12.07	10.79	9.28	12.07	12.07	12.07	8.42	9.13	7.21	8.8
375	6.87	10.94	11.64	10.59	9.26	11.64	11.64	11.64	8.33	8.91	7.08	8.68
400	6.57	10.35	10.35	9.72	9.09	10.98	10.98	10.98	8.24	8.73	6.95	8.59
425	6.36	8.63	8.63	8.19	7.74	10.53	10.53	10.35	8.15	8.6	6.81	8.54
450	5.87	6.01	6.01	5.94	5.87	10.14	10.14	9.27	8.06	8.42	6.68	8.46
475	4.06	4.06	4.06	4.06	4.06	9.5	9.5	7.77	7.97	8.21		8.4
500						8.34	8.34	6.08	7.82	8.05		8.34
525						6.08	6.58	4.63	7.16	7.74		7.74
550						3.83	4.91	3.5	6.54	7.49		7.49
575						2.55	3.51	2.64	6.02	7.23		6.84

续表 27.2-117

工作温度 t	法兰材料类别											
	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.9a	1.10	1.13	2.1	2.2	2.3	2.4
600						1.76	2.29	1.96	5.01	6.43		5.94
625									3.92	5.48		4.74
650									3.16	4.24		3.74
675									2.33	3.79		2.95
700									1.79	2.98		2.3
725									1.39	2.31		1.86
750									1.1	1.76		1.44
775									0.84	1.37		1.13
800									0.62	1.05		0.91

表 27.2-118 PN26.0 MPa 法兰最高无冲击工作压力 (MPa)

工作温度 t	法兰材料类别											
	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.9a	1.10	1.13	2.1	2.2	2.3	2.4
≤38	19.75	25.53	25.86	23.94	21.27	23.7	25.86	25.86	24.82	24.82	20.68	24.82
50	19.3	25.04	25.86	23.65	20.86	23.43	25.6	25.86	23.92	24.06	19.98	23.99
100	17.8	23.19	25.77	22.55	19.31	23.31	24.52	25.77	20.44	21.1	17.24	20.75
150	16.9	22.61	25.1	21.98	18.86	23.19	23.32	25.1	18.17	19.25	15.61	18.75
200	15.9	21.91	24.39	21.34	18.28	22.74	22.42	24.39	16.38	17.84	14.35	17.19
250	14.35	20.86	23.17	20.29	17.36	22.23	22.11	23.17	15.27	16.69	13.35	16.03
300	12.85	19.37	21.21	18.85	16.15	21.21	21.21	21.21	14.53	15.81	12.62	15.27
350	11.95	18.48	20.12	17.98	15.46	20.12	20.12	20.12	14.03	15.21	12.02	14.67
375	11.45	18.23	19.4	17.66	15.43	19.4	19.4	19.4	13.88	14.85	11.8	14.46
400	10.9	17.25	17.25	16.2	15.15	18.29	18.29	18.29	13.73	14.56	11.58	14.31
425	10.6	14.38	14.38	13.65	12.89	17.55	17.55	17.25	13.58	14.33	11.35	14.24
450	9.79	10.02	10.02	9.9	9.79	16.9	16.9	15.45	13.43	14.04	11.13	14.1
475	6.77	6.77	6.77	6.77	6.77	15.83	15.83	12.95	13.28	13.68		14.01
500						13.9	13.9	10.13	13.03	13.41		13.9
525						10.13	10.96	7.71	11.94	12.9		12.9
550						6.38	8.18	5.84	10.91	12.48		12.48
575						4.25	5.85	4.41	10.04	12.05		11.39
600						2.94	3.82	3.26	8.36	10.72		9.9
625									6.54	9.13		7.9
650									5.26	7.06		6.24

续表 27.2-118

工作温度 / ℃	法兰材料类别											
	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.9a	1.10	1.13	2.1	2.2	2.3	2.4
675									3.88	6.32		4.92
700									2.99	4.97		3.84
725									2.31	3.85		3.1
750									1.83	2.94		2.4
775									1.4	2.28		1.88
800									1.03	1.75		1.52

表 27.2-119 PN42.0 MPa 法兰最高无冲击工作压力 (MPa)

工作温度 / ℃	法兰材料类别											
	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.9a	1.10	1.13	2.1	2.2	2.3	2.4
≤38	33.15	42.55	43.1	39.89	35.46	39.51	43.1	43.1	41.36	41.36	34.46	41.36
50	32.6	41.73	43.1	39.42	34.77	39.07	42.67	43.1	39.86	40.1	33.3	39.98
100	29.95	38.65	42.95	37.59	32.18	38.85	40.87	42.95	34.07	35.17	28.74	34.59
150	28.4	37.69	41.83	36.63	31.43	38.64	38.86	41.83	30.28	32.09	26.02	31.25
200	26.7	36.52	40.66	35.56	30.47	37.9	37.37	40.66	27.3	29.73	23.91	28.65
250	24.15	34.77	38.61	33.82	28.93	37.06	36.85	38.61	25.45	27.82	22.25	26.72
300	21.6	32.28	35.35	31.42	26.91	35.35	35.35	35.35	24.21	26.36	21.04	25.45
350	20.05	30.8	33.53	29.97	25.77	33.53	33.53	33.53	23.38	25.38	20.04	24.45
375	19.2	30.39	32.34	29.43	25.52	32.34	32.34	32.34	23.13	24.75	19.67	24.1
400	18.35	28.75	28.75	27.0	25.25	30.49	30.49	30.49	22.89	24.26	19.29	23.86
425	17.8	23.96	23.96	22.75	21.49	29.25	29.25	28.75	22.64	23.89	18.92	23.73
450	16.32	16.69	16.69	16.5	16.32	28.17	28.17	25.76	22.39	23.4	18.55	23.49
475	11.29	11.29	11.29	11.29	11.29	26.38	26.38	21.58	22.14	22.8		23.35
500						23.16	23.16	16.89	21.72	22.36		23.16
525						16.89	18.27	12.85	19.9	21.49		21.49
550						10.64	13.64	9.73	18.18	20.8		20.8
575						7.08	9.75	7.34	16.73	20.08		18.99
600						4.9	6.36	5.44	13.93	17.86		16.51
625									10.9	15.21		13.16
650									8.76	11.77		10.4
675									6.46	10.53		8.19
700									4.98	8.29		6.4
725									3.85	6.42		5.16
750									3.04	4.9		4.0
775									2.33	3.8		3.13
800									1.71	2.92		2.52

表 27.2-120 法兰最高工作压力额定值 (MPa)

温度/ ℃	PN2.0 (Class 150)	PN5.0 (Class 300)	PN11.0 (Class 600)	PN15.0 (Class 900)	PN26.0 (Class 1500)	PN42.0 (Class 2500)
≤38	2.0	5.17	10.34	15.52	25.86	43.1
50	1.92	5.17	10.34	15.52	25.86	43.1
100	1.77	5.15	10.31	15.46	25.77	42.95
150	1.58	5.02	10.04	15.06	25.1	41.83
200	1.4	4.88	9.76	14.64	24.39	40.66
250	1.21	4.63	9.27	13.9	23.17	38.61
300	1.02	4.24	8.49	12.73	21.21	35.35
350	0.84	4.02	8.05	12.07	20.12	33.53
375	0.74	3.88	7.76	11.64	19.4	32.34
400	0.65	3.66	7.32	10.98	18.29	30.49
425	0.56	3.51	7.02	10.53	17.55	29.25
450	0.47	3.38	6.76	10.14	16.9	28.17
475	0.37	3.17	6.33	9.5	15.83	26.38
500	0.28	2.78	5.56	8.34	13.9	23.16
525	0.19	2.58	5.16	7.74	12.9	21.49
550	0.13 <sup>①</sup>	2.5	4.99	7.49	12.48	20.8
575		2.41	4.82	7.23	12.05	20.08
600		2.14	4.29	6.43	10.72	17.86
625		1.83	3.65	5.48	9.13	15.21
650		1.41	2.82	4.24	7.06	11.77
675		1.26	2.53	3.79	6.32	10.53
700		0.99	1.99	2.98	4.97	8.29
725		0.77	1.54	2.31	3.85	6.42
750		0.59	1.1	1.76	2.94	4.9
775		0.46	0.91	1.37	2.28	3.8
800		0.35	0.7	1.05	1.75	2.92

① PN2.0 MPa(Class 150)的最高额定工作压力值为540℃时的值。

超星浏览器提醒您：  
禁止本复制品  
侵犯知识产权！

### 第3章 钢制管法兰用垫片

法兰连接接头的失效形式主要表现为泄漏，而影响泄漏的因素在很大程度上取决于垫片本身的密封性。垫片是法兰连接的核心，是法兰连接中一个十分重要的密封元件。

垫片的种类很多，按其材料和结构特征大致可分为非金属平垫片、金属复合垫片及金属垫片三大类，按其公称压力等级和尺寸系列分，同法

兰一样划分为两个体系，即欧洲体系和美洲体系。

#### 1 欧洲法兰体系用垫片

##### 1.1 垫片类型和适用范围

欧洲法兰体系用的垫片类型和适用范围见表 27.3-1。

表 27.3-1 欧洲法兰体系用的垫片类型和适用范围

垫片类型		公称压力等级 PN/MPa	公称通径范围 DN/mm	适用法兰型式	适用密封面型式	最高使用温度/℃
非金属平垫片	全平面型	0.25、0.6	10~600	所有型式	全平面	橡胶：200 石棉橡胶：300 合成纤维橡胶： 290 聚四氟乙烯： 260
		1.0、1.6	10~2000			
	突面型	0.25、0.6、 1.0、1.6	10~2000		突面	
		2.5	10~1200			
		4.0	10~600			
	凹凸面型	1.0、1.6、2.5、	10~600		凹凸面	
榫槽面型	4.0		榫槽面			
聚四氟乙烯包覆垫片	机加工翅型	0.6、1.0、1.6 2.5、4.0	10~350	所有型式	突面	150
	机加工矩型		200~600			
	折包型					
柔性石墨复合垫片	突面型	1.0、1.6	10~2000	所有型式	突面	650
		2.5	10~1200			
		4.0	10~600			
		6.3	10~400			
	凹凸面型	1.0、1.6、2.5、 4.0、6.3	10~600		凹凸面	
榫槽面型			榫槽面			
金属包覆垫片	—	2.5	10~900	对焊法兰 整体法兰 法兰盖	突面	500
		4.0	10~600			
		6.3、10.0	10~400			

超星浏览器提醒您：  
使用本复制品  
请尊重相关知识产权  
续表 27.3-1

垫片类型		公称压力等级 PN/MPa	公称通径范围 DN/mm	适用法兰型式	适用密封面型式	最高使用温度/℃
缠绕式 垫片	基本型	1.6, 2.5, 4.0,	10~600	对焊法兰 带颈平焊法兰 整体法兰 承插焊法兰 对焊环松套法兰 法兰盖	榫槽面	650
	带内环型	6.3, 10.0, 16.0			凹凸面	
	带外环型 带内外环型	1.6	10~2000		突面	
		2.5	10~1200			
		4.0	10~600			
		6.3, 10.0	10~400			
16.0	10~300					
齿形组合 垫片	突面型	1.6	10~2000	对焊法兰 整体法兰 法兰盖	突面	650
		2.5	10~1200			
		4.0	10~600			
		6.3, 10.0	10~400			
		16.0, 25.0	10~300			
	凹凸面型	1.6, 2.5, 4.0, 6.3, 10.0, 16.0	10~600	凹凸面		
金属环垫	八角形	6.3, 10.0	15~400	对焊法兰 整体法兰 法兰盖	环连接面	600
	椭圆形	16.0, 25.0	15~300			

## 1.2 非金属平垫片

非金属平垫片的结构型式和尺寸见图 27.3-1 和表 27.3-2~表 27.3-5。

### 1.2.1 型式尺寸

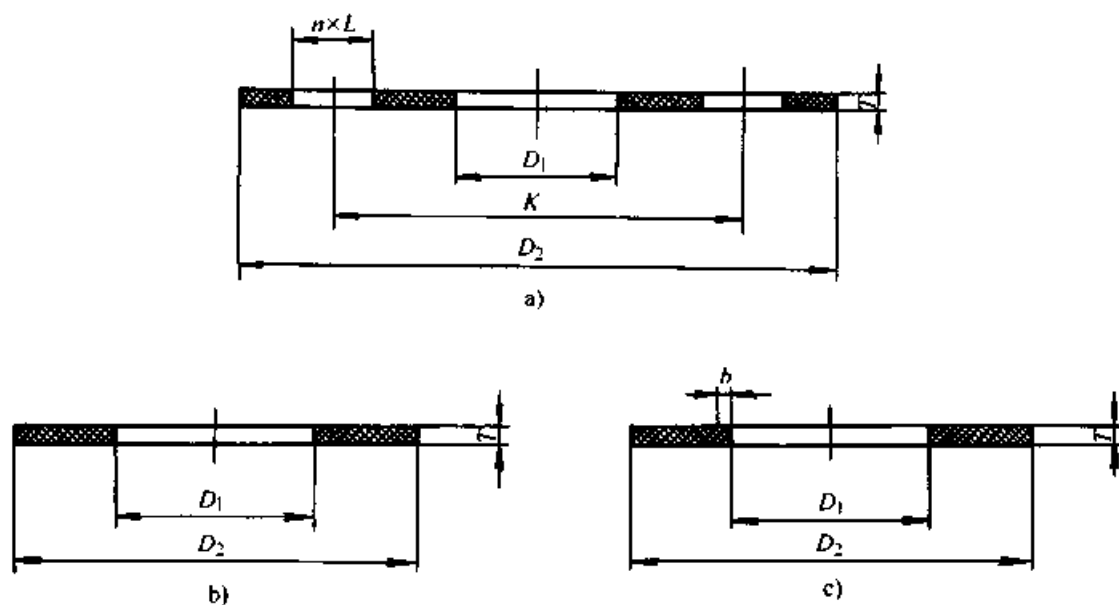


图 27.3-1 非金属平垫片结构型式

a) 全平面型 b) 突面型、凹凸面型和榫槽面型 c) 带内包边的突面型

表 27.3-2 全平面型非金属平垫片尺寸

(mm)

公称 通径 DN	垫片 内径 $D_{1max}$	PN0.25 MPa (2.5 bar)				PN0.6 MPa (6 bar)				垫片 厚度 T
		垫片 外径 $D_2$	螺栓孔 数量 n	螺栓孔 直径 L	螺栓孔中 心圆直径 K	垫片 外径 $D_2$	螺栓孔 数量 n	螺栓孔 直径 L	螺栓孔中 心圆直径 K	
10	18	75	4	11	50	75	4	11	50	1.5
15	22	80	4	11	55	80	4	11	55	
20	27	90	4	11	65	90	4	11	65	
25	34	100	4	11	75	100	4	11	75	
32	43	120	4	14	90	120	4	14	90	
40	49	130	4	14	100	130	4	14	100	
50	61	140	4	14	110	140	4	14	110	
65	77	160	4	14	130	160	4	14	130	
80	89	190	4	18	150	190	4	18	150	
100	115	210	4	18	170	210	4	18	170	
125	141	240	8	18	200	240	8	18	200	
150	169	265	8	18	225	265	8	18	225	
200	220	320	8	18	280	320	8	18	280	
250	273	375	12	18	335	375	12	18	335	
300	325	440	12	22	395	440	12	22	395	
350	377	490	12	22	445	490	12	22	445	
400	426	540	16	22	495	540	16	22	495	
450	480	595	16	22	550	595	16	22	550	
500	530	645	20	22	600	645	20	22	600	
600	630	755	20	26	705	755	20	26	705	
公称 通径 DN	垫片 内径 $D_{1max}$	PN1.0 MPa (10 bar)				PN1.6 MPa (16 bar)				垫片 厚度 T
		垫片 外径 $D_2$	螺栓孔 数量 n	螺栓孔 直径 L	螺栓孔中 心圆直径 K	垫片 外径 $D_2$	螺栓孔 数量 n	螺栓孔 直径 L	螺栓孔中 心圆直径 K	
10	18	90	4	14	60	90	4	14	60	1.5
15	22	95	4	14	65	95	4	14	65	
20	27	105	4	14	75	105	4	14	75	
25	34	115	4	14	85	115	4	14	85	
32	43	140	4	18	100	140	4	18	100	
40	49	150	4	18	110	150	4	18	110	
50	61	165	4	18	125	165	4	18	125	
65	77	185	4	18	145	185	4	18	145	

续表 27.3-2

公称 口径 DN	垫片 内径 $D_{1max}$	PN1.0 MPa (10 bar)				PN1.6 MPa (16 bar)				垫片 厚度 T
		垫片 外径 $D_2$	螺栓孔 数量 n	螺栓孔 直径 L	螺栓孔中 心圆直径 K	垫片 外径 $D_2$	螺栓孔 数量 n	螺栓孔 直径 L	螺栓孔中 心圆直径 K	
80	89	200	8	18	160	200	8	18	160	1.5
100	115	220	8	18	180	220	8	18	180	
125	141	250	8	18	210	250	8	18	210	
150	169	285	8	22	240	285	8	22	240	
200	220	340	8	22	295	340	12	22	295	
250	273	395	12	22	350	405	12	26	355	
300	325	445	12	22	400	460	12	26	410	
350	377	505	16	22	460	520	16	26	470	3
400	426	565	16	26	515	580	16	30	525	
450	480	615	20	26	565	640	20	30	585	
500	530	670	20	26	620	715	20	33	650	
600	630	780	20	30	725	840	20	36	770	

表 27.3-3 带内包边的突面型非金属平垫片尺寸 (mm)

公称 口径 DN	垫片 内径 $D_{1max}$	公称压力 PN/MPa (bar)						垫片 厚度 T	包边 宽度 b
		0.25 (2.5)	0.6 (6)	1.0 (10)	1.6 (16)	2.5 (25)	4.0 (40)		
		垫片外径 $D_2$							
10	18	39	39	46	46	46	46	1.5	3
15	22	44	44	51	51	51	51		
20	27	54	54	61	61	61	61		
25	34	64	64	71	71	71	71		
32	43	76	76	82	82	82	82		
40	49	86	86	92	92	92	92		
50	61	96	96	107	107	107	107		
65	77	116	116	127	127	127	127		
80	89	132	132	142	142	142	142		
100	115	152	152	162	162	168	168		
125	141	182	182	192	192	194	194		
150	169	207	207	218	218	224	224		
200	220	262	262	273	273	284	290		
250	273	317	317	328	329	340	352		
300	325	373	373	378	384	400	417		
350	377	423	423	438	444	457	474	3	
400	426	473	473	489	495	514	546		
450	480	528	528	539	555	564	571		
500	530	578	578	594	617	624	628		
600	630	679	679	695	734	731	747		



表 27.3-4 凹凸面型非金属平垫片尺寸 (mm)

公称通径 DN	垫片内径 $D_{1\max}$	垫片外径 $D_2$	垫片厚度 $T$	公称通径 DN	垫片内径 $D_{1\max}$	垫片外径 $D_2$	垫片厚度 $T$	
10	18	34	1.5	125	141	175	1.5	
15	22	39		150	169	203		
20	27	50		200	220	259		
25	34	57		250	292	312		
32	43	65		300	343	363		
40	49	75		350	395	421		
50	61	87		400	447	473		
65	77	109		450	497	523		3
80	89	120		500	549	575		
100	115	149		600	649	675		

表 27.3-5 榫槽面型非金属平垫片尺寸 (mm)

公称通径 DN	垫片内径 $D_{1\max}$	垫片外径 $D_2$	垫片厚度 $T$	公称通径 DN	垫片内径 $D_{1\max}$	垫片外径 $D_2$	垫片厚度 $T$	
10	24	34	1.5	125	155	175	1.5	
15	29	39		150	183	203		
20	36	50		200	239	259		
25	43	57		250	292	312		
32	51	65		300	343	363		
40	61	75		350	395	421		
50	73	87		400	447	473		
65	95	109		450	497	523		3
80	106	120		500	549	575		
100	129	149		600	649	675		

### 1.2.2 材料和使用条件

#### (1) 材料

钢制管法兰用非金属平垫片的材料通常包括:

1) 天然橡胶及合成橡胶, 如天然橡胶、氯丁橡胶、丁苯橡胶、丁腈橡胶、乙丙橡胶、氟橡胶等。

2) 石棉橡胶板 (GB/T3985 的 XB350、XB450) 和耐油石棉橡胶板 (GB/T 539 的 NY400)。

3) 合成纤维的橡胶压制板 (无机、有机)。

4) 改性或填充的聚四氟乙烯板。

#### (2) 使用条件

非金属平垫片的使用条件见表 27.3-6。

表 27.3-6 非金属平垫片的使用条件

类别	名称		代号	使用条件	
				压力等级 $P/\text{MPa}$	温度 $t/^\circ\text{C}$
橡胶	天然橡胶		NR	$\leq 1.6 (2.0)$	$-50 \sim +90$
	氯丁橡胶		CR	$\leq 1.6 (2.0)$	$-40 \sim +100$
	丁腈橡胶		NBR	$\leq 1.6 (2.0)$	$-30 \sim +110$
	丁苯橡胶		SBR	$\leq 1.6 (2.0)$	$-30 \sim +100$
	乙丙橡胶		EPDM	$\leq 1.6 (2.0)$	$-40 \sim +130$
	氟橡胶		Viton	$\leq 1.6 (2.0)$	$-50 \sim +200$
石棉橡胶	石棉橡胶板		XB350	$\leq 2.5 (2.0)$	$\leq 300$
			XB450		
	耐油石棉橡胶板		NY400		
合成纤维橡胶	合成纤维的橡胶压制板	无机	—	$\leq 4.0 (5.0)$	$-40 \sim +290$
		有机			$-40 \sim +200$
聚四氟乙烯	改性或填充的聚四氟乙烯板		—	$\leq 4.0 (5.0)$	$-196 \sim +260$

注：1. 合成纤维橡胶压制板和改性、填充聚四氟乙烯尚无相应产品标准，使用时应注明公认的厂商牌号。  
2. 使用条件中括号中的压力等级适用于美国体系。

1.3 聚四氟乙烯包覆垫片

聚四氟乙烯包覆垫片的结构型式和尺寸见图 27.3-2 和表 27.3-7 ~ 表 27.3-9。

1.3.1 型式尺寸

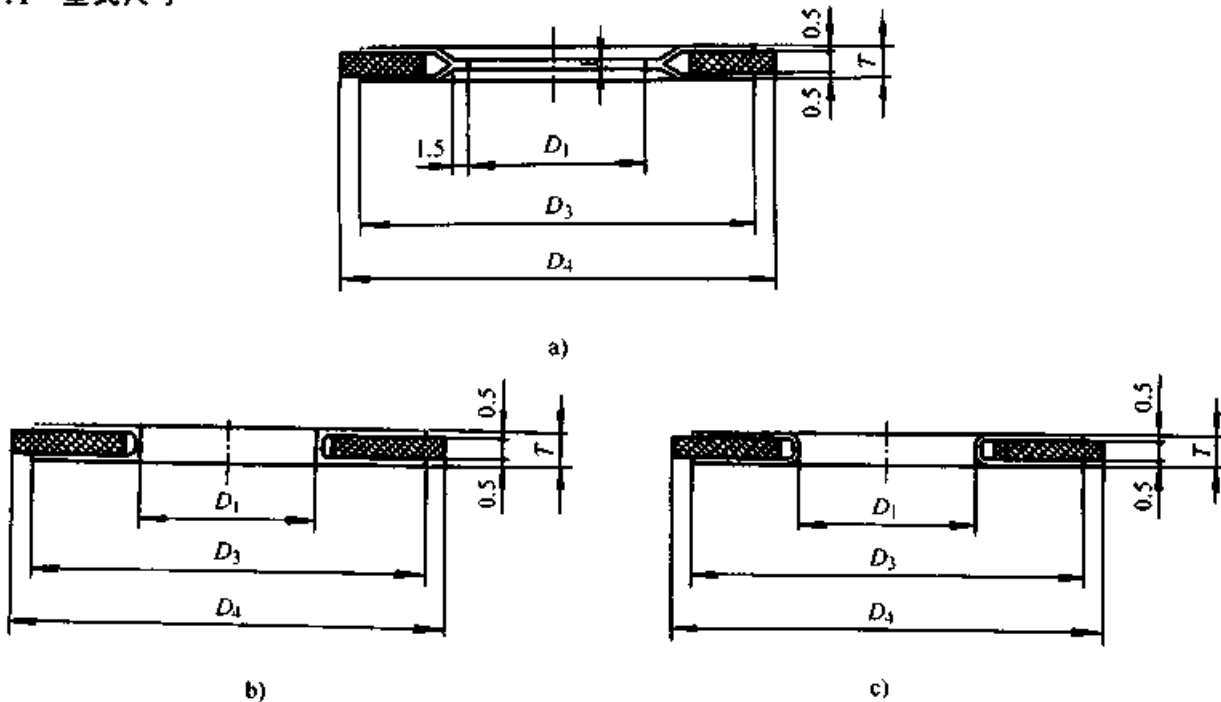


图 27.3-2 聚四氟乙烯包覆垫片结构型式  
a) 机加工翘型 b) 机加工矩形 c) 折包型

表 27.3-7 机械加工翘型聚四氟乙烯包覆垫片尺寸

(mm)

公称 通径 DN	包覆层 内径 $D_{1max}$	包覆层 外径 $D_3$	公称压力 PN/MPa (bar)					垫片 厚度 T
			0.6 (6)	1.0 (10)	1.6 (16)	2.5 (25)	4.0 (40)	
			垫片外径 $D_4$					
10	18	36	39	46	46	46	46	3
15	22	40	44	51	51	51	51	
20	27	50	54	61	61	61	61	
25	34	60	64	71	71	71	71	
32	43	70	76	82	82	82	82	
40	49	80	86	92	92	92	92	
50	61	92	96	107	107	107	107	
65	77	110	116	127	127	127	127	
80	89	126	132	142	142	142	142	
100	115	151	152	162	162	168	168	
125	141	178	182	192	192	194	194	
150	169	206	207	218	218	224	224	
200	220	260	262	273	273	284	290	
250	273	314	317	328	329	340	352	
300	325	365	373	378	384	400	417	
350	377	412	423	438	444	457	474	

注：嵌入层内径  $D_2$  由制造厂根据垫片型式和嵌入层材料性能自行确定。

表 27.3-8 机械加工矩型聚四氟乙烯包覆垫片尺寸

(mm)

公称 通径 DN	包覆层 内径 $D_{1max}$	包覆层 外径 $D_3$	公称压力 PN/MPa (bar)					垫片 厚度 T
			0.6 (6)	1.0 (10)	1.6 (16)	2.5 (25)	4.0 (40)	
			垫片外径 $D_4$					
10	18	36	39	46	46	46	46	3
15	22	40	44	51	51	51	51	
20	27	50	54	61	61	61	61	
25	34	60	64	71	71	71	71	
32	43	70	76	82	82	82	82	
40	49	80	86	92	92	92	92	
50	61	92	96	107	107	107	107	
65	77	110	116	127	127	127	127	
80	89	126	132	142	142	142	142	
100	115	151	152	162	162	168	168	
125	141	178	182	192	192	194	194	
150	169	206	207	218	218	224	224	
200	220	260	262	273	273	284	290	
250	273	314	317	328	329	340	352	
300	325	365	373	378	384	400	417	
350	377	412	423	438	444	457	474	

注：嵌入层内径  $D_2$  由制造厂根据垫片型式和嵌入层材料性能自行确定。

表 27.3-9 折包型聚四氟乙烯包覆垫片尺寸

(mm)

公称 通径 DN	包覆层 内径 $D_{1max}$	包覆层 外径 $D_3$	公称压力 PN/MPa (bar)					垫片 厚度 $T$
			0.6 (6)	1.0 (10)	1.6 (16)	2.5 (25)	4.0 (40)	
			垫片外径 $D_4$					
200	220	260	262	273	273	284	290	3
250	273	314	317	328	329	340	352	
300	325	365	373	378	384	400	417	
350	377	412	423	438	444	457	474	
400	426	469	473	489	495	514	546	
450	480	528	528	539	555	564	571	
500	530	578	578	594	617	624	628	
600	630	679	679	695	734	731	747	

注：嵌入层内径  $D_2$  由制造厂根据垫片型式和嵌入层材料性能自行确定。

1.3.2 材料

聚四氟乙烯包覆层的原材料是 PTFE SM 031 的一级品。

嵌入层一般为石棉橡胶板，其技术性能指标应符合 GB/T 3985 中 XB350 或 XB450 的规定。需方有特殊要求时，亦可采用其他合适材料，但应在订货时注明。

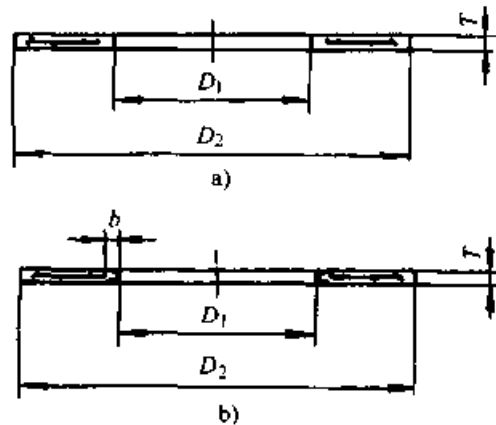


图 27.3-3 柔性石墨复合垫片结构型式

a) 突面型、凹凸面型和槽槽面型 b) 带内包边的突面型

1.4 柔性石墨复合垫片

1.4.1 型式尺寸

柔性石墨复合垫片的结构型式和尺寸见图 27.3-3 和表 27.3-10 ~ 表 27.3-12。

表 27.3-10 突面型和带内包边的突面型柔性石墨复合垫片尺寸

(mm)

公称 通径 DN	垫片 内径 $D_{1max}$	公称压力 PN/MPa (bar)					垫片 厚度 $T$	包边 宽度 $b$
		1.0 (10)	1.6 (16)	2.5 (25)	4.0 (40)	6.3 (63)		
		垫片外径 $D_2$						
10	18	46	46	46	46	56	1.5	3
15	22	51	51	51	51	61		
20	27	61	61	61	61	72		
25	34	71	71	71	71	82		
32	43	82	82	82	82	88		
40	49	92	92	92	92	103		
50	61	107	107	107	107	113		

续表 27.3-10

公称 通径 DN	垫片 内径 $D_{1max}$	公称压力 PN/MPa (bar)					垫片 厚度 T	包边 宽度 b
		1.0 (10)	1.6 (16)	2.5 (25)	4.0 (40)	6.3 (63)		
		垫片外径 $D_2$						
65	77	127	127	127	127	1.5	3	
80	89	142	142	142	142			
100	115	162	162	168	168			174
125	141	192	192	194	194			210
150	169	218	218	224	224			247
200	220	273	273	284	290			309
250	273	328	329	340	352			364
300	325	378	384	400	417			424
350	377	438	444	457	474			486
400	426	489	495	514	546			543
450	480	539	555	564	571	3	3	
500	530	594	617	624	628			
600	630	695	734	731	747			

表 27.3-11 凹凸面型柔性石墨复合垫片尺寸 (mm)

公称通径 DN	垫片内径 $D_{1max}$	垫片外径 $D_2$	垫片厚度 T	公称通径 DN	垫片内径 $D_{1max}$	垫片外径 $D_2$	垫片厚度 T
10	18	34	1.5	125	141	175	1.5
15	22	39		150	169	203	
20	27	50		200	220	259	
25	34	57		250	273	312	
32	43	65		300	325	363	
40	49	75		350	377	421	
50	61	87		400	426	473	3
65	77	109		450	480	523	
80	89	120		500	530	575	
100	115	149		600	630	675	

表 27.3-12 榫槽面型柔性石墨复合垫片尺寸

(mm)

公称通径 DN	垫片内径 $D_1$	垫片外径 $D_2$	垫片厚度 $T$	公称通径 DN	垫片内径 $D_1$	垫片外径	垫片厚度 $T$
10	24	34	1.5	125	155	175	1.5
15	29	39		150	183	203	
20	36	50		200	239	259	
25	43	57		250	292	312	
32	51	65		300	343	363	
40	61	75		350	395	421	
50	73	87		400	447	473	
65	95	109		450	497	523	
80	106	120		500	549	575	
100	129	149		600	649	675	

1.4.2 材料

柔性石墨复合垫片由冲齿或冲孔金属芯板与膨胀石墨粒子复合而成。芯板及包边的材料一般采用低碳钢和 0Cr18Ni9 (304)。

1.5 金属包覆垫片

1.5.1 型式尺寸

金属包覆垫片的结构型式和尺寸见图 27.3-4 和表 27.3-13。

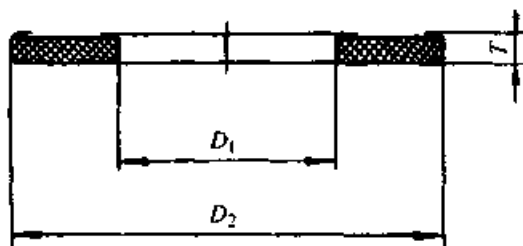


图 27.3-4 金属包覆垫片的结构型式

表 27.3-13 金属包覆垫片尺寸

(mm)

公称通径 DN	公称压力 PN/MPa (bar)								垫片厚度 $T$
	2.5 (25)		4.0 (40)		6.3 (63)		10.0 (100)		
	内径 $D_1$	外径 $D_2$	内径 $D_1$	外径 $D_2$	内径 $D_1$	外径 $D_2$	内径 $D_1$	外径 $D_2$	
10	25	46	25	46	30	56	30	56	3
15	30	51	30	51	35	61	35	61	
20	40	61	40	61	45	72	45	72	
25	50	71	50	71	55	82	55	82	
32	60	82	60	82	65	88	65	88	
40	70	92	70	92	75	103	75	103	
50	85	107	85	107	85	113	85	119	
65	105	127	105	127	105	138	105	144	
80	120	142	120	142	120	148	120	154	

续表 27.3-13

公称 通径 DN	公称压力 PN/MPa (bar)								垫片 厚度 T
	2.5 (25)		4.0 (40)		6.3 (63)		10.0 (100)		
	内径 $D_1$	外径 $D_2$	内径 $D_1$	外径 $D_2$	内径 $D_1$	外径 $D_2$	内径 $D_1$	外径 $D_2$	
100	145	168	145	168	140	174	137	180	3
125	170	194	170	194	165	210	160	217	
150	200	224	200	224	195	247	190	257	
200	260	284	260	290	255	309	250	324	
250	315	340	320	352	315	364	310	391	
300	370	400	380	417	375	424	370	458	
350	425	457	435	474	430	486	425	512	
400	475	514	505	546	500	543	495	572	
450	520	564	525	571					
500	580	624	580	628					
600	695	731	695	747					

1.5.2 材料

金属包覆垫片材料及最高工作温度见表 27.3-14。

1.6 缠绕式垫片

1.6.1 型式尺寸

缠绕式垫片的结构型式和尺寸见图 27.3-5 和表 27.3-15~表 27.3-16。

表 27.3-14 金属包覆垫片材料及最高工作温度

包覆金属材料 <sup>①</sup>		填充材料 <sup>①</sup>		最高工作温度/ ℃
名称	标准	名称	标准	
纯铝板 L3	GB/T 3880	石棉橡胶板	GB/T 3985	200
纯铜板 T3	GB/T 2040			300
镀锡薄钢板	GB/T 2520			400
镀锌薄钢板	GB/T 2518			
08F	GB/T 710			
0Cr18Ni9 00Cr19Ni10 00Cr17Ni14Mo2	GB/T 3280			500

① 也可采用其他材料，但应在订货时注明。

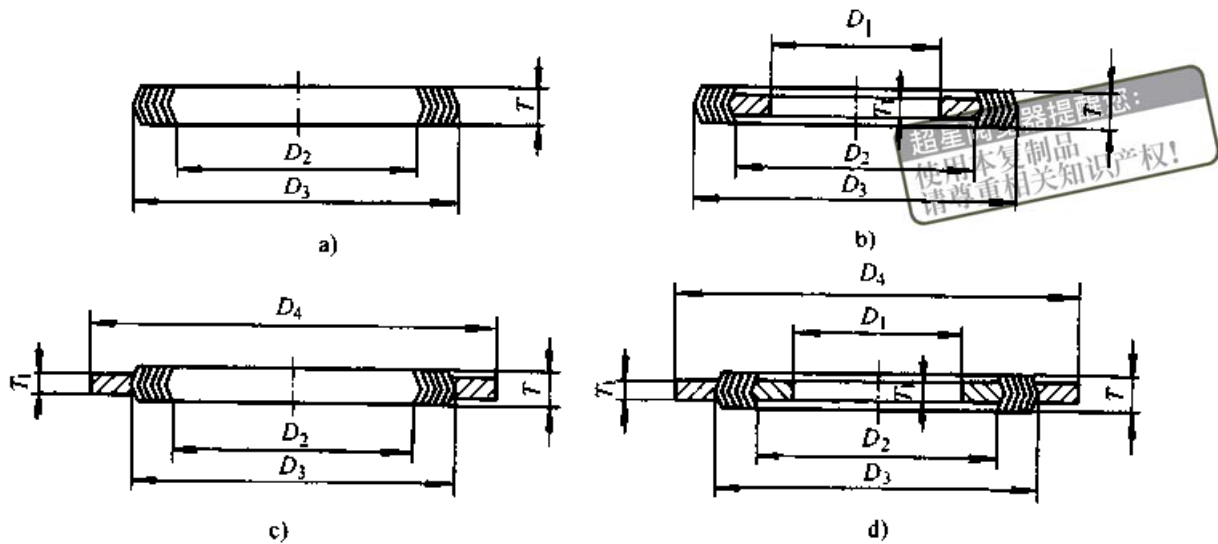


图 27.3-5 缠绕式垫片的结构型式

a) 基本型 b) 带内环型 c) 带外环型 d) 带内外环型

表 27.3-15 基本型和带内环型缠绕式垫片尺寸 (mm)

公称 通径 DN	内环 内径 $D_{1max}$	缠绕垫			内环 厚度 $T_1$
		内径 $D_2$	外径 $D_3$	厚度 $T$	
10	18	24	34	2.5	1.8
15	22	29	39		
20	27	36	50		
25	34	43	57		
32	43	51	65		
40	48	61	75		
50	57	73	87		
65	73	95	109		
80	86	106	120		
100	108	129	149		
125	134	155	175		
150	162	183	203		
200	213	239	259		
250	267	292	312		
300	319	343	363		
350	370	395	421		
400	418	447	473		
450	471	497	523		
500	521	549	575		
600	622	649	675		



表 27.3-16 带外环型和带内外环型缠绕式垫片尺寸 (mm)

公称 通径 DN	内环 内径 $D_{1max}$	缠绕垫 内径 $D_2$	公称压力 PN/MPa (bar)								缠绕垫 厚度 $T$	内外环 厚度 $T_1$
			1.6~4.0 (16~40)	6.3~16.0 (63~160)	1.6 (16)	2.5 (25)	4.0 (40)	6.3 (63)	10.0 (100)	16.0 (160)		
			缠绕垫外径 $D_3$		外环外径 $D_4$							
10	18	24	36	36	46	46	46	56	56	56	4.5	3
15	22	28	40	40	51	51	51	61	61	61		
20	27	33	47	47	61	61	61	72	72	72		
25	34	40	54	54	71	71	71	82	82	82		
32	43	49	65	65	82	82	82	88	88	88		
40	48	54	70	70	92	92	92	103	103	103		
50	57	66	84	84	107	107	107	113	119	119		
65	73	82	102	104	127	127	127	138	144	144		
80	86	95	115	119	142	142	142	148	154	154		
100	108	120	140	144	162	168	168	174	180	180		
125	134	146	168	172	192	194	194	210	217	217		
150	162	174	196	200	218	224	224	247	257	257		
200	213	225	251	257	273	284	290	309	324	324		
250	267	279	307	315	329	340	352	364	391	388		
300	319	335	363	371	384	400	417	424	458	458		
350	370	395	425	433	444	457	474	486	512			
400	418	446	478	486	495	514	546	543	572			
450	471	499	535		555	564	571					
500	521	550	586		617	624	628					
600	622	650	686		734	731	747					

1.6.2 材料

缠绕式垫片的材料及最高工作温度见表 27.3-17。

表 27.3-17 缠绕式垫片的材料及最高工作温度

金属带材料 <sup>①</sup>		非金属带材料		最高工作温度/ ℃
名称	标准	名称	标准	
0Cr18Ni9	GB/T 4239	特制石棉纸 或非石棉纸		500
0Cr17Ni12Mo2		柔性石墨带	ZB J22 019	650 <sup>②</sup>
00Cr17Ni14Mo2		聚四氟乙烯	ZB G33 005	200

① 也可采用其他金属带材料,但应在订货时说明。

② 用于氧化性介质时≤450℃。

1.7 齿形组合垫片

1.7.1 型式尺寸

齿形组合垫片的结构型式和尺寸见图 27.3-6 和表 27.3-18~表 27.3-19。

1.7.2 材料

齿形组合垫片是由金属齿形环和上下两面覆盖柔性石墨或聚四氟乙烯薄板等非金属材料组合而成。

垫片的材料及最高工作温度见表 27.3-20。

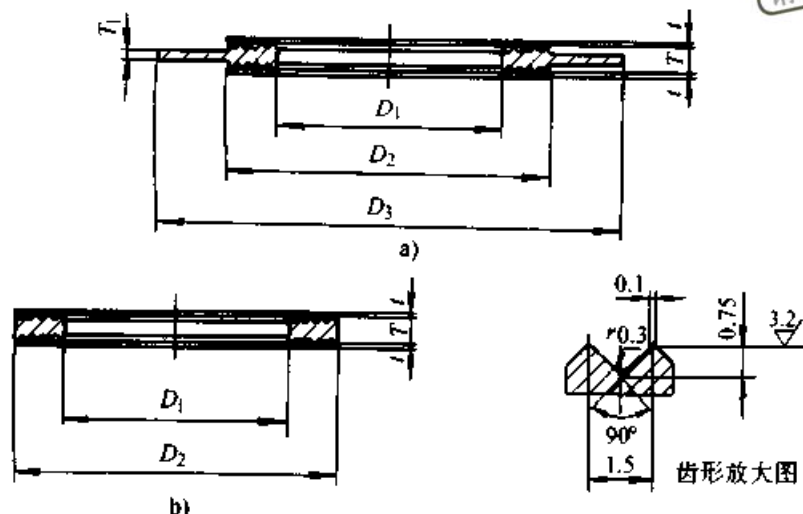


图 27.3-6 齿形组合垫片结构型式

a) 突面型 b) 凹凸面型

表 27.3-18 突面型齿形组合垫片尺寸

(mm)

公称 通径 DN	齿形环 内径 $D_1$	齿形环 外径 $D_2$	公称压力 PN/MPa(bar)							齿形环 厚度 $T$	外环 厚度 $T_1$	覆盖层 厚度 $l$
			1.6 (16)	2.5 (25)	4.0 (40)	6.3 (63)	10.0 (100)	16.0 (160)	25.0 (250)			
			外环外径 $D_3$									
10	22	36	46	46	46	56	56	56	67	4	1.5	0.5
15	26	42	51	51	51	61	61	61	72	4	1.5	
20	31	47	61	61	61	72	72	72	77	4	1.5	
25	36	52	71	71	71	82	82	82	83	4	1.5	
32	46	66	82	82	82	88	88	88	98	4	1.5	
40	53	73	92	92	92	103	103	103	109	4	1.5	
50	65	87	107	107	107	113	119	119	124	4	1.5	
65	81	103	127	127	127	138	144	144	154	4	1.5	
80	95	121	142	142	142	148	154	154	170	4	1.5	
100	118	144	162	168	168	174	180	180	202	4	2.0	
125	142	176	192	194	194	210	217	217	242	4	2.0	
150	170	204	218	224	224	247	257	257	284	4	2.0	
200	224	258	273	284	290	309	324	324	358	4	2.0	
250	275	315	329	340	352	364	391	388	442	4	2.0	
300	325	365	384	400	417	424	458	458	538	4	2.0	
350	375	420	444	457	474	486	512			4	2.0	
400	426	474	495	514	546	543	572			4	2.0	
450	480	528	555	564	571					4	2.0	
500	530	578	617	624	628					4	2.0	
600	630	680	734	731	747					4	2.0	

表 27.3-19 凹凸面型齿形组合垫片尺寸 (mm)

公称 口径 DN	齿形环 内径 D <sub>1</sub>	齿形环 外径 D <sub>2</sub>	齿形环 厚度 T
10	19	34	4
15	24	39	4
20	35	50	4
25	42	57	4
32	44	65	4
40	54	75	4
50	66	87	4
65	88	109	4
80	93	120	4
100	122	149	4
125	142	175	4
150	170	203	4
200	226	259	4
250	270	312	4
300	321	363	4
350	376	421	4
400	425	473	4
450	475	523	4
500	527	575	4
600	627	675	4

超星阅读器提醒  
使用本复制品  
请尊重相关知识  
覆盖层厚度

0.5

表 27.3-20 垫片的材料及最高工作温度

金属齿形环材料 <sup>①</sup>			覆盖层材料 <sup>①</sup>			最高工作温度/ ℃
名称	标准	代号	名称	标准	代号	
10 或 08	GB/T 699	10 或 08	柔性石墨	ZBJ 22 019	G	450
0Cr13	GB/T 4237	410	柔性石墨			540 <sup>②</sup>
0Cr18Ni9 或 0Cr17Ni12Mo2		304 或 316	柔性石墨	ZBG 33 002	F <sub>1</sub>	650 <sup>②</sup>
		聚四氟乙烯	200			

① 也可采用其他齿形环和覆盖层材料,但应在订货时说明。

② 用于氧化性介质时≤450℃。

金属环垫的结构型式和尺寸见图 27.3-7 和表 27.3-21。

1.8 金属环垫

1.8.1 型式尺寸

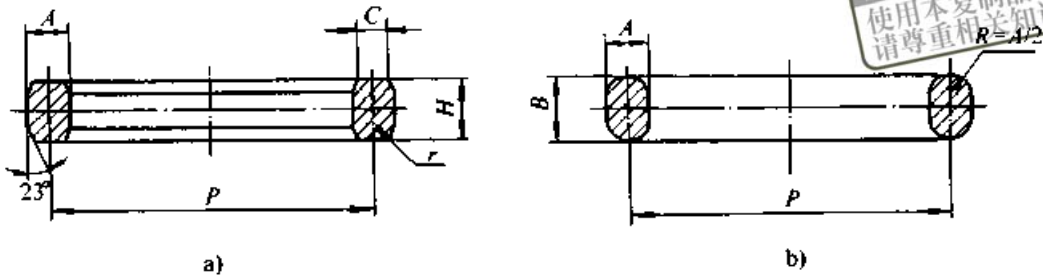


图 27.3-7 金属环垫的结构型式  
a)八角形 b)椭圆形

表 27.3-21 金属环垫尺寸 (mm)

公称 直径 DN	PN6.3 MPa(63 bar)					PN10.0 MPa(100 bar)				
	节径 P	环宽 A	环高		环平面 宽度 C	节径 P	环宽 A	环高		环平面 宽度 C
			八角形 H	椭圆形 B				八角形 H	椭圆形 B	
15	35	8	13	14	5.5	35	8	13	14	5.5
20	45	8	13	14	5.5	45	8	13	14	5.5
25	50	8	13	14	5.5	50	8	13	14	5.5
32	65	8	13	14	5.5	65	8	13	14	5.5
40	75	8	13	14	5.5	75	8	13	14	5.5
50	85	11	16	18	8	85	11	16	18	8
65	110	11	16	18	8	110	11	16	18	8
80	115	11	16	18	8	115	11	16	18	8
100	145	11	16	18	8	145	11	16	18	8
125	175	11	16	18	8	175	11	16	18	8
150	205	11	16	18	8	205	11	16	18	8
200	265	11	16	18	8	265	11	16	18	8
250	320	11	16	18	8	320	11	16	18	8
300	375	11	16	18	8	375	11	16	18	8
350	420	11	16	18	8	420	15.5	22	24	10.5
400	480	11	16	18	8	480	15.5	22	24	10.5

续表 27.3-21

公称 口径 DN	PN16.0 MPa(160 bar)					PN25.0 MPa(250 bar)				
	口径 P	环宽 A	环高		环平面 宽度 C	口径 P	环宽 A	环高		环平面 宽度 C
			八角形 H	椭圆形 B				八角形 H	椭圆形 B	
15	35	8	13	14	5.5	40	8	13	14	5.5
20	45	8	13	14	5.5	45	8	13	14	5.5
25	50	8	13	14	5.5	50	8	13	14	5.5
32	65	8	13	14	5.5	65	8	13	14	5.5
40	75	8	13	14	5.5	75	8	13	14	5.5
50	95	11	16	18	8	95	11	16	18	8
65	110	11	16	18	8	110	11	16	18	8
80	130	11	16	18	8	135	11	16	18	8
100	160	11	16	18	8	160	11	16	18	8
125	190	11	16	18	8	195	11	16	18	8
150	205	13	20	22	9	210	13	20	22	9
200	275	15.5	22	24	10.5	275	15.5	22	24	10.5
250	330	15.5	22	24	10.5	330	15.5	22	24	10.5
300	380	21	28	30	14	380	21	28	30	14

1.8.2 材料

金属环垫的材料及最高工作温度见表 27.3-22。

表 27.3-22 金属环垫的材料及最高工作温度

材料名称	标准	最高工作温度/℃
10 或 08	GB/T 699	450
0Cr13	GB/T 1220	540
0Cr18Ni9 或 0Cr17Ni12Mo2		600

## 2 美洲法兰体系用垫片

美洲法兰体系用垫片的类型和适用范围见表 27.3-23。

## 2.1 垫片类型和适用范围

表 27.3-23 美洲体系用的垫片类型和适用范围

超星阅读器提醒您：  
使用本复制品  
请尊重相关知识产权！

垫片类型		公称压力等级 PN/MPa	公称通径范围 DN/mm	适用法兰型式	适用密封面型式	最高使用温度/℃
非金属 平垫片	全平面型	2.0	15~600	所在型式	全平面	橡胶:200 石棉橡胶:300 合成纤维橡胶: 290 聚四氟乙烯:260
	突面型	2.0,5.0	15~1500		突面	
	凹凸面型	5.0	15~600		凹凸面	
	榫槽面型	5.0	15~600		榫槽面	
聚四氟 乙烯包 覆垫片	机加工翅型	2.0,5.0	15~350	所有型式	突面	150
	机加工矩型					
	折包型	2.0,5.0	200~600			
柔性石墨 复合垫片	突面型	2.0,5.0,11.0	15~1500	所有型式	突面	650
	凹凸面型	5.0,11.0	15~600		凹凸面型	
	榫槽面型				榫槽面型	
金属包覆 垫片	突面型	5.0	15~1500	对焊法兰、 整体法兰、 法兰盖	突面	500
		11.0,15.0	15~900			
缠绕式 垫片	基本型	5.0,11.0, 15.0,26.0	15~600	对焊法兰、 带颈平焊法兰、 整体法兰、 承插焊法兰、 对焊环松套法兰、 法兰盖	榫槽面	650
	带内环型				凹凸面	
	带外环型、 带内外环型	2.0,5.0	15~1500		突面	
		11.0,15.0	15~900			
	26.0	15~600				
齿形组合 垫片	突面型	5.0,11.0,15.0, 26.0,42.0	15~600	对焊法兰、 带颈平焊法兰、 承插焊法兰、 整体法兰、 法兰盖	突面	650
金属环垫	八角型 椭圆型	2.0	25~600	对焊法兰、 整体法兰、 承插焊法兰、 法兰盖	环连接面	600
		5.0,11.0 15.0,26.0	15~600			
		42.0	15~300			

2.2 非金属平垫片

非金属平垫片的结构型式和尺寸见图 27.3-8 和表 27.3-24 ~ 表 27.3-27。

2.2.1 型式尺寸

超星浏览器提醒您：  
使用本复制品  
请尊重相关知识产权！

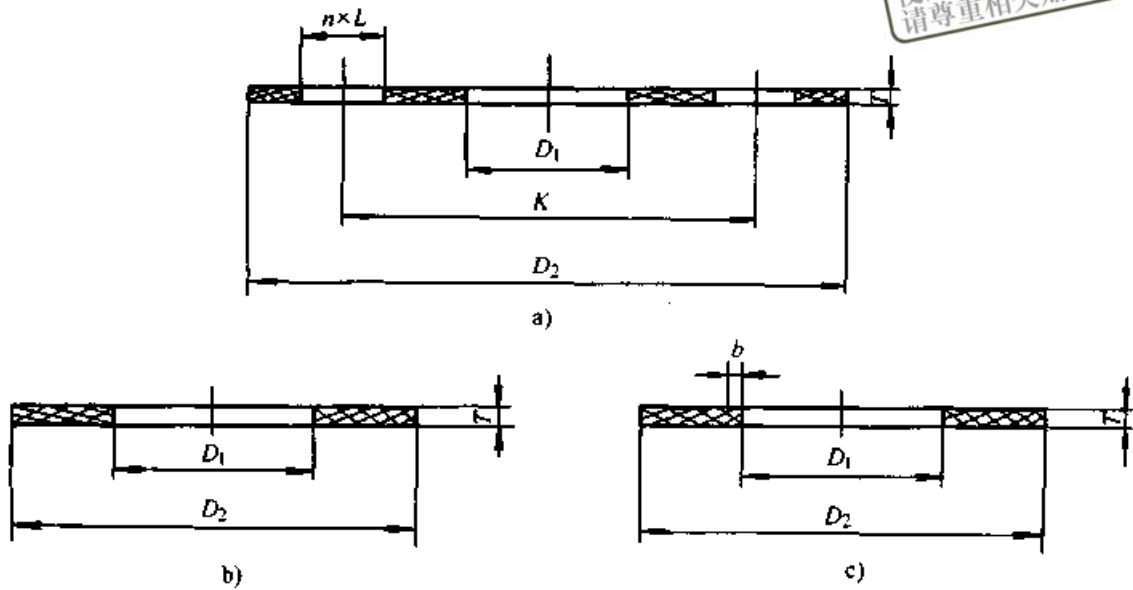


图 27.3-8 非金属平垫片结构型式

a)全平面型 b)突面型、凹凸面型和榫槽面型 c)带内包边的突面型

表 27.3-24 全平面型非金属平垫片尺寸

(mm)

公称通径		PN2.0 MPa(Class 150)					垫片厚度 T
NPS/ in	DN	垫片 内径 $D_1$	垫片 外径 $D_2$	螺栓孔 数量 $n$	螺栓孔 直径 $L$	螺栓孔中 心圆直径 $K$	
1/2	15	22	90	4	16	60.5	1.5
3/4	20	27	100	4	16	70	
1	25	34	110	4	16	79.5	
1 1/4	32	43	120	4	16	89	
1 1/2	40	49	130	4	16	98.5	
2	50	61	150	4	18	120.5	
2 1/4	65	77	180	4	18	139.5	
3	80	89	190	4	18	152.5	
4	100	115	230	8	18	190.5	
5	125	140	255	8	22	216	
6	150	169	280	8	22	241.5	
8	200	220	345	8	22	298.5	
10	250	273	405	12	26	362	
12	300	324	485	12	26	432	
14	350	356	535	12	29.5	476	3
16	400	407	600	16	29.5	540	
18	450	458	635	16	32.5	578	
20	500	508	700	20	32.5	635	
22	550	559	750	20	35.5	692	
24	600	610	815	20	35.5	749.5	

表 27.3-25 突面型和带内包边的突面型非金属平垫片尺寸 (mm)

公称通径		垫片 内径 $D_1$	公称压力 PN/MPa		垫片 厚度 $T$	包边 宽度 $b$
NPS/ in	DN		2.0 (Class 150)	5.0 (Class 300)		
			垫片外径 $D_2$			
1/2	15	22	46.5	52.5	1.5	3
3/4	20	27	56	66.5		
1	25	34	65.5	73		
1 1/4	32	43	75	82.5		
1 1/2	40	49	84.5	94.5		
2	50	61	104.5	111		
2 1/2	65	77	123.5	129		
3	80	89	136.5	148.5		
4	100	115	174.5	180		
5	125	140	196	215		
6	150	169	221.5	250		
8	200	220	278.5	306		
10	250	273	338	360.5		
12	300	324	408	421		
14	350	356	449	484.5		
16	400	407	513	538.5	3	
18	450	458	548	595.5		
20	500	508	605	653		
22	550	559	659	704		
24	600	610	716.5	774		

表 27.3-26 凹凸面型非金属平垫片尺寸 (mm)

公称通径		垫片 内径 $D_1$	垫片 外径 $D_2$	垫片 厚度 $T$
NPS/ in	DN			
1/2	15	22	35	1.5
3/4	20	27	43	
1	25	34	51	
1 1/4	32	43	64	
1 1/2	40	49	73	
2	50	61	92	
2 1/2	65	77	105	

星浏览器提醒您：  
 使用本复制品  
 请尊重相关知识产权！



续表 27.3-26

公称通径		垫片 内径 $D_1$	垫片 外径 $D_2$	垫片 厚度 $T$
NPS/ in	DN			
3	80	89	127	1.5
4	100	115	157	
5	125	140	186	
6	150	169	216	
8	200	220	270	
10	250	273	324	
12	300	324	381	
14	350	356	413	
16	400	407	470	3
18	450	458	535	
20	500	508	585	
24	600	610	690	

表 27.3-27 槽槽面型非金属平垫片尺寸 (mm)

公称通径		垫片 内径 $D_1$	垫片 外径 $D_2$	垫片 厚度 $T$
NPS/ in	DN			
1/2	15	25	35	1.5
3/4	20	33	43	
1	25	38	51	
1 1/4	32	48	64	
1 1/2	40	54	73	
2	50	73	92	
2 1/2	65	86	105	
3	80	108	127	
4	100	132	157	
5	125	160	186	
6	150	190	216	
8	200	238	270	
10	250	286	324	
12	300	343	381	
14	350	375	413	3
16	400	425	470	
18	450	489	535	
20	500	535	585	
24	600	640	690	

超星阅读器提醒：  
使用本复制品  
请尊重相关知识版权！

2.2.2 材料和使用条件

垫片的使用条件见本章1.2.2条。

2.3.1 型式尺寸

聚四氟乙烯包覆垫片的结构型式和尺寸见图27.3-9和表27.3-28~表27.3-30。

2.3 聚四氟乙烯包覆垫片

超星浏览器提醒您：  
使用本复制品  
请尊重相关知识产权！

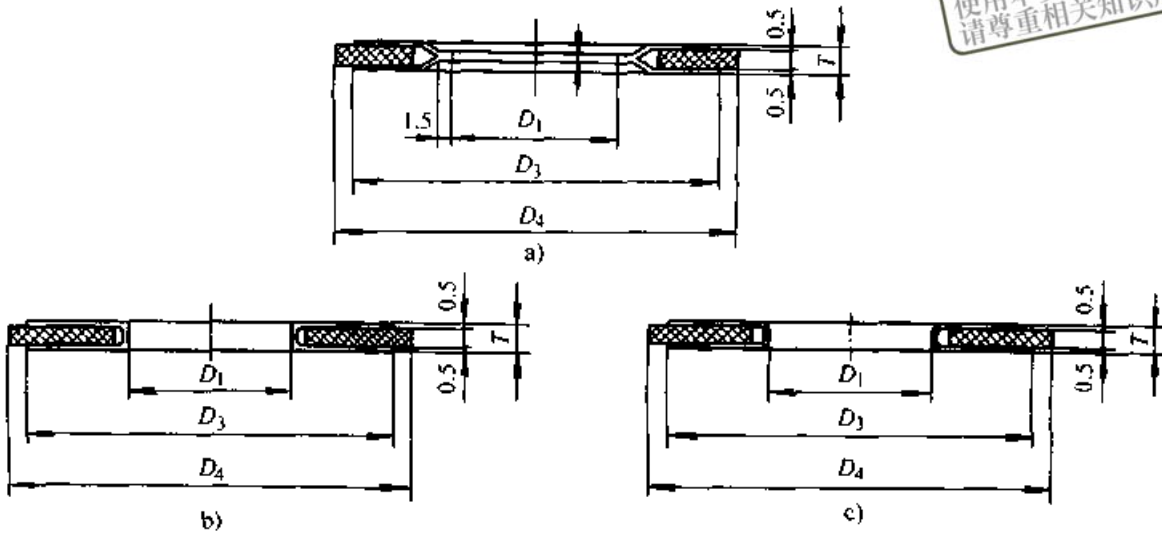


图 27.3-9 聚四氟乙烯包覆垫片结构型式  
a)机加工翅型 b)机加工矩型 c)折包型

表 27.3-28 机加工翅型聚四氟乙烯包覆垫片尺寸 (mm)

公称口径		包覆层 内径 $D_1$	包覆层 外径 $D_3$	公称压力 PN/MPa		垫片 厚度 $T$
NPS/ in	DN			2.0 (Class 150)	5.0 (Class 300)	
垫片外径 $D_4$						
1/2	15	22	40	46.5	52.5	3
3/4	20	27	50	56	66.5	
1	25	34	60	65.5	73	
1 1/4	32	43	70	75	82.5	
1 1/2	40	49	80	84.5	94.5	
2	50	61	92	104.5	111	
2 1/2	65	77	110	123.5	129	
3	80	89	126	136.5	148.5	
4	100	115	151	174.5	180	
5	125	140	178	196	215	
6	150	169	206	221.5	250	
8	200	220	260	278.5	306	
10	250	273	314	338	360.5	
12	300	324	365	408	421	
14	350	356	412	449	484.5	

注：嵌入层内径  $D_2$ ，由制造厂根据垫片型式和嵌入层材料性能自行确定。

表 27.3-29 机加工矩型聚四氟乙烯包覆垫片尺寸 (mm)

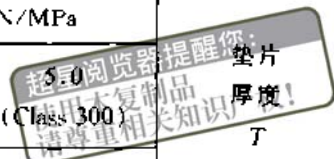
公称口径		包覆层 内径 $D_1$	包覆层 外径 $D_2$	公称压力 PN/MPa		垫片 厚度 $T$
NPS/ in	DN			2.0 (Class 150)	5.0 (Class 300)	
				垫片外径 $D_4$		
1/2	15	22	40	46.5	52.5	3
3/4	20	27	50	56	66.5	
1	25	34	60	65.5	73	
1 1/4	32	43	70	75	82.5	
1 1/2	40	49	80	84.5	94.5	
2	50	61	92	104.5	111	
2 1/2	65	77	110	123.5	129	
3	80	89	126	136.5	148.5	
4	100	115	151	174.5	180	
5	125	140	178	196	215	
6	150	169	206	221.5	250	
8	200	220	260	278.5	306	
10	250	273	314	338	360.5	
12	300	324	365	408	421	
14	350	356	412	449	484.5	

注: 嵌入层内径  $D_2$ , 由制造厂根据垫片型式和嵌入层材料性能自行确定。

表 27.3-30 折包型聚四氟乙烯包覆垫片尺寸 (mm)

公称口径		包覆层 内径 $D_1$	包覆层 外径 $D_2$	公称压力 PN/MPa		垫片 厚度 $T$
NPS/ in	DN			2.0 (Class 150)	5.0 (Class 300)	
				垫片外径 $D_4$		
8	200	220	260	278.5	306	3
10	250	273	314	338	360.5	
12	300	324	365	408	421	
14	350	356	412	449	484.5	
16	400	407	469	513	538.5	
18	450	458	528	548	595.5	
20	500	508	578	605	653	
22	550	559	628	659	704	
24	600	610	679	716.5	774	

注: 嵌入层内径  $D_2$ , 由制造厂根据垫片型式和嵌入层材料性能自行确定。



2.3.2 材料

垫片材料见本章第 1.3.2 条。

2.4 柔性石墨复合垫片

2.4.1 型式尺寸

柔性石墨复合垫片的结构型式和尺寸见图 27.3-10 和表 27.3-31~表 27.3-33。

超星阅读器提醒您：  
使用本复制品  
请尊重相关知识产权！

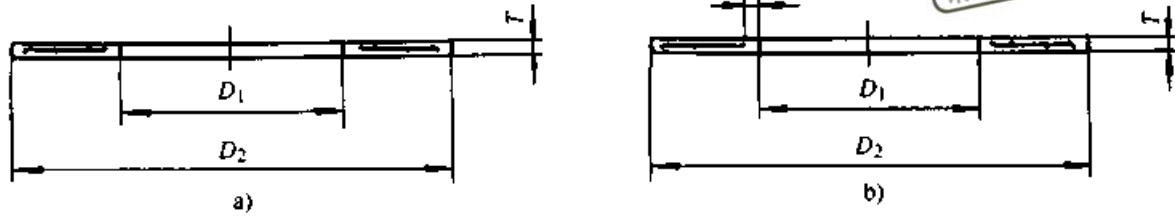


图 27.3-10 柔性石墨复合垫片结构型式

a) 突面形、凹凸面型和榫槽面型 b) 带内包边的突面型

表 27.3-31 突面型和带内包边的突面型柔性石墨复合垫片尺寸 (mm)

公称通径		垫片 内径 $D_1$	公称压力 PN/MPa			垫片 厚度 $T$	包边 宽度 $b$
NPS/ in	DN		2.0 (Class 150)	5.0 (Class 300)	11.0 (Class 600)		
垫片外径 $D_2$							
1/2	15	22	46.5	52.5	52.5	1.5	
3/4	20	27	56	66.5	66.5		
1	25	34	65.5	73	73		
1 1/4	32	43	75	82.5	82.5		
1 1/2	40	49	84.5	94.5	94.5		
2	50	61	104.5	111	111		
2 1/2	65	77	123.5	129	129		
3	80	89	136.5	148.5	148.5		
4	100	115	174.5	180	192		
5	125	140	196	215	240		
6	150	169	221.5	250	265		
8	200	220	278.5	306	319		
10	250	273	338	360.5	399		
12	300	324	408	421	456		
14	350	356	449	484.5	491		3
16	400	407	513	538.5	564		
18	450	458	548	595.5	612		
20	500	508	605	653	682		
22	550	559	659	704	733		
24	600	610	716.5	774	790		

表 27.3-32 凹凸面型柔性石墨复合垫片尺寸 (mm)

公称通径		垫片 内径 $D_1$	垫片 外径 $D_2$	垫片 厚度 $T$
NPS/ in	DN			
1/2	15	22	35	1.5
3/4	20	27	43	
1	25	34	51	
1 1/4	32	43	64	
1 1/2	40	49	73	
2	50	61	92	
2 1/2	65	77	105	
3	80	89	127	
4	100	115	157	
5	125	140	186	
6	150	169	216	
8	200	220	270	
10	250	273	324	
12	300	324	381	
14	350	356	413	3
16	400	407	470	
18	450	458	535	
20	500	508	585	
24	600	610	690	

超星浏览器提醒：  
使用本复制品，  
请尊重相关知识产权！

表 27.3-33 榫槽面型柔性石墨复合垫片尺寸 (mm)

公称通径		垫片 内径 $D_1$	垫片 外径 $D_2$	垫片 厚度 $T$
NPS/ in	DN			
1/2	15	25	35	1.5
3/4	20	33	43	
1	25	38	51	
1 1/4	32	48	64	
1 1/2	40	54	73	
2	50	73	92	
2 1/2	65	86	105	
3	80	108	127	
4	100	132	157	

公称通径		垫片 内径 $D_1$	垫片 外径 $D_2$	垫片 厚度 $T$
NPS/ in	DN			
5	125	160	186	1.5
6	150	190	216	
8	200	238	270	
10	250	286	324	
12	300	343	381	
14	350	375	413	3
16	400	425	470	
18	450	489	535	
20	500	535	585	
24	600	640	690	

超星浏览器提醒：  
使用本复制品  
请尊重相关知识产权！

#### 2.4.2 材料

垫片的材料见本章第1.4.2条。

### 2.5 金属包覆垫片

#### 2.5.1 型式尺寸

金属包覆垫片的结构型式和尺寸见图27.3-11和表27.3-34。

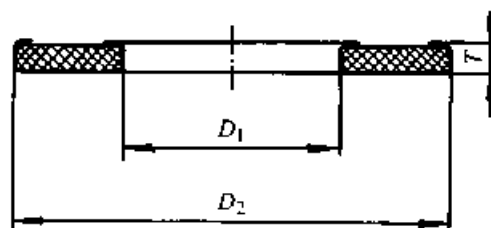


图 27.3-11 金属包覆垫片的结构型式

表 27.3-34 金属包覆垫片尺寸

(mm)

公称通径		垫片 内径 $D_1$	公称压力 PN/MPa			垫片 厚度 $T$
NPS/ in	DN		5.0 (Class 300)	11.0 (Class 600)	15.0 (Class 900)	
			垫片外径 $D_2$			
1/2	15	22.5	50.5	50.5	60.5	3
3/4	20	28.5	64.5	64.5	67	
1	25	38	71	71	75.5	
1 1/4	32	48	80.5	80.5	85	
1 1/2	40	54	92.5	92.5	94.5	
2	50	73	109	109	139	
2 1/2	65	86	127	127	161	
3	80	108	146.5	146.5	164.5	

续表 27.3-34

公称通径		垫片 内径 $D_1$	公称压力 PN/MPa			垫片 厚度 $T$
NPS/ in	DN		5.0 (Class 300)	11.0 (Class 600)	15.0 (Class 900)	
			垫片外径 $D_2$			
4	100	132	178	190	202.5	
5	125	152.5	213	237.5	244	
6	150	190.5	248	262.5	285	
8	200	238.5	304	316.5	354.5	
10	250	286	358	396.5	431	
12	300	343	418.5	453.5	494.5	
14	350	374.5	482	488	517	
16	400	425.5	536	561	571	
18	450	489	593	609	635	
20	500	533.5	650.5	679	694.5	
24	600	641.5	771	787	833.5	

提醒您  
请尊重相关知识

3

2.5.2 材料

垫片的材料见本章第 1.5.2 条。

2.6.1 型式尺寸

缠绕式垫片的结构型式和尺寸见图 27.3-12 和表 27.3-35~表 27.3-36。

2.6 缠绕式垫片

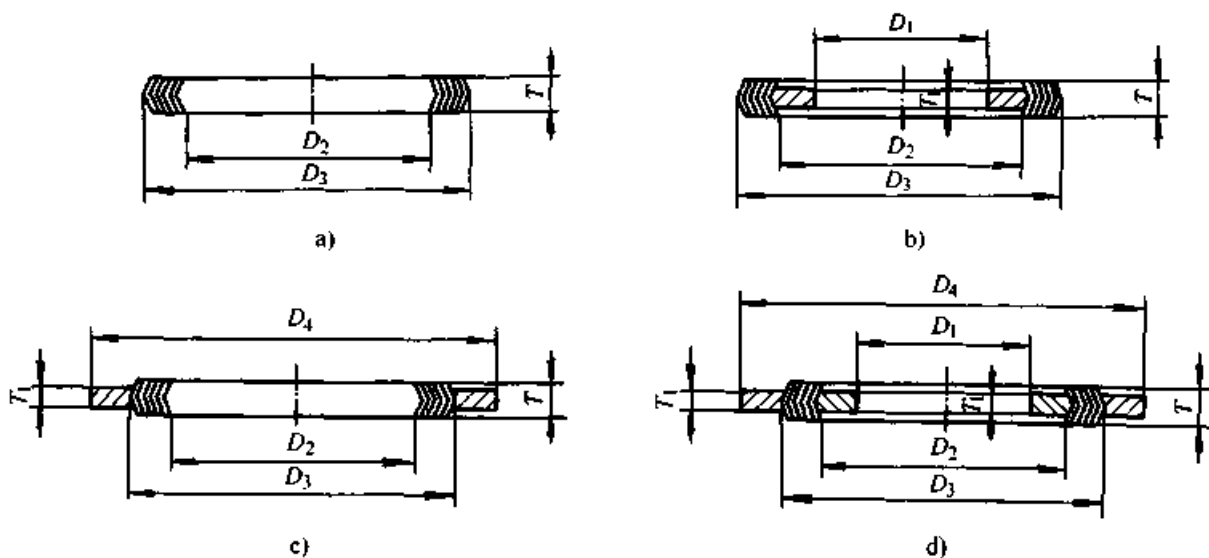


图 27.3-12 缠绕式垫片结构型式

a) 基本型 b) 带内环型 c) 带外环型 d) 带内外环型

表 27.3-35 基本型和带内环型缠绕式垫片尺寸 (mm)

公称通径		内环 内径 $D_1$	缠绕垫		内环 厚度 $T_1$
NPS/ in	DN		内径 $D_2$	外径 $D_3$	
1/2	15	16	25	35.3	2.5
3/4	20	21.4	33	43.2	
1	25	27.7	37.7	51.8	
1 1/4	32	38.1	47.2	63.9	
1 1/2	40	44.4	53.6	73.4	
2	50	55.4	72.6	92.5	
2 1/2	65	66.8	85.3	105.2	
3	80	81	107.6	127.4	
4	100	106.4	131.4	157.6	
5	125	131.8	160	186.1	
6	150	157.2	190.1	216.3	
8	200	206.5	237.7	270.0	
10	250	257.8	285.7	323.9	
12	300	306.3	342.8	381.1	
14	350	336.6	374.6	412.8	
16	400	384.3	425.4	470.0	
18	450	431.8	488.9	533.5	
20	500	481.1	533.3	584.3	
24	600	577.8	641.8	691.7	

超厚浏览器提醒您：  
使用本复制品  
请尊重相关知识产权！

表 27.3-36 DN ≤ 600 mm 法兰用带外环型和带内外环型缠绕式垫片尺寸 (mm)

公称通径		PN2.0 MPa (Class 150)				PN5.0 MPa (Class 300)				PN11.0 MPa (Class 600)				缠绕垫 厚度 $T$	内外环 厚度 $T_1$
NPS/ in	DN	内环 内径 $D_1$	缠绕垫 内径 $D_2$	缠绕垫 外径 $D_3$	外环 外径 $D_4$	内环 内径 $D_1$	缠绕垫 内径 $D_2$	缠绕垫 外径 $D_3$	外环 外径 $D_4$	内环 内径 $D_1$	缠绕垫 内径 $D_2$	缠绕垫 外径 $D_3$	外环 外径 $D_4$		
1/2	15	14.2	19.1	31.8	46.5	14.2	19.1	31.8	52.5	14.2	19.1	31.8	52.5	4.5	3
3/4	20	20.6	25.4	39.6	56	20.6	25.4	39.6	66.5	20.6	25.4	39.6	66.5		
1	25	26.9	31.8	47.8	65.5	26.9	31.8	47.8	73	26.9	31.8	47.8	73		
1 1/4	32	38.1	47.8	60.5	75	38.1	47.8	60.5	82.5	38.1	47.8	60.5	82.5		
1 1/2	40	44.5	54.1	69.9	84.5	44.5	54.1	69.9	94.5	44.5	54.1	69.9	94.5		
2	50	55.6	69.9	85.9	104.5	55.6	69.9	85.9	111	55.6	69.9	85.9	111		
2 1/2	65	66.5	82.6	98.6	123.5	66.5	82.6	98.6	129	66.5	82.6	98.6	129		
3	80	81.0	101.6	120.7	136.5	81.0	101.6	120.7	148.5	81.0	101.6	120.7	148.5		



续表 37.3-36

公称通径		PN2.0 MPa (Class 150)				PN5.0 MPa (Class 300)				PN11.0 MPa (Class 600)				缠绕垫 厚度 T	内外环 厚度 T <sub>1</sub>
NPS/ in	DN	内环 内径 D <sub>1</sub>	缠绕垫 内径 D <sub>2</sub>	缠绕垫 外径 D <sub>3</sub>	外环 外径 D <sub>4</sub>	内环 内径 D <sub>1</sub>	缠绕垫 内径 D <sub>2</sub>	缠绕垫 外径 D <sub>3</sub>	外环 外径 D <sub>4</sub>	内环 内径 D <sub>1</sub>	缠绕垫 内径 D <sub>2</sub>	缠绕垫 外径 D <sub>3</sub>	外环 外径 D <sub>4</sub>		
4	100	106.4	127.0	149.4	174.5	106.4	127.0	149.4	180	106.4	120.7	149.4	192	4.5	3
5	125	131.8	155.7	177.8	196	131.8	155.7	177.8	215	131.8	147.6	177.8	240		
6	150	157.2	182.6	209.6	221.5	157.2	182.6	209.6	250	157.2	174.8	209.6	265		
8	200	215.9	233.4	263.7	278.5	215.9	233.4	263.7	306	209.6	225.6	263.7	319		
10	250	268.2	287.3	317.5	338	268.2	287.3	317.5	360.5	260.4	274.6	317.5	399		
12	300	317.5	339.9	374.7	408	317.5	339.9	374.7	421	317.5	327.2	374.7	456		
14	350	349.3	371.6	406.4	449	349.3	371.6	406.4	484.5	349.3	362.0	406.4	491		
16	400	400.1	422.4	463.6	513	400.1	422.4	463.6	538.5	400.1	412.8	463.6	564		
18	450	449.3	474.7	527.1	548	449.3	474.7	527.1	595.5	449.3	469.9	527.1	612		
20	500	500.1	525.5	577.9	605	500.1	525.5	577.9	653	500.1	520.7	577.9	682		
22	550	552.5	577.9	635.0	659	552.5	577.9	635.0	704	552.5	577.9	635.0	733		
24	600	603.3	628.7	685.8	716.5	603.3	628.7	685.8	774	603.3	628.7	685.8	790		
公称通径		PN15.0 MPa (Class 900)				PN26.0 MPa (Class 1500)				缠绕垫 厚度 T	内外环 厚度 T <sub>1</sub>				
NPS/ in	DN	内环 内径 D <sub>1</sub>	缠绕垫 内径 D <sub>2</sub>	缠绕垫 外径 D <sub>3</sub>	外环 外径 D <sub>4</sub>	内环 内径 D <sub>1</sub>	缠绕垫 内径 D <sub>2</sub>	缠绕垫 外径 D <sub>3</sub>	外环 外径 D <sub>4</sub>						
1/2	15	14.2	19.1	31.8	62.5	14.2	19.1	31.8	62.5	4.5	3				
3/4	20	20.6	25.4	39.6	69	20.6	25.4	39.6	69						
1	25	26.9	31.8	47.8	77.5	26.9	31.8	47.8	77.5						
1 1/4	32	33.3	39.6	60.5	87	33.3	39.6	60.5	87						
1 1/2	40	41.4	47.8	69.9	97	41.4	47.8	69.9	97						
2	50	52.3	58.7	85.9	141	52.3	58.7	85.9	141						
2 1/2	65	63.5	69.9	98.6	163.5	63.5	69.9	98.6	163.5						
3	80	81.0	95.3	120.7	166.5	81.0	92.2	120.7	173						
4	100	106.4	120.7	149.4	205	106.4	117.6	149.4	208.5						
5	125	131.8	147.6	177.8	246.5	131.8	143.0	177.8	253						
6	150	157.2	174.8	209.6	287.5	157.2	171.5	209.6	281.5						
8	200	209.6	222.3	257.3	357.5	206.2	215.9	257.3	351.5						
10	250	260.4	276.4	311.2	434	257.8	266.7	311.2	434.5						
12	300	314.5	323.9	368.3	497.5	314.5	323.9	368.3	519.5						
14	350	342.9	355.6	400.1	520	339.9	362.0	400.1	579						
16	400	393.7	412.8	457.2	574	387.4	406.4	457.2	641						
18	450	444.5	463.6	520.7	638	438.2	463.6	520.7	704.5						
20	500	495.3	520.7	571.5	697.5	489.0	514.4	571.5	756						
24	600	603.3	628.7	679.5	837.5	577.9	616.0	679.5	900.5						

2.6.2 材料

垫片材料见本章第1.6.2条。

2.7 齿形组合垫片

2.7.1 型式尺寸

齿形组合垫片的结构型式和尺寸见图27.3-13和表27.3-37。

超星浏览器提醒您：  
使用本复制品  
须尊重相关知识产权！  
齿形放大图

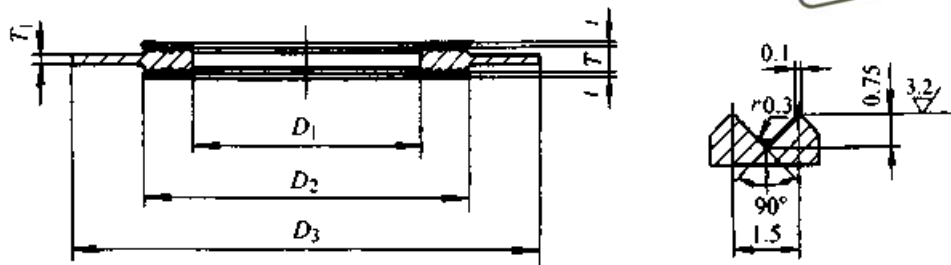


图 27.3-13 齿形组合垫片结构型式

表 27.3-37 齿形组合垫片尺寸

(mm)

公称通径		齿形环 内径 $D_1$	齿形环 外径 $D_2$	公称压力 PN/MPa					齿形环 厚度 $T$	外环 厚度 $T_1$	覆盖层 厚度 $t$
NPS/ in	DN			5.0 (Class 300)	11.0 (Class 600)	15.0 (Class 900)	26.0 (Class 1500)	42.0 (Class 2500)			
				外环外径 $D_3$							
1/2	15	23.0	33.3	52.5	52.5	62.5	62.5	69	4	1.5	0.5
3/4	20	28.6	39.7	66.5	66.5	69	69	75	4	1.5	
1	25	36.5	47.6	73	73	77.5	77.5	84	4	1.5	
1 1/4	32	44.4	60.3	82.5	82.5	87	87	103	4	1.5	
1 1/2	40	52.4	69.8	94.5	94.5	97	97	116	4	1.5	
2	50	69.8	88.9	111	111	141	141	144.5	4	1.5	
2 1/2	65	82.5	101.6	129	129	163.5	163.5	167	4	1.5	
3	80	98.4	123.8	148.5	148.5	166.5	173	195.5	4	1.5	
4	100	123.8	154.0	180	192	205	208.5	234	4	1.5	
5	125	150.8	182.6	215	240	246.5	253	279	4	2.0	
6	150	177.8	212.7	250	265	287.5	281.5	316.5	4	2.0	
8	200	228.6	266.7	306	319	357.5	351.5	386	4	2.0	
10	250	282.6	320.7	360.5	399	434	434.5	529.5	4	2.0	
12	300	339.9	377.8	421	456	497.5	519.5	549	4	2.0	
14	350	371.5	409.6	484.5	491	520	579		4	2.0	
16	400	422.3	466.7	538.5	564	574	641		4	2.0	
18	450	479.4	530.2	595.5	612	638	704.5		4	2.0	
20	500	530.2	581.0	653	682	697.5	756		4	2.0	
22	550	581.0	631.8	704	733	—	—		4	2.0	
24	600	631.8	682.6	774	790	837.5	900.5		4	2.0	

2.7.2 材料

垫片材料见本章第1.7.2条。

表 27.3-38。

2.8.2 材料

垫片的材料见本章第1.8.2条。



2.8 金属环垫

2.8.1 型式尺寸

金属环垫的结构型式和尺寸见图 27.3-14 和

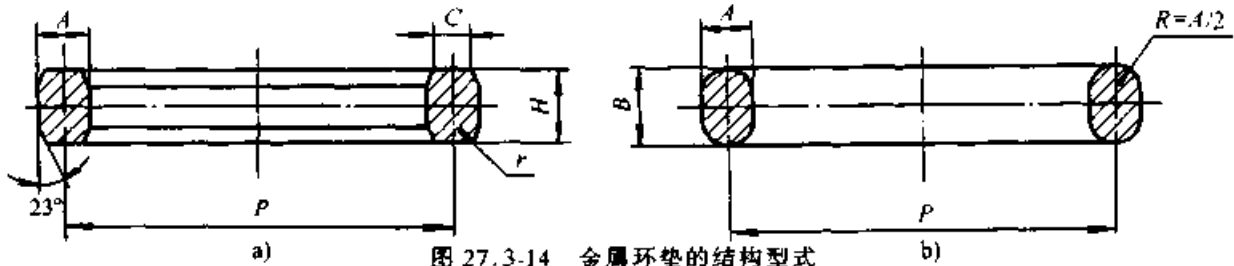


图 27.3-14 金属环垫的结构型式

a) 八角型 b) 椭圆型

表 27.3-38 八角形、椭圆型金属环垫尺寸

(mm)

公称通径		PN2.0 MPa (Class 150)						PN5.0 MPa (Class 300) 和 PN11.0 MPa (Class 600)					
NPS/ in	DN	环号 R	节径 P	环宽 A	环高		环平面 宽度 C	环号 R	节径 P	环宽 A	环高		环平面 宽度 C
					八角形 H	椭圆形 B					八角形 H	椭圆形 B	
1/2	15							R11	34.14	6.35	11.11	9.53	4.32
3/4	20							R13	42.88	7.94	14.29	12.7	5.23
1	25	R15	47.62	7.94	14.29	12.7	5.23	R16	50.8	7.94	14.29	12.7	5.23
1 1/4	32	R17	57.15	7.94	14.29	12.7	5.23	R18	60.32	7.94	14.29	12.7	5.23
1 1/2	40	R19	65.07	7.94	14.29	12.7	5.23	R20	68.27	7.94	14.29	12.7	5.23
2	50	R22	82.55	7.94	14.29	12.7	5.23	R23	82.55	11.11	17.46	15.88	7.75
2 1/2	65	R25	101.6	7.94	14.29	12.7	5.23	R26	101.6	11.11	17.46	15.88	7.75
3	80	R29	114.3	7.94	14.29	12.7	5.23	R31	123.82	11.11	17.46	15.88	7.75
4	100	R36	149.22	7.94	14.29	12.7	5.23	R37	149.22	11.11	17.46	15.88	7.75
5	125	R40	171.45	7.94	14.29	12.7	5.23	R41	180.98	11.11	17.46	15.88	7.75
6	150	R43	193.68	7.94	14.29	12.7	5.23	R45	211.12	11.11	17.46	15.88	7.75
8	200	R48	247.65	7.94	14.29	12.7	5.23	R49	269.88	11.11	17.46	15.88	7.75
10	250	R52	304.8	7.94	14.29	12.7	5.23	R53	323.85	11.11	17.46	15.88	7.75
12	300	R56	381	7.94	14.29	12.7	5.23	R57	381	11.11	17.46	15.88	7.75
14	350	R59	396.88	7.94	14.29	12.7	5.23	R61	419.1	11.11	17.46	15.88	7.75
16	400	R64	454.03	7.94	14.29	12.7	5.23	R65	469.9	11.11	17.46	15.88	7.75
18	450	R68	517.53	7.94	14.29	12.7	5.23	R69	533.4	11.11	17.46	15.88	7.75
20	500	R72	558.8	7.94	14.29	12.7	5.23	R73	584.2	12.7	19.05	17.46	8.66
22	550							R81	635	14.29	19.05	—	9.58
24	600	R76	673.1	7.94	14.29	12.7	5.23	R77	692.15	15.88	22.23	20.54	10.49

续表 27.3-38

公称通径		PN15.0 MPa (Class 900)						PN26.0 MPa (Class 1500)					
NPS/ in	DN	环号 R	节径 P	环宽 A	环高		环平面 宽度 C	环号 R	节径 P	环宽 A	环高		环平面 宽度 C
					八角形 H	椭圆形 B					八角形 H	椭圆形 B	
1/2	15	R12	39.67	7.94	14.29	12.7	5.23	R12	39.67	7.94	14.29	12.7	5.23
3/4	20	R14	44.45	7.94	14.29	12.7	5.23	R14	44.45	7.94	14.29	12.7	5.23
1	25	R16	50.8	7.94	14.29	12.7	5.23	R16	50.8	7.94	14.29	12.7	5.23
1 1/4	32	R18	60.32	7.94	14.29	12.7	5.23	R18	60.32	7.94	14.29	12.7	5.23
1 1/2	40	R20	68.27	7.94	14.29	12.7	5.23	R20	68.27	7.94	14.29	12.7	5.23
2	50	R24	95.25	11.11	17.46	15.88	7.75	R24	95.25	11.11	17.46	15.88	7.75
2 1/2	65	R27	107.95	11.11	17.46	15.88	7.75	R27	107.95	11.11	17.46	15.88	7.75
3	80	R31	123.82	11.11	17.46	15.88	7.75	R35	136.52	11.11	17.46	15.88	7.75
4	100	R37	149.22	11.11	17.46	15.88	7.75	R39	161.92	11.11	17.46	15.88	7.75
5	125	R41	180.98	11.11	17.46	15.88	7.75	R44	193.68	11.11	17.46	15.88	7.75
6	150	R45	211.12	11.11	17.46	15.88	7.75	R46	211.12	12.7	19.05	17.46	8.66
8	200	R49	269.88	11.11	17.46	15.88	7.75	R50	269.88	15.88	22.23	20.64	10.49
10	250	R53	323.85	11.11	17.46	15.88	7.75	R54	323.85	15.88	22.23	20.64	10.49
12	300	R57	381	11.11	17.46	15.88	7.75	R58	381	22.23	28.58	26.99	14.81
14	350	R62	419.1	15.88	22.23	20.64	10.49	R63	419.1	25.4	33.34	31.75	17.3
16	400	R66	469.9	15.88	22.23	20.64	10.49	R67	469.9	28.58	36.51	34.93	19.81
18	450	R70	533.4	19.05	25.4	23.81	12.32	R71	533.4	28.58	36.51	34.93	19.81
20	500	R74	584.2	19.05	25.4	23.81	12.32	R75	584.2	31.75	39.69	38.1	22.33
24	600	R78	692.15	25.4	33.34	31.75	17.3	R79	692.15	34.93	44.45	41.28	24.82
公称通径		PN42.0 MPa (Class 2500)											
NPS/ in	DN	环号 R	节径 P	环宽 A	环高		环平面 宽度 C					环平面 宽度 C	
					八角形 H	椭圆形 B							
1/2	15	R12	39.67	7.94	14.29	12.7	5.23						
3/4	20	R14	44.45	7.94	14.29	12.7	5.23						
1	25	R16	50.8	7.94	14.29	12.7	5.23						
1 1/4	32	R18	60.32	7.94	14.29	12.7	5.23						
1 1/2	40	R20	68.28	7.94	14.29	12.7	5.23						
2	50	R24	95.25	11.11	17.46	15.88	7.75						
2 1/2	65	R27	107.95	11.11	17.46	15.88	7.75						
3	80	R31	123.82	11.11	17.46	15.88	7.75						

续表 27.3-38

公称通径		PN42.0 MPa (Class 2500)					
NPS/ in	DN	环号 R	节径 P	环宽 A	环高		环平面 宽度 C
					八角形 H	椭圆形 B	
4	100	R37	149.22	11.11	17.46	15.88	7.75
5	125	R41	180.98	11.11	17.46	15.88	7.75
6	150	R45	211.12	11.11	17.46	15.88	7.75
8	200	R49	269.88	11.11	17.46	15.88	7.75
10	250	R53	323.85	11.11	17.46	15.88	7.75
12	300	R57	381	11.11	17.46	15.88	7.75

# 第 4 章 管 件

超星浏览器提醒您：  
使用本复制品  
请尊重相关知识产权！

管件是管路系统中的一个主要组成部分和重要连接件，在管系中改变走向、管径、标高以及由主管上引出支管等均需用管件。不同种类的管件可分别采用钢管冲压、推制、钢板焊制、锻造或铸造等不同的方法制造。

管件、承插焊管件、螺纹连接管件、法兰连接管件等；按结构型式分，有弯头、异径接头（又称大小头）、三通、四通、管帽等；按材料划分，有铸铁管件、铸钢管件、锻制管件、非合金复合管件、铝合金管件、铜及铜合金管件、非金属管件等。工业管路中常用的钢制承压管件见表 27.4-1。

## 1 管件的分类

管件的种类很多，按连接方式分，有对焊类

表 27.4-1 管件分类

种 类		代 号	规格范围	标准号
钢制对焊无缝管件	45°弯头	长半径	45E (L)	DN15~DN500 GB/T 12459—1990
	90°弯头	长半径	90E (L)	
		短半径	90E (S)	
		长半径、异径	90E (L) R	
	180°弯头	长半径	180E (L)	
		短半径	180E (S)	
	异径接头 (大小头)	同心	R (C)	
		偏心	R (E)	
	三通	等径	T (S)	
		异径	T (R)	
四通	等径	CR (S)		
	异径	CR (R)		
管帽	—	C		
锻钢制承插焊管件	45°弯头	—	S45E	DN15~DN80
	90°弯头	—	S90E	
	三通	等径	ST (S)	
		异径	ST (R)	
	45°斜三通	等径	S45Y (S)	DN15~DN50
		异径	S45Y (R)	
	四通	等径	SCR (S)	DN15~DN80
		异径	SCR (R)	
	双承口管箍	等径	SFC (S)	
		异径	SFC (R)	
单承口管箍	—	SHC		
管帽	—	SC		

## 2 钢制对焊无缝管件

表 27.4-2。

### 2.2 异径接头

#### 2.1 等径弯头

异径接头的结构型式和尺寸见图 27.4-2 和

等径弯头的结构型式和尺寸见图 27.4-1 和 表 27.4-3。

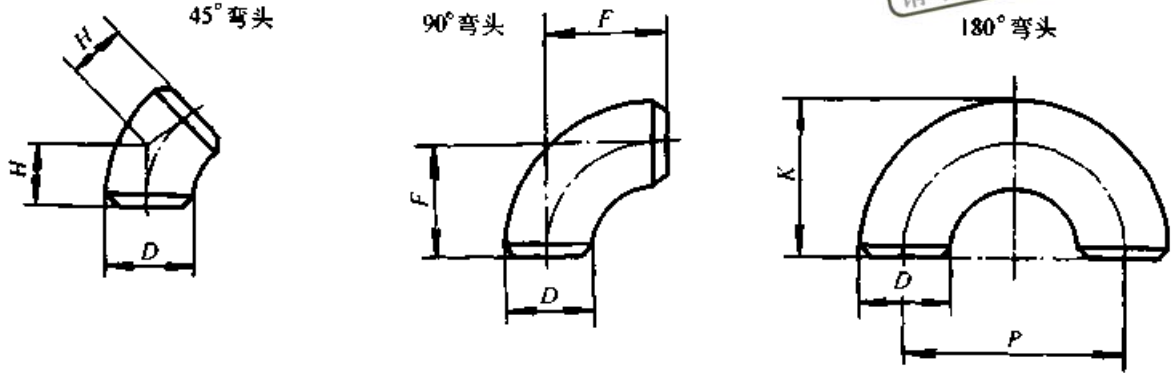


图 27.4-1 等径弯头的结构型式

表 27.4-2 等径弯头尺寸 (摘自 GB/T 12459—1990) (mm)

公称通径 DN	端部外径 D		中心至端面尺寸			中心至中心尺寸		背面至端面尺寸	
			45°弯头 H	90°弯头 F		180°弯头 P		180°弯头 K	
	A 系列	B 系列	长半径	长半径	短半径	长半径	短半径	长半径	短半径
15	21.3	18	16	38	—	76	—	48	—
20	26.9	25	16	38	—	76	—	51	—
25	33.7	32	16	38	25	76	51	56	41
32	42.4	38	20	48	32	95	64	70	52
40	48.3	45	24	57	38	114	76	83	62
50	60.3	57	32	76	51	152	102	106	81
65	76.1 (73)	76	40	95	64	191	127	132	100
80	88.9	89	47	114	76	229	152	159	121
90	101.6	—	55	133	89	267	178	184	140
100	114.3	108	63	152	102	305	203	210	159
125	139.7	133	79	190	127	381	254	262	197
150	168.3	159	95	229	152	457	305	313	237
200	219.1	219	126	305	203	610	406	414	313
250	273.0	273	158	381	254	762	508	518	391
300	323.9	325	189	457	305	914	610	619	467
350	355.6	377	221	533	356	1 067	711	711	533
400	406.4	426	253	610	406	1 219	813	813	610
450	457.0	478	284	686	457	1 372	914	914	686
500	508.0	529	316	762	508	1 524	1 016	1 016	762

注: 1. 尽可能不采用括号内的数值。

2. 管件端部外径有 A、B 两个系列, 应优先选用 A 系列。

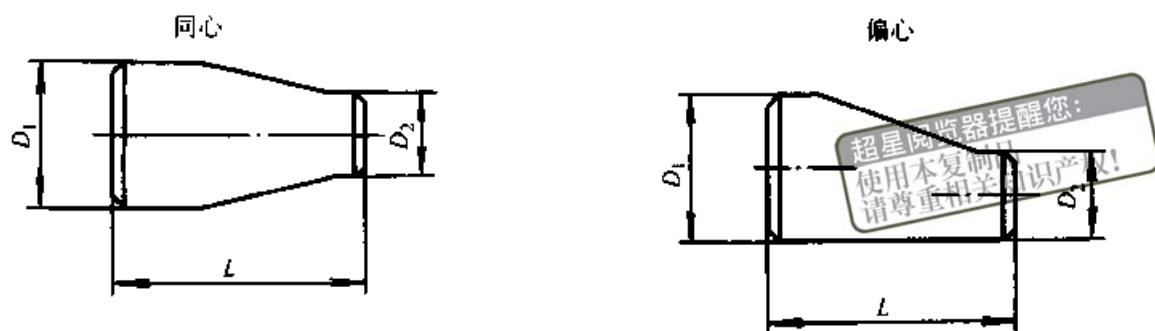


图 27.4-2 异径接头的结构型式

表 27.4-3 异径接头尺寸 (摘自 GB/T 12459—1990) (mm)

公称通径 DN	端 部 外 径				长 度 L
	D <sub>1</sub>		D <sub>2</sub>		
	A 系列	B 系列	A 系列	B 系列	
20×15	26.9	25	21.3	18	38
25×20	33.7	32	26.9	25	51
25×15	33.7	32	21.3	18	51
32×25	42.4	38	33.7	32	51
32×20	42.4	38	26.9	25	51
32×15	42.4	38	21.3	18	51
40×32	48.3	45	42.4	38	64
40×25	48.3	45	33.7	32	64
40×20	48.3	45	26.9	25	64
40×15	48.3	45	21.3	18	64
50×40	60.3	57	48.3	45	76
50×32	60.3	57	42.4	38	76
50×25	60.3	57	33.7	32	76
50×20	60.3	57	26.9	25	76
65×50	76.1 (73)	76	60.3	57	89
65×40	76.1 (73)	76	48.3	45	89
65×32	76.1 (73)	76	42.4	38	89
65×25	76.1 (73)	76	33.7	32	89
80×65	88.9	89	76.1 (73)	76	89



续表 27.4-3

公称通径 DN	端 部 外 径				长 度 L
	D <sub>1</sub>		D <sub>2</sub>		
	A 系列	B 系列	A 系列	B 系列	
80×50	88.9	89	60.3	57	89
80×40	88.9	89	48.3	45	89
80×32	88.9	89	42.4	38	89
90×80	101.6	—	88.9	—	102
90×65	101.6	—	76.1 (73)	—	102
90×50	101.6	—	60.3	—	102
90×40	101.6	—	48.3	—	102
90×32	101.6	—	42.4	—	102
100×90	114.3	—	101.6	—	102
100×80	114.3	108	88.9	89	102
100×65	114.3	108	76.1 (73)	76	102
100×50	114.3	108	60.3	57	102
100×40	114.3	108	48.3	45	102
125×100	139.7	133	114.3	108	127
125×90	139.7	—	101.6	—	127
125×80	139.7	133	88.9	89	127
125×65	139.7	133	76.1 (73)	76	127
125×50	139.7	133	60.3	57	127
150×125	168.3	159	139.7	133	140
150×100	168.3	159	114.3	108	140
150×90	168.3	—	101.6	—	140
150×80	168.3	159	88.9	89	140
150×65	168.3	159	76.1 (73)	76	140
200×150	219.1	219	168.3	159	152
200×125	219.1	219	139.7	133	152
200×100	219.1	219	114.3	108	152

续表 27.4-3

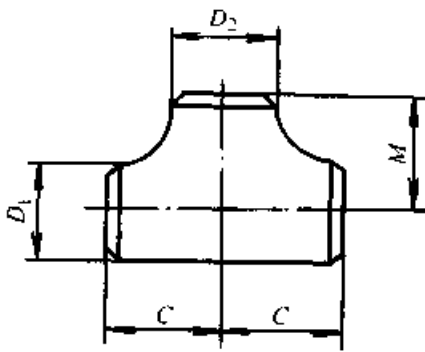
公称通径 DN	端 部 外 径				L
	D <sub>1</sub>		D <sub>2</sub>		
	A 系列	B 系列	A 系列	B 系列	
200×90	219.1	—	101.6	—	152
250×200	273.0	273	219.1	219	178
250×150	273.0	273	168.3	159	178
250×125	273.0	273	139.7	133	178
250×100	273.0	273	114.3	108	178
300×250	323.9	325	273.0	273	203
300×200	323.9	325	219.1	219	203
300×150	323.9	325	168.3	159	203
300×125	323.9	325	139.7	133	203
350×300	355.6	377	323.9	325	330
350×250	355.6	377	273.0	273	330
350×200	355.6	377	219.1	219	330
350×150	355.6	377	168.3	159	330
400×350	406.4	426	355.6	377	356
400×300	406.4	426	323.9	325	356
400×250	406.4	426	273.0	273	356
400×200	406.4	426	219.1	219	356
450×400	457.2	478	406.4	426	381
450×350	457.2	478	355.6	377	381
450×300	457.2	478	323.9	325	381
450×250	457.2	478	273.0	273	381
500×450	508.0	529	457.0	478	508
500×400	508.0	529	406.4	426	508
500×350	508.0	529	355.6	377	508
500×300	508.0	529	323.9	325	508

注：1. 尽可能不采用括号内的数值。

2. 管件端部外径有 A、B 两个系列，应优先选用 A 系列。

### 2.3 等径三通和四通

等径三通和四通的结构型式和尺寸见图 27.4-3 和表 27.4-4。



### 2.4 异径三通和四通

异径三通和四通的结构型式和尺寸见图 27.4-4 和表 27.4-5。

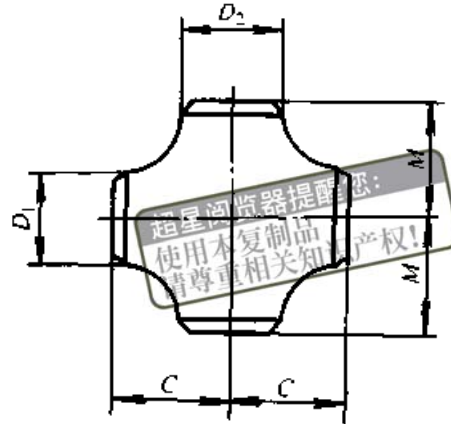


图 27.4-3 等径三通和四通的结构型式

表 27.4-4 等径三通和四通尺寸 (摘自 GB/T 12459—1990) (mm)

公称通径 DN	端 部 外 径		中 心 至 端 面 尺 寸	公称通径 DN	端 部 外 径		中 心 至 端 面 尺 寸
	$D_1, D_2$		$C, M$		$D_1, D_2$		$C, M$
	A 系列	B 系列			A 系列	B 系列	
15	21.3	18	25	125	139.7	133	124
20	26.9	25	29	150	168.3	159	143
25	33.7	32	38	200	219.1	219	178
32	42.4	38	48	250	273.0	273	216
40	48.3	45	57	300	323.9	325	254
50	60.3	57	64	350	355.6	377	279
65	76.1 (73)	76	76	400	406.4	426	305
80	88.9	89	86	450	457.0	478	343
90	101.6	—	95	500	508.0	529	381
100	114.3	108	105				

- 注：1. 尽可能不采用括号内的数值。  
2. 管件端部外径有 A、B 两个系列、优先选用 A 系列。

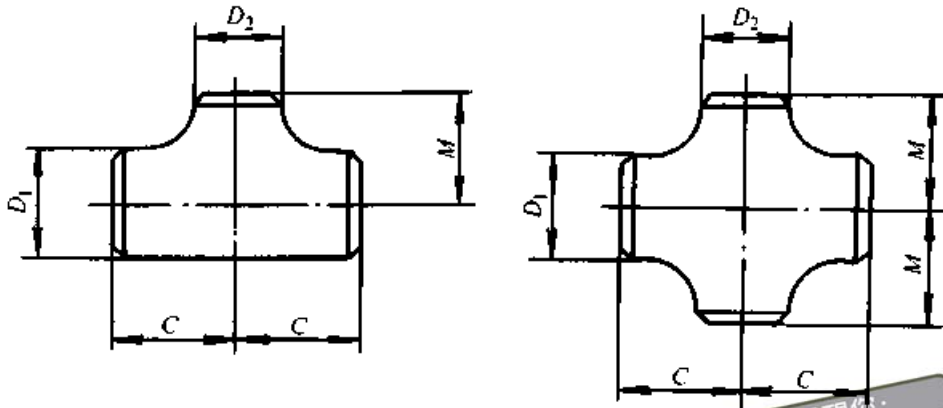


图 27.4.4 异径三通和四通的结构型式

表 27.4-5 异径三通和四通尺寸 (摘自 GB/T 12459—1990)

(mm)

公称通径 DN	端 部 外 径				中心至端面尺寸	
	$D_1$		$D_2$		C	M
	A 系列	B 系列	A 系列	B 系列		
20×20×15	26.9	25	21.3	18	29	29
25×25×20	33.7	32	26.9	25	38	38
25×25×15	33.7	32	21.3	18	38	38
32×32×25	42.4	38	33.7	32	48	48
32×32×20	42.4	38	26.9	25	48	48
32×32×15	42.4	38	21.3	18	48	48
40×40×32	48.3	45	42.4	38	57	57
40×40×25	48.3	45	33.7	32	57	57
40×40×20	48.3	45	26.9	25	57	57
40×40×15	48.3	45	21.3	18	57	57
50×50×40	60.3	57	48.3	45	64	60
50×50×32	60.3	57	42.4	38	64	57
50×50×25	60.3	57	33.7	32	64	51
50×50×20	60.3	57	26.9	25	64	44
65×65×50	76.1 (73)	76	60.3	57	76	70
65×65×40	76.1 (73)	76	48.3	45	76	67
65×65×32	76.1 (73)	76	42.4	38	76	64
65×65×25	76.1 (73)	76	33.7	32	76	57
80×80×65	88.9	89	76.1 (73)	76	86	83
80×80×50	88.9	89	60.3	57	86	76

续表 27.4-5

公称通径 DN	端 部 外 径				中心至端面尺寸	
	$D_1$		$D_2$		C	M
	A 系列	B 系列	A 系列	B 系列		
80×80×40	88.9	89	48.3	45	86	73
80×80×32	88.9	89	42.4	38	86	70
90×90×80	101.6	—	88.9	—	95	92
90×90×65	101.6	—	76.1 (73)	—	95	89
90×90×50	101.6	—	60.3	—	95	83
90×90×40	101.6	—	48.3	—	95	79
100×100×90	114.3	—	101.6	—	105	102
100×100×80	114.3	108	88.9	89	105	98
100×100×65	114.3	108	76.1 (73)	76	105	95
100×100×50	114.3	108	60.3	57	105	89
100×100×40	114.3	108	48.3	45	105	86
125×125×100	139.7	133	114.3	108	124	117
125×125×90	139.7	—	101.6	—	124	114
125×125×80	139.7	133	88.9	89	124	111
125×125×65	139.7	133	76.1 (73)	76	124	108
125×125×50	139.7	133	60.3	57	124	105
150×150×125	168.3	159	139.7	133	143	137
150×150×100	168.3	159	114.3	108	143	130
150×150×90	168.3	—	101.6	—	143	127
150×150×80	168.3	159	88.9	89	143	124
150×150×65	168.3	159	76.1 (73)	76	143	121
200×200×150	219.1	219	168.3	159	178	168
200×200×125	219.1	219	139.7	133	178	162
200×200×100	219.1	219	114.3	108	178	156
200×200×90	219.1	—	101.6	—	178	152
250×250×200	273.0	273	219.1	219	216	208
250×250×150	273.0	273	168.3	159	216	194

续表 27.4-5

公称通径 DN	端 部 外 径				中心至端面尺寸	
	$D_1$		$D_2$		C	M
	A 系列	B 系列	A 系列	B 系列		
250×250×125	273.0	273	139.7	133	216	191
250×250×100	273.0	273	114.3	108	216	184
300×300×250	323.9	325	273.0	273	254	241
300×300×200	323.9	325	219.1	219	254	229
300×300×150	323.9	325	168.3	159	254	219
300×300×125	323.9	325	139.7	133	254	216
350×350×300	355.6	377	323.9	325	279	270
350×350×250	355.6	377	273.0	273	279	257
350×350×200	355.6	377	219.1	219	279	248
350×350×150	355.6	377	168.3	159	279	238
400×400×350	406.4	426	355.6	377	305	305
400×400×300	406.4	426	323.9	325	305	295
400×400×250	406.4	426	273.0	273	305	283
400×400×200	406.4	426	219.1	219	305	273
400×400×150	406.4	426	168.3	159	305	264
450×450×400	457.2	478	406.4	426	343	330
450×450×350	457.2	478	355.6	377	343	330
450×450×300	457.2	478	323.9	325	343	321
450×450×250	457.2	478	273.0	273	343	308
450×450×200	457.2	478	219.1	219	343	298
500×500×450	508.0	529	457.2	478	381	368
500×500×400	508.0	529	406.4	426	381	356
500×500×350	508.0	529	355.6	377	381	356
500×500×300	508.0	529	323.9	325	381	346
500×500×250	508.0	529	273.0	273	381	333
500×500×200	508.0	529	219.1	219	381	324

注：1. 尽可能不采用括号内的数值。

2. 管件的端部外径有 A、B 两个系列，应优先选用 A 系列。

## 2.5 管帽

管帽的结构型式和尺寸见图 27.4-5 和表 27.4-6。

## 2.6 焊端坡口

钢制对焊无缝管件的焊端坡口结构和尺寸见图 27.4-6。

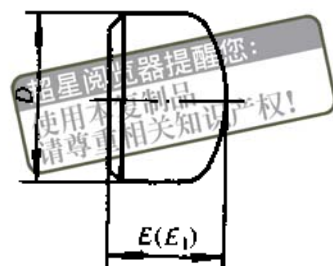


图 27.4-5 管帽结构型式

表 27.4-6 管帽尺寸 (摘自 GB/T 12459—1990) (mm)

公称通径 DN	端 部 外 径 $D$		背 面 至 端 面 尺 寸		对尺寸 $E$ 的 限制厚度
	A 系列	B 系列	$E$	$E_1$	
15	21.3	18	25	—	—
20	26.9	25	25	—	—
25	33.7	32	38	—	—
32	42.4	38	38	—	—
40	48.3	45	38	—	—
50	60.3	57	38	44	5.5
65	76.1 (73)	76	38	51	7.0
80	88.9	89	51	64	7.6
90	101.6	—	64	76	8.1
100	114.3	108	64	76	8.6
125	139.7	133	76	89	9.5
150	168.3	159	89	102	11.0
200	219.1	219	102	127	12.7
250	273.0	273	127	152	12.7
300	323.9	325	152	178	12.7
350	355.6	377	165	191	12.7
400	406.4	426	178	203	12.7
450	457.0	478	203	229	12.7
500	508.0	529	229	254	12.7

注：1. 尽可能不采用括号内的数值。

2. 管帽的头部形状为椭圆形。半椭圆部分的长度应不小于管帽内径的 1/4。

3. 当管帽的公称壁厚小于和等于限制厚度时，采用  $E$  值；当管帽的公称壁厚大于限制厚度时，采用  $E_1$  值。

4. 管件的端部外径有 A、B 两个系列，应优先选用 A 系列。

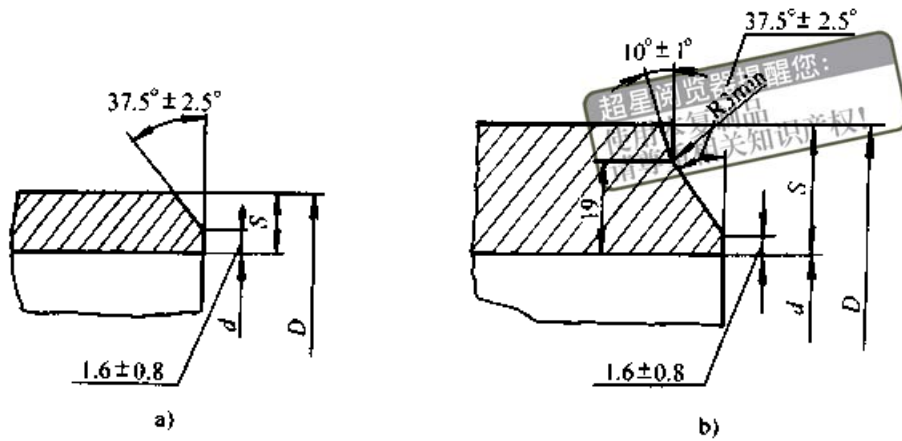


图 27.4-6 焊端坡口结构和尺寸

a)  $S \leq 22$  b)  $S > 22$ 

D—端部外径；d—端部内径；S—管件的公称壁厚

注：1. 对于公称壁厚小于 4.8 mm 的碳钢及合金钢管件和公称壁厚小于 3.2 mm 的奥氏体不锈钢管件，根据制造厂的选择，焊端坡口可加工成略有斜边或直边型式

2. 如有特殊需要，允许采用其他坡口型式，但需在合同书中加以说明

## 2.7 壁厚等级与公称壁厚

钢制对焊无缝管件的壁厚等级与公称壁厚见表 27.4-7。

## 2.8 材料

制造对焊无缝管件的原材料除管帽用钢板外，其余均为无缝钢管，其常用材料牌号及相关标准见表 27.4-8。

表 27.4-7 管件壁厚等级和公称壁厚（摘自 GB/T 12459—1990） (mm)

公称 口径 DN	外 径		公 称 壁 厚											
	A 系列	B 系列	Sch5S	Sch10S	Sch20S	Sch20	Sch30	Sch40	Sch60	Sch80	Sch100	Sch120	Sch140	Sch160
15	21.3	18	1.6	2.1	2.6	—	—	2.9	—	3.6	—	—	—	4.5
20	26.9	25	1.6	2.1	2.6	—	—	2.9	—	4.0	—	—	—	5.6
25	33.7	32	1.6	2.8	3.2	—	—	3.2	—	4.5	—	—	—	6.3
32	42.4	38	1.6	2.8	3.2	—	—	3.6	—	5.0	—	—	—	6.3
40	48.3	45	1.6	2.8	3.2	—	—	3.6	—	5.0	—	—	—	7.1
50	60.3	57	1.6	2.8	3.6	3.2	—	4.0	—	5.6	—	—	—	8.8
65	76.1(73)	76	2.0	3.0	3.6	4.5	—	5.0	—	7.1	—	—	—	10.0
80	88.9	89	2.0	3.0	4.0	4.5	—	5.6	—	8.0	—	—	—	11.0
90	101.6	—	2.0	3.0	4.0	4.5	—	5.6	—	8.0	—	—	—	12.5
100	114.3	108	2.0	3.0	4.0	5.0	—	5.9	—	8.8	—	11.0	—	14.2
125	139.7	133	2.9	3.4	5.0	5.0	—	6.3	—	10.0	—	12.5	—	16.0



续表 27.4-7

公称 口径 DN	外 径		公 称 壁 厚											
	A 系列	B 系列	Sch5S	Sch10S	Sch20S	Sch20	Sch30	Sch40	Sch60	Sch80	Sch100	Sch120	Sch140	Sch160
150	168.3	159	2.9	3.4	5.0	5.6	—	7.1	—	11.0	—	14.2	—	17.5
200	219.1	219	2.9	4.0	6.3	6.3	7.1	8.0	10.0	12.5	16.0	17.5	20.0	22.2
250	273.0	273	3.6	4.0	6.3	6.3	8.0	8.8	12.5	16.0	17.5	22.2	25.0	28.0
300	323.9	325	4.0	4.5	6.3	6.3	8.8	10.0	14.2	17.5	22.2	25.0	28.0	32.0
350	355.6	377	4.0	5.0	—	8.0	10.0	11.0	16.0	20.0	25.8	28.0	32.0	36.0
400	406.4	426	4.0	5.0	—	8.0	10.0	12.5	17.5	22.2	28.0	30.0	36.0	40.0
450	457.0	478	4.0	5.0	—	8.0	11.0	14.2	20.0	25.0	30.0	36.0	40.0	45.0
500	508.0	529	5.0	5.6	—	10.0	12.5	16.0	20.0	28.0	32.0	40.0	45.0	50.0

注：Sch5S、Sch10S 和 Sch20S 为不锈钢管件用壁厚等级。

表 27.4-8 管件常用材料

钢 管		钢 板	
材料牌号	标准号	材料牌号	标准号
10、20、Q345	GB 3087 GB/T 8163 GB 6479	Q235	GB/T 3274, GB/T 912
		20R、Q345R	GB 6654
12CrMo、15CrMo、 1Cr5Mo 12Cr1MoV	GB 6479 GB 5310 GB/T 8163 GB/T3077	20g	GB 713
		12CrMo、15CrMo 12Cr1MoV	GB/T 3077
0Cr19Ni9、1Cr18Ni9、 1Cr18Ni9Ti	GB/T 1220	0Cr19Ni9、1Cr18Ni9 1Cr18Ni9Ti	GB/T 3280 GB/T 4237

### 3 锻钢制承插焊管件

锻钢制承插焊管件按计算其压力额定值的基础管子分为 Sch80 和 Sch160 两个等级。根据配接管子外径 (A、B 两个系列) 的不同选择, 管件中相关尺寸 (承口内径  $d_1$  和流通孔直径  $d_2$ ) 也分别规定了 A、B 两个系列, 推荐优先选用 A

系列。当选用 B 系列时, 管件的外形尺寸允许采用相同口径和等级的 A 系列管件的外形尺寸。

#### 3.1 45°和 90°弯头、三通和四通

45°和 90°弯头、三通和四通的型式和尺寸见图 27.4-7 和表 27.4-9。

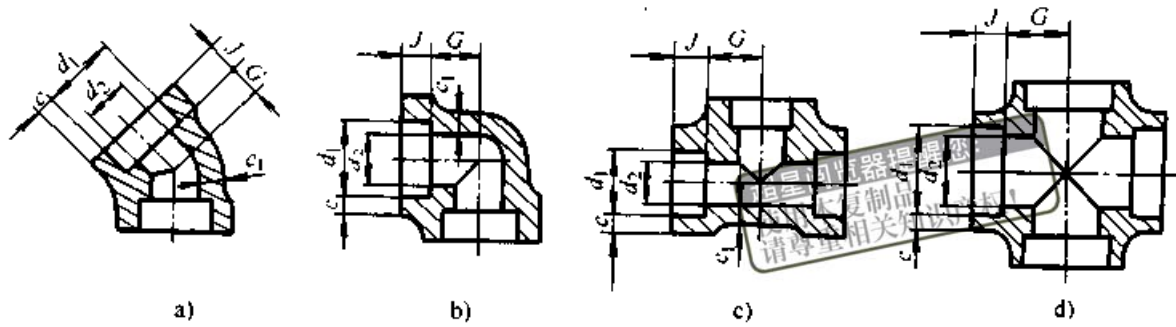


图 27.4-7 45°弯头、90°弯头、三通和四通的结构型式

a) 45°弯头 b) 90°弯头 c) 三通 d) 四通

表 27.4-9 45°弯头、90°弯头、三通和四通尺寸 (摘自 GB/T 14383—1993) (mm)

公称直径 DN	中心至承口底			
	45°弯头 G		90°弯头, 三通、四通 G	
	Sch80	Sch160	Sch80	Sch160
15	11	13	16	19
20	13	14	19	22
25	14	18	22	27
32	18	21	27	32
40	21	25	32	38
50	25	29	38	41
65	29	32	41	57
80	32	35	57	64

注: 承口处尺寸  $d_1$ 、 $d_2$ 、 $c$ 、 $c_1$ 、 $J$  按表 27.4-20 的规定。

### 3.2 45°斜三通、双承口和单承口管箍和管帽

45°斜三通、双承口和单承口管箍和管帽的结构型式和尺寸见图 27.4-8 和表 27.4-10。

### 3.3 异径三通、四通、45°斜三通及双承口管箍

异径三通、四通、45°斜三通及双承口管箍的结构型式和尺寸见图 27.4-9 和表 27.4-11。

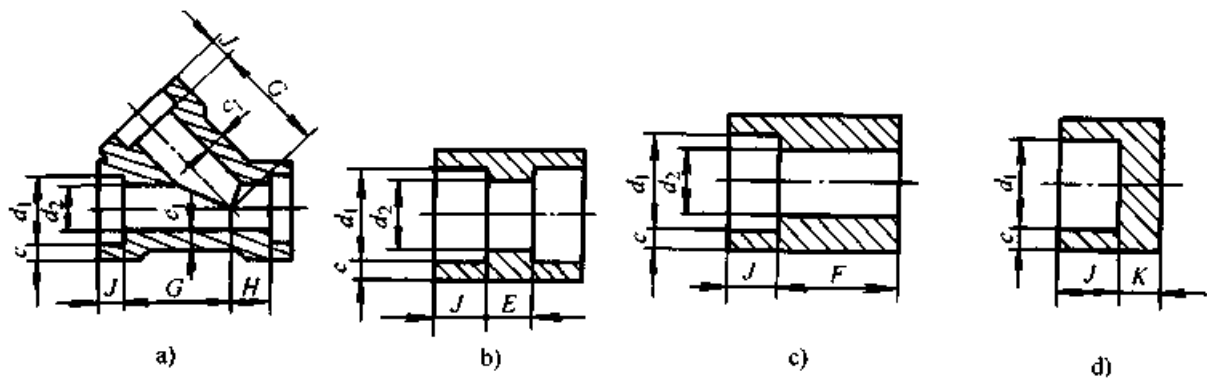


图 27.4-8 45°斜三通、双承口管箍、单承口管箍和管帽的结构型式

a) 45°斜三通 b) 双承口管箍 c) 单承口管箍 d) 管帽

表 27.4-10 45°斜三通、双承口管箍、单承口管箍和管帽尺寸

(摘自 GB/T 14383—1993)

(mm)

公称通径 DN	中心至承口底				承口底间距	承口底至端面	管帽厚度 K (min)	
	45°斜三通 G		45°斜三通 H		双承口管箍 E	单承口管箍 F	Sch80	Sch160
	Sch80	Sch160	Sch80	Sch160				
15	41	51	11	13	10	22.5	6.5	7.5
20	51	60	13	14	10	23.5	7.0	9.0
25	60	71	14	18	13	29.0	8.5	11.0
32	71	81	18	21	13	30.0	10.0	12.0
40	81	98	21	25	13	32.0	11.0	13.5
50	98	120	25	29	19	41.0	12.5	16.5
65	—	—	—	—	19	42.5	15.5	19.5
80	—	—	—	—	19	44.5	17.5	23.0

注：承口处尺寸  $d_1$ 、 $d_2$ 、 $c$ 、 $c_1$ 、 $J$  按表 27.4-20 的规定。

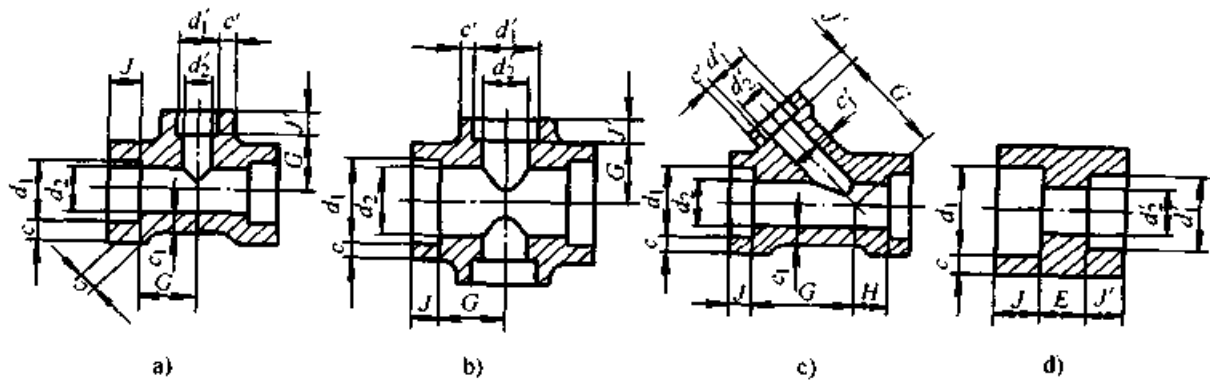


图 27.4-9 异径三通、四通、45°斜三通和双承口管箍的结构型式  
a) 异径三通 b) 异径四通 c) 异径 45°斜三通 d) 异径双承口管箍

表 27.4-11 异径三通、四通、45°斜三通及双承口管箍尺寸

(摘自 GB/T 14383—1993)

(mm)

公称通径 DN	中心至承口底						承口底间距
	三通、四通 G		45°斜三通				双承口管箍 E
	Sch80	Sch160	G		H		
Sch80			Sch160	Sch80	Sch160		
20×15	19	22	51	60	13	14	10
25×20	22	27	60	71	14	18	13
25×15	22	27	60	71	14	18	13
32×25	27	32	71	81	18	21	13
32×20	27	32	71	81	18	21	13

续表 27.4-11

公称 口径 DN	中心至承口底						承口底间距
	三通、四通		45°斜三通				
	G		G		H		双承口管箍 E
Sch80	Sch160	Sch80	Sch160	Sch80	Sch160	E	
32 × 15	27	32	71	81	18	21	13
40 × 32	32	38	81	98	21	25	13
40 × 25	32	38	81	98	21	25	13
40 × 20	32	38	81	98	21	25	13
50 × 40	38	41	98	120	25	29	19
50 × 32	38	41	98	120	25	29	19
50 × 25	38	41	98	120	25	29	19
65 × 50	41	57	—	—	—	—	19
65 × 40	41	57	—	—	—	—	19
65 × 32	41	57	—	—	—	—	19
80 × 65	57	64	—	—	—	—	19
80 × 50	57	64	—	—	—	—	19
80 × 40	57	64	—	—	—	—	19

注：1. 承口处尺寸  $d_1$ 、 $d_2$ 、 $e$ 、 $e_1$ 、 $J$ 、 $d'_1$ 、 $d'_2$ 、 $e'$ 、 $e'_1$ 、 $J'$ ，根据对应承口公称口径从表 29.4-12 中取对应值。

2. 异径双承口管箍的流通孔直径尺寸  $d'_2$  按小口径端的公称口径取值。

### 3.4 承口部的结构与尺寸

1) 管件承口部的结构和尺寸见图 27.4-10 和表 27.4-12。

2) 同一管件的各承口处尺寸应同为 A 系列或 B 系列。但在供需双方协商同意的条件下，允许一个管件同时含有两个系列的承口尺寸，但需做专门标记和标志。

### 3.5 焊接要求

承插焊管件和管子的焊接要求见图 27.4-11。

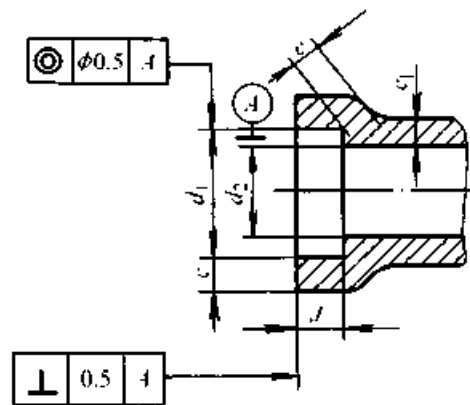


图 27.4-10 管件承口结构

表 27.4-12 管件承口处的结构尺寸 (摘自 GB/T 14383—1993) (mm)

公称 口径 DN	接管外径		承口内径 $d_1(d'_1)$		承口 深度 $J(J')$ (mm)	流通孔直径 $d_2(d'_2)$				承口壁厚 $c(c')$ (mm)		管体壁厚 $c_1(c'_1)$ (mm)	
						Sch80		Sch160		Sch80	Sch160	Sch80	Sch160
	A 系列	B 系列	A 系列	B 系列		A 系列	B 系列	A 系列	B 系列				
15	21.3	18	21.8	18.5	10	14.1	10.8	12.3	9.0	4.5	5.6	4.0	5.0
20	26.9	25	27.4	25.5	13	18.9	17.0	15.7	13.8	5.0	7.0	4.4	6.2
25	33.7	32	34.2	32.5	13	24.7	23.0	21.1	19.4	5.6	7.9	5.0	6.9
32	42.4	38	42.9	38.5	13	32.4	28.0	29.8	25.4	6.3	7.9	5.5	6.9
40	48.3	45	48.8	45.5	13	38.3	35.0	34.1	30.9	6.3	8.9	5.5	7.8
50	60.3	57	61.1	57.8	16	49.1	45.8	42.7	39.4	7.0	11.0	6.2	9.7
65	76.1	76	76.9	76.8	16	61.9	61.8	56.1	56.0	8.9	12.5	7.8	11.0
80	88.9	89	89.8	89.9	16	72.9	73.0	66.9	67.0	10.0	13.8	8.8	12.1

注： $d'_1$ 、 $d'_2$ 、 $J'$ 、 $c'$ 、 $c'_1$ 为异径管件的相应尺寸。

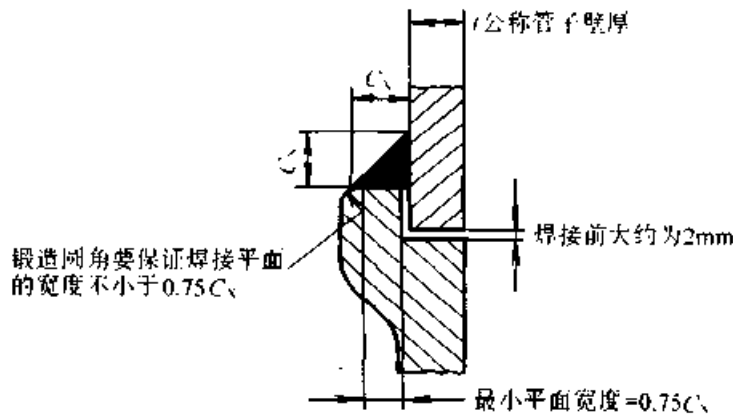


图 27.4-11 管件的焊接安装  
 $C_s(\text{min}) = 1.09t$  但不得小于 3 mm

### 3.6 材料

管件的材料及应符合的标准见表 27.4-13。

表 27.4-13 材料牌号及标准 (摘自 GB/T 14383—1993)

材料牌号	标准号	材料牌号	标准号
20	GB/T 699	1Cr5Mo	GB/T 1221
Q345	GB/T 1591		
12CrMo	GB/T 3077	0Cr19Ni9	GB/T 1220
15CrMo		1Cr18Ni9	
12Cr1MoV		0Cr18Ni11Ti	

## 附 录

HG 20592—1997	钢制管法兰型式、参数 (欧洲体系)	HG 20614—1997	钢制管法兰垫片、紧固件选配规定 (欧洲体系)
HG 20593—1997	板式平焊钢制管法兰 (欧洲体系)	HG 20615—1997	钢制管法兰型式、参数 (美洲体系)
HG 20594—1997	带颈平焊钢制管法兰 (欧洲体系)	HG 20616—1997	带颈平焊钢制管法兰 (美洲体系)
HG 20595—1997	带颈对焊钢制管法兰 (欧洲体系)	HG 20617—1997	带颈对焊钢制管法兰 (美洲体系)
HG 20596—1997	整体钢制管法兰 (欧洲体系)	HG 20618—1997	整体钢制管法兰 (美洲体系)
HG 20597—1997	承插焊钢制管法兰 (欧洲体系)	HG 20619—1997	承插焊钢制管法兰 (美洲体系)
HG 20598—1997	螺纹钢制管法兰 (欧洲体系)	HG 20620—1997	螺纹钢制管法兰 (美洲体系)
HG 20599—1997	对焊环松套钢制管法兰 (欧洲体系)	HG 20621—1997	对焊环松套钢制管法兰 (美洲体系)
HG 20600—1997	平焊环松套钢制管法兰 (欧洲体系)	HG 20622—1997	钢制管法兰盖 (美洲体系)
HG 20601—1997	钢制管法兰盖 (欧洲体系)	HG 20623—1997	大直径钢制管法兰 (美洲体系)
HG 20602—1997	不锈钢衬里法兰盖 (欧洲体系)	HG 20624—1997	钢制管法兰技术条件 (美洲体系)
HG 20603—1997	钢制管法兰技术条件 (欧洲体系)	HG 20625—1997	钢制管法兰压力-温度等级 (美洲体系)
HG 20604—1997	钢制管法兰压力-温度等级 (欧洲体系)	HG 20626—1997	钢制管法兰焊接接头和坡口尺寸 (美洲体系)
HG 20605—1997	钢制管法兰焊接接头和坡口尺寸 (欧洲体系)	HG 20627—1997	钢制管法兰用非金属平垫片 (美洲体系)
HG 20606—1997	钢制管法兰用非金属平垫片 (欧洲体系)	HG 20628—1997	钢制管法兰用聚四氟乙烯包覆垫片 (美洲体系)
HG 20607—1997	钢制管法兰用聚四氟乙烯包覆垫片 (欧洲体系)	HG 20629—1997	钢制管法兰用柔性石墨复合垫片 (美洲体系)
HG 20608—1997	钢制管法兰用柔性石墨复合垫片 (欧洲体系)	HG 20630—1997	钢制管法兰用金属包覆垫片 (美洲体系)
HG 20609—1997	钢制管法兰用金属包覆垫片 (欧洲体系)	HG 20631—1997	钢制管法兰用缠绕式垫片 (美洲体系)
HG 20610—1997	钢制管法兰用缠绕式垫片 (欧洲体系)	HG 20632—1997	钢制管法兰用齿形组合垫 (美洲体系)
HG 20611—1997	钢制管法兰用齿形组合垫 (欧洲体系)	HG 20633—1997	钢制管法兰用金属环垫 (美洲体系)
HG 20612—1997	钢制管法兰用金属环垫 (欧洲体系)	HG 20634—1997	钢制管法兰用紧固件 (美洲体系)
HG 20613—1997	钢制管法兰用紧固件 (欧洲体系)	HG 20635—1997	钢制管法兰、垫片、紧固件选配规定 (美洲体系)

- GB/T 9112—2000 钢制管法兰 类型与参数
- GB/T 9113.1—2000 平面、突面整体钢制管法兰
- GB/T 9113.2—2000 凹凸面整体钢制管法兰
- GB/T 9113.3—2000 榫槽面整体钢制管法兰
- GB/T 9113.4—2000 环连接面整体钢制管法兰
- GB/T 9114—2000 突面带颈螺纹钢制管法兰
- GB/T 9115.1—2000 平面、突面对焊钢制管法兰
- GB/T 9115.2—2000 凹凸面对焊钢制管法兰
- GB/T 9115.3—2000 榫槽面对焊钢制管法兰
- GB/T 9115.4—2000 环连接面对焊钢制管法兰
- GB/T 9116.1—2000 平面、突面带颈平焊钢制管法兰
- GB/T 9116.2—2000 凹凸面带颈平焊钢制管法兰
- GB/T 9116.3—2000 榫槽面带颈平焊钢制管法兰
- GB/T 9116.4—2000 环连接面带颈平焊钢制管法兰
- GB/T 9117.1—2000 突面带颈承插焊钢制管法兰
- GB/T 9117.2—2000 凹凸面带颈承插焊钢制管法兰
- GB/T 9117.3—2000 榫槽面带颈承插焊钢制管法兰
- GB/T 9117.4—2000 环连接面带颈承插焊钢制管法兰
- GB/T 9118.1—2000 突面对焊环带颈松套钢制管法兰
- GB/T 9118.2—2000 环连接面对焊环带颈松套钢制管法兰
- GB/T 9119—2000 平面、突面板式平焊钢制管法兰
- GB/T 9120.1—2000 突面对焊环板式松套钢制管法兰
- GB/T 9120.2—2000 凹凸面对焊环板式松套钢制管法兰
- GB/T 9120.3—2000 榫槽面对焊环板式松套钢制管法兰
- GB/T 9121.1—2000 突面平焊环板式松套钢制管法兰
- GB/T 9121.2—2000 凹凸面平焊环板式松套钢制管法兰
- GB/T 9121.3—2000 榫槽面平焊环板式松套钢制管法兰
- GB/T 9122—2000 翻边环板式松套钢制管法兰
- GB/T 9123.1—2000 平面、突面钢制管法兰盖
- GB/T 9123.2—2000 凹凸面钢制管法兰盖
- GB/T 9123.3—2000 榫槽面钢制管法兰盖
- GB/T 9123.4—2000 环连接面钢制管法兰盖
- GB/T 9124—2000 钢制管法兰 技术条件
- GB/T 12459—1990 钢制对焊无缝管件
- GB/T 13401—1992 钢板制对焊管件
- GB/T 14383—1990 锻钢制承插焊管件
- GB/T 14626—1990 锻钢制螺纹管件
- GB/T 17185—1997 钢制法兰管件
- GB/T 17116.1—1997 管道支吊架 第1部分：技术规范
- GB/T 17116.2—1997 管道支吊架 第2部分：管道连接部件
- GB/T 17116.3—1997 管道支吊架 第3部分：中间连接件和建筑结构连接件
- GB/T 13402—1992 大直径碳钢管法兰
- GB/T 13403—1992 大直径碳钢管法兰用垫片
- GB/T 15530.1—1995 铜合金整体铸造法兰
- GB/T 15530.2—1995 铜合金对焊法兰
- GB/T 15530.3—1995 铜合金板式平焊法兰
- GB/T 15530.4—1995 铜合金带颈平焊法兰
- GB/T 15530.5—1995 铜合金平焊环松套板式钢法兰
- GB/T 15530.6—1995 铜合金对焊环松套板式钢法兰
- GB/T 15530.7—1995 铜合金法兰盖
- GB/T 15530.8—1995 铜合金及复合法兰 技术条件
- GB/T 14382—1993 管道用三通过滤器

超星阅读器提醒您：  
使用本复制品  
请尊重相关知识产权！



中国机械设计大典  
CHINA MECHANICAL DESIGN CANON

第

28

篇

超星浏览器提醒您：  
使用本复制品  
请尊重相关知识产权！

## 起重和搬运零件

主 编 黄万吉

编 写 黄万吉

审 稿 高克强



中国机械工程学会  
中国机械设计大典编委会

超星浏览器提醒您：  
使用本复制品  
请尊重相关知识产权！

# 第 1 章 起重机零件

## 1 钢丝绳

### 1.2 钢丝绳的选择

#### 1.1 钢丝绳的分类 (见表 28.1-1)

(1) 钢丝绳类型的选择

根据钢丝绳的主要用途选择钢丝绳类型, 钢丝绳的主要用途见表 28.1-2。

表 28.1-1 钢丝绳的分类 (摘自 GB/T 8918—1996)

组别	类别	分类原则	典型结构		直径范围/ mm
			钢丝绳	股绳	
1	6×7	6 个圆股, 每股外层丝可到 7 根, 中心丝 (或无) 外捻制 1~2 层钢丝, 钢丝等捻距	6×7	(6+1)	2~36
			6×9W	(3/3+3)	14~36
2	6×19 (a)	6 个圆股, 每股外层丝 8~12 根, 中心丝外捻制 2~3 层钢丝, 钢丝等捻距	6×19S	(9+9+1)	6~36
			6×19W	(6/6+6+1)	6~40
			6×25Fi	(12+6F+6+1)	14~44
6×26SW			(10+5/5+5+1)	13~40	
	6×31SW	(12+6/6+6+1)	12~46		
	6×19 (b)	6 个圆股, 每股外层丝 12 根, 中心丝外捻制 2 层钢丝	6×19	(12+6+1)	3~46
3	6×37 (a)	6 个圆股, 每股外层丝 14~18 根, 中心丝外捻制 3~4 层钢丝, 钢丝等捻距	6×29Fi	(14+7F+7+1)	10~44
			6×36SW	(14+7/7+7+1)	12~60
			6×37S	(15+15+6+1)	10~60
			6×41SW (点线接触)	(16+8/8+8+1)	32~60
			6×49SWS	(16+8/8+8+8+1)	36~60
			6×55SWS	(18+9/9+9+9+1)	36~64
	6×37 (b)	6 个圆股, 每股外层丝 18 根, 中心丝外捻制 3 层钢丝	6×37	(18+12+6+1)	5~66
4	8×19	8 个圆股, 每股外层丝 8~12 根, 中心丝外捻制 2~3 层钢丝, 钢丝等捻距	8×19S	(9+9+1)	11~44
			8×19W	(6/6+6+1)	10~48
			8×25Fi	(12+6F+6+1)	18~52
			8×26SW	(10+5/5+5+1)	16~48
			8×31SW	(12+6/6+6+1)	14~56
5	8×37	8 个圆股, 每股外层丝 14~18 根, 中心丝外捻制 3~4 层钢丝, 钢丝等捻距	8×36SW	(14+7/7+7+1)	14~60
			8×41SW	(16+8/8+8+1)	40~56
			8×49SWS	(16+8/8+8+8+1)	44~64
			8×55SWS	(18+9/9+9+9+1)	44~64
6	17×7	钢丝绳中有 17 或 18 个圆股, 在纤维芯或钢芯外捻制 2 层股	17×7	(6+1)	6~44
			18×7	(6+1)	6~44
			18×19W	(6/6+6+1)	14~44
			18×19S	(9+9+1)	14~44
			18×19	(12+6+1)	10~44

续表 28.1-1

组别	类别		分类原则	典型结构		直径范围 mm
				钢丝绳	股绳	
7	圆股钢丝绳	34×7	钢丝绳中有 34 或 36 个圆股、 在纤维芯或钢芯外捻制 3 层股	34×7 36×7	(6+1) (6+1)	16~44 16~44
8		6×24	6 个圆股、每股外层丝 12~16 根、股纤维芯外捻制 2 层钢丝	6×24 6×24S 6×24W	(15+9+FC) (12+12+FC) (8/8+8+FC)	8~40 10~44 10~44
9	异型股钢丝绳	6V×7	6 个三角形股、每股外层丝 7~ 9 根、三角形股芯外捻制 1 层钢丝	6V×18	(9+3+2+3/)	20~36
10		6V×19	6 个三角形股、每股外层丝 10~14 根、三角形股芯或纤维芯 外捻制 2 层钢丝	6V×21 6V×30 6V×33	(12+9+FC) (12+12+6) (12+12+3/2+3/)	11~36 20~38 28~44
11		6V×37	6 个三角形股、每股外层丝 15~18 根、三角形股芯外捻制 2 层钢丝	6V×36 6V×37S 6V×43	(15+12+3/2+3/) (15+12+1/7+3/) (18+15+1/7+3/)	32~52 32~52 52~58
12		4V×39	4 个三角形股、每股外层丝 15~ 18 根、纤维股芯外捻制 3 层钢丝	4V×39S 4V×48S	(15+15+9+FC) (18+18+12+FC)	8~36 20~40
13	扁钢丝绳	6Q×19+ 6V×21	钢丝绳中有 12~14 个股、在 6 个三角形股外、捻制 6~8 个椭圆 股	6Q×19+6V×21	外股 (14+5) 内股 (12+9+FC)	40~52
				6Q×33+6V×21	外股 (15+13+5) 内股 (12+9+FC)	40~60
14	扁钢丝绳		扁钢丝绳中有 6 个或 8 个左交 互捻和右交互捻的子绳交替排列	P6×4×7 P8×4×7 P8×4×9 P8×4×19	(6+1) (6+1) (9+FC) (12+6+1)	见表 28.1-23~26

注：1、2 组和 3 组内推荐选用 a 类钢丝绳。

2、8 组、12 组及异型股钢丝绳中 6V×21 结构仅为纤维绳芯，其余组别的钢丝绳（扁钢丝绳除外），可由需方指定纤维芯或钢芯。

3、三角形股芯的结构可以互相代替，或改用其他结构的三角形股芯，但应在订货合同中注明。

表 28.1-2 钢丝绳的主要用途推荐表（摘自 GB/T 8918--1996）

用途	名称	结构	备注
立井提升	三角股钢丝绳	6V×37S 6V×36 6V×33 6V×30 6V×43 6V×21	
	线接触钢丝绳	6×19S 6×19W 6×25Fi 6×29Fi 6×26SW 6×31SW 6×36SW 6×41SW	推荐同向捻
	多层股钢丝绳	18×7 17×7 6Q×19+6V×21 6Q×33+6V×21	用于钢丝绳罐道 的立井
开凿立井提升 (建井用)	多层股钢丝绳及 异型股钢丝绳	6Q×33+6V×21 17×7 18×7 34×7 36×7 6Q×19+6V×21 4V×39S 4V×48S	
立井平衡绳	扁钢丝绳	6×4×7 8×4×7 8×4×9 8×4×19	
	钢丝绳	6×37 6×37S 6×36SW 及 4V×39S 4V×48S	仅适用于交互捻
	多层股钢丝绳	17×7 18×7 34×7 36×7	仅适用于交互捻

续表 28.1-2

用途	名称	结构	备注	
斜井卷扬 (绞车)	三角股钢丝绳	6V×18		
	钢丝绳	6T×7 见面接触钢丝绳标准 GB/T 16269—1996 6×7 6×9W	推荐同向捻	
高炉卷扬	三角股钢丝绳	6V×37S 6V×36 6V×30 6V×33 6V×43		
	线接触钢丝绳	6×19S 6×25Fi 6×29Fi 6×26SW 6×31SW 6×36SW 6×41SW		
立井罐道及 索道承重	密封钢丝绳	见密封钢丝绳标准 GB/T 352—1988		
	三角股钢丝绳	6V×18		
	多层股钢丝绳	18×7 17×7	推荐同向捻	
露天斜坡卷扬	钢丝绳	6×7	推荐同向捻	
	三角股钢丝绳	6V×37S 6V×36 6V×30 6V×33 6V×43		
	线接触钢丝绳	6×36SW 6×37S 6×41SW 6×49SWS 6×55SWS	推荐同向捻	
石油钻井	线接触钢丝绳	6×19S 6×19W 6×25Fi 6×29Fi 6×26SW 6×31SW 6×36SW	也可采用钢芯	
皮带运输机及 索道牵引、缆车	线接触钢丝绳	6×19S 6×19W 6×25Fi 6×29Fi 6×26SW 6×31SW 6×36SW 6×41SW	推荐同向捻	
挖掘机 (电铲卷扬)	线接触钢丝绳 及三角股钢丝绳	6×19S+1WR 6×25Fi+1WR 6×19W+ 1WR 6×29Fi+1WR 6×26SW+1WR 6× 31SW+1WR 6×36SW+1WR 6×55SWS+ 1WR 6×49SWS+1WR 6V×30 6V×33 6V ×36 6V×37S 6V×43	推荐同向捻	
起重 机	大型浇铸 吊 车	三角股钢丝绳	6V×37S 6V×36 6V×43	1) 指同规格左捻 与右捻绳可成对使 用的条件下。 2) 受热大时, 也 可选择加 7×7 金属 绳芯者
		线接触钢丝绳	6×19S+1WR 6×19W+1WR 6×25Fi+1WR 6×36SW+1WR 6×41SW+1WR	
	港口装卸 和建筑用 塔式起重机	多层股钢丝绳	18×19 18×19S 18×19W 34×7 36×7	
		四股扇形股 钢 丝 绳	4V×39S 4V×48S	
起重 机	其他用途	线接触钢丝绳	6×19S 6×19W 6×25Fi 6×29Fi 6×26SW 6×31SW 6×36SW 6×37S 6×41SW 6×49SWS 6×55SWS 8×19S 8×19W 8×25Fi 8×26SW 8×31SW 8×36SW 8×41SW 8×49SWS 8×55SWS	

用途	名称	结构	备注
起重机	点接触钢丝绳	6×19 6×37	
	四股扇形股钢丝绳	4V×39S 4V×48S	
热移钢机(轧钢厂推钢台)	线接触钢丝绳	6×19S+1WR 6×19W+1WR 6×25Fi+1WR 6×29Fi+1WR 6×31SW+1WR 6×37S+1WR 6×36SW+1WR	
	点接触钢丝绳	6×19+1WR	
船舶装卸	线接触钢丝绳	6×24S 6×24W 6×19S 6×19W 6×25Fi 6×29Fi 6×31SW 6×36SW 6×37S	镀锌
	点接触钢丝绳	6×19 6×37	镀锌
拖船、货网浮运木材	钢丝绳	6×24 6×24S 6×24W 6×37 6×31SW 6×36SW 6×37S	镀锌
船舶张拉桅杆及吊桥	钢丝绳	6×7+1WS 6×19+1WS 6×19S+1WR	镀锌
打捞沉船	钢丝绳	6×37 6×37S 6×36SW 6×41SW 6×49SWS 6×31SW 8×19S 8×19W 8×31SW 8×36SW 8×41SW 8×49SWS	镀锌
渔业拖网	钢丝绳	6×24 6×24S 6×24W 6×19 6×19S 6×19W 6×31SW 6×36SW 6×37 6×37S	镀锌
捆绑	钢丝绳	6×24 6×24S 6×24W	

超星阅读器提醒您：请使用本复制品，请尊重相关知识产权！

注：1. 腐蚀是主要报废原因时，应采用镀锌钢丝绳；  
2. 钢丝绳工作时，终端不能自由旋转，或虽有反拨力，但不能相互纠合在一起的工作场合。

(2) 起重机钢丝绳直径的选择 (GB/T 3811—1983)

按钢丝绳所在机构工作级别有关的安全系数来选择钢丝绳直径。所选择钢丝绳的最小破断拉力  $F_0$  应满足式 (28.1-1)。

$$F_0 \geq n F_{max} \quad (28.1-1)$$

式中  $F_0$  ——钢丝绳的最小破断拉力 (kN)，

见表 28.1-5~表 28.1-26；  
 $n$  ——钢丝绳的最小安全系数，见表 28.1-3；  
 $F_{max}$  ——钢丝绳最大静拉力 (kN)。

(3) 机构工作级别 (见表 28.1-4)  
1.3 钢丝绳规格(见表 28.1-5~表 28.1-26)

表 28.1-3 钢丝绳的最小安全系数

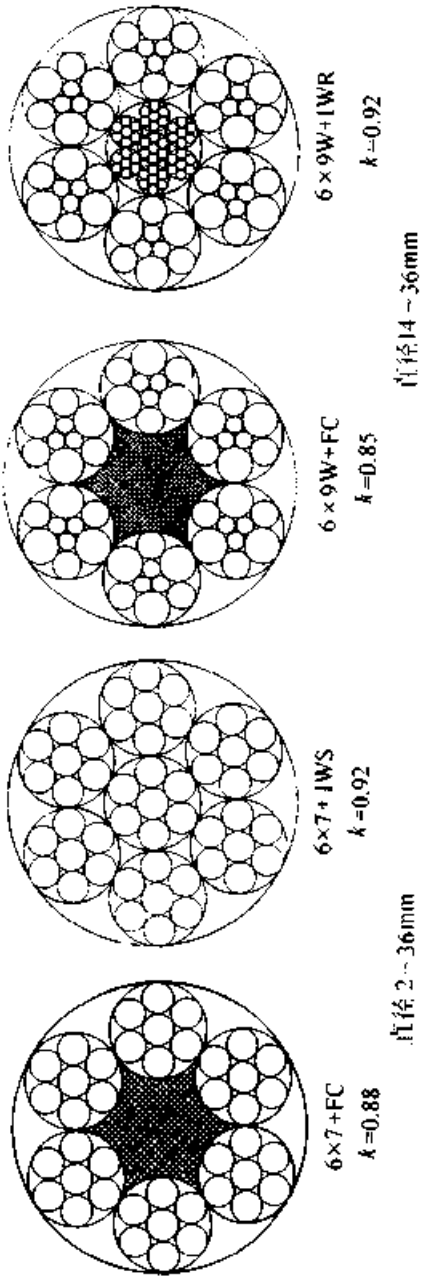
机构工作级别	M1~M3	M4	M5	M6	M7	M8
最小安全系数 $n$	4	4.5	5	6	7	9

注：1. 对于搬运危险物品的起重用钢丝绳，一般应比设计工作级别高一级的级别选择表中的  $n$  值。对起升机构级别为 M7、M8 的某些冶金起重机，在保证一定寿命前提下，允许按低的工作级别选择，但最小安全系数不得小于 6。  
2. 对缆索起重机的起升绳和牵引绳可作类似处理，但起升绳安全系数不低于 5，牵引绳的最小安全系数不得小于 4。  
3. 臂架伸缩用钢丝绳，安全系数不得小于 4。

表 28.1-4 机构工作级别 (摘自 GB/T 3811—1983)

起 重 机 型 式	整 机 工 作 类 型	机 构																	
		主 起 升 机 构			副 起 升 机 构			小 车 运 行 机 构			大 车 运 行 机 构			旋 转 机 构		变 幅 机 构			
		利 用 级 别	载 荷 情 况	工 作 类 型	利 用 级 别	载 荷 情 况	工 作 类 型	利 用 级 别	载 荷 情 况	工 作 类 型	利 用 级 别	载 荷 情 况	工 作 类 型	利 用 级 别	载 荷 情 况	工 作 类 型	利 用 级 别	载 荷 情 况	工 作 类 型
桥 式 起 重 机	安 装 检 修 用	T <sub>3</sub>	L1, L2 M2, M3	M2, M3	T <sub>3</sub>	L1, L2 M2, M3	T <sub>3</sub>	L1, L2 M2, M3	T <sub>3</sub>	L1, L2 M2, M3	M2, M3	T <sub>3</sub>	L2	M3					
	一 般 车 间 仓 库 用	T <sub>4</sub> , T <sub>5</sub>	L1, L2 M3~M5	M3~M5	T <sub>4</sub> , T <sub>5</sub>	L1, L2 M3~M5	T <sub>4</sub> , T <sub>5</sub>	L1, L2 M3~M5	T <sub>4</sub> , T <sub>5</sub>	L1, L2 M3~M5	M3~M5	T <sub>4</sub> , T <sub>5</sub>	L2, L3	M4, M5					
	繁 重 工 作 的 车 间 仓 库 用	T <sub>6</sub> , T <sub>7</sub>	L2, L3 M5~M8	M3	T <sub>5</sub>	L3	M6	T <sub>6</sub>	L3	M7									
龙 门 起 重 机	间 断 装 卸 用	T <sub>5</sub> , T <sub>7</sub>	L3	M5~M8				T <sub>5</sub> ~T <sub>7</sub>	L3	M6~M8	T <sub>5</sub> , T <sub>6</sub>	L3	M6, M7						
	连 续 装 卸 用	T <sub>7</sub> , T <sub>8</sub>	L3	M7~M8				T <sub>5</sub> ~T <sub>7</sub>	L3	M6~M8	T <sub>6</sub>	L3	M7						
装 卸 桥	吊 钩 式	T <sub>5</sub>	L2, L3 M5, M6	M5, M6	T <sub>5</sub>	L2, L3 M5, M6	T <sub>5</sub>	L3	M5, M6	T <sub>6</sub>	L3	M5, M6							
	抓 斗 式	T <sub>6</sub> , T <sub>7</sub>	L3, L4 M7, M8					T <sub>6</sub> , T <sub>7</sub>	L3, L4 M7, M8				L2, M6, M7 L3						
	抓 斗 式	T <sub>6</sub> , T <sub>7</sub>	L3, L4 M7, M8					T <sub>5</sub> , T <sub>7</sub>	L3, L4 M7, M8				L2, M6, M7 L3						
门 座 起 重 机	集 装 箱 式	T <sub>5</sub> ~T <sub>7</sub>	L2, L3 M5~M8	M5~M8				T <sub>5</sub> ~T <sub>7</sub>	L2, L3 M5~M8				L2, M5~M8 L3						
	安 装 用 (吊 钩 式)	T <sub>5</sub>	L1, L2 M4, M5	M4, M5	T <sub>5</sub>	L1, L2 M4, M5							T <sub>5</sub> , T <sub>4</sub>	L2	M3, M4	T <sub>5</sub>	L3	M5	
	装 卸 用 (吊 钩 式)	T <sub>6</sub>	L2	M5									T <sub>5</sub>	L2	M3	T <sub>5</sub>	L3	M5	
汽 车、轮 胎、铁 路、履 带 起 重 机	装 卸 用 (抓 斗 式)	T <sub>6</sub> , T <sub>7</sub>	L3	M7, M8									T <sub>4</sub>	L2	M4	T <sub>4</sub>	L3	M6	
	吊 钩 式 (装 卸 用)	T <sub>5</sub> ~T <sub>8</sub>	L2	M3~M5									T <sub>3</sub> , T <sub>4</sub>	L1, L2	M2~M4	T <sub>3</sub>	L2	M4	
	抓 斗 式	T <sub>5</sub> , T <sub>6</sub>	L3	M6~M7									T <sub>4</sub> , T <sub>5</sub>	L2	M4, M5	T <sub>4</sub>	L2, L3	M4, M5	

表 28.1-5 钢丝绳第 1 组 6×7 类的规格及力学性能 (摘自 GB/T 8918—1996)



钢丝绳结构: 6×7+FC 6×7+IWS 6×9W+FC 6×9W+IWR

钢丝绳公称直径		钢丝绳公称抗拉强度/MPa												
		1 470		1 570		1 670		1 770		1 870				
d/ mm	允许偏差/ %	钢丝绳最小破断拉力												
		kg/100 m					kN							
		天然纤维 芯钢丝绳	合成纤维 芯钢丝绳	钢芯 钢丝绳	纤维芯 钢丝绳	钢芯 钢丝绳	纤维芯 钢丝绳	钢芯 钢丝绳	纤维芯 钢丝绳	钢芯 钢丝绳	纤维芯 钢丝绳			
2	+8	1.40	1.38	1.55	1.95	2.11	2.08	2.25	2.21	2.39	2.35	2.54	2.48	2.68
3	0	3.16	3.10	3.48	4.39	4.74	4.69	5.07	4.98	5.39	5.28	5.71	5.58	6.04
4	+7	5.62	5.50	6.19	7.80	8.44	8.33	9.01	8.87	9.59	9.40	10.10	9.93	10.70
5	0	8.77	8.60	9.68	12.20	13.10	13.00	14.00	13.80	14.90	14.60	15.80	15.50	16.70
6		12.60	12.40	13.90	17.50	18.90	18.70	20.20	19.90	21.50	21.10	22.80	22.30	24.10
7		17.20	16.90	19.00	23.90	25.80	25.50	27.60	27.10	29.30	28.70	31.10	30.40	32.80
8		22.50	22.00	24.80	31.20	33.70	33.30	36.00	35.40	38.30	37.60	40.60	39.70	42.90
9	+6	28.40	27.90	31.30	39.50	42.70	42.20	45.60	44.90	48.50	47.50	51.40	50.20	54.30
10	0	35.10	34.40	38.70	48.80	52.70	52.10	56.30	55.40	59.90	58.70	63.50	62.00	67.10
11		42.50	41.60	46.80	59.00	63.80	63.00	68.10	67.00	72.50	71.10	76.80	75.10	81.20
12		50.50	49.50	55.70	70.20	75.90	75.00	81.10	79.80	86.30	84.60	91.50	89.40	96.60



续表 28.1-5

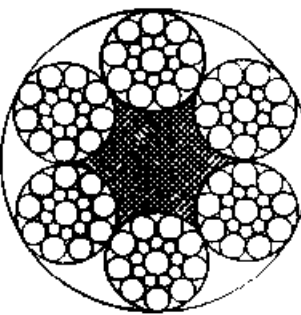
钢丝绳公称直径		钢丝绳公称抗拉强度/MPa												
		1 470		1 570		1 670		1 770		1 870				
d/ mm		钢丝绳最小破断拉力												
		天然纤维 芯钢丝绳		合成纤维 芯钢丝绳		钢芯 钢丝绳		纤维芯 钢丝绳		钢芯 钢丝绳				
允许偏差/ %		kN												
kg/100 m		kN												
13		59.30	58.10	65.40	82.40	89.10	88.00	95.20	93.70	101.00	99.30	107.00	104.00	113.00
14		68.80	67.40	75.90	95.60	103.00	102.00	110.00	108.00	117.00	115.00	124.00	121.00	131.00
16		89.90	88.10	99.10	124.00	135.00	133.00	144.00	141.00	153.00	150.00	162.00	158.00	171.00
18		114.00	111.00	125.00	158.00	170.00	168.00	182.00	179.00	194.00	190.00	205.00	201.00	217.00
20	+6	140.00	138.00	155.00	195.00	211.00	208.00	225.00	221.00	239.00	235.00	254.00	248.00	268.00
22	0	170.00	166.00	187.00	236.00	255.00	252.00	272.00	268.00	290.00	284.00	307.00	300.00	324.00
24		202.00	198.00	223.00	281.00	303.00	300.00	324.00	319.00	345.00	338.00	366.00	357.00	386.00
26		237.00	233.00	262.00	329.00	356.00	352.00	381.00	374.00	405.00	397.00	429.00	419.00	453.00
28		275.00	270.00	303.00	382.00	413.00	408.00	441.00	434.00	470.00	460.00	498.00	486.00	526.00
(30)		316.00	310.00	348.00	439.00	474.00	469.00	507.00	498.00	539.00	528.00	571.00	558.00	604.00
32		359.00	352.00	396.00	499.00	540.00	533.00	577.00	567.00	613.00	601.00	650.00	635.00	687.00
(34)		406.00	398.00	447.00	564.00	610.00	602.00	651.00	640.00	693.00	679.00	734.00	717.00	776.00
36		455.00	446.00	502.00	632.00	683.00	675.00	730.00	718.00	776.00	761.00	823.00	804.00	870.00

注：1. 最小钢丝绳破断拉力和 = 钢丝绳最小破断拉力 × 1.134 (纤维芯) 或 1.214 (钢芯)。

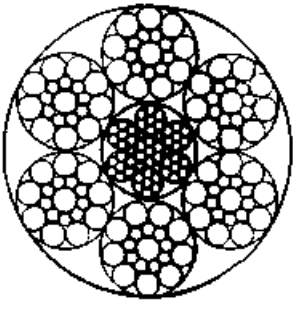
2. 新设计设备不得选用括号内的钢丝绳直径。

表 28.1-6 钢丝绳第 2 组 6 × 19 (a) 类的规格及力学性能 (摘自 GB/T 8918—1996)

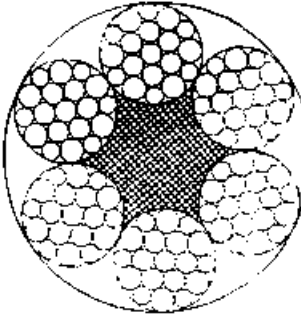
超星阅读器提醒您：  
使用本复制品  
请尊重相关知识产权！



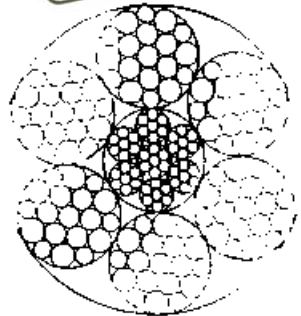
6 × 19S + IWR  $k = 0.92$   
直径 36mm



6 × 19S + FC  $k = 0.85$   
直径 36mm



6 × 19W + IWR  $k = 0.92$   
直径 40mm



6 × 19W + FC  $k = 0.85$   
直径 40mm

钢丝绳结构：6 × 19S + FC 6 × 19S + IWS 6 × 19W + FC 6 × 19W + IWR



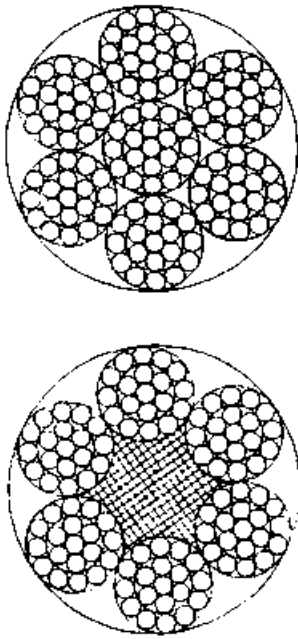
续表 28.1-6

钢丝绳公称直径		钢丝绳公称抗拉强度/MPa												
		1 470		1 570		1 670		1 770		1 870				
		钢丝绳最小破断拉力												
d/ mm	允许偏差/ %	kg/100 m												
		天然纤维 芯钢丝绳	合成纤维 芯钢丝绳	钢芯 钢丝绳	纤维芯 钢丝绳	钢芯 钢丝绳	纤维芯 钢丝绳	钢芯 钢丝绳	纤维芯 钢丝绳	钢芯 钢丝绳	纤维芯 钢丝绳			
6		13.30	13.00	14.60	17.40	18.80	18.60	20.10	19.80	21.40	21.00	22.60	22.20	23.90
7		18.10	17.60	19.90	23.70	25.60	25.30	27.30	27.00	29.10	28.60	30.80	30.20	32.60
8		23.60	23.00	25.90	31.00	33.40	33.10	35.70	35.20	38.00	37.30	40.30	39.40	42.60
9		29.90	29.10	32.80	39.20	42.30	41.90	45.20	44.60	48.10	47.30	51.00	49.90	53.90
10		36.90	36.00	40.50	48.50	52.30	51.80	55.80	55.10	59.40	58.40	63.00	61.70	66.50
11		44.60	43.50	49.10	58.60	63.30	62.60	67.60	66.60	71.90	70.60	76.20	74.60	80.50
12		53.10	51.80	58.40	69.80	75.30	74.60	80.40	79.30	85.60	84.10	90.70	88.80	95.80
13		62.30	60.80	68.50	81.90	88.40	87.50	94.40	93.10	100.00	98.70	106.00	104.00	112.00
14		72.20	70.50	79.50	95.00	102.00	101.00	109.00	108.00	116.00	114.00	123.00	120.00	130.00
16		94.40	92.10	104.00	124.00	133.00	132.00	143.00	141.00	152.00	149.00	161.00	157.00	170.00
18		119.00	117.00	131.00	157.00	169.00	167.00	181.00	178.00	192.00	189.00	204.00	199.00	215.00
20	+6	147.00	144.00	162.00	194.00	209.00	207.00	223.00	220.00	237.00	233.00	252.00	246.00	266.00
22	0	178.00	174.00	196.00	234.00	253.00	250.00	270.00	266.00	287.00	282.00	304.00	298.00	322.00
24		212.00	207.00	234.00	279.00	301.00	298.00	321.00	317.00	342.00	336.00	362.00	355.00	383.00
26		249.00	243.00	274.00	327.00	353.00	350.00	377.00	372.00	401.00	394.00	425.00	417.00	450.00
28		289.00	282.00	318.00	380.00	410.00	406.00	438.00	432.00	466.00	457.00	494.00	483.00	521.00
(30)		332.00	324.00	365.00	436.00	470.00	466.00	503.00	495.00	535.00	525.00	567.00	555.00	599.00
32		377.00	369.00	415.00	496.00	535.00	530.00	572.00	564.00	608.00	598.00	645.00	631.00	681.00
(34)		426.00	416.00	469.00	560.00	604.00	598.00	646.00	637.00	687.00	675.00	728.00	713.00	769.00
36		478.00	466.00	525.00	628.00	678.00	671.00	724.00	714.00	770.00	756.00	816.00	799.00	862.00
(38)		532.00	520.00	585.00	700.00	755.00	748.00	807.00	795.00	858.00	843.00	909.00	891.00	961.00
40		590.00	576.00	649.00	776.00	837.00	828.00	894.00	881.00	951.00	934.00	1000.00	987.00	1 060.00

注：1. 最小钢丝绳破断拉力总和 = 钢丝绳最小破断拉力 × 1.214 (纤维芯) 或 1.308 (钢芯)。

2. 新设计设备不得选用括号内的钢丝绳直径。

表 28.1.7 钢丝绳第 2 组 6×19 (b) 类的规格及力学性能 (摘自 GB/T 8918—1996)



6×19+FC  $k=0.85$       6×19+IWS  $k=0.98$

钢丝绳结构: 6×19+FC 6×19+IWS

钢丝绳公称直径 $d$ / mm		天然纤维 芯钢丝绳		合成纤维 芯钢丝绳		钢芯 钢丝绳		纤维芯 钢丝绳		钢芯 钢丝绳		纤维芯 钢丝绳		钢芯 钢丝绳		纤维芯 钢丝绳		钢芯 钢丝绳							
		允许偏差/ %	kg/100 m	kg/100 m	kg/100 m	kg/100 m	kg/100 m	kg/100 m	kg/100 m	kg/100 m	kg/100 m	kg/100 m	kg/100 m	kg/100 m	kg/100 m	kg/100 m	kg/100 m	kg/100 m	kg/100 m	kg/100 m					
1 470		1 570																		1 670		1 770		1 870	
钢丝绳公称抗拉强度/MPa																									
钢丝绳最小破断拉力																									
3	+8 0	3.11	3.03	3.43	4.06	4.39	4.33	4.69	4.61	4.98	4.89	5.28	5.16	5.58	5.87	5.70	6.08	6.46	6.84	7.22					
4	+7 0	5.54	5.39	6.10	7.22	7.80	7.71	8.33	8.20	8.87	8.69	9.40	9.18	9.93	10.64	10.46	11.17	10.94	11.65	12.36					
5		8.65	8.42	9.52	11.20	12.20	12.00	13.00	12.80	13.80	13.50	14.60	14.30	15.50	16.60	16.40	17.50	17.20	18.30	19.40					
6		12.50	12.10	13.70	16.20	17.50	17.30	18.70	18.40	19.90	19.50	21.10	20.60	22.30	23.80	23.60	25.10	24.60	26.10	27.60					
7		17.00	16.50	18.70	22.10	23.90	23.60	25.50	25.10	27.10	26.60	28.70	28.10	30.40	31.90	31.70	33.60	33.00	35.30	36.80					
8		22.10	21.60	24.40	28.80	31.20	30.80	33.30	32.80	35.40	34.70	37.60	36.70	39.70	41.20	41.00	43.10	42.40	44.50	46.00					
9	+6 0	28.00	27.30	30.90	36.50	39.50	39.00	42.20	41.50	44.90	44.00	47.50	46.50	50.20	51.70	51.50	53.60	52.90	55.00	56.50					
10		34.60	33.70	38.10	45.10	48.80	48.10	52.10	51.20	55.40	54.30	58.70	57.40	62.00	63.50	63.30	65.40	64.60	66.70	68.20					
11		41.90	40.80	46.10	54.60	59.00	58.30	63.00	62.00	67.00	65.70	71.10	69.40	75.10	76.60	76.40	78.50	77.70	79.80	81.30					
12		49.80	48.50	54.90	64.90	70.20	69.40	75.00	73.80	79.80	78.20	84.60	82.60	89.40	90.90	90.70	92.80	92.00	94.10	95.60					

续表 28.1-7

钢丝绳公称直径		钢丝绳近似质量						钢丝绳公称抗拉强度/MPa											
		天然纤维 芯钢丝绳		合成纤维 芯钢丝绳		钢芯 钢丝绳		1 470		1 570		1 670		1 770		1 870			
d/ mm	允许偏差/ %	kg/100 m						钢丝绳最小破断拉力											
		天然纤维 芯钢丝绳	合成纤维 芯钢丝绳	钢芯 钢丝绳	纤维芯 钢丝绳	钢芯 钢丝绳	纤维芯 钢丝绳	钢芯 钢丝绳	纤维芯 钢丝绳	钢芯 钢丝绳	纤维芯 钢丝绳	钢芯 钢丝绳	纤维芯 钢丝绳	钢芯 钢丝绳	纤维芯 钢丝绳	钢芯 钢丝绳	纤维芯 钢丝绳	钢芯 钢丝绳	
13		58.50	57.00	64.40	76.20	82.40	81.40	88.00	86.60	93.70	91.80	99.30	97.00	104.00					
14		67.80	66.10	74.70	88.40	95.60	94.40	102.00	100.00	108.00	106.00	115.00	112.00	121.00					
16		88.60	86.30	97.50	115.00	124.00	123.00	133.00	131.00	141.00	139.00	150.00	146.00	158.00					
18		112.00	109.00	123.00	146.00	158.00	156.00	168.00	166.00	179.00	176.00	190.00	186.00	201.00					
20		138.00	135.00	152.00	180.00	195.00	192.00	208.00	205.00	221.00	217.00	235.00	229.00	248.00					
22		167.00	163.00	184.00	218.00	236.00	233.00	252.00	248.00	268.00	263.00	284.00	277.00	300.00					
24		199.00	194.00	219.00	259.00	281.00	277.00	300.00	295.00	319.00	312.00	338.00	330.00	357.00					
26		234.00	228.00	258.00	305.00	329.00	325.00	352.00	346.00	374.00	367.00	397.00	388.00	419.00					
28	+6 0	271.00	264.00	299.00	353.00	382.00	377.00	408.00	401.00	434.00	426.00	460.00	450.00	486.00					
(30)		311.00	303.00	343.00	406.00	439.00	433.00	469.00	461.00	498.00	489.00	528.00	516.00	558.00					
32		354.00	345.00	390.00	462.00	499.00	493.00	533.00	524.00	567.00	556.00	601.00	587.00	635.00					
(34)		400.00	390.00	440.00	521.00	564.00	557.00	602.00	592.00	640.00	628.00	679.00	663.00	717.00					
36		448.00	437.00	494.00	584.00	632.00	624.00	675.00	664.00	718.00	704.00	761.00	744.00	804.00					
(38)		500.00	487.00	550.00	651.00	704.00	695.00	752.00	740.00	800.00	784.00	848.00	828.00	896.00					
40		554.00	539.00	610.00	722.00	780.00	771.00	833.00	820.00	887.00	869.00	940.00	918.00	993.00					
(42)		610.00	594.00	672.00	796.00	860.00	850.00	919.00	904.00	978.00	958.00	1 030.00	1 010.00	1 090.00					
44		670.00	652.00	738.00	873.00	944.00	933.00	1 000.00	992.00	1 070.00	1 050.00	1 130.00	1 110.00	1 200.00					
(46)		732.00	713.00	806.00	954.00	1 030.00	1 010.00	1 100.00	1 080.00	1 170.00	1 140.00	1 240.00	1 210.00	1 310.00					

注: 1. 最小钢丝绳破断力总和 = 钢丝绳最小破断拉力 × 1.197 (纤维芯) 或 1.287 (钢芯)。  
2. 新设计设备不得选用括号内的钢丝绳直径。

表 28.1-8 钢丝绳第2组和第3组 6×19 (a) 和 6×37 (a) 类的规格及力学性能 (摘自 GB/T 8918—1996)

	6×25Fi+FC 直径14~44mm		6×25Fi+IWR 直径14~44mm		6×26SW+FC 直径13~40mm		6×26SW+IWR 直径13~40mm		6×29Fi+FC 直径10~44mm		6×29Fi+IWR 直径10~44mm
	6×31SW+FC 直径12~46mm		6×31SW+IWR 直径12~46mm		6×36SW+FC 直径12~60mm		6×36SW+IWR 直径12~60mm		6×37S+FC 直径10~60mm		6×37S+IWR 直径10~60mm
	6×41SW+FC 直径32~60mm		6×41SW+IWR 直径32~60mm		6×49SWS+FC 直径36~60mm		6×49SWS+IWR 直径36~60mm		6×55SWS+FC 直径36~64mm		6×55SWS+IWR 直径36~64mm

超星浏览器提醒您：  
使用本复制品  
请尊重版权

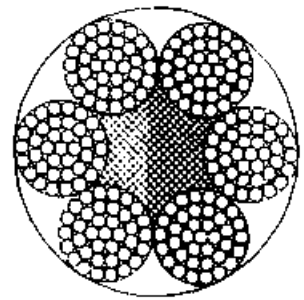
钢丝绳结构：6×25Fi+FC 6×25Fi+IWR 6×26SW+FC 6×26SW+IWR 6×29Fi+FC 6×29Fi+IWR 6×31SW+FC 6×31SW+IWR 6×36SW+FC 6×36SW+IWR 6×37S+FC 6×37S+IWR 6×41SW+FC 6×41SW+IWR 6×49SWS+FC 6×49SWS+IWR 6×55SWS+FC 6×55SWS+IWR 力学性能

续表 28.1-8

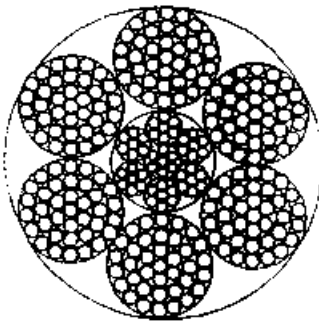
钢丝绳公称直径		钢丝绳近似质量										钢丝绳公称抗拉强度/MPa											
		天然纤维 芯钢丝绳					合成纤维 芯钢丝绳					1 470		1 570		1 670		1 770		1 870			
d/ mm	允许偏差/ %	kg/100 m										kN											
		天然纤维 芯钢丝绳		合成纤维 芯钢丝绳		天然纤维 芯钢丝绳		合成纤维 芯钢丝绳		天然纤维 芯钢丝绳		合成纤维 芯钢丝绳		天然纤维 芯钢丝绳		合成纤维 芯钢丝绳		天然纤维 芯钢丝绳		合成纤维 芯钢丝绳			
12		54.70	53.40	60.20	69.80	75.30	74.60	80.40	79.30	85.60	84.10	90.70	88.80	95.80									
13		64.20	62.70	70.60	81.90	88.40	87.50	94.40	93.10	100.00	98.70	106.00	104.00	112.00									
14		74.50	72.70	81.90	95.00	102.00	101.00	109.00	108.00	116.00	114.00	123.00	120.00	130.00									
16		97.30	95.00	107.00	124.00	133.00	132.00	143.00	141.00	152.00	149.00	161.00	157.00	170.00									
18		123.00	120.00	135.00	157.00	169.00	167.00	181.00	178.00	192.00	189.00	204.00	199.00	215.00									
20		152.00	148.00	167.00	194.00	209.00	207.00	223.00	220.00	237.00	233.00	252.00	246.00	266.00									
22		184.00	180.00	202.00	234.00	253.00	250.00	270.00	266.00	287.00	282.00	304.00	298.00	322.00									
24		219.00	214.00	241.00	279.00	301.00	298.00	321.00	317.00	342.00	336.00	362.00	355.00	383.00									
26		257.00	251.00	283.00	327.00	353.00	350.00	377.00	372.00	401.00	394.00	425.00	417.00	450.00									
28		298.00	291.00	328.00	380.00	410.00	406.00	438.00	432.00	466.00	457.00	494.00	483.00	521.00									
(30)		342.00	334.00	376.00	436.00	470.00	466.00	503.00	495.00	535.00	525.00	567.00	555.00	599.00									
32		389.00	380.00	428.00	496.00	535.00	530.00	572.00	564.00	608.00	598.00	645.00	631.00	681.00									
(34)		439.00	429.00	483.00	560.00	604.00	598.00	646.00	637.00	687.00	675.00	728.00	713.00	769.00									
36	+6	492.00	481.00	542.00	628.00	678.00	671.00	724.00	714.00	770.00	756.00	816.00	799.00	862.00									
(38)	0	549.00	536.00	604.00	700.00	755.00	748.00	807.00	795.00	858.00	843.00	909.00	891.00	961.00									
40		608.00	594.00	669.00	776.00	837.00	828.00	894.00	881.00	951.00	934.00	1 000.00	987.00	1 060.00									
(42)		670.00	654.00	737.00	855.00	923.00	913.00	985.00	972.00	1 040.00	1 030.00	1 110.00	1 080.00	1 170.00									
44		736.00	718.00	809.00	939.00	1 010.00	1 000.00	1 080.00	1 060.00	1 150.00	1 130.00	1 210.00	1 190.00	1 280.00									
(46)		804.00	785.00	884.00	1 020.00	1 100.00	1 090.00	1 180.00	1 160.00	1 250.00	1 230.00	1 330.00	1 300.00	1 400.00									
48		876.00	855.00	963.00	1 110.00	1 200.00	1 190.00	1 280.00	1 260.00	1 360.00	1 340.00	1 450.00	1 420.00	1 530.00									
(50)		950.00	928.00	1 040.00	1 210.00	1 300.00	1 290.00	1 390.00	1 370.00	1 480.00	1 460.00	1 570.00	1 540.00	1 660.00									
52		1 030.00	1 000.00	1 130.00	1 310.00	1 410.00	1 400.00	1 510.00	1 490.00	1 600.00	1 570.00	1 700.00	1 660.00	1 800.00									
(54)		1 110.00	1 080.00	1 220.00	1 410.00	1 520.00	1 510.00	1 620.00	1 600.00	1 730.00	1 700.00	1 830.00	1 790.00	1 940.00									
56		1 190.00	1 160.00	1 310.00	1 520.00	1 640.00	1 620.00	1 750.00	1 720.00	1 860.00	1 830.00	1 970.00	1 930.00	2 080.00									
(58)		1 280.00	1 250.00	1 410.00	1 630.00	1 760.00	1 740.00	1 880.00	1 850.00	1 990.00	1 960.00	2 110.00	2 070.00	2 230.00									
60		1 370.00	1 340.00	1 500.00	1 740.00	1 880.00	1 860.00	2 010.00	1 980.00	2 140.00	2 100.00	2 260.00	2 220.00	2 390.00									
(62)		1 460.00	1 430.00	1 610.00	1 860.00	2 010.00	1 990.00	2 140.00	2 110.00	2 280.00	2 240.00	2 420.00	2 370.00	2 550.00									
64		1 560.00	1 520.00	1 710.00	1 980.00	2 140.00	2 120.00	2 280.00	2 250.00	2 430.00	2 390.00	2 580.00	2 520.00	2 720.00									

注: 1. 最小钢丝绳破断力总和 = 钢丝绳最小破断力 × 1.226 (纤维芯) 或 1.321 (钢芯), 其中 6 × 37S 纤维芯为: 1.191 钢芯为: 1.283  
 2. 新设计设备不得选用括号内的钢丝绳直径。

表 28.1-9 钢丝绳第 3 组 6×37 (b) 类的规格及力学性能 (摘自 GB/T 8918—1996)



6×37+FC  $k=0.82$   
直径 5-66mm



6×37+1WR  $k=0.88$   
直径 5-66mm

钢丝绳公称直径		钢丝绳近似质量										钢丝绳公称抗拉强度/MPa											
		6×37+FC					6×37+1WR					1 470		1 570		1 670		1 770		1 870			
d/ mm	允许偏差/ %	天然纤维 芯钢丝绳		合成纤维 芯钢丝绳		钢芯 钢丝绳		纤维芯 钢丝绳		钢芯 钢丝绳		纤维芯 钢丝绳		钢芯 钢丝绳		纤维芯 钢丝绳		钢芯 钢丝绳		纤维芯 钢丝绳		钢芯 钢丝绳	
		kg/100 m	kg/100 m	kg/100 m	kg/100 m	kg/100 m	kg/100 m	kg/100 m	kg/100 m	kg/100 m	kg/100 m	kg/100 m	kg/100 m	kg/100 m	kg/100 m	kg/100 m	kg/100 m	kg/100 m	kg/100 m	kg/100 m	kg/100 m	kg/100 m	kg/100 m
5	+7 0	8.65	8.42	9.52	10.80	11.70	12.50	12.30	13.30	13.00	14.10	14.10	13.70	14.90	14.10	13.70	13.70	14.10	14.10	13.70	13.70	14.10	14.90
6		12.50	12.10	13.70	15.60	16.80	18.00	17.70	19.10	18.70	20.30	20.30	19.80	21.40	20.30	19.80	21.40	20.30	19.80	21.40	20.30	19.80	21.40
7		17.00	16.50	18.70	21.20	22.90	24.50	24.10	26.10	25.50	27.60	27.60	27.00	29.20	27.60	27.00	29.20	27.60	27.00	29.20	27.60	27.00	29.20
8		22.10	21.60	24.40	27.70	30.00	32.00	31.50	34.00	33.40	36.10	36.10	35.50	38.10	36.10	35.50	38.10	36.10	35.50	38.10	36.10	35.50	38.10
9	+6 0	28.00	27.30	30.90	35.10	37.90	40.50	39.90	43.10	42.20	45.70	45.70	44.60	48.30	45.70	44.60	48.30	45.70	44.60	48.30	45.70	44.60	48.30
10		34.60	33.70	38.10	43.30	46.80	50.00	49.20	53.20	52.20	56.40	56.40	55.10	59.60	56.40	55.10	59.60	56.40	55.10	59.60	56.40	55.10	59.60
11		41.90	40.80	46.10	52.40	56.70	60.60	59.60	64.40	63.10	68.30	68.30	66.70	72.10	68.30	66.70	72.10	68.30	66.70	72.10	68.30	66.70	72.10
12		49.80	48.50	54.90	62.40	67.50	72.10	70.90	76.70	75.10	81.30	81.30	79.40	85.90	81.30	79.40	85.90	81.30	79.40	85.90	81.30	79.40	85.90
13		58.50	57.00	64.40	73.20	79.20	84.60	83.20	90.00	88.20	95.40	95.40	93.20	100.00	95.40	93.20	100.00	95.40	93.20	100.00	95.40	93.20	100.00
14		67.80	66.10	74.70	84.90	91.90	98.10	96.50	104.00	102.00	110.00	110.00	108.00	116.00	110.00	108.00	116.00	110.00	108.00	116.00	110.00	108.00	116.00
16		88.60	86.30	97.50	111.00	120.00	128.00	126.00	136.00	133.00	144.00	144.00	141.00	152.00	144.00	141.00	152.00	144.00	141.00	152.00	144.00	141.00	152.00
18		112.00	109.00	123.00	140.00	151.00	162.00	159.00	172.00	169.00	182.00	182.00	178.00	193.00	182.00	178.00	193.00	182.00	178.00	193.00	182.00	178.00	193.00

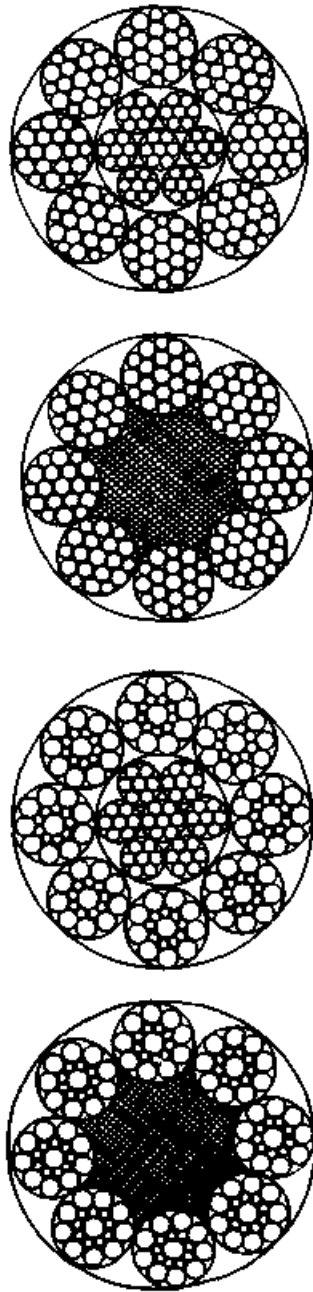
续表 28.1-9

钢丝绳公称直径		钢丝绳近似质量										钢丝绳公称抗拉强度/MPa									
		天然纤维 芯钢丝绳					合成纤维 芯钢丝绳					1 470		1 570		1 670		1 770		1 870	
		kg/100 m		kg/100 m		kg/100 m		kg/100 m		kg/100 m		kg/100 m		kg/100 m		kg/100 m		kg/100 m		kg/100 m	
d/ mm	允许偏差/ %	天然纤维 芯钢丝绳	合成纤维 芯钢丝绳	钢芯 钢丝绳	钢芯 钢丝绳	纤维芯 钢丝绳	钢芯 钢丝绳	纤维芯 钢丝绳	钢芯 钢丝绳	纤维芯 钢丝绳	钢芯 钢丝绳	纤维芯 钢丝绳	钢芯 钢丝绳	纤维芯 钢丝绳	钢芯 钢丝绳	纤维芯 钢丝绳	钢芯 钢丝绳	纤维芯 钢丝绳	钢芯 钢丝绳	纤维芯 钢丝绳	钢芯 钢丝绳
20		138.00	135.00	152.00	152.00	173.00	187.00	185.00	200.00	197.00	213.00	208.00	225.00	220.00	238.00	225.00	252.00	220.00	238.00	220.00	238.00
22		167.00	163.00	184.00	184.00	209.00	226.00	224.00	242.00	238.00	257.00	252.00	273.00	266.00	288.00	273.00	298.00	266.00	288.00	266.00	288.00
24		199.00	194.00	219.00	219.00	249.00	270.00	266.00	288.00	283.00	306.00	300.00	325.00	317.00	343.00	325.00	358.00	317.00	343.00	317.00	343.00
26		234.00	228.00	258.00	258.00	293.00	316.00	313.00	338.00	333.00	360.00	352.00	381.00	372.00	403.00	381.00	416.00	372.00	403.00	372.00	403.00
28		271.00	264.00	299.00	299.00	339.00	367.00	363.00	392.00	386.00	417.00	409.00	442.00	432.00	467.00	442.00	476.00	432.00	467.00	432.00	467.00
(30)		311.00	303.00	343.00	343.00	390.00	422.00	416.00	450.00	443.00	479.00	469.00	508.00	496.00	536.00	508.00	542.00	496.00	536.00	496.00	536.00
32		354.00	345.00	390.00	390.00	444.00	480.00	474.00	512.00	504.00	545.00	534.00	578.00	564.00	610.00	578.00	614.00	564.00	610.00	564.00	610.00
(34)		400.00	390.00	440.00	440.00	501.00	542.00	535.00	578.00	569.00	615.00	603.00	652.00	637.00	689.00	652.00	700.00	637.00	689.00	637.00	689.00
36		448.00	437.00	494.00	494.00	562.00	607.00	600.00	649.00	638.00	690.00	676.00	731.00	714.00	773.00	731.00	782.00	714.00	773.00	714.00	773.00
(38)		500.00	487.00	550.00	550.00	626.00	677.00	668.00	723.00	711.00	769.00	753.00	815.00	796.00	861.00	815.00	874.00	796.00	861.00	796.00	861.00
40		554.00	539.00	610.00	610.00	693.00	750.00	741.00	801.00	788.00	852.00	835.00	903.00	882.00	954.00	903.00	974.00	882.00	954.00	882.00	954.00
(42)	+6	610.00	594.00	672.00	672.00	764.00	827.00	816.00	883.00	869.00	939.00	921.00	996.00	973.00	1 050.00	996.00	1 076.00	973.00	1 050.00	973.00	1 050.00
44	0	670.00	652.00	738.00	738.00	839.00	907.00	896.00	969.00	953.00	1 030.00	1 010.00	1 090.00	1 060.00	1 150.00	1 090.00	1 176.00	1 060.00	1 150.00	1 060.00	1 150.00
(46)		732.00	713.00	806.00	806.00	917.00	992.00	980.00	1 050.00	1 040.00	1 120.00	1 100.00	1 190.00	1 160.00	1 260.00	1 190.00	1 286.00	1 160.00	1 260.00	1 160.00	1 260.00
48		797.00	776.00	878.00	878.00	999.00	1 080.00	1 060.00	1 150.00	1 130.00	1 220.00	1 200.00	1 300.00	1 270.00	1 370.00	1 300.00	1 400.00	1 270.00	1 370.00	1 270.00	1 370.00
(50)		865.00	842.00	952.00	952.00	1 080.00	1 170.00	1 150.00	1 250.00	1 230.00	1 330.00	1 300.00	1 410.00	1 370.00	1 490.00	1 410.00	1 530.00	1 370.00	1 490.00	1 370.00	1 490.00
52		936.00	911.00	1 030.00	1 030.00	1 170.00	1 260.00	1 250.00	1 350.00	1 330.00	1 440.00	1 410.00	1 520.00	1 490.00	1 610.00	1 520.00	1 650.00	1 490.00	1 610.00	1 490.00	1 610.00
(54)		1 010.00	983.00	1 110.00	1 110.00	1 260.00	1 360.00	1 350.00	1 460.00	1 430.00	1 550.00	1 520.00	1 640.00	1 600.00	1 730.00	1 640.00	1 780.00	1 600.00	1 730.00	1 600.00	1 730.00
56		1 090.00	1 060.00	1 190.00	1 190.00	1 350.00	1 470.00	1 450.00	1 570.00	1 540.00	1 670.00	1 630.00	1 770.00	1 720.00	1 870.00	1 770.00	1 930.00	1 720.00	1 870.00	1 720.00	1 870.00
(58)		1 160.00	1 130.00	1 280.00	1 280.00	1 450.00	1 570.00	1 550.00	1 680.00	1 650.00	1 790.00	1 750.00	1 890.00	1 850.00	2 000.00	1 890.00	2 070.00	1 850.00	2 000.00	1 850.00	2 000.00
60		1 250.00	1 210.00	1 370.00	1 370.00	1 560.00	1 680.00	1 660.00	1 800.00	1 770.00	1 910.00	1 870.00	2 030.00	1 980.00	2 140.00	2 030.00	2 220.00	1 980.00	2 140.00	1 980.00	2 140.00
(62)		1 330.00	1 300.00	1 460.00	1 460.00	1 660.00	1 800.00	1 780.00	1 920.00	1 890.00	2 040.00	2 000.00	2 170.00	2 120.00	2 290.00	2 170.00	2 370.00	2 120.00	2 290.00	2 120.00	2 290.00
64		1 420.00	1 380.00	1 560.00	1 560.00	1 770.00	1 920.00	1 890.00	2 050.00	2 010.00	2 180.00	2 130.00	2 310.00	2 250.00	2 440.00	2 310.00	2 510.00	2 250.00	2 440.00	2 250.00	2 440.00
66		1 510.00	1 470.00	1 660.00	1 660.00	1 880.00	2 040.00	2 010.00	2 180.00	2 140.00	2 320.00	2 270.00	2 450.00	2 400.00	2 590.00	2 450.00	2 660.00	2 400.00	2 590.00	2 400.00	2 590.00

注: 1. 最小钢丝绳破断拉力和=钢丝绳最小破断拉力×1.249(纤维芯)或1.336(钢芯)。  
2. 新设计设备不得选用括号内的钢丝绳直径。



表 28.1-10 钢丝绳第 4 组 8 × 19 类的规格及力学性能 (摘自 GB/T 8918—1996)



8 × 19S+FC  $k=0.85$       8 × 19S+IWR  $k=0.92$       8 × 19W+FC  $k=0.85$       8 × 19W+IWR  $k=0.92$

直径 11~44mm

直径 10~48mm

直径 11~48mm

钢丝绳结构: 8 × 19S+FC   8 × 19S+IWR   8 × 19W+FC   8 × 19W+IWR

钢丝绳公称直径 d/ mm		钢丝绳公称抗拉强度/MPa											
		1 470		1 570		1 670		1 770		1 870			
允许偏差/ %	天然纤维 芯钢丝绳	合成纤维 芯钢丝绳		钢芯 钢丝绳		纤维芯 钢丝绳		钢芯 钢丝绳		纤维芯 钢丝绳		钢芯 钢丝绳	
		kg/100 m	kg/100 m	kg/100 m	kg/100 m	kg/100 m	kg/100 m	kg/100 m	kg/100 m	kg/100 m	kg/100 m	kg/100 m	kg/100 m
10	34.60	33.40	42.20	50.80	46.00	54.30	48.90	57.70	61.20	51.80	61.20	54.70	64.70
11	41.90	40.40	51.10	61.50	55.60	65.70	59.20	69.90	74.10	62.70	74.10	66.20	78.20
12	49.90	48.00	60.80	73.20	66.20	78.20	70.40	83.20	88.10	74.60	88.10	78.80	93.10
13	58.50	56.40	71.30	85.90	77.70	91.80	82.60	97.60	103.00	87.60	103.00	92.50	109.00
14	67.90	65.40	82.70	99.60	90.10	106.00	95.90	113.00	120.00	101.00	120.00	107.00	126.00
16	88.70	85.40	108.00	130.00	117.00	139.00	125.00	147.00	156.00	132.00	156.00	140.00	165.00
18	112.00	108.00	137.00	164.00	149.00	176.00	158.00	187.00	198.00	168.00	198.00	177.00	209.00
20	139.00	133.00	169.00	203.00	184.00	217.00	195.00	231.00	244.00	207.00	244.00	219.00	258.00
22	168.00	162.00	204.00	246.00	222.00	262.00	236.00	279.00	296.00	251.00	296.00	265.00	313.00
24	199.00	192.00	243.00	292.00	264.00	312.00	281.00	332.00	352.00	298.00	352.00	315.00	372.00

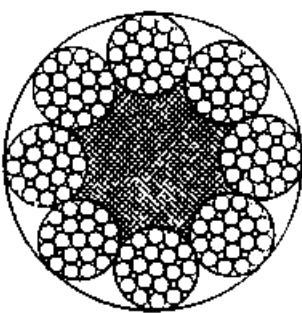
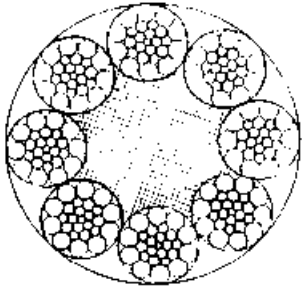
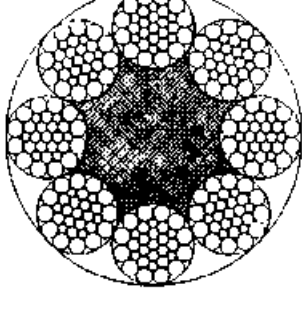
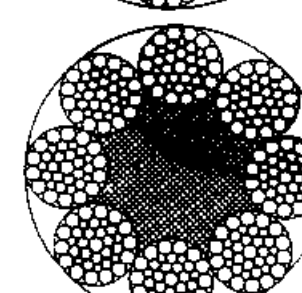
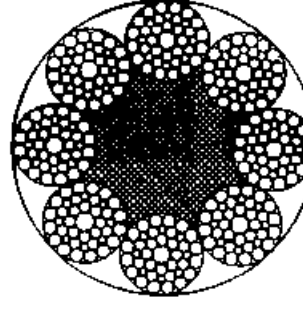
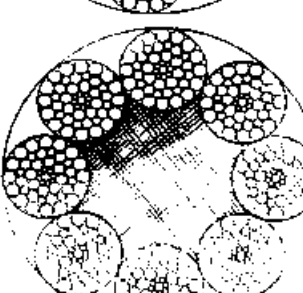
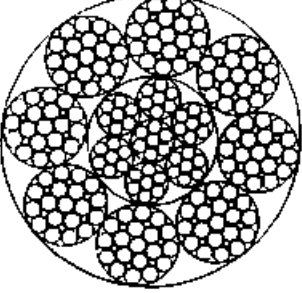
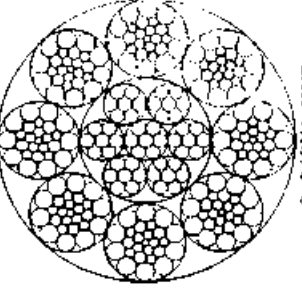
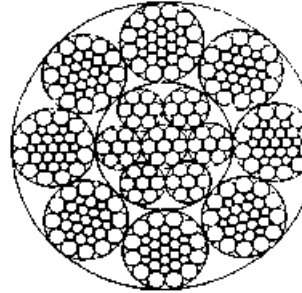
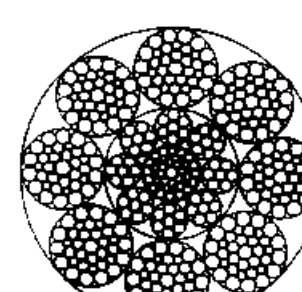
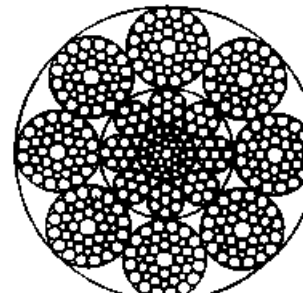
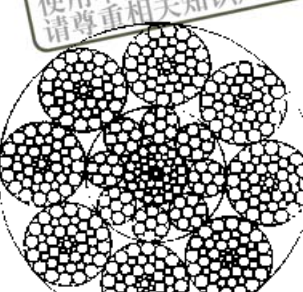
续表 28.1-10

钢丝绳公称直径		钢丝绳公称抗拉强度/MPa												
		1 470			1 570			1 670			1 770			1 870
d/ mm	允许偏差/ %	钢丝绳近似质量						钢丝绳最小破断拉力						
		天然纤维 芯钢丝绳	合成纤维 芯钢丝绳	钢芯 钢丝绳	纤维芯 钢丝绳	钢芯 钢丝绳	纤维芯 钢丝绳	钢芯 钢丝绳	纤维芯 钢丝绳	钢芯 钢丝绳	纤维芯 钢丝绳	钢芯 钢丝绳	纤维芯 钢丝绳	钢芯 钢丝绳
		kg/100 m						kN						
26		234.00	226.00	285.00	291.00	343.00	310.00	367.00	330.00	390.00	350.00	413.00	370.00	437.00
28		271.00	262.00	331.00	337.00	398.00	360.00	425.00	383.00	453.00	406.00	480.00	429.00	507.00
(30)		312.00	300.00	380.00	387.00	457.00	414.00	488.00	440.00	520.00	466.00	551.00	493.00	582.00
32		355.00	342.00	432.00	441.00	520.00	471.00	556.00	501.00	591.00	531.00	627.00	561.00	662.00
(34)		400.00	386.00	488.00	497.00	587.00	531.00	627.00	565.00	667.00	599.00	707.00	633.00	747.00
36		449.00	432.00	547.00	558.00	659.00	596.00	704.00	634.00	748.00	672.00	793.00	710.00	838.00
(38)	+6 0	500.00	482.00	609.00	621.00	734.00	664.00	784.00	706.00	834.00	748.00	884.00	791.00	934.00
40		554.00	534.00	675.00	689.00	813.00	736.00	869.00	782.00	924.00	829.00	979.00	876.00	1 030.00
(42)		611.00	589.00	744.00	759.00	897.00	811.00	958.00	863.00	1 010.00	914.00	1 080.00	966.00	1 140.00
44		670.00	646.00	817.00	833.00	984.00	890.00	1 050.00	947.00	1 110.00	1 000.00	1 180.00	1 060.00	1 250.00
(46)		733.00	706.00	893.00	911.00	1 070.00	973.00	1 140.00	1 030.00	1 220.00	1 090.00	1 290.00	1 150.00	1 360.00
48		798.00	769.00	972.00	992.00	1 170.00	1 050.00	1 250.00	1 120.00	1 330.00	1 190.00	1 410.00	1 260.00	1 490.00

注：1. 最小钢丝绳破断拉力总和 = 钢丝绳最小破断拉力 × 1.214 (纤维芯) 或 1.360 (钢芯)。

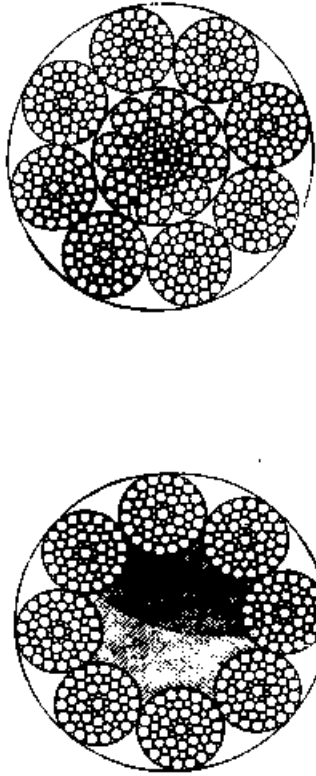
2. 新设计设备不得选用括号内的钢丝绳直径。

表 28.1-11 钢丝绳第 4 组和第 5 组 8×19 和 8×37 类的规格及力学性能 (摘自 GB/T 8918—1996)

	$8 \times 25\text{Fi} + \text{FC}$ $k = 0.85$	直径 18~52mm		$8 \times 26\text{SW} + \text{FC}$ $k = 0.85$	直径 16~48mm		$8 \times 31\text{SW} + 1\text{WR}$	直径 14~56mm		$8 \times 36\text{SW} + 1\text{WR}$	直径 14~60mm		$8 \times 41\text{SW} + 1\text{WR}$	直径 40~56mm		$8 \times 49\text{SWS} + 1\text{WR}$	直径 44~64mm
	$8 \times 25\text{Fi} + 1\text{WR}$ $k = 0.92$	直径 18~52mm		$8 \times 26\text{SW} + 1\text{WR}$ $k = 0.92$	直径 16~48mm		$8 \times 31\text{SW} + \text{FC}$	直径 14~56mm		$8 \times 36\text{SW} + \text{FC}$	直径 14~60mm		$8 \times 41\text{SW} + \text{FC}$	直径 40~56mm		$8 \times 49\text{SWS} + \text{FC}$	直径 44~64mm

超星阅读器提醒您：  
使用本复制品  
请尊重相关知识产权！

续表 28.1.11



直径 44-64mm  
8x55SWS+FC  
8x55SWS+IWR

钢丝绳结构: 8x25Fi+FC 8x25Fi+IWR 8x26SW+FC 8x26SW+IWR 8x31SW+FC 8x31SW+IWR 8x36SW+FC 8x36SW+IWR  
8x41SW+FC 8x41SW+IWR 8x49SWS+FC 8x49SWS+IWR 8x55SWS+FC 8x55SWS+IWR

钢丝绳公称直径		钢丝绳近似质量						钢丝绳公称抗拉强度/MPa									
		天然纤维 芯钢丝绳		合成纤维 芯钢丝绳		钢芯 钢丝绳		L 470		1 570		1 670		1 770		1 870	
d/ mm	允许偏差/ %	kg/100 m						钢丝绳最小破断拉力									
		天然纤维 芯钢丝绳		合成纤维 芯钢丝绳		钢芯 钢丝绳		纤维芯 钢丝绳		钢芯 钢丝绳		纤维芯 钢丝绳		钢芯 钢丝绳		纤维芯 钢丝绳	
14		70.00	67.40	85.30	84.40	99.60	90.10	106.00	95.90	113.00	101.00	120.00	107.00	126.00	126.00	107.00	126.00
16		91.40	88.10	111.00	110.00	130.00	117.00	139.00	125.00	147.00	132.00	156.00	140.00	165.00	165.00	140.00	165.00
18		116.00	111.00	141.00	139.00	164.00	149.00	176.00	158.00	187.00	168.00	198.00	177.00	209.00	209.00	177.00	209.00
20		143.00	138.00	174.00	172.00	203.00	184.00	217.00	195.00	231.00	207.00	244.00	219.00	258.00	258.00	219.00	258.00
22	+6 0	173.00	166.00	211.00	208.00	246.00	222.00	262.00	236.00	279.00	251.00	298.00	265.00	313.00	313.00	265.00	313.00
24		206.00	198.00	251.00	248.00	292.00	264.00	312.00	281.00	332.00	298.00	352.00	315.00	372.00	372.00	315.00	372.00
26		241.00	233.00	294.00	291.00	343.00	310.00	367.00	330.00	390.00	350.00	413.00	370.00	437.00	437.00	370.00	437.00
28		280.00	270.00	341.00	337.00	398.00	360.00	425.00	383.00	453.00	406.00	480.00	429.00	507.00	507.00	429.00	507.00

超星阅读器提醒您：  
使用本产品  
请尊重相关知识产权

续表 28.1-11

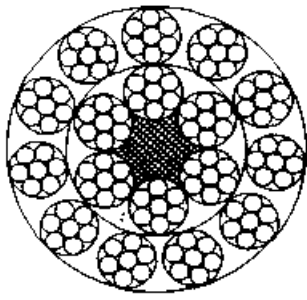
钢丝绳公称直径		钢丝绳公称抗拉强度/MPa															
		1 470				1 570				1 670				1 770			
		钢丝绳最小破断拉力															
d/ mm	允许偏差/ %	天然纤维 芯钢丝绳		合成纤维 芯钢丝绳		钢芯 钢丝绳		纤维芯 钢丝绳		钢芯 钢丝绳		纤维芯 钢丝绳		钢芯 钢丝绳			
		kg/100 m	kg/100 m	kg/100 m	kg/100 m	kg/100 m	kg/100 m	kg/100 m	kg/100 m	kg/100 m	kg/100 m	kg/100 m	kg/100 m	kg/100 m	kg/100 m		
(30)		321.00	310.00	392.00	387.00	457.00	414.00	488.00	440.00	520.00	466.00	551.00	493.00	582.00			
32		366.00	352.00	445.00	441.00	520.00	471.00	556.00	501.00	591.00	531.00	627.00	561.00	662.00			
(34)		413.00	398.00	503.00	497.00	587.00	531.00	627.00	565.00	667.00	599.00	707.00	633.00	747.00			
36		463.00	446.00	564.00	558.00	659.00	596.00	704.00	634.00	748.00	672.00	793.00	710.00	838.00			
(38)		516.00	497.00	628.00	621.00	734.00	664.00	784.00	706.00	834.00	748.00	884.00	791.00	934.00			
40		571.00	550.00	696.00	689.00	813.00	736.00	869.00	782.00	924.00	829.00	979.00	876.00	1 030.00			
(42)		630.00	607.00	767.00	759.00	897.00	811.00	958.00	863.00	1 010.00	914.00	1 080.00	966.00	1 140.00			
44		691.00	666.00	842.00	833.00	984.00	890.00	1 050.00	947.00	1 110.00	1 000.00	1 180.00	1 060.00	1 250.00			
(46)		755.00	728.00	920.00	911.00	1 070.00	973.00	1 140.00	1 030.00	1 220.00	1 090.00	1 290.00	1 150.00	1 360.00			
48	+6	823.00	793.00	1 000.00	992.00	1 170.00	1 050.00	1 250.00	1 120.00	1 330.00	1 190.00	1 410.00	1 260.00	1 490.00			
(50)	0	892.00	860.00	1 090.00	1 070.00	1 270.00	1 150.00	1 350.00	1 220.00	1 440.00	1 290.00	1 530.00	1 360.00	1 610.00			
52		965.00	930.00	1 180.00	1 160.00	1 370.00	1 240.00	1 460.00	1 320.00	1 560.00	1 400.00	1 650.00	1 480.00	1 740.00			
(54)		1 040.00	1 000.00	1 270.00	1 250.00	1 480.00	1 340.00	1 580.00	1 420.00	1 680.00	1 510.00	1 780.00	1 590.00	1 880.00			
56		1 120.00	1 080.00	1 360.00	1 350.00	1 590.00	1 440.00	1 700.00	1 530.00	1 810.00	1 620.00	1 920.00	1 710.00	2 020.00			
(58)		1 200.00	1 160.00	1 460.00	1 440.00	1 710.00	1 540.00	1 820.00	1 640.00	1 940.00	1 740.00	2 060.00	1 840.00	2 170.00			
60		1 290.00	1 240.00	1 570.00	1 550.00	1 830.00	1 650.00	1 950.00	1 760.00	2 080.00	1 860.00	2 200.00	1 970.00	2 320.00			
(62)		1 370.00	1 320.00	1 670.00	1 650.00	1 950.00	1 760.00	2 080.00	1 880.00	2 220.00	1 990.00	2 350.00	2 100.00	2 480.00			
64		1 460.00	1 410.00	1 780.00	1 760.00	2 080.00	1 880.00	2 220.00	2 000.00	2 360.00	2 120.00	2 500.00	2 240.00	2 650.00			

注：1. 最小钢丝绳破断拉力和 = 钢丝绳最小破断拉力  $\times 1.226$  (纤维芯) 或  $1.374$  (钢芯)。

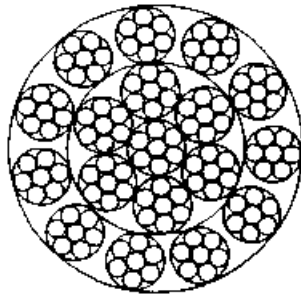
2. 新设计设备不得选用括号内的钢丝绳直径。

表 28.1-12 钢丝绳第 6 组 17×7 类的规格及力学性能 (摘自 GB/T 8918—1996)

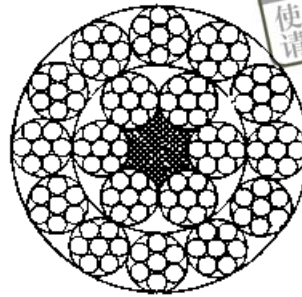
超星阅览器  
使用本复制品  
请尊重知识产权!



