

目 录

前 言

第一章 常用资料、数据和公式	1
一、常用计量单位和换算	1
二、一般常用资料	11
1.常用材料比重.....	11
2.常用材料弹性模数及波松比.....	12
3.金属材料熔点、导热系数及比热.....	13
4.常用材料滑动摩擦系数.....	13
5.常用材料线膨胀系数.....	14
三、工厂常用数学	15
1.常用数学常数和数学公式.....	15
2.500以内数的常用数学运算得数速查.....	21
3.三角函数表.....	43
4.常用对数表.....	55
5.常见几何图形面积和体积的计算.....	58
6.圆的内接、外切正多边形几何尺寸.....	63
四、钳工专业资料	66
1.标准锥度、专用锥度.....	66
2.工具圆锥锥度.....	68
3.锥度和角度公差.....	69
4.短圆锥套管的几何尺寸.....	70
5.润滑槽型式和尺寸.....	72
6.滚花型式尺寸.....	77
7.沉头座及通孔尺寸.....	78

8. T型槽尺寸	80
9. 扳手及扳手空间尺寸	82
10. 常用冲压资料及模具制造有关资料	87
第二章 公差配合与表面光洁度	93
一、公差与配合	93
1. 公差与配合的公差带	93
2. 标准公差及其等级、代号	93
3. 基本偏差及其系列代号	95
4. 极限偏差及其公差带代号	96
5. 配合	97
6. 公差与配合数值表	99
7. 公差与配合新旧国家标准对照	128
8. 极限尺寸判断原则(泰勒原则)	131
二、形位公差	132
1. 形位公差代号	132
2. 形位公差的标注	134
3. 形状和位置公差带的定义	153
4. 形状和位置公差数值	186
5. 形状和位置未注公差的规定	190
三、表面光洁度	192
1. 表面光洁度的分级	192
2. 表面光洁度应用举例	194
第三章 材料和热处理	195
一、金属材料的牌号表示	195
1. 黑色金属材料	195
2. 有色金属材料	201
二、常用金属材料的机械性能和应用	206
1. 钢材的机械性能和应用	206

2. 钢的热处理	211
3. 铸铁(钢)、有色金属及其合金的机械性能及应用	214
三、常用金属型材的主要规格	220
1. 工字钢、槽钢、角钢	220
2. 钢板和钢带	225
3. 钢管	231
4. 圆钢、方钢、六角钢和钢丝	235
5. 铜及铜合金型材	238
6. 铅、铝及铝合金型材	244
四、常用非金属材料规格	245
1. 橡胶及其制品	245
2. 塑料制品	249
3. 其它非金属制品	251
五、常用润滑油和润滑脂	254
第四章 钳工工作	255
一、划线	255
1. 划线工具	255
2. 划线涂料	268
3. 划线方法	268
4. 平面划线实例	287
5. 立体划线实例	298
二、錾切	303
1. 錾切工具	303
2. 錾切方法	304
3. 錾切的安全技术	306
4. 錾子的淬火方法	306
三、锯割	306
1. 锯割工具	306
2. 锯割方法	308

3. 锯条损坏的原因	311
四、 锉削	311
1. 锉刀的种类及选择	311
2. 锉削方法	313
3. 锉削废品分析	318
五、 钻孔、铰孔和铰孔	318
1. 钻孔	318
(1) 麻花钻; (2) 先进钻型介绍; (3) 基本型群钻的手工刃磨; (4) 切削用量; (5) 钻孔出现的问题及其产生原因; (6) 钻孔方法; (7) 钻孔的设备和辅助工具; (8) 切削液的选用。	
2. 铰孔	372
(1) 铰钻的种类和用途; (2) 铰孔工作应注意的问题。	
3. 铰孔	377
(1) 铰刀; (2) 铰孔方法; (3) 铰孔常出现的问题及产生原因; (4) 铰刀在使用中的手工修磨。	
六、 攻丝和套扣	389
1. 攻丝	389
(1) 攻丝工具; (2) 攻丝前底孔的钻削; (3) 攻丝方法; (4) 攻丝中常出现的问题及产生原因; (5) 从螺孔中取出折断丝锥的方法; (6) 丝锥磨损和崩刃后的修磨; (7) 攻丝卡具。	
2. 套丝	404
(1) 套丝工具; (2) 套丝前圆杆直径的确定; (3) 套丝方法; (4) 套丝中常出现的问题及产生原因。	
七、 刮削	408
1. 概述	408
2. 刮削测量、检验工具及基准研具	412
3. 刮削工作的精度测量	425
4. 平面刮削	438

5. 曲面刮削	458
八、研磨	465
1. 研磨的一般知识	465
2. 研磨的种类	466
3. 研磨工具	468
4. 手工研磨的运动轨迹	473
5. 研磨用磨料	475
6. 润滑剂及研磨剂的配比	478
7. 研磨量	480
8. 研磨实例	481
9. 研磨产生废品的原因及防止方法	489
九、钣金	490
1. 板料的剪切	490
2. 钣金弯曲	493
3. 钣金矫正	497
4. 钣金软钎焊	499
5. 铆接	506
6. 钣金展开下料	514
十、手工制作弹簧	531
1. 螺旋弹簧的型式和代号	531
2. 芯轴的近似计算	535
3. 展开料长度的计算	536
4. 拉伸弹簧的制作方法	536
5. 压缩弹簧的制作方法	540
6. 扭转弹簧的制作方法	542
7. 细长弹簧的制作方法	544
8. 常用弹簧材料、热处理和其它知识	545
十一、装配	546
1. 配合方法和组织形式的选择	546

2.清洗	547
3.螺纹联接	552
4.过盈联接	562
5.平衡	564
6.校准	570
7.典型部件的装配	579
十二、机床修理	596
1.概述	596
2.修理前的技术准备工作	597
3.机床修理常用的检查工具和仪器	613
4.机床修理中装配尺寸链的分析和调整	622
5.修理技术及其应用	622
6.机床修后的试验要求	632
十三、粘接	640
1.概述	640
2.金属胶接的接头形式和表面处理	641
3.环氧胶粘剂	643
4.聚氨酯胶粘剂	649
5.聚丙烯酸脂胶粘剂	650
6.酚醛(改性)胶粘剂	653
7.特种胶粘剂	653
8.无机胶粘剂	659
9.液体密封胶(液体垫圈)	665
十四、钳工常用量具和测量	666
1.常用量具介绍	666
2.典型尺寸的测量与计算	675
(1)锥体的测量; (2)圆弧的测量; (3)单型面交点尺寸的 测量。	

第五章 机械传动	695
一、圆柱齿轮	695
1. 渐开线圆柱齿轮的基准齿形及模数系列	695
2. 标准圆柱齿轮传动的几何计算	696
二、圆锥齿轮	712
1. 圆锥齿轮的分类	712
2. 标准直齿圆锥齿轮传动的几何计算	714
3. 圆锥齿轮工作图示例	717
三、蜗杆和蜗轮	718
四、皮带传动	722
1. 平皮带传动	722
2. 三角皮带传动	725
3. 三角皮带轮	737
4. 圆皮带轮	739
五、链传动	740
1. 套筒滚子链	740
2. 齿形链(无声链)	748
六、螺纹	753
1. 普通螺纹	753
2. 英制螺纹	757
3. 圆柱管螺纹	758
4. 圆锥管螺纹	760
5. 梯形螺纹	764
七、键联接	768
1. 普通平键联接	768
2. 半圆键联接	772
八、滚动轴承	774
1. 滚动轴承的分类	774

2.滚动轴承代号	775
3.滚动轴承的结构型式和主要性能	778
4.常用滚动轴承的基本尺寸	785
九、滑动轴承	808
1.滑动轴承的分类	808
2.常用滑动轴承的形状和尺寸	809
补 编 实用钳工工具介绍	818
一、风动工具	818
1.风钻	818
2.风砂轮	820
3.风动扳手	821
4.空气喷嘴	822
二、攻丝夹头	823
1.灵敏攻丝夹头	823
2.滚动导轨式快换安全攻丝夹头	823
3.钢珠保险式攻丝夹头	825
4.定程可逆式安全攻丝夹头	826
5.定程自定心式攻丝夹头	827
三、装卸工具	828
1.圆螺母扳手	828
2.钩形扳手	829
3.装配螺丝刀	829
4.实用改锥	830
5.拧双头螺栓工具	831
6.防蹦偏口钳	832
7.多用夹钳	832
8.多用压管钳	833
9.轻便压管器	835
10.钻头、锥套拆卸器	835

11. 液压拉马	835
四、维修工具	836
1. 圆柱和圆锥型可调式研具	836
2. 可调研磨杆	836
3. 拖研杠杆	836
4. 楔铁刮胎	836
5. 微调表架	838
6. 切槽工具	838
7. 切割纸垫圈工具	839

第一章 常用资料、数据和公式

一、常用计量单位和换算

表 1-1-1 统一公制计量单位名称

类别	采用的单位名称	原用名称	代号	对主单位的比值	折合市制
长度	微米	公忽	μm	1/1000000	
	毫米	公厘	mm	1/1000	3 市厘
	厘米	公分	cm	1/100	3 市分
	分米	公寸	dm	1/10	3 市寸
	米	公尺	m	主 单 位	3 市尺
	公里(千米)	公里	km	1000	2 市里
重量(质量单位名称同)	克	克(公分)	g	1/1000	2 市分
	公斤	千克	kg	主 单 位	2 市斤
	吨	公吨	t	1000	
容 量	毫升	公撮	ml	1/1000	
	升	公升	l	主 单 位	1 市升

表 1-1-2

长 度 单 位 换 算

厘米	米	公里	尺	里	英寸	英尺	码	英里	海里
1	0.01		0.03		0.3937	0.0328			
100	1	0.001	3	0.002	39.37	3.2808	1.0936		
	1000	1	3000	2	39370	3280.8	1093.6	0.6214	0.5396
33.33	0.3333		1		13.123	1.0936	0.3645		
	500	0.5	1500	1		1640.4	546.8	0.3107	0.2698
2.54	0.0254		0.0762		1	0.0833	0.0278		
30.48	0.3048		0.9144		12	1	0.3333		
	0.9144		2.7432		36	3	1		
	1609.3	1.6093	4828	3.2187		5280	1760	1	0.8684
	1853	1.853	5559.6	3.7064		6080	2026.6	1.1515	1

表 1-1-3

重 量 单 位 换 算

克	公斤	吨	两	斤	担	盎司	磅	美(短)吨	英(长)吨
1	0.001		0.02	0.002		0.0353	0.0022		
1000	1	0.001	20	2	0.02	35.274	2.2046		
	1000	1		2000	20	35274	2204.6	1.1023	0.9842
50	0.05		1	0.1		1.7637	0.1102		
500	0.5		10	1	0.01	17.637	1.1023		
	50	0.05	1000	100	1	1763.7	110.23	0.0551	0.0492
28.35	0.0284		0.567	0.0567		1	0.0625		
453.59	0.4536		9.072	0.9072		16	1		
	907.19	0.9072		1814.4	18.144		2000	1	0.8929
	1016	1.016		2032.1	20.321		2240	1.12	1

表 1-1-4

体积、容积、单位换算

厘米 ³	米 ³	升	尺 ³	英寸 ³	英尺 ³	美加仑	英加仑
1				0.061			
	1	1000	27	61027	35.315	264.18	219.98
1000	0.001	1	0.027	61.027	0.035	0.264	0.220
	0.037	37.046	1	2260	1.308	9.784	8.1515
16.387		0.0164	0.0004	1	0.0006	0.0043	0.0036
	0.0283	28.317	0.7646	1728	1	7.4805	6.229
	0.0038	3.7853	0.1022	231	0.1337	1	0.8327
	0.0045	4.546	0.1227	277.42	0.1605	1.201	1

表 1-1-5

力的单位换算

达因 (克·厘米/秒 ²)	牛顿 (公斤·米/秒 ²)	公斤 (力)	磅 (力)
1	10 ⁻⁵	1.02 × 10 ⁻⁵	2.25 × 10 ⁻⁵
10 ⁵	1	1.02 × 10 ⁻¹	2.25 × 10 ⁻¹
9.81 × 10 ⁵	9.81	1	2.205
4.45 × 10 ⁵	4.45	0.454	1

表 1-1-6

功率单位换算

千瓦	公制马力	英制马力	公斤·米/秒	英尺·磅/秒	千卡/秒	英热单位
1	1.3596	1.341	102	737.5627	0.238	0.947
0.7355	1	0.9863	75	542.47	0.175	0.696
0.7457	1.0139	1	76.04	550	0.178	0.707
0.00981	0.01333	0.01315	1	7.233	0.00234	0.0093
0.00136	0.00184	0.00182	0.1383	1	0.00324	0.00129

表 1-1-7

功、能 单 位 换 算

公斤·米	马力·小时	千瓦·小时	磅·英尺	焦耳(10 ⁷ 尔格)
1	3.7×10^{-6}	2.724×10^{-6}	7.2334	9.8067
270000	1	0.736	1952000	2648000
367300	1.36	1	2654000	3600000
0.1383	5.12×10^{-7}	3.77×10^{-7}	1	1.3556
0.102	3.78×10^{-7}	2.78×10^{-7}	0.7376	1

表 1-1-8

压 力 单 位 换 算

公斤/厘米 ²	大 气 压	水银柱高度 (毫米)	水柱高度 (米)	毫 巴	磅/英寸 ²
1	0.9678	735.56	10.00	981.00	14.223
1.0333	1	760.00	10.3333	1013.25	14.696
0.00136	0.00131	1	0.0136	1.3332	0.0193
0.1	0.0968	73.556	1	98.10	1.4223
0.00102	0.000987	0.76863	0.0102	1	0.01451

表 1-1-9

洛氏、布氏硬度换算

布 氏 硬 度 HB	洛 氏 硬 度		
	HRA	HRC	HRB
688	84.5	65.0	—
670	83.5	64.0	—
659	83.0	63.0	—
643	82.5	62.0	—
627	82.0	61.0	—
616	81.5	60.0	—
601	81.0	59.0	—

续表

布氏硬度	洛氏硬度		
	HRA	HRC	HRB
587	80.5	58.0	—
573	80.0	57.0	—
564	79.5	56.5	—
560	79.0	56.0	—
547	79.0	55.0	—
534	78.0	54.0	—
522	78.0	53.0	—
507	77.0	52.0	—
503	76.5	51.5	—
495	76.0	51.0	—
485	76.0	50.0	—
470	76.0	49.0	—
467	75.0	48.5	—
461	75.0	48.0	—
451	74.5	47.5	—
448	74.0	47.0	—
438	73.5	46.0	—
426	73.0	45.0	—
423	73.0	44.5	—
415	73.0	44.0	—
412	72.5	43.5	—
404	72.0	43.0	—
395	72.0	42.0	—
390	71.5	41.5	—
385	71.0	41.0	—
380	71.0	40.5	—
373	70.5	40.0	—
370	70.0	39.5	—
363	70.0	39.0	—
356	69.5	38.5	—

203—15

续表

布氏硬度 HB	洛氏硬度		
	HRA	HRC	HRB
354	69.0	38.0	—
345	69.0	37.5	—
343	69.0	37.0	—
337	68.5	36.5	—
335	68.0	36.0	—
325	68.0	35.0	—
317	67.5	34.5	—
315	67.0	34.0	—
309	67.0	33.5	—
306	67.0	33.0	—
300	67.0	32.0	—
295	66.0	31.5	—
293	66.0	31.0	—
285	66.0	30.0	—
277	65.0	29.0	—
274	65.0	28.5	—
272	65.0	28.0	—
265	64.5	27.5	—
263	64.0	27.0	—
259	64.0	26.5	—
257	64.0	26.0	—
252	63.5	25.5	—
249	—	—	—
248	63.0	25.0	—
244	63.0	24.5	100
240	62.5	24.0	100
239	62.0	23.5	—
235	62.0	23.0	99.0
231	62.0	22.5	—
230	62.0	22.0	98.0

续表

布氏硬度	洛氏硬度		
	HRA	HRC	HRB
226	61.5	21.5	—
223	61.0	21.0	97.0
221	61.0	20.5	—
219	61.0	20.0	97.0
215	60.5	19.5	96.0
213	—	—	—
212	60.0	19.0	96.0
210	60.0	18.5	95.0
209	60.0	—	95.0
207	60.0	18.0	95.0
205	60.0	—	94.0
204	60.0	—	94.0
203	59.5	—	—
202	59.0	—	—
201	59.0	—	—
200	59.0	—	93.0
199	58.5	—	—
198	—	—	—
197	58.0	—	93.0
196	58.0	—	—
195	58.0	—	92.0
194	58.0	—	—
193	58.0	—	—
192	58.0	—	—
191	58.0	—	—
190	57.5	—	91.0
189	57.0	—	91.0
187	57.0	—	91.0
186	57.0	—	90.0
185	56.5	—	90.0

续表

布氏硬度	洛氏硬度		
	HRA	HRC	HRB
184	—	—	90.0
183	56.0	—	89.0
182	56.0	—	—
181	56.0	—	—
180	56.0	—	89.0
179	56.0	—	89.0
178	56.0	—	—
177	56.0	—	88
176	—	—	88
174	55	—	87
173	55	—	—
172	—	—	87
170	55	—	86
169	55	—	86
168	54.5	—	—
167	54	—	85
166	54	—	—
165	53.5	—	85
164	—	—	85
163	53	—	84
162	53	—	84
161	53	—	84
159	53	—	83
158	53	—	83
157	52.5	—	—
156	52	—	82
155	52	—	—
154	52	—	—
153	—	—	81
152	52	—	81

续表

布氏硬度	洛氏硬度		
	HRA	HRC	HRB
151	51.5	—	—
150	51	—	80
149	51	—	80
148	51	—	79
147	—	—	79
146	50	—	78
145	50	—	78
144	50	—	78
143	50	—	77
141	—	—	77
140	—	—	77
139	—	—	76
138	—	—	76
137	—	—	75
135	—	—	74
134	—	—	74
133	—	—	73
132	—	—	73
131	—	—	72
130	—	—	72
129	—	—	—
128	—	—	71
127	—	—	71
126	—	—	70
125	—	—	70
123	—	—	69
121	—	—	68
119	—	—	67
118	—	—	67
117	—	—	66

续表

布氏硬度	洛氏硬度		
	HRA	HRC	HRB
116	—	—	65
115	—	—	65
114	—	—	64
113	—	—	64
112	—	—	63
111	—	—	63
110	—	—	62
109	—	—	61
108	—	—	61
107	—	—	59
106	—	—	59
105	—	—	58
104	—	—	58
103	—	—	57
102	—	—	56
101	—	—	56
100	—	—	55
99	—	—	54
98	—	—	54
97	—	—	53
96	—	—	52
94	—	—	51
92	—	—	49
90	—	—	48
88	—	—	47
86	—	—	45
84	—	—	43
82	—	—	42
80	—	—	40
78	—	—	38
76	—	—	36

二、一般常用资料

1. 常用材料比重

表 1-2-1 常 用 材 料 比 重

材 料 名 称	比 重 (克/厘米 ³)	材 料 名 称	比 重 (克/厘米 ³)
灰 铸 铁	6.8~7.2	铬	7.19
可锻铸铁	7.2~7.4	钒	6.11
工业纯铁	7.87	钼	10.20
钢 材	7.85	铌	8.57
铸 钢	7.8	钨	22.5
低碳钢(含碳0.1%)	7.85	铈	6.62
中碳钢(含碳0.4%)	7.82	镨	8.64
高碳钢(含碳1%)	7.81	钆	3.5
高速钢(含钨9%)	8.3	铈	1.85
高速钢(含钨18%)	8.7	铈	9.84
不锈钢(含铬13%)	7.75	铈	22.4
紫 铜	8.89	铈	6.9
黄 铜	8.4~8.85	铈	16.6
压力加工用黄铜	8.4~8.85	铈	6.24
铸造用黄铜	8.622	铈	11.5
压力加工用铝青铜	8.65~8.9	银	10.5
铸造用铝青铜	7.5~8.6	金	19.3
压力加工用铝合金	2.67~2.8	铂	21.4
铸造用铝合金	2.6~2.85	钾	0.86
锡基轴承合金	7.34~7.75	钠	0.97
铅基轴承合金	9.33~10.67	钙	1.55
硬质合金(钨钴)	14.4~14.9	硼	2.34
硬质合金(钨钽钴)	9.5~12.4	硅	2.33
汞	13.6	硒	4.84
锰	7.43	砷	5.7

2. 常用材料弹性模数及波松比

表 1-2-2

常用材料弹性模数及波松比

名 称	弹性模数 E (公斤/厘米 ²)	弹 剪 模 数 G (公斤/厘米 ²)	波松比 μ
灰 铸 铁	$(1.15 \sim 1.60) \times 10^6$	4.5×10^5	0.23~0.27
可锻铸铁	1.55×10^6		
碳 钢	$(2.0 \sim 2.1) \times 10^6$	8.1×10^5	0.24~0.28
镍铬钢、合金钢	2.1×10^6	8.1×10^5	0.25~0.30
铸 钢	1.75×10^6		
轧制纯铜	1.1×10^6	4.0×10^5	0.31~0.34
冷拔纯铜	1.3×10^6	4.9×10^5	
轧制磷青铜	1.15×10^6	4.2×10^5	0.32~0.35
冷拔黄铜	$(0.91 \sim 0.99) \times 10^6$	$(3.5 \sim 3.7) \times 10^5$	0.32~0.42
轧制锰青铜	1.1×10^6	4.0×10^5	0.35
轧 制 铝	0.69×10^6	$(2.6 \sim 2.7) \times 10^5$	0.32~0.36
拔制铝线	0.7×10^6		
铸铝青铜	1.05×10^6	4.2×10^5	
硬铝合金	0.71×10^6	2.7×10^5	
轧 制 锌	0.84×10^6	3.2×10^5	0.27
铅	0.17×10^6	0.7×10^5	0.42
玻 璃	0.56×10^6	2.2×10^5	0.25
混凝土100公斤/厘米 ²	$(0.196 \sim 0.146) \times 10^6$		
混凝土150公斤/厘米 ²	$(0.214 \sim 0.164) \times 10^6$		
混凝土200公斤/厘米 ²	$(0.232 \sim 0.182) \times 10^6$		
纵纹木材	$(0.1 \sim 0.12) \times 10^6$	0.055×10^5	
横纹木材	$(0.005 \sim 0.01) \times 10^6$		
橡 胶	80		0.47
电 木	$(0.02 \sim 0.03) \times 10^6$		

3. 金属材料熔点、导热系数及比热

表 1-2-3 金属材料熔点、导热系数及比热

名称	熔点 (°C)	导热系数 (千卡/米· 时·°C)	比热 (卡/ 克·°C)	名称	熔点 (°C)	导热系数 (千卡/米· 时·°C)	比热 (卡/ 克·°C)
灰铸铁	1200	40~80	0.130	铝	658	175	0.216
铸钢	1425		0.117	铅	327	30	0.031
软钢	1400~1500	40	0.120	锡	232	54	0.056
黄铜	950	80	0.094	锌	419	95	0.094
青铜	995	55	0.092	镍	1452	51	0.108
紫铜	1083	338	0.090				

注 表中的导热系数值指0~100°C的范围内。

4. 常用材料滑动摩擦系数

表 1-2-4 常用材料滑动摩擦系数

材料名称	摩擦系数 (f)			
	静摩擦		动摩擦	
	无润滑剂	有润滑剂	无润滑剂	有润滑剂
钢—钢	0.15	0.1~0.12	0.15	0.05~0.10
钢—软钢	—	—	0.2	0.1~0.2
钢—铸铁	0.3	—	0.18	0.05~0.15
钢—青铜	0.15	0.1~0.15	0.15	0.1~0.15
软钢—铸铁	0.2	—	0.18	0.05~0.15
软钢—青铜	0.2	—	0.18	0.07~0.15
铸铁—铸铁	—	0.18	0.15	0.07~0.12
铸铁—青铜	—	—	0.15~0.2	0.07~0.15
青铜—青铜	—	0.1	0.2	0.07~0.1
皮革—铸铁	0.3~0.5	0.15	0.6	0.15
橡皮—铸铁	—	—	0.8	0.5
钢—夹布胶木	—	—	0.22	—
纯铝—钢	—	—	0.17	0.02
青铜—酚醛塑料	—	—	0.24	—
纯铝—黄铜	—	—	0.27	0.02
淬火锅—尼龙9	—	—	0.43	0.023
淬火锅—尼龙1010	—	—	—	0.0395

5. 常用材料线膨胀系数

表 1-2-5 常用材料线膨胀系数 α (1/°C)

材 料	温 度 范 围 (°C)								
	20	20~100	20~200	20~300	20~400	20~600	20~700	20~900	70~1000
工程用铜		(16.6~17.1) $\times 10^{-6}$	(17.1~17.2) $\times 10^{-6}$	17.6×10^{-6}	(18~18.1) $\times 10^{-6}$	18.6×10^{-6}			
紫 铜		17.2×10^{-6}	17.5×10^{-6}	17.9×10^{-6}					
黄 铜		17.8×10^{-6}	18.8×10^{-6}	20.9×10^{-6}					
锡 青 铜		17.6×10^{-6}	17.9×10^{-6}	18.2×10^{-6}					
铝 青 铜		17.6×10^{-6}	17.9×10^{-6}	19.2×10^{-6}					
碳 钢		(10.6~12.2) $\times 10^{-6}$	(11.3~13) $\times 10^{-6}$	(12.1~13.5) $\times 10^{-6}$	(12.9~13.9) $\times 10^{-6}$	(13.5~14.3) $\times 10^{-6}$	(14.7~15) $\times 10^{-6}$		
铬 钢		11.2×10^{-6}	11.8×10^{-6}	12.4×10^{-6}	13×10^{-6}	13.6×10^{-6}			
40CrSi		11.7×10^{-6}							
30CrMnSiA		11×10^{-6}							
3Cr13		10.2×10^{-6}	11.1×10^{-6}	11.6×10^{-6}	11.9×10^{-6}	12.3×10^{-6}	12.8×10^{-6}		
1Cr18Ni9Ti		16.6×10^{-6}	17.0×10^{-6}	17.2×10^{-6}	17.5×10^{-6}	17.9×10^{-6}	18.6×10^{-6}	19.3×10^{-6}	
铸 铁		(8.7~11.1) $\times 10^{-6}$	(8.5~11.6) $\times 10^{-6}$	(10.1~12.2) $\times 10^{-6}$	(11.5~12.7) $\times 10^{-6}$	(12.9~13.2) $\times 10^{-6}$			

三、工厂常用数学

1. 常用数学常数和数学公式

表 1-3-1 常用数学符号 (摘自GB789-65)

符 号	意 义 (备 注)
+	加, 正号
-	减, 负号
× 或 ·	乘(在字母和括号前可不用乘号)
$a + b$ 或 $\frac{a}{b}$ 或 a / b	b 除 a 或 a 除以 b
=	等 于
≠ 或 ≠	不 等 于
≡	恒 等 于
<	小 于
>	大 于
≤	小于或等于
≥	大于或等于
≈	约 等 于
$a : b$	a 比 b
a^c	a 的 c 次方(c 不限定是正整数)
\sqrt{a}	a 开平方
$\sqrt[n]{a}$	a 开 n 次方
±	正 或 负
∓	负 或 正
13.59593	(整数和小数之间用“.”分开)
3.14×10^5	即314000
%	百 分 比
∞	无 穷 大

续表

符	号	意 义 (备 注)
	()	圆 括 号
	[]	方 括 号
	{ }	花 括 号
	~	数字范围(例: 5~6表示由5至6)
	∠	平 面 角
	°	度(例: 21°)
	'	分(例: 21°23')
	"	秒(例: 21°23'18")
	\widehat{AB}	弧
	π	圆 周 率
	\triangle	三 角 形
	\square	平 行 四 边 形
	\odot	圆
	\perp	垂 直
	\parallel	平 行
	\sim	相 似
	\because	因 为
	\therefore	所 以
	$\sin x$	x 的正弦
	$\cos x$	x 的余弦
	$\operatorname{tg}x$ 或 $\operatorname{tan}x$	x 的正切
	$\operatorname{ctg}x$ 或 $\operatorname{cot}x$	x 的余切
	$\sec x$	x 的正割
	$\csc x$	x 的余割
	$\ln x$	以 e 为底的 x 的对数
	$\lg x$	以10为底的 x 的对数
	\lim	极 限
	\rightarrow	收敛于, 趋于
	\max	最 大
	\min	最 小

表 1-3-2

常用数学常数

常 数	数 值	常 数	数 值
π	3.141593	$\sqrt[3]{e}$	1.395612
2π	6.283185	$e^{\frac{\pi}{2}}$	4.810477
$\frac{\pi}{2}$	1.570796	e^{π}	23.140693
$\frac{\pi}{3}$	1.047198	$\frac{1}{e}$	0.367879
$\frac{\pi}{180} (=1^\circ)$	0.017453	$\frac{1}{e^2}$	0.135335
π^2	9.869604	$\sqrt{\frac{1}{e}}$	0.606531
$\sqrt{\pi}$	1.772454	$\sqrt[3]{\frac{1}{e}}$	0.716531
$\sqrt{2\pi}$	2.506628	$e^{-\frac{\pi}{2}}$	0.207880
$\sqrt{\frac{\pi}{2}}$	1.253314	$e^{-\pi}$	0.043214
$\sqrt[3]{\pi}$	1.464592	$e^{-2\pi}$	0.001867
e	2.718282	g	9.81
e^2	7.389056	\sqrt{g}	3.13209
\sqrt{e}	1.648721	$\frac{1}{2g}$	0.050968

表 1-3-3

常用数学公式

指 数	<p>1) $a^m \cdot a^n = a^{m+n}$</p> <p>2) $a^m + a^n = a^{m+n}$</p> <p>3) $(a^m)^n = a^{mn}$</p> <p>4) $(ab)^m = a^m \cdot b^m$</p> <p>5) $\left(\frac{a}{b}\right)^m = \frac{a^m}{b^m}$</p> <p>6) $a^{\frac{m}{n}} = \sqrt[n]{a^m} = (\sqrt[n]{a})^m$</p> <p>7) $a^0 = 1$</p> <p>8) $a^{-m} = \frac{1}{a^m}$</p>
对 数	<p>前提: $a > 0, a \neq 1$</p> <p>1) 若 $a^x = M$, 则 $\lg_a M = x$</p> <p>2) $\lg_a 1 = 0$</p> <p>3) $\lg_a a = 1$</p> <p>4) $\lg_a (MN) = \lg_a M + \lg_a N$</p> <p>5) $\lg_a \frac{M}{N} = \lg_a M - \lg_a N$</p> <p>6) $\lg_a (M^n) = n \cdot \lg_a M$</p> <p>7) $\lg_a \sqrt[n]{M} = \frac{1}{n} \cdot \lg_a M$</p> <p>8) $\lg M = 0.4343 \ln M$</p> <p>9) $\ln M = 2.3026 \lg M$</p>

$$\frac{\theta}{\pi} = \frac{D}{180} \quad (D \text{ 与 } \theta \text{ 表示同一角的度数与弧度})$$

径与度的关系

1) $180^\circ = \pi \text{ 径} = 3.1415926535 \text{ 径}$

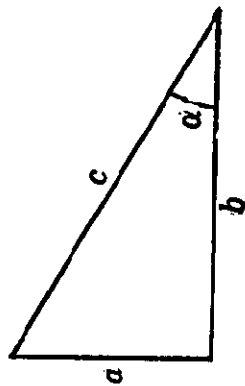
2) $1 \text{ 径} = \frac{180^\circ}{\pi} = 57^\circ 29' 58'' = 57^\circ 17' 44.8''$

$1^\circ = 0.01745329 \text{ 径}$

$1' = 0.0002909 \text{ 径}$

$1'' = 0.00000485 \text{ 径}$

直角三角形



1) $\sin \alpha = \frac{a}{c}$

2) $\cos \alpha = \frac{b}{c}$

3) $\operatorname{tg} \alpha = \frac{a}{b}$

4) $\operatorname{ctg} \alpha = \frac{b}{a}$

5) $\operatorname{se} \alpha = \frac{c}{b}$

6) $\operatorname{csc} \alpha = \frac{c}{a}$

7) $\sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha = 1$

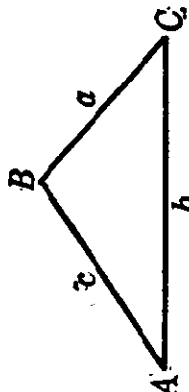
8) $\sec^2 \alpha - \operatorname{tg}^2 \alpha = 1$

9) $\operatorname{csc}^2 \alpha - \operatorname{ctg}^2 \alpha = 1$

10) $\operatorname{tg} \alpha = \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha}$

11) $\operatorname{ctg} \alpha = \frac{\cos \alpha}{\sin \alpha}$

12) 勾股弦定理 $c = \sqrt{a^2 + b^2}$

任意三角形	<p>1) 正弦定理</p> $\frac{a}{\sin A} = \frac{b}{\sin B} = \frac{c}{\sin C} = 2R$ <p>(R = 外圆半径)</p> <p>2) 余弦定理</p> $a^2 = b^2 + c^2 - 2bc \cos A$ $b^2 = c^2 + a^2 - 2ca \cos B$ $c^2 = a^2 + b^2 - 2ab \cos C$ <p>3) 正切定理</p> $\operatorname{tg} \frac{A-B}{2} = \frac{a-b}{a+b} \cdot \operatorname{ctg} \frac{C}{2}$ $\operatorname{tg} \frac{A-B}{2} = \frac{\operatorname{tg} \frac{A-B}{2}}{\operatorname{tg} \frac{A+B}{2}}$ <p>或 $\frac{a-b}{a+b} = \frac{\operatorname{tg} \frac{A-B}{2}}{\operatorname{tg} \frac{A+B}{2}}$</p> 
其他	<p>1) $\sin 2\alpha = 2 \sin \alpha \cdot \cos \alpha$</p> <p>2) $\cos 2\alpha = \cos^2 \alpha - \sin^2 \alpha = 1 - 2 \sin^2 \alpha = 2 \cos^2 \alpha - 1$</p> <p>3) $\operatorname{tg} 2\alpha = \frac{2 \operatorname{tg} \alpha}{1 - \operatorname{tg}^2 \alpha}$</p> <p>4) $\operatorname{ctg} 2\alpha = \frac{\operatorname{ctg}^2 \alpha - 1}{2 \operatorname{ctg} \alpha}$</p> <p>5) $\sin^2 \alpha = \frac{1}{2} (1 - \cos 2\alpha)$</p> <p>6) $\cos^2 \alpha = \frac{1}{2} (1 + \cos 2\alpha)$</p> <p>7) $\sin^3 \alpha = \frac{1}{4} (3 \sin \alpha - \sin 3\alpha)$</p> <p>8) $\cos^3 \alpha = \frac{1}{4} (\cos 3\alpha + 3 \cos \alpha)$</p>

2.500以内数的常用数学运算得数速查
表 1-3-4 1~500诸数的常用运算得数速查表

n	n^2	n^3	\sqrt{n}	$\sqrt[3]{n}$	$\lg n$	$\frac{1000}{n}$	πn	$\frac{\pi n^2}{4}$
1	1	1	1.0000	1.0000	0.00000	1000.000	3.142	0.7854
2	4	8	1.4142	1.2599	0.30103	500.000	6.283	3.1416
3	9	27	1.7321	1.4422	0.47712	333.333	9.425	7.0686
4	16	64	2.0000	1.5874	0.60206	250.000	12.566	12.5664
5	25	125	2.2361	1.7100	0.69897	200.000	15.708	19.6350
6	36	216	2.4495	1.8171	0.77815	166.667	18.850	28.2743
7	49	343	2.6458	1.9129	0.84510	142.857	21.991	38.4845
8	64	512	2.8284	2.0000	0.90309	125.000	25.133	50.2655
9	81	729	3.0000	2.0801	0.95424	111.111	28.274	63.6173
10	100	1 000	3.1623	2.1544	1.00000	100.000	31.416	78.5398
11	121	1 331	3.3166	2.2240	1.04139	90.9091	34.558	95.0332
12	144	1 728	3.4641	2.2894	1.07918	83.3333	37.699	113.097
13	169	2 197	3.6056	2.3513	1.11394	76.9231	40.841	132.732
14	196	2 744	3.7417	2.4101	1.14613	71.4286	43.982	153.938
15	225	3 375	3.8730	2.4662	1.17609	66.6667	47.124	176.715
16	256	4 096	4.0000	2.5198	1.20412	62.5000	50.265	201.062
17	289	4 913	4.1231	2.5713	1.23045	58.8235	53.407	226.980
18	324	5 832	4.2426	2.6207	1.25527	55.5556	56.549	254.469
19	361	6 859	4.3589	2.6684	1.27875	52.6316	59.690	283.529
20	400	8 000	4.4721	2.7144	1.30103	50.0000	62.832	314.159

n	n^2	n^3	\sqrt{n}	$\sqrt[3]{n}$	$\lg n$	$\frac{1000}{n}$	πn	$\frac{\pi n^2}{4}$
21	441	9 261	4.5826	2.7589	1.32222	47.6190	65.973	346.361
22	484	10 648	4.6904	2.8020	1.34242	45.4545	69.115	380.133
23	529	12 167	4.7958	2.8439	1.36173	43.4783	72.257	415.476
24	576	13 824	4.8990	2.8845	1.38021	41.6667	75.398	452.389
25	625	15 625	5.0000	2.9240	1.39794	40.0000	78.540	490.874
26	676	17 576	5.0990	2.9625	1.41497	38.4615	81.681	530.929
27	729	19 683	5.1962	3.0000	1.43136	37.0370	84.823	572.555
28	784	21 952	5.2915	3.0366	1.44716	35.7143	87.965	615.752
29	841	24 389	5.3852	3.0723	1.46240	34.4828	91.106	660.520
30	900	27 000	5.4772	3.1072	1.47712	33.3333	94.248	706.858
31	961	29 791	5.5678	3.1414	1.49136	32.2581	97.389	754.768
32	1 024	32 768	5.6569	3.1748	1.50515	31.2500	100.531	804.248
33	1 089	35 937	5.7446	3.2075	1.51851	30.3030	103.673	855.299
34	1 156	39 304	5.8310	3.2396	1.53148	29.4118	106.814	907.920
35	1 225	42 875	5.9161	3.2711	1.54407	28.5714	109.956	962.113
36	1 296	46 656	6.0000	3.3019	1.55630	27.7778	113.097	1 017.88
37	1 369	50 653	6.0828	3.3322	1.56820	27.0270	116.239	1 075.21
38	1 444	54 872	6.1644	3.3620	1.57978	26.3158	119.381	1 134.11
39	1 521	59 319	6.2450	3.3912	1.59106	25.6410	122.522	1 194.59
40	1 600	64 000	6.3246	3.4200	1.60206	25.0000	125.66	1 256.64

41	1 681	68 921	6.4031	3.4482	1.61278	24.3902	128.81	1 320.25
42	1 764	74 088	6.4807	3.4760	1.62325	23.8095	131.95	1 385.44
43	1 849	79 507	6.5574	3.5034	1.63347	23.2558	135.09	1 452.20
44	1 936	85 184	6.6332	3.5303	1.64345	22.7273	138.23	1 520.53
45	2 025	91 125	6.7082	3.5569	1.65321	22.2222	141.37	1 590.43
46	2 116	97 336	6.7823	3.5830	1.66276	21.7391	144.51	1 661.90
47	2 209	103 823	6.8557	3.6088	1.67210	21.2766	147.65	1 734.94
48	2 304	110 592	6.9282	3.6342	1.68124	20.8333	150.80	1 809.56
49	2 401	117 649	7.0000	3.6593	1.69020	20.4082	153.94	1 885.74
50	2 500	125 000	7.0711	3.6840	1.69897	20.0000	157.08	1 963.50
51	2 601	132 651	7.1414	3.7084	1.70757	19.6078	160.22	2 042.82
52	2 704	140 608	7.2111	3.7325	1.71600	19.2308	163.36	2 123.72
53	2 809	148 877	7.2801	3.7563	1.72428	18.8679	166.50	2 206.18
54	2 916	157 464	7.3485	3.7798	1.73239	18.5185	169.65	2 290.22
55	3 025	166 375	7.4162	3.8030	1.74036	18.1818	172.79	2 375.83
56	3 136	175 616	7.4833	3.8259	1.74819	17.8571	175.93	2 463.01
57	3 249	185 193	7.5498	3.8485	1.75587	17.5439	179.07	2 551.76
58	3 364	195 112	7.6158	3.8709	1.76343	17.2414	182.21	2 642.08
59	3 481	205 379	7.6811	3.8930	1.77085	16.9492	185.35	2 733.97
60	3 600	216 000	7.7460	3.9149	1.77815	16.6667	188.50	2 827.43
61	3 721	226 981	7.8102	3.9365	1.78533	16.3934	191.64	2 922.47
62	3 844	238 328	7.8740	3.9579	1.79239	16.1290	194.78	3 019.07
63	3 969	250 047	7.9373	3.9791	1.79934	15.8730	197.92	3 117.25
64	4 096	262 144	8.0000	4.0000	1.80618	15.6250	201.06	3 216.99
65	4 225	274 625	8.0623	4.0207	1.81291	15.3846	204.20	3 318.31

续表

n	n^2	n^3	\sqrt{n}	$\sqrt[3]{n}$	$\lg n$	$\frac{1000}{n}$	πn	$\frac{\pi n^2}{4}$
66	4 356	287 496	8.1240	4.0412	1.81954	15.1515	207.35	3 421.19
67	4 489	300 763	8.1854	4.0615	1.82607	14.9254	210.49	3 525.65
68	4 624	314 432	8.2462	4.0817	1.83251	14.7059	213.63	3 631.68
69	4 761	328 509	8.3066	4.1016	1.83885	14.4928	216.77	3 739.28
70	4 900	343 000	8.3666	4.1213	1.84510	14.2857	219.91	3 848.45
71	5 041	357 911	8.4261	4.1408	1.85126	14.0845	223.05	3 959.19
72	5 184	373 248	8.4853	4.1602	1.85733	13.8889	226.19	4 071.50
73	5 329	389 017	8.5440	4.1793	1.86332	13.6986	229.34	4 185.39
74	5 476	405 224	8.6023	4.1983	1.86923	13.5135	232.48	4 300.84
75	5 625	421 875	8.6603	4.2172	1.87506	13.3333	235.62	4 417.86
76	5 776	438 076	8.7178	4.2358	1.88081	13.1579	238.76	4 536.46
77	5 929	456 533	8.7750	4.2543	1.88649	12.9870	241.90	4 656.63
78	6 084	474 552	8.8318	4.2727	1.89209	12.8205	245.04	4 778.36
79	6 241	493 039	8.8882	4.2908	1.89763	12.6582	248.19	4 901.67
80	6 400	512 000	8.9443	4.3089	1.90309	12.5000	251.33	5 026.55
81	6 561	531 441	9.0000	4.3267	1.90849	12.3457	254.47	5 153.00
82	6 724	551 368	9.0554	4.3445	1.91381	12.1951	257.61	5 281.02
83	6 889	571 787	9.1104	4.3621	1.91908	12.0482	260.75	5 410.61
84	7 056	592 704	9.1652	4.3795	1.92428	11.9048	263.89	5 541.77
85	7 225	614 125	9.2195	4.3968	1.92942	11.7647	267.04	5 674.50

86	7 396	636 056	9.2736	4.4140	1.93450	11.6279	270.18	5 808.80
87	7 569	658 503	9.3274	4.4310	1.93952	11.4943	273.32	5 944.68
88	7 744	681 472	9.3803	4.4460	1.94448	11.3636	276.46	6 082.12
89	7 921	704 969	9.4340	4.4647	1.94939	11.2360	279.60	6 221.14
90	8 100	729 000	9.4868	4.4814	1.95424	11.1111	282.74	6 361.73
91	8 281	753 571	9.5394	4.4979	1.95904	10.9890	285.88	6 503.88
92	8 464	778 688	9.5917	4.5144	1.96379	10.8696	289.03	6 647.61
93	8 649	804 357	9.6437	4.5307	1.96848	10.7527	292.17	6 792.91
94	8 836	830 584	9.6954	4.5468	1.97313	10.6383	295.31	6 939.78
95	9 025	857 375	9.7468	4.5629	1.97772	10.5263	298.45	7 088.22
96	9 216	884 736	9.7980	4.5789	1.98227	10.4167	301.59	7 238.23
97	9 409	912 673	9.8489	4.5947	1.98677	10.3093	304.73	7 389.81
98	9 604	941 192	9.8995	4.6104	1.99123	10.2041	307.88	7 542.96
99	9 801	970 299	9.9499	4.6261	1.99564	10.1010	311.02	7 697.69
100	10 000	1 000 000	10.0000	4.6416	2.00000	10.0000	314.16	7 853.98
101	10 201	1 030 301	10.0499	4.6570	2.00432	9.90099	317.30	8 011.85
102	10 404	1 061 208	10.0995	4.6723	2.00860	9.80392	320.44	8 171.28
103	10 609	1 092 727	10.1489	4.6875	2.01284	9.70874	323.58	8 332.29
104	10 816	1 124 864	10.1980	4.7027	2.01703	9.61538	326.73	8 494.87
105	11 025	1 157 625	10.2470	4.7177	2.02119	9.52381	329.87	8 659.01
106	11 236	1 191 016	10.2956	4.7326	2.02531	9.43396	333.01	8 824.73
107	11 449	1 225 043	10.3441	4.7475	2.02938	9.34579	336.15	8 992.02
108	11 664	1 259 712	10.3923	4.7622	2.03342	9.25926	339.29	9 160.88
109	11 881	1 295 029	10.4403	4.7769	2.03743	9.17431	342.43	9 331.32
110	12 100	1 331 000	10.4881	4.7914	2.04139	9.09091	345.58	9 503.32

续表

n	n^2	n^3	\sqrt{n}	$\sqrt[3]{n}$	$\lg n$	$\frac{1000}{n}$	πn	$\frac{\pi n^2}{4}$
111	12 321	1 367 631	10.5357	4.8059	2.04532	9.00901	348.72	9 676.89
112	12 544	1 404 928	10.5830	4.8203	2.04922	8.92857	351.86	9 852.03
113	12 769	1 442 897	10.6301	4.8346	2.05308	8.84956	355.00	10 028.7
114	12 996	1 481 544	10.6771	4.8488	2.05690	8.77193	358.14	10 207.0
115	13 225	1 520 875	10.7238	4.8629	2.06070	8.69565	361.28	10 386.9
116	13 456	1 560 896	10.7703	4.8770	2.06446	8.62069	364.42	10 568.3
117	13 689	1 601 613	10.8167	4.8910	2.06819	8.54701	367.57	10 751.3
118	13 924	1 643 032	10.8628	4.9049	2.07188	8.47458	370.71	10 935.9
119	14 161	1 685 159	10.9087	4.9187	2.07555	8.40336	373.85	11 122.0
120	14 400	1 728 000	10.9545	4.9324	2.07918	8.33333	376.99	11 309.7
121	14 641	1 771 561	11.0000	4.9461	2.08279	8.26446	380.13	11 499.0
122	14 884	1 815 848	11.0454	4.9597	2.08636	8.19672	383.27	11 689.9
123	15 129	1 860 867	11.0905	4.9732	2.08991	8.13008	386.42	11 882.3
124	15 376	1 906 624	11.1355	4.9866	2.09342	8.06452	389.56	12 076.3
125	15 625	1 953 125	11.1803	5.0000	2.09691	8.00000	392.70	12 271.8
126	15 876	2 000 376	11.2250	5.0133	2.10037	7.93651	395.84	12 469.0
127	16 129	2 048 383	11.2694	5.0265	2.10380	7.87402	398.98	12 667.7
128	16 384	2 097 152	11.3137	5.0397	2.10721	7.81250	402.12	12 868.0
129	16 641	2 146 689	11.3578	5.0528	2.11059	7.75194	405.27	13 069.8
130	16 900	2 197 000	11.4018	5.0658	2.11394	7.69231	408.41	13 273.2

131	17 161	2 248 091	11.4455	5.0788	2.11727	7.63359	411.55	13 478.2
132	17 424	2 299 968	11.4891	5.0916	2.12057	7.57576	414.69	13 684.8
133	17 689	2 352 637	11.5326	5.1045	2.12385	7.51880	417.83	13 892.9
134	17 956	2 406 104	11.5758	5.1172	2.12710	7.46269	420.97	14 102.6
135	18 225	2 460 375	11.6190	5.1299	2.13033	7.40741	424.12	14 313.9
136	18 496	2 515 456	11.6619	5.1426	2.13354	7.35294	427.26	14 526.7
137	18 769	2 571 353	11.7047	5.1551	2.13672	7.29927	430.40	14 741.1
138	19 044	2 628 072	11.7473	5.1676	2.13988	7.24638	433.54	14 957.1
139	19 321	2 685 619	11.7898	5.1801	2.14301	7.19424	436.68	15 174.7
140	19 600	2 744 000	11.8322	5.1925	2.14613	7.14286	439.82	15 393.8
141	19 881	2 803 221	11.8743	5.2048	2.14922	7.09220	442.96	15 614.5
142	20 164	2 863 228	11.9164	5.2171	2.15229	7.04225	446.11	15 836.8
143	20 449	2 924 207	11.9583	5.2293	2.15534	6.99301	449.25	16 060.6
144	20 736	2 985 984	12.0000	5.2415	2.15836	6.94444	452.39	16 286.0
145	21 025	3 048 625	12.0416	5.2536	2.16137	6.89655	455.53	16 513.0
146	21 316	3 112 136	12.0830	5.2656	2.16435	6.84932	458.67	16 741.5
147	21 609	3 176 523	12.1244	5.2776	2.16732	6.80272	461.81	16 971.7
148	21 904	3 241 792	12.1655	5.2896	2.17026	6.75676	464.96	17 203.4
149	22 201	3 307 949	12.2066	5.3015	2.17319	6.71141	468.10	17 436.6
150	22 500	3 375 000	12.2474	5.3133	2.17609	6.66667	471.24	17 671.5
151	22 801	3 442 951	12.2882	5.3251	2.17898	6.62252	474.38	17 907.9
152	23 104	3 511 808	12.3288	5.3368	2.18184	6.57895	477.52	18 145.8
153	23 409	3 581 577	12.3693	5.3485	2.18469	6.53595	480.66	18 385.4
154	23 716	3 652 264	12.4097	5.3601	2.18752	6.49351	483.81	18 626.5
155	24 025	3 723 875	12.4499	5.3717	2.19033	6.45161	486.95	18 869.2

n	n^2	n^3	\sqrt{n}	$\sqrt[3]{n}$	ign	$\frac{1000}{n}$	πn	$\frac{\pi n^2}{4}$
156	24 336	3 796 416	12.4900	5.3832	2.19312	6.41026	490.09	19 113.4
157	24 649	3 869 893	12.5300	5.3947	2.19590	6.36943	493.23	19 359.3
158	24 964	3 944 312	12.5698	5.4061	2.19866	6.32911	496.37	19 606.7
159	25 281	4 019 679	12.6095	5.4175	2.20140	6.28931	499.51	19 855.7
160	25 600	4 096 000	12.6491	5.4288	2.20412	6.25000	502.65	20 106.2
161	25 921	4 173 281	12.6886	5.4401	2.20683	6.21118	505.80	20 358.3
162	26 244	4 251 528	12.7279	5.4514	2.20952	6.17284	508.94	20 612.0
163	26 569	4 330 747	12.7671	5.4626	2.21219	6.13497	512.08	20 867.2
164	26 896	4 410 944	12.8062	5.4737	2.21484	6.09756	515.22	21 124.1
165	27 225	4 492 125	12.8452	5.4848	2.21748	6.06061	518.36	21 382.5
166	27 556	4 574 296	12.8841	5.4959	2.22011	6.02410	521.50	21 642.4
167	27 889	4 657 463	12.9228	5.5069	2.22272	5.98802	524.65	21 904.0
168	28 224	4 741 632	12.9615	5.5178	2.22531	5.95238	527.79	22 167.1
169	28 561	4 826 809	13.0000	5.5288	2.22789	5.91716	530.93	22 431.8
170	28 900	4 913 000	13.0384	5.5397	2.23045	5.88235	534.07	22 698.0
171	29 241	5 000 211	13.0767	5.5505	2.23300	5.84795	537.21	22 965.8
172	29 584	5 088 448	13.1149	5.5613	2.23553	5.81395	540.35	23 235.2
173	29 929	5 177 717	13.1529	5.5721	2.23805	5.78035	543.50	23 506.2
174	30 276	5 268 024	13.1909	5.5828	2.24055	5.74713	546.64	23 778.7
175	30 625	5 359 375	13.2288	5.5934	2.24304	5.71429	549.78	24 052.8

176	30 976	13.2665	5.6041	2.24551	5.68182	552.92	24 328.5
177	31 329	13.3041	5.6147	2.24797	5.64972	556.06	24 605.7
178	31 684	13.3417	5.6252	2.25042	5.61798	559.20	24 884.6
179	32 041	13.3791	5.6357	2.25285	5.58659	562.35	25 164.9
180	32 400	13.4164	5.6462	2.25527	5.55556	565.49	25 446.9
181	32 761	13.4536	5.6567	2.25768	5.52486	568.63	25 730.4
182	33 124	13.4907	5.6671	2.26007	5.49451	571.77	26 015.5
183	33 489	13.5277	5.6774	2.26245	5.46448	574.91	26 302.2
184	33 856	13.5647	5.6877	2.26482	5.43478	578.05	26 590.4
185	34 225	13.6015	5.6980	2.26717	5.40541	581.19	26 880.3
186	34 596	13.6382	5.7083	2.26951	5.37634	584.34	27 171.6
187	34 969	13.6748	5.7185	2.27184	5.34759	587.48	27 464.6
188	35 344	13.7113	5.7287	2.27416	5.31915	590.62	27 759.1
189	35 721	13.7477	5.7388	2.27646	5.29101	593.76	28 055.2
190	36 100	13.7840	5.7489	2.27875	5.26316	596.90	28 352.9
191	36 481	13.8203	5.7590	2.28103	5.23560	600.04	28 652.1
192	36 864	13.8564	5.7690	2.28330	5.20833	603.19	28 952.9
193	37 249	13.8924	5.7790	2.28556	5.18135	606.33	29 255.3
194	37 636	13.9284	5.7890	2.28780	5.15464	609.47	29 559.2
195	38 025	13.9642	5.7989	2.29003	5.12821	612.61	29 864.8
196	38 416	14.0000	5.8088	2.29226	5.10204	615.75	30 171.9
197	38 809	14.0357	5.8186	2.29447	5.07614	618.89	30 480.5
198	39 204	14.0712	5.8285	2.29667	5.05051	622.04	30 790.7
199	39 601	14.1067	5.8383	2.29885	5.02513	625.18	31 102.6
200	40 000	14.1421	5.8480	2.30103	5.0000	628.32	31 415.9

n	n^2	n^3	\sqrt{n}	$\sqrt[3]{n}$	$\lg n$	$\frac{1000}{n}$	πn	$\frac{\pi n^2}{4}$
201	40 401	8 120 601	14.1774	5.8578	2.30320	4.97512	631.46	31 730.9
202	40 804	8 242 408	14.2127	5.8675	2.30535	4.95050	634.60	32 047.4
203	41 209	8 365 427	14.2478	5.8771	2.30750	4.92611	637.74	32 365.5
204	41 616	8 489 664	14.2829	5.8868	2.30963	4.90196	640.88	32 685.1
205	42 025	8 615 125	14.3178	5.8964	2.31175	4.87805	644.03	33 006.4
206	42 436	8 741 816	14.3527	5.9059	2.31387	4.85437	647.17	33 329.2
207	42 849	8 869 743	14.3875	5.9155	2.31597	4.83092	650.31	33 653.5
208	43 264	8 998 912	14.4222	5.9250	2.31806	4.80769	653.45	33 979.5
209	43 681	9 129 329	14.4568	5.9345	2.32015	4.78469	656.59	34 307.0
210	44 100	9 261 000	14.4914	5.9439	2.32222	4.76190	659.73	34 636.1
211	44 521	9 393 931	14.5258	5.9533	2.32428	4.73934	662.88	34 966.7
212	44 944	9 528 128	14.5602	5.9627	2.32634	4.71698	666.02	35 298.9
213	45 369	9 663 597	14.5945	5.9721	2.32838	4.69484	669.16	35 632.7
214	45 796	9 800 344	14.6287	5.9814	2.33041	4.67290	672.30	35 968.1
215	46 225	9 938 375	14.6629	5.9907	2.33244	4.65116	675.44	36 305.0
216	46 656	10 077 696	14.6969	6.0000	2.33445	4.62963	678.58	36 643.5
217	47 089	10 218 313	14.7309	6.0092	2.33646	4.60829	681.73	36 983.6
218	47 524	10 360 232	14.7648	6.0185	2.33846	4.58716	684.87	37 325.3
219	47 961	10 503 459	14.7986	6.0277	2.34044	4.56621	688.01	37 668.5
220	48 400	10 648 000	14.8324	6.0368	2.34242	4.54545	691.15	38 013.3

221	48 841	10 793 861	14.8661	6.0459	2.34439	4.52489	694.29	38 359.6
222	49 284	10 941 048	14.8997	6.0550	2.34635	4.50450	697.43	38 707.6
223	49 729	11 089 567	14.9332	6.0641	2.34830	4.48430	700.58	39 057.1
224	50 176	11 239 424	14.9666	6.0732	2.35025	4.46429	703.72	33 408.1
225	50 625	11 390 625	15.0000	6.0822	2.35218	4.44444	706.86	39 760.8
226	51 076	11 543 176	15.0333	6.0912	2.35411	4.42478	710.00	40 115.0
227	51 529	11 697 083	15.0665	6.1002	2.35603	4.40529	713.14	40 470.8
228	51 984	11 852 352	15.0997	6.1091	2.35793	4.38596	716.28	40 828.1
229	52 441	12 008 989	15.1327	6.1180	2.35984	4.36681	719.42	41 187.1
230	52 900	12 167 000	15.1658	6.1269	2.36173	4.34783	722.57	41 547.6
231	53 361	12 326 391	15.1987	6.1358	2.36361	4.32900	725.71	41 909.6
232	53 824	12 487 168	15.2315	6.1446	2.36549	4.31034	728.85	42 273.3
233	54 289	12 649 337	15.2643	6.1534	2.36736	4.29185	731.99	42 638.5
234	54 756	12 812 904	15.2971	6.1622	2.36922	4.27350	735.13	43 005.3
235	55 225	12 977 875	15.3297	6.1710	2.37107	4.25532	738.27	43 373.6
236	55 696	13 144 256	15.3623	6.1797	2.37291	4.23729	741.42	43 743.5
237	56 169	13 312 053	15.3948	6.1885	2.37475	4.21941	744.56	44 115.0
238	56 644	13 481 272	15.4272	6.1972	2.37658	4.20168	747.70	44 488.1
239	57 121	13 651 919	15.4596	6.2058	2.37840	4.18410	750.84	44 862.7
240	57 600	13 824 000	15.4919	6.2145	2.38021	4.16667	753.98	45 238.9
241	58 081	13 997 521	15.5242	6.2231	2.38202	4.14938	757.12	45 616.7
242	58 564	14 172 488	15.5563	6.2317	2.38382	4.13223	760.27	45 996.1
243	59 049	14 348 907	15.5885	6.2403	2.38561	4.11523	763.41	46 377.0
244	59 536	14 526 784	15.6205	6.2488	2.38739	4.09836	766.55	46 759.5
245	60 025	14 706 125	15.6525	6.2573	2.38917	4.08163	769.69	47 143.5

n	n^2	n^3	\sqrt{n}	$\sqrt[3]{n}$	$\lg n$	$\frac{1000}{n}$	πn	$\frac{\pi n^2}{4}$
246	60 516	14 886 936	15.6844	6.2658	2.39094	4.06504	772.83	47 529.2
247	61 009	15 069 223	15.7162	6.2743	2.39270	4.04858	775.97	47 916.4
248	61 504	15 252 992	15.7480	6.2828	2.39445	4.03226	779.11	48 305.1
249	62 001	15 438 249	15.7797	6.2912	2.39620	4.01606	782.26	48 695.5
250	62 500	15 625 000	15.8114	6.2996	2.39794	4.00000	785.40	49 087.4
251	63 001	15 813 251	15.8430	6.3080	2.39967	3.98406	788.54	49 480.9
252	63 504	16 003 008	15.8745	6.3164	2.40140	3.96825	791.68	49 875.9
253	64 009	16 194 277	15.9060	6.3247	2.40312	3.95257	794.82	50 272.6
254	64 516	16 387 064	15.9374	6.3330	2.40483	3.93701	797.96	50 670.7
255	65 025	16 581 375	15.9687	6.3413	2.40654	3.92157	801.11	51 070.5
256	65 536	16 777 216	16.0000	6.3496	2.40824	3.90625	804.25	51 471.9
257	66 049	16 974 593	16.0312	6.3579	2.40993	3.89105	807.39	51 874.8
258	66 564	17 173 512	16.0624	6.3661	2.41162	3.87597	810.53	52 279.2
259	67 081	17 373 979	16.0935	6.3743	2.41330	3.86100	813.67	52 685.3
260	67 600	17 576 000	16.1245	6.3825	2.41497	3.84615	816.81	53 092.9
261	68 121	17 779 581	16.1555	6.3907	2.41664	3.83142	819.96	53 502.1
262	68 644	17 984 728	16.1864	6.3988	2.41830	3.81679	823.10	53 912.9
263	69 169	18 191 447	16.2173	6.4070	2.41996	3.80228	826.24	54 325.2
264	69 696	18 399 744	16.2481	6.4151	2.42160	3.78788	829.38	54 739.1
265	70 225	18 609 625	16.2788	6.4232	2.42325	3.77358	832.52	55 154.6

266	70 756	18 821 096	16.3095	6.4512	2.42100	3.75940	835.66	55 571.6
267	71 289	19 034 163	16.3401	6.4393	2.42651	3.74532	838.81	56 570.4
268	71 824	19 248 832	16.3707	6.4473	2.42813	3.73134	841.95	56 410.4
269	72 361	19 465 109	16.4012	6.4553	2.42975	3.71747	845.09	56 832.2
270	72 900	19 683 000	16.4317	6.4633	2.43136	3.70370	848.23	57 255.5
271	73 441	19 902 511	16.4621	6.4713	2.43297	3.69004	851.37	57 680.4
272	73 984	20 123 648	16.4924	6.4792	2.43457	3.67647	854.51	58 106.9
273	74 529	20 346 417	16.5227	6.4872	2.43616	3.66300	857.65	58 534.9
274	75 076	20 570 824	16.5529	6.4951	2.43775	3.64964	860.80	58 964.6
275	75 625	20 796 875	16.5831	6.5030	2.43933	3.63636	863.94	59 395.7
276	76 176	21 024 576	16.6132	6.5108	2.44091	3.62319	867.08	59 828.5
277	76 729	21 253 933	16.6433	6.5187	2.44248	3.61011	870.22	60 262.8
278	77 284	21 484 952	16.6733	6.5265	2.44404	3.59712	873.36	60 698.7
279	77 841	21 717 639	16.7033	6.5343	2.44560	3.58423	876.50	61 136.2
280	78 400	21 952 000	16.7332	6.5421	2.44716	3.57143	879.65	61 575.2
281	78 961	22 188 041	16.7631	6.5499	2.44871	3.55872	882.79	62 015.8
282	79 524	22 425 708	16.7929	6.5577	2.45025	3.54610	885.93	62 458.0
283	80 089	22 665 187	16.8226	6.5654	2.45179	3.53357	889.07	62 901.8
284	80 656	22 906 304	16.8523	6.5731	2.45332	3.52113	892.21	63 347.1
285	81 225	23 149 125	16.8819	6.5808	2.45484	3.50877	895.35	63 794.0
286	81 796	23 393 656	16.9115	6.5885	2.45637	3.49650	898.50	64 242.4
287	82 369	23 639 903	16.9411	6.5962	2.45788	3.48432	901.64	64 692.5
288	82 944	23 887 872	16.9706	6.6039	2.45939	3.47222	904.78	65 144.1
289	83 521	24 137 569	17.0000	6.6115	2.46090	3.46021	907.92	65 597.2
290	84 100	24 389 000	17.0294	6.6191	2.46240	3.44828	911.06	66 052.0

n	n^2	n^3	\sqrt{n}	$\sqrt[3]{n}$	$\lg n$	$\frac{1000}{n}$	πn	$\frac{\pi n^2}{4}$
291	84 681	24 642 171	17.0587	6.6267	2.46389	3.43643	914.20	66 508.3
292	85 264	24 897 088	17.0880	6.6343	2.46538	3.42466	917.35	66 966.2
293	85 849	25 153 757	17.1172	6.6419	2.46687	3.41297	920.49	67 425.6
294	86 436	25 412 184	17.1464	6.6494	2.46835	3.40136	923.63	67 886.7
295	87 025	25 672 375	17.1756	6.6569	2.46982	3.38983	926.77	68 349.3
296	87 616	25 934 336	17.2047	6.6644	2.47129	3.37838	929.91	68 813.4
297	88 209	26 198 073	17.2337	6.6719	2.47276	3.36700	933.05	69 279.2
298	88 804	26 463 592	17.2627	6.6794	2.47422	3.35570	936.19	69 746.5
299	89 401	26 730 899	17.2916	6.6869	2.47567	3.34448	939.34	70 215.4
300	90 000	27 000 000	17.3205	6.6943	2.47712	3.33333	942.48	70 685.8
301	90 601	27 270 901	17.3494	6.7018	2.47857	3.32226	945.62	71 157.9
302	91 204	27 543 608	17.3781	6.7092	2.48001	3.31126	948.76	71 631.5
303	91 809	27 818 127	17.4069	6.7166	2.48144	3.30033	951.90	72 106.6
304	92 416	28 094 464	17.4356	6.7240	2.48287	3.28947	955.04	72 583.4
305	93 025	28 372 625	17.4642	6.7313	2.48430	3.27869	958.19	73 061.7
306	93 636	28 652 616	17.4929	6.7387	2.48572	3.26797	961.33	73 541.5
307	94 249	28 934 443	17.5214	6.7460	2.48714	3.25733	964.47	74 023.0
308	94 864	29 218 112	17.5499	6.7533	2.48855	3.24675	967.61	74 506.0
309	95 481	29 503 629	17.5784	6.7606	2.48996	3.23625	970.75	74 990.6
310	96 100	29 791 000	17.6068	6.7679	2.49136	3.22581	973.89	75 476.8

311	96 721	30 069 231	17 6352	6.7752	2.49276	3.21543	977.04	75 964.5
312	97 344	30 371 328	17.6635	6.7624	2.49415	3.20513	980.18	76 453.8
313	97 969	30 664 297	17.6918	6.7897	2.49554	3.19490	983.32	76 944.7
314	98 596	30 959 144	17.7200	6.7969	2.49693	3.18471	986.46	77 437.1
315	99 225	31 255 875	17.7482	6.8041	2.49831	3.17460	989.60	77 931.1
316	99 856	31 554 496	17.7764	6.8113	2.49969	3.16456	992.74	78 426.7
317	100 489	31 855 013	17.8045	6.8185	2.50106	3.15457	995.88	78 923.9
318	101 124	32 157 432	17.8326	6.8256	2.50243	3.14465	999.03	79 422.6
319	101 761	32 461 759	17.8606	6.8328	2.50379	3.13480	1002.2	79 922.9
320	102 400	32 768 000	17.8885	6.8399	2.50515	3.12500	1005.3	80 424.8
321	103 041	33 076 161	17.9165	6.8470	2.50651	3.11526	1008.5	80 928.2
322	103 684	33 386 248	17.9444	6.8541	2.50786	3.10559	1011.6	81 433.2
323	104 329	33 698 267	17.9722	6.8612	2.50920	3.09598	1014.7	81 939.8
324	104 976	34 012 224	18.0000	6.8683	2.51055	3.08642	1017.9	82 448.0
325	105 625	34 328 125	18.0278	6.8753	2.51188	3.07692	1021.0	82 957.7
326	106 276	34 645 976	18.0555	6.8824	2.51322	3.06748	1024.2	83 469.0
327	106 929	34 965 783	18.0831	6.8894	2.51455	3.05810	1027.3	83 981.8
328	107 584	35 287 552	18.1108	6.8964	2.51587	3.04878	1030.4	84 496.3
329	108 241	35 611 289	18.1384	6.9034	2.51720	3.03951	1033.6	85 012.3
330	108 900	35 937 000	18.1659	6.9104	2.51851	3.03030	1036.7	85 529.9
331	109 561	36 264 691	18.1934	6.9174	2.51983	3.02115	1039.9	86 049.0
332	110 224	36 594 368	18.2209	6.9244	2.52114	3.01205	1043.0	86 569.7
333	110 889	36 926 037	18.2483	6.9313	2.52244	3.00300	1046.2	87 092.0
334	111 556	37 259 704	18.2757	6.9382	2.52375	2.99401	1049.3	87 615.9
335	112 225	37 595 375	18.3030	6.9451	2.52504	2.98507	1052.4	88 141.3

n	n^2	n^3	\sqrt{n}	$\sqrt[3]{n}$	$lg n$	$\frac{1000}{n}$	πn	$\frac{\pi n^2}{4}$
336	112 896	37 933 056	18.3302	6.9521	2.52634	2.97619	1055.6	88 668.3
337	113 569	38 272 753	18.3576	6.9589	2.52763	2.96736	1058.7	89 196.9
338	114 244	38 614 472	18.3848	6.9658	2.52892	2.95858	1061.9	89 727.0
339	114 921	38 958 219	18.4120	6.9727	2.53020	2.94985	1065.0	90 258.7
340	115 600	39 304 000	18.4391	6.9795	2.53148	2.94118	1068.1	90 792.0
341	116 281	39 651 821	18.4662	6.9864	2.53275	2.93255	1071.3	91 326.9
342	116 964	40 001 688	18.4932	6.9932	2.53403	2.92398	1074.4	91 863.3
343	117 649	40 353 607	18.5203	7.0000	2.53529	2.91545	1077.6	92 401.3
344	118 336	40 707 584	18.5472	7.0068	2.53656	2.90698	1080.7	92 940.9
345	119 025	41 063 625	18.5742	7.0136	2.53782	2.89855	1083.8	93 482.0
346	119 716	41 421 736	18.6011	7.0203	2.53908	2.89017	1087.0	94 024.7
347	120 409	41 781 923	18.6279	7.0271	2.54033	2.88184	1090.1	94 569.0
348	121 104	42 144 192	18.6548	7.0338	2.54158	2.87356	1093.3	95 114.9
349	121 801	42 508 549	18.6815	7.0406	2.54283	2.86533	1096.4	95 662.3
350	122 500	42 875 000	18.7083	7.0473	2.54407	2.85714	1099.6	96 211.3
351	123 201	43 243 551	18.7350	7.0540	2.54531	2.84900	1102.7	96 761.8
352	123 904	43 614 208	18.7617	7.0607	2.54654	2.84091	1105.8	97 314.0
353	124 609	43 986 977	18.7883	7.0674	2.54777	2.83286	1109.0	97 867.7
354	125 316	44 361 864	18.8149	7.0740	2.54900	2.82486	1112.1	98 423.0
355	126 025	44 738 875	18.8414	7.0807	2.55023	2.81690	1115.3	98 979.8

356	126 736	45 118 016	18.8680	7.0873	2.55145	2.80899	119.5	00 538 7
357	127 449	45 499 293	18.8944	7.0940	2.55267	2.80112	1121.5	100 098
358	128 164	45 882 712	18.9209	7.1006	2.55388	2.79330	1124.7	100 660
359	128 881	46 268 279	18.9473	7.1072	2.55509	2.78552	1127.8	101 223
360	129 600	46 656 000	18.9737	7.1138	2.55630	2.77778	1131.0	101 788
361	130 321	47 045 881	19.0000	7.1204	2.55751	2.77008	1134.1	102 354
362	131 044	47 437 928	19.0263	7.1269	2.55871	2.76243	1137.3	102 922
363	131 769	47 832 147	19.0526	7.1335	2.55991	2.75482	1140.4	103 491
364	132 496	48 228 544	19.0788	7.1400	2.56110	2.74725	1143.5	104 062
365	133 225	48 627 125	19.1050	7.1466	2.56229	2.73973	1146.7	104 635
366	133 956	49 027 896	19.1311	7.1531	2.56348	2.73224	1149.8	105 209
367	134 689	49 430 863	19.1572	7.1596	2.56467	2.72480	1153.0	105 785
368	135 424	49 836 032	19.1833	7.1661	2.56585	2.71739	1156.1	106 362
369	136 161	50 243 409	19.2094	7.1726	2.56703	2.71003	1159.2	106 941
370	136 900	50 653 000	19.2354	7.1791	2.56820	2.70270	1162.4	107 521
371	137 641	51 064 811	19.2614	7.1855	2.56937	2.69542	1165.5	108 103
372	138 384	51 478 848	19.2873	7.1920	2.57054	2.68817	1168.7	108 687
373	139 129	51 895 117	19.3132	7.1984	2.57171	2.68097	1171.8	109 272
374	139 876	52 313 624	19.3391	7.2048	2.57287	2.67380	1175.0	109 858
375	140 625	52 734 375	19.3649	7.2112	2.57403	2.66667	1178.1	110 447
376	141 376	53 157 376	19.3907	7.2177	2.57519	2.65957	1181.2	111 036
377	142 129	53 582 633	19.4165	7.2240	2.57634	2.65252	1184.4	111 628
378	142 884	54 010 152	19.4422	7.2304	2.57749	2.64550	1187.5	112 221
379	143 641	54 439 939	19.4679	7.2368	2.57864	2.63852	1190.7	112 815
380	144 440	54 872 000	19.4936	7.2432	2.57978	2.63158	1193.8	113 411

n	n^2	n^3	\sqrt{n}	$\sqrt[3]{n}$	$\lg n$	$\frac{1000}{n}$	πn	$\frac{\pi n^2}{4}$
381	145 161	55 306 341	19.5192	7.2495	2.58092	2.62467	1196.9	114 009
382	145 924	55 742 968	19.5448	7.2558	2.58206	2.61780	1200.1	114 608
383	146 689	56 181 887	19.5704	7.2622	2.58320	2.61097	1203.2	115 209
384	147 456	56 623 104	19.5959	7.2685	2.58433	2.60417	1206.4	115 812
385	148 225	57 066 625	19.6214	7.2748	2.58546	2.59740	1209.5	116 416
386	148 996	57 512 456	19.6469	7.2811	2.58659	2.59067	1212.7	117 021
387	149 769	57 960 603	19.6723	7.2874	2.58771	2.58398	1215.8	117 628
388	150 544	58 411 072	19.6977	7.2936	2.58883	2.57732	1218.9	118 237
389	151 321	58 863 869	19.7231	7.2999	2.58995	2.57069	1222.1	118 847
390	152 100	59 319 000	19.7484	7.3061	2.59106	2.56410	1225.2	119 459
391	152 881	59 776 471	19.7737	7.3124	2.59218	2.55754	1228.4	120 072
392	153 664	60 236 288	19.7990	7.3186	2.59329	2.55102	1231.5	120 687
393	154 449	60 698 457	19.8242	7.3248	2.59439	2.54453	1234.6	121 304
394	155 236	61 162 984	19.8494	7.3310	2.59550	2.53807	1237.8	121 922
395	156 025	61 629 875	19.8746	7.3372	2.59660	2.53165	1240.9	122 542
396	156 816	62 099 136	19.8997	7.3434	2.59770	2.52525	1244.1	123 163
397	157 609	62 570 773	19.9249	7.3496	2.59879	2.51889	1247.2	123 786
398	158 404	63 044 792	19.9499	7.3558	2.59988	2.51256	1250.4	124 410
399	159 201	63 521 199	19.9750	7.3619	2.60097	2.50627	1253.5	125 036
400	160 000	64 000 000	20.0000	7.3681	2.60206	2.50000	1256.6	125 664
401	160 801	64 481 201	20.0250	7.3742	2.60314	2.49377	1259.8	126 293
402	161 604	64 964 808	20.0499	7.3803	2.60423	2.48756	1262.9	126 923

403	162 409	65 450 827	20.0749	7.3864	2.60531	2.48139	1266.1	127 556
404	163 216	65 939 264	20.0998	7.3925	2.60638	2.47525	1269.2	128 190
405	164 025	66 430 125	20.1246	7.3986	2.60746	2.46512	1272.3	128 825
406	164 836	66 923 416	20.1494	7.4047	2.60853	2.46305	1275.5	129 462
407	165 649	67 419 143	20.1742	7.4108	2.60959	2.45700	1278.6	130 100
408	166 464	67 917 312	20.1990	7.4169	2.61066	2.45098	1281.8	130 741
409	167 281	68 417 929	20.2237	7.4229	2.61172	2.44499	1284.9	131 382
410	168 100	68 921 000	20.2485	7.4290	2.61278	2.43902	1288.1	132 025
411	168 921	69 426 531	20.2731	7.4350	2.61384	2.43309	1291.2	132 670
412	169 744	69 934 528	20.2978	7.4410	2.61490	2.42718	1294.3	133 317
413	170 569	70 444 997	20.3224	7.4470	2.61595	2.42131	1297.5	133 965
414	171 396	70 957 944	20.3470	7.4530	2.61700	2.41546	1300.6	134 614
415	172 225	71 473 375	20.3715	7.4590	2.61805	2.40964	1303.8	135 265
416	173 056	71 991 296	20.3961	7.4650	2.61909	2.40385	1306.9	135 918
417	173 889	72 511 713	20.4206	7.4710	2.62014	2.39808	1310.0	136 572
418	174 724	73 034 632	20.4450	7.4770	2.62118	2.39234	1313.2	137 228
419	175 561	73 560 059	20.4695	7.4829	2.62221	2.38663	1316.3	137 885
420	176 400	74 088 000	20.4939	7.4889	2.62325	2.38095	1319.5	138 544
421	177 241	74 618 461	20.5183	7.4948	2.62428	2.37530	1322.6	139 205
422	178 084	75 151 448	20.5426	7.5007	2.62531	2.36967	1325.8	139 867
423	178 929	75 686 967	20.5670	7.5067	2.62634	2.36407	1328.9	140 531
424	179 776	76 225 024	20.5913	7.5126	2.62737	2.35849	1332.0	141 196
425	180 625	76 765 625	20.6155	7.5185	2.62839	2.35294	1335.2	141 863
426	181 476	77 308 776	20.6398	7.5244	2.62941	2.34742	1338.3	142 531
427	182 329	77 854 483	20.6640	7.5302	2.63043	2.34192	1341.5	143 201
428	183 184	78 402 752	20.6882	7.5361	2.63144	2.33645	1344.6	143 872
429	184 041	78 953 589	20.7123	7.5420	2.63246	2.33100	1347.7	144 545
430	184 900	79 507 000	20.7364	7.5478	2.63347	2.32558	1350.9	145 220

n	n^2	n^3	\sqrt{n}	$\sqrt[3]{n}$	$\lg n$	$\frac{1000}{n}$	πn	$\frac{\pi n^2}{4}$
431	185 761	80 062 991	20.7605	7.5537	2.63448	2.32019	1354.0	145 896
432	186 624	80 621 568	20.7846	7.5595	2.63548	2.31481	1357.2	146 574
433	187 489	81 182 737	20.8087	7.5654	2.63649	2.30947	1360.3	147 254
434	188 356	81 746 504	20.8327	7.5712	2.63749	2.30415	1363.5	147 934
435	189 225	82 312 875	20.8567	7.5770	2.63849	2.29885	1366.6	148 617
436	190 096	82 881 856	20.8806	7.5828	2.63949	2.29358	1369.7	149 301
437	190 969	83 453 453	20.9045	7.5886	2.64048	2.28833	1372.9	149 987
438	191 844	84 027 672	20.9284	7.5944	2.64147	2.28311	1376.0	150 674
439	192 721	84 604 519	20.9523	7.6001	2.64246	2.27790	1379.2	151 363
440	193 600	85 184 000	20.9762	7.6059	2.64345	2.27273	1382.3	152 053
441	194 481	85 766 121	21.0000	7.6117	2.64444	2.26757	1385.4	152 745
442	195 364	86 350 888	21.0238	7.6174	2.64542	2.26244	1388.6	153 439
443	196 249	86 938 307	21.0476	7.6232	2.64640	2.25734	1391.7	154 134
444	197 136	87 528 384	21.0713	7.6289	2.64738	2.25225	1394.9	154 830
445	198 025	88 121 125	21.0950	7.6346	2.64836	2.24719	1398.0	155 528
446	198 916	88 716 536	21.1187	7.6403	2.64933	2.24215	1401.2	156 228
447	199 809	89 314 623	21.1424	7.6460	2.65031	2.23714	1404.3	156 930
448	200 704	89 915 392	21.1660	7.6517	2.65128	2.23214	1407.4	157 633
449	201 601	90 518 849	21.1896	7.6574	2.65225	2.22717	1410.6	158 337
450	202 500	91 125 000	21.2132	7.6631	2.65321	2.22222	1413.7	159 043
451	203 401	91 733 851	21.2368	7.6688	2.65418	2.21729	1416.9	159 751
452	204 304	92 345 408	21.2603	7.6744	2.65514	2.21239	1420.0	160 460

453	205 209	92 553 577	21 0099	7.6801	2.65610	2.20751	1423.1	161 171
454	206 116	93 576 664	21.3073	7.6857	2.65700	2.00964	1426.3	161 883
455	207 025	94 196 375	21.3307	7.6914	2.65801	2.19780	1429.4	162 597
456	207 936	94 818 816	21.3542	7.6970	2.65896	2.19298	1432.6	163 313
457	208 849	95 443 993	21.3776	7.7026	2.65992	2.18818	1435.7	164 030
458	209 764	96 071 912	21.4009	7.7082	2.66087	2.18341	1438.8	164 748
459	210 681	96 702 579	21.4243	7.7138	2.66181	2.17865	1442.0	165 468
460	211 600	97 336 000	21.4476	7.7194	2.66276	2.17391	1445.1	166 190
461	212 521	97 972 181	21.4709	7.7250	2.66370	2.16920	1448.3	166 914
462	213 444	98 611 128	21.4942	7.7306	2.66464	2.16450	1451.4	167 639
463	214 369	99 252 847	21.5174	7.7362	2.66558	2.15983	1454.6	168 365
464	215 296	99 897 344	21.5407	7.7418	2.66652	2.15517	1457.7	169 093
465	216 225	100 544 625	21.5639	7.7473	2.66745	2.15054	1460.8	169 823
466	217 156	101 194 696	21.5870	7.7529	2.66839	2.14592	1464.0	170 554
467	218 089	101 847 563	21.6102	7.7584	2.66932	2.14133	1467.1	171 287
468	219 024	102 503 232	21.6333	7.7639	2.67025	2.13675	1470.3	172 021
469	219 961	103 161 709	21.6564	7.7695	2.67117	2.13220	1473.4	172 757
470	220 900	103 823 000	21.6795	7.7750	2.67210	2.12766	1476.5	173 491
471	221 841	104 487 111	21.7025	7.7805	2.67302	2.12314	1479.7	174 234
472	222 784	105 154 048	21.7256	7.7860	2.67394	2.11864	1482.8	174 974
473	223 729	105 823 817	21.7486	7.7915	2.67486	2.11416	1486.0	175 716
474	224 676	106 496 424	21.7715	7.7970	2.67578	2.10970	1489.1	176 460
475	225 625	107 171 875	21.7945	7.8025	2.67669	2.10526	1492.3	177 205
476	226 576	107 850 176	21.8174	7.8079	2.67761	2.10084	1495.4	177 952
477	227 529	108 531 333	21.8403	7.8134	2.67852	2.09644	1498.5	178 701
478	228 484	109 215 352	21.8632	7.8188	2.67943	2.09205	1501.7	179 451
479	229 441	109 902 239	21.8861	7.8243	2.68034	2.08768	1504.8	180 203
480	230 400	110 592 000	21.9089	7.8297	2.68124	2.08333	1508.0	180 956

n	n^2	n^3	\sqrt{n}	$\sqrt[3]{n}$	$\lg n$	$\frac{1000}{n}$	πn	$\frac{\pi n^2}{4}$
481	231 361	111 284 641	21.9317	7.8352	2.68215	2.07900	1511.1	181 711
482	232 324	111 980 168	21.9545	7.8406	2.68305	2.07469	1514.2	182 467
483	233 289	112 678 587	21.9773	7.8460	2.68395	2.07039	1517.4	183 225
484	234 256	113 379 904	22.0000	7.8514	2.68485	2.06612	1520.5	183 984
485	235 225	114 084 125	22.0227	7.8568	2.68574	2.06186	1523.7	184 745
486	236 196	114 791 256	22.0454	7.8622	2.68664	2.05761	1526.8	185 508
487	237 169	115 501 303	22.0681	7.8676	2.68753	2.05339	1530.0	186 272
488	238 144	116 214 272	22.0907	7.8730	2.68842	2.04918	1533.1	187 038
489	230 121	116 930 169	22.1133	7.8784	2.68931	2.04499	1536.2	187 805
490	240 100	117 649 000	22.1359	7.8837	2.69020	2.04082	1539.4	188 574
491	241 081	118 370 771	22.1585	7.8891	2.69108	2.03666	1542.5	189 345
492	242 064	119 095 488	22.1811	7.8944	2.69197	2.03252	1545.7	190 117
493	243 049	119 823 157	22.2036	7.8998	2.69285	2.02840	1548.8	190 890
494	244 036	120 553 784	22.2261	7.9051	2.69373	2.02429	1551.9	191 665
495	245 025	121 287 375	22.2486	7.9105	2.69461	2.02020	1555.1	192 442
496	246 016	122 023 936	22.2711	7.9158	2.69548	2.01613	1558.2	193 221
497	247 009	122 763 473	22.2935	7.9211	2.69636	2.01207	1561.4	194 000
498	248 004	123 505 992	22.3159	7.9264	2.69723	2.00803	1564.5	194 782
499	249 001	124 251 499	22.3383	7.9317	2.69810	2.00401	1567.7	195 565
500	250 000	125 000 000	22.3607	7.9370	2.69897	2.00000	1570.8	196 350

3. 三角函数表

表 1-3-5 正 弦 和 余 弦 表

正 弦

A	0'	6'	12'	18'	24'	30'	36'	42'	48'	54'	60'		1'	2'	3'
0°	0.0000	0017	0035	0052	0070	0087	0105	0122	0140	0157	0.0000	90°			
1°	0175	0192	0209	0227	0244	0262	0279	0297	0314	0332	0349	89°	3	6	9
2°	0349	0366	0384	0401	0419	0436	0454	0471	0488	0506	0523	88°	3	6	9
3°	0523	0541	0558	0576	0593	0610	0628	0645	0663	0680	0698	87°	3	6	9
4°	0698	0715	0732	0750	0767	0785	0802	0819	0837	0854	0.0872	86°	3	6	9
5°	0.0872	0889	0906	0924	0941	0958	0976	0993	1011	1028	1045	84°	3	6	9
6°	1045	1063	1080	1097	1115	1132	1149	1167	1184	1201	1219	83°	3	6	9
7°	1219	1236	1253	1271	1288	1305	1323	1340	1357	1374	1392	82°	3	6	9
8°	1392	1409	1426	1444	1461	1478	1495	1513	1530	1547	1564	81°	3	6	9
9°	1564	1582	1599	1616	1633	1650	1668	1685	1702	1719	0.1736	80°	3	6	9
10°	0.1736	1754	1771	1788	1805	1822	1840	1857	1874	1891	1908	79°	3	6	9
11°	1908	1925	1942	1959	1977	1994	2011	2028	2045	2062	2079	78°	3	6	9
12°	2079	2096	2113	2130	2147	2164	2181	2198	2215	2233	2250	77°	3	6	9
13°	2250	2267	2284	2300	2317	2334	2351	2368	2385	2402	2419	76°	3	6	8
14°	2419	2436	2453	2470	2487	2504	2521	2538	2554	2571	0.2588	75°	3	6	8
15°	0.2588	2605	2622	2639	2656	2672	2689	2706	2723	2740	2756	74°	3	6	8
16°	2756	2773	2790	2807	2823	2840	2857	2874	2890	2907	2924	73°	3	6	8
17°	2924	2940	2957	2974	2990	3007	3024	3040	3057	3074	3090	72°	3	6	8
18°	3090	3107	3123	3140	3156	3173	3190	3206	3223	3239	3256	71°	3	6	8
19°	3256	3272	3289	3305	3322	3338	3355	3371	3387	3404	0.3420	70°	3	5	8
20°	0.3420	3437	3453	3469	3486	3502	3518	3535	3551	3567	3584	69°	3	5	8
21°	3584	3600	3616	3633	3649	3665	3681	3697	3714	3730	3746	68°	3	5	8
22°	3746	3762	3778	3795	3811	3827	3843	3859	3875	3891	3907	67°	3	5	8
23°	3907	3923	3939	3955	3971	3987	4003	4019	4035	4051	4067	66°	3	5	8
24°	4067	4083	4099	4115	4131	4147	4163	4179	4195	4210	0.4226	65°	3	5	8
25°	0.4226	4242	4258	4274	4289	4305	4321	4337	4352	4368	4384	64°	3	5	8
26°	4384	4399	4415	4431	4446	4462	4478	4493	4509	4524	4540	63°	3	5	8
27°	4540	4555	4571	4586	4602	4617	4633	4648	4664	4679	4695	62°	3	5	8
28°	4695	4710	4726	4741	4756	4772	4787	4802	4818	4833	4848	61°	3	5	8
29°	4848	4863	4879	4894	4909	4924	4939	4955	4970	4985	0.5000	60°	3	5	8

余 弦

续表

正 弦

A	0'	6'	12'	18'	24'	30'	36'	42'	48'	54'	60'		1'	2'	3'	
↓																
30°	0.5000	5015	5030	5045	5060	5075	5090	5105	5120	5135	5150	59°	3	5	8	
31°	5150	5165	5180	5195	5210	5225	5240	5255	5270	5284	5299	58°	2	5	7	
32°	5299	5314	5329	5344	5358	5373	5388	5402	5417	5432	5446	57°	2	5	7	
33°	5446	5461	5476	5490	5505	5519	5534	5548	5563	5577	5592	56°	2	5	7	
34°	5592	5606	5621	5635	5650	5664	5678	5693	5707	5721	0.5736	55°	2	5	7	
35°	0.5736	5750	5764	5779	5793	5807	5821	5835	5850	5864	5878	54°	2	5	7	
36°	5878	5892	5906	5920	5934	5948	5962	5976	5990	6004	6018	53°	2	5	7	
37°	6018	6032	6046	6060	6074	6088	6101	6115	6129	6143	6157	52°	2	5	7	
38°	6157	6170	6184	6198	6211	6225	6239	6252	6266	6280	6293	51°	2	5	7	
39°	6293	6307	6320	6334	6347	6361	6374	6388	6401	6414	0.6428	50°	2	4	7	
40°	0.6428	6441	6455	6468	6481	6494	6508	6521	6534	6547	6561	49°	2	4	7	
41°	6561	6574	6587	6600	6613	6626	6639	6652	6665	6678	6691	48°	2	4	7	
42°	6691	6704	6717	6730	6743	6756	6769	6782	6794	6807	6820	47°	2	4	6	
43°	6820	6833	6845	6858	6871	6884	6896	6909	6921	6934	6947	46°	2	4	6	
44°	6947	6959	6972	6984	6997	7009	7022	7034	7046	7059	0.7071	45°	2	4	6	
45°	0.7071	7083	7096	7108	7120	7133	7145	7157	7169	7181	7193	44°	2	4	6	
46°	7193	7206	7218	7230	7242	7254	7266	7278	7290	7302	7314	43°	2	4	6	
47°	7314	7325	7337	7349	7361	7373	7385	7396	7408	7420	7431	42°	2	4	6	
48°	7431	7443	7455	7466	7478	7490	7501	7513	7524	7536	7547	41°	2	4	6	
49°	7547	7559	7570	7581	7593	7604	7615	7627	7638	7649	0.7660	40°	2	4	6	
50°	0.7660	7672	7683	7694	7705	7716	7727	7738	7749	7760	7771	39°	2	4	6	
51°	7771	7782	7793	7804	7815	7826	7837	7848	7859	7869	7880	38°	2	4	5	
52°	7880	7891	7902	7912	7923	7934	7944	7955	7965	7976	7986	37°	2	4	5	
53°	7986	7997	8007	8018	8028	8039	8049	8059	8070	8080	8090	36°	2	3	5	
54°	8090	8100	8111	8121	8131	8141	8151	8161	8171	8181	0.8192	35°	2	3	5	
55°	0.8192	8202	8211	8221	8231	8241	8251	8261	8271	8281	8290	34°	2	3	5	
56°	8290	8300	8310	8320	8329	8339	8348	8358	8368	8377	8387	33°	2	3	5	
57°	8387	8396	8406	8415	8425	8434	8443	8453	8462	8471	8480	32°	2	3	5	
58°	8480	8490	8499	8508	8517	8526	8536	8545	8554	8563	8572	31°	2	3	5	
59°	8572	8581	8590	8599	8607	8616	8625	8634	8643	8652	0.8660	30°	1	3	4	
												↑				
	60'	54'	48'	42'	36'	30'	24'	18'	12'	6'	0'	A	1'	2'	3'	

余 弦

续表

正 弦

A	0'	6'	12'	18'	24'	30'	36'	42'	48'	54'	60'		1'	2'	3'
60°	0.8660	8669	8678	8686	8695	8704	8712	8721	8729	8738	8746	29°	1	3	4
61°	8746	8755	8763	8771	8780	8788	8796	8805	8813	8821	8829	28°	1	3	4
62°	8829	8838	8846	8854	8862	8870	8878	8886	8894	8902	8910	27°	1	3	4
63°	8910	8918	8926	8934	8942	8949	8957	8965	8973	8980	8988	26°	1	3	4
64°	8988	8996	9003	9011	9018	9026	9033	9041	9048	9056	0.9063	25°	1	3	4
65°	0.9063	9070	9078	9085	9092	9100	9107	9114	9121	9128	9135	24°	1	2	4
66°	9135	9143	9150	9157	9164	9171	9178	9184	9191	9198	9205	23°	1	2	3
67°	9205	9212	9219	9225	9232	9239	9245	9252	9259	9265	9272	22°	1	2	3
68°	9272	9278	9285	9291	9298	9304	9311	9317	9323	9330	9336	21°	1	2	3
69°	9336	9342	9348	9354	9361	9367	9373	9379	9385	9391	0.9397	20°	1	2	3
70°	0.9397	9403	9409	9415	9421	9426	9432	9438	9444	9449	9455	19°	1	2	3
71°	9455	9461	9466	9472	9478	9483	9489	9494	9500	9505	9511	18°	1	2	3
72°	9511	9516	9521	9527	9532	9537	9542	9548	9553	9558	9563	17°	1	2	3
73°	9563	9568	9573	9578	9583	9588	9593	9598	9603	9608	9613	16°	1	2	2
74°	9613	9617	9622	9627	9632	9636	9641	9646	9650	9655	0.9659	15°	1	2	2
75°	0.9659	9664	9668	9673	9677	9681	9686	9690	9694	9699	9703	14°	1	1	2
76°	9703	9707	9711	9715	9720	9724	9728	9732	9736	9740	9744	13°	1	1	2
77°	9744	9748	9751	9755	9759	9763	9767	9770	9774	9778	9781	12°	1	1	2
78°	9781	9785	9789	9792	9796	9799	9803	9806	9810	9813	9816	11°	1	1	2
79°	9816	9820	9823	9826	9829	9833	9836	9839	9842	9845	0.9848	10°	1	1	2
80°	0.9848	9851	9854	9857	9860	9863	9866	9869	9871	9874	9877	9°	0	1	1
81°	9877	9880	9882	9885	9888	9890	9893	9895	9898	9900	9903	8°	0	1	1
82°	9903	9905	9907	9910	9912	9914	9917	9919	9921	9923	9925	7°	0	1	1
83°	9925	9928	9930	9932	9934	9936	9938	9940	9942	9943	9945	6°	0	1	1
84°	9945	9947	9949	9951	9952	9954	9956	9957	9959	9960	0.9962	5°	0	1	1
85°	0.9962	9963	9965	9966	9968	9969	9971	9972	9973	9974	9976	4°	0	0	1
86°	9976	9977	9978	9979	9980	9981	9982	9983	9984	9985	9986	3°	0	0	0
87°	9986	9987	9988	9989	9990	9990	9991	9992	9993	9993	9994	2°	0	0	0
88°	9994	9995	9995	9996	9996	9997	9997	9997	9998	9998	0.9998	1°	0	0	0
89°	9998	9999	9999	9999	9999	0000	0000	0000	0000	0000	1.0000	0°	0	0	0
90°	1.0000														
	60'	54'	48'	42'	36'	30'	24'	18'	12'	6'	0'	A	1'	2'	3'

余 弦

表 1-3-6 正切和余切表

正切

A	0'	6'	12'	18'	24'	30'	36'	42'	48'	54'	60'	1'	2'	3'
0°	0.0000	0017	0035	0052	0070	0087	0105	0122	0140	0157	0.0000	90°	3	9
1°	0175	0192	0209	0227	0244	0262	0279	0297	0314	0332	0175	89°	3	9
2°	0349	0367	0384	0402	0419	0437	0454	0472	0489	0507	0349	88°	3	9
3°	0524	0542	0559	0577	0594	0612	0629	0647	0664	0682	0524	87°	3	9
4°	0699	0717	0734	0752	0769	0787	0805	0822	0840	0857	0699	86°	3	9
											0.0875	85°	3	9
5°	0.0875	0892	0910	0928	0945	0963	0981	0998	1016	1033	1051	84°	3	9
6°	1051	1069	1086	1104	1122	1139	1157	1175	1192	1210	1228	83°	3	9
7°	1228	1246	1263	1281	1299	1317	1334	1352	1370	1388	1405	82°	3	9
8°	1405	1423	1441	1459	1477	1495	1512	1530	1548	1566	1584	81°	3	9
9°	1584	1602	1620	1638	1655	1673	1691	1709	1727	1745	0.1763	80°	3	9
10°	0.1763	1781	1799	1817	1835	1853	1871	1890	1908	1926	1944	79°	3	9
11°	1944	1962	1980	1998	2016	2035	2053	2071	2089	2107	2126	78°	3	9
12°	2126	2144	2162	2180	2199	2217	2235	2254	2272	2290	2309	77°	3	9
13°	2309	2327	2345	2364	2382	2401	2419	2438	2456	2475	2493	76°	3	9
14°	2493	2512	2530	2549	2568	2586	2605	2623	2642	2661	0.2679	75°	3	9
15°	0.2679	2698	2717	2736	2754	2773	2792	2811	2830	2849	2867	74°	3	9
16°	2867	2886	2905	2924	2943	2962	2981	3000	3019	3038	3057	73°	3	9
17°	3057	3076	3096	3115	3134	3153	3172	3191	3211	3230	3249	72°	3	10
18°	3249	3269	3288	3307	3327	3346	3365	3385	3404	3424	3443	71°	3	10
19°	3443	3463	3482	3502	3522	3541	3561	3581	3600	3620	0.3640	70°	3	10

20°	0.3640	3659	3679	3719	3739	3759	3770	3799	3819	3839	69°	3	7	10
21°	3839	3859	3879	3919	3939	3959	3979	4000	4020	4040	68°	3	7	10
22°	4040	4061	4081	4122	4142	4163	4183	4204	4224	4245	67°	3	7	10
23°	4245	4265	4286	4327	4348	4369	4390	4411	4431	4452	66°	3	7	10
24°	4452	4473	4494	4536	4557	4578	4599	4621	4642	0.4663	65°	4	7	11
25°	0.4663	4684	4706	4748	4770	4791	4813	4834	4856	4877	64°	4	7	11
26°	4877	4899	4921	4964	4986	5008	5029	5051	5073	5095	63°	4	7	11
27°	5095	5117	5139	5184	5206	5228	5250	5272	5295	5317	62°	4	7	11
28°	5317	5340	5362	5407	5430	5452	5475	5498	5520	5543	61°	4	8	11
29°	5543	5566	5589	5635	5658	5681	5704	5727	5750	0.5774	60°	4	8	12
30°	0.5774	5797	5820	5867	5890	5914	5938	5961	5985	6009	59°	4	8	12
31°	6009	6032	6056	6104	6128	6152	6176	6200	6224	6249	58°	4	8	12
32°	6249	6273	6297	6346	6371	6395	6420	6445	6469	6494	57°	4	8	12
33°	6494	6519	6544	6594	6619	6644	6669	6694	6720	6745	56°	4	8	13
34°	6745	6771	6796	6847	6873	6899	6924	6950	6976	0.7002	55°	4	9	13
35°	0.7002	7028	7054	7107	7133	7159	7186	7212	7239	7265	54°	4	9	13
36°	7265	7292	7319	7373	7400	7427	7454	7481	7508	7536	53°	5	9	14
37°	7536	7563	7590	7646	7673	7701	7729	7757	7785	7813	52°	5	9	14
38°	7813	7841	7869	7926	7954	7983	8012	8040	8069	8098	51°	5	9	14
39°	8098	8127	8156	8214	8243	8273	8302	8332	8361	0.8391	50°	5	10	15
	60'	54'	48'	42'	36'	30'	24'	18'	12'	6'	0'	1'	2'	3'
											A			

余 切

切

正

A	0'	6'	12'	18'	24'	30'	36'	42'	48'	54'	60'	1'	2'	3'
40°	0.8391	8421	8451	8481	8511	8541	8571	8601	8632	8662	0.8693	49°	5	15
41°	8693	8724	8754	8785	8816	8847	8878	8910	8941	8972	9004	48°	5	16
42°	9004	9036	9067	9099	9131	9163	9195	9228	9260	9293	9325	47°	6	16
43°	9325	9358	9391	9424	9457	9490	9523	9556	9590	9623	0.9657	46°	6	17
44°	9657	9691	9725	9759	9793	9827	9861	9896	9930	9965	1.0000	45°	6	17
45°	1.0000	0035	0070	0105	0141	0176	0212	0247	0283	0319	0355	44°	6	18
46°	0355	0392	0428	0464	0501	0538	0575	0612	0649	0686	0724	43°	6	18
47°	0724	0761	0799	0837	0875	0913	0951	0990	1028	1067	1106	42°	6	19
48°	1106	1145	1184	1224	1263	1303	1343	1383	1423	1463	1504	41°	7	20
49°	1504	1544	1585	1626	1667	1708	1750	1792	1833	1875	1.1918	40°	7	21
50°	1.1918	1960	2002	2045	2088	2131	2174	2218	2261	2305	2349	39°	7	22
51°	2349	2393	2437	2482	2527	2572	2617	2662	2708	2753	2799	38°	8	23
52°	2799	2846	2892	2938	2985	3032	3079	3127	3175	3222	3270	37°	8	24
53°	3270	3319	3367	3416	3465	3514	3564	3613	3663	3713	3764	36°	8	25
54°	3764	3814	3865	3916	3968	4019	4071	4124	4176	4229	1.4281	35°	9	26
55°	1.4281	4335	4388	4442	4496	4550	4605	4659	4715	4770	4826	34°	9	27
56°	4826	4882	4938	4994	5051	5108	5166	5224	5282	5340	5399	33°	10	29
57°	5399	5458	5517	5577	5637	5697	5757	5818	5880	5941	6003	32°	10	30
58°	6003	6066	6128	6191	6255	6319	6383	6447	6512	6577	6643	31°	11	32
59°	6643	6709	6775	6842	6909	6977	7045	7113	7182	7251	1.7321	30°	11	34

60°	1.732	1.739	1.746	1.753	1.760	1.767	1.775	1.782	1.789	1.797	1.804	1	1	1	2	3	4	5
61°	1.804	1.811	1.819	1.827	1.834	1.842	1.849	1.857	1.865	1.873	1.881	1	1	1	1	1	1	1
62°	1.881	1.889	1.897	1.905	1.913	1.921	1.929	1.937	1.946	1.954	1.963	1	1	1	1	1	1	1
63°	1.963	1.971	1.980	1.988	1.997	2.006	2.014	2.023	2.032	2.041	2.050	1	1	1	1	1	1	1
64°	2.050	2.059	2.069	2.078	2.087	2.097	2.106	2.116	2.125	2.135	2.145	2	2	2	2	2	2	2
65°	2.145	2.154	2.164	2.174	2.184	2.194	2.204	2.215	2.225	2.236	2.246	2	2	2	2	2	2	2
66°	2.246	2.257	2.267	2.278	2.289	2.300	2.311	2.322	2.333	2.344	2.356	2	2	2	2	2	2	2
67°	2.356	2.367	2.379	2.391	2.402	2.414	2.426	2.438	2.450	2.463	2.475	2	2	2	2	2	2	2
68°	2.475	2.488	2.500	2.513	2.526	2.539	2.552	2.565	2.578	2.592	2.605	2	2	2	2	2	2	2
69°	2.605	2.619	2.633	2.646	2.660	2.675	2.689	2.703	2.718	2.733	2.747	2	2	2	2	2	2	2
70°	2.747	2.762	2.778	2.793	2.808	2.824	2.840	2.856	2.872	2.888	2.904	3	3	3	3	3	3	3
71°	2.904	2.921	2.937	2.954	2.971	2.989	3.006	3.024	3.042	3.060	3.078	3	3	3	3	3	3	3
72°	3.078	3.096	3.115	3.133	3.152	3.172	3.191	3.211	3.230	3.251	3.271	3	3	3	3	3	3	3
73°	3.271	3.291	3.312	3.333	3.354	3.376	3.398	3.420	3.442	3.465	3.487	3	3	3	3	3	3	3
74°	3.487	3.511	3.534	3.558	3.582	3.606	3.630	3.655	3.681	3.706	3.732	4	4	4	4	4	4	4
75°	3.732	3.758	3.785	3.812	3.839	3.867	3.895	3.923	3.952	3.981	4.011	4	4	4	4	4	4	4
	60'	54'	48'	42'	36'	30'	24'	18'	12'	6'	0'	1'	1'	1'	1'	1'	1'	1'

余 切

切

正

A	0'	1'	2'	3'	4'	5'	6'	7'	8'	9'	10'	
76°00'	4.011	4.016	4.021	4.026	4.031	4.036	4.041	4.046	4.051	4.056	4.061	50'
10'	4.061	4.066	4.071	4.076	4.082	4.087	4.092	4.097	4.102	4.107	4.113	40'
20'	4.113	4.118	4.123	4.128	4.134	4.139	4.144	4.149	4.155	4.160	4.165	30'
30'	4.165	4.171	4.176	4.181	4.187	4.192	4.198	4.203	4.208	4.214	4.219	20'
40'	4.219	4.225	4.230	4.236	4.241	4.247	4.252	4.258	4.264	4.269	4.275	10'
50'	4.275	4.280	4.286	4.292	4.297	4.303	4.309	4.314	4.320	4.326	4.331	13°00'
77°00'	4.331	4.337	4.343	4.349	4.355	4.360	4.366	4.372	4.378	4.384	4.390	50'
10'	4.390	4.396	4.402	4.407	4.413	4.419	4.425	4.431	4.437	4.443	4.449	40'
20'	4.449	4.455	4.462	4.468	4.474	4.480	4.486	4.492	4.498	4.505	4.511	30'
30'	4.511	4.517	4.523	4.529	4.536	4.542	4.548	4.555	4.561	4.567	4.574	20'
40'	4.574	4.580	4.586	4.593	4.599	4.606	4.612	4.619	4.625	4.632	4.638	10'
50'	4.638	4.645	4.651	4.658	4.665	4.671	4.678	4.685	4.691	4.698	4.705	12°00'
78°00'	4.705	4.711	4.718	4.725	4.732	4.739	4.745	4.752	4.759	4.766	4.773	50'
10'	4.773	4.780	4.787	4.794	4.801	4.808	4.815	4.822	4.829	4.836	4.843	40'
20'	4.843	4.850	4.857	4.864	4.872	4.879	4.886	4.893	4.901	4.908	4.915	30'
30'	4.915	4.922	4.930	4.937	4.945	4.952	4.959	4.967	4.974	4.982	4.989	20'
40'	4.989	4.997	5.005	5.012	5.020	5.027	5.035	5.043	5.050	5.058	5.066	10'
50'	5.066	5.074	5.081	5.089	5.097	5.105	5.113	5.121	5.129	5.137	5.145	11°00'
79°00'	5.145	5.153	5.161	5.169	5.177	5.185	5.193	5.201	5.209	5.217	5.226	50'
10'	5.226	5.234	5.242	5.250	5.259	5.267	5.276	5.284	5.292	5.301	5.309	40'
20'	5.309	5.318	5.326	5.335	5.343	5.352	5.361	5.369	5.378	5.387	5.396	30'

30'	5.396	5.404	5.413	5.422	5.431	5.440	5.449	5.458	5.466	5.475	5.485	20'
40'	5.485	5.494	5.503	5.512	5.521	5.530	5.539	5.549	5.558	5.567	5.576	10'
50'	5.576	5.586	5.595	5.605	5.614	5.623	5.633	5.642	5.652	5.662	5.671	10°00'
80°00'	5.671	5.681	5.691	5.700	5.710	5.720	5.730	5.740	5.749	5.759	5.769	50'
10'	5.769	5.779	5.789	5.799	5.810	5.820	5.830	5.840	5.850	5.861	5.871	40'
20'	5.871	5.881	5.892	5.902	5.912	5.923	5.933	5.944	5.954	5.965	5.976	30'
30'	5.976	5.986	5.997	6.008	6.019	6.030	6.041	6.051	6.062	6.073	6.084	20'
40'	6.084	6.096	6.107	6.118	6.129	6.140	6.152	6.163	6.174	6.186	6.197	10'
50'	6.197	6.209	6.220	6.232	6.243	6.255	6.267	6.278	6.290	6.302	6.314	9°00'
81°00'	6.314	6.326	6.338	6.350	6.362	6.374	6.386	6.398	6.410	6.423	6.435	50'
10'	6.435	6.447	6.460	6.472	6.485	6.497	6.510	6.522	6.535	6.548	6.561	40'
20'	6.561	6.573	6.586	6.599	6.612	6.625	6.638	6.651	6.665	6.678	6.691	30'
30'	6.691	6.704	6.718	6.731	6.745	6.758	6.772	6.786	6.799	6.813	6.827	20'
40'	6.827	6.841	6.855	6.869	6.883	6.897	6.911	6.925	6.940	6.954	6.968	10'
50'	6.968	6.983	6.997	7.012	7.026	7.041	7.056	7.071	7.085	7.100	7.115	8°00'
82°00'	7.115	7.130	7.146	7.161	7.176	7.191	7.207	7.222	7.238	7.253	7.269	50'
10'	7.269	7.284	7.300	7.316	7.332	7.348	7.364	7.380	7.396	7.412	7.429	40'
20'	7.429	7.445	7.462	7.478	7.495	7.511	7.528	7.545	7.562	7.579	7.596	30'
30'	7.596	7.613	7.630	7.647	7.665	7.682	7.700	7.717	7.735	7.753	7.770	20'
40'	7.770	7.788	7.806	7.824	7.842	7.861	7.879	7.897	7.916	7.934	7.953	10'
50'	7.953	7.972	7.991	8.009	8.028	8.048	8.067	8.086	8.105	8.125	8.144	7°00'
	10'	9'	8'	7'	6'	5'	4'	3'	2'	1'	0'	A

余 切

正 切

A	0'	1'	2'	3'	4'	5'	6'	7'	8'	9'	10'
83°00'	8.144	8.164	8.184	8.204	8.223	8.243	8.264	8.284	8.304	8.324	8.345
10'	8.345	8.366	8.386	8.407	8.428	8.449	8.470	8.491	8.513	8.534	8.556
20'	8.556	8.577	8.599	8.621	8.643	8.665	8.687	8.709	8.732	8.754	8.777
30'	8.777	8.800	8.823	8.846	8.869	8.892	8.915	8.939	8.962	8.986	9.010
40'	9.010	9.034	9.058	9.082	9.106	9.131	9.156	9.180	9.205	9.230	9.255
50'	9.255	9.281	9.306	9.332	9.357	9.383	9.409	9.435	9.461	9.488	9.514
84°00'	9.514	9.541	9.568	9.595	9.622	9.649	9.677	9.704	9.732	9.760	9.788
10'	9.788	9.816	9.845	9.873	9.902	9.931	9.960	9.989	10.02	10.05	10.08
20'	10.08	10.11	10.14	10.17	10.20	10.23	10.26	10.29	10.32	10.35	10.39
30'	10.39	10.42	10.45	10.48	10.51	10.55	10.58	10.61	10.64	10.68	10.71
40'	10.71	10.75	10.78	10.81	10.85	10.88	10.92	10.95	10.99	11.02	11.06
50'	11.06	11.10	11.13	11.17	11.20	11.24	11.28	11.32	11.35	11.39	11.43
85°00'	11.43	11.47	11.51	11.55	11.59	11.62	11.66	11.70	11.74	11.79	11.83
10'	11.83	11.87	11.91	11.95	11.99	12.03	12.08	12.12	12.16	12.21	12.25
20'	12.25	12.29	12.34	12.38	12.43	12.47	12.52	12.57	12.61	12.66	12.71
30'	12.71	12.75	12.80	12.85	12.90	12.95	13.00	13.05	13.10	13.15	13.20
40'	13.20	13.25	13.30	13.35	13.40	13.46	13.51	13.56	13.62	13.67	13.73
50'	13.73	13.78	13.84	13.89	13.95	14.01	14.07	14.12	14.18	14.24	14.30
86°00'	14.30	14.36	14.42	14.48	14.54	14.61	14.67	14.73	14.80	14.86	14.92
10'	14.92	14.99	15.06	15.12	15.19	15.26	15.33	15.39	15.46	15.53	15.60
20'	15.60	15.68	15.75	15.82	15.89	15.97	16.04	16.12	16.20	16.27	16.35
											4°00'
											5°00'
											6°00'

30'	16.35	10.43	16.51	16.59	16.67	16.75	16.83	16.92	17.00	17.08	17.17	20'
40'	17.17	17.26	17.34	17.43	17.52	17.61	17.70	17.79	17.89	17.98	18.07	10'
50'	18.07	18.17	18.27	18.37	18.46	18.56	18.67	18.77	18.87	18.98	19.08	5 00'
87°00'	19.08	19.19	19.30	19.41	19.52	19.63	19.74	19.85	19.97	20.09	20.21	50'
10'	20.21	20.33	20.45	20.57	20.69	20.82	20.95	21.07	21.20	21.34	21.47	40'
20'	21.47	21.61	21.74	21.88	22.02	22.16	22.31	22.45	22.60	22.75	22.90	30'
30'	22.90	23.06	23.21	23.37	23.53	23.69	23.86	24.03	24.20	24.37	24.54	20'
40'	24.54	24.72	24.90	25.08	25.26	25.45	25.64	25.83	26.03	26.23	26.43	10'
50'	26.43	26.64	26.84	27.06	27.27	27.49	27.71	27.94	28.17	28.40	28.64	2°00'
88°00'	28.64	28.88	29.12	29.37	29.62	29.88	30.14	30.41	30.68	30.96	31.24	50'
10'	31.24	31.53	31.82	32.12	32.42	32.73	33.05	33.37	33.69	34.03	34.37	40'
20'	34.37	34.72	35.07	35.43	35.80	36.18	36.56	36.96	37.36	37.77	38.19	30'
30'	38.19	38.62	39.06	39.51	39.97	40.44	40.92	41.41	41.92	42.43	42.96	20'
40'	42.96	43.51	44.07	44.64	45.23	45.83	46.45	47.09	47.74	48.41	49.10	10'
50'	49.10	49.82	50.55	51.30	52.08	52.88	53.71	54.56	55.44	56.35	57.29	1°00'
89°00'	57.29	58.26	59.27	60.31	61.38	62.50	63.66	64.86	66.11	67.40	68.75	50'
10'	68.75	70.15	71.62	73.14	74.73	76.39	78.13	79.94	81.85	83.84	85.94	40'
20'	85.94	88.14	90.46	92.91	95.49	98.22	101.1	104.2	107.4	110.9	114.6	30'
30'	114.6	118.5	122.8	127.3	132.2	137.5	143.2	149.5	156.3	163.7	171.9	20'
40'	171.9	180.9	191.0	202.2	214.9	229.2	245.6	264.4	286.5	312.5	343.8	10'
50'	343.8	382.0	429.7	481.1	573.0	687.5	859.4	1146	1719	3438		0°00'
	10'	9'	8'	7'	6'	5'	4'	3'	2'	1'	0'	A

余 切

说明:

1. 由《三角函数表》可以查出 0° 到 90° 每差 $1'$ 的各角的正弦、余弦、正切和余切值。各表左边一直列和顶上一横行是查正弦和正切用的, 右边一直列和底下一横行是查余弦和余切用的。

2. 76° 到 90° 每差 $1'$ 各角的正切以及 0° 到 14° 每差 $1'$ 各角的余切, 可以由表上直接查得。如

$$\operatorname{tg}81^\circ34' = 6.745, \operatorname{ctg}5^\circ46' = 9.902$$

3. 查正弦、余弦以及 0° 到 76° 每差 $1'$ 各角的正切和 14° 到 90° 每差 $1'$ 各角的余切, 需要用到表中的修正值。如

$$\begin{aligned} \sin70^\circ32' &= \sin70^\circ30' + 0.0002 \\ &= 0.9426 + 0.0002 \\ &= 0.9428 \end{aligned}$$

注意: 余弦和余切的值随着角的增加而减小。如

$$\begin{aligned} \cos18^\circ39' &= \cos18^\circ36' - 0.0003 \\ &= 0.9478 - 0.0003 \\ &= 0.9475(\text{修正值用“减”}) \\ \cos18^\circ39' &= \cos18^\circ42' + 0.0003 \\ &= 0.9472 + 0.0003 \\ &= 0.9475(\text{修正值用“加”}) \\ \operatorname{ctg}24^\circ46' &= \operatorname{ctg}24^\circ48' + 0.0003 \\ &= 2.164 + 0.0003 \\ &= 2.167(\text{修正值用“加”}) \end{aligned}$$

为了避免弄错修正值的“加”“减”号, 在查一个锐角的余弦值或余切值时, 可以改查它的余角的正弦值或正切值。如要查 $\cos18^\circ39'$ 可以改查 $\sin71^\circ21'$ 。

4. 已知一个角的正弦、余弦、正切、余切, 也可以利用这个表查出它所对应的锐角的度数来。

例 已知 $\sin A = 0.5643$, 求 $\angle A$ 。

解: 从表上查得最接近 0.5643 的正弦值 0.5650 , 所对应的角是 $34^\circ24'$ 。但是 $0.5650 - 0.5643 = 0.0007$, 在 0.5650 所在的横行中查得 0.0007 所对应的角是 $3'$ 。

$$\therefore \angle A = 34^\circ24' - 3' = 34^\circ21'$$

常用对数表

表 -3-7

常用对数表

N	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1.0	0000	0043	0086	0128	0170	0212	0253	0294	0334	0374	4	8	12	17	21	25	29	33	37
1.1	0414	0453	0492	0531	0569	0607	0645	0682	0719	0755	4	8	11	15	19	23	26	30	34
1.2	0792	0828	0864	0899	0934	0969	1004	1038	1072	1106	3	7	10	14	17	21	24	28	31
1.3	1139	1173	1206	1239	1271	1303	1335	1367	1399	1430	3	6	10	13	16	19	23	26	29
1.4	1461	1492	1523	1553	1584	1614	1644	1673	1703	1732	3	6	9	12	15	18	21	24	27
1.5	1761	1790	1818	1847	1875	1903	1931	1959	1987	2014	3	6	8	11	14	17	20	22	25
1.6	2041	2068	2095	2122	2148	2175	2201	2227	2253	2279	3	5	8	11	13	16	18	21	24
1.7	2304	2330	2355	2380	2405	2430	2455	2480	2504	2529	2	5	7	10	12	15	17	20	22
1.8	2553	2577	2601	2625	2648	2672	2695	2718	2742	2765	2	5	7	9	12	14	16	19	21
1.9	2788	2810	2833	2856	2878	2900	2923	2945	2967	2989	2	4	7	9	11	13	16	18	20
2.0	3010	3032	3054	3075	3096	3118	3139	3160	3181	3201	2	4	6	8	11	13	15	17	19
2.1	3222	3243	3263	3284	3304	3324	3345	3365	3385	3404	2	4	6	8	10	12	14	16	18
2.2	3424	3444	3464	3483	3502	3522	3541	3560	3579	3598	2	4	6	8	10	12	14	15	17
2.3	3617	3636	3655	3674	3692	3711	3729	3747	3766	3784	2	4	6	7	9	11	13	15	17
2.4	3802	3820	3838	3856	3874	3892	3909	3927	3945	3962	2	4	5	7	9	11	12	14	16
2.5	3979	3997	4014	4031	4048	4065	4082	4099	4116	4133	2	3	5	7	9	10	12	14	15
2.6	4150	4166	4183	4200	4216	4232	4249	4265	4281	4298	2	3	5	7	8	10	11	13	15
2.7	4314	4330	4346	4362	4378	4393	4409	4425	4440	4456	2	3	5	6	8	9	11	13	14
2.8	4472	4487	4502	4518	4533	4548	4564	4579	4594	4609	2	3	5	6	8	9	11	12	14
2.9	4624	4639	4654	4669	4683	4698	4713	4728	4742	4757	1	3	4	6	7	9	10	12	13
3.0	4771	4786	4800	4814	4829	4843	4857	4871	4886	4900	1	3	4	6	7	9	10	11	13
3.1	4914	4928	4942	4955	4969	4983	4997	5011	5024	5038	1	3	4	6	7	8	10	11	12
3.2	5051	5065	5079	5092	5105	5119	5132	5145	5159	5172	1	3	4	5	7	8	9	11	12
3.3	5185	5198	5211	5224	5237	5250	5263	5276	5289	5302	1	3	4	5	6	8	9	10	12
3.4	5315	5328	5340	5353	5366	5378	5391	5403	5416	5428	1	3	4	5	6	8	9	10	11
3.5	5441	5453	5465	5478	5490	5502	5514	5527	5539	5551	1	2	4	5	6	7	9	10	11
3.6	5563	5575	5587	5599	5611	5623	5635	5647	5658	5670	1	2	4	5	6	7	8	10	11
3.7	5682	5694	5705	5717	5729	5740	5752	5763	5775	5786	1	2	3	5	6	7	8	9	10
3.8	5798	5809	5821	5832	5843	5855	5866	5877	5888	5899	1	2	3	5	6	7	8	9	10
3.9	5911	5922	5933	5944	5955	5966	5977	5988	5999	6010	1	2	3	4	5	7	8	9	10
4.0	6021	6031	6042	6053	6064	6075	6085	6096	6107	6117	1	2	3	4	5	6	8	9	10
4.1	6128	6138	6149	6160	6170	6180	6191	6201	6212	6222	1	2	3	4	5	6	7	8	9
4.2	6232	6243	6253	6263	6274	6284	6294	6304	6314	6325	1	2	3	4	5	6	7	8	9
4.3	6335	6345	6355	6365	6375	6385	6395	6405	6415	6425	1	2	3	4	5	6	7	8	9
4.4	6435	6444	6454	6464	6474	6484	6493	6503	6513	6522	1	2	3	4	5	6	7	8	9
N	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9

