

## 目 录

<b>第一章 公差配合的选用与标注</b> .....	<b>1</b>
一、公差与配合的基本知识 .....	1
二、公差与配合的选择原则与方法 .....	16
三、基准制的选用 .....	17
四、公差等级的选用 .....	19
五、配合的选用 .....	23
六、大尺寸公差与配合的选用特点 .....	33
七、小尺寸公差与配合的选用特点 .....	35
八、未注公差尺寸的极限偏差的选用 .....	36
九、GB159~174-59 公差与配合简介 .....	37
十、新旧公差与配合的代换 .....	42
十一、尺寸公差与配合的错误标注 .....	50
十二、选用举例 .....	51
附表1-1 轴的极限偏差 .....	57
附表1-2 孔的极限偏差 .....	66
<b>第二章 形位公差的选用与标注</b> .....	<b>74</b>
一、形位公差概况 .....	74
二、形位公差项目的选择 .....	75
三、公差原则的应用 .....	96
四、基准的选用 .....	101
五、形位公差值的选用 .....	107
六、未注形位公差的规定 .....	118
七、位置度公差值的计算 .....	122
八、形状和位置公差的标注方法 .....	125
九、形状和位置公差的标注示例 .....	132
十、错误标注形位公差的图例 .....	138
十一、形位公差旧标注的过渡 .....	144
十二、国外形位公差概况 .....	151
<b>第三章 表面粗糙度的选用与标注</b> .....	<b>152</b>
一、表面粗糙度概况 .....	152
二、表面粗糙度评定参数及其选用 .....	153
三、表面粗糙度参数值及其选用 .....	158
四、表面粗糙度的取样长度和评定长度的选用 .....	170

五、表面纹理及其选用 .....	171
六、表面光洁度 GB1031-68 标准与表面粗糙度 GB1031-83 标准的对比及代换 .....	172
七、表面粗糙度的正确标注与错误标注 .....	175
八、几个主要工业国家规定的表面粗糙度 .....	180
<b>第四章 锥度和角度公差的选用与标注 .....</b>	<b>188</b>
一、锥度与锥角的选用 .....	188
二、棱体角度与斜度的选用 .....	191
三、圆锥公差的选用 .....	193
四、圆锥配合的选用 .....	198
五、未注公差角度的极限偏差的选用 .....	202
六、圆锥尺寸及公差的标注 .....	203
<b>第五章 螺纹公差配合的选用与标注 .....</b>	<b>205</b>
一、普通螺纹公差配合的选用 .....	205
二、普通螺纹的标注 .....	235
三、普通螺纹新旧标准的对比及代换 .....	236
四、管螺纹公差配合的选用 .....	238
五、梯形螺纹公差配合的选用 .....	247
六、机床梯形螺纹丝杠和螺母公差的选用 .....	255
七、滚珠丝杠公差的选用 .....	262
八、螺纹标注图例 .....	266
<b>第六章 键联结公差与配合的选用及标注 .....</b>	<b>267</b>
一、键公差配合的选用 .....	268
二、旧国标 GB1100-72 与新国标 GB1095-79 的对照 .....	275
三、矩形花键联结公差与配合的选用 .....	278
四、矩形花键联结的国际标准 (ISO14-1982) .....	284
五、应用举例 .....	285
六、渐开线花键联结公差与配合的选用 .....	287
<b>第七章 圆柱齿轮传动公差的选用 .....</b>	<b>311</b>
一、齿轮、齿轮副误差及侧隙的定义和代号 .....	311
二、齿轮模数系列 .....	317
三、齿轮精度等级的选用 .....	320
四、齿轮公差的检测项目及其选用 .....	322
五、齿轮副侧隙的选用 .....	328
六、齿坯公差及其选用 .....	333
七、齿轮精度在图样上的标注 .....	335
八、应用举例 .....	337
九、齿轮公差、偏差数值表 .....	341
十、旧标准 GB179-60 与新标准 JB179-83 的比较与代换 .....	351

<b>第八章 圆锥齿轮传动公差的选择</b> .....	367
一、圆锥齿轮传动公差和偏差的定义和代号 .....	367
二、圆锥齿轮精度等级的选用 .....	364
三、圆锥齿轮侧隙的选用 .....	366
四、圆锥齿轮及其传动检验项目的选用 .....	369
五、圆锥齿轮齿坯公差的选择 .....	374
六、图样标注 .....	374
七、应用示例 .....	375
八、圆锥齿轮传动箱体公差的选择 .....	378
<b>第九章 普通蜗杆传动公差的选择</b> .....	379
一、蜗杆传动公差和偏差的定义及代号 .....	379
二、精度等级的选用 .....	383
三、侧隙的选用 .....	384
四、蜗杆传动的检验项目的选用 .....	391
五、齿坯公差的选择 .....	400
六、图样标注及零件工作图 .....	403
<b>第十章 滚动轴承与孔、轴配合的选用</b> .....	406
一、滚动轴承精度等级的选用 .....	407
二、滚动轴承与轴、孔配合的选用 .....	408
三、滚动轴承与轴、轴承座孔配合的标注 .....	418
<b>参考文献</b> .....	418

# 第一章 公差配合的选用与标注

孔与轴的配合是机械制造中应用最广泛的一种结合，所以公差与配合是实现互换性生产的一个基本条件，也是制订所有机械产品精度的基础。所以合理选用公差与配合，正确标注公差与配合，将对机械工业的发展具有重要意义。

## 一、公差与配合的基本知识

### 1. 我国公差制概况

公差与配合的产生与发展，与工业生产的发展紧密相关。随着我国机械工业的日益发展，公差制的演变可分为四个阶段（包括解放前的公差制应用）。

(1) 解放前，由于旧中国机械工业的落后，虽然于1944年9月22日公布过CIS的国家标准，但在实际生产中，采用的有美国标准(ASA)、英国标准(BS)、日本标准(JIS)、德国标准(DIN)以及国际标准(ISA)等。

(2) 解放初期，由于当时的历史条件，为了加快发展我国的机械工业，于1955年我国采用了第一机械工业部按苏联OCT标准制订的《公差与配合》部颁标准。其中内容完全借用OCT公差制的内容，只是规定了配合名称的中文译名。标注方式举例如下：

$\phi 10 \frac{A}{H}$ ——基孔制，2级精度，紧动配合；

$\phi 10 \frac{h}{b}$ ——基轴制，2级精度，紧动配合。

(3) 1959年至1979年，我国采用了GB159~174-59《公差与配合》国家标准。标注方法举例如下：

$\phi 10 \frac{D}{d_s} \left( \text{即} \frac{A}{H} \right)$ ——基孔制，2级精度，第二种动配合；

$\phi 10 \frac{D_b}{d} \left( \text{即} \frac{h}{b} \right)$ ——基轴制，2级精度，第二种动配合。

(4) 1979年12月国家标准局颁布GB1800~1804-79《公差与配合》国家标准，替代GB159~174-59《公差与配合》标准。新国标《公差与配合》包括以下五个标准：

- 1) GB1800-79 公差与配合 总论 标准公差与基本偏差；
- 2) GB1801-79 公差与配合 尺寸至500mm孔、轴公差带与配合；
- 3) GB1802-79 公差与配合 尺寸大于500至3150mm常用孔、轴公差带；
- 4) GB1803-79 公差与配合 尺寸至18mm孔、轴公差带；
- 5) GB1804-79 公差与配合 未注公差尺寸的极限偏差。

在第一个标准中，规定了公差与配合的术语及定义、标准公差数值与公差等级、基本偏差数值与计算公式、尺寸分段、代号和使用标准的条件等。其他四个标准属于公差

与配合的选用标准，是对公差与配合选用的推荐。

标注方法举例如下：

$\phi 10 \frac{H7}{g6} \left( \text{即} \frac{D}{d_s} \right)$ ——基孔制，间隙配合；

$\phi 10 \frac{G7}{h6} \left( \text{即} \frac{D_s}{d} \right)$ ——基轴制，间隙配合。

GB1800~1804-79 标准内容基本上采用了 ISO 标准的基本结构、标准公差与基本偏差的数值、代号、计算公式、计算方法及规则等，并与世界各国采用国际公差制的体系一致。GB1800~1804-79 标准与 ISO 标准的不同点主要有以下几个方面：

① 考虑到我国的实际需要和使用习惯，将标准公差与基本偏差的数值列入标准正文，而将公式与计算方法列入标准附录。

② 结合我国生产实际需要，提供了优先和常用配合，增加了极限间隙或极限过盈表，以供设计选用。

③ 根据我国生产实际和发展的需要，分别提出了常用尺寸段、大尺寸段，以及仪器仪表及钟表工业用的孔、轴公差带。

## 2. GB1800~1804-79《公差与配合》标准简介

国家标准《公差与配合》是确定轴、孔零件或长度尺寸的公差与配合的依据，也适用于其它光滑表面和相应结构尺寸的公差与配合。《公差与配合》规定的术语、定义、数值和表格简述如下：

(1) 孔 主要指圆柱形的内表面，也包括其它内表面中由单一尺寸确定的部分。所以，孔并非全是圆柱形的，如键槽宽度尺寸也称为孔。

(2) 轴 主要指圆柱形的外表面，也包括其它外表面中由单一尺寸确定的部分。所以，轴也并非全是圆柱形的，单键的宽度和高度尺寸也可以按“轴”定义考虑尺寸公差与配合。

(3) 基本尺寸 设计给定的尺寸。基本尺寸即是 GB159-59 标准中规定的公称尺寸。基本尺寸可以根据零件的强度、刚度、工艺、结构等不同条件来确定，并给予标准化，即按国家标准 GB2822-81 规定的标准尺寸选用基本尺寸，标准尺寸见表 1-1。它是优先数系的优先数。

(4) 实际尺寸 通过测量所得的尺寸。由于测量时，存在测量器具、方法、人员和条件等因素所造成的测量误差，所以测得的实际尺寸不是被测部位的真实大小。同时，又由于形状误差的影响，零件在同一表面的不同部位的实际尺寸也是各不相同的。因此，一个零件的同一表面上可以测得无数个实际尺寸。若无数个实际尺寸均在规定的极限尺寸范围内，则表明该零件的实际尺寸合格。通常把两点接触测量所得的尺寸又称局部实际尺寸。

(5) 极限尺寸 允许尺寸变化的两个界限值，它以基本尺寸为基数来确定。两个界限值中较大的一个称为最大极限尺寸；较小的一个称为最小极限尺寸。

图样上规定的极限尺寸是为了限制加工零件的尺寸变动，以及满足零件使用功能而设计的。按零件检验制度，无论用量规、量具或量仪检验尺寸，都会存在测量误差，所以极限尺寸不是允许尺寸变动的真正界限值，而是它的公称值。若按量规检验，则应考

表1-1 1~500mm标准尺寸(摘自GB2822-81)

R			R <sub>a</sub>		
R10	R20	R40	R <sub>a</sub> 10	R <sub>a</sub> 20	R <sub>a</sub> 40
1.00	1.00 1.12		1.0	1.0 1.1	
1.25	1.25 1.40		1.2	1.2 1.4	
1.60	1.60 1.80		1.6	1.6 1.8	
2.00	2.00 2.24		2.0	2.0 2.2	
2.50	2.50 2.80		2.5	2.5 2.8	
3.15	3.15 3.55		3.0	3.0 3.5	
4.00	4.00 4.50		4.0	4.0 4.5	
5.00	5.00 5.60		5.0	5.0 5.5	
6.30	6.30 7.10		6.0	6.0 7.0	
8.00	8.00 9.00		8.0	8.0 9.0	
10.00	10.00		10.0	10.0	
10.0	10.0 11.2		10	10 11	
12.5	12.5	12.5 13.2	12	12	12 13
	14.0	14.0 15.0		14	14 15
16.0	16.0	16.0 17.0	16	16	16 17
	18.0	18.0 19.0		18	18 19
20.0	20.0	20.0 21.2	20	20	20 21
	22.4	22.4 23.8		22	22 24
25.0	25.0	25.0 26.5	25	25	25 26
	28.0	28.0 30.0		28	28 30
31.5	31.5	31.5 33.5	32	32	32 34
	35.5	35.5 37.5		36	36 38
40.0	40.0	40.0 42.5	40	40	40 42
	45.0	45.0 47.5		45	45 48

(续)

<i>R</i>			<i>R<sub>a</sub></i>		
<i>R</i> 10	<i>R</i> 20	<i>R</i> 40	<i>R<sub>a</sub></i> 10	<i>R<sub>a</sub></i> 20	<i>R<sub>a</sub></i> 40
50.0	50.0	50.0	50	50	50
		53.0			53
		56.0			56
63.0	63.0	60.0	63	63	60
		63.0			63
		67.0			67
80.0	80.0	71.0	80	80	71
		75.0			75
		80.0			80
100.0	100.0	85.0	100	100	85
		90.0			90
		95.0			95
100	100	100.0	100	100	100
		106			105
		112			110
125	125	112	125	125	110
		118			120
		125			125
160	160	132	160	160	130
		140			140
		150			150
200	200	160	200	200	160
		170			170
		180			180
250	250	190	250	250	190
		200			200
		212			212
315	315	224	315	320	220
		230			240
		250			250
400	400	265	400	400	260
		280			280
		300			300
500	500	315	500	500	320
		335			340
		355			360
500	500	375	500	500	380
		400			400
		425			425
500	500	450	500	500	450
		475			480
		500			500

虑安全裕度；若用量具和仪器检测，则应考虑验收极限，并按被测零件的尺寸公差选择计量器具。

(6) 实体尺寸 零件实体状态的尺寸。

最大实体尺寸是孔或轴具有允许材料量为最多状态下的极限尺寸。它是孔的最小极限尺寸和轴的最大极限尺寸的统称。

最小实体尺寸是孔或轴具有允许材料量为最少状态下的极限尺寸。它是孔的最大极限尺寸和轴的最小极限尺寸的统称。

例如：孔  $\phi 50H8 \left( \begin{array}{c} +0.039 \\ 0 \end{array} \right)$  和轴  $\phi 50f7 \left( \begin{array}{c} -0.025 \\ -0.050 \end{array} \right)$  的最大、最小实体尺寸为

最大实体尺寸 孔为  $\phi 50$ ，轴为  $\phi 49.975$ ；

最小实体尺寸 孔为  $\phi 50.039$ ，轴为  $\phi 49.950$ 。

(7) 作用尺寸 在配合面的全长上，与实际孔内接的最大理想轴的尺寸，或与实际轴外接的最小理想孔的尺寸。前者称为孔的作用尺寸，后者称为轴的作用尺寸，如图 1-1 所示。

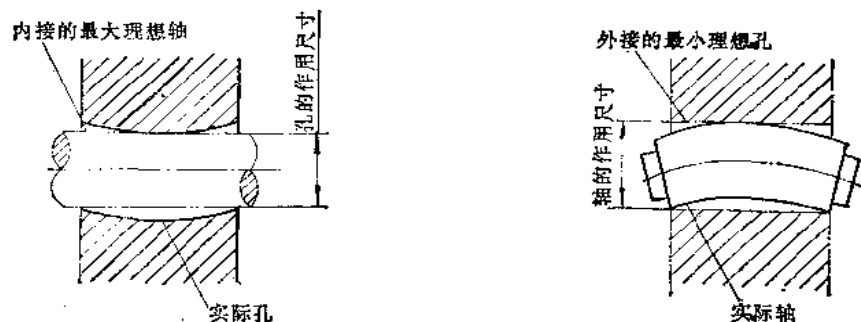


图1-1 孔或轴的作用尺寸

作用尺寸是实际尺寸与形状误差的综合尺寸，又称单一要素的作用尺寸。由于实际尺寸与实际形状的随机性，所以不同零件的作用尺寸是不同的，而对某一实际的孔或轴的作用尺寸只有一个。为保证轴、孔配合性质，应按极限尺寸判断原则决定轴、孔尺寸的合格条件。

(8) 尺寸偏差 (简称偏差) 某一尺寸减其基本尺寸所得的代数差。最大极限尺寸减其基本尺寸所得的代数差称为上偏差；最小极限尺寸减其基本尺寸所得的代数差称为下偏差；上偏差与下偏差统称为极限偏差。实际尺寸减其基本尺寸所得的代数差称为实际偏差。偏差可以为正、负或零值。

孔的上偏差用代号  $ES$  表示，孔的下偏差用代号  $EI$  表示，轴的上偏差用代号  $es$  表示，轴的下偏差用代号  $ei$  表示。

(9) 尺寸公差 (简称公差) 允许尺寸的变动量。公差等于最大极限尺寸与最小极限尺寸之代数差的绝对值，也等于上偏差与下偏差之代数差的绝对值，即

$$T = L_{\max} - L_{\min} = ES - EI = es - ei$$

式中  $T$ ——尺寸公差；

$L_{\max}$ ——最大极限尺寸；



表1-2 标准公差数值

基本尺寸	公差等级																				
	μm									mm											
	IT01	IT0	IT1	IT2	IT3	IT4	IT5	IT6	IT7	IT8	IT9	IT10	IT11	IT12	IT13	IT14	IT15	IT16	IT17	IT18	
≤3	0.3	0.5	0.8	1.2	2	3	4	5	6	10	14	25	40	60	0.10	0.14	0.25	0.40	0.60	1.0	1.4
>3~6	0.4	0.6	1	1.5	2.5	4	5	8	12	18	30	48	75	0.12	0.18	0.30	0.48	0.75	1.2	1.8	2.2
>6~10	0.4	0.6	1	1.5	2.5	4	6	9	15	22	36	58	90	0.15	0.22	0.36	0.58	0.90	1.5	2.2	2.7
>10~18	0.5	0.8	1.2	2	3	5	8	11	18	27	43	70	110	0.18	0.27	0.43	0.70	1.10	1.8	2.7	3.3
>18~30	0.6	1	1.5	2.5	4	6	9	13	21	33	52	84	130	0.21	0.33	0.52	0.84	1.30	2.1	3.3	3.9
>30~50	0.6	1	1.5	2.5	4	7	11	16	25	39	62	100	160	0.25	0.39	0.62	1.00	1.60	2.5	3.9	4.6
>50~80	0.8	1.2	2	3	5	8	13	19	30	46	74	120	200	0.30	0.46	0.74	1.20	1.90	3.0	4.6	5.4
>80~120	1	1.5	2.5	4	6	10	15	22	35	54	87	140	250	0.35	0.54	0.87	1.40	2.20	3.5	5.4	6.3
>120~180	1.2	2	3.5	5	8	12	18	25	40	63	100	160	250	0.40	0.63	1.00	1.60	2.50	4.0	6.3	7.2
>180~250	2	3	4.5	7	10	14	20	29	46	72	115	185	290	0.46	0.72	1.15	1.85	2.90	4.6	7.2	8.1
>250~315	2.5	4	6	8	12	16	23	32	52	81	130	210	320	0.52	0.81	1.30	2.10	3.20	5.2	8.1	8.9
>315~400	3	5	7	9	13	18	25	36	57	89	140	230	360	0.57	0.79	1.40	2.30	3.60	5.7	8.9	9.7
>400~500	4	6	8	10	15	20	27	40	63	97	155	250	400	0.63	0.97	1.55	2.50	4.00	6.3	9.7	

注：基本尺寸小于1mm时，无IT14至IT18。

$L_{min}$ ——最小极限尺寸；  
 $ES$ ——孔的上偏差；  
 $EI$ ——孔的下偏差；  
 $es$ ——轴的上偏差；  
 $ei$ ——轴的下偏差。

同一基本尺寸的公差大小表示零件加工精度的高低，公差值小，即要求精度高；公差值大，即要求精度低。

(10) 标准公差 国家标准 GB1800-79 表列的任一公差。标准公差数值见表 1-2。

(11) 公差等级 确定尺寸精确程度的等级。属于同一公差等级的公差，对所有基本尺寸，虽然公差数值不同，但被认为具有同等的精确程度。例如：

$\phi 5$  7 级标准公差为 0.012；  
 $\phi 10$  7 级标准公差为 0.015；  
 $\phi 20$  7 级标准公差为 0.018；  
 .....

按 GB1800-79 标准规定了 20 个公差等级。按公差增大的顺序排列，分别为  $IT01, IT0, IT1, IT2, IT3, IT4, IT5, IT6, IT7, IT8, IT9, IT10, IT11, IT12, IT13, IT14, IT15, IT16, IT17, IT18$ 。

(12) 基本偏差 本标准表列的偏差，是用以确定公差带相对于零线位置的上偏差或下偏差。一般为靠近零线的那个偏差，如图 1-2 所示。

从基本偏差定义可知，当公差带在零线上方时，下偏差为基本偏差；当公差带在零线下方时，上偏差为基本偏差；当公差带在零线的任一位置时，一般是指靠近零线的，或者是指绝对值较小的那一个极限偏差。

基本偏差是确定轴、孔公差带相对零线位置标准化的唯一参数。除  $Js$  和  $js$  基本偏差外，原则上它与公差等级无关。为了满足生产需要，国家标准分别对轴、孔规定了 28 种基本偏差。每个基本偏差用一个（或两个）拉丁字母及其顺序表示。大写字母表示孔的基本偏差，小写字母表示轴的基本偏差。

孔的 28 个基本偏差代号为

$A, B, C, CD, D, E, EF, F, FG, G, H, J, JS, K, M, N, P, R, S, T, U, V, X, Y, Z, ZA, ZB, ZC$ 。

轴的 28 个基本偏差代号为

$a, b, c, cd, d, e, ef, f, fg, g, h, j, js, k, m, n, p, r, s, t, u, v, x, y, z, za, zb, zc$ 。

轴的基本偏差是根据实践经验统计所得到的计算公式来确定基本偏差值，数值列入表 1-3。

孔的基本偏差是按通用规则和特殊规则来确定基本偏差值，数值列入表 1-4。

(13) 配合 基本尺寸相同的，相互结合的孔和轴公差带之间的关系。按结合的松紧程度，可分为间隙配合、过盈配合和过渡配合三类。

(14) 间隙配合 具有间隙的一种轴孔配合。在间隙配合中，孔的最大极限尺寸减去轴的最小极限尺寸的差值，称为最大间隙 ( $X_{max}$ )；孔的最小极限尺寸减去轴的最大极

表1-3 轴的基本偏差数值 (μm)

基本偏差代号	a	b	c	cd	d	e	ef	f	fg	g	h	js	等级	
													所	有
公差等级													等	级
基本尺寸 (mm)													差 (es)	
≤ 3	-270	-140	-60	-94	-20	-14	-10	-6	-4	-2	0	0		
> 3 ~ 6	-270	-140	-70	-46	-30	-20	-14	-10	-6	-4	0	0		
> 6 ~ 10	-280	-150	-80	-56	-40	-25	-18	-13	-8	-5	0	0		
> 10 ~ 14	-280	-150	-95	—	-50	-32	—	-16	—	-6	0	0		
> 14 ~ 18	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
> 18 ~ 24	-300	-160	-110	—	-65	-40	—	-20	—	-7	0	0		
> 24 ~ 30	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
> 30 ~ 40	-310	-170	-120	—	-80	-50	—	-25	—	-9	0	0		
> 40 ~ 50	-320	-180	-130	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
> 50 ~ 65	-340	-190	-140	—	-100	-60	—	-30	—	-10	0	0		
> 65 ~ 80	-360	-200	-150	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
> 80 ~ 100	-380	-220	-170	—	-120	-72	—	-36	—	-12	0	0		
> 100 ~ 120	-410	-240	-180	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
> 120 ~ 140	-460	-260	-200	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
> 140 ~ 160	-520	-280	-210	—	-145	-85	—	-43	—	-14	0	0		
> 160 ~ 180	-580	-310	-230	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
> 180 ~ 200	-660	-340	-240	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
> 200 ~ 225	-740	-380	-260	—	-170	-100	—	-50	—	-15	0	0		
> 225 ~ 250	-820	-420	-280	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
> 250 ~ 280	-920	-480	-300	—	-190	-110	—	-56	—	-17	0	0		
> 280 ~ 315	-1060	-540	-330	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
> 315 ~ 355	-1200	-600	-360	—	-210	-125	—	-62	—	-18	0	0		
> 355 ~ 400	-1350	-680	-400	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
> 400 ~ 450	-1500	-760	-440	—	-230	-135	—	-68	—	-20	0	0		
> 450 ~ 500	-1650	-840	-480	—	—	—	—	—	—	—	—	—		

偏差 =  $\pm \frac{IT}{2}$

(续)

基本偏差代号	所 有 等 级													zc			
	下 偏 差 (ei)																
	5, 6	7	8	4~7	3	7	6	5	4	3	2	1	0				
≤3	-2	-4	-6	0	0	+2	+4	+6	+10	+14	+18	-	+20	+26	+32	+40	+60
>3~6	-2	-4	-	+1	0	+4	+8	+12	+15	+19	+23	-	+28	+35	+42	+50	+80
>6~10	-2	-5	-	+1	0	+6	+10	+15	+19	+23	+28	-	+34	+42	+52	+67	+97
>10~14	-3	-6	-	+1	0	+7	+12	+18	+23	+28	+33	-	+40	+50	+64	+90	+130
>14~18													+45	+60	+77	+108	+150
>18~24	-4	-8	-	+2	0	+8	+15	+22	+28	+35	+41	-	+54	+73	+98	+138	+188
>24~30													+48	+88	+118	+160	+218
>30~40	-5	-10	-	+2	0	+9	+17	+26	+34	+43	+54	-	+80	+112	+148	+200	+274
>40~50													+70	+136	+180	+242	+325
>50~65	-7	-12	-	+2	0	+11	+20	+32	+41	+53	+66	-	+102	+172	+226	+300	+405
>65~80													+102	+174	+274	+360	+480
>80~100	-9	-15	-	+3	0	+13	+23	+37	+51	+71	+91	-	+146	+258	+385	+445	+585
>100~120													+144	+310	+400	+525	+690
>120~140													+202	+365	+470	+620	+800
>140~160	-11	-18	-	+3	0	+15	+27	+43	+65	+100	+134	-	+280	+415	+535	+700	+900
>160~180													+252	+465	+600	+780	+1000
>180~200													+310	+600	+820	+1050	+1350
>200~225	-13	-21	-	+4	0	+17	+31	+50	+77	+122	+166	-	+350	+520	+670	+880	+1150
>225~250													+425	+640	+820	+1050	+1350
>250~280	-16	-26	-	+4	0	+20	+34	+56	+94	+158	+218	-	+475	+710	+920	+1200	+1550
>280~315													+525	+790	+1000	+1300	+1700
>315~355	-18	-28	-	+4	0	+21	+37	+62	+108	+190	+268	-	+590	+900	+1150	+1500	+1900
>355~400													+660	+1000	+1300	+1650	+2100
>400~450	-20	-32	-	+5	0	+23	+40	+68	+126	+232	+330	-	+740	+1100	+1450	+1850	+2400
>450~500													+820	+1250	+1600	+2100	+2600

表1-4 孔的基本偏差数值 (μm)

基本偏差代号	所 有 等 级													上 偏 差 (ES)			
	A	B	C	CD	D	E	EF	F	FG	G	H	Js	J	K	M	N	
公差等级																	
基本尺寸 (mm)																	
≤ 3	+270	+140	+60	+34	+20	+14	+10	+6	+4	+2	0	+2	+4	+6	0	-2	-4
> 3~6	+270	+140	+70	+46	+30	+20	+14	+10	+6	+4	0	+5	+6	+10	-1+Δ	-4+Δ	-8+Δ
> 6~10	+280	+150	+80	+56	+40	+25	+16	+13	+8	+5	0	+5	+8	+12	-1+Δ	-6+Δ	-10+Δ
> 10~14	+290	+150	+95	—	+50	+32	—	+16	—	+6	0	+6	+10	+15	-1+Δ	-7+Δ	-12+Δ
> 14~18																	
> 18~24	+300	+160	+110	—	+65	+40	—	+20	—	+7	0	+8	+12	+20	-2+Δ	-8+Δ	-15+Δ
> 24~30																	
> 30~40	+310	+170	+120	—	+80	+60	—	+25	—	+9	0	+10	+14	+24	-2+Δ	-9+Δ	-17+Δ
> 40~50	+320	+180	+130	—	+80	+60	—	+25	—	+9	0	+10	+14	+24	-2+Δ	-9+Δ	-17+Δ
> 50~65	+340	+190	+140	—	+100	+60	—	+30	—	+10	0	+13	+18	+28	-2+Δ	-11+Δ	-20+Δ
> 65~80	+360	+200	+150	—	+100	+60	—	+30	—	+10	0	+13	+18	+28	-2+Δ	-11+Δ	-20+Δ
> 80~100	+380	+220	+170	—	+120	+72	—	+36	—	+12	0	+16	+22	+34	-3+Δ	-13+Δ	-23+Δ
> 100~120	+410	+240	+180	—	+120	+72	—	+36	—	+12	0	+16	+22	+34	-3+Δ	-13+Δ	-23+Δ
> 120~140	+460	+260	+200	—	+145	+85	—	+43	—	+14	0	+18	+26	+41	-3+Δ	-15+Δ	-27+Δ
> 140~160	+520	+180	+210	—	+145	+85	—	+43	—	+14	0	+18	+26	+41	-3+Δ	-15+Δ	-27+Δ
> 160~180	+580	+310	+230	—	+170	+100	—	+50	—	+15	0	+22	+30	+47	-4+Δ	-17+Δ	-31+Δ
> 180~200	+660	+340	+240	—	+170	+100	—	+50	—	+15	0	+22	+30	+47	-4+Δ	-17+Δ	-31+Δ
> 200~205	+740	+380	+260	—	+190	+110	—	+56	—	+17	0	+23	+36	+55	-4+Δ	-20+Δ	-34+Δ
> 225~250	+820	+420	+280	—	+210	+125	—	+62	—	+18	0	+29	+39	+60	-4+Δ	-21+Δ	-37+Δ
> 250~280	+920	+480	+300	—	+230	+135	—	+68	—	+20	0	+33	+43	+66	-5+Δ	-23+Δ	-40+Δ
> 280~315	+1050	+540	+330	—	+230	+135	—	+68	—	+20	0	+33	+43	+66	-5+Δ	-23+Δ	-40+Δ
> 315~355	+1200	+600	+360	—	+230	+135	—	+68	—	+20	0	+33	+43	+66	-5+Δ	-23+Δ	-40+Δ
> 355~400	+1350	+680	+400	—	+230	+135	—	+68	—	+20	0	+33	+43	+66	-5+Δ	-23+Δ	-40+Δ
> 400~450	+1500	+760	+440	—	+230	+135	—	+68	—	+20	0	+33	+43	+66	-5+Δ	-23+Δ	-40+Δ
> 450~500	+1650	+840	+480	—	+230	+135	—	+68	—	+20	0	+33	+43	+66	-5+Δ	-23+Δ	-40+Δ

Δ = 1/10 IT

(续)

S	T	U	V	X	Y	Z	ZA	ZB	ZC	Δ								
										3	4	5	6	7	8			
上 料 差 (ES)																		
-14	-	-18	-	-20	-	-26	-32	-40	-60	0								
-19	-	-23	-	-28	-	-35	-42	-50	-80	1	1.5	1	3	4	6			
-23	-	-28	-	-34	-	-42	-52	-67	-97	1	1.5	2	3	6	7			
-28	-	-33	-	-40	-	-50	-64	-90	-130	1	2	3	3	7	9			
-35	-	-41	-	-54	-	-73	-98	-136	-188	1.5	2	3	4	8	12			
-43	-	-48	-	-64	-	-88	-118	-160	-218	1.5	3	4	5	9	14			
-53	-	-60	-	-80	-	-112	-148	-200	-274	2	3	5	6	11	16			
-59	-	-70	-	-97	-	-136	-180	-242	-325	2	3	5	6	11	16			
-71	-	-124	-	-178	-	-258	-345	-445	-585	2	4	5	7	13	19			
-79	-	-144	-	-210	-	-310	-400	-525	-690	3	4	6	7	15	23			
-92	-	-170	-	-248	-	-365	-470	-620	-800	3	4	6	7	15	23			
-100	-	-190	-	-288	-	-415	-535	-700	-900	3	4	6	7	15	23			
-108	-	-210	-	-310	-	-465	-600	-780	-1000	3	4	6	7	15	23			
-122	-	-236	-	-350	-	-520	-670	-880	-1150	3	4	6	7	15	23			
-130	-	-258	-	-385	-	-575	-740	-960	-1250	3	4	6	7	15	23			
-140	-	-284	-	-425	-	-640	-820	-1050	-1350	3	4	6	7	15	23			
-158	-	-315	-	-475	-	-710	-920	-1200	-1550	4	4	7	9	20	29			
-170	-	-350	-	-525	-	-790	-1000	-1300	-1700	4	4	7	9	20	29			
-190	-	-390	-	-590	-	-900	-1150	-1500	-1900	4	5	7	11	21	33			
-208	-	-435	-	-660	-	-1000	-1300	-1650	-2100	4	5	7	11	21	33			
-232	-	-490	-	-740	-	-1100	-1450	-1850	-2400	5	5	7	13	23	34			
-252	-	-540	-	-820	-	-1250	-1600	-2100	-2600	5	5	7	13	23	34			

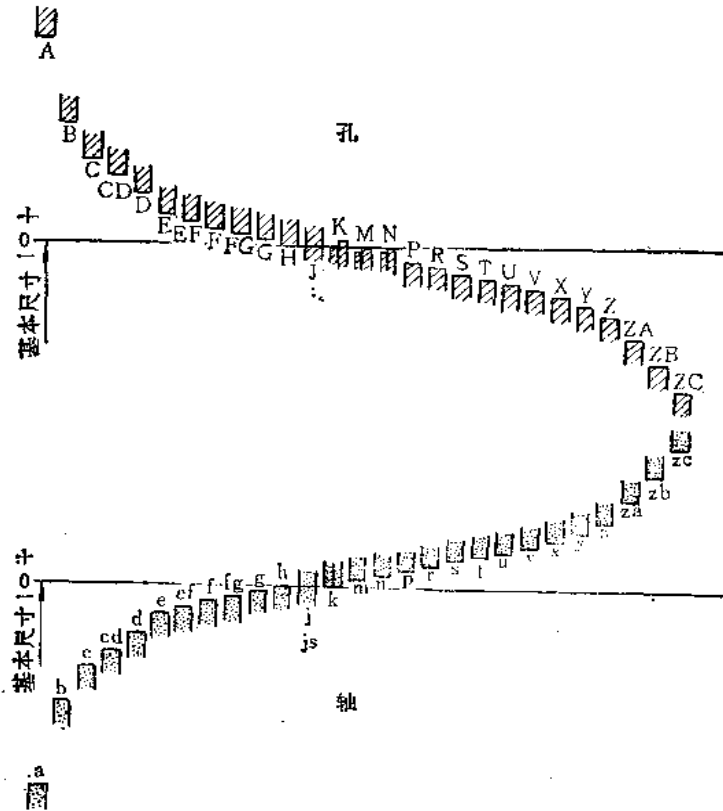


图1-2 孔、轴基本偏差系列

限尺寸的差值,称为最小间隙 ( $X_{\min}$ ); 最大间隙和最小间隙的平均值,称为平均间隙; 最大间隙和最小间隙之差,称为间隙公差 ( $T_{fx}$ )。间隙配合包括最小间隙为零的极限情况。

例如: 孔为  $\phi 10 H 8 \begin{pmatrix} +0.022 \\ 0 \end{pmatrix}$  与轴为  $\phi 10 f 8 \begin{pmatrix} -0.013 \\ -0.035 \end{pmatrix}$  的间隙配合。

$$\text{最大间隙 } X_{\max} = 10.022 - 9.965 = 0.057$$

$$\text{最小间隙 } X_{\min} = 10 - 9.987 = 0.013$$

$$\text{间隙公差 } T_{fx} = 0.057 - 0.013 = 0.044$$

(15) 过盈配合 具有过盈的一种轴孔配合。在过盈配合中,孔的最大极限尺寸减去轴的最小极限尺寸的差值,称为最小过盈 ( $Y_{\min}$ ); 孔的最小极限尺寸减去轴的最大极限尺寸的差值,称为最大过盈 ( $Y_{\max}$ ); 最大过盈与最小过盈的平均值,称为平均过盈; 最小过盈和最大过盈的代数差,称为过盈公差 ( $T_{fy}$ )。过盈配合包括最小过盈为零的极限情况。

例如: 孔为  $\phi 10 H 6 \begin{pmatrix} +0.009 \\ 0 \end{pmatrix}$  与轴为  $\phi 10 r 6 \begin{pmatrix} +0.025 \\ +0.019 \end{pmatrix}$  的过盈配合。

$$\text{最小过盈 } Y_{\min} = 10.009 - 10.019 = -0.01$$

$$\text{最大过盈 } Y_{\max} = 10 - 10.025 = -0.025$$

$$\text{过盈公差 } T_{fy} = (-0.01) - (-0.025) = 0.015$$

(16) 过渡配合 从一批孔和轴中任取其中一对孔和轴相配合, 可能具有间隙, 也可能具有过盈的配合。过渡配合中, 孔的最大极限尺寸减去轴的最小极限尺寸所得的差值, 称为最大间隙; 孔的最小极限尺寸减去轴的最大极限尺寸所得差值, 称为最大过盈; 其平均值是间隙还是过盈, 要根据最大间隙和最大过盈二者绝对值的大小来确定。最大间隙与最大过盈之代数差为过渡配合公差 ( $T_f$ )。

例如: 孔为  $\phi 10H8 \begin{pmatrix} +0.022 \\ 0 \end{pmatrix}$  与轴  $\phi 10p8 \begin{pmatrix} +0.037 \\ +0.015 \end{pmatrix}$  的过渡配合。

$$\text{最大间隙 } X_{\max} = 10.022 - 10.015 = +0.007$$

$$\text{最大过盈 } Y_{\max} = 10 - 10.037 = -0.037$$

$$\text{过渡配合公差 } T_f = (+0.007) - (-0.037) = 0.044$$

(17) 基孔制 基本偏差为一定的孔公差带, 与不同基本偏差的轴公差带形成各种配合的一种制度, 如图 1-3 所示。

基孔制的孔为基准孔, 规定基准孔的下偏差为零, 即基本偏差为 H 的孔为基准孔。

所以基孔制配合包括

基孔制间隙配合: H/a, H/b, H/c, ..., H/h。

基孔制过渡配合: H/j, H/js, H/k, H/m, H/n。

基孔制过盈配合: H/p, H/r, H/s, H/t, ..., H/zc。

(18) 基轴制 基本偏差为一定的轴公差带和不同基本偏差的孔公差带形成各种配合的一种制度, 如图 1-3 所示。

基轴制配合的轴为基准轴。按 GB1800-79 标准规定基准轴的上偏差为零, 即基本偏差为 h 的轴为基准轴。所以基轴制配合包括:

基轴制间隙配合: A/h, B/h, C/h, ..., H/h。

基轴制过渡配合: Js/h, J/h, K/h, M/h, N/h。

基轴制过盈配合: P/h, R/h, S/h, T/h, ..., ZC/h。

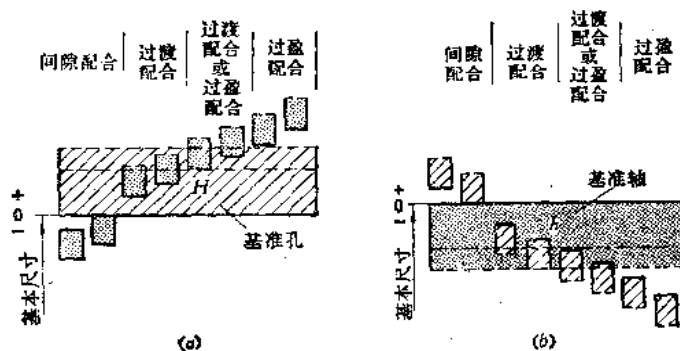


图 1-3 基孔制和基轴制  
(a) 基孔制; (b) 基轴制。

选用配合时, 应注意 H7/p6 和 H6/n5 为过盈配合; 而 H8/p7 和 H7/n6, 则为过渡配合。在选用基轴制配合时, 也存在这种配合性质的转变。由于基准孔 (或基准轴)



公差等级的降低, 会使公差带宽度增大、使孔、轴公差带形成交叠关系, 故由过盈配合转变成过渡配合性质。由此说明, 公差等级在这种情况下也会影响配合性质。因此, 按孔轴公差带关系来划分配合是最确切的, 但在一般情况下, 配合性质仅取决于基本偏差。

### 3. 公差与配合的标注

尺寸公差与配合的注法应执行 GB4458.5-84 标准, 用它替代 GB130-74 标准的规定。

#### (1) 公差带代号

孔、轴公差带代号由基本偏差代号与公差等级代号组成。

孔公差带代号如 H8、F8、K7 等。

轴公差带代号如 h7、f7、k7 等。

#### (2) 公差在零件图上的注法

尺寸公差应按下列三种形式之一标注。如图 1-4 为公差代号注法, 适用于大量大批生产; 如图 1-5 为偏差注法, 它适用于一般生产; 如图 1-6 为代号和偏差同时注法, 它适用于小批生产, 图形简异的零件尺寸公差注法。



图1-4 公差代号注法



图1-5 偏差注法

标注极限偏差时, 要注意以下几点:

- 1) 标注极限偏差时, 上下偏差的小数点必须对齐, 小数点后的位数也必须相同。
- 2) 当上偏差或下偏差为零时, 用数字“0”标出, 并与下偏差或上偏差的小数点前的个位数对齐。按 GB159-99 旧标准规定, 上偏差或下偏差为零时, 一般可以不注“0”数字。所以务要记住这条注法规定。
- 3) 当公差带相对于基本尺寸对称配置上下偏差时, 偏差只需注写一次, 如  $50 \pm 0.31$ 。
- 4) 当尺寸仅需要限制单个方向的极限时, 应在该极限尺寸的右边加注符号“max”或“min”, 如图 1-7 所示。
- 5) 在同一基本尺寸的表面, 若具有不同的公差时, 应用细实线分开, 如图 1-8 所示。

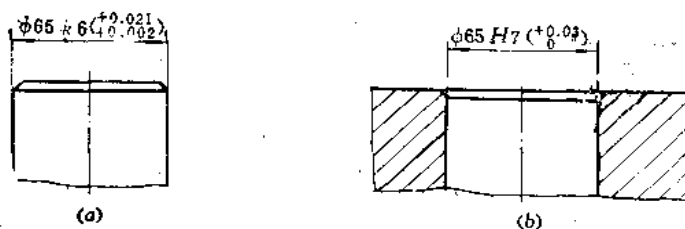


图1-6 公差代号与偏差同时注法

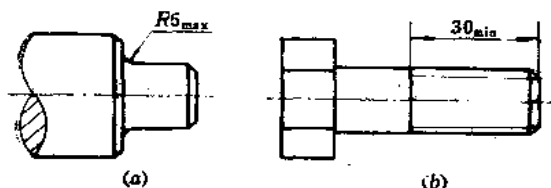


图1-7 单方向极限的注法

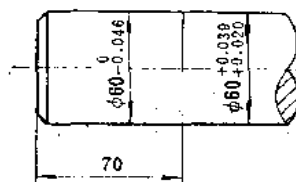


图1-8 同一表面有不同公差的标准

6) 如要素的尺寸公差和形状公差的关系遵循包容原则时, 应在尺寸公差的右边加注符号“ $\textcircled{E}$ ”, 如图 1-9 所示。

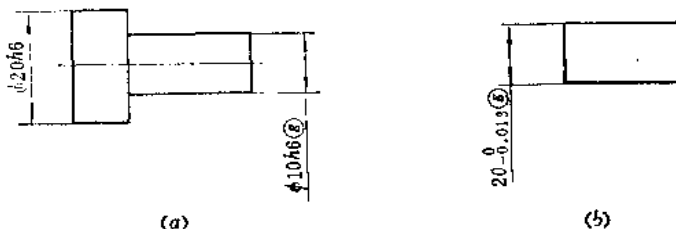


图1-9 包容原则的注法

(3) 公差与配合在装配图上的标注方法

在装配图中标注尺寸公差与配合代号时, 可用分数形式注出, 分子为孔的公差带代号, 分母为轴的公差带代号, 如图 1-10(a) 所示。必要时也允许按图 1-10(b) 或图 1-10(c) 的形式标注。

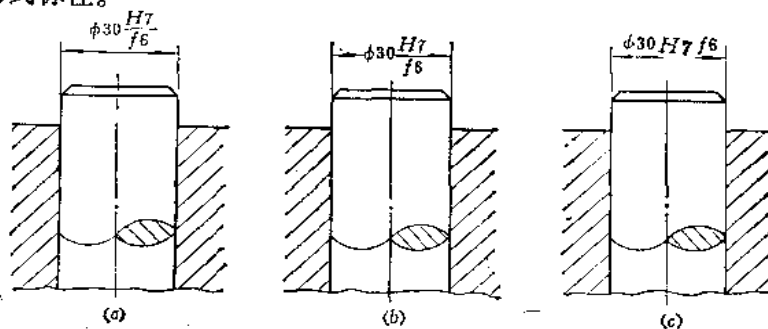


图1-10 装配图上的标注

在装配图中标注相配零件的极限偏差时, 一般按图 1-11(a) 的形式标注, 也允许按图 1-11(b) 的形式标注。若需要明确指出装配件的代号时, 可按图 1-11(c) 的形式标注。

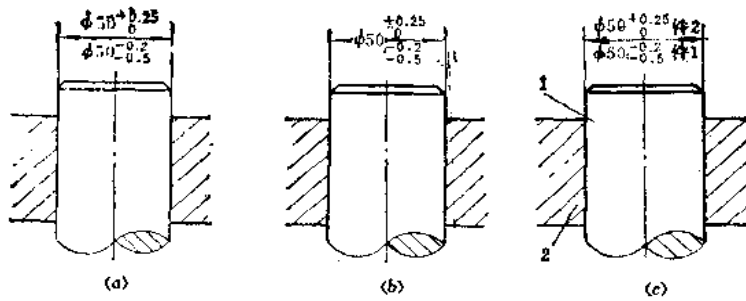


图1-11 装配图中标注相配零件的极限偏差

在装配图中标注标准件、外购件与零件（轴或孔）的配合代号时，可以仅标注相配零件的公差带代号，如图 1-12 所示。

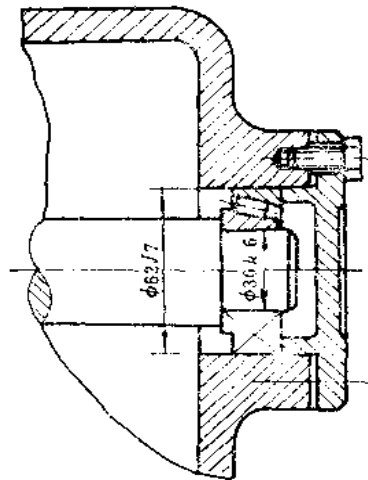


图1-12 标准件的配合代号注法

#### （4）角度公差的标注方法

角度公差的标注如图 1-13 所示，其基本规则与尺寸公差的标注方法相同。

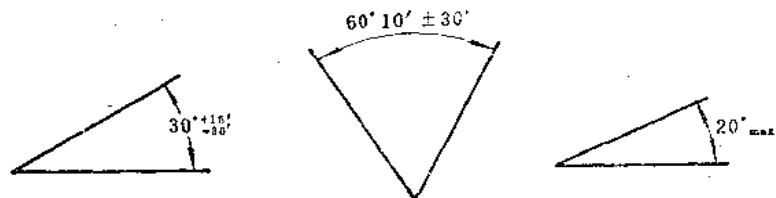


图1-13 角度公差的标注

## 二、公差与配合的选择原则与方法

现代机械产品的精度、耐用度和可靠性等质量指标，以及产品的制造成本，在很大程度上取决于公差与配合选择的正确性，有时它甚至是起着决定性的作用。如机床的加工精度、仪器仪表的工作精度，机器与仪器的使用寿命和经济性，都和公差与配合的选

择有关。所以设计者必须正确而合理地选用基准制、公差等级和配合性质。

公差与配合的选择原则是在保证机械产品的使用功能的前提下，尽可能获得最好的综合经济效果。所谓综合经济效果应包括基准制、公差等级、优先公差带及优先配合、常用公差带及常用配合的选择。

公差与配合的选择方法有类比法、计算法与试验法三种。

### 1. 类比法

类比法又称经验法，即以生产实践验证的类似产品、机构和零件为样板，通过分析对比，凭经验选取公差与配合。

按类比法选择公差与配合，不应死搬硬套，而应该在掌握公差与配合的基本概念的基础上，确切了解应用公差与配合的实例，明确所设计机械的性能，零部件的功能与要求，应用条件和效果，以及工艺、加工与装配方法等，才能正确合理地选用公差与配合。

类比法一直是选择公差与配合的主要方法，由于实用方便，至今仍然是常用的一种方法。在本章主要介绍类比法的选用。

### 2. 计算法

计算法就是按使用要求，根据一定的理论和公式，通过计算，确定公差与配合。其中关键在于确定所需要的间隙或过盈。按计算法选取公差与配合是比较科学的。由于微型计算机的发展，为计算法选取公差与配合提供了有利条件。所以今后将多采用计算法确定公差与配合。

### 3. 试验法

试验法是通过专门的试验或统计分析来确定所需要的间隙或过盈。虽然用试验法选取公差与配合最为可靠，但需要代价较高，故一般只用于重要的、关键性配合的选取。

## 三、基准制的选用

按国家标准规定有基孔制与基轴制两种基准制。两种基准制分别可以获得配合性质相同的各种配合。规定基准制的目的是为了减少过多的极限尺寸数，便于制造，获得较好的技术经济效果。所以基准制的选择应从零件结构、工艺及经济性等方面去考虑，并能获得具有互换性的各种配合。

### 1. 基孔制的选用

在一般机器制造中，多数优先采用基孔制配合。采用基孔制各种配合，可以减少所用定值刀具（钻头、铰刀、拉刀等）和定值量具（塞规、卡规等）的规格品种数量，而且这种定值刀量具一般较贵，所以有利于降低生产成本。

例如，一台机器中的轴孔配合，采用基孔制配合有 $\phi 50H7/f6$ ， $\phi 50H7/k6$ 、 $\phi 50H7/js6$ …；这时，加工只需要一种规格的铰刀 $\phi 50H7$ 和量具。若采用基轴制配合，如 $\phi 50F7/h6$ ， $\phi 50k7/h6$ ， $\phi 50JS7/h6$ …，虽然采用的基轴制的配合性质与基孔制的配合性质完全相同，但按基轴制生产，则对 $\phi 50F7$ ， $\phi 50k7$ ， $\phi 50JS7$ …孔，各需一种规格的定值刀、量具。所以，为了减少备用的定值刀量具的品种规格，宜于采用基孔制。

此外，基孔制配合还适用于与标准件的配合。例如滚动轴承标准件是由专门工厂大量生产的产品，所以轴与滚动轴承内圈的配合一定要选用基孔制配合，即以滚动轴承内圈孔的一定的基本偏差，与不同基本偏差的轴能形成各种配合，便能满足机械产品配合性质的要求。

## 2. 基轴制的选用

在下列情况下，采用基轴制配合，可以取得明显的经济效果。

(1) 采用冷拉圆钢做轴，轴的尺寸精度、形状精度和表面粗糙度都能达到使用要求，外圆柱面不再进行加工即可使用，因而采用基轴制配合比采用基孔制配合要经济方便。在农业机械、纺织机械及仪器仪表中，尤其是在钟表工业中，由于这样有较大的经济效果，故较多地采用了基轴制配合。

(2) 与标准件或零件配合时，基准制的选择应视标准件而定。如与滚动轴承外圈外径的配合，必须采用基轴制配合，与滚动轴承内圈内径的配合，必须采用基孔制配合，如图 1-14 所示。

(3) 在同一基本尺寸的轴上，与多孔结合有几种不同配合要求时，应采用基轴制配合。例如发动机中的活塞销与连杆铜套、活塞之间的配合就属于这种情况。如图 1-15 所示，活塞销与活塞销孔应为过渡配合，而与连杆小头铜套孔应为间隙配合。采用基轴制时，整个活塞销轴按  $h6$  生产，活塞销孔按  $M7$  生产，铜套内孔按  $G7$  生产，则基准轴为光轴，装配方便，结构合理；若采用基孔制配合，活塞销孔和铜套孔都按  $H7$  生产，

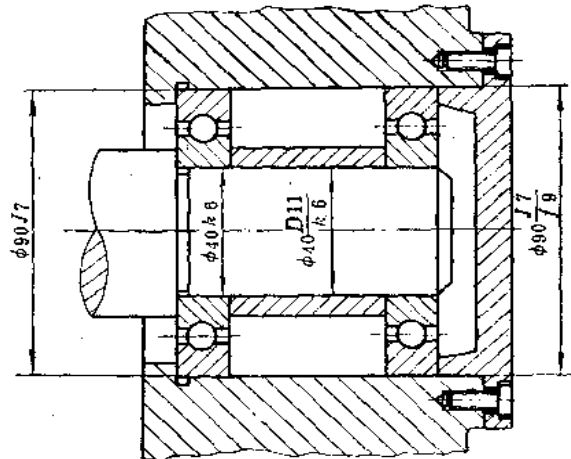


图 1-14 滚动轴承的配合

而活塞销轴的两头应按  $m6$  生产，中间部分应按  $g6$  生产，则能获得与基轴制配合相同的配合要求，这时，轴成为阶梯形状，两头大中间小的轴，这样便会带来以下缺点：

- 1) 加工阶梯轴需要增加加工工序，提高加工费用；
- 2) 活塞销的三段直径不易同心，会影响活塞连杆部件的工作精度；
- 3) 在安装阶梯形活塞销时，由于活塞销两头直径有可能会大于连杆铜套的孔径，装配时会刮伤连杆铜套表面，并要挤过连杆铜套孔壁，给安装带来了困难。

由上分析可知，采用基轴制配合既可降低成本，又可提高精度和便于安装。

## 3. 不同基准制的配合

由于配合使用要求与结构特点，有时也采用不同基准制的配合，如图 1-14 所示，端盖与箱体孔的配合宜采用  $\phi 90J7/f9$ ，内隔套与轴颈的配合宜采用  $\phi 40D11/k6$ 。因为箱体孔与滚动轴承外圈外径宜采用基轴制配合，按标注规定，在图样上只要求注出箱体孔公差与配合要求  $\phi 90J7$ ，而端盖与箱体孔配合宜用间隙配合和较低的精度等级，所以箱盖只能采用  $f9$ ，从而形成  $\phi 90J7/f9$  的不同基准制配合。同理，轴颈  $\phi 40h6$  是由滚动轴承内圈内径配合要求而提出的，而内隔离套的孔与轴颈配合宜用较大间隙配合，

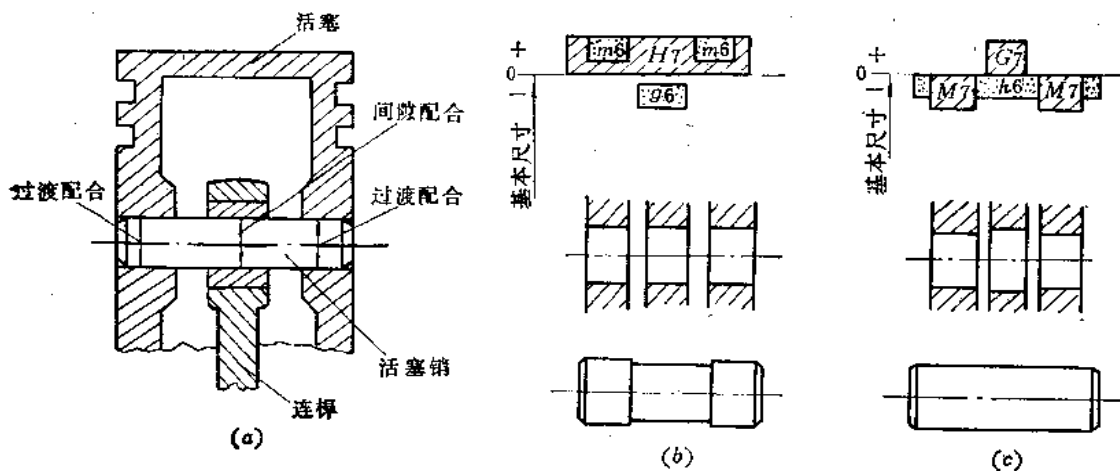


图1-15 活塞销配合基准制的选用

因此内隔离套孔径宜用 $\phi 40D11$ ，从而形成 $\phi 40D11/k6$ 的不同基准制的配合。其中孔与轴的公差等级允许相差较大，并按配合件的使用性能确定其公差等级。

#### 四、公差等级的选用

公差等级的选用应在保证使用要求的原則下，同时要考虑工艺的可能性与经济性。具体选用时，应注意以下几个方面的问题。

##### 1. 轴孔公差等级的匹配

(1) 对于基本尺寸 $\leq 500\text{mm}$ 的轴、孔公差等级的选用，由于孔比轴难加工，按工艺等价原则考虑，当公差等级为 $IT 7$ 以上时，推荐选用孔的公差等级比轴低一级，例如 $H 8/f 7$ ， $H 7/m 6$ ， $H 7/r 6$ …；当公差等级为 $IT 8$ 时，也可以采用孔、轴的同级配合，例如 $H 8/f 8$ ；当公差等级在 $IT 9$ 以下时，一般宜用同级孔、轴配合，例如 $H 9/c 9$ 。

(2) 对于基本尺寸 $> 500\text{mm}$ 的轴孔，由于孔的测量精度较轴容易保证，一般采用同级孔、轴配合。

(3) 对于基本尺寸 $\leq 3\text{mm}$ 的轴孔，由于工艺的多样，可选用孔比轴低一级，孔与轴同级，或孔比轴高一级的配合，这三种情况在实际生产中都占有一定比例。甚至孔公差比轴公差小的情况较多。例如在钟表工业中，有孔比轴高1级或2级的，甚至有相差3级的孔、轴配合。

##### 2. 公差等级与配合性质的相关性

公差等级的高低，直接反映公差值大小，因此影响间隙或过盈的变动范围，即影响配合性质的稳定性与一致性。对有配合要求的孔、轴公差等级的选用，应与所选用的配合相关。例如，对过渡配合或过盈配合，一般不允许间隙或过盈有较大的变动量，因此应选用较高的公差等级，孔公差等级应 $\leq IT 8$ ，轴公差等级应 $\leq IT 7$ ；而对间隙配

合，则允许有较大的间隙变动，故其公差等级允许选用较低等级，例如轴、孔公差等级允许低于  $IT12$ 。就间隙配合而言，小间隙配合，选用公差等级较高，例如， $H6/h5$ ， $H6/g5$  等；大间隙配合，选用较低公差等级，例如， $H10/C10$ ，若选用  $H6/C5$  就不合理了。由此可见，选用公差等级与选用基本偏差是相关的。

### (3) 公差等级与配偶件精度等级有关

孔、轴公差等级应与配偶件精度等级有关。一般情况，与轴（孔）配合的配偶件的精度等级越高，其选用孔（轴）的公差等级也应越高。例如轴与齿轮孔的配合，其孔、轴公差等级与齿轮精度等级有关，5级精度齿轮，其齿轮孔与轴推荐选用  $IT5$ 。又例如与滚动轴承配合的孔和轴，其公差等级应与滚动轴承精度等级有关。具体选用时可参考有关推荐资料。

### (4) 公差等级与加工方法的关系

由于一定量的公差值是由一定的加工方法获得的，所以选用公差等级时，应明确在正常条件下，公差等级与加工方法的关系，如表1-5所示。

表1-5 各种加工方法可能达到的公差等级

加工方法	公差等级 (IT)																			
	01	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
研 磨																				
珩																				
圆 磨																				
平 磨																				
金 刚 石 车																				
金 刚 石 镗																				
拉 削																				
铰 孔																				
车																				
镗																				
铣																				
刨、插																				
钻																				
滚压、挤压																				
冲 压																				
压 铸																				
粉末冶金成型																				
粉末冶金烧结																				
砂型铸造、气割																				
锻 造																				

### (5) 公差等级与成本关系

零件精度越高，所需加工工序越多，一般所需的工时数也越多，因此生产成本也就越高。公差等级与成本的关系，如图 1-16 所示。当然不应该偏重于经济方面，而是应在保证产品质量和一定的耐用度情况下，尽可能地降低生产成本。

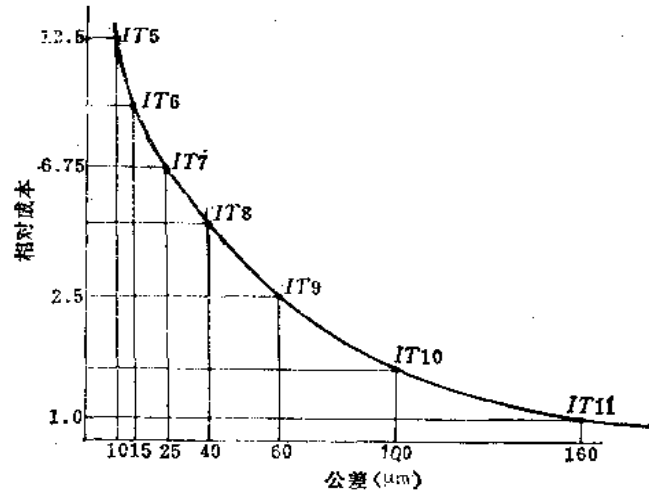


图1-16 公差等级与成本的关系

各个公差等级的应用情况，可以参考表 1-6 和表 1-7。

表1-6 公差等级的应用范围

公差等级	应用范围
IT01至IT1	高精度标准量块
IT1至IT4	量块、检验高精度工件用量规及卡规的校对规
IT2至IT5	超精密零件的配合尺寸
IT5至IT7	检验低精度工件用量规、精密零件的配合尺寸
IT5至IT12	配合尺寸
IT8至IT14	原材料公差等级
IT12至IT18	未注公差的尺寸

表1-7 公差等级的选择

公差等级	应用范围及举例
IT01	用于特别精密的尺寸传递基准，例如特别精密的标准量块
IT01	用于特别精密的尺寸传递基准，如特精密的标准量块；特重要的精密零件尺寸，如宇航设备的特精密配合尺寸；校对检验IT6级轴用量规的校对量规
IT1	用于精密尺寸传递基准，如高精度标准量块；高精度测量工具，如校对检验IT6至IT9级轴用量规的校对量规；特重要的精密配合尺寸与零件尺寸
IT2	用于高精度的测量工具，如检验IT6至IT7级工件用量规的尺寸制造公差，校对检验IT8至IT11级轴用量规的校对量规；特重要的精密配合尺寸和特重要精密零件尺寸



公差等级	应用范围及举例
IT 3	用于精密测量工具, 如检验IT 8至IT 11级工件用量规的尺寸制造公差, 校对检验IT 8至IT 12级轴用量规的校对量规; 小尺寸零件的高精度配合尺寸; 与特别精密C级滚动轴承内圈内孔相配合的机床主轴、精密机械和高速机械轴颈精度; 与C级向心球轴承外圈外径相配合的外壳孔径。导航仪器中特精密小尺寸零件的精密配合
IT 4	用于精密测量工具, 如检验IT 9至IT 12级工件用量规和校对IT 12至IT 4级轴用量规的校对量规, 与C级滚动轴承内圈内径孔(孔径>100mm)及与D级滚动轴承内圈相配的机床主轴, 精密机械和高速机械的轴颈, 与C级滚动轴承相配的外壳孔, 柴油机活塞销及活套销孔径, 1级至4级精度齿轮的基准孔或轴颈, 航空及航海仪器中的特精密孔径
IT 5	用于机床、发动机和仪表中特别重要的配合尺寸, 一般机械中应用较少。例如, 与D级滚动轴承相配的箱体孔, 与E级滚动轴承孔相配的机床主轴, 精密机械或高速机械的轴颈, 机床尾架套筒, 高精度分度盘轴颈, 分度头主轴, 精密丝杠基准轴颈等; 发动机中曲轴轴颈, 活塞销与活塞的配合精度, 精密仪器中, 轴与轴承的配合, 航天和航海仪器中的精密配合, 5级精度齿轮的基准孔及5级、6级精度齿轮的基准轴 检验IT 11至IT 14级工作用量规, 校对IT 14至IT 15级轴用量规的校对量规
IT 6	广泛用于机械产品中的重要配合, 能保证高的配合性质和稳定可靠性, 相当于GB159~174-1959标准2级轴和1级孔公差, 例如, 与E级滚动轴承相配的外壳孔与主轴轴颈, 机床制造中, 装配式青铜蜗轮、轮壳外径安装齿轮、蜗轮、联轴器、皮带轮、凸轮的轴颈; 机床丝杠支承轴颈, 矩形花键的定心直径, 机床夹具的导向件的外径尺寸, 精密仪器仪表中的轴颈; 发动机中汽缸套外径、曲轴轴颈、活塞销、连杆衬套; 6级精度齿轮的基准孔和7级、8级精度齿轮的基准轴颈; 1级、2级精度齿轮的顶圆直径 检验IT 12至IT 15级工作用量规, 校对IT 15至IT 16级轴用量规的校对量规
IT 7	广泛应用于一般机械中的配合精度, 应用条件和IT 6相似, 但精度偏低, 相当于GB159-1959标准中3级精度轴或2级精度孔的公差。例如机床中装配式青铜蜗轮蜗轮孔径, 联轴器、皮带轮、凸轮等的孔径, 机床卡盘座孔, 车床丝杠的轴承孔; 发动机中连杆孔、活塞孔控制螺柱定位孔; 纺织机械和印染机械中要求较高的零件; 仪器仪表中的重要内孔, 7级、8级精度齿轮的基准孔和9级、10级精度齿轮的基准轴 检验IT 14至IT 16级工作用量规, 校对IT 16级轴用量规的校对量规
IT 8	用于一般机械制造中的中等精度, 故广泛应用于农业机械、纺织机械、印染机械、缝纫机、自行车、医疗器械中; 在仪器仪表及钟表工业中, 由于基本尺寸较小, 所以属于较高精度级。例如, 轴承衬套沿宽度方向的尺寸配合, 手表中跨齿轴, 棘爪拨针轮等与夹板的配合, 无线电仪表中的一般配合, 电子仪器仪表较重要的内孔, 电机中铁芯和机座的配合, 发动机活套油环槽宽, 连杆轴瓦内径, 9级至12级精度齿轮的基准孔, 11级至12级精度齿轮基准轴, 6级至8级精度齿轮的齿顶圆
IT 9	用于低于IT 8级精度的轴、孔配合尺寸, 如机床中轴套外径与孔, 空转皮带轮与轴, 操纵系统的轴与轴承等的配合, 纺织机械, 印染机械中的一般配合的零件, 发动机中机油泵体内孔、气门导管内孔, 飞轮与飞轮套的配合, 自动化仪表中的一般配合尺寸, 手表中要求较高零件的未注公差尺寸, 单键的键宽配合尺寸
IT 10	用于低于IT 9级的轴、孔配合尺寸和未注公差尺寸要求较高的尺寸。如电子仪器、仪表支架上的配合, 打字机中铆合件的配合尺寸, 发动机中油封挡圈孔与曲轴皮带轮配合尺寸, 手表中基本尺寸小于18mm时要求一般的未注公差尺寸, 大于18mm要求较高的未注公差尺寸
IT 11	用于间隙较大, 配合精度较低的配合尺寸, 如机床上法兰盘止口与孔, 滑块与滑移齿轮、凹槽等; 农具, 机车车箱部件及冲压加工的配合零件, 钟表中的不重要零件, 手表制造用的工具及设备中未注公差尺寸, 纺织机械中较粗糙的活动配合, 印染机械中要求较低的配合尺寸, 医疗机械中手术刀片的配合
IT 12	用于有很大间隙, 配合精度要求很粗糙的配合尺寸, 适用于没有配合要求的尺寸和要求较高未注公差尺寸的极限偏差。如非配合尺寸及工序间尺寸, 手表制造中工艺装备的未注公差尺寸, 计算机中的未注公差尺寸的极限偏差, 机床制造业中扳手孔和扳手座的连接等

(续)

公差等级	应用范围及举例
IT13	应用条件与 IT12 类似, 例如, 非配合尺寸及工序间尺寸, 计算机、打字机中切削加工零件及圆片孔, 二孔中心距的未注公差尺寸
IT14	用于非配合尺寸及不包括在尺寸链中的尺寸, 例如机床、汽车、拖拉机、冶金矿山、石油化工、电机、电器、仪器、仪表、造船、航空、医疗器械、钟表、自行车、缝纫机与纺织机械等工业中对切削加工零件未注公差尺寸的极限偏差
IT15	用于非配合尺寸及不包括在尺寸链中的尺寸, 例如, 冲压件、木模铸造零件、重型机床制造, 当基本尺寸大于 3150 mm 的未注公差尺寸的极限偏差
IT16	用于非配合尺寸, 例如, 打字机中浇铸件尺寸, 无线电制造业中箱体外形尺寸, 压弯延伸加工用尺寸, 纺织机械中木件的尺寸, 塑料零件尺寸, 木模制造及自由锻造尺寸
IT17 IT18	用于非配合尺寸, 用于塑料成型尺寸, 手术器械中的一般外形尺寸, 冷作和焊接用尺寸的公差

## 五、配合的选用

配合的选择方法有计算法、试验法和类比法。在实际生产中, 广泛采用类比法选择配合。为了正确地掌握和应用类比法, 应该注意以下四个方面的问题:

(1) 要充分研究零件的使用要求及工作条件, 如配合件的相对速度大小, 受力大小和工作温度等。

(2) 要很好地掌握国家标准中规定的各个配合性质和特征。

(3) 要了解 and 掌握一些验证过的典型应用实例。

(4) 要掌握本单位的加工条件和具备定值刀、量具的情况。

在具体选择配合时, 应考虑下述几个方面的因素。

### 1. 结合件的相对运动情况

有相对运动的结合件, 只能选择间隙配合。相对运动速度越大, 其间隙配合的间隙应越大。没有相对运动的结合件, 可选用间隙、过盈或过渡配合三大类中的一种配合。

### 2. 结合件的受力情况

在相对运动的结合中, 如单位压力大, 则间隙要小; 在无相对运动的结合中, 传动力大及有冲击振动时, 过盈量要大。

### 3. 结合件的定心精度

当结合件有高的定心精度要求, 应采用过渡配合。只有定心精度要求不高时, 才可以用基孔制的小间隙配合, 例如  $H/h$  和  $H/g$  配合。当过盈量过大时, 由于不能保证装配定心精度, 所以不能采用过盈配合。

### 4. 结合件的装拆情况

频繁拆装的零、部件, 配合间隙应选大些或小过盈量的过渡配合, 一般可用  $H/g$  和  $H/h$ , 也可用  $H/j$  和  $H/js$  配合。不经常拆卸的部件可用  $H/k$  配合。  $H/m$  和  $H/n$  配合只用于不装拆部位。

### 5. 结合件工作温度

当结合件的工作温度和装配时的温度相差较多时, 应考虑装配间隙在工作时的变化。

间隙的变动量可用下式计算:

$$\Delta = b(\alpha_1 \Delta t_1 - \alpha_2 \Delta t_2) d$$

式中  $\alpha_1$  和  $\alpha_2$ ——轴和孔的材料线胀系数;

$\Delta t_1$  和  $\Delta t_2$ ——轴和孔的实际工作温度和标准温度之差值;

$d$ ——结合件的基本尺寸;

$b$ ——考虑轴承结构和冷却条件对间隙影响的系数。一般取 0.7~1。

### 6. 结合件的生产批量

结合件的配合性质与零件的产量有关。在大批量生产中, 零件尺寸都处于极限尺寸的平均值附近, 而单件生产时, 孔尺寸通常靠近最小极限尺寸, 轴尺寸通常靠近最大极限尺寸, 所以单件或小批生产的孔和轴的配合, 往往比预期的紧一些。

在选择过盈配合时, 由于过盈量大小对配合性质的影响比间隙量对配合性质的影响更为敏感, 因此, 要考虑的因素更多, 如结合件的直径、长度、结构、材料许用应力, 以及装配方法等。

在对照实例选取配合时, 应根据具体条件的不同, 可使间隙或过盈适当地增大或缩小, 表 1-8 可供参考。

表1-8 间隙或过盈修正表

具体情况	过盈增或减	间隙增或减	具体情况	过盈增或减	间隙增或减
材料许用应力小	减	—	装配时可能歪斜	减	增
经常拆卸	减	—	旋转速度较高	增	增
有冲击负荷	增	减	有轴向运动	—	增
工作时孔的温度高于轴的温度	增	减	润滑油粘度较大	—	增
工作时孔的温度低于轴的温度	减	增	表面粗糙度粗糙	增	减
配合长度较大	减	增	装配精度较高	减	减
零件形状误差较大	减	增			

### 7. 基本偏差的选用

在选择配合时, 要掌握孔、轴基本偏差的特点。若采用基孔制, 在选择配合时, 首先要确定轴的基本偏差代号。若采用基轴制, 在选择配合时, 首先要确定孔的基本偏差代号。

对间隙配合, 由于基本偏差的绝对值等于最小间隙的绝对值, 故可按要求的最小间隙来选择基本偏差代号。对过盈配合, 在确定基准件公差等级后, 即可按要求的最小过盈来选择基本偏差代号。

配合性质不仅与基本偏差有关, 还与公差等级和基本尺寸有关。例如  $H7/n5$  和  $H7/p6$  为过盈配合, 则  $H7/n6$  和  $H8/p7$  为过渡配合; 可是在基本尺寸  $\leq 3\text{mm}$  时,  $H6/n5$  和  $H7/n6$  为过渡配合;  $H8/r7$  在基本尺寸  $\leq 100\text{mm}$  时也为过渡配合, 在其它基本尺寸范围则都是过盈配合。表 1-9 列出了轴的基本偏差选用说明。

### 8. 优先配合及常用配合的选用

国家标准 GB1801-79 规定了基孔制常用配合 59 种, 优先配合 13 种; 基轴制中常用配合 47 种, 优先配合 13 种。表 1-10 和表 1-11 列出了基孔制和基轴制的优先、常用配合。表 1-12 列出了优先配合及常用配合的选用说明。

表1-9 轴的各种基本偏差特性及选用

配合基本偏差	特 性 及 应 用 举 例
a, b	能得到特别大的间隙量，一般应用很少
间 隙 配 合	c 能得到很大的间隙，多应用于松驰、缓慢的动配合，若工作条件较差（例如农业机械，有负载且多尘土），受力变形，且要求灵活，相对运动或为了便于装配，因而必须保证具有比较大的间隙时，可选用基本偏差c组成的配合。推荐配合为H11/c11。较高等级的配合，如H8/c7适用于轴在高温工作条件下的紧密动配合，如内燃机排气阀和导管的配合
	d 能得到较大的间隙，通常用于IT7~IT11级，用于松的转动配合，如空转皮带轮等与轴的配合。也可用于大直径滑动轴承配合，如轧滚成型机和重型弯曲机、球磨机等，还能用于其它重型机械中的滑动支承配合
	e 一般用于IT7~IT9级，常用于要求有明显间隙，易于转动的支承配合，如大跨距支承等配合。公差等级高的e轴适用于大型、高速、重载的支承，如凸轮轴支承、摇臂支承等的配合
配 合	f 经常采用的一种转动配合，常用于IT6~IT8级的一般转动配合。当温度影响不大时，经常用于普通润滑油或润滑脂润滑的支承，如小电动机、齿轮箱、泵等的轴与滑动支承座的配合
	g 间隙很小的配合，制造成本高，除负载很轻的精密装置外，一般不推荐用于转动配合。常用于IT5~IT7级，最适用于不转动的精密滑动配合，也用于定位配合，如精密连杆轴承、活塞及滑阀、分度头的主轴承、钻孔夹具中钻套和衬套等的配合
	h 间隙更小的配合，最小间隙为零，多用于IT4~IT11级，通常用于无相对转动的零件，作为一般的定位配合；当无温度、变形的影响，也用于精密滑动配合，如车床尾架体孔和顶尖套筒、离合器的移动爪和轴的配合。当用于不动结合处时，为使结合可靠，一定要加辅助的键、销等固定
过 渡 配 合	j 为具有平均间隙的过渡配合，用于IT5~IT7级，比用基本偏差为h的轴间隙要小，j5和j6用于滚动轴承
	js 平均而言，是稍有间隙的配合，为完全对称偏差（±IT/2），一般用于IT4~IT7级，要求间隙比h轴为小，允许有少许过盈配合，即要求一定的定位精度又装卸方便，如联轴节、齿圈与钢制轮辐，采用手装或木锤装配
	k 平均而论，没有间隙的配合，这种过渡配合多用于IT4~IT7级，推荐用于略有过盈的定位配合，例如为了消除振动的定位配合，车床床头箱主轴后轴承座与箱体孔的配合。通常采用木锤装配
	m 平均而论，具有过盈不大的过渡配合，这种过渡配合得到过盈的机率比得到间隙的机率高，多用于IT4~IT7级，主要用于精密定位，且不允许发生游动，如凸轮和凸轮夹持器的配合。一般采用木锤装配，当过盈为最大时，需加相当大的压力进行装配
	n 平均过盈比m轴略大，是很少得到间隙，配合较紧的过渡配合，大修时拆卸，平时很少拆，广泛用于IT4~IT7级，推荐用于紧密的组零件配合，H6/n5为过盈配合，如冲床上齿轮与轴、离合器固定爪和轴等的配合，采用锤或压力机装配
过 盈 配 合	p 与H6或H7孔配合为过盈配合，与H8孔相配合为过渡配合。这种配合过盈较小，能拆卸。对非铁类零件，为轻轻的压配合，且拆卸不困难。对钢、铸铁或铜、铜组件装配为标准压配合。对于弹性材料如轻合金，为保证其配合性能应适当增加过盈。例如卷扬机的绳轮和齿圈的配合
	r 对铁类零件为中等打入配合，对非铁类零件为轻轻打入配合，当需要时可以拆卸，与H8孔配合，直径大于100mm为过盈配合，直径小时为过渡配合。靠过盈能承受中等的力和扭矩，通常用在压入轴承衬套的配合，如中途杆小头孔和衬套的配合。若传力很大或承受冲击载荷时，应用加辅助紧固件，例如蜗轮和轴的配合，加键同时传递扭矩
	s 用于钢和铁制零件的永久性和半永久性装配，可产生相当大的结合力，属中压压入配合，当传递较小扭矩或轴向力时不需要加辅助件，但如果承受振动冲击、变动载荷时则应加辅助件。当用弹性材料如轻合金，其配合性质与铁零件的P轴相当。如套环压装在轴上、阀座等配合，曲柄销和曲拐的配合。尺寸较大时，为避免配合表面的损伤，需用热胀或冷缩法装配
	t 对于钢和铸铁用于永久性结合，过盈量较大，不用辅助件即可传递力和扭矩，例如内燃机阀座和缸头、联轴节和轴的配合
	u 若过盈大，应验算在最大过盈时，能否因材料应变过大而损坏，如火车轮毂与轴的配合，常采用热胀的方法装配
v~zc	过盈量依次增大，国内使用经验尚不足，目前一般不推荐

表1-10 基孔制优先、常用配合

基准孔	轴																						
	a	b	c	d	e	f	g	h	js	k	m	n	p	r	s	t	u	v	x	y	z		
	过渡配合												过盈配合										
H6					$\frac{H6}{f5}$	$\frac{H6}{g5}$	$\frac{H6}{h5}$	$\frac{H6}{js5}$	$\frac{H6}{k5}$	$\frac{H6}{m5}$	$\frac{H6}{n5}$	$\frac{H6}{p5}$	$\frac{H6}{r5}$	$\frac{H6}{s5}$	$\frac{H6}{t5}$								
H7					$\frac{H7}{f6}$	$\frac{H7}{g6}$	$\frac{H7}{h6}$	$\frac{H7}{js6}$	$\frac{H7}{k6}$	$\frac{H7}{m6}$	$\frac{H7}{n6}$	$\frac{H7}{p6}$	$\frac{H7}{r6}$	$\frac{H7}{s6}$	$\frac{H7}{t6}$	$\frac{H7}{u6}$	$\frac{H7}{v6}$	$\frac{H7}{x6}$	$\frac{H7}{y6}$	$\frac{H7}{z6}$			
H8					$\frac{H8}{e7}$	$\frac{H8}{g7}$	$\frac{H8}{h7}$	$\frac{H8}{js7}$	$\frac{H8}{k7}$	$\frac{H8}{m7}$	$\frac{H8}{n7}$	$\frac{H8}{p7}$	$\frac{H8}{r7}$	$\frac{H8}{s7}$	$\frac{H8}{t7}$	$\frac{H8}{u7}$							
H9					$\frac{H9}{c9}$	$\frac{H9}{d9}$	$\frac{H9}{e9}$																
H10					$\frac{H10}{c10}$	$\frac{H10}{d10}$	$\frac{H10}{h10}$																
H11	$\frac{H11}{a11}$	$\frac{H11}{b11}$	$\frac{H11}{c11}$	$\frac{H11}{d11}$			$\frac{H11}{h11}$																
H12		$\frac{H12}{b12}$					$\frac{H12}{h12}$																

注：(1)  $\frac{H6}{js5}$ 、 $\frac{H7}{js6}$ 、 $\frac{H8}{js7}$  在基本尺寸小于或等于 3 mm 和  $\frac{H8}{f7}$  在小于或等于 100 mm 时，为过盈配合；  
 (2) 标注  $\frac{H8}{f7}$  的配合为优先配合。

表1-11 基准制优先、常用配合

基准轴	孔																				
	间隙配合						过渡配合														
	A	B	C	D	E	F	G	H	Js	K	M	N	P	R	S	T	U	V	X	Y	Z
h 5						F6/h5	G6/h5	H6/h5	Js6/h5	K6/h5	M6/h5	N6/h5	P6/h5	R6/h5	S6/h5	T6/h5					
h 6						F7/h6	G7/h6	H7/h6	Js7/h6	M7/h6	N7/h6	P7/h6	R7/h6	S7/h6	T7/h6	U7/h6					
h 7					E8/h7	F8/h7	H8/h7	Js8/h7	K8/h7	M8/h7	N8/h7										
h 8				D8/h8	E8/h8	F8/h8	H8/h8														
h 9				D9/h9	E9/h9	F9/h9	H9/h9														
h 10				D10/h10			H10/h10														
h 11	A11/h11	B11/h11	C11/h11	D11/h11			H11/h11														
h 12		B12/h12					H12/h12														

注：标注△的配合为优先配合。

表1-12 优先、常用配合选择说明

基孔制	基轴制	旧国标 GB159-174-59	特 性 及 说 明
$\frac{H11}{a11}$	$\frac{A11}{h11}$	$\frac{D6}{de6}$ $\frac{Dc6}{d6}$	配合间隙非常大, 液体摩擦情况差, 产生紊流现象。用于精度极低粗糙机械传动很松的配合, 高温工作的传动轴以及轴向自由移动的齿轮和离合器等, 如减速器轴承盖与外壳孔, 柱塞燃油泵管接头与慢车阀门等。在一般机械中很少采用
$\frac{H11}{b11}$	$\frac{B11}{h11}$	$\frac{D6}{dd6}$ , $\frac{D6}{de6}$ $\frac{Dd6}{d6}$ , $\frac{De6}{d6}$	间隙非常大, 液体摩擦情况较差, 且有紊流现象产生。多用于高温工作和粗糙的机械传动轴, 不但配合间隙非常大, 而且间隙有很大的变动范围, 如农业机械、运输机械的轴与轴承、导缆销轴销与下衬套等的配合
$\frac{H12}{b12}$	$\frac{B12}{h12}$	$\frac{D7}{dc7}$	配合间隙非常大, 且配合间隙有很大的变动, 同时有紊流现象产生, 液体摩擦很差的粗糙配合。如扳手机与座, 起重机械吊钩、农业机械中低精度的轴等的配合
$\frac{H9}{c9}$			配合间隙很大, 液体摩擦情况尚好, 用于高温工作, 高速转动造成配合间隙减小, 大公差、大间隙要求外露的组件, 如农业机械中多尘土、受载且要求转动灵活的轴、孔, 热力机械中安全阀杆与套筒、支承盖与阀座等的配合。在一般机械中很少采用
$\frac{H10}{c10}$			配合间隙很大, 液体摩擦情况尚好, 用于结合件材料线胀系数显著不同之处, 如光学测长仪中与光学零件的配合, 农业柴油机连杆衬套孔与销轴等的配合
$\frac{H11}{e11}$	$\frac{C11}{h11}$	$\frac{D6}{dd6}$ $\frac{Dd6}{d6}$	配合间隙非常大, 液体摩擦较差, 易产生紊流的配合。多用于转速很低, 装配很松的配合及大间隙、大公差的外露组件和装配很松之处。如柱塞燃油泵螺塞与衬套、安全阀杆与套筒、农业机械和铁道车辆的轴和轴承、光学分度头中与光学零件等的配合
$\frac{H8}{d8}$	$\frac{D8}{h8}$	$\frac{D4}{de4}$ $\frac{De4}{d4}$	配合间隙比较大, 液体摩擦良好, 带层流, 用于精度不高、高速及负载不高的配合; 高温条件下的转动配合以及由于装配精度不高而引起偏斜的连接。如机车车辆轴承、缝纫机梭摆与梭床、总位机泵的轴承等的配合
$\frac{H9}{d9}$	$\frac{D9}{h9}$	$\frac{D4}{de4}$ $\frac{De4}{d4}$	间隙很大的灵活转动配合, 液体摩擦情况尚好, 用于精度要求不高时, 或有很大的温度变化, 高速或大的轴颈压力等情况的转动配合。如一般通用机械中的平键连接、空压机活塞与压杆、印刷机械中气缸活塞密封环, 滑动轴承及较松的皮带轮、热工仪表中精度较低的轴与孔等的配合
$\frac{H10}{d10}$	$\frac{D10}{h10}$		间隙很大的松动配合, 液体摩擦情况尚好。如农用柴油机连杆衬套与销轴, 一般比较松的皮带轮等的滑动轴承配合
$\frac{H11}{d11}$	$\frac{D11}{h11}$	$\frac{D6}{dc6}$ $\frac{Dc6}{d6}$	液体摩擦情况稍差, 应用于间隙变动较大的工作条件及不重要的转动配合, 亦可用于不重要的固定配合和滑动配合, 如减速机壳孔与法兰盘、农机和铁路车辆的轴承压盖与箱体孔槽的配合、尘土工作条件下的拉杆、杠杆的配合以及螺栓连接等的配合
$\frac{H8}{e7}$	$\frac{E8}{h7}$		较松的转动配合, 液体摩擦情况良好。如风扇电机中的配合、大电动机的高速轴承的配合、电机转子扇形片内孔与支架外径、升降机衬套与法兰盘的配合等
$\frac{H8}{e8}$	$\frac{E8}{h8}$		H8/e8 配合性质与 H8/e7 配合性质基本相同, 但其配合间隙变化范围更大一些。适用于高转速, 载荷不大, 方向不变的轴与轴承的配合, 或中等转速, 但轴较长的情况以及有三个以上支承的情况。如外圆磨床的主轴、汽轮发电机的轴与轴承、柴油机的凸轮轴与轴承、中小型电机轴与轴承、手表中的分轮与时轮、闹钟的三轮轮片与轴套等配合

(续)

基孔制	基轴制	旧国标 GB159-174-59	特 性 及 说 明
$\frac{H9}{e9}$	$\frac{E9}{h9}$		有较松间隙且精度不高, 液体摩擦较好的转动配合。如缝纫机车壳与后杆导架、送布齿柄与牙叉连接螺钉、主动齿轮与手摇臂等处的配合; 含油轴承与座、粗糙机构中衬套与轴承圈的配合等
$\frac{H6}{f5}$	$\frac{F6}{h5}$	$\frac{D1}{dc1}$ $\frac{Dc1}{d1}$	具有中等间隙, 属于带层流, 液体摩擦良好的转动配合, 适用于普通机械中转速不大, 普通润滑油或润滑油润滑的轴承, 以及要求在轴上自由转动或轴向滑动的配合。如精密机床中变速箱、进给箱的旋转件的配合, 或其它重要的滑动轴承、柴油机的凸轮轴与衬套孔、手表叉摆夹板与叉摆夹板位钉等的配合
$\frac{H7}{f7}$	$\frac{F7}{h6}$	$\frac{D}{dc}$ $\frac{Dc}{d}$	具有中等间隙, 带层流, 液体摩擦良好的转动配合, 适用于普通机械中转速不太高, 要求精度较高, 需要在轴上移动或转动的配合。如爪形离合器与轴, 以及机床中一般轴与轴承、机床夹具、钻模、铰模的导套孔; 螺纹车床蜗杆轴衬与箱体轴套; 柱塞式燃油泵调节器壳体与油门轴, 缝纫机的拍牙滚柱与牙架等的配合
$\frac{H8}{f7}$	$\frac{F8}{h7}$	$\frac{D}{dc}$ $\frac{Dc}{d}$	具有中等间隙, 液体摩擦良好的转动配合, 用于对精度要求一般, 中等转速和中等轴颈压力的传动, 也可用于易于装配的长轴或多支承的中等精度的定位配合。如机床中轴向移动的齿轮与轴、蜗轮减速箱轴承端盖与孔、离合器活动爪与轴、手表中砂轴与中心管、水工机械中轴与衬套等的配合
$\frac{H8}{f8}$	$\frac{F8}{h8}$		具有中等间隙, 液体摩擦较好, 用于对精度无特殊要求, 中等转速的轴与轴承, 或转速较高, 支承跨距较大或多支承的传动轴和轴承的配合。例如柱塞燃油泵中分油门杆与销轴, 反向杆与销轴、控制机构中的一般轴和孔、滑块和凹槽等的配合
$\frac{H9}{f9}$	$\frac{F9}{h9}$	$\frac{D4}{dc4}$ $\frac{Dc4}{d4}$	具有中等间隙, 液体摩擦比较好, 精度比较低的配合, 应用于对精度要求比较低, 需要在轴上灵活转动的零件, 或用于较高转速的轴与轴承的配合。例如手电钻中的配合、船用绞盘头、安全联轴器轮毂与套、减速箱轴承盖密封圈与箱孔、低精度含油轴承与轴、链条张紧轮或皮带导轮与轴配合等
$\frac{H6}{g5}$	$\frac{G6}{h5}$	$\frac{D1}{db1}$ $\frac{Db1}{d1}$	配合间隙很小, 制造成本很高, 适用于要求自由移动, 行程不太大, 但不要求自由转动, 要求具有很小的配合间隙, 且要求精确定位的配合。例如光学分度头主轴与轴承、刨床滑块与滑槽、蜗轮减速箱孔与轴承衬套、柴油机连杆与曲颈、短行程精确导向副体与阀门等的配合
$\frac{H7}{g6}$	$\frac{G7}{h6}$	$\frac{D}{db}$ $\frac{Db}{d}$	配合间隙很小, 应用于有一定的相对运动, 不要求自由转动, 但要求精密定位的配合, 亦可用于转动精度高, 但转速不高, 以及转动时有冲击, 但要求一定的同轴度或紧密性配合。例如机床的主轴与轴承、机床的传动齿轮与轴、中等精度分度头主轴与轴套、矩形花键的定心直径、可换钻套与钻模板、拖拉机连杆衬套与曲轴、压缩机十字头轴与连杆衬套等的配合
$\frac{H8}{g7}$			配合间隙很小, 与H7/g6相比, 其精度较低。多用于柴油机汽缸体与挺杆, 手电钻中的配合等
$\frac{H6}{h6}$	$\frac{H6}{h5}$	$\frac{D1}{d1}$ $\frac{D1}{d1}$	最小间隙为零的间隙定位配合, 多用于同轴度要求较高, 工作时零件没有相对运动的结合, 亦可用于导向精度要求较高, 工作时有微量缓慢轴向移动的配合, 亦可用于同轴度要求较高, 又要经常拆卸的固定配合。如传递扭矩要加辅助键, 剃齿机主轴与进刀刀衬套, 车床尾座体与套筒, 柱塞燃油泵带螺栓的油泵体与轴承固定销, 高精度分度盘轴与孔, 光学仪器中变焦距系统的孔轴等配合
$\frac{H7}{h6}$	$\frac{H7}{h6}$	$\frac{D}{d}$	具有较小间隙, 最小间隙为零的间隙定位配合, 能较好地对准中心, 常用于经常拆卸, 或在调整时需要移动或转动的联结处, 工作时缓慢移动, 同时要求较高的导向精度。如, 机床变速箱中的滑移齿轮和轴、离合器和轴、钻床横臂和立柱、往复运动的精确导向的压缩机连杆孔和十字头、橡胶筒密封轴上滑动轴承座与筒体等的配合



(续)

基孔制	基轴制	旧国标 GB159-174-59	特 性 及 说 明
$\frac{H8}{h7}$	$\frac{H8}{h7}$	$\frac{D3}{d3}$	间隙极小的配合(最小间隙为零),常用于有较高的导向精度,零件间滑动速度很慢的配合,若结合表面较长,其形状误差较大,或者在变载荷时,为防止冲击及倾斜,可用H8/h7代替H7/h6。如柱塞燃油泵的调节器壳体 and 定位衬套,立式电机和机座,一般电机和轴承,缝纫机大皮带轮和曲轴等的配合
$\frac{H8}{h8}$	$\frac{H8}{h8}$	$\frac{D4}{d4}$	间隙定位配合,常用于同轴度要求不高,工作时无相对运动的配合,载荷不大,无振动,拆卸方便,传递扭矩时加辅助键的情况下,亦适用于精度较低,具有相对运动的结合。如压缩机连杆孔与十字头销轴,安全接手销钉和套,一般齿轮与轴、皮带轮和轴、螺旋搅拌机轴与桨叶、离合器和轴、操纵件和轴、减速器油针与箱体孔、船用舵的中间轴和中间轴承等的配合
$\frac{H9}{h9}$	$\frac{H9}{h9}$	$\frac{D4}{d4}$	最小间隙为零的间隙定位配合,零件可自由装卸,传递扭矩时可加辅助的键、销,工作时相对静止不动,对同心度要求比较低。如齿轮和轴、皮带轮和轴、离心器和轴、滑块和导向轴、剖分式滑动轴承壳和轴瓦、安全接手销钉和套、电动机座上口和端盖等的配合
$\frac{H10}{h10}$	$\frac{H10}{h10}$	$\frac{D5}{d5}$	间隙定位配合,适用于工作时零件无相对运动,且对同轴度要求比较低的连接,承受载荷不大且平稳,拆卸方便,当传递扭矩时可加辅助键、销,可用于代替H9/h9使用。如安全阀杆和套筒、支承盖和阀座、打字机中铆合件、电机汇电环衬套轴与绝缘衬环孔等的配合
$\frac{H11}{h11}$	$\frac{H11}{h11}$	$\frac{D6}{d6}$	精度低的定心配合,低精度的铰链联接,工作时无相对运动(附加紧固件)的连接。如起重机链轮与轴、对开轴瓦与轴承座两侧的配合、连接端盖的定心凸缘、一般的铰接、粗链机构中拉杆、杠杆等的配合、农机中不重要的齿轮与轴配合等
$\frac{H12}{h12}$	$\frac{H12}{h12}$	$\frac{D7}{d7}$	适用于精度低的静连接,个别亦用于动连接处,如焊接后进行加工的管轴与轴头,电器中的闸刀开关、杠杆,自行车中粗糙的动连接,以及一般螺纹连接配合等
$\frac{H6}{js5}$	$\frac{Js6}{h5}$	$\frac{D1}{gd1}$ $\frac{Gd1}{d1}$	H6/js5得到过盈的概率为19.2~21.1%,Js6/h5得到的过盈概率为29.1~30.8%,大部分都能获得间隙,但比H6/h5的间隙小,是最松的一种过渡配合,适用于对同轴度要求较低,用手或木锤装卸,且经常拆卸处;当配合表面较长,可保证一定的孔轴同轴度,可代替H6/k5或K6/h5使用。如木工机械中轴与轴承、螺纹车床的圆锥形套筒与轴承、轴颈与滚动轴承内圈等的配合
$\frac{H7}{js6}$	$\frac{Js6}{h7}$	$\frac{D}{gd}$ $\frac{Gd}{d}$	H7/js6得到过盈的概率为18.8~20%,Js6/h7得到过盈的概率为30~31%,大部分都能获得间隙,也可稍有过盈,是比较常用的且精密定位的一种过渡配合。如机床变速箱中齿轮和轴、滚动轴承和箱体孔、精密仪器中的轴和轴承、柴油机增压器衬套间的配合、精密螺纹车床主轴箱与主轴前轴承等的配合
$\frac{H8}{js7}$	$\frac{Js8}{h7}$	$\frac{D3}{gd3}$ $\frac{Gd3}{d3}$	H8/js7得到过盈的概率为17.4~20.8%,Js8/h7得到过盈的概率为29.2~30.5%,大部分都能获得间隙,比H8/h7的间隙要小,是最松的一种定位用的过渡配合,用于拆卸频繁,同轴度要求不高之处,当配合面很长时,可保证一定的轴孔同轴度,用手或木锤装卸。如机床变速箱中齿轮和轴、滚动轴承与箱体孔、轴端部可卸下的皮带轮和手轮、电动机座与端盖、柴油机汽缸与汽阀室的配合等
$\frac{H6}{k5}$	$\frac{K6}{h5}$	$\frac{D1}{gc1}$ $\frac{Gc1}{d1}$	是几乎没有间隙的定位配合,当基本尺寸至3mm时,H6/k5得到过盈的概率为40%,K6/h5得到过盈的概率为60%,手锤轻打即可装卸,拆卸方便,同轴度精度高,用于冲击载荷不大的部位,当扭矩和冲击很大时,应加辅助紧固件,是广泛使用的一种过渡配合。如精密螺纹车床主轴箱体与主轴前轴承外圈的配合等
$\frac{H7}{k6}$	$\frac{K7}{h6}$	$\frac{D}{gc}$ $\frac{Gc}{d}$	属精密定位配合,是最广泛采用的一种过渡配合,得到过盈的概率为41.7~45%,当基本尺寸至3mm时,得到过盈的概率为37.5%,用手锤轻打即可装卸,拆卸方便,同轴度精度相当高,用于冲击载荷不大的地方,当扭矩和冲击较大时应加辅助紧固件。如机床不滑动齿轮和轴、中型电机轴端与联轴套或皮带轮、减速器轴和轴、精密仪器、航空仪表中滚动轴承与轴等的配合

(续)

基孔制	基轴制	旧国标 GB159-174-59	特 性 及 说 明
$\frac{H8}{k7}$	$\frac{K8}{h7}$	$\frac{D3}{gc3}$ $\frac{Gc3}{d3}$	定位过渡配合,适用于要求有更小转动的场合,得到过盈的概率为41.7~54.2%,当基本尺寸至3mm时,K8/h7得到过盈的概率为58.3%,用手锤即可装配,拆卸方便,同轴度精度较高,广泛应用。如船舱中间轴与中间轴承的配合、齿轮与轴、压缩机连杆孔与十字头销轴、循环泵活塞与活塞杆等的配合
$\frac{H6}{m5}$	$\frac{M6}{h5}$	$\frac{D1}{gb1}$ $\frac{Gb1}{d1}$	是平均过盈的过渡配合,零件配合要求紧密性高,拆卸较困难,铜锤装配,用于不经常拆卸的地方,当配合长度大于直径的一倍半时,或由于不能产生太大的变形而不能采用过盈量较大的过渡配合可用它来代替。如空压机连杆头和衬套的配合、柴油机活塞孔和活塞销等的配合
$\frac{H7}{m6}$	$\frac{M7}{h6}$	$\frac{D}{gb}$ $\frac{Gb}{d}$	得到过盈的概率为50~82.1%,基本尺寸至3mm时M7/h6得到过盈的概率为75%;拆卸困难,铜锤打入装配,用于不经常拆卸的固定配合,当配合长度大于直径的一倍半时可代替H7/h6, N7/h6。如蜗轮青铜轮缘和铸铁轮心,齿轮孔和轴,柴油机分电器齿轮孔与传动轴等的配合
$\frac{H8}{m7}$	$\frac{M8}{h7}$	$\frac{D3}{gb3}$ $\frac{Gb3}{d3}$	得到过盈的概率为50~56.8%,拆卸较困难,铜锤打入装配,用于不经常拆卸的配合。如升降机构中孔和轴,压缩机十字头销轴与座托等的配合
$\frac{H8}{n7}$	$\frac{N8}{h7}$	$\frac{G3}{ga3}$ $\frac{Ga3}{d3}$	基本上为过盈,个别情况时才有间隙,得到的过盈概率为58.3~87.6%,基本尺寸在400至500mm时过盈的概率为84.4%,平均过盈比H8/m7, M8/h7稍大一点,在承受较大的扭矩和振动时,要加辅助紧固件,铜锤装配,拆卸困难,多用于装配后不需要拆卸的配合。如安全联轴器销钉和缸套、高压泵汽缸和缸套、拖拉机活塞销和活塞套等的配合
$\frac{H7}{n6}$	$\frac{N7}{h6}$	$\frac{D}{ga}$ $\frac{Ga}{d}$	允许有较大过盈的高精度定位配合,基本上为过盈,个别情况下才有点间隙,得到过盈的概率为77.7~82.4%,基本尺寸到3mm时H7/n6的过盈概率为62.5%, N7/h6的过盈概率为87.5%,平均过盈比H7/m6, M7/h6要大,比H8/n7, N8/h7也大。当承受很大的扭矩,振动及冲击载荷时,要加辅助紧固件,同轴度高,具有优良的紧密配合性,拆卸困难,多用于装配后不再拆卸的部位。如爪形离合器和轴、链轮轮缘和轮心、破碎机等驱动机械中的齿轮和轴、柴油机泵座和泵缸、压缩机连杆衬套和曲轴衬套、电动机转子内径与支架等的配合
$\frac{H8}{p7}$		$\frac{D3}{ga3}$	是最紧的一种过渡配合,得到过盈的概率为66.8~93.6%,平均过盈比H8/n7大,只在个别情况下才有点间隙,当承受很大的扭矩、振动及冲击载荷时,要加辅助紧固件,拆卸很困难,用于装配后不再拆卸的部位。如升降机用蜗轮或皮带轮的轮缘和轮心、链轮轮缘和轮心、高压循环泵缸和套、电动机转子支架和孔等的配合
$\frac{H6}{n5}$	$\frac{N6}{h5}$	$\frac{D1}{ga1}$ $\frac{Ga1}{d1}$	是最松的一种过盈配合,当基本尺寸到3mm时,H6/n5为过渡配合,其得到过盈的概率为80%。如整流器轴与套、可换衬套和铰模板、增压器主轴和衬套的配合等
$\frac{H7}{p6}$	$\frac{P7}{h6}$	$\frac{D}{ga}$ $\frac{D}{jf}$	过盈定位配合,基本尺寸到3mm时为过渡配合,得到过盈的概率为75%,相对平均过盈为0.00013~0.002,相对最小过盈小于0.00043,是最小过盈的过盈配合,用于定位精度要求严格,以高的定位精度达到零件的刚性及对中要求,而对内孔承受压力无特殊要求,不依靠过盈量传递摩擦负荷,当传递扭矩时,则需增加辅助紧固件。是轻型压入配合,采用压力机压入装配,适用于不拆卸的轻型静联接,变形较小,精度较高的部位。如冲击振动、重载荷的齿轮和轴、压缩机十字头销轴和连杆衬套、凸轮孔和凸轮轴、轴与轴承孔等的配合
$\frac{H8}{r7}$			轻型压入配合中过盈量小的较松的一种过盈配合,相对平均过盈为0.00024~0.0005,相对最小过盈不大于0.00007,但基本尺寸到100mm时为过渡配合,得到过盈的概率为90~97%,基本尺寸到3mm时,得到的过盈概率为83%。如空压机连杆头和衬套的配合

(续)

基孔制	基轴制	旧国标 GB159-174-59	特 性 及 说 明
$\frac{H6}{p5}$	$\frac{P6}{h5}$		轻型压入配合中过盈量最小的一种完全的过盈配合, 相对平均过盈为0.00075~0.0015, 相对最小过盈不大于0.00001。如卷扬机齿轮孔和绳轮端部轴颈的配合
$\frac{H6}{r5}$	$\frac{R6}{h5}$		轻型压入配合, 基本尺寸大于10mm时, 相对平均过盈为0.00025~0.0016, 相对最小过盈为0.0002~0.0009。如柴油机连杆小端孔和衬套、电动机转子和轴等的配合。目前很少应用
$\frac{H7}{r6}$	$\frac{R7}{h6}$		应用较多的一种轻型压入配合, 基本尺寸到180mm时, H7/r6相当于D/je, 基本尺寸大于3mm时, R7/h6相当于Je/d。基本尺寸大于10mm时, 相对平均过盈为0.00025~0.0015, 相对最小过盈为0.00015~0.0003, 适用于承受小的轴向力、小扭矩的部位, 当承受冲击载荷时需另加辅助紧固件。如可换铰套和铰模板, 燃油泵液压延伸器杆和止动钉等的配合
$\frac{H6}{s5}$	$\frac{S6}{h5}$	$\frac{D1}{jb1}$	中型压入配合中较松的一种过盈配合, 用于传递较小的扭矩和材料强度较差或受力产生变形对工作有影响的情况; 当传递较大扭矩、有振动或冲击载荷时, 需另加辅助紧固件, 加铜与铁制零件, 或轻合金与铁类零件的永久性连接。这种配合的过盈量可产生相当大的结合力, 采用压力机压入装配。如柴油机连杆衬套与轴瓦、主轴衬孔和主轴瓦等的配合
$\frac{H7}{h6}$	$\frac{S7}{h6}$	$\frac{D}{je}$ $\frac{Je}{d}$	中型压入配合中较松的一种过盈配合, 基本尺寸大于10mm时, 相对平均过盈为0.0005~0.0018, 相对最小过盈为0.0004~0.00075, 它适用于一般钢件, 或用于薄壁件的冷缩配合, 用于铸件能得到较紧的配合; 用于不加紧固件的固定连接, 过盈变化也比较小, 因此适用于结合精度要求较高的场合, 且应用极为广泛。如空气钻外壳盖和套筒、柴油机气门导管和汽缸盖, 燃油泵壳体和销轴等的配合
$\frac{H8}{h7}$		$\frac{D3}{jc3}$	中型压入配合中较松的一种过盈配合, 相对平均过盈为0.0046~0.007, 相对最小过盈为0~0.0013, 传递较小扭矩时, 可不加紧固件, 采用压力机压入或温差法装配。例如空气钻外壳盖与套筒, 安全联轴器销钉和套, 压空机活塞销和汽缸, 拖拉机齿轮泵小齿轮和轴等的配合
$\frac{H6}{t5}$	$\frac{T6}{h5}$		中型压入配合中最松的一种过盈配合, 其基本尺寸在24mm以内没有这种配合, 在其余尺寸段内的相对平均过盈为0.00075~0.0015, 相对最小过盈为0.0007~0.001, 此种配合较H6/s5、S6/h5要松, 适用于齿轮轴和轴的配合, 当承受振动、冲击等负荷时要加紧固件
$\frac{H7}{t6}$	$\frac{T7}{h6}$		中型压入配合, 中等松紧程度的一种过盈配合, 基本尺寸在24mm以内没有这种配合, 在其余尺寸段内的相对平均过盈为0.00073~0.0018, 相对最小过盈为0.00063~0.00075, 如联轴器和轴的配合
$\frac{H8}{t7}$			中型压入配合中较松的一种过盈配合, 结合强度比H8/s7要好, 基本尺寸在24mm之内没有此种配合, 在其余尺寸段内的相对平均过盈为0.00072~0.0013, 相对最小过盈为0.00026~0.00055。应用于含油轴承和轴承座, 农业机械中曲柄盘和销轴的配合
$\frac{H7}{h6}$	$\frac{U7}{h6}$	$\frac{D}{jd}$ $\frac{Jd}{d}$	重型压入配合中较松的一种过盈配合, 基本尺寸大于10mm的相对平均过盈为0.0005~0.00175, 相对最小过盈为0~0.0033。用压力机或温差法装配, 用于承受较大扭矩的钢件, 不需要加紧固件即可得到十分牢固的连接。如拖拉机活塞销和活塞壳部、中型电机转子轴和联轴器, 船舵尾轴和衬套等的配合

(续)

基孔制	基轴制	旧国标 GB159-174-59	特 性 及 说 明
$\frac{H8}{u7}$			重型压入配合中较松的一种过盈配合,基本尺寸大于10mm的相对平均过盈为0.0011~0.0022,相对最小过盈为0.001~0.00112。用压力机或温差法装配,传递大的扭矩,可不加紧固件即可使用,用于材料许用应力较大的部位。如螺纹车床蜗杆轴衬和箱体孔,农业机械中曲柄盘和销轴,安全联轴器销轴和套,蜗轮青铜轮缘和钢轮心等的配合
$\frac{H7}{v6}$			重型压入配合中较紧的一种过盈配合,基本尺寸在14mm之内没有此种配合,相对平均过盈为0.0014~0.00225,相对最小过盈为0.00125~0.00132。用压力机或温差法装配,传递很大的扭矩,不需要加紧固件,但零件材料应具有较大的许用应力;一般用于承受变动负荷,冲击和振动的部位。例如,偏心压床的滑块和轴,柴油机销轴和壳体,连杆孔和衬套外径,汽缸盖和进气门座等的配合。采用此种配合通常采用选择装配法,且先进行试验性检验
$\frac{H7}{x6}$			特重型压入配合中较松的一种过盈配合,基本尺寸大于10mm的相对平均过盈为0.0017~0.0031,相对最小过盈为0.0016~0.0019,采用温差法装配,不加紧固件即能传递很大的扭矩、变载荷、冲击和振动,要求材料许用应力很大,也可用于钢和轻合金或塑料等不同材料零件的配合。例如,柴油机销轴和壳体,柱塞式燃油泵的销轴和支架,汽缸盖和进气门座等的配合
$\frac{H7}{y6}$			特重型压入配合,基本尺寸到18mm没有此种配合,相对平均过盈为0.0021~0.00285,相对最小过盈为0.0019~0.002,采用温差法装配,不加紧固件,即能承受很大的扭矩、变载荷、冲击和振动,材料许用应力要求很大。如小轴磨和环的配合
$\frac{H7}{z6}$			国标规定的过盈最大的一种特重型压入配合,采用温差法装配,不加紧固件就能承受很大的扭矩、变载荷、振动和冲击,但材料的许用应力要很大,应用于中小型交流电机轴壳上绝缘体和接触环,柴油机传动轴壳体和分电器衬套等的配合。当基本尺寸大于10mm的相对平均过盈为0.0026~0.00393,相对最小过盈为0.0025~0.0027。由于过盈量大,目前应用很少

为了便于公差与配合的选择,在国家标准中规定了选用标准。特别对 $\leq 500\text{mm}$ 的常用尺寸段,规定了基孔制与基轴制的优先和常用配合,并且列出了各个配合的极限间隙或过盈。设计者可根据要求的极限间隙或过盈,可以方便地从表中选取适当的配合。

## 六、大尺寸公差与配合的选用特点

所谓大尺寸通常是指基本尺寸在500mm以上的零件尺寸。大尺寸零件在使用要求、加工、测量、装配、维修等许多方面都存在着与常用尺寸完全不同的特点。例如,通常是单件或小批生产,往往采用“配作”或修配,不一定要求甚至不可能达到互换性;对大尺寸零件的结合,常常只要求保证配合特性,而不强调保持基本尺寸;不采用定值尺寸刀具加工,也很少采用固定式量规检验;在零件的误差中,形位误差和测量误差占较大的比例,特别是温度引起的误差非常突出。由于有以上这些特点,常用尺寸段的公差与配合方面的经验,不适宜推广沿用于大尺寸段的结合。在选用大尺寸的公差与配合时,重点应注意温度的影响、测量误差与配制配合等三个方面的特点。

### 1. 温度对尺寸变化的影响

对于直径 30mm 的钢制工件,  $IT6$  的公差为  $13\mu\text{m}$ , 若温度变化  $5^\circ\text{C}$ , 所引起的尺寸变化为  $1.7\mu\text{m}$ , 约占标准公差的 13%。当直径增大 100 倍, 直径为 3000mm 时,  $IT6$  的公差增大到 135 $\mu\text{m}$ , 同样有  $5^\circ\text{C}$  温度的变化, 所引起的尺寸变化竟达  $172\mu\text{m}$ , 约占  $IT6$  标准公差的 140%。由此可见, 温度变化对大尺寸的变化有严重影响。同理, 温度引起的测量误差也是较大的。虽然由温度引起的测量误差是可以修正的, 由于对大尺寸零件, 要准确测量其温度并消除温度所引起的测量误差也是较困难的。所以在选择大尺寸的公差与配合时, 必须注意到这样一个特点。

### 2. 大尺寸的测量误差

对大尺寸零件的测量, 目前主要采用的仍是机械量具。这种量具一般较笨重, 很难找正测量部位和判断量具与工件的接触情况, 而且这种量具因自重变形也会引起较大的测量误差。由于测量操作上的一些原因所致, 不论大尺寸的孔或轴, 大尺寸测得值大多小于其真值。由于大尺寸量具在校准上的困难, 并由于校准用量具的误差较大, 所以在大尺寸测量中, 往往包含有较大的而又难以确定的系统误差。另外, 一般测大孔尺寸, 用的是结构轻便、刚性较好、操作方便的内径千分尺, 或经校准过的指示表式内径量杆, 因此, 大尺寸孔的测量误差常常小于大尺寸轴的测量误差。所以对大尺寸的公差与配合的选择, 在考虑测量误差以及其它方面的特点的情况下, 一般推荐:

(1) 大尺寸的  $IT6$  级远比常用尺寸的  $IT6$  级难以制造。目前对大尺寸工件公差等级的选取, 一般低于  $IT6$  级;

(2) 对大尺寸的轴、孔配合, 目前采用孔、轴同级配合, 不宜规定孔比轴低一级的配合;

(3) 除采用互换性配合外, 还宜采用配制配合;

(4) 要注意温度、测量误差对配合性质的影响。

### 3. 配制配合

配制配合是以一个零件的实际尺寸为基数, 来配制另一个相配件的一种工艺措施。配制配合一般用于大尺寸、精度较高的单件小批生产的配合零件。

#### (1) 配制配合应用说明

1) 先根据产品的使用要求, 按互换性生产选取配合, 使配制配合的极限间隙或过盈与此配合相同。

2) 一般选择较难加工, 又能得到较高测量精度的那个零件(在多数情况下选择孔)作为先加工件, 并给它一个比较容易达到的公差或按“未注公差尺寸的极限偏差”加工。

3) 配制件(多数情况下是轴)的公差按配合公差选取。所以配制件的公差比采用完全互换性生产时单个零件的公差一般要大一倍。配制件的偏差和极限尺寸以先加工件的实际尺寸为基数来确定。

4) 由于测量对保证配合性质有很大关系, 所以配制配合零件的测量应采用比较测量法, 以提高测量准确度, 减少测量误差的影响。

#### (2) 在图样上的标注

用代号“MF”表示配制配合, 借用“H”或“h”表示先加工件。在装配图和零件图的相应部位均应注出。装配图上还要标明互换性生产的配合要求。

例如：基本尺寸为  $\phi 3000\text{mm}$  的孔和轴，要求配合的最大间隙为  $0.45\text{mm}$ ，最小间隙为  $0.14\text{mm}$ ，按互换性生产可选用  $\phi 3000\text{H}6/\text{f}6$  或  $\phi 3000\text{F}6/\text{h}6$ ，配合的最大间隙为  $0.415\text{mm}$ ，最小间隙为  $0.145\text{mm}$ ，要求采用配制配合。

1) 在装配图上标注为

$\phi 3000\text{H}6/\text{f}6\text{MF}$  (孔为先加工件)

或

$\phi 3000\text{F}6/\text{h}6\text{MF}$  (轴为先加工件)

2) 若先加工件为孔，给孔一个容易达到的公差，例如孔为  $\text{H}8$ ，则在零件图上的标注为

$\phi 3000\text{H}8\text{MF}$

若按“未注公差尺寸的极限偏差”加工，则标注为

$\phi 3000\text{MF}$

3) 配制件为轴，根据已确定的配合公差选取合适的公差带，例如轴为  $\text{f}7$ ，此时最大间隙为  $0.355\text{mm}$ ，最小间隙为  $0.145\text{mm}$ 。图纸上标注为

$\phi 3000\text{f}7\text{MF}$

或

$\phi 3000 \begin{matrix} -0.145 \\ -0.355 \end{matrix} \text{MF}$

配制件极限尺寸的计算，先用准确的测量方法测量先加工件（孔）的实际尺寸，假如孔的实际尺寸为  $\phi 3000.195\text{mm}$ ，则配制件（轴）的极限尺寸为

$$\text{最大极限尺寸} = 3000.195 - 0.145 = 3000.050 \text{ (mm)}$$

$$\text{最小极限尺寸} = 3000.195 - 0.355 = 2999.840 \text{ (mm)}$$

4) 配制配合的注意事项

采用配制配合，仅限于扩大孔、轴的尺寸公差，并不意味着其它方面的技术要求（如表面粗糙度、形位公差等）也随之降低。其它方面的技术要求应按使用要求与工艺条件考虑。在配制配合中，应特别注意温度及形位误差对测量结果的影响，应尽可能地提高孔、轴的测量精度。采用了配制配合的孔和轴是没有互换性的，它只是在保证配合要求的前提下，可以扩大零件的制造公差。

## 七、小尺寸公差与配合的选用特点

所谓“小尺寸”是一种简化的习惯用语。对小尺寸与常用尺寸（中等尺寸）的分界及范围，从未明确规定。在  $\text{GB}159\sim 174-59$  标准中，专门规定了自  $0.1$  到  $1\text{mm}$  的公差与配合，因此过去常将  $<1\text{mm}$  的尺寸称为小尺寸。在  $\text{GB}1803-79$  标准中规定了基本尺

寸 $\leq 18\text{mm}$ 范围内的孔、轴公差带, 又称仪器仪表尺寸段的公差与配合, 因此也可将 $\leq 18\text{mm}$ 的尺寸称为小尺寸。所以这里讲的“小尺寸”都是相对的, 主要反映尺寸较小, 具有小尺寸公差与配合的特点。

当基本尺寸减小到一定程度后, 其加工误差不可能总是随着工件基本尺寸的减小而减小的。由于小尺寸工件的刚性较差, 其基本尺寸愈小, 加工误差愈大。测量误差也出现了尺寸越小时, 测量误差反而越大的现象。所以在选用小尺寸公差与配合时, 应考虑到小尺寸的下列特点:

- (1) 基本尺寸在  $3\text{mm}$  以下时, 尺寸不再分段。
- (2) 基轴制的应用较多。
- (3) 小尺寸的各种配合比较复杂, 除采用孔、轴同级配合外, 也采用孔、轴公差等级相差  $1\sim 3$  级, 甚至会出现孔的公差等级高于轴的公差等级。
- (4) 对小尺寸零件的固定结合, 由于结构所限, 往往不使用附加紧固件, 故多用过盈配合。
- (5) 常用较高的公差等级。

## 八、未注公差尺寸的极限偏差的选用

“未注公差尺寸”即通常所谓“自由尺寸”。但这类尺寸在加工时, 并非完全自由, 它仍受限于一定的公差, 只不过未直接标注出而已。

### 1. 未注公差尺寸的应用

(1) 公差等级要求很低、公差值较大的零件尺寸, 没有配合要求的零件尺寸可以不需要注明公差。

(2) 对某些尺寸公差的要求完全可由加工工艺方法来保证的, 如冲压件的尺寸由冲模的尺寸决定, 铸件的尺寸与木模有关, 只要冲模、木模的尺寸正确, 则工件尺寸的变动范围有限, 不会影响使用要求, 故没有必要标注这类工件尺寸的公差。

(3) 为了简化制图, 使图面清晰, 要求突出重要的有关公差要求的尺寸, 故对其余尺寸的公差不在图样上一一标出。

(4) “未注公差尺寸的极限偏差”适用于金属切削加工的尺寸, 也可用于非切削加工的尺寸。一般粗车可达  $IT12$ , 冷轧为  $IT12$  至  $IT13$ , 金属模或硬模铸造可达  $IT14$ , 砂型模铸造为  $IT16$ 。

### 2. 未注公差尺寸的极限偏差规定

(1) 未注公差尺寸的公差等级定为  $IT12$  至  $IT18$  级。由于规定的公差等级适用范围比较广, 各行业、各工厂或各单位可以在本规定的基础上, 根据产品对象和要求, 可作进一步的规定, 并在企业或厂标中加以明确规定选用的公差等级。

#### (2) 未注公差尺寸的极限偏差规定

一般孔用  $H$ , 而轴用  $h$ , 即按单向偏差给定, 长度用  $\pm IT/2$ , 即按  $JS$  或  $js$  对称偏差给定。必要时, 可不分孔、轴或长度, 均按对称偏差  $\pm IT/2$  给定。

未注公差尺寸极限偏差的应用情况列入表 1-13, 可供选用参考。

表1-13 “未注公差尺寸极限偏差”的应用

名 称	公差等级	名 称	公差等级
机床行业	IT14~IT15	电子仪器	IT14
电机制造	IT14~IT15	手 表	IT9~IT10
汽 车	IT14	钟 表	IT14
拖 拉 机	IT14	自 行 车	IT14
冶金、矿山机械	IT14	模锻铸造	IT15~IT16
通用机械	IT14	冷作焊接	IT18
标准件	IT14	气 割	IT16~IT18

## 九、GB159~174-59公差与配合简介

### 1. OCT公差制

我国于1955~1959年试用的是苏联OCT公差制的“公差与配合”。其中规定：

#### (1) 精度等级

精度等级规定12个等级，其中有1、2、2a、3、3a、4、5、7、8、9、10、11级。1级为最高级，11级为最低级。

#### (2) 配合

配合分为三大类：压配合类，过渡配合类和动配合类。配合代号用配合名称的俄文缩写字母表示，见表1-14。

表1-14 配合代号与俄文名称

配合类别	代 号	名 称	俄 文 名 称
压 配 合	Пр	压 配 合	Прессовая
过 渡 配 合	Г	断 配 合	Глухая
	Т	窄 配 合	Тугая
	Н	紧 配 合	Напряжённая
	П	密 配 合	Плотная
动 配 合	С	滑 配 合	Скользкая
	Д	紧 动 配 合	Движущая
	Х	动 配 合	Ходовая
	Л	轻 动 配 合	Легкоходовая
	Ш	松 动 配 合	Широкоходовая

注：在配合方面又增加了Гр（热压配合）、Пл（轻压配合）、Тх（热动配合）。

#### (3) 标注

基准孔代号为A（Отверстие），基准制代号为B（Вар）。举例如下：

$\frac{A}{H_1}$ ——基孔制，1级精度，紧配合；

$\frac{A}{D}$ ——基孔制，2级精度，紧动配合；

$\frac{H_1}{B_1}$ ——基轴制，1级精度，紧配合；

$\frac{D}{B}$ ——基轴制，2级精度，紧动配合。



## 2. 旧国标GB159-174-59公差制

我国于1959~1979年执行的是旧国标公差制的“公差与配合”，其中规定如下：

### (1) 精度等级

精度等级规定有12个精度级，即1、2、3、4、5、6、7、8、9、10、11、12。其中1级为最高级，12级为最低级。新国标、旧国标及OCT标准的精度等级对照，见表1-15。

表1-15 新国标、旧国标、苏联的精度等级对照

名称	新国标		旧国标		苏联	
标准	GB1800~1804-79		GB159-174-59		OCT	
轴 孔	轴	孔	轴	孔	轴	孔
精 度 等 级	5	5	1		1	
	6	6	2	1	2	1
	7	7	3	2	2a	2
	8	8	4	3~4	3	2a~3
	9	9	4	4	3	3
	10	10	5	5	3a	3a
	11	11	6	6	4	4
	12	12	7	7	5	5
	13	13	7	7	5	5
	14	14	8	8	7	7
	15	15	9	9	8	8
	16	16	10	10	9	9
17	17	11	11	10	10	
18	18	12	12	11	11	

### (2) 配合

配合分为基孔制和基轴制配合系列，其中配合性质分为动配合、过渡配合和静配合三类。其中有基孔制的动配合、过渡配合和静配合，基轴制的动配合、过渡配合和静配合。配合类别及名称见表1-16所示。1~150mm新国标、旧国标与OCT标准的配合对照，见表1-17。

### (3) 标注

基准孔代号为  $D$ ，基轴制代号为  $d$ 。配合代号均用汉语拼音字母表示：

大写字母表示孔、小写字母表示轴，所以代号为

$D, d$  ——表示动配合；

$G, g$  ——表示过渡配合；

$J, j$  ——表示静配合。

配合的松紧程度用拼音字母顺序  $a, b, c \dots$  表示，依次渐松，并标在配合类别代号后。精度等级的阿拉伯数字标在代号的右边，并与代号平行。为了简化，第一种动配合不写  $a$  字，2级精度不写2字。

举例：

$\frac{D_1}{g_{c1}}$  (即  $\frac{A_1}{H_1}$ ) ——基孔制，1级精度，第三种过渡配合；

$\frac{D}{d_6}$  (即  $\frac{A}{\Pi}$ ) ——基孔制，2级精度，第二种动配合；

$\frac{G_{c1}}{d_1}$  (即  $\frac{H_1}{B_1}$ ) ——基轴制，1级精度，第三种过渡配合；

$\frac{D_6}{d}$  (即  $\frac{\Pi}{B}$ ) ——基轴制，2级精度，第二种动配合。

表1-16 旧国标GB159-174-59的配合类别及名称(1~10000mm)

配合类别及名称		直径 1~500mm							- 直径 >500~10000mm						
		精 度 等 级													
		1	2	3	4	5	6	7	2	3	4	5	6	7	
基 孔 制 配 合 的 轴	静 配 合	第1种静配合				ja4					ja3				
		第2种静配合	jb1		jb3	jb4					jb3	jb4			
		第3种静配合	jc1		jc3	jc4				jc	jc3	jc4			
		第4种静配合		jd											
		第5种静配合		je*				je6		je	je3				
		第6种静配合		jf						jf					
	过 渡 配 合	第1种过渡配合	ga1	ga	ga3					ga	ga3				
		第2种过渡配合	gb1	gb	gb3					gb					
		第3种过渡配合	gc1	gc	gc3					gc	gc3				
		第4种过渡配合	gd1	gc**	gd3					gd	gd3				
	动 配 合	第1种动配合	d1	d	d3	d4	d5	d6	d7	d	d3	d4	d5	d6	d7
		第2种动配合	db1	db						db	db3				
第3种动配合		dc1	dc	dc3	dc4		dc6	dc7		dc3	dc4		dc6	dc7	
第4种动配合			dd				dd6				dd4		dd6		
第5种动配合			de		de4		de6				de4	de5	de6		
第6种动配合			df												
基 轴 制 配 合 的 孔	静 配 合	第2种静配合			Jb3										
		第4种静配合		Jd											
		第5种静配合		Je											
	过 渡 配 合	第1种过渡配合	Ga1	Ga	Ga3						Ga				
		第2种过渡配合	Gb1	Gb	Gb3						Gb				
		第3种过渡配合	Gc1**	Gc	Gc3						Gc				
		第4种过渡配合	Gd1**	Gd	Gd3						Gd				
	动 配 合	第1种动配合	D1	D	D3	D4	D5	D6	D7	D	D3	D4	D5	D6	D7
		第2种动配合	Db1	Db						Db	Db3				
		第3种动配合	Dc1	Dc		Dc4		Dc6	Dc7	Dc		Dc4		Dc6	
		第4种动配合		Dd				Dd6				Dd4		Dd6	
		第5种动配合		De		De4		De6				De4	De5	De6	

注：(1) 表中黑体字为优先配合；  
 (2) 带\*者优先范围为1~80mm；  
 (3) 带\*\*者主要用于滚动轴承配合的优先配合。

表1-17 1~500mm 新国标、旧国标与OCT配合对照

配合 精度等级	基 孔 制 配 合			基 轴 制 配 合		
	新 国 标	旧 国 标	苏 联	新 国 标	旧 国 标	苏 联
	GB1800~1804-79	GB159~174-59	OCT	GB1800~1804-79	GB159~174-59	OCT
5~6 级	$\frac{H6}{s5}$	$\frac{D1}{jb1}$	$\frac{A1}{\Pi p2}$	$\frac{N5}{h5}$	$\frac{G_{a1}}{d1}$	$\frac{\Gamma1}{B1}$
	$\frac{H6}{r}$	$\frac{D1}{jc1}$	$\frac{A1}{\Pi p1}$	$\frac{m6}{h5}$	$\frac{G_{b1}}{d1}$	$\frac{T1}{B1}$
	$\frac{H6}{n5}$	$\frac{D1}{gs1}$	$\frac{A1}{\Gamma1}$	$\frac{K5}{h5}$	$\frac{G_{c1}}{d1}$	$\frac{H1}{B1}$
	$\frac{H6}{m5}$	$\frac{D1}{gb1}$	$\frac{A1}{T1}$	$\frac{J6}{h5}$	$\frac{G_{d1}}{d1}$	$\frac{\Pi1}{B1}$
	$\frac{H6}{k5}$	$\frac{D1}{gc1}$	$\frac{A1}{H1}$	$\frac{H6}{h5}$	$\frac{D1}{d1}$	$\frac{C1}{B1}$
	$\frac{H6}{j5}$	$\frac{D1}{gd1}$	$\frac{A1}{\Pi1}$	$\frac{G6}{h5}$	$\frac{D_{b1}}{d1}$	$\frac{D1}{B1}$
	$\frac{H6}{h5}$	$\frac{D1}{d1}$	$\frac{A1}{C1}$	$\frac{F7}{h5}$	$\frac{D_{c1}}{d1}$	$\frac{X1}{B1}$
	$\frac{H6}{g5}$	$\frac{D1}{db1}$	$\frac{A1}{\Delta1}$			
	$\frac{H6}{f5}$	$\frac{D1}{dc1}$	$\frac{A1}{X1}$			
6~7 级	$\frac{H7}{n7}$	$\frac{D}{ja}$	$\frac{A}{\Gamma p}$	$\frac{U7}{h6}$	$\frac{J_d}{d}$	$\frac{\Gamma p}{B}$
	$\frac{H7}{s6}, \frac{H7}{r6}$	$\frac{D}{je}$	$\frac{A}{\Pi p}$	$\frac{R7}{h6}, \frac{S7}{h6}$	$\frac{J_e}{d}$	$\frac{\Pi p}{B}$
	$\frac{H7}{r6}, \frac{H7}{p6}$	$\frac{D}{je}$	$\frac{A}{\Pi_r}$	$\frac{N7}{h6}$	$\frac{G_a}{d}$	$\frac{\Gamma}{B}$
	$\frac{H7}{n6}$	$\frac{D}{ga}$	$\frac{A}{\Gamma}$	$\frac{M7}{h6}$	$\frac{G_b}{d}$	$\frac{T}{B}$
	$\frac{H7}{m6}$	$\frac{D}{gb}$	$\frac{A}{T}$	$\frac{K7}{h6}$	$\frac{G_c}{d}$	$\frac{H}{B}$
	$\frac{H7}{k6}$	$\frac{D}{gc}$	$\frac{A}{H}$	$\frac{J7}{h6}$	$\frac{G_d}{d}$	$\frac{\Pi}{B}$
	$\frac{H7}{j6}$	$\frac{D}{gd}$	$\frac{A}{\Pi}$	$\frac{H7}{h6}$	$\frac{D}{d}$	$\frac{C}{B}$
	$\frac{H7}{h7}$	$\frac{D}{d}$	$\frac{A}{C}$	$\frac{G7}{h6}$	$\frac{D_b}{d}$	$\frac{\Delta}{B}$
	$\frac{H7}{g6}$	$\frac{D}{db}$	$\frac{A}{\Delta}$	$\frac{F8}{h6}$	$\frac{D_c}{d}$	$\frac{X}{B}$
	$\frac{H7}{f7}$	$\frac{D}{dc}$	$\frac{A}{X}$	$\frac{E8}{h6}$	$\frac{D_d}{d}$	$\frac{J}{B}$
	$\frac{H7}{e8}$	$\frac{D}{de}$	$\frac{A}{J}$	$\frac{D8}{h6}$	$\frac{D_e}{d}$	$\frac{H}{B}$
	$\frac{H7}{d8}$	$\frac{D}{dc}$	$\frac{A}{\Pi}$			
	$\frac{H7}{c8}$	$\frac{D}{dt}$	$\frac{A}{TX}$			

(续)

精度等级	基 孔 制 配 合			基 轴 制 配 合		
	新 国 标	旧 国 标	苏 联	新 国 标	旧 国 标	苏 联
	GB1800~1804-79	GB159~174-59	OCT	GB1800~1804-79	GB159~174-59	OCT
7~8 级	$\frac{H8}{u8}$	$\frac{D8}{js8}$	$\frac{A_{2a}}{HP2_{2a}}$	$\frac{u8}{h7}$	$\frac{J_{d8}}{d8}$	$\frac{HP2_{2a}}{B_{2a}}$
	$\frac{H8}{s7}$	$\frac{D8}{jc8}$	$\frac{A_{2a}}{HP1_{2a}}$	$\frac{N8}{h7}$	$\frac{G_{d8}}{d8}$	$\frac{\Gamma_{2a}}{B_{2a}}$
	$\frac{H8}{n7}$	$\frac{D8}{js8}$	$\frac{A_{2a}}{\Gamma_{2a}}$	$\frac{m8}{h7}$	$\frac{G_{d8}}{d8}$	$\frac{T_{2a}}{B_{2a}}$
	$\frac{H8}{m7}$	$\frac{D8}{gs8}$	$\frac{A_{2a}}{T_{2a}}$	$\frac{K8}{h7}$	$\frac{G_{d8}}{d8}$	$\frac{H_{2a}}{B_{2a}}$
	$\frac{H8}{k7}$	$\frac{D8}{gs8}$	$\frac{A_{2a}}{H_{2a}}$	$\frac{J8}{h7}$	$\frac{G_{d8}}{d8}$	$\frac{\Pi_{2a}}{B_{2a}}$
	$\frac{H8}{j7}$	$\frac{D8}{gs8}$	$\frac{A_{2a}}{\Pi_{2a}}$	$\frac{H8}{h7}$	$\frac{D8}{d8}$	$\frac{C_{2a}}{B_{2a}}$
	$\frac{H8}{h7}$	$\frac{D8}{d8}$	$\frac{A_{2a}}{C_{2a}}$	$\frac{H8}{h7}$		
	$\frac{H8}{f8}$	$\frac{D8}{dc8}$	$\frac{A_{2a}}{X_{2a}}$			
8~9 级	$\frac{H8}{z7}$	$\frac{D4}{ja4}$	$\frac{A3}{HP3_3}$	$\frac{H9}{h8}, \frac{H8}{h9}$	$\frac{D4}{d4}$	$\frac{C3}{B3}$
	$\frac{H8}{y7}$	$\frac{D4}{jb4}$	$\frac{A3}{HP2_3}$	$\frac{F8}{h9}, \frac{E8}{h9}$	$\frac{D_{c4}}{d4}$	$\frac{X3}{B3}$
	$\frac{H8}{x7}$	$\frac{D4}{jc4}$	$\frac{A3}{HP1_3}$	$\frac{D10}{h8}, \frac{D9}{h9}$	$\frac{D_{c4}}{d4}$	$\frac{III_3}{B3}$
	$\frac{H8}{h9}, \frac{H8}{h8}$	$\frac{D4}{d4}$	$\frac{A3}{C3}$			
	$\frac{H8}{f9}, \frac{H8}{e9}$	$\frac{D4}{dc4}$	$\frac{A3}{X3}$			
	$\frac{H8}{d9}$	$\frac{D4}{dc4}$	$\frac{A3}{III_3}$			
10级	$\frac{H10}{h10}$	$\frac{D5}{d5}$	$\frac{A_{3a}}{C_{3a}}$	$\frac{H10}{h10}$	$\frac{D5}{d5}$	$\frac{C_{3a}}{B_{3a}}$
11级	—	$\frac{D6}{jc6}$	$\frac{A4}{HP4}$	$\frac{H11}{h11}$	$\frac{D6}{d6}$	$\frac{C4}{B4}$
	$\frac{H11}{h11}$	$\frac{D6}{ds6}$	$\frac{A4}{C4}$	$\frac{D11}{h11}$	$\frac{D_{c6}}{d6}$	$\frac{X4}{B4}$
	$\frac{H11}{d11}$	$\frac{D6}{dc6}$	$\frac{A4}{X4}$	$\frac{C11}{h11}, \frac{B11}{h11}$	$\frac{D_{c6}}{d6}$	$\frac{JL4}{B4}$
	$\frac{H11}{c11}, \frac{H11}{b11}$	$\frac{D6}{d_{d6}}$	$\frac{A4}{JL4}$	$\frac{B11}{h11}, \frac{A11}{h11}$	$\frac{D_{c6}}{d6}$	$\frac{III_4}{B4}$
	$\frac{H11}{b11}, \frac{H11}{a11}$	$\frac{D6}{dc6}$	$\frac{A4}{III_4}$			
12~13 级	$\frac{H12}{h13}, \frac{H13}{h12}$	$\frac{D7}{d7}$	$\frac{A5}{C5}$	$\frac{H13}{h12}, \frac{H12}{h13}$	$\frac{D7}{d7}$	$\frac{C5}{B5}$
	$\frac{H12}{b13}, \frac{H13}{b12}$	$\frac{D7}{dc7}$	$\frac{A5}{X5}$	$\frac{B13}{h13}$	$\frac{D_{c7}}{d7}$	$\frac{X5}{B5}$
14~18 级	H14	D8	A7	h14	d8	B7
	H15	D9	A8	h15	d9	B8
	H16	D10	A9	h16	d10	B9
	H17	D11	A10	h17	d11	B10
	H18	D12	A11	h18	d12	B11

## 十、新旧公差与配合的代换

用新国标GB1800~1804-79的配合公差带来代换旧国标GB159~174-59的配合公差带的基本原则，是要使代换后的配合性能更好地满足使用要求，并有利于降低生产费用。

新旧公差与配合的代换是以原配合所确定的极限间隙或极限过盈为依据而进行的。在用新公差带取代旧公差带时，一般公差值不允许超过旧公差值的10%。在用新配合取代旧配合时，若极限间隙或过盈的绝对值不超出原极限值的10%，或新配合的配合公差比旧配合的配合公差小的数值不大于原配合公差的20%，一般是容许的，但对具体情况还要作具体分析。

公差与配合的代换方法有以下三种：

(1) 直接应用GB1801-79附录所列附表对照选择代换配合。

表1-18 基孔制配合的轴（尺寸1~500mm）

间 隙 配 合			过 渡 配 合			过 盈 配 合		
旧 国 标	新 国 标	备 注	旧 国 标	新 国 标	备 注	旧 国 标	新 国 标	备 注
d1	h5		ga1	n5	P5①	jb1	s5	s6①
db1	g5	g6①	gb1	m5	n5①	jc1	r5	r6①
dc1	f5, f6	②	gc1	k5	m4①	jd	s7, u5, u6	②
d	h6		gd1	j5, js5	②	je	r6, s6	②
db	g6		ga	n6	P6①	jf	r6	
dc	f7		gb	m6	n6①	jb3	u8	
dd	e8		gc	k6		jc3	s7	
de	d8		gd	js6		js4		④
df	c8		ga3	n7	P7①	jb4		④
d3	h7		gb3	m7		jc4		④
dc3	f8		gc3	k7		je6		④
d4	h8, h9	③	gd3	j7, js7	②			
dc4	f9							
de4	d9, d10	③						
d5	h10							
d6	h11							
dc6	d11							
dd6	b11, c10, c11	②						
de6	a11, b11	②						
d7	h12, h13	③						
dc7	b12, c12, c13	②						

注：① 仅1~3mm尺寸分段使用；  
 ② 不同尺寸分段分别与不同的新国标符号相近似；  
 ③ 介于两者之间；  
 ④ 没有适当的相近的符号。

(2) 按原配合规定的极限间隙或极限过盈来选择代换配合。

(3) 根据极限间隙或极限过盈用计算法选择代换配合。

### 1. 用对照法选择代换配合

按照基孔制配合的轴（尺寸1至500mm）的对照表1-18，基轴制配合的孔（尺寸1至500mm）的对照表1-19进行代换，这些对照表是旧国标的代号和数值，列出相近的新国标的代号或数值。从对照表中可以看出，有些配合公差相同，有的则很接近，有的则有差别，故在选用代换时，必须考虑在保证使用性能要求的前提下尽可能提高经济性，并能符合新国标的规定。

表1-19 基轴制配合的孔（尺寸1~500mm）

间 隙 配 合			过 渡 配 合			过 盈 配 合		
旧 国 标	新 国 标	备 注	旧 国 标	新 国 标	备 注	旧 国 标	新 国 标	备 注
D1	H6		Ga1	N6		Jd	U7, S7	②
Db1	G6		Gb1	M6		Je	R7, R8	②
Dc1	F7		Gc1	K6		Jb3	U8	
D	H7		Gd1	J6, Js6	②			
Db	G7		Ga	N7				
Dc	F8		Gb	M7	K7①			
Dd	F8, E9	②	Gc	K7	Js7①			
De	D8, D9	②	Gd	J7				
D3	H8		Ga3	N8				
D4	H8, H9	③	Gb3	M8				
Dc4	F9		Gc3	K8				
De4	D9, D10	③	Gd3	J8				
D5	H10							
D6	H11							
Dc6	D11							
Dd6	B11, C11	②						
De6	A11, B11	②						
D7	H12, H13	③						
Dc7		④						

注：① 仅1~3mm尺寸分段使用；  
 ② 不同尺寸分段分别与不同的新国标符号相近似；  
 ③ 介于两者之间；  
 ④ 没有适当的相近的符号。

利用对照表进行代换，方法很简单。

例如：

$$\phi 45 \frac{D}{d_6} \rightarrow \phi 45 \frac{H7}{g6}$$

$$\phi 30 \frac{D_8}{j_{es}} \rightarrow \phi 30 \frac{H8}{s7}$$

$$\phi 25 \frac{D_8}{g_{s8}} \rightarrow \phi 25 \frac{H8}{m7}$$

## 2. 按极限间隙和极限过盈选择代换配合

这种选择代换配合的方法，是以原配合的极限间隙或极限过盈为依据，从GB1801-79附录的附表4、附表6、附表8、附表10、附表12和附表14中，找出原配合尺寸所在尺寸段，查出与原配合一致或近似的极限间隙或极限过盈所对应的配合，可做为选择的代换配合。

例如：原配合  $\phi 70 \frac{D}{d_c}$ ，试用新国标的配合代号代换。

解：原配合  $\phi 70 \frac{D}{d_c}$  为动配合，其极限间隙为

$$\text{最大间隙} \quad X_{\max} = +175\text{mm}$$

$$\text{最小间隙} \quad X_{\min} = +95\text{mm}$$

查附表8，按对照选取近似的配合为

$$\phi 70 \frac{H7}{d8}$$

在采用上述对照选择代换配合，用起来是很方便的，很适用于生产实际。但应注意以下几点：

(1) 由于对多数配合，对照表中的对应关系只是近似的。所以对于重要的配合，如果按附表来选用代换配合，有时很难满足原配合的使用要求。

(2) 按对照表选出的配合，大多数不符合新国标规定的“通用规则”和“特殊规则”。

例如在低精度的配合中，孔、轴本应取相同的公差等级，但在对照选出的配合中，出现了孔的公差等级比轴低一级的情况。例如：

$$\phi 25 \frac{D_8}{j_{s8}} \rightarrow \phi 25 \frac{H11}{Zc10}$$

当基本尺寸不同时，旧国标的同一配合本应对照选出新国标的的一个固定配合，但在表中却列出与其对应的几种新国标中的配合。例如：

$$\phi 45 \frac{D_8}{j_{s8}} \rightarrow \phi 45 \frac{H11}{Zc9}$$

$$\phi 65 \frac{D_8}{j_{s8}} \rightarrow \phi 65 \frac{H11}{Zb9}$$

$$\phi 100 \frac{D_8}{j_{s8}} \rightarrow \phi 100 \frac{H11}{Za9}$$

在低精度配合的代换后，出现了孔的公差等级比轴低二级情况，不符合新国标的有关规定。

在高精度配合的代换后，也出现了孔的公差等级比轴高一级的情况。在基轴制的高精度配合中，代换后又出现了孔的公差等级比轴低二级或三级的现象。例如：

$$\frac{D}{d_8} \rightarrow \frac{H7}{e8}$$

$$\begin{aligned} \frac{D}{d_s} &\rightarrow \frac{H7}{d8} \\ \frac{D}{d_f} &\rightarrow \frac{H7}{c8} \\ \frac{D_s}{d} &\rightarrow \frac{E8}{h6} \\ \frac{D_c}{d} &\rightarrow \frac{F8}{h6} \\ \frac{D_s}{d} &\rightarrow \frac{D8}{h6} \left( \text{或} \frac{D9}{h6} \right) \end{aligned}$$

(3) 不论公差等级高低, 在对照表中可以找到旧国标的一种配合可以对应出新国标的几种或十几种配合。例如:

$$\begin{aligned} \frac{D_1}{d_{c1}} &\rightarrow \frac{H6}{f6}, \frac{H6}{f5} \\ \frac{D_s}{d_{c4}} &\rightarrow \frac{H9}{d9}, \frac{H9}{d10} \\ \frac{D_s}{d} &\rightarrow \frac{E8}{h6}, \frac{E9}{h6} \\ \frac{D_{s4}}{d_s} &\rightarrow \frac{D9}{h8}, \frac{D10}{h8}, \frac{D9}{h9}, \frac{D10}{h9} \\ \frac{D7}{d7} &\rightarrow \frac{H12}{h12}, \frac{H13}{h12}, \frac{H12}{h13}, \frac{H13}{h13} \\ \frac{D_s}{j_{s4}} &\rightarrow \frac{H8}{Za8}, \frac{H8}{Zb9}, \frac{H8}{Zb8}, \frac{H8}{Zc8} \\ \frac{H8}{Za9}, \frac{H8}{y9}, \frac{H8}{y8}, \frac{H8}{x8}, \frac{H8}{x9}, \frac{H8}{x7} \end{aligned}$$

当遇到这些复杂的对照关系时, 应按新国标的有关规定来处理, 或用计算法来选择合适的代换配合。

### 3. 按计算法选择代换配合

采用计算法进行旧新配合代换, 不仅计算简便, 选出的代换配合能符合新国标的规定, 主要在于使设计的新配合能保证极限间隙或极限过盈的使用要求。

#### (1) GB159~174-59 “公差与配合”的特征

为了选择代换配合既能保证使用要求, 又能实现新国标 (GB1800~1804-79) 的规定, 必须首先分析旧国标的特征与存在的问题。所以将配合代号直接进行对照代换, 或以原配合所决定的极限间隙或极限过盈进行配合选择代换时, 存在着缺点, 这与旧国标存在的问题有关。如果采用计算法进行选择代换, 就能改正旧国标规定配合的不合理性。旧国标的主要问题是, 旧国标的精度等级包含加工方法、工艺等价及配合特性三个特征。

1) 旧公差的精度等级划分, 直接按一定的典型加工方法来确定。例如旧国标的 2 级精度代表磨削轴的精度, 4 级代表精车的精度等。

2) 孔、轴公差值按“工艺等价”原则给定。例如考虑到高精度孔的加工比轴困难, 故给定高精度孔公差值比同级轴的公差大, 这样, 对同一级精度的孔和轴的加工难易程度



相当, 工艺是等价的。由于规定孔公差约为同级轴公差的 1.5 倍。 $\phi 25D (+^{\circ}0.023)$  与  $\phi 25d (-^{\circ}0.014)$  的孔与轴均为 2 级精度, 其公差值不等, 甚至大于 1.5 倍。

这种按工艺等价特征来划分精度等级的方法, 在初期公差制是合理可取的。但显然存在局限性。新工艺与新设备的不断出现, 每一种工艺方法所能达到的精度是在变动的, 这种按典型加工工艺来确定精度划分的方法, 是难以适应工艺发展的需要。在新国标的规定中, 同级的孔和轴, 其公差值是相同的。例如:

$$\phi 25H7 (+^{\circ}0.021), \phi 25h7 (-^{\circ}0.021)$$

3) 旧国标还按精度等级规定配合, 所以精度等级中还反映配合特性。例如  $D/d_1$ 、 $D/d_2$ 、 $D/d_3$ 、 $D/d_4$ 、 $D/d_5$  及  $D/d_6$  等均为 2 级精度动配合, 不仅孔、轴公差值不等, 而且轴的公差值也是变的, 如图 1-17 所示, 随着配合间隙的增加, 轴的公差值也增加。例如轴的  $\phi 25d$  与  $\phi 25d_6$  的公差为  $14\mu\text{m}$ , 而轴  $\phi 25d_1$  的公差为  $35\mu\text{m}$ , 约为前者的 2.5 倍。这是由于小间隙配合, 主要用于定心、导向和往复运动, 对间隙的变动敏感, 将会直接影响工作性能, 所以规定小的配合公差。对于大间隙的动配合, 主要用于高速情况, 对间隙的变动不甚敏感, 所以规定大的配合公差。既然允许配合公差随间隙的增大而加大, 所以基孔制中的轴公差也随间隙的增加而加大。这就反映了精度等级中的配合特性。从而形成同一精度等级的轴公差相等, 而且造成同一级的轴公差比孔公差大的混乱现象。例如孔  $\phi 25D$  的公差为  $0.023$ , 而轴  $\phi 25d_1$  的公差为  $0.033$ , 则与前述的“工艺等价”原则也不符合。由于这些概念和规律上的混乱, 其结果必然导致生产上的混乱和配合代换的难度。公差与配合的新国标的概念和规律已克服了上述缺点。

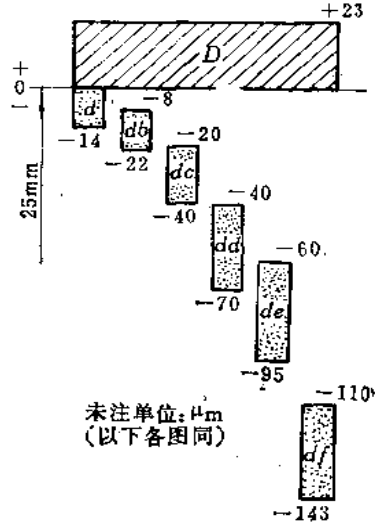


图1-17 旧国标 2 级精度的基孔制配合公差带

未注单位:  $\mu\text{m}$   
(以下各图同)

## (2) 配合概念与配合规律

当基本尺寸一定时, 配合的主要区别在于间隙和过盈的大小及其变动, 但是旧国标规定配合的依据不一。例如旧国标规定的动配合是按最小间隙  $X_{\min}$  划分; 对过渡配合是按最大过盈  $Y_{\max}$  划分, 而对过盈配合, 大多数按平均过盈划分, 但也有按最大过盈  $Y_{\max}$  或最小过盈  $Y_{\min}$  划分的。

由于划分配合的依据不统一, 精度与配合的概念不明确, 公差带大小不仅与精度等级有关, 还随配合而改变; 公差带位置不仅与配合有关, 也随精度等级变化, 故造成了旧国标配合概念与规律的混乱。例如  $D_7/d_7$  比  $D/d_1$  的间隙大, 对于不同精度等级, 配合的松紧程度的顺序不同。对过盈配合,  $D_6/j_6$  的平均过盈为最大, 大于第一种静配合  $D_1/j_6$  的平均过盈量, 配合的松紧顺序与旧标准规定的完全颠倒。

由于旧国标存在以上缺点, 所以给新旧国标的配合代换带来了困难。从而造成了按对照法代换中的问题。若按算法进行代换, 则可以克服这些缺点。

## (3) 用算法选择代换配合举例

用计算法选择代换配合还是根据原设计配合的极限间隙或极限过盈来选择代换配合的。其代换步骤如下:

- 1) 对代换前的原配合进行分析、考虑原配合的使用情况和经济性。
- 2) 查出原配合的孔、轴极限偏差, 计算配合的极限间隙或极限过盈与配合公差。
- 3) 按原配合的配合公差、确定新国标的轴、孔公差等级及轴、孔的标准公差。

计算公式为

$$a_h + a_s = \frac{T_f}{i}$$

式中  $a_h$ ——孔的公差等级系数;  
 $a_s$ ——轴的公差等级系数;  
 $T_f$ ——配合公差;  
 $i$ ——公差单位。

从GB1800-79中附表1和附表2, 找出两相邻的公差等级系数之和(适用于特殊规则)或相同的两公差等级系数之和(适用于通用规则), 再据此按新国标的通用规则或特殊规则来确定孔、轴的公差等级。然后根据基本尺寸和公差等级查出孔、轴标准公差。

4) 如无特殊要求, 应选择原配合选用的基准制。然后确定基准件和非基准件的基本偏差代号。

5) 确定孔、轴配合代号。

6) 验算选出的代换配合所决定的极限间隙或极限过盈是否符合原设计要求。

例1: 间隙配合的代换。原配合为  $\phi 70 \frac{D}{d_8}$ 。试用新国标规定的配合代号代换。

(1) 用对照法选择代换配合

$$\phi 70 \frac{D}{d_8} \rightarrow \phi 70 \frac{H7}{d8}$$

代换后的结果是

1)  $\phi 70 \frac{D}{d_8}$  的  $X'_{\max} = +175 \mu\text{m}$ ,  $X'_{\min} = +95 \mu\text{m}$ , 代换后  $\phi 70 \frac{H7}{d8}$  的  $X_{\max} = +176 \mu\text{m}$ ,  $x_{\min} = +100 \mu\text{m}$ 。代换后极限间隙的比较,  $x_{\min} > x'_{\min}$ ,  $x_{\max} \approx x'_{\max}$ , 代换后的  $\phi 70 \frac{H7}{d8}$  是能保证原配合性质的要求。

2) 选出的代换配合, 孔的公差等级为7级, 轴的公差等级为8级, 孔的公差等级比轴的公差等级高1级, 与新国标规定的“特殊规则”不符。因此, 用查表对照法进行选择代换配合是不合适的。

(2) 用计算法选择代换配合

1) 对原配合的分析。原配合  $\phi 70 \frac{D}{d_8}$ , 查出孔、轴的极限偏差为

$$\phi 70 D (+0.03), \phi 70 d_8 (-0.022)$$

由此可知原配合的轴、孔均为2级精度, 而轴公差大于孔公差。

2) 查表求出  $\phi 70 \frac{D}{d_8}$  的极限间隙和配合公差:

$$\begin{aligned} \text{最大间隙} & x'_{\max} = +175\mu\text{m} \\ \text{最小间隙} & x'_{\min} = +95\mu\text{m} \\ \text{配合公差} & T'_f = | +175 - (+95) | = 80\mu\text{m} \end{aligned}$$

3) 以原配合给定的配合公差, 确定孔、轴的公差等级及孔、轴标准公差。

$$\because T_f = 80\mu\text{m}$$

$$\text{则 } a_s + a_r = \frac{T_f}{i}$$

$$a_s + a_r = \frac{80}{0.45\sqrt[3]{63.25 + 0.001 \times 63.25}} \approx 42.24$$

按  $a_s + a_r = 42.24$  查 GB1800-79 中附表 1 中两相邻的公差等级系数之和, 得

$$a_7 + a_8 = 16 + 25 = 41$$

故选公差等级为 7 级和 8 级。按新国标规定可选取:

$$\text{孔的公差等级为 8 级。孔公差 } IT_8 = 46\mu\text{m}$$

$$\text{轴的公差等级为 7 级。轴公差 } IT_7 = 30\mu\text{m}$$

4) 选择基准制

因原配合为基孔制, 故新选代换配合仍用基孔制配合。

5) 确定孔、轴的基本偏差代号

因孔为基准件, 故选孔的基本偏差为  $H$ 。

因是间隙配合, 轴的基本偏差等于负的最小间隙, 所以轴的上偏差为

$$es = -x'_{\min} = -95\mu\text{m}$$

故取与  $-95\mu\text{m}$  接近的  $-100\mu\text{m}$  为轴的基本偏差数值。又从基本偏差为  $-100\mu\text{m}$  中确定轴的基本偏差代号为 “ $d$ ”。

6) 新代换的孔、轴配合代号为

$$\phi 70 \frac{H8(+0.046)}{d7(-0.130)}$$

7) 验算

代换后的配合性质为  $x_{\max} = +176\mu\text{m}$ ,  $x_{\min} = +100\mu\text{m}$ 。所以能保证最小间隙, 又使  $\Delta x_{\max} = |175 - 176| = 1$ , 约为 1.25%, 远远小于 10% 的要求。并使孔比轴低一级精度。所以选出的代换配合可用, 并符合了新国标的规定。

例 2: 过渡配合的代换。原配合为  $\phi 65 \frac{D}{g_6}$ , 试用新国标规定代换配合。

(1) 用对照法选取代换配合

查对照表可得

$$\phi 65 \frac{D(+0.03)}{g_6(+0.033)} \rightarrow \phi 65 \frac{H7(+0.03)}{k6(+0.002)}$$

由于旧国标中各种过渡配合是按最大过盈来确定的, 因此为了便于拆装和不损伤配合表面, 应使代换后的最大过盈  $|Y_{\max}| \leq |Y'_{\max}|$  (代换前的最大过盈), 并验算最大间隙, 使  $x_{\max} \leq x'_{\max}$ , 则可认为代换后的配合可用。对于过渡配合, 也可以限制最大间隙, 使  $x_{\max} \leq x'_{\max}$ , 然后验算, 使  $|Y_{\max}| \leq |Y'_{\max}|$ 。

(2) 用计算法选取代换配合

代换配合的步骤与上述的相同。代换配合结果也是

$$\phi 65 \frac{H7(+0.008)}{k6(+0.002)}$$

例 3：过盈配合的代换。原配合为  $\phi 65 \frac{D_8}{j_{s6}}$ ，试用新国标规定代换配合。

对过盈配合的代换，由于旧国标的规定，静配合是随着不同的配合用不同的过盈计

符合新国标的通用规则的规定、并且改变了孔、轴公差相差悬殊的缺点。使孔、轴公差相等，均为  $120\mu\text{m}$ ，改变了轴加工比孔加工要求高得多的现象、使孔、轴达到了等工艺精度的要求。所以孔、轴公差等级为 10 级，标准公差为  $120\mu\text{m}$ 。