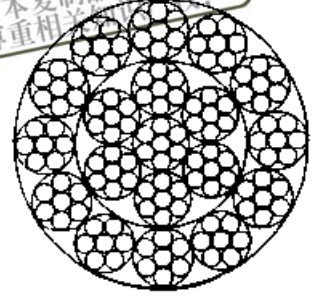
17×7+FC



17×7+IWS



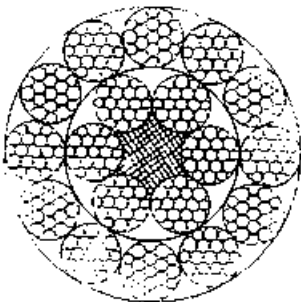
18×7+FC



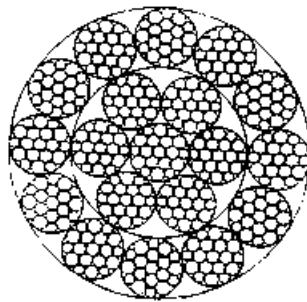
18×7+IWS

直径6-44mm

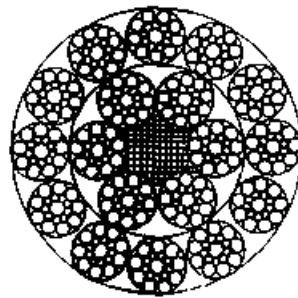
直径6-44mm



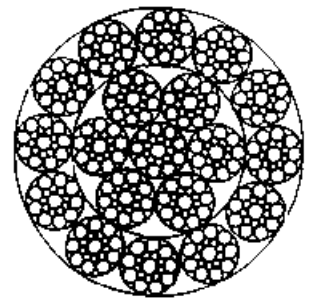
18×19W+FC



18×19W+IWS



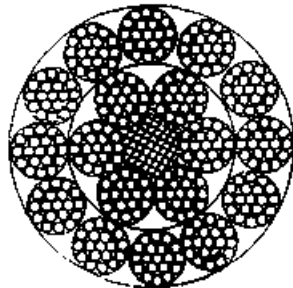
18×19S+FC



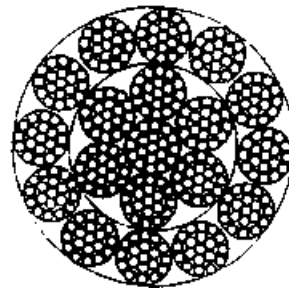
18×19S+IWS

直径14-44mm

直径14-44mm



18×19+FC



18×19+IWS

直径10-44mm

钢丝绳结构: 17×7+FC 17×7+IWS 18×7+FC 18×7+IWS 18×19W+FC 18×19W+IWS  
18×19S+FC 18×19S+IWS 18×19+FC 18×19+IWS

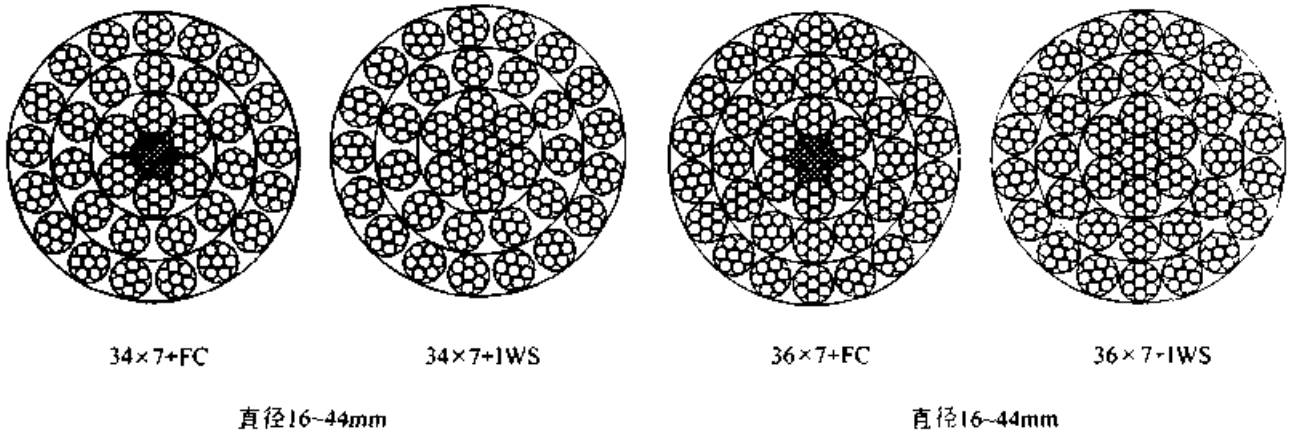
钢丝绳 公称直径		钢丝绳 近似质量 kg/100 m	钢丝绳公称抗拉强度/MPa				
			1 470	1 570	1 670	1 770	1 870
d/ mm	允许偏差/ %		钢丝绳最小破断拉力 kN				
6	+6 0	14.00	17.30	18.50	19.70	20.90	22.00
7		19.10	23.60	25.20	26.80	28.40	30.00
8		25.00	30.80	32.90	35.00	37.10	39.20
9		31.60	39.00	41.70	44.30	47.00	49.60

续表 28.1-12

钢丝绳 公称直径		钢丝绳 近似质量 kg/100 m	钢丝绳公称抗拉强度/MPa				
			1 470	1 570	1 670	1 770	1 870
d/ mm	允许偏差/ %		钢丝绳最小破断拉力 kN				
10	+6 0	39.00	48.20	51.40	54.70	58.00	61.30
11		47.20	58.30	62.30	66.20	70.20	74.20
12		56.20	69.40	74.10	78.80	83.60	88.30
13		65.90	81.40	87.00	92.50	98.10	103.00
14		76.40	94.50	100.00	107.00	113.00	120.00
16		99.80	123.00	131.00	140.00	148.00	157.00
18		126.00	156.00	166.00	177.00	188.00	198.00
20		156.00	192.00	205.00	219.00	232.00	245.00
22		189.00	233.00	249.00	265.00	280.00	296.00
24		225.00	277.00	296.00	315.00	334.00	353.00
26		264.00	325.00	348.00	370.00	392.00	414.00
28		306.00	378.00	403.00	429.00	455.00	480.00
(30)		351.00	433.00	463.00	492.00	522.00	552.00
32		399.00	493.00	527.00	560.00	594.00	628.00
(34)		451.00	557.00	595.00	633.00	671.00	709.00
36		505.00	624.00	667.00	709.00	752.00	794.00
(38)		563.00	696.00	743.00	790.00	838.00	885.00
40		624.00	771.00	823.00	876.00	928.00	981.00
(42)		688.00	850.00	908.00	966.00	1 020.00	1 080.00
44		755.00	933.00	996.00	1 060.00	1 120.00	1 180.00

注：1. 最小钢丝破断拉力总和 = 钢丝绳最小破断拉力 × 1.283 其中 17 × 7 为 1.250。  
2. 新设计设备不得选用括号内的钢丝绳直径。

表 28.1-13 钢丝绳第 7 组 34 × 7 类的规格及力学性能 (摘自 GB/T 8918—1996)



钢丝绳结构：34 × 7 + FC 34 × 7 + IWS 36 × 7 + FC 36 × 7 + IWS

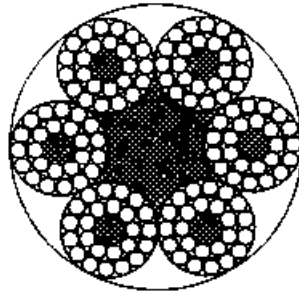
续表 28.1-13

钢丝绳 公称直径		钢丝绳 近似质量 kg/100 m	钢丝绳公称抗拉强度/MPa				
d/ mm	允许偏差/ %		1 470	1 570	1 670	1 770	1 870
		钢丝绳最小破断拉力 kN					
16	+6 0	99.80	119.00	127.00	135.00	144.00	152.00
18		126.00	151.00	161.00	172.00	182.00	192.00
20		156.00	186.00	199.00	212.00	225.00	237.00
22		189.00	226.00	241.00	257.00	272.00	287.00
24		225.00	269.00	287.00	305.00	324.00	342.00
26		264.00	316.00	337.00	358.00	380.00	401.00
28		306.00	366.00	391.00	416.00	441.00	466.00
(30)		351.00	420.00	449.00	477.00	506.00	535.00
32		399.00	478.00	511.00	543.00	576.00	608.00
(34)		451.00	540.00	577.00	613.00	650.00	687.00
36		505.00	605.00	647.00	688.00	729.00	770.00
(38)		563.00	675.00	720.00	766.00	812.00	858.00
40		624.00	747.00	798.00	849.00	900.00	951.00
(42)		688.00	824.00	880.00	936.00	992.00	1 040.00
44	755.00	905.00	966.00	1 020.00	1 080.00	1 150.00	

注：1. 最小钢丝破断拉力总和 = 钢丝绳最小破断拉力 × 1.334 其中 34 × 7 为 1.300。

2. 新设计设备不得选用括号内的钢丝绳直径。

表 28.1-14 钢丝绳第 8 组 6 × 24 类的规格及力学性能 (摘自 GB/T 8918—1996)



6 × 24 + 7FC  
直径 8-40mm

钢丝绳结构：6 × 24 + 7FC

钢丝绳 公称直径		钢丝绳近似质量		钢丝绳公称抗拉强度/MPa		
d/ mm	允许偏差/ %	天然纤维芯钢丝绳	合成纤维芯钢丝绳	1 470	1 570	1 670
		kg/100 m		钢丝绳最小破断拉力 kN		
8	+7 0	20.40	19.50	26.30	28.10	29.90
9		25.80	24.60	33.30	35.60	37.80
10		31.80	30.40	41.10	43.90	46.70
11		38.50	36.80	49.80	53.10	56.50



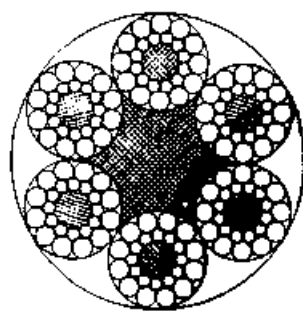
续表 28.1-14

钢丝绳 公称直径		钢丝绳近似质量		钢丝绳公称抗拉强度/MPa		
				1 470	1 570	1 670
d/ mm	允许偏差/ %	天然纤维芯钢丝绳	合成纤维芯钢丝绳	钢丝绳最小破断拉力 kN		
		kg/100 m				
12	+7 0	45.80	43.80	59.20	63.30	67.30
13		53.70	51.40	69.50	74.20	79.00
14		62.30	59.60	80.60	86.10	91.60
16		81.40	77.80	105.00	112.00	119.00
18		103.00	98.50	133.00	142.00	151.00
20		127.00	122.00	164.00	175.00	187.00
22		154.00	147.00	199.00	212.00	226.00
24		183.00	175.00	237.00	253.00	269.00
26		215.00	206.00	278.00	297.00	316.00
28		249.00	238.00	322.00	344.00	366.00
(30)		286.00	274.00	370.00	395.00	420.00
32		326.00	311.00	421.00	450.00	478.00
(34)		368.00	351.00	475.00	508.00	540.00
36		412.00	394.00	533.00	569.00	606.00
(38)		459.00	439.00	594.00	634.00	675.00
40		509.00	486.00	658.00	703.00	748.00

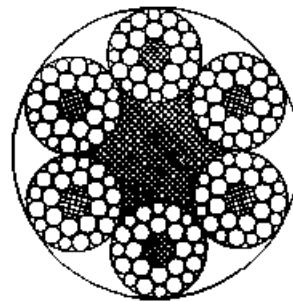
注：1. 最小钢丝破断拉力总和=钢丝绳最小破断拉力×1.150（纤维芯）。

2. 新设计设备不得选用括号内的钢丝绳直径。

表 28.1-15 钢丝绳第 8 组 6×24 类的规格及力学性能（摘自 GB/T 8918—1996）



6×24S+7FC



6×24W+7FC

直径10~44mm

钢丝绳结构：6×24S+7FC 6×24W+7FC

续表 28.1-15

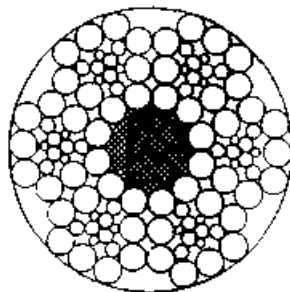
钢丝绳 公称直径		钢丝绳近似质量		钢丝绳公称抗拉强度/MPa		
				1 470	1 570	1 670
d/ mm	允许偏差/ %	天然纤维芯钢丝绳	合成纤维芯钢丝绳	钢丝绳最小破断拉力 kN		
		kg/100 m				
10		33.10	31.60	42.80	45.70	48.60
11		40.00	38.30	51.70	55.50	58.80
12		47.60	45.50	61.60	65.80	70.00
13		55.90	53.40	72.30	77.20	82.10
14		64.80	62.00	83.90	89.60	95.30
16		84.70	80.90	109.00	117.00	124.00
18		107.00	102.00	138.00	148.00	157.00
20		132.00	126.00	171.00	182.00	194.00
22		160.00	153.00	207.00	221.00	235.00
24	+7	190.00	182.00	246.00	263.00	280.00
26	0	224.00	214.00	289.00	309.00	328.00
28		259.00	248.00	335.00	358.00	381.00
(30)		298.00	285.00	385.00	411.00	437.00
32		339.00	324.00	438.00	468.00	497.00
(34)		382.00	365.00	494.00	528.00	562.00
36		429.00	410.00	554.00	592.00	630.00
(38)		478.00	457.00	618.00	660.00	702.00
40		529.00	506.00	684.00	731.00	778.00
(42)		583.00	558.00	755.00	806.00	857.00
44		640.00	612.00	828.00	885.00	941.00

超星网络提醒您：  
使用本复制品  
请尊重知识产权

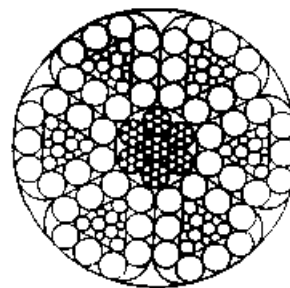
注：1. 最小钢丝破断拉力总和 = 钢丝绳最小破断拉力 × 1.150 (纤维芯)。

2. 新设计设备不得选用括号内的钢丝绳直径。

表 28.1-16 钢丝绳第 9 组 6V×7 类的规格及力学性能 (摘自 GB/T 8918—1996)



6V×18+FC  
k=0.86



6V×18+IWR  
k=0.82

直径 20~36mm

钢丝绳结构：6V×18+FC 6V×18+IWR

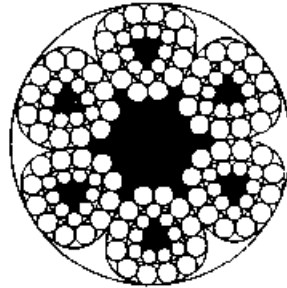
续表 28.1-16

钢丝绳 公称直径		钢丝绳近似质量		钢丝绳公称抗拉强度/MPa										
				1 470		1 570		1 670		1 770		1 870		
				钢丝绳最小破断拉力										
d/ mm	允许 偏差/ %	天然纤维 芯钢丝绳	合成纤维 芯钢丝绳	钢芯 钢丝绳	纤维芯 钢丝绳	钢芯 钢丝绳	纤维芯 钢丝绳	钢芯 钢丝绳	纤维芯 钢丝绳	钢芯 钢丝绳	纤维芯 钢丝绳	钢芯 钢丝绳	纤维芯 钢丝绳	钢芯 钢丝绳
kg/100 m				kN										
20	+7 0	165.00	162.00	175.00	220.00	234.00	235.00	249.00	250.00	265.00	265.00	281.00	280.00	297.00
22		199.00	196.00	212.00	266.00	283.00	284.00	302.00	303.00	321.00	321.00	340.00	339.00	360.00
24		237.00	233.00	252.00	317.00	336.00	339.00	359.00	360.00	382.00	382.00	405.00	403.00	428.00
26		279.00	273.00	295.00	372.00	395.00	397.00	422.00	423.00	449.00	448.00	476.00	474.00	503.00
28		323.00	317.00	343.00	432.00	458.00	461.00	489.00	490.00	521.00	520.00	552.00	549.00	583.00
(30)		371.00	364.00	393.00	496.00	526.00	529.00	562.00	563.00	598.00	597.00	634.00	631.00	669.00
32		422.00	414.00	447.00	564.00	599.00	602.00	639.00	641.00	680.00	679.00	721.00	718.00	762.00
(34)		476.00	467.00	505.00	637.00	676.00	680.00	722.00	723.00	768.00	767.00	814.00	810.00	860.00
36		534.00	524.00	566.00	714.00	758.00	763.00	809.00	811.00	861.00	860.00	912.00	908.00	964.00

注：1. 最小钢丝绳破断拉力总和 = 钢丝绳最小破断拉力 × 1.156 (纤维芯) 或 1.191 (钢芯)。

2. 新设计设备不得选用括号内的钢丝绳直径。

表 28.1-17 钢丝绳第 10 组 6V×19 类的规格及力学性能 (摘自 GB/T 8918—1996)



6V×21+7FC k=0.84

直径11~36mm

钢丝绳结构：6V×21+7FC

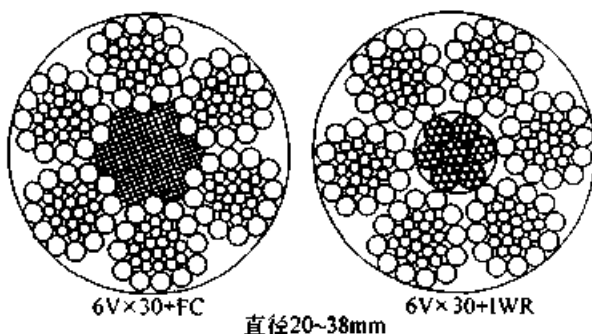
钢丝绳 公称直径		钢丝绳近似质量		钢丝绳公称抗拉强度/MPa						
				1 470		1 570		1 670	1 770	1 870
				钢丝绳最小破断拉力/ kN						
d/ mm	允许偏差/ %	天然纤维 芯钢丝绳	合成纤维 芯钢丝绳							
kg/100 m										
11	+7 0	45.10	44.20	58.90	62.90	66.90	70.90	74.90		
12		53.70	52.60	70.10	74.80	79.60	84.40	89.10		
13		63.00	61.70	82.20	87.80	93.40	99.00	104.00		
14		73.00	71.60	95.40	101.00	108.00	114.00	121.00		
16		95.40	93.50	124.00	133.00	141.00	150.00	158.00		
18		121.00	118.00	157.00	168.00	179.00	189.00	200.00		
20		149.00	146.00	194.00	207.00	221.00	234.00	247.00		
22		180.00	177.00	235.00	251.00	267.00	283.00	299.00		

钢丝绳 公称直径		钢丝绳近似质量		钢丝绳公称抗拉强度/MPa				
				1 470	1 570	1 670	1 770	1 870
d/ mm	允许偏差/ %	天然纤维 芯钢丝绳	合成纤维 芯钢丝绳	钢丝绳最小破断拉力/ kN				
		kg/100 m						
24	+7 0	215.00	210.00	280.00	299.00	318.00	337.00	356.00
26		252.00	247.00	329.00	351.00	373.00	396.00	418.00
28		292.00	286.00	381.00	407.00	433.00	459.00	485.00
(30)		335.00	329.00	438.00	467.00	497.00	527.00	557.00
32		382.00	374.00	498.00	532.00	566.00	600.00	634.00
(34)		431.00	422.00	562.00	601.00	639.00	677.00	715.00
36		483.00	473.00	630.00	673.00	716.00	759.00	802.00

注：1. 最小钢丝破断拉力总和=钢丝绳最小破断拉力×1.177。

2. 新设计设备不得选用括号内的钢丝绳直径。

表 28.1-18 钢丝绳第 10 组 6V×19 类的规格及力学性能 (摘自 GB/T 8918—1996)



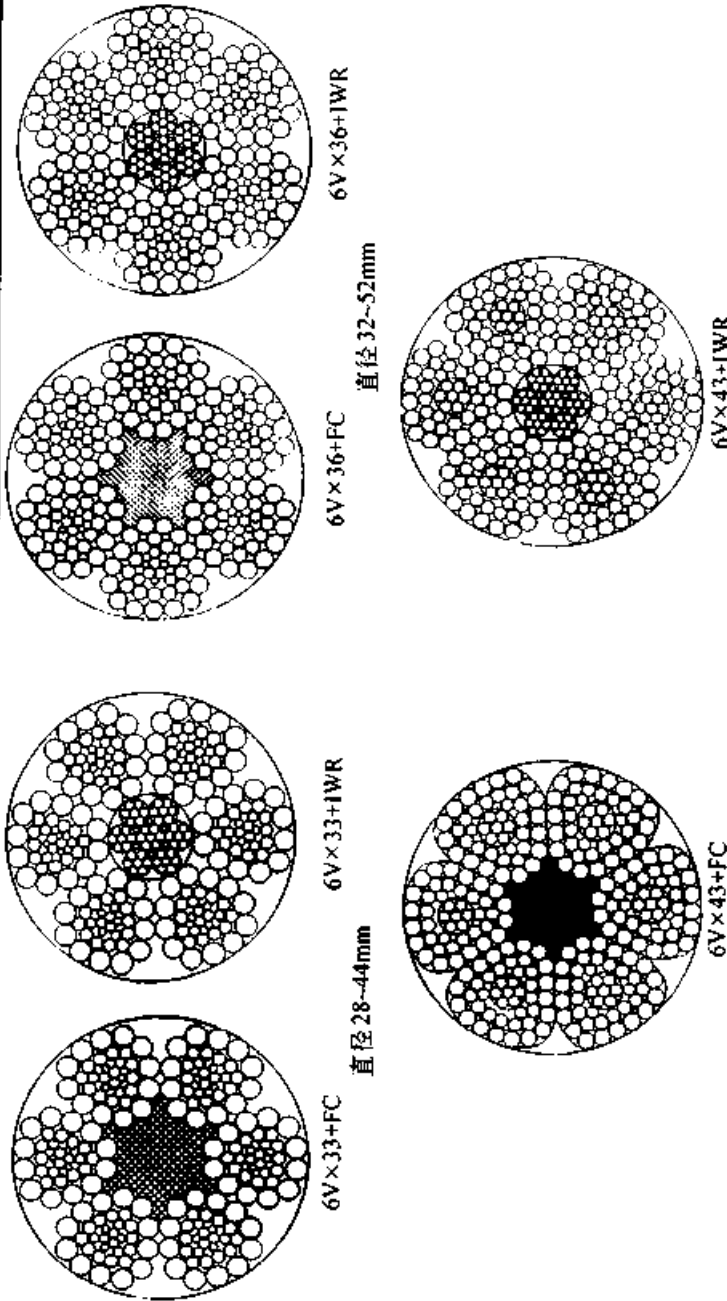
钢丝绳结构：6V×30+FC 6V×30+IWR

钢丝绳 公称直径		钢丝绳近似质量				钢丝绳公称抗拉强度/MPa								
						1 470	1 570	1 670	1 770	1 870				
d/ mm	允许 偏差/ %	天然纤维 芯钢丝绳	合成纤维 芯钢丝绳	钢芯 钢丝绳	纤维芯 钢丝绳	钢芯 钢丝绳	纤维芯 钢丝绳	钢芯 钢丝绳	纤维芯 钢丝绳	钢芯 钢丝绳	纤维芯 钢丝绳	钢芯 钢丝绳	纤维芯 钢丝绳	钢芯 钢丝绳
		kg/100 m				kN								
20	+7 0	162.00	159.00	172.00	190.00	202.00	203.00	215.00	216.00	229.00	229.00	243.00	242.00	257.00
22		196.00	192.00	208.00	230.00	244.00	246.00	261.00	261.00	277.00	277.00	294.00	293.00	311.00
24		233.00	229.00	247.00	274.00	291.00	292.00	310.00	311.00	330.00	330.00	350.00	348.00	370.00
26		274.00	268.00	290.00	321.00	341.00	343.00	364.00	365.00	388.00	387.00	411.00	409.00	434.00
28		318.00	311.00	336.00	373.00	396.00	398.00	423.00	424.00	450.00	449.00	477.00	475.00	504.00
(30)		364.00	357.00	386.00	428.00	454.00	457.00	485.00	486.00	516.00	516.00	547.00	545.00	578.00
32		415.00	407.00	439.00	487.00	517.00	520.00	552.00	554.00	587.00	587.00	623.00	620.00	658.00
(34)		468.00	459.00	496.00	550.00	584.00	588.00	623.00	625.00	663.00	662.00	703.00	700.00	743.00
36		525.00	515.00	556.00	617.00	654.00	659.00	699.00	701.00	744.00	743.00	788.00	785.00	833.00
(38)		585.00	573.00	619.00	687.00	729.00	734.00	779.00	781.00	829.00	828.00	878.00	874.00	928.00

注：1. 最小钢丝破断拉力总和=钢丝绳最小破断拉力×1.177 (纤维芯) 或 1.213 (钢芯)。

2. 新设计设备不得选用括号内的钢丝绳直径。

表 28.1-19 钢丝绳第 10 组和第 11 组 6V×19 和 6V×37 类的规格及力学性能(摘自 GB/T 8918—1996)



直径 28~44mm

直径 32~52mm

直径 52~58mm

钢丝绳结构: 6V×33+FC 6V×33+IWR 6V×36+FC 6V×36+IWR 6V×43+FC 6V×43+IWR

d/ mm	允许偏差/ %	钢丝绳近似质量 kg/100 m						钢丝绳公称抗拉强度/ MPa						钢丝绳最小破断拉力 kN						
		天然纤维 芯钢丝绳	合成纤维 芯钢丝绳	钢芯 钢丝绳	纤维芯 钢丝绳	钢芯 钢丝绳	纤维芯 钢丝绳	1 470	1 570	1 670	1 770	1 870	钢芯 钢丝绳	纤维芯 钢丝绳	钢芯 钢丝绳	纤维芯 钢丝绳	钢芯 钢丝绳	纤维芯 钢丝绳		
28		318.00	311.00	336.00	414.00	440.00	443.00	470.00	471.00	500.00	499.00	530.00	527.00	560.00						
(30)	+7	364.00	357.00	386.00	476.00	505.00	508.00	539.00	541.00	574.00	573.00	608.00	605.00	642.00						
32	0	415.00	407.00	439.00	541.00	575.00	578.00	614.00	615.00	653.00	652.00	692.00	689.00	731.00						
(34)		468.00	459.00	496.00	611.00	649.00	653.00	693.00	694.00	737.00	736.00	781.00	778.00	825.00						

续表 28.1-19

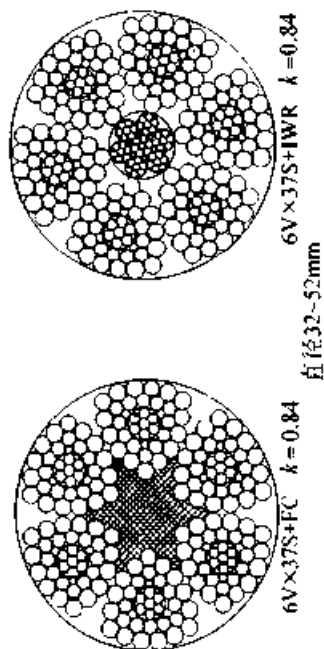
钢丝绳公称直径		钢丝绳公称抗拉强度/MPa																			
		1 470				1 570				1 670				1 770				1 870			
		钢丝绳最小破断拉力																			
d/ mm	允许偏差/ %	钢丝绳近似质量						kN													
		天然纤维 芯钢丝绳	合成纤维 芯钢丝绳	钢芯 钢丝绳	纤维芯 钢丝绳	钢芯 钢丝绳	纤维芯 钢丝绳	钢芯 钢丝绳	纤维芯 钢丝绳	钢芯 钢丝绳	纤维芯 钢丝绳	钢芯 钢丝绳	纤维芯 钢丝绳	钢芯 钢丝绳	纤维芯 钢丝绳	钢芯 钢丝绳	纤维芯 钢丝绳	钢芯 钢丝绳			
		kg/100 m																			
36		525.00	515.00	556.00	685.00	727.00	732.00	777.00	779.00	826.00	825.00	876.00	872.00	925.00							
(38)		585.00	573.00	619.00	764.00	810.00	816.00	866.00	868.00	921.00	920.00	976.00	972.00	1 030.00							
40		648.00	635.00	686.00	846.00	898.00	904.00	959.00	961.00	1 020.00	1 010.00	1 080.00	1 070.00	1 140.00							
(42)		714.00	700.00	757.00	933.00	990.00	997.00	1 050.00	1 060.00	1 120.00	1 120.00	1 190.00	1 180.00	1 260.00							
44		784.00	769.00	831.00	1 020.00	1 080.00	1 090.00	1 160.00	1 160.00	1 230.00	1 230.00	1 300.00	1 300.00	1 380.00							
(46)	+7	857.00	840.00	908.00	1 110.00	1 180.00	1 190.00	1 260.00	1 270.00	1 340.00	1 340.00	1 430.00	1 420.00	1 510.00							
48	0	933.00	915.00	988.00	1 210.00	1 290.00	1 300.00	1 380.00	1 380.00	1 460.00	1 460.00	1 550.00	1 550.00	1 640.00							
(50)		1 010.00	992.00	1 070.00	1 320.00	1 400.00	1 410.00	1 490.00	1 500.00	1 590.00	1 590.00	1 690.00	1 680.00	1 780.00							
52		1 100.00	1 070.00	1 160.00	1 430.00	1 510.00	1 520.00	1 620.00	1 620.00	1 720.00	1 720.00	1 820.00	1 820.00	1 930.00							
(54)		1 180.00	1 160.00	1 250.00	1 540.00	1 630.00	1 640.00	1 740.00	1 750.00	1 860.00	1 850.00	1 970.00	1 960.00	2 080.00							
56		1 270.00	1 240.00	1 350.00	1 650.00	1 760.00	1 770.00	1 880.00	1 880.00	2 000.00	1 990.00	2 120.00	2 110.00	2 240.00							
(58)		1 360.00	1 340.00	1 440.00	1 780.00	1 880.00	1 900.00	2 010.00	2 020.00	2 140.00	2 140.00	2 270.00	2 260.00	2 400.00							

注: 1. 最小钢丝绳破断力总和 = 钢丝绳最小破断拉力 × 1.177 (纤维芯) 或 1.213 (钢芯)。

2. 新设计设备不得选用括号内的钢丝绳直径。



表 28.1-20 钢丝绳第 11 组 6V×37 类的规格及力学性能(摘自 GB/T 8918—1996)



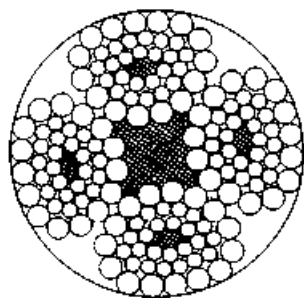
钢丝绳结构: 6V×37S+FC 6V×37S+IWR

钢丝绳公称直径		钢丝绳公称抗拉强度/MPa												
		1 470		1 570		1 670		1 770		1 870				
d/ mm	允许偏差/ %	钢丝绳最小破断拉力												
		天然纤维 芯钢丝绳		合成纤维 芯钢丝绳		纤维芯 钢丝绳		纤维芯 钢丝绳		钢芯 钢丝绳		钢芯 钢丝绳		
		kg/100 m												
32		435.00	427.00	461.00	568.00	603.00	607.00	644.00	646.00	685.00	685.00	726.00	723.00	768.00
(34)		492.00	482.00	521.00	642.00	681.00	686.00	727.00	729.00	774.00	773.00	820.00	817.00	867.00
36		551.00	540.00	584.00	720.00	764.00	769.00	816.00	818.00	868.00	867.00	920.00	916.00	972.00
(38)		614.00	602.00	650.00	802.00	851.00	856.00	909.00	911.00	967.00	966.00	1 020.00	1 020.00	1 080.00
40		680.00	667.00	721.00	889.00	943.00	949.00	1 000.00	1 010.00	1 070.00	1 070.00	1 130.00	1 130.00	1 200.00
(42)	+7	750.00	735.00	795.00	980.00	1 040.00	1 040.00	1 110.00	1 110.00	1 180.00	1 180.00	1 250.00	1 240.00	1 320.00
44	0	823.00	807.00	872.00	1 070.00	1 140.00	1 140.00	1 210.00	1 220.00	1 290.00	1 290.00	1 370.00	1 360.00	1 450.00
(46)		900.00	882.00	953.00	1 170.00	1 240.00	1 250.00	1 330.00	1 330.00	1 410.00	1 410.00	1 500.00	1 490.00	1 580.00
48		980.00	960.00	1 040.00	1 280.00	1 350.00	1 360.00	1 450.00	1 450.00	1 540.00	1 540.00	1 630.00	1 620.00	1 720.00
(50)		1 060.00	1 040.00	1 130.00	1 380.00	1 470.00	1 480.00	1 570.00	1 570.00	1 670.00	1 670.00	1 770.00	1 760.00	1 870.00
52		1 150.00	1 130.00	1 220.00	1 500.00	1 590.00	1 600.00	1 700.00	1 700.00	1 810.00	1 800.00	1 910.00	1 910.00	2 020.00

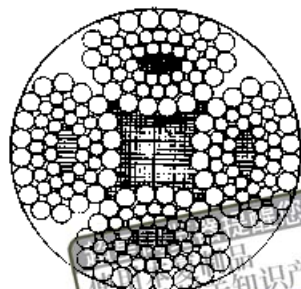
注: 1. 最小钢丝绳破断拉力和 = 钢丝绳最小破断拉力 × 1.177 (纤维芯) 或 1.213 (钢芯);

2. 新设计设备不得选用括号内的钢丝绳直径。

表 28.1-21 钢丝绳第 12 组 4V×39 类的规格及力学性能 (摘自 GB/T 8918—1996)



4V×39S+5FC  
直径 8~36mm



4V×48S+5FC  
直径 20~40mm

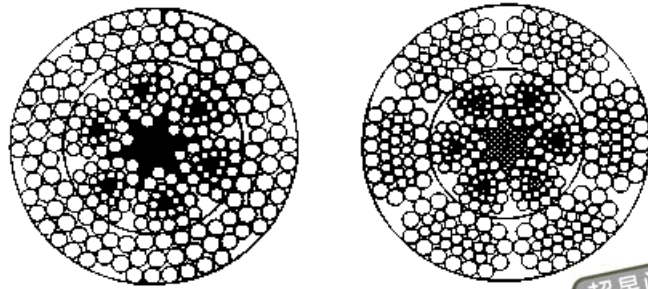
钢丝绳结构: 4V×39S+5FC 4V×48S+5FC

钢丝绳 公称直径		钢丝绳近似质量		钢丝绳公称抗拉强度/MPa				
				1 470	1 570	1 670	1 770	1 870
d/ mm	允许偏差/ %	天然纤维 芯钢丝绳	合成纤维 芯钢丝绳	钢丝绳最小破断拉力/ kN				
		kg/100 m						
8		26.20	25.70	33.80	36.10	38.40	40.70	43.00
9		33.20	32.60	42.80	45.70	48.60	51.60	54.50
10		41.00	40.20	52.90	56.50	60.10	63.70	67.30
11		49.60	48.60	64.00	68.30	72.70	77.10	81.40
12		59.00	57.90	76.20	81.30	86.50	91.70	96.90
13		69.30	67.90	89.40	95.50	101.00	107.00	113.00
14		80.40	78.80	103.00	110.00	117.00	124.00	131.00
16		105.00	103.00	135.00	144.00	153.00	163.00	172.00
18	+ 7	133.00	130.00	171.00	183.00	194.00	206.00	218.00
20	0	164.00	161.00	211.00	226.00	240.00	254.00	269.00
22		198.00	195.00	256.00	273.00	290.00	308.00	325.00
24		236.00	232.00	304.00	325.00	346.00	367.00	387.00
26		277.00	272.00	357.00	382.00	406.00	430.00	455.00
28		321.00	315.00	414.00	443.00	471.00	499.00	527.00
(30)		369.00	362.00	476.00	508.00	541.00	573.00	605.00
32		420.00	412.00	541.00	578.00	615.00	652.00	689.00
(34)		474.00	465.00	611.00	653.00	694.00	736.00	778.00
36		531.00	521.00	685.00	732.00	779.00	825.00	872.00
(38)		592.00	580.00	764.00	816.00	868.00	920.00	972.00
40		656.00	643.00	846.00	904.00	961.00	1 010.00	1 070.00

注: 1. 最小钢丝破断拉力总和=钢丝绳最小破断拉力×1.191 (纤维芯)。  
2. 新设计设备不得选用括号内的钢丝绳直径。



表 28.1-22 钢丝绳第 13 组 6Q×19+6V×21 类的规格及力学性能 (摘自 GB/T 8918—1996)



6Q×19+6V×21+7FC

直径40-52mm

k=0.82

6Q×33+6V×21+7FC

直径40-60mm

超星浏览器提醒您：  
 本复制品  
 请尊重相关知识产权！

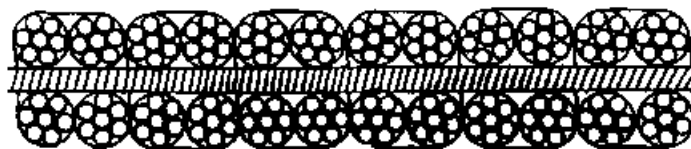
钢丝绳结构：6Q×19+6V×21+7FC 6Q×33+6V×21+7FC

钢丝绳 公称直径		钢丝绳近似质量		钢丝绳公称抗拉强度/MPa				
				1 470	1 570	1 670	1 770	1 870
d/ mm	允许偏差/ %	天然纤维 芯钢丝绳	合成纤维 芯钢丝绳	钢丝绳最小破断拉力/ kN				
		kg/100 m						
40		656.00	643.00	846.00	904.00	961.00	1 010.00	1 070.00
(42)		723.00	709.00	933.00	997.00	1 060.00	1 120.00	1 180.00
44		794.00	778.00	1 020.00	1 090.00	1 160.00	1 230.00	1 300.00
(46)		868.00	851.00	1 110.00	1 190.00	1 270.00	1 340.00	1 420.00
48	+7	945.00	926.00	1 210.00	1 300.00	1 380.00	1 460.00	1 550.00
(50)	0	1 020.00	1 000.00	1 320.00	1 410.00	1 500.00	1 590.00	1 680.00
52		1 110.00	1 090.00	1 430.00	1 520.00	1 620.00	1 720.00	1 820.00
(54)		1 200.00	1 170.00	1 540.00	1 640.00	1 750.00	1 850.00	1 960.00
56		1 290.00	1 260.00	1 650.00	1 770.00	1 880.00	1 990.00	2 110.00
(58)		1 380.00	1 350.00	1 780.00	1 900.00	2 020.00	2 140.00	2 260.00
60		1 480.00	1 450.00	1 900.00	2 030.00	2 160.00	2 290.00	2 420.00

注：1. 最小钢丝破断拉力总和 = 钢丝绳最小破断拉力 × 1.250 (纤维芯)。

2. 新设计设备不得选用括号内的钢丝绳直径。

表 28.1-23 钢丝绳第 14 组 P6×4×7 类的规格及力学性能 (摘自 GB/T 8918—1996)



P6×4×7

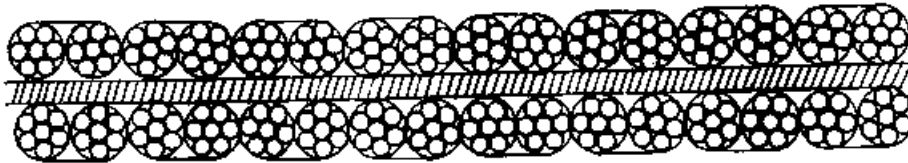
钢丝绳结构：P6×4×7

续表 28.1-23

钢丝绳 尺寸 宽×厚	钢丝绳直径		承重钢丝 断面积 总和 /mm <sup>2</sup>	钢丝绳 近似质量/ (kg/100 m)	钢丝绳公称抗拉强度/MPa				编织方式
	子绳	纬绳 (低碳钢丝)			1 360	1 470	1 570	1 670	
mm					最小钢丝破断拉力总和/ kN				
58×13	1.30	0.80	222.9	216	305	327	350	372	双纬绳两侧
62×14	1.40	0.80	258.5	251	354	380	405	431	
67×15	1.50	0.90	296.7	288	406	436	465	495	
71×16	1.60	1.00	337.6	328	462	496	530	563	
75×17	1.70	1.00	381.1	370	522	560	598	636	

注：钢丝绳直径允许在 ±0.2 mm 范围内调整（包括低碳钢丝）。

表 28.1-24 钢丝绳第 14 组 P8×4×7 类的规格及力学性能（摘自 GB/T 8918—1996）



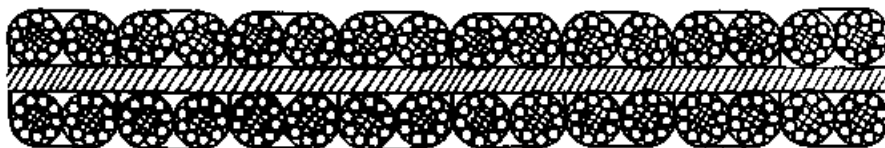
P8×4×7

钢丝绳结构：P8×4×7

钢丝绳 尺寸 宽×厚	钢丝绳直径		承重钢丝 断面积 总和 /mm <sup>2</sup>	钢丝绳 近似质量/ (kg/100 m)	钢丝绳公称抗拉强度/MPa				编织方式
	子绳	纬绳 (低碳钢丝)			1 370	1 470	1 570	1 670	
mm					最小钢丝破断拉力总和/ kN				
88×15	1.50	0.90	395.6	382	542	581	621	660	双纬绳两侧
94×16	1.60	1.00	450.2	436	616	661	706	751	
100×17	1.70	1.00	508.2	491	696	747	797	848	
107×18	1.80	1.10	569.7	551	780	837	894	951	
113×19	1.90	1.10	634.8	615	869	933	996	1 060	
119×20	2.00	1.20	703.4	681	963	1 030	1 100	1 170	各 2 条

注：钢丝绳直径允许在 ±0.2 mm 范围内调整（包括低碳钢丝）。

表 28.1-25 钢丝绳第 14 组 P8×4×9 类的规格及力学性能（摘自 GB/T 8918—1996）



P8×4×9

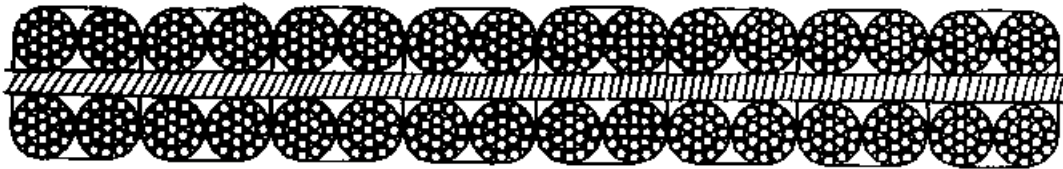
钢丝绳结构：P8×4×9

续表 28.1-25

钢丝绳 尺寸 宽×厚	钢丝绳直径		承重钢丝 断面积 总和 /mm <sup>2</sup>	钢丝绳 近似质量/ (kg/100 m)	钢丝绳公称抗拉强度/MPa				编织方式
	子绳	纬绳 (低碳钢丝)			1 370	1 470	1 570	1 670	
					最小钢丝破断拉力总和/ kN				
mm									
132×21	1.70	1.00	653.4	732	895	960	1 020	1 090	双纬绳两侧 各 4 条
139×23	1.80	1.10	732.5	820	1 000	1 070	1 150	1 220	
143×24	1.85	1.10	773.8	865	1 060	1 130	1 210	1 290	
147×24	1.90	1.10	816.1	914	1 110	1 190	1 280	1 360	
155×26	2.00	1.20	904.3	1 010	1 230	1 320	1 410	1 510	
163×27	2.10	1.30	997.0	1 120	1 360	1 460	1 560	1 660	
170×28	2.20	1.30	1 094.2	1 230	1 490	1 600	1 710	1 820	

注：钢丝绳直径允许在 ±0.2 mm 范围内调整（包括低碳钢丝）。

表 28.1-26 钢丝绳第 14 组 P8×4×19 类的规格及力学性能（摘自 GB/T 8918—1996）



P8×4×19

钢丝绳结构：P8×4×19

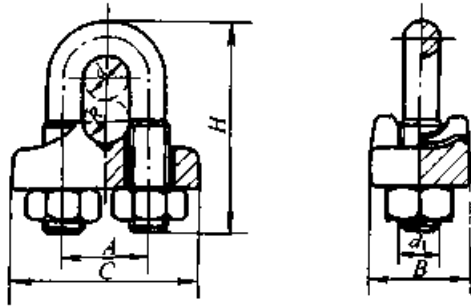
钢丝绳 尺寸 宽×厚	钢丝绳直径		承重钢丝 断面积 总和 /mm <sup>2</sup>	钢丝绳 近似质量/ (kg/100 m)	钢丝绳公称抗拉强度/MPa				编织方式
	子绳	纬绳 (低碳钢丝)			1 370	1 470	1 570	1 670	
					最小钢丝破断拉力总和/ kN				
mm									
148×24	1.50	0.90	1 073.9	1 050	1 470	1 570	1 680	1 790	双纬绳两侧 各 4 条
157×25	1.60	1.00	1 221.8	1 190	1 670	1 790	1 910	2 040	
166×26	1.70	1.00	1 379.3	1 340	1 880	2 020	2 160	2 300	
177×28	1.80	1.10	1 546.4	1 510	2 110	2 270	2 420	2 580	
187×29	1.90	1.10	1 723.0	1 680	2 360	2 530	2 700	2 870	
196×31	2.00	1.20	1 909.1	1 860	2 610	2 800	2 990	3 180	
206×33	2.10	1.30	2 104.8	2 050	2 880	3 090	3 300	3 510	
216×34	2.20	1.30	2 310.0	2 250	3 160	3 390	3 620	3 850	

注：钢丝绳直径允许在 ±0.2 mm 范围内调整（包括低碳钢丝）。

## 2 绳具

### 2.1 钢丝绳夹（见表 28.1-27 和表 28.1-28）

表 28.1-27 钢丝绳夹的外形尺寸 (摘自 GB/T 5976—1986)



标记示例:

钢丝绳为右捻 6 股, 公称尺寸为 20 mm (钢丝绳公称直径  $d > 18 \sim 20$  mm), 夹座材料为 KTH350-10 的钢丝绳夹:

绳夹 20KTH GB/T 5976—1986

钢丝绳为左捻 8 股时:

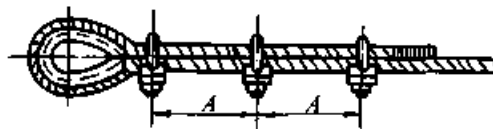
绳夹 20-8 左 KTH GB/T 5976—1986

钢丝绳为右捻 8 股时:

绳夹 20-8KTH GB/T 5976—1986

绳夹公称尺寸 (钢丝绳公称 直径 $d$ ) /mm	尺寸/mm					螺 母 GB/T 6171—1986 $d_1$	单组质量 $m$ /kg
	A	B	C	R	H		
6	13.0	14	27	3.5	31	M6	0.034
8	17.0	19	36	4.5	41	M8	0.073
10	21.0	23	44	5.5	51	M10	0.140
12	25.0	28	53	6.5	62	M12	0.243
14	29.0	32	61	7.5	72	M14	0.372
16	31.0	32	63	8.5	77	M14	0.402
18	35.0	37	72	9.5	87	M16	0.601
20	37.0	37	74	10.5	92	M16	0.624
22	43.0	46	89	12.0	108	M20	1.122
24	45.5	46	91	13.0	113	M20	1.205
26	47.5	46	93	14.0	117	M20	1.244
28	51.5	51	102	15.0	127	M22	1.605
32	55.5	51	106	17.0	136	M22	1.727
36	61.5	55	116	19.5	151	M24	2.286
40	69.0	62	131	21.5	168	M27	3.133
44	73.0	62	135	23.5	178	M27	3.470
48	80.0	69	149	25.5	196	M30	4.701
52	84.5	69	153	28.0	205	M30	4.897
56	88.5	69	157	30.0	214	M30	5.075
60	98.5	83	181	32.0	237	M36	7.921

表 28.1-28 钢丝绳夹使用方法 (摘自 GB/T 5976—1986)



$A = (6 \sim 7)d$  ( $d$  为钢丝绳直径)

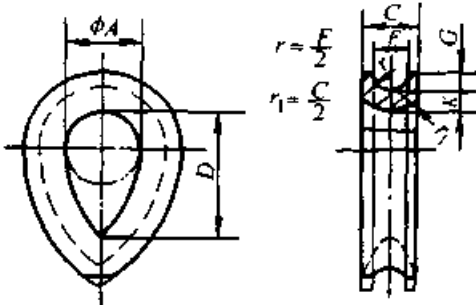
固定处的强度至少为钢丝绳自身强度的 80%。钢丝绳夹不得在钢丝绳上交替布置。

紧固绳夹时须考虑每个绳夹的合理受力, 离套环最远处的绳夹不得首先单独紧固。离套环最近处的绳夹 (第一个绳夹) 应尽可能地靠紧套环, 但仍须保证绳夹的正确拧紧, 不得损坏钢丝绳的外层钢丝。

绳夹公称尺寸 (钢丝绳公称直径 $d_1$ ) /mm	钢丝绳夹的最少数量 组	绳夹公称尺寸 (钢丝绳公称直径 $d_1$ ) /mm	钢丝绳夹的最少数量 组
$\leq 19$	3	$> 38 \sim 44$	6
$> 19 \sim 32$	4	$> 44 \sim 60$	7
$> 32 \sim 38$	5		

2.2 钢丝绳用普通套环 (见表 28.1-29)      2.3 钢丝绳用楔形接头 (见表 28.1-30)

表 28.1-29 钢丝绳用普通套环 (摘自 GB/T 5974.1—1986)

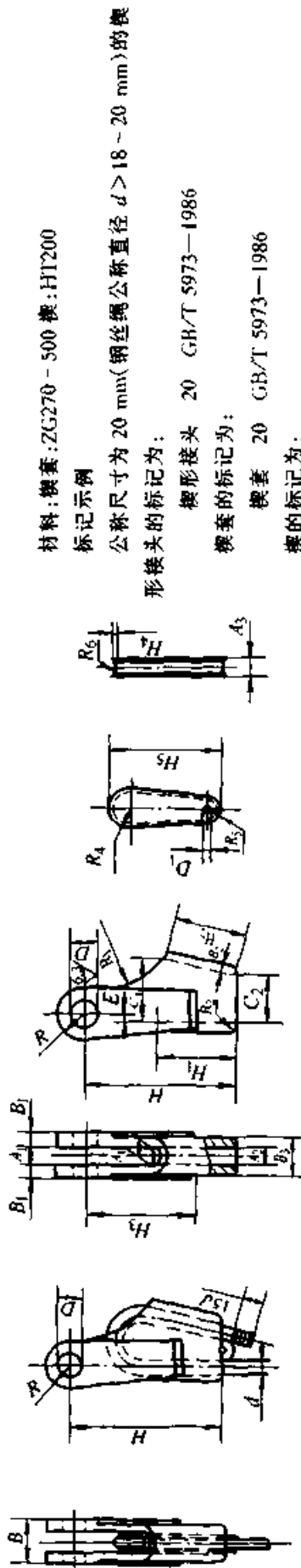


1. 本标准适用于圆股钢丝绳, 其抗拉强度为 1 815 MPa
2. 材料 Q235 - A 或 ZG200 - 400; ZG270 - 500
3. 标记示例: 公称尺寸为 16 mm 的套环的标记为套环  
16 GB/T 5974.1—1986

套环公称尺寸 (钢丝绳公称直径 d)/mm	尺寸/mm										单件质量 m/kg	
	F		C		A		D		G	K		
	max	min	基本尺寸	极限偏差	基本尺寸	极限偏差	基本尺寸	极限偏差	min	基本尺寸		极限偏差
6	6.9	6.5	10.5	0 -1.0	15	+1.5 0	27	+2.7 0	3.3	4.2		0.032
8	9.2	8.6	14.0	0 -1.4	20	+2.0 0	36	+3.6 0	4.4	5.6	0 -0.2	0.075
10	11.5	10.8	17.5		25		45		5.5	7.0		0.150
12	13.8	12.9	21.0		30		54		6.6	8.4		0.250
14	16.1	15.1	24.5		35		63		7.7	9.8		0.393
16	18.4	17.2	28.0	0 -2.8	40	+4.0 0	72	+7.2 0	8.8	11.2	0 -0.4	0.605
18	20.7	19.4	31.5		45		81		9.9	12.6		0.867
20	23.0	21.5	35.0		50		90		11.0	14.0		1.205
22	25.3	23.7	38.5		55		99		12.1	15.4		1.563
24	27.6	25.8	42.0	0 -3.4	60	+4.8 0	108	+8.6 0	13.2	16.8	0 -0.6	2.045
26	29.9	28.0	45.5		65		117		14.3	18.2		2.620
28	32.2	30.1	49.0		70		126		15.4	19.6		3.290
32	36.8	34.4	56.0		80		144		17.6	22.4		4.854
36	41.4	38.7	63.0	0 -4.4	90	+6.0 0	162	+11.3 0	19.8	25.2	0 -0.8	6.972
40	46.0	43.0	70.0		100		180		22.0	28.0		9.624
44	50.6	47.3	77.0		110		198		24.2	30.8		12.808
48	55.2	51.6	84.0		120		216		26.4	33.6		16.595
52	59.8	55.9	91.0	0 -5.5	130	+7.8 0	234	+14.0 0	28.6	36.4	0 -1.1	20.945
56	64.4	60.2	98.0		140		252		30.8	39.2		26.310
60	69.0	64.5	105.0		150		270		33.0	42.0		31.396

注: 所采用的销轴直径不得小于钢丝绳直径的 2 倍。

表 28.1.30 钢丝绳用楔形接头(摘自 GB/T 5973—1986)



材料: 楔套: ZG270-500 楔: HT200

标记示例

公称尺寸为 20 mm(钢丝绳公称直径  $d > 18 \sim 20$  mm)的楔形接头的标记为:

楔形接头 20 GB/T 5973—1986

楔套的标记为:

楔套 20 GB/T 5973—1986

楔的标记为:

楔 20 GB/T 5973—1986

公称尺寸 (钢丝绳公称 直径 $d$ )/ mm	楔 套 尺 寸 / mm														单件 质量 $m$ /kg							
	$A_1$		$A_2$		$B$	$B_1$	$b_2$	$B_3$	$C_1$		$C_2$		$D$ (H10)	$E$		$H$	$H_1$	$H_2$	$H_3$	$R$	$R_1$	$R_2$
	基本 尺寸	极限 偏差	基本 尺寸	极限 偏差					基本 尺寸	极限 偏差	基本 尺寸	极限 偏差										
6	13		11		29	8	6	25	32	22.0		16	3.0	90	45	43.0	50	16	40	2	0.422	
8	15	+1.0	13	+1.0	31	8	6	27	42	30.0	+1.0	18	3.5	108	55	51.0	60	25	50	2	0.593	
10	18	0	16	0	38	10	6	30	50	33.5	0	20	4.5	120	75	71.0	80	25	60	3	0.772	
12	20	0	18	0	44	12	8	36	60	42.5	0	25	5.5	155	80	75.0	110	30	70	3	1.279	
14	23		21		51	14	9	41	69	50.5		30	6.5	185	85	79.0	140	35	80	3	1.708	
16	26		24		60	17	11	48	77	56.5		34	7.5	195	95	88.0	140	42	90	4	2.379	
18	28		26		64	18	12	52	87	65.5		36	8.5	195	100	92.0	150	44	100	4	2.948	
20	30	+1.5	28	+1.5	72	21	14	58	93	68.0	+1.5	38	9.5	220	115	107.0	160	50	110	4	3.939	
22	32	0	29	0	76	22	16	64	105	80.0	0	40	10.5	240	115	107.0	180	52	120	5	4.571	
24	35	0	32	0	83	24	18	71	112	86.5	0	50	11.5	260	120	109.0	200	60	130	5	5.928	
26	38		35		92	27	19	76	120	92.5		55	12.5	280	130	118.0	210	65	140	6	7.153	
28	40		36		94	27	19	78	128	92.0		55	13.5	305	165	154.0	220	70	155	6	9.875	
32	44	+2.0	40	+2.0	110	33	20	84	146	104.0	+2.0	65	15.0	360	190	180.0	270	77	175	7	12.948	
36	48	0	44	0	122	37	24	96	166	120.5	0	70	17.0	390	210	195.0	280	85	195	7	16.848	
40	55		51		145	45	24	103	184	125.5		75	19.0	470	260	246.0	340	90	210	8	23.665	

续表 28.1-30

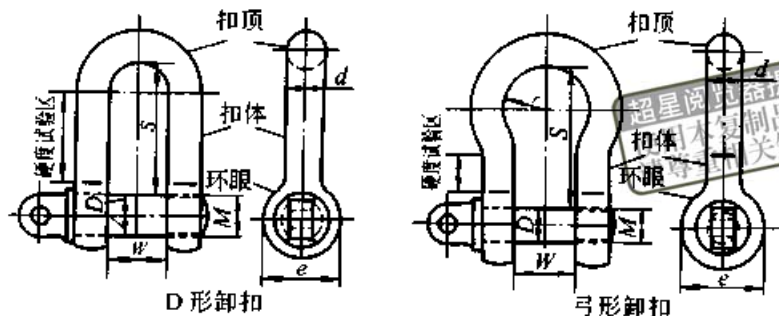
公称尺寸 (钢丝绳公称直径 $d$ )/ mm	标准尺寸/mm								单件质量 $m$ /kg	断裂载荷 $P_b$ /kN	许用载荷 $P_p$ /kN	开口销 GB/T 91 —1986	组件 质量 $m$ /kg
	$A_3$	$H_4$	$H_5$	$R_4$	$R_5$	$R_6$	$D_1$						
6	9	2	65	12	6.5	3.5		0.133	43	10	2×20	0.56	
8	11		79	15	8.5	4.5	2	0.179	51	10		0.77	
10	12	3	98	18	10.0	5.5		0.242	71	15		1.01	
12	14		111	21	12.0	6.5		0.421	100	20	2×25	1.70	
14	15	4	120	24	14.5	7.5		0.632	118.5	25		2.34	
16	17		136	26	15.0	9.0	3	0.889	161.3	30		3.27	
18	19		142	30	19.0	10.0		1.045	184	35	3×30	4.00	
20	21	5	161	31	18.0	11.0		1.513	249.6	50		5.45	
22	23		166	35	22.0	12.0		1.794	285.3	55		6.37	
24	25	6	180	37	23.0	13.0	4	2.387	327	65		8.32	
26	28		192	39	24.0	14.0		3.011	373.6	75	4×50	10.16	
28	30	7	229	42	22.5	15.0		4.064	487.6	95		13.94	
32	34		259	47	25.0	17.5		4.992	600	120		17.94	
36	38	8	286	54	30.5	19.5	5	6.178	780	155	5×60	23.03	
40	42		341	58	28.0	21.5		8.689	984	200		32.35	

注：本标准适用于各类起重机上使用的圆股钢丝绳（GB/T 8918—1996），最小抗拉强度为1 850 MPa的绳端固定或连接的楔形接头。

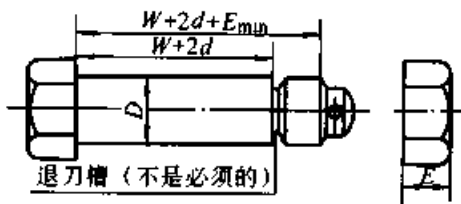
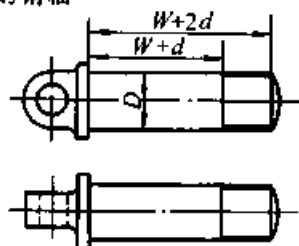
超星阅读器提醒您：  
使用本产品  
请尊重相关知识产权！

2.4 起重用卸扣 (见表 28.1-31 和表 28.1-32)

表 28.1-31 卸扣的尺寸 (摘自 JB 8112—1999)

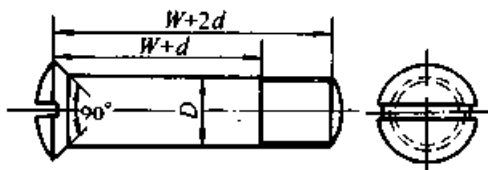


几种常用的销轴



X型: 六角头螺栓, 六角螺母

W型: 带环眼和台肩的螺纹销轴



Y型: 沉头螺钉

标记示例

销轴为 W 型、起重量 20 t 的 M (4) 级 D 形卸扣标记为:

卸扣 M - DW20 JB 8112—1999

或卸扣 4 - DW20 JB 8112—1999

销轴为 X 型、起重量为 10 t 的 T (8) 级弓形卸扣标记为:

卸扣 T - BX10 JB 8112—1999

或卸扣 8 - BX10 JB 8112—1999

(I) D 形卸扣的尺寸

额定起重量 / t			尺寸 / mm					推荐销轴 螺 纹
M (4)	S (6)	T (8)	$d_{max}^{\text{①}}$	$D_{max}^{\text{②}}$	$e_{max}$	$S_{min}^{\text{③}}$	$W_{min}^{\text{④}}$	
—	—	0.63	8	9	2.2D <sub>max</sub>	18	9	M9
—	0.63	0.8	9	10		20	10	M10
—	0.8	1	10	11.2		22.4	11.2	M11
0.63	1	1.25	11.2	12.5		25	12.5	M12
0.8	1.25	1.6	12.5	14		28	14	M14
1	1.6	2	14	16		31.5	16	M16
1.25	2	2.5	16	18		35.5	18	M18
1.6	2.5	3.2	18	20		40	20	M20
2	3.2	4	20	22.4		45	22.4	M22
2.5	4	5	22.4	25		50	25	M25
3.2	5	6.3	25	28		56	28	M28
4	6.3	8	28	31.5		63	31.5	M30
5	8	10	31.5	35.5		71	35.5	M35
6.3	10	12.5	35.5	40		80	40	M40
8	12.5	16	40	45		90	45	M45
10	16	20	45	50		100	50	M50
12.5	20	25	50	56	112	56	M56	
16	25	32	56	63	125	63	M62	



续表 28.1-31

(1) D形卸扣的尺寸

额定起重量 / t			尺寸 / mm					推荐销轴 螺 纹
M (4)	S (6)	T (8)	$d_{max}^{\oplus}$	$D_{max}^{\ominus}$	$e_{max}$	$S_{min}^{\ominus}$	$W_{min}^{\ominus}$	
20	32	40	63	71	2.2D <sub>max</sub>	140	71	M70
25	40	50	71	80		160	80	M80
32	50	63	80	90		180	90	M90
40	63	—	90	100		200	100	M100
50	80	—	100	112		224	112	M110
63	100	—	112	125		250	125	M125
80	—	—	125	140		280	140	M140
100	—	—	140	160		315	160	M160

(2) 弓形卸扣的尺寸

额定起重量 / t			尺寸 / mm						推荐销轴 螺 纹
M (4)	S (6)	T (8)	$d_{max}^{\oplus}$	$D_{max}^{\ominus}$	$e_{max}$	$2r_{min}^{\oplus}$	$S_{min}^{\ominus}$	$W_{min}^{\ominus}$	
—	—	0.63	9	10	2.2D <sub>max</sub>	16	22.4	10	M10
—	0.63	0.8	10	11.2		18	25	11.2	M11
—	0.8	1	11.2	12.5		20	28	12.5	M12
0.63	1	1.25	12.5	14		22.4	31.5	14	M14
0.8	1.25	1.6	14	16		25	35.5	16	M16
1	1.6	2	16	18		28	40	18	M18
1.25	2	2.5	18	20		31.5	45	20	M20
1.6	2.5	3.2	20	22.4		35.5	50	22.4	M22
2	3.2	4	22.4	25		40	56	25	M25
2.5	4	5	25	28		45	63	28	M28
3.2	5	6.3	28	31.5		50	71	31.5	M30
4	6.3	8	31.5	35.5		56	80	35.5	M35
5	8	10	35.5	40		63	90	40	M40
6.3	10	12.5	40	45		71	100	45	M45
8	12.5	16	45	50		80	112	50	M50
10	16	20	50	56		90	125	56	M56
12.5	20	25	56	63		100	140	63	M62
16	25	32	63	71		112	160	71	M70
20	32	40	71	80		125	180	80	M80
25	40	50	80	90		140	200	90	M90
32	50	63	90	100	160	224	100	M100	
40	63	—	100	112	180	250	112	M110	
50	80	—	112	125	200	280	125	M125	
63	100	—	125	140	224	315	140	M140	
80	—	—	140	160	250	355	160	M160	
100	—	—	160	180	280	400	180	M180	

①  $d_{max}$  计算公式: M (4):  $14 \sqrt{WLL}$

S (6):  $11.2 \sqrt{WLL}$

T (8):  $10 \sqrt{WLL}$

②  $D_{max}$  和  $W_{min}$  计算公式: M (4):  $16 \sqrt{WLL}$

S (6):  $12.5 \sqrt{WLL}$

T (8):  $11.2 \sqrt{WLL}$

③  $S_{min}$  计算公式: M (4):  $31.5 \sqrt{WLL}$

S (6):  $25 \sqrt{WLL}$

T (8):  $22.4 \sqrt{WLL}$

④  $d_{max}$  计算公式: M (4):  $16 \sqrt{WLL}$

S (6):  $12.5 \sqrt{WLL}$

T (8):  $11.2 \sqrt{WLL}$

⑤  $D_{max}$  和  $W_{min}$  计算公式: M (4):  $18 \sqrt{WLL}$

S (6):  $14 \sqrt{WLL}$

T (8):  $12.5 \sqrt{WLL}$

⑥  $2r_{min}$  计算公式: M (4):  $28 \sqrt{WLL}$

S (6):  $22.4 \sqrt{WLL}$

T (8):  $20 \sqrt{WLL}$

⑦  $S_{min}$  计算公式: M (4):  $40 \sqrt{WLL}$

S (6):  $31.5 \sqrt{WLL}$

T (8):  $28 \sqrt{WLL}$

表 28.1-32 卸扣的力学性能 (摘自 JB 8112—1999)

额定起重量/t	0.63	0.8	1	1.25	1.6	2	2.5	3.2	4	5	6.3	8
验证力 $F_v$ /kN	12.5	16	20	25	32	40	50	63	80	100	125	160
最小极限强度/kN	25	32	40	50	63	80	100	125	160	200	250	320
额定起重量/t	10	12.5	16	20	25	32	40	50	63	80	100	
验证力 $F_v$ /kN	200	250	320	400	500	630	800	1 000	1 250	1 600	2 000	
最小极限强度/kN	400	500	630	800	1 000	1 250	1 600	2 000	2 500	3 200	4 000	

### 3 卷筒

#### 3.1 卷筒的类型

卷筒的类型较多,最常用的有齿轮连接盘式和周边大齿轮式两种,其结构特点是卷筒轴不受转矩,只承受弯矩。前者是目前标准型桥式起重

机典型结构,分组性好,为封闭式传动。缺点是检修时需沿轴向外移卷筒。带周边大齿轮的卷筒多用于传动速比大,转速低的卷筒。周边大齿轮一般均为开式传动。

以上两种结构类型按 JB/T 9006.2—1999 规定分为 A、B、C、D 型四种,见图 28.1-1 ~ 图 28.1-4。推荐优先采用 A、B 型。

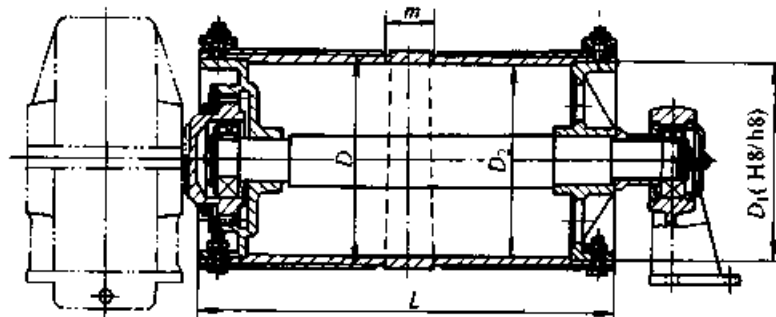


图 28.1-1 A 型卷筒结构

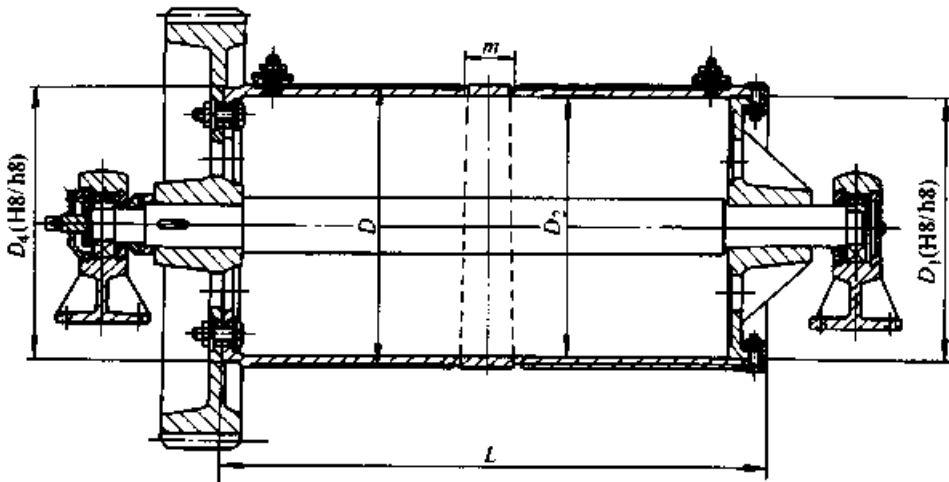


图 28.1-2 B 型卷筒结构

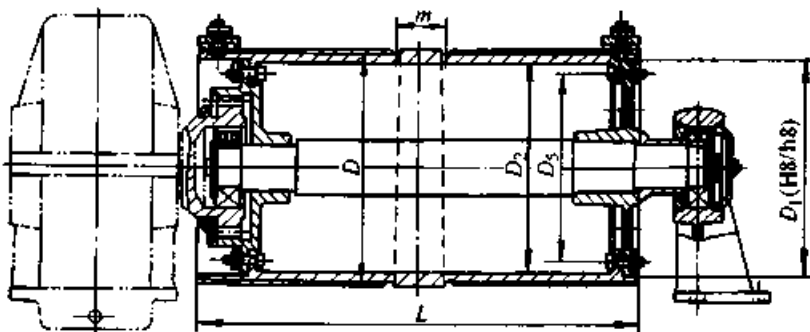


图 28.1-3 C 型卷筒结构

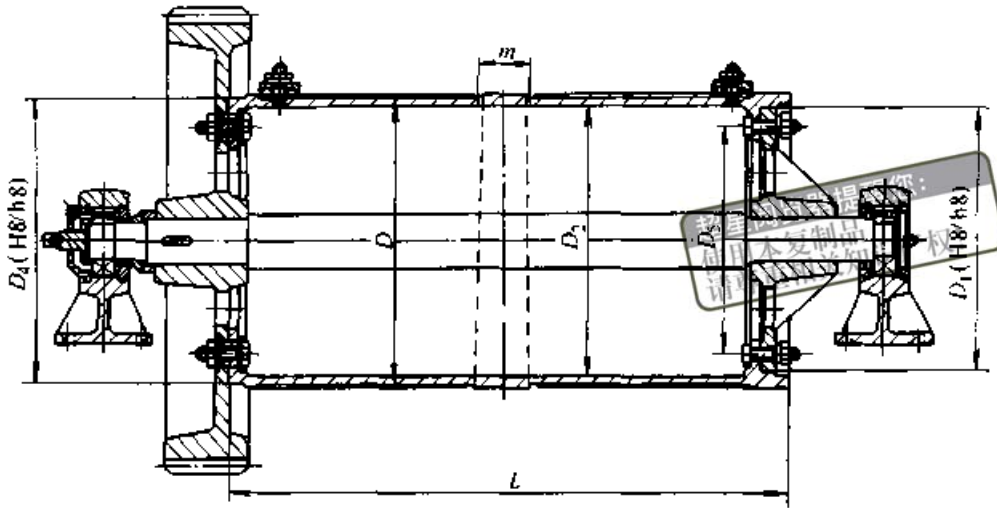


图 28.1-4 D型卷筒结构

### 3.2 卷筒几何尺寸

卷筒有单层卷绕单联卷筒、单层卷绕双联卷筒。

卷筒表面带有导向螺旋槽，钢丝绳进行单层卷绕。一般情况都采用标准槽，只有当钢丝绳有脱槽危险时（例如抓斗起重机的卷筒和工作中振动较大者）才采用深槽。

在起重高度较高时，为了缩小卷筒尺寸，可采用表面带导向螺旋槽或光面的卷筒，进行多层卷绕，但钢丝绳磨损较快。这种卷筒适用于慢速

和起重较轻的起重机。如汽车起重机，多采用不带螺旋槽的光面卷筒，钢丝绳可以紧密排列。但实际作业时，钢丝绳排列凌乱，互相交叉挤压，钢丝绳寿命降低。目前，多层卷绕卷筒大多数制成带有绳槽。第一层钢丝绳卷绕入卷筒螺旋槽，第二层钢丝绳以相同的螺旋方向卷绕入内层钢丝绳形成的螺旋沟，钢丝绳的接触情况大为改善，延长了使用寿命。多层卷绕卷筒两端设挡边，以防钢丝绳脱出筒外。其挡边高度应比最外层钢丝绳高出 \$(1 \sim 1.5)d\$。

卷筒几何尺寸见表 28.1-33~表 28.1-39。

表 28.1-33 卷筒几何计算尺寸

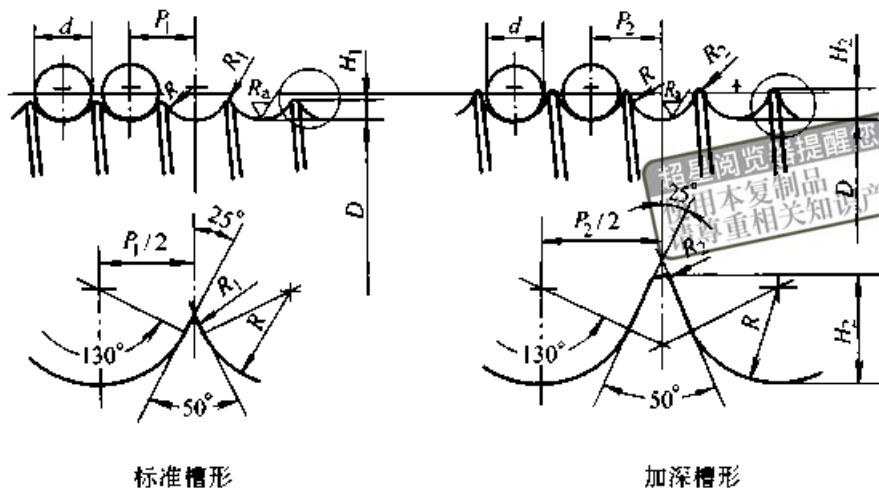
计算项目	计算公式	符号意义及说明
卷筒上有螺旋槽部分长 \$L_0\$	$L_0 = \left( \frac{H_{max} a}{\pi D_0} + z_1 \right) p$	\$D\$—卷筒名义直径(卷筒槽底直径) \$d\$—钢丝绳直径 \$H_{max}\$—最大起升高度 \$a\$—滑轮组倍率 \$D_0 = D + d\$—卷筒计算直径,由钢丝绳中心算起的卷筒直径 \$z_1 \ge 1.5\$—为固定钢绳的安全圈数 \$L_1\$—无绳槽卷筒端部尺寸,由结构需要决定 \$L_2\$—固定钢绳所需长度, \$L_2 \approx 3p\$ \$m\$—中间光滑部分长度,根据钢绳允许偏角确定 \$l\$—多层卷绕钢绳总长度, \$l = H_{max} a\$ \$n\$—多层卷绕圈数 \$p\$—绳槽槽距 \$p' = (1.1 \sim 1.2)d\$
单层单联卷筒 \$L_0\$	$L_0 = L_0 + 2L_1 + L_2$	
单层双联卷筒 \$L_0\$	$L_0 = 2(L_0 + L_1 + L_2) + m$	
卷筒长度		
多层卷绕卷筒 \$L\$	$L = \frac{1.1lp'}{n\pi(D+nd)}$	

表 28.1-34 卷筒直径 \$D\$ (摘自 JB/T 9006.1-1999) (mm)

100	125	160	200	250	280	315	355	400
450	500	560	630	710	800	900	1 000	1 120
1 250	1 320	1 400	1 500	1 600	1 700	1 800	1 900	2 000

表 28.1-35 卷筒槽形 (摘自 JB/T 9006.1—1999)

(mm)



标记示例

卷筒槽形的槽底半径  $R = 10$  mm, 槽距  $P_1 = 20$  mm, 表面精度为 1 级的标准槽形, 标记为:  
槽形 10×20-1 JB/T 9006.1—1999

卷筒槽形的槽底半径  $R = 10$  mm, 槽距  $P_2 = 24$  mm, 表面精度为 2 级的加深槽形, 标记为:  
深槽形 10×24-2 JB/T 9006.1—1999

钢丝绳直径 $d$	槽底半径		标准槽形			加深槽形		
	$R$	极限偏差	$P_1$	$H_1$	$R_1$	$P_2$	$H_2$	$R_2$
5~6	3.3	+0.1 0	7.0	2.3	0.5	—	—	0.3
>6~7	3.8		8.0	2.7		11	5.0	
>7~8	4.3		9.0	3.0		12	5.5	
>8~9	5.0		10.5	3.5		13	6.0	
>9~10	5.5	+0.2 0	11.5	4.0	0.8	15	7.0	0.5
>10~11	6.0		13.0	4.5		16	7.5	
>11~12	6.5		14.0	5.0		18	8.0	
>12~13	7.0		15.0	5.5		19	8.5	
>13~14	7.5		16.0	6.0		20	9.0	
>14~15	8.2		17.0	6.5		21	9.5	
>15~16	9.0		18.0	7.0		23	10.5	
>16~17	9.5		19.0	7.5		24	11.0	
>17~18	10.0		20.0	8.0		25	11.5	
>18~19	10.5		21.0	8.5		26	12.0	
>19~20	11.0	22.0	9.0	28	13.0			
>20~21	11.5	24.0	9.0	29	13.5			
>21~22	12.0	25.0	9.0	31	14.0			
>22~23	12.5	26.0	9.0	32	14.5			
>23~24	13.0	27.0	9.0					

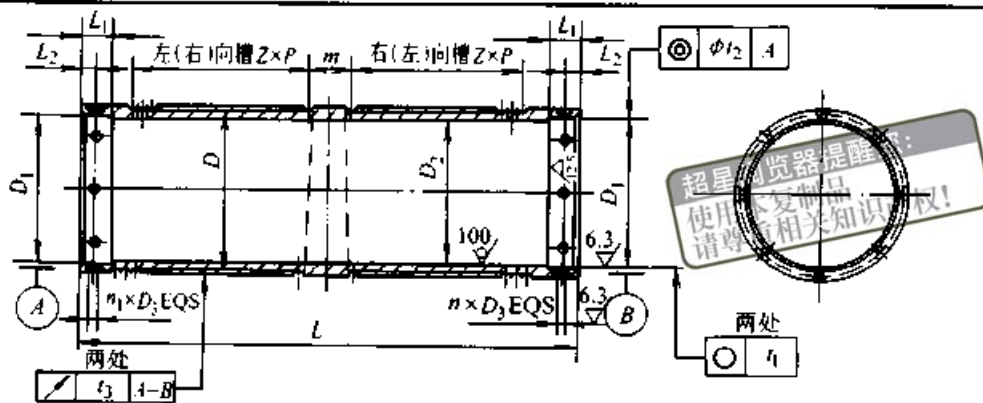
续表 28.1-35

钢丝绳直径 $d$	槽底半径		标准槽形			加深槽形				
	$R$	极限偏差	$P_1$	$H_1$	$R_1$	$P_2$	$H_2$	$R_2$		
>24~25	13.5	+0.2 0	28.0	9.5	0.8	33	15.0	0.5		
>25~26	14.0		29.0	10.0		34	16.0			
>26~27	15.0		30.0	10.5		36	16.5			
>27~28			31.0			37	17.0			
>28~29	16.0		33.0	11.0		1.3	38		17.5	0.8
>29~30			34.0	11.5			39		18.0	
>30~31	17.0	35.0	12.0	1.3	41	18.5	0.8			
>31~32		36.0			42	19.0				
>32~33	18.0	37.0	12.5	1.3	44	20.0	0.8			
>33~34		38.0	13.0							
>34~35	19.0	39.0	13.5	1.3	46	21.0	0.8			
>35~36		40.0			47					
>36~37	20.0	41.0	14.0	1.6	48	22.0	1.3			
>37~38		42.0	14.5		50	23.0				
>38~39	21.0	44.0	15.0	1.6	52	24.0	1.3			
>39~40		45.0	15.5		54	25.0				
>40~41	22.0	47.0	16.0	1.6			55	26.0	1.3	
>41~42	23.0	48.0	16.5		56					
>42~43		49.0		58						
>43~44	24.0	50.0	17.0	2	60	27.0	1.6			
>44~45		52.0	17.5		62	28.0				
>45~46	25.0	53.0	18.5	2	63		29.0	1.6		
>46~47		54.0			64					
>47~48	26.0	56.0	19.0	2	65	30.0	1.6			
>48~50	27.0	58.0	19.5		2.5	—		—		
>50~52	28.0	60.0	21.0	2.5			—		—	
>52~54	29.0	63.0	22.0		3.0	—		—		
>54~56	30.0	65.0		23.0			3.0		—	—
>56~58	31.0	67.0	23.0		3.0	—		—		
>58~60	32.0									

注：槽形表面粗糙度  $R_a$  值分为两级：1级：6.3  $\mu\text{m}$ ；2级：12.5  $\mu\text{m}$ 。

表 28.1-36 A 型卷筒尺寸 (摘自 JB/T 9006.2—1999)

(mm)



标记示例

卷筒直径  $D = 500$  mm, 长度  $L = 1\ 500$  mm; 槽底半径  $R = 10$  mm, 标准槽形槽距  $P_1 = 20$  mm; 起升高度  $H = 12$  m, 滑轮倍率  $a = 4$ ; 靠近减速器一端的卷筒槽向为左的 A 型卷筒, 标记为:

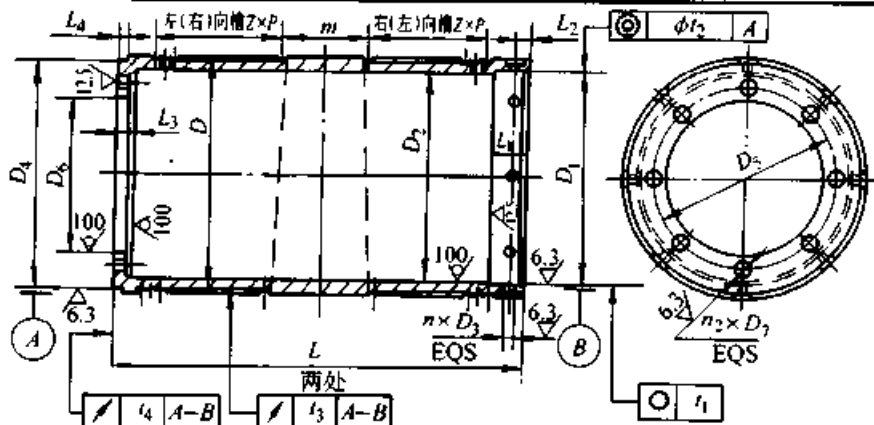
卷筒 A500 × 1 500 - 10 × 20 - 12 × 4 - 左 JB/T 9006.2—1999

$D$ (h12)	$D_1$ (H8)	$D_2$	$D_3$ (H8)	$n$	$n_1$	$L_1$	$L_2$
315	290	285	17	6	6	60	20
400	370	360				70	28
500	465	455				90	40
630	580	570	25	8	8	100	45
710	660	650				120	50
800	740	730	32	8	8	160	70
900	830	820				180	80
1 000	925	915				200	100
1 120	1 050	1 040					
1 250	1 170	1 160					

注:  $D_2$  按铸铁材料确定, 根据起重量和材料的变化允许作适当变动。

表 28.1-37 B 型卷筒尺寸 (摘自 JB/T 9006.2—1999)

(mm)



标记示例

卷筒直径  $D = 800$  mm, 长度  $L = 3\ 000$  mm; 槽底半径  $R = 15$  mm, 标准槽形槽距  $P_1 = 31$  mm; 起升高度  $H = 16$  m, 滑轮倍率  $a = 5$ ; 靠近减速器一端的卷筒槽向为右的 B 型卷筒, 标记为:

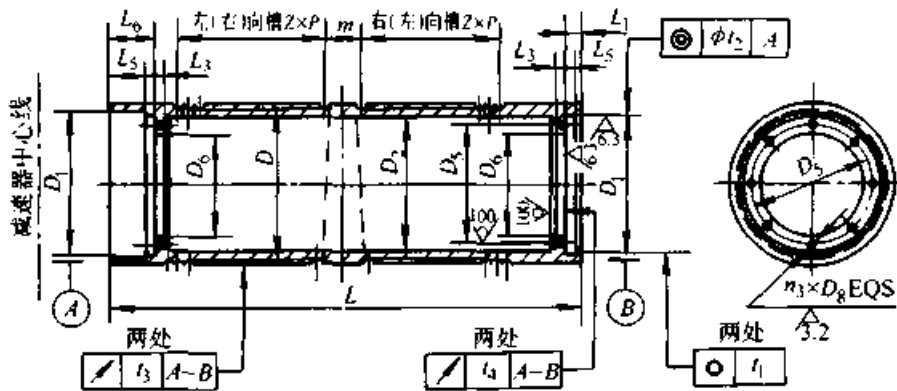
卷筒 B800 × 3 000 - 15 × 31 - 16 × 5 - 右 JB/T 9006.2—1999

续表 28.1-37

$D$ (h12)	$D_1$ (H8)	$D_2$	$D_3$ (H8)	$D_4$ (h8)	$D_5$	$D_6$	$D_7$ (H7)	$n$	$n_2$	$L_1$	$L_2$	$L_3$	$L_4$
800	740	730	28	810	660	550	50	8	8	120	50	40	30
1 000	925	915	32	1 015	810	660	56			180	80	45	
1 120	1 050	1 040		1 135	920	750	60			200	100	50	
1 250	1 170	1 160		1 265	1 050	870							
1 400	1 320	1 310		1 415	1 200	1 010							
1 600	1 520	1 510		1 615	1 400	1 200							
1 800	1 720	1 710		1 815	1 600	1 400							

注： $D_2$  按铸铁材料确定，根据起重重量和材料的变化允许作适当变动。

表 28.1-38 C 型卷筒尺寸 (摘自 JB/T 9006.2—1999) (mm)



标记示例

卷筒直径  $D = 500$  mm，长度  $L = 1 500$  mm；槽底半径  $R = 10$  mm，标准槽形槽距  $P_1 = 20$  mm；起升高度  $H = 12$  m，滑轮倍率  $a = 4$ ；靠近减速器一端的卷筒槽向为左的 C 型卷筒，标记为：

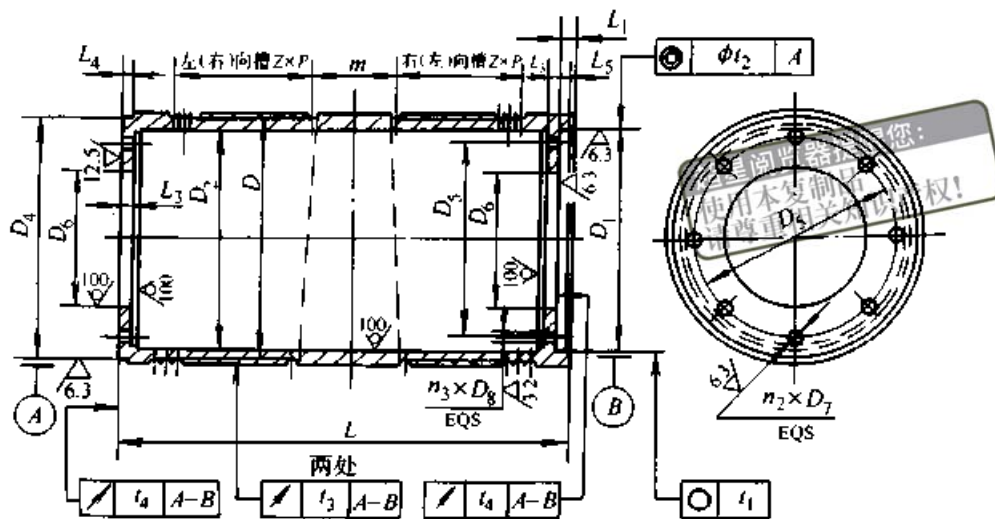
卷筒 C500×1 500-10×20-12×4-左 JB/T 9006.2—1999

$D$ (h12)	$D_1$ (H8)	$D_2$	$D_3$	$D_4$	$D_6$	$D_8$ (H7)	$n_3$	$L_1$	$L_3$	$L_5$	$L_6$
315	285	285	250	200	17	6	32	25	20	30	
400	360	360	315	250							
500	465	455	430	350							
630	580	570	520	440	21	8	42	30	30	145	
710	660	650	580	500	25						
800	740	730	660	580	28						

注： $D_2$  按铸铁材料确定，根据起重重量大小和材料的变化允许作适当变动。

表 28.1-39 D 型卷筒尺寸 (摘自 JB/T 9006.2—1999)

(mm)



标记示例

卷筒直径  $D=800$  mm, 长度  $L=3\ 000$  mm; 槽底半径  $R=15$  mm, 标准槽形槽距  $P_1=31$  mm; 起升高度  $H=16$  m, 滑轮倍率  $a=5$ ; 靠近减速器一端的卷筒槽向为右的 D 型卷筒, 标记为:

卷筒 D800×3 000-15×31-16×5-右 JB/T 9006.2—1999

$D$ (h12)	$D_1$ (H8)	$D_2$	$D_4$ (h8)	$D_5$	$D_6$	$D_7$ (H7)	$D_8$ (H7)	$n_2$	$n_3$	$L_1$	$L_3$	$L_4$	$L_5$
800	740	730	810	660	550	50	28	8	8	50	40	30	35
1 000	925	915	1 015	810	660	56	60			45	40		
1 120	1 050	1 040	1 135	920	750	60	32			65	50		45
1 250	1 170	1 160	1 265	1 050	870								
1 400	1 320	1 310	1 415	1 200	1 010								
1 600	1 520	1 510	1 615	1 400	1 200								

注:  $D_2$  按铸铁材料确定, 根据起重量大小和材料的变化允许作适当变动。

### 3.3 卷筒技术条件

卷筒技术条件应按 JB/T 9006.3—1999《起重机用铸造卷筒技术条件》的规定, 其具体要求如下:

#### (1) 材料

铸造卷筒的材料应采用不低于 GB/T 9439 中规定的 HT 200 灰铸铁, 或 GB/T 11352 中规定的 ZG 270-500 铸钢。铸铁件需经时效处理以消除内应力, 铸钢件应进行退火处理。

#### (2) 表面质量

卷筒不得有裂纹。成品卷筒的表面上不得有影响使用性能和有损外观的显著缺陷(如气孔、疏松、夹渣等)。

#### (3) 尺寸公差和表面粗糙度

同一卷筒上左右螺旋槽的底径(即卷筒直径  $D$ )差, 不得超过 GB/T 1801—1999 中规定的 h12。

加工表面未注公差尺寸的公差等级应按 GB/T 1804 中的 m 级(中等级)。

未注加工表面粗糙度  $R_a$  值应按 GB/T 1031 中的  $12.5\ \mu\text{m}$ 。

#### (4) 形位公差

卷筒上配合圆 ( $D_1$ ) 的圆度  $t_1$ 、同轴度  $\phi t_2$ 、左右螺旋槽的径向圆跳动  $t_3$  以及端面圆跳动  $t_4$ , 不得大于 GB/T 1184 中的下列值:

$$t_1 \leq \frac{D_1 \text{ 孔的公差带}}{2};$$

$$\phi t_2 \text{ 不低于 8 级};$$

$$t_3 = \frac{D}{1\ 000} \leq 1.0;$$



$t_4$  不低于 8 级。

(5) 压板用螺孔

钢丝绳压板用的螺孔必须完整，螺纹不得有破碎、断裂等缺陷。

(6) 焊缝

对于必须施焊的铸钢卷筒，其重要焊缝不得有裂纹和未熔合等缺陷。其焊缝质量应符合 GB/T 3323 中的 II 级质量要求。

(7) 其他

卷筒的加工部位应涂以耐腐蚀的防锈油；不加工部位应涂防锈漆。

绳端在卷筒上的固定必须安全可靠。压板固定是最常用的方法，见图 28.1-5a，它的构造简单，检查拆装方便，但不能用于多层卷绕卷筒。多层卷绕卷筒采用楔块固定，见图 28.1-5b，它的结构复杂。另一种方法也适用于多层卷绕卷筒，将钢丝绳引入卷筒内部或端部，再用压板固定，见图 28.1-5c，它的结构比较简单。

钢丝绳用的压板按表 28.1-40 选取，这种压板适用于各种圆股钢丝绳（GB/T8918—1996）绳端固定，不宜用于电动葫芦和多层卷绕的起重机的卷筒（以下简称压板）。

压板的材料为 Q235-A，压板表面应光滑平整，无毛刺、瑕疵、锐边等缺陷。

3.4 钢丝绳在卷筒上的固定

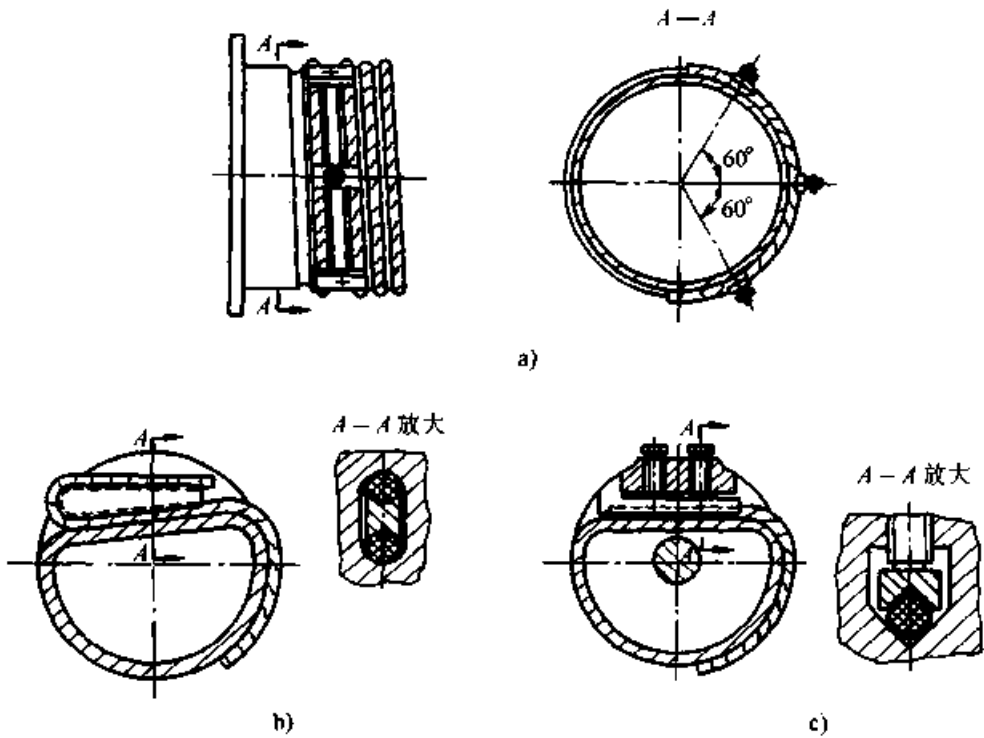
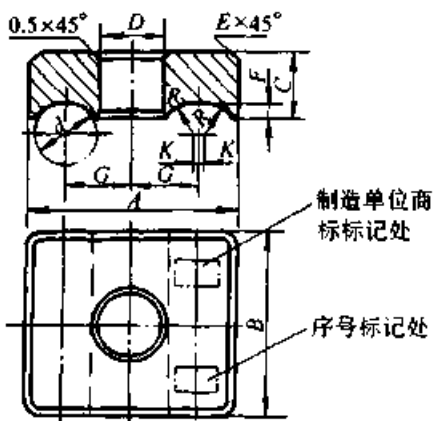


图 28.1-5 钢丝绳端部固定方法

a) 压板固定 b) 楔块固定 c) 卷筒端部压板固定

表 28.1-40 压板（摘自 GB/T 5975—1986）



标记示例

序号为 4（钢丝绳公称直径  $d > 14 \sim 17$  mm）的标准槽压板：

压板 4 GB/T 5975—1986

序号为 4（钢丝绳公称直径  $d > 14 \sim 17$  mm）的深槽压板：

压板 4 深 GB/T 5975—1986

压板 序号	尺寸 / mm											单件质量 m/kg				
	适用钢丝绳 公称直径 $d$	A		B	C	D	E	F	G		K	R		压板螺 栓直径	标准槽	深槽
		标准槽	深槽						标准槽	深槽		基本 尺寸	极限 偏差			
1	6~8	25	29	25	8	9	1	2.0	8.0	10.0	1.0	4.0	0	M8	0.03	0.04
2	>8~11	35	39	35	12	11	1	3.0	11.5	13.5	1.5	5.5	+0.1 0	M10	0.10	0.12
3	>11~14	45	51	45	16	15	2	3.5	14.5	17.5	1.5	7.0	0	M14	0.22	0.25
4	>14~17	55	66	50	18	18	2	4.0	17.5	21.5	1.5	8.5	0	M16	0.32	0.37
5	>17~20	65	73	60	20	22	3	5.0	21.0	25.0	1.0	10.0	+0.2 0	M20	0.48	0.55
6	>20~23	75	85	60	20	22	4	6.0	24.5	29.5	1.5	11.5	0	M20	0.55	0.65
7	>23~26	85	95	70	25	26	4	6.5	28.0	33.0	1.0	13.0	0	M24	0.91	1.05
8	>26~29	95	105	70	25	30	5	7.0	31.5	36.5	1.5	14.5	0	M27	0.99	1.12
9	>29~32	105	117	80	30	33	5	8.0	34.5	40.5	1.5	16.0	0	M30	1.52	1.75
10	>32~35	115	129	90	35	33	6	9.0	38.0	45.0	1.0	17.5	0	M30	2.23	2.58
11	>35~38	125	141	90	35	39	6	10.0	40.5	48.5	1.5	19.0	+0.3 0	M36	2.29	2.69
12	>38~41	135	153	100	40	45	8	11.0	44.0	53.0	1.0	20.5	0	M42	3.17	3.74
13	>41~44	145	163	110	40	45	8	12.0	47.5	56.5	1.5	22.0	0	M42	3.82	4.44
14	>44~47	155	175	110	50	45	8	13.0	51.5	61.5	1.5	23.5	0	M42	5.25	6.12
15	>47~52	170	189	125	50	52	10	13.0	56.0	65.0	2.0	26.0	0	M48	6.69	7.57

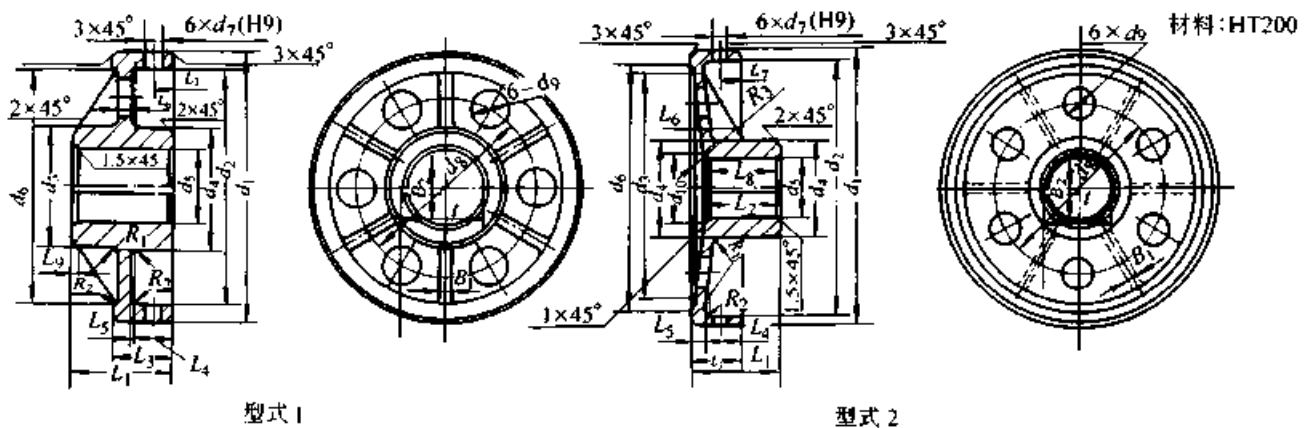
### 3.5 卷筒毂

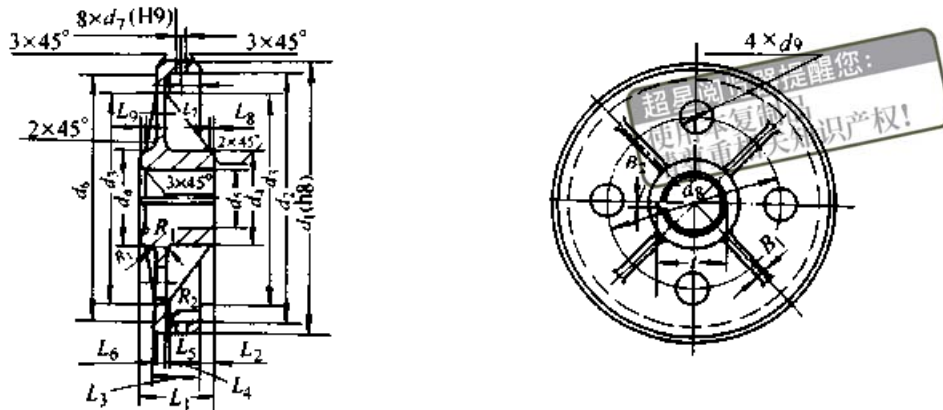
由于卷筒已制定专业标准，而卷筒毂尚未制

定新标准，所以卷筒毂与卷筒有些尺寸配合处不一致，请设计者参考表 28.1-41 做些适当修改。

表 28.1-41 卷筒毂

(mm)





型式 3

型式	图号	$d_1$ (h8)	$d_2$	$d_3$	$d_4$	$d_5$ (H8)	$d_6$	$d_7$ (H8)	$d_8$	$d_9$	$d_{10}$
1 (上)	T143-31	275	240	120	115	75	240	17	180	40	—
1 (下)	T153-31										
2 (上)	T144-33	370	345	310	130	85	335	17	230	40	95
2 (下)	T154-31										
3 (上)	T145-31	465	430	360	160	105	430	25	290	50	—
3 (下)	T155-31 T171-31										
3 (上)	T208-32	600	550	480	220	120	565	25	385	80	—
3 (下)	T209-32	650	600	520	250		605		425		
3 (上)	T210-32	750	690	600		250	130	705	28	470	80
3 (下)	T211-32										

型式	图号	$L_1$	$L_2$	$L_3$	$L_4$	$L_5$	$L_6$	$L_7$	$L_8$	$L_9$	$B_1$	$B_2$ (H8)	$t^{+0.16}_0$	$R_1$	$R_2$	$R_3$	质量 $m/kg$
1 (上)	T143-31	100	—	60	38	4	—	19.5	—	15	12	—	—	10	5	—	15.6
1 (下)	T153-31											14	78.3				
2 (上)	T144-31	120	105	70	45	5	—	28	100	—	10	—	—	10	1	—	23
2 (下)	T154-31											14	88.3				
3 (上)	T145-31	125	48	77	52	2.5	20	30	48	—	18	—	—	20	2	—	45.1
3 (下)	T155-31 T171-31		—									29.5	25.5				
3 (上)	T208-32	170	—	100	69	1	30	45	—	—	20	—	—	20	2	—	100
3 (下)	T209-32				80	5	47	14				123.3	110				
3 (上)	T210-32	180	30	120	82	3	35	55	5	5	25	—	—	20	2	—	140
3 (下)	T211-32											14	133.3				

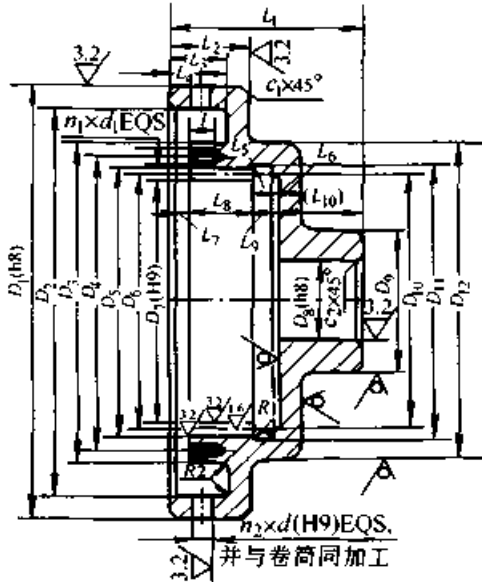
注：同一图上示出两种结构，上部结构为  $d_5$  孔无键槽，下部结构为  $d_5$  孔有键槽，每种型式为上下对称结构，表中型式栏的（上）指图形上半部（无键槽），（下）指图形下半部（有键槽）。

### 3.6 齿轮连接盘

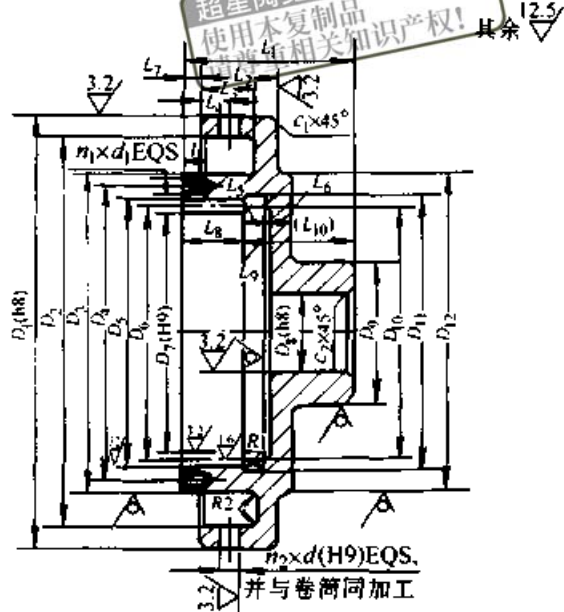
齿轮连接盘也是一样，卷筒制订了新专业标

准，而齿轮连接盘没制订新标准，因此有些配合尺寸不一致，所以请设计者参考表 28.1-42 做些修改。

表 28.1-42 齿轮连接盘 (mm)



型式 1



型式 2

型式	图号	模数 $m$	齿数 $z$	$D_1$ (h8)	$D_2$	$D_3$	$D_4$	$D_5$	$D_6$	$D_7$ (H8)	$D_8$ (h8)	$D_9$	$D_{10}$	$D_{11}$	$D_{12}$
1	T143-71	3	56	275	245	200	185	175.2	168	163.2	75	105	—	180	175
2	T144-71	4		370	345	275	255	233.6	224	217.6		115	—	235	250
1	T145-71	6	54	465	430	380	365	350.4	336	326.4	95	140	315	355	390
	T208-71	8		600	560	490	470	451.2	432	419.2		120	250	—	453
	T209-71	10	48	650	610		535	504	480	464	130		280	—	508
	T210-71			750	690	560						535		504	480

型式	图号	$d$ (H9)	$d_1$	$L_1$	$L_2$	$L_3$	$L_4$	$L_5$	$L_6$	$L_7$	$L_8$	$L_9$	$L_{10}$	$c_1$	$c_2$	$n_1$	$n_2$	$l$	$R_1$	$R_2$	质量 $m/kg$
1	T143-71	17	M6	115	60	40	19.5	—	20	—	35	60	3	1	4	6	10	0.5	2	14	
2	T144-71		150	70	50	28	—	25	12.5	45	20		85				1.5			15	35
1	T145-71	25	M8	225	77	52	30	5	20	17	56	132	3	3	6	8	2.5	2	64		
	T208-71				100	70	45	—	30	10	65						120		146		
	T209-71	235	75	47	—	35	10	65	30	130	2	146									
	T210-71	290	85	55	—							45	85	265							

注：1. 原零件名称为齿轮盘接手。

2. 齿形参数及公差为该厂标准（与机标有出入），表中未列出。

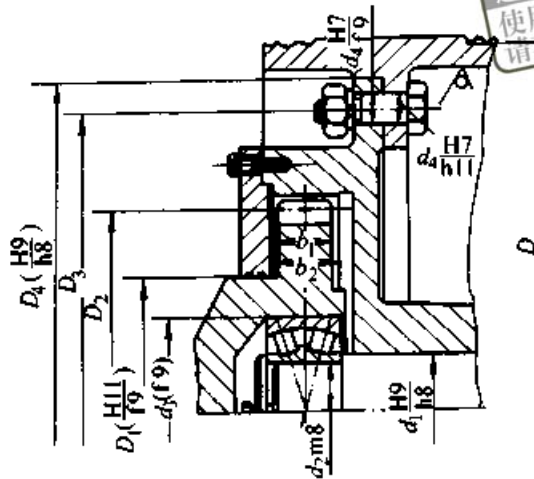
3.  $D_{10}$ 、 $L_5$  和  $L_7$  栏中没数值者为零。

本章 4.6 节，此节说明仅供设计者做些修改。

### 3.7 齿轮连接盘配合尺寸

齿轮连接盘配合尺寸见表 28.1-43，道理同

表 28.1-43 齿轮连接盘与减速器、卷筒配合尺寸 (mm)



超星阅读器提醒您：  
使用本复制品  
请尊重相关知识产权！

卷筒直径 $D$	模数 $m$	齿数 $z$	$D_1$	$D_2$	$D_3$	$D_4$	$d_1$	$d_2$	$d_3$	$d_4$	$b_1$	$b_2$	配用减 速器的 中心距
300	3	56	135	168	240	270	75	40	90	17	25	32	400
400	4	56	170	224	315	350	75	55	120	17	35	42	500
500	6	56	260	336	430	465	95	80	170	17	40	47	650
650	8	54	260	432	555	600	120	110	200	25	50	57	850
800	10	48	280	480	660	730	130	110	200	32	60	72	1 000

### 3.8 齿轮连接盘卷筒组尺寸

齿轮连接盘卷筒组尺寸见表 28.1-44，说明与本章 3.5 和 3.6 节说明相同。

### 3.9 周边大齿轮卷筒组

周边大齿轮卷筒组见表 28.1-45，说明与本章 3.5 和 3.6 节说明相同。

### 3.10 卷筒和滑轮最小直径的计算

根据 GB/T 3811—1983 规定，按钢丝绳中心来计算卷筒和滑轮的最小直径，即

$$D_{\min} = hd \quad (28.1-2)$$

式中  $D_{\min}$ ——按钢丝绳中心计算的滑轮和卷筒

的最小直径 (mm)；

$d$ ——钢丝绳直径 (mm)；

$h$ ——与机构工作级别和钢丝绳结构有关的系数，按表 28.1-46 选取。

### 3.11 钢丝绳允许偏角

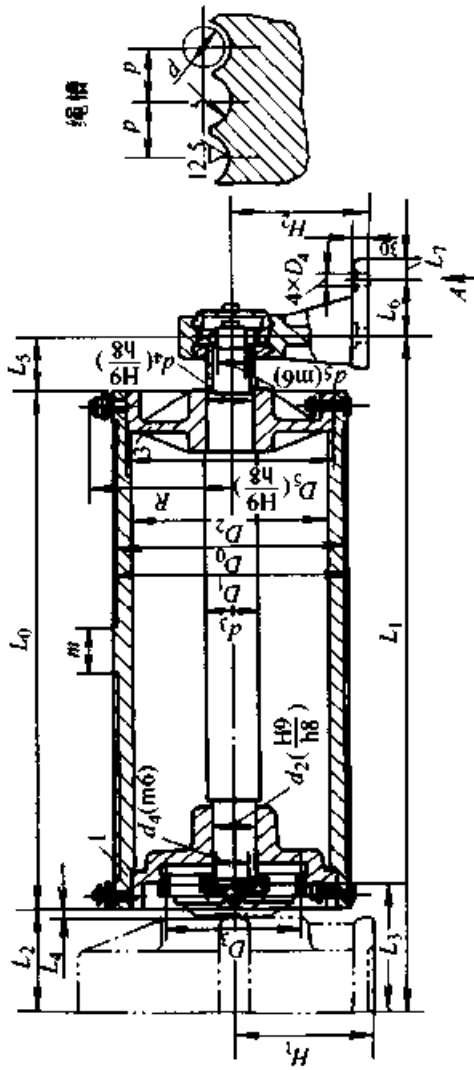
钢丝绳绕进或绕出滑轮槽时偏斜的最大角 (钢丝绳中心线和与滑轮轴垂直的平面之间的夹角) 推荐不大于  $4^\circ$ 。

钢丝绳绕进和绕出卷筒时，钢丝绳偏离螺旋槽两侧的角度，推荐不大于  $3.5^\circ$ 。

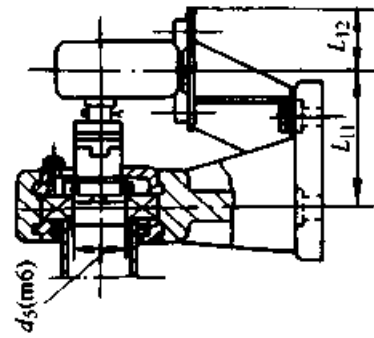
对于光面卷筒和多层卷绕卷筒，钢丝绳偏离与卷筒轴垂直的平面的夹角推荐不大于  $2^\circ$ 。

表 28.1-44 齿轮连接盘卷筒组尺寸

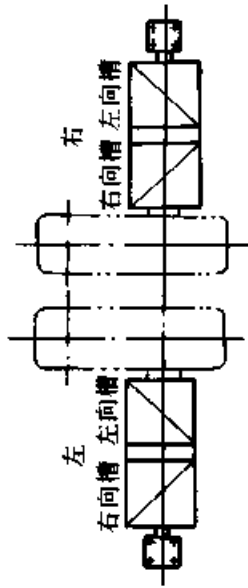
型式 1



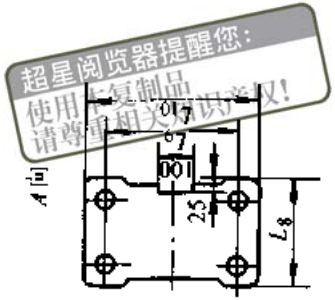
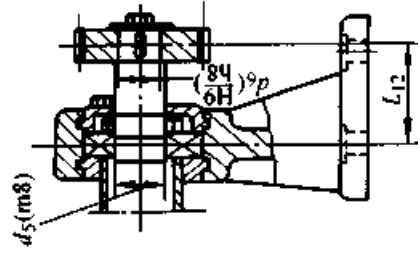
型式 2



卷筒装配槽向



型式 3



续表 28.1-44

起重量 Q/t	规格		尺寸 /mm																			$H_1/$ $H_2$							
	$D_0$	$L_0$	$m$	$p$	$r$	$D_1$	$D_2$	$D_3$	$D_4$	$D_5$	$D_6$	$d_6$	$L_1$	$L_2$	$L_3$	$L_4$	$L_5$	$L_6$	$L_7$	$L_8$	$L_9$		$L_{10}$	$L_{11}$	$L_{12}$	$R$			
5	300	1 000	38	13	7	308	265	168																					
		1 500	82																										
		2 000	38																										
3	400	1 000	48	16	8	409	365	224	22	370	55	75	90	85	65														
		1 500	250																										
		1 500	150																										
		1 500	50																										
		2 000	150																										
		2 500	50																										
5	500	1 000	48	20	10	512	456	330		465	80	95	110	105	80														
		1 500	120																										
		1 485	105																										
15	20	2 000	120	16	8	409																							
		2 000	120																										

超星浏览器提醒您：  
使用本复制品  
请尊重版权知识！

续表 28.1-44

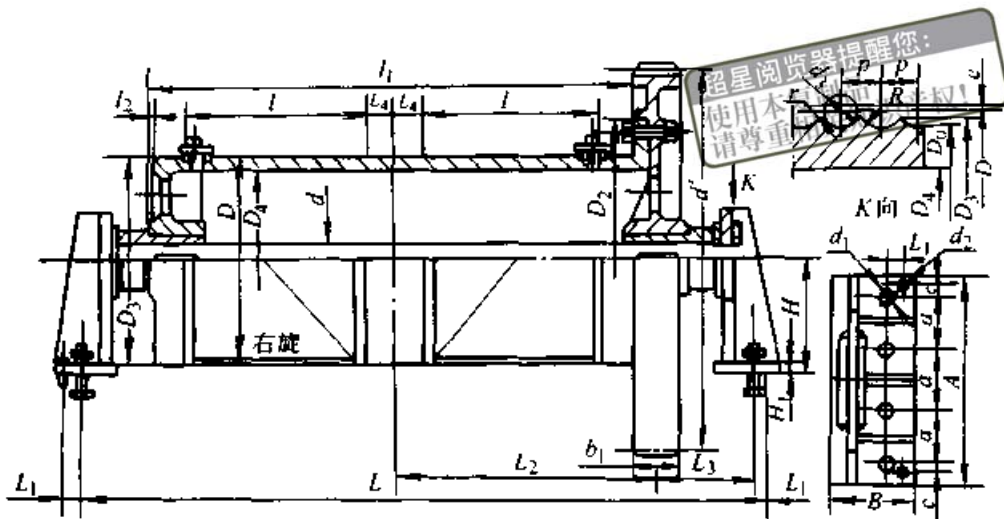
起重量 Q/t	规格		尺寸 /mm																H <sub>1</sub> / H <sub>2</sub>																					
	D <sub>0</sub>	L <sub>0</sub>	D <sub>6</sub>	d <sub>6</sub>	d <sub>5</sub>	d <sub>4</sub>	d <sub>3</sub>	d <sub>2</sub>	d <sub>1</sub>	D <sub>5</sub>	D <sub>4</sub>	D <sub>3</sub>	D <sub>2</sub>	D <sub>1</sub>	r	p	m	L <sub>1</sub>		L <sub>2</sub>	L <sub>3</sub>	L <sub>4</sub>	L <sub>5</sub>	L <sub>6</sub>	L <sub>7</sub>	L <sub>8</sub>	L <sub>9</sub>	L <sub>10</sub>	L <sub>11</sub>	L <sub>12</sub>	R									
10		1 500	50	16	8	509													1 910																					
16		1 200	80	20	10	512													1 610																					
15		2 500	120	18	19	511													2 910	265		30																		
15		2 800	400	20	10	512													3 210	145																				
20	4 210																																							
15		1 000	50																1 395																					
7.5		1 500	300	26		524							456	330					1 895	250	310	15		210	40	310	355	435												
7.5	1 595																																							
10		1 200	200	22	9	522													2 395	265		30	130																	
15		2 000	120	20		512													1 395	250		15	145																	
20	2 395																																							
7.5		1 000	50																1 535	265		30	70																	
7.5	1 835																																							
10		2 000	300	26	10	524													1 635																					
16		1 200	80																1 535																					
20		1 500	120	20		512													1 835	265																				
16		1 300	80																1 635																					
30		2 000	150	24	11.5	664	590			600									2 420	320	363																			
15		1 860	400	32	13	728	640			650									2 320	320							410	500												
20		1 800	400	36	15	832				750									2 300	350	442	20					460	550												
50		2 000	350	26	13	816	740			26									2 450								460	550												

超星阅读器提供  
使用本复制品  
请尊重相关知识产权



表 28.1-45 周边大齿轮卷筒组

(mm)



$D_0$	$d'$ (节圆)	$D_2$ (H9/h9)	$D_3$	$D_4$	$D$ (h9)	$d_{-0.5}$	$L$	$L_1$	$L_2$	$L_3$	$L_4$	$l$	$l_1$	$l_2$	$H$	$H_1$	$A$	$B$
300	644	450	295	259	289	45	984	20	395.5	126	39.5	286	760	10	170	12	260	100
300	664	450	295	251	287	55	1 092	20	445.5	131	42.5	330	860	10	170	12	260	100
400	828	580	392.5	344	382.5	65	1 231	20	496.5	154	51.5	357	960	10	215	16	320	110
400	870	580	390	338	380	75	1 278	20	517	159	53	374	1 000	10	215	16	320	110
400	1 044	580	388.5	322	376.5	80	1 483	20	624.5	164	60.5	459	1 200	10	265	16	320	110
600	1 032	800	588.5	530	578.5	85	1 622	30	691.5	171	58.5	528	1 330	10	315	20	370	120
600	1 232	800	588.5	530	578.5	95	2 302	30	1 033	176	58.5	864	2 000	10	315	20	370	120
800	1 312	1 020	790	722	774	105	2 375	30	1 025	220	64.5	812	2 000	15	315	28	370	120
800	1 376	1 020	787.5	713	771.5	110	2 555	30	1 115	220	69	899	2 180	15	315	28	370	120
800	1 512	1 020	787.5	703	767.5	120	2 725	30	1 205	220	73.5	986	2 350	15	315	28	420	120
1 000	1 760	1 240	989	883	963	140	2 792	40	1 225	261	85	960	2 350	10	315	30	540	170
1 000	1 760	1 240	989	883	963	140	3 272	40	1 465	261	85	1 200	2 830	10	315	30	540	170

$D$	$a$	$b$	$c$	$e$	$d_1$	$d_2$	$d_3$	$p$	$R$	$r$	齿 轮			质量 $m/kg$	起重量 $Q/t$	起升高 度 $H/m$	速度 $V/m\cdot s^{-1}$
											$b_1$	模数	齿数				
300	65	70	15	1.5	14	8	11	13	7	1	70	7	92	218.5	5	8~13	2.2
300	65	70	15	1.5	18	8	13	15	8	1.25	80	8	83	299	8	8~13	2.2
400	85	90	15	1.25	18	10	17.5	21	10	3	100	9	92	532	12.5	8~13	2.2
400	85	90	15	1.5	18	10	20	22	11.5	1.5	110	10	87	673	16	8~13	2.2
400	85	90	15	1.75	18	10	23.5	27	13.5	2	120	12	87	866.3	25	8~13	2.2
600	100	110	15	1.75	22	13	21.5	24	12.5	4	130	12	86	1 113	40	8~13	1.8
600	100	110	15	1.75	22	13	21.5	24	12.5	4	140	14	88	1 713	63	10~16	1.2
800	100	110	15	1.5	26	13	26	28	14.5	2.5	170	16	82	2 642	80	10~16	1.8
800	100	110	15	1.25	26	13	28.5	31	15.5	3	170	16	86	2 976	100	10~16	1.4
800	125	110	15	1.75	26	13	32.5	34	18	3	170	18	84	3 771	125	10~16	1.1
1 000	150	160	20	1.5	33	13	37	40	20	3	200	20	88	5 373	160	10~16	1.5
1 000	150	160	20	1.5	33	13	37	40	20	3	200	20	88	5 943	200	10~16	1.1

- 注：1. 本设备用于启闭闸门。所用钢丝绳均为  $6 \times 19 + 1$ 。  
 2. 起重量 5~25 t 可以手摇、电动两用。 $D=1\ 000\ mm$  时为双驱动。  
 3. 资料来源：上海重型机器厂。

表 28.1-46 系数  $h$  值

机构工作级别	卷筒	滑 轮
M1~M3	14	16
M4	16	18
M5	18	20
M6	20	22.4
M7	22.4	25
M8	25	28

注: 1. 采用不旋转钢丝绳时,  $h$  值应按比机构工作高一级值选取。  
2. 对于流动式起重机, 建议  $h=16$ , 滑轮  $h=18$ , 与工作级别无关。

### 3.12 卷筒强度计算

卷筒的材料一般采用不低于 HT200 铸铁, 特殊需要时可用 ZG230-450, ZG270-500 铸钢或用 Q235-A 焊接制造。

若忽略卷筒自重力, 卷筒在钢丝绳最大拉力作用下, 使卷筒产生压缩、弯曲和扭应力, 其中压应力最大。当  $L \leq 3D$  时, 弯曲和扭应力合成应力不超过 10% 压应力。所以, 当  $L \leq 3D$  时, 只计算压应力即可。当  $L > 3D$  时, 还要考虑弯曲应力。

当  $L \leq 3D$  时, 只计算压应力, 当单层卷绕时, 压应力应按下式计算

$$\sigma'_1 = A_1 \frac{F_{\max}}{\delta p} \leq \sigma_{cp} \quad (28.1-3)$$

式中  $\sigma'_1$  ——单层卷绕卷筒压应力 (MPa);

$F_{\max}$  ——钢丝绳最大拉力 (N);

$\delta$  ——卷筒壁厚 (mm);

$A_1$  ——应力减小系数, 一般取  $A_1 = 0.75$ ;

$\sigma_{cp}$  ——许用压应力, 对铸铁  $\sigma_{cp} = \frac{\sigma_b}{5}$ ,

铸钢  $\sigma_{cp} = \frac{\sigma_s}{2}$ ;

$\sigma_b$  ——铸铁抗压强度极限;

$\sigma_s$  ——铸钢屈服点。

当为多层卷绕时 ( $L \leq 3D$ )

$$\sigma'_1 = A_1 A_2 \frac{F_{\max}}{\delta p} \leq \sigma_{cp} \quad (28.1-4)$$

式中  $A_2$  ——多层卷绕系数, 见表 28.1-47。

$p$  ——绳槽槽距 (mm)。

表 28.1-47  $A_2$  值

卷绕层数	1	2	3	$\geq 4$
$A_2$	1.4	1.4	1.8	2

当  $L > 3D$  时, 尚应计及弯曲的影响, 其合成应力为:

$$\sigma_1 = \frac{M_{\max}}{W} + \frac{\sigma_{1p}}{\sigma_{cp}} \sigma'_1 \quad (28.1-5)$$

式中  $M_{\max}$  ——由钢丝绳拉力引起的最大弯矩 (N·mm);

$W$  ——卷筒抗弯截面模数 ( $\text{mm}^3$ );

$$W = \frac{0.1(D_d^4 - D_n^4)}{D_d}$$

其中  $D_d$  ——卷筒绳槽底直径 (mm);

$D_n$  ——卷筒内径 (mm);

$\sigma_{1p}$  ——许用抗拉应力, 对钢取  $\sigma_{1p} = \frac{\sigma_s}{2}$ , 对

铸铁  $\sigma_{1p} = \frac{\sigma_b}{2}$ ;  $\sigma_s$  为钢的屈服限;

$\sigma_b$  为铸铁抗压强度限。

其他符号同前。

按强度计算的卷筒, 一般稳定性都是足够的。当卷筒直径较大, 且卷筒长度也较长时, 即  $D \geq 1200$  mm,  $L > 2D$  时, 还要对卷筒进行稳定性计算。稳定性计算主要计算稳定性系数  $K$

$$K = \frac{p_w}{p_1} \geq 1.3 \sim 1.5 \quad (28.1-6)$$

式中  $p_w$  ——失去稳定时临界压力 (MPa);

对钢卷筒  $p_w = 420\,000 \frac{\delta^3}{D^3}$

对铸铁卷筒

$p_w = (200\,000 \sim 260\,000) \frac{\delta^3}{D^3}$

$p_1$  ——卷筒壁单位压力 (MPa);

$$p_1 = \frac{2F_{\max}}{Dp}$$

其中  $\delta$  ——卷筒壁厚 (mm);

$D$  ——卷筒直径 (mm);

$F_{\max}$  ——钢丝绳最大静拉力 (N);

$p$  ——卷筒槽槽距 (mm);

$K$  ——稳定性系数。



超星阅读器提醒您续表 28.1-48  
 使用本复制品  
 请尊重知识产权!

钢丝绳直径 <i>d</i>	基本尺寸						参考尺寸							
	R		H	B <sub>1</sub>	E <sub>1</sub>	C	R <sub>1</sub>	R <sub>2</sub>	R <sub>3</sub>	R <sub>4</sub>	M	N	S	
	尺寸	极限偏差												
		1级	2级											
>15~16	9.0	+0.2 0	+0.4 0	27.5	50	35	1.5	16	13	3.0	4.0	10	0	12
>16~17	9.5			30.0	53	38	1.5	18	15	3.0	5.0	12	0	12
>17~18	10.0			32.5	56	41	1.5	18	15	3.0	5.0	12	0	12
>18~19	10.5			35.0	60	44	1.5	20	16	3.0	5.0	14	0	14
>19~20	11.0					45	1.5	20	16	3.0	5.0	14	2.0	14
>20~21	11.5			63	46									
>21~22	12.0			37.5	67	48	1.5	20	16	4.0	6.0	16	2.5	16
>22~23	12.5					40.0	71	51	1.5	22	18	4.0	6.0	16
>23~24	13.0			52										
>24~25	13.5			75	53	53	1.5	25	20	4.0	6.0	16	3.0	18
>25~26	14.0					45.0	85	59	2.0	25	20	5.0	6.0	18
>26~28	15.0			61										
>28~30	16.0			+0.4 0	+0.8 0	50.0	90	66	2.0	28	22	5.0	6.0	18
>30~32	17.0	55.0	100			72	2.5	32	25	5.0	8.0	20	4.0	20
>32~34	18.0	73												
>34~36	19.0	60.0	105			78	2.5	36	28	5.0	8.0	22	5.0	22
>36~38	20.0					79								
>38~40	21.0	65.0	115			84	2.5	36	28	6.0	8.0	25	5.0	24
>40~41	22.0					86								
>41~43	23.0	67.5	120			90	2.5	40	32	6.0	8.0	25	5.0	24
>43~45	24.0					70.0								
>45~46	25.0	94	3.0				40	32	6.0	8.0	28	6.0	26	
>46~47	26.0	72.5				130								96
>47~48.5	27.0		99				3.0	45	36	6.0	10.0	28	6.0	26
>48.5~50	28.0	77.5	140			103								
>50~52	29.0			106	4.0	45	36	6.0	10.0	32	6.0	28		
>52~54.5	30.0	82.5	150	110										
>54.5~56	31.0			114	4.0	50	40	8.0	10.0	32	8.0	30		
>56~58	32.0	85.0												

注：1. 对于冶金起重机推荐用1级精度。  
 2. 绳槽断面允许按 JB/T 9005.2 匹配，将同一直径的滑轮按最大绳径做成一种。  
 3. 参考尺寸是按铸铁滑轮提出的。

### 4.1.3 滑轮直径与钢丝绳直径匹配关系

滑轮直径与钢丝绳直径匹配关系见表 28.1-49。

表 28.1-49 直径的选用系列与匹配 (摘自 JB/T 9005.2—1999) (mm)

滑轮直径 $D$	钢丝绳直径 $d$																																							
	7~8	>8-9	>9-10	>10-11	>11-12	>12-13	>13-14	>14-15	>15-16	>16-17	>17-18	>18-19	>19-20	>20-21	>21-22	>22-24	>24-25	>25-26	>26-27	>27-28	>28-30	>30-31	>31-32	>32-33	>33-34	>34-35	>35-36	>36-37	>37-39	>39-40	>40-41	>41-43	>43-44	>44-46	>46-48	>48-50	>50-54	>54-56	>56-60	
225	阴影																																							
260		阴影																																						
280			阴影																																					
315				阴影																																				
355					阴影																																			
400						阴影																																		
450							阴影																																	
500								阴影																																
560									阴影																															
630										阴影																														
710											阴影																													
800												阴影																												
900													阴影																											
1 000														阴影																										
1 120															阴影																									
1 250																阴影																								
1 400																	阴影																							
1 600																		阴影																						
1 800																			阴影																					
2 000																				阴影																				

注：在滑轮轴上并列安装 2 个滑轮时，推荐按阴影区 [斜线] 选用；当并列安装 4 个和 4 个以上滑轮，以及用于冶金起重机的滑轮时，推荐按阴影区 [交叉斜线] 选用。

### 4.1.4 滑轮型式

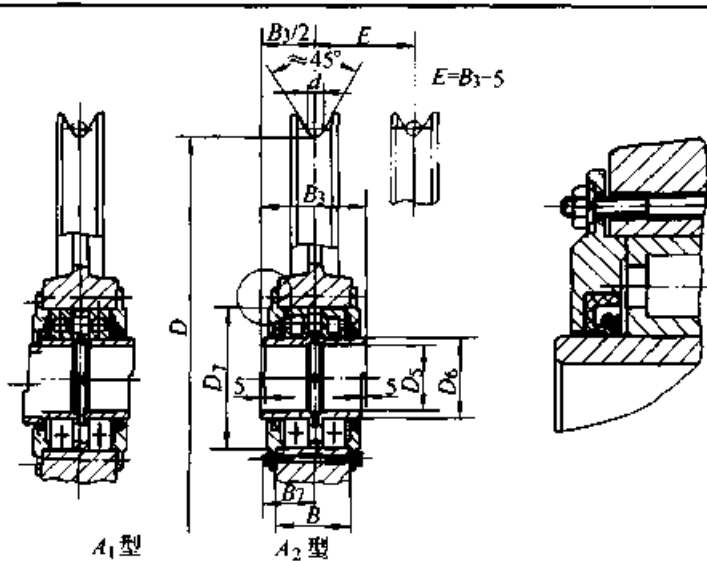
按 JB/T 9005.3—1999 标准，滑轮共分 A、B、C、D、E、F 六种型式。结构比较好而密封严密的为 A 型和 B 型。

A 型——带滚动轴承（严密密封）有内轴套的滑轮，其结构型式及尺寸见表 28.1-50；

B 型——带滚动轴承（严密密封）无内轴套的滑轮，其结构型式及尺寸见表 28.1-51。

A 型又分为 A<sub>1</sub> 型和 A<sub>2</sub> 型，主要是轴承型号不同，同样 B 型也分为 B<sub>1</sub> 型和 B<sub>2</sub> 型，也是轴承型号不同。轴承尺寸和型号见表 28.1-50 和表 28.1-51。轮毂尺寸见表 28.1-52。

表 28.1-50 A 型滑轮尺寸 (摘自 JB/T 9005.4—1999)



标记示例

钢丝绳直径  $d = 25 \text{ mm}$ ，滑轮直径  $D = 630 \text{ mm}$  和滑轮轴的直径  $D_5 = 90 \text{ mm}$  的 A 型滑轮，标记为：

滑轮 A25×630-90 JB/T 9005.4—1999

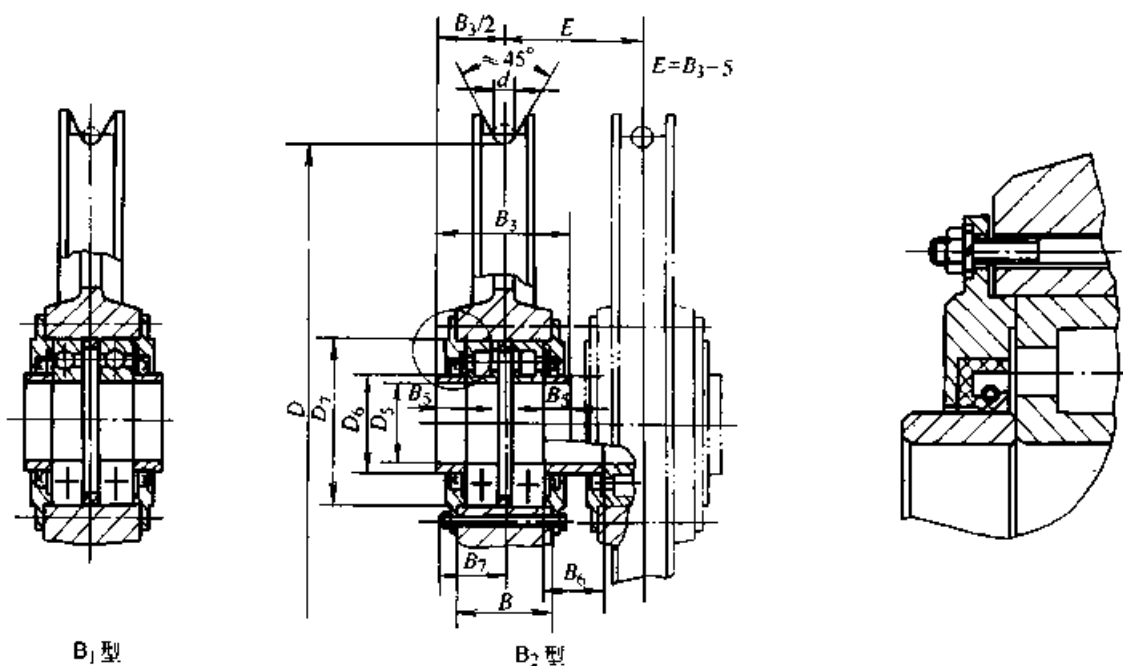
续表 28.1-50

尺寸/mm						滚动轴承代号		六角头螺栓 按 GB/T 5782 (加长)	六角螺母 按 GB/T 6170	弹簧垫圈 按 GB/T 93	螺栓、螺 母及弹簧 垫圈数量
$D_5$	$D_6$	$D_7$	$B$	$B_3$	$B_7$	A <sub>1</sub> 型 按 GB/T 276	A <sub>2</sub> 型 按 GB/T 283				
45	60	110	60	100	46.0	6 212	NF212	M8×80	M8	8	4
50	60	110	60	100	46.0	6 212	NF212	M8×80	M8	8	4
55	70	125	65	105	48.4	6 214	NF214	M10×85	M10	10	4
60	70	125	65	105	48.4	6 214	NF214	M10×85	M10	10	4
65	80	140	70	110	51.0	6 216	NF216	M10×90	M10	10	4
70	80	140	70	110	51.0	6 216	NF216	M10×90	M10	10	4
75	90	160	80	130	60.0	6 218	NF218	M10×105	M10	10	4
80	100	180	85	135	62.4	6 220	NF220	M10×110	M10	10	4
90	110	200	95	145	67.4	6 222	NF222	M10×120	M10	10	6
100	120	215	100	150	70.0	6 224	NF224	M10×125	M10	10	6
110	130	230	100	160	74.0	6 226	NF226	M12×130	M12	12	6
120	140	250	105	160	74.0	6 228	NF228	M12×130	M12	12	6
130	150	270	110	165	79.0	6 230	NF230	M12×140	M12	12	6
140	160	290	115	170	81.4	6 232	NF232	M12×145	M12	12	6
150	170	310	125	180	86.0	6 234	NF234	M12×155	M12	12	8
160	180	320	125	180	86.0	6 236	NF236	M12×155	M12	12	8
170	190	340	130	185	88.4	6 238	NF238	M12×160	M12	12	8
180	200	360	135	190	91.0	6 240	NF240	M12×165	M12	12	8
190	220	400	150	220	106.4	6 244	NF244	M16×190	M16	16	8
200	220	400	150	220	106.4	6 244	NF244	M16×190	M16	16	8

注：为便于滑轮的安装，在连接结构中应规定每边的轴向间隙至少为 1 mm。

表 28.1-51 B 型滑轮尺寸 (摘自 JB/T 9005.5—1999)

(mm)



B<sub>1</sub> 型

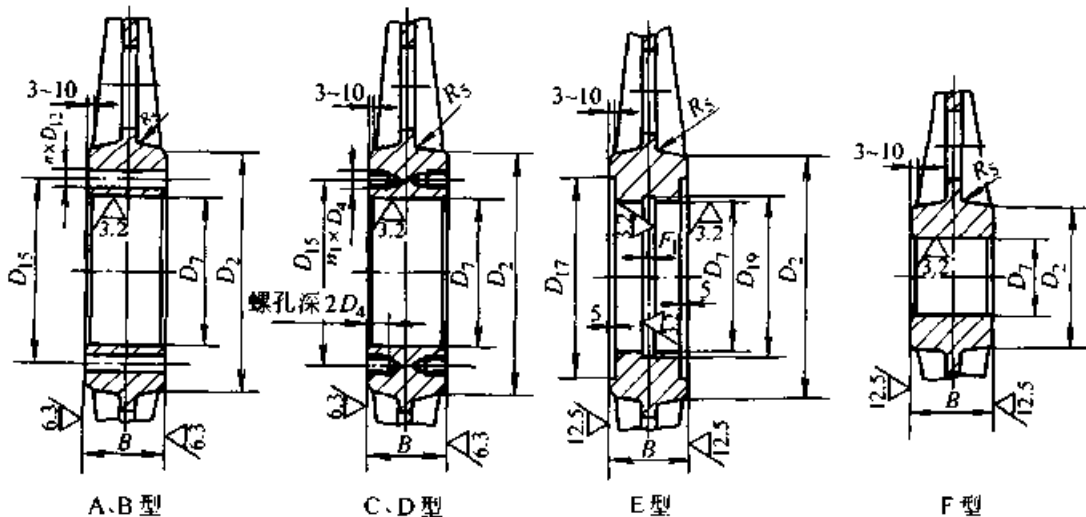
B<sub>2</sub> 型

续表 28.1-51

尺寸/mm						滚动轴承代号		六角头螺栓	六角螺母	弹簧垫圈	螺栓、螺母及弹簧垫圈数量
$D_3$	$D_6$	$D_7$	$B$	$B_3$	$B_7$	$B_1$ 型 按 GB/T 276	$B_2$ 型 按 GB/T 283	按 GB/T 5782 (加长)	按 GB/T 6170	按 GB/T 93	
45	60	85	55	100	43.4	6 209	NF209	M8 × 75	M8	8	4
50	60	90	60	100	46.0	6 210	NF210	M8 × 80	M8	8	4
55	70	100	60	105	46.0	6 211	NF211	M8 × 80	M8	8	4
60	70	110	60	105	46.0	6 212	NF212	M8 × 80	M8	8	4
65	80	120	65	110	52.5	6 213	NF213	M10 × 85	M10	10	4
70	80	125	65	110	48.4	6 214	NF214	M10 × 85	M10	10	4
75	90	130	70	130	51.0	6 215	NF215	M10 × 90	M10	10	4
80	100	140	70	135	51.0	6 216	NF216	M10 × 90	M10	10	4
90	110	160	80	145	60.0	6 218	NF218	M10 × 105	M10	10	4
100	120	180	85	150	62.4	6 220	NF220	M10 × 110	M10	10	4
110	130	200	95	160	67.4	6 222	NF222	M10 × 120	M10	10	6
120	140	215	100	160	70.0	6 224	NF224	M10 × 125	M10	10	6
130	150	230	100	165	74.0	6 226	NF226	M12 × 130	M12	12	6
140	160	250	100	170	74.0	6 228	NF228	M12 × 130	M12	12	6
150	170	270	110	180	79.0	6 230	NF230	M12 × 140	M12	12	6
160	180	290	115	180	81.4	6 232	NF232	M12 × 145	M12	12	6
170	190	310	125	185	86.0	6 234	NF234	M12 × 155	M12	12	8
180	200	320	125	190	86.0	6 236	NF236	M12 × 155	M12	12	8
190	220	340	130	220	88.4	6 238	NF238	M12 × 160	M12	12	8
200	220	360	135	220	91.0	6 240	NF240	M12 × 165	M12	12	8
220	240	400	150	240	106.4	6 244	NF244	M16 × 190	M16	16	8

注：为便于滑轮的安装，在连接结构中应规定每边的轴向间隙至少为 1 mm。

表 28.1-52 轮毂尺寸 (摘自 JB/T 9005.3-1999) (mm)



(1) A、B、C、D、E 型

基 本 尺 寸								参 考 尺 寸			螺栓 孔数 "n"	螺钉 孔数 "n <sub>1</sub> "
D <sub>7</sub> (K7)	D <sub>4</sub>	D <sub>12</sub>	D <sub>15</sub>	D <sub>17</sub>	D <sub>19</sub> (H12)	B ( $\begin{smallmatrix} 0 \\ -0.2 \end{smallmatrix}$ )	F <sub>1</sub> ( $\begin{smallmatrix} +0.1 \\ 0 \end{smallmatrix}$ )	D <sub>2</sub>		R <sub>5</sub>		
								铸钢	铸铁			
85	M8	9	100	110	90	55	6.5	120	130	8	4	8
90	M8	9	105	115	95	60	9.5	130	140	8	4	8
100	M8	9	115	125	105	60	7.5	140	150	8	4	8
110	M8	9	125	135	115	60	5.5	150	160	8	4	8
120	M8	11	140	150	125	65	8.5	160	170	8	4	8
125	M8	11	145	155	130	65	6.5	170	180	10	4	8
130	M8	11	150	160	135	70	9.5	180	190	10	4	8
140	M8	11	160	170	145	70	7.5	190	200	10	4	8
160	M10	11	185	190	165	80	9.5	215	230	10	4	8
180	M10	11	205	210	185	85	6.5	240	260	12	4	8
200	M10	11	225	230	205	95	8.5	265	280	12	6	12
215	M10	11	240	245	220	100	9.5	280	300	12	6	12
230	M12	14	260	265	235	100	9.5	305	330	12	6	12
250	M12	14	280	285	255	105	5.5	330	350	16	6	12
270	M12	14	300	305	275	110	9.5	360	380	16	6	12
290	M12	14	320	325	295	115	8.5	380	400	16	6	12
310	M12	14	340	345	315	125	10.5	410	430	20	8	16
320	M12	14	350	355	325	125	10.5	430	450	20	8	16
340	M12	14	370	375	345	130	9.5	450	470	20	8	16
360	M12	14	390	395	365	135	8.5	470	500	20	8	16
400	M16	18	440	445	405	150	9.5	530	560	25	8	16

(2) F 型

基 本 尺 寸		参 考 尺 寸			基 本 尺 寸		参 考 尺 寸		
D <sub>7</sub> (H7)	B ( $\begin{smallmatrix} 0 \\ -0.2 \end{smallmatrix}$ )	D <sub>2</sub>		R <sub>5</sub>	D <sub>7</sub> (H7)	B ( $\begin{smallmatrix} 0 \\ -0.2 \end{smallmatrix}$ )	D <sub>2</sub>		R <sub>5</sub>
		铸 钢	铸 铁				铸 钢	铸 铁	
55	80	90	90	8	140	140	220	230	10
60	80	100	100	8	150	140	230	240	10
65	90	105	105	8	160	140	240	260	12
75	90	120	120	8	170	140	260	280	12
80	90	125	130	8	180	140	270	290	12
85	90	130	140	8	190	140	290	310	12
90	110	140	150	8	200	150	300	320	12
95	110	150	160	10	210	150	320	340	16
105	120	165	175	10	220	160	330	350	16
120	130	185	195	10	250	160	370	390	20
130	140	200	210	10					

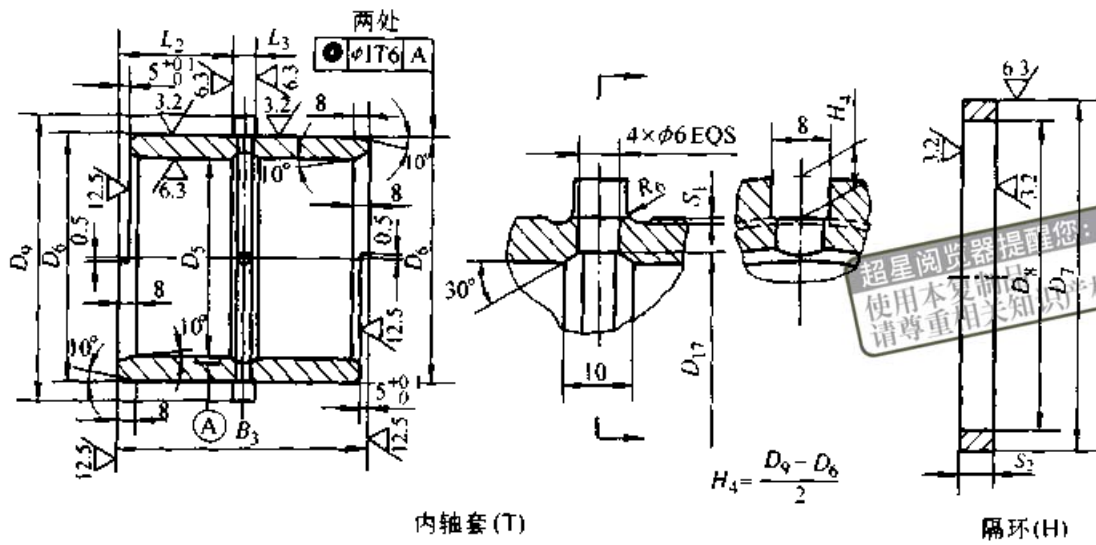


4.1.5 A 型滑轮轴套和隔环

寸见表 28.1-53。

A 型滑轮用内轴套 (T) 和隔环 (H) 的尺

表 28.1-53 A 型滑轮用内轴套和隔环尺寸 (摘自 JB/T 9005.4—1999) (mm)



标记示例

直径  $D_5 = 90$  mm 和长度  $B_3 = 145$  mm 的 A 型滑轮用内轴套 (T), 标记为:

内轴套 T90×145 JB/T 9005.4—1999

直径  $D_7 = 200$  mm 的 A 型滑轮用隔环 (H), 标记为:

隔环 H200 JB/T 9005.4—1999

内 轴 套 (T)										隔 环 (H)			
$D_5$ (E9)	$B_3$ ( $-\frac{0}{0.2}$ )	$D_6$ (h6)	$D_9$	$D_{17}$	$L_2$ ( $+\frac{0.1}{0}$ )	$L_3$ ( $-\frac{0.1}{-0.2}$ )	$S_1$	$R_6$	单件质量 kg	$D_7$ ( $-\frac{0.2}{-0.4}$ )	$D_8$	$S_2$ ( $-\frac{0}{-0.1}$ )	单件质量 kg
45	100	60	72	48	47.5	5	1.00	2.5	0.97	110	100	6	0.08
50	100	60	72	53	47.5	5	1.00	2.5	0.67	110	100	6	0.08
55	105	70	82	58	49.5	6	1.00	2.5	1.10	125	115	7	0.10
60	105	70	82	63	49.5	6	1.00	2.5	0.76	125	115	7	0.10
65	110	80	92	68	51.5	7	0.50	2.5	1.34	140	130	8	0.13
70	110	80	92	73	51.5	7	0.50	2.5	0.92	140	130	8	0.13
75	130	90	104	79	60.5	9	0.50	2.5	1.98	160	150	10	0.18
80	135	100	114	84	64.5	6	0.50	2.5	2.99	180	165	7	0.22
90	145	110	124	94	68.5	8	0.50	2.5	3.57	200	185	9	0.32
100	150	120	134	104	70.5	9	0.50	2.5	4.06	215	200	10	0.38
110	160	130	144	114	75.5	9	1.00	4.0	4.43	230	215	10	0.41
120	160	140	154	124	77.5	5	1.00	4.0	4.80	250	235	6	0.27
130	165	150	164	134	78.0	9	1.00	4.0	5.35	270	255	10	0.49
140	170	160	174	144	81.0	8	1.00	4.0	5.91	290	275	9	0.47
150	180	170	184	154	85.0	10	1.00	4.0	7.08	310	295	11	0.60

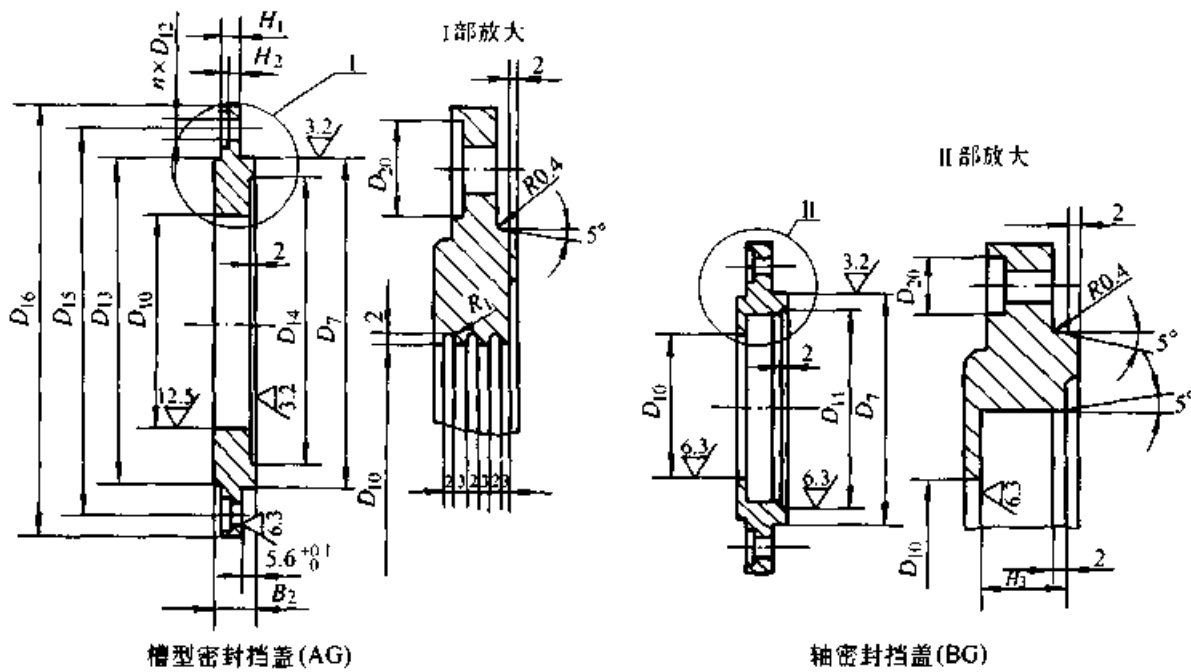
内 轴 套 (T)										隔 环 (H)			
$D_5$ (E9)	$B_3$ ( $\begin{smallmatrix} 0 \\ -0.2 \end{smallmatrix}$ )	$D_6$ (h6)	$D_9$	$D_{17}$	$L_2$ ( $\begin{smallmatrix} +0.1 \\ 0 \end{smallmatrix}$ )	$L_3$ ( $\begin{smallmatrix} -0.1 \\ -0.2 \end{smallmatrix}$ )	$S_1$	$R_a$	单件质量/ kg	$D_7$ ( $\begin{smallmatrix} -0.2 \\ -0.4 \end{smallmatrix}$ )	$D_8$	$S_2$ ( $\begin{smallmatrix} 0 \\ -0.1 \end{smallmatrix}$ )	单件质量/ kg
160	180	180	194	164	85.0	10	1.00	4.0	7.55	320	305	11	0.62
170	185	190	204	174	88.0	9	1.00	4.0	8.19	340	325	10	0.61
180	190	200	214	184	91.0	8	1.00	4.0	8.88	360	345	9	0.58
190	220	220	234	194	105.5	9	1.00	4.0	16.66	400	380	10	0.96
200	220	220	234	204	105.5	9	1.00	4.0	11.28	400	380	10	0.96

4.1.6 A 型滑轮挡盖

密封挡盖 (BG), 其尺寸见表 28.1-54:

A 型滑轮挡盖分槽型密封挡盖 (AG) 和轴

表 28.1-54 A 型挡盖尺寸 (摘自 JB/T 9005.4—1999)



槽型密封挡盖 (AG)

轴密封挡盖 (BG)

标记示例

直径  $D_7 = 200$  mm 的 A 型滑轮用槽型密封挡盖 (AG), 标记为:

挡盖 AG200 JB/T 9005.4—1999

尺寸 / mm													孔数 " "	骨架式橡胶 油封按 GB/T 9877.1	单件质量 / kg	
$D_7$ (f7)	$D_{10}$	$B_2$	$D_{11}$ (H8)	$D_{12}$	$D_{13}$	$D_{14}$	$D_{15}$	$D_{16}$	$D_{20}$	$H_1$	$H_2$	$H_3$			AG	BG
110	61	18	85	9	105	95	125	145	18	7	3.5	8	4	60×85×8	1.50	1.23
125	71	18	95	11	120	110	145	170	22	7	3.5	10	4	70×95×10	1.93	1.62
140	81	18	105	11	135	125	160	185	22	7	3.5	10	4	80×105×10	2.24	1.90
160	91	18	115	11	155	145	185	210	22	8	4.5	12	4	90×115×12	4.00	3.62
180	101	18	125	11	175	165	205	230	22	8	4.5	12	4	100×125×12	4.77	4.09
200	111	20	140	11	195	185	225	250	22	8	4.5	12	6	110×140×12	5.59	4.85

续表 28.1-54

尺寸/mm													孔数 "	骨架式橡胶 油封按 GB/T 9877.1	单件质量/ kg	
$D_7$ (f7)	$D_{10}$	$B_2$	$D_{11}$ (H8)	$D_{12}$	$D_{13}$	$D_{14}$	$D_{15}$	$D_{16}$	$D_{20}$	$H_1$	$H_2$	$H_3$			AG	BG
215	121	20	160	11	210	200	240	265	22	8	4.5	12	6	120×160×12	6.20	5.17
230	131	20	170	14	230	210	260	290	24	10	5.5	12	6	130×170×12	8.30	7.44
250	141	22	180	14	250	230	280	310	24	10	5.5	15	6	140×180×15	9.76	8.84
270	151	22	190	14	270	250	300	330	24	10	5.5	15	6	150×190×15	10.65	9.67
290	161	22	200	14	290	270	320	350	24	10	5.5	15	6	160×200×15	11.95	9.94
310	171	22	200	14	310	290	340	370	24	12	6.0	15	8	170×200×15	11.94	10.25
320	181	22	210	14	320	300	350	380	24	12	6.0	15	8	180×210×15	12.75	11.10
340	191	22	220	14	340	320	370	400	24	12	6.0	15	8	190×220×15	13.76	11.91
360	201	22	230	14	360	340	390	420	24	12	6.0	15	8	200×230×15	14.65	12.65
400	221	22	250	18	400	380	440	480	30	14	8.0	15	8	220×250×15	23.00	20.30

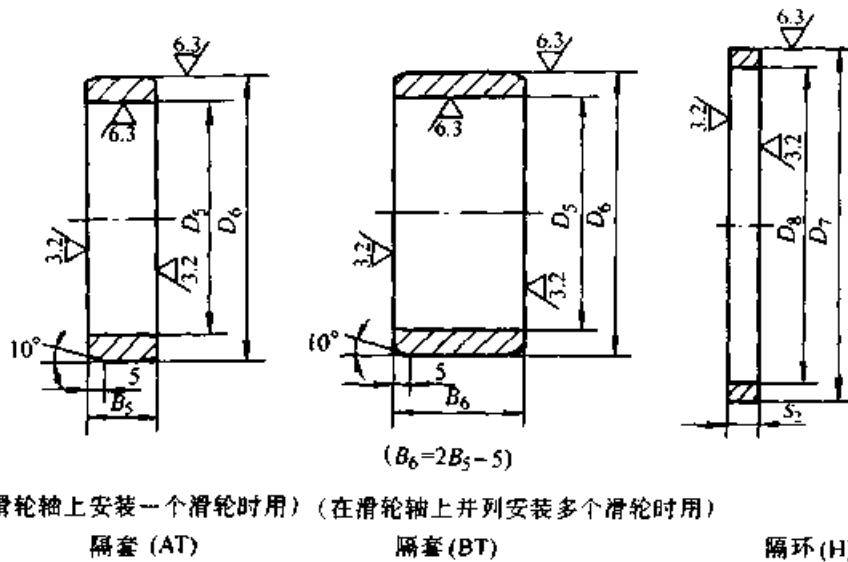
4.1.7 B型滑轮隔套和隔环

尺寸见表 28.1-55。

B型滑轮隔套(AT或BT)和隔环(H)的

表 28.1-55 B型滑轮隔套和隔环 (摘自 JB/T 9005.5—1999)

(mm)



标记示例

直径  $D_5 = 90$  mm 的 B 型滑轮用隔套 (AT), 标记为:

隔套 AT90 JB/T 9005.5

直径  $D_5 = 90$  mm 的 B 型滑轮用隔套 (BT), 标记为:

隔套 BT90 JB/T 9005.5

直径  $D_7 = 160$  mm 的 B 型滑轮用隔环 (H), 标记为:

隔环 H160 JB/T 9005.5

续表 28.1-55

隔套 (AT)				隔套 (BT)				隔环 (H)			
$D_5$ (F8)	$D_6$ (h9)	$B_5$ ( $-\frac{0}{-0.2}$ )	单件质量 kg	$D_5$ (F8)	$D_6$ (h9)	$B_5^i$ ( $-\frac{0}{-0.2}$ )	单件质量 kg	$D_7$ ( $-\frac{0.2}{-0.4}$ )	$D_8$	$S_2$ ( $-\frac{0}{-0.1}$ )	单件质量 kg
45	60	27.5	0.26	45	60	50	0.48	85	75	7	0.07
50	60	25.0	0.16	50	60	45	0.30	90	80	10	0.10
55	70	27.5	0.32	55	70	50	0.58	100	90	8	0.09
60	70	27.5	0.22	60	70	50	0.40	110	100	6	0.08
65	80	27.5	0.36	65	80	50	0.67	120	110	9	0.12
70	80	27.5	0.25	70	80	50	0.47	125	115	10	0.10
75	90	35.0	0.53	75	90	65	0.99	130	120	10	0.15
80	100	37.5	0.83	80	100	70	1.55	140	130	8	0.13
90	110	37.5	0.92	90	110	70	1.72	160	150	10	0.18
100	120	37.5	1.01	100	120	70	1.89	180	165	7	0.22
110	130	37.5	1.11	110	130	70	2.07	200	185	9	0.32
120	140	35.0	1.12	120	140	65	2.08	215	200	10	0.38
130	150	37.5	1.30	130	150	70	2.41	230	215	10	0.41
140	160	40.0	1.47	140	160	75	2.78	250	235	11	0.49
150	170	40.0	1.57	150	170	75	2.96	270	255	10	0.49
160	180	37.5	1.57	160	180	70	2.93	290	275	9	0.47
170	190	35.0	1.55	170	190	65	2.88	310	295	11	0.60
180	200	37.5	1.76	180	200	70	3.28	320	305	11	0.62
190	220	50.0	3.79	190	220	95	7.20	340	325	10	0.61
200	220	47.5	2.46	200	220	90	4.66	360	345	9	0.58
220	240	50.0	2.84	220	240	95	5.39	400	380	10	0.96

①多个滑轮并列在一根轴上用隔套 (BT) 的长度  $B_6 = 2B_5 - 5$ 。

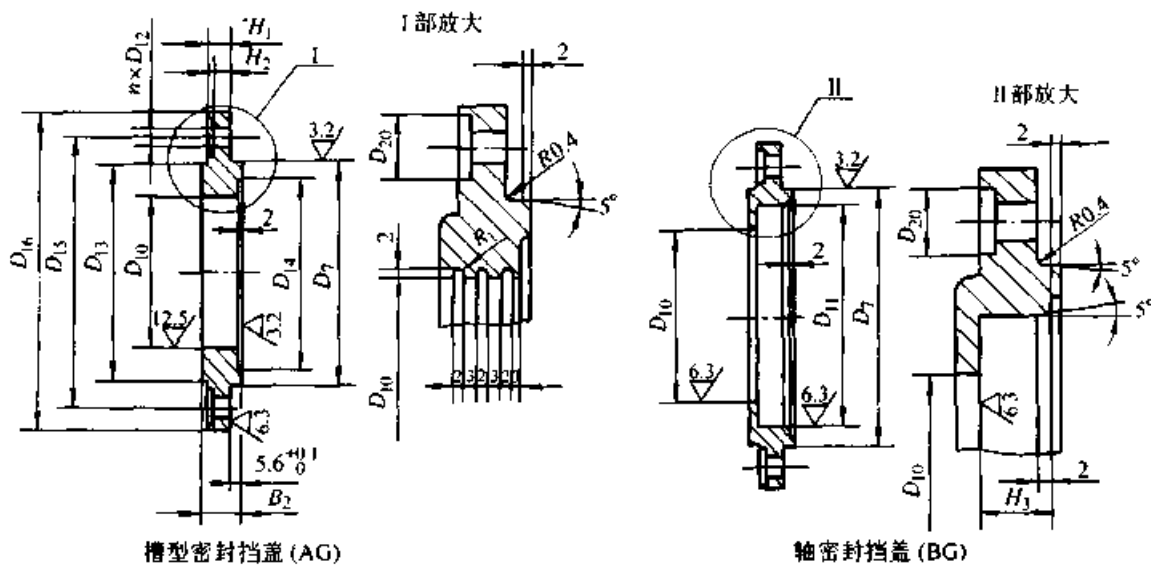
#### 4.1.8 B型滑轮挡盖

轴密封挡盖 (BG)、其尺寸见表 28.1-56。

B型滑轮挡盖分为槽型密封挡盖 (AG) 和

表 28.1-56 B型滑轮挡盖尺寸 (摘自 JB/T 9005.5—1999)

(mm)



标记示例

直径  $D_7 = 160$  mm 的 B 型滑轮用轴密封挡盖 (BG), 标记为:

挡盖 BG160 JB/T 9005.5—1999

续表 28.1-56

尺寸/mm													孔数 "	骨架式橡胶 油封按 GB/T 9877.1	单件质量/ kg	
$D_7$ (f7)	$D_{10}$	$D_{11}$ (H8)	$D_{12}$	$D_{13}$	$D_{14}$	$D_{15}$	$D_{16}$	$D_{20}$	$B_2$	$H_1$	$H_2$	$H_3$			AG	BG
85	61	—	9	80	77	100	120	18	18	7	3.5	—	4	—	0.93	—
90	61	—	9	85	82	105	125	18	18	7	3.5	—	4	—	1.04	—
100	71	—	9	95	92	115	135	18	18	7	3.5	—	4	—	1.15	—
110	71	95	9	105	95	125	145	18	18	7	3.5	10	4	70×95×10	1.39	1.09
120	81	105	11	115	105	140	160	22	18	7	3.5	10	4	80×105×10	1.52	1.18
125	81	105	11	120	110	145	165	22	18	7	3.5	10	4	80×105×10	1.80	1.40
130	91	115	11	125	115	150	170	22	18	7	3.5	12	4	90×115×12	1.80	1.42
140	101	125	11	135	130	160	180	22	18	7	3.5	12	4	100×125×12	2.48	1.80
160	111	140	11	155	145	185	210	22	20	8	4.5	12	4	110×140×12	3.56	2.82
180	121	160	11	175	165	205	230	22	20	8	4.5	12	4	120×160×12	4.48	3.48
200	131	170	11	195	185	225	250	22	20	8	4.5	12	6	130×170×12	5.06	4.20
215	141	180	11	210	200	240	265	22	22	8	4.5	15	6	140×180×15	5.62	4.70
230	151	190	14	230	210	260	290	24	22	10	5.5	15	6	150×190×15	7.61	6.63
250	161	200	14	250	230	280	310	24	22	10	5.5	15	6	160×200×15	8.69	7.66
270	171	200	14	270	250	300	330	24	22	10	5.5	15	6	170×200×15	9.65	8.62
290	181	210	14	290	270	320	350	24	22	10	5.5	15	6	180×210×15	10.85	8.80
310	191	220	14	310	290	340	370	24	22	12	6.0	15	8	190×220×15	10.80	9.20
320	201	230	14	320	300	350	380	24	22	12	6.0	15	8	200×230×15	11.60	10.10
340	221	250	14	340	320	370	400	24	22	12	6.0	15	8	220×250×15	12.65	10.90
360	221	250	14	360	340	390	420	24	22	12	6.0	15	8	220×250×15	13.50	11.60
400	241	270	18	400	380	440	480	30	24	14	8.0	15	8	240×270×15	22.00	19.30

## 4.1.9 滑轮技术条件

## (2) 外观

## (1) 材料

滑轮的有关零件用材料应符合表 28.1-57 的规定。

滑轮表面应光滑平整, 应去除尖棱和冒口, 滑轮不得有影响使用性能和有损外观的缺陷 (如气孔、裂纹、疏松、夹渣、铸疤等)。

表 28.1-57 滑轮有关零件用材料 (摘自 JB/T 9500.10—1999)

零件名称	材 料
滑 轮	铸钢应不低于 GB/T 11352 中的 ZG270-500 铸钢
	铸铁应不低于 GB/T 9439 中的 HT200 灰铸铁
	球墨铸铁应不低于 GB/T 1348 中的 QT400-18 球铁
内 轴 套	结构钢应不低于 GB/T 699 中的 45 钢
隔 环	结构钢应不低于 GB/T 700 中的 Q235A 钢
	铸铁应不低于 GB/T 9439 中的 HT250 灰铸铁

零件名称	材 料
挡 箍	铸铁应不低于 GB/T 9439 中的 HT150 灰铸铁
	结构钢应不低于 GB/T 700 中的 Q215A 钢
隔 套	结构钢应不低于 GB/T 700 中的 Q235B 钢；铸铁应不低于 GB/T 9439 中的 HT150 灰铸铁
涨 圈	结构钢应不低于 GB/T 699 中的 45 钢
衬 套	铜合金应不低于 GB/T 1176 中的 ZCuAl10Fe3 铝青铜

注：对于工作级别较高的起重机（如冶金起重机）不许用铸铁滑轮。



(3) 热处理  
滑轮应进行退火处理，以消除铸造或焊接应力。

滑轮的形状和位置公差应符合表 28.1-58 的规定。

(4) 尺寸公差和表面粗糙度  
加工表面未注公差尺寸的公差等级按 GB/T 1804 中的 m 级（中等级）；未注加工表面粗糙度  $R_a$  值按 GB/T 1031 中的  $25 \mu\text{m}$ 。

(6) 装配  
装配好的滑轮应能灵活地旋转。

(5) 形位公差

(7) 其他  
滑轮的加工部位（内孔、绳槽表面等）和隔环的外露部位应涂抗腐蚀的防锈油；不加工部位应涂防锈漆。

表 28.1-58 滑轮形位公差（摘自 JB/T 9005.10—1999）

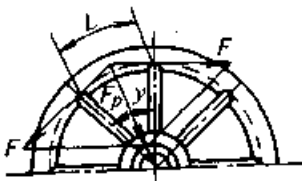
种类	符号	项 目	符 号 说 明	允许的形位公差
形状		圆 柱 度	轮毂孔	圆柱度公差 $t_1$ ： $t_1 = \frac{\text{轮毂孔的公差带}}{2}$
		线轮廓度	绳槽断面	绳槽半径公差带内的线轮廓度公差 $t_2$ ： $t_2 \leq \text{绳槽半径极限偏差}$
位置		圆 跳 动	绳槽底圆	绳槽底圆跳动公差 $t_3$ ： $t_3 = \frac{D}{1000} \leq 1.0$

4.1.10 滑轮强度计算

小型铸造滑轮的强度，决定于铸造工艺条件。一般不进行强度计算。对于大尺寸的焊接滑

轮，则必须进行强度计算。滑轮强度计算方法见表 28.1-59。

表 28.1-59 滑轮强度计算

计算简图	项 目	公 式	符 号 意 义	
	计算假定	假定轮缘是多支点梁，绳索拉力 F 使轮缘产生弯曲	F—绳索拉力(N); γ—绳索在滑轮上包角的圆心角; L—两轮辐间的轮缘弧长(mm);	
	绳索拉力的合力 N	$F_p = 2F \cdot \sin \frac{\gamma}{2}$	W—轮缘抗弯断面模数(mm <sup>3</sup> );	
	轮缘	最大弯矩/ N·mm	$M_{max} = \frac{F_p L}{16}$	σ <sub>wb</sub> —许用弯曲应力,对于 Q235-A 型钢应小于 100 MPa;
		最大弯曲 应力/MPa	$\sigma_{max} = \frac{FL}{8W} \sin \frac{\gamma}{2} < \sigma_{wb}$	A—辐条断面积(mm <sup>2</sup> ); φ—断面折减系数; σ <sub>cp</sub> —许用压应力,对于 Q235-A 型钢大约为 100 MPa
辐条内压应力/ MPa	当 F <sub>p</sub> 力方向与辐条中心线重合时，辐条中产生的压应力最大	$\sigma_c = \frac{2F \cdot \sin \frac{\gamma}{2}}{\phi A} < \sigma_{cp}$		

4.2 滑轮组

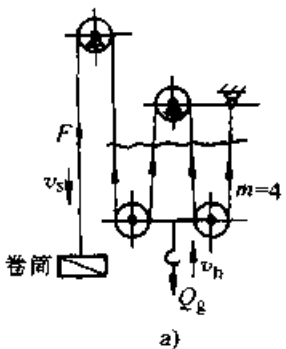
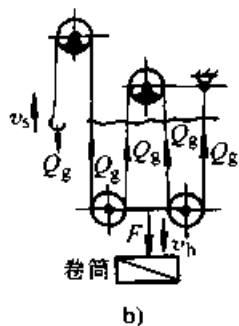
由于滑轮已制订了新的专业标准，而滑轮组尚未制订新的专业标准，所以有些相应的配合尺寸与结构参数不尽一致，请设计参考本结构自行

修改。

4.2.1 滑轮组的设计与计算

由一根挠性件，依次绕过若干动滑轮和定滑轮，组成的联合装置称为滑轮组，设计计算见表 28.1-60。

表 28.1-60 滑轮组设计计算

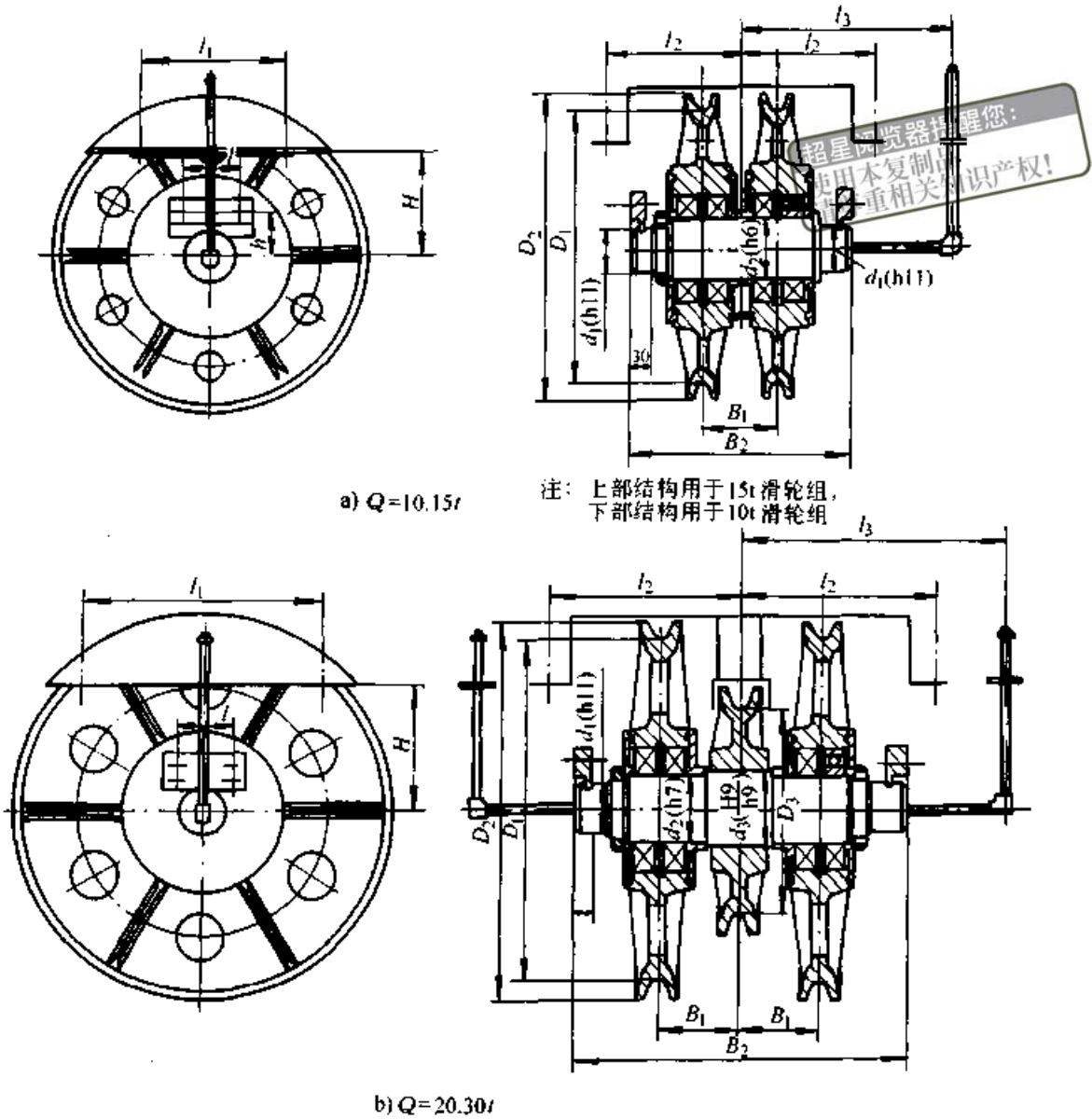
名 称	简 图	挠 性 件 自 由 端		符 号 意 义
		牵 引 力	牵 引 速 度	
省力滑轮组	 <p>a)</p>	$F = 9.8 \frac{Q}{m}$	$v_s = m v_h$	F—挠性件自由端牵引力(N); Q—起重量(kg); m—滑轮组倍率, 单联滑轮组: $m = n$ 双联滑轮组: $m = \frac{n}{2}$ n—悬挂物品挠性件分支数; v <sub>s</sub> —挠性件自由端牵引速度(m/s); v <sub>h</sub> —动滑轮组的速度(m/s)
增速滑轮组	 <p>b)</p>	$F = 9.8 m Q$	$v_s = \frac{v_h}{m}$	

4.2.2 起重机滑轮组

起重机 5 t 和 10 t 滑轮组性能尺寸见

起重机滑轮组 10 t、15 t、20 t 和 30 t 的性能尺寸见表 28.1-61。

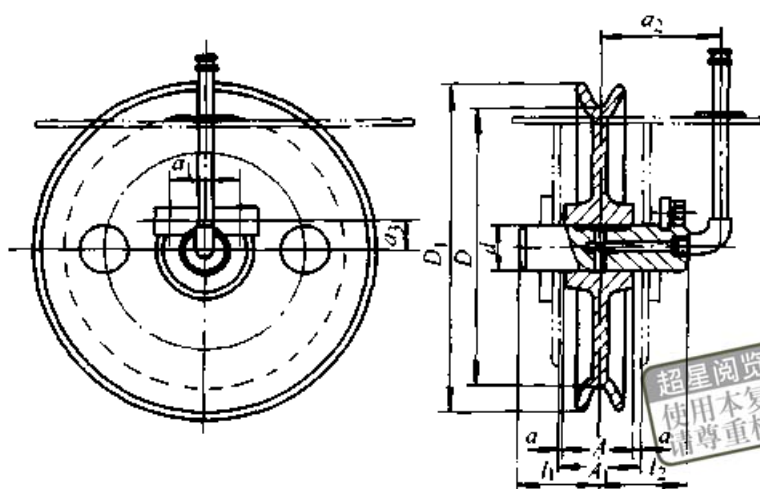
表 28.1-61 10 t、15 t、20 t 和 30 t 滑轮组性能尺寸



起重量 $Q/t$	尺寸/mm														轴 承		质量 $m/kg$
	$D_1$	$D_2$	$D_3$	$d_1$	$d_2$	$d_3$	$B_1$	$B_2$	$l$	$l_1$	$l_2$	$l_3$	$h$	$H$	型号	数量	
10	400	450	—	70	90	—	81	314	80	200	195	≈295	65	150	6 218	4	88
15	500	565	—	80	100	—	140	380	80	340	223	≈325	69	170	6 220	4	118.6
20	500	565	300	80	100	110	114	474	80	350	275.5	≈260	68	186	6 220	4	157
30	610	685	400	110	130	140	132	530	110	520	314	≈270	95	165	6 226	4	304.9



表 28.1-62 5 t、10 t 滑轮组性能尺寸



超星浏览器提醒您：  
使用本复制品  
请尊重相关知识产权！

名称	起重量 Q/t	尺寸/mm											质量 m/kg
		D	D <sub>1</sub>	d (H9/f9)	A (h11)	A <sub>1</sub>	a	a <sub>1</sub>	a <sub>2</sub>	a <sub>3</sub>	l <sub>1</sub>	l <sub>2</sub>	
滑轮组	5	250	300	45	70	74	2	60	102	31.5	60	70	13.2
电磁滑轮组	10	300	365	65	78	80	1	90	118	43.5	67	86	24.8

4.3 通用起重滑车

HQ 系列通用起重滑车见表 28.1-63。

表 28.1-63 HQ 系列通用起重滑车 (摘自 JB/T 9007.1-1999)

滑轮 直径/ mm	额定起重量																	钢丝绳 直径范围/ mm	
	0.32	0.5	1	2	3.2	5	8	10	16	20	32	50	80	100	160	200	250		320
	滑 轮 数 量																		
63	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	6.2
71	—	1	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	6.2~7.7
85	—	—	1	2	3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	7.7~11
112	—	—	—	1	2	3	4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	11~14
132	—	—	—	—	1	2	3	4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	12.5~15.5
160	—	—	—	—	—	1	2	3	4	5	—	—	—	—	—	—	—	—	15.5~18.5
180	—	—	—	—	—	—	—	2	3	4	6	—	—	—	—	—	—	—	17~20
210	—	—	—	—	—	—	1	—	—	3	5	—	—	—	—	—	—	—	20~23
240	—	—	—	—	—	—	—	1	2	—	4	6	—	—	—	—	—	—	23~24.5
280	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2	3	5	8	—	—	—	—	—	26~28
315	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	4	6	8	—	—	—	—	28~31
355	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	2	3	5	6	8	10	—	—	31~35
400	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	8	10	—	—	34~38
450	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	10	—	40~43

5 起重链条和链轮

起重机械中应用的链条有环形焊接链和片式关节链。与钢丝绳相比，焊接链有以下优点：

- 1) 挠性好，可用较小直径的链轮和卷筒，由载荷产生的驱动机构的力矩较小，传动比也较小，传动机构外形尺寸小；
- 2) 比较耐腐蚀。

其缺点是：

①由于有焊接点，有突然断裂的可能，安全可靠差，不耐冲击；

②同样载重量下，比钢丝绳重；

③不能用于高速，通常速度  $v < 0.1 \text{ m/s}$  (用于星轮)， $v < 1 \text{ m/s}$  (用于光卷筒)；

④链条在运动中经常产生滑移和摩擦，易磨损。

片式关节链有以下优点：

挠性较焊接链更好，比较可靠，运动较平稳， $v \leq 0.25 \text{ m/s}$  (可达  $1 \text{ m/s}$ )。

其缺点是：有方向性，横向无挠性，比钢丝绳重，与焊接链重量差不多。成本高，对灰尘和锈蚀较敏感。

起重链用于手动，便于携带的起重量小、起升高度小、起升速度低的起重机械。

焊接链用圆钢弯成椭圆形环，然后以锻焊或电焊法连接而成。根据链环各部分尺寸不同，链条制成长环链和短环链两种。长环链的链条，当

其绕上滑轮或捆扎物品时，产生较大的弯曲应力，因此在起升机构中，总是采用短环焊接链。

根据制造精度，焊接链分为精制和粗制两种。链环内环的允许误差小于  $0.03d$  时为精制链条；内环的允许误差小于  $0.1d$  者为粗制链条。粗制链条只能用于光滑卷筒的起升机构或用来捆扎物品。为了携带和拆卸方便，链条的端部链节用可拆卸链环。

片式关节链是由薄钢片以销轴铰接而成的一种链条。焊接链和片式关节链选择计算方法相同。

### 5.1 起重链条的选择

根据最大工作载荷及安全系数计算链条的破坏载荷  $F_p$ ，以  $F_p$  来选择链条

$$F_p \geq F_{\max} S \quad (28.1-7)$$

式中  $F_p$  —— 破断载荷 (N)；

$F_{\max}$  —— 链条最大工作载荷 (N)；

$S$  —— 安全系数，按表 28.1-64 选取。

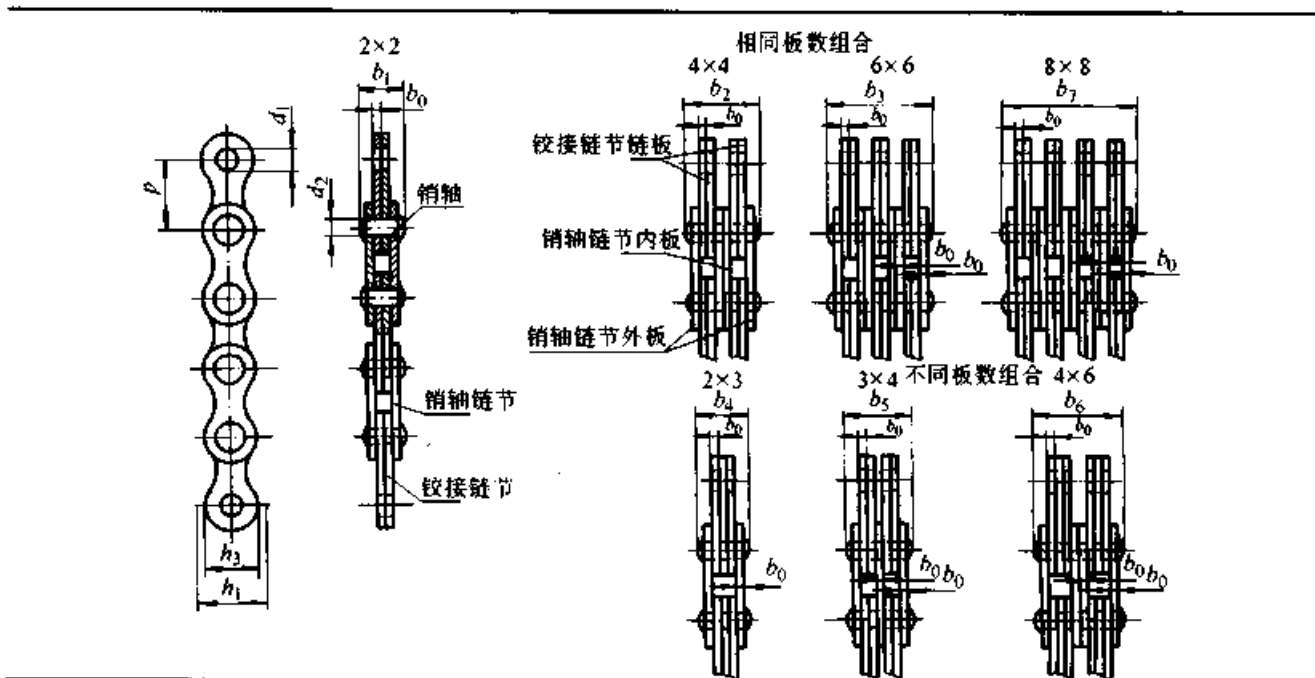
表 28.1-64 安全系数  $S$  值

链条种类	焊 接 链 (摘自 GB/T 6007—1985)					片 式 链		
	光滑卷筒或滑轮		链 轮		捆绑物品	吊钩用 (带小钩, 小环等)	速度 $v / (\text{m} \cdot \text{s}^{-1})$	
用途	手 动	机 动	手 动	机 动			< 1	1 ~ 1.5
驱动方式	手 动	机 动	手 动	机 动	6	5	6	8
$S$	3	6	4	8				

### 5.2 起重链的规格

起重用的板式链见表 28.1-65。

表 28.1-65 板式链 (摘自 GB/T 6074—1995)



续表 28.1-65

链号	公称节距 $p$ / mm	板数 组合	链板	铰接链节	销轴	链条通道	链板	销轴	抗拉 载荷 $Q_{min}/$ kN	每米 质量 $q$ / (kg/m) $\approx$
			厚度 $b_{0max}$	链板孔径 $d_{1min}$	直径 $d_{2max}$	高度 $h_{1min}$	高度 $b_{3max}$	长度 $(b_1 \sim b_2)_{max}$		
mm										
LH 0822 <sup>①</sup>	12.7	2×2						11.05	22.2	0.64
LH 0823		2×3						13.16	22.2	0.8
LH 0834		3×4						17.4	33.4	1.12
LH 0844 <sup>①</sup>		4×4	2.08	5.12	5.09	12.32	12.07	19.51	44.5	1.28
LH 0846		4×6						23.75	44.5	1.6
LH 0866		6×6						27.99	66.7	1.92
LH 0888		8×8						36.45	89	2.56
LH 1022 <sup>①</sup>	15.875	2×2						12.9	33.4	0.88
LH 1023		2×3						15.37	33.4	1.1
LH 1034		3×4						20.32	48.9	1.5
LH 1044 <sup>①</sup>		4×4	2.44	5.98	5.96	15.34	15.09	22.78	66.7	1.8
LH 1046		4×6						27.74	66.7	2.2
LH 1066		6×6						32.69	100.1	2.65
LH 1088		8×8						42.57	133.4	3.5
LH 1222 <sup>①</sup>	19.05	2×2						17.37	48.9	1.45
LH 1223		2×3						20.73	48.9	1.8
LH 1234		3×4						27.43	75.6	2.5
LH 1244 <sup>①</sup>		4×4	3.3	7.96	7.94	18.34	18.11	30.78	97.9	2.9
LH 1246		4×6						37.49	97.9	3.6
LH 1266		6×6						44.2	146.8	4.3
LH 1288		8×8						57.61	195.7	5.8
LH 1622 <sup>①</sup>	25.4	2×2						21.34	84.5	2.2
LH 1623		2×3						25.48	84.5	2.7
LH 1634		3×4						33.76	129	3.8
LH 1644 <sup>①</sup>		4×4	4.09	9.56	9.54	24.38	24.13	37.9	169	4.3
LH 1646		4×6						46.18	169	5.4
LH 1666		6×6						54.46	253.6	6.5
LH 1688		8×8						71.02	338.1	8.6
LH 2022 <sup>①</sup>	31.75	2×2						25.37	115.6	3.4
LH 2023		2×3						30.33	115.6	4.3
LH 2034		3×4						40.23	182.4	6
LH 2044 <sup>①</sup>		4×4	4.9	11.14	11.11	30.48	30.18	45.19	231.3	6.9
LH 2046		4×6						55.09	231.3	8.6
LH 2066		6×6						65	347	10.3
LH 2088		8×8						84.81	462.6	13.8

续表 28.1-65

链号	公称节距 $p$ / mm	板数组合	链板厚度	铰接链节链板孔径	销轴直径	链条通道高度	链板高度	销轴长度 $(b_1 - b_2)_{\text{max}}$	抗拉载荷 $Q_{\text{min}}/$ kN	每米质量 $q/$ (kg/m) $\approx$
			$b_{0\text{max}}$	$d_{1\text{min}}$	$d_{2\text{max}}$	$h_{1\text{min}}$	$h_{3\text{max}}$	mm		
LH 2422 <sup>①</sup>	38.1	2×2	5.77	12.74	12.71	36.55	36.2	29.62	151.2	4.6
LH 2423		2×3						35.43	151.2	5.8
LH 2434		3×4						47.07	244.6	8.1
LH 2444 <sup>①</sup>		4×4						52.88	302.5	9.3
LH 2446		4×6						64.52	302.5	11.6
LH 2466		6×6						76.15	453.7	13.9
LH 2488		8×8						99.42	605	18.6
LH 2822 <sup>①</sup>		44.45						2×2	6.55	14.31
LH 2823	2×3		40.16	191.3	7.6					
LH 2834	3×4		53.37	315.8	10.6					
LH 2844 <sup>①</sup>	4×4		59.97	382.6	12.2					
LH 2846	4×6		73.18	382.6	15.2					
LH 2866	6×6		86.39	578.3	18.2					
LH 2888	8×8		112.8	765.1	24.3					
LH 3222 <sup>①</sup>	50.8		2×2	7.52	17.49	17.46	48.74	48.26		
LH 3223		2×3	46.58						289.1	10
LH 3234		3×4	61.72						440.4	14
LH 3244 <sup>①</sup>		4×4	69.29						578.3	16
LH 3246		4×6	84.43						578.3	20
LH 3266		6×6	99.57						857.4	24
LH 3288		8×8	129.84						1156.5	32
LH 4022 <sup>①</sup>		63.5	2×2						9.91	23.84
LH 4023	2×3		61.7	433.7	19.8					
LH 4034	3×4		81.61	649.4	27.7					
LH 4044 <sup>①</sup>	4×4		91.57	867.4	31.6					
LH 4046	4×6		111.48	867.4	39.5					
LH 4066	6×6		131.39	1301.1	47.4					
LH 4088	8×8		171.32	1734.8	63.2					

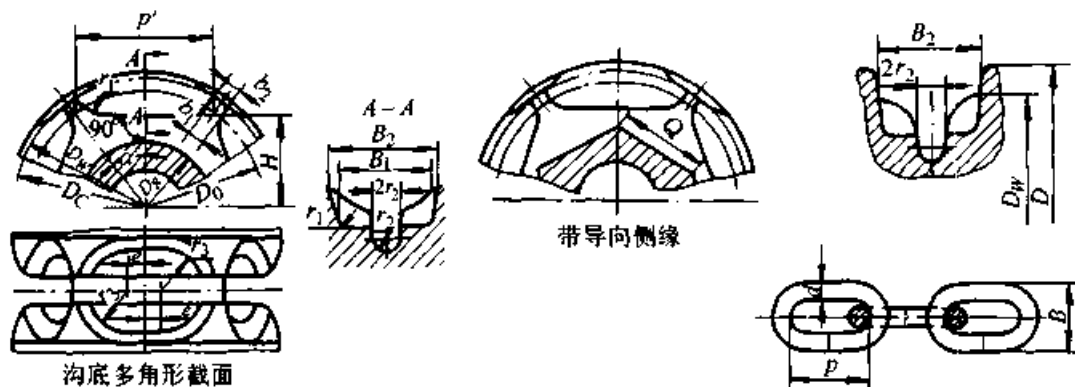
注：不同厂家生产的同一规格的板式链不应混装在一起使用。

① 在节距相同的情况下，与不同板数组别的链条比较，这些链条的疲劳强度和磨损寿命较低。

5.3 链轮

焊接链轮的计算与画法见表 28.1-66。

表 28.1-66 焊接链链轮的计算与画法 (mm)



续表 28.1-66

参数名称	代号	计算公式	参数名称	代号	计算公式
链轮上窝眼数	$z$	最少窝眼数不少于 4	导向侧缘直径	$D$	$D = D_w + 1.2B$
中心夹角的半角	$\alpha$	$\alpha = \frac{180^\circ}{z}$	窝眼槽底宽度	$B_1$	$B_1 = 1.1B$
链轮节距	$p'$	$p' = D_0 \sin \alpha$	窝眼槽顶宽度	$B_2$	$B_2 = (1.2 \sim 1.3) B$
链轮节圆直径	$D_0$	$D_0 = \sqrt{\left(\frac{p}{\sin \frac{\alpha}{2}}\right)^2 + \left(\frac{d}{\cos \frac{\alpha}{2}}\right)^2}$ $D_0 = \frac{p}{\sin \frac{\alpha}{2}} \quad (z \geq 12 \text{ 时})$	齿根宽	$b_1$	$b_1 = p - 2.2d$
沟底圆直径	$D_g$	$D_g = D_0 - (1.2 \sim 1.25) B$	齿顶宽	$b_2$	$b_2 = p - 2.5d$
沟底多角形边长	$Q$	$Q = D_g \tan \alpha$	齿根半径	$r_1$	$r_1 = 0.5d$
链轮外径	$D_w$	$D_w = D_0 - (1 \sim 1.3) d$ $D_w = D_0 + 0.5d$ (用于滑车组链轮)	沟底半径	$r_2$	$r_2 = 0.6d$
齿顶圆直径	$D_c$	$D_c = D_0 + 0.6d$	窝眼槽半径	$r_3$	$r_3 = 0.5B_1$
			$r_3$ 圆心位置	$e$	$e = 0.45(p + 2d - B)$
			窝眼槽底平面到中心距离	$H$	$H = 0.5 \left( p \cot \frac{\alpha}{2} - d \tan \frac{\alpha}{2} \right) - 0.5d$ $H = 0.5 \left[ \sqrt{D_0^2 - (p + d)^2} - d \right]$ ( $z \geq 12$ 时)

注：1.  $D_0$ 、 $H$  及  $p'$  计算精确度达 0.1 mm，其余尺寸可圆整到标准直径或长度尺寸。

2.  $z > 4$  的链轮，窝眼槽半径  $r_3$  在距链轮中心  $H$  的地方。

3.  $z > 12$  的链轮，窝眼槽底平面可做成圆弧面，圆弧面半径  $R = H$ 。

4. 链轮窝眼数：一般  $z = 7 \sim 23$ ，亦可选用

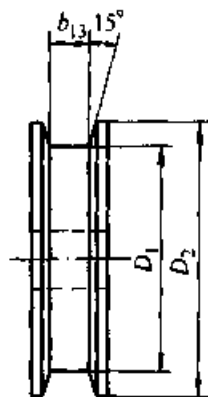
$z = 18, 20, 23, 26, 28, 30, 32, 34, 36, 38, 40, 42, 44, 46, 48, 50, 52$ 。

### 5.4 槽轮

板式链所用导向或支承用槽轮的尺寸见

表 28.1-67。

表 28.1-67 与板式链配用的槽轮的形状和尺寸参数 (摘自 GB/T 6074-1995) (mm)



名称	符号	计算公式	备注
槽轮直径	$D_1$	$D_{1\min}^{\text{①}} = 5 \times p$	$p$ —节距
轮缘间宽	$b_{13}$	$b_{13\min} = 1.05 \times b$	$b$ —销轴长度见表 28.1-65 中的 $b_1 \sim b_7$
轮缘直径	$D_2$	$D_{2\min} = D_1 + h_1 + d_2$	$h_1$ —链条通道高度 $d_2$ —销轴直径

① 如经试验证明，也可采用更小的直径尺寸。

## 6 焊接链的滑轮与卷筒

### 6.1 焊接链的滑轮

焊接链的滑轮一般由铸铁制成，结构与钢丝绳滑轮相仿。为了使链条与滑轮接触良好，滑轮轮缘制成槽形的，槽形两侧有的带边，有的不带边，其结构尺寸见图 28.1-6，滑轮直径按驱动情况确定，一般取：手动  $D > 20d$ ；机动  $D > 30d$  ( $d$  为链环圆钢直径)。

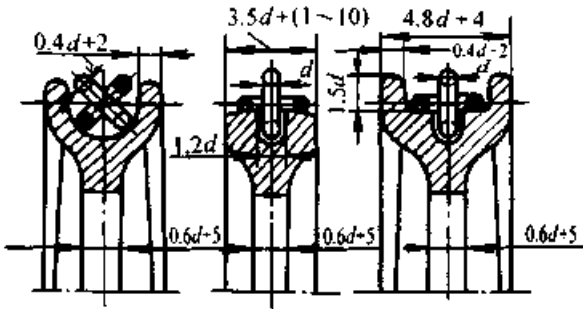


图 28.1-6 滑轮

### 6.2 焊接链的卷筒

焊接链的卷筒和链轮用来传递转矩。焊接链卷筒材料和结构与钢丝绳卷筒基本一样。卷筒表面有光面和带槽两种，卷筒上链环槽的尺寸关系和焊接链在卷筒上的固定方法见图 28.1-7。

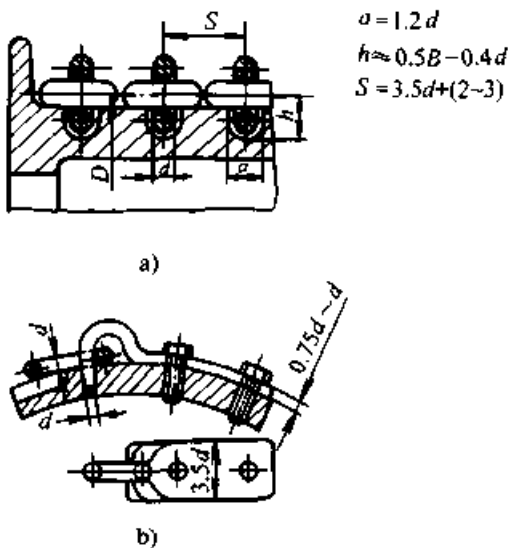
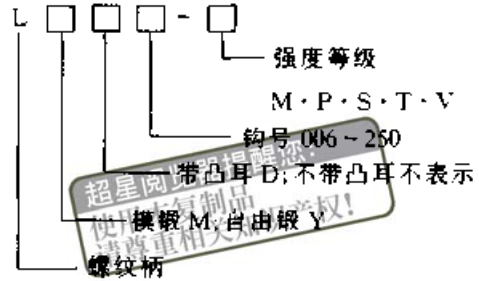


图 28.1-7 链条在卷筒上的布置与固定  
a) 卷筒面上的链环槽 b) 链的固定

## 7 吊钩

### 7.1 吊钩的分类

直柄单钩的结构型式分为 LM 型、LMD 型、LY 型及 LYD 型四种。标记方法为



标记示例：

钩号 006 强度等级为 M 不带凸耳模锻直柄单钩标记为：

直柄单钩 LM006-M GB/T 10051.5-1988

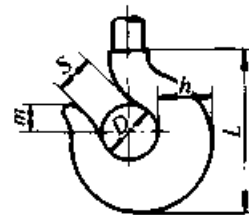
钩号 250 强度等级为 T 的带凸耳自由锻直柄单钩标记为：

直柄单钩 LYD250-T GB/T 10051.5-1988

### 7.2 吊钩的力学性能

吊钩按其力学性能分为 M、P、(S)、T 和 (V) 五个等级，见表 28.1-68。

表 28.1-68 吊钩的力学性能  
(摘自 GB/T 10051.1-1988)

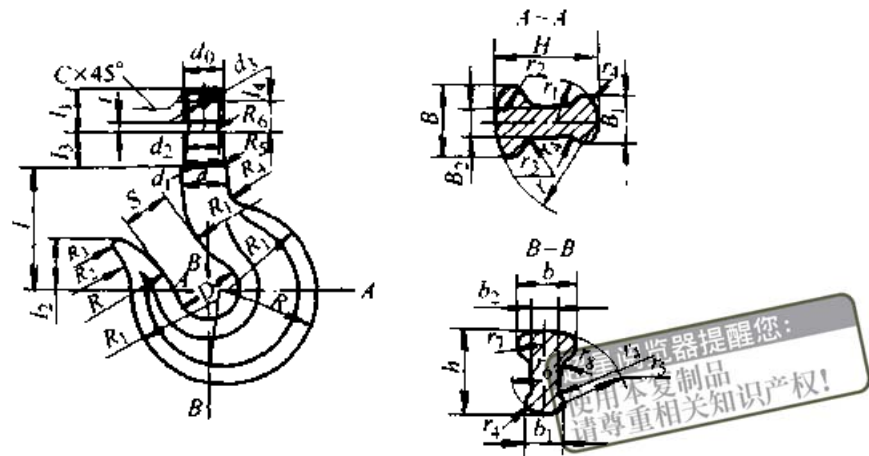


强度等级	M	P	(S)	T	(V)
屈服点 $\sigma_s$ 或屈服强度 $\sigma_{0.2}$ /MPa	235	315	390	490	620
冲击功 $A_K$ /J (应变时效试样)	48	41	41	34	34

### 7.3 吊钩的起重量

吊钩的起重量见表 28.1-69。

表 28.1-69 吊钩起重量 (摘自 GB/T 10051.1-1988)



强度等级	机构工作级别 (摘自 GB/T 3811-1983)										
	M	P	(S)	T	(V)	M3	M4	M5	M6	M7	M8
M	—	—	—	—	M3	M4	M5	M6	M7	M8	—
P	—	—	—	M3	M4	M5	M6	M7	M8	—	—
(S)	—	—	M3	M4	M5	M6	M7	M8	—	—	—
T	—	M3	M4	M5	M6	M7	—	—	—	—	—
(V)	M3	M4	M5	M6	M7	—	—	—	—	—	—
钩号	起重量 Q/t										
006	0.32	0.25	0.2	0.16	0.125	0.1	—	—	—	—	—
010	0.5	0.4	0.32	0.25	0.2	0.16	0.125	0.1	—	—	—
012	0.63	0.5	0.4	0.32	0.25	0.2	0.16	0.125	0.1	—	—
020	1	0.8	0.63	0.5	0.4	0.32	0.25	0.2	0.16	0.125	—
025	1.25	1	0.8	0.63	0.5	0.4	0.32	0.25	0.2	0.16	—
04	2	1.6	1.25	1	0.8	0.63	0.5	0.4	0.32	0.25	—
05	2.5	2	1.6	1.25	1	0.8	0.63	0.5	0.4	0.32	—
08	4	3.2	2.5	2	1.6	1.25	1	0.8	0.63	0.5	—
1	5	4	3.2	2.5	2	1.6	1.25	1	0.8	0.63	—
1.6	8	6.3	5	4	3.2	2.5	2	1.6	1.25	1	—
2.5	12.5	10	8	6.3	5	4	3.2	2.5	2	1.6	—
4	20	16	12.5	10	8	6.3	5	4	3.2	2.5	—
5	25	20	16	12.5	10	8	6.3	5	4	3.2	—
6	32	25	20	16	12.5	10	8	6.3	5	4	—
8	40	32	25	20	16	12.5	10	8	6.3	5	—
10	50	40	32	25	20	16	12.5	10	8	6.3	—
12	63	50	40	32	25	20	16	12.5	10	8	—
16	80	63	50	40	32	25	20	16	12.5	10	—
20	100	80	63	50	40	32	25	20	16	12.5	—

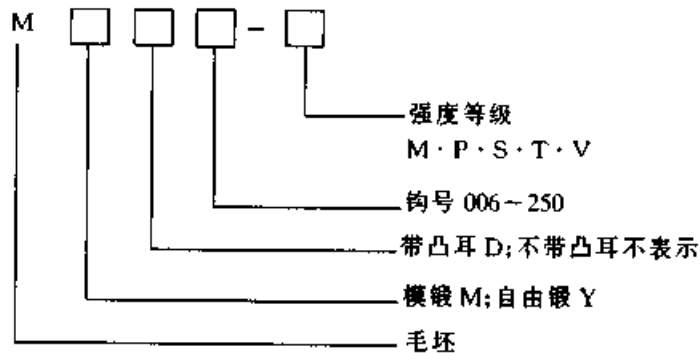
强度等级	机构工作级别 (摘自 GB/T 3811—1983)									
M	—	—	—	—	M3	M4	M5	M6	M7	M8
P	—	—	—	M3	M4	M5	M6	M7	M8	—
(S)	—	—	M3	M4	M5	M6	M7	M8	—	—
T	—	M3	M4	M5	M6	M7	—	—	—	—
(V)	M3	M4	M5	M6	M7	—	—	—	—	—
钩号	起重量 Q/t									
25	125	100	80	63	50	40	32	25	20	16
32	160	125	100	80	63	50	40	32	25	20
40	200	160	125	100	80	63	50	40	32	25
50	250	200	160	125	100	80	63	50	40	32
63	320	250	200	160	125	100	80	63	50	40
80	400	320	250	200	160	125	100	80	63	50
100	500	400	320	250	200	160	125	100	80	63
125		500	400	320	250	200	160	125	100	80
160			500	400	320	250	200	160	125	100
200				500	400	320	250	200	160	125
250					500	400	320	250	200	160

注：机构工作级别低于 M3 的按 M3 考虑。

### 7.4 吊钩毛坯

直柄单钩毛坯件按结构锻造方式分为 MM 型、MMD 型、MY 型和 MYD 型四种。标记方法为：

#### (1) 直柄单钩毛坯件分类



标记示例：

钩号为 10、强度等级为 M 的不带凸耳模锻直柄单钩毛坯件：

直柄单钩毛坯件 MM10 - M

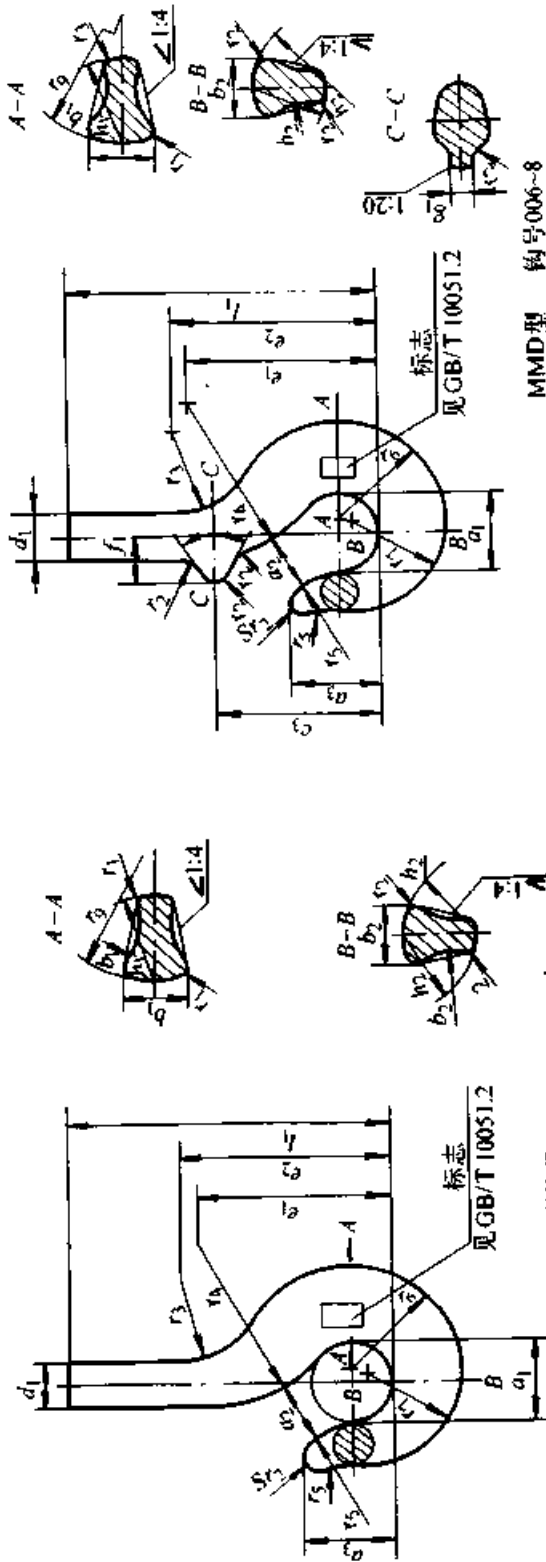
#### (2) 直柄单钩的结构型式及尺寸

MM 型和 MMD 型的结构型式见表 28.1-70。MY 型和 MYD 型见表 28.1-71。

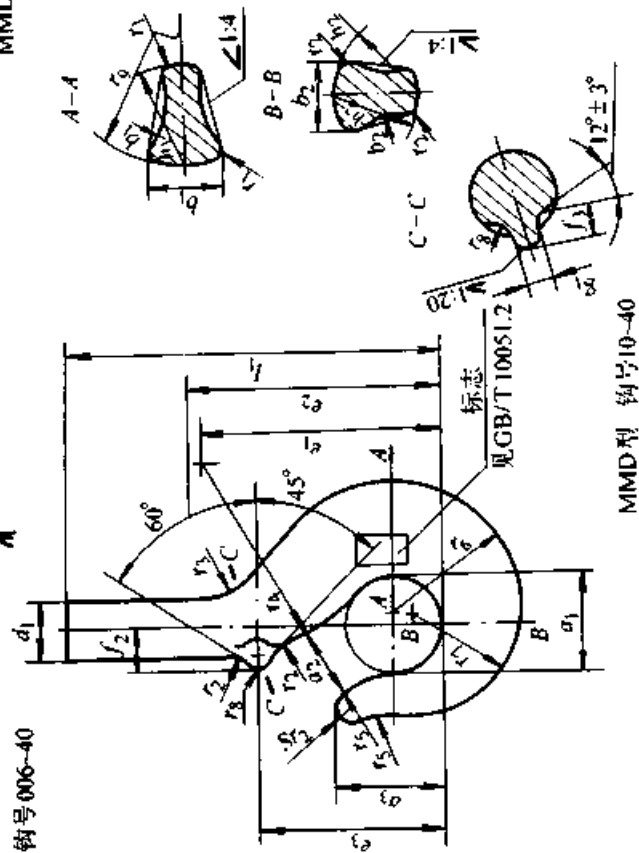


(mm)

表 28.1-70 直柄单钩毛坯件结构型式及尺寸(摘自 GB/T 10051.4—1988)



MMD型 钩号006-8



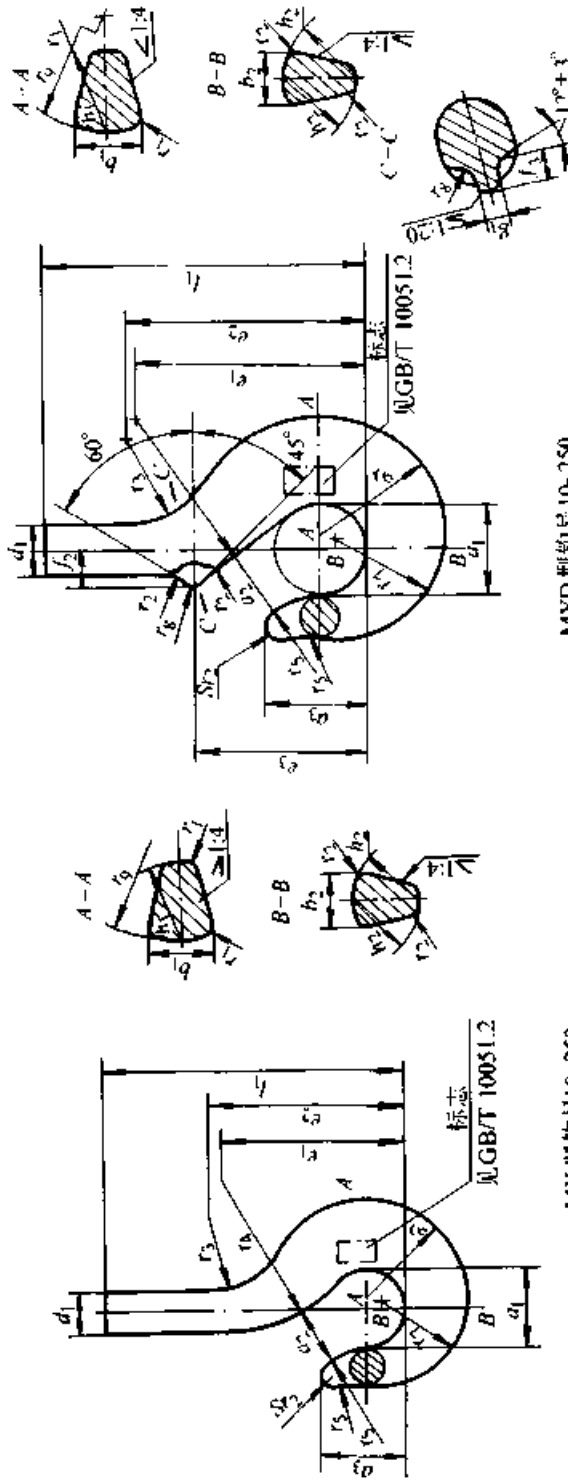
超星阅读器提醒您：  
使用本复制品  
请尊重相关知识产权！

续表 28.1-70

钩号	$a_1$	$a_2$	$a_3$	$b_1$	$b_2$	$d_1$	$e_1$	$e_2$	$e_3$	$f_1$	$f_2$	$f_3$	$g_1$	$h_1$	$h_2$	$l_1$	$r_1$	$r_2$	$r_3$	$r_4$	$r_5$	$r_6$	$r_7$	$r_8$	$r_9$	质量 m/kg	
006	25	20	28	13	11	14	60	60	52	14.5	—	—	6.5	17	14	100	2	3	32	53	53	27	26	—	—	34	0.2
010	28	22	32	16	13	16	67	68	60	16.5	—	—	7	20	17	109	2	3.5	35	60	60	31	30	—	—	40	0.3
012	30	24	34	19	15	16	71	73	63	18	—	—	7.5	22	19	115	2.5	4	37	63	63	34	33	—	—	44	0.4
020	34	27	39	21	18	20	81	82	70	20	—	—	8.5	26	22	138	2.5	4.5	40	71	71	39	37	—	—	52	0.6
025	36	28	41	22	19	20	85	88	74	22	—	—	9	28	24	144	3	5	43	75	75	42	40	—	—	56	0.8
04	40	32	45	27	22	24	96	100	83	25	—	—	10	34	29	155	3.5	5.5	46	85	85	49	45	—	—	68	1.1
05	43	34	49	29	24	24	102	108	89	26	—	—	10.5	37	31	167	4	6	48	90	90	53	48	—	—	74	1.6
08	48	38	54	35	29	30	115	120	100	29	—	—	12	44	37	186	4.5	7	52	100	100	61	56	—	—	88	2.3
1	50	40	57	38	32	30	120	128	105	31	—	—	12.5	48	40	197	5	8	55	106	106	65	60	—	—	96	3.2
1.6	56	45	64	45	38	36	135	146	118	35	—	—	14	56	48	224	6	9	60	118	118	76	68	—	—	112	4.5
2.5	63	50	72	53	45	42	152	167	132	40	—	—	16	67	58	253	7	10	65	132	132	90	78	—	—	134	6.3
4	71	56	80	63	53	48	172	190	148	45	—	—	16	80	67	285	8	12	71	150	150	103	90	—	—	160	8.8
5	80	63	90	71	60	53	194	215	165	51	—	—	18	90	75	318	9	14	80	170	170	114	100	—	—	180	12.3
6	90	71	101	80	67	60	218	240	185	57	—	—	18	100	85	380	10	16	90	190	190	131	112	—	—	200	17.1
8	100	80	113	90	75	67	242	268	210	64	—	—	23	112	95	418	11	18	100	212	212	146	125	—	—	224	24
10	112	90	127	100	85	75	256	286	221	—	46	26	23	125	106	452	12	20	65	165	236	163	140	12	250	34	
12	125	100	143	112	95	85	292	316	252	—	53	34	28	140	118	510	14	22	70	185	265	182	160	16	280	47	
16	140	112	160	125	106	95	325	357	280	—	58	35	33	160	132	582	16	25	80	210	300	204	180	16	320	66	
20	160	125	180	140	118	106	370	405	330	—	68	45	33	180	150	653	18	28	90	240	335	232	200	20	360	95	
25	180	140	202	160	132	118	415	455	360	—	74	45	38	200	170	724	20	32	100	270	375	262	224	20	400	136	
32	200	160	225	180	150	132	465	510	400	—	80	45	38	224	190	796	22	36	115	300	425	292	250	20	448	187	
40	224	180	252	200	170	150	517	567	447	—	93	55	42	250	212	893	25	40	130	335	475	326	280	25	500	264	

(mm)

表 28.1-71 MY、MYD 型结构型式(摘自 GB/T 10051.4—1988)



MYD 型钩号 10-250

MY 型钩号 10-250

钩号	a <sub>1</sub>	a <sub>2</sub>	a <sub>3</sub>	b <sub>1</sub>	b <sub>2</sub>	d <sub>1</sub>	e <sub>1</sub>	e <sub>2</sub>	e <sub>3</sub>	f <sub>2</sub>	f <sub>3</sub>	g <sub>1</sub>	h <sub>1</sub>	h <sub>2</sub>	l <sub>1</sub>	r <sub>1</sub>	r <sub>2</sub>	r <sub>3</sub>	r <sub>4</sub>	r <sub>5</sub>	r <sub>6</sub>	r <sub>7</sub>	r <sub>8</sub>	r <sub>9</sub>	质量 m/kg
10	112	90	127	100	85	75	256	286	221	46	26	23	125	106	460	12	20	65	165	236	163	140	12	250	40
12	125	100	143	112	95	85	292	316	252	53	34	28	140	118	525	14	22	70	185	265	182	160	16	280	55
16	140	112	160	125	106	95	325	357	280	58	35	33	160	132	595	16	25	80	210	300	204	180	16	320	77
20	160	125	180	140	118	106	370	405	330	68	45	33	180	150	665	18	28	90	240	335	232	200	20	360	112
25	180	140	202	160	132	118	415	455	360	74	45	38	200	170	735	20	32	100	270	375	262	224	20	400	160
32	200	160	225	180	150	132	465	510	400	80	45	38	224	190	810	22	36	115	300	425	292	250	20	448	220
40	224	180	252	200	170	150	517	567	447	93	55	42	250	212	905	25	40	130	335	475	326	280	25	500	310
50	250	200	285	224	190	170	575	635	485	100	55	42	280	236	990	28	45	150	370	530	363	315	25	560	430
63	280	224	320	250	212	190	655	710	550	108	60	45	315	265	1120	32	50	160	420	600	408	355	25	630	600
80	315	250	358	280	236	212	727	802	598	113	60	45	355	300	1270	36	56	180	470	670	460	400	25	710	860
100	355	280	402	315	265	256	827	902	688	130	70	50	400	335	1415	40	63	200	530	750	516	450	30	800	1220
125	400	315	450	355	300	265	920	1020	750	138	70	50	450	375	1590	45	71	230	600	850	579	500	30	900	1740
160	450	355	505	400	335	300	1035	1145	825	147	70	55	500	425	1790	50	80	250	675	950	654	560	30	1000	2480
200	500	400	565	450	375	335	1195	1275	900	154	70	55	560	475	2048	56	90	285	750	1060	729	630	30	1120	3420
250	560	450	635	500	425	375	1280	1430	980	164	70	60	630	530	2305	63	100	320	840	1180	815	710	30	1260	4800

MY 型和 MYD 型尺寸允许公差见表 28.1-73。

7.5 吊钩毛坯制造允许公差

MM 型和 MMD 型尺寸允许公差见表 28.1-72。

表 28.1-72 MM 型和 MMD 型允许公差 (mm)

钩号	$a_1$	$a_2$	$a_3$	$b_1$	$b_2$	$l_1$	$e_3$	$h_1$	$h_2$	$d_1$	$f_1$	$f_2$	$f_3$	$g_1$
006~04					+2 0								0	
05~2.5					+3 0					+3 -1.5			+1 0	
4~5					+4 0					+4 -2			+2 0	
6~8					+5 0					+5 -2.5			+2 0	
10~16					+6 0					+6 -3			+3 0	
20~40					+8 0					+8 -4			+3 0	

表 28.1-73 MY 型和 MYD 型允许公差 (mm)

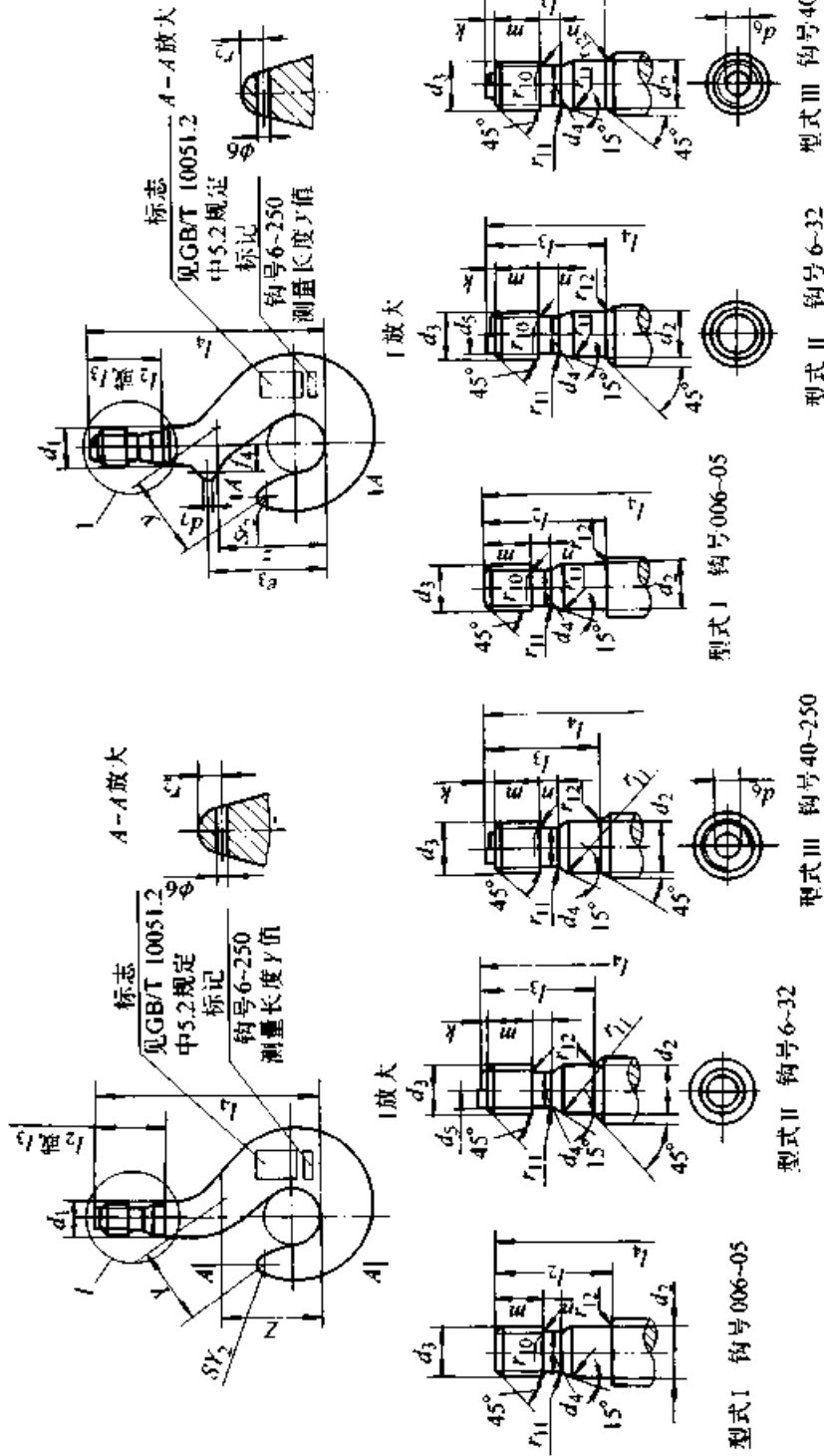
钩号	$a_1$	$a_2$	$a_3$	$b_1$	$b_2$	$d_1$	$e_3$	$f_2$	$f_3$	$g_1$	$h_1$	$h_2$	$l_1$
10~16	+10 0		±8	+12 0		+10 -5	±8		+4 0			+16 0	
20~32	+12 0		±10	+16 0		+12 -6	±10		+5 0			+20 0	
40~63	+16 0		±12	+20 0		+16 -8	±12		+6 0			+20 0	
80~125	+20 0		±16	+25 0		+80 -10	±16		+8 0			+32 0	
160~250	+25 0		±20	+32 0		+25 -12.5	±20		+10 0			+40 0	

7.6 吊钩的尺寸

吊钩的尺寸见表 28.1-74。

(mm)

表 28.1-74 吊钩的尺寸(摘自 GB/T 10051.5—1988)



超星浏览器提醒您：  
使用本复制品  
请尊重相关知识产权。

LMD和LYD型

LM型和LY型

钩号	$d_1$	$d_2$	普通螺纹 GB/T 193			梯形圆螺纹			$d_6$	$d_7$	$e_0$	$f_4$	$l_2$	$l_3$	$l_4$	$m$	$n$	$k$	$r_{10}$	$r_{11}$	$r_{12}$	$z$
			$d_3$	$d_4$	$d_5$	$d_3$	$d_4$	$d_5$														
006	14	10	M10	7.5	—	—	—	—	3.2	52	11.5	30.5	—	97.5	9	4.5	—	—	1	2.5	2	—
010	16	12	M12	9	—	—	—	—	3.2	60	13	32.5	—	106	11	5	—	—	1.2	3	2	—
										63	14	32.5	—	112	11	5	—	1.2	3	2	—	

续表 28.1-74

钩号	$d_1$	$d_2$	普通螺纹 GB/T 193		梯形圆螺纹					$d_6$	$d_7$	$e_3$	$f_4$	$l_2$	$l_3$	$l_4$	$m$	$n$	$k$	$r_{10}$	$r_{11}$	$r_{12}$	$\gamma$	$z$
			$d_3$	$d_4$	$d_3$	$d_4$	$d_5$																	
020	20	16	M16	12.5	—	—	—	—	—	4.2	70	16	41.5	—	135.5	15	6	—	1.2	3	2	—	—	—
025	24	20	M20	16	—	—	—	—	—	5.2	83	19	46	—	141.5	15	6	—	1.2	3	2	—	—	—
04	30	24	M24	19.5	—	—	—	—	—	6.2	100	22	55	—	152.5	18	7.5	—	1.6	4	2	—	—	—
05	36	30	M30	24.5	—	—	—	—	—	6.2	118	26	68	—	164	18	7.5	—	1.6	4	2	—	—	—
08	42	36	M36	30	—	—	—	—	—	10.2	132	30	83	—	183	22	9	—	2	5	3	—	—	—
1	48	42	M42	35.5	—	—	—	—	—	10.2	148	33	93	—	194	22	9	—	2	8	3	—	—	—
1.6	53	45	M45	38.5	—	—	—	—	—	10.2	165	37	103	—	221	27	10	—	2	10	3	—	—	—
2.5	60	50	—	—	TY50×6	42	43.4	—	—	10.2	185	41	—	112	375	45	20	10	4	14	3	130	160	160
8	67	56	—	—	TY56×6	48	49.4	—	—	12.2	210	46	—	122	413	50	20	10	4	16	3	145	180	180
10	75	64	—	—	TY64×8	54	55.2	—	—	12.2	221	34	—	135	446	56	25	10	4	18	3	160	200	200
12	85	72	—	—	TY72×8	62	63.2	—	—	16.2	252	37	—	157	504.5	63	25	12	4	20	3	180	220	220
16	95	80	—	—	TY80×10	68	69	—	—	16.2	280	42	—	170	576	71	30	12	6	22	3	200	250	250
20	106	90	—	—	TY90×10	78	79	—	—	20.2	330	48	—	187	645	80	30	12	6	25	3	225	280	280
25	118	100	—	—	TY100×12	85	86.8	—	—	20.2	360	54	—	207	716	90	40	12	6	28	3	255	315	315
32	132	110	—	—	TY110×12	95	96.8	—	—	20.2	400	60	—	232	788	100	40	12	6	32	3	290	350	350
40	150	125	—	—	TY125×14	108	109.6	80	109.6	25.3	447	68	—	257	885	112	45	12	8	36	3	320	395	395
50	170	140	—	—	TY140×16	120	122.4	90	122.4	25.3	485	75	—	280	969	125	50	12	10	40	5	355	445	445
63	190	160	—	—	TY160×18	138	140.2	100	140.2	25.3	550	83	—	322	1100	140	55	12	10	45	5	400	495	495
80	212	180	—	—	TY180×20	156	158	120	158	25.3	598	88	—	357	1245	160	60	12	12	50	5	450	565	565
100	236	200	—	—	TY200×22	173	175.8	140	175.8	30.3	688	100	—	402	1388	180	70	12	12	56	5	505	635	635
125	265	225	—	—	TY225×24	196	198.6	160	198.6	30.3	750	108	—	465	1565	200	80	15	12	63	5	570	710	710
160	300	250	—	—	TY250×28	217	219.2	180	219.2	30.3	825	117	—	510	1761	225	90	15	15	70	5	640	800	800
200	335	280	—	—	TY280×32	242	244.8	200	244.8	30.3	900	124	—	613	2012	250	100	15	18	80	5	720	900	900
250	375	320	—	—	TY320×36	278	280.4	240	280.4	30.3	980	134	—	690	2272	280	110	15	20	90	5	810	1015	1015

7.7 吊钩材料

吊钩材料见表 28.1-75。

表 28.1-75 吊钩材料 (摘自 GB/T 10051.1—1988)

钩号	柄部直径 $d_1/\text{mm}$	强 度 等 级				
		M	P	(S)	T	(V)
006	14	DG20 或 DG20Mn	DG20Mn	DG34CrMo	DG34CrMo	DG34CrMo
010	16					
012						
020	20					
025						
04	24					
05						
08	30					
I						
1.6	36					
2.5	42					
4	48					
5	53					
6	60					
8	67					
10	75					
12	85					
16	95					
20	106					
25	118					
32	132					
40	150					
50	170	DG34CrNiMo 或 DG30Cr <sub>2</sub> Ni <sub>2</sub> Mo	DG30Cr <sub>2</sub> Ni <sub>2</sub> Mo			
63	190					
80	212					
100	236					
125	265					
160	300					
200	335					
250	375					

超星阅读器提醒您：  
使用本复制品  
请尊重相关知识产权！

7.8 吊钩的应力计算 (GB/T 10051.1—1988)

(1) 直柄单钩的应力计算

计算的断面按图 28.1-8, 其计算公式按式 (28.1-8) 和式 (28.1-9)。

$$\sigma_C = \frac{Q}{FK_B} \cdot \frac{e_1}{R_0 - e_1} \quad (28.1-8)$$

$$\sigma_D = \left| -\frac{Q}{FK_B} \cdot \frac{e_2}{R_0 + e_2} \right| \quad (28.1-9)$$

式中  $\sigma_C$  —— C 点拉应力 (MPa);

$\sigma_D$  —— D 点压应力 (MPa);

Q —— 按表 28.1-69 的起重量算出的拉力 (N);

F —— 截面面积 (mm<sup>2</sup>);

$e_1$  —— 截面重心至内缘距离 (mm);

$e_2$  —— 截面重心至外缘距离 (mm);

$K_B$  —— 依截面形状定的曲梁系数

$$K_B = -\frac{1}{F} \int_{e_2}^{e_1} \frac{dF}{R_0 + x}$$

x —— 计算  $K_B$  的自变量值;

$R_0$  —— 截面重心轴线至曲率中心点距离 (mm);

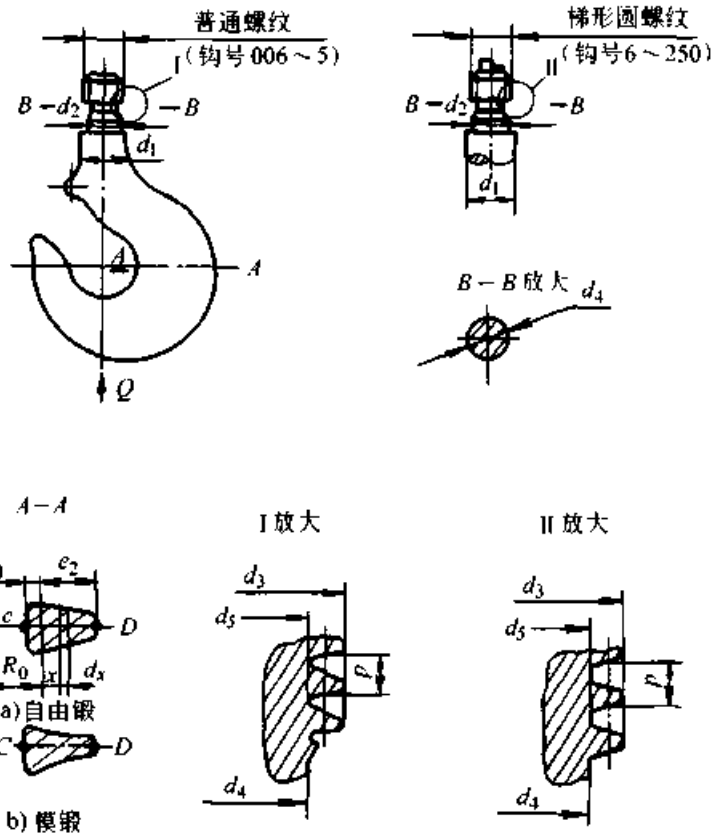


图 28.1-8 直柄单钩结构

$d_1$ —毛坯直径  $d_2$ —配合直径  $d_3$ —外螺纹大径

$d_4$ —颈部直径  $d_5$ —外螺纹小径 P—螺距

(2) 直柄双钩的应力计算

计算双钩的断面按图 28.1-9, 其计算公式按式 (28.1-10) 和式 (28.1-11)。

$$\sigma_C = \frac{Q}{2FK_B} \cdot \frac{e_1}{R_0 - e_1} \quad (28.1-10)$$

$$\sigma_D = \left| -\frac{Q}{2FK_B} \cdot \frac{e_2}{R_0 + e_2} \right| \quad (28.1-11)$$

其符号同前。

单、双钩柄部应力计算公式按式 (28.1-12)

和式 (28.1-13)。

最小截面 B-B 的拉应力



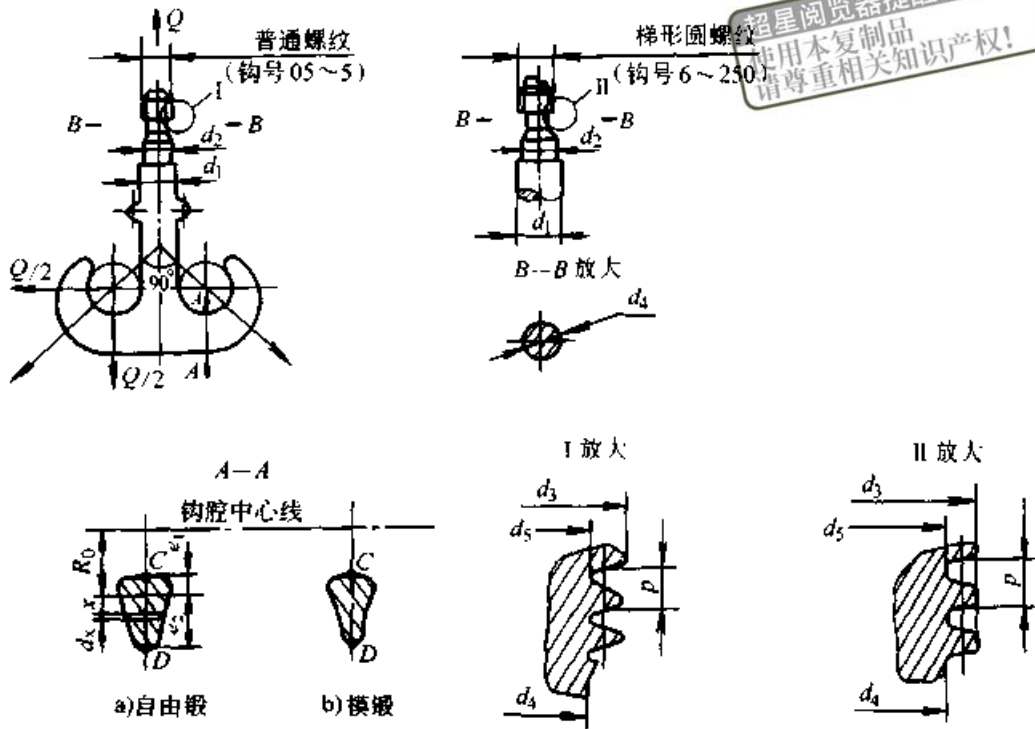


图 28.1-9 直柄双钩结构

$d_1$ —毛坯直径  $d_2$ —配合直径  $d_3$ —外螺纹大径  
 $d_4$ —颈部直径  $d_5$ —外螺纹小径  $P$ —螺距

$$\sigma_E = \frac{4Q}{\pi d_4^2} \quad (28.1-12)$$

$$\tau = \frac{Q}{\pi d_5 p} \quad (28.1-13)$$

式中  $\sigma_E$ ——拉应力 (MPa);

式中  $\tau$ ——切应力 (MPa)。

其余符号同前。

按式 (28.1-8) 和式 (28.1-9) 计算的单钩

螺纹切应力

应力值见图 28.1-10。

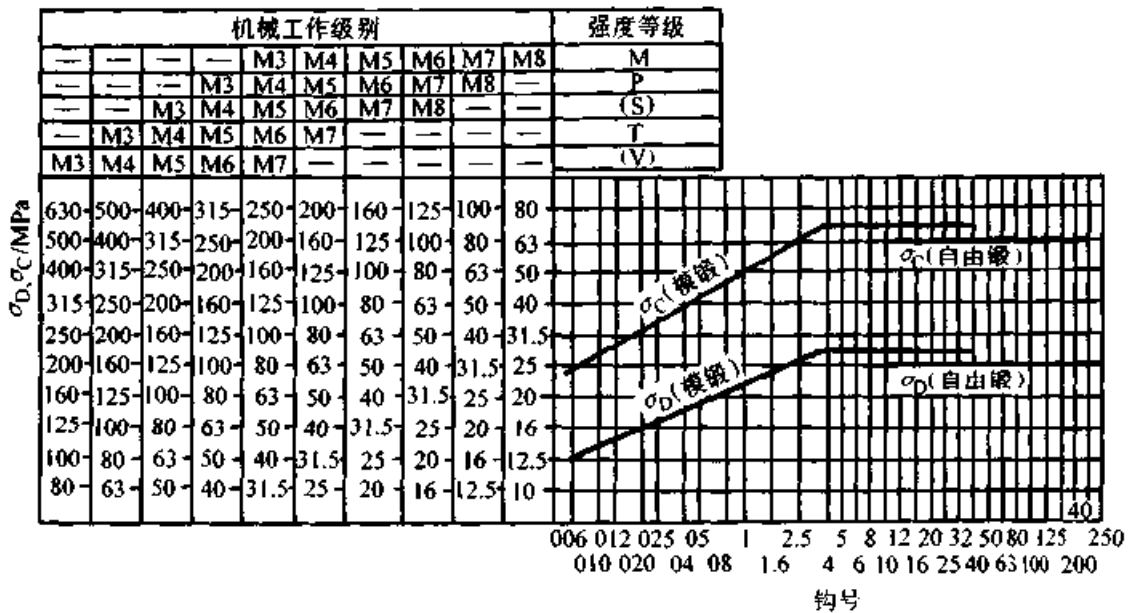


图 28.1-10 单钩应力图

按式 (28.1-10) 和式 (28.1-11) 计算的双钩应力值见图 28.1-11。

按式 (28.1-12) 和式 (28.1-13) 计算的柄部应力值见图 28.1-12。

### 7.9 吊钩附件

吊钩横梁尺寸见表 28.1-76, 吊钩螺母尺寸见表 28.1-77。

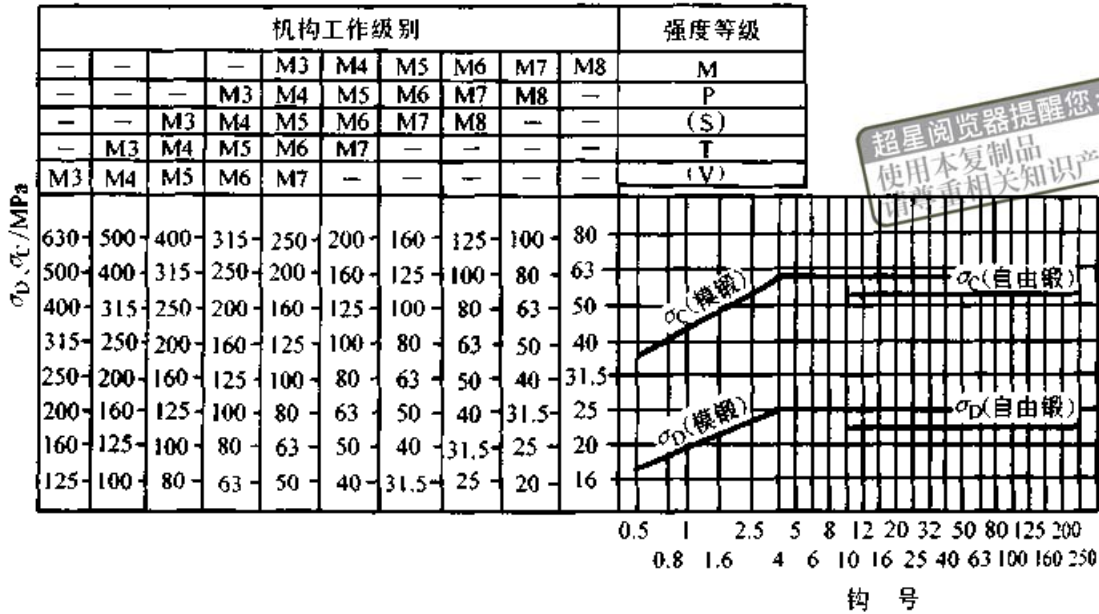


图 28.1-11 双钩应力图

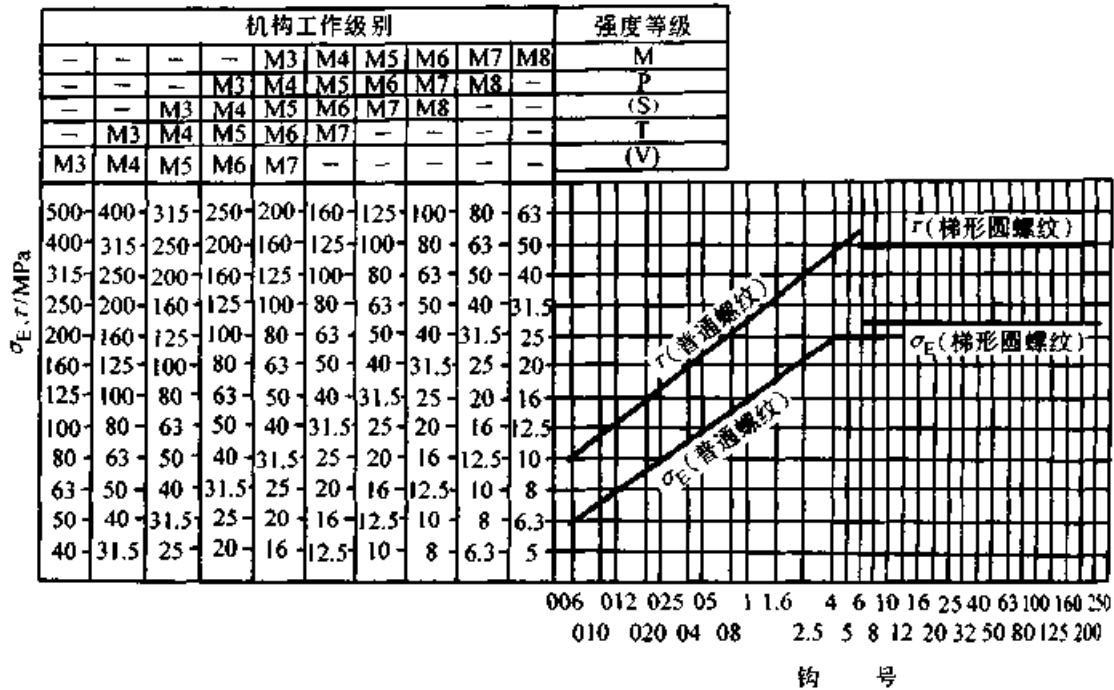
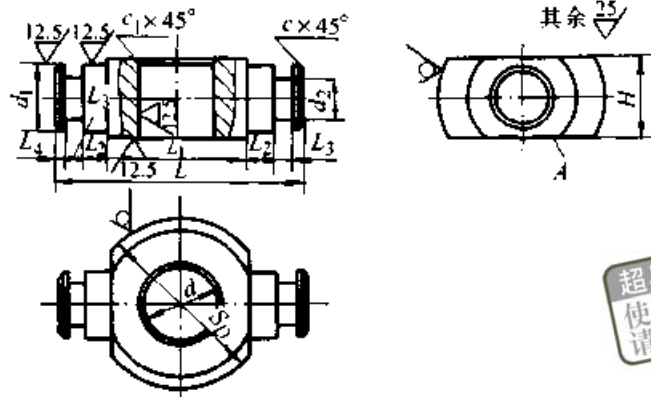


图 28.1-12 柄部应力  $\sigma_E$  和  $\tau$

表 28.1-76 横梁尺寸 (mm)

材料 20 正火处理, 硬度  $\leq 156\text{HBS}$

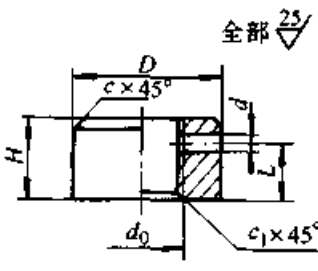


超星浏览器提醒您：  
使用本复制品  
请尊重相关知识产权！

代 号	起重量 Q/t	d (H11)	d <sub>1</sub> (h11)	d <sub>2</sub>	D (球)	L	L <sub>1</sub> (h10)	L <sub>2</sub>	L <sub>3</sub>	L <sub>4</sub>	H	c	c <sub>1</sub>
H0.5×1G-1	0.5	13	12	8	30	46.7	24.5	4.6	3.5	3	15	0.5	0.5
H1×1G-1	1	17	16	11	41	58.7	30.5	6.1	4	4	20	1	1
H2×1G-1	2	23	20	15	50	65.5	36.5	6.5			25		1.5
H3×1G-1	3	28	26	19	60	81.5	42.5	8.5	5	6	30	1.5	1.5
H5×1G-1	5	34	30	23	75	88.5	50.5	8.5	5	5.5	36		
H8×1G-1	8	43	40	31	90	108	60	10.4	6	8	44	2	2
H10×1G-1	10	46	44	35	100	116	66	11.4		7.4	50		
H16×1G-1	16	53	52	41	116	144	79.5	15.3	7	10	58		
H20×1G-1	20	61	56	45	130	151.5	87.5	15.2	7.1	9.7	66		

表 28.1-77 吊钩螺母尺寸 (mm)

代号	起重量 Q/t	D	d <sub>0</sub>	d	H	L	c	c <sub>1</sub>	质量 m/kg
H6-0.5	0.5	22	M12×1.25	3	13	9	1.5	0.8	0.059
H6-1	1	28	M16×1.5	4	17	12	2	1.0	0.117
H6-2	2	34	M22×1.5	5	23	17	2.5	1.0	0.214
H6-3	3	40	M27×2	6	28	20	3	1.2	0.337
H6-5	5	48	M33×2	8	35	25	3.5	1.2	0.606
H6-8	8	58	M42×2	10	45	32	4.5	2.0	1.019
H6-10	10	64	M45×3	12	47	34	4.5	2.0	1.418
H6-16	16	76	M52×3	13	56	40	5	2.0	2.290
H6-20	20	85	M60×4	14	61	42	5.5	2.5	3.270



8 起重电磁铁

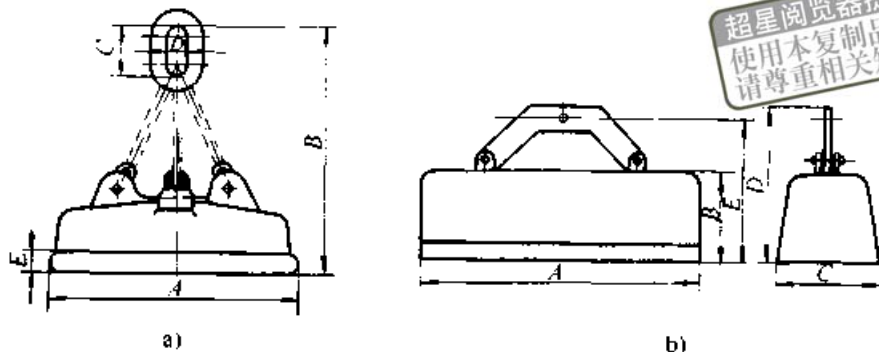
黑色金属。国产的起重电磁铁的型号和参数见表 28.1-78。起重电磁铁外形尺寸见表 28.1-79。

起重电磁铁是用于提升和转运具有导磁性的

表 28.1-78 起重电磁铁技术数据

型 号	控制线路 直流电压 U/V	接 电 持续率	线圈冷 态电阻 R/Ω	线圈冷 态电流 I/A	线圈热 态电流 I/A	起重能力 Q/kg				质 量 m/kg	供电功率 P/kW
						钢板或 钢 块	废钢或 废 铁	铸铁锭	钢屑		
W1-6	220	50%	16.4	13.2	10.1	6 000	180	200	80	460	3.1
W1-16	220	50%	5.55	41	25	16 000	500	600	200	1 675	9.5
W1-45	220	50%	2.75	80	52	45 000	1 800	1 800	600	5 200	18.4
W1-45A	220	50%	—	51	—	—	1 800	1 800	600	2 500	11.8

表 28.1-79 起重电磁铁外形尺寸



型 号	尺 寸 / mm				
	A	B	C	D	E
MW1-6	776	约 840	175	100	56
MW1-16	1 180	约 1 165	250	140	93
MW1-45	1 650	约 1 530	380	200	
MW1-45A	1 630	约 1 350			
MW2-5	1 700	495	650	863	755

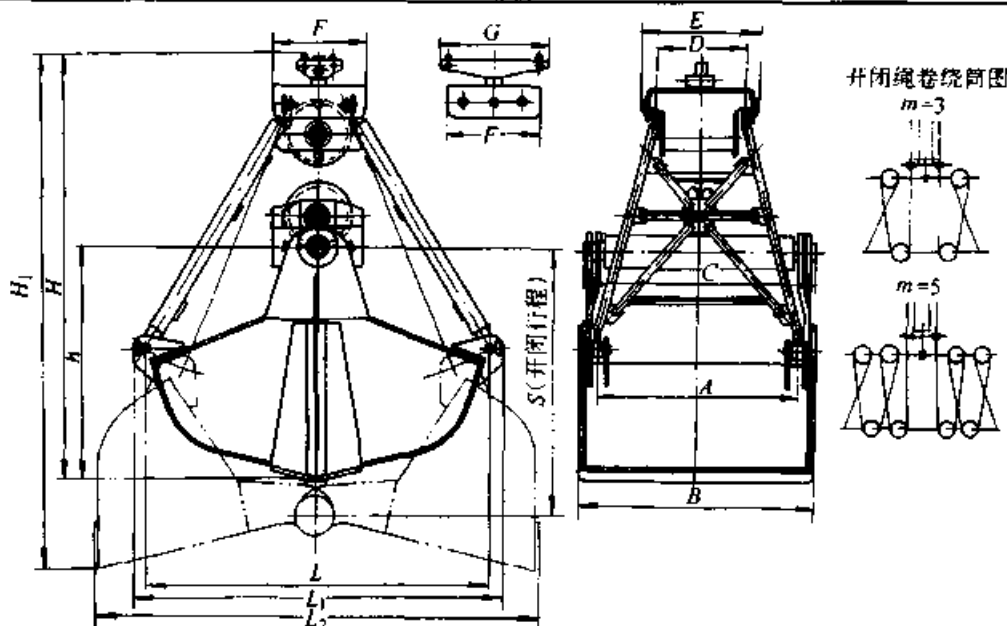
9 抓斗

寸见表 28.1-80。马达抓斗的主要参数和尺寸见表 28.1-81。

双绳抓斗（又称四绳抓斗）的主要参数和尺

表 28.1-80 双绳（四绳）抓斗主要参数和尺寸

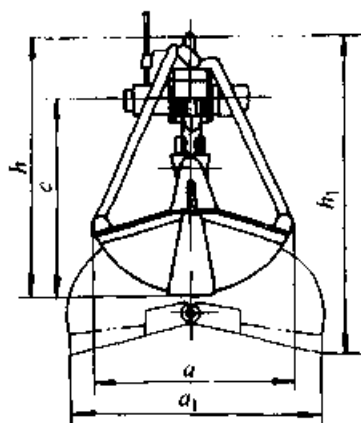
(mm)



续表 28.1-80

起重量 Q/t	抓斗 类型	容积 V/m <sup>3</sup>	物料密度 ρ/t·m <sup>-3</sup>	抓取物料 重 Q/t	滑轮组 倍率	闭合时 间 t/s	A	B	C	D	E	F	S	L	L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>	h	H	H <sub>1</sub>	抓斗 质量 m/kg
5	重	1	>2~3	2~3	5	11.6	994	1 152	1 245	637	838	660	1 557	2 100	2 370	2 750	1 447	2 747	3 462	2 193
	中	1.5	>1.2~ 1.9	1.5~ 2.85	5	11.6	1 294	1 452	1 545	637	838	660	1 557	2 100	2 370	2 600	1 367	2 667	3 252	2 223
	轻	3	0.92	2.76	3	7.4	1 676	1 852	1 945	558	758	660	1 666	2 200	2 470	3 000	1 566	2 926	3 426	2 242
10	重	2	2.7	5.36	5	15.6	1 243	1 464	1 504	997	1 250	1 100	2 100	2 500	2 720	3 520	1 790	3 545	4 395	4 642
	中	3	1~2	3~6	5	14.2	1 743	1 960	2 058	845	1 085	800	1 915	2 500	2 780	3 355	1 730	3 315	4 258	4 357
	轻	6	1.0	6.04	3	9.0	2 040	2 256	2 354	625	871	800	2 030	2 800	3 080	3 700	1 950	3 695	4 265	3 960
15	重	3	2.5	7.5	5	14	1 420	1 678	1 802	1 010	1 330	950	1 960	2 720	3 000	3 650	1 905	3 975	4 810	7 373
	中	4.5	~1.7	7.6	5	16.3	1 832	2 070	2 194	1 010	1 330	950	2 280	3 000	3 280	4 050	2 105	4 255	5 220	7 405
20	重	4	~2.5	~10	5	14	1 600	1 874	1 982	1 080	1 421	1 050	2 260	2 800	3 090	4 200	2 150	4 215	4 820	8 045
	轻	12	0.97	11.78	3	10.6	2 800	3 070	3 182	790	1 130	1 050	2 850	3 400	3 680	5 000	2 550	4 640	5 320	8 272

表 28.1-81 马达抓斗主要参数和尺寸



容量 V/m <sup>3</sup>	外形尺寸/mm						电葫芦用电动机			闭合时间 t/s	物料密度 ρ/t·m <sup>-3</sup>	质量 m/kg
	h <sub>1</sub>	h	c	a <sub>1</sub>	a	宽度 B	型式	功率 P/kW	转速/ (r/min)			
0.75	2 755	2 385	1 820	2 200	1 750	994	TQQ-2	3.5	899	19	1.6~2.4	1 830
1.5	2 970	2 620	2 070	2 700	2 040	1 218				22	0.8~1.2	1 950

表 28.1-82~表 28.1-84。

## 10 车轮和轨道

### 10.2 许用轮压

#### 10.1 车轮踏面接触应力计算

圆柱形踏面与平头轨道接触时，可按线接触计算。圆锥形（或圆柱形）踏面车轮与凸头轨道接触时，可按点接触计算。计算公式见

车轮组最大许用轮压见表 28.1-85，带平衡架及水平轮车轮许用轮压见表 28.1-86，大型起重机许用轮压见表 28.1-87。

表 28.1-82 车轮踏面接触应力的计算

名称	车轮踏面疲劳计算载荷	车轮踏面疲劳强度计算	
		线接触	点接触
公式	$F_c = \frac{2F_{max} + F_{min}}{3}$	$F_c \leq k_1 D l c_1 c_2$	$F_c \leq k_2 \frac{R^2}{m^3} c_1 c_2$
说明	<p><math>F_c</math>—车轮踏面疲劳计算载荷 (N);  <math>F_{max}</math>—设备正常工作时的最大轮压 (N);  <math>F_{min}</math>—设备正常工作时的最小轮压 (N);  <math>D</math>—车轮直径 (mm);  <math>l</math>—车轮与轨道有效接触长度 (mm);  <math>c_1</math>—转速系数, 按表 28.1-84 选取;  <math>c_2</math>—工作级别系数, 按表 28.1-83 选取;  <math>k_1, k_2</math>—与材料有关的许用线或点接触应力常数 (MPa), 钢制车轮的 <math>k_1, k_2</math> 按表 28.1-83 选取;  <math>R</math>—曲率半径, 为车轮曲率半径与轨道曲率半径中之大值 (mm);  <math>m</math>—由轨道顶的曲率半径与车轮的曲率半径之比 (<math>r/R</math>) 所确定的系数, 按表 28.1-83 选取</p>		

超星浏览器提醒您：  
使用本复制品  
请尊重相关知识产权！

表 28.1-83 系数  $k_1$ 、 $k_2$ ，工作级别系数  $c_2$  及系数  $m$  的值

$\sigma_s$	$k_1$	$k_2$	运行机构工作级别	$c_2$
500	3.8	0.053	M1~M3	1.25
600	5.6	0.1	M4	1.12
650	6.0	0.132	M5	1.00
700	6.6	0.181	M6	0.9
>800	7.2	0.245	M7, M8	0.8

$\frac{r}{R}$	1.0	0.9	0.8	0.7	0.6	0.5	0.4	0.3
$m$	0.388	0.400	0.420	0.440	0.468	0.490	0.536	0.600

注：1.  $\frac{r}{R}$  为其他值时， $m$  值用内插法计算。

2.  $r$  为两接触面曲率半径的小值。

表 28.1-84 转速系数  $c_1$

车轮转速 $n/r \cdot \text{min}^{-1}$	$c_1$	车轮转速 $n/r \cdot \text{min}^{-1}$	$c_1$	车轮转速 $n/r \cdot \text{min}^{-1}$	$c_1$
200	0.66	100	0.82	63	0.91
160	0.72	90	0.84	56	0.92
125	0.77	80	0.87	50	0.94
112	0.79	71	0.89	45	0.98
40	0.97	20	1.06	10	1.13
35.5	0.99	18	1.07	8	1.14
31.5	1.00	16	1.09	6.3	1.15
28	1.02	14	1.1	5.6	1.16
25	1.03	12.5	1.11	5	1.17
22.4	1.04	11.2	1.12		

表 28.1-85 车轮组最大许用轮压 (kN)

车轮直径 D/mm	轨道 型号	工作 类型	运 行 速 度 $v/m\cdot s^{-1}$									
			<1			1~1.5			>1.5~2			
			$Q_g/G$									
			1.1	0.5	0.15	1.1	0.5	0.15	1.1	0.5	0.15	
大 车 轮	D500	P38	轻 级	206	197	180	187	179	164	172	164	150
			中 级	172	164	150	156	150	137	144	137	125
			重 级	147	141	129	134	128	117	123	117	107
			特重级	129	123	113	117	112	103	107	103	94
	D500	QU70	轻 级	260	243	227	236	226	206	217	207	190
			中 级	217	207	190	197	189	172	181	173	159
			重 级	186	177	162	169	162	147	155	148	136
			特重级	163	155	142	148	141	129	136	129	116
	D600	P38 P43	轻 级	246	235	215	224	214	195	206	196	180
			中 级	206	196	180	197	178	163	172	164	150
			重 级	176	168	154	160	153	140	147	140	129
			特重级	154	147	134	140	134	122	129	123	113
D600	QU70	轻 级	320	305	279	292	278	254	267	255	233	
		中 级	267	255	233	244	232	212	223	213	194	
		重 级	220	218	199	209	199	181	191	182	167	
		特重级	200	191	174	183	174	153	167	159	140	
D700	P43	轻 级	280	268	245	255	244	223	234	224	204	
		中 级	234	224	204	213	204	186	195	187	170	
		重 级	200	192	175	183	174	159	167	160	146	
		特重级	175	167	153	159	152	139	146	140	127	
D700	QU70	轻 级	386	368	336	352	335	306	322	307	280	
		中 级	322	307	280	294	280	256	269	256	234	
		重 级	276	263	240	252	240	219	230	220	200	
		特重级	242	230	210	220	210	191	201	192	175	
D800	QU70	轻 级	437	417	381	398	380	347	364	348	318	
		中 级	364	348	318	332	317	290	304	290	266	
		重 级	312	298	272	284	272	248	260	249	227	
		特重级	273	261	238	249	238	217	228	218	198	
D900	QU80	轻 级	505	481	440	460	437	400	422	402	368	
		中 级	422	402	368	384	365	334	352	336	307	
		重 级	361	344	315	329	312	286	302	288	263	
		特重级	316	301	275	288	273	250	264	251	230	

续表 28.1-85

车轮直径 D/mm	轨道型号	工作类型	运行速度 $v/m \cdot s^{-1}$								
			<1		>1~1.5		>1.5~2		>2		
			$Q_{\text{起}}/G$								
			$\geq 1.6$	0.9	$\geq 1.6$	0.9	$\geq 1.6$	0.9	$\geq 1.6$	0.9	
小 车 轮	D250	P11	轻级	33	30	29	28	26	25	24	23
			中级	26	25	24	23	22	21	20	19
			重级	23	22	20	20	19	18	17	16
			特重级	20	19	18	17	16	15	14	13
	D350	P18	轻级	41	40	38	36	34	33	32	31
			中级	34	33	31	30	29	28	26	25
			重级	29	28	27	26	25	24	32	22
			特重级	26	25	23	22	21	21	20	10
		P24	轻级	141	135	128	123	118	113	10.9	104
			中级	118	118	107	103	98	94	91	87
			重级	101	96	91	88	84	81	78	74
			特重级	88	84	80	77	74	70	68	65
	D400	P38	轻级	160	154	146	140	134	128	123	118
			中级	134	158	122	117	112	107	103	99
			重级	114	110	104	100	96	91	88	85
			特重级	100	96	91	87	84	80	77	74
	D500	P43	轻级	198	191	180	174	165	159	152	147
			中级	165	159	150	145	138	133	127	122
			重级	141	137	129	124	118	114	109	105
			特重级	124	119	112	109	103	99	95	92

注：1. 此表数值是按车轮材料：ZG340—640、320HBS 算出的；若车轮材料用 ZG50MnMo，车轮轴用 45、228~255HBS 时，最大许用轮压可以提高 20%。

2.  $Q_{\text{起}}/G$  为起重量与自重比。

3. 轻型新标准轨道尚未列入。

### 10.3 车轮及车轮组

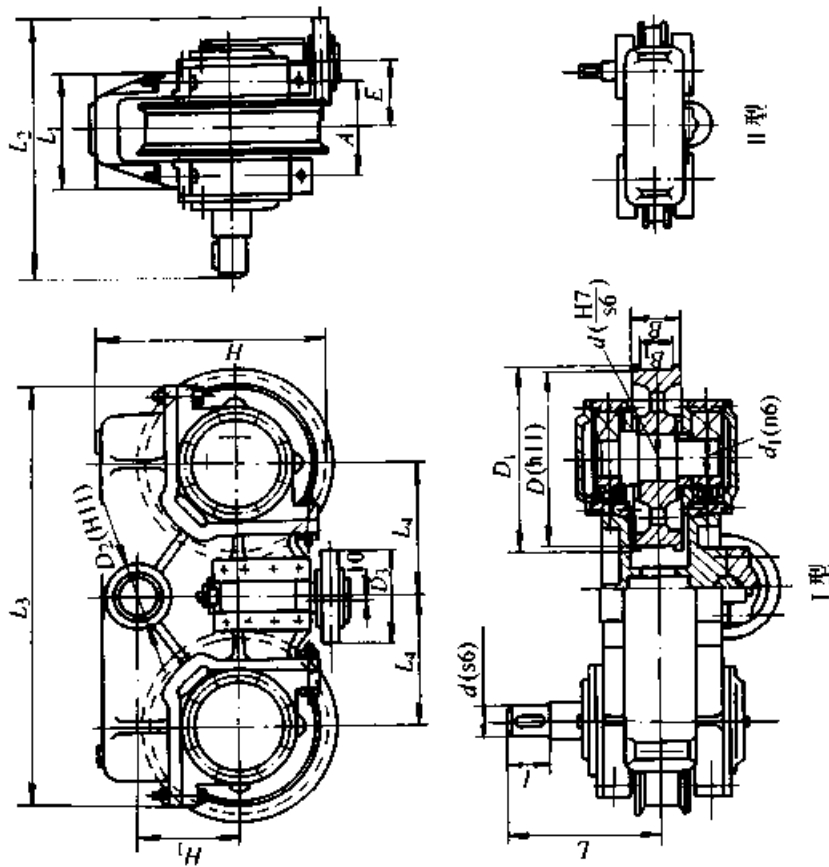
双轮缘车轮的尺寸见表 28.1-88，单轮缘车轮的尺寸见表 28.1-89，无轮缘车轮的尺寸见表 28.1-90。双轮缘车轮的踏面形状和尺寸与轨

道的匹配见表 28.1-91，单轮缘车轮的踏面形状和尺寸与轨道的匹配见表 28.1-92，无轮缘车轮的踏面形状和尺寸与轨道的匹配见表 28.1-93，起重机用车轮组尺寸见表 28.1-94。



表 28.1-86 带平衡架及水平轮车轴组尺寸及许用轮压

(mm)

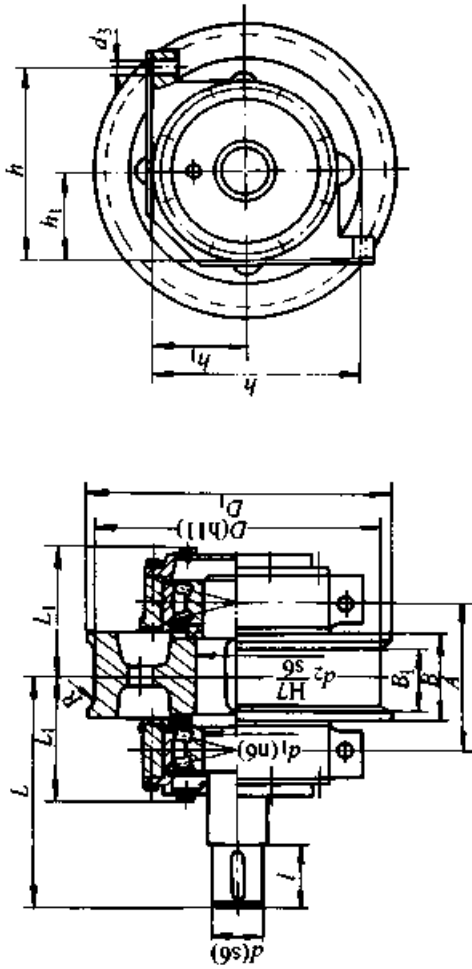


车轮直径	轨道型号	轴承型号	车轮材料	许用轮压 P/kN		D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>	D <sub>3</sub>	d	d <sub>1</sub>	d <sub>2</sub>	B	B <sub>1</sub>	A	E	l	L	L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>	L <sub>3</sub>	H <sub>2</sub>	质量 m/kg	
				中級	重級																		
D700	QU120	22334 水平轮:22220	ZG.35CrMnSi	544	465	750	180	400	130	170	215	210	160	380	270	160	590	460	990	1680	895	400	2877
D800	QU120	22338 水平轮:22224	65Mn	831	713	850	200	500	150	190	230	210	160	400	320	180	630	470	1200	1860	995	430	3660

超星阅读器提醒您：  
使用本复制品  
请尊重相关知识产权！

(mm)

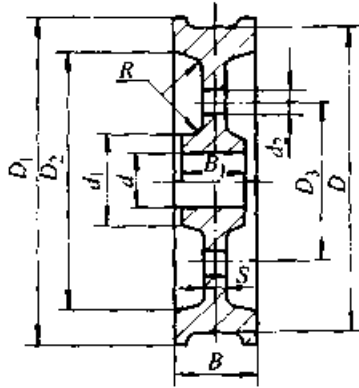
表 28.1-87 大型起重机用车轮组尺寸及许用轮压



车轮直径	轨道型号	轴承型号	车轮材料	许用轮压 P/kN			D <sub>1</sub>	d	d <sub>1</sub>	d <sub>2</sub>	d <sub>3</sub>	B	B <sub>1</sub>	l	L	L <sub>1</sub>	A	h	h <sub>1</sub>	质量 m/kg
				轻级	中级	重级														
D400	P43	22320	65Mn	246	226	194	450	80	100	110	25	140	90	115	380	220	260	295	133	224
				450	412	353														
D600	QU100 QU120	22326	65Mn	600	550	470	650	115	130	175	35	210	130	140	495	280	330	385	175	573
				493	452	387														
D700	QU100 QU120	22334	65Mn	715	656	563	750	130	170	215	35	210	130	160	380	380	490	225	966	
				593	544	465														
D800	QU120	22338	65Mn	780	720	610	850	150	190	230	35	210	150	180	630	400	530	245	1234	
				907	831	713														

星阅浏览器提醒您: 310  
 用本复制品  
 请尊重相关知识产权!