续表

N	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9
4.5	6532	6542	6551	6561	6571	6580	6590	6599	6609	6618	1	2	3	4	5	6	7	8	9
4.6	6628	6637	6646	6656	6665	6675	6684	6693	6702	6712	1	2	3	4	5	6	7	7	8
4.7	6721	6730	6739	6749	6758	6767	6776	6785	6794	6803	1	2	3	4	5	5	6	7	8
4.8	6812	6821	6830	6839	6848	6857	6866	6875	6884	6893	1	2	3	4	4	5	6	7	8
4.9	6902	6911	6920	6928	6937	6946	6955	6964	6972	6981	1	2	3	4	4	5	6	7	8
5.0	6990	6998	7007	7016	7024	7033	7042	7050	7059	7067	1	2	3	3	4	5	6	7	8
5.1	7076	7084	7093	7101	7110	7118	7126	7135	7143	7152	1	2	3	3	4	5	6	7	8
5.2	7160	7168	7177	7185	7193	7202	7210	7218	7226	7235	1	2	2	3	4	5	6	7	7
5.3	7243	7251	7259	7267	7275	7284	7292	7300	7308	7316	1	2	2	3	4	5	6	6	7
5.4	7324	7332	7340	7348	7356	7364	7372	7380	7388	7396	1	2	2	3	4	5	6	6	7
5.5	7404	7412	7419	7427	7435	7443	7451	7459	7466	7474	1	2	2	3	4	5	5	6	7
5.6	7482	7490	7497	7505	7513	7520	7528	7536	7543	7551	1	2	2	3	4	5	5	6	7
5.7	7559	7566	7574	7582	7589	7597	7604	7612	7619	7627	1	2	2	3	4	5	5	6	7
5.8	7634	7642	7649	7657	7664	7672	7679	7686	7694	7701	1	1	2	3	4	4	5	6	7
5.9	7709	7716	7723	7731	7738	7745	7752	7760	7767	7774	1	1	2	3	4	4	5	6	7
6.0	7782	7789	7796	7803	7810	7818	7825	7832	7839	7846	1	1	2	3	4	4	5	6	6
6.1	7853	7860	7868	7875	7882	7889	7896	7903	7910	7917	1	1	2	3	4	4	5	6	6
6.2	7924	7931	7938	7945	7952	7959	7966	7973	7980	7987	1	1	2	3	3	4	5	6	6
6.3	7993	8000	8007	8014	8021	8028	8035	8041	8048	8055	1	1	2	3	3	4	5	5	6
6.4	8062	8069	8075	8082	8089	8096	8102	8109	8116	8122	1	1	2	3	3	4	5	5	6
6.5	8129	8136	8142	8149	8156	8162	8169	8176	8182	8189	1	1	2	3	3	4	5	5	6
6.6	8195	8202	8209	8215	8222	8228	8235	8241	8248	8254	1	1	2	3	3	4	5	5	6
6.7	8261	8267	8274	8280	8287	8293	8299	8306	8312	8319	1	1	2	3	3	4	5	5	6
6.8	8325	8331	8338	8344	8351	8357	8363	8370	8376	8382	1	1	2	3	3	4	4	5	6
6.9	8388	8395	8401	8407	8414	8420	8426	8432	8439	8445	1	1	2	2	3	4	4	5	6
7.0	8451	8457	8463	8470	8476	8482	8488	8494	8500	8506	1	1	2	2	3	4	4	5	6
7.1	8513	8519	8525	8531	8537	8543	8549	8555	8561	8567	1	1	2	2	3	4	4	5	5
7.2	8573	8579	8585	8591	8597	8603	8609	8615	8621	8627	1	1	2	2	3	4	4	5	5
7.3	8633	8639	8645	8651	8657	8663	8669	8675	8681	8686	1	1	2	2	3	4	4	5	5
7.4	8692	8698	8704	8710	8716	8722	8727	8733	8739	8745	1	1	2	2	3	4	4	5	5
7.5	8751	8756	8762	8768	8774	8779	8785	8791	8797	8802	1	1	2	2	3	3	4	5	5
7.6	8808	8814	8820	8825	8831	8837	8842	8848	8854	8859	1	1	2	2	3	3	4	5	5
7.7	8865	8871	8876	8882	8887	8893	8899	8904	8910	8915	1	1	2	2	3	3	4	4	5
7.8	8921	8927	8932	8938	8943	8949	8954	8960	8965	8971	1	1	2	2	3	3	4	4	5
7.9	8976	8982	8987	8993	8998	9004	9009	9015	9020	9025	1	1	2	2	3	3	4	4	5
8.0	9031	9036	9042	9047	9053	9058	9063	9069	9074	9079	1	1	2	2	3	3	4	4	5
8.1	9085	9090	9096	9101	9106	9112	9117	9122	9128	9133	1	1	2	2	3	3	4	4	5
8.2	9138	9143	9149	9154	9159	9165	9170	9175	9180	9186	1	1	2	2	3	3	4	4	5
8.3	9191	9196	9201	9206	9212	9217	9222	9227	9232	9238	1	1	2	2	3	3	4	4	5
8.4	9243	9248	9253	9258	9263	9269	9274	9279	9284	9289	1	1	2	2	3	3	4	4	5
N	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9

续表

N	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9
8.5	9294	9299	9304	9309	9315	9320	9325	9330	9335	9340	1	1	2	2	3	3	4	4	5
8.6	9345	9350	9355	9360	9365	9370	9375	9380	9385	9390	1	1	2	2	3	3	4	4	5
8.7	9395	9400	9405	9410	9415	9420	9425	9430	9435	9440	0	1	1	2	2	3	3	4	4
8.8	9445	9450	9455	9460	9465	9469	9474	9479	9484	9489	0	1	1	2	2	3	3	4	4
8.9	9494	9499	9504	9509	9513	9518	9523	9528	9533	9538	0	1	1	2	2	3	3	4	4
9.0	9542	9547	9552	9557	9562	9566	9571	9576	9581	9586	0	1	1	2	2	3	3	4	4
9.1	9590	9595	9600	9605	9609	9614	9619	9624	9628	9633	0	1	1	2	2	3	3	4	4
9.2	9638	9643	9647	9652	9657	9661	9666	9671	9675	9680	0	1	1	2	2	3	3	4	4
9.3	9685	9689	9694	9699	9703	9708	9713	9717	9722	9727	0	1	1	2	2	3	3	4	4
9.4	9731	9736	9741	9745	9750	9754	9759	9763	9768	9773	0	1	1	2	2	3	3	4	4
9.5	9777	9782	9786	9791	9795	9800	9805	9809	9814	9818	0	1	1	2	2	3	3	4	4
9.6	9823	9827	9832	9836	9841	9845	9850	9854	9859	9863	0	1	1	2	2	3	3	4	4
9.7	9868	9872	9877	9881	9886	9890	9894	9899	9903	9908	0	1	1	2	2	3	3	4	4
9.8	9912	9917	9921	9926	9930	9934	9939	9943	9948	9952	0	1	1	2	2	3	3	4	4
9.9	9956	9961	9965	9969	9974	9978	9983	9987	9991	9996	0	1	1	2	2	3	3	4	4

N	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

说明:

1. 由《常用对数表》可以直接查出 $1 \leq N < 10$ 且有三个有效数字的数 N 的对数尾数, 而首数为零。

例 1 查表求 $\lg 2.18$

解: 查表得 $\lg 2.18 = 0.3385$

例 2 查表求 $\lg 8.63$

解: 查表得 $\lg 8.63 = 0.9360$

2. 右边顶上一横行是真数的第四个有效数字。当真数有四个有效数字时, 就要用到它所对应的修正值。

例 3 查表求 $\lg 5.273$

解: 查表得 $\lg 5.273 = 0.7218 + 0.0002 = 0.7220$

3. 当真数 $N < 1$ 和 $N \geq 10$ 时, 先把真数写成科学记数法: $N = a \times 10^n$, 其中 $1 \leq a < 10$, n 为整数。根据对数的性质, 得

$$\lg N = n + \lg a$$

即 N 的对数的首数是 n , 尾数是 a 的对数。

例 4 查表求 $\lg 3594$

解: 把 3594 写成 3.594×10^3 , 查表得

$$\lg 3.594 = 0.5556$$

$$\therefore \lg 3594 = 3.5556$$

例 5 查表求 $\lg 0.0001352$

解: 把 0.0001352 写成 1.352×10^{-4} , 查表得

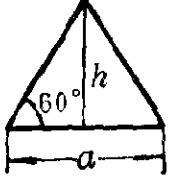
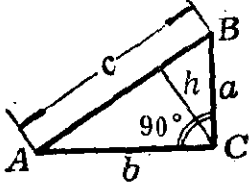
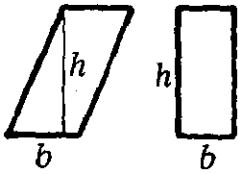
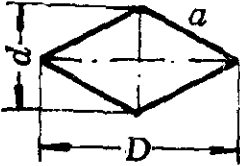
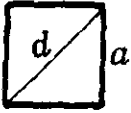
$$\lg 1.352 = 0.1309$$

$$\therefore \lg 0.0001352 = \bar{4}.1309$$

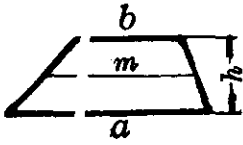
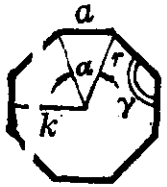
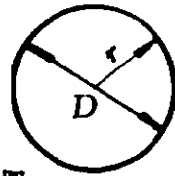
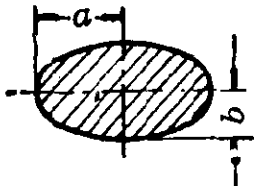
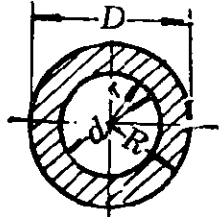
5. 常见几何图形面积和体积的计算

表 1-3-8

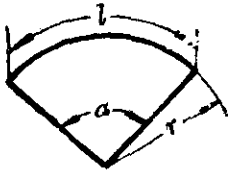
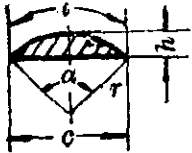
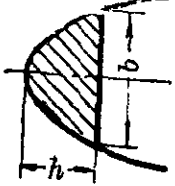
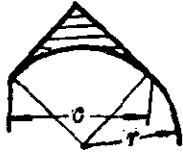
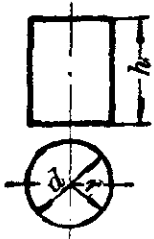
各种几何图形面积和体积的计算

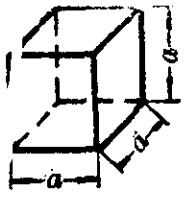
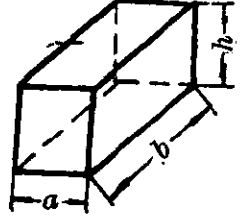
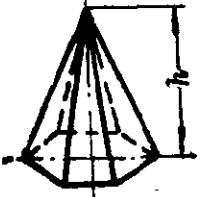
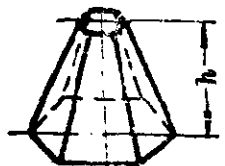
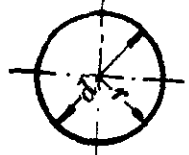
名称和图形	计算公式
 <p>等边三角形</p>	<p>面积 $F = \frac{a \cdot h}{2} = 0.433a^2$ 或 $F = 0.578h^2$ 底边 $a = 1.155h$ 高 $h = 0.866a$</p>
 <p>直角三角形</p>	<p>面积 $F = \frac{ah}{2}$ 斜边 $c = \sqrt{a^2 + b^2}$ 直角高 $h = \sqrt{\frac{a^2 \cdot b^2}{c}}$</p>
 <p>平行四边形和矩形</p>	<p>面积 $F = bh$</p>
 <p>菱形</p>	<p>面积 $F = \frac{Dd}{2}$ 边 $a = \frac{1}{2} \sqrt{D^2 + d^2}$</p>
 <p>正方形</p>	<p>面积 $F = a^2$, 或 $F = \frac{d^2}{2}$ 边 $a = 0.707d$ 对角线 $d = 1.414a$</p>

续表

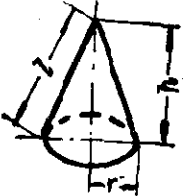
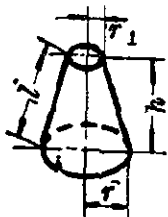
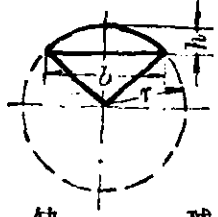
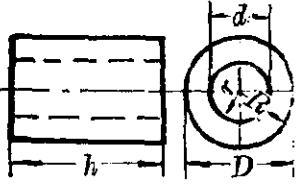
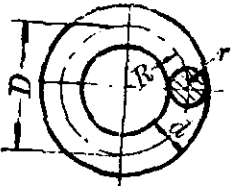
名称和图形	计 算 公 式
 <p>梯 形</p>	<p>面 积 $F = \frac{\text{下底} + \text{上底}}{2} \times \text{高} = \frac{a+b}{2} h$</p> <p>$F = \text{中线} \times \text{高} = mh$</p> <p>中 线 $m = \frac{a+b}{2}$</p>
 <p>E多边形</p>	<p>面 积 $F = \frac{\text{边长} \times \text{弦距}}{2} \times \text{边数} = \frac{ak}{2} n$</p> <p>圆 心 角 $\alpha = \frac{360^\circ}{n}$</p> <p>内 角 $\gamma = 180^\circ - \frac{360^\circ}{n}$</p>
 <p>圆</p>	<p>面 积 $F = \frac{\pi}{4} D^2 = 0.7854 D^2$</p> <p>或 $F = \pi r^2 = 3.1416 r^2$</p>
 <p>椭 圆</p>	<p>面 积 $F = \text{长轴半径} \times \text{短轴半径} \times \pi = \pi ab$</p>
 <p>圆 环</p>	<p>面 积 $F = \frac{\pi}{4} (D^2 - d^2)$</p> <p>或 $F = \pi (R^2 - r^2)$</p>

续表

名称和图形	计 算 公 式
 <p>扇 形</p>	<p>面 积 $F = \frac{\pi r^2 \alpha}{360} = 0.008727r^2 \alpha$</p> <p>或 $F = \frac{r}{2} l$ (弧长)</p>
 <p>圆 弓 形</p>	<p>面 积 $F = \frac{lr}{2} - \frac{c(r-h)}{2}$</p>
 <p>抛物线弓形</p>	<p>面 积 $F = \frac{2}{3} bh$</p>
 <p>角 椽</p>	<p>面 积 $F = r^2 - \frac{\pi r^2}{4} = 0.215r^2$</p> <p>或 $F = 0.1075c^2$</p>
 <p>圆 柱 体</p>	<p>侧表面 $M = 2\pi r h = \pi d h$</p> <p>体 积 $V = \pi r^2 h = \frac{\pi d^2}{4} h = 0.7854d^2 h$</p>

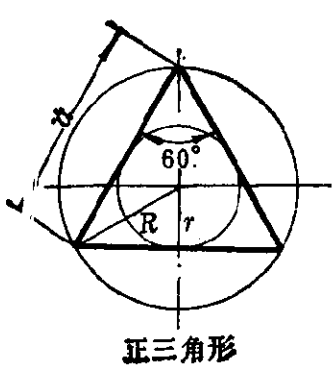
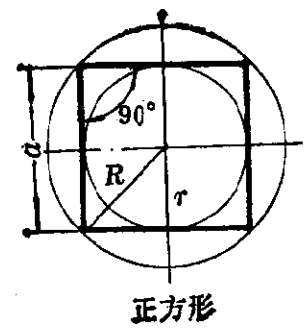
名称和图形	计算公式
 <p>正 方 体</p>	<p>表 面 $S = 6a^2$</p> <p>体 积 $V = a^3$</p>
 <p>长 方 体</p>	<p>表 面 $S = 2(ah + bh + ab)$</p> <p>体 积 $V = abh$</p>
 <p>角 锥 体</p>	<p>表 面 $S = \text{各三角形面积的总和} + \text{底面积}$</p> <p>体 积 $V = \frac{h}{3} \times \text{底面积}$</p>
 <p>截顶角锥体</p>	<p>表 面 $S = \text{各梯形面积的总和} + \text{顶面积} + \text{底面积}$</p> <p>体 积 $V = \frac{h}{3}(f_1 + f_2 + \sqrt{f_1 f_2})$</p> <p>($f_1$—顶面积; f_2—底面积)</p>
 <p>球</p>	<p>表 面 $S = 4\pi r^2 = \pi d^2$</p> <p>体 积 $V = \frac{4}{3} \pi r^3 = 4.1888r^3 = \frac{\pi d^3}{6}$ $= 0.5236d^3$</p>

续表

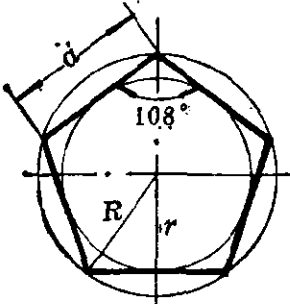
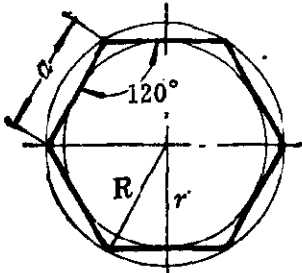
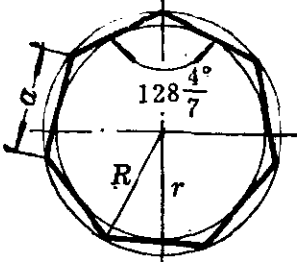
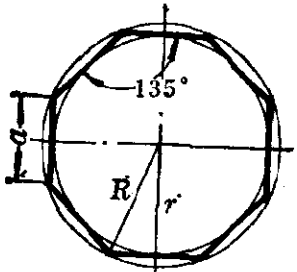
名称和图形	计 算 公 式
 <p>圆锥体</p>	<p>侧表面 $M = \pi rl = \pi r \sqrt{r^2 + h^2}$</p> <p>体 积 $V = \frac{h}{3} \pi r^2$</p>
 <p>截顶圆锥体</p>	<p>侧表面 $M = \pi l(r + r_1)$</p> <p>体 积 $V = \frac{\pi h}{3}(r^2 + r_1^2 + rr_1)$</p>
 <p>缺 球</p>	<p>表 面 $S = 2\pi rh = 6.2832rh = \pi \left(\frac{b^2}{4} + h^2 \right)$</p> <p>体 积 $V = \pi h^2 \left(r - \frac{h}{3} \right) = \pi h \left(\frac{b^2}{8} + \frac{h^2}{6} \right)$</p>
 <p>中空圆柱</p>	<p>表 面 $S = 2\pi(R + r')(R - r + h)$</p> <p>体 积 $V = \pi h(R^2 - r^2) = \frac{\pi}{4}h(D^2 - d^2)$</p>
 <p>圆 球 环</p>	<p>表 面 $S = 4\pi^2 Rr = 39.478Rr = \pi^2 Dd = 9.8696Dd$</p> <p>体 积 $V = 2\pi^2 Rr^2 = 19.739Rr^2 = \frac{\pi^2}{4}Dd^2$ $= 2.4674Dd^2$</p>

6. 圆的内接、外切正多边形几何尺寸

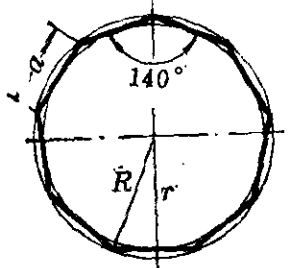
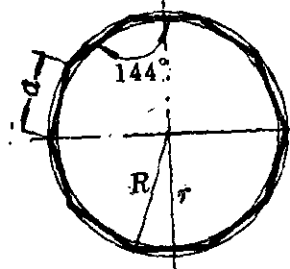
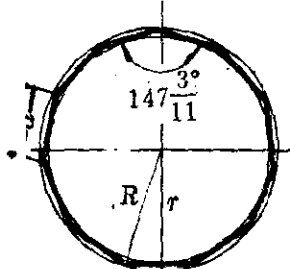
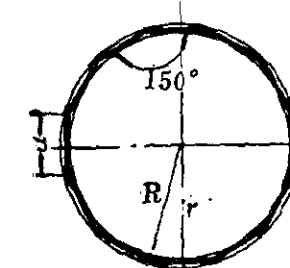
表 1-3-9 正多边形的边长、外接圆半径、
内切圆半径间的关系

名称和图示	边长 a	外接圆 半径 R	内切圆 半径 r	面积
 <p>正三角形</p>	$1.7321 R$ $3.4641 r$	$0.5774 a$ $2 r$	$0.2887 a$ $0.5 R$	$0.433a^2$
 <p>正方形</p>	$1.4142 R$ $2 r$	$0.7071 a$ $1.4142 r$	$0.5 a$ $0.7071 R$	a^2

续表

名称和图示	边长 a	外接圆 半径 R	内切圆 半径 r	面积
 <p>正五边形</p>	$1.1756 R$ $1.4531 r$	$0.8506 a$ $1.2361 r$	$0.6882 a$ $0.809 R$	$1.7205a^2$
 <p>正六边形</p>	R $1.1547 r$	a $1.1547 r$	$0.866 a$ $0.866 R$	$2.5981a^2$
 <p>正七边形</p>	$0.8678 R$ $0.9631 r$	$1.1524 a$ $1.1099 r$	$1.0383 a$ $0.901 R$	$3.6239a^2$
 <p>正八边形</p>	$0.7654 R$ $0.8284 r$	$1.3066 a$ $1.0824 r$	$1.2071 a$ $0.9239 R$	$4.8284a^2$

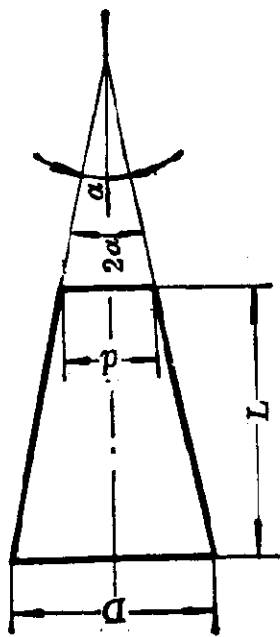
续表

名称和图示	边长 a	外接圆 半径 R	内切圆 半径 r	面积
 <p>正九边形</p>	$0.684 R$ $0.7279 r$	$1.4619 a$ $1.0542 r$	$1.3737 a$ $0.9397 R$	$6.1818a^2$
 <p>正十边形</p>	$0.618 R$ $0.6498 r$	$1.618 a$ $1.0515 r$	$1.5388 a$ $0.9511 R$	$7.6942a^2$
 <p>正十一边形</p>	$0.5635 R$ $0.5872 r$	$1.7747 a$ $1.0422 r$	$1.7028 a$ $0.9595 R$	$9.3656a^2$
 <p>正十二边形</p>	$0.5176 R$ $0.5359 r$	$1.9319 a$ $1.0353 r$	$1.866 a$ $0.9659 R$	$11.106a^2$

四、钳工专业资料

1. 标准锥度、专用锥度

表 1-4-1 标准锥度 (GB157-59)



$$K = \frac{D-d}{L} = 2 \operatorname{tg} \alpha$$

锥度 K	锥角 2α	斜角 α	标 记	应 用 举 例
1:200	$0^{\circ}17'11''$	$0^{\circ}8'36''$	1:200	承受振动及冲击变载荷的连接
1:100	$0^{\circ}34'23''$	$0^{\circ}17'11''$	1:100	承受振动及变载荷的连接
1:50	$1^{\circ}8'45''$	$0^{\circ}34'23''$	1:50	圆锥销, 定位销, 圆锥销孔的铰刀
1:30	$1^{\circ}54'35''$	$0^{\circ}57'17''$	1:30	锥形主轴颈, 铰刀及扩孔钻锥柄的锥度

1:20	2°51'51"	1°25'56"	1:20	公制工具圆锥, 锥形主轴颈, 圆锥螺栓
1:15	3°49'6"	1°54'33"	1:15	受轴向力的锥形零件的接合面, 中轴与齿轮的配合面
1:12	4°46'19"	2°23'9"	1:12	部分滚动轴承内环的锥孔
1:10	5°43'29"	2°51'45"	1:10	受轴向力、径向力及扭矩的接合面, 主轴滑动轴承的调整衬套
1:8	7°9'10"	3°34'35"	1:8	受轴向力、径向力的锥形零件的接合面
1:7	8°10'16"	4°5'8"	1:7	管件的开关旋塞
1:5	11°25'16"	5°42'38"	1:5	锥形摩擦离合器, 磨床砂轮主轴端部外锥
1:3	18°55'29"	9°27'44"	1:3	易于拆开的机件, 具极限扭矩的摩擦离合器
1:1.866	30°	15°	30°	摩擦离合器
1:1.207	45°	22°30'	45°	管路连接中轻型螺旋管接口的锥形密合
1:0.866	60°	30°	60°	机床顶尖, 工件中心孔
1:0.652	75°	37°30'	75°	直径小于(或等于)8毫米的丝锥及铰刀的反顶尖
1:0.500	90°	45°	90°	沉头螺钉头, 螺纹倒角, 轴的倒角
1:0.289	120°	60°	120°	螺纹的内倒角, 中心孔的扩锥

注 应用举例不属于GB157-59内容。

表 1-4-2

专 用 锥 度

锥角 K	锥角 2α	斜角 α	标 记	应 用 举 例
1:16	$3^{\circ}34'47''$	$1^{\circ}47'24''$	1:16	圆锥管螺纹
7:64	$6^{\circ}15'38''$	$3^{\circ}7'49''$	7:64	刨(插)齿机工作台的心轴孔
1:4	$14^{\circ}15'$	$7^{\circ}7'30''$	1:4	车床主轴法兰的定心锥面
7:24	$16^{\circ}35'39''$	$8^{\circ}17'50''$	7:24	铣床主轴孔及刀杆的锥度
1:0.741	68°	34°	68°	管接头锥形接合面

2. 工具圆锥锥度

表 1-4-3

工 具 圆 锥 锥 度

圆 锥 符 号	锥 度	锥角 2α	斜角 α	
莫 氏	0	$1:19.212 = 0.05205$	$2^{\circ}58'54''$	$1^{\circ}29'27''$
	1	$1:20.047 = 0.04988$	$2^{\circ}51'26''$	$1^{\circ}25'43''$
	2	$1:20.020 = 0.04995$	$2^{\circ}51'41''$	$1^{\circ}25'50''$
	3	$1:19.922 = 0.05020$	$2^{\circ}52'32''$	$1^{\circ}26'16''$
	4	$1:19.254 = 0.05194$	$2^{\circ}58'31''$	$1^{\circ}29'15''$
	5	$1:19.002 = 0.05263$	$3^{\circ}00'53''$	$1^{\circ}30'26''$
公 制	6		$2^{\circ}59'12''$	$1^{\circ}29'36''$
	4			
	6			
	80	$1:20 = 0.05$	$2^{\circ}51'51''$	$1^{\circ}25'56''$
	100			
	120			
	(140)			
	160			
200				

- 注 1. 锥角 2α 按锥度值计算到 $1''$ 。
2. 括号内的尺寸尽可能不采用。

3. 锥度和角度公差

表 1-4-4 锥度和角度公差 (JB1-59)

标记示例: 锥度1:20, 6级精度的锥度公差: 1:20K 6

公称尺寸(毫米)	精度等级									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
自1~3	50"	1'15"	2'	3'	5'	8'	13'	20'	32'	50'
>3~6	40"	1'	1'30"	2'30"	4'	6'	10'	16'	25'	40'
>6~10	30"	50"	1'15"	2'	3'	5'	8'	13'	20'	32'
>10~18	25"	40"	1'	1'30"	2'30"	4'	6'	10'	16'	25'
>18~30	20"	30"	50"	1'15"	2'	3'	5'	8'	13'	20'
>30~50	15"	25"	40"	1'	1'30"	2'30"	4'	6'	10'	16'
>50~80	12"	20"	30"	50"	1'15"	2'	3'	5'	8'	13'
>80~120	10"	15"	25"	40"	1'	1'30"	2'30"	4'	6'	10'
>120~180	8"	12"	20"	30"	50"	1'15"	2'	3'	5'	8'
>180~260	6"	10"	15"	25"	40"	1'	1'30"	2'30"	4'	6'
>260~360	5"	8"	12"	20"	30"	50"	1'15"	2'	3'	5'
>360~500	4"	6"	10"	15"	25"	40"	1'	1'30"	2'30"	4'

注 1. 锥度公差的公称尺寸, 按锥体母线长度决定, 角度公差的公称尺寸, 按角度短边长度决定。

2. 公差对于零线为对称分布。

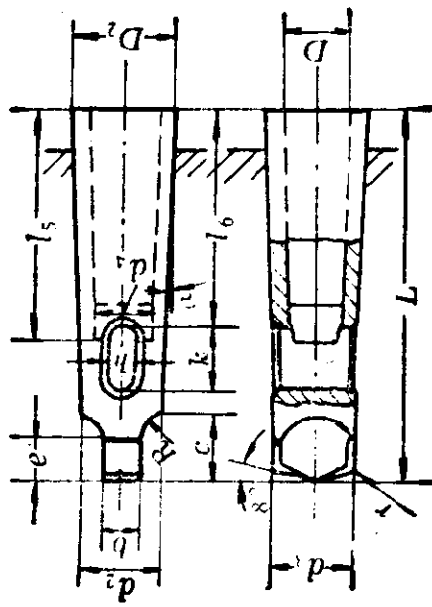
3. 各级精度适用范围举例如下: 1~3级: 锥度量规, 角度样板, 4~6级: 工具锥度, 锥销, 传递大扭矩的摩擦锥体, 高精度零件; 7~8级: 圆锥齿轮, 锥套等中等精度零件; 9~10级: 低精度零件。

4. 短圆锥套管的几何尺寸

表 1-4-5

短圆锥套管尺寸表 (GR4-60)

(毫米)



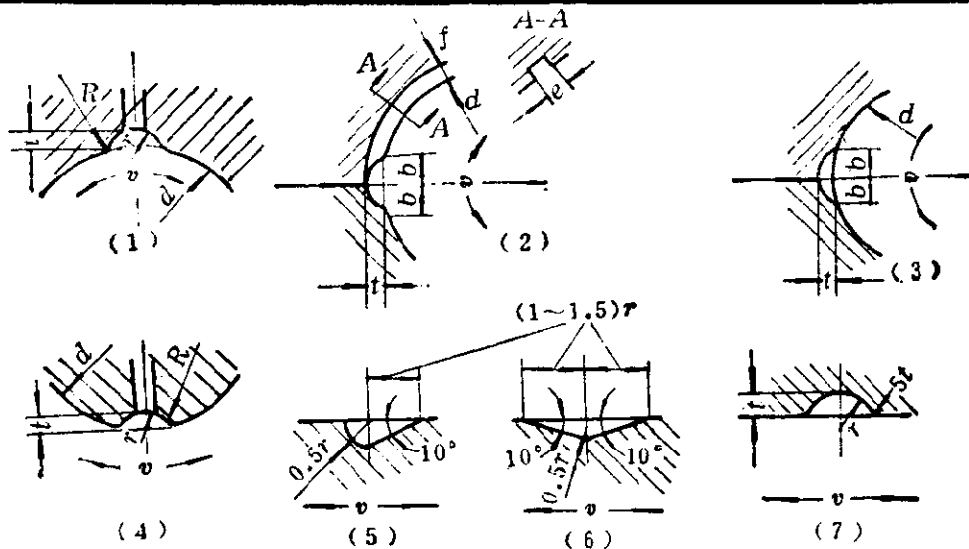
莫氏圆锥号		L	D _s	d _s	d _s	l _s	K	h	c	b	e	R	r	Σ	d	l
外锥	内锥															
1	0	80	12.963	8.973	8.7	49	14.5	4.1	14.5	5.2	9.5	5	1.25	9.045	6.7	51.9
2	1	95	18.805	14.060	13.6	52	18.5	5.4	17.1	6.3	11.1	6	1.5	12.065	9.7	55.5
3	1	115	24.906	19.133	18.6	52	18.5	5.4	21.3	7.9	14.3	7	2	12.065	9.7	55.5
3	2	115	24.906	19.133	18.6	63	22	6.6	21.3	7.9	14.3	7	2	17.781	14.9	66.9
4	2	140	32.427	25.156	24.6	63	22	6.6	24.9	11.9	15.9	9	2.5	17.781	14.9	66.9
4	3	140	32.427	25.156	24.6	78	27.5	8.2	24.9	11.9	15.9	9	2.5	23.826	20.2	83.2
5	3	170	45.495	36.549	35.7	78	27.5	8.2	30	15.9	19	11	3	23.826	20.2	83.2
5	4	170	45.495	36.549	35.7	98	32	12.2	30	15.9	19	11	3	31.269	26.5	105.7
6	4	220	63.892	52.422	51.3	98	32	12.2	45.6	19	28.6	17	4	31.269	26.5	105.7
6	5	220	63.892	52.422	51.3	125	37.5	16.2	45.6	19	28.6	17	4	44.401	38.2	134.5

5. 润滑槽型式和尺寸

表 1-4-6

轴承上的润滑槽型式和尺寸

(毫米)



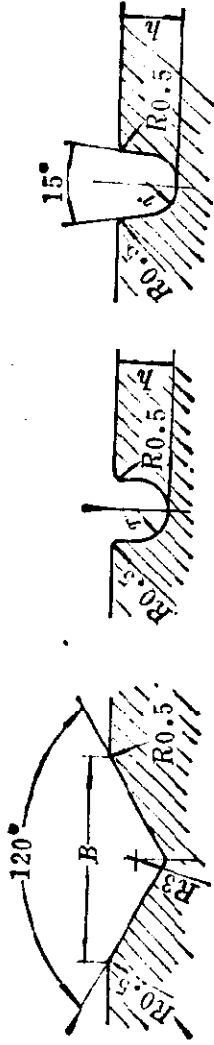
轴径 d	≤ 10	>10	>20	>30	>45	>60	>80	>100	>120	>140	>180
		$\left. \begin{array}{c} \{ \\ 20 \end{array} \right\}$	$\left. \begin{array}{c} \{ \\ 30 \end{array} \right\}$	$\left. \begin{array}{c} \{ \\ 45 \end{array} \right\}$	$\left. \begin{array}{c} \{ \\ 60 \end{array} \right\}$	$\left. \begin{array}{c} \{ \\ 80 \end{array} \right\}$	$\left. \begin{array}{c} \{ \\ 100 \end{array} \right\}$	$\left. \begin{array}{c} \{ \\ 120 \end{array} \right\}$	$\left. \begin{array}{c} \{ \\ 140 \end{array} \right\}$	$\left. \begin{array}{c} \{ \\ 180 \end{array} \right\}$	$\left. \begin{array}{c} \{ \\ 260 \end{array} \right\}$
r	1	1.5	2	3	3	4	5	6	7	8	10
R	1	1.5	4	6	7.5	10	15	18	21	24	30
t	0.8	1	1	1.5	1.5	2	2.5	3	3.5	4	5
e	—	—	—	5	6	8	10	12	14	16	20
f	—	—	—	1.5	1.5	2	2	2.5	2.5	3	3
b	—	—	—	4	4.5	6	7.5	9	10.5	12	15

- 注 1. 径向轴承的润滑槽 (1)、(2)、(3)——用于轴瓦上；(4)——用于轴上。
 2. 推力轴承的润滑槽 (5)、(6)——用于推力轴承上；(7)——用于轴颈上。
 3. 推力轴承的润滑槽数量：当 $d = 80 \sim 175$ 时用 4~6 槽，当 $d > 175 \sim 260$ 时用 6 槽。
 4. v 表示运动方向。

表 1-4-7

平面上用的润滑油槽型式和尺寸

(毫米)

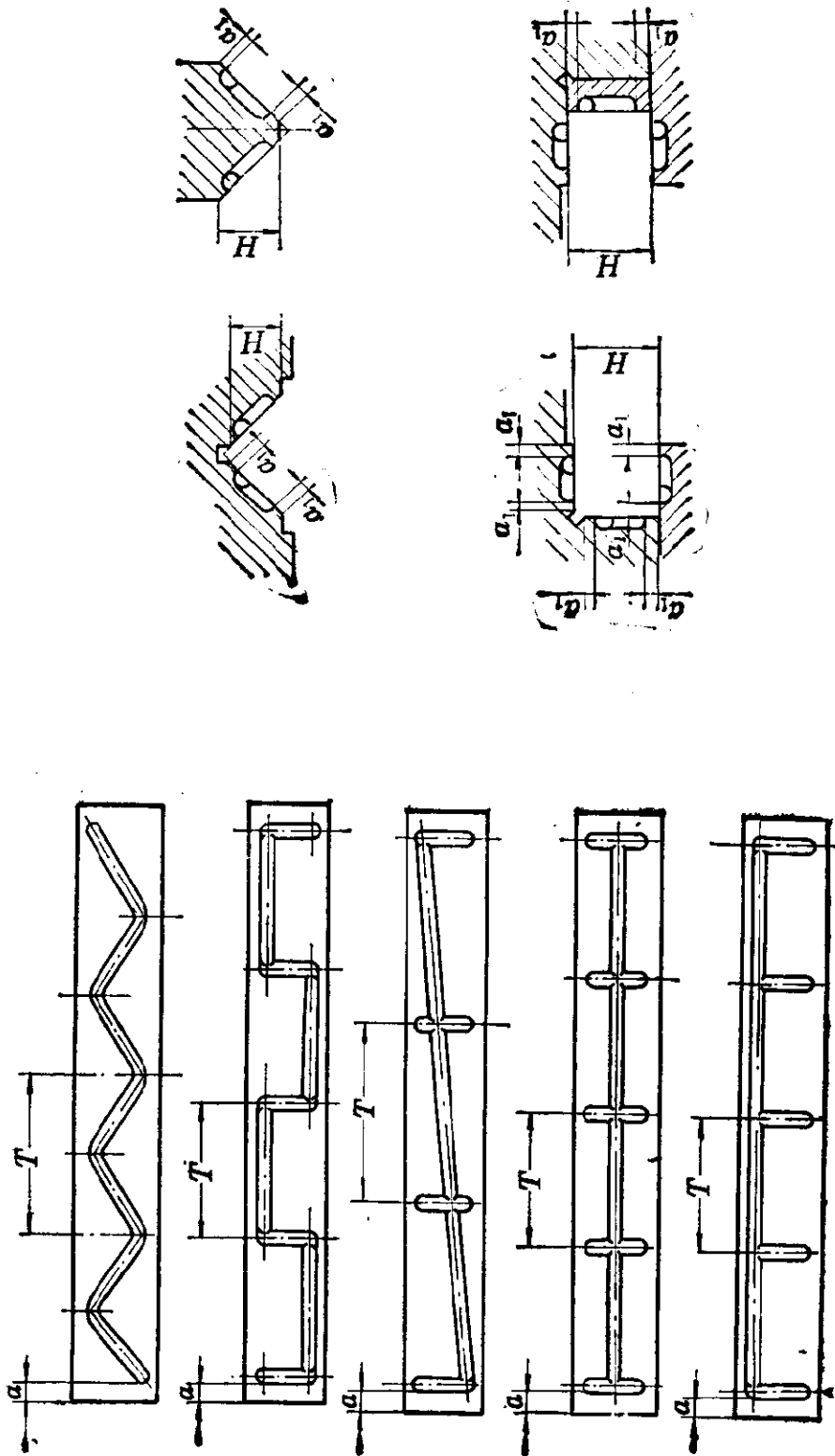


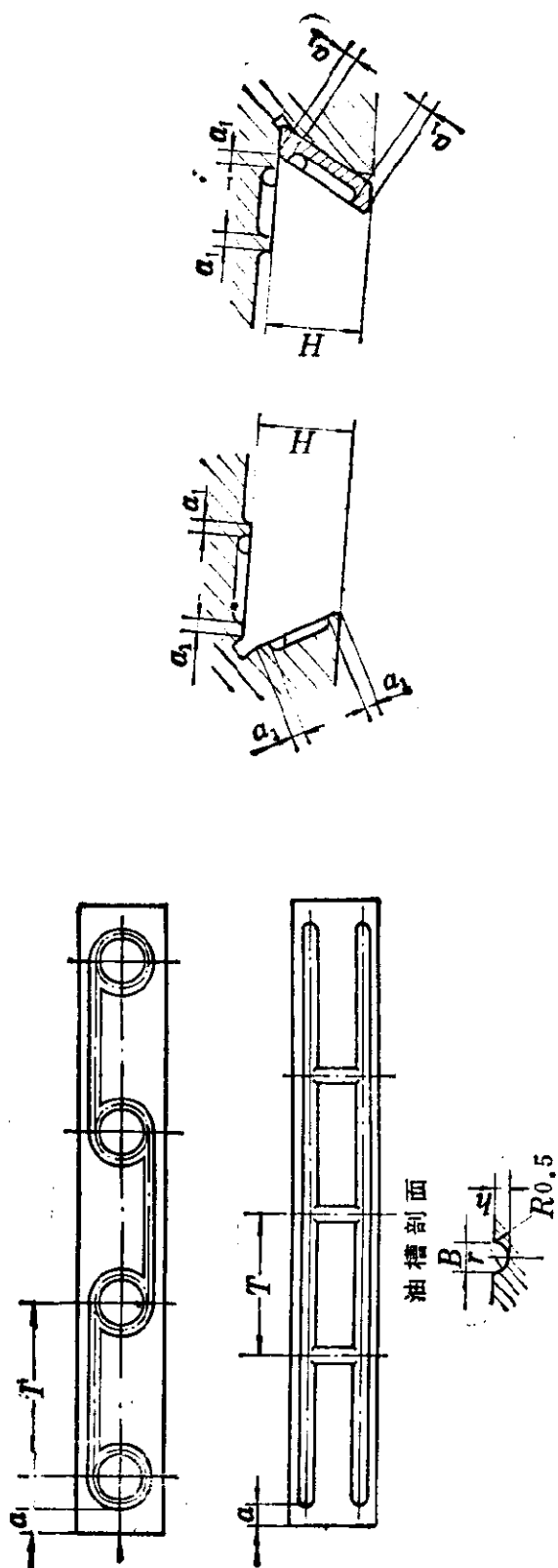
B	3.5	7	10.4	14	17
h	1	2	3	4	5
r	2.5				

(毫米)

导轨上用的润滑槽

表 1-4-8





导 轨 润 滑 槽 型 式 导 轨 润 滑 槽 截 面

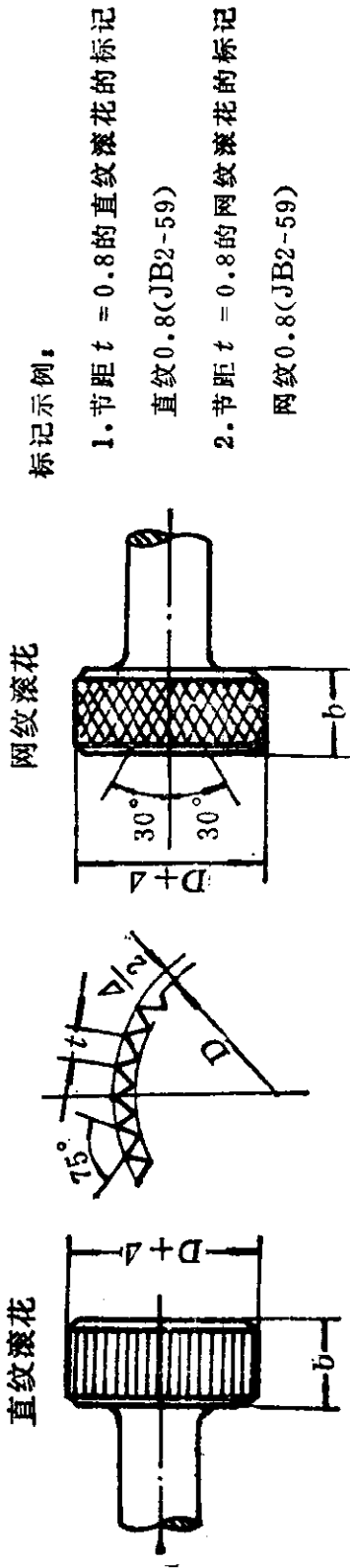
H	$\geq a$	$\geq a_1$	$\leq T$	h	B	r
4~8	2	1	30	1	3.5	1.75
			35			
5~12	3	1.5	45			
		2	50			

续表

H	$\geq a$	$\geq a_1$	$\leq T$	h	B	r
5~12	4	2.5	55	1	3.5	1.75
	5		65			
8~20	6	3	70	1	3.5	1.75
	7		80			
16~40	8	3.5	90	1.5	5.2	2.6
	10		100			
30~60	12	4.5	110	2	7	3.5
	15		120			
40~80	18	6	140	2	7	3.5
	20		160			
		5	180			
		8	220			
		8	260			

6. 滚花型式尺寸

表 1-4-9 滚花型式尺寸 (JB2-59) (毫米)



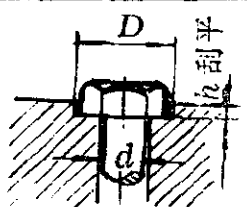
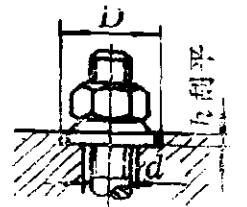
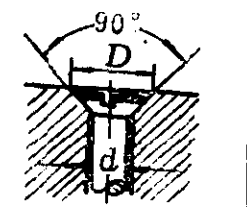
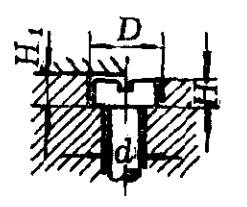
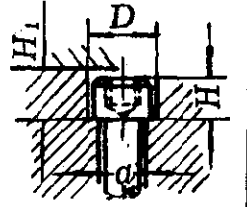
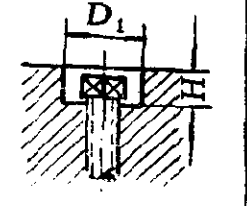
直	适用于一切材料		滚花前直径 D	网	滚花前直径 D	用于黄铜、铝、纤维板等		用于钢	
	工件滚花宽度 b	滚花节距 t				工件滚花宽度 b	滚花节距 t		
纹	≤ 16	0.6	0.6	0.6	≤ 8	≤ 6	≤ 6	≤ 6	≤ 6
	> 16~65	0.6	0.8	0.8	> 8~16	> 6~30	> 30	> 6~30	> 6~30
	> 65~100	0.8	0.8	1.2	> 16~65	> 30	> 30	> 30	> 30

注 1. 滚花以后, 工件直径大于滚花前直径 D, 其值为 $\Delta \approx (0.25 \sim 0.5)t$.
 2. 在加工图上, 标注滚花前直径 D.

7. 沉头座及通孔尺寸

表 1-4-10

沉头座及通孔

螺钉或螺栓直径 d		3				3.5				4				5																			
		精配		3.2		3.7		4.3		5.3		中等装配		3.4		3.9		4.5		5.5		粗配		3.6		4.1		4.8		5.8			
钻孔直径																																	
沉 头 座 及 通 孔 尺 寸	小六角头螺栓 GB4-76 GB16-76 GB21-76			D																													
	六角头螺母 GB18-76 垫圈 GB97-76			D		9		10		12		14																					
	沉头螺钉 GB68-76			D		7		8.3		9		11																					
	圆柱头螺钉 GB65-76			D		6		6.6		8.5		10		H		2		2.4		2.5		3		H_1		2.5		2.9		3		3.5	
	圆柱头内六角螺钉 GB70-76			D						8.5		10		H						4		5		H_1		5		6					
	方头螺钉 GB821-76 GB84~86-76			D_1										H																			

尺寸

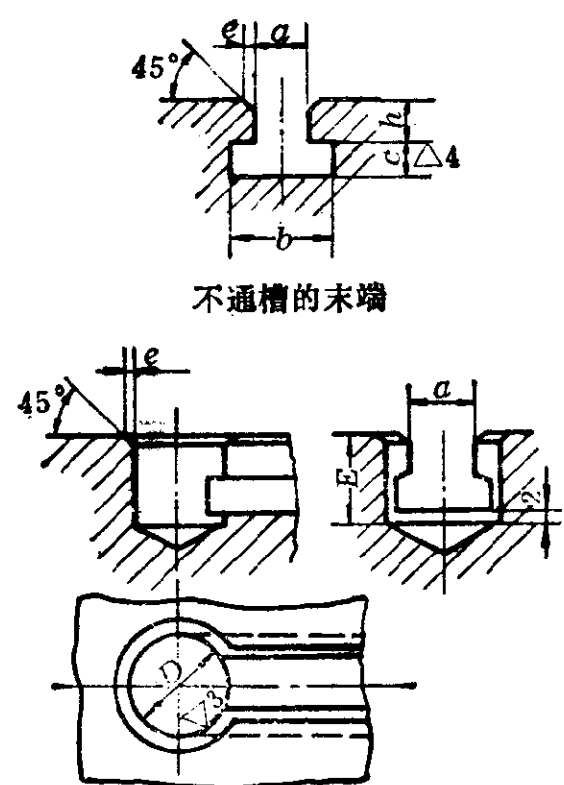
(毫米)

6	8	10	12	16	20	24	30	36	42	48
6.4	8.4	10.5	12.5	16.5	20.6	25	31	37	43	50
6.6	9	11	13	17	21	26	33	39	45	52
7	10	12	15	19	24	28	35	42	48	56
	17	20	24	30	36	42	54	65	74	84
14	20	25	29	36	42	50	60	73	85	96
13	17	21	25	32	41					
12	15	18	22	28	35					
3.5	5	6	7	9	11					
4.5	6	7	8	10	12					
12	15	18	22	28	35	42	48	58	68	
6	8	10	12	16	20	24	30	36	42	
7	9	11	13	17	21	25	31	39	43	
20	25	30	35	40	50					
9	10	12	15	20	25					

8.T型槽尺寸

表 1-4-11

T 型 槽

 <p>不通槽的末端</p>		a	6	
		螺栓直径 d		5
		b	公称尺寸	10
			允 差	+ 1
		c	公称尺寸	5
			允 差	+0.3
		h	最 小	4
			最 大	8
		e		0.5
		D	公称尺寸	11
允 差	+ 1			
E	最 小	11		
	最 大	15		

注 1. 括号内的尺寸尽可能不采用。2. “ a ” 的尺寸公差根据用途确定或标注者均按 $\nabla 3$ 加工。4. 可做成带有铸造后不加工的槽。5. E 的尺寸为

尺 寸 (毫米)

8	10	12	14	(16)	18	(20)	22	(24)	28	(32)	36	42	48	54
6	8	10	12	(14)	16	(18)	20	(22)	24	(27)	30	36	42	48
14	16	20	24	27	30	33	36	40	46	52	60	70	80	90
+1.5				+ 2				+ 3						
6	7	9	11	12	14	15	16	18	20	22	25	29	34	38
+0.5				+ 1				+ 2						
5	6	8	10	11	13	14	16	17	21	24	27	32	36	42
9	13	15	18	20	23	25	28	30	36	42	46	54	60	70
1				1.5				2						
15	19	23	27	31	34	37	40	44	52	57	65	75	85	95
+1.5							+ 2							
13	15	19	23	25	29	31	34	37	43	48	54	63	72	82
17	22	26	31	34	39	42	46	50	58	66	73	85	96	110

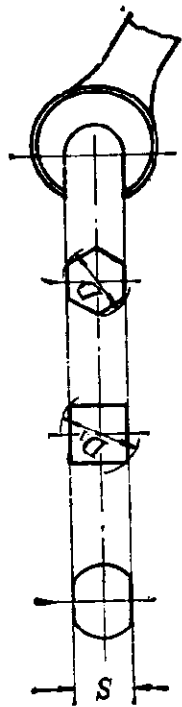
按自由尺寸公差选取。3. “a” 两边的表面光洁度按采用的精度等级决定，未 C + h + 2。6. a 为 6 的 T 型槽，其尺寸来源于工厂标准。

9. 扳手及扳手空间尺寸

表 1-4-12

扳子口及扳体尺寸(沈重标准SZ3815-65)

(毫米)



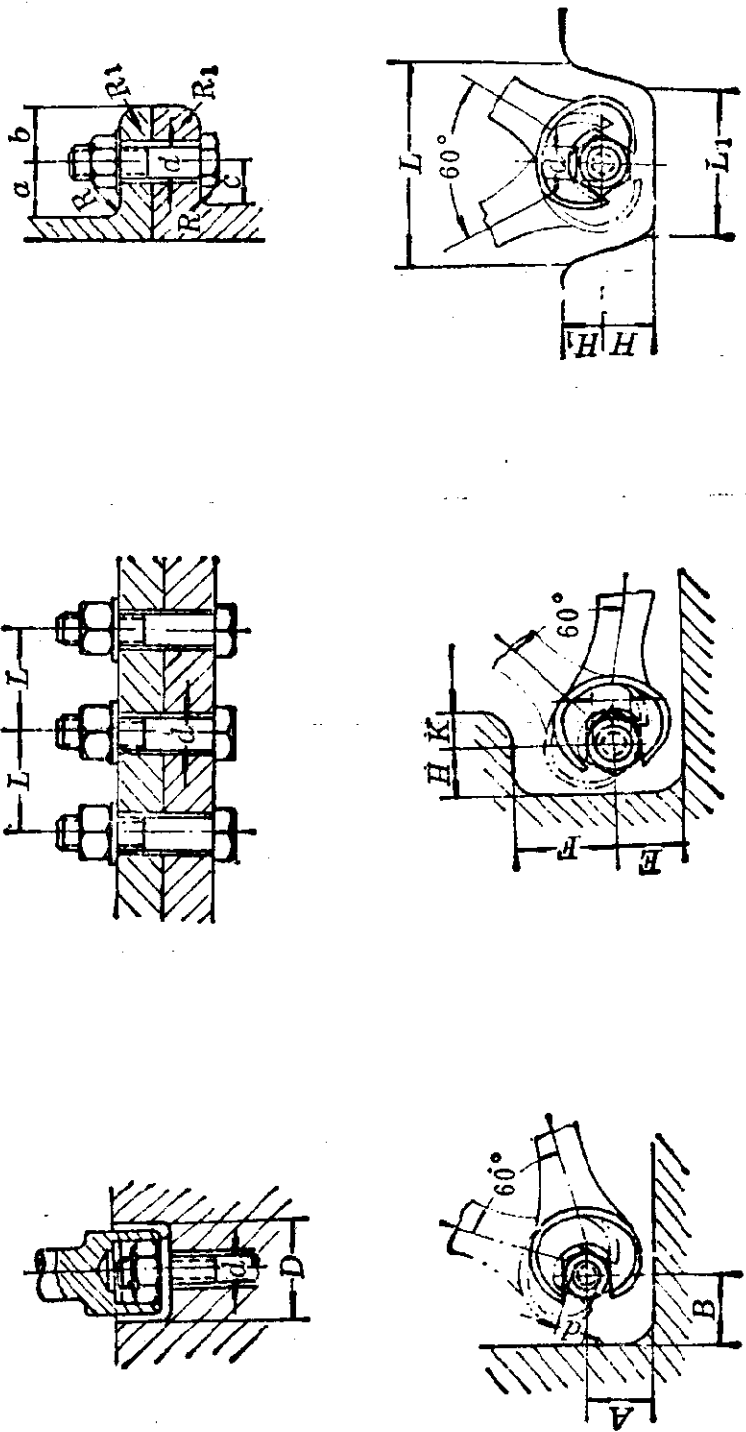
公称尺寸 S	扳子口		被扳工件尺寸			最大尺寸	
	最大	最小	最大	最小		六角	四方
				光制件	毛、半光制件		
5	5.2	5.1	5	4.84		5.8	7.1
5.5	6.2	6.1	5.42	5.26		7.0	8.5
7	7.3	7.1	7	6.8		8.1	9.9
8	8.3	8.1	8	7.8		9.3	11.3
10	10.3	10.1	10	9.8	9.6	11.5	14.1

12	12.3	12.1	12	11.76	11.6	13.8	10.9
14	14.3	14.1	14	13.76	13.6	16.2	19.8
17	17.3	17.1	17	16.76	16.6	19.6	24.1
19	19.4	19.1	19	18.72	18.5	21.9	26.9
22	22.4	22.1	22	21.72	21.5	25.4	31.2
24	24.4	24.1	24	23.72	23.5	27.7	33.9
27	27.4	27.1	27	26.72	26.5	31.2	38.2
30	30.4	30.1	30	29.72	29.5	34.6	42.4
32	32.5	32.2	32	31.66	31.4	36.9	45.4
36	36.5	36.2	36	35.66	35	41.6	51
41	41.5	41.2	41	40.66	40	47.3	58
46	46.5	46.2	46	45.66	45	53.1	65.1
50	50.5	50.2	50	49.66	49	57.7	71

(毫米)

扳 手 空 间 位 置

表 1-4-13



六角螺母	d												M36	M42	M48					
	M3	M4	M5	M6	M8	M10	M12	M16	M20	M24	M30	M36								
六角螺栓		M4	M5	M6	M8	M10	M12	M16	M20	M24	M30	M36	M42	M48						
扳手尺寸S	5.5	7	8	10	12	14	17	19	22	24	27	30	32	36	41	46	50	55	65	75
D	20		22		26		32	38	45		48	55	65	70	78					
A ≥	10	12	15	18	20	22	25	28	30	32	35	38	42	48	52	55	60	70	80	
B ≥	10	12	15	20		25	28	30	32	35	38	40	45	50	55	60	70	80	90	
E ≥	12	14	16	18	20	22	25	28	32	35	40	45	50	55	60	70	75	80	95	105
F ≥	18	20	24	28	30	36	40	45	50	55	60	65	75	85	95	100	110	125	140	
K ≤	5	6	7	8	9	11	12	15	16	18	20	21	24	27	30	32	35	40	50	
H ≥	8	10	12	15		18	20	22	25	28	30	32	35	40	45	48	50	60	65	
H ₁ ≤	5	6	8	10	12	14	16	18	20	22	25	28	32	36	40	45	50	55		
L ≥	35	40	45	55	60	70	80	90	100	110	120	130	140	155	170	190	210	250		
L ₁	25	30	35	45	50	55	60	65	70	75	80	90	100	110	120	130	150	170		

螺纹直径 d	M6	M8	M10	M12	M16	M20	M24	M30	M36	M42	M48
D	22	26	32	38	45	55	65	78			
$l \geq$	22	28	32	43	50	60	66	85	100	120	140
a	最大	15	18	20	25	30	40	45	55	70	80
	最小	13	14	15	18	22	25	30	35	42	48
$b \geq$	13	14	16	20	24	28	32	38	45	50	58
$c \geq$	12	13	14	17	21	24	27	33	40	46	54
$R \leq$			5			8		10			12
$R_1 \leq$		3		4		5		6		8	10

10. 常用冲压资料及模具制造有关资料

表 1-4-14 各种材料的抗剪强度和抗拉强度

材 料	抗剪强度(公斤/毫米 ²)		抗拉强度(公斤/毫米 ²)	
	软	硬	软	硬
铅	2~3	—	2.5~4	—
锡	3~4	—	4~5	—
铜	7~11	13~16	8~12	17~22
硬 铜	22	38	26	48
锌	12	20	15	25
铜	18~22	25~30	22~28	30~40
黄 铜	22~30	35~40	28~35	40~60
青 铜	32~40	40~60	40~50	50~75
铜镍锌合金	28~36	45~56	35~45	55~70
铁 板	32	40	—	45
深拉伸铁板	30~35	—	32~38	—
钢 板	45~50	55~60	—	60~70
钢0.1% C	25	32	32	40
0.2% C	32	40	40	50
0.3% C	36	48	45	60
0.4% C	45	56	56	72
0.6% C	56	72	72	90
0.8% C	72	90	90	110
1.0% C	80	105	100	130
硅 钢 板	45	56	55	65
不锈钢板	52	56	65~70	—

表 1-4-15

鍍层金属的性能

种 类	比 重 (克/厘米 ³)	熔 解 点 (°C)	抗拉强度 (公斤/毫米 ²)	延 伸 率 (%)	硬 度 (HV)
锌	7.133	419.5	10~13	65~50	35
铝	2.696	660	5~9	45~35	17~23
铅	11.36	372.4	1.1~2.0	50~30	3~5
锡	7.298	231.9	1~2	96~55	7~8
铬	7.19	1875	47~62	24~0	120~140
钢	8.96	1083	26	35	42
参考:铁	7.87	1536.5	28~36	30~45	85~105

注 铁的机械性能可作为与极软的热轧和冷轧钢板对比时参考。

表 1-4-16

光洁冲裁模刃口圆角半径

(毫米)

被 加 工 材 料 \ 板 厚	1	2	3	4
铝(AlP1)	0.25	—	0.25	0.50
铜(CuP1)	0.25	—	0.50	(1.00)
软钢(SPc1)	0.25	0.05	(1.00)	—
黄铜(BsP1)	(0.25)	—	(1.00)	—
不锈钢(SuS304-cP)	(0.25)	(0.50)	(1.00)	—

注 括号内为参考值。

表 1-4-17

冲裁凸模与凹模的间隙

(毫米)

材料	T8、45、 65Mn		A2、A3、 35CrMo、 磷铜、硅钢		紫铜、黄 铜、0.8、 10、15		软 铝		红纸板、 胶纸板、 胶布板		皮革、云 母纸、纸		间 隙 偏 差
	z 小	z 大	z 小	z 大	z 小	z 大	z 小	z 大	z 小	z 大	z 小	z 大	$\pm \Delta z$
0.05													
0.1	无 间 隙 区												
0.2	无 间 隙 区												
0.3	无 间 隙 区												
0.35	0.03	0.05	0.03	0.05	0.01	0.03							
0.5	0.05	0.10	0.04	0.07	0.03	0.05	0.02	0.03	0.01	0.02	0.005	0.015	± 0.015
0.8	0.12	0.16	0.10	0.13	0.05	0.07	0.03	0.05	0.015	0.03	0.005	0.015	± 0.015
1.0	0.16	0.20	0.12	0.16	0.08	0.12	0.04	0.06	0.02	0.04	0.01	0.02	± 0.015
1.2	0.22	0.26	0.16	0.20	0.11	0.15	0.06	0.08	0.03	0.055	0.015	0.03	± 0.015
1.5	0.31	0.35	0.22	0.26	0.14	0.18	0.08	0.11	0.035	0.07	0.015	0.03	± 0.015
1.8	0.37	0.42	0.28	0.32	0.18	0.24	0.09	0.13	0.05	0.09	0.02	0.04	± 0.02
2.0	0.42	0.48	0.33	0.39	0.21	0.27	0.10	0.14	0.06	0.10	0.025	0.045	± 0.02
2.5	0.53	0.59	0.43	0.49	0.28	0.34	0.15	0.20	0.07	0.13	0.03	0.05	± 0.02
3.0	0.64	0.70	0.54	0.60	0.34	0.40	0.18	0.24	0.10	0.16	0.035	0.06	± 0.02
3.5	0.74	0.82	0.65	0.72	0.44	0.52	0.25	0.32	0.12	0.18	0.04	0.07	± 0.02
4.0	0.86	0.94	0.77	0.85	0.52	0.60	0.28	0.36	0.14	0.20			± 0.02
4.5	0.98	1.06	0.88	0.96	0.65	0.73	0.32	0.41	0.16	0.22			± 0.02
5.0	1.08	1.18	1.00	1.10	0.76	0.86	0.35	0.45	0.18	0.26			± 0.02
6.0	1.3	1.4	1.23	1.33	0.98	1.08	0.50	0.60	0.24	0.32			± 0.02
8.0	1.8	1.9	1.7	1.8	1.2	1.4	0.72	0.82	0.35	0.45			± 0.02
10	2.3	2.5	2.2	2.4	1.7	1.8	0.90	1.0	0.48	0.58			± 0.02

注 1. 表中间隙为凸模与凹模直径上的(双边的)间隙数值,如系单边剪切,其间隙只取表中数值的一半。

2. 间隙偏差($\pm \Delta z$)系指由于凸模与凹模的制造公差而引起的间隙值的变动范围。对于无间隙区的间隙偏差,表中未规定具体数值,只能由凸模与凹模互为配合的加工方法的实际来决定。

3. 石棉采用皮革的间隙,纤维板、赛璐珞采用胶布板的间隙。

表 1-4-18 导柱、导套导向部分的实际最大间隙 (毫米)

导套的有效导向长度	导柱与导套间的实际最大间隙(直径上)		
	一级精度模架	二级精度模架	三级精度模架
15~30	0.003	0.004	0.006
30~40	0.005	0.008	0.012
40~60	0.007	0.011	0.016
60~90	0.010	0.016	0.024
90以上	0.015	0.024	0.036

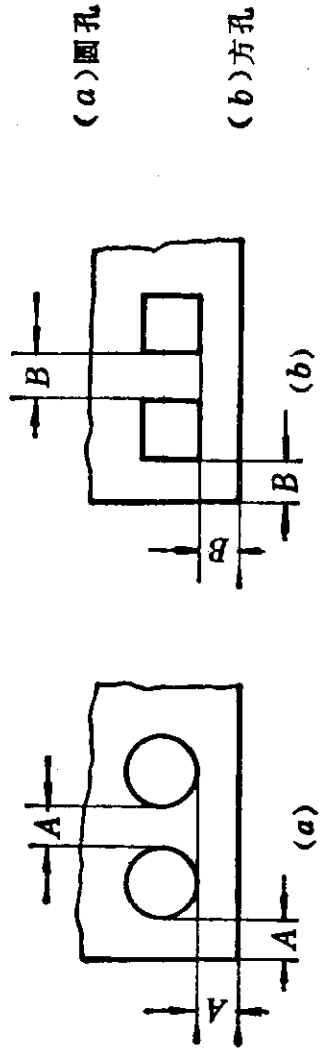
表 1-4-19 冲裁时的最小孔径 d

加工材料	一般的孔		精密退料导向孔 $d > 0.4$ 毫米	
	圆形凸模	方形凸模	圆形凸模	方形凸模
硬 钢	1.3 t	1.0 t	0.5 t	0.4 t
软钢、黄铜	1.0 t	0.7 t	0.35 t	0.3 t
铝	0.8 t	0.5 t	0.3 t	0.28 t

注 t 为板厚。

表 1-4-20

板料的极限冲孔位置



板厚	最小距离 A	板厚	最小距离 B
1.55毫米以下	3.1毫米	2.3毫米以下	4.6毫米
1.55毫米以上	板厚的2倍	2.3毫米以上	板厚的2倍

表 1-4-21

材料的最小弯曲半径

材 料	状 态	R_{min}/t
极软钢	压 延	0.5以下
半硬钢	压 延	1~1.5
铜	压 延	1~2
铍青铜	软	0.5以下
铍青铜	硬	2~5
铝	软	0.5以下
铝合金	软	1以下
铝合金	硬	2~3
飞机合金	退 火	1以下
飞机合金	硬	3~4
镁合金	退 火	4~5
镁合金	硬	8~9
镁合金	硬(400°F)	6~7
镍铬铁合金		≈ 0

注: R_{min} 表示最小弯曲半径; t 表示板厚。

表 1-4-22

方向性明显材料的最小弯曲半径

材 料	状 态	R_{min}/t	
		垂 直	平 行
黄 铜		0	0.5以下
黄 铜		1~2	10~12
磷 青 铜		1~2	10~13
锌 白 铜		1.5~2	5~6
镍铜合金		1.5	7~9

注 R_{min} 为最小弯曲半径; t 为板厚。

第二章 公差配合与表面光洁度

一、公差与配合（根据GB1800~1804-79）

1. 公差与配合的公差带

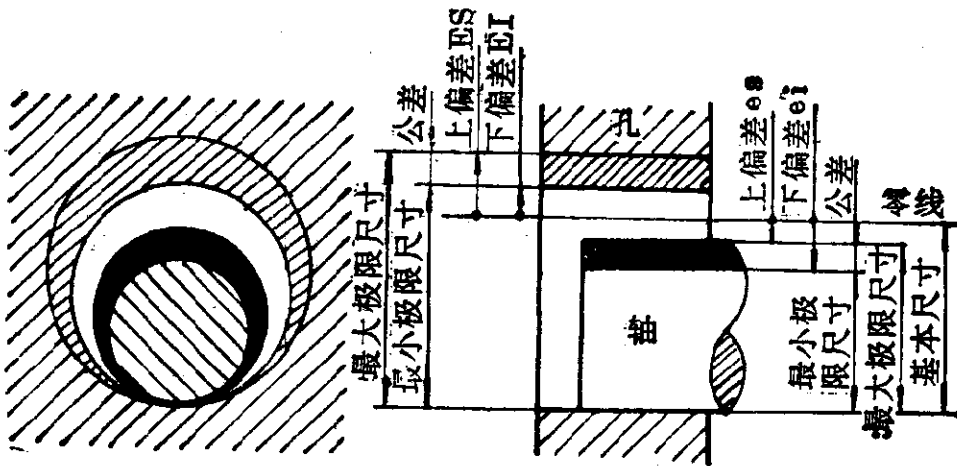


图 2-1-1 公差与配合示意图

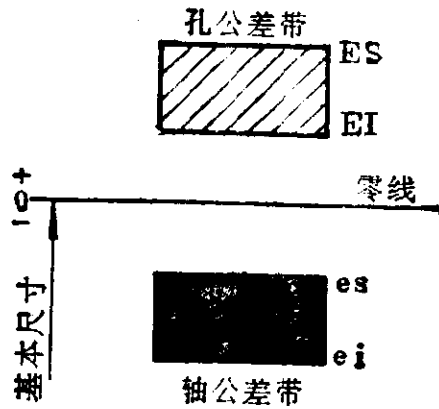


图 2-1-2 公差带图

2. 标准公差及其等级、代号

表 2-1-1 标准公差数值

基本尺寸		公差等级																				
		IT01	IT0	IT1	IT2	IT3	IT4	IT5	IT6	IT7	IT8	IT9	IT10	IT11	IT12	IT13	IT14	IT15	IT16	IT17	IT18	
大于		(微米)																				
至		(毫米)																				
—	3	0.3	0.5	0.8	1.2	2	3	4	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	
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	
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	
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	
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	
50	80	0.8	1.2	2	3	5	8	13	19	30	46	74	120	190	0.30	0.46	0.74	1.20	1.90	3.0	4.6	
80	120	1	1.5	2.5	4	6	10	15	22	35	54	87	140	220	0.35	0.54	0.87	1.40	2.20	3.5	5.4	
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	
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	
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	
315	400	3	5	7	9	13	18	25	36	57	89	140	230	360	0.57	0.89	1.40	2.30	3.60	5.7	8.9	
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	
500	630	4.5	6	9	11	16	22	30	44	70	110	175	280	440	0.70	1.10	1.75	2.8	4.4	7.0	11.0	
630	800	5	7	10	13	18	25	35	50	80	125	200	320	500	0.80	1.25	2.00	3.2	5.0	8.0	12.5	
800	1000	5.5	8	11	15	21	29	40	56	90	140	230	360	560	0.90	1.40	2.30	3.6	5.6	9.0	14.0	
1000	1250	6.5	9	13	18	24	34	46	66	105	165	260	420	660	1.05	1.65	2.60	4.2	6.6	10.5	16.5	
1250	1600	8	11	15	21	29	40	54	78	125	195	310	500	780	1.25	1.95	3.10	5.0	7.8	12.5	19.5	
1600	2000	9	13	18	25	35	48	65	92	150	230	370	600	920	1.50	2.30	3.70	6.0	9.2	15.0	23.0	
2000	2500	11	15	22	30	41	57	77	110	175	280	440	700	1100	1.75	2.80	4.40	7.0	11.0	17.5	28.0	
2500	3150	13	18	26	36	50	69	93	135	210	330	540	860	1350	2.10	3.30	5.40	8.6	13.5	21.0	33.0	

注 基本尺寸小于 1 毫米时, 无 IT14 至 IT18。

3. 基本偏差及其系列代号

GB 1800-79 规定孔、轴的基本偏差系列共 28 个，如图 2-1-3 及图 2-1-4 所示，由它来确定公差带的位置。

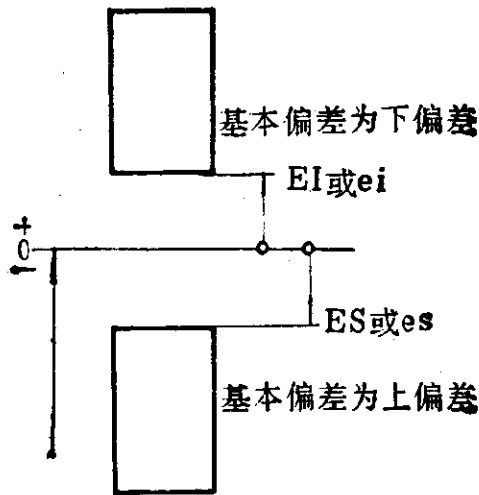


图 2-1-3 基本偏差示意图

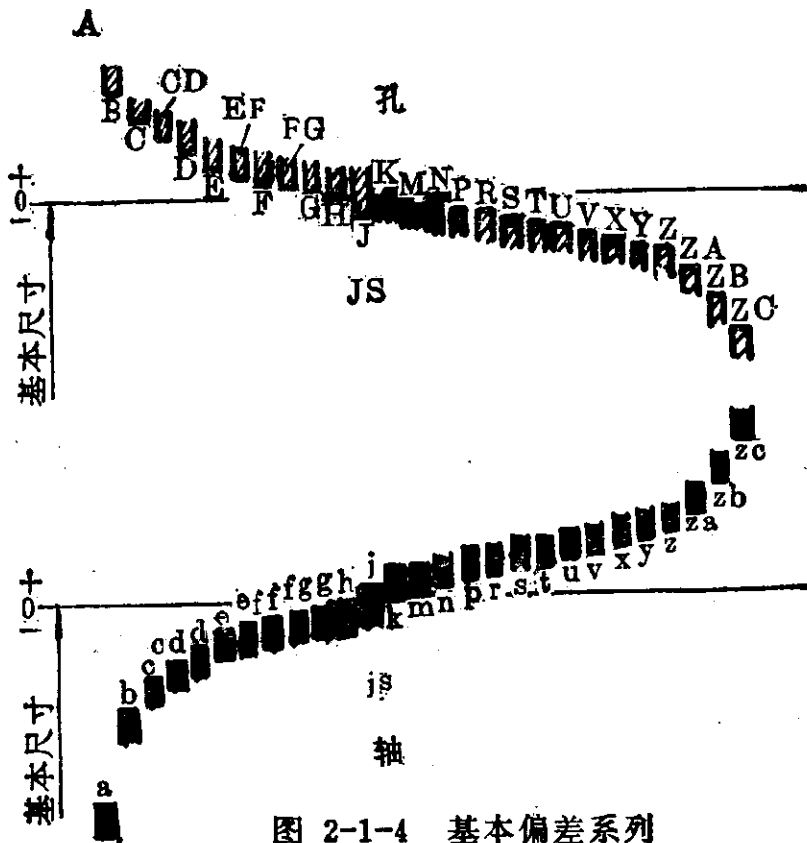


图 2-1-4 基本偏差系列

从图中可以看出：

轴的基本偏差自 a-h 为上偏差 es，

自 j-zc 为下偏差 ei。

孔的基本偏差自 A-H 为下偏差 EI，

自 J-ZC 为上偏差 ES。

h：基本偏差 es 为 0，代表基准轴；

H：基本偏差 EI 为 0，代表基准孔。

js、JS 公差带对称于零线分布，基本偏差为 $\pm \frac{IT}{2}$ 。

在同一个系列中，不同精度等级的基本偏差相同。

基本偏差数值根据上述原则可参看本手册表 2-1-3 和表 2-1-4。

例： $\phi 50H$ 或 $\phi 50h$ 由表中查出基本偏差值都为 0。

$\phi 50D$ 由表中查出基本偏差值为 +0.080。

$\phi 50d$ 由表中查出基本偏差值为 -0.080。

4. 极限偏差及其公差带代号

轴、孔的另一偏差，根据其基本偏差和标准公差，按以下代数式计算：

轴： $ei = es - IT$ 孔： $ES = EI + IT$

$es = ei + IT$ $EI = ES - IT$

轴、孔公差带代号用基本偏差代号与标准公差等级组成。

例如：H8、F8、M8 等为孔的公差带代号。

h7、f7、m7 等为轴的公差带代号。

表示方法如：

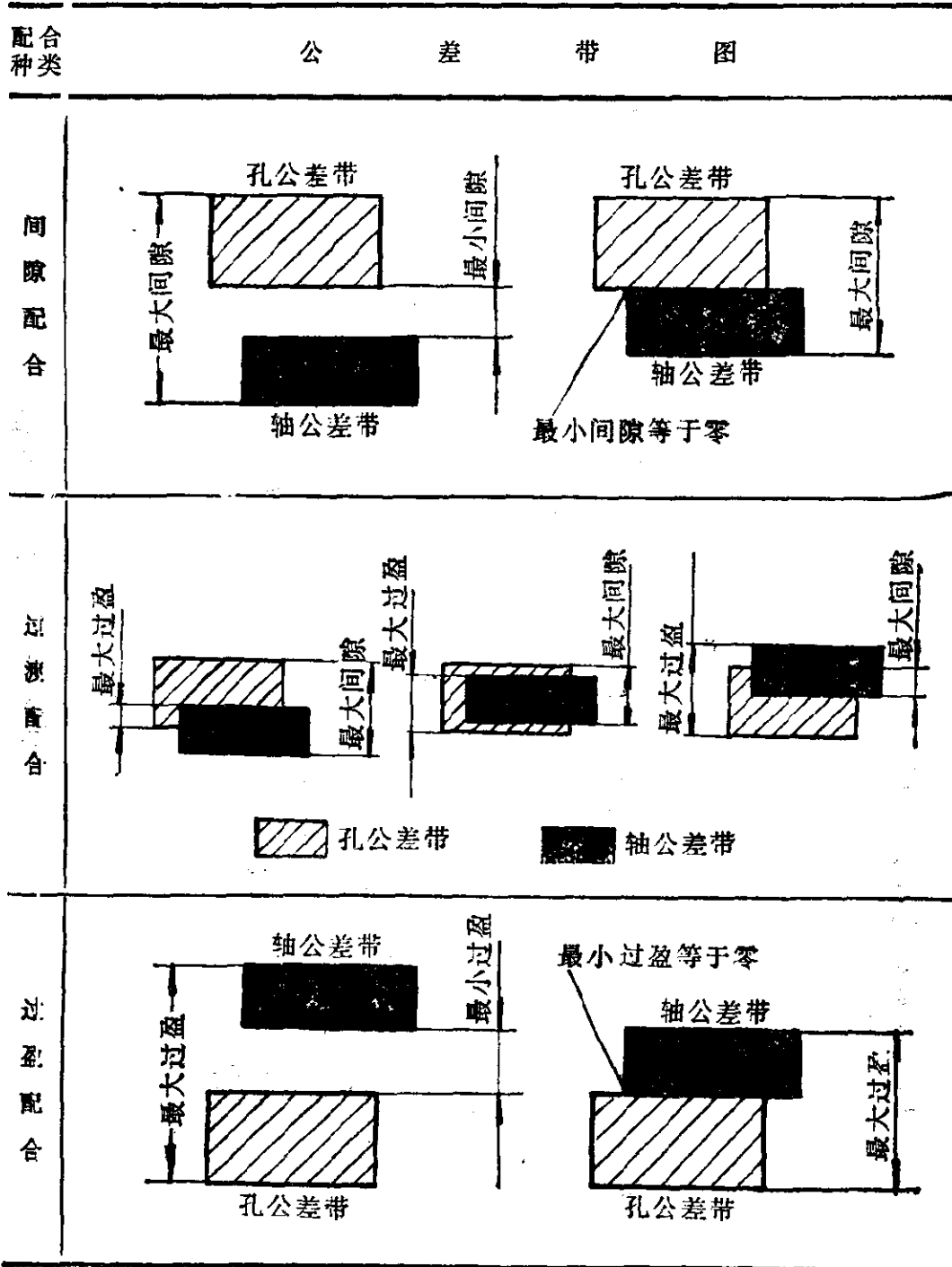
孔： $\phi 50H8$ 、 $\phi 50_{+0.039}^{+0.039}$ 或 $\phi 50H8 (+0.039)$ 。

轴： $\phi 50f7$ 、 $\phi 50_{-0.050}^{-0.025}$ 或 $\phi 50f7 (-0.050)$ 。

5. 配合

(1) 配合的种类及其公差带图

表 2-1-2 配合的种类及其公差带图



(2) 基准制及其公差带图

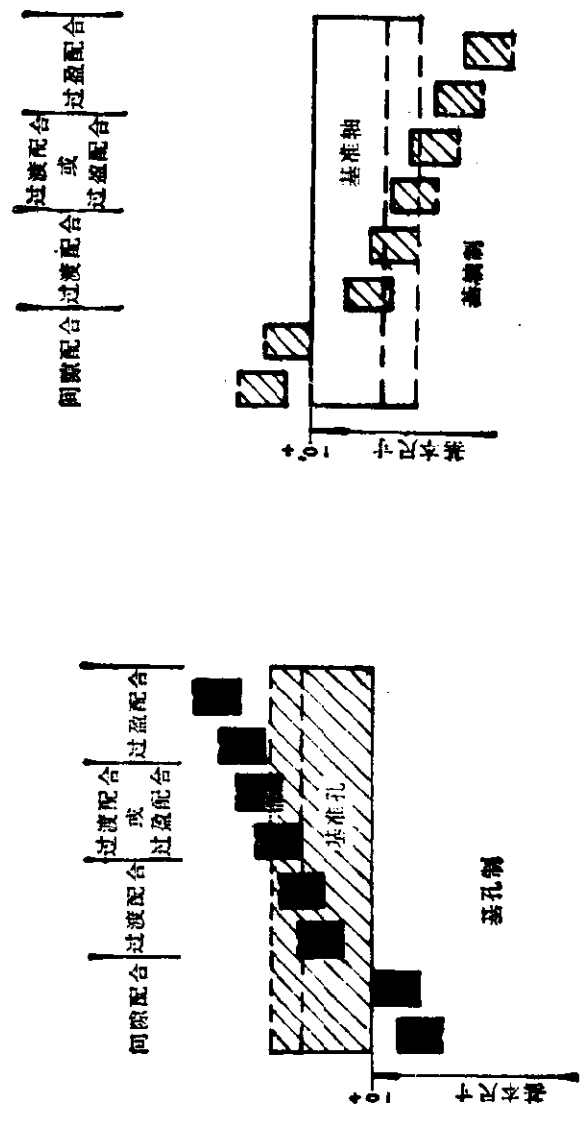
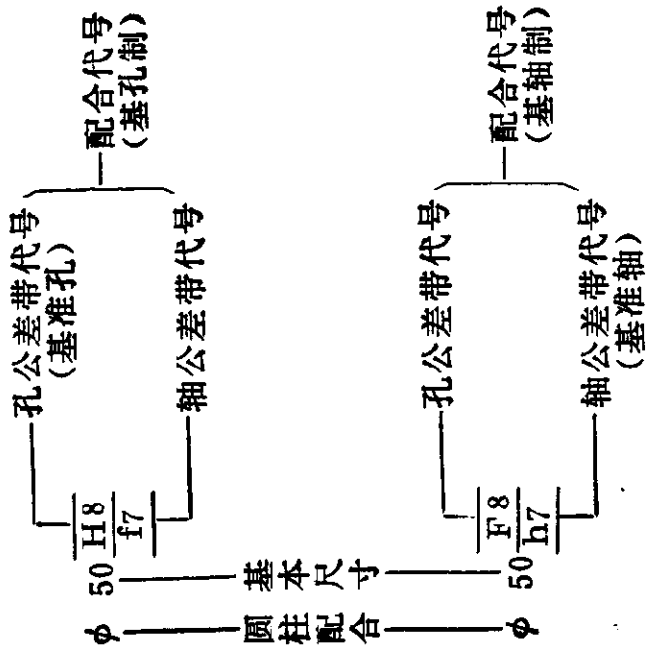


图 2-1-5 基准制和基准轴

(3) 配合代号



也可以表示为： $\phi 50 H8/f7$ 和 $\phi 50 F8/h7$ 。

6. 公差与配合数值表

(微米)

优先常用孔极限偏差数值

表 2-1-3

基本尺寸 (毫米)		公差带														
		A			B		C		D				E		F	
大于	至	11	11	12	11	11	8	9	10	11	8	9	6	7	8	9
—	3	+330	+200	+240	+120	+34	+45	+60	+80	+28	+39	+12	+16	+20	+31	
		+270	+140	+140	+60	+20	+20	+20	+20	+14	+14	+6	+6	+6	+6	
3	6	+345	+215	+260	+145	+48	+60	+78	+105	+38	+50	+18	+22	+28	+40	
		+270	+140	+140	+70	+30	+30	+30	+30	+20	+20	+10	+10	+10	+10	
6	10	+370	+240	+300	+170	+62	+76	+98	+130	+47	+61	+22	+28	+35	+49	
		+280	+150	+150	+80	+40	+40	+40	+40	+25	+25	+13	+13	+13	+13	
10	14	+400	+260	+330	+205	+77	+93	+120	+160	+59	+75	+27	+34	+43	+59	
		+290	+150	+150	+95	+50	+50	+50	+50	+32	+32	+16	+16	+16	+16	
14	18															
18	24	+430	+290	+370	+240	+98	+117	+149	+195	+73	+92	+33	+41	+53	+72	
		+300	+160	+160	+110	+65	+65	+65	+65	+40	+40	+20	+20	+20	+20	
24	30															
30	40	+470	+330	+420	+280	+119	+142	+180	+240	+89	+112	+41	+50	+64	+87	
		+310	+170	+170	+120	+80	+80	+80	+80	+50	+50	+25	+25	+25	+25	
40	50	+480	+340	+430	+290	+80	+80	+80	+80	+80	+80					
		+320	+180	+180	+130											
50	65	+530	+380	+490	+330	+146	+174	+220	+290	+106	+134	+49	+60	+76	+104	
		+340	+190	+190	+140	+100	+100	+100	+100	+60	+60	+30	+30	+30	+30	
65	80	+550	+390	+500	+340	+100	+100	+100	+100	+60	+60					
		+360	+200	+200	+150											

80	100	+ 380	+ 220	+ 220	+ 570	+ 300	+ 170	+ 174	+ 207	+ 260	+ 340	+ 122	+ 150	+ 58	+ 71	+ 90	+ 123
100	120	+ 630	+ 460	+ 240	+ 590	+ 400	+ 400	+ 120	+ 120	+ 120	+ 120	+ 72	+ 72	+ 36	+ 36	+ 30	+ 30
120	140	+ 710	+ 510	+ 250	+ 660	+ 450	+ 450										
140	160	+ 770	+ 530	+ 280	+ 680	+ 460	+ 460	+ 208	+ 245	+ 305	+ 395	+ 148	+ 185	+ 68	+ 83	+ 106	+ 143
160	180	+ 830	+ 560	+ 310	+ 710	+ 480	+ 480	+ 145	+ 145	+ 145	+ 145	+ 85	+ 85	+ 43	+ 43		+ 43
180	200	+ 950	+ 630	+ 340	+ 800	+ 530	+ 530										
200	225	+ 1030	+ 670	+ 380	+ 840	+ 550	+ 550	+ 242	+ 285	+ 355	+ 460	+ 172	+ 215	+ 79	+ 96	+ 122	+ 165
225	250	+ 1110	+ 710	+ 420	+ 880	+ 570	+ 570	+ 170	+ 170	+ 170	+ 170	+ 100	+ 100	+ 50	+ 50	+ 50	+ 50
250	280	+ 1240	+ 800	+ 480	+ 1000	+ 620	+ 620										
280	315	+ 1370	+ 860	+ 540	+ 1060	+ 650	+ 650	+ 271	+ 320	+ 400	+ 510	+ 191	+ 240	+ 88	+ 108	+ 137	+ 186
315	355	+ 1560	+ 960	+ 600	+ 1170	+ 720	+ 720										
355	400	+ 1710	+ 1040	+ 680	+ 1250	+ 760	+ 760	+ 299	+ 350	+ 440	+ 570	+ 214	+ 265	+ 98	+ 119	+ 151	+ 202
400	450	+ 1900	+ 1160	+ 760	+ 1390	+ 840	+ 840	+ 210	+ 210	+ 210	+ 210	+ 125	+ 125	+ 62	+ 62	+ 62	+ 62
450	500	+ 2050	+ 1240	+ 840	+ 1470	+ 880	+ 880	+ 327	+ 385	+ 480	+ 630	+ 232	+ 290	+ 108	+ 131	+ 165	+ 223
500		+ 1650	+ 840	+ 840	+ 840	+ 480	+ 480	+ 230	+ 230	+ 230	+ 230	+ 135	+ 135	+ 68	+ 68	+ 68	+ 68

基本尺寸		公差带																					
		G						H						J,						K			
大于	至	6	7	8	9	10	11	12	6	7	8	6	7	8	6	7	8	6	7	8			
—	3	+8	+12	+6	+10	+14	+25	+40	+60	+100	±3	±5	±7	0	0	0	0	0	0	0	0		
		+2	+2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
3	6	+12	+16	+8	+12	+18	+30	+48	+75	+120	±4	±6	±9	±2	±6	±3	±5	±2	±3	±5	±14		
		+4	+4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
6	10	+14	+20	+9	+15	+22	+36	+58	+90	+150	±4.5	±7	±11	±2	±6	±2	±5	±2	±5	±6	±6		
		+5	+5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
10	14	+17	+24	+11	+18	+27	+43	+70	+110	+180	±5.5	±9	±13	±2	±6	±2	±5	±2	±6	±8	±8		
		+6	+6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
14	18																						
18	24	+20	+28	+13	+21	+33	+52	+84	+130	+210	±6.5	±10	±16	±2	±6	±2	±5	±2	±6	±10	±10		
		+7	+7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
24	30																						
30	40	+25	+34	+16	+25	+39	+62	+100	+160	+250	±8	±12	±19	±3	±7	±3	±7	±3	±7	±12	±12		
		+9	+9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
40	50																						
50	65	+29	+40	+19	+30	+46	+74	+120	+190	+300	±9.5	±15	±23	±4	±9	±4	±9	±4	±9	±14	±14		
		+10	+10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
65	80																						
65	80																						

80	100	+34	+47	+22	+35	+54	+87	+140	+220	+350	±11	±17		+4	+10	+16
100	120	+12	+12	0	0	0	0	0	0	0				-18	-25	-38
120	140															
140	160	+39	+54	+25	+40	+63	+100	+160	+250	+400	±12.5	±20	±31	+4	+12	+20
160	180	+14	+14	0	0	0	0	0	0	0				-21	-28	-43
180	200															
200	225	+44	+61	+29	+46	+72	+115	+185	+290	+460	+14.5	±23	±36	+5	+13	+22
225	250	+15	+15	0	0	0	0	0	0	0				-24	-33	-50
250	280															
280	315	+49	+69	+32	+52	+81	+130	+210	+320	+520	±16	±26	±40	+5	+16	+25
315	355	+17	+17	0	0	0	0	0	0	0				-27	-36	-56
355	400															
400	450	+54	+75	+36	+57	+89	+140	+230	+360	+570	±18	±28	±44	+7	+17	+28
450	500	+18	+18	0	0	0	0	0	0	0				-29	-40	-61
500																
		+60	+83	+40	+63	+97	+155	+250	+400	+630	±20	±31	±48	+8	+18	+29
		+20	+20	0	0	0	0	0	0	0				-32	-45	-68

基本尺寸		公差														
		M			N			P		R		S		T		U
大于	至	6	7	8	6	7	8	6	7	6	7	6	7	6	7	7
	3	-2	-2	-2	-4	-4	-4	-6	-6	-10	-10	-14	-14	-14	-18	
	6	-8	-12	-16	-10	-14	-18	-12	-16	-16	-20	-20	-24	-24	-28	
3	6	-1	0	+2	-5	-4	-2	-9	-8	-12	-11	-16	-15	-19		
	10	-9	-12	-16	-13	-16	-20	-17	-20	-20	-23	-24	-27	-31		
6	10	-3	0	+1	-7	-4	-3	-12	-9	-16	-13	-20	-17	-22		
	14	-12	-15	-21	-16	-19	-25	-21	-24	-25	-28	-29	-32	-37		
10	14	-4	0	+2	-9	-5	-3	-15	-11	-20	-16	-25	-21	-26		
	18	-15	-18	-25	-20	-23	-30	-26	-29	-31	-34	-36	-39	-44		
18	24	-4	0	+4	-11	-7	-3	-18	-14	-24	-20	-31	-27	-33		
	24	-17	-21	-29	-24	-28	-36	-31	-35	-37	-41	-44	-48	-54		
24	30	-4	0	+5	-12	-8	-3	-21	-17	-29	-25	-38	-34	-43		
	30	-17	-21	-29	-24	-28	-36	-31	-35	-37	-41	-44	-48	-54		
30	40	-4	0	+5	-12	-8	-3	-21	-17	-29	-25	-38	-34	-43		
	40	-20	-25	-34	-28	-33	-42	-37	-42	-45	-50	-54	-59	-65		
40	50	-4	0	+5	-12	-8	-3	-21	-17	-29	-25	-38	-34	-43		
	50	-20	-25	-34	-28	-33	-42	-37	-42	-45	-50	-54	-59	-65		
50	65	-5	0	+5	-14	-9	-4	-26	-21	-35	-30	-47	-42	-60		
	65	-24	-30	-41	-33	-39	-50	-45	-51	-56	-62	-72	-66	-85		
65	80	-5	0	+5	-14	-9	-4	-26	-21	-35	-30	-47	-42	-60		
	80	-24	-30	-41	-33	-39	-50	-45	-51	-56	-62	-72	-66	-85		

80	100	-6	0	+6	-16	10	-4	90	-24	-44	-38	-64	-58	-84	-78	-111
100	120	-28	-35	-48	-38	-45	-58	-52	-59	-66	-73	-86	-93	-106	-113	-146
120	140									-47	-41	-72	-60	-88	-126	-166
140	160	-8	0	+8	-20	-12	-4	-36	-28	-56	-48	-85	-77	-115	-107	-155
160	180	-33	-40	-55	-45	-52	-67	-61	-68	-81	-88	-110	-117	-140	-147	-195
180	200									-58	-50	-93	-85	-127	-119	-175
200	225	-8	0	+9	-22	-14	-5	-41	-33	-83	-90	-118	-125	-152	-159	-215
225	250	-37	-46	-63	-51	-60	-77	-70	-79	-61	-53	-101	-93	-139	-131	-195
250	280									-86	-93	-126	-133	-164	-171	-235
280	315	-9	0	+9	-25	-14	-5	-47	-36	-68	-60	-113	-105	-157	-149	-219
315	355	-41	-52	-72	-57	-66	-86	-79	-88	-97	-106	-142	-151	-186	-195	-265
355	400									-71	-63	-121	-113	-171	-163	-241
400	450	-10	0	+11	-26	-16	-5	-51	-41	-100	-109	-150	-159	-200	-209	-287
450	500	-46	-57	-78	-62	-73	-94	-87	-98	-75	-67	-131	-123	-187	-179	-267
										-104	-113	-160	-169	-216	-225	-313
										-85	-74	-149	-138	-209	-198	-295
										-117	-126	-181	-190	-241	-250	-347
										-89	-78	-161	-150	-231	-220	-330
										-121	-130	-193	-202	-263	-272	-382
										-97	-87	-179	-169	-257	-247	-369
										-133	-144	-215	-226	-293	-304	-426
										-103	-93	-197	-187	-283	-273	-414
										-139	-150	-233	-244	-319	-330	-471
										-113	-103	-219	-209	-317	-307	-467
										-153	-166	-259	-272	-357	-370	-530
										-119	-109	-239	-229	-347	-337	-517
										-159	-172	-279	-292	-387	-400	-580

表 2-1-4

优先常用轴的极限偏差数值

(微米)

基本尺寸		公差带														
(毫米)		a			b			c			d			e		
大于	至	11	11	12	9	10	11	8	9	10	11	7	8	9		
—	3	-270	-140	-140	-60	-60	-60	-20	-20	-20	-20	-14	-14	-14		
		-330	-200	-240	-85	-100	-120	-34	-45	-60	-80	-24	-28	-39		
3	6	-270	-140	-140	-70	-70	-70	-30	-30	-30	-30	-20	-20	-20		
		-345	-215	-260	-100	-118	-145	-48	-60	-78	-105	-32	-38	-50		
6	10	-280	-150	-150	-80	-80	-80	-40	-40	-40	-40	-25	-25	-25		
		-370	-240	-300	-116	-138	-170	-62	-76	-98	-130	-40	-47	-61		
10	14	-290	-150	-150	-95	-95	-95	-50	-50	-50	-50	-32	-32	-32		
		-400	-260	-330	-138	-165	-205	-77	-93	-120	-160	-50	-59	-75		
18	24	-300	-160	-160	-110	-110	-110	-65	-65	-65	-65	-40	-40	-40		
		-430	-290	-370	-162	-194	-240	-98	-117	-149	-195	-61	-73	-92		
30	40	-310	-170	-170	-120	-120	-120	-80	-80	-80	-80	-50	-50	-50		
		-470	-330	-420	-182	-220	-280	-119	-142	-180	-240	-75	-89	-112		
40	50	-320	-180	-180	-130	-130	-130	-80	-80	-80	-80	-60	-60	-60		
		-480	-340	-430	-192	-230	-290	-100	-124	-160	-220	-90	-106	-134		
50	65	-340	-190	-190	-140	-140	-140	-100	-100	-100	-100	-80	-80	-80		
		-530	-380	-490	-214	-260	-330	-146	-174	-220	-290	-90	-106	-134		
65	80	-360	-200	-200	-150	-150	-150	-110	-110	-110	-110	-90	-90	-90		
		-550	-390	-500	-224	-270	-340	-150	-174	-220	-290	-90	-106	-134		

80	100	-360	-440	-570	-257	-310	-170	-120	-145	-207	-260	-340	-107	-126	-159
100	120	-410	-240	-240	-180	-180	-180	-174							
120	140	-630	-460	-590	-267	-320	-400								
		-460	-260	-260	-200	-200	-200								
		-710	-510	-660	-300	-300	-450								
140	160	-520	-280	-280	-210	-210	-210	-145	-145	-145	-145	-145	-85	-85	-85
		-770	-530	-680	-310	-370	-460	-208	-245	-245	-305	-395	-125	-148	-185
160	180	-580	-310	-310	-230	-230	-230								
		-830	-560	-710	-330	-390	-480								
180	200	-660	-340	-340	-240	-240	-240								
		-950	-630	-800	-355	-425	-530								
200	225	-740	-380	-380	-260	-260	-260	-170	-170	-170	-170	-170	-100	-100	-100
		-1030	-670	-840	-375	-445	-550	-242	-285	-285	-355	-460	-146	-172	-215
225	250	-820	-420	-420	-280	-280	-280								
		-1110	-710	-880	-395	-465	-570								
250	280	-920	-480	-480	-300	-300	-300	-190	-190	-190	-190	-190	-110	-110	-110
		-1240	-800	-1000	-430	-510	-620	-271	-320	-320	-400	-510	-162	-191	-240
280	315	-1050	-540	-540	-330	-330	-330								
		-1370	-860	-1060	-460	-540	-650								
315	355	-1200	-600	-600	-360	-360	-360	-210	-210	-210	-210	-210	-125	-125	-125
		-1560	-960	-1170	-500	-590	-720	-299	-350	-350	-440	-570	-182	-214	-265
355	400	-1350	-680	-680	-400	-400	-400								
		-1710	-1040	-1250	-540	-630	-760								
400	450	-1500	-760	-760	-440	-440	-440	-230	-230	-230	-230	-230	-135	-135	-135
		-1900	-1160	-1390	-595	-690	-840	-327	-385	-385	-480	-630	-198	-232	-290
450	500	-1650	-840	-840	-480	-480	-480								
		-2050	-1240	-1470	-635	-730	-880								

基本尺寸 (毫米)		公差带															
		f						g						h			
大于	至	5	6	7	8	9	5	6	7	5	6	7	8	9	10	11	12
—	3	-6 -10	-6 -12	-6 -16	-6 -20	-6 -31	-2 -6	-2 -8	-2 -12	0 -4	0 -6	0 -10	0 -14	0 -25	0 -40	0 -60	0 -100
3	6	-10 -15	-10 -18	-10 -22	-10 -28	-10 -40	-4 -9	-4 -12	-4 -16	0 -5	0 -8	0 -12	0 -18	0 -30	0 -48	0 -75	0 -120
6	10	-13 -19	-13 -22	-13 -28	-13 -35	-13 -49	-5 -11	-5 -14	-5 -20	0 -6	0 -9	0 -15	0 -22	0 -36	0 -58	0 -90	0 -150
10	14	-16 -24	-16 -27	-16 -34	-16 -43	-16 -59	-6 -14	-6 -17	-6 -24	0 -8	0 -11	0 -18	0 -27	0 -43	0 -70	0 -110	0 -180
14	18																
18	24	-20 -29	-20 -33	-20 -41	-20 -53	-20 -72	-7 -16	-7 -20	-7 -28	0 -9	0 -13	0 -21	0 -33	0 -52	0 -84	0 -130	0 -210
24	30																
30	40	-25 -36	25 -41	-25 -50	-25 -64	-25 -87	-9 -20	-9 -25	-9 -34	0 -11	0 -16	0 -25	0 -39	0 -62	0 -100	0 -160	0 -250
40	50																
50	65	-30 -43	-30 -49	-30 -60	-30 -76	-30 -104	-10 -23	-10 -29	-10 -40	0 -13	0 -19	0 -30	0 -46	0 -74	0 -120	0 -190	0 -300
65	80																

基本尺寸		公差							带										
(毫米)		js			k				m				n			p			
大于	至	5	6	7	5	6	7	5	6	7	5	6	7	5	6	7	5	6	7
—	3	±2	±3	±5	+4	+6	+10	+6	+8	+12	+8	+10	+14	+10	+12	+16	+10	+12	+16
					0	0	0	+2	+2	+2	+2	+4	+4	+4	+6	+6	+6	+6	+6
3	6	±2.5	±4	±6	+6	+9	+13	+9	+12	+16	+13	+16	+20	+16	+20	+24	+17	+20	+24
					+1	+1	+1	+4	+4	+4	+8	+8	+8	+8	+12	+12	+12	+12	+12
6	10	±3	±4.5	±7	+7	+10	+16	+12	+15	+21	+16	+19	+25	+16	+21	+30	+21	+24	+30
					+1	+1	+1	+6	+6	+6	+10	+10	+10	+10	+15	+15	+15	+15	+15
10	14	±4	±5.5	±9	+9	+12	+19	+15	+18	+25	+20	+23	+30	+20	+26	+36	+26	+29	+36
					+1	+1	+1	+7	+7	+7	+12	+12	+12	+12	+18	+18	+18	+18	+18
14	18																		
18	24	±4.5	±6.5	±10	+11	+15	+23	+17	+21	+29	+24	+28	+36	+24	+31	+43	+31	+35	+43
					+2	+2	+2	+8	+8	+8	+15	+15	+15	+15	+22	+22	+22	+22	+22
24	30																		
30	40	±5.5	±8	±12	+13	+18	+27	+20	+25	+34	+28	+33	+42	+28	+37	+51	+37	+42	+51
					+2	+2	+2	+9	+9	+9	+17	+17	+17	+17	+26	+26	+26	+26	+26
40	50																		
50	65	±6.5	±9.5	±15	+15	+21	+32	+24	+30	+41	+33	+39	+50	+33	+45	+62	+45	+51	+62
					+2	+2	+2	+11	+11	+11	+20	+20	+20	+20	+32	+32	+32	+32	+32
65	80																		
80																			

基本尺寸 (毫米)		公差带																	
		r						s			t			u		v	x	y	z
		5	6	7	5	6	7	5	6	7	6	7							
大于	至																		
—	3	+14	+16	+20	+18	+24	+20	+14	+14	—	—	+24	+28	—	+26	—	—	+32	
		+10	+10	+10	+14	+14	+14	+14	+14	—	—	+18	+18	—	+20	—	—	+26	
	3	+20	+23	+27	+24	+31	+27	+19	+19	—	—	+31	+35	—	+36	—	—	+43	
		+15	+15	+15	+19	+19	+19	+19	+19	—	—	+23	+23	—	+28	—	—	+35	
	6	+25	+28	+34	+29	+38	+32	+23	+23	—	—	+37	+43	—	+43	—	—	+51	
		+19	+19	+19	+23	+23	+23	+23	+23	—	—	+28	+28	—	+34	—	—	+42	
	10	+31	+34	+41	+36	+46	+39	+28	+28	—	—	+44	+51	—	+51	—	—	+61	
		+23	+23	+23	+28	+28	+28	+28	+28	—	—	+33	+33	—	+40	—	—	+50	
	14	+37	+41	+49	+44	+56	+48	+35	+35	—	—	+54	+62	—	+67	—	—	+71	
		+28	+28	+28	+35	+35	+35	+35	+35	—	—	+41	+41	—	+56	—	—	+60	
	18	+37	+41	+49	+44	+56	+48	+35	+35	—	—	+54	+62	—	+67	+76	+86	+86	
		+28	+28	+28	+35	+35	+35	+35	+35	—	—	+41	+41	—	+54	+63	+73	+73	
	24	+37	+41	+49	+44	+56	+48	+35	+35	—	—	+54	+62	—	+67	+76	+86	+86	
		+28	+28	+28	+35	+35	+35	+35	+35	—	—	+41	+41	—	+54	+63	+73	+73	
	30	+37	+41	+49	+44	+56	+48	+35	+35	—	—	+54	+62	—	+67	+76	+86	+86	
		+28	+28	+28	+35	+35	+35	+35	+35	—	—	+41	+41	—	+54	+63	+73	+73	
	30	+45	+50	+59	+54	+68	+59	+43	+43	+54	+64	+73	+85	+84	+96	+110	+128	+128	
		+34	+34	+34	+43	+43	+43	+43	+43	+48	+48	+48	+60	+68	+80	+94	+112	+112	
	40	+54	+60	+71	+66	+83	+72	+53	+53	+79	+85	+96	+106	+121	+141	+163	+191	+191	
		+41	+41	+41	+53	+53	+53	+53	+53	+66	+66	+66	+87	+102	+132	+144	+172	+172	
	50	+56	+62	+73	+72	+89	+78	+59	+59	+94	+105	+105	+121	+139	+165	+193	+229	+229	
		+43	+43	+43	+59	+59	+59	+59	+59	+75	+75	+75	+102	+120	+146	+174	+210	+210	

100	+ 66	+ 73	+ 86	+ 86	+ 93	+ 106	+ 106	+ 113	+ 126	+ 146	+ 159	+ 168	+ 190	+ 236	+ 280
100	+ 51	+ 51	+ 51	+ 71	+ 71	+ 114	+ 119	+ 126	+ 139	+ 124	+ 124	+ 146	+ 178	+ 214	+ 258
120	+ 69	+ 76	+ 89	+ 94	+ 101	+ 114	+ 119	+ 126	+ 139	+ 166	+ 173	+ 194	+ 232	+ 276	+ 332
120	+ 54	+ 54	+ 54	+ 79	+ 79	+ 79	+ 104	+ 104	+ 104	+ 144	+ 144	+ 172	+ 210	+ 254	+ 310
140	+ 81	+ 88	+ 103	+ 110	+ 117	+ 132	+ 140	+ 147	+ 162	+ 195	+ 210	+ 227	+ 273	+ 325	+ 390
140	+ 63	+ 63	+ 63	+ 92	+ 92	+ 92	+ 122	+ 122	+ 122	+ 170	+ 170	+ 202	+ 248	+ 300	+ 365
160	+ 83	+ 90	+ 105	+ 118	+ 125	+ 140	+ 152	+ 159	+ 174	+ 215	+ 230	+ 253	+ 305	+ 365	+ 440
160	+ 65	+ 65	+ 65	+ 100	+ 100	+ 100	+ 134	+ 134	+ 134	+ 190	+ 190	+ 228	+ 280	+ 340	+ 415
180	+ 86	+ 93	+ 108	+ 126	+ 133	+ 148	+ 164	+ 171	+ 186	+ 235	+ 250	+ 277	+ 335	+ 405	+ 490
180	+ 68	+ 68	+ 68	+ 108	+ 108	+ 108	+ 146	+ 146	+ 146	+ 210	+ 210	+ 252	+ 310	+ 380	+ 465
200	+ 97	+ 106	+ 123	+ 142	+ 151	+ 168	+ 186	+ 195	+ 212	+ 265	+ 282	+ 313	+ 379	+ 454	+ 549
200	+ 77	+ 77	+ 77	+ 122	+ 122	+ 122	+ 166	+ 166	+ 166	+ 236	+ 236	+ 284	+ 350	+ 425	+ 520
225	+ 100	+ 109	+ 126	+ 150	+ 159	+ 176	+ 200	+ 209	+ 226	+ 287	+ 304	+ 339	+ 414	+ 499	+ 601
225	+ 80	+ 80	+ 80	+ 130	+ 130	+ 130	+ 180	+ 180	+ 180	+ 258	+ 258	+ 310	+ 385	+ 470	+ 575
250	+ 104	+ 113	+ 130	+ 160	+ 169	+ 186	+ 216	+ 225	+ 242	+ 313	+ 330	+ 369	+ 454	+ 549	+ 609
250	+ 84	+ 84	+ 84	+ 140	+ 140	+ 140	+ 196	+ 196	+ 196	+ 284	+ 284	+ 340	+ 425	+ 520	+ 640
280	+ 117	+ 126	+ 146	+ 181	+ 190	+ 210	+ 241	+ 250	+ 270	+ 347	+ 367	+ 417	+ 507	+ 612	+ 742
280	+ 94	+ 94	+ 94	+ 158	+ 158	+ 158	+ 218	+ 218	+ 218	+ 315	+ 315	+ 385	+ 475	+ 530	+ 710
315	+ 121	+ 130	+ 150	+ 193	+ 202	+ 222	+ 263	+ 272	+ 292	+ 382	+ 402	+ 457	+ 557	+ 682	+ 822
315	+ 98	+ 98	+ 98	+ 170	+ 170	+ 170	+ 240	+ 240	+ 240	+ 350	+ 350	+ 425	+ 525	+ 650	+ 790
355	+ 133	+ 144	+ 165	+ 215	+ 226	+ 247	+ 293	+ 304	+ 325	+ 426	+ 447	+ 511	+ 626	+ 766	+ 936
355	+ 108	+ 108	+ 108	+ 190	+ 190	+ 190	+ 268	+ 268	+ 268	+ 390	+ 390	+ 475	+ 590	+ 730	+ 900
400	+ 139	+ 150	+ 171	+ 233	+ 244	+ 265	+ 319	+ 330	+ 351	+ 471	+ 492	+ 506	+ 606	+ 856	+ 1036
400	+ 114	+ 114	+ 114	+ 208	+ 208	+ 208	+ 294	+ 294	+ 294	+ 435	+ 435	+ 530	+ 600	+ 820	+ 1000
450	+ 153	+ 166	+ 189	+ 259	+ 272	+ 295	+ 357	+ 370	+ 393	+ 530	+ 553	+ 635	+ 780	+ 960	+ 1140
450	+ 126	+ 126	+ 126	+ 232	+ 232	+ 232	+ 330	+ 330	+ 330	+ 490	+ 490	+ 595	+ 740	+ 920	+ 1100
450	+ 159	+ 172	+ 195	+ 279	+ 292	+ 315	+ 387	+ 400	+ 423	+ 580	+ 803	+ 700	+ 860	+ 1040	+ 1290
450	+ 132	+ 132	+ 132	+ 252	+ 252	+ 252	+ 360	+ 360	+ 360	+ 540	+ 540	+ 660	+ 820	+ 1000	+ 1250

表 2-1-5 基孔制与基轴制优先、常用配合极限间隙或极限过盈 (微米)

基孔制	H6/f5	H6/g5	H6/h5	H7/f6	H7/g6	H7/h6	H8/e7	H8/f7	H8/g7	H8/h7	H8/d8	H8/e8	H8/f8	H8/h8	H9/d9
	F6/h5	G6/h5	H6/h5	F7/h6	G7/h6	H7/h6	E8/h7	F8/h7		H8/h7	D8/h8	E8/h8	F8/h8	H8/h8	D9/h9
大于															
至															
—	+16 +6	+12 +2	+10 0	+22 +6	+18 +2	+16 0	+38 +14	+30 +6	+26 +2	+24 0	+48 +20	+42 +14	+34 +6	+28 0	+110 +60
3	+23 +10	+17 +4	+13 0	+30 +10	+24 +4	+20 0	+50 +20	+40 +10	+34 +4	+30 0	+66 +30	+56 +20	+46 +10	+36 0	+130 +70
6	+28 +13	+20 +5	+15 0	+37 +13	+29 +5	+24 0	+62 +25	+50 +13	+42 +5	+37 0	+84 +40	+69 +25	+57 +13	+44 0	+152 +80
10	+35 +16	+25 +6	+19 0	+45 +16	+35 +6	+29 0	+77 +32	+61 +16	+51 +6	+45 0	+104 +50	+86 +32	+70 +16	+54 0	+181 +95
14															
18	+42 +20	+29 +7	+22 0	+54 +20	+41 +7	+34 0	+94 +40	+74 +20	+61 +7	+54 0	+131 +65	+106 +40	+86 +20	+66 0	+214 +110
24															
30	+52 +25	+36 +9	+27 0	+66 +25	+50 +9	+41 0	+114 +50	+89 +25	+73 +9	+64 0	+158 +80	+128 +50	+103 +25	+78 0	+244 +120
40															
50															
65	+62 +30	+42 +10	+32 0	+79 +30	+59 +10	+49 0	+136 +60	+106 +30	+86 +10	+76 0	+192 +100	+152 +60	+122 +30	+92 0	+288 +140
80															+248 +100
															+298 +150

间 隙 配 合

80	100	+73	+49	+37	+93	+69	+57	+161	+125	+101	+89	+228	+180	+144	+108	+344	+294
100	120	+36	+12	0	+36	+12	0	+72	+36	+12	0	+120	+72	+36	0	+170	+130
120	140															+400	
140	160	+86	+57	+43	+108	+79	+65	+188	+146	+117	+103	+271	+211	+169	+126	+410	+345
160	180	+43	+14	0	+43	+14	0	+85	+43	+14	0	+145	+85	+43	0	+210	+145
180	200															+430	
200	225	+99	+64	+49	+125	+90	+75	+218	+168	+133	+118	+314	+244	+194	+144	+470	+400
225	250	+50	+15	0	+50	+15	0	+100	+50	+15	0	+170	+100	+50	0	+240	+170
250	280															+510	
280	315	+111	+72	+55	+140	+101	+84	+243	+189	+150	+133	+352	+272	+218	+162	+560	+450
315	355	+56	+17	0	+56	+17	0	+110	+56	+17	0	+190	+110	+56	0	+300	+190
355	400															+590	
400	450	+123	+79	+61	+155	+111	+93	+271	+208	+164	+146	+388	+303	+240	+178	+640	+490
450	500	+62	+18	0	+62	+18	0	+125	+62	+18	0	+210	+125	+62	0	+360	+210
500																+400	
		+135	+87	+67	+171	+123	+103	+295	+228	+180	+160	+424	+329	+262	+194	+750	+540
		+68	+20	0	+68	+20	0	+135	+68	+20	0	+230	+135	+68	0	+440	+230
																+790	
																+480	

注 1.表中“+”值为间隙量,“-”值为过盈量。

2.标注▣的配合为优先配合。

基孔制	$\frac{H9}{e9}$	$\frac{H9}{f9}$	$\frac{H9}{h9}$	$\frac{H10}{c10}$	$\frac{H10}{a10}$	$\frac{H10}{h10}$	$\frac{H11}{a11}$	$\frac{H11}{b11}$	$\frac{H11}{c11}$	$\frac{H11}{d11}$	$\frac{H11}{h11}$	$\frac{H12}{b12}$	$\frac{H12}{h12}$	$\frac{H6}{js5}$	
	基轴制	$\frac{F9}{h9}$	$\frac{H9}{h9}$	$\frac{D10}{h10}$	$\frac{A11}{h11}$	$\frac{B11}{h11}$	$\frac{C11}{h11}$	$\frac{D11}{h11}$	$\frac{H11}{h11}$	$\frac{H11}{h11}$	$\frac{H11}{h11}$	$\frac{B12}{h12}$	$\frac{H12}{h12}$	$\frac{Js6}{h5}$	
基本尺寸 (毫米)		配合													
大于		间隙													
至		配合													
		过渡配合													
—	3	+64	+56	+140	+100	+80	+390	+260	+180	+140	+120	+340	+200	+8	+7
		+14	0	+60	+20	0	+270	+140	+60	+20	0	+140	0	-2	-3
3	6	+80	+70	+166	+126	+96	+420	+290	+220	+180	+150	+380	+240	+10.5	+9
		+20	0	+70	+30	0	+270	+140	+70	+30	0	+140	0	-2.5	-4
6	10	+97	+85	+196	+156	+116	+460	+330	+260	+220	+180	+450	+300	+12	+10.5
		+25	+13	+80	+40	0	+280	+150	+80	+40	0	+150	0	-3	-4.5
10	14	+118	+102	+235	+190	+140	+510	+370	+315	+270	+220	+510	+360	+15	+13.5
		+32	+16	+95	+50	0	+290	+150	+95	+50	0	+150	0	-4	-5.5
14	18														
18	24	+144	+124	+278	+233	+168	+560	+420	+370	+325	+260	+580	+420	+17.5	+15.5
		+40	+20	+110	+65	0	+300	+160	+110	+65	0	+160	0	-4.5	-6.5
24	30														
30	40	+174	+149	+320	+280	+200	+630	+490	+440			+670			
		+50	+25	+120	+80	0	+310	+170	+120	+400	+320	+170	+500	+21.5	+19
40	50			+330	+80		+640	+500	+450	+80	0	+680	0	-5.5	-8
				+130			+320	+180	+130			+180			
50	65	+208	+178	+380	+340	+240	+720	+570	+520	+480	+380	+790	+600	+25.5	+22.5
		+60	+30	+140	+100	0	+340	+190	+140	+100	0	+190	0	-6.5	-9.5
65	80			+390	+100		+740	+580	+530	+100	0	+800	+600		
				+150			+360	+200	+150			+200			

80	100	+246	+210	+174	+450	+400	+280	+820	+660	+610	+560	+440	+920	+700	+29.5	+26
100	120	+72	+36	0	+170	+120	0	+380	+220	+170	+120	0	+220	0	-7.5	-11
120	140				+460			+850	+680	+620			+940			
140	160	+285	+243	+200	+520	+465	+320	+1020	+780	+710	+645	+500	+1080	+800	+34	+30.5
160	180	+85	+43	0	+210	+145	0	+520	+280	+210	+145	0	+280	0	-9	-12.5
180	200				+550			+1080	+810	+730			+1110			
200	225	+330	+280	+230	+230			+580	+310	+230			+310			
225	250	+100	+50	0	+610			+1240	+920	+820			+1260			
250	280				+240			+660	+340	+240			+340			
280	315	+370	+316	+260	+630	+540	+370	+1320	+960	+840	+750	+530	+1300	+920	+39	+34.5
315	355	+110	+56	0	+260	+170	0	+740	+380	+260	+170	0	+380	0	-10	-14.5
355	400				+650			+1400	+1000	+860			+1340			
400	450	+405	+342	+280	+280			+820	+420	+280			+420			
450	500	+125	+62	0	+720			+1560	+1120	+940			+1520	+1040	+43.5	+39
					+300			+920	+480	+300	+830	+640	+480	0	-11.5	-16
					+750			+1690	+1180	+970	+190	0	+1580			
					+330			+1050	+540	+330			+540			
					+820			+1920	+1320	+1080			+1740			
					+360			+1200	+600	+360	+930	+720	+600	+1140	+48.5	+43
					+860			+2070	+1400	+1120	+210	0	+1820	0	-12.5	-18
					+400			+1350	+680	+400			+680			
					+940			+2300	+1560	+1240			+2020			
					+440			+1500	+760	+440	+1030	+800	+760	+1260	+53.5	+47
					+980			+2450	+1640	+1280	+230	0	+2100	0	-13.5	-20
					+480			+1650	+840	+480			+840			

基孔制		$\frac{H6}{k5}$	$\frac{H6}{m5}$	$\frac{H7}{js6}$	$\frac{H7}{k6}$	$\frac{H7}{m6}$	$\frac{H7}{n6}$	$\frac{H8}{js7}$	$\frac{H8}{k7}$
基轴制		$\frac{K6}{h5}$	$\frac{M6}{h5}$	$\frac{js7}{h6}$	$\frac{K7}{n6}$	$\frac{M7}{h6}$	$\frac{N7}{h6}$	$\frac{js8}{h7}$	$\frac{K8}{h7}$
基本尺寸 (毫米)									
大于 至									
—	3	+6 -4	+4 -6	+2 -3	+10 -6	+8 -12	+6 -10	+19 -5	+14 -10
3	6	+7 -6	+4 -9	+16 -4	+11 -9	+8 -12	+4 -16	+21 -6	+17 -13
6	10	+8 -7	+3 -12	+19.5 -4.5	+14 -10	+9 -15	+5 -19	+29 -7	+21 -16
10	14	+10 -9	+4 -15	+23.5 -5.5	+17 -12	+11 -18	+6 -23	+36 -9	+26 -19
14	18								
18	24								
24	30	±11	+5 -17	+27.5 -6.5	+19 -15	+13 -21	+6 -28	+43 -10	+31 -23
30	40	+14 -13	+7 -20	+33 -8	+23 -18	+16 -25	+8 -33	+51 -12	+37 -27
40	50								
50	65	+17 -15	+8 -24	+39.5 -9.5	+28 -21	+19 -30	+10 -39	+61 -15	+44 -32
65	80								

过 渡 配 合

80	100	+19	+9	+46	+39	+32	+22	+12	+71	+62	+51
	120	-18	-28	-11	-17	-25	-35	-45	-17	-27	-38
120	140										
140	160	+22	+10	+52.5	+45	+37	+25	+13	+83	+71	+60
	180	-21	-33	-12.5	-20	-28	-40	-52	-20	-31	-43
180	200										
200	225	+25	+12	+60.5	+52	+42	+29	+15	+95	+82	+68
	250	-24	-37	-14.5	-23	-33	-46	-60	-23	-36	-50
250	280	+28	+12	+68	+58	+48	+32	+18	+107	+92	+77
	315	-27	+14	-16	-26	-36	-52	-66	-26	-40	-56
315	355	+32	+15	+75	+64	+53	+36	+20	+117	+101	+85
	400	-29	-46	-18	-28	-40	-57	-73	-28	-44	-61
400	450	+35	+17	+83	+71	+58	+40	+23	+128	+111	+92
	500	-32	-50	-20	-31	-45	-63	-80	-31	-48	-68