4) 选择基准制与确定孔、轴的基本偏差代号

因无特殊情况，故仍采用原配合的基孔制。所以基准件孔的代号为  $H$ 。因为选用基孔制的过盈配合，所以轴的基本偏差为下偏差，下偏差为

$$ei = ES - Y'_{\min} = (+120) - (-120) = +240\mu\text{m}$$

因为  $+226$  接近于  $+240$ ，故取轴的基本偏差为  $+226$ ，其基本偏差代号为  $Za$ 。

5) 孔、轴配合代号为

$$\phi 65 \frac{H10}{Za10}$$

6) 验算

代换前后的配合公差带图如图 1-18 所示。其中  $\phi 65 \frac{D6}{jc6}$  的极限过盈为  $Y'_{\max} = -380\mu\text{m}$ ， $Y'_{\min} = -120\mu\text{m}$ 。代换后配合  $\phi 65 \frac{H10}{Za10}$  的极限过盈为  $Y_{\max} = -346\mu\text{m}$ ， $Y_{\min} = -106\mu\text{m}$ 。则

$$|Y'_{\max} = -380| > |Y_{\max} = -346|$$

$$|Y'_{\min} = -120| > |Y_{\min} = -106|$$

虽然代换配合的最小过盈减小了，但超差为 5.46%，没有大于允许值 10%，所以代换配合可以使用。

以上仅介绍了标准配合的代换，对于旧国标中的混合配合的代换，以及与标准件相配孔、轴公差带的代换，其代换的依据和方法仍与上述的相同。关于“配制配合”已在大尺寸公差与配合的选用特点一节叙述。

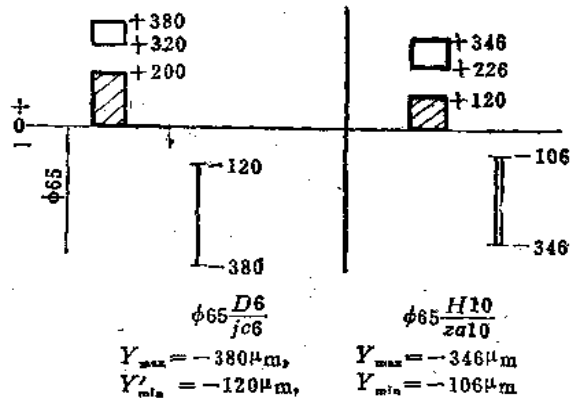


图1-18 代换配合公差带

## 十一、尺寸公差与配合的错误标注

### 1. 尺寸公差的错误标注

#### (1) 公差值的错误标注

错误标注	正确标注
$\phi 10_{-0.008}^0$	$\phi 10_{-0.008}^0$
$\phi 10 H (-0.008)$	$\phi 10 H 6 (-0.008)$

说明： $\phi 10$  没有 0.008 的标准公差。应在  $>6\sim 10$  尺寸段查标准公差为 0.006，或为 0.009。

### (2) 极限偏差的错误标注

错误标注	正确标注
$\phi 20_{-0.033}^0$	$\phi 20_0^{+0.033}$
$\phi 40_0^{-0.025}$	$\phi 40_{-0.026}^0$
$\phi 20_{-0.021}^{+0.015}$	$\phi 20_{-0.019}^{+0.021}$
$\phi 50_{-0.030}^{-0.041}$	$\phi 50_{-0.041}^{-0.030}$
$\phi 30_{-0.013}^{+0.004}$	$\phi 30_{-0.008}^{+0.013}$

说明：极限偏差值应上偏差大于下偏差，反之，则是错误的标注。

### (3) 零偏差应标出

说明：旧国标规定极限偏差为零，不要求注出“0”数字，新国标规定，要求注出“0”数。

### 2. 配合的错误标注

错误标注	正确标注	错误标注	正确标注
$\phi 20^{+0.062}$	$\phi 20_0^{+0.062}$	$\phi 10 \frac{H10}{f9}$	$\phi 10 \frac{H9}{f9}$
$\phi 30^{+0.074}$	$\phi 30_0^{+0.074}$	$\phi 10 \frac{H6}{n7}$	$\phi 10 \frac{H7}{n6}$
		$\phi 10 \frac{H6}{m5}$	$\phi 10 \frac{H6}{m5}$

说明：新国标规定 8 级以下的等级，应选用同级孔、轴配合。7 级以上的公差等级，一般规定孔公差等级比轴公差等级低一级。公差等级数字应与基本偏差代号并齐，旧国标的精度等级规定写在配合代号右下角，例如  $d_3, G_{h4}$ 。

### 3. 若采用包容原则，则应在尺寸公差之后标注Ⓔ

例如： $\phi 20_0^{+0.033} \text{Ⓔ}$ 。

4. 尺寸公差应与形位公差和表面粗糙度参数值协调一致，（详见第二章和第三章的叙述和规定）。一般情况，尺寸精度越高，形位精度也越高，该表面的粗糙度参数值（ $R_a$ ）也应该越小。

## 十二、选用举例

为便于选择，将各类配合的特征和应用（主要介绍基孔制的各种配合）介绍如下：

### 1. 间隙配合的特征和应用

属于间隙配合一类的基本偏差有  $a \sim h$  共十一种。其中  $H/a$  的间隙为最大,  $h/h$  的间隙为最小, 其最小间隙为零。

(1)  $H/a$ ,  $H/b$ ,  $H/c$  这三种配合可得到很大的间隙, 因此用得并不广。如带榫槽法兰盘与槽的配合, 为了便于装配, 必须保证有较大的间隙, 因此选用  $H12/b12$ , 如图 1-19 所示。又如图 1-20 所示, 为使内燃机汽门导杆能在导管内, 并在高温下正常工作, 所以采用了较高精度级的大间隙配合  $H8/c8$ 。

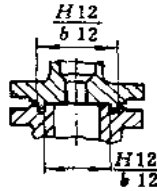


图1-19 带榫法兰盘的配合

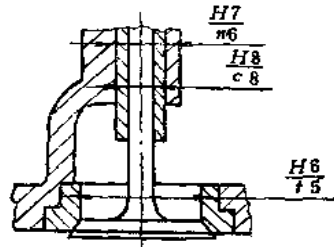


图1-20 内燃机排气阀和导管的配合

(2)  $H/d$  是一种间隙很大的自由转动配合, 也可用于只有滑动的配合。如活塞环和活塞槽的配合可用  $H9/d9$ , 如图 1-21 所示。

(3)  $H/e$  配合多用于  $IT6 \sim IT9$  级。通常适用于要求有明显的间隙, 易于转动的支承配合。例如: 滑块与凹槽的配合  $H8/e8$ , 如图 1-22 所示; 张紧链轮与轴的配合, 如图 1-23 所示。

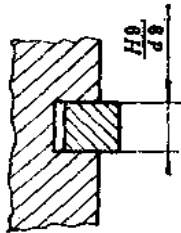


图1-21 活塞环和活塞槽的配合

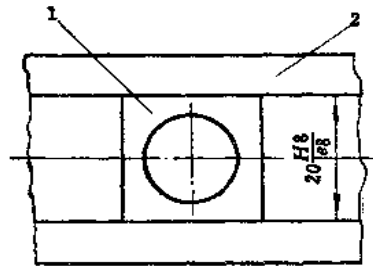


图1-22 滑块与皮带导轮凹槽的配合

1—滑块; 2—凹槽。

(4)  $H/f$  配合是一种常用的转动配合, 多用于  $IT5 \sim IT9$  级。例如, 对开轴承与轴的配合选用  $\phi 25H8/f9$  如图 1-25 所示; 齿轮轴套与轴的配合选用  $H7/f7$ , 如图 1-24

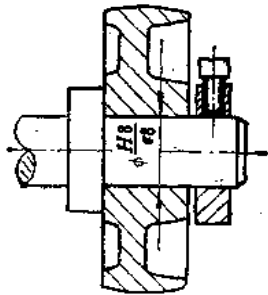


图1-23 张紧链轮与轴的配合

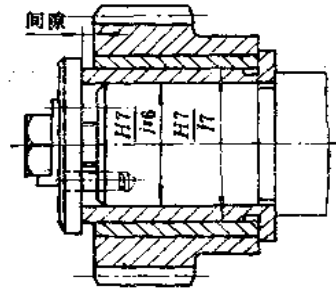


图1-24 齿轮轴套与轴的配合

所示。

(5)  $H/g$  配合间隙很小, 多用于  $IT5 \sim IT7$  的高精度配合, 一般不推荐作转动配合用, 只用于精密、低速滑动配合, 如分度头的主轴配合。

(6)  $H/h$  配合的最小间隙为零, 用于  $IT4 \sim IT12$  级。所以只用于低速轴向移动的配合, 或用于没有相对滑动只作定位要求的配合。例如, 定心凸缘的配合, 如图 1-26 所示, 部分式滑动轴承壳体的定位配合如图 1-27 所示, 剃齿刀和刀杆主轴的配合  $H6/h5$ , 如图 1-28 所示。也可以用于精度要求不高, 却有对中性要求的轴、孔配合, 如起重吊车的链轮与轴的配合, 如图 1-29 所示。

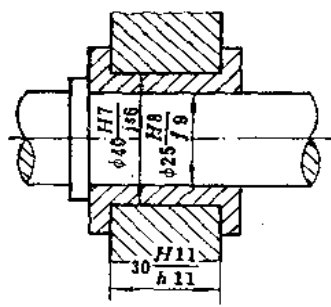


图1-25 对开轴瓦与轴承两侧的配合

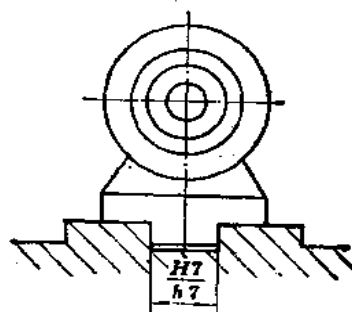


图1-26 定心凸缘的配合

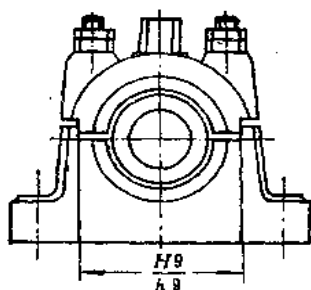


图1-27 部分式滑动轴承壳体的配合

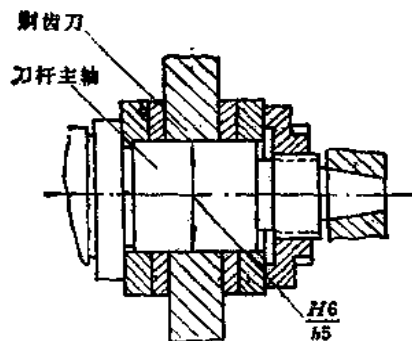


图1-28 剃齿刀和刀杆主轴的配合

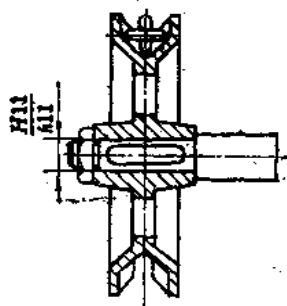


图1-29 起重吊车的链轮与轴的配合

## 2. 过渡配合的特征和应用

属于基孔制的过渡配合有  $H/j$ ,  $H/js$ ,  $H/k$ ,  $H/m$ ,  $H/n$  等五种。



(1)  $H/j$  和  $H/js$  配合为稍有间隙的过渡配合, 既能保证定位精度又易于装拆。例如, 齿圈和钢轮辐的配合  $H7/js6$ , 如图 1-30 所示; 车床尾架压紧压块和压板、杠杆间的配合  $H7/js6$ , 如图 1-31 所示; 滚动轴承的外圈与孔的配合  $Js7$ , 如图 1-32 所示。

(2)  $H/k$  配合为平均间隙接近于零的配合, 适用于  $IT4 \sim IT7$  级精度。例如, C616 车床床头箱主轴的后轴承座与箱体孔的配合如图 1-33 所示, 滚动轴承内圈与轴的配合如图 1-32 所示。

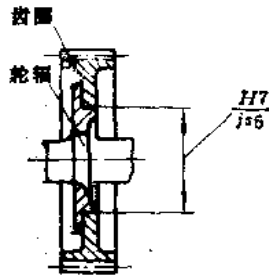


图1-30 齿圈与钢轮辐的配合

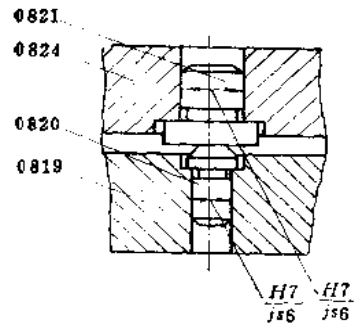


图1-31 车床尾架压紧压块和压板, 杠杆间的配合  
0820、0821—压块; 0824—压板; 0819—杠杆。

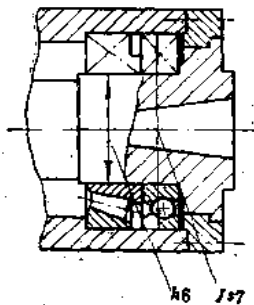


图1-32 滚动轴承内、外圈用的配合

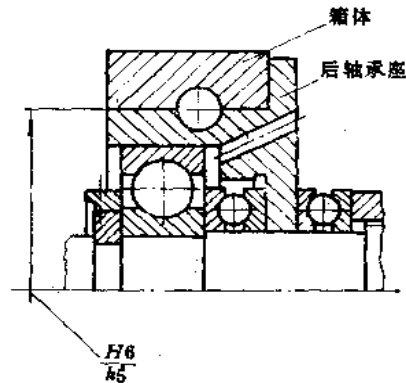


图1-33 某车床主轴后轴承座和箱体孔的配合

(3)  $H/m$  是具有很小过盈的过渡配合, 适用于  $IT4 \sim IT7$  级。主要用作精密定位, 且不容许有游动的情况发生。例如, 蜗轮青铜轮缘与铸铁轮的配合  $H7/m6$  如图 1-34 所示。

(4)  $H/n$  配合的平均过盈比  $H/m$  的大, 得到间隙的可能性很小, 适用于  $IT4 \sim IT7$  级。由于这种配合较紧, 一般维修时不拆卸。例如, 链轮轮缘与轮心的配合  $\phi 150$   $H7/n6$  如图 1-35 所示, 冲床齿轮与轴的配合  $H7/n6$  如图 1-36 所示。

### 3. 过盈配合的特征和应用

(1)  $H/p$  配合在公差等级 6 和 7 级时为过盈配合, 而在  $IT8$  级时属过渡配合。这种配合的过盈量不太大, 还能拆卸。例如, 卷扬机的绳轮和齿圈的配合  $H7/p6$  如图 1-37 所示。

(2)  $H/r$  配合是过盈配合, 当用  $H8/r7$  配合, 且直径  $< 100\text{mm}$  时, 都属过渡配合。这种配合靠过盈能承受中等的力和扭矩。常用在压入轴承衬套的配合。如图 1-38

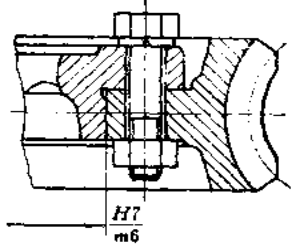


图1-34 蜗轮青铜轮缘与铸铁轮心的配合

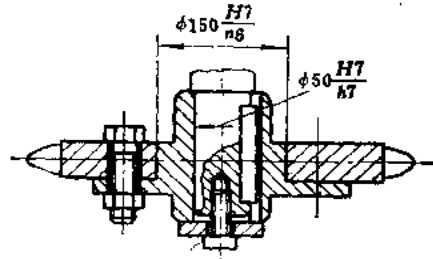


图1-35 链轮轮缘与轮心的配合

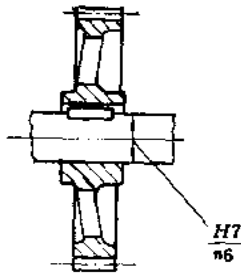


图1-36 冲床齿轮与轴的配合

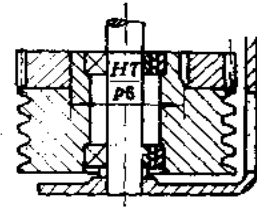


图1-37 卷扬机的绳轮和齿图的配合

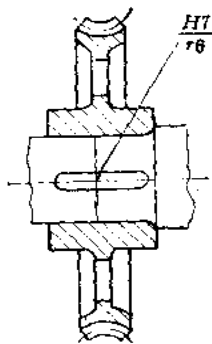


图1-38 蜗轮与轴的配合

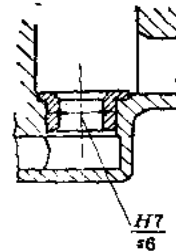


图1-39 水泵阀座和壳体的配合

所示蜗轮和轴的结合 $H7/r6$ ，且外加键，则能传递扭矩。

(3)  $H/s$  配合的过盈能产生足够大的夹紧力，钢和铸铁件采用这种配合可作为永久或半永久性结合。如图 1-39 为水泵阀座和壳体的结合 $H7/s6$ 。

(4)  $H/t$  配合过盈较大，不用附加键等就能传递力矩。如图 1-40 所示连轴节和轴的配合。

(5)  $H/u$  配合过盈大，使用时，应验算过盈量，是否会使材料应变过大而损坏。如火车轮毂和轴的配合用 $H6/u5$ 。

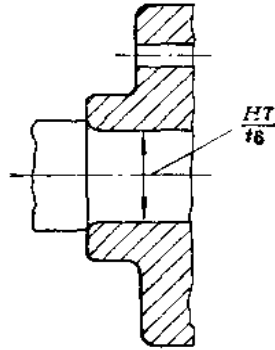


图1-40 连轴节和轴的配合

#### 4. 综合应用

图 1-41 是蜗轮减速器的一部分，蜗轮齿圈和轮毂的配合要求成为永久性（或半永久性）的固定结合、齿圈又不能承受太大的过盈，所以采用过盈量不太大的过盈配合  $H8/s7$ 。

蜗轮与轴的配合要求传递扭矩，一般情况又要求靠键保证其可靠性，所以可选用过盈配合  $H7/k6$ 。滚动轴承与孔、轴的配合，因为要求轴承内圈与轴一起转动，因此内圈选用基孔制  $k6$  配合（即过盈配合），外圈外径选用基轴制  $H7$  配合（即间隙配合）。

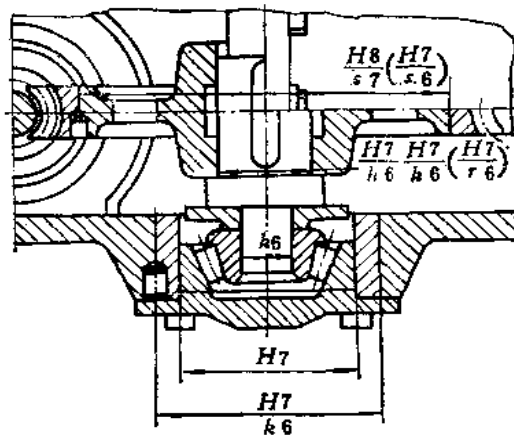


图1-41 减速器蜗轮与轴的配合

附表1-1 轴的极限偏差  
( $\mu\text{m}$ )

基本尺寸 (mm)		公差带														
		a					b					c				
大于	至	9	10	11	12	13	9	10	11	12	13	8	9	10	11	12
—	3	-270	-270	-270	-270	-270	-140	-140	-140	-140	-140	-60	-60	-60	-60	-60
		-295	-310	-330	-370	-410	-165	-180	-200	-240	-280	-74	-85	-100	-120	-160
3	6	-270	-270	-270	-270	-270	-140	-140	-140	-140	-140	-70	-70	-70	-70	-70
		-300	-318	-345	-390	-450	-170	-188	-215	-260	-320	-88	-100	-118	-145	-190
6	10	-280	-280	-280	-280	-280	-150	-150	-150	-150	-150	-80	-80	-80	-80	-80
		-316	-338	-370	-430	-500	-186	-208	-240	-300	-370	-102	-116	-138	-170	-230
10	14	-290	-290	-290	-290	-290	-150	-150	-150	-150	-150	-95	-95	-95	-95	-95
		-333	-360	-400	-470	-560	-193	-220	-260	-330	-420	-122	-138	-165	-205	-275
18	24	-300	-300	-300	-300	-300	-160	-160	-160	-160	-160	-110	-110	-110	-110	-110
		-352	-384	-430	-510	-630	-212	-244	-290	-370	-490	-143	-162	-194	-240	-320
30	40	-310	-310	-310	-310	-310	-170	-170	-170	-170	-170	-120	-120	-120	-120	-120
		-372	-410	-470	-560	-700	-232	-270	-330	-420	-560	-159	-182	-220	-280	-370
40	50	-320	-320	-320	-320	-320	-180	-180	-180	-180	-180	-130	-130	-130	-130	-130
		-382	-420	-480	-570	-710	-242	-280	-340	-430	-570	-169	-192	-230	-290	-380
50	65	-340	-340	-340	-340	-340	-190	-190	-190	-190	-190	-140	-140	-140	-140	-140
		-414	-460	-530	-640	-800	-264	-310	-380	-490	-650	-186	-214	-260	-330	-440
65	80	-360	-360	-360	-360	-360	-200	-200	-200	-200	-200	-150	-150	-150	-150	-150
		-434	-480	-550	-660	-820	-274	-320	-390	-500	-660	-196	-224	-270	-340	-450
80	100	-380	-380	-380	-380	-380	-220	-220	-220	-220	-220	-170	-170	-170	-170	-170
		-467	-520	-600	-730	-920	-307	-360	-440	-570	-760	-224	-257	-310	-390	-520
100	120	-410	-410	-410	-410	-410	-240	-240	-240	-240	-240	-180	-180	-180	-180	-180
		-497	-550	-630	-760	-950	-327	-380	-460	-590	-780	-234	-267	-320	-400	-530
120	140	-460	-460	-460	-460	-460	-260	-260	-260	-260	-260	-200	-200	-200	-200	-200
		-560	-620	-710	-860	-1090	-360	-420	-510	-660	-890	-263	-300	-360	-450	-600
140	160	-520	-520	-520	-520	-520	-280	-280	-280	-280	-280	-210	-210	-210	-210	-210
		-620	-680	-770	-920	-1150	-380	-440	-530	-680	-910	-273	-310	-370	-460	-610
160	180	-580	-580	-580	-580	-580	-310	-310	-310	-310	-310	-230	-230	-230	-230	-230
		-680	-740	-830	-980	-1210	-410	-470	-560	-710	-940	-293	-330	-390	-480	-630
180	200	-660	-660	-660	-660	-660	-340	-340	-340	-340	-340	-240	-240	-240	-240	-240
		-775	-845	-950	-1120	-1380	-455	-525	-630	-800	-1060	-312	-355	-423	-530	-700
200	225	-740	-740	-740	-740	-740	-380	-380	-380	-380	-380	-260	-260	-260	-260	-260
		-855	-925	-1030	-1200	-1460	-495	-565	-670	-840	-1100	-332	-375	-445	-550	-720
225	250	-820	-820	-820	-820	-820	-420	-420	-420	-420	-420	-280	-280	-280	-280	-280
		-935	-1005	-1110	-1280	-1540	-535	-605	-710	-880	-1140	-352	-395	-465	-570	-740
250	280	-920	-920	-920	-920	-920	-480	-480	-480	-480	-480	-300	-300	-300	-300	-300
		-1050	-1130	-1240	-1440	-1730	-610	-690	-800	-1000	-1290	-381	-430	-510	-620	-820
280	315	-1050	-1050	-1050	-1050	-1050	-540	-540	-540	-540	-540	-330	-330	-330	-330	-330
		-1180	-1260	-1370	-1570	-1860	-670	-750	-860	-1060	-1350	-411	-460	-540	-650	-850
315	355	-1200	-1200	-1200	-1200	-1200	-600	-600	-600	-600	-600	-360	-360	-360	-360	-360
		-1340	-1430	-1560	-1770	-2090	-740	-830	-960	-1170	-1490	-449	-500	-580	-720	-930
355	400	-1350	-1350	-1350	-1350	-1350	-680	-680	-680	-680	-680	-400	-400	-400	-400	-400
		-1490	-1580	-1710	-1920	-2240	-820	-910	-1040	-1250	-1570	-489	-540	-630	-760	-970
400	450	-1500	-1500	-1500	-1500	-1500	-780	-780	-780	-780	-780	-440	-440	-440	-440	-440
		-1655	-1750	-1900	-2130	-2470	-915	-1010	-1160	-1390	-1730	-537	-595	-690	-840	-1070
450	500	-1650	-1650	-1650	-1650	-1650	-840	-840	-840	-840	-840	-480	-480	-480	-480	-480
		-1805	-1900	-2050	-2280	-2620	-995	-1090	-1240	-1470	-1810	-577	-635	-730	-880	-1110

注：基本尺寸小于1mm时，各级的a和b均不采用。

(续)

基本尺寸 (mm)		公差带													
大于	至	c	d					e					f		
		13	7	8	9	10	11	6	7	8	9	10	5	6	7
—	3	-60 -200	-20 -30	-20 -34	-20 -45	-20 -60	-20 -80	-14 -20	-14 -24	-14 -28	-14 -39	-14 -54	-6 -10	-6 -12	-6 -16
3	6	-70 -250	-30 -42	-30 -48	-30 -60	-30 -78	-30 -105	-20 -28	-20 -32	-20 -38	-20 -50	-20 -68	-10 -15	-10 -18	-10 -22
6	10	-80 -300	-40 -55	-40 -62	-40 -76	-40 -98	-40 -130	-25 -34	-25 -40	-25 -47	-25 -61	-25 -83	-18 -19	-18 -22	-18 -28
10	14	-95 -365	-50 -68	-50 -77	-50 -93	-50 -120	-50 -160	-32 -43	-32 -50	-32 -59	-32 -75	-32 -102	-16 -24	-16 -27	-16 -34
14	18	-110 -440	-65 -86	-65 -98	-65 -117	-65 -149	-65 -195	-40 -53	-40 -61	-40 -73	-40 -92	-40 -124	-20 -29	-20 -33	-20 -41
18	24	-120 -510	-80 -105	-80 -119	-80 -142	-80 -180	-80 -240	-50 -66	-50 -75	-50 -89	-50 -112	-50 -150	-25 -36	-25 -41	-25 -50
24	30	-130 -520	-100 -130	-100 -146	-100 -174	-100 -220	-100 -290	-60 -79	-60 -90	-60 -106	-60 -134	-60 -180	-30 -43	-30 -49	-30 -60
30	40	-140 -600	-110 -150	-110 -160	-110 -190	-110 -250	-110 -340	-70 -94	-70 -107	-70 -126	-70 -159	-70 -212	-40 -51	-40 -58	-40 -71
40	50	-150 -610	-120 -155	-120 -174	-120 -207	-120 -260	-120 -340	-80 -94	-80 -107	-80 -126	-80 -159	-80 -212	-50 -51	-50 -58	-50 -71
50	65	-170 -710	-140 -180	-140 -208	-140 -245	-140 -305	-140 -395	-90 -110	-90 -125	-90 -148	-90 -185	-90 -245	-60 -61	-60 -68	-60 -83
65	80	-180 -720	-150 -185	-150 -208	-150 -245	-150 -305	-150 -395	-100 -110	-100 -125	-100 -148	-100 -185	-100 -245	-70 -79	-70 -79	-70 -96
80	100	-200 -830	-170 -210	-170 -210	-170 -245	-170 -305	-170 -395	-110 -125	-110 -148	-110 -185	-110 -245	-110 -320	-80 -87	-80 -88	-80 -108
100	120	-210 -840	-180 -216	-180 -242	-180 -285	-180 -355	-180 -460	-120 -129	-120 -148	-120 -172	-120 -215	-120 -285	-90 -96	-90 -96	-90 -119
120	140	-220 -850	-190 -227	-190 -271	-190 -320	-190 -400	-190 -510	-130 -142	-130 -162	-130 -191	-130 -240	-130 -320	-100 -108	-100 -108	-100 -131
140	160	-230 -860	-200 -237	-200 -281	-200 -330	-200 -410	-200 -520	-140 -150	-140 -175	-140 -208	-140 -265	-140 -355	-110 -119	-110 -119	-110 -142
160	180	-240 -870	-210 -247	-210 -291	-210 -340	-210 -420	-210 -530	-150 -160	-150 -185	-150 -218	-150 -275	-150 -365	-120 -129	-120 -129	-120 -152
180	200	-250 -880	-220 -257	-220 -301	-220 -350	-220 -430	-220 -540	-160 -170	-160 -195	-160 -228	-160 -285	-160 -375	-130 -139	-130 -139	-130 -162
200	225	-260 -890	-230 -267	-230 -311	-230 -360	-230 -440	-230 -550	-170 -180	-170 -205	-170 -238	-170 -295	-170 -385	-140 -149	-140 -149	-140 -172
225	250	-270 -900	-240 -277	-240 -321	-240 -370	-240 -450	-240 -560	-180 -190	-180 -215	-180 -248	-180 -305	-180 -395	-150 -159	-150 -159	-150 -182
250	280	-280 -910	-250 -287	-250 -331	-250 -380	-250 -460	-250 -570	-190 -200	-190 -235	-190 -268	-190 -325	-190 -415	-160 -169	-160 -169	-160 -192
280	315	-290 -920	-260 -297	-260 -341	-260 -390	-260 -470	-260 -580	-200 -210	-200 -245	-200 -278	-200 -335	-200 -425	-170 -179	-170 -179	-170 -202
315	355	-300 -930	-270 -307	-270 -351	-270 -400	-270 -480	-270 -590	-210 -220	-210 -255	-210 -288	-210 -345	-210 -435	-180 -189	-180 -189	-180 -212
355	400	-310 -940	-280 -317	-280 -361	-280 -410	-280 -490	-280 -600	-220 -230	-220 -265	-220 -298	-220 -355	-220 -445	-190 -199	-190 -199	-190 -222
400	450	-320 -950	-290 -327	-290 -371	-290 -420	-290 -500	-290 -610	-230 -240	-230 -275	-230 -308	-230 -365	-230 -455	-200 -209	-200 -209	-200 -232
450	500	-330 -960	-300 -337	-300 -381	-300 -430	-300 -510	-300 -620	-240 -250	-240 -285	-240 -318	-240 -375	-240 -465	-210 -219	-210 -219	-210 -242

(续)

基本尺寸 (mm)		公差带													
大于	至	f		g						h					
		8	9	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	
—	3	-6 -20	-6 -31	-2 -5	-2 -6	-2 -8	-2 -12	-2 -16	0 -0.8	0 -1.2	0 -2	0 -3	0 -4	0 -6	
3	6	-10 -28	-10 -40	-4 -8	-4 -9	-4 -12	-4 -16	-4 -22	0 -1	0 -1.5	0 -2.5	0 -4	0 -5	0 -8	
6	10	-13 -35	-13 -49	-5 -9	-5 -11	-5 -14	-5 -20	-5 -27	0 -1	0 -1.5	0 -2.5	0 -4	0 -6	0 -9	
10	14	-16 -43	-16 -59	-6 -11	-6 -14	-6 -17	-6 -24	-6 -33	0 -1.2	0 -2	0 -3	0 -5	0 -8	0 -11	
14	18	-20 -53	-20 -72	-7 -13	-7 -16	-7 -20	-7 -28	-7 -40	0 -1.5	0 -2.5	0 -4	0 -6	0 -9	0 -13	
18	24	-25 -64	-25 -87	-9 -16	-9 -20	-9 -25	-9 -34	-9 -48	0 -1.5	0 -2.5	0 -4	0 -7	0 -11	0 -16	
24	30	-30 -76	-30 -104	-10 -18	-10 -23	-10 -29	-10 -40	-10 -56	0 -2	0 -3	0 -5	0 -8	0 -13	0 -19	
30	40	-36 -90	-36 -123	-12 -22	-12 -27	-12 -34	-12 -47	-12 -66	0 -2.5	0 -4	0 -6	0 -10	0 -15	0 -22	
40	50	-43 -106	-43 -143	-14 -26	-14 -32	-14 -39	-14 -54	-14 -77	0 -3.5	0 -5	0 -8	0 -12	0 -18	0 -25	
50	65	-50 -122	-50 -165	-15 -29	-15 -35	-15 -44	-15 -61	-15 -87	0 -4.5	0 -7	0 -10	0 -14	0 -20	0 -29	
65	80	-56 -137	-56 -186	-17 -33	-17 -40	-17 -49	-17 -69	-17 -98	0 -6	0 -8	0 -12	0 -16	0 -23	0 -32	
80	100	-62 -151	-62 -202	-18 -36	-18 -43	-18 -54	-18 -75	-18 -107	0 -7	0 -9	0 -13	0 -18	0 -25	0 -36	
100	120	-68 -165	-68 -223	-20 -40	-20 -47	-20 -60	-20 -83	-20 -117	0 -8	0 -10	0 -15	0 -20	0 -27	0 -40	
120	140														
140	160														
160	180														
180	200														
200	225														
225	250														
250	280														
280	315														
315	355														
355	400														
400	450														
450	500														

(续)

基本尺寸 (mm)		公差												
		h							f			js		
大于	至	7	8	9	10	11	12	13	5	6	7	1	2	3
—	3	0 -10	0 -14	0 -25	0 -40	0 -60	0 -100	0 -140	—	+4 -2	+6 -4	±0.4	±0.6	±1
3	6	0 -12	0 -18	0 -30	0 -48	0 -75	0 -120	0 -180	+3 -2	+6 -2	+8 -4	±0.5	±0.75	±1.25
6	10	0 -15	0 -22	0 -36	0 -58	0 -90	0 -150	0 -220	+4 -2	+7 -2	+10 -5	±0.5	±0.75	±1.25
10	14	0 -18	0 -27	0 -43	0 -70	0 -110	0 -180	0 -270	+5 -3	+8 -3	+12 -6	±0.6	±1	±1.5
14	18	0 -21	0 -33	0 -52	0 -84	0 -130	0 -210	0 -330	+5 -4	+9 -4	+13 -8	±0.75	±1.25	±2
18	24	0 -25	0 -39	0 -62	0 -100	0 -160	0 -250	0 -390	+6 -5	+11 -5	+15 -10	±0.75	±1.25	±2
24	30	0 -30	0 -46	0 -74	0 -120	0 -190	0 -300	0 -460	+6 -7	+12 -7	+18 -12	±1	±1.5	±2.5
30	40	0 -35	0 -54	0 -87	0 -140	0 -220	0 -350	0 -540	+6 -9	+13 -9	+20 -15	±1.25	±2	±3
40	50	0 -40	0 -63	0 -100	0 -160	0 -250	0 -400	0 -630	+7 -11	+14 -11	+22 -18	±1.75	±2.5	±4
50	65	0 -46	0 -72	0 -115	0 -185	0 -290	0 -460	0 -720	+7 -13	+16 -13	+25 -21	±2.25	±3.5	±5
65	80	0 -52	0 -81	0 -130	0 -210	0 -320	0 -520	0 -810	+7 -16	—	—	±3	±4	±6
80	100	0 -58	0 -90	0 -145	0 -240	0 -370	0 -600	0 -900	+7 -17	—	—	±3	±4	±6
100	120	0 -64	0 -99	0 -160	0 -270	0 -430	0 -720	0 -1100	+7 -18	—	—	±3	±4	±6
120	140	0 -70	0 -108	0 -175	0 -300	0 -480	0 -810	0 -1300	+7 -19	—	—	±3	±4	±6
140	160	0 -76	0 -117	0 -190	0 -330	0 -530	0 -900	0 -1500	+7 -20	—	—	±3	±4	±6
160	180	0 -82	0 -126	0 -205	0 -360	0 -580	0 -1000	0 -1700	+7 -21	—	—	±3	±4	±6
180	200	0 -88	0 -135	0 -220	0 -400	0 -640	0 -1150	0 -2000	+7 -22	—	—	±3	±4	±6
200	225	0 -94	0 -144	0 -235	0 -450	0 -720	0 -1350	0 -2400	+7 -23	—	—	±3	±4	±6
225	250	0 -100	0 -153	0 -250	0 -510	0 -810	0 -1600	0 -2800	+7 -24	—	—	±3	±4	±6
250	280	0 -106	0 -162	0 -265	0 -570	0 -900	0 -1850	0 -3300	+7 -25	—	—	±3	±4	±6
280	315	0 -112	0 -171	0 -280	0 -640	0 -1000	0 -2150	0 -3900	+7 -26	—	—	±3	±4	±6
315	355	0 -118	0 -180	0 -300	0 -720	0 -1150	0 -2550	0 -4600	+7 -27	—	—	±3	±4	±6

(续)

基本尺寸 (mm)		公差带											
		js										k	
大于	至	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	4	5
—	3	±1.5	±2	±3	±6	±7	±12	±20	±30	±50	±70	+3 0	+4 0
3	6	±2	±2.5	±4	±6	±9	±15	±24	±37	±60	±90	+5 +1	+6 +1
6	10	±2	±3	±4.5	±7	±11	±18	±29	±45	±75	±110	+5 +1	+7 +1
10	14	±2.5	±4	±5.5	±9	±13	±21	±35	±55	±90	±135	+6 +1	+9 +1
14	18												
18	24	±3	±4.5	±6.5	±10	±16	±26	±42	±65	±105	±165	+8 +2	+11 +2
24	30												
30	40	±3.5	±5.5	±8	±12	±19	±31	±50	±80	±125	±195	+9 +2	+13 +2
40	50												
50	65	±4	±6.5	±9.5	±15	±23	±37	±60	±95	±150	±230	+10 +2	+15 +2
65	80												
80	100	±5	±7.5	±11	±17	±27	±43	±70	±110	±175	±270	+13 +3	+18 +3
100	120												
120	140	±6	±9	±12.5	±20	±31	±50	±80	±125	±200	±315	+15 +3	+21 +3
140	160												
160	180	±7	±10	±14.5	±23	±36	±57	±92	±145	±230	±360	+18 +4	+24 +4
180	200												
200	225	±8	±11.5	±16	±26	±40	±65	±105	±160	±260	±405	+20 +4	+27 +4
225	250												
250	280	±9	±12.5	±18	±28	±44	±70	±115	±180	±285	±445	+22 +4	+29 +4
280	315												
315	355	±10	±13.5	±20	±31	±48	±77	±125	±200	±315	±485	+25 +5	+32 +5
355	400												
400	450	±10	±13.5	±20	±31	±48	±77	±125	±200	±315	±485	+25 +5	+32 +5
450	500												



(续)

基本尺寸 (mm)		公 差												
		h			m					n				
大于	至	6	7	8	4	5	6	7	8	4	5	6	7	8
	3	+6 0	+10 0	+14 0	+5 +2	+6 +2	+8 +2	+12 +2	+16 +2	+7 +4	+8 +4	+10 +4	+14 +4	+18 +4
3	6	+9 +1	+13 +1	+18 0	+8 +4	+9 +4	+12 +4	+16 +4	+22 +4	+12 +8	+13 +8	+16 +8	+20 +8	+26 +8
6	10	+10 +1	+16 +1	+22 0	+10 +6	+12 +6	+15 +6	+21 +6	+28 +6	+14 +10	+16 +10	+19 +10	+25 +10	+32 +10
10	14	+12 +1	+19 +1	+27 0	+12 +7	+15 +7	+18 +7	+25 +7	+34 +7	+17 +12	+20 +12	+23 +12	+30 +12	+39 +12
14	18													
18	24	+15 +2	+23 +2	+33 0	+14 +8	+17 +8	+21 +8	+29 +8	+41 +8	+21 +15	+24 +15	+28 +15	+36 +15	+48 +15
24	30													
30	40	+18 +2	+27 +2	+39 0	+16 +9	+20 +9	+25 +9	+34 +9	+48 +9	+24 +17	+28 +17	+33 +17	+42 +17	+56 +17
40	50													
50	65	+21 +2	+32 +2	+46 0	+19 +11	+24 +11	+30 +11	+41 +11	+57 +11	+28 +20	+33 +20	+39 +20	+50 +20	+66 +20
65	80													
80	100	+25 +3	+38 +3	+54 0	+23 +13	+28 +13	+35 +13	+48 +13	+67 +13	+33 +23	+38 +23	+45 +23	+58 +23	+77 +23
100	120													
120	140													
140	160	+28 +3	+43 +3	+63 0	+27 +15	+33 +15	+40 +15	+56 +15	+78 +15	+39 +27	+45 +27	+52 +27	+67 +27	+90 +27
160	180													
180	200													
200	225	+33 +4	+50 +4	+72 0	+31 +17	+37 +17	+46 +17	+63 +17	+89 +17	+45 +31	+51 +31	+60 +31	+77 +31	+103 +31
225	250													
250	280	+36 +4	+56 +4	+81 0	+36 +20	+43 +20	+52 +20	+72 +20	+101 +20	+50 +34	+57 +34	+66 +34	+86 +34	+115 +34
280	315													
315	355	+40 +4	+61 +4	+89 0	+39 +21	+46 +21	+57 +21	+78 +21	+110 +21	+55 +37	+62 +37	+73 +37	+94 +37	+126 +37
355	400													
400	450	+45 +5	+68 +5	+97 0	+43 +23	+50 +23	+63 +23	+86 +23	+120 +23	+60 +40	+67 +40	+80 +40	+103 +40	+137 +40
450	500													

(续)

基本尺寸 (mm)		公差带												
		p					r					s		
		4	5	6	7	8	4	5	6	7	8	4	5	6
大于	至													
—	3	+8 +6	+10 +6	+12 +6	+16 +6	+20 +6	+13 +10	+14 +10	+16 +10	+20 +10	+24 +10	+17 +14	+18 +14	+20 +14
3	6	+16 +12	+17 +12	+20 +12	+24 +12	+30 +12	+19 +15	+20 +15	+23 +15	+27 +15	+33 +15	+23 +19	+24 +19	+27 +19
6	10	+19 +15	+21 +15	+24 +15	+30 +15	+37 +15	+23 +19	+25 +19	+28 +19	+34 +19	+41 +19	+27 +23	+29 +23	+32 +23
10	14	+23 +18	+26 +18	+29 +18	+36 +18	+45 +18	+28 +23	+31 +23	+34 +23	+41 +23	+50 +23	+33 +28	+36 +28	+39 +28
14	18													
18	24	+28 +22	+31 +22	+35 +22	+43 +22	+55 +22	+34 +28	+37 +28	+41 +28	+49 +28	+61 +28	+41 +35	+44 +35	+48 +35
24	30													
30	40	+33 +26	+37 +26	+42 +26	+51 +26	+65 +26	+41 +34	+45 +34	+50 +34	+59 +34	+73 +34	+50 +43	+54 +43	+59 +43
40	50													
50	65	+40 +32	+45 +32	+51 +32	+62 +32	+78 +32	+49 +41	+54 +41	+60 +41	+71 +41	+87 +41	+61 +53	+66 +53	+72 +53
65	80						+51 +43	+56 +43	+62 +43	+73 +43	+89 +43	+67 +59	+72 +59	+78 +59
80	100	+47 +37	+52 +37	+59 +37	+72 +37	+91 +37	+61 +51	+66 +51	+73 +51	+86 +51	+105 +51	+81 +71	+86 +71	+93 +71
100	120						+64 +54	+69 +54	+76 +54	+89 +54	+108 +54	+89 +79	+94 +79	+101 +79
120	140						+75 +63	+81 +63	+88 +63	+103 +63	+126 +63	+104 +92	+110 +92	+117 +92
140	160	+55 +43	+61 +43	+68 +43	+83 +43	+106 +43	+77 +65	+83 +65	+90 +65	+105 +65	+128 +65	+112 +100	+118 +100	+125 +100
160	180						+80 +68	+86 +68	+93 +68	+108 +68	+131 +68	+120 +108	+126 +108	+133 +108
180	200						+91 +77	+97 +77	+106 +77	+123 +77	+149 +77	+136 +122	+142 +122	+151 +122
200	225	+64 +50	+70 +50	+79 +50	+96 +50	+122 +50	+94 +80	+100 +80	+109 +80	+126 +80	+152 +80	+144 +130	+150 +130	+159 +130
225	250						+98 +84	+104 +84	+113 +84	+130 +84	+156 +84	+154 +140	+160 +140	+169 +140
250	280						+110 +94	+117 +94	+126 +94	+146 +94	+175 +94	+174 +158	+181 +158	+190 +158
280	315	+72 +56	+79 +56	+88 +56	+108 +56	+137 +56	+114 +98	+121 +98	+130 +98	+150 +98	+179 +98	+186 +170	+193 +170	+202 +170
315	355						+126 +108	+133 +108	+144 +108	+165 +108	+197 +108	+208 +190	+215 +190	+226 +190
355	400	+80 +62	+87 +62	+98 +62	+119 +62	+151 +62	+132 +114	+139 +114	+150 +114	+171 +114	+203 +114	+226 +208	+233 +208	+244 +208
400	450						+146 +126	+153 +126	+166 +126	+189 +126	+223 +126	+252 +232	+259 +232	+272 +232
450	500	+88 +68	+95 +68	+108 +68	+131 +68	+165 +68	+152 +132	+159 +132	+172 +132	+195 +132	+229 +132	+272 +252	+279 +252	+292 +252

基本尺寸 (mm)		公差												
		s		f				m				v		
大于	至	7	8	5	6	7	8	5	6	7	8	5	6	7
—	3	+24 +14	+28 +14	—	—	—	—	+22 +18	+24 +18	+28 +18	+32 +18	—	—	—
3	6	+31 +19	+37 +19	—	—	—	—	+28 +23	+31 +23	+35 +23	+41 +23	—	—	—
6	10	+38 +23	+45 +23	—	—	—	—	+34 +28	+37 +28	+43 +28	+50 +28	—	—	—
10	14	+46 +28	+55 +28	—	—	—	—	+41 +33	+44 +33	+51 +33	+60 +33	—	—	—
14	18											+47 +39	+50 +39	+57 +39
18	24	+56 +35	+68 +35	—	—	—	—	+50 +41	+54 +41	+62 +41	+74 +41	+56 +47	+60 +47	+68 +47
24	30			+50 +41	+54 +41	+62 +41	+74 +41	+57 +48	+61 +48	+69 +48	+81 +48	+64 +55	+68 +55	+76 +55
30	40	+68 +43	+82 +43	+59 +48	+64 +48	+73 +48	+87 +48	+71 +60	+76 +60	+85 +60	+99 +60	+79 +68	+84 +68	+93 +68
40	50			+65 +54	+70 +54	+79 +54	+93 +54	+81 +70	+86 +70	+95 +70	+109 +70	+92 +81	+97 +81	+106 +81
50	65	+83 +53	+99 +53	+79 +66	+85 +66	+96 +66	+112 +66	+100 +87	+106 +87	+117 +87	+133 +87	+115 +102	+121 +102	+132 +102
65	80	+89 +59	+105 +59	+88 +73	+94 +75	+105 +75	+121 +75	+115 +102	+121 +102	+132 +102	+148 +102	+133 +120	+139 +120	+150 +120
80	100	+106 +71	+125 +71	+106 +91	+113 +91	+126 +91	+145 +91	+139 +124	+146 +124	+159 +124	+178 +124	+151 +146	+168 +146	+181 +146
100	120	+114 +79	+133 +79	+119 +104	+126 +104	+139 +104	+158 +104	+159 +144	+166 +144	+179 +144	+198 +144	+187 +172	+194 +172	+207 +172
120	140	+132 +92	+155 +92	+140 +122	+147 +122	+162 +122	+185 +122	+188 +170	+195 +170	+210 +170	+233 +170	+220 +202	+227 +202	+242 +202
140	160	+146 +106	+163 +100	+154 +132	+159 +134	+174 +134	+197 +134	+208 +190	+245 +190	+230 +190	+253 +190	+246 +228	+253 +228	+268 +228
160	180	+148 +108	+171 +108	+164 +146	+171 +146	+186 +146	+209 +146	+228 +210	+235 +210	+250 +210	+273 +210	+270 +252	+277 +252	+292 +252
180	200	+168 +122	+194 +122	+186 +166	+195 +166	+212 +166	+238 +166	+255 +236	+265 +236	+282 +236	+308 +236	+304 +284	+313 +284	+330 +284
200	225	+176 +130	+202 +130	+200 +180	+209 +180	+226 +180	+252 +180	+278 +258	+287 +258	+304 +258	+330 +258	+330 +310	+339 +310	+366 +310
225	250	+186 +140	+212 +140	+216 +196	+225 +196	+242 +196	+268 +196	+304 +284	+313 +284	+330 +284	+356 +284	+360 +340	+369 +340	+386 +340
250	280	+210 +158	+239 +158	+241 +218	+250 +218	+270 +218	+299 +218	+333 +315	+347 +315	+367 +315	+396 +315	+408 +385	+417 +385	+437 +385
280	315	+222 +170	+251 +170	+263 +240	+272 +240	+292 +240	+321 +240	+373 +350	+382 +350	+402 +350	+431 +350	+448 +425	+457 +425	+477 +425
315	355	+247 +190	+279 +190	+293 +268	+304 +268	+325 +268	+357 +268	+415 +390	+426 +390	+447 +390	+479 +390	+500 +475	+511 +475	+532 +475
355	400	+265 +208	+297 +208	+319 +294	+330 +294	+351 +294	+383 +294	+460 +435	+471 +435	+492 +435	+524 +435	+555 +530	+566 +530	+587 +530
400	450	+285 +232	+329 +232	+357 +330	+370 +330	+393 +330	+427 +330	+517 +490	+530 +490	+553 +490	+587 +490	+622 +595	+635 +595	+658 +595
450	500	+315 +252	+349 +252	+387 +360	+400 +360	+423 +360	+457 +360	+507 +540	+580 +540	+603 +540	+637 +540	+687 +660	+700 +660	+723 +660

(续)

基本尺寸 (mm)		公差带												
大于	至	v	x				y				z			
			8	5	6	7	8	5	6	7	8	5	6	7
—	3	—	+24	+26	+30	+34	—	—	—	—	+30	+32	+36	+40
			+20	+20	+20	+20	—	—	—	—	+26	+26	+26	+26
3	6	—	+33	+36	+40	+46	—	—	—	—	+40	+43	+47	+53
			+28	+28	+28	+28	—	—	—	—	+35	+35	+35	+35
6	10	—	+40	+43	+49	+56	—	—	—	—	+48	+51	+57	+64
			+34	+34	+34	+34	—	—	—	—	+42	+42	+42	+42
10	14	—	+48	+51	+58	+67	—	—	—	—	+58	+61	+68	+77
			+40	+40	+40	+40	—	—	—	—	+50	+50	+50	+50
14	18	+66	+53	+56	+63	+72	—	—	—	—	+68	+71	+78	+87
		+39	+45	+45	+45	+45	—	—	—	—	+60	+60	+60	+60
18	24	+80	+63	+67	+75	+87	+72	+76	+84	+96	+82	+86	+94	+106
		+47	+54	+54	+54	+54	+63	+63	+63	+63	+73	+73	+73	+73
24	30	+88	+73	+77	+85	+97	+84	+88	+96	+108	+97	+101	+109	+121
		+55	+64	+64	+64	+64	+75	+75	+75	+75	+88	+88	+88	+88
30	40	+107	+91	+96	+105	+119	+105	+110	+119	+133	+123	+128	+137	+151
		+68	+80	+80	+80	+80	+94	+94	+94	+94	+112	+112	+112	+112
40	50	+120	+108	+113	+122	+136	+125	+130	+139	+153	+147	+152	+161	+175
		+81	+97	+97	+97	+97	+114	+114	+114	+114	+136	+136	+136	+136
50	65	+148	+135	+141	+152	+168	+167	+163	+174	+190	+185	+191	+203	+218
		+102	+122	+122	+122	+122	+144	+144	+144	+144	+172	+172	+172	+172
65	80	+166	+159	+165	+176	+192	+187	+193	+204	+220	+223	+229	+240	+256
		+129	+146	+146	+146	+146	+174	+174	+174	+174	+210	+210	+210	+210
80	100	+206	+193	+200	+213	+232	+229	+236	+249	+268	+273	+280	+293	+312
		+146	+178	+178	+178	+178	+214	+214	+214	+214	+258	+258	+258	+258
100	120	+226	+225	+232	+245	+264	+269	+276	+289	+308	+325	+332	+345	+364
		+172	+210	+210	+210	+210	+254	+254	+254	+254	+310	+310	+310	+310
120	140	+265	+266	+273	+288	+311	+318	+325	+340	+363	+383	+390	+405	+428
		+202	+248	+248	+248	+248	+300	+300	+300	+300	+366	+366	+366	+366
140	160	+291	+288	+295	+320	+343	+358	+365	+380	+403	+433	+440	+455	+478
		+228	+280	+280	+280	+280	+340	+340	+340	+340	+415	+415	+415	+415
160	180	+375	+328	+335	+350	+373	+398	+405	+420	+443	+483	+490	+505	+528
		+252	+310	+310	+310	+310	+380	+380	+380	+380	+465	+465	+465	+465
180	200	+356	+370	+379	+396	+422	+445	+454	+471	+497	+540	+549	+566	+592
		+281	+350	+350	+350	+350	+425	+425	+425	+425	+520	+520	+520	+520
200	225	+332	+405	+414	+431	+457	+490	+499	+516	+542	+595	+604	+621	+647
		+310	+385	+385	+385	+385	+470	+470	+470	+470	+575	+575	+575	+575
225	250	+412	+445	+454	+471	+497	+540	+549	+566	+592	+660	+669	+686	+712
		+340	+425	+425	+425	+425	+520	+520	+520	+520	+640	+640	+640	+640
250	280	+486	+498	+507	+527	+556	+603	+612	+632	+661	+733	+742	+762	+791
		+385	+475	+475	+475	+475	+580	+580	+580	+580	+710	+710	+710	+710
280	315	+506	+548	+557	+577	+606	+673	+682	+702	+731	+813	+822	+842	+871
		+425	+525	+525	+525	+525	+650	+650	+650	+650	+790	+790	+790	+790
315	355	+584	+615	+626	+647	+679	+755	+766	+787	+819	+925	+936	+957	+989
		+475	+590	+590	+590	+590	+730	+730	+730	+730	+900	+900	+900	+900
355	400	+619	+685	+696	+717	+749	+845	+856	+877	+909	+1025	+1036	+1057	+1089
		+530	+660	+660	+660	+660	+820	+820	+820	+820	+1000	+1000	+1000	+1000
400	450	+692	+767	+780	+803	+837	+947	+960	+983	+1017	+1127	+1140	+1163	+1197
		+595	+740	+740	+740	+740	+920	+920	+920	+920	+1100	+1100	+1100	+1100
450	500	+767	+847	+860	+883	+917	+1027	+1040	+1063	+1097	+1277	+1290	+1313	+1347
		+660	+820	+820	+820	+820	+1000	+1000	+1000	+1000	+1250	+1250	+1250	+1250

附表1-2 孔的极限偏差 ( $\mu\text{m}$ )

基本尺寸 (mm)		公差带												
		A				B				C				
大于	至	9	10	11	12	9	10	11	12	8	9	10	11	12
—	3	+295 +270	+310 +270	+330 +270	+370 +270	+165 +140	+180 +140	+200 +140	+240 +140	+74 +60	+85 +60	+100 +60	+120 +60	+160 +60
3	6	+300 +270	+318 +270	+345 +270	+390 +270	+170 +140	+188 +140	+215 +140	+260 +140	+88 +70	+100 +70	+118 +70	+145 +70	+190 +70
6	10	+316 +280	+338 +280	+370 +280	+430 +280	+186 +150	+208 +150	+240 +150	+300 +150	+102 +80	+116 +80	+138 +80	+170 +80	+230 +80
10	14	+333 +290	+360 +290	+400 +290	+470 +290	+193 +150	+220 +150	+260 +150	+330 +150	+122 +95	+138 +95	+165 +95	+205 +95	+275 +95
14	18													
18	24	+352 +300	+384 +300	+430 +300	+510 +300	+212 +160	+244 +160	+290 +160	+370 +160	+143 +110	+162 +110	+194 +110	+240 +110	+320 +110
24	30													
30	40	+372 +310	+410 +310	+470 +310	+560 +310	+232 +170	+270 +170	+330 +170	+420 +170	+159 +120	+182 +120	+220 +120	+280 +120	+370 +120
40	50	+382 +320	+420 +320	+480 +320	+570 +320	+242 +180	+280 +180	+340 +180	+430 +180	+169 +130	+192 +130	+230 +130	+290 +130	+380 +130
50	65	+414 +340	+460 +340	+530 +340	+640 +340	+264 +190	+310 +190	+380 +190	+490 +190	+186 +140	+214 +140	+260 +140	+330 +140	+440 +140
65	80	+434 +360	+480 +360	+550 +360	+660 +360	+274 +200	+320 +200	+390 +200	+500 +200	+196 +150	+224 +150	+270 +150	+340 +150	+450 +150
80	100	+467 +380	+520 +380	+600 +380	+730 +380	+307 +220	+360 +220	+440 +220	+570 +220	+224 +170	+257 +170	+310 +170	+390 +170	+520 +170
100	120	+497 +410	+560 +410	+630 +410	+760 +410	+327 +240	+380 +240	+460 +240	+590 +240	+234 +180	+267 +180	+320 +180	+400 +180	+530 +180
120	140	+560 +460	+620 +460	+710 +460	+860 +460	+360 +260	+420 +260	+510 +260	+660 +260	+263 +200	+300 +200	+360 +200	+450 +200	+600 +200
140	160	+620 +520	+680 +520	+770 +520	+920 +520	+380 +280	+440 +280	+530 +280	+680 +280	+273 +210	+310 +210	+370 +210	+460 +210	+610 +210
160	180	+680 +580	+740 +580	+830 +580	+980 +580	+410 +310	+470 +310	+560 +310	+710 +310	+293 +230	+330 +230	+390 +230	+480 +230	+630 +230
180	200	+775 +660	+845 +660	+950 +660	+1120 +660	+455 +340	+525 +340	+630 +340	+800 +340	+312 +240	+355 +240	+425 +240	+530 +240	+700 +240
200	225	+855 +740	+925 +740	+1030 +740	+1200 +740	+495 +380	+565 +380	+670 +380	+840 +380	+332 +260	+375 +260	+445 +260	+550 +260	+720 +260
225	250	+935 +820	+1005 +820	+1110 +820	+1280 +820	+535 +420	+605 +420	+710 +420	+880 +420	+352 +280	+395 +280	+465 +280	+570 +280	+740 +280
250	280	+1050 +920	+1130 +920	+1240 +920	+1440 +920	+610 +480	+690 +480	+800 +480	+1000 +480	+381 +300	+430 +300	+510 +300	+620 +300	+820 +300
280	315	+1180 +1050	+1260 +1050	+1370 +1050	+1570 +1050	+570 +540	+650 +540	+750 +540	+960 +540	+411 +330	+460 +330	+540 +330	+650 +330	+860 +330
315	355	+1340 +1200	+1430 +1200	+1560 +1200	+1770 +1200	+740 +600	+830 +600	+960 +600	+1170 +600	+449 +360	+500 +360	+590 +360	+720 +360	+930 +360
355	400	+1490 +1350	+1580 +1350	+1710 +1350	+1920 +1350	+820 +680	+910 +680	+1040 +680	+1250 +680	+489 +400	+540 +400	+630 +400	+760 +400	+970 +400
400	450	+1655 +1500	+1750 +1500	+1900 +1500	+2130 +1500	+915 +760	+1010 +760	+1160 +760	+1390 +760	+537 +440	+595 +440	+690 +440	+840 +440	+1070 +440
450	500	+1805 +1650	+1900 +1650	+2050 +1650	+2280 +1650	+995 +840	+1090 +840	+1240 +840	+1470 +840	+577 +480	+635 +480	+730 +480	+880 +480	+1110 +480

注：基本尺寸小于1mm时，各级的A和B均不采用。

(续)

基本尺寸 (mm)		公差带												
		D					E				F			
大于	至	7	8	9	10	11	7	8	9	10	6	7	8	9
—	3	+30 +20	+34 +20	+45 +20	+60 +20	+80 +20	+24 +14	+28 +14	+39 +14	+54 +14	+12 +6	+16 +6	+20 +6	+31 +6
	3	+42 +30	+48 +30	+60 +30	+78 +30	+105 +30	+32 +20	+38 +20	+50 +20	+68 +20	+18 +10	+22 +10	+28 +10	+40 +10
	6	+55 +40	+62 +40	+76 +40	+98 +40	+130 +40	+40 +25	+47 +25	+61 +25	+83 +25	+22 +13	+28 +13	+35 +13	+49 +13
	10	+68 +50	+77 +50	+93 +50	+120 +50	+160 +50	+50 +32	+59 +32	+75 +32	+102 +32	+27 +16	+34 +16	+43 +16	+59 +16
	14	+86 +65	+98 +65	+117 +65	+149 +65	+195 +65	+61 +40	+73 +40	+92 +40	+124 +40	+33 +20	+41 +20	+63 +20	+72 +20
	18	+86 +65	+98 +65	+117 +65	+149 +65	+195 +65	+61 +40	+73 +40	+92 +40	+124 +40	+33 +20	+41 +20	+63 +20	+72 +20
	24	+105 +80	+119 +80	+142 +80	+180 +80	+240 +80	+75 +50	+89 +50	+112 +50	+160 +50	+41 +25	+50 +25	+64 +25	+87 +25
	30	+105 +80	+119 +80	+142 +80	+180 +80	+240 +80	+75 +50	+89 +50	+112 +50	+160 +50	+41 +25	+50 +25	+64 +25	+87 +25
	40	+130 +100	+146 +100	+174 +100	+220 +100	+290 +100	+90 +60	+106 +60	+134 +60	+180 +60	+49 +30	+60 +30	+76 +30	+104 +30
	50	+130 +100	+146 +100	+174 +100	+220 +100	+290 +100	+90 +60	+106 +60	+134 +60	+180 +60	+49 +30	+60 +30	+76 +30	+104 +30
	65	+155 +120	+174 +120	+207 +120	+260 +120	+340 +120	+107 +72	+126 +72	+159 +72	+212 +72	+58 +36	+71 +36	+90 +36	+123 +36
	80	+155 +120	+174 +120	+207 +120	+260 +120	+340 +120	+107 +72	+126 +72	+159 +72	+212 +72	+58 +36	+71 +36	+90 +36	+123 +36
	100	+185 +145	+208 +145	+245 +145	+306 +145	+395 +145	+125 +85	+148 +85	+185 +85	+245 +85	+68 +43	+83 +43	+106 +43	+143 +43
	120	+185 +145	+208 +145	+245 +145	+306 +145	+395 +145	+125 +85	+148 +85	+185 +85	+245 +85	+68 +43	+83 +43	+106 +43	+143 +43
	140	+185 +145	+208 +145	+245 +145	+306 +145	+395 +145	+125 +85	+148 +85	+185 +85	+245 +85	+68 +43	+83 +43	+106 +43	+143 +43
	160	+216 +170	+242 +170	+285 +170	+355 +170	+460 +170	+146 +100	+172 +100	+215 +100	+285 +100	+79 +50	+96 +50	+122 +50	+165 +50
	180	+216 +170	+242 +170	+285 +170	+355 +170	+460 +170	+146 +100	+172 +100	+215 +100	+285 +100	+79 +50	+96 +50	+122 +50	+165 +50
	200	+242 +190	+271 +190	+320 +190	+400 +190	+510 +190	+162 +110	+191 +110	+240 +110	+320 +110	+88 +56	+108 +56	+137 +56	+186 +56
	225	+242 +190	+271 +190	+320 +190	+400 +190	+510 +190	+162 +110	+191 +110	+240 +110	+320 +110	+88 +56	+108 +56	+137 +56	+186 +56
	250	+242 +190	+271 +190	+320 +190	+400 +190	+510 +190	+162 +110	+191 +110	+240 +110	+320 +110	+88 +56	+108 +56	+137 +56	+186 +56
	280	+242 +190	+271 +190	+320 +190	+400 +190	+510 +190	+162 +110	+191 +110	+240 +110	+320 +110	+88 +56	+108 +56	+137 +56	+186 +56
	315	+267 +210	+299 +210	+350 +210	+440 +210	+570 +210	+182 +125	+214 +125	+265 +125	+355 +125	+98 +62	+119 +62	+151 +62	+202 +62
	355	+267 +210	+299 +210	+350 +210	+440 +210	+570 +210	+182 +125	+214 +125	+265 +125	+355 +125	+98 +62	+119 +62	+151 +62	+202 +62
	400	+293 +230	+327 +230	+385 +230	+480 +230	+630 +230	+198 +135	+232 +135	+290 +135	+385 +135	+108 +68	+131 +68	+165 +68	+223 +68
	450	+293 +230	+327 +230	+385 +230	+480 +230	+630 +230	+198 +135	+232 +135	+290 +135	+385 +135	+108 +68	+131 +68	+165 +68	+223 +68

(续)

基本尺寸 (mm)		公差带												
		G				H								
大于	至	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	9
—	3	+6 +2	+8 +2	+12 +2	+16 +2	+0.8 0	+1.2 0	+2 0	+3 0	+4 0	+6 0	+10 0	+14 0	+25 0
3	6	+9 +4	+12 +4	+16 +4	+22 +4	+1 0	+1.5 0	+2.5 0	+4 0	+5 0	+8 0	+12 0	+18 0	+30 0
6	10	+11 +5	+14 +5	+20 +5	+27 +5	+1 0	+1.5 0	+2.5 0	+4 0	+6 0	+9 0	+15 0	+22 0	+36 0
10	14	+14 +6	+17 +6	+24 +6	+33 +6	+1.2 0	+2 0	+3 0	+5 0	+8 0	+11 0	+18 0	+27 0	+43 0
14	18													
18	24	+16 +7	+20 +7	+28 +7	+40 +7	+1.5 0	+2.5 0	+4 0	+6 0	+9 0	+13 0	+21 0	+33 0	+52 0
24	30													
30	40	+20 +9	+25 +9	+34 +9	+48 +9	+1.5 0	+2.5 0	+4 0	+7 0	+11 0	+16 0	+25 0	+39 0	+62 0
40	50													
50	65	+23 +10	+29 +10	+40 +10	+56 +10	+2 0	+3 0	+5 0	+8 0	+13 0	+19 0	+30 0	+46 0	+74 0
65	80													
80	100	+27 +12	+34 +12	+47 +12	+66 +12	+2.5 0	+4 0	+6 0	+10 0	+15 0	+22 0	+35 0	+54 0	+87 0
100	120													
120	140													
140	160	+32 +14	+39 +14	+54 +14	+77 +14	+3.5 0	+5 0	+8 0	+12 0	+18 0	+25 0	+40 0	+63 0	+100 0
160	180													
180	200													
200	225	+35 +15	+44 +15	+61 +15	+87 +15	+4.5 0	+7 0	+10 0	+14 0	+20 0	+29 0	+46 0	+72 0	+115 0
225	250													
250	280	+40 +17	+49 +17	+69 +17	+98 +17	+6 0	+8 0	+12 0	+16 0	+23 0	+32 0	+52 0	+81 0	+130 0
280	315													
315	355	+43 +18	+54 +18	+75 +18	+107 +18	+7 0	+9 0	+13 0	+18 0	+25 0	+36 0	+57 0	+89 0	+140 0
355	400													
400	450	+47 +20	+60 +20	+83 +20	+117 +20	+8 0	+10 0	+15 0	+20 0	+27 0	+40 0	+63 0	+97 0	+155 0
450	500													

(续)

基本尺寸 (mm)		公差带												
		H				J			Js					
大于	至	10	11	12	13	6	7	8	1	2	3	4	5	6
—	3	+40 0	+60 0	+100 0	+140 0	+2 -4	+4 -6	+6 -8	±0.4	±0.6	±1	±1.5	±2	±3
3	6	+48 0	+75 0	+120 0	+180 0	+5 -3	—	+10 -8	±0.5	±0.75	±1.25	±2	±2.5	±4
6	10	+58 0	+90 0	+150 0	+220 0	+5 -4	+8 -7	+12 -10	±0.5	±0.75	±1.25	±2	±3	±4.5
10	14	+70 0	+110 0	+180 0	+270 0	+6 -5	+10 -8	+15 -12	±0.6	±1	±1.5	±2.5	±4	±5.5
14	18													
18	24	+84 0	+130 0	+210 0	+330 0	+8 -5	+12 -9	+20 -13	±0.75	±1.25	±2	±3	±4.5	±6.5
24	30													
30	40	+100 0	+160 0	+250 0	+390 0	+10 -6	+14 -11	+24 -15	±0.75	±1.25	±2	±3.5	±5.5	±8
40	50													
50	65	+120 0	+190 0	+300 0	+460 0	+13 -6	+18 -12	+28 -18	±1	±1.5	±2.5	±4	±6.5	±9.5
65	80													
80	100	+140 0	+220 0	+350 0	+540 0	+16 -6	+22 -13	+34 -20	±1.25	±2	±3	±5	±7.5	±11
100	120													
120	140													
140	160	+160 0	+250 0	+400 0	+630 0	+18 -7	+26 -14	+41 -22	±1.75	±2.5	±4	±6	±9	±12.5
160	180													
180	200													
200	225	+185 0	+290 0	+460 0	+720 0	+22 -7	+30 -16	+47 -25	±2.25	±3.5	±5	±7	±10	±14.5
225	250													
250	280	+210 0	+320 0	+520 0	+810 0	+25 -7	+36 -16	+55 -26	±3	±4	±6	±8	±11.5	±16
280	315													
315	355	+230 0	+360 0	+570 0	+890 0	+29 -7	+39 -18	+60 -29	±3.5	±4.5	±6.5	±9	±12.5	±18
355	400													
400	450	+250 0	+400 0	+630 0	+970 0	+33 -7	+43 -20	+66 -31	±4	±5	±7.5	±10	±13.5	±20
450	500													



(续)

基本尺寸 (mm)		公差带												
		Js							K					M
大于	至	7	8	9	10	11	12	13	4	5	6	7	8	4
—	3	±5	±7	±12	±20	±30	±50	±70	0 -3	0 -4	0 -6	0 -10	0 -14	-2 -5
3	6	±6	±9	±15	±24	±37	±60	±90	+0.5 -3.5	0 -5	+2 -6	+3 -9	+5 -13	-2.5 -6.5
6	10	±7	±11	±18	±29	±45	±75	±110	+0.5 -3.5	+1 -5	+2 -7	+5 -10	+8 -16	-4.5 -8.5
10	14	±9	±13	±21	±35	±55	±90	±135	+1	+2	+2	+6	+8	-5
14	18								-4	-6	-9	-12	-19	-10
18	24	±10	±16	±26	±42	±65	±105	±165	0	+1	+2	+6	+10	-6
24	30								-6	-8	-11	-15	-23	-12
30	40	±12	±19	±31	±50	±80	±125	±195	+1	+2	+3	+7	+12	-6
40	50								-6	-9	-13	-18	-27	-13
50	65	±15	±23	±37	±60	±95	±150	±230	+1	+3	+4	+9	+14	-8
65	80								-7	-10	-15	-21	-32	-16
80	100	±17	±27	±43	±70	±110	±175	±270	+1	+2	+4	+10	+18	-9
100	120								-9	-13	-18	-25	-38	-19
120	140	±20	±31	±50	±80	±125	±200	±315	+1	+3	+4	+12	+20	-11
140	160								-11	-15	-21	-28	-43	-23
160	180	±23	±36	±57	±92	±145	±230	±360	0	+2	+5	+13	+22	-13
180	200								-14	-18	-24	-33	-50	-27
200	225	±26	±40	±65	±105	±160	±260	±405	0	+3	+5	+16	+25	-16
225	250								-16	-20	-27	-36	-56	-32
250	280	±28	±44	±70	±115	±180	±285	±445	+1	+3	+7	+17	+28	-16
280	315								-17	-22	-29	-40	-61	-34
315	355	±31	±48	±77	±125	±200	±315	±485	0	+2	+8	+18	+29	-18
355	400								-20	-25	-32	-45	-68	-38
400	450	±31	±48	±77	±125	±200	±315	±485	0	+2	+8	+18	+29	-18
450	500								-20	-25	-32	-45	-68	-38

(续)

基本尺寸 (mm)		公差带												
		M				N					P			
大于	至	5	6	7	8	5	6	7	8	9	5	6	7	8
—	3	-2 -6	-2 -8	-2 -12	-2 -16	-4 -8	-4 -10	-4 -14	-4 -18	-4 -29	-6 -10	-6 -12	-6 -16	-6 -20
3	6	-3 -8	-1 -9	0 -12	+2 -16	-7 -12	-5 -13	-4 -16	-2 -20	0 -30	-11 -16	-9 -17	-8 -20	-12 -30
6	10	-4 -10	-3 -12	0 -15	+1 -21	-8 -14	-7 -16	-4 -19	-3 -25	0 -36	-13 -19	-12 -21	-9 -24	-15 -37
10	14	-4 -12	-4 -15	0 -18	+2 -25	-9 -17	-9 -20	-5 -23	-3 -30	0 -43	-15 -23	-15 -26	-11 -29	-18 -45
14	18	-5 -14	-4 -17	0 -21	+4 -29	-12 -21	-11 -24	-7 -28	-3 -36	0 -52	-19 -28	-18 -31	-14 -35	-22 -55
18	24	-5 -16	-4 -20	0 -25	+5 -34	-13 -24	-12 -28	-8 -33	-3 -42	0 -62	-22 -33	-21 -37	-17 -42	-26 -65
24	30	-5 -16	-4 -20	0 -25	+5 -34	-13 -24	-12 -28	-8 -33	-3 -42	0 -62	-22 -33	-21 -37	-17 -42	-26 -65
30	40	-5 -16	-4 -20	0 -25	+5 -34	-13 -24	-12 -28	-8 -33	-3 -42	0 -62	-22 -33	-21 -37	-17 -42	-26 -65
40	50	-5 -16	-4 -20	0 -25	+5 -34	-13 -24	-12 -28	-8 -33	-3 -42	0 -62	-22 -33	-21 -37	-17 -42	-26 -65
50	65	-6 -19	-5 -24	0 -30	+5 -41	-15 -28	-14 -33	-9 -39	-4 -50	0 -74	-27 -40	-26 -45	-21 -51	-32 -78
65	80	-6 -19	-5 -24	0 -30	+5 -41	-15 -28	-14 -33	-9 -39	-4 -50	0 -74	-27 -40	-26 -45	-21 -51	-32 -78
80	100	-8 -23	-6 -28	0 -35	+6 -48	-18 -33	-16 -38	-10 -45	-4 -58	0 -87	-32 -47	-30 -52	-24 -59	-37 -91
100	120	-8 -23	-6 -28	0 -35	+6 -48	-18 -33	-16 -38	-10 -45	-4 -58	0 -87	-32 -47	-30 -52	-24 -59	-37 -91
120	140	-9 -27	-8 -33	0 -40	+8 -55	-21 -39	-20 -46	-12 -52	-4 -67	0 -100	-37 -55	-36 -61	-28 -68	-43 -106
140	150	-9 -27	-8 -33	0 -40	+8 -55	-21 -39	-20 -46	-12 -52	-4 -67	0 -100	-37 -55	-36 -61	-28 -68	-43 -106
160	180	-9 -27	-8 -33	0 -40	+8 -55	-21 -39	-20 -46	-12 -52	-4 -67	0 -100	-37 -55	-36 -61	-28 -68	-43 -106
180	200	-9 -27	-8 -33	0 -40	+8 -55	-21 -39	-20 -46	-12 -52	-4 -67	0 -100	-37 -55	-36 -61	-28 -68	-43 -106
200	225	-11 -31	-8 -37	0 -46	+9 -63	-25 -45	-22 -51	-14 -60	-5 -77	0 -115	-44 -64	-41 -70	-33 -79	-50 -122
225	250	-11 -31	-8 -37	0 -46	+9 -63	-25 -45	-22 -51	-14 -60	-5 -77	0 -115	-44 -64	-41 -70	-33 -79	-50 -122
250	280	-13 -36	-9 -41	0 -52	+9 -72	-27 -50	-25 -57	-14 -66	-5 -86	0 -130	-49 -72	-47 -79	-36 -88	-58 -137
280	315	-13 -36	-9 -41	0 -52	+9 -72	-27 -50	-25 -57	-14 -66	-5 -86	0 -130	-49 -72	-47 -79	-36 -88	-58 -137
315	355	-14 -39	-10 -46	0 -57	+11 -78	-30 -55	-26 -62	-16 -73	-5 -94	0 -140	-55 -80	-51 -87	-41 -98	-62 -151
355	400	-14 -39	-10 -46	0 -57	+11 -78	-30 -55	-26 -62	-16 -73	-5 -94	0 -140	-55 -80	-51 -87	-41 -98	-62 -151
400	450	-16 -43	-10 -50	0 -63	+11 -86	-33 -60	-27 -67	-17 -80	-6 -103	0 -155	-61 -88	-55 -95	-45 -108	-68 -165
450	500	-16 -43	-10 -50	0 -63	+11 -86	-33 -60	-27 -67	-17 -80	-6 -103	0 -155	-61 -88	-55 -95	-45 -108	-68 -165

注：(1) 当基本尺寸大于 250 至 315 mm 时，M 6 的 ES 等于 -9 (不等于 -11)；

(2) 基本尺寸小于 1 mm 时，大于 IT 8 的 N 不采用。

(续)

基本尺寸 (mm)		公差带												
		P	R				S				T			U
大于	至	9	5	6	7	8	5	6	7	8	6	7	8	6
—	3	-6 -31	-10 -14	-10 -16	-10 -20	-10 -24	-14 -18	-14 -24	-14 -24	-14 -28	—	—	—	-18 -24
3	6	-12 -42	-14 -19	-12 -20	-11 -23	-15 -33	-18 -23	-16 -24	-15 -27	-19 -37	—	—	—	-20 -28
6	10	-15 -51	-17 -23	-16 -25	-13 -28	-19 -41	-21 -27	-20 -29	-17 -32	-23 -45	—	—	—	-25 -34
10	14	-18 -61	-20 -28	-20 -31	-16 -34	-23 -50	-25 -33	-25 -36	-21 -39	-28 -55	—	—	—	-30 -41
14	18													
18	24	-22 -74	-25 -34	-24 -37	-20 -41	-28 -61	-32 -41	-31 -44	-27 -48	-35 -68	—	—	—	-37 -50
24	30										-37 -50	-33 -54	-41 -74	-44 -57
30	40	-26 -88	-30 -41	-29 -45	-25 -50	-34 -73	-39 -50	-38 -54	-34 -59	-43 -82	-49 -65	-59 -70	-64 -93	-71 -81
40	50													
50	65	-32 -106	-36 -49	-35 -54	-30 -60	-41 -87	-48 -81	-47 -66	-42 -72	-53 -99	-60 -79	-55 -85	-66 -112	-81 -100
65	80		-38 -51	-37 -56	-32 -62	-43 -89	-54 -87	-53 -72	-48 -78	-58 -105	-69 -88	-64 -94	-75 -121	-96 -115
80	100	-37 -124	-46 -61	-44 -66	-38 -73	-51 -105	-66 -81	-64 -86	-58 -93	-71 -125	-84 -106	-78 -113	-91 -145	-117 -139
100	120		-49 -64	-47 -69	-41 -76	-54 -108	-74 -89	-72 -94	-66 -101	-79 -133	-97 -119	-91 -126	-104 -158	-137 -159
120	140		-57 -75	-56 -81	-48 -88	-63 -126	-86 -104	-85 -110	-77 -117	-92 -155	-115 -140	-107 -147	-122 -185	-163 -188
140	160	-43 -143	-59 -77	-58 -83	-50 -90	-65 -128	-94 -112	-93 -118	-85 -125	-100 -163	-127 -152	-119 -159	-134 -197	-183 -208
160	180		-62 -80	-61 -86	-53 -93	-68 -131	-102 -129	-101 -126	-93 -133	-108 -171	-139 -164	-131 -171	-146 -209	-203 -228
180	200		-71 -91	-68 -97	-60 -106	-77 -149	-118 -138	-118 -142	-105 -151	-122 -194	-157 -186	-149 -195	-166 -238	-227 -256
200	225	-50 -165	-74 -94	-71 -100	-63 -109	-80 -152	-124 -144	-121 -150	-118 -159	-130 -202	-171 -200	-163 -209	-180 -252	-249 -278
225	250		-78 -98	-75 -104	-67 -113	-84 -156	-134 -154	-131 -160	-123 -169	-140 -212	-187 -216	-179 -225	-196 -268	-275 -304
250	280	-56 -186	-87 -110	-85 -117	-74 -126	-94 -176	-151 -174	-149 -181	-138 -190	-158 -239	-209 -241	-198 -250	-218 -299	-306 -338
280	315		-91 -114	-89 -121	-78 -130	-98 -179	-163 -186	-161 -193	-150 -202	-170 -251	-231 -263	-220 -272	-240 -321	-341 -373
315	355		-101 -126	-97 -133	-87 -144	-108 -197	-183 -208	-179 -215	-169 -226	-190 -279	-257 -293	-247 -304	-268 -357	-379 -415
355	400	-62 -202	-107 -132	-103 -139	-93 -150	-114 -203	-201 -226	-197 -233	-187 -244	-208 -297	-283 -319	-273 -330	-294 -383	-424 -460
400	450		-119 -146	-113 -153	-103 -166	-126 -223	-225 -252	-219 -259	-209 -272	-232 -329	-317 -357	-307 -370	-330 -427	-477 -517
450	500	-68 -223	-125 -152	-119 -159	-109 -172	-132 -229	-245 -272	-239 -279	-229 -292	-252 -349	-347 -387	-337 -400	-360 -457	-527 -567

(续)

基本尺寸 (mm)		公差带														
		U		V			X			Y			Z			
大于	至	7	8	6	7	8	6	7	8	6	7	8	6	7	8	
—	3	-18	-18	—	—	—	-20	-20	-20	—	—	—	-26	-26	-26	
		-28	-32	—	—	—	-26	-30	-34	—	—	—	-32	-36	-40	
3	6	-19	-23	—	—	—	-25	-24	-28	—	—	—	-32	-31	-35	
		-31	-41	—	—	—	-33	-35	-46	—	—	—	-40	-43	-53	
6	10	-22	-28	—	—	—	-31	-28	-34	—	—	—	-39	-36	-42	
		-37	-50	—	—	—	-40	-43	-56	—	—	—	-48	-51	-64	
10	14	-26	-33	—	—	—	-37	-33	-40	—	—	—	-47	-43	-50	
		-44	-60	—	—	—	-48	-51	-67	—	—	—	-58	-61	-77	
14	18	-33	-41	-36	-32	-39	-42	-38	-45	—	—	—	-57	-53	-60	
		-54	-74	-47	-50	-66	-53	-56	-72	—	—	—	-68	-71	-87	
18	24	-40	-48	-43	-39	-47	-50	-46	-54	-59	-55	-63	-69	-65	-73	
		-61	-81	-56	-60	-80	-63	-67	-87	-72	-76	-96	-82	-86	-106	
24	30	-51	-60	-51	-47	-55	-60	-58	-64	-71	-67	-75	-84	-80	-88	
		-76	-99	-64	-68	-88	-73	-77	-97	-84	-88	-108	-97	-101	-121	
30	40	-51	-60	-63	-59	-68	-75	-71	-80	-89	-85	-94	-107	-103	-112	
		-86	-109	-79	-84	-107	-91	-96	-119	-105	-110	-133	-123	-128	-151	
40	50	-61	-70	-76	-72	-81	-92	-88	-97	-109	-105	-114	-131	-127	-136	
		-106	-133	-92	-97	-120	-108	-113	-136	-125	-130	-153	-147	-152	-175	
50	65	-76	-87	-96	-91	-102	-116	-111	-122	-138	-133	-144	-166	-161	-172	
		-127	-148	-115	-121	-148	-135	-141	-168	-157	-163	-190	-185	-191	-218	
65	80	-91	-102	-114	-109	-120	-140	-135	-146	-168	-163	-174	-204	-199	-210	
		-146	-178	-133	-139	-166	-159	-165	-192	-187	-193	-220	-223	-229	-256	
80	100	-111	-124	-139	-133	-146	-171	-165	-178	-207	-201	-214	-251	-245	-268	
		-166	-198	-161	-168	-200	-193	-200	-232	-229	-236	-268	-273	-280	-312	
100	120	-131	-144	-165	-159	-172	-203	-197	-210	-247	-241	-254	-303	-297	-310	
		-215	-233	-187	-194	-226	-225	-232	-264	-269	-276	-308	-325	-332	-364	
120	140	-155	-170	-195	-187	-202	-241	-233	-248	-293	-285	-300	-358	-350	-365	
		-215	-253	-220	-227	-265	-266	-273	-311	-318	-325	-363	-383	-390	-428	
140	160	-175	-190	-221	-213	-228	-273	-265	-280	-333	-325	-340	-408	-400	-415	
		-235	-273	-246	-253	-291	-298	-305	-343	-358	-365	-403	-433	-440	-478	
160	180	-195	-210	-245	-237	-252	-303	-295	-310	-373	-365	-380	-458	-450	-465	
		-265	-308	-270	-277	-315	-328	-335	-373	-398	-405	-443	-483	-490	-528	
180	200	-219	-236	-275	-267	-284	-341	-333	-350	-416	-408	-425	-511	-503	-520	
		-287	-330	-304	-313	-356	-370	-379	-422	-445	-454	-497	-540	-549	-592	
200	225	-241	-258	-301	-293	-310	-376	-368	-385	-461	-453	-470	-566	-558	-575	
		-313	-356	-330	-339	-382	-405	-414	-457	-490	-499	-542	-595	-604	-647	
225	250	-267	-284	-331	-323	-340	-416	-408	-425	-511	-503	-520	-631	-623	-640	
		-347	-396	-360	-369	-412	-445	-454	-497	-540	-549	-592	-660	-669	-712	
250	280	-295	-315	-376	-365	-385	-466	-455	-475	-571	-560	-580	-701	-690	-710	
		-382	-431	-408	-417	-466	-498	-507	-556	-603	-612	-661	-733	-742	-791	
280	315	-330	-350	-416	-405	-425	-516	-505	-525	-641	-630	-650	-781	-770	-790	
		-426	-479	-448	-457	-506	-548	-557	-606	-673	-682	-731	-813	-822	-871	
315	355	-369	-390	-464	-454	-475	-579	-569	-590	-719	-709	-730	-899	-879	-900	
		-471	-524	-500	-511	-564	-615	-626	-679	-755	-766	-819	-925	-936	-989	
355	400	-414	-435	-519	-509	-530	-649	-639	-660	-809	-799	-820	-989	-979	-1000	
		-520	-587	-555	-566	-619	-685	-696	-749	-845	-856	-909	-1025	-1036	-1089	
400	450	-467	-490	-582	-572	-595	-727	-717	-740	-907	-897	-920	-1087	-1077	-1100	
		-577	-622	-602	-615	-662	-767	-780	-837	-947	-960	-1017	-1127	-1140	-1197	
450	500	-517	-540	-647	-637	-660	-807	-797	-820	-987	-977	-1000	-1237	-1227	-1250	
		-580	-637	-687	-700	-757	-847	-860	-917	-1027	-1040	-1097	-1277	-1290	-1347	

## 第二章 形位公差选用与标注

### 一、形位公差概况

零件在加工过程中会产生大小不同的形状误差和位置误差（简称形位误差）。它们不仅会影响机器、仪表的联接强度、配合性质、密封性、耐磨性、运动的平稳性和使用寿命，而且会直接影响机器、仪表、刀具和量具等产品的工作精度。因此，设计师应合理地给定零件的形状公差和位置公差（简称形位公差），以限制形位误差来保证零件使用功能、互换性和产品质量。于是说，形位公差的选用是机械零件的一种几何精度和位置精度的技术设计。

在規定形位公差时，设计者还必须执行我国现行的形位公差标准。目前要求执行的形位公差标准有如下几种：

- (1) GB1182-80《形状和位置公差 代号及其注法》 现在是GB1182-1996
- (2) GB1183-80《形状和位置公差 术语及定义》
- (3) GB1184-80《形状和位置公差 未注公差的规定》
- (4) GB1958-80《形状和位置公差 检测规定》

在1980年前，各工厂曾执行过以下三个时期的有关形位公差的规定。

在1970年前，各工厂采用GB130-59《机械制图 偏差的代号及其注法》标准中的表面形状偏差和位置偏差注法的规定，也可以说这是我国有关形位公差的第一个国家标准。虽然标准规定可用文字说明和代号标注两种方式来表示形位公差要求，但是，由于代号标注是参照苏联40年代的标注方式、存在着代号不便于记忆，不易分辨，容易造

表2-1 形位公差项目、符号及其分类 (GB1182-80)

分类	项目	符号	分类	项目	符号	
形状公差	直线度	—	位置公差	平行度	//	
	平面度	▭		定向	垂直度	⊥
	圆度	○		倾斜度	∠	
	圆柱度	⊘		定位	同轴度	◎
	线轮廓度	⌒		对称度	≡	
	面轮廓度	∩		位置度	⊕	
			跳动	圆跳动	/	
				全跳动	∥	

漏等缺点，所以各工厂习惯用文字表示形位公差要求。

在1970~1974年期间，采用GB130-70《机械制图 偏差代号及其注法》标准中的表面形状和位置偏差部分，与GB130-59的规定相比，其中基本原则未变，只作了少量项目的变动和补充了表面形状和位置偏差的术语及定义。

在1974~1980年期间，采用三个形位公差的试行标准，即

- (1) GB1183-75《表面形状和位置公差 术语和定义》
- (2) GB1184-75《表面形状和位置公差 公差值》
- (3) GB1182-74《表面形状和位置公差 代号及其注法》

有关1980年前使用旧标准的介绍和新旧标准的过渡，详见本章十一节。以下主要介绍使用GB1182-80标准的要求。

按照GB1182-80标准的规定，形位公差项目、代号及其分类见表2-1。

## 二、形位公差项目的选择

在设计机械产品时，正确选择形位公差项目及其公差值，将会直接影响零件的使用功能，产品质量，生产效率与制造成本。为了正确合理选择形位公差项目及其公差值，设计者除了要知道各项形位公差的作用，各项形位公差对零件使用功能的影响和产生形位误差的因素外，还应该清楚地知道形位公差与尺寸公差之间、形位公差各项目之间的关系，然后才能按形位公差的选择原则选用形位公差项目及其公差值。

形位公差的选择原则是在保证零件使用功能和使用期限的前提下，尽量少选形位公差项目和选用低精度级的形位公差值。

### 1. 尺寸公差与形状公差之间的关系

零件要素的形状与要素的定形尺寸有关，零件要素间的相对位置与定位尺寸有关，故在规定尺寸公差后，只有明确尺寸公差与形位公差之间的关系，才能按零件使用功能要求，合理选择形位公差项目及其公差值。

#### (1) 尺寸公差与直线度、平面度之间的关系

零件的线段定形尺寸是长度尺寸，平面的定形尺寸有长度和宽度尺寸。由于零件的定形尺寸公差带与直线度、平面度公差带方向不一致，所以这些定形尺寸公差与直线度、平面度公差无关，因此不能用这些定形尺寸公差来限制直线度、平面度误差。虽然平面的高度尺寸(定位尺寸)与平面的形状误差有关，随着高度尺寸公差的增大，允许平面的形状变动区域也增大，如果高度尺寸采用包容原则，即平面的实际要素受最大实体边界的限制，则高度尺寸公差能控制该平面的平面度误差，如图2-1所示。如果高度尺寸不采用包容原则，如图2-2所示的设计尺寸，按一般两点法测得的尺寸为高度的局部实际尺寸，即使尺寸合格，平面的形状误差有可能超出尺寸公差值。由于一般情况，规定机床导轨或刀刃的直线度和工作台平面的平面度公差都是采用公差的独立原则，故在规定零件要素的尺寸公差时，还要规定该要素的直线度和平面度公差，或按未注形状公差规定要求来限制该要素的形状误差。

圆柱体素线直线度公差与尺寸公差无关，如图2-3所示，其直径尺寸均为 $\phi 10$ ，尺寸误差为零，可是具有较大的素线直线度误差。圆柱体轴线直线度公差与圆柱体直径尺



图2-1 包容原则高度尺寸公差与平面度误差

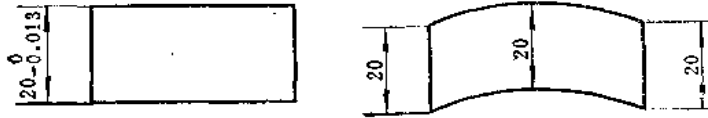


图2-2 独立原则高度尺寸公差与平面度

寸有关，在检验时，应把轴放置在平板上进行检测，或用全形环规进行检验，即用包容原则检测轴的轴线直线度误差。所以在规定圆柱体直径尺寸公差时，又采用了包容原则，则该尺寸公差具有控制轴线直线度误差的作用。只有在尺寸公差已不能保证达到高精度的轴线直线度要求时，才单独给出轴线直线度公差，如图 2-4 所示。

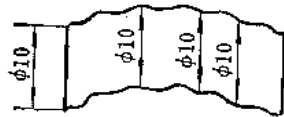


图2-3 尺寸公差与素线直线度

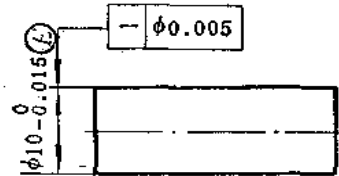


图2-4 尺寸公差与轴线直线度

(2) 尺寸公差与圆度、圆柱度之间的关系

圆度公差是限制圆柱体在同一正截面内实际圆对其理想圆的变动量。圆柱度是限制实际圆柱面对其理想圆柱面的一项指标。所以圆柱体的直径尺寸公差与圆度、圆柱度有关。例如圆柱体  $\phi 10$  的尺寸公差为  $\phi 10_{-0.015}^{0}$  (或为  $\phi 10_{-0.015}^{0}$ )，其圆度误差的最大允许值为  $0.0075\mu\text{m}$  (或为  $0.075$ ) 如图 2-5 所示。当尺寸公差大 10 倍时，其圆度的最大允许误差也大 10 倍，所以尺寸公差能控制相应的圆度、圆柱度误差。若被控制的圆度、圆柱度误差已能满足使用功能的要求，则在图样上不必再给出圆度、圆柱度公差，如果按

是半径的变动量!

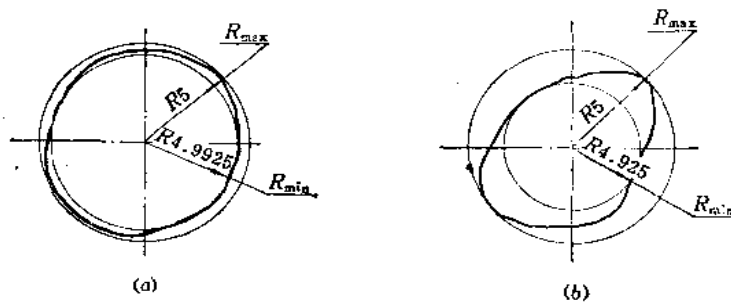


图2-5 尺寸公差控制圆度误差

图 2-6 给出圆度公差要求，这是一张错误给定圆度公差的图例。如果零件有高精度的圆度、圆柱度公差要求时，当尺寸公差已不能保证圆度与圆柱度精度要求时，则在图样上应单独规定圆度（圆柱度）要求，如图 2-7 所示。

尺寸公差在半径范围内=0.005;已能控制圆度公差

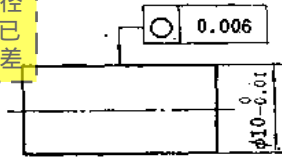


图2-6 圆度错误示例

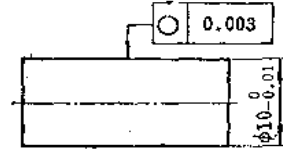


图2-7 尺寸公差与圆度关系

应该指出，棱圆度误差是不能用尺寸公差控制的。轴孔的圆度、圆柱度精度可以很高，而轴、孔的直径尺寸误差可以很大，所以以上所述，是在尺寸合格条件下讨论尺寸公差与圆度、圆柱度的关系。

### (3) 尺寸公差与线、面轮廓度的关系

线、面轮廓度误差可以根据零件功能要求不同，分别采用尺寸公差，或线、面轮廓度公差控制。当用线轮廓度、面轮廓度公差控制形状误差时，其理想形状是由理论正确尺寸确定的，所以线轮廓度、面轮廓度与尺寸公差无关。在实际使用时，应当注意轮廓度公差具有尺寸公差的特性。

在建立轮廓度公差概念之前，曲线和曲面的形状误差通常是用尺寸公差控制的，如图 2-8 所示。

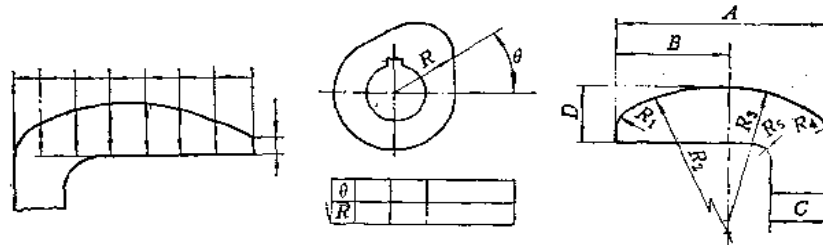


图2-8 尺寸公差控制曲线、曲面形状

尺寸公差控制轮廓形状的方法与轮廓度公差控制轮廓形状的方法是有差别的，尺寸公差是按坐标方向给定的，轮廓度公差是按轮廓法线方向给定的，所以零件上的曲线或曲面仅要求控制其坐标方向或半径方向上有均匀的误差，对于轮廓的法向变动量要求不严格时，则用尺寸公差控制轮廓形状误差更有其优点，这样也便于检测。

### 2. 尺寸公差与位置公差之间的关系

尺寸公差与位置公差的关系，包括被测要素的定形尺寸与位置公差，定位尺寸与位置公差的关系。为了保证零件的装配和使用性能，对于零件的关联要素必须控制尺寸误差和位置误差，以及两者的综合边界。在位置公差中，应用最大实体原则时，位置公差与要素的定形尺寸有关，但是在其它情况下，位置公差与要素的定形尺寸无关，不存在要素的定形尺寸公差对该要素位置误差的限制。要素的定形尺寸包括被测要素和基准要素的定形尺寸。位置公差与定位尺寸的关系是不确定的，但是在大多数情况，定位尺寸公差是不能控制要素的位置误差（定位尺寸包括定向尺寸和位置尺寸，定向尺寸是确



定要素方向的尺寸，位置尺寸是确定要素位置的尺寸)。

### (1) 尺寸公差与定向公差的关系

定向公差包括平行度、垂直度和倾斜度三个项目。

#### 1) 尺寸公差与平行度的关系

一般检测零件的上平面对下平面，孔的轴线对基准底面的平行度误差时，都是把零件的基准面放置在检验平台上进行检测，因为这种检测方法符合包容原则，明确了测量基准，所以定位尺寸公差能控制一个方向的平行度误差，如图 2-9 (a) 所示。如果定位尺寸不采用包容原则，即用两点法检测实际尺寸，则有可能产生尺寸合格，平行度有较大的误差。所以，在图样上只注出定位尺寸公差，其平行度误差是按独立原则进行检验，即按未注平行度公差规定要求进行验收，或者给出高精度平行度公差要求，如图 2-9 (b) 所示。当线对线的平行度公差采用最大实体原则时，该尺寸公差与平行度公差相关。

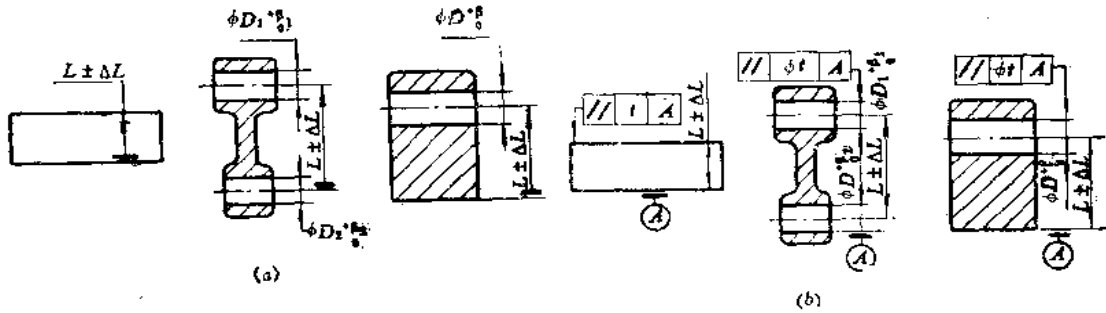


图2-9 尺寸公差与平行度的关系

#### 2) 尺寸公差与垂直度的关系

一般情况，尺寸公差不能控制垂直度误差。低精度要求的垂直度，可按未注形位公差规定进行验收。对高精度的垂直度，应在图样上给出垂直度公差。在线对面的垂直度采用最大实体原则时，则被测要素的尺寸公差与垂直度公差相关，如图 2-10 所示。

#### 3) 尺寸公差与倾斜度的关系

倾斜度是限制被测要素对基准在倾斜方向上的变动量。为控制倾斜要素的变动量，除了采用倾斜度公差外，还可以用定位尺寸公差和角度公差，或用两定位尺寸公差控制倾斜的方向误差，如图 2-11 所示。当采用不同的

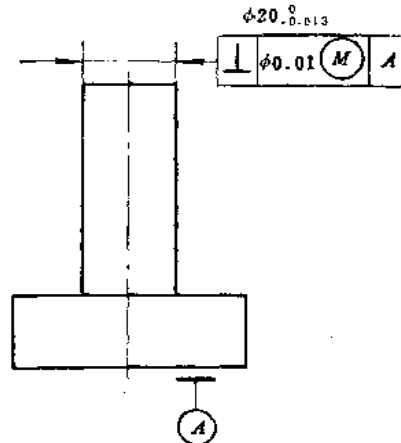


图2-10 尺寸公差与垂直度的关系

标注方式时，其公差带形式是各不相同的，如图 2-12 所示。所以在确定控制倾斜方向误差的方式时，应根据零件功能要求，并结合控制方式的特点，选择合理的控制方式。

由上述分析可知，在任何情况下，尺寸公差不能替代控制倾斜度误差，如有高精度的倾斜度要求，则应给出倾斜度公差，若精度较低时，可按未注形位公差规定进行验收。

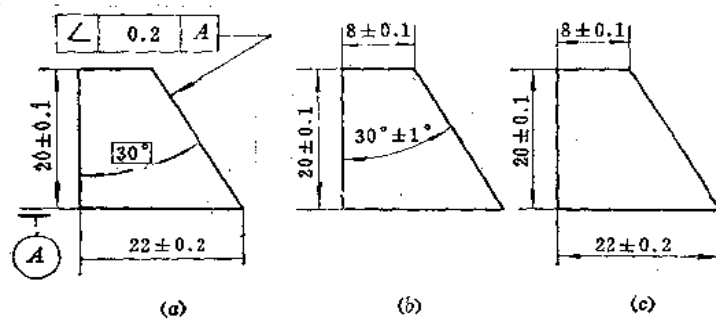


图2-11 倾斜方向误差的控制

◀(a) 倾斜度公差标注；(b) 线性尺寸和角度公差标注；(c) 线性尺寸公差标注。

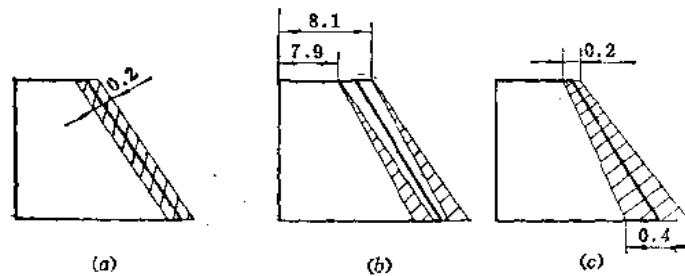


图2-12 控制倾斜方向误差的公差带

(a) 倾斜度公差带；(b) 尺寸和角度公差带；(c) 尺寸公差带。

当应用最大实体原则时，轴线的倾斜度公差才与被测要素的尺寸公差有关(注意：Ⓜ仅用于中心要素)。

## (2) 尺寸公差与定位公差的关系

定位公差包括同轴度、对称度和位置度三个项目。

### 1) 尺寸公差与同轴度的关系

轴、孔的定形尺寸与同轴度无关，所以轴、孔的直径尺寸公差不能控制同轴度误差。如果对零件的同轴度精度有较高要求时，应在图样上注出同轴度公差要求，否则按未注形位公差规定进行验收。当同轴度公差采用最大实体原则时，轴孔的定形尺寸公差与同轴度公差有补偿关系。

如图 2-13 所示两孔轴线位置与定位尺寸  $H$  有关，但是它仅与高度方向的尺寸有关，而同轴度公差要求控制轴线在任意方向上的误差，两者给出的公差带形状与控制误差的方向都是不相同的，所以这种定位尺寸公差仍不能控制同轴度误差。

### 2) 尺寸公差与对称度的关系

对称度公差与同轴度公差一样，被测要素的定形尺寸公差不能控制对称度误差，定位尺寸也与对称度公差无关。所以零件提出高精度的对称度要求时，在图样上应注出对称度公差，否则按未注形位公差规定要求进行验收。当对称度公差采用最大实体原则时，定形尺寸公差有补偿给对称度公差的关系。

当定位尺寸按图 2-14 所示的标注，定位尺寸  $L \pm \Delta L$  对凹槽的中心位置起到控制作用。此时的对称度误差一般不会太大。

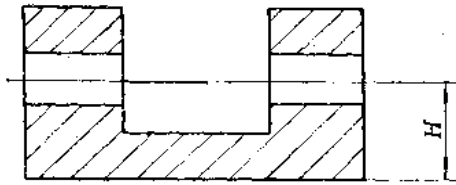


图2-13 定位尺寸公差与同轴度的关系

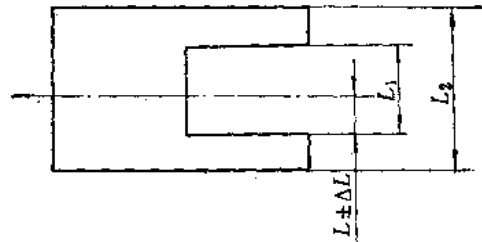


图2-14 定位尺寸公差与对称度关系

### 3) 尺寸公差与位置度的关系

位置度公差是被测点、线、面相对其理想要素位置所允许的最大变动区域。理想要素位置是由理论正确尺寸相对于基准而确定的。所以定位尺寸公差与位置度无关。如果零件孔组对基准间的位置采用尺寸公差定位时，如图2-15所示，则孔组位置度与定位尺寸公差有关，定位尺寸公差能控制孔组的位置。一般给出较大的定位尺寸公差，其组孔间的相对位置有较高精度要求，则用位置度公差控制，因此，这种定位尺寸公差也不能完全取代位置度公差的作用。

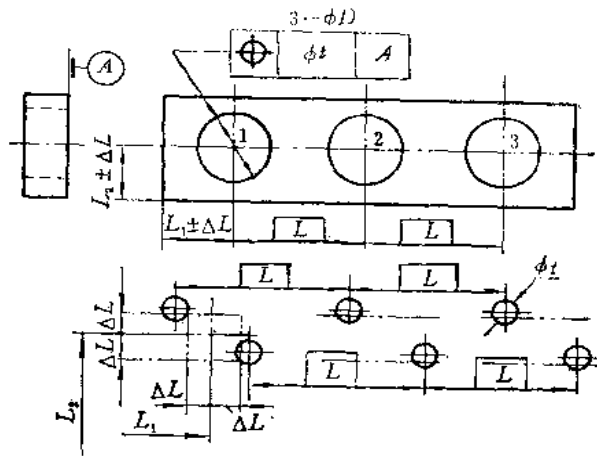


图2-15 定位尺寸公差与位置度公差

如果位置度公差采用最大实体原则时，被测要素的定形尺寸公差与位置度公差有关，位置度公差能得到定形尺寸公差的补偿。

被测要素的位置误差可用位置度公差控制，也可用尺寸公差控制。在没有提出位置度概念前，图样上均采用尺寸公差控制位置误差，但是，两者的控制作用和概念是不同的。

### (3) 尺寸公差与跳动公差的关系

尺寸公差与圆跳动、全跳动公差无关。所以零件有圆跳动、全跳动公差要求时，均要在图样上注出要求。

综合上述可知，尺寸公差与形位公差的关系，还与采用的公差原则有关。当采用独立原则时，尺寸公差只能控制圆度、圆柱度和平行度误差外，大部分的形位误差皆与尺寸公差无关，所以都应按未注形位公差规定要求，或注出形位公差要求。当采用包容原则时，除了轮廓度外，尺寸公差能控制多项形状误差，并能控制少数的位置误差。当零件的功能允许采用最大实体原则时，在某些中心要素的形位公差项目与关联要素的定形尺寸有关。

设计者应该明确地知道，当采用尺寸公差或包容原则能控制某些形位误差时，绝不能用于有高精度要求的形位公差项目，因为这是很不经济的方法。

### 3. 形位公差各项目之间的关系

形位公差各项目之间的关系包括形状公差与位置公差，定向公差与定位公差，定位

公差与跳动公差之间的关系，以及形状公差各项目之间的关系与位置公差各项目之间的关系。

### (1) 形状公差与位置公差之间的关系

零件在加工过程产生的形位误差，例如被测要素的实际位置、实际方向和它的形状，总是相互关联的，因此关联要素的公差带控制了被测要素的实际位置和实际方向，也必然控制了该要素的形状误差。在检测位置误差时，一般直接在被测要素的轮廓表面上进行测量，所以在测得的位置误差中包含了被测要素的形状误差，即在检测位置误差时，不要求排除被测要素的形状误差(采用检验心轴和检验样块时，被测轴线或中心面的形状误差已被排除)，因此在很多情况，位置公差能控制形状误差，对同一要素规定的位置公差应大于形状公差。例如定向公差的平行度、垂直度和倾斜度公差能控制平面度误差；在任意方向上的定向公差，可以控制直线度误差；在定位公差中，同轴度公差可以控制轴线的形状误差，对称度和位置度可以控制平面度误差，线在平面上或任意方向上的位置度公差可以控制线的直线度误差。在跳动公差中，径向圆跳动可以控制圆度误差，径向全跳动可以控制圆度、直线度、圆柱度误差，端面全跳动公差可以控制端面平面度误差。所以，对零件要素给定了位置公差后，若能控制相应的形状误差，且能满足功能要求时，则不必再给出形状公差要求。如果给出的位置公差控制形状误差还不能满足功能要求时，才进一步给出形状公差要求，此时对同一要素上的形状公差值应小于位置公差给定值。如图 2-16 (a) 所示，给定的平行度公差 0.1 能同时控制了该表面的直线度、平面度误差，其公差带如图 2-16 (b) 所示。当平面度公差要求小于 0.1 时，平行度公差不能满足平面度精度的使用要求，所以又进一步规定了平面度公差要求 0.05，其公差带图如图 2-16 (c) 所示。

是数值

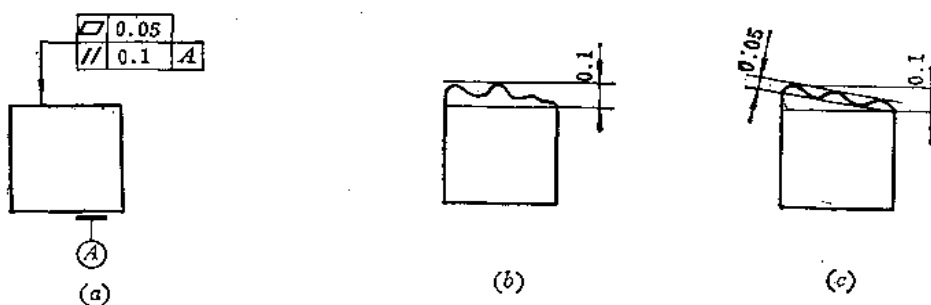


图2-16 形状公差与位置公差的关系

### (2) 定向公差与定位公差之间的关系

定向公差与定位公差的关系如同形状公差与位置公差的关系一样。一般情况，定位公差可以控制定向误差。因为被测实际要素在定位公差带内不仅控制位置的变动，同时也控制方向的变化。例如同轴度公差控制了两轴线的平移偏离，同时也控制两轴线的倾斜，两轴线的倾斜即是两轴线的平行度误差；位置度公差不仅控制位置误差，并同时能控制平行度，或垂直度，或倾斜度误差。所以，当给出的位置公差所能控制的方向误差，已能满足零件使用功能要求时，可以不再提出定向公差要求；如果定位公差对定向误差的控制还不能满足要求时，可以进一步提出定向公差要求。给出的定向公差也只能占用定位公差的一部分，定向公差带只能包容在定位公差带之内，如图 2-17 所示同轴

度公差与平行度误差的关系。

### (3) 跳动公差与定位、定向、形状公差之间的关系

跳动公差包括圆跳动与全跳动两个项目。由于跳动公差是从测量方法引出的形位公差项目，它具有综合控制定位、定向和形状误差的作用。例如径向圆跳动公差带能控制横截面内轮廓中心相对于基准轴线的偏离与圆度误差；端面圆跳动公差能控制测量圆周上轮廓对基准轴线的垂直程度和形状误差；端面全跳动公差能控制端面对基准轴线的垂直度，也控制端面的平面度误差，所以跳动公差综合控制被测要素已能满足零件功能要求时，可以不再给出相应的定位公差，定向公差和形状公差项目，如果不能满足功能要求时，则可进一步给出有关的形位公差。

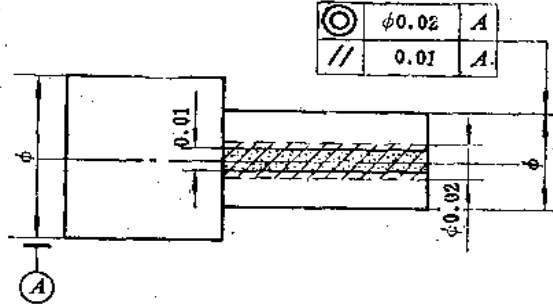


图2-17 同轴度公差与平行度的关系

### (4) 圆柱体素线直线度与轴线直线度之间的关系

圆柱体素线直线度公差是控制圆柱面上素线的形状误差，其公差带是距离为公差  $t$  的两平行直线之间的区域。圆柱体轴线直线度公差是控制轴线的形状误差，其公差带是直径为  $\phi t$  的圆柱面内的区域。两者控制对象不同，公差带也不同。从控制形状误差的功能作用分析，轴线直线度公差主要保证装配互换性，对孔与轴的配合，可以保证间隙配合的相对运动和耐磨性；素线直线度公差，不仅能起到上述作用，在精密配合中还能限制间隙量，保证配合性能。由于圆柱体的素线直线度误差和轴线直线度误差存在于同一圆柱体上，它们之间又有一定的关系。当圆柱体存在轴线直线度误差时，必然存在不小于这个误差的素线直线度误差。反之，圆柱体上存在素线直线度误差时，其轴线直线度误差可以很小，甚至为零，如图 2-18 (a) 所示，该圆柱体的素线形状完全对称时，只存在素线直线度误差。所以素线直线度公差可以控制轴线直线度误差，而轴线直线度公差不能控制素线直线度误差。如图 2-18 (b) 的标注是一张错误的图例。其中的错误是轴线直线度公差大于素线直线度公差，如果素线直线度公差已能控制轴线直线度误差，并能满足零件使用功能要求，这样就没有必要再给出轴线直线度项目。

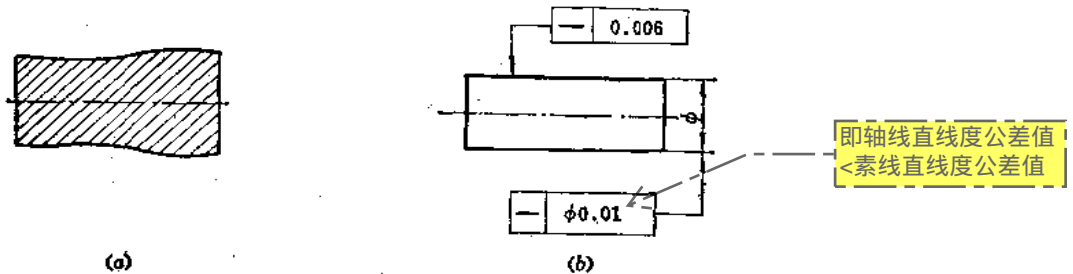


图2-18 圆柱体素线直线度与轴线直线度的关系

一般使用时，当圆柱体零件只允许向材料外凸出，或向材料内凹入时，只能用素线直线度公差控制。只有在轴的“长径比”较大时（如  $L:D > 8$  时的圆柱体）工艺上不易保证时，才提出轴线直线度公差要求。

### (5) 圆柱体素线直线度、圆度与圆柱度的关系

圆柱体素线直线度公差是控制沿轴线纵向截面内的形状误差；圆度公差是控制垂直于轴线正截面内的形状误差；圆柱度公差是控制整个圆柱表面的形状误差，包括控制在任一正截面与轴向纵截面内的形状误差。所以圆柱度公差完全能取代圆度与直线度公差的作用，它是一项综合控制圆柱面形状误差的指标。当圆柱体已给出圆柱度公差要求，并能满足圆度与素线直线度的使用要求时，在图样上不要再注出圆度与素线直线度公差，如果不能保证使用性能，则可以进一步提出圆度、或直线度公差要求。考虑到检测圆柱度误差的困难，对于一般精度的圆柱面，仍可以采用分别检测圆度和素线直线度误差（包括素线的平行度）取代圆柱度控制作用。虽然这种取代检测项目不仅解决了圆柱度误差的检测困难，也带来经济性，但是它会降低圆柱度的精度要求，所以不允许使用于高精度要求。如果圆柱度公差不能保证圆度、素线直线度的技术要求，则应进一步提出圆度或素线直线度的要求。如图 2-19 所示，不应该再给出圆度公差项目，这是一张错误的图例。若圆度公差改为 0.03 时，就成为正确的标注。

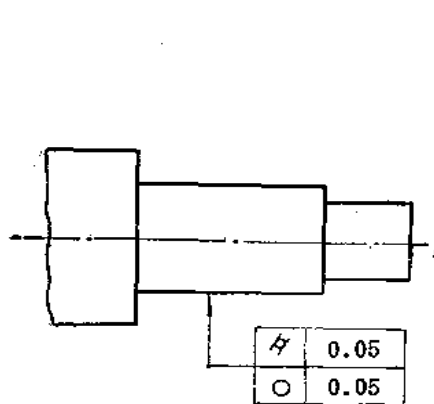


图2-19 圆度公差与圆柱度公差的关系（错误图例）

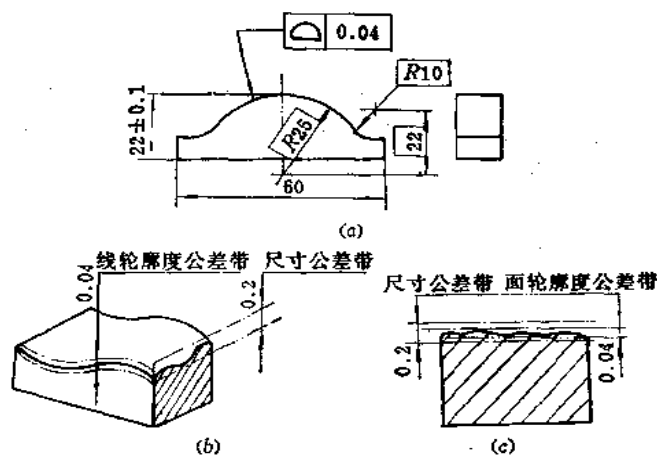


图2-20 线、面轮廓度  
(a) 线轮廓度示例；(b) 面轮廓度示例。

### (6) 线轮廓度与面轮廓度的关系

线轮廓度是控制平面曲线（或截交线）的形状误差，控制的是二维曲线。面轮廓度是控制空间曲面的形状误差，其控制对象是三维的空间曲面，两者的控制对象及使用范围是不相同的。所以应根据零件的功能要求和线、面轮廓度的特性，选择合适的控制方法。在具体选用时要考虑以下情况。

1) 对于零件截面形状不随厚度变化的曲面，虽然可以选用线轮廓度和面轮廓度，但是两者的控制效果是不同的。如图 2-20(a) 所示，如果零件给出线轮廓度公差，该公差仅仅控制各截面上的轮廓形状，各截面之间的位置只能由尺寸公差控制，但在垂直于主视图的截面上的形状误差可能较大，如图 2-20(b) 所示。零件给出面轮廓度公差，该公差控制了各截面上的形状误差，如图 2-20(c) 所示。

2) 当线轮廓度作为面轮廓度的进一步要求，则可以同时注出线、面轮廓度要求，其线轮廓度公差值要小于面轮廓度公差值，如图 2-21 所示。

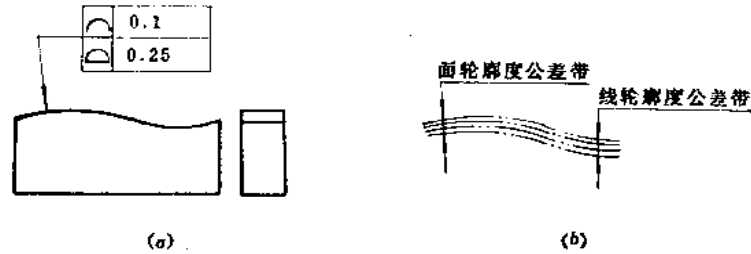


图2-21 线、面轮廓度同时标注

3) 由于工艺或检验原因, 面轮廓度精度要求不高时, 也可用线轮廓度来控制曲面形状。例如, 某叶片的曲面可以按各不同位置上的截面轮廓形状的线轮廓度公差控制, 即将叶片分成若干个截面, 根据设计计算出各截面的轮廓形状, 然后给定各截面的线轮廓度公差, 以控制各截面的线轮廓度误差替代面轮廓度的控制作用。对曲面要求精度越高, 其截面的间隔应越小。

#### (7) 轮廓度与其它形状公差的关系

线、面轮廓度具有综合控制形状误差的作用, 在某些情况它也能控制直线度、平面度、圆度、圆柱度等形状误差项目。因为线、面轮廓度主要用于控制曲线、曲面的形状误差, 而且轮廓度的定义与各项形状公差的定义不完全一致, 控制结果也不一样, 所以在控制简单几何要素的形状误差时, 一般仍采用单项的形状公差项目, 不能笼统地都用线、面轮廓度公差来控制直线度误差、平面度误差、圆度误差和圆柱度误差。例如轮廓度公差能控制圆度误差(圆的要素也是一条曲线), 一般情况应采用圆度公差控制圆度误差, 不允许用轮廓度公差限制圆度误差。虽然轮廓度具有尺寸公差的特性, 但是在概念上, 控制结果的作用是不完全一样的。

#### (8) 径向圆跳动与同轴度的关系

径向圆跳动是指圆柱体的同一横截面内, 实际表面上各点到基准轴线之间距离的最大变动量。同轴度是指被测轴线对基准轴线之间位置的变动量, 两者控制的要素不同, 定义不同, 公差带形状不同, 对零件的使用功能也不同, 但是径向圆跳动与同轴度之间又有密切的关系。

径向圆跳动误差包含了圆柱面的圆度误差和某一横截面内轮廓中心相对于基准轴线的偏离, 该偏离量相当于圆柱面轴线间的同轴度误差。当圆柱面的被测轴线对基准轴线有同轴度误差时, 必然会反映到径向圆跳动误差之中; 当圆柱面存在径向圆跳动误差时, 同轴度误差可能很小, 这种情况的径向圆跳动误差主要反映了该截面的圆度误差, 但是在一般情况下, 同轴度误差远大于圆度误差, 所以径向圆跳动公差能控制同轴度和圆度误差。如果径向圆跳动公差控制的同轴度误差已能满足零件使用要求时, 则不需要注出同轴度公差要求, 只有在不能满足零件的同轴度精度要求时, 在图样上给出了径向圆跳动公差的同时, 还可以进一步提出同轴度公差。应该再指出的, 对一般精度要求的同轴度, 已给出了径向圆跳动公差, 则不需要再给出同轴度公差项目。

在生产中, 由于检测径向圆跳动误差比检测同轴度误差方法简便, 通常用径向圆跳动公差替代同轴度公差项目的要求。有时即使在图样上注出同轴度项目, 也许可用检测径向圆跳动误差的方法代替同轴度误差的检测方法。如果径向圆跳动误差小于或等于给定的同轴度公差, 此时一定能满足同轴度公差要求, 只有当径向圆跳动误差值大于给定

如椭圆形, 其中心一基准上, 但径向

同轴度公差值时，由于实际存在的同轴度误差有可能小于或等于给定的同轴度公差，这时有可能存在偏大的圆度误差。这时应按检测规定进一步检测同轴度误差，才能最终判断合格或不合格。不然，有可能产生误判同轴度误差超差，这是不经济的。

一般情况，由于径向圆跳动公差能控制同轴度误差和圆度误差，同轴度误差又大于圆度误差，而且径向圆跳动误差检测简便、经济，所以只要在满足零件功能要求的前提下，应优先采用径向圆跳动项目。

#### (9) 端面圆跳动与垂直度的关系

从端面圆跳动的定义可以知道，端面圆跳动不仅反映端面的任一圆周上各点沿轴线的相对位置的变动量，同时也反映该测点圆周对基准轴线的垂直关系。这种垂直关系与端面对基准轴线的垂直度关系是不同的。端面圆跳动的垂直关系是反映端面上任一圆周对基准轴线的垂直度误差，而端面对基准轴线的垂直度是端面圆跳动（端面位置误差）和平面度（形状误差）误差的综合反映。所以，只要被测端面对基准轴线存在端面圆跳动误差，则必然存在端面对基准轴线的垂直度误差，如图2-22(a)所示。当端面出现对称的形状误差，例如端面中凸或中凹的特殊情况，端面圆跳动可能等于零，但是端面垂直度误差可能很大，如图2-22(b)所示。当端面只存在倾斜于基准轴线，不存在平面度误差时，在最大直径处的端面圆跳动误差等于垂直度误差，如图2-22(c)所示。

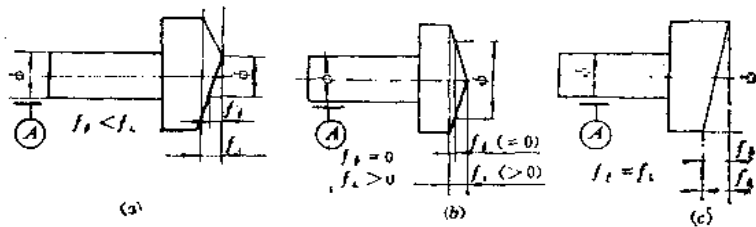


图2-22 端面圆跳动与垂直度的关系

关于采用端面圆跳动替代端面垂直度项目的问题，应该注意以下几点：

1) 采用端面圆跳动替代垂直度公差要求时，其结果会降低端面垂直度精度，所以对端面垂直度有一定精度要求时，必须同时给出端面垂直度公差要求；

2) 端面圆跳动与端面垂直度的测量方法不同，因为测量端面圆跳动误差较简便，尤其在测量轴的台肩、箱体孔端面的垂直度误差较为困难又不便于实施时，如果端面对基准轴线的垂直度精度要求不高，则可以优先选用端面圆跳动；

3) 端面圆跳动与端面垂直度的功能是不同的，所以选用时，应分析零件功能要求和精度高低的基础上，才能合理选用这两项位置公差。应当避免仅考虑检测的简便、不考虑零件端面的功能，一概选用端面圆跳动的错误标注。例如安装轴承的齿轮轴的轴肩，一般固定联接的零件端面，低速旋转轴的台肩端面等，应选用端面圆跳动；对车床主轴的花盘，为保证花盘使用功能，应给出花盘端面的平面度和垂直度公差。

#### (10) 全跳动与圆跳动的关系

圆跳动仅能反映一个测量面内被测要素的误差，不能反映零件整个表面的精度。全跳动能反映整个表面的误差，所以零件有高精度技术要求时，才考虑选用全跳动公差。

全跳动与圆跳动同属跳动公差，都具有综合控制的功能。例如径向圆跳动能控制各



正截面内的形状和位置误差的综合变动量(如截面内的圆度及其同轴度(同心度)),但是不能控制整个圆柱面的形状误差(如直线度和圆柱度);径向全跳动除具有径向圆跳动的的作用外,还能控制圆柱面的素线直线度,轴线直线度和圆柱度误差。端面圆跳动能控制被测端面的任一圆周上的形状误差和位置误差,但是不能控制整个端面的平面度误差和端面对基准轴线的垂直度误差;端面全跳动除具有端面圆跳动的的作用外,还能控制端面的平面度和端面对基准轴线的垂直度误差。所以全跳动不仅具有圆跳动的控制误差作用,还能满足圆柱形零件综合性能要求。

全跳动比圆跳动具有多功能控制误差的作用,但是全跳动的测量方法比圆跳动误差的测量方法要复杂,所以只有零件功能上需要综合控制有关形位误差项目时,方可选用全跳动项目。如果圆跳动能控制的形位误差项目,则应采用经济的圆跳动项目。如果全跳动测量装置不便于实施,又不能保证具有足够的测量精度时,只要在保证零件功能的条件下,也允许分别检测单项形位误差。

#### (11) 径向全跳动与圆柱度公差的关系

径向全跳动与圆柱度都是一项综合控制指标,两者的公差带的形式也是一样的,但是两者的概念和控制作用是不相同的。圆柱度的两个同轴圆柱面之间的公差带是浮动的,径向全跳动的公差带是与基准轴线同轴的两个圆柱面之间的区域,公差带是定位的。所以只有在忽略位置误差时,全跳动公差才能控制该圆柱表面的圆柱度误差。所以有高精度要求的轴和孔,应采用圆柱度控制圆柱表面的形状误差最为理想。由于径向全跳动误差的检测方法比圆柱度误差的检测方法简单,也便于实现,既然径向全跳动能控制圆柱度误差一般情况,全跳动误差又大于圆柱度误差,所以对于轴类零件,若能满足零件功能要求的前提下,可以优先选用径向全跳动项目。如果零件的使用功能不能满足要求时,需要给出圆柱度公差时,在检测时也可以先测量径向全跳动误差,当全跳动误差值超过所给定的圆柱度公差时,才进一步测量圆柱度误差。若没有超过给定的圆柱度公差值,则可认定该圆柱度合格。

#### (12) 位置度与其它形位公差的关系

位置度公差具有综合控制多项形位误差的功能,它能控制形状误差中的直线度与平面度,定向误差中的平行度、垂直度与倾斜度,定位误差中的同轴度与对称度等,它可以体现形位公差的综合要求。所以零件的使用功能需要给出多项形位公差要求时,采用位置度公差更能满足零件的功能要求。但是,不能有这样的理解,认为位置度公差具有控制某些形位误差的作用,就可以任意选用位置度公差。当零件功能只要求控制要素的单项形位公差时,应该仍采用单项形位公差,因为单项形位公差不仅直接控制单项形位误差,可保证单项形位公差的精度要求,而且检测方法比位置度的检测方法简易,适合于单件小批与大量大批生产。

如图2-23所示零件上四孔的位置度公差,它不仅能控制四孔之间的位

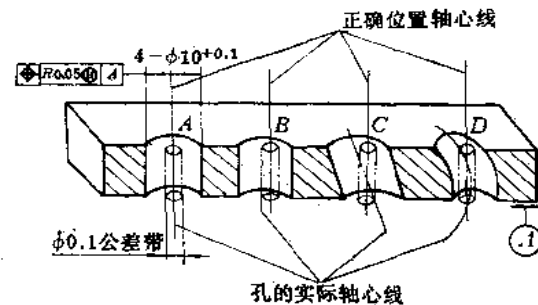


图2-23 位置度公差与平行度、垂直度、直线度的关系

位置度误差，并能控制孔与孔之间的轴线平行度误差，孔的轴线对基准面  $A$  的垂直度误差和孔轴线的直线度误差。由此可见，位置度公差具有控制其它形位误差的作用。

如图2-24所示零件刻线面上4条刻线的位置度公差。它控制了刻线的位置误差，同时控制了刻线的直线度误差和刻线对基准  $A$  的平行度误差。

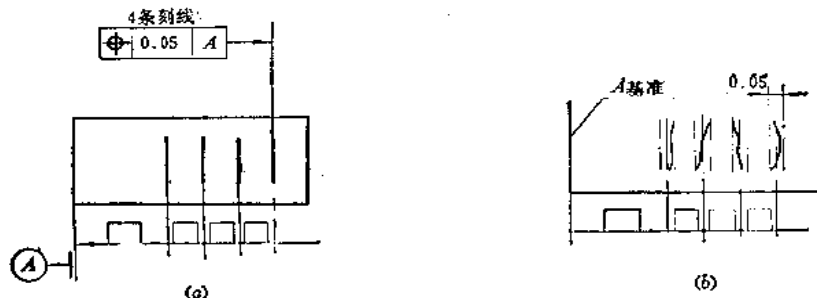


图2-24 位置度公差与直线度、平行度的关系

由以上分析可见，对零件同一要素规定的各形位公差之间，有的形位公差是相互关联的。相关的形位公差带可以完全不同（圆柱体的圆柱度公差带与素线直线度公差带），或公差带的形状相同（径向圆跳动的公差带与圆度公差带，径向全跳动公差带与圆柱度公差带），或公差带完全相同（端面全跳动公差带与端面对轴线的垂直度公差带），其中只有公差带的大小、形状、方向和位置完全相同时，它们之间才能体现相同的设计要求和相同的检测方法，所以在图样上许可任选其中一项，均能保证零件具有一定的功能要求。例如端面全跳动公差带和端面对轴线的垂直度公差带，只要给定相同的公差值  $t$ ，不仅大小相同，而且形状相同，公差带均垂直于基准轴线，所以设计者可以任选其中一项。对于单方向代替的形位公差项目，被替代项目的公差带要求包容在替代项目公差带之内，或者由综合控制项目控制单项的形位公差。应该明确的，被替代或控制的形位公差，它们的设计要求和检测方法是各不相同的。

#### 4. 形位公差项目的选择

形位公差项目的选择，主要决定于零件使用功能的要求。因为机械品种繁多，性能各异，对零件的功能要求也是各不相同，所以难以具体地讨论形位公差项目的选择，只能概括地说明各项形位公差的应用和选择形位公差项目的原则。

##### (1) 形位公差项目的应用

##### 1) 直线度公差的应用

直线度公差主要应用在以下几个方面：

- ① 保证度量的准确性：例如量具标尺上的刻线，刀口尺上的刀刃直线度要求。
- ② 保证零件的工作精度：例如机床导轨的直线度公差，泵柱塞的素线直线度公差。
- ③ 保证轴孔配合性质：例如轴孔的间隙配合，为了满足配合要求，则应给出配合孔和轴的直线度公差。
- ④ 以直线度公差代替平面度公差要求：对零件的某些平面仅要求在给定平面内的直线度，例如机床平面导轨的直线度要求。
- ⑤ 对一些较长的杆件为避免有较大的挠度：例如丝杆的轴线直线度要求。

## 2) 平面度公差的应用

平面度公差主要用在以下几个方面:

- ① 保证度量的准确性: 块规、平尺、平板和量仪工作台面是计量与定位的基准, 所以要求给出高精度的平面度公差。
- ② 保证加工精度: 工件的基准面、机床工作台面与夹具定位面皆是保证加工精度的定位基准面, 所以要求有较高精度的平面度公差。
- ③ 保证结合面的连接强度与密封性 例如法兰端面, 连杆与连杆盖之间, 缸套与机体之间, 为达到良好的连接强度, 都应给出平面度公差要求。对于气缸盖与缸体之间, 不仅要保证连接强度, 并要有很好的密封性, 则应给出高精度平面度要求。
- ④ 保证运动和导向精度, 减少磨损: 例如滑块等有相对运动的平面应有平面度公差要求。

## 3) 圆度与圆柱度公差的应用

圆柱面的形状误差对不同功能的零件表面有不同的影响, 圆柱度的实际应用还与测量方法有关, 主要应用在以下几个方面:

- ① 减少磨损, 延长零件使用寿命: 在有相对运动的间隙配合中, 如果圆柱面形状误差过大, 则会影响接触面积, 造成零件早期磨损, 减少零件使用寿命。
- ② 保证连接强度: 在过盈配合中, 圆柱面的形状误差过大, 使配合面全长上有不同的过盈量, 影响连接可靠性, 甚至会使零件产生变形, 所以对这类零件也应该规定圆度或圆柱度公差要求。
- ③ 保证运动精度: 例如滚动轴承的内外圈和滚动体的圆柱面的形状误差, 直接影响滚动轴承的回转精度; 滑动轴承圆柱面的形状误差会影响液体摩擦状态, 导向轴的圆柱面形状误差会影响导向运动精度, 所以为了保证运动精度, 应给出圆柱面的形状公差要求。
- ④ 保证润滑与密封性: 当要求润滑和密封性好的圆柱面, 例如机床主轴、曲轴的主轴颈、滚动轴承的内、外圈圆柱面, 活塞销, 柱塞与柱塞套等圆柱面都要有圆度或圆柱度公差要求。
- ⑤ 保证定心精度: 例如滚动轴承与轴颈, 高速齿轮与轴颈的配合, 为了保证回转精度, 则要求保证孔与轴配合的定心精度高, 即使孔轴线与轴轴线的同轴程度高, 故对轴与孔都应给出圆度或圆柱度公差要求。

由于圆柱度误差的检测困难, 若圆柱面的形状精度要求较低时, 可以采用分项检测方法, 在这种情况下适宜分别标注圆度和素线的直线度公差; 如果精度要求较高时, 在圆柱度的测量方法没有解决以前, 也只能采用分项检测方法。

## 4) 线轮廓度和面轮廓度公差的应用

线、面轮廓度公差主要保证曲面轮廓表面具有正确形状, 以满足零件使用功能的要求。例如在自动化装置中, 为了完成特定的自动循环动作, 大量采用凸轮件, 在声学、光学、热学以及流体力学的装置中的零件要有特定的曲面等, 对这些零件的几何形状只能用线、面轮廓度公差控制形状误差, 必要时, 还可以限制曲线、曲面的位置误差。采用轮廓度控制形状误差的目的主要有以下两个方面:

- ① 保证零件的运动规律: 凸轮轮廓曲线形状是根据从动杆所要求的运动规律而设

计的, 齿轮的渐开线齿廓形状是为了满足啮合性能要求而设计的, 为了达到预定的运动规律, 则应规定轮廓度公差要求。

② 保证流体运动性能: 从流体力学可知, 流体的压力、速度、流量以及压力损失, 机械效率, 都与零件曲面形状有关, 所以对泵的转子、汽轮机的叶片, 螺旋桨叶片、飞机机身, 船体、汽车的外形等, 都应注出轮廓度公差要求。

当轮廓形状精度要求不高, 例如犁体曲面、一般的船体与汽车的外形等, 一般用尺寸公差控制, 已能满足功能要求的曲面, 不必再提出轮廓度公差要求。只有对机械运动、流体运动与传动效率影响较大的曲面, 才给出轮廓度公差要求, 如凸轮轮廓, 成形刀具、汽轮机叶片与喷油嘴表面等。如果表面轮廓能用尺寸公差控制形状误差的零件, 例如凸轮的从动件运动方向仅在同一坐标方向上, 这种凸轮曲线用尺寸公差控制, 即能满足零件功能要求的, 仍可用尺寸公差控制, 不必用轮廓度公差控制形状误差。因为在一般情况下, 用尺寸公差控制形状误差, 在制造与检测方面较为简便。

在应用轮廓度时, 还要知道轮廓度有以下几个特性:

① 轮廓度不仅是形状公差, 而且是位置公差。所以, 在实际应用时要注意这个特性。当轮廓度仅用于控制被测表面的形状时, 在图样上不能有基准, 如图2-25所示, 理想要素位置用尺寸公差控制。这时理想要素位置不能确定, 许可在尺寸公差带内平移, 也可转动; 当轮廓度用于控制被测表面的形状和方向误差时, 在图样上应注明基准, 以控制定向误差, 如图2-26(a)所示, 这时理想要素可在尺寸公差带内, 相对于基准上下平行地移动。当轮廓度用于控制被测表面的形状和位置误差时, 在图样上不仅要注明基准, 而且要用理论正确尺寸标注在被测表面与基准之间的位置尺寸线上, 如图2-26(b)所示。

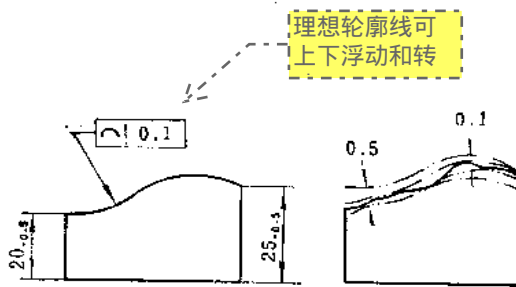


图2-25 控制形状误差的轮廓度

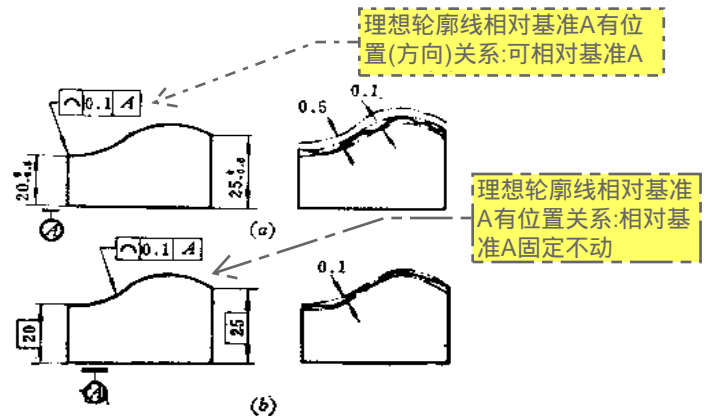


图2-26 控制定向误差和位置误差的轮廓度

② 轮廓度有尺寸控制的特性。对于闭合轮廓的凸轮, 采用轮廓度控制表面形状误差时, 其理想形状的大小已由理论正确尺寸所限定, 所以在控制轮廓形状误差的同时, 实际尺寸也就被控制了。

③ 轮廓度不控制曲率半径及曲率中心位置。因为从机械设计、加工和度量误差的要求, 只需要控制实际轮廓对理想轮廓的变动量, 不需要控制轮廓曲面的曲率半径或曲率中心位置。从轮廓度给定的公差带分析, 其公差带是在轮廓法线方向上的宽度值处处相等, 包络线(面)的形状是与理想轮廓的形状相似, 而不是全等(全相同), 这就是

说轮廓度不要求控制曲率半径及其曲率中心位置。

④ 轮廓度具有综合控制形状误差的作用，即在某种情况下，轮廓度也能控制圆度、圆柱度、直线度、平面度等形状误差。对简单几何要素的形状误差，一般宜用单项形状公差控制形状误差。

#### 5) 平行度、垂直度、倾斜度公差的应用

平行度、垂直度、倾斜度公差都属于定向公差，它们在作用上具有共同的特性。定向误差与机器的工作精度、使用性能和使用寿命都有直接影响。定向公差主要应用在以下几个方面：

① 保证工作精度：例如块规、直角尺的定向误差会影响计量器具的工作精度，车床导轨之间的平行度，夹具定位面的垂直度都规定有较高精度要求，因为它会直接影响被加工工件的定位精度，即会影响被加工工件的定向误差。

② 保证运动精度：例如滑块、导板与导槽的工作面之间，机床导轨面之间的平行度误差会影响导向运动精度；减速箱上各孔之间的平行度或垂直度误差会影响齿轮传动的啮合精度。柱塞、阀杆端面对轴线的垂直度误差会影响轴向接触精度等。

③ 保证零件的可装配性：例如变速箱体孔的平行度和垂直度误差，不仅影响齿轮传动啮合性能，而且影响轴与其它零件的可装配性，也影响机器的使用性能。所以一般零件的主轴孔与基准之间，工作面与基准面之间通常有定向公差的要求。

④ 保证接触面的密封性：定向误差与零件的密封性有关，例如泵体两端面间的平行度、法兰和压盖端面与轴线间的垂直度等，这些定向误差与结合面的密封性直接有关。

⑤ 保证零件的使用寿命：零件的定向误差会影响间隙配合的间隙量，减少接触面积，增大磨损、降低使用寿命。例如连杆大小头孔的平行度误差，不仅会使活塞偏离运动方向，增加零件之间的偏磨损现象，而且使连杆小头孔与活塞销，连杆大头孔与曲轴轴颈之间的接触面积减小，从而加快磨损，影响零件的使用寿命。

定向公差是一项广泛应用的公差，不仅用于零件的关联要素，而且应用于机器精度和性能的检验项目中（例如车床、铣床和钻床的产品精度检验）。在实际使用中，一项定向公差能起到几个方面的控制作用。

#### 6) 同轴度公差的应用

同轴度是应用较广泛的一项定位公差。同心度可以认为是同轴度中的一种特例。同轴度误差包括被测轴线相对于基准轴线发生平移，或倾斜，或弯曲，或兼而有之。

同轴度应用于以下几个方面：

① 保证轴线间的正确定位：例如齿轮机床的心轴、机床主轴轴颈和同轴度量规等必须规定同轴度公差，才能保证被加工或被检验工件的同轴度。

② 减少转动惯量、保证运动精度：例如高速转动的齿轮和飞轮等，应规定外径对基准孔的同轴度公差。

③ 保证装配精度：例如高精度轴套和滑动轴承套的内外圆的同轴度，活塞销孔间，以及汽缸套内外圆柱面的轴线间的同轴度公差要求。

#### 7) 对称度公差的应用

对称度也是用得较多的一项定位公差。它主要用于零件上具有对称中心平面或轴线

的要素。对称度主要应用于以下几个方面。

① 保证零件的可装配性与导向精度：例如键槽及花键侧面的对称中心平面对轴线的对称度要求，不仅能顺利地使轴装入孔中，而且保证滑动齿轮块具有导向精度。

② 保证定位精度：例如定位块两侧面的对称度要求，它能保证被安装的零件具有一定的定位精度。

③ 保证平衡的要求：例如平衡块，飞轮的两侧面的对称度要求，能使材料均衡，防止因为材料不均衡而引起额外的惯性。

#### 8) 位置度公差的应用

零件上的点、线、面的位置可用尺寸公差，或用位置度公差，或用定位尺寸公差和位置度公差综合控制位置误差。位置度公差是在尺寸公差标注的基础上，随着成批大量生产的要求而提出的一项综合指标。所以位置度公差标注比尺寸公差标注具有一系列优点，如能充分利用公差带，减少累积误差，综合控制其它形位误差和有利于采用最大实体原则等，尤其是用位置度公差控制成组要素的位置误差，更能体现位置度公差的特殊功能。所以在螺栓、螺钉、铆钉等连接中的孔板的位置误差，广泛采用位置度公差控制孔组之间，孔与孔之间的位置误差。

位置度公差除了应用于平行孔组的位置误差外，还可以用于其它有定位精度要求的零件要素。

① 非平行孔组的控制：如图2-27所示零件的径向六孔组位置度公差和斜向四孔组位置度公差。

② 沉孔孔组的控制

根据零件功能要求不同，位置度用于沉孔孔组可选用以下四种标注方式：

图2-28标注示例，通孔和沉孔孔组给定相同的位置度公差。每个通孔及其沉孔作为一个要素，检验时，要求综合量规中的六个阶梯测量圆销同时插入通孔和沉孔。

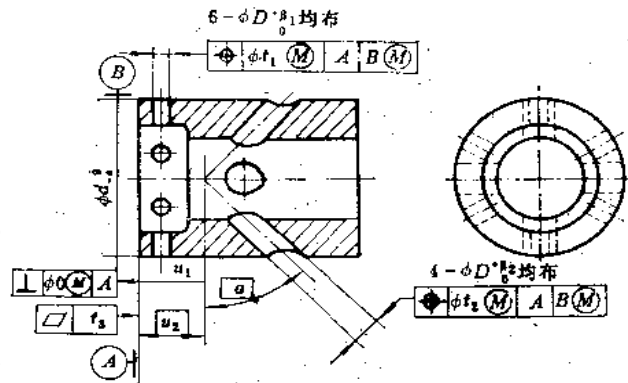


图2-27 非平行孔组位置度

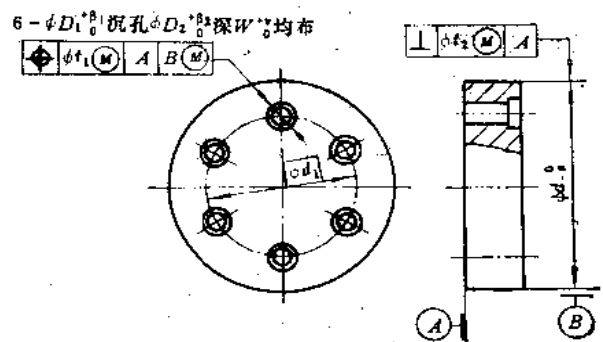


图2-28 沉孔孔组位置度标注之一

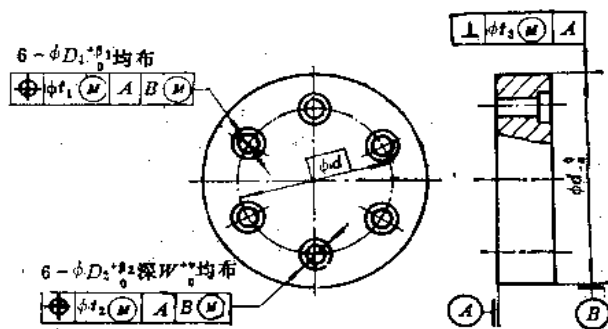


图2-29 沉孔孔组位置度标注之二

两者基准相同

图2-29标注示例，通孔和沉孔孔组给定不同的位置度公差，这主要用于通孔和沉孔分别加工，通孔和沉孔同轴度要求不高的沉孔孔组。检验时，必须采用测量圆销直径不同的两个综合量规。

图2-30标注示例，通孔和沉孔孔组给定不同的位置度公差，沉孔以各自的通孔为基准，并规定了较大的位置度公差。这种位置度误差的检验方法要用带圆销的综合量规检验通孔的位置度误差，再用一个阶梯形塞规检验每个沉孔对通孔的位置度误差。

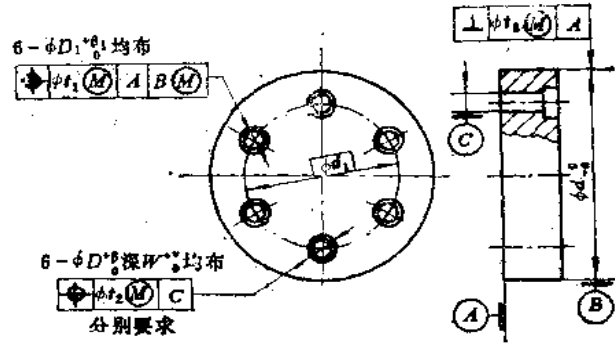


图2-30 沉孔孔组位置度标注之三

图2-31标注示例，通孔孔组给定较小的位置度公差，沉孔孔组给定较大的位置度公差。检验时，通常用带阶梯形测量圆销的综合量规。

③ 平面齿槽组的控制

如图2-32开口调整片齿槽位置误差的控制标注。位置度的公差带是对称配置在各自的理想位置，距离为公差值的两平行平面间的区域。

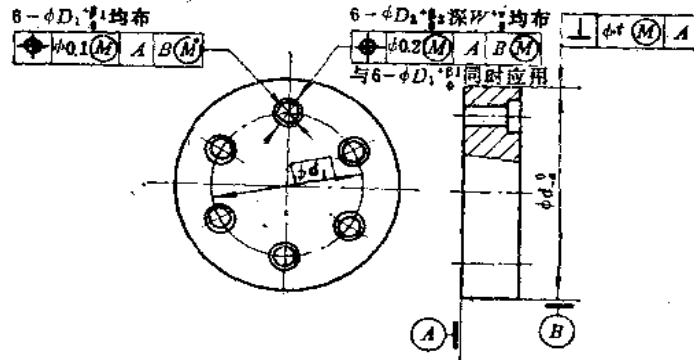


图2-31 沉孔孔组位置度标注之四

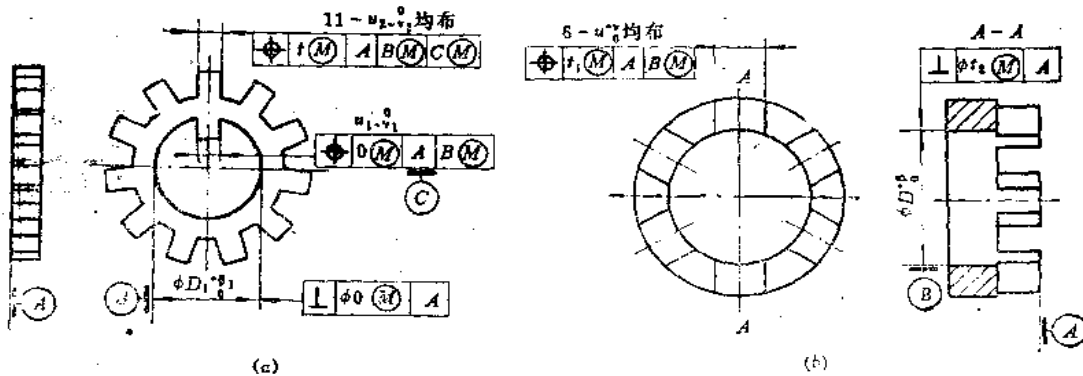


图2-32 平面齿槽组的位置度公差

### 9) 径向圆跳动与径向全跳动的应用

跳动公差是一项综合公差。它有综合控制形位误差的作用，并能使用简便的检测方法与装置。所以跳动公差得到较广泛应用。

径向圆跳动能综合反映同轴度与圆度公差的功能。因此，径向圆跳动多数用于旋转体上有同轴度与圆度综合要求的情况，以保证零件配合性能和运动精度，减少磨损和延长零件使用寿命。例如滚动轴承内外圈的工作表面和轴颈表面通常规定径向圆跳动公差要求。如果圆柱体表面的圆度精度不能满足要求，除了采用径向圆跳动公差外，还可以进一步提出圆度公差要求。

径向圆跳动有时可作为产品质量的综合指标，例如滚动轴承、机床主轴精度等均用径向圆跳动公差作为产品的质量指标。当然，这一径向圆跳动并非对某个要素的形位公差要求，而是对产品系统中的各项形位误差的综合要求，以便有效地控制滚动轴承、机床主轴的功能。

径向全跳动综合反映整个圆柱面形位误差，包括素线直线度、轴线直线度、圆度、圆柱度、素线间的平行度与同轴度。所以，滚动轴承内外圈工作面采用径向全跳动，更能保证滚动轴承的使用功能与使用寿命。由于径向全跳动的检测比径向圆跳动的检测复杂，所以在径向圆跳动已能满足功能要求时，就不采用径向全跳动。

径向圆跳动也可以用于孔类零件，如轴套、箱体孔等。如图 2-33 所示，把轴套装在有足够精度的芯轴上，就可以按轴类零件检测径向圆跳动误差。

### 10) 端面圆跳动与端面全跳动的应用

为了确定连接件之间有正确位置。例如轴上装有滚动轴承、齿轮的台肩端面，端盖、联轴节端面等，通常应给出端面圆跳动要求。如果需要同时控制零件端面的平面度与对基准轴线的垂直度，则应采用端面全跳动。

当零件的端面对轴线的垂直度误差的检测有困难时，端面中凹或中凸的平面度误差较小时，也可以采用检测端面圆跳动误差的方法替代垂直度误差的检测方法。

#### (2) 形位公差项目的选择原则

形位公差项目的选择原则是在保证零件功能要求的前提下，尽量选择制造费用低，检测简便的原则。在具体选择时应考虑以下几个方面：

1) 考虑尺寸公差与形位公差之间的关系。当尺寸精度已能保证较低的形位精度要求，即形位精度要求能由尺寸公差控制时，可以不再标注形位公差要求。当形位精度要求较高时，则应给定所要求的形位公差，以保证零件功能要求，这比单纯缩小尺寸公差限制形位误差更经济、合理。例如圆柱体的尺寸公差为  $\phi 20_{-0.021}^{0}$ ，当尺寸精度合格，该圆柱体的圆度误差的最大值不会超出尺寸公差的一半  $0.0105$ ；如果该圆柱体圆度允差为  $0.021$ ，或按 9 级圆度的未注形位公差规定要求，该圆度公差为  $0.013$ 。所以该圆柱体给定的尺寸公差已确能保证圆度精度要求，这时，在图样上就不给出圆度公差项目。如果要求圆度 7 级精度公差  $0.006$ ，该圆柱体给定的尺寸公差为  $0.021$ ，尺寸公差已不能保证圆度精度要求时，则应进一步提出圆度公差  $0.006$  要求。

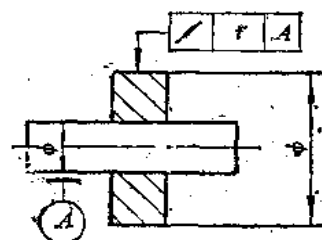


图 2-33 套类零件的径向圆跳动



2) 根据零件结构特点, 选用经济的加工工艺和加工设备已能达到所需要的形位公差项目要求时, 应不再标注这些项目的形位公差。如果需要用一定工艺措施和较高精度设备加工才能达到的形位公差要求, 则应在图样上注出这些形位公差要求。例如升降台铣床的工作精度规定加工零件上平面  $A(100 \times 500)$  的平面度允差为  $0.02$ ,  $A$  平面与三个侧平面的垂直度允差为  $0.02/100$ , 假设该铣床已用多时, 丧失了原有的铣床加工精度, 若以降低精度一半计算, 该铣床加工上平面  $A(100 \times 500)$  的平面度误差为  $0.04$ ,  $A$  平面与三个侧面的垂直度误差为  $0.04/100$ , 当被加工平面的平面度要求为  $0.05$ , 上平面与三个侧面的垂直度要求为  $0.06/100$ , 则该零件的上平面不必注出平面度公差要求, 上平面与三个侧面不必注出垂直度公差要求。如果按 9 级精度的未注形位公差规定要求, 平面度公差为  $0.10$ , 垂直度公差为  $0.25$ , 选用的立式铣床工作精度能满足被加工工件的平面度和垂直度精度要求, 所以在图样上也不需要注出平面度和垂直度公差要求。当工件的形位精度要求高, 需要选用高精度设备和采用工艺措施才能达到的形位公差, 则应在图样上注出形位公差要求。