表 28.1-88 双轮缘车轮尺寸 (摘自 JB/T 6392.1-1992) (mm)



超星浏览器提醒您：  
使用本复制品  
请尊重相关知识产权！

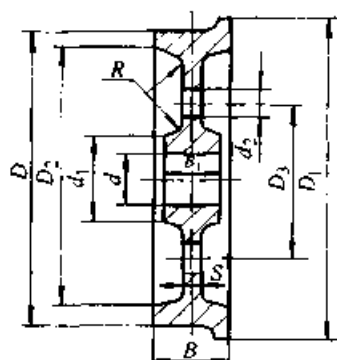
标记示例

直径  $D=710$  mm, 轮宽  $B=155$  mm 的双轮缘车轮, 标记为:  
车轮 SL-710×155 JB/T 6392.1

基本尺寸				参考尺寸						
$D$	$D_1$	$B$	$B_1$	$d$	$S$	$d_1$	$d_2$	$D_2$	$D_3$	$R$
160	190	85~100	80~95	45	20	70	—	≤120	—	5
				55		85				
200	230	85~100	80~95	60	20	95	—	≤160	—	
				80		125				
250	280	85~110	80~105	70	25	110	20	≤210	175	
				90		140				
315	355	95~155	90~140	100	30	160	25	≤265	225	
				110		175				
				120		190				
400	440	105~155	100~140	110	35	175	35	≤340	270	
				120		190				
				130		205				
500	540	105~180	100~160	120	40	190	40	≤430	325	
				130		205				
				140		220				
630	680	120~210	115~190	140	45	220	50	≤560	420	
				160		255				
				180		285				
710	760	145~210	140~210	150	50	240	55	≤630	465	
				170		270				
				190		300				

基本尺寸				参考尺寸						
$D$	$D_1$	$B$	$B_1$	$d$	$S$	$d_1$	$d_2$	$D_2$	$D_3$	$R$
800	850	145~210	140~210	160	50	255	60	$\leq 710$	515	25
				180		285				
				200	70	320				
900	950	145~220	140~220	170	55	270	65	$\leq 800$	580	30
				190		300				
				230	75	365				

表 28.1-89 单轮缘车轮尺寸 (摘自 JB/T 6392.1—1992) (mm)



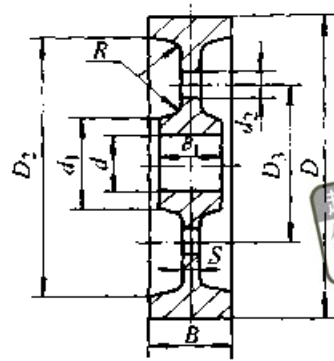
标记示例

直径  $D=315$  mm, 轮宽  $B=110$  mm 的单轮缘车轮, 标记为:

车轮 DL-315×110 JB/T 6392.1

基本尺寸				参考尺寸						
$D$	$D_1$	$B$	$B_1$	$d$	$S$	$d_1$	$d_2$	$D_2$	$D_3$	$R$
160	190	85~100	80~95	45	20	70	—	$\leq 120$	—	5
				55		85				
200	230	85~100	80~95	60	20	95	—	$\leq 160$	—	5
				80		125				
250	280	85~110	80~105	70	25	110	20	$\leq 210$	175	10
				90		140				
315	355	95~130	90~120	100	30	160	25	$\leq 265$	225	10
				110		175				
400	440	105~145	100~130	110	35	175	35	$\leq 340$	270	10
				120		190				
500	540	105~145	100~130	120	40	190	40	$\leq 430$	325	20
				130		205				
630	680	105~155	100~150	140	45	220	50	$\leq 560$	420	20
				160		255				

表 28.1-90 无轮缘车轮尺寸 (摘自 JB/T 6392.1—1992) (mm)



超星浏览器提醒您：  
使用本复制品  
请尊重相关知识产权！

标记示例

直径  $D = 630 \text{ mm}$ ，轮宽  $B = 145 \text{ mm}$  的无轮缘车轮，标记为：

车轮 WL-630 × 145 JB/T 6392.1

基本尺寸			参考尺寸						
$D$	$B$	$B_1$	$d$	$S$	$d_1$	$d_2$	$D_2$	$D_3$	$R$
160	85~100	80~95	45	20	70	—	≤120	—	5
			55		85				
200	85~100	80~95	60	20	95	—	≤160	—	
			80		125				
250	85~110	80~105	70	25	110	20	≤210	175	
			90		140				
315	95~155	90~140	100	30	160	25	≤265	225	
			110		175				
			120		190				
400	105~155	100~140	110	35	175	35	≤340	270	
			120		190				
			130		205				
500	105~180	100~160	120	40	190	40	≤430	325	
			130		205				
			140		220				
630	120~210	115~190	140	45	220	50	≤560	420	
			160		255				
			180	285					
710	145~210	140~210	150	50	240	55	≤630	465	
			170		270				
			190	65	300				

基本尺寸			参考尺寸						
D	B	B <sub>1</sub>	d	S	d <sub>1</sub>	d <sub>2</sub>	D <sub>2</sub>	D <sub>3</sub>	R
800	145~210	140~210	160	50	255	60	≤710	515	25
			180		285				
			200	70	320				
900	145~220	140~220	170	55	270	65	≤800	580	30
			190		300				
			230	75	365				

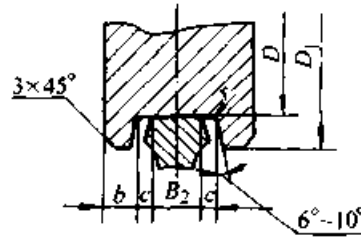
超星浏览器提醒您：  
使用本复制品  
请尊重相关知识产权！

注：表 28.1-88~表 28.1-90 中，B<sub>1</sub> 及除 d 外的参考尺寸主要适用于铸造车轮。

表 28.1-91 双轮缘车轮踏面形状和尺寸与轨道的匹配

(摘自 JB/T 6392.1-1992)

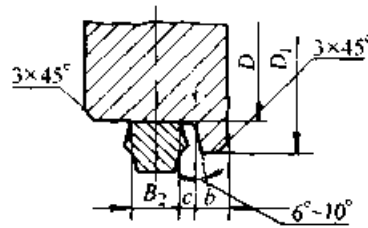
(mm)



D	160	200	250	315	400	500	630	710	800	900
D <sub>1</sub>	190	230	280	355	440	540	680	760	850	950
B <sub>2</sub> ≤	40	40	45	80	80	100	120	120	120	120
c ≥	5	5	5	5/9.5	5/9.5	5/12.5	5/12.5	12.5	12.5	12.5
b ≥	20	20	20	20	20	20	25	25	25	25
r ≥	5	5	5	5	5	5	5	5	6	6
轨道	9 kg/m			15 kg/m	—	—	—	—	—	—
	12 kg/m			22 kg/m			—	—	—	—
	—	—	15 kg/m	30 kg/m				—	—	—
	—	—	—	38 kg/m					—	—
	—	—	—	43 kg/m						—
	—	—	—	50 kg/m						
	—	—	—	QU 80						
	—	—	—	—	—	QU 100				
—	—	—	—	—	—	QU 120				

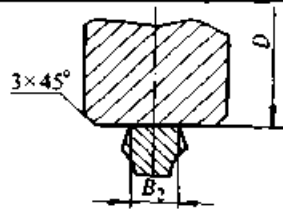
注：表中 c 值分子用于小车车轮，分母用于大车车轮。

表 28.1-92 单轮缘车轮踏面形状和尺寸与轨道的匹配 (摘自 JB/T 6392.1-1992) (mm)



D	160	200	250	315	400	500	630
D <sub>1</sub>	190	230	280	355	440	540	680
B <sub>2</sub> ≤	40	40	45	60	70	70	80
c ≥	5	5	5	5	5	5	5
b ≥	20	20	20	20	20	20	25
r ≥	5	5	5	5	5	5	5
轨	9 kg/m			15 kg/m	—	—	—
	12 kg/m			22 kg/m		—	—
道	—	—	15 kg/m	—	30 kg/m		
	—	—	—	—	38 kg/m		
	—	—	—	—	43 kg/m		
	—	—	—	—	50 kg/m		
	—	—	—	—	—		

表 28.1-93 无轮缘车轮踏面形状和尺寸与轨道的匹配 (摘自 JB/T 6392.1-1992) (mm)



D	160	200	250	315	400	500	630	710	800	900
B <sub>2</sub> ≤	40	40	45	80	80	100	120	120	120	120
轨	9 kg/m			15 kg/m	—	—	—	—	—	—
	12 kg/m			22 kg/m		—	—	—	—	—
道	—	—	15 kg/m	30 kg/m			—	—	—	—
	—	—	—	38 kg/m			—	—	—	—
	—	—	—	43 kg/m			—	—	—	—
	—	—	—	50 kg/m			—	—	—	—
	—	—	—	QU 80			—	—	—	—
—	—	—	—	—	QU 100			—	—	—
—	—	—	—	—	—	QU 120			—	—

注：1. 9 kg/m、12 kg/m、15 kg/m、22 kg/m、30 kg/m 轨道按照 GB/T 11264 选取。

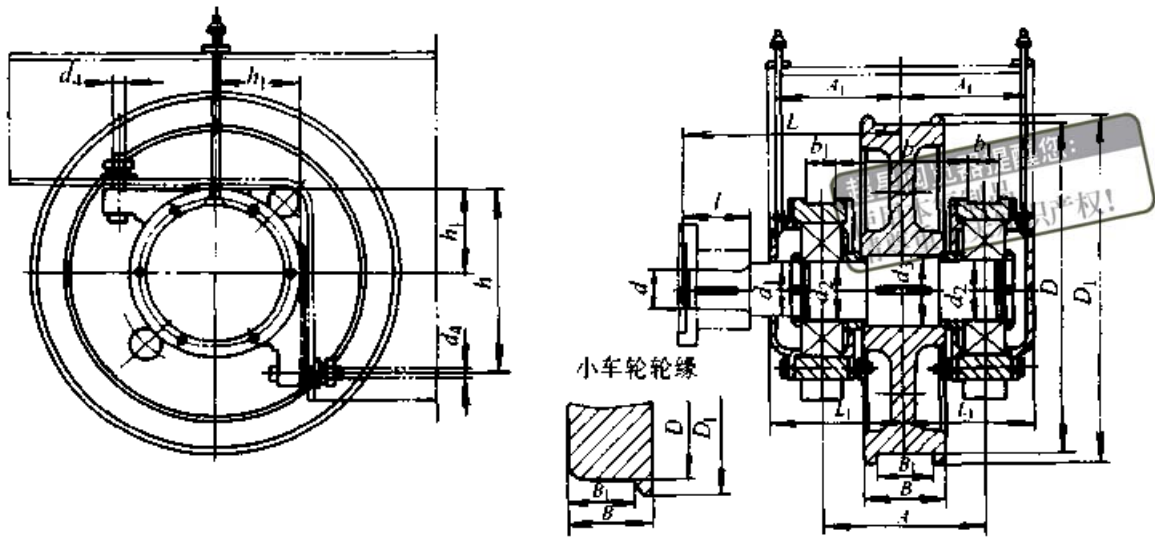
2. 38 kg/m、43 kg/m、50 kg/m 轨道按照 GB/T 181~183 选取。

3. QU 80、QU 100、QU 120 轨道按照 YB/T 5055-1993 选取。

4. 轨道也可采用方钢。

表 28.1-94 起重机用车轮组尺寸

(mm)



说明：小车轮组不带油管

名称规格	尺寸/mm																轴承		质量 m/kg			
	A	A <sub>1</sub>	B	B <sub>1</sub>	D	D <sub>1</sub>	b	b <sub>1</sub> (H9/f9)	d s6	d <sub>1</sub> (H12/c12)	d <sub>2</sub> m6	d <sub>3</sub>	d <sub>4</sub>	h	h <sub>1</sub>	l	L	L <sub>1</sub>		型号	数量	
小车轮组	φ250	180	—	90	70	250	280	150	30	45	50	60	70		180	80	70	225	130	32212	2	45/42
	φ350	200	—	100	81	350	380	150	50	65	85	90	100		225	105	85	300	150	32218	2	112/105
	φ400	240	—	120	100	400	440	190	50	80	85	100	110	M20	260	120	115	350	170	32220	2	155/148
	φ500	270	—	130	110	500	540	220	50	80	110	120	130		300	140	115	350	195	32224	2	250/248
大车轮组	φ400	280	204			400	440	230	50	65	75	90	110		275	125	85	350	221	32218	2	见表 28.1-87
	φ500	280	215			500	540	230	50	75	85	100	120		310	140	105	400	230	32220	4	
	φ600	280	215	见表		600	640	230	50	85	90	100	120	M24	310	140	115	400	230	32220	4	
	φ700	315	240	28.1-87		700	750	235	80	90	100	120	140		350	160	125	450	260	32224	4	
	φ800	365	280			800	850	275	90	95	120	150	160	M30	410	190	145	500	300	32230	4	
	φ900	365	280			900	950	275	90	110	120	150	170		410	190	165	500	300	32230	4	

注：1. 质量栏中分子为主动车轮组质量，分母为从动车轮组质量。

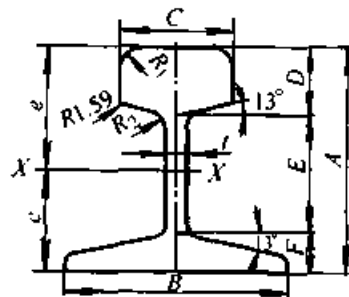
2. d<sub>3</sub> 的配合：主动车轮采用 H7/s6，从动车轮采用 H9/f9。

### 10.4 轨道

详见表 28.1-95，大型起重机采用起重机钢轨，见表 28.1-96。

中小型起重机的小车常采用轻型铁路钢轨。

表 28.1-95 轻轨的尺寸规格 (摘自 GB/T 11264—1989)



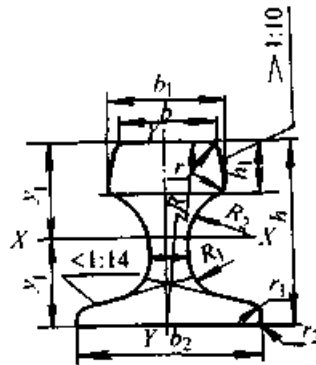


续表 28.1-95

轨型 kg/m	截面尺寸/mm									截面 面积 A/ cm <sup>2</sup>	理论 质量 W/ kg·m <sup>-1</sup>	截面特性参数				
	轨高 A	底宽 B	头宽 C	头高 D	腰高 E	底高 F	腰厚 t	R <sub>1</sub>	R <sub>2</sub>			重心位置 e/cm	惯性矩 I/cm <sup>4</sup>	截面系数 Z/cm <sup>3</sup>	回转半径 i/cm	
9	63.50	63.50	32.10	17.48	35.72	10.30	5.90	6.35	4.76	11.39	8.94	3.09	3.26	62.41	19.10	2.33
12	69.85	69.85	38.10	19.85	37.70	12.30	7.54	6.35	6.35	15.54	12.20	3.40	3.59	98.82	27.60	2.51
15	79.37	79.37	42.86	22.22	43.65	13.50	8.33	7.94	6.35	19.33	15.20	3.89	4.05	156.10	38.60	2.83
22	93.66	93.66	50.80	26.99	50.00	16.67	10.72	7.94	6.35	28.39	22.30	4.52	4.85	339.00	69.60	3.45
30	107.95	107.95	60.33	30.95	57.55	19.45	12.30	7.94	6.35	38.32	30.10	5.21	5.59	606.00	108.00	3.98

注：表中理论质量按密度为 7.85 g/cm<sup>3</sup> 计算。

表 28.1-96 起重机钢轨的尺寸规格 (摘自 YB/T 5055—1993) (mm)



型 号	b	b <sub>1</sub>	b <sub>2</sub>	s	h	h <sub>1</sub>	h <sub>2</sub>	R	R <sub>1</sub>	R <sub>2</sub>	r	r <sub>1</sub>	r <sub>2</sub>
QU70	70	76.5	120	28	120	32.5	24	400	23	38	6	6	1.5
QU80	80	87	130	32	130	35	26	400	26	44	8	6	1.5
QU100	100	108	150	38	150	40	30	450	30	50	8	8	2
QU120	120	129	170	44	170	45	35	500	34	56	8	8	2

型 号	截面积 /cm <sup>2</sup>	理论质量 /kg·m <sup>-1</sup>	参 考 数 值						
			重心距离		惯性矩		截面系数		
			y <sub>1</sub>	y <sub>2</sub>	I <sub>x</sub>	I <sub>y</sub>	w <sub>1</sub> = $\frac{I_x}{y_2}$	w <sub>2</sub> = $\frac{I_x}{y_1}$	w <sub>3</sub> = $\frac{I_y}{b_2/2}$
			cm		cm <sup>4</sup>		cm <sup>3</sup>		
QU70	67.30	52.80	5.93	6.07	1 081.99	327.16	182.46	178.12	54.53
QU80	81.13	63.69	6.43	6.57	1 547.40	482.39	240.65	235.52	74.21
QU100	113.32	88.96	7.60	7.40	2 864.73	940.98	376.94	387.12	125.45
QU120	150.44	118.10	8.43	8.57	4 923.79	1 694.83	584.08	574.54	199.39

注：1. 钢轨的牌号为 U71Mn，抗拉强度不小于 900 MPa。

2. 钢轨标准长度为 9 m, 9.5 m, 10 m, 10.5 m, 11 m, 11.5 m, 12 m, 12.5 m。

## 11 缓冲器

缓冲器的作用是为了减轻起重机行走机构相碰时的动载荷。因此，在桥式起重机中大车和小车以及门式起重机中都应装有缓冲器。当运行速

度  $v \leq 0.67$  m/s，并有终点行程开关时，可不设缓冲器，但要安设挡止铁。

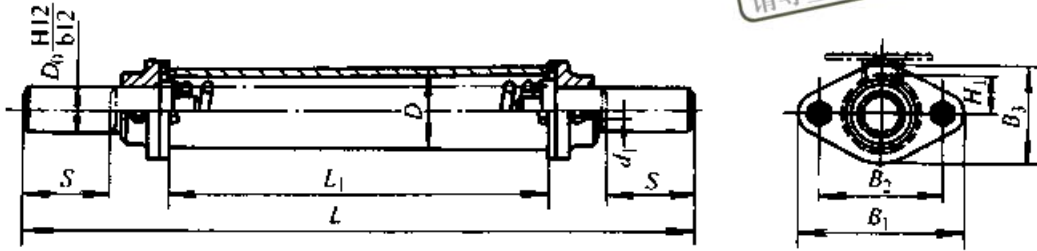
### 11.1 弹簧缓冲器

弹簧缓冲器具有结构简单、维修方便、对环

境温度没有特殊要求和吸收能量大等优点，因此得到了最广泛的应用。其缺点是有反弹作用，不适用于行走速度过高的起重机，一般适用范围为

$v = 0.83 \sim 2 \text{ m/s}$ 。目前，我国弹簧缓冲器有四种规格（JB/T 8110.1—1999）见表 28.1-97—表 28.1-100。

表 28.1-97 HT1 型壳体焊接式弹簧缓冲器（摘自 JB/T 8110.1—1999）



标记示例

缓冲容量  $W = 0.40 \text{ kN}\cdot\text{m}$ ，结构型式为 1 型的弹簧缓冲器，标记为：  
缓冲器 HT1-40 JB/T 8110.1—1999

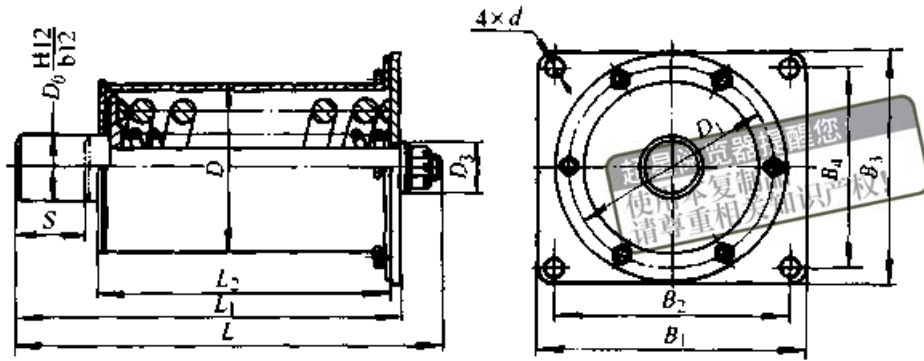
型号	缓冲容量 $W$ / $\text{kN}\cdot\text{m}$	缓冲行程 $S$ / $\text{mm}$	缓冲力 $P_1$ / $\text{kN}$	主要尺寸 / $\text{mm}$									质量 / $\text{kg}$
				$L$	$L_1$	$B_1$	$B_2$	$B_3$	$H_1$	$D_0$	$D$	$d_1 \times l$	
HT1-16	0.16	80	5	435	220	160	120	85	35	40	70	M20×50	≈12.6
HT1-40	0.40	95	8	720	370	170	130	90	38	45	76	M20×50	≈17
HT1-63	0.63	115	11	850	420	190	145	100	45	45	89	M20×60	≈26
HT1-100	1.00	115	18	880	450	220	170	125	57	55	114	M24×60	≈34

表 28.1-98 HT2 型底座焊接式弹簧缓冲器（摘自 JB/T 8110.1—1999）



型号	缓冲容量 $W$ / $\text{kN}\cdot\text{m}$	缓冲行程 $S$ / $\text{mm}$	缓冲力 $P_1$ / $\text{kN}$	主要尺寸 / $\text{mm}$										质量 / $\text{kg}$	
				$L$	$L_1$	$B_1$	$B_2$	$B_3$	$B_4$	$D_0$	$D$	$D_1$	$H_1$		$d_1 \times l$
HT2-100	1.00	135	15	630	400	165	265	215	200	70	146	100	90	M20×60	≈31.5
HT2-160	1.60	145	20	750	520	160	265	215	200	70	140	100	90	M20×60	≈41.3
HT2-250	2.50	125	37	800	575	165	265	215	200	80	146	110	90	M20×60	≈53.1
HT2-315	3.15	150	45	820	575	215	320	265	230	80	194	110	115	M20×60	≈78.6
HT2-400	4.00	135	57	710	475	265	375	320	280	100	245	130	140	M24×70	≈92.2
HT2-500	5.00	145	66	860	610	245	345	290	255	100	219	130	135	M24×70	≈97.7
HT2-630	6.30	150	88	870	610	270	375	320	280	100	245	130	140	M24×70	≈122.7

表 28.1-99 HT3 型端部安裝式彈簧緩沖器 (摘自 JB/T 8110.1-1999)

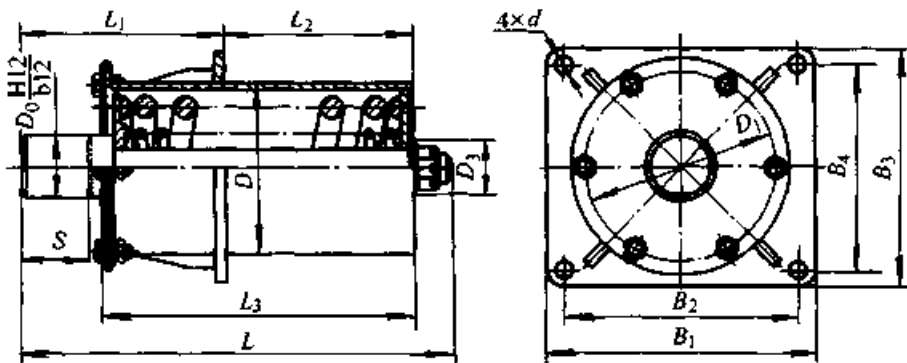


型号	缓冲容量 W / kN·m	缓冲行程 S / mm	缓冲力 P <sub>1</sub> / kN	主要尺寸 / mm											质量 / kg	
				L	L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	B <sub>3</sub>	B <sub>4</sub>	D <sub>0</sub>	D	D <sub>1</sub>	D <sub>3</sub>		d
HT3-630	6.3	150	88	885	810	615	420	350	375	305	90	245	305	105	35	≈145.8
HT3-800	8.0	143	108	900	820	620	520	450	380	310	110	273	345	135	35	≈176.9
HT3-1000	10.0	135	131	830	750	560	520	450	450	390	120	325	395	135	35	≈204.6
HT3-1250 <sup>①</sup>	12.5	135	165	830	750	560	520	450	450	390	120	325	395	135	42	≈231.3
HT3-1600 <sup>②</sup>	16.0	120	273	980	900	730	780	700	480	400	120	325	395	135	42	≈338.0
HT3-2000 <sup>②</sup>	20.0	150	293	1140	1050	820	780	700	480	400	120	325	395	135	42	≈393.8

① 由内外弹簧组成。

② 内外弹簧由两段串联而成。

表 28.1-100 HT4 型中部安裝式彈簧緩沖器 (摘自 JB/T 8110.1-1999)



型号	缓冲容量 W / kN·m	缓冲行程 S / mm	缓冲力 P <sub>1</sub> / kN	主要尺寸 / mm											质量 / kg		
				L	L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>	L <sub>3</sub>	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	B <sub>3</sub>	B <sub>4</sub>	D <sub>0</sub>	D	D <sub>1</sub>		D <sub>3</sub>	d
HT4-800	8.0	143	108	910	400	430	640	520	450	380	310	110	273	313	135	35	≈180.9
HT4-1000	10.0	135	131	840	400	360	580	520	450	450	390	120	325	365	135	35	≈208.6
HT4-1250 <sup>①</sup>	12.5	135	165	840	400	360	580	520	450	450	390	120	325	365	135	42	≈235.3
HT4-1600 <sup>②</sup>	16.0	120	273	1010	400	530	750	780	700	480	400	120	325	365	135	42	≈342.0
HT4-2000 <sup>②</sup>	20.0	150	293	1140	450	600	840	780	700	480	400	120	325	365	135	42	≈397.8

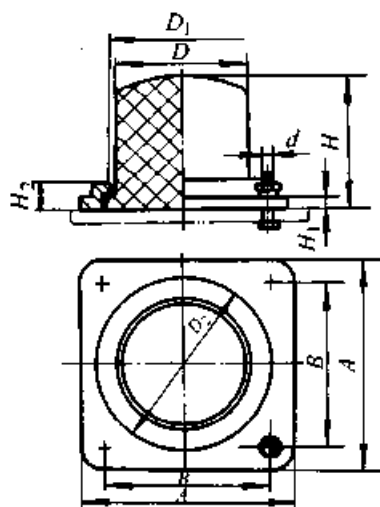
① 由内外弹簧组成。

② 内外弹簧由两段串联而成。

超星浏览器提醒您：  
使用本复制品  
请尊重相关知识产权！

11.2 橡胶缓冲器 (见表 28.1-101)

表 28.1-101 橡胶缓冲器 (摘自 JB/T 8110.2—1999)



标记示例

缓冲容量  $W = 0.40 \text{ kN}\cdot\text{m}$  的橡胶缓冲器, 标记为:

缓冲器 HX-40 JB/T 8110.2—1999

型号	缓冲容量 $W / \text{kN}\cdot\text{m}$	缓冲行程 $S / \text{mm}$	缓冲力 $P / \text{kN}$	主要尺寸 / mm								螺栓规格 $d \times l$	质量 / kg
				$D$	$D_1$	$D_2$	$H$	$H_1$	$H_2$	$A$	$B$		
HX-10	0.10	22	16	50	56	71	50	5	8	80	63	M6 × 20	≈ 0.36
HX-16	0.16	25	19	56	62	80	56	5	10	90	71	M6 × 20	≈ 0.48
HX-25	0.25	28	28	67	73	90	67	6	12	100	80	M6 × 20	≈ 0.70
HX-40	0.40	32	40	80	87	112	80	6	14	125	100	M10 × 30	≈ 1.34
HX-63	0.63	40	50	90	99	125	90	6	16	140	112	M10 × 30	≈ 2.13
HX-80	0.80	45	63	100	109	140	100	8	18	160	125	M12 × 35	≈ 2.70
HX-100	1.00	50	75	112	122	160	112	8	20	180	140	M12 × 35	≈ 3.68
HX-160	1.60	56	95	125	136	180	125	8	22	200	160	M16 × 40	≈ 5.00
HX-250	2.50	63	118	140	153	200	140	8	25	224	180	M16 × 40	≈ 6.50
HX-315	3.15	71	160	160	174	224	160	10	28	250	200	M16 × 45	≈ 9.18
HX-400	4.00	80	200	180	194	250	180	10	32	280	224	M16 × 45	≈ 12.00
HX-630	6.30	90	250	200	215	280	200	10	36	315	250	M20 × 50	≈ 16.18
HX-1000	10.00	100	300	224	242	315	224	12	40	355	280	M20 × 50	≈ 25.00
HX-1600	16.00	112	425	250	269	355	250	12	45	400	315	M20 × 50	≈ 34.00
HX-2000	20.00	125	500	280	300	400	280	12	50	450	355	M20 × 50	≈ 48.20
HX-2500	25.00	140	630	315	335	450	315	12	56	500	400	M20 × 50	≈ 64.80

## 第 2 章 搬运机械零部件

### 1 带式输送机

#### 1.1 带式输送机及主要组成部分

带式输送机以输送带做牵引机构，同时又是

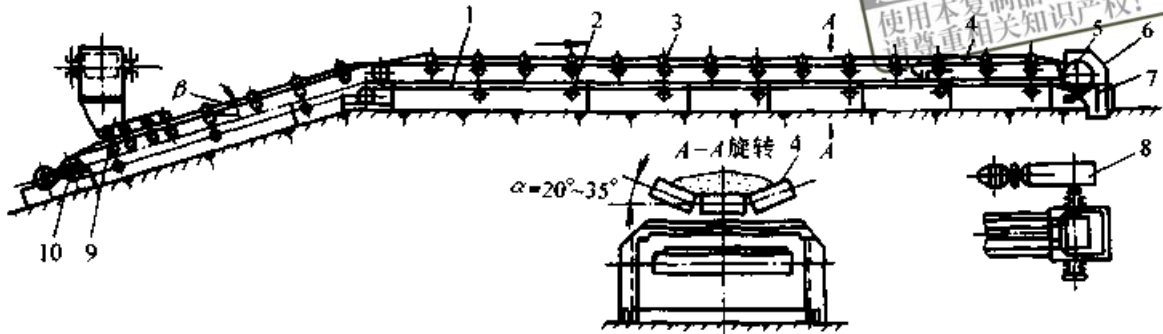


图 28.2-1 带式输送机简图

1—金属结构架 2—下托辊 3—上托辊 4—输送带 5—驱动滚筒  
6—卸载装置 7—清扫器 8—驱动装置 9—装载装置 10—张紧装置

带式输送机有许多优点，在连续装载的条件下可以实现连续运输，生产率比较高。它可以运输矿石、煤炭、散状物料和成件物品，工作过程中噪声小、结构简单。所以，带式输送机在各工业部门获得了广泛的应用。

承载构件，整个输送带支承在托辊上，并且绕过驱动滚筒张紧滚筒，驱动滚筒利用摩擦带动输送带，以完成物料运输。带式输送机工作原理及其组成部分见图 28.2-1。

带式输送机也有缺点，普通带式输送机倾斜运送物料时受到倾角的限制，当物料自重分力大于摩擦力时，物料产生下滑。所以，运输各种物料的倾角是不一样的。各种物料所允许的最大倾角见表 28.2-1。

表 28.2-1 带式输送机最大允许倾角

物料名称	最大倾角/ (°)	物料名称	最大倾角/ (°)
块煤	18	湿精矿	20
原煤	20	干精矿	18
谷物	18	筛分后石灰石	12
0~25 mm 焦炭	18	干砂	15
0~30 mm 焦炭	20	湿砂	23
0~350 mm 焦炭	16	盐	20
0~120 mm 矿石	18	水泥	20
0~60 mm 矿石	20	块状干粘土	15~18
40~80 mm 油母页岩	18	粉状干粘土	22
干松泥土	20		

注：表中给出的最大倾角是物料向上运输。向下运输时最大倾角要减小。

另外带式输送机也受所运物料块度限制，各种带宽与物料块度见表 28.2-2（此值为 DT II 型推荐值）。这是指最合适块度。但当出现个别最大块度时，也不要超过下式计算值。

$$B \geq 2a_{\max} + 200 \text{ mm}$$

式中  $B$  ——带宽 (mm);  
 $a_{\max}$  ——物料最大块度尺寸 (mm)。

表 28.2-2 带宽适用的最大块度 (mm)

带宽 $B$	500	650	800	1 000	1 200	1 400	1 600	1 800	2 000	2 200	2 400
最大块度 $a$	100	150	200	300	350	350	350	350	350	350	350

1.2 输送带

本系列采用的普通型输送带由棉帆布层输送带、尼龙层输送带、聚酯帆布输送带和钢丝绳芯输送带。DT II 型系列输送带见表 28.2-3 和

表 28.2-4。

各种帆布输送带最小、最大许用层数见表 28.2-5，帆布带的质量见表 28.2-6，带宽、带速与输送能力的匹配关系见表 28.2-7。

表 28.2-3 帆布输送带规格及技术参数 (参考值)

抗拉体材料	输送带型号	每层扯断强度 $\sigma_b / N \cdot mm^{-1}$	每层厚度 $\delta / mm$	每层质量 $m / kg \cdot m^{-2}$	伸长率 (定负荷) / %	带宽范围 $B / mm$	层数范围	覆盖胶厚度/质量 $mm/kg \cdot m^{-2}$	
								上	下
棉帆布	CC-56	56	1.5	1.36	1.5~2	500~1 400	3~8		
尼龙帆布	NN-100	100	1.0	1.02	1.5~2	500~1 200	2~4	1.5/1.70	1.5/1.70
	NN-150	150	1.1	1.12	1.5~2	650~1 600	3~6	3.0/3.40	
	NN-200	200	1.2	1.22	1.5~2	650~1 800	3~6	4.5/5.10	
	NN-250	250	1.3	1.32	1.5~2	650~2 200	3~6	6.0/6.80	
	NN-300	300	1.4	1.42	1.5~2	650~2 200	3~6	8.0/9.50	
聚酯帆布	EP-100	100	1.2	1.22	~1.5	500~1 000	2~4	6.0/6.80	3.0/3.40
	EP-200	200	1.3	1.32	~1.5	650~2 200	3~6	8.0/9.50	
	EP-300	300	1.5	1.52	~1.5	650~2 200	3~6		

表 28.2-4 钢丝绳芯输送带规格及技术参数 (参考值)

项目	规格 st										
	630	800	1 000	1 250	1 600	2 000	2 500	3 150	4 000	4 500	5 000
纵向抗拉强度 $\sigma_b / N \cdot mm^{-1}$	630	800	1 000	1 250	1 600	2 000	2 500	3 150	4 000	4 500	5 000
钢丝绳最大直径 $d / mm$	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	6.0	7.5	8.1	8.6	9.1	10
钢丝绳间距 $l / mm$	10	10	12	12	12	12	15	15	17	17	18
带厚 $\delta / mm$	13	14	16	17	17	20	22	25	25	30	30
上覆盖胶厚度 $\delta_1 / mm$	5	5	6	6	6	8	8	8	8	10	10
下覆盖胶厚度 $\delta_2 / mm$	5	5	6	6	6	6	6	8	8	10	10
带宽 $B / mm$	钢丝绳根数										

续表 28.2-4

项目	规格 st										
	630	800	1 000	1 250	1 600	2 000	2 500	3 150	4 000	4 500	5 000
800	75	75	63	63	63	63	50	50			
1 000	95	95	79	79	79	79	64	64	56	57	53
1 200	113	113	94	94	94	94	76	76	68	68	64
1 400	113	113	111	111	111	111	89	89	79	80	75
1 600	151	151	126	126	126	126	101	101	91	91	85
1 800		171	143	143	143	143	114	114	103	102	96
2 000			159	159	159	159	128	128	114	114	107
2 200			176	176	176	176	141	141	125	125	118
2 400			192	192	192	192	153	153	136	136	129
输送带质量/kg·m <sup>-2</sup>	19	20.5	23.1	24.7	27	34	36.8	42	49	53	58

表 28.2-5 各种帆布输送带的最小、最大许用层数

输送带 型号	层数 极限	物料密度 $\rho/(10^3\text{kg}\cdot\text{m}^{-3})$	带 宽 $B/\text{mm}$									
			500	650	800	1 000	1 200	1 400	1 600	1 800	2 000	2 200
CC-56	min	0.5~1.0	3	4	4	5	5	6				
		1.0~1.6	3	4	4	5	6	6				
		1.6~2.5	3	5	5	6	7	8				
NN-100	max		4	5	6	8	8	8				
NN-150	min	0.5~1.0	3	3	3	4	5	5	6			
		1.0~1.6	3	3	4	5	5	6				
		1.6~2.5	3	4	5	6	6					
EP-100	max		3	4	5	6	6	6	6			
NN-200	min	0.5~1.0		3	3	3	4	4	5	5		
		1.0~1.6		3	4	4	5	5	6			
		1.6~2.5		4	5	5	6					
	max		4	5	6	6	6	6	6			
NN-250	min	0.5~1.0		3	3	3	4	4	5	5	6	6
		1.0~1.6		3	3	4	5	5	6	6	6	6
		1.6~2.5		3	4	5	6	6				
EP-200	max		3	4	6	6	6	6	6	6	6	
NN-300	min	0.5~1.0		3	3	3	4	4	5	5	6	6
		1.0~1.6		3	3	4	5	5	6	6	6	6
		1.6~2.5		3	4	5	6	6				
EP-300	max		3	4	6	6	6	6	6	6	6	

表 28.2-6 帆布带质量  $q_0$  (参考值) (kg/m)

帆布层数 $Z$	上胶+下胶 厚度/mm	带 宽 $B/\text{mm}$					
		500	650	800	1 000	1 200	1 400
3	3.0+1.5	5.02					
	4.5+1.5	5.88					
	6.0+1.5	6.74					
4	3.0+1.5	5.82	7.57	9.31			
	4.5+1.5	6.68	8.70	10.70			
	6.0+1.5	7.55	9.82	12.10			
5	3.0+1.5		8.62	10.60	13.25	15.90	
	4.5+1.5		9.73	11.98	14.98	17.95	
	6.0+1.5		10.87	13.38	16.71	20.05	
6	3.0+1.5			11.80	14.86	17.82	20.80
	4.5+1.5			13.28	16.59	19.90	23.20
	6.0+1.5			14.65	18.32	22.00	25.65
7	3.0+1.5				16.47	19.80	23.10
	4.5+1.5				18.20	21.85	25.50
	6.0+1.5				19.93	23.95	27.95
8	3.0+1.5				18.08	21.65	25.30
	4.5+1.5				19.81	23.80	27.75
	6.0+1.5				21.54	25.82	30.10

表 28.2-7 带速  $v$ 、带宽  $B$  与输送能力  $I_0$  的匹配关系 (m<sup>3</sup>/h)

$B/\text{mm}$	$v/\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$											
	0.8	1.0	1.25	1.6	2.0	2.5	3.15	4	(4.5)	5.0	(5.6)	6.5
500	69	87	108	139	174	217						
650	127	159	198	254	318	397						
800	198	248	310	397	496	620	781					
1 000	324	405	507	649	811	1 014	1 278	1 622				
1 200		593	742	951	1 188	1 486	1 872	2 377	2 674	2 971		
1 400		825	1 032	1 321	1 652	2 065	2 602	3 304	3 718	4 130		
1 600					2 186	2 733	3 444	4 373	4 920	5 466	6 122	
1 800					2 795	3 494	4 403	5 591	6 291	6 989	7 829	9 083
2 000					3 470	4 338	5 466	6 941	7 808	8 676	9 717	11 277
2 200							6 843	8 690	9 776	10 863	12 166	14 120
2 400							8 289	10 526	11 842	13 158	14 737	17 104

注：1. 输送能力  $I_0$  值系按水平运输、动堆积角  $\theta$  为  $20^\circ$ ，托辊槽角  $\lambda$  为  $35^\circ$  时计算的。

2. 表中带速 (4.5)、(5.6) m/s 为非标准值，一般不推荐选用。

3. 黑框内已有相应的部件系列图。



1.3 滚筒

按 DT II 型标准, 传动滚筒参数见表 28.2-8, 改向滚筒参数见表 28.2-9, 帆布带层数与直径关系见表 28.2-10。

在非标准设计时, 传动滚筒直径与帆布层数比  $D/Z \geq 125$ ; 用机械接头时,  $D/Z \geq 100$ 。对移动式带式输送机, 传动滚筒直径与帆布层数之比为  $D/Z \geq 80$ , 对于井下巷道, 由于空间所限, 传动滚筒直径与帆布层数之比  $D/Z \geq 80$ 。

对钢绳芯胶带  $D/d > 145$ ,  $d$  为钢绳直径。

各种滚筒技术规格见表 28.2-11 ~ 表 28.2-12。

表 28.2-8 传动滚筒不同直径、带宽的覆面形式

带宽 B/mm	滚筒直径 D/mm																					
	500		630		800		1 000		1 250		1 600											
	光	胶	光	胶	光	胶	光	胶	光	胶	光	胶										
500	✓	✓																				
650	✓	✓																				
800	✓	✓																				
1 000																						
1 200																						
1 400																						
1 600																						
1 800																						
2 000																						
2 200																						
2 400																						

注: 1. 滚筒直径为不含胶面的名义值。  
2. 黑框内已有相应的部件系列图。

表 28.2-9 改向滚筒不同直径、带宽的覆面形式

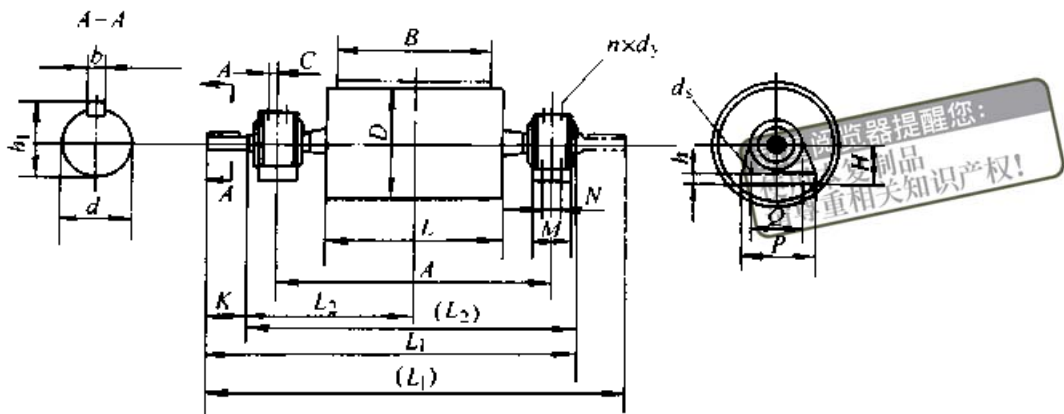
带宽 B/mm	滚筒直径 D/mm																					
	250		315		400		500		630		800		1 000		1 250		1 600					
	光	胶	光	胶	光	胶	光	胶	光	胶	光	胶	光	胶	光	胶	光	胶				
500	✓		✓		✓	✓	✓	✓														
650	✓		✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓												
800	✓		✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓									
1 000	✓		✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓			✓						✓
1 200	✓		✓		✓	✓		✓		✓		✓			✓							✓
1 400			✓		✓	✓		✓		✓		✓			✓							✓
1 600						✓		✓		✓		✓			✓							✓
1 800								✓		✓		✓			✓							✓
2 000										✓		✓			✓							✓

表 28.2-10 各种帆布带最小传动滚筒直径 (mm)

型号	层数					
	3	4	5	6	7	8
CC-56, NN-100	500	500	630	800	1 000	1 000
NN-150, EP-100	500	500	630	800		
NN-200 ~ NN-300 EP-200 ~ EP-300	500	630	800	1 000		

表 28.2-11 传动滚筒技术规格

(mm)



说明: Y—右单出轴 Z—左单出轴 S—双出轴

带宽 B	许用 转矩 M/kN·m	许用 合力 F/kN	滚径 D	轴承 型号	光 面		胶 面	
					转动惯量 J/kg·m <sup>2</sup>	质量 m/kg	转动惯量 J/kg·m <sup>2</sup>	质量 m/kg
500	2.7	49	500	1316	5	250	6	264
650	3.5	40			630	6.5	280	7.8
	4.1		500	6.5	324	18.5	347	
	6.3	630		6.5	376	7.8	393	
	7.3	80	16.3	429	18.5	451		
800	4.1	40	500	22220	7.8	432	9.8	453
	6.0	50	630		19.5	492	23.5	521
	7.0		800		25	782		
	12	80	630	22224	23.8	752	29.5	776
			800		58	887		
	20	100	630	22228	28.5	844	32	920
	2×16				32	967		
	20	110	800		66.3	1 095		
	2×16			66.3	1 143			
	32	160	800	22232	67.5	1 253		
2×23	67.5				1 287			
1 000	6.0	40	630	22220		26.5	585	
	12	73	630	22224		38.3	857	
			800			78.8	964	
		80	1 000			164.8	1 162	
	20	110	800	22228		80.3	1 168	
2×16					80.3	1 216		

续表 28.2-11

带宽 B	许用 转矩 $M/kN \cdot m$	许用 合力 $F/kN$	滚径 D	轴承 型号	光 面		胶 面		
					转动惯量 $J/kg \cdot m^2$	质量 $m/kg$	转动惯量 $J/kg \cdot m^2$	质量 $m/kg$	
1 000	20	110	1 000	22228			166.5	1 408	
	2×16						166.5	1 456	
	27	160	800	22232			81.8	1 376	
	2×22						81.8	1 410	
	27	170	1 000				168.3	1 617	
	2×22						168.3	1 651	
	40	190	800	22236			83.3	1 691	
	2×35						83.3	1 744	
	40	210	1 000				170	1 928	
	2×35						170	1 981	
	52	330			22240			215.3	2 585
	2×42							215.3	2 677
1 200	12	52	630	22224			46.5	967	
		80	800				06	1 059	
			1 000				200	1 307	
	20	85	630	22228			47.3	1 156	
	2×16						47.3	1 204	
	20	110	800				97.8	1 297	
	2×16						97.8	1 345	
	20	110	1 000	22228			202.5	1 567	
	2×16						202.5	1 615	
	27	140	800	22232			99.5	1 520	
	2×22						99.5	1 554	
	27	160	1 000				204.8	1 780	
	2×22						204.8	1 818	
	40	180	800	22236			101.3	1 928	
	2×32						101.3	1 981	
	40	210	1 000				207	2 173	
	2×32						207	2 226	
	52	230	800	22240			118.3	2 393	
	2×42						118.3	2 484	
	52	290	1 000				262	2 813	
2×42						262	2 903		
66	330		22244			283	3 234		
2×50						283	3 329		



续表 28.2-11

宽带 B	D	A	L	L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>	K	M	N	Q	P	H	h	h <sub>1</sub>	d	b	d <sub>1</sub>	C	n × d <sub>1</sub>							
1 000	630	1 500	1 150	1 824	840	170	80	—	380	460	135	46	95	90	25	M24	26	4 × M8 × 1							
	800			1 869		210	110	—	440	530	155		116	110	28		32								
	1 000			1 924	850	250	120	—	480	570	170	63	137	130	32	37									
	630			2 300	1 700																				
	800			1 924	850																				
	1 000			2 300	1 700																				
	800	2 039	900	300	220												120	570	700	220	70	179	170	40	46
	1 000	2 300	1 800																						
	800	2 039	900																						
	1 000	2 300	1 800																						
	800	2 110	910																						
	1 000	2 420	1 820																						
1 000	2 110	910																							
800	2 278	975	350	240	140	640	780	240	75	200	190	45	60												
1 000	2 650	1 950																							
800	2 278	975																							
1 000	2 650	1 950																							
1 200	630	1 750	1 400	2 129	975	210	110	—	440	530	155	46	116	110	28	M24	32	4 × M8 × 1							
	800																		2 174	2 450	1 950				
	1 000			2 174	975	250	120	—	480	570	170	63	137	130	32	M30	37								
	630																		2 450	1 950					
	800			2 174	975																				
	1 000			2 450	1 950																				
	800	2 289	1 025	200	105	520	640	200	60	158	150	36	M30	43											
	1 000	2 550	2 050																						
	800	2 289	1 025																						
	1 000	2 289	1 025																						

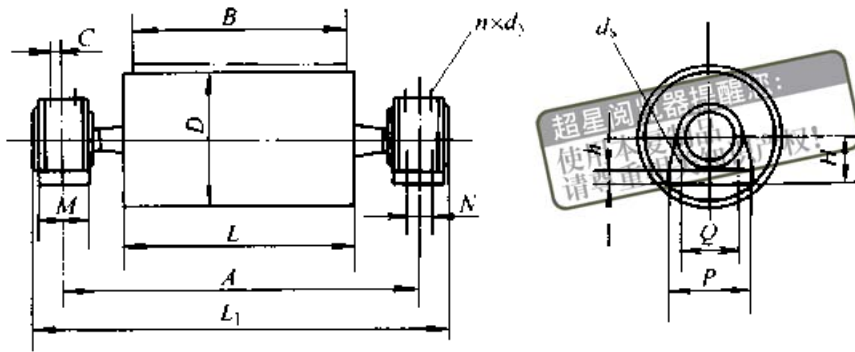
超星浏览器提醒您：  
使用本产品  
请尊重相关知识产权！

续表 28.2-11

宽带 B	D	A	L	L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>	K	M	N	Q	P	H	h	h <sub>1</sub>	d	b	d <sub>1</sub>	C	n × d <sub>1</sub>																															
1 200	1 000	1 850	1 400	2 550	2 050	250	200	105	520	640	200	60	158	150	36		43	4 × M10 × 1																															
	800			2 360	1 035	300	220	120	570	700	220	70	179	170	40	M30	46																																
				2 670	2 070																																												
	1 000			2 360	1 035														350	240	140	640	780	240	75	200	190	45	60																				
				2 670	2 070																																												
	800			2 528	1 100																									250	720	880	270	80	210	200	45	M36	65										
		2 900	2 200																																														
	1 000	2 528	1 100	250	720	880	270	80	210	200	45	M36	65																																				
		2 900	2 200																																														
	1 400	800	2 050											1 600	2 474	1 125	250	120	—	480	570	170	63	137	130	32	37	4 × M8 × 1																					
															2 750	2 250																																	
															1 000	2 474													1 125	200	105	520	640	200	60	158	150	36	43										
2 750																2 250																																	
800		2 489		1 125	300	220	120	570	700	220	70	179	170		40	46																																	
		2 750		2 250																																													
1 000		2 489		1 125																									350											240	140	640	780	240	75	200	190	45	60
		2 750		2 250																																													
800		2 560	1 135	250										720			880	270	80	210	200	45	M36	65																									
		2 870	2 270																																														
1 000		2 560	1 135																						250	720	880	270		80	210	200	45	M36	65														
		2 870	2 270																																														
800	2 100	1 600	2 728		1 200	350	240	140	640	780	240	75	200		190	45																				60													
			3 100		2 400																																												
			1 000		2 728																								1 200								250	720	880	270	80	210	200	45	M36	65			
					3 100																								2 400																				
			800	2 733	1 200									250			720	880	270	80	210	200	45	M36					65																				
				3 100	2 400																																												

超星浏览器提醒您  
使用本复制品  
者尊重相关知识产权!

表 28.2-12 改向滚筒技术规格



带宽 $B/mm$	许用合力 $F/kN$	滚径 $D/mm$	轴承型号	尺寸/mm										$n/d_s$	光面		胶面									
				$A$	$L$	$L_1$	$Q$	$P$	$H$	$h$	$M$	$N$	$d_s$		$C$	转动惯量 $J/kg \cdot m^2$	质量 $m/kg$	转动惯量 $J/kg \cdot m^2$	质量 $m/kg$							
500	9	250	1 310	850	600	945	260	320	90	33	70	—	M16	14	$2 \times M8 \times 1$	0.5	102									
	10	315														1.3	116									
	23	400														3	135	3.5	147							
	28	500	1 312			953	280	340	100				18			3	166	3.5	177							
	49					1 316	959	350	410				120			M20	22	5	187	6	201					
650	8	250	1 310	1 000	750	1 095	260	320	90	46	80	—	M16	26	$4 \times M8 \times 1$	0.8	117									
	16	315	1 312													1 103	280	340	100	18	1.5	133				
	20	400	1 316													1 109	350	410	120	M20	22	1.8	166			
	26	315	3 520			1 129	380	460	135				46			80	—	M24	26	$4 \times M8 \times 1$	3	189	3.5	203		
	32	400																			3.3	251	3.8	265		
	40	500	3 524			1 050	1 189	440	530				155			46	110	—	32	$4 \times M8 \times 1$	6.5	278	7.8	296		
	46	400																			3.5	332	4	346		
	59	500																			6.5	368	7.8	386		
	70	630																								
	800	6	250			1 310	1 250	950	1 345				260			320	90	33	70	—	M16	26	$2 \times M8 \times 1$	0.8	136	
12		315	1 312	1 353	280	340				100	18	1.5		200												
20		400	1 316	1 359	350	410			120	M20	22	$4 \times M8 \times 1$	1.8	260												
4.5													288	4.8	306											

续表 28.2-12

带宽 B/mm	许用 合力 F/kN	滚径 D/mm	轴承 型号	尺寸 / mm											n × d <sub>s</sub>	光 面		胶 面									
				A	L	L <sub>1</sub>	Q	P	H	h	M	N	d <sub>s</sub>	C		转动 惯量 J/ kg·m <sup>2</sup>	质量 m/kg	转动 惯量 J/ kg·m <sup>2</sup>	质量 m/kg								
800	32	400	3 520	1 300	950	1 429	380	460	135		46	80				26	n × d <sub>s</sub>	4.8	360	5	487						
	40	500																7.8	412	9.8	434						
	50	630																19.5	472	23.5	560						
	47	400	3 524			1 400	1 439	440	530	155		110	46	120			37	n × d <sub>s</sub>	5.5	509	6.3	527					
	56	500																	7.8	560	9.3	582					
	73	630																	24.3	690	49.5	719					
	90	800	3 528			1 400	1 449	480	570	170	63	120	46	220	120		46	n × d <sub>s</sub>	49.8	780	57.3	823					
	100	630																	27.8	855	30.8	883					
	126	800																	54.8	942	61.8	976					
	1 000	170	630			3 532	1 500	1 150	1 579	520	640	200	60	200	105	M30	43	n × d <sub>s</sub>	30	1 080	33	1 108					
			800																60.5	1 200	67.5	1 243					
		240	1 000			3 536			1 600	1 601	570	700	220	70	220	120				46	4 × M10 × 1	125.3	1 413	140	1 487		
		250	800																			61.8	1 469	68.8	1 533		
		330	1 000																			126.5	1 675	140.3	1 755		
6		250	1 310	1 450	1 545	260			320	90						M16	14		2 × M8 × 1	1		156					
			11																	1 312		1 553	280	340	100	33	70
18		315	1 316	1 450	1 559	350			410	120						M20	22			4 × M8 × 1		2	296				
			29																			400	5	328	6	350	
35		500	3 520	1 500	1 629	380			460	135	46	80				M24	26					4 × M10 × 1	5	427	6	445	
43		630																					11.5	472	13.3	500	
45		400																					23	546	26.5	567	
45		500	3 524	1 500	1 639	440			530	155	46	110				M24	32						4 × M8 × 1	7.3	567	8.3	589
																								64	630	9.5	624
79	800	3 528	1 500	1 649	480	570	170	63	120					37	4 × M10 × 1	29.8	753	33.3						797			
75	500															58.3	864	67						916			
87	630															8.5	804	9.8			831						
110	800	3 528	1 500	1 649	480	570	170	63	120					37		4 × M10 × 1	32.5	940			36			975			
																	130	1 000			64.3			1 042	73	1 094	
168	630	3 532	1 600	1 579	520	640	200	60	200	105	M30	43	4 × M10 × 1	131.5			1 214	150.8	1 280								
														200			1 000	10	1 180		38.5			1 214			
220	800	3 536	1 600	1 801	570	700	220	70	220	120				46			4 × M10 × 1	73.3	1 313	81.8	1 365						
290	1 000																	151.5	1 542	168.3	1 607						
387	1 000																	3 540	1 650	1 906	640	780		240	75	240	
429	1 000	3 544	1 916	720	880	270	80	250	140	60	153.3	1 830		170				1 886									
																				198.5	2 440	215.3		2 510			
																					215.8	2 818	232.5	2 884			

超星浏览器提醒您：  
使用本软件时，请尊重知识版权。



续表 28.2-12

带宽 B/mm	许用 合力 F/kN	滚径 D/mm	轴承 型号	尺寸/mm											n·d、 kg·m <sup>2</sup>	光 面		胶 面															
				A	L	L <sub>1</sub>	Q	P	H	h	M	N	d、	C		转动 惯量 kg·m <sup>2</sup>	质量 m/kg	转动 惯量 kg·m <sup>2</sup>	质量 m/kg														
1 200	6	250	1 310	1 700	1 400	1 795	260	320	90	33	70	—	M16	14	2×M8×1	1.3	181																
	11	315	1 312			1 803	280	340	100					18		1.8	255																
	17		1 316			1 809	350	410	120					22		2	341																
	26	400	3 520			1 750	1 400	1 879	380					460		135	80	—	M24	26	4×M8×1			7	556								
	30																					500	1 879	380	460	135	80	—	26			16.3	572
	37																					630											
	38	400	3 524	1 750	1 400	1 889	440	530	155	46	110	—	M24	32	4×M8×1			10	659														
	41	500														1 889	440	530	155	110	—	32			13.8	731							
	53	630																									38	893					
	64	800																									79.5	1 032					
	70	500	3 528	1 750	1 400	1 899	480	570	170	63	120	—	M30	37	4×M10×1			21	925														
	90	630														1 899	480	570	170	63	120	—	37			42.5	1 090						
	100	800																									87	1 229					
	134	1 000																									175.8	1 438					
	150	630	3 532	1 850	1 600	2 029	520	640	200	60	200	105	M30	43	4×M10×1			46.8	1 334														
	800	2 029														520	640	200	60	200	105	M30	43			99.5	1 507						
	1 000																										204.8	1 770					
	200	800	3 536	1 900	1 600	2 051	570	700	220	70	220	120	M36	46	4×M10×1			101.3	1 824														
1 000	2 051	570														700	220	70	220	120	46			207	2 086								
230	800	3 540	1 900	1 600	2 156	640	780	240	75	240	140	M36	65	4×M10×1			118.3	2 309															
315	2 156														640	780	240	75	240	140	65			262	2 711								
391	1 000	3 544	1 900	1 600	2 166	720	880	270	80	250	M36	75	4×M10×1			283	3 068																
437	2 166													720	880	270	80	250	M36	75			291	3 510									
1 400	17	315	1 316	1 900	1 600	2 009	350	410	120	33	70	—	M20	22	2×M8×1	2.3	356																
		400														2 009	350	410	120	33	70	—	M20	22	2×M8×1	6.8	398	8	429				
	25	400	3 520	1 950	1 600	2 079	380	460	135	80	—	M24	26	4×M8×1			8	560															
		500													2 079	380	460	135	80	—	26			18.5	629								
	40	400	3 524	1 950	1 600	2 089	440	530	155	46	110	—	M24	32	4×M8×1			11.5	729														
50	500	2 089														440	530	155	46	110	—	32			15.8	809							
	630																42.8	971															

续表 28.2-12

带宽 B/mm	许用 合力 F/kN	滚径 D/mm	轴承 型号	尺寸/mm											$n \times d_s$	光 面		胶 面		
				A	L	$L_1$	Q	P	H	h	M	N	$d_s$	C		转动 惯量 J/ kg·m <sup>2</sup>	质量 m/kg	转动 惯量 J/ kg·m <sup>2</sup>	质量 m/kg	
1 400	50	800	3 524	1 950		2 089	440	530	155	46	110	—	M24	32	$4 \times M8 \times 1$		89.3	1 124		
	66	500	3 528	2 050													24	1 009		
	90	630															48	1 197		
	94	800			2 199	480	570	170	63	120	—						98.3	1 350		
	100	1 000															198	1 580		
	120	630	3 532	1 600														53.5	1 439	
	150	800			2 299	520	640	200	60	200	105	M30	43				113.8	1 628		
		1 000																234	1 910	
	186	800	3 536																115.8	1 970
	236	1 000		2 251	570	700	220	70	220	120						46	236.5	2 253		
	214	800	3 540																135.3	2 403
	331			2 356	640	780	240	75	240							60	299.5	2 820		
	361	1 000	3 544	2 100															300	3 333
	400		3 548																323.8	3 748
427	3 552																375.5	4 118		

1.4 托辊

托辊的参数:

- 托辊直径与带宽见表 28.2-13。
- 承载分支托辊间距见表 28.2-14, 回程分支托辊间距一般采用 2.4~3 m。
- 头部滚筒中心线至第一组槽形托辊最小

距离 A 见图 28.2-2 和表 28.2-15。

4) 托辊种类见表 28.2-16, 各种类型托辊见表 28.2-17~表 28.2-20。

DT II 型托辊共有 20 多种类型, 在此只介绍最常用的 4 种类型, 见表 28.2-17~表 28.2-20。表 28.2-21 与表 28.2-22 为托辊中的主要零件儿子的尺寸参数。

表 28.2-13 托辊直径与带宽 (mm)

辊径	带宽 B										
	500	650	800	1 000	1 200	1 400	1 600	1 800	2 000	2 200	2 400
89	✓	✓	✓								
108		✓	✓	✓	✓	✓					
133			✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		
159			✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
194							✓	✓	✓	✓	✓
219										✓	✓

注: 黑框内已有相应的部件系列图。

表 28.2-14 承载分支托辊间距

松散密度 $\rho/\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$	带 宽 $B/\text{mm}$		
	500、650	800、1000	1200、1400
托 辊 间 距 $l/\text{mm}$			
$\leq 1600$	1200	1200	1200
$> 1600$	1000	1000	1000

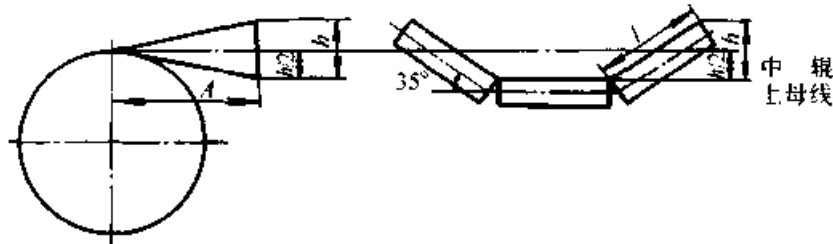


图 28.2-2 头部滚筒与第一组托辊示意图

表 28.2-15 推荐的最小距离 A

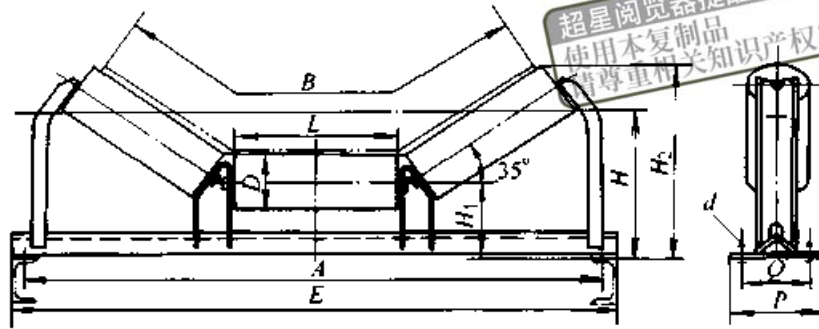
额定张力/%	带 型	
	各种帆布输送带	钢绳芯输送带
$> 90$	1.6B	3.4B
60~90	1.3B	2.6B
$< 60$	1.0B	1.8B

表 28.2-16 托辊种类

承 载 托 辊	槽型托辊		槽形前倾托辊	过渡托辊			缓冲托辊		调心托辊		平行托辊	
	35°	45°	35°	10°	20°	30°	固定式		摩擦上调心辊	锥形上调心辊	摩擦上平调心辊	平行上托辊
							35°	45°				
代码	01	02	03	04	05	06	07	08	11	12	13	14
回 程 托 辊	平行下托辊		平行梳形托辊		V形托辊	V形前倾托辊	V形梳形托辊	摩擦下调心辊	反V形托辊	锥形下调心辊	螺旋托辊	
	一节	二节	一节	二节	10°	10°	10°	二节		10°	一节	二节
代码	21	—	23	—	25	26	27	28	29	30	31	—

表 28.2-17 槽形托辊 (35°)

(mm)

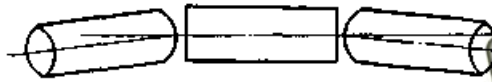
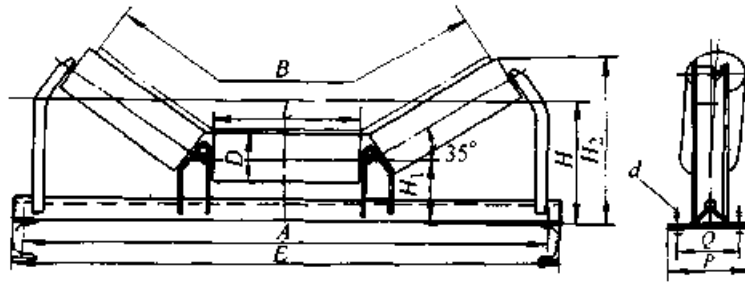


说明: 与中间架连接的紧固件包括在本装配图内。

带宽 B	辊子			尺寸								质量 m/kg				
	D	L	轴承	A	E	H <sub>1</sub>	H	H <sub>2</sub>	P	Q	d					
500	89	200	6204/C4	740	800	135.5	220	300	170	130	M12	15.3				
650		250		890	950		235	329				16.6				
800	108	315		1090	1150		146	270				385	21.5			
				6205/C4	159	300	437	24.3								
1000	133	380	6205/C4	1290	1350	173.5	325	462	220	170	M16	26.2				
			6305/C4									37.6				
	6205/C4		38.7													
	6305/C4		43.5													
1200	108	465	6205/C4	1540	1600	190.5	360	528	260	200	M16	50.1				
			6305/C4									176	335	503	51.2	
			6306/C4									55.1				
			6205/C4									57.5				
	159		133			6305/C4	190.5	360				528	260	200	M16	58.6
						6306/C4	63.8									
						6205/C4	65.1									
						6305/C4	207.5	390				557	66.4			
1400	108	530	6306/C4	1740	1800	198.5	380	573	280	220	M16	71.6				
			6305/C4									184	350	548	56.6	
	133		6305/C4			198.5	380	573				280	220	M16	68.8	
			6306/C4			215.5	410	603				74.8				
	159		133			6305/C4	198.5	380				573	280	220	M16	64.9
						6306/C4	215.5	410				603	78.3			
159	133	6305/C4	198.5	380	573	280	220	M16	74.8							
		6306/C4	215.5	410	603	280	220	M16	86.9							

表 28.2-18 槽形前倾托辊 (35°)

(mm)



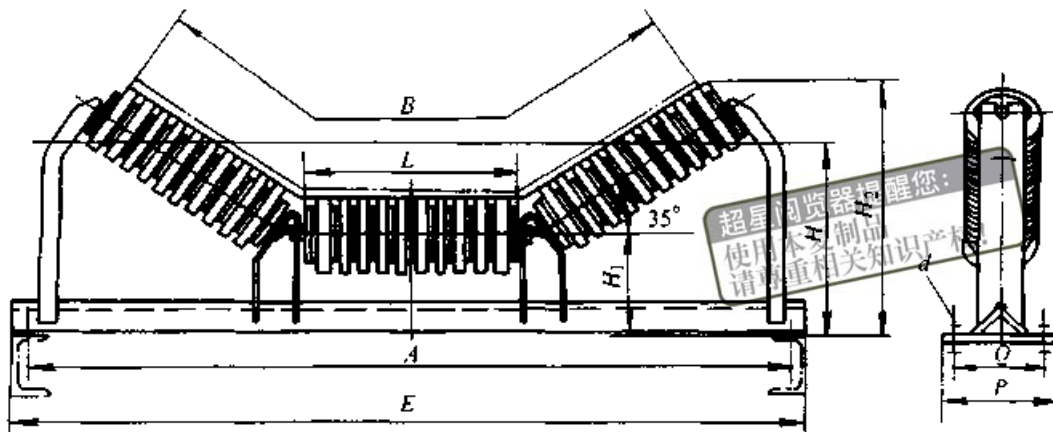
提醒您：  
使用本复制品  
请尊重相关知识产权！

说明：与中间架连接的紧固件包括在本装配图内。

带宽 B	辊子			尺寸									质量 m/kg											
	D	L	轴承	A	E	H <sub>1</sub>	H	H <sub>2</sub>	ε	P	Q	d												
500	89	200	6204/C4	740	800	135.5	220	300	1°30'				15.3											
650	89	250	6204/C4	890	950	135.5	235	329	1°26'				16.6											
800	89	315	6204/C4	1 090	1 150	135.5	245	366	1°20'	170	130	M12	21.5											
	6204/C4		146			270	385	24.3																
	6205/C4							26.1																
1 000	108	380	6205/C4	1 290	1 350	159	300	437	1°23'	220	170	M16	37.6											
	6305/C4							38.7																
	6205/C4		173.5			325	462						43.9											
	6305/C4							45.0																
1 200	108	465	6205/C4	1 540	1 600	176	335	503	1°23'	260	200	M16	50.1											
			6305/C4													51.2								
			6306/C4													55.1								
	6205/C4		133			465	1 540	1 600					190.5	360	528	1°23'	260	200	M16	57.5				
	6305/C4																						58.6	
	6306/C4																						63.8	
	159		159			465	6205/C4	1 540					1 600	207.5	390	557	1°22'	260	200	M16	65.1			
							6305/C4																	66.4
							6306/C4																	71.6
1 400	108	530	6305/C4	1 740	1 800	184	350	548	1°25'	280	220	M16	56.5											
			6306/C4			184		548					67.7											
	133		530			6305/C4	1 740	1 800					198.5	380	573	1°25'	280	220	M16	73.9				
						6306/C4							198.5		573					78.3				
	159		159			530	6305/C4	1 740					1 800	217.5	410	603	1°25'	280	220	M16	74.8			
							6306/C4							215.5		603					86.9			

表 28.2-19 缓冲托辊 (35°)

(mm)

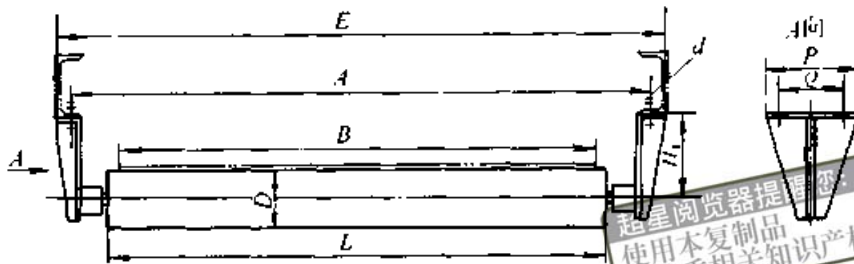


说明: 与中间架连接的紧固件包括在本装配图中。

带宽 $B$	辊子			尺寸								质量 $m/kg$
	$D$	$L$	轴承	$A$	$E$	$H_1$	$H$	$H_2$	$P$	$Q$	$d$	
500	89	200	6204/C4	740	800	135.5	220	300	170	130	M12	17.5
650	89	250	6204/C4	890	950	135.5	235	329	170	130	M12	21.0
800	89	315	6204/C4	1 090	1 150	135.5	245	366	170	130	M12	27.7
	108		6205/C4			146	270	385				35.3
1 000	108	380	6305/C4	1 290	1 350	159	300	437	220	170	M16	49.4
	133		6306/C4			173.5	325	462				61.1
1 200	108	465	6305/C4	1 540	1 600	176	335	503	260	200	M16	66.4
	133		6306/C4			190.5	360	528				77.1
	159		6306/C4			207.5	390	557				88.5
	159		6308/C4			207.5	390	557				99.6
1 400	108	530	6305/C4	1 740	1 800	184	350	548	280	220	M16	76.1
	133		6306/C4			198.5	380	573				96.2
	159		6306/C4			215.5	410	603				107.8
	159		6308/C4			215.5	410	603				111.1

表 28.2-20 平行下托辊

(mm)



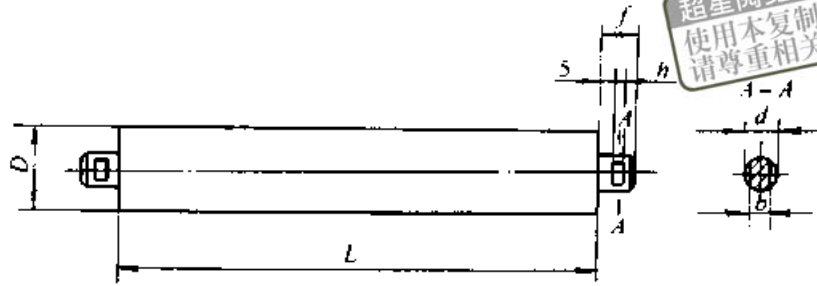
超星浏览器提醒  
使用本复制品  
请尊重相关知识产权!

说明：与中间架连接的紧固件包括在本装配图内。

带宽 B	辊子			尺寸						质量 m/kg						
	D	L	轴承	E	A	H <sub>1</sub>	P	Q	d							
500	89	600	6204/C4	792	740	100	145	90	M12	10.4						
650		750		942	890					11.8						
800	108	950	6204/C4	1142	1090	154	145	90	M12	14.3						
										6205/C4	15.8					
										6305/C4	17.8					
1000	133	1150	6205/C4	1342	1290	176.5	150	90	M16	19.2						
			6305/C4							20.8						
			6205/C4							25.7						
			6305/C4							26.1						
1200	108	1400	6205/C4	1592	1540	186.5	150	90	M16	20.7						
			6305/C4							23.6						
			6306/C4							26.6						
	133		6205/C4							1592	1540	186.5	150	90	M16	30.0
			6305/C4													30.3
			6306/C4													32.1
			6205/C4													36.6
1400	108	1600	6305/C4	1800	1740	196.5	150	90	M16	37.0						
			6306/C4							40.5						
	133		6305/C4							1800	1740	196.5	150	90	M16	19.8
			6306/C4													29.6
			6305/C4													33.9
159	6306/C4	1800	1740	196.5	150	90	M16	36.8								
	6305/C4							41.5								
6306/C4	45.2															

表 28.2-21 普通辘子

(mm)



超星浏览器提醒您  
使用本复制品  
请尊重相关知识产权!

D	d	轴承型号	尺寸				旋转部分 质量 $m_1$ /kg	质量 $m$ /kg	
			L	b	h	f			
89	20	6204/C4	200	14	6	14	2.08	2.79	
			250				2.15	2.98	
			315				2.58	3.58	
			465				3.87	5.24	
			600				4.78	6.48	
			750				5.79	7.87	
			950				7.15	9.72	
	25	6205/C4	950	18	8	17	7.23	11.21	
108	20	6204/C4	315	14	6	14	3.46	4.46	
			465				4.7	6.07	
			950				8.71	11.27	
	25	6205/C4	315	18	8	17	3.53	5.07	
			380				4.07	5.86	
			465				4.77	6.89	
			600				5.89	8.53	
			700				6.72	9.74	
			950				8.74	12.77	
			1 150				8.4	13.99	
			1 400				10.03	15.62	
			6305/C4				380	4.19	6.23
							465	4.89	7.26
		530		5.43	8.05				
		600		6.01	8.9				
		700		6.84	10.11				
		800		7.67	11.32				
		950		8.91	13.14				
		30	6306/C4	1 150	22	8	17	10.56	15.57
				1 400				12.76	18.47
1 600	14.42			21.02					
465	5.35			8.57					
530	5.89			9.47					
133	25	6205/C4	800	18	8	17	8.12	13.2	
			1 400				13.08	21.49	
			1 600				14.73	24.26	
			380				6.04	7.84	



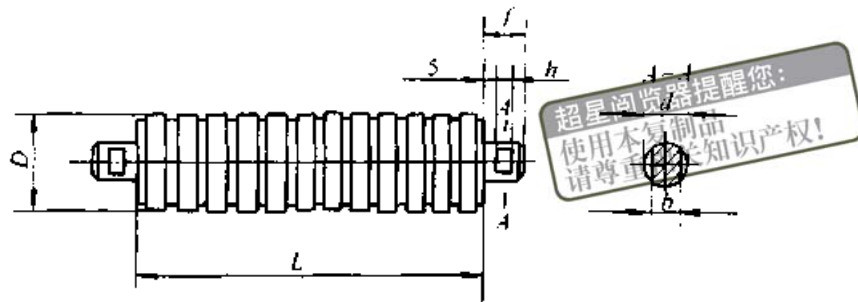
续表 28.2-21

D	d	轴承型号	尺寸				旋转部分 质量 $m_1$ /kg	质量 $m$ /kg
			L	b	h	f		
133	25	6205/C4	465	18	8	17	7.12	9.24
			600				8.84	11.48
			700				10.11	13.14
			1 150				15.80	20.60
			1 400				18.98	24.61
		6305/C4	380				6.3	8.21
			465				7.38	9.62
			530				8.21	10.7
			600				9.1	11.86
			700				10.37	13.51
	800		11.64	15.17				
	1 150		16.09	20.97				
	1 400		19.28	24.99				
	30	6306/C4	465	22			8.13	11.34
			530				8.96	12.54
			800				12.4	17.48
			1 400				18.35	26.75
			1 600				20.9	31.38
159	25	6205/C4	465	18	9.46	11.58		
			700		13.45	16.52		
			1 400		25.46	31.09		
		6305/C4	465		9.64	12.02		
			530		10.68	13.84		
			700		13.6	16.95		
			800		15.32	19.06		
			1 400		25.82	31.52		
	1 600	29.25	35.85					
	30	6306/C4	465	22	10.53	13.76		
			530		11.64	15.23		
			800		16.27	21.36		
			1 400		26.56	34.98		
			1 600		29.99	39.51		

超星浏览器提醒您：  
使用本复制品  
请尊重相关知识产权

表 28.2-22 缓冲辊子

(mm)



D	d	轴承型号	尺寸				旋转部分 质量 $m_1$ /kg	质量 $m$ /kg
			L	b	h	f		
89	20	6204/C4	200	14	6	14	2.82	3.53
			250				3.61	4.45
			315				4.64	5.64
108	25	6205/C4	380	18	8	17	5.71	6.75
		6305/C4	465				6.57	8.11
			530				7.9	9.81
			380				9.5	12.33
133	30	6306/C4	465	22	8	17	10.82	13.59
			530				11.72	15.77
			465				14.08	18.49
			530				15.34	19.39
159	40	6308/C4	465	32	8	17	17.76	22.17
			530				17.41	23.15
			20				20	26.39

## 1.5 带式输送机的设计与计算

带式输送机的计算方法采用了国际标准 ISO 5048 的方法。

在设计计算之前要求用户提供下列数据：使用地点及工作环境，例如，室内还是室外，空气潮湿还是干燥，风沙大小以及灰尘情况等；所运物料名称、块度、堆积密度、水分；所运物料的产量及运输距离、倾角、向上运输还是向下运输；装载和卸载情况；固定式还是移动式；还有无其他要求等。要求条件清楚后，才能进行设计与计算。

### 1.5.1 带宽的确定

带宽的确定取决于带速和生产率：

$$Q = AvK \quad (28.2-1)$$

式中  $Q$  ——生产率 ( $m^3/s$ )，由用户给出；  
 $v$  ——带速 ( $m/s$ )，由设计者自定；  
 $K$  ——运输机倾角影响系数，见图 28.2-3；  
 $A$  ——胶带上物料最大断面积 ( $m^2$ )。

由生产率公式可求出  $A$  值：

$$A = \frac{Q}{Kv} \quad (28.2-2)$$

根据  $A$  值查表 28.2-23 (三等长槽形托辊)

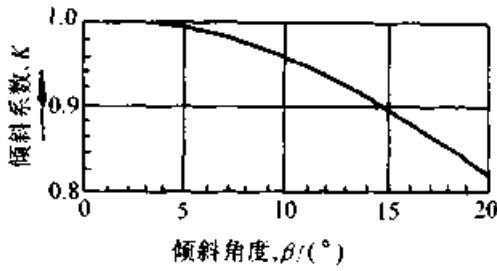


图 28.2-3 与倾角  $\beta$  成函数关系的系数  $K$  和表 28.2-24 (二等长槽形托辊), 即可求出带宽。

关于生产率  $Q$  的计算, 工程上都以  $t/h$  为单位, 而 ISO 则以  $m^3/s$  为单位, 因此要进行换算才能求出物料断面积  $A$ 。

由式 (28.2-2) 得

$$A = \frac{Q_e}{3600\rho K_v}$$

式中  $\rho$  —— 物料密度 ( $t/m^3$ );

$Q_e$  —— 工程法生产率 ( $t/h$ );

表 28.2-23 三等长槽形托辊的物料截面积 (m<sup>2</sup>)

带 宽 $B/mm$	堆积角 $\varphi/ (^{\circ})$	槽 角 $\alpha/ (^{\circ})$					
		20	25	30	35	40	45
500	0	0.009 8	0.012 0	0.013 9	0.015 7	0.017 3	0.018 6
	10	0.014 2	0.016 2	0.018 0	0.019 6	0.021 0	0.022 0
	20	0.018 7	0.020 6	0.022 2	0.023 6	0.024 7	0.025 6
	30	0.023 4	0.025 2	0.026 6	0.027 8	0.028 7	0.029 3
650	0	0.018 4	0.022 4	0.026 0	0.029 4	0.032 2	0.034 7
	10	0.026 2	0.029 9	0.033 2	0.036 2	0.038 6	0.040 7
	20	0.034 2	0.037 7	0.040 6	0.043 3	0.045 3	0.046 9
	30	0.042 7	0.045 9	0.048 4	0.050 7	0.052 3	0.053 4
800	0	0.027 9	0.034 4	0.040 2	0.045 4	0.050 0	0.054 0
	10	0.040 5	0.046 6	0.051 8	0.056 4	0.060 3	0.063 6
	20	0.053 5	0.059 1	0.063 8	0.067 2	0.071 0	0.073 6
	30	0.067 1	0.072 2	0.076 3	0.079 3	0.082 2	0.084 0
1 000	0	0.047 8	0.058 2	0.067 7	0.076 3	0.083 8	0.089 8
	10	0.067 4	0.077 1	0.085 7	0.093 3	0.099 8	0.105
	20	0.087 6	0.096 6	0.104	0.111	0.116	0.120
	30	0.109	0.117	0.124	0.129	0.134	0.136
1 200	0	0.070 0	0.085 3	0.099 2	0.112	0.123	0.132
	10	0.098 8	0.113	0.126	0.137	0.146	0.154
	20	0.129	0.142	0.153	0.163	0.171	0.176
	30	0.160	0.172	0.182	0.190	0.196	0.200
1 400	0	0.098 0	0.120	0.139	0.157	0.171	0.184
	10	0.138	0.158	0.175	0.191	0.204	0.214
	20	0.179	0.197	0.213	0.220	0.237	0.245
	30	0.221	0.238	0.253	0.264	0.272	0.277

续表 28.2-23

带 宽 B/mm	堆积角 $\varphi/ (^{\circ})$	槽 角 $\alpha/ (^{\circ})$					
		20	25	30	35	40	45
1 600	0	0.130	0.159	0.185	0.208	0.228	0.244
	10	0.182	0.209	0.233	0.253	0.270	0.283
	20	0.236	0.261	0.282	0.300	0.314	0.324
	30	0.293	0.315	0.334	0.349	0.360	0.366
1 800	0	0.167	0.203	0.237	0.266	0.292	0.313
	10	0.233	0.268	0.298	0.324	0.346	0.363
	20	0.302	0.334	0.361	0.334	0.401	0.414
	30	0.374	0.403	0.427	0.446	0.460	0.463
2 000	0	0.207	0.263	0.294	0.331	0.362	0.383
	10	0.290	0.332	0.370	0.403	0.429	0.450
	20	0.376	0.415	0.448	0.476	0.498	0.514
	30	0.465	0.501	0.530	0.554	0.571	0.581
2 200	0	0.257	0.311	0.363	0.408	0.446	0.478
	10	0.357	0.408	0.455	0.494	0.527	0.552
	20	0.461	0.508	0.549	0.584	0.610	0.629
	30	0.569	0.613	0.649	0.677	0.697	0.710
2 400	0	0.303	0.368	0.428	0.482	0.528	0.566
	10	0.423	0.484	0.539	0.586	0.625	0.655
	20	0.541	0.604	0.653	0.694	0.725	0.748
	30	0.677	0.729	0.772	0.806	0.830	0.845
2 600	0	0.306	0.489	0.510	0.573	0.628	0.672
	10	0.502	0.575	0.640	0.695	0.741	0.777
	20	0.648	0.716	0.774	0.822	0.859	0.885
	30	0.801	0.863	0.914	0.953	0.982	0.999
2 800	0	0.413	0.505	0.585	0.660	0.721	0.774
	10	0.578	0.663	0.737	0.808	0.855	0.897
	20	0.749	0.827	0.894	0.950	0.993	1.025
	30	0.928	0.998	1.063	1.140	1.137	1.158

表 28.2-24 二辊式槽形托辊的物料截面积 (m<sup>2</sup>)

带宽 B/mm	堆积角 φ/(°)	槽形带槽角 α/(°)			平带	带宽 B/mm	堆积角 φ/(°)	槽形带槽角 α/(°)			平带
		15	20	25				15	20	25	
300	0	—	—	—	—	800	20	0.052 4	0.059 4	0.064 7	0.026 5
	10	—	—	—	0.001 4		30	0.065 6	0.071 8	0.076 3	0.040 6
	20	—	—	—	0.002 9	1 000	0	0.044 8	0.057 9	0.069 0	—
	30	—	—	—	0.004 4		10	0.064 4	0.076 5	0.086 2	0.021 0
400	0	0.005 9	0.007 7	0.009 2	—	1 200	20	0.084 6	0.095 6	0.104	0.042 7
	10	0.008 5	0.010 2	0.011 5	0.002 8		30	0.106	0.116	0.123	0.065 3
	20	0.011 2	0.012 7	0.013 8	0.005 7	1 400	0	0.066 3	0.085 1	0.102	—
	30	0.014 0	0.015 4	0.016 3	0.008 7		10	0.095 0	0.112	0.127	0.030 8
500	0	0.010 0	0.012 9	0.015 4	—	1 600	20	0.125	0.140	0.153	0.062 6
	10	0.014 8	0.017 0	0.019 2	0.004 7		30	0.156	0.170	0.181	0.095 8
	20	0.018 8	0.021 2	0.023 2	0.009 4	1 400	0	—	—	—	—
	30	0.023 5	0.025 7	0.027 3	0.014 5		10	—	—	—	0.042 5
650	0	0.017 9	0.023 1	0.027 4	—	1 600	20	—	—	—	0.086 4
	10	0.025 7	0.030 4	0.034 2	0.008 3		30	—	—	—	0.132
	20	0.033 7	0.038 0	0.041 3	0.016 9	1 600	0	—	—	—	—
	30	0.042 1	0.045 9	0.048 6	0.025 9		10	—	—	—	0.056 0
800	0	0.027 7	0.036 0	0.042 9	—	1 600	20	—	—	—	0.114
	10	0.039 9	0.047 5	0.053 6	0.013 0		30	—	—	—	0.175

1.5.2 带式输送机运行阻力

带式输送机的运行总阻力由以下几种阻力组成：

- ①主要阻力  $F_H$ ；
- ②附加阻力  $F_N$ ；
- ③特种主要阻力  $F_{s1}$ ；
- ④特种附加阻力  $F_{s2}$ ；
- ⑤倾斜阻力  $F_{st}$ 。

这五种阻力不是每种带式输送机都有的，例如水平布置带式输送机倾斜阻力  $F_{st} = 0$ ，如果不选用前倾托辊和锯齿板，则  $F_{s1} = 0$ ，各种阻力计算方法如下：

(1) 主要阻力  $F_H$

主要阻力是发生在重段和空段托辊的旋转阻力，旋转阻力主要是发生在轴承和密封处的摩擦阻力，以及胶带压陷和物料松弛产生的阻力。

$$F_H = fLg[q'_p + q''_p + (2q_0 + q)\cos\beta] \quad (28.2-3)$$

式中  $f$  ——模拟摩擦系数，我国目前称为阻力系数。ISO 5048 给出的  $f$  值见表 28.2-25；

$L$  ——运输机长度 (m)；

$g$  ——重力加速度 ( $g = 9.81 \text{ m/s}^2$ )；

$q_0$  ——胶带每米质量 (kg/m)，见表

28.2-6 和表 28.2-4；

$\beta$  ——带式输送机倾角 (°)；

$q'_p$  ——上托辊旋转部分每米质量 (kg/m)；

$$q'_p = \frac{n_1 m}{l_1}$$

式中  $n_1$  ——一组上托辊辊子个数，一般  $n_1 = 3$ ；

$m$  ——一个辊子旋转部分质量 (kg)，见表 28.2-21~表 28.2-22；

$l_1$  ——上托辊间距 (m)，见表 28.2-14；

$q''_p$  ——下托辊旋转部分每米质量 (kg/m)；

$$q''_p = \frac{n_2 m}{l_2}$$

式中  $n_2$  ——一组下托辊辊子个数；

$m$  ——一个辊子旋转部分质量 (kg)；见表 28.2-21；

$q$  ——货载每米质量 (kg/m)，

$$q = \frac{Q_e}{3.6v}$$

式中  $Q_e$  ——工程生产率 (t/h)；

$v$  ——带速 (m/s)。

表 28.2-25 模拟摩擦系数

机 型	工 作 条 件	模拟摩擦系数 $f$
向上运输及水平运输	室内清洁干燥、设备质量良好	0.020
	湿度正常、灰尘不大、设备质量一般	0.025
	灰尘较多、输送摩擦较大的物料、设备质量较差	0.030
	湿度大、灰尘大、寒冷、使用条件恶劣、设备质量差	0.040
下 运	有载出现负功	0.012
	有载不出现负功或空载	与水平的相同

超星浏览器提醒你：  
使用本复制品  
请尊重相关知识产权！

(2) 附加阻力  $F_N$

附加阻力产生在加料区，为物料加速时的惯性和摩擦力。摩擦力产生在导料槽与胶带间的摩擦和从动滚轴承处的摩擦，以及胶带在滚筒上缠绕产生的弯曲阻力，即曲线段阻力。

在国际标准计算中，把附加阻力划到主要阻力当中是为了计算方法简便，也不会产生严重错误。因为对于长距离带式输送机（超过 80 m 以上），附加阻力明显地小于主要阻力。具体计算时是将主要阻力乘以系数  $C$ ，即：

$$F_H + F_N = CF_H$$

$$C = \frac{F_H + F_N}{F_H}$$

对于长距离运输机，附加阻力所占的比例很小，系数  $C \approx 1$ 。而对于短距离运输机，附加阻力所占比重却很大。系数  $C$  的选取见图 28.2-4。

从图 28.2-4 可以看出，当运输机长度  $L > 80$  m 时，系数  $C$  是稳定值；当运输机长度  $L < 80$  m 时，系数  $C$  不是稳定值，运输机愈短，系数  $C$  值变化愈大，这是因为附加阻力与主要阻力的比例过大所致。由于附加阻力随运输机长度而变化，当运输机长度大于 1 000 m 时，系数  $C$  值就变化很小了。把附加阻力划入主要阻力后，  

$$F_N + F_H = CF_H = CLfg[q'_p + q''_p + (2q_0 + q)\cos\beta]$$
 (28.2-4)

(3) 特种主要阻力  $F_{sl}$

特种主要阻力包括托辊前倾产生的阻力和物料与裙板间产生的摩擦阻力。该阻力计算公式如下：

$$F_{sl} = F_0 + F_p \quad (28.2-5)$$

式中  $F_0$  ——托辊前倾阻力 (N)；

$F_p$  ——物料与裙板间产生的摩擦阻力 (N)。

三等长上托辊的前倾阻力

$$F_0 = C_0 \mu_0 L_0 g (q_0 + q) \cos\beta \sin\theta$$

式中  $C_0$  ——托辊槽型角系数，

对槽角  $\alpha = 30^\circ$ ，取  $C_0 = 0.4$ ，

对槽角  $\alpha = 45^\circ$ ，取  $C_0 = 0.5$ ；

$\mu_0$  ——承载上托辊与胶带间的摩擦系数，一般取  $\mu_0 = 0.3 - 0.4$ ；

$L_0$  ——前倾托辊的设备长度 (m)；

$\theta$  ——托辊轴线相对于垂直胶带纵向轴线平面的前倾角。

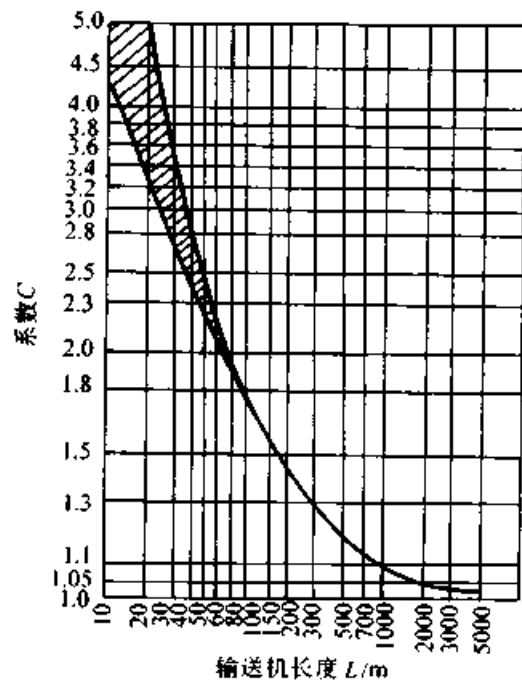


图 28.2-4 与  $L$  成函数关系的系数  $C$

二等长下托辊的前倾阻力

$$F_0 = \mu_0 L_0 q_0 g \cos \alpha \cos \beta \sin \theta$$

式中  $\alpha$  ——托辊槽角, 其他符号同前。

$F_p$  的计算公式如下:

$$F_p = \frac{\mu_2 Q^2 \rho K l}{v^2 b_1^2}$$

式中  $\mu_2$  ——物料与裙板间的摩擦系数, 一般取  $\mu_2 = 0.5 \sim 0.7$ ;

$Q$  ——生产率 ( $m^3/s$ );

$l$  ——装有裙板的设备长度 (m);

$b_1$  ——裙板内宽度 (m);

其余符号同前。

特种主要阻力只有采用前倾托辊和裙板时才有。

(4) 特种附加阻力  $F_{s2}$

$$F_{s2} = F_r + F_a \quad (28.2-6)$$

式中  $F_r$  ——清扫器的摩擦阻力 (N);

$F_a$  ——犁式卸料器的摩擦阻力 (N)。

$$F_r = A p \mu_3$$

式中  $A$  ——清扫器与胶带接触面积 ( $m^2$ );

$p$  ——清扫器与胶带的压力, 一般设计时取  $p = 30 \sim 100$  kPa;

$\mu_3$  ——胶带与清扫器间的摩擦系数, 按摩擦材料来取。

$$F_a = B K_a$$

式中  $B$  ——带宽 (m);

$K_a$  ——刮板系数, 一般取  $K_a = 1.5$  kPa;

特种附加阻力是设清扫器和卸料器时才有。

(5) 倾斜阻力  $F_{s1}$

$$F_{s1} = L g q \sin \beta \quad (28.2-7)$$

符号同前。

上述5项阻力都需要驱动滚筒圆周力来克服, 所以, 又称为驱动滚筒圆周力  $F_u$ 。

$$\begin{aligned} F_u &= F_H + F_N + F_{s1} + F_{s2} + F_{s3} \\ &= C L f g (q''_0 + q''_p + (2q_0 + q) \cos \beta) + F_{s1} \\ &\quad + F_{s2} + F_{s3} \end{aligned}$$

为了保证驱动滚筒上能传递圆周力  $F_u$ , 必须使胶带有一定初张力  $F_2$ 。在已知  $F_u$  的情况下, 求绕入端张力  $F_1$  和  $F_2$  的公式如下:

$$F_1 = \frac{e^{\mu \alpha}}{e^{\mu \alpha} - 1} F_u \quad (28.2-8)$$

$$F_2 = \frac{1}{e^{\mu \alpha} - 1} F_u \quad (28.2-9)$$

式中  $F_1$  ——绕入端张力 (N);

$F_2$  ——绕出端张力 (N);

$\alpha$  ——围包角 (rad);

$\mu$  ——驱动滚筒与胶带间的摩擦系数, 按表 28.2-26 选取。

表 28.2-26 驱动滚筒和橡胶带之间的摩擦系数

运行条件	光滑裸露的钢滚筒	带人字形沟槽的橡胶覆盖面	带人字形沟槽的聚酸脂肪酸脂覆盖面	带人字形沟槽的陶瓷覆盖面
干态运行	0.35~0.4	0.4~0.45	0.35~0.4	0.4~0.45
清洁湿态(有水)运行	0.1	0.35	0.35	0.35~0.4
污浊湿态(泥土)运行	0.05~0.1	0.25~0.3	0.2	0.35

以上是根据驱动滚筒圆周力  $F_u$  求出的胶带张力  $F_1$  和  $F_2$ , 但不能满足起动条件, 因起动时要克服运动件的惯性力, 所以起动时要比正常运转时胶带张力大许多。另外有时会出现超载和意外载荷, 胶带张力也会增大, 所以应有一定的储备能力, 使滚筒与胶带不打滑。此时绕入端最大张力为

$$F_{1max} = \left( \frac{\zeta}{e^{\mu \alpha} - 1} + 1 \right) F_u \quad (28.2-10)$$

式中  $\zeta$  ——起动系数, 一般设计时取  $\zeta = 1.2 \sim 2.0$ 。

绕出端的最小张力为:

$$F_{2min} = \frac{F_{1max}}{e^{\mu \alpha}} \quad (28.2-11)$$

此  $F_{2min}$  不一定是运输机的最小张力点, 而与运输机布置情况和倾角大小有关。如果要使  $F_{2min}$  是运输机最小张力点, 则还要满足垂度要求; 如果满足不了垂度要求, 则由垂度要求来确定  $F_{2min}$ , 再反求最大张力  $F_{1max}$ 。

为了计算方便, 令  $e^{\mu \alpha} = k_1$ ,  $\frac{e^{\mu \alpha}}{e^{\mu \alpha} - 1} = k_2$ ,

$\frac{1}{e^{\mu \alpha} - 1} = k_3$ , 见表 28.2-27。

表 28.2-27  $k_1, k_2, k_3$  数值表

胶面滚筒 传动情况	$\mu$	系数	胶带绕传动滚筒围包角 $\alpha / (^\circ)$								
			170	180	190	200	210	220	370	400	480
较 粘 污	0.2	$k_1$	1.87	1.88	1.94	2.01	2.08	2.16	3.64	4.08	7.60
		$k_2$	2.24	2.14	2.06	1.99	1.93	1.86	1.38	1.33	1.15
		$k_3$	1.24	1.14	1.06	0.99	0.93	0.86	0.38	0.33	0.15
湿 粘 污	0.25	$k_1$	2.11	2.20	2.30	2.40	2.50	2.62	5.04	5.75	12.6
		$k_2$	1.90	1.83	1.77	1.72	1.67	1.62	1.25	1.21	1.09
		$k_3$	0.90	0.83	0.77	0.72	0.67	0.62	0.25	0.21	0.09
粘 污	0.30	$k_1$	2.44	2.57	2.70	2.85	3.00	3.16	6.95	8.10	20.9
		$k_2$	1.70	1.64	1.59	1.54	1.50	1.46	1.17	1.14	1.05
		$k_3$	0.70	0.64	0.59	0.54	0.50	0.46	0.17	0.14	0.05
干	0.35	$k_1$	2.83	3.00	3.20	3.40	3.62	3.84	9.6	11.6	35.0
		$k_2$	1.55	1.50	1.45	1.42	1.38	1.35	1.12	1.09	1.03
		$k_3$	0.55	0.50	0.45	0.42	0.38	0.35	0.12	0.09	0.08
干 清 洁	0.40	$k_1$	3.28	3.51	3.78	4.05	4.33	4.65	13.3	16.3	57.6
		$k_2$	1.44	1.40	1.36	1.33	1.30	1.27	1.08	1.07	1.02
		$k_3$	0.44	0.40	0.36	0.33	0.30	0.27	0.08	0.07	0.02

## 1.5.3 各点张力计算

计算方法都是以向上运输来进行的(包括水平运输)。向上运输的输送机受力简图见图 28.2-5。

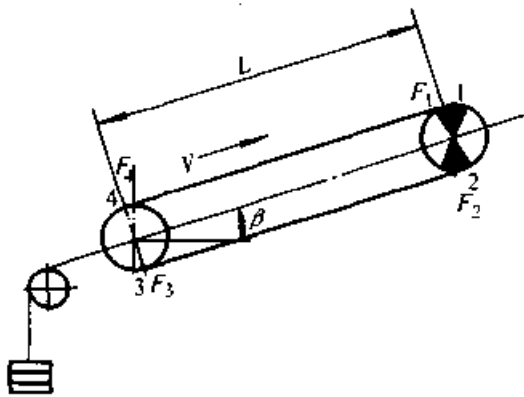


图 28.2-5 输送机各点受力简图

从式 (28.2-10) 和式 (28.2-11) 可求得 1 点张力  $F_1$  和 2 点张力  $F_2$ ，现再求 3 点张力  $F_3$  和 4 点张力  $F_4$ 。

$$F_3 = F_2 + Lfgq_0 \cos \beta + Lfq''_p - q_0 L \sin \beta \quad (28.2-12)$$

$$F_4 = F_1 - [Lfg(q + q_0) \cos \beta + Lfq'_p g +$$

$$Lg(q + q_0) \sin \beta] \quad (28.2-13)$$

式中所有符号同前。

一般拉紧装置都放在尾部，只有垂直拉紧装置有可能放在头部或中间部位。

如尾部拉紧，则拉紧力  $F_w$  为

$$F_w = 2F_3 \quad \text{或} \quad F_w = 2F_4 \quad (28.2-14)$$

此时要看  $F_3$  和  $F_4$  两者哪个大，取大者作为拉紧力。

如头部拉紧，则拉紧力  $F'_w$  为：

$$F'_w = 2F_2 \quad (28.2-15)$$

## 1.5.4 输送带强度和挠度计算

## (1) 输送带的强度计算

对帆布层的普通输送带计算其层数

$$Z \geq \frac{F_1 n}{B \sigma} \quad (28.2-16)$$

式中  $Z$  ——输送带层数；

$F_1$  ——稳定工作情况下输送带最大张力 (N)；

$B$  ——带宽 (mm)；

$\sigma$  ——输送带纵向每层扯断强度 (N/mm)，见表 28.2-3；

$n$  ——安全系数，按 DT II 型推荐值，对



棉帆布输送带  $n = 8 \sim 9$ ，对尼龙、  
聚酯帆布带  $n = 10 \sim 12$ 。

按式 (28.2-16) 也可验算张力

$$F_1 \leq \frac{B\sigma Z}{n} \quad (28.2-17)$$

对钢丝绳输送带要验算其纵向抗拉强度的  $\sigma$  值。

$$\sigma \geq \frac{nF_1}{B} \quad (28.2-18)$$

式中  $\sigma$  —— 钢丝绳芯输送带纵向抗拉强度 (N/mm)，见表 28.2-4；

$F_1$  —— 输送带稳定工况下最大张力(N)；

$B$  —— 带宽 (mm)；

$n$  —— 安全系数， $n = 7 \sim 9$ ，对可靠性要求高时，如载人或高炉上料要适当高于此值。对 st 4 000 以上输送带接头的疲劳强度不随静强度按比例提高，其安全系数由橡胶厂提供。

(2) 输送带挠度计算

可按式 (28.2-19) 和式 (28.2-20) 校对挠度。

重段

$$F_4 > 6.25g(q + q_0)l_1 \quad (28.2-19)$$

空段

$$F_2 > 6.25gq_0l_2 \quad (28.2-20)$$

$$F_3 > 6.25gq_0l_2 \quad (28.2-21)$$

所有符号同前。

1.5.5 带式输送机功率的计算

电动机所需功率

$$P_M = \frac{F_0 v}{\eta_m} \quad (28.2-22)$$

式中  $P_M$  —— 电动机所需功率 (kW)；

$v$  —— 带速 (m/s)；

$F_0$  —— 传动滚筒的圆周力 (kN)；

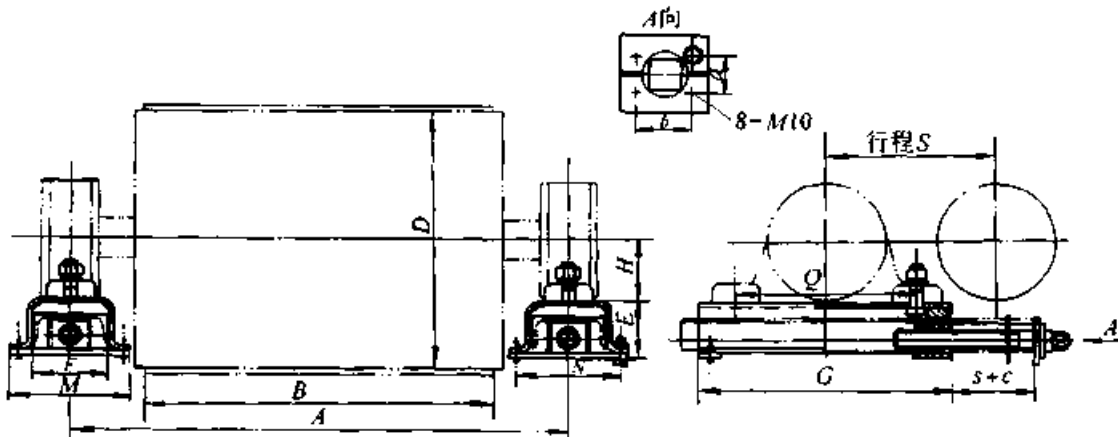
$\eta_m$  —— 传动效率，一般取  $\eta_m = 0.85 \sim 0.95$ 。

1.6 拉紧装置

1.6.1 螺旋拉紧装置

螺旋拉紧装置由于拉紧行程小，所以只适用于近距离输送机，一般机长小于 80 m。螺旋拉紧装置见表 28.2-28。

表 28.2-28 螺旋拉紧装置 (mm)



- 说明：1. 每种带宽有三种行程，即  $S = 500、800、1000$  mm，订货时应注明。
- 2. 本拉紧装置不包括改向滚筒。
- 3. 改向滚筒的紧固件包括在本装配图内。

尺寸													质量 $m/kg$		
B	D	A	H	E	F	M	N	Q	G	a	b	c	S300	S800	S1000
500	400	850	90	85	100	182	150	260	390	28	45	180	31.9	33.4	34.3
650		1 000	120					350	480				35.0	37.9	39.8
800		1 300	135					95	120				202	170	380
1 000	500	1 500	155	102	140	228	196	440	576	32	50	190	61.8	66.8	69.8
1 200		1 750		145	174	264	232						84.7	91.8	96.6
1 400		1 950		145	174	264	232						84.7	91.8	96.6

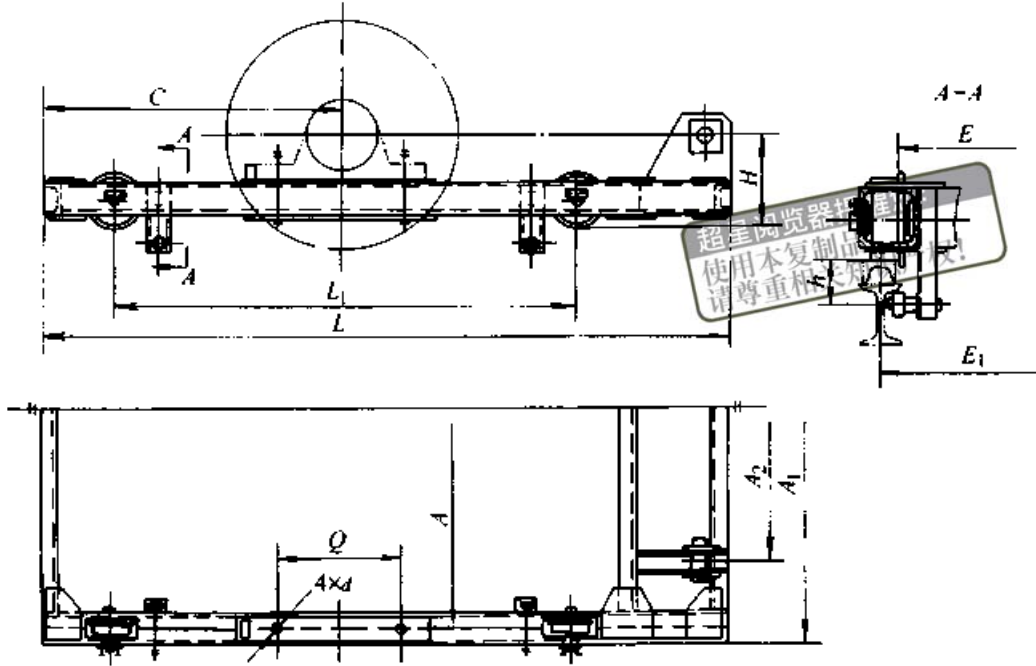
1.6.2 拉紧车

者根据拉紧力来确定。拉紧车见表 28.2-29。

拉紧车是用重锤拉紧的，重锤的质量由设计

表 28.2-29 拉紧车

(mm)



- 说明：1. 改向滚筒不包括在本装配图内。  
 2. 固定改向滚筒的紧固件包括在本装配图内。  
 3. 钢丝绳及紧固绳夹具不包括在本装配图内。

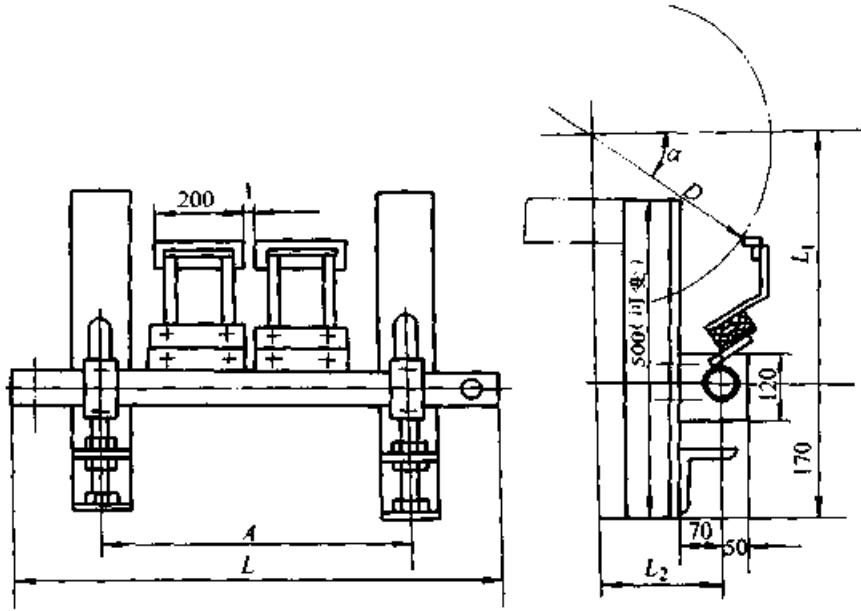
尺寸													质量
B	A	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	C	L	L <sub>1</sub>	H	h	E	E <sub>1</sub>	Q	d	m/kg
500	850	956	418	900	1 950	1 200	270	93	810	875	260	18	271
			280								259.5		
			350								258.8		
650	1 000	1 106	518	950	2 100	1 300	285	95	970	1 025	280	22	277.5
			521				350				272.3		
			528				380				272.3		
800	1 300	1 420	628	1 100	2 400	1 400	335	95	1 260	1 325	440	26	372.8
			632								380		368.2
1 000	1 500	1 620	828	1 100	2 400	1 400	352	95	1 470	1 525	380	33	395
			832								440		387.9
1 200	1 750	1 880	928	1 100	2 400	1 400	355	95	1 710	1 775	480	26	506.4
			932								380		517.1
			372								440		524.7
1 400	1 950	2 120	1 032	1 100	2 400	1 400	381	95	1 960	2 025	440	26	591.3
	2 050	2 220									480		33

1.7 清扫器

见表 28.2-30 和表 28.2-31。空段清扫器见表 28.2-32。

目前头部清扫器有 H 型和 P 型两种，分别

表 28.2-30 H 型清扫器 (mm)



$A = B_1 + 2 \times 35$   
 $B_1$ —漏斗宽度由用户自定

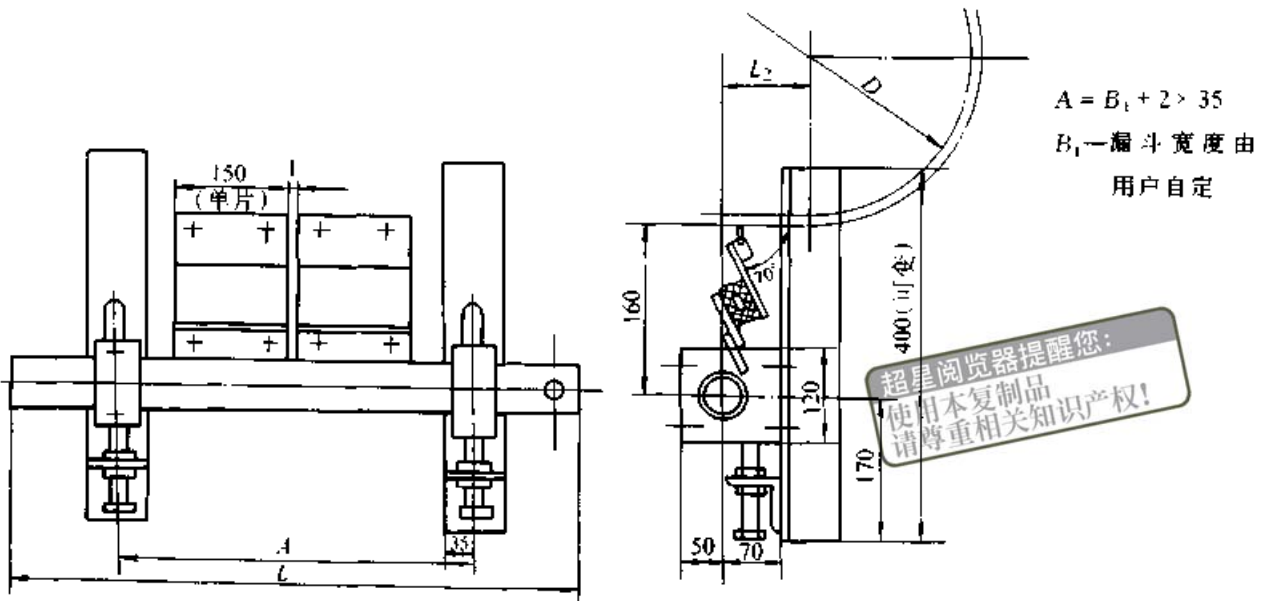
超星阅读器提醒您：  
 使用本复制品  
 请尊重相关知识产权！

尺寸					$\alpha / (^{\circ})$	尺寸					$\alpha / (^{\circ})$
B	D	L	$L_1$	$L_2$		B	D	L	$L_1$	$L_2$	
500	500	1 400	402	108	30	1 200	1 400	2 200	566	612	15
650	500	1 600	402	108		1 200	1 600		592	709	
	630		434	164		1 400	800	490	323		
800	500	1 800	402	108	15	1 400	1 000	515	418		
	630		434	164		1 400	1 250	548	540		
	800		490	323		1 400	1 400	566	612		
	1 000		515	418		1 600	1 600	592	702		
	1 250		548	540		1 600	1 000	515	418		
	1 400		566	612			1 250	548	540		
1 000	1 600	2 000	592	709	15	1 800	1 400	566	612		
	630		434	164			1 600	592	709		
	800		490	323			1 000	515	418		
	1 000		515	418			1 250	548	540		
	1 250		548	540			1 400	566	612		
1 200	1 400	2 200	566	612	15	2 000	1 600	592	709		
	1 600		592	709			1 000	515	418		
	630		434	164			1 250	548	540		
	800		490	323			1 400	566	612		
	1 000		515	418			1 600	592	709		

注：本产品的生产厂为本溪市联合带式输送机清扫器厂。

表 28.2-31 P 型清扫器

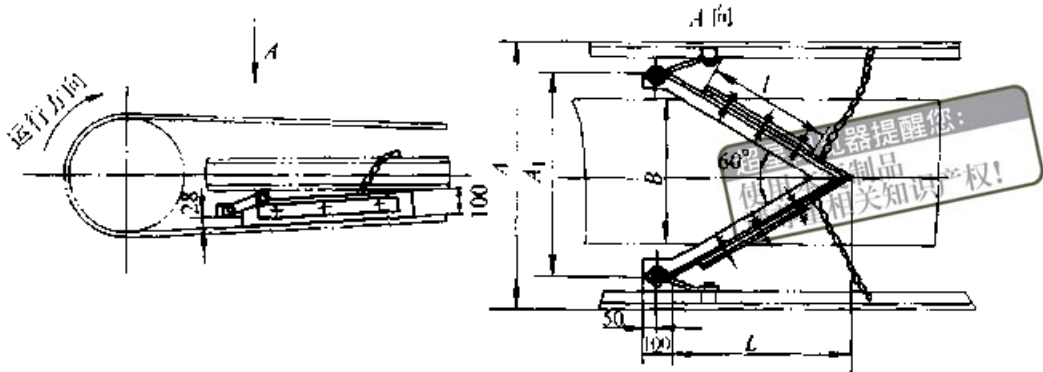
(mm)



B	D	L	B	D	L
500	500	1 400	1 200	1 400	2 200
650	500	1 600		1 600	
	630		1 400	800	2 400
800	500	1 000			
	630	1 250			
	800	1 400			
	1 000	1 600			
	1 250	1 600		1 600	
1 400	1 000				
1 600	1 250				
1 000	630	2 000	1 800	1 400	2 800
	800			1 600	
	1 000			1 000	
	1 250			1 250	
	1 400			1 400	
	1 600			1 600	
1 200	630	2 200	2 000	1 000	3 000
	800			1 250	
	1 000			1 400	
	1 250			1 600	
				1 800	

注：本产品生产厂为本溪市联合带式运输机清扫器厂。

表 28.2-32 空段清扫器 (mm)



说明：刮板的厚度均为 10 mm。

尺寸					质量 $m$ /kg
$B$	$A$	$A_1$	$L$	$l$	
500	800	620	537	430	15.2
650	950	770	667	580	17.9
800	1 150	970	840	770	22.3
1 000	1 350	1 170	1 013	980	24.0
1 200	1 600	1 420	1 230	1 220	27.8
1 400	1 810	1 630	1 412	1 430	30.9

## 2 气垫带式输送机

气垫带式输送机是将通用带式输送机的支承托辊去掉，改用设有气室的盘槽，由盘槽上的气孔喷出的气流在盘槽和输送带之间形成气膜，变通用带式输送机的接触支承成为气膜状态下的非接触支承，从而显著地减少了摩擦损耗。理论和实践表明：气垫带式输送机有效地克服了一般通用带式输送机的缺点，具有下述特性：

- 1) 气垫带式输送机的结构简单，运动部件特别少，它具有可靠的性能和较低的维修费用。
- 2) 物料在输送带上完全静止，减少了粉尘，

并降低或几乎消除了运行过程中的振动，有利于提高输送机的运行速度，其最高带速已达 8 m/s。

3) 在气垫带式输送机上，负载的输送带和盘槽的摩擦阻力实际上和带速无关，一台长距离的静止的负载气垫带式输送机只要形成气膜，不需要其他措施便能立即起动。

4) 气垫带式输送机采用箱形断面，其支承有良好的刚度和强度，且易于制造。

5) 不易跑偏。

### 2.1 气垫带式输送机工作原理

气垫带式输送机的结构原理如图 28.2-6 所

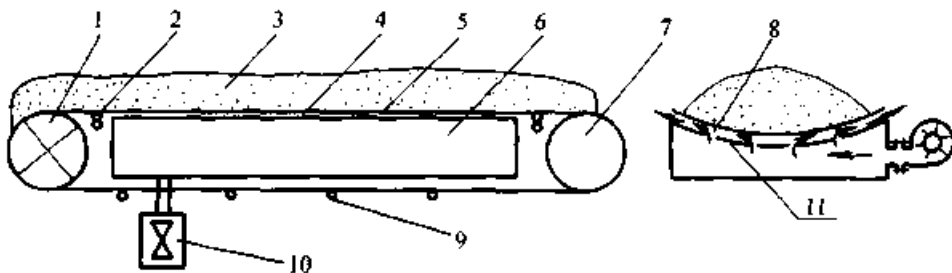


图 28.2-6 气垫带式输送机原理图

- 1—驱动滚筒 2—过渡托辊 3—物料 4—气膜 5—输送带  
6—气箱 7—改向滚筒 8—气孔 9—下托辊 10—鼓风机 11—盘槽

示。输送带5围绕改向滚筒7和驱动滚筒1运行，输送机的承载带的支体是一个封闭的长形箱体6，箱体的上部为槽形，承载带由气膜支承在槽里运行，输送带的下分支采用托辊9支承，但从原理来讲可以和上分支一样用气膜支承，但这样并不经济。鼓风机10产生的压力空气经过气孔8流入盘槽与胶带5之间形成气垫4后逸入大气。正是由于产生的气垫使输送带和盘槽之间形成了非接触支承，从而显著降低了摩擦损耗，使输送机运行性能得到了很大改善。

### 2.2 气垫带式输送机主要参数的计算

气垫带式输送机适用于密度小的散状物料，一般散状物料密度  $\rho_M \leq 2 \text{ t/m}^3$ ，这是因为受鼓风机风压所限。另外国内外应用比较多的带宽都在1m和1m以下。

气垫带式输送机主要计算气垫参数，如气垫压力、气垫厚度、气室盘槽上的气孔数，鼓风机的流量和压力、鼓风机功率和驱动电机功率等。

#### (1) 气垫压力

输送带及带上的物料都是由气垫压力来支承的，根据力的平衡条件可知：当气垫稳定后气膜的压力应等于物料及输送带的重力。若设气垫在气孔出口处的压力  $p_F$ （假设气孔在盘槽中心线上），则

$$p_F = p_B + p_M \quad (28.2-23)$$

式中  $p_F$  —— 输送带中心线下面气膜压力 (Pa)；

$p_B$  —— 输送带质量产生的压力 (Pa)；

$p_M$  —— 物料质量产生的压力 (Pa)。

可以近似地计算  $p_B$

$$p_B = \frac{q_0 g}{b_1} \quad (28.2-24)$$

式中  $q_0$  —— 输送带每米质量 (kg/m)，见表 28.2-6；

$g$  —— 重力加速度， $g = 9.81 \text{ (m/s}^2\text{)}$ ；

$b_1$  —— 输送带形成槽后的槽宽 (m)，见图 28.2-7。

$$p_M = R \rho_M g (1 - \cos \varphi + \tan \alpha \sin \varphi) \quad (28.2-25)$$

对圆形盘槽

$$p_F = R \rho_M g (1 - \cos \varphi + \tan \alpha \sin \varphi) + \frac{q_0 g}{b_1} \quad (28.2-26)$$

式中  $R$  —— 圆形盘槽半径 (m)；

$\rho_M$  —— 散积物料密度 ( $\text{kg/m}^3$ )，空气

$$\rho_M = 1.29 \text{ kg/m}^3；$$

$\varphi$  —— 物料张角，即盘槽槽角 ( $^\circ$ )，一般

$$\varphi = 30^\circ；$$

$\alpha$  —— 散积物堆积角 (动态) ( $^\circ$ )；

关于  $R$ 、 $\varphi$ 、 $\alpha$  见图 28.2-7 其他符号同前。

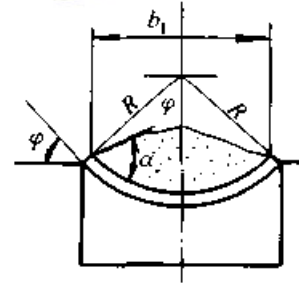


图 28.2-7 盘槽断面简图

通过式 (28.2-26) 已求出气垫压力，然后再求鼓风机的压力  $p_s$

$$p_s = (1 + \epsilon) p_F + \Delta p_K \quad (28.2-27)$$

式中  $\epsilon$  —— 气流压力系数，一般  $\epsilon = 0.6$ ；

$\Delta p_K$  —— 气流在气箱中流动压力损耗 (Pa)；

它包括两部分损耗，即空气顺气箱壁流动引起的摩擦损耗和因气体速度变化而引起的压力损耗，一般流体力学书中均有计算。

如果气垫带式输送机很短时， $\Delta p_K$  可以忽略不计，则  $p_s = (1 + \epsilon) p_F$ 。

#### (2) 空气消耗量的计算

气垫带式输送机所需的空气消耗量即为鼓风机流量。在计算时都是先算气垫输送机每米所需空气消耗量  $Q_{Am}$ 。

$$Q_{Am} = \frac{\beta \delta^3 (\sin \varphi + \cos \varphi \tan \alpha) \rho_M g}{6 \mu_a} \quad (28.2-28)$$

式中  $\beta$  —— 修正系数， $\beta = 1.2 \sim 4$ ；

$\delta$  —— 气垫厚度 (m)，一般取  $\delta < 1 \text{ mm}$ ；

$\mu_a$  —— 空气粘度， $\mu_a = 1.855 \times 10^{-5} \text{ (N}\cdot\text{s/m}^2\text{)}$ ；

$Q_{Am}$  —— 输送机每米空气消耗量 ( $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ )/m。

其他符号同前。

空气总消耗量为：

$$Q_A = \frac{L \beta \delta^3 \rho_M g (\sin \varphi + \cos \varphi \tan \alpha)}{6 \mu_a} \quad (28.2-29)$$

式中  $L$  —— 气箱总长度 (m)；

$Q_A$  —— 空气总消耗量 ( $\text{m}^3/\text{s}$ )。

其他符号同前。

(3) 气孔

气孔直径一般取  $d_1 = 3 \text{ mm}$ ，然后要求出盘槽每米长度上的气孔数。

盘槽每米长度上气孔面积  $A_{om}$

$$A_{om} = Q_{Am} \frac{1}{\alpha} \left[ \frac{\rho_A/2}{(1 - \cos\varphi + \tan\alpha \sin\varphi) R \rho_{MG} + \frac{q_0 g}{b_1}} \right]^{\frac{1}{2}} \quad (28.2-30)$$

式中  $\alpha$  ——流量系数， $\alpha = 0.5$ ；

$\rho_A$  ——空气密度， $\rho_A = 1.29 \text{ (kg/m}^3\text{)}$ ；

$A_{om}$  ——盘槽每米长度气孔面积 ( $\text{m}^2$ )。

每米盘槽上气孔数  $n$

$$n = \frac{A_{om}}{\pi d_1^2/4} \quad (28.2-31)$$

(4) 鼓风机功率的计算

$$P_A = K \frac{P_s Q_A}{\eta_K} \quad (28.2-32)$$

式中  $K$  ——电动机容量储备系数， $K = 1.1$ ；

$\eta_K$  ——鼓风机效率， $\eta_K = 0.5 \sim 0.55$ ；

$P_A$  ——鼓风机功率 (W)。

关于气垫带式输送机驱动电动功率的计算完全可用 ISO 5048 的计算方法，只有一点不同，就是托辊模拟摩擦系数  $f$  值不同，气垫的模拟摩擦系数  $f_1 = 0.012 \sim 0.02$ 。

(5) 驱动电动机负载启动时功率的验算

气垫带式输送机必须验算启动负载功率，因其驱动功率较小，有时很难满足启动要求。其计算方法如下

$$P \geq \frac{P_M + P_B}{K_D^2 \lambda} \quad (28.2-33)$$

式中  $P_M$  ——电动机功率计算值 (kW)；

$$P_M = \frac{F_v v}{\eta_m}, \text{ 所有符号同前；}$$

$P_B$  ——加速功率 (kW)，由于物料和托辊、滚筒等产生加速度而消耗的功率；

$$P_B = \frac{0.0002Lv^2}{\eta_m} (q + 2q_0 + q_k + q_p + \frac{m_0}{L}) + K_0 J$$

式中  $m_0$  ——滚筒转动部分质量 (kg)；可参考表 28.2-33；

$K_0$  ——与电动极数有关的系数；

当电动机为 4 极时， $K_0 = 1.24$

当电动机为 6 极时， $K_0 = 0.54$

当电动机为 8 极时， $K_0 = 0.3$

$J$  ——电动机转子转动惯量 ( $\text{kg}\cdot\text{m}^2$ )；

$K_D$  ——电压降系数，一般  $K = 0.9$ ；

$\lambda$  ——电动机转动转矩与额定转矩比；

$P$  ——所选用的电动机产品额定功率 (kW)。

当验算结果不能满足要求时，应改选大一级电动机功率，并再次验算，直到满足为止。

表 28.2-33 滚筒转动部分质量

滚筒规格		滚筒转动部分质量 $m_0/\text{kg}$			
带宽/mm	直径/mm	DTS 传动滚筒	DTS 改向滚筒	重型传动滚筒	重型改向滚筒
500	320	—	62	—	—
500	400	—	73	—	—
500	500	125	—	—	—
650	320	—	72	—	—
650	400	—	93	—	—
650	500	186	116	—	—
650	630	219	—	—	—
800	320	—	96	—	—
800	400	—	145	—	—
800	500	249	171	—	—
800	630	336	202	—	—

滚筒规格		滚筒转动部分质量 $m_n/kg$			
带宽/mm	直径/mm	DTS 传动滚筒	DTS 改向滚筒	重型传动滚筒	重型改向滚筒
800	800	414	—	500	475
1 000	400	—	152	—	—
1 000	500	—	253	—	—
1 000	630	380	300	—	—
1 000	800	587	378	1 080	630
1 000	1 000	780	—	1 105	—
1 200	400	—	196	—	—
1 200	500	—	334	—	—
1 200	630	561	388	—	—
1 200	800	669	473	1 440	895
1 200	1 000	889	574	1 950	1 227
1 200	1 250	1 372	—	3 700	—
1 400	400	—	220	—	—
1 400	500	—	369	—	—
1 400	630	—	429	—	—
1 400	800	813	521	1 610	—
1 400	1 000	1 185	708	2 014	1 763
1 400	1 250	1 503	909	3 500	2 626
1 400	1 400	1 876	—	5 630	—

注：这是沈阳起重运输机械厂 TD75 型改进产品，称 DTS，其型号尺寸基本与 DT II 型相同，所以此值仅供参考。

### 2.3 气垫带式输送机设计时应注意的问题

(1) 在选用风机时一定要注意风机的流量和压力是否真正达到说明书中给出的额定值。因此，购买风机时应要求厂家做一次风机性能测试，看其是否达到名牌规定的技术性能参数。

(2) 在设计气垫带式输送机时，风机的安装位置很重要，安装在气垫输送机的尾部效果比较好。

(3) 在盘槽制造时要求盘槽的直线度和圆柱

度较高，这是因为气垫带式输送机形成的气膜很薄。如果精度不高很容易造成胶带与盘槽摩擦，增大运行阻力。

(4) 在气垫带式输送机安装好后，试车时一定要详细检查所有气箱和管路是否有漏气现象。如漏气，则不能形成气垫。

以上问题在设计、制造和安装时一定要注意。

### 3 输送链和链轮

常用的输送链见表 28.2-34。

表 28.2-34 几种常用输送链的特点及应用范围

名称	标准	特点或应用范围
标准长节距输送链	GB/T 8350-1987	适用于输送和机械化装卸
标准单铰链用平顶链	GB/T 4140-1993	适用于输送瓶、罐、盒等轻型物品
标准双铰链用平顶链	GB/T 4140-1993	适用于输送瓶、罐、盒等轻型物品

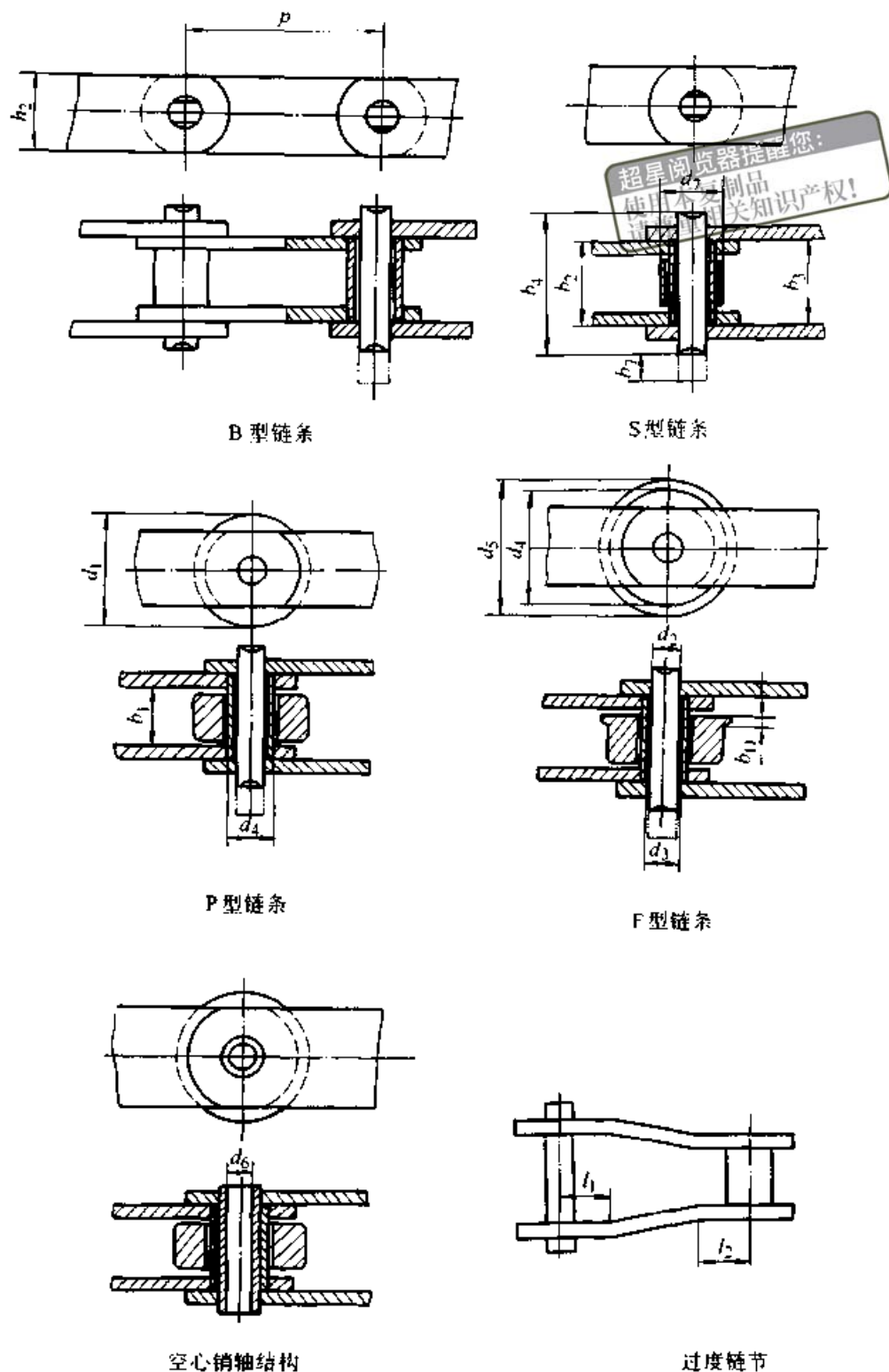


### 3.1 标准长节距输送链和链轮

标准长节距输送链和链轮型式和尺寸见表 28.2-35 ~ 表 28.2-40。

#### 3.1.1 标准长节距输送链和链轮的型式和尺寸

表 28.2-35 标准长节距输送链的型式和尺寸 (摘自 GB/T 8350--1987) (mm)



标记示例

链号 M80, F型滚子, 链条节距 100 mm、整链链节数 80 节, K1 型附件的输送链:

M80-F-100×80K1 GB/T 8350—1987

续表 28.2-35

链号	P 型滚子直径 $d_1$	节距 $p$	内链节内宽 $b_1$	内链节外宽 $b_2$	外链节内宽 $b_3$	链板高度 $h_2$	套筒内径 $d_3$	套筒外径 $d_4$	销轴直径 $d_2$	销轴长度 $b_4$	F 型滚子轮缘直径 $d_5$	F 型滚子边缘宽 $b_1$	最小抗拉载荷 $F_p/kN$
M20	25	40	15	22	22.2	19	6.1	9.0	6	35	35	3.5	20
		50											
		63											
		80											
		100											
		125											
160													
M28	30	50	17	25	25.2	21	7.1	10.0	7	40	40	4.0	23
		63											
		80											
		100											
		125											
		160											
200													
M40	36	63	19	28	28.3	26	8.6	12.5	8.5	45	45	4.5	40
		80											
		100											
		125											
		160											
		200											
250													
M56	42	63	23	33	33.3	31	10.1	15	10	52	55	5.0	56
		80											
		100											
		125											
		160											
		200											
250													
M80	50	80	27	39	39.4	36	12.1	18	12	62	65	6.0	80
		100											
		125											
		160											
		200											
		250											
315													
M112	60	80	31	45	45.5	41	15.1	21	15	73	75	7.0	112
		100											
		125											
		160											
		200											
		250											
315													
400													



续表 28.2-35

链号	P 型滚子直径 $d_1$	节距 $p$	内链节内宽 $b_1$	内链节外宽 $b_2$	外链节内宽 $b_3$	链板高度 $h_2$	套筒内径 $d_3$	套筒外径 $d_4$	销轴直径 $d_5$	销轴长度 $b_5$	F 型滚子轮缘直径 $d_6$	F 型滚子边缘宽 $b_{11}$	最小抗拉载荷 $F_p/kN$
M630	140	250	65	96	97	105	36.2	50	36	154	175	16	630
		315											
		400											
		500											
		630											
		800											
1 000													
M900	170	250	76	112	113	123	44.2	60	44	180	210	18	900
		315											
		400											
		500											
		630											
		800											
1 000													

注：M 表示实心销轴，M 后面的数字表示由于牛顿 (kN) 计的极限拉伸强度。

表 28.2-36 MC 型空心销轴输送链的尺寸 (摘自 GB/T 8350—1987) (mm)

标记示例

链号 MC224, S 型, 链条节距 200 mm, 整链链节数为 60 节, K 型附件的输送链:

MC224-S-200×60K2 GB/T 8350—1987

链号	最小抗拉载荷 $Q/kN$	P 型滚子外径 $d_{1max}$	节 距 $p$										空心销轴内径 $d_{0min}$	
			63	80	100	125	160	200	250	315	400	500		
MC28	28	36.0												
MC56	56	50.0												
MC112	112	70.0												
MC224	224	100.0												

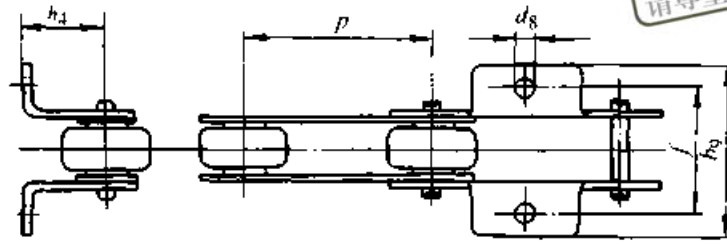
链号	空心销轴外径 $d_{20max}$	套筒内径 $d_{3min}$	套筒外径 $d_{4max}$	链板高度 $h_{2max}$	内链节内宽 $b_{1min}$	内链节外宽 $b_{2max}$	外链节内宽 $b_{3min}$	销轴长度 $b_{4max}$	销轴止锁端加长量 $b_{7max}$	过渡链节尺寸 $l_{1min}$	F 型滚子		空心销轴内径 $d_{0min}$
											边缘直径 $d_{5max}$	边缘宽度 $b_{1max}$	
MC28	13.0	13.1	17.5	26.0	19.0	28.0	28.6	42.0	10.0	17.0	45.0	4.5	8.2
MC56	15.5	15.6	21.0	36.0	22.0	33.0	33.7	48.0	13.0	23.5	65.0	5.0	10.2
MC112	22.0	22.2	29.0	61.0	30.0	45.0	45.7	67.0	19.0	34.0	90.0	7.0	14.3
MC224	31.0	31.2	41.0	72.0	40.0	60.0	60.8	90.0	24.0	47.0	125.0	10.0	20.3

注：1. 链号由字母与数字组成，字母 MC 表示空心销轴，数字表示由于牛顿 (kN) 计的极限拉伸载荷；

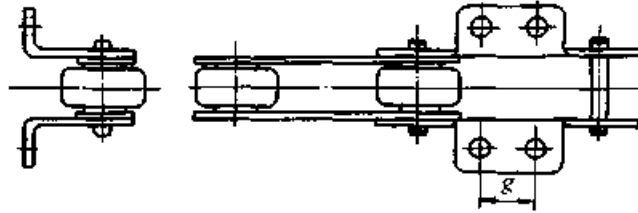
2. MC112-P-100 链条，须专门设计链轮。

表 28.2-37 链条附件尺寸 (摘自 GB/T 8350—1987)

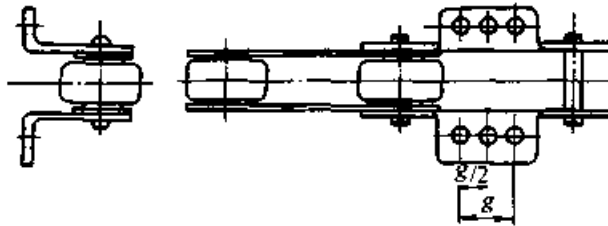
浏览器提醒您：  
使用本复制品  
请尊重相关知识产权！



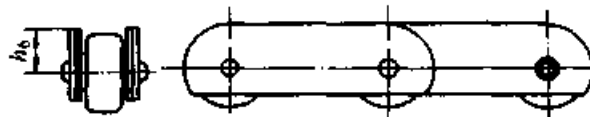
K1型—单孔弯附板



K2型—双孔弯附板



K3型—三孔弯附板



H型加高附板

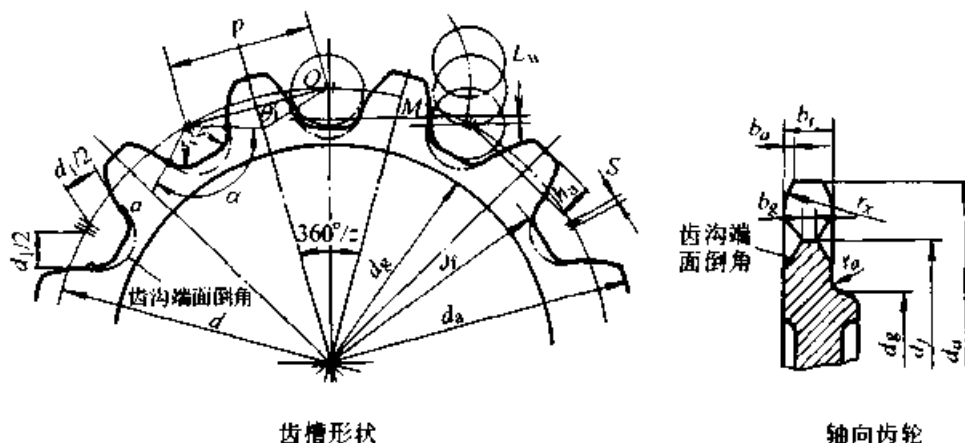
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
链号	K 型				孔 距						H 型
					短		中		长		
	$d_8$	$h_4$	$f$	$b_{9max}$	$P_{min}^{\text{①}}$	$g$	$P_{min}^{\text{①}}$	$g$	$P_{min}^{\text{①}}$	$g$	
M20	6.6	16	54	84	63	20	80	35	100	50	16
M28	9.0	20	64	100	80	25	100	40	125	65	20
M40	9.0	25	70	112	80	20	100	40	125	65	22.5
M56	11.0	30	88	140	100	25	125	50	160	85	30
M80	11.0	35	96	160	125	50	160	85	200	125	32.5
M112	14.0	40	110	184	125	35	160	65	200	100	40
M160	14.0	45	124	200	160	50	200	85	250	145	45

续表 28.2-37

链号	K 型				孔 距						H 型
	$d_s$	$h_s$	$f$	$b_{smax}$	短		中		长		
					$P_{min}^j$	$g$	$P_{min}^j$	$g$	$P_{min}^j$	$g$	
M224	18.0	55	140	228	200	65	250	125	315	190	60
M315	18.0	65	160	250	200	50	250	100	315	155	65
M450	18.0	75	180	280	250	85	315	155	400	240	80
M630	24.0	90	230	380	315	100	400	190	500	300	90
M900	30.0	110	280	480	315	65	400	155	500	240	120
MC28	9.0	25	70	112	80	20	100	40	125	65	22.5
MC56	11.0	35	88	152	125	50	160	85	200	125	32.5
MC112	14.0	45	110	192	160	50	200	85	250	145	45
MC224	18.0	65	140	220	200	50	250	100	315	155	65

① 相应孔距的最小链条节距，KI 型附件不受此限制。

表 28.2-38 链轮齿形 (摘自 GB/T 8350—1987)



齿槽形状

轴向齿轮

名 称		计算公式或说明	
基本参数	配用链条参数	节距 $p$	见表 28.2-35
		滚子外径 $d_1$ ( $d_4$ 、 $d_7$ )	见表 28.2-35
	齿数 $z$	齿数范围从 6~40，优先采用 8、10、12、16 和 24	
直径、弦齿高	分度圆直径 $d$	$d = \frac{p}{\sin \frac{180^\circ}{z}} = pK$ K—分度圆直径系数，见表 28.2-40	
	齿根圆直径 $d_f$	$d_{fmax} = d - d_1$ ( $d_4$ 、 $d_7$ )	
	齿顶圆直径 $d_a$	由设计确定	

续表 28.2-38

名称	计算公式或说明
直径、弦齿高	B、S型链条： $d_{gmax} = p \cot \frac{180^\circ}{z} - h_2 - 2r_s$ P型链条： $d_{gmax} = p \cot \frac{180^\circ}{z} - d_1 - 2r_s$ F型链条： $d_{gmax} = p \cot \frac{180^\circ}{z} - d_3 - 2r_s$ $d_3$ —F型滚子轮缘直径，见表 28.2-35 $h_2$ —链板高度，见表 28.2-35 $r_s$ —齿侧凸缘圆角半径，见本表齿廓部分
	弦齿高 $h_s$ $h_s = d_s - d \cos \frac{180^\circ}{z}$
轴向齿廓	齿宽 $b_1$ $b_{imax} = 0.9b_1 - 1 \text{ mm}$ $b_{imin} = 0.87b_1 - 1.7 \text{ mm}$ 对于 F 型链条： $b_{imax} = 0.9(b_1 - b_{11}) - 1 \text{ mm}$ $b_{imin} = 0.87(b_1 - b_{11}) - 1.7 \text{ mm}$
	倒角半径 $r_s$ $r_s = 1.6b_1$
	倒角宽 $b_s$ $b_s = 0.16b_1$
	齿根宽 $b_g$ $b_{gmin} = 0.25b_1$
	齿侧凸缘圆角半径 $r_s$ $r_s \approx 0.15h_2$
齿槽形状	齿沟中心分离量 $S$ $S_{min} = 0.04p$ 非机加工齿链轮 $S_{min} = 0.08p$ 机加工齿链轮
	齿沟圆弧半径 $r_1$ $r_1 < \frac{d_1}{2} \left( \frac{d_4}{2}, \frac{d_7}{2} \right)$
	齿沟角 $\alpha$ (°) 由计算得出
	齿廓工作段 $L_w$ 齿廓的工作段，为两个滚子与齿廓的接触线之间的距离，一个滚子的中心线位于分度圆上，另一个滚子中心线在直径等于 $\frac{p+0.25d_2}{\sin \frac{180^\circ}{z}}$ 的圆周上。工作段长度作如下限制：即过工作段长度的外端 $M$ 处的齿廓法线应在相邻齿沟中心 $O$ 点以内通过。工作段可以是直的也可以是凸的
	齿廓 不论齿沟圆弧半径的大小，也不论齿形是直的或凸的，从齿廓线与齿沟角尺寸线的交点 $a$ 到同侧齿沟分离量端点之间的距离应等于 $\frac{d_1}{2} \left( \frac{d_4}{2}, \frac{d_7}{2} \right)$
作用角 $\theta$ (°) 工作段上任意一点的作用角应符合表 28.2-39 的规定	

注：1. 齿沟端面倒角——避免物料聚集，允许对齿沟两端进行倒角。

2. 链轮的齿槽形状由齿廓齿顶段、工作段和齿沟圆弧光滑连接而成。

表 28.2-39 齿数与作用角关系

齿数 $z$	作用角 $\theta / (^{\circ})$		齿数 $z$	作用角 $\theta / (^{\circ})$		齿数 $z$	作用角 $\theta / (^{\circ})$		齿数 $z$	作用角 $\theta / (^{\circ})$	
	min	max		min	max		min	max		min	max
6~7	7	10	10~11	12	15	14~15	16	20	20~27	20	25
8~9	9	12	12~13	14	17	16~19	18		28 以上	23	28

表 28.2-40 链轮分度圆直径系数  $K$  值

$z$	$K$	$z$	$K$	$z$	$K$
6	2.000 0	18	5.758 8	30	9.566 8
6 <sup>1/2</sup>	2.151 9	18 <sup>1/2</sup>	5.917 1	30 <sup>1/2</sup>	9.725 6
7	2.304 8	19	6.075 5	31	9.884 5
7 <sup>1/2</sup>	2.458 6	19 <sup>1/2</sup>	6.234 0	31 <sup>1/2</sup>	10.043 4
8	2.613 1	20	6.392 5	32	10.202 3
8 <sup>1/2</sup>	2.768 2	20 <sup>1/2</sup>	6.550 9	32 <sup>1/2</sup>	10.361 2
9	2.923 8	21	6.709 5	33	10.520 1
9 <sup>1/2</sup>	3.079 8	21 <sup>1/2</sup>	6.868 1	33 <sup>1/2</sup>	10.679 0
10	3.236 1	22	7.026 6	34	10.838 0
10 <sup>1/2</sup>	3.392 7	22 <sup>1/2</sup>	7.185 3	34 <sup>1/2</sup>	10.996 9
11	3.549 4	23	7.343 9	35	11.155 8
11 <sup>1/2</sup>	3.706 5	23 <sup>1/2</sup>	7.502 6	35 <sup>1/2</sup>	11.314 8
12	3.863 7	24	7.661 3	36	11.473 7
12 <sup>1/2</sup>	4.021 1	24 <sup>1/2</sup>	7.820 0	36 <sup>1/2</sup>	11.632 7
13	4.178 6	25	7.978 7	37	11.791 6
13 <sup>1/2</sup>	4.336 2	25 <sup>1/2</sup>	8.137 5	37 <sup>1/2</sup>	11.950 6
14	4.494 0	26	8.296 2	38	12.109 5
14 <sup>1/2</sup>	4.651 8	26 <sup>1/2</sup>	8.455 0	38 <sup>1/2</sup>	12.268 5
15	4.809 7	27	8.613 8	39	12.427 5
15 <sup>1/2</sup>	4.967 7	27 <sup>1/2</sup>	8.772 6	39 <sup>1/2</sup>	12.586 5
16	5.125 8	28	8.931 4	40	12.745 5
16 <sup>1/2</sup>	5.284 0	28 <sup>1/2</sup>	9.090 2		
17	5.442 2	29	9.249 1		
17 <sup>1/2</sup>	5.600 5	29 <sup>1/2</sup>	9.408 0		

注： $z$ —有效齿数。

## 3.1.2 链轮公差

1) 链轮齿根圆直径的极限偏差应符合以下规定：机加工齿轮的齿根圆直径极限偏差为  $h11$ ，非机加工齿轮的齿根圆直径极限偏差为  $CT8$ （按 GB/T 6414—1999（《铸件尺寸公差与

机械加工余量》的规定）。

2) 链轮孔的极限偏差应不低于  $H9$ 。

3) 链轮齿根圆径向圆跳动和齿根圆处端面圆跳动应符合表 28.2-41 的规定。



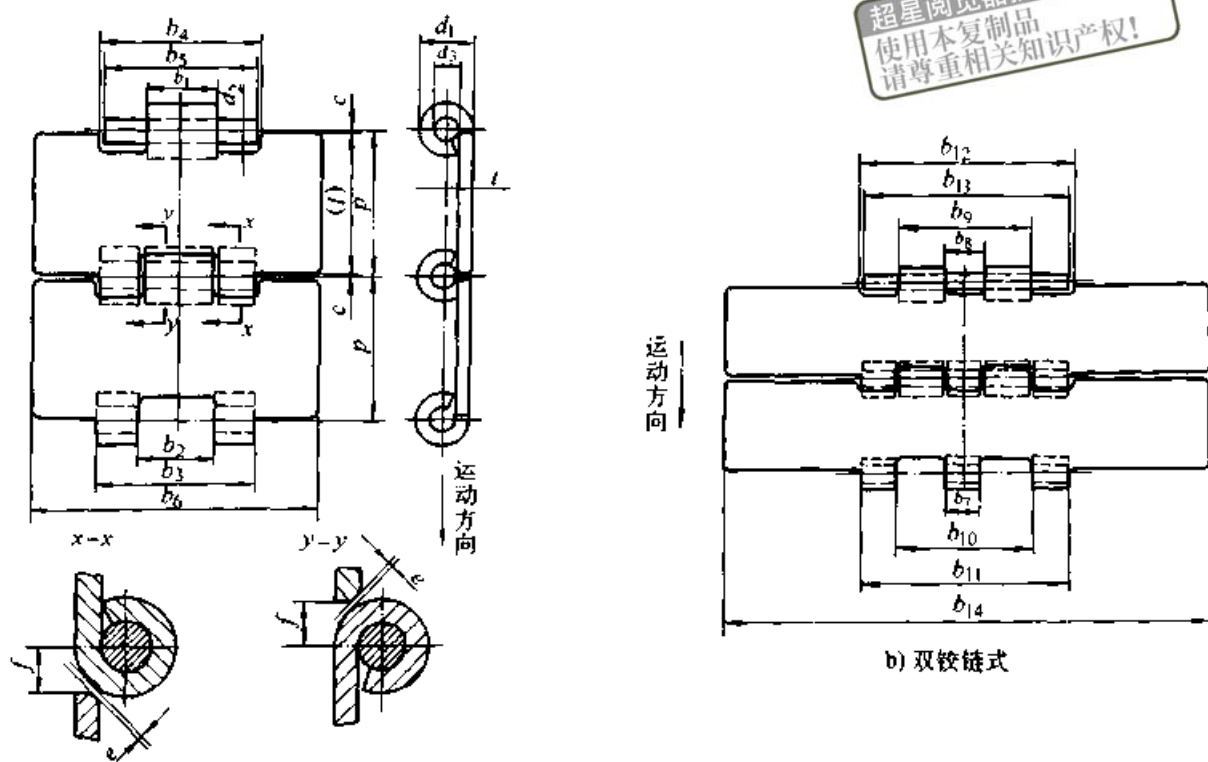
表 28.2-41 径向圆跳动允许值

名称	非机加工齿	机加工齿
径向圆跳动 端面圆跳动	0.005 $d_f$ 或 1.5 mm, 选两者中之大值	按 $0.001 d_f + 0.1$ mm 计算, 或取 0.2 mm, 选两者中之大值, 但最大不得超过 2 mm

3.2 标准单铰、双铰输送用平顶链和链轮 标准单铰与双铰输送用平顶链尺寸见表 28.2-42。

(1) 标准单铰、双铰输送用平顶链

表 28.2-42 标准单铰、双铰输送用平顶链基本参数 (摘自 GB/T 4140-1993)



a) 单铰链式

注: 其余尺寸与单铰链式相同 (见图 a)。

型式	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	链号	节距 $p$	铰卷 外径 $d_1$	销轴 直径 $d_2$	活动铰 卷孔径 $d_3$	链板 厚度 $t$	活动铰 卷宽度 $b_1$	固定铰 卷内宽 $b_2$	固定铰 卷外宽 $b_3$	链板凹 槽总宽 $b_4, b_{12}$	销轴 长度 $b_5, b_{13}$	链板 宽度 $b_6, b_{14}$
			max	min	max	min	max	min	max	min	max	max
mm												
单铰链	C12S											77.20
	C13S											83.60
	C14S											89.90
	C16S	38.10	13.13	6.38	6.40	3.35	20.00	20.10	42.05	42.10	42.60	102.60
	C18S											115.30
	C24S											153.40
	C30S											191.50
双铰链	C30D	38.10	13.13	6.38	6.40	3.35	—	—	—	80.60	81.00	191.50

续表 28.2-42

型 式	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
	链板 宽度 $b_6, b_{14}$	中央固 定铰卷 宽度 $b_7$	活动铰 卷间宽 $b_8$	活动铰 卷跨宽 $b_9$	外侧固 定铰卷 间宽 $b_{10}$	外侧固 定铰卷 跨宽 $b_{11}$	链板 长度 ( $l$ )	铰卷轴心 线与链板 外缘间距 $c$	铰链间隙 $e$		测量 载荷 $f$	抗拉 载荷 $Q$
	公称 尺寸	max	min	max	min	max			min			min
mm												
单铰链	76.20											
	82.60											
	88.90											
	101.60	—	—	—	—	—	37.28	0.41	0.41	5.90	200 <sup>①</sup>	10 000 <sup>①</sup>
	114.30										160 <sup>②</sup>	8 000 <sup>②</sup>
152.40										120 <sup>③</sup>	6 250 <sup>③</sup>	
190.50												
双铰链											400 <sup>①</sup>	20 000 <sup>①</sup>
	190.50	13.50	13.70	53.50	53.60	80.50	37.28	0.41	0.14	5.90	320 <sup>②</sup>	16 000 <sup>②</sup>
											250 <sup>③</sup>	12 500 <sup>③</sup>

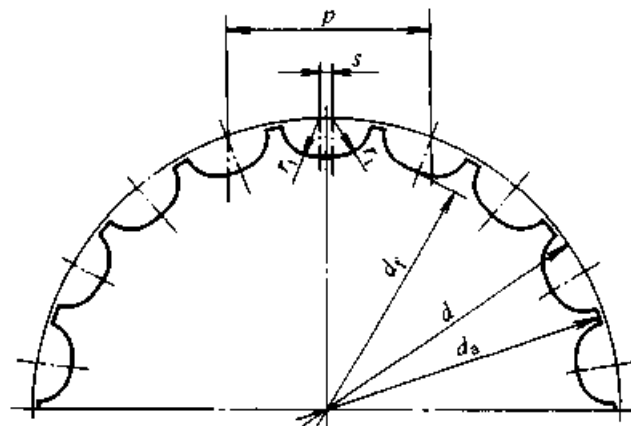
超星阅读器提醒您：  
 使用本复制品  
 请尊重相关知识产权！

- ①碳钢。
- ②一级耐蚀钢。
- ③二级耐蚀钢。

(2) 标准输送用平顶链轮

标准输送用平顶链轮见表 28.2-43。

表 28.2-43 标准输送用平顶链轮计算方法 (摘自 GB/T 4140—1993) (mm)



链轮齿槽形状

名 称	代 号	计 算 方 法	备 注
分度圆直径	$d$	$d = \frac{p}{\sin \frac{180^\circ}{z}}$	数值见表 28.2-44
齿顶圆最大直径	$d_{\max}$	$d_{\max} = d \cos \frac{180^\circ}{z} + 6.35$	
齿根圆直径	$d_1$	$d_1 = d - d_1$	

注：表中  $d_{\max}$  的算式，在链轮有效齿数  $z > 9.5$  且用成形片铣刀切齿时不适用，此时  $d_{\max}$  采用表 28.2-44 的数值。

## (3) 链轮直径尺寸

链轮直径尺寸见表 28.2-44。

表 28.2-44 链轮直径尺寸 (摘自 GB/T 4140—1993) (mm)

有效齿数 $z$	分度圆直径 $d$	齿顶圆最大直径 $d_{\max}$		齿根圆直径 $d_f$
		单切齿	双切齿	
6	76.20	72.34	73.75	63.07
6.5	81.98	78.94	80.30	68.85
7	87.81	85.47	86.75	74.68
7.5	93.67	91.92	93.15	80.54
8	99.56	98.33	99.49	86.43
8.5	105.47	104.70	105.80	92.34
9	111.40	111.03	112.08	98.27
9.5	117.34	117.34		104.21
10	123.29	123.29		110.16
10.5	129.26	129.26		116.13
11	135.23	135.23		122.10
11.5	141.22	141.22		128.09
12	147.21	147.21		134.08
12.5	153.20	153.20		140.07
13	159.20	159.20		146.07
13.5	165.21	165.21		152.08
14	171.22	171.22		158.09
14.5	177.23	177.23		164.10
15	183.25	183.25		170.12
15.5	189.27	189.27		176.14
16	195.29	195.29		182.16
16.5	201.32	201.32		188.19
17	207.35	207.35		194.22
17.5	213.38	213.38		200.25
18	219.41	219.41		206.28
18.5	225.44	225.44		212.31
19	231.48	231.48		218.35
19.5	237.51	237.51		224.38
20	243.55	243.55		230.42
20.5	249.59	249.59		236.46

## (4) 链轮公差

表 28.2-45 的规定。

齿根圆对孔轴心线的圆跳动公差应符合

表 28.2-45 链轮公差 (摘自 GB/T 4140—1993)

(mm)

齿根圆直径	径向圆跳动	端面圆跳动
0~177.80	$0.25 + 0.001d_f$	0.51
>177.80~508.00		$0.003d_f$
>508.00~762.00	0.76	
>762.00		2.29

## 4 悬挂输送机

### 4.1 类型和特点

悬挂输送机按其结构和运行特点可分为提式悬挂输送机和推式悬挂输送机。这里只介绍提式悬挂输送机 (也称普通悬挂输送机), 因为它应用广泛。

悬挂输送机是把物品悬挂在空间轨道上运行的连续输送机械, 其主要特点如下:

1) 悬挂空间轨道可以布置在空间的任何方向, 配合工艺流程在空间运行、转向、升降, 以及分叉、合流, 组成复杂的空间路线。在运输过程中可完成各种工艺要求, 例如冷却、烘干、浸漆和清理等工序。

2) 可以长距离输送, 多机驱动输送距离可达 2 km。

3) 可以使用各种吊具输送各种类型物品, 最大输送质量可达 2 t。

4) 悬挂输送机是在空中运输, 对地面工作影响很少, 因而扩大了地面生产面积。

5) 悬挂输送机输送效率高, 动力消耗小, 但设置费用较高, 适用于大批量流水作业线, 例如各车间、各工段和仓库之间连续输送。

6) 工作温度在 200℃ 以下, 一般工作温度在 10~80℃。温度过高过低对滑架润滑有较大影响, 并直接增加运行阻力。

### 4.2 悬挂输送机组成部分

悬挂输送机由驱动装置、牵引构件、张紧装置、吊具、转向装置、滑架和架轨道等组成。普通悬挂输送机 (如涂装烘干作业流水线悬挂输送机) 总图及其组成部分见图 28.2-8。有的悬挂输送机还要设安全装置和制动系统等。

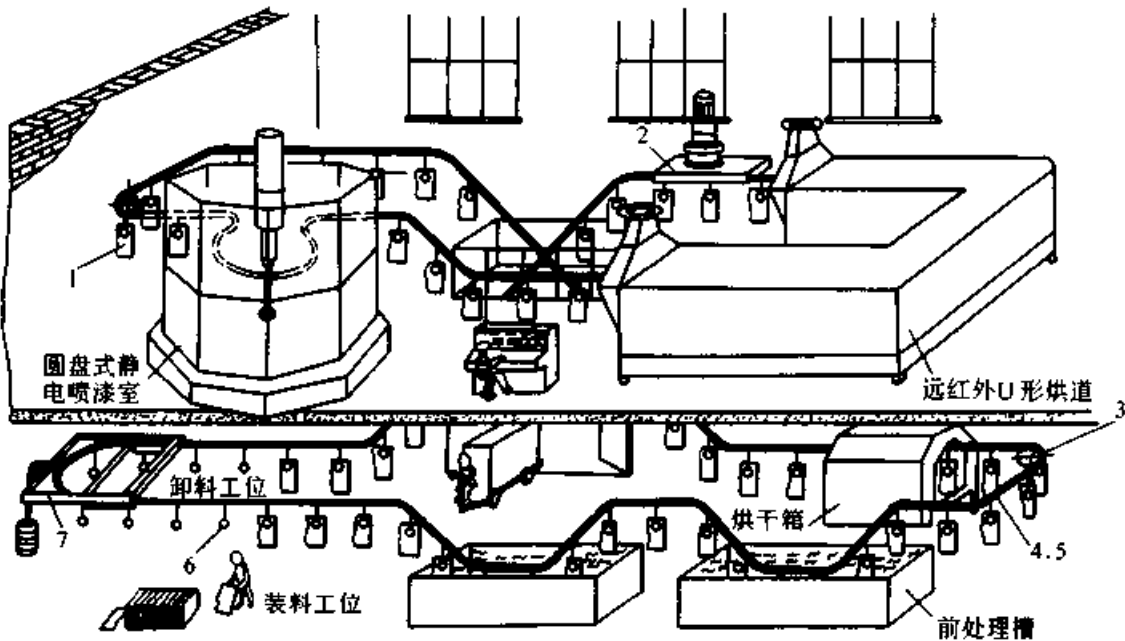


图 28.2-8 悬挂输送机总图

1—吊具 2—驱动装置 3—转向装置 4—牵引构件 5—架空轨道 6—滑架 7—坠重式张紧装置

超星阅读器提醒：  
使用本复制品  
请尊重知识产权！

(1) 牵引构件

牵引构件主要包括链条和钢丝绳，要求牵引构件在水平方向和垂直方向都有很好的挠性。一般常用的链条有可拆链条（如 ML 模锻可拆链，见表 28.2-46）和双铰接链（见图 28.2-9）。

可拆链安全系数一般取 10~14。标准可拆链的转角较大，垂直弯曲半径较大，约为 3~

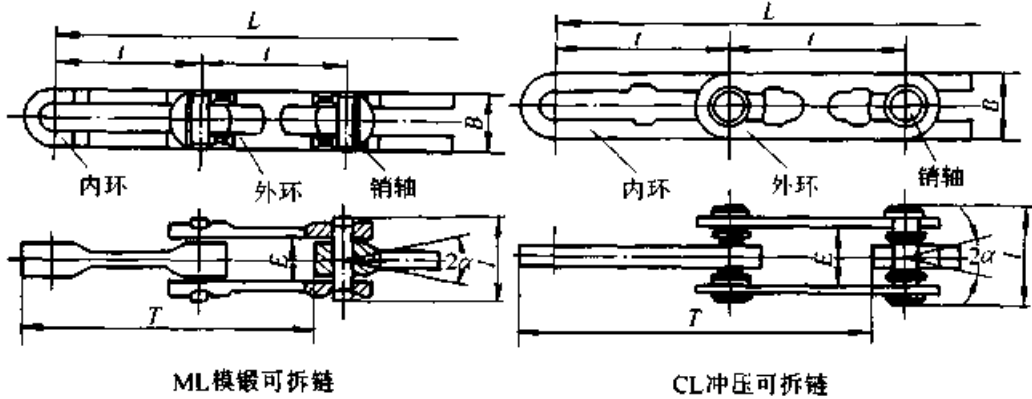
4.5 m。

双铰接链的主要优点是垂直弯曲半径小，但结构复杂，价格较高，适用于小车载重量在 100 kg 以下的轻型悬挂输送机。

(2) 链轮

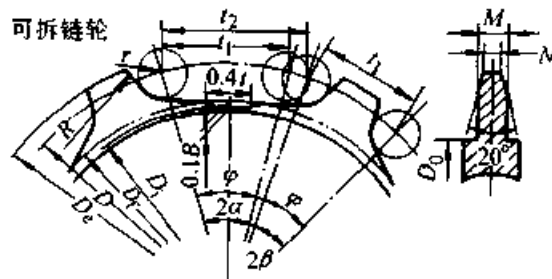
可拆链轮的参数见表 28.2-47 及表 28.2-48。

表 28.2-46 可拆链的参数和尺寸



参数名称	符号	单位	数值		
链条节距	$t$	mm	80	100	160
啮合节距	$T$		160	200	320
啮合节距公差	$\Delta T$		$\pm 2.0$		$\pm 2.2$
链环宽	$B$	mm	30	37	55
外环间距 $\geq$	$E$		21	27	40
销轴长 $\leq$	$l$		48	58	80
相对转角 $\geq$	$\alpha$	—	10°		6°
抗拉载荷 $\geq$	$x$	kN	110	220	400
每米质量 $\leq$	$m$	kg	3.8	4.7	9.1

表 28.2-47 可拆链轮参数 (mm)



参数名称	符号	计算公式
链条节距	$t$	80, 100, 160
齿数	$z$	表 28.2-48
齿距圆心角	$2\varphi$	$\varphi = 180^\circ/z$
系数	$\lambda$	表 28.2-48
齿形构成中心距圆心角	$2\beta$	$\sin 2\beta = \lambda \sin \varphi$
齿槽构成中心距圆心角	$2\alpha$	$\alpha = \varphi - \beta$
齿形构成中心距	$t_1$	$t_1 = \lambda t$

续表 28.2-47

参数名称	符号	计算公式
节圆直径	$D$	$D = t_1 / \sin \beta$
齿槽构成中心距	$t_2$	$t_2 = D \sin \alpha$
链环宽	$B$	30, 37, 55
齿根圆弧半径	$r$	$r = 0.5B$
辅助圆	$D_f$	$D_f = D - 1.2r$
齿形圆弧半径	$R$	$R = t - r$
顶圆直径	$D_e$	$D_e = D + 2r$
轮毂最大直径	$D_c$	$D_c = D \cos \alpha - 1.5B$
齿根圆直径	$D_i$	$D_i = D \cos \alpha - 2r$
外环间距	$E$	21, 27, 40
齿宽	$M$	$M < 0.9E$
齿顶宽	$N$	$N = 0.75M$

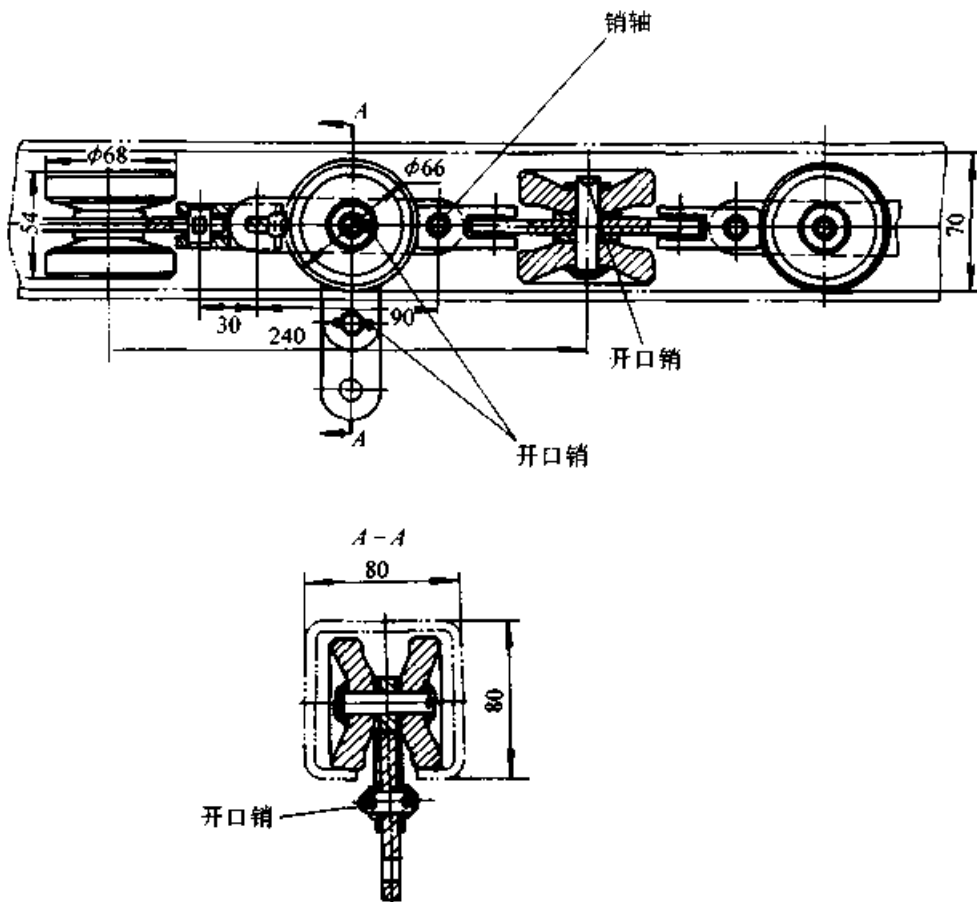


图 28.2-9 双铰拉链

表 28.2-48 可拆链轮的齿数与系数  $\lambda$  值

$z$	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	20
$\lambda$	0.84	0.81	0.79	0.78	0.76	0.75	0.75	0.73	0.73	0.72	0.71	0.71	0.70	0.70

(3) 滑架

悬挂输送机的主要滑架结构见图 28.2-10。

滑架上部装滚轮，在轨道上滚动前进，中部与牵引链连续，下部装吊具。滑架的容许载荷因牵引链运行速度不同而异，见表 28.2-49。

滑架在线路上的配置见图 28.2-11。

滑架的节距  $t_K$  取决于吊具的节距和输送机线路垂直弯曲处的半径值，因为滑架的节距愈小，弯折半径亦愈小。对于有垂直弯曲处的输送机，滑架的节距通常不大于 0.8~1 m，当滑架

的节距大于此值时，则在载重滑架之间装设空载滑架，以免链条产生过大的垂度。在没有垂直弯曲处的输送机上，滑架的节距可达1.2~1.6 m。

由于某些特殊要求，在同一输送机上滑架节距的大小是不相同的。但是滑架的节距必须是链

条节距的偶数倍，一般为  $t_k = (4 \sim 6) t$ ， $t$  为链条节距。

滑架尺寸见表 28.2-50，滑架示意图见图 28.2-12。

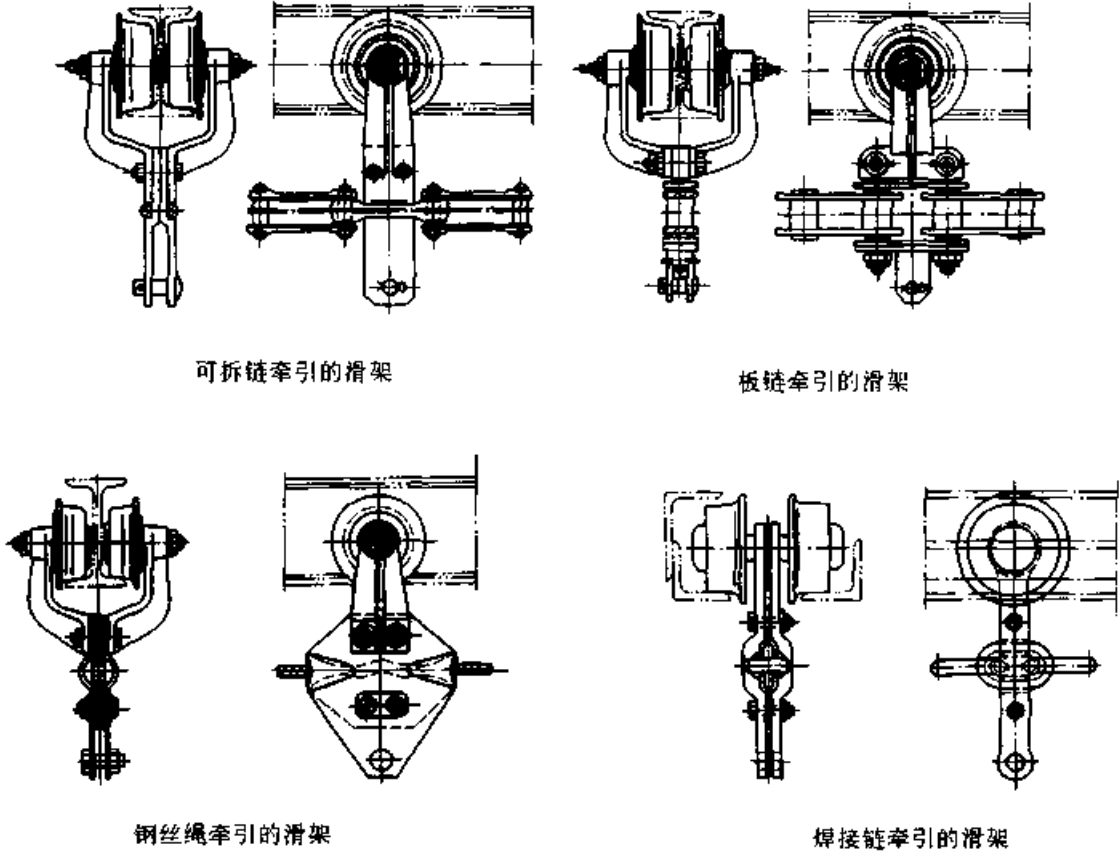


图 28.2-10 滑架结构

表 28.2-49 牵引链运行速度与滑架容许载荷

速度 $v/m \cdot \text{min}^{-1}$		1.5	2	3	4	5	6	8	10	12	14	
容许 载荷/N	链条 节距	$t = 100 \text{ mm}$	4 800	4 600	4 000	3 700	3 500	3 300	3 000	2 800	2 700	2 600
	$t = 160 \text{ mm}$	7 500	7 500	7 500	6 900	6 400	6 100	5 700	5 200	4 900	4 750	

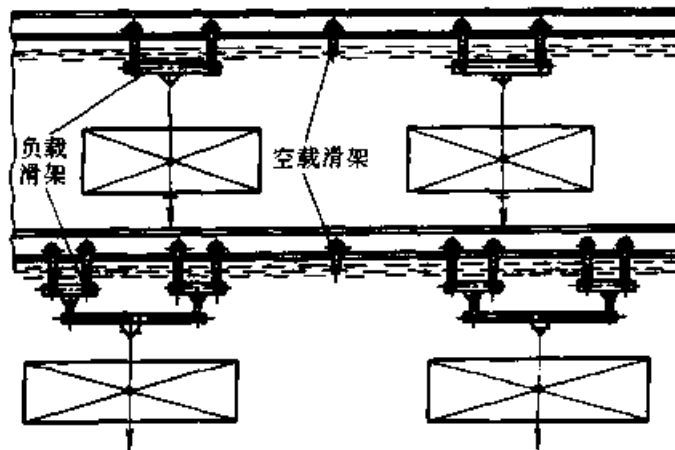
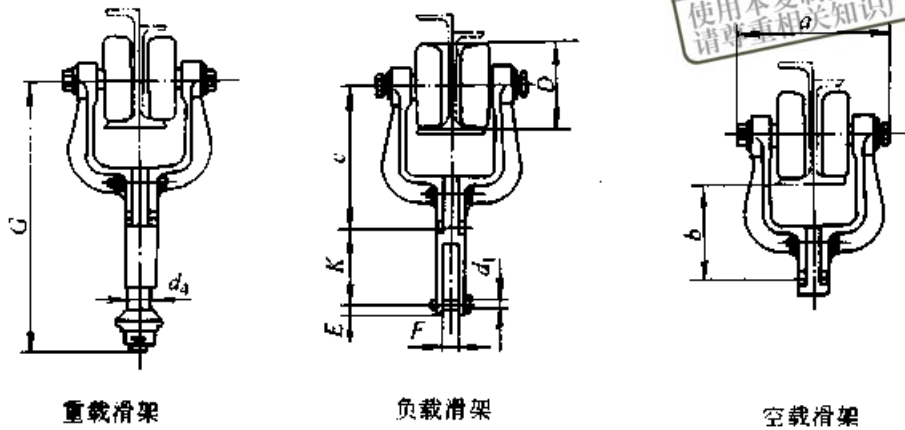


图 28.2-11 滑架在线路上的配置

表 28.2-50 滑架尺寸

(mm)



超星浏览器提醒您：  
使用本复制品  
请尊重相关知识产权！

链条节距 $t/mm$	$a$	$b$	$c$	$D$	$E$	$F$	$G$	$K$	$d_1$	$d_2$	$d_3$	$d_4$	质量 $m/kg$	
80	$\approx 168$	75	113	65	20	15	—	90	14	—	—	—	负载滑架	2.58
													空载滑架	2.42
													重载滑架	—
100	$\approx 180$	105	163	100	20	20	266	98	16	36	32	26	负载滑架	6.9
													空载滑架	7.6
													重载滑架	8.2
160	$\approx 205$	125	192	120	30	30	350	85	20	45	36	30	负载滑架	11
													空载滑架	12.4
													重载滑架	13.5

(4) 驱动装置

当运输线比较短时（一般不超过 500 m），只设一个驱动装置，当线路较长或比较复杂时，则需设多个驱动装置。驱动装置有角驱动装置和直线驱动装置，角驱动装置设在输送线路的 90° 或 180° 转向处，用以驱动链轮与牵引链条的啮合来传递牵引力。直线驱动装置设在线路的直线区段上，利用驱动装置带拨爪链条与牵引链条的啮合来传递牵引力。

无论是角驱动装置还是直线驱动装置，一般均设无级调速器以保证最合理的输送速度。角驱动装置见图 28.2-13；直线驱动装置见图 28.2-14。

(5) 拉紧装置

拉紧装置共有三种类型：一是重锤式拉紧装置，用得最多、工作可靠，当其链节伸长时重锤可自动下移始终保持初张力不变；二是螺杆弹簧式拉紧装置，适用于轻型短距离悬挂输送机中；三是螺杆拉紧装置，缺点较多，一般很少用。

拉紧装置一般放在悬挂输送机尾部。重锤、螺杆弹簧式拉紧装置见图 28.2-15，螺杆弹簧式拉紧装置见图 28.2-16。

(6) 转向装置

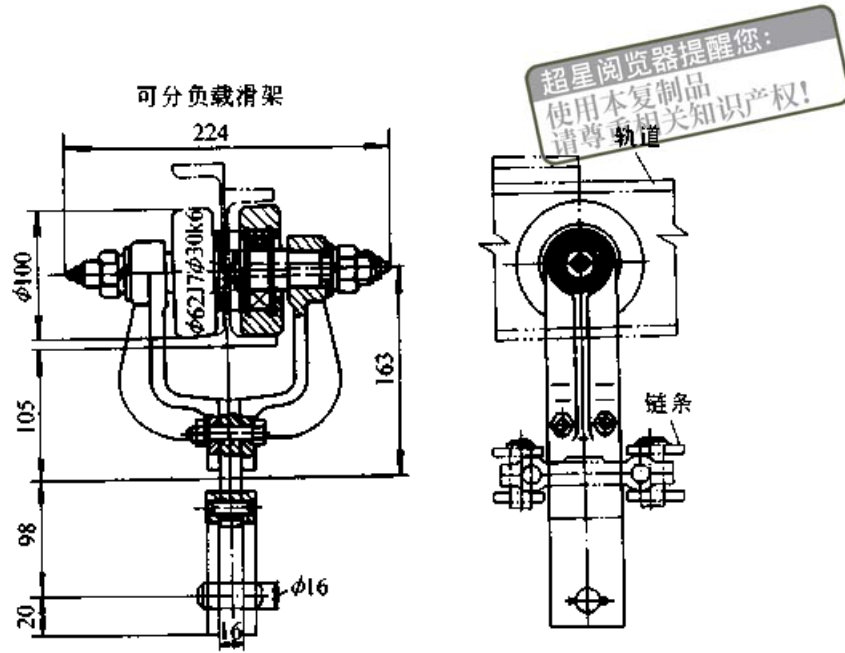
转向装置有两种：一种是滚柱组转向装置，它适用于转向处半径较大的地方，见图 28.2-17；另一种是链轮转向装置，它适用于转弯半径较小的地方，见图 28.2-18。

(7) 轨道

轨道分直线段、水平转弯段和垂直转弯段，轨道断面见图 28.2-19。轨道接头见表 28.2-51。

用闭式型钢作轨道时，要在轨道上放置检查孔，以检查牵引件的运行情况。轨道接头不允许放在圆弧段，固定接头的焊接强度应等于轨道强度，轨道接头处与吊点的距离在支承跨距的 1/4 ~ 1/6 范围内。通过高温作业区的轨道，应放置温度伸缩接头，见表 28.2-52。轨道按三跨连续梁计算。





可分无载油滑架

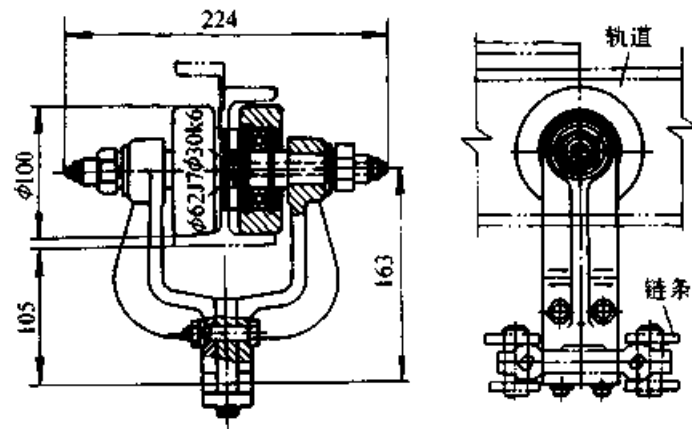


图 28.2-12 滑架示意图

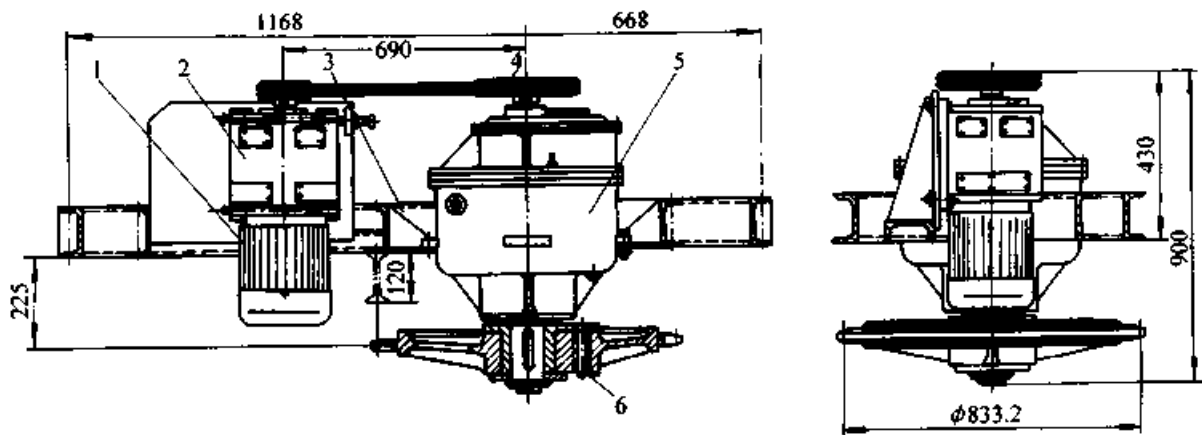
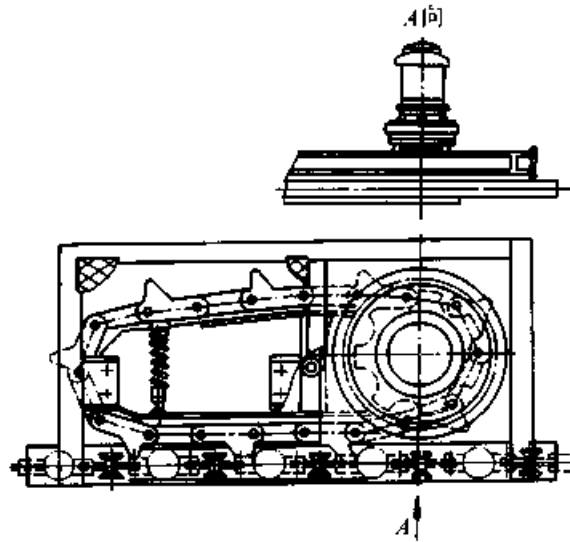


图 28.2-13 角驱动装置

1—电动机 2—滑差调速器 3—机架 4—三角胶带 5—行星减速器 6—驱动链轮



超星浏览器提醒您：  
使用本复制品  
请尊重相关知识产权！

图 28.2-14 直线驱动装置

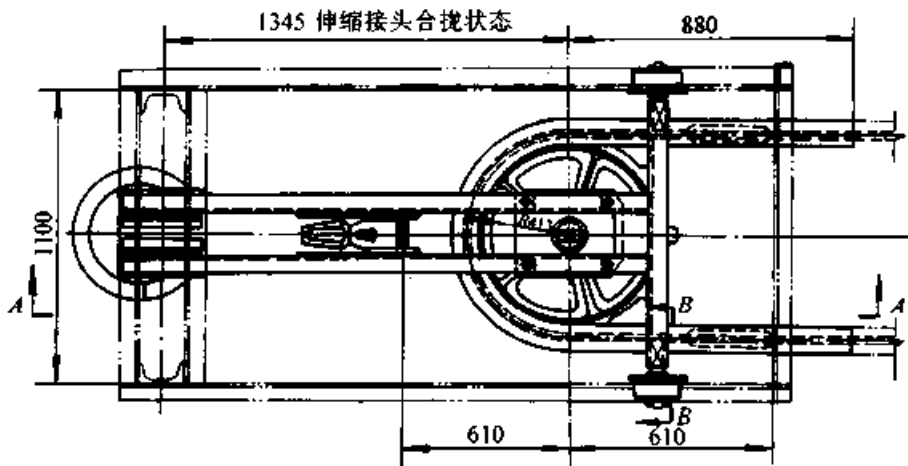
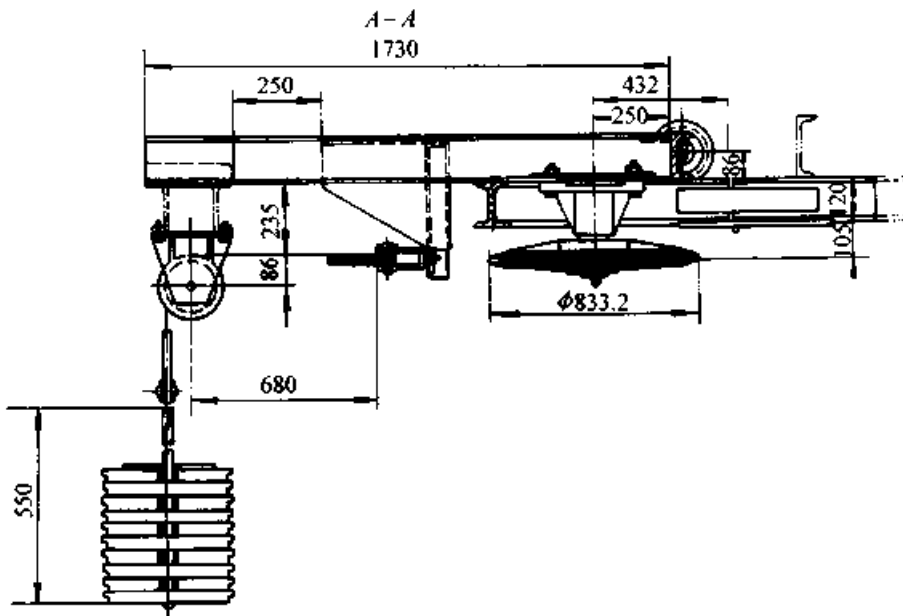
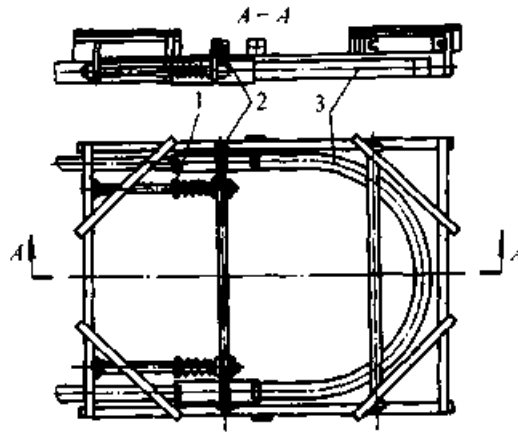


图 28.2-15 重锤式拉紧装置



超星阅读器提醒您：  
使用本复制品  
请尊重相关知识产权！

图 28.2-16 螺杆弹簧拉紧装置  
1—调节螺母 2—滑轮 3—活动轨道

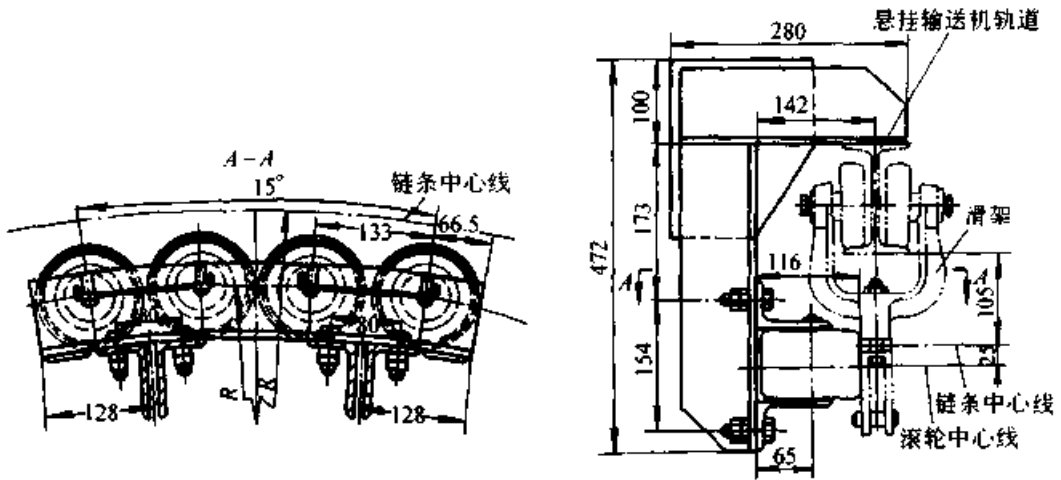


图 28.2-17 滚柱组转向装置

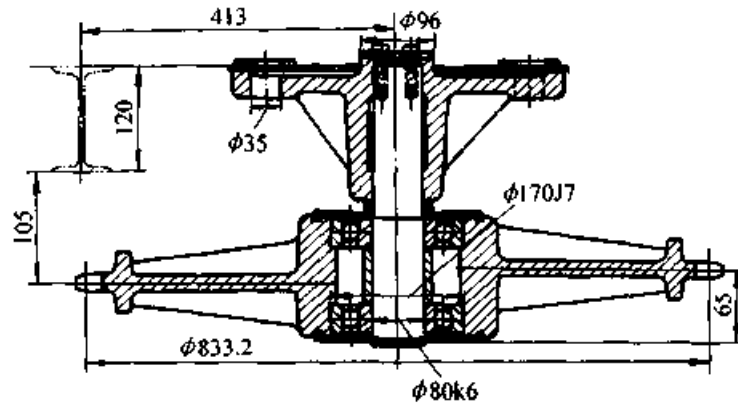


图 28.2-18 链轮转向装置

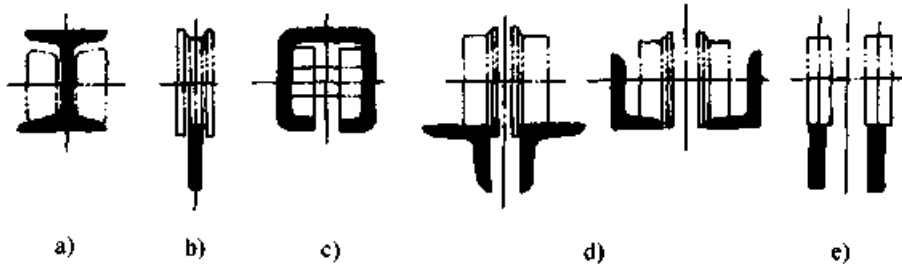
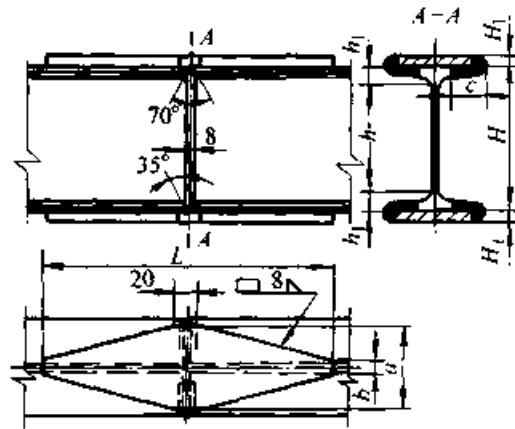


图 28.2-19 架空轨道断面图  
a) 工字钢轨道 b) 扁钢轨道 c) 特殊型钢轨道 d) 角钢双轨轨道 e) 扁钢双轨轨道

表 28.2-51 轨道固定接头

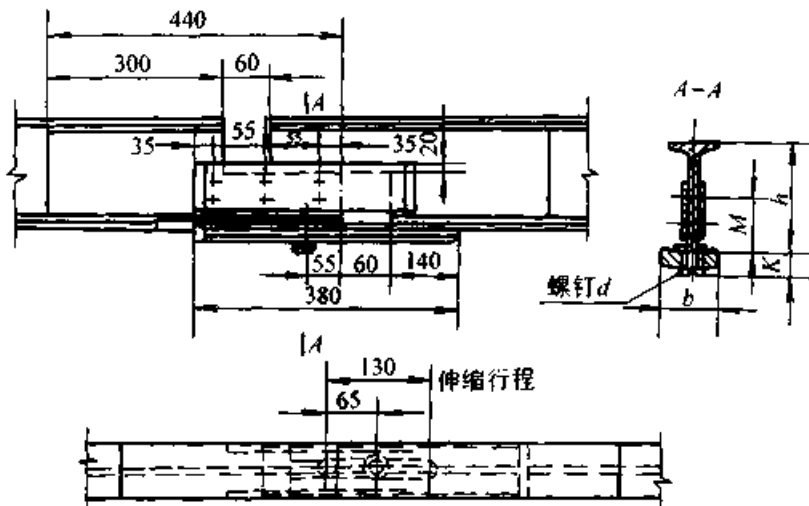


超星浏览器提醒您：  
使用本复制品  
请尊重相关知识产权！

轨道型号	尺寸 / mm								单块连接板 质量 $m/kg$
	$H$	$H_1$	$h$	$h_1$	$a$	$b$	$c$	$L$	
I10	100	8	66	17	56	20	24	240	0.694
I12	120	10	84	18	60	20	26	260	0.76
I14	140	12	100	20	60	20	30	300	0.955
I16	160	12	110	25	70	20	33	340	1.64

表 28.2-52 伸缩接头

(mm)



名称	尺寸 / mm					质量 $m/kg$
	$b$	$h$	$K$	$d$	$M$	
轨道温度伸缩接头 I12	75	120	21.5	M12	70	15.9
轨道温度伸缩接头 I14	82	140	23.5	M12	70	18.02
轨道温度伸缩接头 I16	90	160	29.5	M14	80	22.12

### 4.3 悬挂输送机的设计计算

在此主要介绍提式悬挂输送机（不介绍推式）的设计计算。首先按生产工艺要求绘出线路布置图，然后按给定的生产率和工作条件进行各部件选定。

#### 4.3.1 基本参数的确定

##### (1) 吊具间距

$$S = 2n\rho \geq T_{\min} \quad (28.2-34)$$

式中  $S$  ——吊具间距 (m);

$n$  ——正整数,  $n=1, 2, 3, \dots$ ;

$\rho$  ——链条节距 (m);

$T_{\min}$  ——最小吊具间距 (m)。该间距应能保证货物及吊具运行中, 在输送线全线的任何位置上, 与其周围及相邻货物 (包括吊具) 的最小间隙  $\Delta \geq 200 \sim 300 \text{ mm}$ 。

##### (2) 悬挂输送机链速的确定

$$v = \frac{K_c QS}{3600 K_s Z} \quad (28.2-35)$$

式中  $S$  ——吊具间距 (m);

$v$  ——链速 (m/s), 一般  $v = 0.015 \sim 0.35 \text{ m/s}$ , 最大不超过  $0.5 \text{ m/s}$ ;

$K_c$  ——储备系数, 一般取  $K_c = 1.1 \sim 1.5$ ;

$Q$  ——货物输送量 (件/h);

$K_s$  ——时间利用系数, 一般  $K_s = 0.85 \sim 0.95$ ;

表 28.2-53  $\omega_b$  阻力系数

滑架轮直径 $D/\text{mm}$	工作条件		
	良好	中等	恶劣
$\leq 60$	0.025~0.020	0.035~0.030	0.045~0.040
~80	0.020~0.016	0.026~0.021	0.036~0.030
~100	0.016~0.014	0.021~0.018	0.030~0.025

注: 一般  $\omega_b$  取偏大值。

##### (2) 曲线段阻力

水平链轮转弯  $F_n = \epsilon F_{n-1}$  (28.2-38)

式中  $\epsilon$  ——链轮水平转弯阻力系数, 见表 28.2-54。

水平滚柱组转弯  $F_n = \lambda F_{n-1}$  (28.2-39)

式中  $\lambda$  ——滚柱组水平转弯阻力系数, 见表 28.2-54。

垂直弯曲段

$Z$  ——一个吊具上的货物件数;

#### 4.3.2 各段阻力及链条张力计算

下面是以链条牵引构件为例的计算。

设悬挂输送机无载分支上的载荷为  $q_0$ , 而有载分支上载荷为  $q$

$$q_0 = \frac{G_1}{S} + \frac{G_2}{B} + q_1$$

$$q = q_0 + \frac{G}{S}$$

式中  $q_0$  ——无载分支上线载荷 (kg/m);

$q$  ——有载分支上线载荷 (kg/m);

$G_1$  ——吊具质量 (kg);

$G_2$  ——滑架质量 (kg);

$G$  ——一个吊具上货载总质量 (kg);

$B$  ——滑架节距 (m);

$S$  ——吊具间距 (m);

$q_1$  ——链条每米长度质量 (kg/m)。

##### (1) 水平直线段阻力

有载分支

$$F_n = F_{n-1} + 9.8l\omega_b(q_0 + q_1 + q) \quad (28.2-36)$$

无载分支

$$F_n = F_{n-1} + 9.8l\omega_b(q_0 + q_1) \quad (28.2-37)$$

式中  $F_n$  ——该直线段终点张力 (N);

$F_{n-1}$  ——该直线段起点张力 (N);

$l$  ——该直线段长度 (m);

$\omega_b$  ——阻力系数, 见表 28.2-53。

其他符号同前

有载分支

$$F_n = \varphi(F_{n-1} + 9.8\omega_b ql \pm 9.8qH) \quad (28.2-40)$$

空载分支

$$F_n = \varphi(F_{n-1} + 9.8\omega_b q_0 l \pm q_0 H) \quad (28.2-41)$$

式中  $\varphi$  ——垂直弯曲段阻力系数, 见表 28.2-54;

$l$  ——该曲线段水平投影长度 (m);

$H$  ——垂直投影高度 (m)。

其他符号同前, 对式 (28.2-40) 和式 (28.2-41) 中上坡取 “+” 号, 下坡取 “-” 号。

表 28.2-54 不同回转角度的  $\varphi$ 、 $\varepsilon$ 、 $\lambda$  值 (常温)

工作条件	$\varphi$					$\varepsilon$		$\lambda$				
	25°≤	30°	35°	40°	45°	90°	180°	30°≤	45°	60°	90°	180°
良好	1.012	1.018	1.020	1.025	1.028	1.020~1.025	1.028~1.030	1.020	1.025	1.030	1.040	1.070
中等	1.015	1.023	1.025	1.030	1.033	1.025~1.033	1.036~1.040	1.025	1.030	1.040	1.050	1.090
恶劣	1.020	1.030	1.032	1.035	1.040	1.035~1.045	1.050~1.055	1.030	1.040	1.045	1.060	1.100

4.3.3 最大张力近似计算

$$F_{max} = F_0 + w_b(qL_1 + q_0L_2)(1 + A\varphi^\varepsilon\lambda^2) + (q + q_0)(H_2 - H_1) \quad (28.2-42)$$

式中  $F_0$  ——初张力 (N), 可取  $F_0 = 500 \sim 1\,000$  N;

$L_1$  ——有载分支水平投影长度 (m);

$L_2$  ——空载分支水平投影长度 (m);

$A$  ——转向情况系数, 一般取  $A = 0.5 \sim 0.35$ ;

$x$  ——线路上垂直弯曲次数;

$y$  ——线路上改向链轮数;

$z$  ——线路上改向滚柱组数;

$H_1$  ——输送机装载处高度 (m);

$H_2$  ——输送机卸载处高度 (m)。

驱动装置一般选择安装在输送机载荷段的最高点, 张紧装置放在最小张力点附近。最小张力点一般在最长的下坡段后面水平线路中。

最大张力近似计算只供初选部件用, 然后一定要进行最大张力精确计算。精确计算采用逐点

计算法进行计算。在输送机整体线路上沿运行方向由最小张力点开始, 按阻力特征分为直线段、上坡段、下坡段, 水平转弯段和垂直转弯段, 编上序号依次进行计算。

4.3.4 驱动功率的计算

电动机功率按下式计算:

$$P = \frac{Fv_{max}}{1\,000\eta}$$

式中  $F$  ——驱动链轮上的圆周力 (N);

$v_{max}$  ——输送机最大速度 (m/s);

$\eta$  ——传动机构效率, 取  $\eta = 0.70 \sim 0.80$ ;

$P$  ——电机功率 (kW);

$$F = F_t - F_c$$

式中  $F_t$  ——驱动链轮绕入端张力 (N);

$F_c$  ——驱动链轮绕出端张力 (N)。

4.4 悬挂输送机产品的主要性能参数

几种典型型号的悬挂输送机的主要技术参数见表 28.2-55~表 28.2-56。

表 28.2-55 轻型悬挂输送机主要参数

参 数	型 号		
	XT150.8	XT200.30	XT240.50, XT256.50
节距 $p$ /mm	150	200	240, 256
许用牵引力 $F$ /N	2 500	5 000	8 000
吊重 $m$ /kg	8.0 (单滑架静载荷)	30.0 (单滑架静载荷)	50.0 (单滑架静载荷)
电动机功率 $P$ /kW	0.4~0.8	0.8~1.1	0.8~2.2
回转半径	水平		
$R$ /mm	垂直		
	500, 600	600	600, 800, 1 000
链条速度 $v$ /m·min <sup>-1</sup>	0.3~15 (无级调速)	0.5~15 (无级调速)	0.35~13.5 (无级调速)
链条型式	双铰接链	双铰接链	双铰接链
轨道型钢尺寸/mm	54×47×3.5	72×68×4	80×80×4
应用环境温度	100℃	80℃ (滴油润滑)	-20~120℃ (常温普通轮)
	<165℃ (加润滑脂)	250℃ (注油器喷雾)	≤250℃ (高温高强轮)

注: 选自承德市悬挂输送机厂产品样本。

表 28.2-56 封闭轨悬挂输送机主要参数

参 数		型 号	
		Fx208	Fx228, Fx240, Fx254
节距/mm		208 (吊具间距)	228, 240, 254
链条许用张力/ $\text{N}$		6 000 (max)	5 000
单个吊挂吊重/kg		30.0	30.0
电机功率/kW		0.8, 1.5, 2.2	0.8~22
回转半径 $R/\text{mm}$	水平	600, (500, 800)	500, 600, 800, 1 000
	垂直	600, (800, 1 000)	600, 800
链条速度 $v/\text{m}\cdot\text{min}^{-1}$		0.28~14.89 (无级)	0.5~15
链条型式		万向链	万向铰接链
轨道型钢尺寸/mm		70×70×25×4 内弯型槽钢	80×80×25×5 异形方管
最高使用温度		200℃	200℃

注：选自承德矿山机械厂产品样本。

## 参 考 文 献

- 张质文等主编. 起重运输机械. 北京: 中国铁道出版社出版, 1983
- 机械设计师手册编写组编. 机械设计师手册. 北京: 机械工业出版社, 1989
- 徐灏主编. 新编机械设计师手册. 北京: 机械工业出版社, 1995
- 洪致育等主编. 连续运输机. 北京: 机械工业出版社, 1982
- 机械工业部北京起重运输机械研究所编. DT II 型固定式带式输送机设计选用手册. 北京: 冶金工业出版社, 1994
- 黄万吉主编. 矿山运输机械设计. 沈阳: 东北工学院出版社, 1990
- 成大先主编. 机械设计手册: 第2卷. 北京: 化学工业出版社, 1993
- Jonkere C O. 输送机胶带利用气膜代替托辊——空气带式输送机可供选择. 曹秉忠译. 起重运输机械. 1974. 6: 62~67; 1975. 1. 2 (合刊): 94~100; 1975. 3: 57~63
- 机械工程手册编委会编. 机械工程手册: 13卷. 北京: 机械工业出版社, 1997

超星浏览器提醒您：  
使用本复制品  
请尊重相关知识产权！



第  
29  
篇

超星浏览器提醒您：  
使用本复制品  
请尊重相关知识产权！

操作件、标牌和  
常用手工工具

主 编 杨树华

编 写 杨树华

审 稿 蔡 群



中国机械工程学会  
中国机械设计大典编委会

超星浏览器提醒您：  
使用本复制品  
请尊重相关知识产权！

# 第1章 操作件

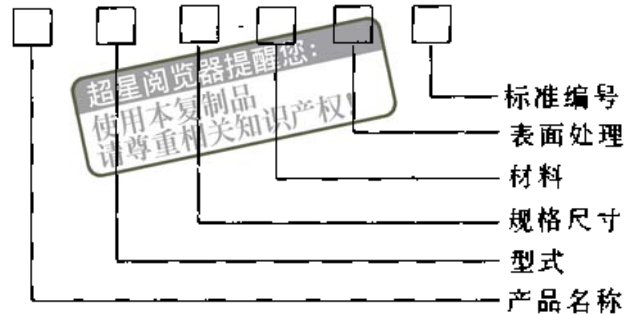
## 1 操作件类型

操作件按其用途分为：手柄，手柄球、套、杆，手柄座，手轮及把手等五类。手柄分为手柄、曲面手柄、直手柄、转动小手柄、转动手柄、曲面转动手柄、锥柱手柄、球头手柄、单柄对重手柄、双柄对重手柄、可折手柄和可调位紧定手柄等几种。手柄球、套、杆分为手柄球、指示手柄球、手柄套、椭圆手柄套、长手柄套和手柄杆等几种。手柄座分为手柄座、锁紧手柄座、圆盘手柄座和定位手柄座等几种。手轮分为手轮、小手轮、波纹手轮、小波纹手轮、圆轮缘手轮、波纹圆轮缘手轮、内波纹手轮、背面波纹手轮、双辐条手轮、带可折手柄双辐条手轮和直辐条圆轮缘手轮等几种。把手分为把手、压花把手、十字把手、星形把手、定位把手、T形把手、方形把手和三角箭形把手等。此外，还有供塑料制件用的镶嵌件嵌套。

## 2 操作件标记方法

操作件的标记由产品名称、型式、规格尺寸、标准号以及材料、表面处理等组成，其标记方法如下：

### (1) 标记方法



1) 产品名称、型式与规格尺寸、标准编号的标记方法按相应操作件产品标准的规定。

2) 材料的标记按现行材料标准规定的代号。

3) 表面处理的表示方法按 GB/T 13911—1992《金属镀覆和化学处理表示方法》规定的符号表示。

### (2) 标记的简化和省略原则

1) 产品名称允许简化。

2) 型式、材料、表面处理在相应产品标准中只有一种时，允许省略。

3) 当型式、材料、表面处理在相应产品标准中规定有两种以上时，允许省略一种。省略的型式和表面处理分别为 A 型和喷砂镀铬，材料省略见相应产品标准标记。

### (3) 标记举例 (见表 29.1-1)

表 29.1-1 标记举例

产品名称	型式	规格尺寸	标准号	材料	表面处理	标记方法
圆盘手柄座	A	$d = 10 \text{ mm}$ $D = 40 \text{ mm}$	JB/T 7272.3	HT200	喷砂镀铬	手柄座 10×40 JB/T 7272.3—1994
				35	喷砂镀铬	手柄座 10×40-35 JB/T 7272.3—1994
				HT200	镀铬抛光	手柄座 10×40D·L <sub>3</sub> Cr JB/T 7272.3—1994
	B			Q235-A	氧化	手柄座 10×40-Q235-AH·Y JB/T 7272.3—1994
				HT200	喷砂镀铬	手柄座 B10×40 JB/T 7272.3—1994
				35	喷砂镀铬	手柄座 B10×40-35 JB/T 7272.3—1994
手轮	A	$d = 16 \text{ mm}$ $D = 160 \text{ mm}$	JB/T 7273.3	HT200	喷砂镀铬	手轮 16×160 JB/T 7273.3—1994
	B					手轮 B16×160 JB/T 7273.3—1994
	C					手轮 C16×160 JB/T 7273.3—1994

### 3 操作件规格尺寸

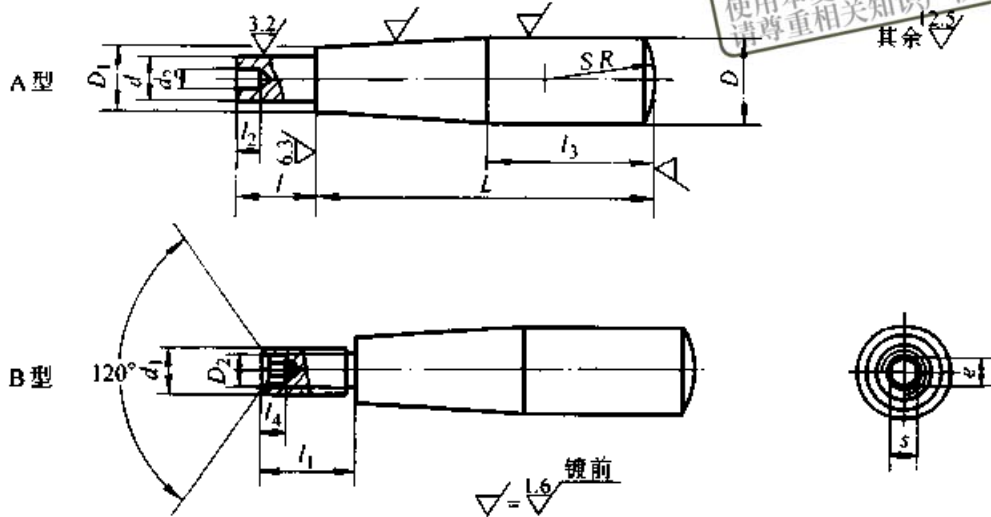
手柄规格尺寸见表 29.1-2~表 29.1-13, 手柄球、套、杆规格尺寸见表 29.1-14~表 29.1-19, 手柄座规格尺寸见表 29.1-20~

表 29.1-23, 手轮规格尺寸见表 29.1-24~表 29.1-34, 把手规格尺寸见表 29.1-35~表 29.1-42, 嵌件规格尺寸见表 29.1-43。

手柄材料: 35 钢; Q235-A。

表 29.1-2 手柄 (摘自 JB/T 7270.1-1994)

(mm)



基本尺寸	极限偏差 (js7)	d		L	l			l <sub>1</sub>	D	D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>	d <sub>2</sub>	l <sub>2</sub>	l <sub>3</sub>	l <sub>4</sub>	e	s	SR	每件质量/kg≈	
		d <sub>1</sub>	L		l	l <sub>1</sub>	l <sub>2</sub>													
4	±0.006	M4	32	—	6	8	10	8	9	7	2.5	2.5	3	16	2	2.3	2	12	0.015	
5		M5	40		8	10	12	10	11	8	3.1	3.5	4	20	2.5	2.9	2.5	14	0.025	
6		M6	50		10	12	14	16	12	13	10	4	4	4	25	3	3.5	3	16	0.047
8	±0.007	M8	63	12	14	16	18	20	14	16	12	5	5.5	4	32	4	4.6	4	20	0.087
10		M10	80	16	18	20	22	25	16	20	15	6.3	7	5	40	5	5.8	5	25	0.175
12	±0.009	M12	100	20	22	25	28	32	18	25	18	7.5	9	6	50	6	6.9	6	32	0.262
16		M16	112	22	25	28	32	36	20	32	22	9.8	12	8	56	8	9.2	8	40	0.492

表面处理: 喷砂镀铬 (PS/D·Cr); 镀铬抛光 (D·L<sub>3</sub>Cr); 氧化 (H·Y)。

标记示例

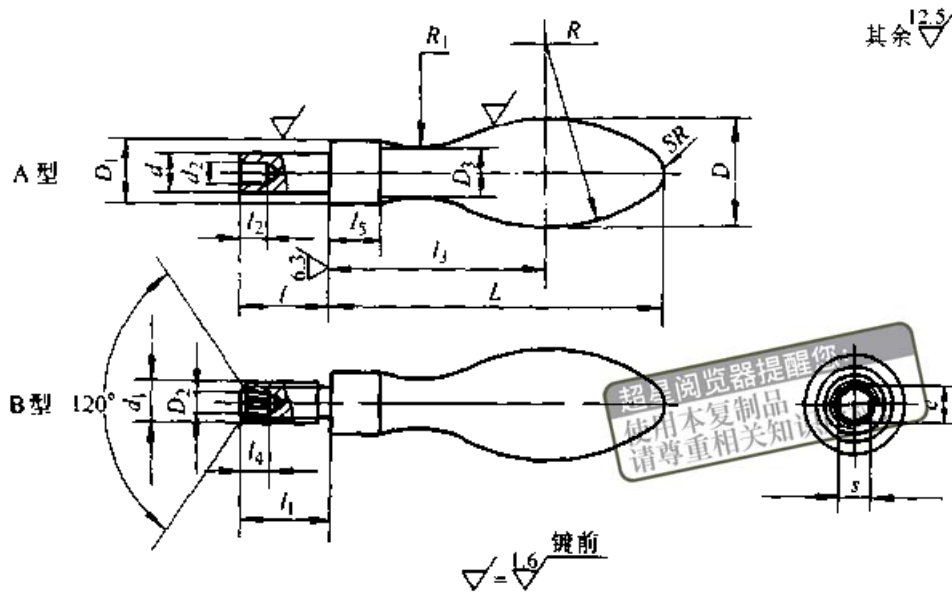
A 型, d = 6 mm, L = 50 mm, l = 10 mm, 35 钢, 喷砂镀铬手柄的标记:

手柄 6×50×10 JB/T 7270.1-1994

B 型, d<sub>1</sub> = M6, L = 50 mm, 35 钢, 喷砂镀铬手柄的标记:

手柄 BM6×50 JB/T 7270.1-1994

表 29.1-3 曲面手柄 (摘自 JB/T 7270.2-1994) (mm)



d		d <sub>1</sub>	L	l					l <sub>1</sub>	D	D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>
基本尺寸	极限偏差 (js7)											
4	±0.006	M4	32		6	8	10	8	10	7	2.5	
5		M5	40		8	10	12	10	13	8	3.1	
6		M6	50	10	12	14	16	12	16	10	4	
8	±0.007	M8	63	12	14	16	18	20	14	20	12	5
10		M10	80	16	18	20	22	25	16	25	15	6.3
12	±0.009	M12	100	20	22	25	28	32	18	32	18	7.5
16		M16	112	22	25	28	32	36	20	36	22	9.8

d		D <sub>3</sub>	d <sub>2</sub>	l <sub>2</sub>	l <sub>3</sub> ≈	l <sub>4</sub>	l <sub>5</sub>	e	s	R	R <sub>1</sub>	SR≈	每件质量/kg≈
基本尺寸	极限偏差 (js7)												
4	±0.006	5	2.5	3	20	2	4	2.3	2	20	9.5	2	0.012
5		6.5	3.5		25	2.5	5	2.9	2.5	24	14.5	2.5	0.027
6		8	4	4	32	3	7	3.5	3	28	19	3	0.049
8	±0.007	10	5.5		39	4	8	4.6	4	41	21	3	0.085
10		13	7	5	49	5	10	5.8	5	50	29	4	0.18
12	±0.009	16	9	6	60	6	13	6.9	6	63	40	4.5	0.36
16		18	12	8	70	8	14	9.2	8	68	41	7	0.51

手柄材料: 35 钢; Q235-A。

35 钢, 喷砂镀铬曲面手柄的标记:

表面处理: 喷砂镀铬 (PS/D·Cr); 镀铬抛

手柄 6×50×12 JB/T 7270.2-1994

光 (D·L<sub>3</sub>Cr); 氧化 (H·Y)。

B 型, d<sub>1</sub> = M6, L = 50 mm, 35 钢、喷砂

标记示例

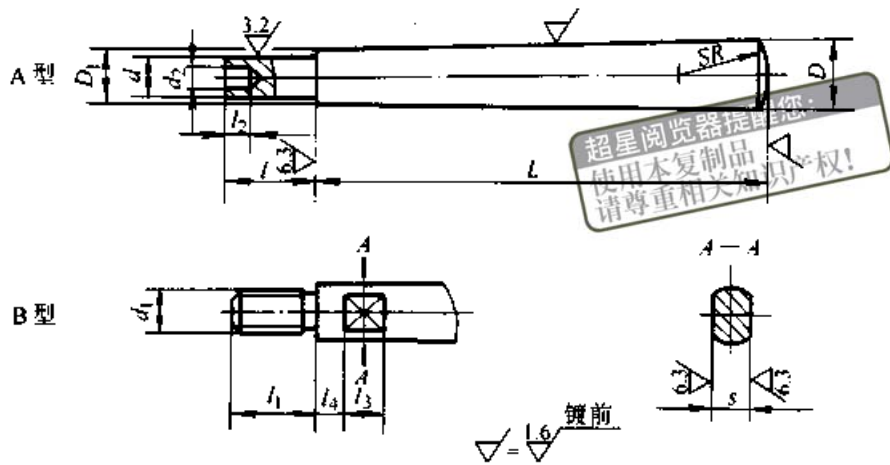
镀铬曲面手柄的标记:

A 型, d = 6 mm, L = 50 mm, l = 12 mm,

手柄 BM6×50 JB/T 7270.2-1994

表 29.1-4 直手柄 (摘自 JB/T 7270.3—1994)

(mm)



基本尺寸	极限偏差 (js7)	$d$													$s$		每件质量 / kg≈		
		$d_1$	$L$	$l$			$l_1$	$D$	$D_1$	$d_2$	$l_2$	$l_3$	$l_4$	$SR$	基本尺寸	极限偏差 (h13)			
4	±0.006	M4	40	5	6	8	8	7	5	2.5	3	6	4	10	4	0	0.010		
5		M5	50	6	8	10	10	8	6	3.5	5				5			-0.180	0.015
6		M6	63	8	10	12	12	10	8	4	4				6				
8	±0.007	M8	80	10	12	16	14	13	10	5.5	8	6	16	8	0	0.065			
10		M10	100	12	16	20	16	16	12	7			5	20			10	-0.220	0.125
12	±0.009	M12	125	16	20	25	18	20	16	9	6	10	8	25	13	0	0.260		
16		M16	160	20	25	32	25	25	20	12	8			32	16			-0.270	0.510
20	±0.010	M20	200	25	32	40	25	32	25	16	10	12	10	40	21	0 -0.330	1.078		

手柄材料: 35 钢; Q235-A。

35 钢, 喷砂镀铬直手柄的标记:

表面处理: 喷砂镀铬 (PS/D·Cr); 镀铬抛光 (D·L<sub>3</sub>Cr); 氧化 (H·Y)。

手柄 6×63×10 JB/T 7270.3—1994

光 (D·L<sub>3</sub>Cr); 氧化 (H·Y)。

B 型,  $d_1 = M6$ ,  $L = 63$  mm, 35 钢, 喷砂

标记示例

镀铬直手柄的标记:

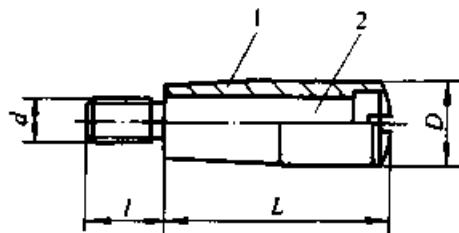
A 型,  $d = 6$  mm,  $L = 63$  mm,  $l = 10$  mm,

手柄 BM6×63 JB/T 7270.3—1994

表 29.1-5 转动小手柄 (摘自 JB/T 7270.4—1994)

(mm)

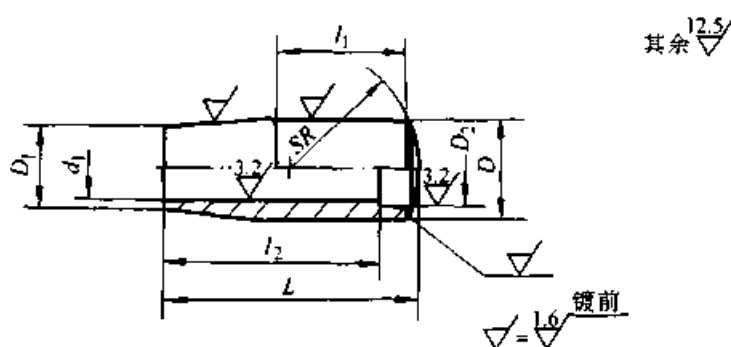
(1) 手柄



续表 29.1-5

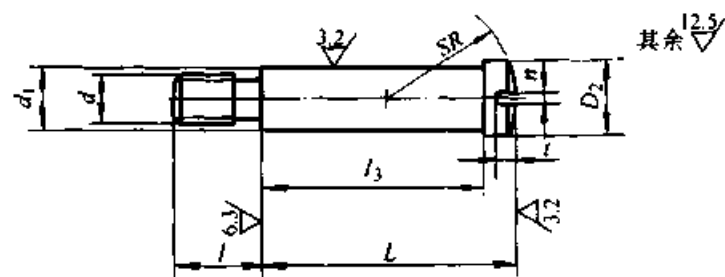
主要尺寸				件号	1	2	每套质量/ kg≈	
$d$	$L$	$l$	$D$	名称	转套	螺钉	钢	塑料
M5	25	10	12	规格	25	M5	0.020	0.009
M6	32	12	14		32	M6	0.036	0.016
M8	40	14	16		40	M8	0.068	0.031
M10	50	16	20		50	M10	0.109	0.057

(2) 转套 (件号 1)



$L$	$D$	$D_1$	$D_2$	$d_1$		$l_1$	$l_2$	SR
				基本尺寸	极限偏差 (H11)			
25	12	10	8	6	+0.075 0	12	20	14
32	14	12	10	8	+0.090 0	16	27	16
40	16	14	12	10	0	20	34	20
50	20	16	16	12	+0.110 0	25	43	25

(3) 螺钉 (件号 2)



续表 29.1-5

d	L	l	D <sub>2</sub>	d <sub>1</sub>		SR	l <sub>3</sub>	n	t
				基本尺寸	极限偏差 (d11)				
M5	25	10	8	6	-0.030 -0.105	14	21	1.2	2
M6	32	12	10	8	-0.040	16	28	1.6	2.5
M8	40	14	12	10	-0.130	20	35	2	3
M10	50	16	16	12	-0.050 -0.160	44	44	2.5	3.5