基本孔制	$\frac{H7}{r6}$	$\frac{H7}{s6}$	$\frac{H7}{t6}$	$\frac{H7}{u6}$	$\frac{H7}{v6}$	$\frac{H7}{x6}$	$\frac{H7}{y6}$	$\frac{H7}{z6}$	$\frac{H8}{r7}$	$\frac{H8}{s7}$	$\frac{H8}{t7}$	$\frac{H8}{u7}$
	$\frac{R7}{h6}$	$\frac{S7}{h6}$	$\frac{T7}{h6}$	$\frac{U7}{h6}$								

基本尺寸
(毫米)

过盈配合

大于	至	$\frac{H7}{r6}$	$\frac{H7}{s6}$	$\frac{H7}{t6}$	$\frac{H7}{u6}$	$\frac{H7}{v6}$	$\frac{H7}{x6}$	$\frac{H7}{y6}$	$\frac{H7}{z6}$	$\frac{H8}{r7}$	$\frac{H8}{s7}$	$\frac{H8}{t7}$	$\frac{H8}{u7}$
—	3	0 -16	-4 -20	-8 -24	-12 -28	—	-10 -26	—	-16 -32	+4 -20	0 -24	—	-4 -28
3	6	-3 -23	-7 -27	-11 -31	-15 -35	—	-16 -36	—	-23 -43	+3 -27	-1 -31	—	-5 -35
6	10	-4 -28	-8 -32	-13 -37	-17 -41	—	-19 -43	—	-27 -51	+3 -34	-1 -38	—	-6 -43
10	14	-5 -34	-10 -39	-15 -44	-20 -49	—	-22 -56	—	-32 -61	+4 -41	-1 -46	—	-6 -51
14	18	-7 -41	-14 -48	-20 -54	-26 -60	—	-33 -67	—	-42 -76	+5 -49	-2 -56	—	-8 -62
18	24	-9 -50	-18 -59	-23 -64	-29 -72	-20 -54	-43 -77	-54 -88	-67 -101	+5 -49	-2 -56	-8 -62	-15 -69
24	30	-11 -60	-23 -72	-29 -85	-36 -106	-23 -64	-55 -96	-69 -110	-87 -128	+5 -49	-4 -68	-9 -73	-21 -85
30	40	-13 -62	-29 -78	-36 -91	-45 -121	-29 -70	-72 -113	-89 -130	-111 -152	+5 -49	-7 -83	-15 -96	-31 -117
40	50	-15 -70	-33 -84	-41 -101	-50 -128	-36 -91	-84 -121	-110 -147	-142 -191	+5 -49	-7 -83	-20 -96	-41 -132
50	65	-17 -80	-37 -92	-45 -111	-55 -141	-43 -97	-92 -139	-114 -163	-180 -229	+3 -73	-13 -89	-29 -105	-56 -132
65	80	-19 -88	-41 -100	-49 -121	-59 -151	-45 -106	-106 -165	-144 -193	-193 -259	+3 -73	-13 -89	-29 -105	-56 -132

80	100	-16	-36	-56	-89	-111	-143	-179	-223	-3	-17	-37	-70
		-73	-93	-113	-146	-168	-200	-236	-280	-86	-106	-126	-159
100	120	-19	-44	-69	-109	-137	-175	-219	-275	0	-25	-50	-90
		-76	-101	-126	-166	-194	-232	-276	-332	-89	-114	-139	-179
120	140	-23	-52	-82	-130	-162	-208	-260	-325	0	-29	-59	-107
		-88	-117	-147	-195	-227	-273	-325	-390	-103	-132	-162	-210
140	160	-25	-60	-94	-150	-188	-240	-300	-375	-2	-37	-71	-127
		-90	-125	-159	-215	-253	-305	-365	-440	-105	-140	-174	-230
160	180	-28	-68	-106	-170	-212	-270	-340	-425	-5	-45	-83	-147
		-93	-133	-171	-235	-277	-335	-405	-490	-108	-148	-186	-250
180	200	-31	-76	-120	-190	-238	-304	-379	-474	-5	-50	-94	-164
		-106	-151	-195	-265	-313	-379	-454	-549	-123	-168	-212	-282
200	225	-34	-84	-134	-212	-264	-339	-424	-529	-8	-58	-108	-186
		-109	-159	-209	-287	-339	-414	-499	-604	-126	-176	-226	-304
225	250	-38	-94	-150	-238	-294	-379	-474	-594	-12	-68	-124	-212
		-113	-169	-225	-313	-369	-454	-549	-669	-130	-186	-242	-330
250	280	-42	-106	-166	-263	-333	-423	-528	-658	-13	-77	-137	-234
		-126	-190	-250	-347	-417	-507	-612	-742	-146	-210	-270	-367
280	315	-46	-118	-188	-298	-373	-473	-598	-738	-17	-89	-159	-269
		-130	-202	-272	-382	-457	-557	-682	-822	-150	-222	-292	-402
315	355	-51	-133	-211	-333	-418	-533	-673	-843	-19	-101	-179	-301
		-144	-226	-304	-426	-511	-626	-766	-936	-165	-247	-325	-447
355	400	-57	-151	-237	-378	-473	-603	-763	-943	-25	-119	-205	-346
		-150	-244	-330	-471	-566	-696	-856	-1036	-171	-265	-351	-492
400	450	-63	-169	-267	-427	-532	-677	-857	-1037	-29	-135	-233	-393
		-166	-272	-370	-530	-635	-780	-960	-1140	-189	-295	-393	-553
450	500	-69	-189	-297	-477	-597	-757	-937	-1187	-35	-155	-263	-443
		-172	-292	-400	-580	-700	-860	-1040	-1290	-195	-315	-423	-603

注 $\frac{H_8}{T_7}$ 在小于或等于100毫米时，为过渡配合。

基本制	H8		H8		H8		H6		H6		H6		H6		H6		H7		
	m7	n7	M8	N8	M8	N8	n5	p5	r5	s5	R6	S6	T6	t5	p6	p6	p6		
基本制	M8		N8		N6		P6		R6		S6		T6		T6		P7		
基本尺寸 (毫米)	h7		h7		h5		h5		h5		h5		h5		h5		h6		
大于	过 渡 配 合																		
至	过 盈 配 合																		
—	+12	+8	+10	+6	+8	+2	0	0	-2	-4	-6	-8	-10	-4	-6	-8	-10	+4	0
3	-12	-16	-14	-18	-16	-8	-10	-10	-12	-14	-16	-18	-20	-14	-16	-18	-20	-12	-16
6	+14	+10	+10	-20	+6	0	0	-4	-4	-7	-7	-11	-11	-7	-7	-11	-11	-0	-0
10	+16	+12	+12	-25	+7	-1	-1	-6	-6	-10	-10	-14	-14	-10	-10	-14	-14	-0	-0
14	-21	-25	-25	-30	-30	-16	-16	-21	-21	-25	-25	-29	-29	-25	-25	-29	-29	-24	-24
18	+20	+15	+15	-30	+9	-1	-1	-7	-7	-12	-12	-17	-17	-12	-12	-17	-17	-0	-0
24	-25	-30	-30	-36	-36	-20	-20	-26	-26	-31	-31	-36	-36	-31	-31	-36	-36	-29	-29
30	+25	+18	+18	-36	+11	-2	-2	-9	-9	-15	-15	-22	-22	-15	-15	-22	-22	-1	-1
40	-29	-36	-36	-43	-43	-24	-24	-31	-31	-37	-37	-44	-44	-37	-37	-44	-44	-35	-35
50	+30	+22	+22	-42	+13	-1	-1	-10	-10	-18	-18	-27	-27	-18	-18	-27	-27	-1	-1
65	-34	-42	-42	-51	-51	-28	-28	-37	-37	-45	-45	-54	-54	-45	-45	-54	-54	-42	-42
80	+35	+26	+26	-50	+14	-1	-1	-13	-13	-22	-22	-34	-34	-22	-22	-34	-34	-2	-2
	-41	-50	-50	-62	-62	-33	-33	-45	-45	-56	-56	-72	-72	-56	-56	-72	-72	-51	-51

80	100	+41	+31	+17	-1	-15	-29	-49	-69	-2
100	120	-48	-58	-72	-38	-52	-66	-86	-106	-59
120	140						-38	-67	-97	
140	160	+48	+36	+20	-2	-18	-81	-110	-140	-3
160	180	-55	-67	-83	-45	-61	-40	-75	-109	-68
180	200						-83	-118	-152	
200	225	+55	+41	+22	-2	-21	-43	-83	-121	-4
225	250	-63	-77	-96	-51	-70	-86	-126	-164	-79
250	280						-48	-93	-137	
280	315	+61	+47	+25	-2	-24	-97	-142	-186	
315	355	-72	-86	-108	-57	-79	-51	-101	-151	-4
355	400						-100	-150	-200	-88
400	450	+74	+57	+29	0	-28	-55	-111	-167	
450	500	-86	-103	-131	-67	-95	-104	-160	-216	
							-62	-126	-186	
							-117	-181	-241	
							-66	-138	-208	
							-121	-193	-263	
							-72	-154	-232	
							-133	-215	-293	
							-78	-172	-258	
							-139	-233	-319	
							-86	-192	-290	
							-153	-259	-357	
							-92	-212	-320	
							-159	-279	-387	

注 $\frac{H6}{n5}$ 、 $\frac{H7}{p6}$ 在基本尺寸小于或等于 3 毫米时，为过渡配合。

表 2-1-6 未注公差尺寸的极限偏差 (毫米)

基本尺寸		公差带														
大于	至	H12	H13	H14	H15	H16	H17	H18	h12	h13	h14	h15				
—	3	+0.10 0	+0.14 0	+0.25 0	+0.40 0	+0.60 0	+1.0 0	+1.4 0	0 -0.10	0 -0.14	0 -0.25	0 -0.40				
3	6	+0.12 0	+0.18 0	+0.30 0	+0.48 0	+0.75 0	+1.2 0	+1.8 0	0 -0.12	0 -0.18	0 -0.30	0 -0.48				
6	10	+0.15 0	+0.22 0	+0.36 0	+0.58 0	+0.90 0	+1.5 0	+2.2 0	0 -0.15	0 -0.22	0 -0.36	0 -0.58				
10	18	+0.18 0	+0.27 0	+0.43 0	+0.70 0	+1.10 0	+1.8 0	+2.7 0	0 -0.18	0 -0.27	0 -0.43	0 -0.70				
18	30	+0.21 0	+0.33 0	+0.52 0	+0.84 0	+1.30 0	+2.1 0	+3.3 0	0 -0.21	0 -0.33	0 -0.52	0 -0.84				
30	50	+0.25 0	+0.39 0	+0.62 0	+1.00 0	+1.60 0	+2.5 0	+3.9 0	0 -0.25	0 -0.39	0 -0.62	0 -1.00				
50	80	+0.30 0	+0.46 0	+0.74 0	+1.20 0	+1.90 0	+3.0 0	+4.6 0	0 -0.30	0 -0.46	0 -0.74	0 -1.20				
80	120	+0.35 0	+0.54 0	+0.87 0	+1.40 0	+2.20 0	+3.5 0	+5.4 0	0 -0.35	0 -0.54	0 -0.87	0 -1.40				
120	180	+0.40 0	+0.63 0	+1.00 0	+1.60 0	+2.50 0	+4.0 0	+6.3 0	0 -0.40	0 -0.63	0 -1.00	0 -1.60				

180	250	+0.40 0	+0.72 0	+1.15 0	+1.85 0	+2.90 0	+4.6 0	+7.2 0	0 -0.46	0 -0.72	0 -1.15	0 -1.85
250	315	+0.52 0	+0.81 0	+1.30 0	+2.10 0	+3.20 0	+5.2 0	+8.1 0	0 -0.52	0 -0.81	0 -1.30	0 -2.10
315	400	+0.57 0	+0.89 0	+1.40 0	+2.30 0	+3.60 0	+5.7 0	+8.9 0	0 -0.57	0 -0.89	0 -1.40	0 -2.30
400	500	+0.63 0	+0.97 0	+1.55 0	+2.50 0	+4.00 0	+6.3 0	+9.7 0	0 -0.63	0 -0.97	0 -1.55	0 -2.50
500	630	+0.70 0	+1.10 0	+1.75 0	+2.8 0	+4.4 0	+7.0 0	+11.0 0	0 -0.70	0 -1.10	0 -1.75	0 -2.8
630	800	+0.80 0	+1.25 0	+2.00 0	+3.2 0	+5.0 0	+8.0 0	+12.5 0	0 -0.80	0 -1.25	0 -2.00	0 -3.2
800	1000	+0.90 0	+1.40 0	+2.30 0	+3.6 0	+5.6 0	+9.0 0	+14.0 0	0 -0.90	0 -1.40	0 -2.30	0 -3.6
1000	1250	+1.05 0	+1.65 0	+2.60 0	+4.2 0	+6.6 0	+10.5 0	+16.5 0	0 -1.05	0 -1.65	0 -2.60	0 -4.2
1250	1600	+1.25 0	+1.95 0	+3.10 0	+5.0 0	+7.8 0	+12.5 0	+19.5 0	0 -1.25	0 -1.95	0 -3.10	0 -5.0
1600	2000	+1.50 0	+2.30 0	+3.70 0	+6.0 0	+9.2 0	+15.0 0	+23.0 0	0 -1.50	0 -2.30	0 -3.70	0 -6.0
2000	2500	+1.75 0	+2.80 0	+4.40 0	+7.0 0	+11.0 0	+17.5 0	+28.0 0	0 -1.75	0 -2.80	0 -4.40	0 -7.0
2500	3150	+2.10 0	+3.30 0	+5.40 0	+8.6 0	+13.5 0	+21.0 0	+33.0 0	0 -2.10	0 -3.30	0 -5.40	0 -8.6

基本尺寸		公差带										
		h16	h17	h18	Js12 (js12)	Js13 (js13)	Js14 (js14)	Js15 (js15)	Js16 (js16)	Js17 (js17)	Js18 (js18)	
—	3	0 -0.60	0 -1.0	0 -1.4	±0.05	±0.07	±0.125	±0.20	±0.30	±0.5	±0.7	
3	6	0 -0.75	0 -1.2	0 -1.8	±0.06	±0.09	±0.15	±0.24	±0.375	±0.6	±0.9	
6	10	0 -0.90	0 -1.5	0 -2.2	±0.075	±0.11	±0.18	±0.29	±0.45	±0.75	±1.1	
10	18	0 -1.10	0 -1.8	0 -2.7	±0.09	±0.135	±0.215	±0.35	±0.55	±0.9	±1.35	
18	30	0 -1.30	0 -2.1	0 -3.3	±0.105	±0.165	±0.26	±0.42	±0.65	±1.05	±1.65	
30	50	0 -1.60	0 -2.5	0 -3.9	±0.125	±0.195	±0.31	±0.50	±0.80	±1.25	±1.95	
50	80	0 -1.90	0 -3.0	0 -4.6	±0.15	±0.23	±0.37	±0.60	±0.95	±1.5	±2.3	
80	120	0 -2.20	0 -3.5	0 -5.4	±0.175	±0.27	±0.435	±0.70	±1.10	±1.75	±2.7	
120	180	0 -2.50	0 -4.0	0 -6.3	±0.20	±0.315	±0.50	±0.80	±1.25	±2.0	±3.15	

180	250	0 -2.90	0 -4.6	0 -7.2	±0.23	±0.36	±0.575	±0.925	±1.45	±2.3	±3.6
250	315	0 -3.20	0 -5.2	0 -8.1	±0.26	±0.405	±0.65	±1.05	±1.60	±2.6	±4.05
315	400	0 -3.60	0 -5.7	0 -8.9	±0.285	±0.445	±0.70	±1.15	±1.80	±2.85	±4.45
400	500	0 -4.00	0 -6.3	0 -9.7	±0.315	±0.485	±0.775	±1.25	±2.00	±3.15	±4.85
500	630	0 -4.4	0 -7.0	0 -11.0	±0.35	±0.55	±0.875	±1.4	±2.2	±3.5	±5.5
630	800	0 -5.0	0 -8.0	0 -12.5	±0.40	±0.625	±1.00	±1.6	±2.5	±4.0	±6.25
800	1000	0 -5.6	0 -9.0	0 -14.0	±0.45	±0.70	±1.15	±1.8	±2.8	±4.5	±7.0
1000	1250	0 -6.6	0 -10.5	0 -16.5	±0.525	±0.825	±1.30	±2.1	±3.3	±5.25	±8.25
1250	1600	0 -7.8	0 -12.5	0 -19.5	±0.625	±0.975	±1.55	±2.5	±3.9	±6.25	±9.75
1600	2000	0 -9.2	0 -15.0	0 -23.0	±0.75	±1.15	±1.85	±3.0	±4.6	±7.5	+11.5
2000	2500	0 -11.0	0 -17.5	0 -28.0	±0.875	±1.40	±2.20	±3.5	±5.5	±8.75	±14.0
2500	3150	0 -13.5	0 -21.0	0 -33.0	±1.05	±1.65	±2.70	±4.3	±6.75	±10.5	±16.5

注 基本尺寸小于1毫米时, H14至H18、h14至h18和js14(js14)至js18(js18)均不采用。

7.公差与配合新旧国家标准对照

表 2-1-7 新旧国家标准公差等级对照表

新 国 标	IT01	IT0	IT1	IT2	IT3	IT4		
旧 国 标	无 相 应 等 级							
新 国 标	IT5	IT6	IT7	IT8	IT9	IT10		
旧 国 标	基准轴	2	3	3至4	4	5		
	基准孔	1	2	3				
新 国 标	IT11	IT12	IT13	IT14	IT15	IT16	IT17	IT18
旧 国 标	6	7	7	8	9	10	11	12

表 2-1-8 旧国家标准基准孔制轴公差带对应于新标准情况

旧国标	间 隙 配 合		过 渡 配 合		过 盈 配 合		备 注
	新 国 标	备 注	旧 国 标	新 国 标	旧 国 标	新 国 标	
d1	h5		ga1	n5	jb1	s5	s6①
db1	g5	g6①	gb1	m5	jc1	r5	r6①
dc1	f5, f6	②	gc1	k5	jd	s7, u5, u6	②
d	h6		gd1	js, js5	je	r6, s6	②
db	g6		ga	n6	jf	r6	
dc	f7		gb	m6	jb3	u8	
dd	e8		gc	k6	jc3	s7	
de	d8		gd	js6	ja4		④
df	c8		ga3	n7	jb4		④
d3	h7		gb3	m7	jc4		①
dc3	f8		gc3	k7	je6		④
d4	h8, h9	③	gd3	j7, js7			
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					

①仅 1~3 毫米尺寸分段使用。

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。

表 2-1-9

旧国家标准基轴制孔公差带对

应于新标准的情况

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	E8, 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		①仅1~3毫米尺寸分段使用。 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。					
D6	H11							
Dc6	D11							
Dd6	B11, C11	②						
De6	A11, B11	②						
D7	H12, H13	③						
Dc7		④						

8. 极限尺寸判断原则（泰勒原则）

孔或轴的作用尺寸不允许超过最大实体尺寸。即对于孔，其作用尺寸应不小于最小极限尺寸；对于轴，则应不大于最大极限尺寸。

在任何位置上的实际尺寸不允许超过最小实体尺寸。即对于孔，其实际尺寸应不大于最大极限尺寸；对于轴，则应不小于最小极限尺寸。

在孔的极限尺寸中，例如 $\phi 20_{-0.021}^{+0.021}$ ，形状误差可能的极端情况见图 2-1-6。在轴的极限尺寸中，例如 $\phi 20_{-0.013}^0$ ，形状误差可能的极端情况见图 2-1-7。

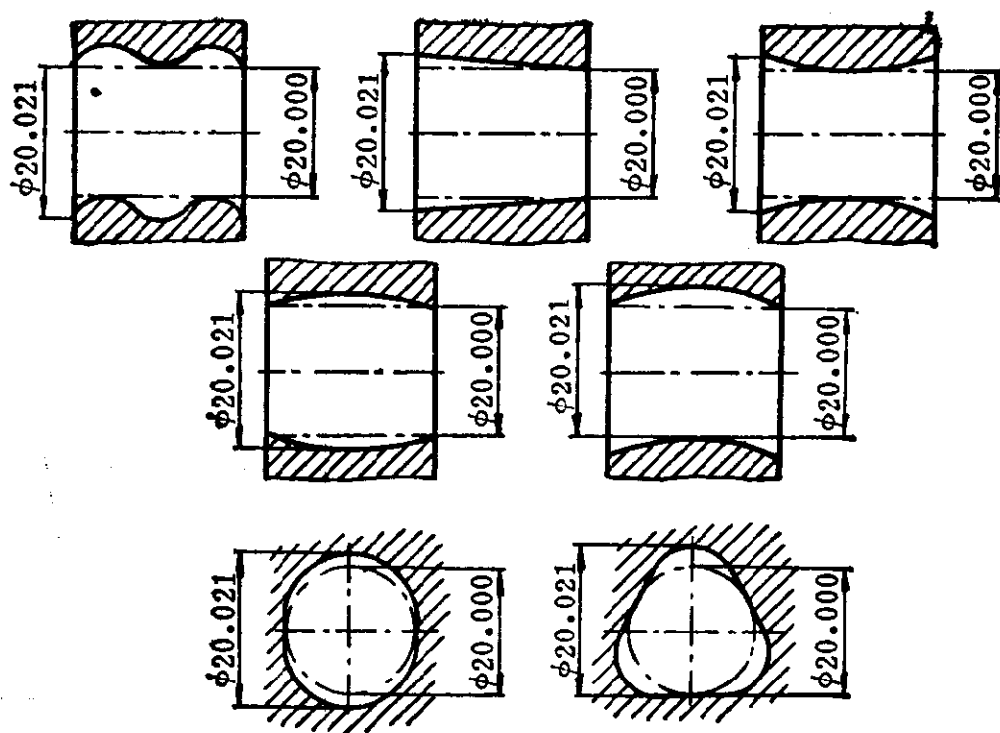


图 2-1-6 在孔的极限尺寸中，形状误差可能的极端情况

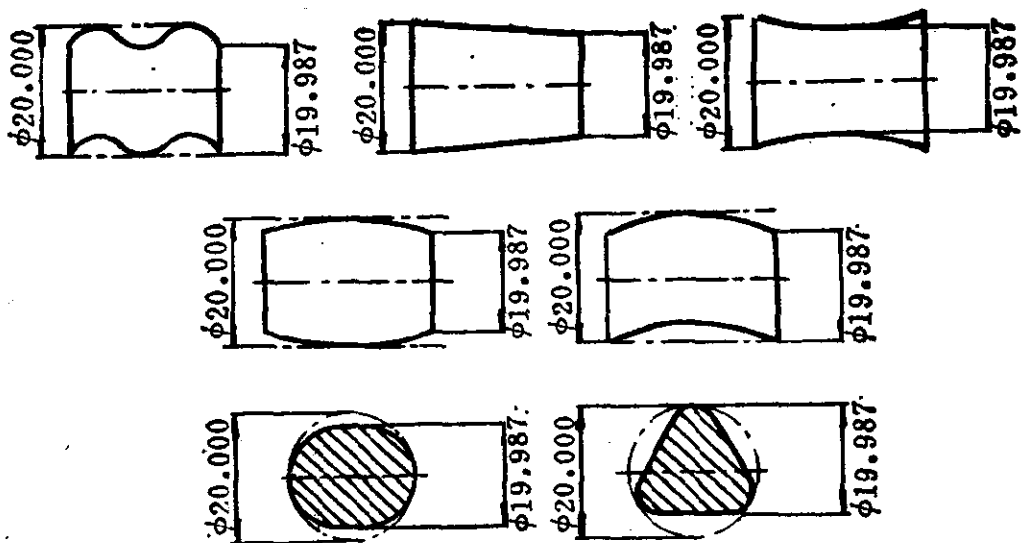


图 2-1-7 在轴的极限尺寸中，形状误差可能的极端情况

二、形位公差（根据GB1182~1184-80）

1. 形位公差代号

表 2-2-1

形位公差符号

分 类	项 目	符 号
形状公差	直 线 度	—
	平 面 度	▧
	圆 度	○
	圆 柱 度	⊘
	线 轮 廓 度	⌒
	面 轮 廓 度	D

续表

分 类	项 目	符 号
位 向	平 行 度	//
	倾 斜 度	∠
	垂 直 度	⊥
置 公 差	同 轴 度	◎
	对 称 度	≡
	位 置 度	⊕
跳 动	圆 跳 动	↗
	全 跳 动	↘

表 2-2-2 其它有关符号表

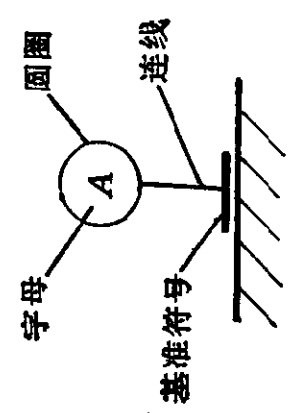
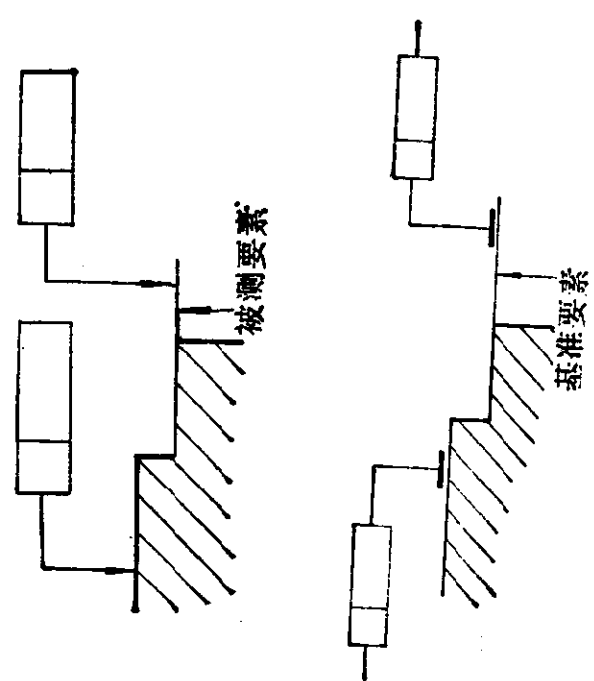
符 号	意 义
Ⓜ	最大实体状态
Ⓟ	延伸公差带
ⓔ	包容原则(单一要素)
50	理论正确尺寸
Ⓢ _{A1}	基准目标, 上半部表示局部表面尺寸, 下半部表示基准

2. 形位公差的标注

表 2-2-3

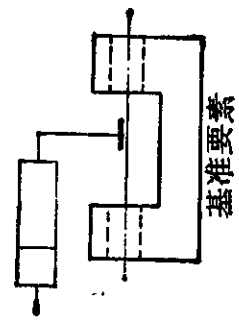
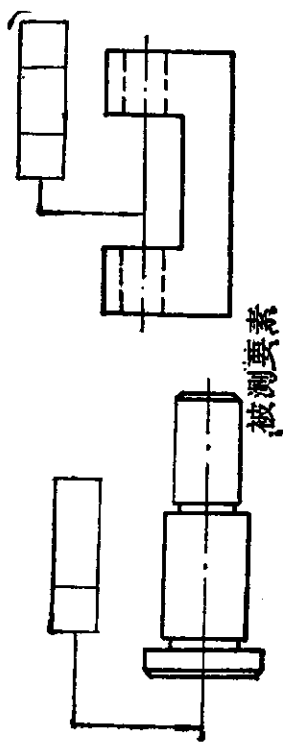
形位公差标注示例

项目	标注示例	说明
形位公差框格和指引线	<p>形位公差项目符号</p>	<p>框格分成两格和多格,从左到右,第一格为形位公差符号,第二格为形位公差数值和有关符号,第三格和以后各格为基准代号的字母和有关符号</p> <p>指引线必须垂直于被测表面的可见轮廓线或其延长线,箭头应指向公差带的宽度方向或直径</p>
形位公差框格		
带箭头的指引线		

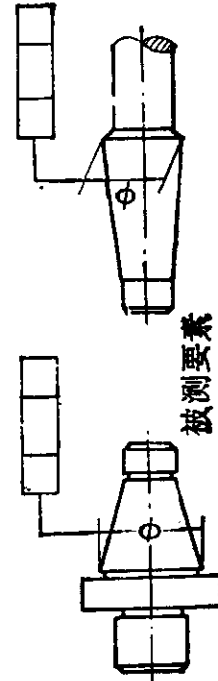
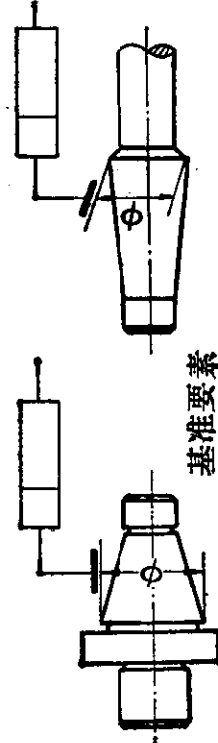
<p>基 准 代 号</p>		<p>基准代号由基准符号、圆圈、连线 和字母组成。基准符号用短粗线 表示</p>
<p>被测和基准要素为线和表面</p>		<p>基准符号或指引线的箭头应指在 该要素的轮廓线或其引出线上，并 应明显地与尺寸线错开</p>

项目	标注示例	说明
<p>被测和基准要素为轴线、球心、中心平面</p>	<p>The diagram consists of two rows of technical drawings. The top row shows a part with a hole and a feature to be measured. Dimension lines with arrows point to the hole's axis (labeled '被测要素') and a datum feature's axis (labeled '基准要素'). The bottom row shows a similar part with a datum feature's center of a sphere (labeled '基准要素') and a feature to be measured's center of a sphere (labeled '被测要素').</p>	<p>指引线的箭头或基准符号, 应与该要素的尺寸线对齐</p>

指引线的箭头或基准符号可以直
接指在公共轴线或中心平面上



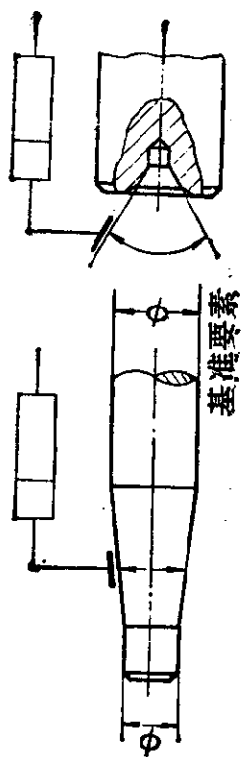
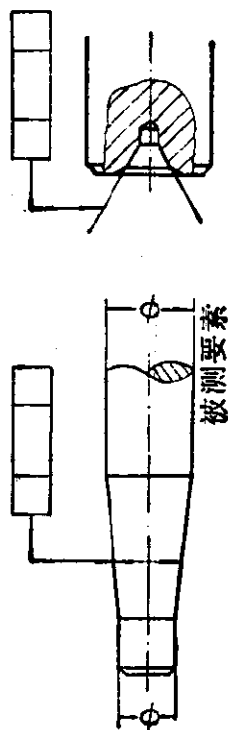
单一要素的轴线或各要素的公共轴线、中心平面

项目	标 注	示 例	说 明
	<p style="text-align: center;">被测要素</p> 		<p>指引线箭头或基准符号应与圆锥体的直径尺寸线(大端或小端)对齐</p>

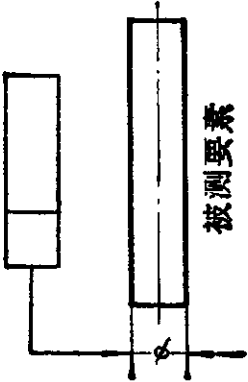
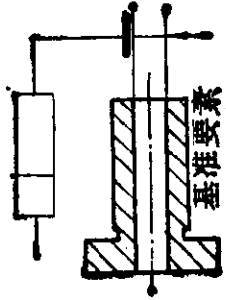
被测要素或基准要素为圆锥体的轴线

在圆锥体内画出空白尺寸线，并将指引线箭头或基准符号与该空白尺寸线对齐

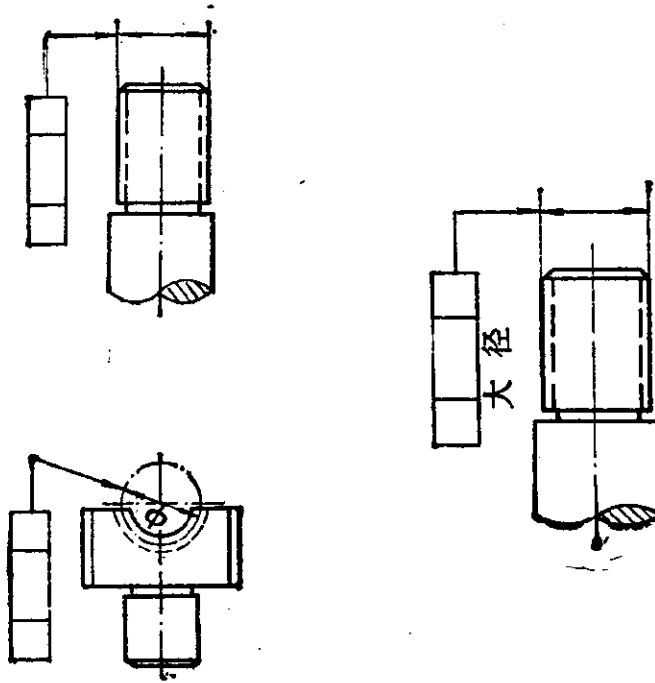
若标注角度尺寸则应将指引线箭头或基准符号与其尺寸线对齐



为区别圆锥与圆柱体

项目	标注	示例	说明
与尺寸线重叠	 <p style="text-align: center;">被测要素</p>	 <p style="text-align: center;">基准要素</p>	指引线箭头或基准符号可以代替尺寸线箭头

除被测要素不是螺纹中径要在框格外加注大径外，都是螺纹中径的轴线



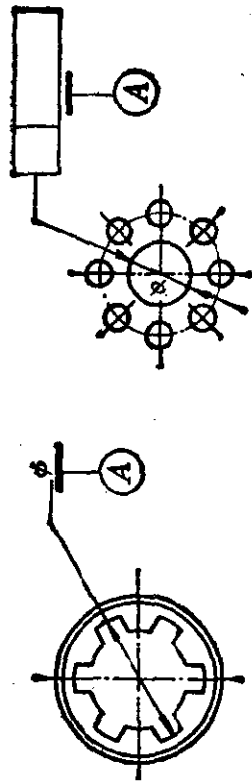
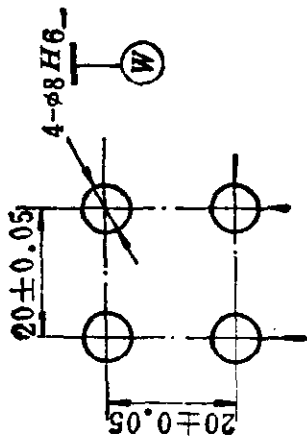
被测要素为螺纹轴线

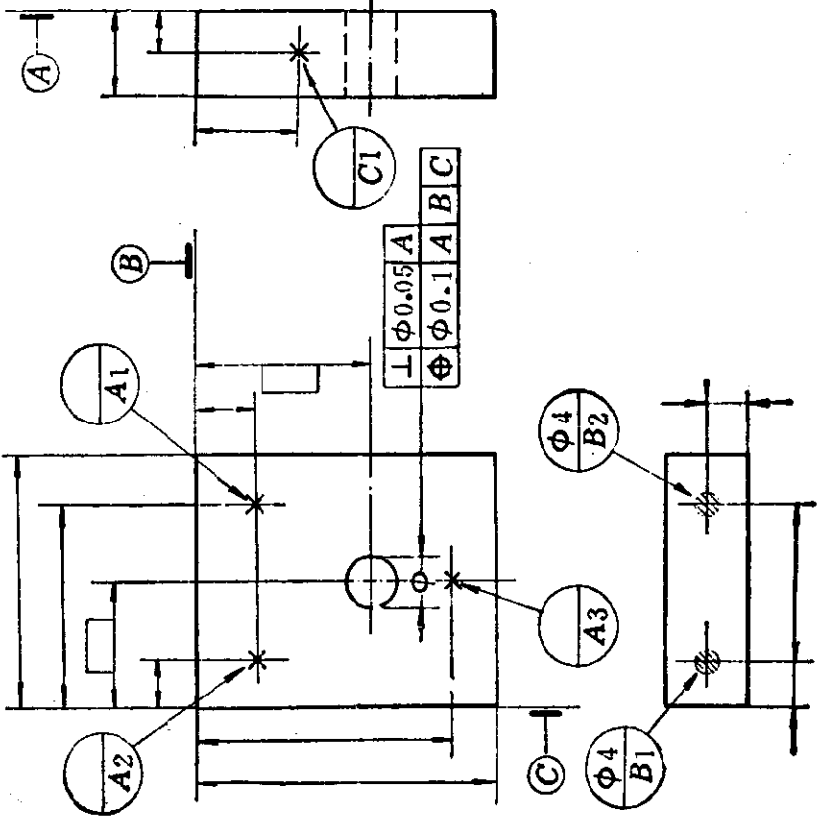
项目	目	标	注	示	例	说	明
<p>一被要有项位差求法致 同个测素多形公要标一</p>		<p>可将框格绘制在一起，并引用一根指引线。以中心孔为基准，基准符号可标注在中心孔引出线的下方</p>	<p>复合位置度和相关原则</p>		<p>复合位置度孔组相对于基准体系在上，孔组内各孔之间位置度在下方，相关原则对补偿值加以限制的公差框格在框格下</p>		

<p>从框格引出的指引线上绘出多个与被测要素相连的指示箭头</p>	<p>被测量要素写在框格的上方，解释性说明或测量方法写在框格的下方</p>																		
	<p>两处</p> <table border="1" style="margin-left: 20px;"> <tr> <td style="text-align: center;">○</td> <td style="text-align: center;">0.01</td> </tr> </table> <p style="margin-left: 20px;">6槽</p> <table border="1" style="margin-left: 20px;"> <tr> <td style="text-align: center;">≡</td> <td style="text-align: center;">0.05</td> <td style="text-align: center;">B</td> </tr> </table> <p style="margin-left: 20px;">3组</p> <table border="1" style="margin-left: 20px;"> <tr> <td style="text-align: center;">⊥</td> <td style="text-align: center;">φ0.05</td> <td style="text-align: center;">A</td> </tr> </table> <p style="margin-left: 20px;">排除形状误差</p> <table border="1" style="margin-left: 20px;"> <tr> <td style="text-align: center;">//</td> <td style="text-align: center;">0.05</td> <td style="text-align: center;">C</td> </tr> </table> <p style="margin-left: 20px;">长向</p> <table border="1" style="margin-left: 20px;"> <tr> <td style="text-align: center;">—</td> <td style="text-align: center;">0.05</td> </tr> </table> <p style="margin-left: 20px;">3-3</p> <table border="1" style="margin-left: 20px;"> <tr> <td style="text-align: center;">○</td> <td style="text-align: center;">0.01</td> </tr> </table> <p style="margin-left: 20px;">在a、b范围内</p> <table border="1" style="margin-left: 20px;"> <tr> <td style="text-align: center;">/</td> <td style="text-align: center;">0.05</td> <td style="text-align: center;">D</td> </tr> </table> <p style="margin-left: 20px;">在离轴端300处</p>	○	0.01	≡	0.05	B	⊥	φ0.05	A	//	0.05	C	—	0.05	○	0.01	/	0.05	D
○	0.01																		
≡	0.05	B																	
⊥	φ0.05	A																	
//	0.05	C																	
—	0.05																		
○	0.01																		
/	0.05	D																	
<p>测素相的位差求 被要有同形公要</p>	<p>附加文字说明</p>																		

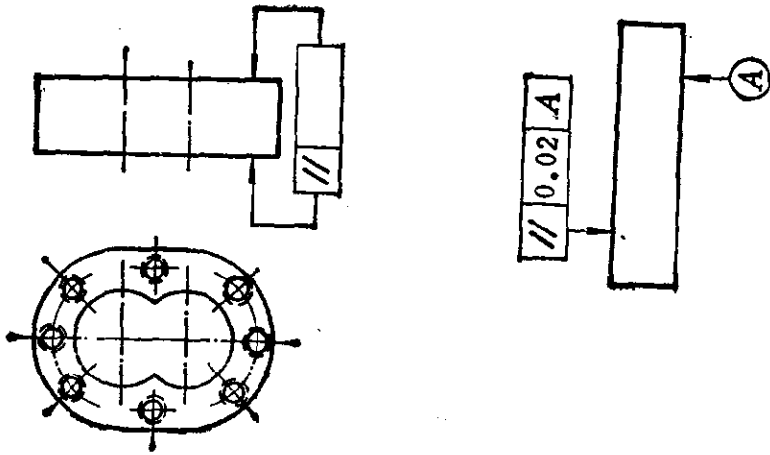
项目	标注示例	说明
基准代号注法 基准注法		单一基准在第三格内只标基准代号的字母。组合基准在基准代号之间用横线相连。三基准按顺序从左到右填写相应代号
基准为一组要素或		基准代号可标在公差框格或该组要素的尺寸引出线的下方

标注基准代号地位不够

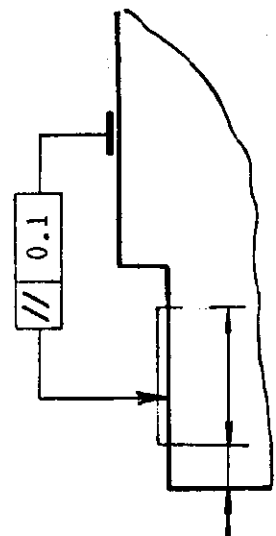


项目	标 注 示 例	说 明						
基 准 目 标	 <p>The diagram illustrates a mechanical part with several datum targets. Datum A1 is a point on the top surface of a cylindrical feature. Datum A2 is a cylindrical surface. Datum A3 is a point on the top surface of a smaller cylindrical feature. Datum B1 and B2 are cylindrical surfaces on a rectangular block. Datum C is a point on the bottom surface. Datum C1 is a point on the top surface of a cylindrical feature. A feature control frame is shown with the following structure:</p> <table border="1" data-bbox="778 963 866 1212"> <tr> <td>⊥</td> <td>Φ0.05</td> <td>A</td> </tr> <tr> <td>Φ</td> <td>Φ0.1</td> <td>A B C</td> </tr> </table>	⊥	Φ0.05	A	Φ	Φ0.1	A B C	<p>A_1、A_2、A_3、C_1均为点基准目标。B_1、B_2为局部表面基准目标。代号圆圈分成上、下两个部分，上半部填写给定的局部表面的尺寸(直径或边长×边长)，下半部填写基准代号的字母和基准目标序号</p>
⊥	Φ0.05	A						
Φ	Φ0.1	A B C						

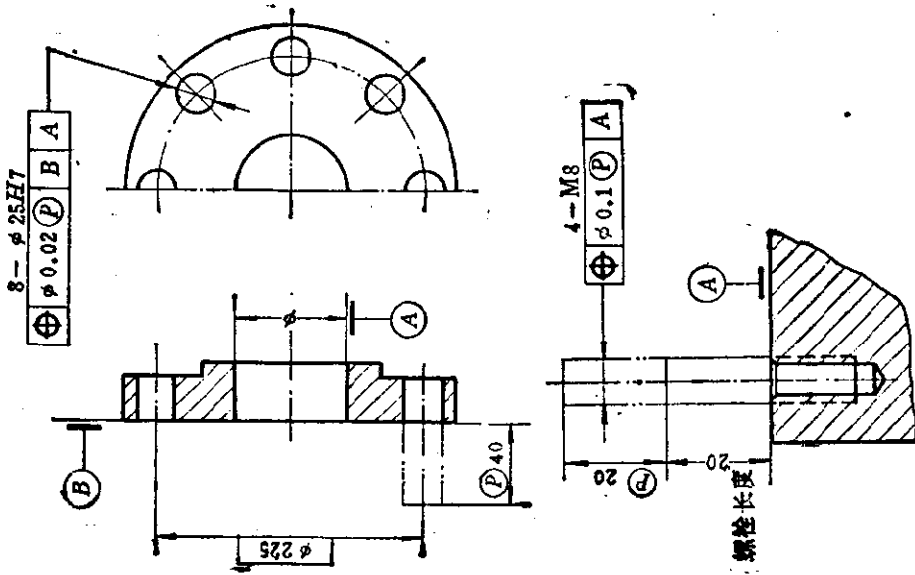
两种标注方法均可，即两个面互
为基准



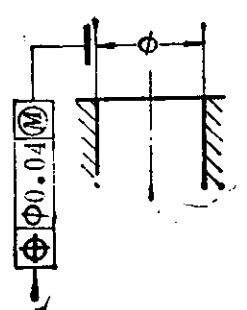
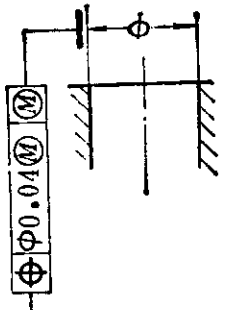
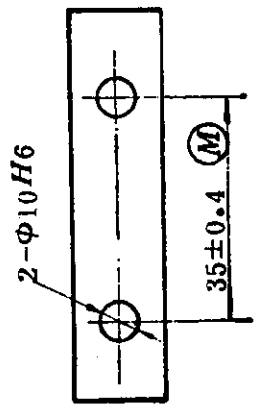
任 选 基 准

项目	标注示例	说明				
公差数值和有关符号		表示被测要素的某一部分。即细实线框格部分与基准平面平行度公差不得超过0.1				
公差数值和有关符号	<table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <td style="width: 25%;">$100:0.02$</td> <td style="width: 25%;"></td> <td style="width: 25%;"></td> <td style="width: 25%;">$500:0.04$</td> </tr> </table>	$100:0.02$			$500:0.04$	<p>$100:0.02$表示在100长度内直度公差不得超过0.02</p> <p>\square表示在500×500正方形的面积内平面度公差不得超过0.04</p>
$100:0.02$			$500:0.04$			
公差数值和有关符号	<table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <td style="width: 25%;">$\frac{0.05}{200:0.02}$</td> <td style="width: 25%;"></td> <td style="width: 25%;"></td> <td style="width: 25%;">$\frac{0.05}{100:0.01}$</td> </tr> </table>	$\frac{0.05}{200:0.02}$			$\frac{0.05}{100:0.01}$	不仅给出任一长度或范围的公差值，还给出全长或整个要素内的公差值。分子表示整个要素的公差值，分母表示给定范围内的公差值
$\frac{0.05}{200:0.02}$			$\frac{0.05}{100:0.01}$			
公差数值和有关符号	<table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <td style="width: 25%;"></td> <td style="width: 25%;">$\phi 0.1$</td> <td style="width: 25%;"></td> <td style="width: 25%;">A</td> </tr> </table>		$\phi 0.1$		A	在公差数值前加 ϕ 表示公差带为球。在公差数值前加球即公差带为球
	$\phi 0.1$		A			

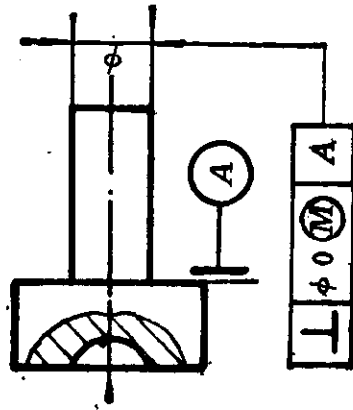
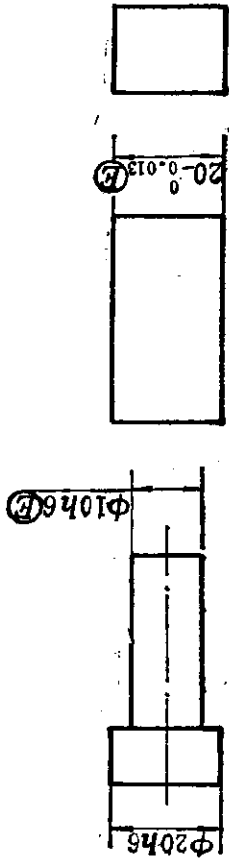
延伸部分用双点划线绘制，并在
 图样中注出其相应的尺寸。延伸部
 分尺寸和框格的公差值均注出Ⓟ。
 下图在延伸长度为20毫米处的位置
 度公差为0.1毫米



延 伸 公 差 带

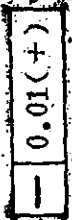
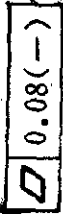


项目	标 注 示 例	说 明
<p>最 大 实 体 原 则</p>	<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;"> $\boxed{\text{—}} \boxed{\phi 0.01} \boxed{M}$ 应用于被测要素 </div> <div style="text-align: center;"> $\boxed{\parallel} \boxed{\phi 0.015} \boxed{B} \boxed{M}$ 应用于基准要素 </div> </div> <div style="text-align: center; margin-top: 20px;"> $\boxed{\oplus} \boxed{\phi 0.1} \boxed{M} \boxed{A} \boxed{M}$ 同时应用于被测和基准要素 </div>	<p>形位公差要求遵守最大实体原则时，根据不同要求标注 \boxed{M}</p>
	<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;"> $\boxed{\oplus} \boxed{\phi 0.04} \boxed{M}$  </div> <div style="text-align: center;"> $\boxed{\oplus} \boxed{\phi 0.04} \boxed{M} \boxed{M}$  </div> </div> <div style="text-align: center; margin-top: 20px;"> $2 - \phi 10 H6$  </div>	

单一要素要求遵守包容原则时，在尺寸公差后加注 Ⓜ 。关联要素要求遵守包容原则时，则应用 0Ⓜ 形式标出



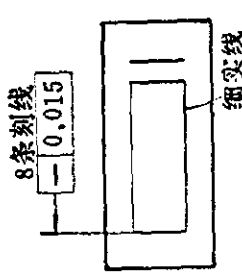
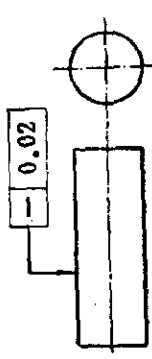

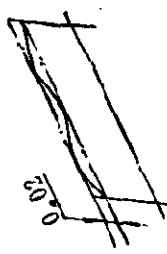
包 容 原 则

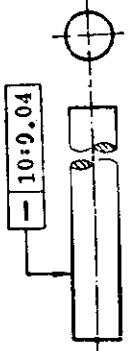
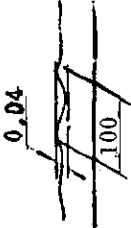
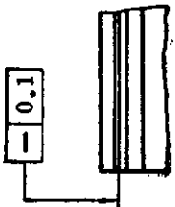
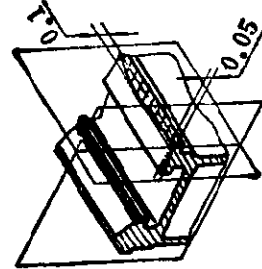
表 2-2-4 形位公差附加要求的符号及标注法

符 号	解 释	标 注 示 例
(+)	若被测要素有误差, 则只许中间向材料外凸起	
(-)	若被测要素有误差, 则只许中间向材料内凹下	
(>)	若被测要素有误差, 则只许按符号的方向逐渐减小	 

3. 形状和位置公差带的定义

表 2-2-5 形位公差带的定义和示例说明

名称	项目	公差带定义	示例	说明
形状公差	一、直线度	1. 在给定平面内 公差带是距离为公差值 t 的两 平行直线之间的区域	<p>a.</p>  <p>b.</p> 	<p>a. 每条刻线必须位于该表面上 距离为公差值 0.015 的两平行直线 之间</p>  <p>b. 圆柱表面上任一素线必须位于 轴向平面内, 距离为公差值 0.02 的 两平行直线之间</p> 

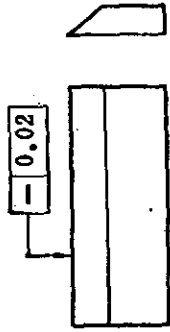
名称	项目	公差带定义	示 例	说 明
形 状	一、	1. 在给定平面内 公差带是距离为公差值 t 的两 平行直线之间的区域	c. 	c. 圆柱表面上任一素线在任意长度内必须位于轴向平面内距离为公差值 0.04 的两平行直线之间 
			d. 	d. 当在同一表面的两个方向上给定不同的直线度公差时, 在该表面两个方向上的任一素线必须分别位于距离为公差值 0.1 和 0.05 的两平行直线之间. 

公差
线度

2. 在给定方向上

当给定一个方向时，公差带是距离为公差值 t 的两平行平面之间的区域；当给定互相垂直的两个方向时，公差带是正截面尺寸为公差值 $t_1 \times t_2$ 的四棱柱内的区域

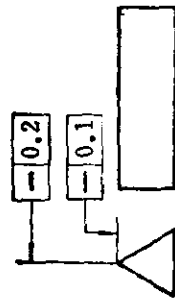
(1) 一个方向



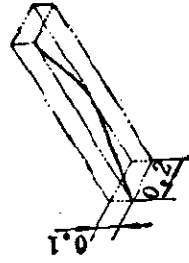
(1) 棱线必须位于箭头所示方向距离为公差值 0.02 的两平行平面内

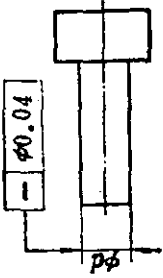
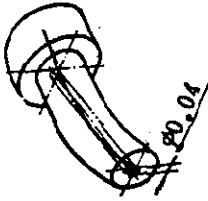
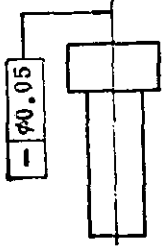
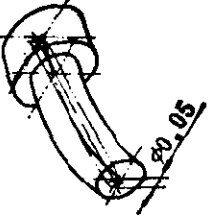


(2) 互相垂直的两个方向



(2) 棱线必须位于水平方向距离为公差值 0.2，垂直方向距离为公差值 0.1 的四棱柱内



名称	项目	公差带定义	示例	说明
形状	直线度	3. 在任意方向上 公差带是直径为公差值 t 的圆柱面内的区域	<p>a.</p> 	<p>a. ϕd 圆柱体的轴线必须位于直径为公差值0.04的圆柱面内</p> 
			<p>b.</p> 	<p>b. 整个零件的轴线必须位于直径为公差值0.05的圆柱面内</p> 

公差

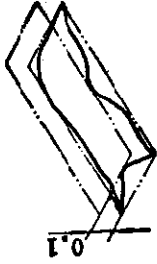
二、平 面 度

公差带是距离为公差值 t 的两平行平面之间的区域

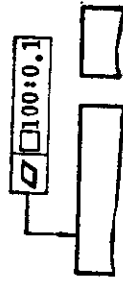
a.



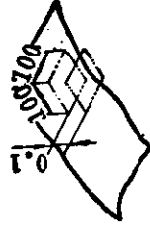
a. 上表面必须位于距离为公差值 0.1 的两平行平面内

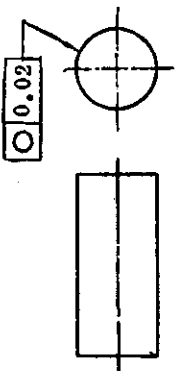
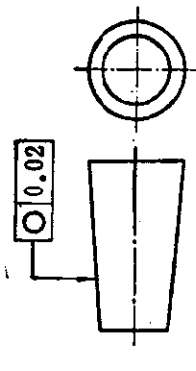
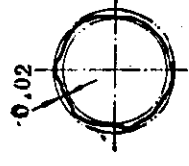
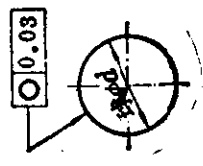
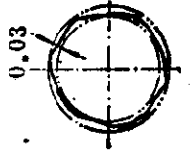


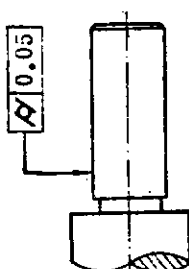
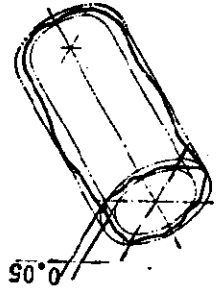
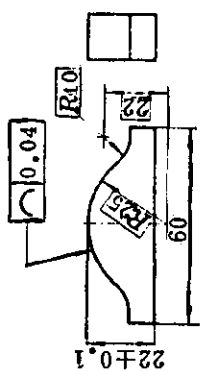
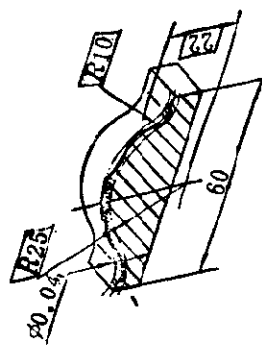
b.



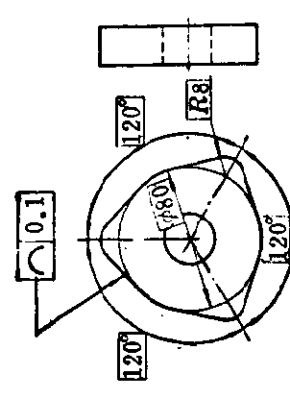
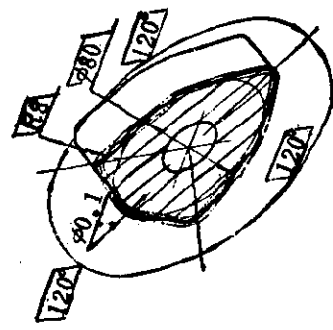
b. 表面上任意 100×100 的范围, 必须位于距离为公差值 0.1 的两平行平面内

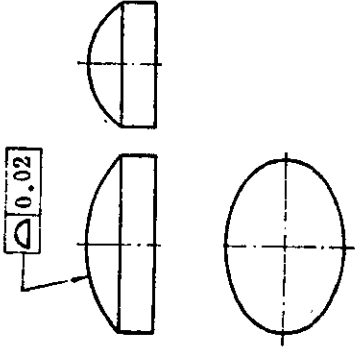
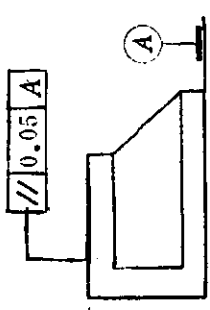
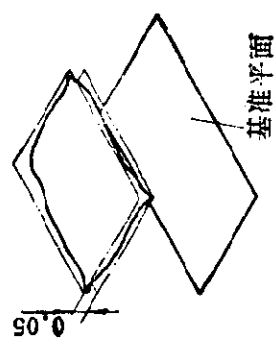


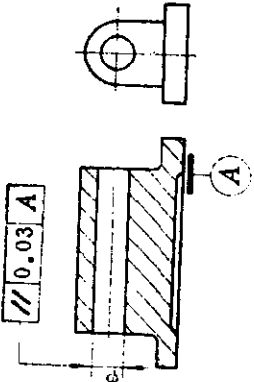
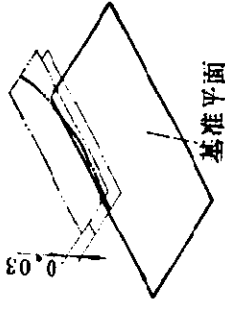
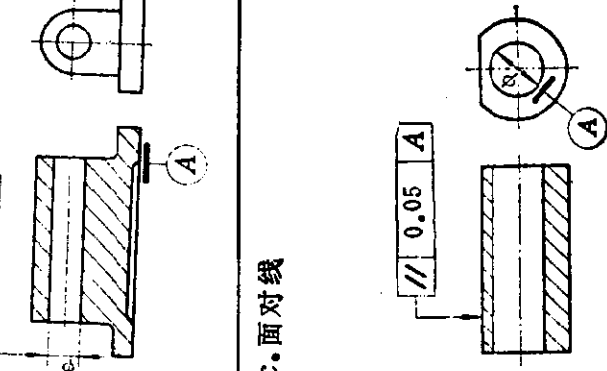
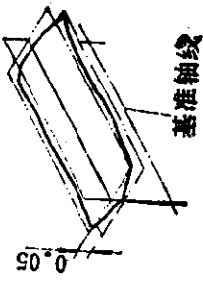
名称	项目	公差带定义	示	说 明
形 状	三、圆 度	公差带是在同一正截面上半径差为公差值 t 的两同心圆之间的区域	<p>a.</p>  <p>b.</p> 	<p>a. b. 在垂直于轴线的任一正截面上, 该圆必须位于半径差为公差值 0.02 的两同心圆之间</p> 
		<p>c.</p> 	<p>c. 在通过球心的任一截面上该圆必须位于相应截面上半径差为公差值 0.03 的两同心圆之间</p> 	

<p>四、圆柱度</p>	<p>公差带是半径差为公差值 t 的两同轴圆柱面之间的区域</p>		<p>圆柱面必须位于半径差为公差值 0.05 的两同轴圆柱面之间</p> 
<p>五、线轮廓度</p>	<p>公差带是包络一系列直径为公差值 t 的圆的两包络线之间的区域，诸圆圆心应位于理想轮廓上</p>	<p>a.</p> 	<p>a. 在平行于正投影面的任一截面上，实际轮廓线必须位于包络一系列直径为公差值 0.04，且圆心在理想轮廓线上的圆的两包络线之间</p> 

公差

名称	项目	公差带定义	示	说明
形状	五、线轮廓度	公差带是包络一系列直径为公差值 t 的圆的两包络线之间的区域，诸圆心应位于理想轮廓上	<p>b.</p> 	<p>b. 在任一垂直于轴线的正截面上，实际轮廓线必须位于包络一系列圆的两包络线之间，诸圆的直径为公差值 0.1，且圆心在理想轮廓线上</p> 

公差	<p>公差带是包络一系列直径为公差 t 的球的两包络面之间的区域，诸球球心应位于理想轮廓面上</p>		<p>实际轮廓面必须位于包络一系列球的两包络面之间，诸球的直径为公差值0.02，且球心在理想轮廓面上</p>
位置公差	<p>1. 在给定方向上 当给定一个方向时，公差带是距离为公差值 t，且平行于基准平面(或直线、轴线)的两平行平面之间的区域；当给定相互垂直的两个方向时，是正截面尺寸为公差值 $t_1 \times t_2$，且平行于基准轴线的四棱柱内的区域</p>	<p>(1) 一个方向 a. 面对面</p> 	<p>a. 上表面必须位于距离为公差值0.05，且平行于基准平面的两平行平面之间</p> 

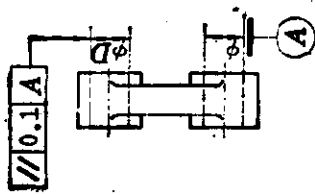
名称	项目	公差带定义	示 例	说 明
位 置		<p>1. 在给定方向上 当给定一个方向时, 公差带是距离为公差值 t, 且平行于基准平面(或直线、轴线)的两平行平面之间的区域; 当给定相互垂直的两个方向时, 是正截面尺寸为公差值 $t_1 \times t_2$, 且平行于基准轴线的四棱柱内的区域</p>	<p>b. 线对面</p> 	<p>b. 孔的轴线必须位于距离为公差值 0.03, 且平行于基准平面的两平行平面之间</p> 
	七、平		<p>c. 面对线</p> 	<p>c. 上表面必须位于距离为公差值 0.05, 且平行于基准轴线的两平行平面之间</p> 

公差

度

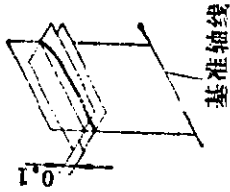
d. 线对线

(a)

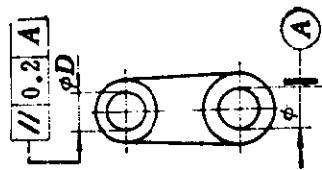


d.

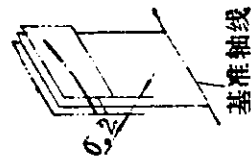
(a) ϕD 的轴线必须位于距离为公差值 0.1, 且在垂直方向平行于基准轴线的两平行平面之间

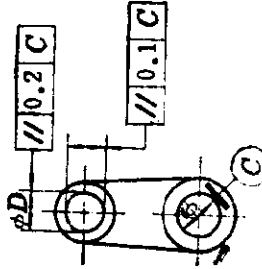
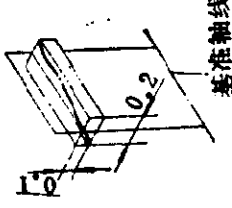
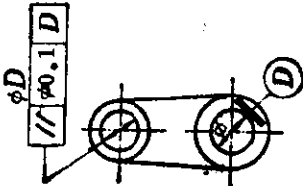
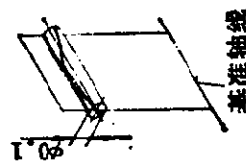


(b)



(b) ϕD 的轴线必须位于距离为公差值 0.2, 且在水平方向平行于基准轴线的两平行平面之间



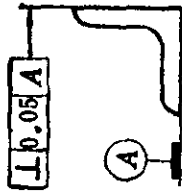
名称	项目	公差带定义	示 例	说 明
位 置	七、 平 行 度	<p>1. 在给定方向上 当给定一个方向时, 公差带是距离为公差值 t, 且平行于基准平面(或直线、轴线)的两平行平面之间的区域; 当给定相互垂直的两个方向时, 是正截面尺寸为公差值 $t_1 \times t_2$, 且平行于基准轴线的四棱柱内的区域</p>	<p>(2) 互相垂直的两个方向</p> 	<p>(2) ϕD 的轴线必须位于正截面为公差值 0.1×0.2, 且平行于基准轴线的四棱柱内</p> 
		<p>2. 在任意方向上 公差带是直径为公差值 t, 且平行于基准轴线的圆柱面内的区域</p>		<p>ϕD 的轴线必须位于直径为公差值 0.1, 且平行于基准轴线的圆柱面内</p> 

八、垂直度

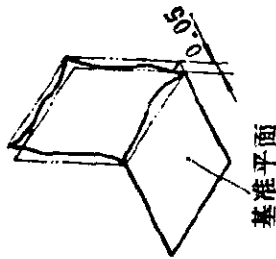
1. 在给定方向上

当给定一个方向时, 公差带是距离为公差值 t , 且垂直于基准平面(或直线、轴线)的两平行平面(或直线)之间的区域, 当给定两个相互垂直的方向时, 是正截面为公差值 $t_1 \times t_2$, 且垂直于基准平面的四棱柱内的区域

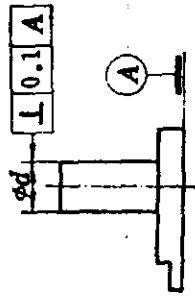
(1) 一个方向
a. 面对面



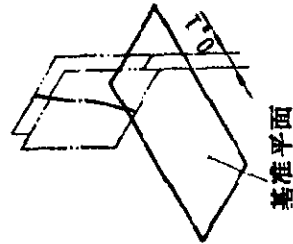
a. 右侧表面必须位于距离为公差值 0.05, 且垂直于基准平面的两平行平面之间

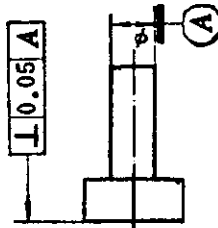
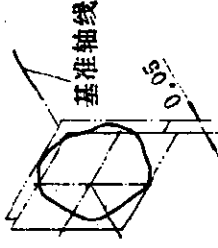
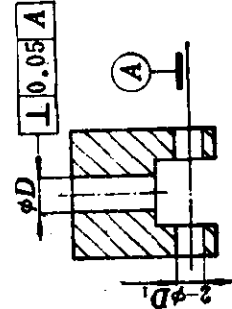
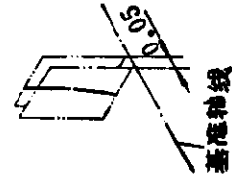


b. 线对面



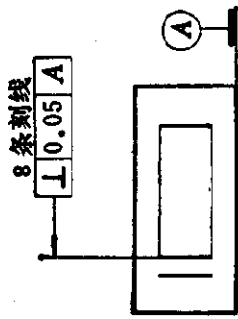
b. ϕd 的轴线必须在给定的投影方向上, 位于距离为公差值 0.1, 且垂直于基准平面的两平行平面之间



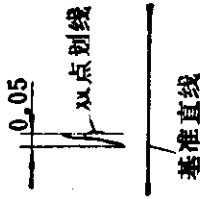
名称	项目	公差带定义	示 例	说 明
		<p>1. 在给定方向上 当给定一个方向时, 公差带是距离为公差值 t, 且垂直于基准平面(或直线、轴线)的两平行平面(或直线)之间的区域; 当给定两个相互垂直的方向时, 是正截面为公差值 $t_1 \times t_1$, 且垂直于基准平面的四棱柱内的区域</p>	<p>c. 面对线</p> 	<p>c. 左侧端面必须位于距离为公差值 0.05, 且垂直于基准轴线的两平行平面之间</p> 
位置	八、垂		<p>d. 线对线 (a)</p> 	<p>d. (a) ϕD 的轴线必须位于距离为公差值 0.05, 且垂直于两 ϕD_1 孔公共轴线的两平行平面之间</p> 

公差 直 度

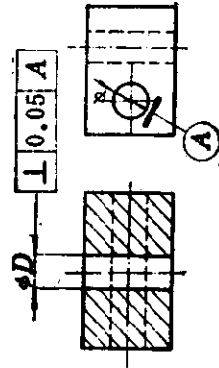
(b)



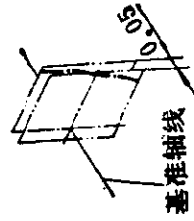
(b) 每条刻线必须分别位于距离为公差值0.05, 且垂直于基准直线的两平行直线之间

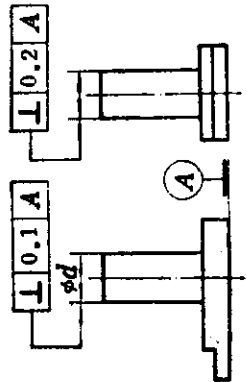
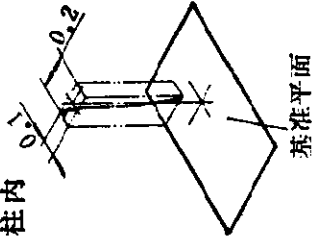
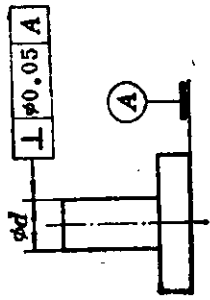
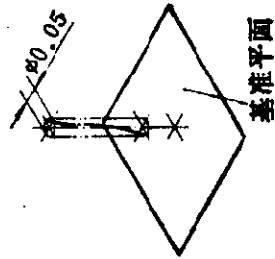


(c)



(c) ϕD 的轴线必须位于距离为公差值0.05, 且与基准轴线垂直的两平行平面之间

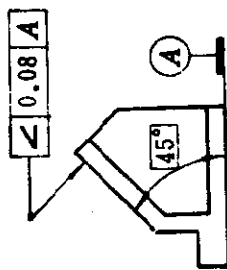


名称	项目	公差带定义	示 例	说 明
八、垂 直 度		<p>1. 在给定方向上 当给定一个方向时, 公差带是距离为公差值 t, 且垂直于基准平面(或直线、轴线)的两平行平面(或直线)之间的区域; 当给定两个相互垂直的方向时, 是正截面积为公差值 $t_1 \times t_2$, 且垂直于基准平面的四棱柱内的区域</p>	<p>(2) 互相垂直的两个方向</p> 	<p>(2) ϕd 的轴线必须位于正截面积为公差值 0.2×0.1, 且垂直于基准平面的四棱柱内</p> 
		<p>2. 在任意方向上 公差带是直径为公差值 t, 且垂直于基准平面的圆柱面内的区域</p>	<p>线对面</p> 	<p>ϕd 的轴线必须位于直径为公差值 0.05, 且垂直于基准平面的圆柱面内</p> 

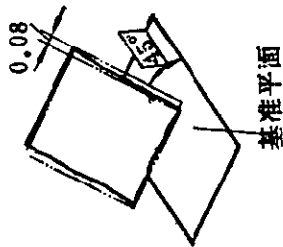
九、 倾 斜 度

1. 在给定方向上
公差带是距离为公差值 t ，且
与基准平面(或直线、轴线)成理
论正确角度的两平行平面(或直
线)之间的区域

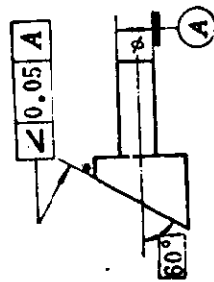
a. 面对面



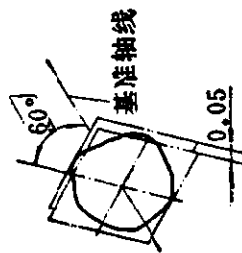
a. 斜表面必须位于距离为公差
值0.08, 且与基准平面成
角的两平行平面之间

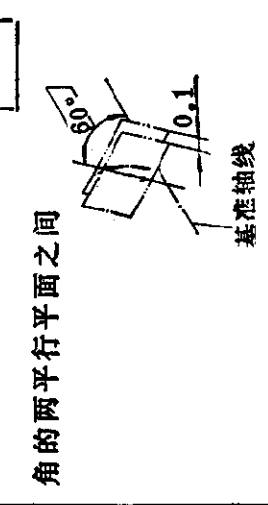
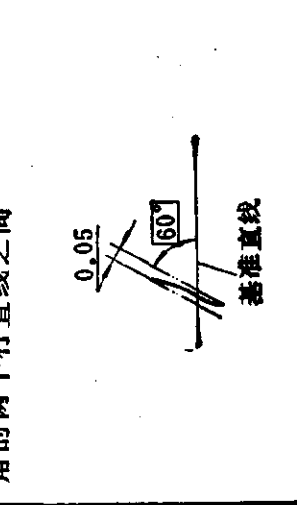


b. 面对线



b. 斜表面必须位于距离为公差值
0.05, 且与基准轴线成
角的两平行平面之间



名称	项目	公差带定义	示意图	说明
		<p>1. 在给定方向上 公差带是距离为公差值 t，且 与基准平面(或直线、轴线)成理 论正确角度的两平行平面(或直 线)之间的区域</p>	<p>c. 线对线 (a)</p> 	<p>c. (a) ϕD 的轴线必须位于距离为 公差值 0.1, 且与基准轴线成 60° 角的两平行平面之间</p>
位置	九、		<p>(b)</p> 	<p>(b) 斜刻线必须位于距离为公差 值 0.05, 且与基准直线成 60° 角的两平行直线之间</p>

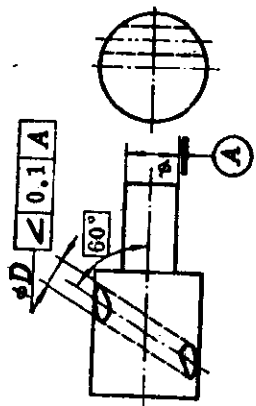
公

差

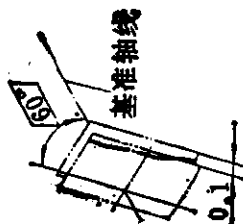
斜

度

(C)



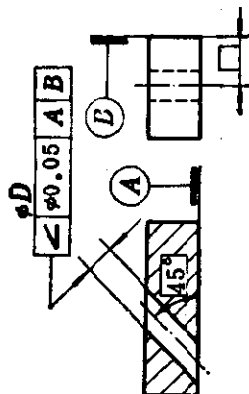
(C) ϕD 的轴线必须位于距离为公差值0.1,且与基准轴线成 60° 角的两平行平面之间



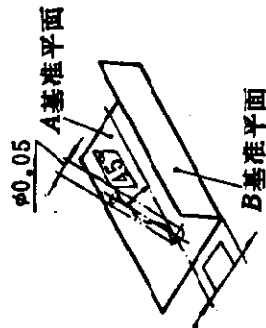
2. 在任意方向上

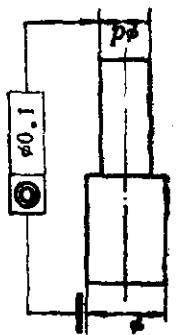
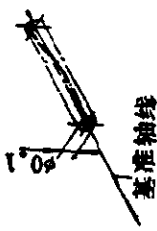
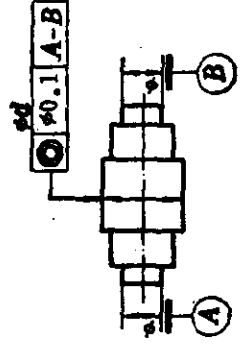
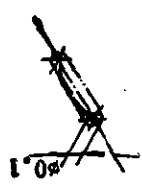
公差带是直径为公差值 t , 且与基准平面成理论正确角度的圆柱面内的区域

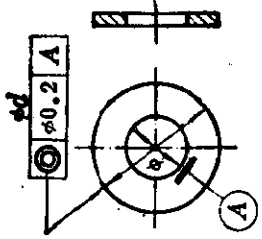

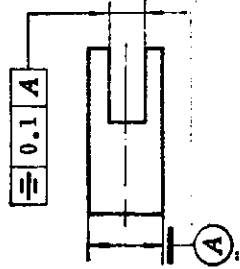
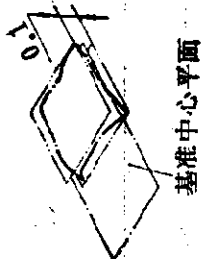
线对面

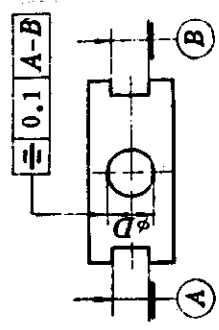
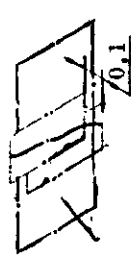
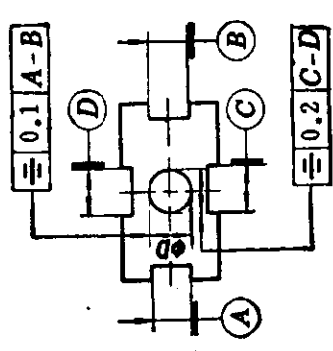
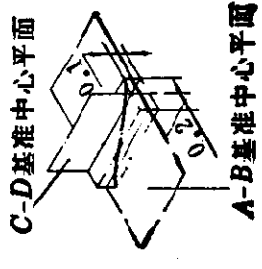


ϕD 的轴线必须位于直径为公差值0.05, 且与A基准平面成 45° 角, 平行于B基准平面的圆柱面内



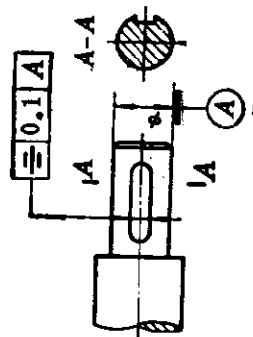
名称	项目	公差带定义	示	说 明
		公差带是直径为公差值 t ，且与基准轴线同轴的圆柱面内的区域	<p>a.</p> 	<p>a. ϕd 的轴线必须位于直径为公差值 0.1，且与基准轴线同轴的圆柱面内</p> 
位置	十、		<p>b.</p> 	<p>b. ϕd 的轴线必须位于直径为公差值 0.1，且与公共基准轴线 $A-B$ 同轴的圆柱面内</p> 

公差		<p>c. ϕd 的圆心必须位于直径为公差值0.2, 且与基准圆心同心的圆内</p> 	<p>c. ϕd 的圆心必须位于直径为公差值0.2, 且与基准圆心同心的圆内</p> 
十一、对称度	<p>公差带是距离为公差值 t, 且相对基准中心平面(或中心线、轴线)对称配置的两平行平面(或直线)之间的区域, 若给定互相垂直的两个方向, 则是正截面为公差值 $t_1 \times t_2$ 的四棱柱内的区域</p>	<p>a. 面对面</p> 	<p>a. 槽的中心面必须位于距离为公差值0.1, 且相对基准中心平面对称配置的两平行平面之间</p> 

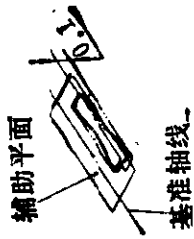
名称	项目	公差带定义	示例	说明
		<p>公差带是距离为公差值 t，且相对基准中心平面(或中心线、轴线)对称配置的两平行平面(或直线)之间的区域，若给定互相垂直的两个方向，则是正截面为公差值 t，$\times t$ 的四棱柱内的区域</p>	<p>b. 线对面</p> <p>(a)</p> 	<p>b.</p> <p>(a) ϕD 的轴线必须位于距离为公差值 0.1，且相对 $A-B$ 公共基准中心平面对称配置的两平行平面之间</p>  <p>$A-B$ 公共基准中心平面</p>
位置	十一、对		<p>(b)</p> 	<p>(b) ϕD 的轴线必须位于正截面为公差值 0.2×0.1，且相对公共中心平面 $A-B$ 和 $C-D$ 分别对称配置所构成的四棱柱内</p>  <p>$C-D$ 基准中心平面 $A-B$ 基准中心平面</p>

公差
称度

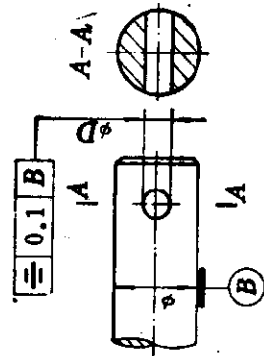
C. 面对线



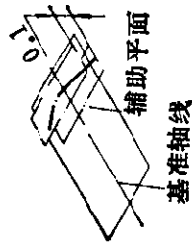
C. 键槽的中心面必须位于距离为公差值0.1的两平行平面之间, 该两平面对称配置在通过基准轴线的辅助平面两侧

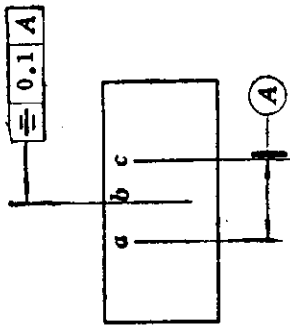
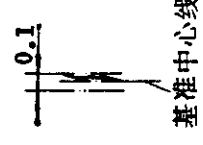
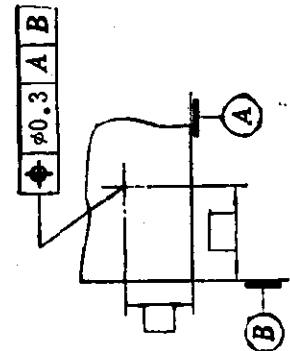
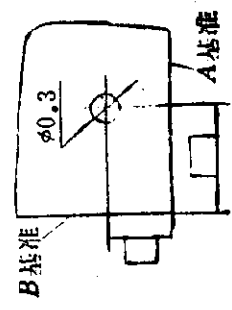


d. 线对线
(a)

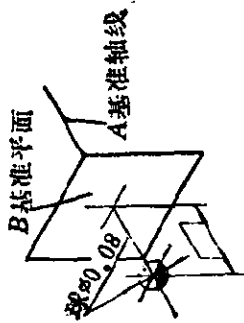
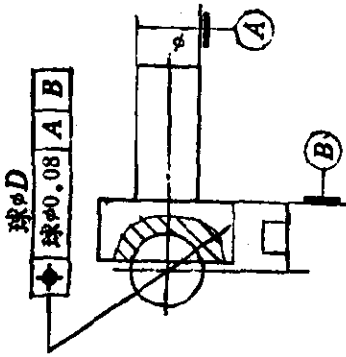


d. (a) ϕD 的轴线必须位于距离为公差值0.1, 且相对通过基准轴线的辅助平面对称配置的两平行平面之间



名称	项目	公差带定义	示 例	说 明
	十一、对称度	<p>公差带是距离为公差值 t，且相对基准中心平面(或中心线、轴线)对称配置的两平行平面(或直线)之间的区域，若给定互相垂直的两个方向，则是正截面为公差值 t，$\times t$ 的四棱柱内的区域</p>	<p>(b)</p> 	<p>(b) 刻线 b 必须位于距离为公差值 0.1，且相对基准线对称配置的两平行直线之间</p>  <p>基准中心线</p>
位 置	十二、位	<p>1. 点的位置度 公差带是直径为公差值 t，且以点的理想位置为中心的圆或球内的区域</p>	<p>a.</p> 	<p>a. 该点必须位于直径为公差值 0.3 的圆内，该圆的圆心位于相对基准 A、B 所确定的点的理想位置上</p>  <p>B基准 A基准</p>

b. 球 ϕD 的球心必须位于直径为公差值 0.08 , 并以相对基准 A 、 B 所确定的理想位置为球心的球内



2. 线的位置度

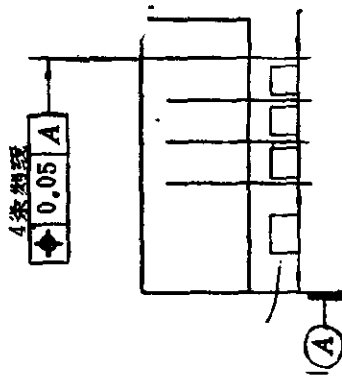
(1) 在给定方向上

当给定一个方向时, 公差带是距离为公差值 t , 且以线的理想位置为中心对称配置的两平行平面(或直线)之间的区域; 当给定互相垂直的两个方向时, 则是正截面为公差值 $t_1 \times t_2$, 且以线的理想位置为轴线的四棱柱内的区域

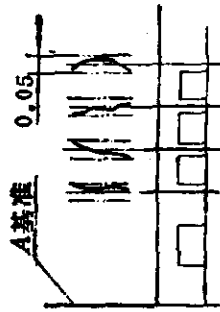
(2) 在任意方向上

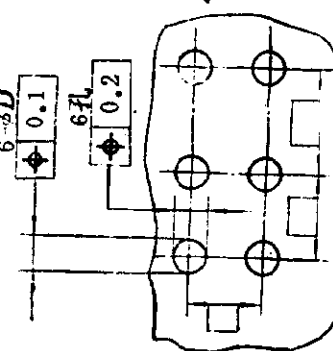

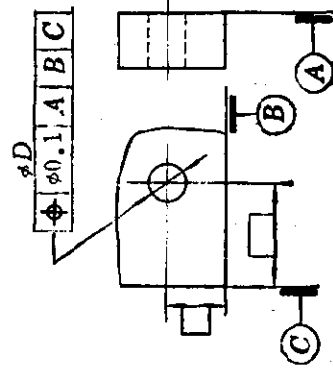
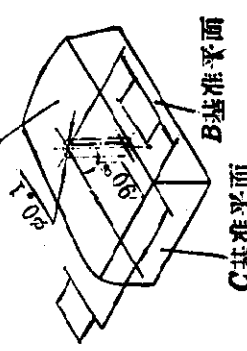
公差带是直径为公差值 t , 且以线的理想位置为轴线的圆柱面内的区域

a. 一个方向

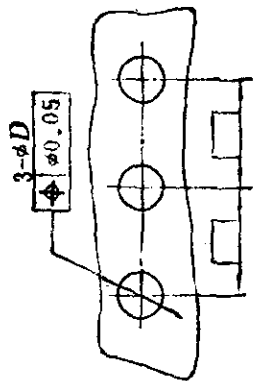


a. 每条刻线必须分别位于距离为公差值 0.05 , 且相对基准 A 所确定的理想位置对称配置的诸两平行直线之间

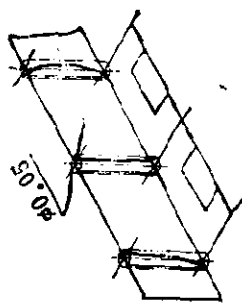


名称	项目	公差带定义	示 例	说 明
		<p>2. 线的位置度</p> <p>(1) 在给定方向上</p> <p>当给定一个方向时, 公差带是距离为公差值 t, 且以线的理想位置为中心对称配置的两平行平面(或直线)之间的区域; 当给定互相垂直的两个方向时, 则是正截面积为公差值 $t_1 \times t_2$, 且以线的理想位置为轴线的四棱柱内的区域</p> <p>(2) 在任意方向上</p> <p>公差带是直径为公差值 t, 且以线的理想位置为轴线的圆柱面内的区域</p>	<p>b. 互相垂直的两个方向</p> 	<p>b. 6 个孔的轴线必须分别位于正截面为 0.2×0.1, 且以理想位置为轴线的诸四棱柱内</p> 
位 置	十二、位	<p>a.</p> 	<p>a. ϕD 的轴线必须位于直径为公差值 0.1, 且以相对基准 A、B、C 所确定的理想位置为轴线的圆柱面内</p> 	

b.

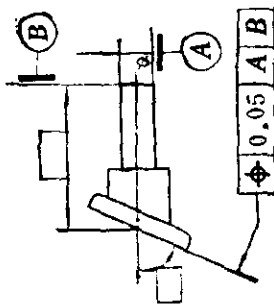


b. 3个 ϕD 的轴线必须分别位于直径为公差值0.05且以理想位置为轴线的诸圆柱面内

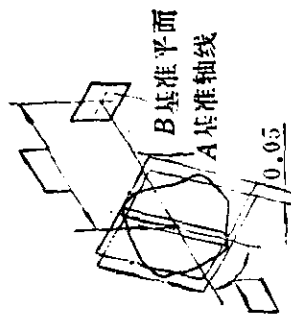


3. 面的位置度

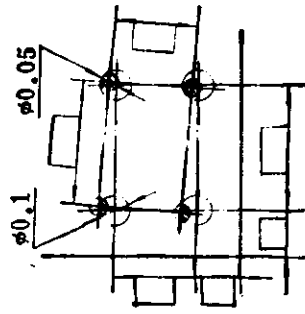
公差带是距离为公差值 t ，且以面的理想位置为中心对称配置的两平行平面之间的区域



斜表面必须位于距离为公差值0.05，且以相对A、B基准所确定的理想位置为中心对称配置的两平行平面之间

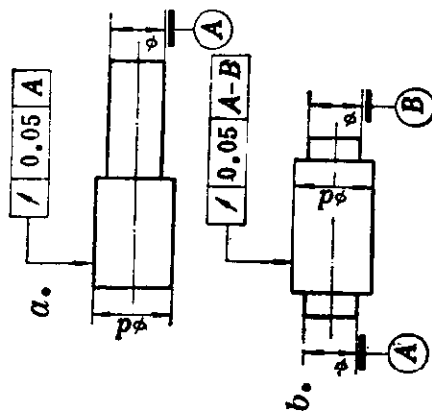


名称	项目	公差带定义	示	说明
位置	十二、位置度	4. 复合位置度		<p>4 个 ϕD 孔的轴线必须分别位于直径为公差值 0.1 和 0.05 的两圆柱的重叠部分内;</p> <p>4 个 $\phi 0.1$ 的公差带其几何图框相对于基准 A、B、C 而确定;</p> <p>4 个 $\phi 0.05$ 的公差带, 其几何图框仅相对于基准 A 定向</p>

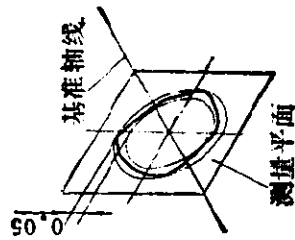


1. 径向圆跳动

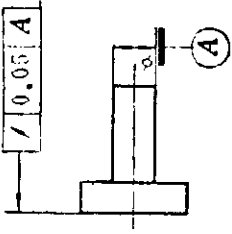
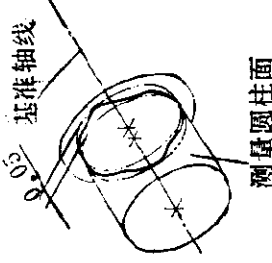
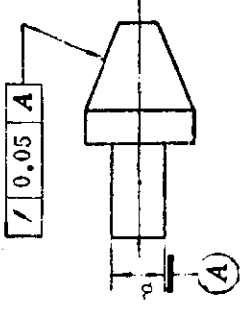
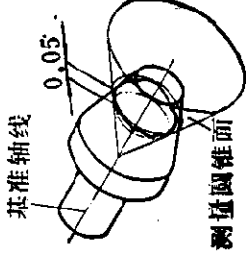
公差带是在垂直于基准轴线的任一测量平面内半径差为公差值 t ，且圆心在基准轴线上的两个同心圆之间的区域



a. b. ϕd 圆柱面绕基准轴线作无轴向移动回转时，在任一测量平面内的径向跳动量均不得大于公差值 0.05



十三、圆 跳 动

名称	项目	公差带定义	示	说明
		<p>2. 端面圆跳动 公差带是在与基准轴线同轴的任一位置上的测量圆柱面上沿母线方向宽度为 t 的圆柱面区域</p>		<p>当零件绕基准轴线作无轴向移动回转时，在左端面上任一测量直径处的轴向跳动量均不得大于公差值0.05</p>  <p>测量圆柱面</p>
位置	十三、圆	<p>3. 斜向圆跳动 公差带是在与基准轴线同轴的任一测量圆锥面上，沿母线方向宽度为 t 的圆锥面区域，除特殊规定外，其测量方向是被测面的法线方向</p>	<p>a.</p> 	<p>a. b. 圆锥表面绕基准轴线作无轴向移动回转时，在任一测量圆锥面上的跳动量均不得大于公差值0.05</p>  <p>测量圆锥面</p>

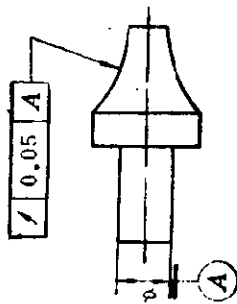
公

跳

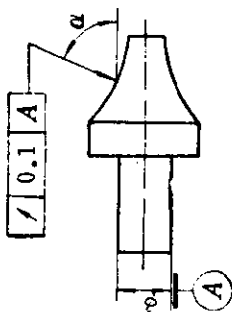
差

动

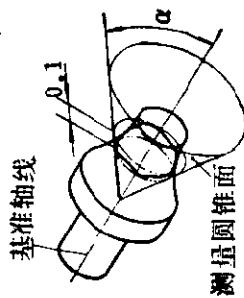
b.



c.

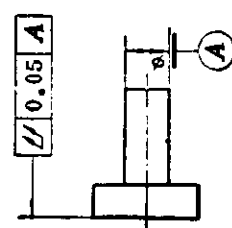
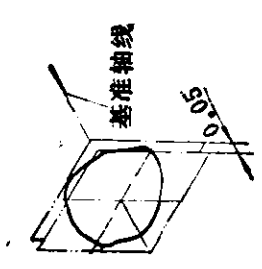


c. 圆锥表面绕基准轴线作无轴向移动回转时, 在给定 α 角的任一测量圆锥面上的跳动量均不得大于公差值 0.1



名称	项目	公差带定义	示	说明
		<p>1. 径向全跳动 公差带是半径差为公差值 t，且与基准轴线同轴的两圆柱面之间的区域</p>		<p>$a. b. \phi d$ 表面绕基准轴线作无轴向移动地连续回转，同时，指示器作平行于基准轴线的直线移动。在 ϕd 整个表面上的跳动量不得大于公差值 0.2</p>

位 十四、全

公差	跳	<p>2. 端面全跳动 公差带是距离为公差值 t，且与基准轴线垂直的两平行平面之间的区域</p>		<p>端围绕基准轴线作无轴向移动地连续回转，同时，指示器作垂直于基准轴线的直线移动。此时，在整个端面上的跳动量不得大于0.05</p>	
----	---	---	--	---	---

4. 形状和位置公差数值

(1) 公差值的选用原则

1) 在同一要素上给出的形状公差值应小于位置公差值。如要求平行的两个表面, 其平面度公差值应小于平行度公差值。

2) 圆柱形零件的形状公差值(轴线的直线度除外)一般情况下应小于其尺寸公差值。

3) 平行度公差值应小于其相应的距离公差值。

(2) 形状和位置公差数值表

表 2-2-6 直线度、平面度

主 参 数 L (毫米)	公 差 等 级											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	公 差 值 (微米)											
≤10	0.2	0.4	0.8	1.2	2	3	5	8	12	20	30	60
>10~16	0.25	0.5	1	1.5	2.5	4	6	10	15	25	40	80
>16~25	0.3	0.6	1.2	2	3	5	8	12	20	30	50	100
>25~40	0.4	0.8	1.5	2.5	4	6	10	15	25	40	60	120
>40~63	0.5	1	2	3	5	8	12	20	30	50	80	150
>63~100	0.6	1.2	2.5	4	6	10	15	25	40	60	100	200
>100~160	0.8	1.5	3	5	8	12	20	30	50	80	120	250
>160~250	1	2	4	6	10	15	25	40	60	100	150	300
>250~400	1.2	2.5	5	8	12	20	30	50	80	120	200	400
>400~630	1.5	3	6	10	15	25	40	60	100	150	250	500
>630~1000	2	4	8	12	20	30	50	80	120	200	300	600
>1000~1600	2.5	5	10	15	25	40	60	100	150	250	400	800
>1600~2500	3	6	12	20	30	50	80	120	200	300	500	1000
>2500~4000	4	8	15	25	40	60	100	150	250	400	600	1200
>4000~6300	5	10	20	30	50	80	120	200	300	500	800	1500
>6300~10000	6	12	25	40	60	100	150	250	400	600	1000	2000

表 2-2-7

圓度、圓柱度

主 参 数	公 差 等 级																				
	值 (微米)																				
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12								
$d(D)$ (毫米)	0.1	0.2	0.3	0.5	0.8	1.2	2	3	5	8	12	20	30	50	80	120	180	250	315	400	500
≤ 3	0.1	0.2	0.3	0.5	0.8	1.2	2	3	5	8	12	20	30	50	80	120	180	250	315	400	500
$> 3 \sim 6$	0.1	0.2	0.4	0.6	1	1.5	2.5	4	7	11	18	27	43	62	74	100	130	170	210	260	320
$> 6 \sim 10$	0.12	0.25	0.4	0.6	1	1.5	2.5	4	7	11	18	27	43	62	74	100	130	170	210	260	320
$> 10 \sim 18$	0.15	0.25	0.5	0.8	1.2	2	3	5	8	12	20	30	50	80	120	180	250	315	400	500	630
$> 18 \sim 30$	0.2	0.3	0.6	1	1.5	2.5	4	7	11	18	27	43	62	74	100	130	170	210	260	320	400
$> 30 \sim 50$	0.25	0.4	0.6	1	1.5	2.5	4	7	11	18	27	43	62	74	100	130	170	210	260	320	400
$> 50 \sim 80$	0.3	0.5	0.8	1.2	2	3	5	8	12	20	30	50	80	120	180	250	315	400	500	630	800
$> 80 \sim 120$	0.4	0.6	1	1.5	2.5	4	7	11	18	27	43	62	74	100	130	170	210	260	320	400	500
$> 120 \sim 180$	0.6	1	1.2	2	3.5	5	8	12	20	30	50	80	120	180	250	315	400	500	630	800	1000
$> 180 \sim 250$	0.8	1.2	2	3	4.5	7	10	14	23	32	52	72	115	160	220	300	400	500	630	800	1000
$> 250 \sim 315$	1.0	1.6	2.5	4	6	8	12	16	23	32	52	72	115	160	220	300	400	500	630	800	1000
$> 315 \sim 400$	1.2	2	3	5	7	9	13	18	25	36	57	77	115	160	220	300	400	500	630	800	1000
$> 400 \sim 500$	1.5	2.5	4	6	8	10	15	20	27	40	63	87	130	180	250	360	500	630	800	1000	1250

表 2-2-8 平行度、垂直度、傾斜度

主 参 数	公 差 等 级											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$L, d(D)$ (毫米)	0.4	0.8	1.5	3	5	8	12	20	30	50	80	120
≤ 10	0.5	1	2	4	6	10	15	25	40	60	100	150
$> 10 \sim 16$	0.6	1.2	2.5	5	8	12	20	30	50	80	120	200
$> 16 \sim 25$	0.8	1.5	3	6	10	15	25	40	60	100	150	250
$> 25 \sim 40$	1	2	4	8	12	20	30	50	80	120	200	300
$> 40 \sim 63$	1.2	2.5	5	10	15	25	40	60	100	150	250	400
$> 63 \sim 100$	1.5	3	6	12	20	30	50	80	120	200	300	500
$> 100 \sim 160$	2	4	8	15	25	40	60	100	150	250	400	600
$> 160 \sim 250$	2.5	5	10	20	30	50	80	120	200	300	500	800
$> 250 \sim 400$	3	6	12	25	40	60	100	150	250	400	600	1000
$> 400 \sim 630$	4	8	15	30	50	80	120	200	300	500	800	1200
$> 630 \sim 1000$	5	10	20	40	60	100	150	250	400	600	1000	1500
$> 1000 \sim 1600$	6	12	25	50	80	120	200	300	500	800	1200	2000
$> 1600 \sim 2500$	8	15	30	60	100	150	250	400	600	1000	1500	2500
$> 2500 \sim 4000$	10	20	40	80	120	200	300	500	800	1200	2000	3000
$> 4000 \sim 6300$	12	25	50	100	150	250	400	600	1000	1500	2500	4000
$> 6300 \sim 10000$												

表 2-2-9 同轴度、对称度、圆跳动和全跳动

主 参 数	公 差 等 级											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$d(D), B, L$ (毫米)	公 差 值 (微米)											
≤ 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

5. 形状和位置未注公差的规定

(1) 直线度、平面度未注公差值应按表2-2-10选用。

表 2-2-10 直线度、平面度未注公差数值表

主 参 数 L (毫米)	公 差 等 级			
	A	B	C	D
	公 差 值 (微米)			
≤ 10	12	20	30	60
$> 10 \sim 16$	15	25	40	80
$> 16 \sim 25$	20	30	50	100
$> 25 \sim 40$	25	40	60	120
$> 40 \sim 63$	30	50	80	150
$> 63 \sim 100$	40	60	100	200
$> 100 \sim 160$	50	80	120	250
$> 160 \sim 250$	60	100	150	300
$> 250 \sim 400$	80	120	200	400
$> 400 \sim 630$	100	150	250	500
$> 630 \sim 1000$	120	200	300	600
$> 1000 \sim 1600$	150	250	400	800
$> 1600 \sim 2500$	200	300	500	1000
$> 2500 \sim 4000$	250	400	600	1200
$> 4000 \sim 6300$	300	500	800	1500
$> 6300 \sim 10000$	400	600	1000	2000

(2) 同轴度和对称度未注公差值应按表2-2-11选用，需选择稳定的设计支承面的轴线或中心平面作基准。

表 2-2-11

同轴度和对称度未注公差数值表

主 参 数 d, D, B, L (毫米)	公 差 等 级			
	A	B	C	D
	公 差 值 (微米)			
≤ 1	15	25	40	60
$> 1 \sim 3$	20	40	60	120
$> 3 \sim 6$	25	50	80	150
$> 6 \sim 10$	30	60	100	200
$> 10 \sim 18$	40	80	120	250
$> 18 \sim 30$	50	100	150	300
$> 30 \sim 50$	60	120	200	400
$> 50 \sim 120$	80	150	250	500
$> 120 \sim 250$	100	200	300	600
$> 250 \sim 500$	120	250	400	800
$> 500 \sim 800$	150	300	500	1000
$> 800 \sim 1250$	200	400	600	1200
$> 1250 \sim 2000$	250	500	800	1500
$> 2000 \sim 3150$	300	600	1000	2000
$> 3150 \sim 5000$	400	800	1200	2500
$> 5000 \sim 8000$	500	1000	1500	3000
$> 8000 \sim 10000$	600	1200	2000	4000

(3) 圆度公差值应不大于尺寸公差值。

(4) 对于标有 \textcircled{M} 的圆柱表面，其圆柱度应遵守包容原则的规定。

对于不标 \textcircled{M} 的圆柱表面由圆度、素线的直线度未注公差值和要素的尺寸公差分别控制。

(5) 对于标有符号 \textcircled{M} 的平行要素，其平行度应遵守包容原则的规定。

对于不标 \textcircled{M} 的平行要素，由平面度或直线度的未注公差值和平行要素间的尺寸公差分别控制。

(6) 垂直要素、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) 跳动和全跳动的公差值不应大于该要素的形状和位置的未注公差值的综合值。

三、表面光洁度

1. 表面光洁度的分级

表面光洁度分为14级，其中9~14级如需要细分尚可分为a、b、c三等(表2-3-1)。具体级别的评定由下列参数之一决定：

(1) 不平度算术平均偏差值 R_a ——测量轮廓上各点至轮廓中线距离(y_1, y_2, \dots, y_n)绝对值的算术平均偏差

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

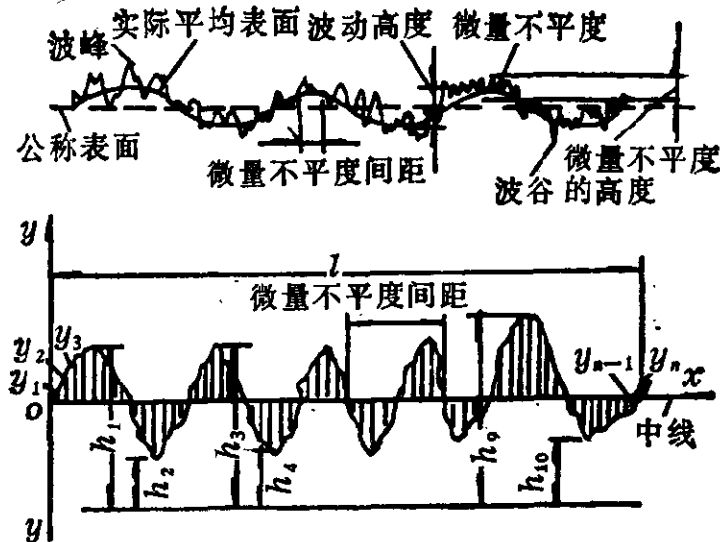


图 2-3-1 表面不平度示意

(2) 不平度平均高度 R_z ——从平行于中线的任意线起，到测量轮廓的峰和谷之间的平均距离

$$R_z = \frac{(h_1 + h_3 + h_5 + h_7 + h_9) - (h_2 + h_4 + h_6 + h_8 + h_{10})}{5}$$

表 2-3-1 表面光洁度分级

表面光洁度级别		▽1	▽2	▽3	▽4	▽5	▽6	▽7
R_a (微米)	≤	80	40	20	10	5	2.5	1.25
R_z (微米)		320	160	80	40	20	10	6.3
基本长度 l (毫米)		8			2.5		0.8	

表面光洁度级别		▽8	▽9	▽10	▽11	▽12	▽13	▽14
R_a (微米)	≤	0.63	0.32	0.16	0.08	0.04	0.02	0.01
R_z (微米)		3.2	1.6	0.8	0.4	0.2	0.1	0.05
基本长度 l (毫米)		0.8	0.25			0.08		

表 2-3-2 9~14级表面光洁度细分级

表面光洁度级别		▽9a	▽9b	▽9c	▽10a	▽10b	▽10c	▽11a	▽11b	▽11c
R_a (微米)	≤	0.32	0.25	0.20	0.16	0.125	0.10	0.08	0.063	0.05
R_z (微米)		1.6	1.25	1.0	0.8	0.63	0.50	0.40	0.32	0.25

表面光洁度级别		▽12a	▽12b	▽12c	▽13a	▽13b	▽13c	▽14a	▽14b	▽14c
R_a (微米)	≤	0.04	0.032	0.025	0.020	0.016	0.012	0.010	0.008	0.006
R_z (微米)		0.20	0.16	0.125	0.10	0.08	0.063	0.05	0.04	0.032

2. 表面光洁度应用举例

表 2-3-3

表面光洁度应用举例

表面光洁度		表面形状	获得表面光洁度的方法举例	应用举例
等级	名称			
∞	很粗, 但是平的	除净毛口	精铸和精锻、轧制、模制、清理(在筒形清理器中加工)吹砂及刷子的加工	机床床身、发动机的曲轴箱、支架的表面、轧压材料的表面等
▽1	粗糙的	明显的刀痕	锯断、粗车、粗铣、粗刨、粗钻、粗铰、粗磨、粗砂轮等加工	管的端部断面和其他半成品 的表面、皮带轮法兰盘的结合 等
▽2		可见的刀痕		
▽3		微见的刀痕		
▽4	半光	可见加工痕迹	拉制(钢丝), 精车、精铣、粗铰、粗绞埋头孔、粗剥刀加工, 刮研	轴套、滚柱等
▽5		微见加工痕迹		
▽6		看不见加工痕迹		
▽7	光	可辨加工痕迹的方向	研磨、金刚石车刀的精车、精铰、拉制、剥刀加工	轴承的重要表面、齿轮齿的 表面等
▽8		微辨加工痕迹的方向		
▽9		不可辨加工痕迹的方向		
▽10	最光	暗光泽面	研磨的加工	活塞销和胀圈的表面、分气 凸轮、曲柄轴的轴颈、气门及 气门座的表面、发动缸内 缸
▽11		亮光光泽面		
▽12		镜状光泽面		
▽13		雾状镜面		
▽14		镜面		

第三章 材料和热处理

一、金属材料的牌号表示

1. 黑色金属材料

表 3-1-1 钢铁牌号中表示化学元素的符号
(GB221-63)

元素名称	铬	镍	硅	锰	铝	磷	钨	钼	钒	钛
国际化学元素符号	Cr	Ni	Si	Mn	Al	P	W	Mo	V	Ti
元素名称	铜	铁	硼	钴	氮	钽	钙	碳	铌	稀土
国际化学元素符号	Cu	Fe	B	Co	N	Ta	Ca	C	Nb	RE

表 3-1-2 钢铁牌号中表示用途、冶炼方法和
浇注方法的代号 (GB221-63)

名 称	牌 号 表 示		名 称	牌 号 表 示	
	汉 字	汉语拼音		汉 字	汉语拼音
平炉 酸性侧吹转炉 碱性侧吹转炉 顶吹转炉 沸腾钢 半镇静钢 铸造生铁 冷铸车轮生铁 电器工业用纯铁 易切削钢 特类钢 柳螺钢 高频(电工硅钢用)	平 酸 碱 顶 沸 半 铸 冷 电 电 易 特 柳 高	P S J D F b Z L D DT Y C ML G	碳素工具钢 焊条用钢 滚珠轴承用钢 高级优质钢 特用钢 船舶用钢 桥梁用钢 炉钢 钢轨类钢 甲乙类钢 弱磁场(电工硅钢用) 中磁场(电工硅钢用) 地质钻探钢管用钢	碳 焊 滚 高 特 船 桥 锅 轨 甲 乙 弱 中 地	T H G A E C Q G U A B R H DZ

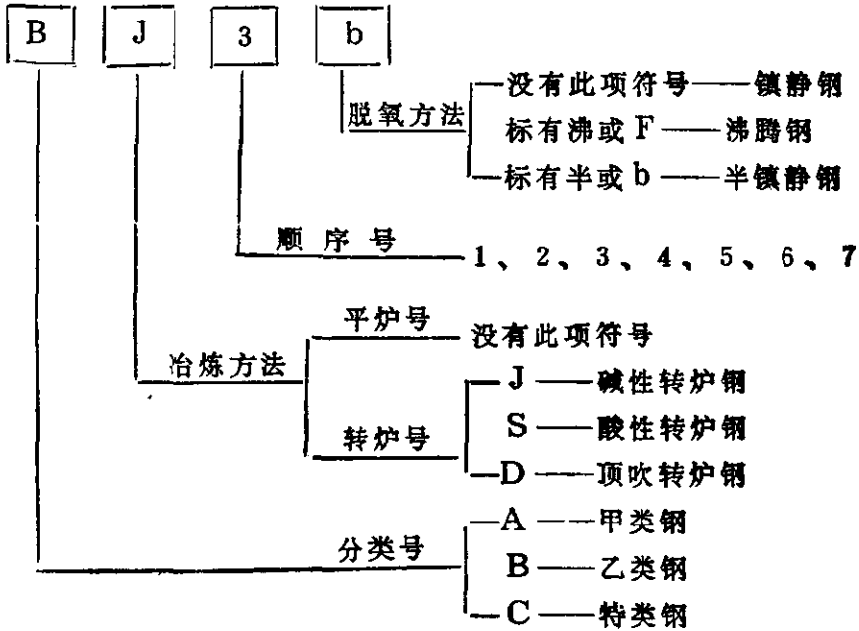
表 3-1-3

钢 铁 牌 号 表 示

产 品 名 称		牌 号 举 例	
		牌 号	代 号
普 通 碳 素 钢	甲 类 钢	甲 3, 甲 碱 3, 甲 酸 3, 甲 3 沸, 甲 顶 3, 甲 3 半	A3, AJ3, AS3, A3F, AD3, A3b
	乙 类 钢	乙 1, 乙 酸 3, 乙 碱 3, 乙 1 沸, 乙 3 酸 沸, 乙 碱 3 沸, 乙 顶 3, 乙 1 半, 乙 酸 3 半, 乙 碱 3 半	B1, BS3, BJ3, B1F, BS3F, BJ3F, BD3, B1b, BS3b, BJ3b
	特 类 钢	特 3, 特 碱 3, 特 顶 3	C3, CJ3, CD3
优 质 碳 素 钢		08 沸, 50 锰, 20 半, 45	08 F, 50 Mn 20b, 45
碳 素 工 具 钢		碳 8, 碳 8 锰, 碳 10 高	T8, T8Mn T10A

方法举例 (GB221-63)

表示方法说明



- 表示平均含碳量的万分之几
- 表示脱氧方法或化学元素符号
- 08 F — 表示平均含碳量为0.08%的沸腾钢
- 50 Mn — 表示平均含碳量为0.5%，含锰量较高(0.70~1.00%)的镇静钢
- 20 b — 表示平均含碳量为0.2%的半镇静钢
- 45 — 表示平均含碳量为0.45%的镇静钢

- 表示碳素工具钢
- 表示平均含碳量千分之几
- T 8 — 表示平均含碳量为0.8%的碳素工具钢
- T8Mn — 表示平均含碳量为0.85%，含锰量较高(0.35~0.6%)的碳素工具钢
- T10A — 表示平均含碳量为1.00%的高级优质碳素工具钢

产品名称	牌 号 举 例		
	牌 号	代 号	
合 金 钢	低合金结构钢	10锰磷铌稀土 15锰钒	10MnPNbRE 15MnV
	合金结构钢	38铬钼铝高 20锰2硼	38CrMoAlA 20Mn2B
	弹 簧 钢	60硅2锰 50铬钒高	60Si2Mn 50CrVA
	不锈耐酸钢 和耐热钢	1 铬13 0 铬13 00 铬18镍10	1 Cr13 0 Cr13 00Cr18Ni10
	高电阻合金	铬20镍80钛 0 铬23铝5	Cr20Ni80Ti 0 Cr23Al5
	高速工具钢	钨18铬4钒	W18Cr4V
	合金工具钢	铬12 4 铬钨2 硅	Cr12 4 CrW2Si
	铬轴承钢	滚铬9	GCr9
焊条用钢	焊08高, 焊2 铬13	H08A, H2Cr13	
专门用 途 钢	造船用钢 锅炉用钢 桥梁用钢	甲3船 20锅 16桥	A3C 20G 16Q

表示方法说明

数字或符号	元素符号	数字	A	最后标有符号“高”或“A”的钢号，表示磷和硫含量较低的优质钢
数字为万分之几 (如10MnPNbRE 表示含碳量为 0.1%)	数字表示平均含碳量	表示平均含碳量		(1)平均合金含量 $<1.5\%$ 钢号中仅标明元素，如10MnPNbRE
数字为千分之几 (一个“0”表示含碳量 $\leq 0.09\%$ ，两个“0”表示 $\leq 0.03\%$)		(2)平均合金含量 $\geq 1.50\%$ 、2.5%、3.50%、……、23.5%……时，相应写成2、3、4……24、…如20Mn2B表示平均含锰量为2%		
数字不予标出，但有“0”的含义与上同		(3)平均合金含量为1.50~2.49%、……22.50~23.49%、……时，相应地写成2、3、……23、……		
数字不予标出		(4)个别低铬合金工具钢的铬含量用千分之几表示，但在含量前加“0”，如Cr06		
含碳量 $\geq 1.00\%$ 时不予标出， $<1.00\%$ 时，数字为千分之几		(5)铬轴承钢的铬含量为千分之几		
数字不予标出，只标用途名称符号“G”				
在钢号前加焊或“H”				
按表3-1-1规定的符号				

专门用途的普通碳素钢(如锅炉钢、桥梁钢、船用钢等)，基本上采用上述普通碳素钢的表示方法。但在牌号末尾加注用途符号。例如桥梁用甲类3号钢标以“甲3桥”或“A3q”

表 3-1-4

铸铁、铸钢件牌号表示方法

名称	牌 号 举 例	表 示 方 法 说 明
灰口铁铸件	HT10-26, HT15-33, HT20-40, HT25-47, HT30-54, HT35-61, HT40-68	(1)“HT”是“灰铁”二字汉语拼音的第一个字母 (2)“HT”后第一组数字表示最低抗拉强度, 第二组数字表示最低抗弯强度
球墨铸铁件	QT42-10, QT70-2, QT60-2, QT50-5, QT40-17	(1)“QT”是“球铁”二字汉语拼音的第一个字母 (2)“QT”后第一组数字表示最低抗拉强度, 第二组数字表示最低伸长率
可锻铸铁件	KT30-6, KT33-8, KT35-10, KT37-12, KTZ-45-5, KTZ50-4, KTZ60-3, KTZ70-2	(1)“KT”是可锻铸铁的“可”与“铁”二字汉语拼音的第一个字母, “Z”表示珠光体可锻铸铁的“珠”字 (2)代号后的第一组数字表示最低抗拉强度, 第二组数字表示最低延伸率
铸钢件	ZG15, ZG45, ZG40Mn, ZG30CrMnSi, ZG1Cr13, ZGCr9Si2, ZGMn13, ZG1Cr18Ni9Ti	(1)“ZG”是“铸钢”二字汉语拼音的第一个字母 (2)“ZG”后示出铸造用钢的牌号

2. 有色金属材料

表 3-1-5 常用有色金属和合金元素符号 (GB340-76)

名 称	黄铜	青铜	白铜	铜	铝	镁	镍
化学元素符号				Cu	Al	Mg	Ni
拼音字母代号	H	Q	B	T	L	M	N
名 称	钛	锌	铅	锡	锑	金	银
化学元素符号	Ti	Zn	Pb	Sn	Sb	Au	Ag
拼音字母代号	T						
名 称	镉	铁	锰	硅	磷	铍	铬
化学元素符号	Cd	Fe	Mn	Si	P	Be	Cr
拼音字母代号							

表 3-1-6 专用合金名称及代号 (GB340-76)

名 称	代 号	名 称	代 号
防 锈 铝	LF	铸 造 合 金	Z
锻 铝	LD	变 形 镁 合 金	MB
硬 铝	LY	焊 料 合 金	HI
超 硬 铝	LC	印 刷 合 金	I
特 殊 铝	LT	轴 承 合 金	Ch
无 氧 铜	TU	阳 极 镍	NY
稀 土	Xt	金 属 粉 末	F
钨 钴 (硬 质 合 金)	YG	喷 铝 粉	FLP
钨 钛 钴 (硬 质 合 金)	YT	涂 料 铝 粉	FLU
铸 造 碳 化 钨	YZ	细 铝 粉	FLX

表 3-1-7 有色金属和合金加工产品的状态代号
(GB340-76)

名 称	代 号	名 称	代 号
退 火	M	淬火(自然时效)	CZ
淬 火	C	淬火(人工时效)	CS
淬火后冷轧(冷作硬化)	CY	硬	Y
3/4硬、1/2硬	Y1、Y2	不包铝的(热轧)	BR
1/3硬、1/4硬	Y3、Y4	不包铝(退火)	BM
特 硬	T	不包铝(淬火、冷作硬化)	BCY
热轧、热挤	R	不包铝(淬火、表面优质)	BCO
优质表面	O	不包铝(淬火、冷作硬化、 表面优质)	BCYO
优质表面(退火)	MO		
加厚包铝的	J	淬火、自然时效、表面	CZYO
不包铝的	B	优质并冷作硬化	

表 3-1-8 有色金属铸造方法和热处理状态代号

名 称	代 号	名 称	代 号
金属型铸造	J	淬 火	T ₄
砂型铸造	S	淬火和部分时效	T ₅
压 铸	Y	淬火和完全时效	T ₆
变质处理	B	淬火和稳定回火	T ₇
人工时效	T ₁	淬火和软火回火	T ₈
退 火	T ₂		

表 3-1-9 有色金属和合金产品牌号表示方法举例

类别	名 称	代 号	表示方法说明
纯金属冶炼产品	铜 铝 铅	Cu-1, Cu-2 Al-1, Al-02 Pb-1, Pb-2	用元素符号结合顺序号表示, 工业纯度金属随顺序号增加而纯度降低, 高纯度金属随顺序号增加而纯度提高, 并在顺序号前加“0”
纯金属加工产品	铜 铝 镍 锌 铅	T ₁ , T ₂ L ₁ , L ₂ N ₂ , N ₄ Zn ₁ , Zn ₂ Pb ₁ , Pb ₂	铜、铝、镍用汉语拼音字母加顺序号, 其余均用元素符号加顺序号
合金加工产品	黄 铜	H62, HPb59-1 HSn62-1 HMn57-3-1	一般黄铜用汉语拼音字母“H”加铜的含量表示, 三元以上的黄铜加第二个主添加元素符号及除锌以外的成分数字组表示(百分之几)
	青 铜	QSn4-3 QAl10-3-1.5 QSi1-3	用汉语拼音字母“Q”加第一个主添加元素符号及除基元素铜外的成分数字组表示(百分之几)

续表

类别	名称	代号	表示方法说明	
合金加工产品	白铜	B16 BMn3-12	用汉语拼音字母“B”加镍含量表示，三元以上的加第二个添加元素符号及成分数字组表示(百分之几)	
	镍合金	NCr9 NMn2-2-1	用汉语拼音字母“N”加第一个主添加元素符号及除基元素镍外的成分数字组表示(百分之几)	
	铝合金 镁合金	LY1, LY2 MB1, MB2	用汉语拼音字母加顺序号表示	
	铅合金 锌合金 银合金 金合金 中间合金	PbSb2 ZnAl10-2 AgCu4 AuNi7.5-1.5 CuSi25	铅、锌贵金属及稀有金属等合金用基元素符号加第一个主添加元素符号及除基元素以外的成分数字组表示(百分之几)	
	专用合金	轴承合金	ChSnSb11-6	用汉语拼音字母加二个基元素符号及除第一个基元素外的成分数字组表示
		印刷合金	1PbSb14-4	
焊料		H1AgCu20-15		
产品状态代号表示方法		LF1-M QBe2-Y	用汉语拼音字母加于产品代号之后，并于中间划一横道	