3) 考虑形位公差项目之间的关系。凡在图样上已经标注的形位公差项目, 如果对另一些项目的形位误差也能起到控制作用, 并能满足使用功能要求时, 则不必规定另一些项目的形位公差。只有在不能满足零件功能要求时, 才进一步提出这些形位公差要求。例如圆柱度公差能控制圆度误差和素线直线度误差, 素线直线度公差能控制圆柱体的轴线直线度误差, 轮廓度公差能控制轮廓表面的直线度和平面度等, 径向圆跳动公差能控制同轴度误差和圆度误差, 端面垂直度能控制端面圆跳动误差, 径向全跳动公差能控制圆柱度误差, 位置度公差具有综合控制多项形位误差的功能, 位置公差能控制形状误差, 定位公差能控制定向误差, 跳动公差能控制定位, 定向和形状误差等等, 设计者只有熟悉这些形位公差项目的控制与被控制的关系, 才能避免错误的选用。应该指出的是, 当用单项的形位公差已能满足零件功能要求的, 一般均应选用单项形位公差要求。这样的检测方法和装置较为简便, 经济又比较直观。例如图 2-34(a) 的标注示例与图 2-34(b) 的标注示例的技术要求, 它们保证零件的使用功能是相同的。为了便于检测, 目前工厂都



图2-34 综合控制与单项形位公差

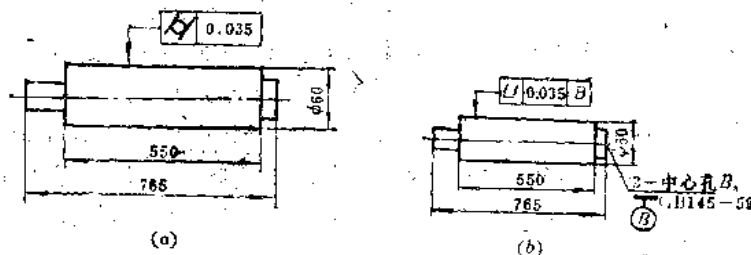


图2-35 圆柱度与径向全跳动

(a) 单项形位公差标注; (b) 径向全跳动的标注。

采用图 2-34(b) 的标注。但是, 如图 2-35 所示, 由于图 2-35(a) 所示的圆跳动误差的检测困难, 而应采用图 2-35(b) 所示的径向全跳动公差要求。

4) 在选用形位公差项目时, 应同时考虑公差原则的应用, 有些形位公差要求采用包容原则才能达到功能要求的, 就不再提出形位公差要求。例如圆柱体的尺寸公差为  $\phi 20_{-0.021}^{\text{H}}$ , 并采用包容原则, 在图样上不能再注出素线直线度大于或等于 0.0135 的要求, 其轴线的直线度误差也被控制在尺寸公差范围内。如果素线直线度公差不能大于 0.006, 这时的尺寸公差 0.021 已不能保证素线直线度 (或轴线直线度) 的要求, 在图样上才提出进一步的形位公差要求。

5) 避免形位公差带的干涉现象

对同一要素给出的形位公差项目的公差带方向要求一致, 否则会出现公差的干涉现象, 如图 2-36 所示。对槽的对称中心平面给出垂直度和平行度两项位置公差要求。由于零件的实际底面与侧面的不垂直, 则会产生公差带干涉现象, 即满足了垂直度精度要求, 就不可能同时保证平行度要求。这是基准选择不正确而产生的现象, 也可以说是形位公差项目选择的错误。若改为位置度公差, 或选用三基准的标注, 就可以避免公差带干涉现象, 如图 2-37 所示。至于是选取一项位置度公差, 还是选取两项位置公差, 则应按零件的功能要求才能确定。

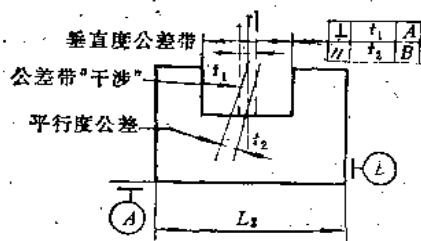


图2-36 公差带的干涉

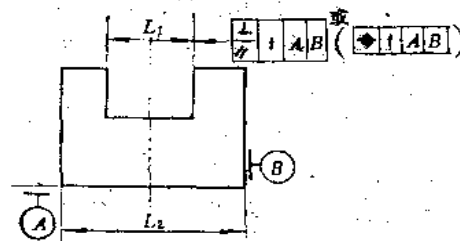


图2-37 避免公差带干涉的正确标注

6) 位置公差与形状公差的控制关系, 见表 2-2。

表2-2 位置公差与形状公差的控制关系

给定位置公差 $\delta$		同时能控制的形位误差项目	
项目	要求	形状误差 $\Delta_1$	位置误差 $\Delta_2$
平行度	平面对平面	$\delta \geq \text{平面度 } \Delta_1$	
	平面对轴线	$\delta \geq \text{直线度 } \Delta_1$	
垂直度	平面对平面	$\delta \geq \text{平面度 } \Delta_1$	
	平面对轴线	$\delta \geq \text{直线度 } \Delta_1$	
	端面对轴线	$\delta \geq \text{直线度 } \Delta_1$	
	端面对轴线		$\delta \geq \text{端面跳动 } \Delta_2$
对称度	平面对平面	$2\delta \geq \text{平面度 } \Delta_1$	$2\delta \geq \text{平行度 } \Delta_2$
	平面对直线		

给定位置公差 $\delta$		同时能控制的形位误差项目	
项目	要求	形状误差 $\Delta_1$	位置误差 $\Delta_2$
径向跳动		$\delta > \text{圆度 } \Delta_1$	$\delta \geq \text{同轴度 } 2\Delta_2$
位置度	线的位置度	$2\delta \geq \text{直线度 } \Delta_1$	$2\delta \geq \text{垂直度 } \Delta_2$ $2\delta \geq \text{同轴度 } \Delta_2$
	面的位置度	$2\delta \geq \text{平面度 } \Delta_1$	$\delta \geq \text{对称度 } \Delta_2$

注：(1) 当图样上已规定的位置公差在效果上足以限制一些形状误差和位置误差、满足了功能要求时，则可以不再规定其它项目要求。

(2) 当已标出的位置公差不能满足能被控制的形位公差时则应进一步提出该项目的要求。

### 三、公差原则的应用

公差原则是处理各项公差关系的原则。由于零件要素的尺寸、形状和位置误差均会影响零件的实际状态，为了保证零件的使用功能，就必须明确尺寸公差、形状公差和位置公差间的相互关系。只有明确公差原则后，才能使设计、工艺和检验人员之间具有统一的认识，这是保证正常进行生产和零件、产品质量的先决条件。

在尺寸公差后标 $\textcircled{M}$ 符号，表示遵守包容原则。在形位公差框格中标有 $\textcircled{R}$ 符号，表示遵守最大实体原则。当图样上不标 $\textcircled{M}$ 或 $\textcircled{R}$ 符号时，则表示遵守独立原则。本节主要介绍上述的三个原则，其它原则还没有被推广应用，所以没有叙述。

在选用公差原则时，首先要考虑零件要素的几何性质，如直线本身不具有确定直线形状的定形尺寸，平面的定形尺寸（长×宽）与平面形状误差无关，所以无法讨论直线、平面的尺寸公差与形状公差之间的关系。又如零件的轴线、中心面等这类中心要素，它们虽然是直线与平面的一种形式，可是它们均不可能独立存在，而是由轮廓要素体现它们的存在。由于这些轮廓要素均有定形尺寸和公差，所以实际轮廓要素的尺寸变化能引起实际中心要素位置的变化，只有轮廓要素的尺寸公差和相应的中心要素的形位公差才能采用包容原则或最大实体原则，即才能采用相关原则。

#### 1. 最大实体原则的应用

最大实体原则是当被测要素或（和）基准要素偏离最大实体状态时，形状、定向、定位公差能获得补偿值的一种公差原则。在具体应用时，应考虑以下几点：

(1) 最大实体原则主要用于保证零件的装配互换性，并能设计模拟装配状态的综检量规进行检验的零件部位。从要求零件达到装配互换性的有两类情况：

1) 零件组装结合是固定连接，零件间没有相对运动，零件的结合部位可以采用最大实体原则。例如齿轮泵泵体与泵盖的结合，减速器箱体与箱盖的结合，用螺栓或螺钉连接部位，其目的在于保证在互换性条件下能自由装配，不发生干涉即可。所以螺栓和螺钉连接孔的位置度公差，螺钉孔与沉头孔的同轴度公差，螺杆的轴线直线度公差，以及单耳止动垫圈的对称度公差等，都适宜采用最大实体原则。

2) 零件组装结合后，零件有回转运动。例如手摇泵手把与泵体之间，操纵杆与支轴之间，以及定位精度不高的操纵机构中，一般要求在互换条件下自由装配，并能旋转

灵活，都适宜用最大实体原则。

采用最大实体原则时，适宜采用模拟装配情况的综合量规进行零件的检验，从而提高检验效率。如果形位公差采用独立原则就不能采用综合量规进行检验，只能采用万能量具及仪器进行检验，从而使生产检验过程复杂化。

最大实体原则主要是保证零件能可靠地进行装配的前提下，讨论零件要素的尺寸变动、形位公差值的变动对保证装配互换性的关系。在确保互换性的基础上，把尺寸公差中未被利用的那一部分合理地补偿给形位公差，以获得最大的经济效益。

(2) 最大实体原则只有零件的中心要素（轴线、圆心、球心或中心平面）才具备应用条件。对于平面、素线等属非尺寸要素，都不存在尺寸公差对形位公差的补偿问题。

对于轴线的直线度、平行度、垂直度、同轴度、位置度，以及轴线或对称平面的对称度等形位公差项目，它们所控制的是轴线或对称平面，而尺寸公差所控制的是轮廓表面与素线，两者的控制部位不同。当各个零件有关表面的实际尺寸相同时，其形位误差可能不同。当各个零件的实际尺寸不同时，其形位误差有可能相同。所以，只有当尺寸公差和形位公差之间可以建立补偿关系的条件时，才能采用最大实体原则。所以被测要素或基准要素必须是中心要素。对圆柱表面的圆度、圆柱度，平面对平面的平行度、垂直度等形位公差项目，它们所控制的是轮廓表面与素线，均与尺寸公差控制的相同。当零件表面的实际尺寸确定后，形位误差的大小也就随之确定，因而在尺寸公差与形位公差之间不存在补偿关系，即不能应用最大实体原则。全跳动和圆跳动本身就是一种测量方法，故不能模拟装配状态设计综合量规进行检验，因此不能采用最大实体原则。

(3) 最大实体原则可用于被测要素，也可用于基准要素，或同时用于被测要素和基准要素。不论是被测要素还是基准要素，它们均应是中心要素才具有应用最大实体原则的条件。

在采用最大实体原则确定被测要素的尺寸公差与形位公差时，应在形位公差数值后加注符号Ⓜ，如图 2-38 所示。

在采用最大实体原则确定基准要素的尺寸公差与被测要素的形位公差关系时，在形位公差框格的基准字母后加注符号Ⓜ，如图 2-39(a) 所示。最大实体原则应用于被测要素和基准要素的标注如图 2-39(b) 所示。



图 2-38 最大实体原则用于被测要素的标注      图 2-39 最大实体原则用于基准要素的标注

(4) 最大实体原则只适用于装配组件中的单个零件，与之相配的零件只考虑装配互换性。

(5) 凡是零件功能允许而又适用最大实体原则的部位都应广泛采用最大实体原则的形位公差以取得最大的技术经济效益。

由于采用最大实体原则可以避免那些形位公差超差而按废品处理，实际上是能够保证装配互换性的零件。所以采用最大实体原则，能提高零件的合格率。基准要素采用最大实体原则，可以不必要提高基准要素的加工精度，从而可以简化工艺和工装设计。采用

最大实体原则可以用综合量规进行检验，不仅提高了检验效率，而且保证了零件的装配互换性。

应该指出，零件几何精度的高低，并不决定于它是采用什么公差原则，而是取决于形位公差值的大小。如果给定较小公差值而采用最大实体原则的形位公差，或零公差，形位精度不一定低。因此，对于装配有一定几何精度的运转部位也可以采用给定较小公差值的最大实体原则的形位公差；或采用被测要素尺寸分组的最大实体原则的形位公差；或采用控制在尺寸公差范围内的“零公差”。目的在于保证产品的使用要求，尽可能最大限度地提高工艺性和检验效率。

例如某发动机的曲轴法兰盘与飞轮的装配，采用法兰盘外径配合及四个螺栓孔成组定位的连接方式。由于法兰盘上的四个螺栓孔不仅要保证与飞轮装配的互换性，同时要保证孔与螺栓的配合有一定精度要求，为改善螺栓在高速下传递大负荷的受剪切应力，所以某工厂按图 2-40 所示的形位公差要求进行加工和验收。在单项检验中，不但检验效率低，测量误差大，而且不合格率较高。但是在生产中常将其中大部分“报废”零件进行了利用，实质上并不影响产品的工作性能。经过实践证明，采用了如图 2-41 所示的最大实体原则，采用了专用综合量规进行验收，不仅提高了检验效率，而且保证了产品质量。

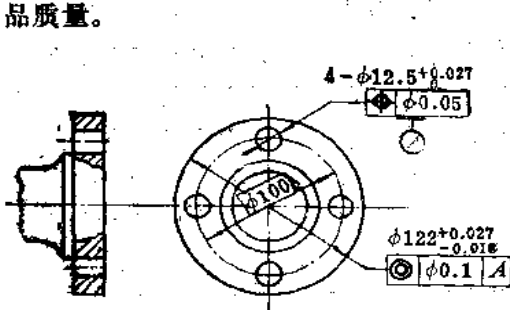


图2-40 法兰盘的单项形位公差标注

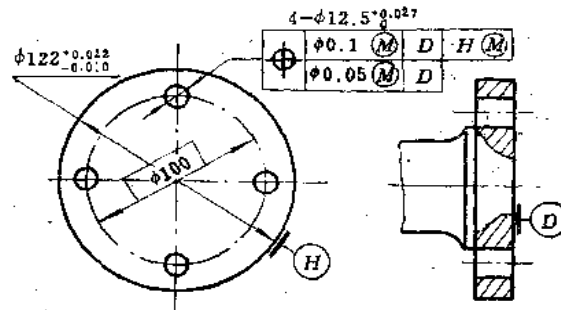


图2-41 法兰盘的最大实体原则标注

## 2. 包容原则的应用

包容原则也是确定尺寸公差与形位公差关系的一种公差原则。包容原则要求零件的

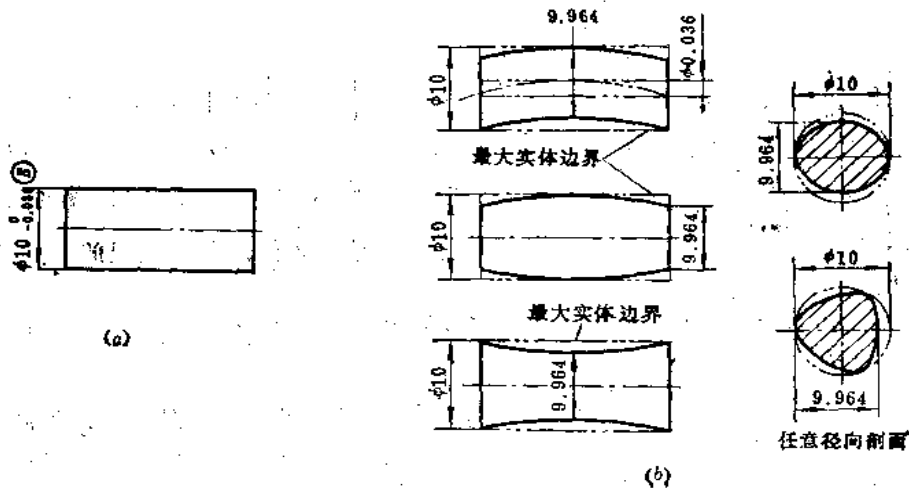


图2-42 包容原则的应用

实际要素处处位于具有理想形状的包容面内，该理想形状的尺寸应为最大实体尺寸。所以这是利用尺寸公差控制要素的形位误差，提高零件精度的公差原则。

(1) 包容原则应用于单一要素，可以保证配合性能。如图 2-42 所示，为了保证配合性质，轴的作用尺寸不得超过最大实体尺寸  $\phi 10$ ，而轴的实际尺寸又必须在尺寸公差范围内，所以采用包容原则的尺寸公差能控制该轴的形状误差。例如在间隙定位配合中，要求精密定位，结合的零件静止不动或有缓慢移动，且能自由装拆，这类配合的两零件结合表面在最大实体状态时，间隙为零。当采用最大实体原则或独立原则时，因为结合表面在最大实体状态尺寸时，还允许有形状误差，这时作用尺寸有可能超出最大实体尺寸边界，从而会出现过盈结合，不能满足设计要求。如车床尾座孔与尾座套筒的配合尺寸应采用包容原则。又如滑动轴承与轴的配合，为了保证液体摩擦，轴与轴承之间留有油膜需要有一定间隙，为此必须控制要素的作用尺寸不得超出要素的最大实体边界，这类表面均应采用包容原则。

(2) 包容原则应用于关联要素，主要适用于保证装配互换性。如图 2-43(a) 标有  $\textcircled{M}$  符号，此时两平行平面 A、B 的形状误差和实际尺寸均被限制在尺寸为 30.02 的包容面内，保证能自由装入滑槽，获得一定间隙量的间隙配合。如图 2-43(b) 不标注  $\textcircled{M}$  符号，即应用独立原则，这时的两平面间的尺寸允许在 29.98~30.02 范围内，两平面的平面度受未注形位公差规定的公差值限制。如果零件做成如图 2-44 所示的结果，若按图 2-43(a) 设计要求进行验收，该零件为不合格品，因为作用尺寸已超出包容面 30.02；倘若按图 2-43(b) 设计要求进行验收，则此零件为合格品，因为尺寸与形位误差均没有超出图样上规定的设计要求。显然按独立原则设计的零件不能保证装配互换性的要求。

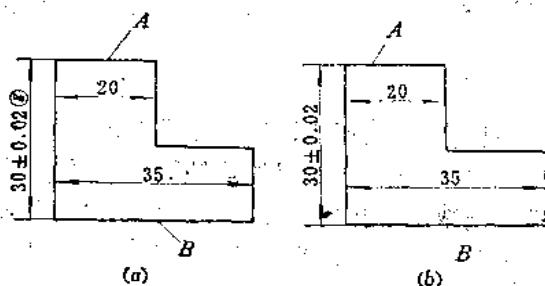


图2-43 包容原则和独立原则应用于关联要素的比较

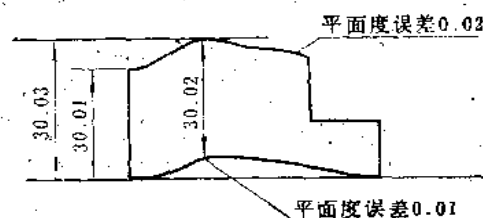


图2-44 滑块的实际尺寸与作用尺寸

### 3. 独立原则的应用

独立原则是指图样上给定的尺寸公差与形位公差之间相互独立，互不相关，实际要素分别满足各自要求的公差原则，即零件的实际尺寸由尺寸公差控制，形位误差由形位公差控制，两者互不联系与补偿的原则。检验时，尺寸用两点法测量，形位误差一般用通用量具或仪器测量。应用独立原则的尺寸公差与形位公差，在图样上不标注任何符号。

独立原则应用于以下几个方面：

(1) 独立原则能适用于一切尺寸公差与形位公差的要求，以表示不存在相互依存的原则。从统计分析可知，独立原则比最大实体原则和包容原则的应用最多，约占零件尺寸数的 90%。

(2) 零件的运转与定位精度要求较高, 采用最大实体原则不能满足使用要求, 又不宜采用包容原则的某些配合表面。例如:

为了保证运动轨迹, 连杆孔径的尺寸公差与大小头孔之间的平行度公差宜用独立原则, 否则会影响连杆的运动轨迹。

为了保证运动精度, 导向滑块工作面之间的平行度公差, 齿轮键槽与孔轴线的对称度公差宜用独立原则, 否则会影响导向运动。

为了定位精度, 量具和夹具的定位元件工作表面之间的定向公差, 定位公差均应采用独立原则。

(3) 非配合要素也要采用独立原则。例如零件上没有配合要求的部位, 如各种长度尺寸、退刀槽、肩距、圆角和倒角等, 它们的形位公差不需要与尺寸公差相关, 不需要最大实体边界或实效边界控制, 所以采用独立原则。

应当注意, 某零件要素采用不同的公差原则, 也可能都能达到零件功能要求。例如某一零件从功能要求考虑, 应采用包容原则, 如果误用最大实体原则, 为了保证零件功能要求, 却将尺寸公差与形位公差缩小, 使实效边界尺寸与原有最大实体边界的尺寸相等, 虽然零件也能满足功能要求, 但是缩小尺寸公差和形位公差值, 有可能将能够满足使用要求的合格品误判为废品, 而且提高了加工费用。

#### 4. 最大实体状态下的零公差应用

最大实体状态的零公差是指要素处于最大实体状态时, 允许的形位公差值为零。在图样上的形位公差值应标注  $0\text{M}$ 。零公差表示允许的形位公差值完全取决于被测要素的实际尺寸, 如果被测要素的实际尺寸为最大实体尺寸, 则不允许有形位误差, 即形位公差值为零; 当被测要素的实际尺寸偏离最大实体尺寸时, 允许的形位公差值为尺寸的偏离值或偏离值的一半。所以零公差是表示尺寸误差和形位误差的总和不得超出尺寸公差, 即实际要素不允许超出最大实体状态边界。

零公差应用于以下几个方面:

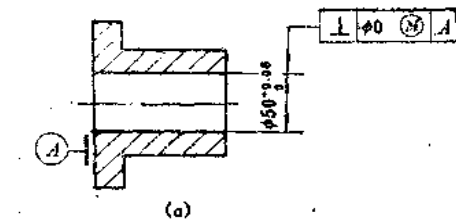
(1) 在零件原有尺寸公差条件下, 又提出更高的精度要求, 则可以采用最大实体状态边界控制实际尺寸和形位误差的综合结果。如图 2-45 所示零件孔轴线对平面的垂直度公差采用零公差。这时给出的垂直度公差完全取决于孔的实际尺寸, 当孔为最大实体尺寸时, 垂直度公差为零。当孔径偏离最大实体状态时, 相应的垂直度公差可以在  $0 \sim 0.05$  范围内变动。

(2) 给出零公差同时给定允许的最大补偿值

当零件功能要求形位公差允许达到尺寸公差给予的最大补偿值时, 可以按图 2-46 设计功能要求, 规定垂直度公差的最大补偿值为  $0.02$ 。当孔径在  $450 \sim \phi 50.02$  范围内变动时, 垂直度公差相应地在  $0 \sim 0.02$  范围内变动。当孔径为  $\phi 50.02 \sim \phi 50.05$  范围内变动时, 垂直度公差只允许得到  $0.02$  的补偿值。

(3) 扩大尺寸公差标注零公差

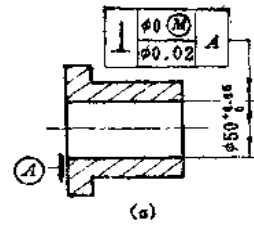
零件的可装配性, 既不单纯取决于尺寸公差, 也不单纯取决于形位公差, 而是取决于尺寸公差和形位公差的综合要求。所以当实际尺寸较小时, 形位误差可以适当增大, 当实际尺寸较大时, 形位误差必须减小才能保证装配互换性要求。设计者把尺寸公差和形位公差作为一个整体来考虑零件的可装配性, 零公差标注可以充分反映这两种公差之间



孔的实际尺寸	允许的垂直度公差值
φ50	0
φ50.01	0.01
φ50.02	0.02
.....	.....
φ50.05	0.05

(b)

图2-45 零公差标注



孔实际尺寸	允许的垂直度公差值
φ50	0
φ50.01	0.01
φ50.02	0.02
φ50.03	0.02
.....	.....
φ50.05	0.02

(b)

图2-46 零公差与最大补偿值的标注

的联系。其方法就是把形位公差加到尺寸公差上，使尺寸公差增大，以分别标注的实效尺寸作为最大实体尺寸，最小实体尺寸不变，再标注 $\textcircled{M}$ 。这样，形位公差就完全取决于被测要素的实际尺寸。这种零公差的特殊应用，可以在保证同样的功能下，提供比其它方式所能允许的更大的尺寸公差。因为从保证装配互换性分析，不考虑尺寸误差与形位误差各占多少，只要被测要素不超出实效条件边界，就能保证装配。例如图2-47(a)的标注，可以转换为图2-47(b)所示零公差标注，其尺寸公差从0.1增大到0.2，并能获得同样的装配效果。

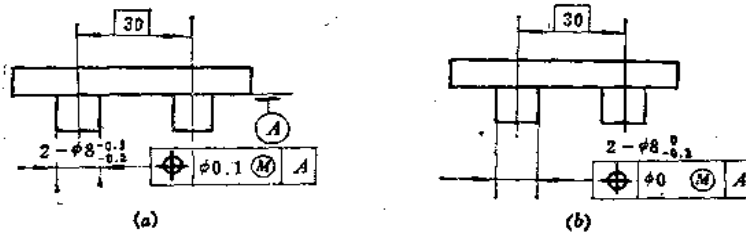


图2-47 扩大尺寸公差的零公差

由此可知，采用最大实体原则的零公差，不但允许尺寸公差补偿给形位公差，而且可以把形位公差值完全转换为尺寸公差，实现形位公差对尺寸公差的反补偿。这样，零公差可以保证满足零件的可装配性，提高零件的合格率，获得更高的经济价值。但是由于采用形位公差对尺寸公差的反补偿作用，零公差给生产上带来了一定困难，因此，目前零公差在这方面的应用仍受到较大的限制。

有关最小实体原则，形位公差对尺寸公差的反补偿等，由于应用时的困难，目前仅停留在探索阶段。

#### 四、基准的选用

基准是设计、加工、装配与检验零件被测要素的方向和位置的参考对象，是确定零件几何要素关系的依据。对定向公差，基准确定了定向公差带方向，对定位公差，基准



确定了定位公差带的位置；对跳动公差，基准确定了跳动公差带的方位。所以基准的选用是位置公差选用的一个重要部分。位置公差标注是否合理可行，在很大程度上取决于基准选择是否正确。

设计基准是根据零件功能要求，用以确定零件在整个机器中相对位置而指定的基准。图纸上给定的基准，一般都是设计基准。它是选择工艺基准和检验基准的依据，又是零件的装配基准。工艺基准是根据设计要求和加工条件，用来确定加工面与刀具相对位置时而指定的基准。在选择工艺基准时，既要保证设计要求，又要考虑加工条件；既

准。三孔组对轴线的整个偏移，并不影响装配性能。

(2) 相配零件应选择或建立同一基准体系，一般应选择相互配合或相互结合的表面作为各自的基准，以保证零件的装配。

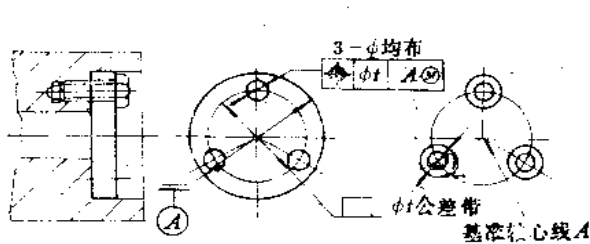


图2-49 基准选择之一

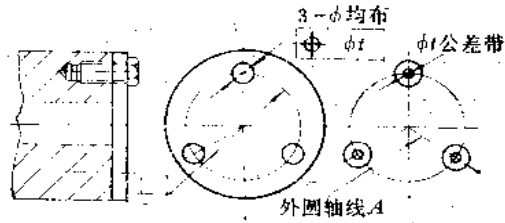


图2-50 基准选择之二

如图2-51所示，为保证装配和结合面密封的要求，通常选择相配零件的结合端面A为第一基准，以保证螺栓过孔垂直于端面A，使端面紧密结合，防止泄漏；选择圆柱面的轴线作为第二基准，以保证螺栓的可装配性。两零件装配时，就能保证基准重合，并使两零件的公差带也是重合一致，从而才能保证设计要求。

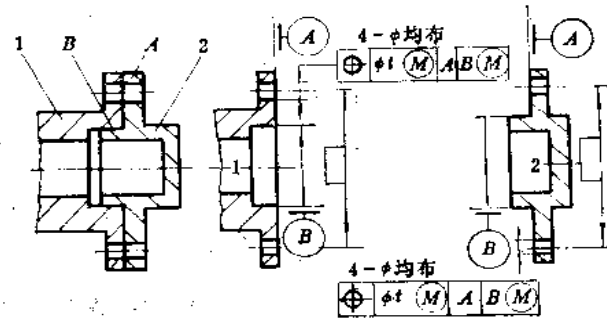


图2-51 相配零件选择同一基准体系

(3) 从加工、检测要求考虑，应选择夹具、检具中定位的要素作为基准，这样可以保证加工精度、减少测量误差，简便夹具与检具的设计。

(4) 基准要素应具有足够的接触面积，以便起到稳定的定位作用。

(5) 若以铸造、锻造或焊接件等粗糙表面为基准时，应选择最稳定的要素作为基准，或采用基准目标，或增加工艺凸台作为基准。

(6) 选择的基准要素应当明确，避免重复与混淆。

(7) 选择基准时，尽可能使设计、工艺、装配和检验基准的一致，避免造成基准转换而带来的误差，有利于保证零件功能要求。

(8) 选择多基准时，应明确基准顺序，以保证装配质量和性能。

## 2. 基准数量的选用

在位置公差中的基准，不论是单一基准，组合基准等都是三基准体系中的基准平面或基准轴线。由于位置公差是从几何关系来定义的，所以可根据定向、定位的几何条件确定基准数量。一般情况，定向公差只要一个基准，定位公差需要一个或多个基准。基准数量的多少完全取决于确定被测要素的理想方位和功能要求。

(1) 按确定被测要素的理想方位选取基准数量

如图2-52所示，不同的位置公差项目选择不同数量的基准。不同数量的基准起到不同的控制作用。如图2-52(a)所示，要求控制上平面对底平面A的平行度要求，因为它是控制在一个方向上的定向要求，所以选取一个基准就能满足其理想方向的要求。如图2-52(b)所示，要求控制两孔既垂直于A面，又要保证平行于B面，所以要选取两

个基准才能保证设计要求。如图2-52(a)所示,设计要求两孔首先垂直于A底面,且尽量保证两孔平行于C面,并要控制两孔至B面的距离,所以采用三基准的位置度公差标注。

应当说明的,在图样上标注的基准无论是一个、二个还是三个,对零件的定位要求均按三基准体系而设计的。所以零件上所标注的一些基准必须要构成三个相互垂直的要素(平面或轴线)。

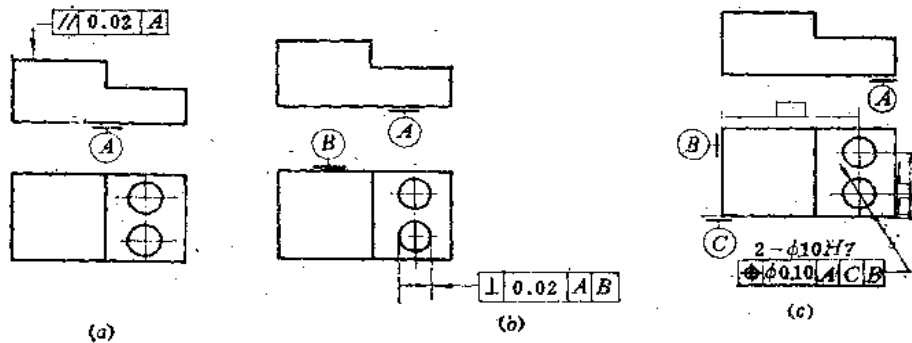


图2-52 不同数量的基准

(a) 一个基准; (b) 两个基准; (c) 三基准。

在同一个零件上,同一被测要素的位置公差只能构成一个三基面体系,不同的被测要素可以构成不同的三基面体系,如图2-53所示,  $2-\phi 10H7(^{+0.015})$  是以A、B、F所组成的三基面,而  $2-\phi 6H7(^{+0.012})$  是以D、E、F所组成的另一个三基面体系。一般设计基准时,应尽量减少三基面体系的数量,因为基准越多,对零件基准面的加工越多,相应的工艺就越复杂,而且成本越高。

(2) 按零件使用功能确定基准数量

按零件功能要求也可增加基准数量。如图2-54所示对称度公差。若按对称度的定义要求,只要选取B基准即可。由于零件安装时,首先要求A表面与相配零件接触,为了保证零件使用要求,选取A面为第一基准,以保证开口槽垂直于A面,选取B面为第二基准,以保证与B面中心平面对称。这样基准中心平面B垂直于基准平面A,由三基准体系中的第一、第二基准面确定了对称度公差带的方位。

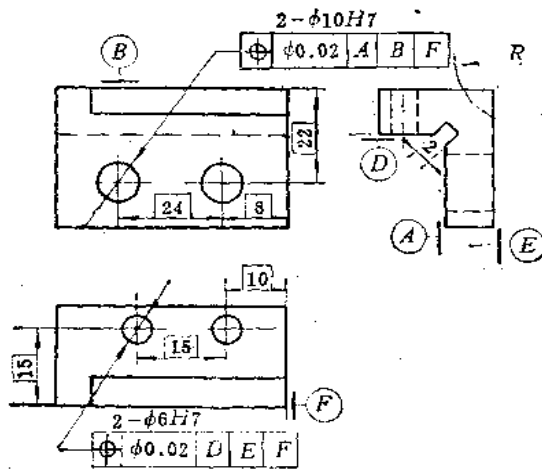


图2-53 两个三基面体系的图例

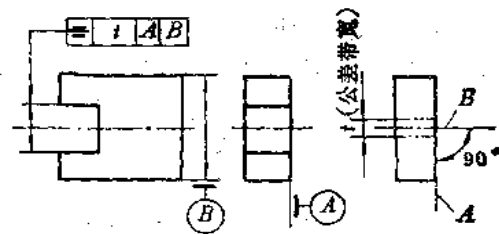


图2-54 两基准的对称度

如图2-55所示圆跳动采用了两基准，若按圆跳动定义，只要选取基准轴线 $B$ 为基准，但是由于圆柱面 $d$ 的长度较短，使用与加工仅靠这段短圆柱面定位是很不稳定的，所以设计者常以端面定位，圆柱短轴定心来保证零件的工作状态，这样要选择 $A$ 为第一基准， $B$ 为第二基准。

(3) 按零件上不同的被测要素选取不同的基准体系

在同一零件上的不同的被测要素应根据不同要素在零件上的功能和位置关系选取基准体系。其形式有如下几种：

1) 每一个被测要素各自选取基准，则在同一零件上形成独立的多个基准体系。

2) 不同的被测要素，选择相同的基准，则在一个零件上形成同一基准体系。如图2-56所示零件的两个孔组，位置度公差都以表面 $A$ 、 $B$ 、 $C$ 作为基准，而且基准顺序也相同。

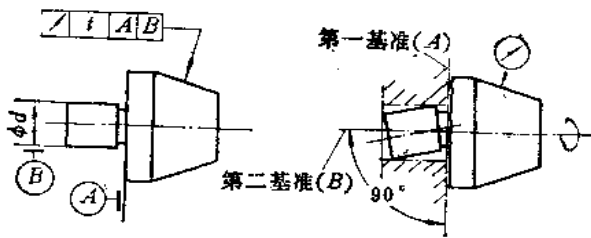


图2-55 两基准的径向圆跳动

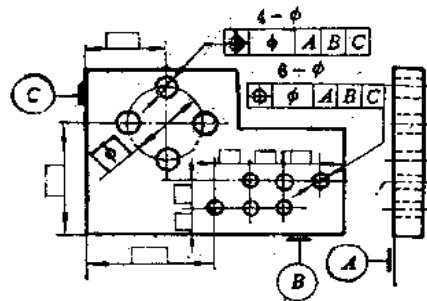


图2-56 同一基准体系的位置度

3) 具有一共同基准且相互有联系的基准体系，如图2-57所示。采用位置度公差与 $A$ 、 $B$ 、 $C$ 三基准控制大孔在零件上的位置，由于四孔组在安装时，其位置是以大孔为依据，所以四孔组的位置选取 $A$ 面为第一基准，以保证四孔垂直于 $A$ 面，选取大孔轴线为第二基准，以保证四孔相对于大孔的位置关系，选取 $B$ 面为定向基准。这样“ $A$ 、 $B$ 、 $C$ ”和“ $A$ 、 $D$ 、 $B$ ”两基准体系是有相互联系的。该零件在加工过程，应先以“ $A$ 、 $B$ 、 $C$ ”为基准加工大孔，再以“ $A$ 、 $D$ 、 $B$ ”为基准加工四孔。

4) 成组基准要素：为了便于装配定位，设计上有时需要以某一孔组作为另一孔组或另一要素的基准。例如箱体和箱盖的加工工艺考虑和安装的需要，通常采用两销孔定位加工和安装其它要素间的相对位置。

### 3. 基准顺序的选用

在标注位置公差的基准时，必须明确基准顺序，因为选择不同的基准顺序会直接影响到零件的装配质量，使用效果，加工工艺，以及工装的结构设计。因此设计人员应根据零件结构特点，装配和使用要求选择基准要素和基准顺序，以建立位置公差的基准体系。

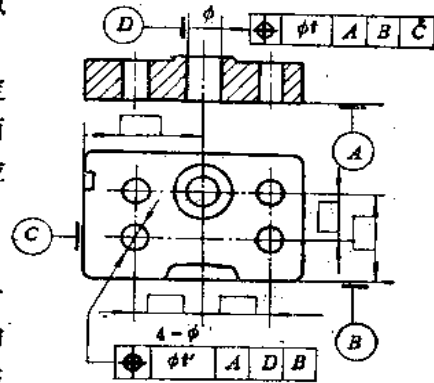


图2-57 有联系基准体系的位置度

应该说明, 基准顺序与 $ABC$ 三个字母的顺序无关。如果 $C$ 字母标注在第一基准框格中,  $C$ 基准就是第一基准,  $A$ 字母标注在第二基准框格中,  $A$ 基准就是第二基准。所以基准框格的顺序才体现了基准顺序。基准顺序体现了设计要求, 不允许任意变动基准顺序。如图2-55所示, 若以圆柱面 $B$ 为第一基准, 端面 $A$ 为第二基准, 只能保证圆柱面 $B$ 的配合, 端面 $A$ 就不能保证紧密结合。如图2-55所示的基准顺序, 首先保证端面 $B$ 的紧密结合, 其次才保证圆柱面的配合。

按不同的设计要求和零件结构特点, 通常有以下几种基准排列形式:

- (1) 以 $A$ 、 $B$ 、 $C$ 的顺序排列的三基准体系。
- (2) 以平面 $A$ 、轴线 $B$ 的顺序排列的基准。
- (3) 以轴线 $A$ 、平面 $B$ 的顺序排列的基准。
- (4) 以平面 $A$ 、 $B$ 和轴线 $C$ 的顺序排列的基准。
- (5) 以平面 $A$ 、轴线 $B$ 和平面 $C$ 的顺序排列的基准。

#### 4. 任选基准的选用

有位置公差要求的两个要素中, 任选其中一个要素为基准要素, 则另一个要素为被测要素, 这称为任选基准。在图样上的基准符号应把粗短一横改为箭头, 以表示零件的两端面互为基准。

任选基准适用于位置公差, 并要求零件两要素的形状、尺寸和技术要求完全相同; 或在设计要求中, 各要素之间的基准有可以互换的条件。例如块规的两平行面、齿轮泵体的两平行面、滚动轴承的两端面, 以及某些轴颈、箱体孔之间的表面等。这些零件在使用或加工时, 位置公差不需要指定哪个要素作为基准要素, 允许任选一个要素作为被测要素, 另一个要素即为基准要素, 如图2-58所示的零件, 两个要素(端面)的形状、尺寸和技术要求完全相同; 从零件结构特点也分不出被测要素和基准要素, 任选基准正是为这种设计所选用的。

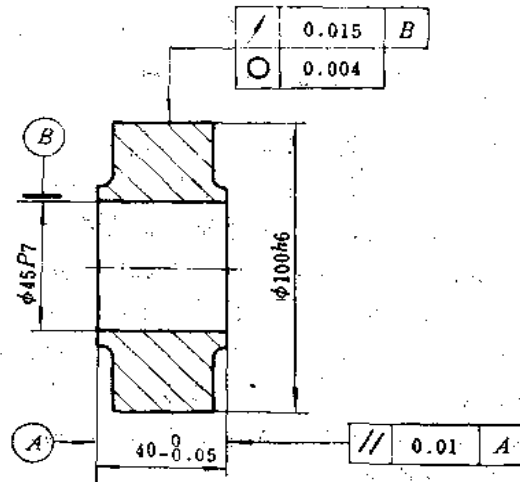


图2-58 任选基准

在选用任选基准时, 检测位置误差要分别用这两个要素作为基准要素检测两次, 并以较大的位置误差作为该零件的位置误差。根据形位公差检测标准规定, 在检测位置误差时, 基准要素应排除形状误差, 被测要素不要求排除形状误差。两次检测误差的不同主要在于两个要素的形状误差不同而引起的, 即在采用任选基准时, 变更基准引起两次检测位置误差的变化主要是由于形状误差的影响。一般情况, 形状误差小于位置误差, 只要求要素的形状、大小和技术要求相同, 形状误差的影响不大, 所以可选用任选基准, 但在以下情况不允许选用任选基准。

- (1) 零件结构不对称和技术条件不相同, 则不能采用任选基准。
- (2) 零件结构对称而技术要求不同, 也不宜采用任选基准。

(3) 一般情况, 任选基准不宜用于同轴度、对称度、位置度和跳动公差。因为这些位置误差的大小与基准有关, 变更基准, 位置误差的变化会很大。

实际上, 任选基准比指定基准的要求更为严格。因此, 标注任选基准必须慎重小心。

### 5. 基准目标的选用

基准目标是以零件表面的局部区域作为基准之用的点、线、面。基准目标有点目标、线目标和面目标。在图样上各有表示方法。

基准目标主要用于作为基准的表面存在着较大的形状误差, 或基准表面面积较大, 或是较粗糙的表面。例如铸件、锻件的毛坯面, 焊接件表面, 易产生弯曲、挠曲形变的薄壁件, 因为这类零件表面的形状误差较大, 定位面不稳定, 若把整个表面选作基准, 无法进行重复定位, 定位精度偏低, 加工和检测误差较大。所以为了提高这类零件的定位精度, 减少加工和检测误差, 通常对这类零件采用基准目标建立三基面体系, 有利于保证零件质量。

基准目标需要通过加工过程中的夹具和检验过程中的检具来体现的。所以在铸件粗糙面的基准目标就是加工夹具或检具上的定位点、定位线或定位面。

在应用基准目标时, 应注意以下几点:

(1) 必须画出描述基准目标用的足够视图。

(2) 指定基准目标必须符合三基面体系的要求。对于第一基准应指定三个目标, 第二基准应指定两个目标, 第三基准应指定一个目标。

(3) 点目标、线目标和面目标的选用, 取决于零件表面面积和加工、检测时的稳定性。

(4) 允许零件的第一基准选用整个表面作为基准、第二和第三基准应选用基准目标。

## 五、形位公差值的选用

在图样上表示形状和位置公差的方法有两种: 一种是在形位公差框格内注出形位公差的公差值, 另一种是不注出形位公差值, 按未注形位公差值规定要求进行验收。无论是那一种标注, 它们都是按设计要求注出的形位公差值。

选择形位公差值的基本原则, 是与尺寸公差值的选择原则相同的, 即在满足零件功能的前提下, 兼顾经济性和测试条件, 尽量选用较低的公差等级。

选择公差值的方法, 一般有算法和类比法(即经验法)两种。算法是用极限边界概念, 根据零件功能和结构特点, 经过计算确定公差值的方法。由于该方法比较复杂, 较少采用; 类比法是一种常用的方法, 它是根据长期经验及有关资料, 参考同类产品、类似零件的技术要求, 考虑设计零件的特点, 选择合理的形位公差值。

选择的形位公差值务必符合GB1184-80形状和位置公差和未注公差的规定。

在选择形位公差值(精度等级)时, 必须考虑以下几个方面:

(1) 形位公差值规律

形位公差主要控制零件要素的形状误差和要素间的位置误差。误差的大小与加工方

法有着密切关系。影响被加工零件形位误差的因素有很多，如机床类型、机床精度、装夹方式和加工余量等，还包括零件材料、尺寸和结构，虽然因素很多，但主要取决于加工方法和尺寸两个因素。同样尺寸的零件，由于加工方法不同，出现的形位误差不同。同一种加工方法，由于零件尺寸不同，也会出现不同的形位误差，因此，形位公差值的规律应以尺寸大小和形位精度等级为工艺的内在规律，国家标准GB1184-80规定的形位公差数值系列正是按这种内在工艺规律而制定的。按GB1184-80标准规定了五个形位公差值表。

表2-3 直线度、平面度公差值

主 参 数 $L$ (mm)	公 差 等 级											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	公差值 ( $\mu\text{m}$ )											
$\leq 10$	0.2	0.4	0.8	1.2	2	3	5	8	12	20	30	60
$> 10 \sim 16$	0.25	0.5	1	1.5	2.5	4	6	10	15	25	40	80
$> 16 \sim 25$	0.3	0.6	1.2	2	3	5	8	12	20	30	50	100
$> 25 \sim 40$	0.4	0.8	1.5	2.5	4	6	10	15	25	40	60	120
$> 40 \sim 53$	0.5	1	2	3	5	8	12	20	30	50	80	150
$> 53 \sim 100$	0.6	1.2	2.5	4	6	10	15	25	40	60	100	200
$> 100 \sim 160$	0.8	1.5	3	5	8	12	20	30	50	80	120	250
$> 160 \sim 250$	1	2	4	6	10	15	25	40	60	100	150	300
$> 250 \sim 400$	1.2	2.5	5	8	12	20	30	50	80	120	200	400
$> 400 \sim 630$	1.5	3	6	10	15	25	40	60	100	150	250	500
$> 630 \sim 1000$	2	4	8	12	20	30	50	80	120	200	300	600
$> 1000 \sim 1600$	2.5	5	10	15	25	40	60	100	150	250	400	800
$> 1600 \sim 2500$	3	6	12	20	30	50	80	120	200	300	500	1000
$> 2500 \sim 4000$	4	8	15	25	40	60	100	150	250	400	600	1200
$> 4000 \sim 6300$	5	10	20	30	50	80	120	200	300	500	800	1500
$> 6300 \sim 10000$	6	12	25	40	60	100	150	250	400	600	1000	2000

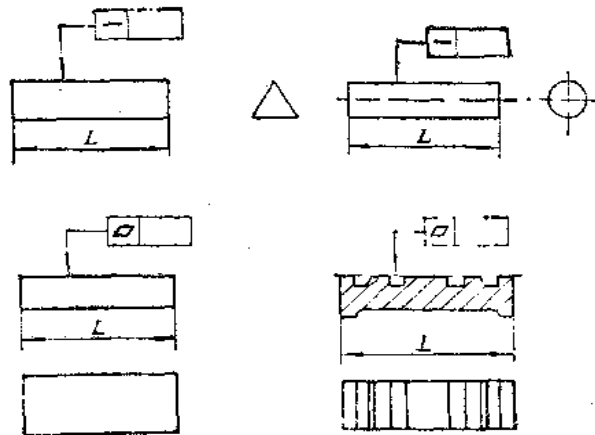
主参数  $L$  图例

表2-4 圆度、圆柱度公差值

主参数 $d(D)$ (mm)	公差等级												
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	公差值 ( $\mu\text{m}$ )												
$\leq 3$	0.1	0.2	0.3	0.5	0.8	1.2	2	3	4	6	10	14	25
$> 3 \sim 6$	0.1	0.2	0.4	0.6	1	1.5	2.5	4	5	8	12	18	30
$> 6 \sim 10$	0.12	0.25	0.4	0.6	1	1.5	2.5	4	6	9	15	22	36
$> 10 \sim 18$	0.15	0.25	0.5	0.8	1.2	2	3	5	8	11	18	27	43
$> 18 \sim 30$	0.2	0.3	0.6	1	1.5	2.5	4	6	9	13	21	33	52
$> 30 \sim 50$	0.25	0.4	0.6	1	1.5	2.5	4	7	11	16	25	39	62
$> 50 \sim 80$	0.3	0.5	0.8	1.2	2	3	5	8	13	19	30	46	74
$> 80 \sim 120$	0.4	0.6	1	1.5	2.5	4	6	10	15	22	35	54	87
$> 120 \sim 180$	0.6	1	1.2	2	3.5	5	8	12	18	25	40	63	100
$> 180 \sim 250$	0.8	1.2	2	3	4.5	7	10	14	20	29	46	72	115
$> 250 \sim 315$	1.0	1.6	2.5	4	6	8	12	16	23	32	52	81	130
$> 315 \sim 400$	1.2	2	3	5	7	9	13	18	25	36	57	89	140
$> 400 \sim 500$	1.5	2.5	4	6	8	10	15	20	27	40	63	97	155

主参数  $d(D)$  图例

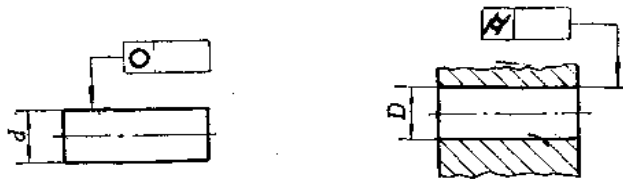


表2-5 平行度、垂直度、倾斜度公差值

主参数 $L, d(D)$ (mm)	公差等级											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	公差值 ( $\mu\text{m}$ )											
$\leq 10$	0.4	0.8	1.5	3	5	8	12	20	30	50	80	120
$> 10 \sim 16$	0.5	1	2	4	6	10	15	25	40	60	100	150
$> 16 \sim 25$	0.6	1.2	2.5	5	8	12	20	30	50	80	120	200
$> 25 \sim 40$	0.8	1.5	3	6	10	15	25	40	60	100	150	250
$> 40 \sim 63$	1	2	4	8	12	20	30	50	80	120	200	300
$> 63 \sim 100$	1.2	2.5	5	10	15	25	40	60	100	150	250	400
$> 100 \sim 160$	1.5	3	6	12	20	30	50	80	120	200	300	500
$> 160 \sim 250$	2	4	8	15	25	40	60	100	150	250	400	600
$> 250 \sim 400$	2.5	5	10	20	30	50	80	120	200	300	500	800
$> 400 \sim 630$	3	6	12	25	40	60	100	150	250	400	600	1000
$> 630 \sim 1000$	4	8	15	30	50	80	120	200	300	500	800	1200
$> 1000 \sim 1600$	5	10	20	40	60	100	150	250	400	600	1000	1500
$> 1600 \sim 2500$	6	12	25	50	80	120	200	300	500	800	1200	2000
$> 2500 \sim 4000$	8	15	30	60	100	150	250	400	600	1000	1500	2500
$> 4000 \sim 6300$	10	20	40	80	120	200	300	500	800	1200	2000	3000
$> 6300 \sim 10000$	12	25	50	100	150	250	400	600	1000	1500	2500	4000

主参数  $L, d(D)$  图例

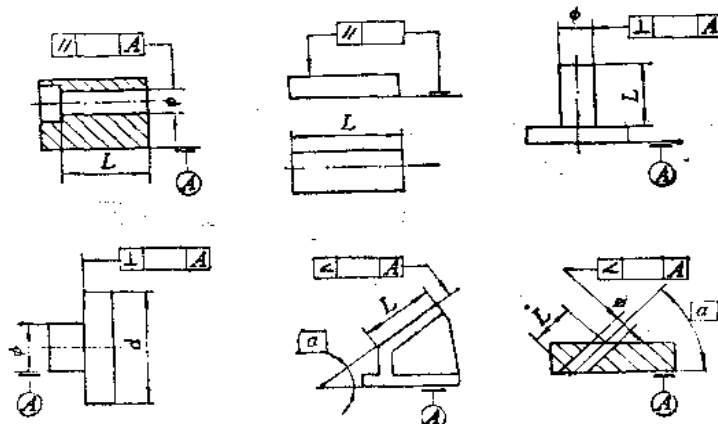
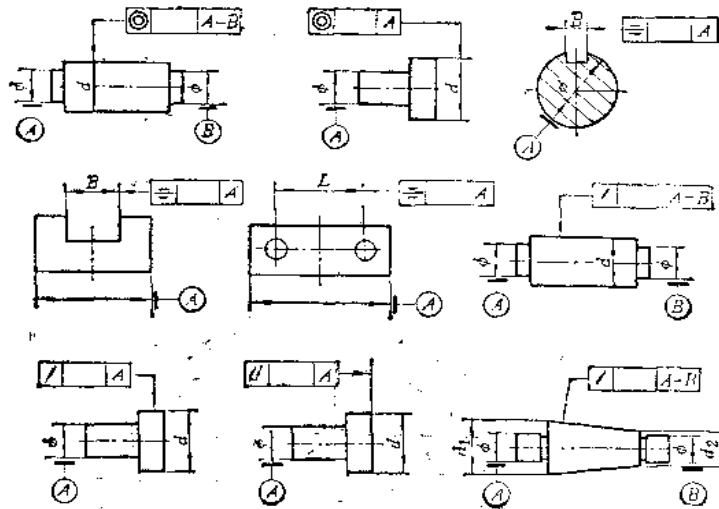




表2-6 同轴度、对称度、圆跳动和全跳动公差值

主 参 数 $d(D), B, L$ (mm)	公 差 等 级											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	公差值 ( $\mu\text{m}$ )											
$\leq 1$	0.4	0.6	1.0	1.5	2.5	4	6	10	15	25	40	60
$> 1 \sim 3$	0.4	0.6	1.0	1.5	2.5	4	6	10	20	40	60	120
$> 3 \sim 6$	0.5	0.8	1.2	2	3	5	8	12	25	50	80	150
$> 6 \sim 10$	0.6	1	1.5	2.5	4	6	10	15	30	60	100	200
$> 10 \sim 18$	0.8	1.2	2	3	5	8	12	20	40	80	120	250
$> 18 \sim 30$	1	1.5	2.5	4	6	10	15	25	50	100	150	300
$> 30 \sim 50$	1.2	2	3	5	8	12	20	30	60	120	200	400
$> 50 \sim 120$	1.5	2.5	4	6	10	15	25	40	80	150	250	500
$> 120 \sim 250$	2	3	5	8	12	20	30	50	100	200	300	600
$> 250 \sim 500$	2.5	4	6	10	15	25	40	60	120	250	400	800
$> 500 \sim 800$	3	5	8	12	20	30	50	80	150	300	500	1000
$> 800 \sim 1250$	4	6	10	15	25	40	60	100	200	400	600	1200
$> 1250 \sim 2000$	5	8	12	20	30	50	80	120	250	500	800	1500
$> 2000 \sim 3150$	6	10	15	25	40	60	100	150	300	600	1000	2000
$> 3150 \sim 5000$	8	12	20	30	50	80	120	200	400	800	1200	2500
$> 5000 \sim 8000$	10	15	25	40	60	100	150	250	500	1000	1500	3000
$> 8000 \sim 10000$	12	20	30	50	80	120	200	300	600	1200	2000	4000

主参数  $d(D), B, L$  图例



当被测要素为圆锥面时, 取  $d = \frac{d_1 + d_2}{2}$

表2-7 位置度数系

1	1.2	1.5	2	2.5	3	4	5	6	8
$1 \times 10^n$	$1.2 \times 10^n$	$1.5 \times 10^n$	$2 \times 10^n$	$2.5 \times 10^n$	$3 \times 10^n$	$4 \times 10^n$	$5 \times 10^n$	$6 \times 10^n$	$8 \times 10^n$

- 1) 直线度、平面度公差值, 见表2-3。
- 2) 圆度、圆柱度公差值, 见表2-4
- 3) 平行度、垂直度、倾斜度公差值, 见表2-5。
- 4) 同轴度、对称度、圆跳动和全跳动公差值, 见表2-6。
- 5) 位置度数系, 见表2-7。

形位公差项目共有14项, 以上四个表仅适用于11个项目, 位置度、线、面轮廓度公差值因缺乏实测统计, 还没有编制公差值表。

使用公差值表的注意事项有:

① 为简化表格, 把近似的误差规律项目合并于同一表内, 所以形成的四个表包括了11个项目。

② 使用表格时, 要明确主参数是 $L$ , 还是 $D$ 或 $d$ , 表格下附的图例正是说明主参数的。如图2-59(a)所示的主参数是 $L$ , 而不是 $\phi 30$ ; 如图2-59(b)所示的主参数是 $d$ , 而不是 $\phi 20$ 。

③ 位置度数系表是为了选取数值标准化而规定的, 也便于今后制定位置度公差数值表。

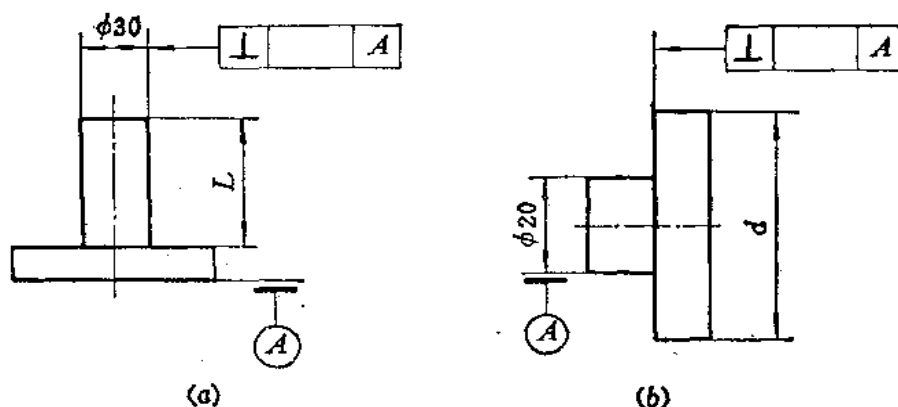


图2-59 主参数图例

## (2) 考虑形状公差、位置公差、尺寸公差之间的协调。

1) 在同一要素上给出的形状公差值应小于位置公差值。如要求平行度的两个平面上还规定平面度公差, 则平面度公差值应小于平行度(或垂直度、倾斜度)公差值。

2) 圆柱体零件的形状公差值(轴线直线度除外), 一般情况, 应小于其尺寸公差值。相对应的关系可见表2-8。

3) 平行度公差值应小于其相应距离的公差值。

4) 径向跳动公差值大于圆度和同轴度公差值。

5) 按形状公差、位置公差之间关系, 在图样上给出的公差值, 被控制项目的公差值一定要小于控制项目的公差值。如圆柱体的轴线直线度公差值应小于素线直线度公差值, 圆度公差值应小于圆柱度公差值, 垂直度公差值小于位置度公差值, 径向圆跳动公差值应大于圆度公差值, 端面对轴线的垂直度公差值应大于端面圆跳动公差值等等。

6) 形状公差与表面粗糙度的关系, 在一定的加工条件下, 形状误差与粗糙度存在

表2-8 圆度、圆柱度公差在尺寸公差中所占的百分比

尺寸公差 公差等级	圆度、圆柱 度公差等级	公差带占尺寸 公差的百分比	尺寸公差 公差等级	圆度、圆柱 度公差等级	公差带占尺寸 公差的百分比	尺寸公差 公差等级	圆度、圆柱 度公差等级	公差带占尺寸 公差的百分比
IT01	0	66	IT5	4	40	IT9	10	80
IT	0	40		5	60	IT10	7	15
	1	80	6	95	8		20	
IT1	0	25	IT6	3	16		9	30
	1	50		4	26	10	50	
	2	75		5	40	11	70	
IT2	0	16		6	66	IT11	8	13
	1	33		7	95		9	20
	2	50	4	16	10		33	
3	85	5	24	11	46			
IT3	0	10	IT7	6	40	IT12	12	83
	1	20		7	60		9	12
	2	30	IT8	8	80		10	20
	3	50		5	17	11	28	
4	80	6		28	12	50		
IT4	1	13		7	43	IT13	10	14
	2	20		8	57		11	20
	3	33	9	85	12		35	
	4	53	IT9	6	16	IT14	11	11
	5	80		7	24		12	20
IT5	2	15		8	32	IT15	12	12
	3	25	9	48				

着一定比例关系。所以为了保证形状公差，应限制其最大粗糙度参数值。

- ① 中段尺寸和中等精度尺寸，粗糙度 $R$ 值约占形状公差 $1/4 \sim 1/5$ 。
- ② 高精度的形状公差值和粗糙度 $R$ 值的数量级相近。
- ③ 对于小尺寸零件，长度与直径的比值较小的零件，加工时会产生较大的粗糙度值，则可取较大的比值。

选用时，可参见表2-9和表2-10的对应数值。

(3) 考虑零件结构、刚性与加工难易程度

在满足零件功能的要求下，对于下列情况，可以适当降低1~2级精度：

- 1) 孔相对于轴。
- 2) 细长比较大的轴或孔。
- 3) 距离较大的轴或孔。

表2-9 圆度、圆柱度、素线直线度与粗糙度 $R_a$ 值 ( $\mu\text{m}$ )

主参数 (mm)	公差等级											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$\leq 3$	0.012 $\nabla_{13}$	0.012 $\nabla_{13}$	0.025 $\nabla_{12}$	0.05 $\nabla_{11}$	0.10 $\nabla_{10}$	0.2 $\nabla_9$	0.2 $\nabla_9$	0.4 $\nabla_8$	0.8 $\nabla_7$	1.6 $\nabla_6$	3.2 $\nabla_5$	3.2 $\nabla_5$
$> 3 \sim 18$	0.012 $\nabla_{13}$	0.025 $\nabla_{12}$	0.05 $\nabla_{11}$	0.10 $\nabla_{10}$	0.2 $\nabla_9$	0.4 $\nabla_8$	0.4 $\nabla_8$	0.8 $\nabla_7$	1.6 $\nabla_6$	3.2 $\nabla_5$	6.3 $\nabla_4$	12.5 $\nabla_3$
$> 18 \sim 120$	0.025 $\nabla_{12}$	0.05 $\nabla_{11}$	0.10 $\nabla_{10}$	0.2 $\nabla_9$	0.4 $\nabla_9$	0.8 $\nabla_8$	0.8 $\nabla_7$	1.6 $\nabla_6$	3.2 $\nabla_5$	6.4 $\nabla_4$	12.5 $\nabla_3$	12.5 $\nabla_3$
$> 120 \sim 800$	0.05 $\nabla_{11}$	0.10 $\nabla_{10}$	0.2 $\nabla_9$	0.4 $\nabla_8$	0.8 $\nabla_7$	1.6 $\nabla_6$	1.6 $\nabla_6$	3.2 $\nabla_5$	6.4 $\nabla_4$	12.5 $\nabla_3$	12.5 $\nabla_3$	12.5 $\nabla_3$
$> 800 \sim 2000$	0.2 $\nabla_9$	0.2 $\nabla_9$	0.4 $\nabla_8$	0.8 $\nabla_7$	1.6 $\nabla_6$	1.6 $\nabla_6$	3.2 $\nabla_5$	6.4 $\nabla_4$	12.5 $\nabla_3$	12.5 $\nabla_3$	12.5 $\nabla_3$	12.5 $\nabla_3$

表2-10 直线度、平面度公差等级与粗糙度 $R_a$ 值 ( $\mu\text{m}$ )

主参数 (mm)	公差等级											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$\leq 25$	0.025 $\nabla_{12}$	0.05 $\nabla_{11}$	0.1 $\nabla_{10}$	0.1 $\nabla_{10}$	0.2 $\nabla_9$	0.2 $\nabla_9$	0.4 $\nabla_8$	0.8 $\nabla_7$	1.6 $\nabla_6$	1.6 $\nabla_6$	3.2 $\nabla_5$	6.4 $\nabla_4$
$> 25 \sim 160$	0.05 $\nabla_{11}$	0.1 $\nabla_{10}$	0.1 $\nabla_{10}$	0.2 $\nabla_9$	0.2 $\nabla_9$	0.4 $\nabla_8$	0.8 $\nabla_7$	0.8 $\nabla_7$	1.6 $\nabla_6$	3.2 $\nabla_5$	6.4 $\nabla_4$	12.5 $\nabla_3$
$> 160 \sim 1000$	0.1 $\nabla_{10}$	0.2 $\nabla_9$	0.4 $\nabla_8$	0.4 $\nabla_8$	0.8 $\nabla_7$	1.6 $\nabla_6$	1.6 $\nabla_6$	3.2 $\nabla_5$	3.2 $\nabla_5$	6.4 $\nabla_4$	12.5 $\nabla_3$	12.5 $\nabla_3$
$> 1000 \sim 10000$	0.2 $\nabla_9$	0.4 $\nabla_8$	0.8 $\nabla_7$	1.6 $\nabla_6$	1.6 $\nabla_6$	3.2 $\nabla_5$	6.4 $\nabla_4$	6.4 $\nabla_4$	12.5 $\nabla_3$	12.5 $\nabla_3$	12.5 $\nabla_3$	12.5 $\nabla_3$

4) 宽度较大(一般大于1/2长度)的零件表面。

5) 线对线和线对面,相对于面对面,其平行度和垂直度精度要低些。

#### (4) 经济合理地选用公差值

国家标准推荐的4个公差值表是根据计算与大量实测统计分析,按数值系列标准化制订的误差规律基本上符合生产实际情况。由于行业众多,产品性能各异,当表中所列形位精度与公差值还不能完全满足要求时,只要有充分理由,允许以经济性选用公差值,不一定要从4个公差表中选值。

在具体选用形位公差值时,可参考形位公差等级的应用举例,见表2-11~表2-16,以及各种加工方法所能达到的形位公差等级推荐表2-17~表2-21。

为了便于选用形位公差值,按类比选用法介绍两个方法,以供参考。

第一种方法:按尺寸公差等级选取形位公差值。

在给定圆柱体的圆度和圆柱度公差值时,可按尺寸公差的百分比选用。一般机械产品,圆度和圆柱度公差可取尺寸公差的25~60%。有特殊要求,可取小的百分比。但是要考形状公差占尺寸公差的百分比过小,则对工艺装备的精度要求过高,会带来加工的困难;当选取形位公差占尺寸公差的百分比过大,则对保证零件的尺寸精度带来困难。所以设计形位公差值时,为了能符合一般零件功能及工艺条件,可按表2-8选用。

表2-11 直线度、平面度公差等级的应用举例

公差等级	应用举例
1	用于精密量具、精密仪器和精度要求极高的精密零件、零件平板零级平尺、工具显微镜等精密量具的导轨面、喷油嘴针阀体端面、油泵柱塞套端面的平面度
2	用于零级及1级宽平尺工作面, 1级样板平尺工作面, 精密仪器圆弧导轨直线度, 仪器测杆等
3	用于量具、测量仪器和机床导轨, 1级平尺、零级平板、仪器V形导轨、高精度平面磨床导轨、轴承磨床的导轨直线度等
4	用于1级平板、2级宽平尺、平面磨床的纵导轨、垂直导轨、立柱导轨、液压龙门刨床导轨、六角车床导轨、柴油机进、排气门导杆等
5	用于1级平板、普通车床床身导轨、龙门刨床导轨面、滚齿机立柱导轨、床身导轨及工作台、自动车床导轨、卧式铣床工作台、柴油机进、排气导杆、柴油机机体上结合面等
6	用于2级平板、0.02游标卡尺尺身直线度、机床床身导轨、铣床工作台、插臂钻底座工作台、汽门导杆、液压泵盖、压力机导轨及滑块等
7	用于2级平板、车床滑板箱体、机床主轴箱体、汽缸盖结合面、汽缸盖、减速机壳体结合面、内燃机连杆分离面平面度等
8	用于3级平板、机床滑板箱、立钻工作台、螺旋磨床挂轮架、柴油机缸体、缸盖结合面、压缩机缸体、液压管体和法兰结合面等
9	用于3级平板、自动车床床身底面、挂轮架、柴油机缸体、摩托、车曲轴箱体、汽车变速箱壳体、汽缸盖结合面、阀片、辅助机械及手动机械支承面等
10~12	用于易变形的薄片、薄壳零件, 如离合器摩擦片以及要求不高的结合面等

表2-12 圆度、圆柱度公差等级的应用举例

公差等级	应用举例
1	高精度量仪主轴、高精度机床主轴、滚动轴承滚珠和滚柱等
2	精密量仪主轴、外套、阀套、高压油泵柱塞、柴油机气门、精密机床主轴锥径、针阀表面、喷油泵柱塞及柱塞套等
3	高精度磨床轴承、磨床主轴套筒、喷油嘴针、喷油泵柱塞、柱塞套、高精度微型轴承内、外圈等
4	精密机床主轴和主轴箱孔、高压阀门活塞、活塞销、阀体孔、高压油泵柱塞、较高精度滚动轴承配合轴、动力头箱体孔等。
5	一般量仪主轴、测杆外圆、陀螺仪轴颈、机床主轴、活塞销孔、轴承箱坐孔、气压机活塞、较低精度滚动轴承配合轴等
6	仪表端盖外圆、一般机床主轴及箱体孔、中等压力液压装置的活塞、汽缸孔、汽车凸轮轴、纺机锭子、减速器轴颈、拖拉机曲轴主轴颈等
7	大功率低速柴油机曲轴、活塞、活塞销、连杆、汽缸、柴油机箱体孔、千斤顶或压力油缸活塞、液压传动分配机构、机车车轴、水泵及一般减速器轴颈等
8	低速发动机、减速器、大功率曲柄轴轴颈、拖拉机缸体、活塞、印刷机传墨棍、内燃机曲轴、柴油机机体孔、凸轮轴、拖拉机、小型柴油机气缸套等
9	空气压缩机缸体、液压传动筒、杠杆或拉杆用套筒销、拖拉机活塞环、套筒孔等
10	印浆机导布辊、起重机滑动轴承轴颈等
11	—
12	—

表2-13 平行度公差等级的应用举例

公差等级	应用举例
1	高精度机床、测量仪器以及量具等主要基准面和工作面
2~3	精密机床、精密量仪、量具以及模具的基准面和工作面，精密机床主轴孔对基准面，尾座孔对基准面
4	普通机床、测量仪器、量具及模具工作面对基准面，精密轴承圈、挡圈的端面
5	机床主轴孔对基准面，重要轴承孔对基准面、主轴箱体孔之间，减速器壳体端面、齿轮泵油孔端面
6~9	一般机床零件的工作面对基准面，压力机和锻锤工作面，中等精度钻模的工作面、机床轴承孔对基准面，变速箱体孔之间，主轴花键对定心直径，重型机械轴承盖端面
10	低精度零件、重型机械滚动轴承端盖
11	柴油机曲轴孔、轴颈等
12	零件非工作面

表2-14 垂直度、倾斜度端面跳动公差等级的应用举例

公差等级	应用举例
1	高精度机床、精密量仪以及量具的主要工作面和基准面
2~3	精密机床导轨、普通机床主要导轨、机床主轴轴向定位面、精密机床主轴肩端面、滚动轴承圈端面、齿轮仪心轴、光学分度头心轴、精密刀具、量具的基准面和工作面
4~5	普通机床导轨，精密机床重要零件，机床重要支承面，离合器凸缘，汽缸支承端面，安装C、D级滚动轴承的箱体孔凸肩
6~8	低精度机床基准面和工作面，回转工作台端面，一般导轨、主轴箱体孔、刀架、砂轮架及工作台回转中心，机床轴肩，汽缸配合面对基准轴线，活塞销孔对活塞中心线，安装F、G级轴承壳体孔的轴线
9~10	花键轴肩端面，法兰盘端面对轴线，传动装置中轴承端面，减速器壳体平面等
11~12	农业机械齿轮端面

表2-15 同轴度、对称度公差等级的应用举例

公差等级	应用举例
1~2	—
3~4	高精度机床主轴与工作台，D、E级精度滚动轴承圈、液压泵和液压透平机轴承配合面，安装4~5级齿轮精度的轴颈，转速为3000~10000r/min的高速轴
5~6	高精度机床的套筒，高速高精度轴
7~8	安装8~9级精度齿轮的轴颈，柴油机曲轴颈，拖拉机曲轴颈，转速为1000r/min的轴，运输机械液筒，农机用齿轮，长达1000mm的转动轴
9~10	安装10~11级精度齿轮的轴颈，拖拉机汽缸套筒配合面，长达1~4m的传动轴
11~12	—



表2-19 各种加工方法所能达到的垂直度、倾斜度公差等级

加工方法 公差等级	轴线对轴线(或平面)的垂直度、倾斜度										平面对平面的垂直度、倾斜度									
	车		钻	镗			金刚砂轮	磨		刨			铣		插		磨		刮	研磨
	粗	细		车、立铣	粗	细		精	粗	细	粗	细	精	粗	细	粗	细	粗		
1																				
2																				
3																				
4																				
5																				
6																				
7																				
8																				
9																				
10																				
11																				
12																				

表2-20 各种加工方法所能达到的圆度、圆柱度、素线直线度公差等级

加工方法 公差等级	轴										孔									
	车				磨						钻	镗			金钢螺		铰	内圆磨	研磨	
	普通车	半动车	自动车	自动车	外圆磨			无心磨				研磨	精磨	粗	细	精				粗
1																				
2																				
3																				
4																				
5																				
6																				
7																				
8																				
9																				
10																				
11																				
12																				

表2-21 各种加工方法所能达到的圆跳动、全跳动、同轴度、对称度公差等级

加工方法 公差等级	车			磨			镗	铰磨	铰	内圆磨	研磨	刮
	粗	细	精	粗	细	精						
1												
2												
3												
4												
5												
6												
7												
8												
9												
10												
11												
12												



### 第二种方法：对照表面粗糙度参数值选取形位公差值

表面粗糙度与形状公差的概念不同，形成误差的原因也不同，故在数值上也没有直接的联系，但是在一定的加工条件下，从工艺上分析，通常表面粗糙度 $R_a$ 值约为形状公差值的25%左右。具体选用形状公差值可以参考表2-9和表2-10选用。

例1：有一曲轴轴颈直径为 $\phi 65h6-0.011^{\oplus}$ ，表面粗糙度 $R_a$ 值为 $0.2\mu\text{m}$ ，试确定形状公差值及其公差等级。

解：因为曲轴轴颈采用包容原则，当轴颈的实际直径为最大实体状态（即 $\phi 65$ ）时，其表面形状公差为零。当轴颈直径为最小实体尺寸（64.981）时，其表面形状误差允许达到0.0095（按二分之一的尺寸公差计算）。再按尺寸精度和给定的粗糙度 $R_a$ 值考虑，该轴颈精度为一般要求，所以可从表2-8选轴颈的圆柱度公差为6级，从表2-4中可查到圆柱度公差值为 $0.005\text{mm}$ 。

例2：有一镗床主轴外径为 $\phi 75h8$ ，表面粗糙度 $R_a$ 值为 $0.1\mu\text{m}$ （ $\nabla 10$ ），试确定其形状公差等级及其公差值。

解：镗床主轴与套筒的配合是有定向要求的间隙配合，其表面形状精度要求比较高，故应选用圆柱度公差要求。若按主轴外径的尺寸公差8级精度，可以确定圆柱度公差等级为8级，这样的圆柱度等级偏低，与表面粗糙度 $R_a$ 值 $0.1\mu\text{m}$ 不相适应，因此应该提高圆柱度公差等级为7级，其公差值为 $0.008\text{mm}$ 。必要时，为了提高导向精度，圆柱度可提高到6级精度。

#### （5）各种加工方法所能达到的形位公差等级

对零件规定的形位公差值都要经过一定的加工方法才能达到的，所以在保证零件功能要求，选用形位公差等级的前提下，还应考虑加工经济性。

- 1) 各种加工方法所能达到的直线度和平面度公差等级，可见表2-17。
- 2) 各种加工方法所能达到的平行度、垂直度、倾斜度公差等级，可见表2-18和表2-19。
- 3) 各种加工方法所能达到圆柱度、圆度、圆柱形素线直线度公差等级，可见表2-20。
- 4) 各种加工方法所能达到的圆跳动、全跳动、同轴度、对称度公差等级，可见表2-21。

## 六、未注形位公差的规定

图样上没有注出形位公差或文字说明，并非对该零件要素没有形位精度要求，只是所要求的形位精度较低，由一般机床的工装和工艺方法即可保证的形位精度。为了简化标注，图样清晰，对这类未注形位公差作了规定，许可在图样上不注出“未注形位公差”。

按未注形位公差加工的零件，一般不需要作通过性检验，只要求首检和抽检作为仲裁的依据。

由于形位公差与尺寸公差的关系应遵循公差原则，所以未注形位公差仍应遵循公差原则。

未注形位公差的规定仅适用于机械加工的零件，对于非机械加工的零件不宜用未注形位公差值。

### 1. 直线度、平面度未注公差

因为直线度和平面度误差不能由自身的定形尺寸控制，所以GB1184-80国家标准给出了直线度和平面度未注公差数值表(如表2-22)。表中规定有A、B、C、D四级(相当于直线度和平面度公差数值表中的9~12级)。规定四级的原因，便于全国各个行业的选用。

### 2. 同轴度、对称度未注公差

同轴度和对称度误差也不能由自身的定形尺寸控制，所以GB1184-80标准给出了同轴度和对称度未注公差数值表(如表2-23)。表中规定A、B、C、D四级(相当于同轴度、对称度公差数值表中的9~12级)。

在应用表2-22和表2-23未注形位公差值时，应注意适用条件，在以下三种情况不适用表中规定的未注形位公差。

(1) 图样上已给出了形位公差或给出了包容原则的要素，根据图样标注规定，已经形成了各自的理想边界，其直线度、平面度误差已被限制，故不必再用未注形位公差限制。

(2) 图样上的某些尺寸已经控制了要素的形状和位置误差，故也不必再用未注形位公差限制。

(3) 对某些产品已在技术文件中规定公差要求，而在图样上未标注形位公差要求的零件要素，如齿轮、花键、螺纹等，故也不必再用未注形位公差来限制。

总之，只有在图样上规定的所有要求均无法控制直线度、平面度、同轴度、对称度误差时，才能使用表中所给出的未注形位公差值控制误差。

表2-22 直线度、平面度未注公差值

( $\mu\text{m}$ )

主参数L (mm)	公差等级			
	A	B	C	D
<10	12	20	30	60
>10~16	15	25	40	80
>16~25	20	30	50	100
>25~40	25	40	60	120
>40~63	30	50	80	150
>63~100	40	60	100	200
>100~160	50	80	120	250
>160~250	60	100	150	300
>250~400	80	120	200	400
>400~630	100	150	250	500
>630~1000	120	200	300	600
>1000~1600	150	250	400	800
>1600~2500	200	300	500	1000
>2500~4000	250	400	600	1200
>4000~6300	300	500	800	1500
>6300~10000	400	600	1000	2000

表2-23 同轴度、对称度未注公差值

( $\mu\text{m}$ )

主参数 $d, D, B, L$ (mm)	公差等级			
	A	B	C	D
< 1	15	25	40	60
> 1 ~ 3	20	40	60	120
> 3 ~ 6	25	50	80	150
> 6 ~ 10	30	60	100	200
> 10 ~ 18	40	80	120	250
> 18 ~ 30	50	100	150	300
> 30 ~ 50	60	120	200	400
> 50 ~ 120	80	150	250	500
> 120 ~ 250	100	200	300	600
> 250 ~ 500	120	250	400	800
> 500 ~ 800	150	300	500	1000
> 800 ~ 1250	200	400	600	1200
> 1250 ~ 2000	250	500	800	1500
> 2000 ~ 3150	300	600	1000	2000
> 3150 ~ 5000	400	800	1200	2500
> 5000 ~ 8000	500	1000	1500	3000
> 8000 ~ 10000	600	1200	2000	4000

### 3. 圆度未注公差

在圆柱表面的直径尺寸后标注 $\textcircled{M}$ 符号，则应遵守包容原则。其圆度误差受最大实体尺寸的理想边界限制，所以一般圆度误差不会大于尺寸公差值的一半。但棱圆度误差最大可达尺寸公差值，如图2-60所示。国家标准规定圆度未注公差值不大于尺寸公差值，就是考虑这种情况而确定的。

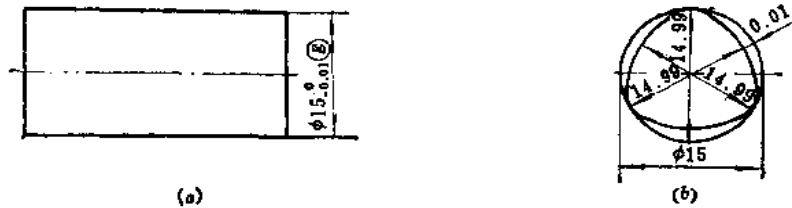


图2-60 棱圆度误差

如果在直径尺寸后不标注 $\textcircled{M}$ 符号，则应按独立原则考虑，其直径尺寸用两点法测量。此时圆度误差（采用直径测量法）也能控制在尺寸公差值的一半范围内。但是它控制不了棱圆度误差。如图2-61所示的奇数棱的棱圆误差，局部实际尺寸均是25，其圆度误差在三棱圆时最大值可达3.9mm，五棱时可达1.35mm，七棱时可达0.6mm。所以在实际应用中，采用独立原则的圆要素需要用圆度未注公差，此时只有棱圆误差不能被两点测量法所控制，所以只要考虑对棱圆误差的控制即可，而圆度误差在用两点法测量直径尺寸时已被控制，所以不必再受圆度未注公差的约束。

国家规定圆度未注公差值不大于尺寸公差值。

### 4. 圆柱度未注公差

对于在直径尺寸后标注 $\textcircled{M}$ 的圆柱表面，圆柱度应遵守包容原则，则圆柱形的形状误

差, 包括棱圆误差和轴线直线度误差, 均受局部实际尺寸和最大实体尺寸所形成的理想边界控制。

对于不标注⑤的圆柱表面, 由于两点测量法控制不了棱圆误差和轴线直线度误差, 而素线直线度能控制轴线直线度误差。因此标准规定圆柱度未注公差由圆度未注公差和素线直线度未注公差控制, 同时还应满足尺寸公差要求。

实际形状	圆	三棱	五棱	七棱
内尺寸	25	21.1	23.6	24.4
外尺寸	25	28.9	26.3	25.6
圆度公差	0mm	3.9mm	1.35mm	0.6mm

图2-61 奇数棱的棱圆误差

### 5. 平行度未注公差

对于不标⑤的平行要素, 如线对线, 线对面和面对线的关联要素不存在标⑤的情况, 这时用两点法测量其尺寸, 若两个面同方向弯曲, 尺寸控制不了平行度误差, 因此该两平行要素 (包括面对面平行度) 均由直线度、平面度未注公差和尺寸公差控制。

如果尺寸公差后标⑤符号, 则两个面的平面度和平行度误差均由最大实体尺寸所形成的理想边界和局部实际尺寸控制, 所以不必考虑平行度未注公差。

### 6. 垂直度、倾斜度未注公差

对于垂直和倾斜要素, 其定形尺寸控制不了垂直和倾斜误差。所以垂直和倾斜要素由角度公差和直线度或平面度未注公差值分别控制。

### 7. 圆跳动、全跳动未注公差

跳动公差是对被测要素形状和位置误差综合控制的项目, 它的未注公差分别由形位的未注公差控制, 所以不存在跳动未注公差的要求。其跳动公差值不应大于该要素的形状和位置的未注公差综合值。

### 8. 位置度、线轮廓度、面轮廓度未注公差

当图样上没有标注位置度、线轮廓度和面轮廓度公差时, 各要素的形状误差、各要素间的位置误差可由给定尺寸公差控制, 所以不存在位置度、线轮廓度和面轮廓度的未注公差要求。

从以上分析可知, 零件实际要素只要能由图样上给定的尺寸公差, 或形位公差控制的形位误差项目, 这就不必再规定未注公差。只有在所有的要求均无法控制的形位误差, 标准规定的未注公差才有实用意义。

图样上未注形位公差值的确定, 可见表 2-24。

未注公差应用示例: 如图 2-62 所示,  $\phi 15_{-0.01}^0$  ⑤, 该圆柱本身的形状误差已由尺寸公差控制, 所以不存在未注公差值的要求。 $\phi 30$ , 没有标注⑤符号, 这一圆柱的形状误

表2-24 图样上未注形位公差值的确定

项目	被控制要素	未注公差值的确定方法
直线度	1.平面上刻线 2.圆柱面任一素线 3.轴线 4.整个零件的轴线	按表2-22确定
平面度	平面	按表2-22确定
圆度	任一正截面上的圆	未注圆度公差值应不大于尺寸公差值
圆柱度	圆柱面	由圆度、素线直线度未注公差值和要素的尺寸公差分别控制
平行度	平行要素	由平面度或直线度未注公差值和要素间的尺寸公差分别控制
垂直度	垂直要素	由角度公差和直线度或平面度未注公差值分别控制
倾斜度	倾斜要素	
同轴度	同轴要素(点, 线)	按表2-23确定
对称度	对称中心要素(线、面)	
圆跳动 全跳动	跳动要素	应不大于该要素的形状和位置的未注公差值的综合值

差应由其圆度和素线直线度未注公差来控制。

$\phi 15.0_{-0.01}^{\oplus}$  与  $\phi 30$  的同轴度要求, 可选  $\phi 15.0_{-0.01}^{\oplus}$  为基准轴线,  $\phi 30$  的轴线为被测轴线, 其同轴度误差按未注同轴度公差值进行控制。由于该零件的形状和位置误差已被控制, 此时也不需要考虑未注跳动公差要求。

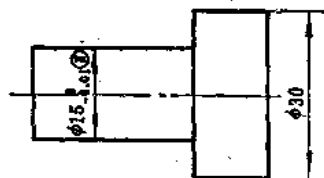


图2-62 未注公差应用示例

## 七、位置度公差值的计算

位置度公差广泛应用于孔板零件, 尤其适用于螺栓连接和螺钉连接的孔间距的误差控制。一般机械零件装配在一起的连接有两种方法:

- (1) 以活动紧固件(螺栓或双头螺柱等)通过被装配零件上的光孔进行连接。
- (2) 用固定紧固件(如螺钉)牢固地连接在一个零件上, 且通过另一个零件的光孔进行连接。

在这些连接中, 常用位置度公差控制孔板(箱盖或箱体)零件的孔距误差。以下介绍的位置度公差值计算不能用于综合控制作用的位置度公差。

因为位置度公差是用理论正确尺寸确定各个要素之间的相互位置, 各要素间没有误差积累, 因此不管孔组内孔数多少、排列形式如何, 它们之间不发生干涉, 孔的位置度公差值仅与各自孔的直径尺寸和连接件直径尺寸有关, 所以, 对于一组孔的位置度公差值的计算, 只要计算其中一个孔即可。

计算位置度公差值的条件是在孔和螺栓直径尺寸都处于最大实体条件下, 而孔的位置又处于位置度公差带极限情况的最不利装配条件下考虑的, 这时给出的位置度公差将保证不产生过盈又不产生间隙的配合。如果仅考虑可装配性, 一般还可以采用最大实体

原则的相关公差。

### 1. 螺栓连接中的位置度公差

用螺栓连接两个或两个以上的零件，被连接零件均为光孔，其孔径大于螺栓直径，如图 2-63 所示。若螺栓直径为最大极限尺寸  $d_{max}$ ，两光孔均为最小极限尺寸  $D_{min}$ 。当两光孔处于相反方向偏移量为  $z/2$  时，装配处于最不利的情况，如图 2-63(b) 所示。

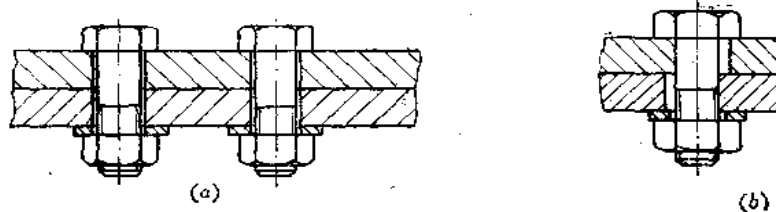


图2-63 螺栓连接

据此，用螺栓连接时，位置度公差值的计算式为

$$T \leq KZ$$

$$Z = D_{min} - d_{max}$$

式中  $K$ ——间隙利用系数。

$K$  的推荐值为

不需调整的固定连接  $K = 1$

需要调整的固定连接  $K = 0.6 \sim 0.8$

例：螺栓直径  $d = 12\text{mm}$ ，两个孔板上的孔径均为  $13\text{mm}$ ，求孔的位置度公差。

解：如果设计给定两孔的位置度公差相等，又不需要调整，则由上式计算可得位置度公差值  $T$  为

$$T = 1 \times (D_{min} - d_{min}) = 13 - 12 = 1\text{mm}$$

若考虑结构、加工等因素，两连接件采用不相等的位置度公差值  $T_a$ 、 $T_b$  时，则必须满足

$$T_a + T_b \leq 2T$$

若连接三个或更多零件，而采用不相等的位置度公差值时，则任意两个零件的位置度公差值的组合，必须满足

$$T_a + T_b \leq 2T$$

### 2. 螺钉连接中的位置度公差

在螺钉连接中，如图 2-64 所示，螺钉的旋入部分与被连接零件之一的螺钉紧密配合，即没有间隙的情况。装配又在最不利的条件下，如图 2-64(b) 所示。所以光孔与螺孔的位置度公差值  $T_a$ 、 $T_b$  之和应为

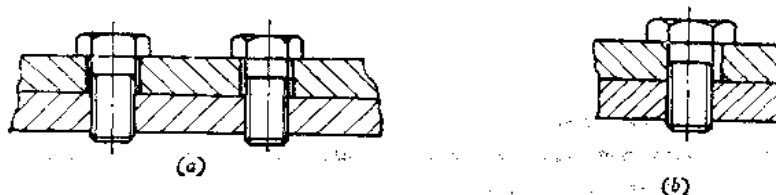


图2-64 螺钉连接

$$T_a + T_b \leq KZ$$

$$Z = D_{\min} - d_{\max}$$

若取光孔与螺孔位置度公差相等, 则

$$T_a = T_b \leq 0.5KZ$$

$K$ 的推荐值为:

不需要调整的固定连接  $K = 1$

需要调整的固定连接  $K = 0.6 \sim 0.8$

若考虑结构、加工等因素, 光孔与螺孔采用不相等的位置度公差  $T_a$ 、 $T_b$  时, 则螺孔与任一零件的位置度公差的组合必须满足

$$T_a + T_b \leq KZ$$

根据上述计算得到的位置度公差值, 应按位置度数系表选用表示所列标准公差值。

按照标准规定的紧固件通孔尺寸, 以及螺栓、螺钉国家标准, 现将位置度公差计算值列入表 2-25, 以便设计者直接选用, 不必再按上述公式进行计算。查表时, 请注意表下的说明。

表2-25 螺栓、螺钉连接零件 (孔板、箱体等) 位置度公差 (mm)

螺栓 螺钉 直径 $d$	精装配			中等精度装配			粗精度装配		
	通孔 直径	位置度公差 $\phi$		通孔 直径	位置度公差 $\phi$		通孔 直径	位置度公差 $\phi$	
		螺栓	螺钉		螺栓	螺钉		螺栓	螺钉
2	2.2	0.2	0.10	2.4	0.4	0.2	2.6	0.6	0.3
2.5	2.7	0.2	0.10	2.9	0.4	0.2	3.1	0.6	0.3
3	3.2	0.2	0.10	3.4	0.4	0.2	3.6	0.6	0.3
4	4.3	0.3	0.15	4.5	0.5	0.25	4.8	0.8	0.4
5	5.3	0.3	0.15	5.5	0.5	0.25	5.8	0.8	0.4
6	6.4	0.4	0.2	6.6	0.6	0.3	7	1	0.5
8	8.4	0.4	0.2	9	1	0.5	10	2	1
10	10.5	0.5	0.25	11	1	0.5	12	2	1
12	13	1	0.5	14	2	1	15	3	1.5
14	15	1	0.5	16	2	1	17	3	1.5
16	17	1	0.5	18	2	1	19	3	1.5
18	19	1	0.5	20	2	1	21	3	1.5
20	21	1	0.5	22	2	1	24	4	2
22	23	1	0.5	24	2	1	26	4	2
24	25	1	0.5	26	2	1	28	4	2
27	28	1	0.5	30	3	1.5	32	5	2.5
30	31	1	0.5	33	3	1.5	35	5	2.5
36	37	1	0.5	39	3	1.5	42	6	3
42	43	1	0.5	45	3	1.5	48	6	3
48	50	2	1	52	4	2	56	8	4

注: (1) 本表适用于精制螺栓、螺钉;

(2) 本表的螺钉连接的数值按通孔和螺孔位置度公差值相同列表。如给予不同公差值, 则通孔和螺孔位置度公差之和等于螺栓连接的数值;

(3) 标注时除螺孔外, 一般均可采用最大实体原则。

## 八、形状和位置公差标注方法

形位公差在图样上的标注方法，应按国家标准 GB1182-80《形状和位置公差 代号及其注法》规定要求。在图样上正确标注形位公差，能使设计、加工、检测有统一的理解，是保证产品质量的重要工作之一。

### 1. 形位公差标注方法的一般规则

(1) 形位公差要求用框格代号标注：在图样上标注形位公差时，一般都应采用框格代号标注，只有当无法采用框格代号标注时，才允许用文字说明。

(2) 图样上给定的形位公差，仅表达对零件要素完工时的要求。

制造一个零件需经过几个工序才能完成，零件图上要求的形位公差值，是指零件加工完成后应达到的要求。例如零件最后工序是热处理，则图样上给定的形位公差值，是热处理后的要求。如果形位公差值是指某工序前的要求，则应在公差框格下方说明，如图 2-65 所示。

(3) 图样上给出的形位公差是根据零件要素功能要求确定的，一般不规定制造和检测方法。

由于零件制造和检测方法不是唯一的，所以一般不规定制造和检测方法。如果为了保证产品性能和特殊要求，而必须规定一种特定的加工或检测方法，则应在公差框格下方另加说明，如图 2-66 所示。

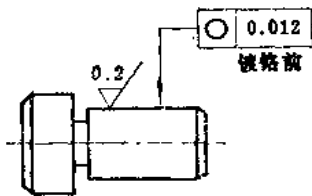


图2-65 镀铬前的形位公差

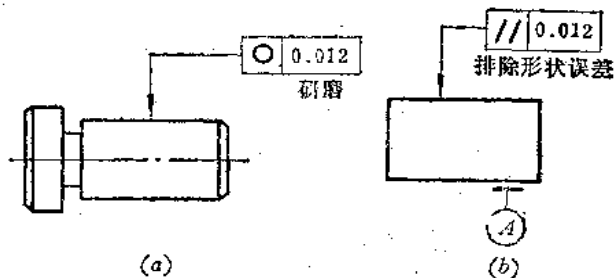


图2-66 限制制造和检测的标注

(4) 对形位公差有特殊要求时，应在图样上注出形位公差。

对零件要素给出的形位公差有两种情况，一种是有特殊要求的，另一种是一般要求的。

标准规定，对零件要素有形位公差的要求，如能在一般机床和加工条件下，就能够控制的形位误差项目，只要能满足功能要求，在图样上可以不注出要求，而按未注形位公差要求进行验收。这就是指的一般要求。

所谓特殊要求有两种情况。如形位公差精度要求高，一般在 1~8 级精度要求，并在一般加工设备条件下所不能达到的精度要求，则应在图样上注出形位公差要求。又如形位公差精度较低，甚至低于未注形位公差规定要求，为了降低制造成本，取得最佳经济效果，所以也要求在图样上标注形位公差。

另外，对一些已经标准化结构的零件，如齿轮、花键等，其形位公差要求已有相应



标准规定，也不必重复注出有关形位公差要求。例如齿轮的渐开线齿形误差已由齿轮齿形公差规定要求，就不需要再规定渐开线齿廓的轮廓度公差要求。

**2. 形位公差框格的标注**

(1) 形位公差代号包括形位公差项目符号、形位公差框格、指引线、形位公差值及其它有关符号、基准符号。

(2) 形位公差各项目符号见表 2-1。

(3) 公差框格分成两格或多格，如图 2-67 所示。

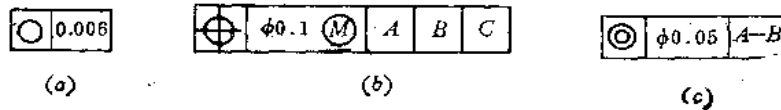


图2-67 公差框格

第一格，标注形位公差项目的符号；

第二格，标注形位公差值及有关符号；

第三格和以后各格，标注基准代号字母及有关符号。

(4) 公差框格应水平或垂直绘制，如图 2-68 所示。

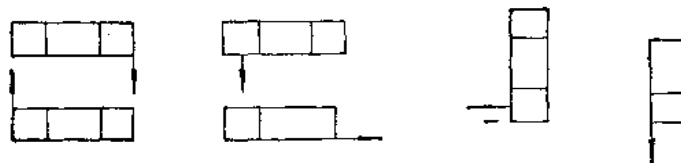


图2-68 公差框格位置

(5) 基准代号可在图样上的任意方向，但其字母都应水平书写，如图 2-69 所示。

(6) 指引线应从公差框格一端引出，指引线不允许画成斜线或折线，如图 2-68 所示。

**3. 被测要素的标注方法**

(1) 用带箭头的指引线从框格一端中央引出并指向被测要素。指引线的箭头应指向公差带的宽度方向或直径。

(2) 当被测要素为表面或线时，指引线如图 2-70 所示的标注。指引线与尺寸线一定要错开。

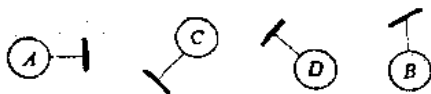


图2-69 基准代号与字母书写

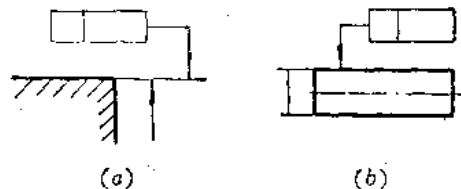


图2-70 被测要素为表面或线的标注

(3) 当被测要素为轴线、球心或中心平面，指引线应与要素尺寸线对齐，如图 2-71 所示。

(4) 被测要素为轴线、各要素公共轴线、公共中心平面的标注，如图 2-72 所示。



图2-71 被测要素为轴线、中心平面的标注

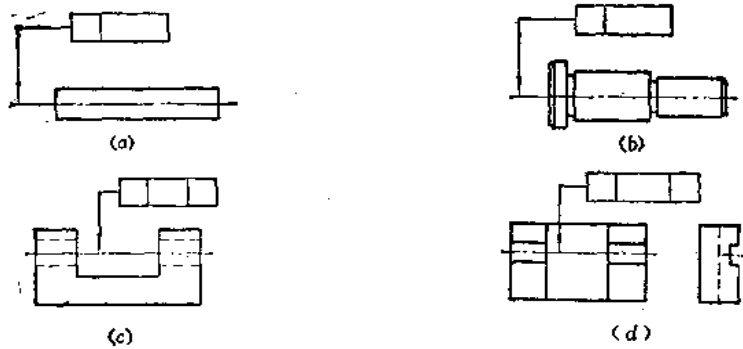


图2-72 公共轴线与公共中心平面的标注

(5) 被测要素为锥体轴线时, 应按图 2-73 标注要求。

(6) 被测要素为螺纹轴线时, 其标注方法如图 2-74 所示。当不是指螺纹轴线时, 则应在框格下方附加说明, 如图 2-75 所示。

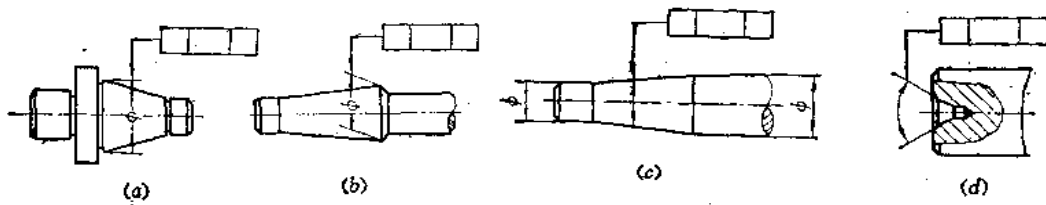


图2-73 锥体轴线的标注

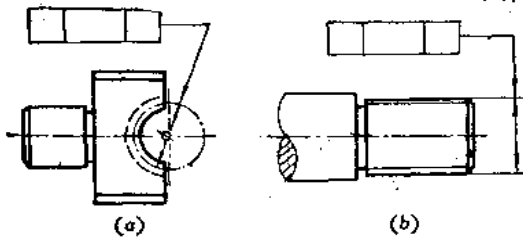


图2-74 螺纹轴线的标注

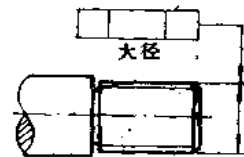


图2-75 螺纹大径轴线的标注

(7) 同一被测要素有多项形位公差要求的标注。如图 2-76 所示。但要求形位公差带的方向相同。

(8) 多个被测要素有相同的形位公差要求的标注, 可以在框格指引线上绘制多个指示箭头如图 2-77 所示。

#### 4. 基准要素的标注方法

(1) 基准要素为表面或素线时, 基准要素靠近被测要素的标注, 如图 2-78 所示。

(2) 基准要素为轴线或中心平面时, 基准符号应与该要素的尺寸线对齐, 如图 2-

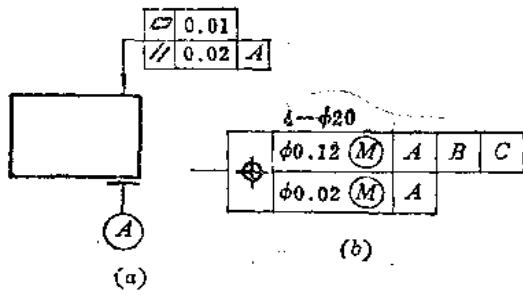


图2-76 多项形位公差标注

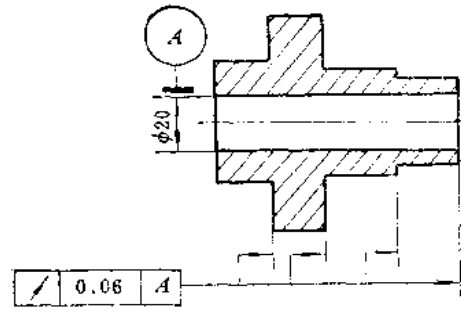


图2-77 多个要素有相同要求的标注

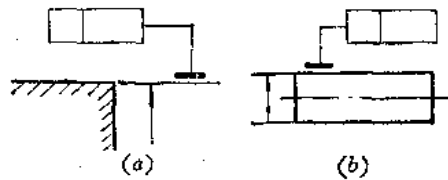


图2-78 基准要素的标注

79 所示。

(3) 基准要素为单一要素的轴线或各要素的公共轴线、公共中心平面时,可按图 2-80 标注。

(4) 基准要素为圆锥体的轴线时,基准符号应与直径尺寸线对齐,如图 2-81 所示。

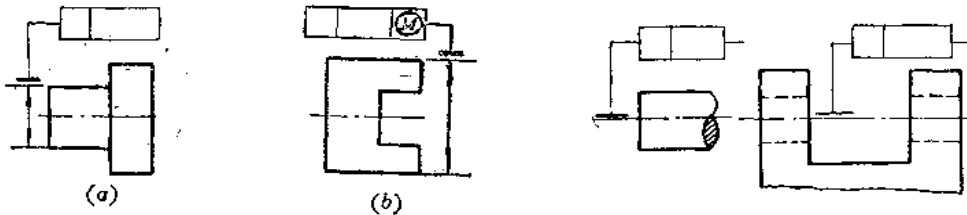


图2-79 基准要素为中心要素的标注

图2-80 基准要素为公共轴线、公共中心平面的标注

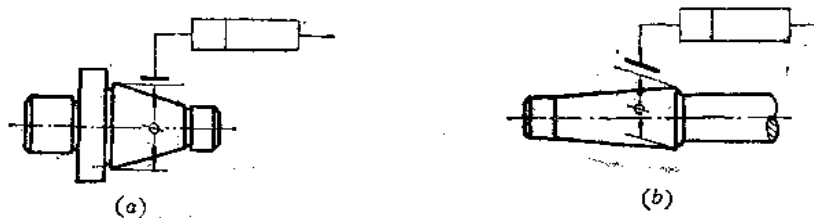


图2-81 圆锥体轴线为基准的标注

当直径尺寸不能明显地区别圆锥体与圆柱体时,则应画出空白尺寸线,并将基准符号与空白尺寸线对齐,如图 2-82 所示。

(5) 任选基准的标注,如图 2-83 所示。

(6) 基准为一组要素时,基准要素可标在公差框格的下方,如图 2-84 所示。

(7) 当基准为单一要素,但标注基准代号的地方不够时,也可将基准代号标注在该要素的尺寸引出线或公差框格的下方,如图 2-85 所示。

(8) 基准要素为中心孔时,基准代号可标注在中心孔引出线的下方,如图 2-86

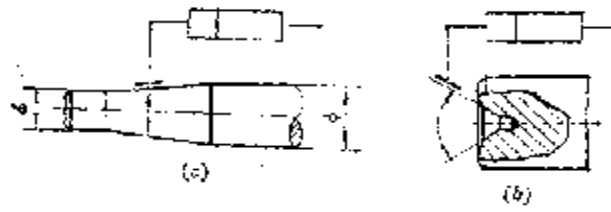


图2-32 基准要素为圆锥体轴线的标注

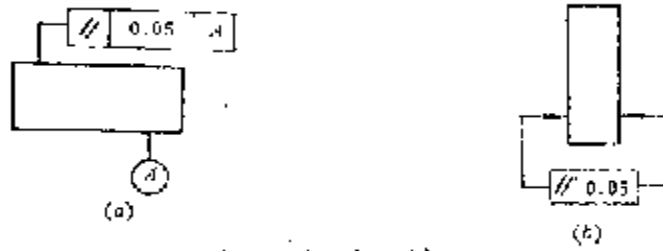


图2-33 任意基准的标注

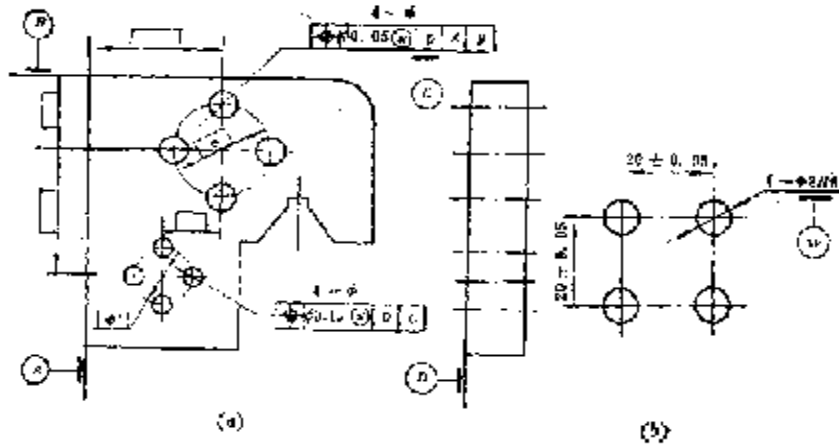


图2-34 一组要素为基准的标注

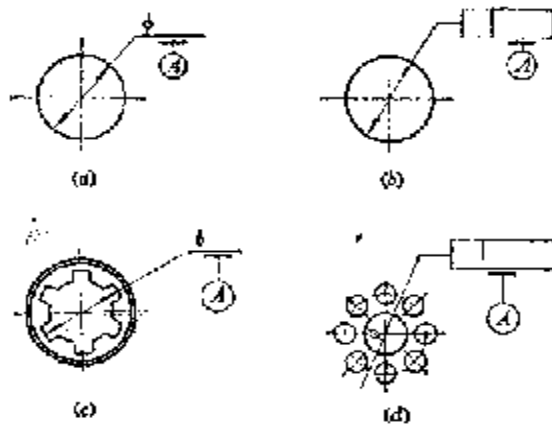


图2-35 引出基准的标注

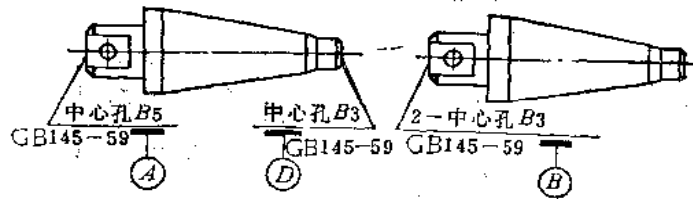


图2-86 中心孔为基准的标注

所示。

(9) 基准目标的标注, 如图 2-87(a) 所示。

1) 基准目标为点时, 用“×”表示。

2) 基准目标为线时, 用双点划线, 并在棱边上加“×”代号表示。

3) 基准目标为面时, 用双点划线绘出局部表面的图形。

4) 基准目标在图样上的标注, 如图 2-87 所示矩形铸造件采用基准目标的标注。

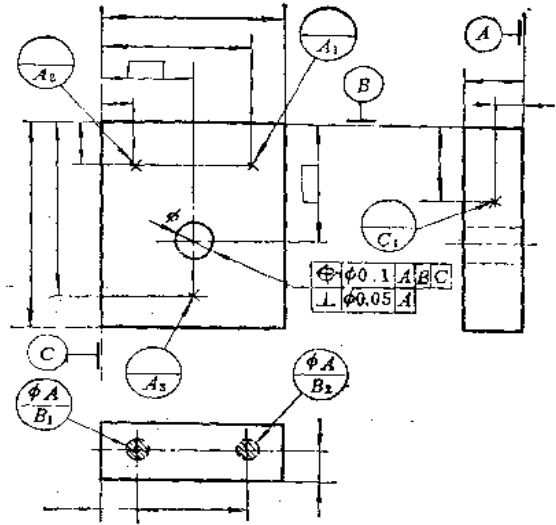


图2-87 基准目标的标注

5. 公差值的标注方法

(1) 公差框格内的公差值以毫米为单位, 如无附加说明, 则被测要素为整个轮廓要素或中心要素。

(2) 如果公差值是为被测要素的某一部分时, 标注有如下 4 种方式:

1) 被测要素的某一部分用细实线画出被测范围, 并注出尺寸, 如图 2-88 所示;

2) 在公差值前注出其部分长度值, 如图 2-89(a) 所示, 说明在任意 100mm 长度范围内, 其直线度公差为 0.02mm;

3) 在公差值前注出其被测面积, 如图 2-89(b) 所示, 说明在任意边长为 500mm 的正方形内, 其平面度误差不得大于 0.04mm;

4) 给出任一范围的公差值, 又给出全长 (整个范围) 内的公差值, 如图 2-89(c)、(d) 所示。

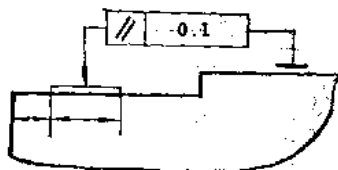


图2-88 部分被测要素标注之一

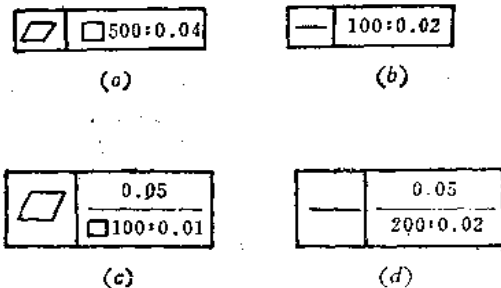


图2-89 部分被测要素标注之二

(3) 公差值前有关符号的标注如下:

公差值前的有关符号有“□”和“ $\phi$ ”。

“□”在前一节已说明意义及应用。

“ $\phi$ ”符号表示给定的公差带形状为圆或圆柱面时,在公差值前都要注出“ $\phi$ ”符号。从误差概念考虑,允许存在任意方向的形位误差。例如:

- 1) 圆柱体轴线的直线度;
- 2) 在任意方向上的线对线平行度;
- 3) 在任意方向上的线对面垂直度;
- 4) 在任意方向上的线对面倾斜度;
- 5) 同轴度;
- 6) 在任意方向上的线位置度;
- 7) 平面上的点在任意方向上的点位置度。

8) 空间点在任意方向上的点位置度,因为它的公差带形状为球面,所以要求标注“球 $\phi$ t”。

(4) 公差值后有关符号的标注:根据零件功能要求,有时在公差值后要注出有关符号。这些符号使用如下:

1) 符号“(+)”表示被测要素有误差,只许中间向材料外凸起,不许中间向材料内凹入。例如机床床身导轨、滚动轴承内圈和外圈与滚柱接触表面,为了延长其使用寿命,在给定直线度公差时,并在公差值后加注符号“(+)”。

2) 符号“(−)”表示被测要素有误差,只许中间向材料内凹入。例如较大平面为了结合紧密,具有较好的密封性,其给定平面度公差后应加注符号“(−)”。

3) 符号“(▷)”和“(◁)”表示被测要素有误差,只许按符号的方向逐渐减小,例如针阀、油泵柱塞等圆柱度公差要求中,有时在公差值后面注有方向符号。

4) 符号“ $\textcircled{M}$ ”表示形位公差要求遵守最大实体原则。

5) 符号“ $\textcircled{P}$ ”表示形位公差应用延伸公差带。

6) 符号“ $\textcircled{S}$ ”表示尺寸公差遵守包容原则。

## 6. 表格标注法

当零件图样上标注较多的形位公差项目,为使图形清晰、图形紧凑,此时可用表格标注法,如图 2-90 所示。

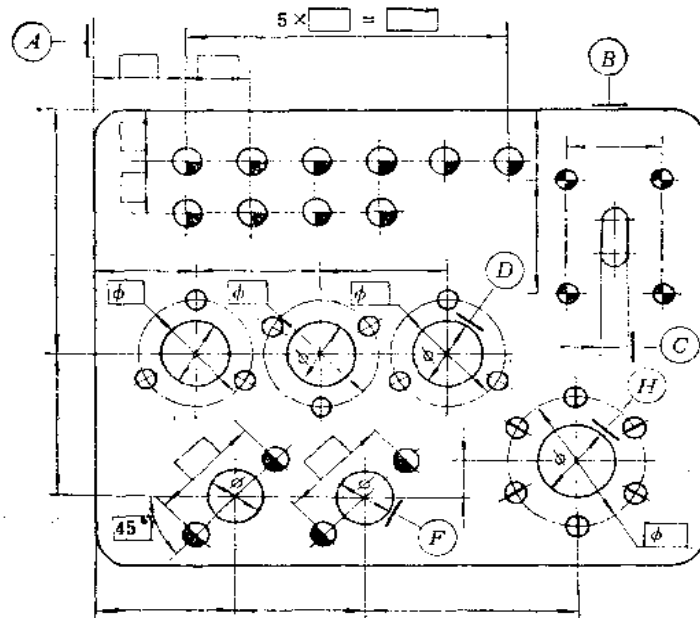
### 7. 理论正确尺寸用加方框的数字表示

如  $\boxed{30}$ 、 $\boxed{\phi 80}$ 、 $\boxed{R5}$ 、 $\boxed{45^\circ}$ 。该尺寸不附加公差,其实际尺寸由给定的形位公差控制。

### 8. 附加文字说明

为了说明公差框格中所标注的形位公差的其它附加要求,或为了简化标注方法,可在公差框格的上方或下方附加文字说明,如图 2-91 所示。附加说明的规定如下:

- (1) 属于被测要素数量的说明,应写在公差框格的上方;
- (2) 属于解释性说明(包括对测量方法的要求),应写在公差框格的下方。



序号	符号	尺寸	数量	公差		基准	说明
				项目	数值		
1		φ5	10			B、A	
2		φ3.5	4			C	
3		φ4	2			F	2组
4		φ3	3			D	3组
5		φ4	6			H	

图2-90 形位公差表格标注



图2-91 附加文字说明的规定

### 九、形状和位置公差的标注示例

零件的形位公差标注是根据零件功能要求、结构特点、制造工艺和检测方法等因素而提出的技术要求，所以示例仅作参考。

例1：活塞销形位公差，如图2-92所示。

说明：

(1) 销径  $\phi 95 h 5 (-0.015) \text{E}$  采用了包容原则，是为了保证活塞销与销座之间，活塞销与连杆孔之间的配合性能要求。

(2) 活塞销注出圆柱度公差 0.006，因为活塞销表面形状误差不仅会影响活塞销

与销座、连杆孔之间的配合性质，而且还会使活塞销的中部处产生较大的弯曲应力。选用圆柱度公差能控制圆柱表面在正截面的圆度误差和轴向截面的素线直线度误差，并且也控制了圆柱面的轴线直线度误差。由于圆柱面已规定5级精度的尺寸公差和粗糙度 $R_a$ 值 $0.10\mu\text{m}$ （表面光洁度 $\nabla 10$ ），为使形状公差、粗糙度和尺寸公差的协调，故规定6级圆柱度公差 $0.006$ ，并小于尺寸公差的一半。

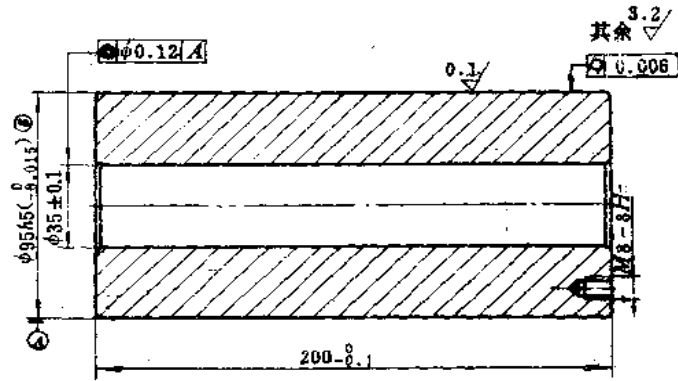


图2-92 活塞销形位公差

(3) 同轴度公差要求是为了保证壁厚均匀性，并具有一定活塞销强度。由于外圆柱的精度高，故选用 $\phi 95\text{h}5$ 的轴线为基准轴线， $\phi 35\pm 0.1$ 的孔为被测要素。同轴度选用10级精度 $0.12$ 是壁厚均匀性的要求，也与尺寸公差 $0.2$ 相应协调，故使同轴度公差值小于尺寸公差值 $0.2\text{mm}$ 。

例2：减速器输出轴的形位公差，如图2-93所示。

说明：

(1)  $\phi 55^{+0.012}_{-0.007}$ 与 $\phi 56^{+0.060}_{-0.041}$ 均采用包容原则，因为轴颈 $\phi 55$ (两处)与G级滚动轴

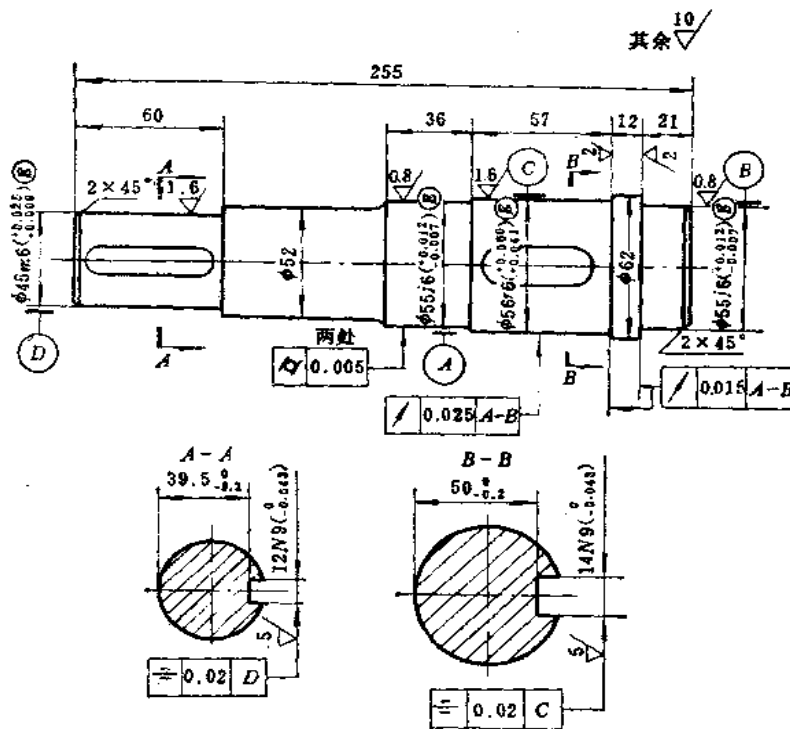


图2-93 传动轴形位公差



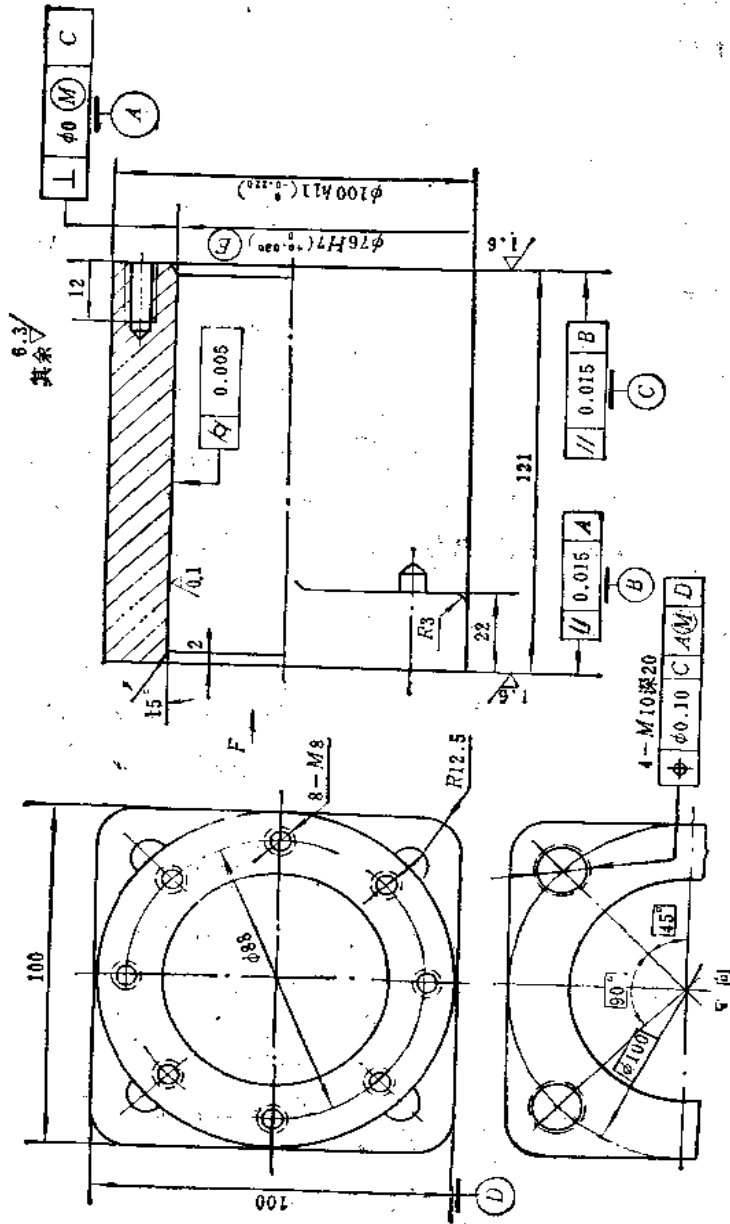


图2-94 油缸形位公差

承配合,  $\phi 56$  与齿轮孔配合, 为保证配合性质, 所以采用包容原则。  $\phi 45$  与皮带轮孔相配合, 为保证可装配性, 所以也采用包容原则。

(2) 圆柱度公差是为保证与 G 级滚动轴承的配合性质。其公差值 0.005 小于尺寸公差值的一半。

(3) 径向圆跳动公差 0.025mm 是为了保证齿轮安装精度, 不产生偏心, 使齿轮具有正常啮合性质和运动精度, 并采用两轴颈为组合基准。

(4)  $\phi 62$  两轴肩的止推面, 为保证齿轮与滚动轴承的轴向定位作用, 故规定端面圆跳动公差 0.015, 并采用两轴颈作为组合基准。

(5) 键槽对称度 8 级公差 0.02, 为保证传动轴正反转时, 键侧具有相同的接触面积, 避免产生应力集中, 并具有可装配性。

例 3: 油缸形位公差, 如图 2-94 所示。

说明:

(1)  $\phi 76H7 (+0.000)$  孔采用包容原则, 要求油缸孔的形状误差不得超过尺寸公差, 以保证与柱塞的配合性能和密封性。

(2)  $\phi 76H7 \textcircled{E}$  采用圆柱度公差 0.005, 以保证圆柱面的圆度和素线直线度精度, 使与柱塞接触均匀, 密封性好和柱塞运动的平稳性。由于尺寸公差和包容原则不能保证达到应有的圆柱度精度要求, 所以进一步提出高精度的圆柱度要求, 其 5 级精度公差值 0.005 远小于尺寸公差值 0.03。

(3) 零公差要求, 在此就是关联要素要求遵守包容原则。当孔处于最大实体状态时, 孔的轴线对基准平面 C (油缸右端面) 的垂直度公差为零, 当孔偏离最大实体状态到达最小实体状态时, 垂直度公差可增大到 0.03 (等于尺寸公差值)。它能使柱塞移动具有一定的导向精度。

(4) 右端面 C 对左端面 B 的平行度公差 0.015, 以保证两端面与装配零件紧密结合。

(5) 左端面端面全跳动公差 0.015, 主要控制左端面对孔轴线的垂直度误差, 由于端面全跳动误差比垂直度误差的检测方法简便, 所以采用了端面全跳动公差。

(6) 螺钉孔的位置度公差  $\phi 0.10$  是保证螺孔间距的位置误差, 以保证螺钉的可装配性。第一基准 C, 以保证螺孔首先垂直于右端面 C; 第二基准 A, 以保证螺孔与油缸孔平行, 由于螺钉的可装配性与油缸  $\phi 76H7$  孔的尺寸大小有关, 故采用了最大实体原则。即当油缸孔为最大实体状态  $\phi 76$  时, 位置度公差为  $\phi 0.10$ , 当油缸孔偏离最大实体尺寸时, 4 螺孔轴线在保证垂直于基准平面 B 的情况下, 允许成组移动, 其移动量为尺寸公差给予的补偿值。

例 4: 拨动叉形位公差, 如图 2-95 所示。

说明:

(1) 垂直度公差  $\phi 0.012$ , 因为  $\phi 110H4$  孔是拨动叉的安装基准孔, 为保证拨动叉的方向不偏斜, 并作为孔  $\phi 110H4$  的工艺基准, 所以注出  $\phi 110H4$  孔轴线对基准面 A 的垂直度要求。

(2) 上平面对基准面 A 的平行度公差 0.015 是为了保证拨动叉两平面装入零件槽内的可装配性。

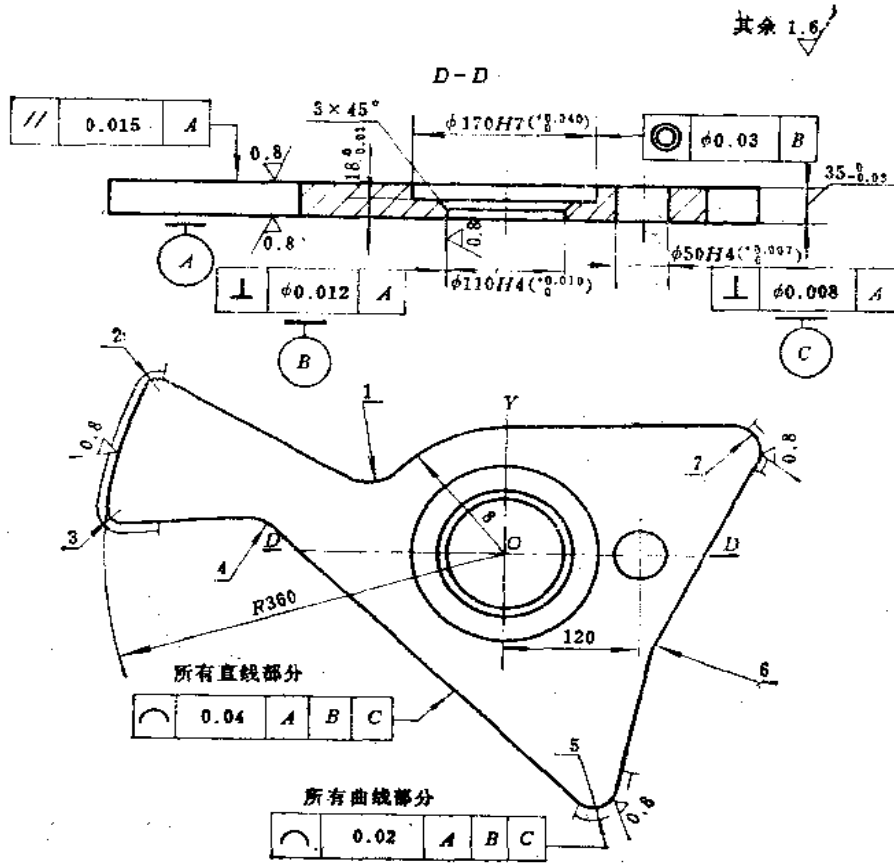


图2-95 拨动叉形位公差

(3) 同轴度公差  $\phi 0.03$  为保证台阶轴装入拨动叉具有两孔的配合性质。

(4) 线轮廓度公差 0.02和0.04是保证从动件具有平稳运动规律和移动的位置。所以这两项线轮廓度公差不仅控制直线和曲线的形状误差，由于有“三基面”，所以它又是位置公差，以控制从动件的移动距离。

例5：圆柱齿轮形位公差，如图2-96所示。

说明：

(1)  $\phi 26H6 (+0.018)$   
 Ⓔ表示采用包容原则，以保证齿轮孔与轴的配合性质。

(2)  $15.7f6 (-0.017)$

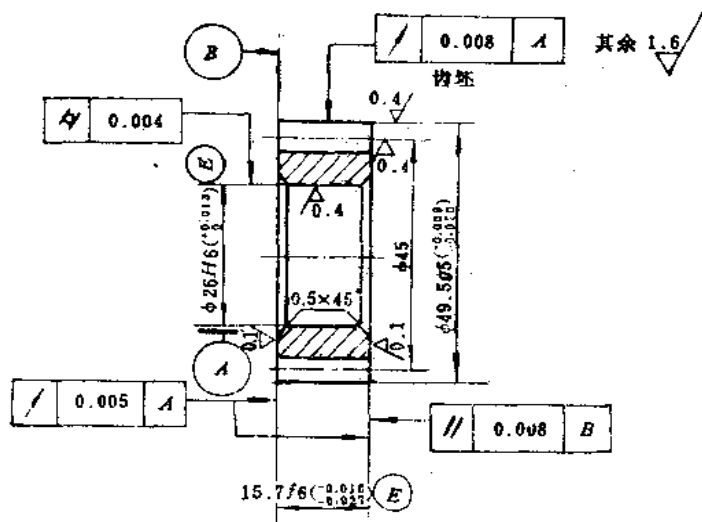


图2-96 圆柱齿轮形位公差

Ⓔ表示采用包容原则，以保证齿轮两端面与槽的配合性质为间隙配合，使齿轮转动时，不会在两端面产生过大摩擦损耗。

(3)  $\phi 26H6$  孔有圆柱度公差 0.004 要求，因为齿轮孔是加工、安装和检验各项目的基准孔；而尺寸公差 0.013 又不能保证圆柱度精度要求，所以进一步提出了圆柱度公差 0.004 的要求。其公差值 0.004 小于尺寸公差的一半值。

(4) 齿顶圆的径向圆跳动公差 0.008 是齿轮齿坯公差的要求，以保证齿轮的加工精度和检验准确性而提出的。

(5) 齿坯端面 B 的端面圆跳动公差 0.005，是保证端面与基准孔的垂直度要求，因为加工齿轮时，齿坯孔装入齿轮机床的心轴后，还要保证齿坯端面与齿轮机床的工作台全面接触，所以这是加工工艺提出的一项技术要求。

(6) 右端面对左端面 B 的平行度公差 0.008 的要求，它主要是保证右端面对孔轴线的垂直度要求，以保证加工齿轮时，便于夹紧齿坯。所以这项位置公差也是加工工艺提出的要求，不是零件使用功能而提出的技术要求。由于该齿轮零件无法判别被测要素与基准要素，所以平行度公差采用任选基准。

例 6：减速箱体的形位公差，如图 2-97 所示。

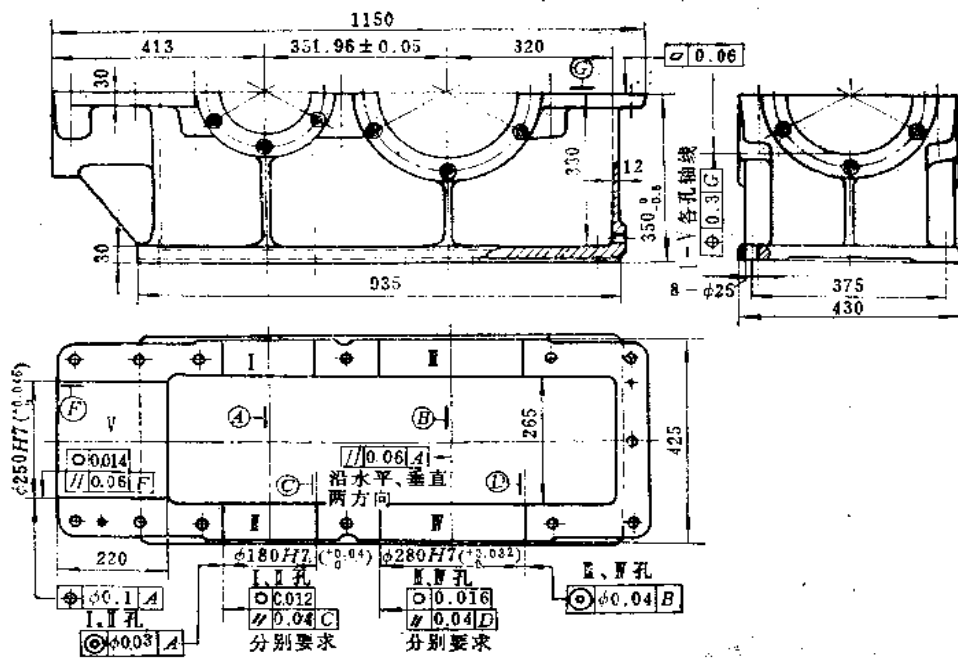


图 2-97 减速箱体形位公差

在减速箱体中装有一对斜齿轮和一对锥齿轮。

说明：

(1) 箱体上表面规定平面度公差 0.06 是为了使箱体上表面与箱盖结合具有较好连接效果与密封效果，同时为了使各孔轴线与箱体的上表面获得共面。

(2) I-V 各孔轴线的位置度公差 0.3，并规定箱体上表面为基准面，以保证各孔轴线共面在箱体的上平面上。

(3) I-Ⅰ孔和Ⅱ-Ⅱ孔, 以及V孔的圆度公差是保证各孔与轴瓦(或传动轴的轴颈)的配合性能。

(4) 孔I和孔Ⅱ的同轴度要求, Ⅲ孔和Ⅳ孔的同轴度要求, 是为了保证齿轮传动啮合精度要求。

(5) 公共轴线B与A的平行度公差要求是为了保证一对斜齿轮的啮合接触精度。

(6) 孔V轴线对公共轴线的位置度公差 $\phi 0.1$ , 它主要是保证孔V轴线对公共轴线A的垂直度要求, 以使一对锥齿轮的接触精度和正常啮合。

(7) 各孔都给出素线平行度公差要求, 实际上是控制各孔在轴向上的形状误差, 主要防止各孔产生锥度误差。

(8) 箱体侧面各凸缘上的螺钉孔, 以及箱体上平面的螺栓孔, 它们的位置可用尺寸公差控制, 也可用位置度公差控制。如果工厂批量生产减速箱体应采用位置度公差控制各螺孔的位置误差。

## 十、错误标注形位公差的图例

在图样上正确标注形位公差是保证设计要求和产品性能的重要一环。设计人员不仅要掌握形状和位置公差的标注方法, 而且应该能正确选择形位公差项目、公差值、基准和公差原则。所以正确合理地标注形位公差是一项综合知识的反映。

以下介绍一些错误标注形位公差的示例, 以供学习参考。

例1: 错误标注之一, 如图2-98所示。

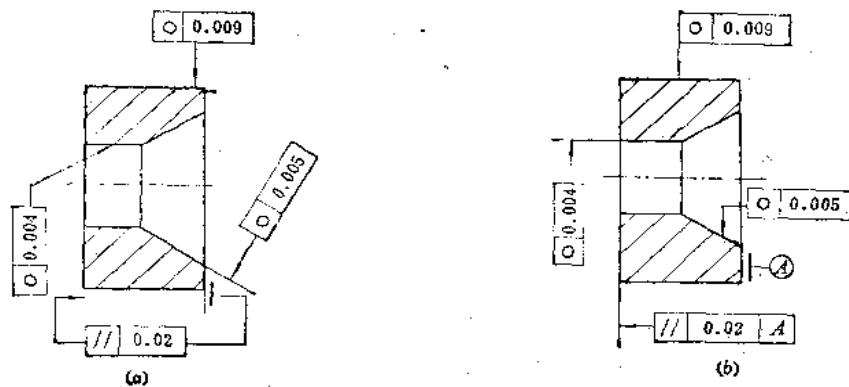


图2-98 错误标注形位公差之一

(a) 错误标注; (b) 正确标注。

说明: 图2-98(a)是一张错误标注示例, 图2-98(b)是一张正确标注示例。

(1) 按形位公差的标注规定, 圆度0.004的指引线应垂直于被测要素, 但在图2-98(a)标注的指引线不垂直于被测要素。

(2) 按形位公差标注规定, 框格指引线应从框格一端中间引出, 但是圆度0.009的指引线从框格中间引出。

(3) 圆度0.005框格指引线应指向公差带宽度方向, 但在图2-98(a)中的指引线是垂直于圆锥体素线方向, 该方向不是检测圆度误差的方向。所以是错误标注, 应改为

如图 2-98(b) 中的标注方向。

(4) 圆度 0.005 框格是斜置于图面上, 应改为水平或垂直位置。

(5) 平行度 0.02 的标注是正确的, 但是指引线和基准连接线存在折线, 最好改为图 2-98(b) 的标注, 其图样清晰, 尤其是大图样, 更不应该采用这种有折线的指引线。

例 2: 错误标注之二, 如图 2-99 所示。

说明:

(1)  $\phi 16H5$  孔的轴线直线度公差 0.012, 因为它是任意方向的要求, 其公差带是  $\phi 0.012$  的一个圆柱体, 故应该把公差值应改为  $\phi 0.012$ 。

(2) 端面全跳动 0.05, 它的公差带是两个平行平面, 所以在公差值 0.05 前不应加“ $\phi$ ”符号。

(3) 尺寸公差为 0.008, 轴线直线度公差为 0.012, 按理应遵守公差的独立原则, 各不相关, 似乎是正确的, 但是轴线直线度公差大于尺寸公差是不协调的。应减小轴线直线度公差, 并小于尺寸公差值, 才能保证 5 级精度的配合性质。

例 3: 错误标注之三, 如图 2-100 所示。

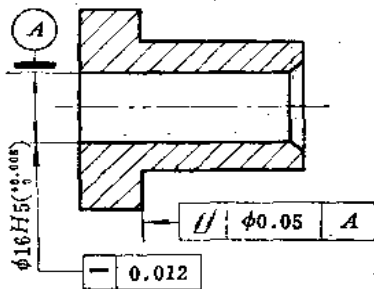


图 2-99 错误标注形位公差之二

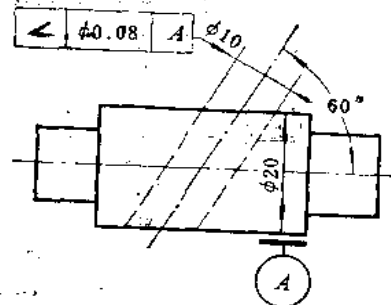


图 2-100 错误标注形位公差之三

说明:

(1) 倾斜度的理想方向应由理论正确尺寸  $60^\circ$  和基准 A 来确定方向。故应把  $60^\circ$  改为  $60^\circ$  的标注。

(2) 图样上是指  $\phi 10$  孔轴线对  $\phi 20$  的倾斜度要求, 虽然是指轴线, 但是它的公差带是两个平行平面的变动区域, 所以应把公差值 0.08 前的“ $\phi$ ”符号删去。

例 4: 错误标注之四, 如图 2-101 所示。

说明:

(1) 锥面素线直线度 0.005 的框格指引线应垂直于素线, 不应画成与素线交叉。

(2) 斜向圆跳动和圆度公差框格指引线, 不应该共用一个指引线, 因为圆度公差带宽度方向应垂直于轴线方向, 而斜向圆跳动公差带宽度方向应垂直于圆锥面的素线方向, 两个公差带方向不同, 故要用两条指引线, 在此不能共用一条指引线, 也不能采用多框格重叠绘制。

例 5: 错误标注之五, 如图 2-102 所示。

说明:

(1) 按尺寸公差  $\phi 12g6$  ( $-0.017$ ) 的标注要求, 应遵守包容原则。按包容原则的

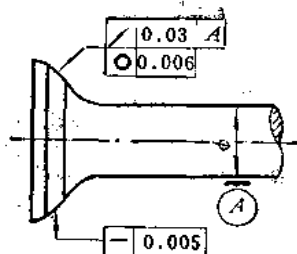


图2-101 错误标注形位公差之四

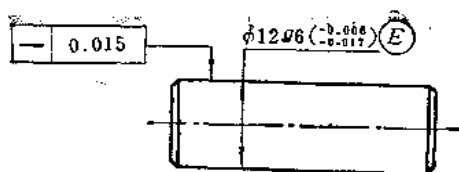


图2-102 错误标注形位公差之五

规定,素线直线度误差不会超出 0.011,若按对称分布,则不会超出 0.0055。因此没有必要提出素线直线度 0.015 公差值要求。

(2) 如果对圆柱体的素线直线度要求,其给定尺寸公差 0.011 不能保证要求时,则允许进一步提出素线直线度要求,但是素线直线度公差值务要小于 0.0055。

例 6, 错误标注之六, 如图 2-103 所示。

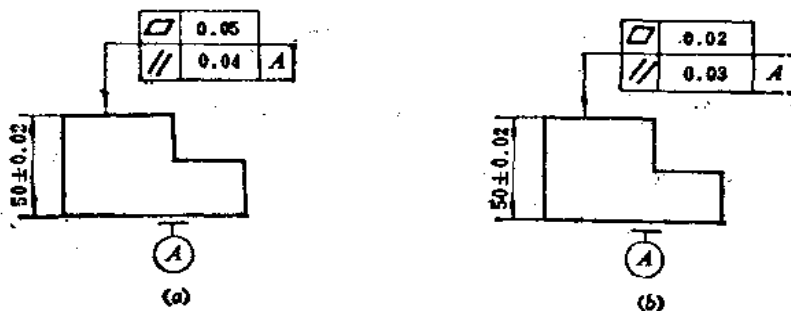


图2-103 错误标注形位公差之六

(a) 错误标注; (b) 正确标注。

说明:

(1) 对同一要素有形状公差和位置公差要求时,其平面度公差值应小于平行度公差值,因为在检测平行度误差时,它包括了被测要素的形状误差。

(2) 在检测  $50 \pm 0.02$  的尺寸误差时,若放置在平板上进行检测或采用两点测量法,其平行度误差不会超出尺寸公差 0.04,不然尺寸误差会超出,所以尺寸公差 0.04 能控制平行度误差不超出 0.04,而平行度公差又能控制平面度误差。所以规定的公差值应满足不等式

$$\text{尺寸公差} > \text{平行度公差} > \text{平面公差}$$

的要求。

所以图 2-103(a) 是给错了公差值,而应改为图 2-103(b) 的标注。或取消平行度要求和平面度要求。或在  $50 \pm 0.02$  公差值后加注  $\textcircled{E}$  符号,要求遵守包容原则,也能满足如图 2-103(b) 标注的功能要求。

例 7, 错误标注之七, 如图 2-104 所示。

说明:

(1) 图 2-104(a) 所示的公差值要求是错误的。因为同轴度的定位公差能限制轴线的垂直度误差,垂直度公差带又能限制轴线的直线度误差,所以不应该使

$$\text{轴线直线度公差} \geq \text{垂直度公差} \geq \text{同轴度公差}$$

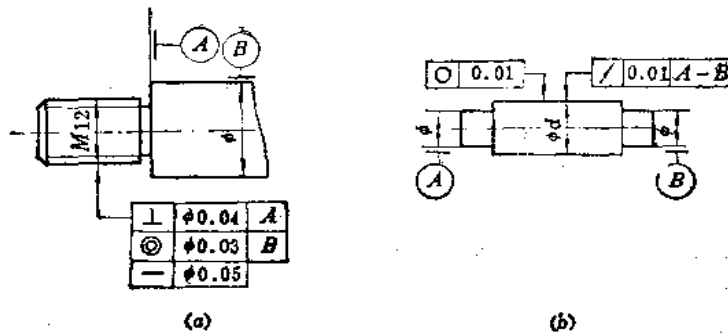


图2-104 错误标注形位公差之七

而应该规定：

轴线直线度公差 < 垂直度公差 < 同轴度公差

(2) 图 2-104(b) 所示的公差值也是错误的。因为径向圆跳动是同轴度误差和圆度误差的综合，所以给定的圆度误差应小于径向圆跳动公差，或者取消圆度项目的要求。

例 8：错误标注之八，如图 2-105 所示。

说明：

(1) 平行度公差 0.02 是控制  $\phi 10$  孔的锥度误差，并要求左端孔大于右端孔尺寸，不允许左端孔直径尺寸小于右端孔径尺寸。由于圆柱度公差 0.02 同时限制了锥度误差，所以平行度公差是重复提出的要求。应该取消平行度要求，并把方向符号 ( $\triangleright$ ) 移至圆柱度公差值后面。即改成  $\boxed{\text{Cyl } 0.02(\triangleright)}$  要求。

(2) 按公差值考虑，应把平行度公差减小，使圆柱度公差值大于平行度公差值(下素线对上素线的平行度要求)。应该指出，下素线对上素线的平行度要求是控制圆柱孔的锥度误差，就是限制圆柱孔的形状误差。

例 9：错误标注之九，如图 106 所示。

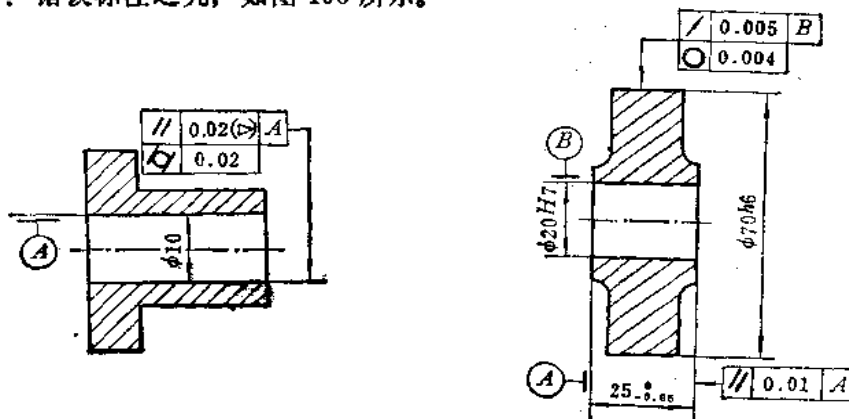


图2-105 错误标注形位公差之八

图2-106 错误标注形位公差之九

说明：

(1) 由于零件左右两端面完全对称，无法识别被测要素和基准要素，所以不应选用指定基准，而应改为任选基准。

(2) 圆度公差 0.004 小于径向圆跳动公差 0.005 这是正确的。但是该零件  $\phi 20H7$  与  $\phi 70h6$  的同轴度误差会远大于 0.001，所以只有再减小圆度公差值，该圆度公差值才



能起到控制作用, 否则圆度误差达到  $0.004$ , 其径向圆跳动必然会超差, 因为径向圆跳动误差是同轴度误差和圆度误差的综合结果。

例 10: 错误标注之十, 如图 2-107 所示。

说明:

(1) 径向圆跳动应选用组合基准 (公共轴线基准), 而不应标注三基准体系的两个基准, 应改为 “ $A-B$ ” 组合基准。

(2) 组合基准  $A-B$ , 应把基准  $B$  的位置移至于轴颈的直径尺寸线下, 并对齐尺寸线箭头。

例 11: 错误标注之十一, 如图 2-108 所示。

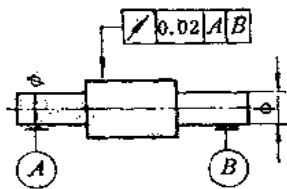


图2-107 错误标注形位误差之十

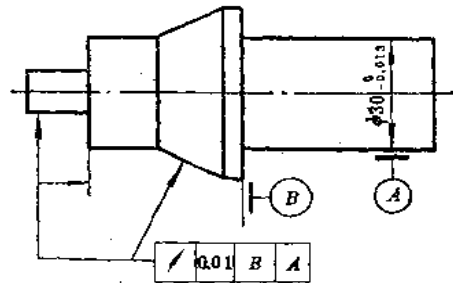


图2-108 错误标注形位公差之十一

说明:

由于  $\phi 30_{-0.013}$  轴颈较长, 而选端面  $B$  为第一基准, 则会产生过定位现象。为了避免过定位, 考虑  $\phi 30_{-0.013}$  为长轴的结构特点, 所以应改为轴颈  $A$  为第一基准, 端面  $B$  为第二基准。

按跳动公差的规定, 跳动公差的基准应是轴颈  $\phi 30_{-0.013}$  的轴线, 为了检测, 加工时稳定可靠, 增加第二基准  $B$  端面也是合理的。

例 12: 错误标注之十二, 如图 2-109 所示。

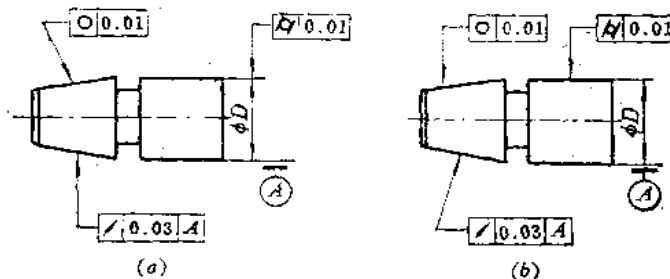


图2-109 错误标注形位公差之十二

(a) 错误标注; (b) 正确标注。

说明:

- (1) 圆度公差  $0.01$  框格指引线不应该垂直于圆锥素线, 而应垂直于圆锥轴线。
- (2) 圆柱度公差  $0.01$  的框格指引线不应与尺寸线箭头对齐, 而应错开尺寸线箭头。
- (3) 基准  $A$  位置不应与尺寸线箭头错开, 而应与尺寸线箭头对齐。
- (4) 斜向圆跳动的框格指引线应与圆锥面素线垂直。

由上分析可知,图 2-109(a) 是错误标注,而图 2-109(b) 是正确标注。

例 13: 标注错误之十三,如图 2-110 所示。

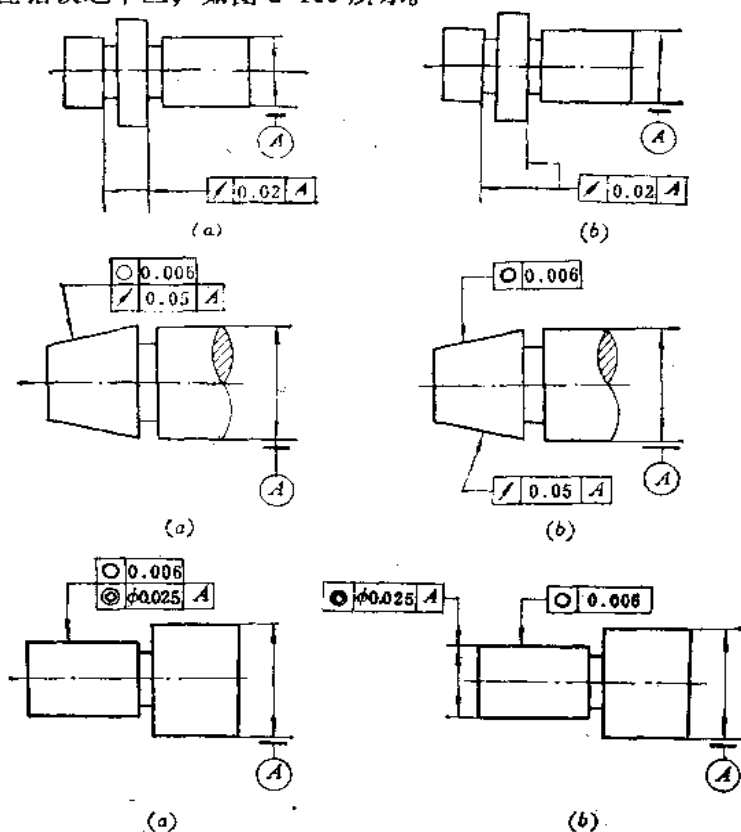


图2-110 标注错误与标注正确之例

(a) 错误标注; (b) 正确标注。

说明:

归纳以上错误图例,设计者应注意以下几个方面:

(1) 选用的形位公差项目应满足零件功能的需要。已被控制了形位公差,不必重复提出要求,避免形位公差项目的重复。

(2) 合理选用公差值。一般情况,对同一要素有几项形位公差要求时,其公差值应遵守下列不等式

形状公差 < 定向公差 < 定位公差 < 跳动公差

(3) 形位公差值前“ $\phi$ ”的标注,应是一个圆,或是一个圆柱形公差带。所以加“ $\phi$ ”的必定是中心要素(轴线或圆心),而且也只有控制任意方向的中心要素才加“ $\phi$ ”;

(4) 形状公差是单一要素,它没有基准要求,只有位置公差才有基准;选定的基准,一般应是测量基准。基准数量不能少也不能过多。若是多基准,应注意基准的顺序。

(5) 框格的指引线应指向垂直于被测表面,它应是公差带宽度的方向。若是中心要素,指引线箭头应与尺寸线箭头对齐。

(6) 在同一尺寸段有相同形位公差值要求的,才允许使用一个框格有多条指引线。只有公差带的方向一致时,才许可多个框格合用一条指引线。

### 十一、形位公差旧标注的过渡

根据我国工业的发展阶段，形位公差在图样上的标注和说明可分为三种情况，也就是贯彻执行了三个历史时期的标准，即 GB130-70，GB1182-74 和 GB1182-80 标准。所以在更改旧图样时，存在着形位公差旧标注的过渡问题。这是一项认真细致的工作，因为它影响到产品性能、质量、加工工艺、检验方法等各方面的问题。从形位公差的基

表2-26 形位公差新旧符号对照

分 类	名 称	GB 130—70 符 号	GB 1182—74 符 号	GB 1182—80			
				分 类	名 称	符 号	
表 面 形 状 公 差	不直度	—	—	形 状 公 差	直线度	—	
	不平度	≡	▱		平面度	▱	
	不圆度	⊗	○		圆 度	○	
	轮廓度		⊕				
	不柱度		⊖				
	不圆柱度	⊖	⊖		圆 柱 度	⊖	
	锥形度	∧					
	鞍形度	∪					
	鼓形度	∩					
	弯曲度	∩					
						线轮廓度	⌒
						面轮廓度	⊔

分 类	名 称	GB 130-70 符 号	GB 1182-74 符 号	GB 1182-80			
				分 类	名 称	符 号	
表 面 位 置 公 差	不平行度		//	位 向	平行度	//	
	不垂直度		$\perp$		垂直度	$\perp$	
					倾斜度	$\angle$	
	不对称度		$\equiv$	位 置	对称度	$\equiv$	
	不同轴度		$\odot$		同轴度	$\odot$	
	位移度		$\oplus$		位置度	$\oplus$	
	轴线歪斜度			公 差			
	轴线不相交度						
	径向跳动		/	差	圆 跳 动	径向 端面	/
	端面跳动					斜向	
		全 跳 动	径向 端面		//		

注：① GB130-70称形位公差。

② GB130-70符号中箭头所指为基准，而新标准GB1182-74和GB1182-80中的基准为粗短划，表中未表示出来。本书均按GB1182-80标注。

本内容考虑，将涉及到概念、形位公差项目、形位公差值、基准和公差原则的过渡，因此在改为新标准 GB1182-80 的公差框格标注时，不仅要重新分析与掌握原图样的设计要求，而且要注意以下几个问题。

### 1. 三个标准的对照

GB130-70、GB1182-74、GB1182-80 标准的项目、符号对照，见表 2-26。

### 2. 旧图样技术要求的某些术语的更换

(1) 弯曲度 (GB130-70) 应改为轴线直线度 (GB1182-80)。

(2) 棱圆度(多棱圆)应改为圆度(GB1182-80)。

(3) 椭圆度(GB130-70和GB1182-74)应改为圆度(GB1182-80)。

当设计时,允许零件用两点法测量直径误差表示圆度误差时,则可在公差框格下方附加说明,即要求注出“3-3”代号,以表示采用形位误差的第三种检测方案中的第三种检测方法,这种测量方法规定采用两点法测量椭圆度的直径误差代替圆度误差的半径测量。