转套材料: 35 钢; Q235-A; ZL102; 塑料。

表面处理: 钢件: 氧化 (H·Y); 喷砂镀铬 (PS/D·Cr); 镀铬抛光 (D·L<sub>3</sub>Cr); ZL102: 阳极氧化 (D·Y)。

螺钉材料: 35 钢。

表面处理: 氧化 (H·Y)。

标记示例

d = M8, l = 40 mm, 35 钢, 氧化转动小手柄的标记:

手柄 M8×40 JB/T 7270.4—1994

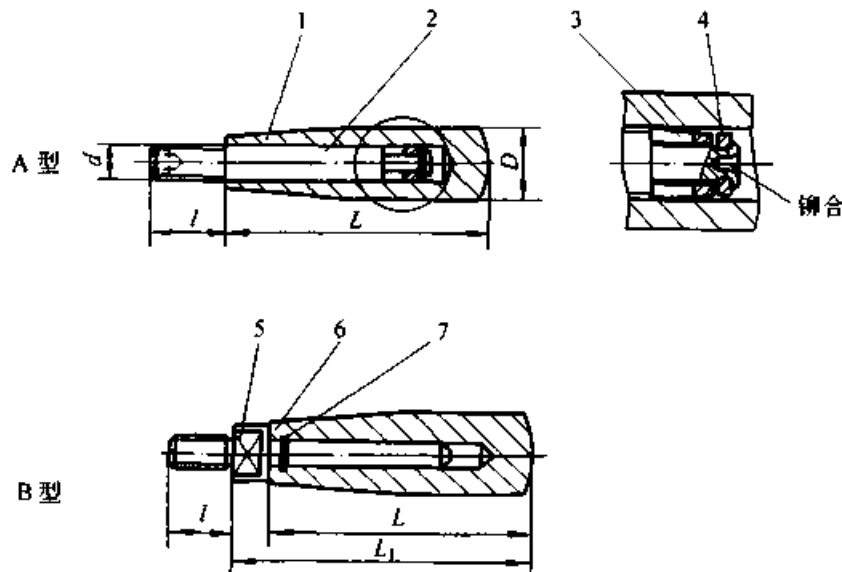
d = M8, L = 40 mm, 塑料转动小手柄的标记:

手柄 M8×40—塑料 JB/T 7270.4—1994

表 29.1-6 转动手柄 (摘自 JB/T 7270.5—1994)

(mm)

(1) 手柄

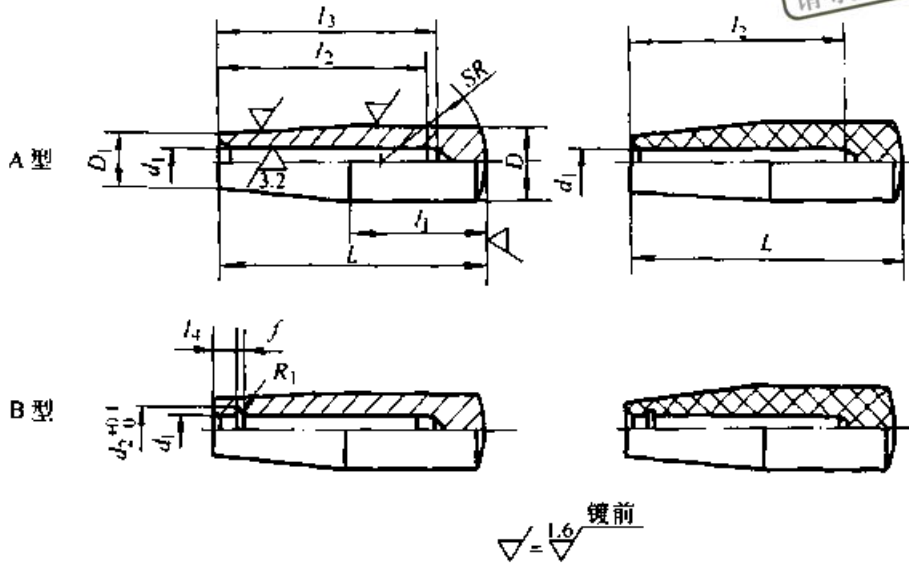


主要尺寸					件号	1	6	2	5	3	4	7	每套质量 / kg≈	
					名称	手柄套 A、B	手柄杆 A、B	弹性套	平垫圈	钢丝挡圈	钢	塑料		
d	L	L <sub>1</sub>	l	D	标准号	—	—	—	—	GB/T 97.1	GB/T 895.1	—	—	—
M6	50	—	12	16	规格	50	M6	4	2	—	—	—	0.069	0.020
M8	63	71	14	18		63	M8	5	2.5	7	—	—	0.113	0.036
M10	80	90	16	22		80	M10	6	3	8	—	—	0.205	0.067
M12	100	112	18	25		100	M12	8	4	10	—	—	0.269	0.102
M16	112	126	20	32		112	M16	10	6	14	—	—	0.505	0.184



续表 29.1-6

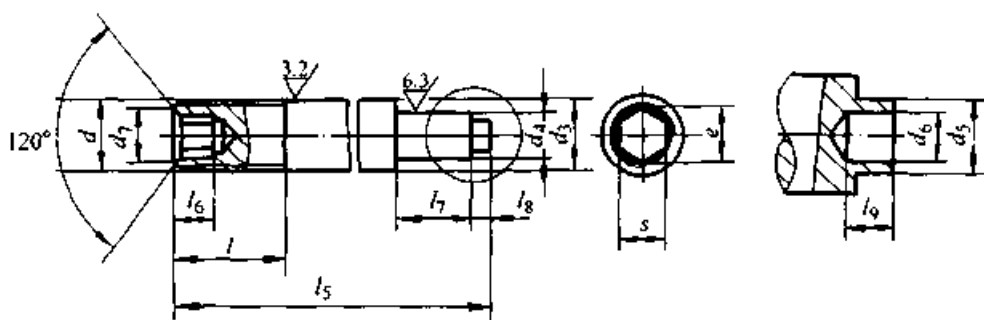
(2) 手柄套 (件号 1, 6)



$\nabla = 1.6$  镀前

L	D	D <sub>1</sub>	d <sub>1</sub>				d <sub>2</sub>	l <sub>1</sub>	l <sub>2</sub>		l <sub>3</sub>		l <sub>4</sub>	f	R <sub>1</sub>	SR
			基本尺寸		极限偏差(H11)				A	B	A	B				
			A	B	A	B										
50	16	12	6	—	+0.075 0		—	25	40	—	42	—	—	—	—	20
63	18	14	8	7	+0.090 0		7.4	32	50	45	52	50	3	0.8	0.4	25
80	22	16	10	8	0		8.5	40	60	55	65	60	3.5			28
100	25	18	12	10	+0.110 0	+0.090 0	10.5	50	75	65	80	70	4.5			32
112	32	22	16	14	+0.110 0		14.6	60	85	80	90	85	5.5	1	0.5	40

(3) A型手柄杆 (件号 2)

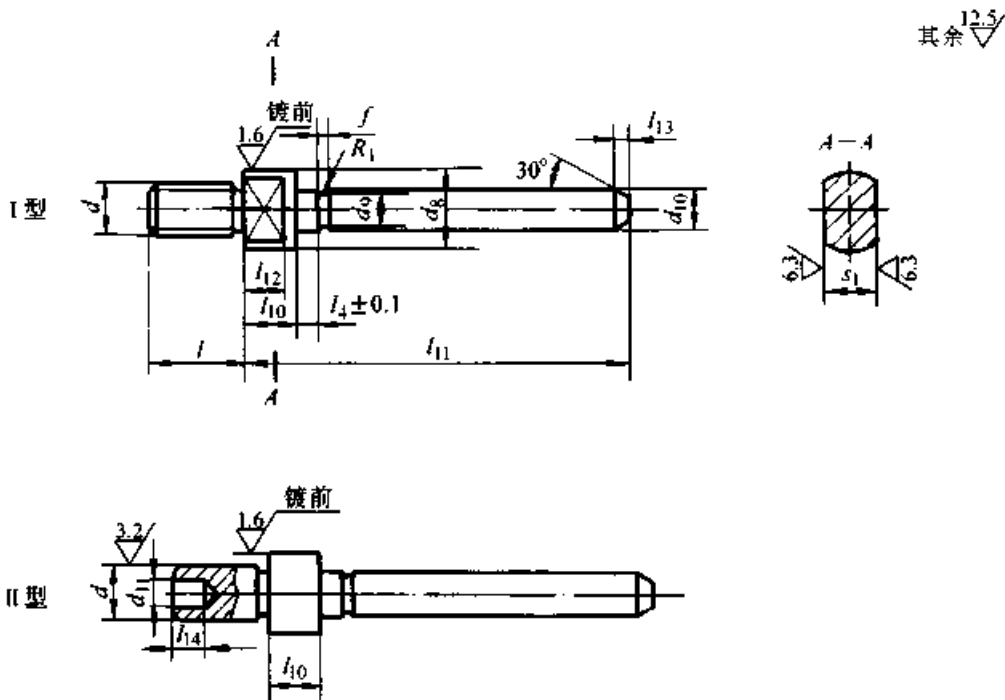


其余 12.5

续表 29.1-6

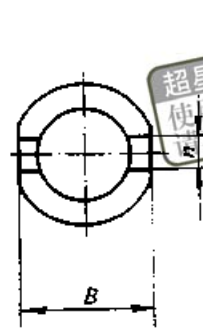
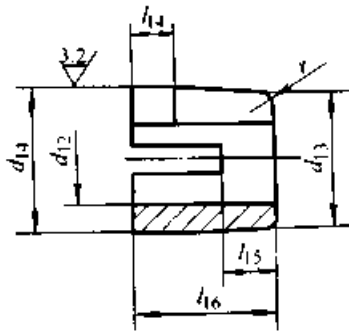
d	l	d <sub>3</sub>		d <sub>4</sub>	d <sub>5</sub>	d <sub>6</sub>	d <sub>7</sub>	l <sub>5</sub>	l <sub>6</sub>	l <sub>7</sub>	l <sub>8</sub>	l <sub>9</sub>	e	s	
		基本尺寸	极限偏差 (d11)												
M6	12	6	-0.030 -0.105	3.5	2	1	4	50	3			1.5	1	3.5	3
M8	14	8	-0.040	4.5	2.5	1.5	5	60	4	9			1.5	4.6	4
M10	16	10	-0.130	5.5	3	2	6.3	70	5	11	2		2	5.8	5
M12	18	12	-0.050	7.5	4	2.5	7.5	90	6	13			2.5	6.9	6
M16	20	16	-0.160	9.5	6	4.5	9.8	100	8	15	2.5		4.5	9.2	8

(4) B型手柄杆 (件号 5)



I 型	d		d <sub>8</sub>	d <sub>9</sub>	基本尺寸	极限偏差 (d11)	l		l <sub>4</sub>	l <sub>10</sub>	l <sub>11</sub>	l <sub>12</sub>	l <sub>13</sub>	l <sub>14</sub>	f	R <sub>1</sub>	s <sub>1</sub>	
	II 型						基本尺寸	极限偏差 (h13)										
	基本尺寸	极限偏差 (js7)																
M8	8	±0.007	13	5.4	7	-0.040	5.5	14	20	3	8	50	6	4	4	0.8	10	0 -0.220
M10	10		15	6.4	8		-0.130	7	16	25	3.5	10	60	8	5		0.4	13
M12	12	±0.009	18	8.4	10	-0.050 -0.160	9	18	32	4.5	12	75	10	5	6	1	16	0 -0.270
M16	—	—	21	12	14		—	20	—	5.5	14	92	12	—	—		0.5	—

(5) 弹性套 (件号 3)



其余 6.3  
超星阅读器提醒您：  
使用本复制品  
请尊重相关知识产权！

$d_{12}$	$d_{13}$	$d_{14}$		$B$	$l_{15}$	$l_{16}$	$n$	$r$
		基本尺寸	极限偏差(h11)					
4	6	6.20	0	5.5	2	6	1	0.5
5	8	8.25	-0.090	7.5		8		
6	10	10.25	0 -0.110	9.5	3	10	1.2	1
8	12	12.30		11.5		12		
10	16	16.30		14.5		14		

注：B型手柄杆Ⅱ型用于单柄对重手柄。

转动手柄套材料 (A、B型)：35 钢；Q235-A；  
塑料。

(PS/D·Cr)；镀铬抛光 (D·L<sub>3</sub>Cr)；氧化 (H·Y)。

弹性套热处理硬度：42 HRC。

手柄杆材料 (A、B型)：35 钢。

标记示例

弹性套材料：65 Mn。

A型  $d = M6$ ,  $L = 50$  mm, 35 钢, 喷砂,

转动手柄套表面处理 (A、B型)：钢件喷砂  
镀铬 (PS/D·Cr)；

镀铬转动手柄的标记：

手柄 M6×50 JB/T 7270.5—1994

镀铬抛光 (D·L<sub>3</sub>Cr)；氧化 (H·Y)。

B型  $d = M6$ ,  $L = 50$  mm, 塑料转动手柄

转动手柄杆 (A型)：氧化 (H·Y)。

的标记：

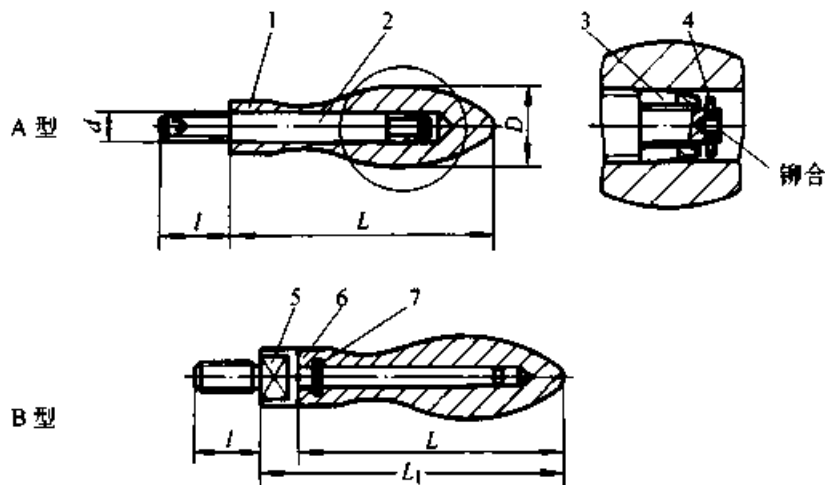
转动手柄杆 (B型)： $d_8$  处喷砂、镀铬

手柄 BM6×50 JB/T 7270.5—1994

表 29.1-7 曲面转动手柄 (摘自 JB/T 7270.6—1994)

(mm)

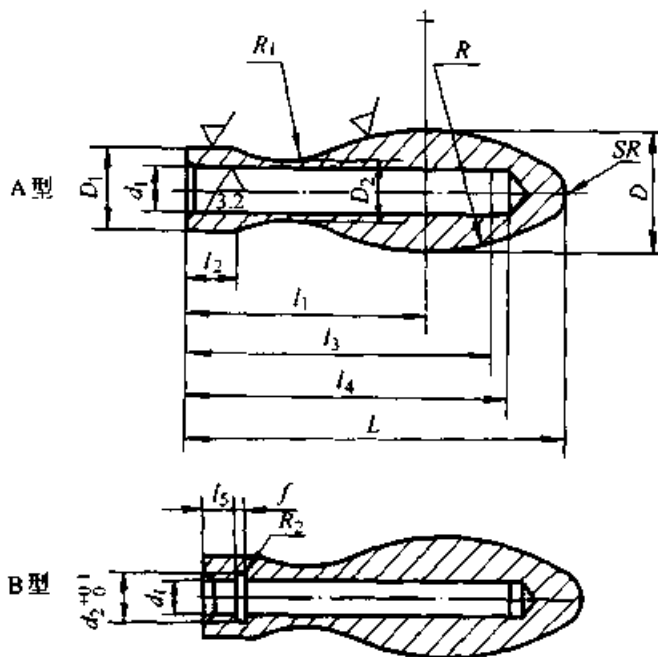
(1) 手柄



续表 29.1-7

主要尺寸					件号	1, 6	2, 5	3	4	7	每套质量/ kg≈
<i>d</i>	<i>L</i>	<i>l</i>	<i>L</i> <sub>1</sub>	<i>D</i>	名称	手柄套 A、B	手柄杆 A、B	弹性套	平垫圈	钢丝挡圈	
M6	50	12	—	16	标准号	—	JB/T 7270.5		GB/T 97.1	GB/T 895.1	0.041
M8	63	14	71	20	规格	50	M6	4	2	—	0.081
M10	80	16	90	25		63	M8	5	2.5	—	0.171
M12	100	18	112	32		80	M10	6	3	—	0.331
M16	112	20	126	36		100	M12	8	4	10	0.750
						112	M16	10	6	14	

(2) 手柄套 (件号 1, 6)



其余  $\sqrt{\quad}$

$\sqrt{\quad} = 1.6$  镀前

<i>L</i>	<i>D</i>	<i>D</i> <sub>1</sub>	<i>d</i> <sub>1</sub>				<i>d</i> <sub>2</sub>	<i>D</i> <sub>2</sub>	<i>l</i> <sub>1</sub> ≈	<i>l</i> <sub>2</sub>	<i>l</i> <sub>3</sub>	<i>l</i> <sub>4</sub>	<i>l</i> <sub>5</sub>	<i>f</i>	<i>R</i>	<i>R</i> <sub>1</sub>	<i>R</i> <sub>2</sub>	<i>SR</i> ≈
			基本尺寸		极限偏差(H1)													
			A	B	A	B												
50	16	11	6	—	+0.075 0	—	9	32	7	40	42	—	—	31	21	—	3	
63	20	14	8	7	+0.090 0	7.4	11	40	8	50	52	3	—	41	26	—	3.5	
80	25	16	10	8	0	8.5	13	50	10	60	65	3.5	0.8	50	29	0.4	5	
100	32	20	12	10	+0.110 0	+0.090 0	10.5	16	64	13	75	80	4.5	—	55	40	—	6
112	36	22	16	14	+0.110 0	—	14.6	20	70	14	85	90	5.5	1	68	41	0.5	7

曲面转动手柄套材料: 35 钢; Q235-A。

A 型, *d* = M8, *L* = 63 mm, 35 钢, 喷砂

曲面转动手柄套表面处理: 喷砂、镀铬

镀铬曲面转动手柄的标记:

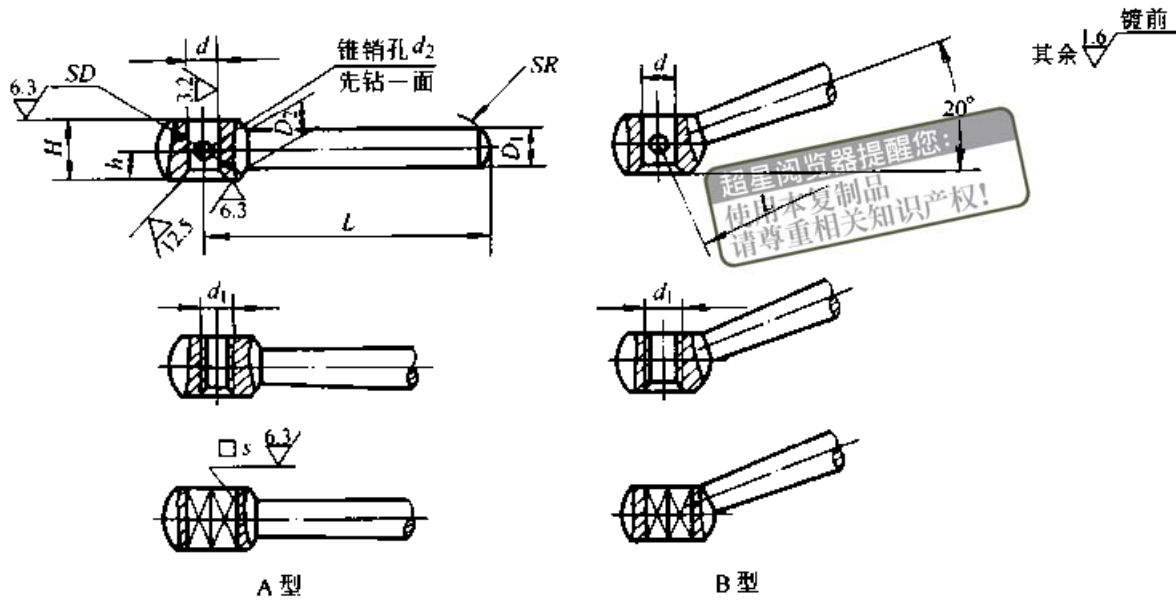
(PS/D·Cr); 镀铬抛光 (D·L<sub>3</sub>Cr)。

手柄 M8×63 JB/T 7270.6—1994

标记示例

表 29.1-8 锥柱手柄 (摘自 JB/T 7270.7—1994)

(mm)



基本尺寸	极限偏差 (H8)	$d_1$	$s$		$L$	$SD$	$D_1$	$D_2$	$d_2$	$H$	$h$	$SR$	每件质量/ kg≈
			基本尺寸	极限偏差 (H13)									
5	+0.018	M5	—	—	40	12	7	5	2	9	4.5	10	0.013
6	0	M6	5	+0.18	50	14	8			10			5
8	+0.022	M8	5.5	0	63	16	10	6	3	11	6.5	12	
10	0	M10	7	+0.22	80	20	12	8		14			0.068
12	+0.027	M12	8	0	100	26	15	10	4	18	8.5	20	0.127
16	0	M16	10	+0.27 0	125	32	18	12	5	22	10	25	0.252
20	+0.033	M20	13		160	40	22	16	6	28	13	32	0.447
25	0	M24	18		200	50	28	20	8	36	17	40	0.856

锥柱手柄材料：35 钢；Q235-A。

表面处理：喷砂、镀铬 (PS/D·Cr)；镀铬抛光 (D·L<sub>3</sub>Cr)；氧化 (H·Y)。

标记示例

A 型：

$d = 6 \text{ mm}$ ， $L = 50 \text{ mm}$ ，35 钢，喷砂、镀铬  
锥柱手柄的标记：

手柄 6×50 JB/T 7270.7—1994

$d_1 = M6$ ， $L = 50 \text{ mm}$ ，35 钢，喷砂、镀铬  
锥柱手柄的标记：

手柄 M6×50 JB/T 7270.7—1994

$s = 5 \text{ mm}$ ， $L = 50 \text{ mm}$ ，35 钢，喷砂、镀铬

锥柱手柄的标记：

手柄 5×5×50 JB/T 7270.7—1994

B 型：

$d = 6 \text{ mm}$ ， $L = 50 \text{ mm}$ ，35 钢，喷砂、镀铬

锥柱手柄的标记：

手柄 B6×50 JB/T 7270.7—1994

$d_1 = M6$ ， $L = 50 \text{ mm}$ ，35 钢，喷砂、镀铬

锥柱手柄的标记：

手柄 BM6×50 JB/T 7270.7—1994

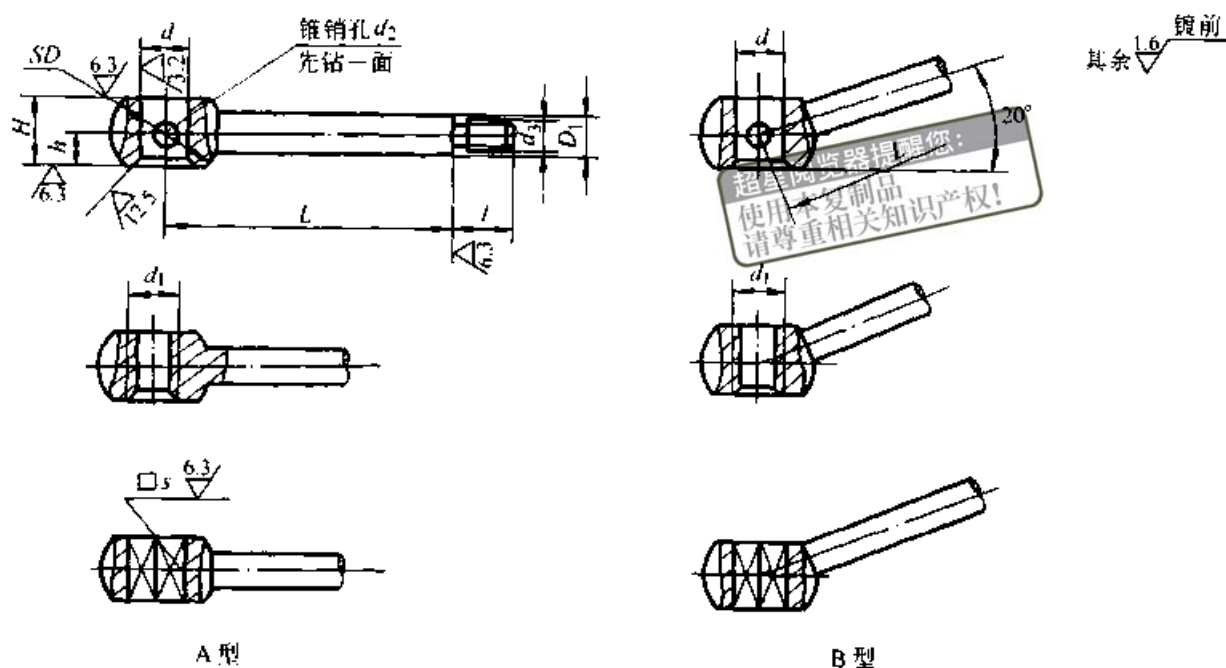
$s = 5 \text{ mm}$ ， $L = 50 \text{ mm}$ ，35 钢，喷砂、镀铬

锥柱手柄的标记：

手柄 B5×5×50 JB/T 7270.7—1994

表 29.1-9 球头手柄 (摘自 JB/T 7270.8—1994)

(mm)



A 型

B 型

基本尺寸	极限偏差 (H8)	d	d <sub>1</sub>	s		L	SD	D <sub>1</sub>	d <sub>2</sub>	d <sub>3</sub>	l	H	h	每件质量/kg≈
				基本尺寸	极限偏差 (H13)									
8	+0.022	M8	5.5	+0.18	0	50	16	6	3	M5	8	11	5	0.022
10	0	M10	7			63	20	8		M6	10	14	6.5	0.046
12	+0.027	M12	8	+0.22		80	26	10	4	M8	12	18	8.5	0.091
16	0	M16	10	0		100	32	12	5	M10	14	22	10	0.170
20	+0.033	M20	13	+0.27		125	40	16	6	M12	16	28	13	0.353
25	0	M24	18	0		160	50	20	8	M16	20	36	17	0.742

球头手柄材料: 35 钢; Q235-A。

表面处理: 喷砂、镀铬 (PS/D·Cr); 镀铬抛光 (D·L<sub>3</sub>Cr)。

标记示例

A 型:

d = 8 mm, L = 50 mm, 35 钢, 喷砂、镀铬球头手柄的标记:

手柄 8×50 JB/T 7270.8—1994

d<sub>1</sub> = M8, L = 50 mm, 35 钢, 喷砂、镀铬球头手柄的标记:

手柄 M8×50 JB/T 7270.8—1994

s = 5.5 mm, L = 50 mm, 35 钢, 喷砂、镀

铬球头手柄的标记:

手柄 5.5×5.5×50 JB/T 7270.8—1994

B 型:

d = 8 mm, L = 50 mm, 35 钢, 喷砂、镀铬

球头手柄的标记:

手柄 B8×50 JB/T 7270.8—1994

d<sub>1</sub> = M8, L = 50 mm, 35 钢, 喷砂、镀铬

球头手柄的标记:

手柄 BM8×50 JB/T 7270.8—1994

s = 5.5 mm, L = 50 mm, 35 钢, 喷砂、镀

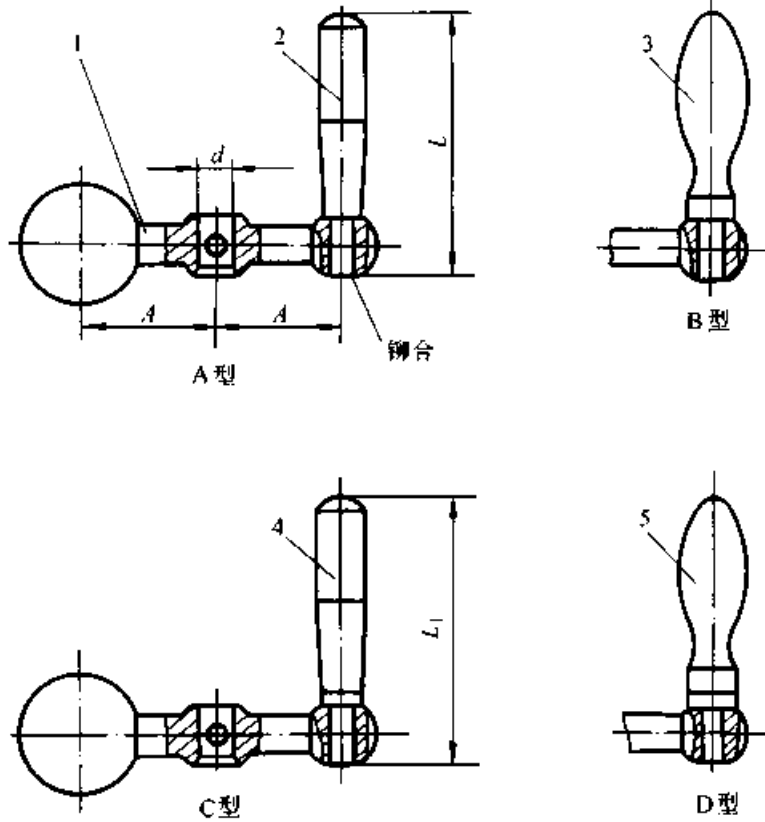
铬球头手柄的标记:

手柄 B5.5×5.5×50 JB/T 7270.8—1994

表 29.1-10 单柄对置手柄 (摘自 JB/T 7270.9—1994)

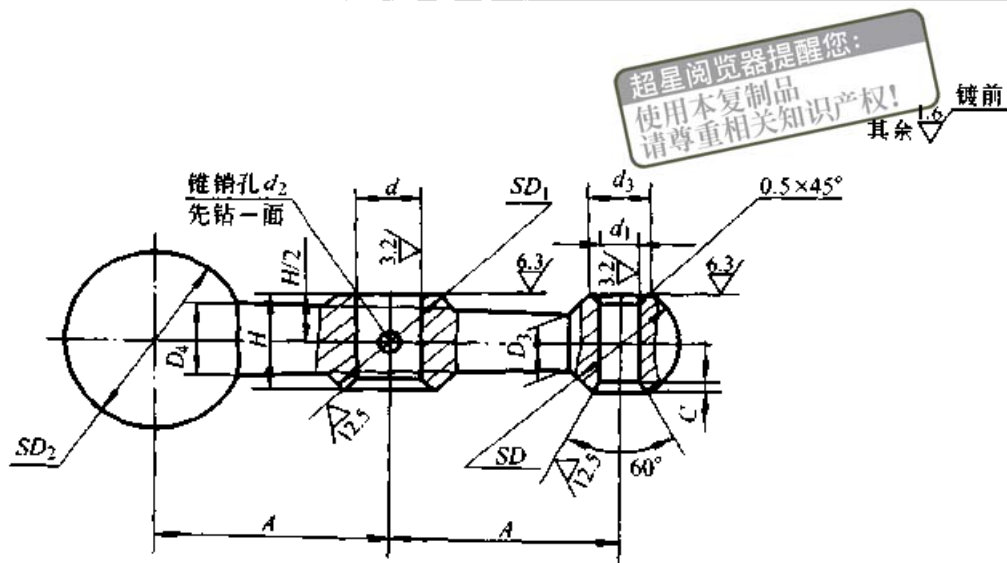
(mm)

(1) 手柄



主要尺寸				件号	1	2	3	4	5	每套质量/kg≈				
				名称	手柄体	手柄	曲面手柄	转动手柄	曲面转动手柄					
d	A	L	L <sub>1</sub>	标准号	—	JB/T 7270.1	JB/T 7270.2	JB/T 7270.5 B型	JB/T 7270.6 B型	A型	B型	C型	D型	
6	20	40	—	规格	6×20	4×32×10		—	—	0.041	0.039	—		
8	25	50			8×25	5×40×12				0.080	0.082	—		
10	32	63			10×32	6×50×16				0.155	0.157	—		
12	40	80	88		12×40	8×63×20		B8×63 (Ⅱ)	0.294	0.292	0.320	0.296	—	
	50				12×50				0.344	0.342	0.370	0.346		
14	63	102	112		14×63	10×80×25		B10×80 (Ⅱ)	0.630	0.632	0.660	0.637	—	
16	80				16×80				0.692	0.698	0.722	0.703		
18	100	130	142		18×100	12×100×32		B12×100 (Ⅱ)	1.230	1.231	1.237	1.226	—	

(2) 手柄体 (件号 1)



d		A	d <sub>1</sub>		H	SD	SD <sub>1</sub>	SD <sub>2</sub>	D <sub>3</sub>	D <sub>4</sub>	d <sub>2</sub>	d <sub>3</sub>	C
基本尺寸	极限偏差 (H8)		基本尺寸	极限偏差 (H8)									
6	+0.018 0	20	4	+0.018 0	9	10	12	16	5	7	2	7	1
8	+0.022 0	25	5		11	12	16	20	6	9	3	8	
10	0	32	6		14	16	20	25	8	11		10	
12	+0.027 0	40	8	+0.022 0	18	20	26	32	10	14	4	12	1.5
		50			15								
14	63	10	22		25	32	38	12	19	5	15		
16			80		21								
18	0	100	12	+0.027 0	28	32	40	45	14	25	6	18	

手柄体材料: 35 钢; Q235-A。

表面处理: 喷砂、镀铬 (PS/D·Cr); 镀铬抛光 (D·L<sub>3</sub>Cr)。

标记示例

A 型, d = 8 mm, A = 25 mm, 35 钢, 喷砂、镀铬单柄对重手柄的标记:

手柄 8×25 JB/T 7270.9—1994

B 型, d = 8 mm, A = 25 mm, 35 钢, 喷

砂、镀铬单柄对重手柄的标记:

手柄 B8×25 JB/T 7270.9—1994

C 型, d = 10 mm, A = 32 mm, 35 钢, 喷

砂、镀铬单柄对重手柄的标记:

手柄 C10×32 JB/T 7270.9—1994

D 型, d = 10 mm, A = 32 mm, 35 钢, 喷

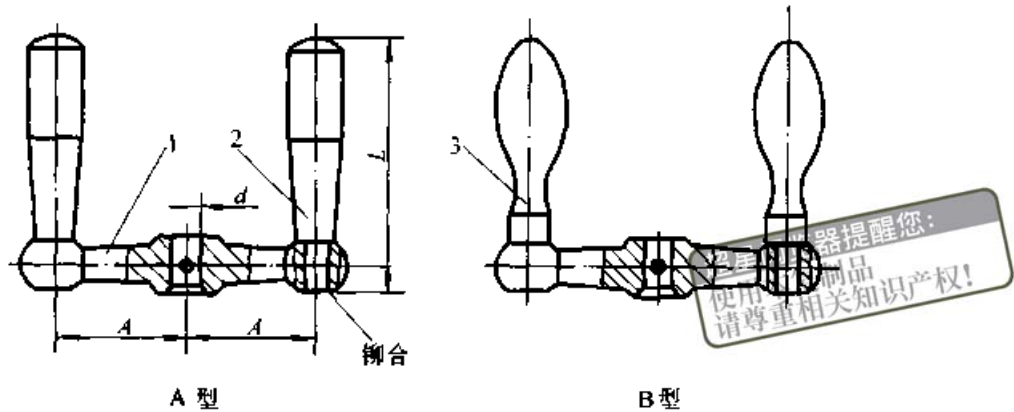
砂、镀铬单柄对重手柄的标记:

手柄 D10×32 JB/T 7270.9—1994



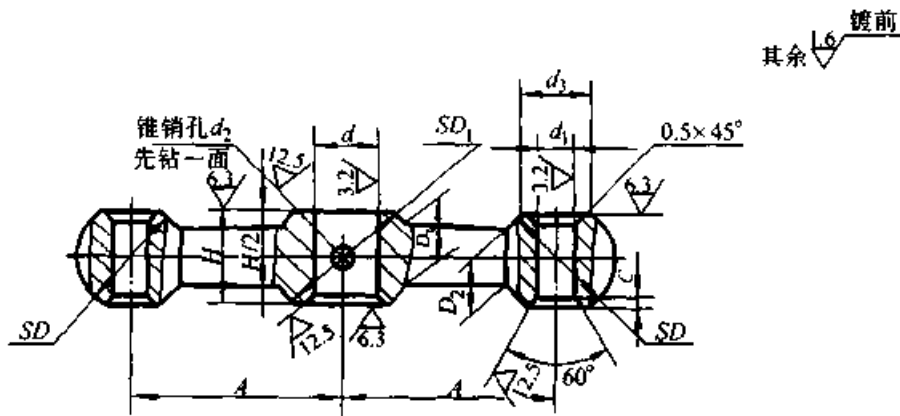
表 29.1-11 双柄对重手柄 (摘自 JB/T 7270.10—1994) (mm)

(1) 手柄



主要尺寸			件号	1	2	3	每套质量/ kg≈	
d	A	L	名称	手柄体	手柄	曲面手柄	A 型	B 型
			标准号	—	JB/T 7270.1	JB/T 7270.2		
			规格	6×20	4×32×10		0.039	0.036
6	20	40		8×25	5×40×12		0.081	0.083
8	25	50		10×32	6×50×16		0.154	0.156
10	32	63		12×40	8×63×20		0.309	0.307
12	40	80						

(2) 手柄体 (件号 1)



d		A	d <sub>1</sub>		H	SD	SD <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>	D <sub>3</sub>	d <sub>2</sub>	d <sub>3</sub>	C
基本尺寸	极限偏差 (H8)		基本尺寸	极限偏差 (H8)								
6	+0.018 0	20	4	+0.018 0	9	10	12	5	6	2	7	1
8	+0.022 0	25	5		11	12	16	6	7	3	8	
10	0	32	6		14	16	20	8	9		10	
12	+0.027 0	40	8	+0.022 0	18	40	26	10	12	4	12	1.5

手柄体材料：35 钢；Q235-A。

表面处理：喷砂、镀铬（PS/D·Cr）；镀铬

抛光（D·L<sub>3</sub>Cr）。

标记示例

A 型， $d = 8 \text{ mm}$ ， $A = 25 \text{ mm}$ ，35 钢，喷

砂、镀铬双柄对重手柄的标记：

手柄  $8 \times 25$  JB/T 7270.10—1994

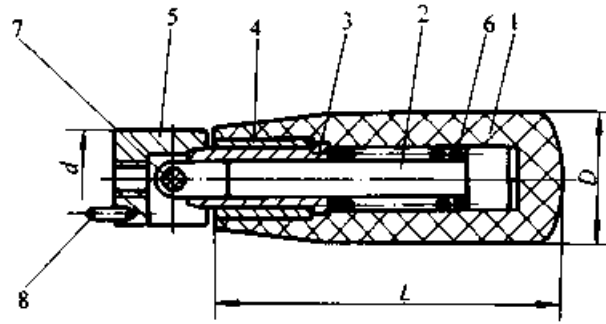
B 型， $d = 8 \text{ mm}$ ， $A = 25 \text{ mm}$ ，35 钢，喷

砂、镀铬双柄对重手柄的标记：

手柄  $B8 \times 25$  JB/T 7270.10—1994

表 29.1-12 可折手柄（摘自 JB/T 7270.11—1994） (mm)

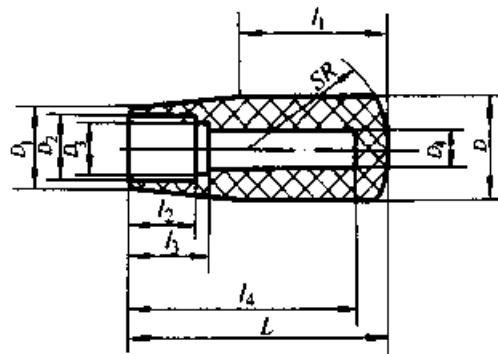
(1) 手柄



超星浏览器提醒您：  
使用本复制品  
请尊重相关知识产权！

主要尺寸			件号	1	2	3	4	5	6	7	8	每套 质量/ kg≈
L	D	d	名称	手柄套	手柄杆	内套	铜套	手柄头	弹簧	圆柱销	圆柱销	
			标准号	—	—	—	—	—	GB/T 2089	GB/T 119		
50	22	16	规格	50	10×55	10	10	16×15	0.8×8×32	B3×16	B3×6	0.070
63	24			63	10×58			20×20				0.108
80	26	20		80	12×72	12	12	1×10×35	B4×20	0.127		
100	28			100	12×76			0.192				

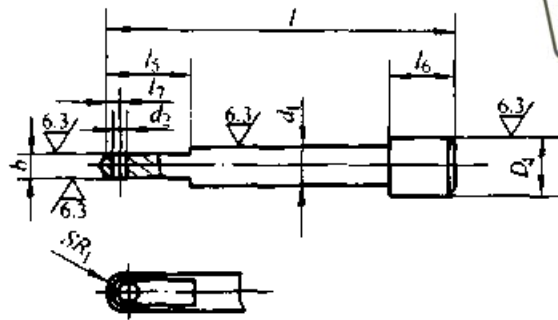
(2) 手柄套 (件号 1)



L	D	D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>		D <sub>3</sub>		D <sub>4</sub>		l <sub>1</sub>	l <sub>2</sub>	l <sub>3</sub>	l <sub>4</sub>	SR
			基本尺寸	极限偏差 (K8)	基本尺寸	极限偏差 (H11)	基本尺寸	极限偏差 (H11)					
50	22	16	12	+0.008	11	+0.110	10	+0.090	30	15	19	45	25
63	24	18						0					
80	26	20	14	-0.019	13	0	12	+0.110	48	19	23	60	40
100	28	22						0					

续表 29.1-12

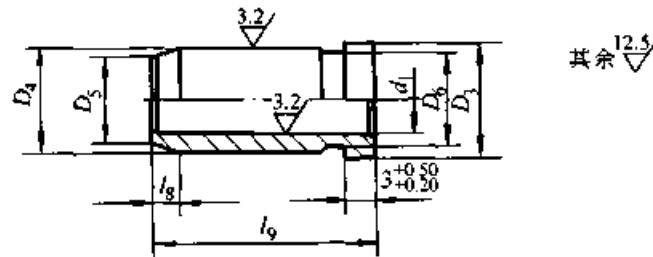
(3) 手柄杆 (件号 2)



超星阅读器提醒您：  
使用本复制品  
请尊重相关知识产权！

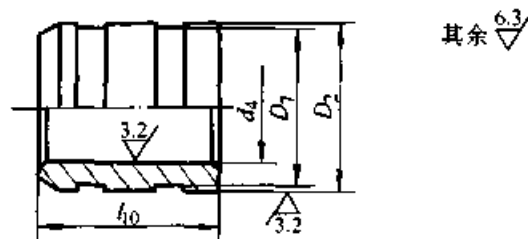
$D_4$		$l$	$d_1$		$b$		$l_5$	$l_6$	$l_7$	$d_2$	$SR_1$
基本尺寸	极限偏差 (d9)		基本尺寸	极限偏差 (d9)	基本尺寸	极限偏差 (d11)					
10	-0.040	55	6	-0.030	4	-0.030	16	12	3	3.2	3
	-0.076	58		-0.060							
12	-0.050	72	8	-0.040	6	-0.105	18	14	4	4.2	4
	-0.093	76		-0.076							

(4) 内套 (件号 3)



$D_4$		$D_3$		$D_5$	$D_6$	$d_1$		$l_k$	$l_v$
基本尺寸	极限偏差 (d9)	基本尺寸	极限偏差			基本尺寸	极限偏差 (H9)		
10	-0.040	11	-0.03	9	9.5	6	+0.030	3	22
	-0.076		-0.07				0		
12	-0.050	13	-0.07	10.5	11.5	8	+0.036	4.5	28
	-0.093		0						

(5) 铜套 (件号 4)

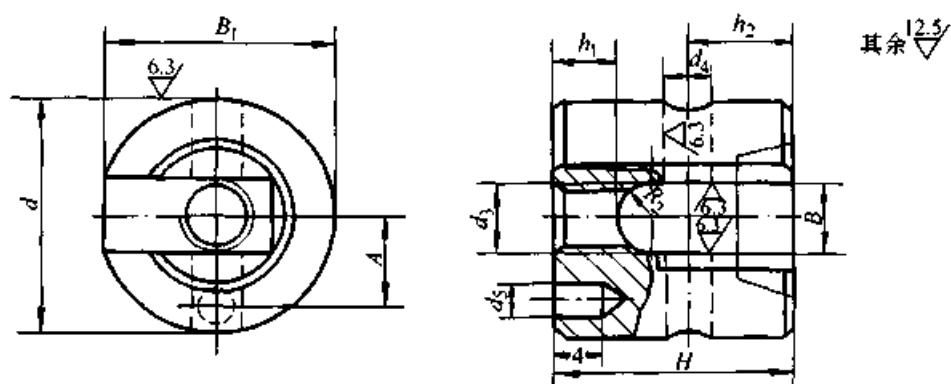


续表 29.1-12

$d_4$		$D_2$		$D_3$	$l_{10}$	
基本尺寸	极限偏差 (H9)	基本尺寸	极限偏差 (u7)		基本尺寸	极限偏差 (H14)
10	+0.036 0	12	+0.051 +0.033	11.5	15	+0.430 0
12	+0.043 0	14			+0.520 0	

超星阅读器提醒您：  
 禁止复制或  
 请尊重相关知识产权！

(6) 手柄头 (件号 5)



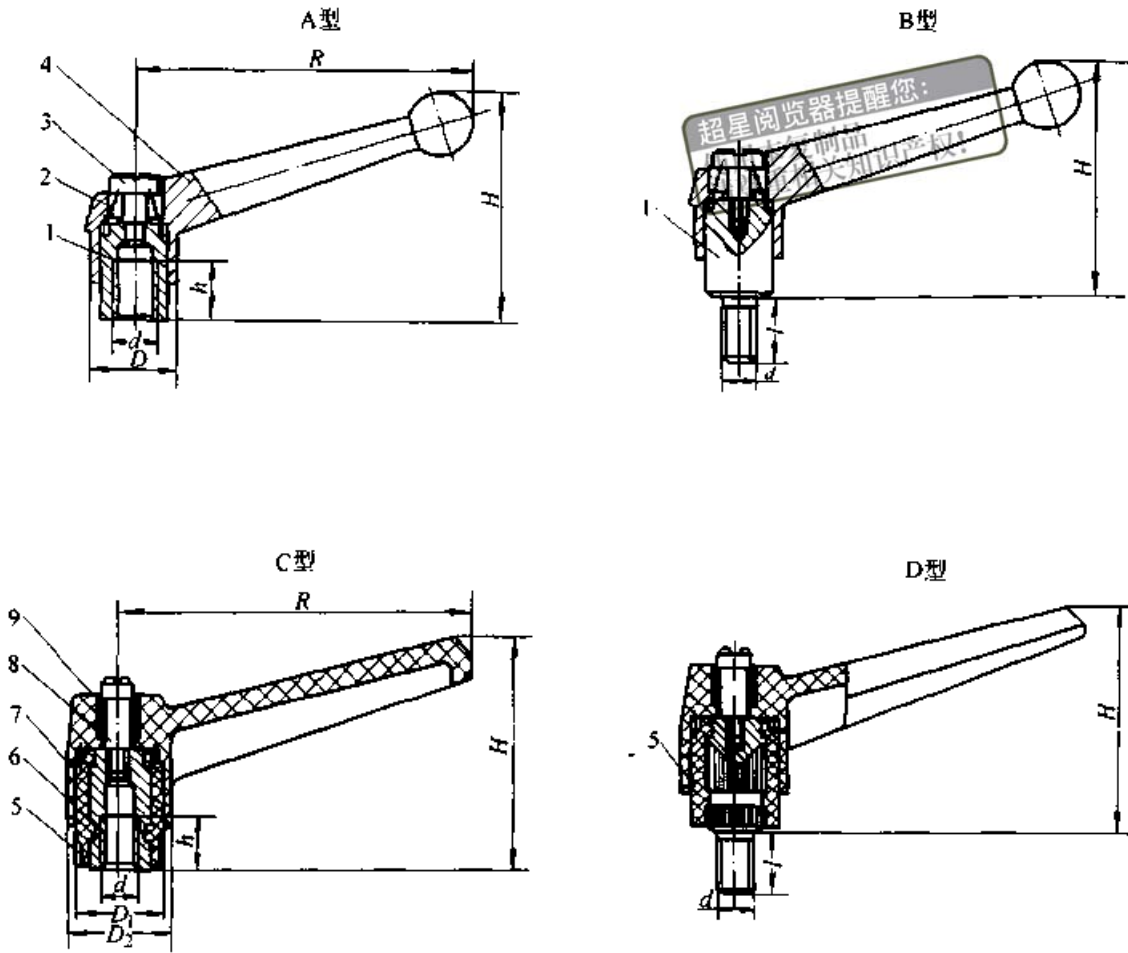
$d$		$H$	$d_3$	$d_4$		$d_5$		$h_1$	$h_2$	$A$		$B$		$B_1$	$R_2$
基本尺寸	极限偏差 (h9)			基本尺寸	极限偏差 (H8)	基本尺寸	极限偏差 (H8)			基本尺寸	极限偏差	基本尺寸	极限偏差 (H11)		
16	0 -0.043	15	M4	3	+0.014 0	3	+0.014 0	5	6.5	5	±0.06	4	+0.075 0	15	2
20	0 -0.052	20	M6	4	+0.018 0			6	8.5	7		6		19	3

材料：手柄套：塑料；手柄杆：45 钢；内套  $D_5$  端头部热处理硬度 42HRC。  
 套：45 钢；  
 铜套：H62；手柄头：45 钢。  
 表面处理：手柄杆、手柄头：氧化 (H·Y)。

标记示例  
 $L = 50 \text{ mm}$  的可折手柄的标记：  
 手柄 50 JB/T 7270.11—1994

表 29.1-13 可调位紧定手柄 (摘自 JB/T 7270.12-1994) (mm)

(1) 手柄



A型、B型

主要尺寸						件号	1	2	3	4	每套 质量/ kg≈
d	R	l	h	D	H≈	名称	滑套	弹簧	螺钉	手柄体	
M5	40	—	8	15	34	规格	M5	0.6×6.8×9.2	M3×13	40	—
		16	—				—				
		20	—				—				
		25	—				—				

A型、B型

主要尺寸						件号	1	2	3	4	每套质量/kg≈
<i>d</i>	<i>R</i>	<i>l</i>	<i>h</i>	<i>D</i>	<i>H</i> ≈	名称	滑套	弹簧	螺打器手柄体		
M8	63	—	10	18	45	规格	M8	0.6×9.5×9.5	M4×14	63	0.070
		20	BM8×20				0.083				
		25	BM8×25				0.085				
		32	BM8×32				0.087				
		40	BM8×40				0.090				
M10	80	—	12	22	58		M10	0.8×11.5×12.5	M4×17	80	0.110
		20	BM10×20				0.131				
		25	BM10×25				0.134				
		32	BM10×32				0.139				
		40	BM10×40				0.144				
M12	95	—	15	25	66		M12	0.8×14×18	M5×20	95	0.170
		25	BM12×25				0.208				
		32	BM12×32				0.214				
		40	BM12×40				0.221				
		50	BM12×50				0.230				
M16	112	—	18	32	78	M16	1×17×18	M5×23	112	0.300	
		40	BM16×40			0.400					
		50	BM16×50			0.417					
		63	BM16×63			0.437					

超星浏览器提醒您：  
使用本复制品  
请尊重知识产权！

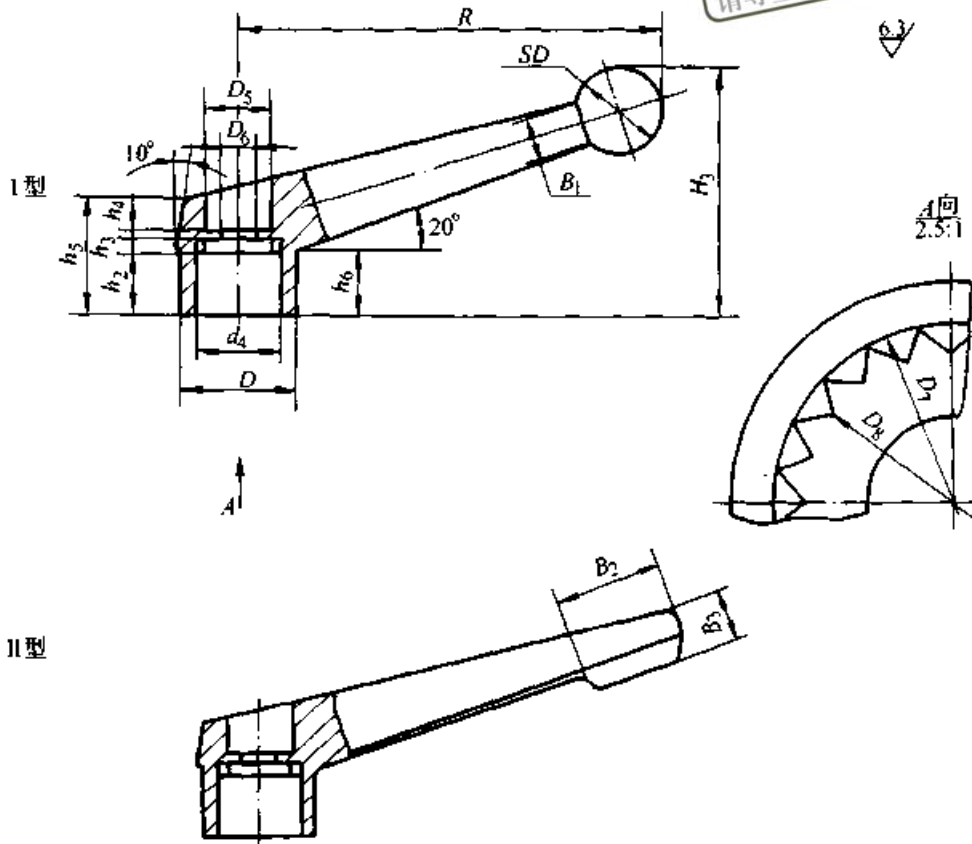
超星浏览器提醒您  
使用本复制品  
请尊重相关知识产权!  
续表 29.1-13

C 型、D 型

主要尺寸							件号	5	6	7	8	9	每套 质量/ kg≈				
<i>d</i>	<i>R</i>	<i>l</i>	<i>h</i>	<i>D</i>	<i>D<sub>1</sub></i>	<i>H</i>	名称	滑套	嵌件	手柄体	螺钉	弹簧					
							标准号	—					GB/T 2089				
M5	40	—	8	16	12	30	规格	12	CM5	40	M4×16	0.6×8×11	0.014				
		16	DM5×16						0.016								
		20	DM5×20						0.017								
M6	50	—	8	16	12	34			15	50			CM6	63	M4×20	0.8×10×14	0.015
		16	DM6×16										0.017				
		20	DM6×20										0.019				
		25	DM6×25										0.020				
M8	63	—	10	20	15	42			20	80			CM8	100	M6×30	0.8×10×20	0.024
		20	DM8×20										0.035				
		25	DM8×25										0.037				
		32	DM8×32										0.040				
M10	80	—	12	25	20	55			25	100			CM10	150	M6×30	0.8×10×20	0.054
		25	DM10×25				0.074										
		32	DM10×32				0.078										
		40	DM10×40				0.082										
M12	100	—	15	30	25	65	25	100	CM12	150	M6×30	0.8×10×20	0.112				
		25	DM12×25						0.135								
		32	DM12×32						0.140								
		40	DM12×40						0.148								

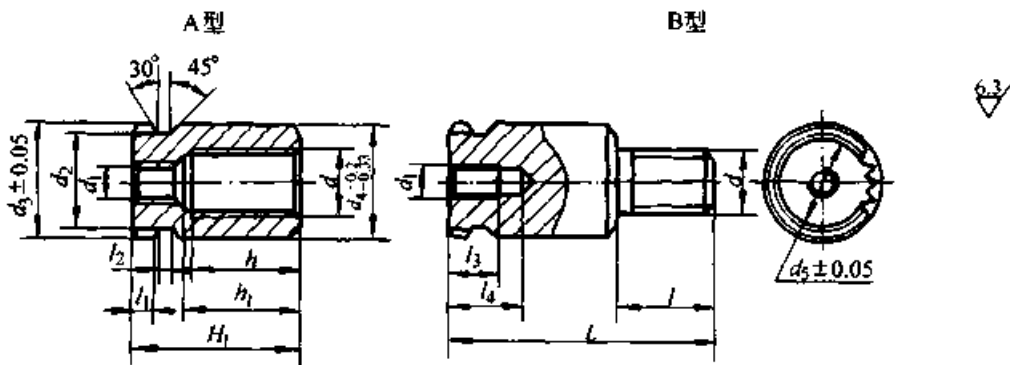
超星浏览器提醒您 续表 29.1-13  
使用本复制品 请尊重相关知识产权!

(2) A、B型手柄体 (件号 4)



R	d <sub>4</sub>		D	D <sub>5</sub>	D <sub>6</sub>	D <sub>7</sub>	D <sub>8</sub>	SD	H <sub>3</sub>		h <sub>2</sub>	h <sub>3</sub>	h <sub>4</sub>	h <sub>5</sub>	h <sub>6</sub>	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	B <sub>3</sub>	齿数 Z
	基本尺寸	极限偏差 (H11)							I型	II型									
40	10	+0.09 0	15	7.5	5	10	7.5	11	30		8.5	2.5	1	18	12	6	14	6	16
63	13.5	+0.110	18	10.5	6.5	13.5	11.4	15	38	37	10					8	16	7.6	20
80	16	0	22	12.5		7.5	16	13.5	17	48	45	12	3	22	14	9	19	9	22
95	19	+0.130	25	15	7.5		19	16	19	56	53	14	3.5	1.5	27	16	10	22	10
112	23	0	32	18		7.5	23	20	22	67	63	19	4	32	20	12	25	12.5	26

(3) A、B型滑套 (件号 1)



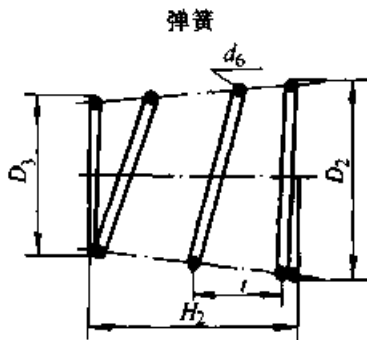


超星浏览器提醒您：  
使用本复制品  
请尊重相关知识产权！

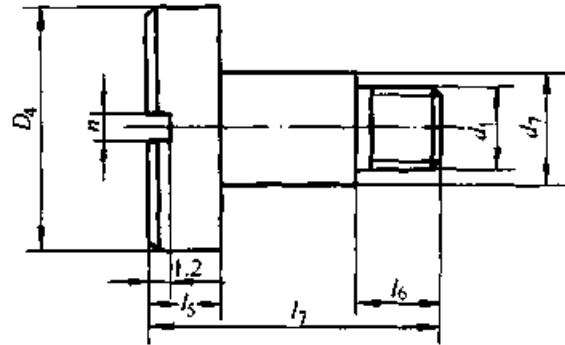
续表 29.1-13

$d$	$H_1$	$l$	$d_1$	$d_2$	$d_3$	$d_4$	$d_5$	$L$	$l_1$	$l_2$	$l_3$	$l_4$	$h$	$h_1$	齿数 $Z$
M5	15	16	M3	7	9.7	10	7.2	31	2.5	0.6	5	8	8	11	16
		20						35							
		25						40							
M8	20	20	M4	11	13.2	13.5	11.0	40	1.0	6	9	10	14	20	
		25						45							
		32						52							
		40						60							
M10	25	20	M4	13	15.4	16	13.2	45	3	7	11	12	18	22	
		25						50							
		32						57							
		40						65							
M12	28	25	M5	15.5	18.3	19	15.7	53	3.5	10	14	15	22	24	
		32						60							
		40						68							
		50						78							
M16	34	40	M5	19.5	22.3	23	19.5	74	4	18	28	26			
		50						84							
		63						97							

(4) A、B 型用弹簧和螺钉 (件号 2、3)



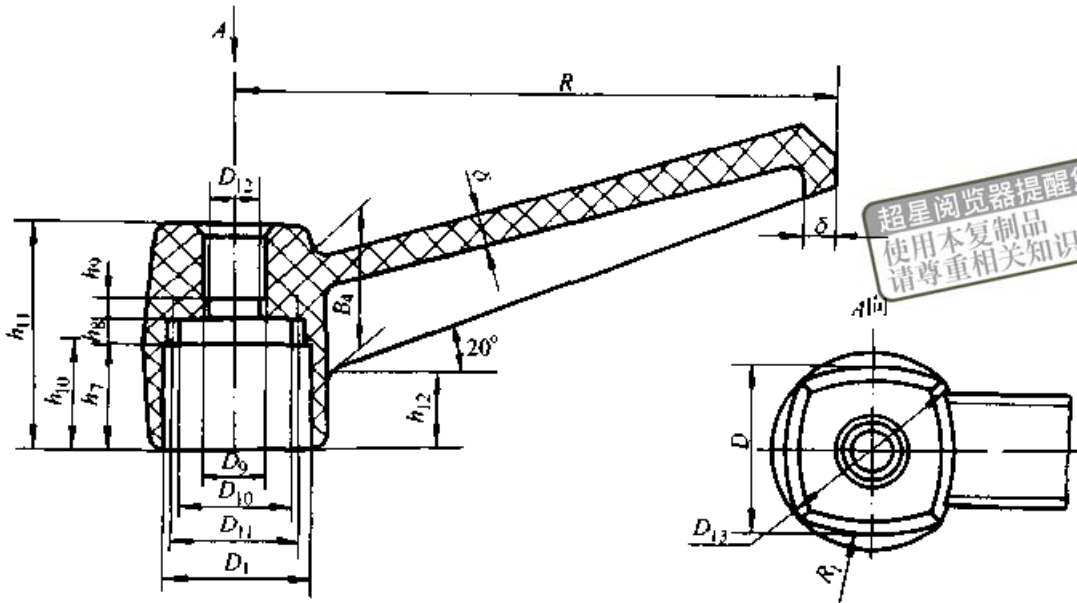
螺钉



$d_6$	$D_2$	$H_2$	$D_3$	$t$
0.6	6.8	9.2	6.3	4
	9.5	9.5	7.6	4.2
0.8	11.5	12.5	8.5	5.5
	14		10	
1	17	18	10	

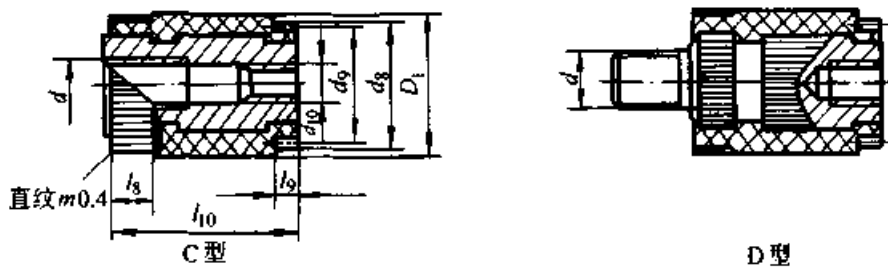
$d_1$	$d_7$	$D_4$	$l_5$	$l_6$	$l_7$	$n$
M3	4	7	3	4	13	1.2
M4	5.5	10	3.5		14	
		12	5	4.5	17	
M5	6.5	14	5.5	5.5	20	1.6
		17	7	6	28	

(5) C、D 型手柄体 (件号 7)



R	D <sub>1</sub>		D <sub>9</sub>	D <sub>10</sub>	D <sub>11</sub>	D <sub>12</sub>	D <sub>13</sub>	D	h <sub>7</sub>	h <sub>8</sub>	h <sub>9</sub>	h <sub>10</sub>	h <sub>11</sub>	h <sub>12</sub>	B <sub>4</sub>	R <sub>1</sub>	δ	模数 m	齿数 Z
	基本尺寸	极限偏差																	
40	12	+0.10 0	9	8.4	9.6	6.5	19	16	9	3	2	10	20	8	10	19	3	0.6	16
50																			
63	15																		
80			20	16	17.6	28	25	14	16	32	12	16	25	5	28				
100	25															11.5	20.8	22.4	35

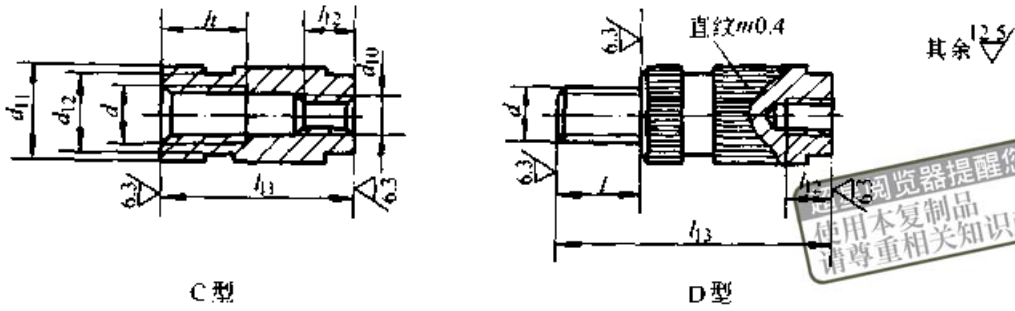
(6) C、D 型用滑套 (件号 5)



d	D <sub>1</sub>		d <sub>8</sub>	d <sub>9</sub>	d <sub>10</sub>	l <sub>8</sub>	l <sub>9</sub>	l <sub>10</sub>	模数 m	齿数 Z
	基本尺寸	极限偏差								
M5	12	-0.05 -0.15	10.8	9.6	M4	4	3	17	0.6	16
M6										
M8	15									
M10			20	19.2	17.6	M6	8	4	27	
M12	25									24

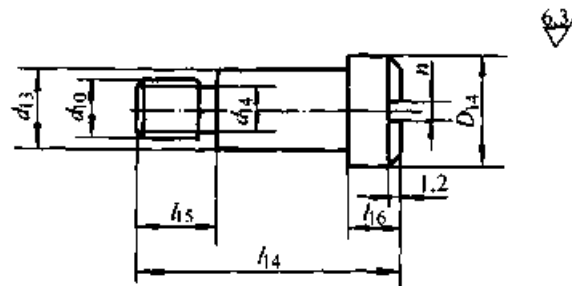
续表 29.1-13

(7) C、D型用嵌件 (件号 6)



$d$	$l$	$d_{10}$	$d_{11}$	$d_{12}$	$h$	$l_{11}$	$l_{12}$	$l_{13}$
M5	16	M4	10	8	8	17	6	33
	20			37				
M6	16			9				33
	20			37				
	25		42					
M8	20		12	10	10	22	8	42
	25	47						
	32	54						
M10	25	M6	16	14	12	27	10	52
	32							59
	40							67
M12	25		18	16	15	31		56
	32							63
	40							71

(8) C、D型用螺钉 (件号 8)



$d_{10}$	$l_{14}$	$D_{14}$	$d_{13}$	$d_{14}$	$l_{15}$	$l_{16}$	$n$
M4	16	8.5	6	3	4	4	1.2
	20				5	5	
M6	25	11	8	4.5	6	6	1.6
	30				8		

可调位紧定手柄各件号用材料:

滑套、螺钉 (件号 1、3、8): 35 钢;

滑套、手柄体 (件号 5、7): ABS 树脂;

弹簧 (件号 2): 65 Mn;

手柄体 (件号 4): 锌合金;

嵌件 (件号 6): Q235-A。

表面处理: 滑套、螺钉、嵌件 (件号 1、3、6、8): 氧化 (H·Y); 手柄体 (件号 4): 塑料喷涂。

标记示例

A 型,  $d = M8$ ,  $R = 63$  mm, I 型手柄体可调位紧定手柄的标记:

手柄 M8×63 JB/T 7270.12—1994

A 型,  $d = M8$ ,  $R = 63$  mm, II 型手柄体可调位紧定手柄的标记:

手柄 II M8×63 JB/T 7270.12—1994

B 型,  $d = M8$ ,  $R = 63$  mm,  $l = 25$  mm, I 型手柄体可调位紧定手柄的标记:

手柄 BM8×63×25 JB/T 7270.12—1994

B 型,  $d = M8$ ,  $R = 63$  mm,  $l = 25$  mm, II 型手柄体可调位紧定手柄的标记:

手柄 II BM8×63×25 JB/T 7270.12—1994

C 型,  $d = M6$ ,  $R = 50$  mm 的可调位紧定手柄的标记:

手柄 CM6×50 JB/T 7270.12—1994

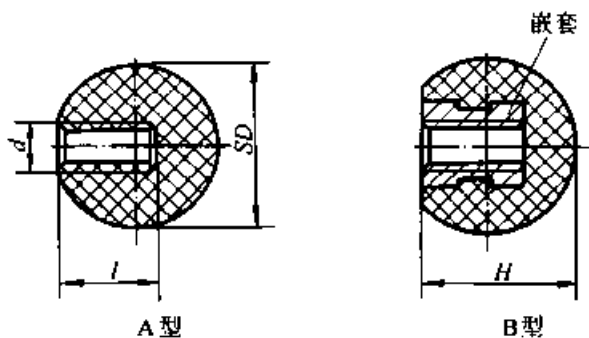
D 型,  $d = M6$ ,  $R = 50$  mm,  $L = 25$  mm 的可调位紧定手柄的标记:

手柄 DM6×50×25 JB/T 7270.12—1994

手柄球材料: 塑料。

表 29.1-14 手柄球 (摘自 JB/T 7271.1—1994)

(mm)



d	SD	H	l	嵌套 (JB/T 7275)	每件质量/ kg≈	
					A 型	B 型
M5	16	14	12	BM5×12	0.003	0.006
M6	20	18	14	BM6×14	0.006	0.012
M8	25	22.5	16	BM8×16	0.012	0.020
M10	32	29	20	BM10×20	0.024	0.043
M12	40	36	25	BM12×25	0.046	0.086
M16	50	45	32	BM16×32	0.063	0.135
M20	63	56	40	BM20×36	0.092	0.198

标记示例

A 型,  $d = M10$ ,  $SD = 32$  mm, 黑色手柄球的标记:

手柄球 M10×32 JB/T 7271.1—1994

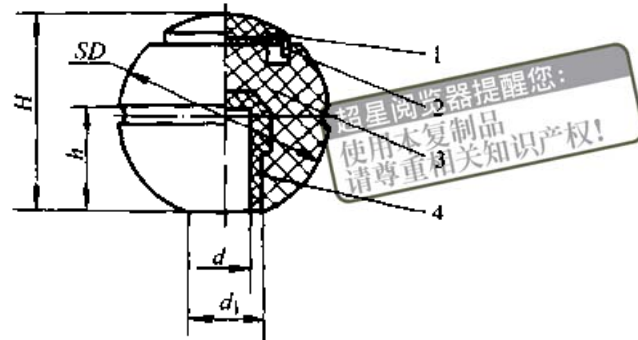
B 型,  $d = M10$ ,  $SD = 32$  mm, 红色手柄球的标记:

手柄球 BM10×32 (红) JB/T 7271.1—1994

表 29.1-15 指示手柄球 (摘自 JB/T 7271.2—1994)

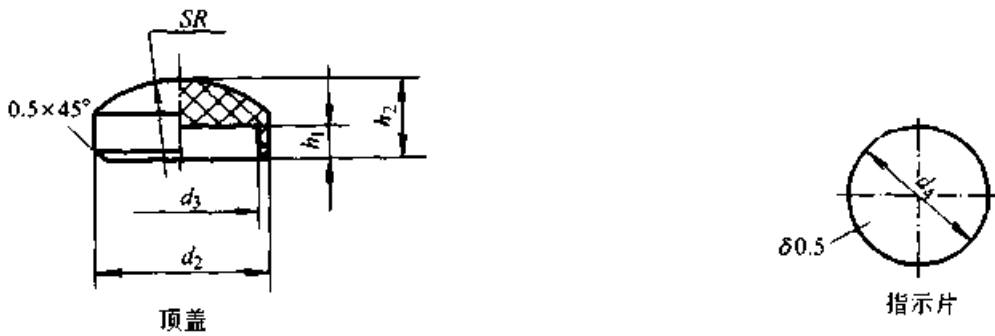
(mm)

(1) 手柄球



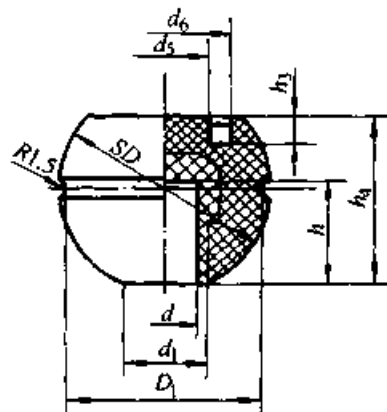
主要尺寸					件号	1	2	3	4	每件质量 kg≈
d	SD	d <sub>1</sub>	H	h	名称	顶盖	指示片	球体	嵌件	
10	32	14	30	16	规格	20	18	10×32	10	0.026
12	40	16	39	20		26	23	12×40	12	0.038
16	50	20	46	25		30	27	16×50	16	0.056

(2) 顶盖 (件号 1) 和指示片 (件号 2)



d <sub>2</sub>		d <sub>3</sub>	h <sub>1</sub>	h <sub>2</sub>	SR	d <sub>1</sub>
基本尺寸	极限偏差					
20	+0.28	18	4	8	16	18
26		23	5	11	20	23
30	+0.15	27	7	12	25	27

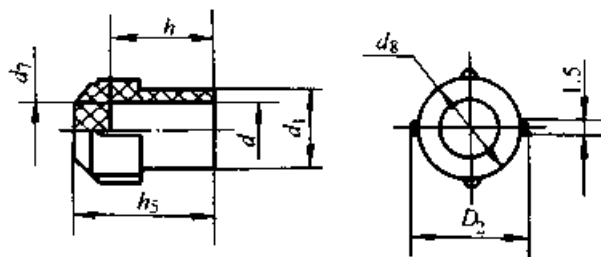
(3) 球体 (件号 3)



续表 29.1-15

d		SD	D <sub>1</sub>	d <sub>1</sub>	d <sub>5</sub>	d <sub>6</sub>		h	h <sub>3</sub>	h <sub>4</sub>
基本尺寸	极限偏差					基本尺寸	极限偏差			
10	-0.10 -0.20	32	30	14	12	20	16	4	25	
12		40	38	16	16	26	20	5	32	
16		50	48	20	20	30	25	7	40	

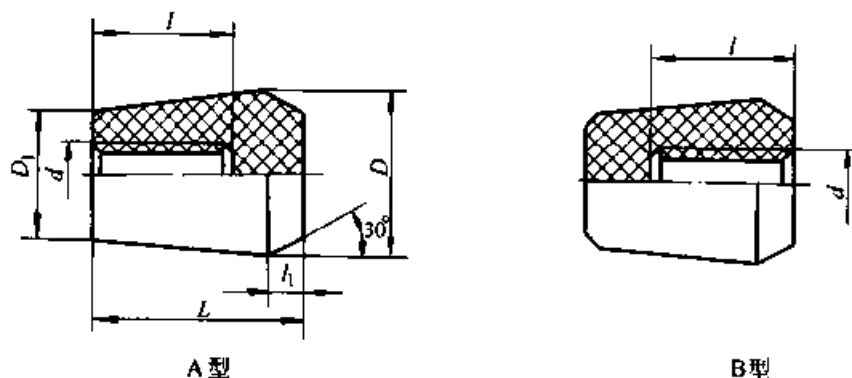
(4) 嵌件 (件号 4)



d		d <sub>7</sub>		d <sub>1</sub>	d <sub>8</sub>	D <sub>2</sub>	h	h <sub>5</sub>
基本尺寸	极限偏差	基本尺寸	极限偏差					
10	-0.10 -0.20	9.7	-0.10 -0.20	14	16	18	16	20
12		11.7		16	18	20	20	25
16		15.7		20	22	24	25	32

指示手柄球各件号材料: 顶盖: 372 树脂;  $d = 10 \text{ mm}$ ,  $D = 32 \text{ mm}$  的指示手柄球的标  
 指示片: 铝片, 进行阳极氧化 (D·Y); 球体: 记:  
 塑料; 嵌件: 尼龙。 手柄球 10×32 JB/T 7271.2—1994  
 标记示例

表 29.1-16 手柄套 (摘自 JB/T 7271.3—1994) (mm)



d	L	D	D <sub>1</sub>	l	l <sub>1</sub>	每套质量/kg≈
M5	16	12	9	12	3	0.002
M6	20	16	12	14		0.004
M8	25	20	15	16	4	0.007
M10	32	25	20	20	5	0.015
M12	40	32	25	25	6	0.030
M16	50	40	32	32	7	0.062
M20	63	50	40	40	8	0.085

手柄套材料：塑料。

标记示例

A 型,  $d = M12$ ,  $L = 40$  mm, 黑色手柄套

的标记:

手柄套 M12×40 JB/T 7271.3—1994

A 型,  $d = M12$ ,  $L = 40$  mm, 红色手柄套

的标记:

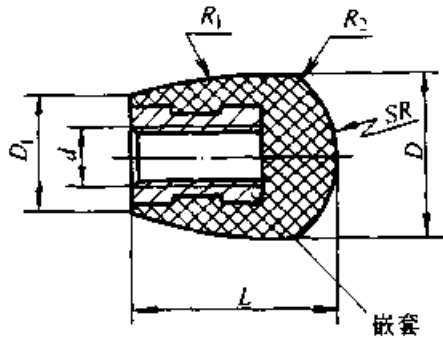
手柄套 M12×40 (红) JB/T 7271.3—1994

B 型,  $d = M12$ ,  $L = 40$  mm, 黑色手柄套的

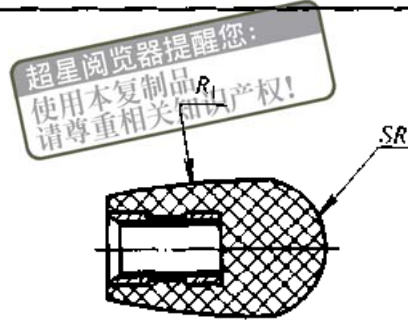
标记:

手柄套 BM12×40 JB/T 7271.3—1994

表 29.1-17 椭圆手柄套 (摘自 JB/T 7271.4—1994) (mm)



A 型



B 型

d	L		D	D <sub>1</sub>	SR		R <sub>1</sub>		R <sub>2</sub>	嵌套 (JB/T 7275)	每件质量/ kg≈
	A 型	B 型			A 型	B 型	A 型	B 型			
M5	16	20	15	12	10	7.5	40	60	3	BM5×12	0.006
M6	20	25	17	14	12	8.5	45	110	4	BM6×14	0.012
M8	25	32	20	16	14	10	50	120	5	BM8×16	0.020
M10	32	40	25	20	16	12.5	70	170	6	BM10×20	0.043
M12	40	50	32	25	18	16	90	200	8	BM12×25	0.086
M16	50	63	40	30	22	20	110	220	12	BM16×32	0.135
M20	63	80	48	35	30	24	130	230	16	BM20×36	0.198

椭圆手柄套材料：塑料。

标记示例

A 型:

$d = M8$ ,  $L = 25$  mm, 黑色椭圆手柄套的标

记:

手柄套 M8×25 JB/T 7271.4—1994

$d = M8$ ,  $L = 25$  mm, 红色椭圆手柄套的标

记:

手柄套 M8×25 (红) JB/T 7271.4

—1994

B 型:

$d = M8$ ,  $L = 25$  mm, 黑色椭圆手柄套的标

记:

手柄套 BM8×25 JB/T 7271.4—1994

$d = M8$ ,  $L = 25$  mm, 红色椭圆手柄套的标

记:

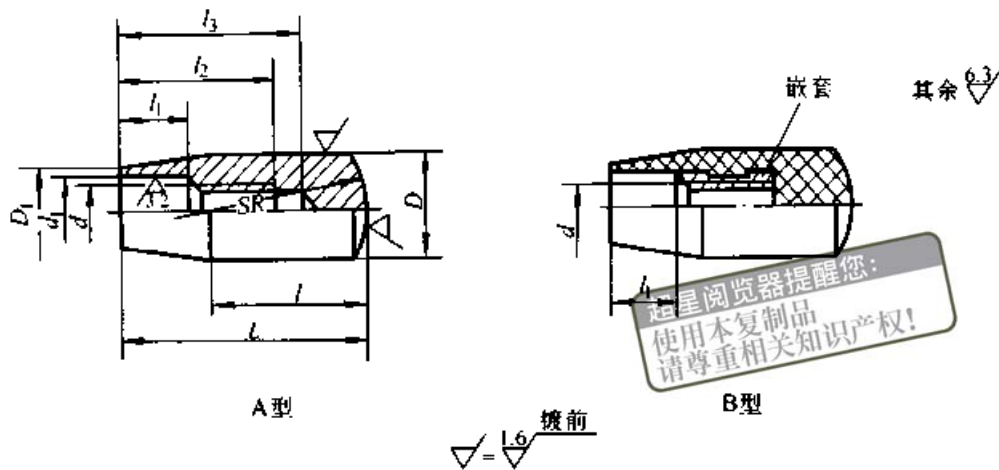
手柄套 BM8×25 (红) JB/T 7271.4

—1994

超星浏览器提醒您：  
使用本复制品  
请尊重相关知识产权！

表 29.1-18 长手柄套 (摘自 JB/T 7271.5—1994)

(mm)



d	L	D	D <sub>1</sub>	d <sub>1</sub>	l	l <sub>1</sub>	l <sub>2</sub>	l <sub>3</sub>	SR	嵌套 (JB/T 7275)	每件质量/ kg≈	
											A 型	B 型
M5	32	14	10	7	16	8	20	24	16	BM5×12	0.029	0.009
M6	36	16	12	9	20	10	22	27	20	BM6×14	0.042	0.014
M8	40	18	14	11	25	12	26	31	25	BM8×16	0.059	0.020
M10	50	22	16	13	32	14	32	39	28	BM10×20	0.100	0.039
M12	60	28	22	18	36	18	36	45	36	BM12×25	0.175	0.075
M16	70	32	26	22	40	22	45	55	40	BM16×32	0.300	0.132
M20	80	40	32	28	45	28	56	68	50	BM20×36	0.513	0.209

长手柄套材料：塑料；35 钢；Q235-A。

镀铬长手柄套的标记：

表面处理：钢件喷砂、镀铬 (PS/D·Cr)；

手柄套 M8×40 JB/T 7271.5—1994

镀铬抛光 (D·L<sub>3</sub>Cr)。

B 型，d = M8，L = 40 mm，塑料长手柄套

标记示例

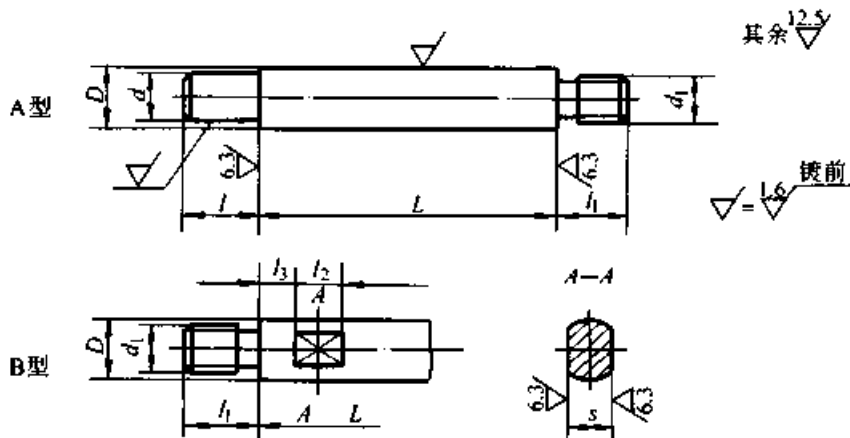
的标记：

A 型，d = M8，L = 40 mm，35 钢，喷砂、

手柄套 BM8×40 JB/T 7271.5—1994

表 29.1-19 手柄杆 (摘自 JB/T 7271.6—1994)

(mm)





续表 29.1-19

d		d <sub>1</sub>	l			l <sub>1</sub>	D	l <sub>2</sub>	l <sub>3</sub>	s		L
基本尺寸	极限偏差 (k7)		基本尺寸	极限偏差 (h13)								
5	+0.013	M5	6	8	10	8	6	6	4	5	0	12~80
6	+0.001	M6	8	10	12	10	8	6	4	6	-0.180	12~100
8	+0.016	M8	10	12	16	12	10	8	8	8	0	20~125
10	+0.001	M10	12	16	20	14	12	10	8	10	-0.220	20~200
12	+0.019	M12	16	20	25	16	16	10	8	13	0	25~320
16	+0.001	M16	20	25	32	20	20	10	8	16	-0.270	25~630
20	+0.023 +0.002	M20	25	32	40	25	25	12	10	21	0 -0.330	32~630
L 系列		12, 16, 20, 25, 32, 40, 50, 63, 80, 100, 125, 160, 200, 250, 320, 400, 500, 630										

手柄杆材料：35 钢；Q235-A。

钢，喷砂、镀铬手柄杆的标记：

表面处理：喷砂、镀铬 (PS/D·Cr)；镀铬

手柄杆 8×50×12 JB/T 7271.6—1994

抛光 (D·L<sub>3</sub>Cr)；氧化 (H·Y)。

B 型，d<sub>1</sub> = M8，L = 50 mm，35 钢，喷砂、

标记示例

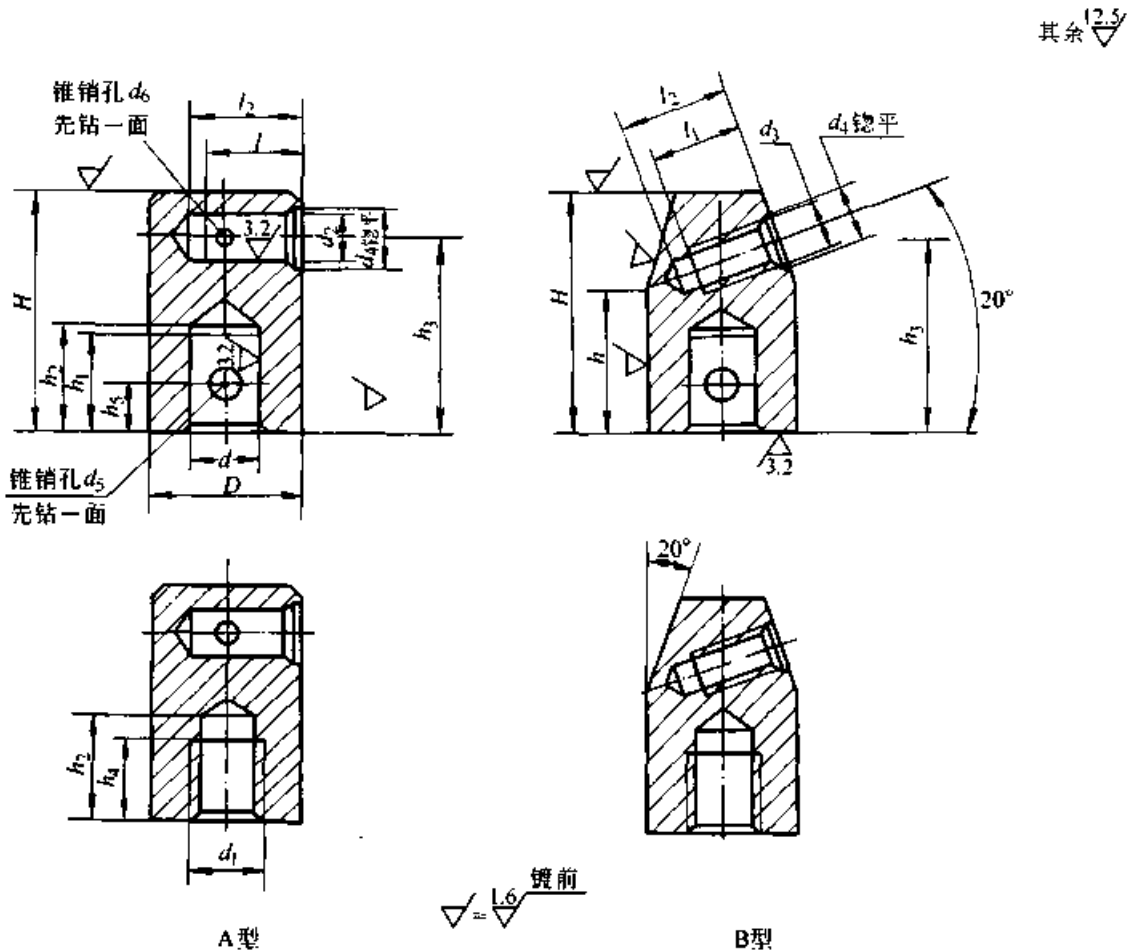
镀铬手柄杆的标记：

A 型，d = 8，L = 50 mm，l = 12 mm，35

手柄杆 BM8×50 JB/T 7271.6—1994

表 29.1-20 手柄座 (摘自 JB/T 7272.1—1994)

(mm)



续表 29.1-20

$d$	基本尺寸	12	16	20	25
	极限偏差 (H8)	+0.027 0		+0.033 0	
$d_1$		M12	M16	M20	M24
$D$		26	32	40	50
$d_2$	基本尺寸	8	10	12	16
	极限偏差 H8	+0.022 0		+0.027 0	
$H$		40	50	63	76
$d_3$		M8	M10	M12	M16
$d_4$		11	13	17	21
$d_5$		5	6		8
$d_6$		3		4	5
$l, h_1$		16	20	25	32
$l_1, h_4$		14	18	22	28
$l_2, h_2$		19	24	29	36
$h$		24	30	38	50
$h_3$		32	40	50	63
$h_5$		8	10	12	16
每件质量/ kg≈	A型	0.121	0.227	0.465	0.937
	B型	0.104	0.195	0.417	0.835

手柄座材料: 35 钢; Q235-A。

表面处理: 喷砂、镀铬 (PS/D·Cr); 镀铬抛光 (D·L<sub>3</sub>Cr); 氧化 (H·Y)。

标记示例

A 型,  $d = 20$  mm,  $D = 40$  mm, 35 钢, 喷砂、镀铬手柄座的标记:

手柄座 20×40 JB/T 7272.1—1994

A 型,  $d_1 = M20$ ,  $D = 40$  mm, 35 钢, 喷砂

镀铬手柄座的标记:

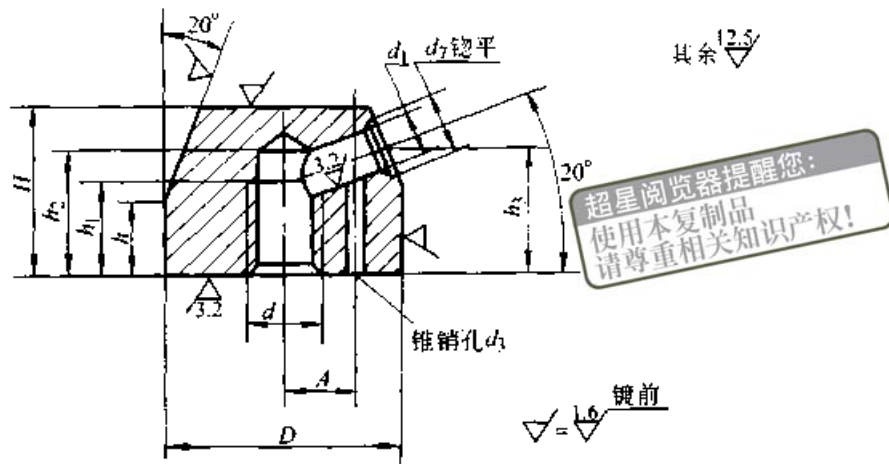
手柄座 M20×40 JB/T 7272.1—1994  
B 型,  $d = 20$  mm,  $D = 40$  mm, 35 钢, 喷砂、镀铬手柄座的标记:

手柄座 B20×40 JB/T 7272.1—1994  
B 型,  $d_1 = M20$ ,  $D = 40$  mm, 35 钢, 喷砂、镀铬手柄座的标记:

手柄座 BM20×40 JB/T 7272.1—1994

表 29.1-21 锁紧手柄座 (摘自 JB/T 7272.2—1994)

(mm)



d	D	A	H	d <sub>1</sub>		d <sub>2</sub>	d <sub>3</sub>	h	h <sub>1</sub>	h <sub>2</sub>	h <sub>3</sub>	每件质量/ kg≈
				基本尺寸	极限偏差 (H8)							
M12	40	12	28	8	+0.022	11	3	13	16	22	21	0.205
M16	50	14	35	10	0	13	4	16	20	28	25	0.455
M20	60	18	45	12	+0.027	17	5	22	25	34	33	0.723
M24	70	22	50					27	32	40	39	1.205
M27	80	26	60	16	0	21	6	34	40	48	47	1.885

锁紧手柄座材料: HT200; 35 钢; Q235-A。

d = M12, D = 40 mm, HT200 喷砂、镀铬

表面处理: 喷砂、镀铬 (PS/D·Cr); 镀铬

锁紧手柄座的标记:

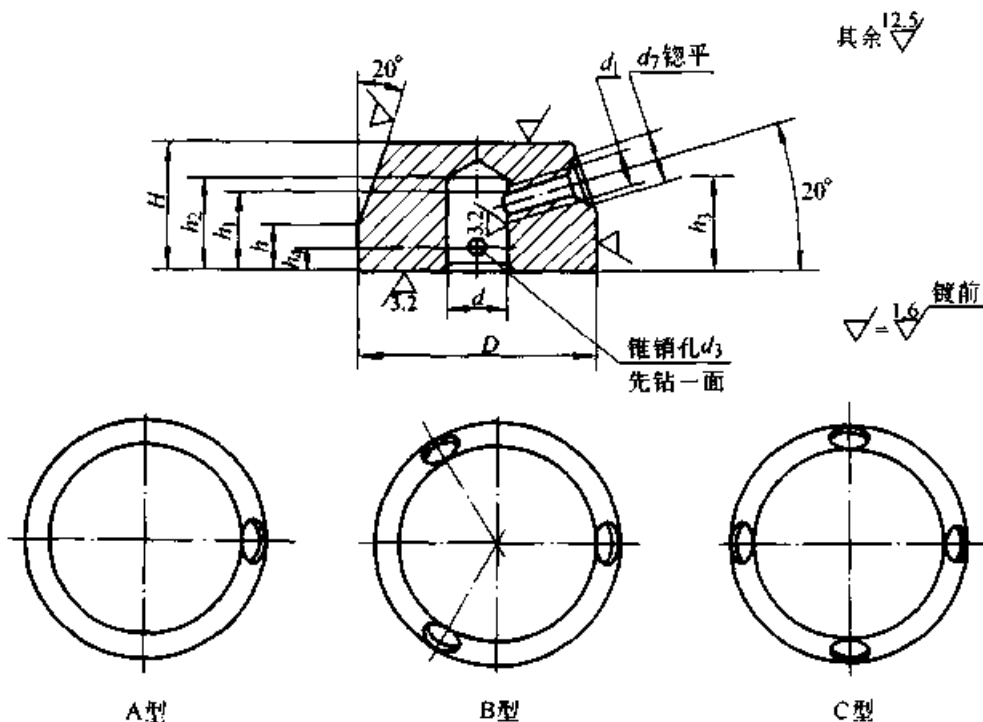
抛光 (D·L<sub>3</sub>Cr); 氧化 (H·Y)。

手柄座 M12×40 JB/T 7272.2—1994

标记示例

表 29.1-22 圆盘手柄座 (摘自 JB/T 7272.3—1994)

(mm)



续表 29.1-22

d	基本尺寸	10	12	16	18	22
	极限偏差 (H8)		+0.022 0		+0.027 0	
D		40	50	60	70	80
H		22	26			36
d <sub>1</sub>		M6	M8			M12
d <sub>2</sub>		9	11		13	17
d <sub>3</sub>		4	5		6	
h		8	11	13		
h <sub>1</sub>		14	18	21		24
h <sub>2</sub>		16	20	23		26
h <sub>3</sub>		15	19	23		25
h <sub>4</sub>		4	6			
每件质量/kg≈		0.173	0.331	0.581	0.724	1.081

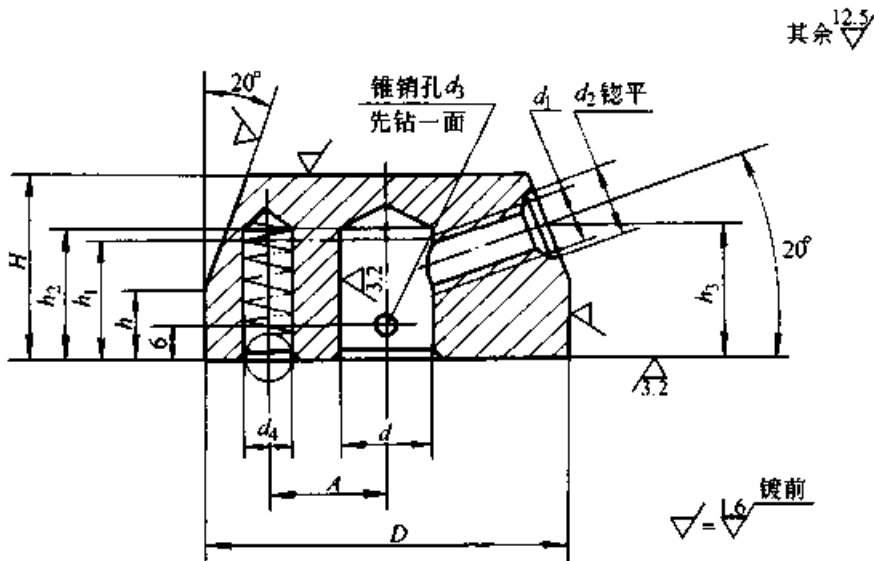
超星阅读器提醒你：  
使用本复制品  
请尊重知识版权！

圆盘手柄座材料：HT200；35 钢；Q235-A。  
表面处理：喷砂镀铬 (PS/D·Cr)；镀铬抛光 (D·L<sub>3</sub>Cr)；氧化 (H·Y)。  
标记示例  
A 型，d = 10 mm，D = 40 mm，HT200，喷砂镀铬圆盘手柄座的标记：  
手柄座 10×40 JB/T 7272.3—1994

B 型，d = 10 mm，D = 40 mm，HT200，喷砂镀铬圆盘手柄座的标记：  
手柄座 B10×40 JB/T 7272.3—1994  
C 型，d = 10 mm，D = 40 mm，HT200，喷砂镀铬圆盘手柄座的标记：  
手柄座 C10×40 JB/T 7272.3—1994

表 29.1-23 定位手柄座 (摘自 JB/T 7272.4—1994)

(mm)



续表 29.1-23

d		D	A	H	d <sub>1</sub>	d <sub>2</sub>	d <sub>3</sub>	d <sub>4</sub>	h	h <sub>1</sub>	h <sub>2</sub>	h <sub>3</sub>	每件质量/ kg≈	钢球 GB/T 308	压缩弹簧 GB/T 2089
基本尺寸	极限偏差 (H8)														
12	+0.027 0	50	16	28	M8	11	5	6.7	11	18	20	19	0.326	6.5	0.8×5×25
16		60	20	32	M10	13		6	8.5	13	21	23	0.570		
18		70	25				0.713								
22	+0.033 0	80	30	36	M12	17					25	1.070		8	1.2×7×35

定位手柄座材料：HT200；35钢；Q235-A。

d = 16 mm, D = 60 mm, HT200, 喷砂镀铬

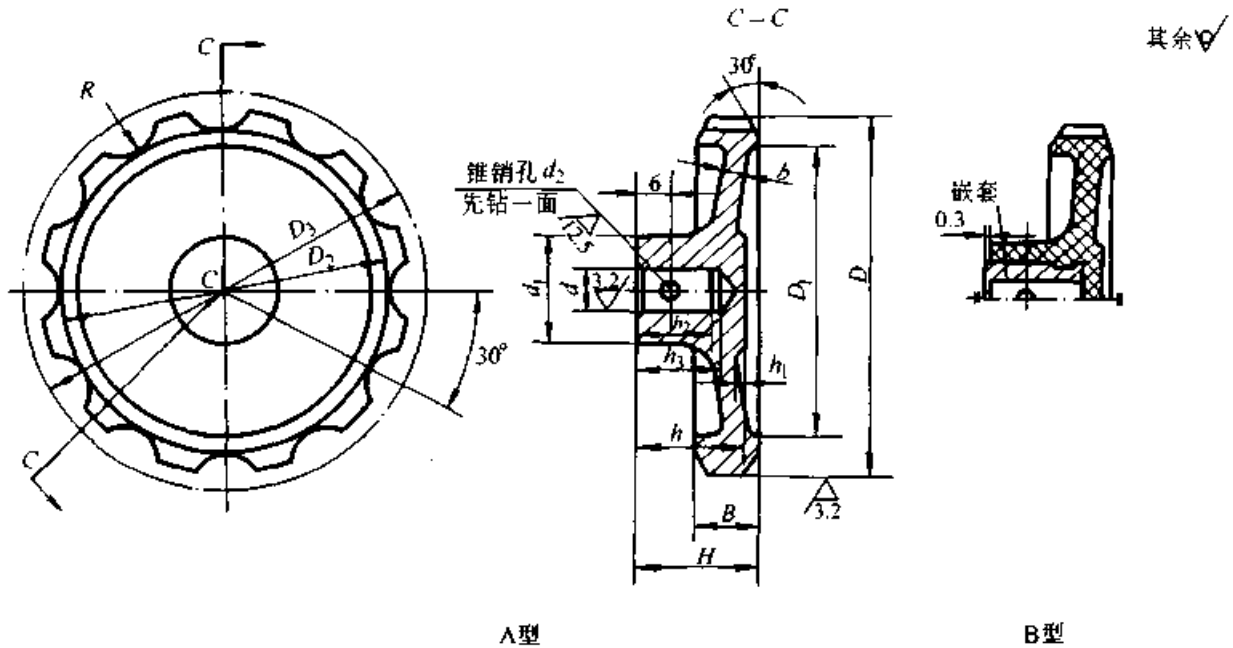
表面处理：喷砂镀铬 (PS/D·Cr)；镀铬抛光 (D·L<sub>3</sub>Cr)；氧化 (H·Y)。

手柄座的标记：16×60 JB/T 7272.4—1994

标记示例

表 29.1-24 小波纹手轮 (摘自 JB/T 7273.1—1994)

(mm)



d		D	D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>	D <sub>3</sub>	d <sub>1</sub>	d <sub>2</sub>	H	h	h <sub>1</sub>	h <sub>2</sub>	h <sub>3</sub>	R	B	b	嵌套 (JB/T 7275)	每套质量/kg≈	
基本尺寸	极限偏差 (H8)																铝合金	塑料
6	+0.018 0	50	40	45	58	16	2	16	15	1	10	12	6	8	3	6×12	0.055	0.039
8	+0.022 0	63	50	55	68	18	3	20	19	1.6	12	14		10	4	8×14	0.071	0.059
10		80	63	70	88	22		24	21		14	16	8	12		10×16	0.099	0.082
12	+0.027 0	100	80	90	112	28	4	28	23	2	16	18	10	14	5	12×18	0.234	0.194
		125	100	112	140	32		32	25		18	20	12	16		12×20	0.414	0.250

小波纹手轮材料：ZL102；塑料。

A 型， $d = 10 \text{ mm}$ ， $D = 80 \text{ mm}$ ，ZL102 阳极

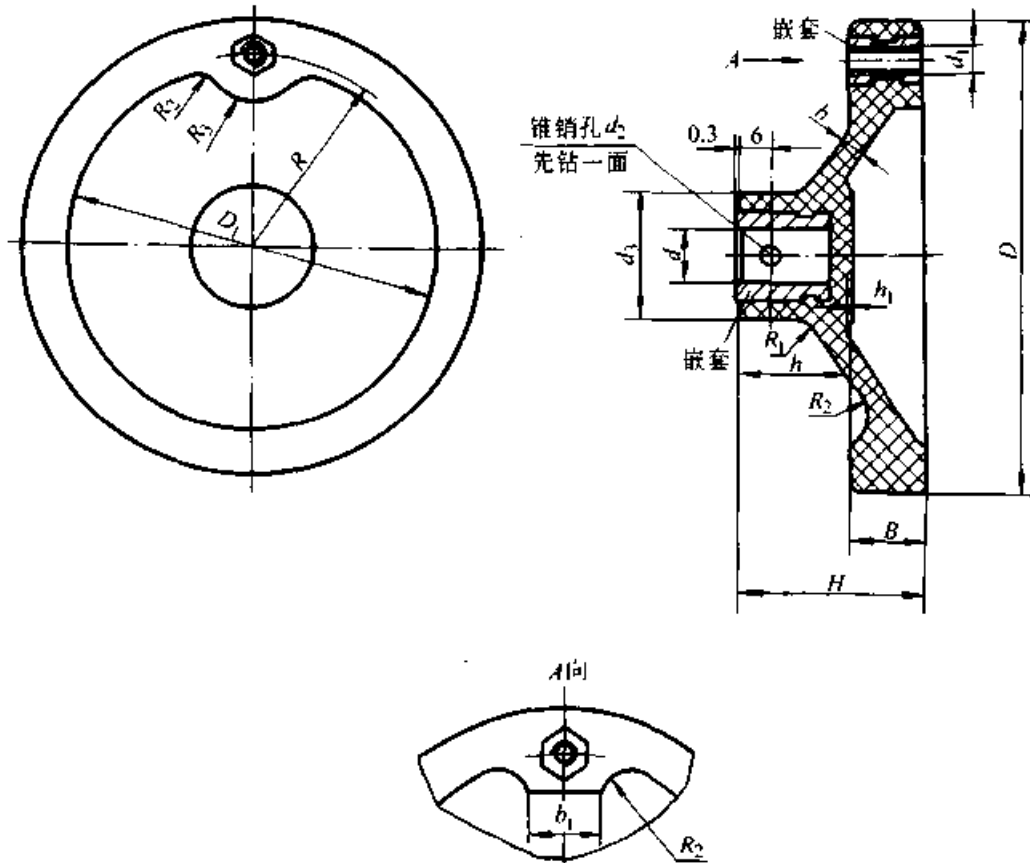
表面处理：ZL102 为阳极氧化 (D·Y)。

氧化小波纹手轮的标记：

标记示例

手轮 10×80 JB/T 7273.1—1994

表 29.1-25 小手轮 (摘自 JB/T 7273.2—1994) (mm)



基本尺寸	极限偏差 (H8)	$d$															嵌套 (JB/T 7275)	每件质量/kg≈
		$D$	$D_1$	$d_1$	$d_3$	$d_2$	$H$	$h$	$h_1$	$R$	$R_1$	$R_2$	$R_3$	$B$	$b$	$b_1$		
10	+0.022 0	80	63	M5	22	3	32	20	1.6	32	6	5	8	12	4	12	10×16 BM5×12	0.085
12	+0.027 0	100	80	M6	28	4	36	22	2	40	7	6	9	14	5	14	12×18 BM6×14	0.143
		125	100	M8			40			50	8		10	16		16	12×18 BM8×16	0.199

注：手柄选用 JB/T 7270.4—1994 规定的相应规格。

小手轮材料：塑料。

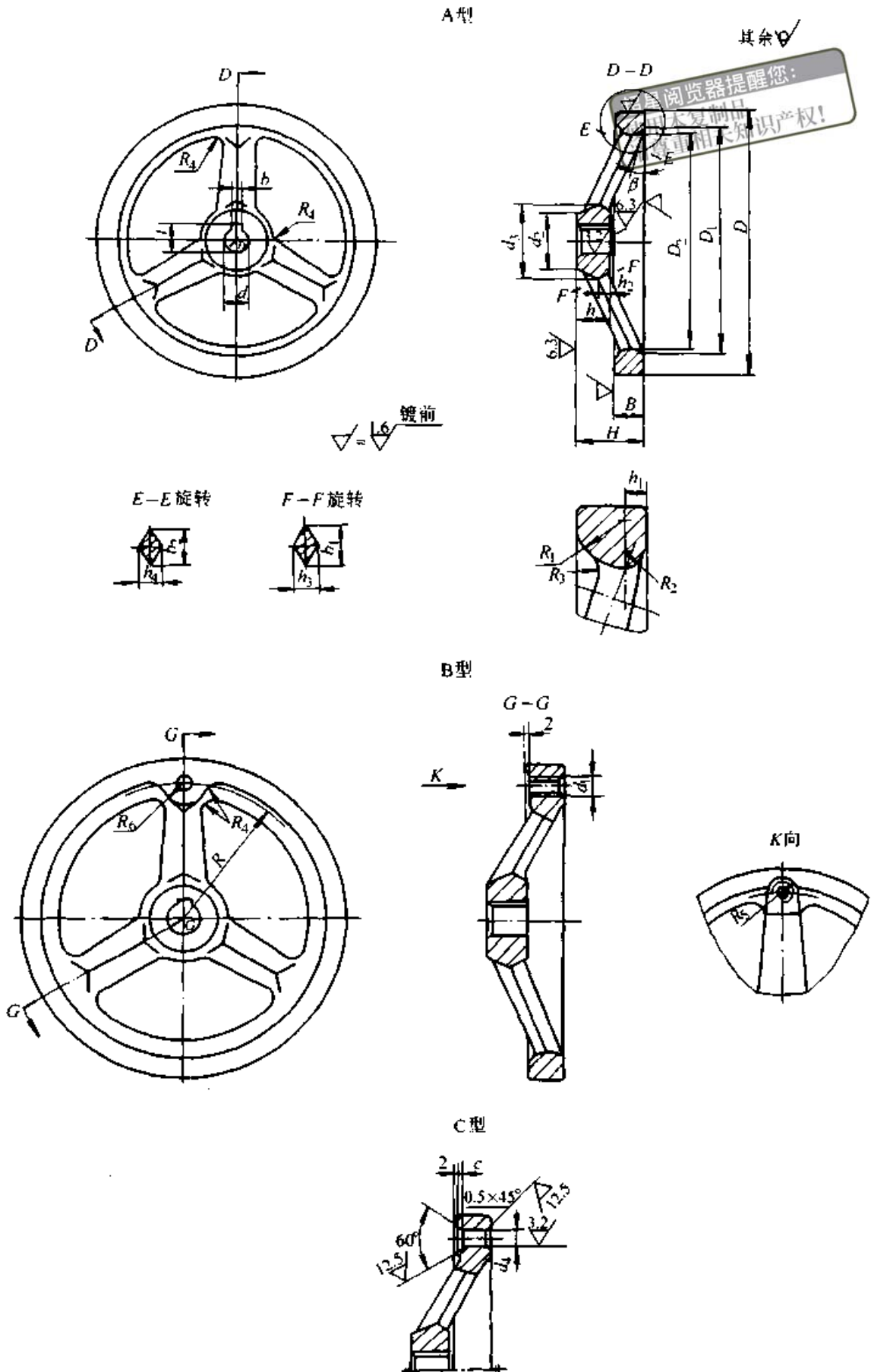
$d = 10 \text{ mm}$ ， $D = 80 \text{ mm}$  小手轮的标记：

标记示例

手轮 10×80 JB/T 7273.2—1994

表 29.1-26 手轮 (摘自 JB/T 7273.3—1994)

(mm)



续表 29.1-26

$d$	基本尺寸	12	14	16	18	22	25	28
	极限偏差 (H8)	+0.027 0				+0.033 0		
$D$		100	125	160	200	250	320	
$D_1$		86	107	138	176	222	288	
$D_2$		76	97	128	164	210	276	
$d_1$		M6	M8	M10		M12		
$d_2$		22	28	32	36	45	55	
$d_3$		30	38	42	48	58	72	
$d_4$	基本尺寸	6	8	10		12		
	极限偏差 (H8)	+0.018 0	+0.022 0			+0.027 0		
$R$		40	52	68	88	110	145	
$R_1$		9	11	13	14	16	18	
$R_2$		4			5			
$R_3$		5		6		8	10	
$R_4$		3	4	5		6		
$R_5$		5	6	8		10		
$R_6$		7	8	10		12		
$H$		32	36	40	45	50	55	
$h$	基本尺寸	18		20	25	28	32	
	极限偏差 (h13)	0 -0.270		0 -0.330		0 -0.390		
$h_1$		5			6			
$h_2$		6		7	8	9	10	
$h_3$		10	11	12	14	18	20	
$h_4$		9	10	11	12	14	16	
$B$		14	16	18	20	22	24	
$b_1$		16	18	22	26	30	35	
$b_2$		14	16	18	20	24	28	
$b$	基本尺寸	4	5		6		8	
	极限偏差 (Js9)	±0.015				±0.018		



续表 29.1-26

$d$	基本尺寸	12	14	16	18	22	25	28	
	极限偏差 (H8)	+0.027 0				+0.033 0			
$t$	基本尺寸	13.8	16.3	18.3	20.8	24.8	28.3	31.3	
	极限偏差	+0.1 0				+0.2 0			
$c$						1.5			
$\beta/ (^{\circ})$		15				10			
每件质量/kg $\approx$		0.425	0.660	1.160	1.806	2.805	5.730		

注：手柄选用 JB/T 7270.1—1994 及 JB/T 7270.5—1994 规定的相应规格。

手轮材料：HT200。

B 型， $d = 16 \text{ mm}$ ， $D = 160 \text{ mm}$ ，喷砂镀铬

表面处理：喷砂镀铬 (PS/D·Cr)；镀铬抛

手轮的标记：

光 (D·L<sub>3</sub>Cr)。

手轮 B16×160 JB/T 7273.3—1994

标记示例

C 型， $d = 16 \text{ mm}$ ， $D = 160 \text{ mm}$ ，喷砂镀铬

A 型， $d = 16 \text{ mm}$ ， $D = 160 \text{ mm}$ ，喷砂镀铬

手轮的标记：

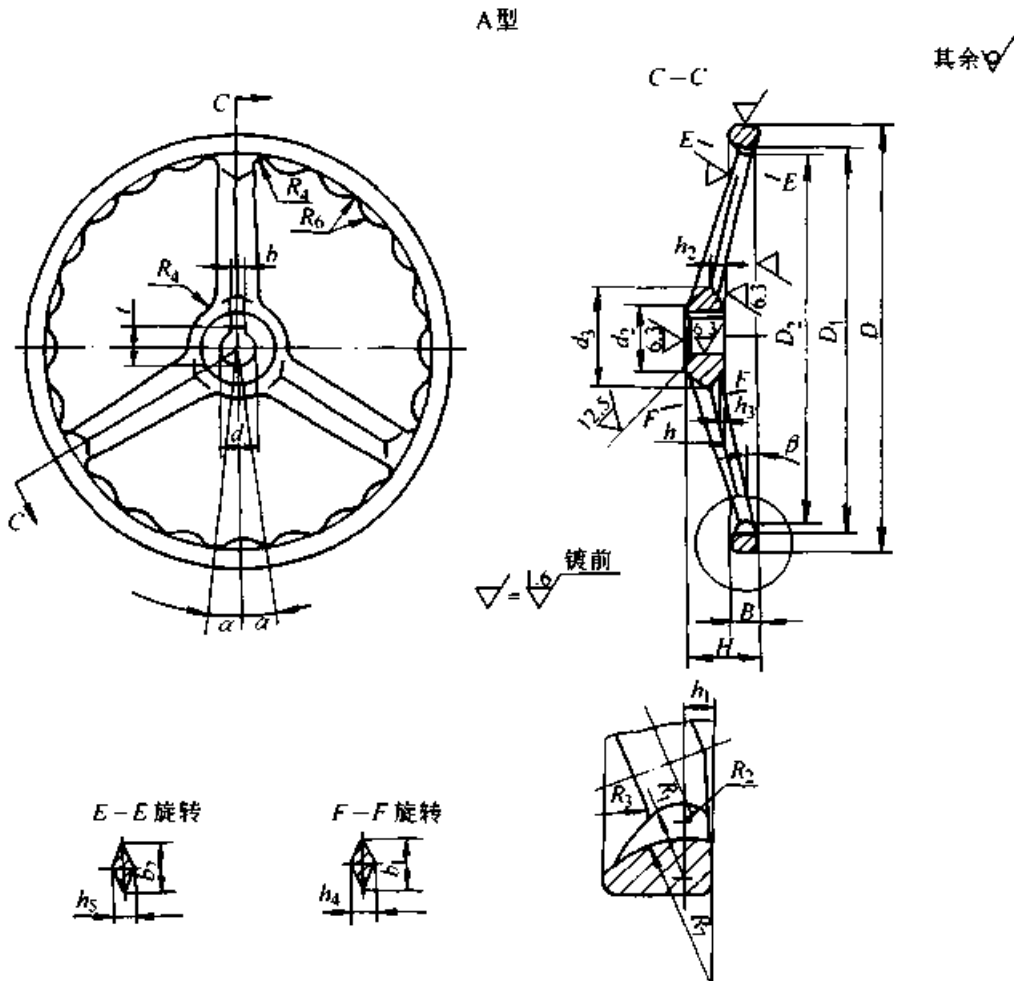
手轮的标记：

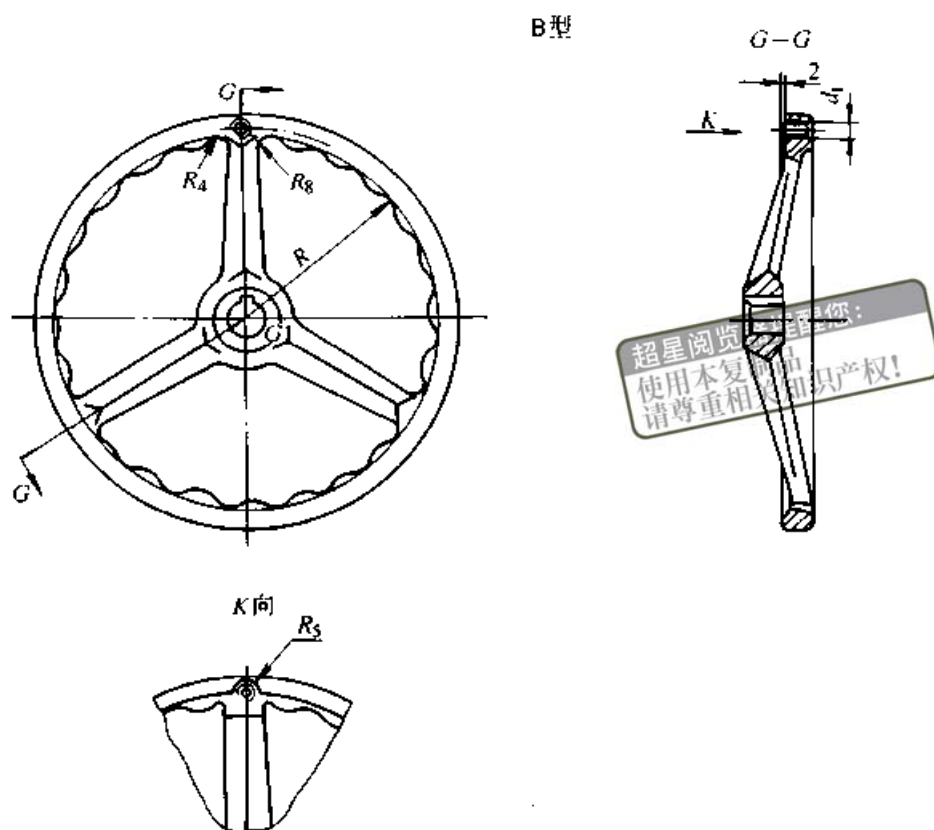
手轮 C16×160 JB/T 7273.3—1994

手轮 16×160 JB/T 7273.3—1994

表 29.1-27 波纹手轮 (摘自 JB/T 7273.4—1994)

(mm)





d	基本尺寸	18	22	25	28	32	35	40	45
	极限偏差 (H8)	+0.027 0	+0.033 0			+0.039 0			
D		200	250	320		400	500	630	
D <sub>1</sub>		176	222	288		364	462	588	
D <sub>2</sub>		164	210	276		352	448	574	
d <sub>1</sub>		M10	M12			—			
d <sub>2</sub>		36	45	55	65	75	85		
d <sub>3</sub>		48	58	72	85	95	105		
R		88	110	145		—	—	—	
R <sub>1</sub>		20	22	23	26	28	32		
R <sub>2</sub>		5				6			
R <sub>3</sub>		6	8	10	12	16			
R <sub>4</sub>		5	6			8			
R <sub>5</sub>		8	10			—			
R <sub>6</sub> ≈		16	16.5	16			20		
R <sub>7</sub>		30	29	30	30	34	36		
R <sub>8</sub>		10	12			—			
H		45	50	55	65	70	75		

续表 29.1-27

$d$	基本尺寸	18	22	25	28	32	35	40	45
	极限偏差 (H8)	+0.027 0	+0.033 0			+0.039 0			
$h$	基本尺寸	25	28	32	40	45	50		
	极限偏差 (h13)	0 -0.33			0 -0.39				
$h_1$		6							
$h_2$		8	9	10	12	14	16		
$h_3$		2			3		5		
$h_4$		14	18	20	22	24	26		
$h_5$		12	14	16		18	20		
$B$		20	22	24	26	28	30		
$b_1$		26	30	35	38	42	45		
$b_2$		20	24	28	30	32	35		
$b$	基本尺寸	6		8		10		12	14
	极限偏差 (Js9)	±0.015		±0.018				±0.0215	
$t$	基本尺寸	20.8	24.8	28.3	31.3	35.3	38.3	43.3	48.8
	极限偏差	+0.1 0		+0.2 0					
$\beta/ (^{\circ})$		10		5		—			
$\alpha/ (^{\circ})$		12.5	10	7.5	6	5	4		
轮辐数		3				5			
每件质量/kg≈		2.027	3.150	5.730	8.693	12.631	21.615		

注：手柄选用 JB/T 7270.5—1994 规定的相应规格。

波纹手轮材料：HT200。

表面处理：喷砂镀铬 (PS/D·Cr)；镀铬抛光 (D·L<sub>3</sub>Cr)。

标记示例

A 型， $d = 18 \text{ mm}$ ， $D = 200 \text{ mm}$ ，喷砂镀铬

波纹手轮的标记：

手轮 18×200 JB/T 7273.4—1994

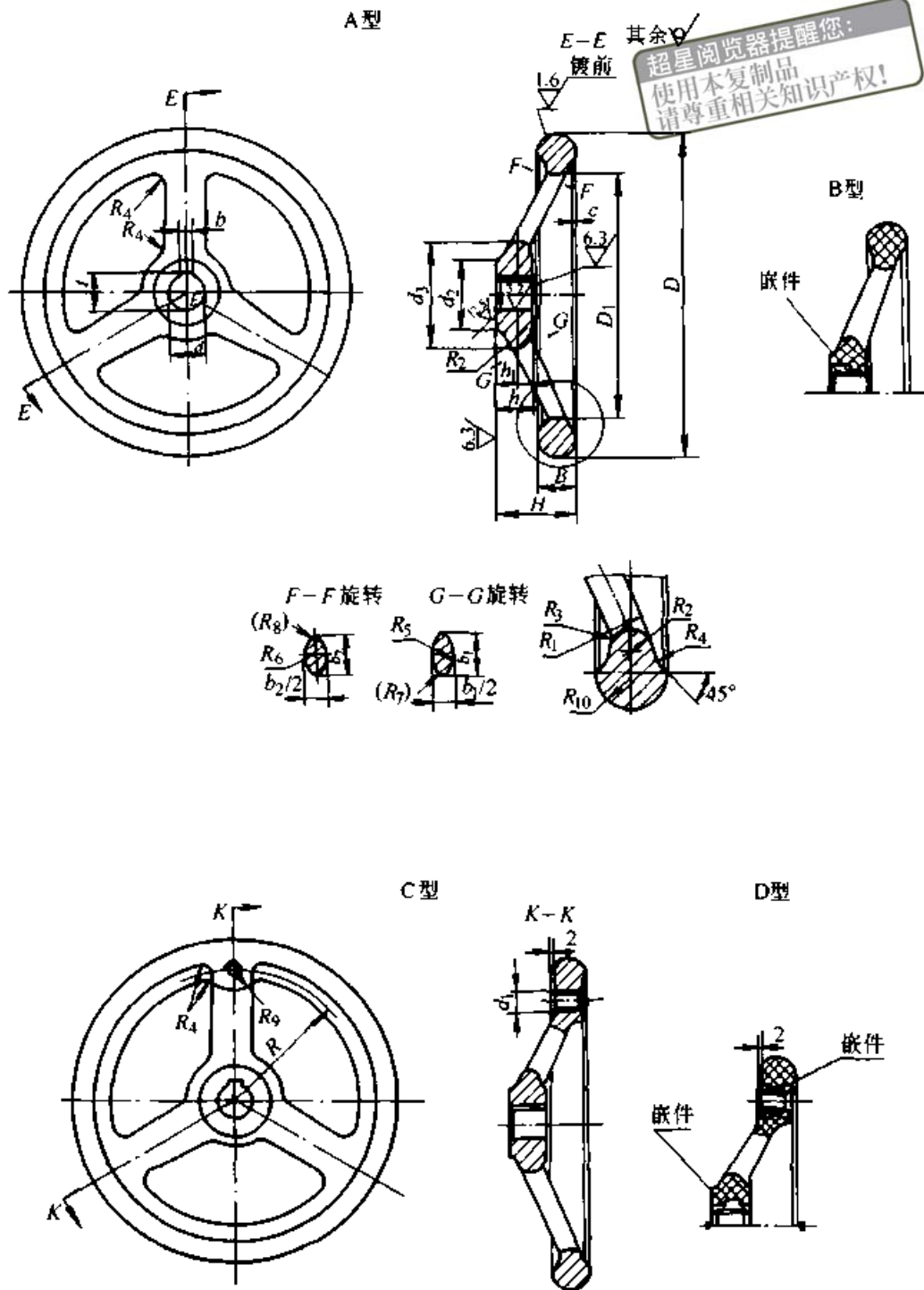
B 型， $d = 18 \text{ mm}$ ， $D = 200 \text{ mm}$ ，喷砂镀铬

波纹手轮的标记：

手轮 B18×200 JB/T 7273.4—1994

表 29.1-28 圆轮缘手轮 (摘自 JB/T 7273.5—1994)

(mm)



续表 29.1-28

d	基本尺寸	12	14	16	18	22	25	28	32	35	40	45
	极限偏差 (H8)	+0.027 0				+0.033 0				+0.039 0		
D	100	125	160	200	250	320	400	500	630			
D <sub>1</sub>	64	87	120	156	200	264	336	428	550			
d <sub>1</sub>	M8		M10		M12			—				
d <sub>2</sub>	26	28	32	36	45	55	65	75	85			
d <sub>3</sub>	30	39	44	50	61	73	85	97	109			
R	36	47	62	80	101	132	—	—	—			
R <sub>1</sub>	14		18	22	—							
R <sub>2</sub>	5	5.5	6	7	8	9	10	11				
R <sub>3</sub>	12	16	20	24	28	45	65	75				
R <sub>4</sub>	3	3.5	4				5	6	7			
R <sub>5</sub>	20	22	24	28	32	36	40	44				
R <sub>6</sub>	16	18	20	22	24	28	32	36				
R <sub>7</sub> ≈	3.5	4.1	4.5	5.3	6	6.8	7.5	8.3				
R <sub>8</sub> ≈	2.8	3.4	3.7	4.1	4.5	5.3	6	6.8				
R <sub>9</sub>	7.5	8	10		12			—				
R <sub>10</sub>	7.5	8	9	10	11	12.5	14	16	18			
H	33	36	40	45	50	56	64	72	78			
h	基本尺寸	17	18	20	25	28	32	40	45	50		
	极限偏差 (h13)	0 -0.270		0 -0.330			0 -0.390					
h <sub>1</sub>	6	7	8	9	10	11	12	14	16			
B	15	16	18	20	22	25	28	32	36			
b <sub>1</sub>	18	20	22	24	28	32	36	40	44			
b <sub>2</sub>	14	16	18	20	22	24	28	32	36			
c	0.6		0.8	1			1.5			2		
b	基本尺寸	4	5	6		8		10		12	14	
	极限偏差 (Js9)	±0.015				±0.018				±0.0215		
t	基本尺寸	13.8	16.3	18.3	20.8	24.8	28.3	31.3	35.3	38.3	43.3	48.8
	极限偏差	+0.1 0					+0.2 0					
轮辐数		3						5				
B型	嵌套	C12×18	C16×20	C18×25	—							
D型		C12×18	C16×20	C18×25	—							
		BM8×14	BM10×16		—							
每件质量 kg≈	铸铁	0.934	1.460	2.200	3.494	5.753	9.342	15.000	23.161			
	塑料	0.187	0.292	0.440	—							

注：手柄选用 JB/T 7270.5—1994 规定的相应规格。

圆轮缘手轮材料：HT200；塑料。

表面处理：喷砂镀铬 (PS/D·Cr)；镀铬抛

光 (D·L<sub>3</sub>Cr)。

标记示例

A 型，d = 16 mm，D = 160 mm，HT200，

喷砂镀铬圆轮缘手轮的标记：

手轮 16×160 JB/T 7273.5—1994

B 型，d = 16 mm，D = 160 mm，塑料圆轮

缘手轮的标记：

手轮 B16×160 JB/T 7273.5—1994

C 型,  $d = 16 \text{ mm}$ ,  $D = 160 \text{ mm}$ , HT200,  
 喷砂镀铬圆轮缘手轮的标记:

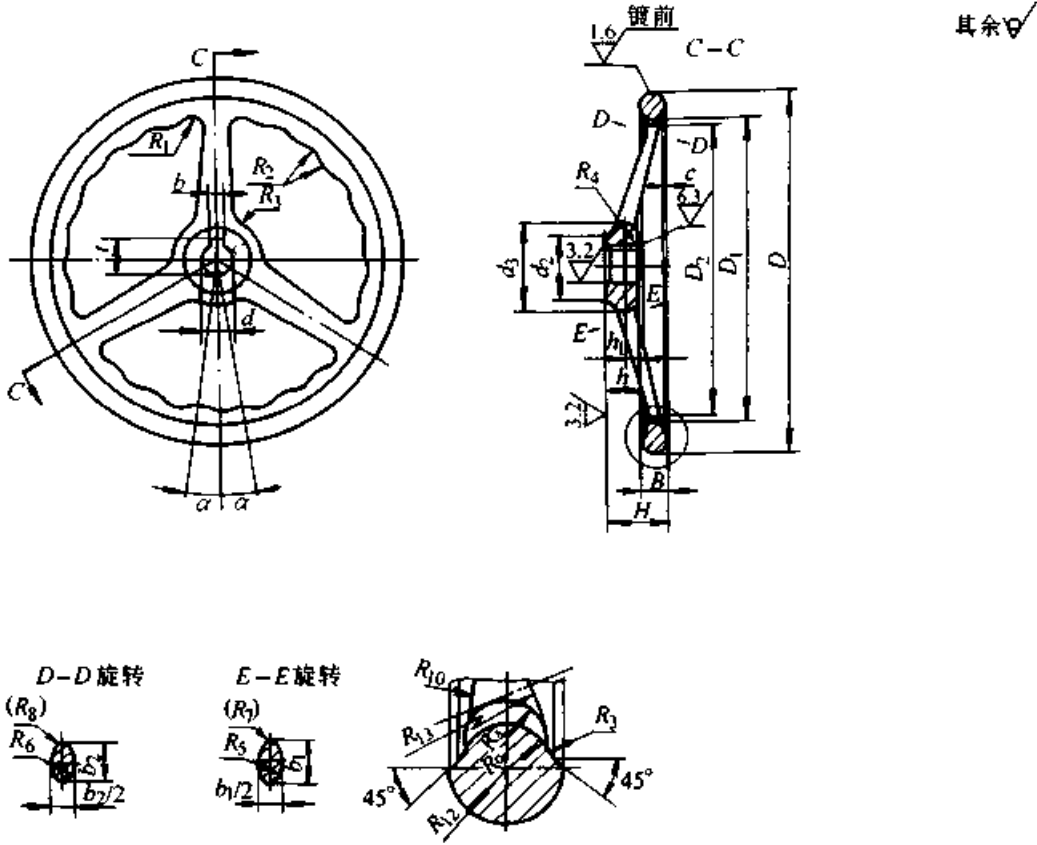
手轮 C16×160 JB/T 7273.5—1994

D 型,  $d = 16 \text{ mm}$ ,  $D = 160 \text{ mm}$ , 塑料圆轮  
 缘手轮的标记:

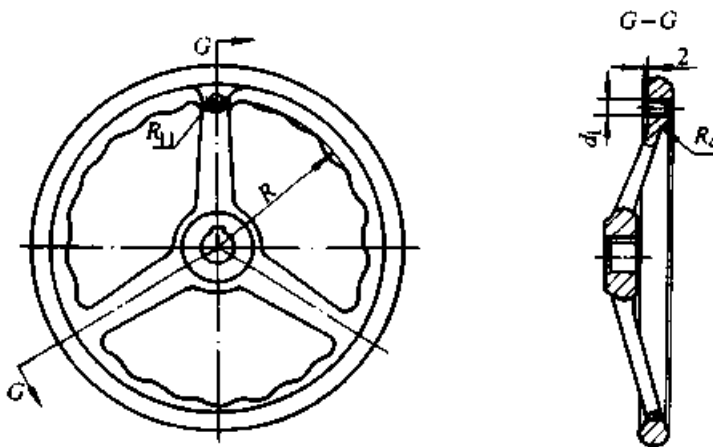
手轮 D16×160 JB/T 7273.5—1994

表 29.1-29 波纹圆轮缘手轮 (摘自 JB/T 7273.6—1994) (mm)

A 型



B 型



续表 29.1-29

d	基本尺寸	18	22	25	28	32	35	40	45
	极限偏差 (H8)	+0.027 0	+0.033 0			+0.039 0			
D		200	250		320	400	500		630
D <sub>1</sub>		168	209		264	336	428		550
D <sub>2</sub>		160	200		254	324	414		534
d <sub>1</sub>		M10	M12			—	—		—
d <sub>2</sub>		36	45		55	65	75		85
d <sub>3</sub>		50	61		73	85	97		109
R		80	12			—	—		—
R <sub>1</sub>		5.5	4		6	6	7		8
R <sub>2</sub> ≈		9	13.5		22	16	19		30
R <sub>3</sub>			4			5	6		7
R <sub>4</sub>		6	7		8	9	10		11
R <sub>5</sub>		24	28		32	36	40		44
R <sub>6</sub>		20	22		24	28	32		36
R <sub>7</sub> ≈		4.5	5.3		6	6.8	7.5		8.3
R <sub>8</sub> ≈		3.7	4.1		4.5	5.3	6		6.8
R <sub>9</sub>		9	9.5		10	11	12		13
R <sub>10</sub>		20	24		32	45	65		75
R <sub>11</sub>		10	12			—	—		—
R <sub>12</sub>		10	11		12.5	14	16		18
R <sub>13</sub>		14	18		—	—	—		—
H		45	50		56	64	72		78
h	基本尺寸	25	28		32	40	45		50
	极限偏差 (h13)	0 -0.330			0 -0.390				
h <sub>1</sub>		9	10		11	12	14		16
B		20	22		25	28	32		36
b <sub>1</sub>		24	28		32	36	40		44
b <sub>2</sub>		20	22		24	28	32		36
b	基本尺寸	6		8		10		12	14
	极限偏差 (Js9)	±0.015		±0.018				±0.0215	
r	基本尺寸	20.8	24.8	28.3	31.3	35.3	38.3	43.3	48.8
	极限偏差	+0.1 0		+0.2 0					
a		8.5°				12°			
c		1.5				2			
轮辐数		3				5			
每件质量/kg≈		2.44	3.80	6.00	9.70	15.45	23.70		

注：手柄选用 JB/T 7270.5—1994 规定的相应规格。

波纹圆轮缘手轮材料：HT200。

波纹圆轮缘手轮的标记：

表面处理：喷砂镀铬（PS/D·Cr）；镀铬抛光（D·L<sub>3</sub>Cr）。

手轮 28×320 JB/T 7273.6—1994

B 型， $d = 28 \text{ mm}$ ， $D = 320 \text{ mm}$ ，喷砂镀铬

标记示例

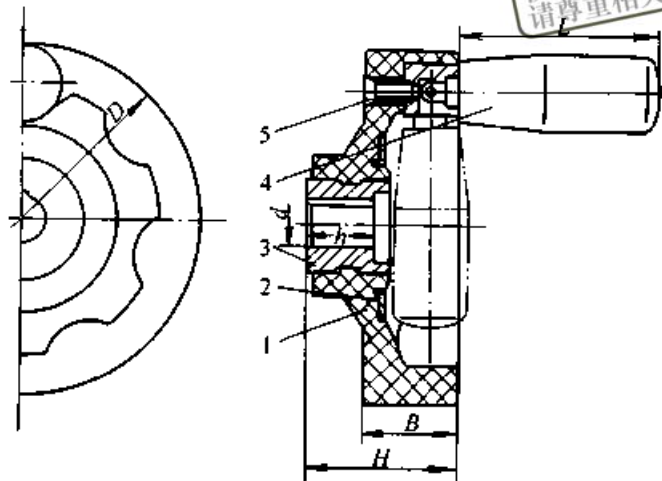
波纹圆轮缘手轮的标记：

A 型， $d = 28 \text{ mm}$ ， $D = 320 \text{ mm}$ ，喷砂镀铬

手轮 B28×320 JB/T 7273.6—1994

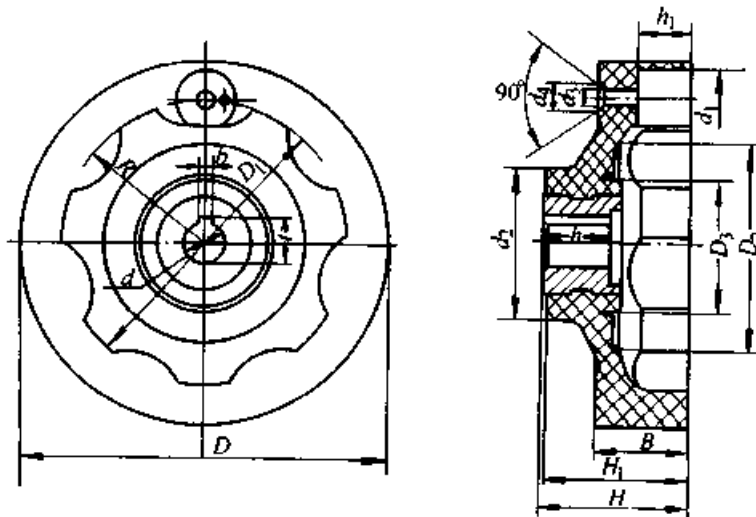
表 29.1-30 内波纹手轮（摘自 JB/T 7273.7—1994） (mm)

(1) 手轮



主要尺寸						件号	1	2	3	4	5	每套质量/ kg≈
d	D	h	B	H	L	名称	手轮体	装饰盖	嵌套	可拆手柄	螺钉	
						标准号	—	—	—	JB/T 7270.11	GB/T 819	
12	100	18	26	41	50	规格	12×100	35	12: 22	50	M4×16	0.289
	125		30	44	63		12×125	45		63	M4×20	0.462
16	160	20	32	54	16×160		50	16×24	80	M6×16	0.749	
18	200	25	34	56	18×200		55	18×29		M6×20	1.145	
22	250	28	35	66	100		22×250	65	22×32	100	M6×20	1.684
25							25×250		25×33			1.660

(2) 手轮体 (件号 1)

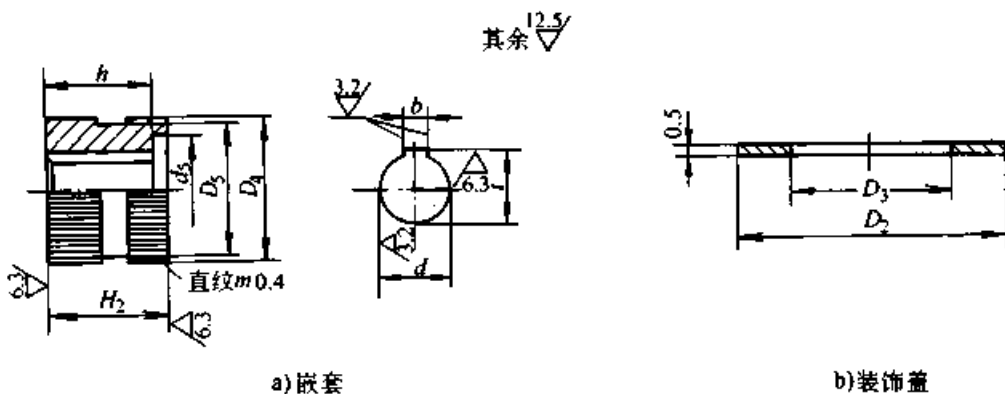




续表 29.1-30

$d$	基本尺寸	12		16	18	22	25
	极限偏差 (H8)	+0.027 0					
$D$		100	125	160	200	250	
$D_1$		78	100	132	172	218	
$D_2$		55	70	80	90	110	
$D_3$		35	45	50	55	65	
$R$		40	52	68	88	112	
$d_1$	基本尺寸	16			20		
	极限偏差 (H11)	+0.110 0			+0.130 0		
$d_2$		40	45	52	60	70	
$d_3$		4.5			6.6		
$d_4$		9			13		
$H$		41	46	54	56	66	
$H_1$		40	45	52	55	64	
$h$	基本尺寸	18		20	25	28	
	极限偏差 (h13)	0 -0.270		0 -0.330			
$h_1$		15		20			
$B$		26	30	32	34	35	
$b$	基本尺寸	4		5	6		8
	极限偏差 (Js9)	±0.015					
$t$	基本尺寸	13.8		18.3	20.8	24.8	28.3
	极限偏差	+0.1 0					
波纹数		7		9		11	

(3) 嵌套 (件号 3) 和装饰盖 (件号 2)



续表 29.1-30

d		H <sub>2</sub>		D <sub>4</sub>	D <sub>5</sub>	d <sub>3</sub>	h		b		t		D <sub>2</sub>	D <sub>3</sub>
基本尺寸	极限偏差 (H8)	基本尺寸	极限偏差 (H13)				基本尺寸	极限偏差 (h13)	基本尺寸	极限偏差 (j9)	基本尺寸	极限偏差		
12	+0.027 0	22	+0.270 0	25	22	21	18	0 -0.270	4	±0.015	13.8	+0.1 0	55	35
16		24	+0.330 0	28	25	23	20	0 -0.330	5		18.3		70	45
18	29	32		30	26	25	6		20.8		80		50	
22	+0.033 0	32	0	36	34	31	20	-0.330	8	±0.018	24.8	+0.2 0	90	55
25		33		40	38	33					8		28.3	110

内波纹手轮各件号材料：手轮体：塑料；装饰盖：铝片；嵌套：Q235-A。  
表面处理：装饰盖：阳极氧化 (D·Y)；嵌套：氧化 (H·Y)。

标记示例

$d = 16 \text{ mm}$ ,  $D = 160 \text{ mm}$  内波纹手轮的标

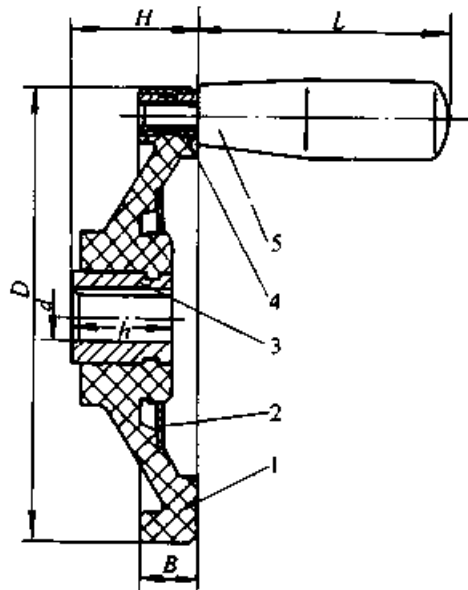
记：

手轮 16×160 JB/T 7273.7—1994

表 29.1-31 背面波纹手轮 (摘自 JB/T 7273.8—1994)

(mm)

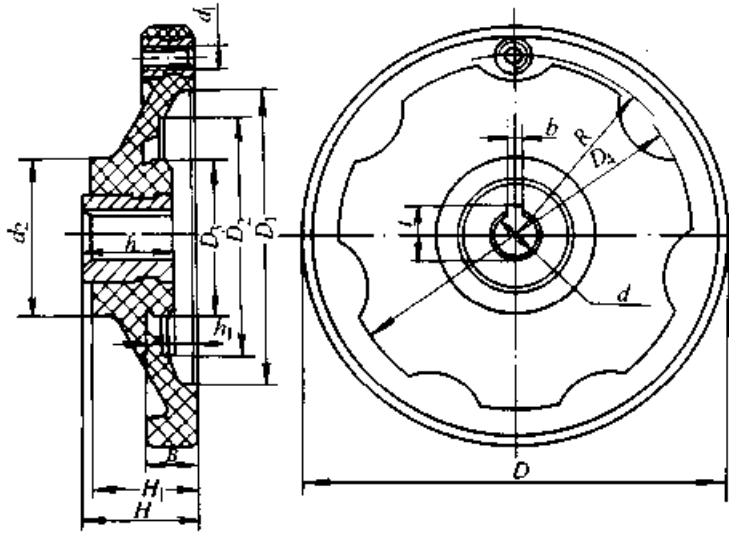
(1) 手轮



主要尺寸						件号	1	2	3	4	5	每套质量/ kg≈
d	D	h	B	H	L	名称	手轮体	装饰盖	嵌套	嵌套	传动手柄	
						标准号	—	—	JB/T 7275		JB/T 7270.5	
12	100	18	14	30	50	规格	12×100	30	C12×18	BM6×14	BM6×50-塑	0.200
	125		16	32	63		12×125	45		BM8×16	BM8×63-塑	0.317
16	160	20	18	38	16×160		55	C16×20	BM10×18	BM10×80-塑	0.516	
18	200	25	20	44	18×200		58	C18×25	BM10×20		0.827	
22	250	28	25	52	100		22×250	65	C22×28	BM12×25	BM12×100-塑	1.309
25							25×250		C25×28			1.284

超星浏览器提醒您：  
 请勿重复下载知识，  
 请尊重版权知识！  
 续表 29-131

(2) 手轮体 (件号 1)



基本尺寸	极限偏差 (H8)	$d$										$h$		$h_1$	$B$	$b$		$r$		波纹数	
		$D$	$D_1$	$D_2$	$D_3$	$D_4$	$d_1$	$d_2$	$R$	$H$	$H_1$	基本尺寸	极限偏差 (h13)			基本尺寸 (Js9)	极限偏差	基本尺寸	极限偏差		
12	+0.027	100	60	50	30	84	M6	40	40	30	28	18	0	-0.270	5	14	4	$\pm 0.015$	13.8	+0.1	7
		125	86	70	45	105	M8	46	52	32	30					16					
16	0	160	110	80	55	130	M10	52	68	38	36	20	+0.330	0	7	18	5	$\pm 0.015$	20.8	+0.2	9
18	200	150	90	58	164	60		88	44	42	25					24.8					
22	+0.033	250	200	110	65	210	M12	70	112	52	50	20	0	7	25	6	$\pm 0.018$	28.3	+0.2	11	
25	0																				8

注：装饰盖厚度为 0.5 mm。

背面波纹手轮件号材料：手轮体 (件号 1)；  
 塑料；装饰盖 (件号 2)：铝片，阳极氧化。

$d = 12 \text{ mm}$ ,  $D = 125 \text{ mm}$  背面波纹手轮的标

记：

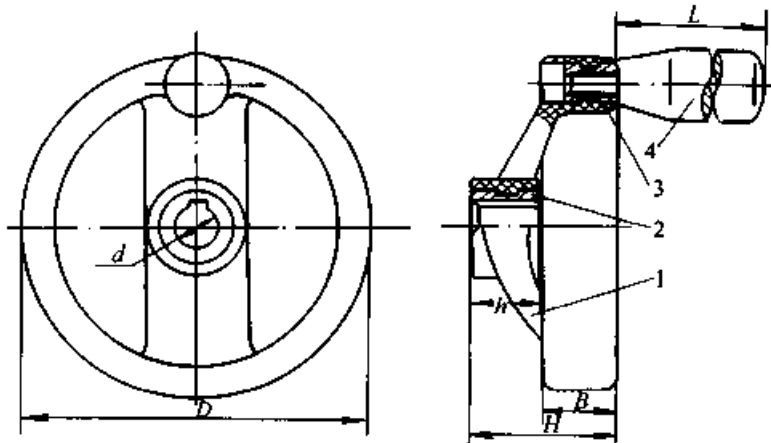
标记示例

手轮 12×125 JB/T 7273.8—1994

表 29.1-32 双辐条手轮 (摘自 JB/T 7273.9—1994)

(mm)

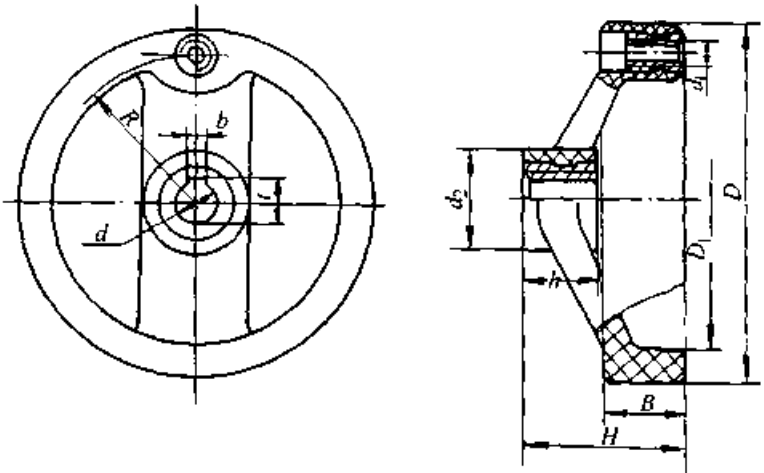
(1) 手轮



超星浏览器提醒您：  
 使用本复...  
 请尊...  
 续表 29.1.32

主要尺寸						件号	1	2	3	每套质量/ kg≈	
$d$	$D$	$h$	$B$	$H$	$L$	名称	手轮体	嵌套	嵌套		转动手柄
						标准号	—	JB/T 7275			JB/T 7270.5
12	100	18	20	42	50	规格	12×100	C12×18	BM6×14	BM6×50	0.140
	125		22	45	63		12×125		BM8×16	BM8×63	0.240
16	160	20	25	48	80		16×160	C16×20	BM10×18	BM10×80	0.355
18	200	25	28	54	100		18×200	C18×25			0.565

(2) 手轮体 (件号 1)



基本尺寸	$d$ 极限偏差 (H8)	$D$	$D_1$	$d_1$	$d_2$	$R$	$H$	$h$		$B$	$b$		$l$		
								基本尺寸	极限偏差 (h13)		基本尺寸	极限偏差 (Js9)	基本尺寸	极限偏差	
12	+0.027	100	80	M6	25	40	42	18	0	20	4	±0.015	13.8	+0.1	
		125	100	M8	32	52	45		-0.270	22					
16	0	160	130	M10	40	68	48	20	0	25	5		18.3		0
18		200	165		50	88	54	25	-0.330	28	6		20.8		

双辐条手轮材料：塑料；锌合金。

的标记：

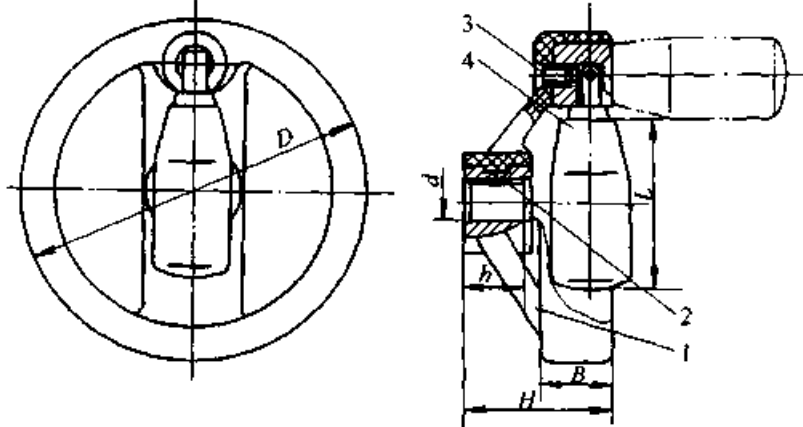
标记示例

手轮 12×125 JB/T 7273.9—1994

$d = 12 \text{ mm}$ ,  $D = 125 \text{ mm}$ , 塑料双辐条手轮

表 29.1.33 带可拆手柄双辐条手轮 (摘自 JB/T 7273.10—1994) (mm)

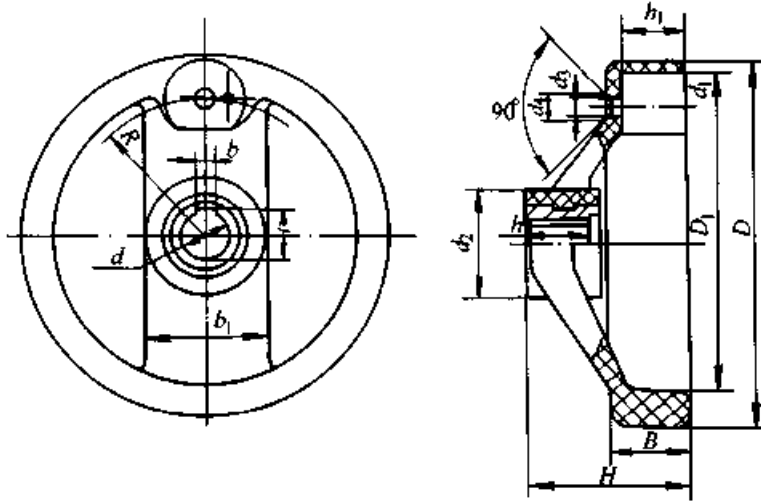
(1) 手轮



超星浏览器提醒您：  
使用本复制品  
请尊重知识产权  
续表 29-1-33

主要尺寸						件号	1	2	3	4	每套质量/ kg≈
						名称	手轮体	嵌套	螺钉	可折手柄	
$d$	$D$	$h$	$B$	$H$	$L$	标准号	—	JB/T 7275	GB819	JB/T 7270.11	
12	100	18	20	42	50	规格	12×100	12×22	M4×8	50	0.165
	125		22	45	63		12×125		M4×10	63	0.240
16	160	20	25	48	80		16×160	16×24	M6×8	80	0.390
18	200	25	28	54			18×200	18×29	M6×12		0.600

(2) 手轮体 (件号 1)



$d$		$D$	$D_1$	$d_1$		$d_2$	$d_3$	$d_4$	$R$	$H$	$h$		$h_1$	$B$	$b$		$b_1$	$t$		
基本尺寸	极限偏差 (H8)			基本尺寸	极限偏差 (H11)						基本尺寸	极限偏差 (h13)			基本尺寸	极限偏差 (Js9)		基本尺寸	极限偏差	
12	+0.027	100	80	16	+0.110	25	4.5	9	40	42	18	0	-0.270	15	20	4	±0.015	25	13.8	+0.1
		125	100		0	32									52			45		
16	0	160	130	20	+0.130	40	6.6	13	68	48	20	0	-0.330	20	25	5	±0.015	40	18.3	0
18	0	200	165		0	50			88	54	25				28	6		50	20.8	

手轮体材料：塑料；锌合金。

双辐条手轮的标记：

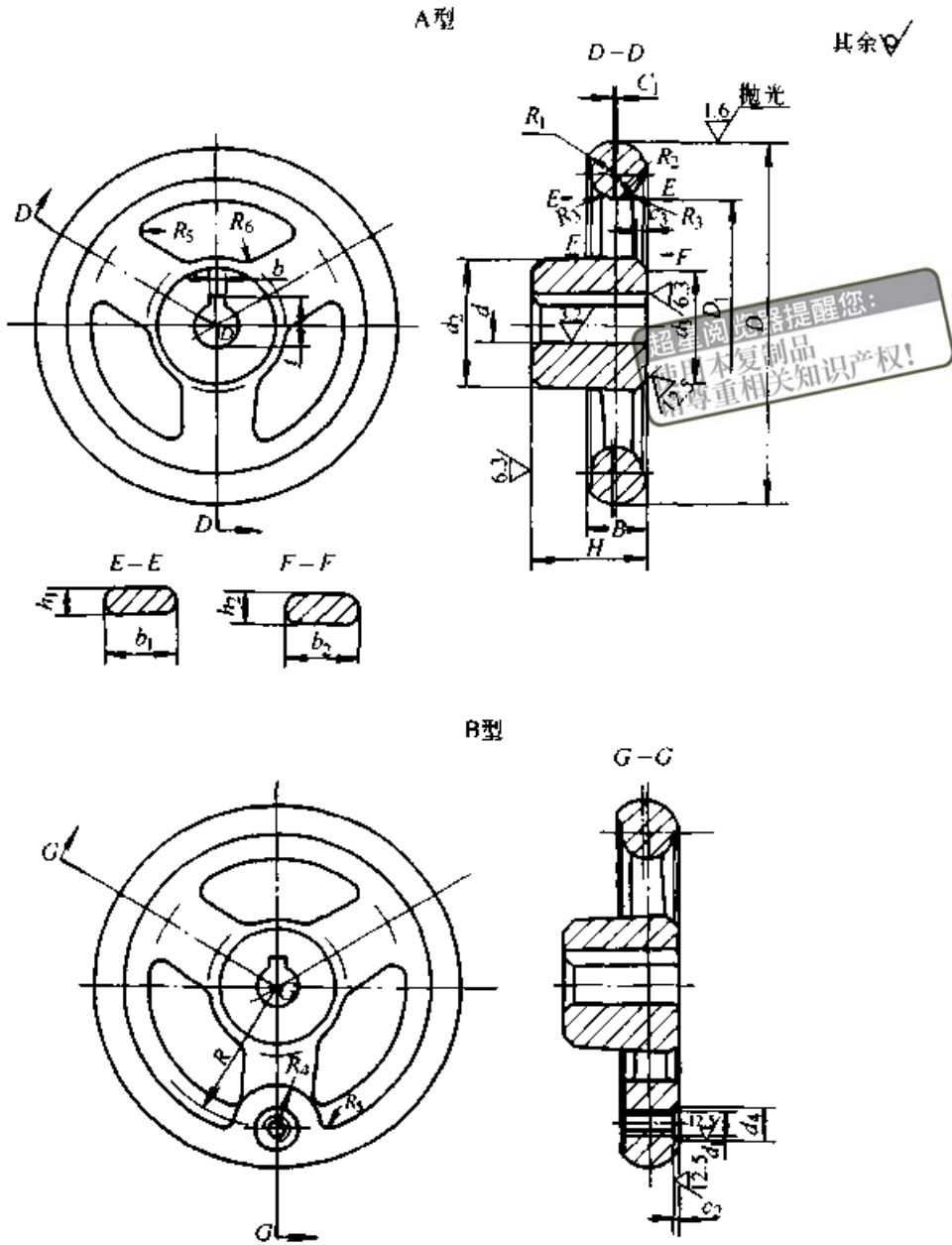
标记示例

手轮 18×200 JB/T 7273.10—1994

$d = 18 \text{ mm}$ ,  $D = 200 \text{ mm}$ , 塑料带可拆手柄

表 29.1-34 直辐条圆轮缘手轮 (摘自 JB/T 7273.11-1994)

(mm)



d	基本尺寸	12	14	16	18	22	25	28
	极限偏差 (H8)	+0.027 0				+0.033 0		
D		100	125	160	200	250	320	
D <sub>1</sub>		72	95	125	158	204	266	
d <sub>1</sub>		M8		M10		M12		
d <sub>2</sub>		30	35	38	45	50	60	
d <sub>3</sub>		27	32	34	40	43	53	
d <sub>4</sub>		14		16		20		
R		40	52	65	82	105	135	
R <sub>1</sub>		7.5	8	10	12	13	15	

超星浏览器提醒您：  
 请尊重知识版权！  
 续表 29.1-34

<i>d</i>	基本尺寸	12	14	16	18	22	25	28	
	极限偏差 (H8)	+0.027 0				+0.033 0			
<i>R</i> <sub>2</sub>		6.5	7	8	10	10.5	12		
<i>R</i> <sub>3</sub>		6		7		8	9		
<i>R</i> <sub>4</sub>		10	11	12.5	13	14	15		
<i>R</i> <sub>5</sub>		3	3.5	4	5	6.5	8		
<i>R</i> <sub>6</sub>		6	7	8	8.5	10	10		
<i>H</i>	基本尺寸	25	30	32	38	42	45		
	极限偏差 (h13)	0 -0.330			0 -0.390				
<i>h</i> <sub>1</sub>		7.5	8.5	9.5	10		11		
<i>h</i> <sub>2</sub>		8	9	10	11		12		
<i>B</i>		14	15	18	22	24	28		
<i>b</i>	基本尺寸	4	5		6		8		
	极限偏差 (Js9)	±0.015					±0.018		
<i>b</i> <sub>1</sub>		17	18	20	22	23	24		
<i>b</i> <sub>2</sub>		19	20	22	25	27.5	29.5		
<i>t</i>	基本尺寸	13.8	16.3	18.3	20.8	24.8	28.3	31.3	
	极限偏差	+0.1 0					+0.2 0		
<i>C</i> <sub>1</sub>		0.5			1				
<i>C</i> <sub>2</sub>		1.5		2		2.5			
<i>C</i> <sub>3</sub>		3		4	5	6.5	7		
轮辐数		3				5			
每件质量/kg≈		0.550	0.700	1.200	2.000	3.200	6.500		

注：B型手轮建议选用 JB/T 7270.6—1994 中的 B 型手柄。

直辐条圆轮缘手轮材料：HT200。

表面处理：喷砂镀铬 (PS/D·Cr)；镀铬抛

光 (D·L<sub>3</sub>Cr)。

标记示例

A 型，*d* = 18 mm，*D* = 200 mm，喷砂镀铬

直辐条手轮的标记：

手轮 18×200 JB/T 7273.11—1994

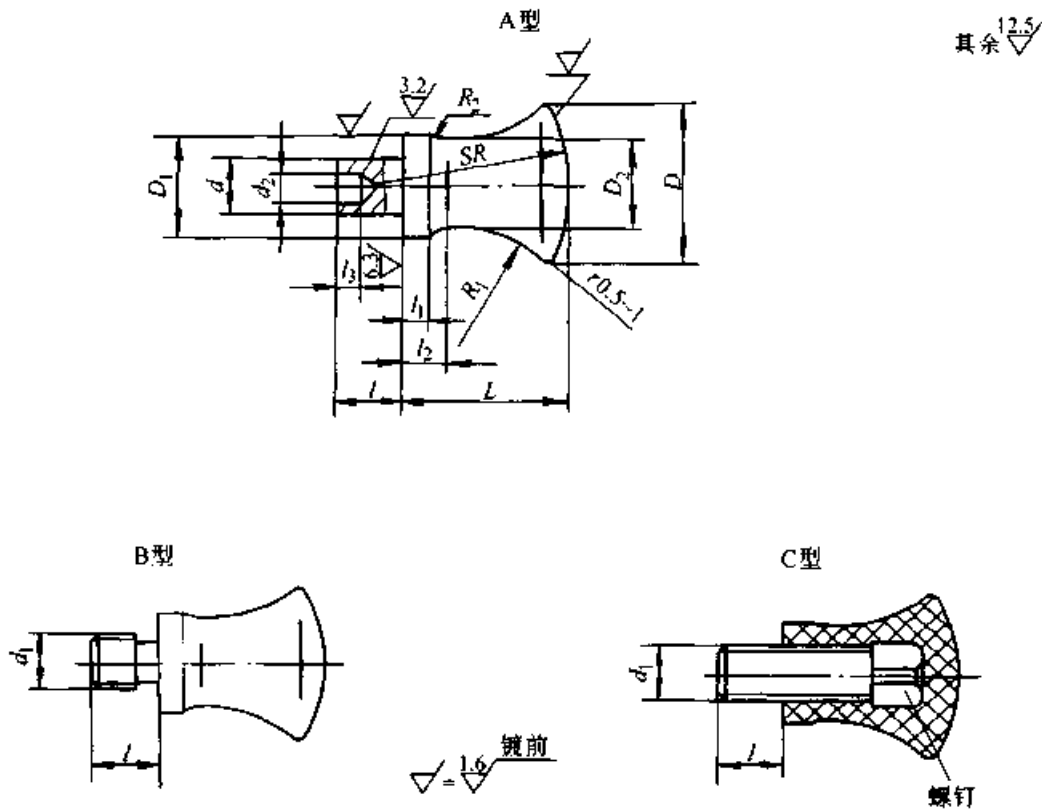
B 型，*d* = 18 mm，*D* = 200 mm，喷砂镀铬

直辐条手轮的标记：

手轮 B18×200 JB/T 7273.11—1994

表 29.1-35 把手 (摘自 JB/T 7274.1—1994)

超星浏览器提醒您：  
使用本复制品 (mm)  
请尊重相关知识产权！



基本尺寸	d 极限偏差 (js7)	d <sub>1</sub>	D	L	l	D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>	d <sub>2</sub>	l <sub>1</sub>	l <sub>2</sub>	l <sub>3</sub>	SR	R <sub>1</sub>	R <sub>2</sub>	螺钉 (GB/T 821)	每件质量/kg≈	
																钢	塑料
5	±0.006	M5	16	16	6	10	8	3.5	3	5	3	20	12	1	M5×12	0.018	0.004
6		M6	20	20	8	12	10	4							6	25	15
8	±0.007	M8	25	25	10	16	13	5.5	4	7	5	32	20	1.5	M8×25	0.050	0.015
10		M10	32	32	12	20	16	7							5	10	5
12	±0.009	M12	40	40	16	25	20	9	6	13	6	50	28	2.5	M12×40	0.200	0.056

把手材料：35 钢；塑料。

表面处理：钢件喷砂镀铬 (PS/D·Cr)；镀铬抛光 (D·L<sub>3</sub>Cr)；氧化 (H·Y)。

标记示例

A 型， $d = 8 \text{ mm}$ ， $D = 25 \text{ mm}$ ，35 钢，喷砂镀铬把手的标记：

把手 8×25 JB/T 7274.1—1994

B 型， $d_1 = M8$ ， $D = 25 \text{ mm}$ ，35 钢，喷砂

镀铬把手的标记：

把手 BM8×25 JB/T 7274.1—1994

C 型， $d_1 = M8$ ， $D = 25 \text{ mm}$ ，塑料把手的标

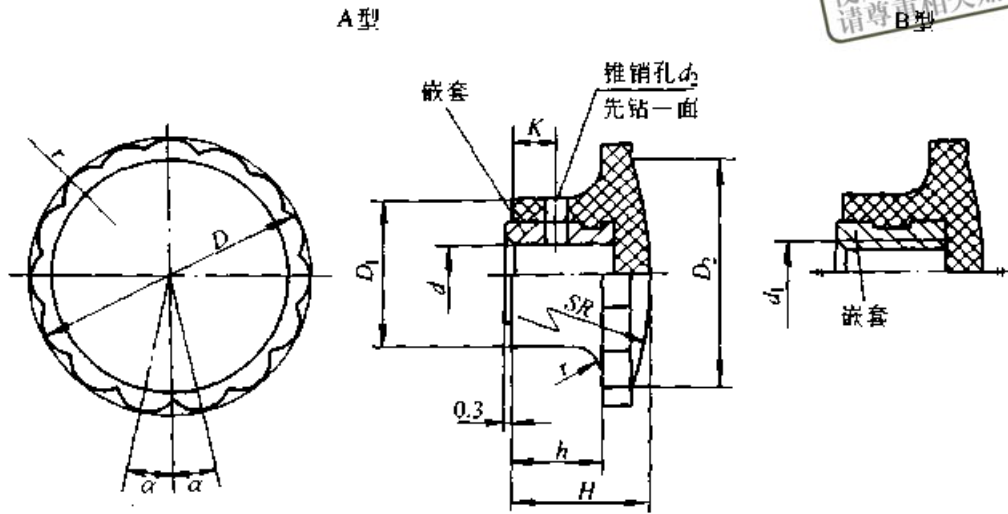
记：

把手 CM8×25 JB/T 7274.1—1994



表 29.1-36 压花把手 (摘自 JB/T 7274.2—1994)

超星浏览器提醒您：  
使用本复制品  
请尊重相关知识产权



基本尺寸	d 极限偏差 (H8)	d <sub>1</sub>	D	D <sub>1</sub>	d <sub>2</sub>	H	D <sub>2</sub>	h	SR	r	K	a	嵌套 (JB/T 7275)		每件质量/ kg≈
													A 型	B 型	
6	+0.018 0	M6	25	16	2	16	22	10	40	3	5	15°	6×12	BM6×12	0.007
8	+0.022 0	M8	32	18	3	18	28	12	50	4	6	15°	8×14	BM8×14	0.018
10		M10	40	22									20	35	14
12	+0.027 0	M12	50	28		25	45	16	80	5	8	10°	12×20	BM12×20	0.048

压花把手材料：塑料。

把手 10×40 JB/T 7274.2—1994

标记示例

B 型, d<sub>1</sub> = M10, D = 40 mm 压花把手的标

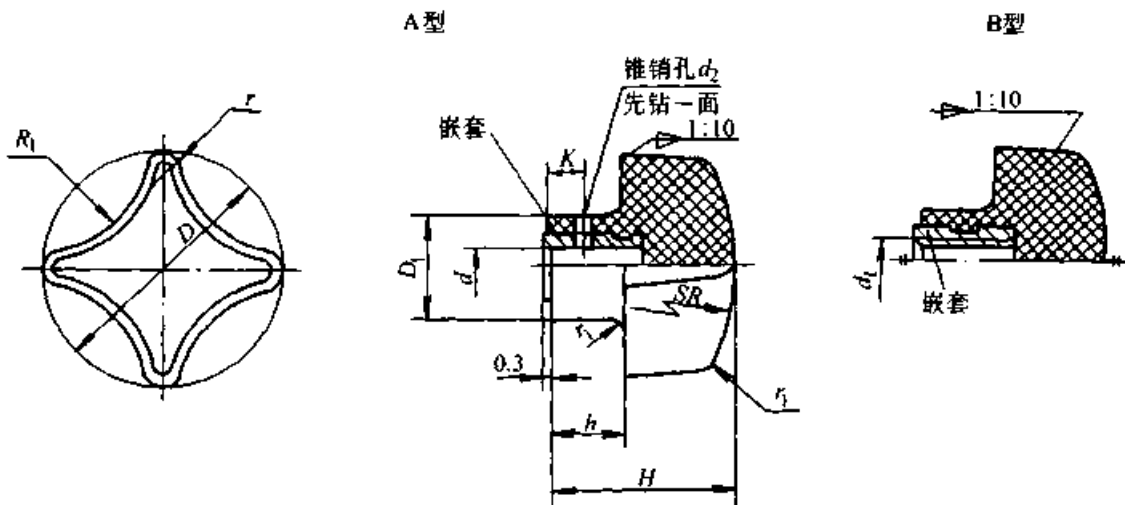
A 型, d = 10 mm, D = 40 mm 压花把手的 记：

标记：

把手 BM10×40 JB/T 7274.2—1994

表 29.1-37 十字把手 (摘自 JB/T 7274.3—1994)

(mm)



续表 29.1-37

d		d <sub>1</sub>	D	D <sub>1</sub>	d <sub>2</sub>	H	h	SR	R <sub>1</sub>	r	r <sub>1</sub>	K	嵌套 (JB/T 7275)		每件质量/ kg≈
基本尺寸	极限偏差 (H8)												A 型	B 型	
4	+0.018 0	M4	20	12	2	18	8	25	8	2	1.6	4	4×10	BM4×10	0.005
5		M5	25	14		20		32	10	2.5			5×10	BM5×10	0.008
6		M6	32	16		25		40	12	3			6×12	BM6×12	0.015
8	+0.022 0	M8	40	18	3	30	12	50	16	3.5	2	6	8×16	BM8×16	0.022

十字把手材料：塑料。

标记示例

A 型，d = 8 mm，D = 40 mm 十字把手的标 记：

记：

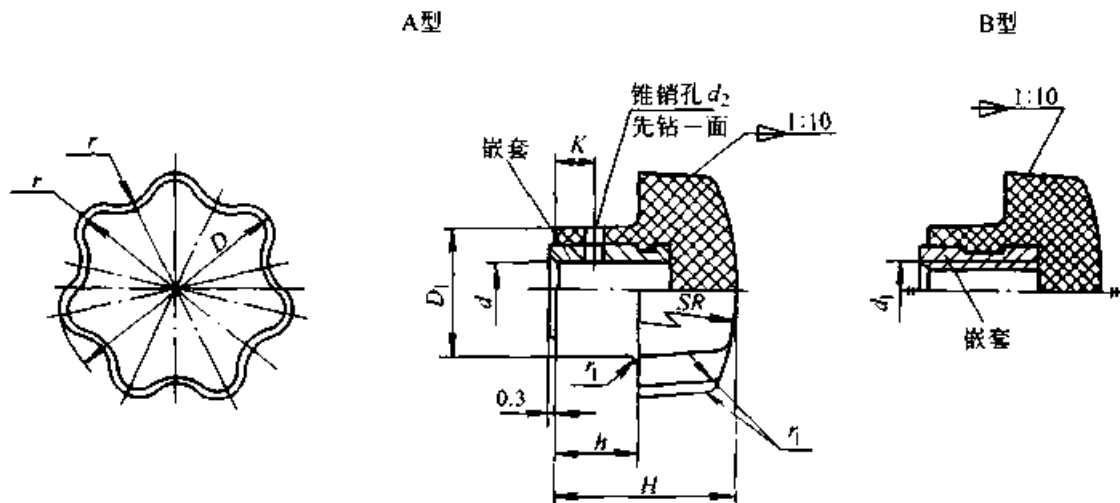
把手 8×40 JB/T 7274.3—1994

B 型，d<sub>1</sub> = M8，D = 40 mm 十字把手的标

把手 BM8×40 JB/T 7274.3—1994

表 29.1-38 星形把手 (摘自 JB/T 7274.4—1994)

(mm)



d		d <sub>1</sub>	D	D <sub>1</sub>	d <sub>2</sub>	H	h	SR	r	r <sub>1</sub>	K	嵌套 (JB/T 7275)		每件质量/ kg≈
基本尺寸	极限偏差 (H8)											A 型	B 型	
6	+0.018 0	M6	25	16	2	20	10	32	4	1.6	5	6×12	BM6×12	0.015
8	+0.022 0	M8	32	18	3	25	12	40	5	2	6	8×16	BM8×16	0.024
10		M10	40	22		30	14	50	6			7	10×20	BM10×20
12	+0.027 0	M12	50	28	4	35	16	60	8	2.5	8	12×25	BM12×25	0.069
16		M16	63	32		40	18	80	10			10	16×30	BM16×30

星形把手材料：塑料。

标记示例

A 型，d = 10 mm，D = 40 mm 星形把手的 记：

标记：

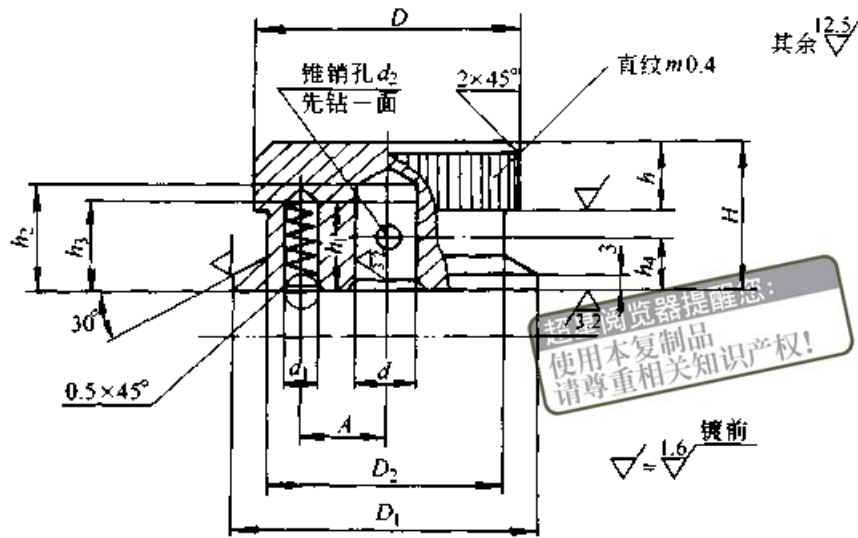
把手 10×40 JB/T 7274.4—1994

B 型，d<sub>1</sub> = M10，D = 40 mm 星形把手的标

把手 BM10×40 JB/T 7274.4—1994

表 29.1-39 定位把手 (摘自 JB/T 7274.5—1994)

(mm)



基本尺寸	极限偏差 (H8)	d											每件质量/kg≈	钢球 (GB/T 308)	压缩弹簧 (GB/T 2089)	
		D	D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>	d <sub>1</sub>	d <sub>2</sub>	H	h	h <sub>1</sub>	h <sub>2</sub>	h <sub>3</sub>	A				h <sub>4</sub>
10	+0.022 0	40	48	38	6.7	4	26	12	14	18	18	14	10	0.295	6.5	0.8×5×25
12	+0.027 0	50	58	45		5	30	14	18	20		16	11	0.495		
16		60	68	55	8.5	32	16	21	23	21	11	0.800	8	1.2×6×35		
18		70	78	65		6	34				18	25			1.105	

定位把手材料: HT200; 35 钢; Q235-A。

d = 12 mm, D = 50 mm, HT200, 喷砂镀铬

表面处理: 喷砂镀铬 (PS/D·Cr); 镀铬抛

定位把手的标记:

光 (D·L<sub>3</sub>Cr)。

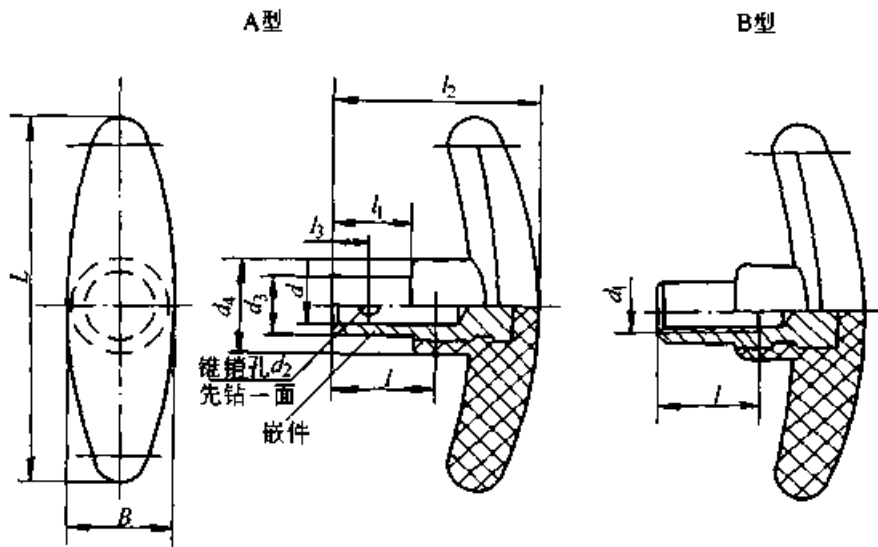
把手 12×50 JB/T 7274.5—1994

标记示例

表 29.1-40 T 形把手 (摘自 JB/T 7274.6—1994)

(mm)

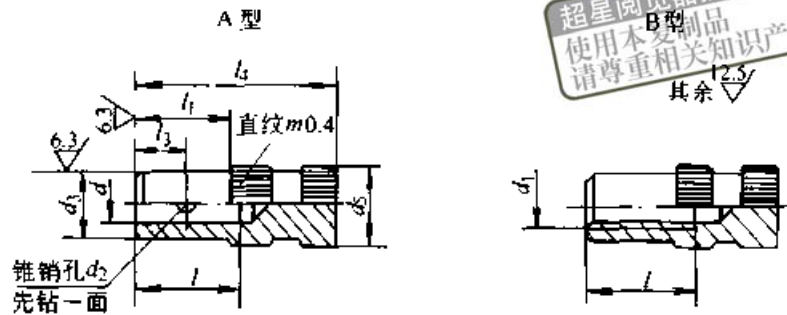
(1) 把手



续表 29.1-40

d		d <sub>1</sub>	d <sub>2</sub>	d <sub>3</sub>	d <sub>4</sub>	B	L	l	l <sub>1</sub>	l <sub>2</sub>	l <sub>3</sub>	嵌件		每套质量/ kg≈
基本尺寸	极限偏差 (H8)											A 型	B 型	
6	+0.022 0	M6	2	12	18	20	70	20	16	40	8	6×34	M6×34	0.036
8		M8	3	16	22	24	80	25	18	44	9	8×36	M8×36	0.062
10		M10		18	24	26	90	28	20	48	10	10×40	M10×40	0.092

(2) 嵌件



d		d <sub>1</sub>	d <sub>2</sub>	d <sub>3</sub>	d <sub>5</sub>	l	l <sub>1</sub>	l <sub>3</sub>	l <sub>4</sub>
基本尺寸	极限偏差 (H8)								
6	+0.022 0	M6	2	12	14	20	16	8	34
8		M8	3	16	18	25	18	9	36
10		M10		18	20	28	20	10	40

T 形把手材料: 把手体: 塑料; 嵌件: 记:

Q235-A。嵌件氧化处理。

把手 8×80 JB/T 7274.6—1994

标记示例

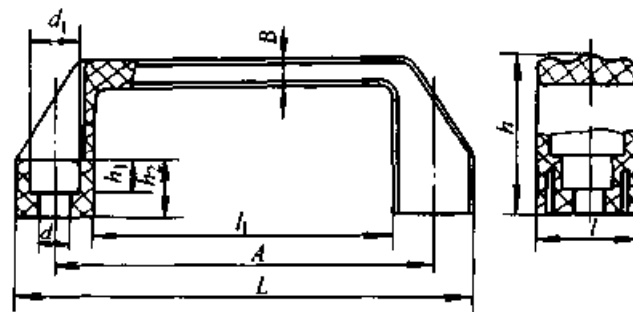
B 型, d<sub>1</sub> = M8, l = 80 mm T 形把手的标记:

A 型, d = 8 mm, l = 80 mm T 形把手的标

把手 BM8×80 JB/T 7274.6—1994

表 29.1-41 方形把手 (摘自 JB/T 7274.7—1994)

(mm)



A		L	l	l <sub>1</sub>	B	d	d <sub>1</sub>	h	h <sub>1</sub>	h <sub>2</sub>	每套质量/ kg≈
基本尺寸	极限偏差										
90	±0.40	110	20	75	6	6.5	12	36	7	12	0.026
120		140	26	100	7	8.5	15	40	9	15	0.039
180		200	28	160	8			50		18	0.070

方形把手材料：塑料（表面呈皮革状）。

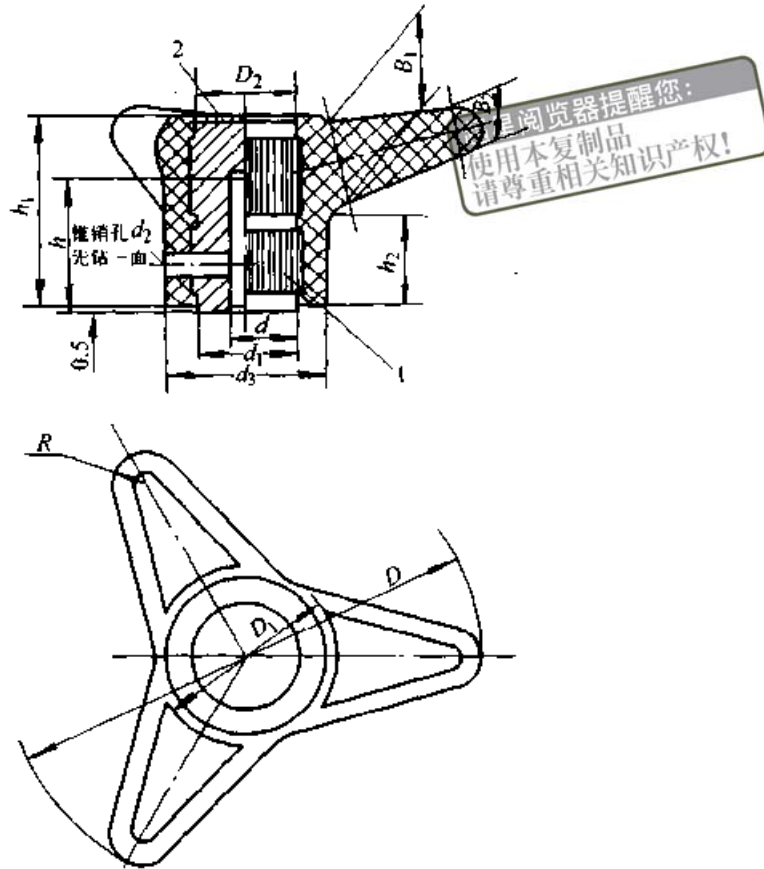
A = 120 mm 方形把手的标记：

标记示例

把手 120 JB/T 7274.7—1994

表 29.1-42 三角箭形把手（摘自 JB/T 7274.8—1994） (mm)

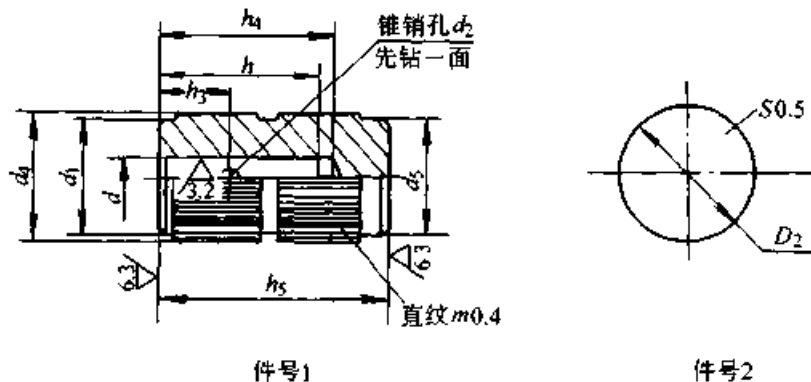
(1) 把手



基本尺寸	d 极限偏差 (H8)	D	D <sub>1</sub>	d <sub>1</sub>	d <sub>2</sub>	d <sub>3</sub>	h	h <sub>1</sub>	h <sub>2</sub>	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	R	件号 1	件号 2	每套质量/ kg≈
													嵌件	装饰片	
10	+0.022 0	80	35	18	3	30	25	32	16	14	8	5	10×32	18	0.11
12	+0.027 0	100	38	22	4	35	30	42	20	18	10	6	12×42	23	0.19
		125	40	24		45		44	22	20	12		12×44		0.33

(2) 嵌件 (件号 1) 和装饰片 (件号 2)

其余  $\sqrt{12.5}$



件号 1

件号 2



续表 29.1-43

d	基本尺寸	4	5	6	8	10	12	16	18	—	22	25	28	32	
	极限偏差 (H8)	+0.018 0			+0.022 0		+0.027 0				+0.033 0			+0.039 0	
18	6					0.017	0.028								
20	6.5					0.019	0.032	0.045	0.057	0.062	0.067	0.083	0.101	0.124	
25	8						0.040	0.057	0.071	0.077	0.083	0.104	0.126	0.155	
28	9							0.064	0.079	0.086	0.093	0.116	0.141	0.173	
30	10							0.068	0.085	0.094	0.100	0.124	0.151	0.186	
32	11							0.070	0.087	0.096	0.105	0.129	0.157	0.191	
36	12								0.098	0.108	0.118	0.145	0.177	0.216	
b	基本尺寸	—			2	3	4	5	6	—	6	8		10	
	极限偏差 (Js9)	—			±0.0125			±0.015				±0.018			
t	基本尺寸	—			7	9	11.4	13.8	18.3	20.8	—	24.8	28.3	31.3	35.3
	极限偏差	—			+0.1 0							+0.2 0			

嵌套材料：Q235-A。

标记示例

A型， $d = 12\text{ mm}$ ， $H = 20\text{ mm}$ 嵌套的标记：

嵌套 12×20 JB/T 7275—1994

B型， $d_1 = 12\text{ mm}$ ， $H = 20\text{ mm}$ 嵌套的标

记：

嵌套 BM12×20 JB/T 7275—1994

C型， $d = 12\text{ mm}$ ， $H = 20\text{ mm}$ 嵌套的标记：

嵌套 C12×20 JB/T 7275—1994

## 4 操作件技术要求

### 4.1 材料

操作件所用的 35 钢和 Q235-A 应分别符合 GB/T 699—1999《优质碳素结构钢》和 GB/T 700—1988《碳素结构钢》标准的规定，铸铝 ZL102 应符合 GB/T 1173—1995《铸造铝合金》，铸铁 HT200 应符合 GB/T 9439—1988《灰铸铁件》标准的规定，塑料根据使用要求选用，推荐采用增强树脂。

### 4.2 表面质量

操作件表面必须光滑，色泽均匀，镀层表面

结晶细致，不准有泛点、脱壳、发花、烧黑等缺陷。非电镀表面不准有明显的发黄。镀铬抛光件表面应光亮，喷砂、镀铬件表面不允许有明显的色泽不一致。铸件不允许有裂纹、气孔、砂眼、疏松、夹杂等缺陷。塑料件不允许有夹生、夹杂、起泡、变形、流痕、裂缝等缺陷。

### 4.3 尺寸和形位公差

1) 产品的尺寸公差按产品标准的规定，形位公差系对金属件的要求，塑料件的形位公差由制造厂控制。

2) 手柄支承面对装配轴、孔的轴线垂直度公差见表 29.1-44。

3) 对重手柄孔  $d$  对  $SD$  和  $SD_1$  的中心连线的垂直度公差和  $d_3$  对  $d$  轴线的平行度公差见表 29.1-45。

4) 手柄座下平面的平面度公差及下平面对孔轴线的垂直度公差见表 29.1-46。

5) 手轮轮缘端面及外径对孔  $d$  轴线的圆跳动公差和手轮  $D_1$  对  $D$ 、 $d_2$  对  $d$  的同轴度公差见表 29.1-47。

表 29.1-44 手柄垂直度

d	4	5	6	8	10	12	14	16	18	20	25
t	0.100			0.120			0.150			0.200	

表 29.1-45 对重手柄的垂直度和平行度 (mm)

d	6	8	10
t	0.080	0.100	
φt	0.120	0.150	
12	14	16	18
	0.120		0.150
0.250	0.200		

表 29.1-46 手柄座平面度及垂直度 (mm)

D	>10~16	>16~25	>25~40	>40~63	>63~100
t	0.100	0.120	0.150	0.200	0.250

表 29.1-47 手轮圆跳动和同轴度 (mm)

D	≤160	200~320	400~630
t <sub>1</sub>	0.400	0.500	0.600
t <sub>2</sub>	0.200	0.300	0.400
φt <sub>1</sub>	2.0	4.0	6.0
d	≤16	18~28	32~45
φt <sub>2</sub>	2.0	3.0	4.0



## 第 2 章 标 牌

### 1 各类标牌的特点及应用

随着科学技术的发展，产品设计水平的不断提高，标牌的制造技术和方法也越来越多样化。

设计者可根据主机产品的要求，设计出能适应各种气候条件和工作环境，外观上能表现出美观大方新颖舒适的，起到美化主机产品作用的标牌。各类标牌的特点及应用范围见表 29.2-1。

表 29.2-1 各类标牌的特点及应用

标牌类型	制造方法	性能特点	应用范围
铝阳极氧化标牌	在经过阳极氧化而未封孔的铝板上用印相法（即在铝板上涂上感光剂，然后，将经过照相制版印有文字、符号的正胶片贴在铝板上进行印相、显像）或印刷染色法（在铝板上通过胶板或网板进行直接印刷）或转移染色法得到文字、符号	有平面阳极氧化和两次（多次）阳极氧化标牌，前者文字、符号、图形为平形，无立体感，后者稍有凸凹和微度的立体感，这种标牌耐腐蚀、耐磨损，能表现精密的文字、符号、图形，表面平滑，光泽，污物不易污染。  这种标牌适于大批量生产	各种机电产品、仪器仪表、家用电器用铭牌、说明牌、操作指示牌、数据图表牌等
蚀刻标牌	在金属板上涂上感光剂，运用照相制版产生局部抗腐蚀性薄膜或用抗腐蚀性油墨进行网版印刷，然后通过溶解金属的药剂使表面产生局部腐蚀，形成凹凸，显示文字、图形、符号。蚀刻得越深，立体感越强。材料可为铝板、不锈钢板、铜板	表面上的文字、符号、图形、线条等呈凹凸型，有立体感，耐用时间久，其中凹型比凸型的耐用度高。由于采用蚀刻方法，在蚀刻过程中，文字、符号的侧面也受到腐蚀，所以，表现精密的文字、符号、图形和多种色彩较困难。  蚀刻是一种化学反应过程，有污染，适用于中小批量生产	适用于各种机电产品、仪器仪表等产品铭牌、操作指示牌等
印刷标牌	有胶板印刷和丝网印刷两种。胶印是在板材上涂上对金属有强粘合性的涂料，然后用胶印机印上需要的文字、符号、图形等。为了保护油墨再涂一层透明涂料。  丝网印刷是在金属板上涂上对金属板有强粘合性的涂料，然后通过网板印上需要的文字、符号、图形等，由于油墨是通过网屏转移到原材料上的，硬化后的油墨强度大，故无需再涂保护涂料。材料可为铝、铜、不锈钢和塑料	印刷标牌能表现多种色彩，外观新颖，字迹清晰，色泽鲜艳、网板印刷有立体感，但耐腐蚀、耐磨损、耐溶剂性不台阳极氧化和蚀刻标牌，适于大批量生产	大量适用于轻工、家用电器、仪器仪表等产品

续表 29.2-1

标牌类型	制造方法	性能特点	应用范围
压制标牌 (包括压印成型 和锻压成型)	对于较薄的板,先进行胶板印刷,然后按板上的文字、符号、图形通过压印产生凹凸,形成文字、符号、图形。对于较厚的板,用刻有文字、符号、图形的金属模具锻压制成。 材料可为金属或塑料	压制标牌,因其凹凸明显,故有立体感,保持时间长久,但由于金属模具成本高,成形后需一块一块处理,较麻烦,不适于制作较精密的文字、符号和大批量生产	用于车辆、大型设备、大型机器等
机械刻制标牌	使用雕刻机器在板材表面刻出凹凸文字、符号、图形。材料为金属或塑料	呈凹凸型,深度可自由选择,有立体感,但成本高,生产效率低。不适于制作较精密的标牌。适于单件生产	用于较贵重和单件产品
铸造标牌	用铸造方法制作,材料为金属	文字、符号等呈凸型或凹型,且深度较大,有立体感,耐用年限很长	用于大型机电设备和在强烈腐蚀环境中工作的机电设备
高光标牌	由多种工艺复合而成,在凸起的文字、符号、图形上切割各种线条,显示美感。材料为金属	文字、符号凸起,线条挺括,棱角清晰,立体感强,字面闪光,精致美观,具有很好的装饰效果	多用于轻工产品

以上各类标牌还可以进行复合处理,如蚀刻后可进行阳极氧化处理,或者对阳极氧化板材进行蚀刻处理效果更好。

## 2 标牌型式与规格尺寸

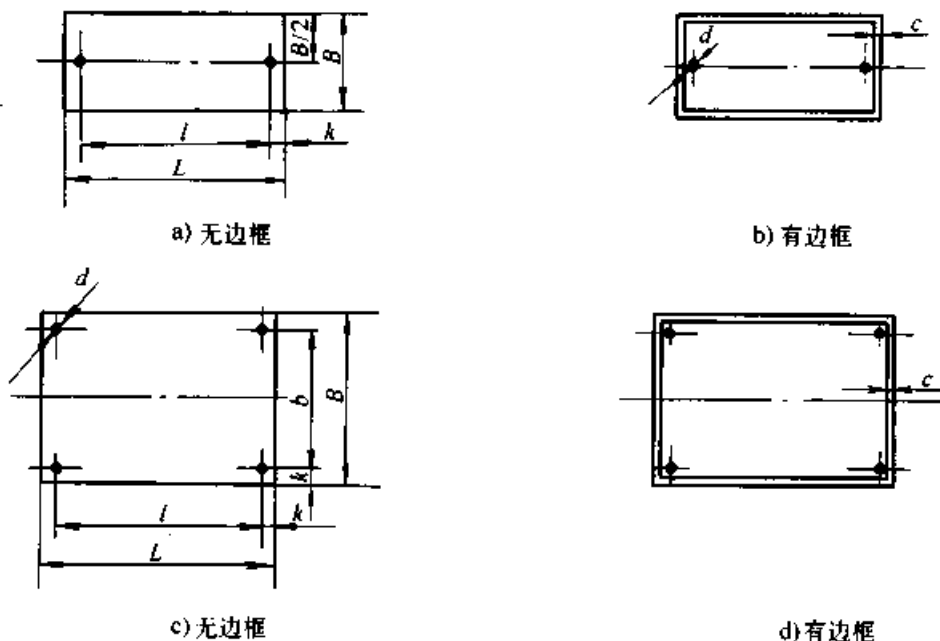
标牌按其形状分为矩形(含正方形)、圆形、椭圆形、扇形和三角形,依次分别用代号 J、Y、

T、Sh 和 S 表示。

矩形标牌见表 29.2-2,圆形标牌见表 29.2-3,椭圆形标牌见表 29.2-4,扇形标牌见表 29.2-5,三角形标牌见表 29.2-6。

表 29.2-2 矩形标牌(摘自 GB/T 13306—1991)

(mm)



续表 29.2-2

B:L	B×L	l	h	c	k	d	紧固孔数					
1:1	6×6	—	—	—	—	—	—					
1:1.25	6×8											
1:1.6	6×10											
1:2	6×12	—	—	—	—	—	—					
1:2.5	6×16											
1:3.2	6×20											
1:4	6×25											
1:5	6×32											
1:1	8×8	—	—	—	—	—	—					
1:1.25	8×10											
1:1.6	8×12											
1:2	8×16											
1:2.5	8×20											
1:3.2	8×25	21	—	—	—	—	—					
1:4	8×32	27										
1:5	8×40	35										
1:1	10×10	—						—	—	—	—	—
1:1.25	10×12											
1:1.6	10×16											
1:2	10×20											
1:2.5	10×25		21									
1:3.2	10×32	27	—	—	—	—	—					
1:4	10×40	35										
1:5	10×50	45										
1:1	12×12	—						—	—	—	—	—
1:1.25	12×16											
1:1.6	12×20											
1:2	12×25		21									
1:2.5	12×32		26									
1:3.2	12×40	34	0.8	—	—	—	—					
1:4	12×50	44										
1:5	12×63	57										
1:1	16×16	—						—	—	—	—	—
1:1.25	16×20											

超星浏览器提醒您：  
使用本复制品  
请尊重相关知识产权！

续表 29.2-2

B:L	B×L	l	b	c	k	d	紧固孔数			
1:1.6	16×25	21	—	1.0	2.0	1.7	2			
1:2	16×32	26			3.0	2.2				
1:2.5	16×40	34			—	—		—		
1:3.2	16×50	44			—	2.0		1.7		
1:4	16×63	57			—	1.0		3.0	2.2	
1:5	16×80	74								
1:1	20×20	—								
1:1.25	20×25	21								
1:1.6	20×32	26								
1:2	20×40	34								
1:2.5	20×50	44								
1:3.2	20×63	57								
1:4	20×80	74								
1:5	20×100	94								
1:1	25×25	19	—	1.0	3.0	2.2				
1:1.25	25×32	26								
1:1.6	25×40	34								
1:2	25×50	44								
1:2.5	25×63	57								
1:3.2	25×80	74								
1:4	25×100	94								
1:5	25×125	115								
1:1	32×32	26					26	1.0	3.0	2.2
1:1.25	32×40	34								
1:1.6	32×50	44								
1:2	32×63	57								
1:2.5	32×80	74								
1:3.2	32×100	92	24	1.5	4.0					
1:4	32×125	117								
1:5	32×160	152								
1:1	40×40	34	34	1.0	3.0					
1:1.25	40×50	44								
1:1.6	40×63	57								
1:2	40×80	74								

超星浏览器提醒您：  
使用本复制品  
请尊重相关知识产权！

续表 29.2-2

B:L	B×L	l	b	c	k	d	紧固孔数
1:2.5	40×100	92	32	1.5	4.0		
1:3.2	40×125	117					
1:4	40×160	152					
1:5	40×200	188	28	2.5	6.0	2.7	
1:1	50×50	44	44	1.0	3.0		
1:1.25	50×63	57					
1:1.6	50×80	74					
1:2	50×100	90	40	2.0	5.0		
1:2.5	50×125	115	40	2.0	5.0	2.2	
1:3.2	50×160	150					
1:4	50×200	188	38	2.5	6.0	2.7	
1:5	50×250	238					
1:1	63×63	55	55	1.5	4.0	2.2	
1:1.25	63×80	72					
1:1.6	63×100	90	53	2.0	5.0		
1:2	63×125	115					
1:2.5	63×160	148	51	2.5	6.0	2.7	
1:3.2	63×200	188					
1:4	63×250	238		3.0			3.2
1:5	63×315	300	48	4.0	7.5		
1:1	80×80	70	70	2.0	5.0	2.2	
1:1.25	80×100	90					
1:1.6	80×125	113	68	2.5	6.0	2.7	
1:2	80×160	148					
1:2.5	80×200	188		3.0			
1:3.2	80×250	235	65	4.0	7.5	3.2	
1:4	80×315	300					
1:5	80×400	380	60	5.0	10.0	4.3	
1:1	100×100	88	88	2.5	6.0	2.7	
1:1.25	100×125	113					
1:1.6	100×160	148	85	4.0	7.5	3.2	
1:2	100×200	185					
1:2.5	100×250	235					
1:3.2	100×315	295	80	5.0	10.0	4.3	

超星阅读器提醒您：  
使用本复制品  
请尊重相关知识产权！

续表 29.2-2

B:L	B×L	l	b	c <sub>s</sub>	k	d	紧固孔数
1:4	100×400	380	80	5.0	10.0	4.3	4
1:5	100×500	475	75	6.0	12.5		
1:1	125×125	110	110	4.0	7.5	2.7	
1:1.25	125×160	145					
1:1.6	125×200	185	110	4.0	7.5	2.7	
1:2	125×250	230	105	5.0	10.0	3.2	
1:2.5	125×315	295					
1:3.2	125×400	375	100	6.0	12.5	4.3	
1:4	125×500	475					
1:5	125×630	605					
1:1	160×160	145	145	3.0	7.5	2.7	
1:1.25	160×200	180	140	5.0	10.0	3.2	
1:1.6	160×250	230					
1:2	160×315	290	135	6.0	12.5	4.3	
1:2.5	160×400	375					
1:3.2	160×500	475					
1:4	160×630	600	130		15.0		
1:5	160×800	770					
1:1	200×200	180	180	5.0	10.0	3.2	
1:1.25	200×250	230					
1:1.6	200×315	295					
1:2	200×400	375	175		12.5		
1:2.5	200×500	475					
1:3.2	200×630	600	170		15.0		
1:1.4	200×800	770					
1:1	250×250	225	225	6.0	12.5	4.3	
1:1.25	250×315	290					
1:1.6	250×400	375					
1:2	250×500	470	220		15.0		
1:2.5	250×630	600					
1:3.2	250×800	760	210	8.0	20	5.3	
1:1	315×315	285	285	6.0	15	4.3	
1:1.25	315×400	370					
1:1.6	315×500	470					

超星阅读器提醒您：  
 使用本复制品  
 请尊重相关知识产权！

续表 29.2-2

B:L	B×L	l	b	c <sub>2</sub>	k	d	紧固孔数	
1:2	315×630	590	275	8.0	20	5.3	4	
1:2.5	315×800	760						
1:1	400×400	360	360		20	4.3		
1:1.25	400×500	460				5.3		
1:1.6	400×630	590						
1:2	400×800	740	340	10.0	30	6.4		
1:1	500×500	460	460	6.0	20	4.3		
1:1.25	500×630	580	450	8.0	25	5.3		
1:1.6	500×800	740	440	10.0	30	6.4		
1:2	500×1 000	940						
1:1	630×630	580	580		25	8.4		
1:1.25	630×800	750						
1:1.6	630×1 000	940	570		12.0	30		8.4
1:2	630×1 250	1 180	560	35				
1:1	800×800	740	740	30				
1:1.25	800×1 000	940						
1:1.6	800×1 250	1 180	730	35				
1:2	800×1 600	1 530						
1:1	1 000×1 000	930	930	15.0		45		
1:1.25	1 000×1 250	1 180						
1:1.6	1 000×1 600	1 530						
1:2	1 000×2 000	1 910	910					
1:2.5	1 000×2 500	2 410						
1:1.25	1 250×1 600	1 510	1 160					
1:1.6	1 250×2 000	1 910						
1:2	1 250×2 500	2 410						

注：1. 表中 B:L 优先选用 1:1；1:1.6；1:2.5 和 1:4。

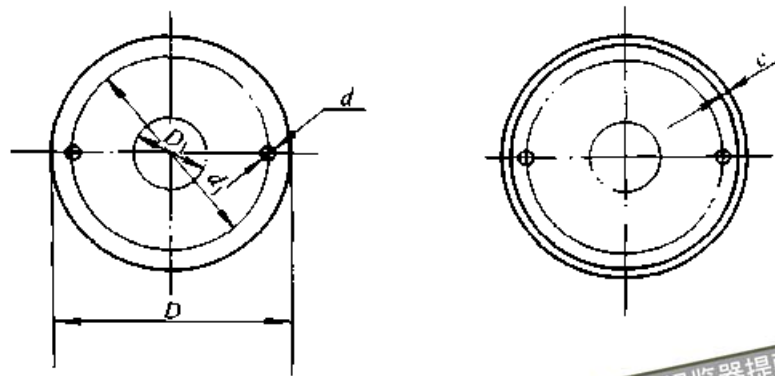
2. L≤200 mm 的标牌，允许制成 2 个紧固孔，L≥400 mm 的允许制 4 个以上紧固孔。

3. 标牌的 4 个角允许做成圆角，圆角半径应小于 k 值。

4. 2 孔的矩形标牌，两端允许制成圆头，圆头半径 R = B/2。

表 29.2.3 圆形标牌 (摘自 GB/T 13306—1991)

(mm)



a) 无边框

超星浏览器提醒您：  
b) 有边框  
请勿复制  
请尊重相关知识产权!

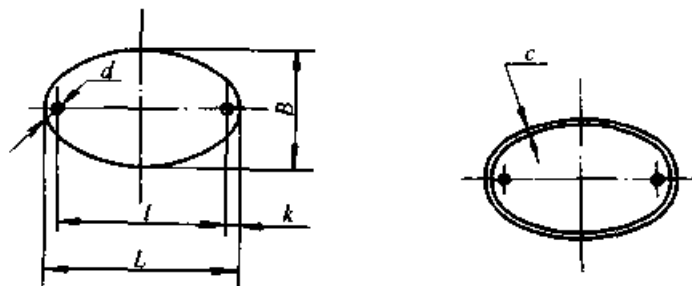
D	d <sub>1</sub>	c	d	紧固孔数	D	d <sub>1</sub>	c	d	紧固孔数
12	—	—	—	—	125	105	3	2.7	4
16					160	140			
20					200	180	4		
25	20	—	1.7	2	250	226	6	4.3	
32	25		2.2		315	286			
40	32	1	2.2	2	400	360	8	5.3	
50	40				4	500			
63	50			2		2.7	630	570	
80	66	800	740						
100	86	1 000	930		12		8.4		

注：1. 允许在标牌中间制出 D<sub>1</sub> 孔，其尺寸根据需要确定。

2. D ≤ 40 mm 的标牌，允许制成 1 个紧固孔，D > 40 mm，根据需要可在相距 120° 的位置制成 3 个紧固孔，D ≥ 200 mm，允许制成孔距均匀分布的 4 个以上紧固孔。

表 29.2.4 椭圆形标牌 (摘自 GB/T 13306—1991)

(mm)



a) 无边框

b) 有边框



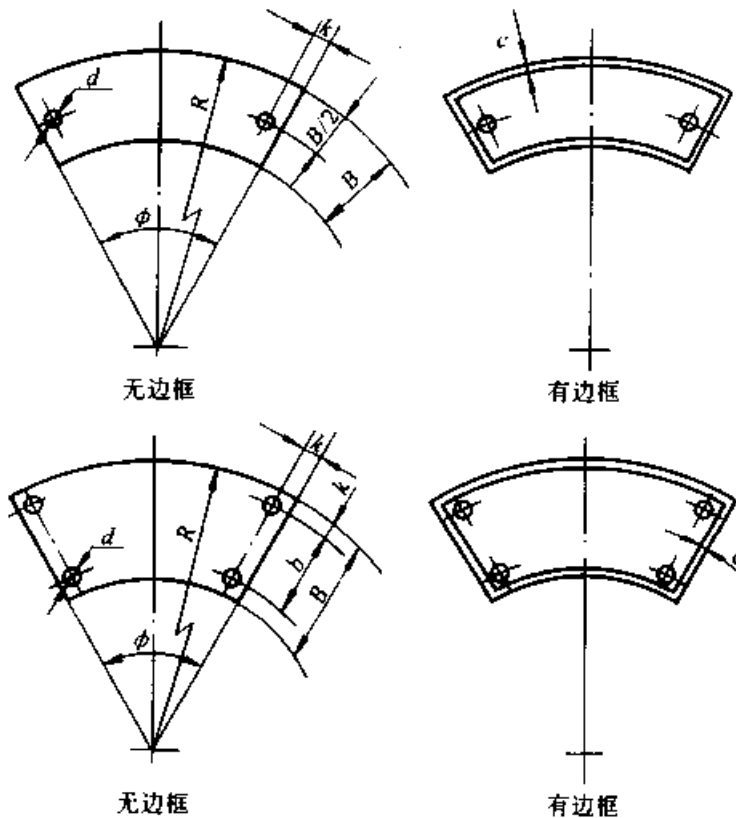
续表 29.2-4

$B \times L$	$l$	$k$	$c$	$d$	紧固孔数	$B \times L$	$l$	$k$	$c$	$d$	紧固孔数			
12×32	26	3	0.8	2.2	2	32×100	92	4	1.5	2.2	4			
12×40	34					40×63	57	3						
16×32	26		40×80			74	4							
16×40	34		40×100			92	4							
16×50	44		40×125			115	5	2.0						
20×32	26		50×80			74	3	1.5						
20×40	34		50×100			92	4	2.0						
20×50	44		50×125			115	5							
20×63	57		50×160			150	5							
25×40	34		63×100			92	4							
25×50	44		63×125			115	5	2.5	2.7					
25×63	57		63×160			150								
25×80	74		80×125			115								
32×50	44		80×160			150								
32×63	57		1.0			2.2	2	4	100×160			150	5	3.0
32×80	74								100×160			150	5	

超星浏览器提醒您：  
使用本复制品  
请尊重相关知识产权！

表 29.2-5 扇形标牌 (摘自 GB/T 13306—1991)

(mm)



续表 29.2-5

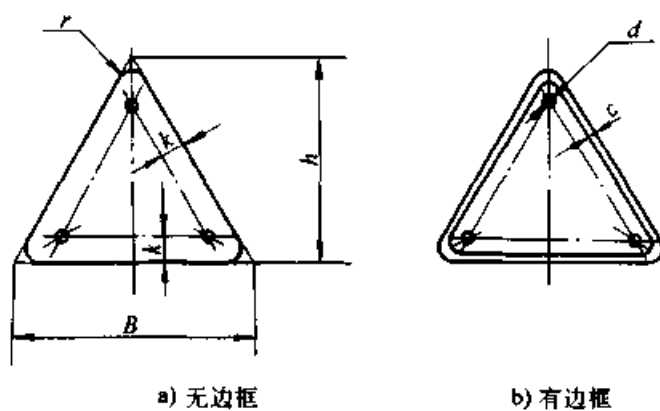
$B$	$R$	$b$	$c$	$k$	$d$	$\phi$ (°)			
6	20、25、32、40、50	—	—	—	—	60、75、90、105、 120、135、150、180			
8	20、25、32、40、50、63								
10	20、25、32、40、50、63、80								
12	25、32、40、50、63、80、100					1.0	4	2.2	45、60、75、90、 105、120、135、150、 180
16	32、40、50、63、80、100、125					1.5			
20	40、50、63、80、100、125、160					2.0			
25	50、63、80、100、125、160、200					17			
32	63、80、100、125、160、200	24	6	2.7	45、60、75、90、 105、120				
40	80、100、125、160、200	32							
50	100、125、160、200	38							
63	125、160、200	40	3.0						

超星阅读器提醒您：  
使用180制品  
请尊重相关知识产权！

注：1.  $B \leq 20$  mm,  $\phi \leq 120^\circ$  的标牌可制成两个紧固孔,  $B \leq 20$  mm,  $\phi > 120^\circ$  和  $B > 20$  mm 的标牌, 可制成 4 个紧固孔。  
2. 扇形标牌的 4 个角可以制成圆角, 圆角半径应小于  $k$  值。

表 29.2-6 三角形标牌 (摘自 GB/T 13306—1991)

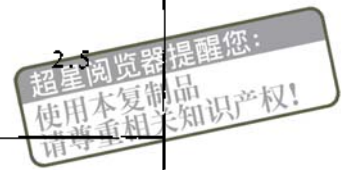
(mm)



$B$	$k$	$c$	$d$	$h$	$r$	紧固孔数
8	—	—	—	7	1	3
10				9		
12				10.8		
16				13.9		
20				17.3		
25				21.7	1.6	
32				27.7		

续表 29.2-6

B	k	c	d	h	r	紧固孔数
40	4	1	2.7	34.6	5	3
50				43.3		
63				54.6		
80	6			69.3		
100				86.6		
125				10		
160	138.6					
200	12	2	173.2		10	
250			216.5			
315	15	3	4.3	272.5	16	
400	20	4	5.3	346.4	20	
500	25	5		433.0	25	
630	30	6	6.4	545.6	32	
800		8		692.8	40	
1 000	45	10	8.4	866.0	50	
1 250		12		1 082.5	63	

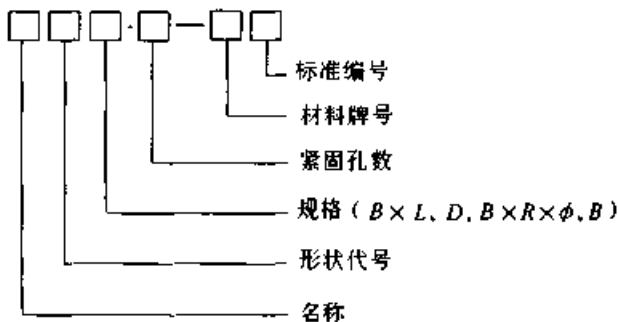


注：1. 三角形的 3 个角可制成锐角。

2.  $B \geq 200$  mm 的标牌允许制成 4 个紧固孔，孔的位置根据需要确定。

### 3 标牌的标记方法

标牌由以下内容及方法标记：



标记中允许省略“名称”和“紧固孔数”。如需要各尺寸表下“注”中所允许制出的紧固孔数，则必须标出该孔数。

标记示例

$B \times L = 16 \text{ mm} \times 25 \text{ mm}$ ，用二号工业纯铝 1060 制做的矩形标牌标记为：

J16 × 25-1060 GB/T 13306—1991

$B \times L = 40 \text{ mm} \times 100 \text{ mm}$ ，用二号工业纯铝

1060 制做的 2 个紧固孔矩形标牌标记为：

J40 × 100-2-1060 GB/T 13306—1991

$D = 32 \text{ mm}$ ，用二号工业纯铝 1060 制做的圆形标牌标记为：

Y32-1060 GB/T 13306—1991

$B = 16 \text{ mm}$ ， $R = 32 \text{ mm}$ ， $\phi = 75^\circ$ ，用三号工业纯铝 1050A 制做的扇形标牌标记为：

Sh16 × 32 × 75°-1050A GB/T 13306—1991

### 4 标牌的技术要求

1) 各种标牌尺寸表中的紧固孔直径  $d$  是当标牌与主机产品配钻装配时采用的尺寸。当标牌与主机产品的预钻孔进行装配时，紧固孔直径  $d$  应按表 29.2-7 的规定。

表 29.2-7 紧固孔与预钻孔装配时的直径 (mm)

紧固用钉直径	1.6	2.0	2.5	3.0	4.0	5.0	6.0	8.0
紧固孔直径 $d$	2.0	2.6	3.1	3.6	4.8	5.8	7.0	9.0

2) 标牌的尺寸公差见表 29.2-8。

表 29.2-8 标牌尺寸公差 (mm)

基本尺寸	$b, l, d_1$			B, L, R	D	d	$\phi$ 及直角
	$\leq 250$	$> 250$ ~ 400	$> 400$				
极限偏差	$\pm 0.20$	$\pm 0.25$	js12	js14	h14	h13	V(最粗级)
标准	—			GB/T 1804		GB/T 11335	

3) 标牌上所载内容和排列方式及颜色应按有关规定, 如无规定, 可由标牌设计者确定。

4) 标牌上需放置商标和优质产品标志时, 应按有关规定。

5) 标牌用材料根据主机产品的要求和工作条件选取, 一般用下列材料:

工业纯铝: 1070、1060、1050 和 1035;

不锈钢: 0Cr19Ni9、1Cr18Ni9 和 1Cr17;

铸钢、轧制薄钢板、塑料, 特殊需要时, 可选用黄铜板 H62、H68 及其他材料。铝板等金属材料厚度推荐选用下列尺寸:

0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.8, 1.0, 1.2, 1.5, 2.0, 3.0, 4.0 mm。

6) 标牌的周边应平直, 不应有明显的毛刺、

齿形及波形, 正面平整光洁。边框线应匀称、平直, 不应弯曲断裂。

7) 标牌表面不应有裂纹和明显的擦伤丝纹以及有影响其清晰的锈迹、斑点、暗影。镀涂层不应有气孔、气泡、雾状污迹、皱纹、剥落和明显的颗粒杂质。

8) 标牌上文字、符号的大小和线条粗细应整齐醒目, 排列匀称, 不应断缺和模糊不清。标牌的颜色应清晰, 色泽均匀, 不应有泛色。两种及两种以上颜色套印的标牌, 色彩间边缘应整齐, 清晰, 两色相接处不应有间隙。

9) 标牌除以上外观质量要求外, 还必须保证涂层附着力、颜色的耐晒牢度、耐盐雾、耐湿热、耐霉菌等性能质量。涂层附着力应达到 GB/T 1720—1979 规定的 4 级。颜色耐晒牢度应符合 GB 730—1998 的规定, 室内用不得低于 4 级, 室外用不得低于 6 级。耐盐雾性能经 48 h 试验后应符合 JB/T 4159—1999 的规定。耐湿热性能经 10 d 试验后应达到 JB/T 4159 规定的 2 级。耐霉菌性能, 经 28 d 试验后应达到 GB/T 2423.16—1990 规定的 2 级。

阳极氧化铝标牌的氧化膜厚度为 5~10  $\mu\text{m}$ 。

### 第3章 常用手工工具

提醒您：  
使用本类制品  
请尊重相关知识产权！

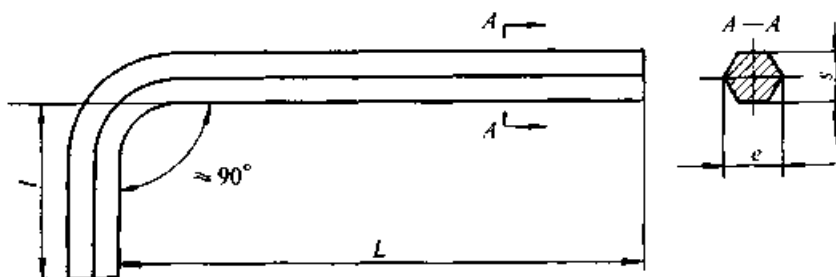
#### 1 内六角扳手

增强级用 R 表示。内六角扳手的型式和规格尺寸见表 29.3-1。

1) 内六角扳手分为普通级和增强级两种。

表 29.3-1 内六角扳手 (摘自 GB/T 5356—1998)

(mm)



规格	s		e		L	l
	max	min	max	min		
2	2.00	1.96	2.25	2.18	50	16
2.5	2.50	2.46	2.82	2.75	56	18
3	3.00	2.96	3.39	3.31	63	20
4	4.00	3.95	4.53	4.44	70	25
5	5.00	4.95	5.67	5.58	80	28
6	6.00	5.95	6.81	6.71	90	32
7	7.00	6.94	7.95	7.84	95	34
8	8.00	7.94	9.09	8.97	100	36
10	10.00	9.94	11.37	11.23	112	40
12	12.00	11.89	13.65	13.44	125	45
14	14.00	13.89	15.93	15.70	140	56
17	17.00	16.89	19.35	19.09	160	63
19	19.00	18.87	21.63	21.32	180	70
22	22.00	21.87	25.05	24.71	200	80
24	24.00	23.87	27.33	26.97	224	90
27	27.00	26.87	30.75	30.36	250	100
32	32.00	31.84	36.45	35.98	315	125
36	36.00	35.84	41.01	40.50	355	140

2) 内六角扳手的硬度和最小试验扭矩按表 29.3-2 的规定。

3) 内六角扳手的标记由产品名称、规格、等级和标准编号组成。

表 29.3-2 硬度和最小试验扭矩 (摘自 GB/T 5356—1998)

规格/mm	硬度/HRC		最小试验扭矩/(N·m)	
	普通级	增强级	普通级	增强级
2	≥50	≥52	1.5	1.9
2.5			3.0	3.8
3			5.2	6.6
4			12	16
5			24	30
6			41	52
7			65	78
8	≥45	≥50	95	120
10		≥48	180	220
12			305	370
14		≥45	480	590
17			830	980
19			1 140	1 360
22			1 750	2 110
24			2 200	2 750
27			3 000	3 910
32			4 850	6 510
36	6 700		9 260	

标记示例:

规格为 12 mm 增强级内六角扳手的标记:

内六角扳手 12R GB/T 5356—1998

4) 内六角扳手每一端面应与柄部垂直, 其公差为 4°, 在 50 mm 长度内, 其直线度公差为 0.5 mm, 扳手端面棱边、圆弧或斜边不应大于对角宽  $e$  和对边宽  $s$  之间差数的 1/2。

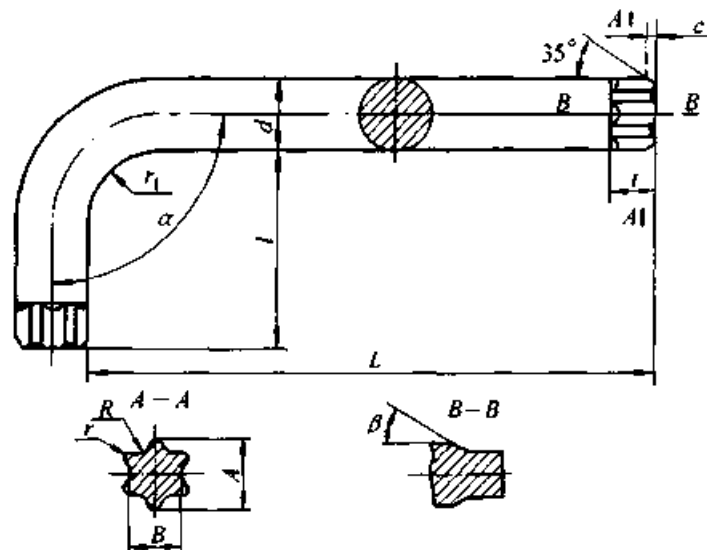
## 2 内六角花形扳手和旋具

### 2.1 内六角花形扳手

1) 内六角花形扳手的型式和规格尺寸见表 29.3-3。

表 29.3-3 内六角花形扳手 (摘自 GB/T 5357—1998)

(mm)



续表 29.3-3

(1) 基本尺寸

代号	L		l		t		c	α	β	r <sub>1</sub>
	基本尺寸	公差	基本尺寸	公差	基本尺寸	公差				
T30	70	js15	24	js15	3.30	H14	$< \frac{A-B}{4}$	90° ± 2'	40' ± 5'	≈ d
T40	76		26		4.57					
T50	96		32		6.05					
T55	108		35		7.65					
T60	120		38		9.07					
T80	145		46		10.62					

超星阅读器提醒您：  
使用本复制品  
请尊重相关知识版权！

(2) 工作部分的六角花形尺寸

代号	A		B		R	r
	基本尺寸	极限偏差	基本尺寸	极限偏差		
T30	5.575	-0.070	3.990	-0.070	1.181	0.463
T40	6.705	-0.145	4.798	-0.145	1.416	0.558
T50	8.890	-0.080 -0.170	6.398	-0.080 -0.170	1.805	0.787
T55	11.277		7.962		2.656	0.799
T60	13.360		9.547		2.859	1.092
T80	17.678	-0.095 -0.205	12.705	-0.095 -0.205	3.605	1.549

注：1. 扳手臂部圆截面直径 d 可以圆整成整数。

2. 扳手的长臂 L 和短臂 l，如有特殊需要，可不受表中的限制。

2) 内六角花形扳手的硬度和试验扭矩按表 29.3-4 的规定。

3) 内六角花形扳手的标记由产品名称、代号、长臂尺寸、短臂尺寸和标准编号组成。

表 29.3-4 硬度值和试验扭矩值 (摘自 GB/T 5357—1998)

代号	适应的螺钉	硬度 HRC	试验扭矩值 / (N·m)
T30	M6	≥40	16.51
T40	M8		40.02
T50	M10		79.21
T55	M12~14		220.63
T60	M16		341.79
T80	M20		667.48

标记示例

内六角花形扳手代号 T30，长臂 L = 70 mm，短臂 l = 24 mm 的标记：

内六角花形扳手 T3070 × 24 GB/T 5357—1998

4) 六角花形的形状和位置公差包容在尺寸公差带内，扳手的每一端面与其臂的轴线垂直度公差不得大于 4°，扳手臂在 50 mm 长度内，直线

度公差不得大于 0.5 mm。

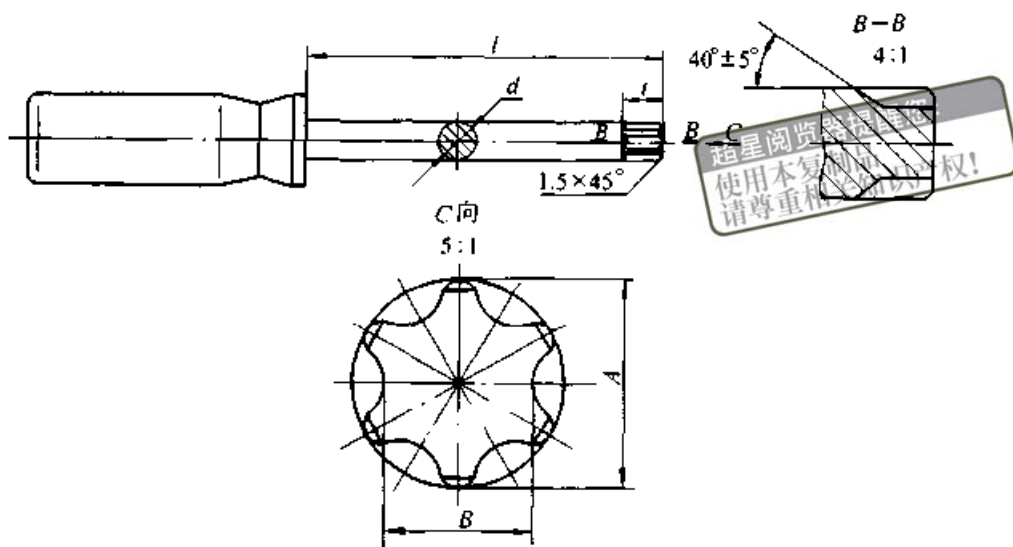
2.2 内六角花形螺钉旋具

1) 内六角花形螺钉旋具的型式和规格尺寸见表 29.3-5 的规定。

2) 旋杆应整体热处理，硬度应不低于 48HRC，旋杆试验扭矩按表 29.3-6 的规定。

表 29.3-5 内六角花形螺钉旋具 (摘自 GB/T 5358—1998)

(mm)



代号	l		d		A		B		l (参考) 基本尺寸
	基本尺寸	极限偏差	基本尺寸	极限偏差	基本尺寸	极限偏差	基本尺寸	极限偏差	
T6	75	±1.5	3	±0.20	1.65	-0.06	1.21	-0.06	1.52
T7	75		3		1.97		1.42		1.52
T8	75		4		2.30		1.65		1.52
T9	75		4		2.48		1.79		1.52
T10	75		5		2.78		2.01		2.03
T15	75		5	3.26	2.34	2.16			
T20	100		6	3.94	2.79	2.29			
T25	125		6	4.48	3.20	2.54			
T27	150		6	4.96	3.55	2.79			
T30	150		6	5.58	3.99	3.18			
T40	200	8	6.71	4.79	3.30				
T45	250	8	7.77	5.54	3.81				
T50	300	9	8.89	6.39	4.57				

注：旋杆长度 (l) 尺寸，可根据用户需要双方商定。

表 29.3-6 试验扭矩 (摘自 GB/T 5358—1998)

(N·m)

代号	试验扭矩 M	代号	试验扭矩 M
T6	0.75	T25	15.89
T7	1.37	T27	22.46
T8	2.16	T30	31.09
T9	2.84	T40	54
T10	3.73	T45	86
T15	6.37	T50	132
T20	10.49		



3) 有磁性的内六角花形螺钉旋具, 必须能吸起表 29.3-7 规定的钢球, 钢球要求按 GB/T 308《滚动轴承钢球》的规定。

表 29.3-7 试验钢球  
(摘自 GB/T 5358—1998) (mm)

代号	T6~ T9	T10~ T20	T25~ T30	T40	T45、 T50
钢球直径	3	6	8.5	10	12

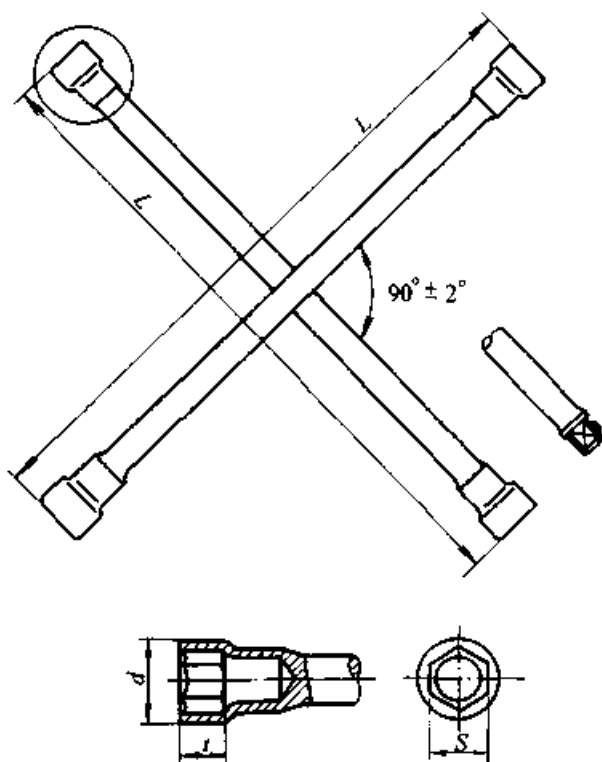
4) 旋杆与旋柄的连接强度, 在承受表 29.3-8规定的扭矩后, 不得松动。

表 29.3-8 旋杆与旋柄的连接强度  $M'$   
(摘自 GB/T 5358—1998) ( $N \cdot m$ )

$M$	$M'$
$M \leq 25$	$M' > M$
$M > 25$	$M' > 30$

5) 内六角花形螺钉旋具的标记由产品名称、

表 29.3-9 十字柄套筒扳手 (摘自 GB/T 14765—1993) (mm)



注: 十字柄套筒扳手可有四个不同规格的套筒, 也可用一个传动方棒代替其中一个套筒。

型号	最大套筒的对边尺寸 $S_{max}$	方棒系列	最大外径 $d$	最小柄长 $L$	套筒的最小深度 $t$
1	24	12.5	38	355	0.8S
2	27	12.5	42.5	450	
3	34	20	55	630	
4	41	20	63	700	

代号、旋杆长度、有无磁性 (带磁性的用 H 字母标记) 和标准编号组成。

标记示例

内六角花形螺钉旋具 T10×75H  
GB/T 5358—1998

### 3 套筒扳手

#### 3.1 十字柄套筒扳手

十字柄套筒扳手适用于装配汽车轮胎或其他运输车辆轮胎上的螺钉和螺母。

1) 十字柄套筒扳手的型式和尺寸见表 29.3-9。

2) 十字柄套筒扳手套筒开口的尺寸公差应符合 GB/T 4390 中未经机械加工的扳手孔的公差, 传动方棒的公差应符合 GB/T 3390.2 的规定。

超星阅读器提醒您:  
使用本复制品  
请尊重相关知识产权!

3) 扳手应进行热处理; 当套筒对边尺寸  $S \leq 32$  mm 时, 其硬度值不低于 39HRC; 当  $S > 32$  mm 时, 其硬度值不低于 35HRC。扳手表面应电镀金属覆盖层或其他表面处理, 镀层厚度

不低于  $6 \mu\text{m}$ 。

4) 套筒头和传动方榫的试验扭矩见表 29.3-10。

表 29.3-10 套筒头和传动方榫的试验扭矩 (摘自 GB/T 14765—1993)

请复制时提醒您：  
使用本复制品  
请尊重相关知识产权！

(1) 套筒头试验扭矩

对边尺寸 S/mm	扭矩/N·m	对边尺寸 S/mm	扭矩/N·m
10	58.1	23	408
11	72.7	24	451
12	89.1	25	496
13	107	26	544
14	128	27	594
15	150	28	647
16	175	30	760
17	201	32	884
18	230	34	884
19	261	36	1 165
20	294	41	1 579
21	330	46	2 067
22	368		

(2) 传动方榫试验扭矩

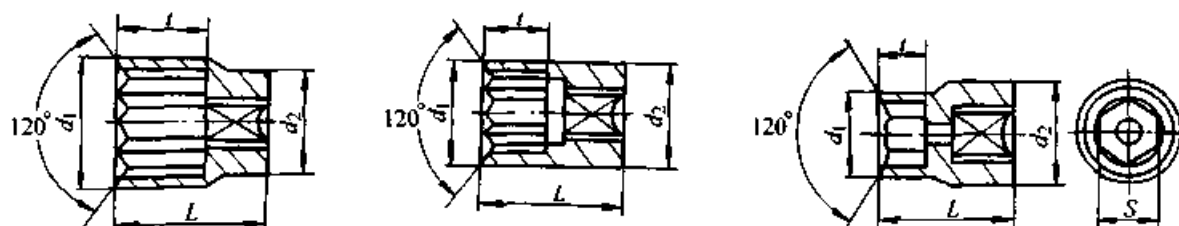
方榫系列	扭矩/(N·m)
10	165
12.5	390
20	1 330

3.2 手动套筒扳手套筒

母的手动套筒扳手。套筒的型式尺寸见表 29.3-11。

手动套筒扳手套筒适用于装拆六角螺栓和螺

表 29.3-11 手动套筒扳手套筒 (摘自 GB/T 3390.1—1989) (mm)



续表 29.3-11

基本尺寸 S	偏差	t min	系 列														
			6.3			10			12.5			20			25		
			d <sub>1</sub> max	d <sub>2</sub> max	L max	d <sub>1</sub> max	d <sub>2</sub> max	L max	d <sub>1</sub> max	d <sub>2</sub> max	L max	d <sub>1</sub> max	d <sub>2</sub> max	L max	d <sub>1</sub> max	d <sub>2</sub> max	L max
3.2		1.6	5.9														
4		2	6.9														
5		2.5	8.2														
5.5		3	8.8	12													
6	+0.24	3.5	9.6		9.6												
7	+0.04	4	11.0		11.0												
8		5	12.2		12.2				13.0								
9		5.5	13.6	14	13.6				14.4								
10		6	14.7	15	14.7	20	32		15.5								
11		7	16.0	16	16.0				16.7	24							
12	+0.30	8	17.2	17	17.2				18.0								
13	+0.04		18.5	19	18.5				19.2		40						
14			19.7	20	19.7				20.5								
15	+0.35				21.0				21.7								
16	+0.05	10			22.2				23.0	25							
17	+0.40				23.5			35	24.2								
18	+0.05				24.7	24			25.5								
19	+0.46	12			26.0				26.7	27	42		30.0	38	50		
20	+0.06				27.2				28.0	29			31.0				
21		14			28.4			38	29.2	30	44		32.0				
22					29.7				30.5	30			33.3		55		
23	+0.46								31.8	31			34.0				
24	+0.06	16							33.0	31	46		35.8				
25									34.2	32			37.0				
26									35.4	33			38.3				
27		18							36.7	34	48		39.6				
28	+0.58	19							38.0	36			40.8				
29	+0.08								39.2				42.0	43	60	42.7	
30		20							40.5	38	50		43.3			44.2	
31		21							41.7				44.6			45.6	
32		22							43.0	41			45.8			47	
34		23											48.3			48.2	
36	+0.70	24											50.8	65	50	49.4	
38	+0.10	25											53.3			51.9	
41		27											57.1	48	70	54.2	
46		30											63.3			56.7	
50		33											68.3	50	75	60.3	
55	+0.92	36														66.4	
60	+0.12	39														71.4	
65		40														77.6	
70	+1.15	42														83.9	
75	+0.15															89.3	
80		48														96.9	
																104.0	
																111.4	

超星阅读器提示  
使用本复制品  
请尊重相关知识产权!