二、常用金属材料的机械性能和应用

1. 钢材的机械性能和应用

表 3-2-1 优质碳素结构钢的性能及应用

钢 号	抗拉强度 σ_b (公斤/毫米 ²)	屈服极限 σ_s (公斤/毫米 ²)	伸 长 率 δ_5 (%)	收 缩 率 ψ (%)	冲击值 α_K (公斤·米/厘米 ²)	硬 度 HB (热轧)	应 用 举 例
	≥					≤	
08F	30	18	35	60		131	强度不大，而塑性、韧性好。有良好的冲压、焊接性。用于制造负荷不大的零件(冲压件、管件、垫片、螺钉、螺帽、开口销等)和渗碳或氰化的零件(套筒、短轴、离合器盘、靠模、齿轮等)
08	33	20	33	60		131	
10	34	21	31	55		137	
15	38	23	27	55		143	
20	42	25	25	55		156	
25	46	28	23	50	9	170	
30	50	30	21	50	8	179	有较好的塑性和强度，多用于锻造后正火状态下的零件：连杆、摇臂、钩环和螺栓等。
35	54	32	20	45	7	187	
40	58	34	19	45	6	217	强度较高。一般在淬火或调质状态下使用，用于轴、销、联轴器、键、齿轮等
45	61	36	16	40	5	241	
50	64	38	14	40	4	241	经热处理后有高的表面硬度和强度，以及较好的韧性。用于重负荷轮、齿轮、次要弹性零件
55	66	39	13	35		255	
60	69	41	12	35		255	适当热处理后、弹性、强度高。淬火应限于小尺寸零件。用于制造凸轮轴和弹性零件
65	71	42	10	30		255	

续表

钢号	抗拉强度 σ_b (公斤/毫米 ²)	屈服极限 σ_s (公斤/毫米 ²)	伸长率 δ_5 (%)	收缩率 ψ (%)	冲击值 α_K (公斤·米/厘米 ²)	硬度 HB (热轧)	应用举例
	≥					≤	
15Mn	42	25	26	55		163	强度和塑性稍高于普通含锰量的15、20、25号钢，淬透性也较好，还有较好的焊接性，用于渗碳或氰化零件；轴销、凸轮等
20Mn	46	28	24	50		197	
25Mn	50	30	22	50	9	207	
30Mn	55	32	20	45	8	217	用于中型机器中的操纵机构零件；拨叉、拉杆、杠杆和螺栓、螺母等
35Mn	57	34	18	45	7	229	
40Mn	60	36	17	45	6	229	可在正火或淬火回火状态下使用。用于轴、花键轴、万向节和高强度的螺栓、螺母等
45Mn	63	38	15	40	5	241	
50Mn	66	40	13	40	4	255	用于耐磨、高负荷工作下的热处理零件
60Mn	71	42	11	35		269	弹性高，淬透性较好，但易产生淬火裂纹。用于制造弹性零件
65Mn	75	44	9	30		285	

注 机械性能是用正火后的试样测定的。

表 3-2-2

合金结构钢的机械性能及应用

钢 号	抗拉强度 σ_b (公斤/毫米 ²)	屈服极限 σ_s (公斤/毫米 ²)	伸长率 δ_5 (%)	收缩率 ψ (%)	冲击值 α_K (公斤·米/厘米 ²)	硬度 HB ≤	应用举例
20Mn2	80	60	10	40	6	187	可作渗碳小齿轮、小轴、滚轮等。与20Cr相当
40Mn2	100	80	10	45	7	217	应用于小断面零件，与40Cr相当，可代40Cr做重要螺栓
50Mn2	95	80	9	40	5	229	花键轴、重型机械齿轮等
35SiMn	90	75	15	45	6	229	除要求低温(-20°C)冲击韧性高的情况外，可代40Cr作调质钢
42SiMn	90	75	15	40	6	229	与35SiMn同，但系供表面淬火之用
20MnV	80	60	10	40	7	187	相当于20Cr和20CrNi的渗碳钢
42Mn2V	100	85	11	45	6	217	较高强度的轴，重要调质件
20Mn2B	100	80	10	45	7	187	可代20Cr做渗碳零件。
20MnVB	110	90	10	45	7	207	可代20CrNi做渗碳零件
20SiMnVB	120	100	10	45	7	207	可代18CrMnTi、20CrMnTi做高级渗碳零件

续表

钢 号	抗拉强度 σ_b (公斤/毫米 ²)	屈服极限 σ_s (公斤/毫米 ²)	伸长率 δ_5 (%)	收缩率 ψ (%)	冲击值 α_K (公斤·米/厘米 ²)	硬度 HB ≤	应用举例
45MnB	105	85	9	40	5	217	可代45Cr, 用作调质钢
40MnVB	100	80	10	45	6	207	可代40Cr、42CrMo、 40CrNi 制造重要调质件
35CrMnSiA	165	130	9	40	5	229	高强度钢, 用于高压、 高速下的叶片、轴等
20CrMnTi	110	85	10	45	7	217	重要齿轮材料, 供渗碳 处理用
20Cr	85	55	10	40	6	179	较重要渗碳零件, 活塞 销、凸轮、传动齿轮等
40Cr	100	80	9	45	6	207	较重要的调质材料, 用 于重要齿轮、轴、连杆螺 栓等

注 机械性能是用正火试样测定的, 不小于表中数值。

表 3-2-3 碳素工具钢、合金工具钢、高速钢的硬度和应用

类 别	钢 号	交货 硬度 HB	淬火 硬度 HRC	应用举例
碳素工具钢	T7、T7A	187	62	用来制造能承受冲击, 并在硬度适中的情况下有较大韧性的工具, 如凿子, 铁剪等
	T8、T8A	187	62	用来制造能承受震动和有足够韧性且有较高硬度的工具, 如简单冲模、木工工具等

续表

类别	钢号	交货 硬度 HB	淬火 硬度 HRC	应用举例
碳素工具钢	T10、T10A	197	62	用来制造不受剧烈震动而有锋利刃口的工具，如钻头、丝锥、板牙、手锯条等
	T12、T12A	207	62	用来制造不受震动、硬度很高的工具，如车刀、扩孔工具、刮刀、锉刀、丝锥等
合金工具钢	9Mn2V	229	62	制造冷作模具及各种变形小的量规、样板、丝锥、板牙、铰刀等
	9SiCr	241 ~ 197	60	制造板牙、丝锥、钻头、铰刀、齿轮刀具、冷冲模等
	Cr12MoV	255 ~ 207	58	制造断面较大、形状复杂、经受冲击的模具和工具，如冲孔模、拉丝模、量具等
	CrMn	241 ~ 197	61	用于变形小和耐磨性好的量具，如块规、螺纹塞规、环规等
	CrWMn	255 ~ 207	62	制造板牙、拉刀、量规、形状复杂、高精度的冲模
	3Cr2W8V	255 ~ 207	46	高压压力压模、热压模、热剪切刀等
	5CrNiMo	241 ~ 197	47	具有良好的淬透性，用来制造大中型锻模、压模等
高速钢	W18Cr4V	207 ~ 255	62以上	W18Cr4V钢的红硬性比W9Cr4V2稍高，W9Cr4V2钢的磨削性较差，所以磨削量较大的刀具最好用W18Cr4V造。用于钻头、铣刀、铰刀、扩孔钻、丝锥、板牙、拉刀、齿轮刀具等
	W9Cr4V2	207 ~ 255	62以上	

2. 钢的热处理

表 3-2-4 钢热处理的主要方式和目的

热处理 方式	目 的
退火	<p>完全退火：适用于含碳量0.83%以下的铸、锻、焊件。目的在于使晶粒细化，消除或减少组织的不均匀性，改善切削加工性(降低硬度)，提高塑性和韧性，消除内应力</p> <p>消除内应力退火：目的在于消除铸造和焊接过程中产生的内应力，防止零件在使用过程中变形</p>
正火	<p>正火是退火的一种变态，得到的晶粒比退火更细，增加了强度和韧性，减少内应力，改善低碳钢的切削性能。正火主要用于不再进行淬火或调质的结构零件</p>
淬火及回火	<p>整体淬火后低温回火：目的在于降低钢中的残余应力和脆性，而保持钢在淬火后得到的高硬度和耐磨性</p> <p>整体淬火后中温回火：目的在保持一定韧性的前提下，提高弹性和屈服点。主要用于受冲击的零件</p> <p>整体淬火后高温回火：又称调质，获得在塑性、韧性和强度方面都较好的综合机械性能。在结构件中，应用广泛</p> <p>表面淬火：使零件表面获得高硬度和耐磨性，而心部保持高塑性和韧性。根据加热方法的不同，又有火焰淬火和高频淬火等方法。高频淬火对原始组织要求细致均匀，故应先进行正火或调质处理。淬火的硬度比普通方法稍高</p>
氮化	<p>氮化按其目的不同，分强化氮化和抗蚀氮化。抗蚀氮化是为了提高零件表面的抗蚀性能；强化氮化是为了提高零件表面的硬度、耐磨性和疲劳强度，并具有一定的抗蚀能力</p>
渗碳	<p>目的是使低碳钢的表面含碳量增高到0.8~1.2%，经过适当的热处理后，表面层得到高硬度、高耐磨及高抗拉强度的性能，心部保持高塑性和韧性</p>

续表

热处理 方式	目 的
氰化	<p>氰化是同时向钢的表面渗碳和渗氮的过程。氰化处理不仅比渗碳处理有较高的硬度及耐磨性，而且兼有一定耐蚀和抗疲劳的能力，比渗碳或氮化所需时间短。氰化分低温法和高温法，低温氰化主要用于提高各种高速钢刀具寿命，因是在淬火回火后进行的，不再进行加工或热处理；高温氰化主要用于承受压力很大的中碳钢及合金钢的小型结构零件，也可用于低碳钢件代替渗碳，以改善机件机械性能</p>

表 3-2-5 几种常用钢的热处理工艺举例

钢 号	热 处 理		硬 度	
	方 式	工 艺	HB	HRC
15	正 火	900~940°C加热保温，出炉空冷	≤143	
	渗碳淬火	900~950°C渗碳，780~800°C水淬， 180~200°C回火	143~163 (心部)	56~62 (表面)
	渗碳高 频淬火	900~950°C渗碳，高频加热820~ 860°C水淬，180~200°C回火	≤148 (心部)	56~62 (表面)
	氰化淬火	830~850°C氰化，油淬，180~200°C 回火	143~163 (心部)	56~62 (表面)
35	正 火	860~880°C加热，空冷	≤187	
	淬 火	840~860°C加热、保温、水淬，380~ 420°C回火		35~40
45	正 火	840~860°C加热，保温，空冷	≤229	
	调 质	820~840°C加热、保温、水淬，550 ~580°C回火	220~250	

续表

钢号	热 处 理		硬 度	
	方 式	工 艺	HB	HRC
45	淬 火	820~840°C加热, 保温, 水淬。 350~370°C回火; 260~280°C回火		42~47 48~53
	油中淬火	830~850°C加热, 保温, 油淬, 160 ~180°C回火		30~40
	高频淬火	高频加热860~900°C, 水淬, 220~ 250°C回火		45~50
	调质高 频淬火	高频加热860~900°C, 水淬, 180~ 200°C回火		52~58
T8	退 火	750~770°C保温后冷至650~680°C等 温、随炉冷	≤187	
	淬 火	760~780°C保温后水淬、油冷, 160~ 180°C回火		58~63
T10	退 火	750~770°C保温后冷至680~700°C等 温、随炉冷	≤197	
	淬 火	810~830°C保温后水淬、油冷, 220 ~240°C回火		58~64
T12	退 火	750~770°C保温后冷至680~700°C等 温、随炉冷	≤207	
	淬 火	780~800°C保温后水淬、油冷, 160 ~180°C回火		61~64
W18Cr4V	退 火	870~880°C保温后随炉冷	207~255	
	淬 火	1260~1310°C保温, 分级淬火, 570°C 回火二~三次		63~66

3. 铸铁（钢）、有色金属及其合金的机械性能及应用

表 3-2-6 灰口铸铁的机械性能及应用

牌 号	抗拉强度 σ_b (公斤/毫米 ²)	抗弯强度 σ_{bb} (公斤/毫米 ²)	硬 度 HB	应 用 举 例
HT10-26	10	26	143~229	低强度、形状简单、不甚重要的零件
HT15-33	15	33	163~229	一般机床底座，及其他形状复杂的零件，如滑座、工作台等
HT20-40	20	40	170~241	汽缸、底架、机体、衬筒；一般机床身及中等压力的液压筒、液压泵和阀的壳体及模板等
HT25-47	25	47	170~241	联轴器、机体、齿轮箱外壳、齿轮、阀体、轴承座等；齿轮、凸轮、车床卡盘、剪床压力机的床身、金属切削机床中重负荷铸有导轨的床身、高压液压筒、液压泵和阀的壳体等
HT30-54	30	54	187~255	
HT35-61	35	61	197~269	
HT40-68	40	68	207~269	

注 HT后数字为 ϕ 30毫米试样所能达到的最低抗拉和抗弯强度。

表 3-2-7 球墨铸铁的机械性能及应用

牌 号	抗拉强度 σ_b (公斤/毫米 ²)	伸长率 δ_5 (%)	硬 度 HB	应 用 举 例
QT40-17	40	17	<197	较灰口铁强度高，塑性好，有效高塑性和韧性，可分别制造阀体、阀盖、拖拉机零件和其它农机具，制造轴承座、齿轮、齿条、液压油缸和轴类零件，如泵轴、凸轮轴、曲轴以及车轮类零件
QT42-10	42	10	<207	
QT60-2	60	2	229~302	
QT70-2	70	2	231~304	
QT80-2	80	2	241~321	

表 3-2-8

可锻铸铁的机械性能及应用

牌 号	抗拉强度 σ_b (公斤/毫米 ²)	伸长率 δ_5 (%)	硬 度 HB	应 用 举 例
KT30-6	30	6	120~160	各种机床附件, 如钩形扳手, 螺纹扳架等; 壳类零件, 如汽车后桥、转向壳体等要求强度、硬度、冲击韧性较高的零件; 农具、阀门和管路附件, 如自来水管接头等
KT33-8	33	8	120~163	
KT35-10	35	10	120~163	
KT37-12	37	12	120~163	
KTZ45-5	45	5	152~219	韧性低, 但强度大, 耐磨性好, 加工性能好, 可用来制造要求较高强度和耐磨性的重要零件, 如: 连杆、凸轮轴等
KTZ50-4	50	4	179~241	
KTZ60-3	60	3	201~269	
KTZ70-2	70	2	240~270	

注 数字为 $\phi 16$ 毫米试样的数值。

表 3-2-9

碳素铸钢的机械性能和应用

牌 号	屈服极限 σ_s (公斤/毫米 ²)	抗拉强度 σ_b (公斤/毫米 ²)	伸长率 δ_5 (%)	收缩率 ψ (%)	冲击值 α_K (公斤·米/厘米 ²)	应 用 举 例
ZG15	20	40	25	40	6.0	机座、箱体等需焊接性较好的零件
ZG25	24	45	20	32	4.5	机座、箱体、管路附件, 焊接性好
ZG35	28	50	16	25	3.5	锻压设备零件, 如横梁、工作缸等
ZG45	32	58	12	20	3.0	联轴器、齿轮圈及重负荷机架等
ZG55	35	65	10	18	2.0	起重设备中用齿轮及其他重要机件

表 3-2-10

铸造铜合金的机械性能及应用

种 类	代 号	铸 造 方 法	抗拉强度 σ_b (公斤/ 毫米 ²)	伸长率 δ_5 (%)	硬 度 HB	应 用 举 例
锡 青 铜	ZQSn	S	18	8	60	中速、中等载荷下工作的滑 动轴承、丝母、蜗轮、螺旋齿 轮、滑块等
	6-6-3	J	20	10	65	
	ZQSn	S	22	3	80	重载中速、高温及冲击载荷 下工作的轴承、丝母、蜗轮 等
	10-1	J	25	5	90	
铅 青 铜	ZQSn	S	15	6	60	高速下工作的主轴轴承、高 速高压下工作的丝母等
	12-8	J	20	3	65	
	ZQPb	S				高速、充分润滑下工作的主 轴的双金属轴承等
30	J	—	—	25		
铝 青 铜	ZQAl	S	45	10	110	重载低速下工作的蜗轮、摩 擦片等和滑块等
	10-3-1.5	J	50	20	120	
	ZQAl	S	40	10	100	重载低速下工作的滑动轴 承、蜗轮、摩擦片等
	9-4	J	50	12	110	
黄 铜	ZH62	S	30	30	60	一般结构零件
		J	30	30	70	
铜	ZHMn	S	25	10	70	剧烈磨损条件下工作的齿 轮、蜗轮、摩擦轮等
	58-2-2	J	35	18	80	

注 S——砂型铸造，J——金属型铸造。

表 3-2-11 铜及铜合金加工产品的工艺性能及应用

牌 号	热 加 工 温 度 (°C)	退火温度 (°C)	消除应力 温 度 (°C)	应 用 举 例
T ₂ , T ₃ , T ₄	800~950	500~700	—	油管、密封垫圈、铆钉、 垫片及导电零件
H62	650~850	600~700	270~300	管件、螺钉、螺母、销钉、 散热器、夹紧板及垫圈等
HPb59-1	640~780	600~650	285	销子、螺钉、螺母、垫圈、 衬套及各种结构件
QSn4-3	750	600	—	弹簧、簧片等弹性零件以 及耐磨和抗磁零件
QSn7-0.2	—	600~650	—	中速及中等载荷下承受摩 擦的零件，如轴承、蜗轮等 及弹性零件
QA19-4	750~850	700~750	—	轴承、齿 轮、 蜗 轮、 丝 母等要求强度高而耐磨的零 件
QBe2	760~800	—	—	弹簧、弹性零件和耐磨零 件等
QSi3-1	800~840	700~750	—	弹簧、弹性零件和在腐蚀 介质中工作的零件以及齿 轮、衬套等

表 3-2-12

铸造铝合金的机械性能及应用

分 类	代 号	铸造方法	热 处 理 状 态	抗拉 强度 σ_b (公斤/ 毫米 ²)	伸 长 率 δ_5 (%)	硬 度 HB	应 用 举 例
铝 硅 合 金	ZL102	SB JB		15	4	50	易于气焊, 切削性不好, 潮湿大气中耐蚀稳定性尚好。用于形状复杂、承受低负荷的零件, 如机床的罩壳、盖等及压铸件
		SB JB	T ₂	14	4	50	
		J		16	2	50	
		J	T ₂	15	3	50	
ZL104	S J		15	2	50	焊接性尚好, 切削性良好, 在潮湿中耐蚀性尚好。用于形状复杂、承受冲击载荷或高温静载荷的零件	
	J	T ₁	20	1.5	70		
	SB	T ₆	23	2	70		
	J	T ₆	24	2	70		
铝 铜 合 金	ZL202	SJ	T ₆	17	—	100	用于在常温下承受不大载荷的零件
	ZL203	S	T ₄	20	6	60	切削性能良好, 耐蚀性不高。用于制造承受大载荷而形状不复杂的零件
J		T ₄	21	6	60		
S		T ₆	22	3	70		
J		T ₆	23	3	70		
铝 镁	ZL301	S	T ₄	28	9	60	切削性和耐蚀性好。用于重载荷、耐蚀的零件
铝 锌	ZL401	S	T ₁	20	2	80	较脆、耐蚀性差, 是一种耐热合金。用于形状复杂的大型薄壁件, 在高温下长期工作的零件
		J	T ₁	25	1.5	90	

注 J——金属型; S——砂型; B——变质处理; T₁——人工时效; T₂——退火; T₃——退火部分时效; T₄——淬火; T₆——淬火和完全时效。合金代号中“ZL”为铸铝二字汉语拼音的第一个字母, 其后第一位数字为合金分组号, 第二、三位数字为顺序号。

表 3-2-13 铝及铝合金加工产品的特性和应用

牌 号	材料状态	主 要 特 性	应用范围
L4 L6	退火或冷作硬化	具有较高的耐蚀性,高的可塑性,导电性,导热,比重小,易于进行压力加工,焊接性良好,但机械强度低,切削加工性不良	用于不受力的零件及机床标牌等
LY11	淬火、自然时效、退火	硬度较高,在退火和热态下可塑性尚好,可进行热处理强化	用于中等强度的结构零件
LY12	淬火、自然时效、退火	退火和新淬火状态下塑性中等,焊接性好,耐蚀性中等	用于各种重载荷零件和构件。

表 3-2-14 铸造轴承合金(巴氏合金)

分 类	代 号	用 途
锡基轴承合金	ZChSnSb11-6	用于承受冲击载荷和 pv 值高达100(公斤力/厘米 ²)·(米/秒)的轴承。无冲击载荷时 pv 值可达150(公斤力/厘米 ²)·(米/秒)。熔点240°C
	ZChSnSb8-4	适用于一般大型机床的轴承及轴衬。熔点241°C
铅基轴承合金	ZChPbSb15-15-3	用于 pv 值低于60(公斤力/厘米 ²)·(米/秒)的轴承。熔点240°C
	ZChPbSb15-5	用于 pv 值低于40(公斤力/厘米 ²)·(米/秒)的轴承。熔点237°C
	ZChPbSb15-10	用于不承受冲击载荷的轴承,如果 $pv=60$ (公斤力/厘米 ²)·(米/秒),而 $v>3$ (米/秒)时,也可用于承受冲击载荷的轴承。熔点240°C

注 pv 为滑动轴承的一项综合性能指标, p 为载荷能力, v 为轴颈运转的线速度。

在轴瓦上浇铸巴氏合金时,应按如下步骤:清洗去污,酸蚀,在轴瓦表面镀一层铅-锡合金(锡30%,铅70%),熔化巴氏合金时为避免氧化,可在熔化了的合金上撒一层木炭,浇铸合金时,轴瓦最好预热。

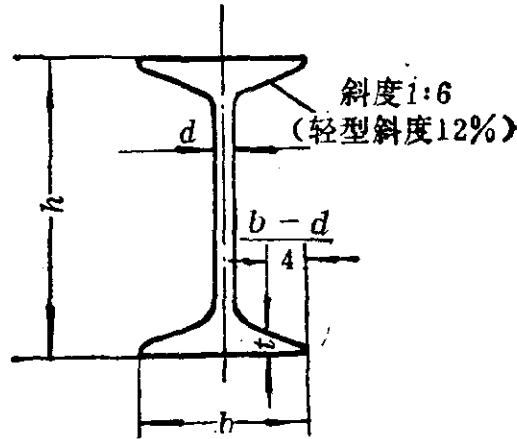
三、常用金属型材的主要规格

1. 工字钢、槽钢、角钢

表 3-3-1

工 字 钢 (热 轧)

(毫 米)

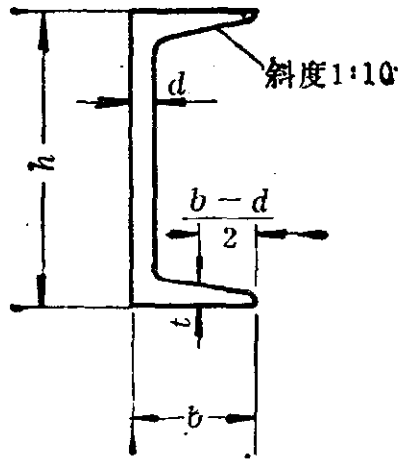


普通型(GB706-65)				轻型(YB163-63)			
型 号	h	b	d	型 号	h	b	d
10	100	68	4.5	10	100	55	4.5
12.6	126	74	5.0	12	120	64	4.8
14	140	80	5.5	14	140	73	4.9
16	160	88	6.0	16	160	81	5.0
18	180	94	6.5	18	180	90	5.1
20a	200	100	7.0	18a	180	100	5.1
20b	200	102	9.0	20	200	100	5.2
22a	220	110	7.5	20a	200	110	5.2
22b	220	112	9.5	22	220	110	5.4
25a	250	116	8.0	22a	220	120	5.4
25b	250	118	10.0	24	240	115	5.6
28a	280	122	8.5	24a	240	125	5.6
28b	280	124	10.5	27	270	125	6.0
32a	320	130	9.5	27a	270	135	6.0
32b	320	132	11.5	30	300	135	6.5
32c	320	134	13.5	30a	300	145	6.5
36a	360	136	10.0				
36b	360	138	12.0				
36c	360	140	14.0				

注 材料一般为A3、A3F。

表 3-3-2 热轧普通槽钢 (GB707-65)

(毫米)

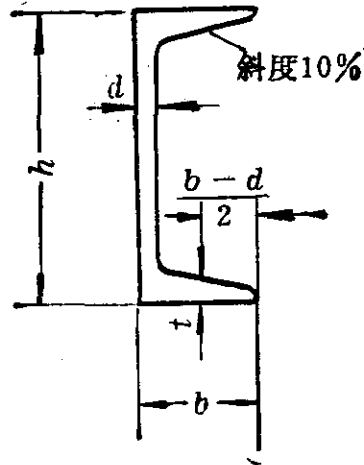


型 号	h	b	d	t	型 号	h	b	d	t
5	50	37	4.5	7.0	18a	180	68	7.0	10.5
6.3	63	40	4.8	7.5	18	180	70	9.0	10.5
8	80	43	5.0	8.0	20a	200	73	7.0	11.0
10	100	48	5.3	8.5	20	200	75	9.0	11.0
12.6	126	53	5.5	9.0	22a	220	77	7.0	11.5
14a	140	58	6.0	9.5	22	220	79	9.0	11.5
14b	140	60	8.0	9.5	25a	250	78	7	12
16a	160	63	6.5	10.0	25b	250	80	9	12
16	160	65	8.5	10.0	25c	250	82	11	12

注 材料一般为A3、A3F。

表 3-3-3 热轧轻型槽钢 (YB164-63)

(毫米)

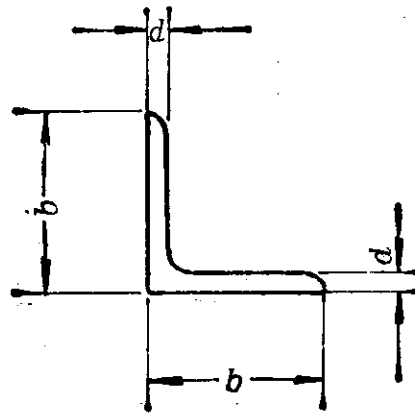


型 号	h	b	d	t	型 号	h	b	d	t
5	50	32	4.4	7.0	18	180	70	5.1	8.7
6.5	65	36	4.4	7.2	18a	180	74	5.1	9.3
8	80	40	4.5	7.4	20	200	76	5.2	9.0
10	100	46	4.5	7.6	20a	200	80	5.2	9.7
12	120	52	4.8	7.8	22	220	82	5.4	9.5
14	140	58	4.9	8.1	22a	220	87	5.4	10.2
14a	140	62	4.9	8.7	24	240	90	5.6	10.0
16	160	64	5.0	8.4	24a	240	95	5.6	10.7
16a	160	68	5.0	9.0					

注 材料一般为A3、A3F。

表 3-3-4 热扎等边角钢 (YB166-65)

(毫米)

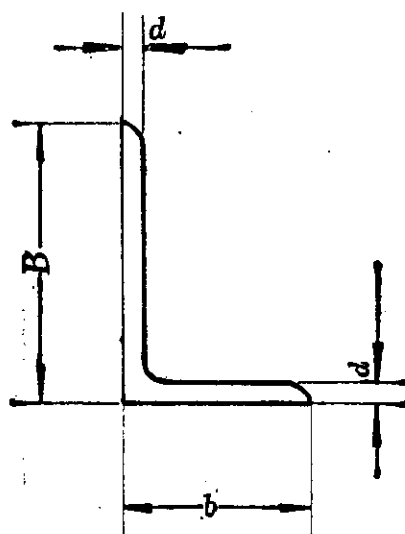


型号	2	2.5	3.0	3.6	4	4.5	5	5.6	6.3	7	(7.5)	8	9	10
b	20	25	30	36	40	45	50	56	63	70	75	80	90	100
d	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	5	5	6	8
	4	4	4	4	4	4	4	4	5	5	6	6	7	10
				5	5	5	5	5	6	6	7	7	8	12
						6	6	6	8	7	8	8	10	14
								10	8	10	10	12	16	

注 材料一般为A3、A3F。

表 3-3-5 热轧不等边角钢 (YB167-65)

(毫米)



号 数	2.5/ 1.6	3.2/ 2	4/ 2.5	4.5/ 2.8	5/ 3.2	5.6/ 3.6	6.3/ 4	7/ 4.5	(7.5 /5)	8/5	9/ 5.6	10/ 6.3	10/ 8
B	25	32	40	45	50	56	63	70	75	80	90	100	100
b	16	20	25	28	32	36	40	45	50	50	56	63	80
d	3	3	3	3	3	3	4	4	5	5	5	6	6
	4	4	4	4	4	4	5	5	6	6	6	7	7
						5	6	6	8	7	7	8	8
							7	7		8	8	10	10

注 材料一般为A3、A3F。

2. 钢板和钢带

表 3-3-6

轧制薄钢板 (GB708-65)

(毫米)

类别	厚度	宽度													
		500	600	710	750	800	850	900	950	1000	1100	1250	1400	1500	
热轧	0.35 0.40 0.45	1200	1000		1000	1500		1500	1500						
	0.50 0.55 0.60	1000	1500	1000	1500	1500	1500	1500	1500	1500					
	0.70 0.75	1500	1800	1420	1800	1600	1700	1800	1900	1500	1500				
冷轧	0.80 0.90	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000
	1.00 1.10 1.20	1000	1200	1420	1800	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500
	1.25 1.40 1.50	1500	1400	1420	1800	1600	1700	1800	1900	2000	2000	2000	2000	2000	2000
钢板	1.60 1.80	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000
	1.00 1.10 1.20	1000	1200	1000	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500
	1.25 1.40 1.50	1500	1400	1420	1800	1600	1700	1800	1900	2000	2000	2000	2000	2000	2000

类别	厚度		宽度											
	500	600	710	750	800	850	900	950	1000	1100	1250	1400	1500	
热轧钢板	2.00	2.20	2.50											
	2.80	500	600	1000	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500
		1000	1200	1420	1800	1600	1700	1800	1900	2000	2000	2000	2000	2000
		1500	1500	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000
冷轧钢板	0.20	0.25	0.30											
	0.40	1000	1800	1800	1800	1800	1800	1800	1500	1500	1500	1500	1500	
		1500	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	

冷 轧 钢 板	0.50 0.55 0.60	1000	1200	1420	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500					
		1500	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	1500			
		1800	1800	1800	1800	1800	1800	1800	1800	1800	1800	1800	1800	1800	1800	1800	1500			
	0.70 0.75	1000	1200	1420	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500			
		1500	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000			
		1800	1800	1800	1800	1800	1800	1800	1800	1800	1800	1800	1800	1800	1800	1800	1500			
	0.80 0.90	1000	1200	1420	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500			
		1500	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000			
		1800	1800	1800	1800	1800	1800	1800	1800	1800	1800	1800	1800	1800	1800	1800	1500	2000	2000	2500
	1.00 1.10 1.20	1000	1200	1420	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500			
		1500	1800	1800	1800	1800	1800	1800	1800	1800	1800	1800	1800	1800	1800	1800	1800			
		2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2500	2800
1.40 1.50 1.60	1500	1800	1800	1800	1800	1800	1800	1800	1800	1800	1800	1800	1800	1800	1800	1800				
	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000				
	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000				
1.80 2.00	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000				
	2800	2800	2800	2800	2800	2800	2800	2800	2800	2800	2800	2800	2800	2800	2800	2800				
	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500				
2.20 2.50 2.80	500	600																		
	1000	1200	1420	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500					
	1500	1800	1800	1800	1800	1800	1800	1800	1800	1800	1800	1800	1800	1800	1800					
3.00 3.20 3.50	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000				
	2800	2800	2800	2800	2800	2800	2800	2800	2800	2800	2800	2800	2800	2800	2800	2000				
	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500	2000				
3.80 4.00	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000				
	2800	2800	2800	2800	2800	2800	2800	2800	2800	2800	2800	2800	2800	2800	2800	2000				
	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500	2000				

注 轧制薄钢板材料有A3、16Mn、08、15、20、35、45。

表 3-3-7

镀锌薄钢板 (YB180-63)

(毫米)

钢 板 厚 度		长度和宽度范围	
0.25	0.27 0.30 0.35 0.40 0.45 0.50	400 × 800 ~ 1000 × 2000	
0.55		510 × 710 ~ 1000 × 2000	
0.60	0.65 0.70 0.75 0.80 0.90	530 × 760 ~ 1000 × 2000	
1.0	1.1 1.2 1.3 1.4 1.5 1.6	710 × 1420 ~ 1000 × 2000	
1.8	2.0		
长度 × 宽度	400 × 800 510 × 710 530 × 760 710 × 1420 750 × 750		
	750 × 1500 750 × 1800 800 × 800 800 × 1200 800 × 1600		
系 列	850 × 1700 900 × 900 900 × 1800 900 × 2000 1000 × 2000		

注 一般用材料有A2、A3、B2、B3、BJ2、BJ3。

表 3-3-8

钢 带

(毫米)

类 别	厚 度	宽度范围	宽 度 系 例
普通碳素冷轧钢带 (GB716-65)	0.05 0.06 0.08 0.10	5~100	5 10 15 20 25
	0.15 0.20 0.25 0.30 0.35 0.40 0.45 0.50 0.55	10~200	30 35 40 45 50
	0.60 0.65 0.70 0.75 0.80 0.85 0.90 0.95 1.00		55 60 65 70 75
	1.05 1.10 1.15 1.20 1.25 1.30 1.35 1.40 1.45		80 85 90 95 100
	1.50	35~200	105 110 115 120 125
	1.60 1.70 1.80 1.90 2.00 2.10 2.20 2.30 2.40	50~200	130 135 140 145 150
	2.50 2.60 2.70 2.80 2.90 3.00		160 170 180 190 200
	0.10 0.12 0.15 0.18 0.20	4~100	4 5 6 8 10
	0.22 0.25 0.28 0.30 0.35 0.40 0.45 0.50 0.55	10~150	12 14 15 16 18
	0.60 0.65 0.70		20 22 24 25 26
0.75 0.80 0.85 0.90 0.95 1.00	10~200	28 30 32 34 35	

碳素结构钢、
弹簧钢、工具
钢冷轧钢带
(YB208-63)

类别	厚 度	宽度范围	宽 度 系 例
碳素结构钢、 弹簧钢、工具 钢冷轧钢带 (YB208-63)	1.05 1.10 1.15 1.20 1.25 1.30 1.35 1.40 1.45		36 38 40 45 50
	1.50 1.55 1.60 1.65 1.70 1.75 1.80 1.85 1.90		55 60 65 70 75
	1.95 2.0 2.1 2.2 2.3 2.4 2.5 2.6 2.7	18~200	80 85 90 100 110
	2.8 2.9 3.0		120 130 140 150 160 170 180 200
热处理弹簧钢带 (YB531-65)	0.08	3~20	1.5 1.6 1.8 2 2.2
	0.10 0.11 0.14 0.15 0.16 0.18	3~40	2.5 2.8 3 3.6 4
	0.20 0.22 0.23 0.25 0.26 0.30 0.32 0.36 0.40	1.5~100	4.5 5 5.5 6 7
	0.45 0.50		8 9 10 11 12
	0.55	2~100	14 15 16 18 20
	0.60 0.65 0.70 0.80 0.90 1.00 1.10 1.20 1.40 1.50	2.5~100	22 25 28 30 32 36 40 45 50 55 60 70 80 90 100

3. 钢管

表 3-3-9 热轧无缝钢管 (YB231-70) (毫米)

外径	壁厚	外径	壁厚	外径	壁厚	外径	壁厚	外径	壁厚	外径	壁厚						
32	2.5~8	63.5	3~14	102	3.5~22	152	4.5~25	273	8~25								
38	2.5~8	68	3~16	108	4~25	159	4.5~25	299	8~25								
42	2.5~10	70	3~16	114	4~25	168	5~25	325	8~25								
45	2.5~10	73	3~18	121	4~25	180	5~25	351									
50	2.5~10	76	3~18	127	4~25	194	5~25										
54	3~10	83	3.5~18	133	4~25	203	6~25										
57	3~12	89	3.5~22	140	4.5~25	219	6~25										
60	3~14	95	3.5~22	146	4.5~25	245	8~25										
壁厚系列		2.5	3	3.5	4	4.5	5	6	8	10	12	14	16	18	20	22	25

注 常用材料有10、20、45；长度为3~12.5米。

表 3-3-10 冷 轧 无 缝 钢 管 (Y B 2 3 1 - 7 0) (毫 米)

外 径	壁 厚	外 径	壁 厚	外 径	壁 厚	外 径	壁 厚	外 径	壁 厚	外 径	壁 厚	外 径	壁 厚				
5	0.3~1.5	22	0.5~6	40	0.5~8	70	1~12	120	1.5~12								
8	0.3~2.5	25	0.5~6	42	1~8	75	1~12	130	2.5~12								
10	0.3~3.5	28	0.5~6	45	1~10	80	1.5~12	140	3~12								
12	0.3~4	30	0.5~8	48	1~10	85	1.5~12	150	3~12								
14	0.3~4	32	0.5~8	50	1~12	90	1.5~12										
16	0.3~5	34	0.5~8	56	1~12	95	1.5~12										
18	0.3~5	36	0.5~8	60	1~12	100	1.5~12										
20	0.3~6	38	0.5~8	65	1~12	110	1.5~12										
壁 厚 系 列		0.30	0.50	0.80	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	6.0	8.0	10	12

注 常 用 材 料 有 10、20、45，长 度 1.5~9 米。

表 3-3-11

水、煤气输送钢管 (YB234-63)

公称直径 (毫米)	公称直径 (英寸)	外径 (毫米)	普通 壁厚 (毫米)	加厚 壁厚 (毫米)	公称直径		外径 (毫米)	普通 壁厚 (毫米)	加厚 壁厚 (毫米)	公称直径		外径 (毫米)	普通 壁厚 (毫米)	加厚 壁厚 (毫米)
					(毫米)	(英寸)				(毫米)	(英寸)			
6	1/8	10	2	2.5	25	1	33.5	3.25	4	80	3	88.5	4	4.75
8	1/4	13.5	2.25	2.75	32	1 1/4	42.25	3.25	4	100	4	114	4	5
10	3/8	17	2.25	2.75	40	1 1/2	48	3.5	4.25	125	5	140	4.5	5.5
15	1/2	21.25	2.75	3.25	50	2	60	3.5	4.5	150	6	165	4.5	5.5
20	3/4	26.75	2.75	3.5	70	2 1/2	75.5	3.75	4.5					

注 钢管用易焊接的软钢制造，无螺旋纹的黑管长 4~12 米，带螺旋纹的黑管和镀锌管长 4~9 米；普通管应能承受 20 公斤力/厘米² 的水压试验，加厚管应能承受 30 公斤力/厘米² 的水压试验。

表 3-3-12

电 焊 钢 管 (YB242-63)

(毫米)

外 径	壁 厚	外 径	壁 厚	外 径	壁 厚	外 径	壁 厚	外 径	壁 厚	外 径	壁 厚					
(5)	0.5~1.0	16	0.6~1.6	(26)	1.0~2.5	(36)	1.2~2.5	(48)	1.4~3.5							
(8)	0.5~1.2	18	0.6~2.0	28	1.0~2.5	38	1.2~2.5	51	1.4~3.5							
10	0.5~1.2	20	0.6~2.0	30	1.0~2.5	40	1.4~2.5	(54)	1.4~3.5							
12	0.5~1.6	22	1.0~2.0	32	1.2~2.5	42	1.4~2.5	60	1.4~3.5							
(14)	0.6~1.6	24	1.0~2.5	(34)	1.2~2.5	45	1.4~3.0	63.5	1.4~3.5							
壁 厚 系 列																
	0.5	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4	1.5	1.6	1.8	2.0	2.2	2.5	2.8	3.0	3.2	3.5

注 材 料 为 A3、10、20 号 钢 等；带 括 号 的 系 冷 拔 钢 管，其 余 系 冷 拔 或 不 冷 拔 的 钢 管；长 度 为 2~10 米。

4. 圆钢、方钢、六角钢和钢丝

表 3-3-13

热轧和冷拉圆钢、方钢、六角钢

(毫米)

直径或内切圆直径系列

类别	10	12	14	15	16	18	20	22	24	25	26	28	30	32	34	35	36	38
热 轧 (GB702-72) (GB705-65)	40	42	45	48	50	52	55	56	58	60	65	70	75	80	85	90	95	100
冷 拉 (GB905-66) (GB906-66) (LB907-66)	3.0	3.2	3.4	3.5	3.8	4.0	4.2	4.5	4.8	5.0	5.3	5.5	5.6	6.0	6.3	6.7	7.0	7.5
	8.0	8.5	9.0	9.5	10.0	10.5	11.0	11.5	12.0	13.0	14.0	15.0	16.0	17.0	18.0	19.0	20.0	21.0
	22.0	24.0	25.0	26.0	28.0	30.0	32.0	34.0	35.0	36.0	38.0	40.0	42.0	45.0	48.0	50.0	53.0	55.0
	56.0	60.0	63.0	65.0	67.0	70.0	75.0	80.0										

注 热轧圆钢和方钢标准中尚有5、5.5、6、6.5、7、8、9、11、13、17、19、21、27、29、31、33、63、68毫米规格，六角钢标准中尚有8、9、11、13、17、19、21、23、27、53、63、68毫米的规格。

表 3-3-14

钢 丝

(毫米)

类 别	直 径	说 明		
碳素弹簧钢丝 I、II、II _c 、III组 (YB248-64)	0.14 0.15 0.16 0.18 0.20 0.22	适用于制造在冷态下缠线成形而不经淬火 (只经回火)的弹簧		
	0.25 0.28 0.30 0.32 0.36 0.40			
	0.45 0.50 0.56 0.60 0.63 0.70			
	0.75 0.80 0.85 0.90 1.00 1.10			
	1.20 1.30 1.40 1.50 1.60 1.70			
	1.80 2.00 2.20 2.50 2.80 3.00			
	3.20 3.40 3.60 4.00 4.50 5.00			
	5.60 6.00			
	重要用途弹簧钢丝 (YB550-65)		1.00 1.10 1.20 1.40 1.60 1.80	适用于制造具有重要用途且不经热处理或 仅经低温回火的弹簧, 材料为65Mn
			2.00 2.20 2.50 2.80 3.00 3.20	
3.40 3.50 3.80 4.00 4.20 4.50				
4.80 5.00 5.30 5.50 6.00				

续表

类别	直径	说明
镀锌低碳钢丝 (YB544-65)	0.20 0.22 0.25 0.28 0.30 0.35 相当BWG线规号 33 32 31 30 29 28	一般用于捆绑、牵拉、编织等，常用材料为B1F~B3F，钢丝的抗拉强度为30~50公斤/毫米；
	0.40 0.45 0.50 0.55 0.60 0.70 相当BWG线规号 27 26 25 24 23 22	
	0.80 0.90 1.00 1.20 1.40 1.60 相当BWG线规号 21 20 19 18 17 16	
	1.80 2.00 2.20 2.50 2.80 3.00 相当BWG线规号 15 14 13 12 11 10	
	3.50 4.00 4.50 5.00 5.50 6.00 相当BWG线规号 9 8 7 6 5 4	

5. 铜及铜合金型材

表 3-3-15

冷轧铜及铜合金板 (带)

(毫米)

类别	材料牌号	供应状态	厚度范围	宽度或长度	常用厚度
纯铜	T2			600×1200	0.4 0.5 0.8
	T3	M Y	0.4~10.0	700×1430 800×1500 1000×2000	1.0 1.2 1.5 1.8 2.0 2.5 3.0 3.5 4.0
黄铜	H59~H96	M Y T Y2			1.5 1.8 2.0
	HMn58-2	M Y2	0.2~10.0	宽度≥200~800	2.5 3.0 3.5
	HPb59-1	M Y			4.0 4.5 5.0
锡青铜	QSn6.5-0.1			宽度150~400	1.5 1.8 2.0
	QSn6.5-0.4				2.5 3.0 3.5
	QSn7-0.2	M Y T	0.2~10.0	长度≥500	4.0 4.5 5.0
	QSn4-3				

板

板	硅青铜	QSi3-1	M Y T	0.4~12.0	宽度100~1000 长度 \geq 500	1.2 1.5 1.8 2.0 2.5 3.0 3.5 4.0 4.5
带	纯铜	T2	M Y	0.05~1.50	宽度18~300 长度 \geq 7000~20000	0.05 0.10 0.15
		T3				0.20 0.25 0.30
						0.35 0.40 0.45
						0.50 0.60 0.70
						0.80 0.90 1.00
						1.10 1.20 1.30
						1.40 1.50
	黄铜	H59~H96 HPb59-1 HSn62-1	T Y Y2 M Y Y2 M Y Y2 M	0.05~1.50	宽度20~300 长度 \geq 7000~20000	0.10 0.15 0.20 0.30 0.40 0.50 0.60 0.80 1.00 1.10 1.20 1.50

类别	材料牌号	供应状态	厚度范围	宽度或长度	常用厚度
带	QSn6.5-0.1 QSn6.5-0.4 QSn7-0.2 QSn4-3 锡青铜	M Y T	0.05~1.50	宽度40~400 长度 \geq 2000~3000	0.10 0.15 0.20 0.30 0.40 0.50 0.60 0.80 1.00 1.10 1.20 1.50
	QSi3-1 硅青铜	M Y T	0.05~1.20	宽度40~300 长度 \geq 2000	0.10 0.15 0.20 0.30 0.40 0.50 0.60 0.80 1.00 1.10 1.20
	QBe2 铍青铜	C CY	0.05~1.00	宽度 \geq 30~300 长度 \geq 500~1500	0.05 0.10 0.15 0.20 0.25 0.30 0.35 0.40 0.45 0.50 0.60 0.70 0.80 0.90 1.00

注 根据YB464-64、YB459-64、YB460-71、YB461-71、YB557-70、YB552-75。

表 3-3-16

铜及铜合金管、棒、线材

类别	牌 号	材料状态	常 用 规 格				长 度 (米)
			直 径 或 壁 厚 (毫米)				
管	纯 铜 (YB447-70)	M Y	外 径	3	4	5	纯铜1~6
			壁 厚	0.5	0.5	0.5 1	
			外 径	6	8	10	
			壁 厚	0.5 1 1.5	0.5 1 2	0.5 1 1.5 2	
			外 径	12	16	18	
	黄 铜 (YB448-71)	M Y2	壁 厚	1 1.5 2	1 1.5 2 2.5	1.5 2 3	黄铜1~7
			外 径	20	22	25	
			壁 厚	1.5 2 3	2 3 4	2 2.5 3 4	
棒	纯 铜 (YB456-71)	M Y	直 径 或 内 切 圆		5 6 8 10 12	0.5~5	
			直 径		14 16 18 20 22		
	黄 铜 (YB457-71)	M	直 径		25 28 30 32 35		
			直 径		40 45 50 55 60		
			直 径		70 80 90 100 110		
					120		

续表

类别	牌号	材料状态	常用规格			长度 (米)	
			直径	或壁厚	(毫米)		
黄铜 (YB452-64)	H62 H68 HPb59-1	M Y2 Y	0.10	0.15	0.20	0.25	0.32
			0.36	0.40	0.45	0.50	0.60
			0.70	0.80	0.90	1.00	1.20
			1.50	2.00	2.50	3.00	3.50
			4.00	4.50	5.00	6.00	
锡青铜 (YB454-64)	QSn4-3 QSn7-0.2	Y	0.10	0.16	0.20	0.25	0.30
			0.35	0.40	0.45	0.50	0.55
			0.60	0.65	0.70	0.75	0.80
			0.90	1.00	1.20	1.50	2.00
			2.50	3.00	3.50	4.00	4.50
	5.00	5.50	6.00				

线

硅青钢 (YB453-64)	QSi3-1	Y	直径	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30
				0.35	0.40	0.45	0.50	0.55
				0.60	0.65	0.70	0.75	0.80
				0.85	0.90	0.95	1.00	1.20
				1.50	2.00	2.50	3.00	3.50
				4.00	5.00	6.00		
铍青钢 (YB565-65)	QBe2	M Y2 Y	直径	0.05	0.10	0.15	0.20	0.25
				0.30	0.35	0.40	0.50	0.55
				0.60	0.65	0.70	0.75	0.80
				0.90	1.00	1.20	1.50	2.00
				2.50	3.00	3.50	4.00	4.50
				5.00	6.00			

线

6. 铅、铝及铝合金型材

表 3-3-17 铅板、铝及铝合金板 (毫米)

类别	牌 号	规 格					
		厚 度	宽 度			长 度	
铅 板 (YB489-64)	Pb2 Pb3	1.0 1.5 2.0 2.5 3.0 3.5 4.0 4.5	1000~			1000~	
	Pb4 Pb5						
	Pb6	5.0 6.0 7.0 8.0 9.0 10.0 12.0 15.0	2500			13000	
铝 板 (YB605-66)	L1~L6	0.3 0.4 0.5 0.6 0.7 0.8 0.9 1.0	1000			2000~	
	LF2 LF21	1.2 1.5 1.8 2.0 2.3 2.5 2.8 3.0	1200			4000	
	LY11 LY12	3.5 4.0 5.0 6.0 7.0 8.0 9.0 10.0	1500				

四、常用非金属材料规格

1. 橡胶及其制品

表 3-4-1

工业用橡胶板 (HG4-400-66)

(毫米)

品 种	代 号	厚 度	宽 度	适 用 范 围
普 通 橡 胶 板	1120	0.5	500~1000	较高硬度, 物理机械性能较低, 可在低压力、温度为-30~+60°C的空气中工作
	1125	1.5		
	1130	2.5		较高硬度, 物理机械性能一般, 可在压力不大、温度为-30~+60°C的空气中工作
		4		
	1140	6		中等硬度, 物理机械性能较好, 可在压力不大、温度为-30~+60°C的空气中工作
		10		
	1250	14		中等硬度, 并具有较好的耐磨和弹性, 能在较高压力下、温度为-35~+60°C的空气中工作
		18		
		22		
		25		
1260	22	低硬度, 并具有高弹性, 能在较高压力下、温度为-35~+60°C的空气中工作		
	30			

续表

品 种	代 号	厚 度	宽 度	适 用 范 围
耐 酸 碱 橡 胶 板	2030	50		较高硬度,具有耐酸碱性能,在温度为 $-30\sim+60^{\circ}\text{C}$ 之间20%的酸碱液体介质中工作
	2040			中等硬度,其他性能同2030
耐 油 橡 胶 板	3001		500~1000	较高硬度,并且有较好的耐溶剂介质膨胀性能,可在温度为 $-30\sim+100^{\circ}\text{C}$ 的机油、变压器油、汽油等介质中工作
	3002			较高硬度,并具有较好的耐溶剂介质膨胀性能,可在温度为 $-30\sim+80^{\circ}\text{C}$ 的机油、润滑油、汽油等介质中工作
耐 热 橡 胶 板	4001			较高硬度,并具有耐热性能,可在温度为 $-30\sim+100^{\circ}\text{C}$ 之间,压力不大的条件下,于蒸汽、热空气介质中工作
	4002			中等硬度,其他性能同4001

表 3-4-2 钢丝编织胶管 (HG4-406-75)

代 号 内径(毫米)-工作压力 ($\frac{\text{公斤力}}{\text{厘米}^2}$)	外 径 (毫米)	外层钢 丝外径 (毫米)	代 号		外 径 (毫米)	外层钢 丝外径 (毫米)	代 号		外 径 (毫米)	外层钢 丝外径 (毫米)
			内径(毫米)-工作压力 ($\frac{\text{公斤力}}{\text{厘米}^2}$)	外 径 (毫米)			内径(毫米)-工作压力 ($\frac{\text{公斤力}}{\text{厘米}^2}$)	外 径 (毫米)		
一 层 钢 丝 编 织										
4-200	13	10	6-280	17	13.5	4-400	19	15	19	15
6-180	15	12	8-250	19	15.5	8-330	21	17	21	17
8-170	17	14	10-230	21	17.5	10-280	23	19	23	19
10-150	19	16	13-220	25	21.5	13-250	27	23	27	23
13-140	23	20	16-170	28	24.5	16-210	30	26	30	26
16-110	26	23	19-150	31	27.5	19-180	33	29	33	29
19-100	29	26	22-130	34	30.5	22-160	36	32	36	32
22-90	32	29	25-110	37.5	33.5	25-140	39	35	39	35
25-80	36	32	32-90	45	41	32-110	47	42.5	47	42.5
32-60	43.5	39.5	38-80	51	47	38-100	53	48.5	53	48.5
38-50	49.5	45.5	45-80	58	54	45-90	60	55.5	60	55.5
			51-60	64	60	51-80	66	61.5	66	61.5
二 层 钢 丝 编 织										
三 层 钢 丝 编 织										

注 适用于输送具有一定压力的液压油、润滑油、燃料油、空气和水，输送介质的温度范围分别为油——-30~+80°C，空气——-30~+50°C，水——+80°C以下。

夹布胶管

表 3-4-3

种类	内径 (毫米)	夹布层数											使用温度 (°C)			
		13	16	19	22	25	32	38	45	51	64	76				
输水胶管 (GB1187-74)	3	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	<40
	5	2	2	2	2	2	2	3	3	4	4	4	3			
	7	2	2	3	3	3	3	4	4	5	6	5				
空气胶管 (GB1186-74)	6	2	3	3	3	3	4	3	3	3	4	3	4	5	5	-15~+40
	8	3	4	3	4	4	5	4	5	5	5	5	7	8		
	10	4	5	4	5	5	7	5	6	6	7					
输油胶管 (HG4-761-74)	5; 7; 10 (内径13~25)												-15~+40			
	3; 5; 7 (内径32~76)															

2. 塑料制品

表 3-4-4 塑料制品 (板、管) (毫米)

种类	规格										说明	
硬聚氯乙烯板 (SG86-76)	厚度	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5		可作耐腐蚀结构材料用	
	宽度×长度	≥700×1600										
	厚度	6.0	6.5	7.0	7.5	8.0	8.5	10.0				
	宽度×长度	≥700×1600										
工业有机玻璃 (HG2-343-76)	厚度	1.0	1.5	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0		用于透明零件, 油窗、镜片、标牌等	
	宽度×长度	900×1000		1000×1300								
	厚度	8.0	9.0	10.0	12.0	14.0	15.0	16.0	18.0			
	宽度×长度	1000×1300			900×1300							
	厚度	20.0 25.0										
	宽度×长度	900×1300										

续表

种类	规格										说明	
硬聚氯乙烯管 (SG78-75)	外径		10	12	16	20	25	32	40	50	主要用于输送某些腐蚀性液体及气体，在常温下使用压力： 轻型——6.0公斤力/厘米 ² 重型——10公斤力/厘米 ²	
		壁厚		1.5	1.5	2.0	2.0	2.5	2.5	3.0		3.5
	壁厚	轻型		1.5	1.5	2.0	2.0	2.5	2.5	3.0		3.5
		重型		1.5	1.5	2.0	2.0	2.5	2.5	3.0		3.5
	壁厚	外径		63	75	90	110	125	140	160		
		壁厚	轻型	2.5	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0		5.0
聚氯乙烯管 (SG80-75)	壁厚	外径	5	6	8	10	12	16	20	25	用于输送某些液体、气体；在常温下使用压力：4公斤力/厘米 ²	
		壁厚	0.5	0.5	1.0	1.0	1.5	2.0	2.0	2.0		
	壁厚	外径	32	40	50	63						
		壁厚	2.5	3.0	4.0	5.0						

3. 其它非金属制品

表 3-4-5 石 棉 棉 板 (毫米)

名称及牌号	规格			用途	
	厚 度	宽 度	长 度		
衬垫石棉板 (JG69-64)	1.6	500	900	用于联接件上的密封垫片	
橡胶石棉板	XB450 (JC125-66)	0.5 1.0 1.5 2.0 2.5 3.0	500	500	用于密封温度450°C及压力60公斤力/厘米 ² 以上的水、饱和蒸汽、过热蒸汽、空气、煤气、氨、碱液及其他惰性气体等
		0.8 1.0 1.5	620	620	
	2.0 2.5 3.0	1260	1000		
	3.5 4.0 4.5	1500	1260		
XB200 (JC125-66)	5.0 5.5 6.0	1500	4000		
耐油橡胶石棉板 (GB539-65)	0.4 0.5 0.6 0.8	550	550	供作航空发动机的煤油、润滑油及冷气系统结合处的密封衬垫材料	
	1.0 1.2 1.5 2.0	1100	1100		
	2.5 3.0				

(毫米)

表 3-4-6 平 面 毡 (FJ314-66)

类 型	牌 号	常用厚度	用 途
细毛毡	112-44 112-41 112-39 112-36 112-32	2 3	油封、衬垫、冲刷零件
	112-30	4 6	过滤、衬垫、冲刷零件
	112-25	8 10	过滤、衬垫
半粗毛毡	122-38 122-36 122-34 222-36 222-34	12 14	油封、衬垫、冲刷零件
	122-30 122-24	16 18	过滤、衬垫、隔热
	132-36 132-32	20	油封、衬垫、冲刷零件
粗毛毡	132-24		过滤、衬垫
	132-23		衬垫、隔热
	232-36		油封、衬垫

注 牌号中第一位数字代表颜色：1—白色；2—灰色。第二位数字代表原料。第三位数字代表制成零件的形状。第四、五位数字代表密度，例如44即0.44克/厘米³。

(毫米)

纸 板

表 3-4-7

品 种	厚 度	用 途
软钢纸板 (QB365-63)	0.5 0.8 1.0 1.5 2.0 2.5 3.0	用作密封连接处的垫片
硬钢纸板 (QB364-63)	0.5 0.8 1.0 1.5 2.0 2.5 3.0 4.0 5.0 6.0	用于机械、电器、仪表等部件 中或用作绝缘材料
衬垫纸板 (未浸渍)	0.3 0.5 0.8 1.0 1.5 2.0 2.5	用作机床箱盖、法兰盘等其他连 接件的密封垫片
衬垫纸板 (浸渍的)	0.3 0.5 0.8 1.0 1.5	适用于与汽油、油箱接触的机器 部位上作密封衬垫
青壳纸	0.1 0.12 0.15 0.18 0.20 0.25 0.30 0.40	主要用作电气装置的绝缘材料

五、常用润滑油和润滑脂

表 3-5-1 常用润滑油和润滑脂

名 称	代 号	主 要 用 途
高速机械油	HJ-5	用于每分钟超过8000转的高速低负荷机床润滑
	HJ-7	用于每分钟5000~8000转的高速轻负荷机床润滑
机 械 油	HJ-10	主要用于1500~5000转/分的轻负荷机械, 络经机 主要用于中小型电机和机床液压系统
	HJ-20	
	HJ-30	
	HJ-40	主要用于一般机床齿轮变速箱, 中小型机床导轨
	HJ-50	主要用于大型机床, 大型刨床
	HJ-70	主要用于低速重负荷的纺织机械及重型机床、 锻压、铸造设备上
	HJ-90	
钙基润滑脂	ZG-1	适用于低温(<55°C)的轻负荷轴承, 低温地区 小型机械
	ZG-2	适用于中小型滚动轴承和温度不高于55°C的轻 负荷、高速机械摩擦部件的润滑
	ZG-3	适用于温度在60°C以下的中等负荷、中转速的 机械摩擦部件
	ZG-4	适用于汽车、水泵轴承, 纺织机及其他在60°C 以下重负荷、低速的轴承
	ZG-5	同上, 但适于较高温度(65°C以下)的情况
钠基润滑脂	ZN-2	用于温度不高于110°C, 不与水或湿气接触的 农业、工业机械设备的摩擦副润滑
	ZN-3	
	ZN-4	同上, 温度不超过135°C的重负荷机械设备
锂基润滑脂	ZL45-2	用于工作温度范围较大的滚珠轴承的润滑

注 还有很多种适应各种不同情况下使用的专用润滑油、润滑脂, 选用时可查有关手册。

第四章 钳 工 工 作

一、划 线

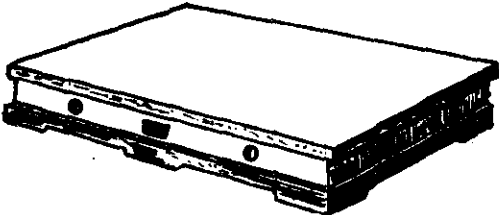
划线的目的在于：按照图纸或实物尺寸，准确地在零件表面上划出待加工部分的位置和界限；检查毛坯是否符合要求，合理的分配加工余量，为机械加工提供参考依据。

划线技术不仅广泛的应用于单件或小批量生产中，而且也在某些零件的大批量生产的工艺过程中被采用。

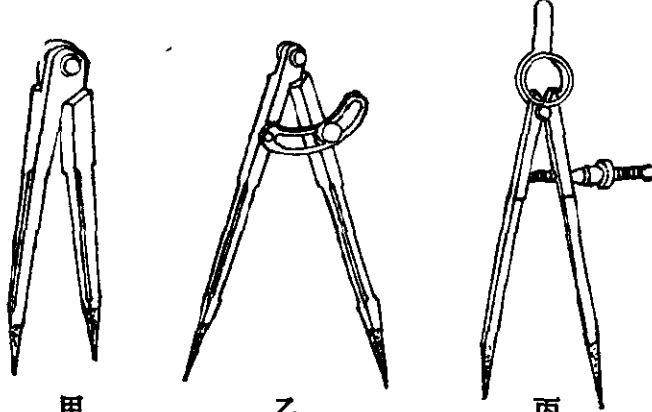
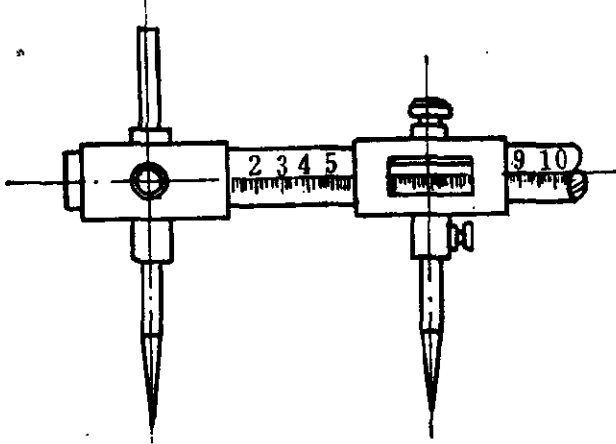
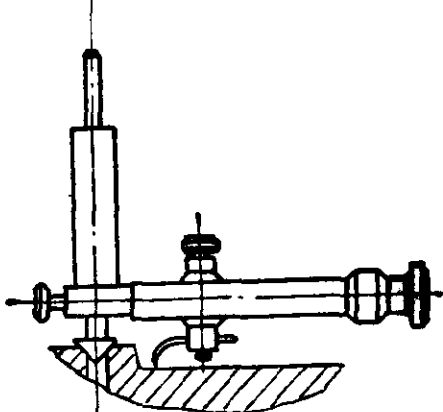
划线前应做好准备工作，包括清理零件的冒口、型砂、氧化皮、飞边、毛刺和污物，熟悉图纸和工艺，确定合理的划线方案和顺序，检查和修磨所选用的划线工具，在零件需要划线的表面上涂色。为避免差错和遗漏，划线工作全部结束后或划线中应做必要的检查，以防因划线错误，导致零件加工中途报废。最后，根据需要打好样冲眼。

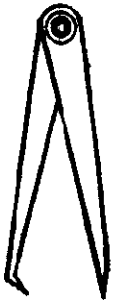
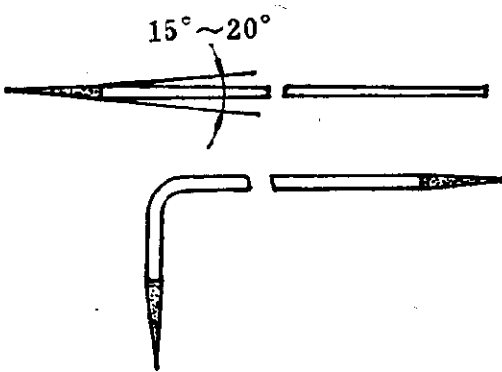

1. 划线工具

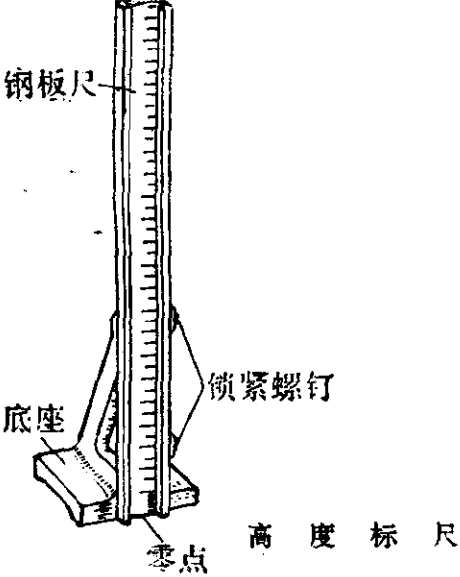
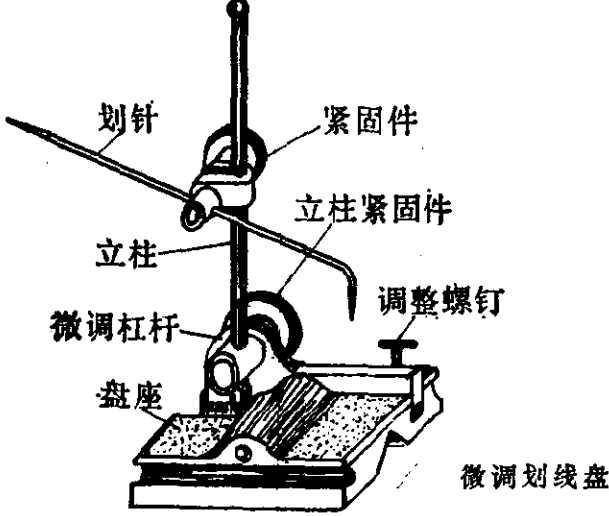
表 4-1-1 划 线 工 具

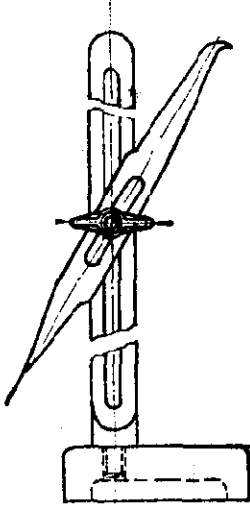
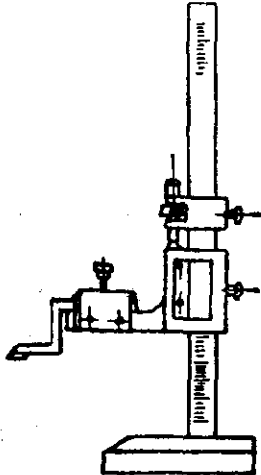
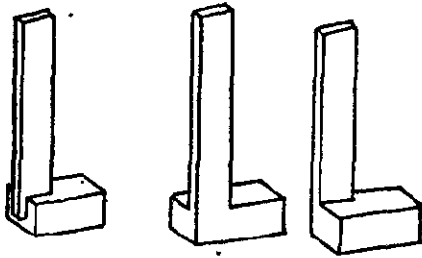
名 称 及 图 示	用途及使用注意事项
 <p data-bbox="340 1819 681 1856">划 线 平 板 (平台)</p>	<p data-bbox="896 1520 1236 1873">用铸铁制成，表面经过精刨或刮削加工，是划线时依靠的基准平面。要保持平面的精度，严禁撞击，要经常保持清洁，防止锈蚀。中小型平板一般放置在木制的支承架上，高度约600~900毫米。大型平板由若干块拼成，一般用千斤顶支承，高度宜低些。平板放置时要调好水平</p>

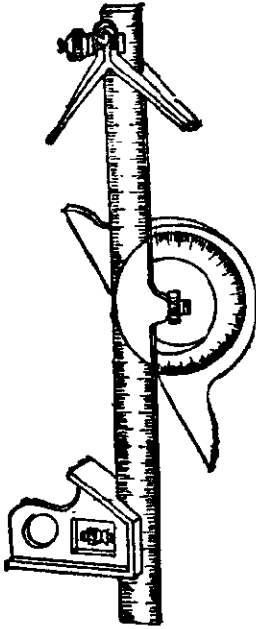
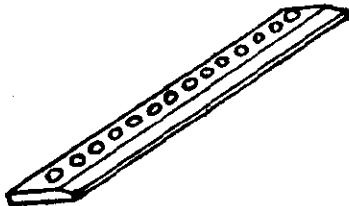
续表

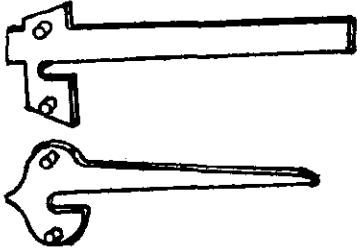
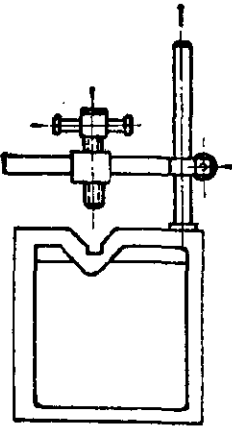
名称及图示	用途及使用注意事项
 <p style="text-align: center;">甲 乙 丙</p> <p style="text-align: center;">圆 规 (划规)</p>	<p>由工具钢制成，尖部经淬火硬化。通常焊上一段高速钢，以提高其硬度和保持锋利。图中甲型划规，虽调整不方便，但刚性好，所以应用较普遍。划规主要用来划圆、弧、截取尺寸、等分角度或线段</p>
 <p style="text-align: center;">游 标 划 规</p>	<p>游标划针可调整距离，另一划针可调整高低，适用于大尺寸划线和阶梯面上划线。类似这种划规的还有地规，它没有游标刻度和高低调整装置，但因结构简单，应用普遍</p>
 <p style="text-align: center;">专 用 圆 规</p>	<p>类似于游标划规，利用零件上的孔为圆心，划同心圆或弧。还可以在阶梯面上划线</p>


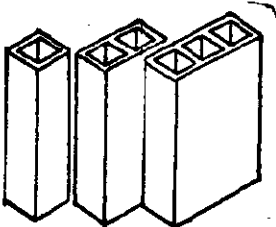
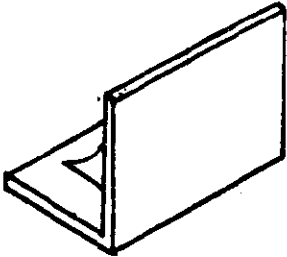
名称及图示	用途及使用注意事项
 <p style="text-align: center;">划 卡</p>	<p>用于按工件的内孔或外圆找中心；沿加工好的直面划平行线或沿加工好的圆弧面划同心圆线</p>
 <p style="text-align: center;">划 针</p>	<p>可用$\phi 3\sim 5$毫米的钢丝直接磨成(尖角为$10^\circ\sim 20^\circ$)，经淬火硬化。但通常是用高速钢锻制，针体截面为四方或六方形。有直划针和弯头划针。靠在钢板尺或样板上使用，划针应向外和运动方向倾斜一定角度。要经常保持划针尖锐利</p>
 <p style="text-align: center;">样 冲 (中心冲)</p>	<p>用工具钢制成，经淬火硬化。还可用报废的刀具改制。冲孔的目的是便于寻找线痕。一般在十字线中心、线条交叉点和折角处都要冲眼。较长的直线冲眼距离可稀疏些，圆弧线处冲眼可稍密些。冲眼时，开始样冲尾部向外倾斜约30°，便于观察冲尖是否对准线条，对准后再立直，锤击冲眼。除毛</p>

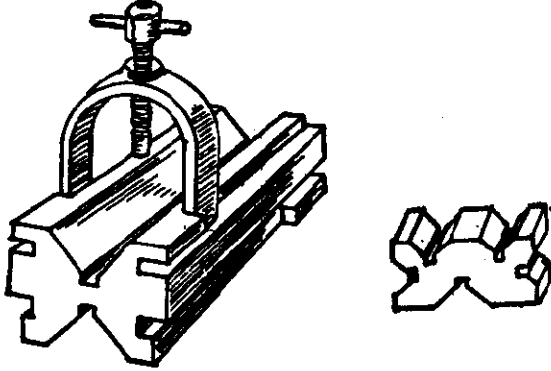
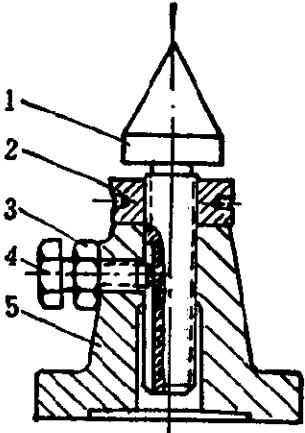
名称及图示	用途及使用注意事项
	<p>坯线外，冲眼不可过深，已精加工并有特殊要求的零件表面，可不冲眼。在需要钻孔的中心上，先轻冲眼并反复找正，待用划规划好圆后，再将冲眼加深些</p>
 <p>钢板尺 底座 锁紧螺钉 零点 高度标尺</p>	<p>由尺架和钢板尺组成，将钢板尺用螺钉紧固在中间滑块上，通过调整螺母，可以改变钢板尺的上下位置。使用时，先用划线盘找准零件的基准线后，再使钢板尺某一整数调到划针尖的高度，以便于随后划线的计算</p>
 <p>划针 紧固件 立柱紧固件 立柱 微调杠杆 盘座 调整螺钉 微调划线盘</p>	<p>这种划线盘调整方便、灵活，但由于结构松弛、刚性不好，用来划线时容易发生抖动和走样，所以一般不宜用它直接划线，仅在划线工作中找正用</p>

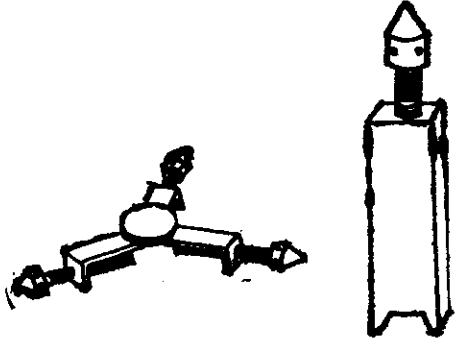
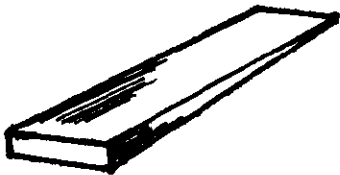
名称及图示	用途及使用注意事项
 <p data-bbox="422 942 633 973">普通划线盘</p>	<p data-bbox="888 393 1230 953">这种划线盘虽然调整不太方便，但刚性好，划出的线条深刻，清晰。尤其在毛坯划线时，优点显著，被广泛采用。使用时，将划针移到适当高度，紧固蝶形螺母，并用小锤将蝶形螺母打牢，再将划针移到标尺处，用小锤精调高度。划针一端焊有高速钢尖，一端弯成钩状，便于找正用</p>
 <p data-bbox="414 1481 633 1512">游标高度尺</p>	<p data-bbox="880 994 1230 1512">这是一种较精密的划线工具和量具。两卡脚闭合后，划刀恰好与底面平，刻度指示为零。读数原理与卡尺相同。因高度尺兼有测量的功能，用来划线十分方便。要注意保护划刀刃，不可用它在粗糙的表面上划线，通常只用它划出短痕，然后再用普通划线盘对准短痕，将线条引长</p>
 <p data-bbox="385 1833 662 1864">直角尺(角尺, 弯尺)</p>	<p data-bbox="880 1533 1230 1864">在平面划线中，角尺的作用主要是按工件某一基准边或线，划出与它相垂直的线。在立体划线中，主要用来校正工件某一基准面、边和线与平台的垂直度。使用前对于弯尺的精度应进行检查</p>

名称及图示	用途及使用注意事项
 <p data-bbox="404 1141 685 1176">多用角度尺(量角器)</p>	<p data-bbox="870 406 1212 861">在立体划线中，主要用来直接或间接校正工件某一基准面、边和线与平台的角度。在平面划线中，主要用它按某一基准边或线划出与该边或线成一定角度的直线。上端附件与直尺组合起来，可划轴端中心线；下端附件和直尺组合起来，可作弯尺用</p>
 <p data-bbox="375 1715 594 1750">板尺(直尺)</p>	<p data-bbox="870 1234 1212 1777">一般用厚度为6毫米左右的中碳钢板制成。棱边用火焰淬火后再磨削加工，以提高其硬度和精度。长度一般都在一米以上，主要用来划较长的直线(短线段可用钢板尺)。也可借助于C形夹钳，把直尺固定在工件上，为划线提供一个可依靠的基准边(一般用于大型板材的划线)</p>

名称及图示	用途及使用注意事项
 <p data-bbox="361 855 666 893">定心器 (直径尺)</p>	<p data-bbox="889 404 1230 901">它的作用是利用已经加工后的孔或外径，划出该处的中心线。宜在直径较大的情况下采用。可做成多种规格，以适应不同尺寸的零件的划线需要。使用时，注意将两个小圆柱靠紧在工件的孔或外径的圆上。经常使用时，要注意检查和修复直径尺的定心精度</p>
 <p data-bbox="387 1556 631 1593">方箱 (方正器)</p>	<p data-bbox="885 969 1234 1709">由铸铁制成，表面都经过刨和刮削加工，并互成直角。用于夹持工件并能方便地翻转。所以，在划工件上三个方向互成90°的直线时，既迅速又准确。方箱上有两条纵横V形槽。是放置圆柱形工件用的。方箱下面垫角度板或将V形铁夹持在方箱上，还可以在工件上划斜线。使用方箱时，要注意清洁，防止工件翻转过程中松动和工件在水平位置时重心不稳(可用小千斤顶做辅助支承)</p>

名称及图示	用途及使用注意事项
 <p data-bbox="384 650 599 685">可调式角度垫板</p>	<p data-bbox="877 385 1220 747">一般可用中碳钢制成，经刨、淬火、磨削加工。圆柱需用小螺钉紧固在垫板上。通过调整螺钉改变垫板角度。角度的大小可用角度尺直接或间接测出。将方箱、V形铁或直接把工件放置其上，划出所需角度线</p>
 <p data-bbox="413 1365 598 1400">直角箱(垫箱)</p>	<p data-bbox="877 783 1220 1425">通常用铸铁经刨和刮研而成。它的相邻两个面互成直角。它的主要用途是：划大型笨重的工件时，不用翻转工件，先将直角箱位置调好，再将划线盘底面靠在直角箱的垂面上，即可划出工件上的垂线；还可用来加高划针盘或高度尺；也可借助于C形夹钳，将工件夹紧在直角箱上，进行划线。使用时应注意清洁，保持其精度</p>
 <p data-bbox="347 1794 627 1829">直角板(弯板)</p>	<p data-bbox="877 1466 1220 1850">通常用铸铁制成，两面经刨和刮研，互成直角。一般还可在直角板上铸出通孔，以便通过螺丝。它的主要用途和直角箱相似，用来划大型笨重工件上的垂线，或借助于C形夹钳和压板螺丝把工件夹紧在平面上划线</p>

名称及图示	用途及使用注意事项
 <p style="text-align: center;">V 形 铁</p>	<p>小型V形铁，一般由中碳钢经刨、淬火、磨削而成。较大的用铸铁经刨、磨削或刮削而成。两个做为一组，形状和大小相同，以便放置轴类零件划线。带U形夹的V形铁，可翻转三个方向，在工件上划出相互垂直的线。起类似于V形铁作用的还有滚轮支承器，用来支承大工件划线</p>
 <p style="text-align: center;">千 斤 顶</p>	<p>结构完善的千斤顶如图示：由螺杆1、螺母2、底座5、螺钉4、锁母3组成，螺杆一般用中碳钢制造。顶端需局部淬火。适用于毛坯划线。工作时，用三个千斤顶把工件支承起来，经调整螺母2即可改变工件的高度，以便确定工件的基准。选择的支承点距离应尽可能远些，还可在支承点处预先冲好样冲眼，保证支承稳定可靠。大型笨重毛坯划线时，可另设几个保险用辅助千斤顶。支承面狭窄且工件细高时，可用稍许放松的吊链保护。顶端结构还有V形块式和双滚轮式的。宜分别用来支承一般或大型阶梯轴类零件划线</p>

名称及图示	用途及使用注意事项
 <p data-bbox="426 1011 642 1046">中 心 架</p>	<p data-bbox="870 416 1214 919">结构如图所示，调整尖头螺杆，即可将中心架固定在空心孔中。它的用途是：填补空心圆孔，以便划中心线时在其上定出孔的中心，为继续使用划规划圆线时提供落脚点。用木板钉薄铁皮填补空心大孔，或用铅块填补小空心孔的方法也用在划线工作中，但不大方便</p>
 <p data-bbox="391 1742 612 1777">楔 铁</p>	<p data-bbox="870 1224 1214 1535">一般由中碳钢经刨削加工制成。斜度约为15°，可两件对合使用或配合垫板使用。在某些大型毛坯划线时，在不宜使用千斤顶的情况下，应用楔铁比较可靠</p>

名称及图示	用途及使用注意事项
<div data-bbox="385 673 695 777" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="429 984 652 1025" data-label="Caption"> <p>工字形平尺</p> </div>	<p>用铸铁经刨削刮研制成。相邻两面相互垂直（两端除外）。配合直角箱应用于大型零件的立体划线中，可省略工件的翻转。使用时，将直角箱置于工件的两侧，工形平尺放在直角箱上，依据工件投影在平板面上的坐标线（细铅笔痕迹），利用弯尺或铅垂线确定工形平尺的位置，用大的C形夹钳将工形平尺固定在直角箱上（或用人工按住），再将划线盘底面靠平尺垂面上，进行横跨工件的划线</p>
<div data-bbox="400 1243 626 1802" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="422 1813 618 1854" data-label="Caption"> <p>线坠</p> </div>	<p>用途和直角尺相似，适应性很强，多在大型工件划线中使用</p>

名称及图示	用途及使用注意事项
<div data-bbox="251 824 777 1114" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="413 1377 631 1413" data-label="Caption"> <p>万能分度头</p> </div>	<p>利用分度头在较小的轴类或圆盘类零件上等分圆周，或划角度线，十分方便准确。分度头有多种类型，其中万能分度头比较常见，它可以使工件绕本身轴线旋转，还可以使工件轴线相对于平板板成一定角度。分度的方法有几种，用于划线分度，用其中两种方法即可。一种是直接分度法，分度时，用起落手柄，使蜗杆与蜗轮脱开，转动卡盘，在卡盘后的刻度环和副标尺上，可直接读出 $0^{\circ}\sim 360^{\circ}\pm 5'$ 的数值来，然后用紧定手柄固定主轴，进行划线。主轴水平角度，可在 $\pm 90^{\circ}$ 至 -6° 之间调整，数值直接在分度头体上的刻度上读出。</p> <p>另一种方法是间接分度法，手柄的转数 N 根据等分确定。即：$N = \frac{40}{Z}$式中 40——蜗轮齿数； Z——工件等分数。</p> <p>按上式算得的数值，不是整数，而是分数。分母即为分度盘的某一孔圈的孔数，分子为定位销在孔圈上应转过的孔数。实际工作时可查表4-1-2</p>

表 4-1-2

单 式 分 度 表

工 件 等分数	分度板 孔 数	手柄回 转 数	转过的 孔距数	工 件 等分数	分度板 孔 数	手柄回 转 数	转过的 孔距数
2	任意	20	—	32	28	1	7
3	24	13	8	33	66	1	14
4	任意	10	—	34	34	1	6
5	任意	8	—	35	28	1	4
6	24	6	16	36	54	1	6
7	28	5	20	37	37	1	3
8	任意	5	—	38	38	1	2
9	54	4	24	39	39	1	1
10	任意	4	—	40	任意	1	—
11	66	3	42	41	41	—	40
12	24	3	8	42	42	—	40
13	39	3	3	43	43	—	40
14	28	2	24	44	66	—	60
15	24	2	16	45	54	—	48
16	24	2	12	46	46	—	40
17	34	2	12	47	47	—	40
18	54	2	12	48	24	—	20
19	38	2	4	49	49	—	40
20	任意	2	—	50	25	—	20
21	42	1	38	51	51	—	40
22	66	1	54	52	39	—	30
23	46	1	34	53	53	—	40
24	24	1	16	54	54	—	40
25	25	1	15	55	66	—	48
26	39	1	21	56	28	—	20
27	54	1	26	57	57	—	40
28	42	1	18	58	58	—	40
29	58	1	22	59	59	—	40
30	24	1	8	60	42	—	28
31	62	1	18				

2. 划线涂料

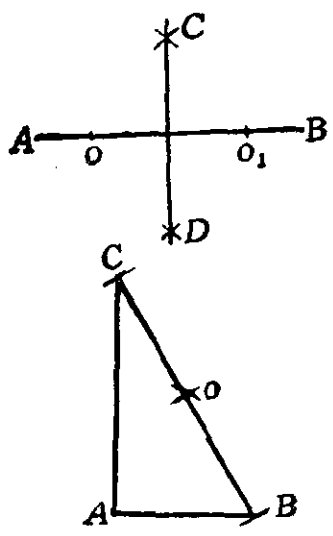
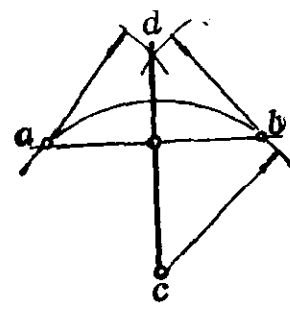
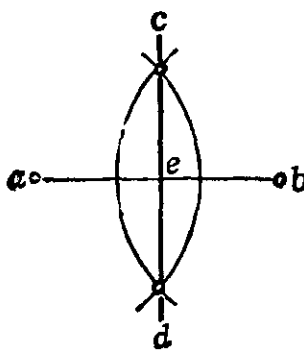
表 4-1-3 划 线 涂 料

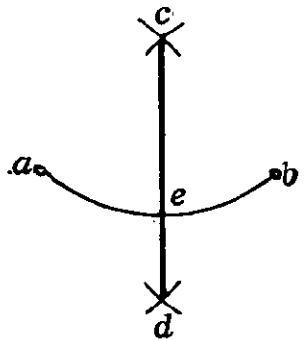
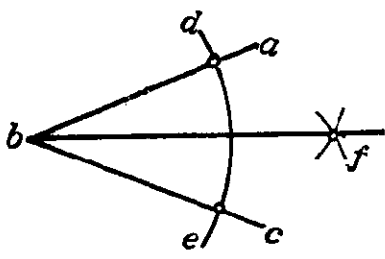
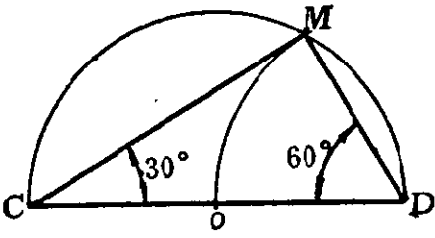
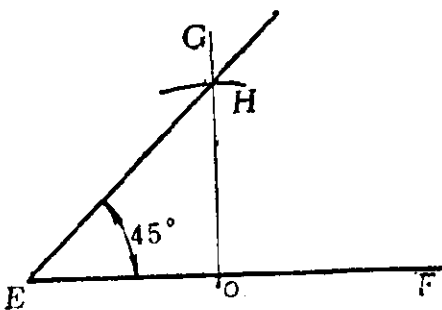
用于毛坯零件	白灰水：白灰、乳胶和水调成稀糊状
用于已加工零件	硫酸铜溶液：硫酸铜和水并加少量硫酸的溶液
用于精加工零件	深颜色溶液：品青或孔雀绿等颜料加洋干漆、酒精混合而成

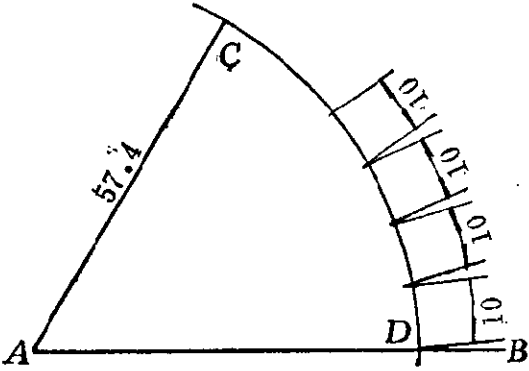
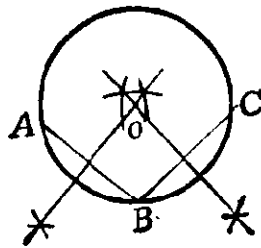
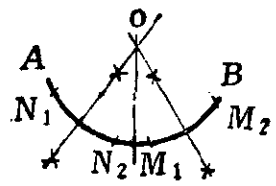
3. 划线方法

表 4-1-4 平 面 划 线

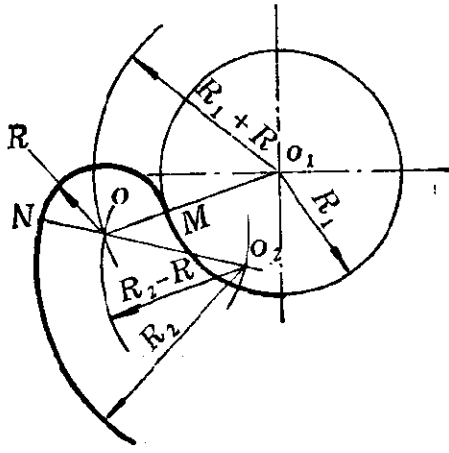
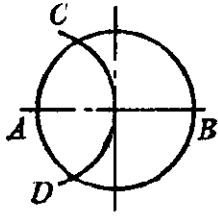
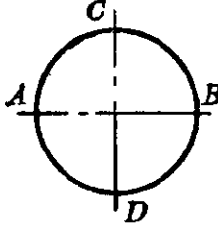
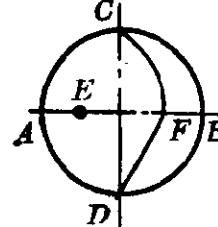
名称	图 例	划 线 方 法 说 明
划定距离平行线		划直线 AB 。分别以 C 和 D 为圆心，以一定距离 R 为半径划弧 a 和 b ，划两弧的公切线，就是所要求的平行线
过线外一点划平行线		以 C 点为圆心，用较大半径划弧交直线 AB 于 D 点，再以 D 点为圆心，以同样半径划弧交直线于 E 点；再以 D 点为圆心， CE 为半径划弧交第一次弧线于 F 点，连接 CF ，就是所要求划的平行线

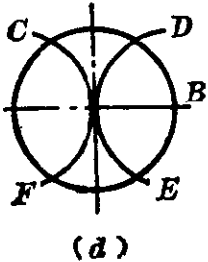
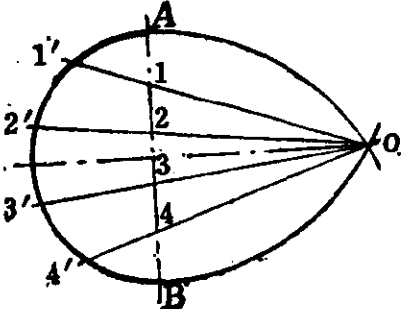
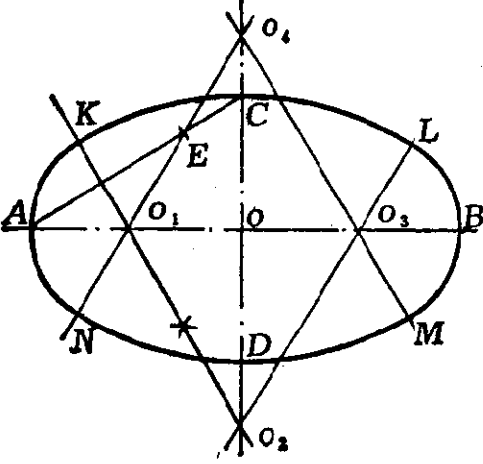
名称	图 例	划线方法说明
划垂直线的方法		<p>划直线AB，取任意两点O和O_1为圆心，作圆弧交于上下两点C和D，通过C、D连线，就是AB的垂直线。</p> <p>划直线AB，分别以A、B为圆心，AB为半径作弧，交于点O；再以O点为圆心，AB为半径，在Bo延长线上作弧，交于C点，此C点与A点的连线，就是AB的垂线</p>
划过线外一点的垂线的方法		<p>以线外c点为圆心，适当长度为半径，划弧同已知线交于a和b点；用适当长度为半径，分别以a和b点为圆心，划弧交于d点，连接c、d的直线，就是ab的垂线</p>
二等分直线的画法		<p>分别以ab线两端的a和b点为圆心，用适当长度为半径，划弧交于c和d点，连接cd和ab相交于e点，e点就是线ab的二等分点。cd直线是ab的垂直线</p>

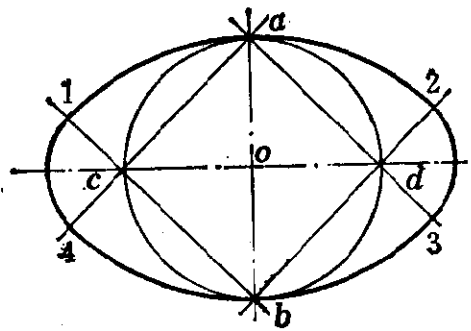
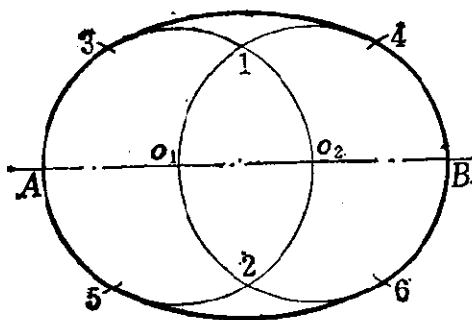
名称	图 例	划线方法说明
二等分一弧线		<p>分别以弧线两端的 a 和 b 点为圆心，用适当长度为半径，划弧交于 c 和 d 点，连接 cd 和弧 ab 相交于 e 点，即弧 ab 的二等分点</p>
二等分已知角的画法		<p>以角 abc 的顶点为圆心，任意长度为半径，划弧与两边交于 d、e 两点，再分别以 d 和 e 为圆心，适当长度为半径，划弧交于 f 点，连接 bf，就是这已知角的平分线</p>
常用角斜线的画法		<p>30° 和 60° 斜线的画法：以 CD 的中点 o 为圆心，$CD/2$ 为半径划一半圆，再以 D 为圆心，用同一半径划弧交于 M 点，连接 CM 和 DM，则角 DCM 为 30°。角 CDM 为 60°</p>
常用角斜线的画法		<p>45° 斜线的画法：先划线段 EF 的垂直平分线 oG，再以 $EF/2$ 为半径，以 o 点为圆心划弧，交垂直平分线于 H 点，连接 EH，则角 FEH 为 45°</p>

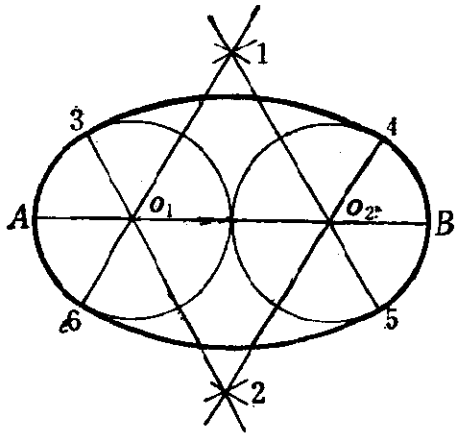
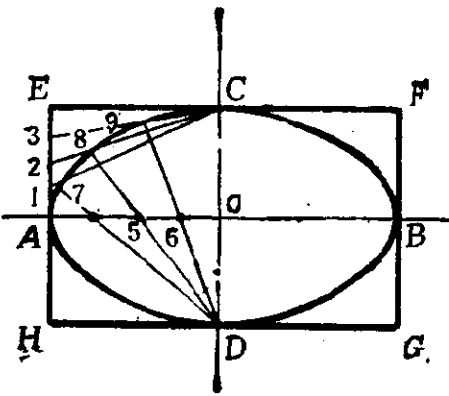
名称	图 例	划线方法说明
任意角度的简易划法		<p>做AB直线，以A为圆心，以57.4毫米为半径作圆弧CD；在弧CD上截取10毫米的长度，向A连线的夹角为10°，每一毫米弦长近似为1°。</p> <p>实际使用时，应先用常用角划法或平分角度法，划出临近角度后，再用此法划余量角。</p> <p>注意可按比例放大，以利于截取小尺寸</p>
求任意三点圆心的划法		<p>已知三点A、B、C，分别将AB和CB用直线相连，再分别划AB和CB的垂直平分线，两垂直线的交点O即为A、B、C三点的圆心</p>
求弧圆心的划法		<p>先在圆弧AB上任取N_1、N_2和M_1、M_2，分别划N_1N_2和M_1M_2的垂直平分线，两垂直线的交点O即为弧AB的圆心</p>

名称	图 例	划线方法说明
划圆弧和两直线相切		<p>分别划距离为 R 并平行于直线 I 和 II 的直线 I'、II', I' 和 II' 交于 O 点, 再以 O 为圆心, R 为半径划圆弧 MN 和两直线相切。</p> <p>与交角成 90° 的直线划弧相切时, 还可以: 以顶点为圆心, R 为半径, 划弧与线 I、II 交于 M、N 两点, 再分别以 M、N 为圆心, 划弧交于 O, O 就是以 R 为半径与两直线相切的圆弧中心</p>
划圆弧与两圆外切		<p>分别以 O_1 和 O_2 为圆心, 以 $R_1 + R$ 及 $R_2 + R$ 为半径, 划圆弧交于 O, 连 O_1O 与已知圆交于 M 点, 连 O_2O 与已知圆交于 N 点, 以 O 为圆心, R 为半径, 自 M 点到 N 点划弧即可</p>
划圆弧与两圆内切		<p>分别以 O_1、O_2 为圆心, $R - R_1$ 及 $R - R_2$ 为半径, 划弧交于 O 点。O 即为划连接圆弧的中心。其他与划两圆外切的方法相同</p>

名称	图 例	划线方法说明
划圆弧分别相切内外圆		<p>分别以R_1+R(对于外切圆)及R_2-R(对于内切圆)为半径,以O_1和O_2为圆心划弧交于O点;连接OO_1与已知圆交于M点,连接OO_2与已知圆交于N点;以O为圆心,R为半径,自M点至N点划圆弧即可</p>
圆周三等分划法	 <p>(a)</p>	<p>以A为圆心、OA为半径,在圆周上截取C、D两点,B、C、D三点就是圆周的三个等分点</p>
圆周四等分划法	 <p>(b)</p>	<p>通过圆心O划互相垂直的两条直线AB和CD,A、B、C、D四点就是圆周的四个等分点</p>
圆周五等分的划法	 <p>(c)</p>	<p>通过圆心划两条垂直线AB和CD,再划出OA的中点E,然后再以E为中心,以EC为半径在OB上截取一点F,DF的长度就是五等分圆周的弦长</p>

名称	图 例	划线方法说明
圆周六等分的划法	 <p>(d)</p>	<p>六等分圆周的弦长等于圆的半径，以圆的半径在圆周上截取六点A、B、C、D、E、F就是圆周的六等分点</p>
半圆的任意等分划法		<p>例如分为N等分，先把直线AB(相当于圆的直径)分成N等分，分别以A、B为圆心，AB为半径，划弧交于O点，从O点与AB线上各点连线，并延长交半圆于1'、2'、3'、……各点，就可将半圆分成N个等分。可用此方法划任意正多边形</p>
扁圆的划法		<p>划互相垂直的线AB(长轴)和CD(短轴)，连AC，在AC上截取$CE = OA - OC$，划AE的垂直平分线，与长、短轴各交于O_1及O_2，并找出O_1、O_2的对称点O_3和O_4，以O_1、O_2、O_3和O_4为圆心，O_1A(或O_3B)和O_2C(或O_4D)为半径，分别划出四段圆弧，圆滑连接为扁圆</p>

名称	图 例	划线方法说明
只有短轴尺寸的扁圆划法		<p>以短轴ab的中点o为圆心，ao为半径划圆；过o划ab的垂线交圆于c、d；分别划ac、ad、bc、bd并延长，分别以a、b为圆心，ab为半径划弧$\widehat{1\ 2}$和$\widehat{3\ 4}$；分别以c、d为圆心，$\overline{c1}$、$\overline{d2}$线段为半径划弧连接1、4和2、3点，即成扁圆</p>
只有长轴尺寸的扁圆划法		<p>将长轴AB三等分，得等分点o_1、o_2；以一等分长为半径，分别以o_1、o_2为圆心划出两个圆得1、2两点；再分别以A、B为圆心，以同一半径划弧交两圆得3、4、5、6四点；然后分别以1点和2点为圆心，$\overline{15}$(或$\overline{16}$)、$\overline{23}$(或$\overline{24}$)为半径划弧$\widehat{5\ 6}$和$\widehat{3\ 4}$而成</p>

名称	图 例	划线方法说明
只有长轴尺寸的扁圆划法		<p>将长轴AB四等分，得等分点O_1、O_2，以一等分长度为半径，分别以O_1、O_2为圆心划出两个圆，再以O_1到O_2的距离为半径，分别以O_1、O_2为圆心，划弧交于1、2两点；然后划1点和O_1的延长线交圆周于6、并以同样方法得出3、4、5各点；再分别以1、2为圆心，以$\overline{16}$或$\overline{23}$为半径划弧连接5、6和3、4而成</p>
椭圆的平行四边形划法		<p>划垂直平分线，使AB等于长轴，CD等于短轴，通过A、C、B、D四点划矩形$EFGH$，将oA及AE线段分别分为四等分；以C为起点，分别与AE线上各点连线$\overline{C_1}$、$\overline{C_2}$、$\overline{C_3}$，以D为起点分别与oA线上各点连线$\overline{D_4}$、$\overline{D_5}$和$\overline{D_6}$并延长，分别与$\overline{C_1}$、$\overline{C_2}$、$\overline{C_3}$相交于7、8、9点，将7、8、9和A、C点顺序连成曲线（可用曲线板），即得四分之一椭圆，同样方法划出其它三处曲线，而成椭圆</p>

名称	图 例	划线方法说明
椭圆 的 同心圆 划 法		<p>以O为圆心，以长轴、短轴的一半为半径分别划两个同心圆；通过O点，划一系列射线，使其与两同心圆相交(圆中每隔30°划一条射线)得E、E₁和F、F₁各点；分别过E、E₁划长短轴的平行线，各平行线上的交点(如图中K、G)就是椭圆上的点；用曲线板将A、K、G、C各点圆滑连接，即成椭圆曲线</p>
用 焦点 法 划 椭 圆		<p>划长轴ab和短轴cd，互相垂直平分，以d为圆心，$ab/2$为半径，划圆弧和ab交于f、f_1点(焦点)；在f到o之间，取任意小线段得1、2……各点，以f和f_1为圆心，a_1为半径划两段圆弧，仍用f和f_1点为圆心，b_1为半径划两段圆弧，同前弧相交在I、I₁、I₂、I₃各点；再以f和f_1为圆心，a_2和b_2为半径划圆弧，得交点II、II₁、II₂、II₃；用同样的方法继续划下去，得III、III₁、III₂、III₃各点，用曲线圆滑连接所得各点，即成椭圆</p>

续表

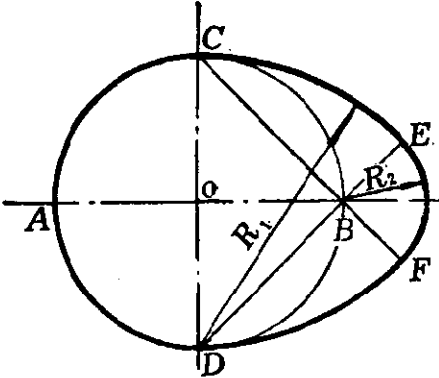
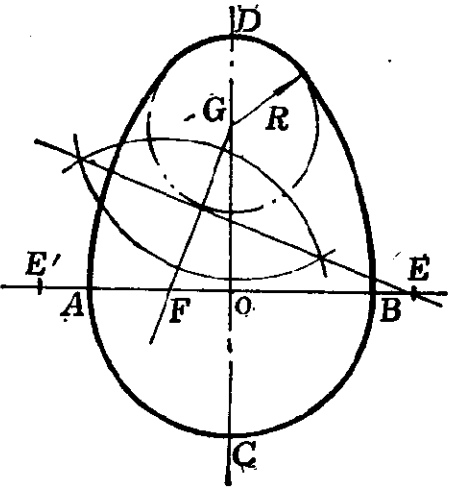
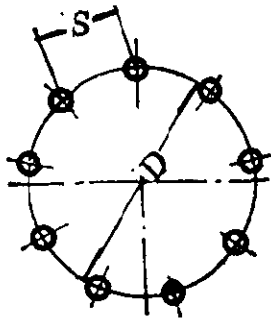
名称	图 例	划线方法说明
蛋形圆的画法		<p>以垂直线 AB 和 CD 的交点 O 为圆心划圆，分别以 C、D 为圆心，CD 为半径划弧，再通过 C 点和 D 点划 CB 和 DB 的连线，并延长交于 E、F 两点，然后以 B 为圆心，BE 或 BF 为半径划圆弧连接 E 和 F，即得蛋形圆</p>
蛋形圆的画法		<p>以 O 点为中心，短轴 AB 的一半为半径，划圆弧 \widehat{ACB}；过长轴的顶端点 D，以 R 为半径，G 点为中心划弧；截取 AF 等于 R；连接 FG 直线；划 FG 的垂直平分线，交于 AB 延长线上的 E 点；以 E 点为中心，EA 为半径，划弧相交于大小两圆弧；在 AB 延长线上，截取 OE' 等于 OE；以 E' 点为中心，$E'B$ 为半径，划另一侧圆弧相切于大小两圆弧，即得蛋形圆</p>

表 4-1-5

圓 周 等 分 系 數 表



計算公式： $S = KD$

式中 S ——孔距

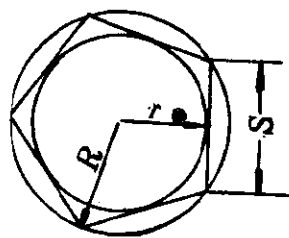
K —— N 等分系數

D ——圓周直徑

N	K	N	K	N	K	N	K
3	0.86603	18	0.17365	33	0.09506	48	0.06540
4	0.70711	19	0.16459	34	0.09227	49	0.06407
5	0.58779	20	0.15643	35	0.08964	50	0.06279
6	0.50000	21	0.14904	36	0.08716	51	0.06156
7	0.43388	22	0.14231	37	0.08481	52	0.06038
8	0.38268	23	0.13617	38	0.08258	53	0.05924
9	0.34202	24	0.13053	39	0.08047	54	0.05814
10	0.30902	25	0.12533	40	0.07846	55	0.05709
11	0.28173	26	0.12054	41	0.07655	56	0.05607
12	0.25882	27	0.11609	42	0.07473	57	0.05509
13	0.23932	28	0.11196	43	0.07300	58	0.05414
14	0.22252	29	0.10812	44	0.07134	59	0.05322
15	0.20791	30	0.10453	45	0.06976	60	0.05234
16	0.19509	31	0.10117	46	0.06824		
17	0.18375	32	0.09802	47	0.06679		

表 4-1-6

正多边形各部尺寸的计算



R——外接圆半径

r——内切圆半径

S——正多边形一边长

K——系数

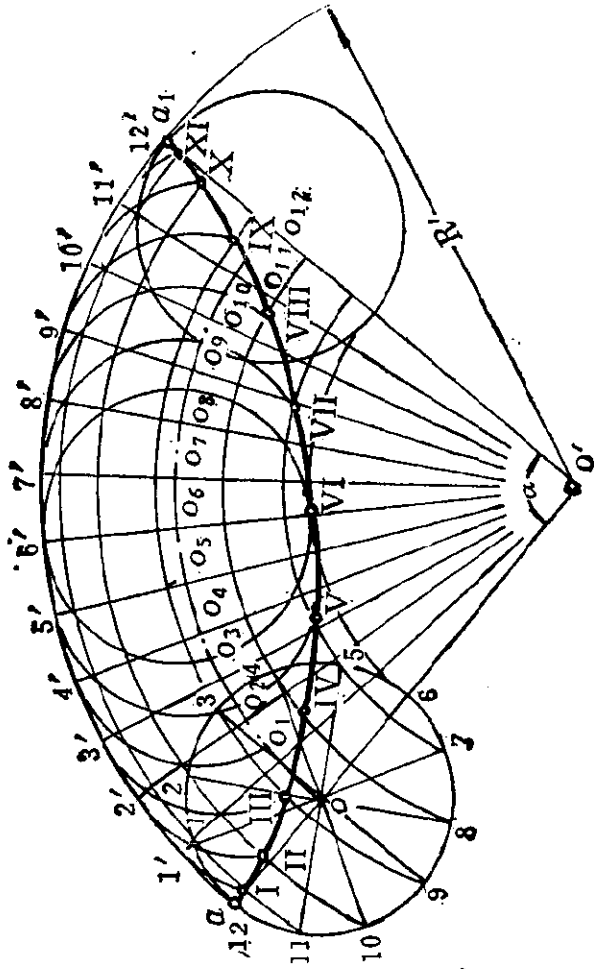
多边形 边数	求多边形 面积 $A = S^2 \cdot K$	相邻两边 夹角	中心角度	求内切圆半径 r		求外接圆半径 R		求一边长度 S	
				$r = R \cdot K$	$r = S \cdot K$	$R = r \cdot K$	$R = S \cdot K$	$S = R \cdot K$	$S = r \cdot K$
3	0.433	60°	120°	0.500	0.289	2.000	0.577	1.732	3.464
4	1.000	90°	90°	0.707	0.500	1.414	0.707	1.414	2.000
5	1.721	108°	72°	0.809	0.688	1.236	0.851	1.176	1.453
6	2.598	120°	60°	0.866	0.866	1.155	1.000	1.000	1.155
7	3.634	$128\frac{4}{7}$ °	$51\frac{3}{7}$ °	0.901	1.038	1.110	1.152	0.868	0.963
8	4.828	135°	45°	0.924	1.207	1.082	1.307	0.765	0.828
9	6.182	140°	40°	0.940	1.374	1.064	1.462	0.684	0.728
10	7.694	144°	36°	0.951	1.539	1.052	1.618	0.618	0.650
11	9.366	$147\frac{8}{11}$ °	$32\frac{8}{11}$ °	0.960	1.703	1.042	1.775	0.564	0.587
12	11.196	150°	30°	0.966	1.866	1.035	1.932	0.518	0.536

表 4-1-7 典 型 曲 线 的 划 法

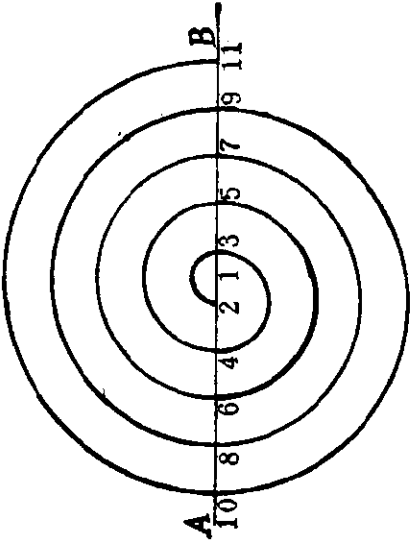
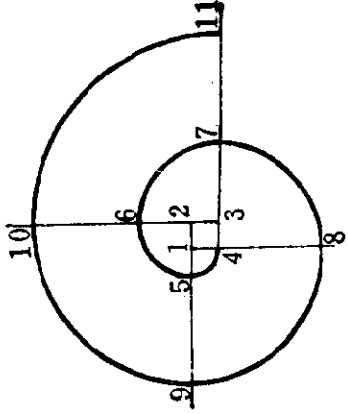
曲线名称	图 例	曲线 的 划 法
普 通 摆 线		<p>用已知转圆半径 R 划转圆 O，同导线切在 a 点；从 a 点起分圆周成适当等分，得分点 1、2、3、……12。在导线上截取 aa_1 等于圆周长。把 aa_1 也等分（图中 12 等分），得分点 $1'$、$2'$、$3'$、……$12'$。经过转圆圆心 O 划导线的平行线 $OO_{1,2}$，并从导线上等分点 $1'$、$2'$、$3'$、……$12'$ 划导线的垂直线，同直线 $OO_{1,2}$ 交在 O_1、O_2、O_3、……$O_{1,2}$ 等点，从转圆上各分点划导线的平行线。用 O_1 做圆心，R 做半径，划圆弧同经过点 1 所划导线的平行线相交在 I 点；用 O_2 做圆心，R 做半径，划圆弧同经过点 2 所划导线的平行线相交在 II 点；依照上述方法，继续求得 III、IV、……XI 等各点，把这些点用曲线板圆滑连接起来，就是所要划的普通摆线</p>

曲线名称	图例	曲线划法
外摆线		<p>用O'为圆心, 已知导圆半径R'为半径划导圆圆弧。在导圆圆弧上任取一点a, 连$O'a$并把它延长; 在$O'a$的延长线上, 截取$Oa = R$ (已知转圆半径), 用O为圆心, R为半径, 划圆O。从a点起把转圆O分成适当等分(图中为12等分), 得到分点1、2、3、……12。使圆O'的中心角$\alpha = \frac{R}{R'} \times 360^\circ$, 得到导圆弧$\widehat{aa_1}$, 然后把导圆弧也12等分, 得到分点$1', 2', 3', \dots, 12'$等。并从$O'$同各分点连线, 并把它延长。用$O'$为圆心, $O'O' = R' + R$为半径划圆弧并同各延长线相交在点$O_1, O_2, O_3, \dots, O_{12}$; 用$O'$为圆心, 划通过转圆上各分点的辅助圆弧。用$O_1$为圆心, R为半径划圆弧同通过点1的辅助圆弧相交在点I, 用O_2为圆心, R为半径划圆弧同通过点2的辅助圆弧相交在点II。</p> <p>依照上述方法划出III、IV、V、……XI等点; 圆滑连接各点, 就成要划的外摆线</p>

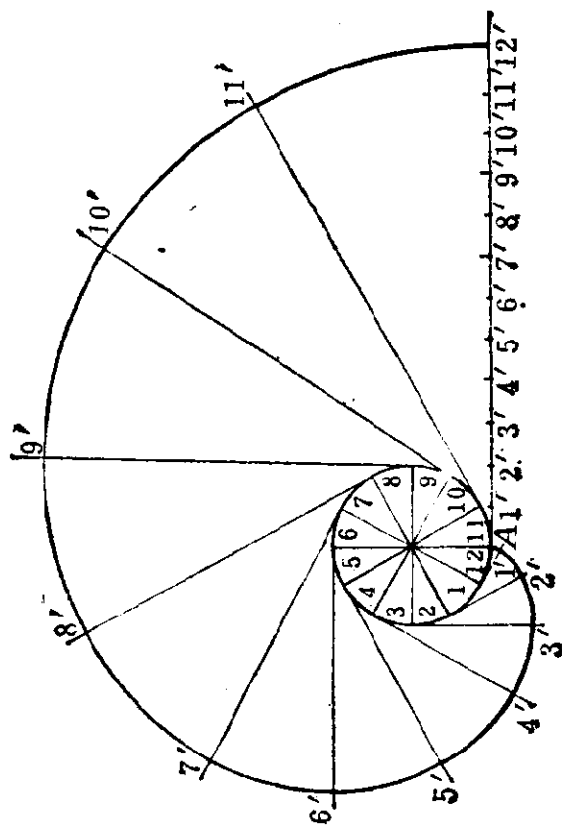
内摆线的划法和划外摆线相仿。只是在取转圆各位置的圆心 O_1 、 O_2 、 O_3 、 \dots 、 O_{12} 时，用 O' 为圆心，用 $OO' = R' - R$ 为半径划圆弧，其余的划法都相同



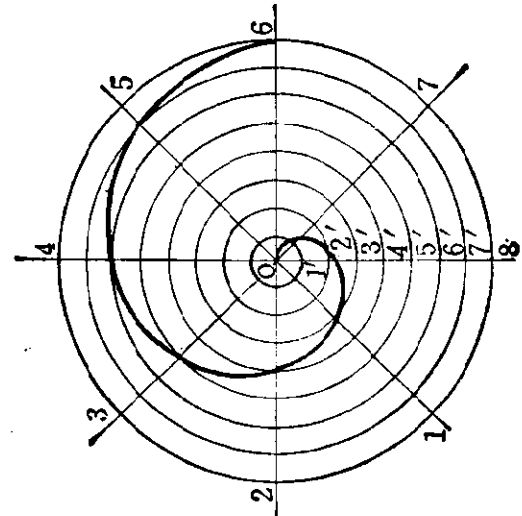
内 摆 线

曲线名称	图 例	曲线的划分
直线渐开线		<p>将AB分成若干等分, 1、2、3、……。</p> <p>以1为圆心, 1—2为半径, 划圆弧$\widehat{2\ 3}$;</p> <p>以2为圆心, 2—3为半径, 划圆弧$\widehat{3\ 4}$; 以1为圆心, 1—4为半径, 划圆弧$\widehat{4\ 5}$。依次类推, 即划出直线渐开线</p>
四方渐开线		<p>已知正方形1 2 3 4。以1为圆心, 1—4为半径, 划圆弧$\widehat{4\ 5}$; 以2为圆心, 2—5为半径, 划圆弧$\widehat{5\ 6}$; 以3为圆心, 3—6为半径, 划圆弧$\widehat{6\ 7}$。依次类推, 即划出四方渐开线</p>

分圆周为若干等分(图为12等分), 得出各等分点1、2、3、4、……, 划出各等分点与圆心的连线, 过圆上各点作圆的切线。在点12的切线上, 取 $A-12' =$ 圆周长, 并将此线段分成12等分, 得各分点 $1'、2'、3'、……12'$; 在圆周各点的切线上分别截取线段, 使其长度分别为 $1-1' = A-1'$, $2-2' = A-2'$, $3-3' = A-3'$, …… $11-11' = A-11'$; 用曲线板圆滑连接 $A、1'、2'、……12'$ 各点, 即得圆的渐开线第一圈



圆 的 渐 开 线

曲线名称	图 例	曲线的划法
阿基米德螺旋线		<p>将已知圆分为若干等分(图为8等分), 各分点为1、2、……, 将各点与中心点O连成直线; 把线段O8分成与圆相同的等分, 1'、2'、3'、……; 以O为中心, 分别以O8线上的各分点为半径划同心圆, 相交于相应的圆周等分线上; 用曲线板圆滑连接各交点, 即划出阿基米德螺旋线。</p>

4. 平面划线实例

(1) 简单盘形凸轮的划法 (图4-1-1)

已知条件: AB ——凸轮转 180° 时, 从动杆上升的距离; OA ——基圆半径; 从动杆为对心式运动; 中心孔已经加工。

划法:

1) 填补中心孔 (铅块、合适圆棒或木板钉薄铁皮)。涂色。

2) 划通过孔中心的垂直线。

3) 以 O 为圆心, OA 为半径划圆; 截取 AB 并分成若干等分 (本例为6等分); 把基圆分成相应的等分 (本例在 180° 范围内, 分成6等分); 从 O 向基圆上各等分点连线并延长。

4) 以 O 为圆心, OA 、 OA_1 、 \dots 、 OA_5 、 OB 为半径, 在相应的等角分线上截取 A 、 A'_1 、 A'_2 、 \dots 、 A'_{11} 。

5) 顺序用曲线板圆滑连接各点, 所得曲线就是凸轮的轮廓线。

6) 复查, 打好样冲眼, 除去中心孔填补物。

注意可借助于分度头划线, 比较方便 (下同)。

(2) 滚子从动杆盘形凸轮的划法 (图4-1-2)

已知条件: AB ——凸轮顺时针转 120° 时, 从动杆上升

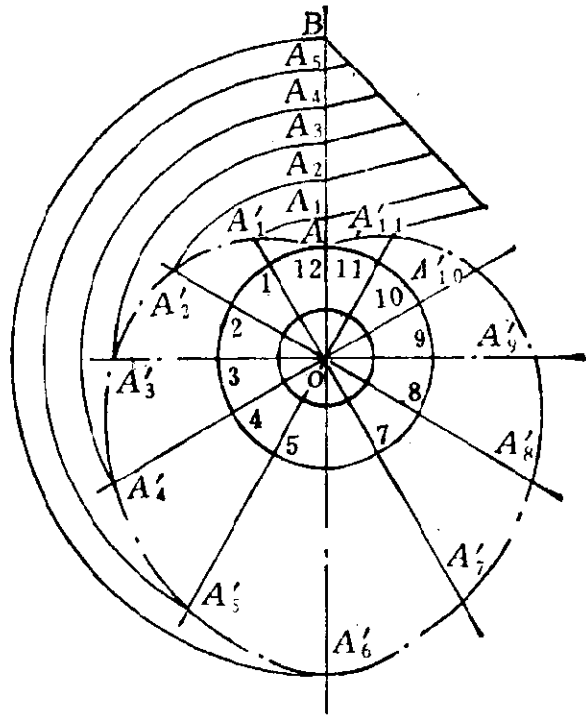


图 4-1-1 凸轮的划法 (一)

的距离，此段为简谐运动；再转 60° 时，从动杆保持原位置不动；继续转 180° 时，从动杆以等速度运动回到最低点 A ； d_r ——滚子直径； oA ——基圆半径；从动杆为对心式运动；中心孔已加工。

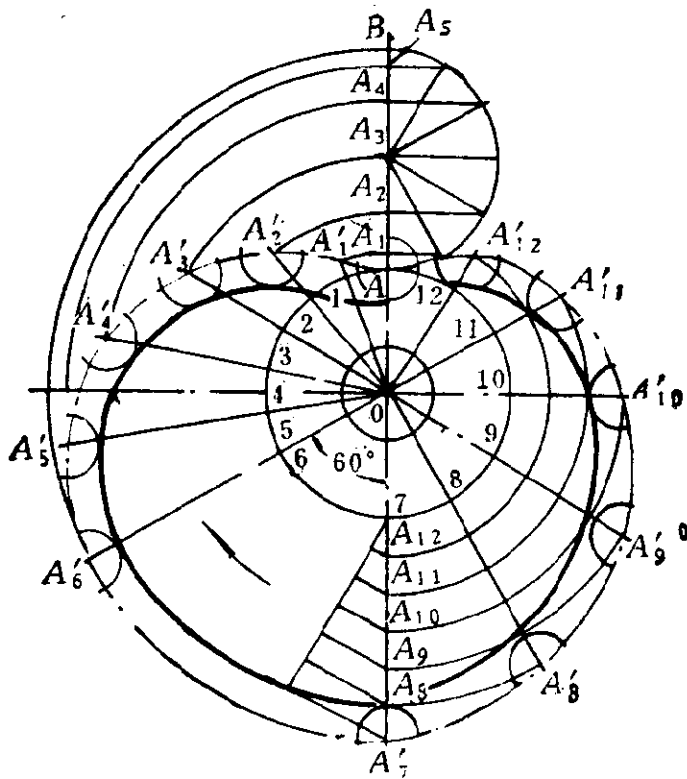


图 4-1-2 凸轮的划法（二）

划法：

- 1) 填补中心孔(铅块、配合适圆棒或木板钉薄铁皮)。
涂色。
- 2) 划通过中心的垂直线。
- 3) 以 o 为圆心， oA 为半径划基圆。
- 4) 截取 AB (为清楚起见，置于两处) 并按简谐运动和等速运动将 AB 分成段 (如图)。
- 5) 在基圆上，将相关角度范围同样等分 (本例为 6 等分) 并从 o 向基圆上各点连线并延长。