因为椭圆度公差与圆度公差定义不同,两者公差值之间没有换算关系,故在产品的设计时,应参照同类产品图样上规定椭圆度公差值的一半作为圆度公差值( $\Delta_{\text{圆}} = d_{\text{max}} - d_{\text{min}}$ ,  $\Delta_{\text{圆}} = R_{\text{max}} - R_{\text{min}}$ )。

(4) 鼓形度、鞍形度、锥形度(GB130-70)应根据具体情况改为圆柱度或素线直线度、素线间平行度公差。由于检测圆柱度误差的仪器精度要求高,检测费时,因此在多数情况下采用素线直线度或素线间平行度公差控制圆柱表面的轴剖面内的形状误差。

(5) 歪斜度(又称扭曲度)是用于控制两要素不在同一平面内的平行度误差,所以可用不在同一平面内线对线的平行度公差控制。

(6) 不同心度(GB130-70)是控制被测轴线对基准轴线的位置误差,实际上就是两轴线的同轴要求,所以可以改为同轴度公差。

(7) 轴线不相交度公差(GB130-70)可以改用线对线的位置度公差。

(8) 不柱度(GB1182-74)可改为圆柱度公差。不柱度误差定义是圆柱面的同轴剖面内最大与最小直径之差,  $f = d_{\text{max}} - d_{\text{min}}$ , 如图 2-111 所示。所以不柱度与圆柱度定义是不同的,而控制作用相同,两者都能控制圆柱面同一轴剖面内的形状误差(包括鼓形度、鞍形度、锥形度等形状误差)。

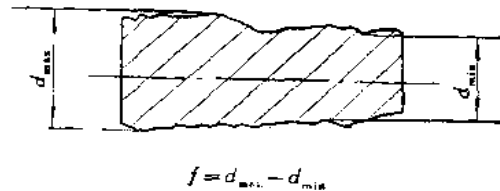


图2-111 不柱度误差

### 3. 除去原图样文字说明技术要求的含糊不清部分,按新标准 GB1182-80 明确标注形位公差要求

在旧图样对形位公差的技术要求,一般习惯用文字表示,但是常存在含糊不清部分,例如“ $\phi 20 d_3$  的不直度允差  $0.03\text{mm}$ ”应该明确是轴线直线度,还是指素线直线度;又如“ $\phi 10_{-0.02}$  表面的椭圆度、棱圆度允差  $0.01$ ”,椭圆度和棱圆度均属圆度误差,但是两者定义不同,椭圆度是直径之差,棱圆度是指半径差,两者数值不同,检测方法不同,故应该标注圆度公差。

另外,在旧图样经常出现“ $\phi 10$  和  $\phi 20$  的不同心度容差不得大于  $0.03$ ”,或“ $\phi 10$  与  $\phi 20$  的同轴度误差不得大于  $0.03$ ”等等,不明确被测要素和基准要素,不明确采用指定基准或任选基准,不明确采用单一基准,或组合基准,或多基准。因此在改为形位公差框格前,务要分析和掌握原图样设计要求,才能合理正确标注形位公差要求。

### 4. 考虑包容原则、最大实体原则的应用

旧图样均未明确独立公差和相关公差的概念,只给出公差数值。可在实际生产中,有时已运用相关公差,所以在改标中,必须分析零件功能要求及测量方法,尽量采用相关

公差，以保证产品质量和提高经济效益。

### 5. 公差值的处理

改标的公差数值，原则上应向数值标准相近等级选用公差值。对 GB130-70 和 GB 1182-74 标准中规定的半值标注，如同轴度  $R0.1$ ，对称度  $0.1$  和位移度  $R0.1$  的标注应改为同轴度  $\phi 0.2$ ，对称度  $0.2$  和位置度  $\phi 0.2$  的标注。在国内各工厂调查结果表明，有些工厂已用“全值”标注的，当然不需要改变公差值。

### 6. 正确处理尺寸公差、形状公差和位置公差的关系

在过去，设计人员习惯用尺寸公差控制其形位误差，如图 2-112(a) 所示  $50 \pm 0.05$  的尺寸公差，应在改标注之前，明确尺寸公差的作用。因为尺寸公差  $50 \pm 0.05$ ，不仅能限制尺寸误差，而且也能控制上平面的平面度误差和上平面对底面的平行度误差。如果尺寸公差  $\pm 0.05$  主要是为了控制平面度误差，这种控制形状误差的方法是不经济的；如果尺寸公差是为了控制平行度误差，那也是不够经济的，因为这种尺寸公差的标注，同时限制了尺寸误差，平面度误差和平行度误差。应该改成如图 2-112(b) 或图 2-112(c) 的标注，并采用独立公差。如果改成图 2-112(d) 也是正确的标注。其中主要的概念是各自控制本身的误差。

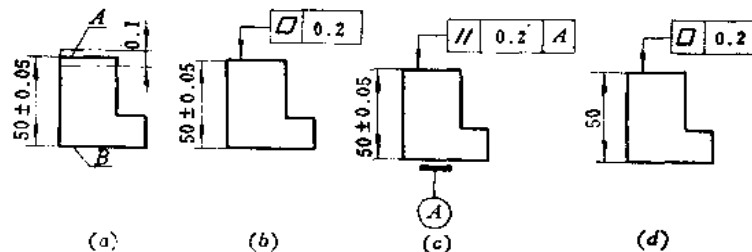


图2-112 正确处理公差关系

在旧图样标注形位公差时，常出现分项目标注，按分项目检测，可是在 GB1182-80 标准中已被取消的项目，这时应考虑形位公差之间的关系。例如一重要轴颈常规定不圆度和不柱度要求，按 GB1182-80 标准规定可采用圆柱度替代这两项的要求。但是检测时，由于圆柱度的检测困难，又只能采用分项检测方法，即检测圆柱面的不圆度和不柱度误差均合格，可认为该圆柱面的圆柱度合格。

关于线轮廓度、面轮廓度和位置度误差在过去的图样上均采用尺寸公差控制，按 GB 1182-80 标准规定可以采用线轮廓度、面轮廓度和位置度公差控制，但是在改换标注时，不仅要修改公差值，而且应根据零件功能要求，检测的难易和零件结构特征，决定保留原来的尺寸公差控制形位误差，还是改为线轮廓度、面轮廓度和位置度公差标注。

### 7. 正比例折算公差值

按图样上给定的形位公差，一般都是指被测的全要素要求。在旧图样上，由于零件功能的要求，必须在零件之外测量其位置误差，此时的被测长度大于实际长度，并按长度正比例来给定公差值。如果采用检验心轴进行测试工作，由于检验心轴已排除了被测要素的形状误差，所以，这种正比例给定公差值是允许的。若把正比例给定公差值应用于平行度与垂直度等位置公差，由于位置误差的变化规律不呈直线关系，而对系列产品

表2-27 ISO及各国形位公差标准的分类、项目和符号

国际 ISO/R 1101-1969			中国 GB 1182-1980			法国 NF E04-552-1978			美国 ANSI Y14.5-1973			澳大利亚 AS 1100.10-1974				
分类	项目	符号	分类	项目	符号	分类	项目	符号	分类	项目	符号	分类	项目	符号		
单一要素的形状	直线度	—	形状公差	直线度	—	单一要素的形状	直线度	—	单一要素形状公差	直线度	—	单一要素形状公差	直线度	—		
	平面度	▱		平面度	▱		平面度	▱		平面度	▱		平面度	▱	平面度	▱
	圆度	○		圆度	○		圆度	○		圆度	○		圆度	○	圆度	○
	圆柱度	⊘		圆柱度	⊘		圆柱度	⊘		圆柱度	⊘		圆柱度	⊘	圆柱度	⊘
	轮廓线轮廓度	⌒		轮廓线轮廓度	⌒		轮廓线轮廓度	⌒		轮廓线轮廓度	⌒		轮廓线轮廓度	⌒	轮廓线轮廓度	⌒
	轮廓面轮廓度	⌒		轮廓面轮廓度	⌒		轮廓面轮廓度	⌒		轮廓面轮廓度	⌒		轮廓面轮廓度	⌒	轮廓面轮廓度	⌒
关联要素方向	平行度	//	定向公差	平行度	//	关联要素的方向	平行度	//	关联要素方向公差	平行度	//	关联要素方向公差	平行度	//		
	垂直度	⊥		垂直度	⊥		垂直度	⊥		垂直度	⊥		垂直度	⊥	垂直度	⊥
	倾斜度	∠		倾斜度	∠		倾斜度	∠		倾斜度	∠		倾斜度	∠	倾斜度	∠
关联要素的位置	同轴度	◎	定位公差	同轴度	◎	关联要素的位置	同轴度	◎	关联要素位置公差	同轴度	◎	关联要素位置公差	同轴度	◎		
	对称度	≡		对称度	≡		对称度	≡		对称度	≡		对称度	≡	对称度	≡
	位置度	⊕		位置度	⊕		位置度	⊕		位置度	⊕		位置度	⊕	位置度	⊕
跳动	圆跳动	↗	跳动	圆跳动	↗	跳动	圆跳动	↗	跳动公差	圆跳动	↗	跳动公差	圆跳动	↗		
	全跳动	↗		全跳动	↗		全跳动	↗		全跳动	↗		全跳动	↗	全跳动	↗

(续)

英国 BS 308. 3-1972			加拿大 CSA B78. 2-1973			西德 DIN 7184 BJ. 1-1972			日本 JIS B0021-1974			瑞士 VSM 10203-70				
分类	项目	符号	分类	项目	符号	分类	项目	符号	分类	项目	符号	分类	项目	符号		
单 一 要 素	形 状 公 差	直线度	—	直线度	—	直线度	—	直线度	—	直线度	—	直线度	—	直线度	—	
		平面度		平面度		平面度		平面度		平面度		平面度		平面度		
		圆度		圆度		圆度		圆度		圆度		圆度		圆度		
		圆柱度		圆柱度		圆柱度		圆柱度		圆柱度		圆柱度		圆柱度		
		轮廓线		轮廓线		轮廓线		轮廓线		轮廓线		轮廓线		轮廓线		
		轮廓面		轮廓面		轮廓面		轮廓面		轮廓面		轮廓面		轮廓面		
关 联 要 素	方 向 公 差	平行度		平行度		平行度		平行度		平行度		平行度		平行度		
		垂直度		垂直度		垂直度		垂直度		垂直度		垂直度		垂直度		
		倾斜度		倾斜度		倾斜度		倾斜度		倾斜度		倾斜度		倾斜度		
		位 置 公 差	同轴度		同轴度		同轴度		同轴度		同轴度		同轴度		同轴度	
			对称度		对称度		对称度		对称度		对称度		对称度		对称度	
			位置度		位置度		位置度		位置度		位置度		位置度		位置度	
综合公差	跳动		综合	跳动		跳动公差	跳动		跳动公差	跳动		跳动				



(续)

经互会③ CT C9B 368-76			苏联 ГОСТ 2.308-68			罗马尼亚 STAS 7385-68			捷克 CSN 014403-64			东德 TGL 19080-1963		
分类	项目	符号	分类	项目	符号	分类	项目	符号	分类	项目	符号	分类	项目	符号
形状公差	直线度	—	形状偏差	不直线度	—	形状公差	直线度	—	形状偏差	直线度	—	形状偏差	不直线度	—
	平面度	▭		不平度	▭		平面度	▭		平面度	▭		不平度	▭
	圆度	○		不圆度	○		圆度	○		圆度	○		不圆度	○
	圆柱度	⊘		不圆柱度	⊘		圆柱度	⊘		圆柱度	⊘		不圆柱度	⊘
	纵剖面轮廓公差	≡		不圆度	○		圆柱度	⊘		圆度	○		不圆度	○
位置公差	平行度	//	位置偏差	不平行度	//	位置公差	平行度	//	位置偏差	平行度	//	位置偏差	不平行度	//
	垂直度	⊥		不垂直度	⊥		垂直度	⊥		垂直度	⊥		不垂直度	⊥
	倾斜度	∠		纵剖面轮廓偏差	≡		倾斜度	∠		倾斜度	∠		不倾斜度	∠
	同轴度	◎		不同轴度	◎		同轴度	◎		同轴度	◎		不同轴度	◎
	对称度	≡		不对称度	≡		对称度	≡		对称度	≡		不对称度	≡
	位置度	⊕		位置度	⊕		位置度	⊕		位置度	⊕		位置度	⊕
	轴线相交度	×		不轴线相交度	×		轴线相交度	×		轴线相交度	×		不轴线相交度	×
形状和位置总公差	跳动	/	形状和位置总公差	跳动	/	形状和位置总公差	对称度	≡	形状和位置总公差	对称度	≡	形状和位置总公差	轴线对公称位置的偏差	+
	全跳动	//		轴线不相交度	×		位置度	⊕		位置度	⊕		轴线对公称位置的偏差	+
	线轮廓度	⌒		不对称度	÷		轴线相交度	×		相交度	×		不相交度	×
	面轮廓度	⌒		轴线对公称位置的偏差	+		跳动	/		跳动	/		跳动	/

注：(1) 在1979年的ISO/DP 1101中有此符号；

(2) 在公差框格下面加注文字说明“全”；

(3) 经互会成员国保加利亚、匈牙利、东德、蒙古、波兰、苏联、捷克等于1980年1月实施。

统一按正比例给定公差值的做法是不合理的，设计者应根据零件的不同被测长度分别给出所需公差值。

#### 8. 延伸公差带的应用

当遇到销钉、铆钉、螺栓和螺钉连接时，应尽可能采用延伸公差带的应用。

## 十二、国外形位公差概况

目前，我国贯彻执行 GB1182~1184-80 标准，它与 ISO、美、英、日、法、联邦德国、加拿大和苏联等国家标准规定的基本内容一致。ISO 和各国形位公差标准的分类、项目、符号，见表 2-27。

其中不同点有：

(1) ISO 标准和各国标准的基本内容一致，只有美国标准把垂直度、平行度列入形状公差。

(2) 除苏联标准规定用公差框格代号和文字说明两种并存的标注方法外，其它各主要工业国家均规定在图样上使用框格代号标注一种方法。

(3) 形位公差项目略有增减，如中国、美国和法国标准，把跳动公差分为全跳动和圆跳动，而英国和日本等国只规定跳动公差，即为圆跳动公差。苏联和东欧等国还规定有圆柱体轴剖面的轮廓形状偏差和轴线不相交度。

(4) 基准代号的画法有两种，略有不同，其作用相同。

## 第三章 表面粗糙度的选用与标注

### 一、表面粗糙度概况

为保证机械零件的表面质量，满足表面使用功能，延长表面使用期限，合理地选用表面粗糙度和正确标注表面粗糙度的技术要求也是一个重要的方面。表面粗糙度的选用包括选用能表征表面几何特征又能表征表面功能的表面粗糙度的评定参数、参数值和加工纹理，同时还应该符合我国制订的表面粗糙度标准。

我国随着机械工业的发展，曾先后颁布过四次标准。1956年制订过《机50-56表面光洁度》部颁标准，它和苏联制订的《ГОСТ2789-51表面光洁度》标准内容是完全相同的。在1960年把《机50-56》标准修改为JB178-60《表面光洁度等级及代号》标准，这个标准仅把表面光洁度参数代号改为汉语拼音字母，其内容完全没有变动。1968年颁布的GB1031-68《表面光洁度》标准，它和ISO/R468标准内容是一致的。目前我国执行的GB1031-83《表面粗糙度 参数及其数值》，和国际标准ISO468-1982《表面粗糙度参数、参数值和给定要求的通则》的规定是一致的。若把GB1031-83标准的规定与

表面粗糙度代号及其注法应废止 GB131-74 表面光洁度标注的规定, 要求执行 GB 131-83《机械制图 表面粗糙度代号及其注法》标准的规定。它与国际标准 ISO1302-1978《图样上表面特征的代表法》是一致的。

## 二、表面粗糙度评定参数及其选用

按 GB1031-83《表面粗糙度 参数及其数值》标准规定有三个基本参数  $R_a$ 、 $R_z$  和  $R_y$ , 三个附加参数  $S_m$ 、 $S$  和  $l_p$ 。

### 1. 表面粗糙度参数的定义

(1) 轮廓算术平均偏差 Arithmetical mean deviation of the profile ( $R_a$ )

在取样长度  $l$  内, 在测量方向的轮廓线上的点与轮廓中线之间的距离绝对值的算术平均值, 如图 3-1 所示。

$$R_a = \frac{1}{l} \int_0^l |y(x)| dx$$

或近似为

$$R_a \approx \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |y_i|$$

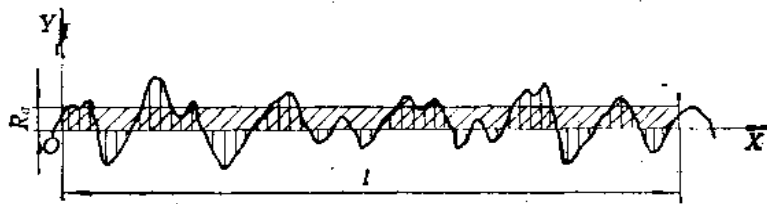


图3-1 轮廓算术平均偏差  $R_a$ 。

(2) 微观不平度十点高度 Ten point height of irregularities ( $R_z$ )

在取样长度内 5 个最大的轮廓峰高的平均值与 5 个最大的轮廓谷深的平均值之和, 如图 3-2 所示。

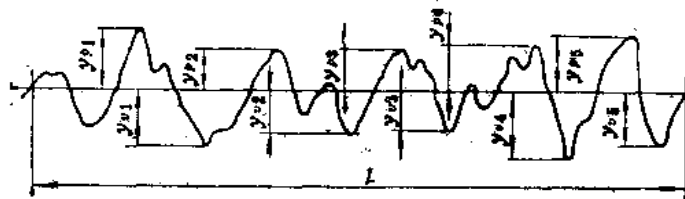


图3-2 微观不平度十点高度  $R_z$ 。

$$R_z = \frac{1}{5} \left( \sum_{i=1}^5 y_{pi} + \sum_{i=1}^5 y_{vi} \right)$$

式中  $y_{pi}$  —— 第  $i$  个最大的轮廓峰高;

$y_{vi}$  —— 第  $i$  个最大的轮廓谷深。

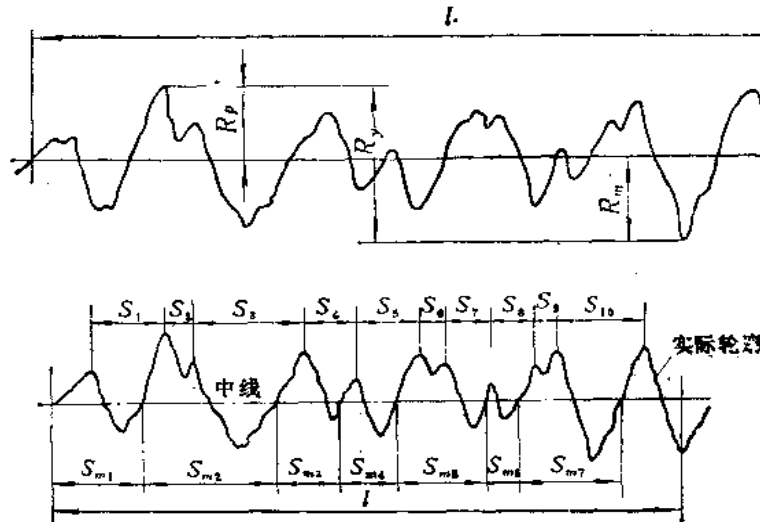
(3) 轮廓最大高度 Maximum height of the profile ( $R_v$ )

在取样长度内轮廓峰顶线和轮廓谷底线之间的距离,如图3-3所示。轮廓峰顶线是在取样长度内平行于基准线(轮廓中线)并通过轮廓最高点的线。轮廓谷底线是在取样长度内平行于基准线(轮廓中线)并通过轮廓最低点的线。

$$R_v = R_p + R_m$$

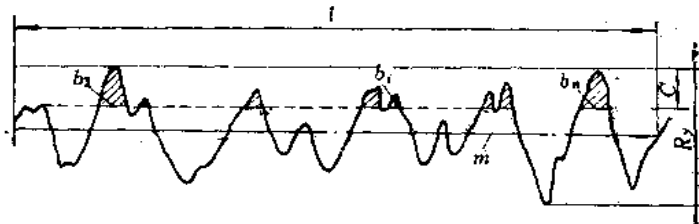
式中  $R_p$ ——轮廓最大峰高 Maximum height of profile peak(在取样长度内从轮廓峰顶线至中线的距离);

$R_m$ ——轮廓最大谷深 Maximum depth of profile valley(在取样长度内从轮廓谷底线至中线的距离)。

图3-3 轮廓最大高度 $R_v$ (4) 轮廓微观不平度的平均间距 Mean spacing of the profile irregularities ( $S_m$ )

在取样长度内轮廓微观不平度的间距的平均值。轮廓微观不平度的间距 $s_{mi}$ 是指一个轮廓峰和相邻轮廓谷在中线上的一段长度,如图3-4所示。

$$S_m = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n S_{mi}$$

图3-4 轮廓微观不平度的平均间距 $S_m$ 与轮廓的单峰平均间距 $S$ (5) 轮廓的单峰平均间距 Mean spacing of local peaks of the profile ( $S$ )

在取样长度内轮廓的单峰间距的平均值。轮廓的单峰间距 $S$ ,是两相邻单峰的最高

点之间的距离投影在中线上的长度，如图 3-4 所示。

$$S = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n S_i$$

(6) 轮廓支承长度率 Profile bearing length ratio ( $t_p$ )

轮廓支承长度  $\eta_p$  与取样长度  $l$  之比。轮廓支承长度  $\eta_p$  是在取样长度内，一平行于中线的线与轮廓相截所得到的各段截线长度之和，如图 3-5 所示。

$$t_p = \eta_p / l$$

$$\eta_p = b_1 + \dots + b_i + \dots + b_n = \sum_{i=1}^n b_i$$

$t_p$  值是对应于不同水平截距  $c$  而给出的。 $c$  值可用微米或  $R_z$  的百分数表示，百分数系列如下： $R_z$  的 5、10、15、20、25、30、40、50、60、70、80、90%。

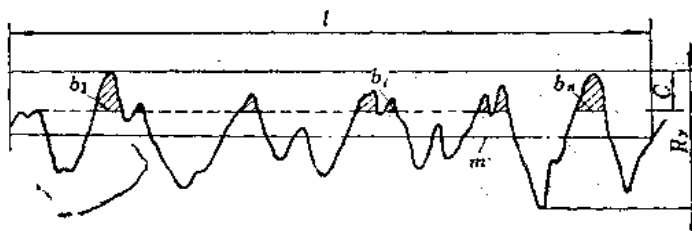


图3-5 轮廓支承长度  $\eta_p$

## 2. 表面粗糙度参数的选用

正确合理地选择零件的表面粗糙度，是一项重要的技术经济性工作。表面粗糙度参数的选用应根据零件的工作条件和使用性能来考虑既能表征表面的几何特征和表面功能的参数，又要考虑表面粗糙度测量仪器（或测量方法）的测量范围和经济性。

在一般情况选择粗糙度参数，按 GB1031-83 表面粗糙度标准规定，其中轮廓高度参数  $R_a$ 、 $R_z$  和  $R_y$  为常用参数，可任选其中的一个参数，如果在常用的参数值范围内 ( $R_a$  为  $0.025 \sim 6.3 \mu\text{m}$ ， $R_z$  为  $0.100 \sim 25 \mu\text{m}$ ) 推荐优先选用  $R_a$  参数，必要时也可选用其中的两个参数，例如  $R_a$ 、 $R_z$  或  $R_a$ 、 $R_y$ 。当用轮廓高度参数评定表面功能已不能满足要求时，可附加辅助参数  $S_m$ 、 $S$  或  $t_p$ 。

零件表面在使用时各有不同的要求，按表面功能可分为配合表面、支承表面、润滑面、密封面、滚动面、滑动面、涂层面和装饰面等。按表面粗糙度对表面使用功能的影响，表面粗糙度会影响表面的配合性能、接触刚度、摩擦磨损、耐疲劳强度、密封性、耐蚀性、研合性、润滑、导电、导热和美观等，对光学零件表面会影响光学性能，对电气元件表面会影响电气性能，对磁鼓表面会影响存储讯息的多少，为保证零件表面达到最佳的表面功能，又具有较好的经济性，在选用某一表面粗糙度参数时，应注意以下几点说明。

### (1) 选用 $R_a$ 参数的说明

表面粗糙度轮廓算术平均偏差  $R_a$  是轮廓高度的算术平均值，它包含着微观不平度的大部分信息，故能表征表面粗糙度的一般使用性能。在测量  $R_a$  值时一般均使用电子轮廓

仪, 这比使用光学仪器测量 $R_a$ 值既简便又能保证一定的测量精度。轮廓仪的测量范围正是常用的表面粗糙度参数值的数值范围 ( $R_a$ 为 $0.025\sim 6.3\mu\text{m}$ ,  $R_z$ 为 $0.100\sim 25\mu\text{m}$ ), 所以国家标准推荐, 在常用的表面粗糙度数值范围内应优先选用 $R_a$ 参数。该数值范围相当于GB1031-68表面光洁度标准规定的 $\nabla 12\sim \nabla 5$ 表面光洁度。

采用轮廓仪测量 $R_a$ 值时, 轮廓仪触针几乎能保持接触被测轮廓的峰和谷, 以及每一侧边, 故能精确地描绘被测表面轮廓, 足能反映实用的轮廓信息, 虽然轮廓仪触针尖端半径会影响与每个最高峰和最低谷的接触, 测绘的轮廓会有失真, 但是在规定的测量范围内, 被测绘的表面几何特征已能满足工程表面的使用要求。若采用配置计算程序的泰勒5型或6型轮廓仪测量表面粗糙度, 不仅能测得 $R_a$ 值和记录轮廓图形, 而且还能测量 $R_p$ 、 $R_m$ 、 $R_v$ 、 $R_z$ 、 $R_q$ 、 $\lambda_s$ 、 $s_m$ 、 $s$ 、 $s_x$ 、 $\Delta_s$ 和 $t_s$ 等十五个参数。若用光学仪器测量 $R_a$ 值, 则需要测出轮廓影像上各点, 或在轮廓影像照相图上按 $R_a$ 参数定义计算 $R_a$ 值, 这种评定 $R_a$ 值的方法, 不仅费时, 而且评定精度不高, 受人为影响较大, 所以一般情况不推荐采用光学仪器测量 $R_a$ 值。

由于轮廓仪测量表面粗糙度时, 均有一段起动行程, 故长度很短的表面不能选用 $R_a$ 参数。由于 $R_a$ 参数不能完全表征表面微观不平度的形状信息, 如图3-6所示3条轮廓曲线, 它们具有相同的 $R_a$ 值, 却有截然不同的轮廓形状; 由于不同的形状轮廓是不同的加工方法所形成的, 若要表征表面结构的形状特征, 可在采用 $R_a$ 参数的同时, 附加标注加工方法, 或附加 $R_z$ 参数, 或附加 $t_s$ 参数。

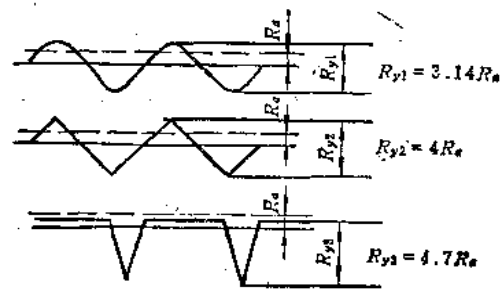


图3-6  $R_a$ 值相同的不同形状轮廓

### (2) 选用 $R_a$ 参数的说明

$R_a$ 参数也是表面粗糙度轮廓高度的统计参数, 尤其在 $R_a$ 值为 $0.025\sim 0.100\mu\text{m}$ 和 $25\sim 100\mu\text{m}$ , 或 $R_z$ 值为 $0.008\sim 0.020\mu\text{m}$ 和 $6.3\sim 100\mu\text{m}$ 的较小和较大数值范围, 最适合使用干涉显微镜和双管显微镜测量 $R_a$ 参数值, 这正是不允许采用轮廓仪测量粗糙度参数值的数值范围。在国家标准GB1031-68《表面光洁度》中规定“在一般情况, 表征参数 $R_a$ 和 $R_z$ 可以任意选用, 当对某一表面光洁度的评定级别有不同意见时, 规定5级~12级光洁度以 $R_a$ 值分级为准, 1~4级和13~14级光洁度以 $R_z$ 值分级为准”。这正是由于电子轮廓仪所允许的测量范围而决定的。这条规定与GB1031-83《表面粗糙度 参数及其数值》标准的规定相比较, 即在常用的参数值范围内推荐优先选用 $R_a$ 参数的目的和原因是一致的, 所不同的, 在目前采用的GB1031-83标准中明确地规定了在常用粗糙度数值范围应优先选用 $R_a$ 参数, 这条规定不仅与世界上主要工业国家的规定相一致, 而且具有实用意义。

采用光学仪器测量 $R_a$ 值是一种非接触式测量, 测量时可以减少和避免测量划痕, 而且可以减少零散划痕或虚假不平度的影响, 据统计分析, 采用光学仪器测量 $R_a$ 值比采用轮廓仪测量 $R_a$ 值可将异常测值的影响降低80%。

若需要评定小面积表面的粗糙度参数值, 或在记录轮廓图形上评定表面粗糙度, 推荐选用 $R_a$ 参数评定粗糙度较为简便。

### (3) 选用 $R_z$ 参数的说明

$R_a$ 参数能表征表面轮廓的突峰和突谷的局部特征,例如对零件表面要求有较好的耐疲劳强度,具有高密封性的密封面等,在选用 $R_a$ 参数时,也应该同时选用 $R_z$ 参数。对有规则表面结构的表面, $R_z$ 参数也能表征表面微观不平度的轮廓高度的一般几何特征,这时也可以直接选用 $R_z$ 参数。对零件表面要求表征一般特性,又要求表示表面轮廓高度的特殊特征,这时可以选用 $R_a$ 、 $R_z$ ,或 $R_a$ 、 $R_z$ 的组合参数。

#### (4) 选用 $s_m$ 或 $s$ 参数的说明

$s_m$ 和 $s$ 是两个控制表面微观不平度横向间距的平均参数,在某种程度上, $s_m$ 和 $s$ 间距参数表征了轮廓的频率特性,这对研究加工过程的运动特性、表面的耐磨性、涂层的均匀性等具有实际意义。如表3-1所列数值表明, $R_a$ 值相同的表面轮廓,而 $s_m$ 值可有较大的变动范围,所以当粗糙度的高度评定参数已不能控制表面特征和表征表面功能时,则应该附加辅助参数 $s_m$ 或 $s$ 。由于要限制表面轮廓的间距,会增加生产费用,故对一般普通零件的表面不宜提出 $s_m$ 或 $s$ 参数的要求。

表3-1  $R_a$ 值对应的 $s_m$ 值变动范围( $\mu\text{m}$ )

加工方法		$S_m$		$R_a$							
		0.16	0.32	0.63	1.25	2.5	5	10	20		
磨	削	19~62	19~87	32~153	44~263	64~300	—	—	—		
车	削	—	27~51	20~78	32~307	70~307	125~666	153~600	—		
刨	削	—	—	—	88~228	105~330	114~413	286~666	~582		
立	铣	—	—	—	54~363	129~800	171~1562	223~1041	—		
平	铣	—	—	—	126~780	302~1400	593~2200	~1250	~2300		

$s_m$ 和 $s$ 是两个特性不同的轮廓间距参数, $s_m$ 能反映表面轮廓斜率, $s$ 能反映表面轮廓峰的细密度,并与两表面的接触点数有关,在选用时应区别对待这两个参数。

使汽车外形薄钢板具有较好的喷涂结合性和外观光泽美观,除提出粗糙度 $R_a$ 参数值在 $0.9\sim 1.3\mu\text{m}$ 以外,还需要控制轮廓单峰平均间距参数 $s$ 在 $0.13\sim 0.23\text{mm}$ 范围内。

为减少电机定子硅钢片的功率损失、降低温升,除选用 $R_a$ 参数值,还应选用 $s$ 参数值(约 $0.17\text{mm}$ )。

为使薄钢板和冲模之间有良好的润滑,尤其在深冲薄钢板时,为避免冲压时引起裂纹,对这种工艺加工的薄钢板应该同时选用 $R_a$ 和 $s$ 参数值。

对精制品的涂层表面,为避免表面结构特征透过涂层而被显露的表面,例如装饰镀金片和塑料制品表面应该同时选用 $R_a$ 和 $s$ 参数值。

对密封性要求高的法兰端面,只有严格控制 $s_m$ 或 $s$ 参数值,才能防止法兰端面泄漏。

对不规则的抛光、研磨等表面,由于没有痕迹方向性,一般可以不提出间距参数的要求。若要求严格控制珩磨走刀量,有时也可以提出间距参数 $s_m$ 或 $s$ 的要求。

#### (5) 选用 $t_p$ 参数的说明

支承长度率 $t_p$ 是与表面微观不平度形状特性有关的参数。 $t_p$ 参数值能表示表面磨损过程,也能表示承载能力的大小,所以 $t_p$ 参数又称模拟表面磨损效应的参数,或称支承系数,或称载荷系数。由于 $t_p$ 参数在工程表面具有实用意义,各国制定的表面粗糙度标准都推荐使用 $t_p$ 参数。由于只有少量轮廓仪能测量 $t_p$ 值,故在近期,选用 $t_p$ 参数值会受到一定限制。



$t_p$ 值也可以作为漏空度的近似值,所以在研究摩擦学中也采用 $t_p$ 参数描述表面的摩擦特性。

$t_p$ 参数还能表征接触表面的导电特性,并与继电器触点的使用寿命有关。

### 三、表面粗糙度参数值及其选用

按GB1031-83表面粗糙度标准的规定,在规定表面粗糙度要求时,必须给出粗糙度参数及其参数值,选用的参数值应符合GB1031-83标准规定的数值系列,见表3-2~表3-5。

(1) 与高度特性有关的 $R_a$ 、 $R_z$ 和 $R_y$ 参数的允许数值,分别列于表3-2与表3-3。

表3-2 轮廓算术平均偏差 $R_a$ 的数值 ( $\mu\text{m}$ )

第1系列	第2系列	第1系列	第2系列	第1系列	第2系列	第1系列	第2系列
	0.008 0.010						
0.012			0.125		1.25	12.5	
	0.016 0.020	0.20	0.160	1.60			16.0 20
0.025			0.25		2.5	25	
	0.032 0.040	0.40	0.32	3.2			32 40
0.050			0.50		5.0	50	
	0.063 0.080	0.80	0.63	6.3			63 80
0.100			1.00		10.0		

表3-3 微观不平度十点高度 $R_z$ 、轮廓最大高度 $R_y$ 的数值 ( $\mu\text{m}$ )

第1系列	第2系列	第1系列	第2系列	第1系列	第2系列	第1系列	第2系列	第1系列	第2系列	第1系列	第2系列
			0.125		1.25	12.5			125		1250
			0.160	1.60			16.0		160	1600	
		0.20			2.0		20	200			
0.025			0.25		2.5	25			250		
	0.032		0.32	3.2			32		320		
	0.040	0.40			4.0		40	400			
0.050			0.50		5.0	50			500		
	0.063		0.63	6.3			63		630		
	0.080	0.80			8.0		80	800			
0.100			1.00		10.0	100			1000		

(2) 与间距特性有关的参数 $s_m$ 、 $s$ 的允许数值列于表3-4。

(3) 与形状特性有关的参数 $t_p$ 的允许数值列于表3-5。

表面粗糙度参数值的大小不仅对零件的使用性能有较大的影响,而且直接关系到零件的制造成本,所以表面粗糙度参数值的选择原则是在满足零件表面使用功能的前提下

表3-4 轮廓微观不平度的平均间距 $s_m$ 和轮廓的单峰平均间距 $s$ 的数值( $\mu\text{m}$ )

第1系列	第2系列	第1系列	第2系列	第1系列	第2系列	第1系列	第2系列	第1系列	第2系列
		0.0125			0.125		1.25	12.5	
			0.016		0.160	1.60			
			0.020	0.20			2.0		
	0.002	0.025			0.25		2.5		
	0.003		0.032		0.32	3.2			
	0.004		0.040	0.40			4.0		
	0.005	0.050			0.50		5.0		
0.006			0.063		0.63	6.3			
	0.008		0.080	0.80			8.0		
	0.010	0.100			1.00		10.0		

表3-5 轮廓支承长度率 $f_p$ 的数值(%)

10	15	20	25	30	40	50	60	70	80	90
----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

选用支承长度率 $f_p$ 时,必须同时给出轮廓水平截距 $c$ 的数值。 $c$ 值多用 $R_z$ 的百分数表示,其系列如下:

5, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90%

尽可能选用较大的粗糙度参数值,其数值首先选用GB1031-83标准中的第一系列值,其次才选用第二系列值。

表面粗糙度参数值的选择方法有试验法和类比法两种。

### 1. 试验法

试验法是根据零件的使用要求和工作条件,初步选用一列表面粗糙度参数值进行性能和使用寿命的试验,然后以试验结果选用最佳的粗糙度参数值。由于试验法的成本高,又费时间,故只适用于大批大量生产的零件和有特殊要求的零件表面。

### 2. 类比法

类比法是以实践经验资料为依据,对比分析零件表面的使用性能和工作条件,然后确定所设计零件表面粗糙度的参数值。这是一种最广泛采用的方法。在分析对比时,应考虑以下几种情况:

- (1) 在同一零件上,工作表面的粗糙度参数值应小于非工作表面的粗糙度参数值。
- (2) 摩擦表面的粗糙度参数值应小于非摩擦表面的参数值,滚动表面的粗糙度参数值应小于滑动表面的粗糙度参数值,当运动速度越高,承受单位压力越大的表面,选用的粗糙度参数值应越小。
- (3) 要求配合性质稳定可靠时,选用较小的粗糙度参数值。在间隙配合中,间隙越小,粗糙度参数值应越小;在过盈配合中,为保证连接强度,也应规定较小的粗糙度参数值。一般情况,间隙配合表面应比过盈配合表面的粗糙度参数值小。
- (4) 相同精度等级的小尺寸应比大尺寸表面的粗糙度参数值小,轴比孔表面的粗糙度参数值小。
- (5) 配合零件表面的粗糙度参数值应与尺寸公差、形状公差相协调。一般情况,尺寸公差应大于形状公差,形状公差应大于粗糙度 $R_z$ 值,具体选择时可参考表3-6。

表3-6 表面粗糙度与形状公差的关系

形状公差占尺寸公差的百分比 (%)	表面粗糙度参数值占尺寸公差T的百分比 (%)	
	$R_a/T$	$R_z/T$
60	$\leq 5$	$\leq 20$
40	$\leq 2.5$	$\leq 10$
25	$\leq 1.2$	$\leq 5$

表3-7 表面粗糙度与配合间隙或过盈的关系

间隙或过盈 ( $\mu\text{m}$ )	表面粗糙度 $R_a$ 值 (光洁度等级)	
	轴	孔
$\leq 2.5$	0.025 ( $\nabla 12$ )	0.05 ( $\nabla 11$ )
$> 2.5 \sim 4$ $> 4 \sim 6.5$	0.05 ( $\nabla 11$ )	0.10 ( $\nabla 10$ ) 0.20 ( $\nabla 9$ )
$> 6.5 \sim 10$ $> 10 \sim 16$ $> 16 \sim 25$	0.10 ( $\nabla 10$ ) 0.20 ( $\nabla 9$ ) 0.20 ( $\nabla 9$ )	0.40 ( $\nabla 8$ )
$> 25 \sim 40$	0.40 ( $\nabla 8$ )	0.80 ( $\nabla 7$ )

(6) 对承受变动载荷的零件表面, 以及最易产生应力集中的部位 (如沟槽、圆角等), 粗糙度参数值应选得小些。

(7) 有防腐性、密封性等要求的零件表面, 其粗糙度参数值应选得小些。

在具体选择粗糙度参数值时, 可从表3-11的典型零件表面粗糙度实例中选取, 同时要考虑表面粗糙度与尺寸公差、形状公差、加工方法的对应关系。数值关系可见表3-6~表3-9。机件表面功能与  $R_a$  值的许用值见表3-12。

表3-8 表面粗糙度与孔、轴公差等级的对应关系

公差等级 IT	轴		孔	
	基本尺寸 (mm)	$R_a$ 值 (等级) ( $\mu\text{m}$ )	基本尺寸 (mm)	$R_a$ 值 (等级) ( $\mu\text{m}$ )
5	$\leq 6$	0.10 ( $\nabla 10$ )	$\leq 6$	0.10 ( $\nabla 10$ )
	$> 6 \sim 30$	0.20 ( $\nabla 9$ )	$> 6 \sim 30$	0.20 ( $\nabla 9$ )
	$> 30 \sim 180$	0.40 ( $\nabla 8$ )	$> 30 \sim 180$	0.40 ( $\nabla 8$ )
	$> 180 \sim 500$	0.80 ( $\nabla 7$ )	$> 180 \sim 500$	0.80 ( $\nabla 7$ )
6	$\leq 10$	0.20 ( $\nabla 9$ )	$\leq 50$	0.40 ( $\nabla 8$ )
	$> 10 \sim 80$	0.40 ( $\nabla 8$ )	$> 50 \sim 250$	0.80 ( $\nabla 7$ )
	$> 80 \sim 250$	0.80 ( $\nabla 7$ )		
	$> 250 \sim 500$	1.6 ( $\nabla 6$ )	$> 250 \sim 500$	1.6 ( $\nabla 6$ )
7	$\leq 6$	0.40 ( $\nabla 8$ )	$\leq 6$	0.40 ( $\nabla 8$ )
	$> 6 \sim 120$	0.80 ( $\nabla 7$ )	$> 6 \sim 80$	0.80 ( $\nabla 7$ )
	$> 120 \sim 500$	1.6 ( $\nabla 6$ )	$> 80 \sim 500$	1.6 ( $\nabla 6$ )

(续)

公差等级 IT	轴		孔	
	基本尺寸 (mm)	$R_a$ 值 (等级) ( $\mu\text{m}$ )	基本尺寸 (mm)	$R_a$ 值 (等级) ( $\mu\text{m}$ )
8	$\leq 3$	0.40(▽8)	$\leq 3$	0.40(▽8)
	$> 3 \sim 50$	0.80(▽7)	$> 3 \sim 30$	0.80(▽7)
	$> 50 \sim 500$	1.6(▽6)	$> 30 \sim 250$	1.6(▽6)
9	$\leq 6$	0.80(▽7)	$\leq 6$	0.80(▽7)
	$> 6 \sim 120$	1.6(▽6)	$> 6 \sim 120$	1.6(▽6)
	$> 120 \sim 400$	3.2(▽5)	$> 120 \sim 400$	3.2(▽5)
	$> 400 \sim 500$	6.3(▽4)	$> 400 \sim 500$	6.3(▽4)
10	$\leq 10$	1.6(▽6)	$\leq 10$	1.6(▽6)
	$> 10 \sim 120$	3.2(▽5)	$> 10 \sim 180$	3.2(▽5)
	$> 120 \sim 500$	6.3(▽4)	$> 180 \sim 500$	6.3(▽4)
11	$\leq 10$	1.6(▽6)	$\leq 10$	1.6(▽6)
	$> 10 \sim 120$	3.2(▽5)	$> 10 \sim 120$	3.2(▽5)
	$> 120 \sim 500$	6.3(▽4)	$> 120 \sim 500$	6.3(▽4)
12	$\leq 80$	3.2(▽5)	$\leq 80$	3.2(▽5)
	$> 80 \sim 250$	6.3(▽4)	$> 80 \sim 250$	6.3(▽4)
	$> 250 \sim 500$	12.5(▽3)	$> 250 \sim 500$	12.5(▽3)
13	$\leq 30$	3.2(▽5)	$\leq 30$	3.2(▽5)
	$> 30 \sim 120$	6.3(▽4)	$> 30 \sim 120$	6.3(▽4)
	$> 120 \sim 500$	12.5(▽3)	$> 120 \sim 500$	12.5(▽3)

表3-9 不同加工方法可能达到的表面粗糙度

加工方法	表面粗糙度 $R_a$ ( $\mu\text{m}$ )													
	0.012	0.025	0.05	0.100	0.20	0.40	0.80	1.60	3.20	6.30	12.5	25	50	100
砂模铸造														
型壳铸造														
金属模铸造														
离心铸造														
精密铸造														
蜡模铸造														
压力铸造														
热轧														
模锻														
冷轧														
挤压														
冷拉														

(续)

加工方法	表面粗糙度R <sub>a</sub> (μm)													
	0.012	0.025	0.05	0.100	0.20	0.40	0.80	1.60	3.20	6.30	12.5	25	50	100
铰														
刮削														
刨削	粗													
	半精													
	精													
插削														
钻孔														
扩孔	粗													
	精													
金刚钻孔														
镗孔	粗													
	半精													
	精													
铰孔	粗													
	半精													
	精													
拉削	半精													
	精													
滚齿	粗													
	半精													
	精													
端面铣	粗													
	半精													
	精													
车外圆	粗													
	半精													
	精													
金刚车														
车端面	粗													
	半精													
	精													

(续)

加工方法		表面粗糙度 $R_a$ ( $\mu\text{m}$ )													
		0.012	0.025	0.05	0.100	0.20	0.40	0.80	1.60	3.20	6.30	12.5	25	50	100
磨外圆	粗														
	半精														
	精														
磨平面	粗														
	半精														
	精														
珩磨	平面														
	圆柱														
研磨	粗														
	半精														
	精														
抛光	一般														
	精														
滚压抛光															
超精加工	平面														
	柱面														
化学磨															
电解磨															
电火花加工															
切削	气割														
	锯														
	车														
	铣														
	磨														
螺	丝锥板牙														
	梳洗														
	滚														
	车														

加工方法		表面粗糙度 $R_a$ ( $\mu\text{m}$ )													
		0.012	0.025	0.05	0.10	0.20	0.40	0.80	1.60	3.20	6.30	12.5	25	50	100
齿轮及花键加工	刨														
	滚														
	插														
	磨														
	剃														

表3-10 表面粗糙度参数值应用举例

粗糙度参数值		表面光洁度等级GB1031-68	应用举例
$R_a$ ( $\mu\text{m}$ )	$R_z$ ( $\mu\text{m}$ )		
$>10\sim80$	$>40\sim320$	$\nabla 3\sim\nabla 1$	粗加工的非配合表面, 不重要的支承面、焊接前的焊缝表面
$>5\sim10$	$>20\sim40$	$\nabla 4$	半精加工表面, 不重要零件的非配合表面, 如支架、箱体、外壳、盖等的端面; 不要求定心的过孔表面, 如螺栓孔、铆钉孔等表面; 没有配合要求的表面, 如皮带轮、离合器、联轴节、偏心轮的侧面、平键与键槽的上下面; 所有轴、孔的退刀槽等
$>2.5\sim5$	$>10\sim20$	$\nabla 5$	按IT12~IT13级制造的零件配合表面, 与其他零件紧贴连接而不形成配合的表面, 如箱体、套筒、盖等零件表面; 需要发蓝、滚花的预加工表面; 低速工作的摩擦表面等
$>1.25\sim2.5$	$>6.3\sim10$	$\nabla 6$	按IT9~IT11级制造的零件配合表面, 如衬套、低速转动的轴颈、滑块及导向面; 8级齿轮的齿面, 传动螺纹工作面皮带轮槽表面, 电镀前金属表面等
$>0.63\sim1.25$	$>3.2\sim6.3$	$\nabla 7$	按IT6~IT8级制造的零件配合表面, 与E级与G级精度滚动轴承相配合的孔和轴颈表面, 中等转速的轴颈, 滑动导轨面等
$>0.32\sim0.63$	$>1.6\sim3.2$	$\nabla 8$	按IT6~IT7级制造的零件配合表面, 且要求保持配合性质有稳定性的表面, 与E级与F级精度滚动轴承相配合的孔和轴颈表面, 对耐疲劳强度有要求的零件表面, 要求保证定心的配合表面, 与橡胶油封相配的轴表面等
$>0.16\sim0.32$	$>0.8\sim1.6$	$\nabla 9$	保证零件有耐疲劳强度、气密性好的表面和支承面, 与c级精度滚动轴承相配合的孔和轴的表面, 传动轴的工作轴颈, 阀体的密封面, 精密机床的主轴锥孔、顶尖圆锥表面, 液压油缸和柱塞表面等
$>0.08\sim0.16$	$>0.4\sim0.8$	$\nabla 10$	保证零件耐疲劳强度的表面, 配合性质的稳定性会直接影响机构工作精度的轴与孔表面, 保证精确定心的锥面, 液压传动用孔的表面, 仪器中的导向面、精密设备的轴颈表面, 摩擦离合器的摩擦面, 极限量规的测量面等
$>0.04\sim0.08$	$>0.2\sim0.4$	$\nabla 11$	特别精密滚动轴承套圈滚道、滚动体表面, 精密刻度盘表面等
$>0.02\sim0.04$	$>0.1\sim0.2$	$\nabla 12$	精密仪器的测量面与中等精度间隙配合零件的工作表面, 保证高度气密性的接合面, 特别精密滚动轴承套圈滚道、滚动体表面等
$>0.01\sim0.02$	$>0.05\sim0.1$	$\nabla 13$	仪器的测量面, 精密仪器中高精度间隙配合零件的工作表面, 量块的工作表面等
不大于0.01	不大于0.05	$\nabla 14$	高精度仪器的测量面, 光学仪器中的金属镜面, 高精度仪器摩擦机构的支撑面, 量块的工作表面等

表3-11 典型零件表面粗糙度的应用实例

表面特征		表面粗糙度 $R_a$ 值 ( $\mu\text{m}$ ) (表面光洁度等级)						
选择装配的配合零件表面	表面	选择装配的分组公差 ( $\mu\text{m}$ )						
		< 2	2	3	5	8	12.5	20
	轴	0.025 ( $\nabla 12$ )	0.050 ( $\nabla 11$ )		0.10 ( $\nabla 10$ )	0.20 ( $\nabla 9$ )		0.40 ( $\nabla 8$ )
		孔	0.050 ( $\nabla 11$ )	0.10 ( $\nabla 10$ )	0.20 ( $\nabla 9$ )	0.40 ( $\nabla 8$ )		0.80 ( $\nabla 7$ )
轴孔配合对中性高的配合表面	表面	径向圆跳动公差 ( $\mu\text{m}$ )						
		2.5	4	6	10	15	25	
	轴	0.025 ( $\nabla 12$ )	0.050 ( $\nabla 11$ )	0.10 ( $\nabla 10$ )	0.20 ( $\nabla 9$ )	0.40 ( $\nabla 8$ )	0.8 ( $\nabla 7$ )	
		孔	0.050 ( $\nabla 11$ )	0.10 ( $\nabla 10$ )	0.20 ( $\nabla 9$ )	0.40 ( $\nabla 8$ )	0.80 ( $\nabla 7$ )	1.60 ( $\nabla 6$ )
滑动轴承的配合表面	表面	尺寸公差等级						
		IT4~IT5		IT6~IT8		IT9~IT11		
	轴	0.20~0.40 ( $\nabla 9$ ~ $\nabla 8$ )		0.80 ( $\nabla 7$ )		1.60 ( $\nabla 6$ )		
		孔	0.40~0.80 ( $\nabla 8$ ~ $\nabla 7$ )		0.80 ( $\nabla 7$ )		1.60 ( $\nabla 6$ )	
滚动轴承的配合表面	表面	滚动轴承精度等级						
		B	C	D	E	G		
	轴颈	—	0.20~0.40 ( $\nabla 9$ ~ $\nabla 8$ )	0.40 ( $\nabla 8$ )	0.40~0.80 ( $\nabla 8$ ~ $\nabla 7$ )	0.80~1.60 ( $\nabla 7$ ~ $\nabla 6$ )		
	箱体孔	—	0.20~0.40 ( $\nabla 9$ ~ $\nabla 8$ )	0.4~0.80 ( $\nabla 8$ ~ $\nabla 7$ )	0.80~1.6 ( $\nabla 7$ ~ $\nabla 6$ )	1.6 ( $\nabla 6$ )		
轴孔肩端面	—	0.80 ( $\nabla 7$ )	0.80~1.6 ( $\nabla 7$ ~ $\nabla 6$ )	0.80~1.6 ( $\nabla 7$ ~ $\nabla 6$ )	1.6 ( $\nabla 6$ )			
带密封的轴和轴颈表面	密封	速 度 (m/s)				备 注		
		< 3	< 5	> 5				
	橡胶	0.40~0.80 ( $\nabla 8$ ~ $\nabla 7$ )	0.20~0.40 ( $\nabla 9$ ~ $\nabla 8$ )	0.10~0.20 ( $\nabla 10$ ~ $\nabla 9$ )		抛 光		
	毛毡	0.40~0.80 ( $\nabla 8$ ~ $\nabla 7$ )						
	迷宫	1.6~3.2 ( $\nabla 6$ ~ $\nabla 5$ )						
	油槽	1.6~3.2 ( $\nabla 6$ ~ $\nabla 5$ )						



(续)

表面特征		表面粗糙度 $R_a$ 值 ( $\mu\text{m}$ ) (表面光洁度等级)				
导轨表面	速度	直线度 ( $\mu\text{m}/100\text{mm}$ )				
	(m/s)	$\leq 6$	$\leq 10$	$\leq 30$	$\leq 50$	$> 50$
滑动导轨面	$\leq 0.5$	0.20 ( $\nabla 9$ )	0.40 ( $\nabla 8$ )	0.80 ( $\nabla 7$ )	1.6 ( $\nabla 6$ )	3.2 ( $\nabla 5$ )
	$> 0.5$	0.10 ( $\nabla 10$ )	0.20 ( $\nabla 9$ )	0.40 ( $\nabla 8$ )	0.80 ( $\nabla 7$ )	1.6 ( $\nabla 6$ )
滚动导轨面	$\leq 0.5$	0.10 ( $\nabla 10$ )	0.20 ( $\nabla 9$ )	0.40 ( $\nabla 8$ )	0.80 ( $\nabla 7$ )	1.6 ( $\nabla 6$ )
	$> 0.5$	0.05 ( $\nabla 11$ )	0.10 ( $\nabla 10$ )	0.20 ( $\nabla 9$ )	0.40 ( $\nabla 8$ )	0.80 ( $\nabla 7$ )
端部支承面 (止推 轴承、端轴承端面)	速度	端面圆跳动 ( $\mu\text{m}$ )				
	(m/s)	$\leq 6$	$\leq 10$	$\leq 15$	$\leq 25$	$\leq 40$
	$\leq 0.5$	0.10 ( $\nabla 10$ )	0.20 ( $\nabla 9$ )	0.40 ( $\nabla 8$ )	0.80 ( $\nabla 7$ )	1.6 ( $\nabla 6$ )
$> 0.5$	0.05 ( $\nabla 11$ )	0.10 ( $\nabla 10$ )	0.20 ( $\nabla 9$ )	0.40 ( $\nabla 8$ )	0.80 ( $\nabla 7$ )	
球状支承表面	平面度 ( $\mu\text{m}/100\text{mm}$ )					
		$\leq 30$		$> 30$		
		0.40 ( $\nabla 8$ )		0.80 ( $\nabla 7$ )		
固定连接的端部支承面 (法兰连接等)	垂直度 ( $\mu\text{m}/100\text{mm}$ )					
		$\leq 30$		$\leq 50$	$> 50$	
		0.80 ( $\nabla 7$ )		1.6 ( $\nabla 6$ )	3.2 ( $\nabla 5$ )	
箱体结合表面 (减速器等)	连接	有垫片		无垫片		
	密封	1.6~3.2 ( $\nabla 6 \sim \nabla 5$ )		0.40~0.80 ( $\nabla 8 \sim \nabla 7$ )		
	不密封	3.2~6.3 ( $\nabla 5 \sim \nabla 4$ )		3.2~6.3 ( $\nabla 5 \sim \nabla 4$ )		
与其它零件结合但无配合的 支架、套筒、螺杆、轮毂、盖 等表面		1.6~3.2 ( $\nabla 6 \sim \nabla 5$ )				
凸轮和靠模的 工作表面	结合面	轮廓度 ( $\mu\text{m}$ )				
		$\leq 6$	$\leq 30$	$\leq 50$	$> 50$	
	刀口、 滑块	0.20 ( $\nabla 9$ )	0.40 ( $\nabla 8$ )	0.80 ( $\nabla 7$ )	1.6 ( $\nabla 6$ )	
	滚轮	0.40 ( $\nabla 8$ )	0.80 ( $\nabla 7$ )	1.6 ( $\nabla 6$ )	3.2 ( $\nabla 5$ )	

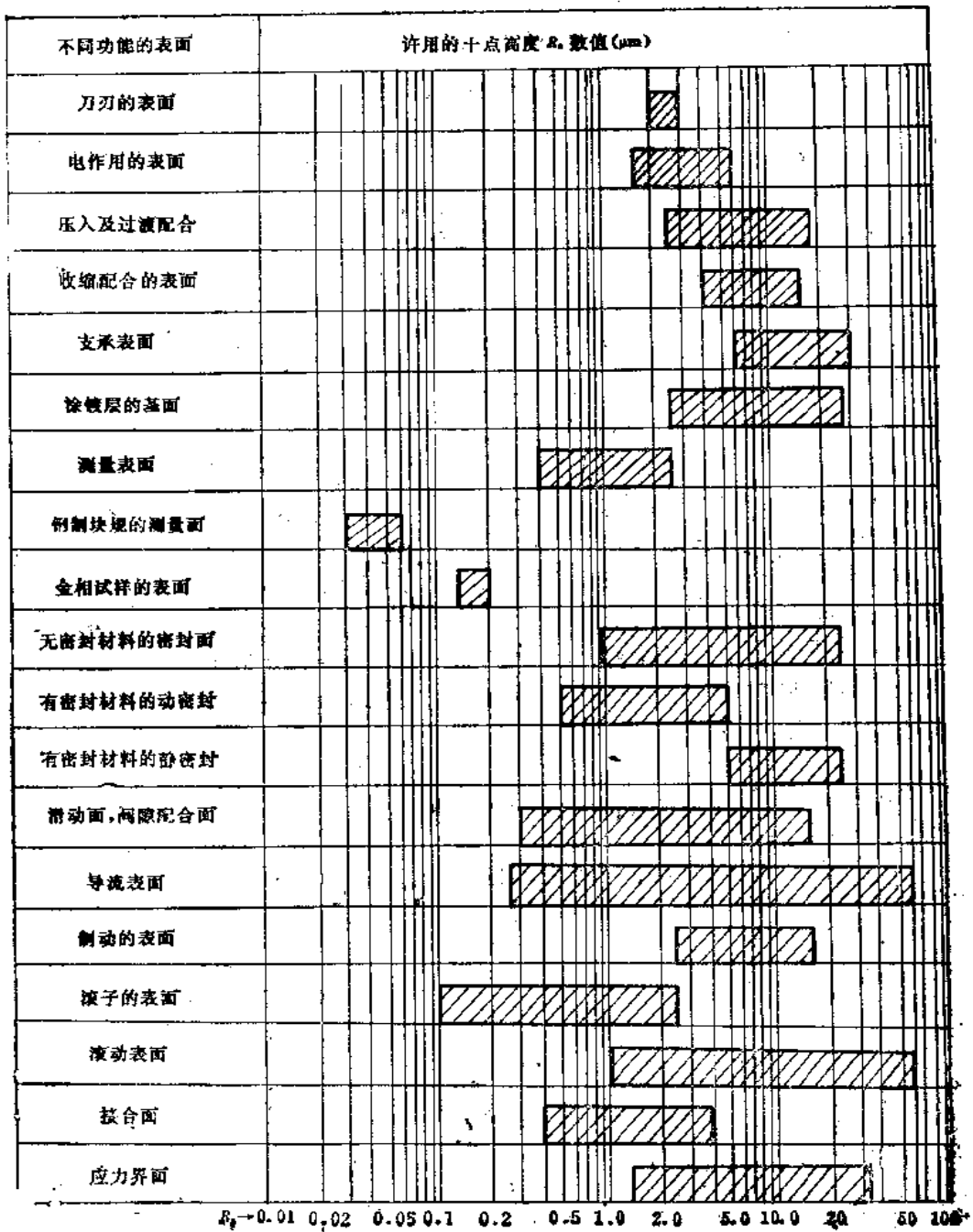
(续)

表面特征		表面粗糙度 $R_a$ 值 ( $\mu\text{m}$ ) (表面光洁度等级)									
平皮带轮和三角皮带轮的工作表面		轮 直 径 (mm)									
		$\leq 120$			$\leq 300$			$> 300$			
		0.80 ( $\nabla 7$ )			1.6 ( $\nabla 6$ )			3.2 ( $\nabla 5$ )			
摩擦传动的滚轮表面		0.20~0.80 ( $\nabla 9 \sim \nabla 7$ )									
摩擦的工作表面	刚瓦、 刚盘、 联轴节	刚瓦			刚盘			联轴节			
		0.80~1.6 ( $\nabla 7 \sim \nabla 6$ )			0.05~0.40 ( $\nabla 11 \sim \nabla 8$ )			0.40~0.80 ( $\nabla 8 \sim \nabla 7$ )			
		滚 筒 直 径 (mm)									
		$\leq 500$				$> 500$					
		0.40~0.80 ( $\nabla 8 \sim \nabla 7$ )			0.80~1.6 ( $\nabla 7 \sim \nabla 6$ )						
圆锥连接的工作表面		密封连接			定心连接			其它连接			
		0.10~0.20 ( $\nabla 10 \sim \nabla 9$ )			0.40~0.80 ( $\nabla 8 \sim \nabla 7$ )			1.6~3.2 ( $\nabla 6 \sim \nabla 5$ )			
螺 纹 连 接	螺纹工作面	普通螺纹精度									
		4H5H、4h			6H、6h			7H、8h			
	轴、杆、套筒的螺 纹和锥螺纹	0.40~0.80 ( $\nabla 8 \sim \nabla 7$ )			0.80 ( $\nabla 7$ )			1.6 ( $\nabla 6$ )			
		丝杠和重载螺旋螺纹	5	6	7	8	9				
0.20 ( $\nabla 9$ )	0.40 ( $\nabla 8$ )		0.80 ( $\nabla 7$ )	1.6 ( $\nabla 6$ )	1.6 ( $\nabla 6$ )						
丝杠螺母和重载螺 旋螺纹	0.40 ( $\nabla 8$ )	0.80 ( $\nabla 7$ )	1.6 ( $\nabla 6$ )	1.6 ( $\nabla 6$ )	3.2 ( $\nabla 5$ )						
	精度等级										
齿 轮 和 蜗 轮 传 动	表 面	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
		直齿、斜齿、人字 齿轮齿面, 蜗轮齿面	0.10 ( $\nabla 10$ )	0.20 ( $\nabla 9$ )	0.40 ( $\nabla 8$ )	0.40 ( $\nabla 8$ )	0.80 ( $\nabla 7$ )	1.6 ( $\nabla 6$ )	3.2 ( $\nabla 5$ )	6.3 ( $\nabla 4$ )	6.3 ( $\nabla 4$ )
		直齿、斜齿的圆锥 齿轮齿面	—	—	0.20 ( $\nabla 9$ )	0.40 ( $\nabla 8$ )	0.40 ( $\nabla 8$ )	0.8 ( $\nabla 7$ )	1.6 ( $\nabla 6$ )	3.2 ( $\nabla 5$ )	3.2 ( $\nabla 5$ )
		蜗杆齿面	0.10 ( $\nabla 10$ )	0.20 ( $\nabla 9$ )	0.20 ( $\nabla 9$ )	0.40 ( $\nabla 8$ )	0.40 ( $\nabla 8$ )	0.80 ( $\nabla 7$ )	1.6 ( $\nabla 6$ )	—	—
		齿底面	0.20 ( $\nabla 9$ )	0.40 ( $\nabla 8$ )	0.40 ( $\nabla 8$ )	0.80 ( $\nabla 7$ )	0.80 ( $\nabla 7$ )	1.6 ( $\nabla 6$ )	3.2 ( $\nabla 5$ )	6.3 ( $\nabla 4$ )	6.3 ( $\nabla 4$ )
齿顶面	1.6 ( $\nabla 6$ )	1.6 ( $\nabla 6$ )	3.2 ( $\nabla 5$ )	3.2 ( $\nabla 5$ )	3.2 ( $\nabla 5$ )	6.3 ( $\nabla 4$ )	6.3 ( $\nabla 4$ )	6.3 ( $\nabla 4$ )	6.3 ( $\nabla 4$ )		

(续)

表面特征		表面粗糙度 $R_a$ 值 ( $\mu\text{m}$ ) (表面光洁度等级)					
传动链链轮	表面	精 度					
		一般级			精密级		
	工作面	1.6~3.2 ( $\nabla 6 \sim \nabla 5$ )			0.80~1.6 ( $\nabla 7 \sim \nabla 6$ )		
	底面	3.2~6.3 ( $\nabla 5 \sim \nabla 4$ )			1.6~3.2 ( $\nabla 6 \sim \nabla 5$ )		
分度盘、定位器等表面	定位精度 ( $\mu\text{m}$ )						
	$\leq 4$	$\leq 6$	$\leq 10$	$\leq 25$	$\leq 63$	$> 63$	
	0.05 ( $\nabla 11$ )	0.10 ( $\nabla 10$ )	0.20 ( $\nabla 9$ )	0.40 ( $\nabla 8$ )	0.80 ( $\nabla 7$ )	1.6 ( $\nabla 6$ )	
退刀槽、倒棱、倒圆等	1.6~6.3 ( $\nabla 6 \sim \nabla 4$ )						
螺栓孔, 铆钉孔	12.5 ( $\nabla 3$ )						
精制螺栓、螺母	1.6~6.3 ( $\nabla 6 \sim \nabla 4$ )						
半精制螺栓、螺母	6.3 ( $\nabla 4$ )						
压缩弹簧的支承面	6.3 ( $\nabla 4$ )						
焊缝坡口	12.5~50 ( $\nabla 3 \sim \nabla 1$ )						
机座底板等	6.3~12.5 ( $\nabla 4 \sim \nabla 3$ )						
不可见的自由表面	12.5~50 ( $\nabla 3 \sim \nabla 1$ )						
可见的自由表面	高速传动件的突起部分					0.80~3.2 ( $\nabla 7 \sim \nabla 5$ )	
	操作件表面如手柄、按钮等					0.20~0.80 ( $\nabla 9 \sim \nabla 7$ )	
	有要求的外表面					3.2 ( $\nabla 5$ )	
	不与外表面接触的支撑面					3.2 ( $\nabla 5$ )	
	其它表面					1.6~12.5 ( $\nabla 6 \sim \nabla 3$ )	

表 - 2 机件功能与许用的 $R_a$ 数值范围



#### 四、表面粗糙度的取样长度和评定长度的选用

取样长度和评定长度都是为了正确表征表面粗糙度几何特征的一段标准长度。在GB1031-68《表面光洁度》标准中，就是基本长度和测量长度。在机50-56和JB178-60标准中没有作任何规定，从而不能合理正确地反映被测表面粗糙度的几何特性。取样长度主要考虑到被测表面的实际轮廓是形状误差、波纹度和粗糙度的复合轮廓，为减弱或限制其它几何形状误差，特别是表面波纹度对表面粗糙度测量结果的影响，而规定的一段基准线长度。评定长度主要是考虑加工表面存在着不同程度的不均匀性，为了充分合理反映被测表面粗糙度的特性，在测量时所必需的一段表面长度。取样长度与评定长度之间关系是

$$l_n = nl$$

式中  $l_n$ ——评定长度；  
 $l$ ——取样长度；  
 $n$ ——个数，一般取  $n = 5$ 。

国家标准规定：取样长度是用于判别具有表面粗糙度特征的一段基准线长度。评定长度是评定轮廓所必需的一段长度，它包括一个或几个取样长度。

##### 1. 取样长度数值及其选用

GB1031-83标准给出的取样长度系列值有0.08、0.25、0.8、2.5、8、25。

取样长度的选用可分为以下两种情况：

(1) 一般情况下，在测量  $R_a$ 、 $R_z$  和  $R_y$  时推荐按表3-13选用对应的取样长度，此时取样长度值的标注可以省略。当有特殊要求时，则应取技术要求规定的取样长度值，并在图样上或技术文件中注出。

(2) 对于微观不平度间距较大的端铣，滚铣及其他大进给走刀量的加工表面，应按标准中规定的取样长度系列选取较大的取样长度值。

表3-13  $R_a$ 、 $R_z$ 、 $R_y$ 的取样长度  $l$  与评定长度  $l_n$ 的选用值

$R_a$ ( $\mu\text{m}$ )	$R_z, R_y$ ( $\mu\text{m}$ )	$l$ (mm)	$l_n$ (mm)
$\geq 0.008 \sim 0.02$	$\geq 0.025 \sim 0.10$	0.08	0.4
$> 0.02 \sim 0.10$	$> 0.10 \sim 0.50$	0.25	1.25
$> 0.10 \sim 2.0$	$> 0.50 \sim 10.0$	0.8	4.0
$> 2.0 \sim 10.0$	$> 10.0 \sim 50.0$	2.5	12.5
$> 10.0 \sim 80$	$> 50.0 \sim 32.0$	8.0	40.0

##### 2. 评定长度数值及其选用

在一般测量时，选取评定长度的值可以通过概率统计原理进行分析，便能获得可靠的数值。如对某一表面轮廓，按取样长度分段连续求得的各个粗糙度数值总是在其算术平均值上下变动，按照随机过程统计规律，取样长度的段数取得越多，测量结果的算术平均值便为被测量的最优数值，同时可以计算其散发值（标准偏差）表征其均匀性。故在确定一个合理的测量精度的前提下，可求得合适的评定长度值。

评定长度的选用应符合国家标准GB1031-83附录中的推荐数值，见表3-13。具体选取时可分以下三种情况：

(1) 一般加工的零件表面，可选用评定长度为5个连续的取样长度，它和触针式轮廓仪规定的行程长度取得一致。

(2) 当被测表面有较好的均匀性，测量时可选用小于5个取样长度的评定长度值。

(3) 对均匀性较差的被测表面，可选用大于5个取样长度的评定长度值。

## 五、表面纹理及其选用

零件表面上的加工图案方向称为表面纹理。如图3-7所示的平行、垂直、相交、多向、近似同心圆、近似放射形、无方向（包括粒状）等七种表面纹理，它们都是采用不同加工方法所留下的一种正常加工痕迹方向。

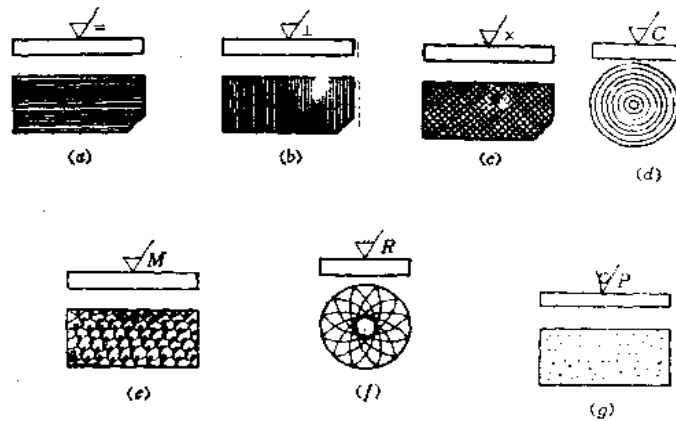


图3-7 加工纹理及其标注图例

(a) 纹理平行于标注代号的视图平面；(b) 纹理垂直于标注代号的视图平面；  
(c) 纹理呈相交方向；(d) 纹理呈近似同心圆；(e) 纹理呈多方向；(f) 纹  
理呈近似放射形；(g) 纹理无方向或呈凸起的细粒状。

表面纹理与装饰表面、粗糙度的测量数值有关，按粗糙度测量的规定，为获得粗糙度参数的最大值，测量方向应垂直于表面纹理方向的截面上进行测量；表面纹理也影响接合表面的密封性、运动表面的耐磨性和滑动部件的稳定性，对油膜轴承表面应该严格控制纹理方向，故在选用粗糙度参数值时，也要求考虑表面纹理的选用。

表面纹理的选用可分为以下三种情况：

(1) 一般零件表面纹理均是在采用不同加工方法所留下的表面纹理，若对零件表面无特殊要求时，不必提出纹理要求，在图样上也不要表面纹理的标注。至于测量粗糙度数值与表面纹理有关，则可以按粗糙度的测量原则处理，即要求测得粗糙度参数的最大值。

(2) 若对加工方法有所限制，则在图样上可以提出对表面纹理的要求。

(3) 对零件表面功能提出特殊要求时，也应该提出表面纹理的要求，例如法兰端面具有高度气密的要求，其端面纹理应是多方向纹理。

## 六、表面光洁度GB1031-68标准与表面粗糙度 GB1031-83标准的对比及代换

在1983年前,我国贯彻执行GB1031-68《表面光洁度》标准,该标准规定两个表面光洁度评定参数,即轮廓的算术平均偏差 $R_a$ 和不平度的平均高度(即十点高度) $R_z$ 。这两个评定参数与GB1031-83《表面粗糙度 参数及其数值》标准中规定 $R_a$ 和 $R_z$ 的评定参数,定义是完全一致的。但在GB1031-68标准规定,表面光洁度划分为14级,其中1级为最低,14级为最高级。各级表面光洁度的代号,以及相应的 $R_a$ 、 $R_z$ 值见表3-14。标准还规定,在一般情况下可以任意选用评定参数 $R_a$ 或 $R_z$ 。表面光洁度在图样上的标注,按GB131-74标准的规定,仅标注表面光洁度的级别代号,不要求标注评定参数的允许值。当光洁度要求为某一级别时,一般要求该表面允许偏高,不能低于这一级。

表3-14 GB1031-68标准表面光洁度级别与参数值

表面光洁度级别	级别代号	轮廓的平均算术偏差值 $R_a$ ( $\mu\text{m}$ )	不平度平均高度值 $R_z$ ( $\mu\text{m}$ )	基本长度 $l$ (mm)
1	$\nabla 1$	$>40\sim 80$	$>160\sim 320$	6
2	$\nabla 2$	$>20\sim 40$	$>80\sim 160$	
3	$\nabla 3$	$>10\sim 20$	$>40\sim 80$	
4	$\nabla 4$	$>5\sim 10$	$>20\sim 40$	2.5
5	$\nabla 5$	$>2.5\sim 5$	$>10\sim 20$	
6	$\nabla 6$	$>1.25\sim 2.5$	$>6.3\sim 10$	0.8
7	$\nabla 7$	$>0.63\sim 1.25$	$>3.2\sim 6.3$	
8	$\nabla 8$	$>0.32\sim 0.63$	$>1.6\sim 3.2$	
9	$\nabla 9$	$>0.16\sim 0.32$	$>0.8\sim 1.6$	
10	$\nabla 10$	$>0.08\sim 0.16$	$>0.4\sim 0.8$	0.25
11	$\nabla 11$	$>0.04\sim 0.08$	$>0.2\sim 0.4$	
12	$\nabla 12$	$>0.02\sim 0.04$	$>0.1\sim 0.2$	
13	$\nabla 13$	$>0.01\sim 0.02$	$>0.05\sim 0.1$	
14	$\nabla 14$	$\nabla 0.01$	$\nabla 0.05$	0.08

按目前要求执行GB1031-83标准的规定,取消了GB1031-68标准中按参数值划分为14个等级的规定,要求直接用所选取的参数系列值表示。把GB1031-83标准规定的参数系列值与GB1031-68标准规定的参数系列值进行对比分析可知:

(1) GB1031-68标准中 $\nabla 7\sim \nabla 14$ 的 $R_a$ 值的最大允许值为GB1031-83标准的第1系列,

(2) GB1031-68标准中 $\nabla 1\sim \nabla 14$ 的 $R_a$ 最大允许值和 $\nabla 1\sim \nabla 6$ 的 $R_z$ 最大允许值均为GB1031-83标准中的第2系列。

根据GB1031-83表面粗糙度标准规定优先选用第1系列,故在贯彻执行GB1031-83表面粗糙度标准时,应根据表面功能要求和加工经济性确定,一般应把 $\nabla 1\sim \nabla 14$ 中的 $R_a$ 和 $\nabla 1\sim \nabla 6$ 中 $R_z$ 的最大允许值过渡到GB1031-83标准的第1系列值。具体转换时可采用下述三种方式。

例：以▽5数值过渡说明：

从GB1031-68标准中（表3-14）查得▽5的最大允许值 $R_a$ 为 $5\mu\text{m}$ ， $R_z$ 为 $20\mu\text{m}$ ，均为GB1031-83标准中表3-2和表3-3的第2系列，不是国际上和我国标准优先选用的系列。转换为第1系列值，可按下述方式过渡。

（1）在不影响表面功能的情况下，一般应选较大的第1系列值，有利于加工并可降低成本，如▽5可过渡到表3-2中 $R_a$ 的最大允许值为 $6.3\mu\text{m}$ ，表3-3中 $R_z$ 的最大允许值为 $25\mu\text{m}$ 。

（2）为保证零件表面质量，也许可选用较小的第1系列值，显然这是提高了原表面的粗糙度要求和加工成本，如▽5可过渡到表3-2中 $R_a$ 的最大允许值为 $3.2\mu\text{m}$ ，表3-3中 $R_z$ 的最大允许值为 $12.5\mu\text{m}$ 。目前各工厂大部分采用这种高套方式。为工厂查对方便，列表3-15和表3-16。

表3-15 表面粗糙度 $R_a$ 值与光洁度等级对照

旧GB1031-68		新GB1031-83 $R_a$ ( $\mu\text{m}$ )			
$R_a$ ( $\mu\text{m}$ )	代号	第一系列	第二系列	取样长度 $l$	评定长度 $l_n$
$\geq 0.01$	▽14	0.010	0.008 0.010	0.08 mm	$l_n = 5 l$ 0.4 mm
$> 0.01 \sim 0.02$	▽13	0.012	0.016 0.020		
$> 0.02 \sim 0.04$	▽12	0.025	0.032 0.040	0.25 mm	1.25 mm
$> 0.04 \sim 0.08$	▽11	0.050	0.063 0.080		
$> 0.08 \sim 0.16$	▽10	0.100	0.125 0.160	0.8 mm	4 mm
$> 0.16 \sim 0.32$	▽9	0.2	0.25 0.32		
$> 0.32 \sim 0.63$	▽8	0.40	0.50 0.63	2.5 mm	12.5 mm
$> 0.63 \sim 1.25$	▽7	0.80	1.00 1.25		
$> 1.25 \sim 2.5$	▽6	1.60	2.0 2.5	8 mm	40 mm
$> 2.5 \sim 5$	▽5	3.2	4.0 5.0		
$> 5 \sim 10$	▽4	6.3	8.0 10.0		
$> 10 \sim 20$	▽3	12.5	16.0 20		
$> 20 \sim 40$	▽2	25	32 40		
$> 40 \sim 80$	▽1	50	63 80		



表3-16 表面粗糙度 $R_z$ 值与光洁度等级对照

HGB1031-68		新 GB1031-83 $R_z$ 、 $R_y$ ( $\mu\text{m}$ )			
$R_z$ ( $\mu\text{m}$ )	代 号	第一系列	第二系列	取样长度 $l$	评定长度 $l_n$
$\geq 0.05$	$\nabla 14$	0.025 0.050	0.032 0.040	0.08 mm	0.4 mm
$> 0.05 \sim 0.1$	$\nabla 13$	0.10	0.063 0.080		
$> 0.1 \sim 0.2$	$\nabla 12$	0.20	0.125 0.160	0.25 mm	1.25 mm
$> 0.2 \sim 0.4$	$\nabla 11$	0.40	0.25 0.32		
$> 0.4 \sim 0.8$	$\nabla 10$	0.80	0.50 0.63		
$> 0.8 \sim 1.6$	$\nabla 9$	1.60	1.00 1.25	0.8 mm	4 mm
$> 1.6 \sim 3.2$	$\nabla 8$	3.2	2.0 2.5		
$> 3.2 \sim 6.3$	$\nabla 7$	6.3	4.0 5.0		
$> 6.3 \sim 10$	$\nabla 6$	12.5	8.0 10.0	2.5 mm	12.5 mm
$> 10 \sim 20$	$\nabla 5$	25	16.0 20.0		
$> 20 \sim 40$	$\nabla 4$	50	32 40		
$> 40 \sim 80$	$\nabla 3$	100	63 80	8 mm	40 mm
$> 80 \sim 160$	$\nabla 2$	200	125 160		
$> 160 \sim 320$	$\nabla 1$	400	250 320		
		800	500 630		
		1600	1000 1250		

(3) 若要求保持原产品的表面质量, 可采用 GB1031-83 标准规定的第 2 系列。如  $\nabla 5$  仍保持  $R_z$  为  $5\mu\text{m}$ ,  $R_y$  为  $20\mu\text{m}$ 。由于表面粗糙度的标准比较样块是按第 1 系列值制造的, 如果采用过渡到第 2 系列值, 这将导致不能采用标准比较样块作比较检查, 并与国际上优先采用的系列相矛盾, 所以无特殊要求时一般不宜过渡到第 2 系列值。因此, 这种过渡方式只适用于极少的零件表面。

## 七、表面粗糙度的正确标注与错误标注

表面粗糙度代号及其在图样上的注法，应采用 GB131-83标准代替 GB131-74 标准的规定。有关表面粗糙度在图样上所标注的各项规定，应按零件表面功能要求给出，具体规定如下：

1. 在图样上表示零件表面粗糙度的符号有三种。对于用去除材料的方法获得的表面，如车、铣、刨、磨、抛光、腐蚀、电火花加工等，采用如图3-8(a)所示符号。对于用不去除材料的方法获得的表面，如铸、锻、冲压、热轧、冷轧、粉末冶金等，或者是用于保持原供应状况的表面，采用的符号如图3-8(b)所示。对于不拘加工方法获得的表面，采用如图3-8(c)所示的符号。

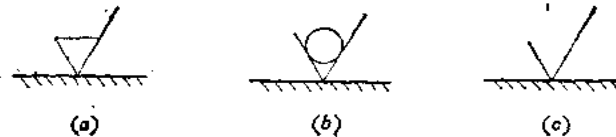


图3-8 表面粗糙度符号

(a) 去除材料的表面；(b) 不去除材料的表面；(c) 不拘加工方法的表面。

2. 在图样上标注的表面粗糙度符号是指该表面完工后的要求，若要表示完工前的要求，必须附加说明，如图3-10(b)所示。

3. 在图样上标注表面粗糙度时，应给出参数值和取样长度两项基本要求。

若对表面仅需加工，对表面粗糙度的其它规定没有要求时，可以只注表面粗糙度符号，不给出参数值和取样长度。

若取样长度为标准规定的系列值，在图样上允许省略标注取样长度值。故在大部分的零件图样上没有标注取样长度，实际上已给出标准推荐的取样长度系列值。

对其它附加要求如  $s_m$ 、 $s$ 、 $t_p$ 、加工方法、镀涂、表面处理、加工纹理和加工裕量等，可根据需要确定标注与否。

表面粗糙度数值及其有关规定的注写位置如图3-9所示。

4. 在图样上给出的粗糙度参数值，一般为参数的最大允许值。由于在常用的粗糙度数值范围优先选用  $R_a$  参数，这时可省略其代号 ( $R_a$ )，只注允许值；若选用其它粗糙度参数，均应在参数值前注出相应的  $R_z$ 、 $R_y$ 、 $s_m$ 、 $s$  和  $t_p$  代号。标注及其说明，见表3-17。

5. 在图样上注写镀涂或其它表面处理，如图3-10所示。

6. 表面粗糙度代号〔符号〕应注在可见轮廓线、尺寸线、尺寸界线或它们的延长线上。

表面粗糙度符号的尖端必须从材料外指向表面，如图3-11所示。

表面粗糙度符号、数字及符号方向，必须按图3-11(b)的标注规定，符号方向按顺

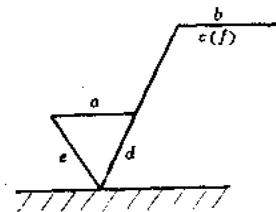








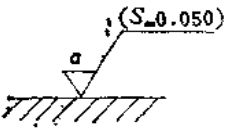
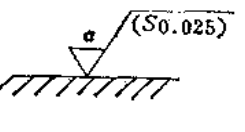
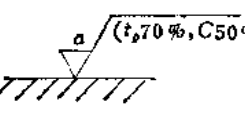


图3-9 表面粗糙度规定的注写位置

a—粗糙度高度参数允许值( $\mu\text{m}$ )，  
b—加工方法、镀涂或表面处理，  
c—取样长度(mm)，d—加工纹理方向符号；  
e—加工裕量(mm)；f—间距参数值或  $t_p$  值。

表3-17 表面粗糙度标注说明

代 号	意 义
	用任何方法获得的表面, $R_a$ 的最大允许值为 $3.2\mu\text{m}$
	用去除材料方法获得的表面, $R_a$ 的最大允许值为 $3.2\mu\text{m}$
	用不去除材料方法获得的表面, $R_a$ 的最大允许值为 $3.2\mu\text{m}$
	用去除材料方法获得的表面, $R_a$ 的最大允许值 ( $R_{a\text{max}}$ ) 为 $3.2\mu\text{m}$ , 最小允许值 ( $R_{a\text{min}}$ ) 为 $1.6\mu\text{m}$
	用任何方法获得的表面, $R_y$ 的最大允许值为 $3.2\mu\text{m}$
	用不去除材料方法获得的表面, $R_z$ 的最大允许值为 $200\mu\text{m}$
	用去除材料方法获得的表面, $R_z$ 的最大允许值 ( $R_{z\text{max}}$ ) 为 $3.2\mu\text{m}$ , 最小允许值 ( $R_{z\text{min}}$ ) 为 $1.6\mu\text{m}$
	用去除材料方法获得的表面, $R_a$ 的最大允许值为 $3.2\mu\text{m}$ , $R_y$ 的最大允许值为 $12.5\mu\text{m}$
	$a$ 为粗糙度高度参数允许值 ( $\mu\text{m}$ ) 用去除材料方法获得的表面, $s_m$ 的最大允许值为 $0.05\text{mm}$
	用去除材料的方法获得的表面, $a$ 为粗糙度高度参数允许值 ( $\mu\text{m}$ ), $s$ 的最大允许值为 $0.025\text{mm}$
	用去除材料的方法获得的表面, $a$ 为粗糙度高度参数允许值 ( $\mu\text{m}$ ), 表面水平截距 $c$ 在轮廓最大高度 $R_y$ 的 $50\%$ 位置上, 支持长度率 $t_p$ 为 $70\%$ (最小允许值)

(续)

代 号	意 义
	用铣削加工的方法获得表面, $a$ 为粗糙度高度参数允许值 ( $\mu\text{m}$ )
	用去除材料的方法获得表面, $a$ 为粗糙度高度参数允许值 ( $\mu\text{m}$ ), “1”代号为加工纹理垂直于标注代号视图的投影面
	用去除材料的方法获得表面, $a$ 为粗糙度高度参数允许值 ( $\mu\text{m}$ ), 5 为加工裕量 (mm)
	2.5mm 不是标准推荐的取样长度系列, 故要标注取样长度 2.5mm

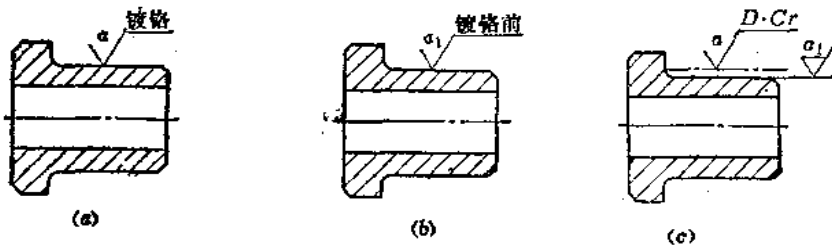


图3-10 镀涂或其它表面处理的标注示例

(a) 镀涂或其它表面处理后的标注, (b) 表示镀涂前的表面粗糙度注写,  
(c) 表示镀涂前及镀涂后的表面粗糙度标注。

时针方向排列。

7. 当零件所有表面具有相同的表面粗糙度要求时, 其代号可在图样的右上角统一标注, 如图3-12所示。当零件的大部分表面具有相同的表面粗糙度要求时, 对其中使用最多的一种代号统一注在图样的右上角, 并加注“其余”两字, 见图3-11(a)所示。

8. 在同一图样上, 每一表面一般只标注一次代号。用细实线连接不连续的同 一表面, 其表面粗糙度代号也只标注一次, 如图3-13所示。

当标注的地位狭小或不便标注时, 代号可以引出标注, 如图3-14所示。

9. 零件上连续表面的粗糙度标注, 见图3-14, 其表面粗糙度代号只标注一次。

10. 中心孔表面、键槽工作面、倒角、圆角的表面粗糙度标注, 如图3-15所示。

11. 齿轮、渐开线花键、螺纹等工作表面没有画出齿形时, 其粗糙度代号可按图3-16的方式标注。

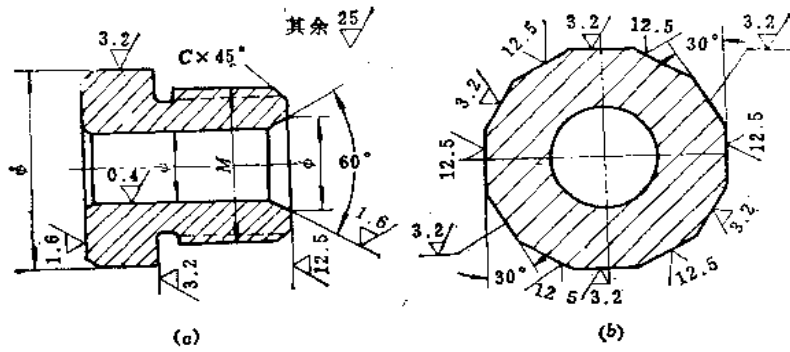


图3-11 表面粗糙度代号在图样上的标注

(a) 表面粗糙度标注示例, (b) 表面粗糙度符号、数字及符号方向的标注规定。

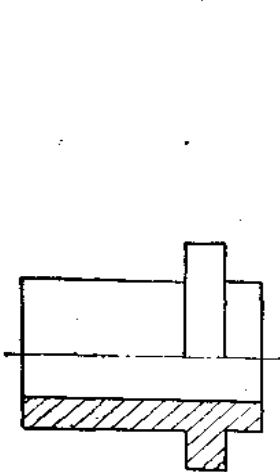


图3-12 零件表面具有相同粗糙度要求的标注示例

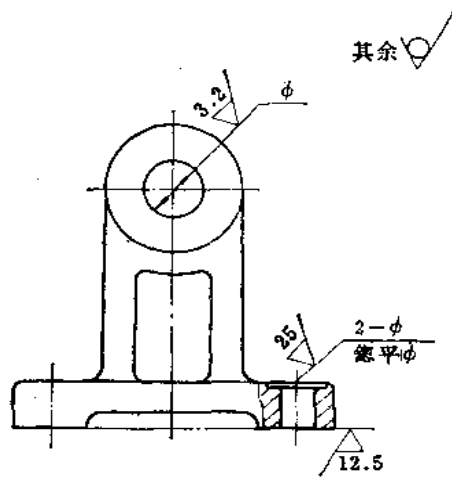


图3-13 同一表面和引出标注粗糙度示例

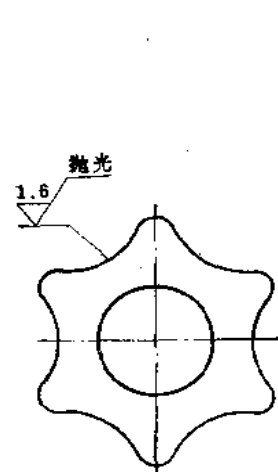


图3-14 零件上连续表面粗糙度标注

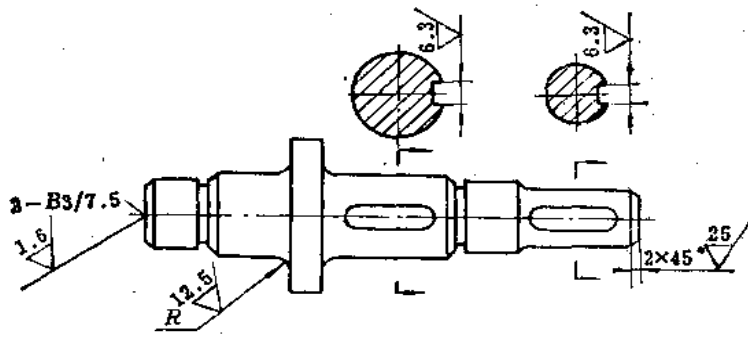


图3-15 中心孔、倒角等表面粗糙度的标注

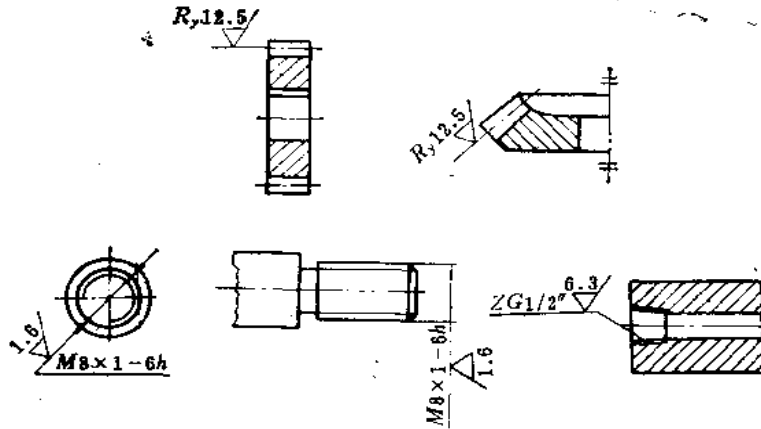


图3-16 齿轮等工作表面粗糙度的标注

12. 同一表面上有不同的表面粗糙度要求时, 须用细实线画出其分界线, 并注出相应的表面粗糙度代号和尺寸, 如图3-17所示。

13. 零件表面需要局部热处理或局部镀涂时, 应用粗点划线画出其范围并标注相应的尺寸, 如图3-18和图3-19所示。

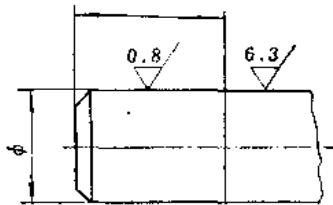


图3-17 同一表面上有不同粗糙度要求的标注

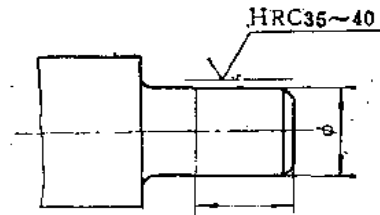


图3-18 局部热处理或局部镀涂标注

#### 14. 表面粗糙度错误标注图例

图3-20是一张错误标注表面粗糙度图例, 其中标注的错误有9处, 修正后的正确标注如图3-21所示。

错误标注表面粗糙度的说明如下:

(1) 零件表面还短缺其它表面(退刀槽、倒角)的粗糙度要求, 若退刀槽和倒角表面的粗糙度要求是相同的, 或是近似的, 则应在图样右上角加注“其余 $\sqrt{25}$ ”要求;

(2) 零件表面无特殊要求时, 各表面尽可能选用同一参数值, 所以  $R_a 12.5$  应改为 1.6, 表示各表面均优先选用  $R_a$  参数;

(3) 零件台肩端面粗糙度标注, 其粗糙度符号的尖端是从材料内指向材料外, 应把粗糙度符号的尖端改为从材料外指向表面;

(4) 螺纹工作面的粗糙度要求不应注写在螺纹大径表面, 应改为标注在螺纹尺寸线上;

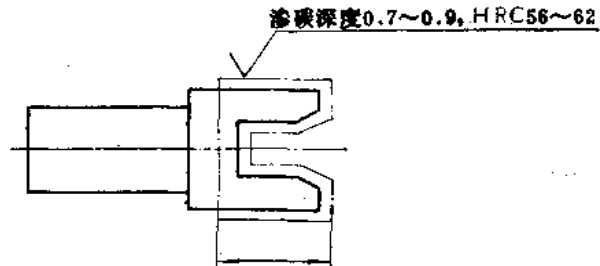


图3-19 局部表面粗糙度与热处理标注

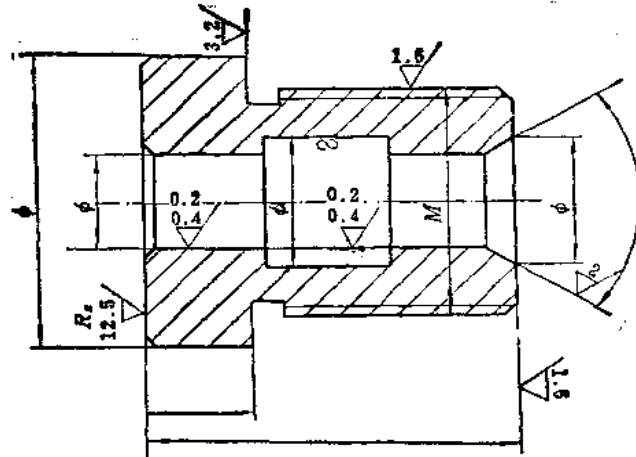


图3-20 错误标注表面粗糙度的图例

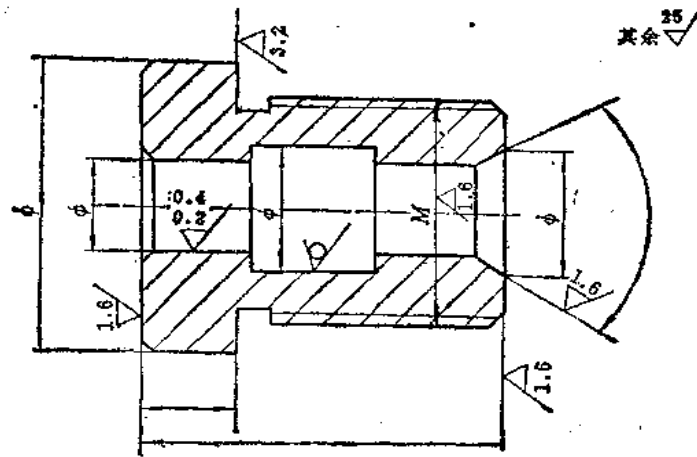


图3-21 正确标注表面粗糙度的图例

- (5) 零件右端倒锥表面粗糙度的参数值  $R_a$  为  $2\mu\text{m}$ , 这数值属于标准的第 2 系列数值, 若无特殊情况, 应改为优先选用第 1 系列的  $R_a$  为  $1.6\mu\text{m}$ ;
- (6) 零件右端面粗糙度的符号方向应按标准规定改为顺时针方向;
- (7) 零件孔的表面粗糙度标注, 因为孔是不连续的同—表面, 其表面粗糙度符号只标注一次;
- (8) 零件孔表面的粗糙度参数值标注, 最小允许值在最大允许值之上, 应改为最大允许值  $0.4\mu\text{m}$  在最小允许值之上;
- (9) “∞”符号是 GB131-74 标准规定在图样上对不进行切削加工表面的标注符号, 也包括保持原供应状况的表面, 按 GB131-83 标准规定, 应改为 “√” 符号。

## 八、几个主要工业国家规定的表面粗糙度

表面粗糙度的评定参数有三十多个, 各国又考虑本国长期使用的习惯, 保留了本国标准的特点, 为便于国际间技术交流和分析国外引进图纸时参考, 本节简要介绍几个主要

工业国家的表面粗糙度规定。

### 1. 美国对表面粗糙度的规定

美国现行的表面粗糙度标准ANSI B46.1-1978《表面结构 表面粗糙度、波纹度和纹理》规定中线算术平均值偏差  $R_a$  (曾用AA或CLA代号), 即为我国标准规定的  $R_a$ 。参数作为主要参数, 并包括了波纹度, 在附录中还列出了相当多参数定义, 以供表面多功能综合要求的情况下使用, 补充  $R_a$ 。参数不能表征多性能的缺点。多个参数有:

- (1) 峰数: 每英寸内的峰数。与我国 GB3505-83 标准规定的轮廓峰的密度  $D$  的定义一致 (单位长度内的峰数)。
- (2) 中线算术平均值偏差  $R_a$ : 与轮廓算术平均偏差  $R_a$  定义相同。
- (3) 粗糙度的最大峰谷高度  $R_{max}$ : 与轮廓最大高度  $R_z$  的定义相同。
- (4) 十点高度  $R_s$ : 与微观不平度十点高度  $R_z$  的定义相同。
- (5) 平均峰谷粗糙度  $R$ : 在取样长度内各个峰谷粗糙度高度的平均值。
- (6) 粗糙度平均峰间距  $A$  (或  $A_R$ ): 与我国标准规定的轮廓单峰平均间距  $s$  的定义一致。
- (7) 轮廓截面、微观不平度的分段高度  $R$  (或  $H$ )。
- (8) 支承长度比  $t_r$ : 与我国标准规定轮廓支承长度率  $t_r$  的定义相同。
- (9) 平整深度  $R_p$ : 与我国 GB3505-83 标准规定的轮廓最大峰高  $R_p$  的定义相同。
- (10) 波度高度  $W$ 。
- (11) 均方根粗糙度  $R_q$  (或  $rms$ , 或  $RMS$ ): 与我国 GB3505-83 标准规定的轮廓均方根偏差  $R_q$  的定义相同。
- (12) 幅度密度函数 (ADF): 与我国 GB3505-83 标准规定的幅度分布的定义一致。
- (13) 支承长度和支承长度曲线 (BAC)。
- (14) 偏斜度: 与我国 GB3505-83 标准规定的轮廓偏斜度  $s_s$  的定义相同。
- (15) 陡度: 是 ADF 峰锐性的一种量度。
- (16) 自相关函数 ACF。
- (17) 功率谱密度 PSD。

美国 ANIS Y14.36-1978 表面特征的标注,  $R_a$  参数值标注与我国 GB131-83 标准的规定相同, 而轮廓间距参数是标注在纹理方向符号的右边, 如图 3-22 (a) 和图 3-23 所示。特定加工方法注写在表面的指引线上, 如图 3-22 (b) 所示。表面波度的最大允许值, 0.005mm 为波度波高, 5 是波度波距, 如图 3-22 (c) 所示。

粗糙度 (包括波度) 代号的标注位置如图 3-23 所示。标注说明如下:

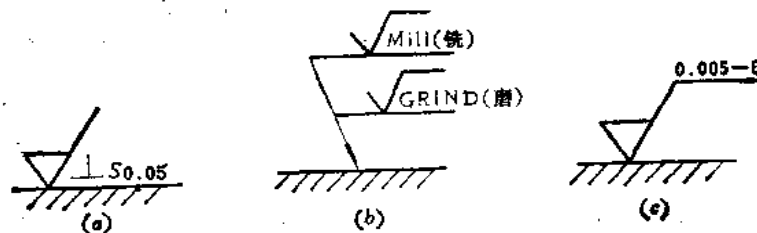


图3-22 美国粗糙度间距参数、加工方法波度标注



- $a_1, a_2$ ——粗糙度  $R_a$  的最大和最小允许值, 标注一个数值时, 是最大允许值 ( $\mu\text{m}$ );
- $c$ ——取样长度 (mm);
- $d$ ——纹理方向符号;
- $e$ ——加工余量 (mm);
- $f$ ——轮廓间距参数 (mm);
- $g, h$ ——最大波度波高和波距 (mm)。

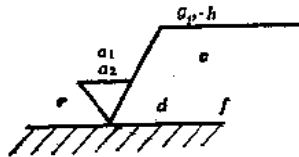


图3-23 美国粗糙度代号的标注位置

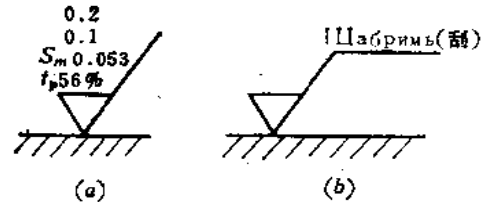


图3-24 苏联粗糙度间距参数、加工方法的标注

## 2. 苏联对粗糙度的规定

目前苏联执行 ГOCT2789-1973《表面粗糙度参数和特性》标准是在1980年修订 ГOCT2789-1973过渡标准, 代替 ГOCT2789-1959标准的规定。其内容如6个粗糙度参数, 取消表面粗糙度14个等级, 采用参数值标注等规定, 与我国GB1031-83标准内容是相同的(轮廓不平度的最大高度 $R_{max}$ , 即是我国标准规定的轮廓的最大高度 $R_x$ )。

表面特征符号在图上的标注, 苏联 ГOCT2.309-1973规定与我国标准规定相比, 不同点有:

- (1) 粗糙度参数值都标注在表面粗糙度符号的上边, 如图3-24(a)所示;
- (2) 参数 $R_a$ 不标注符号, 其它参数值写在相应参数代号后面, 并要求自上而下顺序注写轮廓高度参数、轮廓间距参数、轮廓支承长度率等参数值, 如图3-24(a)所示;
- (3) 表面要求用特定加工方法时, 用俄文表示, 如图3-24(b)所示刮削(шабришь);
- (4) 不规定标注加工余量。

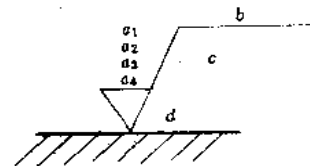


图3-25 苏联粗糙度代号的标注位置

粗糙度代号的标注位置如图3-25所示。标注说明如下:

- $a_1, a_2$ ——粗糙度参数的最大最小允许值, 只标注一个值时是最大允许值;
- $c_1, c_2$ ——相对于 $a_1, a_2$ 的取样长度;
- $b$ ——加工方法(用符号或文字说明);
- $d$ ——纹理方向符号。

## 3. 日本表面粗糙度规定

日本 JIS B0601-1976《表面粗糙度》标准规定了粗糙度参数及其数值, 表面符号和加工符号, 以及图样标注方法, 与我国现行标准比较说明如下:

- (1) 粗糙度参数只规定轮廓高度参数 $R_a$ 、 $R_x$ 和 $R_{max}$ 。中心线平均粗糙度 $R_a$ 即是我

国家标准规定的轮廓算术平均偏差 $R_a$ 。最大高度 $R_{max}$ 即是轮廓最大高度 $R_y$ 、 $R_{max}$ 最大高度的数值与 $R_y$ 数值稍有不同,见表3-18。十点平均粗糙度 $R_z$ 数值的确定方法与我国规定的微观不平度十点高度 $R_z$ 有所不同。十点平均粗糙度 $R_z$ 是在取样长度内,选取与中线平行的直线中通过轮廓第三最高点(峰)的直线与通过第三最低点(谷)的直线,测定这两直线的距离,如图3-26所示。十点平均粗糙度 $R_z$ 的数值系列,见表3-19,其中括弧内的数值是特殊需要时使用,也是我国标准规定 $R_z$ 数值系列中所没有规定的数值。

表3-18 最大高度 $R_{max}$ 的数值( $\mu\text{m}$ )

(0.05 s)	0.8 s	12.5 s	50 s	200 s
0.1 s	1.6 s	(18 s)	(70 s)	(280 s)
0.2 s	3.2 s	(25 s)	100 s	400 s
0.4 s	6.3 s	35 s	(140 s)	(560 s)

注:(1)括弧内的分段值是在特殊需要时使用;

(2)数值后的附加字s用罗马字体书写,3.2s表示最大高度 $R_{max}$ 的最大允许值为3.2 $\mu\text{m}$ 。

表3-19 十点平均粗糙度 $R_z$ 的数值( $\mu\text{m}$ )

(0.02 z)	0.8 z	12.5 z	50 z	200 z
0.1 z	1.6 z	(18 z)	(70 z)	(280 z)
0.2 z	3.2 z	25 z	100 z	400 z
0.4 z	6.3 z	35 z	(140 z)	(560 z)

注:(1)括弧内的数值是在特殊需要时使用;

(2)数值后的附加字z用罗马字体书写,0.8z-3.2z表示 $R_z$ 值大于0.8 $\mu\text{m}$ ,小于3.2 $\mu\text{m}$ 的要求。

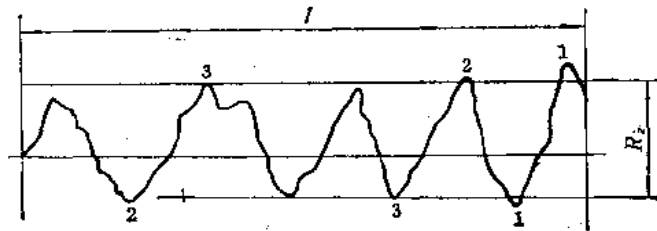


图3-26 十点平均粗糙度

(2)日本JIS0601-1976标准把表面粗糙度符号分表面符号与加工符号,表面符号与我国规定的符号一致,但不再分需要切削加工与不要切削加工的符号。加工符号有单个、多个三角形和波浪形~。三角符号用于切削加工面,波形符号用于不经切削加工表面。使用加工符号表示表面粗糙度的程度见表3-20所列数值。表面符号与加工符号的示例说明见表3-21。

表面粗糙度在表面符号上的配置如图3-27所示,如果没有特别要求,可以省略不注,见表3-21的标注。标注位置说明如下:

- $a_1$ ——表面粗糙度参数值的上限;
- $a_2$ ——表面粗糙度参数值的下限;
- $c_1$ ——与 $a$ 相对应的取样长度;
- $c_2$ ——与 $a'$ 相对应的取样长度;

表3-20 加工符号的表面粗糙度参数值

加工符号 JIS0601-1976	表面粗糙度分类值 ( $\mu\text{m}$ )		
	$R_{\max}$	$R_z$	$R_a$
▽▽▽▽	0.8 s	0.8 z	0.2 a
▽▽▽	6.3 s	6.3 z	1.6 a
▽▽	25 s	25 z	6.3 a
▽	100 s	100 z	25 a
~	无 规 定		

- 注：(1) 粗糙度参数值选用表内推荐数值，可以只标注加工符号，不注数值；  
 (2) 在需要特别选取本表所列数值以外的值时，在加工符号上附记数值；  
 (3) 指定的表面粗糙的范围跨于表中不同的分段之间时，三角数要与粗糙度的上限一致。

表3-21 表面符号与加工符号的示例

符 号	说 明
12.5 a /	粗糙度 $R_a$ 的最大允许值为 12.5 $\mu\text{m}$
0.2 z /	粗糙度 $R_z$ 的最大允许值为 0.2 $\mu\text{m}$
0.4 s / 0.2 s /	粗糙度 $R_{\max}$ 的最大最小允许值为 0.4 ~ 0.2 $\mu\text{m}$
0.4 a /	切削加工表面的粗糙度 $R_a$ 最大允许值 0.4 $\mu\text{m}$ ，取样长度为 2.5 mm
	不进行切削加工
100 s /	在规定取样长度内（即基准长度），不进行切削加工表面粗糙度 $R_{\max}$ 最大允许值为 100 $\mu\text{m}$
50 z /	切削加工表面粗糙度 $R_z$ 最大允许值为 50 $\mu\text{m}$
▽▽▽	在表3-20所示的粗糙度范围内进行切削加工的表面（约 1.6 a 或 6.3 z，或 6.3 s）
0.8 a /	在取样长度 0.8 mm 内，切削加工面的粗糙度 $R_a$ 最大允许值为 0.8 $\mu\text{m}$
	在表3-20所示的粗糙度范围内进行磨削加工表面（约 1.6 a）
1.6 a /	在取样长度 2.5 mm 内，磨削加工表面的粗糙度 $R_a$ 最大允许值为 1.6 $\mu\text{m}$

注：在标准规定的取样长度，取样长度值不要求给出。

$b$ ——加工方法的略号；

$d$ ——纹理方向符号。

(3) 表面加工方法的略号可以用表3-22中省略号 I，也可以用略号 II。加工纹理的规定与我国GB131-83标准的规定相同。

#### 4. 西德表面粗糙度规定

西德DIN47635.1972《表面粗糙度参数的数值》标准规定粗糙度参数有

(1) 粗糙度深度 $R_z$ ：近似于我国规定的轮廓最大高度 $R_a$ 的测量值。

(2) 粗糙度平均深度 $R_{av}$ ：与我国规定的微观不平度十点高度 $R_z$ 的定义完全相同。

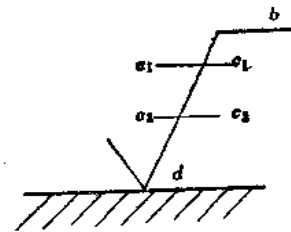


图3-27 日本粗糙度代号的标注位置

表3-22 表面加工方法的省略号

加工方法	略号		加工方法	略号	
	I	II		I	II
车削	L		珩磨	GH	
(钻孔加工)	D		液体珩磨加工	SPL	
镗削	B		滚磨	SPBR	
镗削	M		抛光加工	FB	
刨削	P		喷射处理	SB	
(牛头刨削)	SH		研磨	FL	
拉削	BR		磨削加工	FF	
铰孔	FR		刮研加工	FS	
磨削	G		砂纸磨光	FCA	
砂带磨光	GB	砂带磨	铸造	C	铸

注：表中的略号 I 按JIS B0122。

(3) 粗糙度最大深度 $R_{max}$ ：与我国规定的轮廓最大高度 $R_a$ 的定义完全相同。

(4) 填平深度 $R_v$ ：与我国GB3505-83标准规定的轮廓最大峰高 $R_p$ 定义相同。

(5) 粗糙度平均高度 $R_a$ ：与我国规定的轮廓算术平均偏差 $R_a$ 定义完全相同。

(6) 轮廓支承部分 $t_p$ ：与我国规定的轮廓支承长度率 $t_p$ 定义完全相同。给出的是最小值。

(7) 面积支承部分 $t_f$ ：是支承面 $A$ 与基准范围 $B$ 之比，用百分数表示关系。

$$t_f = 100 \cdot \frac{A}{B}$$

式中  $A$ ——在一定压力之下，被测表面与几何理想表面相接触的面积之和；

$B$ ——基准范围，它是在被测表面的几何理想表面上求出的支承面积。

西德DINISO1302标准规定的粗糙度表面符号及标注，与我国GB131-83标准规定的一致。目前在我国引进的西德国样上还能见到西德DIN3141-1960试行标准的规定，表面符号用三角形和波浪形表示，表面符号相应的参数值见表3-23所示。 $R_a$ 值还划分4个系列。西德DIN31423.1960表面粗糙度在图样上标注，如图3-28所示。

表3-23 表面符号与粗糙度深度 $R_r$ 系列 (DIN3141-60)

表面符号	粗糙度深度 $R_r$ ( $\mu\text{m}$ )				意 义
	系列 1	系列 2	系列 3	系列 4	
表面无符号	任 意 的				无一定要求的表面
$\infty$	任 意 的				对表面仅要求均匀性和较好外观
$\nabla$	160 <sup>●</sup>	100	63	25	表面粗糙度不允许超过 $R_r$ 的最大允许值
$\nabla\nabla$	40	25	16	10	
$\nabla\nabla\nabla$	16	6.3	4	2.5	
$\nabla\nabla\nabla\nabla$	—	1	1	0.4	

● 在特殊情况下, 此 $R_r$ 值可以到 $250\mu\text{m}$ 。

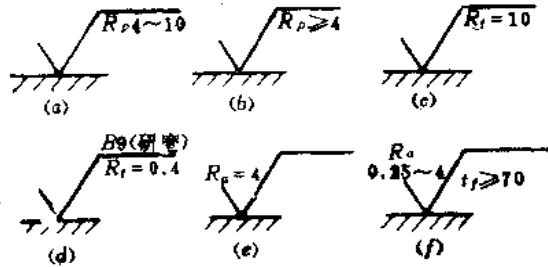


图3-28 DIN3142 3.1960粗糙度的标注

(a)  $R_p$ 在 $4\sim 10\mu\text{m}$ 之间; (b)  $R_p$ 最小允许值 $4\mu\text{m}$ ; (c)  $R_r$ 最大允许值 $10\mu\text{m}$ ;  
 (d)  $R_r$ 最大允许值 $0.4\mu\text{m}$ , 研磨表面; (e)  $R_s$ 最大允许值 $4\mu\text{m}$ ; (f)  $R_a$ 在 $0.25\sim 1\mu\text{m}$ 之间, 面积支承部分 $t_f$ 最小为70%。

### 5. 英国粗糙度的规定

英国BS1134 I-1972标准只规定 $R_a$ 和 $R_z$ 两个参数, 与我国GB1031-83标准规定的 $R_a$ 和 $R_z$ 的定义相同。表面粗糙度符号及其注法, 英国BS308 I-72与我国GB131-83标准规定的一致, 但在标准中还规定表面粗糙度等级, 按 $R_a$ 参数值分为 $N1, N2\cdots N12$ 共12个等级,  $N1$ 为最高级,  $N1$ 的 $R_a$ 值为最小,  $N12$ 为最低级,  $N12$ 的 $R_a$ 值为最大。 $R_a$ 曾用 $CLA$ 符号。

### 6. 法国表面粗糙度的规定

法国NF05-1978标准规定粗糙度参数有 $R_a, R_z$ 和 $R_{max}$ 等, 使用的表面粗糙度符号与我国规定的基本符号一致。与我国1983年规定标准相比, 有以下补充说明。

(1) 表面粗糙度符号不分去除材料加工方法和不除材料的加工方法, 只是在基本符号的右下侧用注释表示。

(2) 在标注粗糙度数值前均要注明相应的参数代号, 选取 $R_a$ 参数值也要标注“ $R_a$ ”代号。

(3) 当需要表示表面粗糙度的允许最大最小值时, 不是上下标注, 而是左右标注, 如图3-29(c)所示。

(4) 取样长度是用注释方法表示在表面符号的右下方, 如图3-29(d)所示。

(5) 法国标准规定有表面功能代号的标注, 这是法国标准所特有的, 如图3-29(d)

所示FG表示滑动摩擦表面。

- (6) 法国标准中没有明确规定表面纹理方向的标注。  
 (7) 加工方法代号用法文小写缩写字表示, 如图3-29(d)所示。  
 (8) 表面粗糙度规定在表面符号上的配置如图3-30所示。标注位置说明如下:  
 $a_1$ ,  $a_2$ ——两个不同的评定参数, 数值前标注相应的参数代号。  
 $b$ ——加工方法符号(小写法文字母)。  
 $p$ ——有关注释代号。  
 $K$ ——表面功能代号。

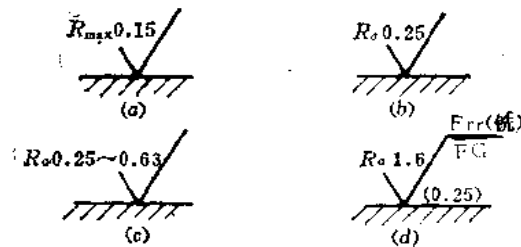


图3-29 法国粗糙度标注

- (a) 粗糙度 $R_{msz}$ 的最大允许值 $0.15\mu\text{m}$ ; (b) 粗糙度 $R_a$ 最小允许值 $0.25$ ;  
 (c) 粗糙度 $R_a$ 最小最大允许值 $0.25\sim 0.63$ ; (d) 铣加工表面在取样长度  
 $0.25\text{mm}$ 内 $R_a$ 最大允许值 $1.6$ 用于滑动摩擦表面(FG)。

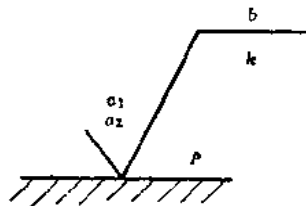


图3-30 法国粗糙度代号的标注位置

国际标准1302-78、瑞士标准VSM10230-74、澳大利亚标准AS1100 I-74 与我国标准GB131-83规定的表面粗糙度代号及其注法是完全一致的, 但是在ISO1302-78、BS 308 II-72、AS1100-75和罗马尼亚标准STAS612-75中, 还规定可以用相对应的粗糙度等级表示。

## 第四章 锥度和角度公差的选用与标注

在机器、仪器及工具等结构中，锥度和角度的应用很为广泛，圆锥配合更是常用的典型结构。它具有保证较高精度的定心配合，且能快速装拆又使多次重复精度不变，构件之间配合的自锁性和密封性好，间隙和过盈量可以调整等一系列优点。所以合理选用锥度和角度及其公差配合，对提高产品质量、降低生产成本和延长使用寿命等方面，都具有很大的影响。

我国在锥度、角度方面的标准还不完善。过去制订的标准有

GB157-59	《标准锥度》
JB1-59	《锥度公差》
GB1443-79	《莫氏圆锥的尺寸与公差》
GB7-59	《自由角度公差》

现在制订的标准有

GB157-83《锥度与锥角系列》，其替代GB157-59《标准锥度》。它适用于光滑表面的圆锥工件，而对于具有螺纹、齿轮等特殊表面形状的锥体均不适用。该标准内容是参照ISO1119-1975《锥度与锥角系列》制订的。

GB4096-83《棱体的角度与斜度系列》。在这以前，我国没有角度系列标准。该标准是参照ISO2538-74《楔和棱的角度与斜度系列》制订的。

《圆锥公差》、《圆锥配合制》及《未注公差角度的极限偏差》等的标准草案介绍，以供参考。为了特殊需要，还制订了GB1443-85《工具柄自锁圆锥的尺寸与公差》和GB1962-80《医用6:100锥度配合尺寸》。

### 一、锥度与锥角的选用

#### 1. 圆锥的基本几何参数

圆锥有外圆锥和内圆锥之分，其几何参数是相同的，如图4-1所示。

(1) 圆锥表面：与轴线成一定角度且一端相交于轴线的一条直线线段（即素线、母线），围绕该轴线旋转形成的回转表面。

(2) 圆锥：由圆锥表面与一定尺寸所限定的几何体。圆锥表面处于实体外部的圆锥为外圆锥，圆锥表面处于实体内部的圆锥为内圆锥。

(3) 圆锥角（简称锥角） $\alpha$ ：在圆锥轴截面内，两条素线间的夹角。 $\alpha/2$ 称为圆锥素线角。

(4) 圆锥直径：垂直圆锥轴线的截面直径。

圆锥直径可分为最大圆锥直径 $D$ ；最小圆锥直径 $d$ ；任意给定的圆锥直径 $d_x$ 。

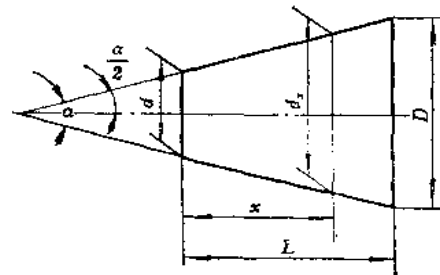


图4-1 圆锥的基本几何参数

(5) 圆锥长度  $L$ ：最大圆锥直径和最小圆锥直径所在两截面之间的轴向距离。

(6) 锥度  $c$ ：在同一圆锥上一个较大圆锥直径减去另一个较小圆锥直径所得之差，与该两个圆锥直径所在两截面间的轴向距离之比。通常，锥度用最大圆锥直径减去最小圆锥直径所得之差，与圆锥长度之比表示，即

$$c = \frac{D-d}{L}$$

式中  $D$ ——圆锥最大直径；

$d$ ——圆锥最小直径；

$L$ ——圆锥长度。

锥度  $c$  与圆锥角  $\alpha$  的关系为

$$c = 2 \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} = 1 : \frac{1}{2} \operatorname{ctg} \frac{\alpha}{2}$$

锥度常以比例或分数的形式表示，例

如， $c = 1:5$ 、 $0.2:1$ 、 $20\%$ 、 $1/5$ 、

$7:24$ 。

(7) 基面距  $E_s$ ：外圆锥基面（通常为轴肩）与内圆锥基面（通常为端面）之间的距离，如图4-2所示。若以外圆锥最小圆锥直径  $d_s$  为基本直径，则基面距  $E_s$  在圆锥的小端；若以内圆锥最大圆锥直径  $D_s$  为基本直径，则基面距  $E_s$  在圆锥的大端。

## 2. 锥度与锥角的选用

圆锥配合常用于机构的较重要的部位。例如车床主轴锥形轴颈和滑动轴承的配合，各种锥形阀的密封结构，要求自动定心、具有自锁作用并能顺利装拆的工具锥体部分等。设计者应根据圆锥的使用功能，选用合适的锥度。按使用功能，圆锥可分为以下几类：

(1) 静止锥：如传递扭矩的刀具（钻头、立铣刀等）锥柄；提高重载零件定心精度的定心锥套；防漏的锥面结合管接头；紧固联结的锥形胀套及定位锥销等。

(2) 活动锥：如机床顶尖，可调整间隙的滑动轴承，圆锥滚子轴承的内、外圈沟道及滚子等。

(3) 摩擦锥：如用于各种摩擦制动器、联轴器及传动装置中的圆锥。

(4) 检验锥：如检验圆锥零件所用的锥度量规。

(5) 调整锥：如用于各种摩擦机构中改变轴间传动比、旋转方向或转速的圆锥。

(6) 计算锥：如用于各种对数或乘法计算机构中的圆锥。

(7) 用于非配合的圆锥。

为了减少加工圆锥形体零件所用的刀具、量具的品种和规格，设计时还应从标准系列中选用标准锥角  $\alpha$  或标准锥度  $c$ 。表4-1为一般用途圆锥的锥度与锥角系列，表4-2为特殊用途圆锥的锥度与锥角系列，应用举例见表4-1和表4-2。

表4-1规定的锥角范围为  $120^\circ$  至  $6'52.3''$ 。其相应的锥度范围为  $1:0.2886751$  至  $1:500$ 。其中所列一般用途的圆锥共22种，包括原国标GB157-59规定的18种标准锥度，又增加了  $1:4$ ， $1:6$ ， $1:40$  及  $1:500$  等国内使用较多的四种锥度。 $1:40$  在 ISO1119-1975标准中属于特殊用途的圆锥，规定适用于麻醉设备，但在我国医疗器械行业未曾使用，而在机床、工具、机车及航空工业等工厂都已使用。表中的系列1中的14种锥度应

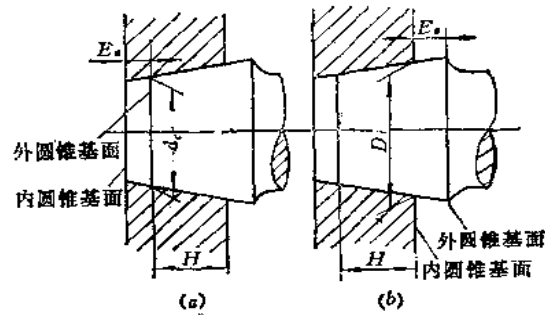


图4-2 圆锥结合的基面距  
(a) 基面距在小端；(b) 基面距在大端。



表4-1 一般用途的圆锥 (摘自GB157-83)

基本值		推算值		锥度 $C$	应用举例
系列1	系列2	锥角 $\alpha$	锥度 $C$		
120°		—	—	1:0.288675	节气阀、汽车、拖拉机阀门
90°		—	—	1:0.500000	重型顶尖、重型中心孔、阀的阀销锥体
	75°	—	—	1:0.651613	埋头螺钉, 小于10的丝锥
60°		—	—	1:0.866025	顶尖、中心孔、弹簧夹头、埋头钻
45°		—	—	1:1.267107	埋头、半埋头螺钉
30°		—	—	1:1.866025	摩擦轴节、弹簧卡头、平衡块
1:3		18°55'28.7"	18.924644°	—	受力方向垂直于轴线易拆开的联接
	1:4	14°15'0.1"	14.250033°	—	
1:5		11°25'16.3"	11.421186°	—	受力方向垂直于轴线的联接、锥形摩擦离合器、磨床主轴
	1:6	9°31'38.2"	9.527283°	—	
	1:7	8°10'16.4"	8.171234°	—	
	1:8	7°9'9.6"	7.152669°	—	重型机床主轴
1:10		5°43'29.3"	5.724810°	—	受轴向力和扭转力的连接处, 主轴承受轴向力、调节套筒
	1:12	4°46'18.8"	4.771888°	—	
	1:15	3°49'5.9"	3.818305°	—	主轴齿轮连接处, 受轴向力之机件连接处, 如机车十字头轴
1:20		2°51'51.1"	2.864192°	—	机床主轴、刀具刀杆的尾部、锥形铰刀、心轴
1:30		1°54'34.9"	1.909682°	—	锥形铰刀、套式铰刀、扩孔钻的刀杆、主轴颈
	1:40	1°25'56.4"	1.432320°	—	
1:50		1°8'45.2"	1.145877°	—	锥销、手柄端部、锥形铰刀、量具尾部
1:100		84'22.6"	0.572953°	—	受陡震及静变负载不拆开的连接件, 如心轴等
1:200		17'11.3"	0.286473°	—	导轨镶条, 受震及冲击负载不拆开的连接件
1:500		6'52.5"	0.114592°	—	

优先采用, 在系列1中的锥度不能满足使用要求时, 才选用系列2中的锥度。

表4-2规定的特殊用途圆锥的锥度与锥角系列共20种圆锥。其中18°30'、11°54'、8°40'、7°40'四种仅用于纺织工业; 1:12.262、1:12.972、1:15.748、1:18.779、1:19.264及1:20.288等六种为贾各锥度(Jacobs taper); 1:16.666仅用于医疗设备。这一系列主要参照ISO1119-1975制订的, 其中除1:23.904(夏普、布朗锥度)因为在国内没有被使用而没有列入外, 其余都列入了GB157-83标准。

贾各锥度的用法与莫氏锥度相似, 可视为短莫氏锥度规格不足的补充, 尤其多用于钻夹头锥度中, 也用于机床行业。目前我国已逐渐采用贾各锥度, 并且有扩大使用的趋向。

为了便于设计和使用, 表中给出了各个系列的锥度和锥角的推算值。所谓“推算值”是根据标准给出的系列基本值, 按照圆锥的基本关系式计算的数值。

表4-2 特殊用途圆锥的锥度与锥角 (摘自GB157-83)

基本数值	推 算 值		备 注	
	锥 角 $\alpha$	锥 度 $c$		
18°30'			1:3.079115	纺织工业
11°54'			1:4.797451	纺织工业
8°40'			1:6.598442	纺织工业
7°40'			1:7.462208	纺织工业
7:24	16°35'39.4"	16.594290°	1:3.428571	机床主轴, 工具配合
1:9	6°21'34.8"	6.359660°		电池接头
1:12.262	4°40'12.2"	4.670042°		贾各锥度N62
1:12.976	4°24'52.9"	4.414696°		贾各锥度N61
1:15.748	3°38'13.4"	3.637060°		贾各锥度N633
1:16.666	3°26'12.7"	3.436853°		医疗设备
1:18.779	3°3'1.2"	3.050335°		贾各锥度N63
1:19.002	3°0'52.4"	3.014554°		莫氏锥度N65
1:19.180	2°59'11.7"	2.986590°		莫氏锥度N66
1:19.212	2°58'53.8"	2.981615°		莫氏锥度N60
1:19.254	2°58'30.4"	2.975117°		莫氏锥度N64
1:19.264	2°58'24.9"	2.973573°		贾各锥度N66
1:19.922	2°52'31.4"	2.875402°		莫氏锥度N63
1:20.020	2°51'40.8"	2.861332°		莫氏锥度N62
1:20.047	2°51'26.9"	2.957480°		莫氏锥度N61
1:20.288	2°49'24.8"	2.823550°		贾各锥度N60

## 二、棱体角度与斜度的选用

棱体在机器、仪器及工具等结构中的应用也较为广泛,如楔、V形体、燕尾槽等棱体的角度和斜度。我国规定的GB4096-83《棱体的角度与斜度系列》标准是参照ISO2538-1974《楔和棱的角度与斜度系列》制订的,这是我国规定的第一个角度系列标准。标准规定的角度系列范围,从120°至30',斜度系列范围从1:10至1:500。关于角度公差,正在参照国际标准ISO3074-1974进行修订。

### 1. 基本术语

(1) 棱体:是由两个相交平面与一定尺寸所限定的几何体。两个相交平面称为棱面,棱面的交线称为棱。

(2) 多棱体:是由几个相交平面与一定尺寸所限定的几何体。

(3) 棱体角 $\beta$  (简称角度):是两相交棱面形成的两面角。棱体角是棱体的一个重要参数。

(4) 棱体厚 $T(t)$ :是平行于棱并垂直于棱体中心平面的截面与两棱面交线之间的距离。

(5) 棱体高 $H(h)$ :是平行于棱并垂直于一个棱面的截面与两棱面交线之间的距离。

(6) 斜度 $S$ :是棱体高之差与平行于棱并垂直于一个棱面的两个截面之间的距离之比。

$$S = \frac{H-h}{L}$$

斜度  $S$  与角度  $\beta$  的关系式为

$$S = \operatorname{tg} \beta$$

(7) 比率  $C_p$  是棱体厚之差与平行于棱并垂直于棱体中心平面的两个截面之间的距离之比。即

$$C_p = \frac{T-t}{L}$$

比率  $C_p$  与角度  $\beta$  的关系为

$$C_p = 2 \operatorname{tg} \frac{\beta}{2} = 1 : \frac{1}{2} \operatorname{ctg} \frac{\beta}{2}$$

## 2. 角度与斜度的选用

GB4096-83 标准给出了两个角度与斜度系列, 即一般用途棱体的角度与斜度系列和特殊用途棱体的角度与斜度系列。本节所指的角度是除圆锥外的其他几何形体的平面间夹角。如图4-3所示各种形体。

一般用途棱体的角度与斜度系列分为两个角度系列 (角度从  $120^\circ$  至  $30'$ ) 和一个斜度系列 (斜度从  $1:10$  至  $1:500$ ), 共有26种, 见表4-3。其中比国际标准 ISO2538-1974 多了一种来源于英制的  $55^\circ$  角; 因为这个角度经常用于V形体及导轨结构中。系列中的大多数角度和斜度都是我国各行业使用的, 而且第一系列的使用更为广泛。所以推荐优先选用第一系列, 当第一系列不能满足要求时, 才选用第二系列。

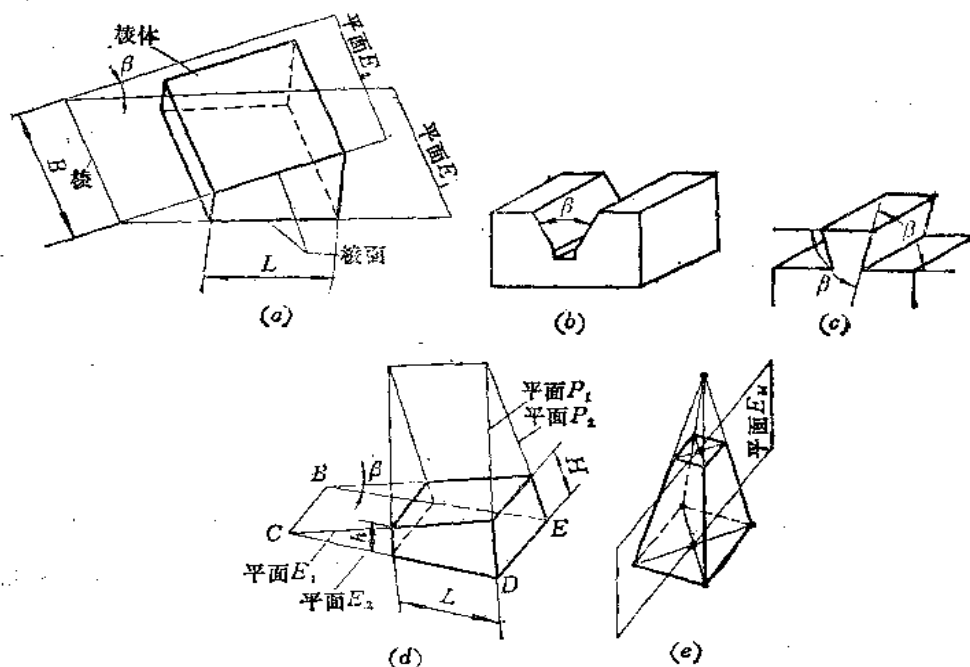


图4-3 各种棱

特殊用途棱体的角度与斜度系列共规定4种, 即  $108^\circ$ 、 $72^\circ$ 、 $55^\circ$  和  $50^\circ$ 。它们的特殊性就在于, 只适用于表4-4中推荐的用途。其中  $108^\circ$  和  $50^\circ$  是 ISO2538-1974 标准推荐的, 分别用于V形体和棒, 这两种角度在国内使用较少。  $72^\circ$  和  $55^\circ$  是国内使用日益增多

的角度。例如72°推荐用于测量圆度误差的V形体角度。55°则广泛用于机床导轨。

表4-3 一般用途棱体的角度与斜度 (摘自GB4096-83)

基本值			计算值		
系列1	系列2	$s$	$c_p$	$s$	$\beta$
120°			1:0.288675		
90°			1:0.500000		
	75°		1:0.651613	1:0.267492	
60°			1:0.866025	1:0.577350	
45°			1:1.207107	1:1.000000	
	40°		1:1.373739	1:1.191754	
30°			1:1.866025	1:1.732051	
20°			1:2.835641	1:2.747477	
15°			1:3.797877	1:3.732051	
	10°		1:5.715026	1:5.671282	
	8°		1:7.150333	1:7.113370	
	7°		1:8.174923	1:8.144346	
	5°		1:9.540568	1:9.514364	
		1:10			5°42'38"
5°			1:11.451883	1:11.430052	
	4°		1:14.318127	1:14.300666	
	3°		1:19.094230	1:19.081137	
		1:20			2°51'44.7"
	2°		1:28.644932	1:28.636253	
		1:50			1°8'44.7"
	1°		1:57.294327	1:57.289962	
		1:100			0°34'25.5"
	0°30'		1:114.590832	1:114.588650	
		1:200			0°17'11.3"
		1:500			0°6'52.5"

为了便于产品的设计、制造和管理,在表4-3和表4-4中均列入角度 $\beta$ 、斜度 $S$ 和比率 $C_p$ 的推算值。

表4-4 特殊用途棱体的角度与斜度系列

基本值	推算值	用途
角度 $\beta$	$c_p$	
105°	1:0.3632713	V形体
72°	1:0.6881910	V形体
55°	1:0.9604911	导轨
60°	1:1.0722535	梯

### 三、圆锥公差的选择

圆锥公差分为圆锥直径公差、圆锥角度公差、圆锥形状公差及圆锥截面直径公差。国家规定的标准草案,圆锥公差适用于锥度 $c$ 从1:3到1:500,圆锥长度 $L$ 从6到630mm的光滑圆锥体。并规定标准中的锥角公差也适用于棱体的角度公差。

1. 圆锥直径公差 $T_D$ 的选用

圆锥直径公差 $T_D$ 是允许圆锥直径的变动量。圆锥直径公差是垂直于圆锥轴线的任一截面上的允许最大和最小圆锥直径（即极限圆锥）之间的差，如图4-4所示。

圆锥直径公差 $T_D$ 借用了“公差与配合”GB1800-79标准规定的公差值。一般圆锥直径公差以大端的最大圆锥直径为基本尺寸，直接查IT公差值，并用于全部圆锥长度上。对于有配合要求的圆锥结合，推荐采用基孔制。偏差大小和配置方向要根据使用要求和加工工艺来确定。对于没有配合要求的圆锥，推荐选用JS或js作为内圆锥或外圆锥的极限偏差。例如，圆锥孔大端直径为 $\phi 50$ ，选IT10精度，所以大端直径为 $\phi 50JS10$ ，即 $\phi 50 \pm 0.1$ 。

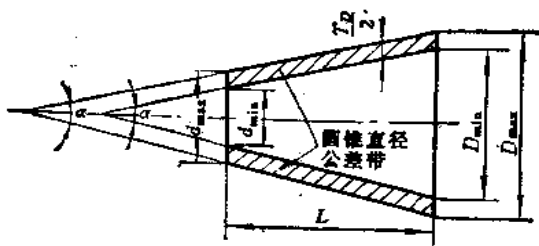


图4-4 圆锥直径公差带

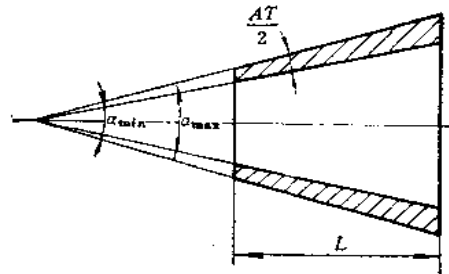


图4-5 锥角公差带

2. 圆锥角公差的选用

圆锥角公差 $AT$ 是允许锥角的变动量，即允许的最大与最小圆锥角之差，如图4-5所示。圆锥角公差带可按 $+AT$ 、 $-AT$ 或 $\pm AT/2$ 分布，如图4-6所示。当按 $\pm$ 分布时，可以采用非对称分布，即其正、负偏差的绝对值可以不相等。

圆锥公差的代号为 $AT$ ，为了加工和检测的方便， $AT$ 可以用角度值 $AT_a$ 或线值 $AT_L$ 给定。

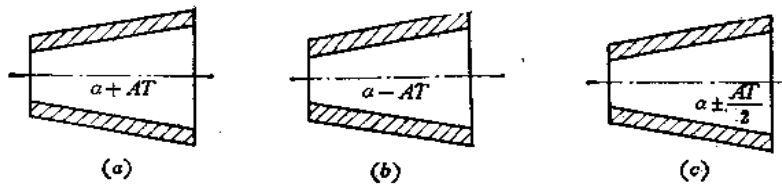


图4-6 锥角公差带的分布

$AT_a$ 以分、秒为单位，或以弧度为单位的圆锥角公差。1 $\mu$ rad等半径为1m弧长为1 $\mu$ m时所形成的角度。

因此

$$1' \approx 300\mu\text{rad}$$

$$1'' \approx 5\mu\text{rad}$$

$AT_L$ 以 $\mu\text{m}$ 为单位的圆锥角公差，即用与圆锥轴线垂直且距离为 $L$ 的两端直径（最大与最小圆锥直径）之差表示。

圆锥角公差分为12个等级，分别用 $AT1$ 、 $AT2$ 、 $\dots$ 、 $AT12$ 表示，其中 $AT1$ 为最高级， $AT12$ 为最低级，其数值见表4-5。

表4-5 锥角公差 (摘自ISO1947-1973)

基本圆锥长度 $L$ mm		圆锥角度公差等级					
		$AT_1$			$AT_2$		
		$AT_a$		$AT_D$	$AT_a$		$AT_D$
大于	至	$\mu\text{rad}$	$\mu\text{rad}$	$\mu\text{m}$	$\mu\text{rad}$	$\mu\text{rad}$	$\mu\text{m}$
6	10	50	10	0.3...0.5	80	16	0.5...0.8
10	16	40	8	0.4...0.6	63	13	0.6...1
16	25	31.5	6	0.5...0.8	50	10	0.8...1.3
25	40	25	5	0.6...1	40	8	1...1.6
40	63	20	4	0.8...1.3	31.5	6	1.3...2
63	100	16	3	1...1.6	25	5	1.6...2.5
100	160	12.5	2.5	1.3...2	20	4	2...3.2
160	250	10	2	1.6...2.5	16	3	2.5...4
250	400	8	1.5	2...3.2	12.5	2.5	3.2...5
400	630	6.3	1	2.5...4	10	2	4...6.3

基本圆锥长度 $L$ mm		圆锥角度公差等级					
		$AT_3$			$AT_4$		
		$AT_a$		$AT_D$	$AT_a$		$AT_D$
大于	至	$\mu\text{rad}$	$\mu\text{rad}$	$\mu\text{m}$	$\mu\text{rad}$	$\mu\text{rad}$	$\mu\text{m}$
6	10	125	26	0.8...1.3	200	41	1.3...2
10	16	100	21	1...1.6	160	33	1.6...2.5
16	25	80	16	1.3...2	125	26	2...3.2
25	40	63	13	1.6...2.5	100	21	2.5...4
40	63	50	10	2...3.2	80	16	3.2...5
63	100	40	8	2.5...4	63	13	4...6.3
100	160	31.5	6	3.2...5	50	10	5...8
160	250	25	5	4...6.3	40	8	6.3...10
250	400	20	4	5...8	31.5	6	8...12.5
400	630	16	3	6.3...10	25	5	10...16

基本圆锥长度 $L$ mm		圆锥角度公差等级					
		$AT_5$			$AT_6$		
		$AT_a$		$AT_D$	$AT_a$		$AT_D$
大于	至	$\mu\text{rad}$	$\mu\text{rad}$	$\mu\text{m}$	$\mu\text{rad}$	$\mu\text{rad}$	$\mu\text{m}$
6	10	315	65	2...3.2	500	103	3.2...5
10	16	250	52	2.5...4	400	82	4...6.3
16	25	200	41	3.2...5	315	65	5...8
25	40	160	33	4...6.3	250	52	6.3...10
40	63	125	26	5...8	200	41	8...12.5
63	100	100	21	6.3...10	160	33	10...16
100	160	80	16	8...12.5	125	26	12.5...20
160	250	63	13	10...16	100	21	16...25
250	400	50	10	12.5...20	80	16	20...32
400	630	40	8	16...25	63	13	25...40

(续)

基本圆锥长度 $L$ mm		圆锥角度公差等级					
		AT7			AT8		
		$AT_a$		$AT_D$	$AT_a$		$AT_D$
大于	至	$\mu\text{rad}$	$\mu\text{rad}$	$\mu\text{m}$	$\mu\text{rad}$	$\mu\text{rad}$	$\mu\text{m}$
6	10	800	165	5...8	1250	258	8...12.5
10	16	630	130	6.3...10	1000	206	10...16
16	25	500	103	8...12.5	800	165	12.5...20
25	40	400	82	10...16	630	130	16...25
40	63	315	65	12.5...20	500	103	20...32
63	100	250	52	16...25	400	82	25...40
100	160	200	41	20...32	315	65	32...50
160	250	160	33	25...40	250	52	40...63
250	400	125	26	32...50	200	41	50...80
400	630	100	21	40...63	160	33	63...100

基本圆锥长度 $L$ mm		圆锥角度公差等级					
		AT9			AT10		
		$AT_a$		$AT_D$	$AT_a$		$AT_D$
大于	至	$\mu\text{rad}$	$\mu\text{rad}$	$\mu\text{m}$	$\mu\text{rad}$	$\mu\text{rad}$	$\mu\text{m}$
6	10	3000	412	12.5...20	3150	649	20...32
10	16	1600	330	16...25	2500	515	25...40
16	25	1250	258	20...32	2000	412	32...50
25	40	1000	206	25...40	1600	330	40...63
40	63	800	165	32...50	1250	258	50...80
63	100	630	130	40...63	1000	206	63...100
100	160	500	103	50...80	800	165	80...125
160	250	400	82	63...100	630	130	100...160
250	400	315	65	80...125	500	103	125...200
400	630	250	52	100...160	400	82	150...250

基本圆锥长度 $L$ mm		圆锥角度公差等级					
		AT11			AT12		
		$AT_a$		$AT_D$	$AT_a$		$AT_D$
大于	至	$\mu\text{rad}$	$\mu\text{rad}$	$\mu\text{m}$	$\mu\text{rad}$	$\mu\text{rad}$	$\mu\text{m}$
6	10	5000	1030	32...50	8000	1648	50...80
10	16	4000	824	40...63	6300	1298	63...100
16	25	3150	649	50...80	5000	1030	80...125
25	40	2500	515	63...100	4000	824	100...160
40	63	2000	412	80...125	3150	649	125...200
63	100	1600	330	100...160	2500	515	160...250
100	160	1250	258	125...200	2000	412	200...320
160	250	1000	206	160...250	1600	330	250...400
250	400	800	165	200...320	1250	258	320...500
400	630	630	130	250...400	1000	206	400...630

在一般情况, 可以不必单独规定圆锥角公差, 而用圆锥直径公差 $T_D$ 限制锥角误差, 即允许的实际圆锥角变动范围限制在由圆锥直径公差 $T_D$ 所形成的圆锥公差带内。表 4-6 列出了圆锥长度为100mm时圆锥直径公差所限制的最大锥角偏差。

当圆锥角公差比圆锥直径公差所确定的圆锥角公差小时, 则必须另外标注出所需要的圆锥角公差, 例如圆锥量规等。

圆锥角公差是直接采用国际标准ISO1947-1973“圆锥公差制”制订的。

圆锥角公差是以基本圆锥长度 $L$ 作为基本尺寸, 表中的每一 $AT_a$ 是一个定值, 而 $AT_D$ 是一个数值范围, 其关系式为

$$AT_D = AT_a \times L \times 10^{-3}$$

式中,  $AT_a$ 的单位为 $\mu\text{rad}$ ,  $AT_D$ 的单位为 $\mu\text{m}$ 。

表4-6 圆锥长度为100mm的圆锥直径公差 $T_D$ 而产生的最大圆锥角度偏差 (摘自ISO1947-1973附录) ( $\mu\text{rad}$ )

公差等级	圆锥直径												
	$\leq 3$	$>3$ 至6	$>6$ 至10	$>10$ 至18	$>18$ 至30	$>30$ 至50	$>50$ 至80	$>80$ 至 120	$>120$ 至 180	$>180$ 至 250	$>250$ 至 315	$>315$ 至 400	$>400$ 至 500
IT01	3	4	4	5	6	6	8	10	12	20	25	30	40
IT0	5	6	6	8	10	10	12	15	20	30	40	50	60
IT1	8	10	10	12	15	15	20	25	35	45	60	70	80
IT2	12	15	15	20	25	25	30	40	50	70	80	90	100
IT3	20	25	25	30	40	40	50	60	80	100	120	130	150
IT4	30	40	40	50	60	70	80	100	120	140	160	180	200
IT5	40	50	60	80	90	110	130	150	180	200	230	250	270
IT6	60	80	90	110	130	160	190	220	250	290	320	360	400
IT7	100	120	150	180	210	250	300	350	400	460	520	570	630
IT8	140	180	220	270	330	390	460	540	630	720	810	890	970
IT9	250	300	360	430	520	620	740	870	1000	1150	1300	1400	1550
IT10	400	480	580	700	840	1000	1200	1400	1600	1850	2100	2300	2500
IT11	600	750	900	1100	1300	1600	1900	2200	2500	2900	3200	3600	4000
IT12	1000	1200	1500	1800	2100	2500	3000	3500	4000	4600	5200	5700	6300
IT13	1400	1800	2200	2700	3300	3900	4600	5400	6300	7200	8100	8900	9700
IT14	2500	3000	3600	4300	5200	6200	7400	8700	10000	11500	13000	14000	15000
IT15	4000	4800	5800	7000	8400	10000	12000	14000	16000	18500	21000	23000	25000
IT16	6000	7500	9000	11000	13000	16000	19000	22000	25000	29000	32000	36000	40000

注: 若长度不为100mm, 表中给定值必须乘以 $\frac{100}{L}$ 。

### 3. 圆锥形状公差 $T_f$ 的选用

圆锥形状公差 $T_f$ 包括圆锥素线直线度公差和圆锥的圆度公差。对于要求不高的圆锥工件, 其形状误差一般也用圆锥直径公差限制。当要求的形状公差小于圆锥直径公差的一半时, 则应按具体要求另行给定形状公差 $T_f$ 。

### 4. 圆锥截面直径公差 $T_{D_s}$

有的圆锥零件, 按功能或制造上的要求, 需给定圆锥截面直径公差。例如阀类零件, 为使圆锥表面接触紧密, 保证有良好的密封性, 则应规定圆锥某一特定截面的直径公差 $T_{D_s}$ 。在这种情况下, 还必须同时规定圆锥角公差。



#### 四、圆锥配合的选用

圆锥配合同圆柱配合一样，相互配合的两圆锥的基本尺寸应相同，也推荐采用基孔制配合，配合可分为三种：

- (1) 间隙配合：相配合的内、外圆锥之间能有相对运动。
- (2) 紧密配合：为保证很好的密封性，内、外圆锥要配对研磨，所以没有互换性。
- (3) 过盈配合：传递扭矩的能力以过盈量的大小而不同。若在结合面间增加键连接，可传递很大的扭矩，例如高速旋转的磨床砂轮轴的圆锥轴颈与法兰盘锥孔的联结。

为了获得所要求的间隙配合，可以采用如图 4-7 所示的结构，也可以调整相互配合的圆锥之间的轴向位置来获得不同的配合性质。最大、最小间隙与最大、最小基面距改变量之间的关系为

$$E_{smax} = -\frac{1}{c} x_{max}$$

$$E_{smin} = -\frac{1}{c} x_{min}$$

基面距的调整范围或调整公差为

$$T_B = |E_{smax} - E_{smin}|$$

为了获得过盈配合，可以改变内、外圆锥轴向相对位置，如图 4-8 所示。当外圆锥处于位置 I 时，过盈量为零；处于位置 II 时能获得最小过盈量  $Y_{min}$ ，基面距改变量为  $E_{smin}$ ；处于位置 III 时获得最大过盈量  $Y_{max}$ ，基面距改变量为  $E_{smax}$ ，其关系式为

$$E_{smin} = -\frac{1}{c} |Y_{min}|$$

$$E_{smax} = -\frac{1}{c} |Y_{max}|$$

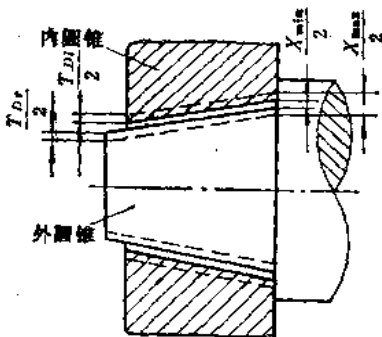


图4-7 间隙配合

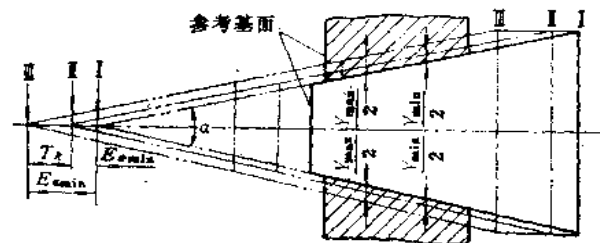


图4-8 过盈配合

由于圆锥工件往往同时存在圆锥直径偏差  $\Delta D$  和圆锥角偏差  $\Delta \alpha$ ，并均会影响  $\Delta E$  值。所以轴向位移量能综合反映  $\Delta D$  和  $\Delta \alpha$  的圆锥结合的作用尺寸。所以 ISO/TC3/SC2N111 制定了圆锥工件的轴向位移公差 ENT 值，见表 4-7 所示。表中 ENT 值是以中等锥度  $c = 1:10$  为基础，将圆锥直径公差（即标准公差 IT 值）代入下式计算得出

$$\Delta E_p = \frac{\Delta D_c(\text{或 } D_i)}{c} = \frac{\Delta D_s(\text{或 } D_i)}{1/10} = 10\Delta D_s(\text{或 } \Delta D_i)$$

所以ENT值是相应标准公差IT的10倍。由于圆锥配合采用基孔制，所以外圆锥相对于基本圆锥的最小轴向位移量，相对于GB1800-79《公差与配合》中的轴的各种代号的基本偏差值加大10倍而得，见表4-8，即

$$ENe_{\min} = -\frac{1}{c}(\text{轴向基本偏差})$$

外圆锥相对于基本圆锥的最大轴向位移为

$$ENe_{\max} = -\frac{1}{c}(\text{轴向基本偏差}) + ENT$$

对于内圆锥，因为是基准圆锥，故其轴向位移的最小值和最大值为

$$ENi_{\min} = 0$$

$$ENi_{\max} = ENT$$

当内、外圆结合时，最大相对轴向位移量 $EP_{\max}$ 和最小相对轴向位移量 $EP_{\min}$ 为

$$EP_{\max} = ENi_{\max} + ENe_{\max}$$

$$EP_{\min} = ENi_{\min} + ENe_{\min}$$

当圆锥结合的锥度 $c$ 不等于1:10时，应将表4-7和表4-8中的数值乘以相应的折算系数，折算系数见表4-9。

表4-7 内圆锥和外圆锥的轴向位移公差ENT (适用于锥度 $c=1:10$ )

基本尺寸 (mm)		公差 等级		ENT ( $\mu\text{m}$ )								ENT (mm)								
				IT01	IT0	IT1	IT2	IT3	IT4	IT5	IT6	IT7	IT8	IT9	IT10	IT11	IT12	IT13	IT14	IT15
超过	到																			
1	3	3	5	8	12	20	30	40	0.06	0.10	0.14	0.25	0.40	0.60	1.0	1.4	2.5	4	6	
3	6	4	6	10	15	25	40	50	0.08	0.12	0.18	0.30	0.48	0.75	1.2	1.8	3	4.8	7.5	
6	10	4	6	10	15	25	40	60	0.09	0.15	0.22	0.36	0.58	0.90	1.5	2.2	3.6	5.8	9	
10	18	5	8	12	20	30	50	80	0.11	0.18	0.27	0.43	0.70	1.1	1.8	2.7	4.3	7	11	
18	30	6	10	15	25	40	60	90	0.13	0.21	0.33	0.52	0.84	1.3	2.1	3.3	5.2	8.4	13	
30	50	6	10	15	25	40	70	110	0.16	0.25	0.39	0.62	1.0	1.6	2.5	3.9	6.2	10	16	
50	80	8	12	20	30	50	80	130	0.19	0.30	0.46	0.74	1.2	1.9	3	4.6	7.4	12	19	
80	120	10	15	25	40	60	100	150	0.22	0.35	0.54	0.87	1.4	2.2	3.5	5.4	8.7	14	22	
120	180	12	20	35	50	80	120	180	0.25	0.40	0.63	1.0	1.6	2.5	4	6.3	10	16	25	
180	250	20	30	45	70	100	140	200	0.29	0.46	0.72	1.15	1.85	2.9	4.6	7.2	11.5	18.5	29	
250	315	25	40	60	80	120	150	220	0.32	0.52	0.81	1.3	2.1	3.2	5.2	8.1	13	21	32	
315	400	30	50	70	90	130	180	250	0.36	0.57	0.89	1.4	2.3	3.6	5.7	8.9	14	23	36	
400	500	40	60	80	100	150	200	270	0.40	0.63	0.97	1.55	2.5	4	6.3	9.7	15.5	25	40	