超星阅读器提醒您：续表 29.3-11

规格	单头呆扳手		单头梅花扳手		两用扳手		
	$H_1$ max	$L_1$ min	$H_2$ max	$L_2$ min	$H_1$ min	$H_2$ max	$L$ min
5.5	5.2	79			5.2	6.5	85
6	5.3	83			5.3	6.8	90
7	5.5	87			5.5	7.1	100
8	5.7	92			5.7	7.5	110
9	5.9	97			5.9	7.8	118
10	6.1	102			6.1	8.2	128
11	6.3	107			6.3	8.6	138
12	6.6	112			6.6	9.0	147
13	6.8	118			6.8	9.4	157
14	7.1	124			7.1	9.9	167
15	7.3	130			7.3	10.3	177
16	7.6	136			7.6	10.8	187
17	7.9	143			7.9	11.3	195
18	8.2	150	11.9	158	8.2	11.9	205
19	8.5	157	12.4	163	8.5	12.4	215
20	8.8	164	13.0	170	8.8	13.0	225
21	9.2	171	13.6	177	9.2	13.6	235
22	9.5	180	14.3	184	9.5	14.3	243
23	9.8	188	15.0	191	9.8	15.0	253
24	10.2	196	15.7	198	10.2	15.7	263
25	10.6	205	16.4	205	10.6	16.4	273
26	11.0	214	17.2	215	11.0	17.2	282
27	11.4	224	18.0	225	11.4	18.0	292
28	11.8	234	18.8	235	11.8	18.8	302
29	12.3	244	19.7	245	12.3	19.7	310
30	12.7	255	20.7	255	12.7	20.7	320
31	13.2	266	21.6	265	13.2	21.6	330
32	13.7	278	22.6	275	13.7	22.6	340
34	14.7	292	23.6	285	14.7	23.6	360
36	15.4	306	24.6	295	15.4	24.6	380
38	15.8	320	25.6	305			
41	16.4	336	26.6	320			
46	17.6	356	27.6	335			

超星阅读器提醒您：续表 29.3-11  
 使用本复制品  
 请尊重相关知识

规格	单头呆扳手		单头梅花扳手		两用扳手		
	$H_1$ max	$L_1$ min	$H_2$ max	$L_2$ min	$H_1$ min	$H_2$ max	$L$ min
50	18.6	376	28.8	350			
55	20.0	400	30.2	370			
60	21.5	430	31.4	400			
65	23.2	465	33.0	430			
70	25.0	500	34.5	460			
75	26.9	540	36.0	500			
80	29.0	550	38.0	550			

规格	双头呆扳手		双头梅花扳手	
	$H_1$ max	$L_1$ min	$H_2$ max	$L_2$ min
5.5×7	5.5	90	7.1	120
6×7				
7×8	5.7	100	7.5	130
8×9			7.8	
8×10			8.2	
9×11	6.3	110	8.6	145
10×11				
10×12	6.6	120	9.0	160
11×13			9.4	
12×13	7.1	130	9.9	180
12×14				
13×14				
15×14	7.3	140	10.3	200
13×17			11.3	
14×17	7.9	150	11.3	220
16×17		160		
17×19	8.5	170	12.4	250
18×19		175		
19×22	9.5	180	14.3	280
20×22		190	14.3	
21×23		210	15.0	
19×24	10.2	210	15.7	310
22×24			15.7	

续表 29.3-11

规格	双头呆扳手		双头梅花扳手	
	$H_1$ max	$L_1$ min	$H_2$ max	$L_2$ min
24×27	11.4	230	18.0	340
25×28	11.8		18.8	
24×30	12.7		20.7	
27×30	12.7	250	20.7	380
30×32	13.7		22.6	
30×36	15.4	270	24.6	420
32×36		290		
36×41	16.4	315	26.6	455
38×41		340		
41×46	17.6	365	27.6	490
46×50	18.6	400	28.8	520
50×55	20.0	435		
55×60	21.5	475		
60×65	23.3	525		
65×70	25.0	575		
70×75	26.9	625		
75×80	29.0	675		

标记示例

套筒 17×12.5 GB/T 3390.1—1989

12.5系列, S为19mm的六角套筒的标记:

套筒 19×12.5L GB/T 3390.1—1989

12.5系列, S为17mm的双六角套筒的标

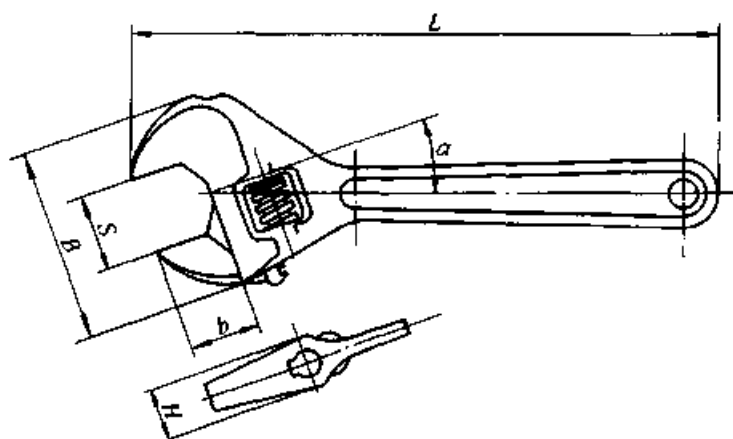
记:

#### 4 活扳手

1) 活扳手的型式和基本尺寸见表 29.3-12。

表 29.3-12 活扳手基本尺寸 (摘自 GB/T 4440—1998)

(mm)



续表 29.3-12

全 长		$S_{min}$	$B_{max}$	$H_{max}$	
L	极限偏差				
100	+15 0	13	35	12	9
150		19	47	17.5	11.5
200		24	60	22	14
250		28	74	26	16.5
300	+30 0	34	88	31	20
375		45	112	41	25
450	+45 0	55	134	50	30
600		60	158	55	36
650		65	166	59	38

2) 活扳手的标记由产品名称、规格和标准编号组成。

标记示例

$L = 150$  mm 活扳手的标记为:

活扳手 150 GB/T 4440—1998

3) 活扳手的硬度应不低于 40HRC, 应能承受的最小试验扭矩见表 29.3-13。

表 29.3-13 最小试验扭矩  
(摘自 GB/T 4440—1998)

L/mm	六角试棒对边宽度/mm	最小试验扭矩 $M/N \cdot m$
100	12	33
150	17	85
200	22	180
250	27	320
300	32	515
375	41	920
450	50	1 370
600	55	1 660
650	60	1 970

4) 扳手扳口与板体的小肩离缝间隙, 以测量扳口的偏摆量  $j$  不得超过表 29.3-14 的规定。

表 29.3-14 最大间隙  
(摘自 GB/T 4440—1998) (mm)

L	测量距离 $d$	偏摆量 $j_{max}$
100	7	0.55
150	12.5	0.75
200	17	1.05
250	21	1.05
300	26	1.1
375	36	1.4
450	45	1.5
600	50	1.6
650	54	1.7

5) 活扳手应进行电镀或其他表面处理, 镀层厚度应不低于  $8 \mu m$ 。

6) 扳手头部双平面的表面粗糙度  $Ra$  值应不大于  $3.2 \mu m$ , 工作口面的粗糙度  $Ra$  值应不大于  $12.5 \mu m$ 。

## 5 呆扳手、梅花扳手和两用扳手

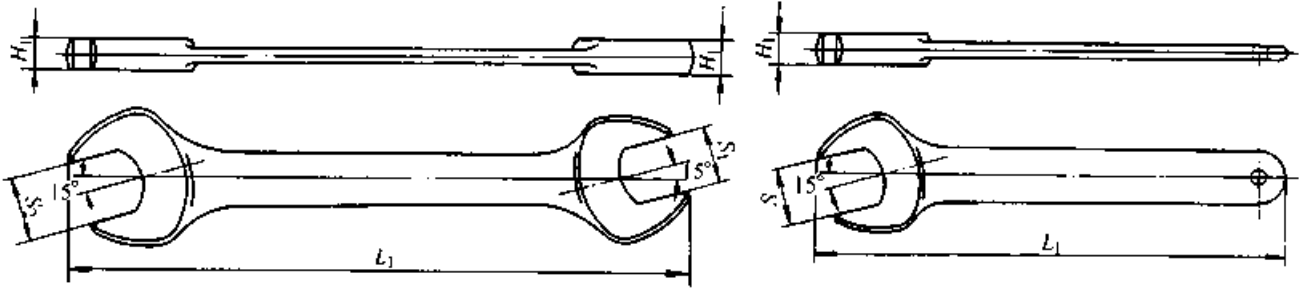
### 5.1 型式和基本尺寸

呆扳手、梅花扳手和两用扳手的型式和尺寸见表 29.3-15。

呆扳手分为双头呆扳手和单头呆扳手两种; 梅花扳手也分为双头梅花扳手和单头梅花扳手, 并按颈部形状分为矮颈型、高颈型、直颈型和弯颈型多种型式。

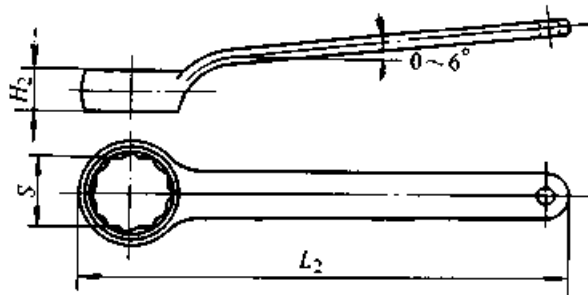
表 29.3-15 呆扳手、梅花扳手和两用扳手型式尺寸 (摘自 GB/T 4388-1995) (mm)

超星阅览器  
使用本复制品  
请尊重相关知识产权!

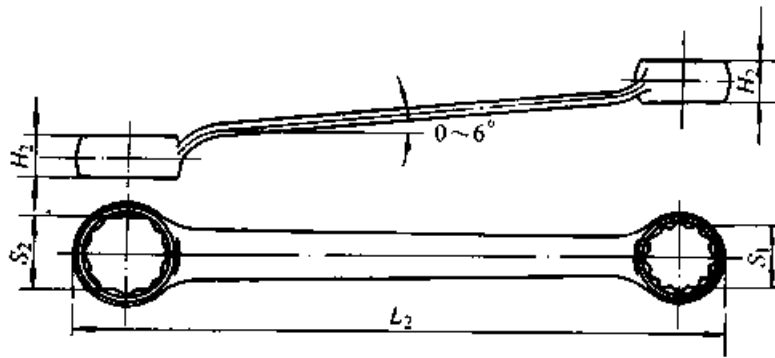


a) 双头呆扳手

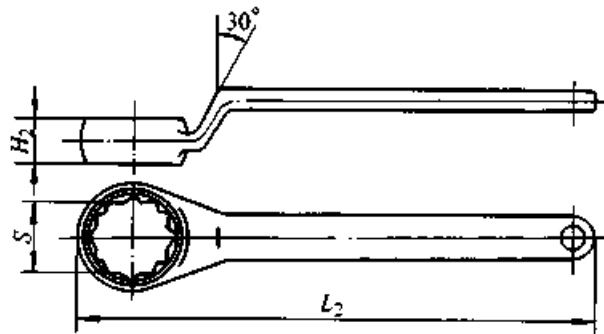
b) 单头呆扳手



c) A型单头梅花扳手 (矮颈)



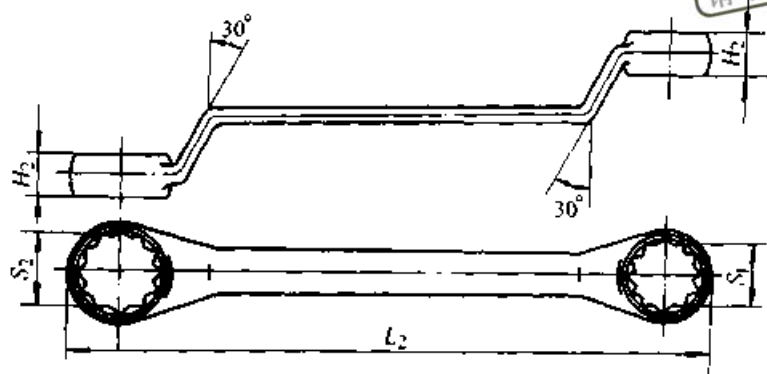
d) A型双头梅花扳手 (矮颈)



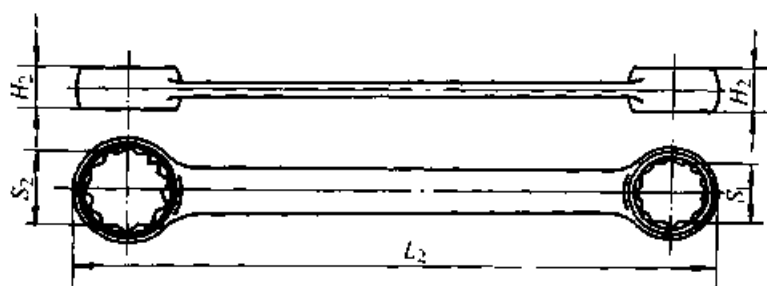
e) G型单头梅花扳手 (高颈)



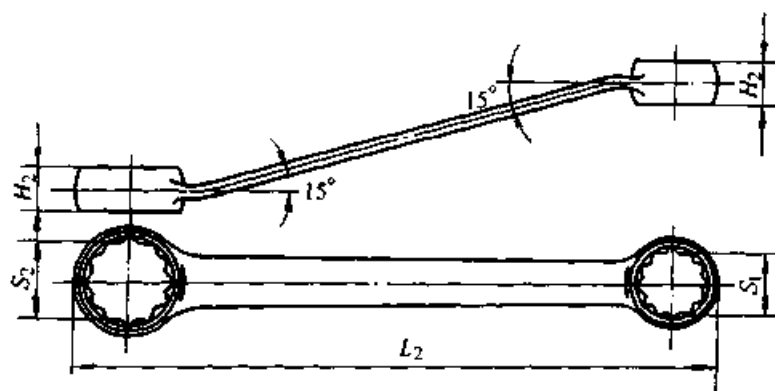
超星阅读器 续表 29.3-15  
使用本复制品 请尊重相关知识产权!



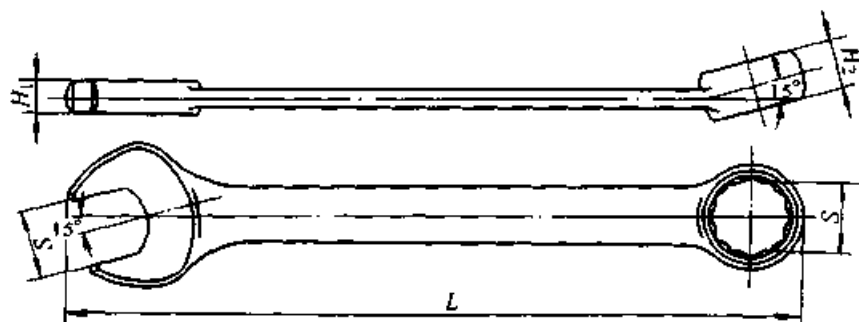
f) G型双头梅花扳手 (高颈)



g) Z型双头梅花扳手 (直颈)



h) W型15°双头梅花扳手 (弯颈)



i) 两用扳手

超星阅览 续表 29.3-15  
 请尊重知识产权!

规格 $S_1 \times S_2$	双头呆扳手				双头梅花扳手															
	短型		长型		直颈、弯颈		矮颈、高颈													
	$H_{1max}$	$L_{1min}$	$H_{1max}$	$L_{1min}$	$H_{2max}$	$L_{2min}$	$H_{2max}$	$L_{2min}$												
3.2×4	3.5	72	3	81																
4×5	4	78	3.5	87	—	—	—	—												
5×5.5		85		95																
5.5×7	5	89	4.5	99	6.5	73	7	(134)												
6×7		92		103																
7×8		99		111																
8×9	5.5	106	5	119	7.5	89	8.5	(152)												
8×10			5.5		8		9													
9×11	6	113	6	127	8.5	97	9.5	161												
10×11		120		6.5					135	9	105	10	(170)							
10×12	7		127		7	143	9.5	113						11	179					
11×13		134		7					151	121	11	188								
12×13													141			7.5	159	129	12	197
12×14																				
13×14	141		7.5		159	129	12	197												
13×15		141		7.5					159	129	12	197								
13×16													141	7.5	159	129	12	197		
13×17																			141	7.5
14×15	148		7.5		167	137	12	206												
14×16		148		7.5					167	137	12	206								
14×17													148	7.5	167	137	12	206		
15×16																			148	7.5
15×18	155		8		175	145	12	215												
16×17		155		8					175	145	12	215								
16×18													155	8	175	145	12	215		
17×19																			162	8.5
18×19	162		8.5		183	153	13	224												
18×21		162		8.5					183	153	13	224								
19×22													169	9	191	166	14	233		
20×22																			169	9
21×22	176		9		199	174	14	242												
19×22		176		9					199	174	14	242								
20×22													183	10	207	182	15	251		
21×22																			183	10
20×22	190		10		215	190	15	260												
21×22		190		10					215	190	15	260								
21×22													202	10	223	198	15	269		
21×22																			202	10

超星浏览器提醒你：  
双头梅花扳手  
请尊重知识产权！

续表 29.3-15

规格 $S_1 \times S_2$	双头呆扳手				双头梅花扳手			
	短型		长型		直颈、弯颈		矮颈、高颈	
	$H_{1max}$	$L_{1min}$	$H_{1max}$	$L_{1min}$	$H_{2max}$	$L_{2min}$	$H_{2max}$	$L_{2min}$
21×23	10.5	202	10.5	223	13	198	15	269
21×24	11		11		231		13.5	
22×24		209	12	247	14.5	17	278	
24×27	12	223	13	255	15	222	18	296
24×30	13		14		271		15.5	
25×28	12	230	15	295	16	275	20	330
27×30	13	244	16.5	311	17	291	21	348
27×32	13.5		13		327		18.5	
30×32		265	14	343	20	323	24	384
30×34	14	284	17	423	21	403	25	474
32×34			14.5		298		22	
32×36	14.5	298	23	495	23.5	475	28.5	555
34×36	16	312	24	525	—	—	—	—
36×41	17.5	357	25.5	560	—	—	—	—
41×46	19	392	27	600	—	—	—	—
46×50	20.5	420	—	—	—	—	—	—
50×55	22	455	—	—	—	—	—	—
55×60	23	490	—	—	—	—	—	—
60×65	24	525	—	—	—	—	—	—
65×70	25.5	560	—	—	—	—	—	—
70×75	27	600	—	—	—	—	—	—
75×80	—	—	—	—	—	—	—	—

规格 S	单头呆扳手		单头梅花扳手		两用扳手		
	$H_{1max}$	$L_{1min}$	$H_{2max}$	$L_{2min}$	$H_{1max}$	$H_{2max}$	$L_{min}$
5.5	4.5	80	—	—	4.5	6.5	70
6		85					75
7	5	90			85		
8		95			90		
9	5.5	100			5.5	8.5	100
10	6	105	9	105	6	9	110
11	6.5	110	9.5	110	6.5	9.5	120

续表 29.3-15

规格 S	单头呆扳手		单头梅花扳手		两用扳手		
	$H_{1max}$	$L_{1min}$	$H_{2max}$	$L_{2min}$	$H_{1max}$	$H_{2max}$	$L_{min}$
12	7	115	10.5	115	7	10	125
13		120	11	120		11	135
14	7.5	125	11.5	125	7.5	11.5	145
15	8	130	12	130	8	12.5	150
16		135	12.5	135		12.5	160
17	8.5	140	13	140	8.5	13	165
18	9	150	14	150	9	14	180
19		155	14.5	155		14.5	190
20	9.5	160	15	160	9.5	15	205
21	10	170	15.5	170	10	15.5	215
22	10.5	180	16	180	10.5	16	230
23		190	16.5	190		16.5	240
24	11	200	17.5	200	11	17.5	250
25	11.5	205	18	205	11.5	18	260
26	12	215	18.5	215	12	18.5	265
27	12.5	225	19	225	12.5	19	275
28		235	19.5	235		19.5	280
29	13	245	20	245	13	20	290
30	13.5	255		255	13.5		300
31	14	265	20.5	265	14	20.5	305
32	14.5	275	21	275	14.5	21	315
34	15	285	22.5	285	15	22.5	330
36	15.5	300	23.5	300	15.5	23.5	345
41	17.5	330	26.5	330	17.5	26.5	385
46	19.5	350	28.5	350	19.5	28.5	425
50	21	370	32	370	21	32	455

续表 29.3-15

规格 S	单头呆扳手		单头梅花扳手		两用扳用		
	$H_{1max}$	$L_{1min}$	$H_{2max}$	$L_{2max}$	$H_{1max}$	$H_{2max}$	$L_{min}$
55	22	390	33.5	390	—	—	—
60	24	420	36.5	420			
65	26	450	39.5	450			
70	28	480	42.5	480			
75	30	510	46	510			
80	32	540	49	540			

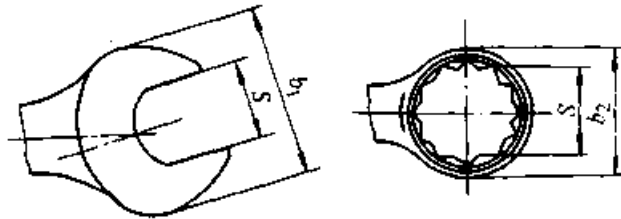
超星浏览器提醒您：  
使用本复制品  
请尊重相关知识产权！

- 注：1. 带括号的尺寸仅供设计时参考。  
 2. 梅花扳手，6 mm 以下的扳手孔可制成 6 角或 12 角。  
 3. 呆扳手的开口深度应不小于 0.9 S。

5.2 双头呆扳手、双头梅花扳手和两用  
 扳手头部外形最大尺寸

头部外形最大尺寸见表 29.3-16。

表 29.3-16 头部外形最大尺寸 (摘自 GB/T 4389—1995) (mm)



规格 S	$b_{1max}$	$b_{2max}$	规格 S	$b_{1max}$	$b_{2max}$
8.2	14	7	24	57	38
4	15	8	25	60	39.5
5	18	10	26	62	41
5.5	19	10.5	27	64	42.5
6	20	11	28	66	44
7	22	12.5	29	68	45.5
8	24	14	30	70	47
9	26	15.5	31	72	48.5
10	28	17	32	74	50
11	30	18.5	34	78	53
12	32	20	36	83	56
13	34	21.5	38	87	59
14	36	23	41	93	63.5
15	39	24.5	46	104	71
16	41	26	50	112	77
17	43	27.5	55	123	84.5
18	45	29	60	133	92
19	47	30.5	65	144	99.5
20	49	32	70	154	107
21	51	33.5	75	165	114.5
22	53	35	80	175	122
23	55	36.5			

注：表中  $b_{1max} = 2.1S + 7$ ； $b_{2max} = 1.5S + 2$ 。

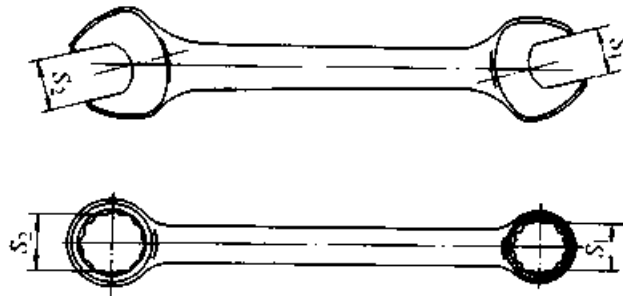
5.3 双头扳手的对边尺寸组配

5.4 敲击呆扳手和敲击梅花扳手

双头呆扳手和双头梅花扳手的对边尺寸组配型式和尺寸见表 29.3-17。

1) 敲击呆扳手和敲击梅花扳手型式和规格尺寸见表 29.3-18。

表 29.3-17 双头扳手对边尺寸组配 (摘自 GB/T 4391—1995) (mm)



超星阅读器提醒您：  
使用本复制品  
请尊重相关知识产权！

(1) 基本系列的扳手对边尺寸组配

$S_1 \times S_2$		$S_1 \times S_2$		$S_1 \times S_2$		$S_1 \times S_2$	
系列 1	系列 2	系列 1	系列 2	系列 1	系列 2	系列 1	系列 2
3.2 × 4		24 × 27			11 × 13		50 × 55
	4 × 5		27 × 30		12 × 14	55 × 60	
5 × 5.5		(30 × 32) 30 × 24		13 × 16 (13 × 17)			
	5.5 × 7		(32 × 36) 34 × 36		16 × 18 (17 × 19)		
7 × 8		36 × 41		18 × 21 (19 × 22)			
	8 × 10		41 × 46		21 × 24 (22 × 24)		
10 × 11		46 × 50					

(2) 辅助系列的扳手对边尺寸组配

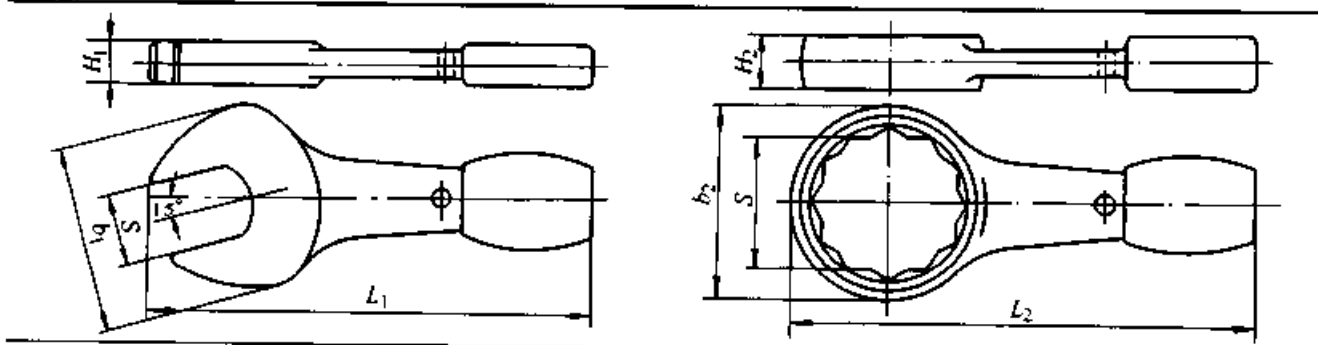
$S_1 \times S_2$	$S_1 \times S_2$	$S_1 \times S_2$	$S_1 \times S_2$
9 × 11	16 × 17	21 × 23	60 × 65
10 × 12	18 × 19	25 × 28	70 × 75
14 × 15	20 × 22	38 × 41	75 × 80

(3) 其他对边尺寸组配 (非推荐, 但目前仍在采用)

$S_1 \times S_2$	$S_1 \times S_2$	$S_1 \times S_2$	$S_1 \times S_2$
2.5 × 3.2	8 × 9	14 × 17	30 × 36
3.2 × 5.5	12 × 13	19 × 24	
6 × 7	13 × 14	24 × 30	

注：1. 括号内的对边尺寸组配在新旧紧固件过渡期间仍可采用。  
2. 其他对边尺寸组配可根据用户需要组成适当系列。

表 29.3-18 敲击呆扳手和敲击梅花扳手 (摘自 GB/T 4392—1995) (mm)



续表 29.3-18

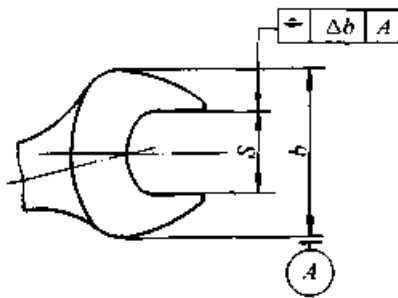
规格 S	敲击呆扳手					敲击梅花扳手				
	S		$b_{1max}$	$H_{1max}$	$L_{1min}$	S		$b_{2max}$	$H_{2max}$	$L_{2min}$
	下偏差	上偏差				下偏差	上偏差			
50	+0.10	+0.60	110.0	20	300	+0.10	+0.70	83.5	25.0	300
55	+0.12	+0.72	120.5	22		350	+0.12	+0.92	91.0	
60			131.0	24	98.5				29.0	
65			141.5	26	106.0				30.6	
70			152.0	28	113.5				32.5	
75	+0.15	+0.85	162.5	30	375	+0.15	+1.15	121.0	34.0	375
80			173.0	32				128.5	36.5	
85			183.5	34	136.0			38		
90			188.0	36	143.5			40.0		
95			198.0	38	151.0			42.0		
100			208.0	40	158.5			44.0		
105	+0.20	+1.00	218.0	42	500	+0.20	+1.40	166.0	45.6	500
110			228.0	44				173.5	47.5	
115			238.0	46				181.0	49.0	
120			248.0	48	188.5			51.0		
130			268.0	52	203.5			55.0		
135	278.0	54	211.0	57.0						
145	298.0	58	226.0	60.6						
150	+0.25	+1.20	308.0	60	700	+0.25	+1.55	233.5	62.5	700
155			318.0	62				241.0	64.5	
165			338.0	66				256.0	68.0	
170			345.0	68				263.5	70.0	
180			368.0	72	278.5			74.0		
185	378.0	74	286.0	75.6						
190	388.0	76	293.5	77.5						
200	408.0	80	308.5	81.0						
210	425.0	84	323.5	85.0						

注：扳手孔的精度按未经机械加工状态确定。

2) 敲击扳手的热处理硬度为 30~36HRC。

3) 开口与头宽的对称度公差见表 29.3-19。

表 29.3-19 开口与头宽的对称度  
(摘自 GB/T 4392—1995) (mm)



规格 S	50~80	85~120	130~210
Δb	2.4	2.6	3

### 5.5 呆扳手、梅花扳手和两用扳手技术规范

- 1) 扳手采用能够达到标准要求碳素结构钢或合金钢。
- 2) 扳手的硬度按表 29.3-20 的规定。
- 3) 扳手应能承受表 29.3-21 的扭矩。



表 29.3-20 扳手的硬度  
(摘自 GB/T 4393—1995)

规格 S/ mm	硬 度/HRC			
	呆扳手		梅花扳手	
	合金钢	碳钢	合金钢	碳钢
≤36	>39	39~48	>49	39~48
>36		36~45		36~45

表 29.3-21 扳手能承受的扭矩 (N·m)

规格/mm	A 系列	B 系列	C 系列	D 系列	规格/mm	A 系列	B 系列	C 系列	D 系列
3.2	4.04	1.27	1.02	0.61	24	451	359	287	172
4	6.81	2.38	1.90	1.14	25	496	402	322	193
5	11.5	4.44	3.55	2.13	26	544	449	359	215
5.5	14.3	5.80	4.64	2.78	27	594	499	399	239
6	17.6	7.40	5.92	3.55	28	647	552	442	265
7	25.2	11.4	9.11	5.47	29	702	609	488	293
8	34.5	16.6	13.2	7.94	30	760	670	536	322
9	45.4	23.0	18.4	11.0	31	821	735	588	353
10	58.1	30.9	24.7	14.8	32	884	803	642	385
11	72.7	40.4	32.3	19.4	34	1 019	951	761	457
12	89.1	51.5	41.2	24.7	36	1 164	1 116	893	536
13	107	64.5	51.6	30.9	38	1 322	1 239	991	595
14	128	79.3	63.5	38.1	41	1 579	1 443	1 154	692
15	150	96.2	77.0	46.2	46	2 067	1 816	1 453	872
16	175	115	92.2	55.3	50	2 512	2 145	1 716	1 030
17	201	137	109	65.6	55	3 139	2 596	2 077	1 246
18	230	160	128	76.9	60	3 848	3 089	2 471	1 483
19	261	187	149	89.5	65	4 641	3 626	2 900	1 740
20	294	215	172	103	70	5 520	4 205	3 364	2 018
21	330	247	197	118	75	6 487	4 827	3 862	2 317
22	368	281	225	135	80	7 544	5 492	4 394	2 636
23	408	318	255	153					

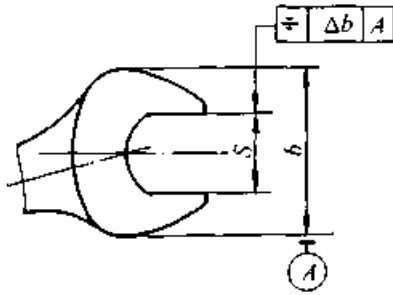
注：A 系列和 B 系列的扭矩用于梅花扳手，C 系列和 D 系列的扭矩用于呆扳手，两用扳手的开口端和孔端分别采用呆扳手和梅花扳手的扭矩系列。

4) 开口和头宽的对称度按表 29.3-22 的规定。

5) 扳手应进行电镀、发黑或其他表面处理，镀层厚度不得低于 8 μm。



表 29.3-22 开口和头宽的对称度  
(摘自 GB/T 4393—1995) (mm)



S	≤9	10~18	19~25	26~32	34~50	55~80
Δb	0.6	0.9	1.2	1.4	1.8	2.4

6) 扳手开口两侧面表面粗糙度  $R_a$  值不低于

12.5  $\mu\text{m}$ , 扳手孔表面粗糙度  $R_a$  值不低于25  $\mu\text{m}$ 。

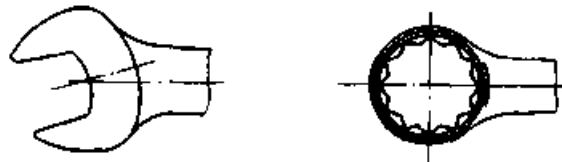
7) 经电镀的扳手, 其表面应色泽均匀, 不应有气孔、漏镀、烧焦和起层等缺陷。经发黑处理的扳手, 其表面应具有均匀的黑色氧化皮, 不应有黄、绿、红色斑点及露底现象。

8) 扳手不应有裂缝、毛刺及夹缝、切痕、氧化皮等缺陷。柄部应平直。

### 6 米制扳手开口和扳手孔常用极限偏差

标准根据对边尺寸对各种规格的扳手规定了常用极限偏差, 即上偏差和下偏差, 见表 29.3-23。

表 29.3-23 扳手开口和扳手孔常用极限偏差 (摘自 GB/T 4390—1995) (mm)



对边尺寸	扳手开口和扳手孔的极限偏差			
	经机械加工的扳手孔和开口		未经机械加工的扳手孔	
	下偏差	上偏差	下偏差	上偏差
3.2	+0.02	+0.08	+0.02	+0.15
4~5~5.5	+0.02	+0.12		
(6)~7	+0.03	+0.15		
8~(9)	+0.03	+0.15	+0.03	+0.18
10~11	+0.04	+0.19	+0.04	+0.24
(12)~13	+0.04	+0.24	+0.04	+0.30
(14)~15~16	+0.05	+0.27	+0.05	+0.35
(17)~18	+0.05	+0.30	+0.05	+0.40
(19)~(20)~21~(22)~(23)~24~(25)	+0.06	+0.36	+0.06	+0.46
(26)~27~(28)~30~(32)	+0.08	+0.48	+0.08	+0.58
34~36~41~46~50	+0.10	+0.60	+0.10	+0.70
55~60~65~70	+0.12	+0.72	+0.12	+0.92
75~80~85~90~95~100	+0.15	+0.85	+0.15	+1.15
105~110~115~120~130~135~145	+0.20	+1.00	+0.20	+1.40
150~155~165~170~175~180~185 190~200~210	+0.25	+1.20	+0.25	+1.55

超星阅读器提醒您：  
使用本复制品  
请尊重相关知识产权！

第

30

篇

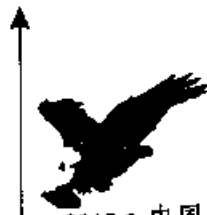
超星浏览器提醒您：  
使用本复制品  
请尊重相关知识产权！

## 箱体、机架与导轨

主 编 姚玉玺

编 写 姚玉玺 李 洪  
李 华 王勇卫  
苏金镛

审 稿 罗盛国 韩 琪



中国机械工程学会  
CMOC 中国机械设计大典编委会

超星浏览器提醒您：  
使用本复制品  
请尊重相关知识产权！

# 第 1 章 箱体、机架结构设计概论

## 1 箱体、机架设计的一般要求

### 1.1 箱体、机架设计准则

刚度和强度的要求是箱体、机架设计的重要设计准则。对于某些箱体、机架零件，还应进行振动稳定性和热变形的校核计算。

重载结构均以强度设计作为第一设计条件，如锻锤支架、水压机横梁、颚式破碎机底座等。随着科学技术的进步，现代机器向高效、高精度发展，包括像轧钢机架也由传统的强度设计向刚度设计转变。

大多数的箱体、机架设计是以刚度作为第一设计条件，如机床主轴箱及床身、立柱、机械压力机机身等。按刚度条件设计所得到的截面尺寸一般比按强度设计所得到的尺寸要大。因此，满足刚度条件的箱体、机架往往也满足强度条件，但对某些结构也不尽然。

刚度是保证强度的重要条件，在箱体、机架的受压结构和压弯结构中存在失稳问题，薄壁箱体、机架也存在局部失稳问题，必须进行校核。

#### (1) 强度

以强度条件设计，能够确定箱体、机架的基本尺寸和形状，使其在工作时不能产生塑性变形、过早的断裂及表面损伤。

强度条件可以写成：

$$\left. \begin{aligned} \sigma &\leq \sigma_p & \sigma_p &= \frac{\sigma_{lim}}{S_p \sigma} \\ \tau &\leq \tau_p & \tau_p &= \frac{\tau_{lim}}{S_p \sigma} \end{aligned} \right\} \quad (30.1-1)$$

式中  $\sigma_{lim}$ 、 $\tau_{lim}$ ——极限正应力和极限切应力；  
 $S_p \sigma$ 、 $\{S\}_\tau$ ——为正应力和切应力的许用安全系数。

强度条件也可以写成：

$$\left. \begin{aligned} S_\sigma &= \frac{\sigma_{lim}}{\sigma} \geq S_p \sigma \\ S_\tau &= \frac{\tau_{lim}}{\tau} \geq S_p \sigma \end{aligned} \right\} \quad (30.1-2)$$

采用哪一个计算公式，是由计算惯例和现有资料确定的。在设计中常常应用式(30.1-1)。

现行的强度设计主要以静载荷作为依据，对于重要的箱体、机架计算，还要考虑动载荷的影响；更精确的计算，应采用同类机器中典型的工作载荷谱对其进行动态分析；并校核其疲劳强度。

强度条件中，除体积强度外，还要包括表面强度条件，具有导轨和滑道的机架要考虑其表面挤压强度和表面磨损强度。

#### (2) 刚度

以刚度作为设计条件时，是以载荷作用下产生的最大变形量  $f$  作为参数和其许用值  $f_p$  进行比较，使其满足：

$$f \leq f_p$$

箱体、机架的刚度设计在以后的章节中还要加以讨论。

#### (3) 振动稳定性

当结构的自振频率和外载荷周期变化的频率相同或接近时就会发生共振，使其失去振动稳定性，影响机器的正常工作精度，甚至使箱体、机架损坏。

振动稳定性的计算准则就是使箱体、机架的固有频率和外载荷的激振频率不相等也不接近。增大结构刚度或减小质量可提高其固有频率，反之则降低固有频率。

机床中的床身、立柱、横梁和其他高精度下工作的箱体、机架都要进行振动稳定性计算。对于不进行振动稳定性计算的箱体、机架，在结构设计时也要采取一些减振措施。

## 1.2 箱体、机架设计的一般要求

箱体、机架设计应满足以下一般要求：

#### (1) 可靠性

箱体、机架在使用期内必须安全可靠，其结构应和所承受的外力相协调，能满足强度、刚度、振动稳定性、疲劳强度、热变形等方面的要求。

### (2) 实用性

箱体、机架是机器重要的组成部分,它的精度、表面粗糙度、尺寸和形位公差等技术指标必须确保机器的使用功能和使用寿命。

### (3) 工艺性

箱体、机架结构应该容易铸造或焊接,减少和防止铸造或焊接缺陷,便于机械加工,便于机器的装配和调试。焊接结构应便于实现机械化和自动化焊接。

### (4) 经济性

要尽量减轻结构的质量,降低材料的成本,减少能源消耗、加工工时和制造成本。

根据箱体、机架的用途不同,在箱体与机架设计中,对以上各项既要有所偏重,又要统筹兼顾。

要重视箱体、机架的外观造型设计。

## 1.3 箱体、机架设计步骤

1) 初步确定箱体、机架的基本形状和尺寸(也称草图设计) 箱体、机架的基本形状尺寸是根据机器的用途、安装在机架内部及外部零部件的位置与尺寸、相互运动关系,以及它们的安装和拆卸条件确定的,也取决于运动情况和所承受的载荷情况。

综合以上各种情况,并根据箱体与机架的种类及用途和所掌握的资料相对比,运用设计人员的经验做类比设计,来确定箱体、机架的基本尺寸。基本尺寸包括其外廓尺寸、截面形状、壁厚和加强肋等相关尺寸。根据生产条件确定其毛坯类型。还要综合各种情况选择箱体、机架材料。

箱体、机架的草图设计是箱体、机架设计最重要的一步。

2) 常规计算 采用材料力学的理论和计算方法或经验公式对草图设计中的结构进行刚度、强度、稳定性等方面的校核计算。对不符合要求之处进行修改,达到设计要求。

3) 有限元静态分析、模型试验和优化设计 根据所得到的应力分布和变形情况及振动特性来改进设计。优选设计参数,使设计指标达到最佳值。

4) 工艺审查和经济分析 根据生产条件对结构设计中的有关的内容如铸造、焊接、热处理、机械加工、装配等进行工艺审查,对不足之处进

行改进,还要进行成本估算。

在完成步骤(1)至(4)以后,设计工作已经完成,可以投产。但对于复杂的大型箱体、机架还要完成以下工作:

5) 箱体、机架的现场测试 在机器总装负荷试车或超负荷试车时,也可以在机器的工作现场对箱体、机架的应力、变形、振动特征、外载荷特征等设计数据进行测试。将这些参数和原设计的结果进行分析比较,进一步修改原设计,使之更加完善。

对于受力较小、结构简单、一般用途的箱体、机架零件,完成1)、2)、4)步骤就可以了。对于简单的箱体、机架零件设计,只完成步骤1)和4)就可以投产,如中小型减速机箱盖和电动机机座等。对于受力复杂,结构复杂的大型重要箱体、机架,必须完成1)至5)的全部设计步骤。

## 2 箱体、机架结构设计基础

### 2.1 静刚度及其计算

刚度是零、部件或机器在恒定载荷或交变载荷作用下抵抗变形的能力。前者称为静刚度,后者称为动刚度。大多数情况下,所说的刚度一般指静刚度。刚度可分为由整个受载宏观体积的抵抗能力所决定的体积刚度和与零件的微观表层体积中的接触变形有关的接触刚度。在机器的总刚度中,当载荷较大时,体积刚度是主要的;而当载荷较小时,接触刚度则是主要的。

#### 2.1.1 静刚度及变形计算

静刚度  $K$  的表达式为:

$$K = \frac{F}{\Delta}$$

式中  $F$  ——作用于零件上的静载荷(N);

$\Delta$  ——在静载荷方向上的总变形(mm)。

静刚度的倒数称为柔度,即在单位力作用下所引起的变形。

刚度设计时使用的许用变形量或最小刚度值,是根据各类机器长期使用中所积累的数据经分析、统计得出的。表30.1-1为机器允许变形量推荐值。

#### (1) 建立力学模型

刚度计算时,首先要建立力学模型。箱体与

机架的力学模型就是把其简化为均质的梁或刚架，其几何形状的简化要和其基本形状保持一致，其载荷情况和约束条件要和实际情况基本相同。图 30.1-1 是机架的力学模型举例（垂直于简图方向的作用力没有标出）。图中卧式床身可确定计算长度为  $L_1$  的简支梁；立式床身可认为是悬臂梁或开式刚架，计算长度为  $L_2$  和  $L_3$ ；对于龙门式床身可确定计算长度为  $L_4$  的静不定刚架。

表 30.1-1 机器床身、底座的允许变形量推荐值

机器类型	弯曲变形量/(mm/mm)	扭转变形量/((')/mm) <sup>①</sup>
一般机器	0.002~0.0004	0.0079~0.0004
机床	0.0001~0.00001	0.000157~0.0000079
精密机床	0.00001~0.000001	

① 扭转变形指单位底面长度内的倾角。

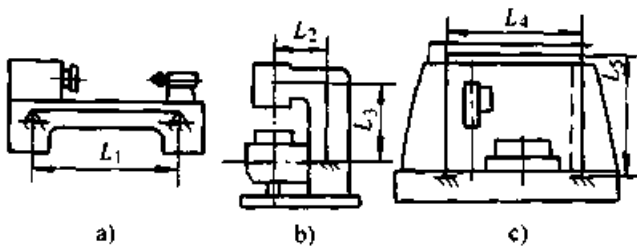


图 30.1-1 机架力学模型

a) 卧式床身 b) 立式床身 c) 龙门式机架

图 30.1-2 中三个不同的力学模型是根据整体式框式机架的结构不同所确定的。左图表示下梁及工作台的刚度远大于上梁；中图和右图表示上梁和下梁的刚度相差不大；各图中的载荷分布情况是根据机器的具体结构确定的；液压机中的工作缸支承面长度小于立柱间距的 1/4 时，可简化为一个集中力，反之，可简化为两个集中力。模锻水压机工作时，模具和下梁接触面较大，可简化为均布载荷。整体闭式机架的机械压力机可简化为右图的情况，用解超静定刚架的方法计算。力学模型的确定是箱体与机架刚度计算的关键。

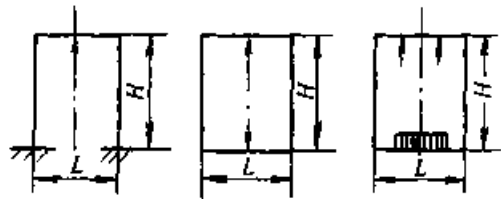


图 30.1-2 压力机刚度计算力学模型

(2) 梁弯曲和扭转变形计算

计算公式如下：

$$\left. \begin{aligned} \text{弯曲变形: } f &= \frac{C_1 FL^3}{EI} \\ \text{扭转变形: } \varphi &= \frac{T_n L}{GI_n} \end{aligned} \right\} (30.1-3)$$

具体内容详见表 30.1-2。

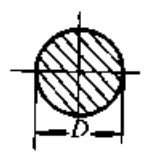
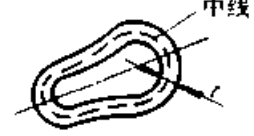
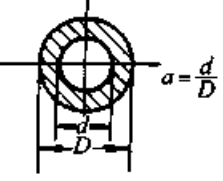
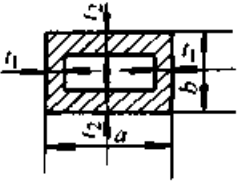
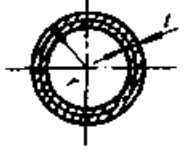
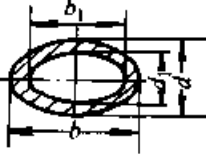

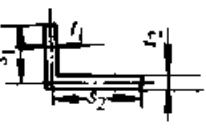
表 30.1-2 变形量及静刚度计算公式

载荷类型	公 式		说 明			
	变 形	静刚度	符 号	名 称	符 号	名 称
拉伸或压缩	$\Delta L = \frac{FL}{EF}$	$K = \frac{F}{\Delta L} = \frac{EF}{L}$	F	载荷 N	L	计算长度 m
	$f = \frac{FL^3}{EI} \cdot C_1$		E	弹性模量 Pa	A	截面面积 m <sup>2</sup>
			I	截面惯性矩 m <sup>4</sup>	G	切变模量 Pa
			I <sub>n</sub>	圆截面惯性矩 m <sup>4</sup>	I <sub>r</sub>	矩形截面惯性矩 m <sup>4</sup>
弯 曲	$K = \frac{F}{f}$	T	转矩 N·m	φ	扭转变形 rad	
		b	矩形截面宽度 m	h	矩形截面高度 m	
		a <sub>1</sub>	系数	a <sub>2</sub>	系数	
		τ <sub>max</sub>	最大切应力 Pa	f	最大变形量 m	
梁弯曲变形中支承条件系数 C <sub>1</sub> 的值						
		支 承 条 件	载 荷 分 布		C <sub>1</sub>	
		简 支 梁	集中载荷 F 作用于梁中点		1/48	
			均布载荷之和为 F		5/384	

载荷类型	公 式		说 明								
扭	圆 形 截 面	变 形 $\varphi = \frac{T_n L}{GI_n}$	两端固接		集中载荷 $F$ 作用于梁中点	1/192					
					均布载荷之和为 $F$					1/384	
	静刚度 $K = \frac{T_n}{\varphi} = \frac{GI_n}{L}$		一端固接另 一端铰接		集中载荷 $F$ 作用于梁中点	1/48√3					
					均布载荷之和为 $F$					1/185	
转	矩 形 截 面	变 形 $\varphi = T_n \cdot L / G \cdot I_t$ $I_t = \alpha_1 b^3 h$	矩形截面扭转系数 $\alpha_1, \alpha_2$ 的值								
										$h/b$	1
			静刚度 $K_t = GI_t / L$	$\alpha_1$	0.141	0.196	0.229	0.263	0.281	0.299	0.307
	应 力 $\tau_{\max} = T_n / \alpha_2 b^2 h$	$\alpha_2$	0.208	0.231	0.246	0.267	0.282	0.299	0.307	0.313	

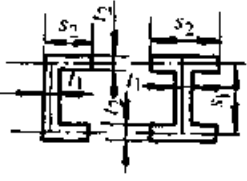
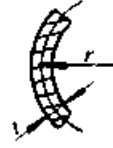
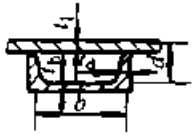
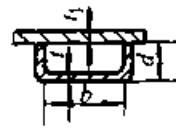
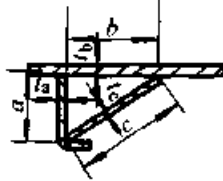
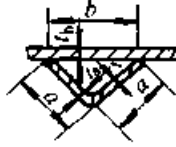
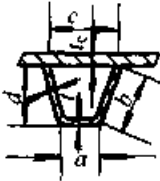
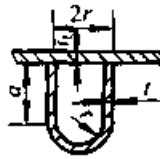
在材料力学中，当截面的高度或宽度尺寸和 构件被称为薄壁件，其扭转惯性矩的计算方法如其厚度的比值大于 10，即  $h/t$  或  $b/t \geq 10$  时， 表 30.1-3 所示。

表 30.1-3 各种截面抗扭惯性矩计算公式

截 面 形 状	计 算 公 式	截 面 形 状	计 算 公 式
	$I_n = \frac{\pi D^4}{32} \approx 0.1 D^4$	任意形状的等厚薄壁环 中线 	$I_n = \frac{4A^2 t}{S}$ A——环的中线围成的面积 S——环的中线长度
	$I_n = \frac{\pi D^4}{32} (1 - a^4)$		$I_n = \frac{2t_1 t_2 (a - t_1)^2 (b - t_2)^2}{at_1 + bt_2 - t_1^2 - t_2^2}$
	$I_n = 2\pi r^3 t$		$I_n = \frac{b_1^3 d_1^3 K}{4(b^2 + d^2)}$ $K = \frac{b - b_1}{b_1} = \frac{d - d_1}{d_1}$
	$I_t = \frac{1}{3} s t^3$		$I_t = \frac{s_1 t_1^3 + s_2 t_2^3}{3}$



续表 30.1-3

截面形状	计算公式	截面形状	计算公式
	$I_c = \frac{2s_1t_1^3 + s_2t_2^3}{3}$		$I_n = \frac{2}{3} \pi r^3$
	$I_x = \frac{4b^2d^2}{\frac{b}{t_b} + \frac{2d}{t_d} + \frac{b}{t_1}}$		$I_x = \frac{4b^2d^2}{\frac{b}{t} + \frac{b}{t_1}}$
	$I_x = \frac{a^2b^2}{\frac{a}{t_a} + \frac{b}{t_b} + \frac{c}{t_c}}$		$I_x = \frac{a^4}{\frac{2a}{t_a} + \frac{b}{t_b}}$
	$I_x = \frac{(a+c)^2d^2}{\frac{a+2b}{t} + \frac{c}{t_c}}$		$I_x = \frac{4r^2 \left( \frac{\pi r}{2} + 2a \right)^2}{\frac{2a + \pi r}{t} + \frac{2r}{t_1}}$

超星浏览器提醒您：  
使用本复制品  
请尊重相关知识产权！

设计中，力学模型的计算长度  $L$  和截面高度  $h$  之比小于 4 时，就不能忽略剪力对变形的影响，式 (30.1-3) 改写为以下形式：

$$f = \frac{M}{EI} + k_1 \frac{Q}{GF} \quad (30.1-4)$$

式中  $M$  —— 弯矩 (N·m)；

$Q$  —— 剪力 (N)；

$k_1$  —— 剪切截面刚度系数。

$k_1$  值可按下列公式求出：

$$k_1 = \frac{F}{I} \int \frac{S^2(Z)}{b(Z)} dZ \quad (30.1-5)$$

$k_1$  和截面形状及尺寸有关，矩形截面  $k_1 = 1, 2$ ；箱形截面中  $k_1$  值可用下列近似公式求得：

$$k_1 = \frac{SF}{bI} \quad (30.1-6)$$

式中  $S$  —— 截面中性轴以下面积对中性轴的静矩 (m<sup>3</sup>)；

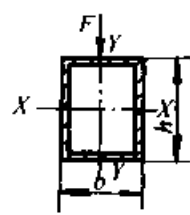
$b$  —— 截面中性轴处的宽度 (m)。

$k_1$  的值也可查表 30.1-4。

液压机及机械压力机上、下横梁，单臂水压机机身的  $L/h = 2 \sim 2.5$ ；铣床、镗床、龙门式机床、立式车床中立柱的  $L/h = 1.5 \sim 2.5$ ；龙门式机床、立式车床和摇臂钻横梁的  $L/h = 3.0 \sim 4.5$ 。上述机架的刚度计算必须考虑剪力对变形量的影响，不能忽略。

表 30.1-4 剪切截面刚度系数  $k_1$

实心断面	$k_1$	空心薄壁矩形断面	$k_1$
圆形	1.11	$\frac{h}{b} = 0.5$	4.5
矩形	1.2	$\frac{h}{b} = 0.7$	3.2
		$\frac{h}{b} = 1.0$	2.4
		$\frac{h}{b} = 1.5$	1.9
工字形	2.0~2.9	$\frac{h}{b} = 2.0$	1.6



(3) 机架截面简化

在截面的惯性矩不改变的前提下，将截面形状加以改变，使截面形状更为简单。等量简化的依据是惯性矩计算公式：

$$I = \int_F y^2 dF \quad (30.1-7)$$

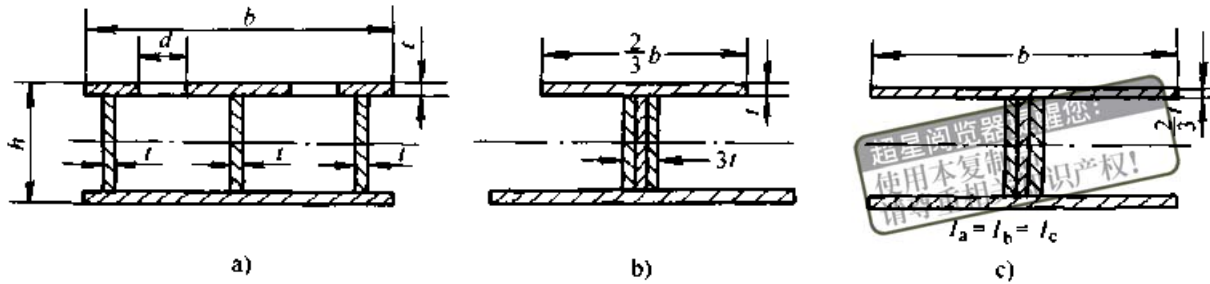


图 30.1-3 断面等量简化图

2.1.2 刚度计算举例

图 30.1-4a 为单臂水压机机架简图，现计算其变形量。

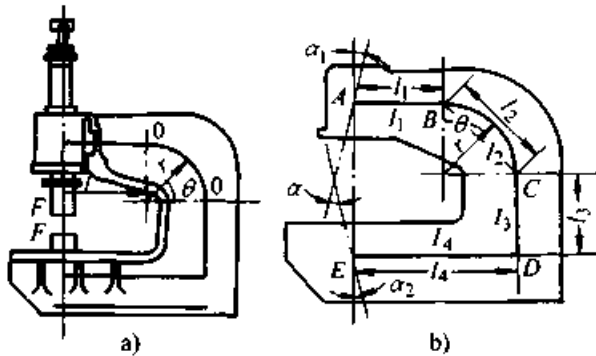


图 30.1-4 单臂机架刚度计算简图

单臂水压机机架截面形状比较复杂，将其对称面简化为平面机架，其力学模型如图 30.1-4b 图所示。把机架简化为由 AB、BC、CD、DE 四段直杆组成的平面刚架，固接于 E 点。各段的计算长度分别为  $l_1$ 、 $l_2$ 、 $l_3$ 、 $l_4$ ；杆件 AB、BC、CD、DE 近似的被认为是截面形心的连线；各截面的惯性矩分别为  $I_1$ 、 $I_2$ 、 $I_3$ 、 $I_4$ ；BC 和 CD 的夹角为  $\beta$ 。因为各截面的计算长度和截面高度之比为 (2-2.5)，小于 4，必须考虑剪力对弯曲变形的影响。

在载荷  $F$  作用下，AE 两点的相对位移  $\delta_{AB}$  为

$$\delta_{AB} = \frac{Fl_1^3}{3EI_1} + \frac{Fl_2(l_1^2 + l_1l_4 + l_4^2)}{3EI_2} + \frac{Fl_3l_4^2}{EI_3} + \frac{Fl_4^3}{3EI_4} + k_1 \frac{Fl_1}{GF_1} + k_2 \frac{Fl_2 \sin^2 \beta}{GF_2} + k_4 \frac{Fl_4}{GF_4} + \frac{Fl_2 \cos^2 \beta}{EF_2} + \frac{Fl_3}{EF_3}$$

既然某一截面的惯性矩是组成截面的各个小面积其形心距平方的积之和，那么形心距相等的面积可以合并，如图 30.1-3 所示；在形心距和面积不变的情况下，可以简化截面的形状，如图 30.1-3b 及 c 所示。

式中  $k_1$ 、 $k_2$ 、 $k_4$  分别为各段的剪切截面形状系数，可按式 (30.1-5) 或式 (30.1-6) 计算。 $F_1$ 、 $F_2$ 、 $F_3$ 、 $F_4$  分别为各段的截面积。上式中前四项为弯曲引起的变形，中间三项为剪力引起的变形，最后二项为拉伸引起的变形。

A 点相对于 E 点截面之间的相对角变形  $\alpha$  为：

$$\alpha = \frac{Fl_1^2}{2EI_1} + \frac{Fl_2(l_1 + l_4)}{2EI_2} + \frac{Fl_3l_4}{EI_3} + \frac{Fl_4^2}{2EI_4} \text{ rad}$$

在公称压力下，单臂水压机主缸中心线的角位移不大于  $3'$ ，对于校正、压装等液压机则不大于  $6'$ 。

现有三缸液压机上横梁如图 30.1-5 所示，中间缸公称压力  $F = 8.45 \times 10^6 \text{ N}$ ，侧缸公称压力  $Q = 8.45 \times 10^6 \text{ N}$ ，核算其刚度。

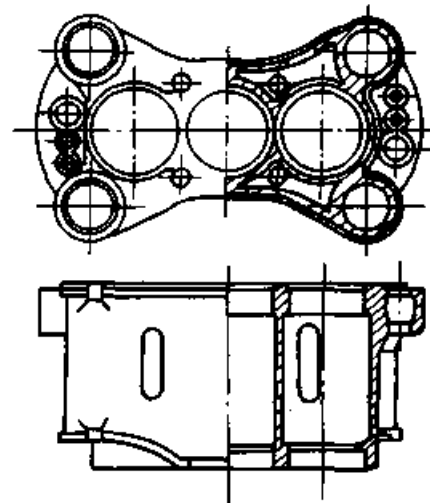


图 30.1-5 液压机上横梁

1) 力学模型如图 30.1-6 所示，将上横梁简化为简支梁，计算长度为横梁宽边立柱孔的中心

距  $l$ ；立柱孔和立柱为动配合，将约束条件确定为铰接。工作缸压力简化为作用于法兰半圆环重心上的两个集中力。

$$D = d = 101.5 \text{ cm}$$

$$a = 60 \text{ cm}$$

$$l = 340 \text{ cm}$$

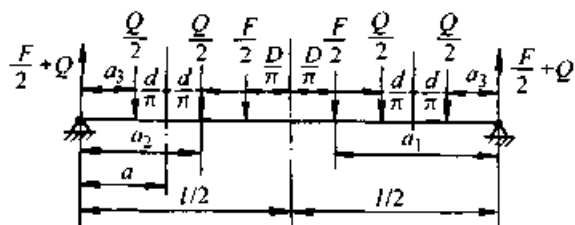


图 30.1-6 三缸液压机上横梁力学模型

2) 最大变形产生在横梁的中间截面，其尺寸如图 30.1-7a 所示，简化为图 30.1-7b。

3) 计算中间截面惯性矩，在简化成等效截面后，将其分为五个小块矩形面积如图中所示，先算出截面对底边的  $W-W$  轴惯性矩  $I_w$

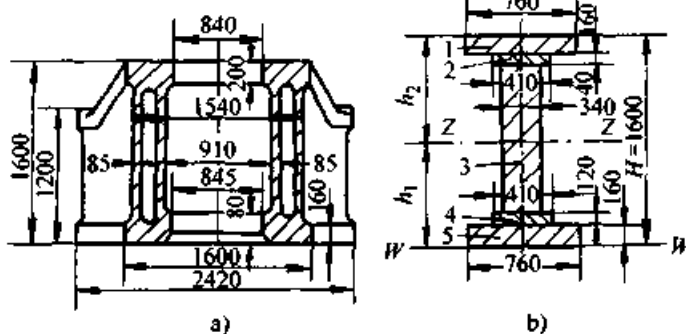


图 30.1-7 上横梁中间截面及简化

a) 中间截面图 b) 简化图

$$I_2 = I_w - h_1^2 \sum A_i$$

$$I_w = \sum I_0 + \sum S_i a_i =$$

$$4.039 \times 10^6 \text{ cm}^4 + 58.59 \times 10^6 \text{ cm}^4 =$$

$$62.63 \times 10^6 \text{ cm}^4$$

$$h_1 = \frac{\sum S_i}{\sum A_i} = \frac{548\ 540}{6\ 896} \text{ cm} = 79.5 \text{ cm}$$

$$h_2 = h - h_1 = (160 - 79.5) \text{ cm} = 80.5 \text{ cm}$$

$$I_2 = I_w - h_1^2 \sum F_i =$$

$$62.63 \times 10^6 \text{ cm}^4 - 79.5^2 \times 6\ 896 \text{ cm}^4 =$$

$$19.04 \times 10^6 \text{ cm}^4$$

以上算式中各数据如表 30.1-5。

4) 核算中点变形量

$$f_0 = \frac{Fl^3}{48EI} \left[ 1 - 6 \left( \frac{D}{\pi l} \right)^2 + 4 \left( \frac{D}{\pi l} \right)^3 \right] +$$

$$\frac{Qal^2}{8EI} \left[ 1 - \frac{4}{3} \left( \frac{a}{l} \right)^2 - 4 \left( \frac{d}{\pi l} \right)^2 \right] +$$

$$I_w = \sum I_0 + \sum S_i a_i$$

式中  $I_0$  ——每块矩形面积对本身形心的惯性矩 ( $\text{cm}^4$ )；

$$I_0 = \frac{b_i h_i^3}{12}$$

$b_i$  ——每块矩形面积宽度 ( $\text{cm}$ )；

$h_i$  ——每块矩形面积高度 ( $\text{cm}$ )；

$S_i$  ——每块矩形面积对  $W-W$  轴的静矩 ( $\text{cm}^3$ )；

$$S_i = F_i a_i$$

$A_i$  ——每块矩形面积 ( $\text{cm}^2$ )；

$a_i$  ——每块矩形面积形心到  $W-W$  轴的距离 ( $\text{cm}$ )。

再求出整个截面的形心轴到  $W-W$  轴的距离  $h_1$

$$h_1 = \frac{\sum S_i}{\sum A_i}$$

整个截面对形心轴的惯性矩为

$$\frac{k_1}{GA} \left\{ Qa + \frac{Fl}{4} \left[ 1 - 2 \left( \frac{D}{\pi l} \right) \right] \right\}$$

表 30.1-5 计算数据

分块序号	宽 × 高		$A_i = b_i h_i$	$a_i$	$S_i = A_i a_i$	$I_i = S_i a_i$	$I_0 = \frac{b_i h_i^3}{12}$
	cm	cm					
1	76	16	1 216	152	184 800	$28.09 \times 10^6$	25 940
2	41	4	164	142	23 290	$3.31 \times 10^6$	218
3	34	112	3 808	84	319 900	$26.87 \times 10^6$	3 891 000
4	41	12	492	22	10 820	$0.24 \times 10^6$	5 904
5	76	16	1 216	8	9 730	$0.08 \times 10^6$	25 940
$\Sigma$		160	6 896		548 540	$58.59 \times 10^6$	4 039 000

上式计算是根据梁的跨度和高度之比小于

4、必须计算剪力对梁的弯曲变形的影响而按式(30.1-4)确定的。式中： $E = 2.1 \times 10^7 \text{ N/cm}^2$ ， $G = 8.1 \times 10^6 \text{ N/cm}^2$ ， $I_2$ 和 $F$ 已算出， $k_1$ 值可按式(30.1-6)计算：

$$k_1 = \frac{SA}{bI_2}$$

式中  $b = 34 \text{ cm}$ ； $A = 6896 \text{ cm}^2$

$$\begin{aligned} S &= A_1 a_1 + A_2 a_2 + A_0 a_0 \\ &= (1216 \times 72.5 + 164 \times 62.5 + \\ &\quad 2057 \times 30.3) \text{ cm}^3 \\ &= 160700 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

所以： $k_1 = \frac{160700 \times 6896}{34 \times 19.04 \times 10^6} = 1.71$

将以上数据代入上述变形量计算公式得：

$$\begin{aligned} f_0 &= \frac{8.45 \times 10^6 \times 340^3}{48 \times 2.1 \times 10^7 \times 19.04 \times 10^6} \times \\ &\quad \left[ 1 - 6 \left( \frac{101.5}{\pi \times 340} \right)^2 + 4 \left( \frac{101.5}{\pi \times 340} \right)^3 \right] \text{ cm} + \\ &\quad \frac{8.45 \times 10^6 \times 60 \times 340^2}{8 \times 2.1 \times 10^7 \times 19.04 \times 10^6} \times \\ &\quad \left[ 1 - \frac{4}{3} \left( \frac{60}{340} \right)^2 - 4 \left( \frac{101.5}{\pi \times 340} \right)^2 \right] \text{ cm} + \\ &\quad \frac{1.71}{8.1 \times 10^6 \times 6896} \times \left[ 8.45 \times 10^6 \times 60 + \right. \\ &\quad \left. \frac{8.45 \times 10^6 \times 340}{4} \left( 1 - 2 \left( \frac{101.5}{\pi \times 340} \right) \right) \right] \text{ cm} = \\ &\quad (0.0164 + 0.0169 + 0.0332) \text{ cm} = \\ &\quad 0.0665 \text{ cm} \end{aligned}$$

其中最后一项为剪力所引起的变形，占总变形量的50%，可见梁的跨度比较短，截面高度尺寸较大时，不能忽略剪力对变形的影响。

#### 5) 相对变形

$$\frac{f_0}{l} = \frac{0.665 \text{ mm}}{3.4 \text{ m}} = 0.196 \text{ mm/m} > 0.15 \text{ mm/m}$$

### 2.1.3 影响箱体、机架刚度的因素

在机器工作时，大多数箱体与机架处于弯曲变形和扭转变形状态，而处于纯拉伸和压缩变形状态的情况不多。从表30.1-2中的变形和刚度计算公式可知机架的刚度受以下因素影响。

1) 材料的弹性模量愈大，箱体与机架的刚度也愈大，但其机架材料的选择主要取决于其用途、毛坯种类、制造方法、成本高低，不可能仅为提高其刚度而选用高弹性模量的材料。常用的箱体与机架材料的弹性模量相差不大，为了提高刚度而选用高强度合金代替普通碳钢或铸铁制

造箱体与机架也是不可取的。

2) 支承条件、受载方式、载荷作用位置、变形方式都影响箱体与机架的刚度和强度。在集中力作用下，悬臂端的变形量是简支梁力作用于中点时最大变形量的16倍，是力作用于中点的两端固接梁最大变形的64倍。在简支梁变形时，其变形量和支承点距离的三次方（集中载荷）或四次方（均布载荷）成正比。在箱体与机架设计中，减小支承距离，避免悬臂结构，可以有效的提高刚度和强度。

3) 结构截面惯性矩 $I$ 对箱体与机架刚度影响很大，在箱体与机架设计中，截面面积通常是由强度条件决定的；在面积不变的前提下，设法改变截面的形状，使它的惯性矩 $I$ 增大，是提高其刚度的有效方法。

4) 箱体与机架承受拉伸和压缩变形时，影响其刚度的主要因素是受力部分的长度和截面面积。这时，减小变形提高刚度的途径是设法减小受力长度和增大受力面的截面面积。

## 2.2 截面形状的合理选择

合理选择截面形状是箱体与机架结构设计的重要一步，就是在不改变截面面积的情况下，选择和设计截面形状和尺寸适合于受力状态。应尽量增大截面惯性矩 $I$ 和截面系数 $W$ ，提高刚度和强度。表30.1-6中列出面积相同的10种典型截面的梁，在相同的外力作用下刚度和强度的比较值。

### 2.2.1 抗弯截面的选择

从表30.1-6中可以看出不同截面的抗弯性能：

- 1) 工字型截面抗弯刚度和强度最好，空心矩形和空心正方形次之；
- 2) 空心截面比实心截面的抗弯刚度和强度都高；
- 3) 方型截面和相对应的圆形截面相比，抗弯刚度和强度都高；
- 4) 同类型截面相比，截面的高度尺寸愈大，其抗弯刚度和强度愈大。

### 2.2.2 抗扭转截面的选择

从表30.1-6中可看出不同截面形状的构件，其抗扭刚度和强度不同：

- 1) 封闭截面比开式截面的抗扭刚度和强度

都高；

高于矩形和正方形实心截面；

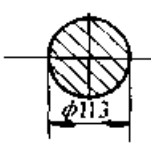

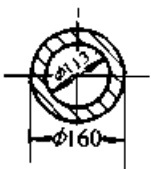
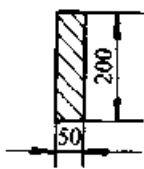
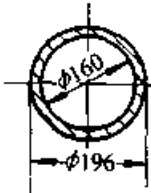
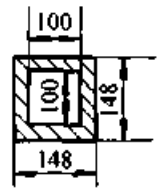

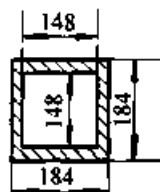
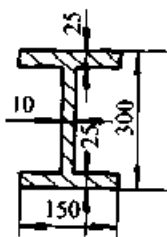
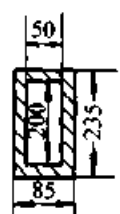
2) 空心截面比实心截面抗扭刚度和强度高；

4) 空心矩形(箱形)和空心正方形截面的

3) 工字形截面抗扭刚度低, 但抗扭强度却

抗弯和抗扭性能都比较好。

表 30.1-6 不同截面形状梁的相对刚度和相对强度

序号	截面形状	相对刚度		相对强度		序号	截面形状	相对刚度		相对强度	
		弯曲	扭转	弯曲	扭转			弯曲	扭转	弯曲	扭转
1		1	1	1	1	6		1.04	0.88	1.17	0.735
2		3.03	3.02	2.13	2.14	7		4.17	0.44	2.34	0.199
3		5.04	5.05	2.89	3.15	8		3.96	2.86	3.01	
4			0.07		0.213	9		6.94	5.15	4.25	3.53
5		19.4	0.09	7.29	0.756	10		7.32	1.65	3.51	1.77

### 2.2.3 根据箱体、机架受力情况合理选择截面形状

1) 大部分箱体与机架同时承受弯曲、扭转、拉、压的作用, 考虑到各种截面的优劣, 大部分箱体与机架都是空心矩形截面或者是和空心矩形相类似的截面。空心矩形截面具有较好的抗弯和抗扭的综合性能, 外部和内部便于安装和固定其他零件; 其外部为垂直相交的平面, 使人视觉感觉良好。此外, 现代化的机器设备逐渐以焊接替

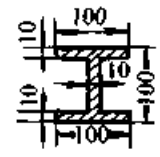
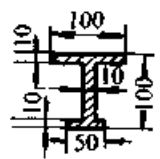
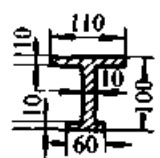
代铸造, 矩形截面结构更便于焊接; 工艺性好也是采用空心矩形截面的原因。

2) 主要承受弯矩作用的箱体与机架可以选择工字形截面, 工字形截面的抗弯强度和刚度都很高。由于工字形截面是一种开式截面, 一般适用于结构简单的机器, 如轴承座支架的主截面。在焊接结构的框架式机架中, 工字形截面广泛地被采用, 如烧结机架、加热炉框架等。

3) 设计箱体、机架截面时, 为了使材料得

到充分地利用，达到减小结构质量的效果，要使截面形状和所承受的外力相协调，要进行等强度设计。除此之外，也要考虑到动载荷的影响。表 30.1-7 中列出的截面是考虑到动载荷的影响来进行等强度设计的；截面是在交变载荷作用下承受弯曲变形，材料的抗拉强度比抗压强度低，故设计时应适当减小受压截面，增大受拉截面来提高截面的承载能力。序号 1 为典型的工字形截面，序号 2 和序号 1 相比，质量减轻 18%，动载性能提高 13.5%，但承受静载的能力变小。序号 3 和序号 1 相比，受压翼缘宽度减小 4 cm，受拉翼缘增宽 1 cm，质量减轻 11%，动载性能（吸收变形能的能力）增大 21.5%。因此，第三种截面优于其他两种截面。有些工字形截面的机架就是采用不对称的工字形截面，提高承受动载荷的能力，如一些小型机械压力机的 C 型机架等。

表 30.1-7 不同工字形截面性能比较

序号	截面形状	相对刚度	相对强度	相对质量	相对最大变形能
1		1	1	1	1
2		0.724	0.906	0.82	1.135
3		0.818	1	0.89	1.215

4) 从表 30.1-6 中看到的在截面积相同的条件下，空心截面的抗弯，抗扭转刚度和强度比相同形状的实心截面高。这一结论启示我们，在设计和选择截面时，应该尽量加大截面的轮廓尺寸，使材料的配置远离中性轴，而不是加大壁厚。这是提高强度，尤其是提高刚度，减轻箱体与机架质量的有效方法。

设计和选择箱体、机架的截面形状是比较复杂的问题，对于重要箱体与机架，应该采用模型试验和优化设计来确定。

### 2.2.4 截面高宽比的确定

截面的高宽比  $h/b$  直接影响结构的刚度和

强度。从表 30.1-6 中可以看到空心正方形即  $h/b=1.0$  的箱形截面的综合性能为最好。因此，在不受其他重要条件制约的情况下，在同时承受弯曲和扭转载荷的机床立柱、床身、横梁和其他结构中，应优先考虑采用方形或接近方形的截面。如果承受弯曲载荷较大时，应尽量增大截面高度尺寸  $h$ ，因为箱形截面的弯曲刚度和  $h^3$  成正比。

一般机架的截面高宽比如表 30.1-8 所示。

表 30.1-8 机架零件高宽比的推荐值

工件名称	高宽比 $h/b$	适用范围
床身	$\approx 1.0$	卧式车床
	1.0~1.3	轧钢机
	1.5~2.0	开式压力机
立柱	$\approx 1.0$	卧式镗床、铣床、单柱坐标镗床
	1.0~1.5	闭式通用压力机
	$\geq 2.0-3.0$	立式钻床、龙门刨(铣)床、双柱坐标镗床
横梁	1.0~1.5	立式车床
	1.5~2.2	坐标镗床
悬臂式横梁	2~3	摇臂钻床、单柱龙门刨床单柱立式车床
底座	$< 1.0$	中、大型镗床、龙门刨(铣)床
工作台	0.1~0.18	机床矩形工作台
	0.08~0.12 (高/直径)	机床圆形工作台



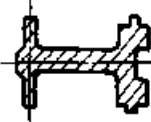


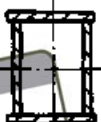
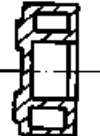
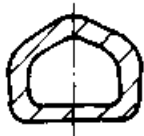

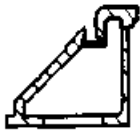
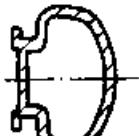
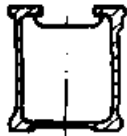
截面的高宽比  $h/b$  一般控制在  $h/b=3$  以下，而截面的高度也受到机器总轮廓尺寸的限制要根据具体情况而定。

表 30.1-9 为常见箱体与机架零件各种截面形状的应用实例。

## 2.3 箱体、机架的壁厚设计

箱体与机架的强度条件决定了结构的截面面积，在面积不变的条件下，材料分布愈远离中性轴（壁厚愈小）刚性愈好。但铸件的最小壁厚是根据材料在浇注时的金属流动性确定的。焊接结构的壁厚过小容易产生薄壁屈曲和颤振。因此，箱体与机架壁厚是由强度、刚度、稳定性等条件确定，也要考虑到其材料、外形尺寸、毛坯的制造方法等诸多因素。

表 30.1-9 常见机架的截面形状

机架名称	轧钢机机架	缠绕压机机架	锻锤支架	压力机开式机架	机械压力机双柱机架	桥式起重机桥架
截面形状						
说明	工字形截面抗弯强度高, 便于安装和更换滑板, 比矩形截面节省材料	凹槽便于缠绕钢丝, 钢丝的预紧力大于其工作载荷	抗弯强度高, 受拉截面大于受压截面, 承受动载荷的能力强	封闭矩形截面抗弯抗扭刚度较好, 受拉部位增厚是为了提高抗拉强度	开式结构便于机架背部卸料, 有利于冲压工作自动化, 受拉截面大于受压截面是使其受力趋于合理, 提高强度	箱形截面抗弯和抗扭刚度好, 空心截面质量小, 自重引起的变形小
机架名称	机械压力机立柱	旋回破碎机上横梁	大跨度桥式起重机桥架	仿形车床床身	摇臂钻床的摇臂	磨床床身
截面形状						
说明	空心矩形截面抗弯抗扭刚度较高, 小空心矩形中可以穿过拉紧螺栓, 其余中空部分可以安放管路、液压缸等	通过对切应力的计算, 确定其应力流线被限制在两个曲面间的空心体内, 空心体的形状近于空心矩形截面, 上表面有坡度便于矿石下落	下部工字形截面抗弯刚度高, 上部正方形截面抗扭和抗弯刚度都好, 组合后可综合二种截面的优点。壁薄、体轻、自重引起的变形小	封闭截面, 抗弯和抗扭刚度较高, 和水平面成 60° 角, 便于切削液和切屑的顺利排出	半椭圆形截面, 弯曲刚度和扭转刚度均高于矩形截面, 制造工艺复杂, 但适合于承受钻削扭矩及垂直面内的弯矩作用, 内腔便于安放传动部件	开式截面, 适合于小载荷的机床床身, 便于利用内腔存油和切削液, 或布置传动机构

2.3.1 铸造箱体与铸造机架壁厚

机床机架的壁厚一般由刚度条件确定, 轻型机床壁厚为 12~15 mm; 中型机床为 18~22 mm; 重型机床为 23~35 mm。其他机架的壁厚由计算确定, 但一定要大于最小壁厚。实际上, 铸件的最小壁厚必须能够抵抗铸件在清砂和机械加工中的冲击, 加上铸件的铸造误差, 铸件的实际壁厚都要大于最小壁厚。

1) 砂型铸造的铸铁件的最小壁厚可参见第 15 篇的有关内容。

2) 铸钢件的最小壁厚可按图 30.1-8 确定。在实际生产中, 大型铸钢机架铸造模型的尺寸精确度较低, 表面粗糙度较大, 工艺装备不够完

善, 钢水浇注温度难以准确控制, 薄壁铸件难以

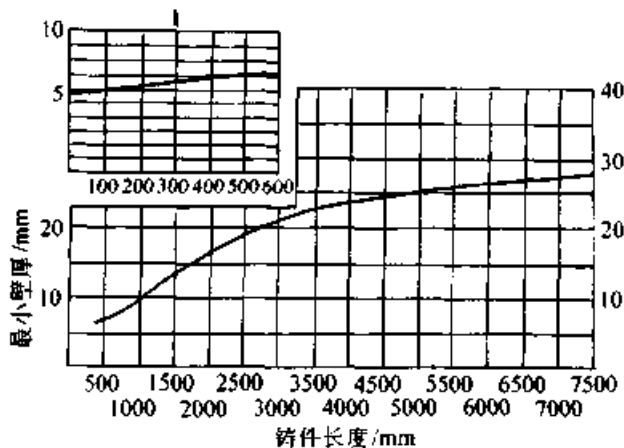


图 30.1-8 铸钢件的最小壁厚

铸造。因此，大型铸钢件一般采用合理最小壁厚 30.1-10。来代替最小壁厚。大型铸钢件合理最小壁厚见表

表 30.1-10 大型铸钢件合理最小壁厚 (mm)

次大轮廓尺寸/ mm	最大轮廓尺寸/mm						
	≤350	351~700	701~1 500	1 501~3 500	3 501~5 500	5 501~7 000	>7 000
≤350	10	10~15	15~20	20~25	25~30	35~40	—
351~700	—	15~20	20~25	25~30	30~35	35~40	—
701~1 500	—	—	25~30	30~35	35~40	40~45	>50
1 501~3 500	—	—	—	35~40	40~45	45~50	>55
3 501~5 500	—	—	—	—	45~50	50~55	>60
5 501~7 000	—	—	—	—	—	55~60	>65
>7 000	—	—	—	—	—	—	>70

3) 铸件的临界壁厚就是当铸件的壁厚超过这个壁厚时，容易产生缩孔、缩松、结晶粗大等现象使材料的力学性能下降。铸件的强度并不是随着壁厚的增大而按比例的增加。因此，一些资料中推荐，在砂型铸造条件下，各种铸造合金的临界壁厚可按其最小壁厚的三倍来考虑。设计铸造箱体、机架时不能靠一味地增加壁厚来提高强度，而是将壁厚限制在临界壁厚以下，通过设计合理的截面形状和加强肋来提高强度。碳素铸钢砂型铸件的临界壁厚如表 30.1-11。

表 30.1-11 碳素铸钢砂型铸件的临界壁厚

w (C) /%	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5
临界壁厚/mm	11	13.5	18.5	27	39

4) 铸件内壁厚度一般比外壁薄一些，这是

因为铸造过程中，内壁散热较慢，薄一些的内壁可以同厚一些外壁温差减小而避免产生较大的热应力及铸造裂纹，提高铸件的疲劳强度。各种铸造合金的砂型铸件的内、外壁的相差值可参考以下数据确定：铸铁件和铸钢件的内壁比外壁的厚度分别减小铸件外壁的 10%~20% 及 20%~30%。


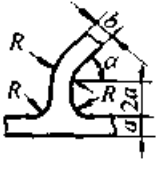
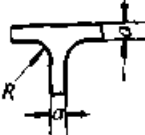
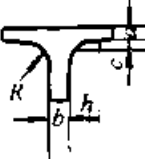

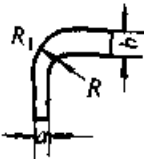
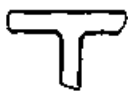
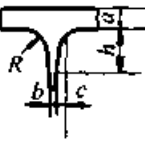
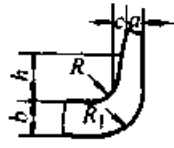
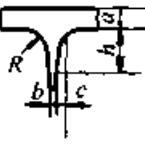
5) 铸造箱体或机架的壁厚应连续过渡。为减少和避免铸造缺陷，铸件的壁厚应尽可能的均匀，两连接壁的壁厚之比一般不超过 1:3 (包括壁的加工余量)；若超过 1:1.5 时，两壁之间应有壁厚的过渡区；当两壁呈 V 型和 Y 型连接的夹角小于 75° 时，在壁的连接处应有过渡区。铸铁件的壁厚间的过渡设计如表 30.1-12 所示，其壁的连接形式及尺寸如表 30.1-13 所示，铸钢件壁的连接形式和尺寸如表 30.1-14 所示。

表 30.1-12 铸铁件不同壁厚间的过渡设计

壁 厚 比 例		数 值	壁 厚 比 例		数 值
$\frac{a}{b} \leq 2$	$\frac{a}{b} > 2$		$\frac{a}{b} \leq 2$	$\frac{a}{b} > 2$	
		$r = \frac{1}{2}(a+b)$ $c = 3\sqrt{a-b}$ $h = 8c =$ $24\sqrt{a-b}$ $a \geq b+c$			$r = \frac{1}{2}(a+b)$ $c = 1.5\sqrt{a-b}$ $h = 12c =$ $18\sqrt{a-b}$ $a \geq b+2c$
		$r = \frac{1}{2}(a+b)$ $c = 3\sqrt{a-b}$ $b = 8c =$ $24\sqrt{a-b}$ $a \geq b+c$			$r = \frac{1}{2}(a+b)$ $R = (\frac{1}{5} - \frac{1}{3})$ $(\frac{a+b}{2})$ $L \geq 4(a-b)$



表 30.1-13 铸件壁的连接形式与尺寸

图 例		连接尺寸	图 例		连接尺寸
不合理结构	合理结构		不合理结构	合理结构	
		$a < 75^\circ;$ $b \approx 1.25a;$ $R = (\frac{1}{6} - \frac{1}{3})$ $(\frac{a+b}{2});$ $R_1 = R + b$			三壁相等时: $R \geq (\frac{1}{6} - \frac{1}{3})a$
		$a \leq b \leq 2a;$ $R \geq (\frac{1}{6} - \frac{1}{3})$ $(\frac{a+b}{2});$ $R_1 \geq R + \frac{a+b}{2}$			$b > a;$ $R \geq (\frac{1}{6} - \frac{1}{3})$ $(\frac{a+b}{2});$ $b \geq a + c; c \approx$ $3\sqrt{b-a}$ $h \geq 4c$ (铸铁); $h \geq 5c$ (铸钢)
		$b > 2a;$ $R \geq (\frac{1}{6} - \frac{1}{3})$ $(\frac{a+b}{2});$ $R_1 \geq R + \frac{a+b}{2};$ $c \approx 3\sqrt{b-a}$ $h \geq 4c$ (铸铁); $h \geq 5c$ (铸钢)			$b < a;$ $R \geq (\frac{1}{6} - \frac{1}{3})$ $(\frac{a+b}{2});$ $c \approx 1.5\sqrt{a-b};$ $h \geq 8c$ (铸铁); $h \geq 10c$ (铸钢)

注：1. 圆角标准整数系列为：2、4、6、8、10、12、16、20、25、30、35、40、50、60、80、100 mm；

2. 当壁厚大于 20 mm 时，R 取系数中的小值。

### 2.3.2 焊接箱体与焊接机架壁厚的确定

1) 焊接结构最小壁厚应大于 3 mm，箱形截面的宽厚比一般应小于 80~100，以避免机架的局部屈曲和颤振。

2) 封闭截面的外壁厚度应尽量相等。截面的外壁相交处的内圆角半径大于壁厚的 2 倍为好。

3) 重型机床的焊接床身、立柱、横梁等壁厚一般不超过 25~30 mm；钢板厚度超过 30 mm 就难以保证钢板质量及焊缝质量；会增加加工坡口的成本。

4) 在铸铁结构改为焊接结构的重型机床设计中，其截面尺寸可以放大 20%~30%，壁厚则

减小 40%~50%，结构质量可减小 25%~30%，刚度提高 2.5~3 倍，成本降低 5%~10%。

### 2.3.3 壁板开孔对箱体、机架刚度的影响

在设计中，由于结构和工艺方面的需要，不可避免的要在壁板上开孔。孔的形状，位置对箱体、机架的刚度和强度都有一定影响。为了减小壁板孔对刚度和强度的影响，对重要的受力较大的壁孔要增设孔缘凸台和壁孔加盖，表 30.1-15 是有关壁孔、凸缘和加盖对刚度影响方面的有关资料。在承受扭转载荷时，壁板孔对机架的刚度影响较大。表 30.1-16 为开孔对立柱刚度的影响。表 30.1-17 及表 30.1-18 为孔对箱体刚度的影响。

表 30.1-14 铸钢件壁的连接形式及过渡区尺寸

壁的连接形式	过渡区尺寸	壁的连接形式	过渡区尺寸
	当 $T \leq 1.5t$ 时 $R = \frac{T+t}{2}$ 当 $1.5t < T \leq 3t$ 时 $L \geq 4(T-t)$ $R = \frac{T+t}{2}$		当 $T \leq 1.5t$ 时 $R = \frac{T+t}{4}$ 当 $1.5t < T \leq 3t$ 时 $K = \frac{1}{2} \left( \frac{3}{4}T - t \right)$ $L \geq 8k; R = \frac{T+t}{4}$
	当 $T \leq 1.5t$ 时 $R_1 = \frac{T+t}{4}; R_2 = R_1 + T$ 当 $1.5t < T < 3t$ 时 $K = \frac{3}{4}T - t; L \geq 4k$ $R_1 = \frac{T+t}{4}; R_2 = R_1 + T$		当 $T \leq 1.5t$ 时 $R_1 = \frac{T}{2}; R_2 = \frac{3}{2}T$ $R_3 = \frac{T+t}{2}$ 当 $1.5t < T \leq 3t$ 时 $k = T - t; L \geq 4k$ $R_1 = \frac{T}{2}; R_2 = \frac{3}{2}T$ $R_3 = \frac{T+t}{2}$
	当 $1.5t \leq T \leq 3t$ $R_1 = \frac{T+t}{2}$ $R_2 = T + t$		当 $T \leq 1.5t$ 时 $R_1 = \frac{T}{2}; R_2 = \frac{T+t}{2}$ 当 $1.5t < T \leq 3t$ 时 $k = T - t$ $L \geq 4k$ $R_1 = \frac{T}{2}; R_2 = \frac{T+t}{2}$
	当 $T \leq 1.5t$ 时 $R = \frac{T+t}{4}$ 当 $1.5t < T \leq 3t$ 时 $k = \frac{3}{4}T - t$ $L \geq 4k; R = \frac{T+t}{4}$		当 $T \leq 1.5t$ 时 $R_1 = \frac{T}{2}; R_2 = \frac{T+t}{2}$ 当 $1.5t < T \leq 3t$ 时 $k = T - t$ $L \geq 4k$ $R_1 = \frac{T}{2}; R_2 = \frac{T+t}{2}$

表 30.1-15 壁板孔壁孔凸缘孔加盖对结构刚度的影响

项目	图 示	说 明
开孔大小和位置对刚度的影响		<ol style="list-style-type: none"> <li>壁孔对扭转刚度影响较大，对弯曲刚度影响较小；</li> <li>中性轴附近的孔对弯曲刚度影响较小；</li> <li>当梁的高度和孔径之比大于 4 时，梁的刚度明显降低</li> </ol>

超星浏览器提醒您：  
使用本复制品  
请尊重知识产权！

续表 30.1-15

项目	图 示	说 明
开孔长度对扭转刚度的影响		<p><math>\varphi</math> 为开孔后梁的扭转变形角度</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. <math>L_0</math> 较小时, <math>b_0 &gt; (0.6 \sim 0.7) b</math> 时, 刚度降低很多;</li> <li>2. <math>L_0</math> 较大时, <math>b_0</math> 无论多大, 刚度都降低较多;</li> <li>3. 对面壁上另开一孔和只开一孔相比, 对梁的刚度影响不大, 刚度降低不超过 20%</li> </ol>
孔缘凸台及盖板对刚度的影响	<p>             a) 100%              b) 25%              c) 85%              d) 28%              89%              89%              35%              91%              91%              41%         </p> <p>             弯曲刚度 <math>K_x</math>    扭转刚度 <math>K_t</math>              弯曲刚度 <math>K_y</math> </p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 带有盖板的结构比没有盖板的开孔结构刚度高;</li> <li>2. d 图中带有凸缘的结构比 c 图中不带凸缘的刚度高</li> </ol>

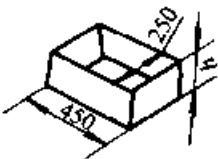
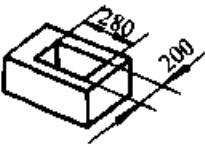

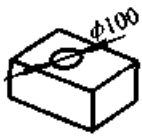

表 30.1-16 不同位置和形状的孔对立柱刚度的影响

壁孔形状、位置及尺寸				
抗弯刚度相对值	1.0	0.99    0.89	0.78    0.94	0.90    0.97
抗扭刚度相对值	1.0	0.97    0.97	0.72    0.98	0.86    0.95
弯曲固有频率/Hz	455	434    390	428    411	448    403
扭转固有频率/Hz	336	334    273	299    285	324    287
壁孔形状、位置及尺寸			<p>立柱底面</p>	

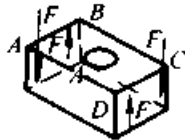
续表 30.1-16

抗弯刚度相对值	1.0	0.98	0.78	0.62	1.0	0.87	0.97	0.89
抗扭刚度相对值	1.0	1.0	0.62	0.59	1.0	0.69	0.99	0.94
弯曲固有频率/Hz	438	392	435	360	412	406	418	408
扭转固有频率/Hz	325	264	270	270	275	270	306	312

表 30.1-17 箱体高度、顶部开孔面积对刚度的影响

箱体模型结构简图 (模型壁厚 6 mm)	顶部开口面积的百分比/%	箱体高度 $h = 210$ mm				箱体高度 $h = 140$ mm				箱体高度 $h = 43$ mm			
		扭转		弯曲		扭转		弯曲		扭转		弯曲	
		相对刚度比	固有频率/Hz	相对刚度比	固有频率/Hz	相对刚度比	固有频率/Hz	相对刚度比	固有频率/Hz	相对刚度比	固有频率/Hz	相对刚度比	固有频率/Hz
	100	0.005	118	0.44		0.007	142	0.50	446	0.015	177	0.40	423
	50	0.08	368	0.57	295	0.08	452	0.65	560	0.07	347	0.60	458
	18	0.74	1 390	0.80	350	0.78	1 450	0.80	580	0.63	965	0.82	462
	7	0.97		0.83	412	0.93		0.85	522	0.90	0.97	0.89	482
	0	1.0		1.0	419	1.0		1.0	495	1.0	1 030	1.0	459

扭转：  
箱体两端加力偶，  
测量 A 点相对于由  
B、C、D 三点决定  
的平面的位移



弯曲：  
箱体两侧壁中部  
加载；在加载处测  
量箱壁位移

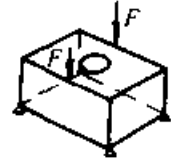
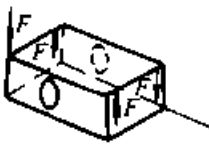
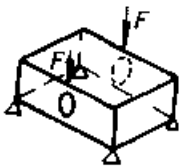
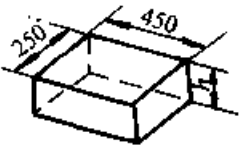
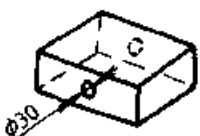





表 30.1-18 箱体两侧壁孔面积对刚度的影响

箱体加载简图	扭转		弯曲			
						
箱体模型结构简图 (箱体壁厚 6 mm)	箱体高度 $h = 210$ mm		箱体高度 $h = 140$ mm			
	侧壁孔面积的 百分比/%	相对刚度比		侧壁孔面积的 百分比/%	相对刚度比	
扭转		弯曲	扭转		弯曲	
	0	1	1	0	1	1
	0.75	0.91	0.84	1.1	0.98	0.97
	3	0.86	0.60	4.5	0.95	0.93
	12	0.77	0.44	18	0.43	0.33
	27	0.23	0.10	35 <sup>①</sup>	0.06	0.04

注：箱体侧壁孔接近矩形，长边 180 mm，短边 120 mm。

从以上二表中得知箱体开孔面积小于壁板面积的 10% 时，箱体刚度没有显著变化；随着孔的面积增大，箱体刚度明显下降，当孔的面积达到 30% 时，和未开孔的箱体相比，扭转刚度下降 80%~90%，扭转固有频率下降 65%~75%。此外，壁孔位于弯曲平面内（图中的侧壁）比其他位置的孔（如图中顶壁）对刚度下降的影响大。

壁板孔设置不当对箱体与机架的强度会产生重大的影响，如图 30.1-9 所示。主要是主传力肋上工艺孔设置不当引起应力集中所致。由于梁的长度和高度之比小于 4 已属高梁类，剪力所引

起的变形不能忽略，剪切变形引起的应力集中已使其峰值超过弯曲应力。孔形的不规则和粗糙表面加剧了应力集中，因而产生了裂纹。采取将壁孔移出高应力区、壁孔周边加厚、工艺孔使用后钢板焊好、孔形改为圆形等措施可以减小壁孔的应力集中和防止裂纹的发生。图 30.1-9a 为 31.5 MN 液压机下梁裂纹示意图。使用两年后，在四块肋板的出砂孔周边出现裂纹而报废。该孔设置在弯曲应力很小，但剪力最大的截面上。图 b 为我国自行设计的 120 MN 自由锻造水压机活动横梁，用 80~120 mm 钢板焊接而成，在制造中取消了 A 板而使 a、b 两肋负载加剧，在工艺孔

周边产生应力集中，出现了裂纹。图 c 是采用有限元法对该梁进行计算，得出肋上工艺孔最大拉

应力为 235 MPa，超过了材料的疲劳极限 1.75 kPa，使得动梁产生裂纹。

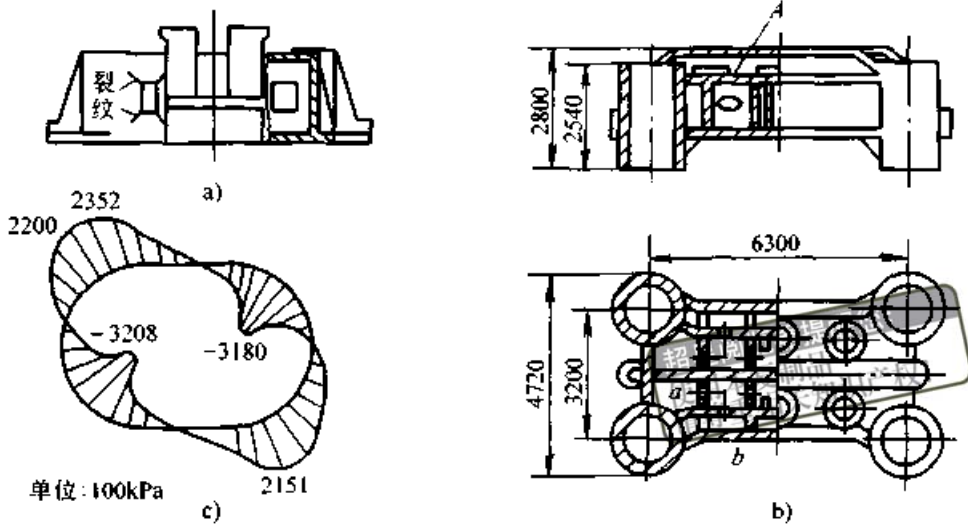


图 30.1-9 壁孔设置不当使液压机横梁产生裂纹

### 2.4 箱体、机架中肋的合理设置

箱体与机架设计中，为更有效地提高刚度和强度，减小质量，提高其抗振性能，应该合理地设置加强肋。理论和实践证明，加强肋的应用效果如何，主要取决于肋设置的是否合理、正确，而不是数量的多寡。

#### 2.4.1 肋的作用

1) 肋的主要作用是提高箱体与机架的整体刚度和局部刚度以及强度，可以使作用在肋上的局部载荷均匀地传递给箱体与机架的其他部分，把壁板的弯曲变形转化为肋平面内的压缩、拉伸或弯曲变形，由于这种变形较小，提高了刚度和强度，可以减少壁厚，从而减小了质量。

2) 对于在动载荷作用下的箱体与机架，合

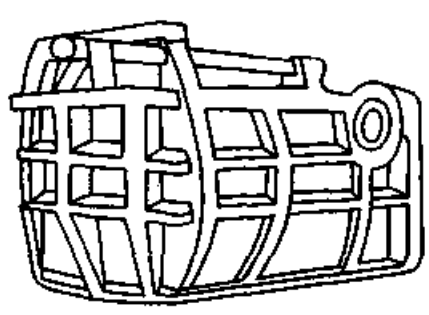
理地设计和布置肋可以将其壁板的幅值从大分隔成小，提高结构的抗振性，肋还可以将薄壁机架的各部分联结成一个整体，提高局部刚度，防止颤振和减小截面畸变。

3) 在铸造结构中，用肋替代铸件的厚大部分，使壁厚均匀，肋可以成为补缩通道，改善铸型的充满性，减少铸造缺陷，从而提高铸造结构的性能。

此外，肋还起散热作用，如减速箱及电动机的铸造外壳等。肋的作用举例如表 30.1-19 所示。

应该指出的是：在设计箱体与机架时，往往出现因肋板设置不当，虽然使刚度提高，反而降低了结构的强度的情况，如表 30.1-20 所示。

表 30.1-19 肋的作用举例

机架名称	结构简图	说明
垂直分模平锻机身		机身承受很大的冲击载荷，内部又安装复杂的传动部件，机身应具有较高的强度和刚度。纵横相交强大的肋，组成机身的骨架，如强有力的卡紧箍一般承受缴粗力和卡紧力的作用。曲轴孔和拉杆孔均设置在肋的汇交处，把局部载荷传递给其他壁板，使之均衡地承担。这是合理利用肋的成功之作

续表 30.1-19

机架名称	结构简图	说明
龙门铣床焊接床身		<p>导轨下面除垂直壁支承外，还采用斜向肋板，提高床身的整体刚度和局部刚度 结构简单、焊接方便可行</p>
重型机床立柱		<p>大型和重型机床，采用肋条结构，能够解决好大型薄壁结构的壁板颤振、屈曲和截面畸变等问题。提高固有频率，减轻质量，抗振性好。生产成本较高</p>
V形油动机机体		<p>主轴承座受力较大，用加强肋替代其厚大实心部分，能够减少铸造缺陷，减轻质量。其余各肋将力传至其他壁板上，使之受力均匀，提高机架动刚度。铸型制造工艺复杂</p>

表 30.1-20 肋板设置不当对强度的影响

类别	图 示	说 明
三角肋		<p>悬臂受弯结构采用三角肋增加刚度，设计不当反而降低强度 左图和中图中在某一截面上因截面系数之比 <math>W/W_0 &lt; 1</math> 而使弯曲应力之比 <math>\sigma/\sigma_0 &gt; 1</math>，使强度降低 右图中的肋板才能使结构的刚度和强度都提高 下图为去掉三角肋高应力区而设计的去掉尖角的三角肋焊接结构</p>
矩形截面肋		<p>图中 <math>\eta = h/h_0</math>，<math>\delta = b/b_0</math>，<math>t_0 = b_0/b = 1/\delta</math>，当 <math>t_0 &gt; 20</math>，<math>\eta \leq 2</math> 时 <math>W/W_0</math> 远小于 1。 <math>W</math> 为加肋截面系数，<math>W_0</math> 为无肋截面系数 当 <math>t_0 = 100</math>，<math>\eta = 2</math> 时，<math>W/W_0 = 1/3</math> 说明加肋后强度降低 综合刚度、强度和工艺诸因素，一般取 <math>b \leq (0.6 \sim 0.8) h_0</math>，<math>\eta \leq 5</math>。设计者可按图中曲线选取参数</p>

2.4.2 肋的分类及尺寸

肋可分为肋板和肋条

(1) 肋板

肋板是指箱体或机架两壁之间起连接作用的内壁。在常见的肋板中，根据肋板设置的方向不同，可分为

纵向肋板，横向肋板，斜向（对角）肋板。表 30.1-21 说明了这三种肋板对刚度和强度的影响，为正确设置肋板提供依据。纵向肋板主要用于提高抗弯刚度和强度，横向肋板主要用于提高抗扭刚度，斜向肋板具有提高抗弯、抗扭刚度和强度的综合性能。

表 30.1-21 三种肋板对刚度和强度的影响

类别	图 示	说 明
纵向肋板		<p>纵向肋板设置于弯曲平面内，用于提高抗弯刚度和抗弯强度</p> <p>豎直肋板和水平肋板对 <math>x</math> 轴的惯性矩 <math>I_x</math> 和抗弯截面系数 <math>W_x</math>，分别为：<math>\frac{bt^3}{12}</math>、<math>\frac{bt^3}{6}</math> 及 <math>\frac{bt^3}{12}</math>、<math>\frac{bt^2}{6}</math>。他们之比为：<math>\frac{l^2}{b^2}</math> 及 <math>\frac{l}{b}</math>，因此，在这种受力情况下豎直肋板优于水平肋板</p>
横向肋板	<p>No.0 <math>l=L=262h</math></p> <p>No.1 <math>l=0.5L=1.31h</math></p> <p>No.2 <math>l=0.33L=0.865h</math></p> <p>No.3</p> <p>Graph: <math>f/f_0</math> vs No.0, No.1, No.2, No.3</p>	<p>横向肋板在垂直于扭矩的矢量方向上设置，用于提高抗扭刚度。</p> <p>由于薄壁空心截面在受扭时容易产生截面畸变和壁的屈曲，合理设置横向肋板后畸变基本消失，端部位移明显减小</p> <p>在端部和中部设肋板后畸变消失，端部位移继续减小</p> <p>继续增设肋板，从相对变形曲线中可以看出，位移减小的趋势已不明显</p>
斜向（对角）肋板		<p>斜向（对角）肋板用于同时承受弯曲和扭转的机架，其抗扭性能高于横向肋板</p> <p>由图中可知，扭矩作用形成的剪力，分别作用于肋板两端，使肋板产生弯曲变形。大部分材料的弹性模量（<math>E</math>）比切变模量（<math>G</math>）大，也就是材料抗弯性能高于抗扭性能，因此，斜向肋板的抗扭刚度高于横向肋板</p>

(2) 肋条

肋条是设置在箱体或机架的壁板上，其高度有限，不连接整个截面。以刚度作为第一设计条件的零件（如机床中的各类机架零件）常常在壁板内侧设置肋条，主要是提高局部刚度，减少局

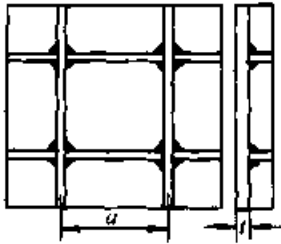
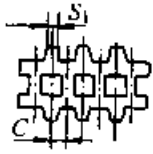
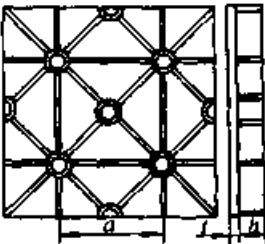
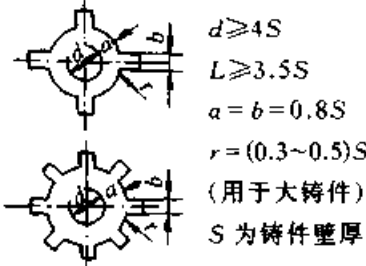
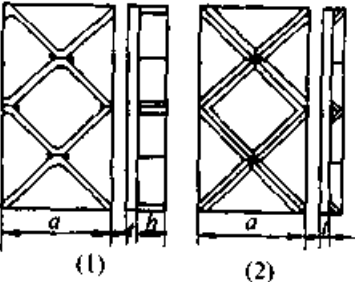
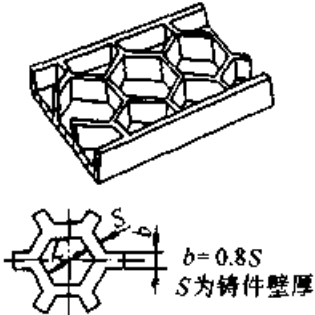
部变形和薄壁颤振，提高动刚度。还有一些箱体或机架上设置肋条主要是为了提高强度，如重型减速箱箱体、颚式破碎机机架，大中型单臂锤铸铁气缸等。

肋条的结构形式如表 30.1-22 所示。



(3) 肋的厚度尺寸及肋条的高度 0.8 倍，一般对于肋板取大值，对于肋条取小肋的厚度一般为箱体或机架壁厚的 0.6~ 值。肋条的高度为箱体或机架壁厚的 5 倍。

表 30.1-22 肋条的结构形式

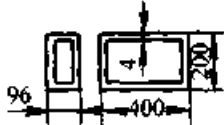
结 构 简 图		说 明
	 $C = 2S_1$ (用于中、小铸件)	<p>左图为焊接结构，平板作肋，非断肋布置在弯曲平面内抗弯；断开肋布置在与其垂直的平面内抗扭。<math>a \leq 20t</math>，<math>t</math> 为焊件壁厚。制造简单。抗振性好</p> <p>右图是铸造结构为避免肋交汇处金属的堆积产生铸造缺陷而采用的结构形式，大型铸件肋条的交汇处应按图中尺寸设计</p>
	 $d \geq 4S$ $L \geq 3.5S$ $a = b = 0.8S$ $r = (0.3 \sim 0.5)S$ (用于大铸件) $S$ 为铸件壁厚	<p>左图为焊接结构，平板作肋呈米字形排列，抗弯、抗扭、抗振性能好。交汇点应力集中改用圆管作交汇点，焊接工艺较复杂，成本高</p> <p>右图为铸造结构米字肋交汇处的结构，可以减小金属堆积，防止铸造缺陷产生</p>
	 $b = 0.8S$ $S$ 为铸件壁厚	<p>左图(1)中采用等边角钢做肋条。和相同截面积的矩形肋相比，等边角钢肋条刚度好，抗振性好，质量小，<math>a \leq 400</math> mm</p> <p>左图(2)采用冲压而成的波浪肋，两肋构成 U 形减振接头，抗振性好，制造复杂，取 <math>a \leq 30t</math></p> <p>右图中的形式，由于焊接工艺复杂，一般用于铸造结构</p> <p>这种蜂窝形结构的肋条，在各方面能均匀收缩，内应力很小。抗弯和抗扭刚度都很好</p>

2.4.3 床身结构中肋板的设置

对结构刚度的影响。表中相对值均以无肋板箱体序号 1 为基础进行比较。

表 30.1-23 及表 30.1-24 列出了适合于床身设计的箱形结构中肋板的位置、数量及排列方式

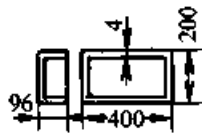



表 30.1-23 布肋对开式箱形结构的影响

序号	模 型	模型体积		弯曲刚度( $x-x$ )		扭转刚度	
		cm <sup>3</sup>	相对值	N/mm	相对值	N·m/rad	相对值
1		75.5	1.0	1 980	1.0	303	1.0








续表 30.1-23

序号	模 型	模型体积		弯曲刚度( $x-x$ )		扭转刚度	
		cm <sup>3</sup>	相对值	N/mm	相对值	N·m/rad	相对值
2		90.0	1.19	2 710	1.37	405	1.34
3		90.0	1.19	3 100	1.57	446	1.48
4		90.0	1.19	3 300	1.67	567	1.87
5		82.7	1.08	2 000	1.01	426	1.41
6		82.7	1.08	2 140	1.07	526	1.75
7		82.7	1.08	2 340	1.18	660	2.18
8		91.5	1.20	2 440	1.23	656	2.17
9		91.5	1.20	2 470	1.25	791	2.61
10		95.8	1.26	2 780	1.40	左扭 890 右扭 1 075	2.94 3.44
11		95.8	1.26	2 850	1.44	1 230	4.06

表 30.1-24 布肋对封闭式箱形结构刚度的影响

序号	模 型	模型体积		弯曲刚度( $x-x$ )		扭转刚度	
		cm <sup>3</sup>	相对值	N/mm	相对值	N·m/rad	相对值
1		1 077	1.0	3 700	1.0	2 490	1.0
2		1 220	1.13	4 290	1.16	3 580	1.44
3		1 220	1.13	4 390	1.18	3 970	1.59
4		1 220	1.13	5 160	1.40	4 470	1.80

续表 30.1-24

序号	模 型	模型体积		弯曲刚度( $x-x$ )		扭转刚度	
		cm <sup>3</sup>	相对值	N/mm	相对值	N·m/rad	相对值
5		1 148	1.06	3 790	1.02	3 300	1.33
6		1 146	1.06	3 840	1.03	3 640	1.46
7		1 148	1.06	3 860	1.04	4 680	1.88
8		1 236	1.15	4 120	1.11	4 150	1.67
9		1 236	1.15	4 210	1.13	5 020	2.02
10		1 278	1.19	4 220	1.14	左扭 4 570 右扭 5 010	1.84 2.02
11		1 278	1.19	4 370	1.18	5 460	2.20

从以上表中可以得知：在长边方向上设置纵向平行肋板可以有效地增加开式箱形结构的弯曲刚度，而与短边平行的横向肋板对结构的刚度影响不显著。对角肋板和侧板成 45° 时，对提高扭转刚度影响较大。无论肋板的数量和分布状态如何，开式结构改为闭式结构时，弯曲刚度平均可提高 60%，扭转刚度可提高 4.5~8.5 倍。箱形结构内部增设肋板对开式结构的刚度影响较大，而对闭式结构刚度的增加影响较小。

图 30.1-10 显示封闭箱形结构床身模型的 21 种布肋方式的技术经济效益，它是由柔度和材料体积，焊缝长度即焊接工作量及焊接成本所决定的。图中模型 13 的双对角肋的结构柔度最小，即刚度最大；而其他有些复杂的加强肋对提高结构刚度的作用不大。

图 30.1-11 中表示在封闭箱形结构床身模型中采用 21 种布肋方式，将其柔度和材料体积的乘积及柔度和焊缝长度的乘积作为表示其综合技术经济效益的指标，比较他们的相对值，柔度最小，所用材料最少，焊缝长度最小的是最有效的肋板。图中显示序号 18 的横向肋板及序号 12 的对角肋板为好，而不加肋板的序号 0 结构是最经济的。

表 30.1-25 是用于底座设计的箱形结构模型

中各种布肋形式对刚度的影响及固有频率值。

#### 2.4.4 立柱结构中的肋板设置

立柱结构是一种立式的箱形结构，但立柱类机架在承受载荷的方式和位置方面有其特殊性。图 30.1-12 及图 30.1-13 为 7 种不同布肋方式的立柱模型和对立柱刚度的影响。

#### 2.5 箱体、机架联接结构设计

箱体或机架零件之间，以及和地基之间的联接方式大都是采用螺栓联接。联接结构刚度是机器总体刚度的重要组成部分，直接影响机器的使用性能和寿命。结构中联接环节增多（如整体改为组合结构），机架的刚度会降低。但另一方面，阻尼增加，使结构的动态稳定性得以提高。因此，联接结构刚度对机架的静刚度和动刚度都产生影响，在箱体、机架设计中不可忽视。以强度条件作为第一设计条件的应尽量提高其联接刚度。以刚度条件作为第一设计条件的机架（如精密机床）设计，在提高联结刚度时，要考虑阻尼条件的改变对机床振动稳定性的影响，图 30.1-14 中的联接结构设计是这方面一个很好例子。采用螺栓联接的拉杆装置把立柱和底座相联，通过调整预紧力来获得不同加工条件时，联结刚度和阻尼的良好匹配。

加强肋布置示意图	柔度百分数		材料百分数		焊缝长度百分数	
	模型		模型		模型	
	0	100	0	100	0	100
	9	98	9	114	9	136
	10	93	10	129	10	171
	14	92	14	116	14	139
	18	92	18	107	18	121
	6	89	6	120	6	155
	19	88	19	114	19	143
	15	86	15	132	15	185
	16	85	16	123	16	168
	1	83	1	133	1	177
	5	82	5	126	5	173
	17	80	17	139	17	214
	3	79	3	129	3	192
	12	78	12	132	12	146
	4	78	4	136	4	179
	7	78	7	140	7	223
	2	77	2	140	2	177
	8	77	8	148	8	246
	11	70	11	140	11	177
	20	69	20	155	20	214
	13	54	13	164	13	218

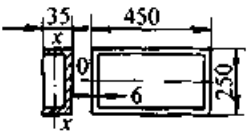
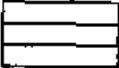








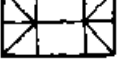

超星浏览器提醒您：  
使用本复制品  
请尊重相关知识产权！

图 30.1-10 加强肋形式与结构柔度、材料体积和焊缝长度的关系

加强肋布置示意图	柔度 × 体积		柔度 × 焊缝长度	
	模型	体积值 / %	模型	焊缝长度 / %
	10	120	180	
	8	114	189	
	15	133.7	160	
	9	112.3		133
	17	111.4	171	
	1	111	148	
	13	110.5	147	
	7	109.4	187	
	2	108.4		137
	14	107.4		129
	6	107		137
	20	106	150	
	4	106		139
	16	105	143	
	5	103.7	142	
	12	103.5		113
	3	101.6	152	
		101		126
	0	100		100
	18	99		112
	11	98.4		124

图 30.1-11 各种床身加强肋的技术经济效益比较

表 30.1-25 布肋对底座刚度的影响

序号	肋板布置	扭转 (0-0 轴)			弯曲 (x-x 轴)		
		相对抗扭刚度	单位质量相对抗扭刚度	固有频率 / Hz	相对抗扭刚度	单位质量相对抗扭刚度	固有频率 / Hz
1		1	1	168	1	1	422
2		1.2	1.1	177	1.4	1.3	742
3		1.4	1.2	188	1.1	0.9	530
4		1.3	1.2	191	1.4	1.2	642
5		2.6	2.1	231	1.6	1.3	680
6		1.5	1.5	192	1.1	1.1	405
7		7.8	6.6	409	1.1	0.9	645
8		12.3	8.8	513	1.3	0.9	580
9		6.3	4.5	367	2.2	1.6	800
10		8.7	6.3	429	2.2	1.6	748
11		6.9	4.8	360	1.5	1.1	633
12		3.6	2.9	276	2.2	1.8	459

续表 30.1-25

序号	肋板布置	扭转 (0-0 轴)			弯曲 (y-y 轴)		
		相对抗扭刚度	单位质量相对抗扭刚度	固有频率/Hz	相对抗扭刚度	单位质量相对抗扭刚度	固有频率/Hz
13		22	14	571	4.0	2.5	880
14		61.1	35.5	>640	3.4	2	491
15		92	47.5	1 160	6.1	3.2	995

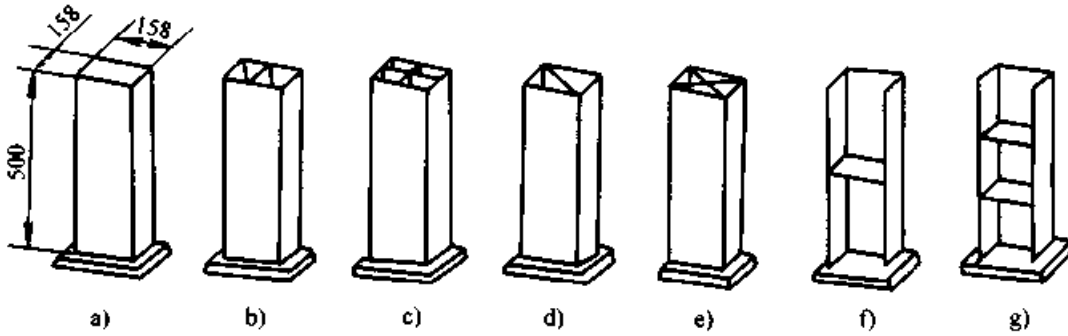


图 30.1-12 立柱模型的肋板布置

螺栓联接结构的刚度是由螺栓刚度、接触刚度及机架联接部位（如凸缘、法兰、地脚板等）的刚度确定，如图 30.1-15 所示。

综合大量的研究资料，影响螺栓联接结构刚度的主要因素如表 30.1-26 所示。

表 30.1-26 影响螺栓联接结构刚度的主要因素

分类	主要影响因素
作用载荷	载荷的大小和类别
联接部位	联接法兰、凸缘、地脚板、底板的厚度、材料、形状，是否采用壁龛式结构，是否加肋
接触面	接触面积及形状，加工方法，表面粗糙度，平面度，有无杂物
螺栓	螺栓预紧力，螺栓数量，排列位置，螺栓直径和长度，螺纹精度，材料
其他	有无锥销及导向键

2.5.1 联接部位结构设计

提高联接部位结构刚度的方法有：适当增加

联接法兰、底板、地脚板、凸缘的厚度，或在螺栓孔周围局部加厚，以及增设肋板和采用壁龛式结构等。应该注意的是联接厚度的增大过多，使螺栓的长度增加，反而降低了联接刚度。图 30.1-16 中介绍了一些箱体或机架联接部位的结构形式供设计者参考。

图 30.1-16 中，图 a 为常见的最简单形式—加厚底板；图 b 和图 c 结构是在螺栓周围局部加厚，联接部位能够承受较大的弯矩和扭矩作用；图 d 是采用钢管和型钢在螺栓孔周围构成封闭的箱形结构来提高其结构刚度；图 e 和图 f 是将联接部位设计成壁龛式结构，使螺栓孔移近壁板，或者是其中心线和壁板中心重合，改善了螺栓及凸缘和壁板相交处的受力状态，提高了联接部位的刚度和强度，用于受力复杂的机架；图 g 和图 h 结构是用增设肋板来提高刚度。

2.5.2 提高联接部位的接触刚度

螺栓联接表面的接触刚度计算是根据实验确

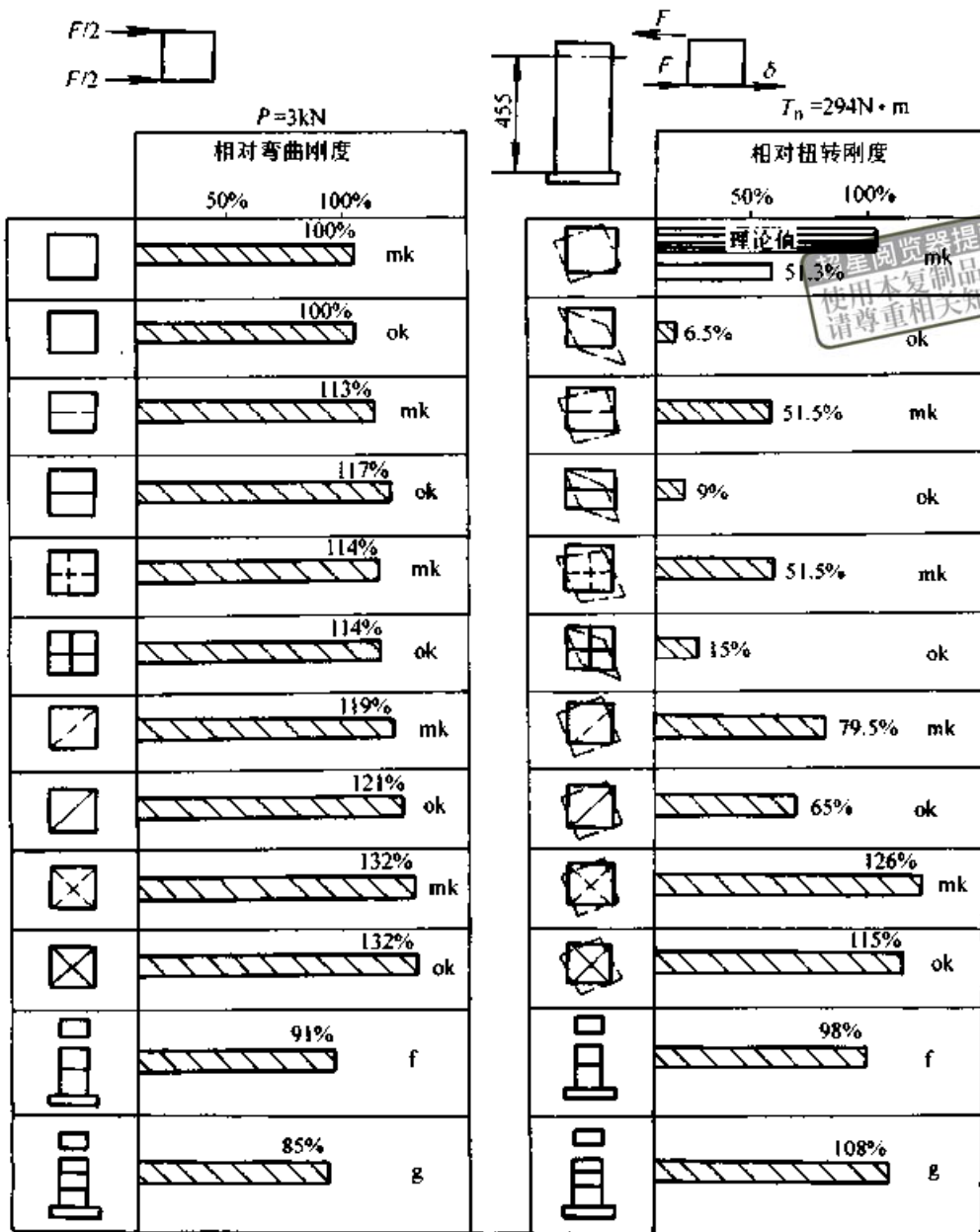


图 30.1-13 各种肋和顶板对立柱刚度的影响  
mk—有顶板 ok—无顶板 f、g—见图 30.1-12f、g

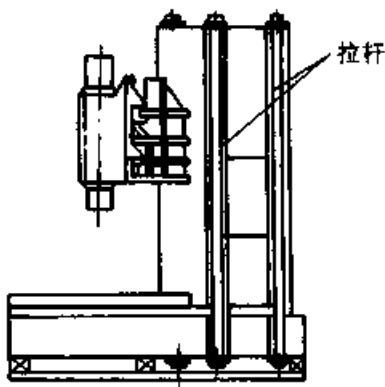


图 30.1-14  $\phi 1600$  mm 单柱立式车床拉杆装置

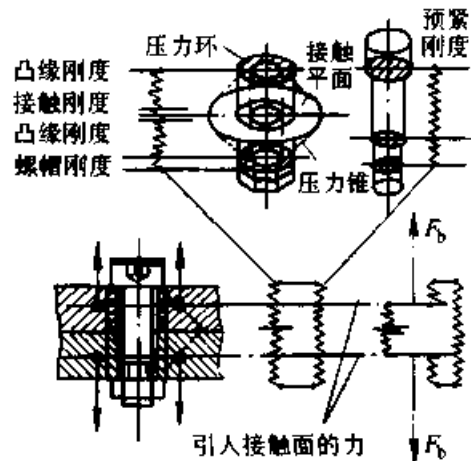


图 30.1-15 螺栓联接刚度机理

定的。如图 30.1-17, 接触面上的位移与载荷成指数函数关系, 设位移为  $\lambda \mu\text{m}$ , 接触面压力为  $p \text{ MPa}$ , 则下式成立

$$\lambda = cp^m$$

式中  $c$  和  $m$  为与接触面表面几何形状、表面粗糙度及加工方法、材料有关的常数。经过切削加工的表面取  $c=0.9$ ; 经磨削加工的表面取  $c=0.06\sim 0.13$ ; 经过光整加工如抛光、珩磨、刮研的表面取  $c=0.02$ 。对于钢和铁的零件表面取  $m=0.5$ 。为了提高接触刚度, 从以上公式中

可以得出以下方法:

① 改善接触面的表面粗糙度, 对于箱体及机架中的重要接触面其  $Ra$  值一般不大于  $3.2 \mu\text{m}$ ;

② 提高接触面的平面度, 增大有效接触面积, 使接触面的单位面积的平均压力  $p$  减小。接触面在  $25 \times 25 \text{ mm}^2$  范围内的接触点不少于 4~8 个;

③ 为了保证确定的接触刚度, 接触面的面压力  $p$  不应小于  $(1.5\sim 2) \times \text{MPa}$ , 这个数值由螺栓的预紧力确定, 螺栓预紧力必须大于所受的外力。

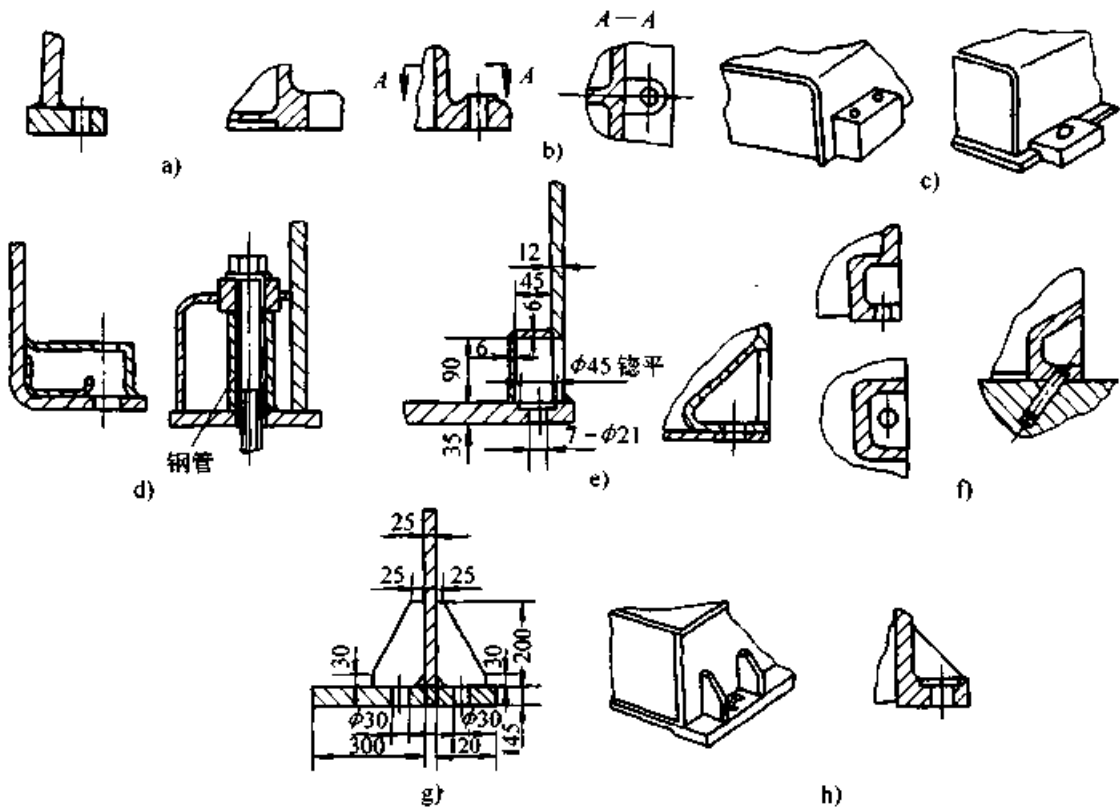


图 30.1-16 提高联接部位刚度的结构形式举例

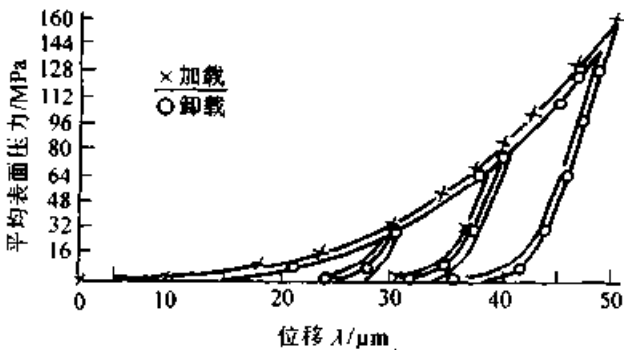


图 30.1-17 联接面的位移—载荷特性

### 2.5.3 联接螺栓的刚度设计

1) 联接螺栓刚度 ( $\text{N/m}$ ) 计算可按式:

$$K = \frac{\pi d^2 E}{4l}$$

式中  $d$  —— 螺栓的公称直径 ( $\text{m}$ );

$l$  —— 螺栓工作长度 ( $\text{m}$ );

$E$  —— 螺栓材料的弹性模量 ( $\text{MPa}$ )。

2) 联接螺栓的排列和数量 如图 30.1-18, 在联接螺栓的截面面积不变的情况下, 采用数量较多直径较小的螺栓联接方式比数量少而直径大的刚度好, 这是确定螺栓数量的方法。图 30.1-19 及图 30.1-20 中试验曲线和数据说明: 螺栓的数量愈多, 刚度愈高; 均布排列比不均布排列刚度高; 螺栓排列全部集中于受力较大一侧 (如图 30.1-19 中 M, N 那样极端的排列状态) 刚度也不会提高。

3) 从凸缘刚度和螺栓刚度的合理匹配, 以凸



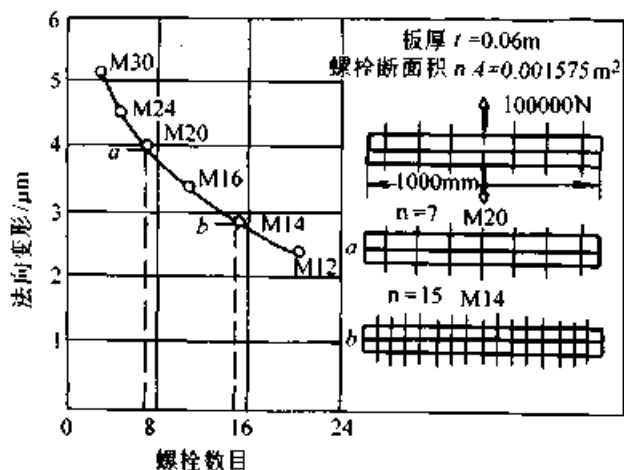


图 30.1-18 螺栓数量及大小对联接刚度的影响  
缘厚度确定螺栓孔直径 图 30.1-21 为联接结构

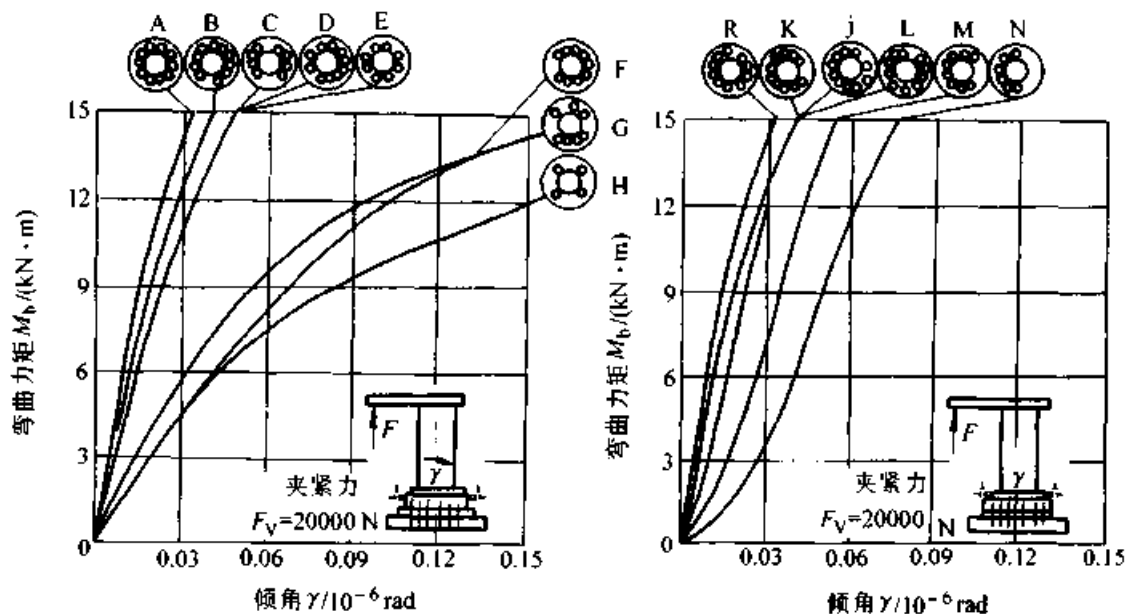


图 30.1-19 螺栓的排列方法和数量对变形的影响

动刚度是衡量机器抗振能力的常用指标,在数值上等于单位振幅所需的动态力(N/mm),即

$$K_D = \frac{F}{A}$$

为了研究问题方便,我们采用单自由度振动系统动刚度的表达式,来定性分析影响动刚度的各种因素。单自由度振动系统受简谐力激振时的动刚度可用下式表示:

$$K_D = \frac{F}{A} = K \sqrt{\left(1 - \frac{\omega^2}{\omega_n^2}\right)^2 + \left(2\xi \frac{\omega}{\omega_n}\right)^2}$$

式中  $F$  —— 激振力幅值(N);

$A$  —— 振幅(mm);

$K$  —— 系统的静刚度(N/mm);

中常见的凸缘结构,从试验曲线中得知,当螺栓孔径和凸缘厚度之比为 1.0~1.2 时,联接结构的刚度较好。因此,可确定螺栓直径  $d = (1.0 \sim 1.2)t$ 。 $t$  为凸缘厚度。

## 2.6 抗振结构设计

机器是一个弹性系统,在一定的条件下受到交变激振力的作用而产生振动,从而影响机器的工作精度和使用寿命。箱体及机架是机器的重要组成部分,其抗振性如何,直接影响整个机器的振动稳定性。提高结构抗振性的关键是提高结构的动刚度,抗振结构设计的核心就是如何设计出动刚度较高的结构。

$\omega$  —— 激振力的角频率(rad);

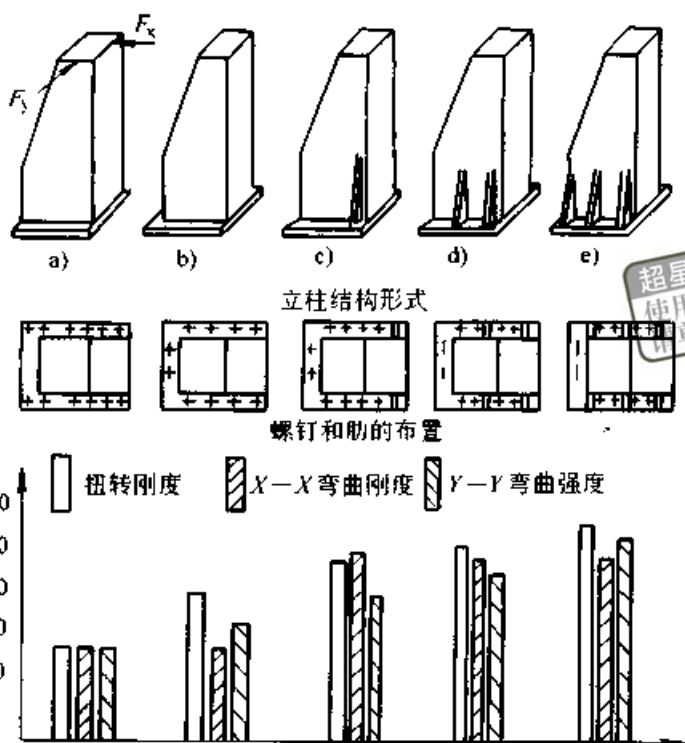
$\omega_n$  —— 系统的固有角频率(rad);

$\xi$  —— 系统的阻尼比;

其中  $\omega_n = 2\pi f_n, f_n = \frac{\omega_n}{2\pi} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{K}{m}}$

$f_n$  —— 系统的固有频率(Hz)。

从以上的关系式中可以得出提高结构动刚度的措施是:提高静刚度,提高固有频率,增加弹性系统的阻尼比。提高静刚度的方法是合理设计箱体及机架的截面形状和宽高比,合理设置肋条和肋板,注意提高联接刚度等。请参看本章前几节内容。



超星浏览器提醒您：  
使用本复制品  
请尊重相关知识产权！

图 30.1-20 螺钉和三角肋排列对联接刚度的影响

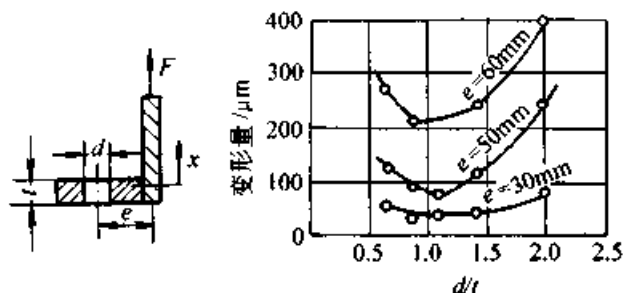


图 30.1-21 螺孔直径和凸缘厚度之间的关系

2.6.1 提高固有频率

从上面的公式中得知,为提高箱体及机架的动刚度,必须避免  $\frac{\omega}{\omega_n}$  的比值等于或接近于 1。而每一种机器的工作特性决定了这种机器的激振频率范围,不易改变;当设计具有低固有频率的机架时,在机器起动或停车时,激振力必然在低频区产生共振而破坏了结构的振动稳定性;因此,避免产生共振的最好方法之一就是提高其的固有频率,使其在远离固有频率的较低频区工作。

从式  $f_n = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{K}{m}}$  中可以确定,提高固有频率的主要方法是在提高静刚度的同时,尽量减小箱体及机架的质量,就是减小壁厚。

1) 用焊接结构代替铸造结构 铸造结构的壁厚受最小壁厚的限制,加上铸造工艺及铸造胀箱的影响,使箱体及机架实际壁厚一般均超过设

计壁厚。在其他条件相同时,钢结构的固有频率比铸铁结构的固有频率高 41% ~ 58%。统计数据显示,同样性能和结构的焊接机架比铸钢机架轻 10% ~ 15%,比铸铁结构轻 20% ~ 25%。图 30.1-22 说明将铸铁结构简单地改为焊接机架后可使其工作频区扩大 58%。

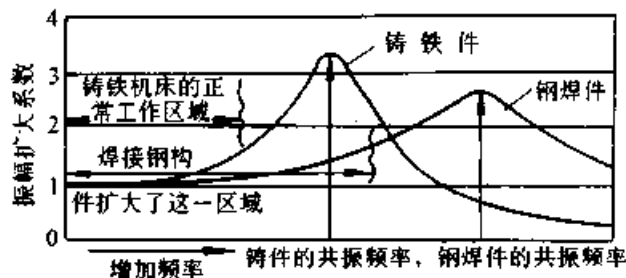


图 30.1-22 钢件和铸铁件的工作频区

2) 采用薄壁和肋代替箱体或的厚大部分(在保证强度的条件下)来减轻质量,提高动刚度 在表 30.1-19 中,V形柴油机机体的设计就是将机体轴承座下的厚大壁厚改为肋板支承,减轻机体质量,提高动刚度。图 30.1-23 为合理设计肋板使立式铣床床身扭振振幅减小的例子。表 30.1-27 是为提高固有频率所进行的肋板、肋条设计举例。在图 30.1-23 中,图 a 为工作台上作用有激振力  $F$  时所产生的扭振振型,  $\theta$  为工作台和升降台相对立铣头的转角。主要的薄弱的环节是床身与升降台连接的导轨附近的肋板的扭转和弯曲变

形(如图 b)。重新设计肋板如图 d、e,使肋板主要承受拉、压而较少地承受扭、弯作用。改进后的铣

床,扭转振型的振幅可降为原结构的 1/3 左右。

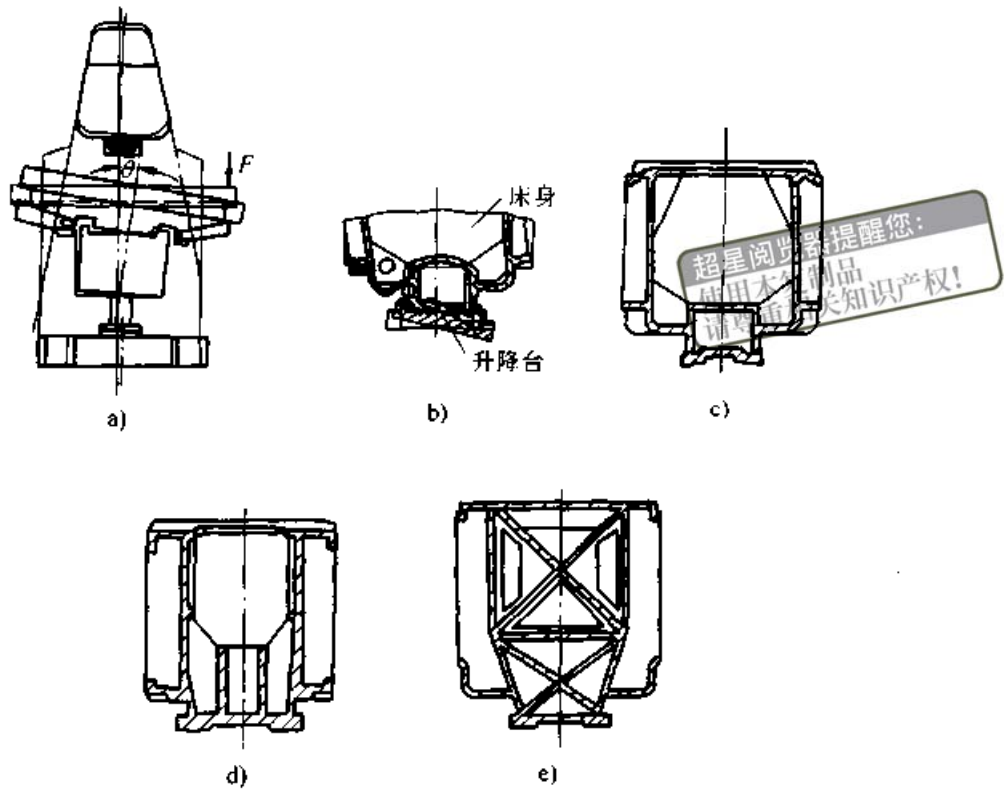


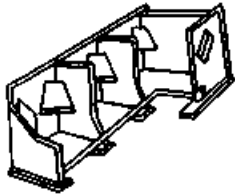
图 30.1-23 升降台立式铣床出现扭转振型时的薄弱环节及提高其动刚度的措施

- a) 立式铣床的扭转振型; b) 振动时床身在导轨处的肋板变形情况;
- c) 床身原结构; d) 床身改进结构之一; e) 床身改进结构之二

表 30.1-27 提高箱体、机架固有频率的肋板肋条设计举例

项目	简 图	说 明
常见肋条型式		<p>在壁板上设肋条是防止薄壁振动的有效方法,肋条设置的原则是:形心距要小,截面惯性矩要大</p> <p>前六种肋条设计中图 f 动刚度最好,图 e 静刚度最好</p> <p>最好采用后四种轻型型钢和波形板做肋条,用于抗振性能好的机架设计中</p>
肋板和肋条		<p>结构 a) 的隔板挖空减小质量;结构 b) 的隔板加贴边,提高静刚度;结构 c)、d) 中为减轻质量分别采用壁厚减薄加对角肋,采用空心封闭截面。e) 和 f) 为壁板加人字肋或波形板提高固有频率</p>

续表 30.1-27

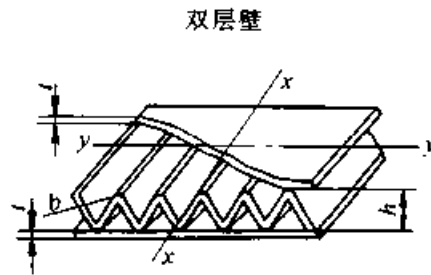
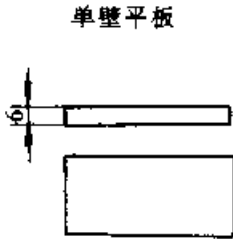
项目	简 图	说 明
斜置梯形肋板		<p>卧式床身设计中,为减小质量,提高固有频率,采用薄壁加肋板的结构。</p> <p>采用斜置梯形肋,结构简单,成本低,效果好,适用于高度尺寸较小的箱体或机架</p>

3) 采用双壁结构 双壁结构质量小, 静刚度和固有频率高, 常常用于飞机设计和重型铣镗床的立柱设计。双壁结构和单壁结构的对比如表 30.1-28 所示。从表中可以看出, 固有频率可提高 2~5 倍。图 30.1-24 为超重型铣镗床立柱双壁结构简图及振动特性曲线。该件总质量 80 t,

比原铸件少 30 t, 采用波形板做夹层, 质量轻, 抗振性能好; 波形板之间采用 U 形吸振接头进行焊接, 增大构件的阻尼, 动态测试表明其高次谐振频率大于 70 Hz, 高于铣刀工作频率 26~66 Hz 范围。从振动特性曲线中看出: 双壁焊接立柱的振幅比单壁铸铁立柱振幅低。

表 30.1-28 不同尺寸双层壁与单壁平板的静刚度和固有频率的对比

壁 的 尺 寸			扭 转			弯 曲					
			相对刚度	单位质量相对刚度	固有频率 $f_0/\text{Hz}$	相对刚度		单位质量相对刚度		固有频率 $f_0/\text{Hz}$	
						$x-x$	$y-y$	$x-x$	$y-y$		
单层平板	$t = 6 \text{ mm}$		1	1	84	1	1	1	1	148	
双层壁	$t = 3 \text{ mm}$ $b = 1 \text{ mm}$	$h/\text{mm}$	20	18	15	300	8.6	27	7.2	23	366
			30	25	20	362	13	41	10	33	425
			40	29	23	318	13	62	10	50	340
			50	34	25	383	14	136	10	102	419
	$h = 40 \text{ mm}$ $b = 1 \text{ mm}$	$t/\text{mm}$	1		16	389	7.0	26	3.2	12	
			2	25	25	405	12	36	11	36	488
			3	29	23	318	13	62	10	50	340
			4	37	23	373	16	65	9.9	40	401
	$h = 40 \text{ mm}$ $t = 3 \text{ mm}$	$b/\text{mm}$	0.5	5.2	4.9	168	2.7	32	2.4	29	200
			1	29	23	318	13	62	10	50	340
2			67	43	520	43	179	20	116	705	



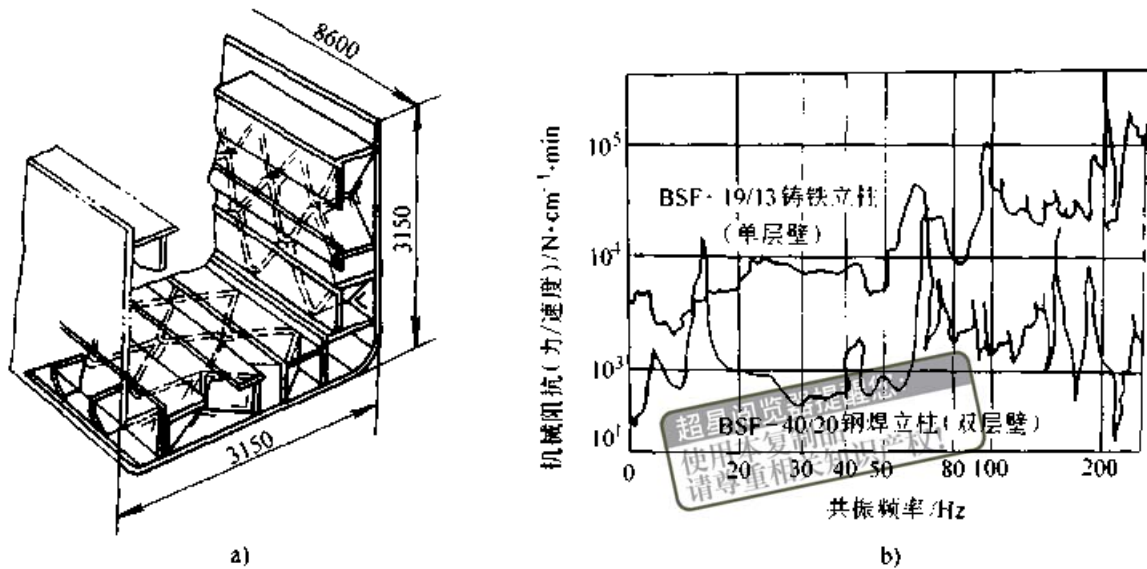


图 30.1-24 BSF40/26A 重型铣镗床双层壁立柱及其振动特性曲线

a) 立柱结构; b) 振动特性曲线

2.6.2 增加结构阻尼

阻尼是决定箱体或机架振动和颤振时振幅大小的主要因素。阻尼力虽小，但对动刚度的影响很大。试验表明，在压力作用下接触表面的微小的相对摩擦所产生的阻尼作用，可以消耗振动能量而使振幅衰减。灰铸铁的阻尼值高于钢就是由于灰铸铁片状石墨所产生的内摩擦阻尼所致。钢制箱体或机架增加阻尼的办法就是采用焊接结构。图 30.1-25 中 a 是灰铸铁，b 是钢板，c 是

不相接触的两块钢板，d 是通过四点点焊使 e 结构的两块钢块构成结合面连接起来，已是将两块板周边环形塞焊焊在一起。从振幅衰减曲线对比得出：使用环焊缝将两块钢块贴合很好的 e 结构阻尼比是灰铸铁的 30 多倍，说明合理设计焊接结构可以弥补钢材自身吸振能力差的弱点；比较 a 和 b 结构说明灰铸铁的减振能力优于钢；点焊而成的 d 结构也达到了灰铸铁的减振能力。

以上试验说明，在动态激振力作用下，结构

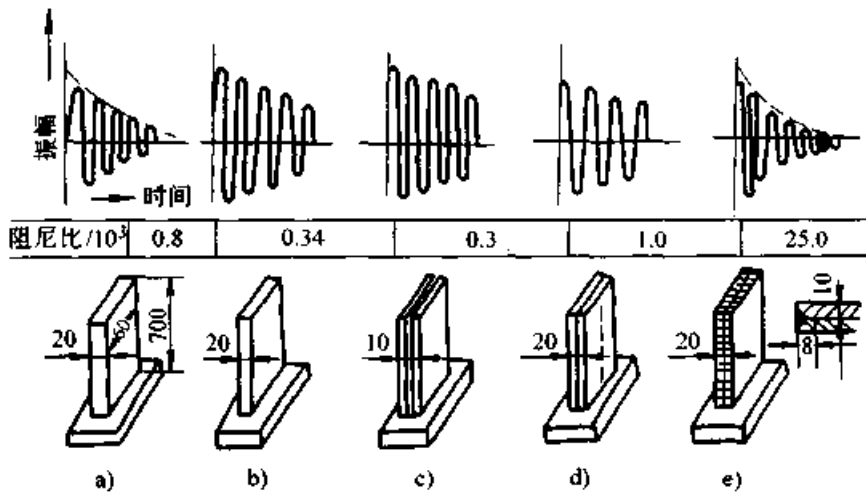


图 30.1-25 材料阻尼和结构阻尼比较 (弯曲振动, 振幅  $A \leq 50 \mu\text{m}$ )

的减振能力是由于接触的两部分的相对运动产生摩擦而消耗能量造成的。接触面积越大，接触面间的压力越大，其阻尼越大。试验也说明焊缝结构和接头型式直接影响结构的抗振性能。

1) 适当采用断续焊缝和吸振接头可以提高

结构抗振性。从图 30.1-25 中的点焊而成的 d 结构可以说明断续焊缝的阻尼作用。从表 30.1-29 中可以看出断续焊缝的振幅衰减较快，减振能力强，静刚度较低。这是由于在焊缝中断处，未焊的两个构件平面之间产生了摩擦而形成阻尼作用

的结果。因此，在焊接结构中，壁板和肋之间，肋和肋之间的角焊缝，在强度允许的情况下，对

整体刚度影响不大时，可以考虑采用断续焊缝来增强焊件的抗振能力。

表 30.1-29 断续焊缝和连续焊缝减振能力和刚度比较

No	填角焊接/mm		静刚度 $N \cdot \mu m^{-1}$	固有频率/Hz	振幅 60 $\mu m$ 以下的 平均振幅下降/mm	
	焊接全长 a/c	厚度/mm				
1	单侧焊接	880/620	4	28.4	175	$14.5 \times 10^{-3}$
2	单侧焊接	1 080/420	4	30.8	183	$2.18 \times 10^{-3}$
3	单侧焊接	1 280/220	4	32.8	190	$2.06 \times 10^{-3}$
4	单侧焊接	1 500/0	4	33.0	196	$1.985 \times 10^{-3}$
5	单侧焊接	1 500/0	4.5	38.5	196	
6	单侧焊接	1 500/0	5.5	35.0	201	$1.77 \times 10^{-3}$
7	两侧焊接	1 500/0	5.5	35.8	210	$1.54 \times 10^{-3}$

角焊缝的 T 形接头具有一定的减振能力，其减振机理是：在未焊透的结合面上，由于焊缝的冷却收缩而产生一定的接触压应力；结构受力时，该处能产生微小的相对位移而形成摩擦机制，从而产生了阻尼作用。

T 形接头的减振能力和接头形式、接头尺寸及结合面的性质有关。图 30.1-26 为一般 T 形接头减振能力的比较，图 30.1-27 为镶嵌 T 形接头减振能力的比较；其减振能力是用对数衰减率： $\delta = \lg \frac{A_n}{A_{n+1}}$  表示（ $A_n$  为振幅）。 $\delta$  是表示阻尼性能的重要指标。

从图 30.1-26 中的对数衰减率的差别中可以比较它们的减振能力：单面角焊缝比双面角焊缝好，单面坡口焊缝比双面坡口焊缝好，不完全焊透比完全焊透好。从图 30.1-27 中可以看出：腹板嵌入的 T 形接头，嵌入愈浅比嵌入深度大的好；因为嵌入愈深，二构件在焊前的预紧力愈大，冷却后相对运动的可能性愈小，阻尼愈小，其减振能力愈差。另外，双面角焊缝接头的减振能力不一定比腹板嵌入的 T 形接头差。重型镗铣床立柱采用角焊缝和单面破口焊缝增大阻尼，通过多年使用表明，这种焊接立柱的减振能力很好。

U 形接头的减振原理和角焊缝的 T 形接头相似，见图 30.1-28。U 形减振接头是将结合面

磨成平面。采用塞焊时不能焊透结合面。平板的厚度要大于 U 形肋板的厚度。焊后，结合面处产生较大的压力而增加阻尼。

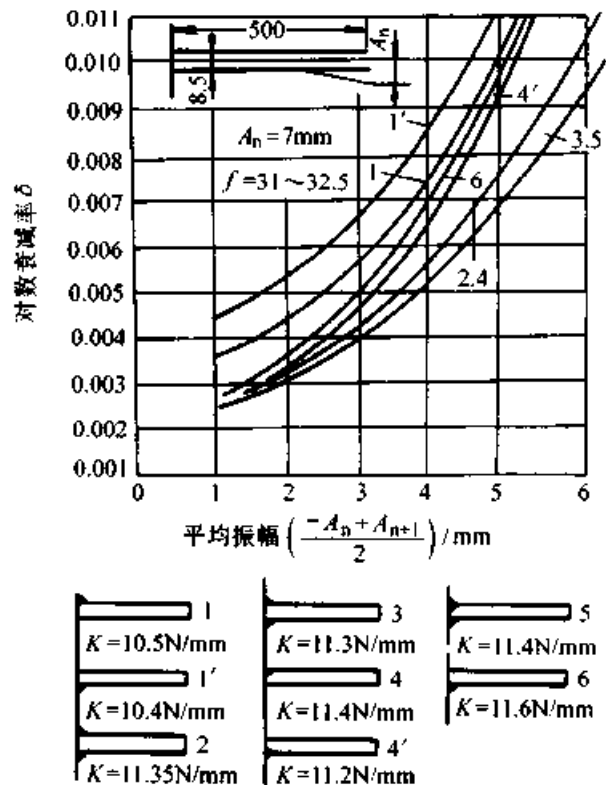


图 30.1-26 一般 T 形接头减振能力比较  
K—弯曲刚度

图 30.1-29 为高速内圆磨床焊接床身结构简图，其砂轮转速为 5 000 ~ 100 000 r/min，工件

转数为 500~1 200 r/min。为了使机床床身具有较高的动刚度，床身设计时，采用三块 U 形板（具有良好的缓冲和减振能力）形成的 4 个 U 形减振接头⑦和三个塞焊接头的减振接头⑥；整台床身考虑到受力较小的特点，除外表焊缝①②采用连续焊缝外，其余内部焊缝③④⑤为断续焊缝，增加了阻尼，减振能力很强，该结构充分的利用断续焊缝，减振接头的阻尼作用来提高床身的动刚度。该床身的设计中还选择封闭的箱形截面，选用薄壁钢板焊接，提高了机床静刚度，减轻了床身质量，提高固有频率。实验表明，磨床转数达到上限时的振幅很小。当转数为 180 000 时，原铸造结构床身的振幅比这台焊接床身的振幅大 200 多倍。

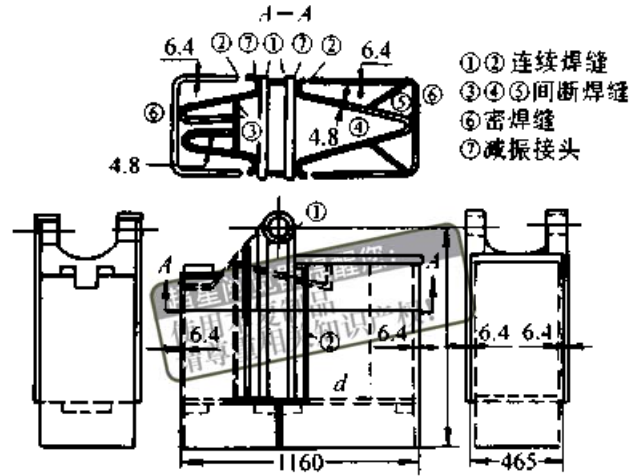


图 30.1.29 Bryant 高速内圆磨床焊接床身

2) 焊接结构内部充填混凝土。铸造结构内部保留型芯等方法增加阻尼，提高机架动刚度。有资料表明：混凝土的阻尼 5 倍于铸铁，15 倍于钢。图 30.1.30 表明在镗床立柱的模型试验中，充填混凝土结构的共振振幅是空心结构的 1/3，是铸铁件的 1/2。

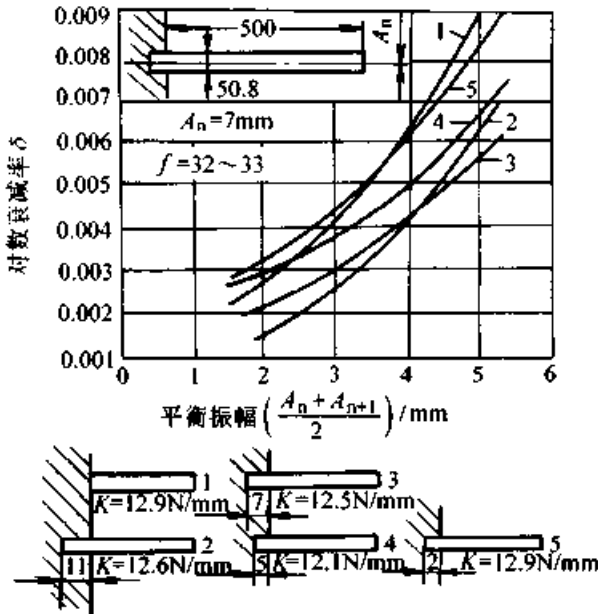


图 30.1.27 镶嵌 T 形接头减振能力比较

K—弯曲刚度

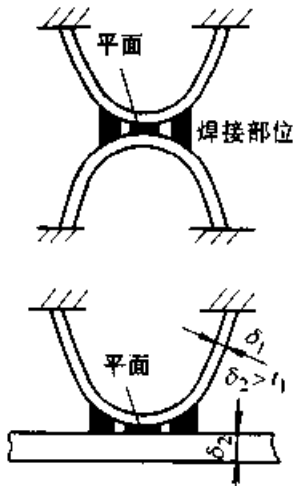


图 30.1.28 U 形减振接头

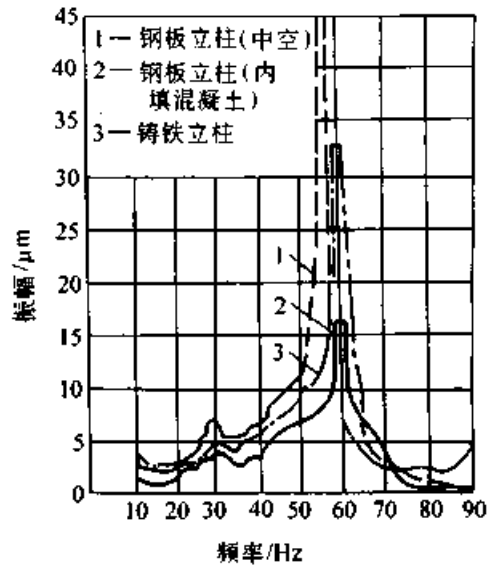


图 30.1.30 钢、铸铁、混凝土立柱振动特性的比较

图 30.1.31 是在车床铸造床身中保留型芯来增加阻尼，提高机架抗振能力的例子。图 30.1.32 为数控车床床身和底座简图，底座为钢板-混凝土结构，内部有钢筋支撑如图 b 所示；床身为封闭的箱形结构，保留型芯以增加阻尼。类似的结构已用于加工中心，数控车床等高精度机床。

3) 选用内阻尼较大的材料制造箱体、机架。前面已经提到的以混凝土作为充填材料来增加阻

尼。作为机架材料，混凝土必须具备足够的抗拉、抗压、抗弯强度，与钢和铸铁相比，混凝土的弹性模量只有它们的1/100~1/10。为了克服其脆性，把短纤维材料均匀地混合在混凝土中，称为纤维增强混凝土。为了消除混凝土变干后的收缩现象，在混凝土结构中也可加入不同截面的

钢筋或采用预应力混凝土。混凝土结构适用于受压均匀，截面积大，减振性要求高的结构，但必须解决水、水泥、砂粒比例等诸多问题。图30.1-33为预应力钢筋混凝土液压机机架，由于施加了预应力，使混凝土在受压状态下工作，具有一定地承受动载作用的能力。

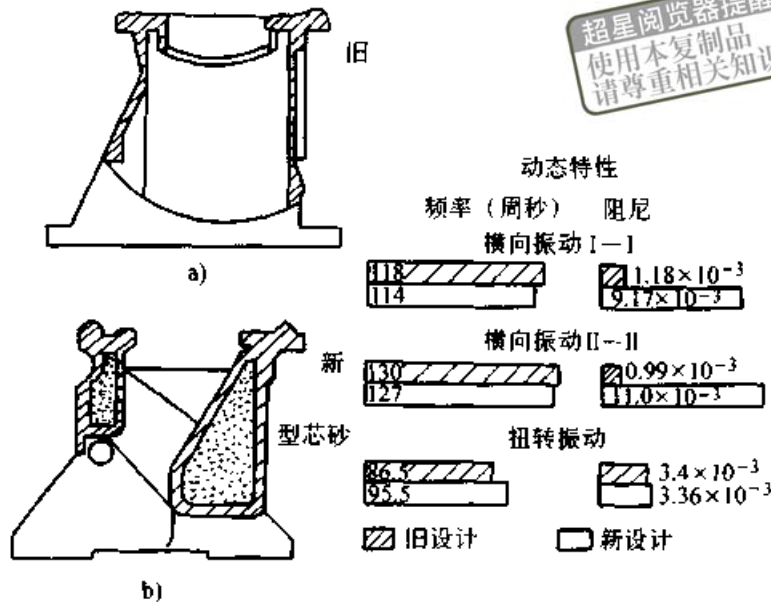


图 30.1-31 车床床身抗振性能的提高

a) 原设计结构; b) 改进后保留型芯的结构

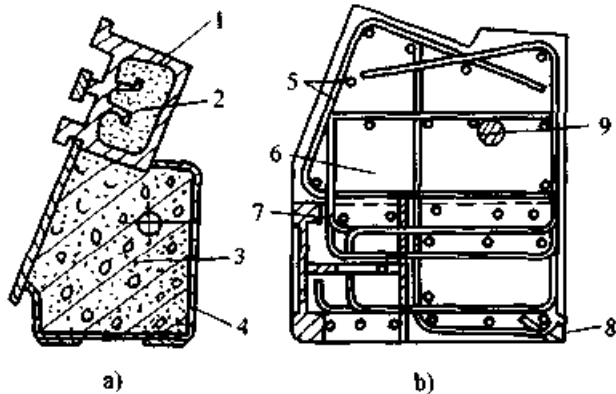


图 30.1-32 数控车床床身和底座

1—床身; 2—泥芯; 3—混凝土; 4—底座; 5—钢筋  
6—混凝土; 7—齿轮箱接合板; 8—护角; 9—起吊轴

对于弯曲振动的薄壁结构，在其表面喷涂一层具有高内阻尼的粘滞性材料，如沥青基制成的胶泥减振剂、高分子聚合物和油漆腻子等、或采用石墨纤维的约束带和内阻尼高、剪切模量极低的压敏式阻尼胶等。武汉重型机床厂生产的16m立式车床，对横梁、立柱采用局部附加约束处理（粘结阻尼剂）使结构阻尼大为增加。近年来还采用环氧树脂粘结的机架结构，其抗振性超过

铸造和焊接结构。对于联接刚度要求较低的箱体、机架，为了提高抗振性，也可以采用较粗糙的结合面或在结合面上垫以弹性材料来增加阻尼。

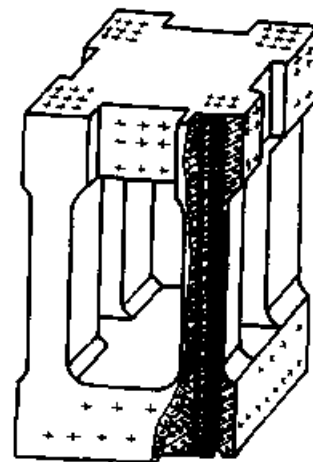


图 30.1-33 预应力钢筋混凝土液压机机架

在焊接结构中，采用减振合金和减振钢板做为箱体、机架材料。典型的减振合金有铁素体不锈钢，锰铜合金等，它们的特点见表30.1-30。

表中几种材料的内阻尼按减振钢板，锰铜合金，铁素体不锈钢的顺序减小，这些合金存在着

超星浏览器提醒您：  
使用本复制品  
请尊重相关知识产权！



机械强度不高，加工时容易变形等缺点，应用受到一定限制。减振钢板系层状结构，内部夹有很薄的塑料薄膜，焊接时容易产生气化。但是，用它们制作不承受大载荷的齿轮箱盖及用于易产生噪声的部位时，效果很好。

表 30.1-30 金属减振材料比较

项 目	铁素体不 锈钢	锰钢合金	减振钢板
阻尼结构	强磁性型	双晶型	约束型阻 尼结构
减振性能 (对数衰 减率)	0.013	0.178	1.62
温度影响	小于 350℃时无 变化	大于 50℃时性 能下降	小于 200℃时，对 数衰减数因 限定温度不 同而有较大 变化
作为结构 材料存在 的问题	性能在 很大程 度上取 决于变 形幅度	性能随 时间而 变化， 时效前 后变形 敏感	树脂和钢 板之间的 粘接强度 受到一定 的限制

### 3 焊接箱体及焊接机架的焊接接头设计和电渣焊结构

#### 3.1 焊接箱体及焊接机架中焊接接头设计及焊角尺寸的确定

焊接接头是焊接结构中的基本要素，也是焊接结构的薄弱环节。焊接结构中的各构件在接头处尺寸发生变化，外形出现突变而产生应力集中及焊接缺陷。由于承载面积减小而产生断裂源，并引起焊接变形，出现残余应力。以上各点是焊接接头设计中必须考虑的问题。因此，焊接接头的设计必须根据箱体或机架的受力状态、结构和焊接工艺要求，同时必须参照国家标准进行。

焊接接头是由焊缝、熔合区、热影响区及母材构成，主要起连接和传力作用。就是把各构件连成一个整体和传递构件所承受的载荷。根据接头中焊缝承受载荷的能力以及在机器中的作用，把机器焊接结构中的焊缝分为三类。第一类焊缝是承受相关构件的全部载荷，焊缝如果断裂，结构就会失效——称为工作焊缝。第二类称为联系焊

缝，主要是在构件之间起到连接作用，传递很小一部分载荷，如果焊缝断裂，结构不会立即失效。第三类焊缝是既起到连接作用还承受部分载荷，是处于第一类和第二类焊缝的中间状态称为双重焊缝（有些资料把第三类焊缝亦称之为联系焊缝）。对于联系焊缝不必计算焊缝强度，对于工作焊缝必须计算焊缝强度，对于双重焊缝只计算承载应力。

#### 3.1.1 焊接箱体及焊接机架中的接头设计

焊接箱体及焊接机架中，焊接接头的基本形式有对接，角接，T形接（十字接）和搭接，塞焊接等。接头形式是根据机架结构和焊接生产工艺来确定。

##### (1) 对接接头

对接用于连接同一平面内的构件，和其他类型的接头形式相比其受力状态较好，应力集中程度较小，其坡口形式如图 30.1-34 所示。

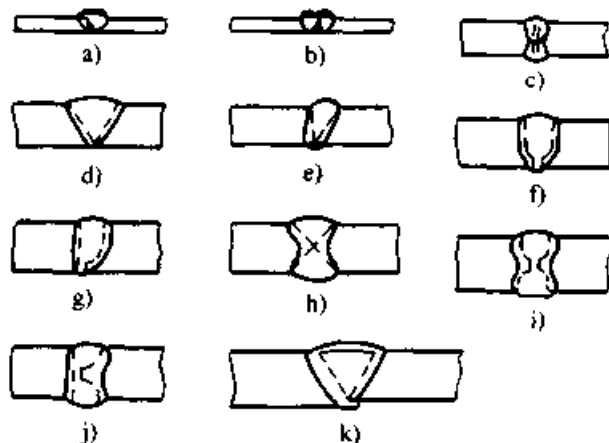


图 30.1-34 坡口对接焊接头举例

a) 单边卷边 b) 双边卷边 c) I形 d) V形  
e) 单边V形 f) 带钝边U形 g) 带钝边J形 h) 双V形  
i) 带钝边双U形 j) 带钝边双J形 k) 锁底接头  
对接接头的应力分布如图 30.1-35 所示。

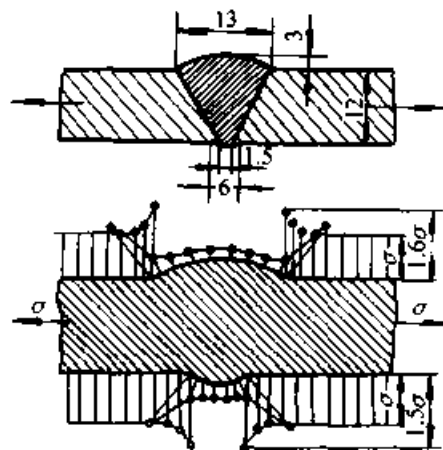


图 30.1-35 对接接头中的应力分布

对接接头的应力集中系数  $K_T$  的值主要由焊缝的增高量  $C$  (即焊缝外形有局部的增高尺寸, 亦称“余高”或加强高), 母材和焊缝之间的过渡半径  $r$ , 焊趾角  $\theta$  所确定, 如图 30.1-36 所示。从图中可以得出结论: 增高量  $C$  愈大, 过

渡半径  $r$  愈小时, 应力集中系数愈大, 强度降低。对横向对接焊板试样在  $2 \times 10^6$  周期交变载荷作用下所做实验结果表明, 当  $\theta$  在  $120^\circ \sim 150^\circ$  之间时其疲劳强度随  $\theta$  角的减小 (即增高量  $C$  的增大) 而减小, 如图 30.1-37 所示。

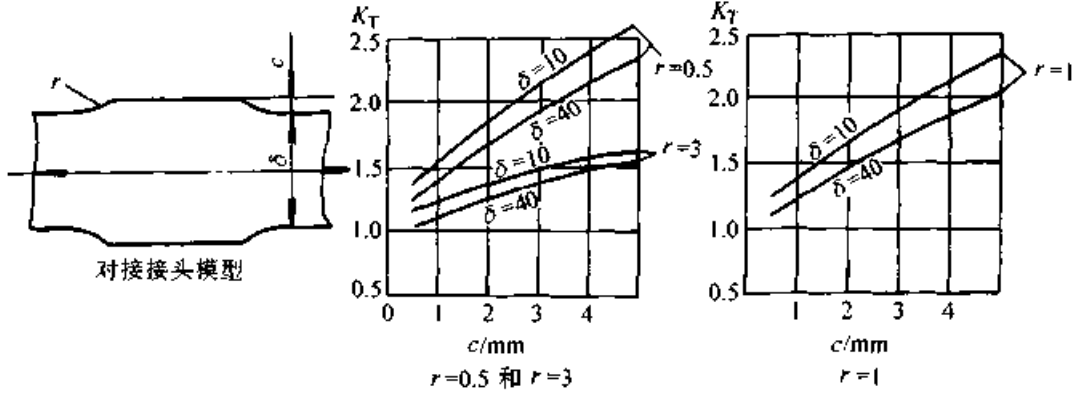


图 30.1-36 对接焊缝中增高量过渡半径对应力集中系数的影响

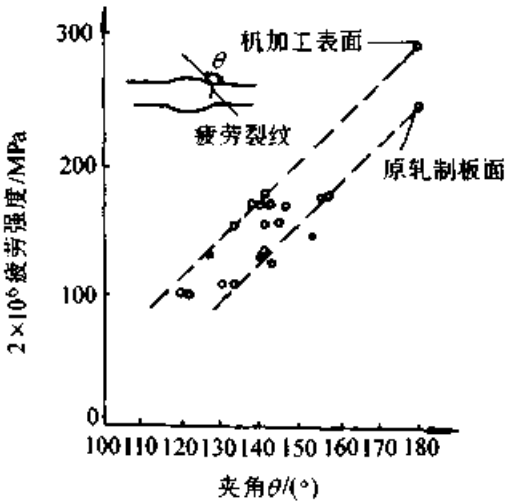


图 30.1-37 对接焊缝中夹角  $\theta$  对疲劳强度的影响

综上所述, 为提高焊接箱体及焊接机架的承载能力和疲劳强度, 应该对承受冲击载荷交变应力作用下重要部位的对接接头的增高量进行磨光处理, 减小高度尺寸; 对焊缝过渡区用砂轮磨光, 如图 30.1-38 所示。

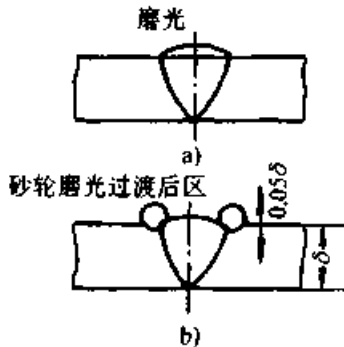


图 30.1-38 用砂轮磨光来提高对接焊缝的疲劳强度和承载能力

(2) 角接接头

箱体及机架中的角接接头如图 30.1-39 所示, 一般均承受弯矩作用。由于角接接头结构在焊根处应力集中较为严重, 容易从根部断裂。对于承受较大复杂动载荷的角接接头, 为改善焊缝的受力状态, 可将角接接头改为对接接头形式如图 30.1-40 所示。

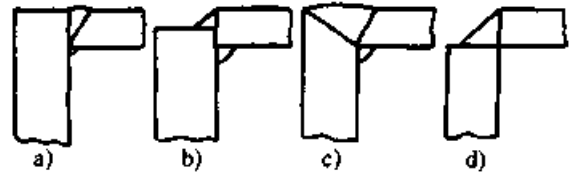


图 30.1-39 角接接头

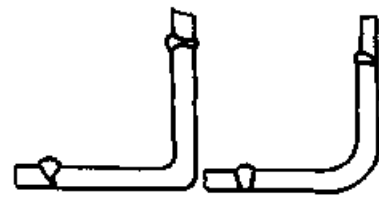


图 30.1-40 将角接改为对接的结构

(3) T形 (十字形) 接头

T形 (十字形) 接头是用角焊缝将相互垂直板材连接起来的接头形式, 机架结构中, 肋和肋以及肋和壁板之间常常采用不开坡口的角焊缝连接的 T形 (十字形) 接头。

箱体及机架结构中大量不开坡口角焊缝具有良好的阻尼作用。但在接头根部, 焊件之间的间隙使受力截面面积发生很大变化, 使根部和焊趾处产生严重的应力集中现象。图 30.1-41a 为未

开坡口的十字接头应力分布情况。由于不能焊透，根部的应力集中最严重，工作焊缝焊趾处的应力集中系数  $K_T$  随焊趾角  $\theta$  减小而减小，随焊脚尺寸  $K$  值的增大而减小，但联系焊缝的应力集中系数  $K_T$  却随焊脚尺寸  $K$  值的增加而增大。如图 30.1-42 及图 30.1-43 所示。为提高焊接接头的强度，改小  $\theta$  角使焊缝变得平坦一些，是实际结构中最常用的方法。图 30.1-41 中 b 图为带坡口的十字形接头的工作焊缝的应力分布，由于带坡口后可以焊透， $\theta$  角较小，所以应力集中已大为减小。

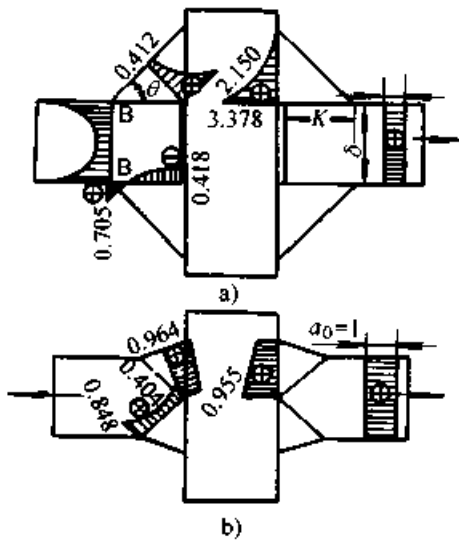


图 30.1-41 T 形（十字形）接头的工作应力分布

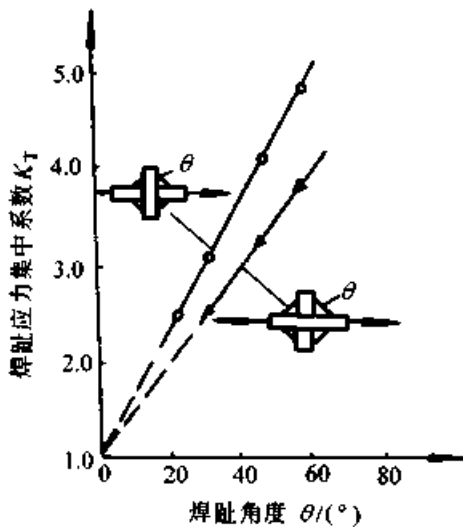


图 30.1-42 十字接头焊趾角度对焊趾应力集中的影响

图 30.1-44 及图 30.1-45 为未开坡口及开坡口焊透的两种钢材十字接头的疲劳强度曲线，实

线表示断裂于母材，虚线表示断裂于焊缝，可以看出，开坡口焊缝的疲劳强度大于未开坡口焊缝的疲劳强度，经机械加工后的焊缝其疲劳强度更高。T 形接头的受力状态和十字接头相似，但应力集中系数较小。

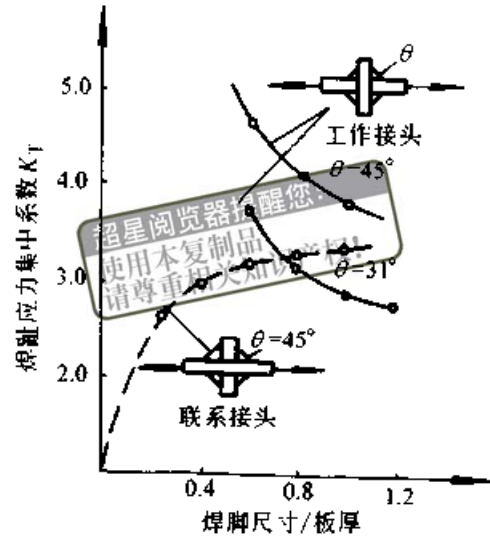


图 30.1-43 十字接头焊脚尺寸对焊趾应力集中的影响

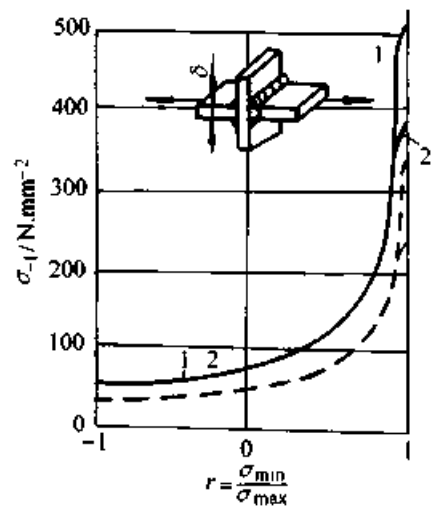


图 30.1-44 未开坡口的十字接头的疲劳强度  
1—低合金锰钢 2—低碳钢

因此，承受动载的焊接箱体、焊接机架中，重要的 T 形和十字形接头应采用完全焊透的 V 形坡口单面焊，焊后清根焊满，也可以采用 K 形及 J 形坡口。

在十字接头中（如图 30.1-46a）垂直方向的板材承受轴向力，在未焊透的焊缝处产生严重的应力集中；而联系焊缝的应力集中系数低于工

作焊缝的应力集中系数 (如图 30.1-43), 也为防止层状撕裂, 可将工作焊缝改为联系焊缝使水平板的受力状态得以改善, 如图 30.1-46b。两个方向均受力的十字接头, 为改善受力状态, 可在交叉处焊接一联接件, 联接件可采用型材, 锻件或机械加工制成, 将十字接头或 T 形接头改为对接接头, 如图 30.1-47 所示。

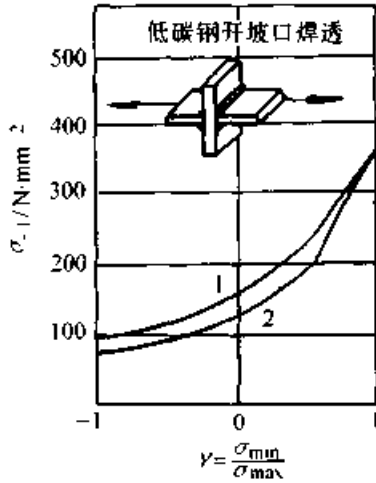


图 30.1-45 开坡口焊透的十字接头的疲劳强度  
1—焊缝经机械加工  
2—焊缝未经机械加工

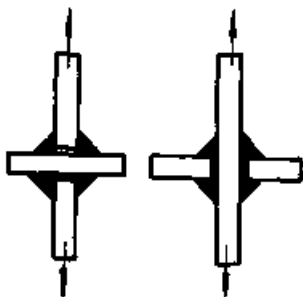


图 30.1-46 工作焊缝及联系焊缝  
a) 工作焊缝 b) 联系焊缝

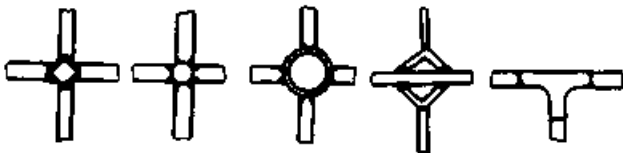


图 30.1-47 插入联接件的十字接头和 T 形接头

(4) 搭接和塞焊接头 如图 30.1-48 所示。

1) 搭接接头是把焊件部分地重叠在一起或加上专门的搭接件用角焊缝或塞焊缝、槽焊缝连接起来的搭头。接头用正面角焊缝, 侧面角焊缝或正一侧面 (联合) 角焊缝连接, 有时也用斜焊

缝或多边形角焊缝连接。搭接接头的应力分配不均匀, 疲劳强度较低, 不是理想的接头类型, 但焊前准备和装配简单, 因此在焊接结构中用于工作条件良好或不重要的构件中, 框架式机架如起重机吊臂, 加热炉框架等桁架结构多用搭接接头。

2) 塞焊接头, 如图 30.1-48 中图 d 和图 e, 常用于搭接结构中角焊缝强度不够, 因而无法施焊或多层板叠焊在一起的结构。塞焊常常是搭接的一部分, 塞焊接头应力分布不均匀, 在结构设计时, 应尽量避免采用塞焊焊缝作为工作焊缝。

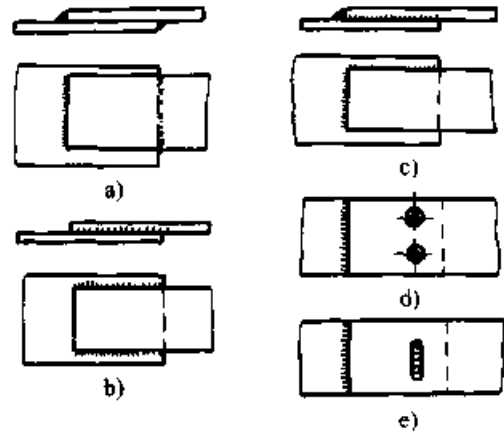


图 30.1-48 搭接和塞焊举例

- a) 正面角焊缝连接 b) 侧面角焊缝连接
- c) 联合角焊缝连接 d) 正面角焊缝 + 塞焊缝连接
- e) 正面角焊缝 + 槽焊缝连接

(5) 焊接接头的选择 箱体及机架结构中焊接接头的选择主要以下列各点为依据综合考虑:

1) 设计条件。根据结构的特点, 各焊件之间的相互位置, 构件的受力状态, 由强度条件所确定的板厚不同来确定接头形式和选择坡口型式, 其中最主要的是必须明确工作焊缝和联系焊缝的区别。工作焊缝必须具备和母材相等的强度, 必须采用开坡口的全熔透焊缝。联系焊缝则不一定完全焊透或全长焊接。

2) 各种接头的特点。这包括一些接头形式是否满足设计要求, 焊接的难易以及对焊接变形的控制和校正的能力。

图 30.1-49 为熔深浅 (不焊透) 或允许单面焊接的接头及坡口型式, 适用于载荷小无冲击和循环载荷且不重要的接头。图 30.1-50 为充分焊透和进行双面焊的接头和坡口型式, 适用于承受大的载荷及冲击或循环载荷的重要构件的接头和坡口型式。

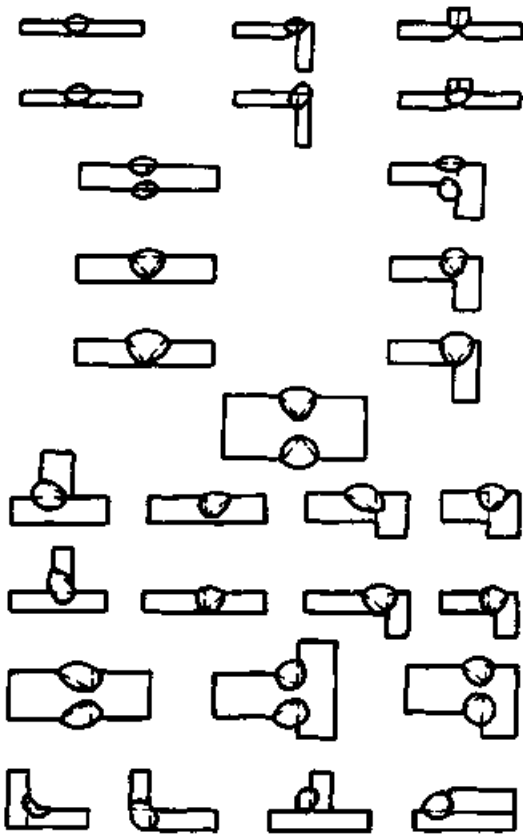


图 30.1-49 用于不重要的载荷小、无冲击、循环载荷场合时接头和焊缝形式

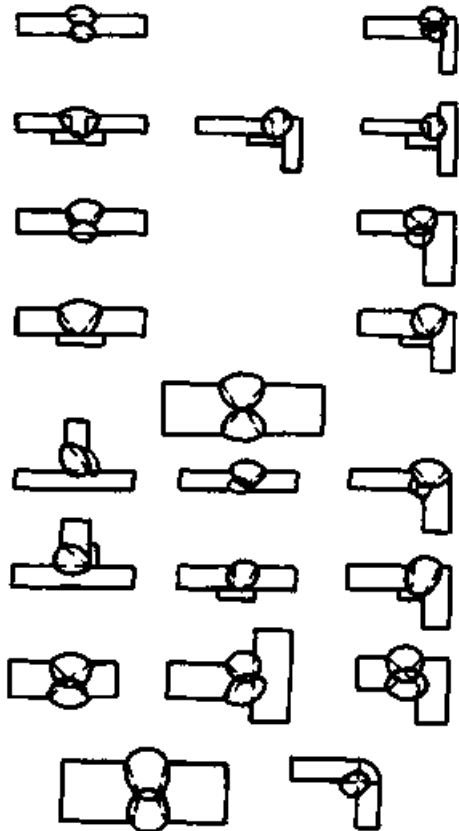


图 30.1-50 用于大的载荷及冲击或循环载荷或低温的重要场合时的接头和焊缝形式

3) 焊接成本, 包括加工坡口, 金属填充量的多少, 耗费的焊接工时等项的费用应尽量减少。

4) 施工条件, 制造施工单位必须具备完成这种接头焊接所需的技术、人员和设备。

### 3.1.2 确定焊缝尺寸和断续焊缝

焊接机架及焊接箱体一般是以刚度条件作为第一设计条件设计的。机床大件的工作应力一般为 10~30 MPa, 重型机器的工作应力一般为 30~50 MPa 而不超过 80 MPa。对于高强度的接头均采用开坡口、全焊透的接头形式, 只要按正确工艺方法焊接, 焊后检验合格, 其焊缝强度可等于和高于母材就无需确定焊缝尺寸。但对结构中的大量不开坡口的角焊缝, 必须确定其尺寸的大小。

#### (1) 确定焊缝尺寸

以刚度条件为第一设计条件的焊接箱体及焊接机架, 确定焊缝尺寸可以参考美国林肯电气公司提出的经验公式确定, 如表 30.1-31 所示。起重机械, 建筑机械, 建筑构件中的框架式机架中金属结构件的焊缝尺寸的设计计算应参照各自的设计规范确定。

当焊脚尺寸过小的情况下, 在确定角焊缝的焊缝尺寸时, 应该考虑到因焊缝冷却速度加快而引起焊接裂纹。因此, 角焊缝的最小焊脚尺寸根据焊接件中较厚的焊件壁厚确定, 但不能超过较薄壁厚尺寸, 如表 30.1-32 所示。

#### (2) 断续焊缝的确定

断续焊缝具有较大的阻尼作用, 可以提高焊件的抗振能力, 能够减少焊接工作量和焊件质量。在非承载部位合理采用断续焊缝应该予以重视。可以采用单边断续, 双边并列及交错排列的断续焊缝。但应该注意, 在断续焊缝的起点和终点都会引起应力集中, 降低强度, 如图 30.1-51 所示。因此, 承受动载的机架中的工作焊缝不能中断。对于合理的断续焊缝也应严格检查焊缝起点和终点的焊缝质量。

### 3.1.3 如何防止产生层状撕裂

在大型和重型箱体及机架设计中, 常常采用 30~100 mm 厚以上的轧制钢板, 在设计这种厚板结构中应防止产生层状撕裂。

#### (1) 层状撕裂的基本特征

在角接头, T 形接头, 十字接头的厚板焊接

时，板厚方向上承受较大的收缩应力就可能产生层状撕裂，如图 30.1-52 所示。层状撕裂是一种特殊形式的裂纹，发生在焊接接头的热影响区或远离热影响区的母材之中，外观上具有阶梯状的

特征，平行于钢材的轧制表面。层状撕裂多发生于大厚度高强度焊接结构，在无损伤探伤时不易被发现而造成潜在危险，难以修复，必须在设计结构时予以重视。

表 30.1-31 焊缝尺寸的确定及应用举例

图 示	强 度 设 计	刚 度 设 计	
	100%强度焊缝	50%强度焊缝	33%强度焊缝
经验公式	双面角焊缝 $K = \frac{3}{4} \delta$ 坡口焊缝 $p = \delta$	双面角焊缝 $K = \frac{3}{8} \delta$ 单面角焊缝 $K = \frac{3}{4} \delta$	双面角焊缝 $K = \frac{1}{4} \delta$ 单面角焊缝 $K = \frac{1}{2} \delta$
说 明	亦称等强度焊缝，用于集中载荷、交变应力高、对接接头等重要的工作焊缝	用于承受部分载荷的联系焊缝。(亦称双重焊缝)是机架设计中应用最多的焊缝，如箱形截面中四个顶点的焊缝	用于非承载或承载很小的联系焊缝，如壁板和肋，肋和肋之间的焊缝
应用公式的条件及不同强度焊缝应用举例	1. 采用与板长相同长度的角焊缝 2. 如果被焊两件壁厚不同， $\delta$ 为较薄一件的壁厚尺寸		

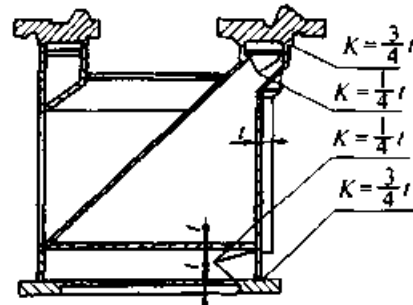


表 30.1-32 角焊缝的最小焊角尺寸

焊件壁厚/mm	最小焊角尺寸 K/mm	
	Q235-A	16Mn
7~16	4	6
17~22	6	8
23~32	8	10
33~50	10	12
>50	12	—

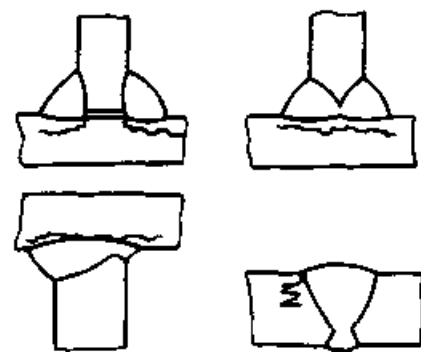


图 30.1-52 层状撕裂示意图

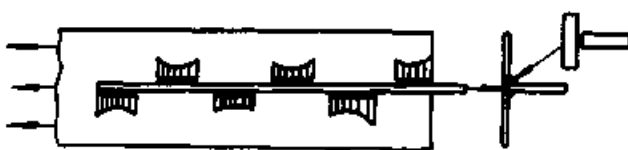


图 30.1-51 断续焊缝的应力分布

(2) 层状撕裂形成的条件

- ① 母材存在层状夹杂物，含硫量大于 0.02%。
- ② 钢板厚度方向 (Z 向) 断面收缩率小于 15%，就容易产生层状撕裂。

- ③ 焊接时，厚度方向上产生较大收缩应力。
- ④ 冷裂纹之诱发。










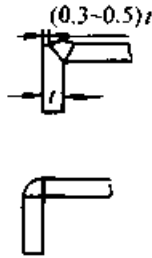
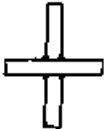
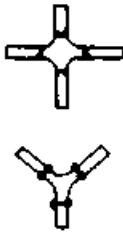
(3) 预防措施

① 正确选择材料，选用含杂质少，含硫量在 0.006%~0.01% 之间，以及厚度方向断面收

缩率在 15%~35% 之间的材料制造重要机架。

② 减少或避免在钢板厚度方向的拘束应力，需进行正确的结构设计和合理的工艺相结合，如表 30.1-33 所示。

表 30.1-33 为防止层状撕裂所进行的结构设计

易产生层状撕裂之结构	改进后的结构	说明	易产生层状撕裂之结构	改进后的结构	说明
		箭头所示方向为焊接时可能出现拘束应力的方向			为增加焊缝受力面积，降低在板厚方向上的应力值，在保证焊透的情况下坡口角尽可能小；在不增加坡口角的情况下，尽可能增大焊脚尺寸
		避免板厚方向受焊缝收缩力的作用			
		通过开坡口或改变焊缝的截面形状来减小厚度方向的收缩应力，一般在承受厚度方向应力的一侧开坡口		参见图 30.1-47 	尽量将接头改为对接接头，使应力集中减小 联接件可由轧制型材、锻件或机械加工而成，不能产生层状撕裂 改进后的结构也避免了焊缝过于集中

浏览器提醒您：  
使用本复制品说明  
请尊重知识产权！

3.2 箱体及机架的电渣焊结构

电渣焊适合于厚度尺寸大于 40 mm 的厚大截面焊接。重型箱体及机架可以采用板-焊、铸-焊、锻-焊结构代替整铸结构，使质量减轻，生产周期缩短，生产成本降低。电渣焊结构可以采用现场焊接，解决了重型结构的运输问题。由于电渣焊过程和设备的特殊性，在设计电渣焊结构时必须符合电渣焊的接头型式和焊接特点及结构工艺性。

3.2.1 电渣焊在焊接箱体及焊接机架中的应用

电渣焊适合焊接大型截面、厚板结构及圆筒形截面的零件。方形和长方形截面的焊接厚度大于 250 mm，直径大于 300 mm 的圆形截面均可采用电渣焊。钢板越厚，焊缝越长，采用电渣焊

越合理。电渣焊应用举例见表 30.1-34。

3.2.2 电渣焊的接头形式

见表 30.1-35。

3.2.3 设计电渣焊结构的结构工艺性要求

(1) 焊接处截面形状

电渣焊适合焊接矩形或大型环形截面，为了适应这一条件，其他形状截面应该在拼合面附近的位置局部改变为矩形截面，如表 30.1-36 所示。

(2) 合理选择拼合面的位置，见表 30.1-37。

(3) 施焊方便

1) 电渣焊的焊接方法和焊接的成形装置决定了焊缝必须处于垂直的位置上进行焊接，其倾斜度必须在允许的范围内，焊接角度允许值见表 30.1-38。

表 30.1-34 电渣焊在机架设计和制造中的应用实例

应用范围	结构简图	说 明												
大截面结构		<p>2 300 轧钢机机架, 净重 180 t, 需 300 t 钢水进行整体铸造。因铸造厂无此能力, 改为电渣焊焊成。最大焊缝厚度为 960 mm, 长为 2 m, 共用 11 件焊在一起。</p>												
厚板结构		<p>1 200 MN 水压机下横梁由厚钢板拼焊而成, 不需要大型冶炼设备, 重 260 t, 比铸钢件轻 280 t, 节约大量金属, 降低了生产成本, 缩短了生产周期</p> <p>由于纵向立板受力较大, 全长不分段, 横向立板分成若干段, 用下形接头与纵向立板连接避免了层状断裂, 结构中焊缝受力合理</p> <p>推荐采用电渣焊的板厚及焊缝长度: (mm)</p> <table border="1" data-bbox="901 1131 1444 1265"> <thead> <tr> <th>板厚</th> <th>30~50</th> <th>50~80</th> <th>80~100</th> <th>100~150</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>焊缝长度</td> <td>&gt;1 000</td> <td>&gt;800</td> <td>&gt;600</td> <td>&gt;400</td> </tr> </tbody> </table>	板厚	30~50	50~80	80~100	100~150	焊缝长度	>1 000	>800	>600	>400		
板厚	30~50	50~80	80~100	100~150										
焊缝长度	>1 000	>800	>600	>400										
圆筒形结构		<p>1 400 kN 双柱式卧式挤压机固定梁是将液压缸和横梁合在一起的结构。由于外形和内腔的复杂性, 一般采用铸造结构。由于铸造缺陷和应力集中, 在缸底产生裂纹而报废。现将缸底改为锻件, 用电渣焊焊成后, 缸底强度提高, 使该件寿命增加</p> <p>适合用用电渣焊圆筒形结构尺寸: (mm)</p> <table border="1" data-bbox="901 1747 1444 1926"> <thead> <tr> <th>焊接厚度</th> <th>50~60</th> <th>60~80</th> <th>&gt;80</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>外圆直径</td> <td>&gt;800</td> <td>&gt;700</td> <td>&gt;600</td> </tr> <tr> <td>内圆直径</td> <td>&gt;300</td> <td>&gt;300</td> <td>&gt;400</td> </tr> </tbody> </table>	焊接厚度	50~60	60~80	>80	外圆直径	>800	>700	>600	内圆直径	>300	>300	>400
焊接厚度	50~60	60~80	>80											
外圆直径	>800	>700	>600											
内圆直径	>300	>300	>400											



表 30.1-35 电渣焊的接头形式

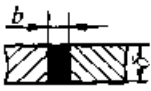
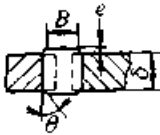
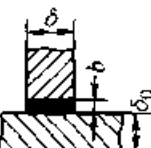
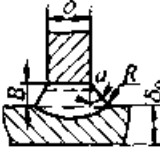
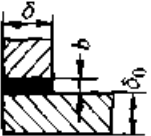
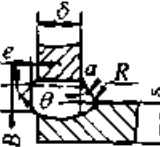





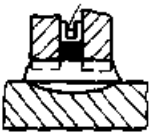
接头型式		图 形		<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block; text-align: center;">                     超星浏览器提醒您：                      使用本复制品                      请注明相关知识版权！                      接头尺寸/mm                 </div>					
		标注方法	详 图						
常用接头	对接接头			$\delta$	50~60	60~120	120~400	>400	
				$b$	24	26	28	30	
				$B$	28	30	32	34	
				$e$	2 ± 0.5				
				$\theta$	45°				
	T形接头			$\delta$	50~60	60~120	120~200	200~400	>400
				$b$	24	26	28	28	30
				$B$	28	30	32	32	34
				$\delta_0$	≥60	≥ $\delta$	≥120	≥150	≥200
				$R$	5				
				$a$	15°				
	角接头			$\delta$	50~60	60~120	120~200	200~400	>400
				$b$	24	26	28	28	30
				$B$	28	30	32	32	34
				$\delta_0$	≥60	≥ $\delta$	≥120	≥150	≥200
				$e$	2 ± 0.5				
				$\theta$	45°				
				$a$	15°				
特殊接头	叠接接头			同对接接头					
	斜角接头			同 T 形接头 $\beta > 45^\circ$					
	双 T 形接头		固定式 水冷成形板 	两块立板应先叠接，然后焊 T 形接头					

表 30.1-36 焊接处截面形状及尺寸

截面形状				
工作截面形状	矩形	圆形	II形	回形
焊接处截面形状				
焊接处截面尺寸/mm				
$\delta$	>120~200	>200~500	>500~1000	>1000
$h$	100	120	150	150
$t$	80~100	100~120	120~150	>200

超星阅读器提醒您：  
使用本复制品  
请尊重知识产权！

表 30.1-37 拼合面位置的合理选择

改进前	改进后	说明	改进前	改进后	说明
		拼合面应放在低应力区			拼合面上的焊缝数量应最少
		拼合面的位置应有利于控制焊接变形			应便于施焊。改进前大直径的法兰盘妨碍送丝，无法施焊，改进后，不仅施焊方便，还使焊缝离开突变区

表 30.1-38 倾斜位置焊接角度允许值

成形装置	倾斜角度的允许值		简图
	焊件倾斜，焊缝处于垂直位置(图a)	焊缝斜置，机体处于垂直位置(图b)	
铜质成形装置	20°~30°	10°~15°	
钢垫板	30°~45°		

2) 电渣焊应具备一定的焊接空间，如表 30.1-39 所示。

(4) 箱体锻、铸件焊接面的加工要求在电渣焊接中，为防止熔池内熔化金属外

溢、铸、锻构件的接头附近需进行机械加工，以便放置水冷却成形滑块。设计人员应按图 30.1-53 确定坡口处的尺寸和表面粗糙度。当不作超声波探伤时， $B \geq 60$  mm；作超声波探伤时， $B > \delta + 50$  mm。

表 30.1-39 电渣焊焊接操作空间的最小尺寸 (mm)

H	$b_1 \times b_2$	简图
< 500	$\geq 300 \times 300$	
< 500~1000	$\geq 400 \times 400$	
> 1000	$\geq 500 \times 500$	

(5) 焊后应进行正火和回火热处理

电渣焊过程中，焊缝和过热影响区在高温停留时间长，容易产生晶粒粗大和过热组织，焊接

接头冲击韧性较低，一般要进行焊后正火和回

火，以细化晶粒，提高力学性能。

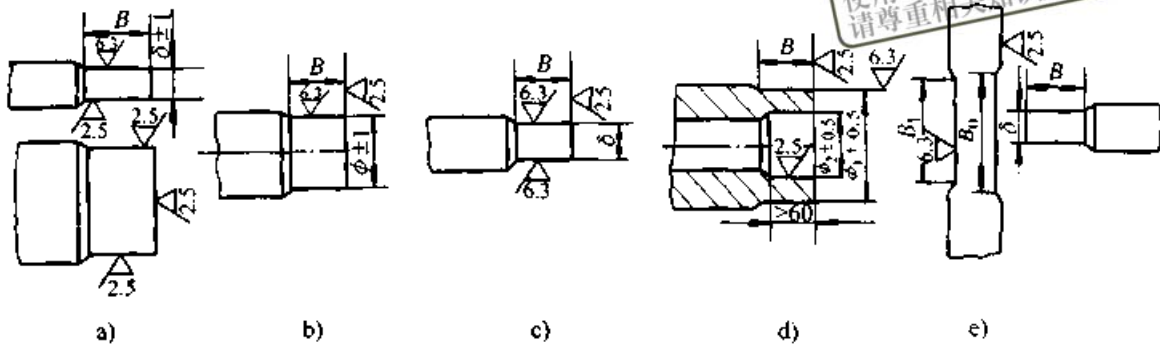


图 30.1-53 铸、锻件焊接面的加工要求

a) 矩形面对接; b) 圆形面对接; c) 大厚度或重要工作; d) 环缝对接; e) 丁字形接头

(6) 电渣焊结构设计实例

立辊轧机机架如图 30.1-54 所示。材质为 ZG35 钢，质量为 90 t，如改为电渣焊结构将使毛坯的制造大为简化，生产周期缩短。该件截面面积大，壁厚尺寸大，适合于电渣焊生产，可降低生产成本。对于电渣焊结构，设计人员应完成以下工作：

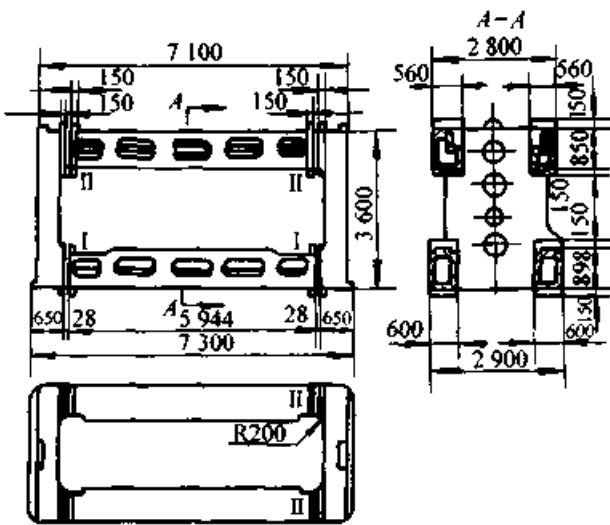


图 30.1-54 立辊轧机机架

1) 确定拼合面(焊缝)位置，组成电渣焊机架的各个零件要分别铸造，设计图由设计人员确定，它们的形状和尺寸因拼合面选择的位置而变化。设计者首先根据机架的受力状态，结构特点，电渣焊的工艺要求确定拼合面(焊缝)的位置。轧钢牌坊受力复杂，承受很大动载荷，拼合面(焊缝)应设置于牌坊之外。现将拼合面选择在牌坊和横梁接合之外 150 mm 处，焊缝位于低应力区，便于施焊如图中所示。

2) 确定焊接接点和坡口尺寸，为适应电渣焊工艺要求，将横梁的空心截面在拼合面附近铸成空心矩形截面，如图 30.1-55。坡口尺寸如图

30.1-56 所示。

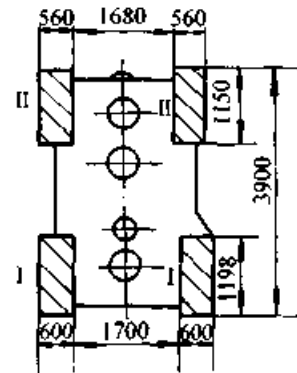


图 30.1-55 焊接接头

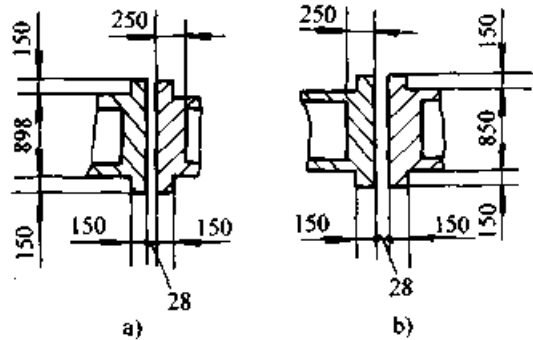


图 30.1-56 焊接坡口尺寸

a) 接头 I; b) 接头 II

3) 焊后必须进行正火和回火热处理，热处理曲线如图 30.1-57。

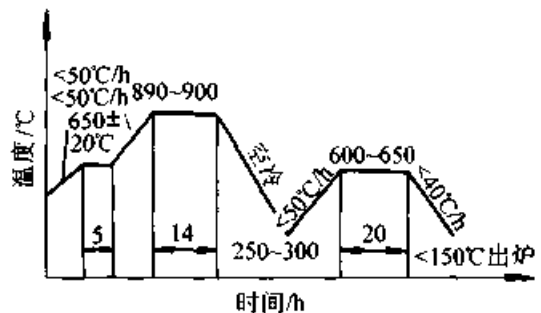


图 30.1-57 立辊轧机机架焊后热处理工艺曲线

## 4 箱体、机架常用材料

### 4.1 焊接箱体及焊接机架常用材料

焊接箱体及焊接机架一般选用轧制钢板和型材制成,形状复杂的也采用铸-焊或锻-焊联合结构。

焊接箱体及焊接机架用可焊性好的低碳钢和普通低合金结构钢,厚度大于25 mm时,可采用Q235-AF钢板;锻-焊、铸-焊结构中的锻件和铸件也要采用和焊接母材相近化学成分的材料,如20, 25和20MnSi钢等。采用高强度合金钢对提高结构刚度的作用不大,其可焊性比低碳钢差,除特殊需要外,一般不采用。对于应力较高的机架可采用低合金结构钢,如16Mn等材料。为保证焊接结构的可靠性,作为焊接结构的母材,每一种钢号含碳量的上下限差一般不得大于0.05%,其实际含碳量不得超过上限。

### 4.2 铸造箱体及铸造机架常用材料

#### 4.2.1 铸铁

铸铁是箱体或机架结构中应用得最多的材料,它的液态流动性好,容易获得复杂的外形和内腔,体收缩和线收缩小于铸钢。铸铁的内阻尼大于铸钢,减振能力强,动刚度大;铸铁很容易进行切削加工,易断屑;铸铁价格便宜。但普通灰铸铁对壁厚的敏感性较大,铸件壁厚愈大,石墨片愈粗大,强度愈低,当截面增加到100 mm时,强度可下降50%左右,故灰铸铁不宜做厚壁大件。球墨铸铁较灰铸铁的力学性能好,其抗拉强度可以和钢媲美, $\sigma_b = (400 \sim 900) \text{ N/mm}^2$ ;  $\delta = 2\% \sim 18\%$ 。

设计箱体、机架,选用的铸铁材料时,应根据铸件受力处的主要壁厚或平均壁厚的大致范围来选择灰铸铁的牌号,如机架主要壁厚大约为20~30 mm,要求抗拉强度为200 N/mm<sup>2</sup>,应该选择HT250,而不是选择HT200。

铸铁箱体、机架常用材料牌号,性能和应用见表30.1-40,灰铸铁和铸造碳钢力学性能比较见表30.1-41,珠光体球墨铸铁和45号锻钢的力学性能比较见表30.1-42。箱体及铸铁。

表 30.1-40 铸铁箱体、机架常用材料及力学性能

牌 号	铸件壁厚/ mm	抗拉强度 $\sigma_b/\text{MPa} \geq$	硬 度 HBS	用 途
HT100	2.5~10	130	110~166	力学性能较差,如用于机床中镶装导轨的支承件等
	10~20	100	93~140	
	20~30	90	87~131	
	30~50	80	82~122	
HT150	2.5~10	175	137~205	流动性好。用于承受中等弯曲应力(约为 $10^7 \text{ Pa}$ )、摩擦面间压强大于 $5 \times 10^5 \text{ Pa}$ 的铸件。如:大多数机床的底座、鼓风机底座、气轮机操纵座外壳、减速机机壳和汽车变速箱箱体等
	10~20	145	119~179	
	20~30	130	110~166	
	30~50	120	105~157	
HT200	2.5~10	220	157~236	用于承受较大弯曲应力(达 $3 \times 10^7 \text{ Pa}$ )、摩擦面间压强大于 $5 \times 10^5 \text{ Pa}$ (10 t以上大型铸件大于 $1.5 \times 10^5 \text{ Pa}$ )或须经表面淬火的铸件,以及要求保持气密性的铸件。如机床的立柱,齿轮箱体、工作台、机床的横梁和滑板、球磨机的磨头座、鼓风机机座、锻压机的机身、气体压缩机机身、汽轮机中机架、动力机械的箱壳、泵体
	10~20	195	148~222	
	20~30	170	134~200	
	30~50	160	129~192	
HT250	4.0~10	270	175~262	
	10~20	240	164~247	
	20~30	220	157~236	
	30~50	200	150~225	
HT300	10~20	290	182~272	用于承受高弯曲应力(达 $5 \times 10^7 \text{ Pa}$ )和拉应力、摩擦面间的压强大于 $2 \times 10^6 \text{ Pa}$ 或进行表面淬火,以及要求保持高度气密性的铸件。如轧钢机座、重型机床的床身、剪床
	20~30	250	168~251	
	30~50	230	161~241	

续表 30.1-40

牌 号	铸件壁厚/ mm	抗拉强度 $\sigma_b/\text{MPa} \geq$	硬 度 HBS	用 途		
HT350	10~20 20~30 30~50	340 290 260	199~298 182~272 171~257	和冲床的床身、镗床机座、 高压油泵壳体、多轴机床的 主轴箱等		

牌 号	基体组织	抗拉强度 $\sigma_b/\text{MPa} \geq$	屈服强度 $\sigma_{0.2}/$ $\text{N} \cdot \text{mm}^{-2}$	伸长率 $\delta$ /% $\geq$	硬度 HBS	用 途
QT400-18	铁素体	400	250	18	130~180	球墨铸铁的冲击韧性和疲劳强度都高于灰铸铁，减振性虽比灰铸铁差，但却高于钢。QT450-10 主要用于曲柄压力机机身。QT800-2 用于冶金、矿山用的减速机机体等
QT400-15	铁素体	400	250	15	130~180	
QT450-10	铁素体	450	310	10	160~210	
QT500-7	铁素体+珠光体	500	320	7	170~230	
QT600-3	珠光体+铁素体	600	370	3	190~270	
QT700-2	珠光体	700	420	2	225~305	
QT800-2	珠光体或回火组织	800	480	2	245~335	

表 30.1-41 灰铸铁与碳钢力学性能比较

性能指标	抗拉强度 $\sigma_s/$ $\text{N} \cdot \text{mm}^{-1}$	伸长率 $\delta/$ %	冲击韧性 $a_{KU}/$ $\text{J} \cdot \text{cm}^{-2}$	硬 度 HBS
铸造碳钢	400~650	10~25	20~60	160~230
灰 铸 铁	100~350	~0.5	~5.0	148~298

表 30.1-42 珠光体球墨铸铁和 45 号锻钢力学性能的比较

性 能	45 号锻钢 (正火)	珠光体球墨 铸铁 (正火)	性 能	45 号锻钢 (正火)	珠光体球墨 铸铁 (正火)
抗拉强度 $\sigma_b/\text{N} \cdot \text{mm}^{-2}$	690	815	伸长率 $\delta/$ %	26	3
屈服强度 $\sigma_{0.2}/\text{N} \cdot \text{mm}^{-2}$	410	640	疲劳强度 (带缺口试样) $\sigma_{-1}/\text{N} \cdot \text{mm}^{-2}$	150	155
屈强比 $\sigma_{0.2}/\sigma_b$	0.59	0.785	硬度 HBS	<299	299~321

## 4.2.2 铸钢

铸钢的力学性能高于铸铁，特别是塑性和韧性比铸铁高得多；其焊接性能好，适合于用做铸、焊联合结构的箱体或机架。但钢水的流动性

差，收缩量大，不宜制造形状复杂的铸件。铸造碳钢的吸振性低于铸铁，但弹性模量高于铸铁。铸钢可用于制造承受重载和冲击载荷的箱体、机架，如表 30.1-43 所示。

表 30.1-43 铸造碳钢箱体、机架常用材料

材料牌号	化 学 成 分 (质量分数) /%			力学性能 (退火态) $\geq$				特 点 及 应 用 举 例
	C	Si	Mn	$\sigma_b/$ $\text{N} \cdot \text{mm}^{-2}$	$\sigma_s/$ $\text{N} \cdot \text{mm}^{-2}$	$\delta_5/$ %	$a_{KU}/$ $\text{J} \cdot \text{cm}^{-2}$	
ZG200-400	0.12~0.22	0.20~0.45	0.35~0.65	400	200	25	60	有良好的塑性和韧性，较好的导热性、焊接性能和切削加工性。冶炼时，排除钢水中的气体和杂质比较困难，容易氧化和热裂。 常用于模锻锤钻座、轧钢机架、锻锤气缸体，机座，箱体和外壳等
ZG230-450	0.22~0.32	0.20~0.45	0.50~0.80	450	230	20	45	

材料牌号	化 学 成 分 (质量分数) /%			力 学 性 能 (退火态) $\geq$				特 点 及 应 用 举 例
	C	Si	Mn	$\sigma_b /$ $N \cdot mm^{-2}$	$\sigma_s /$ $N \cdot mm^{-2}$	$\delta_5 /$ %	$a_{kU} /$ $J \cdot cm^{-2}$	
ZG270-500	0.32~0.42	0.20~0.45	0.50~0.80	500	270	16	35	<p>大型铸钢件中最常用的材料, 力学性能较好, 焊接性能较好, 但易产生较大的铸造应力及热裂。</p> <p>广泛用于冶金, 矿山, 锻压设备的各类机架, 如各类轧机机架, 辊道架, 水压机的横梁, 锻锤支架, 曲柄压力机机身, 破碎机架体等</p>

4.2.3 铸造铝合金

的强度、塑性、良好的低温韧性和耐热性。箱体、机架常用的铸铝合金见表 30.1-44。

铝与一些元素(硅、铜、镁、锌)形成的四大类铝合金可以通过热处理强化, 使其具有足够

表 30.1-44 常用铸造铝合金的牌号、成分、性能和用途

类别	牌号 举例	添加元素 (质量分数) /%				力 学 性 能 (砂型) $\geq$			用 途
		Si	Cu	Mg	其 他	抗拉强度/ $N \cdot mm^{-2}$	伸长 率/%	硬度 HBS	
铝 硅 合 金	ZL101	6.0~ 8.0	—	0.2~ 0.4	—	160	2	50	热处理后力学性能较高, 可作承受较在动载和静载的气钢体、缸盖、泵壳体、齿轮箱 (工作温度 $<150^{\circ}C$ )
	ZL102	10.0~ 13.0	—	—	—	150	4	50	共晶成分, 铸造性能最好, 用作薄壁, 形状复杂, 强度要求不高的铸件和压铸件, 如各种仪表的壳体、发动机活塞
	ZL104	8.0~ 10.5	—	0.17~ 0.3	Mn 0.2~0.5	150	2	50	用途广泛, 可作承受较大载荷而形状复杂的大型铸件, 如气缸体、汽缸盖、曲轴箱、增压器壳体、航空发动机压缩机匣、承力框架等
	ZL107	6.5~ 7.5	3.5~ 4.5	—	—	170	2	65	承受中等载荷和 $<250^{\circ}C$ 工作温度的零件, 如汽化器零件、电气设备外壳、砂箱模具等。铸态机械性能较高, 适于作压铸合金
	ZL111	8.0~ 10.0	1.3~ 1.8	0.4~ 0.6	Mn、Ti 各 0.1~0.35	210 (金属型)	2	80	较高的力学性能、良好的铸造性能、切削加工性能和焊补性。用作高压下工作的大型零件, 如汽缸体、压铸水泵叶轮、大型壳体 (军工)
铝铜 合金	ZL201	—	4.5~ 5.3	—	Ti 0.15~0.37 Mn 0.6~1.0	300	8	70	力学性能很高, 可作承受大的动载和静载荷及在 $<300^{\circ}C$ 条件下工作的零件, 用途很广

续表 30.1-44

类别	牌号 举例	添加元素 (质量分数) /%				力学性能 (砂型) $\geq$			用途
		Si	Cu	Mg	其他	抗拉强度/ $N \cdot mm^{-2}$	伸长 率/%	硬度 HBS	
铝镁 合金	ZL301	—	—	9.5~ 11.5	—	280	9	60	用于在大气和海水中承受大冲击载荷的零件, 如雷达底座、发动机机闸、螺旋桨、起落架、船用舷窗
铝锌 合金	ZL401	6.0~ 8.0	—	0.1~ 0.3	Zn 9.0~13.0	200	2	80	在铸铝中比例最大。作 $<200^{\circ}C$ 条件下工作的零件, 如模具、型板和某些设计的支架

注: 牌号中“ZL”表示铸造铝合金代号, 其后第一位数字表示合金的类别, 第二、三位数字表示顺序号。

表 30.1-45。

### 4.3 非金属材料

设计箱体、机架时, 可选用的非金属材料见

表 30.1-45 非金属箱体、机架常用材料

材 料	特 点 及 应 用 举 例
花岗石	由于亿万年的自然时效, 组织比较稳定, 几乎不会变形, 加工简便, 可以获得高而稳定的精度、对温度不敏感、导热系数和膨胀系数均很小, 不导电、无磁性、吸振性好, 抗腐蚀、不生锈, 使用维护方便, 成本低。但脆性大, 不能承受过大的撞击 用于精密机械或仪器的机架, 如量仪的基座, 三坐标测量机身, 激光测长机, 数控铣床床身、立柱、横梁、工作台等, 尤其用作空气导轨的基座最为理想
混凝土	用于预应力钢筋混凝土液压机机架, 机床底座
塑 料	用于仪表、仪器的壳体

## 第2章 箱体、机架结构设计与计算

### 1 齿轮箱体结构设计与计算

#### 1.1 齿轮箱体结构设计

##### 1.1.1 齿轮箱体结构的确定

常见的齿轮箱体结构如图 30.2-1 所示, 图 a 为一般形式的铸造减速器箱体。

齿轮箱体主要承受齿轮啮合过程中传递的垂直力、水平力、转矩以及轴上各部件的重量作用。为保证齿轮的传动精度及使用寿命, 一般齿轮箱体的设计准则是刚度。箱体上的轴承受力支

点的距离, 箱体的中心高, 箱体壁厚对箱体刚度均产生影响。由于轴承座处于箱体的直接受力处, 因此, 轴承座结构及轴承座附近肋的布置对箱体刚度也产生一定影响。由于轴承座的变形影响了轴承间隙, 即轴承的工作状态。为此, 轴承座的设计要考虑到和传动轴的弹性匹配。设计齿轮箱体时, 还要充分地考虑到箱体必须有一定的容积空间, 使油的涡流功率损失为最小。为使箱体具有足够的散热条件, 可以在散热面积较小的箱体外侧增设肋条。

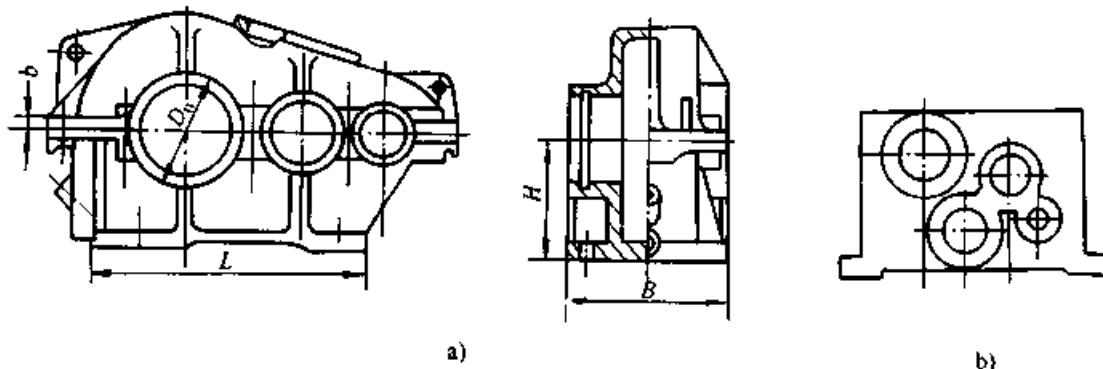


图 30.2-1 减速器及变速箱箱体

##### (1) 箱体结构

为了便于装置和维修, 根据传动方面结构的要求, 齿轮箱体可有一个或几个结合面, 为防止在稀油润滑中油的渗漏, 其结合面一般为水平面。为提高结构刚度, 简化结构, 机床中的变速箱和主轴箱(图 30.2-1b)一般不设结合面。

有关箱体的结构及其各部分的尺寸, 见第 4 卷。

##### (2) 箱体设计应考虑弹性匹配

弹性匹配是使两个连接构件按相等的角度变形进行设计。如图 30.2-2 所示: 左图中箱体轴承孔的角度变形  $\delta_L$  和传动轴轴颈的角度  $\delta_w$  不相等, 致使轴承正常的工作间隙受到破坏, 使轴承承载能力下降, 以致报废, 严重的影响机器的正常工作。右图为  $\delta_L = \delta_w$  的情况, 在箱体轴承孔和轴颈角变形相同的情况下, 轴承能够在正常的间隙下工作。应该指出的是箱体和传动轴的弹

性匹配应该确定在较高的刚度基础上。较低刚度条件下的随弯就弯的弹性匹配, 将影响齿轮的啮合精度和产生振动及周期性噪声。设计重载或高转速的齿轮传动箱体时必须考虑其弹性匹配, 并进行计算。

(3) 箱体结构设计应考虑到箱体结构对轴承受力的影响

由于箱体结构不同, 使滚动轴承中滚动体的受力分布发生变化。图 30.2-3 为一种箱体结构及支点情况,  $L$  为箱体支点力的间距,  $D$  为箱体轴承孔径,  $H$  为箱体中心高, 图中为  $H = 0.62D$  时, 各种不同  $L/D$  值的轴承受力分布曲线, 虚线为理论的受力分布曲线。当支点力间距较小或只有一个支点力时, 轴承受力范围小于  $180^\circ$ , 受力更不均匀。

图 30.2-4 中为两种不同  $L/D$  时, 不同的  $H/D$  值对受力分布的影响。当  $L/D = 0.83$ ,



$H/D=0.78\sim 0.94$  时, 轴承受力分布接近于理论分布曲线。

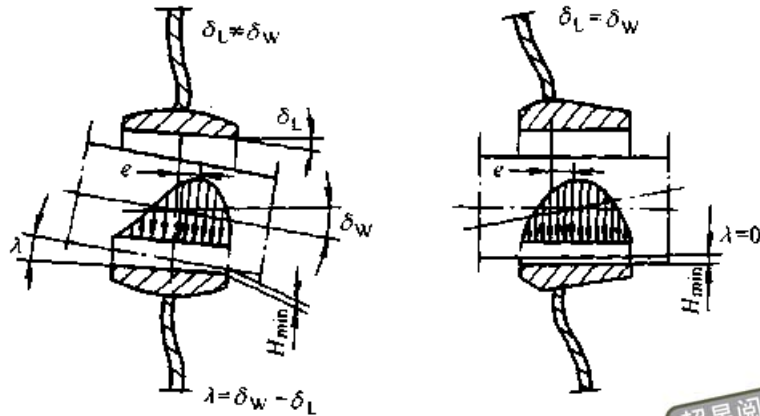


图 30.2-2 箱体结构的弹性匹配

$\delta_L$ —轴承的角变形  $\delta_w$ —轴颈的角变形  $H_{min}$ —最小间隙

超星浏览器提醒您：  
使用本复制品  
请尊重相关知识产权！

因此, 在设计装有滚动轴承的箱体时, 应考虑到合理的支点间距和足够的箱体壁厚和中心高度。

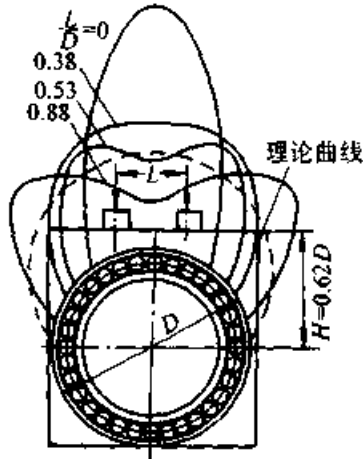


图 30.2-3 箱体支点间距对轴承受力的影响

1.1.2 齿轮箱体焊接结构

减速器箱体是常见的一种齿轮箱体, 其他类型的齿轮箱体结构可以参照减速器箱体结构确定。将铸造结构改为焊接结构是箱体结构设计的必然趋势。采用焊接结构, 可以使齿轮箱制造成本降低 30%~50%, 制作简单, 节约材料、质量小、结构紧凑、外观美观。

(1) 焊接箱体轴承座型式

整体式轴承座结构如表 30.2-1 所示, 剖分式轴承座结构如表 30.2-2 所示。轴承座、法兰和壁板焊接接头设计如表 30.2-3。

轴承座的材料主要是 Q235-A 或 ZG230-450 及 ZG270-500 铸钢。铸钢轴承座主要用于重载, 结构较为复杂 (如多级减速机箱体中, 多个轴承座铸在一起, 机械加工成形后再焊在箱体上) 的结构在同一水平面上并列, 如果相邻两个轴承座的内径相差较大, 中心距较大时可单独制作; 如果相邻轴承座的内径相差不大, 中心距较小时,

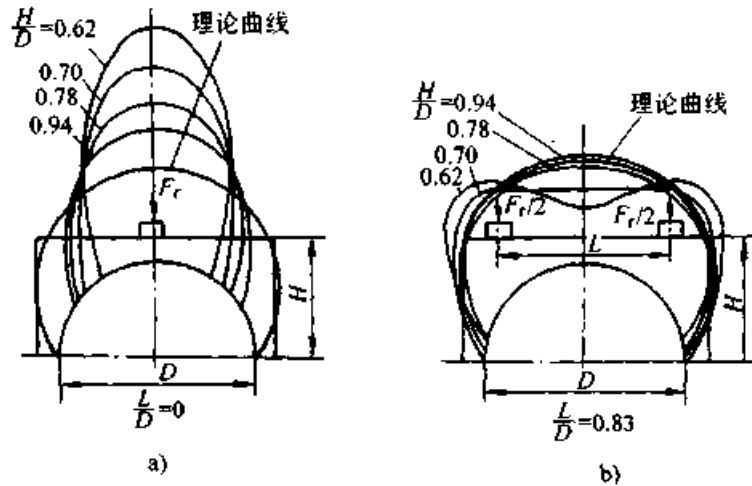


图 30.2-4 箱体中心对轴承受力的影响

多个轴承座坯料可以制成一体。

速器箱体结构如表 30.2-4 所示。

(2) 焊接减速器箱体结构举例 常见焊接减

表 30.2-1 焊接箱体中整体式轴承座结构

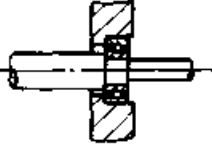
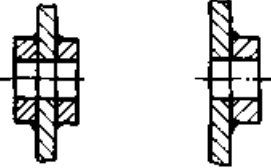
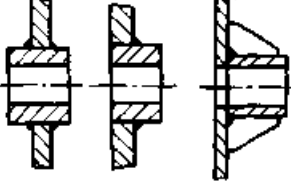
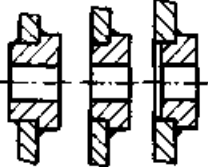
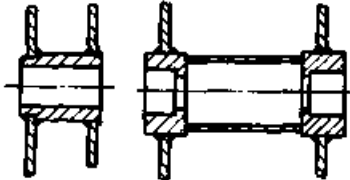
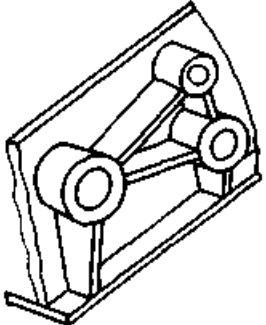
	结构简图	结构说明
简单结构		<p>轴承直接安装在壁板上，要求有较厚的壁厚。为安装轴承而增加壁厚，将提高箱体的制造成本和焊件质量</p>
轴套式结构		<p>附加板由厚板制成，用角焊缝和壁板搭接结构简单、成本低。不能承受大的载荷，焊接时附加板孔和壁板孔对中性差。加工内孔时铁屑容易进入搭接间隙，如不清理干净将影响轴承正常工作</p>
		<p>套筒直接插入壁孔中，对中性差，不适用于轴向力较大的结构。加肋是为了增加轴承座的局部刚度，适用于承受较大弯矩作用的结构</p>
		<p>装配方便，对中性好，焊缝受力状态得到改善，增加机械加工量 其余同上</p>
双壁箱体轴承座结构		<p>壁板相距较小时，采用左图结构；壁板相距较大时，采用右图结构。适于安装精密轴承 刚性大，能承受较大的弯矩作用；轴向力较大时，套筒应加工成止口，嵌入箱体</p>
重型轴承座结构		<p>套筒嵌入箱体，三块肋板构成封闭三角形，能保证三个轴承孔中心距的尺寸精度及尺寸稳定性，保证齿轮啮合精度。垂直肋板使箱体局部刚度增大</p>