6) 以 O 为圆心, 将 AB 两处线段上各点, 截取到相关的基圆等分线上得 $A_1, A_1', A_2, \dots, A_6$ 和 $A_7, A_8, \dots, A_{12}, A$ 各点。

7) 用曲线板圆滑连接 $A-A_6$ 各点, 得简谐运动理论线段; 圆滑连接 A_7, A_8, \dots, A 各点, 得等速运动理论线段; 以 O 为圆心, OB 为半径划弧 $\widehat{A_6 A_7}$, 即从动杆静止线段。

8) 以 $A_1, A_1', A_2, \dots, A_{12}$ 为圆心, 划出滚子圆弧, 然后划各滚子圆弧的包络线, 即凸轮实际轮廓线。

9) 复查, 打样冲眼, 除去中心孔填补物。

(3) 摆动滚子从动杆盘形凸轮的划法 (图4-1-3)

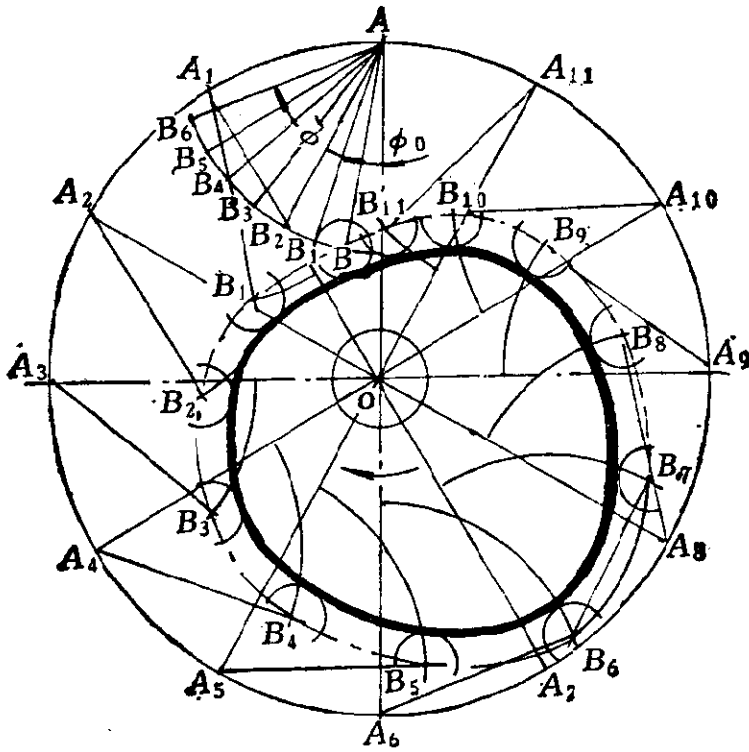


图 4-1-3 凸轮的划法 (三)

已知条件: OA ——凸轮中心到摆动中心的距离; AB ——摆动中心到滚子中心的距离; 从动杆在最低位置同 OA 的夹角为 ϕ_0 ; 凸轮顺时针转动 180° 时, 从动杆顺时针按等角速摆动 ϕ 角, 再转 180° 时, 从动杆逆时针以等角速回原位。

划法:

- 1) 填补中心孔(铅块、配合适圆棒或木板钉薄铁皮)涂色。
- 2) 划通过中心的垂直线, 截取 OA 。
- 3) 划出 ϕ_0 角; 最高位置 $\phi_0 + \phi$ 角; 并把 ϕ 角分成若干等分(本例为6等分)。
- 4) 以 O 为圆心, OA 为半径划圆; 并把圆分成若干等分(本例为12等分)。
- 5) 以 A 、 A_1 、 $A_2 \dots A_{11}$ 各点为圆心, 以 AB 为半径划弧; 并划出相应的从动杆摆角, 即 $\angle OA_1 B_1 = \angle OAB_1 = \phi_0 + \frac{\phi}{6}$, 以此类推, 从动杆摆角按顺序增加; 在另一 180° 范围内, 从动杆摆角按顺序减小, 角度线与弧线相交成 B 、 B_1 、 B_2 、 $\dots \dots B_{11}$ 各点。

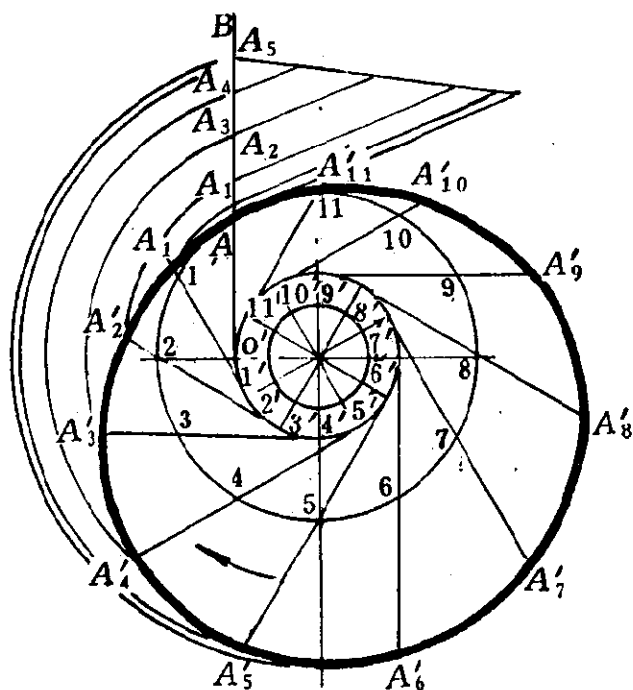


图 4-1-4 凸轮的划法(四)

6) 用曲线板圆滑连接 B 、 B_1 、 $\dots \dots B_{11}$ 各点, 即为凸轮的理论轮廓; 以理论轮廓各点为圆心划圆弧, 然后用曲线板圆滑连接各圆弧成包络线, 即凸轮的实际轮廓线。

7) 复查, 打样冲眼, 除去中心孔填补物。

(4) 刀口形从动杆盘形凸轮的划法(图 4-1-4)

已知条件： oo' ——从动杆偏置凸轮左边的距离； AB ——从动杆行程，当凸轮顺时针转 90° 时，从动杆由 A 点以等加速度上升半个行程；再转 90° 时，从动杆继续以等减速度上升到 B 点；再转 180° 时，以等加速度和等减速度降到最低点 A 。

划法：

- 1) 填补中心孔并涂色，划通过凸轮孔中心的垂线。
- 2) 以 o 为圆心，分别以已知半径 oo' 、 oA 划偏置圆和基圆。
- 3) 过 o' 点划切线并延长到 B ，交点 A 为从动杆最低位置。 AB 即从动杆行程。
- 4) 把 AB 按等加和等减速度分段（本例为6段），长度比是 $1:3:5$ 、 $5:3:1$ 。
- 5) 分偏位圆为相应等分（本例为12等分），并在交点处 o' 、 $1'$ 、 $2'$ 、…… $11'$ 作偏位圆的切线。
- 6) 以 o 为圆心， oA 、 oA_1 、…… oA_5 、 oB 为半径在各切线上截取 A 、 A'_1 、…… A'_{11} 点。

7) 用曲线板连 A 、 A'_1 、…… A'_{11} 各点得凸轮轮廓。

8) 复查，打样冲眼，除去中心孔填补物。

(5) 平顶从动杆盘形凸轮划法（图4-1-5）

已知条件： AB ——从动杆行程；凸轮顺时针转 90° 时，从动杆由低点 A 以简谐运动上升到 B 。再转 90° 时，从动杆在最高位置 B 保持静止；继续转 180° 时，从动杆以等加和等减速度回到 A ；从动杆成对心式运动。

划法：

- 1) 填补中心孔并涂色，划通过中心的垂直线。
- 2) 以 o 为圆心， oA 为半径划基圆。

3) 截取 AB (为清楚起见, 分别截在两处), 并按简谐运动和等加、等减速度, 将 AB 分段。

4) 将基圆四段圆弧, 按从动杆运动规律, 分别等分, 并由 O 向各点连线并延长。

5) 以 O 为圆心, 以 OA 、 OA_1 、…… OA_5 、 OB 为半径和以

OA'_7 、 OA_8 、…… OA_{12} 为半径, 分别在相关的等分角线上得到 A 、 A'_1 、 A'_2 、…… A'_{12} 各点。

6) 在 A 、 A'_1 、 A'_2 、…… A'_{12} 各点划等分角线的垂线。

7) 划曲线同各垂线相切, 即得凸轮的轮廓线。再复查, 打样冲眼, 除去填补中心物。

(6) 滚子从动杆移动凸轮的划法(图4-1-6)

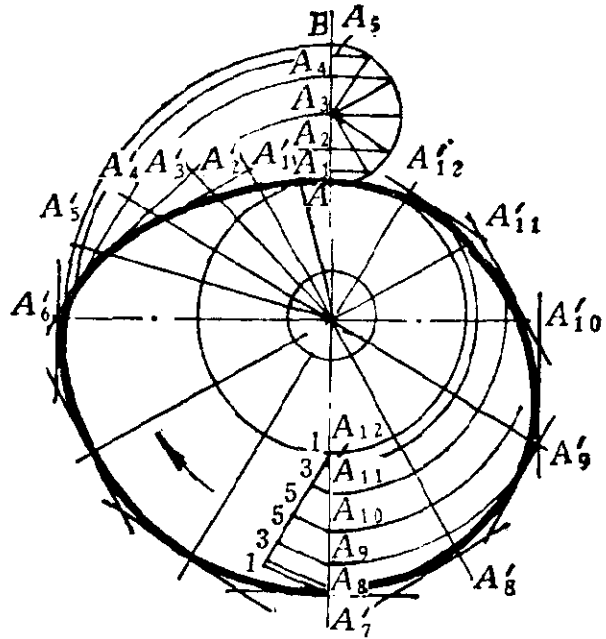


图 4-1-5 凸轮的划法(五)

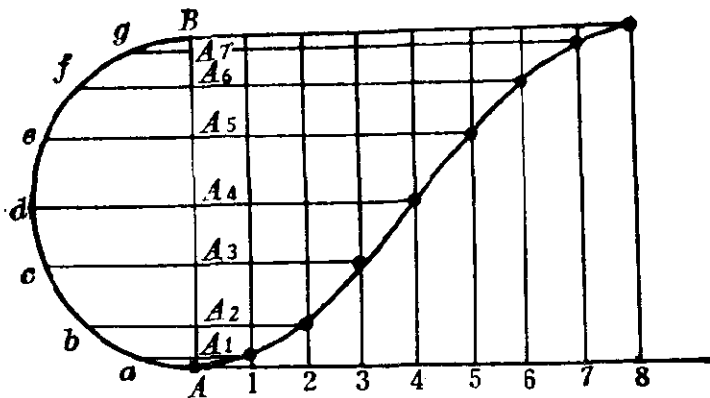


图 4-1-6 凸轮的划法(六)

已知条件： A_8 ——凸轮移动行程， AB ——从动杆移动的行程；凸轮沿水平方向作往返等速直线运动；从动杆沿铅垂方向作简谐运动。

划法：

1) 涂色后，划线 A_8 平行于底边，线 AB 垂直于 A_8 。

2) 把 A_8 分若干等分（本例为8等分）得 $A_1, 2, \dots, 8$ 各点，并通过各点划垂线。

3) 划半圆 \widehat{AB} ，并把半圆等分成与凸轮相应的等分数，得点 A, a, b, \dots, g, B ，过各点划水平线交于 AB ，得 A, A_1, \dots, A_7, B 各点（即按简谐运动的要求将 AB 分段），各水平线继续延长与各相应的垂直线交于 $A, A'_1, A'_2, \dots, A'_8$ 点，用曲线板圆滑连接各点即成移动凸轮的理论轮廓线（也是尖端从动杆移动凸轮的实际轮廓线）。

4) 以 A, A'_1, \dots, A'_8 各点为圆心，划滚子圆，切各滚子圆弧下边划包络线，就是滚子移动凸轮的实际轮廓线。

5) 在包络线上打好样冲眼。

划滚子从动杆圆柱凸轮时，可参考上述方法，先在薄铜皮（或铁皮）上划出凸轮展开轮廓线，再沿线剪下成样板。把样板围在圆柱凸轮侧面，对好基准，用划针沿样板曲线划线即可。

(7) 滚子摆动沟槽移动凸轮划法（图4-1-7）

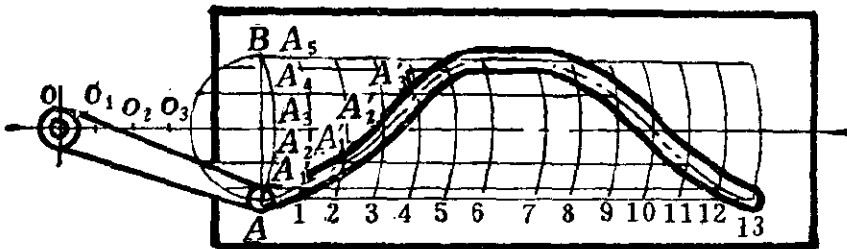


图 4-1-7 凸轮的划法（七）

已知条件：凸轮水平方向移动，行程是 $A-13$ ；从动杆作上下摆动，滚子中心摆动的范围是 AB 弧；凸轮往返作等速直线运动；从动杆作简谐运动，滚子在 $6 \sim 7$ 两点之间时，保持静止不动。

划法：

1) 涂色后，过 A 、 O 、 B 三点划平行于底边的三条平行线，并截取 AB 。

2) 划半圆 \widehat{AB} ，并把 \widehat{AB} 分为若干等分（本例为 6 等分）。

3) 按已知条件截取 $A6$ 、 67 、 713 ，并将 $A6$ 和 713 分别等分（本例为 6 等分）得 $A \cdots \cdots 13$ 各点。

4) 以 OA 为半径，中心在平行线 O 上移动 (O_1 、 $O_2 \cdots \cdots$) 通过 $A \cdots \cdots 13$ 各点划弧。

5) 通过 \widehat{AB} 上各点划平行线，与相关弧线相交得 A 、 A'_1 、 A'_2 、 $A'_3 \cdots \cdots$ 各点。用曲线板圆滑连接各点，所得曲线就是滚子中心运动轨迹。在轨迹上各点为圆心，划滚子圆，再划与各滚子圆相切的上下两条包络线，就是要划的凸轮沟槽线。

6) 复查，打好样冲眼。

划滚子摆动圆柱形凸轮的沟槽时，可参考上述方法，先在薄铜皮（或铁皮）上划出凸轮展开轮廓线，再沿线剪下成样板。把样板围在圆柱凸轮侧面，对好基准，用划针沿样板曲线划线即可。

(8) 滚子从动杆圆锥沟槽凸轮的划法（图4-1-8）

已知条件：凸轮转动一周时，从动杆沿圆锥母线往返简谐运动一次，行程为 AB ；圆锥各部分尺寸给定。

划法：

1) 先划出圆锥体投影图(按给定尺寸)并把俯视图的圆周12等分。

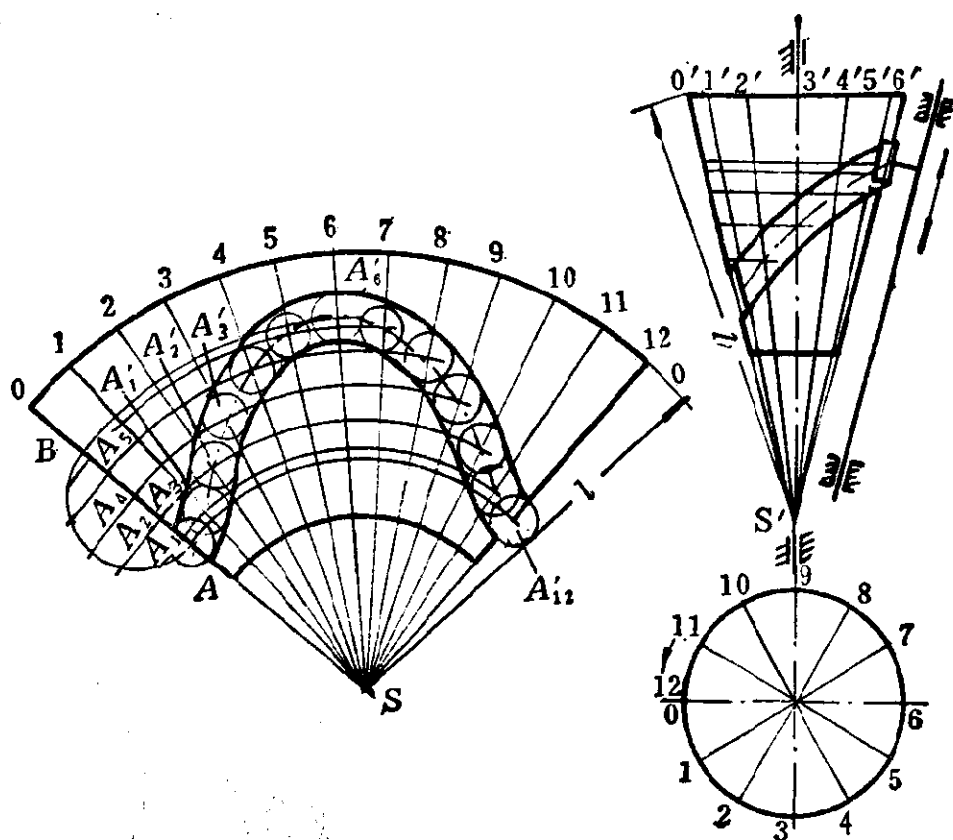


图 4-1-8 凸轮的划法(八)

2) 在薄板上(铜皮或铁皮), 以 S 为圆心, $S'O'$ 、 $S'S''$ 为半径; 划弧 $\widehat{012}$, 使 $\widehat{012}$ 弧长等于圆锥体大端周长, 并12等分。再划各母线 S_0 、 S_1 、 S_2 ……, 成扇形展开图。

3) 在展开图上确定 AB 位置, 并以 AB 为直径划半圆, 再将 AB 按简谐运动分段(本例为6段), 即 AA_1 、 A_1A_2 、…… A_6B 。

4) 在展开图上, 以 S 为圆心, 分别以 SA 、 SA_1 …… SB

为半径划弧，与相关的锥母线相交，得 A 、 A'_1 、 A'_2 …… A'_{12} 各点。用曲线板把各点圆滑连接成曲线，就是沟槽的中心线。

5) 再以 A 、 A'_1 、…… A'_{12} 各点为圆心，划滚子圆，再划出与各圆相切的上下两条包络线，就是凸轮沟槽的边沿线。

6) 剪下锥面样板，围在锥体的侧面上。对好基准，用划针沿样板曲线划出锥形凸轮的沟槽轮廓线。

7) 复查，打样冲眼。

(9) 正齿轮渐开线齿形的近似划法 (图4-1-9)

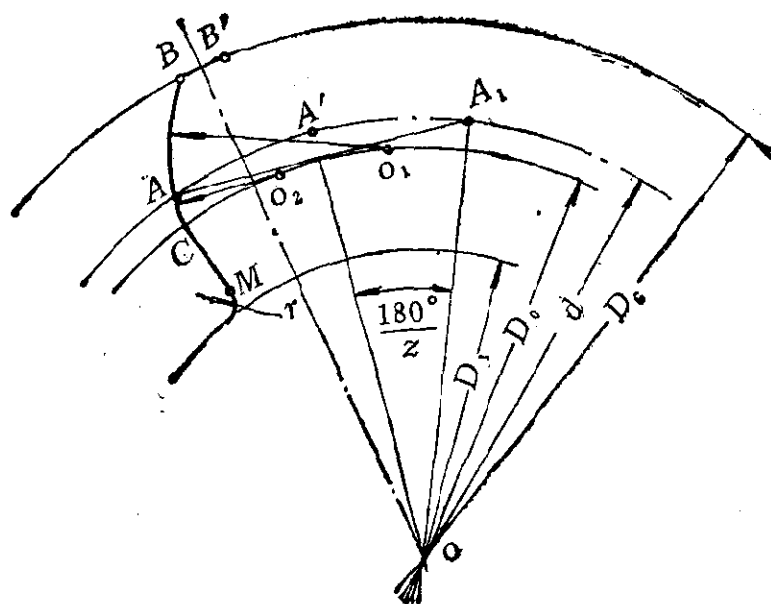


图 4-1-9 渐开线齿形的划法

已知条件：齿轮模数 M 及齿数 z 。

$$\text{节圆直径 } d = z \cdot M$$

$$\text{根圆直径 } D_f = (z - 2.5) M$$

基圆直径 $D_0 = d \cos \alpha$ (当压力角 $\alpha = 20^\circ$ 时, $D_0 = 0.94d$; $\alpha = 15^\circ$ 时, $D_0 = 0.96d$)

顶圆直径 $D_e = (z + 2) M_0$

划法:

1) 以 o 为圆心, 分别划出节圆、根圆、基圆, 如划样板时, 还要划出顶圆。

2) 在节圆圆周上, 按周节所对弦长 $AA_1 = d \sin \frac{180^\circ}{z}$ 的尺寸等分节圆。

3) 算出齿弧半径 R_1 和 R_2 :

$$R_1 = b' \cdot M; R_2 = c' \cdot M$$

式中: b' 和 c' 的值可由表4-1-8根据齿数 z 查出。

4) 以 A 点为圆心, 以 R_1 和 R_2 为半径, 在基圆上划短弧交 o_1 和 o_2 两点。

5) 以 o_1 为圆心, R_1 为半径划弧 \widehat{AB} 。

6) 以 o_2 为圆心, R_2 为半径划弧 \widehat{AC} 。

7) 连接 CM , CM 为齿形的直线部分。

8) 以 $0.2M$ 为半径, 划齿根弧 r 相切于齿廓线和根圆线。

9) 将周节再二等分, 找出另一边的节点 A' 后, 利用同样方法, 可划出另一边的近似齿廓。 $\widehat{AA'}$ 应小于 $\widehat{A'A_1}$, 划线时可用缩近一线的方法解决。对于铸造的齿轮, $\widehat{AA'}$ 可更缩小一些。一般等于周节的 $\frac{19}{40}$ 即可。

10) 打好样冲眼, 尤其注意在 A 和 A' 两点上的样冲眼打正。

表 4-1-8

齿形 b' 、 c' 系数表 ($\alpha = 20^\circ$)

z	b'	c'	z	b'	c'	z	b'	c'
8	2.22	0.84	24	5.20	3.24	40	8.01	5.84
9	2.43	0.98	25	5.38	3.40	42	8.35	6.18
10	2.64	1.11	26	5.55	3.56	45	8.90	6.66
11	2.83	1.25	27	5.75	3.72	48	9.40	7.18
12	3.02	1.3	28	5.93	3.86	49	9.56	7.34
13	3.22	1.54	29	6.10	4.04	50	9.75	7.50
14	3.40	1.68	30	6.26	4.20	55	10.60	8.36
15	3.58	1.84	31	6.45	4.35	60	11.50	9.20
16	3.77	1.98	32	6.62	4.51	65	12.31	10.01
17	3.95	2.14	33	6.81	4.67	70	13.15	10.85
18	4.13	2.29	34	7.00	4.83	80	14.87	12.55
19	4.31	2.45	35	7.16	5.00	90	16.58	14.30
20	4.49	2.61	36	7.35	5.17	100	18.20	16.05
21	4.66	2.77	37	7.51	5.33	120	21.60	19.51
22	4.83	2.92	38	7.66	5.51	140	24.84	22.89
23	5.01	3.08	39	7.85	5.67			

5. 立体划线实例

我们以 C620 床头箱为例介绍立体划线。床头箱 (图 4-1-10) 是车床的重要零件, 箱体上各孔之间、孔与基准面之间, 精度要求都很高。当然, 其精度要通过机加工来保证, 但划线是机加工的依据, 不容忽视。

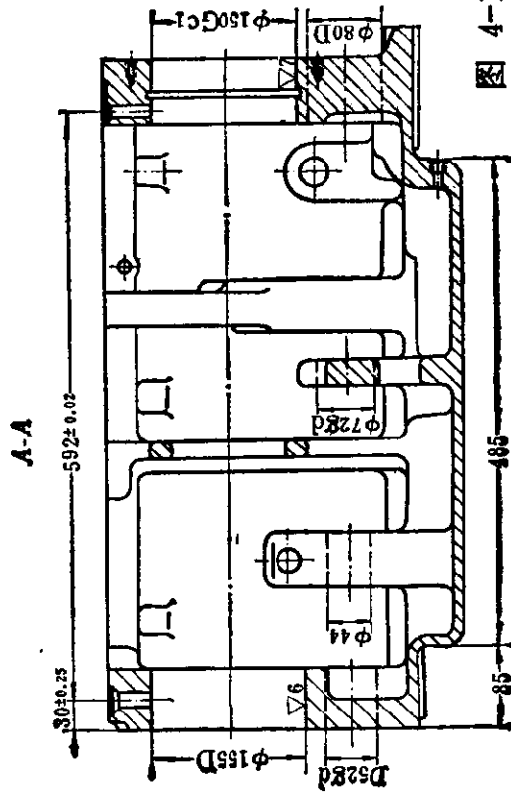
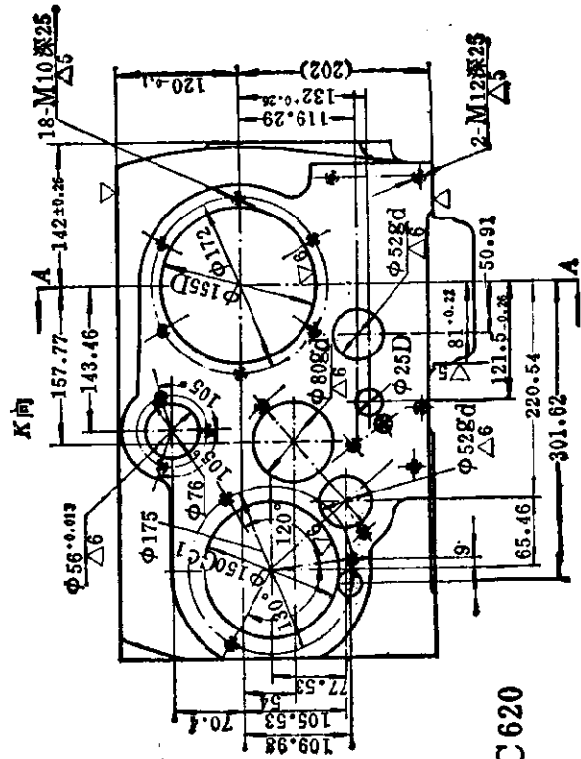
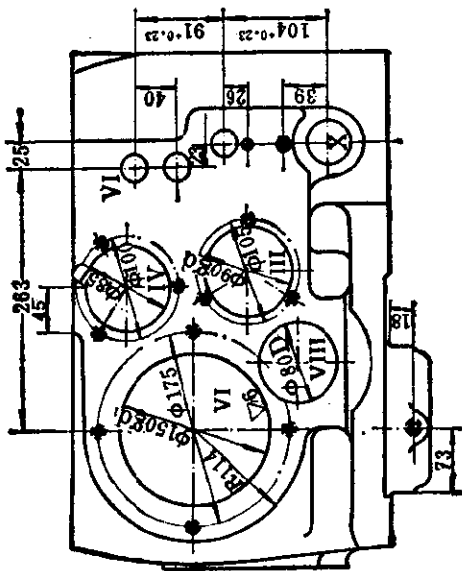
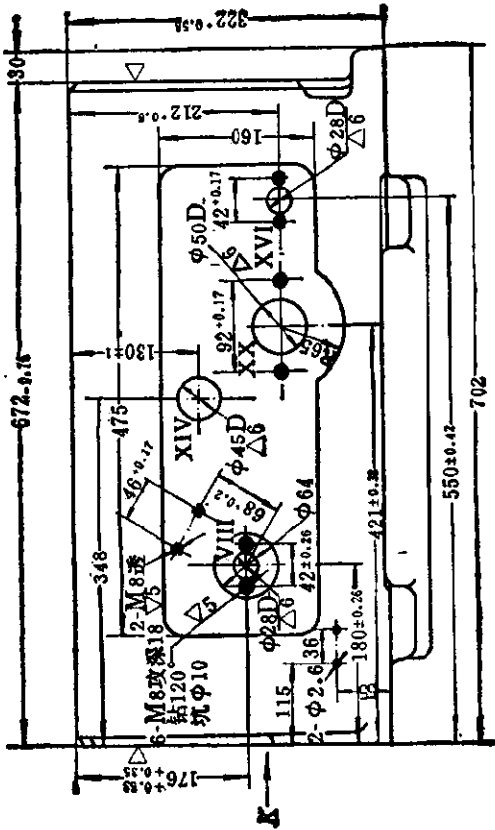


图 4-1-10 C 620
箱体零件图

对于箱体，从毛坯到加工为成品需要经过两次划线。
 划线前首先应对所要划线零件的图纸和加工过程有一全

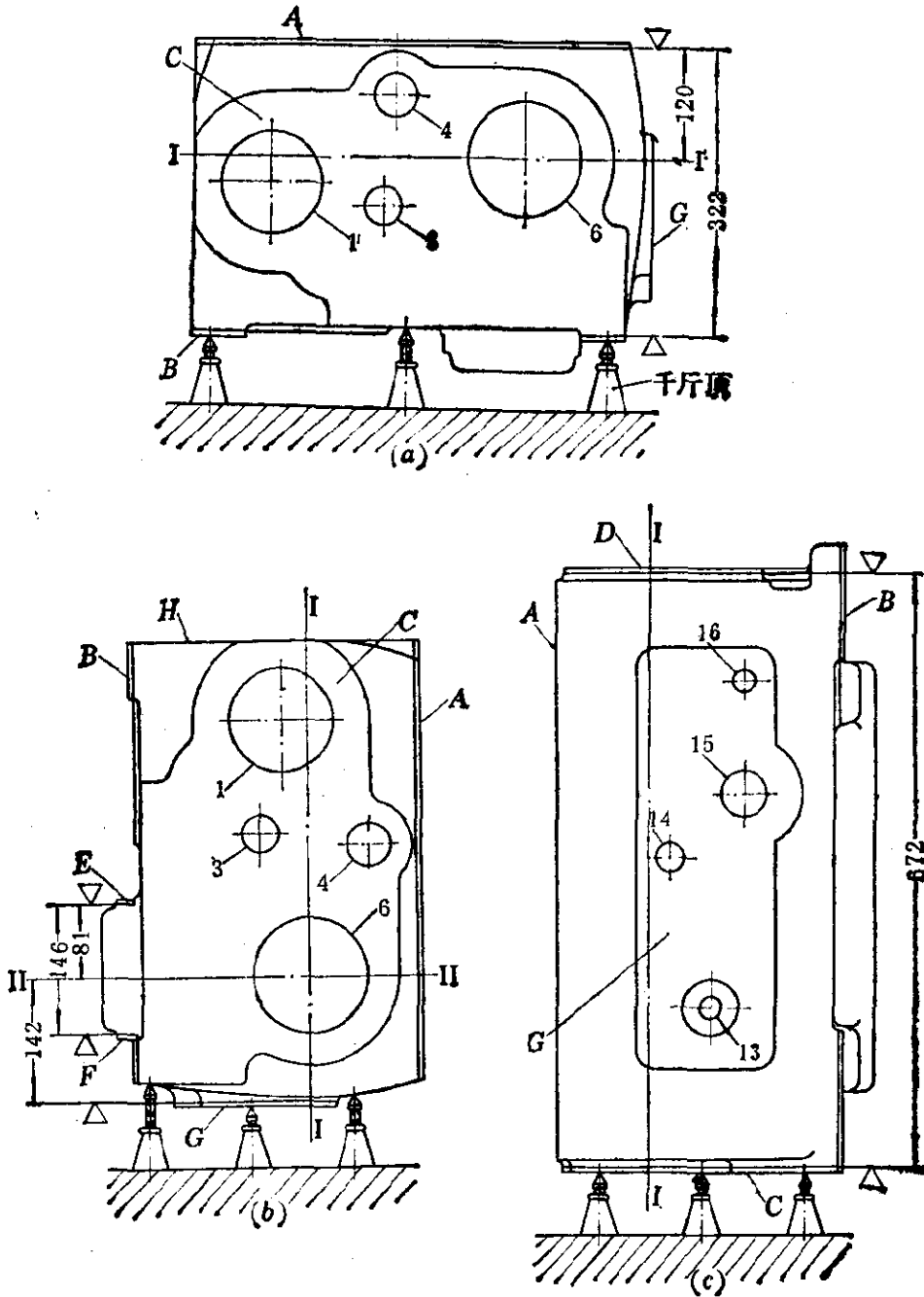


图 4-1-11 车床床头箱划线位置
 (a)第一划线位置；(b)第二划线位置；(c)第三划线位置

面了解，以便根据加工工艺需要决定第一次、第二次划线的具体内容。其具体步骤如下：

(1) 第一次划线：第一次划线主要是划出箱体的各个面的加工尺寸线。见零件图。

1) 如图4-1-11(a)将箱体安放在划线平台上。用三个千斤顶调整箱体的安放位置。

①用划线盘找正A、B两面与平台基本平行(用三个千斤顶调整)。

②A、B面调平后，再用高度规检查1、6孔的加工余量。若加工余量不够，可再适当的对A、B面相对借正，使1、6孔及A、B面加工余量都能满足。

③以6孔为基准(也要照顾1孔)围箱体四周划第一校正线I-I，再以I-I线为基准划出上移120毫米A面加工线和下移202毫米B面加工线。

2) 将箱体翻 90° ，如图4-1-11(b)将G面向下用三个千斤顶支好。

①用直角尺校正I-I与平台面垂直，用划线盘校正H面与平台平行。

②以6孔凸台直径为基准围箱体四周划出第二校正线II-II。并检查此线与箱体的内壁距离。

③以II-II线为基准分别下移142毫米划出G面加工线，上移81毫米划出E面加工线。再以E面加工线为准下移146毫米划出F面加工线。

3) 将箱体再翻转 90° 如图4-1-11(c)位，用三个千斤顶支好。

①分别用直角尺校正I-I、II-II线与平台面垂直。

②以6孔内端面为基准上移6孔长度尺寸，划出D面加

工线，再以D面加工线为准下移672毫米划出C面加工线。

③在各加工线上打好样孔，至此第一次划线完成。

(2)第二次划线：当箱体的A、B、C、D、E、F、G各面加工完后，进行第二次划线。其划线内容是划出全部孔的加工线。

1)将各毛坯孔填塞填块后，按图4-1-11(a)所示位置将千斤顶换成长高垫铁支承，依次划出第一位置线(即平行于B面的各孔中心线)。

①以A面为基准下移120毫米划出6孔的第一位置线I-I。

②以I-I线为基准，分别在C、D面上划出各孔的第一位置线。

③以A面为基准在G面上分别划出所有各孔的第一位置线。

2)按图4-1-11(b)所示位置，用三个千斤顶支承箱体，用直角尺校正，用三个千斤顶调整好B、C面对划线台面的垂直度，依次划出第二位置线(即平行于G面的各孔的中心线)。

①以E面为基准下移81毫米，划出6孔的第二位置线II-II。

②以II-II线为基准在C、D面上分别划出所有各孔的第二位置线。

3)按图4-1-11(c)位置将工件用三个千斤顶支在平台上，用直角尺校正，用三个千斤顶调整好B、G面对平台的垂直度。以C面为基准在G面上分别划出所有各孔的第三位置线。

4)分别以上述各位置线的交点为圆心，按图各孔的直

径尺寸 $\frac{1}{2}$ 为半径，用划规划出各孔的加工线。并在各孔的中心线及加工界限上冲上样孔。

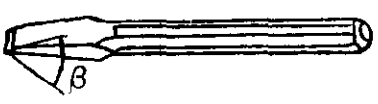
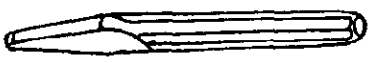
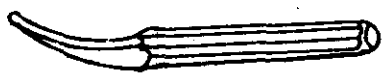
各螺孔、油孔的加工线待各孔加工后再以各孔为基准划出。

二、 整 切

1. 整切工具

(1) 整子

表 4-2-1 整子的种类与用途

名称	图 形	用 途
扁整 (扁铲)	 <p>整削较硬材料时：$\beta = 60^\circ \sim 70^\circ$； 整削中等硬度材料时：$\beta = 50^\circ \sim 60^\circ$； 整削较软材料时：$\beta = 30^\circ \sim 50^\circ$</p>	用以整切平面、铸件毛边和分割细或薄的材料
狭整 (尖整)		用以整槽和分割曲线形板料
油槽整		用来整削润滑油槽

(2) 手锤

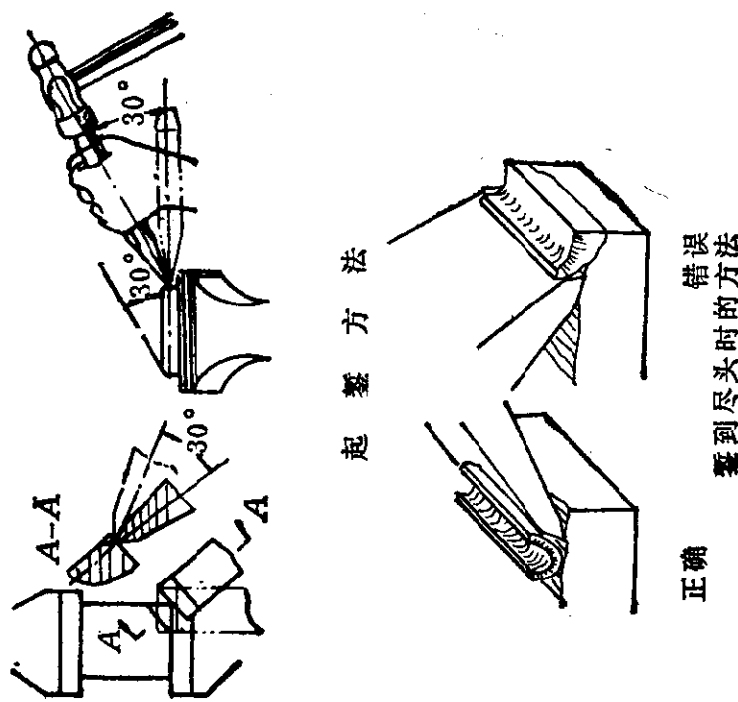
手锤（榔头）是钳工的重要工具，整削和装拆零件都必须用手锤来敲击。

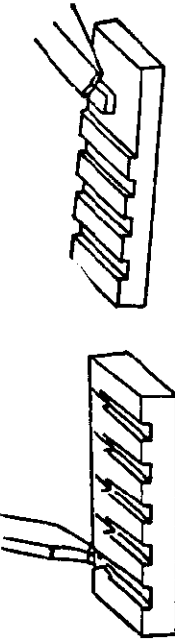
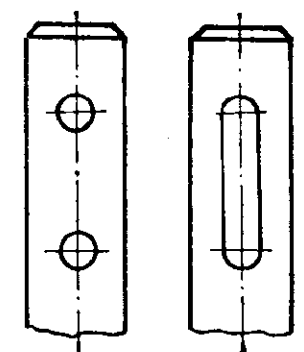
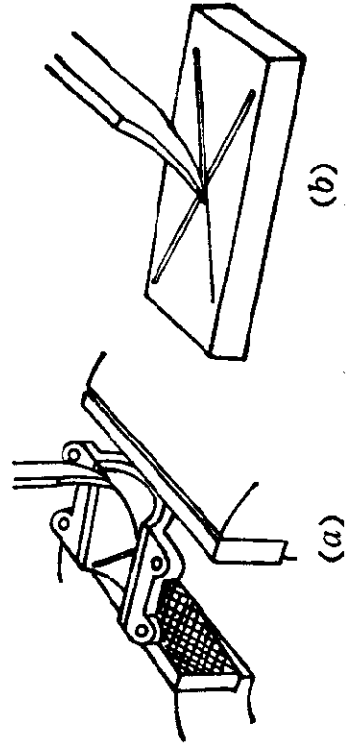
手锤由锤头和木柄两部分组成，锤头的重量大小用来表示手锤的规格，有0.5磅、1磅和1.5磅等几种（公制用0.25公斤、0.5公斤和1公斤等表示）。锤头用T7钢制成，并经淬硬处理。木柄选用比较坚固的木材做成，如檀木等，常用的1.5磅手锤的柄长为350毫米左右。

2. 整切方法

表 4-2-2

整切方法

整切内容	方 法	图 示
整切平面	<p>用扁整每次整切掉材料厚度为 0.5~2 毫米。起整可在工件中部或两端进行，起整后要把切削角度调整到能顺利地整掉厚度均匀的材料，并在整切中尽力保持这个切削角度，以得到光滑平整的表面，每次整切快到尽头时，应从另一头整掉余下部分，以免材料被撕裂</p>	 <p>起整方法</p> <p>正确</p> <p>错误</p> <p>整到尽头时的方法</p>

<p>整切大平面</p>	<p>整切大平面，先用尖整开槽，再以扁整整平</p>	
<p>整切键槽</p>	<p>按已划好的线整切，两端带圆弧的键槽，可在两端钻两个孔径等于槽宽的孔，用尖整整切，每次整切重量要小，用力要轻</p>	
<p>整切油槽</p>	<p>选用宽度等于油槽宽度的油槽整切，如果是在曲面上整切油槽，整子的倾斜角度要随曲面的变化而变化，以使在不同的整切点保持相同的切削角度，从而保证油槽尺寸、深浅和光洁度的要求</p>	

3. 錾切的安全技术

为了保证錾切工作的安全，操作时应注意以下几方面：

(1) 錾切时不要对着人，以免錾下的碎屑飞出伤人。操作者必要时可戴上防护眼镜。

(2) 錾子头部有明显的毛刺时，要及时磨掉，避免碎裂伤手。

(3) 錾子要经常刃磨锋利。过钝的錾子不但工作费力，錾出的表面不平整，而且容易产生打滑而引起手部划伤的事故。

(4) 发现手锤木柄有松动或损坏时，要立即装牢或更换，以免锤头脱落飞出伤人。

(5) 錾子头部、手锤头部和手锤木柄都不应沾油，以防滑出。

4. 錾子的淬火方法

把錾子刃部长约15~20毫米部分加热到暗桔红色（温度约在780~800℃）后，将錾子垂直放入常温的盐水中，浸入4~6毫米，当錾子露出水面部分变黑红色时，由盐水中取出，利用上部热量进行余热回火。回火时注意錾刃颜色：刚出水时颜色是白色，刃口的温度逐渐上升，颜色也随着改变成浅黄色、棕黄色、紫色、蓝色、蓝灰色，最后变成灰色。当錾子刃口呈现蓝色时，把錾子全部放入水中冷却，叫做淬蓝火。

三、锯 割

1. 锯割工具

(1) 锯弓

锯弓是用来张紧锯条的。有固定式和可调节式两种，见图4-3-1。

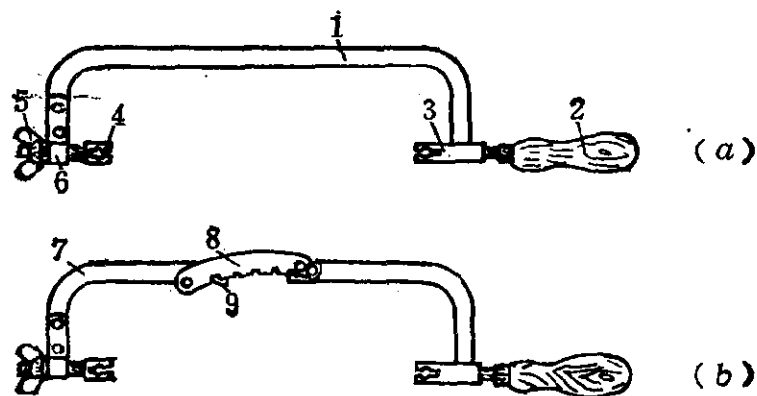
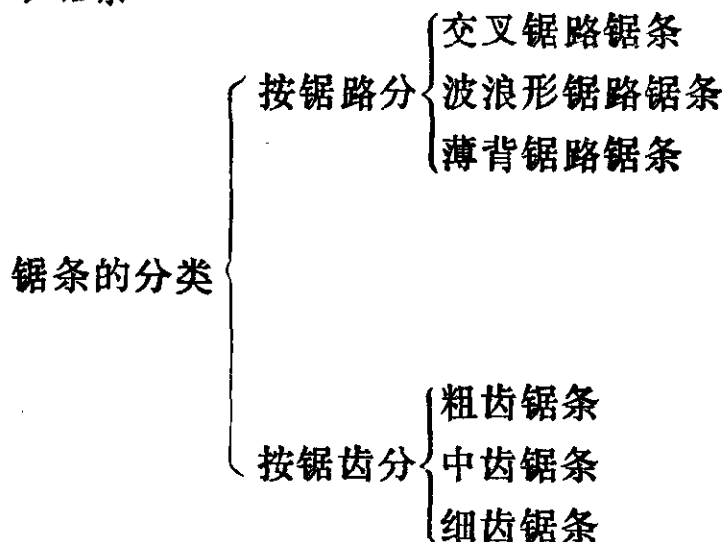


图 4-3-1 锯弓的构造

(a)固定式；(b)可调节式

1—锯弓；2—手柄；3—固定卡头；4—活动卡头；5—蝶形螺母；6—方孔导管；7—可动部分；8—固定的中间部分；9—定位销子

(2) 锯条

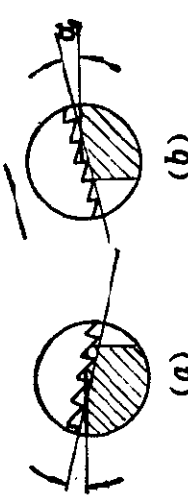
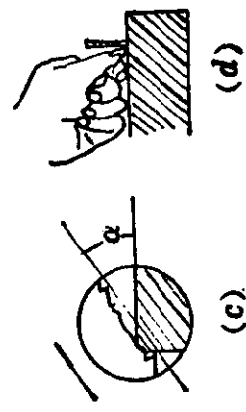



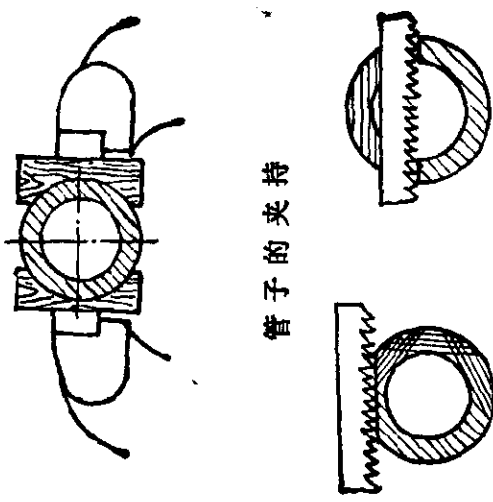
锯齿的粗细是以锯条每25毫米长度内的齿数来表示的，有14、18、24和32等几种。粗齿锯条的容屑槽较大，适用于锯割软材料和锯割较大的表面；细齿锯条适用于锯割硬材料及管子和薄板等。

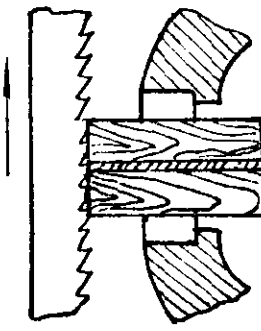
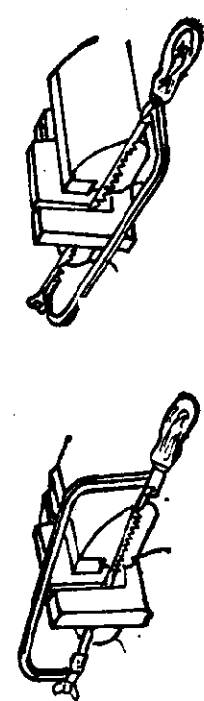
2. 锯割方法

表 4-3-1

锯割方法

锯割内容	方法	图示
起锯	<p>起锯是锯割工作的开始。起锯质量的好坏，直接影响锯割的质量。起锯有远起锯和近起锯两种。一般情况下采用远起锯较好，因为此时锯齿是逐步切入材料，锯齿不易被卡住，起锯比较方便。如果用近起锯，用力要轻，以免锯齿由于突然较深地切入材料，而被工件棱边卡住，甚至崩断。</p> <p>无论用远起锯或近起锯，起锯的角度要小(α不超过15°为宜)。如果起锯角太大，则起锯不易平稳，但起锯也不宜太小，太小则不易切入材料，而发生偏离。</p> <p>为了起锯平稳和准确，可用手指挡住锯条，使锯条保持在正确的位置上</p>	 <p>(a) 远起锯, (b) 近起锯</p>
		 <p>(c) 起锯角太大, (d) 用拇指挡住锯条的起锯角太大</p>

<p>棒料的锯割</p>	<p>如果要求锯割的断面比较平整，应从开始连续锯到结束。若锯出的断面要求不高，锯时可改变几次方向，使棒料转过一定角度再锯，这样，由于锯割面变小而容易锯入，可提高工作效率。锯毛坯材料时，断面质量要求不高，为了节省锯割时间，可分几个方向锯割。每个方向都不锯到中心，然后将毛坯折断</p>	
<p>管子的锯割</p>	<p>锯割管子的时候首先要做好管子的正确夹持。对于薄壁管子和精加工过管件，应夹在有V形槽的木垫之间，以防夹扁和夹坏表面。锯割时不要只在一个方向上锯，要多转几个方向，每个方向只锯到管子的内壁处，直至锯断为止</p>	<p style="text-align: center;">管子的夹持</p>  <p style="text-align: right;">正确 不正确 锯管子的方法</p>

锯割内容	方 法	图 示
<p>薄板料的锯割</p>	<p>锯割薄板料时，尽可能从宽的面上锯下去。这样，锯齿不易产生钩住现象。当一定要在板料的窄面锯下去时，应该把它夹在两块木块之间，连木块一起锯下。这样才能避免锯齿钩住，同时也增加了板料的刚度，锯割时不会颤动</p>	
<p>深缝的锯割</p>	<p>当锯缝的深度超过锯弓的高度时，可把锯条转过90°安装后再锯，装夹时，锯割部位应处于钳口附近，以免因工件颤动而影响锯割质量和损坏锯条</p>	

3. 锯条损坏的原因

表 4-3-2

锯条损坏的原因


损坏型式	损坏的原因
锯齿崩裂	<ol style="list-style-type: none"> 1. 锯薄板料和薄壁管子时没有选用细齿锯条; 2. 起锯角太大或采用近起锯时用力过大; 3. 锯割时突然加大压力, 有时也要被工件棱边钩住锯齿而崩裂
锯条折断	<ol style="list-style-type: none"> 1. 锯条装得过紧或过松; 2. 工件装夹不正确, 产生抖动或松动; 3. 锯缝歪斜后强行借正, 使锯条扭断; 4. 压力太大, 当锯条在锯缝中稍有卡紧时就容易折断; 锯割时突然用力也易折断; 5. 新换锯条在旧锯缝中被卡住而折断。一般应改换方向再锯割。如在旧锯缝中锯割时应减慢速度和特别细心; 6. 工件锯断时没有掌握好, 致使手锯碰撞台虎钳等物
锯齿过早磨损	<ol style="list-style-type: none"> 1. 锯割速度太快, 使锯条发热过度, 造成锯齿过早磨损; 2. 锯割较硬材料时没有加切削液; 3. 锯割过硬的材料

四、锉 削

1. 锉刀的种类及选择

表 4-4-1

锉刀的种类

名称	断面形状
普通锉	

续表


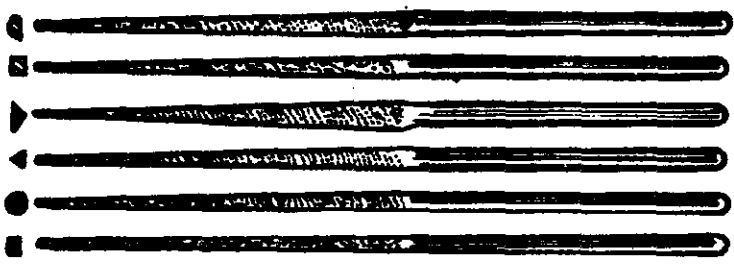
名 称	断 面 形 状
特 种 锉	
整 形 锉 (什锦锉)	

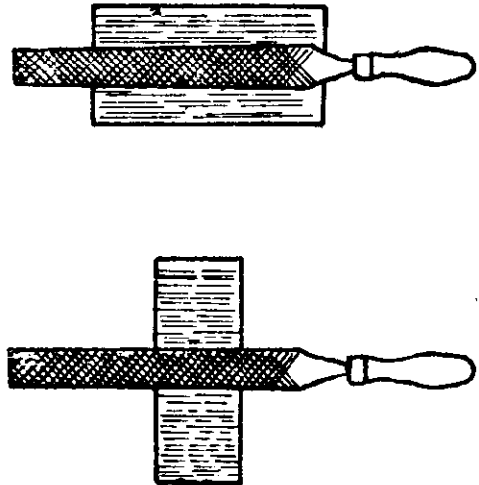
表 4-4-2 锉 刀 的 选 择

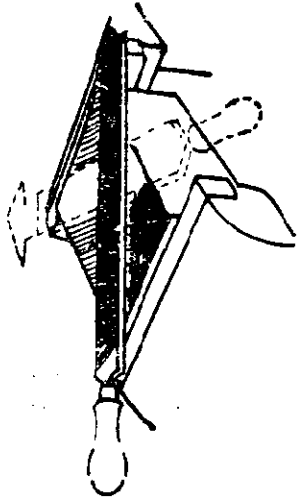
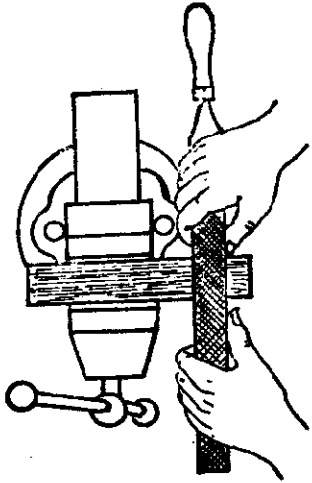
名 称	用 途
单 齿 纹 锉	适用于锉削铝及一些较软的材料
双 齿 纹 锉	适用于锉削硬材料
粗 齿 锉	适用于锉削加工余量大、加工精度和表面光洁度要求低的工件或较软的材料
细 齿 锉	适用于锉削加工余量小、加工精度和表面光洁度要求高的工件

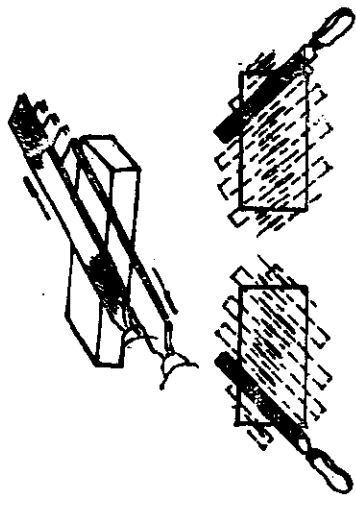
2. 锉削方法

表 4-4-3

锉削方法

锉削型式	方法	图示
平面的锉法	<p>推进锉刀时，两手加在锉刀上的压力，应保证锉刀平稳而不上下摆动，这样，才能锉出平整的平面。锉平面可用顺向锉、交叉锉和推锉等几种方法</p>	

锉削型式	方法	图示
平面的锉法	<p>顺向锉法，适用锉削不大的平面和最后锉光，顺向锉可得到正直的锉痕，比较整齐美观；</p> <p>交叉锉法，锉刀与工作面的接触面增大，锉刀容易掌握平稳。同时，从锉痕上可以判断出锉削面的高低情况，因此，容易把平面锉平。交叉锉进行到平面将锉削完成之前，要改用顺向锉法，使锉痕变为正直；</p> <p>推锉法一般用来锉削狭长平面，在加工余量较小和修正尺寸时也常应用</p>	 <p style="text-align: center;">交叉锉法</p>  <p style="text-align: center;">推锉法</p>

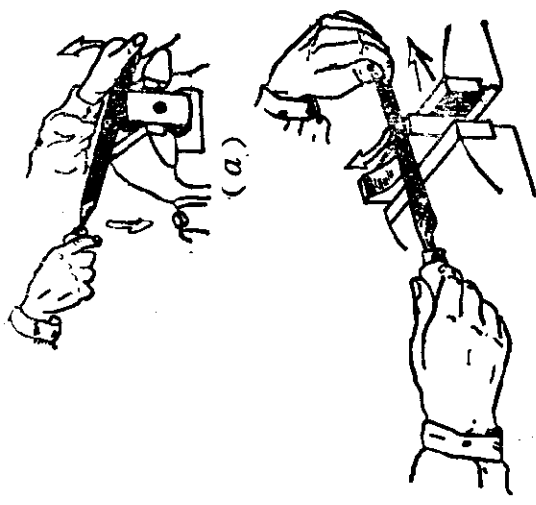


锉刀的移动

凸圆弧面的锉法。开始时，锉刀紧靠工件，锉刀尾抬高，然后开始推锉并使锉刀头逐渐由下向前上方作弧形运动。两手要协调，压力要均匀；

凹圆弧面的锉法。要使锉刀作前进运动的同时，还要使锉刀本身作旋转运动和向左或向右移动

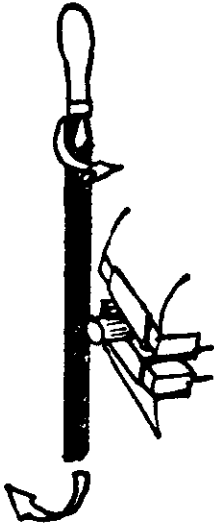
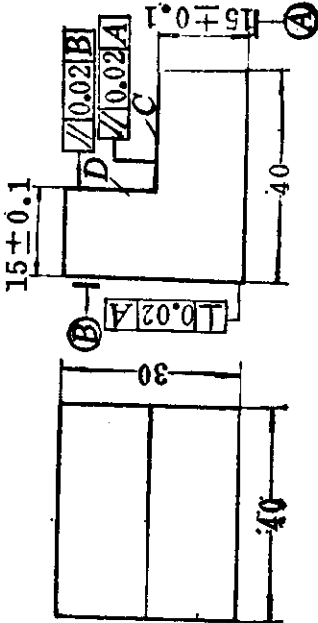
曲面的锉法



(a)

(b)

(a)凸圆弧面锉法；(b)凹圆弧面锉法

锉削型式	方法	图示
球面的锉法	<p>锉刀在作外圆弧锉法动作的同时, 还需要绕球面的中心和周向作摆动</p>	 <p style="text-align: center;">球面的锉法</p>
直角面的锉法	<p>锉内外直角面是锉削工作中常遇到的一种。其锉削方法为了清楚起见, 只说明工作上A、B、C、D面的锉削方法, 其余各面假定已加工好, A、B、C、D面也已粗加工方法如下:</p> <p>第一步, 先检查各部分尺寸和不垂直度、不平行度的误差情况, 合理分配各面的加工余量,</p> <p>第二步, 锉平面A, 不平直度和光洁度符</p>	 <p style="text-align: center;">直角形工件</p>

合图纸要求，不允许未达要求就急于去锉其他平面，

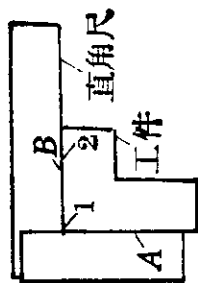
第三步，锉平面B，要求平直和光洁，并与平面A垂直。不垂直度是用角尺以透光法来检查。检查时，将角尺的短边紧靠平面A，长边靠在平面B上透光检查；

第四步，锉平面C，使其与平面A平行和尺寸准确。锉平面C时，要防止把平面D锉坏，以免平面D的加工余量不够。此时，最好使用有光边的锉刀；

第五步，锉平面D，使其与平面B平行和尺寸准确。同时要防止把平面C锉坏；

第六步，修掉各边毛刺。

从上述步骤可以得出一个规律：有几个方面同时要锉削时，应尽可能选择大的平面或长的平面先加工好作为基准，因为这种面作为检查测量的依据比较可靠；外表面和内表面都要锉削时，尽量先锉外表面，因为外表面的加工和检查都比较容易



用直角尺检查不垂直度

3. 锉削废品分析

表 4-4-4

锉削产生的废品及其分析

出现的问题	产生的原因
工件夹坏	<ol style="list-style-type: none">1. 精加工过的表面被虎钳口夹出伤痕, 其原因大多是虎钳口没有加保护片(铜钳口或木块等较软材料)。有时虽加有保护片, 如果工件较软而夹紧力过大, 也会使工件表面夹坏;2. 空心工件被夹扁, 其原因是夹紧力太大, 另外, 夹圆柱形零件时, 钳口两面应衬以V形铁或弧形木块, 否则由于夹紧力作用于工件表面的极小面积上, 局部压力太大, 就要产生变形
尺寸和形状不准确	<ol style="list-style-type: none">1. 划线不正确;2. 锉削时检查测量有误差, 或锉削量过大而又不及时检查, 以致锉过了尺寸界限;3. 锉削角度面时不细心, 把已锉好的相邻面锉坏
表面不光洁	<ol style="list-style-type: none">1. 在精锉时仍采用较粗的锉刀;2. 粗锉时锉痕太深, 以致在精锉时也无法去除粗痕;3. 锉屑嵌在锉纹中未及时清除, 而把表面拉毛

五、钻孔、镗孔和铰孔

1. 钻孔

(1) 麻花钻

麻花钻主要由柄部、颈部和工作部分等三部分组成。如图4-5-1所示。

1) 柄部: 钻头的柄部, 供钻削时作夹持用, 它分直柄和莫氏锥柄两种。直柄钻头的直径一般在0.3~16毫米范围, 莫氏锥柄的钻头直径见表4-5-1。

2) 颈部: 位于工作部分与柄部之间。通常标注商标、规格。磨削柄部时可供砂轮退刀用。

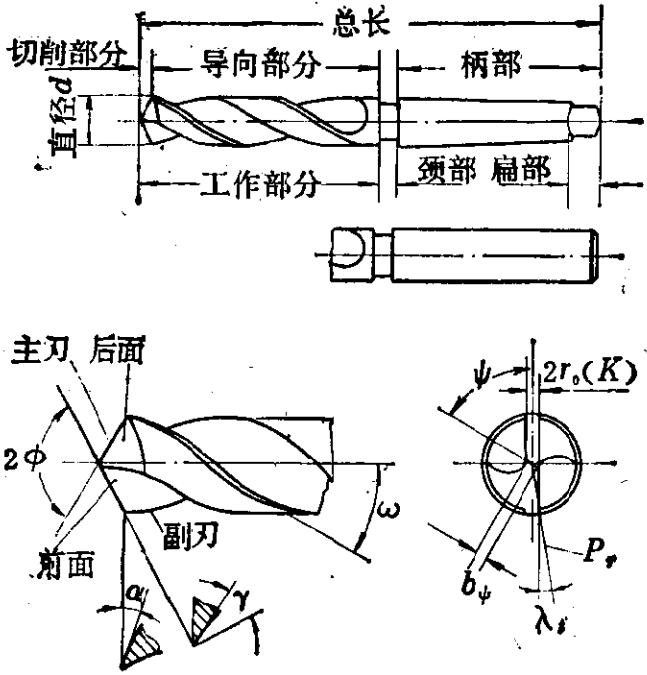


图 4-5-1 麻花钻

表 4-5-1 莫氏锥柄号与钻头直径 (毫米)

莫氏锥柄号	1	2	3	4	5	6
钻头直径	6~15.5	15.6~23.5	23.6~32.5	32.6~49.5	49.6~65	~80

3) 工作部分: 包括导向和切削两部分。

导向部分的作用是在切削过程中使钻头能保持钻削方向和修光孔壁,同时也是切削部分的后备部分。为了减少在切削过程中由钻头与孔壁之间的摩擦所产生的热量,在导向部分制有很窄的两条倒锥形刃带,以保证切削顺利进行。倒锥大小见表4-5-2。

表 4-5-2

麻花钻倒锥量

(毫米)

钻头直径	1~6	>6~18	>18~80
每100毫米内减少量	0.03~0.08	0.04~0.1	0.05~0.12

切削部分主要担负切削工作（切削部分主要几何角度见表4-5-3）。

为了使钻头能更好切削和排屑，钻头工作部分上又开有两条螺旋槽。

表 4-5-3

麻花钻切削部分几个要素

名称	符号	定义与作用	参考数值
螺旋角	ω	<p>通常所说的螺旋角是指螺旋槽上最外缘的螺旋线展开成直线与钻头轴线之间的夹角。由于螺旋槽上各点所在螺旋线的螺距是相同的，因此，在不同半径处，螺旋角的大小是不相等的；</p> <p>设钻头外缘处的螺旋角为ω，切削刃上任一点处的螺旋角ω_x可按下式计算：</p> $\operatorname{tg}\omega_x = \frac{r_x}{R} \operatorname{tg}\omega$ <p>式中 R——钻头的半径(毫米)； r_x——钻头切削刃上任一点的半径(毫米)。</p> <p>螺旋角的大小直接影响前角的大小。螺旋槽起容纳加入切削液和排除切屑的作用</p>	<p>普通麻花钻的螺旋角一般在$18^\circ \sim 32^\circ$，小直径钻头以及钻高强度或容易产生“扎刀”现象的材料的钻头，选用较小的螺旋角</p>

续表

名称	符号	定义与作用	参考数值
锋角	2ϕ	<p>锋角是两主切削刃在与它们平行的平面上的投影夹角。它的大小影响前角、切削厚度、切削宽度、切屑流出方向、切削力、光洁度和孔的扩张量，以及外缘转点的散热条件。锋角加大，可加大前角，加大切削厚度，使切削扭矩有所降低，并使排屑较有利，因此，适宜于钻塑性大、强度大的材料；锋角小，切削刃长度增大，切削宽度大，切削厚度减小，使单位长度负荷降低，且外缘点的刀尖角加大，散热体积加大，可减轻切削刃的磨损，同时使轴向力减小，对钻头纵向稳定性有利，适宜于钻脆性大、耐磨性材料</p>	<p>目前，出厂的普通麻花钻的锋角一般为 $2\phi = 118^\circ \pm 2^\circ$</p>
前角	γ	<p>切削刃上任一点的基面与前面的夹角，称为这一点的前角。普通麻花钻头的前角在外缘处最大，自外缘向中心逐渐减小，靠近钻心处为负前角。前角的大小与螺旋角、主偏角、刃倾角有关。</p> <p>前角的大小决定切削难易程度和切屑在前面的摩擦情况，前角越大，切削越省力，但刃口强度降低；前角减小，刃口强度增加，也加大了切削力</p>	<p>普通麻花钻的前角一般是：</p> <p>$\gamma(\text{外缘}) \approx \omega$；</p> <p>$\gamma(\text{内刃}) \approx -30^\circ$；</p> <p>$\gamma(\text{横刃}) \approx -54^\circ \sim -60^\circ$</p>

名称	符号	定义与作用	参考数值
后角	α	<p>切削刃上任一点的后角是刀具的后面与切削平面之间的夹角。在不同截面内测量有不同的后角，在以钻轴为轴心线的圆柱截面内测量钻头的后角比较符合实际。</p> <p>后角加大，可以减小刀具后面与工件的摩擦，便于切削液流到切削区，有利于冷却，改善磨损，并使切削刃锋利，容易切入工件。后角过大，则削弱了切削刃的强度，热量不易散出，并促使扎刀和振动的产生。因此，应根据不同材料和不同切削用量及钻头直径来定后角的大小</p>	<p>普通麻花钻的后角(外缘处)按钻头直径的大小可分为：</p> <p>$d < 15$毫米时： $\alpha = 10^\circ \sim 14^\circ$；</p> <p>$d = 15 \sim 30$毫米时： $\alpha = 9^\circ \sim 12^\circ$；</p> <p>$d > 30$毫米时： $\alpha = 8^\circ \sim 11^\circ$</p>
端面刃倾角	λ_r	<p>在钻头端面内，主切削刃的切线与基面之间的锐角夹角叫端面刃倾角。</p> <p>刃倾角控制切屑流出的方向。刀尖低(负刃倾角)，切屑流向已加工表面；刀尖高(正刃倾角)，切屑流向待加工表面。它还影响着刃尖强度、前角变化及切削力的分布</p>	<p>在普通麻花钻的主切削刃上，各点的端面刃倾角变化的趋势是，越靠近钻心端面刃倾角越大</p>

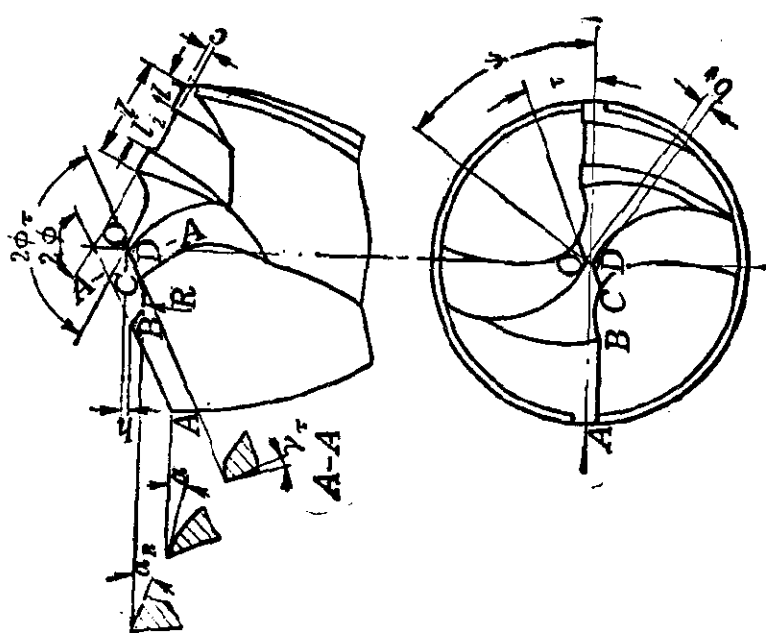
续表

名称	符号	定义与作用	参考数值
横刃斜角	ψ	在钻头的端面投影图中，横刃和主切削刃所夹的锐角是横刃斜角； 后角加大时横刃斜角就要减小，横刃变长。横刃斜角越大，定心作用越好	普通麻花钻的横刃斜角是： $\psi = 47^\circ \sim 55^\circ$
横刃	b_ψ	横刃是两个主后面的交线。横刃的长短影响着轴向力的大小和刃口的强度	普通麻花钻的横刃约为： $b_\psi = 0.18d$
钻心厚度	$2r_0$ (K)	钻头的中心厚度称钻心厚度。它主要为保持钻头有足够的强度和起定心作用。但钻心厚度过大，虽然强度增加，但切削时轴向力也增加。所以为了兼顾起见，往往把钻心制成锥形，由切削部分逐渐向柄部方向增厚	普通麻花钻的钻心厚度为： $2r_0 = 0.15d$ 切削刃向钻柄部逐渐增厚，一般增厚量为：1.4~2.0毫米/100毫米

(2) 先进钻型介绍

随着生产的发展，新材料不断出现，普通麻花钻的切削角度越来越不适应生产的需要，为此，近年来出现了很多高效、长寿、优质、安全的新钻型。这些钻型，适用于多种金属材料，非金属材料 and 不同工艺特性情况下的加工，在机械加工领域中发挥了一定的作用。

表 4-5-4 群钻及其它先进钻型

钻型	几何形状及参数	钻削特点
基本型群钻	 <p> $2\phi \approx 125^\circ$; $2\phi_r \approx 135^\circ$; $\psi \approx 65^\circ$; $\tau \approx 25^\circ$; $\gamma_r \approx -15^\circ$; $\alpha \approx 10^\circ \sim 15^\circ$; $\alpha_R \approx 12^\circ \sim 18^\circ$; $l \approx 0.2 \sim 0.3d_1$; $l_1 \approx l/3$; $l_2 \approx l/2.5 \sim l/3$; $R \approx 0.1d_1$; $h \approx 0.04d_1$; $b_y \approx 0.03 \sim 0.04d_1$; $c \approx 1.5s$; d —— 钻头直径; s —— 走刀量 </p>	<p>1. 基本型群钻适用于加工各种碳钢和各种合金结构钢;</p> <p>2. 基本型群钻与普通麻花钻相比具有高效、长寿、优质等优点;</p> <p>3. 基本型群钻的特点:</p> <p>三尖七刃锐当先, 月牙弧槽分两边, 一侧外刃再开槽, 横刃磨低窄又尖</p>

1. 钻不锈钢 (1Cr18Ni9

Ti) 材料时遇到的主要问题

是：切屑不易断，钻头耐用度低，生产效率低；

2. 钻不锈钢群钻的特点：

钻心稍高弧槽浅，

刃磨对称是关键，

一侧面刃浅开槽，

时连时分屑易断

$$2\phi \approx 135^\circ \sim 150^\circ;$$

$$2\phi_r \approx 135^\circ;$$

$$\psi \approx 65^\circ;$$

$$\tau \approx 20^\circ \sim 25^\circ;$$

$$\alpha \approx 10^\circ \sim 12^\circ;$$

$$\alpha_R \approx 14^\circ \sim 16^\circ;$$

$$R \approx 0.2d;$$

$$l \approx 0.3d;$$

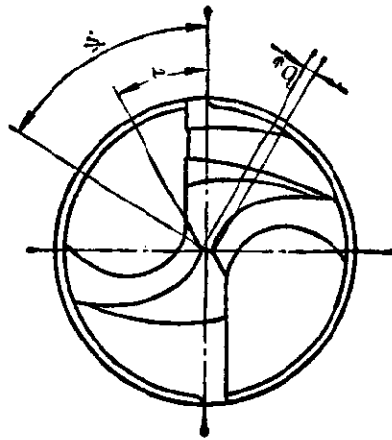
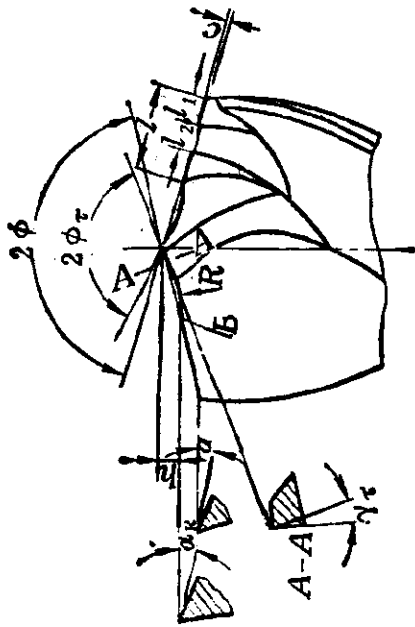
$$l_1 = l, \approx l/3;$$

$$h \approx 0.05d (2\phi = 150^\circ)$$

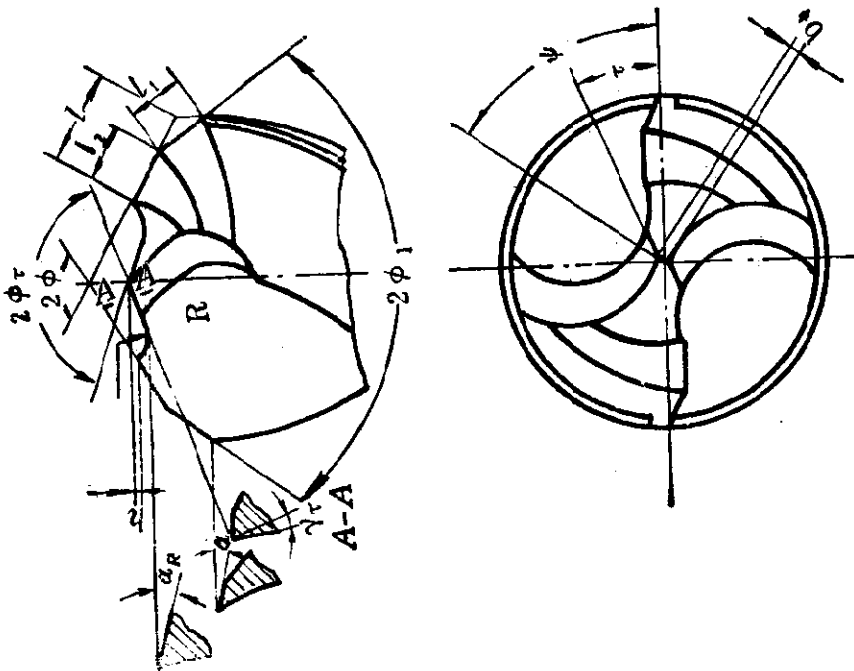
$$\approx 0.07d (2\phi = 135^\circ);$$

$$b_s \approx 0.04d;$$

d —— 钻头直径



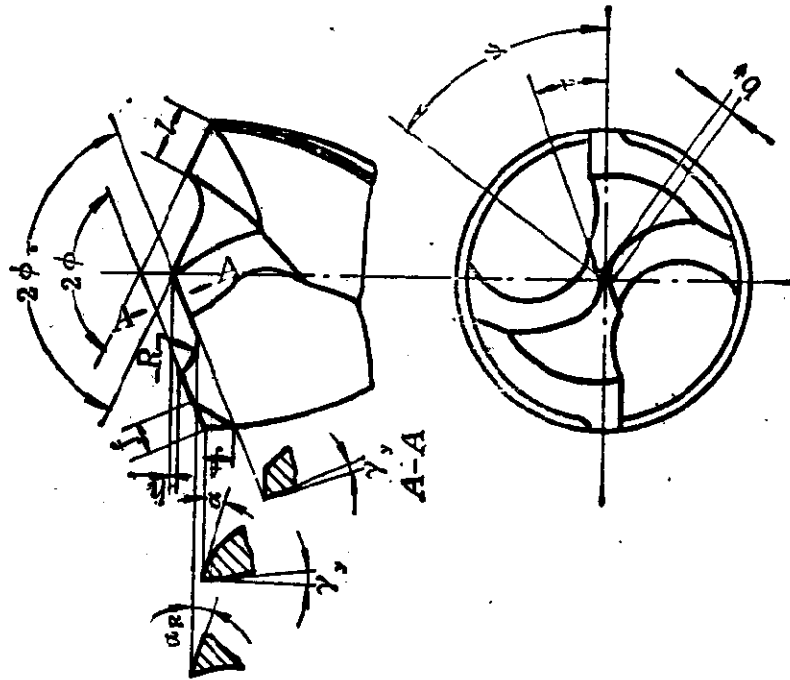
钻 不 锈 钢 群 钻

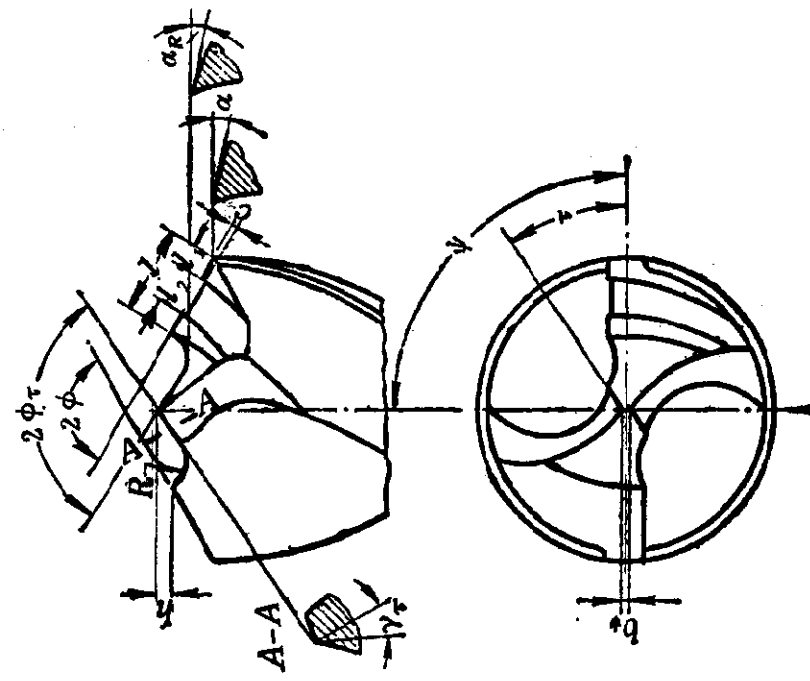
钻型	几何形状及参数	钻削特点
钻 铸 铁 群 钻	 <p> $2\phi_{\tau} \approx 120^{\circ}$; $2\phi_{\tau} \approx 135^{\circ}$; $2\phi_1 \approx 70^{\circ}$; $\psi \approx 65^{\circ}$; $\tau \approx 25^{\circ}$; $\gamma_{\tau} \approx -10^{\circ}$; $\alpha \approx 13^{\circ} \sim 18^{\circ}$; $\alpha_R \approx 15^{\circ} \sim 20^{\circ}$; $h \approx 0.03d$; $b_{\phi} \approx 0.03d$; $R \approx 0.12d$; $l \approx 0.3d$; l_1; l_1; d—钻头直径 </p>	<p>1. 钻铸铁的主要问题是： 由于铸铁切屑细碎，特别是 钻深孔时，难以排屑，严重 时钻头与孔壁研死。同时使 外缘转角处磨损很大，有时 整个角磨掉；</p> <p>2. 钻铸铁群钻的特点： 铸铁屑碎赛磨料， 转速稍低大走刀， 三尖刃利加冷却， 双重锋角寿命高</p>

1. 钻黄铜最突出的问题是：容易产生“扎刀”现象。产生“扎刀”，轻则使孔出口处划坏和有毛刺；重则钻头切削部分扭坏，钻头折断，出事故；

2. 钻黄铜群钻的特点：黄铜钻孔易“扎刀”，外缘前角要减小。刃带磨窄、修圆弧，孔圆、光整质量高

- $2\phi_r \approx 125^\circ$;
- $2\phi_r \approx 135^\circ$;
- $\psi \approx 65^\circ$;
- $\tau \approx 20^\circ \sim 25^\circ$;
- $\gamma_r \approx -10^\circ$;
- $\gamma_y \approx 8^\circ$;
- $\alpha \approx 12^\circ \sim 15^\circ$;
- $\alpha_R \approx 15^\circ \sim 18^\circ$;
- $l \approx 0.2d$;
- $h \approx 0.03d$;
- $b_\psi \approx 0.03d$;
- $R \approx 0.1d$;
- $f \approx 1.5 \sim 3.0$;
- d —— 钻头直径



钻型	几何形状及参数	钻削特点
钻紫铜群钻	 <p> $2\phi \approx 120^\circ$; $2\phi \approx 115^\circ$; $\psi \approx 90^\circ$; $\tau \approx 30^\circ \sim 35^\circ$; $\gamma \approx -25^\circ$; $\alpha \approx 12^\circ \sim 15^\circ$; $\alpha_R \approx 10^\circ \sim 20^\circ$; $l \approx (0.2 \sim 0.3)d$; $h \approx 0.06d$; $R \approx 0.2d$; $b_\phi \approx 0.02d$; $d < 25$毫米, 不开分屑槽; $d > 25$毫米, $l_1 \approx l/3$; d —— 钻头直径 </p>	<p>1. 钻紫铜的主要问题是:</p> <p>(1) 孔型不圆, 成多角型, 钻出的孔上部扩大;</p> <p>(2) 孔不光, 孔壁有撕痕, 有时出现螺旋线挤痕出孔处毛刺大;</p> <p>(3) 软的紫铜切屑不断, 绕在钻头上不安全, 钻孔效率低;</p> <p>(4) 有些硬化的紫铜切屑较碎, 孔也不易光洁;</p> <p>(5) 钻头容易咬挤在孔中。</p> <p>2. 钻紫铜群钻的特点:</p> <p>紫铜群钻钻心高, 圆弧后角要减少, 横刃斜角九十度, 孔形光整无多角</p>

1. 钻无氧铜突出的问题

是:

不断屑, 切屑缠绕在钻头上, 严重地影响安全和生产效率;

2. 钻无氧铜群钻的特点:

无氧铜料塑性高, 外刃磨出正倾角, 钻心定稳不发颤, 慢进快转促断屑

$2\phi \approx 110^\circ$;

$2\phi_\tau \approx 120^\circ$;

$\psi \approx 90^\circ$;

$\tau \approx 30^\circ$;

$\alpha \approx 12^\circ$;

$\alpha_R \approx 15^\circ$;

$\gamma_r \approx -20^\circ$;

$\gamma_l \approx 15^\circ \sim 25^\circ$;

$\lambda_l \approx 12^\circ \sim 22^\circ$;

$h \approx 0.08d$;

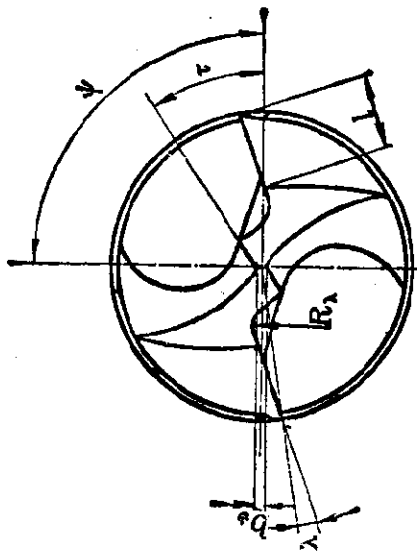
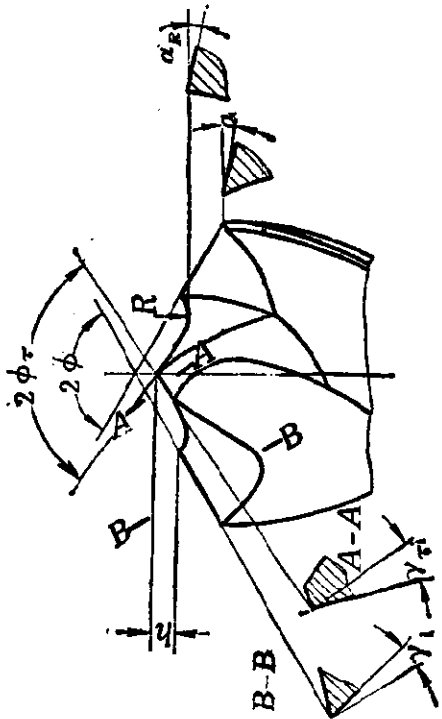
$R \approx 0.1d$;

$b_\psi \approx 0.02d$;

$l \approx 0.25d$;

$R_\lambda \approx 0.04d$;

d —— 钻头直径



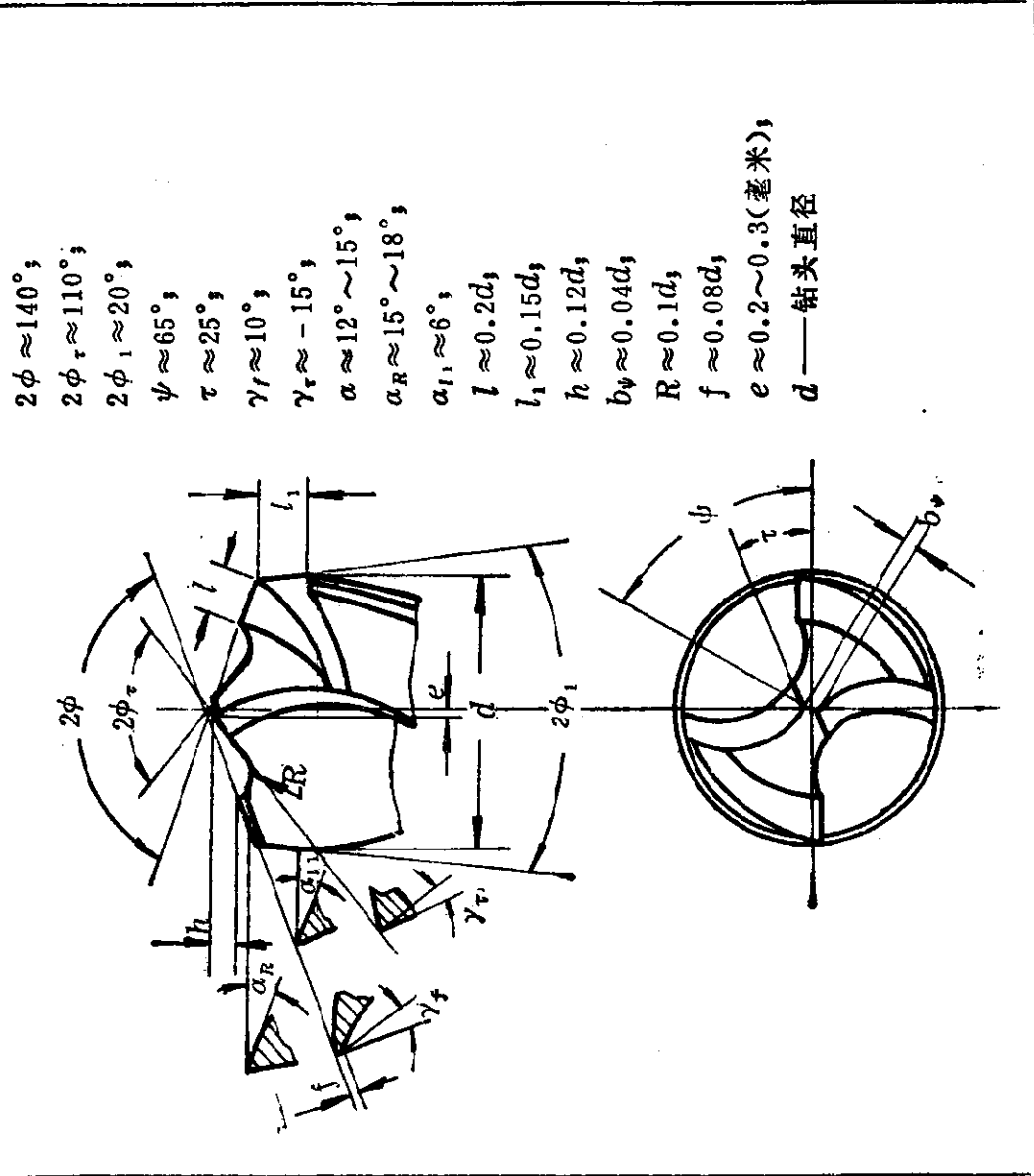
钻 无 氧 铜 群 钻

续表

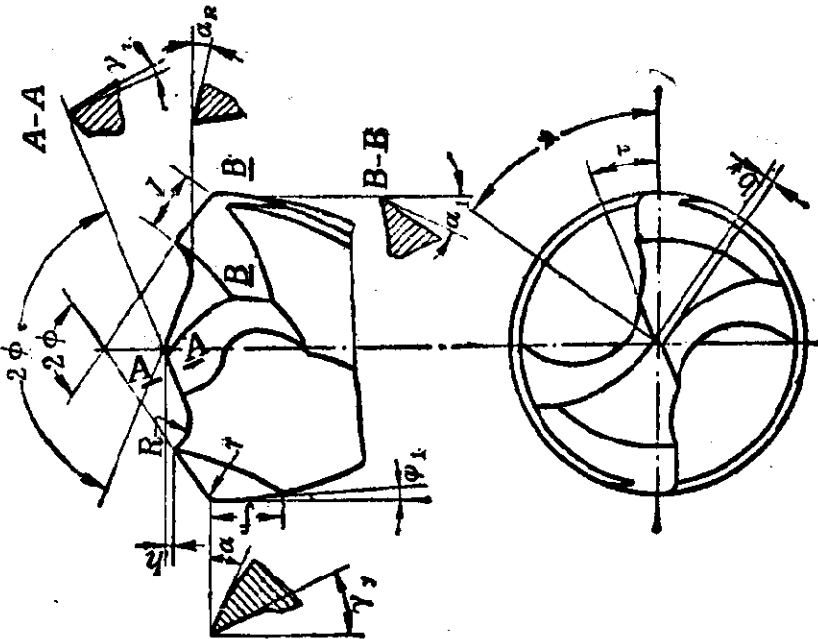
钻型	几何形状及参数	切削特点
钻铝合金群钻		<p>1. 钻铝合金的主要问题： (1) 产生“刀瘤”严重； (2) 孔光洁度低； (3) 孔较深时排屑困难，切屑易划伤孔壁，甚至挤住钻头，严重时使钻头折断。</p> <p>2. 钻铝合金群钻的特点： 料粘、孔糙、积屑瘤； 孔深排屑很棘手； 背出平面、大锋角； 精孔最好加煤油</p>

1. 钻钛合金的主要问题

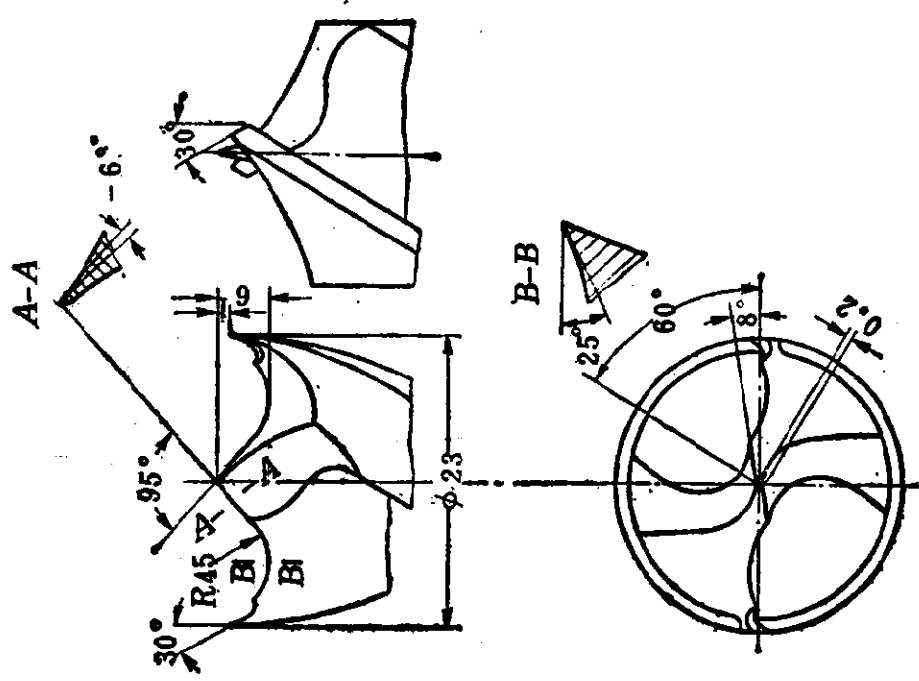
- 是：
- (1) 料粘粘刀严重；
 - (2) 钛合金散热差，切削温度高；
 - (3) 孔易收箱，刃带与孔壁摩擦严重，刃带磨损快，钻头寿命低。
2. 钻钛合金群钻的特点：
钛合金料易粘刀，硬化严重难切削，尖高、心偏、修前面，双锋刃利寿命高



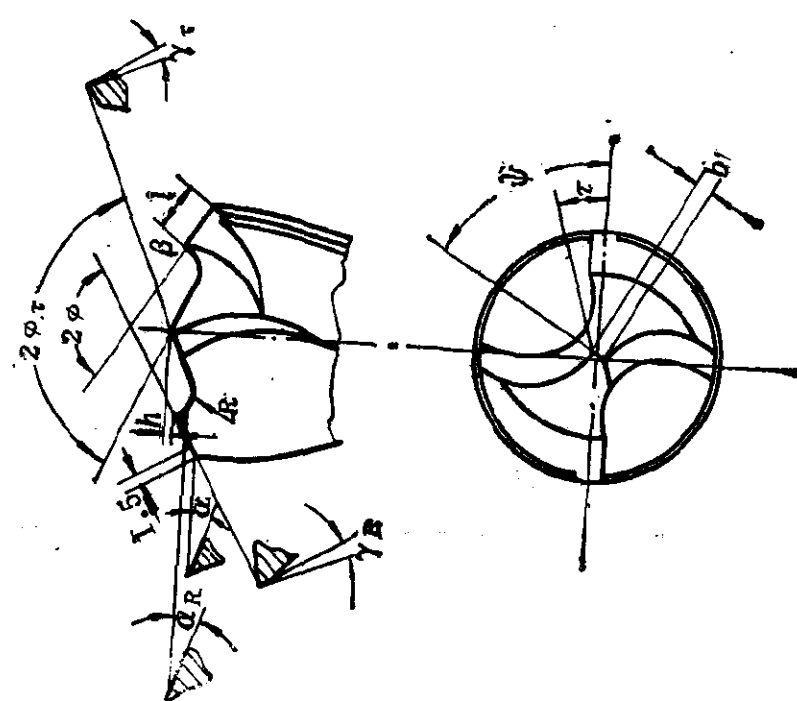
钻 钛 合 金 群 钻

钻型	几何形状及参数	钻削特点
钻有机玻璃群钻	 <p> $2\phi \approx 110^\circ;$ $2\phi_r \approx 135^\circ;$ $\phi_1 \approx 15^\circ;$ $\psi \approx 65;$ $\gamma_y \approx 40;$ $\gamma_r \approx -5;$ $\tau \approx 20^\circ \sim 25^\circ;$ $\alpha \approx 25^\circ \sim 27^\circ;$ $\alpha_R \approx 18^\circ \sim 20^\circ;$ $\alpha_1 \approx 25^\circ \sim 27^\circ;$ $h \approx 0.03d;$ $R \approx 0.1d;$ $b_\phi \approx 0.02d;$ $l \approx 0.2d;$ $\gamma \approx 0.1d;$ d —— 钻头直径 </p>	<p>1. 钻有机玻璃的主要问题是:</p> <p>(1) 难以得到满意的透明度, 严重时孔壁烧伤;</p> <p>(2) 孔壁产生“银斑”状裂纹;</p> <p>(3) 孔两端有时发生崩块。</p> <p>2. 钻有机玻璃群钻的特点:</p> <p>有机玻璃孔发乌, 刃带磨窄、修圆弧。加大倒锥、前、后角, 刃口背光、冷却足</p>

1. 钻橡胶的主要问题是：
 (1) 孔收缩量很大，易成锥形、上小下大、严重时孔壁撕伤，甚至不成孔形；
 (2) 钻削温度高时，橡胶变质有臭味。
2. 钻橡胶群钻的特点：
 橡皮钻孔易收缩，
 内定中心、外切削，
 外缘磨出切向刃，
 快转、慢进、大后角



钻 橡 胶 群 钻

钻型	几何形状及参数	钻削特点
钻 胶 木 群 钻	 <p> $2\phi_r \approx 100^\circ \sim 110^\circ;$ $2\phi_r \approx 135^\circ;$ $\psi \approx 65^\circ;$ $\tau \approx 20^\circ \sim 25^\circ;$ $\gamma_r \approx -10^\circ;$ $\gamma_B \approx -5^\circ;$ $\alpha \approx 12^\circ \sim 15^\circ;$ $\alpha_R \approx 15^\circ \sim 18^\circ;$ $b_y \approx 0.02d;$ $h \approx 0.03d;$ $R \approx 0.1d;$ $l \approx 0.2d;$ d——钻头直径 </p>	<p>1. 钻胶木常遇到的问题</p> <p>是:</p> <p>(1) 孔径收缩较大, 加剧钻头刃带与孔壁的摩擦, 严重时孔壁变黑烧糊;</p> <p>(2) 夹布胶木在孔出入口处有毛边, 孔壁不光;</p> <p>(3) 夹布胶木在孔出入口处脱皮严重, 中间分层, 表皮变色(出黄边);</p> <p>(4) 玻璃丝夹布胶木在入口处有毛边, 间分层, 表皮变色(出黄边)有较严重的“扎刀”现象。出口处脱皮, 孔壁不光, 而且钻头磨损快。</p> <p>2. 钻胶木群钻的特点:</p> <p>胶木钻孔易“扎刀”, 脱皮、毛边、孔缩小, 快切、风冷、修前面, 钻心稍偏、小锋角</p>

1. 钻高硅氧玻璃钢的主要

问题是：

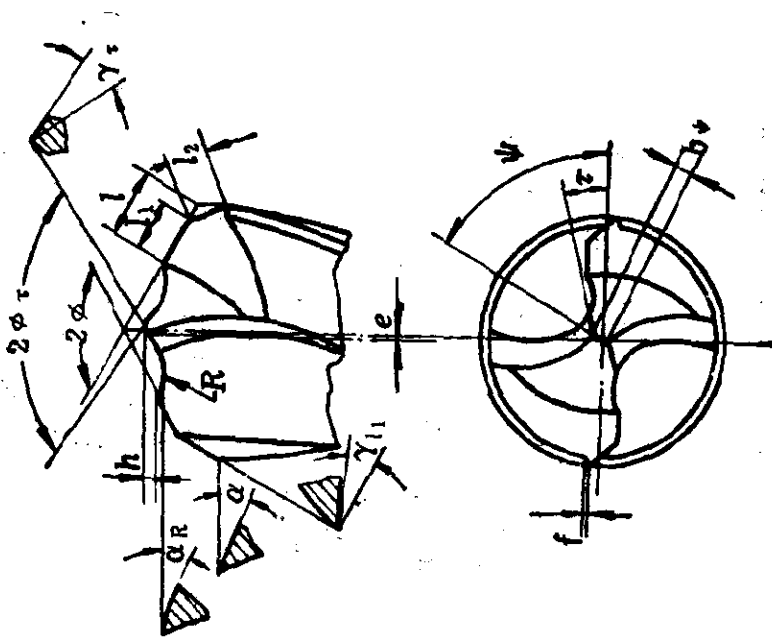
钻头磨损严重，耐用度低，工件易分层、掉渣和树脂烧焦，

2. 钻高硅氧玻璃钢群钻的

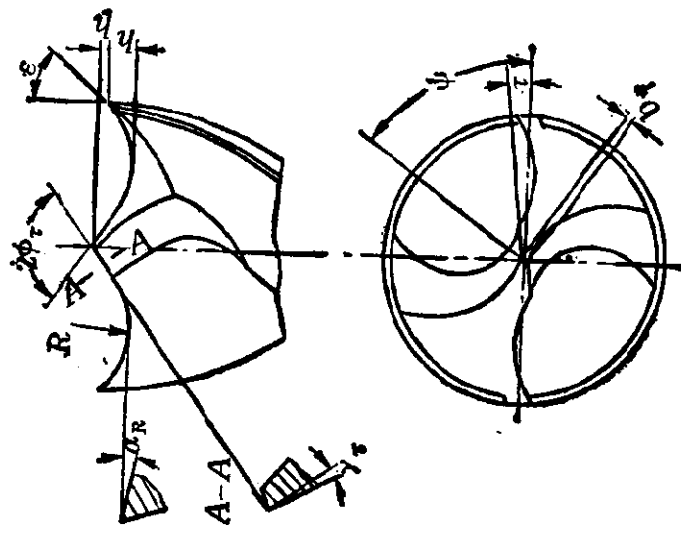
特点：

玻璃钢料含硅高，刀易磨损孔易烧，刃带减窄修前面，钻心稍偏、大走刀

- $2\phi \approx 135^\circ$;
- $2\phi_r \approx 120^\circ \sim 150^\circ$;
- $\psi \approx 65^\circ$;
- $\tau \approx 25$;
- $\gamma_r \approx -15^\circ$;
- $\gamma_{l1} \approx 22^\circ \sim 24^\circ$;
- $\alpha \approx 12^\circ \sim 15^\circ$;
- $\alpha_R \approx 16^\circ \sim 18^\circ$;
- $l \approx 0.3d$;
- $l_1 \approx \frac{l}{2}$;
- $h \approx 0.05d$;
- $b_v \approx 0.04d$;
- $f \approx 0.1$;
- $R \approx 0.2d$;
- $e \approx 0.2 \sim 0.3$;
- d —— 钻头直径



钻 高 硅 氧 玻 璃 钢 群 钻

钻型	几何形状及参数	钻削特点
<p>钻薄板群钻</p>	 <p> $2\phi_r \approx 90^\circ \sim 110^\circ$; $\epsilon \approx 30^\circ \sim 40^\circ$; $\gamma_r \approx -10^\circ$; $\alpha_R \approx 12^\circ \sim 15^\circ$; $\psi \approx 65^\circ$; $\tau \approx 20^\circ \sim 30^\circ$; $h \approx 0.5 \sim 1$ (毫米); $h_1 \approx \delta + 1$ (毫米); δ —— 料厚; $h_\psi \approx 0.02d$; R, 可用单圆弧连接或双圆弧连接; d —— 钻头直径 </p>	<p>1. 钻薄板的主要问题是: (1) 孔形不圆, 出多角形; (2) 孔口毛刺大, 出飞边, 严重时孔不成形, 被钻头撕坏, 特别是钻黄铜皮时很容易把孔划坏; (3) 有时手持薄板零件钻孔, 当钻头出孔时, 零件会发生抖动, 手扶不住, 容易出事故; (4) 零件在钻削力作用下容易产生扭曲变形。</p> <p>2. 钻薄板群钻的特点: 奎料切削靠三尖, 内定中心外切圆, 压力减轻变形小, 孔形圆整又安全</p>

1. 扩毛坯孔的主要问题

是：

毛坯孔形状不规则，端面不平，有硬皮、钻头刃口易坏，毛坯孔的位置与要求的孔位偏差较大时，孔轴线倾斜较大，导致孔形不圆，甚至引起钻头折断；

2. 毛坯扩孔群钻的特点：

毛坯扩孔定心难，
 钻心低于两外尖，
 外刃切入手进给，
 再用机进也不偏

$2\phi_r \approx 120^\circ$;

$2\phi_r \approx 140^\circ$;

$\psi \approx 65^\circ$;

$\tau \approx 30^\circ$;

$\gamma_r \approx -15^\circ$;

$\alpha \approx 8^\circ \sim 12^\circ$;

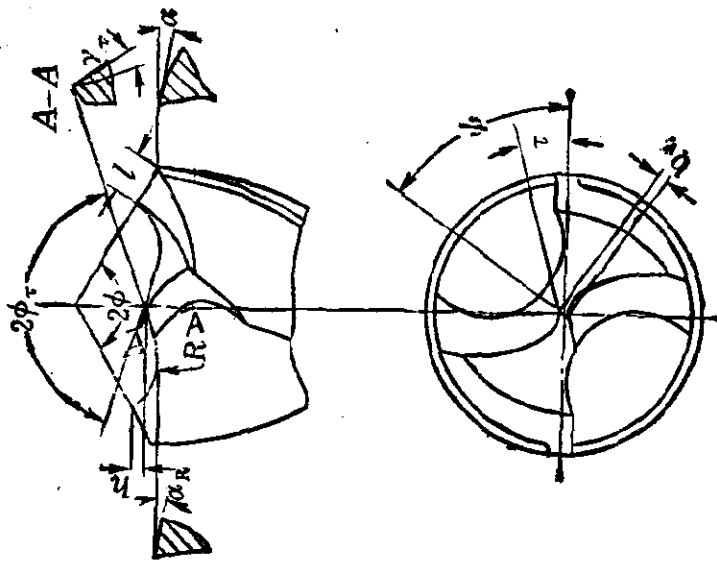
$\alpha_R \approx 8^\circ \sim 12^\circ$;

$l < \text{最小扩孔量}$;

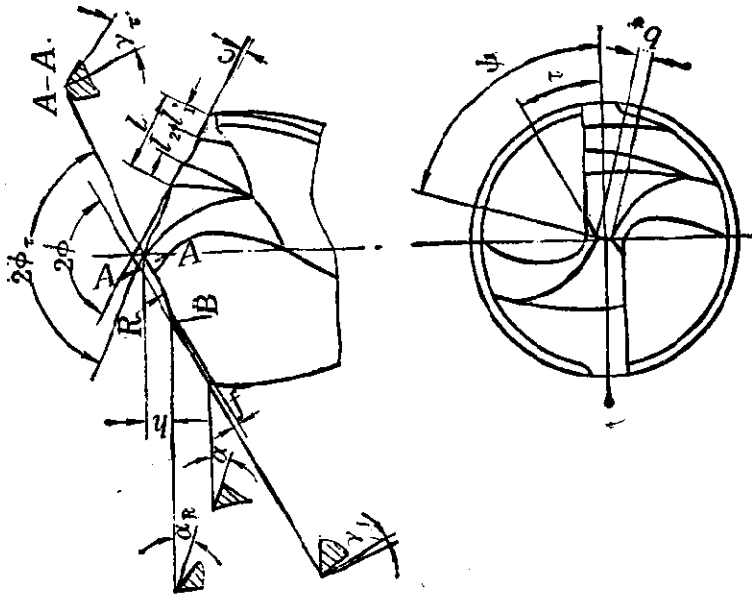
$R \approx 6 \sim 8 \text{毫米}$;

$h \approx 2 \text{毫米}$;

$b_f \approx 2 \text{毫米}$

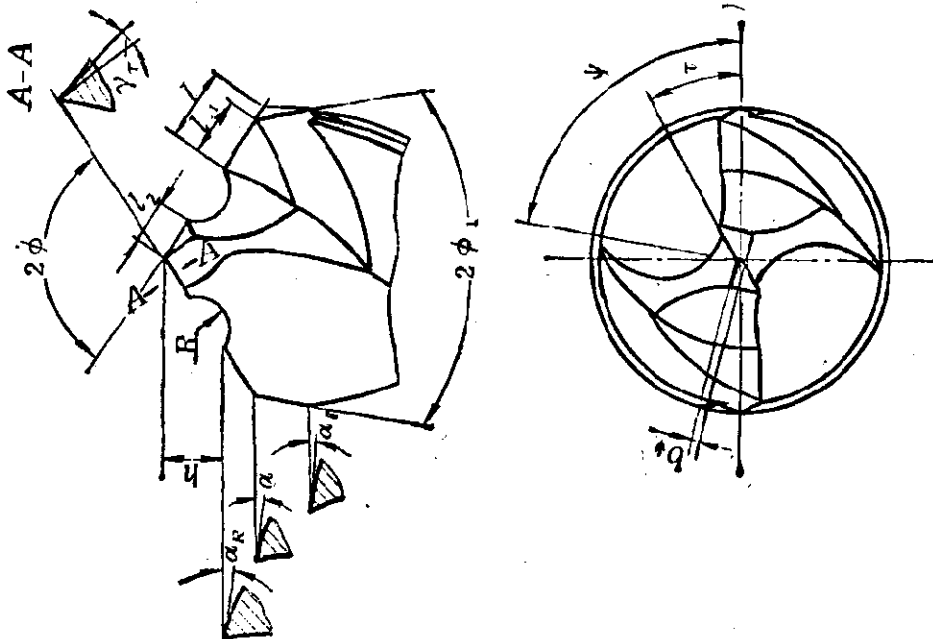


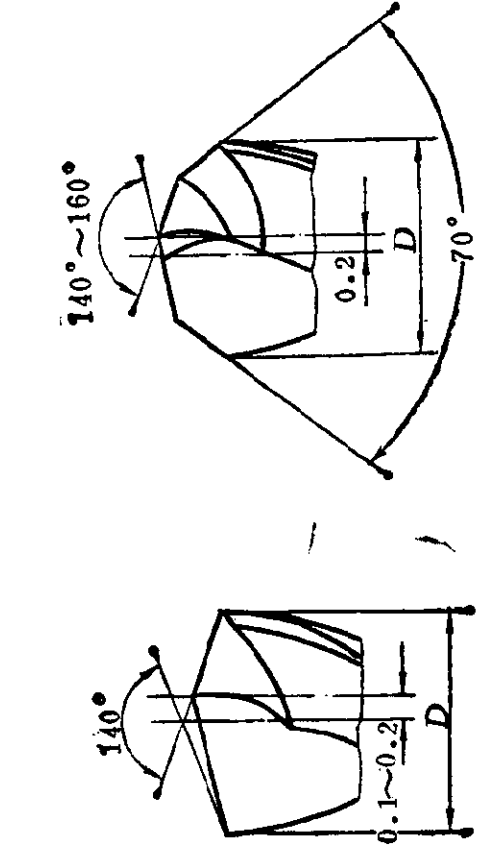
毛 坯 扩 孔 群 钻

钻型	几何形状及参数	钻削特点
钻硬钢料群钻	 <p> $2\phi \approx 90^\circ \sim 118^\circ$; $2\phi_r \approx 130^\circ$; $\psi \approx 75^\circ$; $\tau \approx 30^\circ$; $\gamma_r \approx -25^\circ$; $\gamma_f \approx 0^\circ \sim -5^\circ$; $\alpha \approx 15^\circ \sim 20^\circ$; $\alpha_R \approx 15^\circ \sim 20^\circ$; $f \approx 0.03d$; $h \approx 0.1d$; $l \approx 0.3d$; $l_1 \approx l_2 = \frac{l}{3}$; $R \approx 0.4d$; $b_\psi \approx 0.08d$; $c \approx 0.2$; d——钻头直径 </p>	<p>1. 钻硬钢料 (HRC38~48) 时, 钻头的耐用度低, 钻刃磨损很快, 有时只能钻进一个窝, 就会发出叫声, 出现严重的烧损;</p> <p>2. 钻硬钢料群钻的特点: 钻硬钢料钻头短, 前角减小槽磨浅, 最好使用切削油, 慢转慢进能过关</p>

1. 在缺少铰刀, 或者由于孔径是非标准尺寸, 这时如能用钻头扩孔或直接钻孔, 保证精度和光洁度要求, 就比较方便了;
2. 钻铸铁精孔群钻的特点:
 - 铸铁精孔钻代铰,
 - 两个锋角都较小,
 - 刃带磨窄光外刃,
 - 突出钻尖定心好

- $2\phi \approx 110^\circ$;
- $2\phi_1 \approx 20^\circ$;
- $\psi \approx 80^\circ$;
- $\gamma_r \approx -10^\circ$;
- $\tau \approx 20^\circ \sim 30^\circ$;
- $\alpha \approx 8^\circ \sim 12^\circ$;
- $\alpha_y \approx 4^\circ \sim 8^\circ$;
- $\alpha_R \approx 10^\circ \sim 15^\circ$;
- $h \approx 0.2d$;
- $R \approx 0.1d$;
- $b_\psi \approx 0.02d$;
- $l \approx 0.25d$;
- $l_1 \approx 0.2d$;
- $l_2 \approx 0.15d$;
- d —— 钻头直径

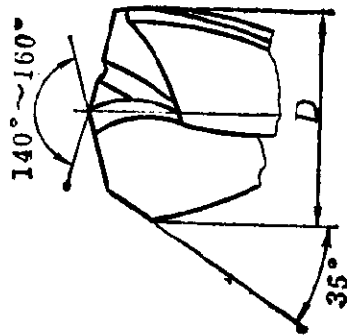
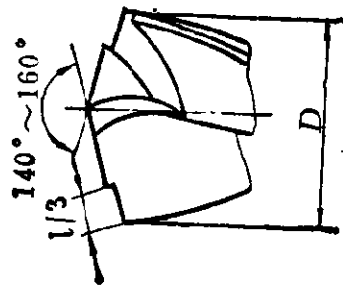
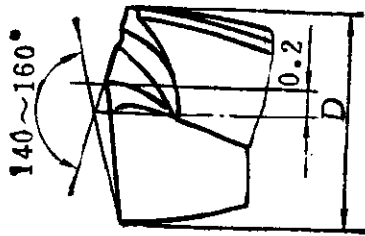
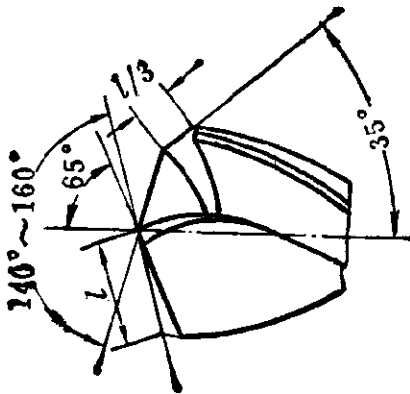


钻型	几何形状及参数	切削特点
小钻	 <p>(a)</p> <p>(b)</p>	<p>1. 在钻 $\phi 1 \sim 5$ 毫米的小孔，排屑不顺利，钻头的耐用度降低，严重时，切屑堵塞，钻头折断；</p> <p>2. 钻小孔群钻的特点： 小孔钻头要透短， 双锋、阶台、尖磨偏， 快转慢进促断屑， 优质高效又安全</p>

孔

群

钻

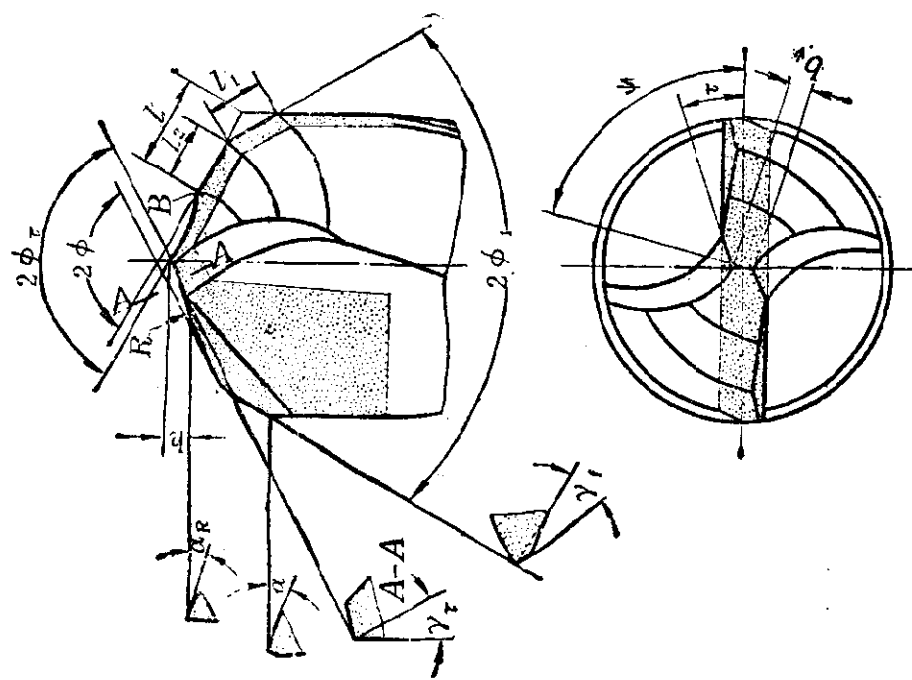


钻型	几何形状及参数	切削特点
精扩孔群钻		<p>1. 当所加工的孔精度和光洁度要求不太高(一般在$\nabla 4 \sim \nabla 5$), 孔径又是非标准尺寸, 用钻头扩孔也可以得到满意的效果,</p> <p>2. 精扩孔群钻的特点: 精扩孔钻可代铰, 刃利、对称、锋角小, 刃带磨窄、修圆弧, 外刃磨出正倾角, 转速降低, 走刀慢, 冷却充分质量好</p>

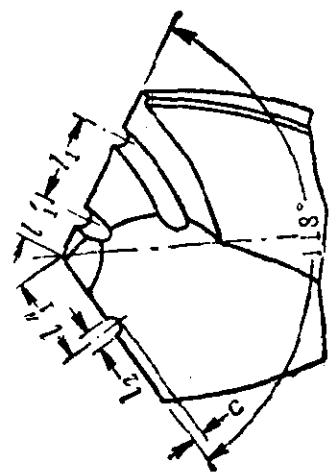
1. 像高锰钢这类材料，强度高，硬化现象严重，对切削加工很不利，用普通高速钢麻花钻钻孔时，钻头磨损很快。这时采用硬质合金群钻钻孔，效率和钻头耐用度有很大提高；

2. 钻高锰钢硬质合金群钻的特点：
 高锰钢材料难切削，合金钻头负前角，双重锋角刃磨光，快转慢进冷却好

- $2\phi \approx 120^\circ$;
- $2\phi_\tau \approx 130^\circ$;
- $2\phi_1 \approx 70^\circ$;
- $\psi \approx 75^\circ$;
- $\tau \approx 30^\circ$;
- $\alpha \approx 20^\circ$;
- $\alpha_R \approx 15^\circ$;
- $\gamma_2 \approx -25^\circ$;
- $\gamma_1 \approx -15^\circ$;
- $h \approx 0.08d$;
- $l \approx 0.3d$;
- $l_1 = l_2$;
- $R \approx 0.4d$;
- $b_1 \approx 0.08d$;
- d —— 钻头直径；
- 刀片材料：YG8



钻 高 锰 钢 硬 质 合 金 群 钻

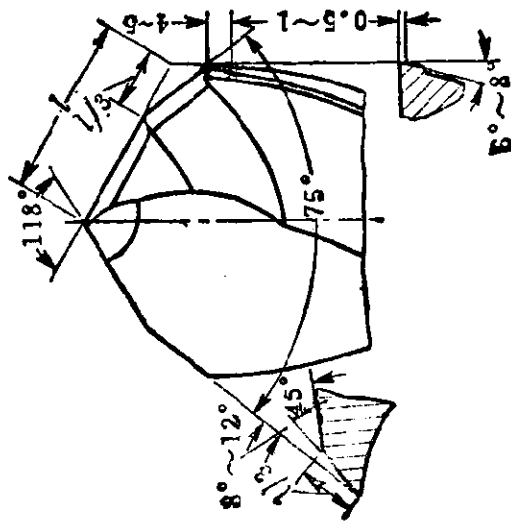
钻型	几何形状及参数							钻削特点
分屑钻头								1.加工范围：碳素钢与合金结构钢； 2.生产效率可提高2~3倍； 3.修磨横刃和分屑后，可加大走刀量，排屑良好，有利于冷却； 4.分屑槽深度c应大于走刀量
	(1)分屑槽：							
钻头直径 (毫米)	总槽数	l_2 (毫米)	c (毫米)	l_1' (毫米)	l_1 (毫米)	l_1'' (毫米)		
12~18	2	0.85~1.30	0.6~0.9	2.3	4.6	—		
>18~35	3	1.3~2.1	0.9~1.5	3.6	7.2	7.2		
>35~50	5	2.1~3.0	1.5~2.0	5	10	10*		

* 有两条槽时，则槽距应为10毫米，具体尺寸可按钻头直径决定。
 (2)修磨横刃，长度为0.75~1.5毫米，应注意修磨对称。

综 合 钻 头

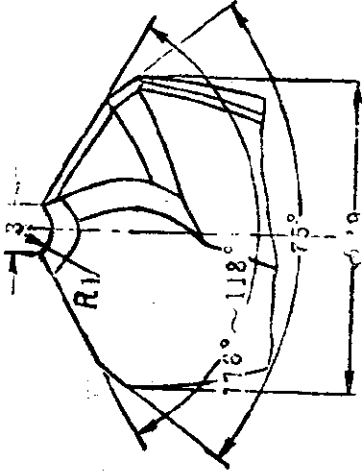
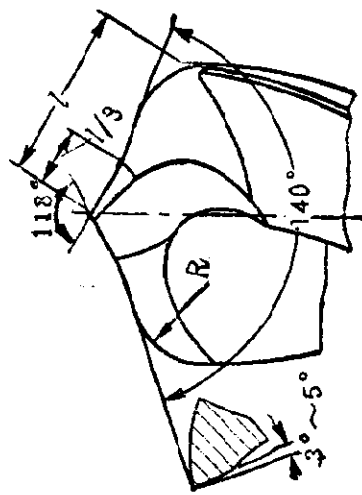
1. 加工范围：铸铁；
2. 切削用量：

钻孔直径 d (毫米)	走刀量 s (毫米/转)	行程长度 L (毫米)	转速 n (转/分)	切削速度 v (米/分)
20	1.2	50	500	32
32	1.0	120	335	34
40	0.8	135	255	33
50	0.56	140	180	29