表4-8 外圆锥相对基准圆锥轴向位移的最小偏差 ( $ENe_{min}$ ) (适用于锥度  $C=1:10$ )

基本尺寸 (mm)	代号	所有的等级 (mm)													i	
		a	b	c	cd	d	e	ef	f	fg	g	h	js	5.6	7	8
超过1	到 5	+2.7	+1.4	+0.6	+0.34	+0.20	+0.14	+0.10	+0.06	+0.04	+0.02	0	0	+0.02	+0.04	+0.05
3	6	+2.7	+1.4	+0.7	+0.46	+0.30	+0.2	+0.14	+0.10	+0.06	+0.04	0	0	+0.02	+0.04	—
6	10	+2.8	+1.5	+0.8	+0.56	+0.40	+0.25	+0.18	+0.13	+0.08	+0.05	0	0	+0.02	+0.05	—
10	14	+2.9	+1.5	+0.95	—	+0.50	+0.32	—	+0.15	—	+0.06	0	0	+0.03	+0.05	—
14	18	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
18	24	+3.0	+1.6	+1.1	—	+0.65	+0.40	—	+0.20	—	+0.07	0	0	+0.04	+0.08	—
24	30	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
30	40	+3.1	+1.7	+1.2	—	+0.8	+0.50	—	+0.25	—	+0.09	0	0	+0.05	+0.1	—
40	50	+3.2	+1.8	+1.3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
50	65	+3.4	+1.9	+1.4	—	+1.0	+0.60	—	+0.30	—	+0.10	0	0	+0.07	+0.12	—
65	80	+3.6	+2.0	+1.5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
80	100	+3.8	+2.2	+1.7	—	+1.2	+0.72	—	+0.36	—	+0.12	0	0	+0.09	+0.15	—
100	120	+4.1	+2.3	+1.8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
120	140	+4.6	+2.5	+2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
140	160	+5.2	+2.6	+2.1	—	+1.45	+0.85	—	+0.43	—	+0.14	0	0	+0.11	+0.18	—
160	180	+5.8	+3.1	+2.3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
180	200	+6.6	+3.4	+2.4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
200	225	+7.4	+3.8	+2.6	—	+1.7	+1.0	—	+0.50	—	+0.15	0	0	+0.13	+0.21	—
225	250	+8.2	+4.2	+2.8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
250	280	+9.2	+4.8	+3	—	+1.9	+1.1	—	+0.56	—	+0.17	0	0	+0.16	+0.25	—
280	315	+10.5	+5.4	+3.3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
315	355	+12	+6.0	+3.6	—	+2.1	+1.25	—	+0.62	—	+0.18	0	0	+0.18	+0.28	—
355	400	+13.5	+6.8	+4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
400	450	+15	+7.6	+4.4	—	+2.3	+1.35	—	+0.68	—	+0.20	0	0	+0.20	+0.12	—
450	500	+16.5	+8.4	+4.8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

$EN_e = \frac{ENT}{2}$

(续)

基本尺寸 (mm)	代号	所有的等级 (mm)																
		k	m	n	p	r	s	t	v	v	v	x	y	z	z0	z0	z0	zc
超过1	到3	0	-0.02	-0.04	-0.06	-0.1	-0.14	-	-0.18	-	-0.2	-	-0.20	-0.32	-0.4	-0.6		
3	6	-0.01	-0.04	-0.08	-0.12	-0.15	-0.19	-	-0.23	-	-0.28	-	-0.35	-0.42	-0.5	-0.8		
6	10	-0.01	-0.05	-0.1	-0.15	-0.19	-0.23	-	-0.28	-	-0.34	-	-0.42	-0.52	-0.67	-0.97		
10	14	-0.01	-0.07	-0.12	-0.18	-0.23	-0.28	-	-0.33	-	-0.4	-	-0.5	-0.64	-0.9	-1.3		
14	18	-	-	-	-	-	-	-	-0.33	-0.39	-0.45	-	-0.6	-0.77	-1.08	-1.5		
18	24	-0.02	-0.08	-0.15	-0.22	-0.28	-0.35	-	-0.41	-0.47	-0.54	-0.63	-0.73	-0.98	-1.39	-1.88		
24	30	-	-	-	-	-	-	-0.41	-0.48	-0.55	-0.64	-0.75	-0.88	-1.18	-1.6	-2.19		
30	40	-0.02	-0.09	-0.17	-0.26	-0.34	-0.43	-	-0.48	-0.58	-0.68	-0.81	-1.12	-1.48	-2	-2.24		
40	50	-0.02	-0.11	-0.2	-0.32	-0.43	-0.59	-0.75	-1.02	-1.2	-1.46	-1.74	-2.1	-2.74	-3.6	-4.8		
50	65	-0.02	-0.13	-0.23	-0.37	-0.51	-0.71	-0.91	-1.24	-1.46	-1.78	-2.14	-2.58	-3.35	-4.45	-5.85		
65	80	-0.03	-0.13	-0.23	-0.37	-0.54	-0.79	-1.04	-1.44	-1.72	-2.10	-2.54	-3.1	-4	-5.25	-6.9		
80	100	-0.03	-0.13	-0.23	-0.37	-0.63	-0.92	-1.22	-1.7	-2.02	-2.48	-3	-3.65	-4.7	-6.2	-8		
100	120	-0.03	-0.15	-0.27	-0.43	-0.65	-1	-1.34	-1.9	-2.28	-2.8	-3.4	-4.15	-5.35	-7	-9		
120	140	-0.04	-0.17	-0.31	-0.5	-0.84	-1.4	-1.96	-2.86	-3.4	-4.25	-5.2	-6.4	-8.2	-10.5	-13.5		
140	160	-0.04	-0.17	-0.31	-0.5	-0.84	-1.4	-1.96	-2.86	-3.4	-4.25	-5.2	-6.4	-8.2	-10.5	-13.5		
160	180	-0.04	-0.2	-0.34	-0.55	-0.94	-1.58	-2.18	-3.15	-3.85	-4.75	-5.8	-7.1	-9.2	-12	-15.5		
180	200	-0.04	-0.2	-0.34	-0.55	-0.98	-1.7	-2.4	-3.5	-4.25	-5.25	-6.5	-7.9	-10	-13	-17		
200	225	-0.04	-0.21	-0.37	-0.63	-1.08	-1.9	-2.58	-3.9	-4.75	-5.9	-7.3	-9	-11.5	-15	-19		
225	250	-0.05	-0.23	-0.4	-0.68	-1.14	-2.08	-2.94	-4.35	-5.3	-6.6	-8.2	-10	-13	-16.5	-21		
250	280	-0.05	-0.23	-0.4	-0.68	-1.26	-2.32	-3.3	-4.9	-5.95	-7.4	-9.2	-11	-14.5	-18.5	-24		
280	315	-0.05	-0.23	-0.4	-0.68	-1.32	-2.52	-3.6	-5.4	-6.6	-8.2	-10	-12.5	-16	-21	-26		

注: +表明圆锥对于基准圆锥有轴向间隙; -表明圆锥对于基准圆锥有轴向过盈。

表4-9 不同于锥度  $c = 1:10$  的所有其他锥度用的折算系数

一般用途锥角系列				特殊用途锥角系列		
标称值		锥度 $c$	折算系数	标称值	锥度 $c$	折算系数
第1系列	第2系列					
120°	—	1:0.288675	0.029 $A$	18°30'	1:3.070115	0.3 $A$
90°	—	1:0.500000	0.05 $A$	11°54'	1:4.797451	0.48 $A$
—	75°	1:0.681613	0.065 $A$	8°40'	1:6.598442	0.66 $A$
60°	—	1:0.856025	0.036 $A$	7°40'	1:8.174928	0.82 $A$
45°	—	1:1.207107	0.12 $A$	7:24	1:3.428571	0.34 $A$
30°	—	1:1.863025	0.186 $A$	1:9	—	0.9 $A$
1:3	—	—	0.3 $A$	1:12.262	—	1.2 $A$
—	1:4	—	0.4 $A$	1:12.972	—	1.3 $A$
1:5	—	—	0.5 $A$	1:15.748	—	1.57 $A$
—	1:6	—	0.6 $A$	—	—	—
—	1:7	—	0.7 $A$	1:18.779	—	1.8 $A$
—	1:8	—	0.8 $A$	1:19.002	—	1.9 $A$
1:10	—	—	1 $A$	1:19.180	—	1.92 $A$
—	1:12	—	1.2 $A$	1:19.212	—	1.92 $A$
—	1:15	—	1.5 $A$	1:19.254	—	1.92 $A$
1:20	—	—	2 $A$	1:19.264	—	1.92 $A$
—	1:30	—	3 $A$	1:20.922	—	1.99 $A$
1:50	—	—	5 $A$	1:20.020	—	2 $A$
1:100	—	—	10 $A$	1:20.047	—	2 $A$
1:200	—	—	20 $A$	1:20.288	—	2 $A$
1:500	—	—	50 $A$	1:23.904	—	2.4 $A$

## 五、未注公差角度的极限偏差的选用

图样上标注角度(包括不需标注的角度90°),若为未注公差,则加工与检测时应按《未注公差角度的极限偏差》规定要求进行验收。未注公差角度规定了三个公差等级,即中等级  $m$ 、粗糙级  $c$  和最粗糙级  $V$ ,其极限偏差见表4-10。

表中的主参数规定是角度的短边长度;对于锥度,当  $\alpha$  较小时,可取基本长度  $L$  当作边长;  $\alpha$  较大时,则取圆锥的素线长度。

表4-10 未注公差角度的极限偏差

公差等级	短 边 长 度 (mm)				
	至10	>10~50	>50~120	>120~400	>400
$m$ (中等级)	$\pm 1^\circ$	$\pm 30'$	$\pm 20'$	$\pm 10'$	$\pm 5'$
$c$ (粗糙级)	$\pm 1^\circ 30'$	$\pm 1^\circ$	$\pm 30'$	$\pm 15'$	$\pm 10'$
$V$ (最粗级)	$\pm 3^\circ$	$\pm 2^\circ$	$\pm 1^\circ$	$\pm 30'$	$\pm 20'$

## 六、圆锥尺寸及公差的标注

国际标准ISO3040-1974规定了圆锥工件尺寸和公差在图样上的标注方法。

### 1. 圆锥尺寸的标注方法

圆锥尺寸标注方法有四种,如图4-9所示。锥度及其方向用符号 $\nabla$ 表示,如图4-10所示。

### 2. 圆锥公差的标注方法

#### (1) 线值尺寸公差法

线值尺寸公差标注方法如图4-10所示。将锥作为标准尺寸,带有公差的圆锥线值尺寸作为检查的尺寸。若圆锥合格,则圆锥的锥角误差、形状误差与直径误差都应在公差带内。这一标注方法的特点,在垂直于圆锥轴线的的所有截面内,公差值的大小均相同。

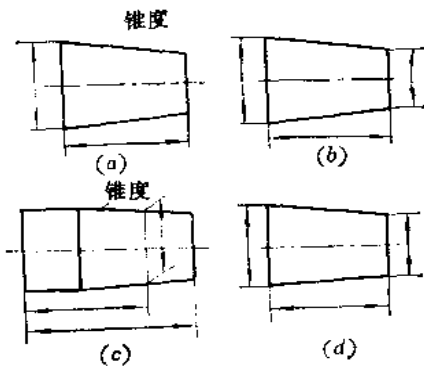


图4-9 圆锥尺寸的标注方法

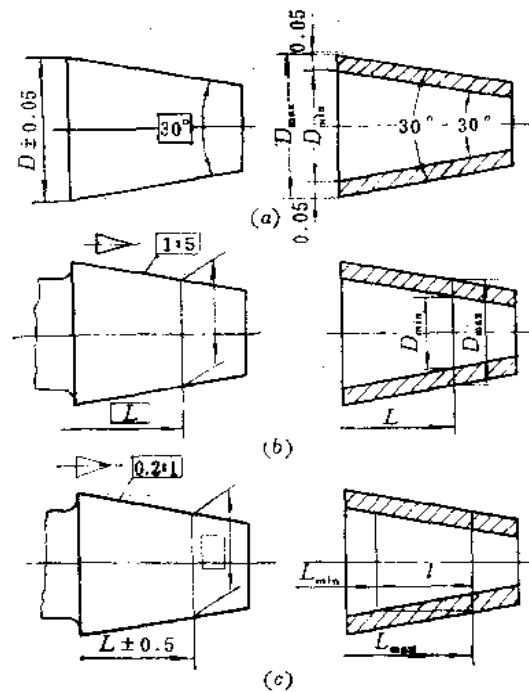


图4-10 线值尺寸公差法

#### (2) 锥角公差法

锥角公差标注法除了标注圆锥的某一尺寸( $D$ 或 $L$ )公差外,还要标注其锥度公差。这种标注的特点,在垂直于圆锥轴线的不同截面内公差大小不同。锥角公差和直径公差的合成公差带和圆锥表面最大、最小界限如图4-11所示。

#### (3) 相互配合的内、外圆锥尺寸和公差的注法

相互配合的内、外圆锥尺寸和公差的标注如图4-12所示。

#### (4) 举例

图4-13是将给定截面直径 $D$ 作为“标准尺寸”,并标注了锥度公差和尺寸 $L$ 公差。右图是给定的圆锥公差带及其界限。

图 4-14 是将尺寸  $L$  作为“标准尺寸”，并标注了锥度公差和由尺寸  $L$  确定截面的圆锥直径公差。右图是给定的公差带及其界限。

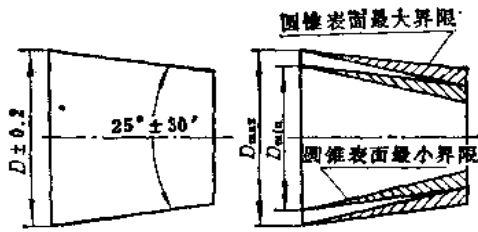


图4-11 锥角公差法

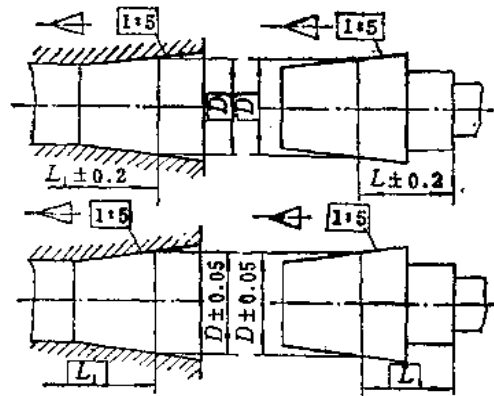


图4-12 内、外圆锥配合的标注

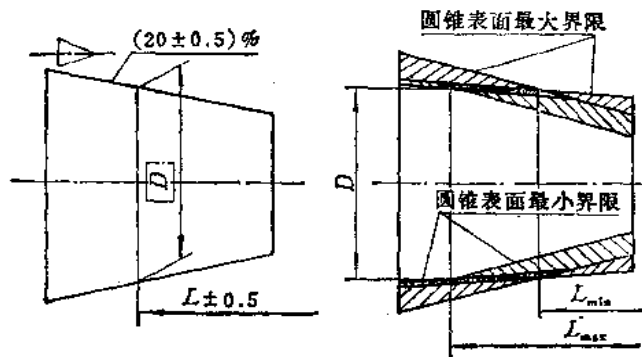


图4-13 直径  $D$  作为标准尺寸的标注

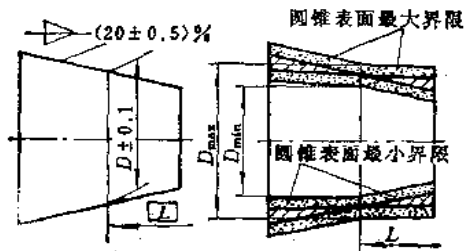


图4-14 尺寸  $L$  作为标准尺寸的标注

## 第五章 螺纹公差配合的选用与标注

螺纹结合应用很广，因此螺纹公差配合的选用是极其重要的。现代工业产品所使用的螺纹种类很多，从用途上可分为紧固螺纹、传动螺纹、紧密螺纹以及特殊用途的螺纹；从螺纹牙形可分为三角形、梯形、矩形、锯齿形、圆弧形和双圆弧形螺纹；此外，还有圆柱与圆锥，左旋与右旋，单线与多线，粗牙与细牙，米制与英制之分。

各种螺纹都规定有基本牙型。螺纹的几何参数有螺纹的大径、中径、小径、螺距、牙型半角以及螺纹升角等。螺纹旋合长度对螺纹的互换性也有直接的影响。

螺纹公差配合的选用应根据螺纹的用途，提出螺纹结合的使用性能要求，然后选用螺纹的公差等级和基本偏差，以及旋合长度。

螺纹的配合，主要是螺纹中径配合。为了减少定值刀具（丝锥）和量具的规格，螺纹中径配合主要选用基孔制。螺纹中径配合的种类，也有间隙配合、过渡配合和过盈配合。

### 一、普通螺纹公差配合的选用

我国颁布的新的普通螺纹国家标准由六个部分组成，其中有基本牙型，直径和螺距系列，基本尺寸，公差与配合，偏差表和术语。它们都与ISO有关标准相同。原有普通螺纹标准是六十年代参照苏联五十年代的标准制订的。它们的标准号列入表5-1，以供对照查考。与螺纹公差与配合有关的，是用《普通螺纹公差与配合》GB197-81代替GB192-63《普通螺纹牙型与公差带的基本概念、代号》和GB964-67《普通间隙螺纹公差》。旧标准GB964-67仅规定了一种间隙和一种精度，当时主要为了解决电镀3级螺纹旋合性不好而规定的镀前螺纹的公差标准（即普通间隙螺纹公差）。旧标准GB192-63标准仅规定一种最小间隙为零的公差标准。

表5-1 新、旧普通螺纹标准

标准名称	新标准号	旧标准号	ISO标准
普通螺纹 基本牙型	GB192-81	GB192-63	ISO68-73
普通螺纹 直径与螺距系列	GB193-81	GB193-63	ISO261-73
普通螺纹 基本尺寸	GB196-81	GB196-63	ISO724-78
普通螺纹 公差与配合	GB197-81	GB197-63 GB964-67	ISO965/1-80
普通螺纹 术语	GB2516-81		ISO5408-83
普通螺纹 偏差表	GB2516-81		ISO965/3-80

紧固螺纹的使用要求是指内、外螺纹旋合，依靠内、外螺纹牙的一侧表面相互接触，并产生轴向锁紧力来紧固和联结零件的螺纹，所以要求这种螺纹具有旋合性和足够的联



结强度。旋合性要求螺纹结合具有间隙，联结强度是保证内、外螺纹旋合后具有一定的承载能力。

紧固螺纹是各种螺纹中使用最普通的一种，一般采用三角形牙型的圆柱螺纹。基本牙型如图 5-1 所示。

螺纹的公差与配合，将公差带的大小和位置分别制订系列。螺纹公差带的大小由公差值确定，并按公差值大小分为若干个公差等级。螺纹的配合，与轴孔配合一样，由螺纹的基本偏差来确定，内螺纹规定两种基本偏差，外螺纹规定 4 种基本偏差，如图 5-2 和图 5-3 所示。

由于螺纹的旋合长度与螺纹精度有关，按 GB197-81 标准规定：螺纹公差带按短、中、长三组旋合长度给出了精密级、中等级和粗糙级的三种螺纹精度。

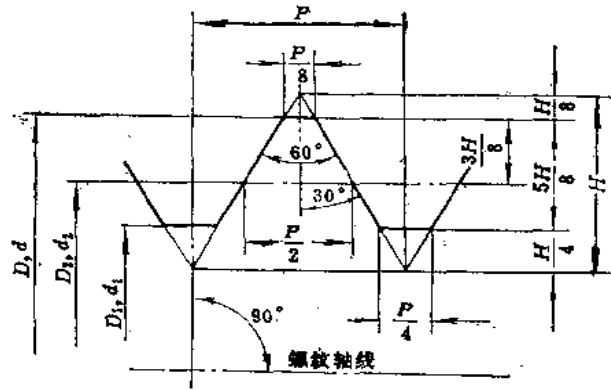


图5-1 普通螺纹基本牙型与几何参数  
 $D$ —内螺纹大径； $d_2$ —外螺纹中径； $d$ —外螺纹大径； $D_1$ —内螺纹小径； $D_2$ —内螺纹中径； $d_1$ —外螺纹小径； $P$ —螺距； $H$ —原始三角形高度。

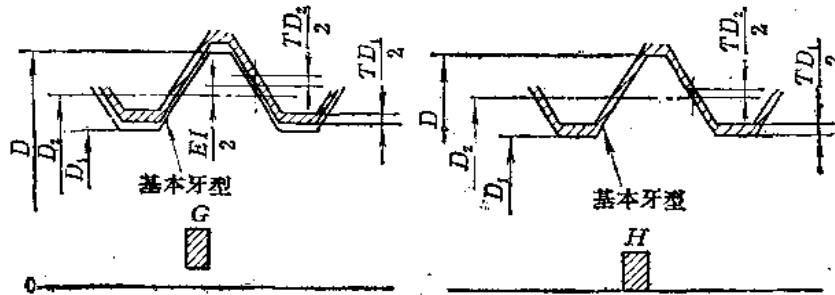


图5-2 内螺纹公差带的位置  
 $TD_1$ —内螺纹小径公差； $TD_2$ —内螺纹中径公差。

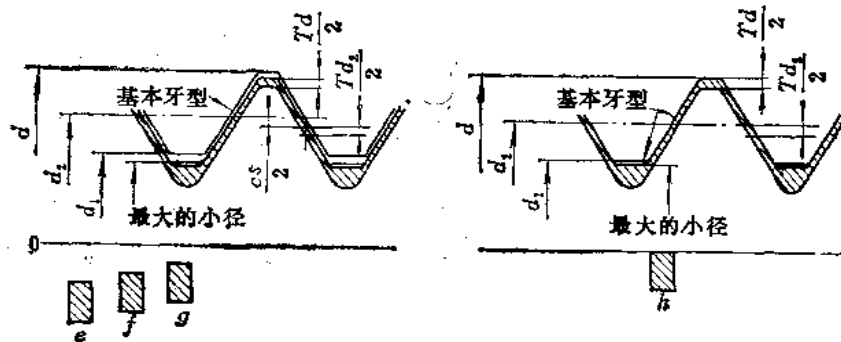


图5-3 外螺纹公差带位置  
 $Td$ —外螺纹大径公差； $Td_2$ —外螺纹中径公差。

表5-2 普通螺纹的直径与螺距系列 (摘自GB193-81)

(mm)

公称直径 $D$ 、 $d$			螺 距 $P$													
第一系列	第二系列	第三系列	粗牙	细							牙					
				4	3	2	1.5	1.25	1	0.75	0.5	0.35	0.25	0.2		
1			0.25													0.2
	1.1		0.25													0.2
1.2			0.25													0.2
	1.4		0.3													0.2
1.6			0.35													0.2
	1.8		0.35													0.2
2			0.4												0.25	
	2.2		0.45												0.25	
2.5			0.45										0.35			
3			0.5										0.35			
	3.5		(0.6)										0.35			
4			0.7									0.5				
	4.5		(0.75)									0.5				
5			0.8									0.5				
		5.5										0.5				
6			1								0.75	0.5				
		7	1								0.75	0.5				
8			1.25							1	0.75	0.5				
		9	(1.25)							1	0.75	0.5				
10			1.5						1.25	1	0.75	0.5				
		11	(1.5)							1	0.75	0.5				
12			1.75				1.5	1.25	1	0.75	0.5					
	14		2				1.5	1.25*	1	0.75	0.5					
		15					1.5		(1)							
16			2				1.5		1	0.75	0.5					
		17					1.5		(1)							
	18		2.5			2	1.5		1	0.75	0.5					
20			2.5			2	1.5		1	0.75	0.5					
	22		2.5			2	1.5		1	0.75	0.5					
24			3			2	1.5		1	0.75						
		25				2	1.5		(1)							
		26					1.5									
	27		3			2	1.5		1	0.75						
		28				2	1.5		1							
30			3.5		(3)	2	1.5		1	0.75						
		32				2	1.5									
	33		3.5		(3)	2	1.5		1	0.75						
		35**					1.5									
36			4		3	2	1.5		1							
		38					1.5									
	39		4		3	2	1.5		1							
		40			(3)	(2)	1.5									
42			4.5	(4)	3	2	1.5		1							
	45		4.5	(4)	3	2	1.5		1							
48			5	(4)	3	2	1.5		1							
		50			(3)	(2)	1.5									
	52		5	(4)	3	2	1.5		1							
		55		(4)	(3)	2	1.5									
56			5.5	4	3	2	1.5		1							
		58		(4)	(3)	2	1.5									
	60		(5.5)	4	3	2	1.5		1							
		62		(4)	(3)	2	1.5									
64			6	4	3	2	1.5		1							
		65		(4)	(3)	2	1.5									
	68		6	4	3	2	1.5		1							

\* M14×1.25仅用于火花塞。

\*\* M35×1.5仅用于滚动轴承锁紧螺母。

表5-3 普通螺纹基本尺寸

(mm)

公称直径 $D, d$			螺距 $P$	中径 $D_2$ 或 $d_2$	小径 $D_1$ 或 $d_1$
第一系列	第二系列	第三系列			
1			0.25	0.838	0.729
			0.2	0.870	0.783
1.1			0.25	0.938	0.829
			0.2	0.970	0.883
			0.25	1.038	0.929
			0.2	1.070	0.983
1.2			0.3	1.205	1.075
			0.2	1.270	1.183
			0.35	1.373	1.221
			0.2	1.470	1.383
1.4			0.35	1.573	1.421
			0.2	1.670	1.583
			0.4	1.740	1.567
			0.25	1.838	1.729
1.6			0.45	1.908	1.713
			0.25	2.288	1.929
			0.45	2.298	2.013
			0.25	2.273	2.121
1.8			0.5	2.675	2.459
			0.35	2.773	2.621
			(0.6)	3.110	2.850
			0.35	3.273	3.121
2			0.7	3.545	3.242
			0.5	3.675	3.459
			(0.75)	4.013	3.688
			0.5	4.175	3.959
2.2			0.8	4.480	4.134
			0.5	4.675	4.459
			0.5	5.175	4.959
			5.5	0.5	5.175
2.5			1	5.350	4.917
			0.75	5.513	5.188
			(0.5)	5.675	5.459
			1	6.350	5.917
3			0.75	6.513	6.188
			0.5	6.675	6.459
			1.25	7.188	6.647
			1	7.350	6.917
3.5			0.75	7.513	7.188
			(0.5)	7.675	7.459
			(1.25)	8.188	7.647
			1	8.350	7.917
4			0.75	8.513	8.188
			0.5	8.675	8.459
			1.5	9.026	8.376
			1.25	9.188	8.647
4.5			1	9.350	8.917
			0.75	9.513	9.188
			(0.5)	9.675	9.459
			(1.5)	10.026	9.376
5			1	10.350	9.917
			0.75	10.513	10.188
			0.5	10.675	10.459
			1.75	10.863	10.106
6			1.5	11.026	10.376
			1.25	11.188	10.647
			1	11.350	10.917
			0.75	11.513	11.188
7			0.75	11.675	11.459
			0.5	11.838	11.729
			0.45	11.908	11.713
			0.25	11.938	11.729
8			0.45	12.008	11.713
			0.25	12.038	11.729
			0.45	12.208	12.013
			0.25	12.273	12.121
9			0.5	12.675	12.459
			0.35	12.773	12.621
			(0.6)	13.110	12.850
			0.35	13.273	13.121
10			0.7	13.545	13.242
			0.5	13.675	13.459
			(0.75)	14.013	13.688
			0.5	14.175	13.959
11			0.8	14.480	14.134
			0.5	14.675	14.459
			0.5	15.175	14.959
			5.5	0.5	15.175
12			1	15.350	14.917
			0.75	15.513	15.188
			(0.5)	15.675	15.459
			1	16.350	15.917
13			0.75	16.513	16.188
			0.5	16.675	16.459
			1.25	17.188	16.647
			1	17.350	16.917
14			0.75	17.513	17.188
			(0.5)	17.675	17.459
			(1.25)	18.188	17.647
			1	18.350	17.917
15			0.75	18.513	18.188
			0.5	18.675	18.459
			1.5	19.026	18.376
			1.25	19.188	18.647
16			1	19.350	18.917
			0.75	19.513	19.188
			(0.5)	19.675	19.459
			(1.5)	20.026	19.376
17			1	20.350	19.917
			0.75	20.513	20.188
			0.5	20.675	20.459
			1.75	20.863	20.106
18			1.5	21.026	20.376
			1.25	21.188	20.647
			1	21.350	20.917
			0.75	21.513	21.188

- 注：(1) 直径优先选用第一系列，其次第二系列，第三系列尽可能不用；  
(2) 括号内的螺距尽可能不用；  
(3) 用黑体字表示的螺距为粗牙。

(续)

公称直径 $D, d$			螺距 $P$	中径 $D_2$ 或 $d_2$	小径 $D_1$ 或 $d_1$
第一系列	第二系列	第三系列			
12			1	11.350	10.917
			(0.75)	11.513	11.188
			(0.5)	11.675	11.459
14	14		2	12.701	11.835
			1.5	13.026	12.376
			(1.25)	13.188	12.647
			1	13.350	12.917
			(0.75)	13.513	13.188
			(0.5)	13.675	13.459
16		15	1.5	14.026	13.376
			(1)	14.350	13.917
			2	14.701	13.835
18	18		1.5	15.026	14.376
			1	15.350	14.917
			(0.75)	15.513	15.188
			(0.5)	15.675	15.459
			1.5	16.026	15.376
			(1)	16.350	15.917
20	20		2.5	16.376	15.294
			2	16.701	15.835
			1.5	17.026	16.376
			1	17.350	16.917
			(0.75)	17.513	17.188
			(0.5)	17.675	17.459
22	22		2.5	18.376	17.294
			2	18.701	17.835
			1.5	19.026	18.376
			1	19.350	18.917
			(0.75)	19.513	19.188
			(0.5)	19.675	19.459
24	24		2.5	20.376	19.294
			2	20.701	19.835
			1.5	21.026	20.376
			1	21.350	20.917
			(0.75)	21.513	21.188
			(0.5)	21.675	21.459
26	26		3	22.051	20.752
			2	22.701	21.835
			1.5	23.026	22.376
			1	23.350	22.917
			(0.75)	23.513	23.188
			2	23.701	22.835
28	27		1.5	24.026	23.376
			(1)	24.350	23.917
			1.5	25.026	24.376
			3	25.051	23.752
			2	25.701	24.835
			1.5	26.026	25.376
30	28		1	26.350	25.917
			(0.75)	26.513	26.188
			2	26.701	25.835
			1.5	27.026	26.376
			1	27.350	26.917
			3.5	27.727	26.211
30			(3)	28.051	26.752
			2	28.701	27.835
			1.5	29.026	28.376

\* M14×1.25仅用于火花塞。

(续)

公称直径 $D, d$			螺 距	中 径	小 径		
第一系列	第二系列	第三系列	$P$	$D_2$ 或 $d_2$	$D_1$ 或 $d_1$		
30			1	29.350	28.917		
			(0.75)	29.513	29.188		
	33	32	2	30.701	29.835		
			1.5	31.026	30.376		
		3.5	30.727	29.211			
		(3)	31.051	29.752			
		2	31.701	30.835			
		1.5	32.026	31.376			
		(1)	32.350	31.917			
		(0.75)	32.513	32.188			
		35**			1.5	34.026	33.376
					4	33.402	31.670
36			3	34.051	32.752		
			2	34.701	33.835		
			1.5	35.026	34.376		
			(1)	35.350	34.917		
			1.5	37.026	36.376		
			4	36.402	34.670		
	39	38	3	37.051	35.752		
			2	37.701	36.835		
		1.5	38.026	37.376			
		(1)	38.350	37.917			
		(3)	38.051	36.752			
		(2)	38.701	37.835			
	45	40	1.5	39.026	38.376		
			4.5	39.077	37.129		
		(4)	39.402	37.670			
		3	40.051	38.752			
		2	40.701	39.835			
		1.5	41.026	40.376			
		(1)	41.350	40.917			
		4.5	42.077	40.129			
		(4)	42.402	40.670			
		3	43.051	41.752			
2	43.701	42.835					
1.5	44.026	43.376					
(1)	44.350	43.917					
			5	44.752	42.587		
			(4)	45.402	43.670		
			3	46.051	44.752		
			2	46.701	45.835		
			1.5	47.026	46.376		
			(1)	47.350	46.917		
		50	(3)	48.051	46.752		
			(2)	48.701	47.835		
		1.5	49.026	48.376			
		5	48.752	46.587			
		(4)	49.402	47.670			
		3	50.051	48.752			
	52		2	50.701	49.835		
			1.5	51.026	50.376		
		(1)	51.350	50.917			
		(4)	52.402	50.670			
		(3)	53.051	51.752			
		2	53.701	52.835			
		55	1.5	54.026	53.376		
			5.5	52.428	50.046		
56							

\*\* M35×1.5仅用于滚动轴承锁紧螺母。

### 1. 普通螺纹直径和螺距系列的选用

普通螺纹直径范围规定为 1~600mm, 螺距范围是 0.2~6mm。其中螺纹的公称直径分为三个系列, 规定优先选用第一系列的直径, 其次是第二系列, 第三系列的直径尽可能不用。

标准中同一个直径可以对应一个或几个螺距。其中最大的螺距叫做粗牙, 其它均为细牙。但是当直径  $D$  或  $d$  大于 68mm 时, 对应的最大螺距就不再增加, 所以大于直径 68mm 的螺纹, 所给出的螺距全部是细牙。

螺纹直径和螺距的选用应符合使用要求, 并按表 5-2 规定选用。

### 2. 普通螺纹的基本尺寸

各种螺纹的公称直径 (即大径基本尺寸)、螺距、中径和小径的基本尺寸见表 5-3。其中的中径和小径尺寸按下面公式计算:

$$D_2 = D - 2 \times \frac{3}{8} H;$$

$$d_2 = d - 2 \times \frac{3}{8} H;$$

$$D_1 = D - 2 \times \frac{5}{8} H;$$

$$d_1 = d - 2 \times \frac{5}{8} H。$$

式中  $H = 0.866025404 P$

### 3. 普通螺纹公差等级的选用

螺纹公差按其大小分为若干等级, 按国家标准规定如下:

螺纹直径	公差等级
外螺纹中径 $d_2$	3、4、5、6、7、8、9
外螺纹大径 $d$	4、6、8
内螺纹中径 $D_2$	4、5、6、7、8
内螺纹小径 $D_1$	4、5、6、7、8

内、外螺纹各直径采用的公差等级疏密是不同的, 这是根据各直径所起的作用不同以及加工的难易程度等因素确定的。螺纹中径是决定螺纹配合性质和精度的主要尺寸, 为满足设计需要将中径公差等级规定得密一些。由于外螺纹比内螺纹容易加工和检验, 所以外螺纹中径的公差等级比内螺纹中径的公差等级多 2 级。外螺纹大径与配合性质无关, 所以仅规定 3 个公差等级。内螺纹的中径与小径均规定 5 个等级。

应用较多的是 6 级基本级。具体使用时, 应与基本偏差组成公差带组合选用。

在具体选用时应考虑以下两个方面:

(1) 外螺纹的中径公差  $Td_2$  不能大于与其相组合的顶径公差  $Td$ , 即在中径和顶径组成一组合公差带中, 必须满足  $Td_2 < Td$  的要求, 否则, 这组公差带不能使用。例如 5h4h, 若出现 5 级中径公差大于 4 级顶径公差时, 这一组公差带则不能使用。当大径为 6 级时, 5h6h 的组合公差带, 一般 5 级的中径公差小于 6 级大径公差, 这组公差带可以使用。这样便能避免出现螺纹中径合格而大径超差的情况。

(2) 内螺纹的中径公差不能大于  $P/4$ 。若按所列公式计算得到的中径公差值大于

$P/4$  时, 则该组公差值不能使用。因为当  $TD_2 > P/4$  时, 内螺纹的强度会减弱的太多。  
各公差等级的公差值规定见表 5-4 至表 5-7。

表 5-4 内螺纹小径公差 ( $TD_1$ )

螺 距 $P$ (mm)	公 差 等 级 ( $\mu\text{m}$ )				
	4	5	6	7	8
0.2	33	48	—	—	—
0.25	45	56	71	—	—
0.3	52	67	85	—	—
0.35	63	80	100	—	—
0.4	71	90	112	—	—
0.45	80	100	125	—	—
0.5	90	112	140	180	—
0.6	100	125	160	200	—
0.7	112	140	180	224	—
0.75	118	150	190	236	—
0.8	125	160	200	250	315
1	150	190	236	300	375
1.25	170	212	265	335	425
1.5	190	236	300	375	475
1.75	212	265	335	425	530
2	236	300	375	475	600
2.5	280	355	450	560	710
3	315	400	500	630	800
3.5	355	450	560	710	900
4	375	475	600	750	950
4.5	425	530	670	850	1060
5	450	560	710	900	1120
5.5	475	600	750	950	1180
6	500	630	800	1000	1250

表 5-5 外螺纹大径公差 ( $Td$ )

螺 距 $P$ (mm)	公 差 等 级 ( $\mu\text{m}$ )		
	4	6	8
0.2	36	56	—
0.25	42	67	—
0.3	48	75	—
0.35	53	85	—
0.4	60	95	—
0.45	63	100	—
0.5	67	106	—
0.6	80	125	—
0.7	90	140	—
0.75	90	140	—
0.8	95	150	236
1	112	180	280
1.25	132	212	335
1.5	160	236	375
1.75	170	265	425
2	180	280	450
2.5	212	335	530
3	236	375	600
3.5	265	425	670
4	300	475	750
4.5	315	500	800
5	335	530	850
5.5	355	560	900
6	375	600	950

表5-6 内螺纹中径公差 ( $TD_2$ )

公称直径 $D$ (mm)		螺 距 $P, \text{mm}$	公 差 等 级 ( $\mu\text{m}$ )				
>	<		4	5	6	7	8
0.99	1.4	0.2	40	—	—	—	—
		0.25	45	56	—	—	—
		0.3	48	60	75	—	—
1.4	2.8	0.2	42	—	—	—	—
		0.25	48	60	—	—	—
		0.35	53	67	85	—	—
		0.4	56	71	90	—	—
		0.45	60	75	95	—	—
2.8	5.6	0.35	56	71	90	—	—
		0.5	63	80	100	125	—
		0.6	71	90	112	140	—
		0.7	75	95	118	150	—
		0.75	75	95	118	150	—
		0.8	80	100	125	160	200
5.6	11.2	0.5	71	90	112	140	—
		0.75	85	106	132	170	—
		1	95	118	150	190	236
		1.25	100	125	160	200	250
		1.5	112	140	180	224	280
11.2	22.4	0.5	75	95	118	150	—
		0.75	90	112	140	180	—
		1	100	125	160	200	250
		1.25	112	140	180	224	280
		1.5	118	150	190	236	300
		1.75	125	160	200	250	315
		2	132	170	212	265	335
		2.5	140	180	224	280	355
22.4	45	0.75	95	118	150	190	—
		1	106	132	170	212	—
		1.5	125	160	200	250	315
		2	140	180	224	280	355
		3	170	212	265	335	425
		3.5	180	224	280	355	450
		4	190	236	300	375	475
		4.5	200	250	315	400	500
45	90	1	118	150	180	236	—
		1.5	132	170	212	265	335
		2	150	190	236	300	375
		3	180	224	280	355	450
		4	200	250	315	400	500
		5	212	265	335	425	530
		5.5	224	280	355	450	560
		8	236	300	375	475	600
60	180	1.5	140	180	224	280	355
		2	160	200	250	315	400
		3	190	236	300	375	475
		4	212	265	335	425	530
		6	250	315	400	500	630
180	355	2	180	224	280	355	450
		3	212	265	335	425	530
		4	236	300	375	475	600
		6	265	335	425	530	670



表5-7 外螺纹中径公差 ( $T_d$ )

公称直径 $d$ (mm)		螺距 $P$ , mm	公差等级 ( $\mu\text{m}$ )						
>	<		3	4	5	6	7	8	9
0.99	1.4	0.2	24	30	38	48	—	—	—
		0.25	26	34	42	53	—	—	—
		0.3	26	36	45	56	—	—	—
1.4	2.8	0.2	25	32	40	50	—	—	—
		0.25	28	36	45	56	—	—	—
		0.35	32	40	50	63	80	—	—
		0.4	34	42	53	67	85	—	—
		0.45	36	45	58	71	90	—	—
2.8	5.6	0.35	34	42	53	67	85	—	—
		0.5	38	48	60	75	95	—	—
		0.6	42	53	67	85	106	—	—
		0.7	45	56	71	90	112	—	—
		0.75	45	56	71	90	112	—	—
		0.8	48	60	75	95	118	150	190
5.6	11.2	0.5	42	53	67	85	106	—	—
		0.75	50	63	80	100	125	—	—
		1	56	71	90	112	140	180	224
		1.25	60	75	95	118	150	190	236
		1.5	67	85	106	132	170	212	265
11.2	22.4	0.5	45	56	71	90	112	—	—
		0.75	53	67	85	106	132	—	—
		1	60	75	95	118	150	190	238
		1.25	67	85	106	132	170	212	265
		1.5	71	90	112	140	180	224	280
		1.75	75	95	118	150	190	236	300
		2	80	100	125	160	200	250	315
		2.5	85	106	132	170	212	265	335
22.4	45	0.75	56	71	90	112	140	—	—
		1	63	80	100	125	160	200	250
		1.5	75	95	118	150	190	236	300
		2	85	106	132	170	212	265	335
		3	100	125	160	200	250	315	400
		3.5	106	132	170	212	265	335	425
		4	112	140	180	224	280	355	450
		4.5	118	150	190	238	300	375	475
45	90	1	71	90	112	140	180	224	—
		1.5	80	100	125	160	200	250	315
		2	90	112	140	180	224	280	355
		3	106	132	170	212	265	335	425
		4	118	150	190	236	300	375	475
		5	125	160	200	250	315	400	500
		5.5	132	170	212	265	335	425	530
6	140	180	224	280	355	450	560		
90	180	1.5	85	106	132	170	212	265	335
		2	95	118	150	190	236	300	375
		3	112	140	180	224	280	355	450
		4	125	160	200	250	315	400	500
		6	150	190	236	300	375	475	600
180	355	2	106	132	170	212	265	335	425
		3	125	160	200	250	315	400	500
		4	140	180	224	280	355	450	560
		6	160	200	250	315	400	500	630

表5-8 螺纹旋合长度

(mm)

公称直径 <i>Dd</i>		螺距 <i>P</i>	旋合长度			
			<i>S</i>	<i>N</i>		<i>L</i>
>	<		<	>	<	>
0.89	1.4	0.2	0.5	0.5	1.4	1.4
		0.25	0.6	0.6	1.7	1.7
		0.3	0.7	0.7	2	2
1.4	2.8	0.2	0.5	0.5	1.5	1.5
		0.25	0.6	0.6	1.9	1.9
		0.35	0.8	0.8	2.6	2.6
		0.4	1	1	3	3
		0.45	1.3	1.3	3.8	3.8
2.8	5.6	0.35	1	1	3	3
		0.5	1.5	1.5	4.5	4.5
		0.6	1.7	1.7	5	5
		0.7	2	2	6	6
		0.75	2.2	2.2	6.7	6.7
		0.8	2.5	2.5	7.5	7.5
5.6	11.2	0.5	1.6	1.6	4.7	4.7
		0.75	2.4	2.4	7.1	7.1
		1	3	3	9	9
		1.25	4	4	12	12
		1.5	5	5	15	15
11.2	22.4	0.5	1.8	1.8	5.4	5.4
		0.75	2.7	2.7	8.1	8.1
		1	3.8	3.8	11	11
		1.25	4.5	4.5	13	13
		1.5	5.6	5.6	16	16
		1.75	6	6	18	18
		2	8	8	24	24
		2.5	10	10	30	30
22.4	45	0.75	3.1	3.1	9.4	9.4
		1	4	4	12	12
		1.5	6.3	6.3	19	19
		2	8.5	8.5	25	25
		3	12	12	36	36
		3.5	15	15	45	45
		4	18	18	53	53
		4.5	21	21	63	63
45	90	1	4.8	4.8	14	14
		1.5	7.5	7.5	22	22
		2	9.5	9.5	28	28
		3	15	15	45	45
		4	19	19	56	56
		5	24	24	71	71
		5.5	28	28	85	85
		6	32	32	95	95
90	180	1.5	8.3	8.3	25	25
		2	12	12	36	36
		3	18	18	53	53
		4	24	24	71	71
		6	36	36	106	106
180	355	2	13	13	38	38
		3	20	20	60	60
		4	26	26	80	80
		6	40	40	118	118

#### 4. 螺纹旋合长度的选用

螺纹的旋合长度分为三组，分别称为短旋合长度、中等旋合长度和长旋合长度，其相应的代号为  $S$ 、 $N$  和  $L$ 。中等旋合长度按下式计算

$$I_{N_{\min}} = 2.2Pd^{0.1}$$

$$I_{N_{\max}} = 6.7Pd^{0.1}$$

式中  $P$ ——螺距(mm)；

$d$ ——螺纹公称直径(mm)。

小于或等于最小长度  $I_{N_{\min}}$  的螺纹为短旋合长度，大于最大长度  $I_{N_{\max}}$  的螺纹为长旋合长度。旋合长度数值见表 5-8。

实际旋合长度是由结构设计需要和标准旋合长度而确定的。选用时应在保证螺纹良好使用要求的前提下，尽可能减短旋合长度，不用或少用长旋合长度。具体选用时，要考虑螺纹用途，零件材质、载荷大小及使用条件等。

中等旋合长度：一般尽可能选用中等旋合长度。对粗牙螺纹，中等旋合长度正是最常用的长度尺寸。

长旋合长度：对于调整用的连接螺纹，因受调节量大小的影响，一般均选用长旋合长度的螺纹；对于铝合金、锌合金件上的螺纹，为保证其机械强度，一般也采用  $2d$  长的长旋合长度；对于一些盲孔紧固或调整螺纹，也较多地用长旋合长度。

短旋合长度：用于受力不大，或受空间位置限制的螺纹，如锁紧用特薄螺母，有的还不到 2.5 扣。

在选用旋合长度时，应考虑到旋合长度对螺距累积误差的影响。必须注意，并不是选用螺纹的旋合长度越长越好，越长越可靠，越长密封性越好等等错误偏见。

#### 5. 螺纹精度的选用

按普通螺纹给出的公差等级与基本偏差进行组合，例如每一个螺纹规格可以得到外螺纹的中径公差带 28 个，大径公差带 12 个，内螺纹的中径公差带 10 个，小径公差带 10 个。为了适当地减少刀量具品种规格，按 GB197-81 标准规定，螺纹公差带按短、中、长三组旋合长度给出精密、中等和粗糙三种精度。选用时可见表 5-9。

表5-9 螺纹精度等级的选用

精度等级	应 用 举 例
精密级	用于精密螺纹，要求配合性质变动较小的螺纹。如该螺纹是产品结构中的关键部位，承受疲劳载荷较大的，如飞机上的螺纹 4h 及 4H5H，相当于旧标准中的一级螺纹
中等级	用于一般用途的螺纹，如 6H、6h、6g 等，相当于旧标准中的 2 级或 2a 级螺纹，如汽车上的螺纹
粗糙级	用于精度要求不高或制造上比较困难的螺纹。如该螺纹是产品结构中的不重要部位，或用热轧材料直接加工的螺纹，或深孔攻丝等。一般紧固螺纹都用这一级，其中 7H、8h 等相当于旧标准中的 3 级精度螺纹

在具体选用时还应考虑以下几点：

(1) 标准规定以中等旋合长度的 6 级公差作为中等精度级，这是最基本、最常用的公差等级，也是工量具设计时，最优先考虑的精度等级。如采用机用或手用丝锥  $H$ ，便能加

工 6 H 公差带的内螺纹。然后根据实际情况进行对比分析（如使用部位，受力情况，旋合长度等）选用合适的精度等级。

### (2) 考虑螺纹旋合长度对精度的影响

考虑到螺纹旋合长度对螺距误差的影响，当旋合长度加长时，应给予较大的公差；当旋合长度减短时，可减小公差。因此，在螺纹同一精度，若旋合长度不同，中径应采用不同的公差等级，S组比N组高一级，L组比N组低一级。

具体选用时，首先可以根据产品结构的使用要求，初步确定它在中等旋合长度时的精度级。然后再按照螺纹的实际旋合长度进一步确定该螺纹的公差带，若该螺纹是属于短旋合长度组的，则应把螺纹公差等级比中等旋合长度组的公差级提高一级；若该螺纹是属于长旋合长度组的，则应把螺纹公差等级比中等旋合长度组的公差等级降低一级。但是，对于粗精度级的螺纹，则可以不考虑旋合长度的影响。

内螺纹的小径公差多数与中径公差采用相同的公差等级，并随旋合长度的缩短或加长而提高或降低一级。

外螺纹的大径公差，在N组，与中径公差采用相同的等级；在S组，比中径公差低一级；在L组，比中径公差高一级。

(3) 对需要涂镀保护层的螺纹，如无特殊规定，镀前应按选用公差带制造，镀后螺纹的实际轮廓上的任何点均不应超过基本牙型。

### 6. 螺纹基本偏差（配合）的选用

螺纹公差带相对于基本牙型的位置是用基本偏差来确定的。按 GB197-81 标准规定，对内螺纹规定了G和H两种公差带位置，对外螺纹规定了e、f、g和h四种公差带位置。如图 5-2 和图 5-3 所示。

内、外螺纹配合具有最小保证间隙  $X_{\min}$ ，其大小由内、外螺纹基本偏差来确定。最小保证间隙的计算公式为

$$X_{\min} = EI - es$$

式中 EI——内螺纹下偏差；

es——外螺纹上偏差。

若把内、外螺纹配合按其基本偏差排列组合，将各种基本偏差值代入上式便能求得各种组合时的最小保证间隙，见表 5-10。

表5-10 最小保证间隙 ( $\mu\text{m}$ )

内螺纹 \ 外螺纹	h	g	f	e
	H	0	15 + 11P	30 + 11P
G	15 + 11P	30 + 11P	45 + 22P	65 + 22P

注：P——螺距。

由于内、外螺纹的公差带可以任意组合，这种组合首先是在保证螺纹有足够的连接强度条件下，确保螺纹连接的互换性而进行组合的。具体选用时，应考虑以下几点：

(1) 为了减少刀量具的规格数量，应按标准推荐的“优先”、“其次”、“尽量不用”的顺序选择，见表 5-11 和表 5-12。

表5-11 内螺纹选用公差带

精度	公差带位置 G			公差带位置 H		
	S	N	L	S	N	L
精密				4H	4H5H	5H6H
中等	(5G)	(6G)	(7G)	*5H	[*6H]	*7H
粗糙		(7G)			7H	

表5-12 外螺纹选用公差带

精度	公差带位置 e			公差带位置 f			公差带位置 g			公差带位置 h		
	S	N	L	S	N	L	S	N	L	S	N	L
精密										(3h4h)	*4h	(5h4h)
中等		*6e			*6f		(5g6g)	[*6g]	(7g6g)	(5h6h)	*6h	(7h6h)
粗糙								8g			(8h)	

注：(1) 大量生产的精制紧固件螺纹，推荐采用带方括号的公差带；

(2) 带\*的公差带应优先选用，不带\*的公差带其次，加括号的公差带尽可能不用。

(2) 选用的配合应保证螺纹有足够的接触高度，即保证内、外螺纹旋合后的连接强度。因为内、外螺纹基本偏差的增大，螺纹的接触高度也随着减小，这将导致螺纹表面承载应力过大而产生螺纹倾倒，或导致螺纹剪切破坏，尤其对于小螺距螺纹，或原材料有较严重脱碳现象并经搓丝或滚压成形的螺纹更应考虑螺纹的连接强度。为此，推荐如下：

① 对无特殊要求的一般连接螺纹，完工后的精度组合应采用  $H/h$ 、 $H/g$  ( $G/h$ ) 的配合；

② 对于性能等级大于或等于 8.8 级的螺纹应该选用  $5H/6H$  精度配合；

③ 对于直径小于或等于 1.4mm 的连接螺纹，为保证连接强度，应采用  $5H/6h$  的配合。

(3) 为保证有涂镀层螺纹连接的互换性，应考虑螺纹镀层厚度系列，见表 5-13、与内、外螺纹配合的最小保证间隙、综合选用内、外螺纹的基本偏差。

① 外螺纹镀层的基本偏差的选择

$g$ ——仅能提供有较薄的镀层，它一般适用于十分良好和良好工作条件的螺纹零件；

$f$ ——可容纳稍厚的镀层，它适用于一般或工作条件较差的螺纹零件；

$l$ ——可容纳较厚的镀层，它适用于十分恶劣工作条件下的螺纹零件。

② 内螺纹镀层的基本偏差选择

$H$ ——一般情况，当螺距大于或等于 0.8mm，螺纹公差等级低于或等于 6 级（相当 GB197-63 规定的 2 级），镀层厚度为 6~9 $\mu$ m 时，内螺纹可选用  $H$  基本偏差。

虽然选用  $H$  基本偏差，存在着镀后螺纹会超出  $H$  位置的最大实体牙型而影响螺纹互换性。由于在加工内螺纹时，丝锥在进入和离开工件时存在着扩切作用，镀前的酸洗会使内螺纹镀前尺寸增大；螺孔的加工也符合正态分布规律，大部分螺纹尺寸均处于公差带的中间尺寸，只有极少量的尺寸是处于最小极限尺寸，这样，内螺纹选用  $H$  基本偏差，

表5-13 镀层厚度系列

螺距 $P$ (mm)	$g$	$f$	$e$	$G$
	最大镀层厚度 ( $\mu\text{m}$ )			
0.35~0.45	3	—	—	—
0.5	5	8	12	5
0.6				
0.7				
0.8				
1	8	10	15	8
1.25				
1.5				
1.75	10	12	20	10
2				
2.5	12	15		12
3	15	20	25	15~20

也可以容纳较薄镀层的厚度。一般装配过程中,不会产生过大的干涉。对于螺距小于0.8mm的螺纹,当镀层厚度小于 $3\mu\text{m}$ 时,仍可以选用 $H$ 公差带位置。

$G$ ——采用 $G$ 基本偏差的内螺纹,一般镀层厚度的镀后螺纹的实际轮廓不会超出 $H$ 位置的最大实体牙型,所以可用于镀层较厚的内螺纹。

#### (4) 考虑螺纹的拆装选用螺纹的配合

① 对于靠手拧紧,单件或批量生产的产品,由于产品的装配速度不高,可以选用 $H/h$ 。

② 对于大量流水装配生产线的产品,极大部分的螺纹靠风动或电动工具进行装配,若没有良好引导性,则会拧乱扣或不能保证装配质量,采用 $H/g$ 的组合,就能在螺纹副中得到一定间隙,从而可以提高螺纹装拆的方便性。

(5) 用于高温状态下工作的螺纹,应选用具有一定间隙的螺纹副连接。在高温状态下工作的螺纹,因受高温的影响,金属表面易形成氧化皮,以及高温下,介质沉积会使螺纹卡死。根据联邦德国 LN9163-1973 航空螺纹基本偏差与公差标准推荐,一般工作温度在 $450^\circ\text{C}$ 以下时,可选用 $g$ 基本偏差;当工作温度在 $450^\circ\text{C}$ 以上时,可选用 $e$ 基本偏差。如火花塞螺纹的中径公差带位置选用 $H/e$ 。

对于小螺距的螺纹,为了保证螺纹的连接强度,不宜选用有较大的最小保证间隙配合的螺纹。

(6) 可以利用具有最小保证间隙的配合,以补偿长旋合长度螺距累积误差的干涉来确定其基本偏差。

普通螺纹的极限偏差可查 GB2516-81 标准,其中规定了螺纹中径和顶径的极限偏差,见表 5-14。

表5-14 普通螺纹极限偏差 (摘自GB2516-81)

( $\mu\text{m}$ )

直径分段 $D, d$ (mm)		螺 距 $P$ (mm)	内 螺 纹				外 螺 纹							
>	<		公差带	中径 $D_2$		小径 $D_1$		公差带	中径 $d_2$		大径 $d$			
				ES	EI	ES	E <sub>l</sub>		es	ei	es	ei		
0.99	1.4	0.2	4H	+40	0	+38	0	3h4h	0	-24	0	-36		
			4H5H	+40	0	+48	0	4h	0	-30	0	-36		
									5G6G	-17	-55	-17	-73	
									5h6h	0	-38	0	-56	
									6G	-17	-65	-17	-73	
									6h	0	-48	0	-56	
				0.25	4H	+45	0	+45	0	3h4h	0	-26	0	-42
					4H5H	+45	0	+56	0	4h	0	-34	0	-42
					5G	+74	+18	+74	+18	5G6G	-18	-60	-18	-85
					5H	+56	0	+56	0	5h4h	0	-42	0	-42
										5h6h	0	-42	0	-67
										6G	-18	-71	-18	-85
										6h	0	-53	0	-67
				0.3	4H	+48	0	+53	0	3h4h	0	-28	0	-48
					4H5H	+48	0	+67	0	4h	0	-36	0	-48
					5G	+78	+18	+85	+18	5G6G	-18	-63	-18	-93
					5H	+60	0	+67	0	5h4h	0	-45	0	-48
								5h6h	0	-46	0	-75		
								6G	-18	-74	-18	-93		
								6h	0	-56	0	-75		
1.4	2.8	0.2	4H	+42	0	+38	0	3h4h	0	-25	0	-36		
			4H5H	+42	0	+48	0	4h	0	-32	0	-36		
									5G6G	-17	-57	-17	-73	
									5h6h	0	-40	0	-56	
									6G	-17	-67	-17	-73	
									6h	0	-50	0	-56	
				0.25	4H	+48	0	+45	0	3h4h	0	-28	0	-42
					4H5H	+48	0	+56	0	4h	0	-36	0	-42
					5G	+78	+18	+74	+18	5G6G	-18	-63	-18	-85
					5H	+60	0	+56	0	5h6h	0	-45	0	-67

(续)

直径分段 $D, d$ (mm)		螺距 $P$ (mm)	内 螺 纹				外 螺 纹					
>	<		公差带	中径 $D_2$		小径 $D_1$		公差带	中径 $d_2$		大径 $d$	
				ES	EI	ES	EI		es	ei	es	ei
		0.35	4H	+53	0	+63	0	3h4h	0	-32	0	-53
			4H5H	+53	0	+80	0	4h	0	-40	0	-53
			5G	+86	+19	+99	+19	5g6g	-19	-69	-19	-104
			5H	+67	0	+80	0	5h4h	0	-50	0	-53
			5H6H	+67	0	+100	0	5h6h	0	-50	0	-85
			6G	+104	+19	+119	+19	6f	-34	-97	-34	-119
			6H	+85	0	+100	0	6g	-19	-82	-19	-104
1.4	2.8	0.35						6h	0	-63	0	-85
								7g6g	-19	-99	-19	-104
								7h6h	0	-80	0	-85
		0.4	4H	+56	0	+71	0	3h4h	0	-34	0	-60
			4H5H	+56	0	+90	0	4h	0	-42	0	-60
			5G	+90	+19	+109	+19	5g6g	-19	-72	-19	-114
			5H	+71	0	-90	0	5h4h	0	-53	0	-60
			5H6H	+71	0	+112	0	5h6h	0	-53	0	-95
			6G	+109	+19	+131	+19	6f	-34	-101	-34	-129
			6H	+90	0	+112	0	6g	-19	-86	-19	-114
								6h	0	-67	0	-95
								7g6g	-19	-104	-19	-114
								7h6h	0	-85	0	-95
		0.45	4H	+60	0	+80	0	3h4h	0	-36	0	-63
			4H5H	+60	0	+100	0	4h	0	-45	0	-63
			5G	+95	+20	+120	+20	5g6g	-20	-76	-20	-120
			5H	+75	0	+100	0	5h4h	0	-56	0	-63
			5H6H	+75	0	+125	0	5h6h	0	-56	0	-100
			6G	+115	+20	+145	+20	6f	-35	-106	-35	-135
			6H	+95	0	+125	0	6g	-20	-91	-20	-120
								6h	0	-71	0	-100
								7g6g	-20	-110	-20	-120
								7h6h	0	-90	0	-100
2.8	5.6	0.35	4H	+56	0	+63	0	3h4h	0	-34	0	-53
			4H5H	+60	0	+80	0	4h	0	-42	0	-53



(续)

直径分段 $D, d$ (mm)		螺距 $P$ (mm)	内 螺 纹				外 螺 纹							
>	<		公差带	中径 $D_2$		「小径 $D_1$		公差带	中径 $d_2$		大径 $d$			
				ES	EI	ES	EI		es	ei	es	ei		
2.8	5.6	0.35	5G	+90	+19	+99	+19	5g6g	-19	-72	-19	-104		
			5H	+71	0	+80	0	5h4h	0	-53	0	-53		
			5H6H	+71	0	+100	0	5h6h	0	-53	0	-85		
			6G	+109	+19	+119	+19	6f	-34	-101	-34	-119		
			6H	+90	0	+100	0	6g	-19	-86	-19	-104		
								6h	0	-67	0	-85		
								7g6g	-19	-104	-19	-104		
								7h6h	0	-85	0	-85		
				0.5	4H	+63	0	+96	0	3h4h	0	-38	0	-67
					4H5H	+63	0	+112	0	4h	0	-48	0	-67
					5G	+100	+20	+132	+20	5g6g	-20	-80	-20	-126
					5H	+80	0	+112	0	5h4h	0	-60	0	-67
					5H6H	+80	0	+140	0	5h6h	0	-60	0	-106
					6G	+120	+20	+160	+20	6e	-50	-125	-50	-156
					6H	+100	0	+140	0	6f	-36	-111	-36	-142
					7G	+145	+20	+200	+20	6g	-20	-95	-20	-126
					7H	+125	0	+180	0	6h	0	-75	0	-106
									7g6g	-20	-115	-20	-126	
									7h6h	0	-95	0	-106	
				0.6	4H	+71	0	+100	0	3h4h	0	-42	0	-80
					4H5H	+71	0	+125	0	4h	0	-53	0	-80
					5G	+111	+21	+146	+21	5g6g	-21	-87	-21	-146
					5H	+90	0	+125	0	5h4h	0	-67	0	-80
					5H6H	+90	0	+160	0	5h6h	0	-67	0	-125
					6G	+133	+21	+181	+21	6e	-53	-138	-53	-178
					6H	+112	0	+160	0	6f	-36	-121	-36	-161
					7G	+161	+21	+221	+21	6g	-21	-106	-21	-146
					7H	+140	0	+200	0	6h	0	-85	0	-125
									7g6g	-21	-127	-21	-146	
									7h6h	0	-106	0	-125	
				0.7	4H	+75	0	+112	0	3h4h	0	-45	0	-90
					4H5H	+75	0	+140	0	4h	0	-56	0	-90

(续)

直径分段 $D, d$ (mm)		螺距 $P$ (mm)	内 螺 纹				外 螺 纹							
>	<		公差带	中径 $D_2$		小径 $D_1$		公差带	中径 $d_2$		大径 $d$			
				ES	EI	ES	EI		es	ei	es	ei		
2.8	5.6	0.7	5G	+117	+22	+162	+22	5G6G	-22	-93	-22	-162		
			5H	+95	0	+140	0	5h4h	0	-71	0	-90		
			5H6H	+95	0	+180	0	5h6h	0	-71	0	-140		
			6G	+140	+22	+202	+22	6e	-56	-146	-56	-196		
			6H	+118	0	+180	0	6f	-38	-128	-38	-178		
			7G	+172	+22	+246	+22	6g	-22	-112	-22	-162		
			7H	+150	0	+240	0	6h	0	-90	0	-140		
								7g6g	-22	-134	-22	-162		
								7h6h	0	-112	0	-140		
				0.75	4H	+75	0	+118	0	3h4h	0	-45	0	-90
					4H5H	+75	0	+150	0	4h	0	-56	0	-90
					5G	+117	+22	+172	+22	5G6G	-22	-93	-22	-162
					5H	+95	0	+150	0	5h4h	0	-71	0	-90
					5H6H	+95	0	+190	0	5h6h	0	-71	0	-140
					6G	+140	+22	+212	+22	6e	-56	-146	-56	-196
					6H	+118	0	+190	0	6f	-38	-128	-38	-178
				7G	+172	+22	+258	+22	6g	-22	-112	-22	-162	
				7H	+150	0	+236	0	6h	0	-90	0	-140	
									7g6g	-22	-134	-22	-162	
									7h6h	0	-112	0	-140	
				0.8	4H	+80	0	+125	0	3h4h	0	-48	0	-95
					4H5H	+80	0	+160	0	4h	0	-60	0	-95
					5G	+124	+24	+184	+24	5G6G	-24	-99	-24	-174
					5H	+100	0	+160	0	5h4h	0	-75	0	-95
					5H6H	+100	0	+200	0	5h6h	0	-75	0	-150
					6G	+149	+24	+224	+24	6e	-60	-155	-60	-216
					6H	+126	0	+200	0	6f	-38	-133	-38	-188
					7G	+184	+24	+274	+24	6g	-24	-119	-24	-174
					7H	+160	0	+250	0	6h	0	-95	0	-150
										7g6g	-24	-142	-24	-174
									7h6h	0	-118	0	-150	
									8g	-24	-174	-24	-260	
									8h	0	-150	0	-236	



(续)

直径分段 $D, d$ (mm)		螺距 $P$ (mm)	内 螺 纹				外 螺 纹							
>	<		公差带	中径 $D_2$		小径 $D_1$		公差带	中径 $d_2$		大径 $d$			
				ES	EI	ES	FI		es	ei	es	ei		
5.6	11.2	1						7g6g	-26	-166	-26	-206		
									7h6h	0	-140	0	-180	
									8g	-26	-206	-26	-306	
									8h	0	-180	0	-280	
			1.25	4H	+100	0	+170	0	3h4h	0	-60	0	-132	
				4H5H	+100	0	+212	0	4h	0	-75	0	-132	
				5G	+188	+28	+240	+28	5g6g	-28	-123	-28	-240	
				5H	+125	0	+212	0	5h4h	0	-95	0	-132	
				5H6H	+125	0	+265	0	5h6h	0	-95	0	-212	
				6G	+188	+28	+293	+28	6e	-63	-181	-63	-275	
				6H	+160	0	+265	0	6f	-42	-160	-42	-254	
				7G	+228	+28	+363	+28	6g	-28	-146	-28	-240	
				7H	+200	0	+335	0	6h	0	-118	0	-212	
										7g6g	-28	-178	-28	-240
										7h6h	0	-150	0	-212
										8g	-28	-218	-28	-363
										8h	0	-190	0	-335
				1.5	4H	+112	0	+190	0	3h4h	0	-67	0	-150
					4H5H	+112	0	+236	0	4h	0	-85	0	-150
					5G	+172	+32	+268	+32	5g6g	-32	-138	-32	-268
			6H		+140	0	+236	0	5h4h	0	-106	0	-150	
			5H6H		+140	0	+300	0	5h6h	0	-106	0	-236	
			6G		+212	+32	+332	+32	6e	-67	-199	-67	-303	
			6H		+180	0	+300	0	6f	-45	-177	-45	-281	
			7G		+266	+32	+407	+32	6g	-32	-164	-32	-268	
			7H		+224	0	+375	0	6h	0	-132	0	-236	
										7g6g	-32	-202	-32	-268
										7h6h	0	-170	0	-236
								8g	-32	-244	-32	-407		
							8h	0	-212	0	-375			
11.2	22.4	0.5	4H	+75	0	+90	0	3h4h	0	-45	0	-67		
			4H5H	+75	0	+112	0	4h	0	-56	0	-67		

(续)

直径分段 $D, d$ (mm)		螺距 $P$ (mm)	内 螺 纹				外 螺 纹					
>	<		公差带	中径 $D_2$		小径 $D_1$		公差带	中径 $d_2$		大径 $d$	
				ES	EI	ES	EI		es	ei	es	ei
11.2	22.4	0.5	5G	+115	+20	+132	+20	5G6g	-20	-91	-20	-126
			5H	+95	0	+112	0	5h4h	0	-71	0	-67
			5H6H	+95	0	+140	0	5h6h	0	-71	0	-106
			6G	+138	+20	+160	+20	6e	-50	-140	-50	-156
			6H	+118	0	+140	0	6f	-36	-126	-36	-142
			7G	+170	+20	+200	+20	6g	-20	-110	-20	-126
			7H	+150	0	+180	0	6h	0	-90	0	-106
		0.75	4H	+90	0	+118	0	3h4h	0	-53	0	-90
			4H5H	+90	0	+150	0	4h	0	-67	0	-90
			5G	+134	+22	+172	+22	5G6g	-22	-107	-22	-162
			5H	+112	0	+150	0	5h4h	0	-85	0	-90
			5H6H	+112	0	+190	0	5h6h	0	-85	0	-140
			6G	+162	+22	+212	+22	6e	-56	-162	-56	-196
			6H	+140	0	+190	0	6f	-38	-144	-38	-178
			7G	+202	+22	+258	+22	6g	-22	-128	-22	-162
			7H	+180	0	+236	0	6h	0	-106	0	-140
								7G6g	-22	-154	-22	-162
								7h6h	0	-132	0	-140
		1	4H	+100	0	+150	0	3h4h	0	-60	0	-112
			4H5H	+100	0	+190	0	4h	0	-75	0	-112
			5G	+151	+26	+216	+26	5G6g	-26	-121	-26	-206
			5H	+125	0	+190	0	5h4h	0	-95	0	-112
			5H6H	+125	0	+236	0	5h6h	0	-95	0	-180
			6G	+186	+26	+262	+26	6e	-60	-178	-60	-240
			6H	+160	0	+236	0	6f	-40	-158	-40	-220
			7G	+226	+26	+326	+26	6g	-26	-144	-26	-206
			7H	+200	0	+300	0	6h	0	-118	0	-180
								7G6g	-26	-176	-26	-206
						7h6h	0	-150	0	-180		
						8g	-26	-216	-26	-306		
						8h	0	-190	0	-280		

(续)

直径分段 $D, d$ (mm)		螺距 $P$ (mm)	内 螺 纹				外 螺 纹							
>	<		公差带	中径 $D_2$		小径 $D_1$		公差带	中径 $d_2$		大径 $d$			
				ES	EI	ES	EI		es	ei	es	ei		
11.2	22.4	1.25	4H	+112	0	+170	0	3h4h	0	-67	0	-132		
			4H5H	+112	0	+212	0	4h	0	-85	0	-132		
			5G	+168	+28	+240	+28	5g6g	-28	-134	-28	-240		
			5H	+140	0	+212	0	5h4h	0	-106	0	-132		
			5H6H	+140	0	+265	0	5h6h	0	-106	0	-212		
			6G	+208	+28	+293	+28	6e	-63	-195	-63	-275		
			6F	+180	0	+265	0	6f	-42	-174	-42	-254		
			7G	+232	+28	+363	+28	6g	-28	-160	-28	-240		
			7H	+224	0	+335	0	6h	0	-132	0	-212		
									7g6g	-28	-198	-28	-240	
								7h6h	0	-170	0	-212		
								8g	-28	-240	-28	-363		
								8h	0	-212	0	-335		
				1.5	4H	+118	0	+190	0	3h4h	0	-71	0	-150
					4H5H	+118	0	+236	0	4h	0	-90	0	-150
					5G	+182	+32	+268	+32	5g6g	-32	-144	-32	-268
					5H	+150	0	+236	0	5h4h	0	-112	0	-150
					5H6H	+150	0	+300	0	5h6h	0	-112	0	-236
					6G	+222	+32	+332	+32	6e	-67	-207	-67	-303
					6H	+190	0	+300	0	6f	-45	-185	-45	-281
					7G	+268	+32	+407	+32	6g	-32	-172	-32	-268
					7H	+236	0	+375	0	6h	0	-140	0	-236
										7g6g	-32	-212	-32	-268
									7h6h	0	-180	0	-236	
									8g	-32	-256	-32	-407	
									8h	0	-224	0	-375	
				1.75	4H	+125	0	+212	0	3h4h	0	-75	0	-170
					4H5H	+125	0	+265	0	4h	0	-95	0	-170
					5G	+194	+34	+299	+34	5g6g	-34	-152	-34	-299
					5H	+160	0	+265	0	5h4h	0	-118	0	-170
					5H6H	+160	0	+335	0	5h6h	0	-118	0	-265
					6G	+234	+34	+369	+34	6e	-71	-221	-71	-336

(续)

直径分段 $D, d$ (mm)		螺距 $P$ (mm)	内 螺 纹				外 螺 纹							
			公差带	中径 $D_2$		小径 $D_1$		公差带	中径 $d_2$		大径 $d$			
				ES	EI	ES	EI		es	ei	es	ei		
>	<													
11.2	22.4	1.75	6H	+200	0	+335	0	6f	-48	-198	-48	-313		
			7G	+284	+34	+459	+34	6g	-34	-184	-34	-299		
			7H	+250	0	+425	0	6h	0	-150	0	-265		
									7g6g	-34	-224	-34	-299	
									7h6h	0	-190	0	-265	
									8g	-34	-270	-34	-459	
									8h	0	-236	0	-425	
				2	4H	+132	0	+236	0	3h4h	0	-80	0	-180
					4H5H	+132	0	+300	0	4h	0	-100	0	-180
					5G	+208	+38	+338	+38	5g6g	-38	-163	-38	-318
					5H	+170	0	+300	0	5h4h	0	-125	0	-180
					5H6H	+170	0	+375	0	5h6h	0	-125	0	-280
					6G	+250	+38	+413	+38	6e	-71	-231	-71	-351
					6H	+212	0	+375	0	6f	-52	-212	-52	-332
					7G	+303	+38	+513	+38	6g	-38	-198	-38	-318
					7H	+265	0	+475	0	6h	0	-160	0	-280
											7g6g	-38	-238	-38
										7h6h	0	-200	0	-280
										8g	-38	-288	-38	-488
										8h	0	-250	0	-450
				2.5	4H	+140	0	+280	0	3h4h	0	-85	0	-212
					4H5H	+140	0	+355	0	4h	0	-106	0	-212
					5G	+222	+42	+397	+42	5g6g	-42	-174	-42	-377
					5H	+180	0	+355	0	5h4h	0	-132	0	-212
					5H6H	+180	0	+450	0	5h6h	0	-132	0	-335
					6G	+286	+42	+492	+42	6e	-80	-250	-80	-415
					6H	+224	0	+450	0	6f	-58	-228	-58	-393
					7G	+322	+42	+602	+42	6g	-42	-212	-42	-377
					7H	+280	0	+560	0	6h	0	-170	0	-335
											7g6g	-42	-254	-42
										7h6h	0	-212	0	-335
										8g	-42	-307	-42	-572
								8h	0	-265	0	-530		

(续)

直径分段 $D, d$ (mm)		螺距 $P$ (mm)	内 螺 纹				外 螺 纹							
>	<		公差带	中径 $D_2$		小径 $D_1$		公差带	中径 $d_2$		大径 $d$			
				ES	EI	ES	EI		es	ei	es	ei		
22.4	45	0.75	4H	+95	0	+118	0	3h4h	0	-56	0	-90		
			4H5H	+95	0	+150	0	4h	0	-71	0	-90		
			5G	+140	+22	+172	+22	5g6g	-22	-112	-22	-162		
			5H	+118	0	+150	0	5h4h	0	-90	0	-90		
			5H6H	+118	0	+190	0	5h6h	0	-90	0	-140		
			6G	+172	+22	+212	+22	6e	-56	-168	-56	-196		
			6H	+150	0	+190	0	6f	-38	-150	-38	-178		
			7G	+212	+22	+258	+22	6g	-22	-134	-22	-162		
			7H	+190	0	+236	0	6h	0	-112	0	-140		
									7g6g	-22	-162	-22	-162	
								7h6h	0	-140	0	-140		
				1	4H	+106	0	+150	0	3h4h	0	-63	0	-112
					4H5H	+106	0	+190	0	4h	0	-80	0	-112
					5G	+158	+26	+216	+26	5g6g	-26	-126	-26	-208
					5H	+132	0	+190	0	5h4h	0	-100	0	-112
					5H6H	+132	0	+236	0	5h6h	0	-100	0	-180
					6G	+196	+26	+262	+26	6e	-60	-185	-60	-240
					6H	+170	0	+236	0	6f	-40	-165	-40	-220
					7G	+238	+26	+326	+26	6g	-26	-151	-26	-206
					7H	+212	0	+300	0	6h	0	-125	0	-180
								7g6g	-26	-186	-26	-206		
							7h6h	0	-160	0	-180			
							8g	-26	-226	-26	-306			
							8h	0	-200	0	-280			
		1.5	4H	+125	0	+190	0	3h4h	0	-75	0	-150		
			4H5H	+125	0	+236	0	4h	0	-95	0	-150		
			5G	+192	+32	+268	+32	5g6g	-32	-150	-32	-268		
			5H	+160	0	+236	0	5h4h	0	-118	0	-150		
			5H6H	+160	0	+300	0	5h6h	0	-118	0	-236		
			6G	+232	+32	+332	+32	6e	-67	-217	-67	-333		
			6H	+200	0	+300	0	6f	-45	-195	-45	-281		
		7G	+282	+32	+407	+32	6g	-32	-182	-32	-268			



(续)

直径分段 $D, d$ (mm)		螺距 $P$ (mm)	内 螺 纹				外 螺 纹					
			公差带	中径 $D_2$		小径 $D_1$		公差带	中径 $d_2$		大径 $d$	
				ES	EI	ES	EI		es	ei	es	ei
>	<											
22.4	45	1.5	7H	+250	0	+375	0	6h	0	-150	0	-236
								7G6g	-32	-222	-32	-268
								7h6h	0	-190	0	-236
								8g	-32	-268	-32	-407
							8h	0	-236	0	-375	
		2	4H	+140	0	+236	0	3h4h	0	-85	0	-180
			4H5H	+140	0	+300	0	4h	0	-106	0	-180
			5G	+218	+38	+338	+38	5G6g	-38	-170	-38	-318
			5H	+180	0	+300	0	5h4h	0	-132	0	-180
			5H6H	+180	0	+375	0	5h6h	0	-132	0	-280
			6G	+262	+38	+413	+38	6e	-71	-241	-71	-351
			6H	+224	0	+375	0	6f	-52	-222	-52	-332
			7G	+318	+38	+513	+38	6g	-38	-208	-38	-318
			7H	+280	0	+475	0	6h	0	-170	0	-280
								7G6g	-38	-250	-38	-318
								7h6h	0	-212	0	-280
								8g	-38	-303	-38	-488
							8h	0	-265	0	-450	
		3	4H	+170	0	+315	0	3h4h	0	-100	0	-216
			4H5H	+170	0	+400	0	4h	0	-125	0	-236
			5G	+260	+48	+448	+48	5G6g	-48	-208	-48	-423
			5H	+212	0	+400	0	5h4h	0	-150	0	-236
			5H6H	+212	0	+500	0	5h6h	0	-160	0	-375
			6G	+313	+48	+548	+48	6e	-85	-285	-85	-460
			6H	+265	0	+500	0	6f	-63	-263	-63	-438
			7G	+383	+48	+678	+48	6g	-48	-248	-48	-423
			7H	+335	0	+630	0	6h	0	-200	0	-375
								7G6g	-48	-298	-48	-423
								7h6h	0	-250	0	-375
								8g	-48	-353	-48	-648
							8h	0	-315	0	-600	

(续)

直径分段 $D, d$ (mm)		螺距 $P$ (mm)	内 螺 纹				外 螺 纹								
>	<		公差带	中径 $D_2$		小径 $D_1$		公差带	中径 $d_2$		大径 $d$				
				ES	EI	ES	EI		es	ei	es	ei			
22.4	45	3.5	4H	+180	0	+355	0	3h4h	0	-106	0	-265			
			4H5H	+180	0	+450	0	4h	0	-132	0	-265			
			5G	+277	+53	+503	+53	5g6g	-53	-223	-53	-478			
			5H	+224	0	+450	0	5h4h	0	-170	0	-265			
			5H6H	+224	0	+560	0	5h6h	0	-170	0	-425			
			6G	+333	+53	+613	+53	6e	-90	-302	-90	-515			
			6H	+280	0	+560	0	6f	-70	-282	-70	-495			
			7G	+408	+53	+763	+53	6g	-53	-265	-53	-478			
			7H	+355	0	+710	0	6h	0	-212	0	-425			
									7k6g	-53	-318	-53	-478		
									7h6h	0	-265	0	-425		
									8g	-53	-388	-53	-723		
									8h	0	-335	0	-670		
					4	4H	+190	0	+375	0	3h4h	0	-112	0	-300
						4H5H	+190	0	+475	0	4h	0	-140	0	-300
						5G	+296	+60	+535	+60	5g6g	-60	-240	-60	-535
				5H		+236	0	+475	0	5h4h	0	-180	0	-300	
				5H6H		+236	0	+600	0	5h6h	0	-180	0	-475	
				6G		+360	+60	+660	+60	6e	-95	-319	-95	-570	
				6H		+300	0	+600	0	6f	-75	-299	-75	-550	
				7G		+435	+60	+810	+60	6g	-60	-284	-60	-535	
				7H		+375	0	+750	0	6h	0	-224	0	-475	
										7k6g	-60	-340	-60	-535	
										7h6h	0	-280	0	-475	
										8g	-60	-415	-60	-810	
									8h	0	-355	0	-750		
				4.5	4H	+200	0	+425	0	3h4h	0	-118	0	-315	
					4H5H	+200	0	+530	0	4h	0	-150	0	-315	
		5G	+313		+63	+593	+63	5g6g	-63	-253	-63	-563			
		5H	+250		0	+530	0	5h4h	0	-190	0	-315			
		5H6H	+250		0	+670	0	5h6h	0	-190	0	-500			

(续)

直径分段 $D, d$ (mm)		螺距 $P$ (mm)	内 螺 纹				外 螺 纹							
>	<		公差带	中径 $D_2$		小径 $D_1$		公差带	中径 $d_2$		大径 $d$			
		ES		EI	ES	EI	es		ei	es	ei			
22.4	45	4.5	6G	+378	+63	+733	+63	6e	-100	-336	-100	-600		
			6H	+315	0	+670	0	6f	-80	-311	-80	-580		
			7G	+463	+63	+913	+63	6g	-63	-299	-63	-563		
			7H	+400	0	+850	0	6h	0	-236	0	-500		
									7g6g	-63	-363	-63	-583	
									7h6h	0	-300	0	-500	
									8g	-63	-438	-63	-883	
									8h	0	-375	0	-800	
45	90	1	4H	+118	0	+150	0	3h4h	0	-71	0	-112		
			4H5H	+118	0	+190	0	4h	0	-90	0	-112		
			5G	+176	+26	+216	+26	5g6g	-26	-138	-26	-206		
			5H	+150	0	+190	0	5h4h	0	-112	0	-112		
			5H6H	+150	0	+236	0	5h6h	0	-112	0	-180		
			6G	+206	+26	+262	+26	6e	-60	-200	-60	-240		
			6H	+180	0	+236	0	6f	-40	-180	-40	-220		
			7G	+262	+26	+326	+26	6g	-26	-166	-26	-236		
			7H	+236	0	+300	0	6h	0	-140	0	-180		
									7g6g	-26	-206	-26	-206	
								7h6h	0	-180	0	-180		
								8g	-26	-250	-26	-306		
								8h	0	-224	0	-280		
				1.5	4H	+132	0	+190	0	3h4h	0	-80	0	-150
					4H5H	+132	0	+236	0	4h	0	-100	0	-150
					5G	+202	+32	+268	+32	5g6g	-32	-157	-32	-268
					5H	+170	0	+236	0	5h4h	0	-125	0	-150
					5H6H	+170	0	+300	0	5h6h	0	-125	0	-236
					6G	+244	+32	+332	+32	6e	-67	-227	-67	-303
					6H	+212	0	+300	0	6f	-45	-205	-45	-281
		7G	+297		+32	+407	+32	6g	-32	-192	-32	-268		
		7H	+265		0	+375	0	6h	0	-160	0	-236		
								7g6g	-32	-232	-32	-268		
							7h6h	0	-200	0	-236			
							8g	-32	-282	-32	-407			
							8h	0	-250	0	-375			

(续)

直径分段 $D, d$ (mm)		螺距 $P$ (mm)	内 螺 纹				外 螺 纹							
$>$	$<$		公差带	中径 $D_2$		小径 $D_1$		公差带	中径 $d_2$		大径 $d$			
				ES	EI	ES	Ei		es	ei	es	ei		
45	90	2	4H	+150	0	+236	0	3h4h	0	-90	0	-180		
			4H5H	+150	0	+300	0	4h	0	-112	0	-180		
			5G	+228	+38	+338	+38	5g6g	-38	-178	-38	-318		
			5H	+190	0	+300	0	5h4h	0	-140	0	-180		
			5H6H	+190	0	+375	0	5h6h	0	-140	0	-280		
			6G	+274	+38	+413	+38	6e	-71	-251	-71	-351		
			6H	+236	0	+375	0	6f	-52	-232	-52	-332		
			7G	+338	+38	+513	+38	6g	-38	-218	-38	-318		
			7H	+300	0	+475	0	6h	0	-180	0	-280		
									7g6g	-38	-262	-38	-318	
									7h6h	0	-224	0	-280	
									8g	-38	-318	-38	-488	
								8h	0	-280	0	-450		
				3	4H	+180	0	+315	0	3h4h	0	-106	0	-236
					4H5H	+180	0	+400	0	4h	0	-132	0	-236
					5G	+272	+48	+448	+48	5g6g	-48	-218	-48	-423
					5H	+224	0	+400	0	5h4h	0	-170	0	-236
					5H6H	+224	0	+500	0	5h6h	0	-170	0	-375
					6G	+328	+48	+548	+48	6e	-85	-297	-85	-460
					6H	+280	0	+500	0	6f	-63	-275	-63	-438
					7G	+403	+48	+678	+48	6g	-48	-260	-48	-423
					7H	+355	0	+630	0	6h	0	-212	0	-375
										7g6g	-48	-313	-48	-423
										7h6h	0	-265	0	-375
										8g	-48	-333	-48	-648
									8h	0	-335	0	-600	
				4	4H	+200	0	+375	0	3h4h	0	-118	0	-300
					4H5H	+200	0	+475	0	4h	0	-150	0	-300
					5G	+310	+60	+535	+60	5g6g	-60	-250	-60	-535
					5H	+250	0	+475	0	5h4h	0	-190	0	-300
					5H6H	+250	0	+600	0	5h6h	0	-190	0	-475

(续)

直径分段 $D, d$ (mm)		螺距 $P$ (mm)	内 螺 纹				外 螺 纹										
$>$	$<$		公差带	中径 $D_2$		小径 $D_1$		公差带	中径 $d_2$		大径 $d$						
				ES	EI	ES	EI		es	ei	es	ei					
45	90	4	6G	+375	+60	+660	+60	6e	-95	-331	-95	-570					
			6H	+315	0	+600	0	6f	-75	-311	-75	-550					
			7G	+460	+60	+810	+60	6g	-60	-296	-60	-535					
			7H	+400	0	+750	0	6h	0	-236	0	-475					
									7g6g	-60	-350	-60	-535				
									7h6h	0	-300	0	-475				
									8g	-60	-435	-60	-810				
									8h	0	-375	0	-750				
									3h4h	0	-125	0	-335				
									4h	0	-160	0	-335				
									5G6g	-71	-271	-71	-601				
									5H	+265	0	+560	0	-335			
								5H6H	+265	0	+710	0	-530				
								6G	+406	+71	+781	+71	-106	-356	-106	-636	
								6H	+335	0	+710	0	6f	-85	-335	-85	-615
								7G	+496	+71	+971	+71	6g	-71	-321	-71	-601
								7H	+425	0	+900	0	6h	0	-250	0	-530
												7g6g	-71	-386	-71	-601	
												7h6h	0	-315	0	-530	
												8g	-71	-471	-71	-921	
												8h	0	-400	0	-850	
				5	4H	+224	0	+475	0	3h4h	0	-132	0	-355			
					4H5H	+224	0	+600	0	4h	0	-170	0	-355			
					5G	+355	+75	+675	+75	5G6g	-75	-287	-75	-635			
					5H	+280	0	+600	0	5h4h	0	-212	0	-355			
					5H6H	+280	0	+750	0	5h6h	0	-212	0	-560			
					6G	+430	+75	+825	+75	6e	-112	-377	-112	-672			
					6H	+355	0	+750	0	6f	-90	-355	-90	-650			
					7G	+525	+75	+825	+75	6g	-75	-340	-75	-635			
					7H	+450	0	+950	0	6h	0	-265	0	-560			
													7g6g	-75	-410	-75	-635
													7h6h	0	-335	0	-560
													8g	-75	-500	-75	-975
										8h	0	-425	0	-900			
		5.5	4H	+224	0	+475	0	3h4h	0	-132	0	-355					
			4H5H	+224	0	+600	0	4h	0	-170	0	-355					
			5G	+355	+75	+675	+75	5G6g	-75	-287	-75	-635					
			5H	+280	0	+600	0	5h4h	0	-212	0	-355					
			5H6H	+280	0	+750	0	5h6h	0	-212	0	-560					
			6G	+430	+75	+825	+75	6e	-112	-377	-112	-672					
			6H	+355	0	+750	0	6f	-90	-355	-90	-650					
			7G	+525	+75	+825	+75	6g	-75	-340	-75	-635					
			7H	+450	0	+950	0	6h	0	-265	0	-560					
											7g6g	-75	-410	-75	-635		
											7h6h	0	-335	0	-560		
											8g	-75	-500	-75	-975		
										8h	0	-425	0	-900			

(续)

直径分段 $D, d$ (mm)		螺距 $P$ (mm)	内 螺 纹				外 螺 纹					
>	<		公差带	中径 $D_2$		小径 $D_1$		公差带	中径 $d_2$		大径 $d$	
				ES	E	ES	EI		es	ei	es	ei
45	90	6	4H	+236	0	+500	0	3h4h	0	-140	0	-375
			4H5H	+236	0	+630	0	4h	0	-180	0	-375
			5G	+380	+80	+710	+80	5g6g	-80	-304	-80	-680
			5H	+300	0	+630	0	5h4h	0	-224	0	-375
			5H6H	+300	0	+800	0	5h6h	0	-224	0	-600
			6G	+455	+80	+880	+80	6e	-118	-398	-118	-718
			6H	+375	0	+800	0	6f	-95	-375	-95	-635
			7G	+555	+80	+1080	+80	6g	-80	-380	-80	-630
			7H	+475	0	+1000	0	6h	0	-280	0	-600
									7g6g	-80	-435	-80
						7h6h	0	-355	0	-600		
						8g	-80	-530	-80	-1030		
						8h	0	-450	0	-950		

## 二、普通螺纹的标注

螺纹的完整标记由螺纹代号、螺纹公差带代号和螺纹旋合长度代号组成。

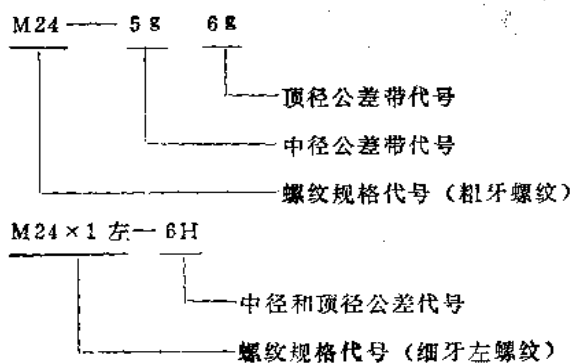
(1) 螺纹代号即螺纹规格代号，规定如下：

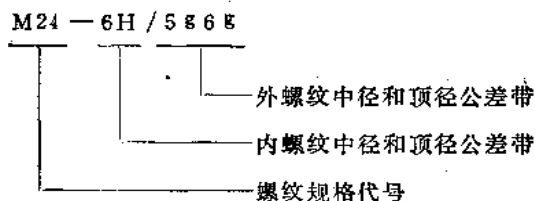
粗牙螺纹用字母“M”及直径表示；细牙螺纹用字母“M”及直径×螺距表示；螺纹为左旋时，在规格代号后加“左”字。

(2) 螺纹公差带代号包括中径公差带代号与顶径公差带代号。顶径是指外螺纹大径和内螺纹小径。

公差带代号由公差等级和基本偏差代号组成，数字写在前面，字母写在后面，例如6H、6e等。

例如：





### (3) 旋合长度的标记

旋合长度的标记分为“必要时”和“特殊需要时”两种情况。前者用代号表示，后者用旋合长度的数值表示。

例如：

M10—5g6g (规定中等旋合长度不加代号)

M10—5g6g—S

M10—7H—L

M10×1—7g6g—40

## 三、普通螺纹新旧标准的对比及代换

螺纹公差与配合的旧标准共有两个，即 GB192-63 和 GB964-67 标准。其中规定螺纹精度：

粗牙普通螺纹分为 1、2、3 三级；

细牙普通螺纹分为 1、2、2a、3 四级。

螺纹公差带的位置只规定了两种。GB192-63 标准的规定相当新国标中的  $H$  和  $h$  位置；GB964-67 普通间隙螺纹公差带位置较接近于内螺纹的  $G$  位置和外螺纹的  $e$ 、 $f$ 、 $g$  三种基本偏差的位置，并有较大的偏离。但在 GB192-63 和 GB964-67 标准中没有规定基本偏差概念，故也没有规定基本偏差代号。

精度等级的新旧标准对照如下：

新 标 准	3、4、5	6	7、8、9
旧 标 准	1	2、2a	3

为了便于新旧标准规定的精度等级和公差带的代换过渡，可以查表 5-15。

在对照代换旧国标规定的普通螺纹公差带和精度等级时，应该明确以下几点：

(1) 新国标不规定标记的简化，而旧标准 GB192-63 中规定最常用的 3 级螺纹在图样上允许不标注。因为各部门不同专业对产品的精度要求不同，不便于统一规定简化。同时旧标准 3 级为常用，相当于新标准的 8 级，而新标准规定 6 级为常用，相当于旧国标的 2 级，若在新标准中简单的规定常用级不用标注，则会在新旧标准过渡期间造成混乱。所以新标准规定，一概要求标出公差带代号（即螺纹的公差等级和基本偏差）。

(2) 新国标与旧国标规定的基本牙型是完全一致的，直径与螺距系列也基本相同，所以新旧标准的螺纹是可以旋合的。

(3) 由于新标准规定的螺纹公差较密，使得旧标准中的每个具体尺寸和精度的公差

表5-15 新旧普通螺纹国家标准公差带对照

GB197-63 精度等级	新国标的公差带	极限偏差对比	中径公差对比	顶径公差对比	备注	
内 螺 纹	1级	4H5H	下偏差重合(都是零)	4H比1级大25~55%	$P \leq 0.8$ 时, 5H比1级约小20% $P > 0.8$ 时, 相差 $\pm 10\%$	
	2级	6H或5H6H $P = 0.2$ 时用4H $P = 0.25$ 时用5H	下偏差重合(都是零)	6H比2级大25~50% 5H与2级近似相等 4H比2级小11% 5H比2级大12%	$P \leq 0.8$ 时, 近似相等 $P > 0.8$ 时, 6H比2级大20~30%	尽可能优先选用6H由于 $TD_2$ 不得大于 $0.25P$ , 所以, $P < 0.25$ 时, 大于4H的公差不列出 $P \leq 0.25$ 时, 大于5H的公差不列出
	2a级	6H $P = 0.2$ 时用4H $P = 0.25$ 时用5H	下偏差重合(都是零)	6H与2a级近似相等 4H比2a级小29%	$P \leq 0.8$ 时, 近似相等 $P > 0.8$ 时, 6H比2级大20~30%	尽可能优先选用6H, 由于 $TD_2$ 不得大于 $0.25P$ , 所以, $P < 0.25$ 时, 大于4H的公差不列出 $P \leq 0.25$ 时, 大于5H的公差不列出
内 螺 纹	3级	7H $P = 0.2$ 时用4H $P = 0.25$ 时用5H $P = 0.3 \sim 0.45$ 用6H	下偏差重合(都是零)	7H比3级大5~25%, 小10~15% 4H比3级小47% 5H比3级小30% 6H比3级小15%	7H比3级, 公差大 $P \leq 0.8$ 时, 大25% $P > 0.8$ 时, 大45~70%	7H仅用于过渡期, 一般机械应选6H, 由于 $TD_2$ 不得大于 $0.25P$ , 所以, $P < 0.25$ 时, 大于4H的公差不列出 $P \leq 0.25$ 时, 大于5H的公差不列出 $P < 0.5$ 时, 大于6H的公差不列出
	外 螺 纹	1级	4h	上偏差重合(都是零)	近似相等, P小时4h稍小 P大时4h稍大, 相差10%, 个别达20%	4h比1级小30~40%
2级		6h	上偏差重合(都是零)	近似相等, P小时, 6h, 6g稍小 P大时6h, 6g稍大, 相差 $\pm 10\%$ , 个别达20%	近似相等	应优先选用6g
		6g	2级上偏差是6g公差20~30%			
2a级		6g	2a级上偏差是6g公差的20~30% 下偏差近似相等	6g比2a级小25%	近似相等	同螺距时, 直径较大的2a与7h 6h或7g 6g的公差近似相等
3级	8h ( $P \geq 0.8$ 时) $P \leq 0.3$ 时用6h $P = 0.35 \sim 0.75$ 时用7h 6h	上偏差重合	近似相等, P小时稍小, P大时稍大, 相差 $\pm 10\%$ , 个别达20% 6h比3级小35% 7h比3级小20%	8h比3级大? ~20% 6h与3级差 $\pm 13\%$	过渡期用8h, 一般应优先选6g 6h 由于 $TD_2$ 不得大于 $Td$ , 所以, $P \leq 0.3$ 时, 大于6H的公差不列出 $P \leq 0.75$ 时, 大于7h的公差不列出	



值都能在新标准中找到相应的等级。由此可知，旧标准的刀具可以使用到报废为止。但是由于新旧标准的公差等级的划分不同，所以旧标准量规不能用来继续检验新螺纹。

标注代换举例

旧标准 (GB192-63)	新标准 (GB192-81)
M10	M10-8h (或 M10-6g6h)
m10	M10-7H (或 M10-6H)

#### 四、管螺纹公差配合的选用

我国采用的管螺纹连接有三种形式，在高、中压管路中采用普通细牙圆柱螺纹配合，在中、低压管路中采用圆锥螺纹配合，在低压管路中采用圆柱管螺纹配合，有的采用圆柱内螺纹与圆锥外螺纹配合。

常用管螺纹的牙型有四种：米制 60° 普通圆柱螺纹 M、英制 55° 圆柱管螺纹 G、英制 55° 圆锥管螺纹 ZG 和英制 60° 圆锥螺纹 Z。三种英制螺纹沿用国外标准，互不统一，造成使用混乱，维修困难。

为了按米制统一管螺纹生产，我国制订了两项国家标准，即

GB1414-78 《管路旋入端用普通螺纹尺寸系列》

GB1415-78 《公制锥螺纹》

并且也制订了 GB1581-79《米制锥螺纹量规》标准。

##### 1. 管路旋入端用普通螺纹

管件旋入机体的联接螺纹，例如液压件与气动元件的管接头、润滑件和仪表等旋入端螺纹，是采用普通螺纹加端面垫圈拧紧的密封结构。

为了减少螺纹规格，便于配套和维修，特从 GB193-63 标准规定的尺寸系列中选出 28 个规格作为管路联接螺纹的尺寸选用系列，见表 5-16。每个直径只取一种螺距，而

表 5-16 管路旋入端用普通螺纹的尺寸系列 (摘自 GB1414-78)

螺纹代号	螺纹尺寸 (mm)		螺纹代号	螺纹尺寸 (mm)	
	直径	螺距		直径	螺距
M6	6	1	M39 × 2	39	2
M8 × 1	8		M42 × 2	42	
M1 × 1	10		M45 × 2	45	
M12 × 1.5	12	M48 × 2	48		
M14 × 1.5	14	M52 × 2	52		
M16 × 1.5	16	M56 × 2	56		
M18 × 1.5	18	1.5	M60 × 2	60	
M20 × 1.5	20		M64 × 2	64	
M22 × 1.5	22		M68 × 2	68	
M24 × 1.5	24		M72 × 2	76	
M27 × 2	27	2	H76 × 2	76	
M30 × 2	30		M80 × 3	80	3
M33 × 2	33		M85 × 3	85	
M36 × 2	36		M90 × 3	90	

螺纹的牙型,基本尺寸和公差配合应符合 GB192-63、GB196-63 和 GB197-63 标准的规定。圆柱螺纹的配合性质由直径公差带决定。

## 2. 米制锥螺纹

GB1415-78《米制锥螺纹》标准适用于气体或液体管路系统中的密封螺纹联接(水、煤气管道用管螺纹除外)。为提高密封性允许在螺纹配合面间加密封填料。圆锥螺纹的配合性质近似于圆锥配合。改变基面距,可将内、外锥螺纹旋紧,可得无间隙,甚至形成过盈配合性质。

锥螺纹牙型如图 5-4 所示,内、外锥螺纹均沿圆锥体上分布,螺纹高度相同,圆锥角  $K=2\text{tg}\varphi=1/16$ ,斜角  $\varphi=1^{\circ}47'24''$ 。左右半角  $\alpha/2=30^{\circ}$ 。三角形底边长为  $t/\cos\varphi$ ,  $t$  为螺距,牙型上各部位的尺寸为

$$H=0.86574 t$$

$$h=0.6495 t$$

$$d_2=d-0.6495 t$$

$$d_1=d-1.299 t$$

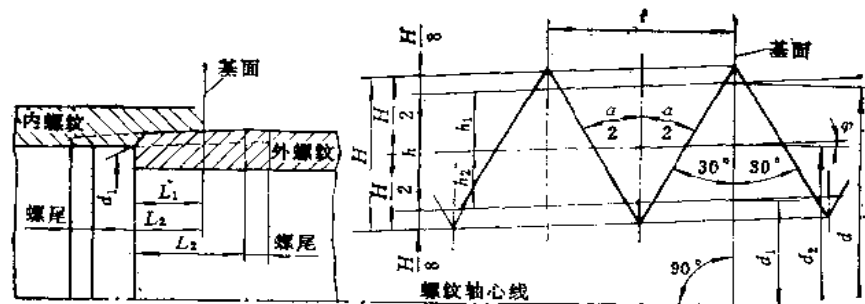


图5-4 米制锥螺纹牙型

锥螺纹的基本尺寸有螺距  $t$ , 在基面上的螺纹外径  $d$ 、中径  $d_2$  和内径  $d_1$ , 螺纹工作高度  $h$ , 螺纹的基面长度  $L_1$  和有效长度  $L_2$ 。

锥螺纹以基面螺纹外径和螺距为主,一个直径只规定一种螺距,共规定 13 种规格,见表 5-17。

锥螺纹的基面长度  $L_1$  内包含 4.5~7 个螺牙,大直径包含的牙数较多些。基面长度过短,将会降低密封性和联结强度,只在特殊需要时,允许减小基面长度,但不得小于 2 个半螺牙。

米制锥螺纹公差规定一项综合公差和四项单项公差。

锥螺纹综合公差是指基面位置的轴向变动量,公差规定不超过  $\pm 1 t$ 。它除控制中径误差,也间接控制螺距、牙侧角和斜角的误差。综合公差用于产品的检查和验收。

锥螺纹单项公差是指螺距、牙侧角、斜角、牙顶高和牙底高分别规定了极限偏差,见表 5-18 和表 5-19。单项公差主要是设计丝锥、板牙等锥螺纹工具时,作为确定螺纹参数极限尺寸的依据,一般不作为产品验收的依据。因为上述四项误差直接影响锥螺纹的密封性,所以可作为分析锥螺纹产品质量的依据。

牙侧角和螺距的极限偏差均采用对称分布,螺距偏差是指任意牙间距离  $l$  的偏差。

表5-17 米制锥螺纹的基本尺寸 (摘自GB1415-78)

(mm)

螺纹代号	螺距 $f$	基面上螺纹直径			螺纹工作 高度 $h$	螺纹长度		外螺纹小端螺纹 内径 (参考) $d_r$
		外径 $d$	中径 $d_2$	内径 $d_1$		基面长度 $L_1$	有效长度 $L_2$	
Z M6	1	6	5.350	4.700	0.650	4.5	7.5	4.419
Z M8		8	7.350	6.700				6.419
Z M10		10	9.350	8.700				8.419
Z M14	1.5	14	13.026	12.052	0.974	7	11.5	11.614
Z M18		18	17.026	16.052				15.614
Z M22		22	21.026	20.052				19.614
Z M27	2	27	25.701	24.402	1.299	9	15	23.839
Z M33		33	31.701	30.402				29.839
Z M42		10	42	40.701		39.402	38.777	
Z M48			48	46.701		45.402		44.777
Z M60			60	58.701		57.402		
Z M76			76	74.701		73.402		72.527
Z M90	3	90	88.052	86.104	1.948	18	28	

注: 特殊需要时允许减小基面长度 $L_1$ , 但不得小于 $2.5f$ 。

表5-18 米制锥螺纹的单项公差 (摘自GB1415-78)

螺距 (mm)	牙侧角的极限偏差	斜角极限偏差		螺距极限偏差 (mm)	
		内锥螺纹	外锥螺纹	$l \leq 10$	$l > 10$
1	$\pm 1^\circ$	+6' -12'	+12' -6'	$\pm 0.02$	$\pm 0.04$
1.5	$\pm 45'$	+5' -10'	+10' -5'	$\pm 0.02$	$\pm 0.04$
2					
3					

表5-19 米制锥螺纹的牙顶高和牙底高的公差 (摘自GB1415-78)

螺距 $P$	$h_1 = h_2 = h/2$	$\delta h_1 = \delta h_2$	螺距 $P$	$h_1 = h_2 = h/2$	$\delta h_1 = \delta h_2$
1	0.3250	0.045	2	0.6495	0.085
1.5	0.4870	0.065	3	0.9740	0.085

而斜角的极限偏差采用不对称分布, 以使内、外锥螺纹旋合时, 内锥螺纹的圆锥角小于外锥螺纹的圆锥角, 螺纹在大端闭合, 不会引起基面位置的变动。

由于内、外锥螺纹旋合后, 螺纹两侧同时接触, 中径处配合间隙为零, 内外径配合间隙就成为漏泄的主要原因。因此, 锥螺纹规定了牙顶高和牙底高公差。由于内、外锥螺

纹的牙顶高和牙底高采用相同的公差带，因此牙顶和牙底处的配合属于过渡配合性质，其中出现零间隙的机会较多，故可以保证锥螺纹的密封性。当出现小量间隙或过盈，通过牙顶与牙底的挤压，以使顶面与底面接触获得较好的密封性。当出现较大间隙时，允可加密封填料以实现密封要求。为了避免间隙过大，标准规定的牙顶高和牙底高的公差值都比较小。

### 3. 英制55°管螺纹

英制55°管螺纹来源于英国BS21-1905标准，ISO/R228-1961管螺纹标准是以英国惠氏(Whitworth)牙型为基本牙型制订的。我国机车车辆、船舶、重型、通用、矿山、石油、化工、纺织等机械，以及水和煤气管道应用的锥管螺纹(ZG)和柱管螺纹(G)均属于这个体系，(G  $\frac{3}{4}$ -"表示圆柱管螺纹，管公称直径为 $\frac{3}{4}$ "，每英寸14扣)。

惠氏螺纹的基本牙型如图5-5所示，左右牙侧角为27.5°，牙顶和牙底均要倒成圆角，圆弧与牙侧直线相切，在柱管螺纹的牙侧上，直线部分的高度 $h' = 0.491P$ 。

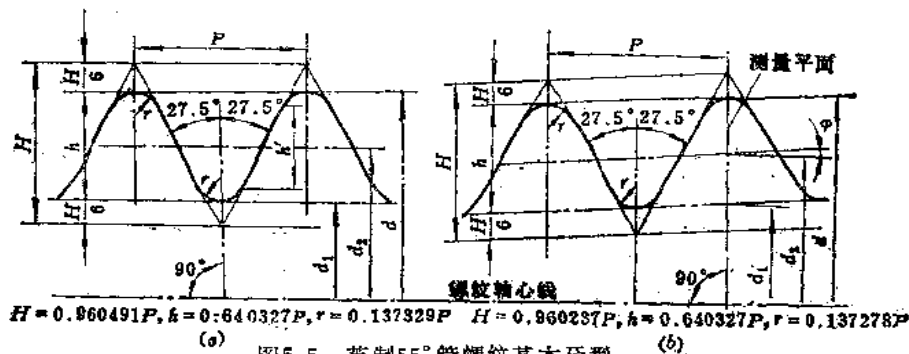


图5-5 英制55°管螺纹基本牙型

(a) 柱管螺纹；(b) 锥管螺纹。

管螺纹的公称直径是指管的孔径(近似值)，因此，管螺纹的外径要比公称直径大。它用英寸为单位，尺寸系列见表5-20和表5-21。

表5-20 55°圆柱管螺纹尺寸

公称直径 (in)	每英寸牙数 $n$	螺距 $P$	大径 $d$	中径 $d_2$	小径 $d_1$	工作高度 $h$	圆角半径 $r$
1/4	19	1.337	13.158	12.302	11.448	0.856	0.184
3/8			16.653	15.807	14.951		
1/2	14	1.814	20.956	19.794	18.632	1.162	0.249
3/4			26.442	25.281	24.119		
1	11	2.309	33.250	31.771	30.293	1.479	0.317
1 1/4			41.912	40.433	38.954		
1 1/2			47.805	46.326	44.847		
2			59.616	58.137	56.639		
2 1/2			75.187	73.708	72.230		
3			87.887	86.409	84.930		
4	113.034	111.556	110.077				
5	138.435	136.957	135.478				
6	163.836	162.357	160.879				

注：55°圆柱管螺纹多用于压力为1.569MPa以下的水、煤气管路以及润滑和电线管路系统。

表5-21 55°圆锥管螺纹尺寸

公称直径 (in)	每英寸牙数 <i>n</i>	螺距 <i>p</i>	螺纹长度		基面上的螺纹直径			管端螺纹 小径 <i>d<sub>r</sub></i>	工作高度 <i>h</i>	圆角半径 <i>r</i>
			有效长度 <i>L<sub>2</sub></i>	管端至基 面长度 <i>L<sub>1</sub></i>	大径 <i>d</i>	中径 <i>d<sub>2</sub></i>	小径 <i>d<sub>1</sub></i>			
1/8	28	0.907	9	4.5	9.729	9.148	8.567	8.270	0.581	0.125
1/4	19	1.337	11	6	13.158	12.302	11.446	11.071	0.856	0.184
3/8			12		16.663	15.807	14.591	14.576		
1/2	14	1.814	15	7.5	20.956	19.794	18.632	18.163	1.162	0.249
3/4			17	26.442	25.281	24.119	23.524			
1	11	2.309	19	11	33.250	31.771	30.293	29.606	1.479	0.317
1 1/4			22	13	41.912	40.433	38.954	38.142		
1 1/2			23	14	47.805	46.326	44.847	43.972		
2			26	16	59.616	58.137	56.659	55.659		
2 1/2			30	18.5	75.187	73.708	72.230	71.074		
3			32	20.5	87.887	86.409	84.930	83.649		
4			38	25.5	113.034	111.556	110.077	108.483		
5			41	28.5	138.435	136.957	135.478	133.697		
6	45	31.5	163.836	162.357	160.879	158.910				

- 注：(1) 55°圆锥管螺纹多用于高温、高压系统和润滑系统；  
 (2) 内、外螺纹无过盈结合时，螺纹的旋合长度等于 $L_1$ ；  
 (3) 基面上各直径等于圆柱管螺纹的各相应直径；  
 (4) 不论 $L_1$ 的实际值如何， $L_2$ 与 $L_1$ 之差不得小于本表中的 $L_2 - L_1$ 。 $d_r$ 的尺寸供参考。

压紧联结用的内、外锥管螺纹和内柱螺纹从1/8"~6"共有15种规格。机械联接用的内、外柱管螺纹从1/8"~6"共有23种规格。作为机械联结用的管螺纹不要求密封性，如旋塞、阀等机械部件上所用的内、外圆柱螺纹。

锥管螺纹的基面长度相当于4~13牙，有效螺纹的长度比基面长度长 $2\frac{3}{4}$ ~5牙。对于密封用锥管螺纹，ISO/R7、英、法、联邦德国、日本等国标准只规定基面长度公差，有效螺纹长度也取相同的公差，见表5-22，未规定其它单项公差。

表5-22 英制55°管螺纹公差

公称尺寸	内锥螺纹	外锥螺纹	内柱螺纹直径公差
	基面长度和有效螺纹长度公差		
1/8"~2"	$\pm 1\frac{1}{2}P$	$\pm 1P$	$\pm 1\frac{1}{4}PK$
2 1/2"~6"	$\pm 1\frac{1}{2}P$	$\pm 1\frac{1}{2}P$	$\pm 1.5PK$
7"~9"	$\pm 2.2P$	$\pm 2.2P$	$\pm 2.2PK$
10"~12"	$\pm 2\frac{3}{4}P$	$\pm 2\frac{3}{4}P$	$\pm 2.75PK$

注：圆锥度 $K = 1/16 = 6.25\mu\text{m}/\text{mm} = 0.75$ 英寸/英尺。

因为内锥螺纹长度公差大于外锥螺纹长度公差, 为了保证锥螺纹配合达到有效螺纹长度, 规定内锥螺纹的最大有效长度和内柱螺纹的长度要等于外锥螺纹的最大有效长度。当有空刀槽时, 也不小于外锥螺纹最小有效长度的80%。

苏联ГОСТ6211-69标准规定内、外锥螺纹的基面长度公差取 $\pm 1P$  (用于 $1/8'' \sim 2''$ ) 和 $\pm 1.5P$  (用于 $2 \frac{1}{2}''$ 以上)。另外还规定单项参数公差, 见表5-23, 只供设计螺纹刀具使用, 不作检查产品用。

表5-23 英制锥管螺纹的单项参数公差

管子公称 尺寸 (英寸)	半角 $\frac{\alpha}{2}$ 公差		全角 $\alpha$ 公差		斜角 $\varphi$ 公差			
	ГОСТ		USAS		ГОСТ			
	普通精度	高精度*	B 2.1	B 2.2	普通精度		高精度*	
					内螺纹	外螺纹	内螺纹	外螺纹
1/16, 1/8	$\pm 1'$	$\pm 40'$	$\pm 2 \frac{1}{2}'$	$\pm 2'$	+6'	+12'	+5'	+10'
1/4, 3/8	$\pm 45'$	$\pm 35'$	$\pm 2'$	$\pm 2'$	-12'	-6'	-10'	-5'
1/2, 3/4								
1~2	$\pm 45'$	$\pm 25'$	$\pm 1 \frac{1}{2}'$	$\pm 1 \frac{1}{2}'$	+5'	+10'	+4'	+8'
$2 \frac{1}{2}$ 以上					-10'	-5'	-8'	-4'

管子公称 尺寸 (英寸)	锥度公差		有效螺纹长度 $L_2$ 上的螺距公差						
	USAS		ГОСТ		USAS				
	B 2.1	B 2.2	普通精度	高精度*	B 2.1	B 2.2			
	(英寸/英尺)		(mm)	(mm)	(英寸)	(英寸)			
1/16, 1/8	$\pm \frac{2}{16}$	$\pm \frac{1}{16}$	$\pm 0.04$	$\pm 0.02$	$\pm 0.003$	$\pm 0.0010$			
1/4, 3/8	$-\frac{1}{16}$					} ( $L_2 < 10$ )	} ( $L_2 < 10$ )	当 $L_2 > 1$ 时,	$\pm 0.0015$
1/2, 3/4									$\pm 0.0020$
1~2	$\left( \begin{smallmatrix} +18' \\ -9' \end{smallmatrix} \right)^{**}$	$\left( \begin{smallmatrix} \pm 9' \end{smallmatrix} \right)^{**}$	$\pm 0.07$	$\pm 0.04$	每1为	$\pm 0.0025(L_2 \leq 1)$ $\pm 0.004(L_2 > 1)$			
$2 \frac{1}{2}$ 以上			( $L_2 < 25$ )	( $L_2 < 25$ )	$\pm 0.003$	$\pm 0.004(L_2 \leq 1)$ $\pm 0.005(L_2 < 1)$			

\* ГОСТ6211-69有普通精度和高精度之分, ГОСТ6111-52则无此项;

\*\* 括弧中是斜角公差, 由锥度公差换算得来。

机械联结用的圆柱管螺纹, ISO/R228对内螺纹中径规定了一种公差带, 位于零线之上; 对外螺纹中径规定了两种公差带A和B, 位于零线之下。内螺纹公差值和A的公差值与表5-22中内柱螺纹直径的正偏差相同, B的公差值等于A的公差值的两倍。

苏联ГОСТ6357-52对内、外螺纹中径公差规定2和3级两种公差带。对大径和小径、接牙顶高和牙底高的公差确定, 这是设计螺纹刀具的原始数据, 不作验收工件用。所规定的直径公差带保证内、外圆柱管螺纹配合后有间隙, 以便能放填料, 达到密封的要求。

按照规定的公差可以计算螺纹的外径、中径和内径的极限尺寸。(b—中径公差)

外螺纹 (管)		内螺纹 (管接头)	
中径最大	$d_2$		$d_2 + b$
最小	$d_2 - b$		$d_2$
外径最大	$d_2 + 2h_{1max}$		$d_2 + 2h'_{1max}$
最小	$d_2 + 2h_{1min}$		$d_2 + 2h'_{1min}$
内径最大	$d_2 - 2h_{2min}$		$d_2 - 2h'_{2min}$
最小	$d_2 - 2h_{2max}$		$d_2 - 2h'_{2max}$

圆柱管螺纹公差见表 5-24。

表5-24 圆柱管螺纹公差 (mm)

螺纹公称直径	每英寸 螺纹扣数	螺纹中径 $d_2$	尺寸及公差									
			外螺纹 (管子)				内、外螺纹		内螺纹 (管接头)			
			至中径线距离				中径公差 (±b)		至中径线距离			
			牙峰高 $h_1$		牙谷深 $h_2$		外螺纹中 径下偏差 (-b) 内螺 纹中径上偏差 (+b)		牙谷深 $h'_1$		牙峰高 $h'_2$	
英寸	n	$d_2$	最大	最小	最大	最小	2级	3级	最大	最小	最大	最小
1/8	28	9.148	0.265	0.215	0.340	0.290	0.133	0.219	0.340	0.290	0.265	0.215
1/4 3/8	19	12.302 15.807	0.400	0.340	0.488	0.428	0.137 0.148	0.228 0.247	0.478	0.428	0.400	0.350
1/2 (5/8) 3/4	14	19.794 21.750 25.281	0.545	0.485	0.641	0.581	0.161	0.265	0.631	0.581	0.545	0.495
7/8		29.040										
1 (1 1/8) 1 1/4 (1 3/8)	12	31.771 36.420 40.433 42.846	0.700	0.640	0.800	0.740	0.193	0.321	0.790	0.740	0.700	0.650
1 1/2		46.326										
1 3/4 2 (2 1/4)		52.270 58.137 64.234										
2 1/2		73.708										
2 3/4 3	10	80.058 86.409	0.630	0.810	0.740	0.255	0.421	0.800	0.740	0.700	0.640	
3 1/2		98.855										
4	8	111.556	0.620	0.820	0.740	0.270	0.446	0.820	0.740	0.700	0.630	
5 6	7	136.957 162.357	0.620	0.820	0.740	0.286	0.478	0.820	0.740	0.700	0.630	

注：标注主要尺寸 (外径、内径) 公差需根据表中数值计算。

#### 4. 英制60°管螺纹

英制 60° 管螺纹来源于美国标准 USAS B2.1, 1919 年, 又称为布氏管螺纹。我国的机床、汽车和拖拉机等行业应用的锥螺纹 (Z) 属于这个体系。

布氏螺纹的基本牙型如图 5-6 所示, 左右牙侧角为 30°, 牙尖削平量比其他螺纹要小得多, 允许削平面与螺纹中径圆锥母线平行, 也可与螺纹轴线平行。

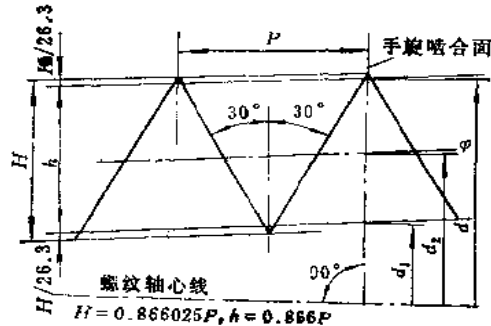


图5-6 英制60°管螺纹基本牙型

因为这种螺纹牙很尖, 削平面又窄, 故内、外管螺纹旋合后, 牙顶和牙底处的间隙都很小, 再加上牙尖受挤压变形, 使间隙更小, 故可防止泄漏。

管螺纹的公称尺寸是近似于管子的孔径, 用英寸为单位, 尺寸系列见表 5-25。其中只有 1/2 和 3/4 英寸的螺距与英制 55° 螺纹的规格相同。

表5-25 60°圆锥螺纹尺寸

公称直径 (in)	每英寸牙数 n	螺距 p	螺纹长度		基面上的螺纹直径			管端螺纹 小径 d <sub>7</sub>	工作高度 h
			有效长度 L <sub>2</sub>	管端至 基面长度 L <sub>1</sub>	大径 d	中径 d <sub>2</sub>	小径 d <sub>1</sub>		
1/16	27	0.941	6.6	4.064	7.895	7.142	6.389	6.135	0.753
1/8			7	4.572	10.272	9.519	8.766	8.480	
1/4	18	1.411	9.5	5.080	13.572	12.443	11.314	10.997	1.129
3/8			10.5	6.096	17.055	15.926	14.797	14.416	
1/2	14	1.814	13.5	8.128	21.223	19.772	18.321	17.813	1.451
3/4			14	8.611	26.568	25.117	23.666	23.128	
1	1 1/2	2.209	17.5	10.160	33.228	31.461	29.694	29.059	1.767
1 1/4			18	10.568	41.985	40.218	38.451	37.784	
1 1/2			18.5	10.568	48.054	46.287	44.520	43.853	
2			19	11.074	60.092	58.325	56.558	55.866	

注: 1. 60°圆锥螺纹多用于汽车、拖拉机、航空机械、机床的燃料、油、水、气输送系统;

2. 螺纹结合时, 螺纹的牙数不应少于两个完整牙型;

3. L<sub>1</sub>尺寸可缩小, 但 L<sub>2</sub>-L<sub>1</sub>不得小于表中所列 L<sub>2</sub>与 L<sub>1</sub>之差。d<sub>7</sub>的尺寸供参考。

对于密封用锥管螺纹, 美、苏标准同样规定基面位置的轴向变动量不超出  $\pm p$ , 作为制造公差, 此外还规定四项单个参数公差, 见表 5-23, 这仅作为螺纹刀具的螺纹参数公差。



美国标准管螺纹 USAS B2.1-68 和用于密封管螺纹 USAS B2.2-68 标准中规定有各种用途的管螺纹, 见表 5-26。

表5-26 美国标准管螺纹代号及用途

标准号	用途	名称	内锥螺纹	外锥螺纹	内柱螺纹	外柱螺纹
B 2.1	压紧联结	普通接头	NPT	NPT	—	—
B 2.1	压紧联结	低压管联结	—	NPT	NPSC	—
B 2.1	机械联结	钢轨联结	NPTR	NPTR	—	—
B 2.1	机械联结	设备上自由配合联结	—	—	NPSM	NPSM
B 2.1	机械联结	带锁紧螺母的松配合	—	—	NPSL	NPSL
B 2.2	干密封	标准型	NPTF	NPTF	—	—
B 2.2	干密封	SAE短型	PTF—SAE Short	PTF—SAE Short	—	—
B 2.2	干密封	燃油型 (软材)	—	—	NPSF	—
B 2.2	干密封	中间型 (硬材)	—	—	NPSI	—

装配内、外锥管螺纹 NPT 时, 须用扳手拧紧, 并且须加密封填料, 以保证获得密封联结。内、外锥管螺纹 NPTR 的长度比 NPT 短 3~4 牙。圆柱管螺纹 NPSL 的尺寸较大, 做在有锥螺纹的管上, 供锁紧螺母用。

外锥螺纹 NPTF 可与内锥螺纹 NPTF 和 PTF—SAE Short 或与内柱螺纹 NPSF 和 NPSI 配合; 外锥螺纹 PTF—SAE Short 与内锥螺纹 NPTF 或与内柱螺纹 NPSI 配合。以上配合可不用密封填料, 只用扳手拧紧就能实现密封。

从 USAS B2.2-68 标准规定的干密封型管螺纹, 在大径、小径处采用过盈配合, 用扳手装配, 使牙顶与牙底形成挤压接触, 不用填料就可以保证密封, 而苏联 ГOCT6211-68 标准的规定, 在大、小径处采用过渡配合, 所以不能保证顶底接触而无间隙, 见表 5-27。

表5-27 英制锥管螺纹的牙顶高和牙底高的公差

管子公称 尺寸 (英寸)	ГОCT6211-69				ГОCT6111-52		USAS B 2.1-68		USAS B 2.2-68						
	$h_1$ 和 $h_2$		牙顶高		牙底高		$h_1$ 和 $h_2$		$h_1$ 和 $h_2$		牙顶高		牙底高		
	基本值		内 $h_2$	外 $h_1$	内 $h_1$	外 $h_2$	基本值	公差 ( $\mu\text{m}$ )	基本值	公差 ( $\mu\text{m}$ )	基本值	内 $h_2$	外 $h_1$	内 $h_1$	外 $h_2$
			公差 ( $\mu\text{m}$ )								公差 ( $\mu\text{m}$ )				
1/16, 1/8							0 -45	0 -59	0.34 P						
1/4, 3/8							0 -65	0 -78	0.35 P					0 -46	
1/2, 3/4	0.32 P	0 -50		±25		0.4 P	0 -85	0.4 P	0 -81	0.373 P	+43 0				
1~2							0 -85	0 -88						0 -66	
2 $\frac{1}{2}$ 以上								0 -93	0.378 P						

## 5. 米制60°管螺纹

米制60°管螺纹标准如联邦德国标准 DIN158-1971 规定管螺纹用内柱螺纹和外锥螺纹配合。螺纹本身可起密封作用，有时需加液态或塑性填料，以保证密封。

内柱螺纹的牙型与普通螺纹的牙型大体一样，外锥螺纹的牙型与米制锥螺纹的牙型大体一致。所不同的是在螺纹小径处，牙尖削去 $H/8$ 后，又倒圆角 $r=0.11P$ ，如图5-7所示。

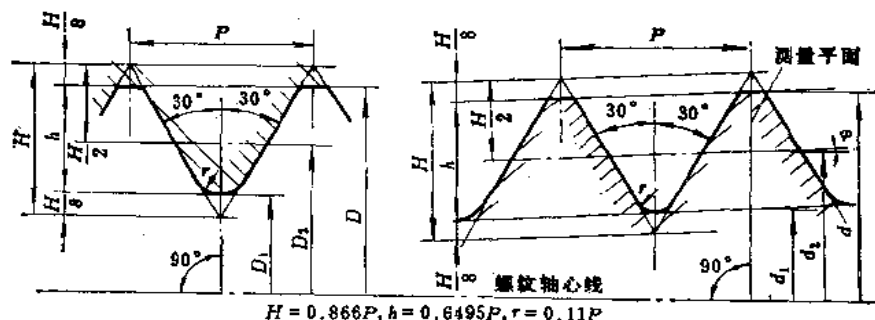


图5-7 DIN158的米制60°管螺纹牙型  
(a) 圆柱螺纹；(b) 外锥螺纹。

外锥螺纹的牙底采用圆角，不但加工工艺性好，并能提高螺纹件强度，又可与普通螺纹的螺母配合，用于不要求密封的机械联结。

标准规定以内柱螺纹的大径 $D$ 和外锥螺纹在基面上的大径 $d$ 作为螺纹的公称直径，取 $D=d=6\sim 60\text{mm}$ ，同螺距 $P=1, 1.5$ 和 $2\text{mm}$ 组成32种尺寸系列，这是从普通螺纹尺寸系列中挑选的32种。

对外锥螺纹规定两套螺纹长度不同的规格，一种是一般的，另一种是短长度锥螺纹。

对外锥螺纹规定了基面长度和有效螺纹长度公差，并取相同数值，一般长锥螺纹为 $\pm 0.7\sim \pm 1.2\text{mm}$ ，短锥螺纹为 $\pm 0.5\sim \pm 1.2\text{mm}$ 。

规定内柱螺纹的有效长度等于外锥螺纹的最大有效长度，当有空刀槽时，不小于外锥螺纹的最小有效长度的80%。

对内柱螺纹公称直径为最小大径，未规定最大大径；规定中径公差带相当于普通螺纹的5H（或6H），规定小径公差约为普通螺纹小径的7级公差。

在图样上的标注示例如下：

M30×2 DIN158 米制内柱螺纹

M30×2Keg DIN158 一般长度的米制外锥螺纹

M30×2Keg Karz DIN158 有效长度较短的米制外锥螺纹

## 五、梯形螺纹公差配合的选用

在各种机械中，传动螺纹的牙型多数采用梯形螺纹。国家标准 GB784~785-65对一般用途的单线及多线梯形螺纹规定了牙型、基本尺寸、公差和代号。

1. 梯形螺纹的牙型和基本尺寸

梯形螺纹的牙型如图 5-8 所示。牙型为等腰三角形，牙型角为  $30^\circ$ ，底边长为螺距  $t$ ，原始三角形的高为  $H$ 。取三角形中部高  $H/2$  处的直径为中径  $d_2$ 。内、外螺纹的公称中径相同，中径圆柱上牙厚和槽宽都等于  $0.5t$ 。

梯形螺纹主要参数：

外螺纹外径（大径）为公称直径  $d$

外螺纹内径（小径）  $d_1 = d - t - 2Z$

内螺纹外径（大径）  $d' = d + 2Z$

内螺纹内径（小径）  $d'_1 = d - t$

内、外螺纹中径  $d_2 = d - 0.5t$

牙型工作高度  $h = 0.5t(\text{mm})$

牙型公称高度  $h_1 = 0.5t + Z(\text{mm})$

螺距  $t(\text{mm})$

内外螺纹牙顶、牙根间的间隙  $Z$

当  $t \leq 4\text{mm}$   $Z = 0.25\text{mm}$

$t = 5 \sim 12\text{mm}$   $Z = 0.5\text{mm}$

$t \geq 16\text{mm}$   $Z = 1\text{mm}$

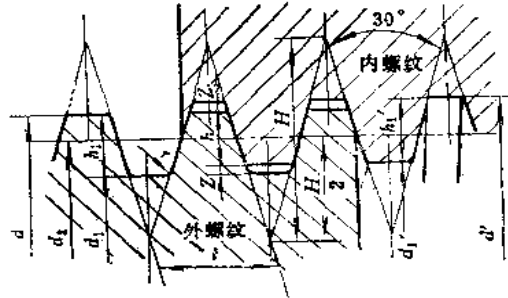


图5-8 梯形螺纹的牙型

为使梯形螺纹配合后，在内、外径处均有间隙  $Z$ ，内螺纹的公称内径和外径分别大于外螺纹的内径和外径。

公制梯形螺纹的直径与螺距见表 5-28，直径自 22 至 300mm 的梯形螺纹，每种直径都规定三种螺距（粗牙、标准和细牙）。直径自 10 至 20mm 的梯形螺纹的螺距有粗牙和细牙两种。直径在 420mm 以上的梯形螺纹只规定一种细牙螺距。基本尺寸见表 5-29。

表5-28 公制梯形螺纹的直径与螺距 (mm)

公称直径 $d$			螺距 $P$	公称直径 $d$			螺距 $P$	公称直径 $d$			螺距 $P$
第一系列	第二系列	第三系列		第一系列	第二系列	第三系列		第一系列	第二系列	第三系列	
10			3, 2	60	55		12, 8, 3	250	280	240	40, 24, 12
12	14				65				260	300	
16	18		4, 2	80	70	75	16, 10, 4	320	360	340	
20	22	24			85				400	380	420
26	28		8, 5, 3	100	90	95	20, 12, 5		440	460	16
32	36	30			110	130			500	480	
40		34	10, 6, 3	120	140	150	24, 16, 6			520	20
		38			160			170		540	
	44		12, 8, 3		180	190	24, 16, 8		560	580	24
50		46			200			32, 20, 8	600	620	
		48			210		32, 20, 10				
		52		220							

注：优先采用第一系列，其次是第二系列，第三系列尽可能不用。

表5-29 公制梯形螺纹基本尺寸 (GB.784-65)

(mm)

螺距	外 螺 纹		内、外螺 纹	内 螺 纹		外螺 纹	螺 纹 最 大 旋 合 长 度
	外 径	内 径	中 径	外 径	内 径	有 效 面 积	
<i>P</i>	<i>d</i>	<i>d<sub>1</sub></i>	<i>d<sub>2</sub></i>	<i>d'</i>	<i>d<sub>i</sub></i>	<i>F</i> (cm <sup>2</sup> )	<i>L</i> (推荐)
2	10	7.5	9	10.5	8	0.44	20
	12	9.5	11	12.5	10	0.71	
	14	11.5	13	14.5	12	1.04	
	16	13.5	15	16.5	14	1.43	
	18	15.5	17	18.5	16	1.89	30
	20	17.5	19	20.5	18	2.41	
	22	19.5	21	22.5	20	2.99	
	24	21.5	23	24.5	22	3.63	
26	23.5	25	26.5	24	4.34		
28	25.5	27	28.5	26	5.11		
3	10	6.5	8.5	10.5	7	0.33	30
	12	8.5	10.5	12.5	9	0.57	
	14	10.5	12.5	14.5	11	0.87	
	30	26.5	28.5	30.5	27	5.32	35
	32	28.5	30.5	32.5	29	6.38	
	34	30.5	32.5	34.5	31	7.31	
	36	32.5	34.5	36.5	33	8.30	
	38	34.5	36.5	38.5	35	9.35	
	40	36.5	38.5	40.5	37	10.46	
	42	38.5	40.5	42.5	39	11.64	
	44	40.5	42.5	44.5	41	12.88	
	46	42.5	44.5	46.5	43	14.19	45
	48	44.5	46.5	48.5	45	15.55	
	50	46.5	48.5	50.5	47	16.98	
	52	48.5	50.5	52.5	49	18.47	
	55	51.5	53.5	55.5	52	20.88	
60	56.5	58.5	60.5	57	25.07		
4	16	11.5	14	16.5	12	1.04	45
	18	13.5	16	18.5	14	1.43	
	20	15.5	18	20.5	16	1.89	
	65	60.5	63	65.5	61	28.75	50
	70	65.5	68	70.5	66	33.70	
	75	70.5	73	75.5	71	39.04	
	80	75.5	78	80.5	76	44.77	
	5	22	16	19.5	23	17	2.01
24		18	21.5	25	19	2.54	
26		20	23.5	27	21	3.14	
28		22	25.5	29	23	3.80	
85		79	82.5	86	80	49.02	60
90		84	87.5	91	85	55.42	
95		89	92.5	96	90	62.21	
100		94	97.5	101	95	69.40	
110		104	107.5	111	105	84.95	

(续)

螺距	外 螺 纹		内、外螺纹	内 螺 纹		外螺纹	螺纹最大 旋合长度	
	外径	内径	中径	外径	内径	有效面积		
$P$	$d$	$d_1$	$d_2$	$d'$	$d_1$	$F(\text{cm}^2)$	$L$ (推荐)	
6	30	23	27	31	24	4.16	55	
	32	25	29	33	26	4.91		
	34	27	31	35	28	5.73		
	36	29	33	37	30	6.61		
	38	31	35	39	32	7.55		
	40	33	37	41	34	8.55		
	42	35	39	43	36	9.62		
	120	113	117	121	114	100.29	70	
	130	123	127	131	124	118.82		
	140	133	137	141	134	138.93		
	150	143	147	151	144	160.61		
	8	22	13	18	23	14	1.33	85
		24	15	20	25	16	1.77	
		26	17	22	27	18	2.27	
28		19	24	29	20	2.84		
44		35	40	45	36	9.62	90	
46		37	42	47	38	10.75		
48		39	44	49	40	11.95		
50		41	46	51	42	13.20		
52		43	48	53	44	14.52		
55		46	51	56	47	16.62		
60		51	56	61	52	20.43		
160		151	156	161	152	179.08	100	
170		161	166	171	162	203.58		
180		171	176	181	172	229.66		
190	181	186	191	182	257.30			
10	30	19	25	31	20	2.84	90	
	32	21	27	33	22	3.46		
	34	23	29	35	24	4.16		
	36	25	31	37	26	4.91		
	38	27	33	39	28	5.73		
	40	29	35	41	30	6.61		
	42	31	37	43	32	7.55		
	65	54	60	66	55	22.90	100	
	70	59	65	71	60	27.34		
	75	64	70	76	65	32.17		
	80	69	75	81	70	37.39		
	200	189	195	201	190	280.55	110	
	210	199	205	211	200	311.03		
	220	209	215	221	210	343.07		

(续)

螺距	外 螺 纹		内、外螺 纹	内 螺 纹		外螺 纹	螺 纹 最 大 旋 合 长 度
	外 径	内 径	中 径	外 径	内 径	有 效 面 积	
$P$	$d$	$d_1$	$d_2$	$d'$	$d_i$	$F(\text{cm}^2)$	$L$ (推荐)
12	44	31	38	45	32	7.55	110
	46	33	40	47	34	8.55	
	48	35	42	49	36	9.62	
	50	37	44	51	38	10.75	
	52	39	46	53	40	11.95	
	55	42	49	56	43	13.85	
	60	47	54	61	48	17.35	120
	85	72	79	86	73	40.72	
	90	77	84	91	78	46.57	
	95	82	89	96	83	52.81	
	100	87	94	101	88	59.45	
	110	97	104	111	98	73.90	130
	240	227	234	241	228	404.71	
	250	237	244	251	238	441.15	
	260	247	254	261	248	479.16	
	280	267	274	281	268	559.90	
	300	287	294	301	288	646.93	
	320	307	314	321	308	740.23	
	340	327	334	341	328	839.82	
	360	347	354	361	348	945.69	
	380	367	374	381	368	1057.84	
	400	387	394	401	388	1176.28	160
	65	47	57	67	49	17.35	
	70	52	62	72	54	21.24	
75	57	67	77	59	25.52		
80	62	72	82	64	30.19	170	
120	102	112	122	104	81.71		
130	112	122	132	114	98.52		
140	122	132	142	124	116.90		
150	132	142	152	134	136.85		
160	142	152	162	144	158.37		
170	152	162	172	154	181.46		—
420	402	412	422	404	1269.23		
440	422	432	442	424	1398.57		
460	442	452	462	444	1534.39		
480	462	472	482	464	1676.39		
500	482	492	502	484	1824.67	180	
85	63	75	87	65	31.17		
90	68	80	92	70	36.32		
95	73	85	97	75	41.85		
100	78	90	102	80	47.78		
110	88	100	112	90	60.82		

(续)

螺距	外螺纹		内、外螺纹	内螺纹		外螺纹 有效面积	螺纹最大 旋合长度
	外径	内径	中径	外径	内径		
<i>P</i>	<i>d</i>	<i>d<sub>1</sub></i>	<i>d<sub>2</sub></i>	<i>d'</i>	<i>d'<sub>1</sub></i>	<i>F</i> (cm <sup>2</sup> )	<i>L</i> (推荐)
20	180	158	170	182	160	196.07	210
	190	168	180	192	170	221.67	
	200	178	190	202	180	248.85	
	210	188	200	212	190	277.59	
	220	198	210	222	200	307.91	
	520	498	510	522	500	1947.82	—
	540	518	530	542	520	2107.41	
	560	538	550	562	540	2273.29	
580	558	570	582	560	2445.45		
24	120	94	108	122	96	69.40	200
	130	104	118	132	106	84.95	
	140	114	128	142	116	102.07	
	150	124	138	152	126	120.76	
	160	134	148	162	136	141.03	
	170	144	158	172	146	162.86	
	240	214	228	242	216	359.68	280
	250	224	238	252	226	394.08	
	260	234	248	262	236	430.05	
	280	254	268	282	256	506.71	
	300	274	288	302	276	589.65	
	600	574	588	602	576	2587.70	—
	620	594	608	622	596	2771.17	
	640	614	628	642	616	2960.92	
32	180	146	164	182	148	167.42	300
	190	156	174	192	158	191.13	
	200	166	184	202	168	216.42	
	210	176	194	212	178	243.29	
	220	186	204	222	188	271.72	
40	240	198	220	242	200	307.91	340
	250	208	230	252	210	339.60	
	260	218	240	262	220	373.35	
	280	238	260	282	240	444.88	
	300	258	280	202	260	522.79	
48	320	270	296	322	272	572.56	—
	340	290	316	342	292	660.52	
	360	310	336	362	312	754.77	
	380	330	356	382	332	855.30	
	400	350	376	402	352	962.11	

### 2. 梯形螺纹公差与配合

GB785-65对梯形螺纹规定了公差和公差带位置,如图5-8所示。各直径偏差均以螺纹的相应直径为零线(起点),并沿垂直螺纹轴线方向计算,梯形螺纹的偏差见表5-30。

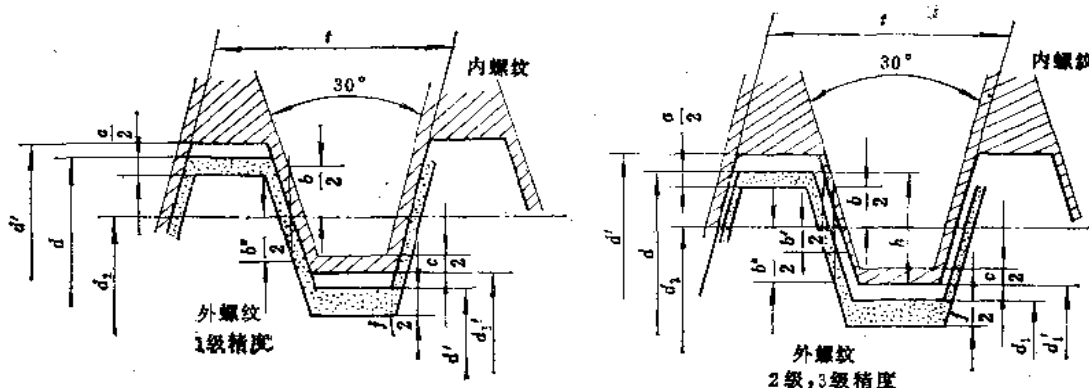


图5-9 梯形螺纹公差带

标准规定如下:

(1) 公差带按基孔制间隙配合配置,并将梯形螺纹按中径公差大小分为1、2、3级精度,同一级的内、外螺纹公差相同。对于3级精度的外螺纹,按其公差带布置又分为3、3s两种。

(2) 内螺纹外径的下偏差为零,上偏差不作规定。外螺纹外径的上偏差为零,下偏差 $a$ 按表5-30给定。

(3) 内螺纹中径下偏差为零,上偏差为 $b$ ,按表5-30给定。外螺纹的中径上、下偏差分别为 $b'$ 和 $b''$ 。内、外螺纹的中径公差都是综合公差,它包括中径的制造公差、螺距

表5-30 梯形螺纹公差(抄自GB785-65)

螺距 $f$ (mm)	公称直径 $d$ (mm)	允许偏差 ( $\mu\text{m}$ )													
		外 螺 纹								内 螺 纹					
		外径下 偏差 $a$	内径下偏差		中径上偏差 $b'$			中径下偏差 $b''$			中径上偏差 $b$			内径上 偏差 $c$	
	1、2、 3级	3s级	1级	2、 3级	3s级	1级	2级	3级	3s级	1级	2级	3级			
2	10~16		-362	-460		-34	-132	-197	-294	-362	-460	+197	+262	+328	+100
	18~28	-100	-388	-485				-310	-314	-388	-485	+210	+280	+355	
3	10~14		-410	-530		-37	-158	-221	-336	-410	-530	+221	+295	+372	+150
	30~44	-150	-465	-585				-266	-392	-465	-585	+266	+355	+428	
	46~60		-478	-595				-266	-392	-478	-595	+266	+355	+440	
4	16~20		-485	-627		-45	-187	-266	-400	-485	-627	+266	+355	+440	+200
	65~80	-200	-565	-710				-314	-462	-565	-710	+314	+418	+520	
5	22~28		-565	-720		-52	-205	-308	-462	-565	-720	+308	+410	+515	+250
	85~110	-250	-650	-800				-359	-530	-650	-800	+359	+478	+595	
6	30~42		-635	-800		-56	-234	-349	-522	-635	-800	+349	+465	+578	+300
	120~150	-300	-720	-885				-398	-585	-720	-885	+398	+530	+660	



螺距 $f$ (mm)	公称直径 $d$ (mm)	允许偏差 ( $\mu\text{m}$ )													
		外 螺 纹									内 螺 纹				
		外径下 偏差 $a$	内径下偏差			中径上偏差 $b'$			中径下偏差 $b''$			中径上偏差 $b$			内径上 偏差 $c$
			1、2、3级	1级	2、3级	3级	1级	2级	3级	3s级	1级	2级	3级		
8	22~28		-720	-920				-390	-590	-720	-920	+390	+520	+650	
	44~60	-400	-758	-960	0	-67	-268	-413	-620	-758	-960	+413	+550	+690	+400
	160~190		-830	-1032				-461	-682	-830	-1032	+461	+615	+765	
10	30~42		-820	-1042				-454	-680	-820	-1042	+454	+605	+745	
	65~80	-500	-865	-1090	0	-75	-300	-476	-710	-865	-1090	+476	+635	+790	+500
	200~220		-900	-1128				-499	-738	-900	-1128	+499	+665	+825	
12	44~60		-948	-1190				-518	-772	-948	-1190	+518	+690	+865	
	85~110	-600	-978	-1225	0	-82	-328	-536	-800	-978	-1225	+536	+715	+895	+600
	240~300		-1070	-1330				-593	-835	-1070	-1330	+593	+790	+985	
16	65~80	-800	-1135	-1415	0	-93	-372	-619	-920	-1135	-1415	+619	+825	+1040	+800
	120~170		-1190	-1470				-656	-970	-1190	-1470	+656	+875	+1100	
20	85~110	-1000	-1305	-1620	0	-105	-420	-720	-1068	-1305	-1620	+720	+960	+1200	+1000
	180~220		-1370	-1685				-758	-1120	-1370	-1685	+758	+1010	+1265	
24	120~170	-1200	-1520	-1845	0	-112	-448	-840	-1230	-1520	-1845	+840	+1120	+1800	+1200
	240~300		-1565	-1900				-866	-1268	-1565	-1900	+866	+1155	+1450	
32	160~220	-1500	-1643	-2037	0	-131	-525	-908	-1341	-1643	-2037	+908	+1210	+1512	+1500
40	240~300	-2000	-1884	-2330	0	-149	-590	-1044	-1541	-1884	-2330	+1044	+1392	+1740	+2000

和牙型半角公差的中径当量值。

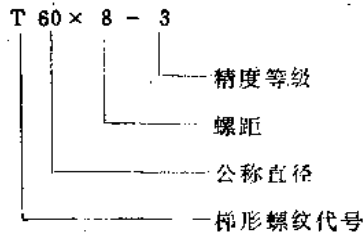
(4) 内螺纹内径下偏差为零，上偏差  $c$  按表 5-30 给定。外螺纹内径上偏差为零，下偏差  $f$  按表 5-30 给定。

(5) 标准规定允许不同的中径精度等级的内、外螺纹相配合。根据经验选用：

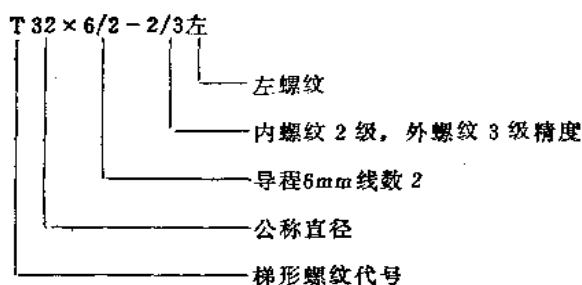
- ① 1级精度内、外螺纹配合的间隙很小，用于精密传动螺杆。
- ② 2、3级精度内、外螺纹配合，配合间隙中等，用于传动螺杆。
- ③ 3级内螺纹与3s级外螺纹配合，其间隙较大，用于一般螺杆配合。
- ④ 对于2级精度的丝杠，最好旋合长度不大于16牙；3级精度最好用于旋合长度不大于24牙。

(6) 梯形螺纹标注

例1



## 例 2



## (7) 应用举例

例: 设有一内、外螺纹, 在图样上标记为  $T32 \times 6 - 2$ , 试求内、外螺纹公差及极限尺寸。

解:

已知梯形螺纹的直径为 32mm, 螺距为 6mm, 精度为 2 级。

(1) 查表 5-29 得到

$$\text{内螺纹外径 } d' = 33\text{mm}$$

$$\text{内螺纹中径 } d'_2 = 29\text{mm}$$

$$\text{内螺纹内径 } d'_1 = 26\text{mm (即公称尺寸)}$$

(也可以按计算公式求得  $d'$ ,  $d'_2$  和  $d'_1$ )

(2) 查表 5-30 得到

内螺纹外径上偏差不作规定

内螺纹中径上偏差为 +0.465mm

内螺纹内径上偏差为 +0.3mm 下偏差为零

(3) 内螺纹外径、中径和内径的极限尺寸计算如下:

$$\text{外径 } d' \geq 33\text{mm}$$

$$\text{中径 } d'_{2\max} = 29 + 0.465 = 29.465\text{mm}$$

$$d'_{2\min} = 29$$

$$\text{内径 } d'_{1\max} = 26 + 0.3 = 26.3\text{mm}$$

$$d'_{1\min} = 26\text{mm}$$

外螺纹尺寸、公差和极限尺寸与内螺纹的查表 (或计算) 相同。极限尺寸计算如下:

$$\text{外径 } d_{\max} = 32 - 0 = 32\text{mm}$$

$$d_{\min} = 32 - 0.3 = 31.7\text{mm}$$

$$\text{中径 } d_{2\max} = 29 - 0.056 = 28.944\text{mm}$$

$$d_{2\min} = 29 - 0.522 = 28.478\text{mm}$$

$$\text{内径 } d_{1\max} = 25 - 0 = 25\text{mm}$$

$$d_{1\min} = 25 - 0.635 = 24.365\text{mm}$$

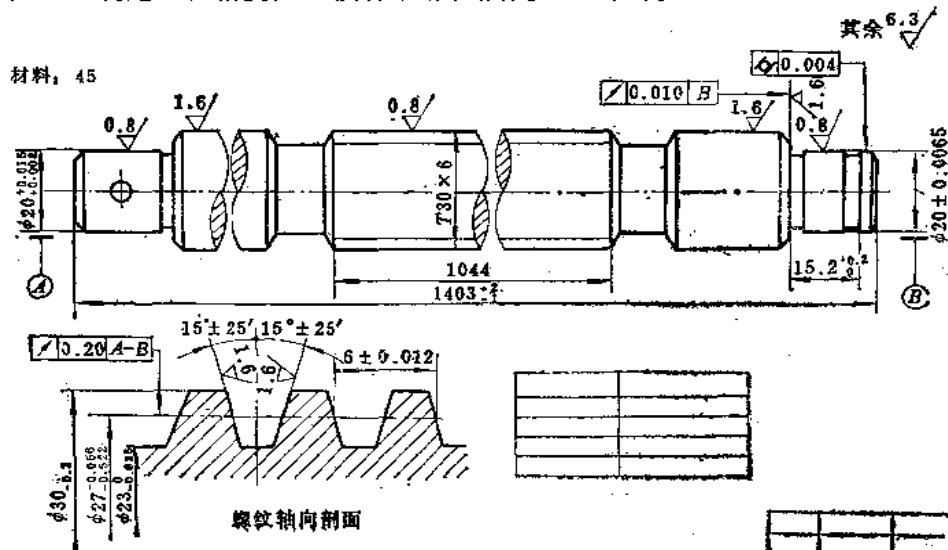
## 六、机床梯形螺纹丝杠和螺母公差的选用

机床传动丝杠和螺母常用牙型角为  $30^\circ$  的单线梯形螺纹, 其牙型和基本尺寸采用 GB784-65 标准规定。有时也用牙型角为  $15^\circ$  的梯形螺纹。由于机床丝杠不仅用来传递运

动和动力，常用于精确传递位移。为此，GB785-65标准规定的梯形螺纹公差已不能满足使用要求，机械工业部特制订了JB2886-81《机床梯形螺纹丝杠和螺母的精度》标准。

1. 精度等级的选用

机床丝杠和螺母的精度，根据使用要求分为六个等级，即4、5、6、7、8和9级。4级为最高级，依次降低。各级精度的选用主要是根据机床或机构要求的位移精度来确定的。例如C616普通车床的长丝杠精度直接影响被切螺纹的螺距精度，故采用8级精度丝杠，其工作图如图5-10所示。再如，小拖板的横向丝杠直接影响横向车削进刀的位移读出量，故采用9级精度；又如尾座上的丝杠只用来使套筒位移，不要求读出位移量，故不规定丝杠精度，只按梯形螺纹规定公差即可。



技术条件

1. 8级精度JB2886-81

螺纹长度	螺距累积公差
在25mm内	0.018
在100mm内	0.025
在300mm内	0.035
全长内	0.065

2. 螺纹中径尺寸变动量 0.036

3. 正火至H170~217

图5-10

丝杠与螺母的各级精度的应用，见表5-31。

表5-31 丝杠、螺母精度的选择

精度等级	应用举例
4	用于位移精度特别高的机构，如高精度螺纹磨床的传动丝杠
5~6	用于高精度的传动丝杠，如坐标镗床、高精度丝杠车床和齿轮磨床的主传动丝杠，测微计丝杠
7	用于精确传动丝杠，如精密螺车车床、镗床、磨床的进给丝杠，精密齿轮加工机床的分度机构丝杠
8	用于一般传动丝杠，如普通车床和铣床的传动丝杠
9	低精度传动丝杠，如有分度盘的进给丝杠

## 2. 机床丝杠螺母公差的选择

各级精度丝杠的区别主要决定于位移精度的一些公差项目，如螺旋线公差、螺距公差、中径尺寸变动量公差、中径跳动公差和牙侧角的极限偏差。各项公差见表5-32至表5-39。

具体选用时应注意以下几个方面：

### (1) 螺旋线公差 (见表5-32)

表5-32 丝杠的螺旋线公差 (摘自JB2886-81) ( $\mu\text{m}$ )

精度等级	丝杠一转内螺旋线公差	在下列长度 (mm) 内螺旋线公差			丝杠全长 (mm) 上螺旋线公差					
		$\leq 25$	$\leq 100$	$\leq 300$	$\leq 1000$	$\leq 2000$	$\leq 3000$	$\leq 4000$	$\leq 5000$	$> 5000$
4	1.5	2	3	4	6	8	12	—	—	见注②
5	2.5	3.5	4.5	6.5	10	14	19	—	—	
6	4	7	8	11	16	21	27	33	39	

注：(1) 7、8、9级精度的丝杠，螺旋线公差不予规定；

(2) 允许用测量螺距误差代替。

螺旋线公差直接反映位移精度，只对4~6级高精度丝杠才规定该项公差。其公差应分为

- ① 丝杠一转内的螺旋线公差；
- ② 丝杠在指定长度内的螺旋线公差；
- ③ 丝杠在全长上的螺旋线公差。

### (2) 螺距公差 (见表5-33)

表5-33 丝杠螺距公差 (摘自JB2886-81) ( $\mu\text{m}$ )

精度等级	分螺距公差	单个螺距公差	在下列长度内 (mm) 的螺距累积公差			丝杠全长上 (mm) 的螺距累积公差					
			$\leq 25$	$\leq 100$	$\leq 300$	$\leq 1000$	$\leq 2000$	$\leq 3000$	$\leq 4000$	$\leq 5000$	$> 5000$
4	1.5	1.2	1.2	2	3	5	8	12	—	—	见注(2)
5	2.5	2	2	3	5	9	14	19	—	—	
6	4	3	5	6	9	15	21	27	33	39	
7	—	6	9	12	18	28	36	44	52	60	
8	—	12	18	25	35	55	65	75	85	95	
9	—	25	35	50	70	110	130	150	170	190	

注：(1) 丝杠用动态测量时，此项不考核；

(2) 螺纹部分长度超过5000mm时，每增加1000mm时增加的公差值如下表。

( $\mu\text{m}$ )

精度等级	6	7	8	9
每增加一米增加的公差值	6	8	10	20

为保证丝杠螺母位移精度，标准规定三种螺距公差。

- ① 单个螺距公差：在丝杠螺纹全长上，任意单个实际螺距对公称螺距的最大允许之差。代号为 $\delta p$ ；

② 螺距累积公差：在规定的螺纹长度内，任意个实际螺距对其公差值的最大允差之差。规定长度可分为25、100、300mm三段及螺纹全长的螺距累积公差。代号分别为 $\Delta P_i$ 和 $\Delta P_L$ 。

③ 分螺距公差：在丝杠的若干等分转角内，螺旋面在中线上的实际轴向位移对公称轴向位移的允许差。代号为 $\Delta P/n$ ， $n$ 为每转内转角的等分数，见表5-34。

表5-34 分螺距误差的每转内等分数（摘自JB2886-81附录）

螺 距 (mm)	等 分 数 $n$
2~5	4
5~10	6
10~20	8

螺距公差用于4~9级丝杠。对7~9级精度的丝杠可以不考核分螺距公差。丝杠长度加长，螺距公差也要适当放大。

分螺距误差能近似地反映螺旋线误差，故只规定4、5、6级丝杠的分螺距公差。螺距误差通常用静态测量法测得的，所反映的误差不能用动态测量法测得螺旋线误差的全面。由于目前动态测量仪器尚未普及，故仍规定螺距公差。若有条件，可任选螺旋线公差或螺距公差。