图 30.2-5、及图 30.2-6 是经过结构优化设计的焊接箱体结构，是应优先选用的。它们共同的特点是形状简单，结构紧凑，质量小，刚度高，容易保证箱体的尺寸稳定性及齿轮的啮合精度。肋板设置合理，底平面纵横交错的加固肋板提高箱体的抗扭刚度；箱体内的横向肋板，提高

内轴承座的局部刚度和箱体的整体刚度。轴承座采用厚钢板制成，下设支撑肋板，改善轴承的受力状态。地脚板采用壁龛式结构，箱体的联接刚度好。该结构材料分布合理，薄厚分明，充分显示了焊接结构的优点。

表 30.2-2 箱体中剖分式轴承座结构

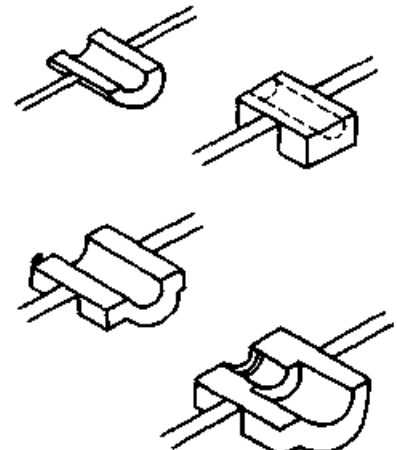
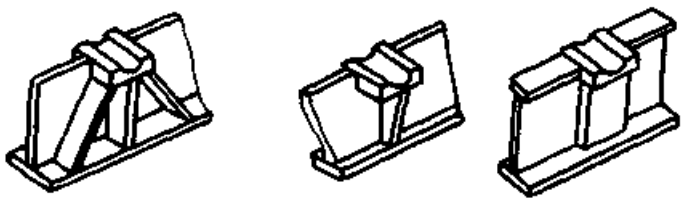
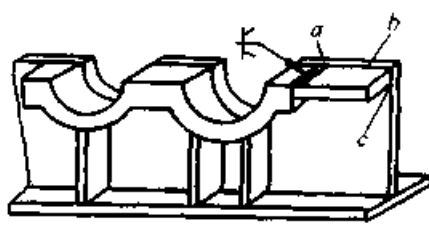
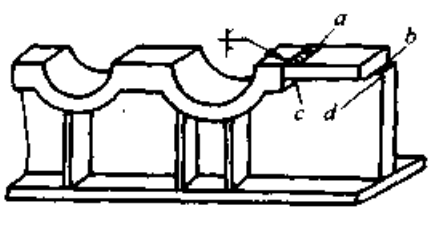
<p>一般结构</p>		<p>1. 小型结构常采用厚钢板煅制或用厚壁管及厚钢板直接切割成坯料</p> <p>2. 中型、大型及重型箱体中，常采用锻钢或铸钢制成坯料</p> <p>3. 轴承座和法兰及壁板间的接头结构见表 30.2-3</p>
<p>采用加强肋结构</p>		<p>1. 加强肋结构常用于承受重载的齿轮箱体</p> <p>2. 肋板用钢板或型钢制成，也可采用冲压件制成，可以减少焊接工作量</p> <p>3. 轴承下部支点增加，可以改善轴承的受力条件</p>

表 30.2-3 轴承座和法兰及壁板间的焊接接头设计

序号	连接方式	结构简图	说明
1	角接		<p>1. 轴承座和法兰采用 K 型坡口双面焊缝</p> <p>2. b 缝必须焊接，以防止 c 缝焊后，b 缝出现间隙；b 缝应深焊，为结合面机械加工留余量</p> <p>3. a 点为起弧点或收弧点，不易与壁板熔合，易产生渗漏</p>
2	局部搭接		<p>1. 轴承座和法兰采用 K 形坡口双面焊接</p> <p>2. 由于 a 点背面没有焊缝，必须保证 b 焊缝的致密性，并使 d 焊缝在 c 处很好熔合</p>

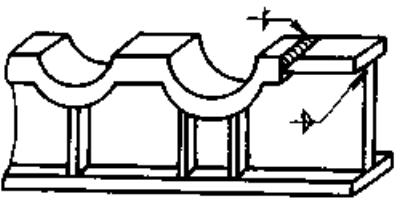
序号	连接方式	结构简图	说明
3	T形接		<p>1. 采用单边 V 型坡口封底焊接轴承座和法兰。和壁板的连接则采用 T 形接头双面角焊缝</p> <p>2. 这种结构, 不容易产生渗漏</p>

表 30.2-4 常见焊接减速器箱体结构

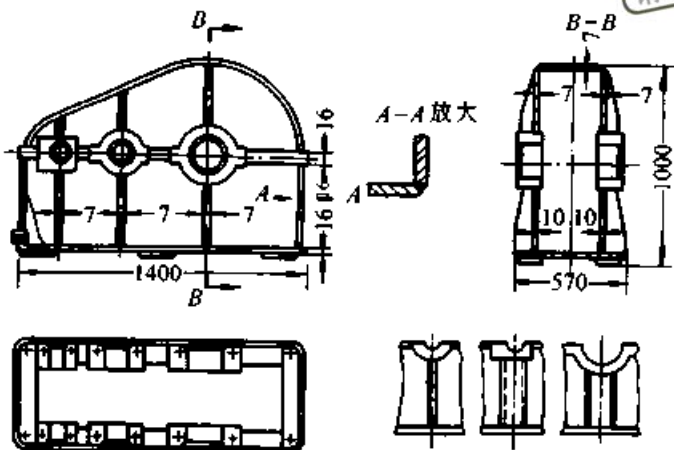
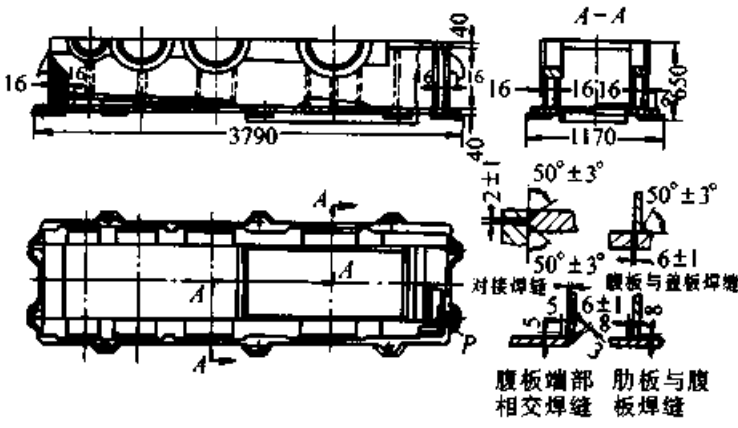
	结构简图	说明
单壁板剖分式减速器箱体		<p>是减速器箱体中最常见的结构, 轴承座由锻钢或铸钢制成, 用钢板加固。应注意底部焊缝交汇处的焊接质量, 以防止漏油</p> <p>圆弧形箱盖耗费压弯工时, 变形不易控制, 外观不好, 是铸造结构的翻板, 应改为图 30.2-7 中上盖结构</p>
双壁板剖分式箱体底座		<p>双壁结构用于承受较大弯矩作用的大型或重型减速箱底座, 上盖可采用单壁结构。为减少焊接工作量和提高轴承座刚度, 四个轴承座为一整体铸钢件</p> <p>在双壁之间和起吊处焊有肋板</p>

图 30.2-7 为三辊卷板机减速器箱体, 壁板用 25 mm 厚钢板, 加强肋采用 20 mm 厚钢板制成, 轴承座采用整体铸造而成, 前后面有五条垂直肋, 两侧各有二条垂直肋, 提高了箱体的抗弯、抗扭刚度。

## 1.2 齿轮箱体计算

### 1.2.1 齿轮箱体的计算步骤和方法

齿轮箱体的设计准则是刚度, 因此, 箱体的计算就是由刚度条件来求出截面的惯性矩, 然后

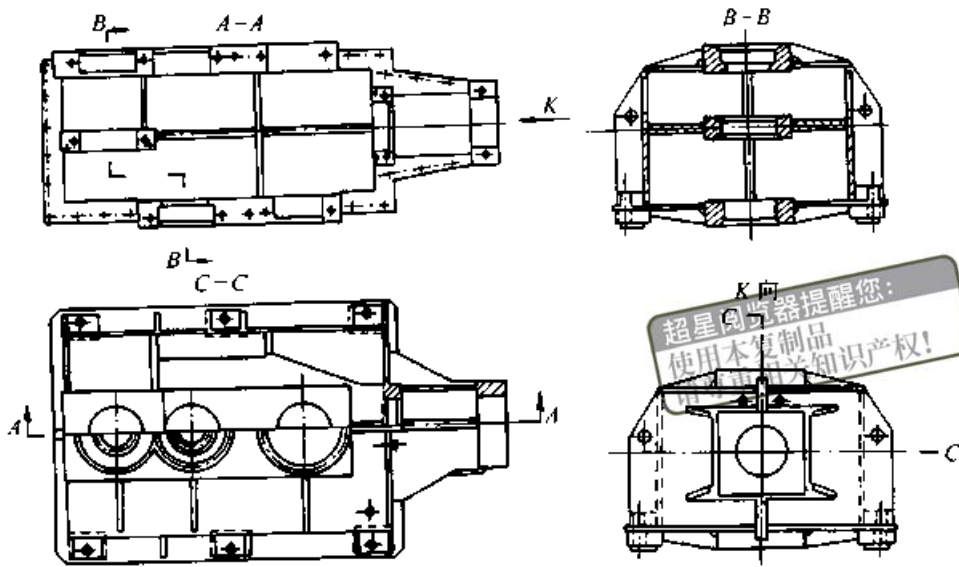


图 30.2-5 焊接结构的锥齿轮减速器箱体

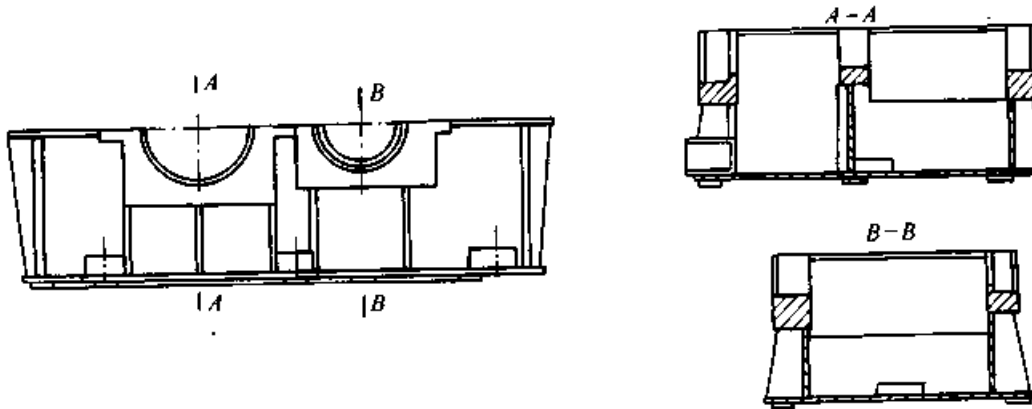


图 30.2-6 焊接减速箱底座

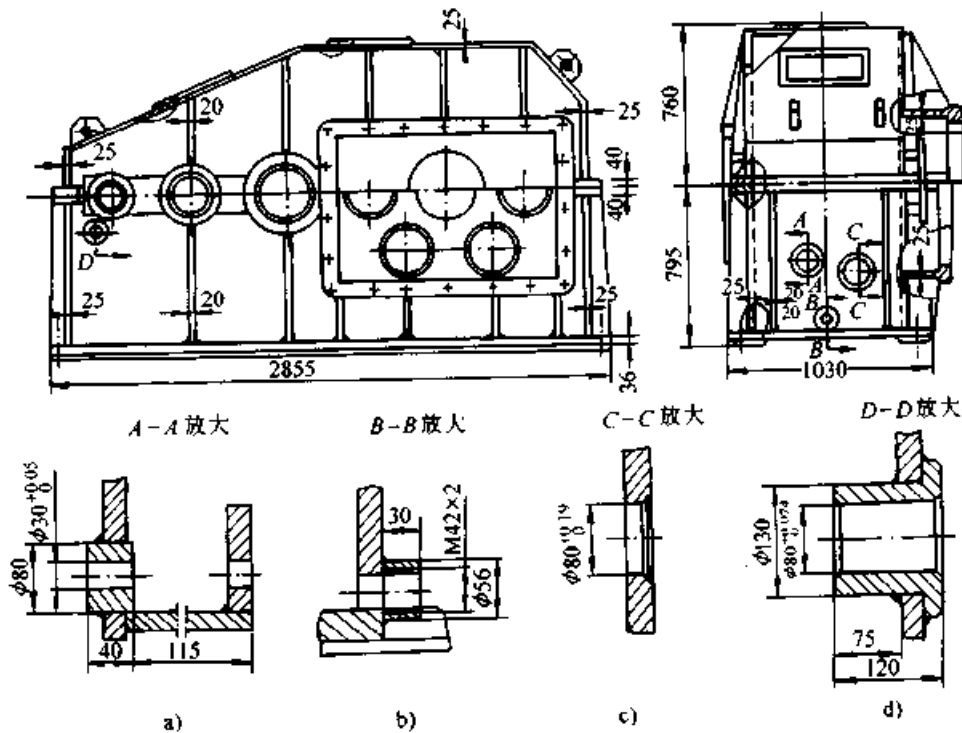


图 30.2-7 三辊卷板器减速箱焊接箱体

确定截面尺寸。

现有齿轮传动如图 30.2-8 所示，其计算步骤如下：

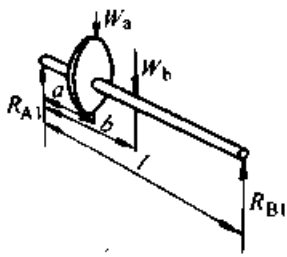
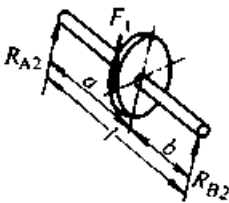
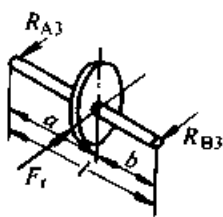
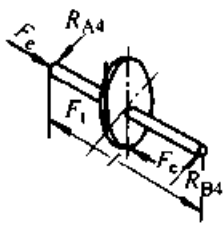
1) 计算轴承对箱体的作用力见表 30.2-5。

2) 齿轮箱体的垂直刚度计算 通过许用刚度或许用变形量来求得箱壁横截面的惯性矩  $I_z$ 。

由于齿轮和轴的重量，齿轮的切向力，齿轮

水平径向力所引起的对箱体前壁垂直平面内产生弯曲变形的力分别为  $F_{tA}$  (水平方向) 和  $F_{tB}$  (垂直方向)， $i$  为轴承座排列序号，如图 30.2-9 所示。水平力与  $F_{tA}$  乘以力点到前壁中性轴的距离  $y$ ，产生力偶  $M_i$ ，使箱壁在垂直平面内弯曲变形，则在各力及力偶作用下，由许用变形量所确定的箱体前壁的水平截面的惯性矩分别为：

表 30.2-5 齿轮箱体受力计算

力的来源	齿轮及轴受力简图	箱体轴承座处受力计算公式
垂直力		$F_{wB} = -R_{B1} = \frac{aW_a + bW_b}{l}$ $F_{wA} = -R_{A1} = W_a + W_b - R_{B1}$ <p><math>F_{wA}</math>、<math>F_{wB}</math>—轴和齿轮重力在 A、B 两点对箱体的作用力，方向向下</p> <p><math>W_a</math>、<math>W_b</math>—齿轮和轴的重量</p> <p><math>W_a = m_a \cdot g</math>；<math>W_b = m_b \cdot g</math></p> <p><math>m_a</math>、<math>m_b</math>—轴和齿轮的质量；<math>g</math>—重力加速度</p>
垂直力		$F_{tA} = -R_{A2} = \frac{F_t b}{l}$ $F_{tB} = -R_{B2} = \frac{F_t a}{l}$ $F_t = \frac{2T}{d}$ ； $T = 9550 \frac{P}{n}$
水平力		$F_r = F_t \frac{\tan \alpha_n}{\cos \beta}$ $F_{rA} = -R_{A3} = \frac{F_r b}{l}$ $F_{rB} = -R_{B3} = \frac{F_r a}{l}$ <p><math>\alpha_n</math>—法向压力角</p> <p><math>\beta</math>—螺旋角</p> <p><math>F_{rA}</math>、<math>F_{rB}</math>—径向力 <math>F_r</math> 引起对轴承座处的作用力，方向和 <math>F_r</math> 相同</p>
轴向力		$F'_c = F_c = F_t \tan \beta$ $F_{cA} = -F_{cB} = \frac{F'_c \cdot d}{2l}$ <p><math>\beta</math>—斜齿轮的螺旋角</p> <p><math>F'_c</math>—箱体轴承座承受的齿轮轴向推力</p> <p><math>F_{cA}</math>、<math>F_{cB}</math>—箱体轴承座承受的由轴向力产生的力偶在 A、B 两点的的作用力</p>

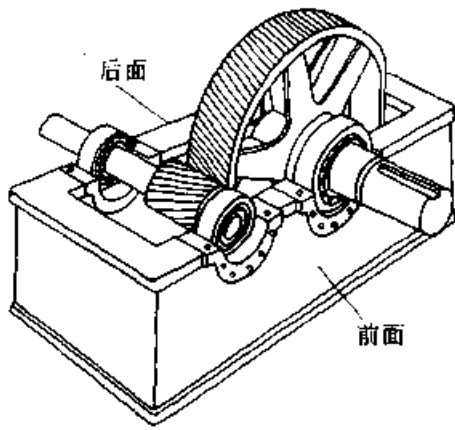


图 30.2-8 齿轮箱结构

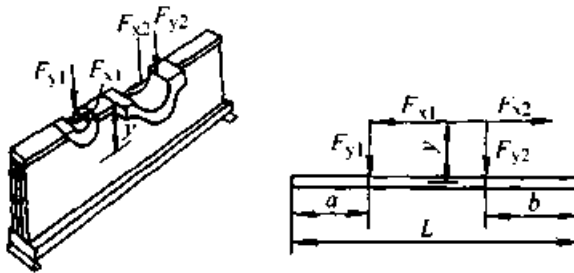


图 30.2-9 使箱体前壁产生垂直面内

弯曲变形的外力

$$I_{y'} = \sum_{i=1}^n \frac{F_{yi} L^2 \beta_1}{f_p} \quad (30.2-1)$$

$$I'_{y'} = \sum_{i=1}^n \frac{M_i L^2 \beta_2}{f_p} \quad (30.2-2)$$

$$I_z = I_{y'} + I'_{y'} \quad (30.2-3)$$

式中  $I_{y'}$ ——承受集中力所必需惯性矩 ( $m^4$ );

$I'_{y'}$ ——承受力偶作用所必需的惯性矩 ( $m^4$ );

$I_z$ ——总惯性矩 ( $m^4$ );

$L$ ——箱体长度;

$f_p$ ——许用变形量 (m);

$n$ ——作用力或力偶的个数;

$M_i$ ——力偶;

$\beta_1$  及  $\beta_2$  为运算符号, 其值为

$$\beta_1 = \frac{3K - 4K^3}{48E} \quad (30.2-4)$$

$$\beta_2 = \frac{4K^2 - 1}{16E} \quad (30.2-5)$$

$$K = \frac{a(b)}{L} \quad (30.2-6)$$

式中  $a(b)$ ——力或力偶作用点到最近的箱壁端点的距离 (参见图 30.2-9 中右图);

$E$ ——弹性模量 (Pa);

如果箱壁材料为钢时,  $\beta_1$  和  $\beta_2$  可根据  $K$  值查表 30.2-6 求得。在以上运算中长度单位均为 m, 力的单位均为 N; 并确定如果力和力偶使箱壁向下弯曲则为正, 所计算的惯性矩亦为正值; 反之为负值。

表 30.2-6  $\beta_1$  及  $\beta_2$  的值

K	$\beta_1 / 10^{-11} m^2 \cdot N^{-1}$	$\beta_2 / 10^{-3} m^2 \cdot N^{-1}$
0	0	2.975
0.01	0.297 5	2.975
0.02	0.595 1	2.971
0.03	0.891 8	2.965
0.04	1.187 4	2.951
0.05	1.482	2.947
0.06	1.777	2.932
0.07	2.069	2.918
0.08	2.361	2.899
0.09	2.649	2.879
0.10	2.937	2.857
0.11	3.364	2.832
0.12	3.502	2.804
0.13	3.781	2.774
0.14	4.067	2.742
0.15	4.329	2.708
0.16	4.598	2.671
0.17	4.349	2.631
0.18	5.126	2.690
0.19	5.382	2.547
0.20	5.634	2.499
0.21	5.882	2.449
0.22	6.097	2.399
0.23	6.361	2.345
0.24	6.594	2.289
0.25	6.819	2.232
0.26	7.039	2.171
0.27	7.255	2.108
0.28	7.462	2.042
0.29	7.662	1.972
0.30	7.857	1.904
0.31	8.044	1.831
0.32	8.222	1.727
0.33	8.397	1.679
0.34	8.559	1.599
0.35	8.715	1.518
0.36	8.862	1.432
0.37	9.001	1.346 4
0.38	9.131	1.271 4
0.39	9.252	1.165 4
0.40	9.365	1.071 4
0.41	9.461	0.914 9
0.42	9.559	0.876 1
0.43	9.642	0.774 9
0.44	9.715	0.671 4
0.45	9.777	0.565 4
0.46	9.828	0.460 1
0.47	9.854	0.346 4
0.48	9.897	0.233 2
0.49	9.914	0.117 8
0.50	9.920	0

应该说明的是，上述计算没有考虑到剪切力对弯曲变形的影响。对于承受较大载荷，箱体长度  $L$  较小时应考虑这一因素。

3) 齿轮箱体的水平刚度 通过许用刚度或许用变形量来求得箱壁侧横截面的惯性矩  $I_y$ 。

由于斜齿轮产生的轴向力使箱体产生侧向弯曲，其轴向力为  $F_{zi}$ ，如图 30.2-10 所示。在各

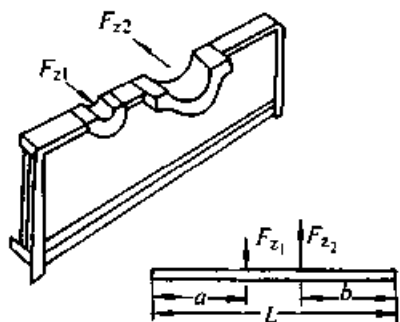


图 30.2-10 引起箱体侧弯的力

力作用下，由许用变形量  $f_p$  确定的抵抗侧向弯曲变形的惯性矩  $I_y$  ( $m^4$ ) 的值为

$$I_y = \sum_{i=1}^n \frac{F_{zi} L^2 \beta_1}{\frac{f_p}{L}} \quad (30.2-7)$$

$$\beta_1 = \frac{3K - 4K^3}{48E} \quad (30.2-8)$$

$$K = \frac{a}{L}$$

式中  $F_{zi}$ ——垂直于箱壁平面的各侧向力；

$n$ ——垂直于箱壁平面各侧向力的个数；

$a$ ——作用力到箱壁端部最近的距离；

其余各参数表示的意义及所用单位同前。

当箱体材料为钢时，可由表 30.2-6 查得  $\beta_1$  的值。

4) 齿轮箱体的扭转刚度 通过许用扭转变形（许用扭转角）来求得箱体壁横截面的扭转惯性矩  $I_K$ 。

如果斜齿轮产生的轴向力  $F_{zi}$  作用于轴承座，和箱壁的水平中性轴相距为  $y$ ，则箱壁会受到扭矩  $T_i = F_{zi} \cdot y$  的作用，如图 30.2-11 所示。其扭转刚度  $I_K$  为

$$I_K = \frac{T_{\max}}{G\theta_p} \quad (30.2-9)$$

式中  $G$ ——切变模量 (Pa)；

$\theta_p$ ——许用单位扭转角 (rad/m)；

超星浏览器提醒您：  
使用本软件时，请尊重相关知识！

$T_{\max}$ ——截面中某处承受的最大扭矩 ( $N \cdot m$ )；

从箱壁各段的扭矩  $T_{AB}$ 、 $T_{BC}$ 、 $T_{CD}$  中选取的最大值。

其中

$$T_{AB} = \frac{T_1(L-a) - T_2b}{L}$$

$$T_{BC} = \frac{-T_1a + T_2b}{L}$$

$$T_{CD} = \frac{-T_1a - T_2(L-b)}{L}$$

$$T_1 = F_{z1} \cdot y$$

$$T_2 = F_{z2} \cdot y$$

式中  $F_{z1}$ 、 $F_{z2}$ ——垂直于箱壁平面的作用力 (N)；

$y$ —— $F_{z1}$ 、 $F_{z2}$  到箱壁水平中性轴的距离 (m)；

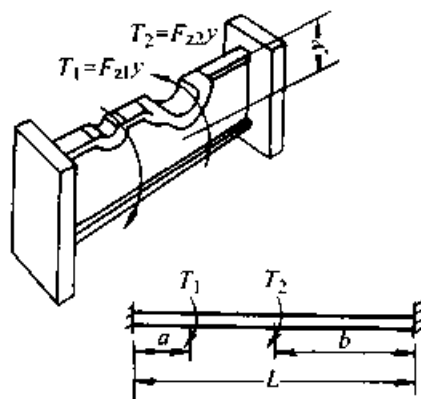


图 30.2-11 影响箱体扭转变形的力矩

5) 根据前面所求得的  $I_x$ 、 $I_y$ 、 $I_K$  确定相对应截面的尺寸。

①如果横截面为矩形时，由截面惯性矩， $I_x = \frac{bh^3}{12}$ ， $I_y = \frac{hb^3}{12}$ ， $I_K = \alpha_1 hb^3$  可以确定  $b$  和  $h$  的尺寸，参见图 30.2-12b。其中扭转系数  $\alpha_1$  值参见表 30.1-2。

②如果横截面为空心矩形时，由截面惯性矩

$$I_x = \frac{1}{12} (bh^3 - b_1h_1^3)$$

$$I_y = \frac{1}{12} (hb^3 - h_1b_1^3)$$

$$I_K = \frac{2tt_1(h-t)^2(b-t_1)^2}{ht + bt_1 - t^2 - t_1^2}$$

求得截面各尺寸。(参见图 30.2-12)



6) 校核箱体的抗压刚度 箱体为承受齿轮和轴的重力  $F_w$  及切向力  $F_t$  的作用, 应有足够的刚度。如果箱体壁板为一个垂直腹板而刚度不足时, 可在轴承座下面增设肋板。轴承座为放置轴承, 端盖等件应有足够的宽度。箱体的抗压刚度计算时将处于轴承座下面的箱体截面按柱杆处理, 其计算公式为

$$A = \frac{F_y}{\frac{f_p E}{L}} \quad (30.2-10)$$

式中  $A$  ——所需的支承面积 ( $m^2$ );  
 $E$  ——弹性模量 (Pa);  
 $F_y$  ——压力 (N);  $F_y = F_w + F_t$ , 参见图 30.2-13;  
 $f_p$  ——许用变形量 (m);  
 $L$  ——箱体长度 (m)

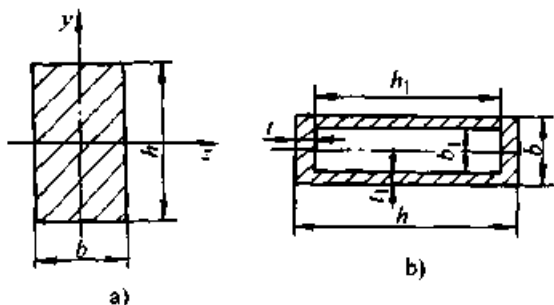


图 30.2-12 矩形及空心矩形截面

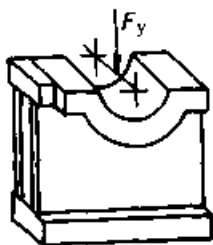


图 30.2-13 箱体承受的压力

### 1.2.2 齿轮箱体计算实例

斜齿轮传动箱如图 30.2-8 所示, 箱体高度为 406 mm, 轴承中心到中性轴的距离  $y = 203.2$  mm, 传动功率为 37.29 kW; 小齿轮转速  $n_1 = 1800$  r/min, 其分度圆直径  $d_1 = 152.4$  mm, 质量为 14.5 kg; 轴质量 23.5 kg, 大齿轮转速为  $n_2 = 450$  r/min, 分度圆直径  $d_2 = 609.6$  mm, 大齿轮质量 232.2 kg, 轴质量 51.7 kg。齿轮的压力角  $\alpha = 20^\circ$ , 螺旋角  $\beta = 30^\circ$ 。箱体的许用单位挠度为 0.000 01 m/m, 许用单位转角为 0.000 08 rad/m。各轴系相关尺寸如图 30.2-14 所示。试设计箱体的截面尺寸。

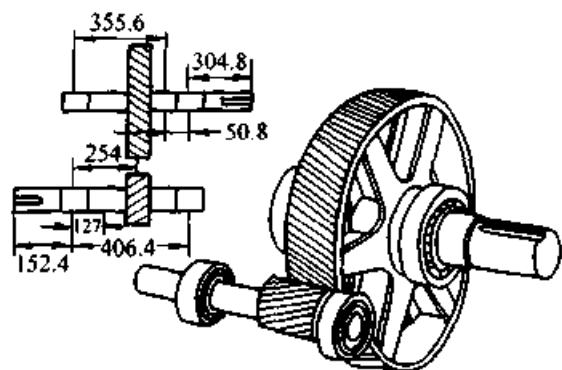


图 30.2-14 齿轮轴系尺寸

解:

1) 求箱体所受的外力 根据表 30.2-5 所列公式确定求得各力, 如表 30.2-7 所示。

用同样的方法可以求出齿轮箱后侧壁板所承受的外力。在本例题中, 齿轮箱前面壁板所受的应力最大, 可以由此确定其壁板的截面尺寸。前壁板轴承座所受外力如图 30.2-15 所示, 左图中为表 30.2-7 中计算的所有外力, 将同方向力叠加后如右图所示, 其力的作用点均在箱体轴承座上, 图中箭头只表示力的方向。

表 30.2-7 各齿轮轴系对箱体所施外力计算

所受外力	齿轮轴系	
	小齿轮轴系	大齿轮轴系
由重力作用到箱体的外力 $F_{wy}$ 。 $F'_{wy}$	$F_{wy} = \frac{aP_a + bP_b}{l}$ $= \frac{0.127 \times 235 + 0.254 \times 145}{0.4064} \text{ N}$ $= 164 \text{ N (向下)}$	$F'_{wy} = \frac{aP_a + bP_b}{l}$ $= \frac{0.3556 \times 507 + 0.254 \times 2277}{0.4064} \text{ N}$ $= 1067 \text{ N (向下)}$

所受外力	齿轮轴系	
	小齿轮轴系	大齿轮轴系
由切向力 $F_t$ 引起对箱体轴承座的垂直力 $F_{ty}$ , $F'_{ty}$	$F_t = \frac{2T}{d_1} = \frac{2 \times 9\,550 P/n}{d_1}$ $= \frac{2 \times 9\,550 \times 37.29}{0.1524 \times 1\,800} = 2\,600\text{ N}$ $F_{ty} = \frac{0.254}{0.4064} \cdot F_t$ $= 1\,625\text{ N (向上)}$	$F'_t = 2\,600\text{ N}$ $F'_{ty} = 1\,625\text{ N (向下)}$
由径向力 $F_r$ 对箱体轴承座所加的水平力 $F_{tx}$ 及 $F'_{tx}$	$F_{tx} = F_{ty} \cdot \frac{\tan 20^\circ}{\cos 30^\circ} = 1\,625 \times 0.42\text{ N}$ $= 682\text{ N (向左)}$	$F'_{tx} = 682\text{ N (向右)}$
由轴向力 $F_a$ 对箱体的推力 $F_{cz}$ , $F'_{cz}$ 以及由 $F_c$ 产生的力偶对轴承座的作用力(水平力) $F_{cx}$ 及 $F'_{cx}$	$F_{ax} = F_t \cdot \tan \beta = 2\,600 \times 0.577\text{ N}$ $= 1\,500\text{ N (向前)}$ $F_{cz} = F_t \cdot \tan \beta = 1\,500\text{ N}$ $F_{cx} = \frac{F_c \cdot d_1}{2l} = \frac{1\,500 \times 0.1524}{2 \times 0.4064}\text{ N}$ $= 282\text{ N (向左)}$ <p><math>l</math> —— 小齿轮轴两支点间距离 m</p>	$F'_{ax} = 1\,500\text{ N (向后)}$ $F'_{cx} = \frac{1\,500 \times 0.6096}{2 \times 0.4064}\text{ N}$ $= 1\,125\text{ N (向左)}$

超星浏览器提醒您：  
使用本复制品  
请尊重相关知识产权！

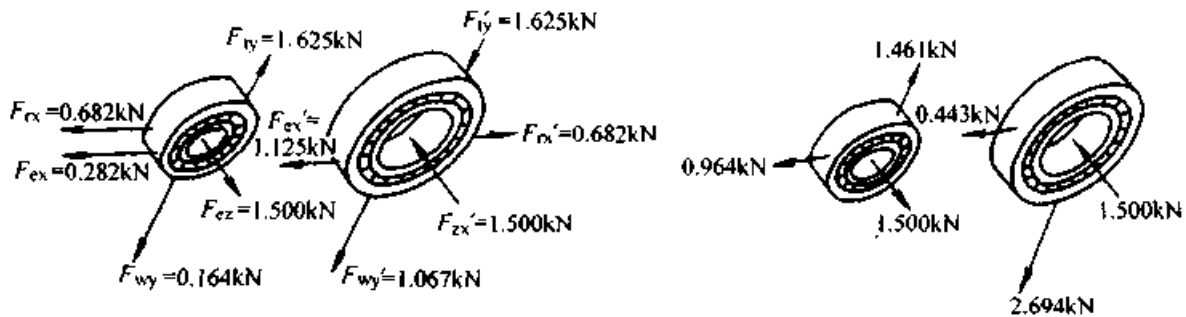


图 30.2-15 箱体前壁板轴承座受力示意图

2) 求箱体前壁板所需的惯性矩  $I_z$ 。由图 30.2-15 右图中得出使前壁板在垂直平面内产生弯曲变形的力及作用力到支点的距离, 如图 30.2-16 所示。又已知前箱壁的长度  $L$ , 许用单位挠度  $f_p/L$ 。

首先根据  $K$  值 ( $K = a/L$ ), 从表 30.2-6 中可查出  $\beta_1$  和  $\beta_2$  的值, 然后根据式 (30.2-1) 及 (30.2-2) 和 (30.2-3) 计算  $I_z$  的值, 见表 30.2-8。

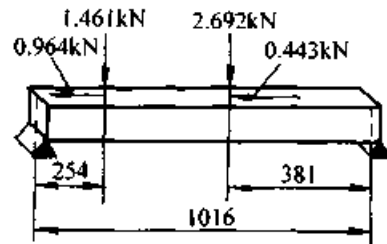


图 30.2-16 使前壁在垂直面弯曲的力

表 30.2-8 前箱壁所需截面惯性矩  $I_x$ 

作用力 $F/\text{N}$ 或 $M/\text{N}\cdot\text{m}$	外力至端部距离 $a/\text{m}$	箱壁长度 $L/\text{m}$	系数 $K = a/L$	运算符		单位许用挠度 $\frac{f_p}{L}$
				$\beta_1/\text{m}^2\cdot\text{N}^{-1}$	$\beta_2/\text{m}^2\cdot\text{N}^{-1}$	
1461 N	0.254	1.016	0.25	$6.820 \times 10^{-14}$		0.000 01
2692 N	0.381	1.016	0.375	$9.068 \times 10^{-14}$		0.000 01
$964 \times 0.203 = 195.7 \text{ N}\cdot\text{m}$	0.254	1.016	0.25		$2.232 \times 10^{-13}$	0.000 01
$443 \times 0.203 = 89.9 \text{ N}\cdot\text{m}$	0.381	1.016	0.375		$1.309 \times 10^{-13}$	0.000 01
作用力 $F/\text{N}$ 或 $M/\text{N}\cdot\text{m}$	$I_{x1} = \frac{F_{y1} L^2 \beta_1}{f_p}$			$I'_{x1} = \frac{M_1 L \beta_2}{f_p}$		$I_x = \sum_{i=1}^n I_{xi} + \sum_{i=1}^n I'_{xi}$
1461 N	$I_{x1} = \frac{-1461 \times 1.016^2 \times 6.82 \times 10^{-14}}{0.00001} \text{ m}^4$ $= -1.0286 \times 10^{-5} \text{ m}^4$					1.3338 $\times 10^{-5} \text{ m}^4$
2692 N	$I_{x2} = \frac{2692 \times 1.016^2 \times 9.668 \times 10^{-14}}{0.00001} \text{ m}^4$ $= 2.6865 \times 10^{-5} \text{ m}^4$					
$964 \times 0.203 = 195.7 \text{ N}\cdot\text{m}$				$I'_{x1} = \frac{-195.7 \times 1.016 \times 2.232 \times 10^{-13}}{0.00001} \text{ m}^4$ $= -0.4438 \times 10^{-5} \text{ m}^4$		
$443 \times 0.203 = 89.9 \text{ N}\cdot\text{m}$				$I'_{x2} = \frac{89.9 \times 1.016 \times 1.309 \times 10^{-13}}{0.00001} \text{ m}^4$ $= 0.1197 \times 10^{-5} \text{ m}^4$		

3) 求前箱壁横截面惯性矩  $I_y$ 。通常一对啮合的齿轮，大小齿轮的轴向力分别由二侧壁板承受，但在特殊结构中也有侧壁板同时承受二个轴向力的情况。图 30.2-15 中轴承所受的轴向力  $F_{z2}$ 、 $F'_{z2}$  就是箱体前壁产生侧向弯曲的外力  $F_{x1}$ 。 $F_{x1}$  至箱壁一端的距离如图 30.2-17 所示，可以以此求得  $K$  (利用公式 (30.2-6))，查表 30.2-6 可求出  $\beta_1$ ，然后利用公式 (30.2-7) 可求得  $I_y$ 。

各计算值如表 30.2-9 所示。

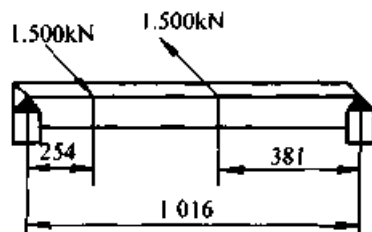


图 30.2-17 使箱壁侧弯的外力

表 30.2-9 前箱壁所需截面惯性矩  $I_y$ 

作用力 $F_{xi}/\text{N}$	外力至端部距离 $a/\text{m}$	箱壁长度 $L/\text{m}$	系数 $K = a/L$	运算符 $\beta_1/\text{m}^2\cdot\text{N}^{-1}$	单位许用挠度 $\frac{f_p}{L}$	$I_{yi} = \frac{F_{xi} L^2 \beta_1}{f_p}$	$I_y = \sum_{i=1}^n I_{yi}$
1500	0.254	1.016	0.25	$6.820 \times 10^{-14}$	0.000 01	$\frac{1500 \times 1.016^2 \times 6.82 \times 10^{-14}}{0.00001} \text{ m}^4$ $= 10.55997 \times 10^{-6} \text{ m}^4$	$3.481 \times 10^{-6} \text{ m}^4$
-1500	0.381	1.016	0.375	$9.068 \times 10^{-14}$	0.000 01	$\frac{-1500 \times 1.016^2 \times 9.668 \times 10^{-14}}{0.00001} \text{ m}^4$ $= -14.04074 \times 10^{-6} \text{ m}^4$	

由于作用力的方向相反, 因此, 最差的条件是由一根轴引起的轴向推力 (即距一端为 381 mm 的力); 根据表 30.2-9, 取  $I_y = 14\ 041 \times 10^{-9} \text{ m}^4$ 。

4) 求箱体前壁板横截面的扭转惯性矩  $I_k$

前壁板的扭转, 是由于齿轮的轴向推力,  $F_{z1}$ ,  $F_{z2}$  没有通过前壁板截面的中性轴而产生的力矩所致, 所以扭转力矩可由下式求得:

$$T_1 = F_{z1}y = 1\ 500 \times 0.203\ 2 \text{ N}\cdot\text{m} = 304.8 \text{ N}\cdot\text{m}$$

$$T_2 = F_{z2}y = -1\ 500 \times 0.203\ 2 \text{ N}\cdot\text{m} = -304.8 \text{ N}\cdot\text{m}$$

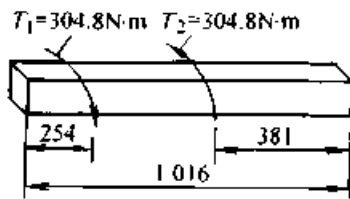


图 30.2-18 作用于前箱壁上的扭矩

如图 30.2-18 所示。所以,

$$\begin{aligned} T_{AB} &= \frac{T_1(L-a) + T_2b}{L} \\ &= \frac{304.8(1.016 - 0.254) - 304.8 \times 0.381}{1.016} \text{ N}\cdot\text{m} \\ &= 114.3 \text{ N}\cdot\text{m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_{BC} &= \frac{-T_1a + T_2b}{L} \\ &= \frac{-304.8 \times 0.254 - 304.8 \times 0.381}{1.016} \text{ N}\cdot\text{m} \\ &= -193.54 \text{ N}\cdot\text{m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_{CD} &= \frac{-T_1a - T_2(L-b)}{L} \\ &= \frac{304.8 \times 0.254 + 304.8(1.016 - 0.381)}{1.016} \text{ N}\cdot\text{m} \\ &= 114.3 \text{ N}\cdot\text{m} \end{aligned}$$

比较  $T_{AB}$ ,  $T_{BC}$ ,  $T_{CD}$  得出  $T_{\max} = 193.5 \text{ N}\cdot\text{m}$ , 现已知  $G = 8.1 \times 10^{10} \text{ Pa}$ , 许用单位扭转角  $[\theta] = 0.000\ 08 \text{ rad/m}$ ; 根据式 (30.2-7) 可求得  $I_k$

$$\begin{aligned} I_k &= \frac{T_{\max}}{G[\theta]} = \frac{193.5}{8.1 \times 10^{10} \times 0.000\ 08} \text{ m}^4 \\ &= 29\ 860 \times 10^{-9} \text{ m}^4 \end{aligned}$$

5) 确定箱体前壁板横截面形状和尺寸 根据以上计算, 该截面必须具备以下性能:

$$I_y \geq 14\ 041 \times 10^{-9} \text{ m}^4$$

$$I_z \geq 13\ 338 \times 10^{-9} \text{ m}^4$$

$$I_k \geq 37\ 045 \times 10^{-9} \text{ m}^4$$

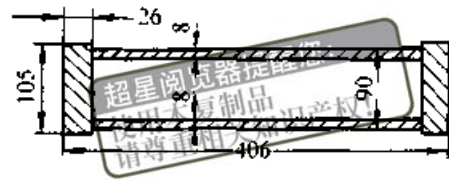


图 30.2-19 截面尺寸和形状

图 30.2-19 所示截面将满足全部要求。其中:

$$\begin{aligned} I_z &= \frac{2 \times 105 \times 26^3}{12} + 2 \times 106 \times \left( \frac{406 - 26}{2} \right)^2 + \\ &\quad \frac{2 \times 8 \times (406 - 2 \times 26)}{12} \text{ m}^4 \\ &= 246\ 825 \times 10^{-9} \text{ m}^4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_y &= \frac{2 \times 26 \times 105^3}{12} + \frac{2 \times [406 - (2 \times 26)] \times 8^3}{12} + \\ &\quad 2 \times 8 \times [406 - (2 \times 26)] \times \left( \frac{105}{2} - 4 \right)^2 \text{ m}^4 \\ &= 183\ 69 \times 10^{-9} \text{ m}^4 \end{aligned}$$

参见图 30.2-12 空心截面, 根据公式代入数据可得

$$\begin{aligned} I_k &= \frac{2t_1(h-t)^2(b-t_1)^2}{ht + bt_1 - t^2 - t_1^2} = \\ &\quad \frac{2 \times 26 \times 8 \times (405 - 26)^2(90 - 8)^2}{405 \times 26 + 90 \times 8 - 26^2 - 8^2} \text{ m}^4 = \\ &\quad 37\ 045 \times 10^{-9} \text{ m}^4 \end{aligned}$$

故截面尺寸满足要求。

6) 校核压缩刚度 根据式 (30.2-10) 确定轴承座下面的截面面积为

$$\begin{aligned} A &= \frac{F_y}{\frac{f_p \cdot E}{L}} = \frac{2\ 692}{0.000\ 01 \times 21 \times 10^{10}} \text{ m}^2 \\ &= 0.001\ 282 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

由于轴承座下面由 2 个厚 8 mm 的板支承, 故轴承座下部所需的宽度为

$$\frac{0.001\ 282}{2 \times 0.008} \text{ m} = 0.08 \text{ m}$$

即需 0.08 m 宽度就可以满足压缩刚度的要求。

## 2 机械压力机机架结构与计算

### 2.1 机械压力机机架结构设计

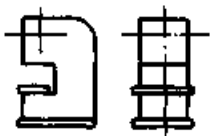

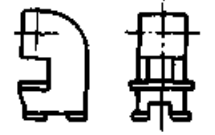


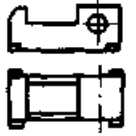
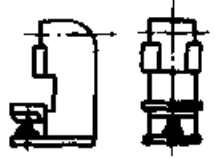
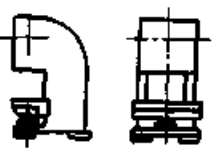
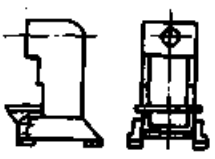
机械压力机机架结构是根据压力机的用途和传动型式确定的。根据机架外形的特征分为开式和闭式两类, 分别为开框式机架和闭框式机架。机架也采用铸造、焊接结构。根据工艺用途不同所选用的机械压力机结构如表 30.2-10 及表 30.2-11 所示。

(1) 开式机架结构设计

机采用焊接结构。随着焊接技术的发展，焊接结构将逐渐的代替铸造结构。

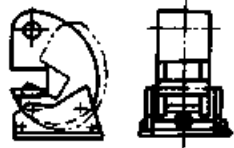
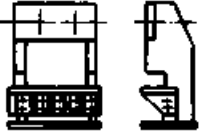
开式机架适用于中小型压力机，批量较大的小型压力机采用铸造结构，批量较小的中型压力

表 30.2-10 各种工艺用途压力机开式机架结构型式

机身的结构型式	简图	压力机用途	标称压力/kN
整体单柱			
曲轴纵放、横放、悬臂或曲轴在支承中间		通用单动、校正、专用	31.5 ~ 4 500
水平位置		毛坯垂直移动的多工位冷镦自动机 (镦粗螺杆直径 10 ~ 24 mm)	—
整体双柱			
纵放轴或横放轴		通用单动	10 ~ 1 600
双点压力机，纵放轴		通用单动板料冲压 多工位板料冲压自动机	400 ~ 5 000 200 ~ 400
横放轴		通用单动板料冲压 多工位板料冲压自动机	400 ~ 500 200 ~ 400
水平位置		板料弯曲 板料剪切 (板料厚度 1 ~ 32 mm) 弯曲冲压自动机	250 ~ 5 000 — 100 ~ 5 000
组合单柱			
工作台可拆高度可调纵放或横放轴		通用单动	63 ~ 1 600
组合双柱			
工作台可拆高度可调纵放轴或横放轴		通用单动	100 ~ 1 000
可倾式、纵放轴		通用单动	160 ~ 1 000

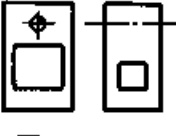

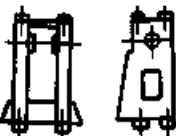
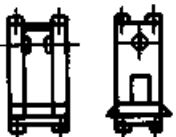
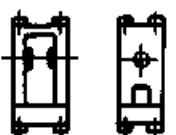
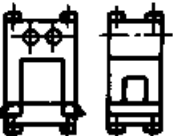

浏览器提醒您：  
 请尊重相关知识产权！  
 使用本复制品

续表 30.2-10

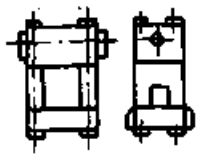
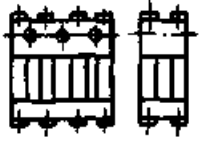
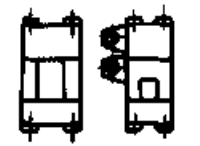
机身的结构型式	简图	压力机用途	标称压力/kN
可倾式横放轴		通用单双动	40~1 600
工作台高度可调, 纵放轴或横放轴		通用单动板料冲压专用	400~3 150

超星阅读器提醒您：  
使用本复制品  
请注明相关知识版权！

表 30.2-11 各种工艺用途压力机闭式机架结构型式

机身的结构型式	简图	压力机用途	公称压力/MN	附注
整体式、铸焊式、 焊铸式		切边 通用单双动板料冲压 专用	0.16~6.3 0.16~6.3 0.63~40	单点, 纵放轴
整体式		热模锻压力机、精压 机	6.3~25 4~25	单点, 横放轴
具有一个分开面的 组合式		同上	8~25	同上
具有二个分开面的 组合式			16~80	单双点横放轴
具有二个分开面的 组合式			80~125	单点横放轴
组合式		切边 单动通用 通用板料冲压专用	1.6~16 2.5~40 1.6~31.5 5~63	单点, 双点或四 点纵放轴
外滑块具有附加 支承传动的组合式		双动拉深和热模锻	1.6~40	单点、双点或四 点纵放轴

续表 30.2-10

机身的结构型式	简图	压力机用途	公称压力/MN	附注
组合式		切边 通用	1-6 1快12.5	提醒您： 单点或双点横放 轴
分段式		专用、多工位	10-40	纵放轴
具有二个分开面的组合式		精压、校正	—	横放轴

1) 开式机架基本尺寸的确定。开式机架的基本尺寸由经验公式确定：

机架铸铁立柱截面的最小面积  $S_{min} = KF_g$ ，

式中  $F_g$  ——开式压力机标称压力 (kN)；

$K$  ——系数，由表 30.2-12 选取，和标称压力  $F_g$  和  $A$  有关， $A$  为力作

用线到机架正面板壁的距离 (mm)。

焊接机架的立柱截面最小面积，比铸铁立柱小 33%~50%。为了提高开式机架的刚度，设计机架时所确定机架立柱的截面积要比从刚度计算所求得的大 0.5~1 倍。

表 30.2-12 系数  $K$  的选取

$\frac{A}{10\sqrt{F_g}}$		0.8	0.9	1	1.12	1.25	1.4	1.6
$K$	单柱机架	1.12	1.18	1.25	1.32	1.4	1.5	1.69
	双柱机架	1	1.06	1.12	1.18	1.25	1.32	1.4

截面尺寸的确定：开式机架常用截面形状如图 30.2-20 所示。对于开式单柱机架  $h_c = (2 \sim 3.5) A$ ；对于双柱机架， $h_c = (2.3 \sim 4) A$ ；大型机架取大值。对于箱形机架的高宽比  $h_c/b_c = 1 \sim 1.7$ ， $b_c$  为机架立柱截面的宽度。

机架壁厚的确定：开式焊接机架侧壁的厚度一般按经验公式  $a_c \approx 0.9 \sqrt{F_g}$ ，通常  $a_c \geq 8$  mm；双柱或单柱铸铁机架  $a_c = (8 \sim 40)$  mm。单柱机架后面的壁厚和侧面的壁厚相等，但正面的壁厚要超过侧壁的 2~3 倍。

2) 提高机架刚度的措施。开式机架在工作时，将产生弹性变形，如图 30.2-21 所示。它由两部分变形组成，即使装模高度改变的垂直变形和使滑块运动方向产生倾斜的角变形。其中角变形将直接影响工件的精度、模具的寿命和加速滑

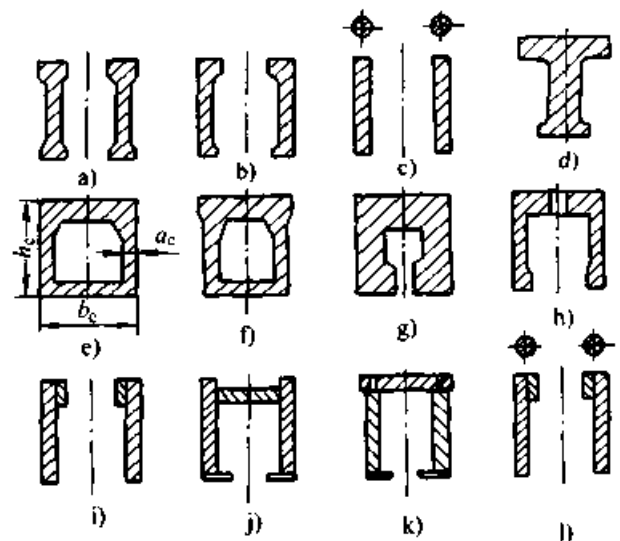


图 30.2-20 开式机架立柱常见截面形状  
铸造 (a~h) 焊接 (i~l)

块导向部位的磨损。为了提高机架的刚度，可以采用以下三项措施：第一要尽量选用高弹性模量的材料，如孕育铸铁、球墨铸铁、钢板焊接等。第二是合理设计机架立柱的截面尺寸和形状，在不增加材料的情况下，尽量增加截面的惯性矩，如尽量增加立柱截面的高度尺寸，加大喉口壁厚、或喉口外缘加肋等。在图 30.2-20 中，其中图 a-c，图 i 和 l 属于双柱式结构，由于垫板平面上不相互连接而形成贯穿的通道，便于从背部卸料，有利于冲压工作的机械化和自动化，但开式双柱机架的刚度比单柱机架小 25% 左右，在承受偏心载荷时，产生严重的扭转。其中图 c 和图 l 截面为提高机架刚度增设了拉杆，但影响了一定的操作空间。第三是改进机架的结构形式，如在喉口内侧增设拉杆，如图 30.2-22，可以大大减小角变形；将整体结构改为组合结构，如图 30.2-23，则几乎不产生角变形。

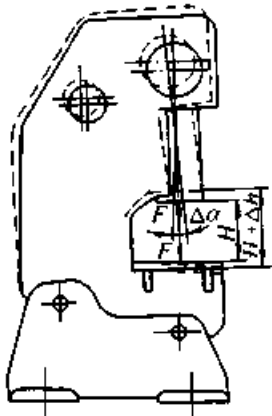


图 30.2-21 开式机架弹性变形

3) 开式机架焊接结构设计。在现有的焊接结构中，根据机架强度的要求，开式机架的结构

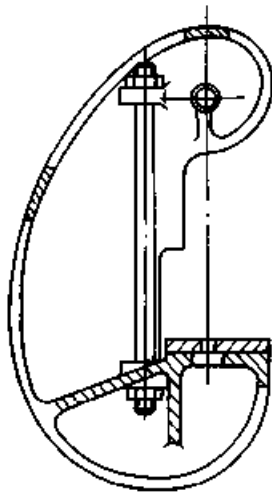


图 30.2-22 喉口内侧加拉杆的机架

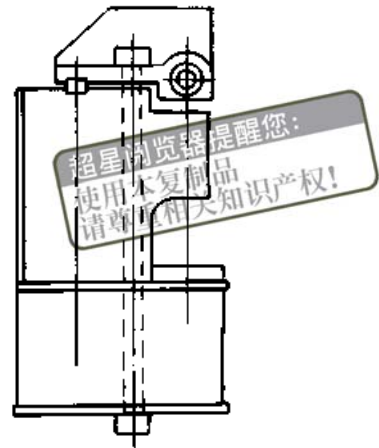


图 30.2-23 组合式开式机架

设计还要重视机架喉口的应力集中问题。图 30.2-24 为焊接开式机架喉口处上下弯曲部分应力分布的情形，可以看出，在转角圆弧处存在严重的应力集中，其圆角半径越小，应力集中越严重，内侧的拉应力值越大。在焊接结构设计中，如果考虑不周到，则内侧板（翼板）和两侧壁板（腹板）之间的焊缝很可能被拉裂。而内侧板之间的对接焊缝也应该设置在过渡圆弧之外。对开式机架的应力测试数据表明，喉口圆弧处的应力值比危险截面的最大拉应力增大一倍（静态），而动态应力比静态应力增加 50%。因此，要尽量加大过渡圆弧半径，减小喉口深度。

图 30.2-25 为焊接开式机架喉口处内侧板各种连接形式的设计方案，图 30.2-25a、b 方案中焊缝均为工作焊缝，且位于应力集中区，疲劳强

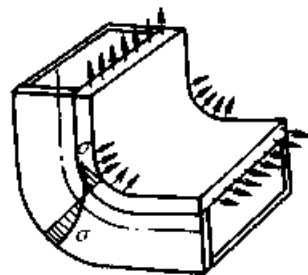


图 30.2-24 开式机架喉口处应力分布

度低，不应采用这种结构。图 c 为镶嵌结构，角焊缝不承受主要载荷，可用较小焊角尺寸。这种结构简单、加工和装配方便，但转角处仍为直角，应力集中严重，仅适用于小型压力机。图 d 为整块内侧板折成两个大于 90° 的钝角，使应力集中减小，制作方便，为常用结构。图 e 结构中的圆弧半径较大，应力集中将大为减小，是一种



较好的结构。但在制造中，内侧板和两侧壁板的圆弧必须吻合得很好，装配中有一定难度；同时，内侧板和壁板间在圆弧处的角焊缝承受较大的径向拉力，是工作焊缝，对焊缝的焊接质量要求较高。图 f、g 结构为内侧板和壁板厚度不同时采用，其共同特点是焊缝避开了高应力区。

图 30.2-26 中是为提高焊接开式机架强度和刚度，对喉口部位采取的补强措施。图 a 中  $D$

和  $R$  分别是喉口深度和转角处的圆弧半径，图 b 是单壁板机架，采用 T 形截面，内壁板起加强作用，只适合小型压机。图 c 是在壁板喉口边缘处用补强板局部加厚，沿补强板周边用角焊缝围焊，在补强板上预先开孔或槽进行塞焊或槽焊，以保证补强板和壁板焊牢。图 d、e 是用一块内侧板和两块壁板组成的双壁结构，提高了机架的强度和刚度，用于负载较大的机架。

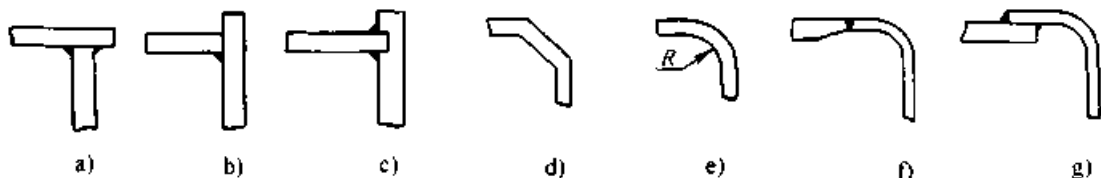


图 30.2-25 焊接开式机架喉口转角处内侧板的结构形式

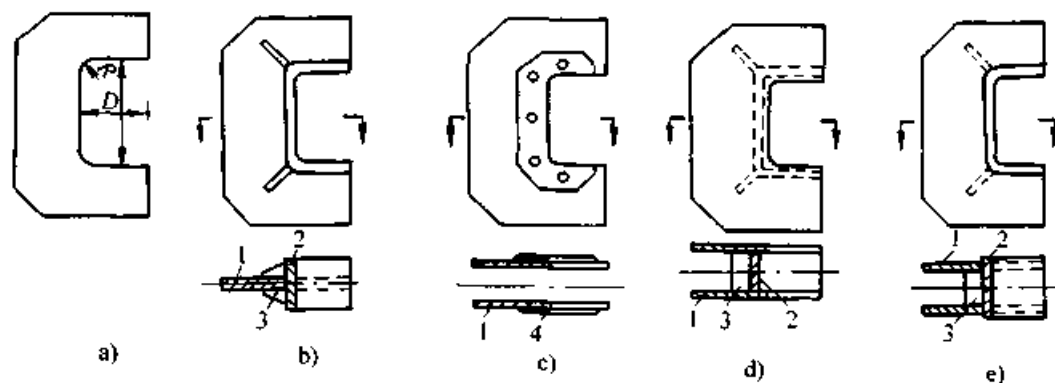


图 30.2-26 开式机架喉口边缘补强措施  
1—壁板 2—内侧板 3—肋板 4—补强板

焊接机架中，喉口下部工作台板连接处的焊缝结构也十分重要，如图 30.2-27 所示，左图中的结构容易产生裂纹，右图中焊缝的受力状态得到改善。

为了保持机架的整体稳定性以及两个壁板间

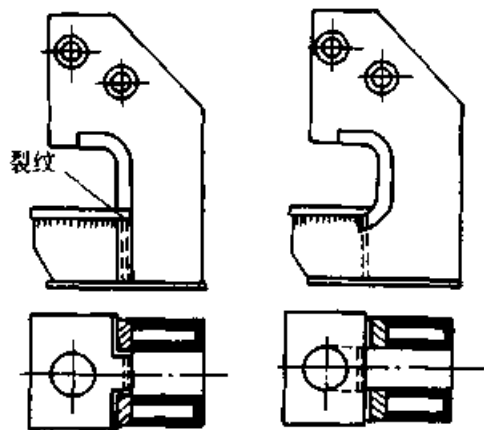


图 30.2-27 喉口下部焊缝结构

的距离，应该在两壁板间设置一些起支承和定位

作用的连接板或连接杆，如图 30.2-28 所示。图 a、b、c 只适用于两板之间距离较小，无法在壁板间进行施焊者；图 d 为间距较大，可用钢管或其他型钢做成连接杆。

### (2) 闭式机架结构设计

闭式机架是由两个立柱和上、下横梁组成的封闭方系，两根立柱对称配置在压力机中心的两侧，使机架刚度较大，精度较高；在相同刚度条件下，闭式机架的质量小于开式机架。

闭式机架可分为整体式和组合式，又可分为无预应力整体式、有预应力整体式，有预应力组合式三种结构。整体式机架加工装配工作量较少，毛坯制造工艺复杂，但运输困难，机架工作时在立柱和横梁交接处过渡部位有较大的应力集中。因此，大型压力机一般不采用整体机架，如果采用整体机架也应采用预应力结构。闭式机架结构如图 30.2-29 所示。

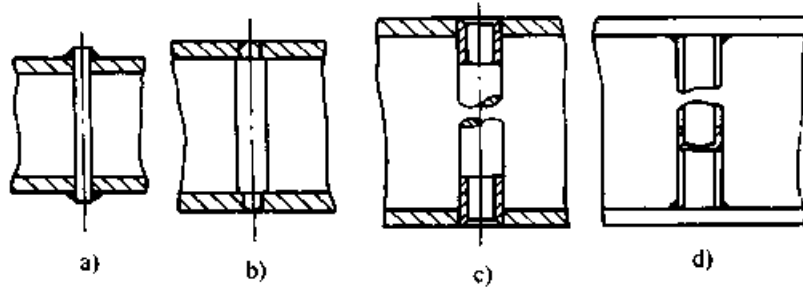


图 30.2-28 焊接开式机架中两壁板间的连接结构

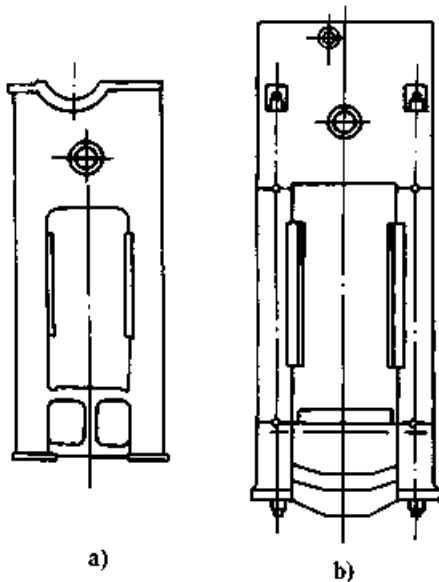


图 30.2-29 闭式机架类型  
a) 整体式 b) 组合式

预应力闭式机架是用四根拉杆穿入机架中，采用电感应加热或使过热蒸气通过拉杆中心孔等方法，使拉杆伸长到预先计算好的预紧位移量以后拧紧拉杆螺母，使机架产生一定的预紧力的结构，图 30.2-30 为采用预应力闭式机架的压力机侧向简图，表 30.2-13 为这种结构中，上、下横梁，立柱之间在高度尺寸，平均横截面积及刚度方面的比例关系，作为设计机架时参考。

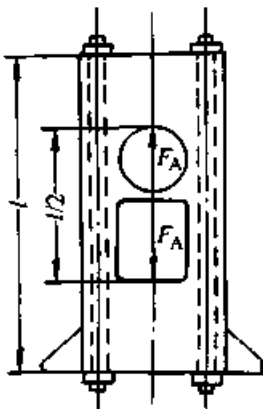


图 30.2-30 预应力闭式机架侧向简图

表 30.2-13 预应力机架中各部分之间的比例关系

构件名称	高度尺寸之比	平均截面积之比	刚度比
预应力拉杆	1.00	1.0	1.0
机架	1.00	2.5	2.5
立柱	0.50	2.0	4.0
上横梁	0.25	3.0	12.0
下横梁	0.25	3.0	12.0

图 30.2-29b 为预应力组合机架的典型结构，下面我们着重讨论组合机架中上横梁、下横梁（底座或称工作台）及立柱的结构。

1) 机械压力机上横梁结构。一般机械压力机上横梁既是一个承受弯矩和剪力作用的梁，又是一个传送动力的齿轮箱体；工作时还受偏心载荷作用而抵抗扭转变形。非工作时，在拉杆孔周围受预紧力作用处于受压状态。因此，上横梁的结构设计可按箱体结构进行设计，但箱壁要能承受复杂的重载作用，必须予以加强。各轴承孔部位的结构和齿轮箱体中轴承座的结构相同。为了保证上横梁和立柱之间在水平方向上不产生错位，在上横梁和立柱的接触平面上应该设置定位键槽或定位销孔。在横梁上部有为拉杆螺母设置的支承面，要局部加厚、底面开有缺口以便连杆运动。

图 30.2-31 及图 30.2-32 为中小型机械压力机上横梁铸造结构和焊接结构中间截面的简图，其主要参数见表 30.2-14。

图 30.2-33 为大型板料冲压压力机上横梁结构，图 a 为双壁结构，图 b 为一般单壁结构。双壁结构主要提高机架的抗扭刚度，减小质量。图 a 中轴承座的位置是根据传动形式决定的，轴承套筒纵向和横向方向设置肋板是提高刚度保证齿轮的啮合精度；轴承套筒和壁板，前后壁板和上

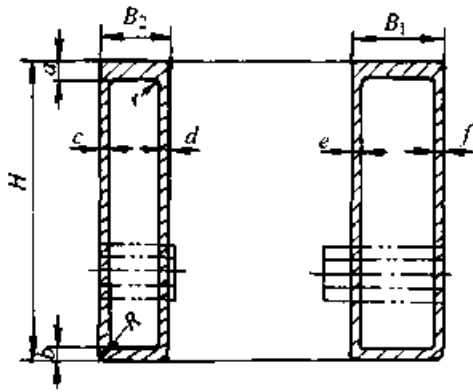


图 30.2-31 铸造上横梁中间截面

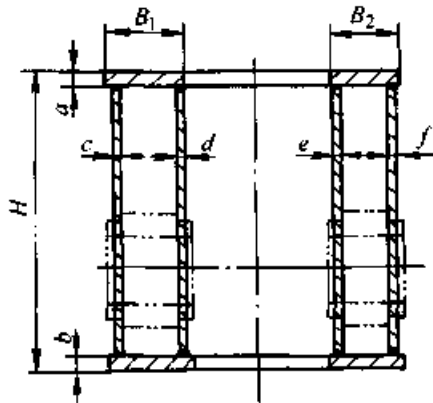


图 30.2-32 焊接上横梁中间截面

下盖板之间的焊缝为工作焊缝，故开坡口焊接，其余联系焊缝未开坡口焊接其焊角尺寸较小。在侧壁和底板之间的肋板也是为增强机架刚度而

设。图 b 为 H 型箱形梁结构，整块腹板（前、后壁板）贯穿梁的全长，拉杆孔周围有助板加强，为焊接横梁的常见结构。

2) 下横梁（工作台）的受力状态和上横梁基面相同，其外形及结构如图 30.2-29b；为增加机架和地基的接触面积，提高机架的稳定性，工作台底板两端的前后适当延伸，并用三角形肋板相接；为提高整体刚度和强度，在工作台前后壁板外侧增设多个肋板，这是和上横梁的不同之处。下横梁内部的空腔要安放液-气压垫和顶出器及一些转动机构。因此，下横梁也采用箱形梁结构，其中小型压力机的铸造结构和焊接结构的截面形状如图 30.2-34 及图 30.2-35 所示，其尺寸和其他参数见表 30.2-14。

在焊接结构中，下横梁的前后壁板（腹板）应该是整块板贯穿全长，不应该被其他肋板隔断，否则会使中间焊缝在较大的交变应力下工作，对机架的强度有不利影响。如图 30.2-36 所示：图 a 结构，腹板和端梁壁板的十字接头焊缝会使端梁壁板产生层状断裂。同时，尽量使拉杆孔的位置靠近腹板以改善其受力状态，如图 b 为合理结构。

图 30.2-37 为机械压力机下横梁焊接结构的典型实例，其上、下盖板采用厚板，并采用对接焊缝相连，改善焊缝的受力状态（见放大图 I）

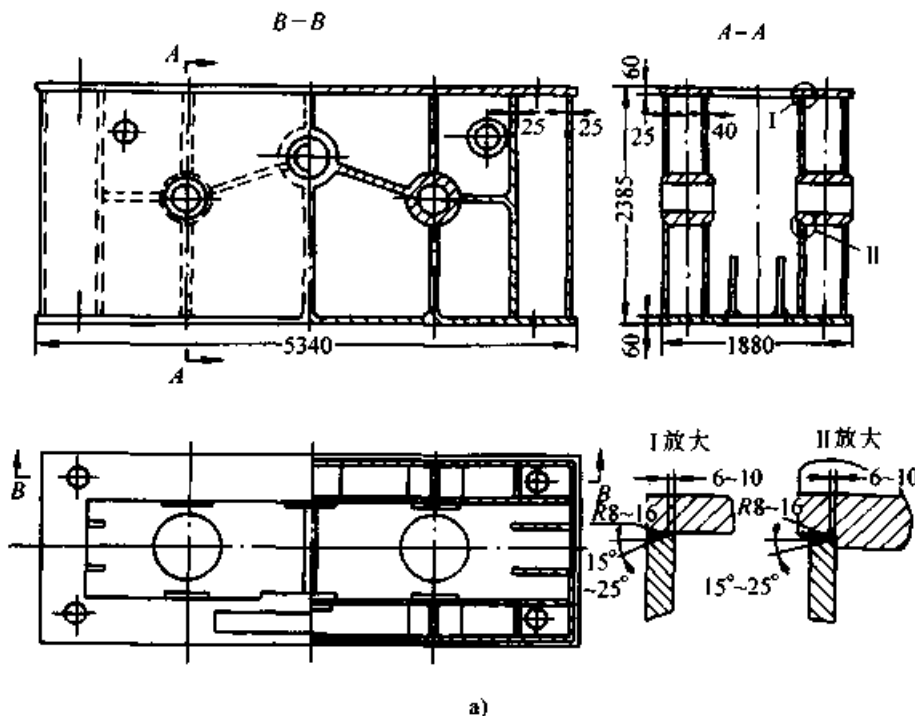
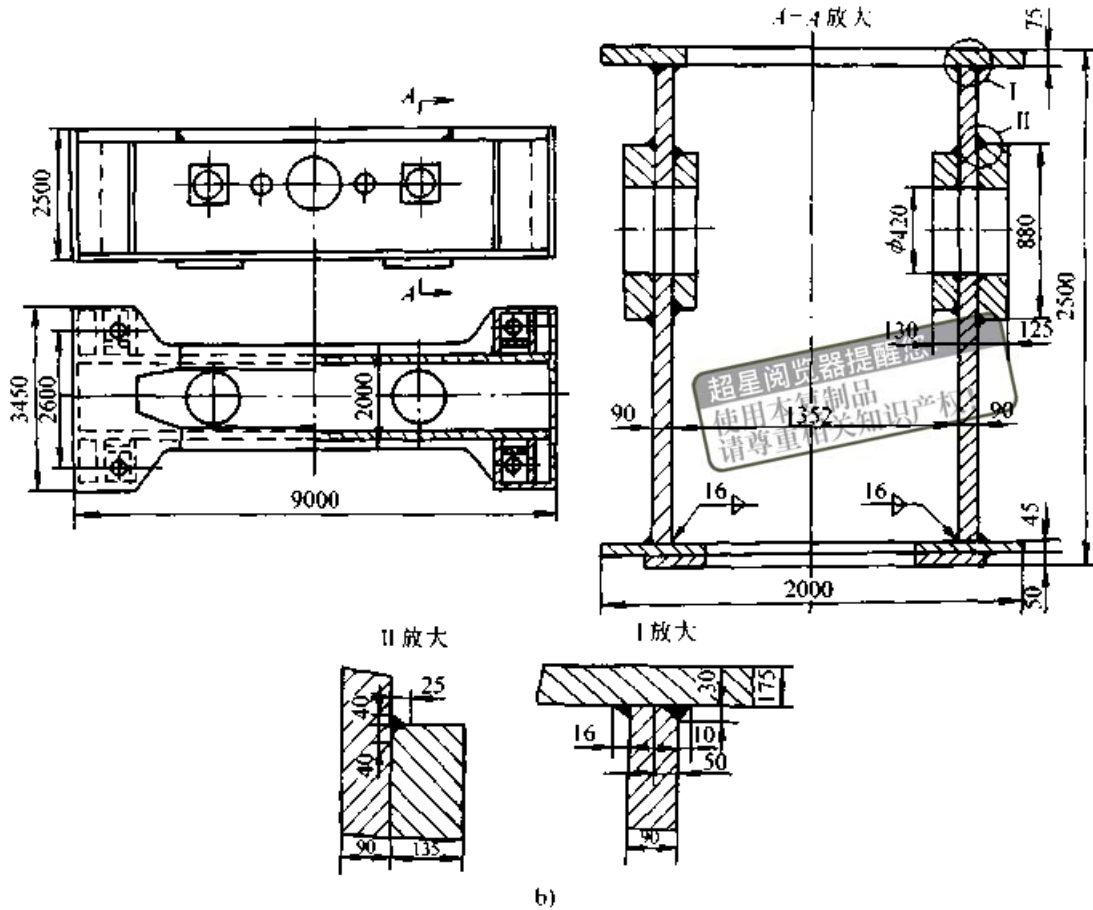


图 30.2-33 机械压力机上横梁焊接结构

a) 腹板为双层壁板的上横梁 b) 腹板为单层壁板的上横梁



续图 30.2-33

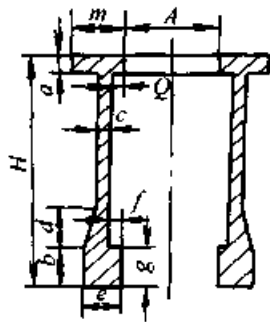


图 30.2-34 铸造工作台中间截面

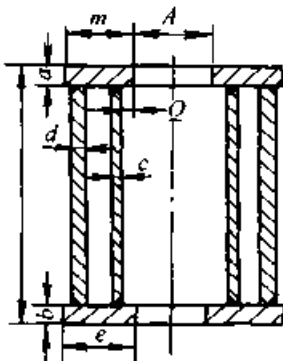


图 30.2-35 焊接工作台中间截面

其余焊缝并不要求全部熔透。整块腹板贯穿全长，拉杆孔四周加肋加强，提高了强度和刚度。

3) 立柱。组合机架的立柱是在上、下横梁之间起连接和支承作用的构件，承受上、下横梁的压力作用。立柱中间要穿过预应力拉杆，还要安放一些管路、仪表、平衡装置等，因此，将立柱设计成箱形结构如图 30.2-29b 所示。在立柱内侧的壁板上还要设置导轨，并在立柱侧面开有窗

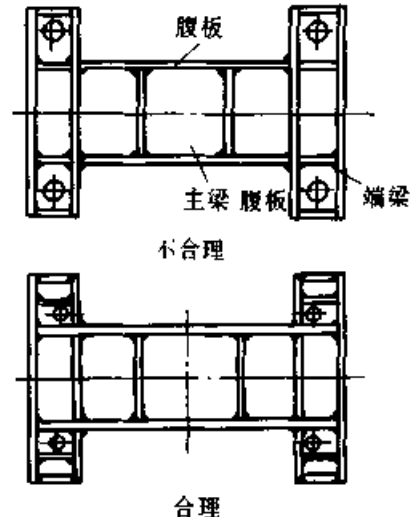


图 30.2-36 机械压力机下横梁腹板设计

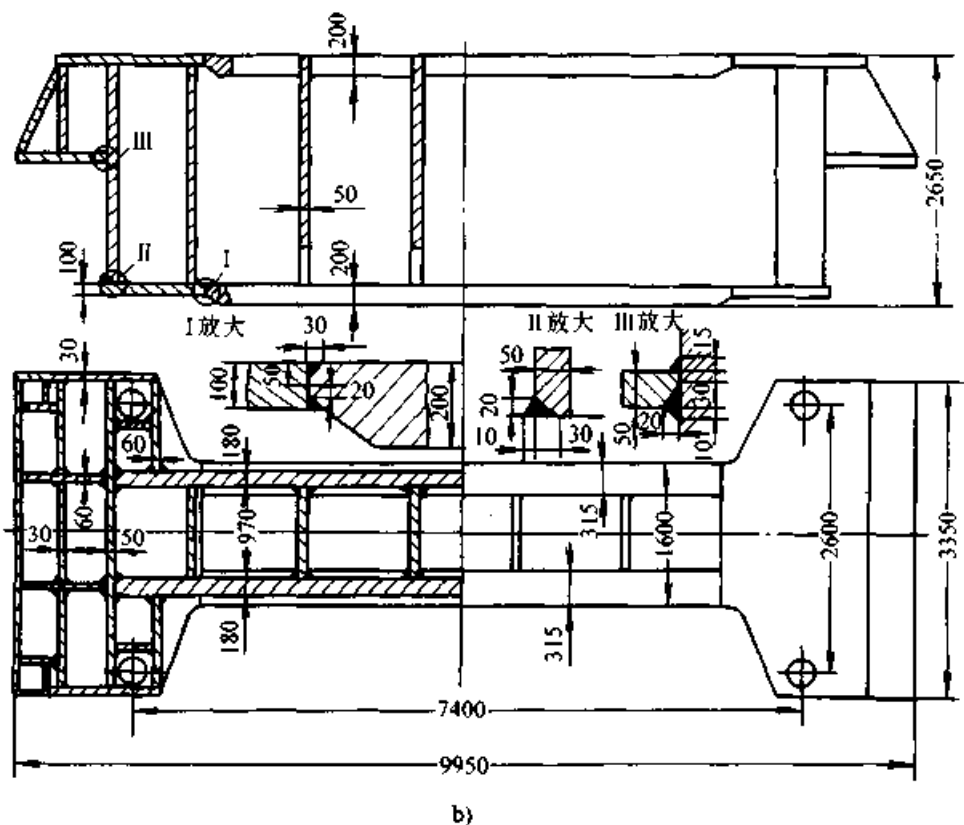
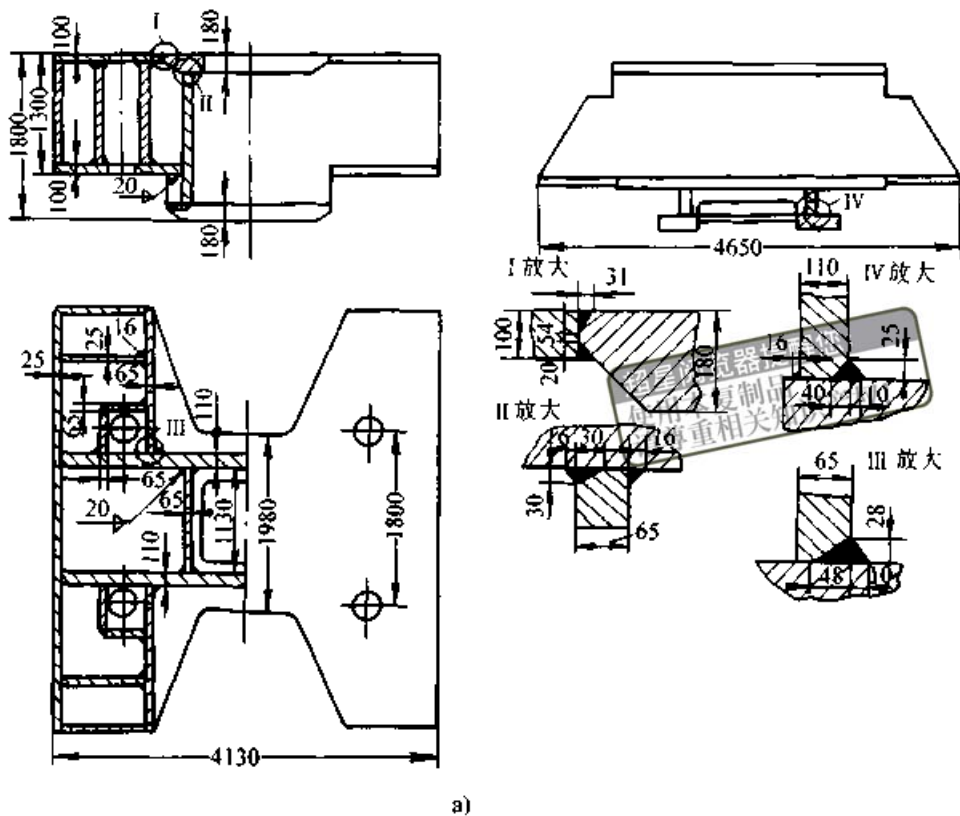


图 30.2-37 机械压力机下横梁典型实例

口，窗口周围应该加厚。为保证立柱的整体和局部稳定性，在立柱的长度方向上设置一定数量的横隔肋。通用机械压力机立柱最小面积参考表 30.2-15 确定。中小型压力机铸造立柱和焊接立

柱截面简化图如图 30.2-38a 及图 30.2-38b 所示，其尺寸和其他参数见表 30.2-14。

焊接立柱结构如图 30.2-39 所示，采用纵向肋和横向肋提高立柱的稳定性。

表 30.2-14 部分封闭式组合机身的截面尺寸 (参见图 30.2-31~32, 图 30.2-34~35, 图 30.2-37~38)

(mm)

型号	名称	材料	H	A	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	a	b	c	d	e	f	κ	m	M	Q	r	R	
JA31-160A	上横梁	HT200	835	240	185	85	50	40	50	40	50	40	22						
	立柱工作台		680	310		65	160	50	22	30	22	22	22	22	180				
J31-250	上横梁	HT200	1 650	290	215	50	50	30	30	30	30	30	25		1 250		10	50	
	立柱工作台		2 335	350		40	40	25	25	25	25	25	25	25	450				450
J31-315	上横梁	QT600-3	1 800	310	250	50	50	30	30	30	30	30	25				10	50	
	立柱工作台		2 320	400		35	35	25	25	25	25	25	25	25	175				450
J31-400	上横梁	HT200	1 980	360	265	60	60	40	40	40	40	40	40				10	50	
	立柱工作台		2 460	400		50	50	40	40	40	40	40	40	40	450	1 500			350
J31-630	上横梁	HT200	2 200/2 150	430/360	350/265	50/60	60/60	25/40	30/40	30/40	30/40	25/40	25/40						
	立柱工作台		2 800	430		30	30	25	25	25	25	25	25	25	720	1 840		/10	900
J36-160	上横梁	HT200	1 300	280	280	50	50	30	30	30	30	30	25				10	50	
	立柱工作台		1 245	300		35	35	25	25	25	25	25	25	25	400	1 250			400
J36-250	上横梁	HT200	1 200	375	225	40	40	25	30	30	30	25	30						
	立柱工作台		2 450	300		40	40	30	30	30	30	30	35	30	150+150	1 270	0	8	340
J36-400	上横梁	HT200	1 200	790		90	140	60	200	200	190	35	35						
	立柱工作台		1 500	350		60	60	40	40	40	40	40	40	40	235	1 400	75	10	50
J36-630	上横梁	HT200	3 090	415		80	80	60	60	60	60	60	60						
	立柱工作台		2 000	800		50	50	35	35	35	35	40	40	40	300	1 500	70	10	750
J36-800	上横梁	Q235-A	2 200			60	50	30	40	40	40	30	22						
	立柱工作台		3 100	460		50	50	22	22	22	22	22	22	22	650	1 700	30		1 000
J36-1 600	上横梁	Q235-A	2 500			80	70	40	40	50	50	40	40						
	立柱工作台		2 250	540		70	70	32	32	32	32	32	32	32	590	1 900	40		900

超星网  
使日本复制品  
请尊重相关知识产权!

表 30.2-15 压力机立柱最小截面积

(cm<sup>2</sup>)

立柱材料	单点通用压力机	双点通用压力机	
		曲轴平行于正面	曲轴垂直于正面
铸 铁	$0.19F_g$	$0.2F_g$	$0.21F_g$
钢 板	$0.095F_g$	$0.1F_g$	$0.105F_g$

注： $F_g$ ——公称压力 (kN)。

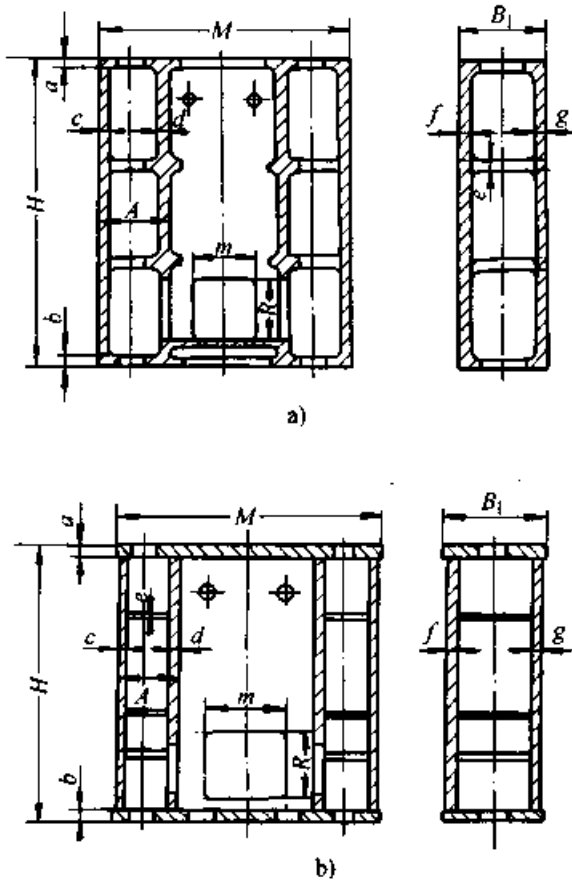


图 30.2-38 闭式组合机架立柱截面简化图

a) 铸造立柱截面 b) 焊接立柱截面

(3) 整体闭式机架结构设计简介

通用机械压力机整体闭式机架结构是前面已介绍的组合式机架的合成，其结构设计方法参看组合机架设计部分。热模锻压力机机架是一种典型的整体闭式机架，现介绍如下：

1) 热模锻压力机机架的基本结构及特点。热模锻压力机主要用来进行精密模锻，热挤压和锻件精整等工序，要求机架有较大的刚度才能保证工件充满模具，保证工件精度。要求机架有足够的强度，尤其是承受重载的能力。资料记载，前苏联优龙涅什重型压力机厂 (3TMI) 生产的热模锻压力机，将刚度提高 40%~60%，使锻件精度提高 1 级，加工余量减少，可节省金属 6%~7%。

为提高机架刚度，热模锻压力机整体机架大

部分采用预应力结构，机架立柱截面采用空心矩形截面；也有少部分采用实心结构以提高刚度和保证机架承受重载的能力，但必须保证机架厚大截面的铸造质量。

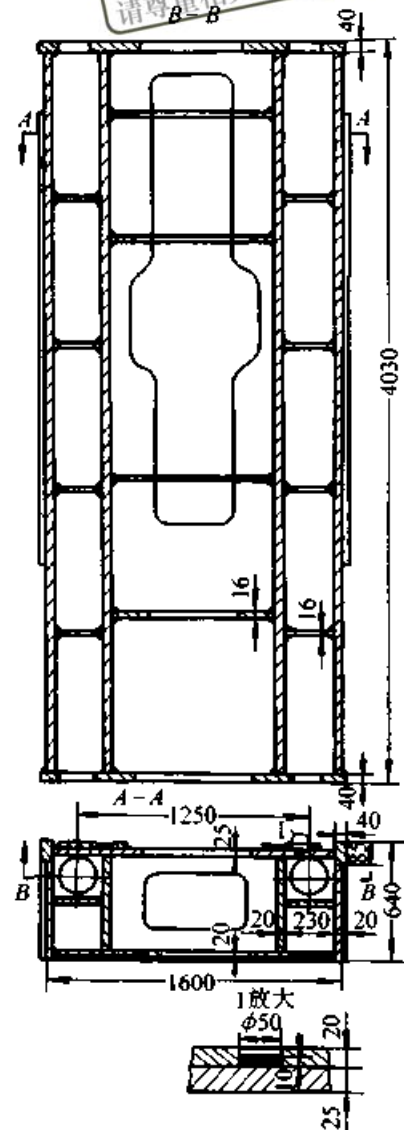


图 30.2-39 JD36-400 型机械压力机焊接立柱

热模锻压力机机架结构根据曲轴安放的位置而不相同，曲轴垂直于机身正面安放的整体机架结构和单点通用压力机结构（即前面讨论过的组合式机架的合成结构）相似，这里不再讨论。这里主要讨论曲轴平行于机身正面安放的机架结构

(也是我国普遍采用的结构)。图 30.2-40 上图为整体机架和部分整体机架的外观图。由于受到铸造、焊接、热处理及运输条件的限制,不得不将机架分开制造,又为了保证机架中上、下导轨的一致性,保证传动零件的运动精度及机架的装配精度,只好将上梁和立柱合为一整体,和底座用拉紧螺栓拉紧组合在一起,图中右图为上梁和立柱合在一起的部分整体机架结构。下图为焊接的

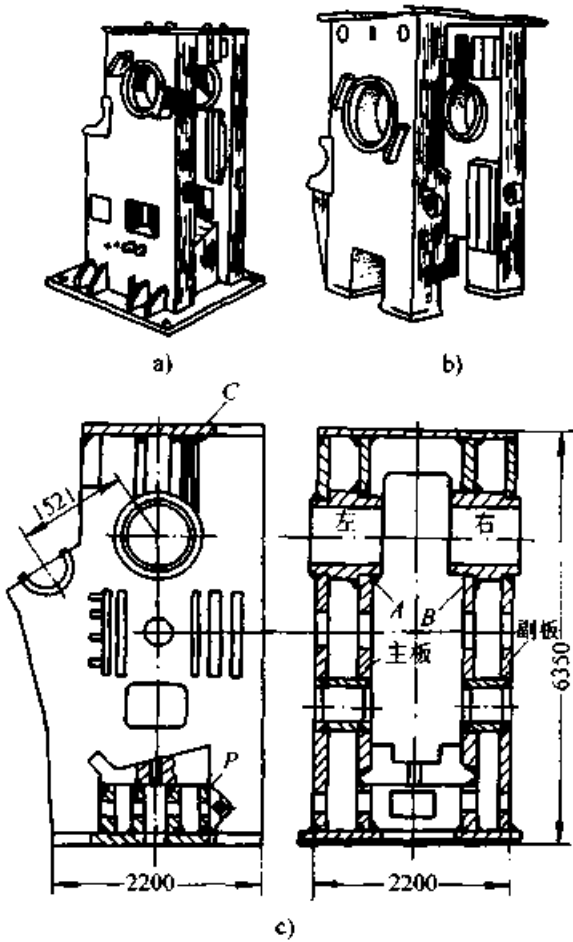


图 30.2-40 热模锻压力机焊接机架  
a) 整体机架 b) 部分整体机架  
c) 整体机架剖面图

25 MN 热模锻压力机机架结构剖面图,焊接机架的主板厚 100 mm,副板厚 40 mm,使机架有较高的刚度。由于热模锻压力机往往要进行多模腔模锻,有较大的偏心载荷。如果不能有效地防止滑块倾斜,就会使锻件薄厚不均。为有效地防止滑块倾斜,在设计机架时应增加滑块的导向长度和导轨刚度。在这个结构中有主、副滑道分别设置于曲轴孔的上部和下部,使滑块导向长度增加,提高了机架承受偏心载荷的能力,保证锻件精度。中间传动轴轴承座孔低于曲轴孔,使轴承

座处的悬壁部分减小,简化了结构,减少焊接工作量和机架质量。机架下部的底座部分要承受全部的工作载荷,本结构中采用 100 mm 及 40 mm 厚钢板坡口焊接,保证了强度和刚度要求。机架底座下部的设计还应该考虑具有一定空腔安放下顶料器等装置,提高机器的生产效率。热模锻压力机是一种高效锻压设备,但必须配置进出料机械手或其他自动化装置时才能充分发挥作用,机架的侧窗口就是进、出料口,在不影响机架的刚度和强度的条件下应该适当加大高度和宽度尺寸,以便安放这些装置。从热模锻压力机的发展来看,窗口的尺寸越来越加大。

图 30.2-41 为压力机整体机架立柱部分剖面图,热模锻压力机多采用图 c 中预应力结构。图 30.2-42 是用应力三角形力学等效曲线表示预应力压力机工作中的受力情况。整个机架所受的工

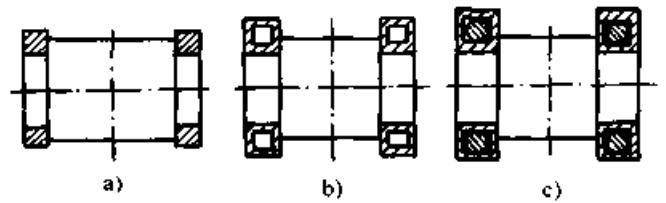


图 30.2-41 压机立柱部分的剖面图  
a) 实心立柱压力机 b) 空心立柱压力机  
c) 预应力拉杆空心立柱压力机

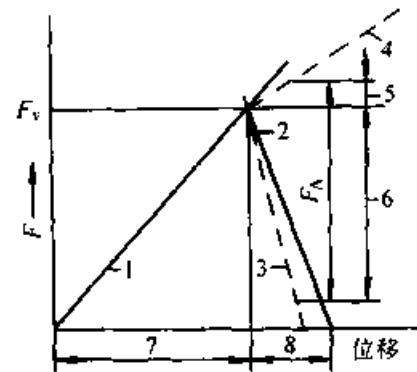


图 30.2-42 预应力机架的力-位移曲线构成的应力三角形  
1—预应力拉杆 2—机架 3—立柱  
4—预应力拉杆、上梁、底座  
5—拉杆、底座和上梁增加的负载  
6—立柱减少的负载 7—拉杆的预伸量  
8—机架的预压量  
 $F_A$ —工作压力  $F_V$ —预紧力  
——机架预应力特性  
-----压力机的工作特性



作负载等于拉杆（预紧螺栓）所受附加工作载荷的4.7倍，也就是预应力拉杆只承受压机工作载荷的20%。另外4根粗大拉杆、8个螺母及预紧工艺要付出昂贵的代价，这些费用用于加大立柱，立柱的截面可增加一倍，机架的刚度系数也加大一倍。由以上的分析，在热模锻压力机整体机架的设计中，如Eumuco公司MP系列公称压力 $F_g \leq 40 \text{ MN}$ 的热模锻压力机机架均采用实心铸钢结构，如图30.2-43所示。这种结构的特点是刚度高，侧窗口的高度和宽度尺寸大而适应现

代化的生产需要，便于安装自动化传动装置（步进梁或机械手）。空心立柱截面妨碍了窗口尺寸的扩大，其刚度条件也不允许这样做。实心铸件必须保证良好的铸件质量和致密均匀的晶粒结构。该机架的另一个特点是机架导轨呈X形，前导轨通过螺栓固定在前面，后导轨装在机架后面。主、副滑道较长。为了增大机架的稳定性，在底座部分两侧增设附加支承。机架上部的中间轴轴承座用螺栓和楔块固定在机架上，轴承孔和曲轴孔在同一水平面上，便于加工。

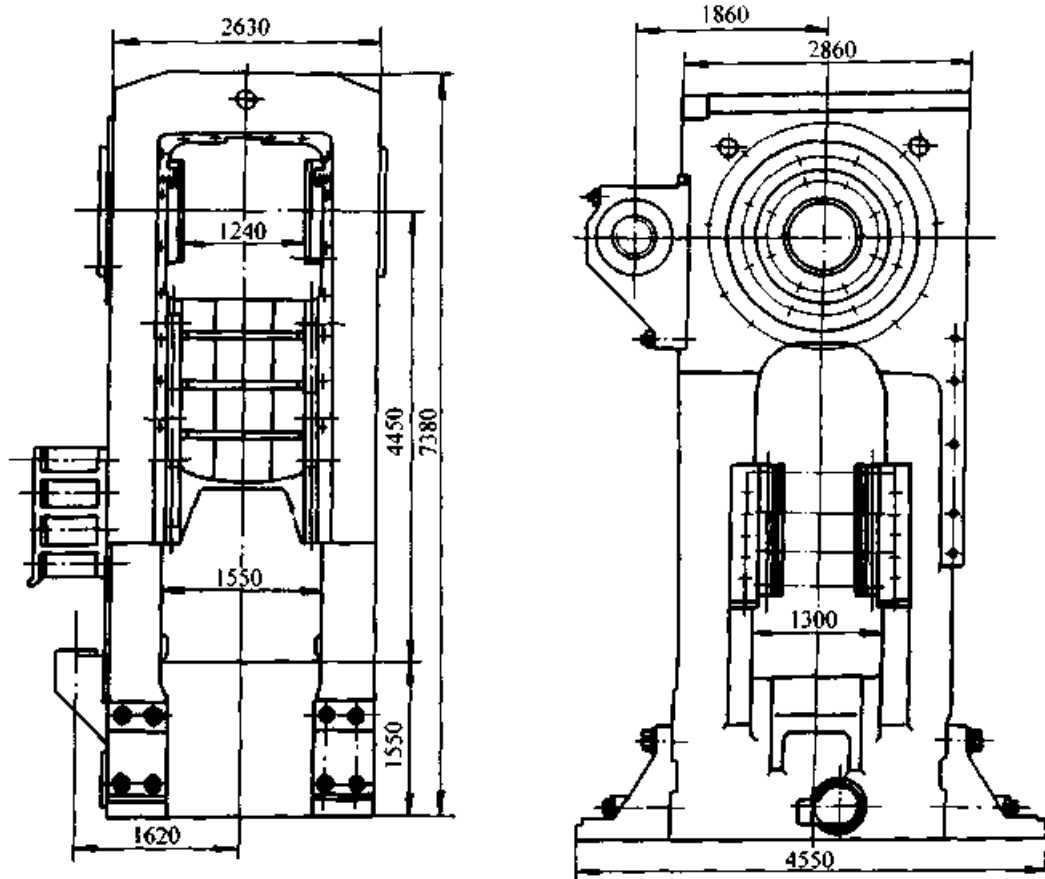


图 30.2-43 Eumuco 公司 MP4000 热模锻压力机机架结构

根据 HKM3 研究，采用轧制板材焊接模锻压力机机架比铸造机架有明显的优点，其质量可减少 25%，生产周期可缩短 30%~40%，而机械加工量也减少许多，如表 30.2-16 所示。

表 30.2-16 HKM3 的焊接和铸造机架比较

参 数	$F_g = 40 \text{ MN}$		$F_g = 63 \text{ MN}$	
	铸造	焊接	铸造	焊接
生产周期/d	51	28	63	37
机械加工台时/h	1 830	1 100	2 120	1 460
毛坯质量/t	140	90	180	140

2) 热模锻压力机机架基本尺寸的确定。采用 45 号钢、正火处理其拉紧螺栓直径 (mm)

$$d = 2.1 \sqrt{F_g}$$

式中  $F_g$  —— 压力机公称压力 (kN)

立柱截面尺寸 立柱最小截面尺寸按以下经验公式预选：

$$A_{2min} = \frac{F_y}{2\sigma_{2p}}$$

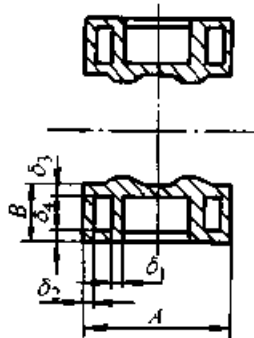
式中  $P_y$  —— 预紧力，通常取  $F_y = 1.2 \sim 1.5 F_g$ ；

$\sigma_{2p}$  —— 许用应力，对于 ZG270-500 可取 40~60 MP。

图内自行设计的热模锻压力机主要截面尺寸

见表 30.2-17。

表 30.2-17 立柱截面尺寸



压力机公称压力/MN	材 料	A	B	$\delta_1$	$\delta_2$	$\delta_3$	$\delta_4$
20	ZG270-500	1 720	480	50	50	50	50
25	ZG270-500	1 800	520	60	60	60	60
31.5	ZG270-500	1 960	610	70	70	70	70
40	ZG270-500	2 450	640	70	70	70	70
80	ZG270-500	3 300	980	130	130	130	130

机架高度尺寸 机架尺寸简图见图 30.2-44。

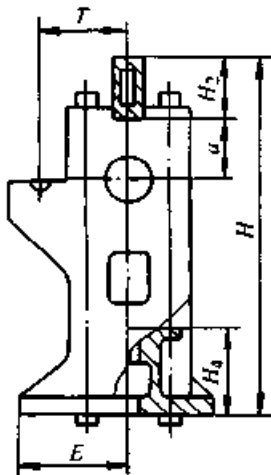


图 30.2-44 机架尺寸简图

其高度尺寸

$$H = h + s + l + H_1 + H_2 + H_3 + H_4 + a$$

- 式中  $h$  —— 最大装模高度 (mm);  
 $S$  —— 压机行程 (mm);  
 $L$  —— 连杆长度 (mm);  
 $H_1$  —— 滑块底面与连杆小头中心线距离 (mm);  
 $H_2 + a$  —— 偏心轴与上横梁顶面的距离 (mm);  
 $H_3$  —— 楔形工作台高度 (mm);  
 $H_4$  —— 底座高度 (mm)。

其中封闭高度采用偏心压力销或偏心套调整的压机, 在计算机架高度时, 不计入  $H_3$ 。

底座尺寸和底座与基础接触面积 底座后面尺寸  $E$  可按以下经验公式确定:

$$E = T + \frac{2}{3} D$$

式中  $T$  —— 机架中心线到传动轴支座孔中心线的距离 (mm);

$D$  —— 飞轮直径 (mm);

机架底座与基础接触面积按下式确定:

$$A = \frac{mg}{p}$$

式中  $m$  —— 压力机质量 (kg);

$g$  —— 重力加速度 ( $m/s^2$ );

$p$  —— 机架底座与基础接触面的单位压力, 一般取 0.7~0.8 MPa。

机架侧窗口尺寸 应在满足机架刚度和强度的条件下, 尽量选取较大尺寸, 如表 30.2-18 及表 30.2-19 为国内外部分热模锻压力机侧窗口尺寸。

表 30.2-18 部分热模锻压力机的立柱侧窗口尺寸

压力机公称压力/MN	制造厂和公司	侧窗口尺寸/mm		压力机标称压力/MN	制造厂和公司	侧窗口尺寸/mm	
		宽度	高度			宽度	高度
10	济南重机厂	350	400	31.5	第一重机厂	800	900
	Ajax	340	500		Smeral	700	850
16	太原重机厂	320	450	49	沈阳重机厂	1 000	950
	Ajax	410	390		Smeral	700	850
20	沈阳重机厂	700	680		National	810	1 040
	Ajax	470	800		HKM3	770	1 100
	National	635	830	住友	980	1 420	
	B3TMII	690	690				

续表 30.2-18

压力机公称压力/ MN	制造厂和公司	侧窗口尺寸/mm		压力机标称压力/ MN	制造厂和公司	侧窗口尺寸/mm	
		宽度	高度			宽度	高度
25	沈阳重机厂	760	730	60	住友	1 180	1 630
	National B3TMI	650	950	63	HKM3	1 100	1 300
		850	850		Hasenclever	1 200	1 350
	栗本铁工所	900	—	80	第一重机厂 HKM3	1 200 850	1 000 1 200

表 30.2-19 Eumuco 公司的部分热模锻压力机机身侧窗口尺寸 (mm)

压力机 型号	侧窗口的 最大尺寸		压力机 型号	侧窗口的 最大尺寸	
	宽度	高度		宽度	高度
MP1600	960	2235	KP2500	760	1890
MP2000	1040	2480	KP4000	900	2300
MP2500	1140	2640	KP6300	1100	2710
MP3150	1250	2840	KP8000	1100	2900
MP4000	1300	3400	KP12500	上窗口 1300	1405
MP5000	1400	3950		下窗口 1300	1325
MP6300	1400	3517			

3) 热模锻压力机机架主要尺寸公差, 形位公差及粗糙度要求

偏心轴式热模锻压力机机架应不低于以下推荐值。

第一, 机架底座上平面的平面度按 0.08/1 000 mm (不允许有凸出点), 粗糙度  $Ra \leq (2.5 \sim 3.2) \mu m$ 。

第二, 机架的箱形导轨面与底座上平面的垂

直度按 0.08/1 000 mm (不允许有凸出点); 箱形导轨面粗糙度  $Ra \leq (0.8 \sim 1.6) \mu m$ 。

第三, 机架的箱形导轨的相互垂直度按 0.05/1 000 mm, 相互平行度按 0.05/1 000 mm。

第四, 中间传动轴轴孔, 偏心轴孔的轴线对机架底座上平面的平行度按 0.05/1 000 mm。

第五, 传动轴轴承孔和曲轴轴承座孔的尺寸公差可采用 GB/T 1800 中的 H7, 圆柱度  $\leq 0.02$  mm, 粗糙度  $Ra \leq 2.5 \sim 3.2 \mu m$ 。

第六, 传动轴轴承座孔的轴线对偏心轴轴承座孔的轴线的平行度按 0.05/1 000 mm。

第七, 两偏心轴轴承座孔的同轴度按 0.02/1 000 mm。

第八, 对于组合机架, 两立柱等高, 其误差不应大于 0.1 mm; 立柱与底座, 上横梁的接合面的平面度按 0.05/1 000 mm, 其表面粗糙度按  $Ra \leq (2.5 \sim 5.0) \mu m$ 。

## 2.2 机械压力机机架强度和刚度计算

### (1) 开式机架计算

开式机架计算公式如表 30.2-20 所示。

表 30.2-20 开式机架强度和刚度计算公式

	可倾直柱式	不可倾 II 形直柱式	曲柱式
简图			

续表 30.2-20

	可倾直柱式	不可倾口形直柱式	曲柱式
计算假设	1. 视机架为不封闭刚架，刚架中各杆的轴线通过机架各截面的形心； 2. 机架各段（横梁，立柱，工作台）的截面积 $A$ 和惯性矩 $I$ 在各段内不变； 3. 作用于导轨及中间轴和轴承中反力的水平分力忽略不计		1. 视机架为不封闭曲线形刚架，曲线形刚架上的各点即为机架上对应截面的形心； 2. 作用于导轨及中间轴和轴承中反力的水平分力忽略不计
机架静强度校核	危险截面 II-II 的弯矩 $M(N \cdot m)$ $M = F_g(a + y_c)$ 式中 $F_g$ —— 压力机公称压力 (N)； $a$ —— 喉口深度 (m) (滑块中心线到机架喉口内缘的距离)； $y_c$ —— 喉口内缘到截面形心的距离 (m)		
	危险截面 II-II 的应力校核 $\sigma_{lmax} = \frac{F_g}{A} + \frac{M \cdot y_c}{I} \leq \sigma_{lp}$ $\sigma_{ymax} = \frac{F_g}{A} + \frac{M(H - y_c)}{I} \leq \sigma_{yp}$ 式中 $\sigma_{lmax}$ 、 $\sigma_{ymax}$ —— 最大的拉应力及压应力 (Pa)； $M$ —— 危险截面上的弯矩 (N·m)； $H$ —— 危险截面的高度 (m)； $A$ —— 危险截面的面积 (m <sup>2</sup> )； $I$ —— 危险截面的惯性矩 (m <sup>4</sup> )； $\sigma_{lp}$ 、 $\sigma_{yp}$ —— 分别为许用拉压应力 (Pa)		$\sigma_{lmax} = \frac{F_g}{A} + \frac{M}{rA} + \frac{M \cdot y_c}{I} \cdot \frac{1}{1 - \frac{y_c}{r}} \leq \sigma_{lp}$ $\sigma_{ymax} = \frac{F_g}{A} + \frac{M}{rA} - \frac{M(H - y_c)}{I} \times \frac{1}{1 + \frac{H - y_c}{r}} \leq \sigma_{yp}$ 式中 $r$ —— 截面形心曲率半径 (m) 其余符号意义同左
机架刚度计算	$\Delta\alpha = \frac{F_g}{2E} \left( \frac{a^2}{I_1} + \frac{2l_1 l_2}{I_2} + \frac{l_3^2 \sin^2 \beta}{I_3} \right) \text{ rad}$	$\Delta\alpha = \frac{F_g}{2E} \left( \frac{a^2}{I_1} + \frac{2l_1 l_2}{I_2} + \frac{a^2}{I_3} \right) \text{ rad}$	根据摩尔定理求得： $\Delta\alpha = \int_l \frac{F_g x}{EI} dl$ 式中 $l$ —— 曲线 MN 长度 (m)； $I$ —— 惯性矩 (m <sup>4</sup> )； $E$ —— 弹性模量 (Pa)； $F_g$ —— 公称压力 (N)
	机架角度形 $\Delta\alpha$ 式中 $\beta$ —— BC 和 CD 杆交角； $I_1, I_2, I_3$ —— I-I、II-II、III-III 截面的惯性矩 (m <sup>4</sup> )； $E$ —— 弹性模量 钢板取 $E = 2.1 \times 10^{11}$ (Pa)； 铸铁取 $E = 0.9 \times 10^{11}$ (Pa)； $F_g$ —— 公称压力 N $l_1, l_2, l_3$ —— 杆 AB、BC、CD 的长度 (m)		
角刚度 $C_s$ 的校核	机架角刚度 $C_s = \frac{F_g}{\Delta\alpha} \geq C_{sp}$ $C_{sp} = 0.001 2F_g$ 式中 $F_g$ —— 公称压力 (kN)； $\Delta\alpha$ —— 喉口相对变形 ( $10^{-6}$ rad)； $C_s$ —— 机架角刚度 (GN/rad)； $C_{sp}$ —— 机架许用角刚度 (GN/rad)； 对于刚度要求较低的压力机，许用刚度可取： $C_{sp} = 0.001 F_g$ (GN/rad)		

续表 30.2-20

		可倾直柱式	不可倾 II 形直柱式	曲柱式
机架许用应力的确定	铸造机架	HT200 或 QT450-10	当铸铁 $\sigma_b \geq 200$ MPa 时	$\sigma_p \approx 0.1\sigma_b$ $\sigma_{1p} = (20 \sim 30)$ MPa $\sigma_{2p} = (30 \sim 400)$ MPa
		ZG270-500		$\sigma_p = 500 \times 10^6$ Pa
	焊接机架	Q235-A 钢板 (厚 20 ~ 150 mm) 或 16Mn 钢板		$\sigma_p \approx (0.15 \sim 0.2)\sigma_b$ 当钢板 $\sigma_b \geq 400$ MPa 时, $\sigma_{1p} = (40 \sim 60)$ MPa

说明

1. 和可倾式机架结构相同的不可倾机架角刚度计算公式为:  $\Delta\alpha = \frac{F_g}{2E} \left( \frac{l_1^3}{I_1} + \frac{2l_1l_2}{I_2} + \frac{l_3^3 \sin^2\beta}{I_3} \right)$ , 强度计算公式相同。
2. 满足角刚度条件时, 垂直刚度对机架的工作精度影响不大, 一般不进行计算。其平均垂直刚度  $C_{h_p} = 1000$  kN/mm。
3. 机架中, 应力集中部位的实际应力值比表中公式计算值大 1~3 倍。
4. 表中变形计算值比实测值差 20%~40% 左右, 而且计算值要小。
5. 应选择 3~4 个危险截面进行计算

例 1 J23-63 压力机机架结构如表 30.2-20 中左图, 危险截面 II-II 的形状和尺寸见图 30.2-45a, 喉口深度为 310 mm, 试进行强度校核。公称压力  $F_g = 630$  kN。

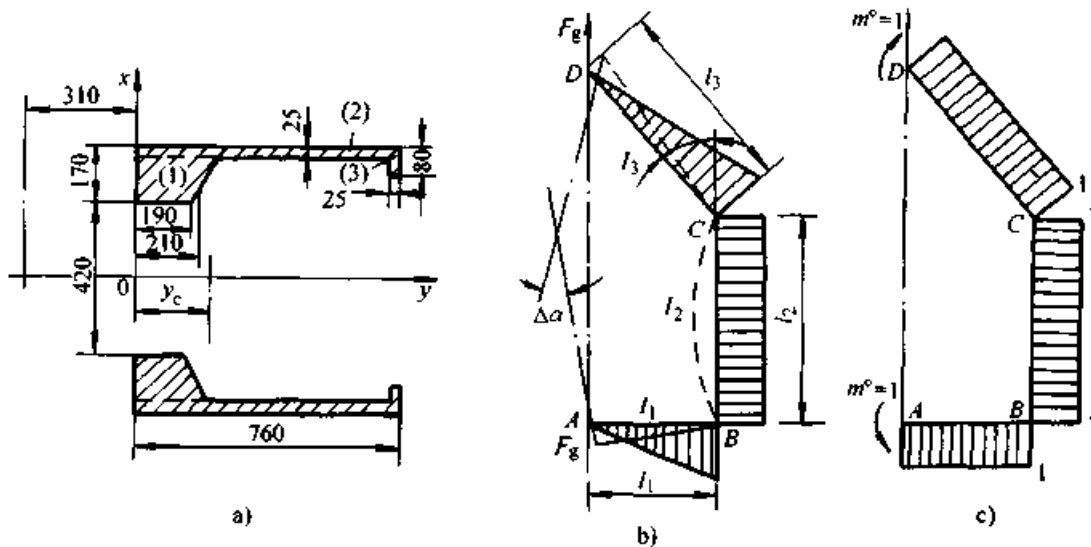


图 30.2-45 开式机架计算简图

表 30.2-21 截面数据计算表

面积序号	宽 $b_i/cm$	高 $h_i/cm$	面积 $A_i/cm^2$	各块面积形心坐标 $y_i/cm$	面积与形心坐标的乘积 $A_i y_i/cm^3$	各块面积形心至危险截面形心的距离 $(a_i =  y_c - y_i )/cm$	$F_i a_i^2/cm^4$	各面积对本身形心的惯性矩 $(I_i = \frac{b_i h_i^3}{12})/cm^4$
1	$2 \times 14.5$	21	609	10.5	6390	12	87700	22400
2	$2 \times 2.5$	76	380	38	14500	15.5	91300	182900
3	$2 \times 5.5$	2.5	27.5	74.75	2060	52.3	75200	14.3
合计			1020		22950		254000	204000

解 第一步: 求危险截面的形心, 截面积和惯性矩, 如表 30.2-21 中的有关数据。则:

$$\begin{aligned} \text{危险截面形心 } y_c &= \frac{\sum A_i y_i}{\sum A_i} = \frac{22\,950}{1\,020} \text{ cm} \\ &= 22.5 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\text{危险截面面积 } A = \sum A = 1\,020 \text{ cm}^2$$

$$\begin{aligned} \text{危险截面惯性矩 } I &= \sum I + \sum A_i a^2 \\ &= 205\,000 + 254\,000 \text{ cm}^2 \\ &= 459\,000 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

第二步: 求危险截面的弯矩, 机架各部的弯矩图及扭矩图如图 30.2-45 中图 b、c。则:

$$\begin{aligned} M &= F_g(a + y_c) = 630 \times 10^3(0.31 + 0.225) \text{ N}\cdot\text{m} \\ &= 3.37 \times 10^5 \text{ N}\cdot\text{m} \end{aligned}$$

第三步: 求危险截面的最大应力

最大压应力

$$\begin{aligned} \sigma_c &= \frac{F_g}{A} - \frac{M(H - y_c)}{I} \\ &= \left( \frac{630 \times 10^3}{0.102} - \frac{3.37 \times 10^5 \times (0.76 - 0.225)}{4.59 \times 10^{-3}} \right) \text{ Pa} \\ &= -3.35 \times 10^5 \text{ Pa} = -0.335 \text{ MPa} \end{aligned}$$

最大拉应力

$$\begin{aligned} \sigma_l &= \frac{F_g}{A} + \frac{My_c}{I} \\ &= \left( \frac{630 \times 10^3}{0.102} + \frac{3.37 \times 10^5 \times 0.225}{4.59 \times 10^{-3}} \right) \text{ Pa} \\ &= 228 \times 10^5 \text{ Pa} = 22.8 \text{ MPa} \end{aligned}$$

而  $\sigma_{lp} = 20 \sim 30 \text{ MPa}$ ;

$\sigma_{yp} = 30 \sim 40 \text{ MPa}$ ;

所以:  $\sigma_l < \sigma_{lp}, \sigma_y < \sigma_{yp}$ , 安全

上述计算中, 因实际情况和假设条件有较大差异, 其计算值不够准确。采用有限元法计算比较准确, 参见第 3 章。

例 2 可倾式机架如表 30.2-20 中左图结构, 经计算和测得数据如下:  $a = 0.29 \text{ m}$ ,  $l_1 = 0.573 \text{ m}$ ,  $l_2 = 0.775 \text{ m}$ ,  $l_3 = 0.96 \text{ m}$ ,  $\beta = 37^\circ$ ,  $I_1 = 4.63 \times 10^{-3} \text{ m}^4$ ,  $I_2 = 7.17 \times 10^{-3} \text{ m}^4$ ,  $I_3 = 7.05 \times 10^{-3} \text{ m}^4$ ,  $F_g = 800 \times 10^3 \text{ N}$ ,  $E = 0.9 \times 10^{11} \text{ N/m}^2$ 。求角变形, 并校核角刚度。

解: 按表 30.2-20 中公式, 则角变形为:

$$\begin{aligned} \Delta\alpha &= \frac{F_g}{2E} \left( \frac{a^2}{I_1} + \frac{2l_1 l_2}{I_2} + \frac{\sin^2 \beta l_3^2}{I_3} \right) \\ &= \frac{800 \times 10^3}{2 \times 0.9 \times 10^{11}} \left( \frac{0.29^2}{4.63 \times 10^{-3}} + \frac{2 \times 0.573 \times 0.775}{7.17 \times 10^{-3}} + \frac{\sin^2 37^\circ \times 0.96^2}{7.05 \times 10^{-3}} \right) \text{ rad} \\ &= 0.000\,98 \text{ rad} \end{aligned}$$

角刚度为:

$$C_a = \frac{F_g}{\Delta\alpha} = \frac{800}{980} = 0.82 \text{ GN/rad}$$

而  $C_{ap} = 0.001\,2 F_g = 0.001\,2 \times 800 = 0.92 \text{ GN/rad}$

所以:  $C_a < C_{ap}$ , 刚度较小。

开式压力机机架计算应力与实测应力见表 30.2-22。

开式压力机机架角刚度和角变形的计算值和实测值见表 30.2-23。

表 30.2-22 开式压力机机架计算应力与实测应力

(MPa)

压力机型号或压力/ kN	机架材料	危险截面计算应力		危险截面实测应力		应力集中处 实测的最大值
		$\sigma_l$	$\sigma_y$	$\sigma'_l$	$\sigma'_y$	
J23-3.15	HT200	14.7	15.1	24.9	9.5	
J23-5	铸铁	9.8	13.3	15.4	10.5	
J23-10	铸铁	30.5	34.2	38.5	26.3	
J23-35	铸铁	21.9	28.8	39.6	29.1	
J23-40	HT200	18.7	25.4	26.4	20.2	
J12-40	QT450-10	28.4	34.7	40.7	38.3	73.0
				62.2*	60.8*	103.5*
J23-60	铸铁	26.3	34.9	38.4	24.2	
J23-80	HT200	22.4	23.0	30.8	23.5	56.5
				41.4*	42.6*	
J13-160	Q235-A 钢板	30.0	38.5	42.9	16.8	

注: 带 \* 号为动态测试应力, 其余为静态测试应力

表 30.2-23 开式压力机机架角变形和角刚度

压力机型号		J23-10	J23-16	J23-25	J23-40	J23-63	J23-80	J23-160
制造厂			上二锻	上二锻	上二锻	上二锻	北锻	上二锻
角变形 $10^{-3}$ rad	计算	831	1 050	1 020	880	1 200	980	560
	实测	831	930	885 (815)	1 060 (675)	1 120	1 060	580
	误差	0%	+13%	+15%	-17%	+7%	+8%	-1%
角刚度 GN/rad	计算	0.12	0.15	0.25	0.45	0.52	0.82	2.86
	实测	0.12	0.17	0.29	0.37	0.56	0.75	2.76

注：括号内数据为不同资料中的数据。

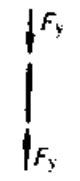
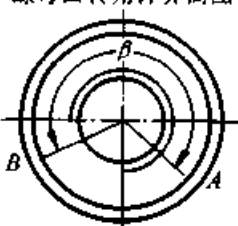
(2) 闭式组合机架计算

紧螺栓计算见表 30.2-24。

闭式组合机架中，上横梁、底座、立柱及拉

表 30.2-24 闭式组合机架强度和刚度计算公式

		力学模型	最大弯矩以及强度计算公式	挠度计算公式
上横梁	单点压力机		$M_{\max} = \frac{F_g L}{4}$ $\sigma_1 = \frac{M_{\max}(H - y_c)}{I} \leq \sigma_{1p}$ $\sigma_y = \frac{M_{\max} y_c}{I} \leq \sigma_{yp}$	$\delta_1 = 0.021 \frac{F_g L^3}{EI}$ $\delta_2 = 0.25 \frac{a F_g L}{GA}$ $\delta = \delta_1 + \delta_2 = 0.021 \frac{F_g L^3}{EI} + 0.25 \frac{a F_g L}{GA}$ $\delta \leq \delta_p$ $\delta_p = \left( \frac{1}{6000} \sim \frac{1}{8000} \right) L$
	双点或四点压力机		$M_{\max} = \frac{F_g L}{2}$ $\sigma_1 = \frac{M_{\max}(H - y_c)}{I} \leq \sigma_{1p}$ $\sigma_y = \frac{M_{\max} y_c}{I} \leq \sigma_{yp}$	$\delta_1 = 0.0208 \frac{F_g l}{EI} (3L^2 - 4l^2)$ $\delta_2 = 0.5 \frac{a F_g l}{GA}$ $\delta = \delta_1 + \delta_2$ $\delta \leq \delta_p$ $\delta_p = \left( \frac{1}{6000} \sim \frac{1}{8000} \right) L$
底座(下横梁)	单点压力机		$M_{\max} = \frac{F_g L}{6}$ $\sigma_1 = \frac{M_{\max} y_c}{I} \leq \sigma_{1p}$ $\sigma_y = \frac{M_{\max}(H - y_c)}{I} \leq \sigma_{yp}$	$\delta_1 = 0.017 \frac{F_g l^3}{EI}$ $\delta_2 = 0.167 \frac{a F_g L}{GA}$ $\delta = \delta_1 + \delta_2$ $\delta \leq \delta_p$ $\delta_p \text{ 同上}$
	双点或四点压力机		$M_{\max} = \frac{5}{32} F_g L$ $\sigma_1 = \frac{M_{\max} y_c}{I} \leq \sigma_{1p}$ $\sigma_y = \frac{M_{\max}(H - y_c)}{I} \leq \sigma_{yp}$	$\delta_1 = 0.0161 \frac{F_g L^3}{EI}$ $\delta_2 = 0.156 \frac{a F_g L}{GA}$ $\delta = \delta_1 + \delta_2$ $\delta \leq \delta_p$ $\delta_p \text{ 同上}$

		力学模型	最大弯矩以及强度计算公式	挠度计算公式
许用应力	机架材料	HT200	$\sigma_{1p} = 20 \sim 30 \text{ MPa}$ $\sigma_{yp} = 35 \text{ MPa}$	
		Q235 或 Q345 钢板 以及 ZG270-500	$\sigma_{1p} = 40 \sim 50 \text{ MPa}$ $\sigma_{yp} = 60 \sim 80 \text{ MPa}$	
各符号代表的意义		$\sigma_1$ —— 中央截面的最大拉应力 (Pa); $y_c$ —— 中央截面形心至底面距离 (m); $F_g$ —— 压机的标称压力 (N); $L$ —— 拉紧螺栓间距 (m); $\delta_1$ —— 弯矩所引起梁中央最大挠度 (m); $E$ —— 弹性模量, 铸铁为 90 GPa, 碳钢为 210 GPa; $G$ —— 剪切模量, 铸铁为 45 GPa, 碳钢为 81 GPa; $\alpha$ —— 最大切应力同平均切应力的比值 $\alpha = \frac{A}{2I} \left[ \frac{b_1}{b} (H_1^2 - e_1^2) + e_1^2 \right]$ 其中 $b$ —— 截面腹板宽度 (m); $H_1$ —— 截面中性轴至翼板外侧的距离 (m); $b_1$ —— 截面翼板的宽度 (m); $e_1$ —— 截面中性轴至翼板内侧的距离 (m);		
		$\sigma_2$ —— 中央截面最大压应力 (Pa); $H$ —— 中央截面高度 (m); $I$ —— 中央截面的惯性矩 (m <sup>4</sup> ); $L$ —— 上梁主轴中心至拉紧螺栓中心距离 (m); $\delta_2$ —— 剪力所引起梁中央最大挠度 (m); $A$ —— 中央截面积 (m <sup>2</sup> );		
立柱		$\sigma_2 = \frac{F_y}{n_z A_{zmin}} \leq \sigma_{yp}$ $A_{zmin}$ —— 立柱最小截面积 (m <sup>2</sup> ); $\sigma_{yp}$ —— 许用压应力和 $\sigma_{yp}$ 相同。	$\Delta \lambda = \frac{F_g}{\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}}$ $\Delta \lambda \leq \lambda_p$ $\lambda_p = 0.0001 F_g$ $F_g$ —— 公称压力 (kN) $\lambda_p$ 单位为 mm	
拉紧螺栓	螺母回转角计算简图 	采用 4 根拉紧螺栓, 材料为 45 钢, 其公称直径 (mm): $d = 2.1 \sqrt{F_g}$ $F_g$ —— 标称压力 (kN) $\sigma_1 = \frac{ZF_g}{n_1 A_{1min}} \leq \sigma_{1p}$ $A_{1min}$ —— 拉紧螺栓最小截面积 (m <sup>2</sup> ); $\sigma_{1p}$ —— 拉紧螺栓许用应力, 为 130 ~ 150 MPa	拉紧螺栓预紧时, 螺母的回转角 $\beta$ 可按式求得: $\beta = \frac{F_y (C_1 + C_2)}{S} \times 2\pi$ $S$ —— 拉紧螺栓螺距 (m) 经验公式: $P_y (C_1 + C_2) = (0.0006 \sim 0.0007) L_1$	
各符号代表的意义	$F_y$ —— 预紧力 (N), $F_y = \frac{ZF_g C_1}{C_1 + C_2}$ ; $Z$ —— 预紧系数, 通用压力机取 $Z = 1.5$ ; $C_1, C_2$ —— 螺栓和立柱单位力作用下的变形 (m/N); $C_1 = \frac{L_1}{E_1 n_1 A_1}$ ; $C_2 = \frac{L_2}{E_2 n_2 A_2}$ ; $L_1, L_2$ —— 螺栓和立柱的工作长度 (m); $E_1, E_2$ —— 螺栓和立柱的弹性模量 (N/m <sup>2</sup> ); $n_1, n_2$ —— 螺栓和立柱的数量; $A_1, A_2$ —— 螺栓和立柱的截面积 (m <sup>2</sup> ).			



**例题 1** 已知 J31-315 压力机底座中央危险截面的结构图及计算形心的简化图如图 30.2-46 所示, 核算底座强度及挠度。

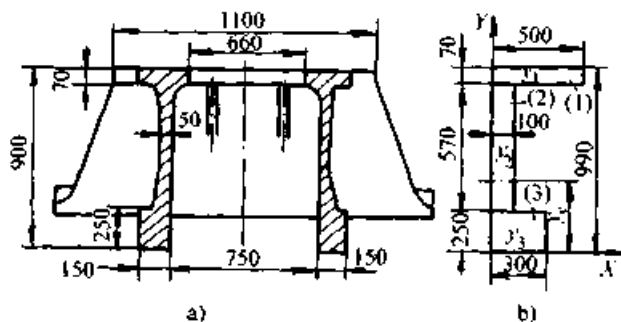


图 30.2-46 J31-315 压力机底座

a) 结构简图 b) 计算形心时简化图

由图计算出危险截面面积  $A = 1\,770\text{ cm}^2$ , 危险截面形心  $y_c = 46.1\text{ cm}$ , 危险截面惯性矩  $I = 210 \times 10^4\text{ cm}^4$ 。

则危险截面最大弯矩为

$$M_{\max} = \frac{F_g L}{6} = \frac{3\,150 \times 10^3 \times 1.53}{6} \text{ N}\cdot\text{m} \\ = 8 \times 10^5 \text{ N}\cdot\text{m}$$

危险截面的最大应力为

$$\sigma_1 = \frac{M_{\max} y_c}{I} = \frac{8 \times 10^5 \times 0.461}{0.021} \text{ Pa} \\ = 176 \times 10^5 \text{ Pa} = 17.6 \text{ MPa}$$

而  $\sigma_{1p} = (20 \sim 30) \text{ MPa}$ ,  $\sigma_{yp} = 35 \text{ MPa}$

所以:  $\sigma_1 < \sigma_{1p}$ ,  $\sigma_y < \sigma_{yp}$  安全

根据已知条件及图 30.2-46 的计算得  $F_g = 3\,150 \times 10^3 \text{ N}$ ,  $L = 1.53 \text{ m}$ ,  $I = 0.021 \text{ m}^4$ ,  $A = 0.177 \text{ m}^2$ ,  $G = 4.5 \times 10^{10} \text{ N/m}^2$ ,  $E = 0.9 \times 10^{11} \text{ N/m}^2$ ,  $H_1 = 0.461 \text{ m}$ ,  $e_1 = 0.211 \text{ m}$ ,  $b_1 = 0.3 \text{ m}$ ,  $b = 0.1 \text{ m}$ 。

$$\text{所以: } \alpha = \frac{A}{2I} \left[ \frac{b_1}{b} (H_1^2 - e_1^2) + e_1^2 \right] \\ = \frac{0.177}{2 \times 0.021} \left[ \frac{0.30}{0.10} (0.461^2 - 0.211^2) + 0.211^2 \right] \\ = 2.31$$

$$\delta = 0.017 \frac{F_g L^3}{EI} + 0.167 \frac{\alpha F_g L}{GA}$$

$$\delta = 0.017 \frac{3\,150 \times 10^3 \times 1.53}{0.9 \times 10^{11} \times 0.021} \text{ m} + \\ 0.167 \frac{2.31 \times 3\,150 \times 1.53}{0.177 \times 4.5 \times 10^{10}} \text{ m} \\ = 0.000\,335 \text{ m} = 0.335 \text{ mm}$$

$$\text{而 } \delta_p = \left( \frac{1}{6\,000} - \frac{1}{8\,000} \right) L = \left( \frac{1}{6\,000} - \frac{1}{8\,000} \right) \\ \times 1\,530 \text{ mm}$$

$$= 0.191 \sim 0.255 \text{ mm}$$

所以:  $\delta > \delta_p$ , 挠度过大, 刚度不够。

**例题 2** 已知 J31-315 压力机用 4 根拉紧螺栓及 2 个立柱的主要尺寸如图 30.2-47, 其立柱材料为稀土球铁-Ⅲ, 拉紧螺栓材料为 45 钢。对立柱螺栓进行强度校核, 并求预紧时螺母的扭转角。

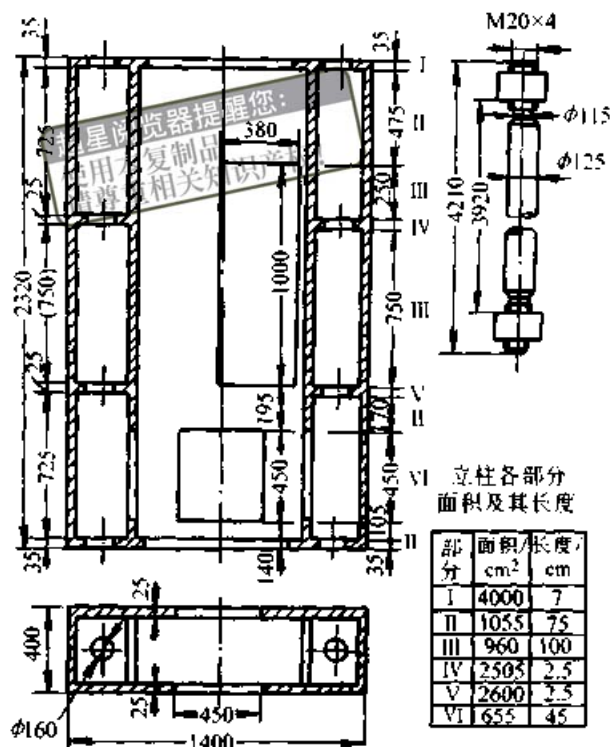


图 30.2-47 J31-315 压力机立柱和拉紧螺栓简图

由已知得:  $A_1 = \frac{\pi}{4} \times 0.125^2 \text{ m}^2 = 0.012\,3 \text{ m}^2$

$$A_2 = A_{zd} = \frac{\sum l_i}{\sum \frac{l_i}{F_i}} \\ = \frac{232}{\frac{7}{4\,000} + \frac{75}{1\,055} + \frac{100}{960} + \frac{2.5}{2\,505} + \frac{2.5}{2\,600} + \frac{45}{655}} \text{ cm}^2 \\ = 937 \text{ cm}^2 = 0.093\,7 \text{ m}^2$$

$$C_1 = \frac{L_1}{E_1 n_1 A_1} = \frac{3.92}{2.1 \times 10^{11} \times 4 \times 0.012\,3} \text{ m/N} \\ = 3.794 \times 10^{-10} \text{ m/N}$$

$$C_2 = \frac{L_2}{E_2 n_2 A_2} = \frac{2.32}{0.9 \times 10^{11} \times 2 \times 0.093\,7} \text{ m/N} \\ = 1.376 \times 10^{-10} \text{ m/N}$$

预紧力

$$F_y = \frac{ZF_g C_1}{C_1 + C_2} \\ = \frac{1.5 \times 3\,150 \times 10^3 \times 3.794 \times 10^{-10}}{3.794 \times 10^{-10} + 1.376 \times 10^{-10}}$$

$$= 3\,470 \times 10^3 \text{ N}$$

立柱强度

$$\sigma_z = \frac{F_y}{n_1 A_{z\min}} = \frac{3\,470 \times 10^3}{2 \times 0.0655} \text{ Pa}$$

$$= 265 \times 10^5 \text{ Pa} = 26.5 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{z,p} = 350 \times 10^5 \text{ Pa} = 35.0 \text{ MPa} \quad \sigma_z < \sigma_{z,p}, \text{ 安全。}$$

螺栓强度

$$\sigma_1 = \frac{ZF_g}{n_1 A_{\min}} = \frac{1.5 \times 3\,150 \times 10^3}{4 \times 0.0104} \text{ Pa}$$

$$= 1\,136 \times 10^5 \text{ Pa} = 113.6 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{1,p} = 1\,300 \sim 1\,500 \times 10^5 \text{ Pa}, \sigma_1 < \sigma_{1,p} \text{ 安全。}$$

预紧时螺母转角

$$\beta = \frac{F_y(C_1 + C_2)}{S} \times 2\pi \quad \text{已知 } S = 4 \text{ mm}$$

$$\text{所以: } \beta = \frac{3\,470 \times 10^3 (3.794 \times 10^{-10} + 1.376 \times 10^{-10})}{0.004} \times 2\pi \text{ rad} = 2.818 \text{ rad} = 162^\circ$$

如果按经验公式  $F_y(C_1 + C_2) = (0.0006 - 0.0007)L_1$

则:

$$\beta = \frac{0.0006 \times L_1 \times 2\pi}{S}$$

$$= \frac{0.0006 \times 3.92}{0.004} \times 2\pi \text{ rad}$$

$$= 3.7 \text{ rad} = 212^\circ$$

经验公式常用于现场估算。

(3) 闭式整体机架计算

机械压力机整体机架强度和刚度计算见表 30.2-25。

表 30.2-25 对称载荷作用下的闭式机身特性截面上的力和变形计算

曲轴横放的单点压力机机身	简图或内力图	结构简图	计算简图	弯矩图	剪力图	法向力图
曲轴横放的单点压力机机身	特性截面中的弯矩、剪力和法向力	$M_A = M_B = \frac{Fl}{24}$ $\frac{12a_1(2K_1 + 1 - (3K_1 + 2)2a_3 + (K_1 + 1)3a_3^2) + (3 - a_2^2)(3K_1K_2 + 2K_2)\gamma_2}{3K_1K_2 + 2K_1 + 2K_2 + 1}$ $M_C = M_D = \frac{Fl}{24} \frac{12a_1(K_2 + 2a_3 - (K_2 + 1)3a_3^2) - (3 - a_2^2)K_2\gamma_2}{3K_1K_2 + 2K_1 + 2K_2 + 1}$ $M'_3 = M_A + a_3(M + M_C - M_A)$ $M_{2\max} = M_A - \frac{Fl}{4} \left(1 - \frac{a_2}{2}\right)$ $M'_3 = M_A - M + a_3(M + M_C - M_A)$ $M = \frac{F}{2} a_1 l$			$-Q_{A2} = Q_{B2} = \frac{F}{2}$ $Q_3 = \frac{M = M_C - M_A}{h}$	$N_{A3} = N_{B3} = \frac{F}{2}$
	截面的纵向位移	$\Delta_{II-III} = \Delta M_{IIA} + \Delta Q_{IIA} + \Delta N_{IIIA}$				
截面的横向位移	$\delta'_{3A} (\text{从 } A \text{ 点算起}) = \theta_0 \gamma h - \frac{M_A \gamma^2 h^2}{2EI_3} - \frac{M + M_C - M_A}{6EI_3} \gamma^3 h^2$ <p>式中 <math>\theta_0 = \frac{h}{6EI_3} (2M_A + M(6a_3 - 3a_3^2 - 2) + M_C)</math></p>					

续表 30.2-25

		结构简图	计算简图	弯矩图	剪力图	法向力图
曲轴纵放的单点压力机身	简图或内力图					
	特性截面上的弯矩、剪力和法向力	$M_A = M_B = \frac{Fl(3 - \alpha_2^2)(3K_1K_2 + 2K_2)\gamma_2 - 3K_1\gamma_1}{24(3K_1K_2 + 2K_1 + 2K_2 + 1)}$ $M_C = M_D = \frac{Fl(9K_1K_2 + 6K_1)\gamma_1 - (3 - \alpha_2^2)K_2\gamma_2}{24(3K_1K_2 + 2K_1 + 2K_2 + 1)}$ $M_{1max} = M_C - \frac{Fl}{4} \quad M_{2max} = M_A - \frac{Fl}{4} \left(1 - \frac{\alpha_2}{2}\right)$				$N_{A3} = N_{B3} = \frac{F}{2}$ $N_{C3} = N_{D3} = \frac{F}{2}$
曲轴纵放的单点压力机身	机身的纵向位移	$\Delta_{I-II} = \Delta M_{IIA} + \Delta Q_{IIA} + \Delta N_{AC} + \Delta M_{IC} + \Delta Q_{IC}$				
	截面的横向位移	横向位移 $\delta_{3A}$ 从 A 点算起 $\delta_{3A} = \frac{h^2}{6EI_3} (\beta^2(M_{A3} - M_C) - 3\beta^2 M_{A3} + \beta(3M_{A3} + M_C))$				
曲轴纵放的双点四点压力机身	简图或内力图					
	特性截面上的弯矩、剪力和法向力	$M_A = M_B = \frac{Fl(3 - \alpha_2^2)(3K_1 + 2)K_2\gamma_2 + 12\alpha_1(\alpha_1 - 1)K_1\gamma_1}{24(3K_1K_2 + 2K_1 + 2K_2 + 1)}$ $M_C = M_D = \frac{Fl(\alpha_2^2 - 3)K_2\gamma_2 + 12K_1(1 - \alpha_1)\alpha_1(3K_2 + 2)\gamma_1}{24(3K_1K_2 + 2K_1 + 2K_2 + 1)}$ $M_1 = M_C - \frac{Fl}{2}\alpha_1 \quad M_{2max} = M_A - \frac{Fl}{4} \left(1 - \frac{\alpha_2}{2}\right)$			$-Q_{A2} = Q_{B2} = \frac{F}{2}$ $-Q_{C1} = Q_{D1} = \frac{F}{2}$	$N_{A3} = N_{B3} = \frac{F}{2}$ $N_{C3} = N_{D3} = \frac{F}{2}$
曲轴纵放的双点四点压力机身	机身的纵向位移	$\Delta_{I-IV} = \Delta M_{IVC} + \Delta Q_{IVC} + \Delta N_{AC} + \Delta M_{IIA} + \Delta Q_{IIA}$				
	截面的横向位移	$\delta_{3A}(\text{横向位移}) = \frac{h^2}{6EI_3} (\beta^2(M_{A3} - M_C) - 3\beta^2 M_{A3} + \beta(2M_{A3} + M_C))$				

公式和表图中的符号关系:

$$\Delta M_{IIA} = \Delta M_{IIB} = \frac{Fl^3}{48EI_2} \left( 1 - 0.5\alpha_2^2 + 0.125\alpha_2^3 - \frac{6M_{A2}}{Fl} \right)$$

$$\Delta M_{IC} = \Delta M_{ID} = \frac{Fl^3}{48EI_1} \left( 1 - 0.5\alpha_1^2 + 0.125\alpha_1^3 - \frac{6M_{C3}}{Fl} \right)$$

$$\Delta M_{IIV} = \Delta M_{IIV} = \frac{Fl^3\alpha_1^2}{6EI_1} \left( 1.5 - 2\alpha_1 - \frac{3M_{C1}(1-\alpha_1)}{\alpha_1 Fl} \right)$$

说

$$\Delta Q_{IIA} = \Delta Q_{IIB} = \frac{\lambda_2 Fl}{8GA_2} (2 - \alpha_2) \quad \Delta Q_{IC} = \Delta Q_{ID} = \frac{\lambda_1 Fl}{8GA_1} (2 - \alpha_1)$$

$$\Delta N_{AC} = \Delta N_{BD} = \frac{Fh}{2EA_3} \quad \Delta N_{AIII} = \Delta N_{BIII} = \frac{F\alpha_3 h}{2EA_3}$$

$$K_1 = \frac{I_3 l}{I_1 h} \quad K_2 = \frac{I_3 l}{I_2 h} \quad \lambda_1 = \lambda_{CDmax} = \frac{A_2 S_1}{I_1 b_1} \quad \lambda_2 = \lambda_{ABmax} = \frac{A_2 S_2}{I_2 b_2}$$

明

$$\gamma_1 = \frac{\lambda_1 F}{2GA_1} \quad \gamma_2 = \frac{\lambda_2 F}{2GA_2} \quad q = \frac{F}{\alpha_2 l} \quad F = F_g \text{ (压力机公称压力)}$$

式中  $I_1$ 、 $I_2$  ——分别为 CD 及 AB 杆截面惯性矩;

$I_3$  —— AC 及 BD 杆截面惯性矩;

$\lambda_{CDmax}$ 、 $\lambda_{ABmax}$  ——最大截面系数;

$A_1$ 、 $A_2$  ——分别为 CD 及 AB 杆的截面面积;

$A_3$  —— AC 及 BD 杆的截面面积;

$b_1$ 、 $b_2$  ——分别为中性层截面宽度;

$s_1$ 、 $s_2$  ——分别为截面上部分面积的静力矩

超星浏览器提醒  
使用本复制品  
请尊重相关知识产权!

注: 1. 许用应力:

对于铸铁机架  $\sigma_p \approx 0.1\sigma_b$

对于钢板焊接机架  $\sigma_p \approx (0.15 \sim 0.2)\sigma_b$

2. 对于闭式组合机架, 当螺栓正确拉紧时, 和整体一样工作, 则可按闭式机架计算公式进行计算。此时, 应根据预紧状态及工作状态来确定变形和危险截面的应力。并对拉紧螺栓及螺母进行有关计算。

### 3 轧钢机机架结构与计算

#### 3.1 轧钢机机架结构设计

##### 3.1.1 轧钢机机架的类型和结构

###### (1) 轧钢机机架的类型

为了全部承受使金属变形的轧制力作用, 轧钢机机架一般采用框架式结构, 可分为开式机架和闭式机架两大类型, 如图 30.2-48 所示。根据机架的毛坯制造方法, 可分为铸造机架和焊接机架 (图 30.2-48c), 根据机架各部分的连接型式可分为整体机架 (图 30.2-48a、c) 和组合机架 (图 30.2-48b、d、e、f), 组合机架中根据连接螺杆和机架的受力状态可分为预应力机架 (e 为液压螺母预应力机架) 和无预应力机架。某些特

种轧机设计成其他型式的机架, 如侧面开口的开式机架 (图 30.2-48f), 钳式斜轧机中的 C 形机架等。

###### (2) 闭式机架

它是一个整体框架, 一般为铸钢和焊接结构, 能够承受较大的轧制力, 具有较高的强度和刚度, 容易满足轧件的尺寸精度要求。主要用于初轧机、钢板轧板、扁坯轧机, 在开坯机和型钢轧机上也可采用闭式机架结构。某些小型和线材轧机采用刚度较高的闭式机架来提高轧件的精度和力学性能。采用闭式机架的工作机座, 应设有专门的换辊装置使轧辊从轧机的工作端出入机架。

###### (3) 开式机架

它由机架本体和上盖组成, 主要用于横列式

布置的型钢与线材轧机上，以便于更换轧辊。因此，开式机架中机架本体和上盖的连接结构，必须能便于快速的拆卸和安装，并能保证一定的机

架刚度以确保轧件的精度。开式机架简图如图 30.2-49 所示，其上盖和机架本体连接的细部结构如图 30.2-50 所示，共有六种结构型式：

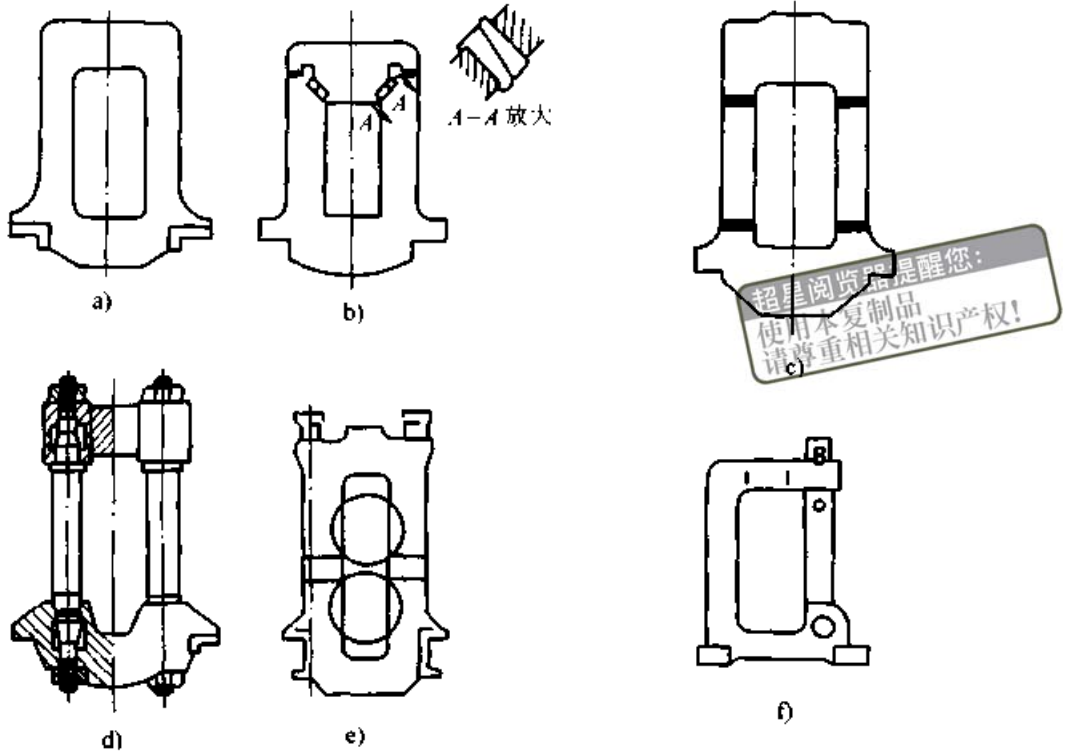


图 30.2-48 轧钢机机架类型

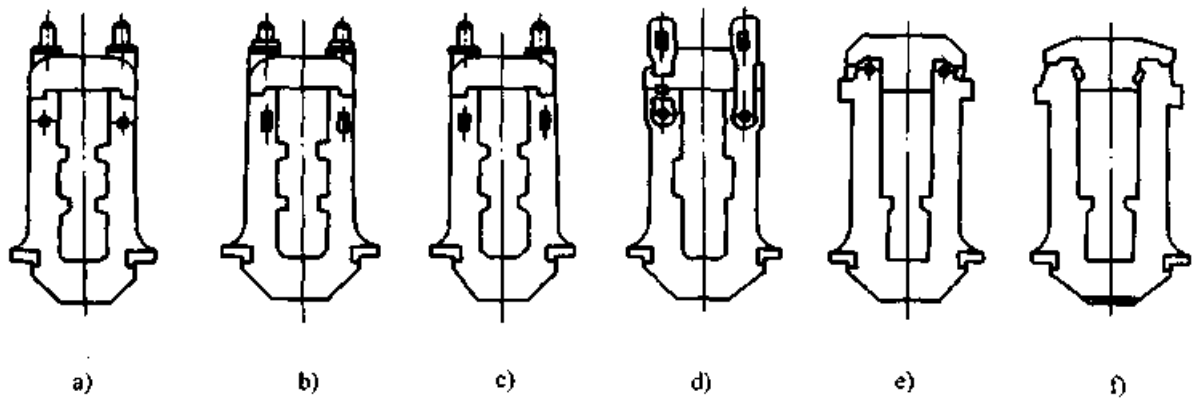


图 30.2-49 轧钢机开式机架简图

第一种和第二种结构为螺栓连接结构，机架的变形在很大程度上取决于联接螺栓的伸长量，而这种结构的螺栓较长，其截面积比机架立柱的截面积小得多，其变形量较大，削弱了机架的刚度。由于轧机工作环境恶劣，螺母锈死和受力后变形，螺母的拆卸极为不便；影响了换辊时间，这种结构现已很少采用。如图 30.2-49 及图 30.2-50 中的图 a 及 b。

第三、第四种结构见图 30.2-49 中及图

30.2-50 中的图 c 及 d。由于连接零件的长度较长，变形量大，对机架的刚度影响较大，但装卸情况比第一、二种要方便一些。

第五种结构如以上两图中的 e) 结构所示，由于横销在斜楔的预紧力和轧制力的作用下会产生弯曲变形，因此不易拆卸，现已不采用这种结构。

第六种结构为开式机架中最常用的连接方式，机架本体和上盖采用斜楔连接方式，如图

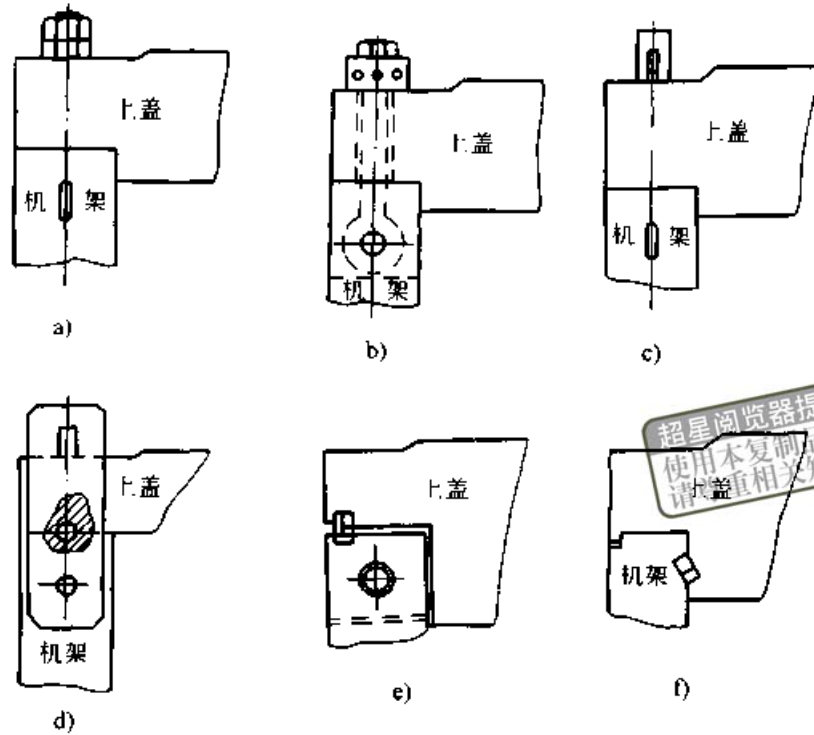


图 30.2-50 开式机架上盖和本体连接的细部结构

30.2-49 及图 30.2-50f 所示。这种结构拆卸和安装方便，连接楔的高度小，变形也小，刚度高；斜楔的受力状态是受压，使机器立柱上部被斜楔和盖子止口紧紧挤住，减少了机架的横向变形，这种机架也称为半开式机架。图 30.2-51 为 650 型钢轧机楔连接处的剖面图，斜楔的斜度为 1:50，并要求各结合面进行刮研，接触良好。

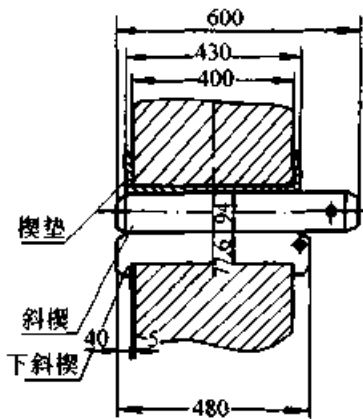


图 30.2-51 650 轧机机架斜楔联接剖面图

为了提高 650 轧机的轧制精度，在 650 轧机的楔连接的开式机架上采用了预应力结构来提高机架刚度，其结构如图 30.2-52 所示。如果将斜楔 *d* 过多的楔入，可以使 A-A 面产生过盈，并且在外口处增加一涨楔 *f* 后使 A-A 面的过盈增大，

从而使上盖的弹跳值减小，提高了机架的刚度。

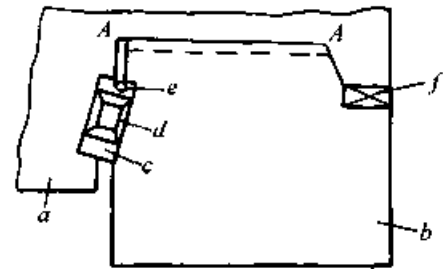


图 30.2-52 开式机架预应力结构

a—机架盖 b—立柱 c—固定楔  
d—连接楔 e—衬板 f—涨楔

图 30.2-48e 为组合式开式机架，机架分为两部分，其结合面在立柱的横截面上，两部分由采用液压螺母的预应力拉杆相连，取预应力为最大轧制力的二倍，使预应力机架比整体机架的弹跳值大为减少，甚至于比整体闭式机架刚性还好。由于采用液压螺母结构，机架便于快速拆装，减少了换辊时间。

### 3.1.2 轧钢机机架结构设计

#### (1) 机架立柱与横梁的截面形状

机架的截面形状是根据轧机的种类，受力特点和制造方法等多种因素确定的。常用的截面形状如图 30.2-53 所示，有工字形、矩形、方形和梯形截面。

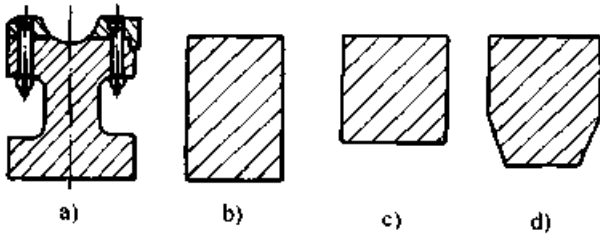


图 30.2-53 轧钢机架立柱和横梁的截面形状

1) 工字形截面抗弯强度高, 节省材料, 机架质量能减少; 但大型工字形截面铸件制造复杂, 在腹板和翼板相交处容易产生铸造裂纹。在大型初轧机和板坯轧机中, 承受较大的水平力, 上辊提升高度大, 尤其是上轧辊的上下往复运动, 立柱内侧须镶滑板; 采用工字形截面给滑板的安装、固定和拆卸带来一些方便。如图 30.2-53a, 可在内侧翼板上加工光孔及销孔固定滑板。因此, 这类轧机立柱常采用工字形截面。

2) 矩形截面的刚度和强度较高, 形状简单, 容易铸造和焊接, 机械加工方便, 和其他类型截面相比, 采用矩形截面造成了机架材料的浪费。在矩形截面机架上镶滑板, 必须加工螺纹孔进行

连接, 长期使用后须重新加工丝孔, 影响机架的使用。矩形截面常用于大型板坯和二辊带钢连轧机上。

3) 方形或接近方形的矩形截面常用于高而窄、水平力较小的中、小型板、带四辊轧机上。这类轧机的立柱采用惯性矩较小的方形截面, 使作用于立柱全长上的弯曲力矩变小 (参见后面的机架计算公式), 而使横梁承受的弯矩增大, 必须加大横梁的截面积; 由于从窄而高的立柱上所节省下来的金属材料将超过短而粗的横梁上所需要增加的金属材料, 这种选择是合理的。

4) 梯形截面是根据轧钢机架中立柱和横梁的应力分布状态所确定的理想截面形状, 但由于在铸造和机械加工中增加的难度, 使节省金属材料的作用不大。这类截面仅用于成批生产的中小型连轧机上, 其他机架中很少被采用。

(2) 机架基本尺寸的确定

机架基本尺寸的确定见表 30.2-26; 部分现有轧机机架的基本尺寸见表 30.2-27; 各基本尺寸的位置参见图 30.2-54。

表 30.2-26 轧钢机机架基本尺寸及安装尺寸的确定

项目	影响因素	经验公式
窗口高度 $H$	轧辊直径, 轴承座高度, 轧机最大开口度和压下螺丝最小伸出量, 安全或测压元件及液压缸的高度。闭式机架中, 还要满足换辊时所要求的尺寸	$1. H = a + d + 2S + h + \delta$ $2. \text{对于普通四辊轧机, } H \text{ 值可控制在以下范围:}$ $H = (2.6 \sim 3.5)(D_1 + D_2)$
窗口宽度 $B_1$	开式机架: 轧辊轴承座宽度 闭式机架: 轧辊的最大直径	$1. B_1 = C_1 + 2C_2$ $2. \text{对于普通四辊轧机窗口宽度应控制在:}$ $B_1 = (1.15 \sim 1.30)D_2$ $3. \text{对于闭式机架, 非传动侧窗口应比传动侧宽 } 0.005 \sim 0.01 \text{ m}$
立柱截面积 $A$	机架的强度和刚度条件	$\text{对于铸铁轧辊: } A = (0.6 \sim 0.8)d^2$ $\text{对于铸钢轧辊: 开坯机 } A = (0.65 \sim 0.8)d^2$ $\text{一般轧机 } A = (0.8 \sim 1.0)d^2$ $\text{对于合金钢轧辊: 四辊轧机 } A = (1.0 \sim 1.2)d^2$
机架与轨座连接螺栓孔间距 $B_2$	轧辊辊身直径和窗口的宽度	$B_2 = (2.5 \sim 3)D$ 式中 $D$ ——二辊轧机中为轧辊辊身直径, 四辊轧机中为支承辊辊身直径 (m)
机架和轨座连接螺栓直径 $d_1$	机架承受的倾翻力矩	$d_1 = 0.1D + (5 \sim 10) \text{ mm}$

超星阅读器提醒您：使用本阅读器只读公式

续表 30.2-26

项目	影响因素	经验公式
轨座到地基的脚螺栓直径 $d_2$	机架承受的倾翻力矩	轧辊直径 $< 500$ mm: $d_2 = 0.1D + 10$ mm 轧辊直径 $> 500$ mm: $d_2 = 0.08D + 10$ mm
轨座高度 $h_1$	机架下横梁的位置和截面的高度尺寸	$h_1 = 0.5D$
轧座底面积 $A_1$	轧机的全部重量和对基础的作用力	按基础的单位承压许可值为 1.5~2.0 MPa 确定
表中一些符号所代表的意义	$a$ —— 轧辊、上下辊 (三辊轧机) 支承辊 (四辊轧机) 中心距 (m); $d$ —— 轧辊辊颈、支承辊辊颈 (四辊轧机) 直径 (m); $S$ —— 轴承和轴承座在高度方向径向厚度之和 (m); $h$ —— 上轧辊调整距离 (m); $\delta$ —— 考虑压下螺丝伸出机架的余量, 安放测压元件或液压压下时, 液压缸的尺寸 (m); $C_1$ —— 支承辊轴承座宽度 (m); $C_2$ —— 窗口滑板厚度一般取 $C_2 = 0.02 \sim 0.04$ (m); $D_1$ —— 工作辊辊身直径 (m); $D_2$ —— 支承辊辊身直径 (m)。	

表 30.2-27 部分现有机架的基本尺寸参数

轧机规格	牌坊尺寸/mm																	每片机架上的作用力/kN	
	$B_0$	$B_1$	$B_2$	$B_3$	$b_1$	$b_2$	$l_1$	$h_1$	$h_2$	$h_3$	$h_4$	$h_5$	$H$	$K$	$d_1$	$d_2$	$R$		$d$
800×250/750	1 750	800	2 050	2 340	405	80	300	540	350	700	150	60	2 800	600	400	705	400	75	2 000
1 000×400/1 000	2 400	1 230	2 900	3 300	600	100	450	950	550	1 000	250	80	3 775	900	650	1 400	900	110	—
1 200×550/1 100	2 720	1 290	3 200	3 700	715	60	680	1 150	720	1 100	230	100	5 120	800	720	1 400	1 300	1 250	8 000
1 400×210/1 250	3 000	1 550	3 560	4 120	710	180	630	1 400	700	1 120	400	250	4 600	800	690	1 490	1 250	115	12 500
1 700×650/1 200	2 540	1 400	3 000	3 440	600	100	680	1 200	700	1 100	300	100	4 850	900	700	1 400	1 200	125	8 500
1 700×610/1 525	3 340	1 695	3 700	4 000	815	180	700	1 294	—	1 280	400	600	6 841	1 380	—	—	250	133	12 500
2 000×700/1 250	3 000	1 480	3 460	3 900	680	90	680	1 100	700	1 100	280	70	5 250	1 000	760	1 400	800	125	9 000
2 350×750/1 300	3 300	1 550	3 840	4 200	815	100	700	1 200	720	1 250	300	100	5 400	1 300	720	1 400	1 000	125	10 000
2 350×1 100(二辊式)	2 740	1 400	3 300	3 860	730	120	660	1 300	650	1 250	320	120	3 900	800	780	1 440	700	160	10 000
2 800×650/1 400	3 260	1 600	3 800	4 200	800	120	810	1 400	800	1 300	300	95	5 650	1 100	900	1 850	650	155	10 000
4 200×980/1 800	6 000	2 300	6 800	7 400	1 000	300	800	1 800	1 100	1 900	400	500	7 940	1 600	1 000	2 000	—	200	2 100

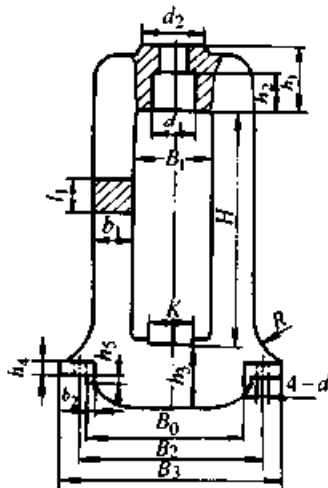


图 30.2-54 机架基本尺寸

### 3.2 轧钢机机架强度和刚度计算

#### 3.2.1 轧钢机机架的外载荷计算

(1) 机架所承受的垂直力  $F$  的确定

轧机工作时, 机架所承受的力  $F$  和轧辊轴颈所受的力大小相等, 方向相反。

1) 对于初轧机和型钢轧机如图 30.2-55。

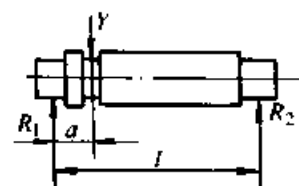


图 30.2-55 轧辊受力图



$$F = R_1 = \left(1 - \frac{a}{l}\right)Y$$

式中  $R_1$  ——轧辊颈上所受的力 (N);  
 $Y$  ——最大轧制力 (N);  
 $a$  ——最大轧制力所在的孔型位置距机架中心线间的距离 (m);  
 $l$  ——两机架中心线间的距离 (m);

2) 对于板轧机、带钢轧机等, 两机架受力相等,

$$F = R_1 = R_2 = \frac{Y}{2}$$

(2) 机座的倾翻力矩计算

轧制过程中, 作用机座的倾翻力矩  $M_q$  通常由三个部分组成:

$$M_q = M_{q1} + M_{q2} + M_{q3}$$

式中  $M_{q1}$  ——由传动装置 (电动机或相邻机座) 加于机座上的倾翻力矩;  
 $M_{q2}$  ——作用于轧件上的水平外力所产生的倾翻力矩;  
 $M_{q3}$  ——轧件运动不均匀时产生的惯性力所引起的倾翻力矩。

1) 力矩  $M_{q1}$  的计算。二辊轧机: 图 30.2-56a,  $M_1$  及  $M_2$  为传动装置传给轧辊的力矩,  $M'_1$  和  $M'_2$  为相邻机座传给轧辊的反力矩 (如横列式轧机上)。如果设顺时针方向为正, 则

$$M_{q1} = M_1 - M_2 - M'_1 + M'_2$$

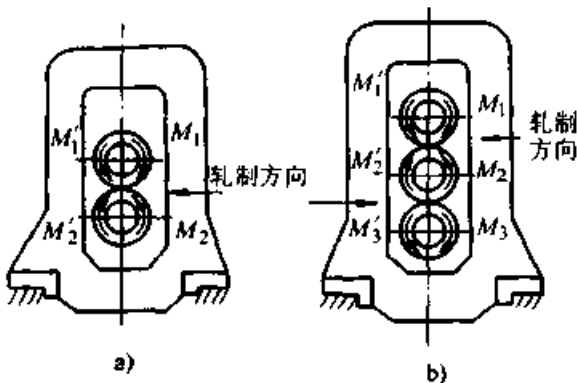


图 30.2-56 轧辊承受的力矩

a) 二辊轧机 b) 三辊轧机

如果只在一部轧机上进行轧制, 则

$$M_{q1} = M_1 - M_2$$

在正常轧制时,  $M_1 = M_2$ , 则  $M_{q1} = 0$ 。

当一个传动轴折断或单辊传动 (如二辊叠轧薄板轧机中、下轧辊主动, 上轧辊靠轧件带动) 中,  $M_{q1}$  的数值为最大。

$$M_{q1max} = M_k$$

式中  $M_k$  ——总轧制力矩。

三辊轧机: 如图 30.2-56b,  $M_{q1}$  可以由下两式求得:

$$M_{q1} = M_1 - M_2 + M_3 - M'_1 + M'_2 - M'_3$$

$$M_k = M_1 + M_2 + M_3$$

上式中  $M_1, M_2, M_3$  为传动装置传给轧辊的力矩,  $M'_1, M'_2, M'_3$  为相邻机座传给轧辊的力矩;

在单机轧制时, 则

$$M_{q1} = M_1 - M_2 + M_3$$

单机轧制最危险的情况是中间轴折断或传动中辊的传动系统中产生了瞬时传动间隙以及中辊从动时 (如三辊劳特轧机中辊不传动) 等情况, 此时  $M_2 = 0$ , 则  $M_{q1}$  的值很大

$$M_{q1} = M_1 + M_3 = M_k$$

2) 力矩  $M_{q2}$  的计算。 $M_{q2}$  是由作用于机座上的水平力  $R$  所引起的, 如图 30.2-57 所示: 水平力是由于在连轧机及冷轧机中前后张力的差值; 自动轧管机和周期式轧管机中穿孔机顶杆的作用力; 轧制线上如辊道, 推床, 翻钢机及盖板等对轧件偶然产生的阻力等因素引起的。

$$M_{q2} = Rc$$

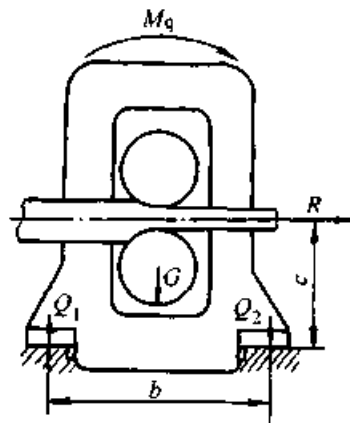


图 30.2-57 作用在轧机机座上倾翻力矩及机座支反力示意图

式中  $R$  ——作用于轧件上的水平力 (N);

$c$  ——水平力作用线到机座上平面的距离 (m)。

外力  $R$  可根据所产生的原因确定, 其最大值可按下式确定

$$R_{max} = \frac{2M_k}{D} \quad \text{则}$$

$$M_{q2max} = \frac{2M_k \cdot c}{D}$$

式中  $D$  —— 轧辊直径。

3) 力矩  $M_{q3}$  的确定。力矩  $M_{q3}$  是由轧件的惯性力  $R'$  所产生的惯性倾翻力矩，在可逆式轧机和除连续式轧机以外的所有轧机中，由于轧件咬入时运动速度的变化等原因产生惯性力。

$$M_{q3} = R' \cdot c = \frac{Q}{g} \cdot a \cdot c$$

式中  $Q$  —— 轧件的重量；

$g$  —— 重力加速度；

$a$  —— 轧件的加速度；

$c$  —— 轧制中心线到轨座上平面的距离。

(3) 机架支座及力计算

从图 30.2-57 中可知，机架下面轨座的最大压力  $Q_2$  为

$$Q_2 = \frac{M_{qmax}}{b} + \frac{G}{2}$$

地脚螺栓所受的最大拉力  $Q_1$  为

$$Q_1 = \frac{M_{qmax}}{b} - \frac{G}{2}$$

为保证机架和轨座之间保证接触，地脚螺栓的预紧力必须大于  $Q_1$ ，其预紧力  $F_y$  为

$$F_y = (1.2 \sim 1.4) Q_1$$

每一个地脚螺栓的预紧力

$$Q' = \frac{F_y}{n} = \frac{(1.2 \sim 1.4) Q_1}{n}$$

以上各式中  $b$  —— 两轨座间地脚螺栓中心线之间的距离；

$G$  —— 轧机的重量 (N)；

$n$  —— 侧地脚螺栓的数量。

3.2.2 轧钢机闭式机架强度和刚度计算

为了简化计算，作以下假设：第一，机架只承受轧制力的作用，不承受倾翻力矩和水平力的作用；第二，用垂直力  $F$  代替作用于压下螺母周围圆环面积上的均布载荷及作用于下横梁处的均布载荷， $F$  力作用于机架上、下横梁中间截面处，并且大小相等，方向相反，作用在同一直线上，机架的外载是对称的；第三，视机架为一封闭弹性框架，该框架由依次连接各截面的形心构成，上、下横梁和立柱交界处是刚性的；第四，机架的变形属于平面变形。

实际上，由于张力轧制或轧制速度的变化及咬入时的冲击所引起的惯性力使轧制力的方向发生改变不可能是垂直方向，但水平分力比较小可以忽略而水平分力较大时应考虑其影响。

1) 闭式机架的强度和变形计算分别见表 30.2-28 及表 30.2-29。

表 30.2-28 闭式机架强度计算

机架形式	计算项目	计算公式	计算简图
小圆弧形框架	作用于立柱上的弯矩 $M_2$ 作用于上、下横梁的弯矩 $M_1$ 及 $M_3$	$M_2 = \frac{H}{J} F$ $J = \frac{1}{2} \left[ \frac{l_1}{I_1} + \frac{l_3}{I_3} + \frac{\pi}{2} \left( \frac{r_1}{I_a} + \frac{r_3}{I_b} \right) + \frac{l_2}{I_2} \right]$ $H = \frac{1}{16} \left( \frac{l_1^2}{I_1} + \frac{l_3^2}{I_3} \right) + \frac{1}{4} \left( \frac{r_1 l_1}{I_1} + \frac{r_3 l_3}{I_3} \right) + 0.29 \left( \frac{r_1^2}{I_a} + \frac{r_3^2}{I_b} \right)$ $M_1 = \frac{F}{2} \left( \frac{l_1}{2} + r_1 \right) - M_2$ $M_3 = \frac{F}{2} \left( \frac{l_3}{2} + r_3 \right) - M_2$	
直角形框架	作用于立柱上的弯矩 $M_2$ 作用于上、下横梁的弯矩 $M_1$ 及 $M_3$	$M_2 = \frac{Fl_1^2}{8} \cdot \frac{I_4}{l_1 I_4 + \frac{2l_2}{I_2}}$ <p>式中</p> $I_4 = \frac{1}{I_1} + \frac{1}{I_3}$ $M_1 = \frac{Fl_1}{4} - M_2$ $M_3 = \frac{Fl_3}{4} - M_2$	

续表 30.2-28

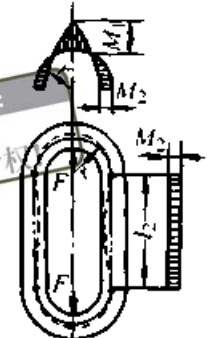
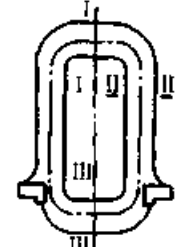
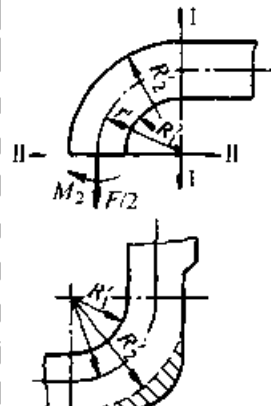
机架形式	计算项目	计算公式	计算简图
圆弧形框架	作用于立柱上的弯矩 $M_2$ 作用于上、下横梁的弯矩 $M_1$ 及 $M_3$	$M_2 = Fr \frac{\frac{\pi}{2} - 1}{\pi + \frac{2l_2}{rI_2I_4}}$ 式中 $I_4 = \frac{1}{I_1} + \frac{1}{I_3}$ $M_3 = M_1 = \frac{Fr}{2} - M_2$ $l_1, l_2, l_3 \text{ —— 上横梁、立柱、下横梁直线部分长度；}$ $I_1, I_2, I_3, I_{11}, I_{13} \text{ —— 上横梁、立柱、下横梁以及上、下横梁小圆角处的惯性矩}$	
以上三类框架	上横梁中间截面最大应力 $\sigma_{max1}$	$\sigma_{max1} = \frac{M_1}{W_1} \leq \sigma_p$ $W_1 \text{ —— 上横梁的截面系数}$	
	下横梁中间截面最大应力 $\sigma_{max3}$	$\sigma_{max3} = \frac{M_3}{W_3} \leq \sigma_p$ $W_3 \text{ —— 下横梁的截面系数}$	
	立柱截面最大拉应力 $\sigma_{max2}$	$\sigma_{max2} = \frac{F}{2A_2} + \frac{M_2}{W_2}$ $A_2, W_2 \text{ —— 立柱的截面积及截面系数}$	
	曲梁危险截面 I - I 内外层的应力 $\sigma_1$ 及 $\sigma'_1$	$\sigma_1 = -\frac{Fr'_0 - M_2}{W'_1} \leq \sigma_p$ $\sigma'_1 = -\frac{Fr'_0 - M_2}{W'_2} \leq \sigma_p$ $W'_1 = \frac{A'(R_p - r')R'_1}{r' - R'_1}; R_p = (R'_1 + R'_2)/2$ $W'_2 = \frac{A'(R_p - r')R'_2}{R'_2 - r'}; r'_0 = \frac{R'_2 + R'_1}{\ln \frac{R'_2}{R'_1}}$ $A' \text{ —— 曲梁截面面积}$	
	曲梁危险截面 II - II 内外层的应力 $\sigma_{II}$ 及 $\sigma'_{II}$	$\sigma_{II} = \frac{M_2}{W'_1} + \frac{F}{2A} \leq \sigma_p$ $\sigma'_{II} = \frac{-M_2}{W'_2} + \frac{F}{2A} \leq \sigma_p$	为立柱和横梁交接处不是正规的形状时，可按图中所示方法简化，阴影部分可去掉
许用应力的确定	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 当材料为 2G270—500 时：对于横梁 <math>\sigma_p \leq 50 \sim 70 \text{ MPa}</math>                              对于立柱 <math>\sigma_p \leq 40 \sim 50 \text{ MPa}</math></li> <li>2. 为保证当轧辊超载断裂时，机架不应出现塑性变形的现象，机架许用应力 <math>\sigma_p</math> 还应满足以下条件                             <math display="block">\sigma'_p \leq \frac{F_j \sigma_s c K'_o}{1.67 \sigma'_b d^3} \text{ MPa}</math>                             式中 <math>F_j</math> —— 即机架的计算载荷 (N)；由轧制力和轧辊受力位置确定；  <math>c</math> —— 轧辊辊颈危险截面至压下螺丝或轴承中心线间的距离 (m)；  <math>d</math> —— 轧辊直径 (m)；  <math>\sigma_s</math> —— 机架材料的屈服极限 (Pa)；  <math>\sigma'_b</math> —— 轧辊材料的强度极限 (Pa)；  <math>K'_o</math> —— 辊颈应力集中系数，一般取 <math>K'_o = 1.5</math>。                             </li> <li>3. 取机架的安全系数 <math>n_1 = 10 \sim 15</math></li> </ol>		

表 30.2-29 闭式机架变形计算

机架形式	计算项目		计算公式
小圆弧形框架 (参见上表中第一图)	机架在垂直方向上的总挠度 $f = f_1 + f_2 + f_3$	立柱变形 $f_1$	$f_1 = \frac{Fl_2}{2EA_2}$
		上横梁在弯矩、剪力和垂直力作用下的变形 $f_2$	$f_2 = \frac{Fr_1^3}{EI_1} \left( \frac{3\pi}{8} - 1 \right) - \frac{M_2 r_1^2}{EI_1} \left( \frac{\pi}{2} - 1 \right) + \frac{Fl_1}{4EI_1} \left( r_1^2 + \frac{r_1 l_1}{2} + \frac{l_1^2}{1^2} \right) - \frac{M_2 l_1}{2EI_1} \left( r_1 + \frac{l_1}{4} \right) + \frac{F \pi r_1}{8EA_{11}} + \frac{K_1 Fr_1 \pi}{8GA_{11}} + \frac{K_1 Fl_1}{4GA_1}$ 式中 $A_1, A_{11}$ ——上横梁截面及小圆角处截面面积; $K_1$ ——上横梁截面系数, 矩形截面 $K_1 = 1.2$ $E, G$ ——弹性模量及剪切模量
		下横梁在弯矩、剪力、垂直力作用下引起的变形 $f_3$	如果下横梁和上横梁形状和尺寸相同侧 $f_3 = f_2$ ; 如果不同, 可将 $f_2$ 计算公式中的对应变量 $r_1, I_1, l_1, A_1, A_{11}, K_1$ 等改为: $r_3, I_3, l_3, A_3, A_{33}, K_3$ 即可求 $f_3$ 。 各符号所代表的意义对应相同。
	机架在水平方向上的总挠度 $f_s = 2f_4$	立柱中点的水平变形 $f_4$	$f_4 = \frac{M_2 l_0^2}{8EI_2}$ $l_0 = l_2 + 0.5(r_1 + r_3)$ $l_0$ ——上、下横梁中性轴的垂直距离
直角形框架 (参见上表中图)	机架在垂直方向上的总挠度 $f = f_1 + f_2 + f_3$	立柱变形 $f_1$	$f_1 = \frac{Fl_2}{2EA_2}$
		上横梁在弯矩、剪力作用下引起的变形 $f_2$	$f_2 = \frac{Fl_1^2}{48EI_1} - \frac{M_2 l_1^2}{8EI_1} + \frac{K_1 Fl_1}{4GA_1}$ 各符号代表意义同上
		下横梁在弯矩、剪力作用下引起的变形 $f_3$	$f_3 = \frac{Fl_3^2}{48EI_3} - \frac{M_2 l_3^2}{8EI_3} + \frac{K_3 Fl_3}{4GA_3}$ 各符号代表意义同上。 $K_3$ ——下横梁截面系数, 矩形截面 $K_3 = 1.2$
	机架在水平方向上的总挠度 $f_s = 2f_4$	立柱中点的水平变形 $f_4$	$f_4 = \frac{M_2 l_2^2}{8EI_2}$ $f_s$ 应小于轧辊轴承座和立柱之间的间隙
圆弧形机架 (参见上表中图)	机架在垂直方向上的总挠度 $f = f_1 + f_2 + f_3$	立柱变形 $f_1$	$f_1 = \frac{Fl_2}{2EF_2}$
		上横梁在弯矩、剪力、垂直力作用下的变形 $f_2$	$f_2 = \frac{Fr_1^3}{EI_1} \left( \frac{3\pi}{8} - 1 \right) - \frac{M_2 r_1^2}{EI_1} \left( \frac{\pi}{2} - 1 \right) + \frac{K_1 Fr_1 \pi}{8GA_1} + \frac{Fr_1 \pi}{8EA_1}$ $r_1$ ——上横梁中性轴半径
		下横梁在弯矩、剪力、垂直力作用下的变形 $f_3$	如果机架上、下横梁圆弧半径相同, 惯性矩相同, 则 $f_2 = f_3$ 。 如果 $r_2 \neq r_1$ 或 $I_2 \neq I_1$ 可将 $r_2$ 及 $I_2$ 代替 $r_1$ 和 $I_1$ 代入上式 $f_2$ 的计算公式可得 $f_3$ 的值
	机架在水平方向上的总挠度 $f_s$	立柱中点的水平方向变形 $f_4$	$f_4 = \frac{M_2 l_0^2}{8EI_2}$ $l_0 = l_2 + 0.5(r_1 + r_3)$ $f_s$ 应小于轧辊轴承座和立柱间的间隙

超星浏览器提醒您：  
使用本复制品  
请尊重知识产权！  
续表 30.2-29

机架形式	计算项目
弹性刚度的确定 许用变形量和	1. 当 $F = 5 \sim 15 \text{ MN}$ 的情况下：对于冷轧机 $f_p = 0.3 \sim 0.5 \text{ mm}$ ；热轧机 $f_p = 0.6 \sim 1.0 \text{ mm}$ ； 2. 在已知力 $F$ 作用下，以微小的弹性变形来表示机架的刚度特征称为机架的弹性刚度 $C: C = F/f$ MN/mm 新设计的轧钢机，机架的弹性刚度应按以下数据选用： 对于热轧型钢轧机： $C_p = 5 \sim 8 \text{ MN/mm}$ ； 对于热轧板材轧机： $C_p = 10 \sim 15 \text{ MN/mm}$ ； 对于冷轧板材轧机： $C_p = 15 \sim 20 \text{ MN/mm}$

2) 闭式机架在水平外力作用下的强度计算  
 在实际生产中，由于轧件的惯性力，前后张力的作用以及轧制线上某些机构对轧件的阻力都会使轧件在轧制方向上产生水平外力  $R$ ，这不仅会使机座有倾翻的趋势，同时  $R$  力也会通过轧辊和轴承座作用到机架立柱上，对机架的强度和变

形产生一定影响。

以二辊钢板轧机为例，将水平力  $R$  用四个相等的力代替  $X_1$ ，其机架受力后其弯矩图和变形如图 30.2-58 所示。上横梁对左右立柱产生静不定力  $X$  及静不定力矩  $M_1$  及  $M_2$ 。

可假设横梁和立柱相交处变形后其相对角位

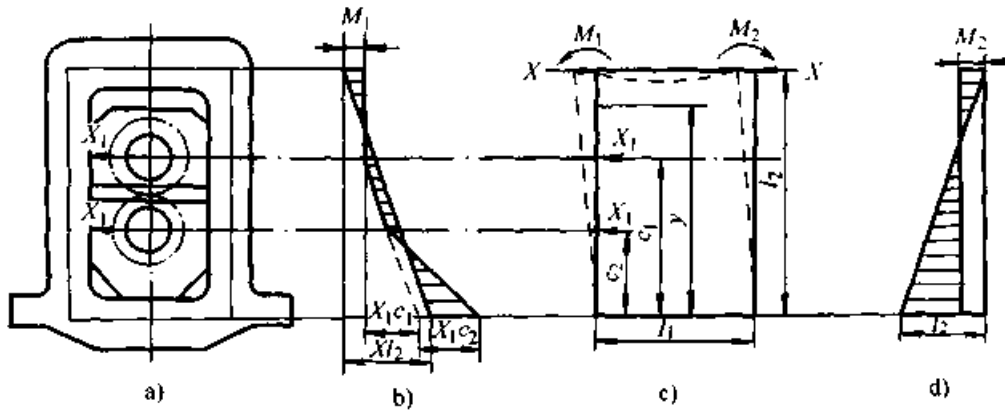


图 30.2-58 在水平外力作用下闭式机架中所产生的弯矩及变形图

a) 机架及上下轴承座配合示意图 b) 左立柱中的弯矩图  
 c) 在水平外力作用下机架变形 d) 右立柱中的弯矩图

移为零，采用材料力学中求转角的方法（图乘法）可求得静不定力矩  $M_1$  和  $M_2$ ：

$$\left. \begin{aligned} M_1 &= \frac{Xl_2}{2} - \frac{X_1}{2l_2}(c_1^2 + c_2^2) \\ M_2 &= \frac{Xl_2}{2} \end{aligned} \right\}$$

由左、右立柱上部 and 上横梁水平方向的挠度之间的关系及它们和静不定力  $X$  及已知力  $X_1$  及  $M_1$ 、 $M_2$  之间的关系可求出  $X$ ：

$$X = \frac{X_1 \left[ c_1^2 \left( \frac{l_2}{2} + \frac{c_1}{3} \right) + c_2^2 \left( \frac{l_2}{2} + \frac{c_2}{3} \right) \right]}{\frac{1}{3} l_2^3 + 2l_1 \frac{l_2}{A_1}}$$

式中  $A_1$  ——上横梁的截面积；

$I_2$  ——立柱的惯性矩，其余各参数参见图 30.2-58。

水平力  $X$  求出后，就可根据公式计算  $M_1$  及  $M_2$ ，可根据  $M_1$ 、 $M_2$  和  $X$  绘制出弯矩图及轴向力图 and 表 30.2-28 中的对应的弯矩图和轴向力图进行叠加，就可以求出考虑到水平外力作用下的闭式机架的总弯矩和总轴向力图，直角形框架如图 30.2-59 所示（ $F$  为机架所受的垂直力），然后可根据表 30.2-28 中的公式进行强度校核。

3) 用图解法对形状复杂的闭式机架进行强度计算 对于某些形状复杂的闭式机架，由于立柱和横梁的各个截面的惯性矩是变化的，各截面的形心连线并不是前面公式所介绍的规则的框架

形状，如果采用图解法计算可能得到较为准确的计算结果。

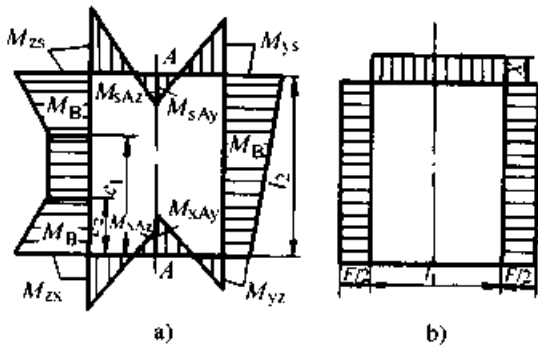


图 30.2.59 在水平外力作用下的闭式机架的总弯矩和总轴向力图  
a) 总弯矩图 b) 总轴向力图

根据机架结构和载荷的对称性，取机架的一半如图 30.2.60 中 a 所示，其静不定力矩和载荷分别为  $M_1$  和  $F/2$ 。则机架中任意计算截面的弯矩值  $M_x$  为：

$$M_x = \frac{F}{2} y - M_1$$

式中  $y$  ——  $\frac{F}{2}$  到计算截面力臂。

而静不定力矩  $M_1$  可由半个机架的弹性变形位能求出，得：

$$M_1 = \frac{\int_{\frac{F}{2}} y \frac{dx}{I_x}}{\int \frac{dx}{I_x}}$$

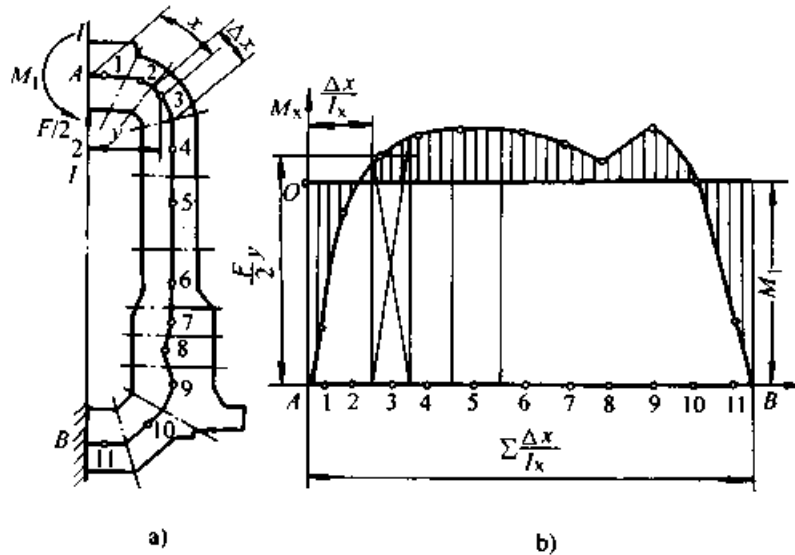


图 30.2.60 用图解法求静不定力矩的计算简图

a) 机架切开后的受力和分割图 b) 机架图解弯矩图

由于上式中  $I_x$ 、 $y$  无法用  $x$  的函数表示，所以采用图解法将机架分成一些长度为  $\Delta x$  的小段，对某一段  $\Delta x$  来说， $I_x$  和  $y$  可认为是常数，则上式积分可用有限面积之和替代，则

$$M_1 = \frac{\sum \frac{F}{2} \cdot y \frac{\Delta x}{I_x}}{\sum \frac{\Delta x}{I_x}}$$


式中  $y$  ——  $\frac{F}{2}$  到该小段  $\Delta x$  中性层长度中点的力臂。

上式中的  $M_1$  及  $M_x$  可由图解法求出，如图 30.2.60 图 b 所示，其方法如下：以  $\frac{\Delta x}{I_x}$  为横坐标， $\frac{F}{2} \cdot y$  为纵坐标建立坐标系，分别求出各区

段的  $\frac{\Delta x}{I_x}$  及  $\frac{F}{2} y$  的值；根据每一组数据在坐标系中求得一点。然后把各点连接成光滑曲线  $AB$ ， $AB$  与横轴包容的面积即为  $\sum \frac{F}{2} y \frac{\Delta x}{I_x}$ ，而曲线  $AB$  的纵坐标平均值即为  $M_1$ ，根据公式  $M_x = \frac{F}{2} y - M_1$ ，则机架任意截面上的弯矩值  $M_x$  应为图中的阴影部分。将横坐标移至 0 点，曲线  $AB$  在新坐标中的纵坐标值即为  $M_x$  的值。求出  $M_x$  值以后，可根据表 30.2-28 中公式进行计算。

(4) 机架的疲劳强度计算 机架的疲劳强度是根据机架的各部分疲劳安全系数确定，如表 30.2-30 所示。

表 30.2-30 机架各部分疲劳安全系数的确定

计算项目	计算公式	推荐的疲劳安全系数许用值
横梁疲劳安全系数	$S = \frac{\sigma_{bh}}{\frac{\sigma}{2} \left(1 + \frac{K_s}{\epsilon_{1\sigma}\epsilon_{2\sigma}}\right)} \geq S_p$	 $S_p = 1.5 \sim 2.0$
立柱疲劳安全系数	$S = \frac{\sigma_{lz}}{\frac{\sigma}{2} \left(1 + \frac{K_s}{\epsilon_{1\sigma}\epsilon_{2\sigma}}\right)} \geq S_p$	
立柱和横梁交汇处疲劳安全系数	$S = \frac{\sigma_{lh} + \sigma_{lz}}{\sigma \left(1 + \frac{K_s}{\epsilon_{1\sigma}\epsilon_{2\sigma}}\right)} \geq S_p$	$S_p = 1.5 \sim 2.0$

表中各符号代表的意义:

$\sigma$ ——所在部位危险截面的应力值 (Pa);

$\sigma_{bh}$ ——机架材料在脉动循环载荷作用下的弯曲疲劳极限; 推荐  $\sigma_{bh} = 0.64\sigma_b$ , 对于 ZG270-500 钢  $\sigma_{bh} = 320$  MPa;

$\sigma_{lz}$ ——机架材料在脉动循环载荷作用下的拉伸疲劳极限。推荐  $\sigma_{lz} = 0.7\sigma_{bh}$ , 对于 ZG270-500 钢  $\sigma_{lz} = 224$  MPa;

$K_s$ ——有效应力集中系数, 和机架各部分形状和过渡情况有关, 在安装压下螺母的上横梁中部,  $K_s = 2.0 \sim 2.5$ ; 横梁和立柱相接处, 按一般方法计算应力时, 取  $K_s = 3 \sim 4$ , 按曲梁计算应力时, 取  $K_s = 1.0 \sim 1.2$ ;

$\epsilon_{1\sigma}$ ——表面状况系数, 机架表面多属非加工表面或粗加工表面, 取  $\epsilon_{1\sigma} = 0.6 \sim 0.8$ ;

$\epsilon_{2\sigma}$ ——尺寸因素影响系数, 对大、中型轧机  $\epsilon_{2\sigma} = 0.6 \sim 0.7$ ; 对小型轧机  $\epsilon_{2\sigma} = 0.8 \sim 0.9$

说  
明

### 3.2.3 轧钢机开式机架强度计算

#### (1) 普通开式二辊轧机机架的强度计算

1) 几点假设为简化计算, 对二辊轧机和中辊轴承座不固定的三辊轧机 (如三辊劳特式轧机) 的强度计算可作以下假设。第一, 只考虑机架承受垂直力  $F$  的作用, 作用点在机架中心线上。力  $F$  的大小根据轧辊的受力位置和轧制力  $R$  的大小计算, 板轧机中  $F = \frac{R}{2}$ ;  $R$  为总轧制力。第二, 受力分析中, 不考虑机架上盖对机架立柱的影响; 而要考虑轧辊轴承座对机架的作用。第三, 认定轧辊轴承座为绝对刚体, 受力后不变形。

2) 静不定力  $X$  的计算在轧制过程中, 当垂直力  $F$  作用于机架的上、下横梁时, 使机架窗口向内侧变形而夹紧上辊轴承座, 产生静不定力  $X$ , 如图 30.2-61 所示。

由于两个立柱在力  $X$  的作用下产生弯曲变形, 在力  $F$  作用点的变形量等于轧辊轴承座和

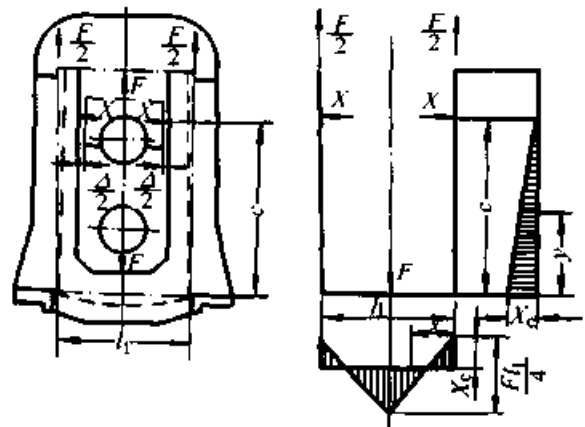


图 30.2-61 作用在二辊开式机架上的力及弯矩图  
立柱间的配合间隙, 即:

$$\Delta = 2f$$

根据材料力学中的力法求变形的的方法, 可以求得:

$$2f = \frac{Fl_1^2c}{8EI_1} - \frac{Xc^2}{E} \left( \frac{2c}{3l_2} + \frac{l_1}{l_1} \right) = \Delta$$

$$\text{所以 } X = \frac{\frac{Fl_1^2}{8} - \frac{\Delta EI_1}{c}}{c \left( l_1 + \frac{2}{3} \frac{I_1}{I_2} c \right)}$$

式中  $X$  ——立柱向内变形时，轴承座对立柱的作用力；

$F$  ——轧制力对一个机架的垂直作用力；

$\Delta$  ——轴承座和立柱间的实际配合间隙；

$l_1$  ——下横梁的计算长度；

$I_1, I_2$  ——下横梁和立柱的惯性矩。

在设计机架时，应考虑到轴承座和立柱间的实际配合间隙是由制造精度和磨损条件确定，所以机架立柱的强度和变形计算是按  $\Delta = 0$  即力  $X$  最大时的条件确定。而机架的横梁应按  $X = 0$  的条件确定，这时下横梁在  $F$  作用下，中间的弯矩值最大（参见图 30.2-61 中右图）。

3) 强度计算。由于  $X$  力已求出，则：

作用于下横梁中的弯矩为

$$M_1 = \frac{Fx}{2} - Xc$$

$$M_{1\max} = \frac{Fl_1}{4} \quad (X = 0 \text{ 时})$$

横梁的强度条件为

$$\sigma_{\max 1} = \frac{M_{1\max}}{W_1} \leq \sigma_p$$

式中  $\sigma_{\max 1}, W_1$  ——横梁的最大应力值及横梁中部的抗弯截面系数；

$\sigma_p$  ——机架材料的许用应力，其值见表 30.2-28。

从图 30.2-61 中右图的弯矩图中可以得出，立柱所承受的弯矩：

$$M_2 = X(c - y)$$

立柱的最大应力在横梁和立柱的相交处的内侧，该处有较大的应力集中，必须进行强度校核：

$$\begin{aligned} \sigma_{\max 2} &= \frac{F}{2A_2} + \frac{M_{2\max}}{W_2} \leq \sigma_p \\ &= \frac{F}{2A_2} + \frac{X_{\max} \cdot c}{W_2} \end{aligned}$$

式中  $A_2, W_2$  ——机架立柱的截面积和抗弯截面系数；

$c$  —— $X$  力作用点到横梁中性轴的距离；

$\sigma_p$  ——机架材料的许用应力，其值

见表 30.2-28；

$F$  ——轧制力对一个机架的垂直作用力。

(2) 三辊轧机开式机架强度计算

这种三辊开式机架和二辊开式机架的强度计算的不同之处，在于在三辊开式机架中，中辊轴承座安装固定在窗口内的二个凸台之上，在中上辊轧钢和中下辊轧钢时，轴承座对立柱的作用力  $X$  有所不同。为简化计算，其假设条件同二辊开式轧机计算时的假设条件相同，三辊开式机架受力简图如图 30.2-62 所示。采用和二辊轧机强度计算中相类似的方法可求得静不定力  $X$ ，中下辊过钢时  $X$  力为

$$X = \frac{\frac{F}{I_1} \left\{ \frac{I_1}{I_2} ce \left( l_2 - \frac{c}{2} \right) - \left( \frac{l_1^2 l_2}{8} - \frac{el_1 l_2}{2} \right) \right\} - E\Delta}{\frac{2}{3} \frac{l_1^3}{I_2} + \frac{l_2^2 l_1}{I_1} + \frac{l_3}{A_3}}$$

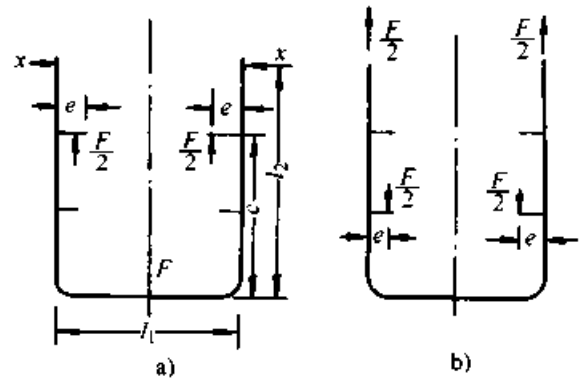


图 30.2-62 中辊轴承座为固定式三辊开式机架上的作用力

a) 中下辊过钢 b) 中上辊过钢

由图 30.2-62a 可知，作用于下横梁中间的弯矩  $M_1$  为

$$M_1 = \frac{Fl_1}{4} - \frac{Fe}{2} + Xl_2$$

$$M_{1\max} = \frac{Fl_1}{4} - \frac{Fe}{2} + X_{\max} l_2$$

作用于立柱的弯矩  $M_2$  为：

$$M_2 = Fx - \frac{Fe}{2}$$

$$M_{2\max} = Fl_2 - \frac{Fe}{2}$$

由  $M_1, M_2$  可对中下辊过钢时的机架进行强度计算，求出  $\sigma_{\max} \leq \sigma_p$  即安全。

当中上辊轧钢时，立柱的最大应力值为

$$\sigma_{\max} = \frac{F}{2A_2} + \frac{Fe}{2W_2} \leq \sigma_p$$



以上各式中  $F$  ——一个机架承受的垂直力；  
 $\Delta$  ——机架上盖和机架立柱的间隙；  
 $l_1, l_2$  ——机架横梁和立柱的计算长度；  
 $A_3, l_3$  ——机架上盖的截面面积和两外止口间的距离；  
 $\sigma_p$  ——机架材料的许用应力，见表 30.2-28。

其余符号代表意义同前。

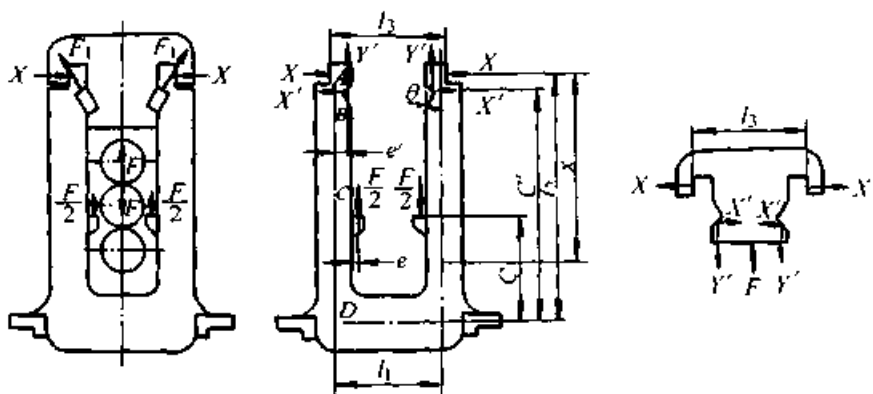
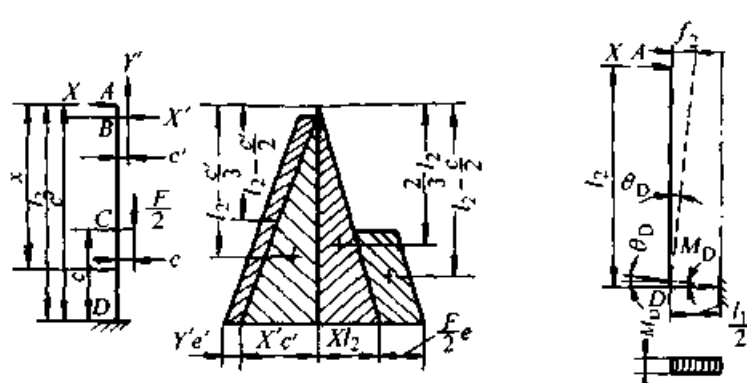
(3) 斜楔连接的三辊开式机架的强度计算

斜楔连接的开式机架，用于三辊式型钢轧机、机架结构如图 30.2-49f 所示，或称为半闭

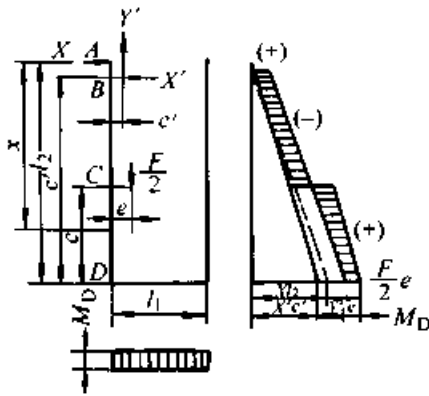
式机架。由于轧件在中上辊轧制和中下辊轧制时的受力情况不同，在进行机架设计时这两种情况应该分别考虑。

为了简化计算，假设机架上只作用两个大小相等方向相反的垂直力  $F$ ；而通过斜楔作用，在机架上盖和机架上还有一个作用力  $F_1$ ， $F_1$  可分解为水平力  $X'$  和垂直力  $Y'$ 。此外还作用一个静不定力  $X$ ， $X$  可认为是水平力。和普通开式机架一样，斜楔联接的开式机架的强度计算也是求出静不定力  $X$ ，以及  $Y'$  和  $X'$ ，画出弯矩图，找出危险截面，再进行强度计算，现将在中上辊及中下辊轧制时的不同情况列于表 30.2-31 中。

表 30.2-31 斜楔联接的三辊开式机架受力和强度计算

中上辊轧制时机架受力及力的计算公式	
	$X = \frac{\frac{F}{l_1} \left\{ \frac{l_1}{l_2} \left[ c'e' \left( l_2 - \frac{c'}{2} \right) - ce \left( l_2 - \frac{c}{2} \right) + \frac{mc'^2}{2} \left( l_2 - \frac{c'}{3} \right) \right] + \frac{l_1 l_2}{2} (e' - e + c'm) \right\} - E\Delta}{\frac{l_3}{A_3} + \frac{l_1 l_2^2}{l_1} + \frac{2l_2^3}{3}}$ $Y' = \frac{F}{2}; \quad X' = Y' \tan \theta = Y' m;$ <p><math>\theta</math> ——斜楔槽和立柱夹角，<math>m = \tan \theta</math></p>
中上辊轧制时机架立柱和横梁受力和弯矩图	

中上辊轧制时机架合成弯矩图及强度计算公式



在 B 处的弯矩  $M_B$  为

$$M_B = X(l_2 - c') - \frac{F}{2}e'$$

B 处的计算应力  $\sigma_B$  为

$$\sigma_B = \frac{M_B}{W_B} + \frac{F}{2A_B}$$

在立柱 x 断面处的弯曲力矩  $M_x$

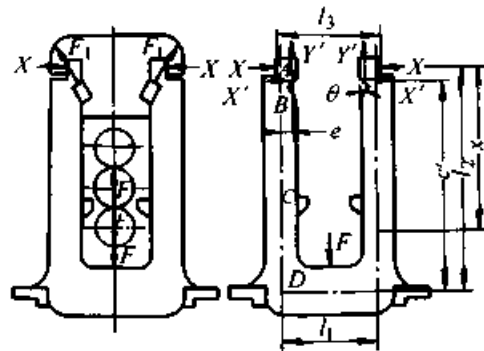
$$M'_x = Xx + \frac{F}{2}(e - e') - X'(x + c')$$

横梁的计算应力  $\sigma_1$  为

$$\sigma_1 = \frac{M_D}{W_1}$$

超星阅读器提醒您：  
使用超星阅读器，  
请尊重知识产权！

中下辊轧制机架受力及力的计算公式



$$X = \frac{F}{I_1} \left\{ \frac{I_1}{I_2} \left[ c'e' \left( l_2 - \frac{c'}{2} \right) + \frac{mc'^2}{2} \left( l_2 - \frac{c'}{3} \right) \right] + \frac{l_1 l_2}{2} \left( e' + c'm - \frac{l_1}{4} \right) \right\} - E\Delta$$

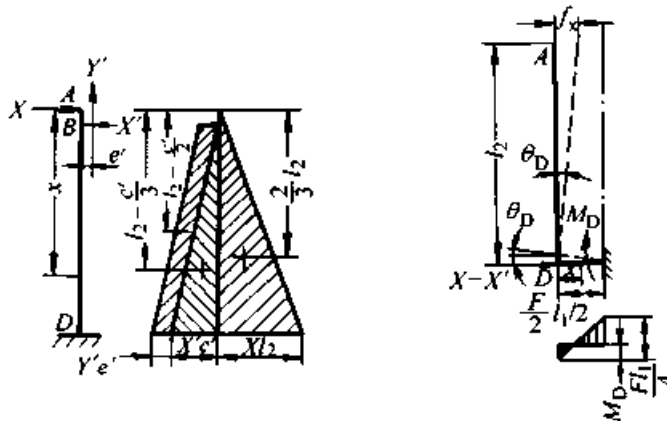
$$\frac{l_3 \cdot A_3 + 2l_2^2 + l_1 l_2^2}{3I_2 + I_1}$$

$$Y' = \frac{F}{2}; \quad X' = \tan\theta \cdot Y'$$

$\theta$  ——斜楔槽和立柱夹角

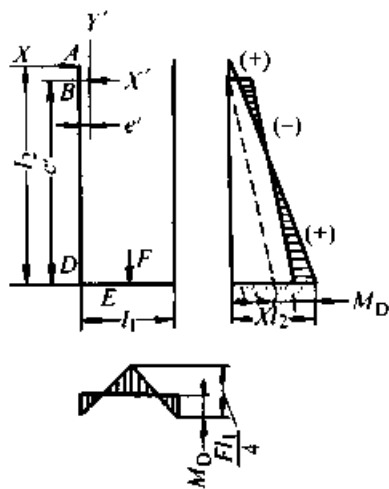
$$m = \tan\theta$$

中、下辊轧制时立柱和横梁受力和弯矩图



续表 30.2-31

中、下辊轧制时机架台成弯矩图及强度计算公式



B、D、E 三处为危险截面，其弯矩值为

$$M_B = \frac{F}{2} e' - Xc' - Xl_2;$$

$$M_D = \frac{F}{2} e' - Xc' - Xl_2;$$

$$M_E = \frac{Fl_1}{4} - M_0;$$

立柱上的轴向力为  $\frac{F}{2}$ ;

横梁上的轴向力为  $X - x'$ 。

应力计算方法可参照中上辊轧制时的强度计算公式确定

1. 许用应力  $\sigma_0$  的值按表 30.2-28 选取。机架安全系数  $n_j = 10 \sim 15$ 。

2. 机架的疲劳计算可按表 30.2-30。

3. 本表中各字符代表意义如下：

$\Delta$  —— 机架上盖和立柱间的间隙， $\Delta = 0$  时， $X$  为最大；

$I_1, I_2$  —— 横梁及立柱的惯性矩；

$l_1, l_2, l_3$  —— 横梁的计算长度，力  $X$  到横梁中性轴的距离以及机架上盖止口间的距离；

$F$  —— 作用在机架上的垂直力；

$X$  —— 机架上盖止口处静不定力；

$X', Y'$  —— 斜楔对立柱的水平分力和垂直分力；

$e, e'$  —— 作用力  $\frac{F}{2}$  及力  $Y'$  对立柱中性轴的距离；

$c, c'$  —— 立柱凸台及力  $X'$  至下横梁中性轴的距离；

$A_B, W_B$  —— 立柱 B 点横截面的面积及截面系数；

$W_1$  —— 下横梁中某处的最小截面系数；

$A_3$  —— 机架上盖截面积；

$E$  —— 机架材料的弹性模量；

$m$  —— 斜楔槽斜角的正切， $m = \tan\theta$

说  
明

### 3.3 轧钢机机架的尺寸公差、形位公差和表面粗糙度的标注

为保证轧钢机的正常工作，轧制出合格的轧件，对机架的一些部位有较高的要求，如：机架窗口两侧面的平行度；两侧面和窗口底面及机架顶面，机架基脚平面及机架内外侧面的垂直度；压下螺母安装孔中心线和窗口底平面的垂直度等。要注意窗口转角处，压下螺母安装孔底部转

角处的圆角半径和表面粗糙度的标注，以避免降低其疲劳强度。如图 30.2-63。

### 4 机床大件设计

在金属切削机床中，尺寸和质量都较大的床身、立柱、横梁、底座、箱体等零件统称为机床大件。这类零件在结构，受力状态，以及在机器中的作用等诸方面和箱体、机架零件相同。由于金属切削机床的特殊性，机床大件的设计除了达

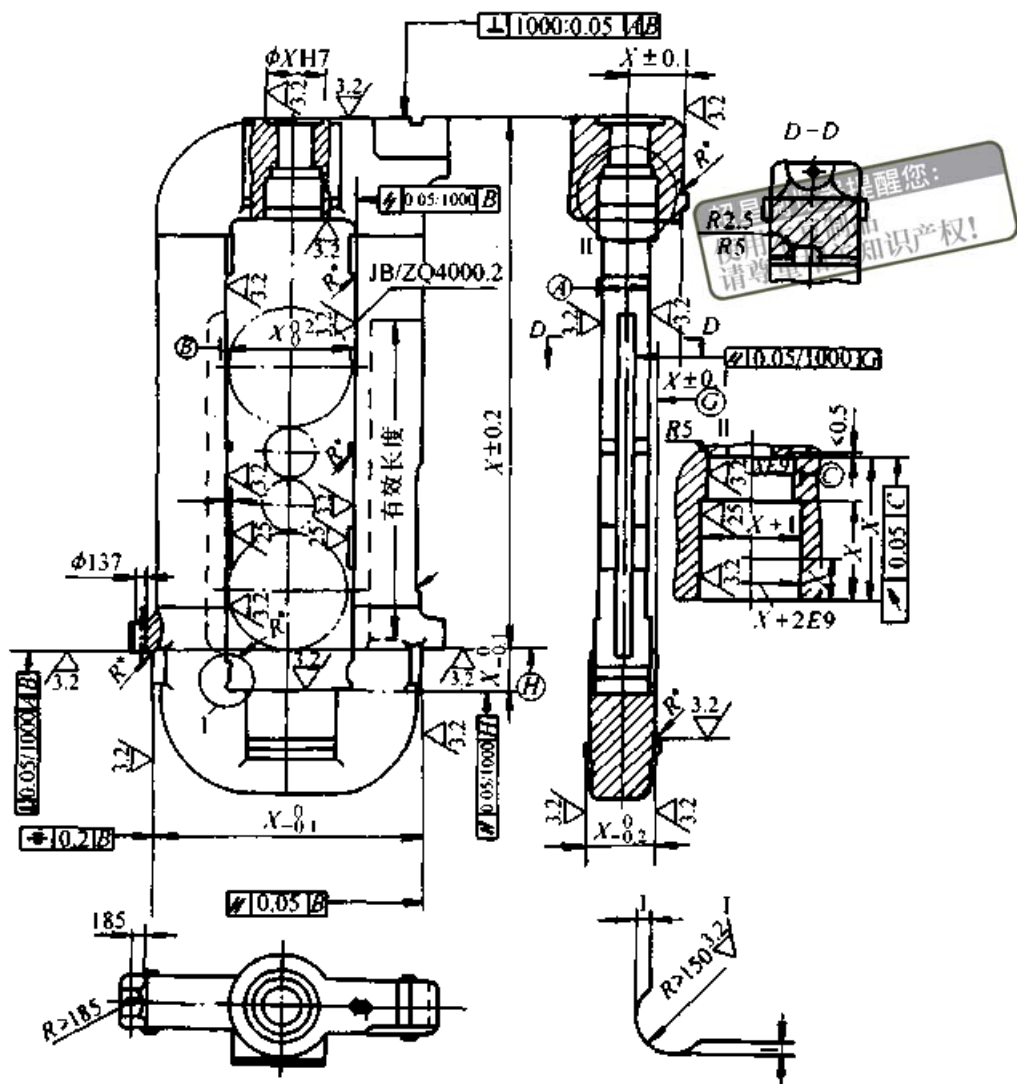


图 30.2-63 四辊轧机机架形位公差和尺寸公差

到机架设计的一般要求外（参见第 1 章），对以下几项要求必须优先满足。第一，机床大件的设计准则是刚度，机床大件必须具有足够的刚度；第二，应具有较好的动态特性，以保证机床的切削加工精度；第三，温度场分布合理、热变形对加工精度影响小；第四，结构设计合理，铸造、焊接残留应力小，能在长期的使用中保持确定的加工精度；第五，排屑方便流畅。

#### 4.1 机床大件的静力分析

机床大件在工作时要承受切削力（指主切削力  $F_z$ ，进给力  $F_x$ ，吃刀抗力  $F_y$ ），工件和机床部件的重力，部件间相对运动产生的摩擦力，部件间的夹紧力，以及惯性力、热应力，振动干扰力等作用。为研究问题方便，对于中、小型普通机床，可忽略工件的重力及移动部件重力的影响，机床的外载荷以切削力为主。对于大型机床来说，必须要考虑工件、移动部件的重力作用和

切削力的作用，如龙门式机床，重型车床，落地镗铣床等。对于精密和高精密机床，以精加工为主，切削力很小，载荷以移动部件的重力及热应力为主。

##### 4.1.1 普通车床床身的受力分析

普通车床受力情况如图 30.2-64 所示，作用在刀具上的切削力分解为  $F_x$ ， $F_y$ ， $F_z$  三个分力。 $F_y$  和  $F_z$  使床身产生弯曲和扭转变形， $F_x$  使床身产生拉伸变形很小，可以忽略不计。为了分析床身有受力状态，可以假设，在承受弯曲时，床身为一简支梁；在承受扭转时，床身为两端固接的梁。

在  $x-y$  平面（水平面）内， $F_y$  通过刀架作用于床身上，其反作用力  $F_3$  和  $F_4$  通过工件作用在主轴箱和尾座上，主轴箱和尾座都和床身相联。由  $F_y$  将引起床身在水平方向的弯矩  $M_{wy}$ ；由于  $F_y$  的作用点到机床中性轴的距离为  $h$ ，作用于床身的扭矩  $T_{ny} = F_y \cdot h$ 。

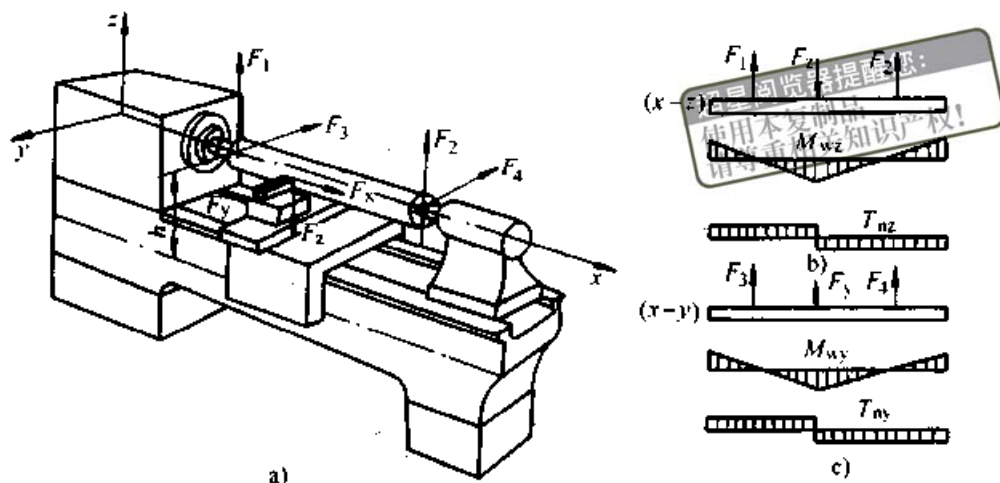


图 30.2-64 普通车床身受力分析

在  $X-Z$  平面 (垂直面) 内, 主切削力  $F_z$  通过刀架作用于床身上引起在垂直方向的弯矩为  $M_{wz}$ ,  $F_z$  经工件作用于主轴箱和尾座的反力为  $F_1$  和  $F_2$ 。由于  $F_z$  作用点到主轴中心线的距离为工件直径的一半, 因此床身还作用有扭矩  $T_{nz} = F_z \cdot \frac{d}{2}$ 。

由此可见, 车床床身的主要变形形式是水平面和垂直面内的弯矩  $M_{wy}$  及  $M_{wz}$  所引起的弯曲

变形以及由扭矩  $T_{ny} + T_{nz}$  所引起的扭转变形。

图 30.2-65 中表示车床床身变形对加工精度的影响, 图中 a、b、c 图分别为垂直平面内、水平平面内的弯曲变形、以及扭转变形对加工精度的影响。反映出水平面内的弯曲变形和垂直面的弯曲的变形对加工精度的影响大; 扭转变形也会使刀具在  $y$  方向上产生较大的偏移。因此, 在设计车床床身时, 注意提高床身在水平面内的弯曲刚度及床身的扭转刚度。

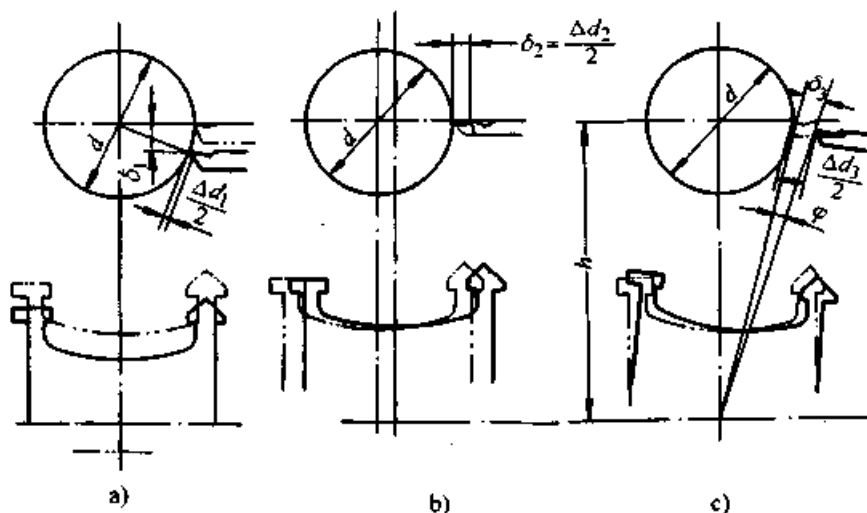


图 30.2-65 床身变形对加工精度的影响

#### 4.1.2 卧式镗床立柱及床身受力分析

##### (1) 机床承受的外力

将镗床主轴承受的切削力分解为轴向力  $F_x$ 、径向力  $F_y$ 、切向力  $F_z$ 。在切削过程中, 力  $F_x$  方向不变,  $F_y$  和  $F_z$  方向是不断变化的。机床还承受主轴箱的重力  $G_a$ 、工件的重力  $G_0$ 、平衡锤的重力  $G'_a$ 、立柱的重力  $G_b$ 、工作台和上滑座的重力  $G_{d1}$  和下滑座的重力  $G_{d2}$ 。在分析立柱受

力时, 可将立柱视为固定于床身上的悬臂梁。在分析床身受力时, 床身弯曲可视为铰支梁, 床身扭转时可视为两端固接的梁。镗床受力情况如图 30.2-66 所示。

##### (2) 立柱的载荷和变形分析

假设力  $F_y$  和力  $F_z$  的方向如图 30.2-66 所示, 则:

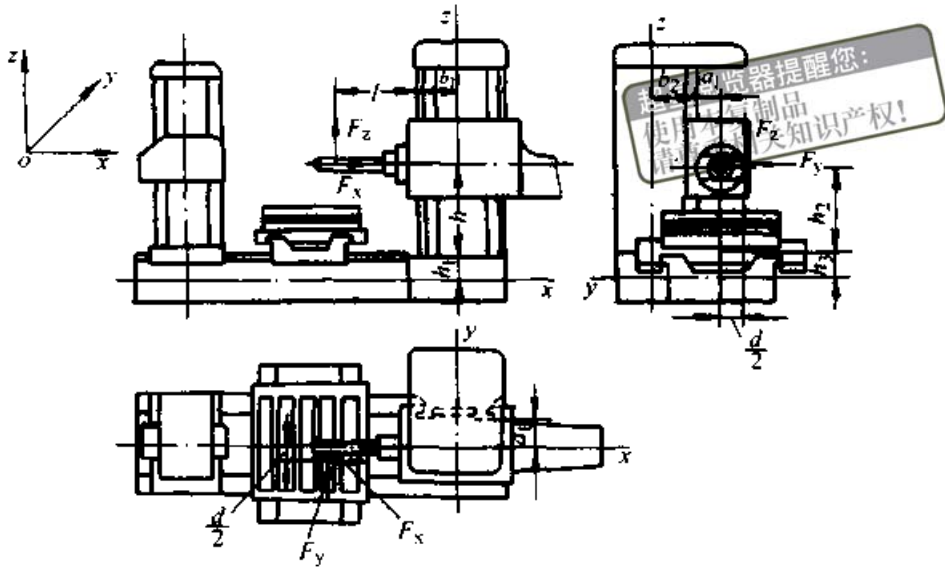


图 30.2-66 卧式镗床受力情况

$x-z$  (垂直) 面内, 力  $F_z$  和力  $F_x$  通过主轴箱使立柱在该平面内承受弯矩  $M_{xz}$ , 使立柱弯曲。

$x-y$  (水平) 面内, 由力  $F_x, F_y$  对立柱产生扭矩  $M_x$  引起扭转变形。

$y-z$  (侧垂直) 面内, 由力  $F_y, F_z$  及主轴箱, 平衡锤的重力引起弯曲变形, 其弯矩为  $M_{yz}$ 。

应该指出, 由于力  $F_y$  和力  $F_z$  方向不断的变化, 所产生力矩的方向也是变化的, 在力矩计算时应以注意。此外由于主轴箱和平衡锤的重力作用使立柱轴向受压, 力  $F_y$  和力  $F_z$  也会使立

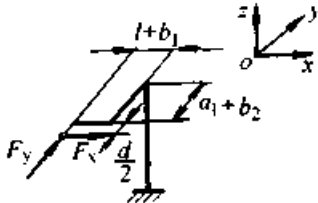
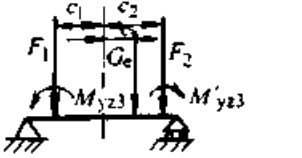
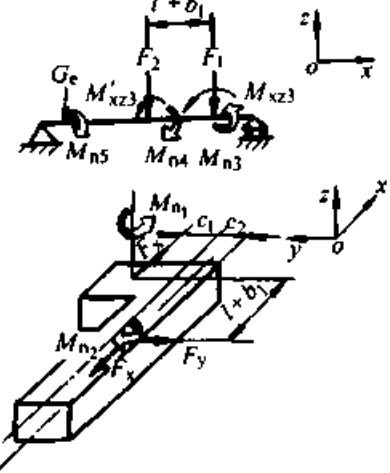
柱受拉或受压。立柱的载荷分析及弯矩和扭矩的计算见表 30.2-32, 并参见图 30.2-66。

在切削过程中由于切削力  $F_y, F_z$  方向的不不断变化, 引起机床刚度的变化将引起形状误差以及由于主轴高度的改变所引起机床刚度的变化所引起的位置误差都和立柱的变形有关。在设计立柱时, 要注重考虑立柱在  $xz$  平面内和  $yz$  平面内的抗弯刚度, 以及在  $xy$  平面内的抗扭刚度, 在  $xy$  平面的扭转变形中, 导轨的局部变形占较大比例。同时注重立柱和床身的联接结构设计, 提高连接刚度。

表 30.2-32 卧式镗床立柱和床身受力分析 (参见图 30.2-66)

	载荷简图	作用面	主要载荷及弯矩和扭矩计算
立 柱		$xz$	$F_x, F_z,$ $M_{xz} = F_x(l + b_1)$ 载荷引起立柱弯曲变形 $l$ —— 切削力作用点至立柱前导轨的距离 ( $x$ 向); $b_1$ —— 立柱前导轨至立柱主形心轴距离 ( $x$ 向)
		$yz$	$F_y, F_z - (G_g + G'_g)$ $M_{yz} = F_z(a_1 + b_2 + \frac{d}{2}) - (G_g + G'_g) b_2$ 载荷引起立柱弯曲变形 当主轴转至与图所示的相反方向时, 载荷为: $F_y, F_z + G_g + G'_g,$ $M_{yz} = F_z(a_1 + b_2 - \frac{d}{2}) + (G_g + G'_g) b_2$ $a_1$ —— 立柱导轨面至主轴中心线的距离; $b_2$ —— 立柱前导轨至立柱主形心轴距离 ( $y$ 向)

续表 30.2-32

	载荷简图	作用面	主要载荷及弯矩和扭矩计算
立柱		xy	$M_{n1} = F_x \left( a_1 + b_2 + \frac{d}{2} \right) - F_y (l + b_1)$ 扭矩 $M_{n1}$ 引起立柱扭转变形 当主轴转至与图所示的相反方向时, 扭矩为: $M_{n1} = F_x \left( a_1 + b_2 + \frac{d}{2} \right) + F_y (l + b_1)$
床身		yz	$G_e, F_1 = G_a + G'_a - F_z$ $F_2 = G_0 + G_{d1} + G_{d2} + F_z$ 通过立柱形心的断面: $M_{yz3} = M_{yz2} + F_y (h + h_1)$ 通过下滑座形心的断面: $M_{yz3} = M_{yz2} + F_y h_3 \quad M_{yz2} = F_y h_2$ 载荷引起 yz 面内的弯曲变形和绕 x 轴的扭转变形 $h$ —— 立柱底面至主轴中心线的距离 (z 向); $h_1$ —— 立柱底面至床身主形心轴间的距离 (z 向); $h_2$ —— 主轴中心线至下滑座主形心轴间的距离 (z 向); $h_3$ —— 下滑座主形心轴至床身主形心轴间的距离 (z 向);
		xy	$G_e, F_1 = G_a + G'_a - F_z$ $F_2 = G_0 + G_{d1} + G_{d2} + F_z$ 通过立柱形心的断面: $M_{xz3} = M_{xz1} + F_x (h + h_1)$ 通过下滑座形心的断面: $M'_{xz3} = M_{xz2} + F_x h_3 \quad M_{xz2} = F_x h_2$ $M_{n3} = F_1 c_1, M_{n4} = F_2 c_2, M_{n5} = G_e c_3$ 载荷引起床身在 xz 面内的弯曲变形和扭转变形 $c_1$ —— 立柱系统合力至床身主形心轴距离 (y 向); $c_2$ —— 工作台系统合力至床身主形心轴距离 (y 向); $c_3$ —— 后立柱重力至床身主形心轴距离 (y 向); $G_b$ —— 立柱重力; $G_e$ —— 后立柱重力; 力矩 $M_{n1}, M_{n2}$ ; 力偶 $F_x (c_1 + c_2)$ , 力 $F_y$ , 载荷引起床身在 xy 面内的弯曲变形

### (3) 床身的载荷和变形分析

从图 30.2-66 中可以分析出卧式镗床床身(底座)在切削力及重力的作用下, 在 yz 面内产生的弯矩所引起的弯曲变形以及绕 x 轴的扭矩引起的扭转变形。同时在 xz 面内由弯矩和扭矩

引起弯曲和扭转变形。各件的重量使床身受压。有关床身的受力分析及弯矩和扭矩的计算参见表 30.2-32。

### 4.1.3 龙门式机床受力和变形分析

龙门刨床, 龙门铣床及双柱立式车床均采用

龙门式框架结构，除切削力在三个坐标轴方向上分力的分配比例不同外，其余如横梁、立柱、底座的受力和变形情况基本相同或相似。现以龙门刨床为例（参见图 30.2-67）分析龙门式机床中横梁、立柱及床身的受力及变形情况。机床主要承受切削力  $F_x, F_y, F_z$  以及横梁、主轴箱（或

刀架），工件，顶梁等的重量作用。横梁的支承条件，可视作简支梁（承受弯曲及拉伸时）及固定梁（承受扭转时）。立柱可视为下端固定的悬臂梁，而床身为弹性基础梁，可简化为多支点梁。

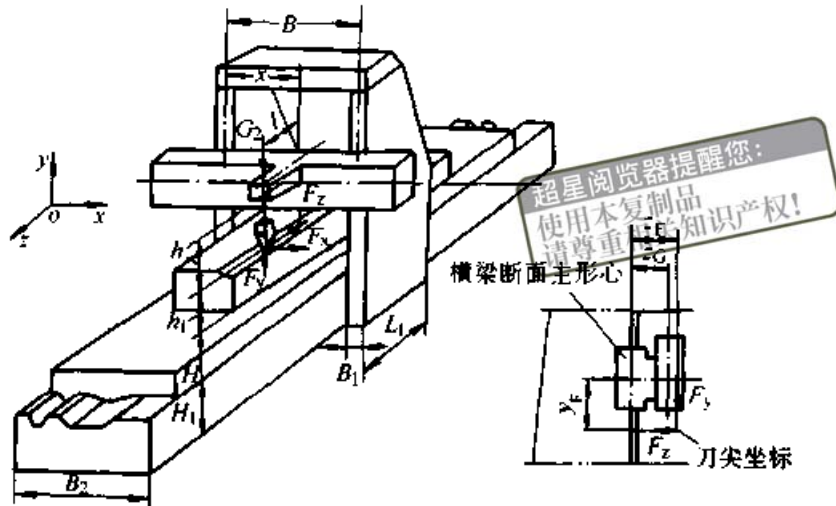


图 30.2-67 龙门刨床受力情况

(1) 横梁的受力及变形分析

在机床工作时，横梁承受复杂的空间载荷，其受力和变形按以下几个方面讨论：

1) 横梁自重。大型龙门式机床的横梁质量达几吨到数十吨，一台加工直径为 5 m 的立式车床，横梁质量为 20 t 左右。横梁是龙门式机床中质量最大的零件。由于自重力作用，使横梁在  $xy$  平面内承受弯矩的作用，产生弯曲变形。由横梁自重力在  $xy$  平面内的垂直方向的变形量计算公式为

$$f_q = \frac{qx}{24EI_z \times 10^2} (B^3 - 2Bx^2 + x^3)$$

式中  $f_q$  ——自重引起的横梁变形量 (m)；

$q$  ——横梁的均布载荷，即  $q = \frac{G_1}{B}$  (N/m)；

$G_1$  ——横梁的自重 (N)；

$x$  ——计算刀架或铣头位置的坐标 (m)；

$E$  ——横梁材料的弹性模量 (Pa)；

$I_z$  ——横梁截面在  $xy$  平面内向下弯曲时的抗弯惯性矩 ( $m^4$ )；

$B$  ——横梁在立柱间的跨距 (m)。

上式中忽略了横梁中跨距之外悬伸部分及进给箱的重量所引起的力。

2) 切削力的作用。机床工作时，切削力通过刀架或铣头作用于横梁上产生弯曲及扭转变形。力  $F_x$  在  $xz$  平面产生弯矩  $M_{xz} = F_x l$ ，在  $xy$  平面内产生弯矩  $M_{xy} = F_x h$ 。力  $F_y$  在  $xy$  平面内产生的弯矩将减轻横梁自重  $G_1$  及刀架或铣头重力  $G_2$  所产生的弯矩的作用；力  $F_y$  在  $yz$  平面内产生的扭矩方向和力  $F_z$  及  $G_2$  在  $yz$  平面所产生的扭矩方向相反。力  $F_z$  在  $yz$  平面内产生扭矩； $yz$  平面内的扭矩  $T_n = F_z h + G_2 l - F_y l$ ；力  $F_z$  还使横梁在水平面内 ( $xz$  平面) 产生弯曲变形。