- (1) 修磨横刃，长度为0.5~1毫米；
- (2) 双后角：1/3的后面为 $\alpha = 8 \sim 12^\circ$ ，其余为 45° ；
- (3) 双重锋角， $2\phi_1 = 75^\circ$ ；
- (4) 在4~5毫米长度的棱边上磨出副后角 $6^\circ \sim 8^\circ$

3. 光洁度可达 $\nabla 4 \sim \nabla 5$ ，刀具寿命为4~5小时，效率可提高2~4倍；
4. 注意修磨切削刃应对称，修磨刃带应根据加工材料

钻型	几何形状及参数	钻削特点
<p>开花钻头</p>	 <p>(1) 无横刃; (2) 双后角: 第一后角8°, 第二后角13°</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 加工范围: 铸铁; 2. 因无横刃, 定心不好, 需要用钻模; 3. 切削用量($\phi = 19$毫米): 走刀量$S = 1.4$毫米/转; 4. 光洁度可达$\nabla 4$; 5. 效率提高3倍; 6. 加工深孔时, 应采用切削液(乳化液、煤油)
<p>钻铝合金钻头</p>	 <p>(1) 修磨前面, 前角$\gamma = 3^\circ \sim 5^\circ$ (2) 外刃尖修圆角 $R = \frac{d}{4}$ (3) 修磨横刃与前面一起进行光滑圆弧连接</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 加工范围: 铝合金; 2. 切削用量($\phi = 13 \sim 17$): 转速$n = 2000 \sim 3000$转/分; 走刀量$S = 0.4 \sim 0.6$毫米/转(加冷却液); 3. 光洁度可达$\nabla 4 \sim \nabla 5$, 刀具寿命为1~2小时可提高效率4倍; 4. 前面背光, 不易粘刀瘤, 切屑象弧状叶般顺利排出

小 孔 精 孔 钻

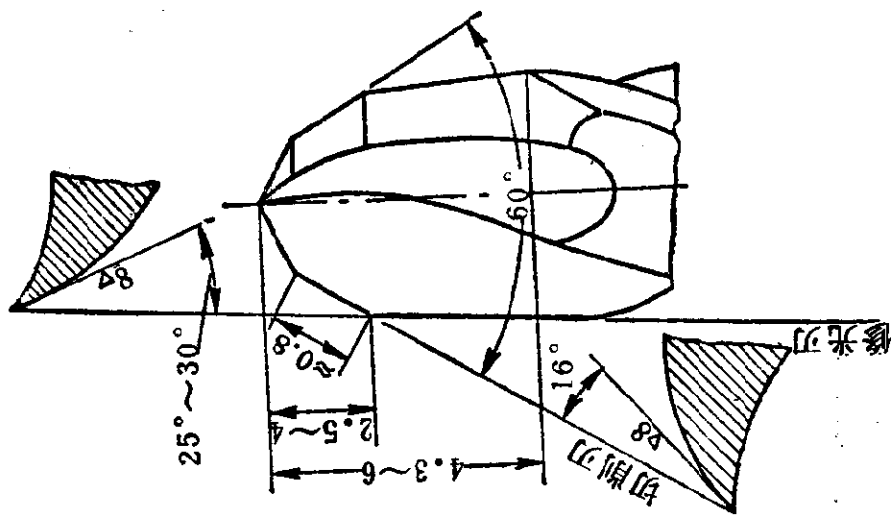
(1) 后角:

切削刃后角 $\alpha_1 = 16^\circ$;
修光刃后角 $\alpha_2 = 25^\circ \sim 30^\circ$ 。

(2) 锋角:

切削刃 $2\phi = 60^\circ$;
修光刃 $2\phi_1 = 8^\circ \sim 10^\circ$ 。

(3) 修光刃及切削刃应刃磨
对称



1. 加工范围:

适用于扩钻钢料和有色金属的小精孔 ($\phi 2 \sim 5$);

2. 精度可达 2 级, 光洁度可达 $\nabla 7 \sim \nabla 8$;

3. 切削用量:

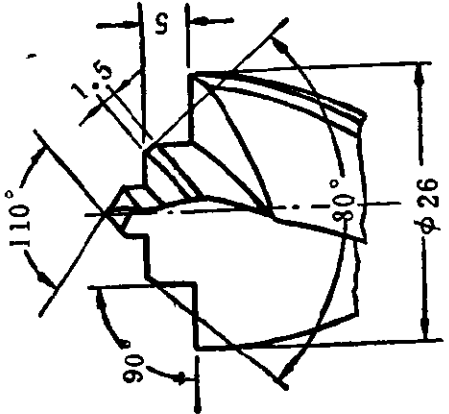
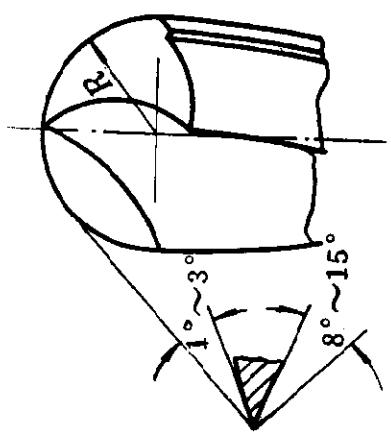
转速 $n = 400$ 转/分, 走刀量: 手送进。切削深度 t (单边余量):

$d = 2 \sim 3.5$, $t = 0.1 \sim 0.2$ 毫米;

$d = 3.5 \sim 5$, $t = 0.15 \sim 0.25$ 毫米。

4. 切削液应充分, 根据加工材料不同, 选用不同的切削液。钻钢时用工业豆油, 钻铜、铝时用工业豆油加煤油;

5. 手进刀时, 应慢而均匀

钻型	几何形状及参数	切削特点
多台阶斜面孔钻头		<p>1. 适用于在斜面上钻孔, 先用手进, 然后再自动进刀;</p> <p>2. 定心好, 易在斜面上找正, 孔加工后孔圆光整</p>
球形万向钻		<p>1. 适用于在软硬材料合在一体上钻孔, 或偏切削情况下钻孔;</p> <p>2. 采用低速手进刀;</p> <p>3. 使偏切削力分解于半球形上所有点方向上。改善偏切削受力情况, 孔的质量提高</p>

1. 精度可达 2 级, 光洁度可达 $\nabla 7 \sim \nabla 8$;

2. 切削用量:

切削速度 $v = 3 \sim 10$ 米/分;

走刀量 $s = 0.08 \sim 0.14$ 毫米/转;

切削深度 $t = 0.15 \sim 0.5$ 毫米(单边余量);

3. 钻孔时最好采用清洁的乳化液进行冷却;

4. 刃磨要求 2ϕ 、 $2\phi_1$ 尽量对称;

5. 头部磨成凹形, 其目的在于容纳切屑, 然后由钻头进刀把它推下去, 以免切屑擦伤孔壁表面

(1) 锋角: $2\phi \approx 118^\circ$ (钻硬质材料可略大, 钻韧性材料可略小);

$2\phi_1 \approx 50^\circ$;

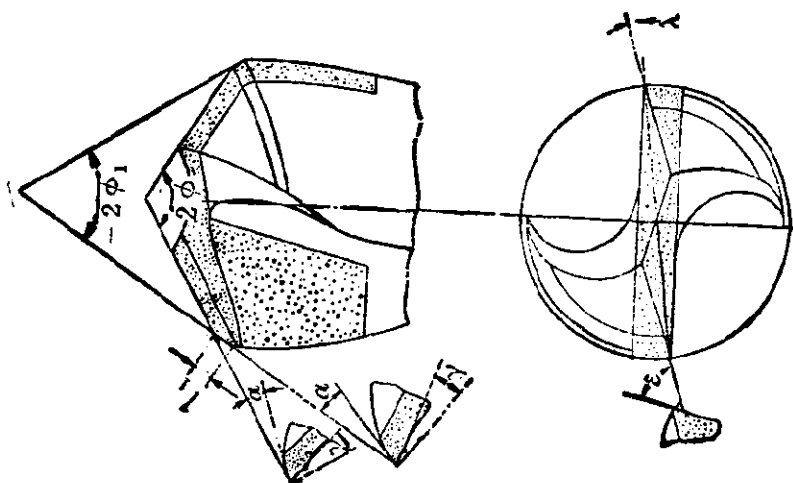
(2) 前角: $\gamma = 8^\circ \sim 15^\circ$;

(3) 后角: $\alpha \approx 17^\circ$;

(4) $l_1 = 0.2 \sim 0.8$ 毫米;

(5) $\epsilon = 45^\circ$ 。 $\lambda = 10 \sim 20^\circ$;

(6) 刀片材料: YG8

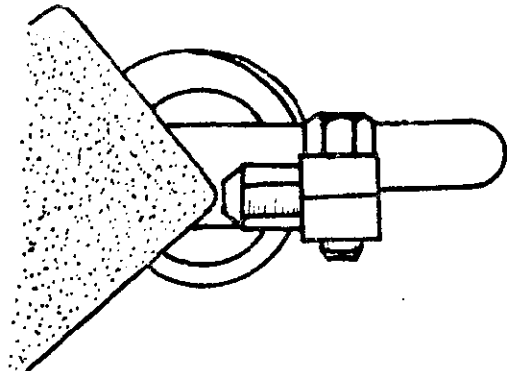
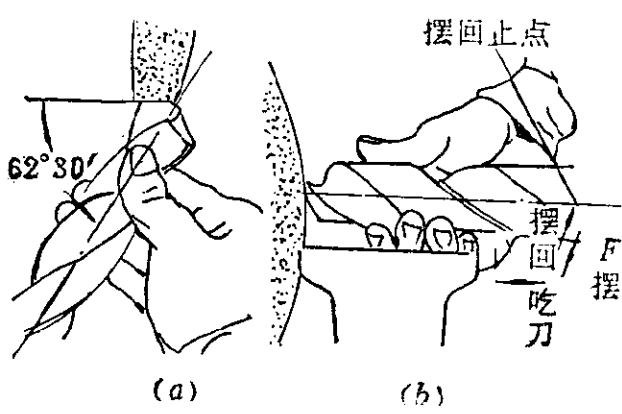
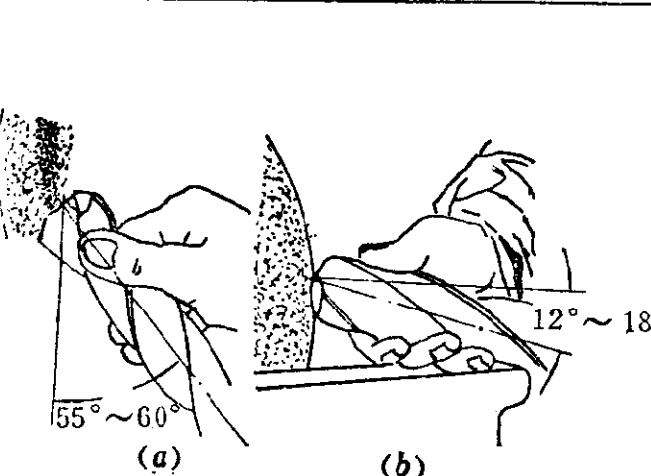


硬质合金下排屑精孔钻

(3) 基本型群钻的手工刃磨

表 4-5-5

群钻的手工刃磨方法

步骤	刃磨手法及角度	要领
修整砂轮		<p>砂轮要求不特殊，通用砂轮就满足。外圆、轮侧修平整，圆角可小月牙弧</p>
磨外直刃		<p>主刃摆平轮面靠，钻轴左斜出锋角。由刃向背磨后面，上下摆动尾别翘</p>
磨月牙槽		<p>主刃摆平轮角靠，钻尾压下弧后角 (α_R)，轮侧、钻轴夹55(度)，下下勿动平进刀</p>

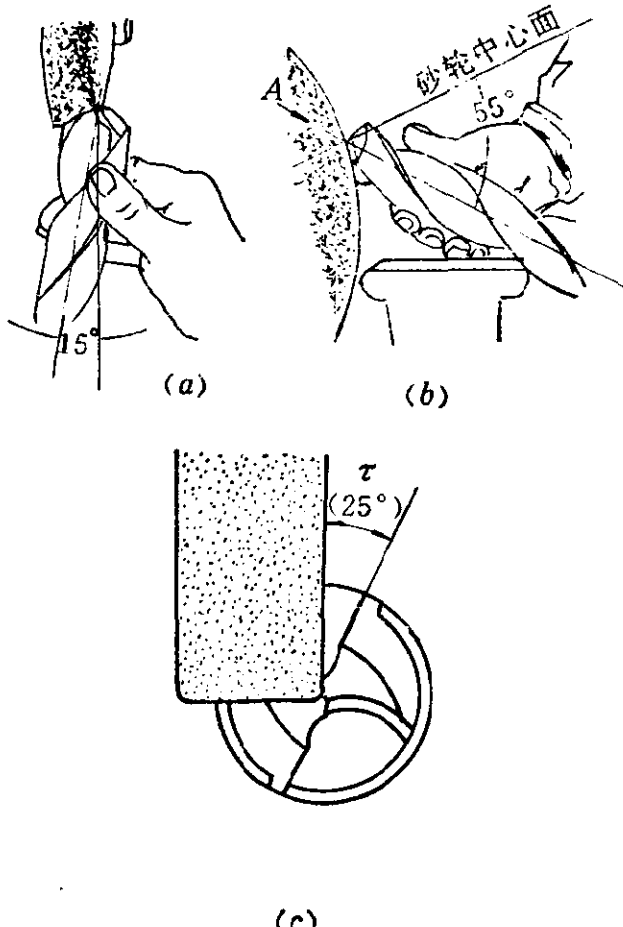
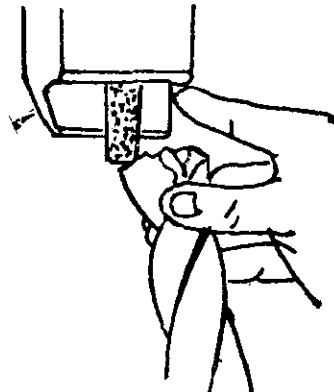
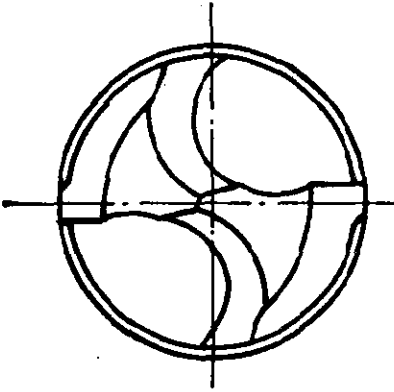
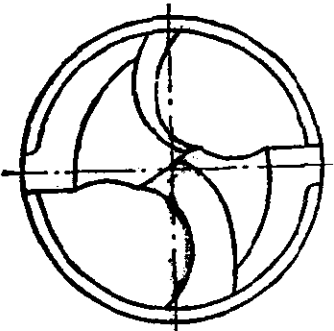
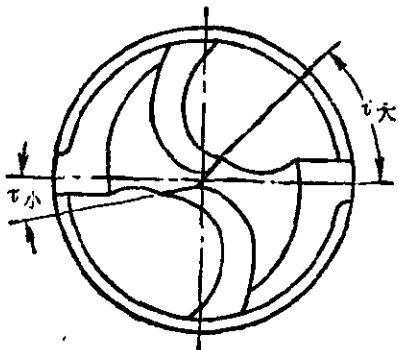
步骤	刃磨手法及角度	要领
修磨横刃	 <p>(a) (b) (c)</p>	<p>钻轴左斜15度， 尾柄下压约55(度)， 外刃、轮侧夹“τ”角， 钻心靠近轮角处</p>
磨小分屑槽		<p>片砂轮或小砂轮， 垂直刃口两平分， 开槽选在高刃上， 槽侧后角要留心</p>

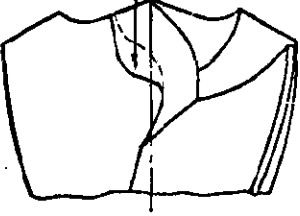

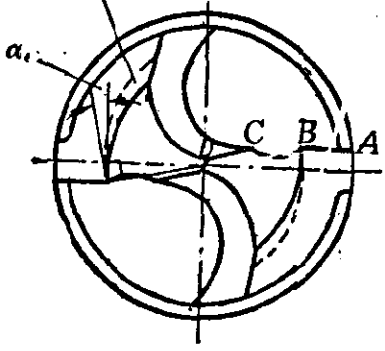
表 4-5-6

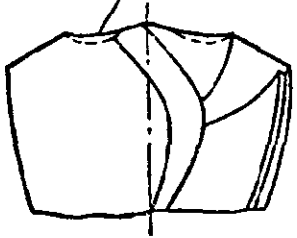
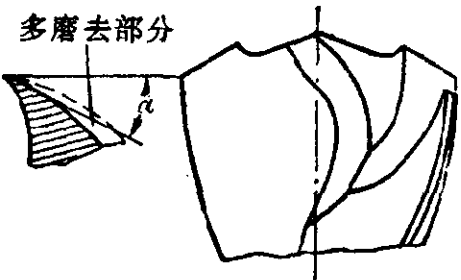
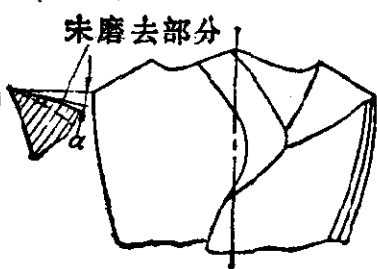
群钻的常见刃磨疵病分析

疵病内容与示图	产生后果	产生原因
 <p>(1) 两月牙圆弧槽磨得不对称</p>  <p>(2) 修磨横刃时磨削量不均匀, 横刃不正</p>	<p>孔 大</p>	<p>(1) 两月牙圆弧槽磨得不对称; (2) 修磨横刃时, 两边修磨量不均匀, 一边多而另一边少</p>
 <p>(3) 内刃斜角(τ)不一致</p>	<p>孔 大</p>	<p>修磨横刃到终了时, 钻头外刃与砂轮侧面的夹角不一致</p>

<p>疵病内容与示图</p>	<p>产生后果</p>	<p>产生原因</p>
<div data-bbox="211 414 589 777" data-label="Image"> </div> <p data-bbox="200 839 575 880">(4) 钻尖高、内刃锋角太小</p> <div data-bbox="240 932 553 1253" data-label="Image"> </div> <p data-bbox="269 1315 487 1357">(5) 内刃锋角小</p>	<p data-bbox="633 404 851 486">钻心强度差， 易崩尖</p>	<p data-bbox="880 404 1230 528">(1) 磨月牙圆弧槽时， 钻头轴线与砂轮侧面的夹角 小于推荐值(55°)；</p> <p data-bbox="880 549 1230 714">(2) 用标准麻花钻修磨 成群钻时，没有把原来的 钻心尖磨掉以形成新的钻 心尖；</p> <p data-bbox="880 735 1230 818">(3) 月牙圆弧的中心离 钻心太近了</p>
<div data-bbox="203 1450 538 1781" data-label="Image"> </div> <p data-bbox="262 1823 516 1864">(6) 刃背磨去太多</p>	<p data-bbox="633 1388 851 1564">钻头切削部分 强度降低，散热 条件变差(但适 用于钻铝合金)</p>	<p data-bbox="880 1388 1230 1471">修磨横刃时，钻尾下压 过多，超过了55°</p>

续表

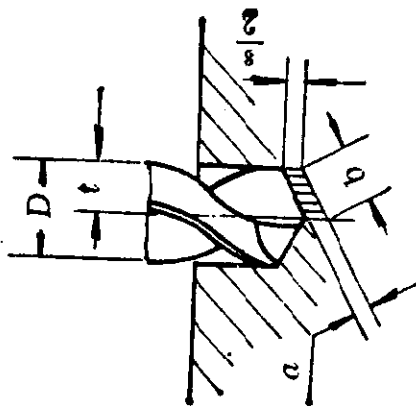
<p>疵病内容与示图</p>	<p>产生后果</p>	<p>产生原因</p>
<p>此处磨深了</p>  <p>(7)横刃宽度适当,但 钻心处太薄</p>	<p>钻心强度降低,易崩尖</p>	<p>(1)修磨横刃时,钻尾太低; (2)修磨横刃时,钻头轴线左摆的角度太大</p>
<p>内刃修磨过长部分</p>  <p>(8)内刃过长</p>	<p>月牙圆弧刃处前角减小,使它的切削情况变坏</p>	<p>修磨横刃时,钻头外刃和砂轮侧面的夹角(τ)太小</p>
<p>未磨掉部分</p>  <p>(9)"B"点处无侧后角</p>	<p>(1)"B"点刃尖处容易磨损; (2)切削力增大</p>	<p>磨月牙圆弧槽时,钻头外刃没放水平,外缘点上翘了</p>

<p>疵病内容与示图</p>	<p>产生后果</p>	<p>产生原因</p>
<p>R大、槽浅</p>  <p>(10)圆弧太浅, 半径太大</p>	<p>“B”点处分屑不好</p>	<p>磨月牙圆弧槽时, 砂轮圆角半径太大</p>
<p>多磨去部分</p>  <p>(11)外刃后角太大</p>	<p>钻孔时易产生振动(打抖), 孔底出现径向波纹</p>	<p>(1)在磨外刃钻尾向下摆动时, 送进量大; (2)钻头没放平, 或磨削点高于砂轮的 水平中心面</p>
<p>未磨去部分</p>  <p>(12)外刃后角太小</p>	<p>(1)孔钻不动, 易烧坏; (2)扩孔时, 孔口出现严重毛刺</p>	<p>(1)磨外刃时, 钻尾摆动高出水平面; (2)磨削点低于砂轮的 水平中心面</p>

(4) 切削用量

表 4-5-7

钻孔时的切削用量



名称	计算公式	应用举例
切削速度 v (米/分)	$v = \frac{\pi \times \text{钻头直径} \times \text{主轴每分钟转数}}{1000}$ $= \frac{\pi D n}{1000}$	[例] 已知: $D = 25$ 毫米, $n = 375$ 转/分, 求 $v = ?$ [解] $v = \frac{3.14 \times 25 \times 375}{1000}$ $= 29.437$ 米/分

<p>走刀量 s (毫米/转)</p>	<p>$s =$ 钻头每转前进的距离</p> $s = \frac{\text{钻头每分钟前进的距离}}{\text{主轴每分钟转数}}$ $= \frac{s_{\text{分}}}{n}$	<p>[例] 已知: $s = 0.60$ 毫米/转 $n = 375$ 转/分, 求 $s_{\text{分}} = ?$</p> <p>[解] $\because s = \frac{s_{\text{分}}}{n}$ $\therefore s_{\text{分}} = ns = 375 \times 0.60 = 225$ 毫米</p>
<p>吃刀深度 t (毫米)</p>	<p>钻孔时 $t = \frac{\text{钻孔后直径}}{2} = \frac{D_{\text{孔}}}{2}$</p> <p>扩孔时 $t = \frac{\text{扩孔后直径} - \text{扩孔前直径}}{2}$</p> $= \frac{D_{\text{孔}} - d_{\text{孔}}}{2}$	<p>[例1] 已知: 钻孔后 $D_{\text{孔}} = 25$ 毫米, 求 $t = ?$</p> <p>[解] $t = \frac{25}{2} = 12.5$ 毫米</p> <p>[例2] 已知: 扩孔后 $D_{\text{孔}} = 60$ 毫米, $d_{\text{孔}} = 45$ 毫米, 求 $t = ?$</p> <p>[解] $t = \frac{60 - 45}{2} = 7.5$ 毫米</p>
<p>钻削效率 V (每分钟钻下工件材料的体积) (毫米³/分)</p>	<p>$V = \frac{1}{4} \pi \times \text{钻头直径}^2 \times \text{走刀量} \times \text{主轴每分钟转数}$</p> $= \frac{1}{4} \pi D^2 sn$ $= 250vDs$	<p>[例] 已知: $D = 30$ 毫米 $s = 0.6$ 毫米/转, $v = 21$ 米/分 求 $V = ?$</p> <p>$V = 250 \times 21 \times 30 \times 0.6 = 94500$ 毫米³/分</p>

表 4-5-8

钢 料 钻 孔

加 工 材 料			深 径 比 L/D	切 削 用 量
碳 钢 (10, 15, 20, 35, 40, 45, 50等)	合 金 钢 (40Cr, 38CrSi, 60Mn, 35CrMo, 18CrMnTi等)	其 他 钢 种		
正 火 <HB207或 $\sigma_b < 60$ (公斤/毫米 ²)	<HB143或 $\sigma_b < 50$ (公斤/毫米 ²)	易切钢	≤ 3	走刀量 s (毫米/转) 切削速度 v (米/分) 转速 n (转/分)
			3~8	走刀量 s (毫米/转) 切削速度 v (米/分) 转速 n (转/分)
HB170~229 或 $\sigma_b = 60 \sim 80$ (公斤/毫米 ²)	HB143~207 或 $\sigma_b = 50 \sim 70$ (公斤/毫米 ²)	碳素工 具钢、铸 钢	≤ 3	走刀量 s (毫米/转) 切削速度 v (米/分) 转速 n (转/分)
			3~8	走刀量 s (毫米/分) 切削速度 v (米/分) 转速 n (转/分)
HB229~285 或 $\sigma_b = 80 \sim 100$ (公斤/毫米 ²)	HB207~255 或 $\sigma_b = 70 \sim 90$ (公斤/毫米 ²)	合金工 具钢、合 金铸钢、 易切不锈 钢	≤ 3	走刀量 s (毫米/转) 切削速度 v (米/分) 转速 n (转/分)
			3~8	走刀量 s (毫米/转) 切削速度 v (米/分) 转速 n (转/分)
HB285~321 或 $\sigma_b = 100 \sim 120$ (公斤/毫米 ²)	HB255~302 或 $\sigma_b = 90 \sim 110$ (公斤/毫米 ²)	奥氏体 不锈钢	≤ 3	走刀量 s (毫米/转) 切削速度 v (米/分) 转速 n (转/分)
			3~8	走刀量 s (毫米/转) 切削速度 v (米/分) 转速 n (转/分)

注 1. 钻头平均耐用度90分钟;
2. 当钻床-刀具系统刚性低, 钻孔精度要求高和排屑、冷却不良时,

切 削 用 量

直 径 D (毫米)								
8	10	12	16	20	25	30	35	40~60
0.2	0.28	0.35	0.4	0.5	0.56	0.62	0.69	0.75
20	20	20	21	21	21	22	22	22
800	640	530	420	335	270	230	200	—
0.17	0.22	0.28	0.32	0.4	0.45	0.5	0.56	0.62
16	16	16	17	17	17	18	18	18
640	510	420	335	270	220	190	165	—
0.17	0.22	0.28	0.32	0.4	0.45	0.5	0.56	0.62
16	16	16	17	17	17	18	18	18
640	510	420	335	270	220	190	165	—
0.13	0.18	0.22	0.26	0.32	0.36	0.4	0.45	0.5
13	13	13	13.5	13.5	13.5	14	14	14
520	420	350	270	220	170	150	125	—
0.13	0.18	0.22	0.26	0.32	0.36	0.4	0.45	0.5
12	12	12	12.5	12.5	12.5	13	13	13
480	380	320	250	200	160	140	120	—
0.12	0.15	0.18	0.22	0.26	0.3	0.32	0.38	0.41
11	11	11	11.5	11.5	11.5	12	12	12
420	350	290	230	185	145	125	110	—
0.12	0.15	0.18	0.22	0.26	0.3	0.32	0.38	0.41
11	11	11	10	10	10	9	9	9
420	350	290	200	160	125	105	90	80
0.09	0.13	0.15	0.18	0.22	0.26	0.3	0.32	0.38
11	11	11	10	10	10	9	9	9
420	350	290	200	160	125	105	90	80

应适当降低走刀量 s 和切削速度 v 。

表 4-5-9

不 锈 钢 切

试验材料	深径比 L/D	切削用量	钻	
			8	10
奥氏体不锈钢	≤3	走刀量 s (毫米/转)	0.18	0.22
		切削速度 v (米/分)	11	11
		转速 n (转/分)	420	350
	3~8	走刀量 s (毫米/转)	0.15	0.18
		切削速度 v (米/分)	11	11
		转速 n (转/分)	420	350

- 注 1. 钻头平均耐用度90分钟以上;
 2. 钻床、刀具系统刚性低, 钻孔精度要求高, 冷却不良时, 应适当降
 3. 冷却用乳化液。

表 4-5-10

铸 铁 钻 孔

加工材料		深径比 L/D	切削用量
灰铸铁	可锻铸铁、锰铸铁		
HB163~229 (HT10-26、 HT15-33)	可锻铸铁 (≤HB229)	≤3	走刀量 s (毫米/转) 切削速度 v (米/分) 转速 n (转/分)
		3~8	走刀量 s (毫米/转) 切削速度 v (米/分) 转速 n (转/分)
HB170~269 (HT20-40以上)	可锻铸铁 (HB197~269) 锰铸铁	≤3	走刀量 s (毫米/转) 切削速度 v (米/分) 转速 n (转/分)
		3~8	走刀量 s (毫米/转) 切削速度 v (米/分) 转速 n (转/分)

- 注 1. 钻头平均耐用度120分钟;
 2. 应使用乳化液冷却;
 3. 当钻床-刀具系统刚性低, 钻孔精度要求高和钻削条件不好时(如带

削 用 量

头 直 径 D (毫米)						
12	16	20	25	30	35	40
0.26	0.3	0.36	0.4	0.45	0.56	0.62
11	10	10	10	9	9	9
290	200	160	125	105	90	80
0.22	0.26	0.30	0.36	0.4	0.45	0.56
11	10	10	10	9	9	9
290	200	160	125	105	90	80

低 s 、 v ;

切 削 用 量

直 径 D (毫米)								
8	10	12	16	20	25	30	35	40~60
0.3	0.4	0.5	0.6	0.75	0.81	0.9	1	1.1
20	20	20	21	21	21	22	22	22
800	640	530	420	335	270	230	200	—
0.24	0.32	0.4	0.5	0.6	0.67	0.75	0.81	0.9
16	16	16	17	17	17	18	18	18
640	510	420	335	270	220	190	165	—
0.24	0.32	0.4	0.5	0.6	0.67	0.75	0.81	0.9
16	16	16	17	17	17	18	18	18
640	510	420	335	270	220	190	165	—
0.2	0.26	0.32	0.38	0.48	0.55	0.6	0.67	0.75
13	13	13	14	14	14	15	15	15
520	420	350	270	220	170	150	125	—

铸造黑皮), 应适当降低走刀量 s 与切削速度 v 。

表 4-5-11

铝合金 (ZL9) 钻孔切削用量

加工材料	深径比 L/D	切削用量	直 径 D (毫米)									
			8	10	12	16	20	25	30	35	40~60	
铝 合 金 (ZL9)	≤ 3	走刀量 s (毫米/转)	0.3	0.4	0.5	0.6	0.75	0.81	0.9	1	1.1	
		切削速度 v (米/分)	45	45	45	46	46	46	47	47	47	
		转速 n (转/分)	1700	1400	1200	910	730	580	500	430		—
(ZL9)	$> 3 \sim 8$	走刀量 s (毫米/转)	0.24	0.32	0.4	0.5	0.6	0.67	0.75	0.81	0.9	
		切削速度 v (米/分)	36	36	36	37	37	37	38	38	38	38
		转速 n (转/分)	1400	1120	950	240	590	470	400	350		—

注 1. 当排屑、冷却不好, 钻孔精度、光洁度要求高时, 应当降低走刀量 s 和改变切削速度 v ;

2. 对有些加工性好的铝合金, 可适当提高走刀量 s 和切削速度 v 。

(5) 钻孔出现的问题及其产生原因

表 4-5-12 钻孔时可能出现的问题和原因

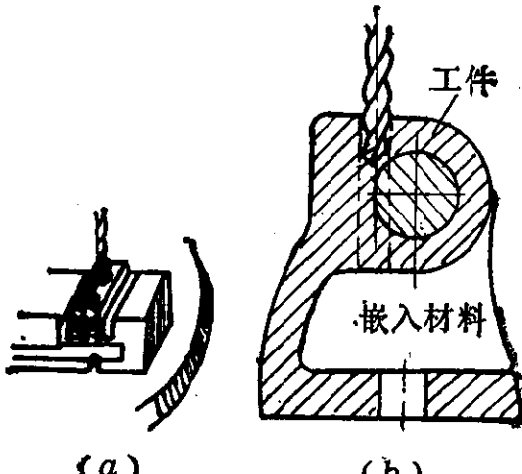
出现问 题	产 生 原 因
孔大于规定尺寸	<ol style="list-style-type: none"> 1. 钻头中心偏, 角度不对称; 2. 机床主轴摆动, 钻头弯曲
孔 壁 粗 糙	<ol style="list-style-type: none"> 1. 钻头不锋利, 角度不对称; 2. 后角太大; 3. 走刀量太大; 4. 切削液选用不当和切削液供给不足
孔 位 移	<ol style="list-style-type: none"> 1. 工件划线不正确; 2. 工件安装不当或未紧固; 3. 钻头横刃太长, 找正不准、定心不良; 4. 开始钻孔时, 孔钻偏而没有校正
孔 歪 斜	<ol style="list-style-type: none"> 1. 工件与钻头不垂直, 钻床主轴与台面不垂直; 2. 横刃太长, 或走刀量太大, 使钻头轴向力过大造成钻头弯曲; 3. 工件内部组织不均、有砂眼(气孔)
钻 头 折 断	<ol style="list-style-type: none"> 1. 钻头磨损, 仍继续钻孔; 2. 钻头螺旋槽被切屑堵住, 没有及时排屑; 3. 孔快钻通时, 没有减小走刀量; 4. 钻黄铜等易扎刀材料, 没有减小钻头前角; 5. 钻刃修磨的过于锋利, 产生崩刃现象, 而没能迅速退刀
切削刃迅速磨损或碎裂	<ol style="list-style-type: none"> 1. 切削速度过高, 切削液选用不当或切削液供给不足; 2. 没有根据材料的特性和工艺特性来刃磨钻头的切削角度; 3. 工件内部硬度不均或有砂眼; 4. 钻刃过于锋利, 走刀量过大; 5. 怕钻头安装不牢, 用钻刃往工件上蹭

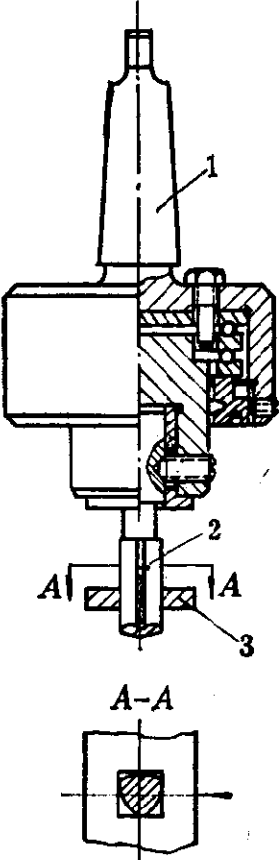
(6) 钻孔方法

表 4-5-13

钻 孔 方 法

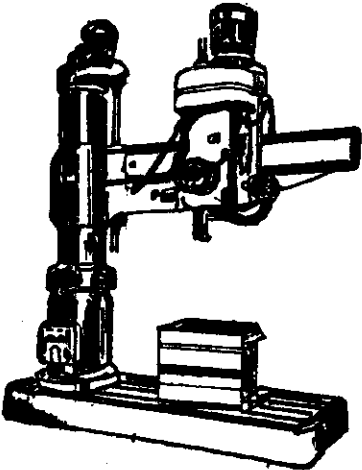
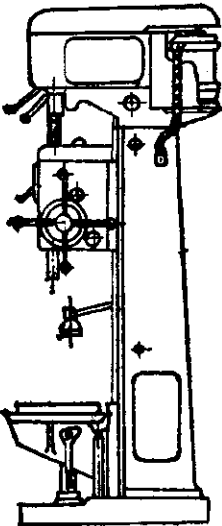
内 容	方 法
<p>钻孔前的准备</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 将工件按图纸要求划好线，检查后打样冲眼； 2. 检查钻床各部分是否正常，调整好所需要的转速和进给量，准备好需用的切削液； 3. 根据工件材料的特性和工艺要求，刃磨好钻头的切削角度，并准备好工夹量具。工件压紧要平整牢固
<p>按划线钻孔</p>	<p>使钻头对准孔中心线，开动机床将钻头慢慢地接触工件，不能用钻头撞击工件，以免碰伤钻刃。</p> <p>先镗窝，检查是否偏斜，若偏了要进行纠正。纠正时的方法是：较大的孔可用油槽錾在孔偏差相反的边錾低一些，较小的孔可用样冲眼借正。钻小孔也可以在偏的方向用垫铁垫高一些，然后再试钻，直到圆窝修正后，将垫铁取去，即可钻孔。钻进一点要检查一下孔径是否符合图纸要求。</p> <p>当孔快钻透时，应减轻进刀力。</p> <div data-bbox="611 1232 1033 1564" style="text-align: center;"> <p>槽</p> <p>钻孔控制线</p> <p>钻歪的锥坑</p> </div> <p style="text-align: center;">钻孔移位的修正</p>
<p>钻不通孔(盲孔)</p>	<p>它与钻通孔的方法相同，但需利用钻床上的深度尺来控制钻孔的深度，或在钻头上套定位环或用粉笔(漆)作标记，控制钻孔深度。同时要注意经常退屑</p>

内 容	方 法
钻 微 孔	<p>钻1毫米以下的孔时,由于钻头的刚性差,强度不够,螺旋槽又比较窄,不易排屑,所以钻头容易折断。因此钻微孔要注意以下几点:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.开始钻进时,进给力要轻,防止钻头弯曲和滑移,以保证钻孔始切的正确位置; 2.在钻削过程中,需注意及时提起钻头进行排屑,并借此机会加一些切削液,切削液最好使用切削油; 3.由于钻头刚性差,进给力应小而平稳。在没有微动进刀机构的机床上,可用一个千斤顶(顶尖)顶着钻床的进刀机构,通过调整千斤顶的高度来达到微动进刀。也可以在进刀机构上安装一个千分表来观察进刀情况; 4.切削速度,由于一般钻床的精度不高,当转速太快时,容易产生振动,对钻孔不利,转速可在2000~3000转/分,如钻床的精度很高,转速可在3000~10000转/分以上
钻 半 圆 孔	<p>为了在工件上钻出半圆孔,可用同样材料的物体与工件合在一起,并在两件的接合处找出中心,然后钻出一个圆孔。或先用同样材料嵌入工件内,与工件合钻一个孔,去掉这块材料后,工件上就留下了半圆孔,如图所示。</p> <div style="text-align: center;">  <p>(a) (b)</p> </div> <p style="text-align: center;">在工件上钻半圆孔</p>

内 容	方 法
<p>在斜面上钻孔</p>	<p>在斜面上钻孔时，可将钻头刃磨成钻斜面孔的钻型，或在钻孔前先在工件上镗出(或铣出)一个与钻头相垂直的平面，或先将工件安装成水平位置，钻出一个浅窝后，再慢慢把工件放到倾斜位置，然后再进行钻孔</p>
<p>钻 方 孔</p>	<p>在一般钻床上利用一套方孔钻夹具、三角形钻头、靠模这三件工具，即可在铸铁、铸钢等脆性材料上钻削精度不高的方孔。</p> <p>将浮动钻夹头(见图)装入钻床主轴内，钻床动力通过锥柄体和装上面的三个螺钉销，传递给浮动套，使浮动套随着锥柄体转动。螺钉销和浮动套上的孔配合，要有足够的间隙，以满足三角形钻头在靠模孔中滑动的范围。由于钻头受靠模方孔的导向，并且有一个足够的浮动范围，在靠模方孔中，既能转动又能滑动，所以能钻出与靠模孔相同的孔形来。钻孔时靠模要用压板与工件一起压牢。但工件应事先钻一个小于方孔的圆孔，以减少切削余量</p>  <p style="text-align: center;">A-A</p> <p style="text-align: center;">钻方孔夹具</p> <p>1—浮动夹头；2—三角形钻头；3—靠模</p>

(7) 钻孔的设备和辅助工具

表 4-5-14 常用 钻 孔 设 备

名 称 (型号)	图 示	切 削 范 围
摇臂钻床 Z35		<p>最大钻孔直径为50毫米。</p> <p>主轴变速级数为18级，其范围在32~1700转/分。进给变速级数为18级，其范围在0.03~1.2毫米/转</p>
立式钻床 Z525		<p>最大钻孔直径为25毫米。</p> <p>主轴变速级数为9级，其范围在97~1360转/分。</p> <p>进给变速级数为9级，其范围在0.1~0.8毫米/转</p>

续表

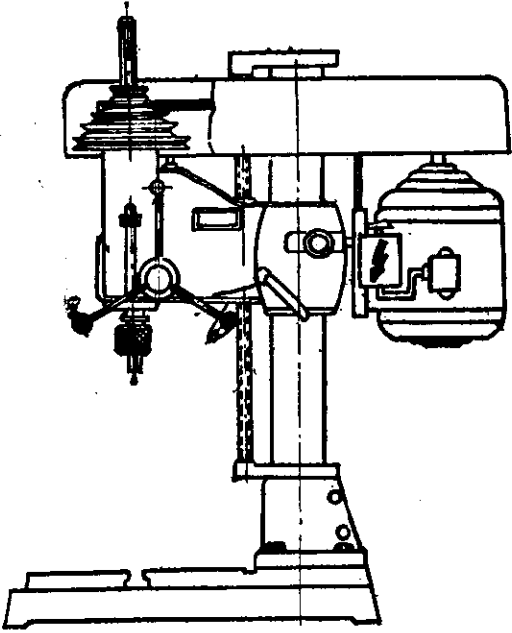
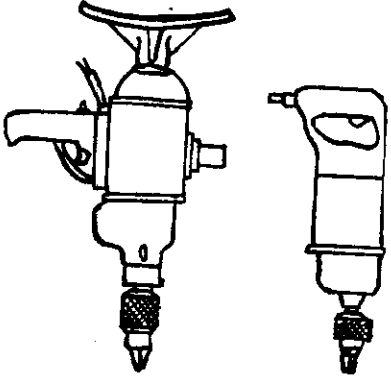
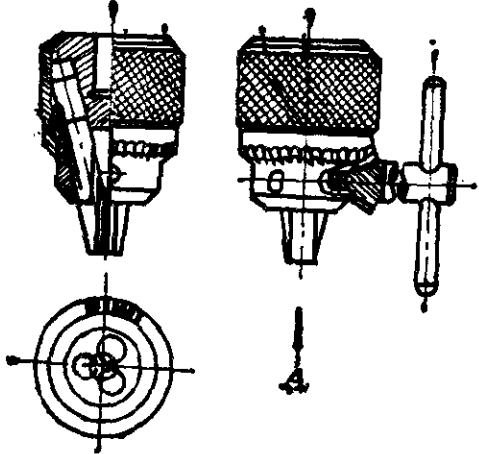
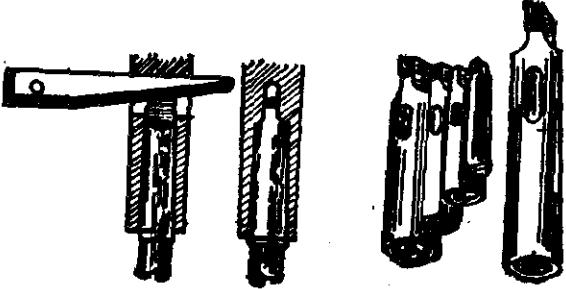
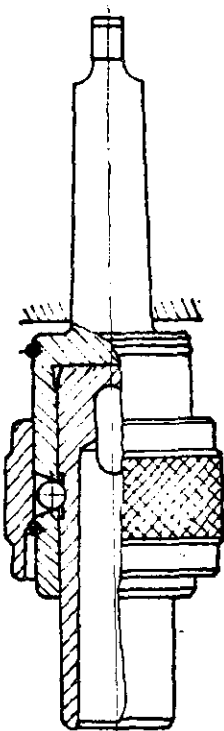
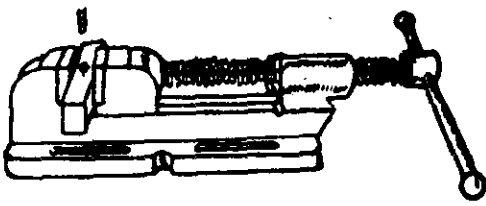
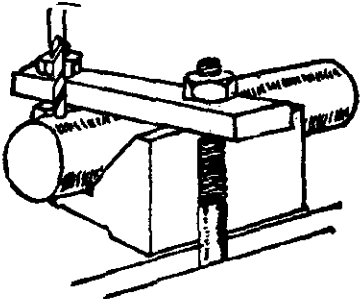
名称 (型号)	图 示	切 削 范 围
台 钻 Z 512		<p>最大钻孔直径为12毫米。</p> <p>由于转速高，使用方便，因而在零件加工、装配和修理工作中常用</p>
手电钻		<p>多用于钻12毫米以下的孔，常用在不便于使用钻床钻孔的情况下</p>

表 4-5-15

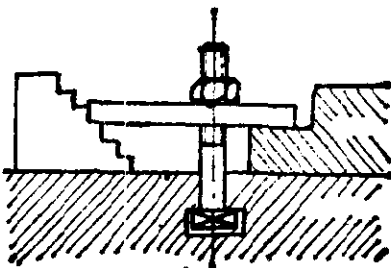
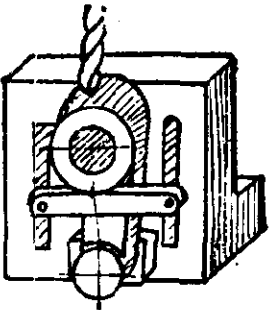
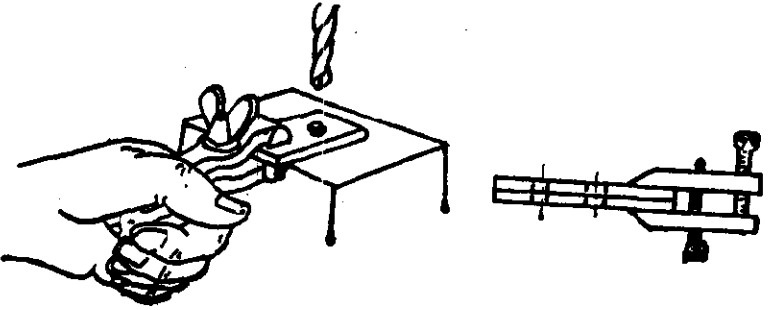
常用 钻 孔 辅 具

名称	图 示	用 途
钻 夹 头		<p>钻夹头用来装夹圆柱直柄钻头</p>
钻 套 和 楔 铁		<p>钻套用来装夹锥柄钻头。 楔铁用来从钻套中卸下钻头</p>

续表

名称	图 示	用 途
快 换 夹 头		使用快换夹头，能在主轴旋转的情况下更换刀具，装卸迅速，减少更换刀具的时间
平 口 虎 钳		平口虎钳用来装夹平整的工作件
V 型 铁		V型铁主要用来夹持圆柱型工件

续表

名称	图 示	用 途
压板 垫铁 和螺 丝		<p>压板、垫铁和螺丝是配合V型铁或在机床工作台上直接夹持工件用</p>
弯 板		<p>利用弯板可将工件竖立地装夹</p>
手 虎 钳 和 平 行 夹 板		<p>手虎钳和平行夹板用来夹持小型工件和薄板件</p>

(8) 切削液的选用

表 4-5-16 切 削 液 的 选 用

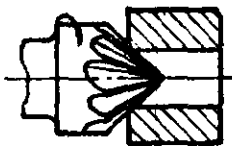
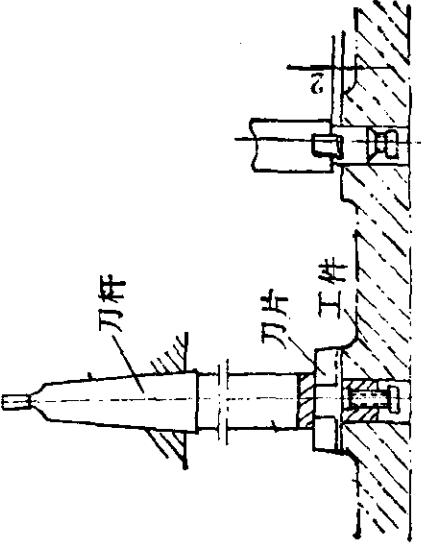
加 工 材 料	切 削 液
碳钢、合金结构钢	1. 3~5%乳化液; 2. 5~10%极压乳化液
不锈钢及高温合金	1. 10~15%乳化液; 2. 10~20%极压乳化液; 3. 含氯(氯化石蜡)的切削油; 4. 含硫、磷、氯的切削油
铸铁及黄铜	1. 一般不加; 2. 3~5%乳化液
紫铜、铝及其合金	1. 3~5%乳化液; 2. 煤油; 3. 煤油与矿物油的混合油
青 铜	3~5%乳化液
硬橡皮、胶木、硬纸板	1. 干 钻; 2. 风 冷
有 机 玻 璃	10~15%乳化液

2. 铰孔

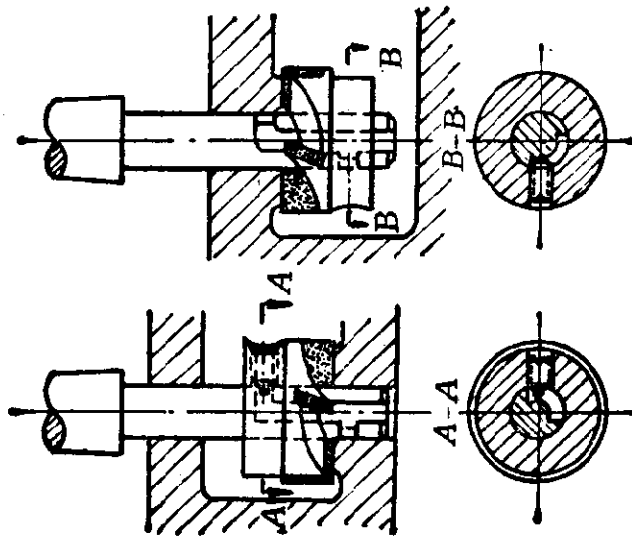
(1) 铰钻的种类和用途

表 4-5-17 柱形铤钻的种类、特点和用途

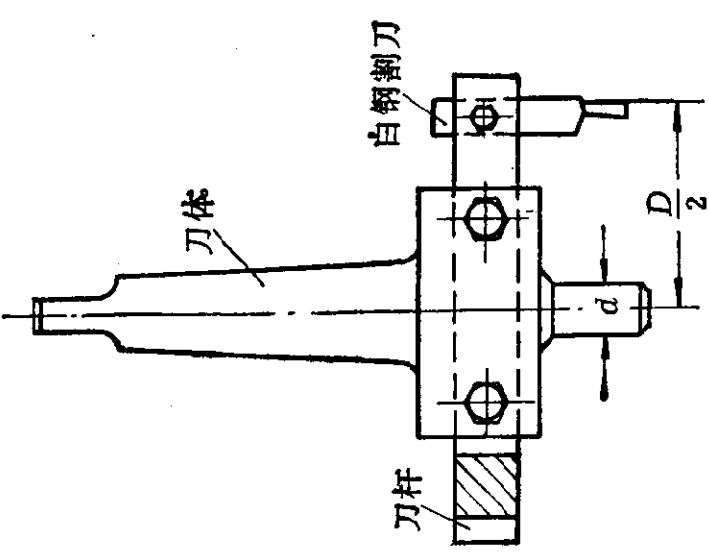
名称	图 例	特点和用途
柱形铤钻	<p>一体式柱形铤钻</p> <p>装卸式柱形铤钻</p> <p>用钻头改成的柱形铤钻</p>	<p>柱形铤钻适用于铤圆柱形埋头孔(柱坑)。</p> <p>铤钻前端有导柱, 导柱直径与已有的孔采用第三种动配合, 以保证良好的中心和导向。导柱与铤钻可制成一体的。为了使铤钻端面刀刃的刃磨方便, 也可以把导柱制成装卸式的。</p> <p>当标准的柱形铤钻缺乏时, 可用普通麻花钻改成柱形铤钻</p>

名称	图例	特点和用途
锥形铤钻	 <p style="text-align: center;">锥形埋头孔</p>	<p>锥形铤钻适用于铤锥形埋头孔(锥形埋头孔的要求不同,有60°、75°、90°及120°四种。其中$\phi 90^\circ$的用得最多。</p> <p>锥形铤钻也常用普通麻花钻改成,2ϕ磨成所需的大小,后角要磨得小些,在外缘处的前角也磨得小些,两切削刃要磨得对称。这样,铤出的锥坑表面才能光滑,否则容易产生振痕</p>
端面铤钻	 <p style="text-align: center;">简单的端面铤钻</p>	<p>端面铤钻适用于铤平端面。</p> <p>简单的端面铤钻是由白钢刀条磨成,装入刀杆后用螺钉紧固。刀杆上的方孔要做得正确,孔的轴线与刀杆轴线要垂直,尺寸大小与刀片采用第一种动配合。前角可按工件材料磨出,铤铸铁时$\gamma = 5^\circ \sim 10^\circ$;铤钢时$\gamma = 15^\circ \sim 25^\circ$。后角$\alpha = 6^\circ \sim 8^\circ$。副后角$\alpha_1 = 4^\circ \sim 6^\circ$。刀杆的直径与孔径采用第三种动配合,以保证良好的导向作用</p>

端面铤钻可制成多齿的、套式的，为
了提高铤钻的耐用度，可以镶上硬质合
金刀片



多齿端面铤钻

名称	图例	特点和用途
<p>在薄板上铤大孔的套料工具</p>		<p>生产中经常要在薄板上加工直径很大的孔，这时如无法冲孔，或没有大钻头，可采用套料工具。它的刀杆可在刀体的方槽中移动，以调节所需要的铤孔直径。铤孔前先在工件上钻一个孔，其直径与刀体下部的定心圆柱直径 d 相配。铤孔时工件要压紧，孔的下面要垫空，将要铤穿时进给量要很小</p>

薄板上铤大孔的工具

(2) 铤孔工作应注意的问题

- 1) 用麻花钻改制的铤钻要尽量短, 以减少振动。
- 2) 铤钻的后角和外缘处的前角适当减小, 以防产生扎刀现象。
- 3) 切削速度应比钻孔低(一般铤孔速度是钻孔速度的 $1/2\sim 1/4$)。以减少振动而获得光滑表面。
- 4) 铤钻的刀杆和刀片都要装夹牢固, 工件要压紧。
- 5) 铤钢的工件时, 要在导柱和切削表面加些润滑液。

3. 铤孔

(1) 铤刀(表4-5-18)

(2) 铤孔方法

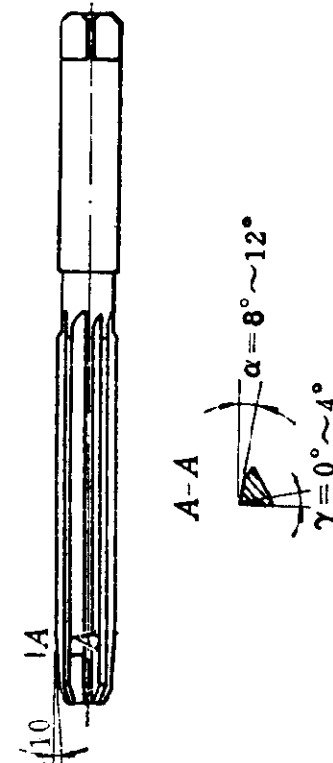
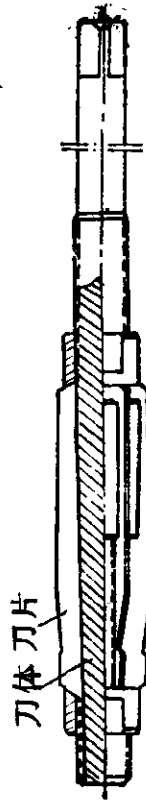
1) 新的铤刀一般均留有 $0.005\sim 0.02$ 毫米的直径研磨量, 刃带的光洁度也不高, 只适用于铤削4级以下精度的孔; 如铤削3级以上精度的孔时, 须先将铤刀直径进行研磨, 使铤刀直径尺寸精度与工件上孔的直径尺寸精度相符合后再使用。

2) 铤削余量的选择不宜太大或太小。余量太小时, 铤刀的刀刃切不进去, 处于啃刮状态, 磨损厉害, 使铤刀耐用度降低; 同时上道工序的残留变形难以纠正, 常会留下底孔的痕迹, 原有的加工刀痕难去除, 使铤孔质量达不到要求。余量太大时, 使铤刀每个刀齿的切削负荷加大, 同时, 切屑太多易挤在刀槽与孔壁之间把孔壁挤坏, 影响孔的质量。铤削余量的选择应根据铤刀的种类不同和铤孔直径的大小来确定。一般铤削余量的范围可参考表4-5-19。

3) 机铤铤削速度和走刀量的选择, 铤削速度和走刀量要根据铤刀和工件的材料选择, 即不能太大又不能太小, 太

常用铰刀的种类

表 4-5-18

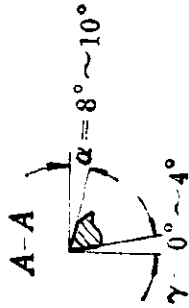
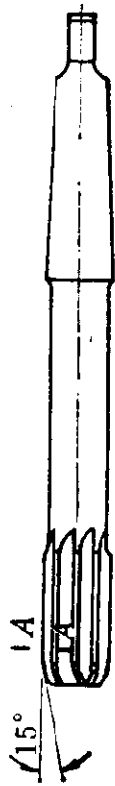
铰刀种类	图例与适用条件
普通手用铰刀	 <p>1. 铰孔的直径较小，精度要求不高； 2. 工件材料的硬度不高，批量很少； 3. 工件较大，受设备条件限制，不能在机床上进行铰孔</p>
可调节手用铰刀	 <p>在修配式单件生产中需铰非标准的通孔时使用。其铰孔直径范围在 $\phi 6 \sim 54$ 毫米</p>

高

直

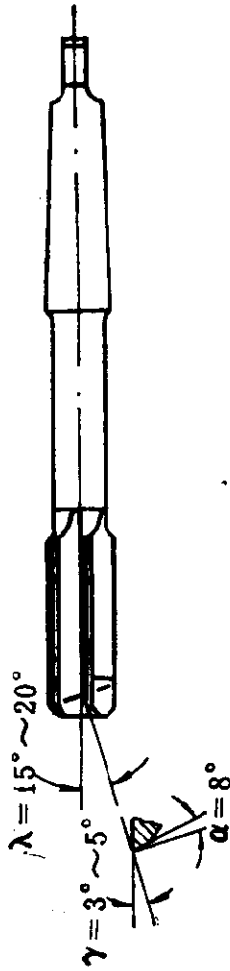
速

普通机用铰刀


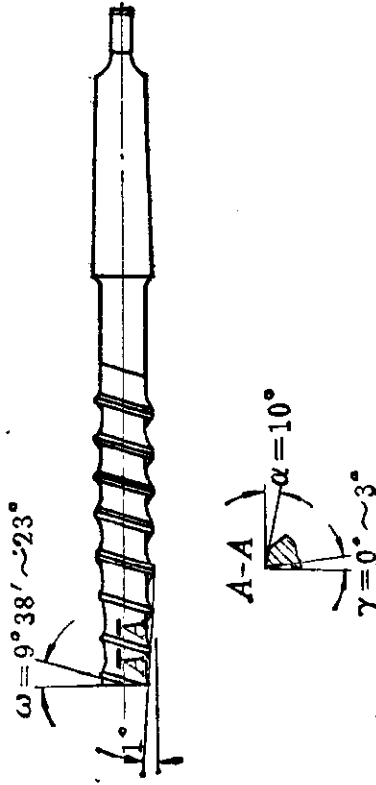




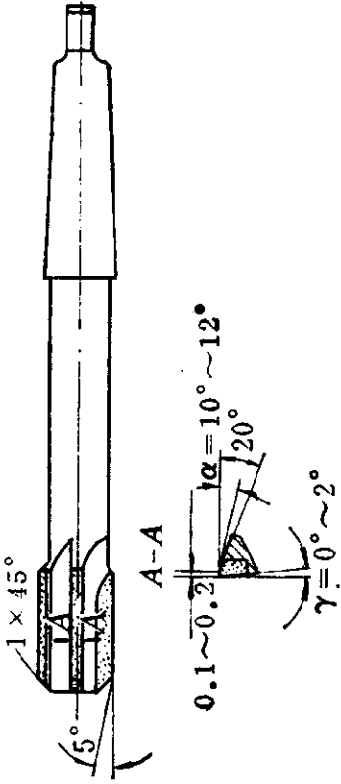
1. 铰孔的直径较大;
2. 要铰的孔同基准面或其它孔的垂直度、平行度或角度等技术条件要求较高;
3. 铰孔的批量较大;
4. 工件材料的硬度较高

带刃倾角的机用铰刀



1. 常用在直接钻孔不易保证精度, 而一般留有0.2毫米的底孔铰削余量时或因工件材质等因素使钻孔局部精度和光洁度极差(如局部孔大或有较深刀痕), 而铰孔时又难以去除, 为了节省扩孔工序而要加大铰削余量(如0.5~1.0毫米)时;
2. 在孔较深, 为使切屑向未加工表面方向排出, 避免切屑擦伤已加工表面和减少为清除切屑而退刀的次数时使用;
3. 加工ZG55碳素铸钢时, 选用刃倾角 $\lambda = 15^\circ$ 、切削刃前角 $\gamma = 3^\circ$ 、后角 $\alpha = 8^\circ$ 的铰刀; 加工45钢时, 选用刃倾角 $\lambda = 20^\circ$ 、切削刃前角 $\gamma = 5^\circ$ 、后角 $\alpha = 8^\circ$ 的铰刀

铰刀种类	图例与适用条件	件
普通螺旋齿铰刀	 <ol style="list-style-type: none"> 1. 工件材料韧性较高; 2. 用普通直齿铰刀切削不平稳且产生纵向刀痕; 3. 铰削有键槽的孔 	
螺旋推铰刀	 <ol style="list-style-type: none"> 1. 铰削深孔; 2. 铰削带键槽的孔; 3. 铰削直径较小($\phi 6$毫米以下)又较深的孔; 4. 工件材料对普通直齿铰刀磨损较快, 需提高高速钢铰刀的耐用度时使用 	高速钢

锥 铰 刀	1:50 锥 铰 刀	 <p>1:50</p> <p>用于铰削锥度为1:50的圆锥形定位销孔</p>
铰 刀	莫氏锥度 铰 刀	 <p>莫氏锥度</p> <p>用于加工0~6号莫氏锥孔(锥度近似于1:20)</p>
硬 质 合 金 铰 刀	普 通 铰 刀	 <p>$1 \times 45^\circ$</p> <p>5°</p> <p>$0.1 \sim 0.2$</p> <p>A-A</p> <p>$\alpha = 10^\circ \sim 12^\circ$</p> <p>$20^\circ$</p> <p>$\gamma = 0^\circ \sim 2^\circ$</p> <p>1. 工件材质过硬或经调质后较硬的工作件; 2. 工件材质的加工性很差, 例如用于高速钢材时, 铰刀磨损很快; 3. 铰孔批量极大的铸铁件或铜件</p>

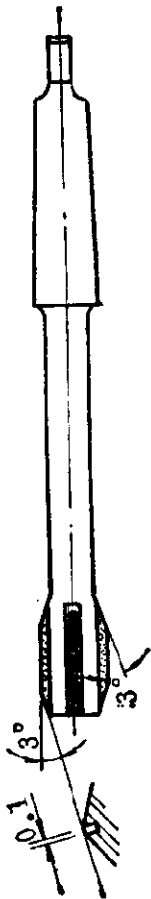
铰刀种类	图例与适用条件
硬质合金铰刀	 <p>1. 精铰孔, 2. 可制成整体的硬质合金小直径无刃铰刀, 用以铰小孔效果很好</p>

表 4-5-19

铰削余量表

(毫米)

铰孔直径	<5	5~20	21~32	33~50	51~70
铰削余量	0.1~0.2	0.2~0.3	0.3	0.5	0.8

大时不但铰刀容易磨损，同时也容易产生积屑瘤而影响铰孔质量；太小时不但工效降低，特别是走刀量小到使切削厚度小于刀刃小圆角半径时，刀刃就很难切下金属层，而是以很大的压力推挤需要切削下的金属层，使其塑性变形和表面硬化加剧，当金属层被推挤突峰时，刀刃开始切进，同时就会掀起大片切屑，严重破坏了孔的质量。

使用高速钢铰刀铰削钢材孔时，一般切削速度 $v = 8$ 米/分，走刀量 $s = 0.4$ 毫米/转；铰铸铁材料的孔时，一般切削速度 $v = 10$ 米/分，走刀量 $s = 0.8$ 毫米/转。

使用硬质合金铰刀铰孔，一般切削速度 $v = 8 \sim 12$ 米/分，走刀量 $s = 0.3 \sim 0.8$ 毫米/转。

4) 在铰孔时切削液不仅能及时冲掉铰孔过程中的细碎切屑，而且起到冷却和润滑的作用，针对不同的加工材料选择不同的切削液；对铰刀的寿命和铰孔的质量会有很大提高。切削液的选用见表4-5-20。

表 4-5-20 切 削 液 选 用 表

加工材料	切 削 液
钢	1. 10~20%的乳化油水溶液； 2. 铰孔要求高时，采用30%菜油加70%肥皂水； 3. 孔精度和光洁度要求更高时，可用茶油、柴油、猪油等
铸 铁	1. 煤油。注意，煤油会引起孔径收缩，最大收缩量达0.02~0.04毫米； 2. 低浓度的乳化油水溶液
铝	煤 油
铜	乳化油水溶液

- 5) 工件要夹正，夹牢并注意防止工件变形。
- 6) 孔铰完，必须将铰刀退出孔外后再停车。
- 7) 铰刀退出时，不能反转，因为铰刀有后角反转会使切屑挤塞在刀齿后面和孔壁之间，将孔壁划伤；同时铰刀也容易损坏。
- 8) 铰削过程中，铰刀工作部分不能全部铰出孔外，否则易使孔的末端被刮坏，同时铰刀也不易顺利退回。
- 9) 手铰时，两手用力要平衡，旋转速度要均匀，并随铰刀的旋转轻轻进刀，不要猛力压铰杠。
- 10) 尽量变换铰刀每次停歇位置，以消除铰刀常在同一处停歇而造成的刀痕。当铰削深孔或铰削余量较大和铰锥孔时，因切屑多，刀齿负荷大，每进刀两三毫米应退出一次，清除切屑，加上切削液再铰。

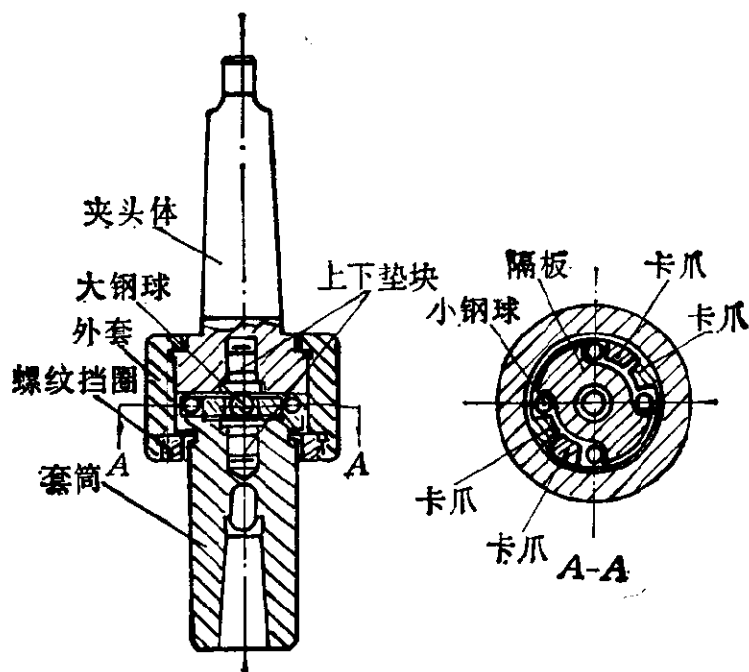


图 4-5-2 浮动铰刀夹头

11) 手铰过程中, 铰刀被卡住时, 不要猛力扳转铰杠, 以防铰刀折断, 而应该将铰刀取出, 清除切屑并检查铰刀, 如未崩刃时, 加上切削液再继续铰。

12) 当固定装夹铰刀不能保证钻床主轴中心线与孔轴线的同心度而影响铰孔精度时, 可采用浮动夹头装夹铰刀, 以调整铰刀与所铰孔的中心位置。常用动夹头见图4-5-2。

(3) 铰孔常出现的问题及产生原因

表 4-5-21 铰孔常出现的问题及产生原因

出现问 题	产 生 原 因
光洁度达不 到要求	<p>1. 铰刀的切削部分及校准部分光洁度不高; 铰刀刀齿不锋利, 刃口磨损超过允许值; 刃口上有崩裂、缺口或毛刺等。</p> <p>2. 铰刀刀齿校准部分后端有尖角; 铰刀切削刃与校准部分过渡处未经过研磨。</p> <p>3. 铰刀后角过大; 钻床精度低, 转速较快时, 容易产生振动。</p> <p>4. 铰刀切削刃有较大的偏摆; 铰刀中心与工件孔中心不重合, 切削不均匀, 切削少的一边不能消除原来留下的刀痕。</p> <p>5. 铰刀容屑槽锈蚀或原有的粘屑没有清除干净, 在铰孔时, 切屑容易在这些地方停滞、粘附而不能及时排除, 故刮伤孔壁。铰孔完毕, 铰刀以反转退出时, 细碎的切屑挤在刀齿的后面和孔壁之间, 将孔壁刮出痕迹。</p> <p>6. 加工余量太大, 使切屑变形严重, 切削热增高。</p> <p>7. 加工塑性较大材料时, 铰刀前角过小, 使切屑变形严重。</p> <p>8. 切削液不充足或选择不适当, 使工件和刀刃得不到及时的冷却与润滑</p>
孔径扩大	<p>1. 铰刀校准部分的直径大于铰孔所要求的直径; 研磨铰刀时没有考虑铰孔扩大量的因素; 机铰时, 钻床主轴的振摆过大, 而铰刀又未留倒锥量。</p> <p>2. 铰刀切削部分和校准部分的刃口径向振摆过大; 各条切</p>

续表

出现问题	产生原因
孔径扩大	<p>削刃和校准部分交接处的圆弧刃高度修磨得不致, 这样当铰刀在旋转时, 实际上等于加大了铰刀直径。</p> <ol style="list-style-type: none">3. 铰刀刃口上粘附着切屑瘤, 增大了铰刀直径。4. 加工余量和进刀量过大时, 在铰削中金属被撕裂下来。5. 手铰孔时, 两手用力不均匀, 使铰刀左右晃动。6. 铰锥孔时, 没有及时用锥销检验, 将孔铰的过深。7. 机动铰孔时, 转速较快, 切削液不充足, 铰刀直径由于受热而增大
孔径缩小	<ol style="list-style-type: none">1. 铰刀校准部分直径已经磨损。2. 铰刀切削刃磨钝, 切削能力降低, 对一部分加工余量产生挤压作用。当铰刀退出铰孔时, 金属又恢复其弹性变形。3. 用硬质合金铰刀高速铰孔, 或用无刃铰刀铰孔, 铰刀对金属都有挤压作用, 但在确定铰刀直径时, 没有考虑铰孔产生收缩量的因素
中心不直	<ol style="list-style-type: none">1. 铰孔前的预加工孔不直, 孔径较小时尤为突出, 因铰刀直径小, 刚性差, 不能使原有的弯曲度纠正过来。2. 铰刀的切削锥角太大, 导向不良, 铰刀在铰削中容易偏离方向, 使铰孔产生弯曲。3. 铰刀校准部分倒锥量太大, 不能起到良好的校正和引导作用, 使铰刀在工作时产生晃动, 造成孔壁不直。4. 手铰孔时, 在一个方向上用力过大, 迫使铰刀向一边偏斜, 因而破坏了铰孔的垂直性
出现多棱形的孔	<ol style="list-style-type: none">1. 铰削余量太大, 铰刀刃口又不锋利时, 在铰削过程中铰刀有“啃切”现象, 发生振动。2. 铰孔前钻孔不圆, 加工余量有大有小, 铰削负荷不一致, 容易产生弹跳现象。3. 钻床精度不高, 主轴振摆太大, 铰削时铰刀产生抖动
孔出现喇叭口	<ol style="list-style-type: none">1. 铰刀切削锥角太大, 始切时不易铰进, 因而铰刀产生晃动, 将孔口刮成喇叭口。

出现问题	产生原因
孔出现喇叭口	<p>2.机铰刀切削刃径向摆动太大,铰削时由于铰刀切削刃部分与工件之间楔的较紧,使铰刀头部不易摆动。但由于钻床主轴有振摆,相应地使铰刀尾部产生晃动,因此将孔口刮大。</p> <p>3.手工铰孔时,铰刀放的不正,或用力不平衡,使铰刀左右晃动,将孔口处铰大</p>
铰刀过早的磨损和崩刃	<p>1.铰刀在刃磨时,切削刃被灼伤,从而降低了铰刀原有的硬度,使铰刀容易磨损。</p> <p>2.铰刀切削刃的光洁度不高,从而降低了铰刀的耐用度。</p> <p>3.切屑堆积在孔内;切削液不能顺利流入加削区,使铰刀得不到及时的冷却与润滑,故而加快了铰刀的磨损或将铰刀刃口挤崩。</p> <p>4.加工余量和切削用量太大,工件材料过硬,超过了铰刀的切削能力,使之过早的磨损和崩刃。</p> <p>5.机动铰孔时,铰刀的切削刃偏摆过大,造成切削负荷不均匀,使刃口容易崩裂。</p> <p>6.铰刀的前、后角太大,使切削刃的强度减弱,故而容易崩刃。</p> <p>7.铰刀在刃磨时,刀齿产生了轻微的裂缝,未予注意,铰削时很快就会崩裂</p>

(4) 铰刀在使用中的手工修磨

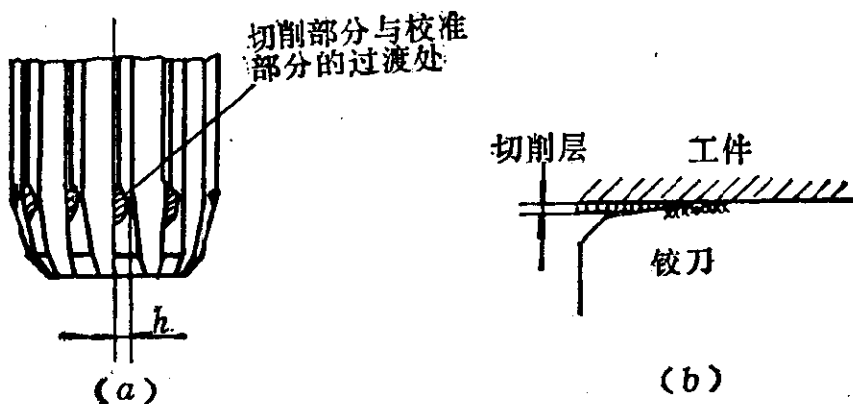


图 4-5-3 铰刀磨损的情况

铰刀在使用中磨损最严重的地方是切削部分与校准部分的过渡处，见图4-5-3。

切削刃后面磨损不严重时，可用油石沿切削刃的垂直方向轻轻推动，加以修光，见图4-5-4。

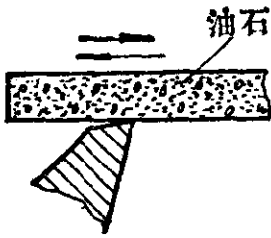


图 4-5-4 铰刀后面磨损后的研磨

如欲将刃带宽度磨窄时，也可用上述方法将刃带研出 1° 左右的小斜面（见图4-5-5），并保持需要的刃带宽度。但研磨后面时，不能将油石沿切削刃方向推动（见图4-5-6），如这样推动容易使油石产生沟痕，稍有不慎就可能将刀齿刃口磨圆，从而降低其

切削性能。

当刀齿前面需要修研时，应将油石贴紧在前面上，沿齿槽方向轻轻推动，特别应注意不要损伤刃口。

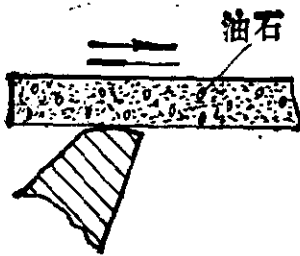


图 4-5-5 铰刀刃带过宽时的修研

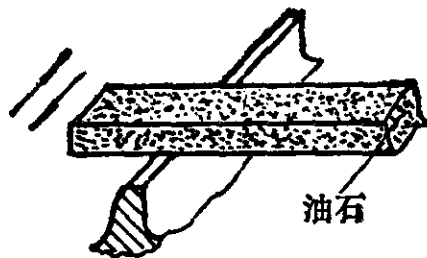


图 4-5-6 不正确的修研方法

修研高速钢铰刀时，一般可用W14、中硬（2Y）或硬（Y）的白色氧化铝油石；修研硬质合金铰刀时，可用碳化硅油石。



铰刀的机械研磨见本章研磨部分。

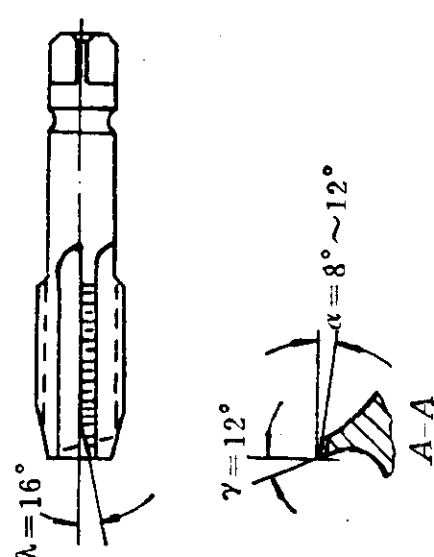
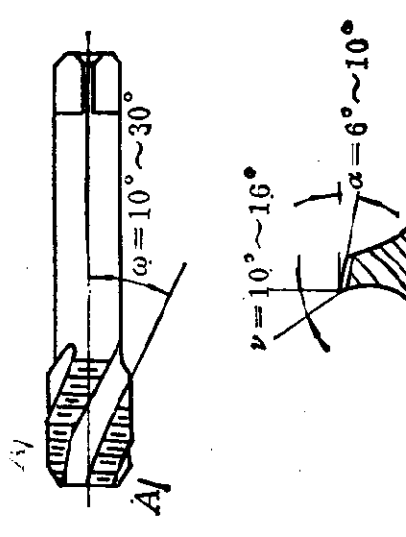
六、攻丝和套扣


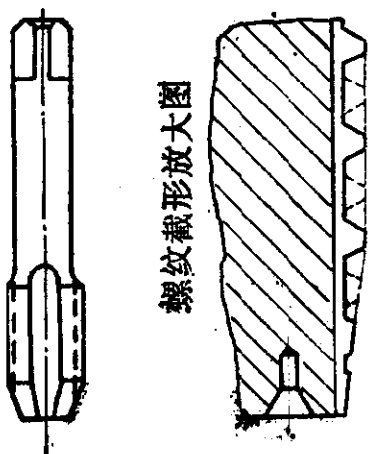
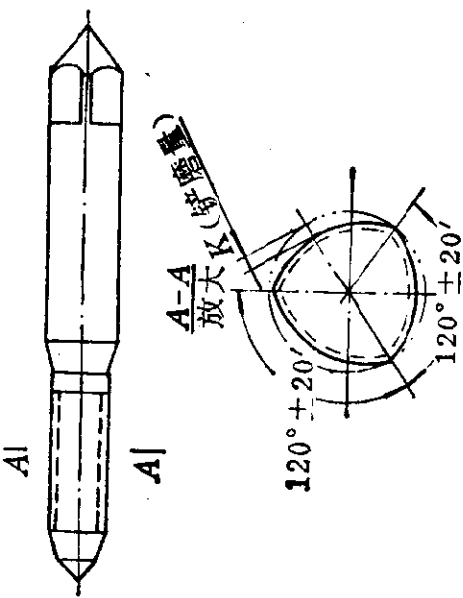
1. 攻丝

(1) 攻丝工具

表 4-6-1 常用丝锥的种类与用途

名称	图 例	用 途
手用普通丝锥		<p>是钳工经常使用的一种手用公制螺纹丝锥；分粗牙、细牙两类，可以攻通孔或不通孔的螺纹</p>
机用普通丝锥		<p>是用于攻削数量较多或孔径较大的螺纹孔的一种公制螺纹丝锥，分粗牙、细牙两类，可以攻削通孔或不通孔螺纹</p>

名称	图 例	用 途
带刃倾角 λ 的丝锥	 <p>$\lambda = 16^\circ$</p> <p>$\gamma = 12^\circ$</p> <p>$\alpha = 8^\circ \sim 12^\circ$</p> <p>A-A</p>	<p>在普通直槽丝锥的切削部分前端修磨出刃倾角斜槽，它可使切屑向未加工表面方向顺利排出，有利于提高螺孔的光洁度和提高丝锥的切削性能</p>
螺旋槽丝锥	 <p>$\varphi = 10^\circ \sim 30^\circ$</p> <p>$\nu = 10^\circ \sim 16^\circ$</p> <p>$\alpha = 6^\circ \sim 10^\circ$</p>	<p>这是一种带有螺旋角的螺旋槽丝锥，螺旋角 ω 和前角 γ 根据加工材料确定，一般钢材 $\omega = 10^\circ \sim 20^\circ$、$\gamma = 10^\circ$，轻合金 $\omega = 30^\circ$、$\gamma = 16^\circ$；</p> <p>攻丝时，切屑成带状往丝锥柄部方向顺利排出，适于加工公称直径 $d = 3 \sim 20$ 毫米、螺距 $t = 0.35 \sim 2.5$ 毫米范围的深的不通孔螺纹，以及有凹槽或缺口孔的螺纹，其加工精度稳定</p>

布氏管螺纹丝锥		布氏管螺纹丝锥仅能加工锥度为1:6、直径为2英寸的锥形螺纹
跳牙丝锥		跳牙丝锥除直接制成外，也可用普通丝锥改磨（即从丝锥切削部分第一牙开始隔一圈磨去一圈），适于攻削强度高、韧性大的材料（如不锈钢、耐热合金、钛合金等）
挤压式丝锥		挤压式丝锥为无槽结构，在挤压锥部全长上为完整齿形的锥形螺纹，工作部分的横剖面是曲边三棱形。用于挤压铜、铝、不锈钢盲孔、通孔，螺纹孔的光洁度好，丝锥使用寿命长。但因挤压式丝锥是靠挤压金属，使之产生塑性变形而成螺纹，故只适用于塑性较高、硬度在HRC20以下的金属材料，而不适于脆性材料（如铸铁、青铜）和硬度较高的材料，同时对挤压前底孔的要求较高，否则不易保证螺纹质量

(2) 攻丝前底孔的钻削

表 4-6-2 加工普通螺纹底孔钻头直径 d_s 的计算公式

公 式		适 用 范 围
1	$d_s = d - t$ 式中 d ——螺纹的公称直径, t ——螺距	1. 螺距 $t < 1$; 2. 工件材料塑性较大; 3. 孔扩张量适中
2	$d_s \approx d - (1.04 \sim 1.08) t$	1. 螺距 $t < 1$; 2. 工件材料塑性较小; 3. 孔扩张量较小

表 4-6-3 加工普通螺纹底孔的钻头直径 (毫米)

螺 纹 直 径 d	螺 距 t	钻 头 直 径 d_s	
		铸 铁、青 铜、黄 铜	钢、可 锻 铸 铁、 紫 铜、层 压 板
2	0.4	1.6	1.6
	0.25	1.15	1.75
2.5	0.45	2.05	2.05
	0.35	2.15	2.15
3.0	0.5	2.5	2.5
	0.35	2.65	2.65
4	0.7	3.3	3.3
	0.5	3.5	3.5
5	0.8	4.1	4.2
	0.5	4.5	4.5
6	1.00	4.9	5
	1.75	5.2	5.2
8	1.25	6.6	8.7
	1.00	6.9	7.0
	0.75	7.1	7.2

续表

螺纹直径 d	螺距 t	钻头直径 d_s	
		铸铁、青铜、黄铜	钢、可锻铸铁、紫铜、层压板
10	1.5	8.4	8.5
	1.25	8.6	8.7
	1.00	8.9	9.0
	1.75	9.1	9.2
12	1.75	10.1	10.2
	1.50	10.4	10.5
	1.25	10.6	10.7
	1.00	10.9	11.0
14	2.0	11.8	12
	1.5	12.4	12.5
	1.0	12.9	13.0
16	2.0	13.8	14.0
	1.5	14.4	14.5
	1.0	14.9	15.0
18	2.5	15.3	15.5
	2.0	15.8	16.0
	1.5	16.4	16.5
	1.0	16.9	17.0
20	2.5	17.3	17.5
	2.0	17.8	18.0
	1.5	18.4	18.5
	1.0	18.9	19.0
22	2.5	19.3	19.5
	2.0	19.8	20.0
	1.5	20.4	20.5
	1.0	20.9	21.0

续表

螺纹直径 d	螺距 t	钻头直径 d_s	
		铸铁、青铜、黄铜	钢、可锻铸铁、紫铜、层压板
24	3.0	20.7	21.0
	2.0	21.8	22.0
	1.5	22.4	22.5
	1.0	22.9	23.0

表 4-6-4 加工英制螺纹底孔钻头直径的计算公式 (毫米)

螺纹公称直径(英寸)	铸 铁 与 青 铜	钢 与 黄 铜
$3/16'' \sim 5/8''$	$D = 25 \left(d - \frac{1}{n} \right)$	$D = 25 \left(d - \frac{1}{n} \right) + 0.1$
$3/4'' \sim 1\frac{1}{2}''$	$D = 25 \left(d - \frac{1}{n} \right)$	$D = 25 \left(d - \frac{1}{n} \right) + 0.2$

注 n ——每英寸牙数。

表 4-6-5 加工英制螺纹底孔的钻头直径 (毫米)

螺 纹 直 径 (英寸)	每英寸牙数	钻 头 直 径 d_s	
		铸铁、青铜、黄铜	钢、可锻铸铁
3/16	24	3.8	3.9
1/4	20	5.1	5.2
5/16	18	6.6	6.7
3/8	16	8	8.1
1/2	12	10.6	10.7
5/8	11	13.6	13.8
3/4	10	16.6	16.8
7/8	9	19.6	19.7

续表

螺 纹 直 径 (英寸)	每英寸牙数	钻 头 直 径 d_s	
		铸铁、青铜、黄铜	钢、可锻铸铁
1	8	22.3	22.5
1 ¹ / ₈	7	25.5	25.2
1 ¹ / ₄	7	28.2	28.4
1 ¹ / ₂	6	34	34.2
1 ³ / ₄	5	39.5	39.7
2	4 ¹ / ₂	45.3	45.6

(3) 攻丝方法

1) 手工攻丝

①工件装夹要正，一般情况下，应将工件需要攻丝的一面，置于水平或垂直的位置。这样在攻丝时，就能够比较容易地判断和保持丝锥垂直于工件的方向。

②在开始攻削时，尽量把丝锥放正，然后用手压住丝锥的轴心方向，用另一手轻轻转动铰杠。当丝锥旋转1~2圈后，从正面和侧面观察丝锥是否和工件平面垂直，必要时可用90°角尺进行校正。一般在攻削3~4圈螺纹后，丝锥的方向就可以基本确定。如果开始丝孔攻的不正，可将丝锥旋出，用二锥加以纠正，然后再用头锥攻削。当丝锥的切削部分全部进入工件时，就不需要再施加轴向力，靠螺纹自然旋进即可。

③在攻削过程中，对塑性材料来说，需经常保持足够的切削液（详见表4-6-6）。

④攻丝时，每次扳转铰杠，丝锥的旋进不应太多，一般每次旋进1/2~1转为宜。M5以下的丝锥一次旋进不得大于1/2转；加工细牙螺纹或精度要求高的螺纹时，每次的进刀

量还要减少。攻削铸铁比攻削钢材时的速度可以适当加快一些。每次旋进后，再倒转约为旋进的 $1/2$ 的行程。攻削较深的螺纹孔时，回转的行程还要大一些，并需往复拧转几次。这样可以折断切屑，使有利于排屑，减少切削刃粘屑的现象，以保持锋利的刃口；同时使切削液顺利地进入切削部位，起到冷却和润滑的作用。

⑤扳转铰杠时，两手用力要平衡。切忌用力过猛和左右晃动，否则容易将螺纹牙型撕裂，导致螺纹孔扩大及出现锥度。

⑥攻削时，如感到很费力时，切不可强行转动，应将丝锥倒转，使切屑排除，或用二锥攻削几圈，以减轻头锥切削部分的负荷，然后再用头锥继续攻削。如继续攻削仍然很吃力或断续发出“咯咯”的声响，则说明切削不正常，或丝锥磨损，应立即停止攻削，查找原因，否则丝锥就有折断的危险。

⑦攻削不通的螺纹孔时，当末锥攻完，用铰杠带动丝锥倒旋松动以后，应用手将丝锥旋出。不宜用铰杠旋出丝锥，尤其不能用一只手快速拨动铰杠来旋出丝锥。因为攻完的螺纹孔和丝锥的配合较松，而铰杠又重，若用铰杠旋出丝锥，容易产生摇摆和震动，从而破坏螺纹的光洁度。

攻削通孔螺纹时，丝锥的校准部分尽量不要全部出头，以免扩大或损坏最后几扣螺纹。丝孔攻完之后，也要参照上述方法旋出丝锥。

⑧用成组丝锥攻丝时，在头锥攻完以后，应先用手将二锥或三锥旋进螺纹孔内，一直到旋不动时，才能使用铰杠操作，防止对不准前一丝锥攻的螺纹而产生乱扣的现象。

⑨攻削不通的螺纹孔时，要经常把丝锥退出，将切屑清

除,以保证螺纹孔的有效长度,攻完后也要将切屑清除干净。

⑩攻削 M3 以下的螺纹孔时,如工件不大,可用一只手拿着工件,一只手拿着带动丝锥的铰杠,或特制的短柄铰杠进行攻丝,这样可以避免硬劲攻削,防止丝锥折断。

⑪丝锥用完后,要擦洗干净,涂上机油,隔开放好,妥善保管,不可混装在一起,以免将丝锥刃口碰伤。

2) 机器攻丝

①丝锥装夹在机床主轴上时的径向振摆,一般应在0.05毫米之内,攻削二级精度以上的螺纹孔时,应不大于0.03毫米。装夹工件的夹具定位支承面与钻床主轴中心或丝锥中心的垂直度偏差,应不大于0.05毫米/100毫米。工件螺纹底孔与丝锥的不同心度允差,应不大于0.05毫米。

②当丝锥即将进入螺纹底孔时,送刀要轻要慢,以防止丝锥与工件发生撞击。

③螺纹孔的深度超过10毫米,或攻不通的螺纹孔时,应采用攻丝安全夹头。安全夹头能承受的攻削力,必须按照丝锥的大小来进行调节。

④在丝锥切削部分长度的攻削行程内,应在钻床进刀手柄上施加均匀的压力,以协助丝锥进入工件,这样可以避免由于靠开始几扣不完整的螺纹,向下拉钻床的主轴时,将螺纹刮烂。当校准部分进入工件时,上述压力即应解除,靠螺纹自然旋进,以免将牙型切瘦。

⑤攻丝的切削速度主要根据切削材料、丝锥直径、螺距、螺纹孔的深度而定,当螺纹孔的深度在10~30毫米内,工件为下列材料时,其切削速度大致如下:钢材6~15米/分;调质后的钢材或较硬的钢材5~10米/分;不锈钢2~7米/分;铸铁8~10米/分。在同样条件下,丝锥直径小取高速,丝锥

直径大取低速，螺距大取低速。

⑥攻通的螺纹孔时，丝锥的校准部分不能全出头，否则在开反车退出丝锥时，将会产生乱扣。

表 4-6-6 攻丝和套丝时用的冷却润滑液

加工材料	冷却润滑液	机加工时流量
钢	机加工可用浓度较大的乳化油或含硫量在1.7%以上的硫化切削油；工件光洁度要求高时，可加菜油及二硫化钼等；手加工用机油	8~12升/分
灰铸铁	一般不用，如工件光洁度要求高或材质较硬时，可用煤油；机加工速度在8米/分以上时，可用浓度为10~15%的乳化液	不少于4升/分
可锻铸铁	浓度15~20%的乳化液	不少于6升/分
青铜、黄铜、 锌合金、铝合金	手加工时可不用冷却润滑液；机加工时用浓度为15~20%的乳化液	不少于6升/分
不 锈 钢	(1)硫化切削油60%；油酸15%；煤油25%； (2)黑色硫化油； (3)30号机油； (4)F-43号机油	不少于6升/分

(4) 攻丝中常出现的问题及产生原因

表 4-6-7

攻丝出现的废品的形式及产生原因

废品形式	产生的原因
烂牙	<ol style="list-style-type: none"> 1. 螺纹孔直径太小，丝锥不易切入，孔口烂牙。 2. 换用二锥、三锥时，与已切出的螺纹没有旋合好就强行攻削。 3. 头锥攻丝不正，用二锥、三锥时强行纠正。 4. 对塑性材料未加润滑冷却液或丝锥不经常倒转来断、排屑，而使已切出的螺纹被啃伤。 5. 丝锥磨钝或刀刃有粘屑。 6. 铰杠掌握不稳，攻强度较低的材料时，螺纹容易被切烂。 7. 当丝锥磨钝、崩刃或刃口有粘屑时，也会将螺纹牙型刮烂
滑牙	<ol style="list-style-type: none"> 1. 攻不通孔螺纹时，丝锥已到底，仍继续转动丝锥。 2. 在强度较低的材料上攻较小螺纹孔时，丝锥刚切入并已切出螺纹时，仍继续加压力，或攻完退出时，当还有几扣螺纹未退出，仍连铰杠一起转出
螺孔攻歪	<ol style="list-style-type: none"> 1. 丝锥位置不正； 2. 机攻时丝锥与螺孔不同心
螺纹牙深不够	<ol style="list-style-type: none"> 1. 攻丝前底孔直径太大； 2. 丝锥磨损

表 4-6-8

丝锥损坏的形式及产生原因

损坏形式	损坏原因
丝锥崩牙或折断	<ol style="list-style-type: none"> 1. 工件材料中夹有硬物。 2. 断屑、排屑不良，产生切屑堵塞现象。 3. 丝锥位置不正，单边受力太大或强行纠正。 4. 两手用力不均匀。 5. 丝锥磨钝，切削阻力太大。 6. 底孔直径太小。 7. 攻不通孔螺纹时，丝锥已到底仍继续旋转。 8. 攻丝时用力过猛

(5) 从螺孔中取出折断丝锥的方法

在取出断丝锥前、应先把孔中的切屑和丝锥碎屑清理干净，以防轧在螺纹与丝锥之间而阻碍丝锥的退出。

①当丝锥折断部分露出孔外时，可用钳子拧出；或用尖錾轻轻地剔出；也可以在断丝锥上焊上一个六角螺母，然后用扳手轻轻地扳动六角螺母将断丝锥退出。

②当丝锥折断部分在孔内时，可用带方榫的断丝锥上拧上两个螺母，用钢丝（根数与丝锥槽数相同）插入断丝锥和螺母的空槽中，然后用铰手按退出方向扳动方榫，把断丝锥取出（图4-6-1）。

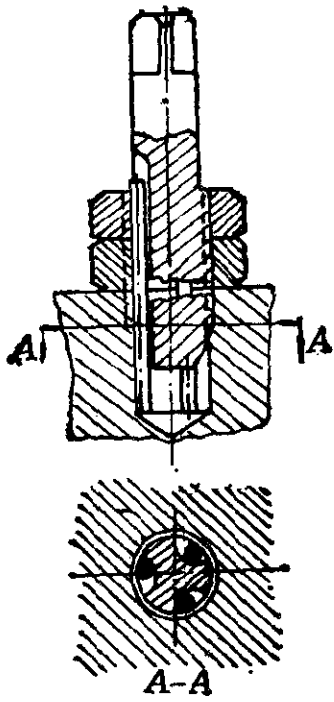


图 4-6-1 用钢丝插入槽中取出断丝锥的方法

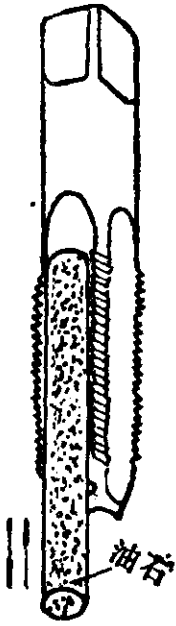


图 4-6-2 研磨丝锥刀齿前面的情况

③用乙炔火焰或喷灯使断丝锥退火，然后用钻头钻去，此时，钻头直径应比底孔直径略小，钻孔时也要对准中心，防止将螺纹钻坏。孔钻好后打入一个扁形或方形冲头，再用扳手旋出断丝锥。

④用电火花加工设备将断丝锥腐蚀掉。

⑤当攻削不锈钢材料时，因不锈钢能抗硝酸腐蚀，而用高速钢制成的丝锥在硝酸溶液中却能很快地受到腐蚀，所以可用将工件放入硝酸溶液中进行腐蚀的方法取出断丝锥。

(6) 丝锥磨损和崩刃后的修磨

①切削刃前面的修磨

当丝锥的切削刃已经钝化或有粘屑而锐利性降低时，可用柱形油石研磨切削刃的前面，见图 4-6-2。研磨时在油石上涂一些机油，油石要掌握平稳，注意不要将刀齿的刃尖磨出小圆角。研磨后将丝锥清洗干净。

另外，还可用片状砂轮修磨刀齿的前面（可在工具磨床上，手持丝锥刃磨），修磨前把砂轮靠丝锥刀齿前面一侧的棱角修圆（如图 4-6-3 所示），使与丝锥容屑槽的圆弧相吻合，否则刀齿的前面将会磨出沟棱，攻削时将会阻碍切屑的

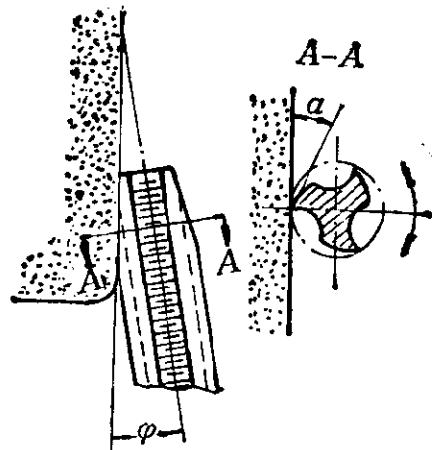
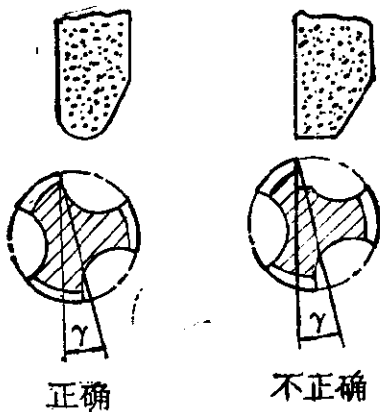
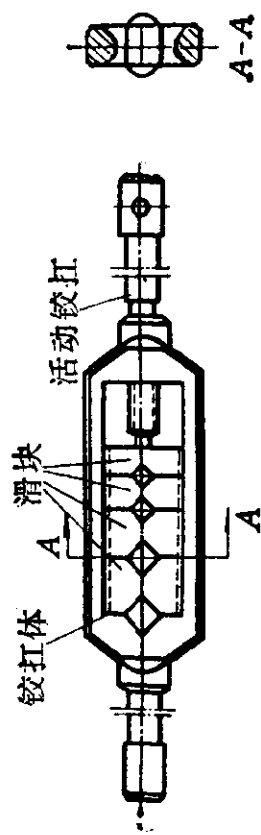
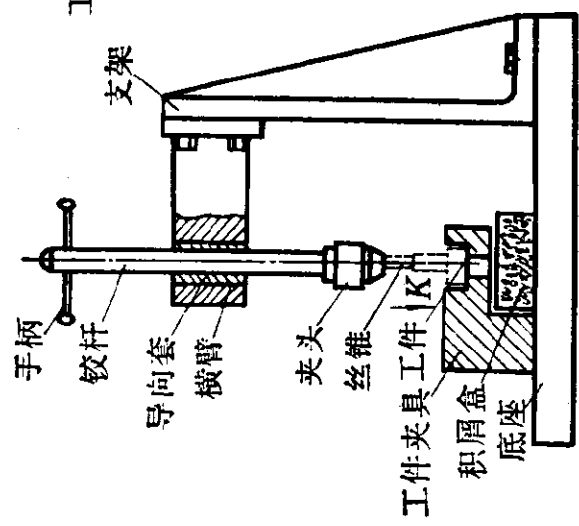


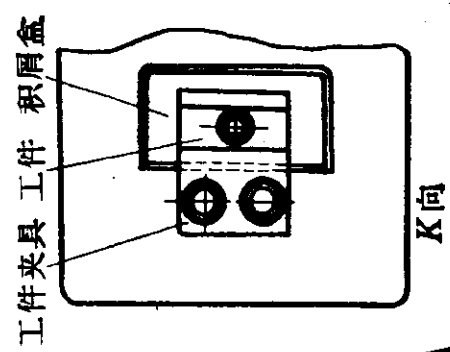
图 4-6-3 丝锥前角的刃磨 图 4-6-4 丝锥切削锥角和后角的刃磨



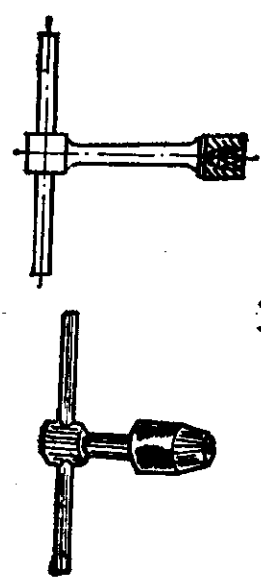
(a)



(b)



(c)



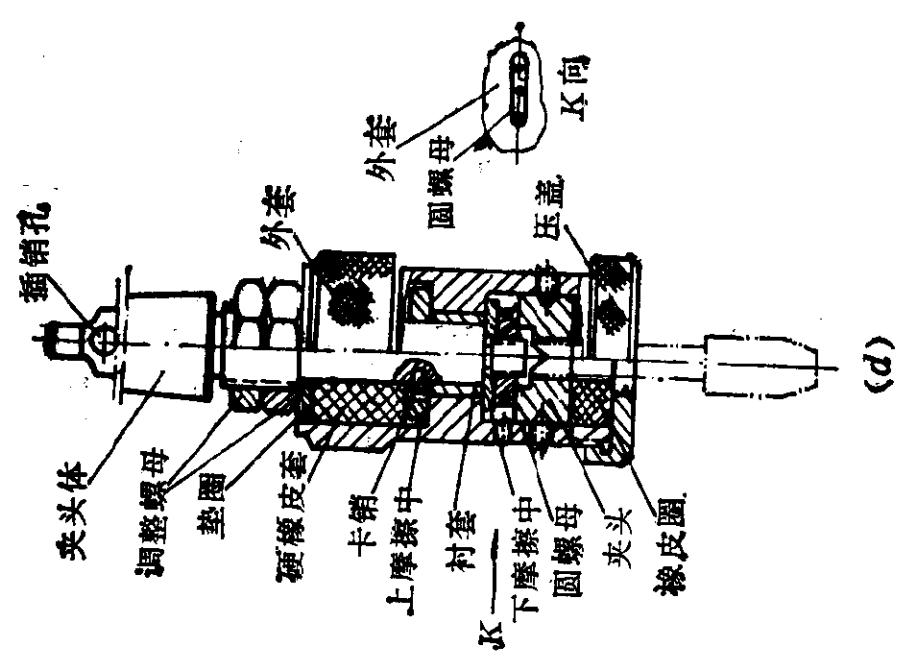
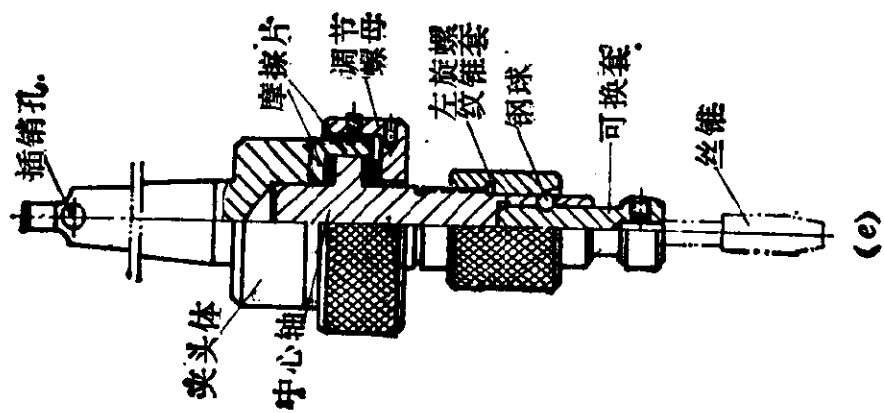


图 4-6-5 常用攻丝卡具

(a)滑块多用丝锥铰杠; (b)立式攻丝卡具; (c)丁字铰杠; (d)弹性摩擦攻丝安全夹头; (e)快换攻丝安全夹头

卷曲和排除。此外还需注意每条刀齿的前角要一致，磨后再用柱形油石进行研磨，以提高刀齿前面和容屑槽的光洁度。

②切削刃后面的修磨

当丝锥的切削刃损坏，或用二、三锥改磨成头锥时，可在一般砂轮上修磨切削刃的后面（见图 4-6-4）。修磨时，要注意切削锥的一致性，转动丝锥时需注意，下一条刀齿的刃尖不要接触砂轮，以免将刀齿的刃尖磨掉。

（7）攻丝卡具

常用的几种攻丝卡具见图4-6-5，介绍从略。

2. 套丝

（1）套丝工具

表 4-6-9 板 牙 种 类

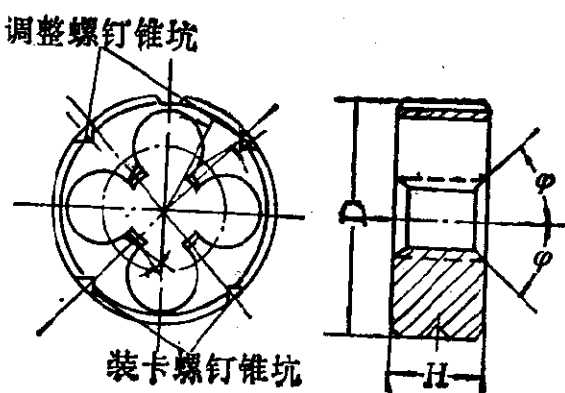
图	形	说 明
圆 板 牙		<ol style="list-style-type: none"> 1. 板牙两端的锥形部分为板牙的切削部分，其锥角ϕ一般为$20^\circ \sim 25^\circ$； 2. 切削部分一端磨损后可换另一端使用； 3. 校准部分因磨损，使螺纹尺寸变大时可磨薄片砂轮沿板牙V形槽切割出一条通槽，用铰杠（板牙架）上的另两个紧固螺钉顶入圆板牙上面两个偏心的锥坑内，使其螺纹尺寸缩小

图	形	说 明
圆锥管螺纹板牙		<p>1. 管螺纹板牙只是在单面制成切削锥，只能单面使用；</p> <p>2. 其它部分结构与圆锥板牙相仿</p>

(2) 套丝前圆杆直径的确定

用板牙在圆杆上套丝时，其牙尖要被挤高一些，所以，圆杆直径应比螺纹的外径（公称直径）小些。

圆杆直径可用下列公式计算：

$$d_c \approx d - 0.13t$$

式中 d_c ——圆杆直径；

d ——螺纹外径；

t ——螺距。

圆杆直径也可由表4-6-10查得。

(3) 套丝方法

①为了使板牙容易对准工件和切入材料，圆杆端部要倒成 $15^\circ \sim 20^\circ$ 的斜角，锥体的最小直径要比螺纹内径小，使切出的螺纹起端避免出现锋口，否则，螺纹起端容易发生卷边而影响螺母的拧入。

表 4-6-10

板牙套丝时圆杆的直径

(毫米)

粗牙普通螺纹				英制螺纹			圆柱管螺纹		
螺纹直径 d	螺距 t	螺杆直径 d_G		螺纹直径 (英寸)	螺杆直径 d_G		螺纹直径 (英寸)	管子外径 d_G	
		最小直径	最大直径		最小直径	最大直径		最小直径	最大直径
M6	1	5.8	5.9	1/4	5.9	6	1/8	9.4	9.5
M8	1.25	7.8	7.9	5/16	7.4	7.6	1/4	12.7	13
M10	1.50	9.75	9.85	3/8	9	9.2	3/8	16.2	16.5
M12	1.75	11.75	11.9	1/2	12	12.2	1/2	20.5	20.8
M14	2	13.7	13.85	—	—	—	5/8	22.5	22.8
M16	2	15.7	15.85	5/8	15.2	15.4	3/4	26	26.3
M18	2.5	17.7	17.85	—	—	—	7/8	29.8	30.1
M20	2.5	19.7	19.85	3/4	18.3	18.5	1	32.8	33.1
M22	2.5	21.7	21.85	7/8	21.4	21.6	1 ¹ / ₈	37.4	37.7
M24	3	23.65	23.8	1	24.5	24.8	1 ¹ / ₄	41.4	41.7
M27	3	26.65	26.8	1 ¹ / ₄	30.7	31	1 ³ / ₈	43.8	44.1
M30	3.5	29.6	29.8	—	—	—	1 ¹ / ₂	47.3	47.6
M36	4	35.6	35.8	1 ¹ / ₂	37	37.3	—	—	—
M42	4.5	41.55	41.75	—	—	—	—	—	—
M48	5	47.5	47.7	—	—	—	—	—	—
M52	5	51.5	51.1	—	—	—	—	—	—
M60	5.5	59.45	59.7	—	—	—	—	—	—
M64	6	63.4	63.7	—	—	—	—	—	—
M68	6	67.4	67.7	—	—	—	—	—	—

②套丝时切削力矩很大，圆杆要用硬木的V型块或厚铜板做衬垫，才能可靠地夹紧。圆杆套丝部分离钳口也要尽量近。

③套丝时应保持板牙的端面与圆杆轴线垂直，否则切出的螺纹牙齿一面深一面浅，螺纹长度较大时，甚至切削阻力太大而不能再继续扳动铰杠，烂牙现象也特别严重。

④开始时为了使板牙切入工件，要在转动板牙时施加轴

向压力，转动要慢，压力要大。待板牙面旋入切出的螺纹时，就不要再加压力，以免损坏螺纹和板牙。

为了断屑，板牙也要时常倒转一下，但与攻丝相比，切屑不易产生堵塞现象。

⑤在钢料上套丝要加润滑冷却液，以提高螺纹光洁度和延长板牙寿命。一般用加浓的乳化液或机油，要求较高时用

表 4-6-11 套丝时常出现的废品形式及产生原因

废品形式	产生原因
烂牙	<ol style="list-style-type: none"> 1. 未进行必要的润滑，板牙把工件上螺纹粘去一部分。 2. 板牙一直不倒转，切屑堵塞把螺纹啃坏。 3. 圆杆直径太大。 4. 板牙歪斜太多，借正时造成烂牙
螺纹歪斜	<ol style="list-style-type: none"> 1. 圆杆端部倒角不良，使板牙位置不易放准，切入时歪斜。 2. 两手用力不匀，使板牙位置发生歪斜
螺纹中径小 (齿形瘦小)	<ol style="list-style-type: none"> 1. 板牙铰手经常摆动和借正位置，使螺纹切去过多。 2. 板牙已切入，仍继续加压力
螺纹太浅	<ol style="list-style-type: none"> 1. 圆杆直径太小。 2. 板牙调节得直径过大

菜油或二硫化钼。

(4) 套丝中常出现的问题及产生原因

见表4-6-11。

七、刮 削

1. 概述

刮削工作是利用不同形式的刮刀、基准表面、测量工具和显示剂，以手工操作方式，边研点测量，边用刮刀刮去高处的金属，使工件逐步达到图纸规定的尺寸、几何形状、表面光洁度和密合性等要求。刮削工作属于精加工范畴，是钳工的基本操作方法之一，在机器制造、工具制造，特别是在维修工作中，占有很重要的地位。

(1) 刮削工作的特点

1) 刮削能使工件得到较高的精度尺寸，如长度、角度、平直度及平行度等。

2) 刮削过程中施加在工件上的力很小，刮削量很小，产生的热量低，不会引起工件的变形。

3) 刮削的表面接触点分布均匀，接触精度比较高，能形成存油空隙、减少摩擦阻力、提高工件的耐磨性、延长使用寿命。

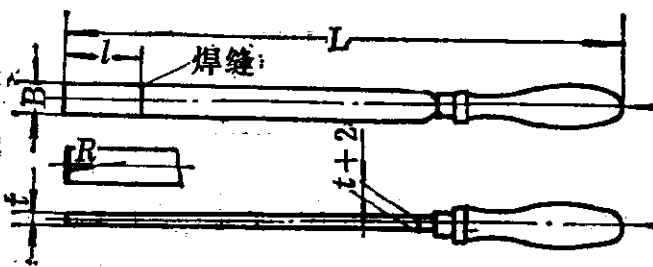
4) 刮削是手工操作，不受工件安放位置和大小约束，加工自由度大。也不像在机床上加工受机床本身导轨运动轨迹的约束，可把被加工工件有意识的刮成中凹或中凸等特殊要求。

(2) 刮削工具

1) 平面刮刀

表 4-7-1 普通手推平面刮刀的形状和尺寸

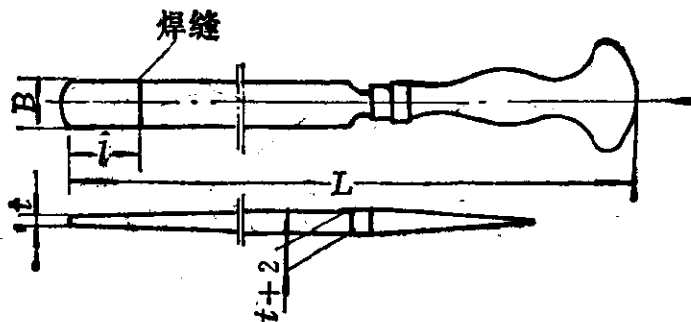
(毫米)



种类	尺寸	L	l	B	t	R	用途
长刮刀		450~600	150	25~30	4~4.5	120	粗刮
中刮刀		350~450	100	25	3~3.5	60	细刮
狭刮刀		300~350	75	20	2.5~3	50	精刮或刮花
小刮刀		200~300	50	15	2.5	40	小工件精刮

表 4-7-2 挺刮式平刮刀的形状和尺寸

(毫米)



种类	尺寸	L	l	B	t	用途
大型		600~700	150	25~30	4~5	粗刮大平面
小型		450~600	150	20~25	3.5~4	细刮大平面

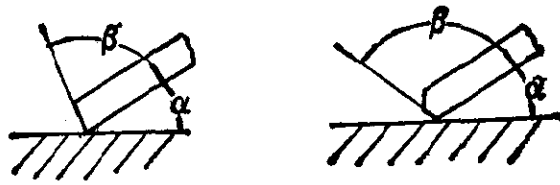
表 4-7-3

拉 刮 刀

图 形 和 尺 寸	用 途
	<p>1. 用于精刮或刮花。</p> <p>2. 可拉刮带有台阶的平面</p>

表 4-7-4

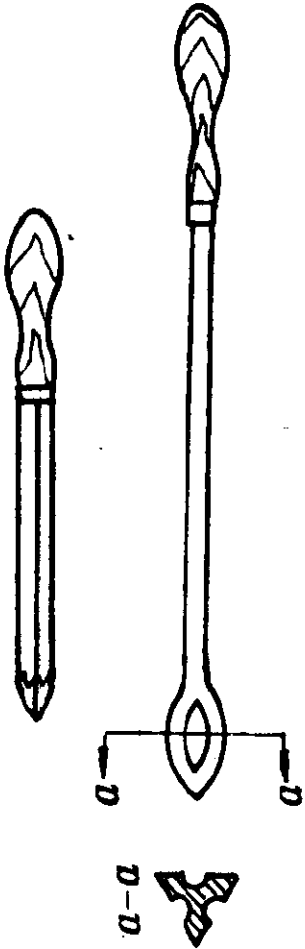


平面刮刀的刃角与工件表面的角度



工件材料	α	β		
		粗 刮	细 刮	精刮或刮花
钢	15°~25°	85°~90°	85°~90°	85°~90°
铸铁、青铜	15°~25°	90°~92.5°	92.5°~95°	95°~100

2) 曲面刮刀

表 4-7-5 曲面刮刀的分类及用途

名称	图示	用途
三角刮刀	 <p>The diagram shows a triangular scraper with a long handle and a triangular head. A cross-section 'a-a' is shown below the head, revealing a double-fluted design. A vertical line with arrows at both ends is labeled 'a'.</p>	用于一般的曲面刮削
半圆头刮刀	 <p>The diagram shows a semi-circular scraper with a long handle and a semi-circular head. Dimensions are indicated: a radius 'R', a width of '3~4', and a height of '15~18'. A cross-section 'a-a' is shown below the head, revealing a double-fluted design. A vertical line with arrows at both ends is labeled 'a'.</p>	用于对开轴承及较长的套形轴承的刮削。可与三角刮刀交替使用，减小刮削痕迹
柳叶刮刀	 <p>The diagram shows a willow-leaf scraper with a long handle and a willow-leaf shaped head. A cross-section 'a-a' is shown below the head, revealing a double-fluted design. A vertical line with arrows at both ends is labeled 'a'.</p>	用于对开轴承及套形轴承的刮削

3) 刮刀的材料、淬火和刃磨

刮刀的材料，刀头一般用优质碳素工具钢，T8、T10、T12。也可用旧锉刀、轴承外环等加工。刮较硬的工件时，可用硬质合金钢。刀身一般为45号钢。

表 4-7-6 刮刀的淬火与刃磨

工序名称	工 艺 要 求
淬 火	<ol style="list-style-type: none">1. 将刀头与刀身焊接后，用砂轮机端面或平面磨床将刀头（或整体）两平面磨平。2. 用气焊火焰将刀头20~30毫米长加热至780~800°C（呈樱桃红色）。加热时火焰不要集中，应反复两面均匀加热。3. 将加热的刀头20毫米长度浸入冷水（或冷盐水）中冷却，为了加速冷却，刀在冷水中沿刀头平面方向缓慢移动。待刀头冷却后变黑色后立即取出利用余热回火片刻，再入水全冷
刃 磨	<ol style="list-style-type: none">1. 用砂轮端面将刀头轻轻磨平，以消除由于淬火引起的变形。2. 用平整油石将刀头平面磨光至▽10。3. 用砂轮，按所需要的几何尺寸将刀头顶端刃部磨成。若需提高刮削表面质量，可再用油石磨光刀头顶端刃部

2. 刮削测量、检验工具及基准研具

(1) 通用平板

通用平板可用于：

- 1) 检验平导轨的不直度，及两平导轨的不平行度；
- 2) 作为测量、检查零件的尺寸精度及零件的形位偏差的基准平面；

3) 作为刮削平面时, 涂色研点的基准研具。

表 4-7-7

平板的精度等级及规格

平板尺寸(毫米)		平 直 度 偏 差 (微米)			
宽	长	0 级	1 级	2 级	3 级
100	200	± 3	± 6	± 12	± 30
200	200	± 3	± 6	± 12	± 30
200	300	± 3.5	± 7	± 12.5	± 35
300	300	± 3.5	± 7	± 13	± 35
300	400	± 3.5	± 7	± 14	± 35
400	400	± 3.5	± 7	± 14	± 40
450	600	± 4	± 8	± 16	± 40
500	800	± 4	± 8	± 18	± 45
750	1000	± 5	± 10	± 20	± 50
1000	1500	± 6	± 12	± 25	± 60
接触点数/25×25毫米		≥25	≥25	≥20	≥12

平板尺寸		A	A ₁	l	l ₁	l ₂	b	b ₁	d	D	a	H	C	h
B	L													
200	300	220	170	110	90	—	8	6	12	20	20	75	3	35
300	300	200	240	120	140	—	10	6	14	24	20	80	2	40
300	400	300	260	150	130	—	10	8	16	25	26	90	2	45
400	400	280	320	160	180	—	10	8	22	28	26	100	2	50
450	600	400	390	360	220	180	12	10	24	36	28	120	3	68
500	800	600	420	520	260	260	14	12	26	34	30	140	2	76

平板尺寸		h ₀	h ₁	h ₂	α	β	R	R ₁	R ₂	H ₁	H ₂	E	M
B	L												
200	300	35	30		20°	20°	22	22	13	50	40	25	M10深18
300	300	38	35		15°	10°	30	50	15	55	50	38	M10深18
300	400	42	40		20°	20°	40	50	15	65	60	30	M10深18
400	400	45	45		20°	10°	36	60	15	75	65	50	M10深18
450	600	50	58	48	20°	20°	60	22	—	90	80	—	M12深20
500	800	55	66	56	15°	15°	70	25	—	100	90	—	M12深20

(2) 专用型面平板 (图4-7-1)

专用型面平板用于中间凸台隔开的两平面的刮削时涂色研点。其尺寸需结合导轨尺寸而定。

$\alpha = 55^\circ$ 用于刮削车床燕尾导轨;

$\alpha = 90^\circ$ 用于刮削铣床升降工作台横板导轨等。

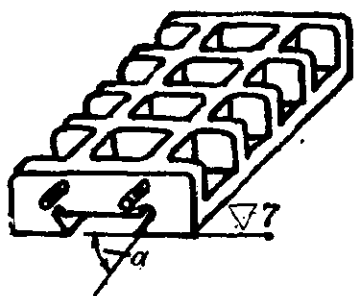


图 4-7-1 专用型面平板

(3) 平尺

1) 桥形平尺

桥形平尺用于:

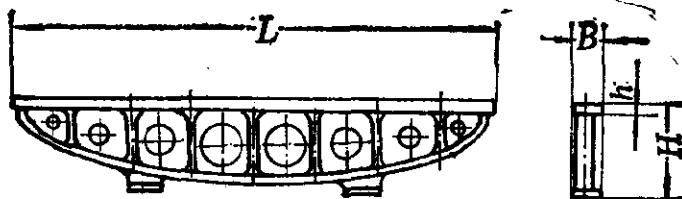
① 检查狭长导轨平面的不直度;

② 作为刮削狭长导轨面时涂色研点的基准研具。

表 4-7-9

桥形平尺的规格尺寸

(毫米)



序号	L	B	H	h	序号	L	B	H	h
1	500	40	135	20	5	1500	60	187	32
2	750	45	155	22	6	1500	80	187	32
3	1000	50	170	25	7	2000	70	242	35
4	1000	70	190	25	8	2000	160	242	35