④ 丝杠全长上中径尺寸变动量公差（见表5-35）

表5-35 丝杠全长上中径尺寸变动量的公差（摘自JB2886-81） ( $\mu\text{m}$ )

精度等级	螺 纹 长 度 (mm)					
	<1000	<2000	<3000	<4000	<5000	>5000 每增加1000
4	6	11	17	—	—	—
5	8	15	22	30	38	—
6	10	20	30	40	50	5
7	12	26	40	53	65	10
8	16	36	53	70	90	20
9	21	48	70	90	116	30

注：在同一轴向截面内测量。

该项公差大小会影响丝杠与螺母配合间隙的均匀性及丝杠两螺旋面的一致性。规定中径变动量需在同一轴向截面内测量。丝杠中径尺寸变动量的公差值随丝杠长度增长而增大。

⑤ 丝杠中径跳动公差（见表5-36）

该项公差用以控制丝杠与螺母配合偏心，其误差也影响轴向位移精度。

⑥ 丝杠牙侧角（牙型半角）的极限偏差（见表5-37）

牙型半角误差会使丝杠与螺母不能在牙侧面全面接触，使得牙侧面耐磨性降低；又因丝杠各段使用时间不等，磨损不同，从而影响位移精度，故公差值随丝杠精度的提高而减小。牙型半角公差用于4~8级丝杠，表中没有规定9级精度的牙型半角极限偏差值，它以中径公差综合控制。

表5-36 丝杠中径跳动公差 (摘自JB2886-81)

( $\mu\text{m}$ )

长径比	精度等级					
	4	5	6	7	8	9
$\leq 10$	3	5	8	15	30	60
$> 10 \sim 15$	4	6	10	20	40	80
$> 15 \sim 20$	5	8	12	25	50	100
$> 20 \sim 25$	6	10	15	30	60	120
$> 25 \sim 30$	8	12	20	40	80	160
$> 30 \sim 35$	10	15	25	50	100	200
$> 35 \sim 40$	12	20	30	60	120	240
$> 40 \sim 45$	15	25	40	80	160	320
$> 45 \sim 50$	20	30	50	100	200	400
$> 50 \sim 60$	—	—	—	—	250	500
$> 60 \sim 70$	—	—	—	—	300	600
$> 70 \sim 80$	—	—	—	—	380	760

注: (1) 丝杠中径跳动允许以大径跳动代替;

(2) 长径比系指丝杠全长与螺纹公称直径之比。

表5-37 丝杠牙型半角的极限偏差 (摘自JB2886-81)

螺距 (mm)	精度等级				
	4	5	6	7	8
	半角公差 (分)				
2~5	$\pm 10$	$\pm 12$	$\pm 15$	$\pm 20$	$\pm 30$
6~10	$\pm 8$	$\pm 10$	$\pm 12$	$\pm 18$	$\pm 25$
12~20	$\pm 6$	$\pm 8$	$\pm 10$	$\pm 15$	$\pm 20$

注: 9级精度的丝杠, 其牙型半角公差不予规定。

为了控制传动所需间隙, 还规定丝杠、螺母的直径公差、丝杠的大径、中径和小径的极限偏差, 其数值采用 GB785-65 标准的 2 级精度梯形外, 螺纹规定的极限偏差见表 5-38。螺母的大径和小径的极限偏差, 采用 GB785-65 标准的 3 级精度梯形内螺纹规定的极限偏差, 见表 5-39。

表5-38 丝杠的大径、中径和小径公差 (摘自JB2886-81)

( $\mu\text{m}$ )

螺距 $P$ (mm)	公称直径 $d$ (mm)	极限偏差					
		大径		中径		小径	
		下偏差	上偏差	下偏差	上偏差	下偏差	上偏差
2	10~16			- 294		- 362	
	18~28	- 100	0	- 314	- 34	- 388	0
	30~42			- 350		- 399	
3	10~14			- 336		- 410	
	22~28			- 360		- 447	
	30~44	- 150	0	- 392	- 37	- 465	0
	46~60			- 392		- 478	

(续)

螺距 $P$ (mm)	公称直径 $d$ (mm)	极 限 偏 差					
		大 径		中 径		小 径	
		下偏差	上偏差	下偏差	上偏差	下偏差	上偏差
4	16~20			-400		-485	
	44~60	-200	0	-438	-45	-534	0
	65~80			-462		-565	
5	22~28			-462		-565	
	30~42	-250	0	-482	-52	-578	0
	85~110			-530		-650	
6	30~42			-522		-635	
	44~60			-550		-646	
	65~80	-300	0	-572	-56	-665	0
	120~150			-585		-720	
8	22~28			-580		-720	
	44~60			-620		-758	
	65~80	-400	0	-656	-67	-765	0
	160~190			-682		-830	
10	30~42			-680		-820	
	44~60			-696		-854	
	65~80	-550	0	-710	-75	-865	0
	200~220			-738		-900	
12	30~42			-745		-892	
	44~60			-772		-948	
	65~80	-600	0	-789	-82	-955	0
	85~110			-800		-978	
16	44~60			-877		-1108	
	65~80	-800	0	-920	-93	-1135	0
	120~170			-970		-1190	
20	85~110	-1000	0	-1068	-105	-1305	0
	180~200			-1120		-1370	

注：(1) 大径作工艺基准时，其尺寸公差及形状公差由工艺提出；

(2) 6级以上配作螺母的丝杠中径公差，按表中规定的公差带宽相对于公称尺寸的零线两侧对称分布。

表5-39 丝杠螺母的大径和小径公差 (摘自JB2886-81) ( $\mu\text{m}$ )

螺距 $P$ (mm)	公称直径 $D$ (mm)	极 限 偏 差			
		大 径		小 径	
		上偏差	下偏差	上偏差	下偏差
2	10~16	+328		+100	
	18~28	+355	0		0
	30~42	+370			
3	10~14	+372			
	22~28	+408			
	30~44	+428	0	+150	0
	46~60	+440			

(续)

螺 距 $P$ (mm)	公称直径 $D$ (mm)	极 限 偏 差			
		大 径		小 径	
		上 偏 差	下 偏 差	上 偏 差	下 偏 差
4	16~20	+ 440	0	+ 200	0
	44~60	+ 490	0	+ 200	0
	65~80	+ 520	0	+ 200	0
5	22~28	+ 515	0	+ 250	0
	30~42	+ 528	0	+ 250	0
	85~110	+ 595	0	+ 250	0
6	30~42	+ 578	0	+ 300	0
	44~60	+ 590	0	+ 300	0
	65~80	+ 610	0	+ 300	0
	120~150	+ 660	0	+ 300	0
8	22~28	+ 650	0	+ 400	0
	44~60	+ 690	0	+ 400	0
	65~80	+ 700	0	+ 400	0
	160~190	+ 765	0	+ 400	0
10	30~42	+ 745	0	+ 500	0
	44~60	+ 778	0	+ 500	0
	65~80	+ 790	0	+ 500	0
	200~220	+ 825	0	+ 500	0
12	30~42	+ 813	0	+ 600	0
	44~60	+ 865	0	+ 600	0
	65~80	+ 872	0	+ 600	0
	85~110	+ 895	0	+ 600	0
16	44~60	+ 1017	0	+ 800	0
	65~80	+ 1040	0	+ 800	0
	120~170	+ 1100	0	+ 800	0
20	85~110	+ 1200	0	+ 1000	0
	180~220	+ 1265	0	+ 1000	0

注：大径或小径作工艺基准时，其尺寸公差及形状公差由工艺提出。

### (3) 机床螺母公差

由于内螺纹的螺距和牙型半角都很难测量，所以机床螺母不单独规定螺距公差和牙型半角极限偏差，而把它们限制在中径的综合公差内。

#### ① 螺母中径公差

非配作螺母的中径下偏差为零，上偏差见表 5-40。

对于高精度丝杠螺母副，大部分采用螺母按丝杠配作。对配作螺母的丝杠，允许其实际中径大于公称尺寸。并规定 6 级以上用以配作螺母的丝杠，其中径偏差可以公称尺寸为零线对称配置。其配作的平均径向间隙可以参考表 5-41。

② 螺母的大径和小径公差见表 5-39。因螺母的大径、小径和丝杠并不接触，要求有保证间隙，故对各级螺母只规定一种公差。



表5-40 非配作螺母中径的上偏差 (摘自JB2886-81)

螺距 $P$ (mm)	精度等级					
	4	5	6	7	8	9
	上偏差 ( $\mu\text{m}$ )					
2~5	+45	+50	+55	+65	+85	+100
6~10	+55	+60	+65	+75	+100	+120
12~20	+65	+70	+75	+85	+120	+150

注: 丝杠与螺母配作的推荐径向间隙见附表50。

表5-41 螺母与丝杠配作的推荐径向平均间隙 (摘自JB2886-81附录) ( $\mu\text{m}$ )

精度等级	4	5	6	7	8	9
径向间隙	20~40	30~60	60~100	100~150	120~180	160~200

丝杠和螺母的表面粗糙度, 见表5-42。

表5-42 丝杠和螺母的表面粗糙度 (摘自JB2886-81)

精度等级	大 径		牙型侧面		小 径	
	丝 杠	螺 母	丝 杠	螺 母	丝 杠	螺 母
	$R_a$ 最大允许值 ( $\mu\text{m}$ )					
4	0.32	5	0.32	0.63	1.25	1.25
5	0.32	5	0.32	0.63	1.25	1.25
6	0.63	5	0.63	1.25	2.5	1.25
7	0.63	10	1.25	2.5	5	2.5
8	1.25	10	2.5	2.5	10	2.5
9	2.5	10	2.5	2.5	10	2.5

注: 丝杠和螺母的牙型侧面不得有明显的波纹。

## 七、滚珠丝杠公差的选择

滚珠丝杠副是由丝杠1、螺母2、滚珠3及滚珠循环返回装置4等四部分组成的, 如图5-11所示。由于滚动丝杠副由滑动摩擦变为滚动摩擦, 因而使其传动效率由普通丝杠的30~40%提高到90%以上。由于它传动灵活、摩擦小、效率高、传动平稳等优点, 所以滚珠丝杠传动已普遍应用于精密仪器、机床、汽车、飞机等的自动控制系统中, 有时也用于数控装置和作为计量仪器的坐标定位和计数的测量元件。

滚珠丝杠副已制订三项标准, 其中有JB3162.1-82《术语及定义》、JB3162.2-82《精度》、JB3162.3-82《参数和代号》。

滚珠丝杠副的螺纹滚道在法向剖面上

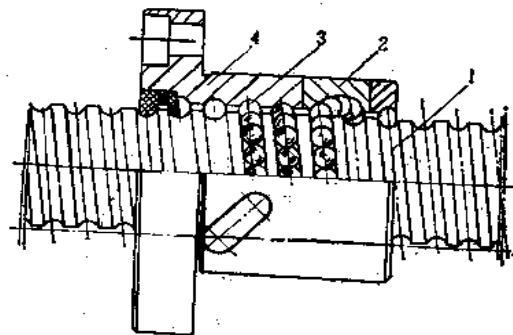


图5-11 滚珠丝杠副

的牙型有单圆弧和双圆弧两种,如图5-12所示。双圆弧牙型的加工复杂,但当滚珠与螺纹间有微量间隙时,接触角变化较小。

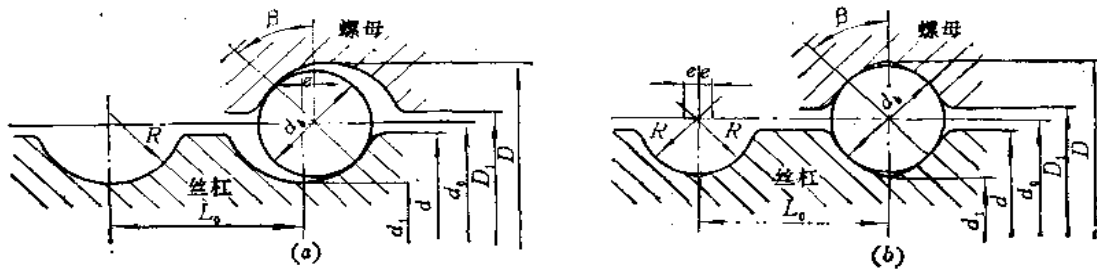


图5-12 滚珠丝杠副的螺纹滚道在法向剖面上的牙形  
(a) 单圆弧; (b) 双圆弧。

### 1. 滚珠丝杠副的精度等级的选用

滚珠丝杠副的精度根据使用要求分为六级,即C、D、E、F、G、H级。C级为最高级,依次逐级降低。

C、D、E级用于精密丝杠副,如数控机床、精密机床,精密仪器中精确定位的螺旋传动。

F、G、H级用于普通滚珠丝杠副,如重型机床、飞机起落架,自动装置和随动系统中要求灵活的螺旋传动。G级一般用于通用机械。H级用于冷轧机械制造。

### 2. 导程公差

导程公差是区分各级精度的主要公差项目。因为滚珠丝杠副的螺旋传动精度主要取决于滚珠丝杠上滚道螺旋线的精度,所以对滚珠丝杠副和滚珠丝杠规定了相同的导程公差,对于滚珠螺母却未规定导程公差。

表5-43 滚珠丝杠副和滚珠丝杠的导程公差 ( $\mu\text{m}$ )

序号	公差项目	公差符号	误差符号	精度等级						检验项目标号				
				C	D	E	F	G	H	1	2	3	4	5
1	任意 300mm 螺纹长度内的导程公差	$\delta L_{300}$	$\Delta L_{300}$	5	10	15	25	50	100	✓	✓	✓	✓	✓
2	螺纹全长内的导程公差	$\delta L_1$	$\Delta L_1$	$\delta L_{300} \left( \frac{l-2l_0}{300} \right)^{K_1}$					✓	✓	✓	✓		
		$K_1$		0.8					1.0					
3	导程误差曲线的带宽公差	$\delta L$	$\Delta L_b$	$\delta L_{300} \left( \frac{l-2l_0}{300} \right)^{K_2}$							✓	✓	✓	
		$K_2$		0.6					—					
4	基本导程的极限偏差	$\delta L_0$	$\Delta L_0$	$\pm 4$	$\pm 5$	$\pm 6$	—					✓	✓	
5	$2\pi$ 弧度内的导程公差	$\delta L_{2\pi}$	$\Delta L_{2\pi}$	4	5	6	—						✓	

注: (1) 测量导程误差时,应从螺纹全长  $l$  上扣除两端螺纹长度  $l_0$ 。当基本导程  $L_0 \leq 6\text{mm}$  时,  $l_0 = 4L_0$ ;  $L_0 = 8 \sim 12\text{mm}$  时,  $l_0 = 3L_0$ ;  $L_0 > 16\text{mm}$  时,  $l_0 = 2L_0$ 。

(2) 静态测量  $2\pi$  弧度内的导程误差时,应在有效螺纹全长上的首尾和中间,至少取三处进行测量;  $2\pi$  弧度的等分数不得少于 8 ( $L_0 = 2 \sim 5\text{mm}$ )、12 ( $L_0 > 5 \sim 10\text{mm}$ ) 或 16 ( $L_0 > 10 \sim 20\text{mm}$ )。

(3) 检验项目中未加 ✓ 者为没有指定的检验项目。生产时应控制其误差值(或偏差值)不得超过低一个等级的规定值。例如:精度等级 D3 表示只要检验三个项目,即  $\Delta L_{300}$ 、 $\Delta L_1$  和  $\Delta L_b$ ,它们应符合 D 级精度的公差;而其余项目的导程公差不得超过 E 级的规定值。对 H 级,没有指定的检验项目不给公差值。

丝杠螺纹一般较长, 导程公差要用五项检验指标分别考核。在实际使用时对导程精度的要求选择其中几项, 见表 5-43。

当对丝杠有方向目标值的要求时, 任意300mm螺纹长度内的导程误差  $\Delta L_{300}$ 、螺纹全长内的导程误差  $\Delta L_f$  和  $2\pi$  弧度内的导程误差  $\Delta L_{2\pi}$  都应以目标导程的方向线为基线来确定误差值。对丝杠无方向目标值的要求时,  $\Delta L_{300}$ 、 $\Delta L_f$  和  $\Delta L_{2\pi}$  都应以理论导程的方向线为基线来确定误差值。

导程误差的检验以动态测量为主, 若无动态测量仪时, 可用静态测量代替。对 F、G、H 级的滚珠丝杠副不作动态检验。

### 3. 其它公差

为保证滚珠丝杠副的传动精度和灵敏性, 还应规定其它公差项目, 其公差值按滚珠丝杠副的精度等级来选用, 见表 5-44 至表 5-47。

表5-44 有预加载荷时滚珠螺母安装端面对丝杠螺纹轴线的  
端面圆跳动公差 ( $\mu\text{m}$ )

螺母安装端面直径 $D_r$ (mm)	精 度 等 级					
	C	D	E	F	G	H
~80	12	16	20	25	32	40
>80~160	16	20	25	32	40	50
>160	20	25	32	40	50	63

表5-45 有预加载荷时滚珠螺母安装外圆对丝杠螺纹轴线的  
径向圆跳动公差 ( $\mu\text{m}$ )

螺母安装外圆直径 $d_r$ (mm)	精 度 等 级					
	C	D	E	F	G	H
~50	12	16	20	25	32	63
>50~100	16	20	25	32	40	80
>100~200	20	25	32	40	50	100
>200	25	32	40	50	63	125

表5-46 滚珠丝杠大径圆柱对螺纹轴线的径向圆跳动公差 ( $\mu\text{m}$ )

丝杠全长与螺纹 公称直径之比	精 度 等 级					
	C	D	E	F	G	H
~20	8	12	25	50	100	200
>20~25	10	16	32	63	125	250
>25~30	12	20	40	80	160	320
>30~35	16	25	50	100	200	400
>35~40	20	32	63	125	250	500
>40~45	25	40	80	160	320	630
>45~50	32	50	100	200	400	800
>50~60	—	—	—	250	500	1000
>60~70	—	—	—	320	630	1250
>70~80	—	—	—	400	800	1600

表5-47 滚珠丝杠和滚珠螺母的表面粗糙度 $R_a$ 值

测量表面	精 度 等 级					
	C	D	E	F	G	H
丝杠大径	0.4	0.4	0.8	0.8	1.6	1.6
丝杠螺纹滚道	0.2	0.4	0.4	0.4	0.8	1.6
螺母螺纹滚道	0.4	0.4	0.8	0.8	1.6	1.6

① 丝杠大径圆柱的圆跳动公差：该项目为了控制丝杠的直线度，其公差值不仅与精度等级有关，并随丝杠全长与螺纹公称直径的比值增大而加大；

② 丝杠公称直径的尺寸变动量：该项目为了控制在丝杠各段上产生的灵敏程度；

③ 丝杠与螺母的尺寸和形位公差；

④ 螺纹滚道的牙形公差；

⑤ 滚珠丝杠和螺母的表面粗糙度。

#### 4. 滚珠丝杠副的代号

滚珠在丝杠副的螺纹滚道中往返循环的方式有四种，见表5-48。

表5-48 滚珠丝杠副往返循环方式

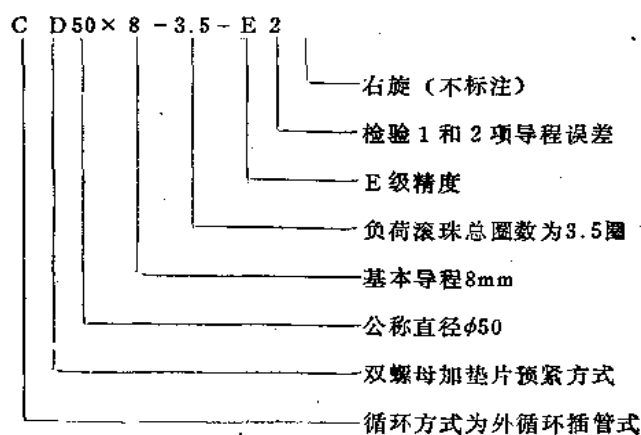
名 称	内 循 环		外 循 环	
	浮动式	固定式	插管式	螺旋槽式
代 号	F	G	C	L

为了消除螺旋副中的间隙可采用双螺母结构和单螺母方式，其中也有四种，见表5-49。

表5-49 消除滚珠丝杠副中的间隙的预紧方式

结 构	双 螺 母			单螺母
	垫片式	螺旋式	齿差式	改变导程
代 号	D	L	ch	B

#### 标记举例



## 八、螺纹标注图例

1. 对标准螺纹应按规定标注螺纹代号和公差配合代号, 如图 5-13 至图 5-16。

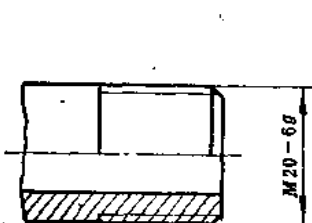


图5-13 粗牙外螺纹的标注

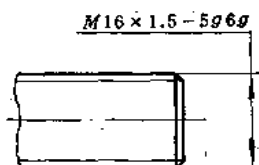


图5-14 细牙外螺纹的标注

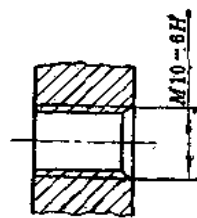


图5-15 粗牙内螺纹的标注

2. 英制管螺纹的标注, 如图 5-17 至图 5-19 所示。G——英制管螺纹代号, Z——英制锥螺纹代号; ZG——英制锥管螺纹代号。

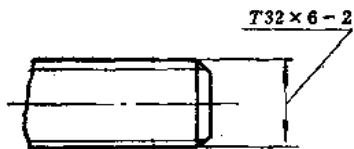


图5-16 梯形螺纹的标注

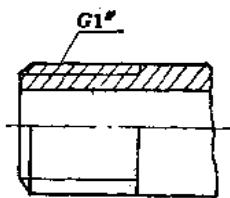


图5-17 英制管螺纹的标注

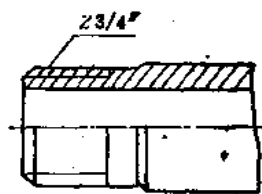


图5-18 英制锥螺纹的标注

3. 对非标准牙型的螺纹, 应画出螺纹的牙型, 并注出尺寸及有关要求, 如图 5-20 所示。

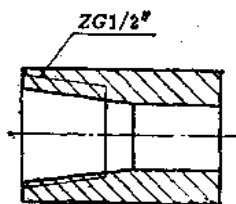


图5-19 英制锥管螺纹的标注

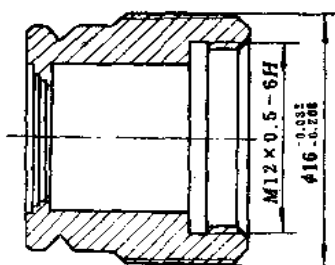
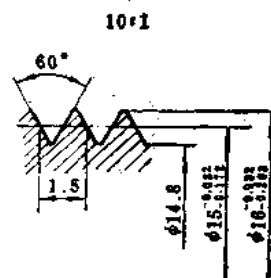


图5-20 非标准牙型螺纹的标注



4. 对牙型符合标准而直径或螺距不符合标准的螺纹, 应在牙型符号前加注“特”字, 必要时也可注出极限尺寸。例如, 特 T 50 x 5 - d<sub>2</sub>  $\frac{47.445}{46.935}$ 。

## 第六章 键联结公差与配合的选用及标注

键联接通常用于联结轴与齿轮、皮带轮、联轴节等各种机器零件，以传递一定的扭矩与运动。有时，根据需要，联结的零件之间还可以作轴向相对滑动。键联接属于可拆卸联接。

键的型式分为平键和楔键两类。平键又分为普通平键（即平键）、导向平键和半圆键；楔键又分为普通楔键和钩头楔键。其中，用得最广泛的是平键，其次是楔键和半圆键联结，如图 6-1 所示。键联接的应用范围见表 6-1。

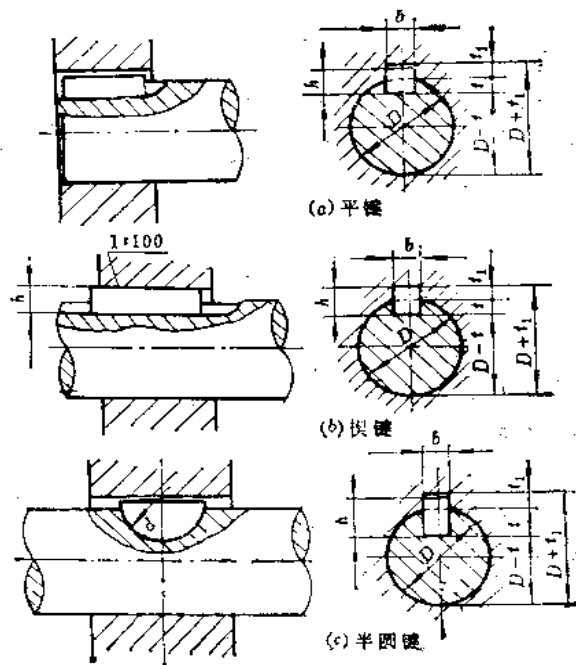


图6-1 各种键的联结型式

表6-1 键联接的应用

名称	使用特点	应用举例
普通平键	靠键侧面传递扭矩，制造简单，装拆方便	使用很广，如在轴上固定齿轮、皮带轮、联轴节等
导向平键	键在轴上固定，轴上零件可沿键作轴向移动，键上有固定键螺孔	要求联接件在轴上移动，且移动量不大
半圆键	靠键侧传递扭矩，安装方便，结构紧凑，但削弱轴的强度	只用于传递较小扭矩，常用于轴端与圆锥配合面上

(续)

名称	使用特点	应用举例
普通楔键	键上有1:100斜度, 安装时需要打入, 工作时靠键的上下面与轴和轮毂间摩擦力传递扭矩, 能承受轴向力, 两侧面有间隙	
钩头楔键	与普通楔键一样使用, 卸拆可用键的钩头	一般用在轴端固定皮带轮, 和要求结构紧凑的联结处

注: (1) 薄型平键是为适应空心轴、薄壁结构及只传递运动的结构联结;

(2) 切向键主要用于轴径  $d > 100\text{mm}$  的联结。

花键联结的种类按其轮廓的不同可分为矩形花键、渐开线花键和三角形花键, 如图6-2所示。其中, 应用较广的是矩形花键, 适用于汽车、拖拉机、机床和一般机械传动机构; 渐开线花键已日益广泛用于飞机和汽车的传动机构; 三角形花键主要用于轴径不大扭矩较小的固定联结, 如拖拉机提升臂与提升轴的联结, 汽车转向轴与转向蜗杆的联结等。



图6-2 各种花键联结型式

花键联结与键联结相比有以下优点:

- (1) 轴和轮毂孔的定心精度高, 导向精度也高;
- (2) 能传递较大的扭矩;
- (3) 花键联结的可靠性大。

矩形花键按其能传递扭矩的大小, 分为轻系列、中系列和重系列, 以及适用于汽车、拖拉机应用的补充系列。

渐开线花键旧国标 GB1104-72规定分度圆压力角为  $\alpha = 30^\circ$ , 模数  $m = 0.5 \sim 10\text{mm}$  共计14种, 分为两个系列。渐开线花键新国标 GB3478-83规定有  $30^\circ$ 、 $45^\circ$  两种标准压力角, 16种模数, 也分为两个系列。

## 一、键公差配合的选用

键配合的主要参数是键与键槽宽度尺寸的配合。由于键联结通常采用两种配合性质, 又是标准件, 因此键联结采用基轴制配合。为了使键在轴槽上固紧, 同时又便于拆装, 根据使用要求可以选用较小的间隙配合或过渡配合。

我国使用键的标准先后制订过三次, 如

- (1) JB112~122-60标准, 包括普通平键、导向平键、半圆键、普通楔键、钩头楔键、切向键、槽型及公差, 键用精拔钢等十一个标准。

(2) GB1095~1101-72标准。

(3) GB1095~1101-79和GB1563~1568-79共十二个标准。其中修订的标准有

GB1095-79 平键 键和键槽的剖面尺寸  
 GB1096-79 普通平键型式尺寸  
 GB1097-79 导向平键型式尺寸  
 GB1098-79 半圆键 键和键槽的剖面尺寸  
 GB1099-79 半圆键型式尺寸  
 GB1101-79 键用型钢

新制订标准有

GB1563-79 楔键 键和键槽的剖面尺寸  
 GB1564-79 普通楔键型式尺寸  
 GB1565-79 钩头楔键型式尺寸  
 GB1566-79 薄型平键 键和键槽的剖面尺寸  
 GB1567-79 薄型平键型式尺寸  
 GB1568-79 键技术条件

键槽公差列在“键和键槽的剖面尺寸”中，键公差列在“键的型式尺寸”中。

键公差配合的选用，见表6-2。

键的其它尺寸偏差的规定，见表6-3。

表6-2 键的公差配合选用

配合种类	尺寸 $b$ 的公差			应用举例
	键	轴槽	毂槽	
较松联结	$h 9$	$H 9$	$D 10$	主要用于导向平键，键装在轴槽中，键端钉固定，轮毂可在轴上滑动。也用于薄型平键
一般联结	$h 9$	$N 9$	$JS 9$	用于传递一般载荷，适用于普通平键、半圆键及薄型平键，键在轴槽中固定，轮毂顺着键楔套在轴上固定
较紧联结	$h 9$	$P 9$	$P 9$	用于传递重载、冲击载荷或双向扭矩载荷，也可用于薄型平键

注：单件小批生产，为满足键联结要求，也可采用选配或修配。

表6-3 键与键槽的其它尺寸偏差

键 与 键 槽		尺寸偏差
键	键高公差带	$h 11$
	键长公差带	$h 14$
	半圆键直径公差带	$h 12$
键 槽	平键轴槽长度公差带	$H 13$
	轴槽深偏差	$f$
	毂槽深偏差	$f_1$

注：(1)  $f$  与  $f_1$  查表6-3、表6-4；

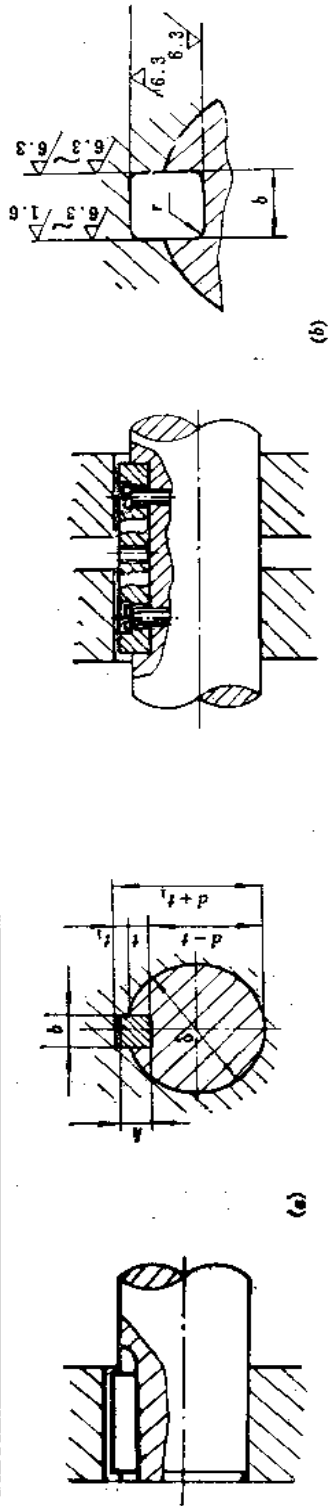
(2) 图样上标注时，应标注  $d^0$  和  $D_0^0/t_1$ ；

(3) 轴槽及轮毂槽对轴线对称度公差一般7~9级；

(4) 轴槽及轮毂槽的表面粗糙度一般取  $R_a$  值1.6~6.3 $\mu\text{m}$ 。

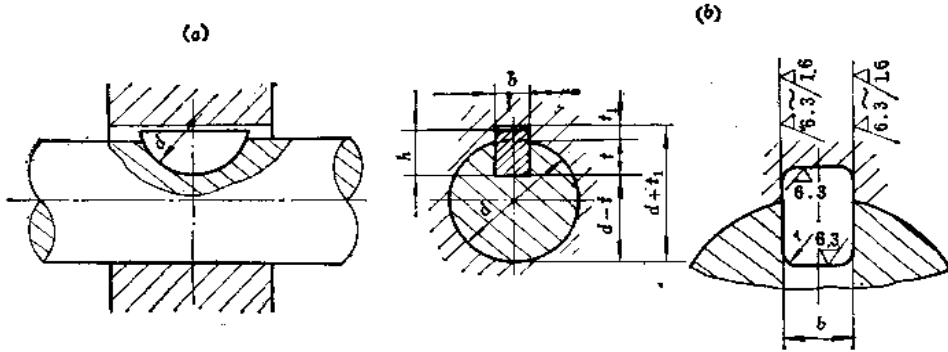


表6-4 平键联结、键和键槽的公差与配合 (GB1095-79) (mm)



轴 基本尺寸 d	键		键宽 b 公差		键槽		轴 r		键高 h		键长 L 基本尺寸 偏差 h14
	基本尺寸 b × h	键宽 b	键宽 b	键宽 b	键宽 b	键宽 b	键宽 b	键宽 b	键宽 b	键宽 b	
6~8	2 × 2	2	+0.025	+0.060	-0.004	-0.0125	1.2	1	2	0	6
8~10	3 × 3	3	0	+0.020	-0.029	-0.031	1.8	1.4	3	-0.025	8
10~12	4 × 4	4	+0.030	+0.078	0	-0.012	2.5	1.8	4	0	10
12~17	5 × 5	5	0	+0.030	-0.030	-0.042	3.0	2.3	5	-0.030	12
17~22	6 × 6	6	0	+0.030	-0.030	-0.042	3.5	2.8	6	0	14
22~30	8 × 7	8	+0.036	+0.098	0	-0.015	4.0	3.3	7	-0.075	16
30~38	10 × 8	10	0	+0.040	-0.036	-0.051	5.0	3.3	8	-0.036	18
38~44	12 × 8	12	+0.043	+0.120	0	-0.018	5.0	3.3	8	0	20
44~50	14 × 9	14	0	+0.050	-0.043	-0.018	5.5	3.8	9	-0.043	22
50~58	16 × 10	16	0	+0.050	-0.043	-0.061	6.0	4.3	10	-0.043	25
58~65	18 × 11	18	0	+0.052	-0.052	-0.074	7.0	4.4	11	0	28
65~75	20 × 12	20	0	+0.052	-0.052	-0.074	7.5	4.9	12	0	32
75~85	22 × 14	22	0	+0.052	-0.052	-0.074	9.0	5.4	14	-0.110	36
85~95	25 × 14	25	0	+0.052	-0.052	-0.074	9.0	5.4	14	-0.052	40
95~110	28 × 16	28	0	+0.052	-0.052	-0.074	10.0	6.4	16	0	45

表6-5 半圆键、键和键槽的公差与配合 (GB1098-79) (mm)

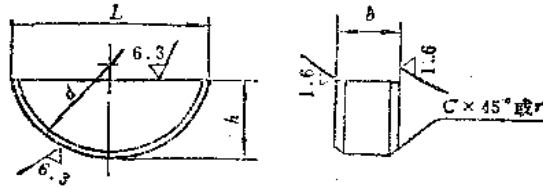


轴 颈 $d$		键		键 槽						
键传递扭矩	键定位用	基本尺寸 $b \times h \times d$	基本尺寸	宽 度 $b$			深 度			
				偏 差			轴 $t$		毂 $t_1$	
				一般键联结		较紧键联结	轴 $t$		毂 $t_1$	
				轴 N 9	毂 Js 9	轴和毂 P 9	偏差	偏差		
自 3~4	自 3~4	1.0×1.4×4	1.0				1.0		0.6	
> 4~5	> 4~6	1.5×2.6×7	1.5				2.0		0.8	
> 5~6	> 6~8	2.0×2.6×7				1.8	+0.1 0		1.0	
> 6~7	> 8~10	2.0×3.7×10	2.0	-0.004 -0.029	±0.012	-0.006 -0.031	2.9			
> 7~8	> 10~12	2.5×3.7×10	2.5				2.7		1.2	
> 8~10	> 12~15	3.0×5.0×13					3.8		1.4	+0.1 0
> 10~12	> 15~18	3.0×6.5×16	3.0				5.3			
> 12~14	> 18~20	4.0×6.5×16	4.0				5.0	+0.2 0	1.8	
> 14~16	> 20~22	4.0×7.5×19					6.0			
> 16~18	> 22~25	5.0×6.5×16					4.5			
> 18~20	> 25~28	5.0×7.5×19	5.0	0 -0.030	±0.015	-0.012 -0.042	5.5		2.3	
> 20~22	> 28~32	5.0×9.0×22					7.0			
> 22~25	> 32~36	6.0×9.0×22	6.0				6.5		2.8	
> 25~28	> 36~40	6.0×10.0×25					7.5	+0.3 0		
> 28~32	40	8.0×11.0×28	8.0	0 -0.036	±0.018	-0.015 -0.051	8.0		3.3	+0.2 0
> 32~38	—	10.0×13.0×32	10.0				10.0			

注：(1) 在工作图中轴槽可用  $t$  或  $(d-t)$  标注，轮毂槽深可用  $(d+t_1)$  标注；  
 (2)  $(d-t)$  和  $(d+t_1)$  两个组合尺寸的偏差按相应的  $t$  和  $t_1$  的偏差选取，但  $(d-t)$  的偏差值应取负号(-)；  
 (3) 轴槽及轮毂槽对轴及轮毂轴心线的对称度，按形位公差国家标准选取；  
 键槽（轴槽和轮毂槽）的对称度公差的基本尺寸是指键宽  $b$ 。

表6-6 半圆键型式尺寸 (GB1099-79)

(mm)



标 记 示 例

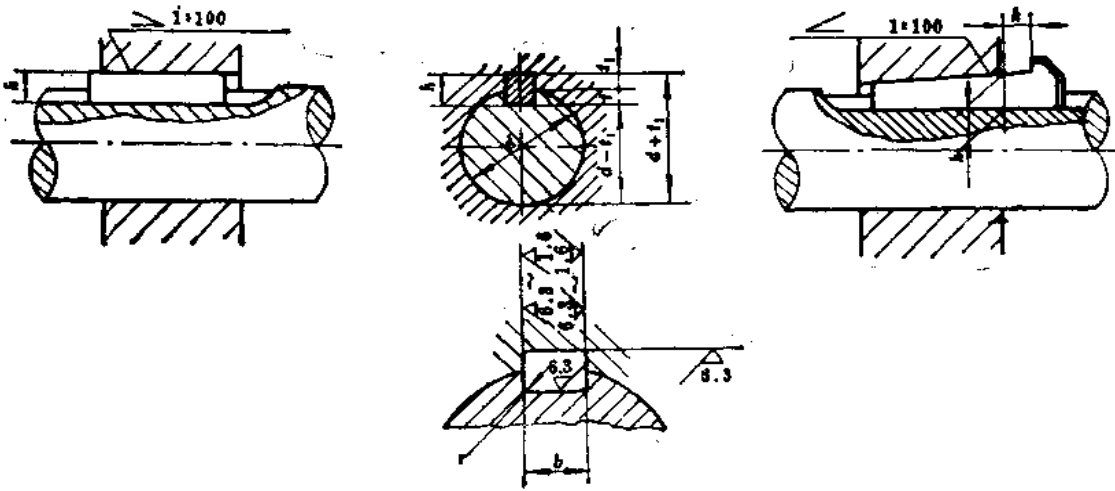
半圆键  $b = 6 \text{ mm}$ ,  $h = 10 \text{ mm}$ ,  $d = 25 \text{ mm}$ 键  $6 \times 25 \text{ GB1099-79}$ 

键 宽 $b$		高 度 $h$		直 径 $d$		$L$	$c$	
基本尺寸	偏差 ( $h 9$ )	基本尺寸	偏差 ( $h 11$ )	基本尺寸	偏差 ( $h 12$ )		最小	最大
1.0	0 -0.025	1.4	0	4	0 -0.120	3.9	0.16	0.25
1.5		2.6		7	0 -0.150	6.8		
2.0		3.7	10	9.7				
2.5		5.0	13	12.7				
3.0		0 -0.030	6.5	0	16	0 -0.180		
4.0	7.5		19		0 -0.210	18.6		
4.0	6.5		16		0 -0.180	15.7		
5.0	7.5		19	0 -0.210	18.6			
5.0	9.0		22		21.6			
6.0	10.0		25		24.5			
6.0	0 -0.036	11.0	0	28	0 -0.250	27.4	0.40	0.60
8.0		13.0		32		31.4		
10.0								

注: 键的尺寸应符合GB1099-79半圆键的规定。

表6-7 楔键、键和键槽的公差与配合 (GB1563-79)

(mm)



轴 基本尺寸 $d$	键 基本尺寸 $b \times h$	键 槽				键					
		宽度 $b$		深 度		键宽 $b$		高 度 $h$		键长 $L$	
		基本尺寸 $D_{10}$	轴槽和键 的公差	轴槽 $t$	键槽 $t_1$	基本尺寸	偏差	基本尺寸	偏差	基本尺寸	偏差
自 6~8	2 × 2	2	+0.060	1.2	0.5	2	0	2	0	6	0
> 8~10	3 × 3	3	+0.020	1.8	0.9	3	-0.025	3	(0)	8	-0.36
> 10~12	4 × 4	4	+0.078 +0.030	2.5	1.2	4	0	4	0	10	-0.43
> 12~17	5 × 5	5		3.0	1.7	5	-0.030	5	(0)	12	
> 17~22	6 × 6	6	+0.098 +0.040	3.5	2.2	6	-0.036	6	(0)	14	0
> 22~30	8 × 7	8		4.0	2.4	8		0		7	16
> 30~38	10 × 8	10	+0.120	5.0	2.9	10	-0.043	8	0	18	0
> 38~44	12 × 8	12		5.5		14		9		-0.090	
> 44~50	14 × 9	14	+0.050	5.5	3.4	14	-0.043	9	-0.090	22	0
> 50~58	16 × 10	16		6.0		16		10		25	-0.52
> 58~65	18 × 11	18	+0.149	7.0	4.4	18	-0.052	11	0	28	0
> 65~75	20 × 12	20		7.5		20		12		32	
> 75~85	22 × 14	22	+0.065	9.0	5.4	22	-0.052	14	-0.011	38	0
> 85~95	25 × 14	25		9.0		25		14		40	-0.62
> 95~110	28 × 16	28	10.0	28	16	50					

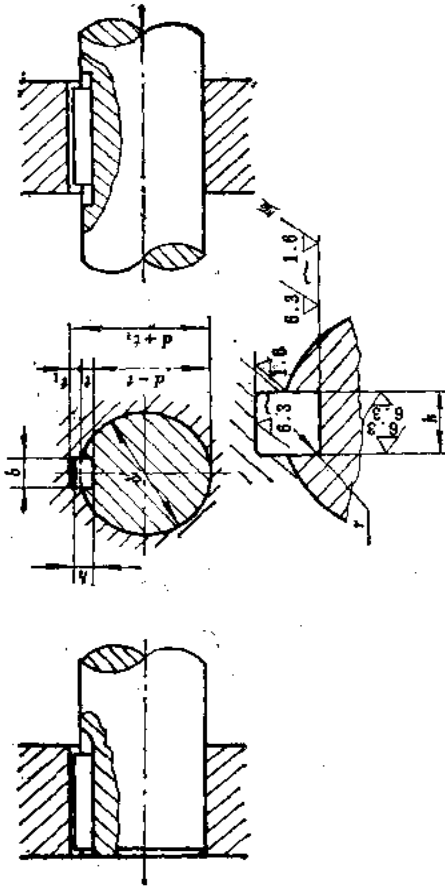
注: (1) 括号内的偏差数值为  $h_{11}$ , 适用于 B 型键;

(2) 表中尺寸只列出常用部分;

(3) 键槽的尺寸应符合 GB1563-79 的规定。

表6-8 薄型平键、键和键槽的公差与配合 (GB1566-79)

薄型平键适用于薄壁结构和其它特殊用途的情况



轴 基本尺寸 $d$	键				槽				键						
	基本尺寸 $b \times h$	宽度 $b$		度 $t_1$	深度 $f$		基本尺寸	偏差	宽度 $h$		基本尺寸	偏差	长度 $L$		
		键	键槽		轴	键槽			键	键槽					
自12~17	5 × 3	轴H9 +0.030	轴D10 +0.078	0	±0.015	1.8	+0.1	1.4	0	5	0	3	0	10	0
>17~22	6 × 4	0	+0.030	-0.030	±0.015	2.5	+0.1	1.8	+0.1	6	-0.030	4	-0.060	12	-0.36
>22~30	8 × 5	+0.036	+0.098	0	±0.015	3	0	2.3	0	8	0	5	0	14	0
>30~38	10 × 6	0	+0.040	-0.036	±0.018	3.5	0	2.8	0	10	-0.038	6	-0.075	16	-0.43
>38~44	12 × 6	+0.043	+0.120	0	±0.0215	3.5	0	2.8	0	12	0	6	-0.075	18	0
>44~50	14 × 6	0	+0.050	-0.043	±0.0215	4	0	3.3	0	14	-0.034	7	0	20	0
>50~58	16 × 7	0	+0.052	0	±0.026	4	+0.2	3.3	+0.2	16	-0.034	7	0	22	-0.52
>58~65	18 × 7	0	+0.065	0	±0.031	5	0	3.8	0	18	0	8	0	25	0
>65~75	20 × 8	0	+0.065	0	±0.031	5.5	0	3.8	0	20	0	9	-0.030	28	0
>75~85	22 × 9	0	+0.065	-0.052	±0.031	6	0	3.8	0	22	-0.052	9	-0.030	32	0
>85~95	25 × 9	+0.062	+0.180	0	±0.031	7	0	4.4	0	25	-0.052	10	0	36	0
>95~110	28 × 10	0	+0.080	-0.062	±0.031	7.5	0	4.8	0	28	-0.062	11	0	40	-0.62
>110~130	32 × 11	0	+0.080	-0.062	±0.031	7.5	0	4.8	0	32	-0.062	12	-0.110	45	-0.62
>130~150	36 × 12	0	+0.080	-0.062	±0.031	7.5	0	4.8	0	36	-0.062	12	-0.110	50	-0.62

注: (1) 薄型平键适用于薄壁结构和其它特殊用途的情况;  
 (2) 在工作图中轴槽深用  $f$  或  $(d - f)$  标注, 键槽深用  $(d + t_1)$  标注, 键槽深用  $f$  和  $t_1$  的偏差选取  $(d - f)$  偏差值应取负号 (-);  
 (3) 轴槽和键槽对轴及键槽中心线的对称度, 按形位公差国家标准选取, 键槽 (轴槽和键槽) 的对称度公差的基本尺寸是指键宽  $b$ 。

平键联结、键和键槽的公差与配合，查表6-4。

半圆键、键和键槽的公差与配合，查表6-5。

半圆键型式尺寸，查表6-6。

楔键、键和键槽的公差与配合，查表6-7。

薄型平键、键和键槽的公差与配合，查表6-8。

## 二、旧国标GB1100-72与新国标GB1095-79的对照

按旧国家标准 GB1100-72 规定，平键与半圆键的配合，也是采用基轴制配合。键宽  $b$  采用旧“公差与配合”GB159-174-59 标准代号  $d_4$ 。配合种类规定 4 种，应用情况见表6-9。轴槽宽度偏差  $JZ$  是专为键配合规定的，其偏差值见表6-10。其它尺寸的偏差规定，见表6-11。

两个标准的对比，可见表6-12、表6-13和表6-14。

表6-9 平键和半圆键的键宽、槽宽尺寸偏差 (GB1100-72)

配合种类	配合性质	尺寸 $b$ 公差			应用举例
		键	轴槽	毂槽	
1	键在轴上固定在轮毂中滑动	$d_4$	$JZ$	$D_4$	一般机器中单件及成批生产
2				$D_{c4}$	大量生产及导向平键的联结
3	$JZ$		$D_{c4}$	轮毂和键沿轴槽上导向	
4				传递重载，冲击及双向扭矩	

表6-10 轴槽宽度偏差  $JZ$  (GB1100-72)

键宽和槽宽尺寸 $b$ (mm)	1~3	>3~6	>6~10	>10~18	>18~30	>30~50	>50~80	>80~120
轴槽宽度偏差 $JZ$ ( $\mu\text{m}$ )	上							
	下	-35	-40	-45	-50	-55	-65	-75

表6-11 平键其它尺寸的偏差

名称代号	键高度	轴槽深		轮毂槽深		平键长度	轴槽长度
	$h$	$t$	$D-t$	$D+t_1$	$t_2$	$L$	
旧标准公差代号	$d_6$	$D_7$	$d_6$	$D_6$	$D_7$	$d_6$	$D_9$

表6-12 键的剖面尺寸相对应的轴径尺寸范围

(mm)

直径 $d$	键的尺寸 $b \times h$		直径 $d$	键的尺寸 $b \times h$		直径 $d$	键的尺寸 $b \times h$	
	国标	旧 国 标		国标	旧 国 标		国标	旧 国 标
5			40			160		
6		$2 \times 2$	42		$12 \times 8$	170		$40 \times 22$
7			45			180		
8			48		$14 \times 9$	190		$45 \times 25$
9			50			200		
10		$3 \times 3$	52			210	$50 \times 28$	$58 \times 28$
11			55		$16 \times 10$	220		
12		$4 \times 4$	58			240		
14			60			250	$56 \times 32$	$55 \times 30$
15			63		$18 \times 11$	260		
16		$5 \times 5$	65			280	$63 \times 32$	$60 \times 32$
18			70			300		
19			75		$20 \times 12$	320		$70 \times 36$
20		$6 \times 6$	80		$20 \times 14$	340		$80 \times 40$
22			85			380		
24			94 96	$25 \times 14$		400		$90 \times 45$
25			100		$28 \times 16$	420		
26			105			450		
28		$8 \times 7$	110			480		$100 \times 60$
30			115			500		
32			120		$32 \times 18$	530		
34		$10 \times 8$	130			560		$116 \times 35$
35			140		$36 \times 20$	600		
38		$12 \times 8$	150		$40 \times 22$	630		$120 \times 60$

表6-13 键联结 (GB1095-79) 与旧国家标准 (GB1100-72) 对照 (mm)

键的尺寸 $b \times h$	国家标准				旧国家标准 I 型槽				旧国家标准 I 型槽			
	轴槽 $f$	偏差	毂槽 $f_1$	偏差	轴槽 $f$	偏差	毂槽 $f_1$	偏差	轴槽 $f$	偏差	毂槽 $f_1$	偏差
2 × 2	1.2		1		1.1		1.0		1.1		1.0	
3 × 3	1.8	+0.1	1.4	+0.1	2.0	+0.12	1.1		2.0	+0.12	1.1	+0.12
4 × 4	2.5	0	1.8	0	2.5	0	1.6		2.5	0	1.8	0
5 × 5	3.0		2.3		3.2		1.9	+0.12	3.0		2.1	
6 × 6	3.5		2.8		3.8		2.3	0	3.5		2.6	
8 × 7	4.0				4.5	+0.16	2.6		4.0		3.1	
10 × 8			3.3			0						
12 × 8	5.0				5.2		2.9		4.5	+0.16	3.6	+0.16
14 × 9	5.5		3.8		5.8		3.3		5.0	0	4.1	0
16 × 10	6.0		4.3		6.5		3.6				5.1	
18 × 11	7.0	+0.2	4.4	+0.2	7.1	+0.20	4.0		5.5		5.6	
20 × 12	7.5	0	4.9	0	7.8	0	4.3	+0.16	6.0		6.1	
22 × 14	8.0		5.4					0				
(24 × 14)					(9.0)		5.2		(7.0)		(7.2)	+0.20
25 × 14	8.0		5.4									0
28 × 16	10.0		6.4		10.3		5.9		8.0	+0.20	8.2	
32 × 18	11.0		7.4		11.5	+0.24	6.7		9.0	0	9.2	
36 × 20	12.0		8.4		12.8	0	7.4	+0.20	10.0		10.2	
40 × 22	13.0		9.4		13.5		8.7	0	11.0		11.2	
45 × 25	15.0		10.4		15.3		9.9		13.0		12.2	+0.24
50 × 28	17.0		11.4		17.0		11.2		14.0		14.2	0
(55 × 30)		+0.3		+0.3	(18.3)		(11.9)		(15.0)	+0.24	(15.2)	
56 × 32	20.0	0	12.4	0						0		
(60 × 32)					(19.6)		(12.6)	+0.24	11.6		(16.2)	
63 × 32	20.0		12.4			+0.28		0				
70 × 36	22.0		14.4		22.0	0	14.2		18.0		18.2	+0.28
80 × 40	25.0		15.4		24.6		15.6		20.0	+0.28	20.2	0
90 × 45	28.0		17.4		27.5		17.7		23.0	0	22.2	

注：括号中键的尺寸数值为旧国家标准中规定的数值。



表6-14 键与轴槽及轮毂槽的公差数值比较

(mm)

键宽 $b$	国家标准 (GB1095-79)					国家标准 (GB1100-72)					
	较松键联结		普通键联结		较紧的	键在轴槽固定轮毂槽滑动			键在轮毂固定轴槽滑动或固定		
	轴H9	毂D10	轴N9	毂Js9	轴和毂 P9	轴	毂 槽		毂 槽	轴 槽	
						JZ	D4	Dc4	d4	Dc4	JZ
2	+0.025	+0.060	-0.004	±0.0125	-0.006	0	+0.020	+0.032	0	+0.032	0
3	0	+0.020	-0.029		-0.031	-0.035	0	+0.007	-0.020	+0.007	-0.035
4	+0.030	+0.078	0	±0.0150	-0.012	0	+0.025	+0.044	0	+0.044	0
5											
6											
8	+0.036	+0.098	0	±0.0180	-0.015	0	+0.030	+0.055	0	+0.055	0
10	0	+0.040	-0.036		-0.051	-0.045	0	+0.015	-0.030	+0.015	-0.050
12											
14	+0.043	+0.120	0	±0.0215	-0.018	0	+0.035	+0.070	0	+0.070	0
16	0	+0.050	-0.043		-0.061	-0.050	0	+0.020	-0.035	+0.020	-0.050
18											
20											
22	+0.052	+0.149	0	±0.0260	-0.022	0	+0.045	+0.085	0	+0.085	0
(24)*											
25											
28											

\* 为GB1100-72键宽  $b$  系列。

### 三、矩形花键联结公差与配合的选用

花键联结具有承载能力大、定心精度高和导向性好等优点，对固定联结具有可装配性。其中矩形花键联结的应用广泛。

矩形花键的配合精度主要决定于定心尺寸的配合精度。矩形花键的定心方式有三种：(1) 按外径定心；(2) 按内径定心；(3) 按键侧定心。按国家标准 GB1144-74 规定优先选用外径定心方式，按 ISO14-1982 标准规定优先选用内径定心方式（我国新修订的矩形花键联结的定心方式将采用ISO 标准的规定）。

为减少花键拉刀的规格，花键联结规定为基孔制配合。花键联结虽然分为固定联结和滑动联结两类，它们的配合面间都留有间隙，以保证可装配性及移动的灵活性。

在加工花键时，不可避免地会产生形状和位置误差。为限制形状和位置误差对配合性质的影响，在花键联结的公差与配合中，除规定制造公差之外，还规定有用来限制形位误差的补偿公差。

#### 1. 定心方式的选择

(1) 当要求较高的定心精度时，宜选用外径定心或内径定心。例如机床、汽车、飞

机上用的花键联结。当花键定心面要求硬度高，耐磨性好，则应采用内径定心。若考虑工艺条件及制造经济性，可以选用外径定心。ISO 标准规定选用内径定心，GB1144-74 标准规定推荐选用外径定心。

(2) 当要求键侧承受较大的扭矩或冲击载荷时，并对定心要求不高时，宜采用键侧定心。键侧定心仅用于重系列的花键联结。例如，汽车的万向接头的联结。

### 2. 矩形花键精度的选择

精度选择原则是要保证定心精度和传递扭矩的大小。例如：

精密级：多用于各种定心精度要求很高的精密机床的主变速箱中的花键轴与齿轮花键孔；

一般级：常用于定心精度较高的机床变速箱，定心精度一般，但传递扭矩较大的汽车、拖拉机变速箱，以及各种减速箱中的花键轴与齿轮花键孔；

较粗级：用于定心精度较低的通用机械中的花键联结。

### 3. 矩形花键公差与配合的选择

花键联结公差与配合的选择应考虑：

(1) 花键孔在花键轴上有相对轴向移动时，间隙应大，否则，间隙应小；当移动频率和长度越大，间隙应越大；

(2) 定心精度要求越高，间隙应越小；

(3) 传递扭矩越大，间隙应越小；

(4) 承受冲击载荷时，间隙应越小。

表6-15 矩形花键的配合选择

外径 (D) 或内径 (d) 定心				键 侧 定 心		非定心直径		应用 推 荐	
定 心 直 径		内花键槽宽	外花键槽宽	内花键槽宽	外花键槽宽	内花键	外花键		
内花键	外花键								
D	d	Dd	dd	De <sub>4</sub>	dc <sub>4</sub>	D <sub>7</sub>	dc <sub>7</sub>	精密级	固定联结
	db								滑动联结
	dc								滑动联结
D <sub>4</sub>	db	De <sub>4</sub>	dc <sub>4</sub>	De <sub>4</sub>	dc <sub>4</sub>	D <sub>7</sub>	dc <sub>7</sub>	一般级	固定联结
	dc								滑动联结
	dc <sub>4</sub>								滑动联结
D <sub>4</sub>	db	De <sub>4</sub>	dc <sub>4</sub>	De <sub>4</sub>	dc <sub>4</sub>	D <sub>7</sub>	dc <sub>7</sub>	较粗级	固定联结
	dc								滑动联结
	dc <sub>4</sub>								滑动联结

表6-16 定心直径的推荐配合

配合种类	固 定 联 结		滑 动 联 结	
	配合	特 征	配合	特 征
精密级	D/d	紧固程度较高，传递大扭矩	D/d <sub>6</sub>	滑动程度较低，定心精度高，能传递大扭矩
一般级	D/db	传递中等扭矩	D/de	中等移动程度定心精度高，传递中等扭矩
较粗级	D <sub>4</sub> /db	紧固程度低传递扭矩小可经常拆卸	D <sub>4</sub> /dc <sub>4</sub>	移动频率高，移动长度长，定心精度要求不高

表 6-17 矩形花键尺寸系列

(mm)

轻 系 列			中 系 列			补 充 系 列								
Z-D×d×b	d <sub>1</sub> 最小	c	r最大	a最小	Z-D×d×b	d <sub>1</sub> 最小	c	r最大	a最小	Z-D×d×b	d <sub>1</sub> 最小	c	r最大	a最小
4-15×12×4	11.1			3.9	6-16×13×3.5	11.9	0.3		1.3	6-35×30×10	28.7			2.8
4-18×15×5	14.2			5.3	6-20×16×4	14.5		0.2	1.5	6-38×33×10	31.6			4.3
4-20×17×6	16.3			5.9	6-22×18×5	16.6			1.7	6-40×35×10	33.7			5.4
4-22×19×8	18.3			5.4	6-25×21×5	19.5			3.2	6-42×36×10	34.1			4.9
6-26×19×8	22	0.3	0.2	4.1	6-28×23×6	21.2			2.5	6-45×40×12	38.7	0.4	0.3	5.9
6-30×23×6	24.5			4.8	6-32×26×6	23.6			2.9	6-48×42×12	40.6			8.7
6-32×26×6	26.6			4.9	6-34×28×7	25.8		0.4	3.3	6-50×45×12	43.6			8.3
8-36×32×6	30.3			3.4	8-38×32×6	29.4			1.6	6-55×50×14	48.7			8.9
8-40×36×7	34.4			4.7	8-42×36×7	33.4			2.3	6-60×54×14	52.2			10.2
8-46×42×8	40.5			5.6	8-48×42×8	39.4			3.5	6-65×58×16	56.0	0.5	0.4	9.6
8-50×46×9	44.6			6.2	8-54×46×9	42.5		0.4	2.1	6-70×62×16	59.5			10.8
8-58×52×10	49.6			5.7	8-60×52×10	48.5		0.5	3.6	6-75×65×16	61.5	0.6		10.6
8-62×56×10	53.5			7.0	8-65×56×10	52.0			4.2	6-80×70×20	67.1		0.5	10.0
8-68×62×12	59.7	0.4	0.3	7.6	8-72×62×12	57.7			3.7	6-90×80×20	76.8	0.5		14.7
10-78×72×12	69.6			6.0	10-82×72×12	67.4		0.6	1.7	10-30×26×4	24.0			-
10-88×82×12	79.3			8.4	10-92×82×12	77.0			4.3	10-32×28×5	26.2		0.2	-
10-98×92×14	89.6			10.9	10-102×92×14	87.3			6.5	10-35×30×5	27.6	0.4	0.3	-

注: (1) Z为花键数。本表只列出三种系列;

(2) 轻系列中d<sub>1</sub>及a值仅适用于展成法加工。

按照上述考虑原则，具体选用时可查表 6-15 和表 6-16。

矩形花键尺寸系列，见表 6-17。

矩形花键定心直径  $D$  (或  $d$ ) 的尺寸偏差及综合偏差，见表 6-18。

矩形花键键槽宽及键宽的尺寸偏差及综合偏差，见表 6-19。

矩形花键的位置公差，见表 6-20。

矩形花键表面粗糙度，见表 6-21 推荐值。

表6-18 矩形花键定心直径  $D$  (或  $d$ ) 的尺寸偏差及综合偏差 (mm)

配合代号	偏差名称	定 心 直 径 $D$ (或 $d$ )							
		$\leq 18$	$>18\sim 30$	$>30\sim 50$	$>50\sim 80$	$>80\sim 120$	$>120\sim 180$	$>180\sim 260$	
		偏 差							
内 花 键	$D$	上	+0.019	+0.023	+0.027	+0.030	+0.035	+0.040	+0.045
		下	0	0	0	0	0	0	0
	综合	-0.009	-0.010	-0.012	-0.014	-0.016	-0.02	-0.025	
	$D_4$	上	+0.035	+0.045	+0.050	+0.060	+0.070	+0.080	+0.090
下		0	0	0	0	0	0	0	
综合	-0.009	-0.010	-0.012	-0.014	-0.016	-0.020	-0.025		
外 花 键	$d$	综合	+0.009	+0.010	+0.012	+0.014	+0.016	+0.020	+0.025
		上	0	0	0	0	0	0	0
	下	-0.012	-0.014	-0.017	-0.020	-0.023	-0.027	-0.030	
	$db$	综合	+0.003	+0.002	+0.002	+0.002	+0.002	+0.002	+0.002
		上	-0.006	-0.008	-0.010	-0.012	-0.015	-0.018	-0.022
	下	-0.013	-0.022	-0.027	-0.032	-0.038	-0.045	-0.052	
	$dc$	综合	-0.008	-0.010	-0.013	-0.016	-0.024	-0.030	-0.035
		上	-0.016	-0.020	-0.025	-0.030	-0.040	-0.050	-0.060
		下	-0.023	-0.040	-0.050	-0.060	-0.075	-0.090	-0.105
	$dc_4$	综合	-0.008	-0.010	-0.013	-0.016	-0.024	-0.030	-0.035
上		-0.020	-0.025	-0.032	-0.040	-0.050	-0.060	-0.075	
下		-0.070	-0.085	-0.100	-0.130	-0.140	-0.165	-0.115	

表6-19 矩形花键键槽宽及键宽的尺寸偏差及综合偏差 (mm)

配合代号	偏差名称	键 (或 槽) 宽 $b$						
		$\leq 3$	$> 3 \sim 6$	$> 6 \sim 10$	$> 10 \sim 18$	$> 18 \sim 30$	$> 30$	
		偏 差						
内 花 键 槽 宽	$Dd$	上	+0.030	+0.040	+0.050	+0.060	+0.080	+0.095
		下	+0.012	+0.017	+0.023	+0.030	+0.040	+0.050
		综合	0	0	0	0	0	0
	$De_1$	上	+0.050	+0.065	+0.085	+0.105	+0.130	+0.160
		下	+0.017	+0.025	+0.035	+0.045	+0.060	+0.075
		综合	0	0	0	0	0	0
	$CK$	上	+0.080	+0.100	+0.130	+0.170	+0.200	+0.250
		下	+0.040	+0.050	+0.070	+0.100	+0.120	+0.150
		综合	0	0	0	0	0	0
外 花 键 槽 宽	$dd$	综合	0	0	0	0	0	0
		上	-0.012	-0.017	-0.023	-0.030	-0.040	-0.050
		下	-0.025	-0.035	-0.045	-0.055	-0.070	-0.085
	$dc_1$	综合	0	0	0	0	0	0
		上	-0.007	-0.011	-0.015	-0.020	-0.025	-0.032
		下	-0.032	-0.044	-0.055	-0.070	-0.085	-0.100
	$de_1$	综合	0	0	0	0	0	0
		上	-0.017	-0.025	-0.035	-0.045	-0.060	-0.075
		下	-0.050	-0.065	-0.085	-0.105	-0.130	-0.160
$dc_0$	综合	0	0	0	0	0	0	
	上	-0.030	-0.040	-0.050	-0.060	-0.070	-0.080	
	下	-0.090	-0.120	-0.150	-0.180	-0.210	-0.250	

注: (1)  $CK$  ( $dc_0$ ) 适用于内外花键淬硬后不经校正时;

(2) 内花键槽宽综合上偏差为尺寸偏差的下偏差; 外花键槽宽综合下偏差为尺寸偏差的上偏差。

表6-20 矩形花键的位置公差 (推荐)

精度等级		尺寸分段	精密级	一般级	较粗级
			公差 ( $\mu\text{m}$ )		
公差项目		mm			
花键不等分累积 误差的公差	定心直径 $D$ (或 $d$ )	$\leq 30$	10	20	30
		$> 30 \sim 50$	15	30	40
		$> 50 \sim 80$	20	40	50
		$> 80 \sim 120$	30	50	70
		$> 120 \sim 180$	40	60	80
		$> 180 \sim 260$	50	70	90
键对定心直径中 心线的对称度公差	定心直径 $D$ (或 $d$ )	$\leq 30$	10	20	30
		$> 30 \sim 50$	15	30	40
		$> 50 \sim 80$	20	40	50
		$> 80 \sim 120$	30	50	70
		$> 120 \sim 180$	40	60	80
		$> 180 \sim 260$	50	70	90
键侧对定心直径 轴心线的平行度公差	花键长度	$\leq 60$	10	20	30
		$> 60 \sim 100$	15	25	40
		$> 100 \sim 160$	20	30	50
		$> 160 \sim 250$	25	40	60
		$> 250 \sim 400$	30	50	80
		$> 400 \sim 600$	40	60	100
		$> 600 \sim 1000$	50	80	120

表6-21 矩形花键表面粗糙度推荐值

定心表面	加工表面	花 键 孔	花 键 轴
		$R_a$ 值不大于 ( $\mu\text{m}$ )	
$D$	外 径	1.6 (热处理前)	0.8
		3.2 (热处理后)	
	内 径 键 侧	6.3	6.3
$d$	外 径	6.3	3.2
	内 径 键 侧	1.6	0.6
		6.3	1.6
$b$	外 径	6.3	3.2
	内 径 键 侧	3.2	1.6
		3.2	3.2

#### 4. 矩形花键图样标注

标注时, 用数字与符号依次表示齿数、定心尺寸、外径、内径、键(或槽)宽及其公差带。

举例:  $Z-D \times d \times b$  的基本尺寸为

$$6-28 \times 23 \times 6$$

说明: 齿 6、外径  $D$  为 28mm, 内径  $d$  为 23mm, 键(或槽)宽  $b = 6\text{mm}$ 。

举例:  $6 D - 28 \frac{D}{d_b} \times 23 \frac{D_7}{d_{c7}} \times 6 \frac{D_a}{D_{c4}}$

说明: 6齿, 外径定心配合为  $\phi 28 \frac{D}{d_b}$ , 内径配合为  $\phi 23 \frac{D_7}{d_{c7}}$ , 键宽配合为  $6 \frac{D_a}{d_{c4}}$ 。

举例: 零件图上的标注为

花键孔  $6 D - 28 D \times 23 D_7 \times 6 D_a$

花键轴  $6 D - 28 d_b \times 23 d_{c7} \times 6 d_{c4}$

#### 四、矩形花键联结的国际标准 (ISO14-1982)

我国修订 GB1144-74 标准的原则, 是基本上采用 ISO14-1982 标准。ISO14-1982 标准的主要特征如下:

- (1) 矩形花键的尺寸系列, 见表 6-22。
- (2) 定心方式: 只规定内径定心一种定心方式。
- (3) 花键孔与花键轴的三种联结形式: 滑动联结、紧密滑动联结和固定联结。
- (4) 标记: 代号和顺序为花键齿数  $N$ 、小径  $d$  和大径  $D$ 。

轴 (孔) 为  $6 \times 23 \times 26$

- (5) 花键孔和轴的尺寸公差, 见表 6-23。

键宽及其对称度公差, 见表 6-24。

表6-22 矩形花键尺寸系列 (摘自ISO14-1982)

(mm)

d	轻 系 列				中 系 列			
	标 记	N	D	B	标 记	N	D	B
11					6 × 11 × 14	6	14	3
13					6 × 13 × 16	6	16	3.5
16					6 × 16 × 20	6	20	4
18					6 × 18 × 22	6	22	5
21					6 × 21 × 25	6	25	5
23	6 × 23 × 26	6	26	6	6 × 23 × 28	6	28	6
26	6 × 26 × 30	6	30	6	6 × 26 × 32	6	32	6
28	6 × 28 × 32	6	32	7	6 × 28 × 34	6	34	7
32	8 × 32 × 36	8	36	6	8 × 32 × 38	8	38	6
36	8 × 36 × 40	8	40	7	8 × 36 × 42	8	42	7
42	8 × 42 × 46	8	46	8	8 × 42 × 48	8	48	8
46	8 × 46 × 50	8	50	9	8 × 46 × 54	8	54	9
52	8 × 52 × 58	8	58	10	8 × 52 × 60	8	60	10
56	8 × 56 × 62	8	62	10	8 × 56 × 65	8	65	10
62	8 × 62 × 68	8	68	12	8 × 62 × 72	8	72	12
72	10 × 72 × 78	10	78	12	10 × 72 × 82	10	82	12
82	10 × 82 × 88	10	88	12	10 × 82 × 92	10	92	12
92	10 × 92 × 98	10	98	14	10 × 92 × 102	10	102	14
102	10 × 102 × 108	10	108	16	10 × 102 × 112	10	112	16
112	10 × 112 × 120	10	120	18	10 × 112 × 125	10	125	18

表6-23 花键孔和花键轴的尺寸公差

花键孔公差带						花键轴公差带			联结型式
拉孔后不热处理			拉孔后热处理						
B	D	d	B	D	d	B	D	d	
H9	H10	H7	H11	H10	H7	d10	a11	f7	滑动
						f9	a11	g7	紧密滑动
						h10	a11	h7	固定

表6-24 键与键槽宽对称度公差

键宽B	3	3.5 4 5 6	7 8 9 10	12 14 16 18
对称度公差	0.010 (IT7)	0.012 (IT7)	0.015 (IT7)	0.018 (IT7)

## 五、应用举例

例1 某一小功率传动减速箱的齿轮与轴的联接用平键为 $8 \times 7 \times 20$ ，试选择该平键联接的精度及其配合。

解：(1) 配合种类的选择：因为齿轮不承受冲击载荷，没有轴向移动、不经常拆卸，按GB1095-79推荐，可选用一般联结

键宽 $b$ 为 $h9$ ，轴槽为 $N9$ ，轮毂槽为 $JS9$ ，

(2) 其它尺寸偏差，查表6-4得

轴槽深  $26_{-0.2}^{+0.2}$

轮毂槽深  $33.3_{-0.15}^{+0.15}$

键高  $h 7_{-0.08}^{+0.08}$

键长  $L 20_{-0.052}^{+0.052}$

轴槽长  $L' 20_{-0.052}^{+0.052}$

(3) 轴槽的形位公差选用8级，所以轴槽和轮毂槽对轴和轮孔的中心对称度公差为 $0.008(\text{mm})$ 。

(4) 选择各表面的粗糙度，查表6-4。

键侧面为  $\sqrt{1.6}$

轴槽和轮毂槽侧面为  $\sqrt{3.2}$

其余表面为  $\sqrt{6.3}$

标注键槽公差如图6-3所示。

例2 某拖拉机最终传动的内花键与花键轴联结的尺寸为 $Z-D \times d \times b$ 为 $8-46 \times 42 \times 8$ ，花键长为 $55\text{mm}$ ，齿面淬硬，试决定花键定心方式，配合精度和种类，并画出工作图及其标注技术要求。



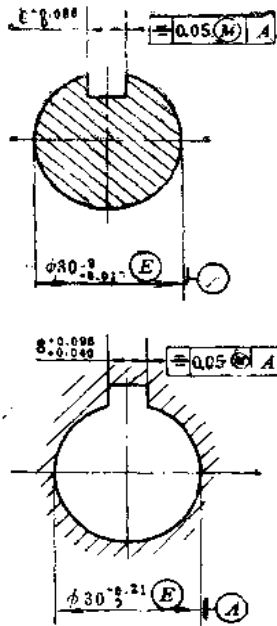


图6-3 标注键槽公差示例

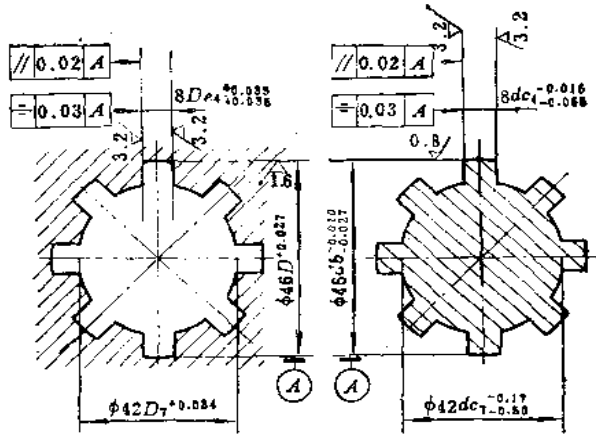


图6-4 矩形花键工作图

其余 6.3

解：（1）定心方式的选择：由于是齿轮传动，对花键孔与花键轴的同轴度要求较高，故决定采用外径定心；

（2）配合精度的选择：由于齿轮不需要有轴向移动，按拖拉机的制造精度的使用要求，故查表6-15，可选为

外径配合  $D/db$

键宽配合  $D_{k1}/dc_1$

内径配合（非定心直径配合）  $D_7/dc_7$

（3）形位公差的选择，查表6-18。

键对定心直径中心线的对称度公差为0.03mm。

键侧对定心直径轴心线的平行度公差为0.02mm。

（4）选定表面粗糙度，查表 6-21 得

定心直径  $D$  内花键为  $1.6$

外花键为  $0.8$

非定心直径  $d$  内花键为  $6.3$

外花键为  $6.3$

键侧 内花键为  $3.2$

外花键为  $3.2$

（5）花键工作图如图 6-4 所示。

## 六、渐开线花键联结公差与配合的选用

渐开线花键具有定心精度高、承载力大，抗弯和抗挤压强度高，以及加工精度高，容易满足不同配合要求等一系列优点，目前在飞机、汽车、拖拉机、起重机械、矿山机械等机械行业中得到了较广泛应用。

我国曾采用《渐开线花键联结》GB1104-72与《三角花键联结》GB1145-74两项标准。由于这两项标准存在着公差等级偏低、配合种类偏少和尺寸范围偏小等缺点；同时考虑到渐开线花键与三角花键的共同特点，参照ISO4156-1981标准，将这两项标准合并制订了《圆柱直齿渐开线花键标准》GB3478-83。

### 1. 渐开线花键基准齿形及其选用

渐开线花键有三种基准齿形，如图6-5、图6-6、图6-7所示。

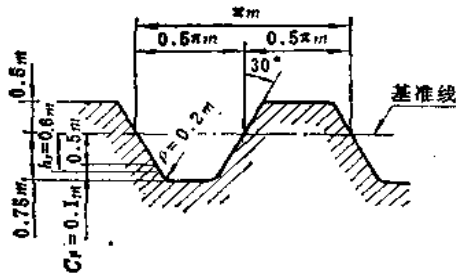


图6-5 30°平齿根花键基准齿形

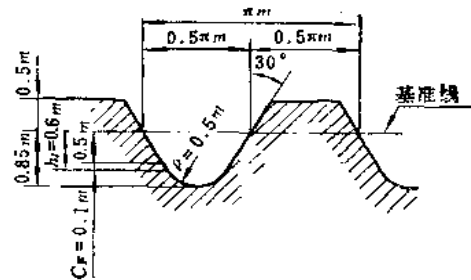


图6-6 30°圆齿根花键基准齿形

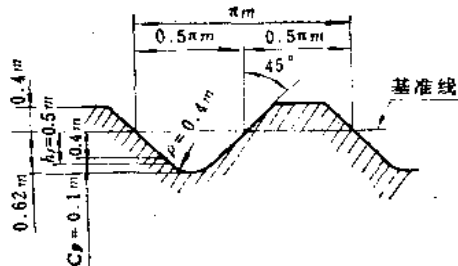


图6-7 45°圆齿根花键基准齿形

(1) 30°压力角平齿根齿形（代号“30P”）：它适用于壁厚较薄或弯曲强度足够的花键。因为这种花键应力集中较大，其弯曲强度和承载能力较低。30°平齿根与30°圆齿根花键对比，加工这种花键的刀具比较容易制造，经济性好。

(2) 30°圆齿根齿形（代号“30R”）：它适用于弯曲强度大、承载能力高的花键联接。

(3) 45°圆齿根齿形（代号“45”）：由于它的齿短、压力角大，所以弯曲强度很好，适用于薄壁零件。一般用于过渡配合或较小侧隙配合。该齿形可以替代GB1145-74标准规定的三角花键联结。

国标允许平齿顶和圆齿顶的基准齿形在内、外花键上混合使用。

## 2. 花键尺寸的计算公式及其尺寸

渐开线花键的基准齿形是指基准齿条的法面齿形。它是确定渐开线花键尺寸的基础。

渐开线花键尺寸的计算公式如下：

分度圆直径  $D = mz$

基圆直径  $D_b = mz \cos \alpha_D$

周节  $P = \pi m$

内花键大径基本尺寸

30° 平齿根  $D_{ei} = m(z + 1.5)$

30° 圆齿根  $D_{ei} = m(z + 1.8)$

45° 圆齿根  $D_{ei} = m(z + 1.2)$

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  $D_{Fi\min} = m(2 + 1) + 2C_F$

45° 圆齿根  $D_{Fi\min} = m(2 + 0.8) + 2C_F$

内花键小径基本尺寸  $D_{fi} = D_{Fe\max} + 2C_F$

内花键小径极限偏差 查表6-36

基本齿槽宽  $E = 0.5\pi m$

作用齿槽宽最小值  $E_{v\min} = 0.5\pi m$

实际齿槽宽最大值  $E_{\max} = E_{v\min} + (T + \lambda)$

实际齿槽宽最小值  $E_{\min} = E_{v\min} - \lambda$

作用齿厚最大值  $S_{V_{max}} = S + e_{SV}$

实际齿厚最小值  $S_{min} = S_{V_{max}} - (T + \lambda)$

实际齿厚最大值  $S_{max} = S_{V_{max}} - \lambda$

作用齿厚最小值  $S_{V_{min}} = S_{min} + \lambda$

齿形裕度  $C_F = 0.1m$

国家标准对花键规定了16种模数，两个系列。优先采用第一系列，3.5模数尽量不用。其基本参数见表6-25。

标准压力角为 $30^\circ$ 时，外花键大径的基本尺寸系列，见表6-26。

标准压力角为 $45^\circ$ 时，外花键大径的基本尺寸系列，见表6-27。

模数为1的 $30^\circ$ 标准压力角内花键的主要尺寸，见表6-28。

模数为1的 $30^\circ$ 标准压力角外花键的主要尺寸，见表6-29。

模数为1的 $45^\circ$ 压力角内花键的主要尺寸，见表6-30。

模数为1的 $45^\circ$ 压力角外花键的主要尺寸，见表6-31。

表6-25 渐开线花键尺寸系列

模 数		周 节 $P$	基本齿槽宽 $E$ 和基本齿厚	
第1系列	第2系列		$\alpha_D = 30^\circ$	$\alpha_D = 45^\circ$
0.25	—	0.785	—	0.393
0.5	—	1.571	0.785	0.785
—	0.75	2.356	1.178	1.178
1	—	3.142	1.571	1.963
—	1.25	3.927	1.963	2.356
1.5	—	4.712	2.356	2.749
—	1.75	5.498	2.749	3.142
2	—	6.283	3.142	3.927
2.5	—	7.854	3.927	—
3	—	9.425	4.712	—
—	3.5	10.996	5.498	—
—	4	12.566	6.283	—
5	—	15.708	7.854	—
—	6	18.850	9.425	—
—	8	25.133	12.566	—
10	—	31.416	15.708	—

表6-26 30° 外花键大径基本尺寸系列

(mm)

z	m														
	0.5	(0.75)	1	(1.25)	1.5	(1.75)	2	2.5	3	(3.5)	4	5	(6)	(8)	10
$m(z+1)$															
10	5.5	8.25	11	13.75	16.5	19.25	22	27.5	33	38.5	44	55	66	88	110
11	6	9	12	15	18	21	24	30	36	42	48	60	72	96	120
12	6.5	9.75	13	16.25	19.5	22.75	▲26	32.5	▲39	45.5	52	65	78	104	130
13	7	10.5	14	17.5	21	24.5	28	35	42	49	56	70	84	112	140
14	7.5	11.25	▲15	18.75	22.5	26.25	▲30	▲37.5	▲45	52.5	60	▲75	90	120	150
15	8	12	16	20	24	28	32	40	48	56	64	80	96	128	160
16	8.5	12.75	17	21.25	25.5	29.75	▲34	▲42.5	▲51	59.5	68	▲85	102	136	170
17	9	13.5	18	22.5	27	31.5	36	45	54	63	72	90	108	144	180
18	9.5	14.25	▲19	23.75	28.5	33.25	▲38	▲47.5	57	66.5	76	▲95	114	152	190
19	10	15	20	25	30	35	40	50	60	70	80	100	120	160	200
20	10.5	15.75	21	26.25	31.5	36.75	▲42	▲52.5	▲63	73.5	84	▲105	126	168	210
21	11	16.5	22	27.5	33	38.5	44	55	66	77	88	110	132	176	220
22	11.5	17.25	23	28.75	34.5	40.25	46	▲57.5	▲69	80.5	92	▲115	138	184	230
23	12	18	24	30	36	42	48	60	72	84	96	120	144	192	240
24	12.5	18.75	▲25	31.25	37.5	43.75	▲50	▲62.5	▲75	87.5	100	▲125	150	200	250
25	13	19.5	26	32.5	39	45.5	52	65	78	91	104	130	156	208	260
26	13.5	20.25	27	33.75	40.5	47.25	54	67.5	81	94.5	108	135	162	216	270
27	14	21	28	35	42	49	56	70	84	98	112	140	168	224	280
28	14.5	21.75	29	36.25	43.5	50.75	58	72.5	87	101.5	116	145	174	232	290
29	15	22.5	30	37.5	45	52.5	60	75	90	105	120	150	180	240	300
30	15.5	23.25	31	38.75	46.5	54.25	▲62	77.5	93	108.5	124	155	186	248	310
31	16	24	32	40	48	56	64	80	96	112	128	160	192	256	320
32	16.5	24.75	33	41.25	49.5	57.75	66	82.5	99	115.5	132	165	198	264	330
33	17	25.5	34	42.5	51	59.5	68	85	102	119	136	170	204	272	340
34	17.5	26.25	35	43.75	52.5	61.25	70	87.5	105	122.5	140	175	210	280	350
35	18	27	36	45	54	63	72	90	108	126	144	180	216	288	360
36	18.5	27.75	37	46.25	55.5	64.75	74	92.5	111	129.5	148	185	222	296	370
37	19	28.5	38	47.5	57	66.5	76	95	114	133	152	190	228	304	380
38	19.5	29.25	39	48.75	58.5	68.25	78	97.5	117	136.5	156	195	234	312	390
39	20	30	40	50	60	70	80	100	120	140	160	200	240	320	400
40	20.5	30.75	41	51.25	61.5	71.75	82	102.5	123	143.5	164	205	246	328	410
41	21	31.5	42	52.5	63	73.5	84	105	126	147	168	210	252	336	420
42	21.5	32.25	43	53.75	64.5	75.25	86	107.5	129	150.5	172	215	258	344	430
43	22	33	44	55	66	77	88	110	132	154	176	220	264	352	440
44	22.5	33.75	45	56.25	67.5	78.75	90	112.5	135	157.5	180	225	270	360	450
45	23	34.50	46	57.50	69	80.5	92	115	138	161	184	230	276	368	460
46	23.5	35.25	47	58.75	70.5	82.25	94	117.5	141	164.5	188	235	282	376	470
47	24	36	48	60	72	84	96	120	144	168	192	240	288	384	480
48	24.5	36.75	49	61.25	73.5	85.75	98	122.5	147	171.5	196	245	294	392	490
49	25	37.50	50	62.50	75	87.5	100	125	150	175	200	250	300	400	500
50	25.5	38.25	51	63.75	76.5	89.25	102	127.5	153	178.5	204	255	306	408	510
51	26	39	52	65	78	91	104	130	156	182	208	260	312	416	520
52	26.5	39.75	53	66.25	79.5	92.75	106	132.5	159	185.5	212	265	318	424	530
53	27	40.50	54	67.50	81	94.5	108	135	162	189	216	270	324	432	540
54	27.5	41.25	55	68.75	82.5	96.25	110	137.5	165	192.5	220	275	330	440	550

(续)

m	D <sub>z</sub>														
	0.5	(0.75)	1	(1.25)	1.5	(1.75)	2	2.5	3	(3.5)	4	5	(6)	(8)	10
z	m(z + 1)														
56	28.5	42.75	57	71.25	85.5	99.75	114	142.5	171	199.5	228	285	342	456	570
57	29	43.50	58	72.50	87	101.5	116	145	174	203	232	290	348	464	580
58	29.5	44.25	59	73.75	88.5	103.25	118	147.5	177	206.5	236	295	354	472	590
59	30	45	60	75	90	105	120	150	180	210	240	300	360	480	600
60	30.5	45.75	61	76.25	91.5	106.75	122	152.5	183	213.5	244	305	366	488	610
61	31	46.50	62	77.50	93	108.5	124	155	186	217	248	310	372	496	620
62	31.5	47.25	63	78.75	94.5	110.25	126	157.5	189	220.5	252	315	378	504	630
63	32	48	64	80	96	112	128	160	192	224	256	320	384	512	640
64	32.5	48.75	65	81.25	97.5	113.75	130	162.5	195	227.5	260	325	390	520	650
65	33	49.50	66	82.50	99	115.5	132	165	198	231	264	330	396	528	660
66	33.5	50.25	67	83.75	100.5	117.25	134	167.5	201	234.5	268	335	402	536	670
67	34	51	68	85	102	119	136	170	204	238	272	340	408	544	680
68	34.5	51.75	69	86.25	103.5	120.75	138	172.5	207	241.5	276	345	414	552	690
69	35	52.50	70	87.50	105	122.5	140	175	210	245	280	350	420	560	700
70	35.5	53.25	71	88.75	106.5	124.25	142	177.5	213	248.5	284	355	426	568	710
71	36	54	72	90	108	126	144	180	216	252	288	360	432	576	720
72	36.5	54.75	73	91.25	109.5	127.75	146	182.5	219	255.5	292	365	438	584	730
73	37	55.50	74	92.50	111	129.5	148	185	222	259	296	370	444	592	740
74	37.5	56.25	75	93.75	112.5	131.25	150	187.5	225	262.5	300	375	450	600	750
75	38	57	76	95	114	133	152	190	228	266	304	380	456	608	760
76	38.5	57.75	77	96.25	115.5	134.75	154	192.5	231	269.5	308	385	462	616	770
77	39	58.50	78	97.50	117	136.5	156	195	234	273	312	390	468	624	780
78	39.5	59.25	79	98.75	118.5	138.25	158	197.5	237	276.5	316	395	474	632	790
79	40	60	80	100	120	140	160	200	240	280	320	400	480	640	800
80	40.5	60.75	81	101.25	121.5	141.75	162	202.5	243	283.5	324	405	486	648	810
81	41	61.50	82	102.50	123	143.5	164	205	246	287	328	410	492	656	820
82	41.5	62.25	83	103.75	124.5	145.25	166	207.5	249	290.5	332	415	498	664	830
83	42	63	84	105	126	147	168	210	252	294	336	420	504	672	840
84	42.5	63.75	85	106.25	127.5	148.75	170	212.5	255	297.5	340	425	510	680	850
85	43	64.50	86	107.50	129	150.5	172	215	258	301	344	430	516	688	860
86	43.5	65.25	87	108.75	130.5	152.25	174	217.5	261	304.5	348	435	522	696	870
87	44	66	88	110	132	154	176	220	264	308	352	440	528	704	880
88	44.5	66.75	89	111.25	133.5	155.75	178	222.5	267	311.5	356	445	534	712	890
89	45	67.50	90	112.50	135	157.5	180	225	270	315	360	450	540	720	900
90	45.5	68.25	91	113.75	136.5	159.25	182	227.5	273	318.5	364	455	546	728	910
91	46	69	92	115	138	161	184	230	276	322	368	460	552	736	920
92	46.5	69.75	93	116.25	139.5	162.75	186	232.5	279	325.5	372	465	558	744	930
93	47	70.50	94	117.50	141	164.5	188	235	282	329	376	470	564	752	940
94	47.5	71.25	95	118.75	142.5	166.25	190	237.5	285	332.5	380	475	570	760	950
95	48	72	96	120	144	168	192	240	288	336	384	480	576	768	960
96	48.5	72.75	97	121.25	145.5	170.75	194	242.5	291	339.5	388	485	582	776	970
97	49	73.50	98	122.50	147	171.5	196	245	294	343	392	490	588	784	980
98	49.5	74.25	99	123.75	148.5	173.25	198	247.5	297	347.5	396	495	594	792	990
99	50	75	100	125	150	175	200	250	300	350	400	500	600	800	1000
100	50.5	75.75	101	126.5	151.5	176.75	202	252.5	303	353.5	404	505	606	808	1010

表6-27 45°外花键大径基本尺寸系列

(mm)

$m$	$m(z+0.8)$								
	0.25	0.5	(0.75)	1	(1.25)	1.5	(1.75)	2	2.5
16	4.2	8.4	12.6	16.8	21	25.2	29.4	33.6	42
20	5.2	10.4	15.6	20.8	26	31.2	36.4	41.6	52
24	6.2	12.4	18.6	24.8	31	37.2	43.4	49.6	62
28	7.2	14.4	21.6	28.8	36	43.2	50.4	57.6	72
32	8.2	16.4	24.6	32.8	41	49.2	57.4	65.6	82
36	9.2	18.4	27.6	36.8	46	55.2	64.4	73.6	92
40	10.2	20.4	30.6	40.8	51	61.2	71.4	81.6	102
44	11.2	22.4	33.6	44.8	56	67.2	78.4	89.6	112
48	12.2	24.4	36.6	48.8	61	73.2	85.4	97.6	122
52	13.2	26.4	39.6	52.8	66	79.2	92.4	105.6	132
56	14.2	28.4	42.6	56.8	71	85.2	99.4	113.6	142
60	15.2	30.4	45.6	60.8	76	91.2	106.4	121.8	152
64	16.2	32.4	48.6	64.8	81	97.2	113.4	129.6	162
68	17.2	34.4	51.6	68.8	86	103.2	120.4	137.6	172
72	18.2	36.4	54.6	72.8	91	109.2	127.4	145.6	182
76	19.2	38.4	57.6	76.8	96	115.2	134.4	153.6	192
80	20.2	40.4	60.6	80.8	101	121.2	141.4	161.6	202
84	21.2	42.4	63.6	84.8	106	127.2	148.4	169.6	212
88	22.2	44.4	66.6	88.8	111	133.2	155.4	177.6	222
92	23.2	46.4	69.6	92.8	116	139.2	162.4	185.6	232
96	24.2	48.4	72.6	96.8	121	145.2	169.4	193.6	242
100	25.2	50.4	75.6	100.8	126	151.2	176.4	201.6	252

注：(1) 括号内的模数为第2系列，框内尺寸为常用尺寸；

(2) 当本表不能满足产品结构需要时，允许齿数不按本表规定，但应尽量按  $(100+4n)$  或  $(13+4n)$  选取 ( $n$  为正整数)，并保持标准中规定的几何参数关系及公差配合，以便采用标准滚刀和插刀。

表6-28 30°压力角内花键的主要尺寸模数 $m=1$  (mm)

齿数 $Z$	分度圆直径 $D$	基圆直径 $D_b$	大 径 $D_{e1}$		渐开线终止圆直径 $D_{F1min}$	小 径 $D_{i1}$	齿数 $Z$
			平齿根	圆齿根			
10	10.00	8.6603	11.50	11.80	11.20	9.242	10
11	11.00	9.5263	12.50	12.80	12.20	10.218	11
12	12.00	10.3923	13.50	13.80	13.20	11.198	12
13	13.00	11.2583	14.50	14.80	14.20	12.182	13
14	14.00	12.1244	15.50	15.80	15.20	13.168	14
15	15.00	12.9904	16.50	16.80	16.20	14.156	15
16	16.00	13.8564	17.50	17.80	17.20	15.145	16
17	17.00	14.7224	18.50	18.80	18.20	16.136	17
18	18.00	15.5885	19.50	19.80	19.20	17.128	18
19	19.00	16.4545	20.50	20.80	20.20	18.121	19
20	20.00	17.3205	21.50	21.80	21.20	19.115	20
21	21.00	18.1865	22.50	22.80	22.20	20.109	21
22	22.00	19.0526	23.50	23.80	23.20	21.104	22
23	23.00	19.9186	24.50	24.80	24.20	22.099	23
24	24.00	20.7846	25.50	25.80	25.20	23.095	24
25	25.00	21.6506	26.50	26.80	26.20	24.091	25
26	26.00	22.5167	27.50	27.80	27.20	25.087	26
27	27.00	23.3827	28.50	28.80	28.20	26.084	27
28	28.00	24.2487	29.50	29.80	29.20	27.080	28
29	29.00	25.1147	30.50	30.80	30.20	28.078	29
30	30.00	25.9808	31.50	31.80	31.20	29.075	30
31	31.00	26.8468	32.50	32.80	32.20	30.072	31
32	32.00	27.7128	33.50	33.80	33.20	31.070	32
33	33.00	28.5788	34.50	34.80	34.20	32.066	33
34	34.00	29.4449	35.50	35.80	35.20	33.066	34
35	35.00	30.3109	36.50	36.80	36.20	34.064	35
36	36.00	31.1769	37.50	37.80	37.20	35.062	36
37	37.00	32.0429	38.50	38.80	38.20	36.060	37
38	38.00	32.9090	39.50	39.80	39.20	37.059	38
39	39.00	33.7750	40.50	40.80	40.20	38.057	39
40	40.00	34.6410	41.50	41.80	41.20	39.056	40
41	41.00	35.5070	42.50	42.80	42.20	40.054	41
42	42.00	36.3731	43.50	43.80	43.20	41.053	42
43	43.00	37.2391	44.50	44.80	44.20	42.052	43
44	44.00	38.1051	45.50	45.80	45.20	43.050	44
45	45.00	38.9711	46.50	46.80	46.20	44.049	45
46	46.00	39.8372	47.50	47.80	47.20	45.048	46
47	47.00	40.7032	48.50	48.80	48.20	46.047	47
48	48.00	41.5692	49.50	49.80	49.20	47.046	48
49	49.00	42.4352	50.50	50.80	50.20	48.046	49
50	50.00	43.3013	51.50	51.80	51.20	49.044	50



表6-29 30°压力角外花键的主要尺寸 模数  $m=1$  (mm)

齿数 $Z$	分度圆直径 $D$	基圆直径 $D_b$	大 径 $D_{ee}$	小 径 $D_{ii}$		渐开线起 始圆直径 $D_{Fe\max}$	齿 数 $Z$
				平齿根	圆齿根		
10	10.00	8.6603	11.00	8.50	8.20	9.042	10
11	11.00	9.5263	12.00	9.50	9.20	10.018	11
12	12.00	10.3923	13.00	10.50	10.20	10.998	12
13	13.00	11.2583	14.00	11.50	11.20	11.982	13
14	14.00	12.1244	15.00	12.50	12.20	12.968	14
15	15.00	12.9904	16.00	13.50	13.20	13.956	15
16	16.00	13.8564	17.00	14.50	14.20	14.945	16
17	17.00	14.7224	18.00	15.50	15.20	15.936	17
18	18.00	15.5885	19.00	16.50	16.20	16.928	18
19	19.00	16.4545	20.00	17.50	17.20	17.921	19
20	20.00	17.3205	21.00	18.50	18.20	18.915	20
21	21.00	18.1865	22.00	19.50	19.20	19.909	21
22	22.00	19.0525	23.00	20.50	20.20	20.904	22
23	23.00	19.9186	24.00	21.50	21.20	21.899	23
24	24.00	20.7846	25.00	22.50	22.20	22.895	24
25	25.00	21.6506	26.00	23.50	23.20	23.891	25
26	26.00	22.5167	27.00	24.50	24.20	24.887	26
27	27.00	23.3827	28.00	25.50	25.20	25.884	27
28	28.00	24.2487	29.00	26.50	26.20	26.880	28
29	29.00	25.1147	30.00	27.50	27.20	27.878	29
30	30.00	25.9808	31.00	28.50	28.20	28.875	30
31	31.00	26.8468	32.00	29.50	29.20	29.872	31
32	32.00	27.7128	33.00	30.50	30.20	30.870	32
33	33.00	28.5788	34.00	31.50	31.20	31.868	33
34	34.00	29.4449	35.00	32.50	32.20	32.866	34
35	35.00	30.3109	36.00	33.50	33.20	33.864	35
36	36.00	31.1769	37.00	34.50	34.20	34.862	36
37	37.00	32.0429	38.00	35.50	35.20	35.860	37
38	38.00	32.9090	39.00	36.50	36.20	36.859	38
39	39.00	33.7750	40.00	37.50	37.20	37.857	39
40	40.00	34.6410	41.00	38.50	38.20	38.856	40
41	41.00	35.5070	42.00	39.50	39.20	39.854	41
42	42.00	36.3731	43.00	40.50	40.20	40.853	42
43	43.00	37.2391	44.00	41.50	41.20	41.852	43
44	44.00	38.1051	45.00	42.50	42.20	42.850	44
45	45.00	38.9711	46.00	43.50	43.20	43.849	45
46	46.00	39.8372	47.00	44.50	44.20	44.848	46
47	47.00	40.7032	48.00	45.50	45.20	45.847	47
48	48.00	41.5692	49.00	46.50	46.20	46.846	48
49	49.00	42.4352	50.00	47.50	47.20	47.845	49
50	50.00	43.3013	51.00	48.50	48.20	48.844	50

表6-30 45°压力角内花键的主要尺寸 模数 $m=1$  (mm)

齿数 $Z$	分度圆直径 $D$	基圆直径 $D_b$	大 径 $D_{ei}$ 圆齿根	渐开线终 止圆直径 $D_{F\text{极限}}$	小 径 $D_{ii}$	齿数 $Z$
16	16.00	11.3137	17.20	17.00	15.23	16
17	17.00	12.0208	18.20	18.00	16.23	17
20	20.00	14.1421	21.20	21.00	19.23	20
21	21.00	14.8492	22.20	22.00	20.22	21
24	24.00	16.9706	25.20	25.00	23.22	24
25	25.00	17.6777	26.20	26.00	24.22	25
28	28.00	19.7990	29.20	29.00	27.22	28
29	29.00	20.5061	30.20	30.00	28.22	29
32	32.00	22.6274	33.20	33.00	31.22	32
33	33.00	23.3345	34.20	34.00	32.22	33
36	36.00	25.4558	37.20	37.00	35.21	36
37	37.00	26.1630	38.20	38.00	36.21	37
40	40.00	28.2843	41.20	41.00	39.21	40
41	41.00	28.9914	42.20	42.00	40.21	41
44	44.00	31.1127	45.20	45.00	43.21	44
45	45.00	31.8198	46.20	46.00	44.21	45
48	48.00	33.9411	49.20	49.00	47.21	48
49	49.00	34.6482	50.20	50.00	48.21	49
52	52.00	36.7696	53.20	53.00	51.21	52
53	53.00	37.4767	54.20	54.00	52.21	53
56	56.00	39.5980	57.20	57.00	55.21	56
57	57.00	40.3051	58.20	58.00	56.21	57
60	60.00	42.4264	61.20	61.00	59.21	60
61	61.00	43.1335	62.20	62.00	60.21	61
64	64.00	45.2548	65.20	65.00	63.21	64
65	65.00	45.9619	66.20	66.00	64.21	65
68	68.00	48.0833	69.20	69.00	67.21	68
69	69.00	48.7904	70.20	70.00	68.21	69
72	72.00	50.9117	73.20	73.00	71.21	72
73	73.00	51.6188	74.20	74.00	72.21	73
76	76.00	53.7401	77.20	77.00	75.21	76
77	77.00	54.4472	78.20	78.00	76.21	77
80	80.00	56.5686	81.20	81.00	79.21	80
81	81.00	57.2757	82.20	82.00	80.21	81
84	84.00	59.3970	85.20	85.00	83.21	84
85	85.00	60.1041	86.20	86.00	84.21	85
88	88.00	62.2254	89.20	89.00	87.21	88
89	89.00	62.9325	90.20	90.00	88.21	89
92	92.00	65.0538	93.20	93.00	91.21	92
93	93.00	65.7609	94.20	94.00	92.21	93
96	96.00	67.8823	97.20	97.00	95.21	96
97	97.00	68.5894	98.20	98.00	96.21	97
100	100.00	70.7107	101.20	101.00	99.21	100

表6-31 45°压力角外花键的主要尺寸 模数 $m=1$  (mm)

齿数 $Z$	分度圆直径 $D$	基圆直径 $D_b$	大 径 $D_{e1}$	渐开线起 始圆直径 $D_{Fe\max}$	小 径 $D_{i1}$ 圆齿根	齿数 $Z$
16	16.00	11.3137	16.80	15.03	14.78	16
17	17.00	12.0208	17.80	16.03	15.78	17
20	20.00	14.1421	20.80	19.03	18.78	20
21	21.00	14.8492	21.80	20.02	19.78	21
24	24.00	16.9706	24.80	23.02	22.78	24
25	25.00	17.6777	25.80	24.02	23.78	25
28	28.00	19.7990	28.80	27.02	26.78	28
29	29.00	20.5061	29.80	28.02	27.78	29
32	32.00	22.6274	32.80	31.02	30.78	32
33	33.00	23.3345	33.80	32.02	31.78	33
36	36.00	25.4558	36.80	35.01	34.78	36
37	37.00	26.1630	37.80	36.01	35.78	37
40	40.00	28.2843	40.80	39.01	38.78	40
41	41.00	28.9914	41.80	40.01	39.78	41
44	44.00	31.1127	44.80	43.01	42.78	44
45	45.00	31.8198	45.80	44.01	43.78	45
48	48.00	33.9411	48.80	47.01	46.78	48
49	49.00	34.6482	49.80	48.01	47.78	49
52	52.00	36.7696	52.80	51.01	50.78	52
53	53.00	37.4767	53.80	52.01	51.78	53
56	56.00	39.5980	56.80	55.01	54.78	56
57	57.00	40.3051	57.80	56.01	55.78	57
60	60.00	42.4264	60.80	59.01	58.78	60
61	61.00	43.1335	61.80	60.01	59.78	61
64	64.00	45.2548	64.80	63.01	62.78	64
65	65.00	45.9619	65.80	64.01	63.78	65
68	68.00	48.0833	68.80	67.01	66.78	68
69	69.00	48.7904	69.80	68.01	67.78	69
72	72.00	50.9117	72.80	71.01	70.78	72
73	73.00	51.6188	73.80	72.01	71.78	73
76	76.00	53.7401	76.80	75.01	74.78	76
77	77.00	54.4472	77.80	76.01	75.78	77
80	80.00	56.5686	80.80	79.01	78.78	80
81	81.00	57.2757	81.80	80.01	79.78	81
84	84.00	59.3970	84.80	83.01	82.78	84
85	85.00	60.1041	85.80	84.01	83.78	85
88	88.00	62.2254	88.80	87.01	86.78	88
89	89.00	62.9325	89.80	88.01	87.78	89
92	92.00	65.0538	92.80	91.01	90.78	92
93	93.00	65.7609	93.80	92.01	91.78	93
96	96.00	67.8823	96.80	95.01	94.78	96
97	97.00	68.5894	97.80	96.01	95.78	97
100	100.00	70.7107	100.80	99.01	98.78	100

### 3. 公差等级的选用

渐开线花键的公差等级，主要指与侧隙配合有关的尺寸和参数的公差等级。对  $30^\circ$  压力角的花键，规定 4、5、6 和 7 四个公差等级。对压力角为  $45^\circ$  的花键，给出 6 和 7 两个公差等级。内、外花键配合可选用不同的公差等级。公差等级可根据产品结构特点、使用和制造要求来决定。

国标规定的公差项目与代号有

(1) 齿槽宽和齿厚的总公差：代号为  $T + \lambda$ ，见表 6-32。

(2) 综合公差： $\lambda$ 。

综合公差是根据渐开线花键的周节累积误差、齿形误差、齿向误差等对花键配合的综合影响给定的。见表 6-32 至表 6-41。

表 6-32 总公差 ( $T + \lambda$ )、综合公差  $\lambda$ 、周节累积公差  $F_p$  和齿形公差  $f_f$   $m = 1$  ( $\mu\text{m}$ )

Z	公差等级																Z
	4				5				6				7				
	$T + \lambda$	$\lambda$	$F_p$	$f_f$	$T + \lambda$	$\lambda$	$F_p$	$f_f$	$T + \lambda$	$\lambda$	$F_p$	$f_f$	$T + \lambda$	$\lambda$	$F_p$	$f_f$	
10	31	13	16	12	49	18	23	19	77	27	32	30	123	40	46	47	10
11	31	13	17	12	50	19	24	19	78	27	33	30	124	41	48	47	11
12	31	13	17	12	50	19	24	19	79	28	34	30	126	42	49	47	12
13	32	13	18	12	51	19	25	19	79	28	35	30	127	42	50	47	13
14	32	13	18	12	51	20	26	19	80	29	36	30	128	43	51	47	14
15	32	14	18	12	52	20	26	19	81	29	37	30	129	43	52	47	15
16	32	14	19	12	52	20	27	19	81	29	38	30	130	44	54	48	16
17	33	14	19	12	52	20	27	19	82	30	38	30	131	45	55	48	17
18	33	14	20	12	53	21	28	19	82	30	39	30	132	45	56	48	18
19	33	14	20	12	53	21	28	19	83	31	40	30	133	46	57	48	19
20	33	15	20	12	53	21	29	19	84	31	41	30	134	46	58	48	20
21	34	15	21	12	54	21	29	19	84	31	41	30	134	47	59	48	21
22	34	15	21	12	54	22	30	19	85	32	42	30	135	47	60	48	22
23	34	15	21	12	54	22	30	18	85	32	43	30	136	48	61	48	23
24	34	15	22	12	55	22	31	19	86	32	43	30	137	48	62	48	24
25	34	16	22	12	55	22	31	19	86	33	44	30	138	48	63	48	25
26	35	16	22	12	55	23	32	19	86	33	44	30	138	49	63	48	26
27	35	16	23	12	56	23	32	19	87	33	45	30	139	49	64	48	27
28	35	16	23	12	56	23	33	19	87	34	46	30	140	50	65	48	28
29	35	16	23	12	56	23	33	19	88	34	46	30	140	50	66	49	29
30	35	16	23	12	56	24	33	19	88	34	47	30	141	51	67	49	30
31	35	17	24	12	57	24	34	19	89	34	47	31	142	51	68	49	31
32	36	17	24	12	57	24	34	20	89	35	48	31	142	52	68	49	32
33	36	17	24	12	57	24	35	20	89	35	48	31	143	52	69	49	33
34	36	17	25	12	58	24	35	20	90	35	49	31	144	52	70	49	34
35	36	17	25	12	58	25	35	20	90	36	50	31	144	53	71	49	35
36	36	17	25	12	58	25	36	20	91	36	50	31	145	53	71	49	36
37	36	18	25	12	58	25	36	20	91	36	51	31	145	54	72	49	37
38	36	18	26	12	58	25	36	20	91	37	51	31	146	54	73	49	38
39	37	18	26	12	59	25	37	20	92	37	52	31	147	54	74	49	39
40	37	18	26	12	59	26	37	20	92	37	52	31	147	55	74	49	40
41	37	18	26	12	59	26	37	20	92	37	53	31	148	55	75	50	41
42	37	18	27	12	59	26	38	20	93	38	53	31	148	55	76	50	42
43	37	18	27	12	59	26	38	20	93	38	54	31	149	56	76	50	43
44	37	18	27	12	60	26	39	20	93	38	54	31	149	56	77	50	44
45	37	19	27	12	60	27	39	20	94	38	55	31	150	57	78	50	45
46	38	19	28	13	60	27	39	20	94	39	55	31	150	57	78	50	46
47	38	19	28	13	60	27	40	20	94	39	55	31	151	57	79	50	47
48	38	19	28	13	61	27	40	20	95	39	56	31	151	58	80	50	48
49	38	19	28	13	61	27	40	20	95	39	56	31	152	58	80	50	49
50	38	19	28	13	61	28	40	20	95	40	57	32	152	58	81	50	50

表9-33 总公差 ( $T + \lambda$ )、综合公差  $\lambda$ 、周节累积公差  $F_p$  和齿形公差  $f_f$ ,  $m = 1.25$ ( $\mu\text{m}$ )

Z	公差等级																Z	
	4				5				6				7					
	$T + \lambda$	$\lambda$	$F_p$	$f_f$	$T + \lambda$	$\lambda$	$F_p$	$f_f$	$T + \lambda$	$\lambda$	$F_p$	$f_f$	$T + \lambda$	$\lambda$	$F_p$	$f_f$		
10	33	13	17	12	53	19	25	20	83	28	35	31	133	43	49	49	10	
11	34	14	18	12	54	20	25	20	84	29	36	31	134	43	51	49	11	
12	34	14	18	12	54	20	26	20	85	29	37	31	135	44	52	49	12	
13	34	14	19	12	55	20	27	20	85	30	38	31	137	45	54	49	13	
14	34	14	19	12	55	21	28	20	86	30	39	31	138	45	55	49	14	
15	35	15	20	12	56	21	28	20	87	31	40	31	139	46	57	49	15	
16	35	15	20	12	56	21	29	20	88	31	41	31	140	47	58	49	16	
17	35	15	21	12	56	22	30	20	88	32	41	31	141	47	59	50	17	
18	36	15	21	12	57	22	30	20	89	32	42	31	142	48	60	50	18	
19	36	15	22	12	57	22	31	20	89	33	43	31	143	48	61	50	19	
20	36	16	22	12	58	23	31	20	90	33	44	31	144	49	62	50	20	
21	36	16	22	13	58	23	32	20	91	33	45	31	145	50	64	50	21	
22	36	16	23	13	58	23	32	20	91	34	45	31	146	50	65	50	22	
23	37	16	23	13	59	24	33	20	92	34	46	31	147	51	66	50	23	
24	37	17	23	13	59	24	33	20	92	35	47	32	148	51	67	50	24	
25	37	17	24	13	59	24	34	20	93	35	48	32	148	52	68	50	25	
26	37	17	24	13	60	24	34	20	93	35	48	32	149	52	69	50	26	
27	37	17	24	13	60	25	35	20	94	36	49	32	150	53	70	51	27	
28	38	17	25	13	60	25	35	20	94	36	50	32	151	53	71	51	28	
29	38	17	25	13	61	25	36	20	95	36	50	32	151	54	72	51	29	
30	38	18	25	13	61	25	36	20	95	37	51	32	152	54	72	51	30	
31	38	18	26	13	61	26	37	20	96	37	52	32	153	55	73	51	31	
32	38	18	26	13	61	26	37	20	96	37	52	32	154	55	74	51	32	
33	39	18	26	13	62	26	38	20	96	38	53	32	154	56	75	51	33	
34	39	18	27	13	62	26	38	20	97	38	53	32	155	56	76	51	34	
35	39	19	27	13	62	27	38	20	97	38	54	32	156	57	77	51	35	
36	39	19	27	13	63	27	39	21	98	39	55	32	156	57	78	51	36	
37	39	19	28	13	63	27	39	21	98	39	55	32	157	58	79	52	37	
38	39	19	28	13	63	27	40	21	98	39	56	32	158	58	79	52	38	
39	40	19	28	13	63	27	40	21	99	40	56	32	158	58	80	52	39	
40	40	19	28	13	64	28	40	21	99	40	57	32	159	59	81	52	40	
41	40	20	29	13	64	28	41	21	100	40	57	33	159	59	82	52	41	
42	40	20	29	13	64	28	41	21	100	41	58	33	160	60	82	52	42	
43	40	20	29	13	64	28	42	21	100	41	58	33	161	60	83	52	43	
44	40	20	30	13	64	29	42	21	101	41	59	33	161	61	84	52	44	
45	40	20	30	13	65	29	42	21	101	41	59	33	162	61	85	52	45	
46	41	20	30	13	65	29	43	21	101	42	60	33	162	61	85	52	46	
47	41	20	30	13	65	29	43	21	102	42	61	33	163	62	86	53	47	
48	41	21	31	13	65	29	43	21	102	42	61	33	163	62	87	53	48	
49	41	21	31	13	66	30	44	21	102	43	62	33	164	63	88	53	49	
	41																	
50		21	1	13	66	30	44	21	103	43	62	33	164	63	88	53	50	

表6-34 总公差 ( $T + \lambda$ )、综合公差  $\lambda$ 、周节累  
积公差  $F_p$  和齿形公差  $f_f$ ,  $m = 1.5$

( $\mu\text{m}$ )

Z	公差等级																Z
	4				5				6				7				
	$T + \lambda$	$\lambda$	$F_p$	$f_f$	$T + \lambda$	$\lambda$	$F_p$	$f_f$	$T + \lambda$	$\lambda$	$F_p$	$f_f$	$T + \lambda$	$\lambda$	$F_p$	$f_f$	
10	35	14	18	13	56	20	26	20	88	30	37	32	141	45	52	51	10
11	36	14	19	13	57	21	27	20	89	30	38	32	143	46	54	51	11
12	36	15	20	13	58	21	28	20	90	31	39	32	144	46	56	51	12
13	36	15	20	13	58	22	29	20	91	31	40	32	145	47	57	51	13
14	37	15	21	13	59	22	29	20	92	32	41	32	147	48	59	51	14
15	37	15	21	13	59	22	30	20	92	32	42	32	148	48	60	51	15
16	37	16	22	13	60	23	31	20	93	33	43	32	149	49	62	51	16
17	38	16	22	13	60	23	31	21	94	33	44	32	150	50	63	51	17
18	38	16	23	13	61	23	32	21	95	34	45	32	151	51	64	52	18
19	38	16	23	13	61	24	33	21	95	34	46	32	152	51	66	52	19
20	38	17	23	13	61	24	33	21	96	35	47	32	153	52	67	52	20
21	39	17	24	13	62	24	34	21	96	35	48	32	154	52	68	52	21
22	39	17	24	13	62	25	35	21	97	36	48	33	155	53	69	52	22
23	39	17	25	13	62	25	35	21	98	36	49	33	156	54	70	52	23
24	39	18	25	13	63	25	36	21	98	37	50	33	157	54	71	52	24
25	39	18	25	13	63	26	36	21	99	37	51	33	158	55	72	52	25
26	40	18	26	13	64	26	37	21	99	37	52	33	159	55	74	53	26
27	40	18	26	13	64	26	37	21	100	38	52	33	160	56	75	53	27
28	40	18	27	13	64	26	38	21	100	38	53	33	160	57	76	53	28
29	40	19	27	13	64	27	38	21	101	39	54	33	161	57	77	53	29
30	40	19	27	13	65	27	39	21	101	39	55	33	162	58	78	53	30
31	41	19	28	13	65	27	39	21	102	39	55	33	163	58	79	53	31
32	41	19	28	13	65	28	40	21	102	40	56	33	164	59	80	53	32
33	41	19	28	13	66	28	40	21	103	40	57	33	164	59	81	53	33
34	41	20	29	13	66	28	41	21	103	41	57	34	165	60	82	53	34
35	41	20	29	13	66	28	41	21	104	41	58	34	166	60	82	54	35
36	42	20	29	13	67	29	42	21	104	41	59	34	166	61	83	54	36
37	42	20	30	14	67	29	42	21	104	42	59	34	167	61	84	54	37
38	42	20	30	14	67	29	43	22	105	42	60	34	168	62	85	54	38
39	42	21	30	14	67	29	43	22	105	42	60	34	168	62	86	54	39
40	42	21	31	14	68	30	43	22	106	43	61	34	169	63	87	54	40
41	42	21	31	14	68	30	44	22	106	43	62	34	170	63	88	54	41
42	43	21	31	14	68	30	44	22	106	43	62	34	170	64	89	54	42
43	43	21	31	14	68	30	45	22	107	44	63	34	171	64	89	55	43
44	43	21	32	14	69	30	45	22	107	44	63	34	172	65	90	55	44
45	43	22	32	14	69	31	46	22	108	44	64	34	172	65	91	55	45
46	43	22	32	14	69	31	46	22	108	45	65	34	173	66	92	55	46
47	43	22	33	14	69	31	46	22	108	45	65	35	173	66	93	55	47
48	43	22	33	14	70	31	47	22	109	45	66	35	174	66	94	55	48
49	44	22	33	14	70	32	47	22	109	46	66	35	175	67	94	55	49
50	44	22	33	14	70	32	48	22	109	46	67	35	175	67	95	55	50

表6-35 总公差( $T+\lambda$ )、综合公差 $\lambda$ 、周节累积公差 $F_p$ 和齿形公差 $f_f$   $m=1.75$

( $\mu\text{m}$ )

Z	公差等级																Z
	4				5				6				7				
	$T+\lambda$	$\lambda$	$F_p$	$f_f$	$T+\lambda$	$\lambda$	$F_p$	$f_f$	$T+\lambda$	$\lambda$	$F_p$	$f_f$	$T+\lambda$	$\lambda$	$F_p$	$f_f$	
10	37	15	19	13	59	21	28	21	93	31	39	33	149	47	55	52	10
11	38	15	20	13	60	22	28	21	94	32	40	33	150	48	57	52	11
12	38	15	21	13	61	22	29	21	95	32	41	33	152	48	59	53	12
13	38	16	21	13	61	23	30	21	96	33	42	33	153	49	60	53	13
14	39	16	22	13	62	23	31	21	96	33	44	33	154	50	62	53	14
15	39	16	22	13	62	23	32	21	97	34	45	33	156	51	64	53	15
16	39	16	23	13	63	24	32	21	98	35	46	33	157	52	65	53	16
17	40	17	23	13	63	24	33	21	99	35	47	33	158	52	66	53	17
18	40	17	24	13	64	24	34	21	100	36	48	34	159	53	68	54	18
19	40	17	24	13	64	25	35	21	100	36	49	34	161	54	69	54	19
20	40	18	25	14	65	25	35	21	101	37	50	34	162	54	71	54	20
21	41	18	25	14	65	26	36	22	102	37	50	34	163	55	72	54	21
22	41	18	26	14	65	26	37	22	102	38	51	34	164	56	73	54	22
23	41	18	26	14	66	26	37	22	103	38	52	34	164	56	74	54	23
24	41	19	27	14	66	27	38	22	103	39	53	34	166	57	76	54	24
25	42	19	27	14	66	27	38	22	104	39	54	34	166	58	77	54	25
26	42	19	27	14	67	27	39	22	105	39	55	34	167	58	78	55	26
27	42	19	28	14	67	28	40	22	105	40	56	34	168	59	79	55	27
28	42	19	28	14	68	28	40	22	106	40	56	34	169	60	80	55	28
29	42	20	29	14	68	28	41	22	106	41	57	34	170	60	81	55	29
30	43	20	29	14	68	28	41	22	107	41	58	35	171	61	82	55	30
31	43	20	29	14	69	29	42	22	107	42	59	35	172	61	84	55	31
32	43	20	30	14	69	29	42	22	108	42	59	35	172	62	84	55	32
33	43	21	30	14	69	29	43	22	108	42	60	35	173	62	86	56	33
34	43	21	30	14	70	30	43	22	109	43	61	35	174	63	87	56	34
35	44	21	31	14	70	30	44	22	109	43	62	35	175	64	88	56	35
36	44	21	31	14	70	30	44	22	110	44	62	35	175	64	89	56	36
37	44	21	32	14	70	30	45	22	110	44	63	35	176	65	90	56	37
38	44	22	32	14	71	31	45	22	111	44	64	35	177	65	91	56	38
39	44	22	32	14	71	31	46	22	111	45	64	35	178	65	92	56	39
40	44	22	32	14	71	31	46	22	111	45	65	36	178	66	92	56	40
41	45	22	33	14	72	32	47	23	112	46	66	36	179	67	93	57	41
42	45	22	33	14	72	32	47	23	112	46	66	36	180	67	94	57	42
43	45	22	33	14	72	32	48	23	113	46	67	36	180	68	95	57	43
44	45	23	34	14	72	32	48	23	113	47	67	36	181	68	96	57	44
45	45	23	34	14	73	33	48	23	114	47	68	36	182	69	97	57	45
46	46	23	34	14	73	33	49	23	114	47	69	36	182	69	98	57	46
47	46	23	35	14	73	33	49	23	114	48	69	36	183	70	99	58	47
48	46	23	35	14	73	33	50	23	115	48	70	36	183	70	100	58	48
49	46	24	35	14	74	34	50	23	115	48	71	36	184	71	101	58	49
50	46	24	36	14	74	34	51	23	115	49	71	36	185	71	101	58	50

表6-36 总公差 ( $T + \lambda$ )、综合公差  $\lambda$ 、周节累积公差  $F_p$  和齿形公差  $f_f$ ,  $m = 2$

( $\mu\text{m}$ )

Z	公差等级																Z
	4				5				6				7				
	$T + \lambda$	$\lambda$	$F_p$	$f_f$	$T + \lambda$	$\lambda$	$F_p$	$f_f$	$T + \lambda$	$\lambda$	$F_p$	$f_f$	$T + \lambda$	$\lambda$	$F_p$	$f_f$	
10	39	15	20	14	62	22	29	22	97	32	41	34	156	49	58	54	10
11	39	16	21	14	63	23	30	22	98	33	42	34	157	49	60	54	11
12	40	16	22	14	64	23	31	22	99	34	43	34	159	50	62	54	12
13	40	16	22	14	64	23	32	22	100	34	44	34	160	51	63	55	13
14	40	17	23	14	65	24	33	22	101	35	46	34	162	52	65	55	14
15	41	17	23	14	65	24	33	22	102	36	47	34	163	53	67	55	15
16	41	17	24	14	66	25	34	22	103	36	48	35	164	54	68	55	16
17	41	17	25	14	66	25	35	22	104	37	49	35	166	55	70	55	17
18	42	18	25	14	67	26	36	22	104	37	50	35	167	55	71	55	18
19	42	18	26	14	67	26	36	22	105	38	51	35	168	56	73	56	19
20	42	18	26	14	68	26	37	22	106	38	52	35	169	57	74	56	20
21	43	19	27	14	68	27	38	22	106	39	53	35	170	58	76	56	21
22	43	19	27	14	69	27	39	22	107	39	54	35	171	58	77	56	22
23	43	19	28	14	69	28	39	22	108	40	55	35	172	59	78	56	23
24	43	19	28	14	69	28	40	23	108	40	56	35	173	60	80	56	24
25	44	20	28	14	70	28	40	23	109	41	57	35	174	60	81	57	25
26	44	20	29	14	70	29	41	23	110	41	58	36	175	61	82	57	26
27	44	20	29	14	70	29	42	23	110	42	59	36	176	62	83	57	27
28	44	20	30	14	71	29	42	23	111	42	59	36	177	62	85	57	28
29	44	21	30	14	71	30	43	23	111	43	60	36	178	63	86	57	29
30	45	21	31	14	72	30	43	23	112	43	61	36	179	64	87	57	30
31	45	21	31	14	72	30	44	23	112	44	62	36	180	64	88	57	31
32	45	21	31	14	72	31	45	23	113	44	63	36	181	65	89	58	32
33	45	22	32	15	73	31	45	23	113	45	63	36	181	66	90	58	33
34	46	22	32	15	73	31	46	23	114	45	64	36	182	66	91	58	34
35	46	22	33	15	73	31	46	23	114	45	65	36	183	67	92	58	35
36	46	22	33	15	73	32	47	23	115	46	66	37	184	67	94	58	36
37	46	22	33	15	74	32	47	23	115	46	66	37	184	68	95	58	37
38	46	23	34	15	74	32	48	23	116	47	67	37	185	69	96	59	38
39	46	23	34	15	74	33	48	23	116	47	68	37	186	69	97	59	39
40	47	23	34	15	75	33	49	23	117	48	69	37	187	70	98	59	40
41	47	23	35	15	75	33	49	24	117	48	69	37	187	70	99	59	41
42	47	23	35	15	75	33	50	24	118	48	70	37	188	71	100	59	42
43	47	24	35	15	76	34	50	24	118	49	71	37	189	71	101	59	43
44	47	24	36	15	76	34	51	24	118	49	71	37	190	72	101	60	44
45	48	24	36	15	76	34	51	24	119	49	72	37	190	72	102	60	45
46	48	24	36	15	76	35	52	24	119	50	73	38	191	73	103	60	46
47	48	24	37	15	77	35	52	24	120	50	73	38	192	74	104	60	47
48	48	25	37	15	77	35	53	24	120	51	74	38	192	74	105	60	48
49	48	25	37	15	77	35	53	24	121	51	75	38	193	75	106	60	49
50	48	25	38	15	77	36	53	24	121	51	75	38	194	75	107	60	50



表6-37 总公差 ( $T + \lambda$ )、综合公差  $\lambda$ 、周节累积公差  $F_p$  和齿形公差  $f_f$   $m = 2.5$

( $\mu\text{m}$ )

Z	公差等级																Z
	4				5				6				7				
	$T + \lambda$	$\lambda$	$F_p$	$f_f$	$T + \lambda$	$\lambda$	$F_p$	$f_f$	$T + \lambda$	$\lambda$	$F_p$	$f_f$	$T + \lambda$	$\lambda$	$F_p$	$f_f$	
10	42	16	22	15	67	24	31	23	105	35	44	36	168	52	62	58	10
11	42	17	23	15	68	24	32	23	106	35	45	36	170	53	65	58	11
12	43	17	23	15	69	25	33	23	107	36	47	37	171	54	67	58	12
13	43	17	24	15	69	25	34	23	108	37	48	37	173	55	69	58	13
14	44	18	25	15	70	26	35	23	109	38	50	37	174	56	71	59	14
15	44	18	25	15	70	26	36	23	110	38	51	37	176	57	72	59	15
16	44	19	26	15	71	27	37	23	111	39	52	37	177	58	74	59	16
17	45	19	27	15	71	27	38	24	112	40	53	37	179	59	76	59	17
18	45	19	27	15	72	28	39	24	112	40	55	37	180	60	78	59	18
19	45	20	28	15	72	28	40	24	113	41	56	37	181	61	79	59	19
20	46	20	28	15	73	29	40	24	114	42	57	37	182	62	81	60	20
21	46	20	29	15	73	29	41	24	115	42	58	38	184	62	82	60	21
22	46	21	30	15	74	29	42	24	115	43	59	38	185	63	84	60	22
23	46	21	30	15	74	30	43	24	116	43	60	38	186	64	85	60	23
24	47	21	31	15	75	30	43	24	117	44	61	38	187	65	87	60	24
25	47	21	31	15	75	31	44	24	118	44	62	38	188	66	88	61	25
26	47	22	32	15	76	31	45	24	118	45	63	38	189	66	90	61	26
27	48	22	32	15	76	31	46	24	119	46	64	38	190	67	91	61	27
28	48	22	33	15	76	32	46	24	119	46	65	39	191	68	92	61	28
29	48	22	33	15	77	32	47	25	120	47	66	39	192	69	94	61	29
30	48	23	33	15	77	33	48	25	121	47	67	39	193	69	95	62	30
31	49	23	34	16	78	33	48	25	121	48	68	39	194	70	96	62	31
32	49	23	34	16	78	33	49	25	122	48	69	39	195	71	98	62	32
33	49	24	35	16	78	34	49	25	122	49	69	39	196	71	99	62	33
34	49	24	35	16	79	34	50	25	123	49	70	39	197	72	100	62	34
35	49	24	36	16	79	34	51	25	123	50	71	39	198	73	101	63	35
36	50	24	36	16	79	35	51	25	124	50	72	39	198	73	102	63	36
37	50	25	36	16	80	35	52	25	125	51	73	40	199	74	104	63	37
38	50	25	37	16	80	35	52	25	125	51	74	40	200	75	105	63	38
39	50	25	37	16	80	36	53	25	126	51	74	40	201	75	106	63	39
40	50	25	38	16	81	36	53	25	126	52	75	40	202	76	107	64	40
41	51	25	38	16	81	36	54	25	127	52	76	40	203	77	108	64	41
42	51	26	38	16	81	37	55	26	127	53	77	40	203	77	109	64	42
43	51	26	39	16	82	37	55	26	128	53	77	40	204	78	110	64	43
44	51	26	39	16	82	37	56	26	128	54	78	41	205	79	111	64	44
45	51	26	40	16	82	37	56	26	128	54	79	41	206	79	112	65	45
46	52	27	40	16	83	38	57	26	129	55	80	41	206	80	113	65	46
47	52	27	40	16	83	38	57	26	129	55	80	41	207	80	114	65	47
48	52	27	41	16	83	38	58	26	130	55	81	41	208	81	115	65	48
49	52	27	41	16	83	39	58	26	130	56	82	41	208	82	116	65	49
50	52	27	40	16	84	39	58	26	131	56	83	41	209	82	117	66	50

表6-38 总公差 ( $T + \lambda$ )、综合公差  $\lambda$ 、周节累积公差  $F_p$  和齿形公差  $f_f$ ,  $m = 3$

( $\mu\text{m}$ )

Z	公差等级																Z
	4				5				6				7				
	$T + \lambda$	$\lambda$	$F_p$	$f_f$	$T + \lambda$	$\lambda$	$F_p$	$f_f$	$T + \lambda$	$\lambda$	$F_p$	$f_f$	$T + \lambda$	$\lambda$	$F_p$	$f_f$	
10	45	17	24	15	71	25	33	24	112	37	47	39	179	55	67	61	10
11	48	18	24	15	72	26	35	25	113	38	48	39	181	57	69	61	11
12	46	18	25	16	73	26	36	25	114	39	50	39	182	58	71	62	12
13	46	19	26	16	74	27	37	25	115	39	52	39	184	59	74	62	13
14	46	19	27	16	74	28	38	25	116	40	53	39	186	60	76	62	14
15	47	19	27	16	75	28	39	25	117	41	55	39	187	61	78	62	15
16	47	20	28	16	76	29	40	25	118	42	56	39	189	62	80	63	16
17	48	20	29	16	76	29	41	25	119	42	57	40	190	63	82	63	17
18	48	21	29	16	77	30	42	25	120	43	59	40	192	64	83	63	18
19	48	21	30	16	77	30	43	25	121	44	60	40	193	65	85	63	19
20	49	21	31	16	78	31	44	25	121	44	61	40	194	66	87	64	20
21	49	22	31	16	78	31	44	25	122	45	62	40	196	67	89	64	21
22	49	22	32	16	79	32	45	26	123	46	63	40	197	68	90	64	22
23	50	22	32	16	79	32	46	26	124	46	65	40	198	69	92	64	23
24	50	23	33	16	80	32	47	26	125	47	66	41	199	69	93	65	24
25	50	23	33	16	80	33	48	26	125	48	67	41	200	70	95	65	25
26	50	23	34	16	81	33	48	26	126	48	68	41	201	71	97	65	26
27	51	24	34	16	81	34	49	26	127	49	69	41	203	72	98	65	27
28	51	24	35	16	81	34	50	26	127	49	70	41	204	73	100	66	28
29	51	24	36	17	82	35	50	26	128	50	71	41	205	74	101	66	29
30	51	24	36	17	82	35	51	26	129	51	72	41	206	74	102	66	30
31	52	25	37	17	83	35	52	26	129	51	73	42	207	75	104	66	31
32	52	25	37	17	83	36	53	27	130	52	74	42	208	76	105	66	32
33	52	25	37	17	83	36	53	27	130	52	75	42	209	77	107	67	33
34	52	26	38	17	84	37	54	27	131	53	76	42	210	78	108	67	34
35	53	26	38	17	84	37	55	27	132	53	77	42	210	78	109	67	35
36	53	26	39	17	85	37	55	27	132	54	78	42	211	79	110	67	36
37	53	26	39	17	85	38	56	27	133	54	79	42	212	80	112	68	37
38	53	27	40	17	85	38	57	27	133	55	79	43	213	81	113	68	38
39	54	27	40	17	86	38	57	27	134	55	80	43	214	81	114	68	39
40	54	27	41	17	86	39	58	27	134	55	81	43	215	82	115	68	40
41	54	27	41	17	86	39	58	27	135	56	82	43	216	83	117	69	41
42	54	28	41	17	87	39	59	27	135	57	83	43	217	83	118	69	42
43	54	28	42	17	87	40	60	28	136	57	84	43	218	84	119	69	43
44	55	28	42	17	87	40	60	28	136	58	84	44	218	85	120	69	44
45	55	28	43	17	88	40	61	28	137	58	85	44	219	85	121	70	45
46	55	29	43	18	88	41	61	28	137	59	86	44	220	86	123	70	46
47	55	29	43	18	88	41	62	28	138	59	87	44	221	87	124	70	47
48	55	29	44	18	89	41	62	28	138	60	88	44	222	87	125	70	48
49	56	29	44	18	89	42	63	28	139	60	88	44	222	88	126	70	49
50	56	30	45	18	89	42	63	28	139	61	89	45	223	89	127	71	50

表6-39 总公差 (T + λ)、综合公差 λ、周节累  
积公差 F<sub>p</sub>和齿形公差 f<sub>f</sub> m=3.5

(μm)

Z	公差等级																Z
	4				5				6				7				
	T + λ	λ	F <sub>p</sub>	f <sub>f</sub>	T + λ	λ	F <sub>p</sub>	f <sub>f</sub>	T + λ	λ	F <sub>p</sub>	f <sub>f</sub>	T + λ	λ	F <sub>p</sub>	f <sub>f</sub>	
10	47	18	25	16	75	27	35	26	118	39	50	41	188	59	71	65	10
11	48	19	26	16	76	28	37	26	119	40	51	41	190	60	73	65	11
12	48	19	27	16	77	28	38	26	120	41	53	41	192	61	76	65	12
13	48	19	27	16	78	29	39	26	121	42	55	41	194	62	78	66	13
14	49	20	28	16	78	29	40	26	122	42	56	41	196	63	80	66	14
15	49	21	29	17	79	30	41	26	123	43	58	42	197	64	82	66	15
16	50	21	30	17	80	31	42	27	124	44	59	42	199	65	84	66	16
17	50	21	30	17	80	31	43	27	125	45	61	42	201	67	87	67	17
18	51	22	31	17	81	32	44	27	126	46	62	42	202	68	89	67	18
19	51	22	32	17	81	32	45	27	127	47	64	42	204	69	91	67	19
20	51	23	33	17	82	33	46	27	128	47	65	42	205	70	92	68	20
21	52	23	33	17	82	33	47	27	129	48	66	43	206	71	94	68	21
22	52	23	34	17	83	34	48	27	130	48	67	43	208	72	96	68	22
23	52	23	34	17	84	34	49	27	131	49	69	43	209	73	98	68	23
24	52	24	35	17	84	35	50	27	131	50	70	43	210	74	100	69	24
25	53	24	36	17	85	35	51	27	132	51	71	43	211	75	101	69	25
26	53	24	36	17	85	36	51	28	133	51	72	44	213	76	103	69	26
27	53	25	37	17	86	36	52	28	134	52	73	44	214	76	104	69	27
28	54	25	37	18	86	37	53	28	134	52	74	44	215	78	106	70	28
29	54	26	38	18	86	37	54	28	135	53	76	44	216	78	108	70	29
30	54	26	38	18	87	38	55	28	136	54	77	44	217	79	109	70	30
31	55	26	39	18	87	38	55	28	136	54	78	44	218	80	111	71	31
32	55	26	39	18	88	38	56	28	137	55	79	45	219	81	112	71	32
33	55	27	40	18	88	39	57	28	138	56	80	45	220	82	114	71	33
34	55	27	40	18	88	39	58	28	138	56	81	45	221	82	115	71	34
35	55	28	41	18	89	39	58	28	139	57	82	45	222	83	116	72	35
36	56	28	41	18	89	40	59	29	140	57	83	45	223	84	118	72	36
37	56	28	42	18	90	41	60	29	140	58	84	45	224	85	119	72	37
38	56	28	42	18	90	41	60	29	141	59	85	46	225	86	121	72	38
39	57	29	43	18	90	41	61	29	141	59	86	46	226	87	122	73	39
40	57	29	43	18	91	42	62	29	142	60	87	46	227	87	123	73	40
41	57	29	44	18	91	42	62	29	142	60	88	46	228	88	124	73	41
42	57	29	44	18	92	42	63	29	143	60	88	46	229	89	126	74	42
43	57	30	45	19	92	43	64	29	144	61	89	46	230	90	127	74	43
44	58	30	45	19	92	43	64	30	144	62	89	47	231	90	128	74	44
45	58	31	46	19	93	44	65	30	145	62	91	47	231	91	130	74	45
46	58	31	46	19	93	44	65	30	145	63	92	47	232	92	131	75	46
47	58	31	46	19	93	44	66	30	146	63	93	47	233	93	132	75	47
48	58	31	47	19	94	45	67	30	146	64	94	47	234	93	133	75	48
49	59	31	47	19	94	45	67	30	147	65	95	48	235	94	134	76	49
50	59	32	48	19	94	45	68	30	147	65	95	48	236	95	136	76	50

表6-40 总公差 (T + λ)、综合公差 λ、周节  
累积公差 F<sub>p</sub>和齿形公差 f<sub>f</sub>, m = 4 (μm)

Z	公差等级																Z
	4				5				6				7				
	T + λ	λ	F <sub>p</sub>	f <sub>f</sub>	T + λ	λ	F <sub>p</sub>	f <sub>f</sub>	T + λ	λ	F <sub>p</sub>	f <sub>f</sub>	T + λ	λ	F <sub>p</sub>	f <sub>f</sub>	
10	49	19	26	17	79	28	37	27	123	41	52	43	197	62	74	68	10
11	50	20	27	17	80	29	38	27	124	42	54	43	199	63	77	69	11
12	50	20	28	17	80	29	40	28	126	43	56	43	201	64	80	69	12
13	51	21	29	17	81	30	41	28	127	44	58	44	203	66	82	69	13
14	51	21	30	18	82	31	42	28	128	45	59	44	205	67	84	70	14
15	52	22	30	18	83	31	43	28	129	46	61	44	207	68	87	70	15
16	52	22	31	18	83	32	45	28	130	47	63	44	208	69	89	70	16
17	53	23	32	18	84	33	46	28	131	48	64	44	210	70	91	70	17
18	53	23	33	18	85	33	47	28	132	48	66	45	212	72	94	71	18
19	53	23	34	18	85	34	48	28	133	49	67	45	213	73	96	71	19
20	54	24	34	18	86	34	49	28	134	50	68	45	215	74	98	72	20
21	54	24	35	18	86	35	50	29	135	51	70	45	216	75	100	72	21
22	54	25	36	18	87	35	51	29	136	51	71	45	217	76	101	72	22
23	55	25	36	18	88	36	52	29	137	52	73	46	219	77	103	72	23
24	55	25	37	18	88	36	53	29	138	53	74	46	220	78	105	73	24
25	55	26	38	18	89	37	53	29	138	54	75	46	221	79	107	73	25
26	56	26	38	18	89	37	54	29	139	54	76	46	223	80	109	73	26
27	56	27	39	18	90	38	55	29	140	55	78	46	224	81	110	74	27
28	56	27	39	19	90	38	56	30	141	56	79	47	225	82	112	74	28
29	57	27	40	19	91	39	57	30	141	56	80	47	226	83	114	74	29
30	57	28	41	19	91	39	58	30	142	57	81	47	227	84	115	75	30
31	57	28	41	19	91	40	59	30	143	58	82	47	229	85	117	75	31
32	57	28	42	19	92	40	59	30	144	58	83	47	230	86	119	75	32
33	58	29	42	19	92	41	60	30	144	59	84	48	231	87	120	76	33
34	58	29	43	19	93	41	61	30	145	60	86	48	232	88	122	76	34
35	58	29	43	19	93	42	62	30	146	60	87	48	233	88	123	76	35
36	58	29	44	19	94	42	62	30	146	61	88	48	234	89	125	76	36
37	59	30	44	19	94	42	63	31	147	62	89	48	235	90	126	77	37
38	59	30	45	19	94	43	64	31	148	62	90	49	236	91	128	77	38
39	59	30	45	20	95	43	64	31	148	63	91	49	237	92	129	77	39
40	59	31	46	20	95	44	65	31	149	63	92	49	238	93	131	78	40
41	60	31	46	20	96	44	66	31	149	64	93	49	239	94	132	78	41
42	60	31	47	20	96	45	67	31	150	64	94	49	240	94	133	78	42
43	60	32	47	20	96	45	67	31	151	65	95	50	241	95	135	79	43
44	60	32	48	20	97	45	68	32	151	66	96	50	242	96	136	79	44
45	61	32	48	20	97	46	69	32	152	66	97	50	243	97	137	79	45
46	61	32	49	20	97	46	69	32	152	67	98	50	244	98	139	80	46
47	61	33	49	20	98	47	70	32	153	67	98	50	244	98	140	80	47
48	61	33	50	20	98	47	71	32	153	68	99	51	245	99	141	80	48
49	62	33	50	20	99	47	71	32	154	68	100	51	246	100	142	81	49
50	62	34	51	20	99	48	72	32	154	69	101	51	247	101	144	81	50

表6-41 总公差 ( $T + \lambda$ )、综合公差  $\lambda$ 、周节累  
 积公差  $F_p$  和齿形公差  $f_t$ ,  $m = 5$ 
( $\mu\text{m}$ )

Z	公差等级																Z
	4				5				6				7				
	$T + \lambda$	$\lambda$	$F_p$	$f_t$	$T + \lambda$	$\lambda$	$F_p$	$f_t$	$T + \lambda$	$\lambda$	$F_p$	$f_t$	$T + \lambda$	$\lambda$	$F_p$	$f_t$	
10	53	21	28	19	85	31	40	30	133	45	57	48	213	87	81	75	10
11	54	22	30	19	86	31	42	30	134	46	59	48	215	89	84	76	11
12	54	22	31	19	87	32	43	30	136	47	61	48	217	90	87	76	12
13	55	23	32	19	88	33	45	30	137	48	63	48	219	92	90	77	13
14	55	23	33	19	89	34	46	31	138	49	65	48	221	93	92	77	14
15	56	24	33	20	89	34	48	31	140	50	67	49	223	95	95	77	15
16	56	24	34	20	90	35	49	31	141	51	68	49	225	96	98	78	16
17	57	25	35	20	91	36	50	31	142	52	70	49	227	97	100	78	17
18	57	25	36	20	91	36	51	31	143	53	72	50	229	99	102	78	18
19	58	26	37	20	92	37	52	31	144	54	74	50	230	100	105	79	19
20	58	26	38	20	93	38	53	32	145	55	75	50	232	101	107	79	20
21	58	27	38	20	93	38	54	32	146	56	77	50	233	102	109	80	21
22	59	27	39	20	94	39	56	32	147	57	78	50	235	104	111	80	22
23	59	28	40	20	95	39	57	32	148	57	80	51	237	105	113	80	23
24	59	28	41	20	95	40	58	32	149	58	81	51	238	106	115	81	24
25	60	28	41	20	96	41	59	32	150	59	82	51	239	107	117	81	25
26	60	29	42	21	96	41	60	32	150	60	84	52	241	108	119	82	26
27	61	29	43	21	97	42	61	33	151	61	85	52	242	109	121	82	27
28	61	30	43	21	97	42	62	33	152	61	87	52	243	110	123	82	28
29	61	30	44	21	98	43	63	33	153	62	88	52	245	111	125	83	29
30	61	30	45	21	98	43	63	33	154	63	89	52	246	112	127	83	30
31	62	31	45	21	99	44	64	33	155	64	90	53	247	113	129	84	31
32	62	31	46	21	99	44	65	34	155	64	92	53	248	114	130	84	32
33	62	31	46	21	100	45	66	34	156	65	93	53	250	115	132	84	33
34	63	32	47	21	100	45	67	34	157	66	94	54	251	116	134	85	34
35	63	32	48	22	101	46	68	34	158	67	95	54	252	117	136	85	35
36	63	33	48	22	101	46	69	34	158	67	96	54	253	118	137	86	36
37	64	33	49	22	102	47	70	34	159	68	98	54	254	119	139	86	37
38	64	33	49	22	102	47	70	34	160	69	99	54	255	120	141	86	38
39	64	34	50	22	103	48	71	34	160	69	100	55	257	121	142	87	39
40	64	34	51	22	103	48	72	35	161	70	101	55	258	122	144	87	40
41	65	34	51	22	103	49	73	35	162	71	102	55	259	123	145	88	41
42	65	35	52	22	104	49	73	35	162	71	103	56	260	124	147	88	42
43	65	35	52	22	104	50	74	35	163	72	104	56	261	125	148	88	43
44	65	35	53	22	105	50	75	35	164	73	105	56	262	126	150	89	44
45	66	36	53	22	105	51	76	36	164	73	106	56	263	127	151	89	45
46	66	36	54	23	106	51	76	36	165	74	108	56	264	128	153	90	46
47	66	36	54	23	106	51	77	36	166	74	109	57	265	129	154	90	47
48	66	38	55	23	106	52	78	36	166	75	110	57	266	130	156	90	48
49	67	37	55	23	107	52	79	36	167	76	111	57	267	131	157	91	49
50	67	37	56	23	107	53	79	36	167	76	112	58	268	132	159	91	50

- (3) 加工公差为总公差  $(T + \lambda)$  与综合公差  $i$  之差, 即  $T = (T + \lambda) - i$ 。  
 (4) 周节累积公差  $F_p$ , 见表 6-32 至表 6-41。  
 (5) 齿形公差  $F_f$ , 见表 6-32 至表 6-41。  
 (6) 齿向公差  $F_\beta$ , 见表 6-42。  
 (7) 作用齿槽宽  $E_v$  的下偏差和作用齿厚  $S_v$  的上偏差, 见表 6-43。  
 (8) 外花键小径  $D_{f,e}$  和大径  $D_{f,E}$  的上偏差  $e_{sv}/\text{tg}\alpha_b$ , 见表 6-44。  
 (9) 内花键小径  $D_{f,i}$  极限偏差和外花键大径  $D_{f,E}$  公差, 见表 6-45。  
 (10) 花键齿根圆弧最小值  $(R_{f,\min}$  和  $R_{e,\min})$ , 见表 6-46。

表 6-42 齿向公差  $F_\beta$  ( $\mu\text{m}$ )

公差等级	花键长度 $\varnothing$															
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	70	80	90	100
4	6	7	7	8	8	8	9	9	9	10	10	10	11	11	12	12
5	7	8	9	9	10	10	11	11	12	12	12	13	13	14	14	15
6	9	10	11	12	13	13	14	14	15	15	16	16	17	17	18	19
7	14	16	18	19	20	21	22	23	23	24	25	25	27	28	29	30

注: 当花键长度  $\varnothing$  (单位: mm) 不为表中数值时, 可按绘出的计算式计算。

表 6-43 作用齿槽宽  $E_v$  下偏差和作用齿厚  $S_v$  上偏差

分度圆直径 $D$ (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		
$> 18 \sim 30$	0	-65	-40	-20	0		
$> 30 \sim 50$	0	-80	-50	-25	0		
$> 50 \sim 80$	0	-100	-60	-30	0		
$> 80 \sim 120$	0	-120	-72	-36	0		
$> 120 \sim 180$	0	-145	-85	-43	0	$+\frac{(T + \lambda)}{2}$	$+(T + \lambda)$
$> 180 \sim 250$	0	-170	-100	-50	0		
$> 250 \sim 315$	0	-190	-110	-56	0		
$> 315 \sim 400$	0	-210	-125	-62	0		
$> 400 \sim 500$	0	-230	-135	-68	0		
$> 500 \sim 630$	0	-260	-145	-76	0		
$> 630 \sim 800$	0	-290	-160	-80	0		
$> 800 \sim 1000$	0	-320	-170	-86	0		

注: (1) 当表中的作用齿厚上偏差  $e_{sv}$  值不能满足需要时, 允许采用 GB1800-79《公差与配合总论 标准公差与基本偏差》中的基本偏差  $c$  或  $b$ ;

(2) 总公差  $(T + \lambda)$  的数值见表 9-27 至表 9-42。

表6-44 外花键小径 $D_{i1}$ 和大径 $D_{e2}$ 的上偏差 $e_{sv}/\tan\alpha_D$

分度圆直径 $D$ (mm)	标准压力角 $\alpha_D$						
	30°	30°	30°	45°	30°和45°	30°	30°和45°
	$d$	$e$	$f$		$h$	$js$	$k$
$e_{sv}/\tan\alpha_D$ ( $\mu\text{m}$ )							
<6	-52	-35	-17	-10	0		
>6~10	-69	-43	-23	-13	0		
>10~18	-87	-55	-28	-16	0		
>18~30	-113	-69	-35	-20	0		
>30~50	-139	-87	-43	-25	0		
>50~80	-173	-104	-52	-30	0		
>80~120	-208	-125	-62	-36	0		
>120~180	-251	-147	-74	-43	0	$+(T+\lambda)/2\tan\alpha_D^*$	$+(T+\lambda)/\tan\alpha_D^*$
>180~250	-294	-173	-87	-50	0		
>250~315	-329	-191	-97	-56	0		
>315~400	-364	-217	-107	-62	0		
>400~500	-398	-234	-118	-68	0		
>500~630	-450	-251	-132	-76	0		
>630~800	-502	-277	-139	-80	0		
>800~1000	-554	-294	-149	-86	0		

注：\*对于大径，取值为零。

表6-45 内花键小径 $D_{i1}$ 极限偏差和外花键大径 $D_{e2}$ 公差 ( $\mu\text{m}$ )

直径 $D_{i1}$ 和 $D_{e2}$ (mm)	内花键小径 $D_{i1}$ 极限偏差			外花键大径 $D_{e2}$ 公差		
	模数			$m$		
	0.25~0.75	1~1.5	2~10	0.25~0.75	1~1.5	2~10
	$H10$	$H11$	$H12$	$IT10$	$IT11$	$IT12$
<6	+48			48		
>6~10	+58	+90		58		
>10~18	+70	+110	+180	70	110	
>18~30	+84	+130	+210	84	130	210
>30~50	+100	+160	+250	100	160	250
>50~80	+120	+190	+300	120	190	300
>80~120		+220	+350		220	350
>120~180		+250	+400		250	400
>180~250			+450			450
>250~315			+520			520
>315~400			+570			570
>400~500			+630			630
>500~630			+700			700
>630~800			+800			800
>800~1000			+900			900

注：若花键尺寸超出表中数值时，按GB1800-79《公差与配合总论 标准公差与基本偏差》取值。

表6-46 齿根圆弧最小曲率半径 $R_{i,\min}$ 和 $R_{e,\min}$  (mm)

模数 $m$	标准压力角 $\alpha_D$			模数 $m$	标准压力角 $\alpha_D$		
	30°		45°		30°		45°
	平齿根 0.2m	圆齿根 0.4m	0.25m		平齿根 0.2m	圆齿根 0.4m	0.25m
0.25			0.06	2.5	0.50	1.00	0.62
0.5	0.10	0.20	0.12	3	0.60	1.20	
0.75	0.15	0.30	0.19	3.5	0.70	1.40	
1	0.20	0.40	0.25	4	0.80	1.60	
1.25	0.25	0.50	0.31	5	1.00	2.00	
1.5	0.30	0.60	0.38	6	1.20	2.40	
1.75	0.35	0.70	0.44	8	1.60	3.20	
2	0.40	0.80	0.50	10	2.00	4.00	

注：在产品允许的情况下，对于平齿根花键，齿根圆弧曲率半径可小于表中数值。

#### 4. 花键齿侧配合的选用

花键齿侧配合的性质取决于最小作用侧隙，见图6-8。与公差等级无关 ( $H/k$  与  $H/js$  例外)。

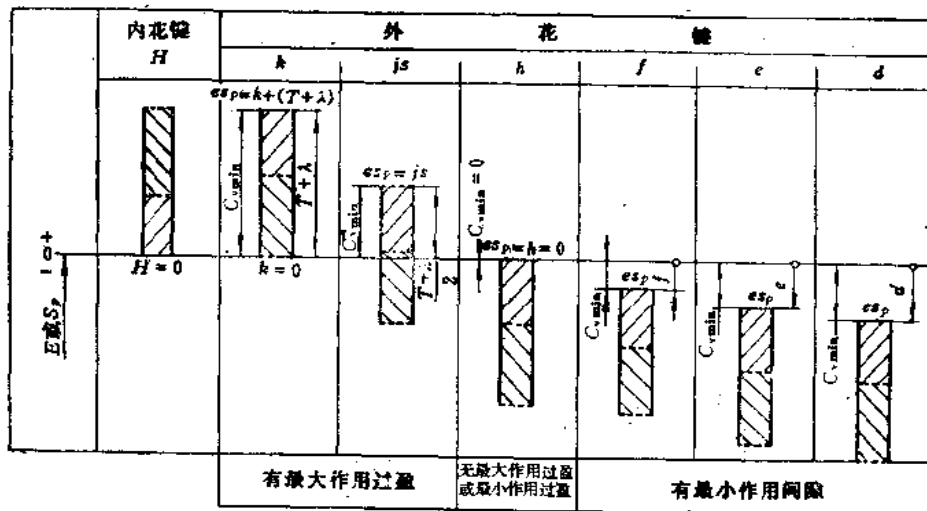


图6-8 渐开线花键齿侧配合的公差带位置图

齿侧配合采用基孔制，仅改变花键齿厚上偏差的方法来实现不同的配合。

对30°压力角的花键联结，规定了六种齿侧配合类别。它们分别由 $H/k$ 、 $H/js$ 、 $H/h$ 、 $H/f$ 、 $H/e$ 、 $H/d$ 基本偏差代号组成。当不能满足产品结构需要时，允许采用 $H/c$ 和 $H/b$ 基本偏差组成配合，以获得较大的齿侧间隙。

对45°压力角的花键联结，规定了三种齿侧配合类别。它们分别由 $H/k$ 、 $H/h$ 、 $H/f$ 基本偏差代号组成。

在渐开线花键联结中，键侧面既起传递动力与运动的作用，又有自动定心作用。当内、外花键轴线的同轴度误差会影响花键齿侧的最小作用间隙时，应适当调整齿侧配合类别，增大作用间隙予以补偿。



## 5. 花键参数的标注

在花键零件图上, 必须给出制造所需要的全部参数、尺寸和公差, 其项目见表6-47。

表6-47 花键参数项目

内 花 键			外 花 键		
齿数	$Z$	24	齿数	$Z$	24
模数	$m$	2.5	模数	$m$	2.5
压力角	$\alpha_D$	$30^\circ$	压力角	$\alpha_D$	$30^\circ$
公差等级	$5H$	GB3478-83	公差等级	$5h$	GB3478-83
大径 (mm)	$D_{ei}$	$63.75^{+0.050}$	大径	$D_{ee}$	$62.5^{-0.30}$
渐开线终止圆直径	$D_{Fmin}$	53.06	渐开线起点圆直径	$D_{Fmax}$	57.24
小径 (mm)	$D_{fi}$	$57.74^{+0.30}$	小径 (mm)	$D_{fe}$	$65.25^{-0.30}$
实际齿槽宽最大值 (mm)	$E_{max}$	4.002	作用齿厚最大值 (mm)	$S_{Vmax}$	3.927
作用齿槽宽最小值 (mm)	$E_{Vmin}$	3.927	实际齿厚最小值 (mm)	$S_{min}$	3.852
实际齿槽宽最小值 (mm)	$E_{min}$	3.957	作用齿厚最小值 (mm)	$S_{Vmin}$	3.883
作用齿槽宽最大值 (mm)	$E_{Vmax}$	3.972	实际齿厚最大值 (mm)	$S_{max}$	3.896
齿根圆弧最小半径 (mm)		1.00	齿根圆弧最小半径 (mm)		1.00

注: 齿槽宽和齿厚的四个极限尺寸, 可根据选定的检验方法取舍。

表中项目许可按需要增减。必要时, 可画出齿形图, 如图6-9所示。

在技术文件或图样中, 需要标记时, 应符合以下规定。

例1 INT/EXT 24Z×2.5m×30R×5H/5h

说明: 花键副、24齿、2.5模数、 $30^\circ$ 圆齿根、公差等级5级, 配合类别为H/h。

例2 INT 24Z×2.5m×30R×5H

说明: 内花键、24齿、2.5模数、 $30^\circ$ 圆齿根、公差等级为5级、公差带代号为5H。

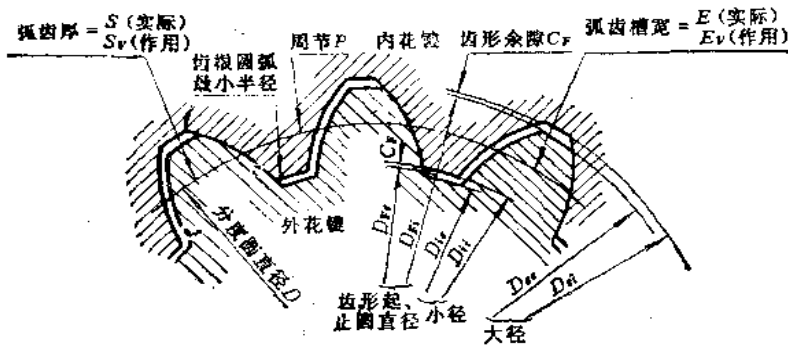


图6-9 渐开线花键零件图

例3 INT/EXT 24Z×2.5m×30P/R×6H/5h

说明: 花键副、24齿、2.5模数、内花键为 $30^\circ$ 平齿根, 其公差等级为6级, 外花键为 $30^\circ$ 圆齿根, 其公差等级为5级, 配合类别为H/h。