3) 移动部件重力对横梁变形的影响。由于刀架或铣头的重力作用，在横梁上产生弯曲和扭转变形，引起在  $y$  向及  $z$  向的位移，当移动部件在不同位置时，其位移量是变化的。对于大型龙门刨床及立式车床，当一个铣头（或刀架）位于横梁中央时，其变形量最大可达 0.10 mm 以上。变形量的计算公式为

$$f_{G_2} = \frac{G_2(B-x)^2 x^2}{3EI_z B} + \frac{G_2(B-x)Z_G \cdot Z_F \cdot x}{GI_n B}$$

式中  $G_2$  ——刀架式铣头的重力 (N)；

$f_{G_2}$  ——因刀架或铣头重力产生的横梁（或刀尖）在垂直方向上的位移量。精加工时，采用在一个刀架重力作用下计算 ( $10^{-2}$  m)；



$I_z$ 、 $I_n$  —— 横截面的抗弯、抗扭惯性矩 ( $m^4$ );

$Z_G$ 、 $Z_F$  —— 刀架 (或铣头) 质心及刀尖质心到横梁截面形心轴的距离 (见图 30.2-67) (m);

$G$  —— 横梁的切变模量 (Pa)。

由于刀架或铣头的重力, 使横梁绕  $x$  轴产生扭转变形, 其变形量为

$$f_{G2}(Z) = \frac{G_2 Z_G \cdot x(B-x)}{GI_n B} \cdot y_F$$

式中  $y_F$  —— 刀类在  $y$  坐标上到横梁截面形心轴距离 (m)。(参见图 30.2-67) 其余符号同前。

图 30.2-68 为重型立式车床加工图 (和龙门铣床加工有些相似), 由于横梁的变形引起加工零件表面的平面度偏差及圆柱度误差 (在龙门刨床中会引起平面度偏差; 而垂直面和水平面的垂直度偏差、在切削加工高度较小的工件时不显著)。产生上述情况的原因还有立柱的向内侧弯曲变形及立柱和横梁, 立柱底部和地基的联接刚度较小引起的。

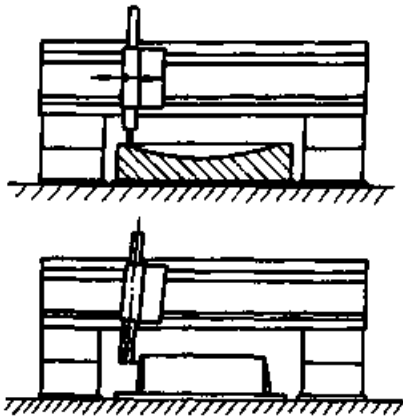


图 30.2-68 重力引起的变形

4) 横梁夹紧力。横梁在工作时紧固于立柱的夹紧力很大。一些资料中记载, 重型龙门式机床中的夹紧机构能产生十几万牛顿以上的夹紧力, 横梁夹紧压板的螺母预力矩约为  $500 \sim 1\,000 \text{ N}\cdot\text{m}$ 。由于夹紧力位于横梁和立柱相接触的位置, 使横梁产生复杂的空间局部变形。另外, 夹紧横梁上刀架滑座的夹紧力也使横梁产生局部变形。设计横梁时, 应考虑这些夹紧力的作用, 保证其足够的强度和局部刚度。

#### (2) 立柱及床身的受力和变形分析

立柱承受的外力是由切削力作用于横梁 (还

有横梁及刀架的重力), 由横梁传递而来, 作用点在横梁和立柱的交接处, 相当于横梁的支点反力 (方向相反)。立柱受力情况参见表 30.2-33。立柱的  $yz$  平面内, 由于  $F_z$ 、 $F_y$  和横梁及刀架重力的作用产生弯矩, 使立柱产生弯曲变形, 立柱在  $yz$  平面内承受的弯矩最大。除此之外, 立柱在  $xy$  平面内承受弯矩作用产生弯曲变形, 在  $xz$  平面内承受扭矩作用, 产生扭转变形。

床身的导轨面上承受工作台和工件的重力  $W$  所引起的均布力  $Q_1$  及  $Q_2$ , 对床身在  $xy$  平面内产生弯曲变形, 床身和立柱交接处  $abcd$  部分也是床身的受力部位。设该处在  $x$ 、 $y$ 、 $z$  各方面的力为  $F_I$ 、 $F_{II}$ 、 $F_{III}$ , 是由立柱和横梁交接处的支点反力根据力的平移原理, 平移的  $R_{xI}$ 、 $R_{yI}$ 、 $R_{zI}$  力。力平移后产生附加弯矩和扭矩对床身产生作用。另外在立柱和横梁交接处作用的扭矩  $M_{yzI}$  也对床身起扭转作用, 因此在  $xy$  平面上作用有  $R_{yI}$  及  $R_{xI}$  产生的扭矩  $M_{II}$ , 及  $R_{zI}$  产生的拉力。在  $yz$  平面上承受由  $R_{yI}$  及  $R_{zI}$  产生的扭矩  $M_{III}$  的作用及  $M_{yzI}$  的作用。在  $xz$  平面上有  $R_{xI}$  作用产生的扭矩  $M_I$  及  $F_{yI}$  的压力作用。床身另外一侧的受力情况和以上的分析相对应。床身的受载情况及主要载荷计算公式见表 30.2-33。

由于床身长度较大, 可以认定工作台和床身在全长上全部接触; 由于床身抗弯和抗扭刚度较低, 均采用多支点和地基固接来改善支承条件以减小弯曲和扭转变形。

#### (3) 双柱式立车及龙门铣床的受力分析及变形分析

双柱式立车和龙门铣床的受力情况和龙门刨床相似, 有些情况在上面的讨论中已经提及, 但由于切削运动方式的不同, 其切削力  $F_x$ 、 $F_y$ 、 $F_z$  的方位有所改变, 应将表 30.2-33 中载荷计算式中  $x$ 、 $y$ 、 $z$  坐标作相应对换, 以适应立式车床和龙门铣床的切削情况, 如图 30.2-69 所示。如立式车床的  $yz$  面相当于龙门刨床的  $xz$  面, 只要将表中的  $F_x$  用  $F_y$  代换,  $F_y$  用  $F_x$  代替, 而  $F_z$  不变; 龙门铣床的  $xy$  面相当于龙门刨床的  $yz$  面, 表中的  $F_z$  用  $F_x$  代换,  $F_x$  用  $F_z$  代换而  $F_y$  不变。

双柱式立车在  $x$  方向的变形主要是横梁的弯曲变形, 在  $y$  方向的变形主要是框架系统在  $z$  方向上的变形, 主要取决于刀架系统和横梁系统的刚度。要提高立柱在  $xy$  面内的抗弯刚度, 并注意提高立柱与床身和地基的联接刚度, 提高横

梁的抗扭刚度才能减小框架的变形。

在龙门铣床中，较大的切削分力  $F_z$  使框架在  $yz$  面内弯曲并绕  $y$  轴扭转，应增加立柱在  $z$  向的

宽度或在二立柱间增设辅助顶梁（参见图 30.2-68b）以提高框架的抗弯、抗扭刚度。龙门铣床中横梁的设计也应注重于提高抗扭和抗弯刚度。

表 30.2-33 龙门刨床中大件的受力分析及载荷计算公式（参见图 30.2-67）

名称	载荷简图	作用面	载荷计算公式
横梁		$xz$	$F_x, F_z, M_{xz} = F_x l$ $l$ —— 刀尖至横梁主形心轴距离
		$xy$	$F_y, G, qB$ $M_{xy} = F_x h$
		$yz$	$M_y = F_x h + Gl - F_y l$
立柱		$xy$	$R_{x1} = F_x/2 \quad R_{x2} = F_x/2$ $R_{y1} = (G - F_y) \frac{x}{B} + q \frac{B}{2} - F_x \frac{h}{B}$ $R_{y2} = (G - F_y) \frac{(B-x)}{B} + q \frac{B}{2} - F_x \frac{h}{B}$
		$xz$	$R_{z1} = F_z \frac{x}{B} + F_x \frac{l}{B}$ $R_{z2} = F_z \frac{B-x}{B} + F_x \frac{l}{B}$
		$yz$	$M_{yz1} = [(G - F_y)l + F_x h] \frac{x}{B}$ $M_{yz2} = [(G - F_y)l + F_x h] \frac{(B-x)}{B}$
床身	<p>床身与立柱联接的 a, b, c, d 部分受力</p>	导轨面	$Q_{y1} = F_z \left[ \frac{x - \frac{B_1}{2}}{B_2} \right] \cdot \left( \frac{h_1 + H}{L_2} \right)$ $Q_{y2} = F_z \left[ \frac{B - \left( x + \frac{B_1}{2} \right)}{B_2} \right] \cdot \left( \frac{h_1 + H}{L_2} \right)$ $q_1 = \frac{1}{L_2} \left[ \frac{W}{2} + F_y \frac{x - \frac{B_1}{2}}{B_2} - F_x \frac{h_1 + H}{B_2} \right]$ $q_2 = \frac{1}{L_2} \left[ \frac{W}{2} + F_y \frac{B - \left( x + \frac{B_1}{2} \right)}{B_2} + F_x \frac{h_1 + H}{B_2} \right]$ $L_2$ —— 工作台长度
		abcd 接合面	$F_I = R_{z1} = F_z \frac{x}{B} + F_x \frac{l}{B}$ $F_{II} = R_{y1} = (G - F_y) \frac{x}{B} + q \frac{B}{2} - F_x \frac{h}{B}$ $F_{III} = R_{x1} = F_x/2$ $M_I = R_{z1} \frac{L_1}{2}$ $M_{II} = R_{z1} \left( \frac{H_1}{2} + H + h_1 + h \right) - R_{y1} \frac{L_1}{2} - M_{yz1}$ $M_{III} = R_{y1} \frac{B_1}{2} + R_{x1} \left( H + h_1 + h + \frac{H_1}{2} \right)$

注：表中力和力矩的下标 1 表示右立柱或床身右侧，下标 2 表示左立柱或床身左侧。

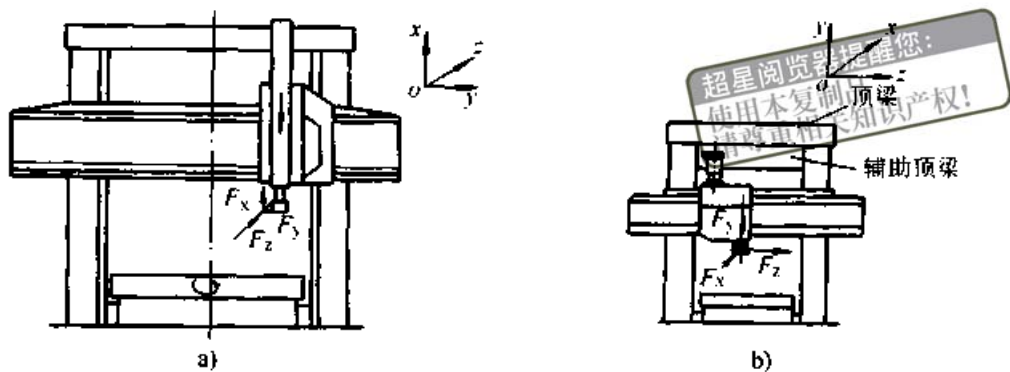


图 30.2-69 立式车床和龙门铣床的切削分力及其三向坐标的表示

a) 立式车床加工外圆时的切削分力 b) 龙门铣床铣平面时的切削分力

#### 4.1.4 立式钻床，卧式铣床床身（立柱）受力及变形分析

立式钻床床身（立柱）受力情况如图 30.2-70a 所示，轴向钻削力  $F$  通过主轴箱和工作台使床身在这一部分轴向受拉，并承受弯矩作用，使床身在垂直面内产生弯曲变形，使钻孔产生偏斜。作用于工作台和主轴箱的扭矩（等于作用在钻头上的扭矩）传至床身，使床身在水平面内产生扭转变形，使钻孔中心线偏移，这项变形对立钻加

工精度影响不大。床身所承受的弯矩如图所示。

卧式铣床床身（立柱）可视为一端固定，另一端自由的悬臂梁，其受力情况及弯矩图，扭矩和弯曲计算公式如图 30.2-70b 所示。 $M_{b1max}$  产生在切削力  $F_H$  方向上， $M_{b2max}$  产生在  $F_A$  方向上，在这两个方向上产生弯曲变形。床身最大的变形产生于在水平面内的扭转变形，其扭矩为  $F_H \cdot l$ 。床身设计时要注意提高床身的扭转刚度。

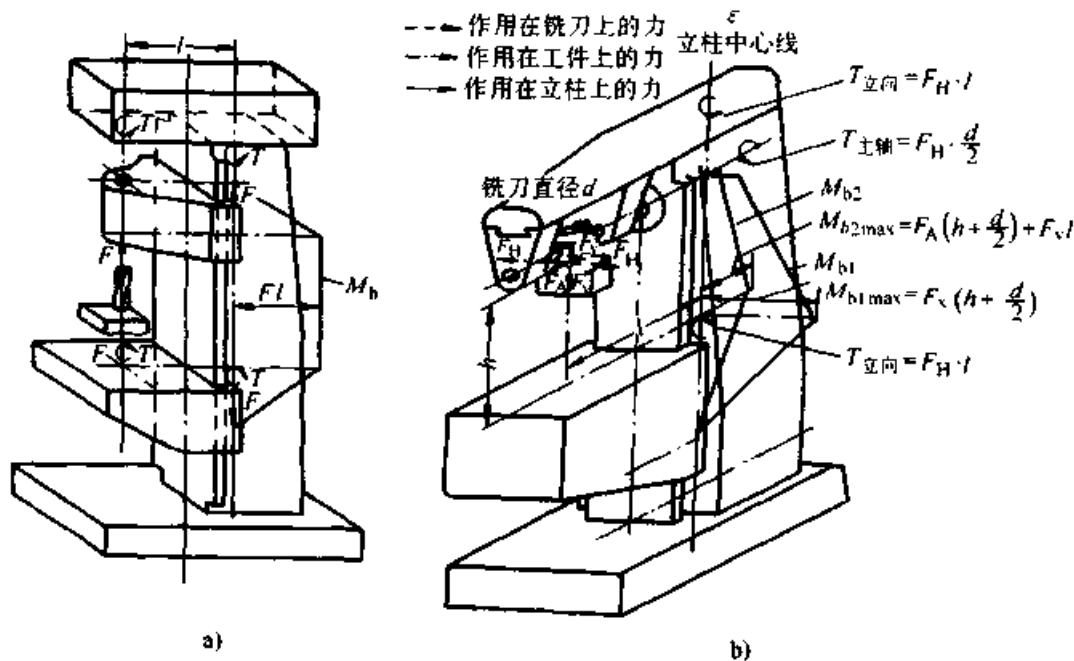


图 30.2-70 作用于钻床及铣床机架上的力

a) 作用在钻床机架上的各种力 b) 作用在铣床机架上的各种力

## 4.2 机床大件的热变形

### 4.2.1 机床热变形的形成及热变形计算

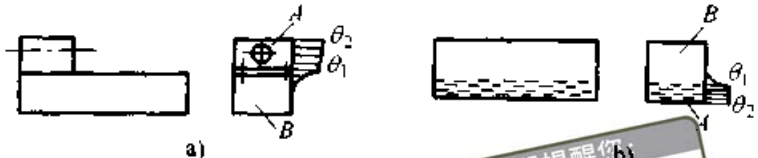
#### (1) 机床热变形的形成

机床工作时，由于机床主轴箱和变速箱中传动件摩擦产生的热量，传动件与润滑油搅拌产生

的热量；液压系统产生的热量；机床滑动导轨面摩擦产生的热量；切削过程产生的热量以及机床周围环境温度的变化都使机床产生热变形。图 30.2-71 是铣床热变形的实例，是把铣床上认为是热源的部位都升温  $20^{\circ}\text{C}$  后的热变形状态。机床的热变形主要影响机床的几何精度和工作精度。



续表 30.2-34

热变形类型	热变形计算公式
具有不同温度分布情况的两个相连大件或大件中不同温度的两个部分  非自由状态热变形	<div style="text-align: center;">  </div> <p style="text-align: center;">B 限制 A 的热变形，成为非自由状态热变形，其变形量和 A、B 的刚度有关：</p> $\Delta l_1 = \Delta l \frac{K_A}{K_A + K_B} \quad f_1 = f \frac{K_A}{K_A + K_B}$ <p>A —— 温度较高的大件（见图 a），或为大件中温度较高的部分（见图 b）；        B —— 温度较低的大件（见图 a），或为大件中温度较低的部分（见图 b）；  <math>\Delta l_1</math>、<math>f_1</math> —— 分别为 A、B 两大件（部分）的非自由状态热变形的直线伸长量和弯曲量；  <math>\Delta l</math>、<math>f</math> —— 分别为 A、B 两大件（部分）按自由状态热变形（温度近似于不同的线性分布）得出的直线伸长量和弯曲变形量（计算公式见表前部）；  <math>K_A</math>、<math>K_B</math> —— 分别为 A、B 两大件（部分）的刚度</p>

以上有关热变形的计算，都是在工件的重量分布均匀，形状简单，温度呈线性分布的条件下进行的。实际上，由于大件结构和温度场的复杂性，其热变形量用简单的公式难以做出详尽的计算。采用有限单元法对温度场和热变形进行分析计算，并配合以实物测试是研究和确定机床大件热变形的的主要方法。

#### 4.2.2 在机床大件的结构设计中如何减小热变形的影响

##### (1) 减小机床内部发热

把电动机、变速箱及液压装置和机床主体隔离开，机床大件的结构设计应该有利于切屑的快速、顺利排出。

##### (2) 冷却主要热源

机床大件的设计，可以采用双壁结构，或设计一定的空气或液体的流动通道以便于散热和均热，以减小热变形及热变形的不均匀性。

##### (3) 提高机床大件结构对热变形的抵制能力

采用热对称结构，在热变形后，对称中心线的位置没有改变可能减小热变形对机床精度的影响。采用双壁结构时，由于二壁之间的空气层有隔热作用，双壁的热变形有一定的约束作用，因而双壁结构比单壁结构热变形小。采用封闭结构比开式结构热变形小，从表 30.2-34 中可以得知非自由状态下的热变形和机床大件各部位的刚度有关，而封闭结构的刚度高于开式结构。焊接结构中在热变形部位开设胀缝，可以减小热

应力。

(4) 采用钢板-混凝土结构或其他热膨胀系数小的材料

混凝土的热膨胀系数只有钢的 3/4，加上其减振能力强，许多精密机床已采用钢板-混凝土结构。

### 4.3 机床大件结构设计

机床大件结构设计的主要问题就是在满足机床性能和具有较好的工艺性的前提下如何提高机床大件的静刚度、抗振性和接触度（参见第 1 章内容）以及减小热变形，尽量地减小大件的质量和减少制造工作量。

#### 4.3.1 床身设计

##### (1) 车床床身

车床床身在水平面和垂直面承受弯矩作用，在床身的长度方向上承受扭矩作用，车床床身宜采用封闭截面，由于车床为高效机床，切削速度大，需有较大空间及时排出切屑和冷却液（避免切屑的热量使床身产生较大热变形）是车床床身设计必须考虑的问题。有资料记载组合机床自动线上，切屑体积为原来材料体积的 1 000~5 000 倍，车削钢时为几倍。为排屑设置的窗口削弱了床身的刚度，应增设肋板和肋条加以弥补。

车床床身截面形状如表 30.2-35 所示。普通车床截面的高度和宽度之比  $h/b=1$ ，六角车床  $h/b=1.2\sim 1.5$ 。

车床床身由前壁、后壁、肋板组成。其典型床身结构及肋板设置如表 30.2-36 所示。

焊接床身可以充分利用焊接的优势，采用型材或钢板冲压件组合或刚度高而质量小的结构。

图 30.2-72 还根据表 30.2-35 中焊接矩形截面设计的车床床身及零部件结构。

床身导轨部分的刚度直接影响机床的工作精度，导轨的支承结构如表 30.2-37 所示。

表 30.2-35 常见车床床身截面形状

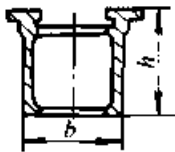
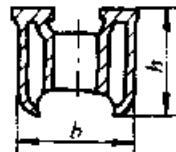
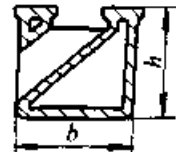
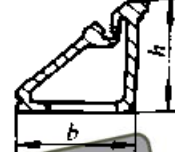
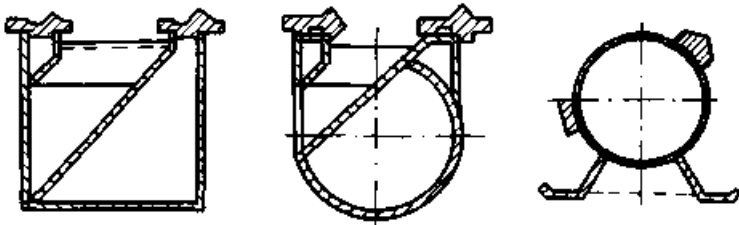
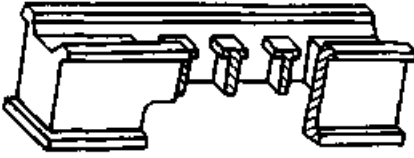




<p>铸造截面简图</p>				
<p>结构特点及应用</p>	<p>开式截面，抗弯和抗扭刚度较低，但铸造工艺性好，适合于加工直径 ≤ 400 mm 的中、小型车床</p>	<p>刚度较前一种高 30%~40%，便于排屑及切削液适合于多刀车床和其他高效率车床</p>	<p>双壁结构，抗弯和抗扭刚度，切屑和切削液可按斜面流下，切屑从后壁窗口排出，适合于大、中型高效率车床，加工直径 630~800 mm，铸造工艺复杂</p>	<p>多刀车床、仿形及数控车床床身的典型截面，扭转刚度，排屑性能好，但使刀架结构复杂</p>
<p>焊接床身截面简图</p>				
<p>结构特点</p>	<p>由于铸造工艺的限制，制造封闭截面的铸造床身有许多困难，设计铸造床身只能靠增加壁厚及肋板的方法获得较高的刚度，这种方法使床身质量增加，固有频率降低，影响机床的抗振性能。焊接床身可以采用薄壁的封闭截面，导轨采用双壁支承，合理设置肋板，不但刚性好，其抗振性能也能满足要求</p>			

表 30.2-36 车床床身肋板及结构

肋板结构简图	结构特点及应用
	<p>采用 T 形肋连接床身的前后壁，结构简单，铸造工艺性好。T 形肋能够提高水平面抗弯刚度，对提高垂直面抗弯刚度和抗扭刚度的作用不大，适用于刚度要求不高的机床，目前很少采用</p>
	<p>U 形肋在水平面和垂直面的抗弯刚度比 T 形肋好，具有中等刚度，铸造工艺性好，广泛用于普通车床结构中，用于床身长度为 750~1 000 mm 结构中较多</p>
	<p>斜向肋板在前后壁中呈 W 布置，能有效的提高抗弯刚度和抗扭刚度，刚度高。铸造复杂，在床身大于 1 500 mm 的长床身中被采用。斜肋板夹角一般为 60°~100°</p>

续表 30.2-36

肋板结构简图	结构特点及应用
	<p>刚度较高，排屑方便，铸造困难，适用于负载较大、效率高的高速切削或强力刨车床以及多刀车床，常用于500~600 mm以上的床身</p>
	<p>焊接床身，在垂直面内W型肋板抗扭刚度，也是切屑滑槽侧壁便于排屑。由高弹性模量的钢板，及型材巧妙组合构成的床身结构比铸造结构刚度在质量相同条件下可增加18倍</p>

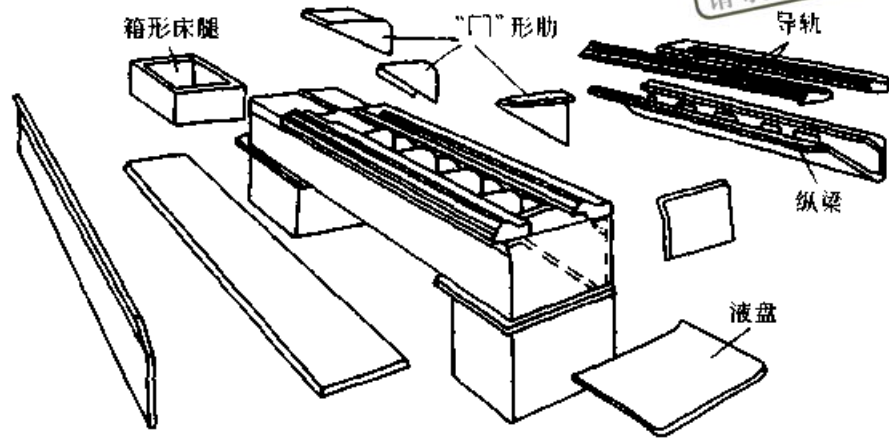
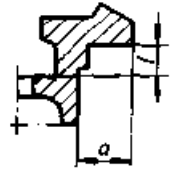


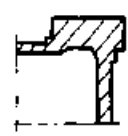



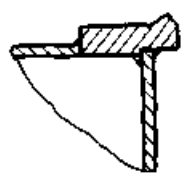


图 30.2-72 普通车床焊接床身及其零、部件  
1—箱形床腿 2—“II”形筋 3—导轨 4—纵梁 5—液盘

表 30.2-37 车床导轨支承结构

	单壁	单壁加肋	双壁	直接支承
铸造结构简图				
焊接结构简图				
说明	<p>结构简单，易于制造，刚性差，适用于小载荷车床床身</p>	<p>结构较简单，刚性较好，适合于中等载荷的车床 焊接结构中焊缝多，制造较复杂</p>	<p>结构稍复杂，但刚度高，适用于中等或重载车床。铸造较困难</p>	<p>导轨直接和床身壁板相接，没有过渡壁，导轨的局部刚度高</p>

床身的联接刚度也影响机床的工作精度，联接刚度设计参见第1章有关节。一些小型或中型

机床尤其是小型精密机床为提高机架的整体刚度，将床身和底座（床腿）制成一体。图30.2-73为床身和床腿铸成一体的结构。

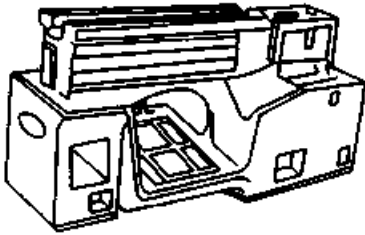


图 30.2-73 床身与床腿铸成一体的结构

(2) 龙门刨床、龙门铣床、镗床、磨床、无升降台铣床等床身

通过对机床大件的受力分析得知这些床身零件主要承受弯曲载荷及一部分承受扭矩作用。床身的高度尺寸要考虑到便于工人操作与工件安装，截面的高宽比  $h/b$  一般应小于 1。这类机床为提高抗弯及抗扭刚度，在床身的纵向布置横向、纵向，纵、横组合，斜向，纵斜组合等肋板。床身的截面形状及在床身布肋情况见表 30.2-38。

表 30.2-38 床身截面形状及肋的布置

	截面及肋板布置简图	结构特点及应用
横肋板		结构简单，铸造方便，抗弯刚度较差，抗扭刚度较高，适合于载荷较小的机床，如外圆磨床和平面磨床，及小型导轨磨床的床身 这类床身高度较大而宽度较窄，可在壁板加肋条增强抗弯刚度
斜肋板		抗弯和抗扭刚度都较好，容易铸造。用于轻型龙门刨床，导轨磨床，无升降台铣床的床身。由于床身较长，其抗弯刚度受影响，应加强联接部位刚度设计
纵横组合肋板		在床身纵向中心线上有一个纵向肋板贯穿床身全长，提高床身抗弯刚度；在床身长度方向上有多个横向肋板以提高床身抗扭刚度。铸造较复杂，用于负载较大，精度要求较高的床身：一般用于卧式镗床及龙门铣床床身结构中
纵横组合肋板		床身中有几条纵向肋板和横向肋板，抗弯和抗扭刚度都很高，用于载荷较大及要求精度较高的机床床身如龙门铣床，龙门刨床，大型镗床等重型机床及中小型坐标镗床
纵斜组合肋板		床身中间一条纵向肋板和多条斜向肋板相交，抗弯和抗扭刚度都很高，但铸造较困难，适用于重型且床身又长又宽的大型机床。如大型龙门铣床及大型龙门刨床
双壁纵斜组合肋板		采用双壁结构，其余同上，适合于床身大导轨宽，导轨伸出量较大的重载机床。双壁结构铸造困难



这类机床不一定通过床身排屑(有些床身内要存放切削液和设置传动部件),可以采用封闭截面。床身承受较大的重力作用,为了稳定而不设床腿,直接安装在基础上。要注意床身下支垫铁的安放位置,改善床身的支承条件以保证床身的接触刚度。要注意导轨和导轨支承部位的结构设计,保证导轨的局部刚度。导轨部位的结构设计参照表 30.2-37 车床导轨结构确定。图 30.2-74及图 30.2-75 为 B2025 型龙门刨床床身截面及平面磨床床身结构图。图 30.2-76 及图 30.2-77 为加工中心机床焊接床身及工作台镗床焊接床身截面结构图。图 30.2-78 为大型龙门铣刨床焊接床身截面结构图。

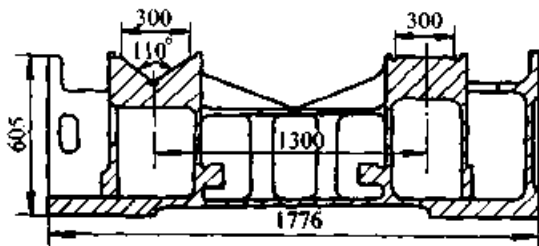


图 30.2-74 龙门刨床床身截面

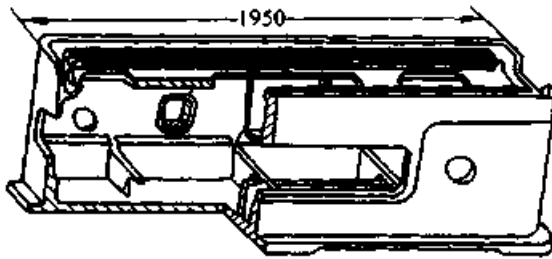


图 30.2-75 平面磨床床身结构图

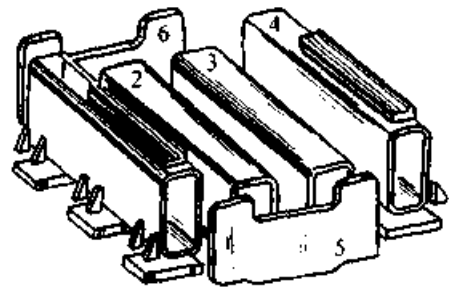


图 30.2-76 加工中心机床床身

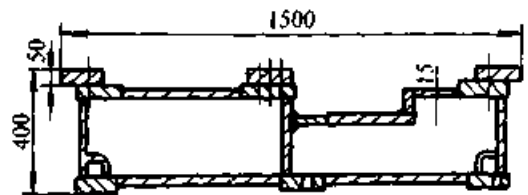


图 30.2-77 镗床焊接床身

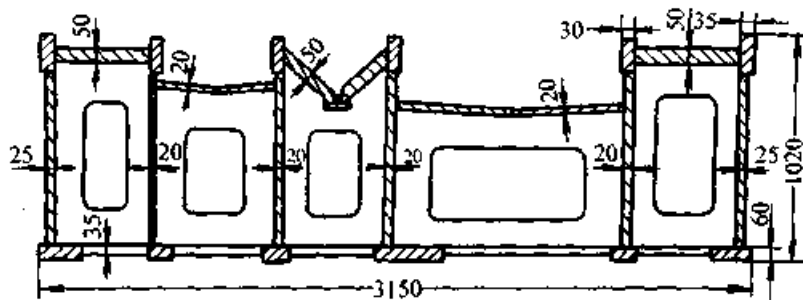


图 30.2-78 大型龙门铣刨床焊接床身截面结构

大型薄壁立柱,在切削力作用下容易出现薄壁颤振,控制颤振的主要方法是提高壁板的固有频率。壁板的固有频率与板的宽度  $h$ ,长度(另一边的宽度)  $b$  和板厚  $t$  之比即  $b/t$  和  $h/t$  (称为有效宽厚比)有关,设计薄壁的立柱应参考《薄壁型钢结构技术规范》。

刨床焊接床身截面结构图。

#### 4.3.2 立柱设计

龙门式机床中的立柱,镗床,立式钻床,摇臂钻床,卧式铣床中立柱都主要承受弯曲和扭转变形,其计算模型均按悬臂梁处理,在结构设计中有许多共同之处。

大型箱形立柱,在由导轨输入单边作用力时,立柱的侧壁会产生屈曲变形,立柱截面的四个顶角也不能保持为直角。这种变形称为截面形状畸变。外力输入位置距支承端越远,畸变越大。减少截面畸变主要方法是通过合理设置肋及改进导轨结构提高立柱的结构刚度来进行。

##### (1) 截面的选择及肋的设置

立柱承受弯矩,扭矩及轴向力等复杂外力的作用,悬臂式的支承条件又不好,立柱的截面的形状多采用封闭的空心矩形,空心圆形或空心多边形。这些截面的抗弯及抗扭的综合性能好。常见立柱的截面形状如表 30.2-39 所示。

表 30.2-39 立柱的常见截面形状及高宽比

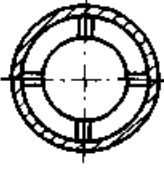
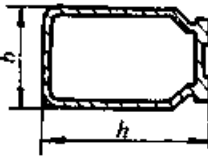
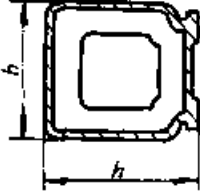
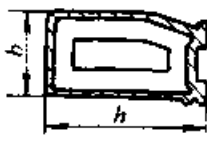
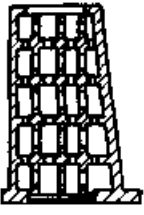
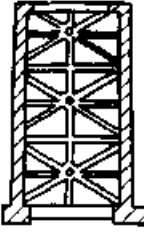
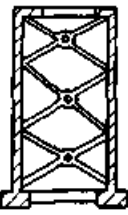



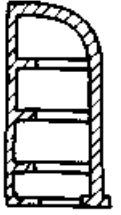
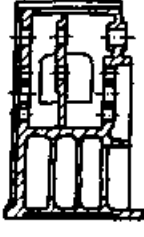
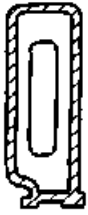
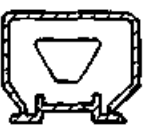

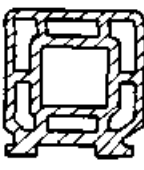
<p>截面简图</p>				
<p>说明</p>	<p>抗弯刚度低于抗扭刚度，多用于有部件围绕其旋转及载荷较小的立柱，如摇臂钻床，台式钻床的立柱</p>	<p>用于在一个平面内（截面的对称面）承受弯矩作用，载荷较大的情况，如大型立式钻床、多轴立式钻床、组合机床立柱。<math>\frac{h}{b} = 2 \sim 3</math></p>	<p>用于承受二个方向的弯矩和扭矩作用的复杂载荷，横向肋可减小截面畸变。<math>\frac{h}{b} \approx 1</math>，用于镗床、铣床、滚齿机立柱</p>	<p>矩形截面，多用于龙门式机床立柱。立式车床立柱 <math>\frac{h}{b} = 3 \sim 4</math>，龙门刨床和龙门铣床立柱 <math>\frac{h}{b} = 2 \sim 3</math></p>

表 30.2-40 立柱类大件肋板及肋条布置

<p>结构简图</p>						
<p>说明</p>	<p>纵向肋提高弯曲刚度，横向肋提高扭转刚度及减小截面畸变，可在肋板上开孔以减少质量 井字形肋条用于重型镗床焊接立柱中 肋板结构用于普通镗床或中小型座标镗床立柱中</p>	<p>交叉形肋条一般用于铸造结构，交叉形铁水通道使金属流动得快，可以减少铸造缺陷，比纵横肋刚度高 一般用于镗床立柱</p>	<p>米字形肋条，其抗扭刚度和抗弯刚度较高，其余同交叉形肋条 用于载荷较大，精度高的机床立柱如落地镗床、铣镗床立柱等</p>	<p>前部采用交叉肋条，是由于靠近导轨，为提高导轨处的局部刚度而设置 后部采用纵横肋条，刚度较高，铸造工艺复杂，用于龙门式机床立柱</p>	<p>交叉肋和所受外力相协调，抗弯和抗扭刚度高 用于单臂龙门刨床及立式车床立柱</p>	<p>人字肋抗弯抗扭性能好，抗振性能好 用于摇臂钻床的摇臂</p>
<p>结构简图</p>						
<p>说明</p>	<p>U形横肋，主要是防止截面变形，抗弯和抗扭刚度低，用于载荷上的机床，如平面磨床立柱等</p>	<p>铣床立柱的肋板布置，类似于箱体结构，上部加工多个轴承孔，下部安装电机</p>	<p>开孔横向肋条，主要目的是防止截面畸变 用于龙门机床立柱</p>	<p>横向肋板比开矩形孔的肋板的抗扭刚度略高一些，用于镗床立柱</p>	<p>对角肋和带三角形孔的横肋板并用 抗弯和抗扭刚度高，结构简单，制造方便，用于大型龙门式机床立柱</p>	<p>双壁结构，二壁间采用纵横肋相连，抗弯、抗扭刚度均很高，铸造困难，用于大型龙门刨床及刨铣床</p>

由于立柱是在悬臂的条件下工作，为减少立柱质量，一些立柱设计成变截面结构，如龙门刨床立柱，立式钻床立柱，镗床后立柱等。

对于受力复杂的立柱，为提高结构刚度和减少截面畸变及防止薄壁颤振，在立柱内部设置横向和纵向肋板，在立柱的壁板内侧设置肋条。资料表明，横向肋的最大间距如果小于或等于立柱受力点到固定端之间距的  $2/3$ ，可不产生截面畸变。横向肋上开孔面积如小于截面的  $20\% \sim 30\%$ ，对立柱的扭转刚度影响不大。为了便于液态金属流动，铸造立柱壁板肋条的设置呈放射状；为了防止焊缝过于密集，焊接立柱肋条呈井字形。

表 30.2-40 为立柱类机床大件肋板及肋条的设置情况及应用范围。

#### (2) 立柱焊接结构设计举例

图 30.2-79 为龙门铣刨床立柱，采用空心矩形截面。前壁同横梁上连接是直接受力面，采用双壁结构，双壁之间由三条纵向肋相连。后壁和侧壁的内侧焊有纵向，横向及斜向肋条以防止和减少壁板的截面畸变及薄壁颤振，也使立柱的整体刚度增强。侧壁上的斜肋条采用断续焊缝起到增加阻尼的作用。立柱上端采用变截面，是为了减少质量及节省材料。该件注意到提高联接部位的刚度，在同床身及地基的连接法兰处均设有加强肋。

图 30.2-80 为 FZ-40000×12 型龙门铣床立柱结构，采用全封闭的箱形结构，并用纵横肋板将整个结构分成 8 个封闭单元。每个封闭单元又有对角肋加强，使得作用力能从导轨均匀传到立柱的各部分。这个立柱的整体刚度较高。由于焊接钢板较薄，对角肋有孔，使立柱的质量减少很多，从而提高了固有频率，同时在肋和肋，肋和壁板之间采用断续焊缝，增大阻尼，使立柱的抗振性能提高了。立柱壁板内侧焊有角钢肋条是为了防止薄壁颤振。

#### 4.3.3 横梁设计

从前面的受力和变形分析中得知，龙门式机床的横梁承受复杂的空间载荷，为保证横梁的刚度要求，横梁的截面一般设计成封闭的矩形截面

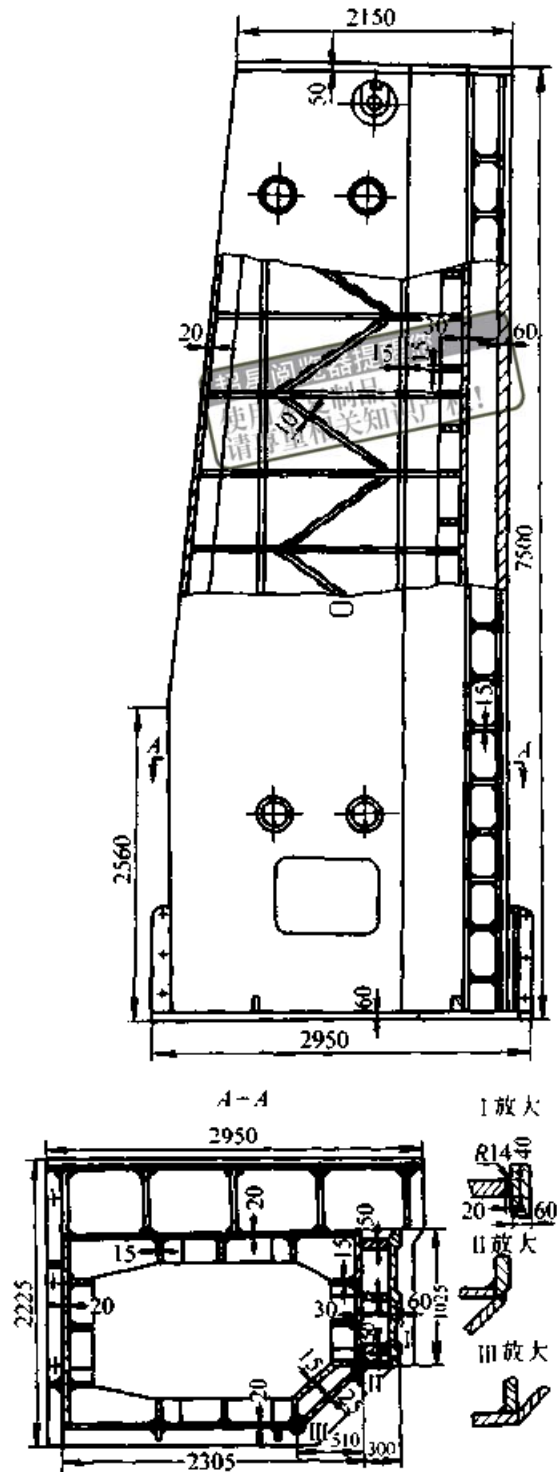


图 30.2-79 大型龙门式刨床焊接左立柱

或双矩形截面，横梁内部布置有纵向和横向肋板或肋条。横梁的纵向截面形状取决于横梁在立柱上的夹紧方式：如果在立柱的主导轨上夹紧的横梁，就在立柱中间部分采用变截面形状，如龙门立式车床横梁；如果在立柱的辅助导轨夹紧，一般设计成等截面形状，如龙门刨床和龙门铣床横

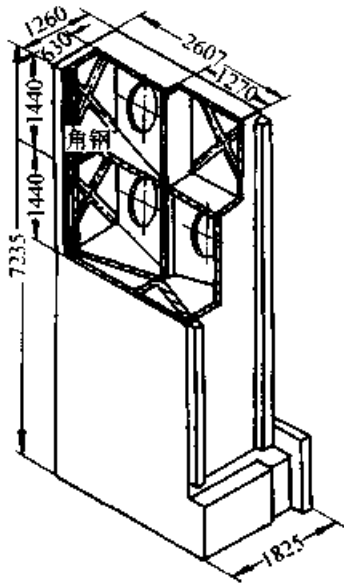


图 30.2-80 FZ-400 × 12 型龙门铣床立柱结构

梁。横梁的横截面和纵向截面的形状如表 30.2-41 所示。

龙门式机床横梁的结构简图如图 30.2-81 所示。

图 30.2-82 为单柱式立车焊接横梁，横截面是不等高的封闭矩形，交叉的斜向肋将横梁分割成多个三角形封闭空间，构件的抗扭和抗弯刚度高。肋的交接处采用钢管联接避免了焊缝密集所引起的应力集中。导轨的支承部位采用双壁结构和纵向肋板，并和斜向肋的交点相接以提高其支承刚度。肋和壁之间采用断续焊缝以增加阻尼；后壁板的三角形使横梁质量减少和便于施焊。

表 30.2-41 龙门式机床横梁的横截面及纵向廓形简图

铸造结构	龙门刨床		龙门式立车	
	龙门铣床		纵向廓形	等截面  主要适用于大型龙门刨床及龙门铣床 变截面  主要适用于大型龙门式立车
焊接结构				

图 30.2-81 龙门式机床横梁结构

a) 大型龙门刨床横梁 b) 大型龙门铣床横梁 c) 龙门式双坐标立车横梁

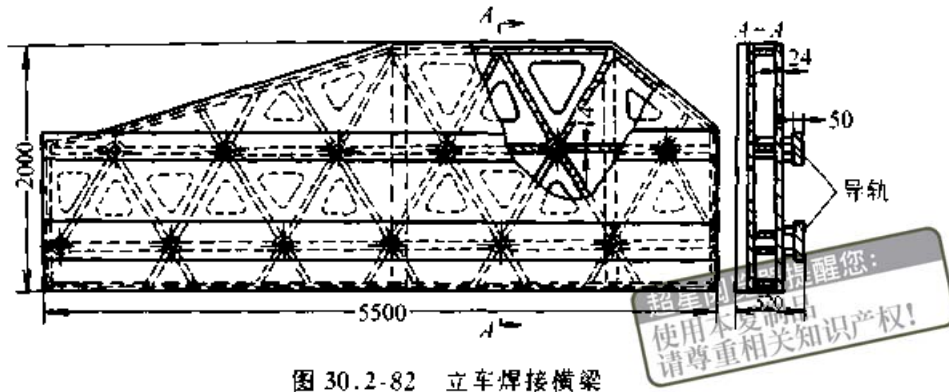


图 30.2-82 立车焊接横梁

# 第3章 现代设计方法及其在箱体、机架设计计算中的应用

## 1 有限单元法

### 1.1 概述

#### 1.1.1 采用常规计算方法进行箱体、机架设计计算所存在的问题

多年以来,箱体、机架的设计计算一直沿用材料力学、结构力学及弹性力学所提供的计算方法。这些方法大多是根据结构强度方面的理论并辅以一些试验和测试得出的,具有一定的科学性。这些理论的确定是建立在一些假设条件的基础上。由于箱体、机架在几何形状、外力作用、约束条件等诸多方面的复杂性,在计算时,对箱体、机架结构、受力、约束条件加以简化以适应常规计算的假设条件,因而偏离了箱体、机架的实际情况,产生较大的计算误差,具有一定的局限性,存在以下问题:

1) 质量和尺寸过大,不能充分发挥材料的潜力。设计时,往往把复杂的结构简化为梁和刚架,存在许多局限性。常规计算时,为保证设计的可靠性,不得不加大安全系数,而使其质量加大。

2) 不能较为准确地确定受力复杂或应力集中敏感部位的应力值,而使其产生破坏。如轧钢机架及压力机整体闭式机架中横梁和立柱拐角处、轧钢机及摩擦压力机压下螺母部位、液压机横梁传力肋板工艺孔附近、开式压力机或单臂液压机机架喉口处的实际应力峰值远远超过常规计算的峰值。

3) 难以确定结构的动态特性。由于结构和受力的复杂性,严格说来至今尚未找到一种精确的方法来计算其的动态性能,常规计算是一种静态计算,不可能完成这项工作。目前看来,有限单元法是完成箱体、机架动态计算和分析的最合适的方法。

4) 不能较为准确地进行热应力和热变形计算。由于结构的复杂性,以及热源往往也不止一

个,采用常规计算不可能得到满意的结果。

近年来,随着社会的进步,机械设计由静态,线性分析向动态、非线性分析;由可行性设计向最优化设计;由手工设计向计算机辅助设计方向转化,以适应机器向高效、高精度、低耗、低成本等现代化方向发展,必须对箱体、机架设计计算加以改进。计算机技术的发展和运用,使得采用有限元法对箱体、机架结构进行较为准确地设计计算成为可能。

#### 1.1.2 有限单元法解题的基本步骤及基本方程

##### (1) 有限单元法解题步骤

1) 结构离散化 结构的离散化是有限单元法分析箱体、机架结构的第一步,它是有限单元法的基础。所谓离散化就是将研究对象用几何的方法(即线、面或体)剖分为有限个单元,单元之间的连结点称为节点,用这些单元体的集合体来代替原来的结构,如图 30.3-1 所示。

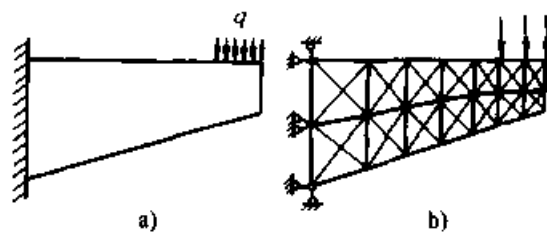


图 30.3-1 结构离散化

把原结构分成有限数目的单元体后,还要把原结构所承受的外载荷按静力等效原理分配到各单元的受载节点上,构成各受力单元的等效节点力。然后,根据原结构的约束条件,将离散化结构的受约束节点引入足够的约束;从而建立了从原结构抽象出的有限元法计算机架的力学模型,如图 30.3-1b。

2) 选择位移模式 在结构离散化完成以后,要对典型单元进行特性分析就必须用节点位移作为基本未知量,每个单元中的任意点的位移,均按一定的函数关系用节点位移来表达,这个函数称为位移模式或形函数。在有限元分析中,通常假定单元的位移模式为多项式,这是因为多项式

的数学运算比较方便,而且用各单元的位移多项式曲线的局部线段容易逼近整体结构的光滑曲线。多项式的项数和阶次和单元的自由度数及位移近似解的收敛性有关。一般来说,多项式的项数等于单元的自由度数,它的阶次至少应包括常数项和一次项。

根据所选定的位移模式,就可以得出单元内任一点位移的矩阵表达式:

$$\{f\} = [N]\{\delta\}^e \quad (30.3-1)$$

式中  $\{f\}$ ——单元内任一点的位移列阵;

$\{\delta\}^e$ ——单元的节点位移列阵;

$[N]$ ——单元的形函数矩阵,它的元素是位置坐标的函数。

3) 分析单元的力学特征 位移模式选定以后,可以进行单元力学特征的分析:

把式(30.3-1)代入几何方程,可以得出用节点位移表示单元应变的关系式

$$\{\epsilon\} = [B]\{\delta\}^e \quad (30.3-2)$$

式中  $\{\epsilon\}$ ——单元内任一点的应变列阵;

$[B]$ ——单元的应变矩阵;它的元素仍为任一点位置坐标的函数。

把式(30.3-2)代入物理方程,可得出用单元节点位移列阵表示的单元应力表达式:

$$\{\sigma\} = [D][B]\{\delta\}^e \quad (30.3-3)$$

式中  $\{\sigma\}$ ——单元内任一点的应力列阵;

$[D]$ ——单元的弹性矩阵,和材料有关。

利用弹性体的虚功方程建立作用于单元上的节点力和节点位移之间的关系式,即单元的刚度方程:

$$\{R\}^e = [K]^e\{\delta\}^e \quad (30.3-4)$$

式中  $[K]^e$ ——单元刚度矩阵,

$$[K]^e = \iiint_V [B]^T [D] [B] dx dy dz \quad (30.3-5)$$

上式的积分应包括整个单元的体积。

4) 集合所有单元的刚度方程,建立整个结构的平衡方程 这个集合过程包括有两方面的内容,一是由各单元刚度矩阵集成整个机架的整体刚度矩阵;二是将作用于各单元的等效节点力列阵集成总的载荷列阵。最常用的集合刚度矩阵的方法是直接刚度法。一般来说,集合所依据的理由是要求所有相邻的单元在合共节点的位移相等。于是单元刚度矩阵 $[K]^e$ 组集成整体刚度矩

阵 $[K]$ ,作用于各单元节点上的等效单位节点力 $\{R\}^e$ 组集成总载荷列阵 $\{R\}$ 。于是可以得到以整体刚度矩阵 $[K]$ ,载荷列阵 $\{R\}$ 以及整个机架的节点位移列阵 $\{\delta\}$ 表示的整个结构的平衡方程

$$[K]\{\delta\} = \{R\} \quad (30.3-6)$$

5) 求解未知节点位移和计算单元应力 考虑到整体结构的几何约束情况,将上式做适当的修改,才能解出以未知节点位移分量为未知数的代数方程组,解出整个结构的节点位移列阵 $\{\delta\}$ ;然后,再根据各单元节点编号顺序从 $\{\delta\}$ 中找出各单元的节点位移列阵 $\{\delta\}^e$ ,将 $\{\delta\}^e$ 代入式(30.3-3)中就能够算出各单元的应力分量值。

以上五个步骤是用有限单元法对箱体、机架静态分析所必须完成的工作,对于动态分析则必须运用有限单元法的基本原理和模态分析的基本概念相结合,运用有限单元法建立箱体、机架的刚度矩阵和质量矩阵;假设列载荷矩阵为零时,即自由振动状态,可以确定结构的固有频率和主振型;当存在外载荷矩阵,并且激振频率不为零时,即受迫振动状态,可确定箱体及机架的动态响应;当外载荷矩阵的激振频率为零时,即结构承受静力,可确定其静强度和静刚度,则是我们前面所谈及的内容。以下是用有限单元法对箱体及机架进行动态分析所必须进行的工作。

6) 自由振动分析求箱体及机架的固有频率和主振型,无阻尼自由振动方程:

$$[M]\{\ddot{x}\} + [K]\{x\} = \{0\} \quad (30.3-7)$$

由于它是简谐振动,所以可设方程解为

$$\{x\} = [A]e^{i\omega_0 t}$$

则有

$$\{\ddot{x}\} = -\omega_0^2 [A]e^{i\omega_0 t}$$

代入方程(30.3-7)整理后可得:

$$([K] - \omega_0^2 [M])\{A\} = 0 \quad (30.3-8)$$

上式非零解的必要条件是系数行列式为零,即

$$\det([K] - \omega_0^2 [M]) = 0 \quad (30.3-9)$$

式(30.3-9)是系统的频率方程。求解可以得到系统的各阶固有频率 $\omega_{01}, \omega_{02}, \dots, \omega_{0N}$ 。将各阶固有频率代入式(30.3-8)中,可求得各阶主振型(特征向量) $\{A^{(1)}\}, \{A^{(2)}\}, \dots, \{A^{(N)}\}$ 。

以上各式中:

$[M]$ ——整个结构的质量矩阵;

$\{x\}$ 及 $\{\ddot{x}\}$ ——分别为节点各方向的位移和加速度列阵;

$[K]$ ——整个结构的刚度矩阵。

由以上可知，只要根据有限单元法建立刚度矩阵 $[K]$ 和质量矩阵 $[M]$ 之后，就可以用模态分析法来计算固有频率和主振型。

7) 受迫振动分析 箱体及机架在广义动力 $\{p\} = \{P\}e^{i\omega t}$ 作用下，运动方程为

$$[M]\{\ddot{q}\} + [C]\{\dot{q}\} + [K]\{q\} = \{P\}e^{i\omega t} \quad (30.3-10)$$

式中  $[M]$ 、 $[C]$ 、 $[K]$ ——分别为整个结构的质量矩阵，阻尼矩阵和刚度矩阵；

$\{\ddot{q}\}$ 、 $\{\dot{q}\}$ 、 $\{q\}$ ——分别为节点各方向的加速度，速度和位移列阵；

$\omega$ ——激振力频率。

对于线性阻尼系统，可以通过坐标变换，用模态坐标 $\{G\}$ 表示，得到模态方程，各模态参数变成对角矩阵，即

$$[M]\{\ddot{G}\} + [C]\{\dot{G}\} + [K]\{G\} = \{Q\} \quad (30.3-11)$$

式中  $[M] = [\phi]^T [M] [\phi]$   
 $[C] = [\phi]^T [C] [\phi]$   
 $[K] = [\phi]^T [K] [\phi]$   
 $\{Q\} = [\phi] \{p\}$

$[\phi]$ ——模态矩阵，由各阶主振型构成

$$[\phi] = [A] = \begin{bmatrix} A_1^{(1)} & A_1^{(2)} & \dots & A_1^{(n)} \\ A_2^{(1)} & A_2^{(2)} & \dots & A_2^{(n)} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ A_n^{(1)} & A_n^{(2)} & \dots & A_n^{(n)} \end{bmatrix}$$

对于第  $r$  阶模态，方程为

$$M_r \ddot{G}_r + C_r \dot{G}_r + K_r G_r = Q_r$$

或

$$M_r \ddot{G}_r + 2\xi_r M_r \omega_{0r} \dot{G}_r + K_r G_r = Q_r$$

解得

$$G_r = \frac{A^{(r)T} \{P\} e^{i\omega t}}{M_r (1 - \lambda_r^2) + i 2\xi_r \lambda_r} \quad (30.3-12)$$

式中  $\lambda_r = \frac{\omega}{\omega_{0r}}$

经过坐标恢复计算，可得到结构的动柔度。在节点  $j$  处激振，节点  $K$  处的动态响应，即第  $r$  阶模态交叉点的动态柔度为

$$R_{kj} = \sum_{r=1}^N \frac{A_k^{(r)} A_j^{(r)}}{K_r (1 - \lambda_r^2 + i 2\xi_r \lambda_r)} \quad (30.3-13)$$

$j$  点处的原点模态动柔度为

$$R_{jj} = \sum_{r=1}^N \frac{(A_j^{(r)})^2}{K_r (1 - \lambda_r^2 + i 2\xi_r \lambda_r)} \quad (30.3-14)$$

当激振频率与固有频率相差较远时，阻尼对响应的的影响减弱，为简化计算，可以不计阻尼因素。此时运动方程式为

$$[M]\{\ddot{q}\} + [K]\{q\} = \{P\}e^{i\omega t}$$

设方程的特解有  $\{q\} = \{B\}e^{i\omega t}$

同

$$\{\ddot{q}\} = -\omega^2 \{B\}e^{i\omega t}$$

代入运动方程得：

$$([K] - \omega^2 [M])\{B\} = \{P\} \quad (30.3-15)$$

$\{B\}$  为振幅列阵， $\{P\}$  为激振力幅列阵。式(30.3-15)同式(30.3-6)  $[K]\{\delta\} = \{R\}$  相似，所以称  $([K] - \omega^2 [M])$  为动刚度矩阵。其中  $\omega$  是激振频率，矩阵  $[K]$  按前面已经叙述的方法确定。只要建立矩阵  $[M]$  后，便可求出  $\{B\}$ ，从而得到跨点或原点动柔度，以及无阻尼受迫振动的振幅列阵  $\{q\}$ 。

(2) 有限元法解题中所引用弹性力学的基本方程

有限单元法引用弹性力学中的基本方程有：几何方程、物理方程和最小位能原理。

弹性体受力后将产生位移、应变和应力。弹性体内任一点的位移用它在坐标轴  $x$ 、 $y$ 、 $z$  上的投影  $u$ 、 $v$ 、 $w$  来表示，任一点的应变分量用  $\epsilon_x$ 、 $\epsilon_y$ 、 $\epsilon_z$ 、 $\gamma_{xy}$ 、 $\gamma_{yz}$ 、 $\gamma_{zx}$  表示，任一点的应力分量用  $\sigma_x$ 、 $\sigma_y$ 、 $\sigma_z$ 、 $\tau_{xy}$ 、 $\tau_{yz}$ 、 $\tau_{zx}$  表示。位移、应变和应力都是坐标  $x$ 、 $y$ 、 $z$  的函数。

1) 几何方程——应变与位移的关系：

$$\{\epsilon\} = \begin{Bmatrix} \epsilon_x \\ \epsilon_y \\ \epsilon_z \\ \gamma_{xy} \\ \gamma_{yz} \\ \gamma_{zx} \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} \frac{\partial u}{\partial x} \\ \frac{\partial v}{\partial y} \\ \frac{\partial w}{\partial z} \\ \frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} \\ \frac{\partial v}{\partial z} + \frac{\partial w}{\partial y} \\ \frac{\partial w}{\partial x} + \frac{\partial u}{\partial z} \end{Bmatrix} \quad (30.3-16)$$



2) 物理方程——应力和应变的关系:

$$\{\sigma\} = \begin{Bmatrix} \sigma_x \\ \sigma_y \\ \sigma_z \\ \tau_{xy} \\ \tau_{yz} \\ \tau_{zx} \end{Bmatrix} = [D] \{\varepsilon\} \quad (30.3-17)$$

3) 最小位能原理 弹性体受外力后, 就要产生变形, 最后达到平衡状态。变形过程中, 物体由于变形而具有了变形位能 (应变能), 而外力的位能也随之改变 (外力位能减小, 计算时代入负值), 在弹性体处于稳定平衡状态时, 其位能为最小, 其值为

$$\Pi = U + V \quad (30.3-18)$$

式中  $\Pi$  ——弹性体总位能;  
 $U$  ——弹性体变形位能;  
 $V$  ——外力位能。

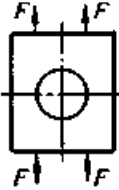

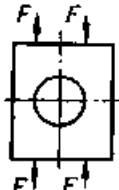
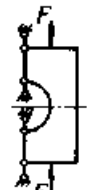
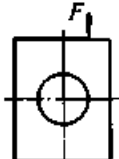
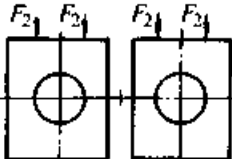
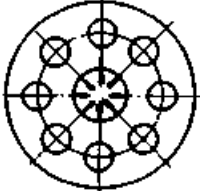

## 1.2 应用有限单元法解题关键

### 1.2.1 结构的离散化



#### (1) 力学模型的确定

正确建立箱体、机架计算的力学模型是设计成败的关键。由于结构的复杂性, 在建立力学模型时, 要进行一些简化和假设, 这些简化和假设既要符合实际情况又要使问题变得简单明确。结构简化和建立力学模型要考虑到结构的对称性, 载荷的对称性, 材料和结构厚度的变化, 要正确的确定坐标原点和坐标轴, 如表 30.3-1 所示。

表 30.3-1 力学模型的确定

项 目	原结构简图	力学模型简图	说 明
结 构 对 称			结构和载荷均有二个对称轴, 可计算构件的 1/4, 对称面上应增加作为限制构件对称位移的约束
			可计算构件的 1/2, 对称面上应增加作为限制构件反对称位移的约束
			几何对称而载荷不规则可分解成对称和非对称二部分, 分别计算后再根据力的叠加原理求得构件的应力和应变, 约束情况同上
			只计算构件的 1/8, 剖分面上应增加垂直于剖分面的位移约束, 以限制切向位移。 坐标轴使结构在第 I 象限

续表 30.3-1

项 目	原结构简图	力学模型简图	说 明
结构的厚度不同			当构件的厚度和材料不同时应画出不同厚度和不同材料的分界线。不要使分界线穿过单元，分界线附近单元划分要密一些。厚度是连续变化，变化梯度较小时，可用几个不同的平均厚度代替；厚度变化梯度过大时，必须应用三维有限元进行计算
结构的材料不同			

(2) 单元划分

将力学模型划分成若干个单元，是一项技巧性很强的工作，其单元数量、大小和网络的疏密程度应根据计算精度的要求和计算机的容量与速度来确定。单元划分得越小，计算结果越精确，在计算机容量允许的条件下，单元划分得多一些为好。

1) 正确选择单元类型。平面问题常选择三角形单元。对于三维问题常有多种单元可供选择。一般说来，应力变化梯度较大之处应采用精度较高的高次单元。

对具有一定厚度的板和壳，在厚度方向的应力是线性变化时，可避免采用厚壳元或三维实体元，应当按薄板或薄壳处理。对于不受法向载荷且比相连接的结构刚度小得很多的板，可用膜元而不用板元以减少计算量。

2) 单元的形态应尽量规整，如图 30.3-2 所示。

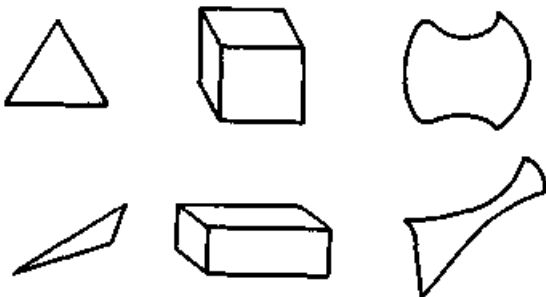


图 30.3-2 单元形态比较

上图：形态好 下图：形态差

3) 单元的排列要有一定规律，否则，如图 30.3-3 中节点 A、B、C 的应力值将会突变。

4) 在划分单元时，应注意到将结构和尺寸

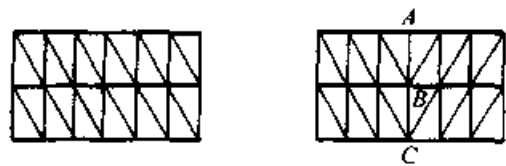


图 30.3-3 网络划分无规律，节点应力将突变相同的部分的网格划分要尽量一致，其节点编号也应有规律的相对应，可以利用计算机自动生成网格功能使输入节点坐标数据的工作量大为减少；也可以利用子结构技术大大减少计算工作量。如图 30.3-4 中，箱体构件上下、前后、左右各面结构对应相同，则可以在网格划分方面对应相同，而节点编号按一定规律相对应，可少计算三个子结构。

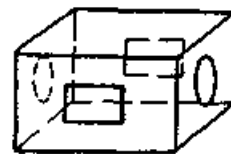


图 30.3-4 利用子结构技术减少计算工作量

5) 有些单元可以退化使用，如六面体可退化为五面体或四面体。

6) 应力变化梯度大，应力集中的区域，或需要详细了解应力及位移的重要部位，在划分单元时应适当加密或是采用精度较高的单元，应力变化平缓区域单元可划分得大些。网络的疏密要逐渐过渡。

7) 采用逐步加密，多次计算的方法。对应力集中和我们感兴趣的部位，由于计算机容量的限制，可以采用逐步加密，多次计算的方法进行。第一次计算时网格可划分得稍疏一些，以大致反映出应力的分布，如图 30.3-5 所示。先计

算出 ABCD 部分周边各节点的应力和位移，再把 ABCD 区域加以放大，用已求得的周边位移或应力作为已知的边界条件，细分网格计算结果更精确。可以多次反复进行下去，直到得出满意的结果。

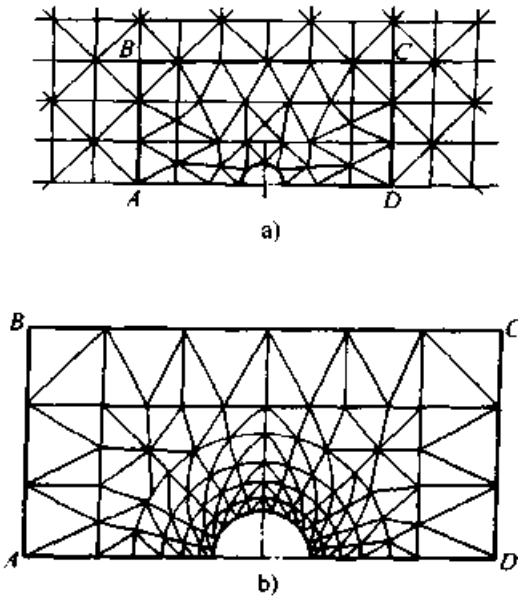


图 30.3-5 逐步加密多次计算网格划分简图

a) 第一次计算单元划分

b) 第二次加密计算时单元划分

8) 注意自由度不同的单元的联接，由于机架结构的复杂性，可能出现不同部位所选用的单元类型不同，这就产生了自由度不同单元相联接的问题，比如三维实体单元和板元，二维元和梁元时，可用“插入”的方法，假设板元插入到块体单元中去，也可采用“贴上”的方法，即假设板单元贴在块体单元表面，如图 30.3-6 所示。

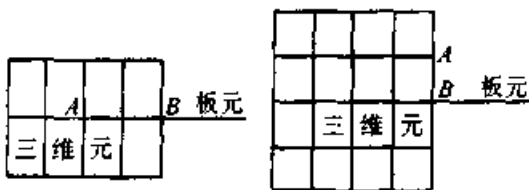


图 30.3-6 三维块元和板元的连接

有些程序的单元库中存有变节点过渡元，如图 30.3-7 所示，或有读入单刚功能而采用罚单元，使用起来比较方便；否则，因方程组出现病态而无法求解。应该说明的是，采用“插入”或“贴上”的方法，在连接处的计算应力和位移不够准确。

9) 节点编号应尽量减小“带宽”。就是同一

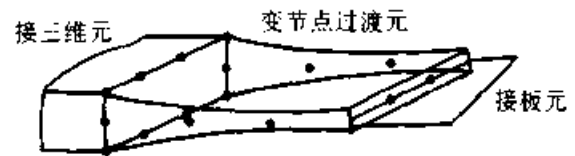


图 30.3-7 适用于三维元和板元间联接的变节点过渡单元内各节点之间的编号差应该最小为好。带宽减小，可以节省计算机内存，缩短计算时间。如图 30.3-8 中左图节点编号好于右图。

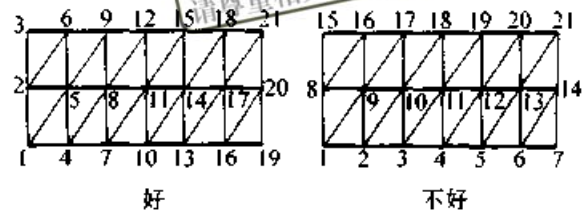


图 30.3-8 节点编号应使带宽最小

10) 对于集中载荷或分布载荷突变之处的单元应划分得小一些，并在载荷集中和突变之处设置节点，如图 30.3-9 所示。

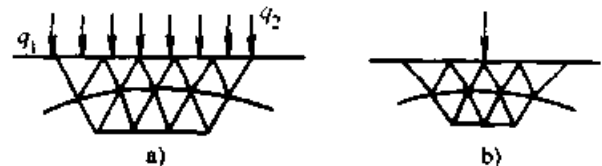


图 30.3-9 具有突变的分布载荷或集中载荷时单元的划分方式

a) 具有突变分布载荷时的单元划分

b) 具有集中载荷时的单元划分

(3) 节点载荷 就是把构件所承受的各种形式的载荷按静力等效原理移置到节点上，成为节点载荷，这样可以简化各单元的受力情况，便于建立和求解线性方程组，便于单元的分析计算。当构件只承受集中力作用时，在划分单元时，将集中力的作用点都取为节点，就免去了载荷移置的麻烦；在机架承受面力和体积力时，面力分布在机架受力表面，而体积力分布在机架体内（如重力），都不可能只作用在节点上，就必须把面力和体积力向节点移置。若集中力作用点未被画为单元节点，其作用力也要向节点移置。图 30.3-10 就是把均布力  $q$  移置到受力边的五个边界节点上的例子。第一步是对每个边界单元进行单元载荷移置，就是把这个单元所受的均布力按静力等效原则移置到本单元的两个边界节点上，变成节点载荷；第二步是对每个受力边界节点的节点力进行叠加，成为总体节点载荷。

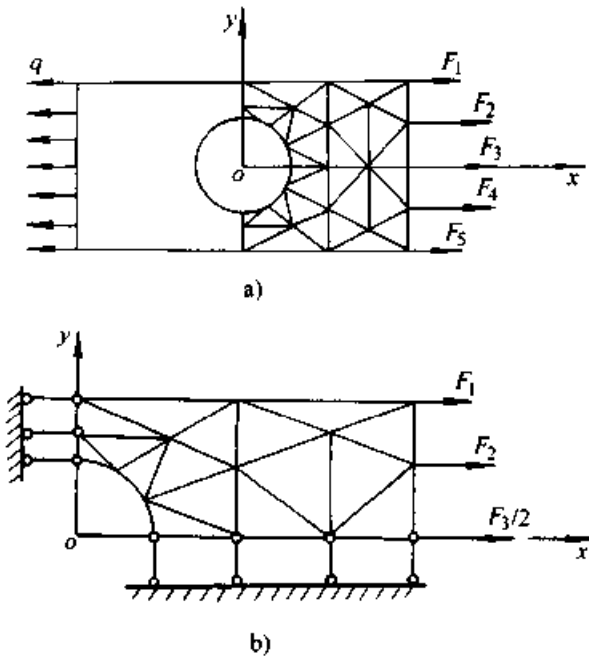


图 30.3-10 单元载荷移量及约束简化简图

a) 弹性体受力及载荷移量简图 b) 计算简图

1.2.2 确定边界条件

(1) 外载荷的简化

尤其是接触面压应力的分布，应该尽量符合实际情况，不能任意假设。对于未知的接触面压应力分布，可以采用模型试验确定。下面介绍几种结构的接触压力的分布情况。

1) 导轨面压力的分布规律 这是在设计机床、机械压力机、轧钢设备，及其他带有导轨和滑道的机架，进行有限元分析中常常遇到的问题。导轨面的压力分布如图 30.3-11 所示。

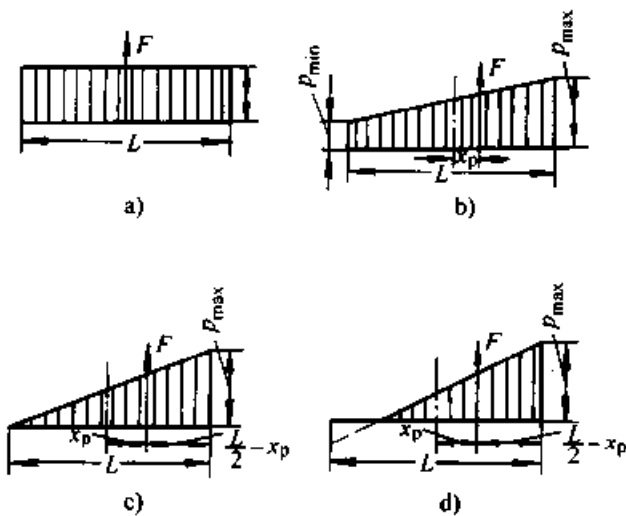


图 30.3-11 导轨面压力分布

图中  $x_p$  为作用于导轨面上的集中力  $F$  到导轨全长  $L$  中点的距离。导轨压力分布条件如表

30.3-2。矩形分布为最理想的情况，实际上极少存在。梯形分布，压力近似均匀，设计时应争取实现这种情况。三角形分布，导轨一端压力为零，但仍保持导轨全长接触，实际上也存在。图 30.3-11d 中的情况，已使导轨一端出现间隙，设计中不应出现这种现象。在处理边界条件时，一般不作这种假设。

表 30.3-2 导轨压力分布条件

压力分布图形	矩形	梯形	全底长三角形	不全底长三角形
条件	$\frac{x_p}{L} = 0$	$0 < \frac{x_p}{L} < \frac{1}{6}$	$\frac{x_p}{L} = \frac{1}{6}$	$\frac{x_p}{L} > \frac{1}{6}$

2) 轴承孔内压力分布 在确定轴承孔的边界条件时，简单的认定轴承孔只受一个集中力的作用是错误的。图 30.3-12 为滚动轴承径向负荷的分布图。其中：

$$\left. \begin{aligned} F_0 &= \frac{4.37}{Z} F_r \quad (\text{点接触轴承}) \\ F_0 &= \frac{4.08}{Z} F_r \quad (\text{线接触轴承}) \end{aligned} \right\} (30.3-19)$$

$$\left. \begin{aligned} F_i &= F_0 \cos i\phi \quad (\text{线接触轴承}) \\ F_i &= F_0 \cos^{3/2} i\phi \quad (\text{点接触轴承}) \end{aligned} \right\} (30.3-20)$$

式中  $F_r$  —— 轴承所受的径向力；  
 $Z$  —— 滚动体个数；  
 $\phi$  —— 滚动体间的中心角；  
 $F_i$  —— 各球所受的力。

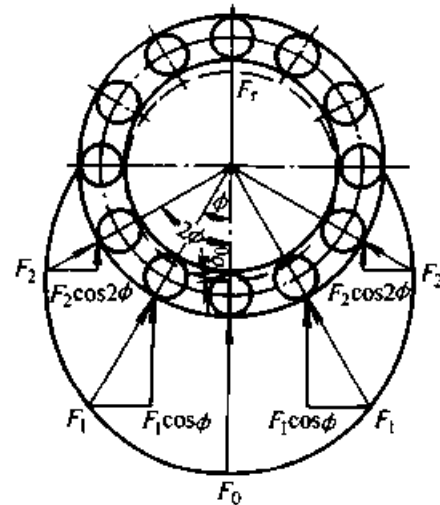


图 30.3-12 滚动轴承上径向负荷的分布

图 30.3-13 为液体动力润滑径向轴径向力分

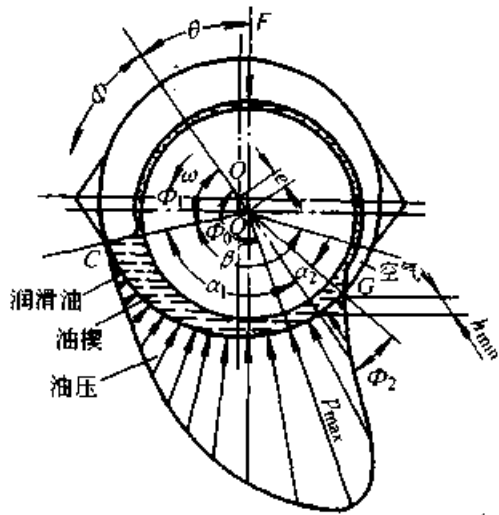


图 30.3-13 液体动力润滑径向轴承承载油膜力分布

布情况；图 30.3-14 为多油楔滑动轴承的径向力分布情况，其计算公式可查阅有关资料确定。减速箱及其他箱体零件、曲柄压力机机架中偏心轴承孔、颚式破碎机机架轴承孔，及其他机架零件的轴承孔的有限元分析中，要按安装的轴承种类确定内孔压力的分布。

3) 钢丝缠绕预应力液压机中钢丝对机架的作用力 如图 30.3-15b 所示，由清华大学锻压教研室所作的密栅云纹试验得出的蝶形分布是正确的；a 图中的均布力是错误的。

(2) 外载平衡

整个结构上的外载应保持力和力矩的平衡，否则易引起计算误差。

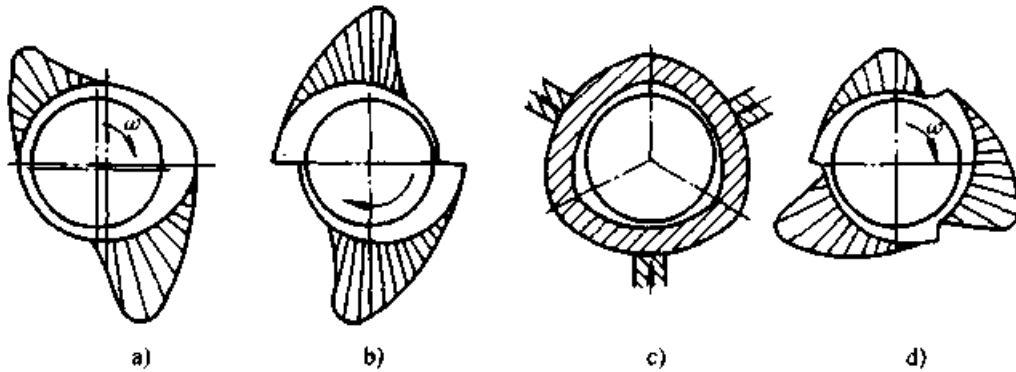


图 30.3-14 多油楔滑动轴承的压力分布

a) 椭圆轴承 b) 错位轴承 c) 三油楔轴承（双向） d) 三油楔轴承（单向）

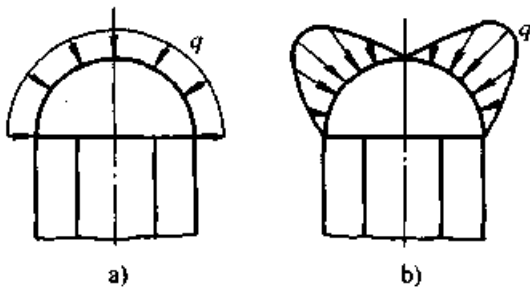


图 30.3-15 预应力机架钢丝对机架的作用力

a) 错误的假设 b) 实际分布规律

(3) 约束简化

约束简化就是把结构中所受到的各种约束条件都简化到约束处的单元节点上去，使其成为约束点。约束点可以是单向，双向或三个方向的约束。从力学角度看来，约束简化就是把约束反力移置到单元节点上。在大多数情况下约束节点的位移为零（也存在位移为某一已知常数的情况），在进行有限元分析计算求解线性方程组过程中，节点约束反力可以求出来。

图 30.3-10a 中，由于结构和载荷的对称性，

可以取其 1/4 进行分析和计算。 $x$ 、 $y$  轴为其对称，垂直边界上各点水平位移分量均为零，水平边界上各点的垂直位移分量均为零，这就是约束条件。约束简化就是把边界上这种均匀约束条件简化到边界节点上去，如图 30.3-10b。

(4) 要考虑不同类型单元的节点自由度数不同 当采用薄板单元时，其单元节点有五个自由度，空间薄板单元相接处的共面单元的公共节点的第六个自由度应加以约束。

综上所述，结构通过力学模型的离散化和合理地确定边界条件，就可以把一个受各种形式载荷和各种形式约束的连续弹性体离散为一个仅在节点连，仅靠节点传力，仅受节点载荷，仅在节点处有约束的单元组合体，为确定其单元刚度矩阵和整体刚度矩阵，解线性方程组，求节点位移及应力奠定了基础。

1.2.3 选择计算程序

1) 程序的单元库中应包括所要选择的单元形式 机床大件的设计一般选择各种板元和梁

元、箱形截面箱体、机架设计采用各种板元，机械压力机闭式机架，初轧机机架常采用8~21点等参元，各种壳体常采用厚壳和薄壳单元，桁架类机架常采用空间杆单元。

2) 所选择的程序一定要和所使用的计算机相适应。

3) 程序要有较强的前、后处理功能 目前，计算机软件发展十分迅速，已出现多种有限元前、后处理软件，不但在图形工作站中使用，而且在微机上也有强大的有限元前、后处理软件。

①前处理软件，设计人员只要输入少量的，必要节点和单元信息，图形生成软件就可以拷贝、复制、对称生成等算法形成有限元网格，并且在屏幕上显示出来，使设计人员修改、检查。网格生成后又可以再将约束、外力和材料加到网格上，形成有限元模型。还可以利用软件校核功能来校核有限元模型，校核合格后，这一有限元模型才可以进行有限元分析。

②后处理软件，先进的后处理软件可由两种型式给出计算结果：图示式和列表式。可以由三维彩色图形显示由外力引起的位移，应力和等应力线；列表可以在屏幕上显示也可以打印出来；可以根据设计者的要求显示任何截面和单元的应力分布和位移情况。从而减少了设计工作量和设计周期。

4) 程序对载荷及约束条件的适应情况 对于机架的载荷和约束条件，程序能够很适应。

5) 对程序的熟悉程度 尽量选用设计者比较了解或熟悉的程序和计算机。

#### 1.2.4 填写原始数据

首先要彻底了解程序的使用说明，初次使用某一个程序之前，应采用带有标准答案的小型例题进行计算，来验证对程序使用的熟练程度及准确性。

需要输入的原始数据有：

1) 控制信息 如节点的总数，单元的总数，问题的类型等，不同的程序有不同的要求。

2) 节点的坐标 应注意节点坐标值的单位和材料弹性模量  $E$  的协调性。

3) 单元信息 单元节点号的前后次序在程序中是严格规定的，不能随意颠倒。

4) 材料特性 材料的弹性模量  $E$ ，泊桑比

$\mu$ ，考虑质量时要给出的密度  $\rho$ ，考虑热应力时应给出膨胀系数等。

5) 外载荷的信息和数值 给出在节点或面上载荷及数值。

6) 约束信息及指定位移值 给出节点上约束，并给出该点的位移量。

所有数据所采用的单位必须一致，准备好的原始数据应该反复核对无误。实践证明，有限元计算中大量的错误是输入数据。

#### 1.2.5 核对计算结果

1) 箱体、机架的结构和载荷情况比较复杂，应进行模型试验，用试验数据来检验计算结果的可靠性。模型试验和计算条件应尽量相符。

2) 用边界条件来校核。作用有外载荷的节点，其应力值应该和外载产生的应力相同；不受载荷的边界节点，其法向应力为零。

3) 位移和应力的数值在数量级上应该符合实际情况。

4) 任何截面上的内力合力应该和外力和合力相平衡。

5) 变形曲线、等应力线应光滑连续，其变化规律应该和箱体、机架实际的受力情况及变形情况相符。

针对以上各种情况，如果出现异常情况，应该检查计算中的每一个步骤，从建立力学模型、节点载荷，约束条件，计算机输出的数据是否正确等，直至最后找出原因为止。

## 2 优化设计

### 2.1 概述

优化设计是20世纪60年代发展起来的一门新的学科，这种设计方法是由数学规划与电子计算机技术的发展相结合产生的。优化设计是以电子计算机为工具，寻求最优化设计参数和结构的现代设计方法之一。优化设计为工程设计提供了一种重要的科学设计方法，使得在解决复杂设计问题时，能从众多的结构设计方案中寻求出尽可能完善的设计方案，从而大大提高新产品的设计水平和设计质量。

#### (1) 静态优化和动态优化

静态优化是运用力学中静力学原理和数学规划方法，以质量大小、造价等为广义性能指标

(目标函数)而对结构或机械系统进行的优化设计,其特点是:结构系统所受外力及内力不随时间变化,具有确定的值;结构拓扑(结构总外型、各部分间的连接形式)是固定的;约束方程一般为代数方程。

动态优化是对结构系统的动态性能进行优化,是运用动力学原理、振动理论(包括模态分析和试验技术)和微分方程理论,以刚度、频率、响应、噪声、热变形与磨损等为广义性能指标而对结构系统进行的优化设计。其特点是:结构系统所受的外力或内力随时间变化;结构拓扑不固定,结构内部有相对运动的部分;约束方程既包括代数方程,又有微分方程。

在箱体、机架优化设计中,由于其结构的复杂性,不论是静态优化,还是动态优化,在大多数情况必须使用有限元法。每选择一种设计方案都要进行有限元分析,才能准确地计算最大应力值,最大变形量,使每一个设计方案均满足约束条件来保证最优解的正确性。以机架刚度作为目标函数时,也必须使用有限元法对每一种设计方案进行分析,求得精确的变形值,使目标函数达到最优值。

### (2) 尺寸优化,几何优化和拓扑优化

和一般工程设计相类似,箱体、机架优化设计分为三个层次:尺寸优化,几何优化与拓扑优化。所谓尺寸优化就是在给定的结构拓扑、几何布局和材料的条件下以截面尺寸作为设计变量,以结构的性能,尺寸的上、下限等作为约束条件,以结构件的质量(或其他)为目标函数的优化设计。而几何优化则是在给定的结构拓扑下以几何布局为变量的优化设计,当然在几何优化的过程中,还要做尺寸优化才能达到高层次优化的目的。

### (3) 优化方法分类

工程设计中广泛应用的优化方法可按其原理不同区分为数学规划法与准则法。

数学规划法是以数学规划理论为基础的严格意义上的优化方法,其算法有充分的理论依据,因而理论上均可保证收敛到问题的最优点,算法平稳,成熟,计算结果可靠。但是,这类算法的计算过程的迭代次数多,计算时间

较长,特别是随着问题规模的增大,其迭代次数明显增加,计算时间显著增长,因而对于较复杂的大型问题来说,是一个较为严重的缺点。

准则法就是建立一些准则(只能以质量作为目标函数),利用它们从所有可用设计中找出质量最轻设计或近似质量最轻设计。常用准则又可分为满约束准则和能量准则两类。如利用势能原理所提供的准则,可以从所有符合约束条件的变形状态中找出实际的变形状态。又如利用 Hamilton 原理可以从所有可能的运动过程中找出实际的运动过程。

准则法的算法比较简单、收敛速度快,其缺点是难于适应多种性态约束,一般只能解决使结构体积最小,或目标函数基本上与结构体积成正比(如质量大小、某类加工成本)的一些优化设计问题,即一类静态优化问题。

## 2.2 箱体、机架设计中常用的优化程序

箱体、机架设计中常用的优化程序,其中包括矩阵计算方法,一维搜索区间的确定程序,黄金分割方法,二次插值方法,坐标轮换方法,简单 Powell 方法,改进的 Powell 方法,共轭梯度方法,改进的牛顿方法,DFP 方法,改进的 DFP 方法和惩罚函数法等。程序应用 C++ 实现,并且在 Borland C++ 3.1 下调试通过。

### 2.2.1 向量类的定义

在最优化问题的求解过程中,使用大量的向量运算,为便于阅读和理解,以及日后的维护和开发扩展。在程序,应用面向对象的思想,将向量进行封装,构造了向量类 M-Vector,根据需要在此仅仅封装了向量的加减运算,以及向量模的计算,可以根据需要再增加新的方法,从而封装更多的运算。本程序仅在源代码中进行说明。

```
#include <iostream.h>
```

```
#include <math.h>
```

```
#include <string.h>
```

```
class M-Vector{
```

```
    构造向量类的一些方法:
```

```
public:
```

```
    M-Vector(int size=1); 向量类的构造函数之一,以向量长度来构造一个向量。
```

$M-Vector(double * Array, int size = 1)$ ; 向量类的构造函数之二, 以数组及长度来构造一个向量。

$M-Vector(M-Vector \& r)$ ; 向量类的构造函数之三, 以向量来构造一个新向量。

$\sim M-Vector()$ ; 向量类的析构函数

$int Length()$  } return  $ArraySize$ ; | 求解向量长度的方法

$double Model()$ ; 求解向量模的方法

$double \&operator[] (int i)$ ; 以  $A[i]$  的方式来得到向量的成员方法

$void GetData(double * curarray)$ ; 通过数组为一个向量赋值方法

$M-Vector \&operator = (M-Vector \&p)$ ; 向量赋值运算方法

$M-Vector operator + (const M-Vector \&c)$ ; 向量的加法运算方法

$M-Vector operator - (const M-Vector \&c)$ ; 向量的减法运算方法

$M-Vector operator * (const double a)$ ; 向量与标量的乘法运算方法

$M-Vector operator / (const double a)$ ; 向量与标量的除法运算方法

$M-Vector operator - ()$ ; 向量的求反运算

向量类的数据成员

private:

int  $ArraySize$ ; 向量长度

double \*  $Array$ ; 向量数据指针

};

向量类的成员函数(方法)的实现:

```
#include "e:\optic\optic\mvector.h"
```

```
 $M-Vector::M-Vector(int size)$ 
```

```
{ $ArraySize = size$ ;  $Array = new double[size]$ ;
```

```
 $M-Vector::M-Vector(double * curarray, int size)$ 
```

```
{int i;  $ArraySize = size$ ;  $Array = new double[ArraySize]$ ;
```

```
for(i = 0; i <  $ArraySize$ ; i++) { $Array[i] = curarray[i]$ };
```

```
}
```

```
 $M-Vector::M-Vector(M-Vector \& r)$ 
```

```
{int i;  $ArraySize = r.ArraySize$ ;  $Array = new double[ArraySize]$ ;
```

```
for(i = 0; i <  $ArraySize$ ; i++) { $Array[i] = r.Array[i]$ };
```

```
}
```

```
 $M-Vector::\sim M-Vector()$ 
```

```
{delete[]  $Array$ };
```

```
double & $M-Vector::operator[] (int i)$  {return  $Array[i]$ };
```

```
void  $M-Vector::GetData(double * curarray)$ 
```

```
{int i;
```

```
for(i = 0; i <  $ArraySize$ ; i++) { $Array[i] = curarray[i]$ };}
```

```
 $M-Vector \&M-Vector::operator = (M-Vector \& r)$ 
```

```
{int i;  $ArraySize = r.ArraySize$ ; delete[]  $Array$ ;  $Array = new double[ArraySize]$ ;
```

```
for(i = 0; i <  $ArraySize$ ; i++) { $Array[i] = r.Array[i]$ }; return * this;
```

```
}
```

```
 $M-Vector M-Vector::operator + (const M-Vector \& c)$ 
```

超星浏览器提醒您：  
使用本复制品  
请尊重相关知识产权！



```

|int i; double * a; M—Vector re; a = new double[c.ArraySize];
for(i=0;i<ArraySize;i++) {a[i] = Array[i] + c.Array[i];}
re = M—Vector(a,ArraySize); delete[]a; return re;
|
M—Vector M—Vector::operator - (const M—Vector& c)
|int i; double * a; M—Vector re; a = new double[c.ArraySize];
for(i=0;i<ArraySize;i++) {a[i] = Array[i] - c.Array[i];}
re = M—Vector(a,ArraySize); delete []a; return re;
|
M—Vector M—Vector::operator * (const double a)
|int i; double * m; M—Vector re; m = new double[ArraySize];
for(i=0;i<ArraySize;i++) {m[i] = a * (Array[i]);}
re = M—Vector(m,ArraySize); delete[]m; return re;
|
M—Vector M—Vector::operator / (const double a)
|int i; double * m; M—Vector re; m = new double[ArraySize];
if(a! =0.0){for(i=0,i<ArraySize;i++) {m[i] = (Array[i])/a;}}
re = M—Vector(m,ArraySize); delete[]m; return re;
|
M—Vector M—Vector::operator - ()
|int i; double * a; M—Vector re; a = new double[ArraySize];
for(i=0;i<ArraySize;i++) {a[i] = - Array[i];}
re = M—Vector(a,ArraySize); delete[]a; return re;
|
double M—Vector::Model()
|int i; double Result; Result = 0.0;
for(i=0;i<ArraySize;i++) {Result + = Array[i] * Array[i];}
Result = sqrt(Result); return Result;
|

```

### 2.2.2 最优化对象基类的构建

根据面向对象的设计思想将一个最优化问题看作一个对象,将每一个具体的最优化问题看作一个实现。在此建立最优化对象的基类,将常用的最优化方法封装。用户可以根据具体问题进行派生自己的应用类,并且可以建立自己的最优化方法。应用面向对象的思想,可以大大减少编程的工作量,并且可继承前人的已经定性的优秀求解方法,从而将工作的重点放在模型的建立和方法的改进上。在这里,仅仅将一些常用的优化问题的求解进行了封装。详

细的说明将在下面给出。

```

# if ! defined —OPTICBASE—H
# define —OPTICBASE—H
# define TRUE 1
# define FALSE 0
# include "e:\optic\optic\mvector.h"
# include "iostream.h"
# include "math.h"
class OpticBase{
public:

```

OpticBase(M—Vector OrigXK,double es = 1e - 6, double OrigStep = 1e - 5);

基类的构造函数:要求给出初始点 M—Vector OrigXK,计算精度 es,计算步长:OrigStep

超星浏览器提醒您:  
使用本复制品  
请尊重相关知识产权!

```

~OpticBase(){};基类的析构函数
virtual int Do();
基类的求解总方法。用户仅仅调用他及可以获得问题的结果,调用方法为 A.Do()
double Get—Es()return Es;|获得初试计算精度
double Get—Result()return Result;|获得求解最优结果
M—Vector Get—X()return XK;|获得最优点
virtual void Get—X(M—Vector xx)|XK = xx;|初试点赋值
virtual double Function(M—Vector XX);问题的数学模型
virtual double Function—Step(double ak);步长的计算方法
virtual M—Vector Function—Det(M—Vector XX);向量梯度计算方法
virtual M—Vector * * Function—Hension(M—Vector XX);Hension 矩阵求解方法
virtual void Get—Search—Area(double * Begin,double * End);
一维搜索区间的确定方法
virtual double Get—Step—Golden();黄金分割方法
virtual double Get—Step—Insert();二次插值方法
virtual int Is—End();结束条件
virtual int Cord—Swap();坐标轮换方法
virtual int PowellLow();简单 Powell 方法
virtual int PowellHigh();改进的 Powell 方法
virtual int Con—Stair();共厄梯度方法
virtual int Re—Newton();改进的牛顿方法
virtual int DFP();DFP 方法
virtual int BDFP();改进的 DFP 方法
virtual double Get—Step—Method();获得步长求解方法
virtual int Get—Solve—Method();获得问题的求解方法
virtual M—Vector Gause();
Gause 消元方法。

```

超星浏览器提醒您：  
使用本复制品  
请尊重相关知识产权！

```
private;
```

```
M—Vector XK;顶点
```

```
M—Vector XK1;新的顶点
```

```
M—Vector SK;步长向量
```

```
double Result;最优结果
```

```
double Es;计算精度
```

```
double Step;计算步长
```

```
};
```

```
# endif
```

下面是上述方法的实现

```
# include "e:\optic\optic\optibase.h"
```

```
OpticBase::OpticBase(M—Vector OrigXK,double es,double OrigStep)
```

```
{XK = OrigXK;Es = es;Step = OrigStep;SK = XK;XK1 = XK;}
```

```
void OpticBase::Get—Search—Area(double * Begin,double * End)
```

超星浏览器提醒您：  
使用本复制品  
请尊重相关知识产权！

```

{double ak1,ak2,ak3,ak;double fa1,fa2,fa3;int flag;结束标志
flag = 1; ak1 = 0.0; fa1 = Function—Step(ak1); ak = Step; ak2 = ak1 + ak;
fa2 = Function—Step(ak2); while(flag == 1)
{ if(fa2 >= fa1) } ak3 = ak1; fa3 = fa1; ak = - Step; }
else {ak3 = ak2 + ak; fa3 = Function—Step(ak3); ak * = 2;
if(fa3 >= fa2)flag = 0; }
while(flag == 1)
{ ak1 = ak2; fa1 = fa2; ak2 = ak3; fa2 = fa3; ak3 = ak2 + ak; fa3 = Function—Step(ak3);
if(fa3 >= fa2) flag = 0; ak = 2 * ak; } }
if(ak1 > ak3) { * End = ak1; * Begin = ak3; }
else { * End = ak3; * Begin = ak1; } }
double OpticBase::Get—Step—Golden()
{double a1,a2; fa1,fa2; End,Begin;
Get—Search—Area(&Begin,&End);
a2 = Begin + 0.618 * (End - Begin); a1 = End - 0.618 * (End - Begin);fa1 = Function—Step(a1);
fa2 = Function—Step(a2);
do{//printf("End = %f \ nBegin = %f \ n",End,Begin);
//printf("a1 = %f \ na2 = %f \ n",a1,a2);
//printf("fa1 = %f \ nfa2 = %f \ n",fa1,fa2);
if(fa1 > fa2) { Begin = a1;a1 = a2;fa1 = fa2;a2 = Begin + 0.618 * (End - Begin);
fa2 = Function - Step(a2); }
else{End = a2; a2 = a1; fa2 = fa1; a1 = End - 0.618 * (End - Begin);
fa1 = Function—Step(a1); }
}while(fabs(End - Begin) >= Es); return(0.5 * (End + Begin));
}
double OpticBase::Get—Step—Insert()
{double a1,a2,a3,ap; fa1,fa2,fa3,fap; s1,s2; Result;
int flag;
Get—Search—Area(&a1,&a3); a2 = 0.618 * (a1 + a3); ap = a2; fa1 = Function—Step(a1);
fa2 = Function—Step(a2); fa3 = Function—Step(a3); flag = 0;
do{//printf("a1 = %f \ na2 = %f \ na3 = %f \ nap = %f \ n",a1,a2,a3,ap);
//printf("fa1 = %f \ nfa2 = %f \ n",fa1,fa2);
if((a3 - a1) == 0 || (a2 - a3) == 0 || (a2 - a1) == 0){flag = 1; Result = ap; }
if(flag == 0) {s1 = (fa3 - fa1)/(a3 - a1); s2 = ((fa2 - fa1)/(a2 - a1) - s1)/(a2 - a3);
if(s2 == 0){Result = 0.5 * (a1 + a3); flag = 1; }
if(flag == 0) {ap = 0.5 * (a1 + a3 - s1/s2); fap = Function—Step(ap);
if((ap - a1) * (a3 - ap) < 0){flag = 1; Result = 0.5 * (a1 + a3); }
}
if(flag == 0){if(a2 < ap) {if(fa2 < fap) {a3 = ap; fa3 = fap; }
else{a1 = a2; a2 = ap; fa1 = fa2; fa2 = fap; }
}
else{if(fa2 < fap) {a1 = ap; fa1 = fap; }
else{a3 = a2; a2 = ap; fa3 = fa2; fa2 = fap; } }
}

```

```

|
|
// Num + + ; // getchar();
| while( fabs(a3 - a1) > Es && (flag == 0)); return Result;
|
int OpticBase::IsEnd()
|M-Vector Det-Func, Det-X;
double p;
Det-Func = Function-Det(XK);
if(Det-Func.Model() <= Es) |p = XK1.Model(); if(p < Es) |p = 1; |
p = Es * p; Det-X = XK1 - XK;
if(Det-X.Model() <= p) |p = Function(XK1);
if(p < Es) |p = 1; | p = Es * p;
if(fabs(Function(XK1) - Function(XK)) <= p) |return TURE; ||
|return FALSE;
|
double OpticBase::Get-Step-Method()
|return Get-Step-Golden();|
int OpticBase::Get-Solve-Method()
|return 0; |
int OpticBase::Do()
|int IsRight; IsRight = Get-Solve-Method(); return IsRight;|
M-Vector OpticBase::Gause(M-Vector * * a, M-Vector * X)
|int n, i, j, k, maxi; /* MAXI 存储最大的列号 */
double max; /* 最大列主元 */
//void D-Swap(double * , double * );
/* 遍历选取最大列主元并记录最大列号 */
n = X.Model();
for(k = 0; k < n; k + + )
|max = a[k][k]; maxi = k;
for(i = k + 1; i < n; i + + ) |if(fabs(max) < fabs(a[i][k]))
|max = a[i][k]; maxi = i; ||
if(fabs(max) < Eqs) return(-1); /* 当列主元的最大值十分小时退出 */
/* 列交换过程 */
if(maxi != k) { for(j = k; j < n; j + + )
|D-Swap( &a[k][j], &a[maxi][j]; |
D-Swap( &b[k], &b[maxi]);
|
/* 消去过程 */
if(k != n - 1)
|for(j = k + 1; j < n; j + + )
|a[j][k] /= max;
for(i = k + 1; i < n; i + + )

```

超星浏览器提醒您：  
使用本复制品  
请尊重相关知识产权！

```

|a[j][i] -= a[k][i] * a[j][k]; |
|
|
if(k! = n - 1) |for(j = k + 1;j < n;j + +) | b[j] -= b[k] * a[j][k];|}
|
/* 回代求方程 */
b[n - 1] /= max;
for(i = n - 2;i >= 0;i - -)
|for(j = i + 1;j < n;j + +)
|b[i] -= a[i][j] * b[j];|
b[i] /= a[i][i]; |
return b;
|
int OpticBase::Cord--Swap()
| double ak, lsend;
int i, j, n;
M--Vector Dec--X, Cur--X;
n = XK.Length();
// cout << XK.Length() << "\ n";
do{Cur--X = XK1;
// for(i = 0;i < n;i + +)
//|SK[i] = 0.0;|
for(i = 0;i < n;i + +)
|XK = XK1;
for(j = 0;j < n;j + +)
|SK[j] = 0.0;
if(i = j)|SK[j] = 1.0;|
|
// cout << XK[0] << "\ n" << XK[1] << "\ n";
ak = Get--Step--Method();
XK1 = XK + SK * ak;
|
Dec--X = XK1 - XK;
// cout << Dec--X[0] << " = = " << Dec--X[1] << "\ n";
lsend = Dec--X.Model();
// cout << lsend << "\ n";
|while(fabs(lsend) > Es);
XK = XK1; Result = Function(XK);return TURE;
|
int OpticBase::PowellLow()
|int i, j, n;
double ak;
n = XK.Length(); M--Vector * * mSK;

```

超星浏览器提醒您：  
使用本复制品  
请尊重相关知识产权！

```

// M—Vector lf(n); //, * lk; //lk = new M—Vector(n);
M—Vector nSK(n), Dec—X(n), Cur—X(n); mSK = new M—Vector * [n + 1];
for(i = 0; i < n + 1; i++)
    { mSK[i] = new M—Vector(n); }
// cout << SK[0] << SK[1] << "\n";
nSK = M—Vector(n);
for(j = 0; j < n + 1; j++)
    { for(i = 0; i < n; i++)
        { nSK[i] = 0.0; }
      * mSK[j] = nSK;
    }
/* //cout << mSK[0][0] << mSK[0][1] << mSK[0].Length() << "\n";
XK1 = mSK[j]; cout << XK1[0] << XK1[1] << "\n"; */
do
    { Cur—X = XK;
      for(j = 0; j < n; j++)
          { XK = XK1; SK = * mSK[j]; ak = Get—Step—Method(); XK1 = XK + SK * ak; }
        XK = XK1; * mSK[n] = XK1—Cur—X; SK = * mSK[n]; ak = Get—Step—Method();
        XK1 = XK + SK * ak;
        for(i = 0; i < n; i++)
            { nSK = * mSK[i + 1]; * mSK[i] = nSK; }
        Dec—X = XK1—Cur—X; XK = XK1; } while(Dec—X.Model() >= Es);
    for(i = 0; i < n + 1; i++) { delete mSK[i]; }
    delete[] mSK; XK = XK1; Result = Function(XK); return TURE;
}

double OpticBase::Function—Step(double ak)
    { double value;
      M—Vector XX;
      XX = XK + SK * ak; value = Function(XX); return value;
    }

int OpticBase::PowellHigh()
    { int i, j, n, X—Mark;
      double Det—Fun, Det—Max, Fun1, Fun2, Fun3, Cur—Re1, Cur—Re2;
      double ak;
      n = XK.Length();
      M—Vector ** mSK;
      M—Vector nSK(n), Dec—X(n), Cur—X(n);
      mSK = new M—Vector * [n + 1];
      for(i = 0; i < n + 1; i++)
          { mSK[i] = new M—Vector(n); }
      nSK = M—Vector(n);
      for(j = 0; j < n; j++)
          { for(i = 0; i < n; i++)
              {

```

超星浏览器提醒您：  
使用本复制品  
请尊重相关知识产权！

```

| nSK[i]=0.0; //SK[i]=0.0;
if(i==j){nSK[i]=1.0; // SK[i]=0.0; |
|
* mSK[j]=nSK; /* //cout<<SK[0]<<SK[1]<<"\n"; XK1=mSK[j];
cout<<XK1[0]<<XK1[1]<<"\n"; */
|
do|
Cur-X=XK; Det-Max=0.0;
for(j=0;j<n;j++)
{XK=XK1; SK=*mSK[j]; ak=Get-Step-Method();
// cout<<SK[0]<<SK[1]<<"\n"; // cout<<XK[0]<<XK[1]<<ak<<"\n";
XK1=XK+SK*ak; Det-Fun=Function(XK)-Function(XK1);
if(Det-Fun>Det-Max)
{Det-Max=Det-Fun; X-Mark=j; |
|
XK=XK1; XK1=XK*2-Cur-X; Fun1=Function(Cur-X); Fun2=Function(XK);
Fun3=Function(XK1); Cur-Re1=(Fun1-Fun2*2+Fun3)*(Fun1-Fun2-Det-Max)
*(Fun1-Fun2-Det-Max); Cur-Re2=0.5*Det-Max*(Fun1-Fun3)*(Fun1-Fun3);
if(((Fun1>Fun3)&&(Cur-Re1>=Cur-Re2))||((Fun3>=Fun1))
| if(Fun2<=Fun3) {XK1=XK; |}
else
|//nSK=*mSK[n]; //mSK[n]=mSK[0]; *mSK[n]=XK-Cur-X; SK=*mSK[n];
ak=Get-Step-Method(); XK1=XK+SK*ak;
for(i=X-Mark;i<n+1;i++) {*mSK[i]=*mSK[i+1];} // *mSK[n]=nSK;
|
Dec-X=XK1-Cur-X; XK=XK1;
|while(Dec-X.Model())>=Es);
XK=XK1; Result=Function(XK);
for(i=0;i<n+1;i++) {delete mSK[i]; |}
delete[]mSK; return TURE;
|
int OpticBase::Con-Stair()
|int n;
double ak,bk;
n=XK.Length();
M-Vector Det-X1(n),Det-X2(n),Cur-SK(n);
Det-X1=Function-Det(XK); bk=Det-X1.Model(); SK=Det-X1/bk;ak=Get-Step-Method();
XK1=XK+SK*ak;
do
| Det-X1=Function-Det(XK); Det-X2=Function-Det(XK1);
ak=Det-X1.Model()*Det-X1.Model(); bk=Det-X2.Model()*Det-X2.Model();
ak=bk/ak; Cur-SK=-Det-X2; XK=XK1; SK=Cur-SK+SK*ak;;
ak=Get-Step-Method(); XK1=XK+SK*ak; Det-X2=Function-Det(XK1);

```

超星浏览器提醒您：  
使用本复制品  
请尊重相关知识产权！

```

| while(Det—X2.Model() >= Es); XK = XK1; Result = Function(XK); return TURE;
|
int OpticBase::Re—Newton()
|M—Vector * * HensionX;
M—Vector Det—FunX;
int n;
double ak;
n = XK.Length();
Det—FunX = M—Vector(n);
do| XK = XK1; HensionX = Function—Hension(XK); Det—FunX = Function—Det(XK);
SK = Gause(HensionX, Det—FunX); ak = Get—Step—Method(); XK1 = XK + SK * ak;
| while(Det—FunX.Model() > Es);
XK = XK1; Result = Function(XK); return TURE;
|
int OpticBase::DFP()
| M—Vector Dec—X, Det—FunX1, Det—FunX2, Dec—GX, Me—GX;
double * * Orig—A, * Cur—1, * Cur—2;
double Cur—Re1, Cur—Re2, Cur—Re3, Cur—Re4, ak;
int i, j, n, l, k;
n = XK.Length();
Orig—A = new double * [n];
Cur—1 = new double[n];
Cur—2 = new double[n];
for(i=0; i<n; i++) {Orig—A[i] = new double[n]; }
do|
for(i=0; i<n; i++)
| for(j=0; j<n; j++)
| Orig—A[i][j] = 0.0; if(i==j)Orig—A[i][j] = 1.0;
|
|
for(l=0; l<n; l++)
| XK = XK1; Det—FunX1 = Function—Det(XK);
for(i=0; i<n; i++)
| Cur—Re1 = 0.0;
for(j=0; j<n; j++)
| Cur—Re1 += Orig—A[i][j] * Det—FunX1[j]; }
SK[i] = Cur—Re1;
|
ak = Get—Step—Method(); XK1 = XK + SK * ak;
Det—FunX1 = Function—Det(XK1);
if(Det—FunX1.Model() >= Es)
| Dec—GX = Det—FunX2—Det—FunX1; Dec—X = XK1 - XK;
for(i=0; i<n; i++)

```

浏览器提醒您：  
使用本复制品  
请尊重相关知识产权！



```

| Cur-1[i] = 0.0; Cur-2[i] = 0.0;
for(j = 0; j < n; j++)
| Cur-1[i] += Orig-A[i][j] * Dec-GX[j];
Cur-2[i] += Orig-A[j][i] * Dec-GX[j];
|
|
for(i = 0; i < n; i++)
| for(j = 0; j < n; j++)
| Cur-Re1 = 0.0; Cur-Re2 = 0.0; Cur-Re4 = 0.0;
for(k = 0; k < n; k++)
| Cur-Re2 += Dec-X[k] * Dec-GX[k]; |
Cur-Re1 = Dec-X[i] * Dec-X[j];
for(k = 0; k < n; k++)
| Cur-Re4 += Cur-2[k] * Dec-GX[k]; |
Cur-Re3 = Cur-1[i] * Cur-2[j];
Orig-A[i][j] += (Cur-Re1/Cur-Re2 - Cur-Re3/Cur-Re4);
|
|
|
|
| while(Det-FunX1.Model() >= Es);
delete[] Cur-1; delete[] Cur-2;
for(i = 0; i < n; i++)
| delete[] Orig-A[i]; |
delete[] Orig-A; XK = XK1; Result = Function(XK); return TURE;
|
int OpticBase::BDFP()
| M-Vector Dec-X, Det-FunX1, Det-FunX2, Dec-GX, Me-GX;
double * * Orig-A, * Cur-1, * Cur-2;
double Cur-Re1, Cur-Re2, Cur-Re3, Cur-Re4, Cur-Re5, ak;
int i, j, n, l;
n = XK.Length(); Orig-A = new double * [n]; Cur-1 = new double[n];
Cur-2 = new double[n];
for(i = 0; i < n; i++)
| Orig-A[i] = new double[n]; |
do{
for(i = 0; i < n; i++)
| for(j = 0; j < n; j++)
| Orig-A[i][j] = 0.0;
if(i == j) Orig-A[i][j] = 1.0; |
|
for(l = 0; l < n; l++)
| XK = XK1; Det-FunX1 = Function-Det(XK);

```

超星浏览器提醒您：  
使用本复制品  
请尊重相关知识产权！

```

for(i=0;i<n;i++)
{Cur-Re1=0.0;
for(j=0;j<n;j++) {Cur-Re1+=Orig-A[i][j]*Det-FunX1[j];
SK[i]=Cur-Re1;
}
ak=Get-Step-Method(); XK1=XK+SK*ak; Det-FunX1=Function-Det(XK1);
if(Det-FunX1.Model()>=Es)
{Dec-GX=Det-FunX2-Det-FunX1; Dec-X=XK1-XK; Cur-Re1=0.0;
for(i=0;i<n;i++)
{Cur-Re1+=Dec-X[i]*Dec-GX[i];
for(j=0;j<n;j++)
{Cur-1[i]=0.0; Cur-2[i]=0.0;
for(j=0;j<n;j++)
{Cur-1[i]+=Orig-A[i][j]*Dec-GX[j];
Cur-2[i]+=Orig-A[j][i]*Dec-GX[j];
}
Cur-Re2=0.0; Cur-Re3=0.0; Cur-Re4=0.0;
for(i=0;i<n;i++)
{Cur-Re3+=Dec-GX[i]*Cur-1[i];
Cur-Re4+=Dec-X[i]*Dec-GX[i];
Cur-Re2=Cur-Re3/Cur-Re4;
for(i=0;i<n;i++)
{for(j=0;j<n;j++)
{Cur-Re3=Dec-X[i]*Dec-X[j]*Cur-Re2;
Cur-Re4=Cur-1[i]*Dec-X[j]; Cur-Re5=Cur-2[j]*Dec-X[i];
Orig-A[i][j]+=(Cur-Re3+Cur-Re4-Cur-Re5)/Cur-Re4;
}
}
}
while(Det-FunX1.Model()>=Es);
delete[]Cur-1; delete[]Cur-2;
for(i=0;i<n;i++)
{delete[]Orig-A[i];
delete[]Orig-A; XK=XK1; Result=Function(XK); return TURE;
}
double OpticBase::Function(M-Vector XX)
{return 0.0;}
M-Vector OpticBase::Function-Det(M-Vector XK){return 0.0;}

```

请认真阅读提醒您：  
 使用本复制品  
 请尊重相关知识产权！

### 2.2.3 应用示例

在这里应用上述的基类建立了自己的应用类。

```

#include"e:\optic\optic\optibase.h"
#include"stdio.h"
class TestOptic:public OpticBase
{

```

```

public:
TestOptic(M—Vector OrigXK, double es = 1e - 4, double OrigStep = 1e - 4)
:OpticBase(OrigXK, es, OrigStep) {}
~TestOptic() {}
virtual double Function(M—Vector XX);
virtual M—Vector Function—Det(M—Vector XX);
virtual double Get—Step—Method();
virtual int Get—Solve—Method();
};
double TestOptic::Function(M—Vector XX)
{double Result;
Result = (XX[0]) * (XX[0]) + (XX[1]) * (XX[1]) - XX[0] * XX[1] - 10 * XX[0] - 4 * XX[1] + 60;
return Result;
}
double TestOptic::Get—Step—Method()
{return Get—Step—Golden();
}
int TestOptic::Get—Solve—Method()
{return Cord—Swap();
}
M—Vector TestOptic::Function—Det(M—Vector XX)
{int n;
n = XX.Length();
M—Vector Det—X(n);
Det—X[0] = XX[0] * 2 - XX[1] - 10;
Det—X[1] = XX[1] * 2 - XX[0] - 4;
return Det—X;
}
void main()
{int i;
M—Vector XX(2);
for(j = 0; j < 2; j++)
{XX[j] = 0.0;
}
TestOptic lx(XX);
lx.Do();
XX = lx.Get—X();
cout << lx.Get—Result() << "\n";
for(i = 0; i < 2; i++)
{cout << XX[i] << "\n"; }}

```

### 3 模型试验

在设计箱体及机架时，往往通过模型试验来确定结构的最佳方案，这是一种比较经济和切实

可行的方法，也是机械现代设计方法。对于某些不能直接测试的箱体、机架也可以通过模型试验来得到有关数据。

模型试验包括模型设计，数据测量及数据处



理(将在模型上测得的数据折算到实物上)等三项内容。由于测量模型的方法和测量实物的方法相同,而数据处理和模型设计有关,所以模型试验所研究的主要问题是怎样设计一个模型,尽量能够如实地反映实物的强度,刚度及振动稳定性等力学特征,并确定模型和实物的相似关系。

箱体、机架模型试验主要完成以下工作:

第一,确定模型和实际结构的相似关系;

第二,选择模型材料,进行模型结构设计,制作模型;

第三,根据模型和实物的相似关系及模型结构确定模型的载荷大小及分布,并确定加载方法;

第四,测试,整理所得数据,根据其相似关系将所测结果折算到实物上。

模型试验也存在一些缺欠之处,如模型材料的蠕变大,对周围环境的温度和湿度的变化颇为敏感;实物中的应力集中、摩擦力、残余应力,阻尼情况等条件在模型中难以如实反映;模型和实物中在细部结构方面的差异;模型的尺寸比例系数不能和实物完全一致等情况使得所测数据会有一些的误差,有时还要用实物测试加以验证。

### 3.1 相似理论及相似条件

#### 3.1.1 相似三定理

模型试验的理论基础是相似理论,相似理论的基本原则可以归纳为三个相似定理。

##### (1) 相似第一定理

在彼此相似的现象中,同名的相似准则必定相等。这一定理主要说明,在相似的物理现象中,同类物理量的比值为常数(称为相似系数),而不同类物理量的相似系数不同,相似第一定理又称为相似正定理。

现通过牛顿第二定律对上述定理加以说明。如果有一个动力系统,其作用力  $F$ , 质量  $m$ , 加速度  $a$  必然满足以下关系:

$$F = ma$$

对于另一个与其相似的动力系统,则

$$F' = m'a'$$

根据相似第一定理则二个系统的同类物理量必然成比例,即

$$\frac{F'}{F} = C_F, \quad \frac{m'}{m} = C_m, \quad \frac{a'}{a} = C_a$$

式中  $C_F$ 、 $C_m$ 、 $C_a$  称为相似系数,同时也可得:

$$\frac{F'}{F} = \frac{m'}{m} \cdot \frac{a'}{a}$$

所以

$$C_F = C_m \cdot C_a \quad \text{或} \quad \frac{C_F}{C_m \cdot C_a} = 1$$

由上式可知,两个相似系统中的相似系数有一定的关系,不能任意选取,其中两个选定以后,第三个必须根据其关系或确定。上式亦称为动力系统的相似指标,它表示相似系数之间的关系。两个系统相似,其相似指标为 1。

这两个相似的动力系统也可以用下式表示:

$$\frac{F}{ma} = \frac{F'}{m'a'}$$

这就是动力学模型试验中应满足的相似条件,对于所有的相似系统,这一无量纲组合都是相同的,用  $K$  表示,则

$$K = \frac{F}{ma} = idem \quad (idem \text{ 表示同一数值的意思})$$

上式可称为相似准则,相似现象有相同的相似准则。

##### (2) 相似第二定理

在彼此相似的现象中,任何过程的变量和参数之间的函数关系的方程都可以转化为无量纲方程形式。

许多物理现象可以用无量纲的参量来表示,如  $\left[\frac{y}{L}\right]$ 、 $\left[\frac{L^4}{I}\right]$ 、 $\left[\frac{P}{EL^2}\right]$  都是无量纲的数,工程上常用  $\pi$  来表示(此时  $\pi$  不是圆周率,只是个符号)。所以上述无量纲数可以表示为

$$\pi_1 = \frac{y}{L}, \quad \pi_2 = \frac{L^4}{I}, \quad \pi_3 = \frac{P}{EL^2}$$

如果被研究的系统可用函数关系式表示:

$$f(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n) = 0$$

通过量纲分析,可用无量纲参量方程

$$\phi(\pi_1, \pi_2, \pi_3, \dots, \pi_n) = 0$$

来表示,上述方程称为判据方程,据此,式  $K =$

$\frac{F}{ma} = idem$  可以写成

$$\pi = \frac{F}{ma} = idem$$

相似第二定理亦称为  $\pi$  定理。

##### (3) 相似第三定理

现象相似的必要和充分条件是单值条件相似和同名的已定相似准则相等。

相似第三定理所确定的两个相似系统的充分必要条件是在进行模型试验中必须保证的。所谓的单值条件,是指能够根据某一现象的特征把它从该类许多物理现象中区分出来的那些条件。属于单值条件的有:系统的几何特征,对研究对象产生突出变化的物理量,系统的初始条件和边界条件等。

### 3.1.2 模型设计的相似条件

对于机架设计来说,根据相似理论,模型和实物间相似的条件是:要保证模型和实物的力学相似,力学相似包括以下几个方面。

#### (1) 几何相似

模型和实物各对应的几何尺寸应有相同的比例,即

$$C_l = \frac{L_S}{L_M}$$

式中  $C_l$  ——几何相似系数;

$L_S$ 、 $L_M$  ——实物及模型任一相对应的长度。

这里的下角标 S 为实物, M 为模型,以下相同。

按此相似条件,当系统  $C_l > 1$  时,模型小于实物。由此也可以导出截面积  $A$  的比例系数  $C_A$  及体积比例系数  $C_V$ 。

$$C_A = \frac{L_S^2}{L_M^2} = C_l^2$$

$$C_V = \frac{L_S^3}{L_M^3} = C_l^3$$

在模型试验中,对于三维应力状态的模型,一定要与实物全面的几何相似。对于二维应力状态时可以要求平面内尺寸保持几何相似,而模型厚度可以是任意的,不要求几何相似。

#### (2) 物理参数相似

模型和实物的各部分的各物理量如弹性模量  $E$ ,泊桑比  $\mu$ ,密度  $\rho$  等各应有相同的相似系数,必须满足:

$$\frac{E_S}{E_M} = C_E, \quad \frac{\mu_S}{\mu_M} = C_\mu, \quad \frac{\rho_S}{\rho_M} = C_\rho$$

式中常数  $C_E$ ,  $C_\mu$ ,  $C_\rho$ , 分别为弹性模量,泊桑比,密度的相似系数。

#### (3) 动力相似

作用在模型和实物上的外力保持恒定的比例称为动力相似,可表示为

$$C_F = \frac{F_S}{F_M}$$

$F_S$  及  $F_M$  分别为作用于实物和模型上的外力,外力比例系数  $C_F$  为常数。

如果  $C_F$  和  $C_l$  已经确定,则应力比例系数  $C_\sigma$  不能任意选取,应为

$$C_\sigma = \frac{\sigma_S}{\sigma_M} = \frac{F_S/A_S}{F_M/A_M} = \frac{F_S/F_M}{A_S/A_M} = \frac{C_F}{C_l^2}$$

或

$$\sigma_S = \frac{C_F}{C_l^2} \sigma_M \quad \sigma_S = C_\sigma \cdot \sigma_M$$

由上式并根据应力相似系数  $C_\sigma$  可从模型上测得的应力值换算出实物的应力值。

#### (4) 时间相似和初始条件相似

对于动态模型必须满足的条件,即要求有时间、频率、速度、加速度的相似。

#### (5) 边界条件相似

模型的边界条件和实物的边界条件相同。例如对三梁四柱式水压机上横梁进行模型试验时,上横梁模型的连接方式(即上横梁的位移边界条件)也应该采用拉紧螺栓连接,和实物的连接方式相同。

## 3.2 相似准则的计算

从相似准则可以求出各参数之间的关系,从而求出所需要的参数。相似准则有两种计算方法,即方程分析法和量纲分析法。

### 3.2.1 方程分析法

方程分析法是建立在对微分方程组和单值条件的分析上,就是把基本微分方程的所有变量都用与它成比例的量来替换,也就是乘以相应的相似系数,用乘完系数以后的方程式与原来的方程式逐项的加以对比,就可以得到一个或一组相似指标,也就确定了相应的相似准则。

如在梁的弯曲模型试验中,已知梁弯曲变形微分方程成为:

$$\frac{d^2 \Delta}{dl^2} = -\frac{M}{EI}$$

式中  $\Delta$  ——梁的挠度 (m);

$l$  ——梁的长度 (m);

$M$  ——弯矩 (N·m);

$E$  ——材料的弹性模量 (Pa);

$I$  ——梁的截面惯性矩 (m<sup>4</sup>)。

则实物和模型的微分方程分别为

$$\frac{d^2 \Delta_S}{dl_S^2} = \frac{-M_S}{E_S I_S}, \quad \frac{d^2 \Delta_M}{dl_M^2} = \frac{-M_M}{E_M I_M}$$

设  $\Delta, l, M, E, I$  的相似系数分别为  $C_\Delta, C_l, C_M, C_E, C_I$ , 则

$$\Delta_S = C_\Delta \cdot \Delta_M; \quad l_S = C_l \cdot l_M; \quad M_S = C_M \cdot M_M$$

$$E_S = C_E \cdot E_M; \quad I_S = C_I \cdot I_M$$

又因为 
$$\frac{d^2 \Delta_S}{dl_S^2} = \frac{C_\Delta}{C_l^2} \cdot \frac{d^2 \Delta_M}{dl_M^2}$$

综合以上各式得:

$$\frac{C_\Delta}{C_l^2} \cdot \frac{d^2 \Delta_M}{dl_M^2} = - \frac{C_M}{C_E C_I} \cdot \frac{M_M}{E_M I_M} \quad \text{及}$$

$$\frac{C_\Delta}{C_l^2} = \frac{C_M}{C_E C_I}$$

由于  $C_l = C_l^4, C_M = C_F C_l$

式中  $C_F$  —— 力  $F$  的相似系数,  $C_F = \frac{F_1}{F_2}$

$F_S, F_M$  —— 加在实物和模型上的集中载荷(N)

综合以上两式可得:

$$\frac{C_\Delta}{C_l^2} = \frac{C_F C_l}{C_E C_I}$$

即得相似条件

$$\frac{C_E C_I C_\Delta}{C_F} = 1$$

因此可得相似准则为

$$\pi = \frac{EI\Delta}{F} = idem$$

当确定实物上的外力  $F_S$  时, 如果取  $C_\Delta = 1$ , 则相似条件为  $\frac{C_E C_I}{C_F} = 1$ , 而  $F_M \cdot C_F = F_S$  所以可得出在模型上施加的外力为

$$F_M = \frac{F_S}{C_E C_I}$$

从上面的结果可以确定, 在进行梁的弯曲模型试验时, 如果选定了模型材料和确定模型尺寸以后, 则  $C_E, C_I$  已经确定, 而实物上施加的外力  $F_S$  是已知的, 如果在模型上施加外部力  $F_M = \frac{F_S}{C_E C_I}$ , 则模型上的变形量  $\Delta_M$  就是实物上的变形量  $\Delta_S$ , 因为我们取  $C_\Delta = 1$ 。如果模型很小,  $\Delta_M$  不容易测定, 则可取  $C_\Delta$  为可行的任意整数, 根据以上的方法及相似条件和相似准则可计算出模型上所施加的外力  $F_M$ 。在完成模型试验后, 可将测得的变形量  $\Delta_M$  乘以相似系数  $C_\Delta$  就得出实物的变形量  $\Delta_S$ 。

### 3.2.2 量纲分析法

如果所研究的现象不能用准确的方程式来表达它们之间的相互关系, 但已经知道方程中包含哪些相关的物理量时, 必须采用量纲分析法来确定相似条件和相似准则。

常用的力学量纲如表 30.3-3 所示。

表 30.3-3 常见物理量的量纲

物理量	量纲		物理量	量纲		物理量	量纲	
	L-T-M-θ	L-T-F-θ		L-T-M-θ	L-T-F-θ		L-T-M-θ	L-T-F-θ
长度 $L$	L	L	力 $F$	MLT <sup>-2</sup>	F	应变 $\epsilon$	L <sup>0</sup> T <sup>0</sup> M <sup>0</sup> θ <sup>0</sup>	L <sup>0</sup> T <sup>0</sup> F <sup>0</sup> θ <sup>0</sup>
质量 $m$	M	L <sup>-1</sup> T <sup>2</sup> F	动量	MLT <sup>-1</sup>	TF	弹性模量 $E$	ML <sup>-1</sup> T <sup>-2</sup>	L <sup>-2</sup> F
时间 $t$	T	T	冲量	MLT <sup>-1</sup>	TF	功 $W$	ML <sup>2</sup> T <sup>-2</sup>	LF
频率 $f, \omega$	T <sup>-1</sup>	T <sup>-1</sup>	角度 $\phi$	L <sup>0</sup> T <sup>0</sup> M <sup>0</sup> θ <sup>0</sup>	L <sup>0</sup> T <sup>0</sup> F <sup>0</sup> θ <sup>0</sup>	功能	ML <sup>2</sup> T <sup>-2</sup>	LF
温度 $\theta$	θ	θ	角速度 $\alpha$	T <sup>-1</sup>	T <sup>-1</sup>	位能	ML <sup>2</sup> T <sup>-2</sup>	LF
面积 $A$	L <sup>2</sup>	L <sup>2</sup>	角加速度 $\omega$	T <sup>-2</sup>	T <sup>-2</sup>	刚度 $K$	MT <sup>-2</sup>	L <sup>-1</sup> F
体积 $V$	L <sup>3</sup>	L <sup>3</sup>	力矩 $M$	ML <sup>2</sup> T <sup>-2</sup>	LF	阻尼比 $\zeta$	L <sup>0</sup> T <sup>0</sup> M <sup>0</sup> θ <sup>0</sup>	L <sup>0</sup> T <sup>0</sup> F <sup>0</sup> θ <sup>0</sup>
密度 $\rho$	ML <sup>-3</sup>	L <sup>-1</sup> T <sup>2</sup> F	转动惯量 $J$	ML <sup>2</sup>	LT <sup>2</sup> F	泊松比 $\mu$	L <sup>0</sup> T <sup>0</sup> M <sup>0</sup> θ <sup>0</sup>	L <sup>0</sup> T <sup>0</sup> F <sup>0</sup> θ <sup>0</sup>
速度 $v$	LT <sup>-1</sup>	LT <sup>-1</sup>	压力 $p$	ML <sup>-1</sup> T <sup>-2</sup>	L <sup>-2</sup> F	比热 $C$	L <sup>2</sup> Tθ <sup>-1</sup>	L <sup>2</sup> Tθ <sup>-1</sup>
加速度 $a$	LT <sup>-2</sup>	LT <sup>-2</sup>	应力 $\sigma$	ML <sup>-1</sup> T <sup>-2</sup>	L <sup>-2</sup> F			

现以模型试验研究机架动态特征为例说明采用量纲分析法确定相似准则的步骤。

### (1) 确定各有关物理量

箱体、机架的动态特征

$$f(f, L, \Delta, \rho, E, \mu, \zeta, F) = 0$$

在上述8个物理量中选出3个独立的物理量作为基本量,如长度 $L$ ,密度 $\rho$ ,弹性模量 $E$ ,将其余5个物理量用这3个基本量表示,分析和比较它们之间的量纲,就和固有频率 $f$ ,尺寸 $L$ ,线位移 $\Delta$ ,密度 $\rho$ ,材料的弹性模量 $E$ ,泊桑比 $\mu$ ,阻尼比 $\zeta$ ,激振力 $F$ 等物理量有关,可以用下式表达:

可以得出5个无量纲的关系式就是所求的相似准则。所以固有频率可表达为

$$f = kL^a \cdot \rho^b \cdot E^c$$

式中 $a, b, c$ 为未知指数, $k$ 为无量纲系数。

### (2) 求未知指数

按表30.3-3可查出3个基本量的量纲,用长度 $L$ ,质量 $M$ ,时间 $T$ 来表示:

$$[L] = [L] \quad [E] = [ML^{-1}T^{-2}]$$

$$[\rho] = [ML^{-3}] \quad [f] = [T^{-1}]$$

代入上式可得:

$$[T^{-1}] = [L^a (ML^{-1}T^{-2})^b (ML^{-3})^c]$$

$$[T^{-1}] = [L^{a-b-3c}] [M^{b+c}] [T^{-2b}]$$

比较上式各指数可得一组方程

$$\left. \begin{aligned} -2b &= -1 \\ b+c &= 0 \\ a-b-3c &= 0 \end{aligned} \right\}$$

求解后可得:  $a = -1$   $b = \frac{1}{2}$   $c = -\frac{1}{2}$

可由  $f = kL^a \rho^b E^c$  得出:

$$f = kL^{-1} E^{\frac{1}{2}} \rho^{-\frac{1}{2}} = \frac{k}{L} \sqrt{\frac{E}{\rho}}$$

### (3) 求相似准则及相似系数

由上式可求出相似准则为:

$$\pi = \frac{f^2 L^2 \rho}{E} = idem$$

所以各相似系数之间的关系为

$$\frac{C_f^2 C_L^2 C_\rho}{C_E} = 1$$

当 $L, E, \rho$ 三个参量的相似系数选定后,振动频率的相似系数 $C_f$ 为

$$C_f = \frac{f_s}{f_M} = \frac{1}{C_L} \sqrt{\frac{C_F}{C_\rho}}$$

因此,只要满足上述相似准则中各相应的相似系数,就可以根据模型试验中测得的模型的固有频率 $f_M$ 乘以振动频率相似系数 $C_f$ ,求得实物的固有频率。 $C_f, C_E, C_F$ 在制作模型时已确定。

量纲分析法也存在一些不足之处:第一,在量纲分析中,可能会忽略了一些有关的物理量或错误地引入其它无关的物理量,可能导致量纲分析失败。第二,量纲分析法中无法控制量纲为零的物理量,如上述的振动模型试验中,阻尼比 $\zeta$ 是无量纲的,相似比例系数 $C_\zeta$ 只能等于1,但模型和实物的阻尼比不可能完全相等。第三,不能区别量纲相同但在数学方程式中具有不同物理意义的量。例如,长度 $L$ 和变形 $\Delta$ ,同属长度的基本量,相似系数相等。在模型试验中一般希望模型尺寸减小,而在变形量相应减小后就难以准确地测量,因此产生了矛盾。

## 3.3 模型设计

### 3.3.1 弹性结构相似模型设计

模型设计的工作包括:确定模型尺寸,即确定 $C_L$ ,选择模型材料,确定 $C_E$ ;确定模型载荷,即确定 $C_F, C_q$ 。

#### (1) 静态模型设计

对于静态模型,其相似系数有:几何相似系数 $C_L$ 、弹性模量相似系数 $C_E$ 、载荷相似系数 $C_F$ 、分布力相似系数 $C_q$ 、应力相似系数 $C_\sigma$ 、应变相似系数 $C_\epsilon$ 、位移相似系数 $C_\Delta$ 等7个系数。而相似准则(约束)有5个,其自由度为 $7-5=2$ ,即2个相似系数可以任意选择。所以在设计模型时,可以根据情况任选几何相似系数 $C_L$ 及弹性模量系数 $C_E$ 。当 $C_L$ 及 $C_E$ 选定后,模型上的载荷可根据相似条件: $C_F = C_E C_L^2$ ,  $C_q = C_E$ 来确定,即:

$$F_M = F_S \frac{E_M}{E_S} \left( \frac{L_M}{L_S} \right)^2; \quad q_M = q_S \frac{E_M}{E_S}$$

通过模型测试,得到模型的应力 $\sigma_M$ ,应变 $\epsilon_M$ 和变形 $\Delta_M$ ,根据相似条件,  $C_\sigma = C_E$ ,  $C_\epsilon = 1$ 及 $C_\Delta = C_L$ 折算成实物的 $\sigma_S, \epsilon_S$ 和 $\Delta_S$ :

$$\sigma_S = \sigma_M \frac{E_S}{E_M}; \quad \epsilon_S = \epsilon_M; \quad \Delta_S = \Delta_M \frac{L_S}{L_M}$$

假若模型和实物的材料相同,则 $C_E = 1$ ,当几何相似系数 $C_L = \frac{L_S}{L_M}$ 选定后,则载荷相似系数

可以这样确定：

$$C_q = \frac{q_s}{q_M} = 1; C_F = \frac{F_s}{F_M} = C_l^2 = \left(\frac{l_s}{l_M}\right)^2$$

而实物上的应力和应变及位移可按下式折算：

$$\sigma_s = \sigma_M; \epsilon_s = \epsilon_M; \Delta_s = \Delta_M \frac{l_s}{l_M}$$

(2) 动态模型设计

对于动态模型的相似条件（不考虑自重力  $X$ ，但考虑惯性力  $\rho \frac{\partial u^2}{\partial t^2}$ ）有些在前面的例子中已经导出，即：

$$\left. \begin{aligned} C_t = \frac{C_\Delta}{C_l} = 1; C_o = C_E = C_q; C_F = C_E C_l^2 \\ C_l = \frac{1}{C_l} \sqrt{\frac{C_E}{C_p}} = \frac{1}{C_l} \end{aligned} \right\}$$

式中  $C_t = \frac{t_s}{t_M}$ ——时间相似系数；

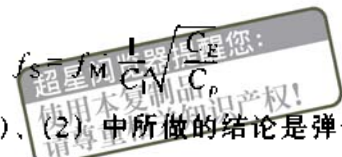
$C_l = \frac{f_s}{f_M}$ ——频率相似系数。

所以在设计动态模型时， $C_l, C_E$  可任意选定；当此两项值选定以后，模型载荷的大小就可以确定，而载荷的频率为

$$f_M = f_s C_l = \sqrt{\frac{C_p}{C_E}}$$

则实物上各点的动态应力、应变、位移（振幅），振动频率等由下面关系折算：

$$\left. \begin{aligned} \sigma_s = \sigma_M \frac{E_s}{E_M}; \epsilon_s = \epsilon_M \\ \Delta_s = \Delta_M \frac{l_s}{l_M} \end{aligned} \right\}$$



从以上 (1)、(2) 中所做的结论是弹性模型设计的一般关系。它不但适用于小变形问题——弹性结构的载荷与变形，载荷与应力均成线性关系；而且适用于大变形问题——载荷与变形、载荷与应力之间是非线性关系，但材料仍服从虎克定律。所谓弹性大变形是指载荷与变形间的非线性关系，不是由于材料进入塑性而引起的，而是由于结构的刚度比较小或载荷作用的相互影响而造成的非线性。如细长杆受横向力及轴向力作用时的弯曲问题，薄板或薄壳的大挠度问题等。

(3) 弹性小变形问题的模型设计

在小变形问题中，相似条件  $C_\Delta = C_l$  可以不要，其静态的相似准则为

$$\left. \begin{aligned} \frac{C_E}{C_l} = \text{任意值}; C_t = \frac{C_\Delta}{C_l}; C_t = \frac{C_s}{C_E} \\ C_q = C_o; C_F = C_q C_l^2 \end{aligned} \right\}$$

在这情况下， $C_l, C_E, C_F$  可以任选。分布载荷相似系数  $C_q$  为：

$$C_q = \frac{C_F}{C_l^2}$$

应力、应变，位移按下式换算：

$$\left. \begin{aligned} \sigma_s = \sigma_M \frac{F_s}{F_M} \left(\frac{l_M}{l_s}\right)^2 \\ \epsilon_s = \epsilon_M \frac{F_s}{F_M} \cdot \frac{E_M}{E_s} \left(\frac{l_M}{l_s}\right)^2 \\ \Delta_s = \Delta_M \frac{F_s E_M l_M}{F_M E_s l_s} \end{aligned} \right\}$$

弹性小变形结构的相似关系见表 30.3-4。

表 30.3-4 弹性小变形结构相似关系

载荷形式	应力折算	应变折算	变形折算
集中载荷	$\sigma_s = \frac{C_F}{C_l^2} \sigma_M$	$\epsilon_s = \frac{C_F}{C_l^2} \cdot \frac{E_M}{E_s} \epsilon_M$	$\Delta_s = \frac{C_F}{C_l} \cdot \frac{E_M}{E_s} \cdot \Delta_M$
力矩 $M$	$\sigma_s = \frac{C_M}{C_l^3} \sigma_M$	$\epsilon_s = \frac{C_M}{C_l^3} \cdot \frac{E_M}{E_s} \epsilon_M$	$\Delta_s = \frac{C_M}{C_l^2} \cdot \frac{E_M}{E_s} \cdot \Delta_M$
单位面积上的分布力 $P$	$\sigma_s = \left(\frac{F_s}{F_M}\right) \sigma_M$	$\epsilon_s = \left(\frac{F_s}{F_M}\right) \cdot \frac{E_M}{E_s} \epsilon_M$	$\Delta_s = \frac{F_s}{F_M} \cdot \frac{E_M}{E_s} \cdot \Delta_M \cdot C_l$
单位长度上的分布力 $q$	$\sigma_s = \frac{q_s}{q_M} \frac{1}{C_l} \sigma_M$	$\epsilon_s = \left(\frac{q_s}{q_M}\right) \frac{E_M}{E_s} \cdot \frac{1}{C_l} \epsilon_M$	$\Delta_s = \left(\frac{q_s}{q_M}\right) \frac{E_M}{E_s} \cdot \Delta_M$
单位体积上的分布力 $\gamma$	$\sigma_s = \left(\frac{\gamma_s}{\gamma_M}\right) \cdot C_l \sigma_M$	$\epsilon_s = \left(\frac{\gamma_s}{\gamma_M}\right) \cdot \frac{E_M}{E_s} C_l \epsilon_M$	$\Delta_s = \left(\frac{\gamma_s}{\gamma_M}\right) \frac{E_M}{E_s} C_l^2 \Delta_M$
离心载荷转速 $n$	$\sigma_s = \left(\frac{\rho_s}{\rho_M}\right) \left(\frac{n_s}{n_M}\right)^2 C_l^2 \sigma_M$	$\epsilon_s = \left(\frac{\rho_s}{\rho_M}\right) \left(\frac{n_s}{n_M}\right)^2 \frac{E_M}{E_s} C_l^2 \epsilon_M$	$\Delta_s = \left(\frac{\rho_s}{\rho_M}\right) \left(\frac{n_s}{n_M}\right)^2 \frac{E_M}{E_s} C_l^3 \Delta_M$



### 3.3.2 弹性结构变态模型设计

在某些薄壁结构中, 机架的长、宽、高尺寸的壁厚相差较大, 如果按照三维方向几何尺寸缩小制造模型, 会产生工艺的困难, 就无法采用完全几何相似的方法设计模型, 而要采用一种非完全几何相似的方法设计模型, 即所谓的“变态模型”。

进行变态模型设计的关键是, 不必完全按几何相似系数缩小, 但需把相似准则中关键的一项相似系数予以保留, 现以焊接工字梁承受弯曲变形为例说明变态模型设计的一般方法。

变态模型的设计步骤如下:

1) 根据实物的尺寸: 梁的高度  $h$ , 翼板的宽度  $b$ , 翼板的厚度  $t$ , 腹板的厚度  $d$  等按几何相似系数求得模型的对应尺寸  $h'$ 、 $b'$ 、 $t'$ 、 $d'$ 。

2) 求出模型结构的抗弯截面模量, 即:

$$W'_y = \frac{1}{h'} \left[ \frac{1}{b} (h' - 2t')^3 d' + (h' - t')^2 b' t' + \frac{1}{3} b' t'^3 \right]$$

3) 在保证  $W'_y$  不变的情况下适当放大  $d'$  由于  $d'$  太薄不能制作, 故放大  $d'$  为  $d''$ , 但保证  $W'_y$  不变。由于  $h'$  和  $t'$  与  $W'_y$  为三次方关系, 故我们选定  $h'$  和  $t'$  仍与原模型相似系数相同。此时变态模型的  $b''$  可根据已确定的  $d''$ ,  $h'$ ,  $t'$  及  $W'_y$  不变的条件求出。因此, 将用  $h'$ 、 $b''$ 、 $t'$ 、 $d''$  制造模型, 既能满足应力相似, 抗弯模量相似, 又能够满足制作工艺的要求。

如果一个承受纯弯曲的工字梁, 根据相似条件:

$$C_\sigma = \frac{C_F C_1}{C_w} = \frac{C_F}{C_1^2}$$

所以  $C_w = C_1^2$

因此, 只要在保留  $C_w = C_1^2$  相似系数关系的条件下, 可以用任意其他截面状态的梁代替工字梁, 只要使模型的抗弯截面模量  $W_M$  为

$$W_M = \frac{W_S}{C_w}$$

那么原结构应力  $\sigma_S$  可由关系式求得:

$$\sigma_S = C_\sigma \cdot \sigma_M$$

### 3.3.3 模型材料及模型制造

#### (1) 模型材料的选择

可以选用和实物相同的材料制造模型, 其优点是直接模拟、换算简单方便; 缺点是模型制作复杂、加载较大、变形小, 不便于测量。如果采用低弹性模量的非金属材料, 如有机玻璃等制作模型, 可以加载较小, 变形较大, 制作简单。有机玻璃材料便于各种机械加工。在  $100^\circ\text{C}$  时就软化, 可以进行压制成形, 在室温下可以用氯仿粘接。但因在室温下产生蠕变、导热性差, 线膨胀系数大, 对温度变化敏感等缺点给电测结果产生一些影响。测试时应在应变稳定后确定读数来减小蠕变的影响; 采用严格的温度补偿, 控制工作片与补偿片的温度条件, 在多点测量时采用多补偿片的轮换补偿等方法消除温度变化对测试结果的影响。

光弹试验时, 一般选用环氧树脂光弹材料制作模型。它是由环氧树脂加入一定量的固化剂和增塑剂, 加热固化而成。采用以下配方(按质量计算)可获得较好的光弹材料:

E-51 或 E-44 树脂: 固化剂: 增塑剂 = 100:35:5

E-42 树脂: 固化剂: 增塑剂 = 100:30:5

其中常用固化剂是顺丁烯二酸酐, 增塑剂是邻苯二酸二丁酯。简单模型可用板料制成, 复杂模型可采用蜡模浇注制成。表 30.3-5 为环氧树脂光弹材料的主要性能。

表 30.3-5 在常温与“冻结”条件下环氧树脂光弹材料性能

温 度	条纹值 $f/\text{N}\cdot\text{cm}^{-1}$	比例极限 $\sigma_{op}/\text{MN}\cdot\text{m}^{-2}$	强度极限 $\sigma_b/\text{MN}\cdot\text{m}^{-2}$	弹性模量 $E/\text{MN}\cdot\text{m}^{-2}$	质量指数 $K/\text{A}\cdot\text{cm}^{-1}$	泊桑系数 $\mu$
常 温	108~127	30~33	71~80	3 200~3 400	$(2.9\sim3.2)\times 10^3$	0.35~0.37
“冻结”温度	2.94~3.24	0.88~1.28	1.28~1.47	21.6~27.5	$(0.72\sim0.90)\times 10^3$	0.48~0.49

#### (2) 模型的几何尺寸相似系数的确定

从原理上讲, 模型的几何相似系数  $C_1$  是可以任选的。但应该考虑到, 模型加工制造应该更

方便一些, 这和实物的结构, 尺寸和模型材料有关。另外要考虑到模型安装, 加载和测试的可靠、方便。

但在光弹试验中，由于光弹模型试验都是小变形，即载荷与应力、应变成正比，因此，相似系数  $C_l$ 、 $C_E$  及  $C_F$  之间可不满足  $C_F = C_E C_l^2$  的条件，即  $C_l$  与  $C_F$  都可以任选；对于平面模型，其厚度比例系数  $C_h$  可以单独选择。即可以  $C_h \neq C_l$ ；但平面尺寸必须有相同的  $C_l$ 。因此， $C_l$  可以根据测量精度和试验条件确定； $C_F$  主要以获得必要的条纹数，应力不超过比例极限，变形不能过大等条件选定。平面模型的厚度为 6~12 mm。

(3) 模型的结构设计

模型的结构设计就是根据实物的主要特征和在保证试验结果不失真的情况下对实物结构的简化。模型结构设计是以相似理论为依据的，也要考虑到模型制造工艺及模型制作费用。对于机架零件中的壁板、底板、肋板的位置、形式以及尺寸较大的台阶、凸缘等一般都不作简化，其结构基本和实物相似。而对于象小的油槽、油沟、小孔、尺寸小的凸台，散热肋等可以略去。小曲率的圆弧面可以简化成平面，内外铸造圆角可以简化成 45° 平面倒角等。图 30.3-16 为箱体零件实物和模型结构对比图。

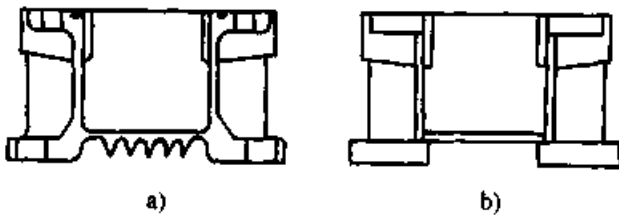


图 30.3-16 箱体的实物与模型  
a) 原型 b) 模型

3.4 模型试验的方法

3.4.1 应力应变分析试验

应力应变分析试验，是通过对试验模型上施加相似载荷、确定机架零件应力、应变分布状况，最大应力和应变发生的位置、大小及方向，了解其强度和刚度。应力应变分析试验可以采用以下两种方法。

(1) 脆漆涂层法

是一种能够反映应力及应变的全域特征的试验方法。将特制的树脂溶液（常用松香和氢氧化钡制成）喷涂在被测模型的表面上，经干燥后加载，模型及干燥后的涂层脆性薄膜同时变形，当应变达到某一定值时，涂层出现裂纹，最先出现

裂纹处就是最大应力点，裂纹所表现的线条即为等应变线，或等应力线，该线的法线方向为主应力方向。随着试验载荷的增加，涂层裂纹的位置不断的变化，可以根据加载的大小和等应力线的疏密，可以确定主应变的大小和方向。并根据预先在单应力状态下所标定的临界应变  $\epsilon_0$ ，可按虎克定律求出涂层初次出现裂纹时的应力  $\sigma_0$  ( $\sigma = E\epsilon_0$ )，然后可求出模型的应力应变值：

$$\epsilon = \frac{F}{F_0} \epsilon_0 \quad \sigma = \frac{F}{F_0} \sigma_0$$

上式中  $F_0$  为涂层初次出现裂纹时的载荷。

由于这种方法精度不高，但简单易行，常常做为定性分析和初步试验，待确定最大应力区后再作进一步精确试验。

(2) 电测法

是采用电阻应变测量技术进行应力分析的方法。可以和脆漆涂层法配合使用，根据其粗略确定的主应力应变的方向及最大值的位置粘贴电阻应变片，进行加载，测出其精确值。其测量精度取决于传感元件和测定仪器的精确度和敏感度。

(3) 光弹试验法

光弹试验是一种光学的应力测量方法，利用具有双折射性的透明材料（如环氧树脂）根据相似理论制作成模型，放在偏振光场中加载，可以得到整个模型的干涉条纹图，根据光弹原理就可以求得模型各点的应力，再根据相似理论计算出实物的应力。光弹试验可以测量出电测法难以测量的应力，如内部应力，应力集中，接触应力，热应力及动应力等。

3.4.2 破坏性试验

破坏性试验主要是验证机架的疲劳寿命和疲劳强度极限。疲劳试验用的模型设计有些特殊之处：第一，模型和实物应完全几何相似，而不能变态相似；第二，模型的材料，成分、热处理方法，力学性能要和实物相同。

疲劳试验要求模型上的应力值要和实物的应力值相同，所以应力相似系数  $C_\sigma = 1$ 。但考虑到影响疲劳强度的如尺寸大小，表面质量，温度等诸多因素，模型上的载荷  $F_M$  为：

$$F_M = K \frac{F_s}{C_l^2}$$

式中  $K = K_s \cdot K_e \cdot K_f \cdot K_t \cdot K_{st}$

各系数依次为模型尺寸系数  $K_s$ ，模型表面质量

系数  $K_s$ ，模型加载频率系数  $K_f$ ，模型试验环境温度系数  $K_t$  及试验数据统计变化系数  $K_{st}$ 。

假定疲劳极限服从正态分布，则

$$K_{st} = \frac{1}{1 - U_p V_o \sqrt{1 + \frac{1}{n}}}$$

式中  $U_p$  —— 相应于疲劳极限下限规定的概率所对应的正态随机变量分位数；

$V_o$  —— 疲劳极限的变异系数，可近似地取  $V_o = 0.1$ ；

$n$  —— 试件数。

## 4 箱体、机架零件现代设计实例

### 4.1 箱体零件有限元分析

#### 4.1.1 箱体有限元计算

减速机箱体如图 30.3-17 所示，选择空间膜元对该箱体进行有限元分析，要完成以下工作：

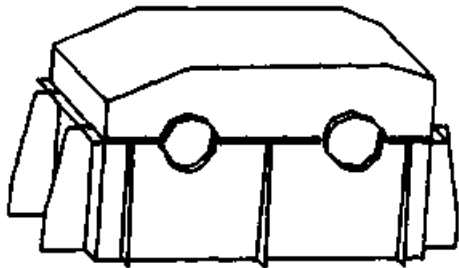


图 30.3-17 箱体简图

#### (1) 箱体的离散化

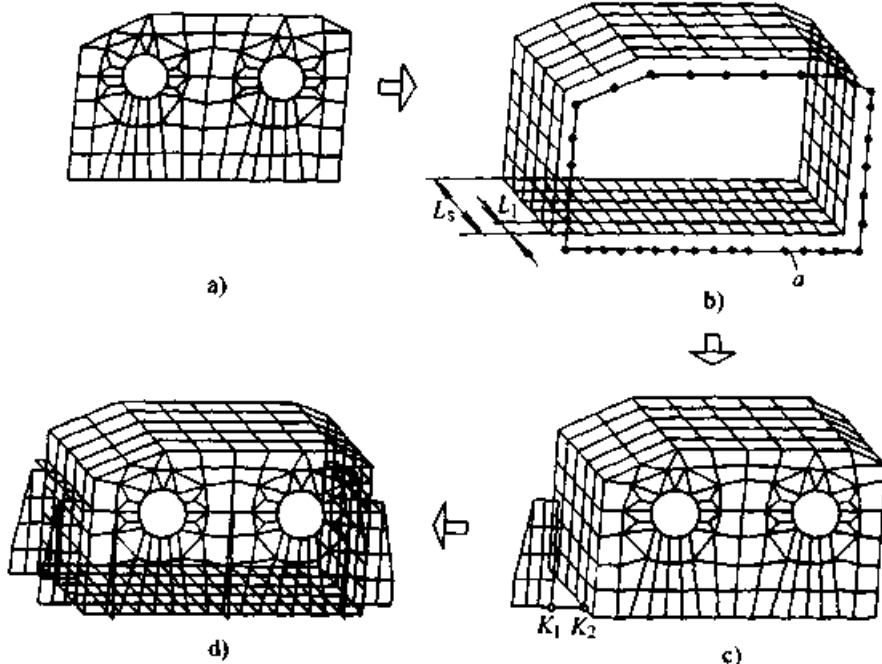


图 30.3-18 箱体的网格划分过程

根据箱体的结构特点，确定箱体由箱壁、肋、法兰、轴承孔壁组成，然后划分单元，确定节点作标。如图 30.3-18 所示。

首先选择结构最复杂带有轴承孔的前壁作为基础来进行网格划分。要考虑到两个轴承孔周围结构的对称性，上、下箱体相接处及肋和箱体相接处的单元节点必须重合。轴承孔上部受力复杂，网格划分可以密一些，或采用三角形单元。如图 30.3-18a 所示。

箱体中侧壁及上下壁板的单元节点可根据以下方法确定：根据箱体在  $Z$  向的长度  $L_s$  及肋板距离前壁的尺寸  $L_1$  确定，本例中以  $L_1$  为节点  $Z$  向间距（但最后二个相邻节点的  $Z$  向距离不一定等于  $L_1$ ）。然后从前壁外轮廓上各节点开始，以节点  $Z$  向距离向箱体的  $Z$  向依次进行拷贝，就得出箱壁节点作标如图 30.3-18b 所示。

肋板单元划分和节点位置要和相接处箱体壁板的节点位置相协调，如图 30.3-18c 所示，侧壁肋板在  $X$  方向的节点位置根据肋板宽度确定。前壁上肋板，上下箱体相接处法兰，轴承孔壁的单元划分也按此法确定，整个箱体网格划分如图 30.3-18d。

#### (2) 确定边界条件

根据箱体的支承情况确定边界条件，根据箱体的受力情况按表 30.2-5 所列入各项加上节点载荷，并输入材料信息。

(3) 计算结果

计算后可求出各节点的变形量、应力值。图 30.3-19 为箱体受力后的应力分布及等应力线，图中所标数字为应力的相对值。

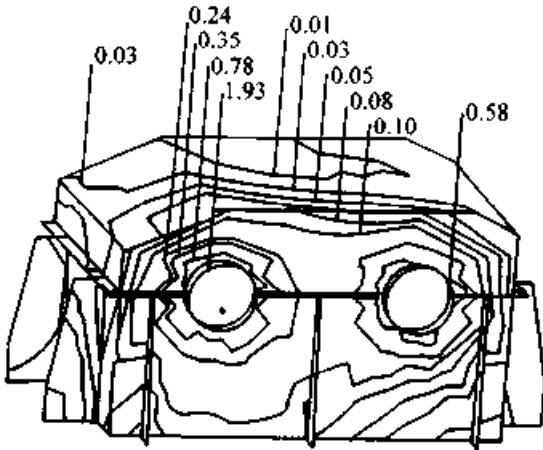


图 30.3-19 箱体应力分布及相对值

4.1.2 箱体刚度分析方法

箱体中，轴承孔中心线的角变位直接影响到轴承的工作状态及齿轮的啮合情况，现采用有限元法对箱体轴承孔转角进行分析。减速机箱体如图 30.3-20 所示，其中左下图为前壁轴承孔简图。

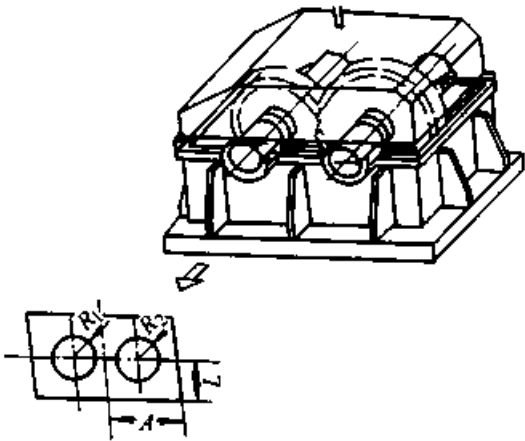


图 30.3-20 齿轮箱

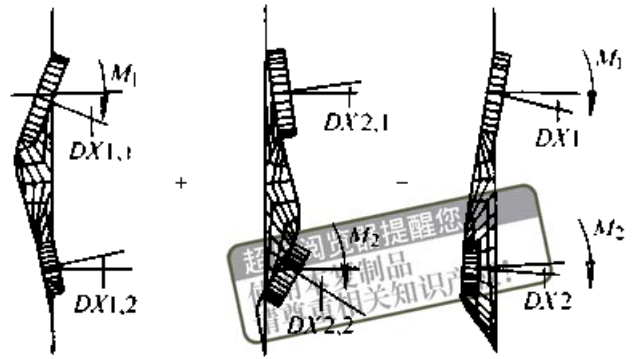
设箱体前壁轴承孔  $R_1$  受力矩  $M_1$  作用下转角  $DX_{11}$ ，受力矩  $M_2$  作用下转角为  $DX_{21}$ ；轴承孔  $R_2$  在  $M_1$  及  $M_2$  作用下的转角为  $DX_{12}$  及  $DX_{22}$ 。

根据叠加原理，在  $M_1$ 、 $M_2$  的共同作用下：

$$DX_1 = DX_{11} + DX_{12}$$

$$DX_2 = DX_{21} + DX_{22}$$

如图 30.3-21 所示。如果还有其他外力作用，可采用同样办法进行叠加。



$$DX_1 = DX_{1,1} + DX_{2,1}$$

$$DX_2 = DX_{1,2} + DX_{2,2}$$

图 30.3-21 前壁轴承孔转角叠加

采用有限元法，可以得出不同的肋板布置对刚度的影响，图 30.3-22 为不同肋板布置的网格划分图。设  $\theta$  为不同形式肋板的高度增加系数：

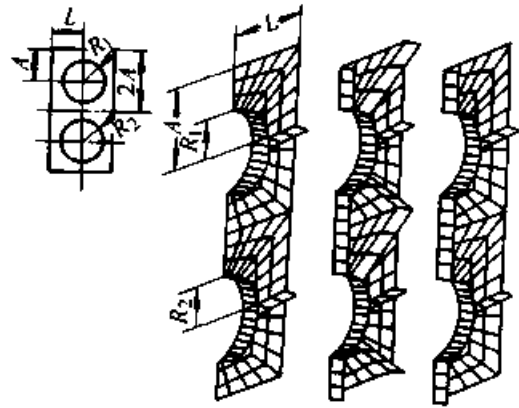


图 30.3-22 不同肋板的网格图

$$\theta = \frac{\text{无肋时转角 } DX}{\text{有肋时转角 } DX}$$

可以在有限元计算后得出各种肋板布置形式对箱体刚度的影响，如图 30.3-23 所示。在相同的刚度条件下，加肋可以使箱壁厚减少  $1/4 \sim 1/3$ 。

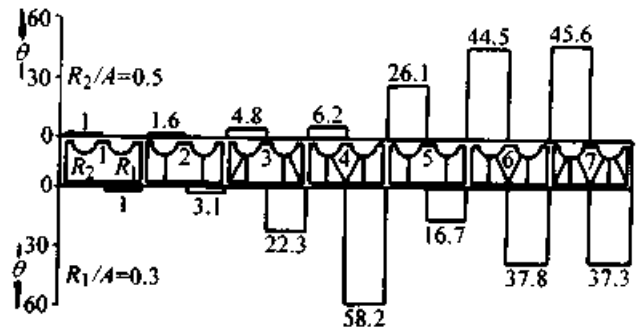


图 30.3-23 不同肋板布置的刚度增加系数  $\theta$   
(可转动支承,  $L/A=1.5$  壁厚  $T/A=0.02$ )

4.1.3 箱体类零件网格划分实例

箱体类零件网格划分如图 30.3-24 所示。

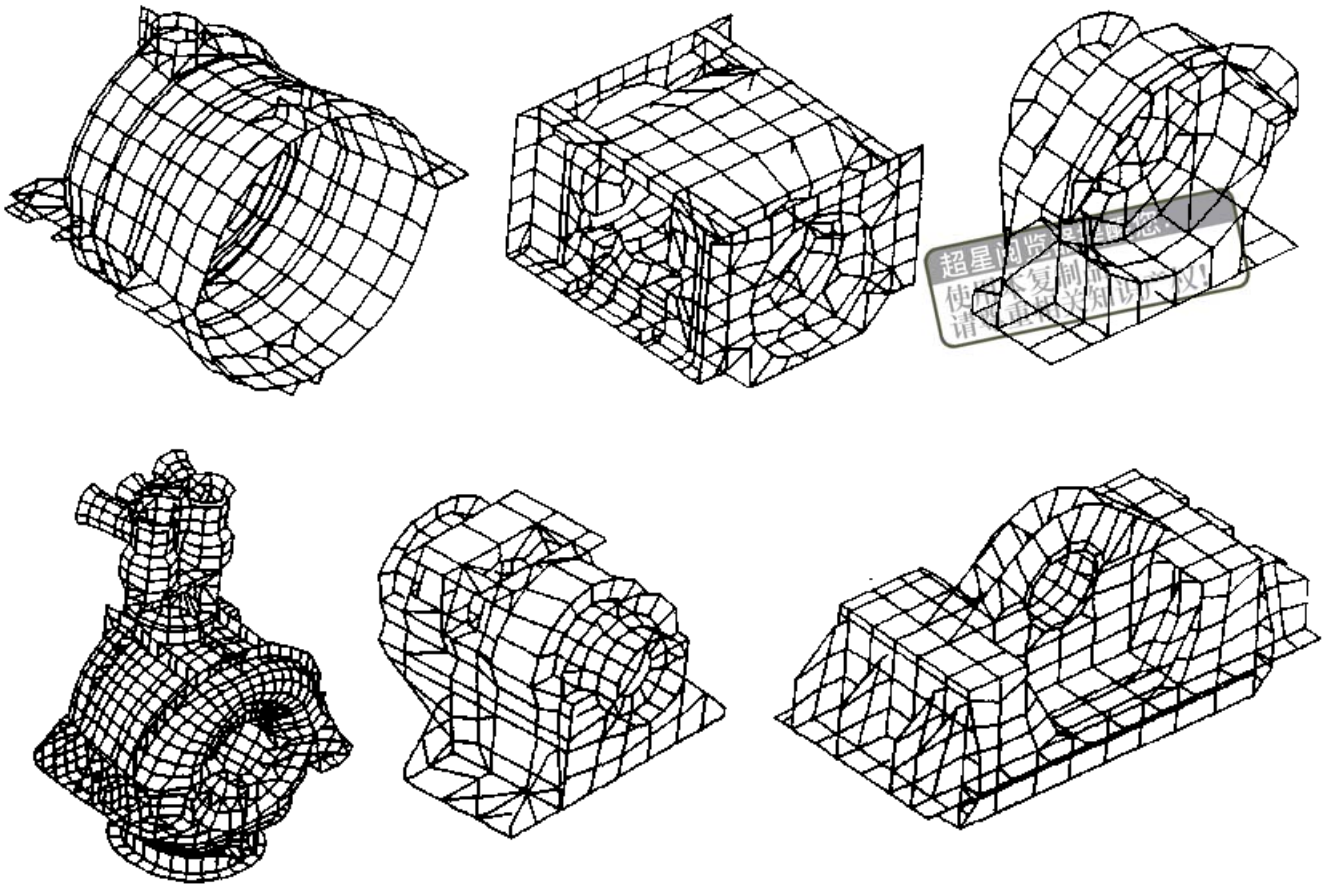


图 30.3-24 箱体类零件网格剖分

## 4.2 锻压设备机架有限元计算及优化设计

### 4.2.1 开式机架有限元计算

开式机架计算可以简化为平面问题，图 30.3-25 为 J23-10 压力机的受力图及机架单元划分图。

该计算采用 8 节点等参元，和三角形单元相比可节省计算机内存；共分 95 个单元，有 335 个节点。

可假设机架的两侧壁板受力相等，工作台承受均布载荷 (Pa) 为

$$p_{n2} = \frac{\frac{1}{2} F_g}{l_2 t_2} = \frac{100 \times 10^3 \times \frac{1}{2}}{0.12 \times 0.065} = 0.064 \text{ Pa}$$

式中  $F_g$  为标称压力，等于 100 kN； $l_2$  为工作台垫板长度为 0.12 m； $t_2$  为工作台处厚度，等于 0.065 m。

假定轴承孔的受力是作用在上半圆周，呈梯形分布的分布载荷，假定在  $1/2$  半圆周  $l_1$  内的载荷为  $p_{n1}$  均布载荷的  $4/3$  倍，则

$$p_{n1} = \frac{4}{3} \cdot \frac{\frac{1}{2} F_g}{l_1 t_1} =$$

$$\frac{4}{3} \cdot \frac{\frac{1}{2} \times 100 \times 10^3}{3.16 \times 0.0375 \times 0.082} = 0.069 \text{ Pa}$$

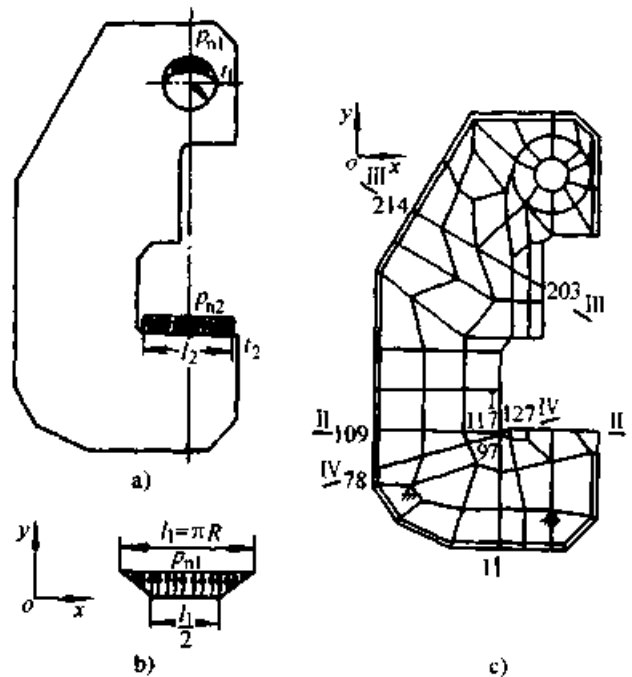


图 30.3-25 J23-10 压力机受力简图及单元网格的划分图  
机身受力图

a) 受力图 b) 轴承座处受力展开图 c) 网格划分

式中  $l = \pi R$ ,  $R$  为轴承孔半径, 等于 3.75 cm;  
 $t_1$  为轴承孔处厚度, 等于 8.2 cm。

根据支座处的受力情况确定为铰支座, 根据机身的平衡条件, 其约束反力为零 (机架质量不计), 将上述载荷信息, 单元节点坐标的信息输入 8 节点等参元平面计算程序, 可求出各节点的位移及应力。图 30.3-26 表示机架周边节点位移, 上部数字表示水平位移, 下部数字表示垂直位移; 虚线表示变形后的形状。喉口处的角变形实测为  $831 \times 10^{-6}$  rad, 计算为  $975 \times 10^{-6}$  rad, 相差为 14.1%。

II-II 截面上各节点的应力如表 30.3-6 所示。在节点 117 处垂直方向应实测值为 28.0 MPa, 在节点 109 处的实测值为 -17.9 MPa, 则表示内侧面受应力集中影响误差较大。

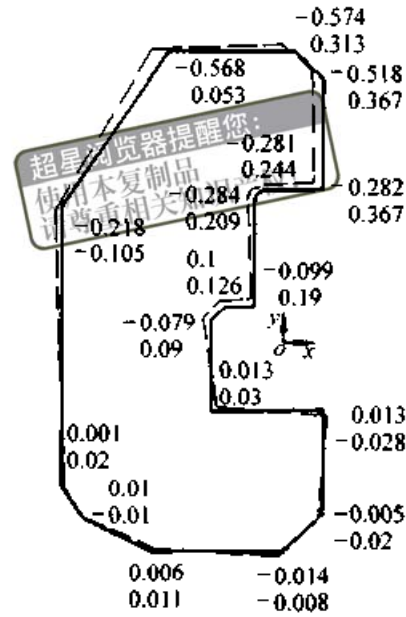


图 30.3-26 J23-10 压力机机架周界节点位移

表 30.3-6 J23-10 压力机机架 II-II 截面节点应力值 (MPa)

节点号	117	116	115	114	113	112	111	110	109
$\sigma_y$	39.6	18.22	-3.167	-4.136	-5.105	-10.09	-1.507	-16.06	-17.05
$\sigma_x$	34.76	20.82	6.878	5.148	3.418	1.795	0.017 3	0.127	0.082 4

#### 4.2.2 开式机架的优化设计

以杨津光等所作的研究 J23 型压力机为例, 说明开式机架优化设计过程。

如图 30.3-27 所示, 机架的 II-II 截面为危

险截面, 可称为主截面。下面对主截面的尺寸进行优化, 使之在满足强度和刚度要求的情况下, 截面尺寸最小, 机架的质量最小。

##### (1) 设计变量的选择

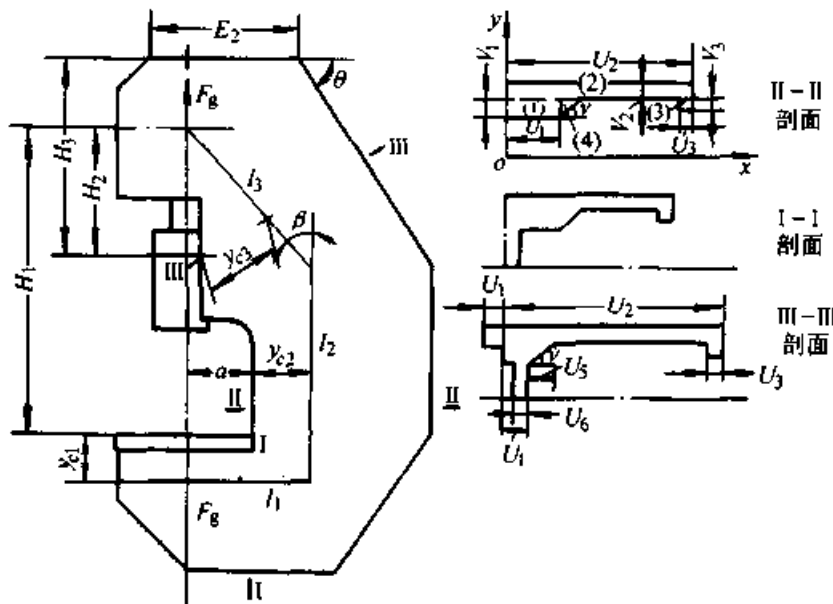


图 30.3-27 J23 型压力机机身计算图

在图 30.3-27 中的 II-II 剖面中, 主截面尺寸有 7 个,  $V_i$ 、 $U_i$  ( $i=1, 2, 3$ ) 和角度  $\gamma$ 。其中  $V_1$  是出料窗口尺寸为设计常量;  $V_2$  是铸造

壁厚, 受最小壁厚限制不宜更改, 为设计常量; 为减少设计变量的个数, 考虑到对优化结果影响不大, 将  $V_3$  和  $\gamma$  也认定为设计常量。这样, 设

设计变量就是  $U_1$ 、 $U_2$  及  $U_3$ ，如果以  $X$  表示设计变量，则：

$$X = [x_1, x_2, x_3]^T = [U_1, U_2, U_3]^T$$

(2) 建立目标函数

从主截面面积计算公式，得到目标函数为

$$\begin{aligned} \min f(X) &= \min_{U \in R} \left[ 2 \sum_{i=1}^3 U_i V_i + 2 \cdot \frac{1}{2} V_1^2 \cot \gamma \right] \\ &= \min_{x \in R} \left[ 2 \sum_{i=1}^3 x_i V_i + 2 \cdot \frac{1}{2} V_1^2 \cot \gamma \right] \end{aligned}$$

(3) 约束条件

1) 强度和刚度约束 由主截面最大拉应力必须小于或等于许用拉应力可得出：

$$\sigma_1 = \frac{F_g}{A_2} + \frac{F_g(a + y_{c2})y_{c2}}{I_2} \leq \sigma_p$$

由喉口的相对角位移小于或等于许用角位移可得出：

$$\Delta \alpha = \frac{F_g}{2E} \left( \frac{a^2}{I_1} + \frac{2l_1 l_2}{I_2} + \frac{l_3^2 \sin \beta}{I_3} \right)$$

$$C_d = \frac{F_g}{\Delta \alpha} \geq C_{\sigma p}$$

根据开式机架强度和刚度计算公式，及图 30.3-27。其中：

$$A_2 = 2 \sum_{i=1}^3 x_i V_i + V_1^2 \cot \gamma, \quad A_2 \text{ 为 II-II 截面积；}$$

面积：

$$y_{c2} = \frac{\sum_{i=1}^3 x_i^2 V_i + V_1^2 \cot \gamma (x_1 + V_1/3)}{2 \sum_{i=1}^3 x_i V_i + V_1^2 \cot \gamma}$$

$y_{c2}$  为主截面的形心位置；

$$I_2 = \frac{1}{36} \left( 3 \sum_{i=1}^3 x_i V_i^2 + V_1^4 \cot^3 \gamma \right);$$

$$l_1 = a + y_{c2}$$

$$l_2 = H_1 + y_{c1} - l_3 \cos \beta;$$

$$l_3 = l_1 / \sin \beta;$$

$$\tan \beta = \frac{e_1 + y_{c3} \sin \theta}{H_2 - y_{c3} \cos \theta}, \quad e_1 \text{ 为 } F_g \text{ 作用线至 III-III}$$

截面中最内侧点的距离。

为书写和计算方便，将强度及刚度计算公式写成：

$$\sigma_1 = f_{\sigma}(X)$$

$$\frac{F_g}{\Delta \alpha} = f_n(X)$$

则约束条件可写成：

$$g_1(X) = f_{\sigma}(X) - 300 \times 10^5 \leq 0$$

$$g_2(X) = 0.001 2 F_g - f_n(X) \leq 0$$

2) 尺寸约束，以 J23-10 压力机为例， $x_1$ 、 $x_2$ 、 $x_3$  取值的上限分别为 2 cm，30 cm，1 cm；下限均为 80 cm。则设计变量  $x_1$ 、 $x_2$ 、 $x_3$  的取值范围是

$$0.02 < x_1 < 0.5$$

$$0.3 < x_2 < 0.8$$

$$0.01 < x_3 < 0.8$$

约束条件可表示为

$$g_3(X) = x_1 - 0.8 \leq 0$$

$$g_4(X) = 0.02 - x_1 \leq 0$$

$$g_5(X) = x_2 - 0.8 \leq 0$$

$$g_6(X) = 0.3 - x_2 \leq 0$$

$$g_7(X) = x_3 - 0.8 \leq 0$$

$$g_8(X) = 0.01 - x_3 \leq 0$$

(4) 优化方法选择

为了计算简单，迅速收敛，考虑到变量不多的情况，采用惩罚函数法进行优化。

(5) 优化结果分析

优化结果如表 30.3-7 所示。优化结果显示，优化后  $U_1$  尺寸明显减小，而  $U_2$  增大，说明原设计的不合理性；从修正结果看出，在面积减小 10% 左右时，强度基本不变，而刚度值可由 0.12 GN/rad 提高到 0.153 GN/rad。

表 30.3-7 J23-10 机架优化前后比较

	设计变量/cm			面积 $A_2/\text{cm}^2$	$\Delta A/\%$	$\sigma_1/10^5 \text{Pa}$	$\Delta \sigma/\%$	$C_d/\text{GN}$	$\Delta C_d/\%$	$U_2/a$
	$U_1$	$U_2$	$U_3$							
优化前	7.5	32	1.5	203.5		199.27		0.12		2.46
优化后	2.000 1	34.990 1	1.000 1	154.97	-23.8	245.58	23.24	0.122	1.69	2.69
修正后	2.4	42	1.5	182.5	-10.32	198.6	-0.34	0.153	27.24	3.23

注：1. 修正值兼顾提高刚度和截面积减小。

2.  $\Delta A$ 、 $\Delta \sigma$ 、 $\Delta C_d$  为优化后和优化前的差值与优化前的比值。

4.2.3 整体闭式机架有限元分析

以焦凯等研究的奥穆科 MP2000 压力机机架三维有限元分析为例, 说明整体闭式机架三维有限元分析的过程。

(1) 机架受力分析

机架结构尺寸如图 30.3-28 所示, 机架外形可参考图 30.3-43。机架受力情况如图 30.3-29 所示。偏心力  $F$  所产生的力矩  $F \cdot e$  和轴承支反力  $F_1$ 、 $F_2$  及立柱支反力  $F'$  所形成的力矩相平衡。由力平衡条件可得:

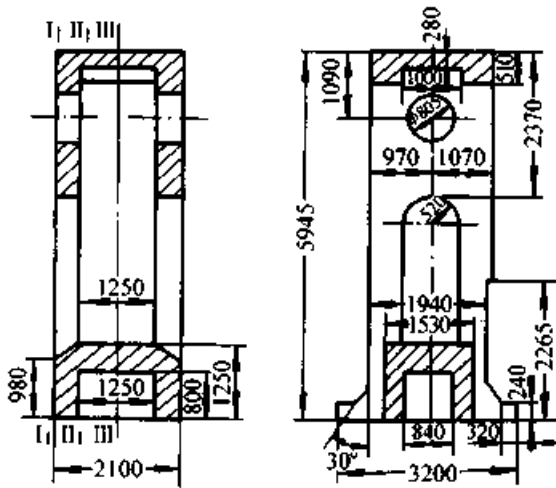


图 30.3-28 MP2000 压力机机架结构简图

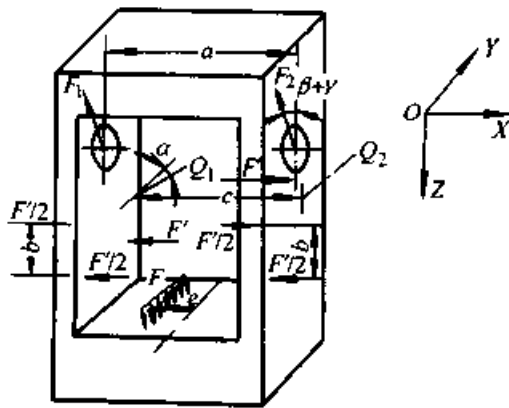


图 30.3-29 机架受力简图

$$F_1 - F_2 = \frac{2Fe(1-K)}{a \cos(\beta + \gamma)}$$

$$K = \frac{2F'b}{Fe}$$

$$F_1 + F_2 = F \frac{\cos \varphi}{\cos(\beta + \gamma + \varphi)}$$

$$Q_1 - Q_2 = \frac{2Fe(1-K)\sin(\beta + \gamma)}{C \cos \varphi \cos(\beta + \gamma)}$$

$$Q_1 + Q_2 = Q = F \frac{\sin(\beta + \gamma)}{\cos(\beta + \gamma + \varphi)}$$

式中  $e$  —— 偏心锻造时的偏心距, 取  $e = 140$  (mm);

$a$  ——  $F_1$ 、 $F_2$  力之距离,  $a = 1560$  (mm);

$F'$  —— 滑块作用到立柱的左右侧压力;

$b$  —— 立柱上左右侧压力之距离,  $b = 1015$  (mm);

$Q_1$ 、 $Q_2$  —— 滑块作用于立柱后侧压力;

$C$  ——  $Q_1$  及  $Q_2$  之距离,  $C = 1800$  (mm);

$\beta$  —— 连杆夹角, 当  $\alpha = 10^\circ$  时,  $\beta = 1.309^\circ$ ;

$\gamma$  —— 连杆力与连杆轴线夹角,  $\gamma = 0.721^\circ$ ;

$\varphi$  —— 摩擦角, 当  $\mu = 0.02$  时,  $\varphi = 1.146^\circ$

根据实验,  $K$  值和偏心距  $e$  及导轨间隙有关, 在最大偏心距和正常间隙时  $K = 0.06$ 。当  $K = 0$  时, 对轴承孔的强度而言是最危险的情况。

(2) 建立计算模型

根据机架结构的对称性, 取机架的一半进行计算。根据载荷的非对称性, 可将载荷分解为对称载荷组及反对称载荷组两类工况, 如图 30.3-30 所示。其中图 a 为  $F$ 、 $Q$  力对称于  $ZOY$  平面; 图 b 为  $F$ 、 $Q$  反对称于  $ZOY$  平面; 图 c、d 为  $F$  力对称及反对称  $ZOY$  平面的工况。将对称载荷组的二种工况的计算模型及反对称载荷组的两种工况的计算模型分别计算, 然后叠加, 可求出机架在偏心载荷下的应力值及变形量。

(3) 单元划分

根据机架结构及受力情况可选用 8~21 节点等参元, 应用 SAP-5 或 ADINA 等程序进行计算。

由于机架的对称性, 取机架的一半划分单元, 并以分层的方法依次划分单元如图 30.3-31 所示。分层法划分单元是三维有限元计算中常用的方法。划分单元是应考虑在轴承孔上部及工作台下面等受载较大处网格应划分得密一些, 并在载荷作用点及自由边界设置节点。节点布置也应该考虑结构的对称性, 将一侧节点坐标拷贝到相对称的另一侧。同时也可以节点生成功能将外层节点坐标向  $Z$  向拷贝, 生成对应的内层节点坐标。按图中所示共分为 303 个节点, 共 92 个单元。



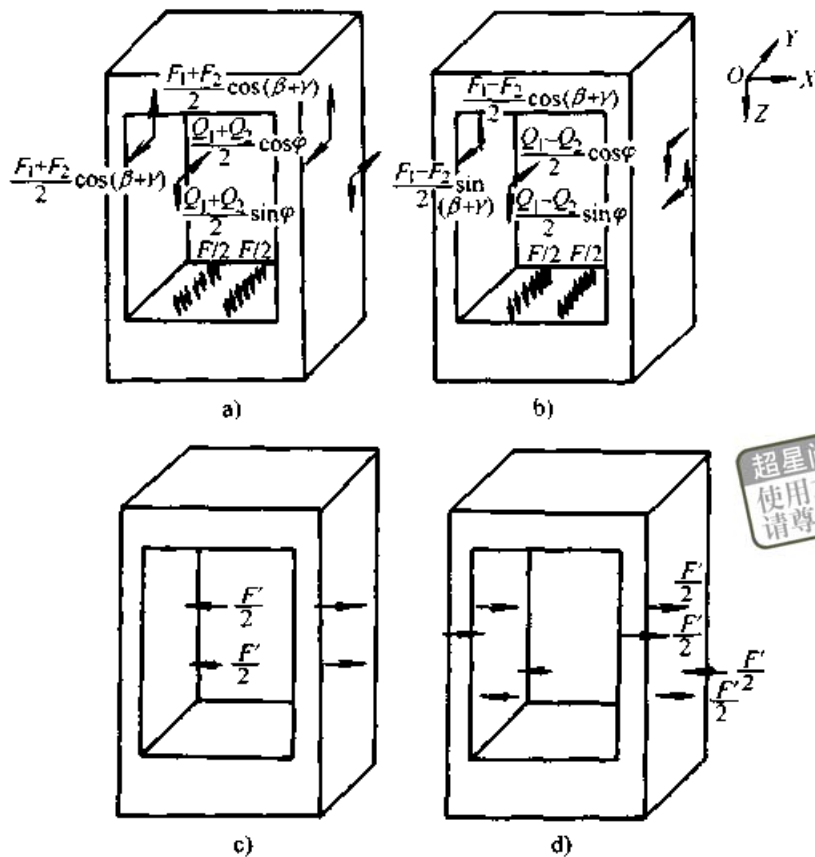


图 30.3-30 机架计算模型

#### (4) 确定边界条件

地脚螺栓周围和地面接触的 8 个节点为全约束。按对称载荷计算时, 对称截面 III-III 上全部 38 个节点在 X 方向位移为零。按反对称载荷计算时, III-III 截面上全部 38 个节点在 Y 方向及 Z 方向的位移为零。

#### (5) 确定节点载荷

模锻力沿前后方向均匀分布, 根据模具尺寸, 可简化为 7 个集中力作用在工作台面相应的 7 个节点上。滑块左右侧压力  $F'$  及滑块后侧压力  $Q_1$  及  $Q_2$  均按集中力处理, 加在相应的立柱及滑道的节点上。轴承力在径向按余弦分布, 分布中心角为  $100^\circ$ 。按力的等效原理, 将轴承力简化为 6 个集中力加在相应的 6 个节点上。轴承力的轴向力按集中力处理。

#### (6) 计算结果

图 30.3-32 是在  $F = 20\,000\text{ kN}$ ,  $\alpha = 10^\circ$  ( $\alpha$  为偏心轴中两圆心连线和垂直方向的夹角)、 $K = 0$  的工况下计算出机架 II-II 截面的变形图。节点附近上面数字为水平变形量 (mm), 下面数字为垂直变形量 (mm)。

#### 4.2.4 封闭式机架结构优化设计

在开式机架的优化设计的实例中, 约束条件

中的强度条件和刚度条件, 是通过常规计算 (材料力学公式) 确定的。这种方法如果应用于结构复杂的机架设计, 可能产生约束条件不准确的情况。下面介绍的设计实例, 是赵希禄等对 13MN 双动机械压力机机架所进行的优化设计。是将复杂的机架简化为空间板系组合结构, 以每块板的几何尺寸和厚度作为设计变量, 采用有限元法所计算的危险截面应力值及各主要构件的刚度指标作为约束条件, 将有限元分析技术同优化设计方法结合起来, 在计算机上实现了机架最优结构参数的确定。

#### (1) 优化设计数学模型

13MN 双动机械压力机机架结构简图如图 30.3-33 所示。

求:  $\mathbf{X} = (x_1, x_2, \dots, x_{20})^T$

使:  $\min f(\mathbf{X})$

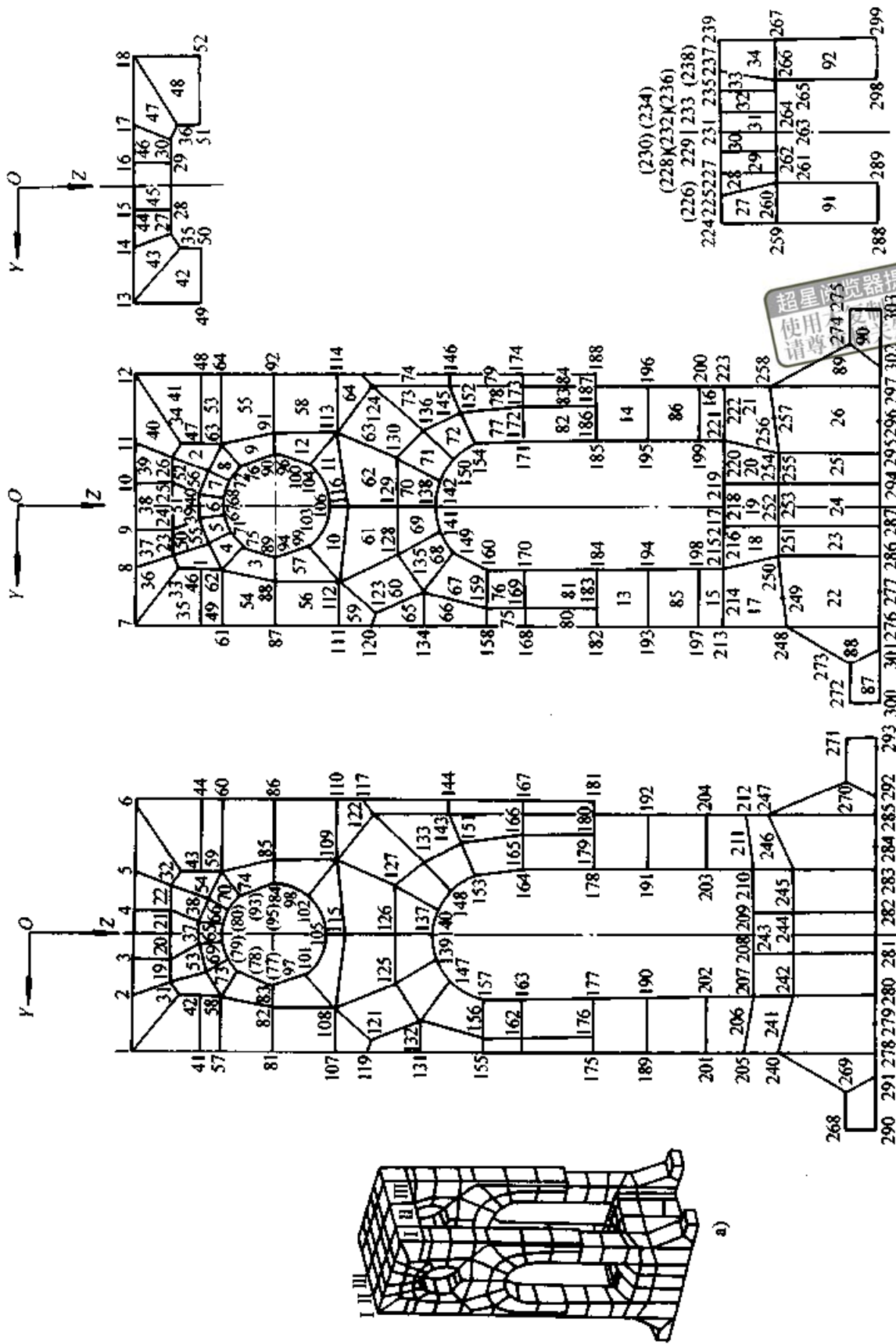
s. t.  $x_i - [\bar{x}_i] \leq 0 \quad i = 1, 2, \dots, 20$

$\{\underline{x}_i\} - x_i \leq 0 \quad i = 1, 2, \dots, 20$

$u_1 - [\bar{u}_1] \leq 0$

$\delta_K - \{\delta_K\} \leq 0 \quad K = 1, 2$

$\sigma_l - \{\sigma_l\} \leq 0 \quad l = 1, 2, 3, 4$



a) b)

图 30.3-31 机架单元划分图  
a) MP2000 机架网格图 b) MP2000 机架分层两视图

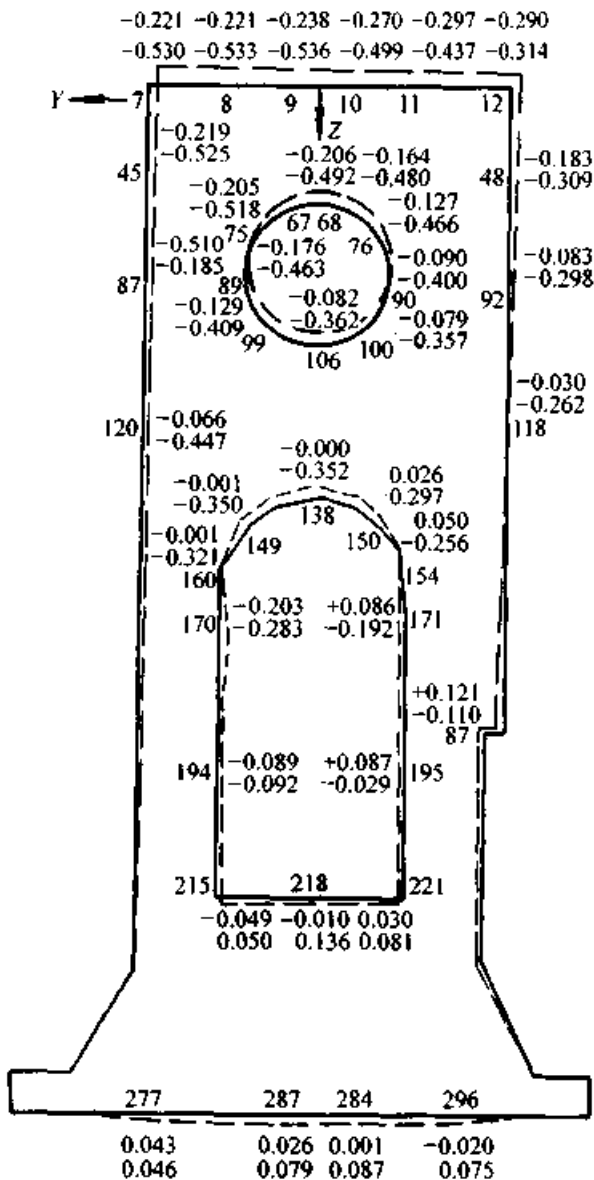


图 30.3-32 机架 II-II 截面变形图

——变形前轮廓线 - - - 变形后轮廓线

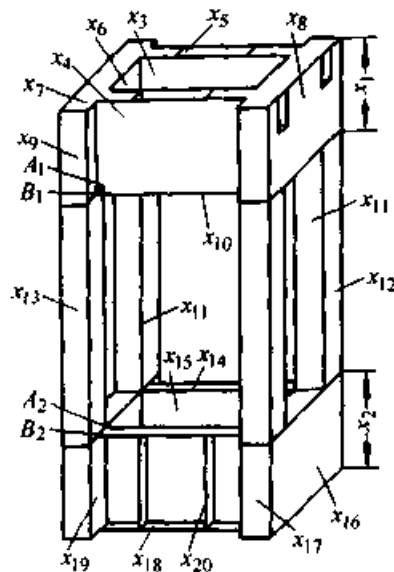


图 30.3-33 13MN 双动机械压力机结构简图

式中  $X = [x_1, x_2, \dots, x_{20}]$  ——设计变量如图中所示,  $x_1$  为梁高度;  $x_2$  为底座高度; 其余是机架上每块板的厚度。

$u_l, u_{lp}$  ——立柱横向位移及许用值

$\underline{x}_i, \bar{x}_i$  ——设计变量  $x_i$  的几何下限及几何上限

$\delta_k, \delta_{kp}$  —— $k = 1, 2$  分别为上梁中点挠度和底座中点挠度及其许用值

$\sigma_l, \sigma_{lp}$  —— $l = 1, 2, 3, 4$ , 分别代表图中所示的  $A_1, B_1, A_2, B_2$  的应力值及许用值。

### (2) 优化方法

采用序列二次规划法, 这个方法收敛速度快, 调用函数的次数非常少。数值计算结果表明: 对于复杂机架的结构优化设计, 一般都可以在 5 次结构分析 (有限元计算) 以内收敛。

### (3) 有限元分析

根据结构的对称性, 取 1/4 机架进行计算, 采用空间平板单元, 共分 529 个单元, 527 个节点。其网格划分简图如图 30.3-34 所示。

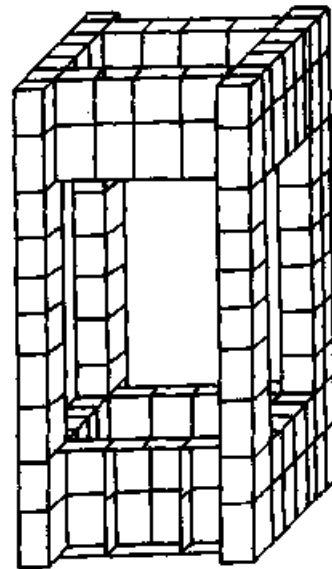


图 30.3-34 网格划分简图

### (4) 结果分析

计算是根据生产工艺要求确定出工作台面尺寸和立柱高等几何参数, 并通过有限元分析对其进行优化设计。全部运算在工作站上进行, 共进

行 3 次迭代, 4 次结构分析, 得到最优解, 如表 30.3-8。从表中可知, 原设计方案中有 5 项性能约束已超过许用值, 经优化后已回到可行域内。

表 30.3-8 结构性能约束的变化

部件	约束	许用值	原设计	优化设计	临界否
上梁	中点挠度 $\delta_1/cm$	0.07	0.074 33*	0.718 5	✓
	A <sub>1</sub> 点应力 $\sigma_1/MPa$	120.0	132.36*	119.998	✓
	B <sub>1</sub> 点应力 $\sigma_2/MPa$	120.0	78.72	74.52	
底座	中点挠度 $\delta_2/cm$	0.05	0.057 55*	0.047 90	✓
	A <sub>2</sub> 点应力 $\sigma_3/MPa$	120.0	165.84*	121.82	✓
	B <sub>2</sub> 点应力 $\sigma_4/MPa$	120.0	109.61	73.68	
立柱	横向位移 $u_1/cm$	0.06	0.077 52*	0.060 48	✓

注: \* 为原设计中超过许用值的不可行约束。

经过优化, 在优化设计方案中设计变量的 18 块板已有 16 块达到几何约束的下限边界, 上梁和底座的高度各增加 2 cm 及 60 cm 有利于结构性能的改善。尽管机架质量比优化前大 4%, 但从表 30.3-15 中的数据可计算出机架上梁挠度降低 3.54% ( $\frac{\text{原设计值} - \text{优化值}}{\text{许用值}}\%$ , 下同); 底座挠度降低 19.3%、应力值降低 36.7%; 立柱的位移量降低 28.4%。

### 4.3 轧钢机机架的有限元分析、优化设计及模型试验

#### 4.3.1 轧钢机机架的平面问题有限元和光弹分析及优化设计

以蒋维兴、瞿志豪等的研究为例。

轧钢机机架是一个空间结构, 考虑到有些结构, 其受力情况在厚度方向上差值很小, 可按弹性力学平面应力问题处理。如图 30.3-35 可视为平面问题。

##### (1) 有限元分析

根据机架结构和载荷的对称性, 其计算模型可取机架的 1/2。采用三角形单元, 划分网格如图 30.3-36 所示, 在横梁和立柱转角处及中轴承座支承部位应力集中严重, 网格应密一些。共分成 520 个单元及 313 个节点。约束节点取 20 个, 机架中心线上各约束点的边界条件内水平位移为零; 和轨座相接触处约束点的边界条件是水平位

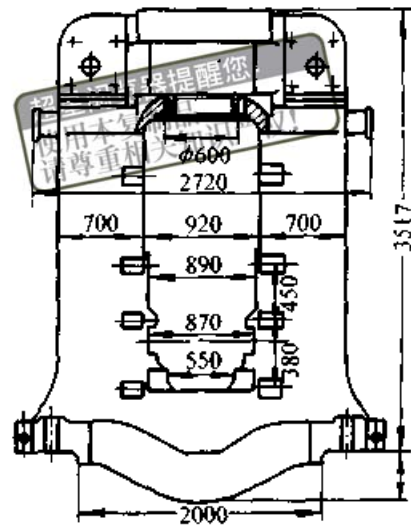


图 30.3-35 机架结构图

移及垂直位移皆为零。负载为 3.535 MN 由电测法实测获得, 以均布力形式等效作用于上横梁下部及下横梁上部的各 3 个节点。

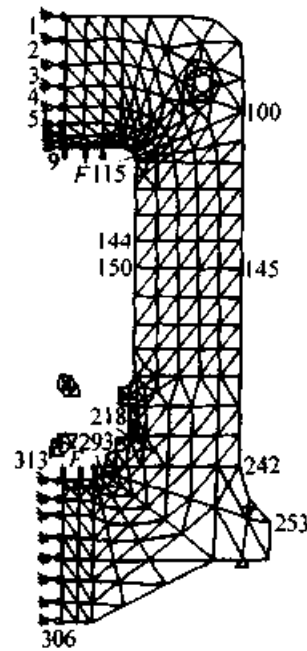


图 30.3-36 计算模型及单元划分

根据有限元计算结果, 将主应力  $\sigma_1$  ( $\sigma_2$ ) 数值相同的节点连接起来得到等应力线图, 如图 30.3-37 所示 (当前, 大多数有限元程序, 可根据计算结果自动力生成等应力线, 并以彩色图象形式显示出应力分布情况)。

表 30.3-9 列出了机架中有代表性节点应力值 ( $\sigma_x, \sigma_y, \tau_{xy}$ ) 及主应力  $\sigma_1, \sigma_2$  和主应力倾角  $\alpha$ 。

##### (2) 激光全息光弹分析

光弹分析中也将机架简化为平面问题。

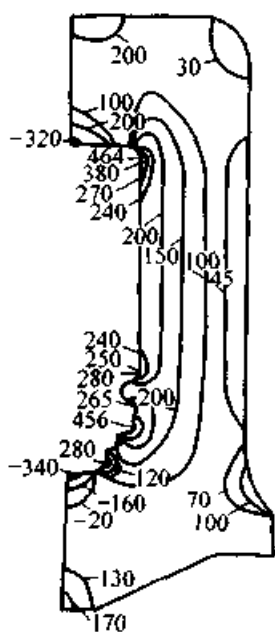


图 30.3-37 等应力线图

1) 模型设计 分别选用环氧树脂及有机玻璃制作二个模型, 厚度均为 9 mm, 其截面的几何相似系数:

$$C_L = 1/15$$

$$C_d = 9/400$$

2) 确定模型载荷。机架承受的轧制力为  $F = 7.07 \text{ MN}$ , 考虑到模型材料的光力学线性关系, 确定模型载荷为 3 000 N, 其载荷相似系数为

$$C_F = 3\,000/7\,070\,000 = 3/7\,070$$

3) 模型试验结果 经光弹试验后得出: 等差线与等和线条纹图、等差线条纹值为  $f_c = 140.5 \text{ N/cm}$  (条), 等和线条纹值为  $f_p = 57 \text{ N/cm}$  (条)。

由于应力相似系数  $C_\sigma = \frac{C_F}{C_L C_d} = 0.28$ , 可求得  $\sigma_s = \sigma_M / C_\sigma$ , 计算出各点应力如图 30.3-38, 并得出等差线。

表 30.3-9 节点应力及主应力值

(MPa)

节点号	位置	$\sigma_x$	$\sigma_y$	$\tau_{xy}$	$\sigma_1$	$\sigma_2$	$\alpha$	$\sigma_{合成}$
144	立柱	0.267 9	23.991 7	-0.445 6	24.000 1	0.20	-0.107 6	24.000 1
115	上横梁转角	0.828 6	43.938 9	-9.588 5	46.344 7	5.722 8	-1.408 5	46.344 7
218	立柱凸台	22.296	44.125 3	18.313 9	54.530 5	11.890 9	2.960 3	54.530 4
293	下横梁转角	-22.907 0	-17.329 6	12.265 5	-7.539 7	-32.696 8	3.859 4	32.696 8

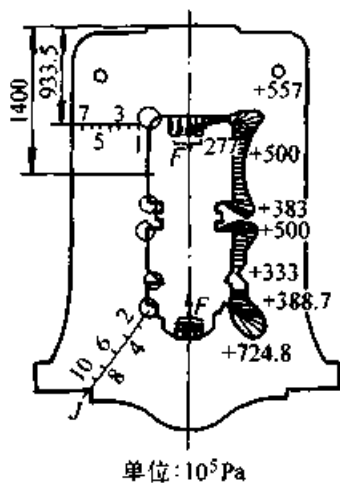


图 30.3-38 机架应力分布

### (3) 机架优化设计

为提高机架的承载能力, 对机架的各主要尺寸进行优化。

1) 设计变量 确定对机架进行优化设计的 6 个条纹图。

设计变量为: 上、下横梁截面的高度  $x_1$ , 宽度  $x_5$ ; 立柱截面的高度  $x_2$ , 宽度  $x_6$ ; 窗口宽度

$x_3$ , 高度  $x_4$ ; 如图 30.3-39 可记为

$$X = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \\ x_4 \\ x_5 \\ x_6 \end{bmatrix} = [x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6]^T$$

2) 目标函数 以机架垂直方向变形最小为目标函数, 即

$$F(X) = f_1 + f_2 + f_3$$

式中  $f_1$  ——立柱变形;

$f_2$  ——上横梁在弯矩、剪力和垂直力作用下产生的变形;

$f_3$  ——下横梁在弯矩、剪力、垂直力作用下产生的变形。

$f_1, f_2, f_3$  的计算式见第 2 章表 30.2-29。

3) 约束条件 约束条件为机架的强度条件, 减少质量等。可写成:

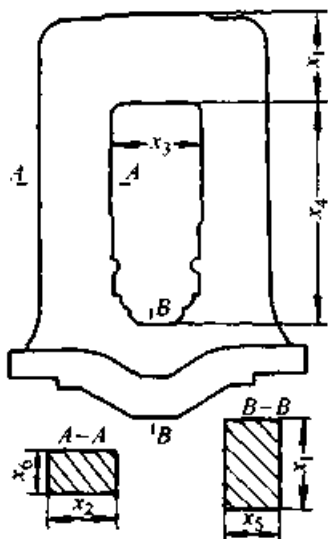


图 30.3-39 优化设计的结构尺寸

$$g_1(X) = \sigma_{1p} - M_1 \frac{x_1^2 x_5}{6} \geq 0$$

$$g_2(X) = \sigma_{1p} - M_2 \frac{x_2^2 x_6}{6} - \frac{F}{2A_2} \geq 0$$

$$g_3(X) = V_0 - V$$

式中  $\sigma_{1p}, \sigma_{2p}$  ——横梁和立柱的许用应力, 对横梁可取  $(\sigma_{1p}) = 70.0 \text{ MPa}$ ; 对立柱可取  $(\sigma_{2p}) = 50.0 \text{ MPa}$ ;  
 $M_1, M_2$  ——横梁和立柱中弯矩, 见第 1 章表 30.2-28;  
 $F$  ——轧制时作用于机架上的力;  
 $A_2$  ——立柱的截面积;  
 $V_0, V$  ——原机架与机架优化后的体积。  
 除上述约束条件外, 还考虑其他边界结束, 共 16 个。

综上所述, 机架优化设计的数学模型为:

$$\min F(X) = \min(f_1 + f_2 + f_3)$$

$$x \in R^6$$

$$\text{使符合于 } g_i(X) \geq 0$$

$$i = 1, 2, \dots, 16$$

优化方法是采用序列无约束优化方法——惩罚函数法计算结果如表 30.3-10。

表 30.3-10 优化结果

项 目	原设计	优化设计	项 目	原设计	优化设计
横梁高度 $x_1/\text{cm}$	85	94.7	体积比 $(V_1/V)/\%$	100	93.2
立柱高度 $x_2/\text{cm}$	70	59.7	总变形 $f/\text{cm}$	0.057 593 3	0.045
窗口宽度 $x_3/\text{cm}$	95	87.3	横梁应力 $\sigma_1/\text{MPa}$	42.558 6	32.96
窗口高度 $x_4/\text{cm}$	219	216.3	应力比 $\sigma_1/\%$	100	77.4
横梁宽度 $x_5/\text{cm}$	50	49.8	变形比 $(f_1/f)/\%$	100	79.8
立柱宽度 $x_6/\text{cm}$	40	41.8	立柱应力 $\sigma_2/\text{MPa}$	19.765	19.08
体 积 $V/\text{cm}^3$	3 198 400	2 983 540	应力比 $(\sigma_2/\sigma_2)/\%$	100	96.5

### 4.3.2 轧钢机机架的三维有限元分析

由于轧钢机机架是在三向应力状态下工作, 为提高计算精度, 采用三维有限元分析方法更符合实际情况。

图 30.3-40 为 1150 初轧机机架网格剖分图。由于 8~21 节点等参元采用高斯积分, 坐标变换和高次位移模式, 具有较好地描述结构的几何边界形状和适应疏密过渡能力, 在划分单元较少的情况下可以得到较高的计算精度, 所以采用 8~21 节点等参元。共划分了 464 个单元、964 个节点。为了对机架的应力和变形的全貌进行分析及图形的完整性并简化边界条件, 在计算机内存允

许的情况下, 其计算模型确定为整体机架。忽略重力和水平力作用, 在轧制力的作用下机架承受 16 MN 载荷。按均布力处理, 窗口下表面横梁均布压力为  $q_1 = 32.38 \text{ MPa}$ ; 窗口上表面与压下螺丝承压面接触受压, 其均布压力为  $q_2 = 59.21 \text{ MPa}$ ; 是一对大小相等, 方向相反的作用力。由于机架支承面的四个地脚螺栓限制了机架不能沿  $x, y, z$  三个方向移动, 也不能绕三个坐标轴倾翻。所以, 机架计算模型的边界条件是螺栓孔处沿  $x, y, z$  方向的位移为零; 绕  $x, y, z$  轴的转角为零。

运用 SAP-5 程序上机运算后, 其变形如图

30.3-41 所示。

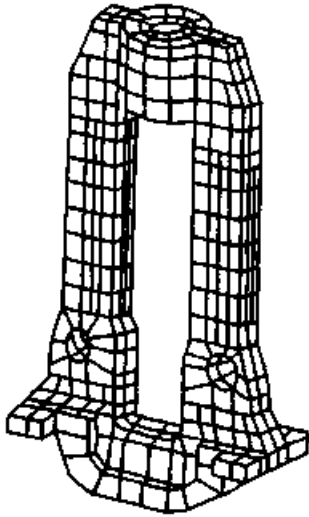


图 30.3-40 1150 初轧机机架网格图

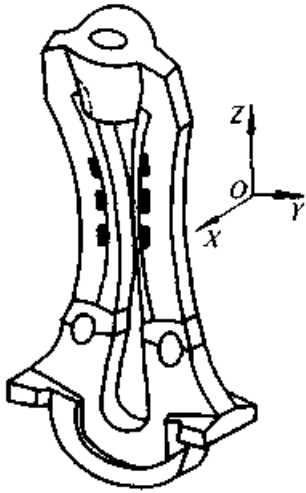


图 30.3-41 1150 初轧机机架变形图

受单元划分的限制,对整体机架的分析只能是粗略的。为了更准确地反映机架的应力分布和变形特点,可以将对机架中我们感兴趣的部位再进行细分单元进行计算。

图 30.3-42 为机架中压下螺母周围部位的有限单元网格图。其边界条件可根据整体机架进行有限元计算所得到的附近节点的计算结果用线性插值法求得。其变形如图 30.3-43。

为了简化计算,有些对轧钢机机架三维有限元分析的实例是先进行平面有限元分析,粗略地了解机架的变形和应力情况。许多计算结果表明,在远离上下横梁转角处的立柱中部的应力值和三维有限元计算结果相近,但上、下横梁及压下螺母部位的计算值和实际情况相差较大,必须采用三维有限元分析方法进行进一步计算。

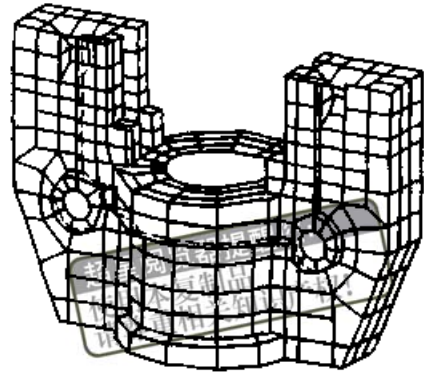


图 30.3-42 压力螺母部位有限单元网格图

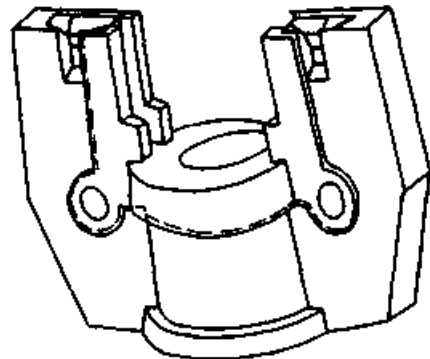


图 30.3-43 压下螺丝部位变形图

#### 4.4 机床大件的模型试验和有限元静动态分析及优化设计

##### 4.4.1 车床床身的模型试验

马鞍式车床床身如图 30.3-44 所示,床身为 2 330 mm,床身板厚为 14 mm,床身材料为灰铸铁,弹性模量  $E_s = 125 \text{ GPa}$ 。需要进行模型试验,求出图中 A、B、…、H 在 y 和 z 和弯曲静刚度。已知机床的最大切削力  $F_z = 11.6 \text{ kN}$ 。

##### (1) 模型设计

选取模型材料为有机玻璃,则  $E_M = 2.94 \text{ GPa}$ 。

有机玻璃板厚度为 3 mm。则:  $C_E = \frac{E_s}{E_M} = 125 / 2.94 = 42.5$ 。

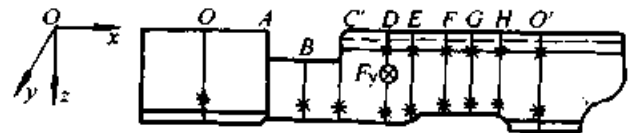


图 30.3-44 马鞍式车床床身模型试验

$$C_1 = l_s / l_M = 14 / 3 = 4.67$$

所以模型的长度为:  $2\ 330 \text{ mm} / 4.67 = 500 \text{ mm}$ 。

##### (2) 模型加载设计

将机床所受的最大切削力简化为两个相等的

集中力，作用于前后导轨的 D 点。F<sub>y</sub> 取 F<sub>z</sub> 的 40% 为 4 640 N，简化为集中力，作用于图中所示前壁的星花处。为便于数据处理，可取变形相似系数 C<sub>δ</sub> = 1，则根据：

$$C_E \cdot C_1 \cdot C_\delta / C_F = 1 \text{ 可求:}$$

$$C_F = C_E \cdot C_1 \cdot C_\delta = 42.5 \times 4.67 \times 1 = 198.5$$

所以加在模型上的载荷为：

$$F_{zM} = F_{z0} / C_F = 11\ 600 \text{ N} / 198.5 = 58.5 \text{ N}$$

$$F_{yM} = F_{y0} / C_F = 4\ 640 \text{ N} / 198.5 = 23.4 \text{ N}$$

(3) 加载试验

加载试验如图 30.3-45 所示，用砝码经杠杆加载后可测得各点在 z 及 y 方向的变形 δ<sub>zA</sub>, δ<sub>zB</sub>, …, δ<sub>zH</sub> 及 δ<sub>yA</sub>, δ<sub>yB</sub>, …, δ<sub>yH</sub>，由于 C<sub>δ</sub> = 1，所以模型的变形量就是床身的变形量。所以床身中部加载处 z 向和 y 向的弯曲刚度：

$$K_y = \frac{F_y}{\sigma_{yD}} \quad K_z = \frac{F_z}{\delta_{zD}}$$

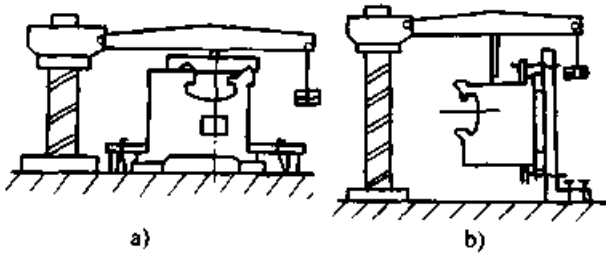


图 30.3-45 床身弯曲变形模型试验

(4) 试验结果比较

对床身进行了实物测试以及有限元计算，其结果如图 30.3-46 所示，图 a 为 z 向及有限元计算，其结果如图 30.3-46 所示，图 a 为 z 向变形，图 b 为 y 向变形。三种情况比较，在 D 处的最大相对误差为 15% 左右。

4.4.2 重型落地铣镗床铸造立柱有限元静动态分析

(1) 力学模型

铣镗床立柱结构比较复杂，壁板上有孔和凸台，壁板内侧设有纵横交叉的肋条。为简化计算，根据已有经验，将有孔壁板作为无孔壁板处理时只影响孔部位的应力大小而对壁板整体结构的变形影响微小。由于机床大件的有限元分析主要是进行刚度分析，所以可将壁板作为无孔壁板处理，将整个结构简化为由 35 mm 厚壁板及 25 mm 厚纵横肋条组成的结构。这样可以利用图形工作站的拷贝功能自动生成节点和单元，给

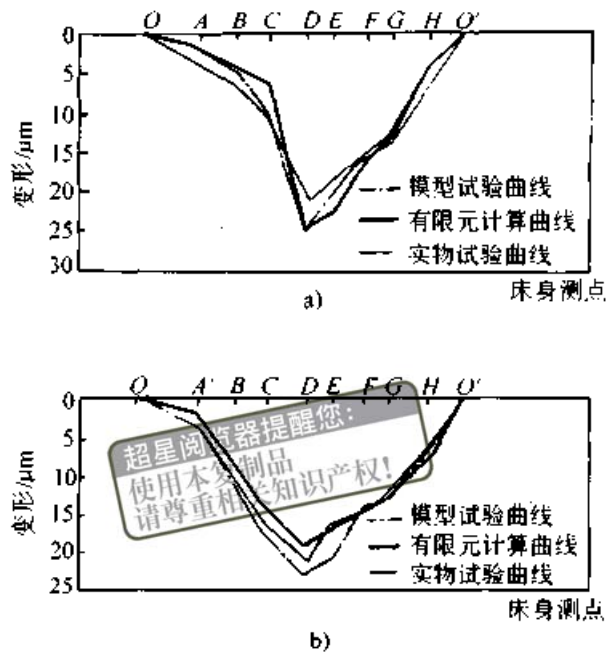


图 30.3-46 床身测试，有限元计算，模型试验比较  
a) z 向变形 b) y 向变形

剖分单元带来极大方便。

(2) 单元剖分

根据立柱结构特点及选用的 IFAD 软件所提供的单元类型，采用 8 节点等参元。8 节点等参元的剖分原则是：

- 1) 单元不能发生翘曲，即每个单元中的 4 个点必须在同一平面上。当翘曲严重时，无法形成单元刚度矩阵。
- 2) 单元中每个面的长宽比最大不得大于 1:8，最好不超过 1:5，否则会带计算带来较大误差。
- 3) 单元中每个面的四个角最大者不能超过 120°，否则在单元刚度矩阵中会出现负值，无法进行有限元计算。
- 4) 在总体单元划分时，必须保证各层单元的协调，各层节点首尾相接，这是划分单元的基本要求。

根据单元剖分原则和结构特点，将立柱从上至下分成 42 层，共有 6 928 个节点和 3 178 个单元，如图 30.3-47 所示。

(3) 约束条件

是指立柱底部联接螺栓对其运动的限制，或者是有些单元类型节点在某些方向的自由度所受到的限制。根据立柱底面不变形的假设，底面节点的 6 个自由度均为零。根据有关单元信息，8 节点等参元各节点的 3 个转动自由度为零。



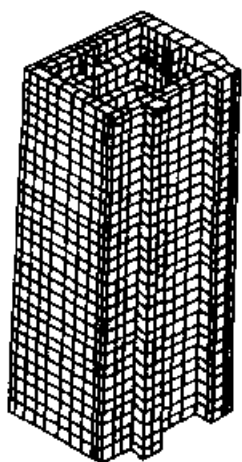


图 30.3-47 单元划分图

## (4) 载荷工况

受力情况简化为如图 30.3-48 所示。 $L$  为主轴箱底面距立柱底面的距离，第一种工况为  $L = 1.76 \text{ m}$ ，第二种工况为  $L = 3.36 \text{ m}$ 。图中各力的值为： $F_1 = 401.8 \text{ kN}$ ， $F_2 = 4.9 \text{ kN}$ ， $F_3 = 0.343 \text{ kN}$ ， $F_4 = 18.727 \text{ kN}$ ， $F_5 = 6.360 \text{ kN}$ ， $F_6 = 42.247 \text{ kN}$ ， $F_7 = 18.002 \text{ kN}$ ， $F_8 = 2.146 \text{ kN}$ ， $F_9 = 517.244 \text{ kN}$ ， $F_{10} = 5.037 \text{ kN}$ ，其中  $F_1$ ， $F_9$ ， $F_{10}$  为作用在相应阴影部分面积的均布力。

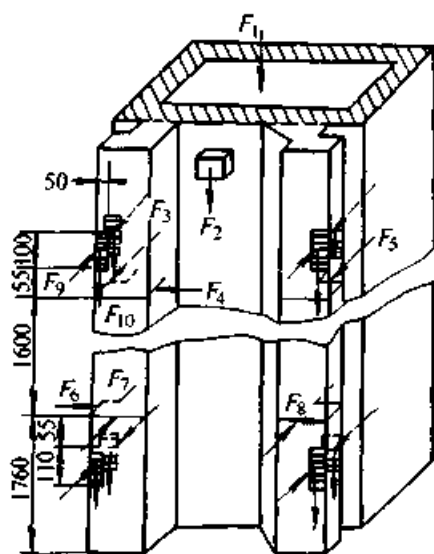
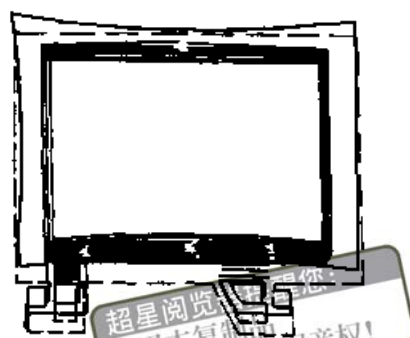
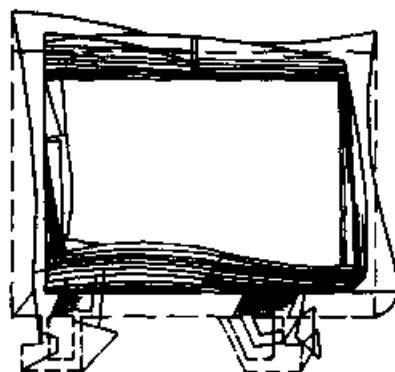
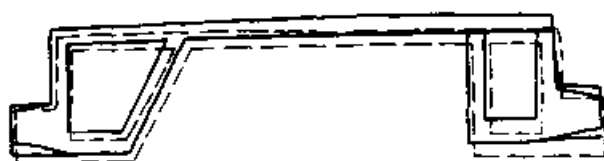
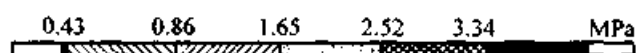


图 30.3-48 立柱受力简图

(5) 静态分析 本题是在 BRAVO 图形工作站上完成的。图形工作站带有有限元分析软件包，在输入节点和单元数据时，有限元网格可直接显示在计算机屏幕上，便于发现错误、及时修改；可以通过拷贝方法自行生成节点和单元，并以彩色图形和数值两种方式显示计算结果。可显示或放大所需部位的应力和变形图形。图 30.3-49、图 30.3-50、图 30.3-51、图 30.3-52、图 30.3-

53、图 30.3-54 是静态分析所得出的一部分计算结果。从图中可以看出，立柱的静态最大位移为  $0.288 \text{ mm}$ ，最大静应力为  $3 \text{ kPa}$ 。表 30.3-11 为第一种工况右侧导轨中心位置的位移情况。

图 30.3-49 第一种工况水平方向变形图  
最大位移  $0.271 \text{ mm}$ 图 30.3-50 第二种工况水平方向变形图  
最大位移为  $0.288 \text{ mm}$ 图 30.3-51 第一种工况导轨部位水平方向变形图  
截面距底平面  $5.4 \text{ m}$ ，最大位移为  $0.271 \text{ mm}$ 图 30.3-52 铸造立柱第二种工况导轨横截面主应力分布最大应力为  $3.34 \text{ MPa}$

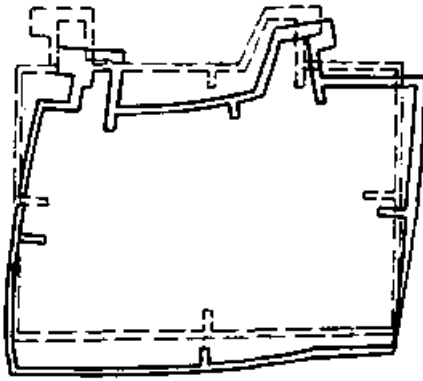


图 30.3-53 第二种工况水平方向变形图  
高度为 4.5 米, 最大位移为 0.15 mm

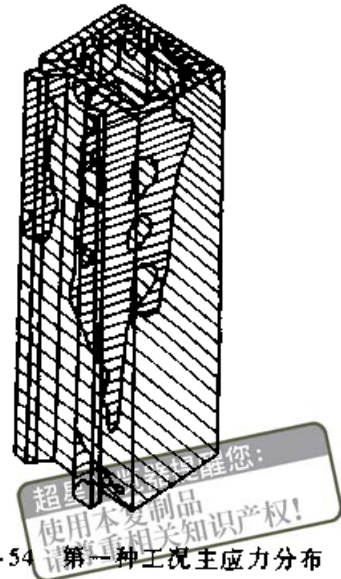


图 30.3-54 第一种工况主应力分布  
最大应力 2.05 MPa  
(应力标定同图 30.3-84)

表 30.3-11 第一种工况右侧导轨中心位置位移 (mm)

节点号	高度	合位移	X-位移	Y-位移	Z-位移
2269	1.82E+03	6.29E-02	5.25E-02	2.99E-02	-1.72E-02
2599	2.16E+03	6.67E-02	5.46E-02	3.25E-02	-2.03E-02
2929	2.37E+03	6.18E-02	4.57E-02	3.39E-02	-2.40E-02
3259	2.71E+03	5.40E-02	2.89E-02	3.56E-02	-2.86E-02
3589	2.92E+03	5.15E-02	1.84E-02	3.68E-02	-3.10E-02
3919	3.26E+03	5.16E-02	1.71E-03	4.00E-02	-3.25E-02
4249	3.47E+03	5.52E-02	-2.35E-03	4.40E-02	-3.33E-02
4579	3.81E+03	5.85E-02	1.44E-03	4.85E-02	-3.26E-02
4909	4.02E+03	6.36E-02	3.09E-03	5.39E-02	-3.37E-02
5239	4.36E+03	7.29E-01	5.94E-03	6.37E-02	-3.49E-02
5569	4.57E+03	7.95E-02	8.02E-03	7.06E-02	-3.55E-02
6559	5.39E+03	1.14E-01	1.78E-02	1.07E-01	-3.52E-02

注: 高度值从立柱底面算起

(6) 动态分析 固有频率及振型分析结果如图 30.3-55 所示, 振型放大因子为 1 000。

从图中可以得出: 一、二阶振型为弯振, 三、五阶振型为扭振。

#### 4.4.3 旋压机旋轮座焊接结构有限元分析及优化设计

##### (1) 旋轮座有限元力学模型

1) 单元划分 由于旋轮座焊接钢板的厚度远小于钢板的轮廓, 属于薄壁结构。在外载荷作

用下, 旋轮座既产生弯曲变形又产生平面变形。为了更真实地反映旋轮座的受力情况和变形, 采用计算精度高的矩形板单元、三角形板单元和四边形板单元。如图 30.3-56 所示。

网格划分是一项技术性很强的工作, 由于实际结构的复杂性, 且要求网格划分与受力点和测试点相协调, 因而采用手工划分和自动生成的方法。单元数量、大小和网格的疏密程度根据软件功能及计算机的容量、精度确定。

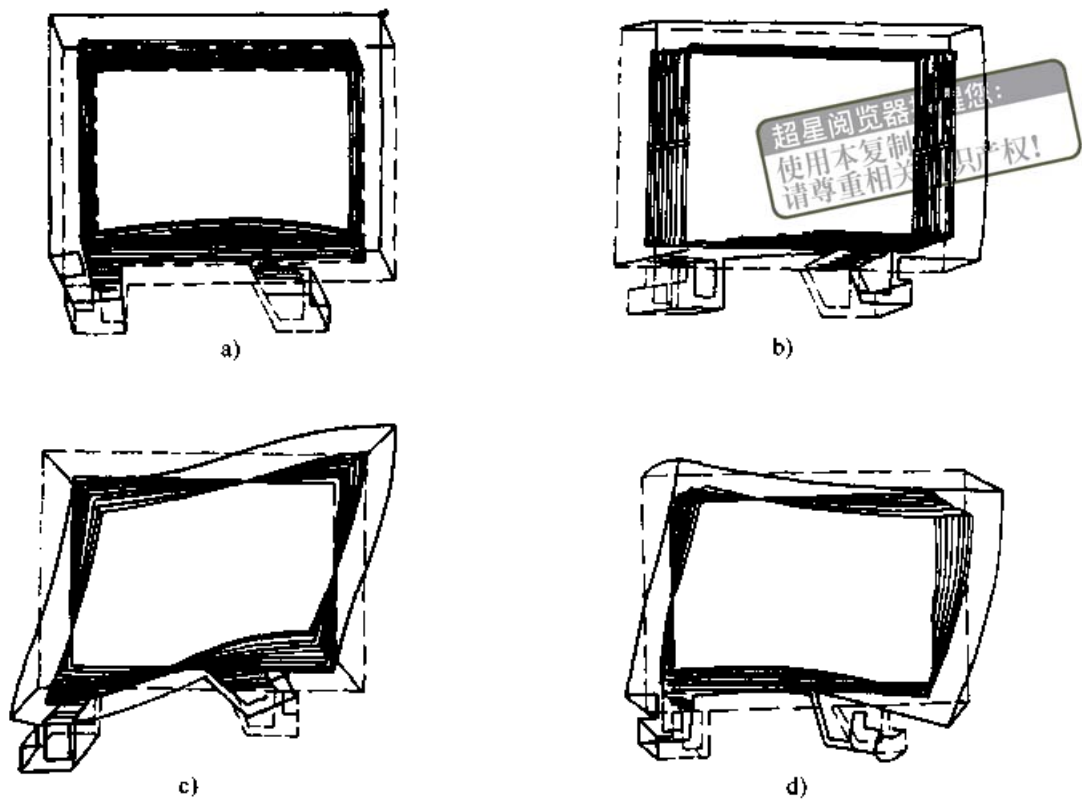


图 30.3-55 铸造立柱固有频率及振型

- a) 一阶振型频率 31.771 Hz    b) 二阶振型频率 63.345 Hz  
c) 三阶振型频率 63.345 Hz    d) 五阶振型频率 148.24 Hz

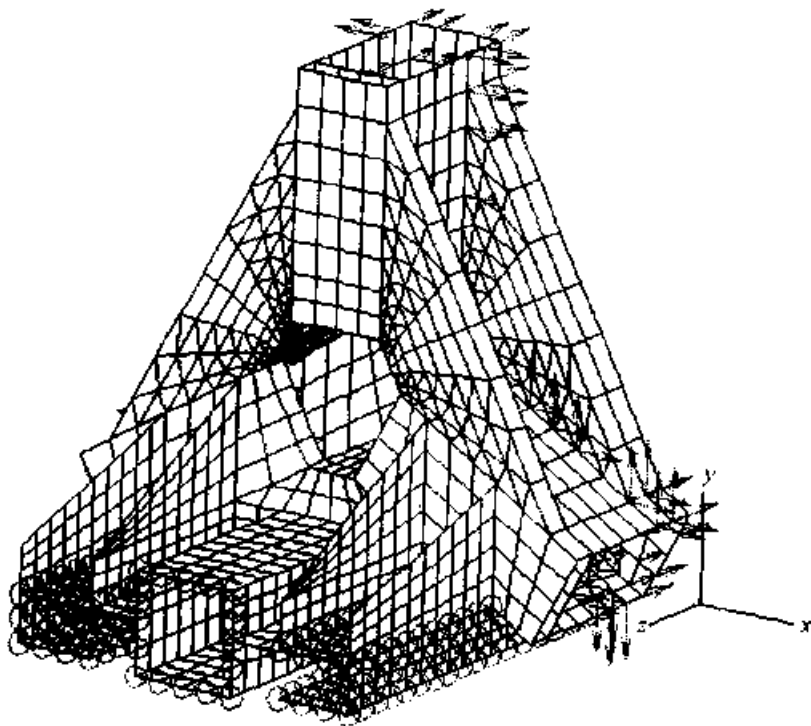


图 30.3-56 旋轮座有限元力学模型图

将坐标原点设在旋轮座三滑槽中心线与后拖部中心线的相交处，滑槽与后拖部的交界面作为

基准面。进行复杂结构的网格剖分时，基准面的正确选取是关键的一步。确定机床的纵向、水平

方向、垂直方向分别为 Z 轴、X 轴和 Y 轴。首先将基准面  $xy$  平面内结构剖分网格如图 30.3-57a 所示，沿  $z$  轴对后拖部的箱形截面梁用矩形单元划分如图 30.3-57b。将基准面边缘上各个节点向其它各面映射，可将结构的网格剖分完毕(图 30.3-56)。共划分为 2 434 个单元，2 088 个节点，属于大型、复杂有限元问题。

2) 约束条件 旋轮座工作时做匀速进给运动，其加速度为零，即无惯性力。旋轮座通过

滑动导轨及压板与床身紧密相联，由于导轨刚性较大，为计算导轨与座体之间的压力，在导轨与座体接触处采用边界弹簧元，边界弹簧元如图 30.3-58 所示，图中箱形截面即图 30.3-57 中图 b 部分。沿机床纵向所有各层 1~10 节点为弹簧元的起点。旋轮座工作时，为限制其沿 Z 轴方向的运动，在相同箱形截面外端面有约束。图 30.3-58 中圆圈处表示节点所受的约束。

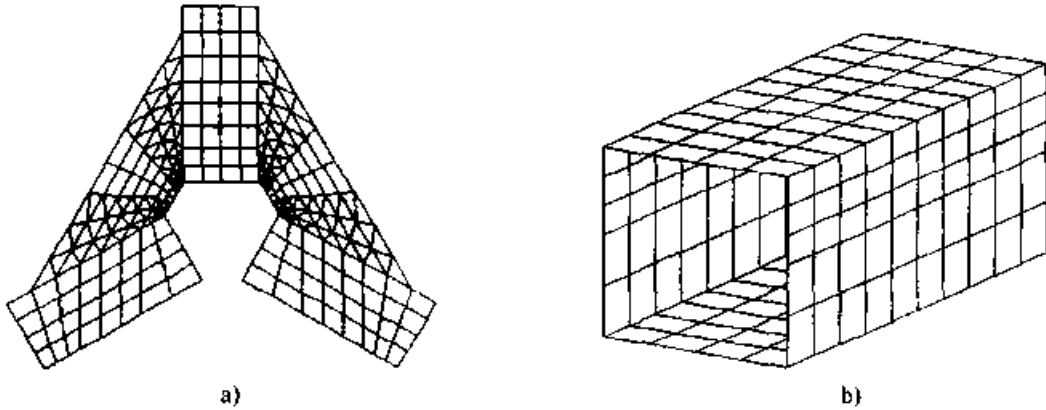


图 30.3-57 旋轮座部分单元划分图

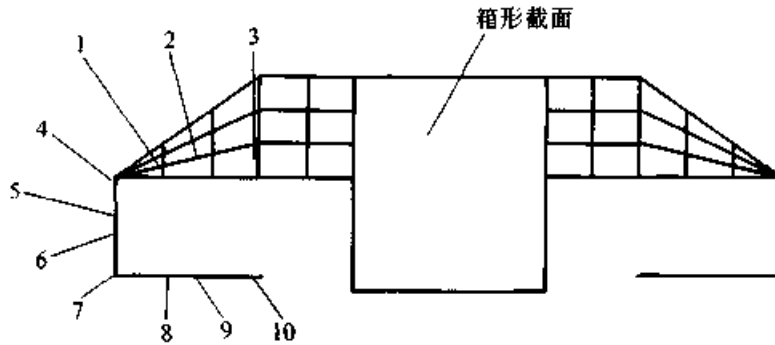


图 30.3-58 约束示意图

3) 节点力计算 外载荷如图 30.3-59 及表 30.3-12 所示。在复杂结构中，将外载荷转化为

表 30.3-12 载荷工况

载荷名称	载荷符号	载荷值/kN	
		第一种工况	第二种工况
主轴推力	$F_T$	392	588
旋轮切向力	$F_a$	19.6	29.7
旋轮轴向力	$F_z$	130.66	196
旋轮径向力	$F_r$	196	297