2) 平行平尺

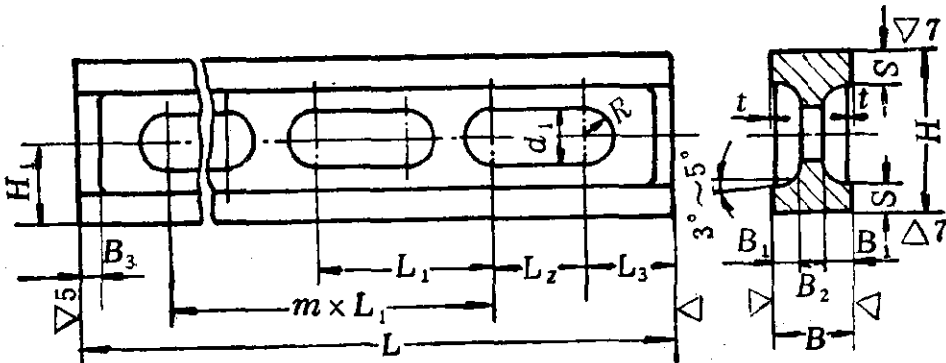
平行平尺用于:

- ① 检验狭长导轨平面的不直度;
- ② 作为过桥, 检验两导轨平面的不平行度。

表 4-7-10

平行平尺的规格尺寸

(毫米)



序号	L	L_1	L_2	L_3	H	H_1	B	B_1	B_2	B_3	S	R	d_1	m	t
1	500	90	45	47.5	80	40	40	15	10	10	18	12.5	25	4	3
2	750	100	50	50	90	45	45	15.5	14	12	20	15	30	6	3
3	1000	130	65	77.5	110	55	55	19.5	16	12	25	20	40	6	3
4	1500	180	90	75	135	67.5	70	25	20	14	28	25	50	7	5
5	2000	195	90	77.5	200	100	80	28	24	16	28	30	60	9	5

3) 角度平尺

角度平尺(图 4-7-2)用来作为刮削燕尾导轨面的涂色研点的基准研具。其尺寸结合燕尾导轨尺寸而定。

(4) 专用检具

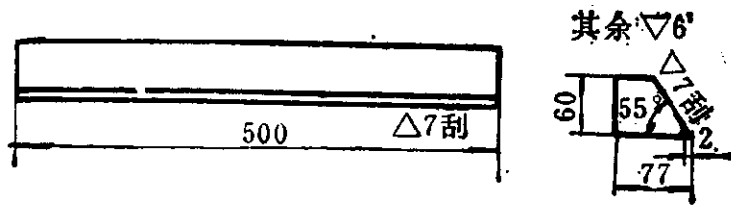
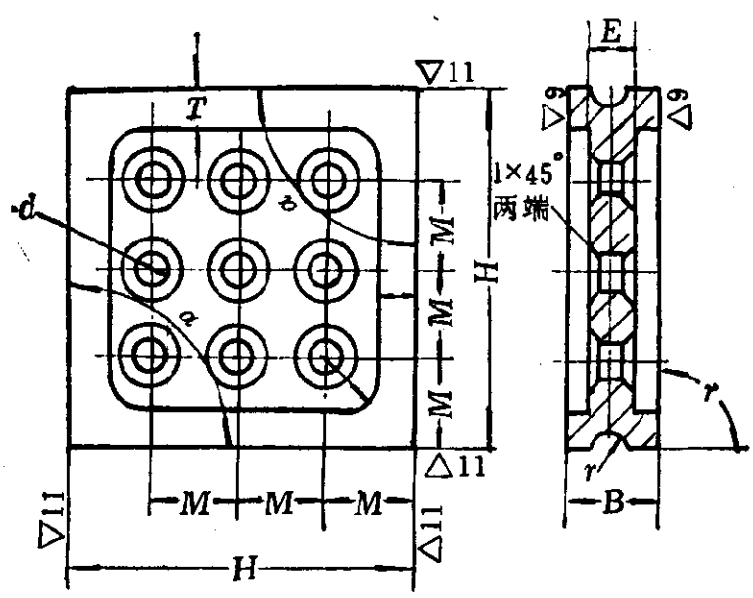


图 4-7-2 角度平尺

1) 方尺

用作测量机床导轨与导轨之间不垂直的工具。

表 4-7-11 方尺的规格和尺寸 (毫米)



序号	H	B	T	M	d	E	r	R
1	300	30	25	75	φ 50	20	8	30
2	200	30	20	50	φ 35	20	6	30

2) 直角尺

用途同于方尺。

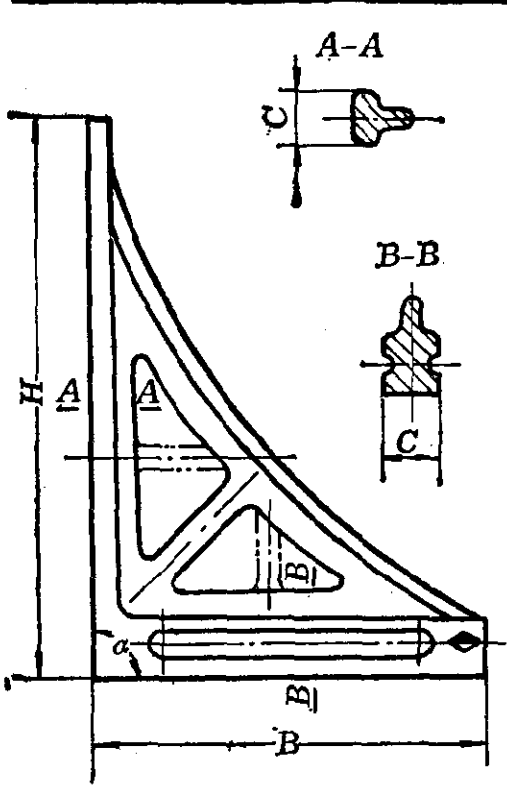
3) 垫铁

垫铁是一种检查导轨精度用的专用工具。通常在垫铁上

表 4-7-12

直角尺的规格和尺寸

(毫米)



精度等级	序号	尺寸		
		H	B	C
1、2、3级	1	500	350	45
	2	650	400	50
	3	800	500	60
	4	1000	700	65

注：H大于800毫米的直角尺，增加两条宽为40毫米的筋条(图中以双点划线表示)。

放置水平仪，来检查导轨本身在垂直面内的不直度及扭曲度。也常在垫铁上装上百分表，来检查导轨本身与导轨其它各导轨面的不平行度。

垫铁的形状，根据导轨截面的不同的几何形状而不同(表4-7-13~表4-7-17)。材料为铸铁，刨加工后与导轨配刮后使用。

4) 检验棒

检验棒的用途是：

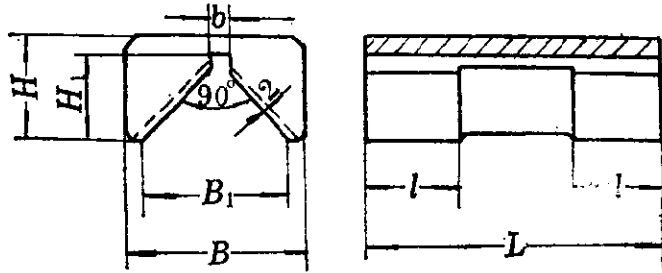
- ①检验主轴中心线与机床导轨的不平行度；
- ②检验主轴锥孔的摆幅；
- ③检验主轴与尾座套中心线的不重合度。

各种检验棒的规格见表4-7-18~表4-7-21。

表 4-7-13

角度面为90°的垫铁（凹形）的
规格和尺寸

（毫米）

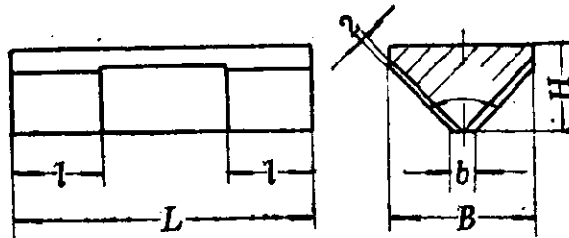


序号	B	B ₁	b	H	H ₁	L	l
1	50	34	6	40	18	150	60
2	56	40	8	40	20	200	
3	70	50	10	45	27	250	
4	80	60	10	50	32	250	
5	90	70	10	55	37	500	
6	120	100	12	70	52	500	

表 4-7-14

角度面为90°的垫铁（凸形）的
规格和尺寸

（毫米）



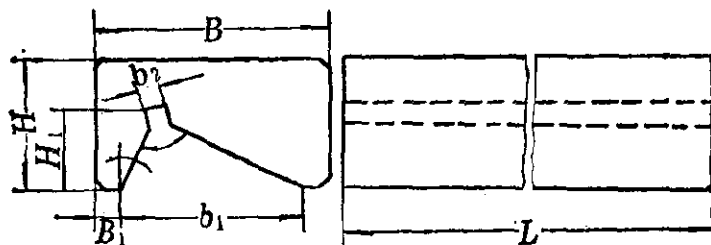
序号	B	b	H	L	l
1	34	6	25	150	60
2	40	8	25	200	
3	50	10	30	250	
4	60	10	35	250	
5	70	10	40	500	
6	100	12	55	500	

表 4-7-15

角度为90°不等边的垫铁

(凹形)的规格和尺寸

(毫米)

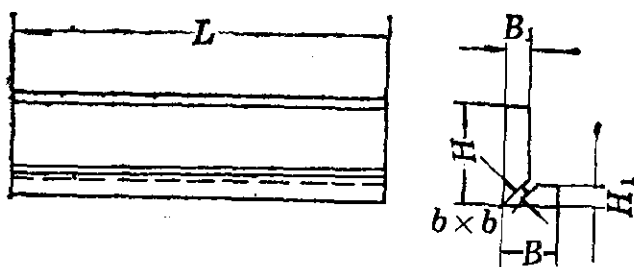


序号	B	B ₁	b ₁	b ₂	H	H ₁	α	L
1	70	10	50	6	45	23	25°	200
2	80	10	64	8	50	27	25°	200

表 4-7-16

直角边角度垫铁的规格和尺寸

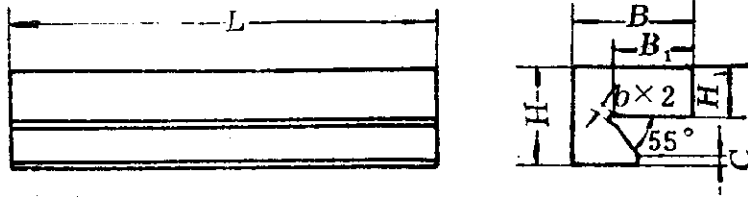
(毫米)



序号	H	H ₁	B	B ₁	b	h	L
1	100	20	60	25	4	2	200
2	130	30	70	30	4	2	200

表 4-7-17 角度面为55°的垫铁的规格和尺寸

(毫米)

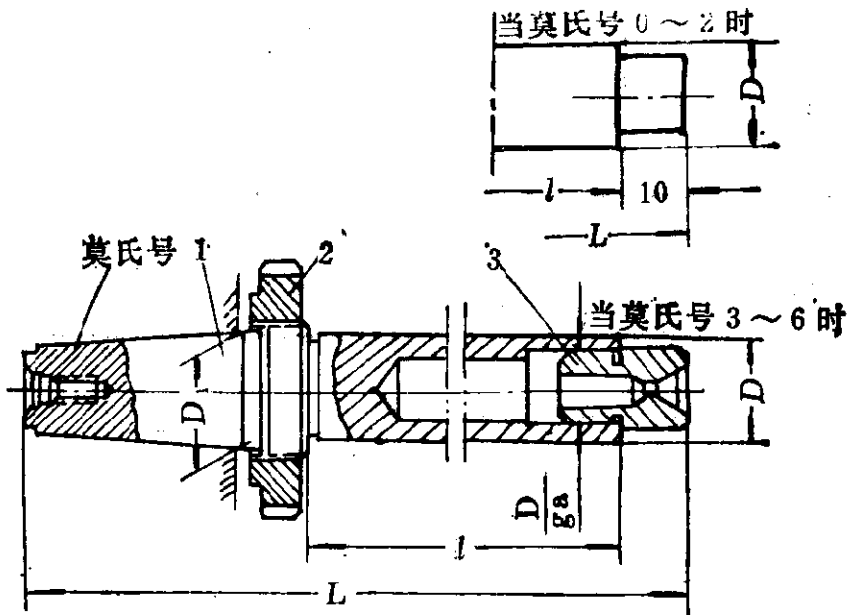


序号	B	B ₁	H	H ₁	b	C	L
1	55	35	45	22	4	2	200
2	70	45	50	25	4	2	200

表 4-7-18

带莫氏稍锥柄的检验棒

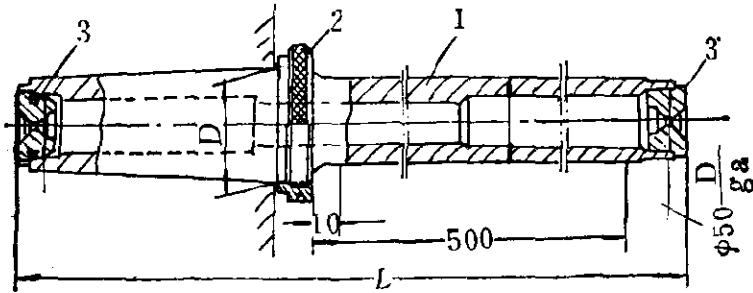
(毫米)



1—棒体, 2—拆卸螺母, 3—堵头

莫氏号	0	1	2	3	4	5	6
L	177	181	242	415	440	463	719
l	100		150	300			500
D	16			25		40	
D ₁	9.045	12.065	17.780	23.825	31.267	44.399	63.384

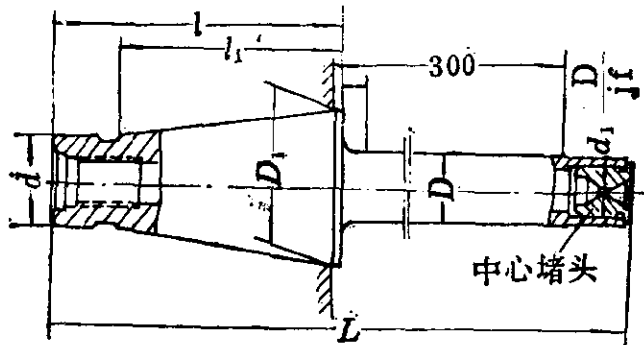
表 4-7-19 带公制稍锥柄的检验棒的规格和尺寸 (毫米)



1—棒体, 2—拆卸螺母, 3—堵头

公制锥度号	80	100	110
D	80	100	110
L	740	780	800
d	55	70	70

表 4-7-20 带7:24稍锥柄的检验棒的规格和尺寸 (毫米)

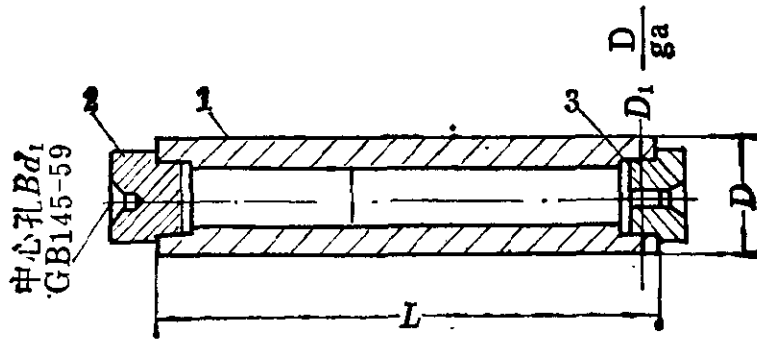


7:24锥度号	1	2	3	4
D_1	31.75	44.45	69.85	107.95
L	405	430	460	540
l	70	95	130	210
l_1	50	67	102	165
d	17.4	25.32	39.60	60.20
d_1	24	24	55	55
D	32	32	65	65

表 4-7-21

空心圆柱检验棒的规格和尺寸

(毫米)



1—棒体；2—长堵头；3—短堵头

序号	L	D	D_1	d	d_1
1	300	30	—	—	2.5
2	500	50	35	30	3
3	1000	60	45	40	4
4	1500	75	55	50	4

(5) 显示剂

在刮削工作中，在被刮削表面上涂上显示剂，可通过用基准面对被刮削表面研磨显点来判断被刮削面的精度（不平度、接触点的密度）。

表 4-7-22

常用几种显示剂

名称	配制方法	适用场合
红丹油	氧化铅粉、氧化铁粉用20号或30号机油调合	用于铸铁工件的刮削显点
蓝油	普鲁士蓝粉用30号机油或蓖麻油调合	用于有色金属工件的刮削显点
油彩、油墨		用于精密滑动轴承刮削显点

3. 刮削工作的精度测量

测量是保证刮削精度的一道重要工序，而且也是提高刮削工作效率的手段，因此对各被刮削工件的测量方法必须熟练掌握。

(1) 导轨直线性的测量

对于一般导轨要测量两个方向的直线性，垂直面内的直线性（即导轨在垂直面内所能表示出来的直线性）和水平面内的直线性（即导轨在水平面内所能表示出来的直线性）。

1) 垂直面内导轨直线性的测量

测量工具：

- ①方框水平仪或合象水平仪；
- ②光学平直仪。

测量方法和步骤：

①按被测导轨的几何形状尺寸配制一个长为 200 毫米的角度垫铁。

②将被测导轨粗调水平。用可调垫铁支承被测导轨，将方框水平仪放置在角度垫铁上调整导轨至水平。

③将被测导轨的全长以 200 毫米为距离连续分成若干测量段。

④分段连续测量，并将水平仪在各测量位置时，气泡所偏移 0 线的格数记下。气泡偏向水平仪前进的方向定为正，反之为负。

例如：测量导轨长度为 1600 毫米，如图 4-7-3 所示，从左至右每段水平仪测量的格数为：+1，+1，+2，0，-1，-1，0，-0.5。

⑤确定导轨的直线性误差值。

1. 作图法：

(a) 用坐标纸, 作 xy 坐标。取纵坐标 y 表示水平仪格数 (坐标纸10小格表示水平仪气泡一格)。取横坐标 x 表示水平仪测量的位置 (坐标纸20小格表示200毫米)。

(b) 将每次测量位置时水平仪的格数在相应的坐标上绘出坐标点, 如图4-7-4。

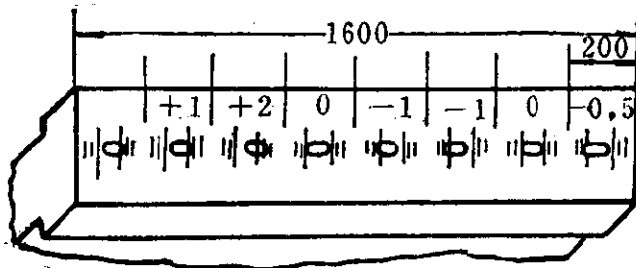


图 4-7-3 平面导轨分段测量图

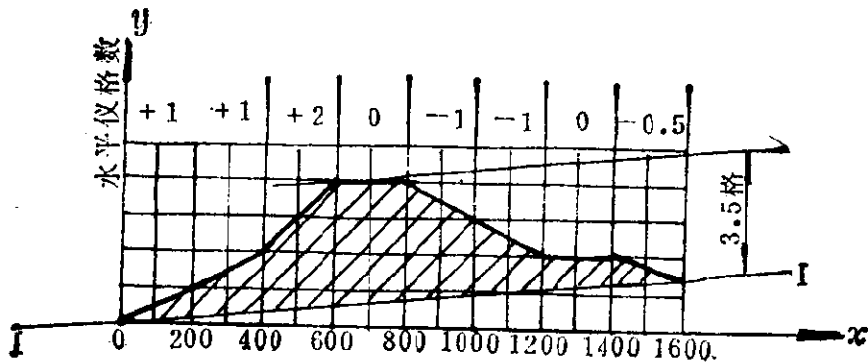


图 4-7-4 导轨直线性误差坐标图

各坐标点的 y 值等于这点以前各次测得的水平仪格数的算术和。

如 $y_{200} = 1$; $y_{400} = 1 + 1 = 2$; $y_{600} = 1 + 1 + 2 = 4 \dots\dots$

照此类推 $y_{800} = 4$; $y_{1000} = 3$; $\dots\dots y_{1600} = 1.5$ 。

(c) 将各坐标点连成曲线, 并将曲线两端点用直线 I-I 连接, 距直线 I-I 最远的点就是导轨直线性误差的最大值。从曲线图可测出最大误差为 3.5 格。

(d) 将格数值换算为毫米值。

水平仪精度为 0.02/1000 毫米，每段测量长度为 200 毫米。

$$\text{所以导轨直线性误差最大值} = \frac{200}{1000} \times 0.02 \times 3.5 = 0.014$$

毫米。

II. 计算法

(a) 计算算术平均值

$$\text{平均值} = \frac{\text{各测量段水平仪格数的算术和}}{\text{测量段数}}$$

(b) 求出相对值

$$\text{相对值} = \text{各测量段水平仪格数} - \text{平均值}$$

(c) 求累计值。每个测量段的累计值等于本段以前 (包括本段) 各相对值的算术和。

(d) 根据每个测量段的累计值，可直接看出被测导轨的直线性误差最大值，及其位置。

表 4-7-23 用计算法求取直线性误差值 (以图4-7-3为例)

测量位置	200	400	600	800	1000	1200	1400	1600
读数值 (格数)	+1	+1	+2	0	-1	-1	0	-0.5
算术 平均值	$\frac{1.5}{8} = 0.1875$ 格							
相对值	0.8125	0.8125	1.8125	-0.1875	-1.1875	-1.1875	-0.1875	-0.6875
累计值	0.8125	1.625	3.4375	3.250	2.0625	0.875	0.6875	0
导轨不直 度误差	最大值 = $\frac{200}{1000} \times 0.02 \times 3.438 = 0.01375$ 毫米 位置在600处							

2) 水平面内导轨直线性的测量

工具：光学平直测量仪。光学平直测量仪也可用来测导轨垂直面内的直线性，测量时，调整目镜头上的微动手轮，使之与望远镜平行。测量水平面内的直线性误差时，可将目镜顺时针旋转90°，使微动手轮与望远镜垂直（图4-7-5）。

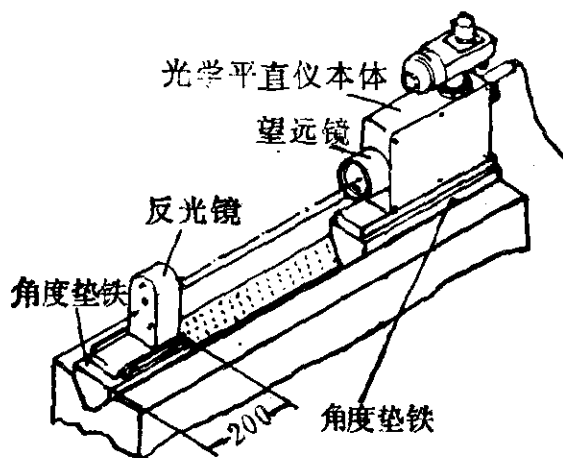


图 4-7-5 光学平直仪测量 V 形导轨的示意图

测量方法与步骤：

①按被测导轨的形状，配制一块 200 毫米长的角度垫铁和一块与平直仪底座等长的角度垫铁，见图 4-7-5。要求角度垫铁上面与被测导轨平行，而两块垫铁基本等高。

②将光学平直仪及反光镜分别置于各自的角度垫铁上。

③调整反光镜与平直仪的位置，将反光镜靠近平直仪，左右摆动反光镜，同时观察目镜调至反光镜反回来的“十字像”位于视场中心（图4-7-6）。

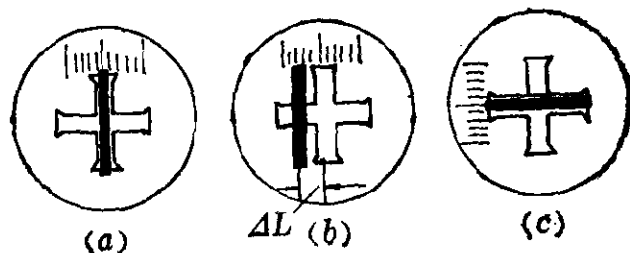


图 4-7-6 目镜观察视场图

(a)、(b)测量导轨在垂直面内的直线性误差情况；(c)测量导轨在水平面内的直线性误差情况

④再将反光镜移至导轨的末端位置，观察“十字像”是否仍在视场中，否则需要重新调整光学平直仪。

⑤进行测量。测量时平直仪不动。反光镜从原始位置，每隔 200 毫米移动测量，每移动一个位置观察一次目镜，转动手轮使目镜中心黑线与“十字像”对中。把每个位置黑线与“十字像”对中后手轮刻度数值（包括原始位置）记下。

⑥求导轨的直线性误差，其方法同于用水平仪测量导轨在垂直面内直线性误差的方法。

(2) 圆导轨不直度的测量

圆导轨不直度的测量，是把圆导轨看成是一条围拢起来的直导轨来进行的。

1) 用水平仪沿圆导轨半径方向测量圆导轨的直线性
测量工具：

①0.02/1000毫米方框水平仪。

②桥板。

测量方法和步骤：

①将圆导轨调好水平。

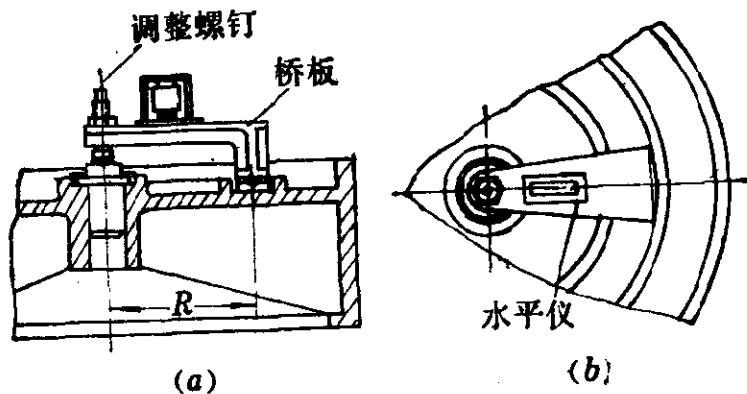


图 4-7-7 用水平仪测量圆导轨的直线性

②选择圆导轨的最低点作为测量的起点划分测量位置。

测量位置，可按其圆导轨的大小分为 15° 或 30° 作为测量位置。

③如图4-7-7所示，将桥板放在起点位置，定这点为 0° 。桥板上放置水平仪，通过桥板的调整螺钉，将水平仪气泡刻度调整为 0。

④从 0° 位置开始依次测量，将水平仪在每个测量位置上稳定后的读数（格数）记下，气泡偏离圆导轨中心为正，反之为负。假定测得表4-7-24所示的结果。

表 4-7-24

测量位置	0°	30°	60°	90°	120°	150°	180°	210°	240°	270°	300°	330°
水平仪格数	0	$1/2$	$1/2$	3	3	4	$4\frac{1}{2}$	$4\frac{1}{2}$	4	2	$1\frac{1}{2}$	1

⑤作圆导轨直线性的曲线图：

(a) 以任意半径作一圆，表示圆导轨测量位置的直径（图4-7-8）。

(b) 在圆的下部画一平行于 $0^\circ \sim 180^\circ$ 的直线 ab 。将圆上各测量中心点投影到 ab 上，标为 $0^\circ \sim 180^\circ$ 各点。

(c) 取 $0^\circ \sim 180^\circ$ 为横坐标 x ，表示各测量点的位置。

(d) 取 $0^\circ \sim 0^\circ$ 为纵坐标 y ，表示水平仪在各测量位置时的读数（以格数表示）。

(e) 将表4-7-24中各值在 xy 坐标中从 $(0^\circ, 0)$ 开始依次画出坐标点 $(30^\circ, 1/2)$ ； $(60^\circ, 1/2)$ ； $(90^\circ, 3)$ ……

$(300^\circ, 1\frac{1}{2})$ ； $(330^\circ, 1)$ 。

(f) 依次将各坐标点用直线连成一封闭曲线。

(9) 通过封闭曲线 0° 、 180° 两点划一直线 I-I。直线 I-I 即为理想平面。若各座标点都接近直线 I-I，则这圆导轨就接近于理想平面。各座标点与直线 I-I 的距离就是圆导轨凹凸度的值。如图 4-7-8 中 h_1 为导轨的最大凸度值， h_2 为导轨的最大凹度值。

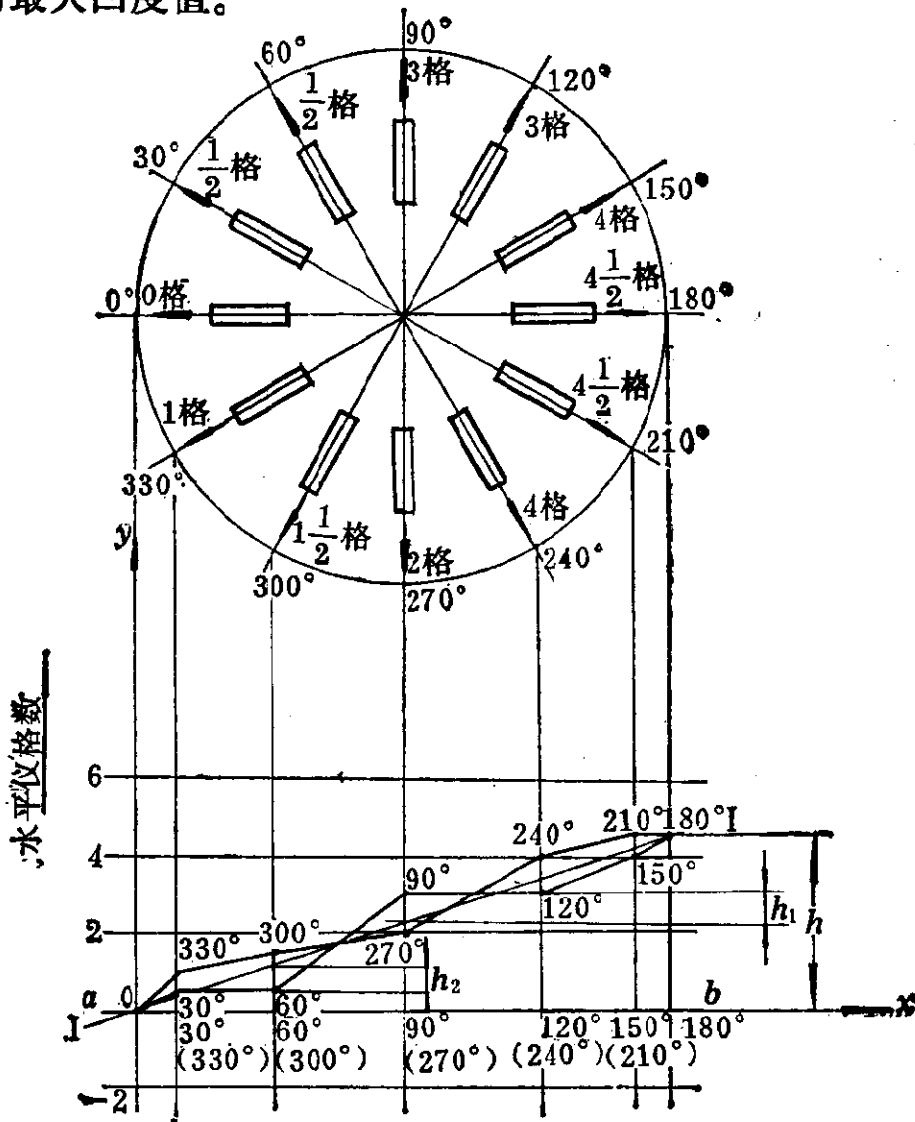


图 4-7-8 圆导轨直线性的曲线

水平仪精度 $0.02/1000$ 毫米

测量半径为尺

水平仪一格表示在该位置比测量起点位置的高度差为 $0.02 \frac{R}{1000}$ 毫米

⑥计算圆导轨的最大凸度值 h_1 及凹度值 h_2 。图4-7-8中所表示的是水平仪的格数值，通过测量我们要知道的是导轨各被测位置的凹凸度毫米值。所以要把格数换算为毫米数。

如：测量水平仪的精度为0.02/1000毫米。

测量半径 R 为500毫米。

用比例尺测得 $h_1=0.75$ 格， $h_2=0.6$ 格，最大倾斜度 $h=4.5$ 格。

则：

$$\text{最大凸度毫米值} = \frac{500}{1000} \times 0.02 \times 0.75 = 0.0075 \text{毫米。}$$

$$\text{最大凹度毫米值} = \frac{500}{1000} \times 0.02 \times 0.6 = 0.006 \text{毫米。}$$

$$\text{最大倾斜度毫米值} = \frac{500}{1000} \times 0.02 \times 4.5 = 0.045 \text{毫米。}$$

2) 用水平仪沿导轨的切线方向测量圆导轨的直线性
测量工具：

①0.02/1000毫米方框水平仪；

②扇形平垫铁（图4-7-9）。

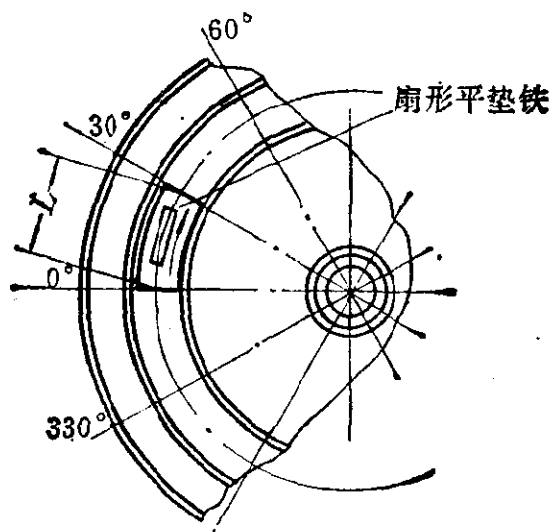


图 4-7-9 扇形平垫铁

测量方法和步骤:

①将圆导轨调好水平。

②选择圆导轨的最低点作为测量起点划分测量位置。测量位置, 可按其圆导轨的大小分为 15° 或 30° 作为测量位置。

③将扇形平垫铁放置在测量起点位置, 见图 4-7-9 (扇形垫铁长度 L 应与测量位置相等)。

④从起点位置开始依次按顺时针沿导轨切线方向测量, 并将各测量位置的水平仪读数记下, 气泡偏移水平仪前进方向为正, 反之为负。如测得结果为表4-7-25所示。

表 4-7-25

测量位置	30°	60°	90°	120°	150°	180°	210°	240°	270°	300°	330°	360°
水平仪格数	1	0	$4\frac{4}{5}$	0	$1\frac{1}{10}$	1	0	-1	$-3\frac{4}{5}$	-1	-1	$1\frac{9}{10}$

⑤作圆导轨直线性的曲线图:

(a) 以任意半径作一圆, 表示圆导轨测量位置的直径 (图4-7-10)。

(b) 在圆的下部划一平行于 $0^\circ\sim 180^\circ$ 的直线 ab 。将圆上各测量位置端点投影到 ab 上, 标为 $0^\circ\sim 180^\circ$ 各点。

(c) 取 $0^\circ\sim 180^\circ$ 为横坐标 x , 表示扇形平垫铁的测量位置端点。

(d) 取 $0^\circ\sim 0^\circ$ 为纵坐标 y , 表示水平仪在各个测量位置时的读数 (格数)。

(e) 将表4-7-25中各值在 xy 坐标中从 0° 开始至 360° 划出其坐标点。该坐标点的 y 值为所在测量位置各测量位置水平仪读数 (格数) 值的算术和 (包括本位置的)。

如：在横坐标 90° 的相应坐标点， $y = 1 + 0 + 4\frac{4}{5} = 5\frac{4}{5}$ 。

(f)、(g) 同于用水平仪沿圆导轨半径方向测量圆

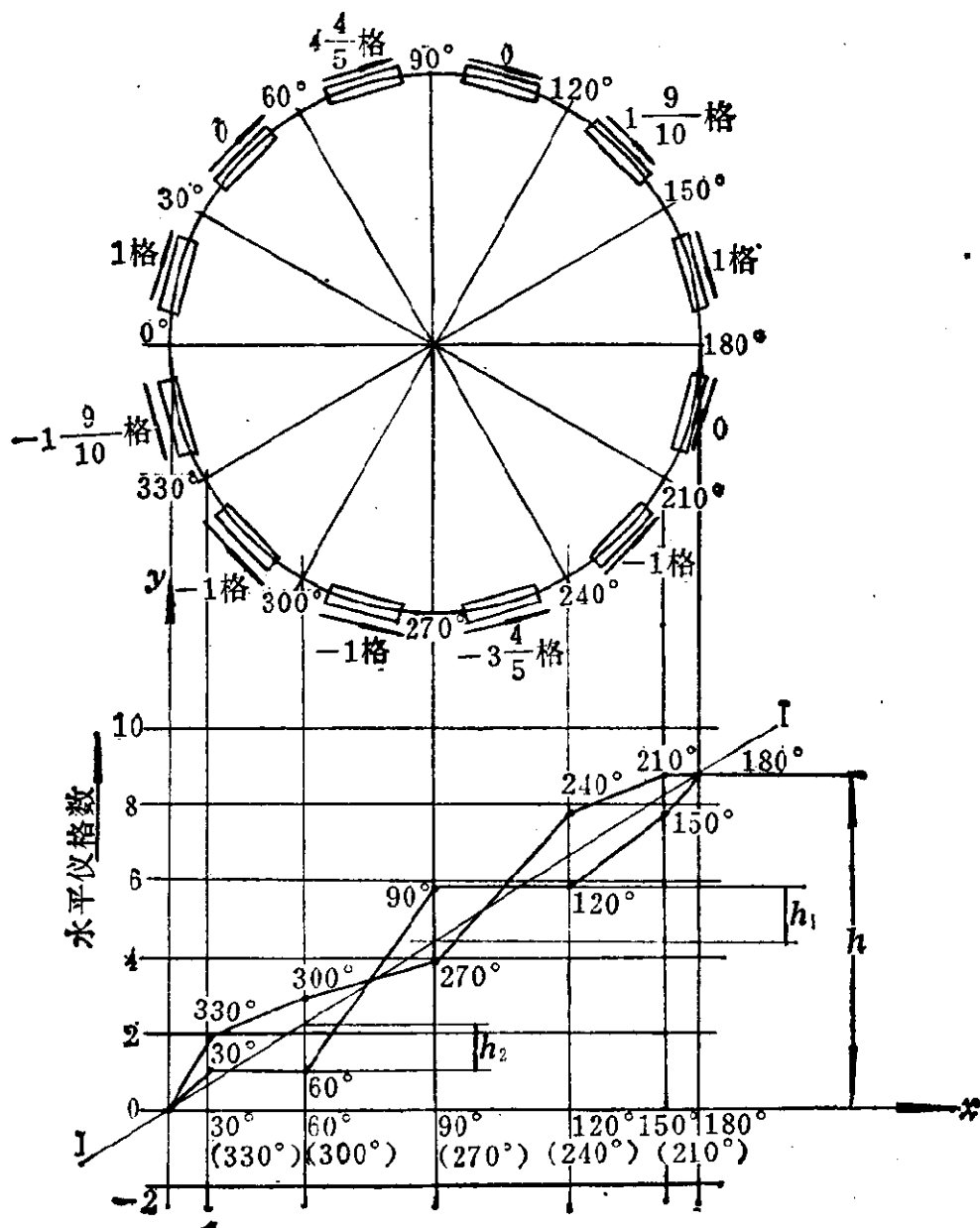


图 4-7-10 圆导轨直线性的曲线

水平仪精度 $0.02/1000$ 毫米

扇形垫铁长度为 L

水平仪一格表示在扇形垫铁长度上高度差为 $0.02 \frac{L}{1000}$ 毫米

导轨的直线性中 (f)、(g) 两小项。

⑥ 计算圆导轨的最大凸度值 h_1 及凹度值 h_2 。图 4-7-10 中表示的为格数，我们需要将格数值换算为毫米值。

如：测量用的水平仪精度为 0.02/1000 毫米。

扇形平垫铁长度 $L = 260$ 毫米。

用比例尺测得最大凸度值 $h_1 = 1.4$ 格，最大凹度值 $h_2 = 1.2$ 格，最大倾斜度 $h = 8.7$ 格。

则：

$$\text{最大凸度毫米值} = \frac{260}{1000} \times 0.02 \times 1.4 = 0.0073 \text{ 毫米；}$$

$$\text{最大凹度毫米值} = \frac{260}{1000} \times 0.02 \times 1.2 = 0.0062 \text{ 毫米；}$$

$$\text{最大倾斜度毫米值} = \frac{260}{1000} \times 0.002 \times 8.7 = 0.045 \text{ 毫米。}$$

(3) 典型导轨的测量方法

根据机床性能、特点的不同，机床导轨的组合型式也不同。对于不同组合型式的机床导轨测量它们的精度的一般方法如下：

① 选择基准导轨。基准导轨即在导轨副中起主要导向作用的导轨。

② 用水平仪或光学平直仪对基准导轨进行垂直面及水平面内直线性的测量（导轨长度在 2 米以内，而且精度没有特殊要求者可不作水平面内直线性的测量）。

③ 对基准导轨面用水平仪测量扭曲度。

④ 以基准导轨为基准，通过角度垫铁、百分表、水平仪等工具测量导轨副其它各导轨面与基准导轨的不平行度及不垂直度等。

⑤ 测量的精度要求均以技术文件的要求为准。

表 4-7-26 直导轨副不平行度的测量

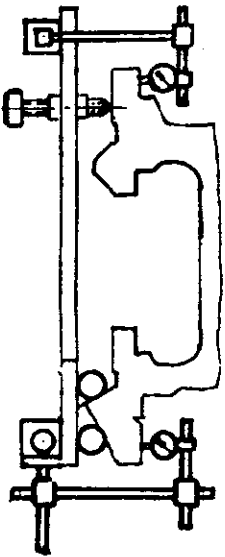
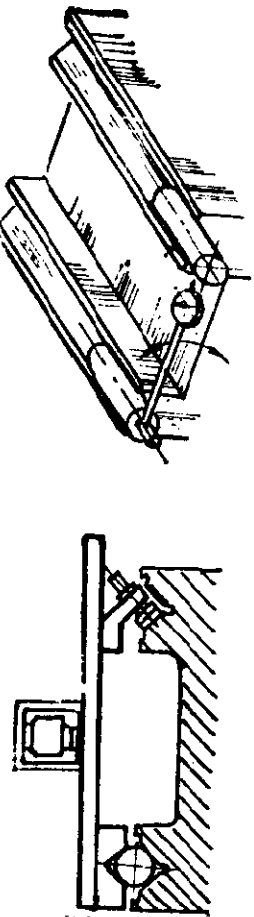
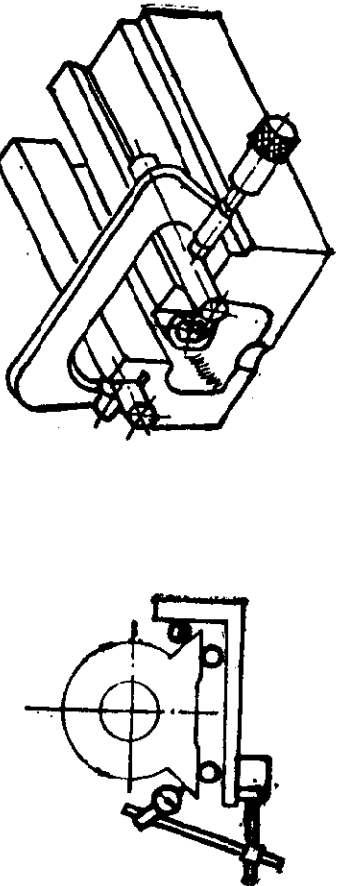
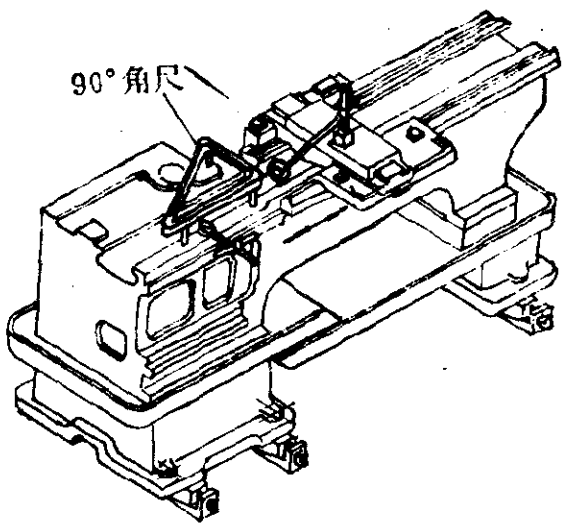
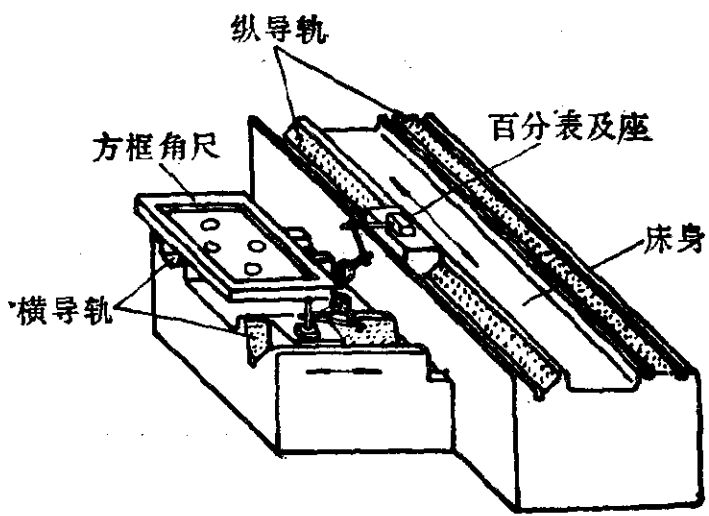
序号	导轨副型式	测量方法示意图示
1	不等边 90° 棱形——平面导轨	
2	双V型槽导轨	
3	燕尾凸导轨	

表 4-7-27

两直导轨垂直度的测量

序号	导轨副型式	测量方法图示
1	车床大拖板 横导轨与纵导轨相互垂直	 <p>90°角尺</p>
2	磨床横导轨 与纵导轨相互垂直	 <p>纵导轨</p> <p>方框角尺</p> <p>百分表及座</p> <p>床身</p> <p>横导轨</p>

续表

序号	导轨副型式	测量方法图示
3	牛头刨床横 导轨与升降导 轨相互垂直	

4. 平面刮削

平面刮削的对象是平面。平板、平尺、角度垫铁及各种型式的直导轨的刮削，都是平面刮削。平面刮削是刮削工作的主要部分。

根据被刮削工件的精度要求，刮削一般可分为粗刮、细刮、精刮。

(1) 粗刮

机加工的新工件或经使用后严重磨损的工件，会有较大的不平度，对这种状况的工件首先要进行粗刮。

其步骤为：

1) 粗刮前应对工件表面用显点或测量的方法确定不平

度的部位及数值。

2) 集中粗刮不平度高的部位。刮削时可采用连续长刮法镟刮数遍，第一遍与第二遍应交叉刮。长刮法就是刮的刀花长，刀花与刀花连成一片。

3) 当长刮法镟刮数遍至平面接近为平面时，可采用涂色用基准平面研磨显点点刮。为给细刮打好基础，避免出现有规律的成排点子和严重的刮刀振痕，每重复粗刮一遍时，应改变刮削方向，即两遍刀花交叉刮。

4) 当粗刮至每 25×25 毫米²面积上达4~6点，同时没有局部空白点子或没有有规律排列点子时，可转入细刮。

(2) 细刮

细刮在粗刮的基础上进一步提高单位面积上的接触点的密度和提高刮削表面的光洁度。工件经粗刮后，由于刀花深而宽，所以点子少，表面也粗糙不耐磨，细刮则可以弥补这些缺陷。为了提高光洁度，相邻两遍的刀花要交叉刮削。

细刮时随接触点的密度增加应逐步减小刀花的长度和深度。当粗刮的刀花完全消失而点子分布均匀时再转为轻刮，以逐步提高接触点的密度。为了能不断提高点子数，最后应有选择的刮点（即刮发光的硬点）。当点子达到 25×25 毫米²面积上达8~18点时，细刮就完成了。

(3) 精刮

精刮的目的在于进一步提高表面质量及几何精度及接触点的密度，为此目的刀花比细刮时更小更轻，其刮削要领与细刮相似。

为了尽量减少刮削工作量，要求机加工后留下的余量不能太多，一般值可参考表4-7-29、表4-7-30。

表 4-7-28

刮削过程的技术要求

刮削 过程	刀花(毫米)		接触点 (25×25)	光洁度	适用场合
	宽	深			
粗刮	8~10	0.01~0.03	4~6	▽5	固定结合面、工作台面等
细刮	4~6	0.005~0.01	8~18	▽7	普通机床导轨、夹条等
精刮	3~4	0.02~0.005	20以上	▽8以上	提高精度机床导轨、2级 以上的平板等

表 4-7-29

平面的刮削余量

(毫米)

平面宽度	平 面 长 度				
	<500	>500~1000	>1000~2000	>2000~4000	>4000~6000
≤100	0.1	0.15	0.20	0.25	0.30
>100~500	0.15	0.20	0.25	0.30	0.40

表 4-7-30

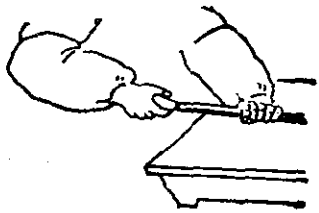

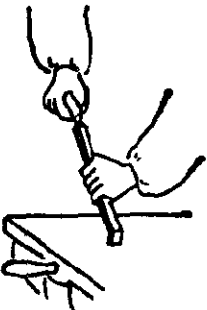
孔的刮削余量

(毫米)

内孔直径	内 孔 长 度		
	<100	>100~200	>200~300
<80	0.05	0.08	0.12
>80~180	0.10	0.15	0.20
>180~360	0.15	0.20	0.30

表 4-7-31

刮 削 操 作 姿 式

姿式名称	姿 式 要 领	姿 式 图 示
手推式 (常用)	<ol style="list-style-type: none"> 1. 右手握刀柄，左手握刀杆，离刀口50~75毫米处。 2. 刮削时，左手向下压并控制刮刀的方向。 3. 左脚向前跨，上身向前倾，右手向前推时，上身亦向前摆动。 4. 刮一段刀花后，左手立即将刀提起 	 <p>A line drawing showing a person from the side, leaning forward. They are holding a scraping tool with their right hand on the handle and their left hand on the shaft. The tool is being pushed across a workpiece on a table.</p>
挺刮式 (力大)	<ol style="list-style-type: none"> 1. 刮刀柄放在小腹右侧肌肉处。 2. 双手握刀杆离刀口80毫米处。 3. 利用腿力和腰部的力量向前推挤，双手向下压刮刀并掌握方向。 4. 双手和臀部密切配合动作，当刮一段刀花后，将刀立即提起 	 <p>A line drawing showing a person from the side, leaning forward. They are holding a scraping tool with both hands on the shaft. The tool is being pushed across a workpiece on a table. The person's body is tensed, indicating the use of leg and torso strength.</p>
拉刮式 (力小)	<p>右手抓住刀柄用力向后拉左手紧握刀杆部分往下压(适于凹槽平面刮削)</p>	 <p>A line drawing showing a person from the side, leaning forward. They are holding a scraping tool with their right hand on the handle and their left hand on the shaft. The tool is being pulled across a workpiece on a table.</p>

续表

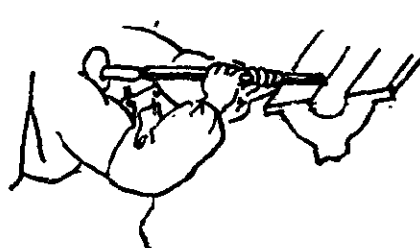
姿式名称	姿式要领	姿式图示
肩挺式	<ol style="list-style-type: none"> 1. 刀柄顶在右肩处，双手握住刀杆离刀口80毫米处。 2. 用右手和上身的力量向前挺刮，双手下压刀杆刮一段刀花后立即提起刀(适于工件较高而面积不太大时) 	

表 4-7-32 刮削常见问题的原因及消除方法


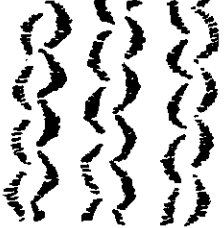
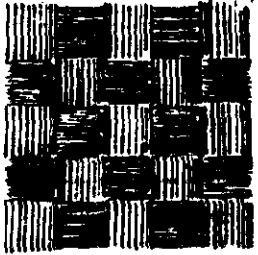
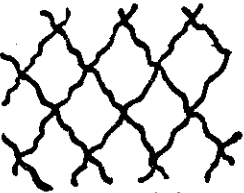
问 题	原 因	消 除 方 法
点子变少，变尖	<ol style="list-style-type: none"> 1. 粗刮时刀花太狭。 2. 操作不熟练，刮刀刮不到点子上 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 将刮刀圆弧半径磨大，粗刮时刀花要宽。 2. 加强基本功训练，刮刀一定要刮在点子上，而且要轻重有别。 3. 将刮刀放平刮一遍尖点
局部没点	粗刮时局部刮亏，在没点子的地方没出点就转入细刮	采用点刮法粗刮，直至在被刮面上消除局部没点后再细刮
点子出现有规律的排列	采用长刮法，粗刮的刀痕没消除时就转入了细刮	采用点刮法粗刮，刀花不要长，交叉点刮数遍至点子变成没规律的排列后，再转入细刮
在刮削过程中被刮工件变	<ol style="list-style-type: none"> 1. 装卡不合理。 2. 气温的变化。 3. 时效处理不好或工件结构不合理 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 检查装卡方法是否合理，力求使工件保持自由状态。 2. 工作场地应选择日光射不到工件的地方。 3. 刮削时掌握变化规律

下面介绍一些典型刮削工艺。

(1) 刮花

刮花的目的在于：①装饰外观，②使导轨增加良好的润滑条件，③通过刀花可以判断导轨的磨损程度。

表 4-7-33 几种刀花的刮法

刀花名称	刀花图形	刮削的方法
月牙花		<ol style="list-style-type: none"> 1.用铅笔按刀花的间格在要刮花的平面上划格线。 2.沿划好格线刮花。其要领：右手握刀柄向前推，同时左手握刀杆扭动刮刀。刃口右边先接触工件，逐渐向左压平。而后再逐渐扭向右边，接触工件后抬起刮刀。这样就完成了一个刀花的动作
链条花		<ol style="list-style-type: none"> 1.同月牙花。 2.沿划好的格线连续刮一串月牙花。 3.再按相反的方向与前一串刀花错半个花距沿同一方向刮一串月牙花，即刮成链条花
地毯花		<ol style="list-style-type: none"> 1.同月牙花。 2.用平刃口刮刀，刀宽依花的宽度而定。 3.沿纵方向按划好的线格，每隔一格刮一方块花。方块花角与角相接形成没刮花的角与角相接的空白方块。 4.沿横的方向在空白方块中刮方块花。 5.每一方块花平行刮2~3次。纵横方向刀花刮完即为地毯花
波形花		<ol style="list-style-type: none"> 1.同月牙花。 2.用小圆弧刃口刮刀，沿划好的格线刮花，要右手握刀柄，左手握刀杆向下压刮刀并控制方向。刮刀沿划好的线向前推，同时连续左右摆动刮刀即刮出波形花

(2) 原始平板的刮削

原始平板的刮削就是使三块精刨后的平板通过互相交替拖研、刮削逐步地达到标准平面要求的过程（旧平板的修复方法相同）。

其方法步骤如下：

- 1) 三块平板分别作标记A、B、C。

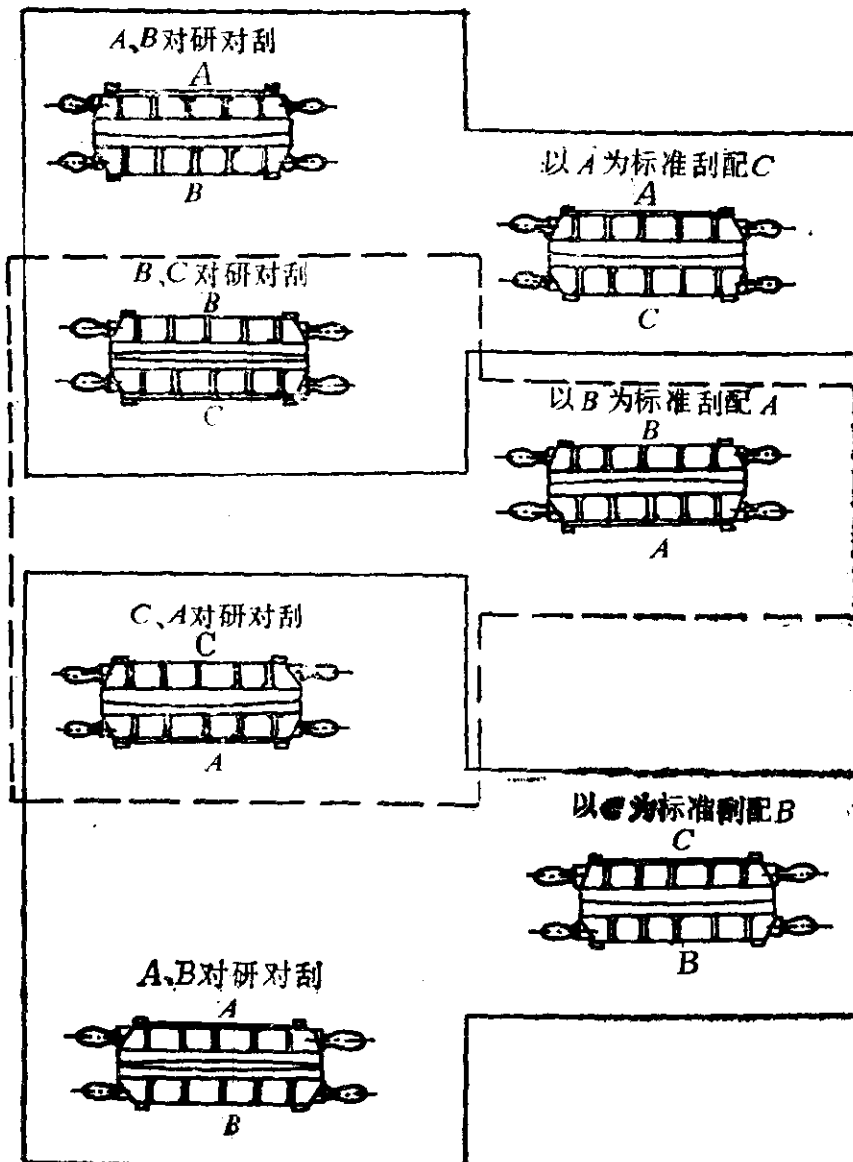


图 4-7-11 原始平板的配刮循环图

2) 三块平板分别各自粗刮一遍, 将精刨刀花(旧平板的磨损面)刮去。

3) 三块平板交替拖研, 见图4-7-11。

①以A为其准刮B、C两块, 至接触基本均匀。点子达 25×25 毫米²面积上4~6点。

②B、C两块对研对刮, 至接触基本均匀。点子达 25×25 毫米²面积上4~6点。

表 4-7-34 对研、对刮的目的、要求

对 研 目 的	刮 削 要 求						
<p style="text-align: center;">验 正 不 平 度</p> <p>(1)</p> <table style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td style="text-align: center;">A + + +</td> <td style="text-align: center;">B + + +</td> <td style="text-align: center;">C + + +</td> </tr> </table> <p>(2)</p> <table style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td style="text-align: center;">-</td> <td style="text-align: center;">+</td> <td style="text-align: center;">+</td> </tr> </table>	A + + +	B + + +	C + + +	-	+	+	<p>B、C对研后显示的结果相同。要求</p> <p>1. 二块平板被刮部位、范围要相同;</p> <p>2. 二块平板刮削的遍数、刀花深度要相同</p>
A + + +	B + + +	C + + +					
-	+	+					

③B、C对刮后选其中一块为基准(如选B)刮A。

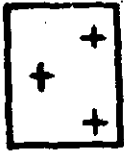
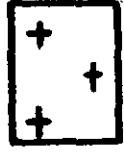
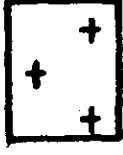
④A刮平后再将A、C两块对研对刮至符合要求。

⑤以此类推, 按①~④方法反复循环研刮至均接触均匀为止。

⑥调头对研对刮。如图4-7-12拖研后, 再将a、b调过180°对研显点对刮。

表 4-7-35

调头对研对刮的目的、要求

调头对研的目的	刮削要求
<p style="text-align: center;">验正不平度</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;"> <p>A</p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p>B</p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p>C</p>  </div> </div> <p style="text-align: center;">A、B二块为B调头后对研结果</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 刮削的部位、范围相同。 2. A、B二块平板对刮的遍数刀花深度相同。 3. A、B二块平板刮平后，以其中一块为基准(如A)刮C

⑦对角对研刮削。方法见图4-7-13。

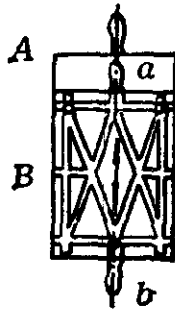


图 4-7-12 调头对研示意

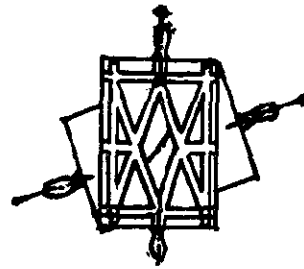
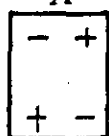
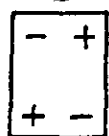
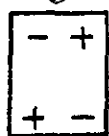


图 4-7-13 对角对研示意

表 4-7-36

对角对研刮削的目的、要求

对角对研的目的	刮削要求
<p style="text-align: center;">验正扭曲度</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;"> <p>A</p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p>B</p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p>C</p>  </div> </div>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 根据对角对研显示出扭曲方向进行刮削。 2. 三块平板同时刮削而刮削深度相同

⑧反复按①~⑦方法交替拖研、刮削至接触良好、点的密度达到规定要求时，原始平板的刮削完成。

(3) 原始直角尺的刮削

原始直角尺的刮削，同样需要有三块直角尺轮换交替拖研刮削。

其方法步骤如下：

1) 将三块直角尺的长面，以标准平板为基准研点精刮成达到要求。

2) 将三块直角尺的短面，以标准平板为基准研点粗刮平。

3) 将三块直角尺按A、B、C编上号后，以三块直角尺精刮好的长面为基准，在标准平板上轮换对研三块直角尺的短面，见图4-7-14。

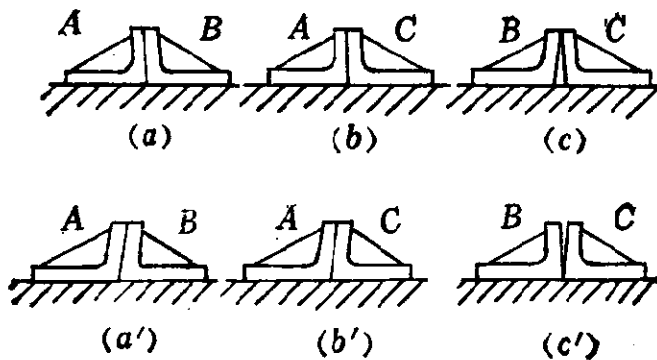


图 4-7-14 轮换交替拖研图

①以A块为基准对研B、C两块，刮B、C两块直角尺短面与A块短面贴符。见图4-7-14(a)和(b)。

②B、C两块直角尺对研对刮。见图4-7-14(c)。

③B、C两块直角尺对研对刮贴符后，选其中一块为基准(如以B为基准)对研A块，到A块短面与B块短面贴符。

④A、C两块直角尺再对研对刮。

以此类推，反复按①②③④循环刮削至任意一对角尺对研均接触良好，且点的密度达到要求为止。

图4-7-14(a)(b)(c)为A块角尺小于 90° 情况。

图4-7-14(a')(b')(c')为A块角尺大于 90° 情况。

注：①~④循环对研是验证直角尺的直角度。刮削时仍以标准平板为基准研磨显点，控制直角尺面的不平度。

(4) 导轨的刮削

一般的机床导轨都采用了磨削、精刨等工艺，但对精度要求高的导轨和条件不具备的单位仍需采用刮削的工艺。

I. 直导轨的刮削

直导轨刮削的顺序：

1) 刮削前先对导轨进行测量，确定重刮的部位及刮削量。

2) 先刮导轨的基准面，即在导轨副中起主要导向作用的面。

3) 以刮好的基准面为基准测量、刮削导轨副的其它各面。

下面具体介绍几种常见导轨的刮削方法。

1) 棱形-平面导轨的刮削

标准研具为桥形平尺。

导轨的基准面为2、3面（见图4-7-15）。

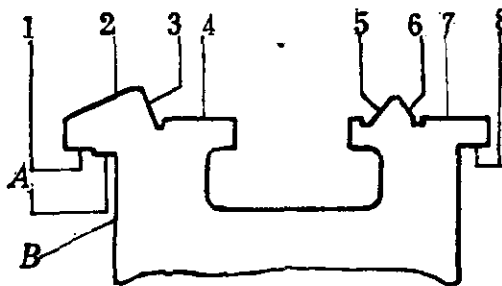


图 4-7-15 棱形-平面导轨刮削顺序图

①用桥形平尺研点粗刮2、3面至 25×25 毫米²面积上4~6点。

②以2、3面为基准配刮一块角度垫铁。

③角度垫铁上放百分表，以2、3面为基准测量

2、3面与A、B两面的平行度。

④细刮2、3面至与A、B面的不平行度不大于0.1毫米，点的密度达到技术要求。

⑤以2、3面为基准测量刮削1、4、5、6、7、8各面至要求，顺序为先4、7面，再5、6面，再1、8面。

2) 长导轨的刮削

当研具长度小于被刮导轨面长度较多时，我们称这样导轨的刮削为长导轨的刮削。长导轨的刮削常用的有两种方法：搭接刮削法和预选基准的刮削法。

A. 搭接刮削法

搭接刮削是用长度小于被刮导轨长度的研具分段重叠研点搭接刮削，如图4-7-16示。其步骤：

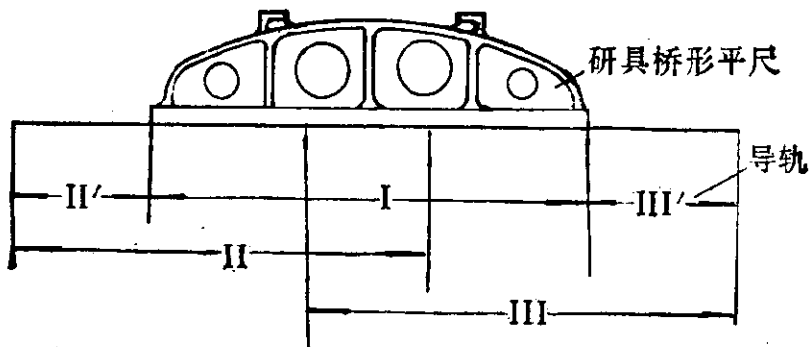


图 4-7-16 长导轨的搭接刮削

①用桥形平尺拖研粗刮中段 I，至 25×25 毫米² 面积上 4~6 点。

②用桥形平尺拖研导轨的 II 段，刮削 II' 部分。使之与 I 段平面重合，达到 25×25 毫米² 面积上 4~6 点。

③用桥形平尺拖研 III 段，以同样的方法刮削 III' 部分至符合要求。

④用桥形平尺沿导轨全长研点细刮。并随时按①②③的

方法验证导轨的不直度及扭曲度。使导轨达到要求为止。

B. 预选基准的刮削法

预选基准的刮削法，就是在长导轨上按需要的位置先刮出若干小基准面，使其在一个平面上。而后再用桥形平尺以小基准面为基准刮削长导轨使之与小基准面重合。其步骤：

①在被刮导轨上按研具的长度选几段小基准面的位置。

②将被刮导轨调至水平。

③用水平仪通过预选的几段小基准面的位置测量导轨的直线性，见图4-7-17。

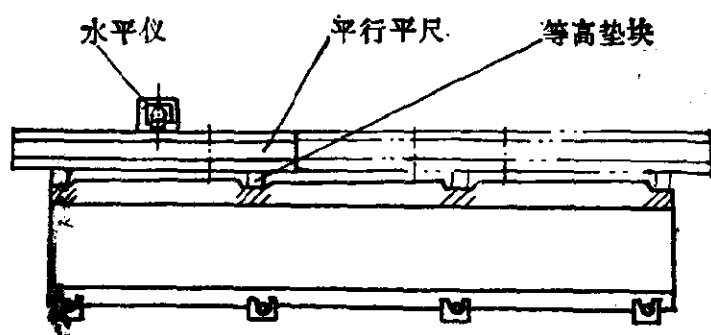


图 4-7-17 用水平仪测量预选基准面

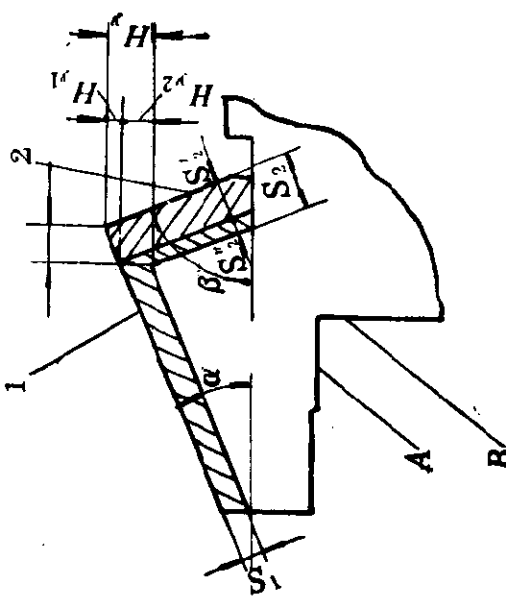
④刮基准面。要先刮最低的小基准面，用小平铁研点。刮至小基准面自身成水平，点子达 25×25 毫米² 4~6点。然后再刮相邻的小基准面至自身水平，再以已刮好的小基准面为基准按图4-7-17的方法测量，直至水平，点子达 25×25 毫米² 4~6点。再以同样方法刮好其它各小基准面。

⑤以已刮好的小基准面为基准，用桥形平尺接刮导轨的其余部分至与小基准面重合，点子至 25×25 毫米²面积上4~6点。

⑥用桥形平尺沿导轨全长拖研、刮点至粗刮要求。

表 4-7-37

棱形导轨面最大刮削量的确定及分段刮削

项 目	方 法 步 骤	图 示
最大刮削量的确定	<ol style="list-style-type: none"> 分析最大刮削量 S_1、S_2 与 H_x、H_y 的关系： $S_1 = H_y \cos \alpha$ $H_{y2} = H_y - H_{y1} = H_y - H_x \operatorname{tg} \alpha$ $S_1 = (H_y - H_x \operatorname{tg} \alpha) \cos \alpha = H_y \cos \alpha - H_x \sin \alpha$ $S_2 = S'_2 + S''_2$ $S''_2 = H_y \sin \alpha = (H_y - H_x \operatorname{tg} \alpha) \sin \alpha$ $= H_y \sin \alpha - H_x \operatorname{tg} \alpha \sin \alpha$ $S_2 = S'_2 + S''_2 = \frac{H_x}{\cos \alpha} + H_y \sin \alpha - H_x \operatorname{tg} \alpha \sin \alpha$ $= H_y \sin \alpha + \frac{H_x}{\cos \alpha} (1 - \sin^2 \alpha)$ $= H_y \sin \alpha + H_x \cos \alpha$ 计算出 S_1、S_2 	 <p>刮削前测量 1、2 面对 A、B 两面的不平行度误差值为：</p> <p>对 A 面为 H_{y1} 对 B 面为 H_{y2} 其误差方向相同</p>

项 目	方 法 步 骤	图 示
分段粗刮	<ol style="list-style-type: none"> 1. 按每粗刮一道的刮削量为 0.02 毫米, 将 S_1、S_2 分成若干段。 2. 采用长刮法粗刮若干遍。 第一遍刮 0—1 第二遍刮 0—2…… 3. 用长刮法粗刮若干遍后, 用桥形平尺研点粗刮至 1、2 两面对 A、B 两面的不平行度符合要求为止。 4. 用桥形平尺细刮至要求 	

表 4-7-38 平面导轨最大刮削量的确定及分段刮削

项 目	方 法 步 骤	图 示
最大刮削量的确定	<p>以基准导轨面为基准, 用角度垫铁及百分表测量被刮削导轨面与基准导轨面的不平行度。沿基准导轨测量时, 百分表读数以每差 0.02 毫米分一段, 见右图</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 采用长刮法粗刮若干遍。 第一遍 0—1 第二遍 0—2…… 2. 用桥形平尺研点粗刮, 达到与基准导轨面平行后转入细刮, 直至符合要求 	
分段粗刮	<ol style="list-style-type: none"> 1. 采用长刮法粗刮若干遍。 第一遍 0—1 第二遍 0—2…… 2. 用桥形平尺研点粗刮, 达到与基准导轨面平行后转入细刮, 直至符合要求 	

⑦按①~⑥的方法反复若干次，直至符合细刮要求、接触点均匀为止。

3) 导轨的快速刮削方法

导轨的快速刮削方法，就是在刮削前，对被刮削面确定好最大刮削量及其部位，然后采取分段长刮法将导轨很快的粗刮平，从而提高工作效率(见表4-7-37、4-7-38)。

II. 圆导轨的刮削

圆导轨分平导轨、锥导轨及V形导轨几种，它们的刮削方法基本相似。我们这里以平导轨为例，讨论几种刮削方法。

A. 以专用研具研点刮削

1) 圆导轨座的刮削

①在主轴轴承外环内，精密配合两个铸铁套(见图4-7-18)。外径与轴承外环孔轻压配合，套的内、外径不同轴度不大于0.005毫米。

②孔内精密配合一定心轴，与孔的间隙不大于0.015毫米。定心轴下端中心孔内装入一个钢珠。

③定心轴上端装一百分表，转动定心轴测量圆导轨面A对主轴中心孔的不垂直度。

④用专用研具——环形平板(图4-7-19)对圆导轨面研点刮削，并随时测量其与主轴中

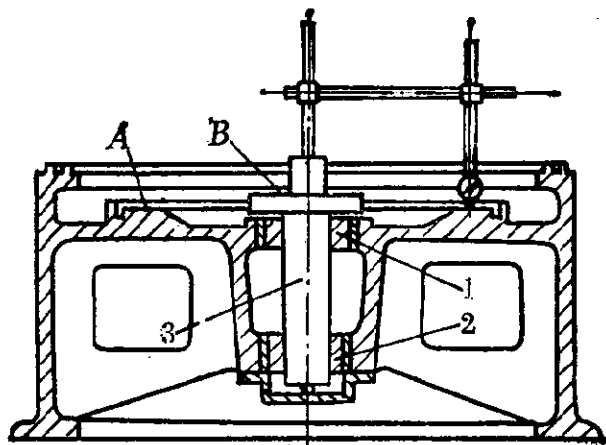


图 4-7-18 圆导轨面对主轴中心不垂直度的测量

1、2一定心套；3—主轴

心的垂直度。反复研点刮削及测量，直至均达到要求为止。

2) 工作台圆导轨面的刮削

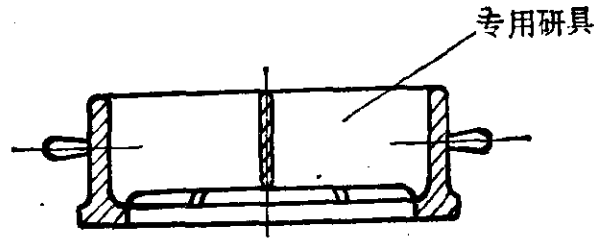


图 4-7-19 专用研具

取出定心套1、2，用主轴轴承定心，以已刮好的底座圆导轨面A为基准研点，刮削工作台圆导轨面直至要求。

B. 以工作台及底座

座对研对刮 (图4-7-20)

1) 在圆工作台主轴上下轴承位置各装一个工艺定心套4、6 (也可用轴承定心)。

2) 对被刮圆导轨表面粗刮一遍。

3) 对研对刮，对研前在工作台上任意位置上作一标记，见图4-7-21对研顺序图中黑三角。在工作台底座上，作对研位置标记。如图4-7-21中I、II、III、IV、I'、II'、III'、IV'。

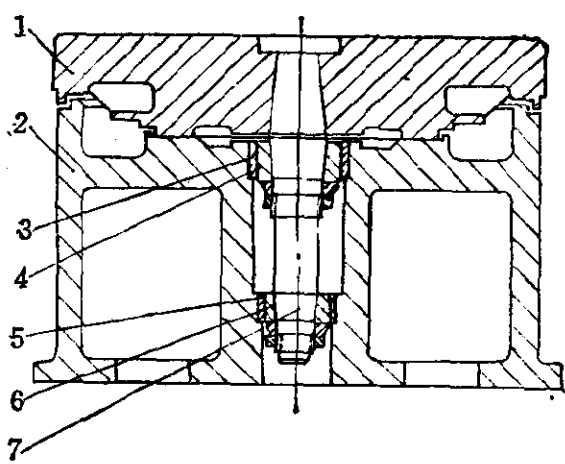


图 4-7-20 圆工作台对研对刮图

1—圆工作台；2—圆工作台座；3、5—轴承外环；4、6—工艺套；7—主轴

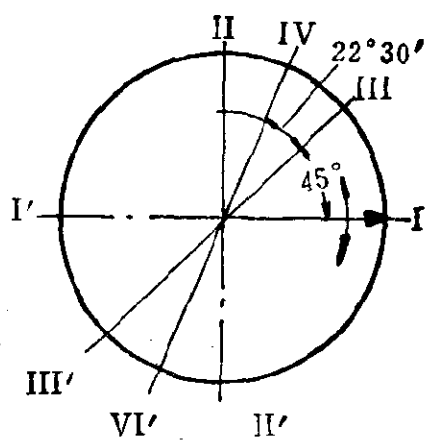


图 4-7-21 对研顺序图

表 4-7-39

圆导轨对研对刮方法和步骤

	对 研 位 置	对 研 的 目 的	刮 削 方 法
1	黑三角对 I 位置及对 I' 位置分别对研	检查圆导轨刮前导轨面对主轴中心的不垂直度, 以确定刮削对象	<p>1. 若接触点部位在底座的固定位置上, 应以工作台导轨面为基准刮底座导轨面。</p> <p>2. 若接触点部位在工作台导轨的固定位置上, 应以底座导轨面为基准刮工作台导轨面。</p> <p>3. 若接触点部位黑三角对 I 时接触均匀, 而黑三角对 I' 时工作台、底座导轨面都是局部接触时, 应在此位置对研对刮</p>
2	黑三角对 I' 位置对研	检查圆导轨面对主轴中心的不垂直度及直线性	工作台及底座对研对刮, 对刮的轻重(刀花深度)及布位要相同
3	黑三角对 II 位置对研	检查圆导轨面的直线性	工作台及底座对研对刮, 对刮的轻重(刀花深度)及部位要相同
4	黑三角对 III 位置对研	检查圆导轨面的直线性	工作台及底座对研对刮, 对刮的轻重(刀花深度)及部位要相同
5	黑三角对 IV 位置对研	检查圆导轨面的直线性	工作台及底座对研对刮, 对刮的轻重(刀花深度)及部位要相同

4) 反复以表 4-7-39 的方法对研对刮, 并随时按图 4-7-22 的方法验证圆导轨面 B 对平行平尺面 A 的平行度。即圆导轨面的平面性。

如图 4-7-22 所示其方法为: 在圆导轨面上放置两块等高垫铁 2, 垫铁上放置一个平行平尺 1。用平垫铁、百分表以

A面为基准测B面对A面的平行度。

C. 用扇形小平板为研具的搭接刮削

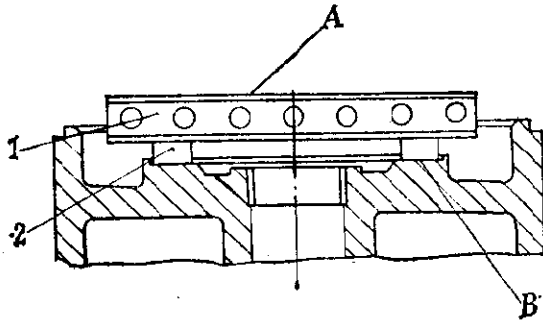


图 4-7-22 圆导轨面平面性的测量

1—平行平尺；2—等高垫铁

刮削比较大的圆导轨面时，工作台起重、翻身不便，可采用小研具搭接法刮削，而后再用工作圆导轨面与底座圆导轨面对研对刮。

1) 底座圆导轨面的刮削

①在主轴轴承外环内精密配合两个铸铁定心套 1、2。

②定心套孔内精密配合一个定心轴 3（也可直接在轴承外环孔内配定心轴），其间隙不大于 0.015 毫米。定心轴端面 A 与定心轴中心线的不垂直度不大于 0.005 毫米（见图 4-7-23）。

③在定心轴端面 A 上放置水平仪，以 A 面为基准，将底座调至安装水平。

④测量底座圆导轨的直线性。目的是明确刮削的重点及部位。

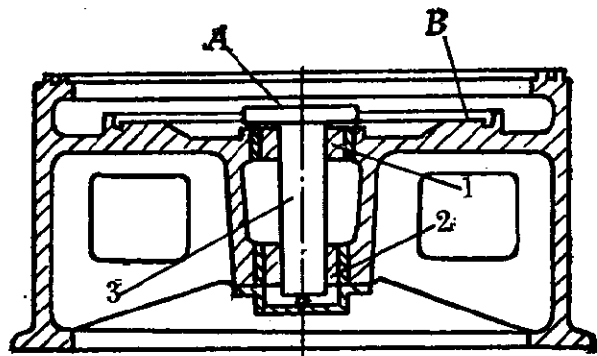


图 4-7-23 底座调水平图

1、2—定心套；3—定心轴

用圆导轨直线性测量方法 2) 进行。并将测量结果画出曲线图（图 4-7-24）。

通过圆导轨直线性曲线，分析其直线性的误差、凹凸度

部位及圆导轨面与主轴中心的不垂直度。确定起刮点及最大刮削量的位置。如测量结果画出的曲线图为图4-7-24，则圆导轨180°位置为最大刮削量的位置，其最大刮削量为 h 。

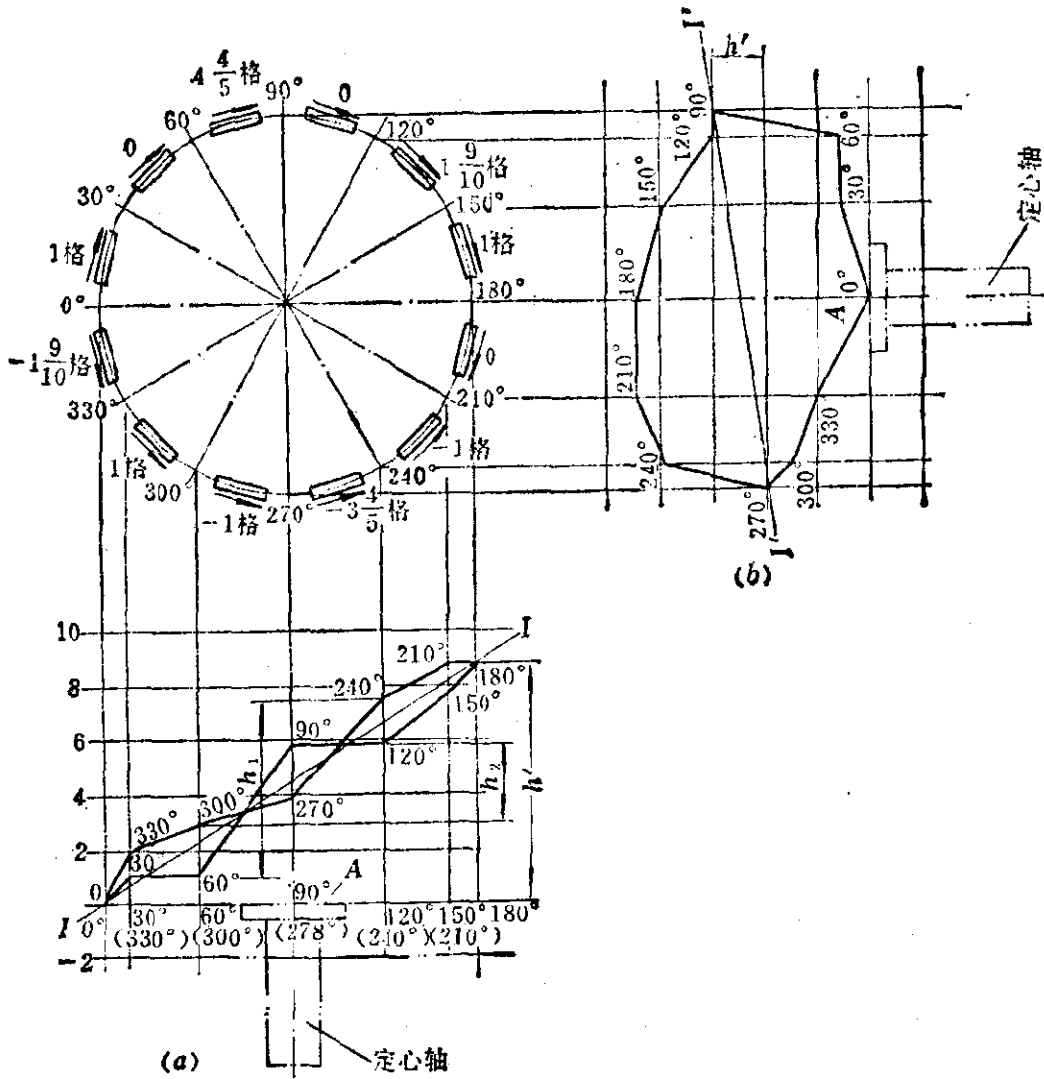


图 4-7-24 圆导轨直线性曲线图

I-I为0°—180°方向圆导轨的理想平面。 h 为0°—180°方向圆导轨与A面的不平行度，即与主轴孔中心的不垂直度。 $I'-I'$ 为270°—90°方向圆导轨的理想平面。 h' 为270°—90°方向圆导轨与A面的不平行度，即与主轴孔中心的不垂直度

⑤对底座圆导轨面粗刮。

若圆导轨直线性及其对主轴孔中心的不垂直度误差较大时，可先采用分段长刮法粗刮，然后再用扇形小平板研点搭接粗刮。

若圆导轨直线性及其对主轴孔中心的不垂直度误差不大时，直接用扇形小平板研点搭接刮削。具体要求：

(a) 从最低位置起，分别向左右两方向延伸搭接刮削。

(b) 刮削过程中随时测量被刮削一段圆导轨面在两个方向的水平度直至为0（沿圆导轨切线方向及半径方向）。

(c) 被刮削一段圆导轨面与前一段已刮好的圆导轨面重合。

⑥经过反复搭接刮削、测量，直至画出曲线图的图形中I-I直线对A面的不平行度，即I-I直线对主轴孔中心的不垂直度达到要求。在导轨各个方向对A面的不平行度也都应达到要求。

图4-7-24(b)曲线中I'-I'为底座圆导轨在 90° - 270° 方向对A面的不平行度， h' 为在 90° - 270° 对A面的不平行度的误差值。

从图4-7-24(a)也可直接测出各个方向对A面的不平行度，如

h_1 ——在 60° - 240° 方向对A面的不平行度

h_2 ——在 120° - 300° 方向对A面的不平行度

⑦以底座圆导轨面为基准、工作台主轴轴承（或用定心套）定心，对工作台圆导轨面研点粗刮至符合要求。

⑧工作台、底座圆导轨对研对刮细刮至符合要求。

5. 曲面刮削

曲面刮削，即刮削的面为曲面。如轴套、轴瓦等，加工

后往往需要采用刮削的方法以提高轴套、轴瓦的接触面积及表面光洁度，从而增加轴瓦的承载能力、耐磨性及提高轴瓦的寿命。

(1) 刮刀与刮削质量的关系

曲面刮刀在前面已经介绍了，常用的是三角刮刀。其刮刀的刮削角对被刮表面质量有较大的影响，一般来说，粗刮时 γ 为正前角（图4-7-25，a），而细刮或精刮时采用小前角或负前角（图4-7-25，b、c）。

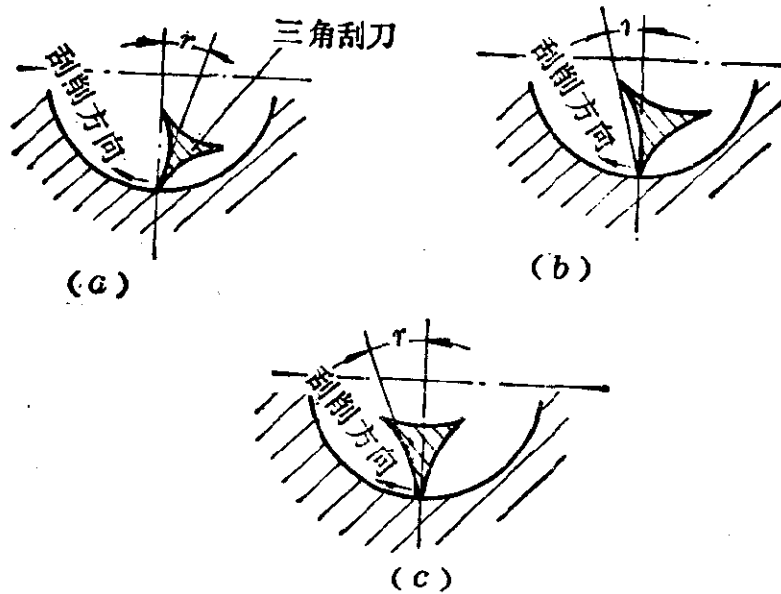


图 4-7-25 刮刀的刮削角

(a)正前角刮削；(b)小前角刮削；(c)负前角刮削

刮削时为了避免出现明显的振痕，相邻两遍刮削时的刀花应相互交叉。

(2) 各种滑动轴承的刮削方法

A. 两块瓦的刮削方法

- 1) 将上、下轴瓦机加工刀痕轻轻刮一遍。
- 2) 粗刮上瓦。可在轴上涂色与轴瓦研点粗刮（图

4-7-26, a), 也可在瓦上涂色, 用轴在瓦上研点粗刮 (图 4-7-26, b)。点子刮至如图4-7-27即可。

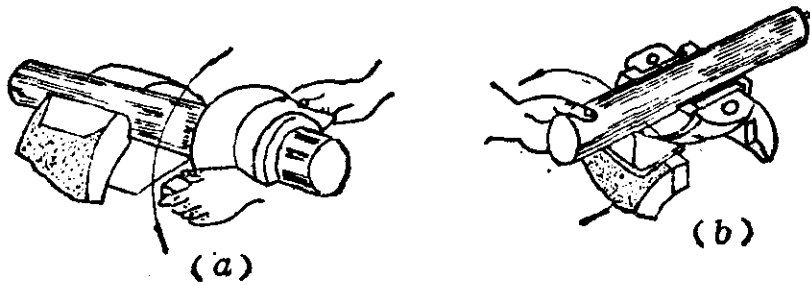


图 4-7-26 上瓦粗刮研点示意图

3) 粗刮下瓦。在下瓦上涂色, 与轴研点粗刮至点子如图4-7-27即可。

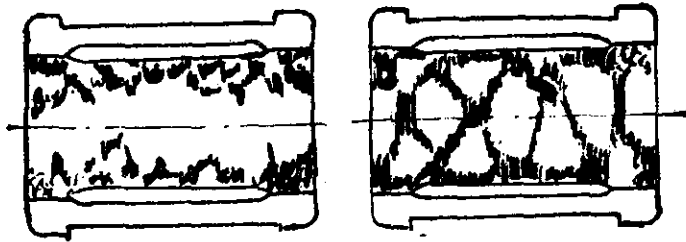


图 4-7-27

4) 上下瓦加垫装配, 一起调整间隙刮削, 刮削时瓦上涂色, 用轴研点。

①加垫粗刮, 研点时瓦不能过紧, 轴转动时稍有阻力即可 (防止轴变形出假点)。随着刮削过程逐步加力, 最后再将瓦垫压紧研点。若瓦垫压紧后瓦上没全出点, 再适当撤垫, 直至使瓦垫压紧后研点达到如图4-7-28所示点子后转入细刮。

②细刮点子达到如图4-7-29为止。

③刮削时由粗刮到细刮, 点子从大到小, 从深到浅。粗

刮时应注意瓦口切勿刮亏。否则细刮时，瓦口造成没点。

B. 外锥内圆柱滑动轴承的刮削

外锥内圆柱滑动轴承，多用于车床，也有用于平面磨床和外圆磨床者，其一般结构如图4-7-30所示。

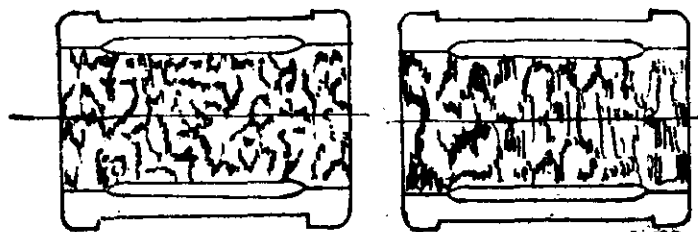


图 4-7-28

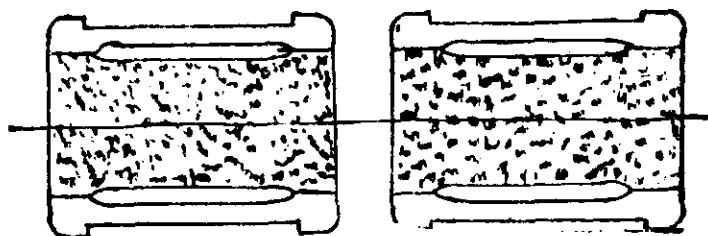


图 4-7-29

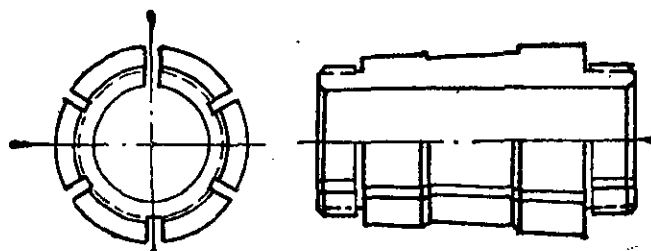


图 4-7-30 外锥内圆柱滑动轴承

其刮削方法如下：

- 1) 将前、后轴承装入箱体锥孔内（若后轴承为滚动轴

承，在后轴承位置装一定心工艺套）。轴承孔涂色，以主轴为研具，调整轴承两端锁母，使主轴在轴承孔中转动时感到有阻力（但不宜太大）能显示出点子即可。

2) 粗刮轴承内孔，接触点基本均匀即可。

3) 轴承粗刮后，轴承在箱体锥孔内不动，取出主轴，在开口中用 502 胶水粘一铜板（图 4-7-31）。待胶水干固后取出轴承（注意胶水不要粘住箱体）。

4) 以箱体锥孔为基准配刮轴承外锥（使用平刮刀），使之接触均匀，达 25×25 毫米² 面积上 4 ~ 6 点即可。

5) 用铣床铣掉开口中的铜垫。

6) 修整开口，在开口中配制有弹性的木垫，一般可用松木。首先将木垫压缩，再按轴承开口的尺寸配制木垫的厚度，木垫两平面要平整，将木垫用力塞入轴承开口中。

7) 细刮轴承内孔。

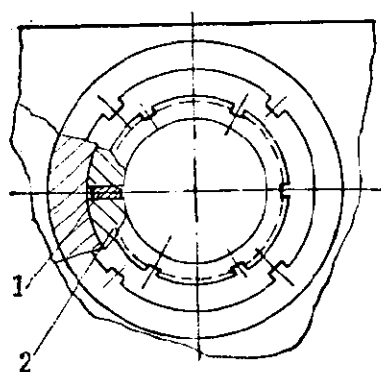


图 4-7-31 铜垫片的粘接
1—垫片；2—轴承

①轴承装入箱体锥孔中，

轴承孔均匀涂以显示剂，将主轴放轴承孔中，通过调整锁母收紧轴承孔，使主轴转动研点，有阻力即可，防止由于箱体两孔不同心轴承过紧使轴变形研出假点。

②按点细刮轴承孔，要求每两遍相邻刀花要交叉刮，当点子均匀后，刀花逐步放轻放短，而且随着点子的增加，要有选择的刮点。即暗点少刮。点子的形状以小四边形或小多边形为好，避免出现长条形（见图 4-7-32）。

C. 三块瓦的刮削

如图4-7-33，三块瓦前后共六块，11、21、12、22为固定瓦块，13、23为可调整瓦块。刮前将瓦块按相应位置分为三组，11、21一组，12、22二组，13、23三组。装配时螺钉A与瓦块应对号装，不能装错。

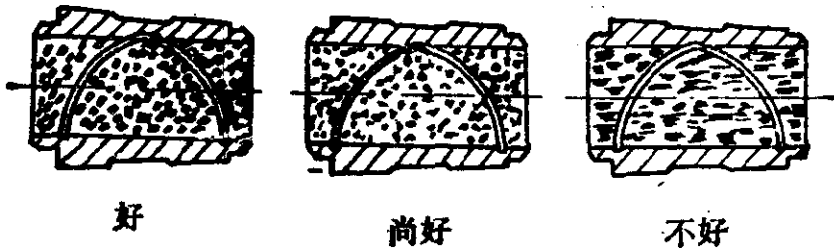


图4-7-32 内孔刮削刀花的优劣

因为主轴光洁度很高，为保护主轴，刮瓦研点要作一假轴。其直径比真轴大0.01毫米，其锥度与真轴一致，材料一般选高级铸铁，光洁度应达 $\nabla 8$ 。

刮削步骤：

1) 粗刮

① 将瓦块工作面轻刮一遍。

② 瓦块涂色在假轴上研点刮削至 25×25 毫米²面积上12点。

③ 对固定瓦块，每组的两块要刮成等厚，本身要刮成平行，其精度均为0.005毫米。测量方法如图4-7-34。

2) 细刮

① 将磨头架孔擦净，瓦块擦净，涂一层均匀而薄的显示

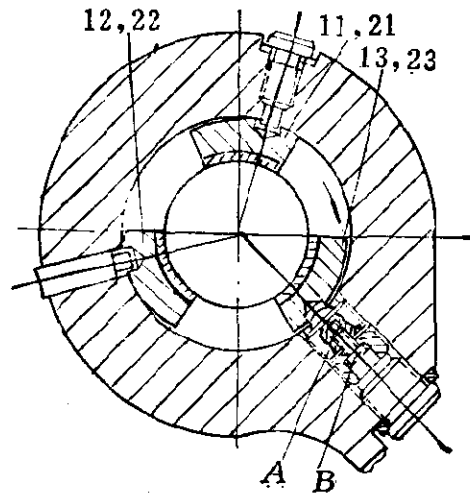


图 4-7-33 三块瓦装配型式

剂，按编号位置将瓦块12、22、11、21装入头架孔中。

②将假轴及瓦块13、23装上后，调整前后螺钉A。前后螺钉A拧紧力要一致，但不宜过紧。

③按工作方向旋转假轴5~8转，研点后拆下假轴和瓦块细刮。要求交叉刮点，刀花光细，点子达 25×25 毫米²面积上20点以上。

④用真轴装配研点检验瓦块与真轴接触情况，若接触不良，再用真轴精刮数遍。

3) 精刮

①若用真轴研点与假轴研点接触相同，可用假轴研点精刮，若不同应用真轴刮。

②瓦块涂显示剂要硬薄，螺钉A拧紧力要小，刀花要轻刮、选择亮点刮。直至接触点达 25×25 毫米²面积上30点左右为止。

4) 刮低A边 $0.15 \sim 0.40$ 毫米，宽 $3 \sim 4$ 毫米，以便工作中形成油楔（图4-7-35）。

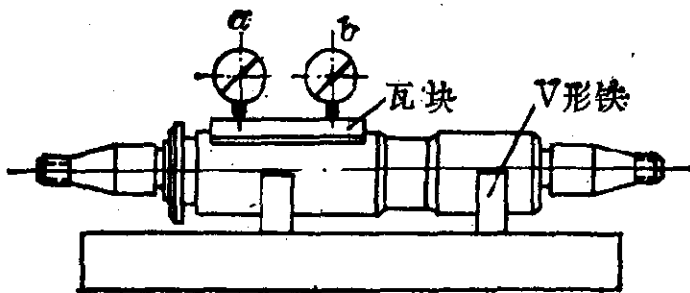


图 4-7-34 瓦块不等厚度及不平行度的测量

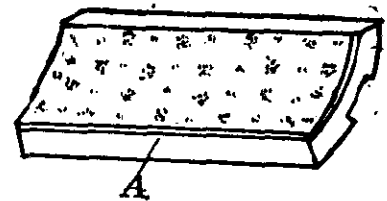


图 4-7-35 瓦块刮低部位

八、研 磨

1. 研磨的一般知识

(1) 一般概念

在机械加工过程中，研磨是一道精加工工序。研磨通常采用手工操作，在研磨工具与研磨面之间加上磨料，从零件表面研去极薄的金属层，使工件获得高精度和高光洁度的表面。近年来随着机械工业的发展，研磨也逐步趋向于机械化。

(2) 研磨的特点和目的



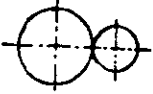

一般的研磨大都采用手工或半手工操作，其设备简单，操作方便，造价较低，便于维修。

研磨的目的在于：

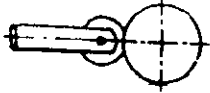



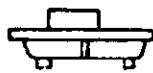

1) 提高表面光洁度。

经机械加工后的零件，粗看上去表面很光滑，但放大来看其表面是十分粗糙的。表4-8-1为各种机械加工所得的表面光洁度。

表 4-8-1 加工方法与表面光洁度 (微米)

加工方法	加工情况	表面放大的情况	表面光洁度
车			1.5~80
磨			0.9~5

续表

加工方法	加工情况	表面放大的情况	表面光洁度
压光			0.15~2.5
珩磨			0.15~1.5
研磨			0.08~0.25

从表中可以看出，研磨后的表面光洁度最高，一般可达到 $\nabla 7 \sim \nabla 12$ ，最高可以达到 $\nabla 14$ 。

2) 得到精确的尺寸及精确的几何形状。

3) 研磨后，零件表面光洁度提高，从而使零件的抗腐蚀性和耐磨性都有明显的提高。

2. 研磨的种类

(1) 平面研磨

平面研磨是研磨工作经常遇到的加工项目，一般的操作是在经过研磨的平板上进行的(图4-8-1)。

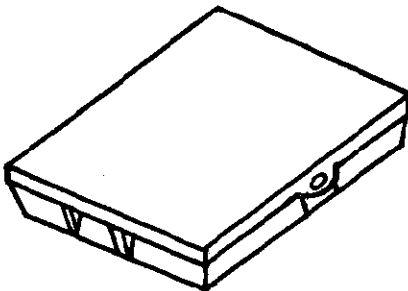


图 4-8-1 研磨平板

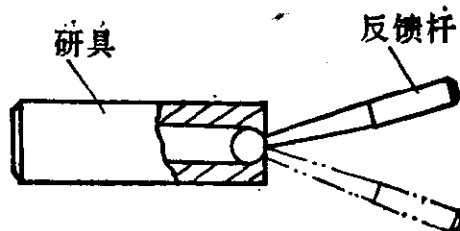


图 4-8-2 反馈杆的球面的研磨

(2) 球面及圆弧面的研磨

对于某些精密仪器及精密机械零件，只有当圆弧面或球面精度要求较高时方采用研磨手段。如反馈杆 $\phi 0.8 \pm 0.005$ 毫米的球面，其不圆度为0.002毫米（图4-8-2）。

(3) 圆柱面的研磨

圆柱面一般有两种研磨的方法，一种是整体的研磨套，另一种是可调式的研磨套（图4-8-3），精度要求较高的轴类零件通常采用整体套研磨。

(4) 内孔的研磨

内孔研磨也有两种不同的研磨的方法，一种是手工操作进行研磨，另一种是用机床配合进行操作。它同样有

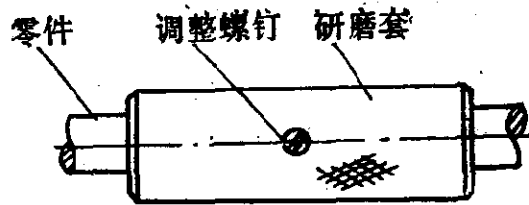


图 4-8-3 可调式研磨套

整体研磨棒和可调式研磨棒（图4-8-4）之分。光洁度要求较高的内孔，一般采用整体研磨棒进行研磨。

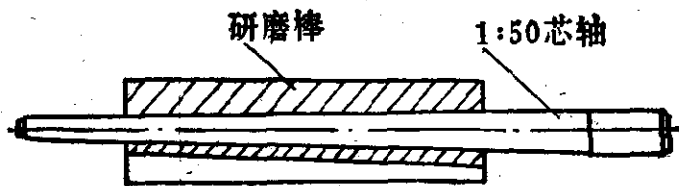


图 4-8-4 可调式研磨棒

(5) 螺纹及螺纹环规的研磨

为了提高螺纹的精度及光洁度，经常将车削或磨削加工的螺纹再进行研磨加工。图4-8-5为常用的螺纹研磨棒。

随着我国技术的发展，研磨螺纹环规已由电加工所代替。

(6) 非金属（石墨）研磨

石墨在研磨时常用水来作润滑剂，因此选用平板研磨时常选用玻璃面平板（将平板表面粘上一层玻璃后再进行加工，见图4-8-6）。

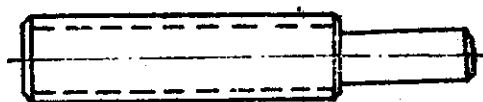


图 4-8-5 螺纹研磨棒

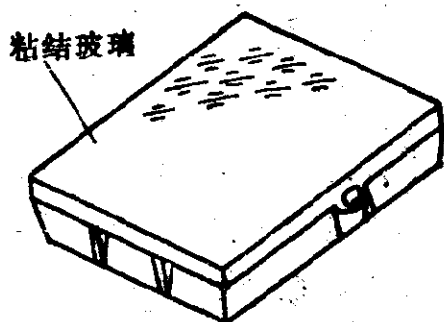


图 4-8-6 玻璃面平板

(7) 平面抛光

对于精度要求不太高的零件，研磨后可以进行抛光，对于精度要求高的零件，用压砂平板（图4-8-7）研磨可以得到极好的光洁度和极高的精度。

3. 研磨工具

(1) 材料

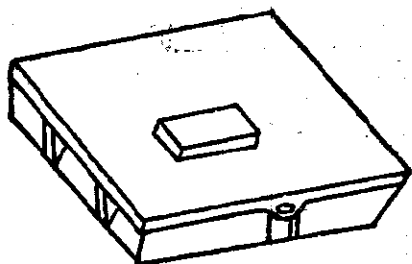


图 4-8-7 压砂平板

研磨用平板或其它研具材料应具备如下技术条件：组织结构应致密均匀，有很高的稳定性和耐磨性；有很好的嵌存磨料的性能。为此，研磨平板的材料通常采用灰铸铁，它具有润滑性能好，磨耗相当

小，研磨效率高等优点，常用于精密研磨的铸铁材料，其成分见表4-8-2。

铸铁研磨材料的成分

用于精密研磨的铸铁材料成分		用于一般粗研磨的铸铁材料成分	
碳	2.7~3.0%	碳	0.35~3.7%
锰	0.4~0.7%	锰	0.4~0.7%
磷	0.45~0.55%	磷	0.45~0.55%
硅	1.3~1.8%	硅	1.5~2.2%
磷	0.65~0.7%	磷	0.1~0.15%

(2) 研孔用圆柱整体式研磨棒

整体式研磨棒的外径尺寸需按零件的不同精度要求制作。零件上每一种规格孔径的研磨，需有2~3个具有粗、半精、精研磨余量的研具来进行。对于要求较高的孔，每组研具常达五件之多。每组研具的直径差可参照表4-8-3。

表4-8-3 研具的尺寸公差值 (毫米)

编 号	尺 寸 的 确 定	备 注
1	比被研孔小0.015	开 沟 槽
2	比第1号大0.01~0.015	开 沟 槽
3	比第2号大0.005~0.008	开 沟 槽
4	比第3号大0.005	开 沟 槽
5	比第4号大0.003~0.005	不 开 沟 槽

整体式研磨棒制造简便，但磨损后无法进行补偿。一般在单件研磨或机修中使用。

(3) 可调式研磨棒

可调式研磨棒是借心棒锥体的作用来调节外套直径的。

4-8-8所示，调节时，将螺母2按箭头方向拧紧，即可使外套的外径涨大，反之将螺母2松开将螺母1拧紧，外径尺寸缩小。

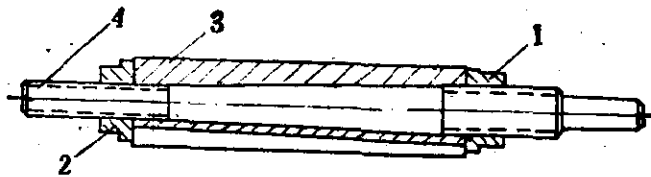


图 4-8-8 可调式研磨棒

1—调整螺母，2—调整螺母，3—外套，4—锥体芯轴

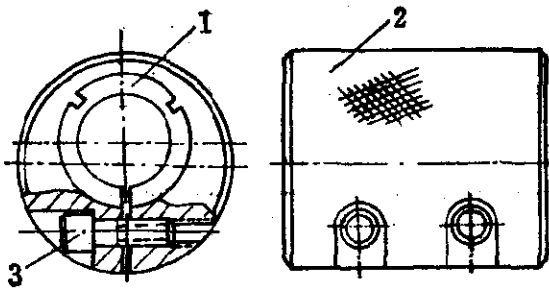


图 4-8-9 可调式研磨套

1—开口研套，2—外夹套，3—调整螺钉

圆柱型可调研磨棒，用来研磨成批生产的工件较为经济。因为这种研磨棒能在一定的尺寸范围内进行调整，故可延长使用寿命。但由于是多件组合的结构，因此制造时比整体式复杂。

(4) 研轴用研磨套

可调式轴用研磨套的结构和研孔用的可调研磨棒相反，它由一个可调外套夹和一个研磨套组成，具体见图4-8-9。

圆柱体零件的研磨是由手工和机床相结合进行的。先将零件夹在机床上，零件的外圆涂上一层薄而均匀的研磨剂，套上研磨套，调整好研磨间隙。然后开动机床，手捏研磨套使在研磨零件轴向全长上来回移动，不得在某一段上停留。

而且須使研磨套作断续旋转，用以消除由于零件或研磨套的自重而造成的椭圆。

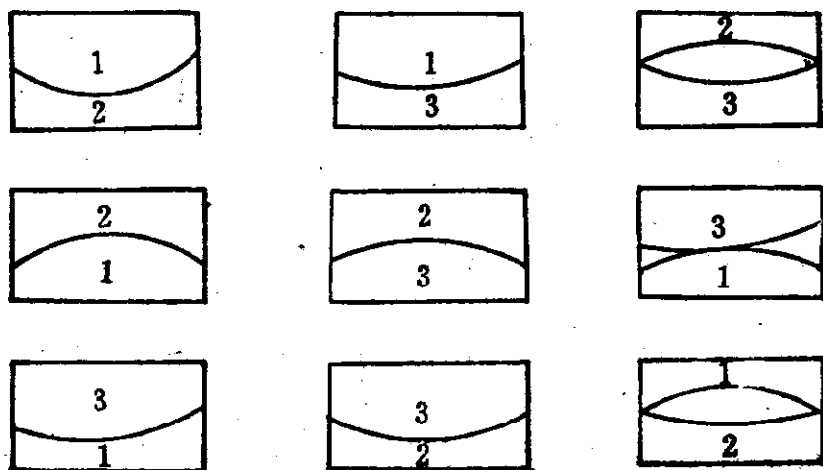


图 4-8-10 三块互研法

(5) 研磨平面用的平板

研磨平板基本上分为二种。一种是使用研磨剂或研磨膏的湿研磨平板；另一种是镶嵌平板。

湿研磨平板采用“三块互研法”。

用“三块互研法”或“多块互研法”校准平板时，要注意互相对研的轮换顺序。以三块法为例，其顺序应按图 4-8-10 所示进行。

首先选出一块较平的平板作标准，作上 1 号标记，其余二块分别作上 2 号、3 号标记。先用 1 号和其它两块进行对研；再用 2 号、3 号对研；然后以 2 号为标准和 1 号、3 号进行对研；再用 1 号、3 号对研；最后以 3 号为标准和 1 号、2 号对研；再以 1 号 2 号对研。如此多次循环，使平板达到技术要求。

(6) 压砂平板 (图 4-8-11)

压砂平板是零件进行超精研磨时用的平板。适用于尺寸的精度要求在一微米左右，表面光洁度要求在 $\nabla 12$ 级以上的零件。

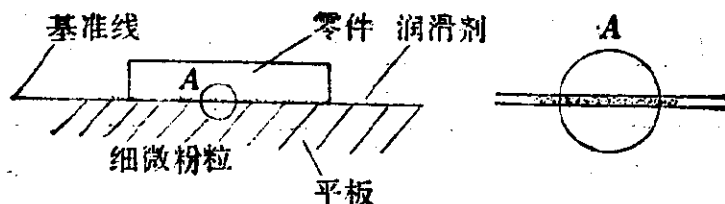


图 4-8-11 压砂平板的研磨机理

预先将细微的研磨剂均匀撒在两平板之间，再使平板相互对研，使细微粉粒嵌入平板之工作表面，构成具有一定牢固性的“多刃研削面”。

零件经这种压砂平板研磨后，零件表面的纹络细密，能得到准确的尺寸、精度和很高的表面光洁度。

(7) 玻璃平板

玻璃平板是对一些研磨时不允许加研磨剂的零件所用的研磨平板。但这些零件的研磨过程中又必须加水，因而要求平板有很好的防锈能力。

玻璃平板通常是由玻璃和普通的平板用环氧树脂粘结而成（图4-8-12）。粘结后进行研磨，其表面光洁度可以根据零件的要求确定。

(8) 压砂平板的结构

使用压砂平板时，往往要根据零件的精度要求对平板的平面性进行调整，特别是当零件的平面性要求在0.5微米以内时。

调整的方法和装置如图4-8-13。

通常因为零件周围环境温度的影响，研磨时往往会使零件产生“凸肚”现象。这时应先将灯打开将平板预热几分钟，之后，对事先做好的试件试研，然后用平晶量是否满足要求。

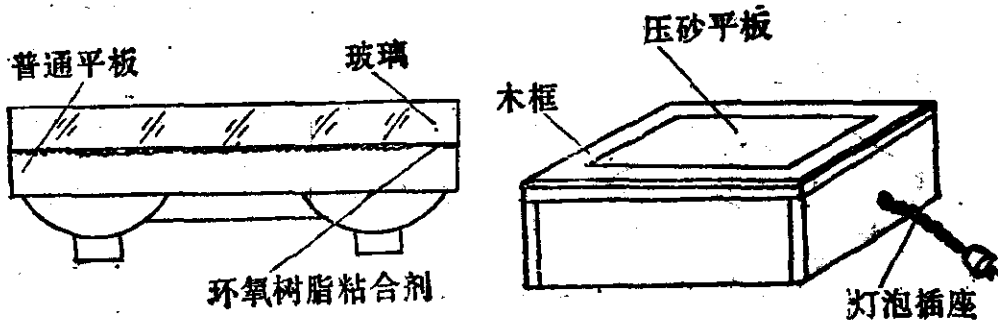


图 4-8-12 玻璃平板

图 4-8-13 压砂平板的调整

使用压砂平板常见问题见表4-8-4。

表 4-8-4 使用压砂平板常见问题

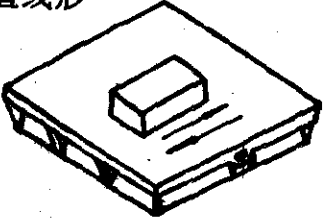
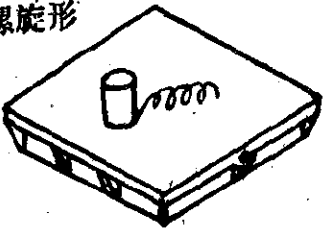
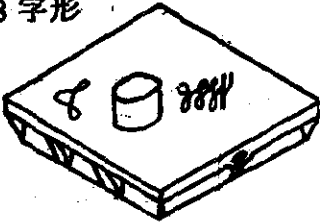
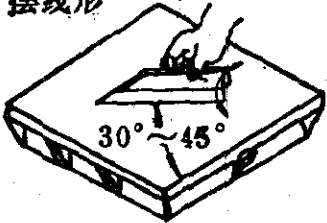
问 题	原 因	解 决 方 法
1. 切削不均匀	研磨剂不均匀	将研磨剂涂均
2. 切削规律划伤	混进粗砂粒	用天然油石打掉粗砂粒
3. 表面颜色发黄	平板表面已无切削力	重新压砂
4. 无规律划伤	平板表面有研屑混入	清洗表面，少涂一滴硬脂后用汽油稀释

4. 手工研磨的运动轨迹

手工研磨的运动轨迹一般采用直线、摆线、螺旋线和仿8字形等几种。不论那一种轨迹的研磨运动，其共同特点是工件的被加工面与平板工作面作相密合的平行运动。这样的研磨运动既能获得比较理想的研磨效果，又能保持平板的均匀磨损，提高平板的使用寿命。

表4-8-5为各种研磨轨迹的比较。

表 4-8-5 研 磨 轨 迹 的 比 较

轨 迹 及 图 示	应 用 和 效 果
<p>直线形</p> 	<p>直线研磨运动的轨迹不能相互交错，这种轨迹容易直线重迭，光洁度不高，但可获得较高的几何精度</p>
<p>螺旋形</p> 	<p>用于研磨圆片或圆柱形零件的端面，能获得较高的光洁度和平面度</p>
<p>8字形</p> 	<p>多用于小平面的零件的研磨，能使相互研磨的面保持均匀的接触</p>
<p>摆线形</p> 	<p>多用于研磨或修理刀口平尺及四棱平尺等</p>

5. 研磨用磨料

磨料在研磨中起切削作用。研磨加工的效率、精度和表面光洁度都与磨料有密切的关系。

(1) 常用磨料

1) 氧化物磨料

主要用于碳素工具钢及有色金属的研磨。

2) 碳化物磨料

主要用于硬质合金、陶瓷、硬铬等高硬度零件的研磨。

但这种磨料不能做超精密研磨。

3) 金刚石磨料

常用金刚石磨料有两种：一种是天然金刚石，一种是人造金刚石。金刚石磨料的切削能力比氧化物和碳化物的磨料都高。主要用于硬质合金、硬铬、陶瓷、宝石等高硬度零件的超精密研磨。由于价格昂贵，使用时应注意回收。

磨料系列与用途见表4-8-6。

表4-8-6

磨料的种类和用途

分类	名称	代号	物理性质	用途
氧 化 铝 系	棕刚玉	GZ	棕褐色，硬度高，韧性好，价格便宜	粗、精研磨钢、铸铁
	白刚玉	GB	白色，硬度比棕刚玉高，韧性强	精研磨淬火钢、高速钢、高碳钢
	铬刚玉	GG	玫瑰红或紫色，韧性好，研磨光洁度高	研磨量具及高光洁度表面的零件
	单晶刚玉	GD	淡黄色或白色，韧性和硬度比白刚玉高	研磨不锈钢、高钒高速钢及韧性好的材料

续表

分类	名称	代号	物理性质	用途
碳化物系	黑碳化硅	TH	黑色有光泽，硬度比白刚玉高，脆而锋利，导电、导热性能好	研磨铸铁、黄铜、铝、耐火材料及非金属材料
	绿色碳化硅	TL	绿色，硬度和脆性比黑碳化硅高，有良好的导热性和导电性	研磨硬质合金、硬铬、宝石、陶瓷、玻璃材料
	碳化硼	TP	灰黑色，硬度次于金刚石，耐磨性好	精研磨和抛光硬质合金、人造宝石等硬材料
金刚石系	人造金刚石	JR	无色透明或淡黄色，或黄绿色，硬度高，比天然金刚石略脆，表面粗糙	粗精研磨硬质合金、人造宝石
	天然金刚石	JT	硬度最高，价格昂贵	精研或超精研磨硬质合金，光洁度可达 $\nabla 13$
其他	氧化铁		红色或暗红色，比氧化铬软	精研磨抛光铁、玻璃等材料
	氧化铬		深绿色	

(2) 磨料的粒度

磨料的粒度分为三组：磨粒、磨粉、微粉。磨粒在研磨中不用，所以在此不作介绍。磨粉、微粉的代表方法如下：

以号标注。一般在数字的右上角加一“#”，如240#等。微粉在表示具体粒度的数字之前加一“W”（旧符号为“M”），如W10或W5等。

在各种磨料的粒度中分有粗、中、细不同的颗粒。中等粒度是磨料中的基本粒度，是决定磨料的研磨能力的主要因素，中等粒度在粒度组成中占35~60%。磨料粒度参看表4-8-7。

表 4-8-7

磨 料 的 粒 度

(微米)

组 别	号 数	基本尺寸	号 数	基本尺寸
磨 粉	100*	160~125	180*	80~63
	120*	125~100	240*	63~50
	150*	100~80	280*	50~40
微 粉	W40	40~28	W5	5~3.5
	W28	28~20	W3.5	3.5~2.5
	W20	20~14	W2.5	2.5~1.5
	W14	14~10	W1.5	1.5~1
	W10	10~7	W1	1~0.5
	W7	7~5	W0.5	0.5~更细

(3) 常用研磨粉

表 4-8-8

研 磨 粉 的 选 用

研 磨 粉 号 数	用 途	可 达 到 的 光 洁 度
100~280*	用于初研磨	
W40~W20	粗研磨加工	▽9~▽10
W14~W7	半精研磨	▽10~▽11
W5以下	精研磨加工	▽11~以上

(4) 金刚石研磨膏的规格及使用

表 4-8-9

金 刚 石 研 磨 膏 的 规 格

规 格	基本尺寸(μ)	颜 色	可加工光洁度等级
W16	16	青 莲	$\nabla 10 \sim \nabla 11$
W10	10	蓝	$\nabla 11 \sim \nabla 12$
W7	7	玫 瑰 红	$\nabla 11 \sim \nabla 12$
W5	5	桔 黄	$\nabla 11 \sim \nabla 12$
W3	3	草 绿	$\nabla 11 \sim \nabla 12$
W1	1	桔 红	$\nabla 12 \sim \nabla 13$
W0.5	0.5	天 蓝	$\nabla 13 \sim \nabla 14$
W0.25	0.25	棕	镜面研磨
W0.1	0.1	中 蓝	镜面研磨