例4 INT/EXT 24Z×2.5m×45×6H/7h

说明: 花键副、24齿、2.5模数、 $45^\circ$ 压力角、内花键公差等级为6级、外花键公差等级为7级, 配合类别为H/h。

## 第七章 圆柱齿轮传动公差的选择

按齿轮传动的使用要求可分为四个方面：

- (1) 传递运动的准确性 (即运动精度)；
- (2) 传递运动的平稳性；
- (3) 载荷分布的均匀性 (即接触精度)；
- (4) 齿轮副侧隙。

由于现行的齿轮传动公差主要考虑齿轮传动的要求而制订的，所以正确选用齿轮传动公差，即是对齿轮传动准确性、平稳性、接触精度以及侧隙提出不同的使用要求。例如，对精密机床的分度齿轮和仪表的读数齿轮，要求有高的运动精度；对汽车的变速箱齿轮，由于传动速度高，为保持正常传动，不允许有较大的振动和噪声，则要求有高的工作平稳性；对于重载低速的轧钢机和起重机中的变速齿轮，为使齿轮承受足够大的工作载荷，要求齿面均匀接触，均匀承载；为保证一般传动齿轮的正常工作，齿轮副的非工作面间应具有一定的侧隙。

对于在高速重载条件下工作的齿轮，例如汽轮机调速器上的齿轮，由于传递功率大，圆周速度高，因此对工作平稳性及噪声等均有严格要求外，并且应有较高的接触精度，以及补偿热变形的较大侧隙。

如果齿轮传动装置在工作中要求反转，为减少反过程的空程误差，则应限制齿轮副侧隙不能太大，甚至只允许有尽可能小的侧隙。

有关我国规定的圆柱渐开线齿轮传动公差，曾先后使用ГОСТ1643-46、JB179-60和JB179-83标准。JB179-83标准直接取自ISO1328-75标准的公差。我国在选用ISO1328-75标准中的20个极限偏差，又补充了结合我国生产实际的四个项目，如 $F_w$ ——公法线长度变动公差， $F_b$ ——接触线公差， $F_{pa}$ ——轴向齿距极限偏差和 $f_{1\beta}$ ——螺旋线波度公差。

JB179-60与JB179-83《渐开线圆柱齿轮精度》的比较分析，详见第十节说明。

### 一、齿轮、齿轮副误差及侧隙的定义和代号

齿轮与齿轮副误差在JB179-83标准中共规定22项，其中齿轮误差16项，齿轮副误差6项。各项误差的术语、定义和代号如下：

#### 1. 切向综合误差 $\Delta F'_i$ (切向综合公差 $F'_i$ )

被测齿轮与理想精确的测量齿轮单面啮合传动时，相对于测量齿轮的转角，在被测齿轮一转内，被测齿轮实际转角与理论转角的最大差值。以分度圆弧长计值，如图7-1所示。

测量齿轮允许用齿条、蜗杆、测头等测量元件代替。

## 2. 切向一齿综合误差 $\Delta f'_t$ (切向一齿综合公差 $f'_t$ )

切向综合误差记录曲线上, 小波纹的最大幅度值。其波长为一个周节角, 以分度圆弧长计值, 如图 7-1 所示。

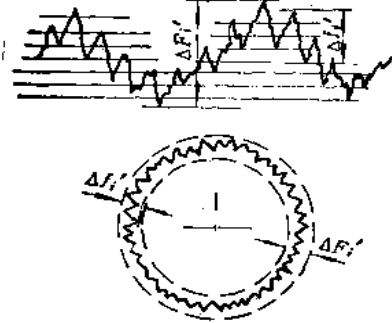


图7-1 切向综合误差与切向一齿综合误差

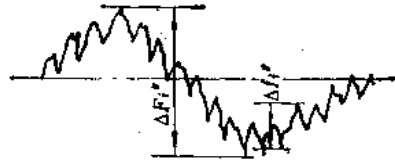


图7-2 径向综合误差与径向一齿综合误差

## 3. 径向综合误差 $\Delta F'_r$ (径向综合公差 $F'_r$ )

被测齿轮与理想精确的测量齿轮双面啮合转动时, 在被测齿轮一转内, 双啮中心距的最大变动量, 如图7-2所示。

## 4. 径向一齿综合误差 $\Delta f'_r$ (径向一齿综合公差 $f'_r$ )

径向综合误差记录曲线上, 小波纹的最大幅度值。其波长为一个周节角, 如图7-2所示。

## 5. 周节累积误差 $\Delta F_p$ (周节累积公差 $F_p$ )

在分度圆上, 任意两个同侧齿面间的实际弧长与公称弧长的最大差值, 如图 7-3 所示。测量时, 允许在齿高中部测量。

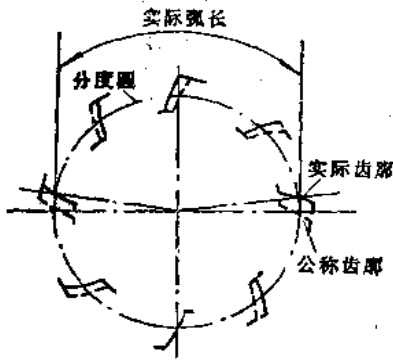


图7-3 周节累积误差

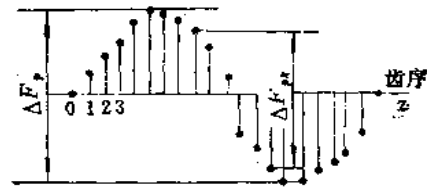


图7-4 K个周节累积误差

## K个周节累积误差 $\Delta F_{PK}$ (K个周节累积公差 $F_{PK}$ )

在分度圆上, K个周节间的实际弧长与公称弧长的最大差值, K为2到小于  $Z/2$  的整数, 如图 7-4 所示。

## 6. 齿圈径向跳动 $\Delta F_r$ (齿圈径向跳动公差 $F_r$ )

在齿轮一转范围内, 测头在齿槽内或轮齿上, 与齿高中部双面接触, 测头相对于齿轮轴线的最大变动量, 如图 7-5 所示。

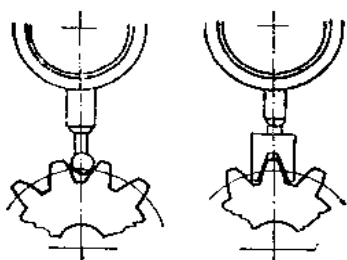


图7-5 齿圈径向跳动

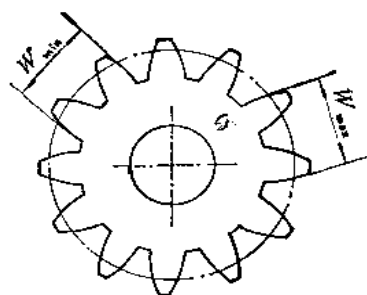


图7-6 公法线长度变动

### 7. 公法线长度变动 $\Delta F_w$ (公法线长度变动公差 $F_w$ )

在齿轮一周范围内, 实际公法线长度最大值与最小值之差, 如图 7-6 所示。

$$\Delta F_w = W_{\max} - W_{\min}$$

### 8. 齿形误差 $\Delta f_f$ (齿形公差 $f_f$ )

在齿轮端截面上, 齿形工作部分内(齿顶倒棱部分除外), 包容实际齿形的两条最近的设计齿形间的法向距离, 如图 7-7 所示。

设计齿形可以是修正的理论渐开线, 包括修缘齿形、凸齿形等。

齿顶和齿根处的齿形误差只允许偏向齿体内。

在相配齿轮不清楚时, 应按与基准齿条啮合时的齿形工作部分进行测量。

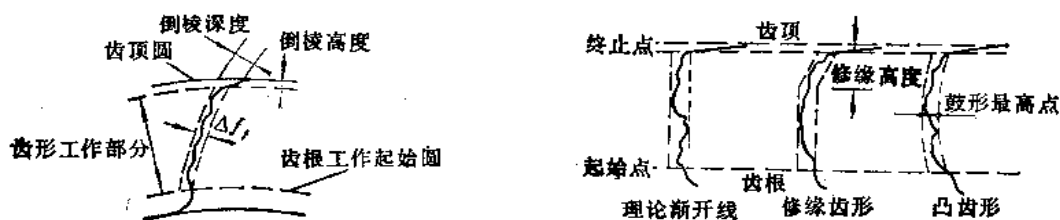


图7-7 齿形误差

### 9. 周节偏差 $\Delta f_{pt}$ (周节极限偏差 $\pm f_{pt}$ )

在分度圆上, 实际周节与公称周节之差, 如图 7-8 所示。

用相对法测量时, 公称周节是指所有实际周节的平均值。

在测量时, 允许在齿高中部测量。其实际周节允许沿垂直于齿面方向测量, 但仍应按端面内计算偏差值。

### 10. 基节偏差 $\Delta f_{pb}$ (基节极限偏差 $\pm f_{pb}$ )

实际基节(允许用端面基节代替, 但仍应按法向计算偏差值)与公称基节之差, 如图 7-9 所示。

实际基节是指基圆柱切平面所截两相邻同侧齿面的交线之间的法向距离。

### 11. 齿向误差 $\Delta F_f$ (齿向公差 $F_f$ )

在分度圆柱面上, 齿宽工作部分范围内(端部倒角部分除外), 包容实际齿向线的两条最近的设计齿向线之间的端面距离, 如图 7-10 所示。

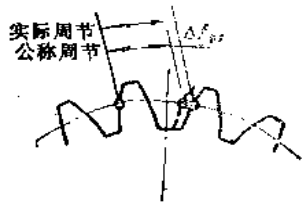


图7-8 周节偏差

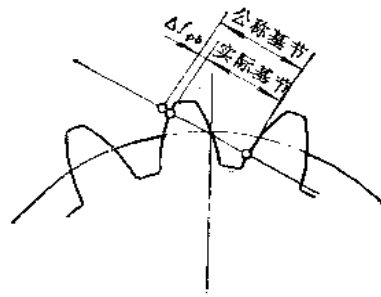


图7-9 基节偏差

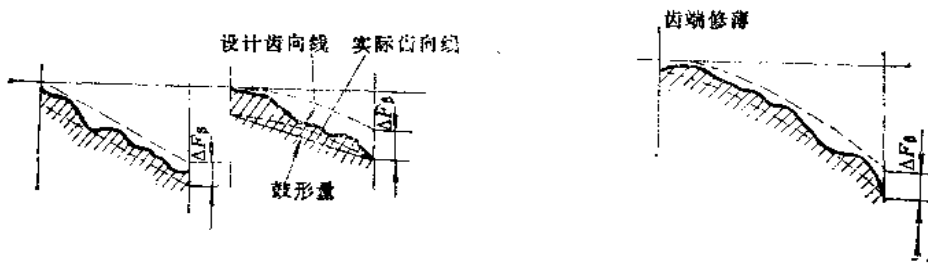


图7-10 齿向误差

设计齿向线可以是修正的圆柱螺旋线，包括鼓形线，齿端修薄及其它修形曲线。测量时，允许在齿高中部进行测量。

12. 接触线误差  $\Delta F_b$  (接触线公差  $F_b$ )

在基圆柱的切平面内，平行于公称接触线并包容实际接触线的两条最近的直线间的法向距离，如图 7-11 所示。

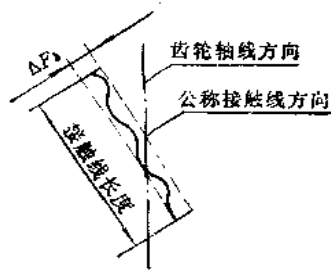


图7-11 接触线误差

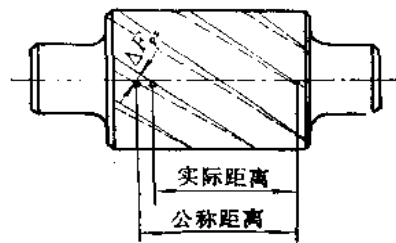


图7-12 轴向齿距偏差

13. 轴向齿距偏差  $\Delta F_{px}$  (轴向齿距极限偏差  $\pm F_{px}$ )

在与齿轮基准轴线平行而大约通过齿高中部的一条直线上，任意两个同侧齿面间的实际距离与公称距离之差，沿齿面法线方向计值，如图 7-12 所示。

14. 螺旋线波度误差  $\Delta f_{1\beta}$  (螺旋线波度公差  $f_{1\beta}$ )

宽斜齿轮齿高中部实际齿向线波度的最大波幅，沿齿面法线方向计值，如图 7-13 所示。

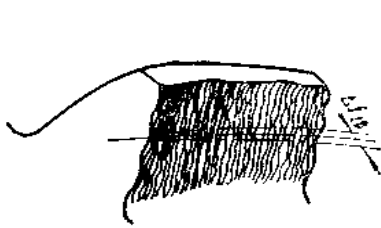


图7-13 螺旋线波度误差

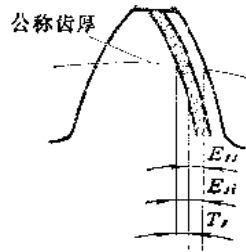


图7-14 齿厚偏差

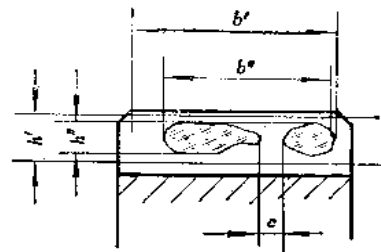


图7-15 齿轮副的接触斑点

### 15. 齿厚偏差 $\Delta E_t$ (齿厚极限偏差 $E_{t1}$ 、 $E_{t2}$ ，齿厚公差 $TS$ )

在分度圆柱面上，齿厚实际值与公称值之差，如图 7-14 所示。

对于斜齿轮，指法向齿厚。

### 16. 公法线平均长度偏差 $\Delta E_w$ (公法线平均长度极限偏差 $E_{w1}$ 、 $E_{w2}$ ，公法线平均长度公差 $TW$ )

在齿轮一周内，公法线长度平均值与公称值之差。

### 17. 齿轮副的切向综合误差 $\Delta F'_{tc}$ (齿轮副的切向综合公差)

在设计中心距下安装好的齿轮副啮合转动足够多的转数内，一个齿轮相对于另一个齿轮的实际转角与理论转角的最大差值。以分度圆弧长计值。

### 18. 齿轮副的切向一齿综合误差 $\Delta f'_{tc}$ (齿轮副的切向一齿综合公差 $f'_{tc}$ )

在齿轮副的切向综合误差记录曲线上，小波纹的最大幅度值。

### 19. 齿轮副的接触斑点 (无代号)

安装好的齿轮副，在轻微的制动下，运转后齿面上分布的接触擦亮痕迹。接触痕迹的大小在齿面展开图上用百分比计算。如图 7-15 所示。

沿齿长方向：接触痕迹的长度  $b''$  (扣除超过模数值的断开部分  $c$ ) 与工作长度  $b'$  之比即

$$\frac{b'' - c}{b'} \times 100\%$$

沿齿高方向：接触痕迹的平均高度  $h''$  与工作高度  $h'$  之比，即

$$\frac{h''}{h'} \times 100\%$$

### 20. 齿轮副的侧隙

圆周侧隙  $j_t$  (最大极限侧隙  $j_{t,max}$ ，最小极限侧隙  $j_{t,min}$ )

法向侧隙  $j_n$  (最大极限侧隙  $j_{n,max}$ ，最小极限侧隙  $j_{n,min}$ )

圆周侧隙：齿轮副中一个齿轮固定时，另一个齿轮的圆周晃动量。以分度圆上弧长计。如图 7-16 所示。

法向侧隙：齿轮副工作齿面接触时，非工作齿面之间的最小距离。如图 7-17 所示。

圆周侧隙  $j_t$  与法向侧隙的关系式为

$$j_n = j_t \cos \beta_s \cos \alpha_s$$

### 21. 齿轮副的中心距偏离 $\Delta f_a$ (齿轮副的中心距极限偏差 $\pm f_a$ )

在齿轮副的齿宽中间平面内，实际中心距与设计中心距之差。

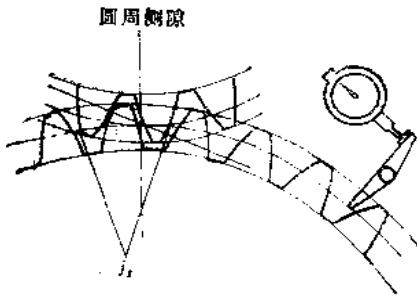


图7-16 圆周侧隙

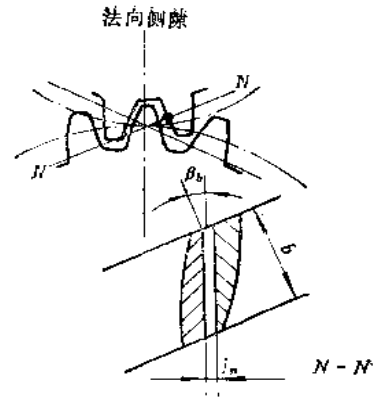


图7-17 法向侧隙

### 22. 轴线的平行度误差

$x$  方向轴线的平行度误差  $\Delta f_x$  ( $x$  方向轴线的平行度公差  $f_x$ ): 一对齿轮的轴线在其基准平面上投影的平行度误差。在等于全齿宽的长度上测量。如图 7-18 所示。

$y$  方向轴线的平行度误差  $\Delta f_y$  ( $y$  方向轴线的平行度公差  $f_y$ ): 一对齿轮的轴线在垂直于基准平面, 并且平行于基准轴线的平面上投影的平行度误差。在等于全齿宽的长度上测量。如图 7-18 所示。

基准平面是包含基准轴线, 并通过由另一轴线与齿宽中间平面相交的点所形成的平面。两条轴线中任何一条轴线都可作为基准轴线。

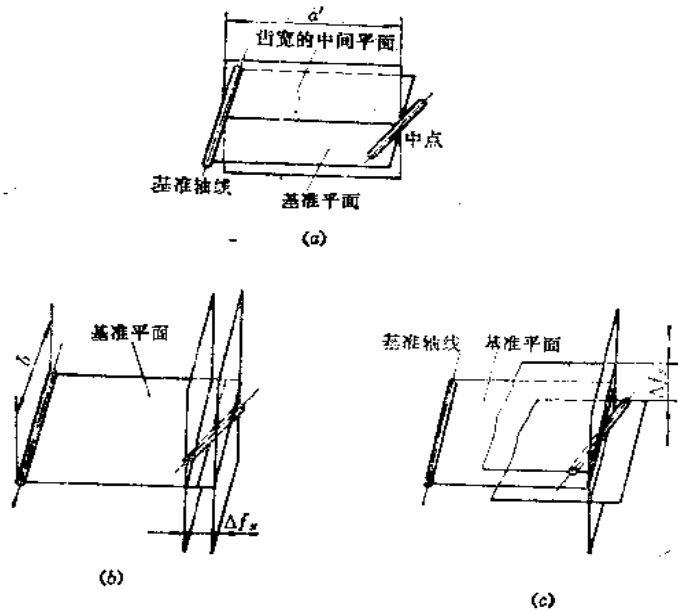


图7-18 轴线的平行度误差

## 二、齿轮模数系列

齿轮模数是确定齿轮各部分尺寸的一个基本参数，选用齿轮的标准化模数，不仅可以保证齿轮具有广泛的互换性，而且能减少齿轮的规格，又有利于设计和制造。

在齿轮渐开线的不同圆周上的模数是不相等的，规定的标准模数是指分度圆上的模数。分度圆上的模数用代号  $m$  表示，模数单位为毫米。对斜齿轮是指法面模数  $m_n$ 。

目前我国采用 GB1357-78《渐开线圆柱齿轮模数》，见表7-1。它是参照 ISO54-77 标准而制定的。

选取模数时，应优先选用第一系列，括号内的模数尽可能不用。第一系列采用  $R10$  数系排列，共有28个模数值；第二系列按  $R20$  数系排列，共有16个模数值，括号内的保留模数值有4个，总计48个模数值。括号内的模数值是淘汰的模数值，在新产品设计中尽可能不采用。

表7-1 模数标准系列 (GB1356-78)

第一系列	第二系列	第一系列	第二系列	第一系列	第二系列
0.1		1		10	(11)
0.12		1.25		12	14
0.15		1.5		16	18
			1.75	20	22
0.2		2		25	28
0.25		2.5		2.25	(30)
			2.75	32	
0.3		3		(3.25)	
	0.35		3.5	40	36
			(3.75)	50	
0.4		4		4.5	45
0.5		5		5.5	
0.6		6		(6.5)	
	0.7		7		
0.8		8		9	
	0.9		9		



表7-2 BS436-70 齿轮模数系列

第一系列	第二系列	第一系列	第二系列	第一系列	第二系列	第一系列	第二系列
1		3	2.75	10	11		28
1.25	1.125	4	3.5	12	14	32	36
1.5	1.375	5	4.5	16	18	40	45
2	1.75	6	5.5	20	22	50	
2.5	2.25	8	7	2.5			
			9				

表7-3 JISB1701-73 齿轮模数系列

第一系列	第二系列	第三系列	第一系列	第二系列	第三系列	第一系列	第二系列	第三系列
0.1			1			10		
0.15			1.25			12	11	
0.2			1.5	1.75		16	14	
0.25			2			20	18	
			2.5	2.75		25	22	
0.3			3			32	28	
0.4	0.35		4	3.5	3.25	40	36	
0.5	0.45		5	4.5	3.75	50	45	
0.6	0.55		6	5.5				
	0.7	0.65			6.5			
0.8		0.75	8	7				
	0.9			9				

表7-4 DIN780-67 齿轮模数系列

第一系列	第二系列	第三系列	第一系列	第二系列	第三系列	第一系列	第二系列	第三系列
0.1			1			10		
0.12	0.11		1.25	1.175			11	
0.16	0.14		1.5	1.375			12	(13)
0.2	0.18		2	1.75		16	14	
0.25	0.22		2.5	2.25		20	18	
0.3	0.28		3	2.75		25	22	(24)
	0.35				3.25		28	(27)
0.4			4	3.5	3.75	32		(30)
	0.45				(4.25)		36	(33)
0.5			5	4.5	(4.75)	40		(39)
	0.55				5.25		45	42
0.6			6	5.5	5.75	50	55	
	0.65				(6.25)	60		65
0.7					6.5		70	75
0.8	0.75				(6.75)			
0.9					(7.5)			
	0.85			9	(8.5)			
	0.95				(9.5)			

国际标准、英国、日本、德国和苏联等国的模数系列，见表7-2至表7-5。径节标准系列，见表7-6。模数与径节的换算，见表7-7。

表7-5 ГOCT9563-60齿轮模数系列

第一系列	第二系列	第一系列	第二系列	第一系列	第二系列	第一系列	第二系列
0.1		1	1.125	10	11	100	
		1.25	1.375	12	14		
0.15		1.5	1.75	16	18		
0.2		2	2.25	20	22		
0.25		2.5	2.75	25	28		
0.3	0.35	3	3.5	32	36		
0.4	0.45	4	4.5	40	45		
0.5	0.55	5	5.5	50	55		
0.6	0.7	6	7	60	70		
0.8	0.9	8	9	80	90		

表7-6 径节标准系列 (ISO54-1977)

第一系列	第二系列	第一系列	第二系列	第一系列	第二系列
20		6	5.5	2	1.75
16	18	5	4.5	1.5	
12	14	4	3.5	1.25	
10	11	3	2.75	1	0.875
8	9	2.5	2.25	0.75	
	7			0.625	
				0.5	

表7-7 模数与径节的换算

模数 $m$	径节 $DP$	模数 $m$	径节 $DP$	模数 $m$	径节 $DP$	模数 $m$	径节 $DP$
1	25.4	2.75	9.2364	6.35	4	14.514	$1\frac{3}{4}$
1.058	24	2.822	9	6.5	3.9077	15	1.6933
1.155	22	3	8.4667	7	3.6286	16	1.5875
1.75	14.5143	3.175	8	7.257	3.5	16.933	1.5
1.814	14	3.25	7.8154	8	3.1750	18	1.4110
2	12.7000	3.5	7.2571	3.467	3	20	1.2710
2.117	12	5	5.0800	9	2.8222	20.320	$1\frac{1}{4}$
2.25	11.2839	5.080	5	9.236	$2\frac{3}{4}$	22	1.1545
2.309	11	5.5	4.6182	10	2.5400	25	1.0160
2.5	10.1600	5.644	4.5	13	1.9538	25.4	1
2.540	10	6	4.2333	14	1.8143		

### 三、齿轮精度等级的选用

JB179-83标准对齿轮及齿轮副规定12个精度等级。1级为最高,12级为最低精度级,其中分为传动精度12级(第一公差组)、平稳性精度12级(第二公差组)、接触精度12级(第三公差组)。在确定齿轮精度等级时,必须考虑齿轮的圆周速度、传递功率、工作持续时间、润滑条件、传递运动的准确性、传动平稳性、接触均匀性、振动、噪声、使用寿命和生产费用等。

精度等级的选择方法有计算法与经验法两种方法。

#### 1. 计算法

计算法一般用于齿轮传动精度要求高的设备齿轮,如精密螺纹磨床和齿轮加工机床的主传动链中的齿轮。计算时,可以按传动链的传动精度,即允许齿轮的切向综合误差计算确定齿轮第I公差组的精度等级;根据传动所允许的振动及噪声,确定第II公差组的精度等级;在计算轮齿强度和使用寿命,确定第III公差组的精度等级。

三个公差组的特性及其检验项目,见表7-8。

表7-8 三个公差组的检验项目

公差组	公差及极限偏差项目	误差特性	对传动的影响
I	$F_i', F_p, F_{pk}, F_i', F_r, F_w$	以齿转一转为周期的误差	传递运动的准确性
II	$f_i', f_i'', f_j, f_{pj}, f_{pb}, f_{j\beta}$	齿轮一转内,多次重复的误差	传动平稳性
III	$F_{\beta}, F_b, F_{p\alpha}$	齿向误差	载荷分布的均匀性

由于影响齿轮传动质量的因素较多,在按计算法确定齿轮精度等级后,仍应按实际工作条件进行修正。

#### 2. 经验法

经验法是确定齿轮精度等级的通常方法。选用时,应考虑齿轮误差的性质、使用要求,并以主要影响的因素,参照一些相似的、被生产实践证明使用良好的齿轮传动来确定齿轮的精度等级。

考虑的因素有以下几个方面,可供设计人员选择时参考。

(1) 一般机械产品,可按表7-9所列的使用范围选用齿轮精度等级。

表7-9 一般机械产品的齿轮精度等级

机械产品	精度等级	机械产品	精度等级
测量用齿轮	2~5	航空发动机	4~7
透平机齿轮	3~6	拖拉机	6~10
精密切削机床	3~7	一般减速器	6~9
一般切削机床	4~8	轧钢机	6~10
机车	5~7	矿山绞车	7~10
轻型汽车	5~8	起重机	6~9
载重汽车	6~9	农业机械	7~11

(2) 按齿轮圆周速度选用齿轮精度等级, 可按表7-10选择。

表7-10 齿轮圆周速度与齿轮精度等级

	精度等级					
	4	5	6	7	8	9
应用范围	超精密分度机构齿轮, 高速透平传动齿轮, 测量齿轮	精密分度机构齿轮, 透平传动齿轮, 检测 8.9级的测量齿轮	分度机构齿轮, 飞机中主要齿轮, 滚数齿轮, 机床中重要齿轮	一般机床齿轮, 减速器齿轮, 飞机中一般齿轮, 有一定速度要求的斜齿轮	一般机械传动齿轮, 拖拉机非重要齿轮, 农机的主要齿轮	无精度要求的齿轮
齿面粗糙度	$R_a > 0.32$ ~0.63 (▽8)	$R_a > 0.32$ ~0.63 (▽8)	$R_a > 0.63$ ~1.25 (▽7~▽8)	$R_a > 1.25$ ~2.5 (▽6)	$R_a > 2.5$ ~5 (▽5)	$R_a > 5$ ~10 (▽4)
圆周速度 (m/s)	大于35 大于70	大于20 大于40	不大于15 不大于30	不大于10 不大于15	不大于6 不大于10	不大于2 不大于4
直齿轮斜齿轮						

(3) 各种切齿工艺可能达到的精度等级, 见表7-11。

表7-11 切齿工艺可能达到的精度等级

精度等级	4	5	6	7	8	9
切齿法	周期误差很小的精密滚切	周期误差很小的精密滚切	精滚齿	精滚齿、插齿	滚齿, 分度铣齿	滚齿, 分度铣齿
齿面最终加工	精磨齿, 磨滚后研齿	精磨齿, 精滚后剃齿	磨内或精剃齿	滚齿、剃齿或插齿	滚齿, 插齿或铣齿	不要求精加工齿轮

(4) 考虑三个公差组之间的精度等级的协调性

根据齿轮使用要求的不同, 允许在三个公差组中选用不同的精度等级, 而对齿轮副中的两个齿轮(或配对齿轮)的精度等级, 一般选用相同的精度等级, 也允许选用不同的等级。但在同一公差组内的各项公差应保持相同的精度等级。若无特殊要求, 一个齿轮的三个公差组的各项公差均应选用相同的精度等级。

例如, 在一般减速箱中的齿轮, 第一公差组选用7级, 第二和第三公差组也选用7级, 则该齿轮为7级齿轮。若有特殊要求, 第一公差组为6级, 第二和第三公差组选用7级, 则该齿轮的精度等级为6—7—7级。

由于切齿工艺对误差的影响, 公差组之间的误差存在着密切关系, 所以对一个齿轮的三个公差组的精度等级不允许相差等级较大, 一般情况有1~2级的差别。另外, 在制定各公差组每项公差之间, 已考虑到切齿工艺的协调性。

(5) 齿轮副精度等级的选择

按照JB179-83规定, 对齿轮副精度等级也规定12个精度等级, 1级为最高精度级, 12级为最低精度级。齿轮副中的两个齿轮, 一般选用等精度齿轮, 也可以选用不等精度的齿轮。

齿轮副精度等级的选择存在选配与不选配两种情况, 具体说明如下:

### 1) 等精度齿轮的齿轮副

不选配齿轮副：此时齿轮副切向综合公差 $F'_{i0}$ 和齿轮副切向一齿综合公差 $f'_{i0}$ 的精度等级与齿轮的切向综合公差 $F'_i$ 和切向一齿综合公差 $f'_i$ 的精度等级相同。例如两个齿轮的 $F'_i$ 均为7级精度， $f'_i$ 均为6级精度，则齿轮副的 $F'_{i0}$ 应为7级精度， $f'_{i0}$ 应选用6级精度。

选配齿轮副：由于选配齿轮副，能使齿轮副的 $F'_{i0}$ 减小，所以不管齿轮的 $F'_i$ 是哪级精度，只考虑压缩后的 $F'_{i0}$ 相当于两齿轮 $F'_i$ 公差之和，从而确定齿轮副的精度等级。例如两齿轮的 $F'_i$ 均为5级精度，压缩后的 $F'_{i0}$ 相当于两齿轮均为4级精度时的公差 $F'_i$ 之和，则该齿轮副的 $F'_{i0}$ 应是4级精度。

由于齿轮副的 $f'_{i0}$ 不能被压缩，所以齿轮副精度与单个齿轮精度的等级相同。

### 2) 不等精度的齿轮副

不选配齿轮副：由于齿轮副中两齿轮的精度不同，故应先求出两齿轮公差之和，并与等精度两齿轮公差之和相比较，以此选择齿轮副精度等级的公差。例如小齿轮的 $(F'_i)_1$ 为8级精度，大齿轮的 $(F'_i)_2$ 为6级精度，两齿轮公差之和为 $(F'_i)_1 + (F'_i)_2$ 。如果 $(F'_i)_1(8级) + (F'_i)_2(6级) \leq (F'_i)_1(7级) + (F'_i)_2(7级)$ ，则齿轮副的 $F'_{i0}$ 应是7级精度。如果 $(F'_i)_1(8级) + (F'_i)_2(6级) \leq (F'_i)_1(8级) + (F'_i)_2(8级)$ ，则齿轮副的 $F'_{i0}$ 应是8级精度。

齿轮副的 $f'_{i0}$ 的精度等级确定方法与 $F'_{i0}$ 确定方法相同。

对不选配的不等精度级齿轮的齿轮副，齿轮副 $F'_{i0}$ 和 $f'_{i0}$ 的精度等级不应高于两齿轮中较高的精度级，也不应低于两齿轮中较低的精度级；若两齿轮的精度只差一级，则齿轮副精度等级就是两齿轮中较低的那个精度级。例如两齿轮中的小齿轮精度为5级，大齿轮精度为6级，由于

$$(F'_i)_1(5级) + (F'_i)_2(5级) < \Delta F'_{i0} < (F'_i)_1(6级) + (F'_i)_2(6级)$$

所以齿轮副精度定为6级。

选配齿轮副：此时只要用选配压缩后的 $F'_{i0}$ 来确定齿轮副 $F'_{i0}$ 的精度等级。

因为选配后的齿轮副公差 $f'_{i0}$ 不能压缩，所以精度等级的确定方法与不选配的相同。

对选配的不等精度齿轮的齿轮副，由于选配结果，齿轮副 $F'_{i0}$ 的精度等级可以定得高于两齿轮中较高的那个级，而齿轮副 $f'_{i0}$ 的精度等级仍不会高于两齿轮中的较高级，也不会低于两齿轮中的较低级精度。

## 四、齿轮公差的检测项目及其选用

JB179-83《渐开线圆柱齿轮精度》标准，共规定22项齿轮公差。按齿轮各项误差的特性和对使用性能的主要影响，将齿轮公差项目分为三个公差组和一个与齿轮副有关的公差组。这些公差的检验组（见表7-12）是在保证传动功能的条件下，根据误差的特性而组合的，所以制造部门采用工艺精度系统能保证齿轮传动的相应要求，则不必要检验齿轮公差的全部评定指标，制造部门可以根据齿轮的工作要求、生产规模，加工工艺、检测方法和经济效益等综合因素，在规定的检测组中任选一个检验组来验收齿轮质量。若按不同的检验组检验所得结果不同，则应按最低的结果作为评定齿轮的精度，除了设

计或在订货协议中已规定按某检验组验收外，需方有权用与供方不同的检验组来评定齿轮精度等级和验收齿轮的质量。

表7-12 公差组的检验组

公差组	检 验 组	齿 轮 副
第一公差组	$F_i', F_p, F_r$ 和 $F_w, F_i'$ 和 $F_w, F_r$	$F_i'$ ...
第二公差组	$f_i, f_i', f_f$ 和 $f_{pr}, f_f$ 和 $f_{pb}, f_{pr}$ 和 $f_{pb}, f_{pr}$	$f_i$
第三公差组	$F_b, F_{pb}$	接触斑点
侧隙公差组	$E_{iD}, E_{ri}, E_{wD}, E_{wi}$	$i, i_n$

注：（1）对于轴向重合度 $\Sigma\beta$ 大于1.25，6级或高于6级精度的斜齿轮或人字齿轮，推荐加检 $f_{f\beta}$ 。

（2） $F_b$ 仅用于轴向重合度 $\Sigma\beta$ 等于或小于1.25，齿向线不作修正的齿轮；

（3）当采用设计齿形和设计齿向线时，齿形的修正部分不检 $f_{pb}$ ，齿向线的修正部分不检 $F_b$ 及 $F_{pb}$ 。

在具体选用检验组的公差项目时，应考虑以下几点。

1. 应掌握各检验组项目的误差特性、各项误差间的关系和产生误差的工艺因素。

第 I 公差组共分 5 个检验组。设计与检验人员只要规定和检验一个检验组的误差项目。

$F_i'$  能全面地反映齿轮一转内最大转角误差， $F_p$  只能反映分度圆上的齿轮一转内的转角误差，所以这两项公差均能综合反映齿轮传动的准确性。选用时只要选其中一项即可，所以在推荐检验组中， $F_i'$  与  $F_p$  各为一个检验组。误差大小的比较， $\Delta F_i' > \Delta F_p$ 。

由于  $F_i'$  和  $F_p$  皆属于径向误差的公差，而  $F_w$  属于切向误差的公差，为了全面检验齿轮齿廓的位置误差，则应控制切向和径向误差，所以规定  $F_i'$  与  $F_w$  或  $F_p$  与  $F_w$  的组合，组成二个检验组。 $F_i'$  和  $F_p$  能控制几何偏心产生的误差， $F_w$  能控制机床运动偏心产生的齿轮误差。

对于 10~12 级精度的齿轮，因为齿轮机床的分度精度是以保证被切齿的切向误差，所以可免检  $\Delta F_w$  误差，只规定一项齿圈径向跳动公差  $F_r$ 。

第 II 公差组分为 7 个检验组

由于  $\Delta f_i'$  是反映齿轮一齿切向综合误差， $\Delta f_i$  是反映齿轮一齿径向综合误差，两者均能反映一周节角内的转角误差，所以选用时只选其中一项公差。在标准中也推荐各为一个检验组。

$\Delta f_i$  齿形误差主要反映刀具齿形的制造误差， $\Delta f_{pr}$  周节偏差主要反映切齿机床的分度误差，两项误差的综合，沿切向组成切向一齿综合误差  $\Delta f_i'$ ，沿径向形成径向一齿综合误差。 $f_i'$  齿形误差  $\Delta f_i$  是反映一齿啮合过程中的瞬时传动比的变化，周节偏差  $f_{pr}$  是反映一齿脱开，下一个齿啮合过程中的瞬时传动比的变化，所以采用  $f_i$  和  $f_{pr}$  检验组适合于检验高精度的磨齿齿轮。

$f_i$  和  $f_{pb}$  检验组，因为  $f_{pr}$  与  $f_{pb}$  的关系式为  $f_{pb} = f_{pr} \cos \alpha$ ，所以  $f_{pb}$  也能控制一齿脱开，下一个齿啮合过程中的传动平稳性。由于  $\Delta f_{pb}$  主要反映齿轮刀具基节偏差所引起的传动误差，所以这一检验组适用于滚齿、插齿或剃齿的齿轮的检验，也适用于高精度的磨齿齿轮。在滚齿和剃齿时， $\Delta f_i$  反映齿形误差， $\Delta f_{pb}$  反映齿形角误差，两者都是反映  $\Delta f_i'$  误差的主要因素。

$f_{pt}$  和  $f_{pb}$  检验组, 由于齿轮的直径较小时, 测不出因机床分度蜗杆的周期误差所形成的齿形误差, 而  $\Delta f_{pb}$  能反映刀具系统误差, 所以该检验组仅适用于 7~12 级 (较低精度级) 齿轮和多齿数齿轮的滚齿加工的齿轮。

对于 10~12 级齿轮, 其中齿形误差和基节偏差已由齿轮刀具的精度保证, 所以只检  $\Delta f_p$  误差, 以控制旧切齿机床产生的分度误差。

### 第 III 公差组分为 3 个检验组

接触斑点是第 III 公差组的综合控制指标, 它既反映沿齿高方向的接触情况, 又能反映沿齿宽方向的接触痕迹。接触斑点的度量不易准确, 变动量较大, 故在 ISO 标准没有规定这个测量项目, 只是在我国齿轮精度和苏联齿轮精度标准中规定了这个检测项目。因为该项目不仅检测简便实用, 又适用于工作状态的齿轮副的接触均匀性的检验。

齿向公差  $F_{\beta}$  主要控制沿齿宽方向的接触痕迹。沿齿高方向的接触状态, 可用齿形公差  $f_f$ , 或用基节极限偏差  $f_{pb}$  来控制。

对宽斜齿轮  $b \geq 1.25px$  ( $px$  为轴向齿距) 时, 可用  $F_{px}$  轴向齿距偏差替代  $F_{\beta}$  公差项目。

#### 2. 首先应按齿轮精度等级的高低选用检测项目。

对高精度齿轮, 为了保证传动质量, 应选用综合评定项目, 如切向综合误差、周节累积误差, 切向一齿综合误差和径向一齿综合误差。若要选用单项控制项目, 一般要选择几项公差, 以控制齿廓的切向和径向位置误差, 以及一齿脱开, 下一个齿啮合过程中的平稳性。在评定低精度齿轮时, 可以不选用综合指标, 只选择一项单项指标, 以提高检验效率、降低生产费用, 避免使用贵重的仪器。对测量 10 级以下的齿轮, 在评定运动精度时, 只选用齿圈径向跳动公差  $F_r$ , 以控制齿坯安装误差, 其他误差仅靠机床和刀具精度来限制误差。在评定齿轮传动平稳性时, 只选用周节极限偏差  $f_p$  控制齿轮传动所产生的振动和噪声。

#### 3. 标准规定的公差项目中有单项公差和综合公差。

由于综合公差具有综合控制误差的作用, 所以应尽可能采用综合公差项目, 而不采用具有相互补偿作用的单项指标。另外, 综合检验比单项检验更接近齿轮使用的情况, 且效率高。在选用综合公差项目时, 每一公差组内只要求选用一项, 若选用单项公差, 除了低精度等级的齿轮外, 为了全面考核齿轮精度, 则应组合选用, 例如  $F_r$  与  $F_w$  的组合,  $f_f$  与  $f_p$  的组合。

由于齿轮是一个几何形状复杂的零件, 误差的影响因素可能出现等效或不等效的现象。所谓等效, 是指在同一公差组内的各检验组同等有效的, 即对同一个齿轮, 不可能出现按这个检验组评定是合格的, 而按另一个检验组评定是不合格的。由于影响齿轮误差的因素较多, 很有可能出现不等效的情况。若发生这类事例, 则应按综合公差检验。若单项误差超差, 综合误差不超差, 则判该齿轮为合格品。若按给定的综合公差和单项公差的关系式进行检验, 判别原则与上述的一致。

#### (1) 分析切向综合误差曲线可知:

$$\Delta F'_t = \Delta F_p + \Delta f_f$$

所以可按校核公式进行校核

$$F'_t \geq \Delta F_p + \Delta f_f$$

如果周节累积误差  $\Delta F_p$  超差, 而切向综合误差  $\Delta F'_t$  不超差, 则该齿轮应判为合格,

(2) 由于径向综合公差与齿圈径向跳动公差的关系式为

$$F_r'' \approx F_r + F_r'$$

所以可以获得校核公式为

$$F_r'' \geq \Delta F_r + \Delta f_r'$$

(3) 分析切向一齿综合误差曲线可知, 切向一齿综合误差  $\Delta f_i'$  与单项误差的关系式为

$$\Delta f_i' = 0.6(\Delta f_p + \Delta f_t)$$

所以可以获得校核公式

$$f_i' \geq 0.6(\Delta f_p + \Delta f_t)$$

(4) 由统计分析误差可知, 径向一齿综合误差与单项误差的关系式为

$$\Delta f_i'' = 0.73(\Delta f_p + \Delta f_t)$$

所以可以获得校核公式

$$f_i'' \geq 0.73(\Delta f_p + \Delta f_t)$$

(5) 周节累积误差  $\Delta F_p$  与单项误差  $\Delta F_r$  与  $\Delta F_w$  的统计关系式为

$$\Delta F_p = 0.81(\Delta F_r + \Delta F_w)$$

所以可以获得校核公式

$$F_p \geq 0.81(\Delta F_r + \Delta F_w)$$

例: 测得直齿齿轮  $m = 3$ ,  $\alpha = 20^\circ$ ,  $z = 50$  的 7 级精度的误差为  $\Delta F_r = 50 \mu\text{m}$ ,  $\Delta F_w = 5 \mu\text{m}$  问该齿轮是否合格。

解: 查公差项目的公差值为

$$F_r = 45 \mu\text{m}, F_w = 33 \mu\text{m}, F_p = 63 \mu\text{m}$$

若按齿圈径向跳动公差项目判别,  $F_r < \Delta F_r$ , 误差大于公差  $5 \mu\text{m}$ , 应判为不合格。若按综合误差判别,

$$\Delta F_p = 0.81(\Delta F_r + \Delta F_w) = 60.75$$

则  $\Delta F_p < F_p$ ,

所以齿轮应判为合格。

4. 选择公差的检验组应考虑被检齿轮的切齿工艺。

滚切齿轮的齿形是由滚刀切削刃包络切削而成, 切削刃偏离基本蜗杆的螺旋面, 会产生基节与齿形误差。据统计分析认为, 被切齿轮的基节偏差的 80%, 齿形误差的 60% 来源于滚刀的制造误差。

若被检齿轮是采用插齿工艺, 插齿误差主要是插齿刀主轴上的分度蜗轮的运动偏心 and 插齿刀安装在主轴上的径向偏心。这对齿轮公法线长度变动量有较大影响, 并常产生超差现象, 所以插齿的齿轮应规定公法线长度变动量。

对中小规格的齿轮, 普遍常用剃齿工艺。由于剃齿刀与被剃齿轮间没有强制性的运动, 这样会造成剃齿前后齿轮误差的转化, 如剃齿前的齿圈径向跳动误差, 则在剃齿后转化为公法线长度变动量。除剃齿工艺外, 如珩齿、研齿、冷轧与热轧齿轮等均有类似剃齿误差的转化规律。

5. 选择公差项目时, 不仅要考虑被检齿轮的精度等级, 而且要考虑被检齿轮的几何参数 (直径、模数和压力角等) 的大小。



如对大直径、大模数的轧钢机齿轮, 为了便于检验, 选择接触斑点比选用齿向误差  $\Delta F_{\beta}$  更为实用合理。

6. 选择检测项目还应考虑齿轮生产的批量。

对单件小批生产的齿轮, 适用于选单项公差, 以便使用通用量具进行检验; 对于大量大批生产的齿轮, 则可以选用综合公差, 以便购置专门检验的仪器和装置, 这样不仅能保证产品质量, 提高检验效率, 而且能降低生产费用。如采用连续进行测量的误差评定指标, 应选用检测切向综合误差和径向综合误差, 而不检测周节累积误差和齿圈径向跳动误差。

7. 选择公差项目应考虑三个公差组之间的协调性。

如果在第 I 公差组中选用切向综合公差 (或径向综合公差), 则应在第 II 公差组中选用使用单面啮合仪的检验项目, 如切向一齿综合公差 (或使用双面啮合仪检验  $\Delta F_{\beta}'$  和  $\Delta f_{\beta}'$ )。如果使用周节仪, 则可以选择周节累积公差  $F_p$  和周节极限偏差  $f_{pt}$ 。这种公差组间的协调性, 不仅仅是为了减少仪器的品种, 提高测量效率, 更重要的是保证各个公差组测量精度的一致性。

8. 选择的公差项目应保持测量基准的一致。

如采用了以齿轮轴线为测量基准的检验方法, 则应尽量避免以其它要素为测量基准。根据我国使用齿轮的要求, 具体选用时, 可参考表 7-13 和表 7-14 的推荐项目。

9. 齿轮副的检验。

齿轮副的检验有齿轮副的切向综合公差  $F_{\beta}'$ , 评定传递运动的准确性, 齿轮副的切向一齿综合公差  $f_{\beta}'$ , 评定传动的平稳性, 齿轮副的接触斑点评定接触均匀性, 以及齿轮装配后实测齿轮副侧隙。

在选择时应考虑以下规定:

(1) 齿轮副的切向综合误差  $F_{\beta}'$  等于两啮合齿轮的切向综合误差之和, 当两齿轮的齿数比为不大于 3 的整数, 且采用选配时,  $\Delta F_{\beta}'$  可比计算值压缩 25% 或更多些。

(2) 齿轮副的切向一齿综合公差  $f_{\beta}'$  等于两齿轮的切向一齿综合公差  $f_{\beta}'$  之和。

表 7-13 目前国内各检验组所适用的精度等级

检验组合	公差组			适用等级	测量条件
	I	II	III		
1	$F_{\beta}'$	$f_{\beta}'$	$F_{\beta}$	5~8	单齿仪、齿轮万能测量机、齿向仪
2	$F_p$	$f_{pt}$	$F_{pt}$	3~6	齿距仪、波度仪、轴向齿距仪
3	$F_p$	$f_{pt}$	$F_{\beta}$	3~7	齿距仪、齿形仪、齿向仪
4	$F_p$	$f_{pt}, f_{pt}'$	$F_{\beta}$	3~7	齿距仪、基节仪、齿向仪
5	$F_{\beta}', F_w$	$f_{\beta}'$	$F_{\beta}$	6~9	双啮仪、公法线千分尺、齿向仪
6	$F_r, F_w$	$f_{pb}, f_f$	$F_{\beta}$	6~8	跳动仪、齿形仪、基节仪、齿向仪、公法线千分尺
7	$F_r, F_w$	$f_{pt}, f_{pb}$	$F_{\beta}$	6~8	跳动仪、齿形仪、基节仪、齿向仪、公法线千分尺
8	$F_r$	$f_{ft}$	$F_{\beta}$	9~12	跳动仪、齿距仪、齿向仪

注: 由三个公差组所组成的八个检验组合中任选其一, 检定精度相同。

表7-14 公差项目的选择

传动用途	精度等级	公差组			齿轮副侧隙
		I	II	III	
分度齿轮 读数齿轮	3~5	$F_p$	$f_{f1}, f_{pb}$ $f_{f2}, f_{pt}$	$F_b$	$E_{f1}, E_{f2}$ 或 $E_w$
航空齿轮	4~6	$F_p$	$f_{f1}, f_{pt}$	$F_b$	$E_{f1}, E_{f2}$ 或 $E_w$
汽车齿轮 机床齿轮	6~8	$F_{f1}, F_w$	$f_{f1}$	$F_b$ 或斑点	$E_{f1}, E_{f2}$ 或 $E_w$
拖拉机齿轮	7~9	$F_{f1}, F_w$	$f_{pt}, f_{pb}$	斑点	$E_{f1}, E_{f2}$
减速器齿轮 农业机械齿轮	10~12	$F_p$	$f_{pt}$	斑点	$E_{f1}, E_{f2}$
透平机齿轮	3~6	$F_p$	$f_{f1}$	斑点	$E_{f1}, E_{f2}$ 或 $E_w$
轧钢机械齿轮	6~8	$F_p$	$f_{pb}, f_{pt}$	斑点	$E_{f1}, E_{f2}$
矿山机械齿轮	7~10	$F_{f1}, F_w$	$f_{pt}, f_{pb}$	斑点	$E_{f1}, E_{f2}$
轻工机械齿轮	6~10	$F_{f1}, F_w$	$f_{pt}, f_{pb}$	斑点	$E_{f1}, E_{f2}$
运输牵引齿轮	10~12	$F_p$	$f_{pt}$	斑点	$E_{f1}, E_{f2}$

(3) 当采用设计齿形和设计齿向线时, 接触斑点的分布位置及大小自行规定。若接触斑点的分布位置和大小确有保证时, 则此齿轮副中单个齿轮的第 III 公差组检验项目可不予考核。

对较大规格的齿轮副, 一般是在安装好的传动中进行检验。但对成批生产的机床、汽车、拖拉机减速箱中的小齿轮也允许在啮合机上进行接触斑点的检验。

#### (4) 齿轮副侧隙的检验

为保证齿轮传动正常工作, 避免工作温度变化而引起齿轮卡死、保证齿轮正常润滑以及消除受力引起非工作齿面的撞击, 在齿轮的非工作齿面间必须具有最小的保证侧隙。

齿轮副侧隙的评定指标有齿轮副的法向侧隙  $j_n$  和齿轮副的圆周侧隙  $j_t$ 。两者的关系式为

$$j_n = j_t \cos \beta_b \cdot \cos \alpha_n = j_t \cos \alpha_n \cdot \cos \beta$$

式中  $\alpha_n$  ——端面压力角;  
 $\beta_b$  ——基圆螺旋角;  
 $\alpha_n$  ——法向压力角;  
 $\beta$  ——分度圆螺旋角。

齿轮副侧隙是以固定中心距偏差, 改变齿厚极限偏差获得不同的齿轮副侧隙。为了便于检测与提高测量精度, 目前工厂中已采用控制公法线平均长度偏差来限制侧隙的大小。

## 五、齿轮副侧隙的选用

为了保证齿轮的正常传动，应选取齿轮在非工作齿面间具有最小保证侧隙，校核最大极限侧隙。

选择侧隙大小，主要考虑齿轮的工作条件和使用要求。对于高速、高温、重载荷下工作的齿轮，应保证具有较大的齿侧间隙；对于一般减速箱的齿轮传动，选取中等的齿侧间隙；对于经常反转而转速不高的齿轮，应选取较小的齿侧间隙；对于仪表读数系统和自动控制系统的齿轮，应尽量减小齿侧间隙，以减小回程误差。对于高速透平机的传动齿轮，虽然有较高的齿轮与齿轮副精度的要求，但因工作温度较高，仍要求有较大的最小保证侧隙。

JB179-83 标准规定，为使侧隙标准化，规定齿厚偏差（或公法线平均长度偏差）按周节极限偏差  $f_{pt}$  的倍数排列 14 个代号

（C、D、E、F、G、H、J、K、L、M、N、P、R、S），如图 7-19 所示。

若所选用的齿厚极限偏差超出表列的 14 个代号，允许自行规定侧隙的数值。

### 1. 最小侧隙的计算

（1）由于热变形所必需的最小侧隙为

$$j_{n1} = 2a(\alpha_1 \cdot \Delta t_1 - \alpha_2 \cdot \Delta t_2) \sin \alpha$$

式中  $a$  —— 齿轮副中心距 (mm)；

$\alpha_1, \alpha_2$  —— 齿轮和箱体材料的线胀系数；

$\Delta t_1, \Delta t_2$  —— 齿轮、箱体与标准温度的温升 ( $\Delta t_1 = t_1 - 20, \Delta t_2 = t_2 - 20$ )；

$\alpha$  —— 法向啮合角（一般用法向齿形角代替）。

（2）保证正常润滑的最小侧隙为

$$j_{n2} = k \cdot m_n \text{ (}\mu\text{m)}$$

式中  $k$  —— 油膜系数；

$m_n$  —— 齿轮法向模数。

喷油润滑： $v < 10 \text{ (m/s)}, k_1 = 10$

$10 < v < 25 \text{ (m/s)}, k_1 = 20$

$25 < v < 60 \text{ (m/s)}, k_1 = 30$

特殊高速传动：

$v > 60 \text{ (m/s)} \quad k_1 = 30 \sim 50$

无强制润滑的低速传动：

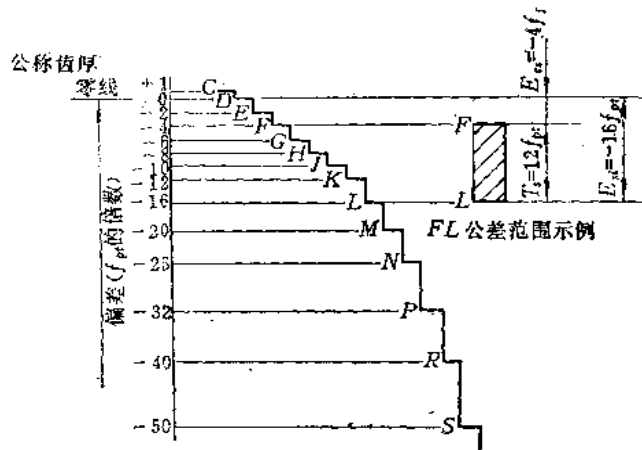


图 7-19 齿厚极限偏差代号

油池润滑

$$k_j = 5 \sim 10$$

(3) 为补偿齿轮制造误差和安装误差, 所引起侧隙的减小  $K$  为

$$K = \sqrt{2f_{pb}^2 + 2(F_{pb} \cos \alpha)^2 + (f_x \cos \alpha)^2 + (f_y \sin \alpha)^2}$$

设  $\alpha = 20^\circ$ ,  $F_{pb} = f_y = 2f_y$ 

则

$$K = \sqrt{2f_{pb}^2 + 2 \cdot 104F_{pb}^2}$$

(4) 当中心距偏差为负值 ( $\Delta f_a < 0$ ) 时, 使最小侧隙的减小值为  $2f_a \sin \alpha$ (5) 齿轮副的最小保证侧隙  $j_n$  为

$$j_n = j_{n1} + j_{n2} + K + 2f_a \sin \alpha$$

## 2. 齿厚上偏差的计算

为保证齿轮副获得最小保证侧隙  $j_{n \min} = j_{n1} + j_{n2}$ , 应计算齿厚的最小减薄量, 即确定齿厚的上偏差  $E_{s1}$ 。

当齿轮副在公称中心距下, 最小侧隙与齿厚上偏差的关系式为

$$j_{n \min} = |E_{s1} + E_{s2}| \cdot \cos \alpha$$

式中  $E_{s1}$ ——小齿轮齿厚的上偏差; $E_{s2}$ ——大齿轮齿厚的上偏差。若将齿厚的上偏差平均分配在两个齿轮上, 令  $E_{s1} = E_{s2} = E_s$ 

所以

$$j_{n \min} = 2 |E_s| \cdot \cos \alpha$$

当考虑齿轮加工误差、安装误差和负中心距偏差的影响, 则

$$j_{n \min} = 2 |E_s| \cos \alpha - K - 2 |f_a| \sin \alpha$$

所以

$$E_s = - \left( \frac{j_{n \min} + K}{2 \cos \alpha} + f_a \tan \alpha \right)$$

## 3. 齿厚下偏差的计算

$$E_{s1} = E_s - T_s$$

式中  $E_{s1}$ ——齿厚下偏差; $T_s$ ——齿厚公差。齿厚公差  $T_s$  可按下式计算

$$T_s = \sqrt{F_s^2 + b_s^2} \cdot 2 \tan \alpha = 0.727 \sqrt{F_s^2 + b_s^2}$$

式中  $b_s$ ——切齿径向进刀公差。进刀公差与切齿工艺与切齿机床精度有关, 一般可查表 7-15。

表7-15 进刀公差

切齿工艺	第一公差组精度等级	进刀公差 $b_s$
磨 齿	4	1.26·IT7
	5	IT8
	6	1.26·IT8
滚齿、插齿	7	IT9
	8	1.26·IT9
铣 齿	9	IT10

注: IT7、IT8、IT9 为公差与配合中的标准公差。

齿厚公差也可查表 7-16。

表7-16 齿厚公差T<sub>s</sub> (μm)

精度等级	法向模数	分 度 圆 直 径 (mm)											
		≥80	80~125	125~180	180~250	250~315	315~400	400~500	500~630	630~800	800~1000	1000~1250	>1250
4	≥1~6.3	30	34	38	45	48	53	60	63	75	85	95	112
	≥6.3~16	30	36	40	45	50	56	60	67	75	85	100	112
5	≥1~6.3	40	45	50	55	63	67	75	80	90	100	118	140
	≥6.3~16	42	48	53	60	67	71	80	85	95	106	125	150
6	≥1~6.3	53	60	67	75	80	90	95	106	118	140	160	180
	≥6.3~16	56	63	71	80	85	95	100	112	120	140	160	190
7	≥1~6.3	71	80	85	95	106	112	125	132	150	170	200	230
	≥6.3~16	75	85	90	100	112	118	132	140	160	180	212	236
8	≥1~6.3	90	100	112	118	132	140	150	170	190	212	250	300
	≥6.3~16	95	106	118	125	140	150	160	180	200	224	265	300
9	≥1~6.3	112	125	140	150	170	180	190	212	235	280	315	375
	≥6.3~16	118	132	156	160	180	190	205	224	250	300	336	375

注：(1) 精度等级为第一公差组等级。

(2) 齿厚公差计算式  $T_s = 0.727\sqrt{F_1^2 + b^2}$ 。

#### 4. 选用齿厚极限偏差的代号

在确定齿厚上下偏差  $E_{ss}$  和  $E_{si}$  后, 应按图 7-19 或表 7-17 选用齿厚偏差系列代号。其步骤如下:

(1) 计算齿厚极限偏差与周节偏差的比值;

(2) 按比值选取齿厚上下偏差的代号, 若没有对应比值的代号, 可以选用偏大比值的代号, 例如计算比值  $E_{ss}/f_{pt} = 3$ , 则应选用比值 4 的代号  $F$ 。所以齿厚上偏差的代号为  $F$ 。这时的齿厚上偏差  $E_{ss} = 4f_{pt}$ 。

若  $E_{si}/f_{pt} = 14$ , 则可选用比值 16 的代号  $L$ 。所以齿厚下偏差的代号为  $L$ 。齿厚上偏差  $E_{si} = 14f_{pt}$ 。

#### 5. 齿轮副的最大极限侧隙 $j_{smax}$

齿轮副侧隙与齿厚极限偏差和中心距偏差有关。若齿厚为上偏差, 齿轮副的中心距处于负偏差, 这时, 齿轮副侧隙处于最小值; 若齿厚为下偏差, 中心距又处于正偏差, 则会使安装侧隙达到最大值, 两者之差即为齿轮副侧隙公差  $T_j$ , 计算式为

$$T_j = \sqrt{(TS_1 \cos \alpha)^2 + (TS_2 \cos \alpha)^2 + (2f_p \sin \alpha)^2}$$

表 7-17 齿厚极限偏差 (摘自 JB179-83)

$C = +1f_{pt}$	$G = -6f_{pt}$	$L = -16f_{pt}$	$R = -40f_{pt}$
$D = 0$	$H = -8f_{pt}$	$M = -20f_{pt}$	$S = -50f_{pt}$
$E = -2f_{pt}$	$J = -10f_{pt}$	$N = -25f_{pt}$	
$F = -4f_{pt}$	$K = -12f_{pt}$	$P = -32f_{pt}$	

注: 公法线平均长度上偏差  $E_{ws} = E_{ss} \cos \alpha - 0.72F_p \sin \alpha$  (外齿轮)

公差  $T_w = T_s \cos \alpha - 1.44F_p \sin \alpha$

所以最大极限侧隙  $j_{smax}$  为

$$j_{smax} = j_{smin} + T_j$$

在国家标准 JB179-83 中, 对最大极限侧隙没有给予限制性的规定。必要时, 可压缩中心距公差或齿厚公差以减小最大极限侧隙。

#### 6. 公法线平均长度偏差的确定

在工厂常用公法线平均长度偏差, 代替齿厚偏差的检验。

(1) 对外啮合齿轮

公法线平均长度上偏差

$$E_{ws} = E_{ss} \cos \alpha - 0.72F_p \sin \alpha$$

公法线平均长度下偏差

$$E_{wi} = E_{si} \cos \alpha + 0.72F_p \sin \alpha$$

公法线平均长度公差

$$T_w = T_s \cos \alpha - 1.44F_p \sin \alpha$$

(2) 对内啮合齿轮

公法线平均长度上偏差

$$E_{wsn} = -E_{win} = -E_{si} \cos \alpha - 0.75F_p \sin \alpha$$

公法线平均长度下偏差

$$E_{win} = -E_{wsn} = -E_{ss} \cos \alpha + 0.72F_p \sin \alpha$$

## 7. 举例

已知齿轮精度等级 766- $D_c$  的直齿齿轮副,  $m_n = 5$ ,  $\alpha = 20^\circ$ ,  $b = 50$ , 小齿轮齿数  $z_1 = 20$ , 大齿轮齿数  $z_2 = 100$ , 中心距  $a = 300$ , 试确定齿轮齿厚极限偏差及其代号。

解:

(1) 按贯彻 JB179-83 标准规定, 要求采用“级套级”的原则, 有利于提高产品质量。所以旧标准 JB179-60 的 766 级套改为 JB179-83 标准, 也是 766 级精度。

(2) 计算齿厚上偏差  $E_{ss}$

查 JB179-60 标准, 规定  $D_c$  的最小保证侧隙为  $D_o = 210(\mu\text{m})$

查新标准 JB179-83 的公差值

$$f_o = 26(\mu\text{m})$$

$$f_{pb1} = 11(\mu\text{m}), f_{pb2} = 13(\mu\text{m})$$

$$F_{\beta 1} = F_{\beta 2} = 12(\mu\text{m})$$

所以

$$K = \sqrt{f_{pb1}^2 + f_{pb2}^2 + 2 \cdot 104 F_{\beta}^2} = 24.35(\mu\text{m})$$

取

$$K = 24(\mu\text{m})$$

所以

$$E_{ss1} = -\left( f_o \cdot \operatorname{tg} \alpha + \frac{j_{\text{min}} + K}{2 \cos \alpha} \right)$$

$$= -\left( 26 \cdot \operatorname{tg} 20^\circ + \frac{210 + 24}{2 \cos 20^\circ} \right) = -134(\mu\text{m})$$

$$E_{ss2} = -\left( 26 \cdot \operatorname{tg} 20^\circ + \frac{210 + 24}{2 \cos 20^\circ} \right) = -134(\mu\text{m})$$

(3) 计算  $E_{ss}/f_{pt}$  的比值, 选用齿厚偏差代号

查表 7-30  $f_{pt1} = 13(\mu\text{m})$ ,  $f_{pt2} = 14(\mu\text{m})$

小齿轮的比值  $E_{ss1}/f_{pt1} = -134/13 = -10.31$

大齿轮的比值  $E_{ss2}/f_{pt2} = -134/14 = -9.57$

取比值  $E_{ss1}/f_{pt1} = 10$ ,  $E_{ss2}/f_{pt2} = 10$

所以小、大齿轮齿厚上偏差的代号为  $J$ 。这时, 小齿轮齿厚上偏差为

$$E_{ss1} = -10 \cdot f_{pt1} = -130(\mu\text{m})$$

$$E_{ss2} = -10 \cdot f_{pt2} = -140(\mu\text{m})$$

(4) 齿厚下偏差的计算及其代号

小齿轮齿厚下偏差为

$$E_{si1} = E_{ss1} - T_{s1} = -10f_{pt1} - 6f_{pt1} = -16f_{pt1}$$

大齿轮齿厚下偏差  $E_{si2}$

$$E_{si2} = E_{ss2} - T_{s2} = -10f_{pt2} - 10f_{pt2} = -20f_{pt2}$$

所以, 小齿轮齿厚下偏差的代号选  $L$ , 大齿轮齿厚下偏差的代号选  $M$ 。

所以, 小齿轮代号为 766JL

大齿轮代号为 766JM

## 六、齿坯公差及其选用

齿坯的加工精度，对切齿加工、检验和安装精度均有较大影响，所以控制齿坯精度是保证和提高齿轮的加工精度的一项积极措施。齿坯公差有以下具体规定。

### 1. 齿轮孔与齿轮轴的轴颈公差

齿轮孔、齿轮轴的轴颈是加工、检验和安装的基准，所以要规定尺寸公差和形状公差，见表7-18推荐值和表7-21的配合选择。

### 2. 齿顶圆柱面的公差

齿顶圆柱面的公差可以根据加工工艺和检验方法的不同，分为两种情况：

(1) 当加工大规格的齿轮和齿圈时，切齿机床又没有配有轴套时，则可调整齿顶圆的几何轴线，以减少几何偏心，即以齿顶圆作为加工的基准，这时应规定齿顶圆的径向跳动公差。齿坯基准面径向跳动公差，见表7-18。

若在检测时，以齿顶圆作为测量齿厚偏差的测量基准，顶圆的直径变动与径向跳动都会影响测量齿厚部位的变化，从而产生齿厚测量误差 $\Delta S$ 。

$$\Delta S_{\max} = (\Delta E_{da} + \Delta E_{ra}) \cdot \operatorname{tg} \alpha$$

式中  $\Delta E_{da}$ ——顶圆的直径误差；

$\Delta E_{ra}$ ——顶圆径向跳动。

所以要规定齿顶圆的直径公差（见表7-18）和顶圆的径向跳动公差（见表7-19）。

(2) 当齿顶圆不作为加工校正或测量基准时，齿顶圆直径公差可按IT11给定，但不允许大于0.1mm。

表7-18 齿坯公差

齿轮精度等级*		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
孔	尺寸公差	IT4	IT4	IT4	IT4	IT5	IT6	IT7		IT8		IT8	
	形状公差	IT1	IT2	IT3	IT4	IT5	IT6	IT7		IT8		IT8	
轴	尺寸公差	IT4	IT4	IT4	IT4	IT5		IT6		IT7		IT8	
	形状公差	IT1	IT2	IT3	IT4	IT5		IT6		IT7		IT8	
顶圆直径**		IT6		IT7			IT8			IT9		IT11	
基准面的径向跳动***		见表1a											
基准面的端面跳动													

注：IT—标准公差。

表7-19 齿坯基准面径向和端面跳动公差

( $\mu\text{m}$ )

分度圆直径 (mm)		精度等级				
大于	到	1和2	3和4	5和6	7和8	9到12
—	125	2.8	7	11	18	28
125	400	3.6	9	14	22	36
400	800	5.0	12	20	32	50
800	1600	7.0	18	28	45	71
1600	2500	10.0	25	40	63	100
2500	4000	16.0	40	63	100	160



### 3. 齿轮基准端面

齿坯的端面一般是加工工艺基准,也可能作为测量基准,齿坯端面跳动会引起齿圈径向跳动、齿形误差、齿向误差,对宽斜齿轮会产生轴向齿距偏差,故应按表7-19的规定选用。

4. 齿坯表面的粗糙度要求 见表7-20。

5. 齿坯孔的精度和配合的选择 见表7-21。

表7-20 齿轮各面的表面粗糙度 $R_a$ 值 ( $\mu\text{m}$ )

齿轮精度等级	5	6	7	8	9		
轮齿齿面	0.32~0.63 ( $\nabla 8$ )	0.63~1.25 ( $\nabla 7$ )	1.25 ( $\nabla 7$ )	2.5 ( $\nabla 6$ )	5(2.5) ( $\nabla 6$ )( $\nabla 5$ )	5 ( $\nabla 5$ )	10 ( $\nabla 4$ )
齿面加工方法	磨 齿	磨 或 珩	剃、珩	精滚精插	滚齿,插齿	滚齿	铣齿
齿轮基准孔	0.32~0.63 ( $\nabla 9$ ~ $\nabla 8$ )	1.25 ( $\nabla 7$ )	1.25~2.5 ( $\nabla 7$ ~ $\nabla 6$ )	1.25~2.5 ( $\nabla 7$ ~ $\nabla 6$ )	5 ( $\nabla 5$ )		
齿轮轴轴颈	0.32 ( $\nabla 9$ )	0.63 ( $\nabla 8$ )	1.25 ( $\nabla 7$ )		2.5 ( $\nabla 6$ )		
基准端面	2.5~1.25 ( $\nabla 7$ ~ $\nabla 6$ )		2.5~5 ( $\nabla 6$ ~ $\nabla 5$ )		5 ( $\nabla 5$ )		
圆 圆	1.25~2.5 ( $\nabla 6$ ~ $\nabla 5$ )			5 ( $\nabla 5$ )			

注: (1)  $\nabla 8$ ~ $\nabla 4$ 等是GB1031-68标准规定(已作废);  
(2) 表面粗糙度 $R_a$ 值是GB1031-83标准的规定。

表7-21 齿轮内孔精度和配合的选择

配合	配合选择的条件	应用举例	装配和拆卸条件
$\frac{H7}{r6, s6}$ ( $\frac{D}{je}$ )	在重负荷和在冲击负荷下工作的齿轮,或转速 $\geq 2000\text{r/min}$ 能在各种工作情况下保持零件相互位置,允许有大的轴向力	带有辅助紧固件的中型和大型尺寸的多级低速减速器,载重汽车变速箱常啮合的齿轮和中间轴上装有斜键的第三级变速用齿轮,拖拉机油泵轴上的齿轮,钻床轴上的齿轮	压入时加热或不加热均可
$\frac{H7}{r6}$ ( $\frac{D}{jf}$ )	扭矩不大,但需足够连接强度的结合;不大的冲击负荷和振动,承受轴上负荷与薄壁连接;在大多数情况下不需要辅助紧固件结合	往往用于减速器上带有齿轮辅助紧固件的齿轮,车床的床头箱中的齿轮,减速器轴上离合器套筒	用压力机加压(不加热)
$\frac{H7}{n6}$ ( $\frac{D}{ga}$ )	承受轴向载荷并要求用辅助紧固件;第一种过渡配合在冲击负荷下,能保证准确的对准中心;用在不常拆卸处	铸造机上轴和齿轮的配合;具有振动装置的粉碎机中的齿轮	装配和拆卸都要较大力量。通常用装拆工具机和锤子压入或拆卸
$\frac{H7}{m6}$ ( $\frac{D}{gb}$ )	要求经常拆卸并为了减小配合处的磨损时间	减速器中的圆锥齿轮	同上

(续)

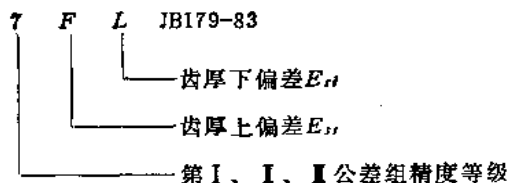
配合	配合选择的条件	应用举例	装配和拆卸条件
$\frac{H7}{k6}$ $(\frac{D}{gc})$	用在必须经常拆卸及拆卸不方便的部件	在过渡配合中,最常用的 $\frac{H7}{k6}$ , 不平稳工作的条件下, 减速器中的圆锥和圆柱齿轮、机床上的固定齿轮、齿轮滚床刀架传动轴上的圆柱和圆锥齿轮	装配和拆卸时无需较大的力 用木锤和装卸工具加压
$\frac{H7}{js6}$ $(\frac{D}{gd})$	当结合长度很长时 $\frac{H7}{js6}$ 配合可保证对准中心	如果想卸下齿轮, 然后要装上轴承则可用 $\frac{H7}{js6}$ 代替 $\frac{H7}{k6}$ 配合 可换齿轮的配合, 机床主轴上的齿轮	
$\frac{H7}{h6}$ $(\frac{D}{d})$	要求较好同心性的常拆卸齿轮	在金属切削机床上可换齿轮与轴的配合	用手装配
$\frac{H9}{h8}$ $(\frac{D4}{d4})$	同心性要求不高时用		
$\frac{H7}{g6}$ $(\frac{D}{d6})$	在准确地对准中心条件下, 保证自由沿轴向移动的齿轮	变速箱中花键轴和齿轮的配合挂轮和移动齿轮	用手装配

## 七、齿轮精度在图样上的标注

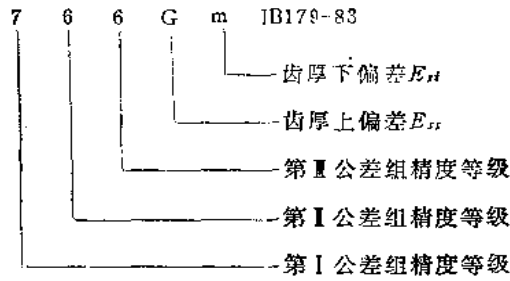
在齿轮图样上, 应标注齿轮的精度等级和齿厚极限偏差的代号 (或公法线平均长度极限偏差代号)。

标注示例:

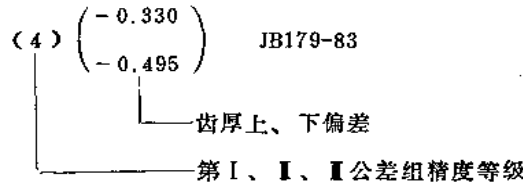
(1) 齿轮的三个公差组精度均为 7 级, 齿厚上偏差为  $F$ , 下偏差为  $L$ , 则标注为



(2) 齿轮的第 I 公差组精度为 7 级, 第 II 公差组精度为 6 级, 第 III 公差组精度为 6 级, 齿厚上偏差为  $G$ , 齿厚下偏差为  $M$ , 则标注为

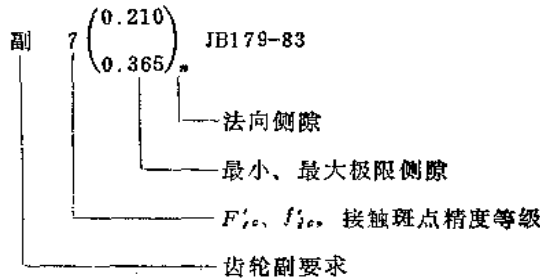


(3) 齿轮的三个公差组精度均为 4 级, 齿厚上偏差为  $-60f_{ps}(-330\mu\text{m})$ , 下偏差为  $-90f_{ps}(-495\mu\text{m})$ , 则标注为

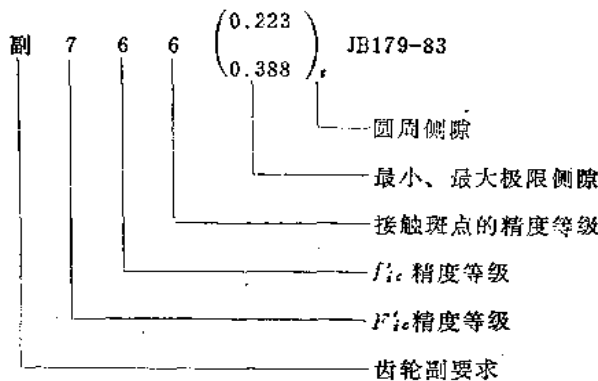


这种直接标注齿厚上、下偏差的数值仅用于齿轮副侧隙有严格要求的情况。

(4) 齿轮副的  $F'_{ic}$  和  $f'_{ic}$ , 接触斑点均为 7 级精度, 法向侧隙的最小极限侧隙  $j_{n\min} = 210(\mu\text{m})$ , 最大极限侧隙  $j_{n\max} = 365(\mu\text{m})$ , 则标注为



(5) 齿轮副的  $F'_{ic}$  为 7 级,  $f'_{ic}$  为 6 级, 接触斑点为 6 级, 圆周侧隙要求的最小极限侧隙  $j_{n\min} = 233(\mu\text{m})$ , 最大极限侧隙  $j_{n\max} = 388(\mu\text{m})$ , 则标注为



(6) 当装配图上有多对齿轮副时, 可在图纸的适当部位列表标明齿轮副精度及侧隙要求。

例如:

齿轮副编号	齿轮副精度及侧隙要求
$\frac{021}{022}$	副 7 $\begin{pmatrix} 0.210 \\ 0.365 \end{pmatrix}_m$ JB179-83
$\frac{043}{044}$	副 766 $\begin{pmatrix} 0.233 \\ 0 \end{pmatrix}_m$ JB179-83

## 八、应用举例

例: 在铣床电动机输出轴上安装的直齿圆柱齿轮  $m=3$ ,  $z_1=26$ ,  $\alpha=20^\circ$ ,  $b_1=28$ , 材料为 40Cr, 与其相啮合的齿轮,  $m=3$ ,  $z_2=54$ ,  $b_2=25$ , 材料为 45 号钢。电动机转数  $n=1450$  r/min, 功率  $N=7.5$  kW。箱体材料为铸铁。齿轮与箱体的工作温度分别为  $t_1=70^\circ\text{C}$ ,  $t_2=40^\circ\text{C}$ , 试确定  $z_1$  齿轮精度等级, 检测项目, 齿厚极限偏差及代号 (或公法线平均长度极限偏差及代号), 齿轮零件图。

解:

(1) 计算与选用齿轮几何参数

齿轮分度圆直径  $d=mz_1=3 \times 26=78\text{mm}$

齿顶圆直径  $d_a=mz_1+2m=3 \times 26+2 \times 3=84\text{mm}$

齿轮副中心距  $a=0.5m(z_1+z_2)=0.5 \times 3 \times 80=120\text{mm}$

齿坯孔径 查电机产品手册, 电机输出轴规格为  $\phi 32$ , 键槽宽 6mm

按结构设计规定, 选齿轮宽 40mm, 凸缘外径为  $\phi 48$ 。

(2) 选用齿轮精度等级

铣床主轴箱齿轮的传动准确性有一定要求, 转速为中等转速, 所以有一定平稳性的要求。

按齿轮的圆周速度确定齿轮精度等级

$$v = \frac{\pi d n}{60 \times 1000} = \frac{\pi \times 3 \times 26 \times 1450}{60 \times 1000} = 5.9 (\text{m/s})$$

查表 7-10, 确定齿轮精度等级为 8 级。

由于齿轮的接触精度与齿轮传动平稳性密切相关, 一般选接触精度与平稳性精度同级。又因为铣床传动准确性是一般要求, 故三个公差组均选用 8 级精度。

(3) 选用检验项目及其公差值

铣床生产属于批量生产的产品, 根据检验 8 级精度齿轮的项目, 可选择:

第 I 公差组

齿圈径向跳动公差 查表 7-27  $F_r=0.063$

公法线长度变动量 查表 7-25  $F_w=0.040$

第 II 公差组

齿形公差 查表 7-29  $f_f=0.014$

基节极限偏差 查表 7-31  $f_{pb}=0.018$

## 第Ⅱ公差组

齿向公差 查表 7-33  $F_{\beta}=0.018$ 

或选用接触斑点 查表 7-36

长度方向 50% 高度方向 40%

## (4) 计算齿厚极限偏差及其代号

1) 按 JB179-83 标准, 确定齿轮副最小极限侧隙  $J_{\min}$ 

$$J_{\min} = j_{s1} + j_{s2}$$

$$j_{s1} = a [\alpha_1 / t_1 - \alpha_2 / t_2] \times 2 \sin 20^\circ$$

$$= 120 [11.5 \times 10^{-6} (70 - 20) - 10.5 \times 10^{-6} \times (40 - 20)] \times 2 \sin 20^\circ$$

$$= 0.03 (\text{mm})$$

按铣床主轴箱的齿轮润滑条件及圆周速度, 可选用  $k=20$ , 所以  $j_{s2}$  为

$$j_{s2} = k \cdot m_n = 20 \times 3 = 60 (\mu\text{m})$$

所以  $j_{\min} = 30 + 60 = 90 (\mu\text{m})$ 

2) 计算齿厚上偏差及选用代号

$$E_{s1} = - \left( f_s \cdot \tan \alpha + \frac{j_{\min} + k}{2 \cos \alpha} \right)$$

$$k = \sqrt{2f_{\beta}^2 + 2.104F_{\beta}^2}$$

所以

$$E_{s1} = - \left( -27 \tan 20^\circ + \frac{90 + \sqrt{2(18)^2 + 2.104(18)^2}}{2 \cos 20^\circ} \right)$$

$$= -78 (\mu\text{m})$$

计算比值  $E_{s1}/f_{s1} = -78/20 = -3.9$ 选取  $E_{s1}/f_{s1} = -4$ 

选齿厚上偏差代号为 F, 则齿厚上偏差为

$$E_{s1} = -4f_{s1} = -4 \times 20 = -80 (\mu\text{m})$$

3) 计算齿厚下偏差及选用代号

$$E_{s2} = E_{s1} - TS$$

$$TS = 2 \tan \alpha \sqrt{F^2 + b^2}$$

查表 7-15  $b_s = 1.26 \times IT_9 = 1.26 \times 74 = 93 (\mu\text{m})$ 

所以

$$TS = 2 \tan 20^\circ \sqrt{63^2 + 93^2} = 81.7 \approx 82 (\mu\text{m})$$

(也可以查表获得)

$$E_{s2} = -(78 + 82) = -160 (\mu\text{m})$$

计算比值  $E_{s2}/f_{s2} = -160/20 = -8$ 选取齿厚下偏差代号为 H, 齿厚下偏差为  $-160 \mu\text{m}$ 

由于选用齿厚上偏差代号 F 的齿厚上偏差比计算值小, 故能保证齿轮副侧隙的要求。所以不必再核算侧隙大小。

由上计算、取值可标注

## 8-FH JB179-83

(5) 计算分度圆弦齿高和弦齿厚

设  $h_a = m$ ,  $x = 0$

$$\begin{aligned}\bar{h}_a &= h_a + \frac{mz_1}{2} \left[ 1 - \cos \left( \frac{\pi}{2z_1} + \frac{2x}{z_1} \operatorname{tg} \alpha \right) \right] \\ &= 3 + \frac{3 \times 26}{2} \left[ 1 - \cos \left( \frac{90^\circ}{20} + 0 \right) \right] = 3.07 \text{ (mm)} \\ \bar{s} &= mz_1 \sin \left( \frac{\pi}{2z_1} + \frac{2x}{z_1} \operatorname{tg} \alpha \right) \\ &= 3 \times 26 \sin \left( \frac{90^\circ}{26} \right) = 4.71 \text{ (mm)}\end{aligned}$$

所以齿厚公差标注为  $4.71_{-0.16}^{+0.08}$

(也可以查表 7-22, 再乘以模数 3, 即可求得  $\bar{h}_a = 3.07$ ,  $\bar{s} = 4.71$ )。

(6) 计算保证齿轮副侧隙的公法线平均长度的上下偏差

$$\begin{aligned}E_{w_s} &= E_{r_s} \cos \alpha - F_s \sin \alpha \\ &= -80 \cos 20^\circ - 63 \sin 20^\circ = -97 (\mu\text{m}) \\ E_{w_i} &= E_{r_i} \cos \alpha + F_i \sin \alpha \\ &= -160 \cos 20^\circ + 63 \sin 20^\circ = -129 (\mu\text{m}) \\ T_w &= E_{w_s} - E_{w_i} = 32 (\mu\text{m})\end{aligned}$$

计算公法线长度的公称值与跨齿数

跨齿数  $k = z_1 / 9 + 0.5 = 2.9 + 0.5 \approx 3$

(也可查表 7-23)。

公法线长度公称值  $W$

$$\begin{aligned}W &= m [2.9521(k - 0.5) + 0.014006z + 0.684x] \\ &= 3 [2.9521(3 - 0.5) + 0.0140 \times 26 + 0] = 23.223\end{aligned}$$

( $W$ 也可以直接查表 7-23)。

公法线长度变动公差  $T_w$  值可查表 7-25。

所以在图样上标注公法线长度变动量为  $23.223_{-0.13}^{+0.07}$ 。

(7) 选用齿坯公差

查表 7-18 和表 7-19, 可确定齿坯各项公差。

1) 齿轮孔为基准孔, 故选用尺寸公差  $IT7$ , 形状公差 (即孔的圆度公差或圆柱度公差) 7 级。所以齿轮孔为  $\phi 32H7(+0.025)$ 。

由于齿轮孔的形状误差已被尺寸公差所限制, 故在图样上不标出形状公差要求。若有特殊要求时, 则要求标出形状公差。

2) 齿顶圆的直径公差

若选用齿厚极限偏差作为齿轮副侧隙的检验项目, 齿顶圆作为测量基准, 则选用  $IT8$ 。故在齿轮图样上标注  $\phi 84h8(-0.054)$ 。

若选用公法线平均长度极限偏差作为检测项目, 齿顶圆直径变动量不影响测量公法线长度, 故齿顶圆直径公差可选用  $IT11$ , 即  $\phi 84h11$ 。

3) 齿坯端面的技术要求

齿坯端面一般作为工艺基准面，齿坯端面跳动量直接影响齿圈径向跳动量和齿向误差，所以应规定齿坯端面圆跳动公差。查表 7-19，端面圆跳动公差为  $18(\mu\text{m})$ 。 $\phi 84$  端面对  $\phi 48$  端面的平行度公差，也可选用 7 级精度，公差值为 0.025。

4) 齿坯表面粗糙度的选用

齿面粗糙度  $R_a \leq 1.25$

齿轮孔表面  $R_a \leq 1.25$

齿轮端面  $R_a \leq 3.2$

(8) 键槽公差 查表 6-3 为 9JS9

(9) 齿轮工作图与技术要求

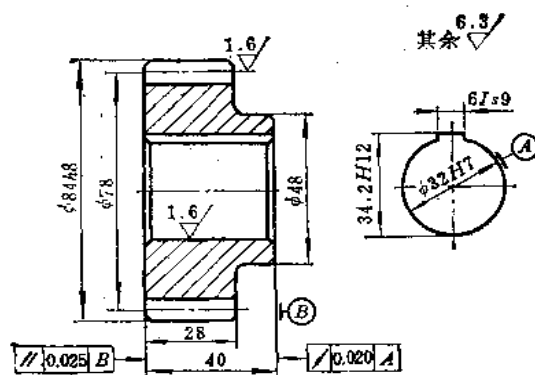


图7-20 齿轮零件工作图

技术要求:

名称	代号	公差值
模数	$M$	3
齿数	$Z$	26
压力角	$\alpha$	$20^\circ$
精度等级		8-FH JB179-83
齿圈径向跳动	$F_r$	0.063
公法线长度变动量	$F_w$	0.040
齿形公差	$f_f$	0.014
基节极限偏差	$f_{pb}$	$\pm 0.018$
齿向公差	$F_\beta$	0.018
齿厚上、下偏差	$E_{fs}$ $E_{fi}$	$4.71 \begin{matrix} -0.080 \\ -0.160 \end{matrix}$

## 九、齿轮公差、偏差数值表

齿轮各项公差、偏差数值见表 7-25 至表 7-36。

表 7-22 标准齿轮分度圆齿厚  $S$ 、固定弦齿厚  $\bar{S}_c$  和固定弦齿高  $\bar{h}_c$  (mm)

模数 $m$	分度圆齿厚 $S$	固定弦齿厚 $\bar{S}_c$	固定弦齿高 $\bar{h}_c$	模数 $m$	分度圆齿厚 $S$	固定弦齿厚 $\bar{S}_c$	固定弦齿高 $\bar{h}_c$
0.1	0.157	0.139	0.075	2.25	3.534	3.121	1.632
0.12	0.139	0.166	0.09	2.5	3.927	3.468	1.869
0.15	0.236	0.208	0.112	2.75	4.319	3.814	2.056
0.2	0.314	0.277	0.150	3	4.712	4.161	2.243
0.25	0.393	0.347	0.187	3.25	5.105	4.508	2.430
0.3	0.471	0.416	0.224	3.5	5.498	4.854	2.617
0.35	0.550	0.485	0.262	3.75	5.890	5.201	2.803
0.4	0.629	0.555	0.299	4	6.283	5.548	2.990
0.5	0.788	0.694	0.374	4.5	7.069	6.242	3.354
0.6	0.943	0.832	0.449	5	7.854	6.935	3.738
0.7	1.099	0.971	0.523	5.5	8.640	7.629	4.112
0.8	1.256	1.110	0.598	6	9.425	8.322	4.486
0.9	1.414	1.248	0.673	6.5	10.210	9.016	4.859
1.0	1.571	1.387	0.748	7	10.995	9.709	5.233
1.25	1.933	1.734	0.935	8	12.566	11.096	5.981
1.5	2.356	2.081	1.121	9	14.137	12.483	6.728
1.75	2.749	2.427	1.308	10	15.708	13.870	7.476
2	3.141	2.774	1.495				

注：(1) 对于斜齿圆柱齿轮和圆锥齿轮，本表也适用，表中的模数  $m$  对斜齿圆柱齿轮是指法向模数，对圆锥齿轮是指大端模数；(2) 对于标准齿轮  $\bar{S}_c = 1.3871m$ ， $\bar{h}_c = 0.7476m$ ；(3) 对于变位系数为  $x$ ，齿顶降低系数为  $\sigma$  的变位齿轮，固定弦齿厚  $\bar{S}'_c = 1.3871m + 0.6428xm$ ，固定弦齿高  $\bar{h}'_c = 0.7476m + 0.883xm - \sigma m$

表 7-23 公法线长度  $L'$  ( $m = 1 \text{ mm}$ ,  $\alpha = 20^\circ$ )

(mm)

齿轮齿数 $Z$	跨测齿数 $n$	公法线长度 $L'$	齿轮齿数 $Z$	跨测齿数 $n$	公法线长度 $L'$	齿轮齿数 $Z$	跨测齿数 $n$	公法线长度 $L'$
11	2	4.5823	36	5	13.7888	61	7	20.0432
12	2	4.5963	37	5	13.8028	62	7	20.0572
13	2	4.6103	38	5	13.8168	63	8	23.0233
14	2	4.6243	39	5	13.8308	64	8	23.0373
15	2	4.6383	40	5	13.8448	65	8	23.0513
16	2	4.6523	41	5	13.8588	66	8	23.0653
17	2	4.6663	42	5	13.8728	67	8	23.0793
18	3	7.6324	43	5	13.8868	68	8	23.0933
19	3	7.6464	44	5	13.9008	69	8	23.1073
20	3	7.6604	45	6	16.8670	70	8	23.1213
21	3	7.6744	46	6	16.8810	71	8	23.1353
22	3	7.6884	47	6	16.8950	72	9	26.1015
23	3	7.7024	48	6	16.9090	73	9	26.1155
24	3	7.7165	49	6	16.9230	74	9	26.1295
25	3	7.7305	50	6	16.9370	75	9	26.1435
26	3	7.7445	51	6	16.9510	76	9	26.1575
27	4	10.7106	52	6	16.9650	77	9	26.1715
28	4	10.7246	53	6	16.9790	78	9	26.1855
29	4	10.7386	54	7	19.9452	79	9	26.1995
30	4	10.7526	55	7	19.9591	80	9	26.2135
31	4	10.7666	56	7	19.9731	81	10	29.1797
32	4	10.7806	57	7	19.9871	82	10	29.1937
33	4	10.7946	58	7	20.0011	83	10	29.2077
34	4	10.8086	59	7	20.0152	84	10	29.2217
35	4	10.8226	60	7	20.0292	85	10	29.2357



(续)

齿轮齿数 Z	跨测齿数 n	公法线长度 L'	齿轮齿数 Z	跨测齿数 n	公法线长度 L'	齿轮齿数 Z	跨测齿数 n	公法线长度 L'
86	10	29.2497	111	13	38.4562	136	16	47.6627
87	10	29.2637	112	13	38.4702	137	16	47.6767
88	10	29.2777	113	13	38.4842	138	16	47.6907
89	10	29.2917	114	13	38.4982	139	16	47.7047
90	11	32.2579	115	13	38.5122	140	16	47.7187
91	11	32.2718	116	13	38.5262	141	16	47.7327
92	11	32.2858	117	14	41.4924	142	16	47.7468
93	11	32.2998	118	14	41.5064	143	16	47.7608
94	11	32.3138	119	14	41.5204	144	17	50.7270
95	11	32.3279	120	14	41.5344	145	17	50.7409
96	11	32.3419	121	14	41.5484	146	17	50.7549
97	11	32.3559	122	14	41.5624	147	17	50.7689
98	11	32.3699	123	14	41.5764	148	17	50.7829
99	12	35.3361	124	14	41.5904	149	17	50.7969
100	12	35.3500	125	14	41.6044	150	17	50.8109
101	12	35.3640	126	15	44.5706	151	17	50.8249
102	12	35.3780	127	15	44.5846	152	17	50.8389
103	12	35.3920	128	15	44.5986	153	18	53.8051
104	12	35.4060	129	15	44.6126	154	18	53.8191
105	12	35.4200	130	15	44.6266	155	18	53.8331
106	12	35.4340	131	15	44.6406	156	18	53.8471
107	12	35.4480	132	15	44.6546	157	18	53.8611
108	13	38.4142	133	15	44.6686	158	18	53.8751
109	13	38.4282	134	15	44.6826	159	18	53.8891
110	13	38.4422	135	16	47.6490	160	18	53.9031

注：(1) 对于标准直齿圆柱齿轮，公法线长度  $L = L' \cdot m$ ， $L'$  为  $m = 1 \text{ mm}$ 、 $\alpha = 20^\circ$  时的公法线长度， $m$  为实际齿轮的模数；

(2) 对于斜齿圆柱齿轮，公法线长度  $L$  在法面内测量，其值可按当量齿数查本表确定，当量齿数为非整数时，整数部分按本表查取，小数部分  $\Delta Z'$  对应的  $\Delta L'$  按表7-24查取，其总的公法线长度  $L$  为两者之和，即

$$L = (L + \Delta L') m_n$$

式中  $m_n$ ——法面模数。

例：当量齿数  $Z' = 65.65$ ， $m_n = 3 \text{ mm}$  的公法线长度

由表7-23，查得65对应的  $L' = 23.0513$ ，由表7-24查得0.65对应的  $\Delta L' = 0.0091$ ，则

$$L = (L' + \Delta L') m_n = (23.0513 + 0.0091) \times 3 = 69.1812$$

表7-24 公法线长度  $\Delta L'$  ( $m = 1 \text{ mm}$ ,  $\alpha = 20^\circ$ ) (mm)

$\Delta Z'$	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
0.0	0.0000	0.0001	0.0003	0.0004	0.0006	0.0007	0.0008	0.0010	0.0011	0.0013
0.1	0.0014	0.0015	0.0017	0.0018	0.0020	0.0021	0.0022	0.0024	0.0025	0.0027
0.2	0.0028	0.0029	0.0031	0.0032	0.0034	0.0035	0.0036	0.0038	0.0039	0.0041
0.3	0.0042	0.0043	0.0045	0.0046	0.0048	0.0049	0.0051	0.0052	0.0053	0.0055
0.4	0.0056	0.0057	0.0059	0.0060	0.0061	0.0063	0.0064	0.0066	0.0067	0.0069
0.5	0.0070	0.0071	0.0073	0.0074	0.0076	0.0077	0.0079	0.0080	0.0081	0.0083
0.6	0.0084	0.0085	0.0087	0.0088	0.0089	0.0091	0.0092	0.0094	0.0095	0.0097
0.7	0.0098	0.0099	0.0101	0.0102	0.0104	0.0105	0.0106	0.0108	0.0109	0.0111
0.8	0.0112	0.0114	0.0115	0.0116	0.0118	0.0119	0.0120	0.0122	0.0123	0.0124
0.9	0.0126	0.0127	0.0129	0.0130	0.0132	0.0133	0.0135	0.0136	0.0137	0.0139

表7-25 公法线长度变动公差  $F_w$  值( $\mu\text{m}$ )

分度圆直径 (mm)		精 度 等 级											
大于	到	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
—	125	2.0	3.0	5.0	8.0	12	20	28	40	56	80	112	160
125	400	2.5	4.0	6.5	10	16	25	36	50	71	100	140	200
400	800	3.0	5.0	8.0	12	20	32	45	63	90	125	180	250
800	1600	4.0	6.5	10	16	25	40	56	80	112	160	224	315
1600	2500	4.5	7.0	11	18	28	45	71	100	140	200	280	400
2500	4000	6.5	10	16	25	40	63	90	125	180	250	355	500

表7-26 周节累积公差  $F_p$  及  $K$  个周节累积公差  $F_{pK}$  值( $\mu\text{m}$ )

分度圆弧长 (mm)		精 度 等 级											
大于	到	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
—	11.2	1.1	1.8	2.8	4.5	7	11	16	22	32	45	63	90
11.2	20	1.6	2.5	4.0	6	10	16	22	32	45	63	90	125
20	32	2.0	3.2	5.0	8	12	20	28	40	56	80	112	160
32	50	2.2	3.6	5.5	9	14	22	32	45	63	90	125	180
50	80	2.5	4.0	6.0	10	16	25	36	50	71	100	140	200
80	160	3.2	5.0	8.0	12	20	32	45	63	90	125	180	250
160	315	4.5	7.0	11	18	28	45	63	90	125	180	250	355
315	630	6.0	10	16	25	40	63	90	125	180	250	355	500
630	1000	8.0	12	20	32	50	80	112	160	224	315	450	630
1000	1600	10	16	25	40	63	100	140	200	280	400	560	800
1600	2500	11	18	28	45	71	112	160	224	315	450	630	900
2500	3150	14	22	36	56	90	140	200	280	400	560	800	1120
3150	4000	16	25	40	63	100	160	224	315	450	630	900	1250
4000	5000	18	28	45	71	112	180	250	355	500	710	1000	1400
5000	7200	20	32	50	80	125	200	280	400	560	800	1120	1600

注: (1)  $F_p$  和  $F_{pK}$  按分度圆弧长  $L$  查表。

$$\text{查 } F_p \text{ 时, 取 } L = \frac{1}{2} \pi d = \frac{\pi m_n z}{2 \cos \beta}$$

$$\text{查 } F_{pK} \text{ 时, 取 } L = \frac{K \pi m_n}{\cos \beta} \quad (K \text{ 为 } 2 \text{ 到小于 } z/2 \text{ 的整数})$$

(2) 除特殊情况外, 对于  $F_{pK}$ ,  $K$  值规定取为小于  $Z/6$  或  $Z/3$  的最大整数。

表7-27 齿圈径向跳动公差  $F_r$  值( $\mu\text{m}$ )

分度圆直径 (mm)		法向圆齿 (mm)	精 度 等 级											
大于	到		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
—	125	$\geq 1\sim 3.5$	3.6	5.5	9	14	22	36	50	63	80	100	125	160
		$> 3.5\sim 6.3$	4.5	7.0	11	18	28	45	63	80	100	125	160	200
		$> 6.3\sim 10$	5.0	8.0	13	20	32	50	71	90	112	140	180	224
125	400	$\geq 1\sim 3.5$	4.0	6.0	10	16	25	40	56	71	90	112	140	180
		$> 3.5\sim 6.3$	5.0	8.0	13	20	32	50	71	90	112	140	180	224
		$> 6.3\sim 10$	5.5	9.0	14	22	36	56	80	100	125	160	200	250
		$> 10\sim 16$	6.0	10	16	25	40	63	90	112	140	180	224	280
		$> 16\sim 25$	8.0	13	20	32	50	80	112	140	180	224	280	355
400	800	$\geq 1\sim 3.5$	4.5	7.0	11	18	28	45	63	80	100	125	160	200
		$> 3.5\sim 6.3$	5.0	8.0	13	20	32	50	71	90	112	140	180	224
		$> 6.3\sim 10$	5.5	9.0	14	22	36	56	80	100	125	160	200	250
		$> 10\sim 16$	7.0	11	18	28	45	71	100	125	160	200	250	315
		$> 16\sim 25$	9.0	14	22	36	56	90	125	160	200	250	315	400
		$> 25\sim 40$	11	18	28	45	71	112	160	200	250	315	400	500
800	1600	$\geq 1\sim 3.5$	5.0	8.0	13	20	32	50	71	90	112	140	180	224
		$> 3.5\sim 6.3$	5.5	9.0	14	22	36	56	80	100	125	160	200	250
		$> 6.3\sim 10$	6.0	10	16	25	40	63	90	112	140	180	224	280
		$> 10\sim 16$	7.0	11	18	28	45	71	100	125	160	200	250	315
		$> 16\sim 25$	9.0	14	22	36	56	90	125	160	200	250	315	400
		$> 25\sim 40$	11	18	28	45	71	112	160	200	250	315	400	500
1600	2500	$\geq 1\sim 3.5$	5.5	9.0	14	22	36	56	80	100	125	160	200	250
		$> 3.5\sim 6.3$	6.0	10	16	25	40	63	90	112	140	180	224	280
		$> 6.3\sim 10$	7.0	11	18	28	45	71	100	125	160	200	250	315
		$> 10\sim 16$	8.0	13	20	32	50	80	112	140	180	224	280	355
		$> 16\sim 25$	10	16	25	40	63	100	140	180	224	280	355	450
		$> 25\sim 40$	13	20	32	50	80	125	180	224	280	355	450	560
2500	4000	$\geq 1\sim 3.5$	6.0	10	16	25	40	63	90	112	140	180	224	280
		$> 3.5\sim 6.3$	7.0	11	18	28	45	71	100	125	160	200	250	315
		$> 6.3\sim 10$	8.0	13	20	32	50	80	112	140	180	224	280	355
		$> 10\sim 16$	9.0	14	22	36	56	90	125	160	200	250	315	400
		$> 16\sim 25$	10	16	25	40	63	100	140	180	224	280	355	450
		$> 25\sim 40$	13	20	32	50	80	125	180	224	280	355	450	560

表7-28 径向综合公差 $F_r''$ 值

(μm)

分度圆直径 (mm)		法向模数 (mm)	精 度 等 级											
大于	到		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
—	125	$\geq 1\sim 3.5$	—	—	—	20	32	50	71	90	112	140	180	224
		$> 3.5\sim 6.3$	—	—	—	25	40	63	90	112	140	180	224	280
		$> 6.3\sim 10$	—	—	—	28	45	71	100	125	160	200	250	315
125	400	$\geq 1\sim 3.5$	—	—	—	22	36	56	80	100	125	160	200	250
		$> 3.5\sim 6.3$	—	—	—	28	45	71	100	125	160	200	250	315
		$> 6.3\sim 10$	—	—	—	32	50	80	112	140	180	224	280	355
		$> 10\sim 16$	—	—	—	36	56	90	125	160	200	250	315	400
		$> 16\sim 25$	—	—	—	45	71	112	160	200	250	315	400	500
400	800	$\geq 1\sim 3.5$	—	—	—	25	40	63	90	112	140	180	224	280
		$> 3.5\sim 6.3$	—	—	—	28	45	71	100	125	160	200	250	315
		$> 6.3\sim 10$	—	—	—	32	50	80	112	140	180	224	280	355
		$> 10\sim 16$	—	—	—	40	63	100	140	180	224	280	355	450
		$> 16\sim 25$	—	—	—	50	80	125	180	224	280	355	450	560
		$> 25\sim 40$	—	—	—	63	100	160	224	280	355	450	560	710
800	1600	$\geq 1\sim 3.5$	—	—	—	28	45	71	100	125	160	200	250	315
		$> 3.5\sim 6.3$	—	—	—	32	50	80	112	140	180	224	280	355
		$> 6.3\sim 10$	—	—	—	36	56	90	125	160	200	250	315	400
		$> 10\sim 16$	—	—	—	40	63	100	140	180	224	280	355	450
		$> 16\sim 25$	—	—	—	50	80	125	180	224	280	355	450	560
		$> 25\sim 40$	—	—	—	63	100	160	224	280	355	450	560	710
1600	2500	$\geq 1\sim 3.5$	—	—	—	32	50	80	112	140	180	224	280	355
		$> 3.5\sim 6.3$	—	—	—	36	56	90	125	160	200	250	315	400
		$> 6.3\sim 10$	—	—	—	40	63	100	140	180	224	280	355	450
		$> 10\sim 16$	—	—	—	45	71	112	160	200	250	315	400	500
		$> 16\sim 25$	—	—	—	56	90	140	200	250	315	400	500	630
		$> 25\sim 40$	—	—	—	71	112	180	250	315	400	500	630	800
2500	4000	$\geq 1\sim 3.5$	—	—	—	36	56	90	125	160	200	250	315	400
		$> 3.5\sim 6.3$	—	—	—	40	63	100	140	180	224	280	355	450
		$> 6.3\sim 10$	—	—	—	45	71	112	160	200	250	315	400	500
		$> 10\sim 16$	—	—	—	50	80	125	180	224	280	355	450	560
		$> 16\sim 25$	—	—	—	56	90	140	200	250	315	400	500	630
		$> 25\sim 40$	—	—	—	71	112	180	250	315	400	500	630	800

表7-29 齿形公差 $f_t$ 值( $\mu\text{m}$ )

分度圆直径 (mm)		法向模数 (mm)	精 度 等 级											
大于	到		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
—	125	$\geq 1\sim 3.5$	2.1	2.6	3.6	4.8	6	8	11	14	22	36	56	90
		$> 3.5\sim 6.3$	2.4	3.0	4.0	5.3	7	10	14	20	32	50	80	125
		$> 6.3\sim 10$	2.5	3.4	4.5	6.0	8	12	17	22	36	56	90	140
125	400	$\geq 1\sim 3.5$	2.4	3.0	4.0	5.3	7	9	13	18	28	45	71	112
		$> 3.5\sim 6.3$	2.5	3.2	4.5	6.0	8	11	16	22	36	56	90	140
		$> 6.3\sim 10$	2.6	3.6	5.0	6.5	9	13	19	28	45	71	112	180
		$> 10\sim 16$	3.0	4.0	5.5	7.5	11	16	22	32	50	80	125	200
		$> 16\sim 25$	3.4	4.8	6.5	9.5	14	20	30	45	71	112	180	280
400	800	$\geq 1\sim 3.5$	2.6	3.4	4.5	6.5	9	12	17	25	40	63	100	160
		$> 3.5\sim 6.3$	2.8	3.8	5.0	7.0	10	14	20	28	45	71	112	180
		$> 6.3\sim 10$	3.0	4.0	5.5	7.5	11	16	24	36	56	90	140	224
		$> 10\sim 16$	3.2	4.5	6.0	9.0	13	18	26	40	63	100	160	250
		$> 16\sim 25$	3.8	5.3	7.5	10.5	16	24	36	56	90	140	224	355
800	1600	$\geq 1\sim 3.5$	3.0	4.2	5.5	8.0	11	17	24	36	56	90	140	224
		$> 3.5\sim 6.3$	3.2	4.5	6.0	9.0	13	18	28	40	63	100	160	250
		$> 6.3\sim 10$	3.4	4.8	6.5	9.5	14	20	30	45	71	112	180	280
		$> 10\sim 16$	3.6	5.0	7.5	10.5	15	22	34	50	80	125	200	315
		$> 16\sim 25$	4.2	6.0	8.5	12	19	28	42	63	100	160	250	400
1600	2500	$\geq 1\sim 3.5$	3.8	5.3	7.5	11	16	24	36	50	80	125	200	315
		$> 3.5\sim 6.3$	4.0	5.5	8.0	11.5	17	25	38	56	90	140	224	355
		$> 6.3\sim 10$	4.0	6.0	8.5	12	18	28	40	63	100	160	250	400
		$> 10\sim 16$	4.2	6.5	9.0	13	20	30	45	71	112	180	280	450
		$> 16\sim 25$	4.8	7.0	10.5	15	22	36	53	80	125	200	315	500
2500	4000	$\geq 1\sim 3.5$	4.5	6.5	10	14	21	32	50	71	112	180	280	450
		$> 3.5\sim 6.3$	4.8	7.0	10	15	22	34	53	80	125	200	315	500
		$> 6.3\sim 10$	6.0	7.5	10.5	16	24	36	56	90	140	224	355	560
		$> 10\sim 16$	5.3	7.5	11	17	25	38	60	90	140	224	355	560
		$> 16\sim 25$	5.5	8.5	13	19	28	45	67	100	160	250	400	630
		$> 25\sim 40$	6.5	9.5	15	22	34	50	80	125	200	315	500	800

表7-30 周节极限偏差± $f_{pt}$

$f_{pt}$  值

( $\mu\text{m}$ )

分度圆直径 (mm)		法向模数 (mm)	精 度 等 级											
大于	到		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
—	125	$\geq 1\sim 3.5$	1.0	1.6	2.5	4.0	6	10	14	20	28	40	56	80
		$> 3.5\sim 6.3$	1.2	2.0	3.2	5.0	8	13	18	25	36	50	71	100
		$> 6.3\sim 10$	1.4	2.2	3.6	5.5	9	14	20	28	40	56	80	112
125	400	$\geq 1\sim 3.5$	1.1	1.8	2.8	4.5	7	11	16	22	32	45	63	90
		$> 3.5\sim 6.3$	1.4	2.2	3.6	5.5	9	14	20	28	40	56	80	112
		$> 6.3\sim 10$	1.6	2.5	4.0	6.0	10	16	22	32	45	63	90	125
		$> 10\sim 16$	1.8	2.8	4.5	7.0	11	18	25	36	50	71	100	140
		$> 16\sim 25$	2.2	3.6	5.5	9	14	22	32	45	63	90	125	180
400	800	$\geq 1\sim 3.5$	1.2	2.0	3.2	5.0	8	13	18	25	36	50	71	100
		$> 3.5\sim 6.3$	1.4	2.2	3.6	5.5	9	14	20	28	40	56	80	112
		$> 6.3\sim 10$	1.8	2.8	4.5	7.0	11	18	25	36	50	71	100	140
		$> 10\sim 16$	2.0	3.2	5.0	8.0	13	20	28	40	56	80	112	160
		$> 16\sim 25$	2.5	4.0	6.0	10	16	25	36	50	71	100	140	200
		$> 25\sim 40$	3.2	5.0	8.0	13	20	32	45	63	90	125	180	250
800	1600	$\geq 1\sim 3.5$	1.2	2.0	3.6	5.5	9	14	20	28	40	56	80	112
		$> 3.5\sim 6.3$	1.6	2.5	4.0	6.0	10	16	22	32	45	63	90	125
		$> 6.3\sim 10$	1.8	2.8	4.5	7.0	11	18	25	36	50	71	100	140
		$> 10\sim 16$	2.0	3.2	5.0	8.0	13	20	28	40	56	80	112	160
		$> 16\sim 25$	2.5	4.0	6.0	10	16	25	36	50	71	100	140	200
		$> 25\sim 40$	3.2	5.0	8.0	13	20	32	45	63	90	125	180	250
1600	2500	$\geq 1\sim 3.5$	1.6	2.5	4.0	6.0	10	16	22	32	45	63	90	125
		$> 3.5\sim 6.3$	1.8	2.8	4.5	7.0	11	18	25	36	50	71	100	140
		$> 6.3\sim 10$	2.0	3.2	5.0	8.0	13	20	28	40	56	80	112	160
		$> 10\sim 16$	2.2	3.6	5.5	9.0	14	22	32	45	63	90	125	180
		$> 16\sim 25$	2.8	4.5	7.0	11	18	28	40	56	80	112	160	224
		$> 25\sim 40$	3.6	5.5	9.0	14	22	36	50	71	100	140	200	280
2500	4000	$\geq 1\sim 3.5$	1.8	2.8	4.5	7.0	11	18	25	36	50	71	100	140
		$> 3.5\sim 6.3$	2.0	3.2	5.0	8.0	13	20	28	40	56	80	112	160
		$> 6.3\sim 10$	2.2	3.6	5.5	9.0	14	22	32	45	63	90	125	180
		$> 10\sim 16$	2.5	4.0	6.0	10	16	25	36	50	71	100	140	200
		$> 16\sim 25$	2.8	4.5	7.0	11	18	28	40	56	80	112	160	224
		$> 25\sim 40$	3.6	5.5	9.0	14	22	36	50	71	100	140	200	280

表7-31 基节极限偏差 $\pm f_{pb}$  $f_{pb}$  值( $\mu\text{m}$ )

分度圆直径 (mm)		法向模数 (mm)	精 度 等 级											
大于	到		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
—	125	$\geq 1\sim 3.5$	1.0	1.4	2.4	3.6	5	9	13	18	25	36	50	71
		$> 3.5\sim 6.3$	1.2	1.8	3.0	4.5	7	11	16	22	32	45	63	90
		$> 6.3\sim 10$	1.4	2.0	3.2	5.0	8	13	18	25	36	50	71	100
125	400	$\geq 1\sim 3.5$	1.0	1.6	2.4	4.2	6	10	14	20	30	40	60	80
		$> 3.5\sim 6.3$	1.2	2.0	3.2	5.0	8	13	18	25	36	50	71	100
		$> 6.3\sim 10$	1.4	2.4	3.6	5.5	9	14	20	30	40	60	80	112
		$> 10\sim 16$	1.6	2.6	4.2	6.5	10	16	22	32	45	63	90	125
		$> 16\sim 25$	2.0	3.4	5.0	8.5	13	20	30	40	60	80	112	160
400	800	$\geq 1\sim 3.5$	1.2	1.8	3.0	4.5	7	11	16	22	32	45	63	90
		$> 3.5\sim 6.3$	1.4	2.0	3.2	5.0	8	13	18	25	36	50	71	100
		$> 6.3\sim 10$	1.6	2.6	4.2	6.5	10	16	22	32	45	63	90	125
		$> 10\sim 16$	1.8	3.0	4.5	7.5	11	18	25	36	50	71	100	140
		$> 16\sim 25$	2.4	3.6	5.5	9.5	14	22	32	45	63	90	125	180
800	1600	$\geq 1\sim 3.5$	1.2	1.8	3.2	5.0	8	13	18	25	36	50	71	100
		$> 3.5\sim 6.3$	1.4	2.4	3.6	5.5	9	14	20	30	40	60	80	112
		$> 6.3\sim 10$	1.6	2.6	4.2	6.5	10	16	22	32	45	67	90	125
		$> 10\sim 16$	1.8	3.0	4.5	7.5	11	18	25	36	50	71	100	140
		$> 16\sim 25$	2.4	3.6	5.5	9.5	14	22	32	45	63	90	125	180
1600	2500	$\geq 1\sim 3.5$	1.4	2.4	3.6	5.5	9	14	20	30	40	60	80	112
		$> 3.5\sim 6.3$	1.6	2.6	4.2	6.5	10	16	22	32	45	67	90	125
		$> 6.3\sim 10$	1.8	3.0	4.5	7.5	11	18	25	36	50	71	100	140
		$> 10\sim 16$	2.0	3.2	5.0	8.5	13	20	30	40	60	80	112	160
		$> 16\sim 25$	2.4	4.2	6.5	10	16	25	36	50	71	100	140	200
2500	4000	$\geq 1\sim 3.5$	1.6	2.6	4.2	6.5	10	16	22	32	45	63	90	125
		$> 3.5\sim 6.3$	1.8	3.0	4.5	7.5	11	18	25	36	50	71	100	140
		$> 6.3\sim 10$	2.0	3.2	5.0	8.5	13	20	30	40	60	80	112	160
		$> 10\sim 16$	2.4	3.6	5.5	9.5	14	22	32	45	67	90	125	180
		$> 16\sim 25$	2.6	4.2	6.5	10	16	25	36	50	71	100	140	200
2500	4000	$\geq 1\sim 3.5$	1.6	2.6	4.2	6.5	10	16	22	32	45	63	90	125
		$> 3.5\sim 6.3$	1.8	3.0	4.5	7.5	11	18	25	36	50	71	100	140
		$> 6.3\sim 10$	2.0	3.2	5.0	8.5	13	20	30	40	60	80	112	160
		$> 10\sim 16$	2.4	3.6	5.5	9.5	14	22	32	45	67	90	125	180
		$> 16\sim 25$	2.6	4.2	6.5	10	16	25	36	50	71	100	140	200
2500	4000	$\geq 1\sim 3.5$	1.6	2.6	4.2	6.5	10	16	22	32	45	63	90	125
		$> 3.5\sim 6.3$	1.8	3.0	4.5	7.5	11	18	25	36	50	71	100	140
		$> 6.3\sim 10$	2.0	3.2	5.0	8.5	13	20	30	40	60	80	112	160
		$> 10\sim 16$	2.4	3.6	5.5	9.5	14	22	32	45	67	90	125	180
		$> 16\sim 25$	2.6	4.2	6.5	10	16	25	36	50	71	100	140	200
2500	4000	$\geq 1\sim 3.5$	1.6	2.6	4.2	6.5	10	16	22	32	45	63	90	125
		$> 3.5\sim 6.3$	1.8	3.0	4.5	7.5	11	18	25	36	50	71	100	140
		$> 6.3\sim 10$	2.0	3.2	5.0	8.5	13	20	30	40	60	80	112	160
		$> 10\sim 16$	2.4	3.6	5.5	9.5	14	22	32	45	67	90	125	180
		$> 16\sim 25$	2.6	4.2	6.5	10	16	25	36	50	71	100	140	200
2500	4000	$\geq 1\sim 3.5$	1.6	2.6	4.2	6.5	10	16	22	32	45	63	90	125
		$> 3.5\sim 6.3$	1.8	3.0	4.5	7.5	11	18	25	36	50	71	100	140
		$> 6.3\sim 10$	2.0	3.2	5.0	8.5	13	20	30	40	60	80	112	160
		$> 10\sim 16$	2.4	3.6	5.5	9.5	14	22	32	45	67	90	125	180
		$> 16\sim 25$	2.6	4.2	6.5	10	16	25	36	50	71	100	140	200

注：对6级及高于6级的精度，在一个齿轮的同侧齿面上，最大基节与最小基节之差，不允许大于基节单向极限偏差的数值。

表7-32 径向一齿综合公差  $f_r'$  值( $\mu\text{m}$ )

分度圆直径 (mm)		法向模数 (mm)	精 度 等 级											
大于	到		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
—	125	$\geq 1\sim 3.5$	—	—	—	7	10	14	20	28	36	45	56	71
		$> 3.5\sim 6.3$	—	—	—	9	13	18	25	36	45	56	71	90
		$> 6.3\sim 10$	—	—	—	10	14	20	28	40	50	63	80	100
125	400	$\geq 1\sim 3.5$	—	—	—	8	11	16	22	32	40	50	63	80
		$> 3.5\sim 6.3$	—	—	—	10	14	20	28	40	50	63	80	100
		$> 6.3\sim 10$	—	—	—	13	16	22	32	45	56	71	90	112
		$> 10\sim 16$	—	—	—	13	18	25	36	50	63	80	100	125
		$> 16\sim 25$	—	—	—	16	22	32	45	63	80	100	125	160
400	800	$\geq 1\sim 3.5$	—	—	—	9	13	18	25	36	45	56	71	90
		$> 3.5\sim 6.3$	—	—	—	10	14	20	28	40	50	63	80	100
		$> 6.3\sim 10$	—	—	—	11	16	22	32	45	56	71	90	112
		$> 10\sim 16$	—	—	—	14	20	28	40	56	71	90	112	140
		$> 16\sim 25$	—	—	—	18	25	36	50	71	90	112	140	180
		$> 25\sim 40$	—	—	—	22	32	45	63	90	112	140	180	224
800	1600	$\geq 1\sim 3.5$	—	—	—	10	14	20	28	40	50	63	80	100
		$> 3.5\sim 6.3$	—	—	—	11	16	22	32	45	56	71	90	112
		$> 6.3\sim 10$	—	—	—	13	18	25	36	50	63	80	100	125
		$> 10\sim 16$	—	—	—	14	20	28	40	56	71	90	112	140
		$> 16\sim 25$	—	—	—	18	25	36	50	71	90	112	140	180
		$> 25\sim 40$	—	—	—	25	36	50	71	100	125	160	200	250
1600	2500	$\geq 1\sim 3.5$	—	—	—	13	16	22	32	45	56	71	90	112
		$> 3.5\sim 6.3$	—	—	—	13	18	25	36	50	63	80	100	125
		$> 6.3\sim 10$	—	—	—	14	20	28	40	56	71	90	112	140
		$> 10\sim 16$	—	—	—	16	22	32	45	63	80	100	125	160
		$> 16\sim 25$	—	—	—	20	28	40	56	80	100	125	160	200
		$> 25\sim 40$	—	—	—	25	36	50	71	100	125	160	200	250
2500	4000	$\geq 1\sim 3.5$	—	—	—	13	18	25	36	50	63	80	100	125
		$> 3.5\sim 6.3$	—	—	—	14	20	28	40	56	71	90	112	140
		$> 6.3\sim 10$	—	—	—	16	22	32	45	63	80	100	125	160
		$> 10\sim 16$	—	—	—	18	25	36	50	71	90	112	140	180
		$> 16\sim 25$	—	—	—	20	28	40	56	80	100	125	160	200
		$> 25\sim 40$	—	—	—	25	36	50	71	100	125	160	200	250



表7-33 齿向公差 $F_{\beta}$ 值( $\mu\text{m}$ )

齿轮宽度 (mm)		精 度 等 级											
大于	到	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
—	40	2.8	3.6	4.5	5.5	7	9	11	18	28	45	71	112
40	100	4.0	5.0	6.0	8.0	10	12	16	25	40	63	100	160
100	160	5.0	6.0	8.0	10	12	16	20	32	50	80	125	200
160	250	6.0	7.5	10	12	16	19	24	38	60	105	160	240
250	400	7.0	9.0	12	14	18	24	28	45	75	120	190	300
400	630	8.5	11	14	17	22	28	34	55	90	140	220	360

表7-34 轴线平行度公差

$x$ 方向轴线平行度公差 $f_x = F_{\beta}$	对 $F_{\beta}$ 见表 9
$y$ 方向轴线平行度公差 $f_y = \frac{1}{2} F_{\beta}$	

表7-35 中心距极限偏差  $\pm f_a$  $f_a$  值

第 I 公差组精度等级		1~2	3~4	5~6	7~8	9~10	11~12	
$f_a$		$\frac{1}{2} IT_4$	$\frac{1}{2} IT_6$	$\frac{1}{2} IT_7$	$\frac{1}{2} IT_8$	$\frac{1}{2} IT_9$	$\frac{1}{2} IT_{11}$	
齿 轮 副 的 中 心 距	大于 6	到 10	2	4.5	7.5	11	18	45
	10	18	2.5	5.5	9	13.5	21.5	55
	18	30	3	6.5	10.5	16.5	26	65
	30	50	3.5	8	12.5	19.5	31	80
	50	80	4	9.5	15	23	37	90
	80	120	5	11	17.5	27	43.5	110
	120	180	6	12.5	20	31.5	50	125
	180	250	7	14.5	23	36	57.5	145
	250	315	8	16	26	40.5	65	160
	315	400	9	18	28.5	44.5	70	180
	400	500	10	20	31.5	48.5	77.5	200
	500	630	11	22	35	55	87	220
	630	800	12.5	25	40	62	100	250
	800	1000	14.5	28	45	70	115	280
	1000	1250	17	33	52	82	130	330
	1250	1600	20	39	62	97	155	390
1600	2000	24	46	75	115	185	460	
2000	2500	28.5	55	87	140	220	550	
2500	3150	34.5	67.5	105	165	270	676	

表7-36 接触斑点

接触斑点	单位	精 度 等 级											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
按高度不小于	%	65	65	65	60	55 (45)	50 (40)	45 (35)	40 (30)	30	25	20	15
按长度不小于	%	95	95	95	90	80	70	60	50	40	30	30	30

注：(1) 接触斑点的分布位置应趋近齿面中部。齿顶和两端部棱边处不允许接触；  
(2) 括号内数值，用于轴向重合度  $e\beta > 0.8$  的斜齿轮。

## 十、旧标准GB179-60 与新标准 JB179-83 的比较与代换

### 1. JB179-60 标准的基本结构

(1) 本标准适用于轴线平行的渐开线圆柱齿轮传动，模数为 1~50mm，分度圆直径在 500mm 以下的外啮合和内啮合的直齿、斜齿及人字齿的齿轮。

(2) 齿轮及齿轮传动精度规定为 1~12 级，精度依次降低。标准对 1 级、2 级和 12 级等三个精度级未列出公差和极限偏差值。其中以 7 级精度为基本精度级，其它精度级则以这个基本级的数值为基础，按公比  $\phi = 1.6$  (对运动精度、工作平稳性以及中心距公差) 及  $\phi = 1.25$  (齿轮的接触精度) 来确定。

各精度级均分别有齿轮运动精度、工作平稳性和接触精度三方面要求，并规定了评定指标的公差或极限偏差值。

(3) 齿侧间隙分为四种“结合形式”，如表 7-37 所示和图 7-21 所示。齿侧间隙与齿轮精度等级无关。保证侧隙  $c_a$  值，见表 7-38。

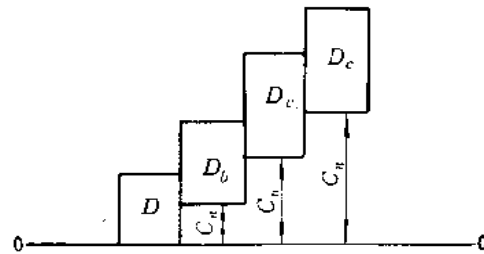


图7-21 四种结合形式的侧隙公差带

表7-37 侧隙及代号、使用范围

结合形式	代号	保证侧隙	使用范围
零保证侧隙	$D$	0	精密仪器用齿轮，分度齿轮
较小保证侧隙	$D_b$	$6\sqrt{A}$	一般精度分度齿轮与正反转齿轮
标准保证侧隙	$D_c$	$12\sqrt{A}$	一般传动齿轮
较大保证侧隙	$D_c$	$24\sqrt{A}$	低速重载齿轮，高温、高速传动齿轮

注：A——中心距 (mm)。

表7-38 保证侧隙  $C_s$  值 (摘自 JB179-60) ( $\mu\text{m}$ )

结合形式	中心距									
	50以下	>50 ~80	>80 ~120	>120 ~200	>200 ~320	>320 ~500	>500 ~800	>800 ~1250	>1250 ~2000	>2000 ~3150
$D$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$D_b$	42	52	65	85	105	130	170	210	260	360
$D_c$	85	105	130	170	210	260	340	420	530	710
$D_s$	170	210	260	340	420	530	570	850	1060	1400

按 JB179-60 标准规定, 保证侧隙  $c_s$  值的控制, 工厂广泛采用测量固定弦齿厚偏差, 或公法线长度偏差, 或度量中心距偏差。

固定弦齿厚与固定弦齿厚极限偏差, 可查表 7-39 和表 7-40。

公法线长度值, 见表 7-41。

JB179-60 标准规定的评定项目, 见表 7-42。

表7-39 固定弦齿厚及弦齿高 ( $\alpha_0=20^\circ$ ,  $f_s=1.0$ ) (mm)

模数 $m$	$s_x$	$h_x$	模数 $m$	$s_x$	$h_x$
1	1.3871	0.7476	8	11.0964	5.9806
1.25	1.7338	0.9344	9	12.4834	6.7282
1.5	2.0806	1.1214	10	13.8705	7.4757
1.75	2.4273	1.3082	11	15.2575	8.2233
2	2.7741	1.4951	12	16.6446	8.9707
2.25	3.1209	1.6820	13	18.0316	9.7185
2.5	3.4677	1.8689	14	19.4187	10.4663
3	4.1612	2.2427	15	20.8057	11.2137
3.5	4.8547	2.6165	16	22.1928	11.9612
4	5.5482	2.9903	18	24.9669	13.4564
4.5	6.2417	3.3641	20	27.7410	14.9515
5	6.9353	3.7379	22	30.5151	16.4467
5.5	7.6288	4.1117	25	34.6750	18.690
6	8.3223	4.4855	28	38.836	20.9328
7	9.7093	5.2330	30	41.610	22.428

注: (1) 对于标准斜齿圆柱齿轮, 表中的模数  $m$  指的是法面模数;

(2) 对于直齿圆锥齿轮,  $m$  指的是大端模数;

(3) 对于变位齿轮, 其固定弦齿厚及弦齿高, 可按下式计算:

$$s_x = 1.387m + 0.6428\xi m \quad h_x = 0.7476m + 0.883\xi m - \delta m$$

式中  $\xi$  及  $\delta$  分别为变位系数及齿顶降低系数;

(4) 固定弦齿高  $h_x = 0.7476m$ , 固定弦齿厚  $s_x = 1.387$ 。

表7-40 固定弦齿厚极限偏差

精度等级	侧隙种类	偏差代号	法向模数 $m_n$ (mm)	齿轮分度圆直径 (mm)									
				在50 以下	超过50 至80	超过80 至120	超过 120至 200	超过 200至 320	超过 320至 500	超过 500至 800	超过 800至 1250		
				$\mu\text{m}$									
8	$D$	$\Delta_3 S$	超过1至16	- 12	- 13	- 14	- 16	- 18	- 20	- 22	- 25		
				- 32	- 34	- 36	- 40	- 44	- 48	- 53	- 60		
	4			$D_b$	- 40	- 48	- 55	- 70	- 85	- 100	- 125	- 150	
					- 65	- 75	- 85	- 100	- 115	- 132	- 160	- 190	
5	$D_c$	- 60	- 75	- 90	- 105	- 130	- 160	- 200	- 240				
		- 90	- 110	- 125	- 140	- 170	- 200	- 250	- 300				
	$D_e$	- 95	- 115	- 140	- 170	- 210	- 260	- 315	- 380				
		- 132	- 160	- 180	- 220	- 260	- 315	- 375	- 450				
6	$D$	$\Delta_3 S$	超过1至16	- 18	- 19	- 20	- 21	- 24	- 25	- 28	- 30		
				- 48	- 50	- 55	- 60	- 67	- 75	- 85	- 95		
	$D_b$			- 45	- 50	- 60	- 75	- 90	- 106	- 130	- 160		
				- 80	- 90	- 105	- 120	- 150	- 170	- 200	- 240		
	$D_c$	- 65	- 75	- 90	- 112	- 140	- 170	- 200	- 250				
		- 110	- 125	- 150	- 170	- 210	- 250	- 280	- 355				
	$D_e$	- 100	- 120	- 140	- 170	- 212	- 260	- 320	- 400				
		- 160	- 180	- 210	- 250	- 300	- 355	- 425	- 530				
7	$D$	$\Delta_3 S$	超过1至16	- 24	- 25	- 26	- 28	- 30	- 32	- 34	- 36		
				- 63	- 67	- 70	- 80	- 90	- 100	- 115	- 130		
					超过16至30	—	—	—	- 38	- 40	- 42	- 44	- 46
								- 90	- 100	- 112	- 125	- 140	
	$D_b$	$\Delta_3 S$	超过1至16	- 50	- 56	- 67	- 80	- 95	- 110	- 132	- 160		
				- 90	- 110	- 125	- 140	- 170	- 200	- 235	- 280		
					超过16至30	—	—	—	- 85	- 100	- 115	- 140	- 165
								- 150	- 180	- 210	- 250	- 290	
$D_c$	$\Delta_3 S$	超过1至16	- 70	- 85	- 95	- 118	- 140	- 170	- 200	- 250			
			- 130	- 150	- 170	- 200	- 235	- 280	- 330	- 400			
				超过16至30	—	—	—	- 130	- 150	- 185	- 220	- 260	
							- 210	- 250	- 300	- 350	- 420		
$D_e$	$\Delta_3 S$	超过1至16	- 105	- 125	- 150	- 180	- 220	- 265	- 320	- 400			
			- 180	- 210	- 240	- 280	- 340	- 400	- 480	- 600			
				超过16至30	—	—	—	- 190	- 225	- 280	- 335	- 400	
							- 300	- 350	- 420	- 500	- 600		
8	$D_b$	$\Delta_3 S$	超过1至16	- 56	- 67	- 75	- 85	- 100	- 120	- 140	- 170		
				- 120	- 140	- 160	- 180	- 210	- 250	- 280	- 350		
		$\Delta_3 S$	超过16至30	—	—	—	- 100	- 115	- 130	- 150	- 180		
							- 200	- 225	- 260	- 300	- 360		

(续)

精度等级	侧隙种类	偏差代号	法向模数 $m_n$ (mm)	齿轮分度圆直径 (mm)								
				在50以下	超过50至80	超过80至120	超过120至200	超过200至320	超过320至500	超过500至800	超过800至1250	
				$\mu\text{m}$								
8	$D_e$	$\Delta_{sS}$	超过1至16	-75 -150	-90 -185	-100 -210	-125 -240	-150 -290	-180 -350	-212 -400	-260 -500	
			超过16至30	—	—	—	-140 -260	-160 -300	-190 -350	-230 -420	-280 -530	
	$D_s$	$\Delta_{xS}$	超过1至16	-110 -210	-130 -240	-150 -280	-190 -340	-225 -430	-280 -480	-330 -560	-400 -670	
			超过16至30	—	—	—	-200 -350	-240 -410	-290 -490	-350 -590	-420 -700	
9	$D_b$	$\Delta_{sS}$	超过1至16	-70 -160	-75 -180	-80 -200	-95 -235	-110 -260	-125 -320	-150 -330	-180 -450	
			超过16至30	—	—	—	-120 -260	-140 -300	-160 -360	-180 -420	-210 -490	
	$D_e$	$\Delta_{sS}$	超过1至16	-90 -210	-100 -240	-115 -265	-130 -310	-160 -370	-180 -440	-220 -520	-260 -620	
			超过16至30	—	—	—	-150 -335	-180 -400	-210 -470	-250 -550	-290 -650	
	$D_s$	$\Delta_{xS}$	超过1至16	-120 -260	-140 -310	-160 -350	-190 -410	-240 -490	-280 -600	-340 -700	-420 -870	
			超过16至30	—	—	—	-220 -410	-260 -510	-320 -650	-360 -720	-420 -870	
10	$D_e$	$\Delta_{sS}$	超过2.5至16	-110 -280	-115 -315	-130 -360	-150 -410	-170 -500	-200 -600	-240 -710	-280 -830	
			超过16至30	—	—	—	-180 -440	-200 -530	-240 -650	-280 -750	-320 -850	
	$D_s$	$\Delta_{xS}$	超过2.5至16	-130 -325	-150 -400	-170 -450	-210 -530	-250 -630	-290 -750	-350 -900	-420 -1100	
			超过16至30	—	—	—	-240 -560	-280 -660	-320 -780	-400 -950	-450 -1110	
11	$D_e$	$\Delta_{sS}$	超过2.5至16	-130 -340	-140 -460	-160 -520	-180 -600	-190 -670	-220 -820	-260 -960	-300 -1150	
			超过16至30	—	—	—	-220 -640	-250 -730	-280 -880	-320 -1020	-350 -1210	
	$D_s$	$\Delta_{xS}$	超过2.5至16	-160 -480	-180 -580	-200 -650	-240 -740	-280 -880	-320 -1070	-380 -1230	-450 -1450	
			超过16至30	—	—	—	-280 -780	-320 -920	-360 -1110	-420 -1270	-500 -1500	

表7-41 公法线长度参数

Z	n	L	Z	n	L	Z	n	L
9	2	4.553	37	5	13.797	65	8	23.041
10	2	4.567	38	5	13.811	66	8	23.055
11	2	4.581	39	5	13.825	67	8	23.069
12	2	4.595	40	5	13.839	68	8	23.083
13	2	4.609	41	5	13.853	69	8	23.097
14	2	4.623	42	5	13.867	70	8	23.111
15	2	4.637	43	5	13.881	72	9	26.091
16	2	4.651	44	5	13.895	74	9	26.119
17	2	4.665	45	6	16.860	75	9	26.133
18	3	7.629	46	6	16.874	76	9	26.147
19	3	7.643	47	6	16.888	77	9	26.161
20	3	7.657	48	6	16.902	78	9	26.175
21	3	7.671	49	6	16.916	80	9	26.203
22	3	7.685	50	6	16.930	81	10	29.168
23	3	7.699	51	6	16.944	82	10	29.182
24	3	7.713	52	6	16.958	84	10	29.210
25	3	7.727	53	6	16.972	85	10	29.224
26	3	7.741	54	7	19.937	86	10	29.238
27	4	10.707	55	7	19.951	88	10	29.266
28	4	10.721	56	7	19.965	90	11	32.244
29	4	10.735	57	7	19.979	92	11	32.272
30	4	10.749	58	7	19.993	94	11	32.300
31	4	10.763	59	7	20.007	95	11	32.314
32	4	10.777	60	7	20.021	96	11	32.328
33	4	10.791	61	7	20.035	98	11	32.356
34	4	10.805	62	7	20.049	100	12	35.335
35	4	10.819	63	8	23.013	108	13	38.398
36	5	13.783	64	8	23.027	120	14	41.516

注：(1) 表中

Z—被测量齿轮的齿数；  
n—测量时卡入的齿数；  
L—公法线长度的公称尺寸。

(2) 表中所列的L值系指当 $m=1$ 时的数值，当 $m \neq 1$ 时，以 $m$ 乘以表列的L值，即得到该模数的公法线公称长度。

## 2. 新旧标准的对比

(1) 标准适用范围：分度圆直径由5000mm(JB179-60)变为4000mm(JB179-83)。法向模数由 $m_n > 1 \sim 50\text{mm}$ 改为 $m_n > 1\text{mm}$ 。

表7-42 新、旧机标测量项目定义及代号对照表

序号	误差或偏差名称		代 号		公差或极限偏差代号		定 义	
	新	旧	新	旧	新	旧	新	旧
1	切向综合误差	运动误差	$\Delta F_i$	$\Delta T_z$	$F_i$	$\delta T_z$	被测齿轮与理想精确的测量偏轮*单面啮合转动时, 相对于测量齿轮的转角, 在被测齿轮一转内, 被测齿轮实际转角与理论转角的最大差值。以分度圆弧长计值	与精确齿轮单面啮合时, 齿轮在一转范围内回转角的最大误差
2	切向一齿综合误差	周期误差	$\Delta f_i$	$\Delta T$	$f_i$	$\delta T$	切向综合误差记录曲线上, 小波纹的最大幅度值。其波长为一个周节角。以分度圆弧长计值	齿轮在转动一转内定期地、多次重复的齿轮运动误差部分。其数值按齿轮转动一转间所有周期的齿轮运动误差变动范围的平均值测定
3	周节累积误差  K个周节累积误差	周节累积误差  —	$\Delta F_p$  $\Delta F_{PK}$	$\Delta t_z$	$F_p$  $F_{PK}$	$\delta t_z$	在分度圆上, 任意两个同偏齿面间的实际弧长与公称弧长的最大差值 在分度圆上**, k个周节间的实际弧长与公称弧长的最大数值。k为2到小于 $\frac{Z}{2}$ 的整数	在齿轮的一个圆周上, 任意两个同名齿形间相互位置的最大误差
4	径向综合误差	度量中心距的一转变	$\Delta F_r^*$	$\Delta_r a$	$F_r^*$	$\delta_r a$	被测齿轮与理想精确的测量齿轮双面啮合时, 在被测齿轮一转内, 双啮中心距的最大变动量	被测齿轮转动一转间, 度量中心距的最大值与最小值之差
5	径向一齿综合误差	度量中心距的一齿变动	$\Delta f_j$	$\Delta_r a$	$f_j$	$\delta_r a$	径向综合误差记录曲线上, 小波纹的最大幅度值。其波长为一个周节角	被测齿轮相应地转动一个节距的角度间, 度量中心距的最大值与最小值之差
6	—	度量中心距的偏差		$\Delta a$		$\Delta_r a$ $\Delta_r a$	—	实际度量中心距与公称度量中心距之差
7	齿圆径向跳动	齿圆径向跳动	$\Delta F_r$	$\Delta e_j$	$F_r$	$\delta e_j$	在齿轮一转范围内, 测头在齿槽内或轮齿上, 于齿高中部双面接触, 测头相对于齿轮轴线的最大变动量	从轮齿(或齿间)的固定弦至其旋转轴线距离的最大变动
8	公法线长度变动	公法线长度变动	$\Delta F_w$	$\Delta L$	$F_w$	$\delta L_g$	在齿轮一周范围内, 实际公法线长度最大值和最小值之差	在同一齿轮上, 公法线的最大长度与最小长度之差
9	—	范成误差		$\Delta \varphi_z$		$\delta \varphi$	—	在除去齿圆径向跳动(对直齿轮还包括节误差)的条件下测定的齿轮运动误差部分。误差以秒计
10	齿形误差	齿形误差	$\Delta f_f$	$\Delta f$	$f$	$\delta f$	在端截面上①, 齿形工作部分内②(齿顶倒棱部分除外), 包容实际齿形的两条最近的设计齿形间的法向距离 设计齿形可以是修正的理论渐开线, 包括修缘齿形、凸齿形等 齿顶和齿根处的齿形误差只允许偏向齿体内	在轮齿工作部分内, 容纳实际齿形的两理论齿形间的法向距离。在垂直于齿轮回转轴心线的剖面内相对于轴心线来测定。修缘部分的齿形公差分布在从实际齿形与修缘起点圆交点开始的齿体内, 无修缘的齿轮, 其齿顶与齿根处的齿形只允许偏向齿体内

序号	误差或偏差名称		代号		公差或极限偏差代号		定义	
	新	旧	新	旧	新	旧	新	旧
11	周节偏差		$\Delta f_{pr}$		$\pm f_{pr}$		在分度圆上**，实际周节③与公称周节之差 用相对法测量时，公称周节是指所有实际周节的平均值	—
12		周节差		$\Delta t$		$\delta t$		齿轮同一圆周上，任意两个周节之差
13	基节偏差	基节偏差	$\Delta f_{pb}$	$\Delta t_i$	$\pm f_{pb}$	$\Delta_s t_i$ $\Delta_x t_i$	实际基节④与公称基节之差 实际基节是指基圆柱切平面所截两相邻同侧齿面交线间的法向距离	齿轮上相邻两个同名齿形的两条互相平行的切线间的实际距离与公称距离之差，在与基圆柱相切的平面中垂直于齿向的剖面内测定
14	螺旋线波度误差	—	$\Delta f_{\beta}$		$f_{\beta}$		宽斜齿轮齿高中部实际齿向线波度的最大波幅 沿齿面法线方向计值	—
15	齿向误差	齿向误差	$\Delta F_{\beta}$	$\Delta B_x$	$F_{\beta}$	$\delta B_x$	在分度圆柱面**上，齿宽工作部分范围内（端部倒角部分除外），包容实际齿向线的两条最近的设计齿向线之间的端面距离 设计齿向线可以是修正的圆柱螺旋线，包括鼓形线、齿端修薄及其它修形曲线	在大约通过齿高中部的圆柱上，在全齿长内容纳实际齿向的两条公称方向的直线或螺旋线间的距离 齿向误差用于直齿轮或窄斜齿齿轮（齿面或半个人字齿轮的宽度在 $\frac{4m_n}{\sin\beta_0}$ 以下）
16	轴向齿距偏差	轴向齿距的偏	$\Delta F_{px}$	$\Delta B_z$	$\pm F_{px}$	$\Delta_s B_z$ $\Delta_x B_z$	在与齿轮基准轴线平行而大约通过齿高中部的一条盲线	在与齿轮旋转轴线同心而大约通过齿高中部的圆柱的一



序号	误差或偏差名称		代号		公差或极限偏差代号		定义	
	新	旧	新	旧	新	旧	新	旧
18	—	接触线形状和位置误差		$\Delta b_s$		$\delta b_x$	—	在基圆柱的切平面内, 平行于公称接触线并容纳实际接触线的两条直线间的法向距离
19	接触线误差	接触线的非线性	$\Delta F_b$	$\Delta h_n$	$F_b$	$\delta b_n$	在基圆柱的切平面内, 平行于公称接触线并容纳实际接触线的两条最近的直线间的法向距离	在基圆柱的切平面内, 容纳实际接触线的两条最接近而又互相平行的直线的法向距离
20	公法线平均长度偏差	公法线长度的极限偏差	$\Delta E_w$	$(\Delta L)$	$E_w$ $E_{wi}$	$\Delta_{KL}$ $\Delta_{ML}$	在内轮一周内, 公法线长度的平均值与公称值之差	
21	齿厚偏差	—	$\Delta E_t$		$E_{ti}$ $E_{ti}$		在分度圆柱面上, 齿厚实际值与公称值之差 对于斜齿轮, 指法向齿厚	
22	—	原始齿廓位移				$\Delta h$ $\Delta_m h$ $\delta h$	—	原始齿形自公称位置向内齿轮体内的位移 为保证传动中的保证侧隙的最小原始齿形位移 原始齿形极限位移之差
23	齿轮副的中心距偏差	中心距偏差	$\Delta f_a$	$\Delta A$	$\pm f_a$	$\Delta_s A$ $\Delta_x A$	在齿轮副的齿宽中间平面内, 实际中心距与设计中心距之差	在传动的中间平面内, 实际中心距与公称中心距之差
24	轴线的平行度误差 X方向轴线的平行度误差 Y方向轴线的平行度误差	轴心线不平行性 轴心线歪斜度	$\Delta f_x$ $\Delta f_y$	$\Delta x$ $\Delta y$	$f_x$ $f_y$	$\delta x$ $\delta y$	一对齿轮的轴线在其基准平面上投影的平行度误差 在等于全齿宽的长度上测量 一对齿轮的轴线, 在垂直于基准平面②, 并且平行于基准轴线的平面上投影的平行度误差 在等于全齿宽的长度上测量	齿轮旋转轴心线在其公共理论平面上投影的不平行性, 在等于齿宽或半个人字齿轮宽度的长度上以长度单位计量 齿轮旋转轴心线在垂直于理论平面和理论中心线的平面上投影的不平行性, 在等于齿宽或半个人字齿轮宽度的长度上以长度单位计量
25	齿轮副的侧隙 (保证侧隙) 圆周侧隙法向侧隙	侧隙 (保证侧隙)	$j_s$ $j_n$		$j_{rmax}$ $j_{rmin}$ $j_{nmax}$ $j_{nmin}$	$C_n$	齿轮副中一个齿轮固定时, 另一个齿轮的圆周晃动量。以分度圆上弧长计 齿轮副工作面接触时, 非工作面之间的最小距离 $j_n = j_s \cos \beta_b \cos \alpha$	传动中啮合齿齿侧间的间隙, 它保证其中一个齿轮在第二个齿轮不动的条件下可以自由转动 在基圆柱的切平面内, 垂直于齿向的剖面中测定

- \* 允许用齿条、蜗杆、测头等元件代替;
- \*\* 允许在齿高中部测量。
- ① 允许用检查被测齿轮和测量蜗杆啮合时齿轮齿面上的接触迹线(可称为“法向啮合齿形”)代替。但仍按基圆切线方向计值;
- ② 在相配齿轮不清楚时, 应按与基准齿条啮合时的齿形工作部分进行测量;
- ③ 实际侧隙允许沿垂直于齿面方向测量, 但仍应按端面内计算偏差值;
- ④ 实际侧隙允许用端面侧隙代替, 但仍应按法向计算偏差值;
- ⑤ 包含基准轴线, 并通过由另一轴线与齿宽中间平面相交的点所形成的平面, 称为基准平面。两条轴线中任何一条轴线都可作为基准轴线。

表7-43 新、旧机标齿形公差 $f$ 值比较表( $\mu\text{m}$ )

精度等级	法向模数 (mm)		分 度 圆 直 径 (mm)									
			新		旧		新		旧		新	
	新	旧	~125	~50	>50~ 80	>80~ 120	>125 ~400	>120 ~200	>200 ~320	>100 ~800	>320 ~500	>500 ~800
5	$\geq 1\sim 3.5$	$> 1\sim 2.5$	6	6	6.5	7	7	8	9	9	10.5	12
		$> 2.5\sim 3.5$		7.5	8	8.5	7	9	10		11	13
	$> 3.5\sim 6.3$	$> 3.5\sim 6$	7	7.5	8	8.5	8	9	10	10	11	13
	$> 6.3\sim 10$	$> 6\sim 10$	8	—	10	10.5	9	11	11.5	11	12	15
6	$\geq 1\sim 3.5$	$> 1\sim 2.5$	8	10	10.5	11	9	12	14	12	17	20
		$> 2.5\sim 3.5$		11.5	12	13		14	16		18	21
	$> 3.5\sim 6.3$	$> 3.5\sim 6$	10	11.5	12	13	11	14	16	14	18	21
	$> 6.3\sim 10$	$> 6\sim 10$	12	—	16	17	13	18	19	16	20	24
7	$\geq 1\sim 3.5$	$> 1\sim 2.5$	11	16	17	18	13	20	22	17	26	32
		$> 2.5\sim 3.5$		19	20	21		22	25		28	34
	$> 3.5\sim 6.3$	$> 3.5\sim 6$	14	19	20	21	16	22	25	20	28	34
	$> 6.3\sim 10$	$> 6\sim 10$	17	—	25	26	19	28	30	24	32	38
8	$\geq 1\sim 3.5$	$> 1\sim 2.5$	14	25	26	28	18	32	36	25	42	50
		$< 2.5\sim 3.5$		30	32	34		36	40		45	52
	$> 3.5\sim 6.3$	$> 3.5\sim 6$	20	30	32	34	22	36	40	28	45	52
	$> 6.3\sim 10$	$> 6\sim 10$	22	—	40	42	28	45	48	36	50	58

表7-44 新、旧机标齿向公差 $F_{\theta}$ 值比较( $\mu\text{m}$ )

精度等级	轮 齿 宽 度 (mm)							
	新		旧		新		旧	
	~40	≤55	>40~100	>55~110	>100~160	>110~160		
5	7	10.5	10	11.5	12	13		
6	9	13	12	15	16	17		
7	11	17	16	19	20	21		
8	18	21	25	24	32	26		

表7-45 新、旧机标齿圈径向跳动公差  $F_r$  值比较( $\mu\text{m}$ )

精度等级	法向模数 (mm)		分度圆直径 mm									
			新		旧		新		旧		新	
	新	旧	~125	~50	>50 ~80	>80 ~120	>125 ~400	>120 ~200	>200 ~320	>400 ~800	>320 ~500	>500 ~800
5	$\geq 1\sim 3.5$	$> 1\sim 16$	22				25			28		
	$> 3.5\sim 6.3$		28	12	17	20	32	24	28	32	32	38
	$> 6.3\sim 10$		32				36			36		
6	$\geq 1\sim 3.5$	$> 1\sim 16$	36				40			45		
	$> 3.5\sim 6.3$		45	20	26	32	50	38	45	50	50	58
	$> 6.3\sim 10$		50				56			56		
7	$\geq 1\sim 3.5$	$> 1\sim 30$	50				56			63		
	$> 3.5\sim 6.3$		63	32	42	50	71	58	70	71	80	95
	$> 6.3\sim 10$		71				80			80		
8	$\geq 1\sim 3.5$	$> 1\sim 50$	63				71			80		
	$> 3.5\sim 6.3$		80	50	66	80	90	95	100	90	120	150
	$> 6.3\sim 10$		90				100			100		

(2) 新旧标准规定的齿轮精度等级均为 1~12 级, 但是新标准规定的公差值均有压缩, 其中规定的公比也不同。

(3) 测量项目、定义及代号对照, 见表 7-42。其中, 以下几方面有较大的修改。

1) 对齿形误差的定义作了较大的修改, 将“理论齿形”改为“设计齿形”。设计齿形可以是修正的理论渐开线, 包括修缘齿形、凸齿形和挖根齿形等。

齿向误差中提出了“设计齿向线”, 它可以是修正的圆柱螺旋线, 包括鼓形线、齿端修薄等修形曲线。

2) 新标准 JB179-83 删去了 JB179-60 标准规定的范成误差  $\Delta\phi_s$ 、接触线形状与位置误差  $\Delta b$ 、原始齿廓位移  $\Delta h$  及度量中心距偏差  $\Delta a$  等四项测量项目。

3) 将任意周节差改为周节偏差。

4) 齿轮副侧隙规定用 14 个代号表示齿厚上下偏差, 以便更适用于齿轮副侧隙的需要。并用齿厚偏差或公法线平均长度偏差代替旧标准中的原始齿廓位移公差。JB179-60 标准规定的是固定弦齿厚极限偏差, JB179-83 标准规定的是分度圆齿厚极限偏差。

5) 按 JB179-83 标准规定的各项误差项目的公差与极限偏差数值, 在不同程度上均有压缩和调整, 其中齿形公差、齿向公差值的压缩幅度较大, 见表 7-43 和表 7-44。

齿圈径向跳动在中、小尺寸段, JB179-83 规定的公差值都比 JB179-60 规定的公差值大。

6) JB179-93 标准列入了 JB179-60 标准没有的齿坯公差。

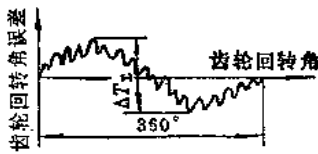
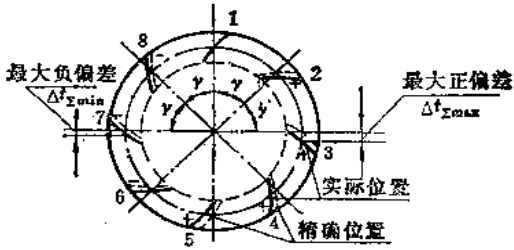
## 第八章 圆锥齿轮传动公差的选择

轴线相交的圆锥齿轮公差 (JB180-60) 是目前我国现行的标准。它适用于直齿、斜齿和弧齿锥齿轮的模数  $m \geq 1 \sim 30$ 、分度圆直径至 2000mm 以下的圆锥齿轮。

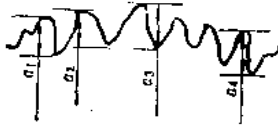
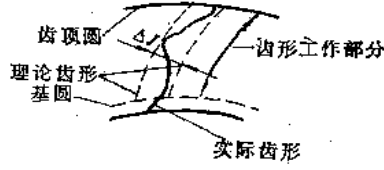
### 一、圆锥齿轮传动公差和偏差的定义和代号

圆锥齿轮传动公差的术语、定义及代号见表 8-1。

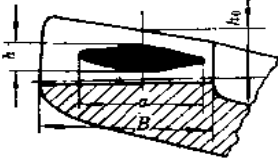

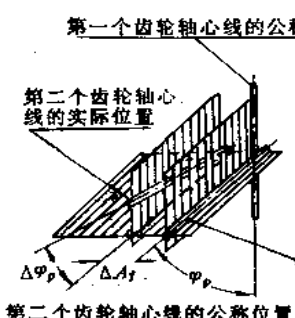
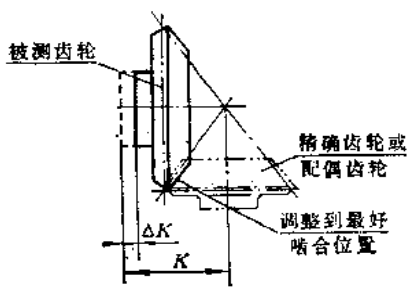
表 8-1 圆锥齿轮传动公差和偏差的定义和代号

序号	偏差和公差名称	代号	定 义
1	齿轮的运动误差  齿轮运动误差的公差	$\Delta T_z$  $\delta T_z$	与精确齿轮单面啮合时, 齿轮在一转范围内回转角的最大误差在分度圆锥大端以齿轮旋转轴线为圆心的分度圆上测定
2	周节累积误差  周节累积误差的公差	$\Delta t_z$  $\delta t_z$	通过齿的中部 (按齿长和齿高) 以齿轮旋转轴线为圆心的圆周上, 任意两个同名齿形相互位置的最大误差
3	齿圈跳动  齿圈跳动的公差	$\Delta e_f$  $\delta e_f$	与原始齿形相应的圆素头, 对齿轮旋转轴线距离的最大变动在距分度圆锥顶点任意固定距离上垂直于分度圆锥母线的方向内测定
4	范成误差  范成误差的公差	$\Delta \varphi_z$  $\delta \varphi_z$	在除去齿圈径向跳动的条件下, 测定齿轮运动误差部分 误差以秒计量

(续)