节点力是有限元分析中的又一难点；当载荷工况多时，难以用常规计算方法实现。首先将力  $F_T$ 、 $F_a$ 、 $F_z$ 、 $F_r$  转化为作用在导轨上的分布力，再

由表面分布力转化为作用在节点上的集中力。这一工作是按编制的 FORTRAN 程序进行的，经程序自动校对，求得每一种工况的各节点力。图 30.3-56 中，各箭头表示了所受节点力的情况。

(2) 旋轮座静、动态有限元分析

利用 BRAVO 工作站完成，有限元计算结果以数据形式输出，并以等应力线的形式显示，可以显示所需截面的应力和位移。

第 2 种工况下的主应力分布如图 30.3-60 所示；其变形图如图 30.3-61 及图 30.3-62 所示。其最大主应力产生在  $Z = -700$  mm 的  $yo$  平面的底面滑道与侧面滑道的相交处；最大变形产生在  $Z = -700$  mm 的  $yo$  平面的 Y 值最大处。最大主应力及最大变形均小于许用值。

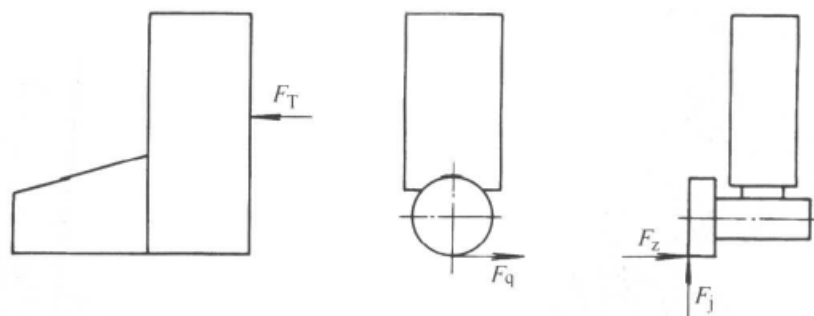


图 30.3-59 旋压机载荷示意图

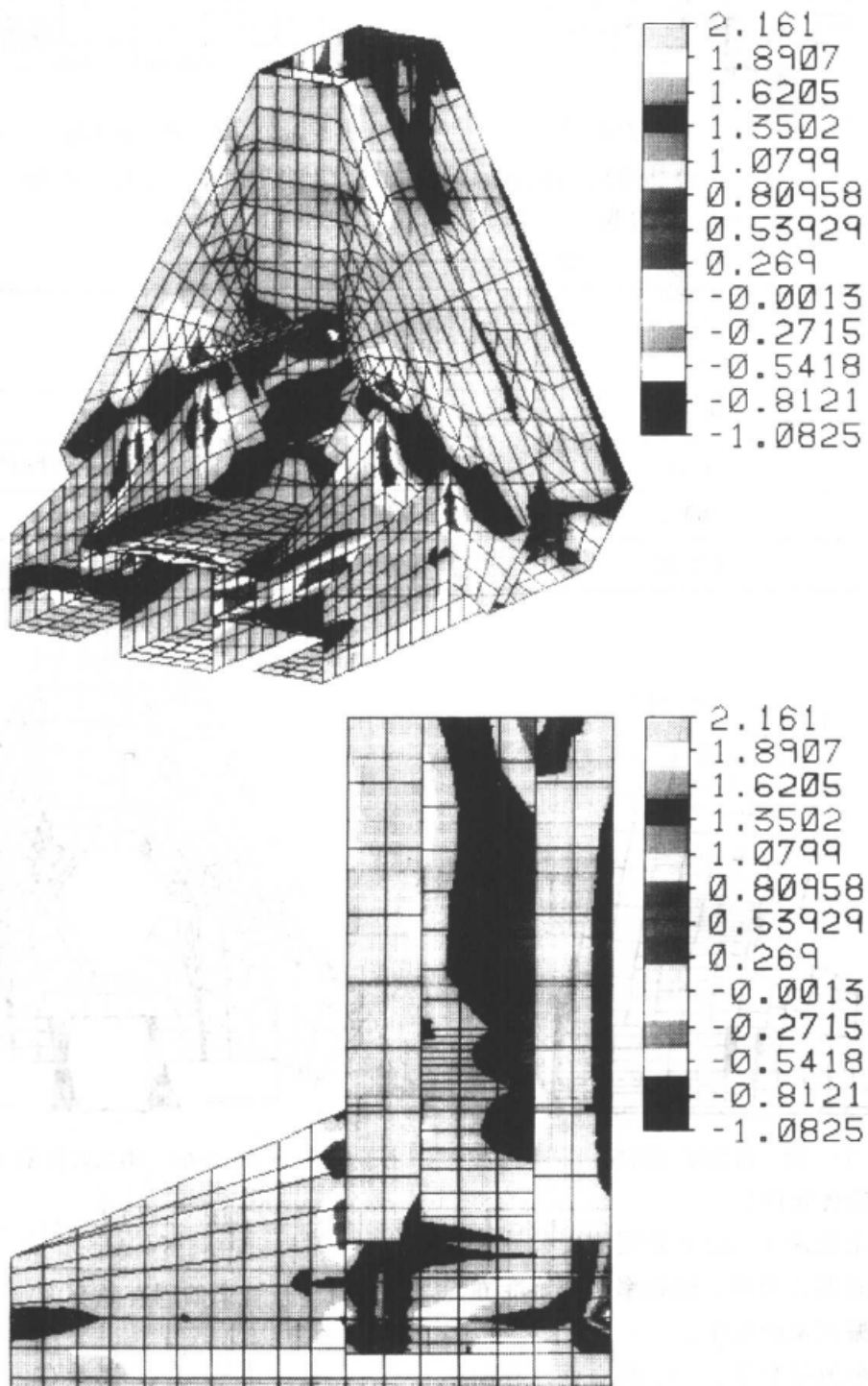


图 30.3-60 主应力分布图

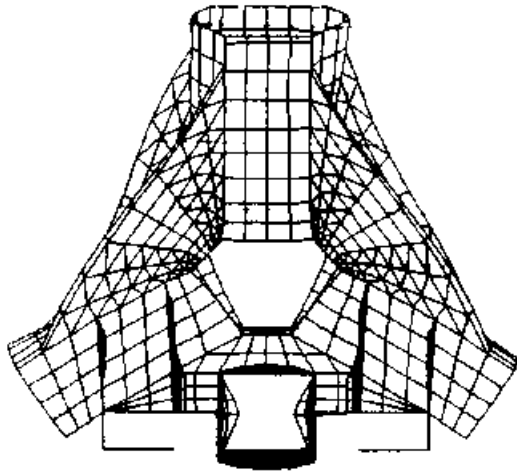


图 30.3-61 第二种工况 xoy 平面内变形

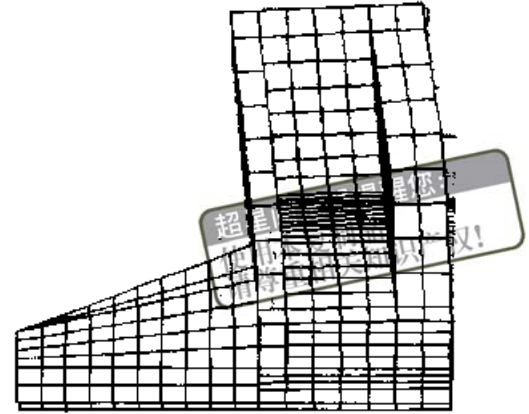


图 30.3-62 第二种工况 yoz 平面内变形

旋轮座动态有限元分析，包括对结构的前 4 阶固有频率的计算并得出相应的振型，如表

30.3-13 及图 30.3-63，图 30.3-64，图 30.3-65，图 30.3-66 所示。

表 30.3-13 固有频率

固有频率阶数	固有频率 Hz	振型主要特征
一	99.901	沿 z 轴移动，y 值越大，z 向移动量越大
二	142.64	前部绕 z 轴顺时针扭转，后部绕 z 轴逆时针扭转
三	160.1	整体绕 z 轴顺时针扭转
四	182.53	yoZ 平面内成凸的弓形。y 越大，上部沿 -z 向移动量越大

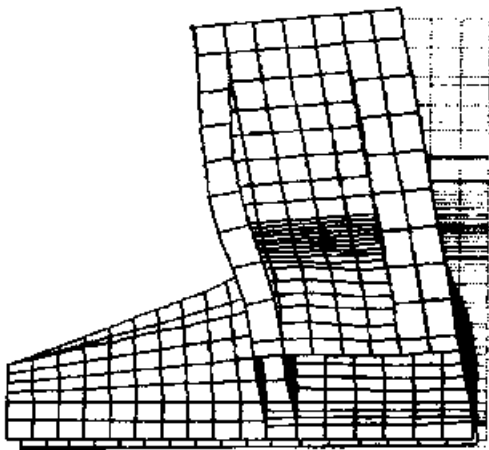


图 30.3-63 第一阶振型 (侧视)

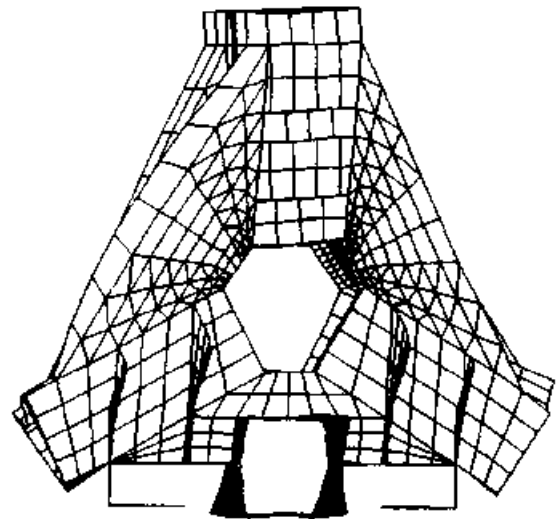


图 30.3-64 第二阶振型 (主视)

### (3) 旋轮座的优化设计

旋轮座的优化设计在满足旋轮座刚度设计要求下，提高结构的固有频率，使频率比处于准静态区，以减少共振现象的发生。

将旋轮座抽象地视为梁，对于简支梁，其固有频率为：

$$\omega_{oi} = \left(\frac{i\pi}{L}\right)^2 \sqrt{\frac{EI}{M}} = (i\pi)^2 \sqrt{\frac{EI}{L^4 M}}$$

对于悬臂梁的固有频率为

$$\omega_{oi} = \left(\frac{\lambda_i L}{L}\right)^2 \sqrt{\frac{EI}{M}} = (\lambda_i)^2 \sqrt{\frac{EI}{L^4 M}}$$

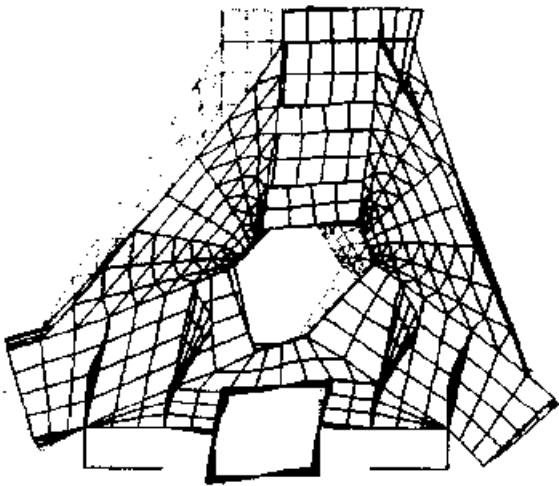


图 30.3-65 第三阶振型 (主视)

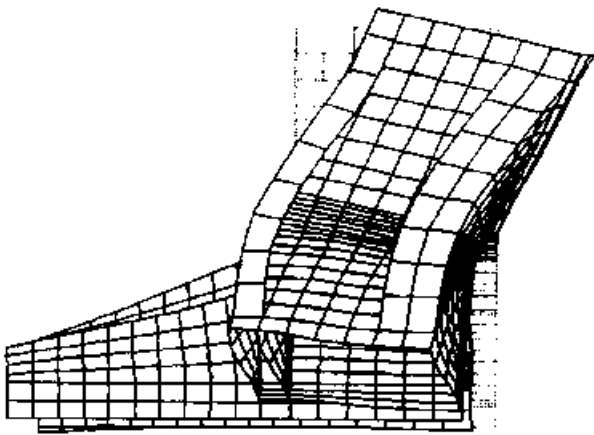


图 30.3-66 第四阶振型 (侧视)

归纳起来, 得到:

$$\omega = C \sqrt{\frac{EI}{L^4 M}}$$

式中  $C$  ——与支撑条件有关的系数;

$M$  ——梁的质量;

$L$  ——梁的非支承长度;

$E$  ——材料的弹性模量;

$I$  ——梁的抗弯惯性矩。

根据以上公式的定性分析, 结合旋轮座的结构及静、动态分析结果, 在给定的结构拓扑、几何布局和材料的条件下以焊接钢板截面尺寸作为设计变量, 以结构的性能、尺寸的上、下限等作为约束条件, 以结构的质量为目标函数的优化设计。

1) 目标函数 通过前面的定性分析, 提高旋轮座的固有频率使其高于激振频率的上限值, 即通过加大旋轮座的刚度、减小旋轮座的质量来达到。采用旋轮座的质量作为目标函数。

2) 设计变量 为了满足目标函数的优化要

求, 可以用几何参数作为设计变量。本结构中选择那些对设计目标影响较大而尺寸又可以改进的参数作为设计变量, 如肋板的厚度尺寸等。

3) 约束条件 为了防止结构的薄壁颤振, 一般情况下, 壁厚不应小于 3 mm。结构的  $z$  向最大变形量不能超过 0.2 mm,  $x$  及  $y$  向最大变形量不能超过 0.1 mm, 最大主应力不能超过许用应力 30 MPa, 一阶固有频率不能小于动态分析结果 99.90 Hz。

4) 数学模型 其数学模型为

设计变量  $X = [x_1, x_2, \dots, x_n]$

在满足约束方程:

$$q(X) = 0$$

$$r(X) \leq 0$$

的条件下, 求目标函数  $f(X)$  的最优值。

将旋轮座的质量作为目标函数, 以后拖部上方 4 块四边形肋板、滑道处 8 块竖直三角形肋板、丝杠周围矩形截面框的四壁厚度及 8 个肋板之间的一些纵向小连接肋板的厚度尺寸作为设计变量, 将旋轮座各肋板的厚度、结构的最大主应力、一阶固有频率、旋轮座的  $x$ 、 $y$ 、 $z$  3 个坐标方向最大变形量作为约束条件。进行离散变量尺寸优化设计, 列出数学模型:

求  $X = [x_1, x_2, x_3, x_4, \mu, \sigma, f]$

使  $\min W(X)$

$$s. t. \quad 3 < x_1 < 80$$

$$3 < x_2 < 80$$

$$3 < x_3 < 80$$

$$3 < x_4 < 80$$

$$\mu - \mu_p < 0$$

$$\sigma - \sigma_p < 0$$

$$f > 99.9$$

式中  $x_1$  ——后拖部上方 4 块四边形肋板厚度;

$x_2$  ——滑槽处 8 块竖直三角形肋板厚度;

$x_3$  ——丝杠周围箱形截面框的四壁厚度;

$x_4$  ——纵向小连接肋板的厚度;

$\mu, \mu_p$  ——旋轮座  $x$ 、 $y$  及  $z$  方向最大变形及其许用值;

$\sigma, \sigma_p$  ——旋轮座最大主应力及其许用值;

$f$  ——旋轮座的一阶固有频率。

5) 优化计算结果 经过尺寸优化设计, 在旋轮座的变形略有增加的情况下, 旋轮座的质量

相比减轻了, 旋轮座的前五阶固有频率得到了提高, 增加了旋轮座的前五阶频率比值, 使旋轮座在保证刚度要求的情况下具有良好的动态特性和运动的灵活性。

将尺寸优化后的旋轮座前四阶固有频率列于表 30.3-14; 优化后的各肋板厚度列于表 30.3-15。

表 30.3-14 优化后旋轮座前四阶固有频率

阶数	一	二	三	四
固有频率/Hz	107.43	156.28	168.83	185.37

表 30.3-15 优化前后钢板厚度 (mm)

部 位	优化前厚度	优化后厚度
后拖部上方 4 块四边 形肋板	35	30
滑槽部 8 块三角形竖 直肋板	35	30
丝杠周围箱形截面框 的四壁厚度	35	30
滑槽部纵向小肋板	25	20

超星浏览器提醒您：  
使用本复制品  
请尊重相关知识产权！



# 第 4 章 导 轨

## 1 概述

### 1.1 导轨的类型、特点及应用

导轨是机械的关键部件之一，其功用是导向和承载。导轨性能好坏将直接影响机械的工作质量、承载能力和使用寿命。在导轨副中，运动部件（如工作台）上的导轨为短导轨，称动导轨；固定部件（如床身、机架）上的导轨为长导轨，称支承导轨。

导轨按运动轨迹可分为直线运动和圆（回转）运动导轨；

按运动性质可分为高速运动导轨，如机床主运动导轨、压力机滑块导轨；低速运动导轨，如机床进给导轨等；移置导轨，这种导轨只用于调整位置，工作中不移动，如卧式镗床后立柱导轨、轧钢机导轨等。

按导轨受力情况有开式和闭式导轨。闭式导轨部件受颠覆力矩不大，靠部件自重和外载使导轨面始终贴合，不用压板。闭式导轨受力情况相反，需加压板辅助导轨、使导轨面良好接触。

按摩擦特性和结构特点划分导轨的类型、特点及应用见表 30.4-1。

表 30.4-1 导轨类型、特点及应用

导轨类型	主要特点	应 用
普通滑动导轨 (滑动导轨)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 结构简单、使用维修方便</li> <li>2. 没有形成完全液体摩擦，动、静摩擦系数差较大、低速易爬行</li> <li>3. 磨损大、寿命低</li> </ol>	普通机床、压力机、轧钢机等各种机械
塑料导轨 贴塑导轨	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 动导轨表面贴塑料软带（板）或喷涂层与铸铁或钢导轨搭配、摩擦系数小、自润滑性能好、低速不易爬行、抗磨损性能好</li> <li>2. 贴（镶、喷涂）塑工艺简单</li> <li>3. 刚度低、耐热性差、容易蠕变</li> </ol>	主要应用于中、大型机床、压强不大的导轨、压力机滑块导轨等
镶金属导轨	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 在支承导轨上镶装钢板或钢带、提高导轨耐磨性（比灰铸铁高 5~10 倍）</li> <li>2. 镶钢导轨工艺复杂、成本高</li> <li>3. 动导轨上镶有色金属板（带）提高导轨耐磨性、运动平稳</li> </ol>	常用于重型机床，如立车、龙门铣床导轨及压力机导轨
动压导轨	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 速度高（90~600 m/min），形成液体摩擦</li> <li>2. 阻尼大、抗振性好</li> <li>3. 结构简单，不需复杂供油系统，使用维护方便</li> <li>4. 油膜厚度随载荷与速度而变化，影响加工精度，低速重载易出现导轨面接触</li> </ol>	主要用于速度高、精度要求一般的机床主运动导轨
静压导轨	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 摩擦系数很小，驱动功率小</li> <li>2. 低速运动平稳性好</li> <li>3. 承载能力大，刚性、吸振性好</li> <li>4. 需要一套液压装置，结构复杂、调整困难</li> </ol>	各种大型、重型机床、精密机床、数控机床的工作台

导轨类型	主要特点	应用
卸荷导轨	1. 减轻支承导轨上的载荷, 降低摩擦系数, 移动轻便, 提高耐磨性和运动平稳性 2. 结构较复杂, 有液压和机械卸荷方式	主要用于要求精度和接触刚度高的机床
滚动导轨	1. 运动灵敏度好、低速平稳性好、定位精度高 2. 精度保持性好、磨损少、寿命长、移动轻便 3. 刚性和抗振性差, 结构较复杂、成本较高、要求良好防护 4. 滚动体循环的滚动导轨品种较多、已专业化系列生产, 购买安装便捷	广泛应用于各类精密机械、数控机床、精密机床、纺织机械、高速压力机等

### 1.2 导轨的设计要求

1) 导向精度 即保证运动轨迹的准确度。影响导向精度的主要因素有: 导轨的几何精度和接触精度、结构形式、基础件刚度和热变形、油膜厚度和刚度等。

2) 精度保持性 主要由导轨耐磨性决定, 它与导轨的摩擦性质、结构形式、材料与匹配、受力情况、工艺方法, 以及导轨和基础件上的残余应力等有关。

3) 运动精度 包括低速运动平稳、无爬行、定位准确。它与导轨结构和润滑、动静摩擦系数差值, 以及传动系统刚度等有关。

4) 应有足够的承载能力和刚度 其主要影响因素有: 导轨的结构形式、尺寸、与支承件联接方式及受力情况等。

5) 结构简单、工艺性好、便于调整和维修, 成本低。

6) 具有良好的润滑和防护装置。

由于各种机械的精度和导轨用途不同, 在导轨设计中应针对所设计的机械的导轨, 对上述各项要求, 既要有所侧重, 又要全面考虑。

### 1.3 导轨的设计程序及内容

1) 根据机械的工作条件、性能特点、精度要求、选择导轨结构类型、截面形状和结构尺寸。

2) 计算导轨的平均压强和最大压强, 选择导轨材料及其匹配、表面精加工方法和热处理方法, 以及摩擦表面硬度匹配。

3) 设计导轨间隙调整装置。

4) 设计导轨润滑装置及防护装置。

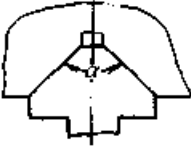

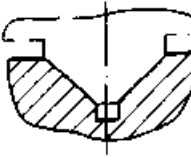
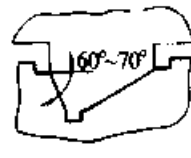
5) 确定导轨的精度和技术条件。

## 2 滑动导轨

### 2.1 滑动导轨截面形状、特点及应用

#### 2.1.1 直线滑动导轨 (表 30.4-2、表 30.4-3)

表 30.4-2 直线滑动导轨截面形状、特点及应用

类型	截面形状		特点及应用
	凸形	凹形	
V形导轨 (山形导轨、三角形导轨)	对称形		导向精度高, 磨损后能自动补偿 凸形有利于排屑, 不易保存润滑油、用于低速 凹形特点与凸形相反, 高、低速均可采用 对称形截面制造方便应用较广, 两侧压力不均时采用非对称形 顶角 $\alpha$ 一般为 $90^\circ$ , 重型机床采用 $\alpha = 110^\circ \sim 120^\circ$ , 精密机床采用 $\alpha < 90^\circ$ , 提高导向精度
	非对称形		
			
			

续表 30.4-2

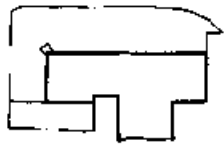
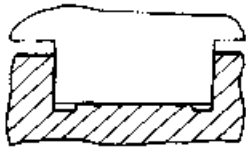
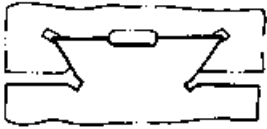
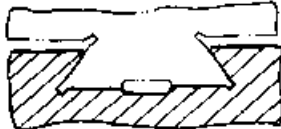
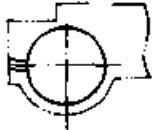


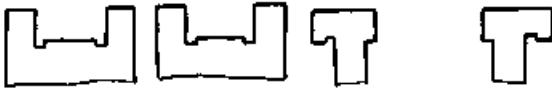
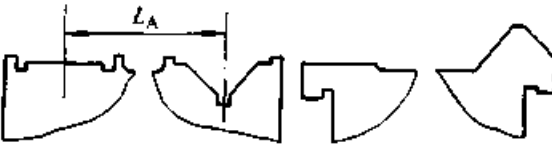
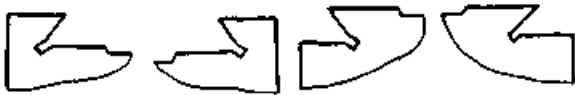


类型	截面形状		特点及应用
	凸 形	凹 形	
矩形导轨 (平导轨)			<p>制造简单, 承载能力大, 不能自动补偿磨损, 必须用镶条调整间隙, 导向精度低, 需良好的防护</p> <p>主要用于载荷大的机床或组合导轨</p>
燕尾形导轨			<p>制造较复杂, 磨损不能自动补偿, 用一根镶条可调整间隙, 尺寸紧凑, 调整方便</p> <p>主要用于要求高度小的部件中, 如车床刀架</p>
圆柱形导轨			<p>制造简单, 内孔可珩磨, 外圆采用磨削可达配合精度, 磨损不能自动调整间隙</p> <p>主要用于受轴向载荷场合, 如钻、镗床主轴套筒、车床尾座</p>

表 30.4-3 导轨的常见组合形式

组合型式	图 示	特点及应用
双V形		<p>导向精度高, 能自动补偿磨损, 加工检修困难, 要求四个面接触, 工艺性差</p> <p>主要用于精度要求高的机床 (如坐标镗床、精密丝杠车床等) 和开式压力机等</p>
双矩形		<p>主要承受与主支承面相垂直的作用力, 刚性好, 承载能力大, 加工维修容易; 磨损后调整间隙麻烦, 导向性差</p> <p>适用普通精度机床或重型机床, 如升降台铣床、龙门铣床</p>
V形, 矩形		<p>导向性好, 刚性较好, 制造较方便, 特点介于上述两者之间, 应用广泛, 如卧式车床、龙门刨床</p>
燕尾形		<p>是闭式导轨接触面最少的一种结构, 用一根镶条即可调节各接触面的间隙。常用于牛头刨床、插床的滑枕导轨, 升降台铣床工作台和车床刀架导轨, 以及仪表机床导轨等</p>



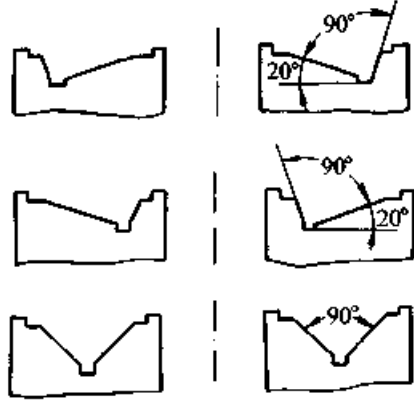
组合型式	图 示	特点及应用
矩形和燕尾		它有调整方便及承载力大的优点,多用于横梁、立柱和摇臂导轨,以及多刀车床刀架导轨等
双圆柱		工艺简单,多用于轻型机械或只承受轴向力的场合,如插床,攻丝机和机械手等

2.1.2 圆运动滑动导轨

圆(回转)运动导轨要求在径向切削力和离心力的作用下、运动部件能保持较高的回转精

度。这种导轨常与主轴联合使用。详见圆运动导轨截面形状、特点及应用表 30.4-4。

表 30.4-4 圆运动滑动导轨截面形状、特点及应用

类 型	截面形状	特点及应用
平面环形导轨		承载力大、工作精度高、结构简单、制造方便,但只能承受轴向载荷、必须与主轴联合使用,由主轴承受径向载荷 适用于主轴定心的回转运动导轨的机床,例如立式车床、齿轮加工机床和平面磨床等
锥面环形导轨		可以承受一定径向载荷,工艺性差。目前用于花盘直径小于 3 m 的立车和其他机床,有被平面环形导轨取代的趋势
V 形面环形导轨		可承受较大的径向力和一定的颠覆力矩,但工艺性差,既要保证导轨的接触,又要保证导轨面与立轴同心是相当困难,有被平面环形导轨取代的趋势,目前应用于 3 m 以上的立车

2.2 滑动导轨尺寸

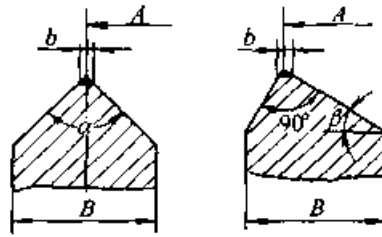
V形、矩形、燕尾形导轨宽度尺寸,可根据表 30.4-5、表 30.4-6、表 30.4-7 分别给出的一

系列推荐值选用。导轨长度可根据机床系列型谱中选用或根据工作台等运动部件的长度及行程要求等计算确定。

2.2.1 V形导轨尺寸(表 30.4-5)

表 30.4-5 V形导轨尺寸

(mm)



超星浏览器提醒您：  
使用本复制品  
请尊重相关知识产权！

B	12	16	20	25	32	(35)	40	45	50	(55)	60	
$b \leq$	1.2	1.6	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	5.5	6	
B	65	70	80	90	100	110	(120)	125	(130)	140	150	
$b \leq$	6.5	7	8	9	10	11	12	12	13	14	15	
B	160	170	180	200	220	250	280	300	320	350	380	400
$b \leq$	16	17	18	20	22	25	28	30	32	35	38	40

A 尺寸系列

60	55	60	70	80	90	100	110	125	140	150	180
200	220	250	280	320	360	400	450	500	550	630	710
800	900	1 000	1 120	1 250	1 400	1 600	1 800	2 000	2 240	2 500	—

角度系列

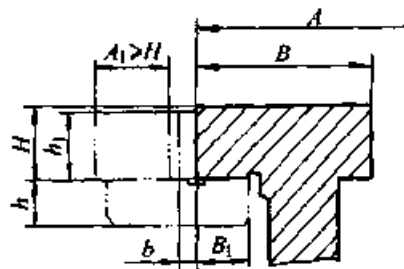
$\alpha$	60°	90°	100°	120°	$\beta$	20°	25°	30°
----------	-----	-----	------	------	---------	-----	-----	-----

注：1. 括号内尺寸尽可能不用；  
2. 表中尺寸亦适用于凹形。

2.2.2 矩形导轨尺寸 (表 30.4-6)

表 30.4-6 矩形导轨尺寸

(mm)



H	B	B <sub>1</sub>	A	h	h <sub>1</sub>	镶条 b	
						斜镶条	平镶条
16	25~40	10;12	100~320	10	H-0.5	4	5
20	32~80	12;16	140~400	12		5;6	6
25	40~100	16;20	180~500	16		6;8	8
(30);32	50~125	20;25	220~630	20			8;10

续表 30.4-6

H	B	B <sub>1</sub>	A	h	h <sub>1</sub>	镶条 b	
						斜镶条	平镶条
40;(45)	60~160	25;32	280~800	25	H-1	8;10	10;12
50;(55)	80~200	32;40	360~1 000	32			12;15
60;(65)	100~250	40;50	450~1 250	40		10;12	15;19
(70);80	125~320	50;65	560~1 600	50		12;15	20;25
100	160~400	60;80	710~2 000	60		15;18	—

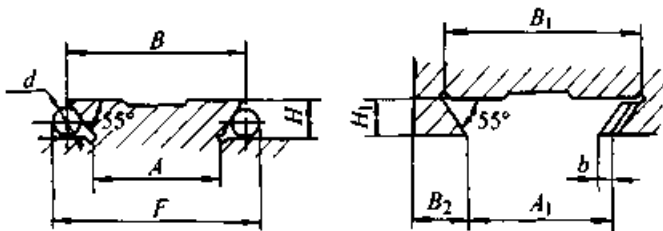
A、B 尺寸系列

A	50	55	60	70	80	90	100	110	125	140	160	180	200	220	250	280	320
B	360	400	450	500	560	630	710	810	900	1 000	1 120	1 250	1 400	1 600	1 800	2 000	—
	12	16	20	25	32	(35)	40	(45)	50	(55)	60	(65)	70	80	90	100	110
	(120)	125	(130)	140	150	160	170	180	200	220	250	280	300	320	350	380	400

注：1. 括号内的尺寸尽可能不用。  
2. b 为斜镶条小端厚度。

2.2.3 燕尾形导轨尺寸 (表 30.4-7)

表 30.4-7 燕尾形导轨尺寸



1. b 为斜镶条小端厚度, 滑座及镶条斜度 K 为 1:50; 1:100, 镶条法向斜度——垂直于 55° 方向的斜度 K 为 0.82:50; 0.82:100。

2.  $A_1 = A + b$   $B = A + 1.4H$   $B_1 = A_1 + 1.4H_1$

$$F = A + 2 \times \frac{d}{2} \left( 1 + \cot \frac{55^\circ}{2} \right) = A + 2.921d$$

H	H <sub>1</sub>	d	b	A	A <sub>1</sub>	B	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub> ≥	F
20	21	12	4	80	85	108	114.4	32	115.052
				90	95	118	124.4		125.052
				100	105	128	134.4		135.052
				110	115	138	144.4		145.052
				125	130	153	159.4		160.052
25	26	25	5	100	105	135	141.4	40	173.025
				110	115	145	151.4		183.025
				125	130	160	166.4		198.025
				140	145	175	181.4		213.025
				160	165	195	201.4		233.025
32	33	32		125	131	169.8	177.2	50	198.025
				140	146	184.8	192.2		213.025
				160	166	204.8	212.2		233.025
				180	186	224.8	232.2		253.025
				200	206	244.8	252.2		273.025

续表 30.4.7

H	H <sub>1</sub>	d	b	A	A <sub>1</sub>	B	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	F	
40	41	32	6	160	166	221.6	223.4	65	253.472	
				180	186	241.6	243.4		273.472	
				200	206	261.6	263.4		293.472	
				225	231	286.6	288.4		318.472	
				250	256	311.6	313.4		343.472	
50	51.5	50	8	200	208	270	280.1	80	346.050	
				225	233	295	305.1		370.050	
				250	258	320	330.1		396.050	
				280	288	350	360.1		426.050	
				320	328	390	400.1		466.050	
65	66.5		10	10	250	260	341	353.1	100	396.050
					280	290	371	383.1		426.050
					320	330	411	423.1		466.050
					360	370	451	463.1		506.050
					400	410	491	503.1		546.050
80	81.5	80	125	320	330	432	444.1	125	563.680	
				360	370	472	484.1		593.680	
				400	410	512	524.1		633.680	
				450	460	562	574.1		682.680	
				500	510	612	624.1		733.680	

### 2.3 滑动导轨间隙调整装置

#### 2.3.1 导轨间隙调整装置设计要求

导轨间隙调整装置广泛采用镶条和压板，结构形式很多，设计时一般要求如下：

1) 调整方便，保证刚性，接触良好。

2) 镶条一般应放在受力较小一侧，如要求调整后中心位置不变，可在导轨两侧各放一根镶条。

3) 导轨长度较长 (>1 200 mm) 时，可采用两根镶条在两端调节，使结合面加工方便，接触良好。

4) 选择燕尾形导轨的镶条时，应考虑部件装配的方式，即便于装配。

#### 2.3.2 镶条、压板尺寸系列

##### (1) 矩形导轨压板

矩形导轨压板尺寸参照表 30.4-6 矩形导轨

尺寸中的参数设计。压板螺钉直径  $d$ ，当压板厚度  $h > 16 \text{ mm}$  时， $d = (0.7 \sim 0.8)h$ ， $h < 16 \text{ mm}$  时， $d = h$ 。

压板长度，当压板受力较大，或导轨工作长度较短时，压板长度等于导轨长度。当压板受力不大、或导轨工作长度较长时，只需在运动部件的两端或中间（受力区）装短压板，其长度可取为导轨工作长度的  $1/3$  或  $1/4$ 。

##### (2) 燕尾形导轨的梯形镶条

燕尾形导轨的梯形镶条尺寸，见表 30.4-8。

##### (3) 平头斜镶条尺寸

平头斜镶条尺寸计算见表 30.4-9。镶条斜度  $1:X$  是指  $A-A$  截面内的斜度。但对于燕尾形导轨用的斜镶条的斜度用法向截面内的斜度  $1:X_n$  来标注。为加工方便。对于  $55^\circ$  的燕尾形导轨

$$X_n = X \operatorname{cosec} 55^\circ = 1.2077X$$

(4) 弯头斜镶条

弯头斜镶条的尺寸计算见表 30.4-10。

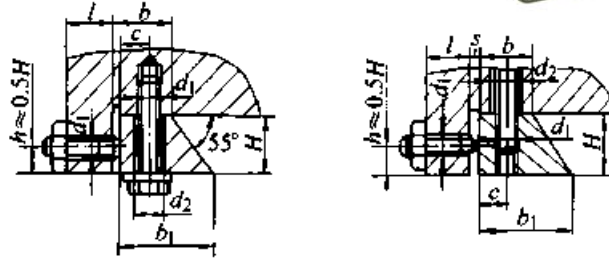
(5) 镶条、压板材料

镶条、压板材料选用见表 30.4-11。

(6) 镶条、压板的技术要求

镶条、压板的技术要求见表 30.4-12。

表 30.4-8 燕尾导轨梯形镶条 (mm)

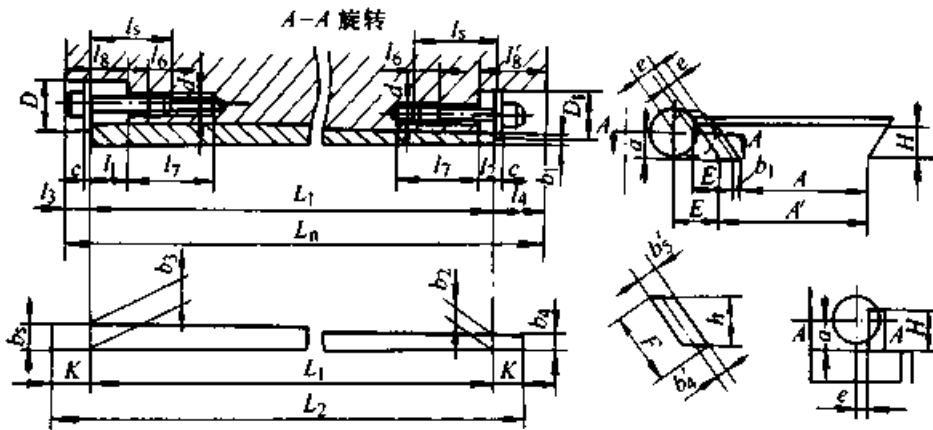


H	b	b <sub>1</sub>	c	d <sub>1</sub>	d <sub>2</sub>	l				s
20	20	33	12	M10	12	14	16	18	20	1
25		36				18	20	22	25	
32	25	46	15	M12	14	22	25	28	32	
40	32	58	20	M16	18	28	32	36	40	
50		64				36	40	45	50	
65	40	82	25	M10	23	40	45	50	55	
80	45	96	28	M24	27	50	55	60	70	

注:  $b_1 < b + 0.7H$ 。

表 30.4-9 平头斜镶条尺寸

(mm)



推荐尺寸	移动部件上的尺寸	导轨高度 H									
		8	10	12	16	20	25	32	40	50	
	矩形导轨	b <sub>1</sub>	2.5	3	3	4	5; 6	6; 8	8; 10		
		a	9	10	12	13	15	16	18	20	25
		e	4	5		6	7		8	10	
	燕尾导轨	b <sub>1</sub>	3		4		5		6	8	
		a	9	10	12	13	15	16	18	20	25
		e	2.5	3.5		6	7		8		10



超星浏览器提醒您：  
使用本资料时，请尊重知识产权。

续表 30.4-9

推荐尺寸	螺钉尺寸		<i>d</i>	M5	M6	M8	M10	M12	M16 (M12)
			<i>D</i>	12	14	16	20	22	28
			<i>c</i>	1.5	2	3	4	5	5
			<i>l<sub>5</sub></i>	5	6	8	8	10	12
	间隙 <sup>①</sup>		$\Delta_1$	0.2~0.3		0.3~0.5		0.4~0.6	
$\Delta_2$			0.1		0.12		0.15		
镶条预留切去量 <i>K</i> <sup>②</sup>			25~35		25~45		35~65		
计算尺寸	镶条移动量		往小头	$l_1 = X \cdot \Delta_1$ <sup>③</sup>					
			往大头	$l_2 = X \cdot \Delta_2$					
	镶条端至部件端距离			$l_3 = l_2 + c; l_4 = l_1 + c$					
	实用长度		$L_1 = L_n - l_3 - l_4$						
			毛坯长度		$L_2 = L_1 + 2K$				
	矩形导轨镶条厚度		$b_4 = b_2 + (l_4 - K) \frac{1}{X}; b_5 = b_4 + L_2 \frac{1}{X}$ <sup>③</sup>						
	燕尾导轨镶条		法向厚度	$b_4' = b_1 \sin 55^\circ + (l_4 - K) \frac{1}{X_n}; b_5' = b_4' + L_2 \frac{1}{X_n}$ <sup>③</sup>					
			备料宽度	$F = \frac{h}{\sin 55^\circ} + b_5' \cot 55^\circ = 1.22h + 0.7b_5'$					
	螺钉长度 <i>l<sub>5</sub></i>			$l_5 = l_1 + l_2 + l_6$ <sup>④</sup>					
	移动部件上尺寸		螺孔深 <i>l<sub>7</sub></i>	$l_7 = l_5 + (0.5 \sim 0.6)d$					
			导向孔深 <i>l<sub>8</sub></i>	$l_8 = l_2 + l_3$					
	导向孔径 <i>D<sub>1</sub></i> <sup>⑤</sup>		普通机床 $D_1 = D + (0.5 \sim 2);$ 精密机床 $D_1 = D + (0.1 \sim 0.3);$						
燕尾导轨上尺寸		<i>E</i>	$E = \frac{e}{\sin 55^\circ} + a \cot 55^\circ = 1.22e + 0.7a$						
		<i>A'</i>	$A' = A + b_1 + L_n \frac{1}{X}$						

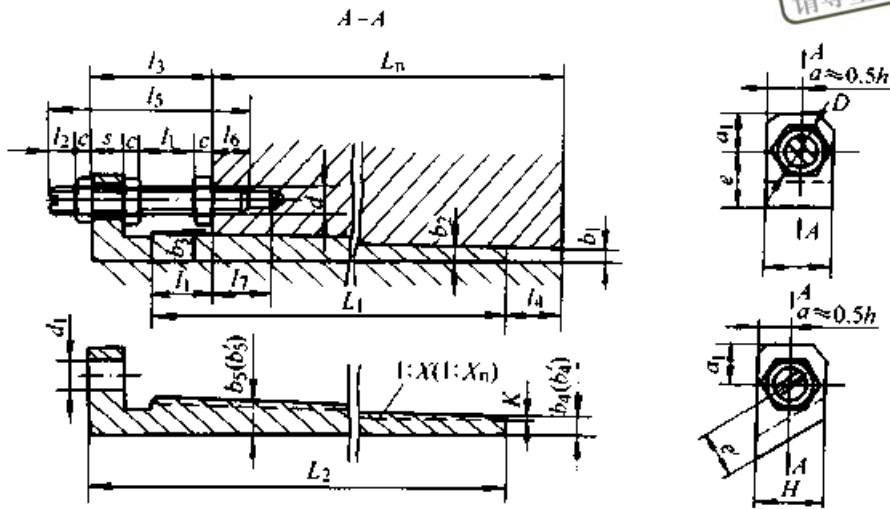
- ①  $\Delta_1$  为镶条往小头移动时间隙减少量； $\Delta_2$  为镶条往大头移动时间隙增加量；镶条长、磨损大的导轨选用  $\Delta_1$ 。
- ② 斜度较小的镶条选用大的 *K*。
- ③ *X* 为斜度 1:*X* 的分母， $1/X_n$  为法向斜度。镶条长度按导轨长 *L* 选择（括号内的斜度尽量少用）；

<i>L</i> /mm	< 500	> 500 ~ 750	> 750
$\frac{1}{X}$	(1:20) ~ 1:50	1:50 ~ (1:75)	1:100 ~ (1:200)

- ④ *l<sub>6</sub>* 为螺纹最小旋入长度。
- ⑤ 导向孔径 *D<sub>1</sub>* 略比 *D* 大，用组合铰钻加工时取小值。

表 30.4-10 弯头斜镶条尺寸

超星浏览器提醒您：  
使用本复制品  
请尊重相关知识版权！



推荐尺寸	导轨高度 H		20	25	32	40	50	60;65	80	100	
	移动部件上尺寸	矩形导轨	$b_1$	5	6		8	10	12	15	
			$b_1$	6	8		10	12	15	18	
	移动部件上尺寸	燕尾导轨	$b_1$	5	6		8	10		—	
			$l_5$	15	18		24		30		
			$l_7$	25	30		35		45		
	螺母	$d$	M10	M12	M16;M12	M16;M20					
		$D$	20	22	28;22	28;35					
		$c$	6	7	8;7	8;9					
	镶条上尺寸	$d_1$	11	13	17;13	17;22					
$s$		12	14	16	20						
$a_1$		18	20	25	32						
间隙①	$\Delta_1$	0.3~0.5		0.4~0.6							
	$\Delta_2$	0.12		0.15							
刮削留量 K		0.5		0.7							
计算尺寸	镶条移动量		往小头	$l_1 = \Delta_1 \cdot X^{\text{②}}$							
			往大头	$l_2 = \Delta_2 \cdot X$							
	镶条至壳体距离		$l_3 = l_1 + s + 2c \pm \delta; l_4 \geq l_1^{\text{③}}$								
	矩形导轨	斜面长度	$L_1 = L_n$								
		全长	$L_2 = L_n + l_3 - l_4$								
			$b_4 = b_2 + K = \left( b_1 + l_4 \frac{1}{X} \right) + K; b_5 = b_4 + L_1 \frac{1}{X};$ $e = b_1 + L_n \frac{1}{X} + \frac{D}{2} + (1 \sim 2)$								
	燕尾导轨		$b_4' = b_1 \sin 55^\circ + l_4 \frac{1}{X_n} + K; b_5 = b_4 + L_1 \frac{1}{X_n};$ $e' = b_1 \sin 55^\circ + L \frac{1}{X_n} + \frac{D}{2} + (1 \sim 2)^{\text{②}}$								
螺栓长度		$l_5 = l_1 + l_2 + s + 3c + l_6 + 1.5d$									

① ② 与表 30.4.9 注同。

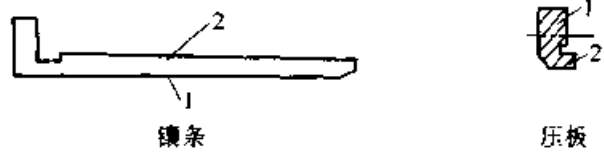
③  $\pm \delta$  为镶条端部至壳体距离允许偏差,  $h \leq 25$  mm 时, 取  $\delta = \pm 4 \sim \pm 8$  mm;  $h > 25$  mm 取  $\delta = \pm 5 \sim \pm 10$  mm; 斜度大时取大值。

表 30.4-11 镶条、压板材料

材料与热处理	特 点	应用
HT150 HT200	加工方便, 磨损大, 易折断	用于中等压力, 尺寸较大的镶条、压板
45 正火	强度高, 不易折断, 磨损小	用于较长较薄的斜镶条、燕尾形导轨镶条

郑重声明: 本资料来源于网络, 版权归原作者所有, 如有侵权, 请联系删除。

表 30.4-12 镶条压板技术要求



镶 条			压 板		
滑动 接合面 1	平面度	由接触点保证	固定 接合面 1	平面度	由接触点保证
	接触点	10~12 点/25 mm×25 mm		接触点	6~8 点/25 mm×25 mm
	装配后允许间隙	0.03 mm 塞尺塞入深度不大于 20 mm		装配后允许间隙	0.04 mm 塞尺不能塞入
固定 接合面 2	接触点	6~8 点/25 mm×25 mm	滑动 接合面 2	平面度	接触点保证
	装配后允许间隙	0.04 mm 塞尺不能塞入		接触点	10~12 点/25 mm×25 mm
				对面 1 平行度	0.01
		装配后允许间隙	0.03 mm 塞尺塞入深度不大于 20 mm		

镶条、压板上可开适当的油槽保证有足够的润滑油, 平头斜镶条应在装配调节好之后再切去两端调节留量, 然后再开润滑油槽和装螺钉槽。

2.4.1 导轨材料的要求和匹配

用于导轨的材料应具有良好的耐磨性、摩擦系数小和动静摩擦系数差小。加工和使用内应力产生的变形小, 尺寸稳定性好等性能。

2.4 滑动导轨材料与热处理

常用导轨材料动静摩擦系数见表 30.4-13。

表 30.4-13 导轨材料的动静摩擦系数

材料及热处理	摩擦系数											
	静				动							
	静止接触时间				滑动速度/mm·min <sup>-1</sup>							
	2 s	10 min	1 h	10 h	0.8	5	20	110	360	530	720	1 200
灰铸铁 HT200, 180HBS	0.27	0.27	0.28	0.30	0.22	0.18	0.18	0.17	0.12	0.08	0.05	0.03
灰铸铁 HT200, 45HRC	0.28	0.27	0.27	—	0.23	0.18	0.17	0.13	0.10	0.08	0.05	0.02
钢 50HRC	0.30	0.30	0.32	—	0.28	0.25	0.22	0.18	0.15	0.10	0.08	0.05
聚四氟乙烯	0.05	0.05	0.05	0.06	0.03	0.03	0.03	0.03	0.04	0.04	0.04	0.05

导轨副应尽量由不同材料组成, 如果选用相同材料, 也应采用不同的热处理或不同的硬度。通常动导轨(短导轨)用较软耐磨性低的材料, 支承导轨(长导轨)用较硬和耐磨材料制造, 材料匹配对耐磨性影响见表 30.4-14。

#### 2.4.2 导轨材料与热处理

滑动导轨常用材料主要是灰铸铁和耐磨铸

铁。

灰铸铁通常以 HT200 或 HT300 做支承导轨, 以 HT150 或 HT200 做动导轨。

JB/T3997—1994 标准对普通灰铸铁导轨的硬度要求如表 30.4-15 所示。

常用耐磨铸铁与普通铸铁耐磨性比较见表 30.4-16。

表 30.4-14 导轨材料匹配及其相对寿命

序号	导轨材料及热处理	相对寿命	序号	导轨材料及热处理	相对寿命
1	铸铁/铸铁	1	4	淬火铸铁/淬火铸铁	4~5
2	铸铁/淬火铸铁	2~3	5	铸铁/镀铬或喷涂钼铸铁	3~4
3	铸铁/淬火钢	>2	6	塑料/铸铁	

注: 导轨材料前边为动导轨, 后边为支承导轨。

表 30.4-15 灰铸铁导轨硬度要求

硬度要求 HBS				硬度不均匀性 HBS	
导轨长度/mm	铸件质量/t	不低于	不高于	导轨长度/mm	硬度差不超过
≤2 500	—	190	255	≤2 500	25
>2 500	3	80	201	>2 500	35
	>5	175	201	由几件连接的 的 导 轨	45
	>10	165	201		

表 30.4-16 常用耐磨铸铁

耐磨铸铁名称	耐磨性高于普通铸铁倍数
磷铜钛耐磨铸铁 (MTPCuTi15、MTPCuTi20、MTPCuTi25、MTPCuTi30)	1.5~2
高磷耐磨铸铁 (MTP15、MTP20、MTP25、MTP30)	1
钒钛耐磨铸铁 (MTVTi20、MTVTi25、MTVTi30)	1~2
稀土铸铁	1
铬钼耐磨铸铁 (MTCrMoCu25、MTCrMoCu30、MTCrMoCu35)	1

导轨热处理: 一般重要的导轨铸铁粗加工后进行一次时效处理, 高精度机床导轨铸铁半精加工后还需进行第二次时效处理。

常用导轨淬火方法有: ①高、中频感应加热淬火, 淬硬层深度 1~2 mm, 硬度 45~50 HRC。②电接触加热自冷表面淬火, 淬硬层深度 0.2~0.25 mm, 显微硬度 600 HM 左右。这种淬火方法主要用于大型铸件导轨。

## 2.5 滑动导轨的技术要求

### 2.5.1 表面粗糙度

(1) 刮研导轨 刮研导轨具有接触好、变形小、可以存油、外观美等优点, 但劳动强度大、生产率低、主要用于高精度机床和出口机床。

刮研导轨面每 25 mm × 25 mm 面积内的接触点数见表 30.4-17。

表 30.4-17 刮研导轨面每 25 mm × 25 mm 内接触点数

机床类别		滑(滚)动导轨		移置导轨		镶条、压板 滑 动 面
		每条导轨宽度/mm				
		≤250	>250	≤100	>100	
高精度机床	I 级	25~30	16~20	16~20	13~16	13~16
	II 级	20~25				
精密机床		16~20	13~16	13~16	10~13	10~13
普通机床		10~13	8~10	8~10	6~8	6~8

(2) 磨削导轨 生产率高, 是加工淬硬导轨 表 30.4-18。接触面要求见表 30.4-19。  
唯一方法, 磨削导轨表面粗糙度应达到的要求见

表 30.4-18 磨削导轨表面粗糙度  $R_a$  ( $\mu\text{m}$ )

机床类型		动导轨			固定导轨		
		中小型	大型	重型	中小型	大型	重型
高精度机床	I 级	0.2 (0.1)	0.4 (0.2)	0.8 (0.4)	0.1 (0.05)	(0.2) (0.1)	0.4 (0.2)
	II 级	0.4 (0.2)	0.8 (0.4)		0.2 (0.1)	0.4 (0.2)	
精密机床		0.4 (0.2)	0.8 (0.4)	1.6 (0.8)	0.2 (0.1)	0.4 (0.2)	0.8 (0.4)
普通机床		0.8 (0.4)	1.6 (0.8)	1.6 (0.8)	0.4 (0.2)	0.8 (0.4)	1.6 (0.8)

注: 1. 滑动速度大于 0.5 m/s 时, 表面粗糙度应降低一级 (括号内数值)。  
2. 淬硬导轨的表面粗糙度应降低一级 (括号内数值)。

表 30.4-19 磨削导轨面的接触指标 (%)

机床类别	滑(滚)动导轨		移置导轨	
	全长上	全宽上	全长上	全宽上
高精度机床	80	70	70	50
精密机床	75	60	65	45
普通机床	70	50	60	40

注: 1. 宽度接触达到要求方能作为长度的计算值。  
2. 镶条按相配导轨的接触指标检验。

2.5.2 几何精度

导轨几何精度在机床精度标准中均有明确的

规定。表 30.4-20 为部分机床标准规定的床身导轨几何精度要求。

表 30.4-20 部分通用机床床身导轨精度

(mm)

机床标准号	卧式车床精度 GB/T 4020—1997		筒式数控卧式车床精度 JB/T8324.1—1996		数控卧式车床精度 GB/T16462—1996	
	普通级	精密级	$D_s \leq 800$	$800 < D_s \leq 1\ 600$	$D_s \leq 800$	$800 < D_s \leq 1\ 250$
尺寸范围	$D_s \leq 800$	$800 < D_s \leq 1\ 600$	$D_s \leq 500$	$500 < D_s \leq 1\ 500$	$D_s \leq 800$	$800 < D_s \leq 1\ 250$
	$DC \leq 500$		$DC \leq 500$		$500 < DC \leq 1\ 000$	
	0.01 (凸)	0.015 (凸)	0.01 (凸)	0.01 (凸)	0.02	0.03
	$500 < DC \leq 1\ 000$		$500 < DC \leq 1\ 000$		$DC > 1\ 000$	
	0.02 (凸)	0.03 (凸)	0.015 (凸)	在任意 250 测量长度上的局部公差	0.04/1 000	0.05/1 000
	0.007 5	0.01	0.005	在任意 250 测量长度上的局部公差	每增加 1 000 允差增加	0.01
	$DC > 1\ 000$		$1\ 000 < DC \leq 1\ 500$		在任意 250 测量长度上的局部公差	
	最大工作长度每增加 1 000 公差增加	0.01	0.005	0.075	0.01	在任意 250 测量长度上的局部公差
	0.01	0.02	在任意 250 测量长度的局部公差	0.015	0.015	0.007 5
	0.015	0.02	0.005	0.015	0.02	0.01
纵向导轨 应在同一平面内	$0.04/1\ 000$		$0.03/1\ 000$		$0.04/1\ 000$	
	$0.04/1\ 000$		$0.03/1\ 000$		$0.04/1\ 000$	

超星浏览器提醒您：  
使用本复制品  
请尊重相关知识产权！

注：DC——最大工件长度； $D_s$ ——床身上最大回转直径。

## 2.6 滑动导轨的压强计算

### 2.6.1 导轨的许用压强

导轨的压强是影响导轨耐磨性和接触变形的主要因素之一。设计导轨时将压强取得过大，则会加剧导轨的磨损；若取得过小，又会增大尺

寸。因此，应根据具体情况，适当的选择压强的许用值。重型机床和精密机床压强可取得小些；中等尺寸的普通机床，压强可取得大些。通用机床铸铁-铸铁、铸铁-钢导轨副的许用压强，可按表 30.4-21 选取。专用机床许用压强比表中数值减少 25%~30%。

表 30.4-21 铸铁导轨的许用压强 (MPa)

导轨种类		平均压强	最大压强
直线 导轨	主运动导轨和滑动速度较大的进给运动导轨	中型机床	0.4~0.5
		重型机床	0.2~0.3
	滑动速度低的进给运动导轨	中型机床	1.2~1.5
		重型机床	0.5
		磨床	0.025~0.04
主运动和滑动速度较大的进给运动的圆导轨，D为导轨直径/mm		D < 300	0.4
		D > 300	0.2~0.3
		环状	0.15

### 2.6.2 压强的分布与假设条件

影响导轨压强分布的因素很多，情况复杂，为了便于进行工程设计，首先做如下假设：

(1) 导轨本身刚度大于接触刚度

此时只考虑接触变形对压强的影响，沿导轨的接触变形和压强，按线性分布，在宽度上视为均布。按压强线性分布规律计算的导轨很多，例如：车床溜板、铣床工作台和铣头、滚齿机刀架、各种机床的短工作台导轨等。

每个导轨面上所受的载荷，都可以简化为一个集中力  $P$  和一个颠覆力矩  $M$  的作用，见图 30.4-1。导轨压强的分布如图 30.4-2 所示。导轨所受的最大、最小和平均压强 (MPa) 分别为：

$$\left. \begin{aligned} p_{\max} &= p_p + p_M = \frac{P}{aL} \left( 1 + \frac{6M}{PL} \right) \\ p_{\min} &= p_p - p_M = \frac{P}{aL} \left( 1 - \frac{6M}{PL} \right) \\ p_{\text{平均}} &= \frac{1}{2} (p_{\max} + p_{\min}) \end{aligned} \right\} \quad (30.4-1)$$

式中  $P$  —— 导轨所受集中力 (N)；  
 $M$  —— 导轨的受颠覆力矩 (N·mm)；  
 $p_p$  —— 由集中力引起的压强 (MPa)；  
 $p_M$  —— 由颠覆力矩引起的压强 (MPa)；  
 $a$  —— 导轨宽度 (mm)；

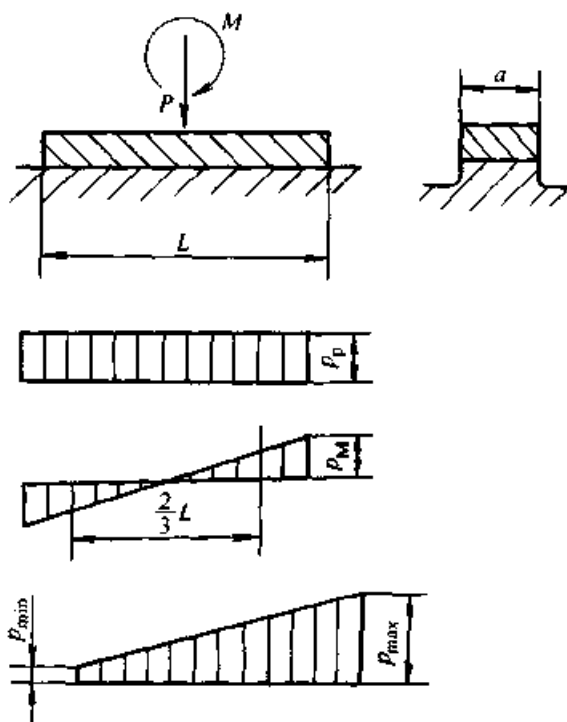


图 30.4-1 导轨压强

$L$  —— 动导轨长度 (mm)。

由式 (30.4-1) 和图 30.4-2 中可以看出：

1) 设计导轨时尽可能使  $\frac{6M}{aL} < 1$ ,  $p_{\min} > 0$ ,  $p_{\max} < 2p_{\text{平均}}$ 。压强按梯形分布，见图 30.4-2b，即合力作用点距导轨中心的距离  $x = \frac{M}{P} < \frac{1}{6}$ 。

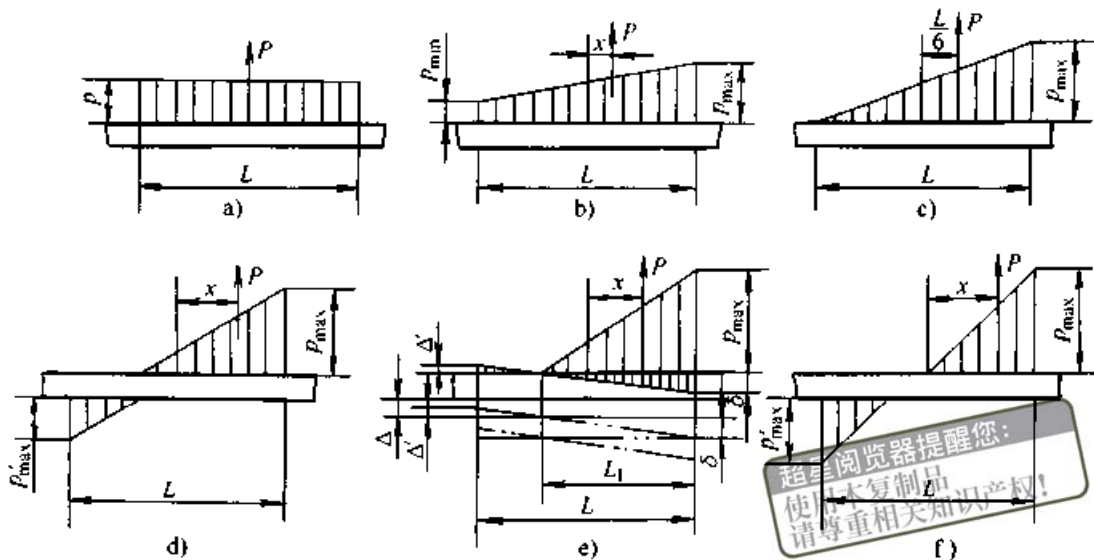


图 30.4-2 导轨压强的分布

2)  $\frac{6M}{aL} = 1$ ,  $p_{\min} = 0$ ,  $p_{\max} = 2p_{\text{平均}}$ 。压强呈三角形分布, 见图 30.4-2c, 导轨全长上都接触, 当  $\frac{M}{aL} \leq \frac{1}{6}$  时, 都可采用无压板开式导轨。

3) 当  $\frac{6M}{aL} > 1$ , 即  $\frac{M}{aL} > \frac{1}{6}$  时, 导轨面将出现一段长度不接触, 必须采用压板, 与压板接触的导轨面称辅助导轨面。当压板与辅助导轨面间隙  $\Delta = 0$  时, 导轨压强按图 d 分布。当间隙  $\Delta > 0$  时, 当主导轨上最大压强  $p_{\max}$  处的接触变形为  $\delta$  时, 主导轨另一端出现间隙  $\Delta'$ , 当  $\Delta > \Delta'$  时, 辅助导轨面与压板不接触, 只是主导轨面受力, 在部分长度上压强按三角形分布,  $\frac{L}{6} < x < \frac{L}{2}$ 。当  $\Delta < \Delta'$  时, 主辅助导轨面的压强分布见图 30.4-2f。

根据导轨的受力情况, 可求出  $\Delta'$ , 用以判断导轨压强 (MPa) 的分布, 见图 30.4-2e。

$$p_{\max} = \frac{p_{\text{平均}}}{1.5 \left( 0.5 - \frac{M}{PL} \right)} \quad (30.4-2)$$

## (2) 导轨刚度较低

如果导轨刚度较低时, 在确定导轨压强时就应同时考虑导轨本身的弹性变形和导轨面的接触变形。压强不是线性分布, 最大压强和平均压强之比可达 2~3 倍或更多。属于这种类型导轨有: 立车刀架, 牛头刨床和插床的滑枕, 龙门刨床的刀架, 外圆磨床工作台、长工作台的导轨等。

通常在龙门铣床和龙门刨床等机床上导轨的最大压强一般为 0.6~0.7 MPa。

## 2.6.3 导轨的受力分析

机床导轨上所受的外力包括切削力、工件及夹具重量、动导轨部件的重量和牵引力。这些外力使各支承导轨面产生支反力和支反力矩。牵引力、支反力、支反力矩都是未知的, 一般可用静力平衡方程式求出。当未知数多而静不定时, 可根据接触变形的条件建立附加方程式求各力。

## 3 塑料导轨

在金属导轨基体的表面上覆盖一层塑料或塑料和金属混合物, 称为塑料导轨。塑料的覆盖方法有: 糊状物喷涂、软带粘接、板状物粘接、钉接或复合联结。

塑料导轨一般具有摩擦系数小, 而且动、静摩擦系数接近且稳定、低速不爬行、耐磨性好、抗咬合能力强、加工性好、耐腐蚀、吸振性好, 能在无润滑条件下工作体积小、化学稳定性高等优点。其缺点是: 耐热性差、导热率低、热膨胀系数大、机械强度低、刚性差, 易蠕变。

### 3.1 塑料导轨材料

导轨用塑料类型很多, 如酚醛夹层塑料 (夹布胶木)、聚酰胺 (尼龙)、聚甲醛、聚四氟乙烯、低压聚乙烯、超高分子聚乙烯、金属塑料复合板、HNT 耐磨涂料等, 目前常用的塑料导轨材料特性及应用情况见表 30.4-22。



表 30.4-22 常用塑料材料特性及应用情况

塑料名称	主要特性	应用情况
聚四氟乙烯软带和薄板 (填充氟塑软带和薄板)	以聚四氟乙烯为基体添加玻璃纤维、石墨、青铜粉、氧化铅和二硫化钼等填充剂, 使它具有摩擦系数低 (0.04), 动、静摩擦系数接近, 低速无爬行, 抗咬合性和耐磨性好, 又增强了机械强度和热传导性 这种材料有两种形式, 板材和软带	数控机床上应用较广泛 板材厚度大于 2 mm 多用于导轨维修。软带规格, 性能见表 30.4-23、表 30.4-24
金属塑料复合导轨板	在钢带上烧结青铜粉形成颗粒钢球后再浸渍含铅的聚四氟乙烯而成, 它既有聚四氟乙烯的减摩性能, 使用中无爬行, 又具有金属的物理力学性能	工艺较复杂, 成本高, 已部分用于数控机床上, 国内已有产品, 其规格与性能见表 30.4-25
导轨耐磨涂层	是以环氧树脂为基本添加各种填充剂的一种糊状物, 将其涂敷在金属导轨表面上, 固化后形成坚硬的塑料层, 具有良好的耐磨性、无爬行	已用于重型龙门铣床工作导轨, 国内已生产, 其性能见表 30.4-26

表 30.4-23 国产填充氟塑软带性能

性能指标名称	软带牌号		
	F <sub>4</sub> J	JC20	TSP
密度/kg·m <sup>-3</sup>	3~3.2	2.91	2.76
抗拉强度/MPa	≥7.00	20.50	14.50
断裂伸长率/%	≥50	276	237
硬 度/HB	6~8		6
摩擦系数	0.035~0.055	0.035	0.039
生产厂	陕西塑料厂	北京机床研究所	广州机床研究所

表 30.4-24 国产填充氟塑软带规格

(mm)			
厚度规格	厚度公差	宽度规格	宽度公差
0.35	±0.04	60	+5
0.50	±0.05	100	+5
0.70	±0.07	120	+5
1.10	±0.10	200	+10
1.50	±0.15	300	+20
>2.50	±0.20		

表 30.4-25 国产金属塑料复合板 FQ-1 性能规格

润滑层主要成分 (质量分数) /%	摩擦系数	抗压强度	热胀系数	热导率	硬 度
P.T.F.E (余量) 铅粉 20% MoS <sub>2</sub> 1%~2%	0.042~0.15	28 MPa	1.5 × 10 <sup>-6</sup> K <sup>-1</sup>	42 W·m <sup>-1</sup> ·K <sup>-1</sup>	10~11 HBS
规格范围	长 300~500 mm 宽 30~80 mm, 厚 2.5 mm				

表 30.4-26 HNT、FT、JKC 三系列耐磨涂层主要性能

摩擦系数	0.02~0.05	布氏硬度	(20~22) HBS
线磨损量 (p=1.5 MPa)	0.005 mm/1 000 km	抗压强度	>95 MPa
粘接强度	>15 MP	冲击强度	>90 N·cm/cm <sup>2</sup>

生产厂: 广州机床研究所、广州坚红化工厂

### 3.2 填充聚四氟乙烯导轨软带 (摘自 JB/T7898—1999)

该标准适用于厚度在 0.3~3.2 mm 软带。

#### (1) 软带尺寸偏差

表 30.4-27 软带厚度极限偏差

(mm)

厚度	0.3~0.5	0.6~1.0	1.1~1.5	1.6~2.2
极限偏差	±0.03	±0.04	±0.05	±0.10

表 30.4-28 软带宽度极限偏差

(mm)

宽度	50	100	150	200	250	>300
极限偏差	+1 0	+2 0	+3 0	+4 0	+5 0	+6 0

#### (2) 软带的物理性能及试验方法

表 30.4-29 软带材料力学性能

项 目	指 标	试验方法
	MPa	
球压痕硬度	70~100	GB/T3398
拉伸硬度	>12	GB/T1040
25%定应变压缩压力	>25	GB/T1041

表 30.4-30 软带摩擦磨损性能

项 目	指 标		试验方法
	mm <sup>3</sup> /(N·m)		
动摩擦系数(30号机油)	—	<0.05	GB/T3960
磨损率	<1×10 <sup>-6</sup>	—	附录 A 补充件

表 30.4-31 软带粘接性能

项 目	指 标		试验方法
	MPa	N/cm	
软带与铸铁粘接抗剪强度	>10	—	HG4—853
软带与铸铁 180°剥离强度	—	≥24	HG4—854

#### (3) 软带外观

软带应表面平整,色泽均匀,无明显划痕及其他缺陷,软带边缘应平直,1 m 长度的弓弦高不大于 3 mm,长度每增加 1 m,其全长弓弦量增高不大于 2 mm。

### 3.3 软带导轨典型制造工艺

制成的氟塑软带导轨副的截面如图 30.4-3 所示。其制造工艺如下。

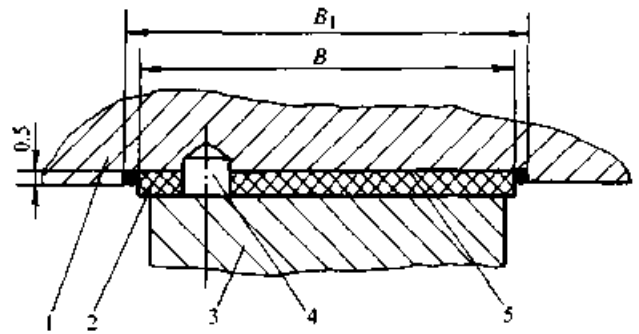


图 30.4-3 填充氟塑软带导轨截面图

1—移动导轨 2—氟塑软带  
3—支承导轨 4—油沟 5—粘接面

#### (1) 确定软带宽度、粘带槽宽与槽深

根据导轨尺寸选择软带宽度、确定导轨体上粘带槽的宽度及深度,其尺寸见表 30.4-32。

表 30.4-32 粘接填充氟塑软带的导轨尺寸

(mm)

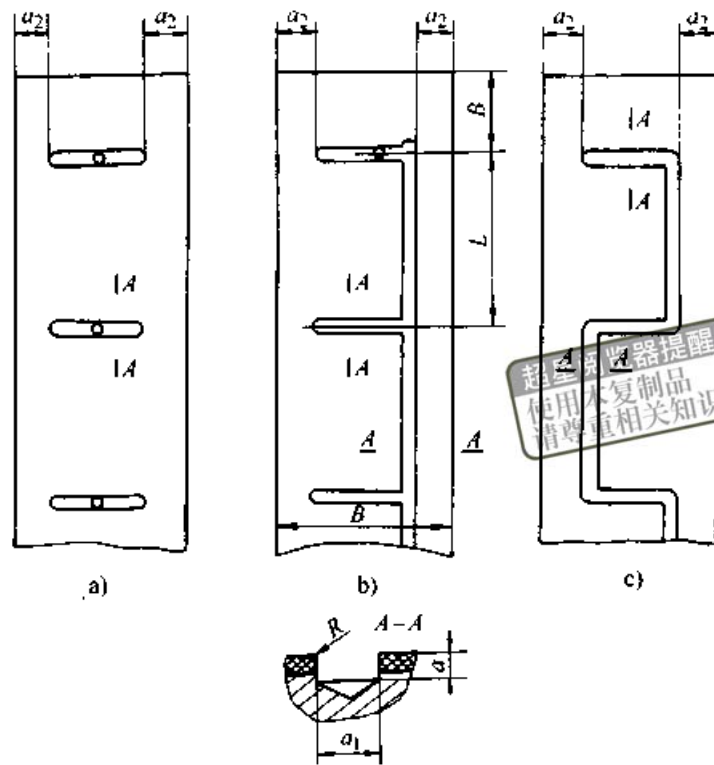
软带宽度 B	36	45	65	85	130	160
粘带槽宽度 B <sub>1</sub>	37.5	46.5	66.5	86.5	131.5	161.5
粘带槽深 t	0.5					

#### (2) 粘接工艺

- 1) 用钠基溶液处理软带的粘接面;
- 2) 将粘接表面拉毛;
- 3) 清除油污;
- 4) 涂胶粘接(含氟胶与胶液两组全 2SW-2 胶) 0.1~0.2 mm 厚;
- 5) 加压粘接固化;
- 6) 检验:粘接强度 10.29~10.49 MPa;  
不均匀扯力 12.35 MPa;  
剥离强度 0.42~0.95 MPa。

#### (3) 塑料导轨上油槽尺寸(表 30.4-33)

表 30.4-33 塑料导轨上油槽尺寸 (mm)



B	a	a <sub>1</sub>	a <sub>2</sub>	R
>40~60	3	6	10	1
>60~80	3	6	10	1
>80~100	3	6	10~12	1.5
>100~150	3	10	14~18	1.5
>150~200	5	10	20~25	5

注：垂直导轨可采用c型，从油槽上部注油。卧式导轨最好采用a或b型。

### 3.4 软带导轨技术条件 (摘自 JB/T 7899—1999)

#### 3.4.1 材料要求

- 1) 软带的质量与性能必须符合 JB/T7898—1999 的规定；
- 2) 粘接剂的性能应满足粘接工艺和使用要求；
- 3) 相配导轨的材料与硬度要求应符合有关标准的规定。

#### 3.4.2 设计要求

- 1) 软带导轨的压强一般不大于 1.0 MPa，局部压强不大于 1.2 MPa。
- 2) 软带应粘接在导轨副短导轨上，粘接前导轨的表面粗糙度  $Ra$  1.6~6.3  $\mu m$ 。相配导轨

宽度不小于软带导轨宽度，其表面粗糙度  $Ra$  0.4~0.8  $\mu m$ 。

- 3) 软带导轨上的油槽与软带边缘的距离不小于 5 mm。
- 4) 当采用压力润滑时，油槽深度必须小于软带的厚度。软带导轨的厚度不宜超过 1.5 mm。
- 5) 软带导轨应有必要的防护措施，以保证在使用、包装和运输过程中不受损伤。

#### 3.4.3 粘接要求

软带粘接时允许拼接或对接，但接缝必须严密，边缘应平直。粘接前应将粘接表面清洗干净，不得有锈斑、油渍和其他污物。涂胶粘剂的表面必须干燥，胶层应涂布均匀，固化后的胶层厚度建议为 0.08~0.20 mm。粘接后必须加压，压强为 0.05~0.10 MPa。固化条件按使用的胶

粘剂的要求进行确定。固化后应清除外溢涂胶，切去软带工艺余量及倒角，粘接面间不允许有脱胶、明显气泡和移位等缺陷。

3.4.4 加工与装配要求

1) 软带导轨可用机械加工或手工刮研方法达到尺寸精度要求，但切削量要小，磨削时必须充分冷却。

2) 油孔周边不允许有翘边、划伤等缺陷。软带导轨面不允许有明显的拉伤或划伤等缺陷。

3) 软带导轨（镶条）与相配导轨的接触应均匀，接触指标不得低于表 30.4-34 的规定。

表 30.4-34 软带导轨接触指标

产品精度等级	接触指标/%			
	滑动导轨		移置导轨	
	全长上	全宽上	全长上	全宽上
高精度级	80	70	70	50
精密级	75	60	65	45
普通级	70	50	60	40

注：只有当导轨宽度上的接触指标达到要求时，才能作长度上的评定。

4) 软带导轨与相配导轨的配合应严密，用 0.04 mm 的塞尺在配合面间的插入深度不得大于表 30.4-35 的规定。

表 30.4-35 软带导轨配合间隙

产品的质量/t	插入深度/mm<	
	高精度级	精密及普通级
<1	5	10
1~10	10	20
>10	15	25

5) 软带导轨的工作可靠性，在使用期内应符合产品设计要求。

3.4.5 检验要求

软带导轨必须逐件检验。

3.5 环氧涂层材料技术通则（摘自 JB/T3578—1991）

该标准适用于在常温下油润滑的环氧涂层材料。

3.5.1 摩擦磨损性能（表 30.4-36）

表 30.4-36 环氧涂层材料摩擦磨损性能

项 目	单 位	指 标
摩擦系数		<0.06
磨痕宽度	mm	<3
磨 损 率	mm <sup>3</sup> /(N·m)	<5×10 <sup>-3</sup>

3.5.2 机械物理性能

表 30.4-37 环氧涂层材料的机械物理性能

项目	单位	指标
粘接抗剪强度	MPa	>12
冲击强度	N·cm/cm <sup>2</sup>	>80
硬 度	N/mm <sup>2</sup>	>180
抗压强度	MPa	>80
压缩弹性模量	MPa	>6×10 <sup>3</sup>
马西耐热	℃	>60°
线膨胀系数	1/K	<12×12 <sup>-5</sup>
传热系数	W/(m <sup>2</sup> ·K)	>1.42×10 <sup>-1</sup>
抗低温性	放置在 -40℃ 环境下，涂层表面不得开裂，不得与基体表面相剥离	

3.6 环氧涂层导轨通用技术条件（摘自 JB/T3579—1991）

3.6.1 环氧涂层导轨的设计要求

1) 环氧涂层材料必须符合 JB/T3578 的要求。  
2) 环氧涂层导轨的承载能力的平均比压不大于 1.0 MPa，局部最大比压不大于 2.0 MPa。

3) 环氧涂层导轨应用于导轨副中较短的导轨上。

4) 涂层厚度（不包括齿槽深度）一般不大于 3 mm。如需要时可加大涂层厚度，但应按涂层材料的压缩弹性模量核算其受最大压力时的弹性变形量。

5) 油槽深度与涂边缘的距离一般不小于 5 mm。油槽深度必须不小于涂层厚度。

6) 涂层导轨的两端应安装刮滑防护装置，以防止尘屑进入导轨面。

3.6.2 配对导轨的要求

1) 与环氧涂层滑动导轨相配对的导轨可用铸铁导轨或钢导轨，其表面最好进行淬火处理，表面硬度和加工质量应符合图样及有关标准规定。

2) 配对导轨的表面切削纹路走向一般应与导轨相对运动方向一致。

3) 配对导轨的宽度和长度不应小于环氧涂层导轨的宽度和长度。

3.6.3 环氧涂层滑动导轨的要求

1) 涂层导轨的制造必须依照涂层材料说明书进行，涂层导轨出厂前必须进行跑合。

2) 为提高涂层的粘接强度，其金属基面一般加工成锯齿形。

3) 涂层导轨表面必须平整光滑，不得有软点和明显的表面缺陷，允许修补。

4) 根据需要允许在涂层表面人工刮研存油刀花，一般以呈45°方向且相互交叉形式为宜。

5) 涂层导轨必须按标准要求逐件检查。

3.6.4 涂层导轨与配对导轨接触精度

(1) 应用涂色法检验面接触程度

检验方法按 JB/T9876—1999 规定进行，导轨应接触均匀，接触指标不小于表 30.4-38 的要求。

表 30.4-38 涂层导轨与配对导轨的面接触指标 (mm)

产品精度等级	滑动导轨		移置导轨	
	全长上	全宽上	全长上	全宽上
高精度级	80	70	70	50
精密级	75	60	65	45
普通级	70	50	60	40

注：只有在宽度上接触指标达到要求后，才能作长度上的评价。

(2) 应用涂色法检验点接触程度

对于采用刮研涂层导轨可采用涂色法检验点接触程度，涂层导轨每 25 mm × 25 mm 面积内的接触点数不得少于表 30.4-39 的规定。

表 30.4-39 涂层导轨与配对导轨点接触指标

产品精度级别	导轨宽度/mm			
	滑动导轨		移置导轨	
	≤250	>250	≤100	>100
	接触点数 (25 mm × 25 mm 内)			
高精度级	≥15	≥12	≥12	≥9
精密级	≥12	≥9	≥9	≥8
普通级	≥8	≥6	≥6	≥5

(3) 应用塞尺法检验接触程度

采用厚 0.04 mm 塞尺进行检验，塞尺在配合面间的插入深度不得大于表 30.4-40 的规定。

表 30.4-40 涂层导轨的塞尺深度 (mm)

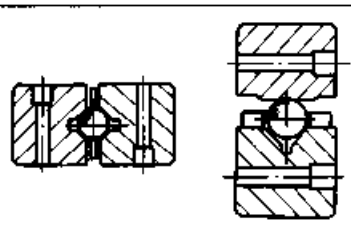
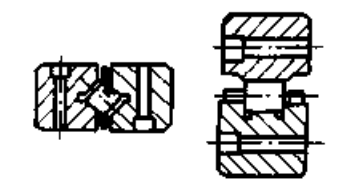
产品的质量/t	高精度级	精密级及普通级
≤10	10	20
>10	15	25

4 滚动导轨

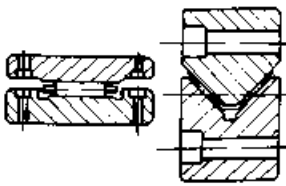
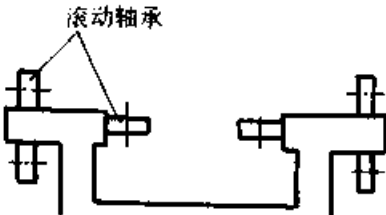
4.1 滚动导轨的类型、特点及应用

滚动导轨类型很多，有直线运动和回转运动导轨；按滚动体的形状分有滚珠、滚柱和滚针，按滚动体是否循环分有滚动体不循环和滚动体循环导轨。见表 30.4-41。

表 30.4-41 滚动导轨类型特点及应用

类 型	简 图	特点及应用
滚动体不循环		行程不能太长，摩擦阻力小、刚度低、承载能力差，不能承受大的颠覆力矩和水平力； 这种导轨适用于载荷不超过 1 000 N 的机床，如工具磨床
		载荷能力及刚度比滚珠导轨高，交叉滚柱导轨副四个方向均能承载

续表 30.4-41

类 型		简 图	特 点 及 应 用
滚动体不循环	滚针导轨		滚针导轨载荷能力刚度最高； 滚柱、滚针对导轨面的平行度误差要求比较敏感，且容易侧向偏移和滑动； 主要用于承载能力较大的机床上。如立式车床，磨床等
	直线滚动导轨副	见本章 4.3 节 图 30.4-4	行程不受限制，有专业化生产厂，设计机械采用这类导轨使机械设计制造周期缩短，提高质量，各类导轨特点及应用详见有关章节
	滚动导轨块	见本章 4.4 节 图 30.4-21	
	直线运动导轨套	见本章 4.5 节 图 30.4-32	
滚动体循环导轨	滚动轴承 滚动导轨		利用能承受径向载荷的滚动轴承为滚动元件，适合载荷大、刚度高、行程长的导轨，如大型磨头移动式平面磨床，绘图机等，有多种结构型式

4.2 直线滚动导轨的选用计算

本节主要介绍滚动体循环的直线滚动导轨的选用计算。关于滚动体不循环的滚动导轨设计计算可参见有关资料。

4.2.1 额定寿命

(1) 额定寿命计算

直线运动滚动导轨额定寿命的计算与滚动轴承基本相同

$$L = \left( \frac{f_h f_t f_c f_a C_a}{f_w P_d} \right)^{\epsilon} K \quad (30.4-3)$$

式中  $L$  ——额定寿命 (km)；  
 $C_a$  ——额定动负荷 (kN)；  
 $P_d$  ——当量动载荷 (kN)；

$$P_d = P_{max}$$

$P$  ——受力最大的滑块所受载荷计算方法

见表 30.4-46；

$Z$  ——导轨上滑块数；

$\epsilon$  ——指数，当滚动体为滚珠时， $\epsilon = 3$ ；  
当滚柱时， $\epsilon = 10/3$ ；

$K$  ——额定寿命单位，滚珠时， $K = 50$  km；滚柱时， $K = 100$  km；

$f_h$  ——硬度系数

$$f_h = \left( \frac{\text{滚道实际硬度 HRC}}{58} \right)^{3.6}$$

由于产品技术要求规定，滚道硬度不得低于 58 HRC，故通常可取  $f_h = 1$ 。

$f_t$  ——温度系数，查表 30.4-42；

$f_c$  ——接触系数，查表 30.4-43；

$f_a$  ——精度系数，查表 30.4-44；

$f_w$  ——载荷系数，查表 30.4-45。

表 30.4-42 温度系数

工作温度 / °C	≤100	>100~150	>150~200	>200~250
$f_t$	1	0.90	0.73	0.60

表 30.4-43 接触系数

每根导轨上滑块数	1	2	3	4	5
$f_c$	1.00	0.81	0.72	0.66	0.61

表 30.4-44 精度系数

精度等级	$P_2$	$P_4$	$P_4$	$P_5$	$P_5$	$P_0$
$f_s$	1.0	1.0	0.9	0.9	0.8	0.7

表 30.4-45 载荷系数

工作条件	$f_w$
无外部冲击或振动的低速运动的场合, 速度小于 15 m/min	1~1.5
无明显冲击或振动的中速运动场合, 速度为 15~60 m/min	1.5~2
有外部冲击或振动的高速运动场合, 速度大于 60 m/min	2~3.5

(2) 寿命时间的计算

当行程长度一定, 以小时为单位的额定寿命为

$$L_h = \frac{L \times 10^3}{2 \times L_s n_z \times 60} \approx \frac{8.3L}{L_s n_z} \quad (30.4-4)$$

式中  $L_h$  —— 寿命时间 (h);

$L$  —— 额定寿命 (km), 见式 (30.4-3);

$L_s$  —— 行程长度 (m);

$n_z$  —— 每分钟往复次数。

4.2.2 直线运动滚动导轨载荷的计算

直线运动滚动导轨所受载荷, 受很多因素的影响, 如配置形式 (水平、竖直或斜置等)、移动的重心和受力点的位置、移动导轨牵引力的作用点、起动及停止时惯性力, 以及切削阻力作用等。

表 30.4-46 为各种条件下作用于导轨上载荷的计算。

表 30.4-46 直线运动滚动导轨载荷计算

序号	使用条件	每个滑块座的载荷值	说 明
1		$P_1 = P_2 = P_3 = P_4 = \frac{1}{4}(G + F)$	水平安装, 卧式导轨, 滑块座移动 工作台质量均匀分布, 重心在中间 外力 F 的作用点和工作台重心重合 匀速运动或静止
2		$P_1 = \frac{G}{4} + \frac{F}{4} + \left( \frac{c-b}{2a} + \frac{h-n}{2d} \right) F$ $P_2 = \frac{G}{4} + \frac{F}{4} - \left( \frac{c-b}{2a} - \frac{h-n}{2d} \right) F$ $P_3 = \frac{G}{4} + \frac{F}{4} + \left( \frac{c-b}{2a} - \frac{h-n}{2d} \right) F$ $P_4 = \frac{G}{4} + \frac{F}{4} - \left( \frac{c-b}{2a} + \frac{m-n}{2d} \right) F$	同上, 但外力 F 的作用点偏离中心, 不与重心重合

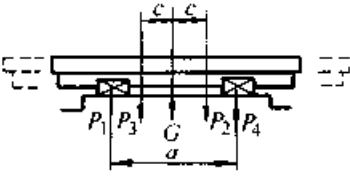
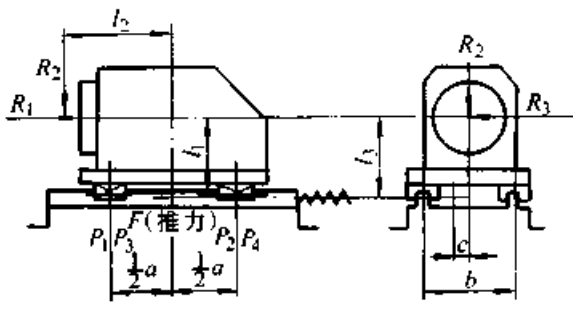
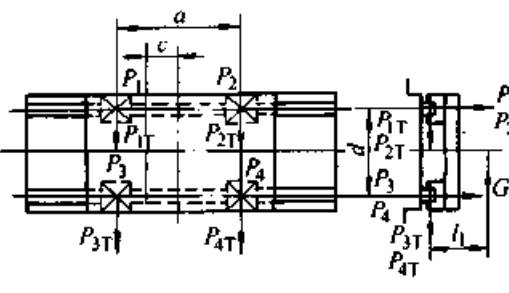
超星浏览器提醒您：  
使用本复制品  
请尊重相关知识产权！

续表 30.4-46

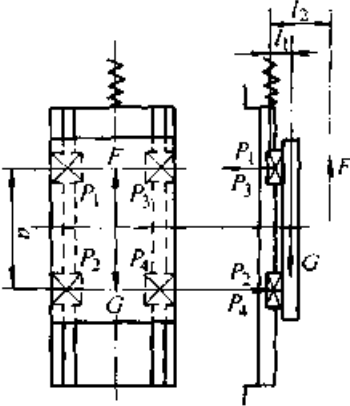
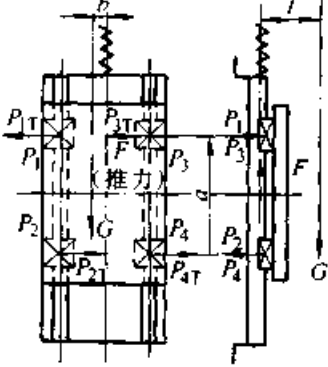
序号	使用条件	每个滑块座的载荷值	说 明
3		$P_1 = \frac{G}{4} + \frac{F}{4} + \left( \frac{2b+c}{2a} + \frac{2a+h}{2d} \right) F$ $P_2 = \frac{G}{4} + \frac{F}{4} - \left( \frac{2b+c}{2a} - \frac{2a+h}{2d} \right) F$ $P_3 = \frac{G}{4} + \frac{F}{4} + \left( \frac{2b+c}{2a} - \frac{2a+h}{2d} \right) F$ $P_4 = \frac{G}{4} + \frac{F}{4} - \left( \frac{2b+c}{2a} + \frac{2a+h}{2d} \right) F$	<p>同上,但外力 <math>F</math> 的作用点在导轨之外</p>
4		$P_1 = P_3 = \frac{1}{4} G + \frac{l}{2a} F$ $P_2 = P_4 = \frac{1}{4} G - \frac{l}{2a} F$ <p><math>l</math>——外力 <math>F</math> 作用点与滚珠丝杠副 (或其他驱动器) 轴线的距离</p>	<p>水平安装,卧式导轨,滑块座移动; 外力 <math>F</math> 作用方向配置滚珠丝杠副,液压缸或其他驱动器驱动; 匀速运动或静止时</p>
5		<p>加或减速时</p> $P_1 = P_3 = \frac{1}{4} G + \frac{l}{2a} F - \frac{IGv}{2agt}$ $P_2 = P_4 = \frac{1}{4} G - \frac{l}{2a} F - \frac{IGv}{2agt}$ <p>式中 <math>v</math>——加、减速度 (m/s) <math>t_1</math>——加、减速时间 (s)</p> <p>匀速运动时</p> $P_1 = P_3$ $P_2 = P_4$	<p>水平安装,卧式导轨,滑块座移动; 承受惯性力,配置滚珠丝杠副,液压缸或其他驱动器驱动</p>
6		$P_1 = \frac{F}{2} + \frac{G}{2} + \left( \frac{2b+a}{4a} \right) \cdot F$ $P_2 = \frac{F}{2} + \frac{G}{2} - \left( \frac{2b+a}{4a} \right) \cdot F$	<p>水平安装,卧式单轨,滑块座移动; 匀速运动或静止时</p>



续表 30.4-46

序号	使用条件	每个滑块座的载荷值	说 明
7	 <p style="text-align: center;">水平安装</p>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 10px auto;"> <p>超星浏览器提醒您： 使用本复制品 请尊重相关知识产权！</p> </div> <p style="text-align: center;">卧式导轨, 导轨轴移动</p> <p>匀速运动时, 行程长度: <math>2c</math></p> $P_{1(\max)} \sim P_{4(\max)} = \frac{G}{4} + \frac{G}{2} \cdot \frac{c}{n}$ $P_{1(\min)} \sim P_{4(\min)} = \frac{G}{4} - \frac{G}{2} \cdot \frac{c}{n}$	
8		<p><math>R_1</math> 作用时</p> $P_1 \sim P_4 = \frac{R_1}{2} \cdot \frac{l_3}{n}$ $P_{1T} \sim P_{4T} = \frac{R_1}{2} \cdot \frac{c}{n}$ <p><math>R_2</math> 作用时</p> $P_1 = P_3 = \frac{R_2}{4} + \frac{R_2}{2} \cdot \frac{l_2}{n}$ $P_2 = P_4 = \frac{R_2}{4} - \frac{R_2}{2} \cdot \frac{l_2}{n}$ <p><math>R_3</math> 作用时</p> $P_1 \sim P_4 = \frac{R_3}{2} \cdot \frac{l_2}{b}$ $P_{1T} = P_{4T} = \frac{R_3}{4} + \frac{R_3}{2} \cdot \frac{l_2}{b}$ $P_{2T} = P_{3T} = \frac{R_3}{4} - \frac{R_3}{2} \cdot \frac{l_1}{b}$	<p>承受垂直水平外力 水平安装, 滑块。 座移动。 匀速运动时</p>
9		<p style="text-align: center;">立式横向安装 滑块座移动 匀速运动或静止时</p> $P_1 = P_2 = P_3 = P_4 = \frac{l_1}{2a} G \quad P_{1T} = P_{3T} = \frac{1}{4} G + \frac{c}{2a} G$ $P_{2T} = P_{4T} = \frac{1}{4} G + \frac{c}{2a} G$	

超星浏览器提醒您  
使用本复制品  
请尊重相关知识产权!

序号	使用条件	每个滑块座的载荷值	
10		$P_1 = P_3 = \frac{1}{2n}(l_1 G - l_2 F)$ $P_2 = P_4 = \frac{1}{2}a(l_2 F - l_1 G)$ $P_1 = P_3 = -P_2 = -P_4$ $l_1, l_2 \text{——负载作用点与滚珠丝杠副}$ $\text{或其他驱动器轴线的距离}$	垂直安装,立式导轨,滑块座移动 外力 $F$ 作用方向配置滚珠丝杠副、液压缸或其他运动器驱动 匀速运动或静止时
11		$P_1 = P_2 = P_3 = P_4 = \frac{1}{2a}G$ $P_{1T} = P_{2T} = P_{3T} = P_{4T} = \frac{b}{2a}G$	垂直安装,立式导轨,滑块座移动 推力 $F$ 作用方向配置滚珠丝杠副、液压缸或其他驱动器驱动 匀速运动或静止时

注: 载荷变化时, 当量载荷的计算原理与滚珠丝杠副相同。

### 4.2.3 摩擦力

摩擦阻力受结构型式、润滑剂的粘度、载荷及运动速度的影响而略有变化, 预紧后, 摩擦力增大, 摩擦力  $F_\mu$  (N) 可按下式计算

$$F_\mu = \mu P + f \quad (30.4-5)$$

式中  $\mu$  ——滚动摩擦系数,  $\mu = 0.003 \sim 0.005$ ;

$P$  ——法向载荷 (N);

$f$  ——密封件阻力 (N), 每个滑块座  $f = 5$  N。

当所受载荷低于额定静载荷 10% 时, 由于载荷过小, 滚珠间相互摩擦的阻力和润滑脂的阻力占有较大比例。这时摩擦力并不随法向载荷的降低而成正比地下降, 实际摩擦力将大于按式 (30.4-5) 计算的结果。如果仍用该式计算, 则可认为在低速时摩擦系数将增大, 实验表明,  $\mu = 0.003 \sim 0.005$  仅适用于载荷比  $P/C_s > 0.1$ , 当  $P/C_s = 0.05$  时,  $\mu = 0.01$ ; 当  $P/C_s < 0.05$  时,  $\mu$  值将急剧增大。

滑块座两端密封垫的阻力与所受的载荷完全无关, 有时会因制造装配和使用中卡住脏物或屑

末等而增大阻力, 此时应注意调整和清除。

## 4.3 直线滚动导轨副

### 4.3.1 结构与特点

直线滚动导轨副 (以下简称滚动导轨) 见图 30.4-4a、b 是由一根长导轨轴和滑块构成, 滑块数根据需要而定。滑块体内有四组滚珠: 1 与 2, 3 与 4, 5 与 6, 7 与 8 各为一组。其中负载滚珠为 2、3、6、7, 回珠为 1、4、5、8。随着滑块 (或导轨轴) 的移动, 滚珠就周而复始地进行滚动运动。滚珠承载的形式, 与角接触球轴承相似。一个滑块就像是 4 个直线运动的角接触球轴承。滑块的两端装有防尘密封垫, 导轨轴的安装形式可以水平也可以竖直或倾斜, 可以两根或多根导轨轴平行安装, 也可以把两根或多根短导轨轴接长成为长导轨轴, 以适应各种行程和用途的需要。

根据使用要求的不同, 国内已开发、生产出两种结构类型的直线滚动导轨副, 见图 30.4-4 的 a 和 b, 其特性如表 30.4-47 所示。

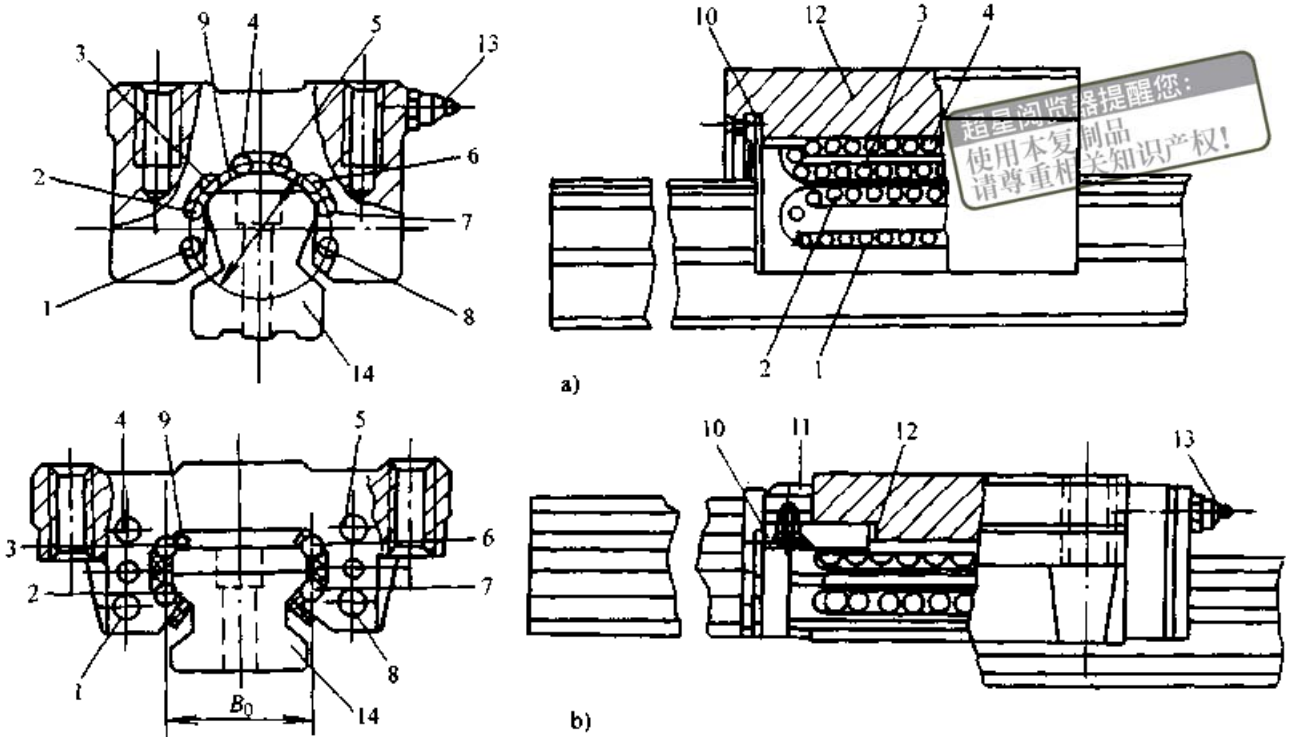


图 30.4-4 直线滚动导轨副

1-8-滚珠 9-保持架 10-橡胶密封垫 11-返回器 12-滑块座 13-油杯 14-导轨轴

表 30.4-47 直线滚动导轨副的类型和特性

	GGA (径向型)	GGB (四方向等载荷型)
滚珠接触的结构型式		
载荷的方向、大小		
特 性	1) 垂直向下 (图示) 和左右水平额定载荷大 2) 对垂直向下 (图示) 载荷的精度稳定性好 3) 运行噪声小	1) 垂直向上、向下和左右水平额定载荷是等同的, 用途较广 2) 额定载荷大, 刚度高, 适用于重载机床
用 途	电加工机床、各种检测仪器、X-Y 工作台	加工中心、数控机床、机器人、精密机床 Z 轴

直线滚动导轨副的特点是:

1) 承载能力大、刚度高。因滚珠与圆环沟槽相接触、接触面积大、许用载荷和接触刚度与点接触的滚动体不循环导轨有较大提高。

2) 采用直线滚动导轨副可简化设计、制造和装配工作。导轨副的安装基面精度和质量要求不高, 只要求精铣或精刨。

4.3.2 尺寸系列

表 30.4-48 为 GGA-BA 型直线滚动导轨副

尺寸 (径向型滑块窄系列)

表 30.4-49 为 GGA-AA 型直线滚动导轨副

尺寸 (径向型滑块宽系列)

表 30.4-50 为 GGB-AA 型直线滚动导轨副

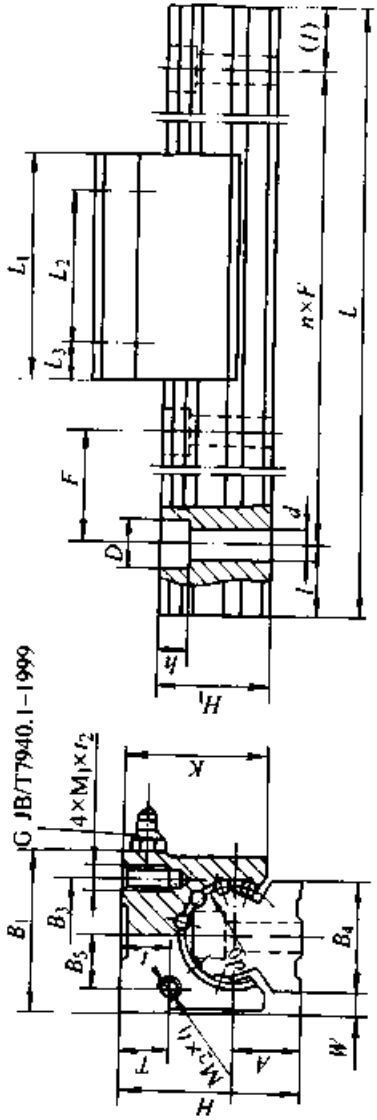
尺寸 (四方向等载荷型)

表 30.4-51 为 GGAT-BA 型直线滚动导轨副尺寸

表 30.4-52 为 GGC-BA 型直线滚动导轨副尺寸

表 30.4-48 GGA-BA 型直线滚动导轨副

(mm)

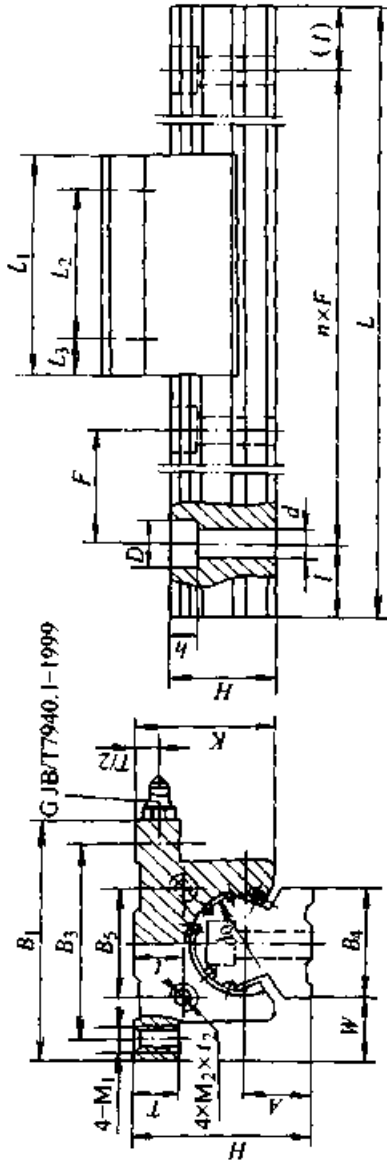


规格 $d_n$	$B_1$	$B_2$	$B_3$	$B_4$	$B_5$	$W$	$M_1 \times t_1$	$M_2 \times t_2$	$t$	$H$	$A$	$T$	$K$	$L_1$	$L_2$	$L_3$	$H_1$	$d \times D \times h$	$l$	$F$	最大长度 $L$	$G$	$G_n /$ kN	$C_{in} /$ kN
16	34	26	22	16	22	9	M4 × 10	M3 × 6	6	28	12	8	22	45	26	9.5	17	4.5 × 7.5 × 5.3	20	60	640	M6	3.5	4.5
20	48	35	26	20	26	14	M6 × 12	M4 × 8	8	40	17	8	32	63	35	14	23	6 × 9.5 × 8.5	20	60	1 500	M6	6.8	8.8
25	60	40	40	25	40	17.5	M8 × 16	M4 × 8	12	50	20	10	40	75	40	17.5	28	7 × 11 × 9	20	80	2 000	M5	11.3	14
32	71	50	50	32	50	19.5	M8 × 16	M4 × 8	12	60	25	12	50	85	50	17.5	35	7 × 11 × 9	20	80	3 000	M5	11.3	14
40	85	60	60	40	60	22.5	M10 × 20	M5 × 10	12	75	52	15	60	105	60	22.5	44.5	9 × 14 × 12	22.5	105	3 000	M8 × 1	27.8	31.5
50	100	75	75	50	75	25	M12 × 25	M5 × 10	12	85	32	15	70	120	75	22.5	47.5	11 × 18 × 12	30	120	4 000	M8 × 1	40.6	43
63	120	80	85	63	85	28.5	M12 × 25	M5 × 10	15	100	38	18	82	120	75	22.5	57	11 × 18 × 12	30	120	4 000	M8 × 1	57.9	60.3

注：制造单位：南京工艺装备制造厂。

表 30.4-49 GGA-AA 型直线滚动导轨副

(mm)



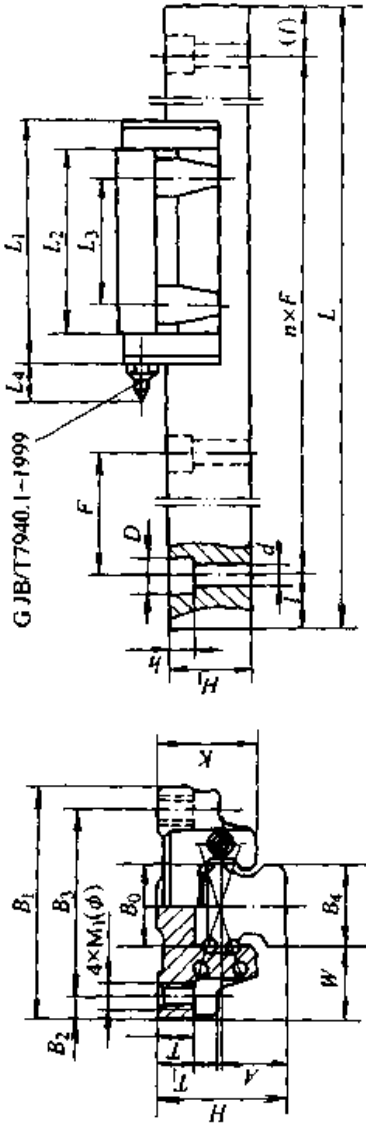
规格 $d_0$	$B_1$	$B_3$	$B_3$	$B_4$	$B_5$	$W$	$M_1$	$M_2 \times t_2$	$H$	$A$	$T$	$t$	$K$	$H_1$	$d \times D \times h$	$L_1$	$L_2$	$L_3$	$l$	$F$	最大长度 $L$	$G$	$G_s /$ kN	$C_{max} /$ kN
16	53	42	16	22	18.5	M4	M3 × 6	28	12	8	6	22	17	4.5 × 7.5 × 5.3	50	26	7	20	60	640	M6	3.8	5	
20	71	55	20	26	25.5	M6	M4 × 8	40	17	8	8	32	23	6 × 9.5 × 8.5	71	50	10.5	20	60	1 500	M6	8.2	11.8	
25	90	72	25	40	32.5	M8	M4 × 8	50	20	10	12	40	28	7 × 11 × 9	80	60	10	20	80	2 000	M6	13	16.9	
32	105	82	32	50	38.5	M8	M4 × 8	60	25	12	12	50	35	7 × 11 × 9	95	72	11.5	20	80	3 000	M6	19.6	24.4	
40	120	100	40	60	40	M10	M5 × 10	75	32	15	12	60	44.5	9 × 14 × 12	110	80	15	22.5	105	3 000	M8 × 1	32.3	39.5	
50	140	116	50	75	45	M12	M5 × 10	85	32	15	12	70	47.5	11 × 18 × 12	125	95	15	30	120	4 000	M8 × 1	48	55.5	
63	160	135	63	85	48.5	M12	M5 × 10	100	38	18	15	82	57	11 × 18 × 12	140	105	17.5	30	120	4 000	M8 × 1	82.3	107.8	

注：1. 4 M1 螺孔可设计成通孔。

2. 制造单位：南京工艺设备制造厂。

表 30.4-50 GGB-AA 型直线滚动导轨副尺寸系列

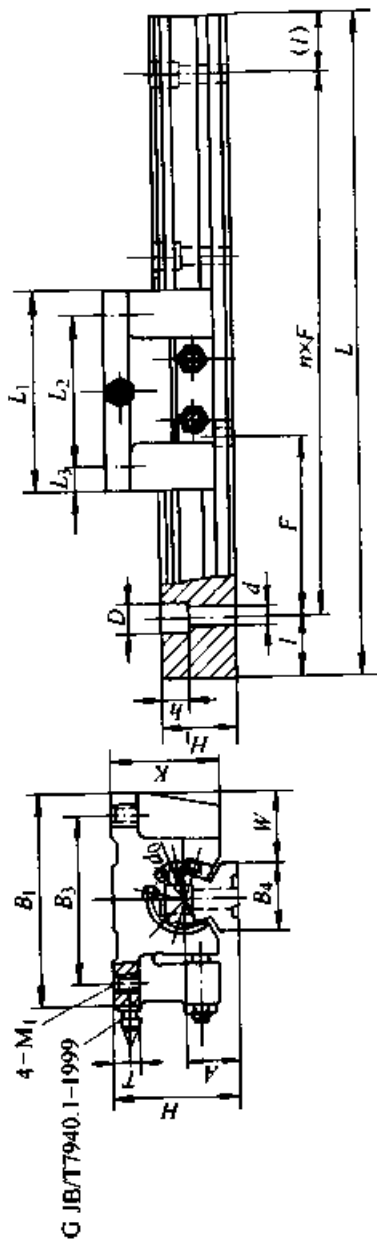
(mm)



规格 B <sub>0</sub>	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	B <sub>3</sub>	B <sub>4</sub>	W	M <sub>1</sub> (AA)(AB)	Φ	H	A	K	T <sub>1</sub>	H <sub>1</sub>	d × D × h	L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>	L <sub>3</sub>	L <sub>1</sub> , t	F	最大 长度 L	G	G <sub>s</sub> / kN	G <sub>v</sub> / kN	M <sub>s</sub> / N·m	M <sub>v</sub> / N·m	M <sub>0</sub> / N·m	质量/kg 每个 滑块	质量/kg 每个 导轨/ m
	16	47	4.5	38	16	15.5	M5	5.5	24	12	19.4	11	15	15 × 7.5 × 5.3	53.5	40.5	30	2.5	20	60	Φ4	7.94	9.5	55.5	88.8	0.155	1.62
20	63	5	53	20	21.5	M6	7	30	14.5	25	10	18	6 × 9.5 × 8.5	70	50	40	21	20	60	M6	11.5	14.5	92.4	154	0.32	2.3	
T25	80	6.5	67	25	27.5	M8	9	37	18	30	16	22	7 × 12 × 9	79	59	45	21	20	60	M6	17.7	22.6	149.8	268	0.63	3.75	
32	100	9	82	32	34	M10	11	48	24	38	21	29	9 × 14 × 12	106	81	62	21	20	80	M6	27.6	37.8	386	618	1.275	6.00	
35	100	9	82	34	33	M10	11	48	24	38	21	29	9 × 14 × 12	106	81	62	21	20	80	M6	35.1	47.2	488	790	1.3	6.5	
45	120	10	100	45	37.5	M12	13	62	30	51	25	38	13 × 20 × 17	135	102	80	21	25	100	M6	42.5	61	648	1 148	2.5	11.2	
55	140	12	116	53	43.5	M14	14	70	36	57	29	44	13 × 20 × 17	163	118	95	22	30	120	M8 × 1	74.9	101	1 347	2 380	4.2	15	
65	170	14	142	63	53.5	M16	17	90	43	76	37	53	18 × 26 × 22	192	147	110	22	35	150	M8 × 1	115	163	2 637	4 360	7.3	22.3	

(mm)

表 30.4-51 GGAT-AA 型直线滚动导轨副尺寸系列



规格 $d_0$	$B_1$	$B_0$	$B_4$	$W$	$H$	$H_1$	$A$	$K$	$M_1$	$T$	$d \times D \times h$	$L_1$	$L_2$	$L_3$	$L$	$F$	$F$	$C_v$ kN	$C_{v1}$ kN
16	53	42	16	18.5	28	17	12	22	M4	8	4.5 × 7.5 × 5.3	50	36	7	600	60	M6	3.8	5
20	71	55	23	24	40	23	17	32	M6	10	6 × 9.5 × 8.5	71	50	10.5	1 500	60	M6	8.2	11.8
25	90	72	28	31	50	28	20	40	M8	12	7 × 11 × 9	80	60	10	2 000	80	M6	13	16.9
32	105	82	34	35.5	60	35	25	46	M8	12	7 × 11 × 9	95	72	11.5	3 000	80	M6	19.5	24.4
35	120	100	40	40	75	44.5	32	60	M10	15	9 × 14 × 12	110	80	15	3 000	105	M8 × 1	32.3	39.5
55	140	116	50	45	85	47.5	32	70	M12	15	11 × 18 × 12	125	95	15	4 000	120	M8 × 1	48	55.5
65	160	135	63	48.5	100	57	38	82	M12	18	11 × 18 × 2	140	105	17	4 000	120	M8 × 1	82.3	107.8

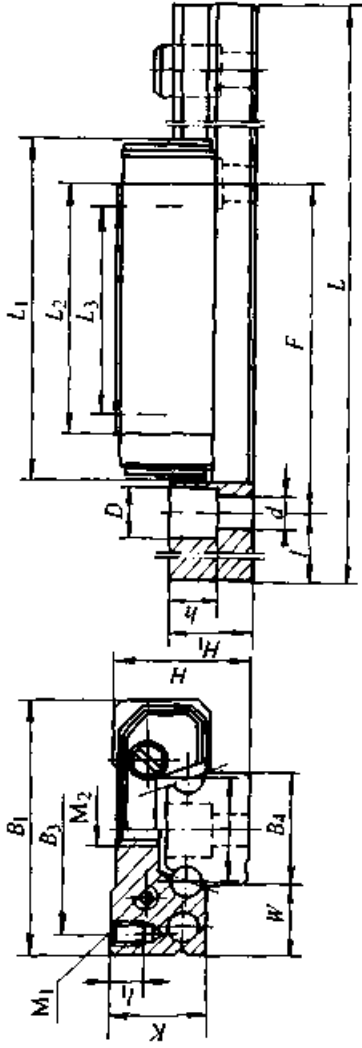
注: 1. GGATAB型中 4-M1 为通孔。

2. 如有规格、尺寸、性能的变更, 应以最新样本为准。

超星阅览  
使用本复制品  
请尊重相关知识产权!

表 30.4-52 GGC-BA 型直线滚动导轨副尺寸系列

(mm)



规格 $B_0$	$B_1$	$B_3$	$B_4$	$W$	$H$	$K$	$H_1$	$M_1$	$l_1$	$M_2$	$L_1$	$L_2$	$L_3$	$d \times D \times h$	$l$	$F$	$L$	$C_{01}$ kN	$C_{02}$ kN
7	17	12	6.5	5.25	8	6.5	4.7	M2	2.5	M2	23.5	13.4	8	2.4 × 4.2 × 2.3	5	15	145	0.49	0.59
9	20	15	8.44	5.78	10	7.8	5.5	M2	2.5	M3	30	18	13	2.6 × 4.5 × 3	7.05	20	275	0.78	0.98
12	28	20	11.2	8.4	13	10	7.5	M2.5	3	M3	34	23	15	3 × 5.5 × 3.5	10	25	470	1.76	2.16
15	36	25	15.1	10.45	18	13	10	M3	4	M4	42	29	20	3.5 × 6 × 4.5	15	40	670	2.94	3.53
20	46	38	18.7	13.65	25	17.5	15	M4	6	M6	62	46	38	6 × 9.5 × 8.5	20	60	880	5.88	8.33

注：如有规格、尺寸、性能的变更，应以最新样本为准。

超星阅读器提供  
使用本复制品  
请尊重相关知识产权!



4.3.3 精度等级及间隙

(1) 精度等级及应用

直线滚动导轨副精度等级分为 4 级，即 2、3、4、5 级，2 级精度最高，5 级精度最低。检验项目及公差值见图 30.4-5 和表 30.4-53。由

于导轨上四条滚道是将导轨轴在专用夹具上紧固磨削的。在自由状态下测量可能出现误差，应将导轨轴固定在平台上测量。

精度等级应根据机床精度、使用条件参考表 30.4-54 选用。

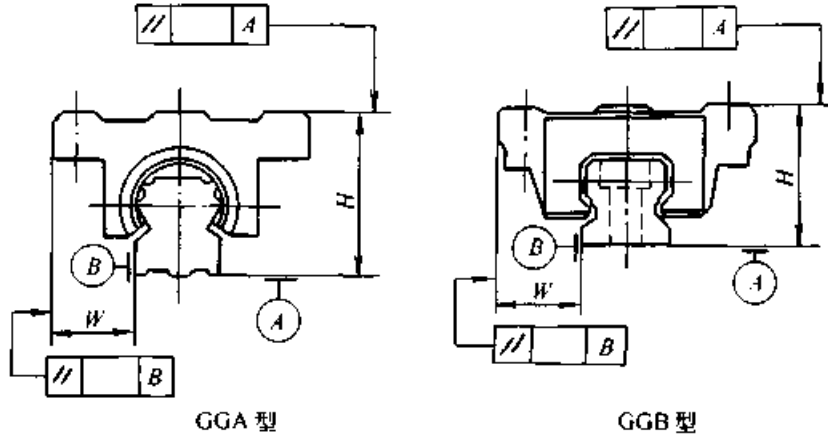


图 30.4-5 精度

表 30.4-53 精度等级、项目和公差

序 号	检验项目	精度等级允差				
		精度等级				
1	①导轨顶面中心对导轨基准底面的平行度 ②与导轨基准侧面同侧的滑块侧面对导轨基准侧面的平行度	导轨长度/ mm	2	3	4	5
			μm			
		≤500	4	8	14	20
		>500~1000	6	10	17	25
		>1000~1500	8	13	20	30
		>1500~2000	9	15	22	32
		>2000~2500	11	17	24	34
		>2500~3000	12	18	26	36
>3000~3500	13	20	28	38		
>3500~4000	15	22	30	40		
2	滑块上顶面与导轨基准底面高度 H 的极限偏差	精度等级				
		2	3	4	5	
		μm				
		±12	±25	±50	±100	
3	同一平面上多个滑块顶面高度 H 的变动值	精度等级				
		2	3	4	5	
		允 差/μm				
		5	7	20	40	

续表 30.4-53

序号	检验项目	精度等级允差			
		精度等级			
4	与导轨基准侧面同侧的滑块侧面间距离 $W_1$ 的极限偏差 (只适用于基准导轨)	2	3	4	5
		$\mu\text{m}$			
		$\pm 15$	$\pm 30$	$\pm 60$	$\pm 150$
5	同一导轨上多个滑块侧面与导轨基准侧面 $W_1$ 的变动值 (只适用基准导轨)	精度等级			
		2	3	4	5
		允差/ $\mu\text{m}$			
		7	10	25	70

注：当基准导轨副上使用滑块数超过 2 时，除首尾两件滑块外，中间滑块不作第 4 和第 5 项检查，但中间滑块的  $W_1$  值应小于首尾滑块的  $W_1$  值。

表 30.4-54 推荐采用的精度等级

机床及机械类型	坐标	精度等级				
		2	3	4	5	
数控机床	车床	X	0	0	0	0
		Z	0	0	0	
	铣床、加工中心	X、Y	0	0		0
		Z	0	0		
	磨床	X、Y	0	0		0
		Z	0	0		
	电加工机床	X、Y	0	0	0	0
		Z	0	0	0	
	精密冲裁机	X、Z			0	0
	绘图仪	X、Z		0	0	
精密十字工作台	X、Z			0		
普通机床					0	

(2) 径向间隙

径向间隙的类别，应根据精度要求、使用条件、冲击和振动大小来选择，可按表 30.4-55 和表 30.4-56 选用。径向间隙的测量方法见图 30.4-6。

(3) 对安装基面的精度要求

对安装基面的精度要求见表 30.4-57。由于

同时接触的滚动体较多，对误差有均化作用，导轨轴的弹性变形又能降低误差、安装基面的误差不会完全反映到滑座的运动上来。在通常的情况下，按表中之值控制安装基面的误差，可以保证拖动力的均匀性和使用寿命。安装在导轨上的运动件（如工作台）的运动误差，约为基面误差的 1/3 左右。

表 30.4-55 径向间隙的分类和应用

间隙类别	使用条件	应用例子
$C_0$	要求较高的承载能力和刚度；承受冲击和振动，重型机床；加工中心，铣床、立式或卧式镗床、刀架	
$C_1$	悬臂负荷和扭转负荷；使用一个直线滚动导轨副时；轻负荷而要求高精度，并列使用时的基准导轨、工业机器人，各种高速运送装置、数控机床，电火花机床，测量机和精密机床 $x$ 、 $y$ 工作台的基准轴	
普通	负荷方向一定，冲击负荷很小的情况下；负荷轻而要求精度高，两并列导轨中的辅助导轨；各种精密机床 $x$ 、 $y$ 工作台的辅助导轨	
$C_3$	大跨距的两平行导轨，因温度变化而使导轨跨距变化大；多根导轨并列使用	焊机、熔断机，工具更换装置，各种材料供给装置

表 30.4-56 直线滚动导轨副的  
径向间隙 (μm)

规格	径向间隙			
	$P_0$	$P_1$	普通	$P_3$
16	-15 ~ -9	-9 ~ -3	±3	3 ~ 10
20				
25	-25 ~ -15	-15 ~ -5	±5	5 ~ 15
32				
40	-36 ~ -22	-22 ~ -8	±8	8 ~ 24
50				
63	-42 ~ -26	-26 ~ -10	±10	10 ~ 28

注：1. 普通间隙不标记符号、其余用符号标注。  
2. 负值表示过盈。

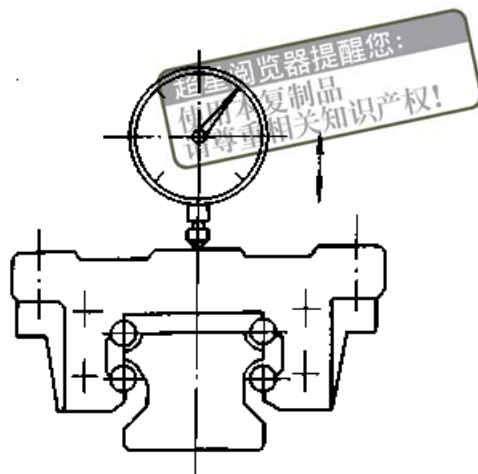
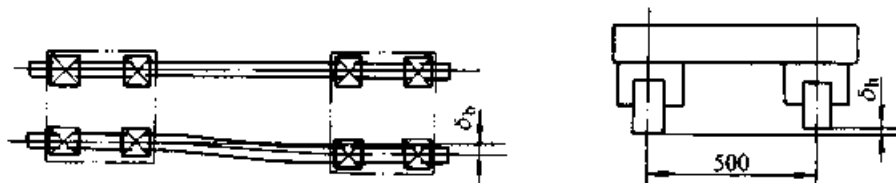


图 30.4-6 径向间隙的测量

表 30.4-57 安装基面的精度要求 (mm)

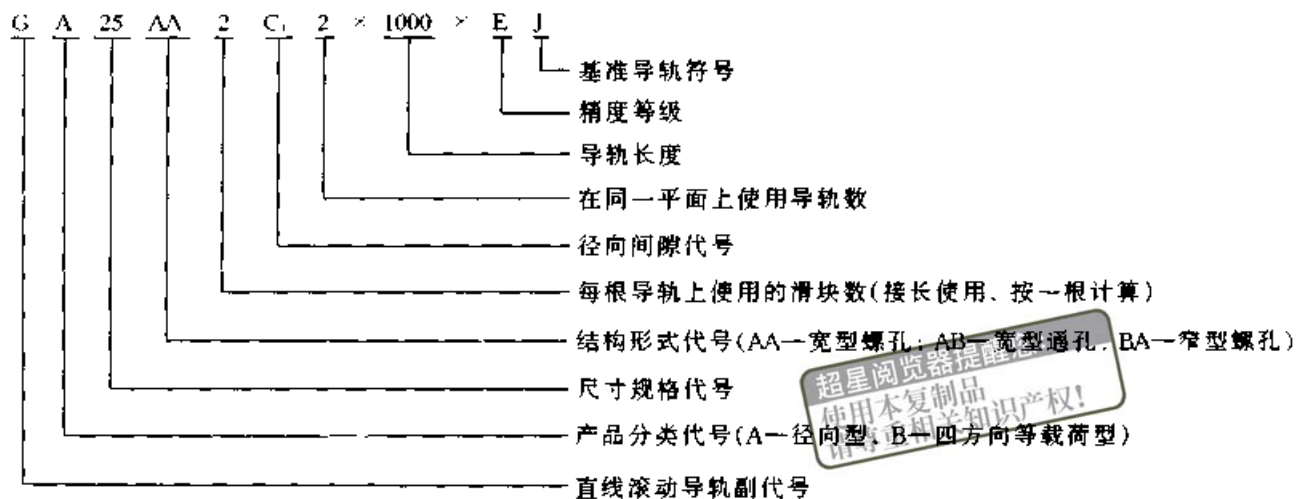


安装侧基面平度误差 $\delta_0$					安装基面高度误差 $\delta_h$				
规格 $d_0, B_0$	间 隙 类 别				规格 $d_0, B_0$	间 隙 类 别			
	$P_0$	$P_1$	普通	$P_3$		$P_0$	$P_1$	普通	$P_3$
16	0.020	0.025	0.030	0.040	16	0.020	0.040	0.080	0.100
20	0.025	0.030	0.035	0.045	20	0.040	0.060	0.100	0.120
25	0.030	0.035	0.045	0.055	25	0.060	0.080	0.120	0.140
32	0.035	0.045	0.055	0.065	32	0.080	0.100	0.140	0.160
40	0.045	0.055	0.065	0.080	40	0.100	0.120	0.160	0.200
50	0.055	0.065	0.080	0.100	50	0.120	0.140	0.200	0.250
63	0.065	0.080	0.100	0.120	63	0.140	0.160	0.250	0.320
80	0.080	0.100	0.120	0.140	80	0.160	0.180	0.350	0.400

注：该表是跨距为 500 mm 时的  $\delta_0$  值，如不为 500 mm 可按比例增减。

(4) 编号规则及含义

直线滚动导轨的型号，按下述原则编制。



注:在同一平面上短导轨轴接长使用的标记:2(1+1)即四根短导轨轴接成二根长导轨轴。

#### 4.3.4 计算举例

**例1** 如图30.4-7所示水平安装直线运动滚动支承系统。已知:工作台质量  $m = 600 \text{ kg}$ , 负载  $F = 4 \text{ kN}$ , 有效行程  $L = 0.8 \text{ m}$ , 每分钟往复次数  $n_z = 4$ , 移动速度  $v_0 \leq 15 \text{ m/min}$ 。运动条件:常温,平稳无冲击和振动。选用 GGB35-AA2L<sub>1</sub>2×2 550×D 直线滚动导轨副。试计算其预期寿命。

解:查表30.4-50,这种导轨的额定动、静载荷分别为  $C_d = 35.1 \text{ kN}$ ,  $C_{0d} = 47.2 \text{ kN}$

查表30.4-42~30.4-45各项系数为  $f_h = 1$ ,  $f_l = 1$ ,  $f_c = 0.66$ ,  $f_a = 1$ ,  $f_w = 1.2$ 。

四个滑块的载荷按表30.4-46序号2的载荷计算式计算。其中工作台重力为  $600 \text{ kg} \approx 6 \text{ kN}$ 。

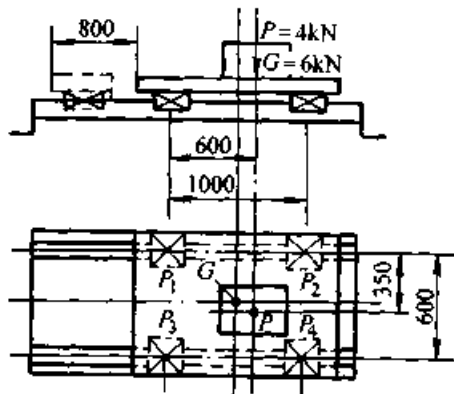


图 30.4-7

$$P_1 = \frac{6}{4} \text{ kN} + \frac{4}{4} \text{ kN} - \left( \frac{600-400}{2 \times 1000} + \frac{350-250}{2 \times 600} \right) \text{ kN} \times 4 = 1.768 \text{ kN}$$

$$P_2 = \frac{6}{4} \text{ kN} + \frac{4}{4} \text{ kN} + \left( \frac{600-400}{2 \times 1000} - \frac{350-250}{2 \times 600} \right) \text{ kN} \times 4 = 2.568 \text{ kN}$$

$$P_3 = \frac{6}{4} \text{ kN} + \frac{4}{4} \text{ kN} - \left( \frac{600-400}{2 \times 1000} - \frac{350-250}{2 \times 600} \right) \text{ kN} \times 4 = 2.432 \text{ kN}$$

$$P_4 = \frac{6}{4} \text{ kN} + \frac{4}{4} \text{ kN} + \left( \frac{600-400}{2 \times 1000} + \frac{350-250}{2 \times 600} \right) \text{ kN} \times 4 = 2.23 \text{ kN}$$

取其中的最大值  $P_4 = 3.23 \text{ kN}$ , 代入式(30.4-3)

$$L = \left( \frac{f_h f_l f_c f_a \cdot C_d}{f_w \cdot P_d} \right)^3 \times K = \left( \frac{1 \times 1 \times 0.66 \times 1}{1.2} \times \frac{35.1}{3.23} \right)^3 \times 50 \text{ km} = 10675 \text{ km}$$

按式(30.4-4)

$$L_h = \frac{L \cdot 10^3}{2l_a \cdot n_z \cdot 60} = \frac{10675 \times 10^3}{2 \times 0.8 \times 4 \times 60} \text{ h} = 27799 \text{ h}$$

按年工作日为300天,二班工作制,每班8h,开机率为80%,则预计寿命年限为

$$L_7 = \frac{27799}{300 \times 16 \times 0.8} \text{ a} = 7.26 \text{ a}$$

**例2** 如图30.4-8所示垂直安装直线运动滚动支承系统。已知工作台质量  $m = 200 \text{ kg}$ , 负载  $F = 4 \text{ kN}$ , 有效行程  $l = 0.4 \text{ m}$ , 每分钟往复次数  $n_z = 5$ , 移动速度  $v_0 \leq 10 \text{ m/min}$ 。运行条件:常温,平稳无冲击或振动。选用 GGA20-BA2P<sub>1</sub>2×820D 直线滚动导轨副。试计算其预期寿命。

解:查表30.4-48,  $C_d = 6.8 \text{ kN}$ ,  $C_{0d} = 8.8 \text{ kN}$

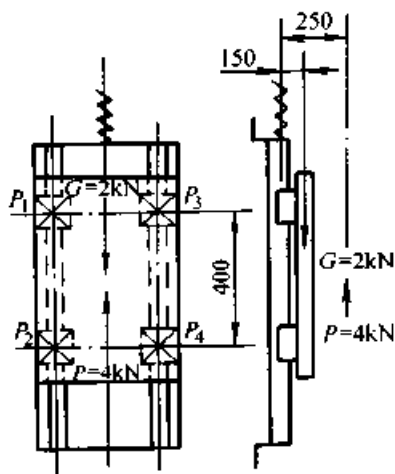


图 30.4-8

查表 30.4-42 至 30.4-45, 各项系数为  $f_h = 1, f_t = 1, f_c = 0.66, f_a = 1, f_w = 1.2$ 。

四个滑块的载荷按表 30.4-46 序号 10 的载荷计算式计算。

$$P_1 = P_3 = \frac{1}{2 \times 400} (150 \times 2 - 250 \times 4) \text{ kN} = -0.875 \text{ kN}$$

$$P_2 = P_4 = \frac{1}{2 \times 400} (-150 \times 2 + 250 \times 4) \text{ kN} = 0.875 \text{ kN}$$

按式 (30.4-3)

$$L = \left( \frac{f_h f_t f_c f_a C_a}{f_w P_d} \right)^4 \cdot K = \left( \frac{1 \times 1 \times 0.66 \times 1}{1.2} \times \frac{6.8}{0.875} \right)^3 \times 50 \text{ km} = 3904 \text{ km}$$

按式 (30.4-4)

$$L_h = \frac{L \cdot 10^3}{2l_a \times n_2 \times 60} = \frac{3904 \times 10^3}{2 \times 0.4 \times 5 \times 60} \text{ h} = 10267 \text{ h}$$

按年工作日为 300 d, 二班工作制, 每班 8 h, 开机率为 80%, 则预计寿命年限为

$$L_7 = \frac{10267}{300 \times 16 \times 0.8} \text{ a} = 4.24 \text{ a}$$

例 3 如图 30.4-9 所示水平安装直线运动滚动支承系统。给定设计参数为: 工作台质量  $m = 200 \text{ kg}$ , 负载  $F = 10 \text{ kN}$ , 有效行程  $l = 1 \text{ m}$ , 每分钟往复次数  $n_2 = 8$ , 移动速度  $v_0 \leq 16 \text{ m/min}$ 。运行条件: 常温, 无明显的冲击或振动。目标寿命为 10。选用 GGA 直线滚动导轨副。试计算其预期寿命。

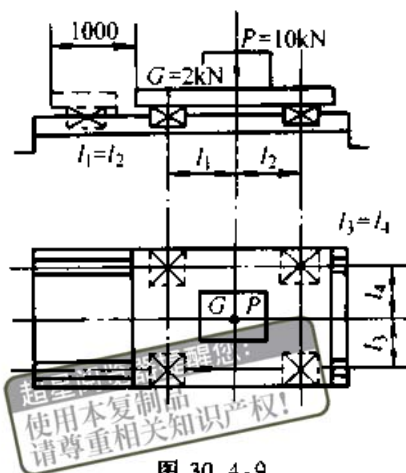


图 30.4-9

解: 查表 30.4-42 ~ 30.4-45, 各项系数为:  $f_h = 1, f_t = 1, f_c = 0.66, f_a = 0.9, f_w = 1.8$ 。

寿命按每工作 300 天, 每天两班, 每班 8 h, 开机率 80% 计

$$L_h = 10 \times 300 \times 2 \times 8 \times 0.8 \text{ h} = 38400 \text{ h}$$

按式 (30.4-4)

$$L = \frac{2l_a n_2 \cdot 60 L_h}{10^3} = \frac{2 \times 1 \times 8 \times 60 \times 38400}{10^3} \text{ km} = 36864 \text{ km}$$

按表 30.4-46 序号 1 的载荷计算式计算四个滑块的载荷

$$P_1 = P_2 = P_3 = P_4 = \frac{10 + 2}{4} \text{ kN} = 3 \text{ kN}$$

按式 (30.4-3), 并考虑各项系数

$$C_a \geq \frac{f_w P_d}{f_h f_t f_c f_a} \sqrt[3]{\frac{L}{50}} = \frac{1.8 \times 3}{1 \times 1 \times 0.66 \times 0.9} \sqrt[3]{\frac{36864}{50}} \text{ kN} = 80.21 \text{ kN}$$

从表 30.4-49 中, 选用 GGA63-AAP<sub>1</sub> × 1980 × E 直线滚动导轨副, 其  $C_a = 82.3 \text{ kN}$ ,  $C_{a\alpha} = 107.8 \text{ kN}$ 。

#### 4.3.5 安装和组合形式

##### (1) 安装基面的台阶高度及倒角形式

为了保证与导轨轴或滑块座侧基面接触的台阶不会与相对移动件相碰, 规定了基面肩高。为保证主基面与侧基面相交处不与导轨轴或滑块座的转角处发生干涉, 规定了倒角半径  $r$ 。见图 30.4-10 和表 30.4-58。

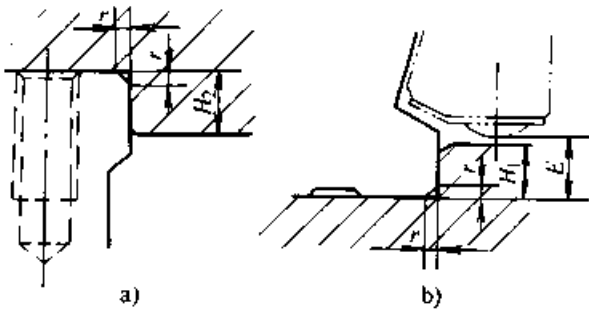


图 30.4-10 倒角和肩高

a) 滑座基准侧安装部位 b) 导轨轴基准侧安装部位

表 30.4-58 倒角和肩高 (mm)

规格	倒角半径 $r$	基面肩高 $H_1$	基面肩高 $H_2$	$E$	
				GGA	GGB
18	0.5	3.5	4	5	4.5
20	0.5	4	5	5.5	5
25	0.5	5	6	6.5	6.5
35	0.5	7	6	9	10
45	0.7	7	8	10.5	11
55	0.7	7	8	12	13
65	1.0	7	10	14	14

(2) 基准侧导轨轴和滑块座的固定

1) 基准侧的识别 侧面有基准面的导轨副, 在产品编号标记最后一位(右端)加有“J”, 以资识别。在导轨轴和滑块座的实物上, 在同一侧面刻有小沟槽如图 30.4-11 所示。如果对安装基面的位置有特殊要求, 可向制造厂说明。

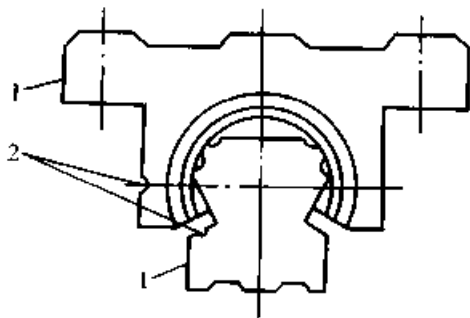


图 30.4-11 基准侧的识别

1—基准侧 2—小沟槽

2) 推荐的几种固定方法 导轨轴和滑块座与侧基面靠上定位台阶后, 应从另一面顶紧然后再固定。图 30.4-12 为用紧定螺钉顶紧然后再用螺钉固定。图 30.4-13 为用压板顶紧, 也可在压板上再加紧固螺钉。图 30.4-14 为用楔块顶紧。

图 30.4-15 用带偏心圆柱形头部的螺钉顶紧。图 30.4-16 中导轨轴的侧基面是装配式的, 工艺性较好。

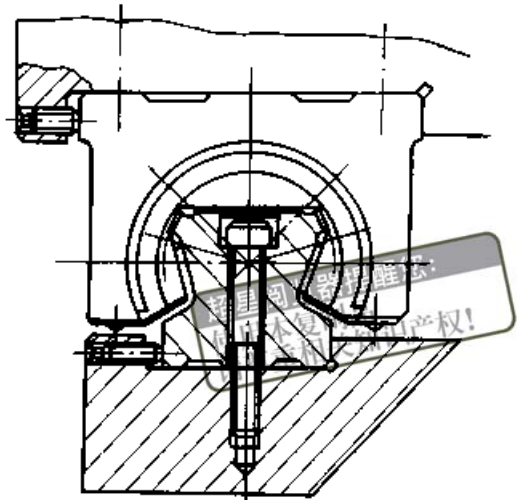


图 30.4-12 紧定螺钉顶紧方法

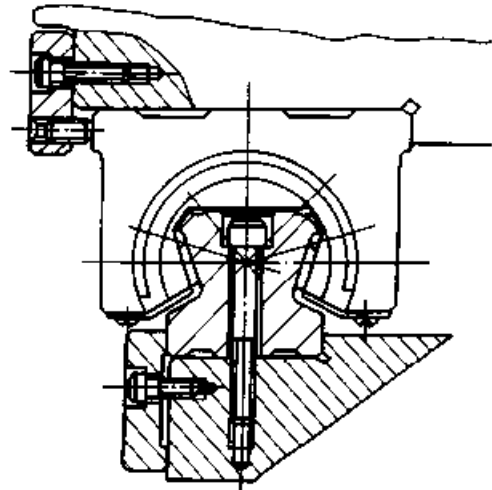


图 30.4-13 压板顶紧方法

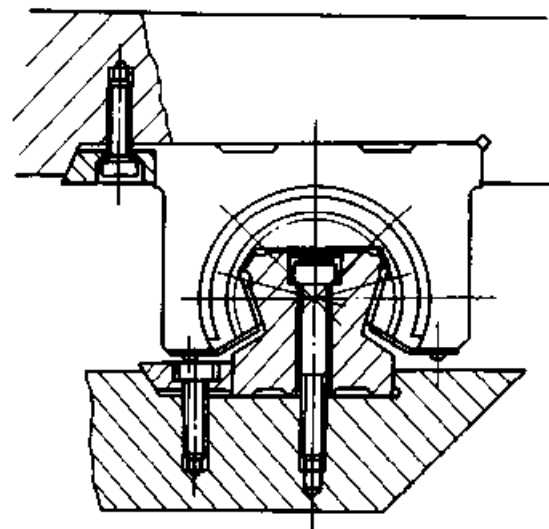


图 30.4-14 楔块顶紧方法

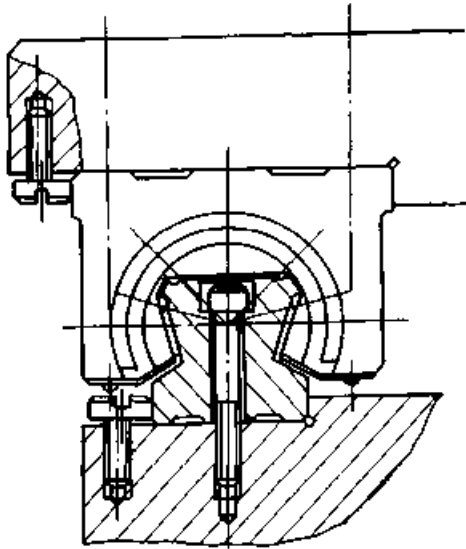


图 30.4-15 偏心头螺钉顶紧方法

紧定螺钉、压板、楔块、带偏心圆柱头螺钉的数量和位置，一般应与导轨轴安装螺钉孔的数量和位置相同。如果受载不大，精度要求不高，导轨的安装螺钉，也可以减少两个，在两个螺钉孔的位置设置定位销，如图 30.4-16 所示。

上述各种固定方法和防松措施，可以根据需要任意组合。滑块座上的螺孔可以是通孔也可以是盲孔，可以根据需要选择。订货可按编号规则标明。

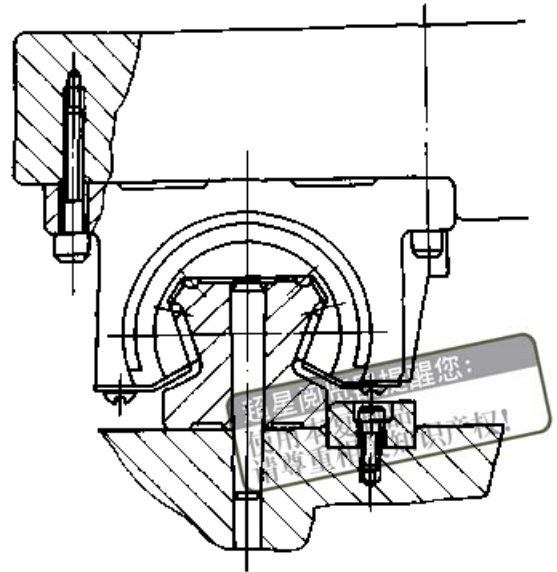


图 30.4-16 装配式侧基面

(3) 直线滚动导轨副的安装要求

在同一平面内平行安装两副导轨时，如果振动和冲击较大，精度要求较高，则两条导轨侧面都定位，如图 30.4-17 所示。否则，只需一条导轨侧面定位，见图 30.4-18，侧面定位方式可以根据需要采用上述的任何一种。

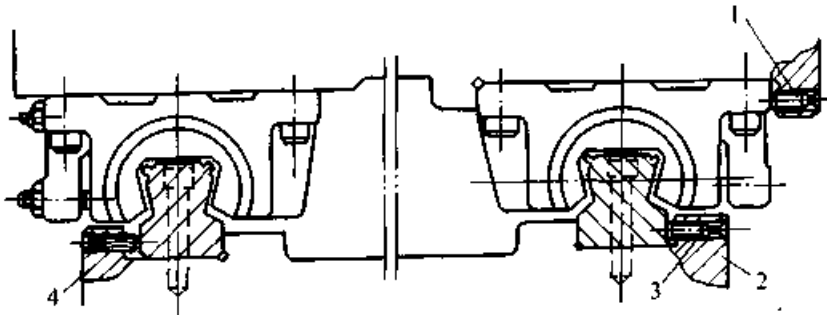


图 30.4-17 双导轨定位

1—滑块座紧定螺钉 2—基准侧  
3—导轨轴紧定螺钉 4—非基准侧

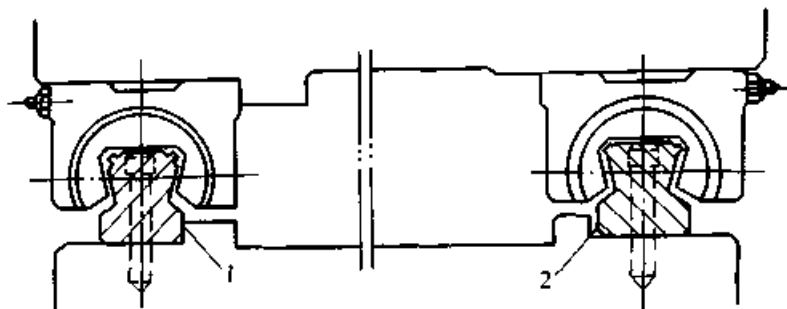


图 30.4-18 单导轨定位

1—基准侧 2—非基准侧

安装前必须检查导轨是否有合格证, 有否碰伤或锈蚀, 将防锈油清洗干净, 清除装配表面的毛刺、撞击突起物及污物等。检查装配连接部位的螺栓孔是否吻合, 如果发生错位而强行拧入螺栓, 将会降低运行精度。

1) 两导轨侧面都定位的安装工艺 (图 30.4-17)

导轨轴按下列步骤安装: ①将基准侧的导轨轴基准面 (刻有小沟槽的一侧) 紧靠机床装配表

表 30.4-59 推荐的拧紧力矩

螺钉规格	M3	M4	M5	M6	M8	M10	M12	M14
拧紧力矩	1.6	3.8	7.8	11.7	28	60	100	150

滑块座按下列步骤安装: ①将工作台置于滑块座的平面上, 并对准安装螺钉孔, 轻轻地予以紧固。②拧紧基准侧滑块座侧面的压紧装置, 使滑块座基准侧面紧紧靠贴工作台的侧基面。③按对角线顺序, 逐个拧紧基准侧和非基准侧滑块座上各个螺栓。

安装完毕后, 检查其全行程内运行是否轻便、灵活、无停顿阻滞现象。摩擦阻力在全行程内不应有明显的变化。达到上述要求后, 检查工作台的运行直线度, 平行度是否符合要求 (详见本节下文“装配后精度的测定”)。

2) 一条导轨侧面定位, 但无顶紧装置, 安装工艺 (图 30.4-18)

安装按下列步骤进行: ①将基准侧导轨轴基准面 (刻有小沟槽) 的一侧, 紧靠机床装配表面的侧基面, 对准安装螺孔, 将导轨轴轻轻地用螺栓固定, 并用多个弓形手用虎钳, 均匀地将导轨轴牢牢地夹紧在侧基面上。②按表 30.4-59 的参考值, 用力矩扳手从中间按交叉顺序向两端拧紧安装螺钉。③非基准侧的导轨轴对准安装螺孔, 将导轨轴轻轻地用螺栓予以固定后采用下述方法之一进行校调和紧固。

方法 1 千分表座贴紧基准侧导轨轴的基面, 千分表测头接触非基准侧导轨轴的基面。移动千分表, 根据读数调整非基准侧导轨轴, 直到达到表 30.4-57 中  $\delta_0$  的要求。用力矩扳手逐个的拧紧安装螺栓。

方法 2 将千分表架置于非基准侧导轨副的

面的侧基面, 对准螺孔, 将导轨轴轻轻地用螺栓予以固定。②上紧导轨轴侧面的顶紧装置, 使导轨的轴基准侧面紧紧靠贴床身的侧基面。③按表 30.4-59 的参考值, 用力矩扳手逐个拧紧导轨轴的安装螺钉。从中间开始按交叉顺序向两端拧紧。④非基准侧的导轨轴与基准侧的安装次序相同, 只是侧面只需轻轻靠上, 不要顶紧。否则反而引起过定位, 影响运行的灵敏性和精度。

滑块座上, 测头接触到基准侧导轨轴的基面上, 根据千分表移动中的读数 (或测前、中、后三点), 调整到按表 30.4-57 中  $\delta_0$  的要求。用力矩扳手逐个拧紧安装螺栓。

以上两种方法, 一般仅适用于两根导轨轴跨距较小的场合, 如跨距较大则会因表架刚性不足而影响测量精度, 采用方法 2 测量时滑块座在导轨轴上必须没有间隙, 因为间隙会影响测量精度。

方法 3 原理与方法 2 类似, 但可适用于两根导轨轴跨距较大的场合, 其方法是把工作台 (或专用测具) 固定在基准侧导轨副的两个滑块座上并固定, 非基准侧导轨副的两个滑块座则用安装螺钉轻轻地与工作台联结, 在工作台上旋转千分表架, 将测头接触非基准侧导轨轴的侧基面, 根据千分表移动中的读数 (或测前、中、后三点), 调整非基准侧导轨轴, 使它符合表 30.4-57 中  $\delta_0$  的要求, 并用力矩扳手逐个拧紧导轨轴 (与床身) 的滑块和 (与工作台) 安装螺栓。

方法 4 将基准侧导轨副的两个滑块座和非基准侧导轨副的一个滑块座, 用螺栓紧固在工作台上。非基准侧导轨轴与床身及另一个滑块座与工作台, 则轻轻地予以固定。然后移动工作台, 同时测定其拖动力, 边测边调整非基准侧导轨轴的位置。当达到拖动力最小, 全行程内拖动力波动也最小时就可用力矩扳手逐个拧紧非基准侧导轨轴及另一个滑块座的安装螺栓。

超星浏览器提醒您:  
 本书复制品  
 请尊重知识产权



这个方法常用于导轨轴长度大于工作台长度二倍以上的场合。

方法 5 上述几种方法仅适用于单件、小批装配作业，其中有些方法比较繁琐，并且装配精度的提高也受到一定的限制。日本 THK 公司等推出了一些专用装配工具，图 30.4-19a 为专门的千分表架，图 30.4-19b 为标准间距量棒。两

种工具都是以基准侧的导轨轴侧基面为基准，根据平行度要求调整非基准侧导轨轴。

(3) 床身上没有凸起的基面时的安装方法

这种方法大多用于移动精度要求不太高的场合。床身上可以没有凸起的侧基面，工艺比较简单。如图 30.4-20 所示。

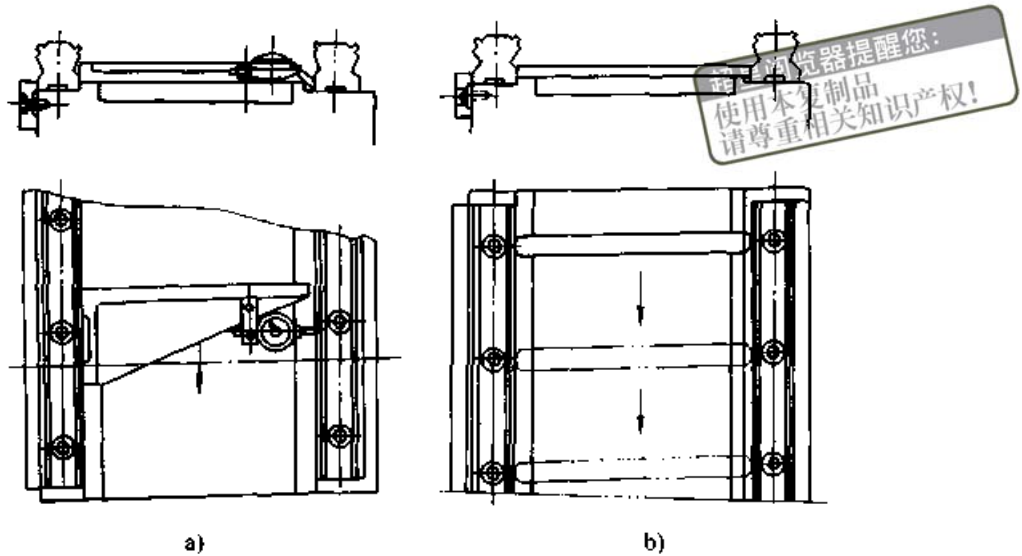


图 30.4-19 导轨安装的测量装置

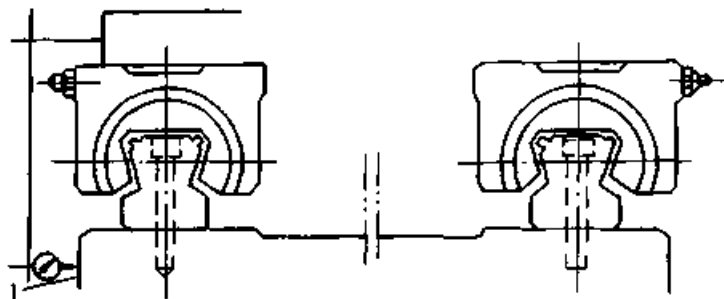


图 30.4-20 床身上没有凸起基面时的安装

1—辅助工艺基面

安装按下列步骤进行：①将基准侧的导轨轴用安装螺栓，轻轻地固定在床身装配表面上，把两块滑块座并在一起，上面固定一块旋转千分表架的平板。②千分表测头接触低于装配表面的侧向工艺基面，如图 30.4-20 所示。根据千分表移动中读数指示，边调整边紧固安装螺钉。③将非基准侧导轨轴用安装螺栓，轻轻地固定在床身装配表面上。④装上工作台并与基准侧导轨轴上两块滑块座和非基准侧导轨轴上一块滑块座，用安装螺栓正式紧固，另一块滑块座用安装螺栓轻轻

地固定。⑤移动工作台，测定其拖动力，边测边调整非基准侧导轨轴的位置。当达到拖动力最小，全行程内拖动力波动最小时，就可用力矩扳手，逐个拧紧全部安装螺栓。这一方法常用于导轨轴长度大于工作台长度二倍以上的场合。

(4) 装配后精度的测定

装配后的精度测定可以按两个步骤进行。首先，不装工作台，分别对基准侧和非基准侧的导轨副进行直线度测定，然后装上工作台进行直线度和平行度的测定。推荐的测定方法如

表30.4-60 所示。

直线滚动导轨副可以有多种组合形式，如表

(5) 直线滚动导轨副的组合形式

30.4-61 所示。

表 30.4-60 推荐的测定方法

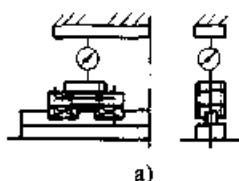
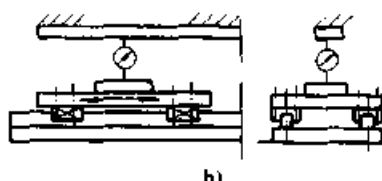
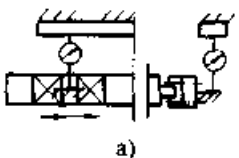
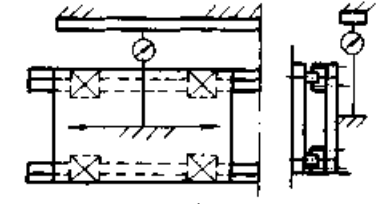
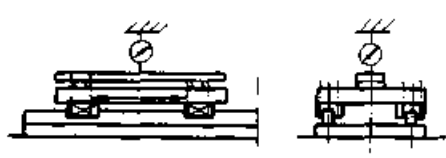
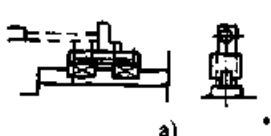
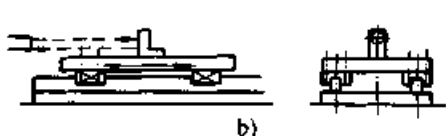

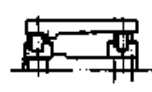
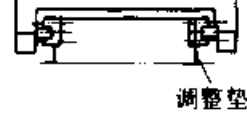
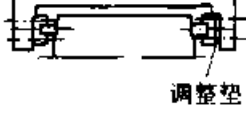
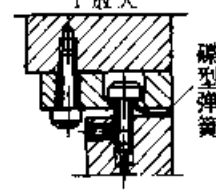


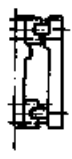

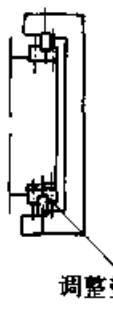


序号	测量简图		检验项目和 检验工具	检验方法
	直线滚动导轨副	工作台移动部件		
1	 <p>a)</p>	 <p>b)</p>	滑块座和工作台移动在垂直面内的直线度 指示器 平尺	千分表按图确定在中间位置，触头接触平尺，并调整平尺，使其头尾读数相等，然后全程检验，取其最大差值
2	 <p>a)</p>	 <p>b)</p>	滑块座和工作台移动在水平面内的直线度 指示器 平尺	千分表按图固定在中间位置，触头接触平尺，并调整平尺，使其头尾读数相等，然后全程检验，取其最大的差值
3			工作台移动对工作台面的平行度 指示器 平尺	千分表触头接触平尺，并调整两端等高，全程检验，取其最大差值
4	 <p>a)</p>	 <p>b)</p>	滑块座和工作台移动在垂直和水平面内的直线度 自准直仪	反射镜按图固定在中间位置，然后全程检验，取其最大差值

表 30.4-61 直线滚动导轨组合形式

水 平	滑座移动	导轨移动	侧向安装导轨移动	侧向安装滑座移动		
						
	单臂滑座移动	侧向安装一侧调整				
竖 直	滑座移动	导轨移动	侧向安装滑座移动	侧向安装导轨移动	侧向安装下侧调整型	混合型
						

4.3.6 设计和使用中的注意事项

正确合理地设计和使用时直线滚动导轨副，可以提高耐用度和精度保持性，减少维修和保养时间，促进生产，提高经济效益。为此，应注意如下事项：

1) 尽量避免力矩和偏心载荷的作用 直线滚动导轨副样本中给出的额定动 ( $C_d$ )、静 ( $C_{0s}$ ) 载荷，都是在各个滚珠受载均匀的理想状态下算出的。因此，必须十分注意避免力矩载荷和偏心载荷。否则，一部分滚珠承受的载荷，有可能超过计算  $C_d$  值时确定的许用 ( $H_z$ ) 应力 (3 000~3 500 MPa) 和  $C_{0s}$  值确定的许用 ( $H_z$ ) 应力 (4 500~5 000 MPa)，导致过早的疲劳破坏或产生压痕并出现振动、噪声、降低移动精度等现象。

2) 提高刚度，减少振动 适当预紧可以提高刚度，均化误差，从而提高运行精度，均化滚

动体的受力从而提高寿命，并在一定程度上提高阻尼。但是预紧力过大会增加导轨副的摩擦阻力，增加发热，降低使用寿命。因此预紧有其最佳值。

滚动支承的阻尼较小，因此要尽可能使它承受恒定的载荷。有过大的振动和冲击载荷的场合不宜应用直线滚动导轨副。为了减小振动，可以在移动的工作台上加装减振装置。条件许可时可安装锁紧装置，加工时把不移动的工作台固定。

3) 降低加速度的影响 直线滚动导轨副的移动速度可以高达 600 m/min。启动和停止时，将产生一个力矩，使部分滚动体受载过大，造成破坏。因此，如果加速度较大，应采取以下措施：减少被移动物体的质量，降低物体的重心，采取多级制动以降低加速度，在启动和制动时，增加阻尼装置等。

4) 注意润滑和防尘 直线滚动导轨常用钠

基润滑脂润滑。如果使用油润滑。应尽可能采用高黏度的润滑油。如果与其它机构统一供油，则需附加滤油器。在油进入导轨前再经一道精细的过滤。

为了防止异物侵入和润滑剂泄出，产品出厂时滑块座两端均装有耐油橡胶密封垫。有条件的地方也可再加风箱式密封罩或伸缩式的防护罩，将导轨轴全部遮盖起来。

#### 4.4 直线滚动导轨块

滚动导轨块也称为滚子导轨块，其特点是承载能力大，刚度高，行程长度不受限制，但滚子容易侧向偏移，装配比较费时，如果施加过大的预加负荷，则容易使滚子不转，形成滚子在导轨面上滑动。但是，只要滚子的长度与外径尺寸的比例正确以及滚子的数量合适，并且有中心导向，就能保证在负荷作用下运动灵活，寿命长。

这种导轨块应用面较广。小规格的可用在模具、仪器等的直线运动部件上。大规格的可用于重型机床上。这种导轨块已经系列化，实现了专业生产。

##### 4.4.1 结构

如图 30.4-21a、b 所示，滚动体（滚子）在导轨块体内作周而复始的循环滚动。为了防止滚

子从导轨块体脱落，图 a 由弹簧钢带从中段将滚子限位；图 b 滚子两端带有小台阶，并用带有凹槽的侧盖将滚子限位。运动时低于安装平面“*A*”的为回路滚子；高于平面“*B*”的为承载滚子，与机床的导轨表面作滚动接触。

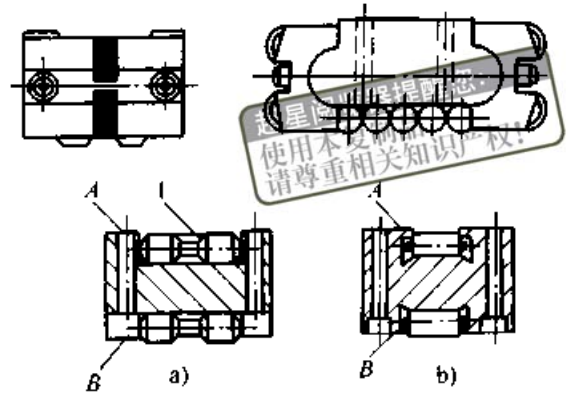


图 30.4-21 滚动导轨块

1—弹簧钢带

##### 4.4.2 尺寸系列和精度

滚动导轨块的结构型式及尺寸见表 30.4-62、表 30.4-63，精度见表 30.4-64。

##### 4.4.3 计算

滚动导轨块的计算见本章第 4.2 节。由于滚动体为滚子，式 (30.4-3) 中的  $\epsilon = 10/3$ 、 $K = 100 \text{ km}$ 。

表 30.4-62 HJG-K 型滚动导轨块系列

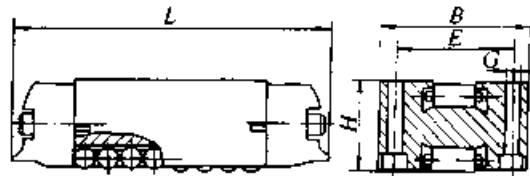
标记示例：HJG-K3052 × 16.5 × D × 20 × L 或 T

型 号	主要尺寸参数/mm										额定载荷/kN	
	A	B <sup>0-0.2</sup>	C	D <sup>0-0.2</sup>	E	F	G	H	L	T	C <sub>A</sub>	C <sub>max</sub>
3052	16.5	30	52	20	15	11	12	23	M <sub>4</sub>	3.6	15.2	17.6
3660	17.5	36	62	31.6	20	12	18	29	M <sub>4</sub>	4.8	26.1	37.8
4575	20.5	45	75	35	25	14	20	36	M <sub>5</sub>	5.8	40	61.1

续表 30.4-62

型 号	主要尺寸参数/mm										额定载荷/kN	
	A	B <sup>0</sup> <sub>-0.2</sub>	C	D <sup>0</sup> <sub>-0.2</sub>	E	F	G	H	L	T	C <sub>s</sub>	C <sub>w</sub>
5585	21.5	55	85	45	32	15	27	44	M <sub>5</sub>	5.8	52	91
68105	40	68	105	55	40	21	35	54	M <sub>8</sub>	7	84.5	140
82145	42	82	145	78	50	30	40	66	M <sub>8</sub>	9	150	255

表 30.4-63 6192 型滚动导轨块系列



型 号	主要尺寸参数/mm					额定载荷/ N
	H	L	B	E	G	
6192/17K <sub>1</sub>	17	62	25	19	3.4	16 200
6192/20K <sub>1</sub>	20	70	30	22	3.4	28 000
6192/25K <sub>1</sub>	25	102	40	30	4.5	60 000
6192/40K <sub>1</sub>	40	134	50	40	8.8	130 000

注：配有横向两种安装孔，供选择。

表 30.4-64 滚动导轨块精度 (mm)

精度等级	高度公差	高度分组公差				
		I	II	III	IV	V
F	0.01	—	—	—	—	—
E	0.005	—	—	—	—	—
D	0.003	0	-0.003	-0.006	-0.009	—
		-0.003	-0.006	-0.009	-0.0012	
C	0.002	0	-0.002	-0.004	-0.006	-0.008
		-0.002	-0.004	0.006	0.008	-0.010

4.4.4 安装形式和方法

(1) 安装形式

1) 开式 这种安装方式见图 30.4-22 图 30.4-23 导轨块固定在工作台上，在固定在床身上的镶钢导轨条上滚动。钢条经淬硬和磨削。两组导轨块 3 和 4 (图 30.4-22) 或三组导轨 3、4 和 6 (图 30.4-23) 承受竖直向下的载荷。导轨块组 2 用于侧面导向，导轨块组 1 用于侧面压

紧。这种安装方式没有压板，故称为开式。它适用于水平导轨副，而且工作台上只有向下的载荷，没有颠覆力矩作用的场合。图 30.4-22 窄式导向滚子 2 与侧面压紧滚子 1 位于一根钢条的两侧，距离较近，压紧力 (侧向预紧) 受工作台与床身的温差影响较小。图 30.4-23 为宽式导向，压紧力受温差的影响较大。侧向预加负荷可用弹簧垫或调整垫实现，采用弹簧垫预加负荷是一种比较好的办法。

2) 闭式 这种安装方式带有压板，如图 30.4-24 所示。工作台与床身之间上、下和左、右都装有导轨块。适合于水平导轨副有颠覆力矩作用的场合和竖直导轨副。

3) 重型或宽型工作台 这种安装形式由 8 列导轨块构成，如图 30.4-25 所示。较图 30.4-24 的形式更能保证滑枕的往复运动。对于水平或竖直方向的运动，摩擦力很小，同时也不会出现松动。

(2) 安装方法

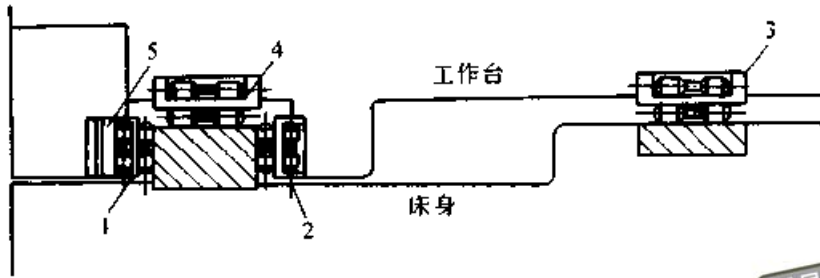


图 30.4-22 导轨块安装形式  
1、2—侧向导轨块组 3、4—纵向导轨块  
5—弹簧垫或调整垫工作台

超星浏览器提醒您：  
使用本复制品  
请尊重相关知识产权！

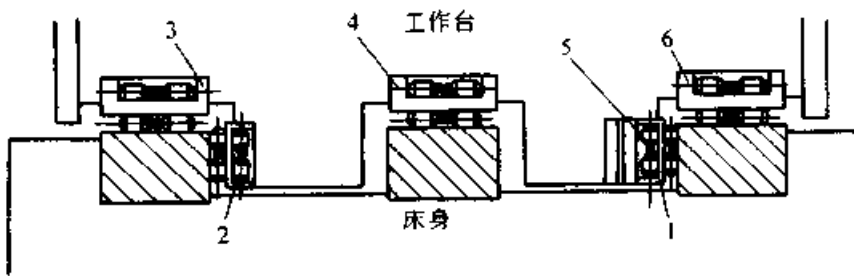


图 30.4-23 导轨块安装形式  
1、2—侧向导轨块组 3、4、6—纵向导轨块 5—弹簧垫或调整垫

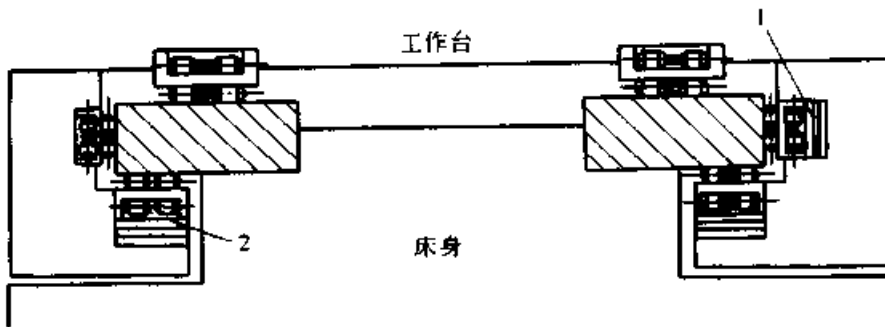


图 30.4-24 导轨块安装形式  
1、2—弹簧垫或调整垫

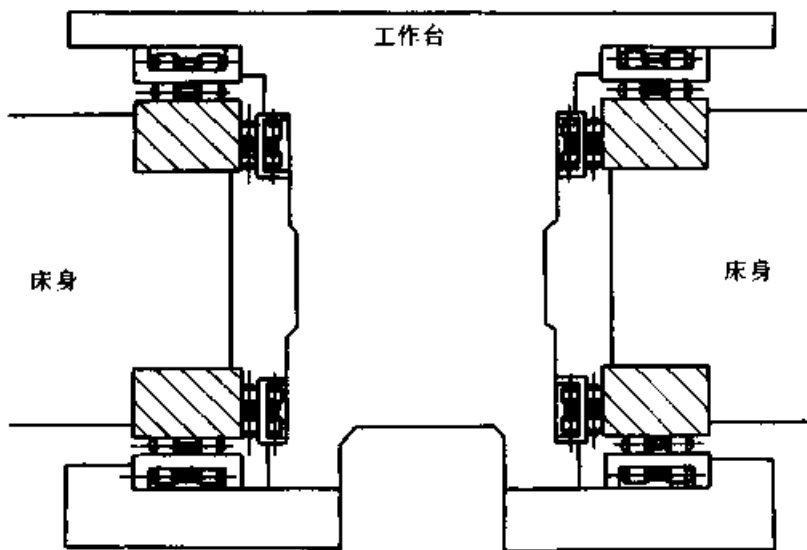


图 30.4-25 导轨块的安装形式

在确定导轨块的安装方法时，必须注意保证导轨块与导轨间的装配精度。此外不应采用压配的方法进行装配，而应该用螺钉将导轨块固定在机床的部件或其他附件上。下面介绍几种安装方法。

- 1) 直接安装在机床部件上 见图 30.4-26。
- 2) 安装在调整垫上 见图 30.4-27。

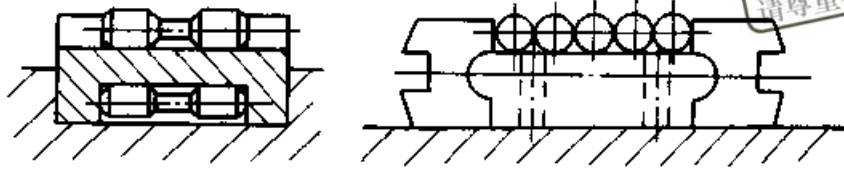


图 30.4-26 安装方法

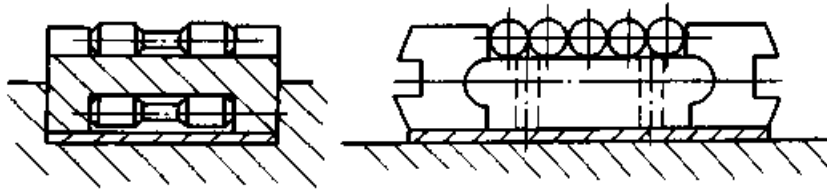


图 30.4-27 安装方法

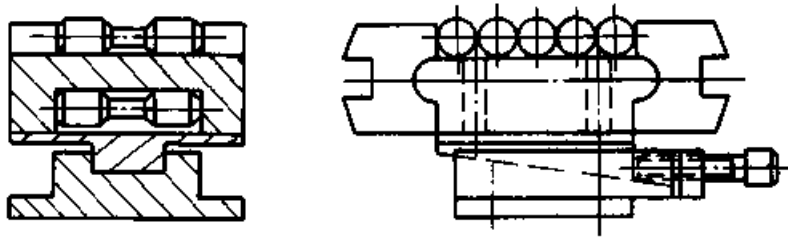


图 30.4-28 安装方法

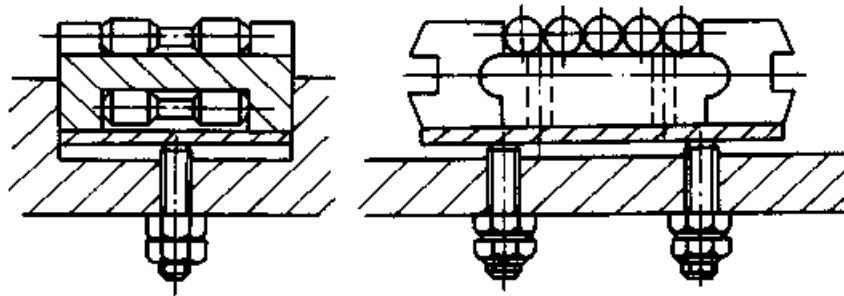


图 30.4-29 安装方法

5) 安装在弹簧垫上 见图 30.4-30。这种方式只能用于压紧导轨块。如果工作台较长，承载导轨块或基准侧的导向导轨块多于 2 个，则首尾两个必须与工作台刚性连接，中间的几个可以安装在弹簧垫上作为辅助支承以分担部分载荷。

(3) 安装中的装配精度

3) 安装在楔铁上 见图 30.4-28 后两种安装方法，可以进行高度调整。

4) 安装在可调衬垫上 见图 30.4-29。采用这种方法时，不用精加工安装表面，但在最后调整精度时很费时。导轨块支承在两个螺钉上，刚度较低。

超星浏览器提醒您：  
使用本复制品  
请尊重相关知识产权！

要使导轨块在达到预期的性能和耐用度，必须保证下述的安装和调整精度：

1) 安装面与导轨面间的平行度 要使机床导轨副的导轨块受力均匀，导轨块的安装基面与机床导轨滚动接触表面间的平行度公差应控制在 0.02/1 000 mm 以内。

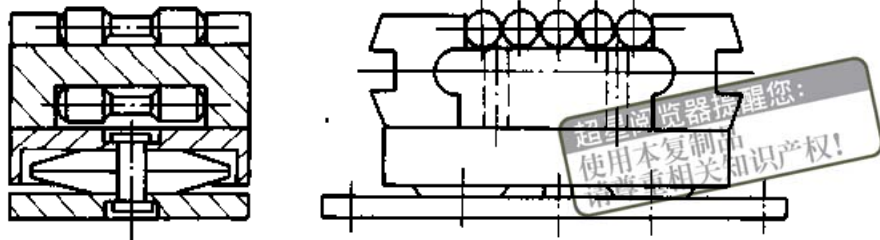


图 30.4.30 安装方法

2) 安装中导轨块等高的控制 为了保证机床每条导轨中各个导轨块工作时载荷均匀, 应严格控制导轨块相互间的高度差。可按表 30.4-64 的公差和分组公差选用。

3) 导轨块倾斜精度的调整 为避免运动中滚子侧向偏移而打滑, 沿着导轨副运动方向的滚子轴线的倾斜精度应控制在  $0.02/300 \text{ mm}$  以内, 定位精度要求越高, 则倾斜精度控制也越严。检查方法见图 30.4-31。

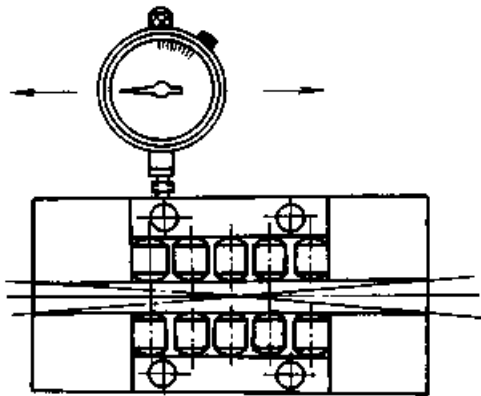


图 30.4.31 精度检查

#### 4.4.5 设计和使用中的注意事项

1) 导轨块的滚道是机床的导轨表面。除在负荷下使用外, 导轨表面硬度应至少为 58 HRC, 淬硬层深度不小于  $2 \text{ mm}$ 。表面粗糙度  $Ra$  不超过  $0.63 \mu\text{m}$ 。

2) 采用预加载荷的办法, 可以防止导轨块的松动和提高刚度。预加载荷值控制在约为每块导轨块实际动载荷的 20% 是适宜的。图 30.4-30 所示的弹簧垫, 是一种简便和成本低的预加负荷元件。

3) 其他注意事项可参照本章 4.3 节中有关内容。

### 4.5 直线滚动导轨套

图 30.4-32 所示是由直线运动球轴承 3、支

承座 4、导轨轴 2 和导轨轴支承座 1 构成的圆柱形直线滚动导轨套副。由于结构上的原因, 直线滚动导轨套副只能在导轨轴上作轴向直线往复运动, 而不能旋转。负载滚珠与导轨轴外圆作凸圆之间的点接触, 因而许用载荷较小。这种轴承运动轻便、灵活, 精度较高, 价格较低, 维护方便, 更换省事, 在下列各种设备的轻载移动、输送系统中得到广泛的应用。

1) 机床、工具 数控机床、多轴钻床、工具磨床、平面磨床、拉床、卧式镗床、气动控制点焊机、油压机、自动气割机、仿形装置、磨床砂轮修正器等。

2) 测量、控制装置 万能投影仪、齿轮测量仪、气动控制极限量规、指示型千分表、自动开闭门、精密测长仪、水位记录仪。

3) 电气、电子仪器 电子计算机、电子计算机外部设备、电压及温度等用的自动记录装置、电视摄像机、磁带录音机、各种 X、Y 记录仪、数字式三向检测仪、X 射线装置。

4) 输送机械用机器 各种自动线输送装置、往复运动机械, 调节型操作者用座, 速度计、加速度计。

5) 通用工作机械 可移式影片显微照相机、检测装置、卡片选择机、各种仿形机、打字机、电子记录装置。

6) 纺织、纤维机械 纺织机机架升降装置、切断刀研磨机、自动卷纱机、自动拈线机等。

7) 其他使用场所 制图机、诊断用床、各种游戏机、调整用电动机座、包装机械、印刷机械, 柔性控制单元等。

#### 4.5.1 结构

##### (1) 直线运动球轴承的结构

如图 30.4-33 所示, 直线运动球轴承由外套筒 4、保持架 3、滚珠 (负载滚珠 1 和回珠 2) 和镶有橡胶密封垫的挡圈 5 构成。当直线运动球轴



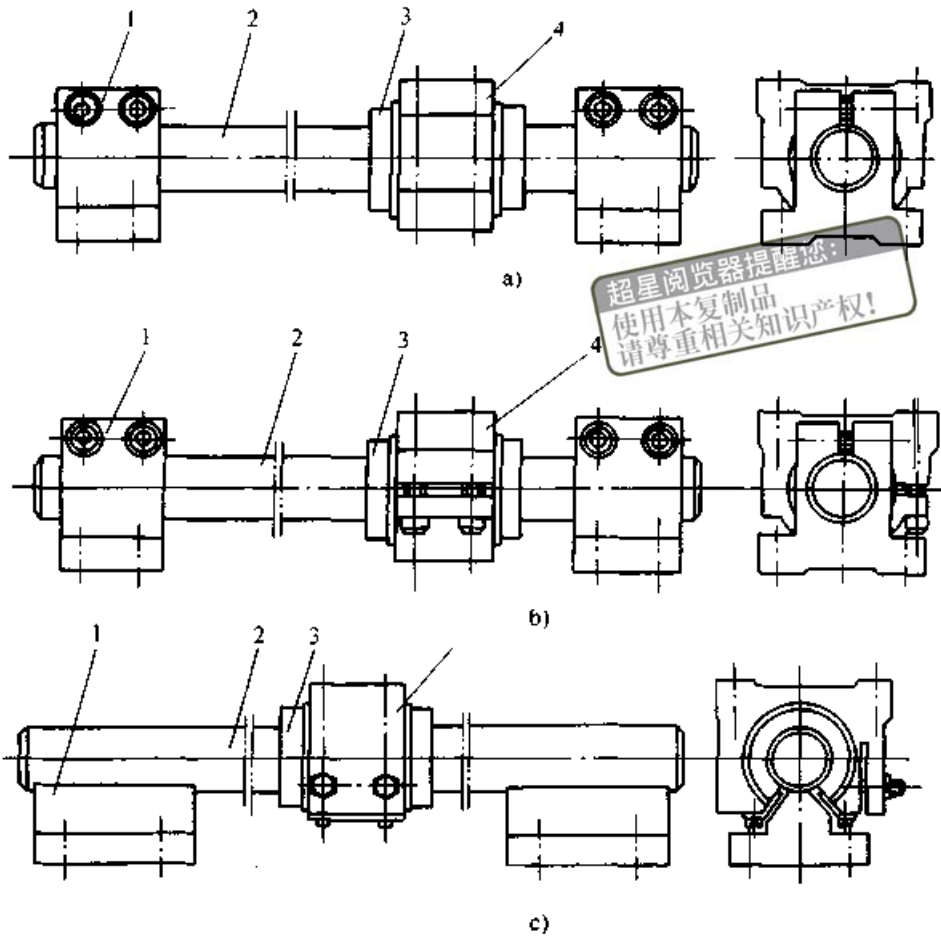


图 30.4-32 直线滚动导轨套副

1—导轨轴支承座 2—导轨轴 3—直线运动球轴承 4—直线运动球轴承支承座

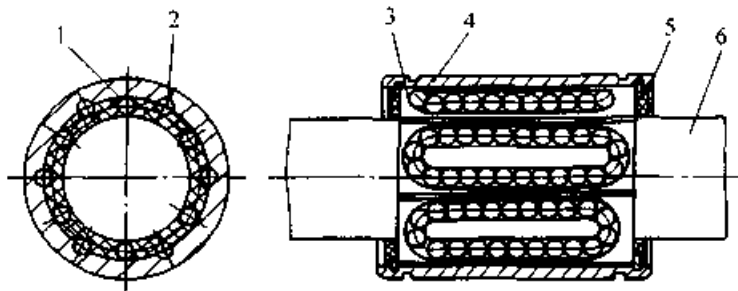


图 30.4-33 直线运动球轴承结构

1—负载滚珠 2—回球 3—保持架 4—外套筒 5—挡圈和橡胶密封垫 6—导轨轴

承与导轨轴 6 作轴向相对直线运动时，滚珠在保持架的长圆形通道内循环流动。滚珠的列数有 3、4、5、6 等几种。轴承两端的挡圈使保持固定在外套筒上，使各个零件联结为一个套件，拆装极为方便。

直线运动球轴承有三种结构形式，即标准型 (LB)，调整型 (LB-AJ) 和开放型 (LB-OP)，如图 30.4-34 所示。

标准型 (LB)：这是常用的类型。直线运动球轴承与导轨轴之间的间隙不可调。精度有普通级 (P) 和精密级 (J)。

调整型 (LB-AJ)：在直线运动球轴承外套筒和挡圈上开有轴向切口，能够任意调整与导轨轴之间的间隙，适用于要求调隙的场合。可以方便地获得零间隙或适当的负间隙 (过盈)。

开放型 (LB-OP)：在直线运动球轴承外套

筒和挡圈上开有轴向扇形切口,适用于带有多件导轨轴支承座的长行程的场合,可以避免长导轨轴因跨距太大而下垂对运动精度和性能的影响。开放型也可以调整间隙。因为开有扇形缺口,所以套内滚珠列数较标准型和调整型少一列。

此外在通用系列标准型(LB),调整型(LB-AJ)、开放型(LB-OP)的基础上,又派生出特殊系列标准型(LBP),调整型(LBP-AJ)、开放型(LBP-OP)。与前者区别是:轴承的内( $d$ )外( $D$ )径尺寸和公差,长度( $L$ )尺寸和公差,切口扇形角( $\theta$ ),径摆值和 $C_s$ 值等有所不同。

#### (2) 直线滚动导轨套副的结构

根据直线运动球轴承结构类型的不同,直线滚动导轨套副也分为三种结构形式:即标准型直线滚动导轨套副(GTB, GTBt),图30.4-34a;调整型直线滚动导轨套副(GTB-t, GTB-t),图30.4-34b;开放型直线滚动导轨套副(GTA, GTA-t),图30.4-34c。

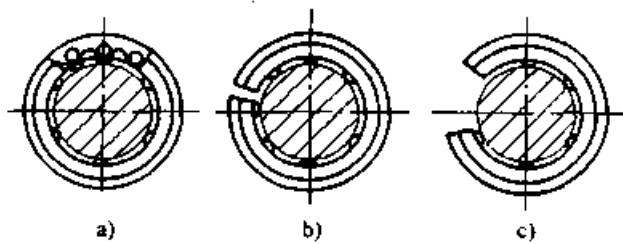


图 30.4-34 结构型式

a) LB型 b) LB-AJ型 c) LB-OP型

GTB标准型(通用系列)、GTBt标准型(特殊系列)和调整型(通用系列),GTB-t调整型(特殊系列)直线滚动导轨套副,不能配用两个以上的导轨轴支承座。如果支承跨距较大,则导轨轴的下垂也较大,对移动轨迹的直线性将带来不小的影响。因此,这两种导轨一般只适用于短行程或对运动轨迹的精度要求不太高的场合。

GTA(通用系列)和t(特殊系列)开放型直线滚动导轨套副,可配用两个以上导轨轴支承座。这样做可以减小支承跨距,从而减少导轨轴的下垂,有利于获得较高的精度,并适用于长行程的地方。

通用系列和特殊系列是指配用的直线运动球轴承而言的,因而在尺寸、公差和 $C_s$ 、 $C_{sa}$ 值也有所不同。

#### 4.5.2 尺寸系列

1) 直线运动球轴承的尺寸系列通用系列见表30.4-65。

2) 直线滚动导轨套副尺寸系列(南京工艺装备制造厂)标准型通用系列GRB,特殊系列GTBt,特殊系列GTBt-t,见表30.4-68,开放型通用系列GTA,特殊系列GTBt,见表30.4-69。

#### 4.5.3 精度

##### (1) 直线运动球轴承的精度等级

直线运动球轴承的精度,按内切圆( $d$ )的制造公差,在通用系列中分为普通级(P)和精密级(J)两种,其公差值参见表30.4-66“通用系列直线运动球轴承”。

##### (2) 直线滚动套副的精度等级

直线滚动导轨套副的精度等级按直线运动球轴承的制造精度分为精密级(J)和两种普通级(P和 $P_1$ )三个等级,其中特殊系列只有P和 $P_1$ 两个精度等级。各个精度等级的公差见表30.4-66。

(3) 直线运动球轴承与导轨轴和支承座孔的配合,见表30.4-67。

#### 4.5.4 寿命计算

寿命计算按本章第4.2节公式进行。

例4 有一工作台,上装工件,支承在两套直线滚动导轨套副上,每套有两个直线运动球轴承。4个轴承均匀承受载荷。已知工作台和工件的质量150 kg,行程长 $l_s=0.6$  m,每分钟往复次数 $n_g=4$ ,运动速度 $v_g \leq 50$  m/min。工作条件为常温、无明显的振动和冲击。选用GTA50-2×1000-P直线滚动导轨套副2套,试估算其预定寿命。

解:查表30.4-65知 $C_s=4010$  N

一个直线运动球轴承的载荷

$$W_c = \frac{150 \times 9.8}{4} = 368 \text{ N}$$

查表30.4-42~表30.4-45。各项系数为: $f_n=1$ ,  $f_t=1$ ,  $f_c=0.81$ ,  $f_w=2$ 。

按式(30.4-3),知

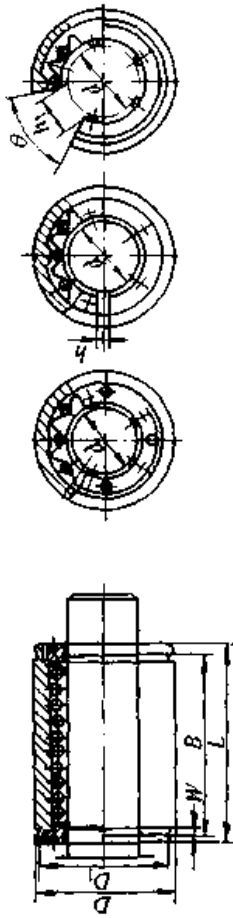
$$L = \left( \frac{1 \times 1 \times 0.81}{2} \times \frac{4010}{368} \right)^3 \times 50 \text{ km} = 4298 \text{ km}$$

按式(3.4-3)知

$$L_h = \frac{4298 \times 10^3}{2 \times 0.6 \times 4 \times 60} \text{ h} \approx 14922 \text{ h}$$

$$\text{预期寿命 } L_y = \frac{14922}{300 \times 2 \times 8 \times 0.8} \text{ a} = 3.9 \text{ a}$$

表 30.4-65 通用系列直线运动球轴承



d/ mm	轴承型号				外形尺寸/mm						允许偏差/ $\mu\text{m}$						额定动载荷 $C_3/\text{N}$		额定静载荷 $C_0/\text{N}$				
	标准型	调整型	开口型	列数	公称	D		公差	L	B		W	$D_t$	h	$h_1$	$\theta$	J	P	max	min	max	min	
						公称	公差			公差	公差												公差
	LB	LB-AJ	LB-OP	列数	J	P	J	P	公差	公差	公差	公差	公差	公差	公差	公差	公差	公差	公差	公差	公差	公差	
6	LB61219	LB61219AJ	3	3	6	12	0 -6	0 -9	11	11	19	0 -200	13.5	0	1.1	11.5	1	8	12	68.6	68.6	127.4	127.4
8	LB81517 LB81524	LB81517AJ LB81524AJ	3 3	3 3	8	15 15	0 -6	0 -9	11 11	17 24	0 -200	11.5 17.5	0 -200	1.1 1.1	14.3 14.3	1	8	12	78.4 107.8	78.4 107.8	117.6 215.6	117.6 215.6	
10	LB101929	LB101929AJ	4	4	10	19	0 -6	0 -9	13	29	0 -200	22	0	1.3	18	1	8	12	156.8	156.8	284.2	284.2	
13	LB132332	LB132332AJ	4	4	13	23	0 -6	0 -9	13	32	0 -200	23	0	1.3	22	1.5	80°	8	12	264.6	264.6	480.2	480.2
16	LB162837	LB162837AJ	4	4	16	28	0 -6	0 -9	13	37	0 -200	26.5	0	1.6	27	1.5	80°	8	12	421.4	421.4	725.2	725.2
20	LB203242	LB203242AJ	5	5	20	32	0 -7	0 -10	16	42	0 -200	30.5	0	1.6	30.5	1.5	60°	10	15	558.6	558.6	921.2	921.2

超星阅读器提醒您  
使用本产品时  
请重视相关提示信息

续表 30.4-65

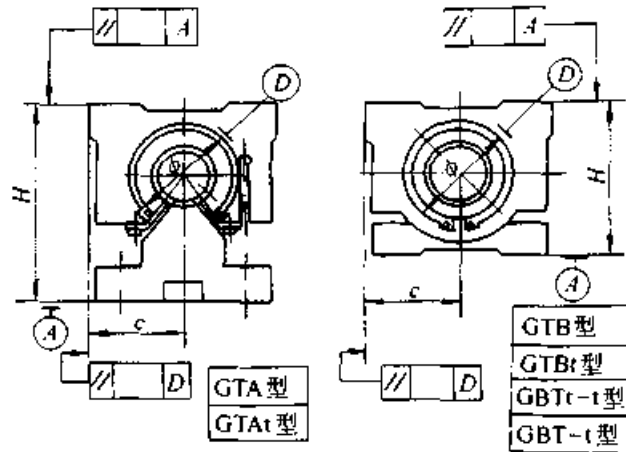
d/ mm	轴承型号				外型尺寸/mm				允许偏差/ $\mu\text{m}$							直径 $\mu\text{m}$		额定动载荷 $C_d/\text{N}$		额定静载荷 $C_0/\text{N}$			
	标准型 LB	调整型 LB-AJ	列数	开口型 LB-OP	列数	公差 J P	公差 J P	公差 J P	公差 J P	L 公差	B 公差	W	$D_1$	h	$h_1$	$\theta$	J	P	min	max	min	max	
																							公差
	列数	列数	列数	列数	列数	公差	公差	公差	公差	公差	公差	公差	公差	公差	公差	公差	公差	公差	公差	公差	公差	公差	
列数	列数	列数	列数	列数	公差	公差	公差	公差	公差	公差	公差	公差	公差	公差	公差	公差	公差	公差	公差	公差	公差		
25	LB254059	LB254059AJ	6	LB254059OP	5	0 -7	0 -10	0 -16	0 -16	0 -300	41	0	1.85	38	2	12	50°	10	15	872.2	1 078	1 568	2 058
30	LB304564	LB304564AJ	6	LB304564OP	5	0 -7	0 -10	0 -16	0 -16	0 -300	44.5	0	1.85	43	2.5	15	50°	10	15	1 274	1 666	2 156	2 744
35	LB35270	LB35270AJ	6	LB35270OP	5	0 -8	0 -12	0 -19	0 -19	0 -300	49.5	0	2.1	49	2.5	17	50°	12	20	1 666	2 058	3 038	2 920
38	LB385776	LB385776AJ	6	LB385776OP	5	0 -8	0 -12	0 -19	0 -19	0 -300	58.5	0	2.1	54.5	3	18	50°	12	20	2 058	2 646	3 528	4 508
40	LB406080	LB406080AJ	6	LB406080OP	5	0 -8	0 -12	0 -19	0 -19	0 -300	60.5	0	2.1	57	3	20	50°	12	20	2 058	2 646	3 528	4 506
50	LB5080100	LB5080100AJ	6	LB5080100OP	5	0 -8	0 -12	0 -19	0 -19	0 -300	74	0	2.6	76.5	3	25	50°	12	20	4 018	5 096	6 958	8 918
60	LB6090110	LB6090110AJ	6	LB6090110OP	5	0 -9	0 -15	0 -22	0 -22	0 -300	85	0	3.15	86.5	3	30	50°	17	25	4 802	6 174	8 436	10 290
80	LB80120140	LB80120140AJ	6	LB80120140OP	5	0 -9	0 -15	0 -22	0 -22	0 -400	105.5	0	4.15	116	3	40	50°	17	25	8 820	11 368	12 410	18 228
100	LB100150175	LB100150175AJ	6	LB100150175OP	5	0 -10	0 -20	0 -25	0 -25	0 -400	125.5	0	4.15	145	3	50	50°	20	30	14 700	18 816	22 344	28 616



注: 制造单位: 哈尔滨轴承厂。

表 30.4-66 直线滚动导轨套副的精度

超星浏览器提醒您(μm)  
使用本复制品  
请尊重相关知识产权!

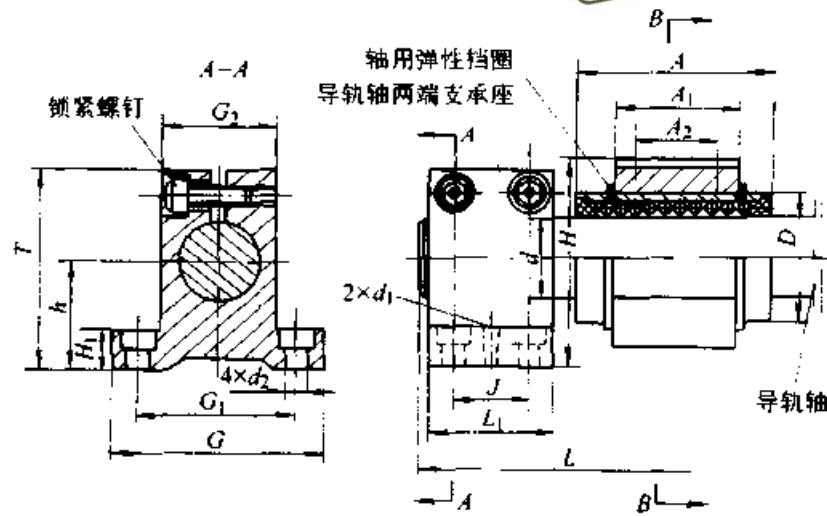


序号	项 目	符 号	精度等级		
			J	P	P <sub>1</sub>
1	直线运动球轴承支承座 C 面对导轨轴支承座 A 面的平行度	$\delta P_{CA}$	12	25	50
2	直线运动球轴承支承座 B 面对导轨轴支承座 D 面的平行度	$\delta P_{BD}$	15	40	80
3	高度 H 的尺寸公差	$\delta H$	± 20	± 50	± 100
4	同一导轨轴上两个直线运动球轴承支承座 H 尺寸的一致性	$\delta H_1$	10	25	50
5	安装基面 B 对导轨轴中心线的尺寸 C 的公差	$\delta C$	± 40	± 150	± 250
6	同一导轨轴上两个直线运动球轴承支承座 C 尺寸的一致性	$\delta C_1$	20	60	100

- 注：1. 表中所列精度等级 GTA 型在导轨轴支承座位置上检测，GTB 型靠近导轨轴两端支承座位置检测。  
2. 各项目的检测，必须在基面校垂直的情况下进行。  
3. 在同一平面上并列使用两套直线滚动导轨套副时，C 的尺寸公差和两者一致性只适用基准直线滚动导轨套副。

表 30.4-67 导轨轴和支承座孔的配合

直线运动球轴承		导轨轴		轴承座孔	
型号	精度等级	一般间隙	小间隙	间隙配合	过渡配合
LB	P	f6、g6	h6	H7	J7
	J	f5、g5	h5	H6	J6
LBP	—	h6	j6	H7	J7

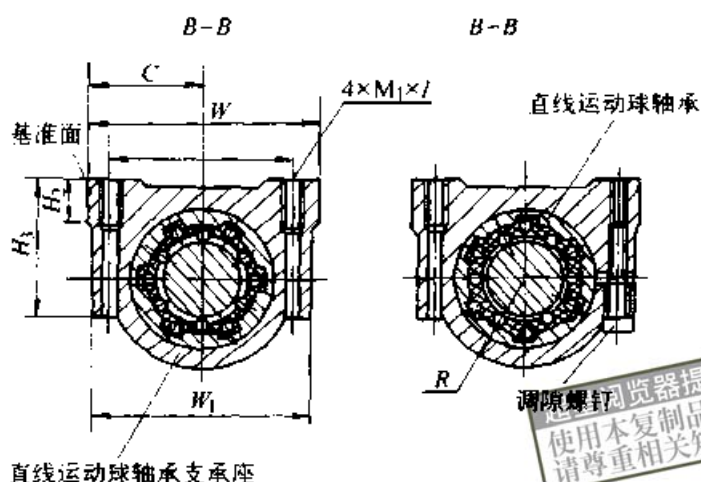
表 30.4-68 标准型通用系列 GTB<sub>1</sub> 特殊系列 GTB<sub>1</sub>、

## 通用系列

型号规格	外形尺寸 /mm																	
	$d$ (g6)	$d_1$	$d_2$	$D$ (h5)	$h$	$C$	$G$	$G_1$	$G_2$	$L$	$L_1$	$T$	$H_1$	$H$	$H_3$	$H_2$	$A$	$A_1$ (-0.2)
GTB13	13	5	5.8	23	20	25	45	32	20	≤500	32	38	10	40	28	9	32	20.5
GTB16	16	5	5.8	28	24	28	50	36	24	≤650	32	46	10	48	34	10	37	23.5
GTB20	20	6	7	32	27	30	60	45	30	≤800	38	50	12	53	38	12	42	27.5
GTB25	25	6	7	40	33	35.5	67	50	36	≤1 000	38	60	12	63	42	14	59	37.5
GTB30	30	6	7	45	37	40	75	56	42	≤1 500	38	67	12	71	50	16	64	41
GTB35	35	8	9	52	42	45	85	67	50	≤1 800	48	75	16	80	56	18	70	45.5
GTB38	38	8	9	57	48	50	90	71	56	≤2 000	48	85	16	90	63	20	76	54.5
GTB40	40	8	9	60	48	50	90	71	56	≤2 000	48	85	16	90	63	20	80	56.5
GTB50	50	8	11	80	57	62.5	110	85	67	≤2 500	52	105	20	110	75	25	100	69
GTB60	60	8	11	90	65	90	125	100	80	≤3 000	52	120	20	125	85	28	110	79
GTB80	80	8	13.5	120	80	90	160	130	105	≤3 500	60	150	25	160	110	30	140	97.5

注：1. GTB-t型所列尺寸、参数与GTB型相同。2. 4-φ孔配用六角螺钉。3. 如有规格、尺寸、性能的变

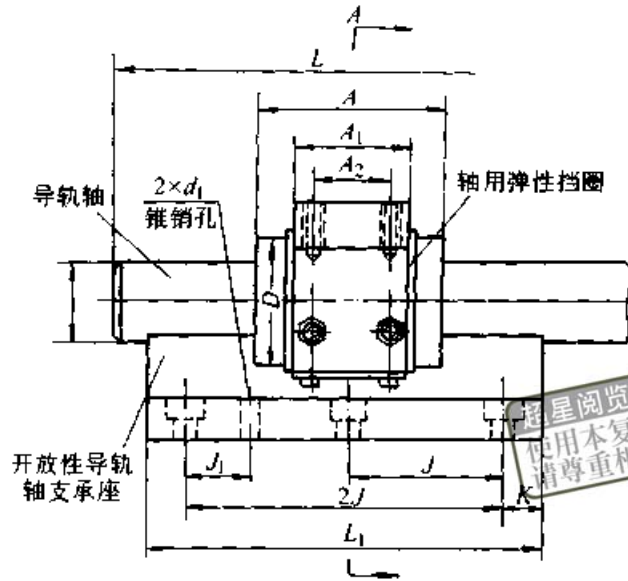
调整型通用系列 GTB-t、特殊系列 GTBt-t 直线滚动导轨套副



									特殊系列							
A <sub>2</sub>	J	W	W <sub>1</sub>	B	R	M <sub>1</sub> × l	额定 动载 荷 C <sub>r</sub> /N	额定 静载 荷 C <sub>0r</sub> /N	型号规格	外形尺寸/mm					额定 动载 荷 C <sub>r</sub> /N	额定 静载 荷 C <sub>0r</sub> /N
										d (g6)	D (h5)	A	A <sub>2</sub> (-0.2)	A <sub>2</sub>		
11	18	50	48	36	18	M5 × 12	260	480	GTBt12	12	22	32	20.4	11	250	480
13	18	56	54	42	22	M5 × 12	420	720	GTBt16	16	26	36	22.4	12	280	500
16	22	60	58	45	24	M6 × 14	550	920	GTBt20	20	32	45	28.5	16	550	970
24	22	71	68	56	28	M8 × 14	870	1 560	GTBt25	25	40	58	40.5	26	870	1 560
26	22	80	77	63	32	M8 × 16	1 270	2 150	GTBt30	30	47	68	48.5	32	1 270	2 150
28	28	90	87	71	36	M8 × 16	1 660	3 030								
40	28	100	96	80	40	M8 × 16	2 050	3 520								
40	28	100	96	80	40	M8 × 16	2 050	3 520	GTBt40	40	62	80	56.5	40	2 050	3 520
50	30	125	12	100	50	M12 × 25	4 010	6 950	GTBt50	50	75	100	72.5	53	4 010	6 950
56	30	140	135	110	56	M12 × 25	4 800	8 030	GTBt60	60	90	125	95.5	71	5 190	8 910
75	34	180	175	150	71	M12 × 25	8 820	14 210	GTBt80	80	120	165	125.5	100	8 820	14 120

更，应以最新样本为准。

表 30.4-69 开放型通用系列 GTA 特殊系列 GTA1



通用系列

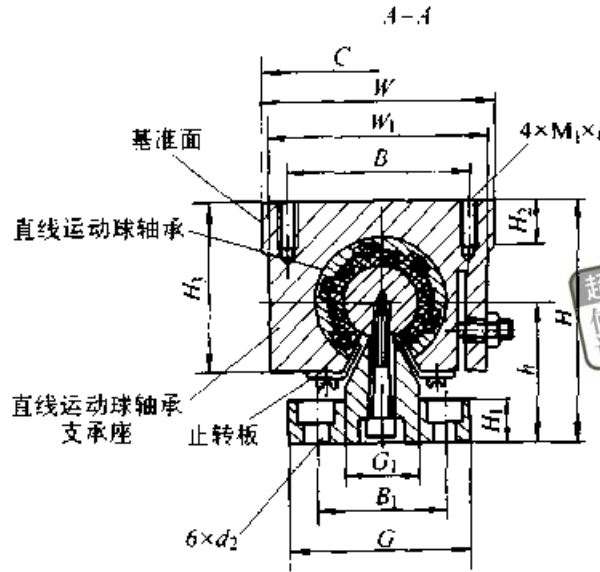
外形尺寸/mm

型号规格	外形尺寸/mm																		
	$d$ (g6)	$d_1$	$d_2$	$D$ (h5)	$L$	$L_1$	$A$	$A_1$ (-0.2)	$A_2$	$J$	$J_1$	$K$	$C$	$W$	$W_1$	$B$	$B_1$	$G$	
GTA13	13	5	5.8	23	≤500	100	32	20.5	11	40	15	10	25	50	48	36	36	50	
GTA16	16	5	5.8	28	≤650	100	37	23.5	13	40	15	10	28	56	54	42	36	50	
GTA20	20	6	7	32	≤800	125	42	27.5	16	50	20	12.5	30	60	58	45	40	56	
GTA25	25	6	7	40	≤10 000	125	59	37.5	24	50	20	12.5	35.5	71	68	56	40	56	
GTA30	30	6	7	45	≤1 500	150	64	41	26	60	25	15	40	80	77	63	45	60	
GTA35	35	8	9	52	≤1 800	150	70	45.5	28	60	25	15	45	90	87	71	45	63	
GTA38	38	8	9	57	≤2 000	150	76	54.5	38	60	25	15	50	100	96	80	53	71	
GTA40	40	8	9	60	≤2 000	150	80	56.5	38	60	25	15	50	100	96	80	53	71	
GTA50	50	8	11	80	≤2 500	200	100	69	50	80	30	20	62.5	125	121	100	67	90	
GTA60	60	8	11	90	≤3 000	200	110	79	56	80	30	20	70	140	135	110	67	90	
GTA80	80	8	13.5	120	≤3 500	250	140	97.5	75	100	40	25	90	180	175	150	85	110	

注：如有规格、尺寸、性能的变更，应以最新样本为准。



直线滚动导轨副



							特殊系列									
$G_1$	$h$	$H$	$H_1$	$H_2$	$H_3$	$M_1 \times l$	额定 动载 荷 $C_d/N$	额定 静载 荷 $C_{0d}/N$	型号规格	外形尺寸/mm					额定 动载 荷 $C_d/N$	额定 静载 荷 $C_{0d}/N$
										$d$ (g6)	$D$ (h5)	$A$	$A_1$ (-0.2)	$A_2$		
24	36	56	11	9	33	M5 × 12	260	480	GTBt12	12	22	32	20.4	11	250	480
24	39	63	11	10	40	M5 × 12	420	720	GTA16	16	26	36	22.4	12	280	500
26	41	67	12	12	44	M6 × 14	550	920	GTA20	20	32	45	28.5	16	550	970
26	41	71	12	14	52	M6 × 14	870	1 560	GTA25	25	40	58	40.5	26	870	1 560
30	51	85	14	16	59	M8 × 16	1 270	2 150	GTA30	30	47	68	48.5	32	1 270	2 150
30	52	90	14	18	66	M8 × 16	1 660	3 030								
36	58	100	14	20	73	M8 × 16	2 050	3 520								
36	58	100	14	20	74	M8 × 16	2 050	3 520	GTA40	40	62	80	56.5	40	2 050	3 520
48	72	125	17	25	95	M12 × 25	4 010	6 950	GTA50	50	75	100	72.5	53	4 010	6 950
48	85	145	17	28	108	M12 × 25	4 800	8 030	GTA60	60	90	125	95.5	71	5 190	8 910
60	110	190	20	35	143	M12 × 25	8 820	14 210	GTA80	80	120	165	125.5	100	8 820	14 120

4.5.5 安装

(1) 直线运动球轴承的安装

1) 轴承压入轴承座孔时, 应采用专用安装工具压靠外圈端面 (如图 30.4-35)、不允许随意敲打, 以免变形, 导轨轴装入轴承时, 应对准中心轻轻插入, 不允许转动, 避免损坏轴承。

2) 调整型和开放型按图 30.4-36 方式安装。安装时, 先松开螺钉 1, 安装完毕后、用螺钉 1 调整间隙, 注意不要使预压过大。

(2) 直线滚动导套副的安装

1) 可参照本章第 4.3 节, 直线滚动导轨副的安装方法进行。先识别基准侧 (基准侧刻有小沟槽, 编号末尾标有“J”字母), 安装基准侧, 然后再安装非基准侧。

2) 支承座与工作台的装钉直径按表 30.4-70 选用。

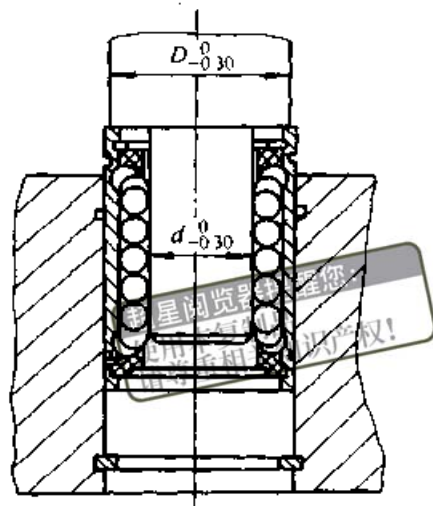


图 30.4-35 轴承压入轴承座

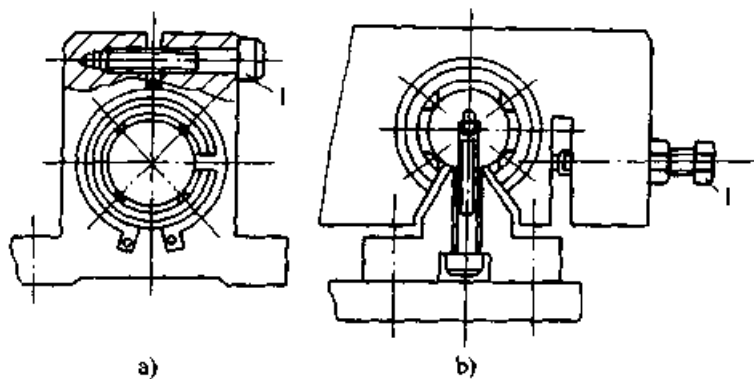


图 30.4-36 调整型和开放型的安装

a) 调整型 b) 开放型

表 30.4-70 螺钉直径

型号 GTB GTBt	13	16	20	25	30	35	38	40	50	60	80
螺钉直径	M4	M4	M5	M5	M6	M6	M6	M6	M10	M10	M10

3) 直线滚动导轨副的润滑方法与滚动轴承相同。

4) 工作台和支承座装好后, 应进行拖动力的变化和工作台在竖直面内及水平面内移动的直线度, 以及工作台移动对工作台面的平行度检测。检测方法参见表 30.4-60。

5 导轨的润滑与防护

5.1 导轨的润滑

5.1.1 润滑目的、要求与方式

导轨润滑的目的是: 减小摩擦阻力、提高机

械效率; 减少磨损、延长使用寿命; 降低温度, 减少热变形、改善工作条件; 防止生锈。

润滑的要求是: 保证供油清洁, 供油充分, 油量可以调节, 润滑装置简单、安全、可靠。

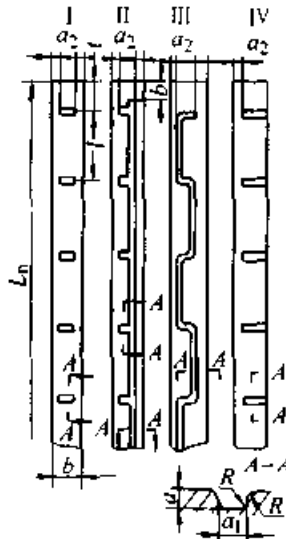
导轨的润滑方式很多, 常用的有: ①人工定期向导轨面上或运动部件的油杯中加油, 方法简单, 但不能保证充分润滑, 适用于中心型机械的低速运动导轨; ②手动油泵供油润滑, 即在运动部件上安装油泵, 用手拉或手压、手摇供油, 供油较充分, 操作方便, 但不能连续供油, 适用于低中速、低载荷、小行程的导轨; ③自动润滑, 即采用专用润滑系统、润滑充分、可靠, 与运动

速度无关，可不断地冷却冲洗导轨面，润滑效果好。

分的润滑效果，必须在导轨面上开出油槽。油槽的型式尺寸见表 30.4-71。

为了使润滑油在导轨面上分布均匀，保证充

表 30.4-71 润滑油槽型式和尺寸 (mm)



	$b$	$a$	$a_1$	$a_2$	$R$
	20~40	1.5	3	4~6	0.5
	>40~60	1.5	3	6~8	0.5
	>60~80	3	6	8~10	1.5
	>80~100	3	6	10~12	1.5
	>100~150	5	10	14~18	2
	>150~200	5	10	20~25	2
	>200~300	5	14	30~50	3
	$L_n/b$	横向油槽数 $K$		槽距 $t$	
	10	2~4		$\frac{L_n}{K}$	
	20	4~8			
	30	6~12			
	40	8~16			

注：1.  $L_n$ —导轨工作长度； $b$ —导轨宽度。

- 若润滑油送入每个横向油槽方便时，应优先用 I 型；如有困难，用 II 型，导轨面为垂直或倾斜时，纵向油槽应放在上方，由运动部件供油时，进油孔应对准纵向油槽。
- 润滑油来自比它高的临近导轨时，可采用 IV 型油槽。
- 垂直运动部件上的导轨，为避免润滑油很快流失，采用 III 型油槽，进油孔在上部油槽内。
- 为加工方便，可用圆环形油槽代替直槽。
- 油槽表面粗糙度  $Ra \leq 3 \mu m$ 。
- 也可用其他截面形状的油槽，其流通面积应与表相似。

5.1.2 润滑剂的选用

滑动导轨多用润滑油，主要是导轨油和导轨液压油，可根据导轨的滑动速度和压力来选择润滑油的黏度。对于载荷大、速度低、宜选用高黏度；对载荷小、速度高、宜选用低黏度。

如果导轨润滑油来自液压系统，则应兼顾两方面要求。

在选择导轨润滑剂时，可参考现有同类机床和机械使用情况、表 30.4-72 供选择参考。

表 30.4-72 机床导轨润滑油的选择

机床类型	润滑油名称、牌号	机床类型	润滑油名称、牌号
卧式车床、钻床、铣床	L-HL32、L-HL46 液压油	镗床、镗铣床	L-G68~L-G150 导轨油
万能磨、外圆磨、内圆磨、半磨	L-HG32~L-HG68 液压油	大型滚齿机、落地镗、光学坐标镗	L-G100~L-G150 导轨油
齿轮磨、其他齿轮加工机床	L-G32~L-G68 导轨油	镗铣床（超重型）	L-G150 导轨油
龙门铣、刨铣床、曲轴磨、导轨磨、大型车床	L-G68 导轨油		

滚动导轨润滑多采用润滑脂，导轨的防护要求更严。对于容易被污染又难于防护的导轨应采用润滑油润滑。

## 5.2 导轨的防护

### 5.2.1 导轨防护的目的、要求及类型

(1) 导轨防护的目的 防止灰尘、切屑、冷却液进入导轨中、提高导轨的使用寿命。

(2) 导轨防护装置的要求 防护可靠、安全；能耐红热切屑和冷却液的腐蚀；装卸方便，具有一定的刚度、强度和使用寿命；外形美观、结构简单、制造容易、成本低。

(3) 导轨防护装置的类型 类型较多、大致有如下几类：

1) 刮屑板 利用耐油橡胶、塑料或毛毡等制成与导轨形状相吻合的刮条，安装在动导轨上，刮走导轨上灰尘、切屑等。适用于工作中裸露导轨防护，如卧式车床的溜板导轨等。

2) 盖板 多数是将金属盖板固定在动导轨两端，当导轨移动时，盖板将要外露的导轨面盖住，防止切屑掉在导轨面上。多用于行程较小的

导轨。如车床横刀架导轨防护等。

3) 刚性伸缩式导轨防护罩 由层（节）不锈钢防护罩壳组成，最上下层分别固定在工作台和床身上。当导轨移动时，防护罩随着拉开伸长或迭起缩短。这种防护装置可全部封盖导轨面，防护效果好、行程大、寿命长。缺点是成本高、尺寸大、质量大、维修困难。一般用于大型或精密机床上，如数控机床、坐标镗床等。

4) 风琴式伸缩防护罩 一般用橡塑、人造革、漆布制成。结构简单、轻便、防护效果好、安装维修方便，收缩后尺寸短等优点。适合于行程长、高速（移动速度可达 60 m/min）、频繁往复运动的导轨。如导轨磨床等。但该防护罩寿命短，且不易用于防油或冷却液要求高、切屑灼热、飞溅较大场合。这种装置已形成系列产品、由专业生产厂提供。

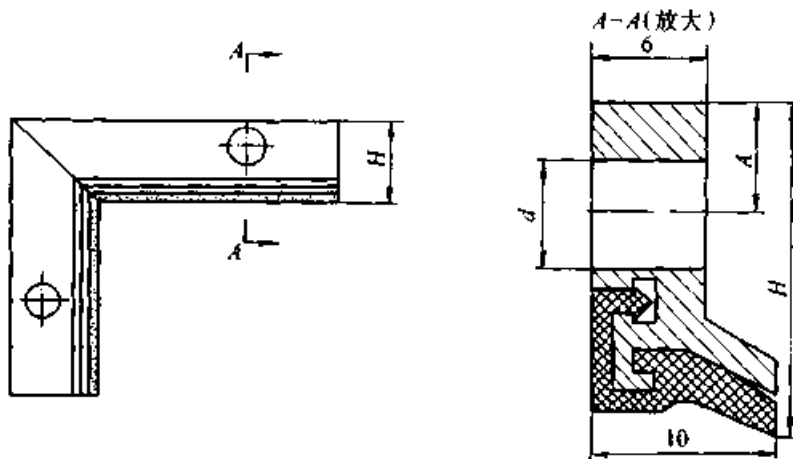
### 5.2.2 防护装置型式尺寸

#### (1) GXB 型导轨刮屑板

用铝合金为骨架，刮条材料具有耐油、耐磨、耐冷却液等性能。外观造型美观、刮屑效果好，其形状和尺寸见表 30.4-73。

表 30.4-73 GXB 型机床导轨刮屑板尺寸参数

(mm)



型 号	GXB-18	GXB-25	GXB-30
H	18	25	30
A	6	6~10	6~15
d	5~6	5~7	5~7

注：生产厂为上海机床附件三厂。

(2) 伸缩式机床导轨防护罩（摘自 JB/T6562—1993）

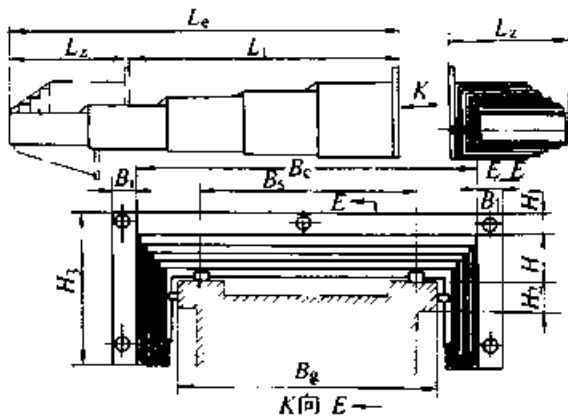
导轨防护罩按结构特征和所能适应的运行速

度分为 A、B、C 型三种，其主要性能和结构尺寸公差见表 30.4-74 和表 30.4-75。

表 30.4-74 导轨防护罩型式主要性能

型式	结构特征	额定随行速度/ m·min <sup>-1</sup>	工作噪声/ dB (A)	安全寿命 万次往复
A	低速脊动式	≤12	超70 使用本复制品 请尊重相关知识 请尊重知识产权!	≥50
B	中速缓冲式	>12-25		
C	高速滚动式	>25-45		

表 30.4-75 导轨罩尺寸公差 (mm)



- $L_c$  拉伸后长度
- $L_z$  收缩后长度
- $L_i$  行程
- $B_g$  导轨宽度
- $B_c$  滑座宽度
- $B_s$  支承安装宽度
- $H_1$  支承高度
- $H_2$  导轨侧面高度
- $H_3$  滑座高度

型式	导轨罩宽度 $B_c$			定位度 $B_g$			支承高度 $H_1$		
	≤500	>500 ~1 000	>1 000 ~3 000	≤500	>500 ~1 000	>1 000 ~3 000	≤100	>100 ~150	>150 ~200
	侧向配合间隙不均匀度公差			公差			公差		
A	1.0	1.2	1.5	1.2	1.5	2.0	±0.3	±0.4	±0.5
B	0.7	0.9	1.2	1.0	1.2	1.5	±0.2	±0.3	±0.4
C	0.4	0.6	0.9	0.8	1.0	1.2	±0.1	±0.2	±0.3

注：1. 支承高度  $H_1$  是指支承件面至导轨罩顶面的距离。

2. 向制造厂订货时，除要有表列的尺寸名称数据外，还要填写安装位置宽度  $B_i$  和安装位置高度  $H_i$ 。

## 6 压力机导轨设计特点

压力机导轨副由滑块上导向面和机架上导轨组成，导轨与机架不是一个整体，而是通过螺钉紧固在机架上，导轨承受滑块给予的侧向力和一定偏载力，因此，压力机导轨设计除应满足前述导轨的设计要求外，还应注意压力机导轨的特殊性及与机床等导轨设计的不同点。

### 6.1 导轨的形式和特点


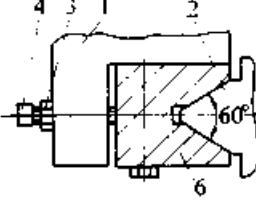

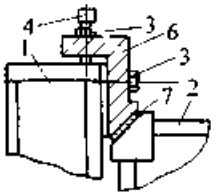

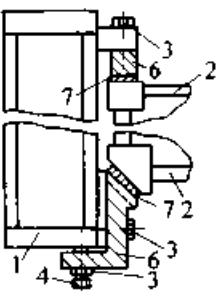

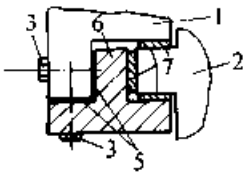

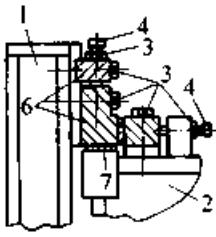
压力机导轨形式较多，滑动导轨应用广泛，

从单个导轨形状分，有V形导轨、斜导轨、平面导轨；从导轨面数分，有4面、6面、8面导轨；从可调性分，有可调导轨、不可调导轨、可调和不可调并用导轨；从导向方向分，有卧式导轨和立式导轨。

滚动导轨应用于高速精密压力机，如我国生产的高速精密压力机应用滚动导轨，滑块行程次数大于80次/min，高达600次/min。

压力机滑动导轨的基本形式及特点见表30.4-76。

表 30.4-76 压力机滑动导轨基本形式及特点

导轨名称及简图	典型结构图	$\tan\beta$ 的比较	导向精度	结构	导轨调节	精度保持	对中调整	适用范围	备注
2个“V”形导轨 		前后	$\frac{2\delta}{l\sin 60^\circ}$	较高	简单	容易	较好	加工保证	中小型 开式压力机
		左右	$\frac{2\delta}{l\cos 60^\circ}$	低					
4个45°斜导轨 		前后	$\frac{2\delta}{l\cos 45^\circ}$	较低	较简单	较容易	较好	可以	中大型 压力机
		左右	$\frac{2\delta}{l\cos 45^\circ}$	较低					
2个45°斜导轨 和两个平面导轨 		前后	$\frac{\delta}{l} + \frac{\delta}{l\cos 45^\circ}$	较低	较简单	较容易	较好	加工保证	中大型 压力机
		左右	$\frac{2\delta}{l\cos 45^\circ}$	较低					
6个平面导轨 		前后	$\frac{2\delta}{l}$	高	较复杂	较难	好	加工保证	中型 开式压力机
		左右	$\frac{2\delta}{l}$	高					
8个平面导轨 		前后	$\frac{2\delta}{l}$	高	复杂	较容易	较好	可以	中大型 压力机
		左右	$\frac{2\delta}{l}$	高					

注：1. 结构图中的代号：1—机架，2—滑块，3—紧固螺栓，4—顶紧螺钉，5—调整垫片，6—导轨，7—滑板（导板）。

2.  $\tan\beta$  栏中的代号： $\beta$ —由于导轨间隙使滑块产生的倾斜角度， $\delta$ —导轨间隙， $l$ —滑块的导向长度。

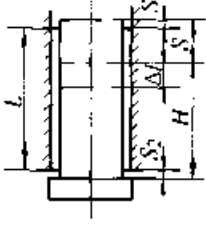
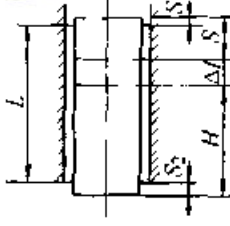
## 6.2 导轨尺寸和验算

### 6.2.1 导轨长度

由于导轨长度直接影响压力机的工作精度

和压力机的总高度，一般可根据滑块导向部分的长度来确定导轨长度。导轨长度计算见表 30.4-77。

表 30.4-77 导轨长度的计算

滑块底部有凸缘	滑块底部无凸缘
	
$L = H + S - S_1 - S_2$	$L = H + S + \Delta l - S_1 - S_2$
<p>说明</p> <p>L—导轨长度                      H—滑块的导向面长度                      S—滑块行程                      Δl—封闭高度调节量                      S<sub>1</sub>—滑块到上死点时，滑块露出导轨部分的长度                      S<sub>2</sub>—滑块到下死点时，滑块露出导轨部分的长度</p>	

超星阅读器提醒您：  
使用超星阅读器时，请尊重相关知识产权！

### 6.2.2 导轨工作面宽度及其验算

考虑到导轨需要承受压力机工作时的侧向力和一定的偏载力以及充分的润滑，一般导轨面要宽些。导轨宽些还可以防止滑块转动误差的增加。

单个导轨工作面宽度的验算

(1) 压强  $p$  (MPa) 的验算

$$p = \frac{KP_g}{2BL} \leq p_p \quad (30.4-6)$$

式中  $P_g$ ——压力机的标称压力 (N)；  
 $K$ ——偏载力系数，可以取  $K = 0.25$ ；  
 $B$ ——导轨工作面投影宽度 (mm)；  
 $p_p$ ——导轨材料的许用压强 (MPa)；  
 $L$ ——导轨长度 (mm)。

(2) 对于高速压力机还要进行  $pv$  (MPa·m/s) 值的验算

$$pv = \frac{KP_g v_{\max}}{2BL} = pv_{\max} \leq (pv)_p \quad (30.4-7)$$

式中  $v_{\max}$ ——滑块运行最大速度 (m/s)；  
 $(pv)_p$ ——导轨材料许用  $pv$  值 (MPa·m/s)。

## 6.3 导轨材料

为了尽量避免或减少滑块导向面的磨损，要求导轨工作面的硬度比滑块导向面的硬度低一些，小型压力机滑块常用灰铸铁制造、中型压力机滑块常用灰铸铁、稀土铸铁或钢板焊接。大型压力机滑块一般用钢板焊接。导轨材料一般为灰铸铁 HT200 制造。对于速度较高、偏心载荷较大的导轨，为提高耐磨性常在导轨工作面上镶装减磨材料制成的滑板，常用的耐磨材料有：铸造锰黄铜 (ZCuZn38Mn2Pb2)、铸造锡青铜 (ZCuSn-5Pb5Zn5) 和聚四氟乙烯软带等。

## 6.4 导轨间隙的调整

导轨和滑块导向面的间隙调整是通过紧固螺栓和顶紧螺钉，或紧固螺栓和调整垫片进行。见表 30.4-76。

紧固螺栓和顶紧螺钉的数量及其布置是根据导轨本身刚度及所承受的载荷大小等因素决定。

紧固螺栓和顶紧螺钉的布置基本有三种形式。一种是分组布置，即两个紧固螺栓之间加一

个顶紧螺钉；第二种是间隔布置，即紧固螺栓和顶紧螺钉间隔排列；第三种是复合布置，即在紧固螺栓上套一个顶紧螺套（结构紧凑，多用于中小型压力机）。

### 参 考 文 献

- 1 徐灏主编. 机械设计手册. 北京: 机械工业出版社, 1991
- 2 成大先主编. 机械设计手册. 北京: 化学工业出版社, 1993
- 3 徐灏编著. 机械设计. 沈阳: 东北工学院出版社, 1988
- 4 沈阳钻镗床研究所. 焊接立柱的设计与制造. 机床, 1985, (9)
- 5 叶瑞汶编著. 机床大件焊接结构设计. 北京: 机械工业出版社, 1986
- 6 王金华编著. 铸件结构设计. 北京: 机械工业出版社, 1983
- 7 施东成主编. 轧钢机械理论与结构设计. 北京: 冶金工业出版社, 1993
- 8 刘宝珩编著. 轧钢机械设备. 北京: 冶金工业出版社, 1983
- 9 戴曙编著. 金属切削机床设计. 北京: 机械工业出版社, 1985
- 10 邱宣怀等编. 机械设计. 北京: 高等教育出版社, 1988
- 11 重庆大学冶金机械专业委员会科研组. 有限元法在轧钢机机架设计计算中的应用. 重型机械, 1976, (1)
- 12 孟广喆, 贾安东著. 焊接结构强度和断裂. 北京: 机械工业出版社, 1986
- 13 王元良主编. 焊接及焊接结构. 北京: 中国铁道出版社, 1986
- 14 田锡唐编著. 焊接结构. 北京: 机械工业出版社, 1982
- 15 中国机械工程学会, 焊接结构设计制造(XV)委员会编. 焊接设计手册. 北京: 机械工业出版社, 1990
- 16 中国机械工程学会焊接学会. 焊接手册: 第1卷, 第3卷. 北京: 机械工业出版社, 1992
- 17 机床设计手册编写组编. 机床设计手册: 第二册. 北京: 机械工业出版社, 1979
- 18 O. W 勃劳杰著. 焊件设计. 张伟昌等译. 北京: 中国农业机械出版社, 1985
- 19 K. H. 扎布隆斯基著. 机械零件. 余梦生等译. 北京: 高等教育出版社, 1992
- 20 俞新陆编著. 液压机现代设计理论. 北京: 机械工业出版社, 1987
- 21 俞新陆等编著. 液压机. 北京: 机械工业出版社, 1987
- 22 俞新陆主编. 液压机. 北京: 机械工业出版社, 1982
- 23 机床设计手册编写组编. 机床设计手册. 北京: 机械工业出版社, 1996
- 24 何德誉主编. 曲柄压力机. 北京: 机械工业出版社, 1987
- 25 何德誉主编. 专用压力机. 北京: 机械工业出版社, 1989
- 26 华中工学院等五院校编. 机械传动及曲柄压力机: 下册. 北京: 人民教育出版社, 1978
- 27 天津市锻压机床厂编. 中小型液压机设计计算. 天津: 天津人民出版社, 1977
- 28 B. H. 符拉索夫主编. 锻造冲压曲柄压力机. 夏萼辉等译. 上海: 上海科学技术文献出版社, 1988
- 29 李忠民, 卢喜等编著. 热模锻压力机. 北京: 机械工业出版社, 1990
- 30 王海文主编. 轧钢机械设计. 北京: 机械工业出版社, 1983
- 31 顾熙棠等主编. 金属切削机床: 下册. 上海: 上海科学技术出版社, 1993
- 32 褚乃雄编著. 机床动态设计原理与应用. 上海: 同济大学出版社, 1987
- 33 伊东谊等编. 现代机床基础技术. 吕伯诚译. 北京: 机械工业出版社, 1987
- 34 F. 柯尼希具格等著. 机床结构. 金希武等译. 北京: 机械工业出版社, 1982
- 35 柯礼立编著. 大中型机床的精化改造. 北京: 机械工业出版社, 1989
- 36 黄学玲主编. 锻压测试技术. 北京: 机械工业出版社, 1987
- 37 符达良等编著. 石油机械现代设计技术与方法. 北京: 石油工业出版社, 1992
- 38 张策等编. 机床试验的原理和方法. 北京: 机械工业出版社, 1986