序号	偏差和公差名称	代号	定义
5	<p>公称度量轴线夹角<sup>**</sup></p> <p>度量轴线夹角的极限偏差                      上偏差                      下偏差</p> <p>度量轴线夹角的变动:                      齿轮转动一转                      齿轮转动一齿</p> <p>度量轴线夹角变动的公差:                      齿轮转动一转                      齿轮转动一齿</p>	<p><math>\varphi_c</math></p> <p><math>\Delta_1\varphi_c</math> <math>\Delta_2\varphi_c</math></p> <p><math>\Delta_1\varphi_c</math> <math>\Delta_2\varphi_c</math></p> <p><math>\delta_1\varphi_c</math> <math>\delta_2\varphi_c</math></p>	<p>精确内轮与被测内轮紧密结合下的轴线夹角, 这时被测内轮应有齿的最小变形量;</p> <p>等于分度圆锥母线的长度上极限轴线夹角与公称轴线夹角之差。偏差以长度单位计报;</p> <p>被测齿轮转动一转间, 或相应地转动一个节距的角度间, 度量轴线夹角的最大值与最小值之差</p>
6	<p>周期误差</p>  $\Delta T = \frac{a_1 + a_2 + a_3 + \dots + a_n}{n}$ <p>周期误差的公差</p>	<p><math>\Delta T</math></p> <p><math>\delta T</math></p>	<p>齿轮在转动一转内定期地多次重复的齿轮运动误差部分**。</p> <p>在齿轮分度圆锥大端以齿轮旋转轴线为圆心的分度圆上, 按齿轮转动一转间所有周期的齿轮运动误差变动范围平均值测定</p>
7	<p>周节的偏差</p> <p>周节的极限偏差                      上偏差                      下偏差</p>	<p><math>\Delta t_p</math></p> <p><math>\Delta_1 t_p</math> <math>\Delta_2 t_p</math></p>	<p>在通过齿长和齿高中部以齿轮旋转轴线为圆心的圆周上, 周节的实际值与平均值之差</p>
8	<p>周节差</p> <p>周节差的公差</p>	<p><math>\Delta t</math></p> <p><math>\delta t</math></p>	<p>在通过齿长与齿高中部以齿轮旋转轴线为圆心的圆周上, 任意两个周节之差</p>
9	<p>齿形误差</p>  <p>齿形误差的公差</p>	<p><math>\Delta f</math></p> <p><math>\delta f</math></p>	<p>在齿轮工作部分内, 容纳实际齿形的两理论齿形间的法向距离, 靠近分度圆锥大端测定</p> <p>齿顶和齿根处的齿形偏差只许偏向齿体内</p>

(续)

序号	偏差和公差名称	代号	定义
10	接触斑点 		装配好的齿轮传动在轻微的制动下, 运转后齿侧面上分布的接触痕迹 接触斑点由比例大小 (百分数) 来决定: 齿长上系接触痕迹极点间距离与齿全长之比: $\left(\frac{a}{B} \cdot 100\%\right)$ 齿高上系在齿长上接触痕迹中部的高度与相应的有效齿高之比: $\left(\frac{h}{h_g} \cdot 100\%\right)$
11	齿向误差  齿向公差	$\Delta B_x$          $\delta B_x$	在齿全长上形成齿侧表面实际方向与公称方向最大偏差。以长度单位度量
12	轴线不相交性  轴线不相交性的公差	$\Delta A_1$          $\delta A_1$	传动中配偶齿轮旋转轴线间的最短距离
13	分度圆锥顶点的位移  分度圆锥顶点极限位移: 上偏差 下偏差	$\Delta K$          $\Delta_1 K$ $\Delta_2 K$	分度圆锥顶点沿其轴线对传动中齿轮轴线交点的偏移数值 在传动装配时齿轮的轴向位移, 是在滚动检查机上, 内轮与配偶齿轮啮合的最好条件下相当的位置测定

序号	偏差和公差名称	代号	定义
14	轴线夹角的偏差 (与序号12同图)  轴线夹角的极限偏差: 上偏差 下偏差	$\Delta\varphi_p$  $\Delta_1\varphi_p$ $\Delta_2\varphi_p$	齿轮传动中实际轴线夹角与公称轴线夹角之差, 在等于分度圆母线的长度 $l$ 上, 以长度单位度量
15	公称齿厚  齿的交叠量 齿的最小交叠量 齿厚公差	$S$  $\Delta S$ $\Delta_{ms}$ $\delta S$	在一对齿轮具有公称齿厚和公称位置的条件下, 保证传动中紧密(无间隙)啮合的计算齿厚 在分度圆锥大端, 以齿轮旋转轴线为圆心的分度圆上测定 在法向剖面上的齿轮公称齿厚的减小量; 为保证传动中的规定侧隙而存在的最小规定交叠量 最小和最大允许交叠量之差
16	侧隙  最小侧隙	$C_n$	传动中啮合齿侧间的间隙, 它保证一个齿轮在第二个齿轮不动的条件下能自由转动 在分度圆锥大端沿齿面法向测定
17	度量侧隙  度量侧隙的变动 度量侧隙变动的公差	$C_e$  $\Delta_e C_e$ $\delta_e C_e$	测量齿轮和被测齿轮在滚动试验机上位置符合最好的啮合条件时, 其齿侧间的间隙 在被测齿轮转动一转间最大与最小度量侧隙之差

- 注: (1) 齿形误差(序号9)和齿向误差(序号11)规定, 只适用于 $m \leq 1 \text{ mm}$ 的圆锥齿轮;  
(2) 度量侧隙(序号17)的规定, 只适用于 $m > 1 \text{ mm}$ 的圆锥齿轮传动;  
(3) \* 公称度量轴线夹角等于齿轮传动在所述条件下的公称轴线夹角, 即精确齿轮按被测齿轮的配偶齿轮之公称尺寸制造, 但其齿厚需增大, 精确齿轮齿厚增大量应等于被测齿轮齿的最小交叠量;  
(4) \*\* 允许规定对一转内误差重复次数的限制, 但周期误差与这一限制无关。

## 二、圆锥齿轮精度等级的选用

JB180-60 标准对圆锥齿轮和圆锥齿轮传动规定有 12 个精度等级, 从高精度到低精度, 依次为 1 级、2 级、3 级...12 级。其中对 1 级、2 级、3 级、4 级和 12 级精度, 暂未规定其公差和偏差。

齿轮的每个精度等级都规定有齿轮运动精度、工作平稳性和齿的接触精度的要求。

(1) 齿轮运动精度: 它决定齿轮在一转内回转角的全部误差值。齿轮运动精度影响齿轮传动装置的传动精度和分度精度, 所以是精密传动齿轮的主要指标。

(2) 齿轮工作平稳性: 它决定齿轮在一转内回转角的全部误差中多次重复的数值。齿轮工作平稳性, 影响齿轮的瞬时传动比。它将引起齿轮的振动、噪声和冲击。对于高

速齿轮，工作平稳性通常是评定齿轮质量的主要指标。

(3) 齿的接触精度：它决定齿轮传动中啮合齿面接触斑点的大小、形状和位置。由于圆锥齿轮属于近似渐开线啮合，它不能象渐开线圆柱齿轮那样规定齿形误差、基节偏差、公法线长度变动等等，因而圆锥齿轮的齿廓和齿线的正确性，一般只能评定接触斑点来反映接触精度。所以，接触精度是生产现场鉴定锥齿轮质量的主要指标。接触精度是各种用途的锥齿轮的基本指标。对于重载传动齿轮，它将直接影响齿轮的承载能力。

各种精度等级的齿轮运动精度、工作平稳性和齿的接触精度可按不同的使用要求而互相组合。在组合时，齿轮的工作平稳性精度可以高于或低于运动精度1级，而齿的接触精度不得低于工作平稳性精度等级。

设计时，圆锥齿轮精度等级的选用，应根据圆锥齿轮的工作条件，传递功率、圆周速度，以及其它技术要求来确定。其中应用最广的为7级精度，因为这个精度级的齿轮可用一般精度的切齿机床加工，当不进行热处理时，不用磨齿或研齿即可达到7级精度。一般低速动力传动的圆锥齿轮可选用9级，机床中的圆锥齿轮多用7级或8级精度。

齿轮工作平稳性精度主要由圆周速度来决定，见表8-2。

各种精度等级的组合可以参考表8-3和表8-4。

表8-2 圆锥齿轮工作平稳性与圆周速度

齿的形式	布氏硬度 HB	工作平稳性精度 (JB180-60)				
		6	7	8	9	10
		圆 周 速 度 $v \leq m/s$				
直 齿	$\leq 350$	10	7	4	3	0.8
	$> 350$	9	6	3	2.5	0.8
非 直 齿	$\leq 350$	24	16	9	6	1.5
	$> 350$	19	13	7	5	1.5

表8-3 机床中锥齿轮的精度等级的选择

类 型	精度等级	应 用 举 例
直齿锥齿轮	级 7- $D_c$	$v \geq 5 m/s$ 的主动齿轮，精密进给机构的圆锥齿轮
	级 8- $D_b$	差动机构锥齿轮，反向机构锥齿轮
	级 8- $D_c$	$v < 5 m/s$ 的主动齿轮，一般进给机构齿轮，受力不大的辅助机构齿轮
	级 9- $D_c$	手调整机构齿轮，不重要齿轮
弧齿锥齿轮	级 6-7-6 $D_b$	精密分度锥齿轮
	级 6- $D_b$	要求有精确传动比的运动锥齿轮
	级 7-6 $D_c$	主传动链中的齿轮，其大端节圆速度 $v > 13 m/s$ (当齿面硬度 $HB > 350$ ) 或 $v > 16 m/s$ (当齿面硬度 $HB \leq 350$ )
	级 7- $D_c$	主传动链中的齿轮，其大端节圆速度 $7 m/s < v \leq 13 m/s$ (当齿面硬度 $HB > 350$ ) 或 $9 m/s < v \leq 16 m/s$ (当齿面硬度 $HB \leq 350$ )
弧齿锥齿轮	级 7-7 $D_c$ (级 8-7 $D_c$ )	主传动链中的齿轮，其大端节圆速度 $v \leq 7 m/s$ (齿面硬度 $> 350$ )， $v \leq 9 m/s$ (齿面硬度 $\leq 350$ )，降速比大，分度传动链中齿轮
	级 8- $D_c$	受力较大的辅助机构齿轮 (如横梁升降台机构齿轮)，要求平稳传动的进给齿轮



表8-4 重型机械中锥齿轮精度等级的选择

传动形式	闭 式				开 式			
精度等级组合	877- $D_c$	987- $D_c$ 988- $D_c$	1099- $D_c$	10109- $D_c$	988- $D_c$	1098- $D_c$	1099- $D_c$	10109- $D_c$

### 三、圆锥齿轮侧隙的选用

为保证圆锥齿轮的正常工作，两啮合齿轮不产生卡死，并有利于润滑油膜的形成，圆锥齿轮传动也应规定侧隙，用以补偿齿厚误差、装配后轴心线不相交性误差、轴心线夹角误差以及受力后的弹性变形、热膨胀等。

圆锥齿轮侧隙与旧标准规定渐开线圆柱齿轮侧隙一样，规定有四种结合形式。应用推荐见表8-5。标准保证侧隙  $D_c$  是基本的侧隙规范，它保证在温差  $25^\circ\text{C}$ ，且线胀系数一致情况下，齿轮能正常工作。

表8-5 圆锥齿轮侧隙结合形式

结合形式	代 号	应 用 举 例
零保证侧隙	$D$	适用于精密、低速分度齿轮
较小保证侧隙	$D_b$	适用于圆锥齿轮精度等级较高，精确传动比和精密分度的齿轮
标准保证侧隙	$D_c$	适用于开式传动的主传动和一般动力传动的齿轮
较大保证侧隙	$D_e$	适用于重载齿轮

必要时，圆锥齿轮侧隙可以根据下式进行计算。

$$\text{最小保证侧隙 } C_{\min} = C_{n1} + C_{n2}$$

(1) 补偿热变形所需侧隙  $C_{n1}$

$C_{n1}$  取决于两啮合齿轮的安装基面在箱体上的位置。计算式为

$$C_{n1} = [(L \sin \phi_1 + H_2) \cos \phi_1 + (L \cos \phi_1 + H_1) \sin \phi_1] \\ (\alpha_1 \Delta t_1 - \alpha_2 \Delta t_2) \cdot 2 \sin \alpha_n$$

式中  $\phi_1$ ——小齿轮分度圆锥角；

$H_1, H_2$ ——两啮合齿轮的安装基面对大端分度圆锥距离；

$\alpha_1, \alpha_2$ ——齿轮与箱体的线胀系数；

$\Delta t_1, \Delta t_2$ ——齿轮与箱体温度对  $20^\circ\text{C}$  的温升；

$\alpha_n$ ——原始齿廓的齿形角。

(2) 保证齿轮正常润滑所需的侧隙  $C_{n2}$

对低速传动  $C_{n2} = 0.01 m_n$

对高速传动  $C_{n2} = 0.03 m_n$

对低速传动无强迫润滑  $C_{n2} = (0.005 \sim 0.001) m_n$

锥齿轮的保证侧隙许可不按 JB 180-60 规定的数值选取。这时，也不必注出表示结合形式的代号，可在零件图上画出接触斑点大小、位置、形状要求的示意图。

由于锥齿轮的侧隙要求，应包含保证侧隙  $C_n$ ，轴线夹角的上、下极限偏差  $\Delta \phi$  和

$\Delta_x\phi$  和齿厚公差  $\delta S$  三部分。

为了得到一定侧隙，主要靠减薄齿厚来获得。通常测量分度圆弦齿厚（或固定弦齿厚）控制齿厚的变动量，以满足所需侧隙的要求。

弦齿厚的上偏差可利用保证侧隙进行计算，弦齿厚的下偏差可根据齿厚公差  $\delta S$  计算。弦齿厚（以及测齿弦齿高）通常应在大小齿轮的工作图上标注，但在成批、大批生产时，也可以只注大齿轮的弦齿厚，这时小齿轮的齿厚应根据大齿轮的实际齿厚及侧隙在试切中加以调整，一旦定型加工后，小齿轮的齿厚尺寸就主要靠机床来保证。

由于弦齿厚的测量只能间接地控制侧隙，（因为实际侧隙与安装精度有关），以及弦齿厚的测量误差较大，对于重要的齿轮，弦齿厚测量只作参考，为了保证所需的侧隙，允许不按规定的弦齿厚加工齿轮；对于精度不高的齿轮，一般按规定的弦齿厚加工，而当侧隙不符合要求时，应通过安装调整获得所需要的侧隙。

各种结合形式的侧隙所要规定的偏差和公差，见表 8-6、表 8-7 和表 8-8。

表8-6 锥齿轮保证侧隙和轴线夹角极限偏差规范

结合形式	偏差和公差代号	单位	外 锥 距 $L_e$ (mm)							
			$<50$	$>50\sim80$	$>80\sim120$	$>120\sim200$	$>200\sim320$	$>320\sim500$	$>500\sim800$	$>800\sim1250$
$D_b$	$C_n$	$\mu$	40	50	65	85	100	130	170	210
$D_e$			85	100	130	170	210	260	340	420
$D_b$	$\Delta_s\varphi_p$	$\mu$	$\pm 28$	$\pm 38$	$\pm 45$	$\pm 50$	$\pm 58$	$\pm 70$	$\pm 85$	$\pm 100$
$D_e$	$\Delta_x\varphi_p$		$\pm 45$	$\pm 58$	$\pm 70$	$\pm 80$	$\pm 95$	$\pm 110$	$\pm 130$	$\pm 160$

注：（1）采用的代号：

$C_n$ ——保证侧隙；

$\Delta_s\varphi_p$ 、 $\Delta_x\varphi_p$ ——轴线夹角的上、下极限偏差。

（2） $\Delta_s\varphi_p$ 、 $\Delta_x\varphi_p$ 作为箱体公差，以保证传动的侧隙规范。

表8-7 锥齿轮齿厚公差规范

( $\mu\text{m}$ )

结合形式	公差代号	齿 圈 跳 动 公 差 $\delta e_j$								
		$<16$	$>16\sim20$	$>20\sim25$	$>25\sim32$	$>32\sim40$	$>40\sim50$	$>50\sim60$	$>60\sim80$	$>80\sim100$
$D_b$	$\delta S$	40	42	48	55	60	70	80	100	115
$D_e$		45	48	52	60	70	80	90	110	130
结合形式	公差代号	齿 圈 跳 动 公 差 $\delta e_j$								
		$>100\sim120$	$>120\sim160$	$>160\sim200$	$>200\sim250$	$>250\sim320$	$>320\sim400$	$>400\sim500$	$>500\sim630$	$>630$
$D_b$	$\delta S$	130	170	210	250	320	380	480	600	750
$D_e$		150	190	240	280	340	420	530	670	850

注：（1）采用的代号： $\delta S$ ——齿厚公差（公差带在轮齿内），

（2）为了查 $\delta S$ ，应先根据齿圈跳动公差 $\delta e_j$ （按运动精度等级）。

表8-8 锥齿轮齿的最小减薄量规范

精度 等级	结合 形式	偏差 代号	模数 $m$ (mm)	单位	锥齿轮大端节圆直径 $D$ (mm)						
					$\leq 50$	$>50\sim 80$	$>80\sim 120$	$>120\sim 200$	$>200\sim 320$	$>320\sim 500$	$>500\sim 800$
6	$D_b$	$\Delta_m S$	$>1\sim 2.5$	$\mu\text{m}$	28	38	48	60	75	85	110
			$>2.5\sim 6$		28	38	48	60	75	85	110
	$D_c$	$\Delta_m S$	$>1\sim 2.5$	$\mu\text{m}$	55	70	85	105	130	160	200
			$>2.5\sim 6$		55	70	85	105	130	160	200
	$D_b$	$\Delta_m S$	$>1\sim 2.5$	$\mu\text{m}$	38	40	52	60	75	90	110
			$>2.5\sim 6$		40	42	55	65	80	90	115
	$D_c$	$\Delta_m S$	$>1\sim 2.5$	$\mu\text{m}$	55	70	85	110	130	160	200
			$>2.5\sim 6$		55	75	90	110	140	160	200
	$D_b$	$\Delta_m S$	$>1\sim 2.5$	$\mu\text{m}$	42	48	58	70	85	100	120
			$>2.5\sim 6$		45	52	60	70	85	100	130
	$D_c$	$\Delta_m S$	$>1\sim 2.5$	$\mu\text{m}$	60	75	90	110	140	170	210
			$>2.5\sim 6$		65	80	95	115	140	170	210
	$D_b$	$\Delta_m S$	$>1\sim 2.5$	$\mu\text{m}$	42	48	58	70	85	100	120
			$>2.5\sim 6$		45	52	60	70	85	100	130
	$D_c$	$\Delta_m S$	$>1\sim 2.5$	$\mu\text{m}$	60	75	90	110	140	170	210
			$>2.5\sim 6$		65	80	95	115	140	170	210
	$D_b$	$\Delta_m S$	$>6\sim 10$	$\mu\text{m}$	55	65	75	85	105	115	150
			$>10\sim 16$		55	70	80	95	105	130	150
	$D_c$	$\Delta_m S$	$>6\sim 10$	$\mu\text{m}$	80	95	105	130	160	180	220
			$>10\sim 16$		80	100	115	130	160	190	240
	$D_b$	$\Delta_m S$	$>16\sim 30$	$\mu\text{m}$	55	65	75	85	105	115	150
			$>16\sim 30$		55	70	80	95	105	130	150
	$D_c$	$\Delta_m S$	$>16\sim 30$	$\mu\text{m}$	80	95	105	130	160	180	220
			$>16\sim 30$		80	100	115	130	160	190	240
	$D_b$	$\Delta_m S$	$>16\sim 30$	$\mu\text{m}$	55	65	75	85	105	115	150
			$>16\sim 30$		55	70	80	95	105	130	150
	$D_c$	$\Delta_m S$	$>16\sim 30$	$\mu\text{m}$	80	95	105	130	160	180	220
			$>16\sim 30$		80	100	115	130	160	190	240

注：采用的代号  $\Delta_m S$ ——齿的最小减薄量 ( $\Delta_m S$ 规定在齿轮的轮齿内，齿的最大减薄量  $\Delta_M S = \Delta_m S + \delta S$ )。

#### 四、圆锥齿轮及其传动检验项目的选用

圆锥齿轮的精度检验项目的选用取决于锥齿轮的使用要求、精度等级、锥齿轮类型、生产批量和检验设备等。对圆锥齿轮，不仅在成批大量生产条件下，为了提高测量效率往往采用综合测量指标；而且在单件小批生产条件下，由于齿轮几何形状的复杂，特别是斜齿或螺旋齿圆锥齿轮，有时也规定综合评定精度指标，例如接触斑点等。

圆锥齿轮测量项目的组合，见表 8-9。

表 8-9 圆锥齿轮测量项目的组合

规范	测量项目组合		代号	精度等级
总 动 精 度	1	齿轮运动误差	$\Delta T_z$	5~7
	2	周节累积误差	$\Delta t_z$	5~9
	3	齿圈跳动	$\Delta e_f$	5~8
		范成误差	$\Delta \varphi_z$	
	4	度量侧隙变动	$\Delta_z C_o$	7~8
		范成误差	$\Delta \varphi_z$	
	5	齿轮转一转度量轴线夹角变动	$\Delta_z \varphi_o$	7~8 (仅用于直齿齿轮)
		范成误差	$\Delta \varphi_x$	
6	齿圈跳动	$\Delta e_f$	9~11	
7	度量侧隙变动	$\Delta_z C_o$	9	
8	齿轮转一转度量轴线夹角变动	$\Delta_z \varphi_o$	9 (仅用于直齿齿轮)	
工 作 平 稳 性	1	周期误差	$\Delta T$	5~7
	2	周节偏差	$\Delta t_p$	5~7
	3	周节差	$\Delta t$	8~11
	4	齿轮转一转度量轴线夹角变动	$\Delta_z \varphi_o$	7~9 (仅用于直齿齿轮)
齿 的 接 触 精 度	1	接触斑点	—	5~11 (用于不可调节的传动)
		轴线的不相交性 分度圆锥顶点的偏移	$\Delta A_j$ $\Delta K$	
2	接触斑点	—	5~11 (用于可调节的传动)	
	轴线的不相交性	$\Delta A_j$		
侧 隙	1	齿厚偏差	$\Delta S$	5~11 } 用于齿轮
	2	度量轴线夹角的偏差	$\Delta \varphi_o$	
	3	轴线夹角的偏差	$\Delta \varphi_p$	按标准综合形式 (用于传动)

- 注：(1) 对于  $\Delta t_z$ 、 $\Delta t_p$ 、 $\Delta t$  和接触斑点，根据左、右齿面的工作条件不同，允许按不同精度等级规定。齿轮工作面，一般取主动齿轮的凹面（对于弧齿）或主动轮的传动面（对于直齿）和相应的被动齿轮面；  
 (2) 齿轮精度等级均指工作齿面的精度。允许齿轮的非工作面精度检验指标比工作齿面低一级；  
 (3) 表中  $\Delta A_j$ 、 $\Delta \varphi_p$  作为箱体偏差，在箱体加工、装配调整时测量。

圆锥齿轮运动精度公差和偏差, 见表 8-10。

表8-10 圆锥齿轮运动精度公差和偏差

精度等级	公差代号	端面模数 $m_t$ (mm)	单位	齿 轮 直 径 (mm)					
				到50	>50~80	>80~120	>120~200	>200~320	>320~500
5	$\delta T_Z$	> 1~16	( $\mu\text{m}$ )	20	26	30	36	45	55
	$\delta t_Z$	> 1~16	( $\mu\text{m}$ )	16	20	25	30	36	45
	$\delta e_j$	> 1~16	( $\mu\text{m}$ )	12	17	20	24	28	32
	$\delta \varphi_Z$	> 1~16	(s)	95	58	48	38	28	24
6	$\delta T_Z$	> 1~16	( $\mu\text{m}$ )	32	42	48	55	70	90
	$\delta t_Z$	> 1~16	( $\mu\text{m}$ )	25	32	40	48	55	70
	$\delta e_j$	> 1~16	( $\mu\text{m}$ )	20	26	32	38	45	50
	$\delta \varphi_Z$	> 1~16	(s)	150	95	75	58	45	38
7	$\delta T_Z$	> 1~30	( $\mu\text{m}$ )	50	65	75	90	110	140
	$\delta t_Z$	> 1~30	( $\mu\text{m}$ )	40	50	60	75	90	110
	$\delta e_j$	> 1~30	( $\mu\text{m}$ )	32	42	50	58	70	80
	$\delta \varphi_Z$	> 1~30	(s)	240	150	115	95	70	58
	$\delta_e \varphi_e$	> 1~2.5	( $\mu\text{m}$ )	55	65	75	85	100	115
		> 2.5~6	( $\mu\text{m}$ )	60	70	80	90	105	120
	$\delta_e C_e$	> 1~2.5	( $\mu\text{m}$ )	40	45	52	58	65	80
		> 2.5~6	( $\mu\text{m}$ )	42	48	55	60	70	80
8	$\delta t_Z$	> 1~30	( $\mu\text{m}$ )	60	80	100	115	140	180
	$\delta e_j$	> 1~30	( $\mu\text{m}$ )	50	65	80	95	110	120
	$\delta \varphi_Z$	> 1~30	(s)	380	240	190	150	110	95
	$\delta_r \varphi_e$	> 1~2.5	( $\mu\text{m}$ )	90	105	115	130	160	190
		> 2.5~6	( $\mu\text{m}$ )	100	110	120	140	170	200
	$\delta_e C_e$	> 1~2.5	( $\mu\text{m}$ )	60	70	85	95	105	120
		> 2.5~6	( $\mu\text{m}$ )	65	75	90	100	110	120
	9	$\delta e_j$	> 2.5~30	( $\mu\text{m}$ )	80	105	120	150	180
$\delta t_Z$		> 2.5~30	( $\mu\text{m}$ )	100	120	160	190	220	280

注: (1) 在  $1/6$  圆周上 (或相当于内较大方向化整齿数的圆弧上), 周节累积误差不应超过周节累积误差的公差的一半;

(2) 度量轴线夹角变动的数值, 允许按紧密啮合的一个齿轮轴向移动的相应数值确定;

(3) 表中 9 级  $\delta t_Z$  公差, 供左右齿面取不同精度等级的非工作面精度检验用;

(4) 表中的 6、7、8 级的  $\delta e_j$  供查齿厚公差  $\delta S$  用;

(5) 代号  $\delta t_Z$ ——周节累积误差的公差;  $\delta e_j$ ——齿圈跳动公差。

圆锥齿轮工作平稳性公差和偏差，见表 8-11。

表8-11 圆锥齿轮工作平稳性公差和偏差

精度等级	偏差和 公差代号	模数 $m$ (mm)	单位	锥 齿 轮 大 端 节 圆 直 径 (mm)						
				$\leq 50$	$> 50 \sim 80$	$> 80 \sim 120$	$> 120 \sim 200$	$> 200 \sim 320$	$> 320 \sim 500$	$> 500 \sim 800$
6	$\Delta_i t_p$ $\Delta_z t_p$	$> 1 \sim 2.5$	$\mu$	$\pm 4.5$	$\pm 4.5$	$\pm 5$	$\pm 5$	$\pm 5.5$	$\pm 7$	$\pm 8.5$
		$> 2.5 \sim 6$		$\pm 5$	$\pm 5.5$	$\pm 6$	$\pm 6$	$\pm 7$	$\pm 8$	$\pm 9.5$
		$> 6 \sim 10$			$\pm 6$	$\pm 7$	$\pm 8$	$\pm 8.5$	$\pm 9$	$\pm 10$
		$> 10 \sim 16$				$\pm 8.5$	$\pm 9$	$\pm 9.5$	$\pm 10.5$	$\pm 11.5$
7	$\Delta_i t_p$ $\Delta_z t_p$	$> 1 \sim 2.5$	$\mu$	$\pm 7$	$\pm 7$	$\pm 8$	$\pm 8$	$\pm 9$	$\pm 11$	$\pm 13$
		$> 2.5 \sim 6$		$\pm 8$	$\pm 9$	$\pm 10$	$\pm 10$	$\pm 11$	$\pm 12$	$\pm 15$
		$> 6 \sim 10$			$\pm 10$	$\pm 11$	$\pm 12$	$\pm 13$	$\pm 14$	$\pm 16$
		$> 10 \sim 16$				$\pm 13$	$\pm 14$	$\pm 15$	$\pm 17$	$\pm 19$
8	$\delta f$	$> 1 \sim 2.5$	$\mu$	22	24	25	26	30	36	42
		$> 2.5 \sim 6$		26	28	30	32	36	38	48
		$> 6 \sim 10$			34	36	38	40	45	50
		$> 10 \sim 16$				42	45	48	52	58
		$> 16 \sim 30$					58	60	70	75
9	$\delta f$	$> 2.5 \sim 6$	$\mu$	42	45	48	50	55	58	75
		$> 6 \sim 10$			52	55	58	60	70	80
		$> 10 \sim 16$				65	70	75	85	95
		$> 16 \sim 30$					95	100	110	115
10	$\delta f$	$> 2.5 \sim 6$	$\mu$	65	70	75	80	90	95	115
		$> 6 \sim 10$			85	90	95	100	110	120
		$> 10 \sim 16$				105	110	115	130	150
		$> 16 \sim 30$					150	160	180	190

注：(1) 表中10级 $\delta f$ 公差供左、右齿面取不同精度等级时非工作面精度检验用；

(2) 代号  $\delta f$ ——周节差的公差；

$\Delta_i t_p$ 、 $\Delta_z t_p$ ——周节的上、下极限偏差。

圆锥齿轮的接触精度公差和偏差，见表 8-12。

接触斑点是在轻微制动的条件进行检查的，若在满载工作时，接触斑点由于齿面变形将要扩展到全齿面上。在轻微制动条件下、接触斑点的理想形状应近似于椭圆，并不达到齿顶、齿根与齿面端部。正常接触斑点的形状如图 8-1 所示。

对于收缩齿，受载后接触区有向大端移动，因此，接触点位置略偏向小端，接触斑点的中点距小端距离以齿宽的 40% 为宜。

在具体规定接触区的要求时，还应考虑齿轮的工作载荷、支承刚性以及热处理对齿面接触区的影响等因素。一般，对于载荷较小或支承刚性较强的齿轮，接触斑点可规定得大些。反之，载荷较重或刚性较弱的齿轮，接触斑点应规定得小些。齿轮在热处理后，一般螺旋角减小，牙齿变直的趋势，凸面接触区移向大端，凹面接触区移向小端，齿高方向接触区略微变窄。为补偿这种变形、切齿时，对凹齿面应将接触区移向大端，对凸齿面应移向小端，而接触区的高度可以放宽些。

表8-12 圆锥齿轮的接触精度公差和偏差

精度等级	偏差和公差代号	模数 $m$ (mm)	单位	外 锥 距 $L_f$ (mm)				
				$\leq 200$	$> 200 \sim 320$	$> 320 \sim 500$	$> 500 \sim 800$	$> 800 \sim 1250$
6	$\frac{a}{b}$	$> 1 \sim 30$	%	$\geq 70$				
	$\frac{h_a}{h_{ga}}$			$\geq 70$				
	$\delta A_f$	$> 1 \sim 16$	$\mu$	15	18	22	28	36
7	$\frac{a}{b}$	$> 1 \sim 30$	%	$\geq 60$				
	$\frac{h_a}{h_{ga}}$			$\geq 60$				
	$\delta A_f$	$> 1 \sim 16$	$\mu$	19	22	28	36	48
8	$\frac{a}{b}$	$> 1 \sim 30$	%	$\geq 50$				
	$\frac{h_a}{h_{ga}}$			$\geq 50$				
	$\delta A_f$	$> 1 \sim 16$	$\mu$	24	28	36	45	58
9	$\frac{a}{b}$	$> 2.5 \sim 30$	%	$\geq 40$				
	$\frac{h_a}{h_{ga}}$			$\geq 40$				
	$\delta A_f$	$> 2.5 \sim 16$	$\mu$	30	36	45	55	75
10	$\frac{a}{b}$	$> 2.5 \sim 30$	%	$\geq 30$				
	$\frac{h_a}{h_{ga}}$			$\geq 30$				
	$\delta A_f$	$> 2.5 \sim 16$	$\mu$	38	45	55	70	95

注：(1) 采用的代号：

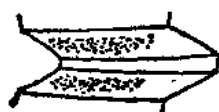
$\frac{a}{b}$  —— 接触斑点在齿宽方向的比例大小，

$\frac{h_a}{h_{ga}}$  —— 接触斑点在齿高方向的比例大小，

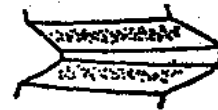
$\delta A_f$  —— 轴心线不相交性的公差。

(2) 表中的10级精度的接触斑点规范，供左、右齿面具有不同精度等级的非工作面检验用；表中10级精度的  $\delta A_f$  供鼓形直齿检验用；

(3) 表中  $\delta A_f$  作为箱体加工公差，以保证传动的接触精度。



(a)



(b)

图8-1 接触斑点

(a) 正常接触 (轻微制动下检查) 的接触斑点；(b) 满载时正常接触的接触斑点。

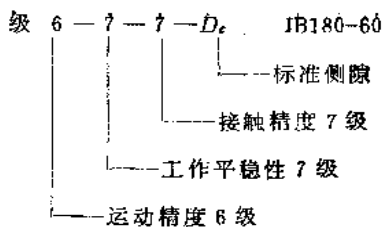
表8-13 圆锥齿轮齿坯的极限偏差和公差

精 度 等 级	面 角 极 限 偏 差 $\Delta\varphi_f(\text{min})$	背 角 极 限 偏 差 $\Delta\varphi_b(\text{min})$	齿 宽 极 限 偏 差 $\Delta b(\mu\text{m})$	圆锥跳动 $E_D$ ( $\mu\text{m}$ )		基面跳动 $E_T$ ( $\mu\text{m}$ )		齿数至基面极限偏差 $\Delta A'$ ( $\mu\text{m}$ )		节锥顶点至基面极限偏差 $\Delta A$ ( $\mu\text{m}$ )																		
				齿数大端节圆直径 $D$ (mm)		基面外径 (mm)		模 数 $m$ (mm)		外 径 距 $L_s$ (mm)																		
				$>40$ $\sim 100$	$>100$ $\sim 200$	$>40$ $\sim 100$	$>100$ $\sim 200$	$>1$ $\sim 2.5$	$>2.5$ $\sim 5$	$>6$ $\sim 10$	$>10$ $\sim 16$	$>200$ $\sim 320$	$>320$ $\sim 500$															
6	$\pm 5$	$\pm 15$	-200	20	25	30	40	25	30	40	50	50	30	40	50	70	120	180	200	250	300	350	400	500	600	700	800	
7	$\pm 7$	$\pm 15$	-300	25	30	40	50	30	40	50	70	70	36	48	55	75	75	70	80	100	120	150	180	200	250	300	350	400
8	$\pm 10$	$\pm 15$	-300	50	60	80	100	50	60	80	120	120	45	55	75	90	90	80	100	120	150	180	200	250	300	350	400	500
9	$\pm 10$	$\pm 15$	-500	80	100	120	160	60	80	120	180	180	55	75	95	110	110	80	100	120	150	180	200	250	300	350	400	500

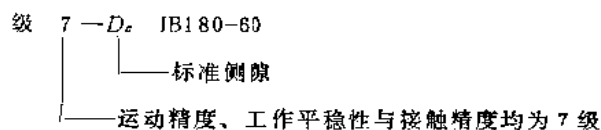
注：表中的精度等级除  $E_T$  外均指运动精度， $E_T$  指接触精度。



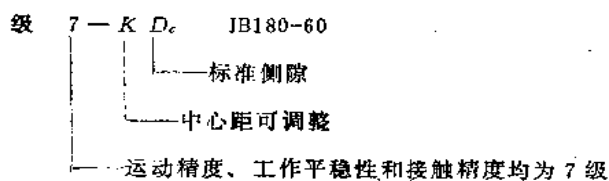




(2) 当齿轮运动精度、齿轮工作平稳性和接触精度均为 7 级，结合形式为  $D_c$ ，其标注方法为



(3) 当齿轮的运动精度、工作平稳性和接触精度均为 7 级，结合形式为  $D_c$ ，对中心距可调的传动，其标注方式为



## 七、应用示例

某直齿圆锥齿轮的基本参数及基本尺寸，见图 8-3、图 8-4 和图 8-5。

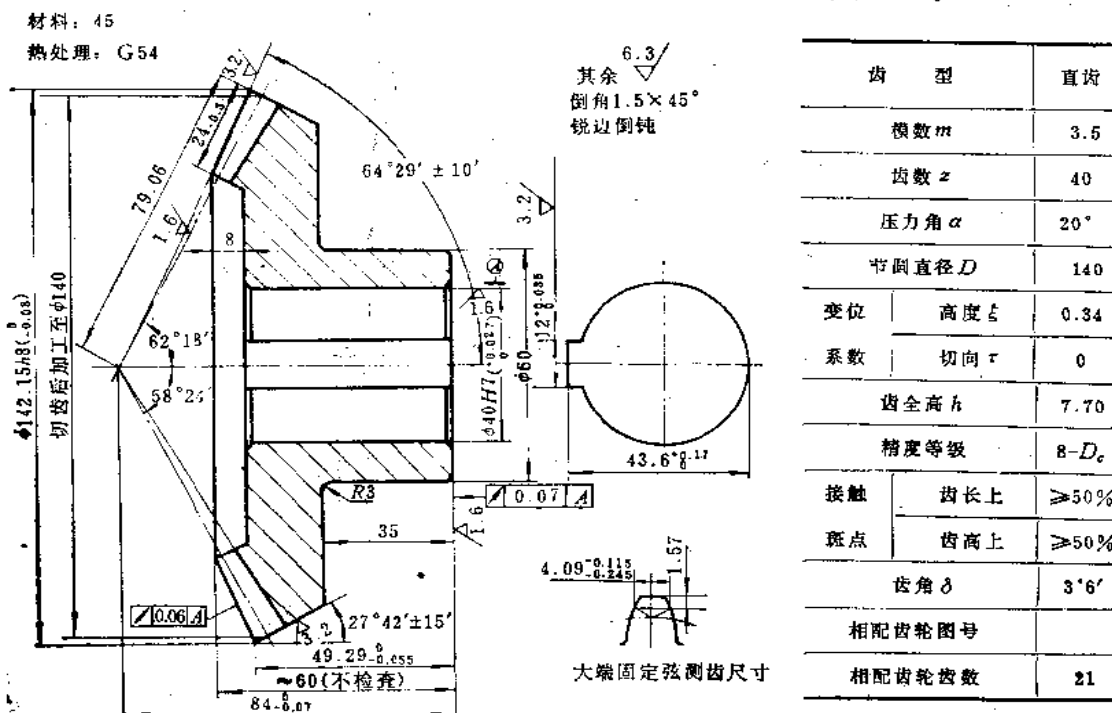
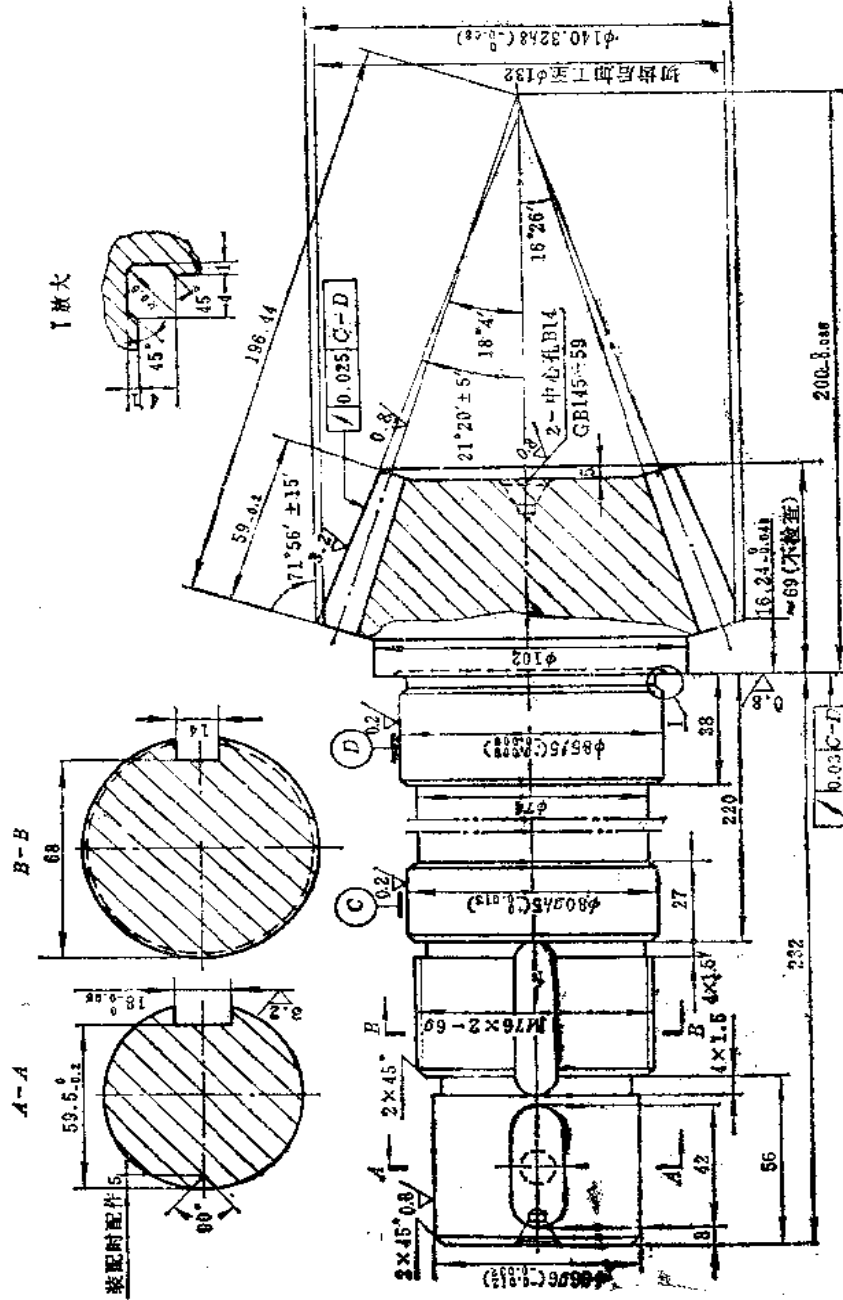


图8-3 直齿锥齿轮工作图

技术要求：  
 接触斑点中心高小端约40%齿长  
 实际安装配副刻写在精加工完的齿轮上  
 材料：20Cr  
 热处理：齿部与C、D轴颈S1.6-C59

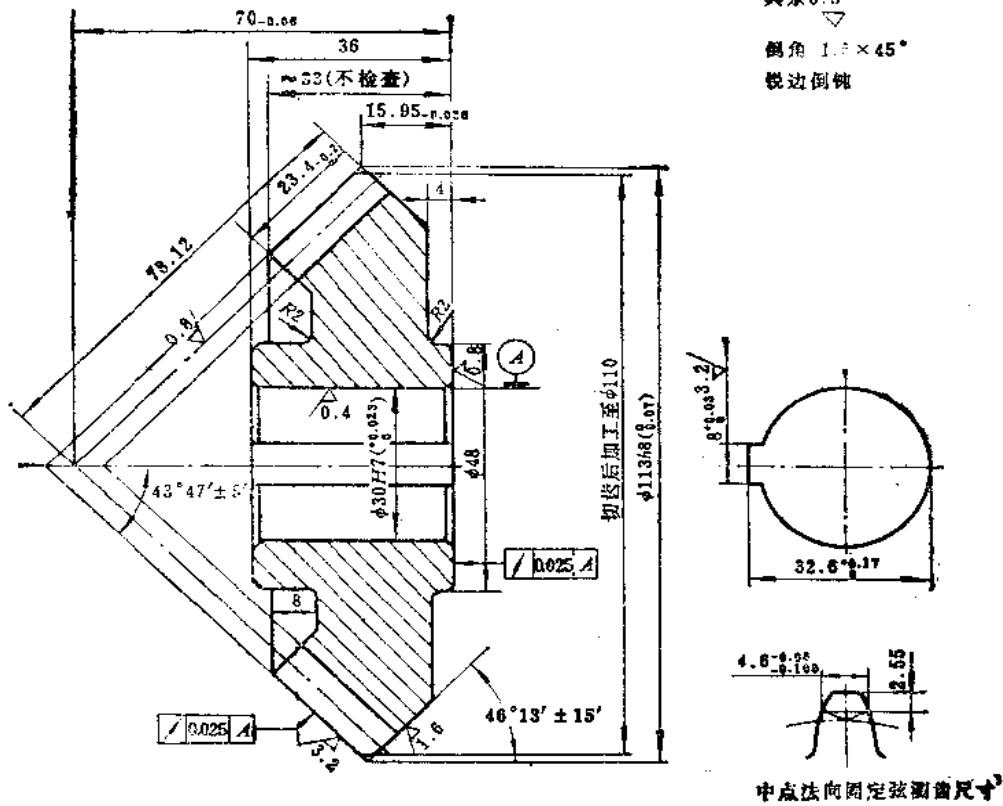
6.3  
 式  
 角 $\alpha \times 45^\circ$   
 锐边倒钝  
 A-A



齿型	普通弧齿
模数m	8.12
齿数z	15
压力角 $\alpha$	20°
螺旋角 $\beta$	35°
螺旋方向	右旋
节圆直径D	121.80
变位	高度 $\xi$ 0.35
系数	切向 $\tau$ 0.12
齿全高h	15.33
大端理论齿厚S	16.417
精度等级	6-7-6- $D_A$
接触	齿长上 $\geq 70\%$
斑点	齿高上 $\geq 70\%$
保证侧隙 $C_n$	0.085
刀盘名义直径 $D_c$	12#
相配齿轮图号	
相配齿轮齿数	46

图8-4 普通弧齿锥齿轮工作图

实际安装距刻写在精加工完的齿轮上  
 材料: 40Cr  
 热处理: 齿部 G52



齿 型		等高弧齿		齿 型		等高弧齿	
模 数	$m$		4.70	齿 全 高	$h$		7.40
小端模数	$m_f$		3.29	中点法向弧齿厚	$S_{nos}$		5.214
齿 数	$Z$		23	精度等级			6- $D_6$
压 力 角	$\alpha$		20°	接 触	齿 长 上		$\geq 70\%$
螺 旋 角	$\beta$		35°	斑 点	齿 高 上		$\geq 70\%$
螺 旋 方 向			右旋	保 证 侧 隙	$C_s$		0.05
节 圆 直 径	$D$		108.10	刀 盘 名 义 直 径	$D_s$		$3 \frac{1}{2}$
变 位	高 度	$\xi$	0.03	相 配 齿 轮 图 号			
系 数	切 向	$\tau$	0	相 配 齿 轮 齿 数			24

图8-5 等高弧齿锥齿轮工作图示例

## 八、圆锥齿轮传动箱体公差的选择

圆锥齿轮的正常啮合传动与箱体公差直接有关，故在确定选用圆锥齿轮的精度与公差之后，务要合理选用箱体公差。箱体公差包括轴心线不相交性公差  $\delta A_i$  和轴线夹角的极限偏差  $\Delta_i \varphi_p$  和  $\Delta_x \varphi_p$ 。  $\Delta \varphi_p$  保证传动中的侧隙值，  $\delta A_i$  控制传动的接触精度。其箱体误差如图 8-6 所示。

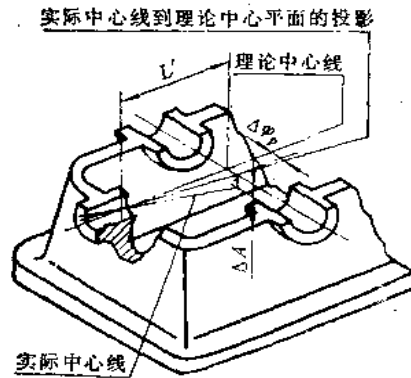


图8-6 箱体轴心线不相交性误差  $\Delta A$  和轴线夹角偏差  $\Delta \varphi_p$

箱体公差见表 8-15。

表8-15 圆锥齿轮传动箱体公差

各 称	精度和 结合形式	分度圆锥母线长度 $L$ (mm)					
		$\leq 50$	$> 50 \sim 80$	$> 80 \sim 120$	$> 120 \sim 200$	$> 200 \sim 320$	$> 320 \sim 500$
		( $\mu\text{m}$ )					
$\Delta_i \varphi_p$	7- $D_b$	$\pm 28$	$\pm 38$	$\pm 45$	$\pm 50$	$\pm 58$	$\pm 70$
$\Delta_x \varphi_p$	8- $D_c$	$\pm 45$	$\pm 58$	$\pm 70$	$\pm 80$	$\pm 95$	$\pm 110$
	$D_e$	$\pm 70$	$\pm 95$	$\pm 110$	$\pm 120$	$\pm 150$	$\pm 180$
$\delta A_i$	3~10级	按表 7-3-15					

注：表中之公差值系在分度圆锥母线长度  $L$  上，以长度单位的度量值，若轴线交点到箱体支撑面最大距离为  $L'$  时，则应把表中公差数值乘以  $L'/L$ 。

## 第九章 普通蜗杆传动公差的选择

我国现行蜗杆传动公差是执行 JB162-60 的标准。此标准主要对蜗杆精度、蜗轮精度、传动精度和侧隙四方面规定了要求。

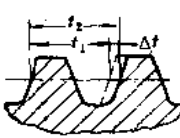
标准将蜗杆传动分为两类：蜗杆和蜗轮相互位置可调节的运动传动及蜗杆和蜗轮相互位置不可调节的动力传动。

蜗杆传动公差适用于金属蜗轮与圆柱蜗杆结合的蜗杆传动（包括阿基米德螺旋面蜗杆、渐开线蜗杆、延长渐开线蜗杆），蜗杆轴向模数  $> 1 \sim 30\text{mm}$ ，蜗杆分度圆直径  $\leq 400\text{mm}$ ，蜗轮分度圆直径  $\leq 2000\text{mm}$ ，蜗杆头数不限的动力蜗杆传动。也可用于轴向模数  $> 1 \sim 16\text{mm}$ ，蜗轮分度圆直径小于  $5000\text{mm}$  的运动传动。

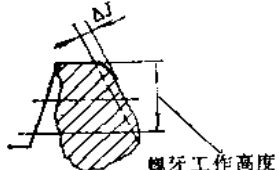
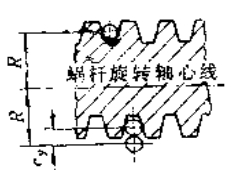
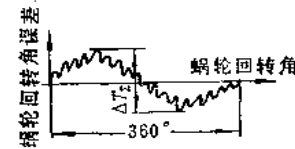
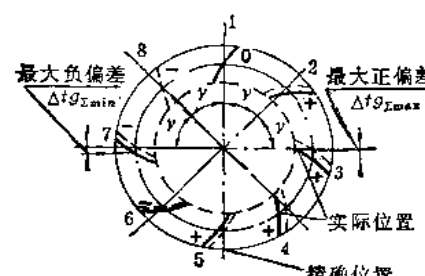
### 一、蜗杆传动公差和偏差的定义及代号

蜗杆传动公差和偏差的定义及代号见表 9-1。


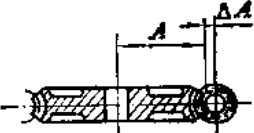
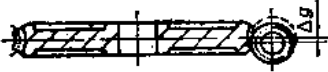
表9-1 蜗杆传动偏差和公差的定义与代号

序号	偏差和公差名称	代号	定义
1	蜗杆螺旋线偏差： 在蜗杆转动一转的范围内 在蜗杆长度上  蜗杆螺旋线偏差的公差： 在蜗杆转动一转的范围内 在蜗杆长度上	$\Delta t_b$ $\Delta t_{bz}$  $\delta t_b$ $\delta t_{bz}$	在蜗杆转动一转的范围内或相应地在蜗杆螺牙全长上，与蜗杆轴线同心的圆柱上容纳的蜗杆螺牙侧面与该圆柱相交的曲线的两条公称螺旋线间的法向距离 多头蜗杆的螺旋线偏差分别在每一条螺牙上测定
2	轴向齿距偏差   轴向齿距的极限偏差： 上偏差 下偏差	$\Delta t$  $\Delta t_1$ $\Delta_{xt}$	在轴向剖面内，蜗杆两相邻同名齿形间的实际距离与公称距离之差，在与轴线平行的直线上度量
3	轴向齿距的累积误差  轴向齿距的极限累积误差： 上偏差 下偏差	$\Delta t_z$  $\Delta_{zt}$ $\Delta_{xtz}$	在蜗杆轴向剖面内，蜗杆螺牙的任意两个不相邻的同名齿形（包括两端完整齿形）间实际距离与公称距离之差。在与轴线平行的直线上度量

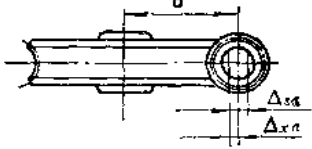
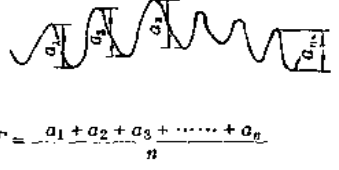
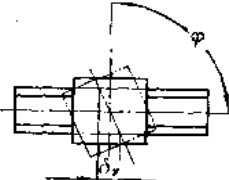
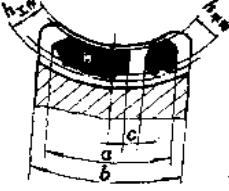
(续)

序号	偏差和公差名称	代号	定义
4	<p>蜗杆齿形误差</p>  <p>蜗牙工作高度</p> <p>蜗杆齿形公差</p>	<p><math>\Delta J</math></p> <p><math>\delta J</math></p>	<p>在螺牙工作部分内, 容纳实际齿形的两理论齿形间的法向距离 在规定的公称齿形剖面内测定</p>
5	<p>蜗杆螺牙的径向跳动</p>  <p>蜗杆旋转轴线</p> <p>蜗杆螺牙的径向跳动公差</p>	<p><math>\Delta e_y</math></p> <p><math>\delta e_y</math></p>	<p>蜗杆转动一转范围内, 由蜗杆旋转轴线至齿沟 (或齿厚) 固定表面间距离的最大变动 多头蜗杆的螺牙径向跳动分别在每一条螺牙上测定</p>
6	<p>蜗轮运动误差</p>  <p>蜗轮运动误差的公差</p>	<p><math>\Delta T_z</math></p> <p><math>\delta T_z</math></p>	<p>对 <math>m \leq 1</math> 的蜗轮是与精密蜗杆单面啮合 (对 <math>m &gt; 1</math> 的蜗轮是在装配好的传动中, 蜗轮与配偶蜗杆单面啮合) 时, 蜗轮转动一转的范围内, 回转角的最大误差 在蜗轮分度圆上测定</p>
7	<p>蜗轮周节累积误差</p>  <p>最大负偏差 <math>\Delta tg \Sigma_{min}</math></p> <p>最大正偏差 <math>\Delta tg \Sigma_{max}</math></p> <p>实际位置</p> <p>精确位置</p> <p><math>\Delta tg \Sigma = \Delta tg \Sigma_{max} - (-\Delta tg \Sigma_{min})</math></p> <p>蜗轮周节累积误差的公差</p>	<p><math>\Delta tg \Sigma</math></p> <p><math>\delta tg \Sigma</math></p>	<p>在蜗轮的一个圆周内, 任意两个同名齿形相互位置的最大误差 在垂直于蜗轮旋转轴线的剖面内, 沿齿高中部的圆周测定</p>

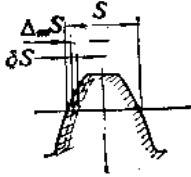
(续)

序号	偏差和公差名称	代号	定义
8	齿圈的径向跳动  齿圈径向跳动的公差	$\Delta e_r$  $\delta e_r$	与蜗杆蜗牙法向剖面相应的齿形对蜗轮旋转轴心线距离的最大变动 在蜗轮中心平面内测定
9	范成误差  范成误差的公差	$\Delta \varphi_z$  $\delta \varphi_z$	在消除齿圈径向跳动和由刀具不精确产生的误差的条件下测定的蜗轮运动误差部分 误差以秒计量
10	蜗轮相邻周节差    蜗轮相邻周节差的公差	$\Delta s_t$  $\delta s_t$	在垂直于蜗轮旋转轴心线的剖面内, 与此轴心线同心而大约通过齿高中部的圆周上, 两相邻节距之差
11	中心距偏差: 传动中 加工中    中心距极限偏差 传动中: 上偏差 下偏差 加工中: 上偏差 下偏差	$\Delta A$ $\Delta A_0$  $\Delta_1 A$ $\Delta_x A$ $\Delta_1 A_0$ $\Delta_x A_0$	在装配好的传动中或相应地在机床上最后加工蜗轮齿形时, 蜗轮和蜗杆轴心线间实际距离和公称距离之差
12	蜗轮中心平面偏移: 传动中 加工中    蜗轮中心平面的极限偏移: 传动中: 上偏差 下偏差 加工中: 上偏差 下偏差	$\Delta g$ $\Delta g_0$  $\Delta_1 g$ $\Delta_x g$ $\Delta_1 g_0$ $\Delta_x g_0$	在装配好的传动中, 蜗轮中心平面和蜗杆与蜗轮轴心线的公法线间的最小距离之值或相应地在机床上最后加工蜗轮齿形时, 刀具轴心线的偏移



序号	偏差和公差名称	代号	定义
13	公称度量中心距  度量中心距的极限偏差: 上偏差 下偏差 度量中心距变动: 蜗轮转动一转 蜗轮转动一齿 度量中心距变动公差: 蜗轮转动一转 蜗轮转动一齿	a  $\Delta_{I,a}$ $\Delta_{X,a}$  $\Delta_{F,a}$ $\Delta_{c,a}$  $\delta_{F,a}$ $\delta_{c,a}$	按公称尺寸制造的精确蜗杆与公称尺寸的蜗轮紧密啮合时相应的中心距   蜗轮与精确蜗杆紧密结合时, 蜗轮转动一转或相应地转动一齿(一个节距的角度)间, 度量中心距的最大值与最小值之差
14	刀具成形面误差* 刀具成形面误差的公差	$\Delta\rho$  $\delta\rho$	在螺旋表面的法向上刀具的螺旋成形面和蜗杆螺旋的理论螺旋面间的错位
15	传动的周期误差  $\Delta T = \frac{-a_1 + a_2 + a_3 + \dots + a_n}{n}$ 传动周期误差的公差	$\Delta T$  $\delta T$	装配好的传动中, 蜗轮转动一转间定期地多次重复的运动误差部分 在垂直于蜗轮中心线剖面内沿通过齿高中部的圆周测定, 此圆周系以蜗轮旋转轴心为圆心在分度圆上以蜗轮转动一转间所有周期的蜗轮运动误差变动范围的平均值确定
16	轴心线歪斜度  轴心线歪斜度公差	$\Delta y$  $\delta y$	在装配好的传动中, 蜗杆和蜗轮轴心线相交角度的偏差数值, 在蜗轮宽度上以长度单位计量
17	接触斑点 		装配好的蜗杆传动, 在轻载制动下, 运转后蜗轮齿侧面上分布的接触痕迹 接触斑点由比例大小(百分比)来决定 齿长上系接触项迹斑点间距离(减去超过模数值的断开部分 c)与齿全长之比** $\left( \frac{a-c}{b} \times 100\% \right)$ 齿高上系接触部分在其齿全长上的平均高度与齿的工作高度之比** $\left( \frac{h_{平均}}{h_{工作}} \times 100\% \right)$

(续)

序号	偏差和公差名称	代号	定义
18	螺牙公称厚度  螺牙减薄量 螺牙最小减薄量 螺牙厚度公差	S  $\Delta S$ $\Delta_m S$ $\delta S$	在公称中心距的条件下, 与具有公称齿厚的蜗轮紧密结合时, 蜗杆螺牙在法向剖面***内的计算厚度(弧长)  蜗杆螺牙对公称厚度的减薄量 为保证传动中的保证侧隙而存在的螺牙最小规定减薄量 蜗杆螺牙的最小减薄量与最大减薄量之差
19	侧隙  保证侧隙	$C_n$	蜗杆螺牙和蜗轮齿的非结合侧面间的间隙, 它保证蜗杆不动时蜗轮可自由转动 在侧面的法向上以长度测定 最小规定侧隙

- \* 所谓刀具的成形面是指以包络法形成制品表面的刀具表面。根据采用的刀具不同, 成形面由其与制品相对运动中的切削要素来决定, 或者就是刀具切削刃所在的表面;
- \*\* 在规定蜗轮齿侧面边缘有削角时, 齿的全长和全高采用减去削角后的长度和高度;
- \*\*\* 所谓法向剖面是指在分度圆柱上与螺牙对称表面交线的方向相垂直的剖面。

## 二、精度等级的选用

JB162-60 标准规定普通蜗杆传动公差有 12 个精度等级, 按精度从高到低依次降低称为 1 级、2 级、3 级…和 12 级。其中, 对 1 级、2 级、10 级、11 级和 12 级精度, 暂未规定公差和偏差。对于运动传动, 规定了 3~6 级精度规范; 对动力传动仅规定了 5~9 级精度规范。

每个精度等级规定下列三种规范:

(1) 蜗杆精度规范;

表9-2 各级精度与蜗轮圆周速度、蜗杆与蜗轮检验项目

精度规范	精度等级					
	3、4	5	6	7	8	9
蜗杆精度指标	$\Delta f_z, \Delta f, \Delta e_{j1}, \Delta J$					
蜗轮精度指标	$\Delta_{gt}, \Delta e_{j2}, a, \Delta g$					
安装精度指标	接触斑点, $\Delta A, \Delta g, \Delta y$					
侧隙指标	$C_n$					
蜗轮圆周速度 (m/s)	—	—	> 5	≤ 7.5	≤ 3	≤ 1.5

注: (1) 3~4 级精度用于高精度齿轮机床分度蜗杆传动;

(2) 5 级精度用于分度读数装置和精密齿轮机床的分度蜗杆传动, 高精度或高速动力传动。

(2) 蜗轮精度规范;

(3) 接触和安装精度规范。

蜗杆传动的制造精度等级是由传动的精度等级和侧隙的结合来决定的。

蜗杆、蜗轮的精度等级及其安装精度应根据蜗轮的圆周速度、传递功率、使用条件及其他技术条件决定。

各精度级与蜗轮圆周速度的关系见表 9-2, 相应的检验项目见表 9-2。

### 三、侧隙的选用

侧隙规范不按蜗杆传动的精度等级规定。按侧隙大小, JB162-60 标准对蜗杆传动规定有四种结合形式, 其代号及其应用见表 9-3。

表9-3 侧隙及其应用

结合形式	代号	应 用
零侧隙	$D$	齿轮机床中的分度蜗杆传动及分度读数装置中的蜗杆传动
较小侧隙	$D_h$	需要正反转的蜗杆传动
标准侧隙	$D_s$	一般动力传动(闭式传动)
较大侧隙	$D_e$	高速、高温蜗杆传动及开式蜗杆传动

标准保证侧隙为基本侧隙。它是在箱体发热至  $50^{\circ}\text{C}$ , 传动副发热至  $80^{\circ}\text{C}$ 、箱体材料线胀系数为  $10.5 \times 10^{-6}$ , 蜗杆膨胀系数为  $11.5 \times 10^{-6}$ 、蜗轮膨胀系数为  $17.5 \times 10^{-6}$  的情况下, 标准侧隙要保证补偿由传动发热而引起的侧隙减小。

蜗杆传动的保证侧隙见表 9-4。

表9-4 保证侧隙 $C_n$  (JB162-60)

结合形式	偏差代号	中 心 距 (mm)						
		$\leq 40$	$>40 \sim 80$	$>80 \sim 160$	$>160 \sim 320$	$>320 \sim 630$	$>630 \sim 1250$	$>1250$
		(μm)						
零保证侧隙 $D$	$C_n$	0	0	0	0	0	0	0
较小保证侧隙 $D_h$		28	48	65	95	130	190	260
标准保证侧隙 $D_s$		55	95	130	190	260	380	530
较大保证侧隙 $D_e$		110	190	260	380	530	750	—

蜗杆传动的保证侧隙是由蜗杆螺牙最小减薄量  $\Delta_{ms}$  来保证。螺牙厚度公差  $\delta_s$  为蜗杆螺牙的制造公差。蜗轮齿厚一般不进行测量, 而用蜗轮加工中心距偏差  $\Delta A_0$  来控制。

JB162-60 标准中规定的蜗杆螺牙最小减薄量  $\Delta_{ms}$  和蜗杆螺牙公差  $\delta_s$  是以工件轴线作为度量基准的。在利用不与安装基准重合的表面作为度量基准时, 应缩小制造公差以补偿由于改变度量基准所带来的误差。当以蜗杆外圆作为度量基准时, 其蜗杆螺牙最小

减薄量  $\Delta_{ms}$  及蜗杆螺牙公差  $\delta s$  按下列公式计算:

$$\Delta_{ms} = \Delta_{ms} + 0.364E_{d1}$$

$$\delta s = \delta s - 0.73E_{d1} - 0.364\delta d_1$$

表9-5 运动传动(可调节)蜗杆螺牙的最小减薄量  $\Delta_{ms}$  (JB162-60)

精度等级	结合形式	偏差代号	轴向模数 $m$ (mm)	中心距 (mm)						
				$\leq 40$	$>40 \sim 80$	$>80 \sim 160$	$>160 \sim 320$	$>320 \sim 630$	$>630 \sim 1250$	$>1250$
				( $\mu\text{m}$ )						
3和4	D	$\Delta_{ms}$	$>1 \sim 2.5$	13						
			$>2.5 \sim 6$	16						
			$>6 \sim 10$	22						
			$>10 \sim 16$	30						
	$D_b$	$\Delta_{ms}$	$>1 \sim 2.5$	42	60	80	110	150	210	290
			$>2.5 \sim 6$	45	65	85	115	160	210	300
$>6 \sim 10$				70	90	120	160	220	300	
$>10 \sim 16$					100	130	170	220	300	
$D_c$	$\Delta_{ms}$	$>1 \sim 2.5$	70	110	150	210	290	400	560	
		$>2.5 \sim 6$	75	115	160	210	290	400	600	
		$>6 \sim 10$		120	160	220	300	420	600	
		$>10 \sim 16$			170	220	300	420	600	
5	D	$\Delta_{ms}$	$>1 \sim 2.5$	14						
			$>2.5 \sim 6$	17						
			$>6 \sim 10$	24						
			$>10 \sim 16$	32						
	$D_b$	$\Delta_{ms}$	$>1 \sim 2.5$	42	65	85	115	150	210	280
			$>2.5 \sim 6$	45	65	85	115	160	210	300
$>6 \sim 10$				70	90	120	160	220	300	
$>10 \sim 16$					100	130	170	220	300	
$D_c$	$\Delta_{ms}$	$>1 \sim 2.5$	70	115	150	210	300	400	360	
		$2.5 \sim 6$	75	115	160	210	300	400	600	
		$>6 \sim 10$		120	160	220	300	420	600	
		$>10 \sim 16$			170	220	300	420	600	
6	D	$\Delta_{ms}$	$>1 \sim 2.5$	22						
			$>2.5 \sim 6$	28						
			$>6 \sim 10$	36						
			$>10 \sim 16$	70						
	$D_b$	$\Delta_{ms}$	$>1 \sim 2.5$	50	70	90	120	160	220	300
			$>2.5 \sim 6$	58	75	95	130	170	220	300
$>6 \sim 10$				85	105	140	180	240	320	
$>10 \sim 16$					120	150	190	250	340	
$D_c$	$\Delta_{ms}$	$>1 \sim 2.5$	80	120	160	220	300	420	600	
		$>2.5 \sim 6$	85	130	170	220	300	420	600	
		$>6 \sim 10$		140	180	240	320	420	600	
		$>10 \sim 16$			190	250	320	450	680	

式中  $E_{d_1}$  —— 蜗杆外圆对轴线的径向跳动 ( $\mu\text{m}$ );

$\delta d_{a_1}$  —— 蜗杆外圆直径的极限偏差 ( $\mu\text{m}$ );

表9-6 动力传动(不可调节)蜗杆螺牙的最小减薄量  $\Delta_{ms}$  (JB162-60)

精度等级	结合形式	偏差代号	轴向模数 $m_a$ (mm)	中心距 (mm)					
				$\leq 40$	$>40 \sim 80$	$>80 \sim 160$	$>160 \sim 320$	$>320 \sim 630$	$>630 \sim 1250$
				( $\mu\text{m}$ )					
5	D	$\Delta_{ms}$	$>1 \sim 2.5$	18	22	26	32	36	48
			$>2.5 \sim 6$	21	24	28	34	38	48
			$>6 \sim 10$		30	32	36	42	50
			$>10 \sim 16$			38	42	48	55
			$>16 \sim 30$				52	55	65
	$D_b$	$\Delta_{ms}$	$>1 \sim 2.5$	48	70	95	130	170	240
		$>2.5 \sim 6$	50	75	95	130	180	240	
		$>6 \sim 10$		80	100	140	180	250	
		$>10 \sim 16$			110	140	190	250	
		$>16 \sim 30$				150	200	260	
	$D_c$	$\Delta_{ms}$	$>1 \sim 2.5$	75	120	160	220	320	450
			$>2.5 \sim 6$	80	120	170	220	320	450
			$>6 \sim 10$		130	170	240	320	450
			$>10 \sim 16$			180	240	320	450
			$>16 \sim 30$				250	340	450
6	D	$\Delta_{ms}$	$>1 \sim 2.5$	30	34	42	50	55	70
			$>2.5 \sim 6$	34	38	45	52	60	75
			$>6 \sim 10$		45	52	58	65	80
			$>10 \sim 16$			60	70	75	85
			$>16 \sim 30$				85	85	100
	$D_b$	$\Delta_{ms}$	$>1 \sim 2.5$	58	85	110	150	200	260
		$>2.5 \sim 6$	65	90	115	150	200	280	
		$>6 \sim 10$		95	120	160	200	280	
		$>10 \sim 16$			130	170	210	280	
		$>16 \sim 30$				180	220	300	
	$D_c$	$\Delta_{ms}$	$>1 \sim 2.5$	85	130	180	250	340	450
			$>2.5 \sim 6$	90	140	180	250	340	480
			$>6 \sim 10$		140	190	250	340	480
			$>10 \sim 16$			200	260	360	480
			$>16 \sim 30$				280	360	480
7	D	$\Delta_{ms}$	$>1 \sim 2.5$	45	55	65	80	90	115
			$>2.5 \sim 6$	55	60	70	85	95	120
			$>6 \sim 10$		75	85	95	105	130
			$>10 \sim 16$			95	105	115	140
			$>16 \sim 30$				130	140	160
	$D_b$	$\Delta_{ms}$	$>1 \sim 2.5$	75	105	130	180	220	300
		$>2.5 \sim 6$	85	110	140	180	240	320	
		$>6 \sim 10$		120	150	190	240	320	
		$>10 \sim 16$			170	200	260	340	
		$>16 \sim 30$				240	280	360	

(续)

精度等级	结合形式	偏差代号	轴向模数 $m_s$ (mm)	中 心 距 (mm)					
				$\leq 40$	$>40\sim 80$	$>80\sim 160$	$>160\sim 320$	$>320\sim 630$	$>630\sim 1250$
				(μm)					
7	$D_e$	$\Delta_{ms}$	$>1\sim 2.5$	105	150	200	280	360	500
			$>2.5\sim 6$	110	160	210	280	380	500
			$>6\sim 10$		170	220	280	380	530
			$>10\sim 16$			240	300	400	530
			$>16\sim 30$				340	420	560
	$D_e$		$>1\sim 2.5$	160	250	340	480	630	900
		$>2.5\sim 6$	170	260	340	480	670	900	
		$>6\sim 10$		270	360	480	670	900	
		$>10\sim 16$			380	500	670	900	
		$>16\sim 30$				530	710	950	
8	$D_b$	$\Delta_{ms}$	$>1\sim 2.5$	105	140	180	220	280	380
			$>2.5\sim 6$	115	150	180	220	280	380
			$>6\sim 10$		160	200	240	300	400
			$>10\sim 16$			220	260	320	420
			$>16\sim 30$				300	330	450
	$D_e$	$\Delta_{ms}$	$>1\sim 2.5$	130	190	250	320	420	560
			$>2.5\sim 6$	140	200	250	320	420	600
			$>6\sim 10$		210	260	340	450	600
			$>10\sim 16$			300	360	450	600
		$>16\sim 30$				400	500	630	
$D_e$	$\Delta_{ms}$	$>1\sim 2.5$	190	280	380	530	710	950	
		$>2.5\sim 6$	200	300	400	530	710	950	
		$>6\sim 10$		320	400	530	710	1000	
		$>10\sim 16$			420	550	750	1000	
		$>16\sim 30$				600	750	1000	
9	$D_b$	$\Delta_{ms}$	$>1\sim 2.5$	150	190	240	300	360	480
			$>2.5\sim 6$	160	200	250	320	380	500
			$>6\sim 10$		240	280	340	400	500
			$>10\sim 16$			300	360	420	520
			$>16\sim 30$				450	500	600
	$D_e$	$\Delta_{ms}$	$>1\sim 2.5$	170	240	300	400	500	670
			$>2.5\sim 6$	190	250	320	400	530	710
			$>6\sim 10$		280	340	420	530	710
			$>10\sim 16$			380	450	560	710
			$>16\sim 30$				530	630	800
	$D_e$	$\Delta_{ms}$	$>1\sim 2.5$	240	340	450	600	800	1060
			$>2.5\sim 6$	250	360	450	600	800	1060
		$>6\sim 10$		380	480	630	800	1120	
		$>10\sim 16$			500	670	850	1120	
		$>16\sim 30$				750	900	1180	

注：在确定蜗杆蜗牙最小减薄量时，选择装配好的传动的保证侧隙应考虑到：（1）加工蜗轮齿用的刀具由于磨损而发生的刀齿减薄量；（2）传动副的要素在工作过程中的热膨胀；（3）润滑油层的厚度。

表9-7 以工件轴心线为度量基准时, 蜗杆螺牙厚度公差  $\delta_s$  (JB162-60)

精度等级	结合形式	偏差代号	轴向模数 $m$ (mm)	蜗杆分度圆直径 (mm)				
				>12~25	>25~50	>50~100	>100~200	>200~400
				( $\mu\text{m}$ )				
3和4	D	$\delta_s$	>1~6	24				
			>6~10	26				
			>10~16	28				
	D <sub>b</sub>		>1~6	34				
			>6~10	36				
			>10~16	38				
D <sub>c</sub>	>1~10	65						
	>10~16	70						
	5	D	24	36	26	28	32	
D <sub>b</sub>		34	36	36	40	42		
D <sub>c</sub>		65	65	65	70	75		
6	D	28	28	28	34	38		
	D <sub>b</sub>	38	40	40	45	50		
	D <sub>c</sub>	70	70	70	75	80		
7	D	32	34	34	45	50		
	D <sub>b</sub>	42	45	45	55	60		
	D <sub>c</sub>	75	75	75	85	90		
	D <sub>e</sub>	105	105	105	115	120		
8	D <sub>b</sub>	50	55	55	70	80		
	D <sub>c</sub>	80	85	85	100	110		
	D <sub>e</sub>	110	115	115	130	140		
9	D <sub>b</sub>	60	70	70	95	95		
	D <sub>c</sub>	90	100	100	130	130		
	D <sub>e</sub>	120	130	130	160	160		

表9-8 以蜗杆外圆为度量基准时, 蜗杆螺牙厚度公差  $\delta_{S_1}$

精度等级	结合形式	公差代号	轴向模数 $m$ (mm)	蜗杆分度圆直径 (mm)				
				>12~25	>25~50	>50~100	>100~200	>200~400
				( $\mu\text{m}$ )				
5	D D <sub>b</sub> D <sub>c</sub>	$\delta_{S_1}$	>1~16	16	16	16	16	16
				22	24	24	24	24
				42	42	42	42	45
6	D D <sub>b</sub> D <sub>c</sub>		>1~16	18	18	18	20	20
				24	24	24	24	25
				48	48	48	48	48
7	D D <sub>b</sub> D <sub>c</sub> D <sub>e</sub>	>1~30	19	19	19	24	25	
			26	28	28	30	32	
			48	48	48	50	50	
			70	70	70	75	75	
8	D <sub>b</sub> D <sub>c</sub> D <sub>e</sub>	>1~30	30	32	34	38	40	
			52	55	60	65	70	
			75	75	75	80	80	
9	D <sub>b</sub> D <sub>c</sub> D <sub>e</sub>	>1~30	38	45	50	55	60	
			65	70	75	80	85	
			75	75	75	85	90	

表9-9 以蜗杆外圆为度量基准时, 运动传动(可调节)蜗杆螺牙的最小减薄量  $\Delta_{m's}$ .

精度等级	结合形式	偏差代号	轴向模数 $m$ (mm)	中心距 (mm)						
				$\leq 40$	$>40\sim 80$	$>80\sim 160$	$>160\sim 320$	$>320\sim 630$	$>630\sim 1250$	$>1250$
				( $\mu\text{m}$ )						
5	D	$\Delta_{m's}$	$>1\sim 2.5$	17						
			$>2.5\sim 6$	20						
			$>6\sim 10$	23						
			$>10\sim 16$	36						
	D <sub>b</sub>		$>1\sim 2.5$	45	65	85	115	160	220	280
			$>2.5\sim 6$	50	70	90	120	170	220	300
			$>6\sim 10$	—	75	95	120	170	220	300
			$>10\sim 16$	—	—	105	130	180	220	300
	D <sub>c</sub>		$>1\sim 2.5$	80	120	160	220	300	400	560
			$>2.5\sim 6$	85	120	170	220	300	400	600
			$>6\sim 10$	—	130	170	220	300	420	600
			$>10\sim 16$	—	—	180	220	300	420	600
6	D	$\Delta_{m's}$	$>1\sim 2.5$	26						
			$>2.5\sim 6$	32						
			$>6\sim 10$	40						
			$>10\sim 16$	75						
	D <sub>b</sub>		$>1\sim 2.5$	55	75	95	120	170	220	300
			$>2.5\sim 6$	60	80	100	130	180	220	300
			$>6\sim 10$	—	90	110	140	190	250	320
			$>10\sim 16$	—	—	120	150	200	260	340
	D <sub>c</sub>		$>1\sim 2.5$	90	130	170	220	300	420	600
			$>2.5\sim 6$	90	140	180	220	300	420	600
			$>6\sim 10$	—	150	190	250	320	420	600
			$>10\sim 16$	—	—	200	260	320	450	630

表9-10 以蜗杆外圆为度量基准时, 动力传动(不可调节)蜗杆螺牙的最小减薄量  $\Delta_{m's}$ .

精度等级	结合形式	偏差代号	轴向模数 $m_r$ (mm)	中心距 (mm)						
				$\leq 40$	$>40\sim 80$	$>80\sim 160$	$>160\sim 320$	$>320\sim 630$	$>630\sim 1250$	
				( $\mu\text{m}$ )						
7	D	$\Delta_{m's}$	$>1\sim 2.5$	48	58	70	85	95	120	
			$>2.5\sim 6$	58	65	75	90	100	130	
			$>6\sim 10$	—	80	90	100	110	140	
			$>10\sim 16$	—	—	100	110	120	150	
			$>16\sim 30$	—	—	—	130	150	170	
	D <sub>b</sub>		$>1\sim 2.5$	80	110	140	190	220	320	
			$>2.5\sim 6$	90	115	150	190	250	320	
			$>6\sim 10$	—	120	160	200	250	320	
			$>10\sim 16$	—	—	180	210	270	340	
			$>16\sim 30$	—	—	—	250	280	360	



(续)

精度等级	结合形式	偏差代号	轴向模数 $m$ (mm)	中心距 (mm)					
				<40	>40~80	>80~160	>160~320	>320~630	>630~1250
				( $\mu\text{m}$ )					
7	$D_e$	$\Delta_{m\delta_e}$	>1~2.5	115	160	210	300	380	500
			>2.5~6	120	170	220	300	400	500
			>6~10		180	220	300	400	530
			>10~16			250	300	420	530
			>16~30				340	420	560
8	$D_b$	$\Delta_{m\delta_e}$	>1~2.5	110	150	190	220	280	380
			>2.5~6	120	160	190	220	280	380
			>6~10		170	210	250	300	400
			>10~16			220	260	320	420
			>16~30				300	360	450
	$D_e$	$\Delta_{m\delta_e}$	>1~2.5	140	200	260	340	420	560
			>2.5~6	150	210	260	340	420	600
			>6~10		220	280	360	450	600
			>10~16			320	380	450	600
	$D_e$	$\Delta_{m\delta_e}$	>16~30				420	500	630
			>1~2.5	200	300	400	530	710	950
			>2.5~6	210	320	420	530	710	950
>6~10				340	420	530	710	1000	
9	$D_b$	$\Delta_{m\delta_e}$	>10~16			420	600	750	1000
			>16~30				600	750	1000
			>1~2.5	160	200	250	300	380	500
			>2.5~6	170	210	260	320	400	500
			>6~10		250	300	340	420	500
	$D_e$	$\Delta_{m\delta_e}$	>10~16			300	360	420	530
			>16~30				400	500	600
			>1~2.5	180	250	320	420	710	950
			>2.5~6	200	260	340	420	710	950
	$D_e$	$\Delta_{m\delta_e}$	>6~10		300	360	420	710	1000
			>10~16			400	450	750	1000
			>16~30				530	750	1000
>1~2.5			260	360	450	630	800	1000	
$D_e$	$\Delta_{m\delta_e}$	>2.5~6	260	380	450	630	800	1000	
		>6~10		400	500	630	800	1120	
		>10~16			530	670	850	1120	
		>16~30				750	900	1130	

注：以蜗杆外圆为度量基准时，由于基准转换，必须限制蜗杆外圆直径的极限偏差  $\delta d_{p1}$  和蜗杆外圆对轴心线的径向跳动。

选用侧隙时，蜗杆螺牙的最小减薄量分为两种测量的情况：

(1) 以工件轴心线为度量基准时，应查表 9-5、表 9-6 和表 9-7。

以蜗杆外圆为度量基准时，应查表 9-8、表 9-9 和表 9-10。

#### 四、蜗杆传动的检验项目的选用

蜗杆传动的检验项目与其精度等级、生产规模和检验设备等因素有关。机床中蜗杆传动的检验项目，可按表 9-11 选取。

表9-11 蜗杆传动的检验项目组合

精度规范		检验项目组合	精度等级
蜗杆精度指标		$\Delta t_b$ 和 $\Delta t_{b\Sigma}$	3~4
		$\Delta t$ , $\Delta t_z$ , $\Delta I$ 和 $\Delta e_y$	5~9
蜗轮精度指标	可调节传动	$\Delta \varphi_z$ , $\Delta \varphi$ , $\Delta e_f$ 和 $\Delta \rho$ 或 $\Delta t_{g\Sigma}$ , $\Delta \varphi$ 和 $\Delta \rho$	3~4
		$\Delta_g^t$ 和 $\Delta t_{g^z}$ 或 $\Delta_g^t$ 和 $\Delta e_f$	5~9
		$\Delta_{ca}$ 和 $\Delta_{\alpha a}$	8~9
	不可调节传动	$\Delta_g^t$ , $\Delta t_{g^z}$ , $\Delta A_0$ 和 $\Delta g_0$ 或 $\Delta_g^t$ , $\Delta e_f$ , $\Delta A_0$ 和 $\Delta g_0$	5~9
$\Delta_{ca}$ , $\Delta_{\alpha a}$ , $\Delta A_0$ 和 $\Delta g_0$		8~9	
传动的精度指标	运动传动 (可调节的)	接触斑点, $\Delta T_z$ 和 $\Delta T$	3~6
	动力传动 (不可调节的)	接触斑点, $\Delta A$ , $\Delta g$ 和 $\Delta y$	5~9
侧隙规范	对于蜗杆	$\Delta_m S$ 和 $\delta S$	运动传动 3~6
	对于传动	$C_n$	动力传动 5~9

- 注: (1) 当蜗杆和蜗轮滚刀的螺旋面是在机床一次调整中磨出时, 可不检查蜗杆齿形误差 $\Delta I$ ;  
 (2) 蜗杆精度规范, 除 $\Delta e_y$ 外, 根据螺牙左、右侧面的工作条件不同, 允许选取不同精度等级;  
 (3) 蜗轮的精度规范, 除 $\Delta e_f$ ,  $\Delta A_0$ ,  $\Delta g_0$ ,  $\Delta_{ca}$ 和 $\Delta_{\alpha a}$ 外, 根据左、右齿形的工作条件不同, 允许选取不同精度等级;  
 (4) 运动传动(可调节)的精度规范, 根据左、右齿形的工作条件不同, 允许选取不同精度等级;  
 (5) 动力传动的接触斑点规范, 根据左、右齿形的工作条件不同, 允许选取不同精度等级;  
 (6) 当对接触斑点的形状和位置或测定有特殊要求时, 传动的安装和接触斑点规范可不按表5.6-30规定。

各级精度的公差及偏差规定如下:

- (1) 蜗杆精度的公差及偏差见表 9-12。
- (2) 蜗轮精度的公差及偏差见表 9-13。
- (3) 运动蜗杆传动(可调节)的精度公差及偏差见表 9-14。
- (4) 动力蜗杆传动(不可调节)的安装精度的公差及偏差见表 9-15。

表9-12 蜗杆精度规范 (JB162-60)

精度等级	偏差和公差		蜗杆直径 (mm)	轴向模数 $m_x$ (mm)				
	名称	代号		>1~2.5	>2.5~6	>6~10	>10~16	>16~30
				(μm)				
3和4	蜗杆螺旋线偏差的公差 (在蜗杆一转的范围内)	$\delta f_s$	12~400	4	5.2	7	9.5	
	蜗杆螺旋线偏差的公差 (在蜗杆长度上)	$\delta f_{sL}$	12~400	8	10.5	14	19	
5	轴向齿距的极限偏差的上偏差、下偏差	$\Delta f_t, \Delta f_t'$	12~400	±4.5	±5.5	±7.5	±10	±14
	轴向齿距的极限累积误差的上偏差、下偏差	$\Delta f_{t\Sigma}, \Delta f_{t\Sigma}'$	12~400	±3	±10	±12	±17	±26
	蜗杆齿形公差	$\delta J$	12~400	6.5	9	11.5	16	25
	蜗杆蜗牙径向跳动的公差	$\delta e_y$	12~25	6				
			>25~50	7				
			>50~100	8				
>100~200			10.5					
>200~400	14							
6	轴向齿距的极限偏差的上偏差、下偏差	$\Delta f_t, \Delta f_t'$	12~400	±7	±9	±11.5	±16	±22
	轴向齿距的极限累积误差的上偏差、下偏差	$\Delta f_{t\Sigma}, \Delta f_{t\Sigma}'$	12~400	±12	±16	±20	±26	±42
	蜗杆齿形公差	$\delta J$	12~400	10.5	14	19	25	40
	蜗杆蜗牙径向跳动的公差	$\delta e_y$	12~25	10				
			>25~50	11				
			>50~100	12				
>100~200			17					
>200~400	22							
7	轴向齿距的极限偏差的上偏差、下偏差	$\Delta f_t, \Delta f_t'$	12~400	±11	±14	±19	±25	±36
	轴向齿距的极限累积误差的上偏差、下偏差	$\Delta f_{t\Sigma}, \Delta f_{t\Sigma}'$	12~400	±20	±25	±32	±42	±65
	蜗杆齿形公差	$\delta J$	12~400	17	22	30	40	60
	蜗杆蜗牙径向跳动的公差	$\delta e_y$	12~25	16				
			>25~50	18				
			>50~100	20				
>100~200			26					
>200~400	36							

(续)

精度等级	偏差和公差		蜗杆直径 (mm)	轴向模数 $m_x$ (mm)				
	名称	代号		>1~2.5	>2.5~6	>6~10	>10~16	>16~30
				(μm)				
8	轴向齿距的极限偏差的上偏差、下偏差	$\Delta_i t, \Delta_x t$	12~400	±18	±22	±30	±40	±55
	轴向齿距的极限累积误差的上偏差、下偏差	$\Delta_i t_Z, \Delta_x t_Z$	12~400	±32	±40	±50	±65	±105
	蜗杆齿形公差	$\delta_f$	12~400	26	36	48	60	100
	蜗杆蜗牙径向跳动的公差	$\delta_{e_y}$	12~25	25				
			>25~50	28				
			>50~100	32				
>100~200			42					
>200~400	55							
9	轴向齿距的极限偏差的上偏差、下偏差	$\Delta_i t, \Delta_x t$	12~400	±28	±36	±48	±60	±90
	轴向齿距的极限累积误差的上偏差、下偏差	$\Delta_i t_Z, \Delta_x t_Z$	12~400	±50	±60	±80	±105	±170
	蜗杆齿形公差	$\delta_f$	12~400	42	55	75	100	160
	蜗杆蜗牙径向跳动的公差	$\delta_{e_y}$	12~25	40				
			>25~50	45				
			>50~100	50				
>100~200			65					
>200~400	90							

注：对多头蜗杆的传动，当蜗轮齿数为蜗杆头数的整数倍时，允许规定轴向齿距极限偏差值按本表所示数值增加一倍。轴向齿距的累积误差  $\Delta t_Z$  推荐按下列公式计算：

$$\text{头数等于 2 时 } \Delta t_Z = \Delta t_Z + \Delta t$$

$$\text{头数大于或等于 3 时 } \Delta t_Z = \Delta t_Z + 2\Delta t$$

式中  $\Delta t_Z$ ——单头时轴向齿距的累积误差；

$\Delta t$ ——单头时轴向齿距的偏差。

当采用上述放大公差时，蜗轮与蜗杆相对啮合位置必须作一标记，检修或拆卸后应照原位置装配。

表9-13 蜗轮精度规范 (JB162-60)

精度等级	偏差和公差		轴向模数 $m$ (mm)	蜗轮直径 (mm)										
	名称	代号		~50	>50~80	>80~120	>120~200	>200~320	>320~500	>500~800	>800~1250	>1250~2000	>2000~3150	>3150~5000
3	加工运动误差的公差	$\delta\varphi_I$	sec	38	24	19	15	11	9.5	7.5	6.5	5.5	5	4.5
	加工周期误差的公差	$\delta\varphi$		12	6.5	5	3.8	2.6	2	1.4	1.05	0.7	0.5	0.36
	齿圈径向跳动的公差	$\delta e_f$	$>1\sim16$	4.8	6.5	8	9.5	11	12	15	19	22	26	34
	蜗轮周节累积误差的公差	$\delta f_{g\pm}$		6	8	10	11.5	14	18	22	28	36	42	58
	刀具成形面误差的公差	$\delta\rho$		3										
4	加工运动误差的公差	$\delta\varphi_I$	sec	58	38	30	24	18	15	11.5	10.5	9	8	7
	加工周期误差的公差	$\delta\varphi$		20	10.5	8	5.8	4.2	3.2	2.2	1.7	1.1	0.8	0.55
	齿圈径向跳动的公差	$\delta e_f$	$>1\sim16$	7.5	10.5	12	15	18	20	24	30	36	42	52
	蜗轮周节累积误差的公差	$\delta f_{g\pm}$		10	12	16	19	22	28	36	45	55	65	95
	刀具成形面误差的公差	$\delta\rho$		5										
5	蜗轮相邻周节差的公差	$\delta_g f$	$\mu m$	5.5	5.8	6	6.5	7.5	9	10.5	13			
	蜗轮周节累积误差的公差	$\delta f_{g\pm}$		6.5	7	7	7.5	8.5	9.5	11.5	14	19		
	齿圈径向跳动的公差	$\delta e_f$	$>1\sim2.5$ $>2.5\sim6$ $>6\sim10$ $>10\sim16$ $>16\sim30$		8.5	9	9.5	10	11	13	16	21	28	40
	加工中中心距极限偏差的上、下偏差	$\Delta_r A_0$ $\Delta_g A_0$	$>1\sim30$		11	11	11.5	13	15	18	24	30	42	
	加工中蜗轮中心平面的极限偏移的上、下偏差	$\Delta_r g_0$ $\Delta_g g_0$	$>1\sim30$		15	16	17	19	22	28	34	48		

6	蜗轮相邻周节差的公差	$\delta_{z1}^f$	>1~2.5	9	9.5	10	10.5	11.5	14	17	21			
			>2.5~6	10.5	11	11	11.5	13	15	19	22	30		
			>6~10		13	14	15	16	18	21	25	34	45	60
			>10~16			18	18	19	21	24	28	38	48	65
			>16~30				24	25	26	30	36	45	52	75
			$\delta_{z2}^f$	25	32	40	48	55	70	90	110	140	170	240
			$\delta_{e1}$	20	26	32	38	45	50	58	75	90	105	130
			$\Delta_{rA0s}$ $\Delta_{rA}$	$\pm 11.5$	$\pm 17$	$\pm 19$	$\pm 22$	$\pm 26$	$\pm 30$	$\pm 36$	$\pm 42$	$\pm 48$		
			加工中蜗轮中心平面的极限 偏移的上、下偏差	$\pm 11.5$	$\pm 17$	$\pm 19$	$\pm 22$	$\pm 26$	$\pm 30$	$\pm 36$	$\pm 42$	$\pm 48$		
				14	15	16	17	19	22	26	34			
7	蜗轮相邻周节差的公差	$\delta_{z1}^f$	>1~2.5	14	15	16	17	19	22	26	34			
			>2.5~6	17	18	18	20	22	24	30	36	48		
			>6~10		21	22	24	25	28	32	40	52		
			>10~16			26	28	30	34	38	45	58		
			>16~30				38	40	45	48	55	65		
			$\delta_{z2}^f$	40	50	60	75	90	110	140	180	220		
			$\delta_{e1}$	32	42	50	58	70	80	95	115	140		
			$\Delta_{rA0s}$ $\Delta_{rA}$	$\pm 19$	$\pm 26$	$\pm 30$	$\pm 36$	$\pm 42$	$\pm 48$	$\pm 55$	$\pm 65$	$\pm 75$		
			加工中蜗轮中心平面的极限 偏移的上、下偏差	$\pm 19$	$\pm 26$	$\pm 30$	$\pm 36$	$\pm 42$	$\pm 48$	$\pm 55$	$\pm 65$	$\pm 75$		
				22	24	25	26	30	36	42	52			
8	蜗轮相邻周节差的公差	$\delta_{z1}^f$	>1~2.5	22	24	25	26	30	36	42	52			
			>2.5~6	26	28	30	32	36	38	48	55	75		
			>6~10		34	36	38	40	45	50	60	85		
			>10~16			42	45	48	52	58	70	95		
			>16~30				58	60	70	75	90	105		

(续)

精度等级	偏差和公差		轴向模数 $m$ (mm)	单位	蜗轮直径 (mm)												
	名称	代号			>120 ~200	>200 ~320	>320 ~500	>500 ~800	>800 ~1250	>1250 ~2000	>2000 ~3150	>3150 ~5000					
8	蜗轮周节累积误差的公差	$\delta f_g^2$	>1~30		>50~80 ~120	>80 ~100	>100 ~115	>120 ~140	>140 ~180	>180 ~220	>220 ~260	>260 ~360					
	齿圈径向跳动的公差	$\delta e_f$	>1~30		>50~80 ~120	>80 ~100	>100 ~115	>120 ~140	>140 ~180	>180 ~220	>220 ~260	>260 ~360					
	加工中中心距极限偏差的上、下偏差	$\Delta_{1,40}, \Delta_{1,40}$	>1~30		>50~80 ~120	>80 ~100	>100 ~115	>120 ~140	>140 ~180	>180 ~220	>220 ~260	>260 ~360					
	加工中蜗轮中心平面的移限 偏移的上、下偏差	$\Delta_{1,90}, \Delta_{1,90}$	>1~30		>50~80 ~120	>80 ~100	>100 ~115	>120 ~140	>140 ~180	>180 ~220	>220 ~260	>260 ~360					
	蜗轮转动一齿时度量中心距 变动公差	$\delta_g^0$	>1~2.5 >2.5~6 >6~10 >10~16	$\mu m$	>50~80 ~120	>80 ~100	>100 ~115	>120 ~140	>140 ~180	>180 ~220	>220 ~260	>260 ~360					
	蜗轮转动一转时度量中心距 变动公差	$\delta_g^0$	>1~2.5 >2.5~6 >6~10 >10~16	$\mu m$	>50~80 ~120	>80 ~100	>100 ~115	>120 ~140	>140 ~180	>180 ~220	>220 ~260	>260 ~360					
	9	蜗轮相邻周节差的公差	$\delta_g^f$	>1~2.5 >2.5~6 >6~10 >10~16 >16~30	$\mu m$	>50~80 ~120	>80 ~100	>100 ~115	>120 ~140	>140 ~180	>180 ~220	>220 ~260	>260 ~360				
						>50~80 ~120	>80 ~100	>100 ~115	>120 ~140	>140 ~180	>180 ~220	>220 ~260	>260 ~360				
						>50~80 ~120	>80 ~100	>100 ~115	>120 ~140	>140 ~180	>180 ~220	>220 ~260	>260 ~360				
						>50~80 ~120	>80 ~100	>100 ~115	>120 ~140	>140 ~180	>180 ~220	>220 ~260	>260 ~360				
					>50~80 ~120	>80 ~100	>100 ~115	>120 ~140	>140 ~180	>180 ~220	>220 ~260	>260 ~360					
					>50~80 ~120	>80 ~100	>100 ~115	>120 ~140	>140 ~180	>180 ~220	>220 ~260	>260 ~360					

蜗轮副节累积误差的公差	$\delta_{f_g}$	$>1\sim30$	$\mu\text{m}$											
			95	140	170	190	240	300	360	450	560			
齿圈径向跳动的公差	$\delta_{r_j}$	$>1\sim30$	80	105	120	150	180	200	240	300	360	450	560	
加工中心距极限偏差的上、下偏差	$\Delta A_{01}$ $\Delta A_{02}$	$>1\sim30$	$\pm 48$	$\pm 65$	$\pm 75$	$\pm 90$	$\pm 105$	$\pm 115$	$\pm 140$	$\pm 170$	$\pm 190$			
加工中蜗轮中心平面的极限偏移的上、下偏差	$\Delta_{100}$ $\Delta_{200}$	$>1\sim30$	$\pm 48$	$\pm 65$	$\pm 75$	$\pm 90$	$\pm 105$	$\pm 115$	$\pm 140$	$\pm 170$	$\pm 190$			
蜗轮转动一转时度量中心距变动公差	$\delta_{c_d}$	$>1\sim 2.5$	48	50	52	55	65	75	90					
		$>2.5\sim 6$	55	58	60	65	75	85	100					
		$>6\sim 10$		70	75	80	85	95	110					
		$>10\sim 16$			90	95	105	110	130					
蜗轮转动一转时度量中心距变动公差	$\delta_{w_d}$	$>1\sim 2.5$	115	160	180	200	220	280	340					
		$>2.5\sim 6$	130	170	180	200	240	280	340					
		$>6\sim 10$		180	190	220	250	300	350					
		$>10\sim 16$			210	240	280	320	380					

注：(1) 3 级和 4 级精度蜗轮，允许有不超过加工周期误差数值两倍的个别局部误差；

(2) 在 1/6 圆网上（或相当于向较大化整倍数的圆弧上），周节累积误差不应超过周节累积误差公差的一半。



表9-14 运动蜗杆传动(可调节)的精度规范(JB162-60)

精度等级	偏差和公差		轴向往复数 m, (田田)	蜗 轮 直 径 (mm)										
	名 称	代 号		≤50	>50~80	>80~120	>120~200	>200~320	>320~500	>500~800	>800~1250	>1250~2000	>2000~3150	>3150~5000
3	接触斑点			按高度不小于60 按长度不小于75										
	传动运动误差的公差	$\delta T_T$		12	17	19	22	28	36	45	52	70	95	120
	传动周期误差的公差	$\delta T$	>1~16	1.2	1.6	1.8	2.2	2.6	3	3.4	4	5	5.5	6
4	接触斑点			按高度不小于80 按长度不小于75										
	传动运动误差的公差	$\delta T_T$		20	26	30	36	45	55	70	85	110	150	200
	传动周期误差的公差	$\delta T$	>1~16	2	2.5	2.8	3.6	4.2	4.8	5.2	6	8	9	10
5	接触斑点			按高度不小于50 按长度不小于75										
	传动运动误差的公差	$\delta T_T$		32	42	48	55	70	90	110	130	180	240	320
	传动周期误差的公差	$\delta T$	>1~16	3	4	4.5	5.5	6.5	7.5	8.5	10	12	14	16
6	接触斑点			按高度不小于50 按长度不小于60										
	传动运动误差的公差	$\delta T_T$		48	65	85	95	115	140	180	220	280	380	500
	传动周期误差的公差	$\delta T$	>1~16	4.8	6	7.5	9	10	11.5	14	16	19	21	25

表9-15 动力蜗杆传动(不可调节)的安装精度规范(JB162-60)

精度等级	偏差和公差		轴向模数 $m_x$ (mm)	单位	中心距(mm)					
	名称	代号			$\leq 40$	$>40$ $\sim 80$	$>80$ $\sim 160$	$>160$ $\sim 320$	$>320$ $\sim 630$	$>630$ $\sim 1250$
5	接 触 斑 点			%	按齿高不小于60 按齿长不小于75					
	传动中中心距极限偏差的上、下偏差	$\Delta_1 A_1$ $\Delta_2 A_2$	$> 1 \sim 30$	$\mu\text{m}$	$\pm 11.5$	$\pm 17$	$\pm 22$	$\pm 28$	$\pm 34$	$\pm 45$
	传动中蜗轮中心平面的极限偏移的上、下偏差	$\Delta_1 g_1$ $\Delta_2 g_2$			$\pm 9$	$\pm 13$	$\pm 17$	$\pm 21$	$\pm 26$	$\pm 32$
	轴心线歪斜度公差	$\delta y$	$> 1 \sim 2.5$ $> 2.5 \sim 6$ $> 6 \sim 10$ $> 10 \sim 16$ $> 16 \sim 30$	$\mu\text{m}$	8.5 11 17 22 38					
接 触 斑 点			%	按齿高不小于60 按齿长不小于70						
6	传动中中心距极限偏差的上、下偏差	$\Delta_1 A_1$ $\Delta_2 A_2$	$> 1 \sim 30$	$\mu\text{m}$	$\pm 19$	$\pm 26$	$\pm 36$	$\pm 45$	$\pm 52$	$\pm 70$
	传动中蜗轮中心平面的极限偏移的上、下偏差	$\Delta_1 g_1$ $\Delta_2 g_2$			$\pm 14$	$\pm 21$	$\pm 28$	$\pm 34$	$\pm 42$	$\pm 50$
	轴心线歪斜度公差	$\delta y$	$> 1 \sim 2.5$ $> 2.5 \sim 6$ $> 6 \sim 10$ $> 10 \sim 16$ $> 16 \sim 30$	$\mu\text{m}$	10.5 14 21 28 48					
	接 触 斑 点			%	按齿高不小于60 按齿长不小于65					
7	传动中中心距极限偏差的上、下偏差	$\Delta_1 A_1$ $\Delta_2 A_2$	$> 1 \sim 30$	$\mu\text{m}$	$\pm 30$	$\pm 42$	$\pm 55$	$\pm 70$	$\pm 85$	$\pm 110$
	传动中蜗轮中心平面的极限偏移的上、下偏差	$\Delta_1 g_1$ $\Delta_2 g_2$			$\pm 22$	$\pm 34$	$\pm 42$	$\pm 52$	$\pm 65$	$\pm 80$
	轴心线歪斜度公差	$\delta y$	$> 1 \sim 2.5$ $> 2.5 \sim 6$ $> 6 \sim 10$ $> 10 \sim 16$ $> 16 \sim 30$	$\mu\text{m}$	13 18 26 36 58					
	接 触 斑 点			%	按齿高不小于50 按齿长不小于50					
8	传动中中心距极限偏差的上、下偏差	$\Delta_1 A_1$ $\Delta_2 A_2$	$> 1 \sim 30$	$\mu\text{m}$	$\pm 48$	$\pm 65$	$\pm 90$	$\pm 110$	$\pm 130$	$\pm 180$
	传动中蜗轮中心平面的极限偏移的上、下偏差	$\Delta_1 g_1$ $\Delta_2 g_2$			$\pm 36$	$\pm 52$	$\pm 65$	$\pm 85$	$\pm 105$	$\pm 120$

(续)

精度等级	偏差和公差		轴向模数 $m_j$ (mm)	单位	中心距 (mm)					
	名称	代号			$\leq 40$	$>40$ $\sim 80$	$>80$ $\sim 160$	$>160$ $\sim 320$	$>320$ $\sim 630$	$>630$ $\sim 1250$
8	轴心线歪斜度公差	$\delta y$	$>1\sim 2.5$	$\mu\text{m}$	17					
			$>2.5\sim 6$		22					
			$>6\sim 10$		34					
			$>10\sim 16$		45					
			$>16\sim 30$		75					
9	接触斑点		$>1\sim 30$	$\mu\text{m}$	按齿高不小于30 按齿长不小于35					
	传动中中心距极限偏差的上、下偏差	$\Delta_1 A_1, \Delta_2 A_2$			$\pm 75$	$\pm 105$	$\pm 140$	$\pm 180$	$\pm 210$	$\pm 280$
	传动中蜗轮中心平面的极限偏移的上、下偏差	$\Delta_1 g_1, \Delta_2 g_2$			$\pm 55$	$\pm 85$	$\pm 106$	$\pm 130$	$\pm 170$	$\pm 200$
	轴心线歪斜度公差	$\delta y$			$>1\sim 2.5$	21				
			$>2.5\sim 6$	28						
			$>6\sim 10$	42						
			$>10\sim 16$	55						
			$>16\sim 30$	95						

### 五、齿坯公差的选择

在JB162-60标准中未规定齿坯公差。推荐如下：

(1) 当以蜗杆外圆作为测量螺牙厚度的基准时，螺杆外圆直径的极限偏差  $\delta d_{a1}$  和蜗杆外圆对轴线的径向圆跳动公差  $E_{r1}$ ，推荐从表 9-16 和表 9-17 选取。

(2) 当以蜗轮的外圆和端面作为切齿时找正基准时，蜗轮外圆的径向圆跳动公差  $E_{r2}$  和蜗轮基准端面圆跳动公差  $E_{r100}$ ，推荐从表 9-18 和表 9-19 选取。蜗轮外圆直径极限偏差见表 9-20。

(3) 蜗杆、蜗轮表面粗糙度（表面光洁度 GB1031-68）见表 9-21。

表9-16 蜗杆外圆直径的极限偏差  $\delta d_{a1}$

精度等级	结 合 形 式			
	$D$	$D_1$	$D_2$	$D_3$
3~5	h 5	h 6	h 6	
6	h 6	h 6	h 6	h 6
7	h 8	h 6	h 7	h 7
8~9		h 7	h 7	h 7

表9-17 蜗杆外圆对轴心线的径向跳动公差 $E_{d1}$ 

精度等级	结合形式	公差代号	轴向模数 $m_r$ (mm)	蜗杆外圆直径 (mm)				
				>12~25	>25~50	>50~100	>100~200	>200~400
3和4	D		>1~6	8				
			>6~10	9				
			>10~16	10				
	$D_b$ $D_c$		>1~16	12				
				22				
5	D $D_b$ $D_c$	$E_{d1}$		8	9	9	10	11
				11	12	12	14	14
				22	22	22	24	26
6	D $D_b$ $D_c$			9	10	10	11	13
				13	14	14	15	17
				24	24	24	26	28
7	D $D_b$ $D_c$ $D_e$		>1~30	11	12	12	15	17
				14	15	15	19	20
				26	26	26	30	30
				36	36	36	40	42
8	$D_b$ $D_c$ $D_e$			17	19	19	24	28
				28	30	30	34	38
				38	40	40	45	48
9	$D_b$ $D_c$ $D_e$			21	24	24	32	32
				30	34	34	45	45
				42	45	45	55	55

表9-18 蜗轮外圆的径向跳动公差 $E_{ds}$ 

精度等级	结合形式	轴向模数 $m_r$ (mm)	蜗轮外圆直径 (mm)						
			≤50	>50~120	>120~200	>200~500	>500~800	>800~1250	>1250~2000
3	D $D_b$ $D_c$		6	7	7	8	10	10	10
			8	9	10	11	12	13	15
			10	11	12	14	15	18	20
4	D $D_b$ $D_c$	>1~10	7	8	10	11	12	14	16
			9	11	12	13	15	18	20
			11	14	15	18	20	23	26
5	D $D_b$ $D_c$		8	11	12	14	16	19	21
			11	13	15	18	20	24	28
			14	18	20	23	26	30	36
6	D $D_b$ $D_c$	>1~16	11	14	16	19	21	28	32
			13	18	20	24	28	35	42
			18	23	26	30	36	45	52

(续)

精度等级	结合形式	轴向模数 $m$ (mm)	蜗轮外圆直径 (mm)						
			$\leq 50$	$> 50 \sim 120$	$> 120 \sim 200$	$> 200 \sim 500$	$> 500 \sim 800$	$> 800 \sim 1250$	$> 1250 \sim 2000$
			( $\mu\text{m}$ )						
7	$D$	$> 1 \sim 30$	14	19	21	28	32	38	48
	$D_b$		18	24	28	35	42	48	65
	$D_c$		23	30	36	45	52	65	80
	$D_e$		28	38	42	55	65	75	100
8	$D_b$		24	35	42	48	60	75	95
	$D_c$		30	45	52	65	80	100	120
	$D_e$		38	55	65	75	100	120	150
9	$D_b$		35	48	60	75	95	120	150
	$D_c$		45	65	80	100	120	150	190
	$D_e$		55	75	100	120	150	190	240

注：(1) 凡选用蜗轮的外圆表面作为切齿找正的基准时，应用本表规定蜗轮外圆对旋转轴心线（蜗轮配合孔）的径向跳动公差；

(2) 蜗轮外圆直径的公差可按  $d_9$  (GB159-59)。

表9-19 蜗轮基准端面的端面跳动公差  $E_{T100}$ 

精度等级	公差代号	轴向模数 $m$ (mm)	蜗轮宽度 (mm)				
			$\leq 55$	$> 55 \sim 110$	$> 110 \sim 160$	$> 160 \sim 220$	$> 220 \sim 320$
			( $\mu\text{m}$ )				
3	$E_{T100}$	1~10	8.5	4.5	3	2.5	2
4			10.5	5.5	4	3	2.5
5		1~16	13	7	5	4	3
6			17	9	6	5	4
7		1~30	21	11	8	6	5
8			26	14	10	8	6
9			2.5~30	34	18	12	10

注：(1) 本表适用于以蜗轮的一个端面作为切齿找正的基准面时的场合；

(2) 本表所列数值为蜗轮分度圆直径  $d_{f2} = 100\text{mm}$  时的端面跳动数值，实际应用时，表中数值应乘以  $d_{f2}/100$ 。

表9-20 蜗轮外圆直径极限偏差 ( $\mu\text{m}$ )

精度等级	轴向模数	蜗轮分度圆直径 $d_2$ (mm)						
		$\geq 30 \sim 50$	$> 50 \sim 80$	$> 80 \sim 120$	$> 120 \sim 180$	$> 180 \sim 230$	$> 260 \sim 360$	$> 360 \sim 500$
7~8	$> 1 \sim 30$	-50	-60	-70	-80	-90	-100	-120

表9-21 蜗杆、蜗轮表面粗糙度 $Ra$ 值 ( $\mu\text{m}$ )

精度等级	齿 面		顶 圆	
	蜗 杆	蜗 轮	蜗 杆	蜗 轮
6	0.4 ( $\nabla 8$ )	0.8 ( $\nabla 7$ )	1.6 ( $\nabla 6$ )	1.0 ( $\nabla 6$ )
7	0.8 ( $\nabla 7$ )	0.8 ( $\nabla 7$ )	1.6 ( $\nabla 6$ )	3.2 ( $\nabla 5$ )
8	1.6 ( $\nabla 6$ )	1.6 ( $\nabla 6$ )	1.6 ( $\nabla 6$ )	3.2 ( $\nabla 5$ )
9	3.2 ( $\nabla 5$ )	3.2 ( $\nabla 5$ )	3.2 ( $\nabla 5$ )	6.3 ( $\nabla 4$ )

## 六、图样标注及零件工作图

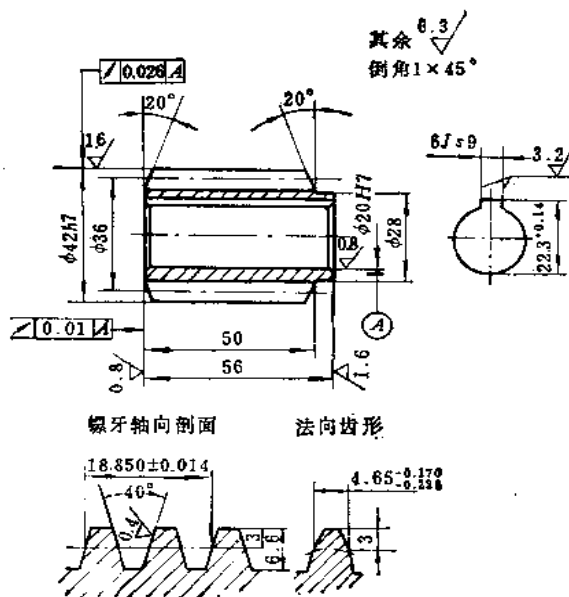
蜗杆传动的图样标注与圆柱渐开线齿轮传动的标注一致。用数字代表精度等级，用字母代表结合形式，其标注示例：

级 8 — Dc JB162—60  
 |  
 |——侧隙结合形式  
 |  
 |——蜗杆或蜗轮精度等级  
 级 5 — 可调节—D<sub>0</sub> JB162—60

零件工作图的标注，可根据工厂的规定确定标注或不标注检验项目。标注时，应按蜗杆传动公差标准，选用精度等级，侧隙和检定项目，以及尺寸公差、形位公差、表面粗糙度等技术要求。如图 9-1 至图 9-4 所示。

材料：40Cr

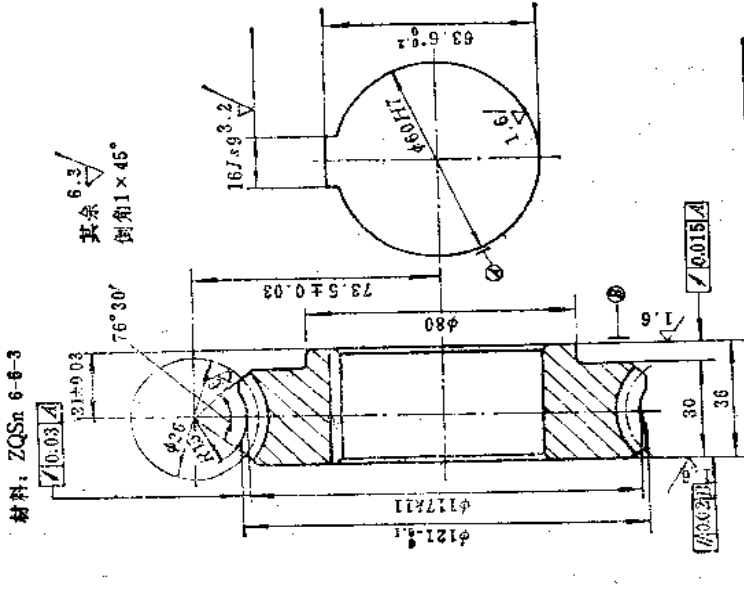
热处理：G52



蜗 杆 型 式	阿基米德
轴 向 模 数	3
头 数	2
轴 向 齿 形 角	20°
螺 旋 方 向	右
螺 旋 线 升 角	9°27'44"
导 程	18.850
精 度 等 级	级-7Dc
配 偶 蜗 轮	图 号
	齿 数
轴 向 齿 距 的 极 限 累 积 误 差	±0.025
蜗 杆 齿 形 公 差	0.022
蜗 杆 螺 牙 径 向 跳 动 的 公 差	0.018

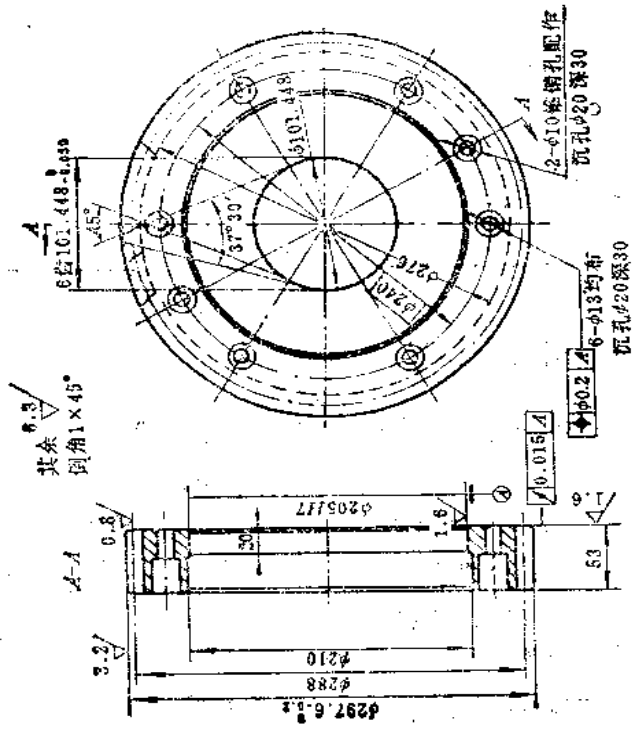
图9-1 普通圆柱蜗杆

技术要求: 与配研蜗杆在中心距  $177 \pm 0.022$  情况下啮合时, 齿面粗糙度为  $0.03 \sim 0.05$ , 材料: MTP-20



轴向往导 齿数 精度等级	3 37 级 7-Dc
配对蜗杆	图号 头数 齿形角 轴向往导 螺旋线升角
相邻两节宽的公差 周节累积误差的公差	2 20° 右 9°27'44"
接触斑点不小于	0.018 0.060 60% 65%
	齿高 齿长

图9-2 蜗 轮



齿面粗糙度	通齿平面齿 6 48 20°87'30" 7°30'
配对蜗杆	图号 头数
相邻两节宽的公差 周节累积误差的公差	1 0.0065 0.036
接触斑点不小于	60 % 37.5 %
	齿高 齿长

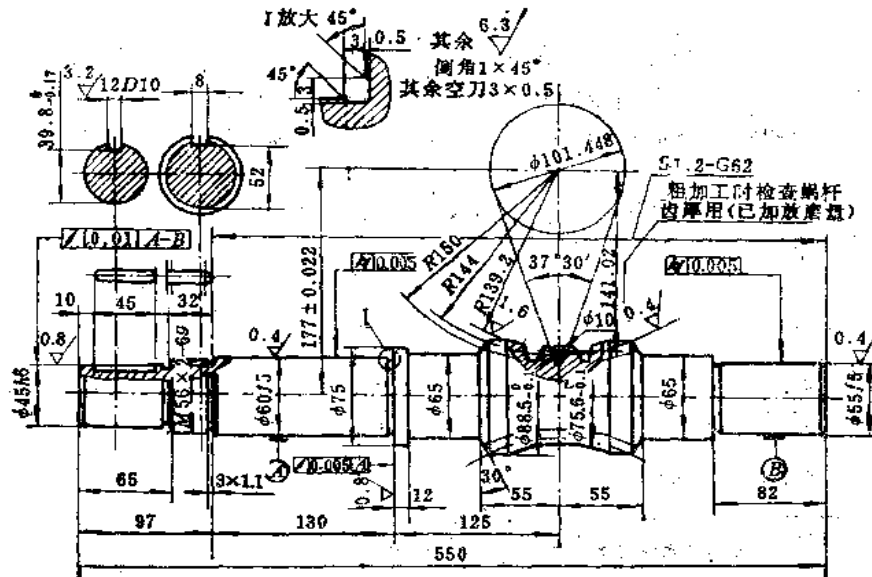
图9-3 平面齿圆柱蜗轮

技术要求:

与配偶齿轮在中心距  $177 \pm 0.022$  情况下啮合时, 齿侧间隙为  $0.03 \sim 0.05$ 。

材料: 20CrMnTi

局部热处理: S1.2-C59



模 数	6
头 数	1
喉部分度圆直径	66
喉部分度圆处螺旋线升角	$5^{\circ}11'40''$
螺旋方向	右
配偶齿轮	图 号
	齿 数

图9-4 平面齿隙柱齿轮包络蜗杆



## 第十章 滚动轴承与孔、轴配合的选用

滚动轴承是一种广泛应用的标准部件。滚动轴承的外径与轴承座孔相配，滚动轴承的内径与轴相配，所以主要是滚动轴承结合的选用。

为了实现滚动轴承互换性的要求，先后制订了滚动轴承技术条件标准，见表10-1所示。

表10-1 我国制订滚动轴承的技术标准

名 称	代 号	说 明
滚动轴承技术条件标准	机92-58	参照ГОСТ520-55制订
滚动轴承技术条件国家标准	GB307-64	C、D、E、(F)G五级
滚动轴承技术条件国家标准	GB307-77	C、D、E、G四级
滚动轴承公差及其测量方法国家标准 滚动轴承配合国家标准	GB307.1~307.2-84 GB275-84	B、C、D、E、G五级

注：(1) GB307.1-84标准等效采用了ISO492-1981和ISO199-1979；  
(2) GB4199-84标准完全采用了ISO1132-1980标准。

表10-2 各国轴承精度等级对照

标准代号或厂牌	精 度 等 级 代 号							
GB (中国)	G (不标)	(F)	E		D		C	B
ISO (国际组织)	PO (不标)		P 6		P 5		P 4	P 2
SKF (瑞典)	(不标)		P 6		P 5		P 4 SP	UP
DIN (西德)	(不标)		P 6		P 5		P 4	
AFBMA (美国)	球轴承	ABEC1 (不标)		ABEC 3		ABEC 5		ABEC 7 ABEC 9
	滚子轴承	RBEC1 (不标)				RBEC 5		
TIMKEN (美国)	4 (不标)		2		3		0	00
JIS (日本)	0 (不标)		6		5		4	
BS (英国)	(不标)				EP 5		EP 7	
ГОСТ (苏联)	旧代号	H (不标)	II	B	AB	A	CA	C
	新代号	O (不标)		6		5		4 2
RIV (意大利)	(不标)		6		5		4	
SNR (法国)	(不标)		6		5		4	2
SRO (瑞士)	PO (不标)		P 6		P 5		P 4	

## 一、滚动轴承精度等级的选用

滚动轴承精度是按其基本尺寸精度和旋转精度分为五个精度等级，用汉语拼音字母 G、E、D、C、B 表示，G 级精度最低，B 级精度为最高级。

滚动轴承的基本尺寸精度是指轴承内径 ( $d$ )、外径 ( $D$ ) 的制造精度，轴承内圈宽 ( $B$ ) 和外圈宽度 ( $C$ ) 的制造精度，圆锥滚柱轴承装配高 ( $T$ ) 的精度等。

滚动轴承的旋转精度是指成套轴承内、外圈的径向跳动 ( $K_{ra}$ 、 $K_{re}$ )，成套轴承内、外圈端面对滚道的跳动 ( $S_{ra}$ 、 $S_{re}$ )，内圈基准端面对内孔的跳动 ( $S_{ra}$ )，外径表面母线对基准端面的倾斜度的变动量 ( $S_D$ ) 等。

各国轴承精度等级对照见表 10-2。表中列出我国轴承的精度等级与国外轴承精度等级代号对照，虽然列在同一精度等级内，不同国家规定的公差值并不一定都相同，个别的相差还很大。

滚动轴承的精度等级的选择，主要按机构的旋转精度的要求进行考虑。各级轴承的应用情况见表 10-3、表 10-4 和表 10-5。

表 10-3 按旋转精度与转速高低选用

精度等级	旋转精度	应用示例
G	旋转精度要求不高、中等转速的机构	如普通机床中的变速箱、进给箱，汽车、拖拉机的变速机构，普通电机、水泵、压缩机等一般通用机械和动力机械的轴承
E、D、C	旋转精度和转速较高的要求机构	普通车床主轴、较精密仪器、仪表与精密机械的轴承
B	旋转精度和转速很高的要求机构	精密坐标镗床、精密磨床主轴用轴承、精密仪器、高速摄影机使用的轴承

表 10-4 机床主轴轴承精度等级

轴承类型	精度等级	应用情况
200 300	C, B	高精度磨床，丝锥磨床，蜗纹磨床，磨齿机，插齿刀磨床 (B)
36000	D	精密镗床，内圆磨床，齿轮加工机床
46000	E	普通车床，铣床
3182100	C	精密丝杆车床，高精度车床，高精度外圆磨床
	D	精密车床，精密铣床，六角车床，普通外圆磨床，多轴车床，镗床
	E	普通车床，自动车床，铣床，立式车床
2000 3000	E	精密车床及铣床的后轴承
7000	B, C	坐标镗床 (B 级)，磨齿机 (C 级)
	D	精密车床，精密铣床，镗床，精密六角车床，滚齿机
	E	铣床，车床
8000	E	一般精度机床

表10-5 高精度滚动轴承的应用

主机类型	轴 承 精 度 等 级				
	向心球轴承	向心短圆柱滚子轴承	向心推力球轴承	圆锥滚子轴承	推力和推力向心球轴承
精密车床主轴	—	C	D、C	D、C	D、C
坐标镗床主轴	—	B、C	C、B	C、B	C
机械磨头	—	—	D、C	C	D
高速磨头	—	—	C、B	C、B	—
精密仪表	D、C	—	D、C	—	—
航空发动机主轴	D	—	D、C	—	—

## 二、滚动轴承与轴、孔配合的选用

正确选择滚动轴承配合，对机器的运转精度，提高轴承使用寿命的影响很大。

滚动轴承与孔、轴的配合应考虑以下几个方面。

(1) 由于滚动轴承是一种标准化部件，故滚动轴承内圈孔与轴的配合采用基孔制，滚动轴承外圈外径与轴承座孔的配合采用基轴制。

(2) 由于滚动轴承内圈内径的公差带是在零线之下，而“公差与配合”标准中的基准孔的公差带 $H$ 在零线之上，所以轴承内圈内径与轴的配合比“公差与配合”中的同名配合要紧得多，例如轴颈为 $\phi 25m6$ ，与“公差与配合”标准中的基准孔 $H$ 相配合，则形成一种过渡配合，若与滚动轴承内圈内径的基准孔相配合，则是一种过盈配合。

(3) 由于滚动轴承外圈外径的 $D_m$ 的公差带位置，与“公差与配合”标准中的基准轴的位置是相同的，但因 $D_m$ 公差值是特殊规定的，所以滚动轴承外圈与轴承座孔的配合，与“公差与配合”标准的基轴制同名配合相比，也不完全相同的( $D_m$ ——滚动轴承外圈的平均直径)。

(4) 按滚动轴承配合标准GB275-84推荐，与G、E、C、D级轴承相配合的轴、孔的公差带列于表10-6，其公差图如图10-1所示。

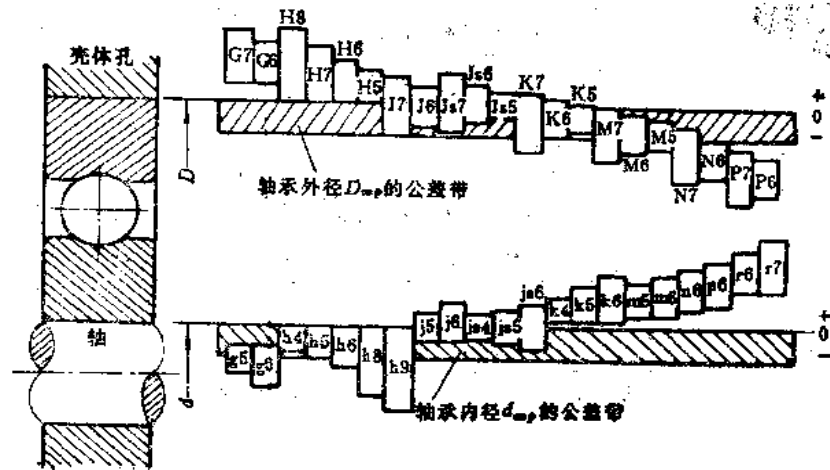


图10-1 滚动轴承与轴和孔的公差与配合

表10-6 与滚动轴承各级精度相配合的轴和壳体孔公差带

轴承 精度	轴 公 差 带		壳 体 孔 公 差 带		
	过渡配合	过盈配合	间隙配合	过渡配合	过盈配合
G	h9		H8	J7、Js7、K7、M7、N7	P7
	h8	r7	G7、H7	J6、Js6、K6、M6、N6	P6
	g6、h8、j6、js6	k6、m6、n6、p6、r6	H6		
	g5、h5、j5	k5、m5			
E	g6、h6、j6、js6	k6、m6、n6、p6、r6	H8	J7、Js7、K7、M7、N7	P7
	g5、h5、j5	k5、m5	G7、H7 H6	J6、Js6、K6、M6、N6	P6
D	h5、j5、js5	k6、m6 k5、m5	G6、H6	Js6、K6、M6 Js5、K5、M5	
	h5、js5 h4、js4	k5、m5 k4	H5	K6 Js5、K5、M5	

注：(1) 孔N6与G级精度轴承(外径 $D < 150\text{mm}$ )和E级精度轴承(外径 $D < 315\text{mm}$ )的配合为过渡配合；  
(2) 轴r6用于内径 $d > 120 \sim 500\text{mm}$ ；轴r7用于内径 $d > 180 \sim 500\text{mm}$ 。

(5) 在具体选择轴承配合时，通常应根据轴承套圈承受负荷类型和负荷大小、轴承旋转精度的要求，轴承类型和尺寸，与轴承相配的结构和材料、工作温度、装卸和调整等因素进行选用。

#### 1) 负荷类型

轴承运转时，根据作用于轴承上的负荷相对于套圈的旋转情况，可将套圈所承受的负荷分为三种类型，即局部负荷、循环负荷和摆动负荷。

##### ① 局部负荷

轴承运转时，作用于轴承上的合成径向负荷与套圈相对静止（例如套圈不转—负荷方向不变，或套圈旋转—负荷以同速旋转），即负荷方向始终不变地作用在套圈滚道的局部滚道上，该套圈所承受的这种负荷性质，称为局部负荷，如图10-2(a)、(b)、(c)、(f)所示。

##### ② 循环负荷

轴承运转时，作用于轴承上的合成径向负荷与套圈相对旋转（例如套圈旋转—负荷方向不变，或套圈不转—负荷转动），即合成径向负荷顺次地作用在套圈滚道的整个圆周上，该套圈所承受的这种负荷性质，称为循环负荷，如图10-2(a)、(b)和图10-2(d)、(e)所示。

##### ③ 摆动负荷

轴承运转时，作用轴承上的合成径向负荷与套圈相对旋转（例如套圈不转—负荷摆动，或套圈旋转—负荷相对套圈仍形成摆动），即其负荷向量经常变动地作用在套圈滚道的局部圆周上，该套圈所承受的负荷性质，称为摆动负荷，如图10-2(c)、(d)和图10-2(i)所示。

通常承受循环负荷的套圈与轴（或轴承座孔）相配合应选过盈配合，或较紧的过渡配合，其过盈量的大小，以不使套圈与轴（或轴承座孔）配合表面间产生相对爬行现象。而承受局部负荷的套圈与轴承座孔（或轴）的配合，应选较松的过渡配合，或较小的间

表10-7 与受局部负荷的套圈相配合的轴、孔公差带

配合直径 (mm)		相配合的零件			轴 承 型 式
		轴	铸铁或钢制的轴承座孔		
大于	至			不可拆的	可拆的
负荷稳定或具有较小的冲击与振动, 过载不超过150%					
—	80	h 5, h 6, g 5, g 6,	H6, H7	H6	除具有冲压外圈的滚针轴承之外的所有轴承型式
80	260	f 5*, f 6	G6, G7	H7	
260	500	f 6, js6	F7, F8	H8*	
500	1600				
具有较大冲击与振动的负荷, 过载不超过300%					
—	80	h 5, h 6	Js6, Js7	Js6, Js7	除具有冲压外圈的滚针轴承与双列圆锥滚子轴承之外的所有轴承型式
80	260	g 5, g 6	H6, H7		
260	500				
500	1600				

\*者为常用实际转速不超过极限允许转速的0.6倍时用。

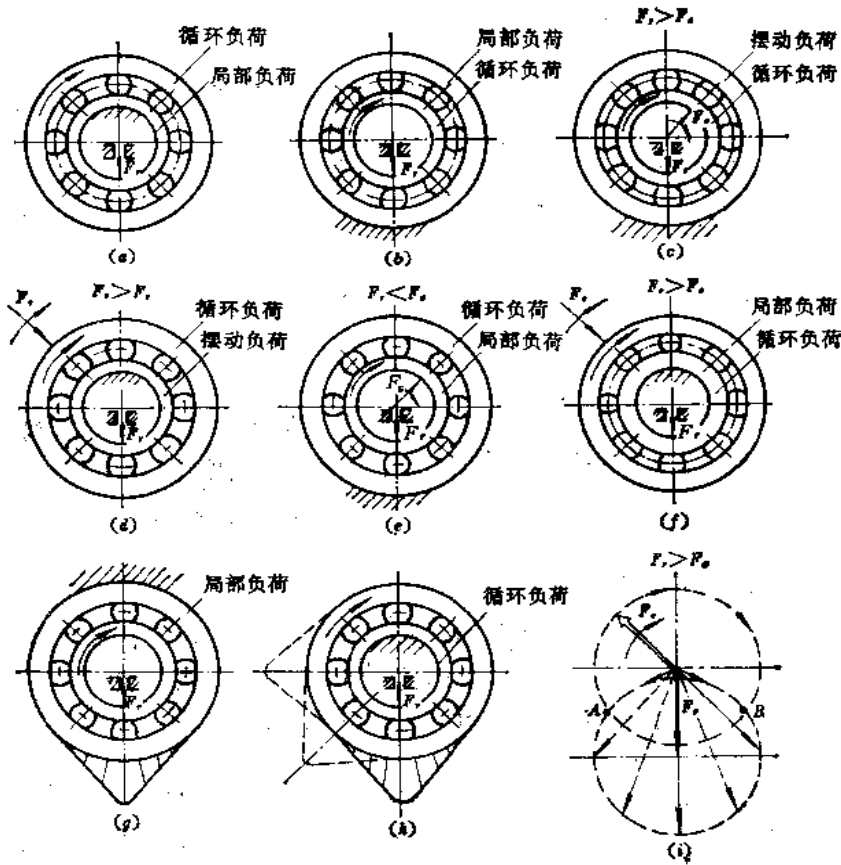


图10-2 负荷类型

隙配合,以便让套圈滚道间的摩擦力矩在某一特定条件能带动套圈转位,延长轴承的使用寿命。如无特殊要求,也不能太松,以免产生相对滑动或爬行。

滚动轴承套圈承受局部负荷时,滚动轴承与轴、孔的配合公差带,可按表10-7选取。

承受摆动负荷的套圈,与轴、孔的配合,应比受局部负荷紧一些,但比受循环负荷松一些。表10-8为套圈承受摆动负荷,与之相配合的轴、孔所推荐选用的公差带。

表10-8 与受摆动负荷的套圈相配合的轴、孔公差带

配合直径 (mm)		相配合的零件	
大于	至	轴	孔
—	80	k5, k6	K6, K7
80	260	j5, j6, js5, js6	K6, K7
260	—	h5, h6	J6, J7, Js6, Js7

受循环负荷的套圈与轴或轴承座孔的配合应当较紧,一般选用过渡配合或过盈配合,表10-9为套圈承受循环负荷,与轴或孔相配合的常用公差带。

表10-9 套圈承受循环负荷,与轴或孔相配合的常用公差带

配合零件	常用公差带
轴	j5, js5, js6, k5, k6, m5, m6, n5, n6
孔	K5, k6, M5, M6, N5, N6, P7

对循环负荷,还可按相配表面的径向负荷强度 ( $P_R$ ) 或按必须的最小过盈 ( $Y'_{min}$ ) 计算。

$$P_R = \frac{F_r}{b} K_1 K_2 K_3 \quad (\text{N/mm})$$

式中  $F_r$ ——轴承上的径向负荷 (N);

$b$ ——轴承套圈的工作宽度 ( $b = B - 2r$ ,  $B$ 为轴承宽度,  $r$ 为轴承套圈的倒角半径)(mm);

$K_1$ ——配合的动载系数,当负荷具有较小的冲击与振动,过载又不超过150%时,  $K_1 = 1$ ; 当负荷具有较大的冲击与振动,过载不超过300%时,  $K_1 = 1.8$ ;

$K_2$ ——相配轴为空心轴,或相配轴承座为薄壁壳时,有关的过盈修正系数可按表10-10选取,当相配轴为实心轴时,  $K_2 = 1$ ;

$K_3$ ——当径向负荷  $F_r$  在双列圆锥滚子轴承,或在成对的球轴承之间,如图10-3所示,由于具有轴向负荷  $F_a$  而使径向负荷分布不均的系数,  $K_3$ 可按  $\frac{F_a}{F_r} \text{ctg} \beta$  决定,见表10-11。  $\beta$ 为外圈滚道与滚动体的接触角,对于单列

向心推力轴承,取  $K_3 = 1$ 。

在计算出  $P_R$  之后,按表10-12可以选取相配轴、孔的公差带。

在按表10-7至表10-9初步选用轴、孔公差带之后,再按滚动轴承的精度等级,参照表10-12最后确定相应轴、孔的公差带。



图10-3 双列圆锥滚子轴承，或成对球轴承受负荷的情况

表10-10 系数 $K_2$ 的数值

$\frac{d'}{d}$ 或 $\frac{D}{D'}$		对 于 轴			对轴承座孔
大 于	至	$\frac{D}{d} \leq 1.5$	$\frac{D}{d} = 1.5 \sim 2$	$\frac{D}{d} > 2 \sim 3$	所有轴承
—	0.4	1	1	1	1
0.4	0.7	1.2	1.4	1.6	1.1
0.7	0.8	1.5	1.7	2	1.4
0.8	—	2	2.3	3	1.8

表10-11 系数 $K_3$ 的数值

$\frac{F_a \text{ctg} \beta}{F_r}$	大 于	—	0.2	0.4	0.6	1
	至	0.2	0.4	0.6	1	—
$K_3$		1	1.2	1.4	1.6	2

表10-12 按容许的径向负荷强度推荐的孔、轴公差带

轴承内圈内径 (d) (mm)		容 许 值 $P_R$ (N/mm)			
		相 配 轴 的 公 差 带			
大 于	至	js5, js6	k5, k6	m5, m6	n5, n6
18	80	至 300	300—400	1350—1600	1600—3000
80	180	至 600	550—2000	2000—2500	2500—4000
180	300	至 700	700—3000	3000—3500	3500—6000
300	630	至 900	900—3500	3400—4500	4500—8000
轴承外圈外径 (D) (mm)		相 配 孔 的 公 差 带			
		K6, K7	M6, M7	N6, N7	P7
50	180	至 800	800—1000	1000—1300	1300—2500
180	360	至 1000	1000—1500	1500—2000	2000—3300
360	630	至 1200	1200—2000	2000—2600	2600—4000
630	1600	至 1800	1600—2500	2500—3500	3500—5500

注：容许值 $P_R$ 按配合过盈的平均值计算。

当难于确定动载系数  $K_1$  时, 承受循环负荷的套圈与轴或轴承座孔配合的最小过盈  $Y_{\min}$  可按下式计算确定

$$Y'_{\min} = -\frac{13F_r N'}{10^6 b} \quad (\text{mm})$$

式中  $F_r$ ——轴承承受的最大径向负荷 (kN);

$N'$ ——与轴承系列有关的系数, 轻系列  $N' = 2.8$ , 中系列  $N' = 2.3$ , 重系列  $N' = 2.0$ ;

$b$ ——轴承套圈的工作宽度 (mm)。  $b = B - 2r$ ,  $B$  为轴承宽度,  $r$  为轴承套圈倒角半径。

为避免配合过盈太大致使套圈胀破, 还可按下式计算允许的最大过盈 ( $Y'_{\max}$ ),

$$Y'_{\max} = -\frac{11.4N' d[\sigma_p]}{(2N' - 2)10^4}$$

式中  $[\sigma_p]$ ——许用拉应力 ( $10^6 \text{Pa}$ ), 轴承钢的  $[\sigma_p]$  约为  $400(10^6 \text{Pa})$ ;

$d$ ——轴承内圈内径 (mm)。

例 1 如图 10-4 所示, 在轴的左端安装有一对 G 级单列圆锥滚柱轴承 (7318 型),  $D = 190 \text{mm}$ ,  $d = 90 \text{mm}$ ,  $B = 43 \text{mm}$ ,  $r = 4 \text{mm}$ ,  $r_1 = 1.5 \text{mm}$ ; 右端安装有一只 G 级单列向心短滚柱轴承 (32617 型),  $D = 180 \text{mm}$ ,  $d = 85 \text{mm}$ ,  $B = 60 \text{mm}$ ,  $r = 4 \text{mm}$ ,  $F_{r1} = F_{r2} = 60 \text{kN}$ , 冲击与振动较大, 过载不超过 300%; 轴向负荷 ( $F_a$ ) =  $20 \text{kN}$ 。两端轴承的内圈均受循环负荷, 试选择与它们相配轴的公差带, 外圈受局部负荷, 试选择与 32617 型轴承外圈相配轴承座孔的公差带。

解: 由于负荷的冲击与振动较大, 过载不超过 300%, 故  $K_1$  取为 1.8。

7318 型轴承的接触角  $\beta$  为  $12^\circ$ 。所以

$$\frac{F_a}{F_r} \text{ctg} \beta = \frac{20}{60} \text{ctg} 12^\circ = 1.57$$

查表 10-11 得  $K_2 = 2$ 。

对于轴与 7318 型轴承内圈相配表面的径向负荷强度为

$$P_K = \frac{60000}{(2 \times 43 - 2(4 + 1.5))} \times 1.8 \times 1 \times 2 = 2880 \text{N/mm}$$

按表 10-12 和表 10-13, 相配轴的公差带选用  $n6$ 。

对于轴与 32617 型轴承内圈相配表面的负荷强度为

$$P_K = \frac{60000}{(60 - 2 \times 4)} \times 1.8 \times 1 \times 1 = 2077 \text{N/mm}$$

按表 10-12 和表 10-13, 选用相配轴的公差带为  $m6$ 。

与 32617 轴承外圈相配轴承座孔的公差带, 查表 10-7 和表 10-13 选取 H7。

例 2 试计算图 10-3 的右端滚动轴承 (32617 型) 内圈与轴配合的最小过盈, 并选择轴的公差带。

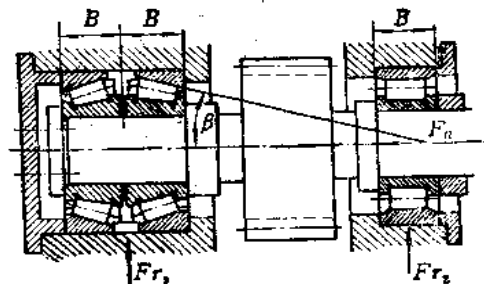


图 10-4 滚动轴承的工作状态



表10-13 与各级滚动轴承相配合的轴、孔公差带

精度等级	相配轴、孔公差带	
G、E	轴	g6, g5, h6, h5, j5, j6, js6, K5, K6 m5, m6, n6, p6, r6, r7, h8, h9
	孔	G7, H8, H7, H6, J7, J6, Js7, Js6, K6, K7 M6, M7, N6, N7, P6, P7
D	轴	h5, j5, js5, k5, k6, m5, m6
	孔	G6, H6, Js5, Js6, K5, K6, M5, M6
C	轴	h4, h5, js4, js5, k4, k5, m5
	孔	H5, Js5, K5, K6, M5

按最小过盈量计算式可得

$$Y'_{\min} = -\frac{13F_1 N'}{10^6 \cdot b} = -\frac{13.60 \times 2.3}{10^6 (60 - 2 \times 4) 10^{-3}} \approx -0.035 \text{ mm}$$

所以按  $Y'_{\min}$  可选用轴公差带为 p6。

由上选用配合可知，按径向负荷强度选用的配合，比按最小过盈  $Y'_{\min}$  选用的配合要松得多，这仅说明按最小过盈选用配合的安全裕度大，更为可靠些。

### 2) 负荷大小

滚动轴承套圈与轴或轴承座孔配合的最小过盈，取决于负荷大小。根据径向负荷的大小，可以把负荷分成轻负荷、正常负荷和重负荷，如表 10-14 所列。

表10-14 负荷大小

负荷大小	径向负荷 $P$
轻负荷	$P < 0.07C$
正常负荷	$0.07C < P < 0.15C$
重负荷	$0.15C < P$

注：C 为轴承的额定动负荷。

当轴承承受较重的负荷或冲击负荷时，将引起轴承较大的变形，使结合面间实际过盈量减小和轴承内部的实际间隙量增大，这时为了使轴承正常运转，应选用较大的过盈量的配合。同理，承受较轻的负荷，可选用较小的过盈配合。

### 3) 轴承的旋转精度与旋转速度

当轴承的旋转精度要求较高，应选用较高精度等级的轴承，以及较高等级的轴、孔公差；对负荷较大而且旋转精度要求较高的轴承，为消除弹性变形和振动的影响，旋转套圈应避免采用间隙配合，但也不宜太紧；对负荷较小，旋转精度要求高的轴承，为避免相配孔、轴的形状误差对旋转精度的影响，轴承与轴、孔的配合都希望有较小的间隙。

当轴承的旋转速度愈高时，为了防止套圈与轴、孔之间产生相对滑动，也应选择较紧的配合。

例如，对 G 级轴承推荐的配合，一般选配合轴为 IT6，配合孔为 IT7。当旋转精度有较高的要求，如电动机等，轴应选 IT5，轴承座孔应选 IT6。对 C 级轴承的配合，推

荐轴选用 IT4 或 IT5, 轴承座孔用 IT5 或 IT6。

#### 4) 工作温度的影响

轴承运转时, 由于摩擦等原因会产生一定的热量, 通常使轴承套圈的温度高于与其相配零件的温度。这时, 轴承内圈因热胀而与轴的配合产生松动, 外圈因热胀使得有轴向移动要求的轴承不能自由游动, 并使滚动体在套圈中的间隙减小。所以在选择配合时, 必须考虑轴承装置在工作部分的温度差别, 才能预先将配合适当地选得紧或松一些。

#### 5) 轴或轴承座孔的结构和材料

轴承装配时, 不应由于装配结构的原因导致轴承内、外圈产生不正常的变形。例如, 对剖分式的轴承座与轴承外圈的配合不宜选得过紧, 以避免轴承座孔的形状误差引起轴承外圈不正常的变形。因此, 宜选用较松配合。

表10-15 安装向心轴承和向心推力轴承的轴公差带

内圈工作条件		应用举例	向心球轴承和向心推力球轴承	滚柱和圆锥滚柱轴承	调心滚柱轴承	公差带
旋转状态	负 荷		轴承公称内径 (mm)			
圆 柱 孔 轴 承						
内圈相对于负荷方向旋转或负荷方向摆动	轻负荷	电器仪表、机床(主轴)精密机械、泵、通风机传送带	≤18	—	—	h5
			>18~100	≤40	≤40	j6
			>100~200	>40~140	>40~100	k6
			—	>140~200	>100~200	m6
	正常负荷	一般通用机械、电动机、涡轮机、泵、内燃机、变速箱、水加工机械	≤18	—	—	j5
			>18~100	≤40	≤40	k5
			>100~140	>40~100	>40~65	m5
			>140~200	>100~140	>65~100	m6
			>200~280	>140~200	>100~140	n6
—	>200~400	>140~280	p6			
—	—	>280~500	r6			
—	—	>500	r7			
重负荷	火车和电车的轴箱、牵引电动机、轧机、破碎机等重型机械	—	>50~140	>50~100	n6	
		—	>140~200	>100~140	p6	
		—	>200	>140~200	r6	
		—	—	>200	r7	
内圈相对于负荷方向静止	所有负荷	内圈要易于轴向移动	静止轴上的各种轮子			R6
	所有负荷	不必要按上面的要求	张紧滑轮、绳索轮			h6
纯轴向负荷		所有应用场合	所有尺寸			j6或js6
圆锥孔轴承(带锥形套)						
所有负荷		火车和电车的轴箱	装在拆卸套上的所有尺寸			h8(IT5)
		一般机械或传动轴	装在紧定套上的所有尺寸			h9(IT5)

- 注: (1) 凡对精度有较严格要求的场合, 应用 j5、k5、…代替 j6、k6、…等;  
 (2) 单列圆锥滚柱轴承和单列角接触球轴承, 因内部游隙的影响不甚重要, 可用 k6和m6代替 k5和m5;  
 (3) 应选用轴承径向游隙大于基本组的滚柱轴承;  
 (4) 凡对精度有较严格要求的场合, 应用 h7代替 h8, 轴颈形状公差为 IT5;  
 (5) 尺寸 >500mm, 其形状公差为 IT7。

薄壁壳或空心轴与轴承套圈的配合, 为了保证有足够的联结强度, 宜选用较紧配合。

轻合金外壳与轴承外圈的配合, 也应比铸铁外壳与轴承外圈的配合紧一些, 以保证有足够联结强度。

### 6) 轴承的安装与拆卸

表10-16 安装向心轴承和向心推力轴承的外壳孔公差带

外 圈 工 作 条 件				应用举例	公差带
旋转状态	负 荷	轴向移动的程度	其它情况		
外圈相对于负荷方向静止	轻、正常和重负荷	轴向容易移动	轴处于高温场合	烘干机、有调心滚柱轴承的大电动机	G7
			剖分式外壳	一般机械、铁路车辆轴箱	H7
负荷方向摆动	冲击负荷	轴向能移动	整体式或剖分式外壳	铁路车辆轴箱轴承	J7
	轻和正常负荷			电动机、泵、向轴主轴承	
	正常和重负荷	轴向不移动	整体式外壳	电动机、泵、向轴主轴承	K7
重冲击负荷	牵引电动机			M7	
外圈相对于负荷方向旋转	轻负荷			张紧滑轮	M7
	正常和重负荷			装用球轴承的轮毂	N7
	重冲击负荷		厚壁, 整体式外壳	装用滚柱轴承的轮毂	P7

注: (1) 凡对精度有较严格要求的场合, 应选用公差带P6、N6、M6、K6、J6和H6分别代替P7、N7、M7、K7、J7和H7, 并同时选用整体式外壳;

(2) 对于轻合金外壳应选择比钢或铸铁外壳紧一些的配合。

表10-17 安装推力轴承的轴公差带

轴 圈 工 作 条 件		推力球轴承和滚柱轴承	推力调心滚柱轴承	公差带
		轴承公称内径 (mm)		
纯 轴 向 负 荷		所有尺寸	所有尺寸	j6或js6
径向和轴向联合负荷	轴圈相对于负荷方向静止	—	≤250	j6
		—	>250	js6
	轴圈相对于负荷方向旋转或负荷方向摆动	—	≤200	k6
		—	>200~400	m6
—	—	>400	n6	

表10-18 安装推力轴承的外壳孔公差带

座 圈 工 作 条 件		轴承类型	公差带	备 注
纯 轴 向 负 荷		推力球轴承	H8	
		推力滚柱轴承	H7	
		推力调心滚柱轴承	—	外壳孔与座圈间的配合间隙0.001D (D为轴承外径)
径向和轴向联合负荷	座圈相对于负荷方向静止或摆动	推力调心滚柱轴承	H7	正常情况
	座圈相对于负荷方向旋转		M7	用于大的轴向负荷



对于某些要拆卸、更换或装配后不便于装拆部位的轴承（例如大型轴承），为了有利于装拆，常选用较松的配合。

综合所述，影响滚动轴承配合的因素较多，通常难以用计算法确定配合公差带，在实际生产中常用类比法来选用配合。在具体选用时，可查表 10-15 至表 10-18。

为保证滚动轴承的旋转精度和使用寿命，除正确选用配合之外，还要选择轴、轴承座孔的表面粗糙度和形位公差，选择时可查表 10-19 和表 10-20。

表10-19 配合表面的表面粗糙度

配合表面	轴承精度等级	机械加工公差等级	轴承公称内径或外径 (mm)	
			至80	大于80至500
			光洁度表征参数 $R_a$ 不大于 ( $\mu m$ )	
轴 颈	G	IT6	1 ( $\nabla 7$ )	1.6 ( $\nabla 6$ )
	E	IT5	0.63 ( $\nabla 8$ )	1 ( $\nabla 7$ )
	D	—	0.40 ( $\nabla 8$ )	0.63 ( $\nabla 8$ )
	C	—	0.25 ( $\nabla 9$ )	0.40 ( $\nabla 8$ )
外 壳 孔	G	IT7	1.6 ( $\nabla 6$ )	2.5 ( $\nabla 6$ )
	E	IT6	1 ( $\nabla 7$ )	1.6 ( $\nabla 6$ )
	D	—	0.63 ( $\nabla 8$ )	1 ( $\nabla 7$ )
	C	—	0.40 ( $\nabla 8$ )	0.80 ( $\nabla 7$ )
轴端面和外壳孔的端面	G	—	2.5 ( $\nabla 6$ )	2.5 ( $\nabla 6$ )
	E	—	1.25 ( $\nabla 7$ )	2.5 ( $\nabla 6$ )
	D	—	1 ( $\nabla 7$ )	1.6 ( $\nabla 6$ )
	C	—	0.8 ( $\nabla 7$ )	1.25 ( $\nabla 7$ )

注：（1）轴承装在紧定套或退卸套上时，轴颈表面的光洁度  $R_a$  不应低于  $2.5\mu m$ ；  
（2）括号内所注为GB1031-68中的相应光洁度等级，供参考。

表10-20 轴和外壳孔的形位公差

基本尺寸 (mm)		圆 柱 度 $f$								端 面 圆 跳 动 $f_t$							
		轴 颈				外 壳 孔				轴 端 面				外 壳 孔 端 面			
		轴 承 精 度 等 级															
		G	E	D	C	G	E	D	C	G	E	D	C	G	E	D	C
大于	至	公 差 值 ( $\mu m$ )															
6	6	2.5	1.5	1	0.6	4	2.5	1.5	1	5	3	2	1.2	8	5	3	2
	10	2.5	1.5	1	0.6	4	2.5	1.5	1	6	4	2.5	1.5	10	6	4	2.5
	18	3	2	1.2	0.8	5	3	2	1.2	8	5	3	2	12	8	5	3
18	30	4	2.5	1.5	1	6	4	2.5	1.5	10	6	4	2.5	15	10	6	4
30	50	4	2.5	1.5	1	7	4	2.5	1.5	12	8	5	3	20	12	8	5
50	80	5	3	2	1.2	8	5	3	2	15	10	6	4	25	15	10	6
80	120	6	4	2.5	1.5	10	6	4	2.5	15	10	6	4	25	15	10	6
120	180	8	5	3.5	2	12	8	5	3.5	20	12	8	5	30	20	12	8
180	250	10	7	4.5	3	14	10	7	4.5	20	12	8	5	30	20	12	8
250	315	12	8	6	4	16	12	8	6	25	15	10	6	40	25	15	10
315	400	13	9	7	5	18	13	9	7	25	15	10	6	40	25	15	10
400	500	15	10	8	6	20	15	10	8	25	15	10	6	40	25	15	10



### 三、滚动轴承与轴、轴承座孔配合的标注

图 10-5(a) 为 G 级 206 型单列向心球轴承与轴、轴承座孔配合的标注。由于滚动轴承平均直径 ( $J_m$  与  $d_m$ ) 的公差带与一般基准轴、基准孔不同, 而且又没有规定专用的代号, 所以在装配图中, 滚动轴承的外圈与轴承座孔的配合只标注轴承座孔的公差带代号; 对轴承内圈与轴的配合只标注轴的公差带代号。

对轴承座孔与轴的标注, 如图 10-5(b) 和图 10-5(c) 所示, 应同时标出尺寸公差、形位公差和表面粗糙度的技术要求。

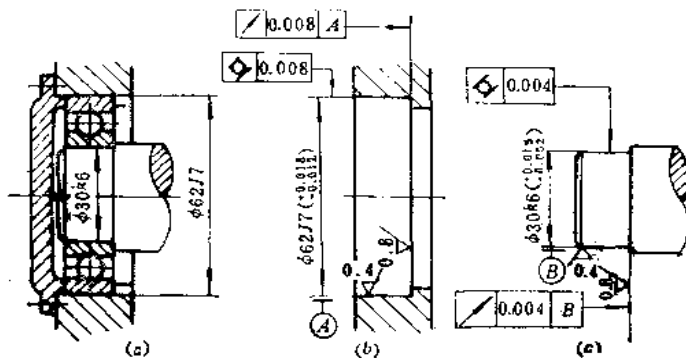


图 10-5 滚动轴承

### 参 考 文 献

- [1] 李桂主编:《互换性与测量技术基础》, 计量出版社, 1984年
- [2] 过馨葆编著:《公差配合及测量检验》, 浙江科学技术出版社, 1980年
- [3] 方昆凡等编:《公差与配合》技术手册, 北京出版社, 1984年
- [4] 机械工业部标准化研究所主编:《形状和位置公差原理及应用》, 机械工业出版社, 1983年
- [5] 张常功编著:《新旧公差与配合的代换方法》, 国防工业出版社, 1984年
- [6] 丁志华主编:《形位公差及误差测量》, 山西人民出版社, 1979年
- [7] 丁志华、王嘉玲编著:《齿轮公差及其选用》, 国防工业出版社, 1987
- [8] 国家标准
 

GB1800~1804-79	《公差与配合》
GB1182~1184-80	《形状和位置公差》
GB4249-84	《公差原则》
GB1031-83	《表面粗糙度》
GB192~197-81	《普通螺纹》
GB1095~1099-79	《键》
GB1563~1568-79	《键》
JB179-83	《渐开线圆柱齿轮精度》