6. 润滑剂及研磨剂的配比

(1) 润滑剂

研磨用的润滑剂应具备以下条件:

1) 通过润滑剂调和的研磨剂要能均匀地粘吸在平板和
其它的研磨工具上。所以它的粘度和稀释力要好。

2) 要有良好的润滑性, 并能起到冷却的作用。

3) 对零件无腐蚀作用、对人身无损害且易洗涤。

常用于研磨的润滑剂见表4-8-10。

表 4-8-10 常 用 于 研 磨 的 润 滑 剂

类别	名 称	在 研 磨 中 起 的 作 用
液 态	煤 油 汽 油 机 油	煤油在研磨中润滑性能好, 能粘吸研磨剂 稀释性能好, 能使研磨剂均匀的吸附在平板及研磨工具上 润滑性能好, 粘吸性能好
固 态	硬 脂 酸 石 蜡 脂 肪 酸	能使零件与平板或研磨工具之间产生一层极薄的较硬的 润滑油膜

(2) 常用研磨剂

表 4-8-11 用于压砂平板或工具的研磨剂

名 称	粒 度	数 量
研 磨 粉	W3.5	20克
硬 脂 酸		0.5克
航 空 汽 油		200毫升

表 4-8-12 用于研磨平板的研磨剂

名 称	粒 度	数 量
研 磨 粉	W3.5	15克
硬 酸 脂		8克
航 空 汽 油		200毫升
煤 油		15毫升

固态研磨剂实际上是指研磨膏。常用的研磨膏有以下几种配方：

表 4-8-13 抛光用研磨膏配方

名 称	选 法	百分比(%)
氧 化 铬	筛 选 精 细	60
石 蜡		22
蜂 蜡		4
硬 脂 酸	加 热 沉 淀	11
煤 油		3

表 4-8-14

研 磨 用 研 磨 膏 配 方

名 称	规 格	百分比(%)
氧 化 铬	W3.5, W5均可	20
氧 化 铝		40
硬 脂 酸		25
电 容 器 油		10
煤 油		5

研磨剂中的煤油加入量应考虑下列条件：如平板的组织疏松硬度低（在HB100~120范围内），煤油的加入量就应当多些；若平板的组织致密，硬度高（在HB140以上），煤油就要少些。

制作研磨膏时，可先将氧化铬与电容器油或钟油放在一烧杯内加热，10分钟后取下，待冷却后将浮在上面的一层倒出待用。

研磨膏的配方每个单位都有自己的方法，这要根据本单位的具体情况而定。

7. 研磨量

(1) 研磨余量

研磨在精密加工工艺过程中往往被安排在最后一道工序。所以研磨切削能力较差。对其加工余量，可以从下列三个方面来考虑选择。

1) 一般每研磨一遍所研去的金属层厚度不超过0.002毫米。如面积大或形状复杂精度要求高的零件，研磨应取较大的余量值。

2) 根据预加工的质量选取；预加工的质量高，研磨余

量取较小的值；反之取较大的值。

3) 要从实际出发；双面、多面和位置精度要求很高的零件，应根据实际情况选择余量的值。

表 4-8-15 研 磨 留 量

零件形状	机加形式	光洁度	留研量 (μ)	研后光 洁度	备 注
平 面	精 磨	$\nabla 7 \sim \nabla 8$	3~15	$\nabla 10$	1. 面积小留量少； 2. 前工序光洁度高留量可少
	刮 研	$\nabla 6 \sim \nabla 7$	20~30		
内 圆	内孔磨	$\nabla 7 \sim \nabla 9$	5~20	$\nabla 10$	1. 直径小，长度短留量可少； 2. 长度越长留量越应多
	精 车	$\nabla 6$	20~40		
	铰 孔	$\nabla 5 \sim \nabla 6$	20~50		
外 圆	外圆磨	$\nabla 7 \sim \nabla 8$	10~30	$\nabla 10$	
	精 车	$\nabla 6$	20~35		

注 此表供参考，因为研磨留量和零件的材料、热处理情况、硬度及零件的精度有关。

(2) 研磨速度和研磨压力

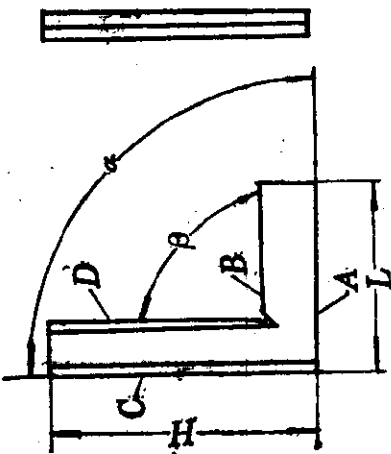
研磨速度和研磨压力应根据操作者的身体条件、技术熟练程度和零件的材质好坏、硬度高低及技术要求等项来灵活掌握。研磨速度和研磨压力对研磨效果有明显的影响。在一定的范围内，研磨压力与研磨速度成正比。一般手工粗研磨压力约 1—2 公斤/厘米²，精研磨压力约 0.1~0.5 公斤/厘米²。粗研磨往复速度约为 40~60 次/分，精研磨往复速度约为 20~40 次/分。

8. 研磨实例

(1) 90°角尺的研磨

表 4-8-16

90° 角尺的精度要求



类别	工作角 $\alpha\beta$ 在垂直度上的偏差 ±(微米)		侧面长度垂直度偏差 ±(微米)		长边工作面的平面度和不直度 ±(微米)		短边工作面的平面度偏差 ±(微米)		短边长度在平面上的偏差 ±(微米)		工作长度上的偏差 ±(微米)		圆弧在1.5°内直度 ±(微米)			
	0	1	0和1	2	0	1	2	0	1	2	0	1	2	0	1	2
50~63	3	6	50	150	1	1.5	3	1	2.5	5	2	7	16	0.75	1.5	2
80	3	7	50	150	1	1.5	3	1	2.5	5	2	9	18	0.75	1.5	2
100	3	7	50	150	1	1.5	3	1.5	2.5	5	3	9	18	0.75	1.5	2
125	3	8	60	180	1	1.5	3	1.5	3	6	3	10	20	0.75	1.5	3

160	4	8	18	60	180	1	1.5	3	1.5	2	6	3	10	20	0.75	1.5	3
200	4	9	20	70	200	1	2	4	1.5	3	6	3	12	25	0.75	1.5	3
250	5	10	20	80	240	1	2	4	2	3.5	7	3	12	30	1.5	3	4
315	5	11	25	80	240	1.5	2.5	5		4	8	4	14	30	1.5	3	4
400		13	30	100	300		3	6		4.5	10		16	40	2	4	6
500		15	35	100	300		3.5	7		5	10		20	40	2	4	6
650		18	40	130	400		4	8		6	12		24	50			
800		20	50	160	500		5	10		7	15		30	60			
1000		25	60	190	600		6	12		8	16		35	70			
1200			70		700			15			20			90			
1600			90		800			20			25			100			
2000			100		1000			25			30			120			

注 1. 平面度和平直度的偏差, 是以工作面(平面或母线)上各点距理论平面(或直线)的最大距离来确定的。工作面的最高和最低点以理论平面相对称。

2. 表中所示长边的平面度和平直度偏差, 适用于整体形样板角尺的宽边。

3. 平板角尺、宽底座样板角尺和整体样板角尺的工作角在将角尺自中间位置向两边转 15° 时, 其误差不得超过表中所规定的数值。

4. 平板角尺、宽底座样板角尺的侧面对支承面垂直度的偏差, 不予规定。

5. 三级精度的 90° 角尺, 其技术要求表中未列入

1) 研磨A面

用双手捏持角尺的两侧面，平稳地推动平面样板角尺作纵向和横向移动，进行研磨（如图4-8-14，a）。用刀口平面光隙法检验，以矩形角尺配合标准平尺检验。

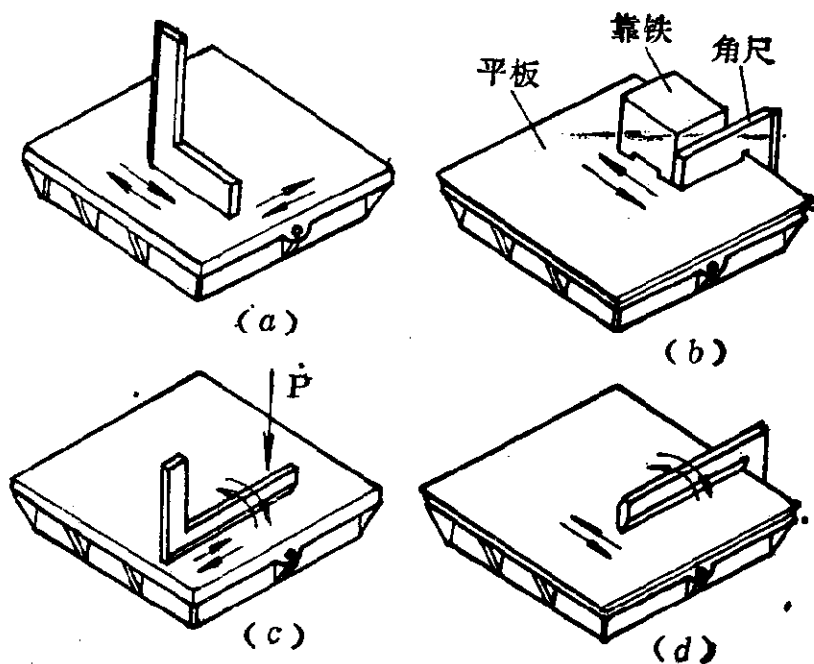


图 4-8-14 90°角尺的研磨

2) 研磨B面

B面研磨时要用靠铁靠位角尺的侧面。B面因不能在平板上作遍及板面的研磨运动（如图4-8-14，b），故其平整度及光洁度均难达到要求。

3) 研磨C面

用双手捏持角尺（长边）两侧做横向摆动和纵向移动，使C面由尖刃状或小平面状研成R0.2毫米（如图4-8-14，c）的圆弧面。因而研磨量很少，故应在研磨过程中经常检验。

由于角尺的重量不一样，研磨时应注意压力的平衡。

4) 研磨D面

D面研磨只能使平板的一边围绕刃部作左右摆动。由于D面是内角中的圆弧面，所以研磨时应注意保护已研好的B面不被撞伤和划伤（如图4-8-14，d）。

由于作用在角尺上的力和温度所引起的变形有时会超过精度的规定范围。为了克服以上的变形，研磨时应采用“间歇法”研磨，即将零件研磨到一定的精度时停下降温。

(2) 铰刀的研磨

标准圆柱铰刀，直径一般均留有0.005~0.02毫米的研磨量，刃带的光洁度也不高，只能用于铰4级以下精度的孔。若铰3级以上的精度孔时，则要先将铰刀直径研磨至与零件相符合的尺寸精度。

研磨时，如使用可调的研具，如图4-8-15，应先将研磨套孔径调整到大于铰刀的外径，接着在铰刀的表面或研套孔内涂上研磨剂，将铰刀塞入研套内，再调整研磨套与铰刀的间隙，使研磨套能在铰刀上自由滑动和转动。然后把铰刀装夹在机床上，开反车，使铰刀以铰削回转相反的方向旋转，同时用手捏住研具，沿铰刀轴向往返移动和缓慢地作与机床主轴转向相同的转动。

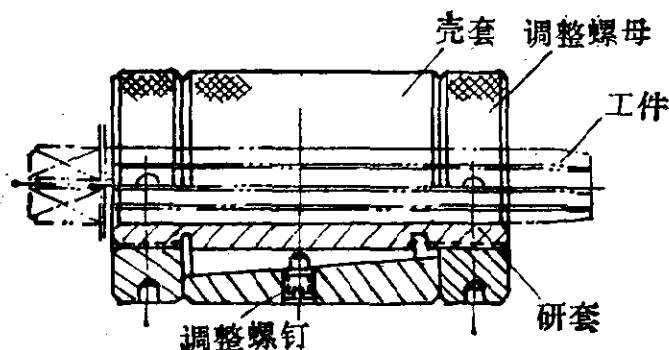


图 4-8-15 可调式研磨套

机床转速以40~60转/分钟为宜，如铰刀直径较大，则取机床最低速度。研磨时应随时注意研磨质量，随时测量尺寸精度是否合格。

(3) 孔的研磨

孔的研磨有两种操作方法，一种是手工操作，另一种是半手工操作（用机床带动零件转）。手工操作研磨用在零件较重或孔径较大时，半手工操作大都是一般的小零件或小孔。零件较重孔径较大且数量少时，通常采用不可调的研磨棒，而对一般较小的零件，数量较多时，通常采用可调研磨棒。

1) 纯手工研磨 先将研磨棒清洗干净，并在外圆涂一层薄而均匀的研磨剂，而后插入孔内，双手掌握正研磨棒，使研磨棒作反、正方向转动，同时作轴向往复移动，以保证零件的整个研磨面得到均匀地研削。

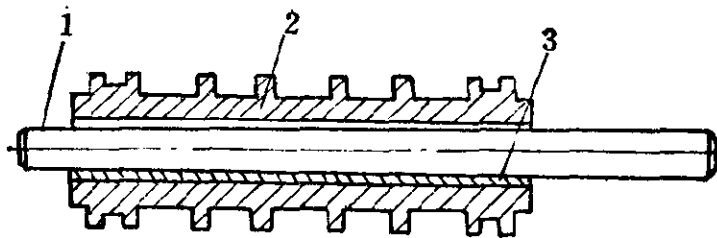


图 4-8-16 研磨棒研磨内孔

1—芯轴；2—阀套；3—研磨棒

2) 半手工研磨 机床配合手工研磨法，如图4-8-16所示，先将研磨棒清洗干净，夹在机床上，并在外圆上涂一层薄而均匀的研磨剂，而后将零件套入研磨棒，调整好研磨间隙，然后开动机床，手捏零件使在研磨棒轴向的全长上来回移动，不得在某一段上停留。而且必须使零件作断续旋转，用以消除由于零件的自重而造成的椭圆等缺陷。采用以上两

种研磨方法，在研磨过程中，都应当注意研磨棒的调整，保持适当的研磨间隙，而且要不断地检查研磨质量，如发现零件有锥度，即可将零件或研磨棒调头后再进行调整间隙作校正性研磨。对某些有台阶的零件，则可在其相对尺寸小的部位涂敷研磨剂进行研磨，以消除锥度。

(4) V形槽的研磨

在精密量具和精密仪器的生产和维修当中，如V形槽、导轨，大都要通过研磨来补偿预加工不足的精度。

研磨V形槽的特点与研磨角尺内角面基本相同，即不能在平板上作遍及板面的研磨运动，而只能使用专用研磨工具沿V形槽作直线往复运动。因此要保证研磨质量，还要掌握正确的研磨方法。

研磨V形槽零件时，经常采用整体的研磨工具，也可以将研磨平板的侧面作为研磨工具。研具的长度约大于零件长度的 $1/3 \sim 1/2$ ，宽度约比V形槽宽度大 $1/4$ ，厚度是V形槽深度的 $2 \sim 3$ 倍，使保持足够的强度而不致变形，且要便于操作。

研磨V形槽的方法有两种。研磨时，根据零件的几何形状和技术要求，首先将V形槽的一个侧平面研磨平直，作为测量基准，以便在研磨过程中能够准确地检验精度，如图4-8-17。两种具体研磨方法为：

1) 整体式研磨V形槽(图4-8-18) 这是人们经常采用的整体式研具研磨V形槽零件的方法。研磨时，将零件两侧垫上软钳口，夹持在台虎钳或平口钳上，根据以侧平面为基准测得的偏差，有侧重地使用工作压力，一个槽面一个槽面地进行。研磨槽面时，因为研具不易掌握平稳，往往出现凸肚，这种毛病可以这样来解决：

①有意识地将研具的中间部位略微研凸一些，但应注意这一微量凸肚只限于长度方向。再在研具中间部位涂敷研磨剂，并以短距离的移动，增加对V形槽平面的中间部位的研磨次数。

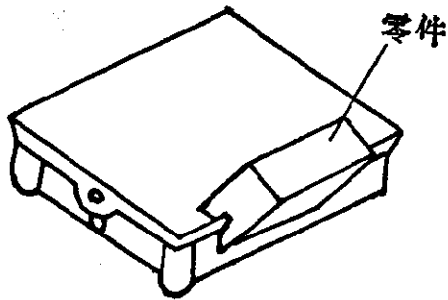


图 4-8-17 V形槽的研磨

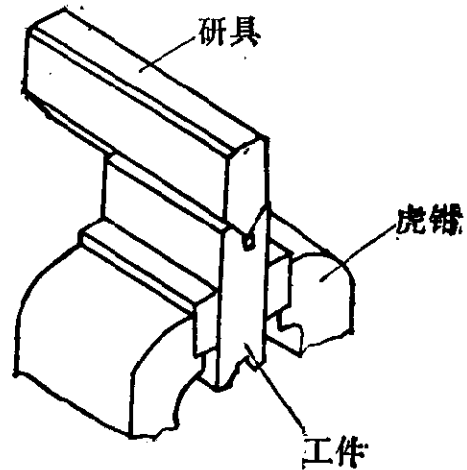


图 4-8-18 用研具整体研磨V形槽

②在研磨过程中始终保持研具移动的距离，保证研具的整个工作面损耗均衡，使零件的被研磨面得到一致的研磨。

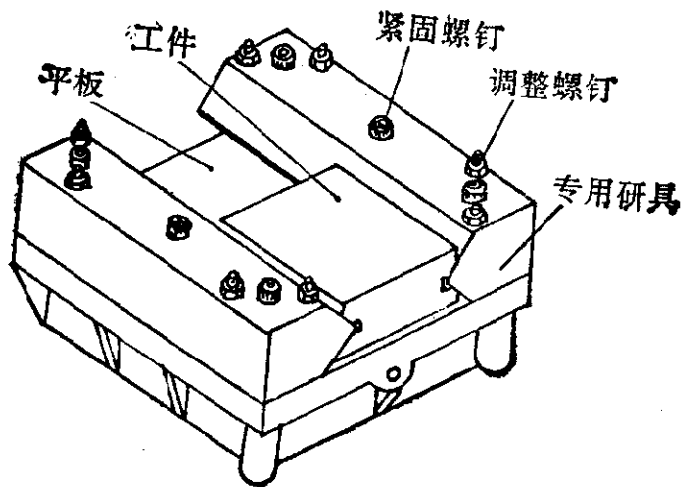


图 4-8-19 用专用研具研磨V形槽

2) 用专用研具研磨V形槽 如果零件上有两个V形槽在同一中心线上, 而且要求互相平行并与基面等高, 可做如图4-8-19所示的专用研具进行研磨。操作比较容易掌握, 即把角度相等的两块研具用螺钉拧在平板上, 调整好高度及平行度后即可使用, 研磨时同样以侧平面为基准测得的偏差为依据, 施加工作压力, 作直线往复运动。

9. 研磨产生废品的原因及防止方法

研磨时可能产生废品, 其形式、形成原因及防止方法见表4-8-17。

表 4-8-17 研 磨 产 生 废 品 的 分 析

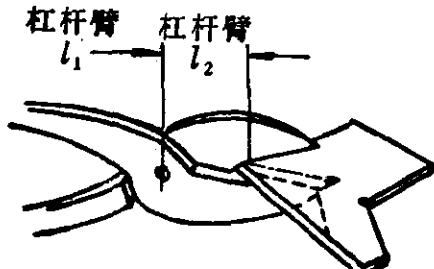

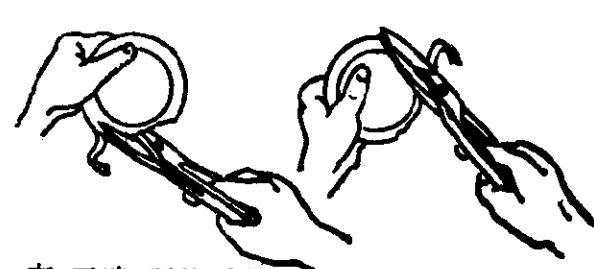
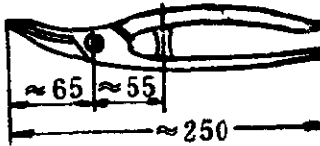
废品形式	废品产生原因	防止方法
表面不光 洁	1. 磨料过粗 2. 研磨液不当 3. 研磨剂涂得太厚	1. 正确选用研磨料 2. 正确选用研磨液 3. 研磨剂涂得要适当
表面拉毛	研磨剂混入杂质	重视并做好清洁工作
平面成凸 状或孔口扩 大	1. 研磨剂太厚 2. 孔口或零边缘被挤出的研 磨剂未擦去 3. 研磨棒伸出孔口太长	1. 研磨剂涂抹要适当 2. 将被挤出的研磨剂擦去 再研 3. 研磨棒伸出长度要适当
孔口椭圆 形或有锥度	1. 研磨时没更换方向 2. 研磨时没有调头	1. 研磨时应交换方向 2. 研磨时应调头研
薄形工件 拱曲变形	1. 零件发热了仍继续研 2. 装夹不正确引起变形	1. 不使零件温度超过50°C, 发热后应暂停研磨 2. 装夹要稳定, 不要夹得太紧

九、钣 金

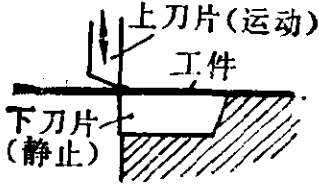
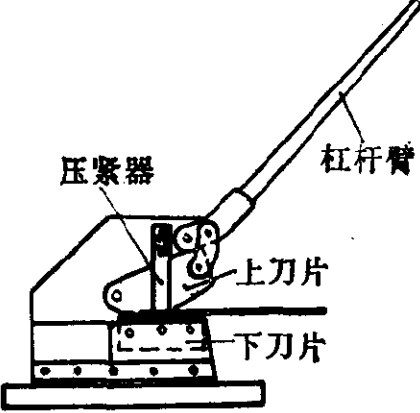
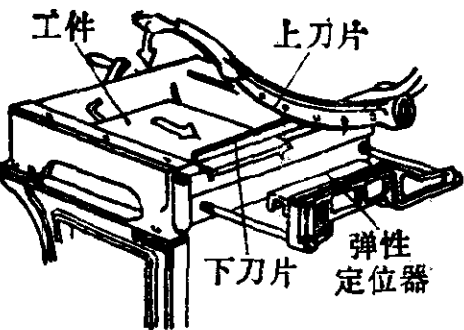
1. 板料的剪切

剪切是利用双刃刀具分割材料的工艺。本节仅就手工剪切作以下介绍。

表 4-9-1 手工剪的种类及用途

名 称	形 状	说 明
手 工 剪		用于剪短的、直的和弯度不大的切口
		剪切长而直的工作件
	 <p>左: 正确, 划线看得见 右: 不正确, 划线被遮住</p>	剪外切圆形零件
		剪切内曲线用

续表

名称	形状	说明
手工剪 电动手工剪刀	 <p>上刀片(运动) 工件 下刀片(静止)</p>	剪切直线或弯度不大的曲线
手动机 杠杆剪	 <p>压紧器 杠杆臂 上刀片 下刀片</p>	剪切4毫米以下的厚板大型零件
器剪 铡刀剪	 <p>工件 上刀片 下刀片 弹性定位器</p>	剪切较长的薄板零件

续表

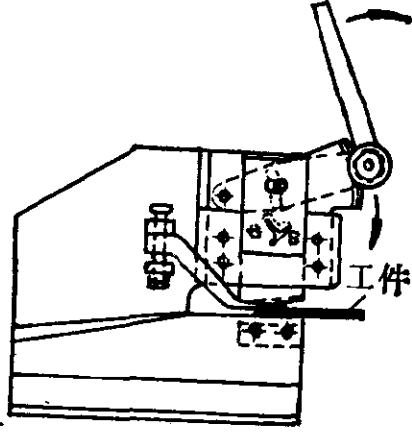
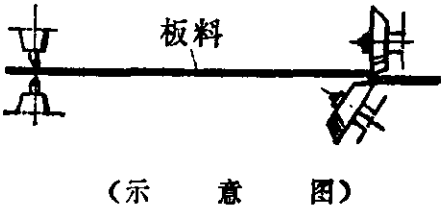
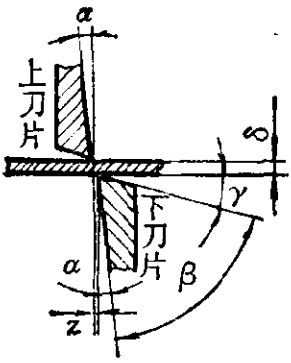
名称	形状	说明
手 动 机 器 平 行 刃 剪 床		剪切厚板件 用。剪切4毫米 以下零件
剪 圆 剪	 <p>(示 意 图)</p>	剪切任意圆和 曲线，但剪切精 度低

表 4-9-2 手工剪切的几何要素

剪切几何要素	简要说明
	当剪硬材料时： 楔角 $\beta = 75^\circ \sim 85^\circ$ 当剪软材料时： $\beta = 65^\circ \sim 70^\circ$ 后角 $\alpha = 1.5^\circ \sim 3^\circ$ 刃口间隙 $z = \frac{1}{10} \sim \frac{1}{20} \delta$

续表

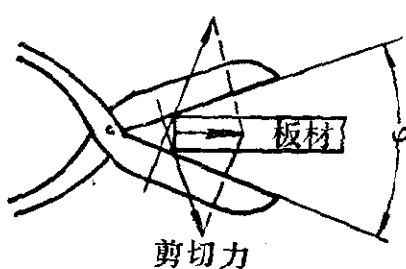
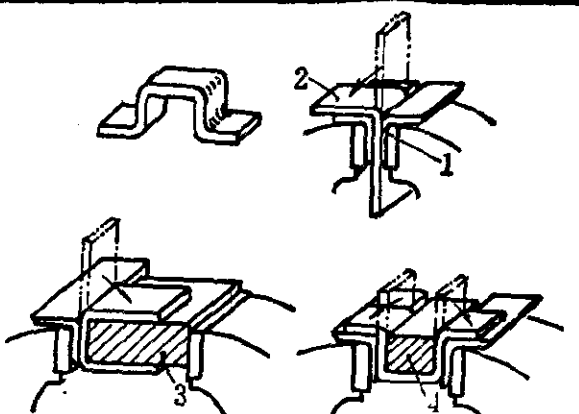
剪切几何要素	简要说明
	<p>刀片的倾角 φ 越大向外的推力越大。 φ 越小剪切断面大，剪切力越大。最好 $\varphi = 14^\circ$</p>

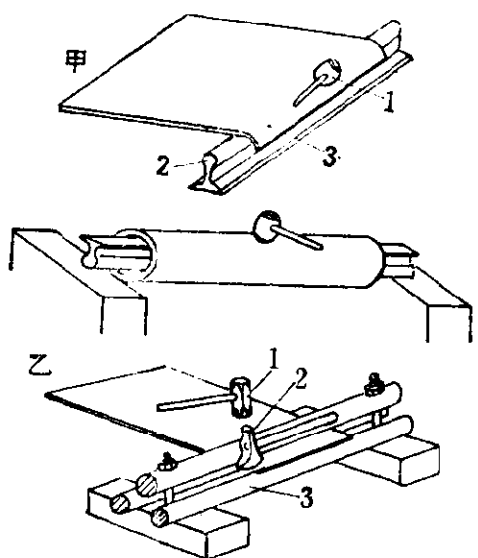
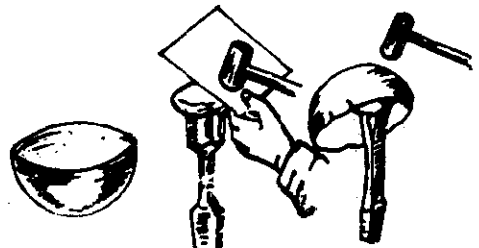
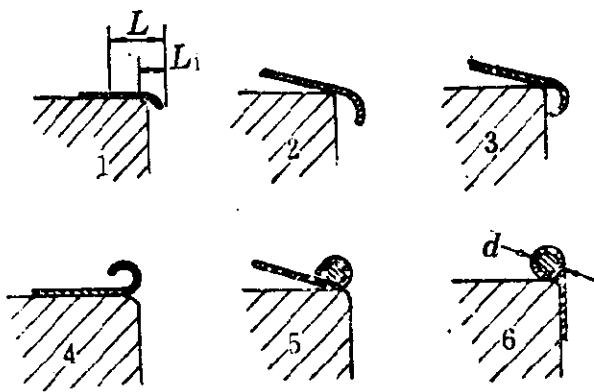
表 4-9-3 剪切缺陷分析

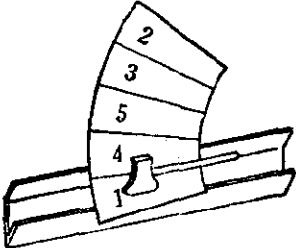
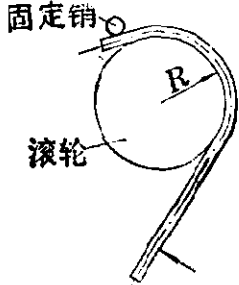
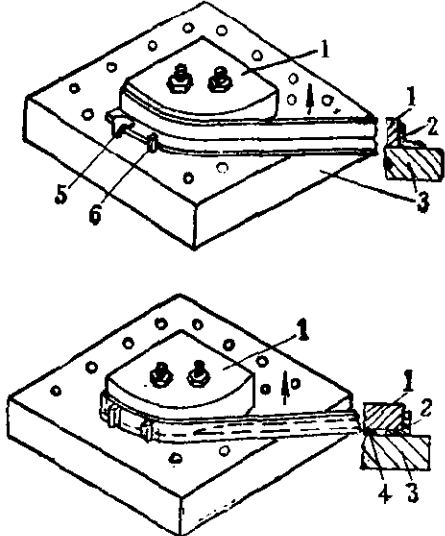
剪切缺陷	原因分析
<p>切口毛刺大 耗费剪切力大 刀片崩刃 刀口偏离划线</p>	<p>两刀刃之间的间隙过大 刀片用钝了 剪切过硬过厚零件时，使剪刀超负荷 剪刀导向不准确，在剪切过程中看不清划线</p>

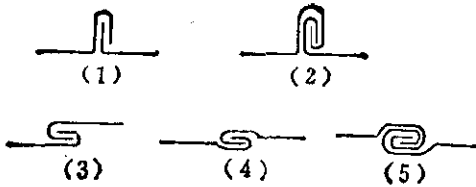
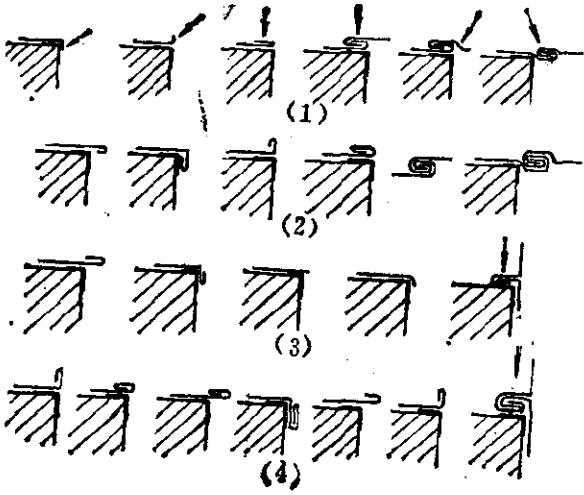
2. 钣金弯曲

表 4-9-4 钣金典型弯曲零件制作

名称	零件形状图示	操作要点
<p>板料弯角形</p>	 <p>1—角钢；2—板料；3、4—垫铁或木块</p>	<p>先把板料划上线，在虎钳上用垫铁或木块夹紧，边用手扳边锤击弯角处</p>

名称	零件形状图示	操作要点
板料弯圆筒	 <p>甲 薄板弯圆 1—木锤；2—钢轨； 3—板料</p> <p>乙 厚板弯圆 1—大锤；2—弧锤； 3—压料装置</p>	<p>薄板弯圆筒，若是咬扣，则先将两端咬扣制出，再将两端与钢轨对平行，用木锤或拍板从两端逐渐向中间敲，接口重合即将咬扣压紧或焊成，然后修圆</p>
拱曲		<p>板料周边起皱向里收，中间打薄向外拉。反复捶击力均匀，冷作硬化要焯火</p>
卷边		<p>先把板料划出二条卷边线，$L = 2.5d$和$L_1 = \frac{1}{4} \sim \frac{1}{3} L$。</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.把板料放到平台上，露出L_1长并弯成90°。 2.3.边向外伸料边弯曲，直到L为止 4.翻转板料，敲打卷

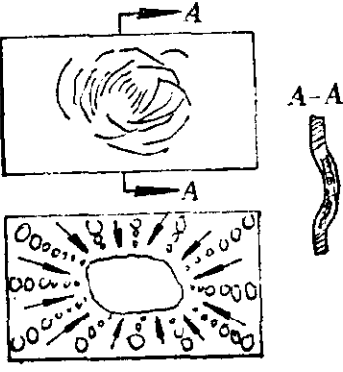
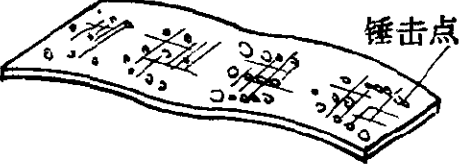
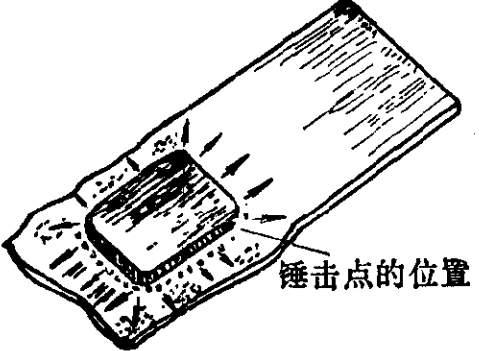
名称	零件形状图示	操作要点
卷边		边向里扣。 5. 将铁丝放入卷边内，边放边扣。 6. 翻转毛料，接口靠紧平台缘角，轻敲接口咬紧
弯截头圆锥		先按区域在板料上划等分线条，按线条捶击，捶击力轻重要注意
弯管子		将空心的管子装满干砂（或灌铅、塞钢丝螺圈），塞好两端轻轻弯。如要加热需留孔。焊管焊缝要对正中性层
角钢煨弯	 <p>1—板型胎；2—角钢；3—平台； 4—垫板；5—大弯卡；6—卡铁</p>	弯曲角钢需型胎，不论内弯或外弯，加热之后速夹紧，边扳边敲紧贴胎

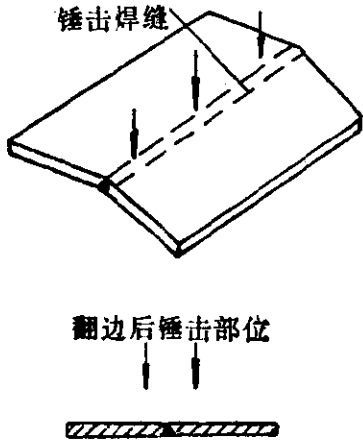
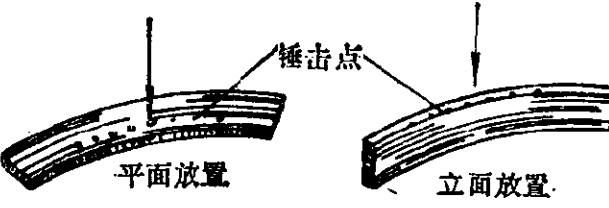
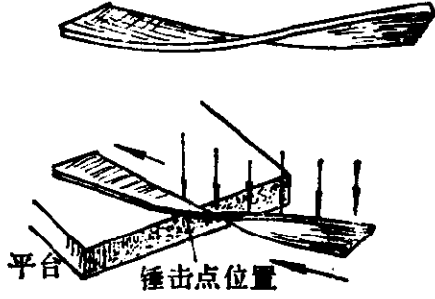
名称	零件形状图示	操作要点
咬缝	 <p style="text-align: center;">咬缝的种类</p> <p>(1)站缝单扣, (2)站缝双扣, (3)卧缝挂扣, (4)卧缝单扣, (5)卧缝双扣</p>	<p>咬缝种类虽很多, 操作基本差不多, 下料留出咬缝量, 缝宽×扣数差不多。</p> <p>根据咬缝种类留余量, 决不可以搞平均。一弯一翻作好扣, 二板扣合再压紧, 边部敲凹防松脱</p>
	 <p style="text-align: center;">咬缝过程</p> <p>(1)卧缝单扣, (2)卧缝双扣, (3)站缝单扣, (4)站缝双扣</p>	

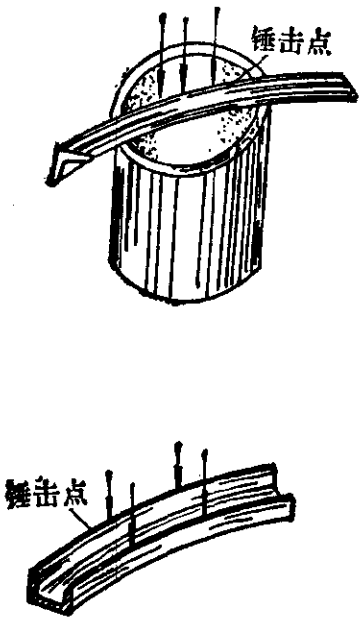
3. 钣金矫正

表 4-9-5

钣金矫正典型操作

项目	图 例	矫 正 要 点
薄板中间凸起变形		<p>板料中间凸变形，用锤敲打凸起的四周逐渐向外移放，锤击力由轻到重</p>
板料波浪变形		<p>锤击弓形两端，由重到轻向内收。直线连续锤击，不能乱击</p>
板料压凸周边变形		<p>四周松，要锤击圆角部分，沿角向外放</p>

项目	图 例	矫 正 要 点
焊缝角变形		<p>两板焊接成角变形，直接锤击焊缝，翻过来再锤击相邻部位</p>
扁料立弯变形		<p>平放，立收，交叉锤击</p>
扁料扭曲变形		<p>可先在虎钳上夹紧，向扭曲的反方向扳，扭曲变小后放在平台上，锤击支承点外侧的扭边。此即为落空法</p>

项目	图 例	矫 正 要 点
型 材 弯 曲 变 形		各种型材弯曲变形，根据弯曲的情况，弯曲部位中间空搁，锤击立筋

4. 钣金软钎焊

(1) 软钎焊的温度

作软钎焊使用的铜制烙铁（图4-9-1），其加热温度都不应超过 500°C 。烙铁上产生的氧化铜，用氯化铵蒸气溶化。烙铁头将锡熔化附在其上，进行焊接。

(2) 软钎焊的操作要点

将待焊工件清刷干净，敷上焊剂，配合好。为提高焊缝强度，焊缝间隙应小。常见的焊缝形式示于图4-9-2。一般用焊钳等将工件夹紧。将加热的烙铁，化一点焊料，敷在焊点上待零件焊牢后。接着用布擦去焊点上的焊剂。

(3) 软钎焊出现的缺陷及其原因

软钎焊常见的缺陷示于图4-9-3。形成这些缺陷的主要原因不外乎：①钎焊间隙过大；②加热不够，焊料未流遍。

(4) 焊剂的作用原理及其种类

软钎焊剂分钎焊液和钎焊油两种。

钎焊液是稀盐酸加锌制成的。盐酸同锌起化学反应时要放出氢气，应小心（图4-9-4）。

焊剂的作用原理：（以钎焊液为例）焊点加热时，钎焊液分解生成盐酸： $ZnCl_2 + H_2O \longrightarrow ZnO + 2HCl$ ，若作铜焊时，则 $2HCl + CuO \longrightarrow CuCl_2 + H_2O$ ，即氧化铜被液态钎焊剂洗掉。使钎焊能顺利进行。常用的软钎焊剂见表4-9-6。

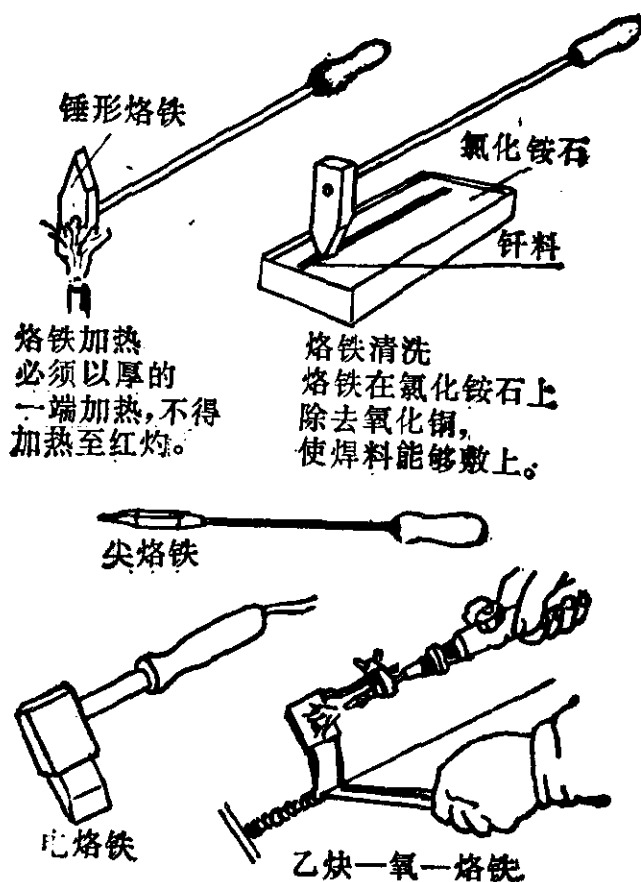


图 4-9-1 软钎焊用烙铁

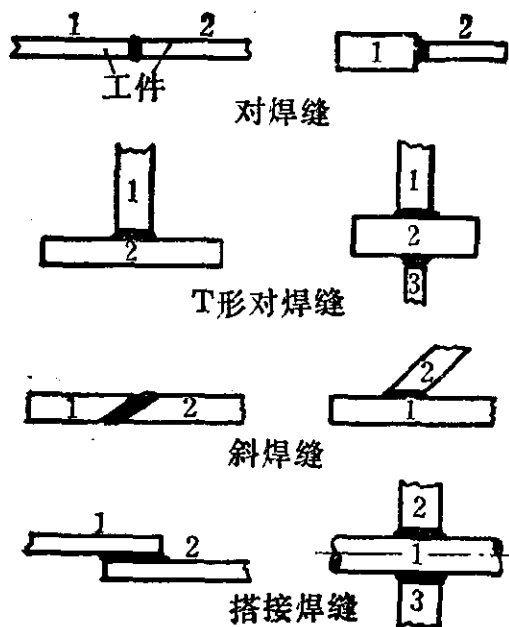


图 4-9-2 钎焊缝的形式



图 4-9-3 软钎焊的缺陷

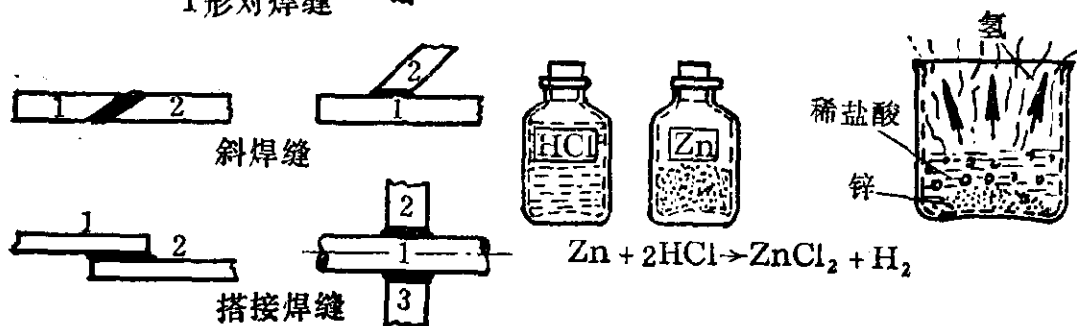


图 4-9-4 钎焊液的制造

表 4-9-6 软钎焊剂的种类及用途

名称	钎焊液	盐酸	焊油	松香	硼砂
成分	锌溶于盐酸中	水:盐酸 1:1.5	松香 牛脂 氯化铵粉末	粉末	
用途	用于镀锡板、铜、铜合金	用于锌或镀锌零件	用于各种金属	用于铅	用于硬钎焊

(5) 软钎焊的焊料

表 4-9-7 软钎焊料性能和使用用途

类别	统一 牌号	名称	化学成分 (%)					熔 化 温 度 (°C)	焊缝机械性能 (公斤/毫米 ²)				用 途
			Zn	Cd	Sn	其他	σ_D		铝	铜	铝	铜	
锌	料501	锌锡焊料	58 ± 2		40 ± 2	其他	350~400	铝	铜	铝	铜	用于铝及其合金的刮 擦焊, 焊时不可不用焊剂	
						Cu 2 ± 0.5		6.2		4	黄铜		
锡	料502	锌锡焊料	60 ± 2	40 ± 2			266~335	6	4		适用于铝及铝合金、 铝和铜的锡焊, 可配合 剂203铝电缆锡焊焊剂 共同使用, 焊缝机械性 能和耐蚀性比锡铅焊料 好		
焊	料503	锡银焊料		95 ± 1		Ag 5 ± 0.5	340~390	10		5.2	4.8	适用于铜、铜合金、 铜与钢等锡焊, 是耐热 锡焊料	
料	料504	铅锡焊料	9 ± 1	9 ± 1		31 ± 2	Pb	150~ 210				广泛应用于铝芯电缆 接头的锡焊, 焊时须配 合剂203焊剂或204有机 焊剂共同使用	

料号	锡铅焊料 1号	Sn	Sb	Pb	杂质	183~277	铜	黄铜	钢	铜	黄铜	钢	工艺性能、机械性能 较差, 常用于 钎焊 黄 铜、镀锌铁皮等
							9	9.7	105	2.1	3.7	5.2	
料601	锡铅焊料 1号	17~18	2~2.5	余量			铜	黄铜	钢	铜	黄铜	钢	应用较广, 用于钎焊 铜、黄铜、铁、锌板、 白铁皮及散热器、仪表 无线电器械和电机扎线 等
							9.1	8.8	11.5	2.7	2.8	5	
料602	锡铅焊料 2号	29~30	1.5~2	余量	<0.5	183~256	铜	黄铜	钢	铜	黄铜	钢	应用最广, 钎焊铜及 铜合金、钢、锌、散热 器、无线电设备等等 件
							7.8	8	10.1	3.7	4.6	6.1	
料603	锡铅焊料 3号	39~40	1.5~2	余量	<0.5	183~235	铜	黄铜	钢	铜	黄铜	钢	抗腐蚀性好, 多用于 钎焊煮制或贮存食品的 器皿和医疗器械的内部 焊接, 适用钢、铜等金 属
							6.5	7	9.5	4.6	4.5	3.8	
料604	锡铅焊料 4号	89~90	≤0.15	余量	<0.3	183~222	铜	黄铜	钢	铜	黄铜	钢	流布性和耐蚀性好, 钎焊铜、铜合金及无线 电设备
							6.5	7	9.5	4.6	4.5	3.8	
料605	锡银焊料	95~97			Ag 3~5	220~232							

锡 铅 焊 料

(6) 钎焊各种材料时的间隙

表 4-9-8

钎焊各种材料时的间隙

(毫米)

钎母料材	铜	铜锌钎料	银基钎料	锡铅焊料	铜磷钎料	铝基钎料	锌铜基焊料
碳钢	0.02~0.15	0.05~0.30	0.05~0.15	0.10~0.50			
不锈钢	0.02~0.15	0.05~0.30	0.05~0.15	0.10~0.50			
铜及其合金		0.10~0.30	0.03~0.15	0.10~0.50	0.02~0.15		
铝及其合金						0.1~0.30	0.15~0.40

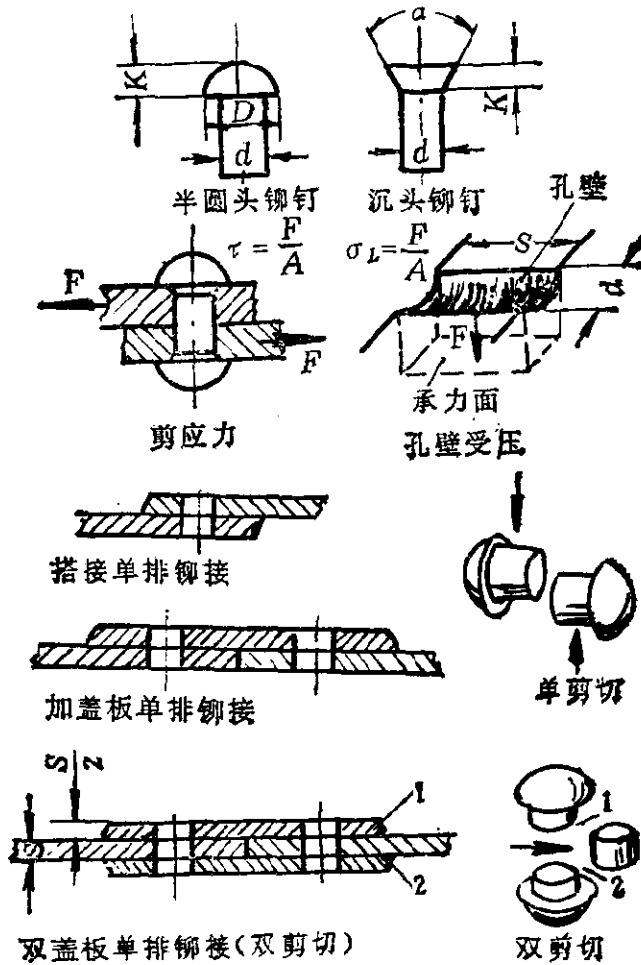


图 4-9-5 铆钉的受力情况

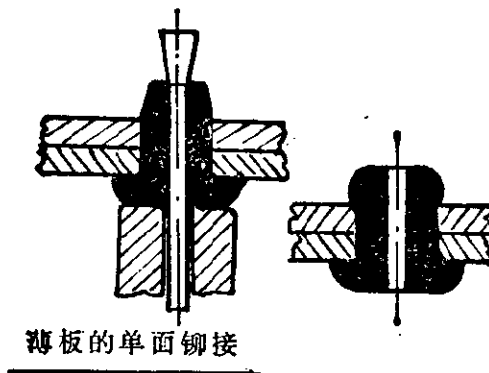
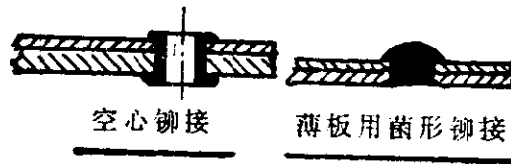
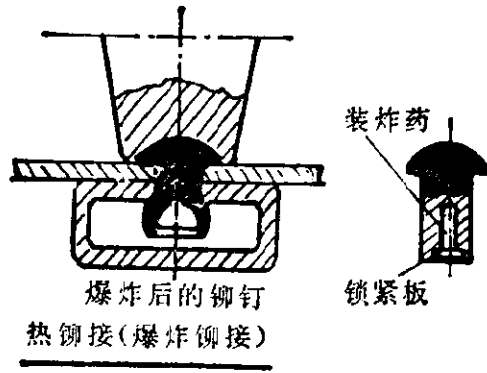
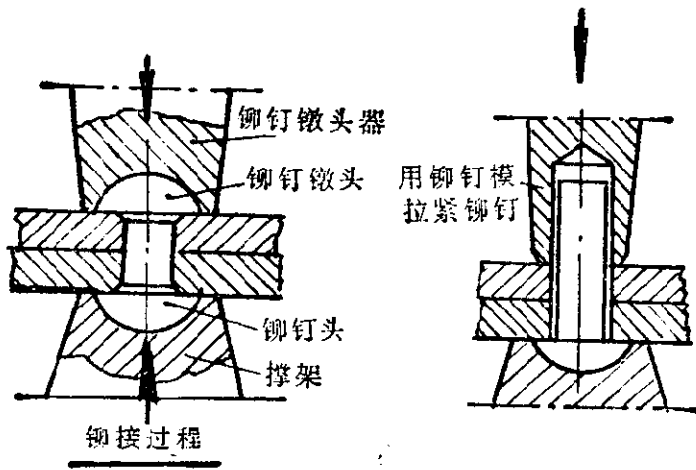


图 4-9-6 铆钉的几种典型铆法

5. 铆接

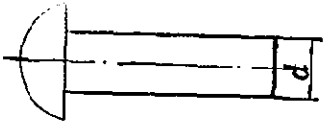
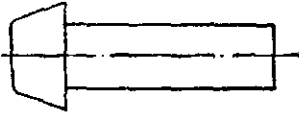
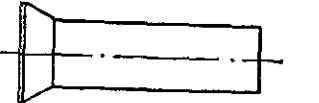
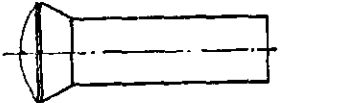
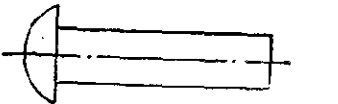
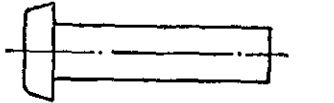
(1) 铆接概述

铆接分冷铆和热铆两种。冷铆是一种形状锁紧连接，热铆是力锁紧连接。

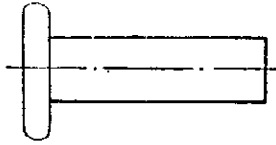
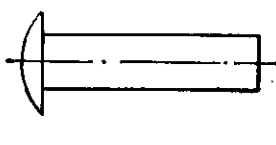
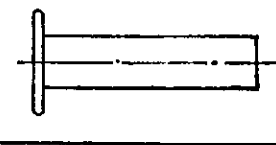
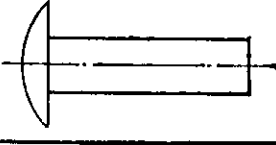
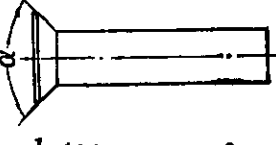
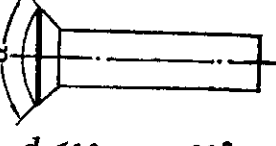
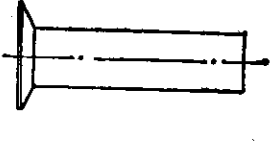
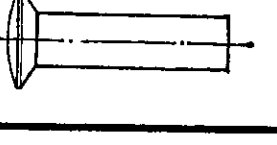
图4-9-5示出了铆钉的各种受力情况，铆钉的几种典型铆法绘于图4-9-6。

(2) 铆钉型式与规格

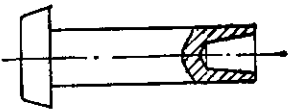
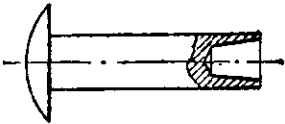
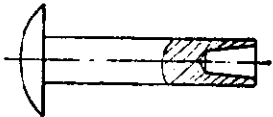

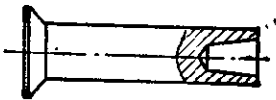

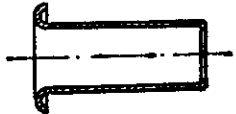
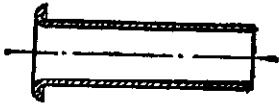
表 4-9-9 铆 钉 型 式 与 规 格

名 称	规格 d (毫米)	简 图
半圆头铆钉 (粗制) GB 863-76	12~36	
平锥头铆钉 (粗制) GB 864-76	12~36	
60° 沉头铆钉 (粗制) GB 865-76	12~36	
60° 半沉头铆钉 (粗制) GB 866-76	12~36	
半圆头铆钉 GB 867-76	0.6~16	
平锥头铆钉 GB 868-76	2~16	

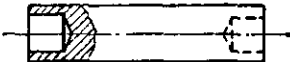

续表

名 称	规格 d (毫米)	简 图
平 头 铆 钉 GB 109-76	2~10	
扁 圆 头 铆 钉 GB 871-76	1.2~10	
扁 平 头 铆 钉 GB 872-76	1.2~10	
大扁圆头铆钉 GB 1011-76	2~8	
沉 头 铆 钉 GB 869-76	1~16	 $d < 10 \quad \alpha = 90^\circ,$ $d > 10 \quad \alpha = 60^\circ$
半 沉 头 铆 钉 GB 870-76	1~16	 $d < 10 \quad \alpha = 90^\circ,$ $d > 10 \quad \alpha = 60^\circ$
120° 沉 头 铆 钉 GB 954-76	1.2~8	
120° 半 沉 头 铆 钉 GB 1012-76	3~6	

续表

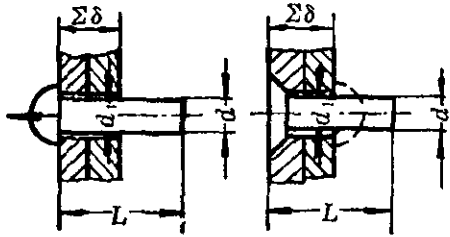
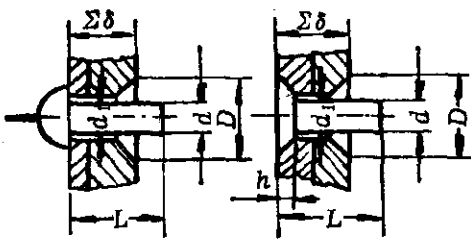
名 称	规格 d (毫米)	简 图
平 锥 头 半空心铆钉 GB 1013-76	1.4~10	
大 扁 圆 头 半空心铆钉 GB 1014-76	2~8	
扁 圆 头 半空心铆钉 GB 873-76	1.2~10	
扁 平 头 半空心铆钉 GB 875-76	1.2~10	
90° 沉 头 半空心铆钉 GB 1015-76	1.4~10	
120° 沉 头 半空心铆钉 GB 874-76	1.2~8	
空 心 铆 钉 GB 876-76	1.4~6	
管 状 铆 钉 GB 975-76	0.7~20	

续表

名 称	规格 d (毫米)	简 图
无 头 铆 钉 GB 1016-76	1.4~10	
标 牌 用 钉 GB 827-76	1.6~5	
铆钉技术条件 GB 116-76		

(3) 铆钉的长度

表 4-9-10 铆 钉 长 度 计 算 (毫 米)

名 称	简 图	计 算 公 式
半圆头铆钉		$L = 1.5d \sim 1.75d + 1.1\Sigma\delta$
沉头铆钉		A 型 $L = 1.1d + 1.1\Sigma\delta$ B 型 $L = 0.8d + 1.1\Sigma\delta$

A型半圆埋头铆钉 B型埋头铆钉

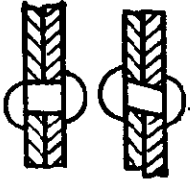
表 4-9-11 铆钉直径和长度系列 (毫米)





直径系列 d	0.6	0.8	1	(1.2)	1.4	1.6	2	2.5	3	(3.5)	4	5										
长度系列 40毫米以内	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
长度系列 100毫米以上	20	以前	同上	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46					
直径系列 d	6	8	10	12	(14)	16	(18)	20	(22)	24	(27)	30	36									
长度系列 40毫米以内	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
长度系列 100毫米以上	48	50	52	55	58	60	62	65	68	70	75	80	85	90	95	100	110					

(4) 铆接的缺陷及预防




表 4-9-12





铆接缺陷及其预防

缺陷种类	缺陷形状	产生缺陷原因	预防措施	消除方法
铆钉头与铆头不在同一轴线上		1. 铆接时, 风枪未放垂直。 2. 风压过大使钉杆弯曲。 3. 钉孔倾斜	1. 开始铆接时小开风门。 2. 风枪与钉杆中心线保持在同一中心线上。 3. 钻孔(或冲孔)时刀具与构件垂直	偏心 $\geq 0.1d$, 更换铆钉

<p>铆钉头四周未与铆接构件表面密合</p>		<p>1. 孔径过小或钉杆有毛刺。 2. 风压不够。 3. 顶钉力量不够或未顶严</p>	<p>1. 铆接前先检查孔径。 2. 引钉时消除钉杆毛刺和氧化皮。 3. 风压不足停止铆接。 4. 开始铆接时小开风门</p>	<p>更换铆钉</p>
<p>铆钉头有一部分和铆接构件表面未密合</p>		<p>1. 铆窝头偏斜。 2. 钉杆长度不够</p>	<p>1. 风枪保持垂直。 2. 计算好铆钉杆长度</p>	<p>更换铆钉</p>
<p>构件被铆钉胀开</p>		<p>1. 构件相互贴合不严。 2. 螺栓未紧固或松得太快。 3. 孔径过小</p>	<p>1. 铆接前先检查构件是否贴合和孔径大小。 2. 紧固螺栓及铆接后再拆除螺栓</p>	<p>更换铆钉</p>
<p>铆钉形成突头及克伤板料</p>		<p>1. 风枪放置不垂直。 2. 钉杆长度不足。 3. 铆窝头过大</p>	<p>1. 铆接时风枪放置与构件表面垂直。 2. 计算铆钉杆的所需长度。 3. 更换铆窝头</p>	<p>更换铆钉</p>

续表

缺陷种类	缺陷形状	产生缺陷原因	预防措施	消除方法
铆钉杆在钉孔内弯曲		铆钉与钉孔配合间隙过大	1. 选用适当的铆钉。 2. 开始铆接时小开风门	更换铆钉
铆钉头与墩头上有裂纹		铆钉材料塑性不好	检查铆钉材质，试验铆钉的塑性	更换铆钉
铆钉头周围有帽缘		1. 钉杆太长。 2. 铆窝头太小。 3. 铆接时过长	1. 计算钉杆所需长度。 2. 更换铆窝头。 3. 减少过多的击打	a \geq 3毫米 b \geq 1.5~3毫米 拆除更换

<p>铆钉头过小， 高度不够</p>		<p>1. 钉杆较短或孔径过大。 2. 铆窝头过大</p>	<p>1. 计算或按实际需要加长钉杆。 2. 更换铆窝头</p>	<p>更换铆钉</p>
<p>铆钉头上克有 伤痕</p>		<p>铆窝头击在铆钉头上</p>	<p>注意紧握风枪，防止跳动过高</p>	<p>更换铆钉</p>
<p>铆钉原头位置 偏移</p>		<p>顶钉位置不当</p>	<p>顶钉顶在铆钉与顶杆同一中心线上</p>	<p>偏心 $\geq 0.1d$ 更换铆钉</p>
<p>铆钉头不成半 圆形</p>		<p>1. 开始铆接时钉杆弯曲。 2. 未将钉杆墩粗</p>	<p>开始铆接时风枪放置垂直，小开风门，墩粗成圆头时，则大开风门</p>	<p>更换铆钉</p>

6. 钣金展开下料

表 4-9-13

展 开 图 例 展 开 图 例

名称	展 开 图 例	简 要 说 明																	
直 线 的	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>①</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>②</p> </div> </div>	<p>直线与投影面的关系、投影规律如下：</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th>图 号</th> <th>类 别</th> <th>名 称</th> <th>水 平 投 影</th> <th>正 面 投 影</th> <th>侧 面 投 影</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td rowspan="2">垂 直</td> <td>⊥H 铅垂线</td> <td>点</td> <td>实 长</td> <td>实 长</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>⊥V 正垂线</td> <td>实 长</td> <td>点</td> <td>实 长</td> </tr> </tbody> </table>	图 号	类 别	名 称	水 平 投 影	正 面 投 影	侧 面 投 影	1	垂 直	⊥H 铅垂线	点	实 长	实 长	2	⊥V 正垂线	实 长	点	实 长
图 号	类 别	名 称	水 平 投 影	正 面 投 影	侧 面 投 影														
1	垂 直	⊥H 铅垂线	点	实 长	实 长														
2		⊥V 正垂线	实 长	点	实 长														

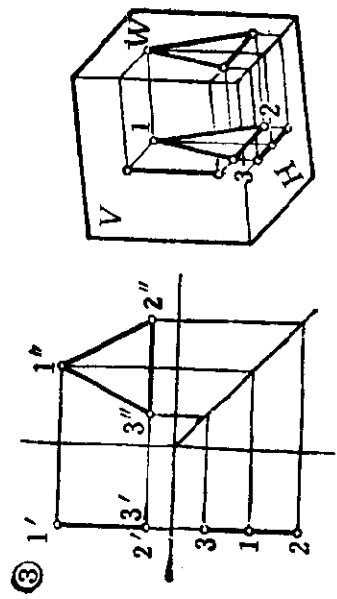
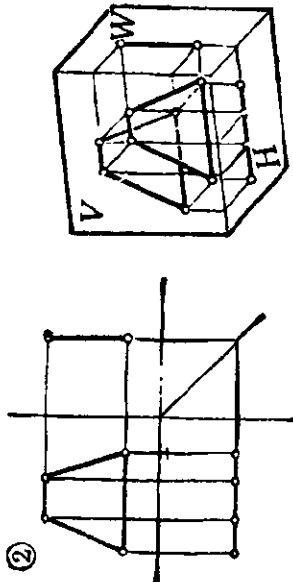
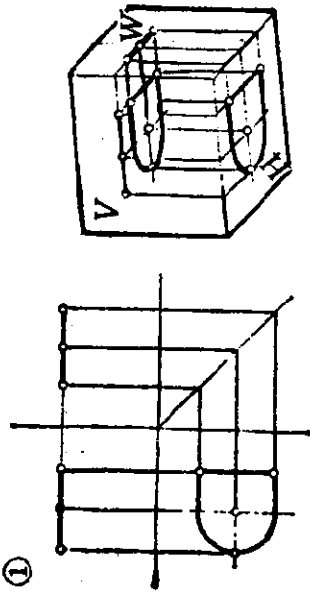
3			4			5		
线			平			行		
侧垂线			//H			//V		
实长			实长			变短		
实长			变短			实长		
点			变短			变短		
③			④			⑤		

投 影 规 律

名称	展 开 图 例	简 要 说 明											
直 线 的 投 影 规 律		图 号	6	类 别	平 行 线	名 称	//W 侧 平 线	水 平 投 影	变 短	正 面 投 影	变 短	侧 面 投 影	实 长
		图 号	7	类 别	一 般 位 置 线	名 称		水 平 投 影	变 短	正 面 投 影	变 短	侧 面 投 影	变 短

平面与投影面的关系、投影规律如下：

图号	类别	名称	水平投影	正面投影	侧面投影
1	平 行 面	//H 水平面	实 形	线	线
2		//V 正平面	线	实 形	线
3		//W 侧平面	线	线	实 形



平 面 的 投 影 规 律

名称	展 开 图 例	简 要 说 明					
		图 号	类 别	名 称	水 平 投 影	正 面 投 影	侧 面 投 影
平 面 的	<p>④</p>	4	垂	⊥H 铅垂面	线	变 小	变 小
	<p>⑤</p>	5	直	⊥V 正垂面	变 小	线	变 小

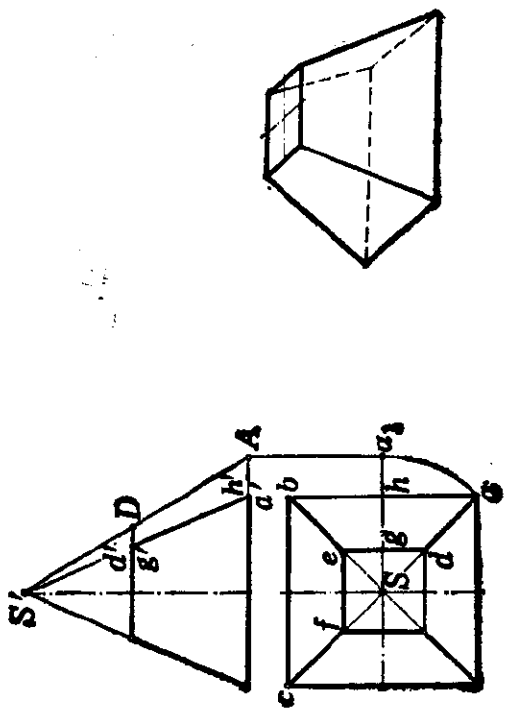
<p style="text-align: center;">6</p>	<p style="text-align: center;">7</p>	面		一般位置平面			
		变	变	变	变	变	变
		小	小	小	小	小	小
线		变	变	变	变	变	
面		变	变	变	变	变	
侧垂面		变	变	变	变	变	
⊥W		变	变	变	变	变	

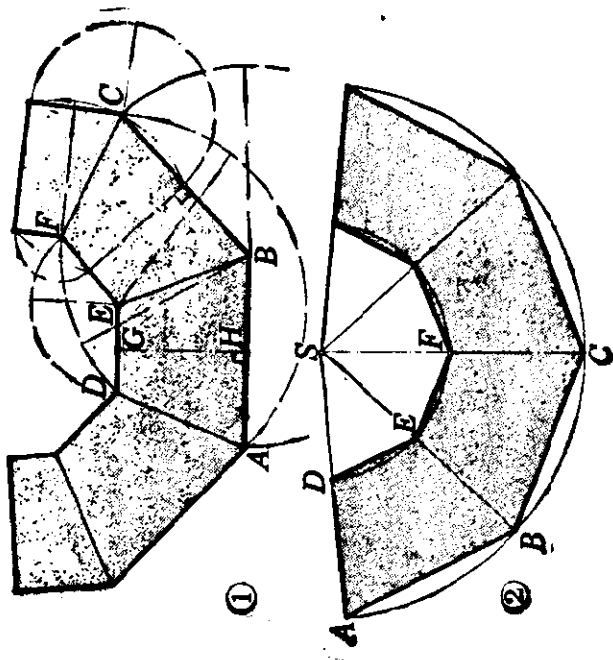
投

影

规

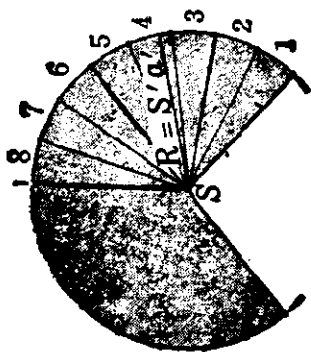
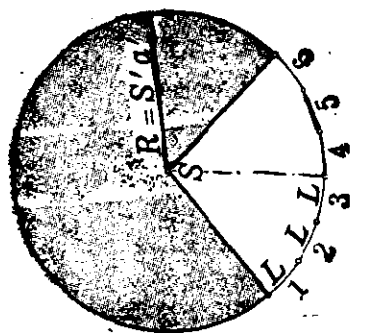
律

名称	展开图例	简要说明
正四棱		<p>梯形各边实长分析：以左、右两个正垂面为例。梯形上下两底是正垂线，水平投影显示实长。梯形的高是正平线，正面投影显示实长。</p> <p>作图有两种方法：</p> <p>① 根据实长作出一个侧面实形 $ABED$，其余各侧面可用圆弧作图法求得。</p> <p>② 用旋转法求出棱线实长，以此实长为半径作扇形，在扇形上截取四个等腰梯形</p>

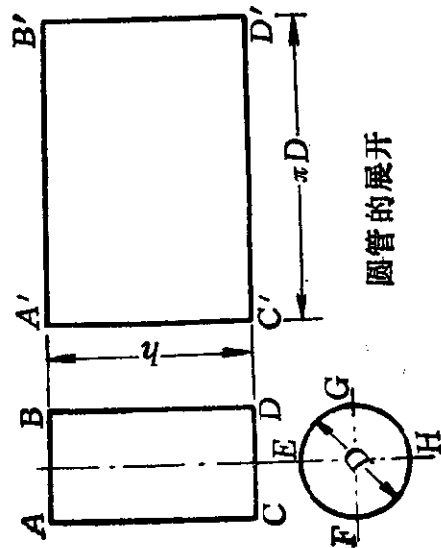
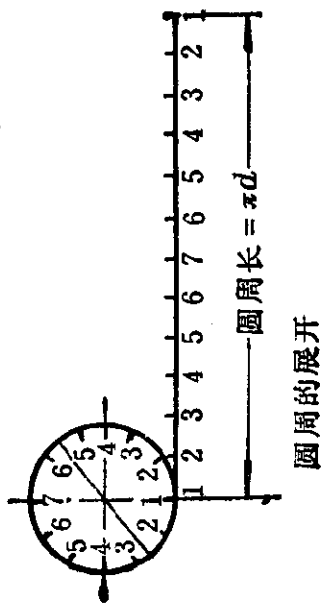


名称	展 开 图 例	简 要 说 明
正 圆 锥		<p>将底圆分为16等分，即用16棱锥代替圆锥。棱锥各侧面均为等腰三角形，其腰长即素线长，底边即底圆的$\frac{1}{16}$弦长。以S为心S'a'为半径作圆，截取16等分弦长即展开图</p>

的 展 开



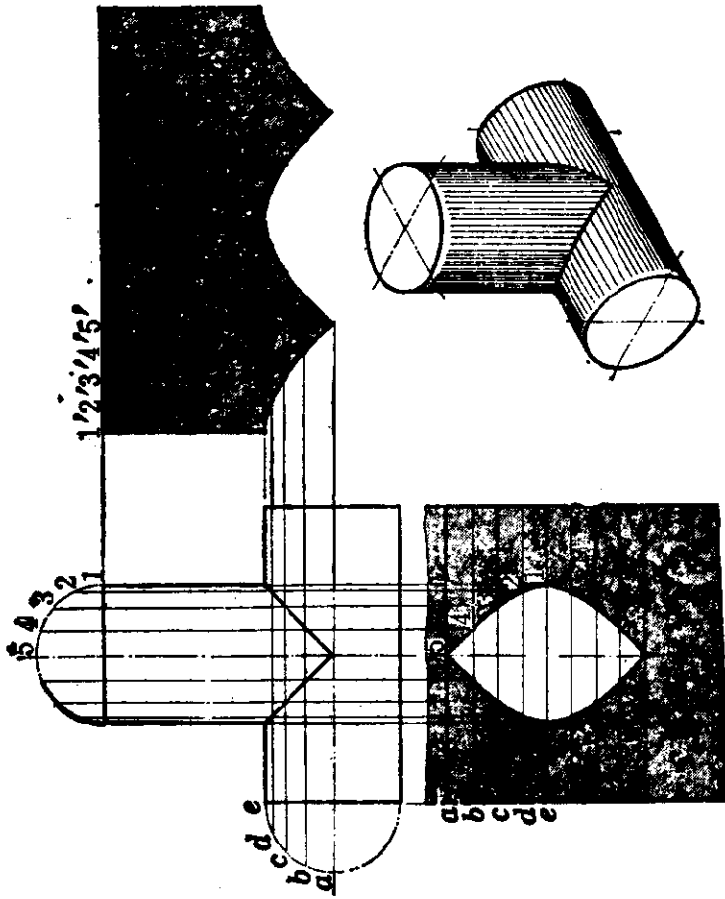
名称	展开图	简要说明
正圆锥台的展开	<p>The diagram illustrates the construction of the development of a truncated cone. It consists of three parts: <ul style="list-style-type: none"> Top View: A circle divided into 12 equal segments, labeled 1 through 12. A horizontal centerline is shown. Side View: A truncated cone with 12 vertical lines representing the generators. The top and bottom edges are circles. Development: A sector of a circle divided into 12 trapezoidal segments. The outer arc is labeled 1 through 12, and the inner arc is labeled 1 through 12. The radial lines are labeled 1 through 12. The development is shown as a flattened version of the cone's surface. </p>	<p>先作圆锥的展开图，截去圆锥的顶部即得锥台展开图</p>



用平行線法，即把零件的表
面分成若干平行部分，在平面
上展開。如圓周的展開。也可
算出圓周長，截取之。如圓管
的展開。圓管展開圖的四邊必
須互相垂直

名称	展开图例	简要说明
等径直角弯头		<p>由两段斜截圆柱组成。将一段旋转180°可与另一段接成一圆柱。接在一起展开可以充分利用材料。接缝线可以设在1，也可以设在4</p>

三通由两圆柱面组成。先要求出相贯线而后作展开图。相贯线是由两条平面曲线组成。展开时以相贯线为界，分别画出两圆管的展开图



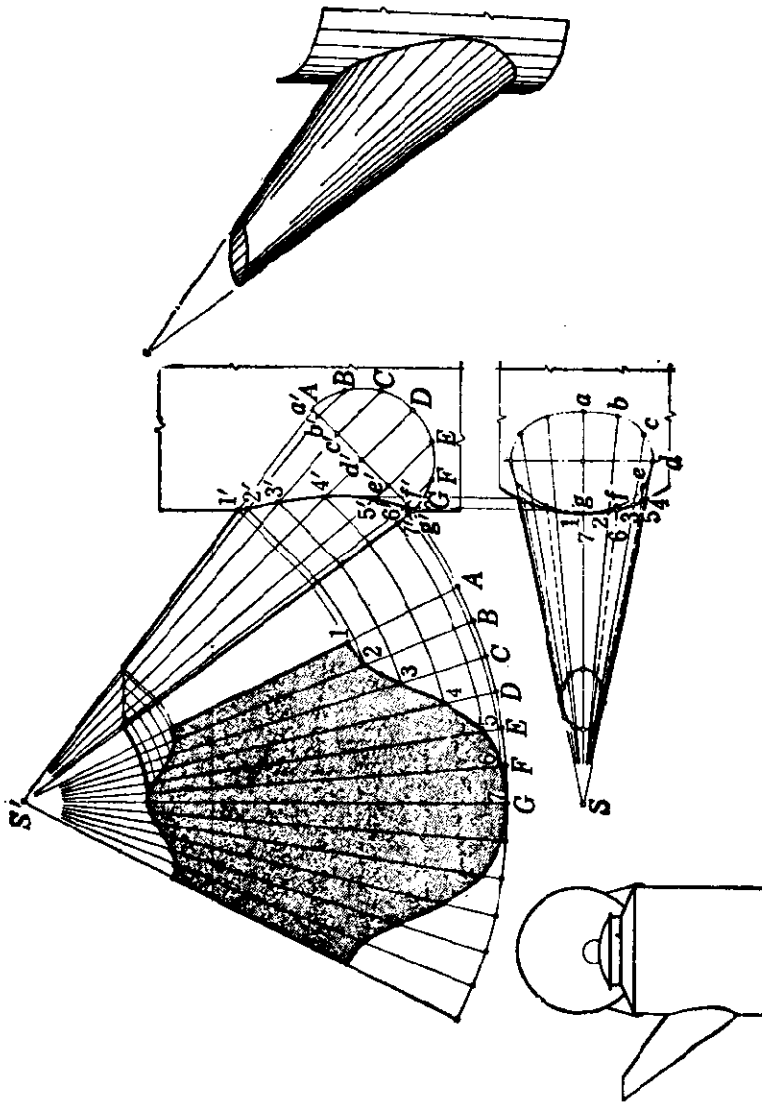
等径正三通

名称	展开图 例	简要说明
天圆地方渐变接头		<p>接头由四个四分之一斜锥面和四个全等的等腰三角形平面组成。形体对称。为了使内壁光滑，三角形平面须和它相邻的斜锥面处于相切的状态。由图可看出，三角形二顶点已知，另一点在圆口处找出即可</p>

壶嘴是斜放的圆锥。其展开

步骤如下：

1. 作圆锥底面的水平投影。
2. 作圆锥各素线。
3. 在水平投影中利用素线与圆柱面的交点，可求得相贯线正面投影。
4. 利用圆锥正截面，作锥的展开图。
5. 求各素线实长画圆锥展开图，即得壶嘴展开图



壶

嘴

名称	展 开 图 例	简 要 说 明
搅		<p>搅龙是直螺旋面，是不可展曲面，只能作近似展开。误差大小与下列数值有关：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 螺距大，误差大； 2. 内径小，误差大； 3. 内外径差值大，误差大。
龙		<p>近似展开可用三角形法，锥台法；图解法等。现只介绍图解法近似展开。</p> <ol style="list-style-type: none"> ① 用 D、d、H 求外螺旋线长 L_1 及内螺旋线长 L_2。 ② 用 L_1、L_2、$\frac{D-d}{2}$ 定 a、b 两点。由 ab 定 o 点，即得展开图

十、手工制作弹簧

手工制作弹簧的方法，适用于应急修理和单件或少量生产。弹簧类型很多，这里着重介绍圆截面材料的圆柱螺旋弹簧的几种制作方法。

1. 螺旋弹簧的型式和代号

表 4-10-1 螺旋弹簧的几种型式

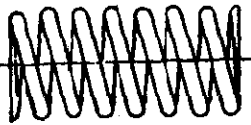
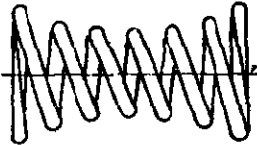

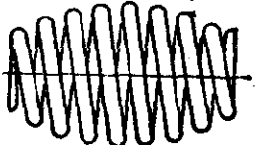

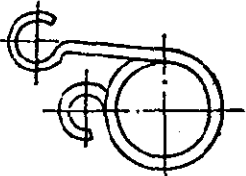
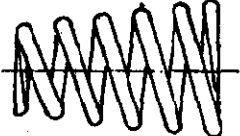
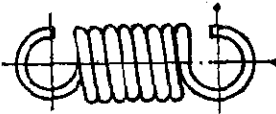
名称	简图	名称	简图
圆柱形压缩弹簧		中凹形压缩弹簧	
圆柱形压缩弹簧（矩形截面材料）		中凸形压缩弹簧	
变节距压缩弹簧		圆柱形扭转弹簧	
截锥形压缩弹簧		圆柱形拉伸弹簧	

表 4-10-2 压缩弹簧的端部结构型式 (GB1239-76)

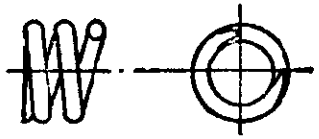
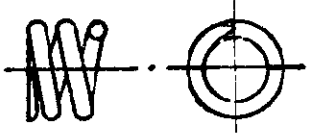
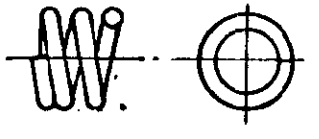
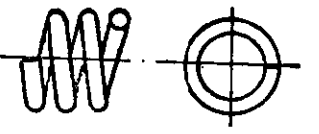
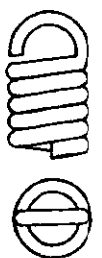
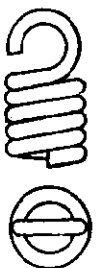
端 部 结 构	代 号	简 图
两端圈并紧并磨平	YI	
两端圈并紧不磨或磨平(热卷弹簧)	YII	
两端圈并紧不磨	YIII	
两端圈不并紧	YIV	

表 4-10-3 拉伸弹簧的端部结构型式 (GB1239-76)

端 部 结 构	代 号	简 图	端 部 结 构	代 号	简 图
半圆钩环	LI		圆钩环	LII	

续表

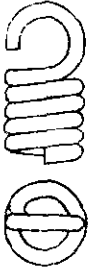
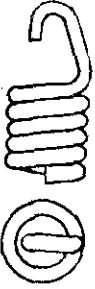

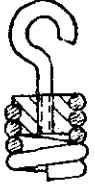

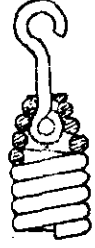
端部结构	代号	简图	端部结构	代号	简图
圆钩环压中心	LIII		长臂小圆钩环	LVI	
偏心圆钩环	LIV		可调式钩环	LVII	
长臂半圆钩环	LV		两端可转钩环	LVIII	

表 4-10-4 扭转弹簧的端部结构型式 (GB1239-76)

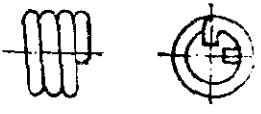
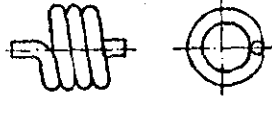
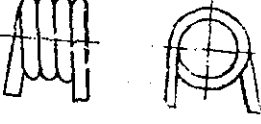

端部结构	代号	简图	端部结构	代号	简图
内臂扭转弹簧	NI		中心臂扭转弹簧	NIII	
外臂扭转弹簧	NIH		双扭簧	NIV	

表 4-10-5

弹簧的参数名称和代号

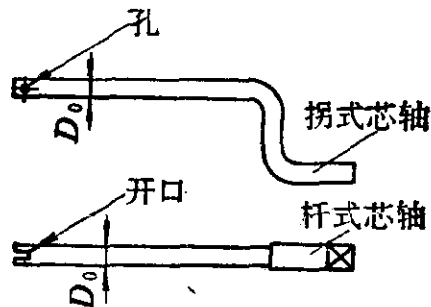
参 数 名 称	代 号	单 位
材料直径	d	毫米
弹簧内径	D_1	毫米
弹簧中径	D_2	毫米
弹簧外径	D	毫米
压并时外径	D^1	毫米
自由高度(或长度)	H_0	毫米
工作高度(或长度)	$H_1 \dots\dots H_n$	毫米
工作极限负荷高度	H_j	毫米
压并高度	H_b	毫米
工作行程	h	毫米
展开长度	L	毫米
节 距	t	毫米
间 距	δ	毫米
有效圈数	n	圈
总 圈 数	n_1	圈
螺旋角	α	度
工作负荷	$P_1 \dots\dots P_n$	公斤力
工作极限负荷	P_j	公斤力
工作负荷下变形量	$F_1 \dots\dots F_n$	毫米
工作极限负荷变形量	F_j	毫米
拉伸弹簧初拉力	P_0	公斤力
工作扭矩	$M_1 \dots\dots M_n$	公斤力·毫米
工作极限扭矩	M_j	公斤力·毫米
工作极限扭矩下内径		毫米
扭转弹簧自由扭转角	φ_0	度
工作扭转角	$\varphi_1 \dots\dots \varphi_n$	度
工作极限扭转角	φ_j	度
弹簧指数(旋绕比)	$c \left(c = \frac{D_2}{d} \right)$	
压缩弹簧细长比	$b \left(b = \frac{H_0}{D_2} \right)$	

续表

参数名称	代号	单位
压缩或拉伸弹簧刚度	P'	公斤力/毫米
扭转弹簧刚度	M'	公斤力·毫米/度
弹簧单件重量	Q	公斤

2. 芯轴的近似计算

表 4-10-6 芯轴直径的近似计算



计算方法	说明
$D_0 = (0.75 \sim 0.8) D_1$ <p>式中 D_0——芯轴直径， D_1——弹簧内径</p>	当弹簧内径有配合要求时，系数取大值；当外径有配合要求时，系数取小值
$D_0 = \frac{D_1}{1 + 1.7C \frac{\sigma_b}{E}}$ <p>式中 D_0——芯轴直径， D_1——弹簧内径， C——弹簧旋绕比， σ_b——抗拉强度， E——弹性模量</p>	σ_b 和 E 查金属材料手册 $C = \frac{D_2(\text{弹簧中径})}{d(\text{钢丝直径})}$

注 确定芯轴直径时，应考虑钢丝材料的性质、钢丝粗细、弹簧直径、卷绕时夹持钢丝的力，以及处理簧距的方法等因素。一般情况，要试绕、修正后，确定芯轴的尺寸。

3. 展开料长度的计算

表 4-10-7

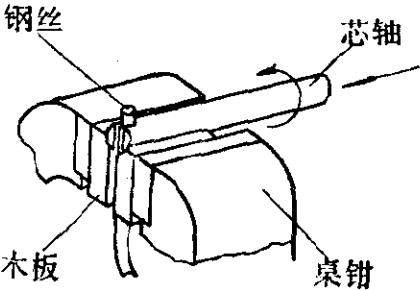
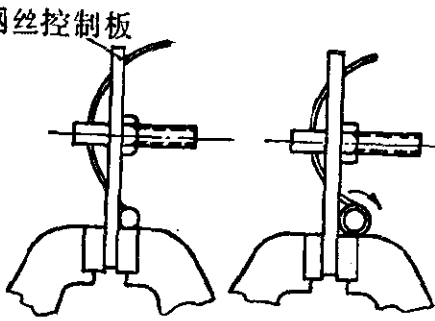
展开料长度的计算

弹簧类别	计算方法
拉伸弹簧或扭簧	$L = \pi D_2 n + K$ <p>式中 L——展开长度; D_2——弹簧中径; n——工作圈数; K——钩形环展开尺寸和工艺余量</p>
压缩弹簧	$L = n_1 \sqrt{(\pi \cdot D_2)^2 + t^2} + K$ <p>式中 L——展开长度; D_2——弹簧中径; n_1——总圈数; t——节距; K——工艺余量</p>

4. 拉伸弹簧的制作方法

表 4-10-8

拉伸弹簧卷绕方法

方法一		<ol style="list-style-type: none"> 1. 把钢丝和木板夹在桌钳中，夹紧力要适度。 2. 放好芯轴，孔或口套在钢丝头上。 3. 按要求方向谨慎绕好最初几圈后即可顺延绕成
方法二		<ol style="list-style-type: none"> 1. 把控制板(图4-10-1)垂直夹在桌钳中，使孔，稍高于芯轴。 2. 把钢丝穿入孔₁、孔₂、孔₃和芯轴开口或孔中。 3. 谨慎绕好最初几圈即可顺延绕成。 4. 截去多余簧圈(图4-10-2)

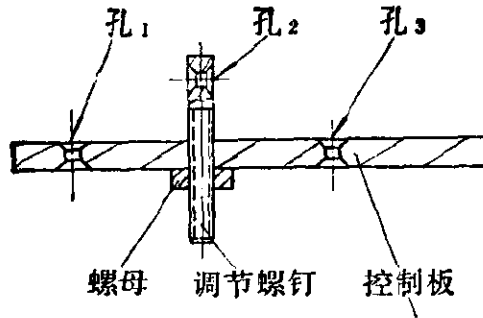
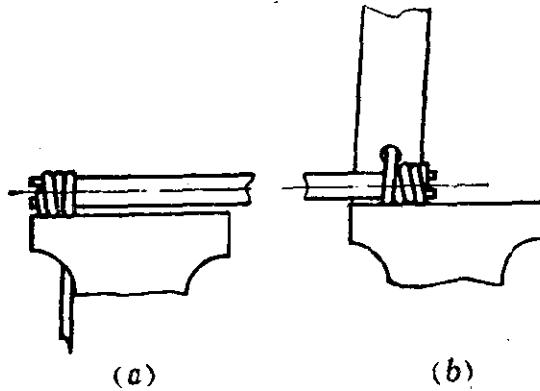


图 4-10-1 钢丝控制板

控制板上孔₁和孔₃的直径和它们的距离、应随钢丝直径的大小而变化。
调节螺钉用来调整对钢丝的牵引力

表 4-10-9 有初应力拉伸弹簧的卷绕方法



钢丝较细时	<ol style="list-style-type: none"> 1. 按图(a)所示, 把钢丝斜夹在桌钳的木板或紫铜钳口中。夹紧力要适度。 2. 放好芯轴, 口或孔套在钢丝头上。 3. 卷绕时要谨慎的保持簧圈之间有压扣现象
钢丝较粗时	<ol style="list-style-type: none"> 1. 按图(b)所示, 把控制板斜夹在桌钳中(适当调整角度可得到不同的初应力)。 2. 使钢丝穿过控制板各孔和芯轴孔。 3. 卷绕时要谨慎地保持簧圈之间的压扣现象

注 初应力是指卷绕时使簧圈之间有一个紧密靠近的力, 当把弹簧拉伸使之出现间隙时, 首先得克服这个力。除以上介绍的方法外, 还有用反绕法来制造具有初应力要求的拉伸弹簧。

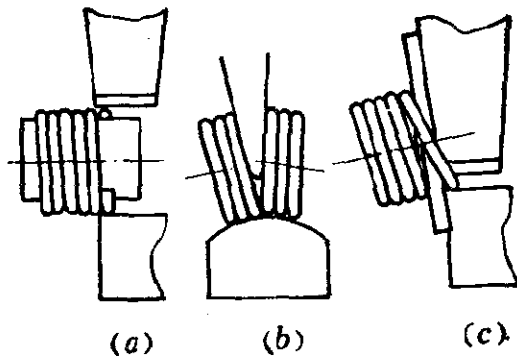
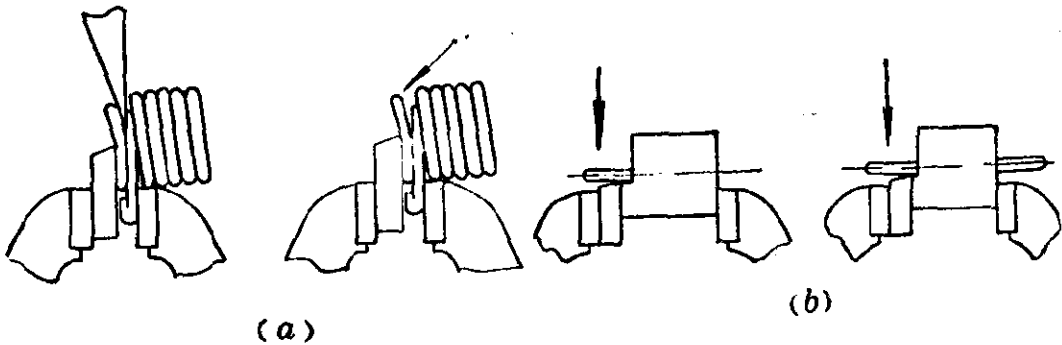


图 4-10-2 多余簧圈的截去方法
 (a)在芯轴上截去多余簧圈的方法；(b)在铁砧上截去多余簧圈的方法；(c)截去钢丝头尖角的方法

表 4-10-10 半圆钩环的制作方法



钢丝较细时	<ol style="list-style-type: none"> 1. 如图(a)用两块铁板夹住端圈一半稍下的地方。 2. 用薄刃铁板插入其间，拨开间隙。 3. 将环钩沿箭头方向压平。 4. 用手钳做必要的修整
一般情况	<ol style="list-style-type: none"> 1. 如图(b)把截好的簧放进专用套筒中(图4-10-3) 2. 连同垫板一起夹在桌钳中。 3. 用镊子在第一圈和第二圈间敲开一个间隙，然后按箭头方向敲平一端。 4. 把弹簧倒头装入套筒，并在右端垫好事先准备好的半圆垫(用簧圈截下的多余部分)。 5. 夹在桌钳中，用上述方法敲平另一端

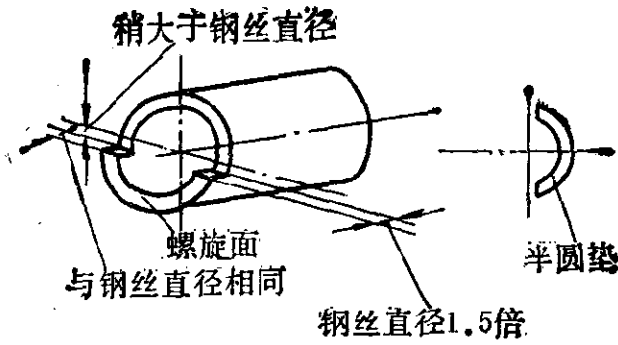


图 4-10-3 套筒和半圆垫

套筒的长度要与压紧后的弹簧长度相同，半圆垫用原弹簧截去的多余部分制成

表 4-10-11

圆钩环的制作方法

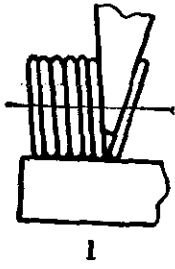
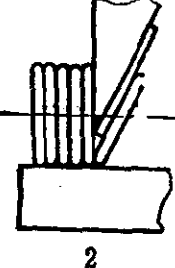

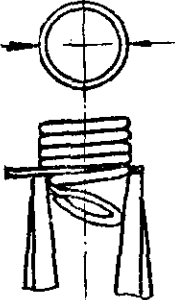
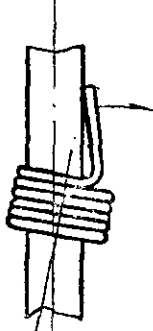
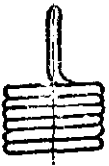
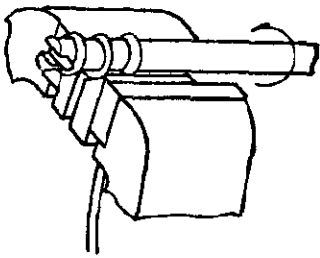
图 解	方 法 说 明
 <p style="text-align: center;">1</p>	<p>把簧置于平板上，钢丝头处于下边，将秃头錐子敲入簧圈之间，使端圈和后面产生间隙</p>
 <p style="text-align: center;">2</p>	<p>用铁板垫在间隙中，再将錐子敲入，扩大间隙</p>
 <p style="text-align: center;">3</p>	<p>一手持錐子，一手将铁板用力向外扭压端圈，使间隙扩大到约40度</p>

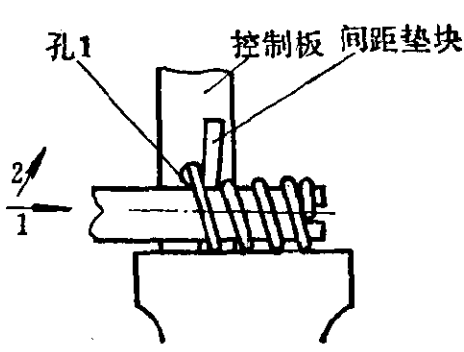
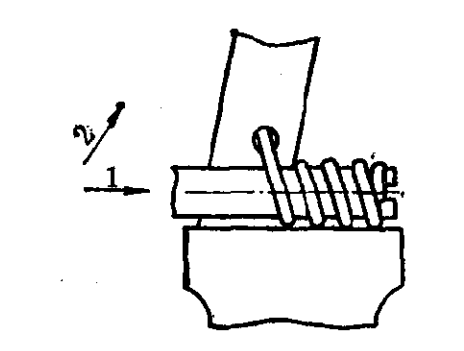
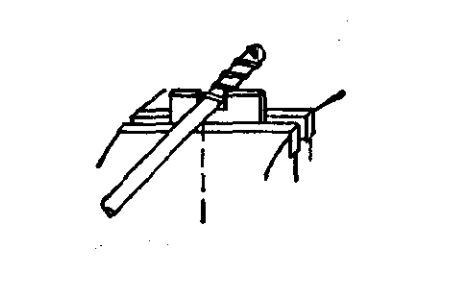
图 解	方 法 说 明
 <p>4</p>	<p>用手钳(钢丝直径粗时用桌钳)夹在箭头所指位置,把簧圈向中心移动,直到与手钳接触止</p>
 <p>5</p>	<p>用铁棒插入簧内,一手持铁棒,一手用扁口手钳搬扭簧圈,把间隙扩到约50度</p>
 <p>6</p>	<p>重复4和5的操作,使端圈逐步立直并达到中心</p>

5. 压缩弹簧的制作方法

表 4-10-12

压缩弹簧卷绕方法

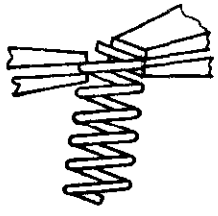
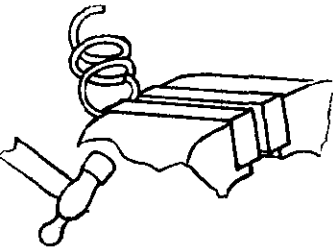
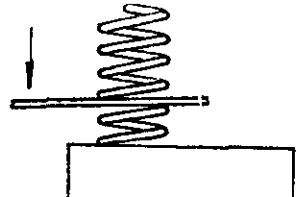
方 法 一		<ol style="list-style-type: none"> 1. 将钢丝和木板夹在桌钳中,夹紧力要适度。 2. 放好芯轴,孔套在钢丝头上。 3. 按要求方向边绕边推,谨慎绕好最初几圈即可顺延绕成(也可在开关和结尾绕成死圈)
-------------	---	---

<p>方 法 二</p>		<ol style="list-style-type: none"> 1. 把控制板和间距垫块一同夹在桌钳中，间距垫块的倾斜角度应相似于螺旋角，并和孔₃的边缘相切。 2. 钢丝穿过控制板各孔和芯轴开口(或孔)。 3. 开始可绕一、二个死圈(以防钢丝由开口中脱出)，然后按箭头1方向边绕边推，使间隙出现并跨在间距垫块上，再继续顺延绕成(如钢丝较粗时可按箭头2方向摆开一些，间隙就容易出现)
<p>方 法 三</p>		<ol style="list-style-type: none"> 1. 准备控制板，控制板孔₃的边缘到板侧的距离应等于弹簧的间距。 2. 把控制板夹在桌钳中，其倾斜角度应相似于螺旋角。 3. 钢丝穿入控制板各孔和芯轴孔或口。 4. 开始为防止钢丝脱落，可绕一、二个死圈，然后边推边绕，使间隙出现并跨在板侧边上，再继续顺延绕成(如钢丝较粗时，可将芯轴按箭头2的方向摆开一些，间隙就容易出现)
<p>方 法 四</p>		<ol style="list-style-type: none"> 1. 将导板和钢丝夹在桌钳口中，夹紧力要适当。为避免擦伤钢丝，导板和钳口应用铜或铝等软质材料制成。 2. 使芯轴的孔(或开口)套在突出的钢丝头上，先卷绕一圈，向前推芯轴，使这一圈跨在导板前面。再绕2~3圈。 3. 放松芯轴，检查外径和簧距，符合要求时可继续卷绕成。若直径稍小或稍大，可改变夹紧力来调整。簧距大小可使芯轴向左或向右偏斜来调整

注 除以上介绍的几种方法外，还可先绕成簧圈靠近的拉伸弹簧，再细心推动芯轴，使弹簧形成均匀的簧距。

表 4-10-13

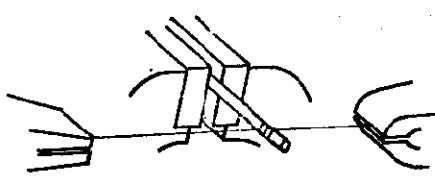
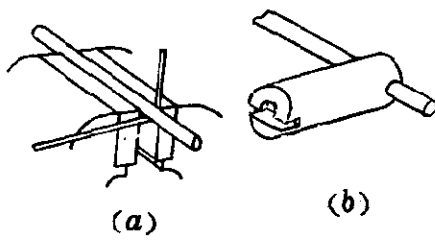
端 圈 并 紧 的 方 法

<p>方 法 一</p>		<p>用扁嘴手钳两个，由钢丝头部开始逐步将端圈扭平、并紧。这种方法适用于钢丝直径较细时</p>
<p>方 法 二</p>		<p>将簧圈夹在桌钳角上，外露部分由小到大逐步敲平，要注意开头就要打好基础，否则最后不易并紧。这种方法适用于钢丝直径较粗时</p>
<p>方 法 三</p>		<p>用薄铁板插在簧圈间隙中（约在第二至第三圈间），垂直压向事先烧热的小铁块上，并紧端圈。注意停留时间不能过长，以防严重退火。这种方法适用于细钢丝弹簧</p>

6. 扭转弹簧的制作方法

表 4-10-14

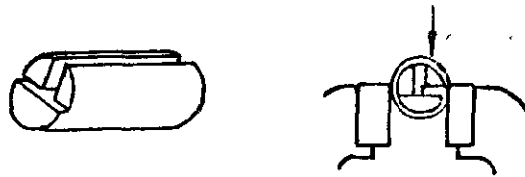
扭 簧 的 卷 绕 方 法

<p>细 钢 丝 扭 簧</p>		<ol style="list-style-type: none"> 1. 将芯轴夹在桌钳中。 2. 用手虎钳夹住钢丝两端在芯轴上卷绕。 3. 放松一端手钳，检查扭臂夹角是否符合要求，按实际情况在芯轴上做必要的修整
<p>较 粗 钢 丝 扭 簧</p>		<ol style="list-style-type: none"> 1. 将钢丝弯约90度（利用桌钳和芯轴）。 2. 把弯好的钢丝和芯轴夹在桌钳口的边缘上，如图（a）。 3. 用图（b）所示工具穿在芯轴上，拨转钢丝卷绕成形。 4. 放松、检查夹角，做必要的修整

三 支 点 扭 簧		<ol style="list-style-type: none"> 1.将钢丝对折成V型, 夹角约等于两倍的螺旋角, 并利用芯轴在桌钳上把钢丝折弯的地方弯成弧形, 如图(a)。 2.芯轴中间钻孔, 压入一个有槽的拨销, 槽的尺寸要和扭簧相关尺寸适应如图(c)。 3.把控制板垂直夹在桌钳中。控制板形状如图(b)。 4.把钢丝穿过控制板两口并套在芯轴的拨销上, 一手控制钢丝, 另一手转动芯轴即可绕成。向箭头方向推可以调节牵引力, 见图(d)。 5.取下后, 在簧中配入合适的铁棒, 夹在桌钳上, 如图(e), 敲开中间扭臂, 逐步展成到所要求的尺寸
-----------------------	--	--

注 细钢丝三支点双扭簧, 可利用桌钳、芯轴、手钳绕制成形。

表 4-10-15 内扭臂和中心扭臂的制做



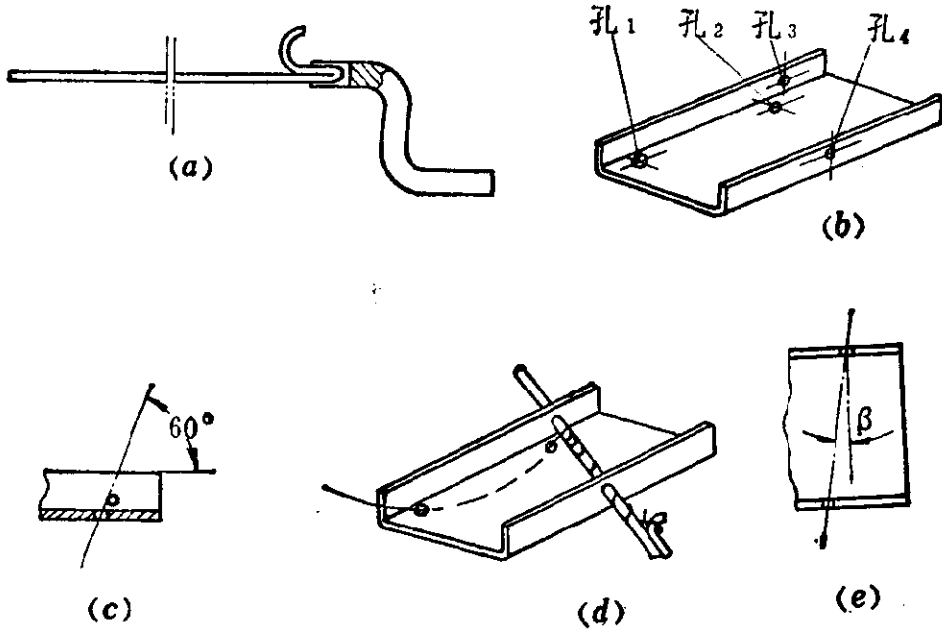
内 扭 臂	<ol style="list-style-type: none"> 1.扭簧绕成后, 取一个和弹簧内径相适应的铁棒, 加工出槽和台(如图)。 2.簧内穿入铁棒夹在桌钳中, 用手锤和垫块敲成一端扭臂, 将铁棒倒头, 按同一方法敲平另一端扭臂。 3.截去多余的钢丝头
中 扭 心 臂	可参照半圆钩环的制作方法, 然后将半圆钩校直再截去多余部分即可

注 细钢丝时, 用手钳制作即可。

7. 细长弹簧的制作方法

表 4-10-16

细长弹簧的卷绕方法



1. 将芯轴一端弯成图(a)所示形状, 插入曲折的开口中, 夹紧并焊牢。
2. 用薄铁板制成图(b)所示支架, 孔₁和孔₂应稍大于钢丝直径, 并去除尖角。孔与壁的距离要靠近。孔₃与芯轴动配合, 孔₄与簧外径松动配合, 孔的中心距底面应稍大于弹簧直径的一半。
3. 确定孔的位置时, 应考虑芯轴穿入孔₃和孔₄中后与孔₂中的钢丝相切的角度约为 60° , 如图(c)。
4. 孔₃和孔₄的连线对壁的夹角 β , 见图(e), 影响压扣的多或少, 要根据要求做必要的修正。
5. 卷绕时, 钢丝一头从底面经孔₂穿出, 再经孔₄顺旋绕方向盘几圈后绕在芯轴钩上。卷绕开始后间隙由大到小, 临近孔₂时簧圈自行并紧, 此后须谨慎操作, 直至完成。如要绕制油封套弹簧, 应将轴前端磨成锥形即可

8. 常用弹簧材料、热处理和其它知识

表 4-10-17 常用弹簧材料

钢 号	热 处 理	应 用 或 特 性
碳素弹簧钢丝 (II、II _a)	240~260°C 回 火	一般用途弹簧，没有特殊要求的弹簧均可采用
重要用途弹簧 钢丝(65Mn)	260~280°C 回 火	较重要用途弹簧
QSn 4—3 (硬)	180~200°C	有较高的弹性和耐磨性，耐腐蚀性和抗磁性良好，用于耐磨和抗磁性弹簧
QSi 3—1 (硬)	170~180°C	高的强度和弹性，耐磨性好，碰击时不产生火花，用于电器、化工用弹簧

注 其它见本手册材料部分，适合于手工冷绕的弹簧材料直径一般应小于6毫米。有初应力要求的拉伸弹簧，冷卷成型后不宜回火。

表 4-10-18 弹簧的旋绕比的选择

材料直径 d	0.2~0.4	0.5~1	1.1~2.1	2.5~6	7~16	18~15
旋绕比 $c = \frac{D_2}{d}$	7~14	5~12	5~10	4~9	4~8	4~6

注 材料相同时，旋绕比小则弹力大，弹性范围小，反之，弹簧的弹力小而弹性范围大。

表 4-10-19 弹簧不垂直度的允许误差 (GB1239-76)

精 度 等 级	细 长 比 $(b = \frac{H_0}{D_2})$		最 小 公 差 值
	≤ 3	$> 3 \sim 5$	
1	$0.017H_0$	$0.025H_0$	0.5
2	$0.025H_0$	$0.04H_0$	1
3	$0.04H_0$	$0.06H_0$	1.5

注 可在平板上借助于弯尺和塞尺检查。表中所列，适用于材料的截面直径为0.5~50毫米的弹簧。

十一、装 配

1.配合方法和组织形式的选择

表 4-11-1 配合方法的选择

配合方法	适用范围和特点
完全互换法	配合零件公差之和小于或等于装配允许偏差，零件完全互换。操作方便，易于掌握，生产率高，便于组织流水作业。但对零件的加工精度要求较高。适用于配合零件数较少，批量较大，零件采用经济加工精度制造时
不完全互换法	配合零件公差平方和的平方根小于或等于装配允许偏差。可不加选择进行装配，零件可互换。亦有操作方便，易于掌握，生产率较高，便于组织流水作业的优点。同时因公差较完全互换法放宽，较为经济合理。但有极少数零件需返修或更换。适于零件略多，批量大或零件加工精度需放宽制造时
分组选配法	配合副中零件的加工公差按装配允许偏差放大若干倍，对加工后的零件测量分组，对应的组进行装配，同组可以互换。零件能按经济精度制造。配合精度高。但增加了测量分组工作，由于各组配合零件不可能相同，容易造成部分零件的积压。适于成批或大量生产，配合零件数少，装配精度较高时
调整法	选定配合副中一个零件，制造成多种尺寸，装配时利用它来调整到装配允许偏差；或采用可调装置改变有关零件的相互位置来达到装配允许偏差；或采用误差抵消法。零件可按经济精度制造，能获得较高装配精度。但装配质量在一定程度上依赖操作者的技术水平。调整法可用于多种装配场合
修配法	在某零件上预留修配量，或在装配后再进行一次精加工，综合消除其积累误差。可获得很高的装配精度，但很大程度上依赖操作者的技术水平。适于单件或小批生产，或装配精度要求高的场合

表 4-11-2

组织形式的选择

形式	方 法	应 用 范 围 和 特 点
固 定 装 配	集中装配	产品是固定的, 全部过程均由一部分人完成。适用于单件或小批量生产。装配周期长, 辅助面积大, 要求工人操作水平高
	分散装配	把产品装配工作分散为部件装配和总装配。适合于成批生产。较上述方法工作人数增加, 效率提高, 周期缩短
移 动 装 配 (产 品)	按一定节拍周期移动	工序是分散的, 产品按统一节拍周期性地输送到工作位置。适于大批量生产
	按自由节拍移动	工序是分散的, 产品按各工序所需, 输送到工作位置, 没有统一节拍。适于大批量生产
	按一定速度连续移动	分工原则同上, 产品按一定速度经输送装置连续经过工作位置。适于大批量生产

2. 清洗

表 4-11-3

清 洗 方 法

方法	清 洗 液	特 点	适 用 范 围
刷 洗	汽油、煤油、柴油、乙醇和化学清洗液	操作简单, 装备简单, 生产率低	单件或小批生产中的中小型零件和大件的局部清洗
浸 洗	常用的各种清洗液均适用	操作简单, 但时间长, 宜多步洗	批量较大和形状复杂的工件。清洗轻度粘附的油垢
气 相 清 洗	三氯乙烯蒸汽	效果好, 装备复杂, 劳动保护要求严格	适于中批或大批量生产。清洗粘附较严重的污垢和半固体状油垢

续表

方法	清洗液	特点	适用范围
超声波清洗	汽油、煤油、柴油及化学清洗液或三氯乙烯	效果好，生产率较高，装配维修管理较复杂	适于成批生产形状复杂、清洁度高的小件。清洗污垢或半固体油垢
喷洗	洗油、煤油、柴油、化学清洗液、碱液或三氯乙烯	清洗效果好，生产率高，装备较复杂	中小型工件。清洗中等粘附程度的油垢

注 还可采用联合式的清洗方法。

表 4-11-4 石油溶剂清洗液

清洗液	特点	其它
工业汽油 (SYB1024-62)	主要用于清洗油脂、污垢和一般粘附度的杂质	加入1~3%的201、FY-3、661等置换型防锈油或防锈添加剂，可使工件防锈
直馏汽油 (GB444-64)	适于钢铁和有色金属。应注意加强防火安全措施	
灯用煤油和轻柴油 (GB252-64) (GB253-64)	应用与汽油相同，清洗能力不及汽油。清洗后干的慢，但较汽油安全	

表 4-11-5 皮肤(手)防护脂*

成分	1号配方	2号配方
干酪素	100克	100克
蒸馏水	250~260毫升	240毫升
无水碳酸钠	8~10克	
甘油	40毫升	35毫升
磷苯二甲酸二丁酯	70克	

续表

成 分	1 号 配 方	2 号 配 方
酒 精	250~260毫升	240毫升
乳 香 酸	8~10克	
碳 酸 钠		8~10克

* 本防护脂用于避免汽油对皮肤的刺激和防止手汗锈蚀工件。

表 4-11-6 防 锈 汽 油 配 方

成 分	重 量 (%)	成 分	重 量 (%)
石油磺酸钠	1	1%苯骈三氮唑酒精溶液	1
司本—80	1	蒸 馏 水	2
十二烷基醇酰胺	1	200汽油	94

表 4-11-7 常 用 碱 液 配 方

成 分 (克/升)	主 要 参 数	适 用 性
氢氧化钠 50~55 磷 酸 钠 25~30 碳 酸 钠 25~30 硅 酸 钠 10~15	清洗温度90~95°C 浸洗或喷洗 清洗时间10分钟	钢铁工件, 严重油垢或少 量难溶性油垢和杂质
氢氧化钠 70~100 碳 酸 钠 20~30 磷 酸 钠 20~30 硅 酸 钠 10~50	清洗温度90~95°C 清洗或喷洗 清洗时间7~10分钟	镍铬合金钢零件
氢氧化钠 5~10 磷 酸 钠 50~70 碳 酸 钠 20~30 硅 酸 钠 10~15	清洗温度80~90°C 浸洗或喷洗 清洗时间5~8分钟	铜及铜合金零件

续表

成分 (克/升)	主要参数	适用性
氢氧化钠 5~10 磷酸钠 50 硅酸钠 30	清洗温度60~70°C 浸洗或喷洗 清洗时间 5 分钟	铝及铝合金零件

注 1.亦可加入少量表面活性清洗剂 6503、TX-10 等,以增加清洗能力。
2.材质不同的工件不宜一起清洗;工件清洗后,冲洗或漂洗干净使之干燥。

表 4-11-8 常用化学清洗液

成分 (%)	主要参数	适用性
105清洗剂 0.5 6501清洗剂 0.5 水 余量	清洗温度85°C 喷洗压力1.5公斤力/厘米 ² 清洗时间 1 分钟	钢铁工件。机油为主的油垢和机械杂质
664清洗剂 2~3 水 余量	清洗温度75°C 浸洗(上下窜动) 清洗时间3~4分钟	钢铁工件。硬脂酸、石蜡、凡士林等
6501清洗剂 0.2 6503清洗剂 0.2 油酸三乙醇胺① 0.2 水 余量	清洗温度35~45°C 超声波清洗 清洗次数4~5次	精密加工的钢铁工件、油脂和抛光膏
664清洗剂 0.5 平平加清洗剂 0.3 三乙醇胺①③ 1.0 油酸③ 0.5 聚乙二醇(分子量约为400)① 0.2 水 余量	清洗温度75~80°C 浸洗(上下窜动) 清洗时间 1 分钟	精密加工的零件(钢铁)。清洗油脂能力很强

续表

成 分 (%)	主 要 参 数	适 用 性
664清洗剂 2 105清洗剂 1 羧甲基纤维素④ 0.05 水 余量	清洗温度90°C 浸洗(上下窜动) 浸洗时间2~3分钟	精密加工的钢铁工件。油脂和抛光膏
105清洗剂 0.25 6503清洗剂 0.13 TX-10清洗剂 0.13 水 余量	清洗温度90°C 喷洗压力3.5~4公斤力/厘米 ² 清洗时间4~6分钟	铁铝合金和钢铁工件。轴承润滑油和积炭等
平平加清洗剂 1~1.5 水 余量	清洗温度60~80°C 浸洗(上下窜动) 清洗时间 5 分钟	铝铜及其合金, 镀锌的钢工件的一般油脂
6503清洗剂 0.4 亚硝酸钠① 0.4 灯用煤油② 2~3 石油磺酸钡① 0.1~0.2 水 余量	清洗温度35~45°C 超声波清洗 4 分钟	钢铁工件。去除粘附的钢屑或机械杂质、氧化皮等
平平加清洗剂 0.6 油酸③ 1.6 三乙醇胺①③ 0.8 664清洗剂 0.8 亚硝酸钠① 0.6 水 余量	室温或35~45°C 浸洗(上下窜动)	钢铁工件。油脂、钙皂、钡皂等。有较好的中间防锈作用
平平加清洗剂 0.6 聚乙二醇① 0.3 油酸③ 0.4 三乙醇胺①③ 1.0 亚硝酸钠① 0.3 水 余量	室温或35~45°C 浸洗(上下窜动)	钢铁工件。油脂、钙皂、钡皂。有较好的中间防锈作用

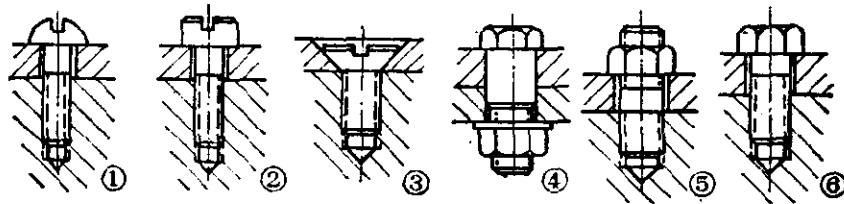
续表

成 分 (%)	主 要 参 数	适 用 性
664清洗剂 1 105清洗剂 1 6503清洗剂 1.5 水 余量	清洗温度80~90°C 浸洗(上下窜动) 清洗时间 2 分钟	钢铁工件。适于清洗油垢
664清洗剂 0.3~0.5 平平加清洗剂 0.3 三乙醇胺①③ 0.3 乳化油③ 0.01 水 余量	清洗温度50~60°C 浸洗(上下窜动) 清洗时间1~2分钟	有色金属和钢铁工件。尤其适于精密工件。有中间防锈作用

注 ①②③④为添加剂，它们的作用分别为：①缓蚀，②减少泡沫，③稳定，④助溶和其它。

3. 螺纹联接

表 4-11-9 螺钉(栓)联接的几种型式



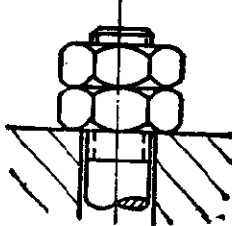
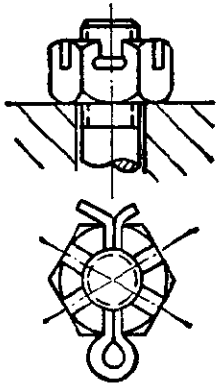
图号	名 称	特 点
1 2 3	半圆头螺钉联接 圆柱头螺钉联接 沉头螺钉联接	多为小尺寸螺钉，螺钉头上有一字形或十字形槽，便于用起子装卸。适用受力不大及一些轻小零件的联接。一般不用螺母，直接用螺钉拧入工件螺纹孔中。这类螺钉还有半沉头螺钉
4	小六角头铰制孔用螺栓联接	螺栓杆部与工件通孔配合良好，起紧固与定位作用，能承受侧向力，一般用于不必打销钉而又有定位要求的联接

续表

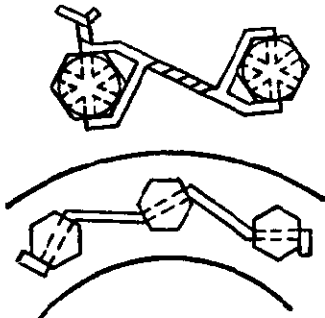
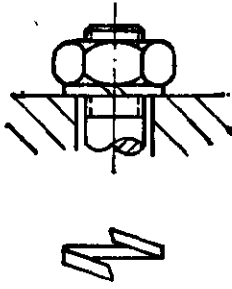
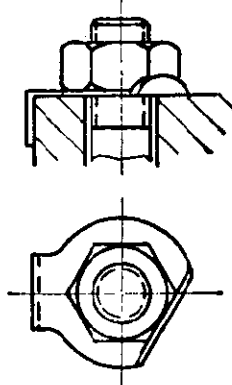
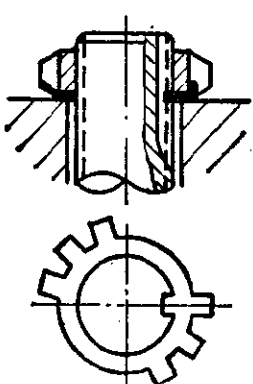
图号	名称	特点
5	双头螺栓联接	装配时一端拧入固定零件的螺纹孔中，再把被联接件用螺母夹紧。这种联接，适用于被联接件的厚度较大或经常需要拆卸的地方
6	六角头螺栓联接	使用时不需螺母，通过零件的孔，拧入另一零件的螺纹孔中。适用于不经常拆卸的地方。螺钉头还有小六角、内六角和方形等

注 螺钉头类型较多，如：T型螺钉、地脚螺钉和不同端部形式与头部形式的紧定螺钉等。

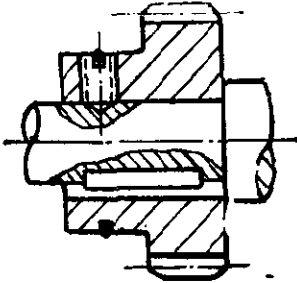
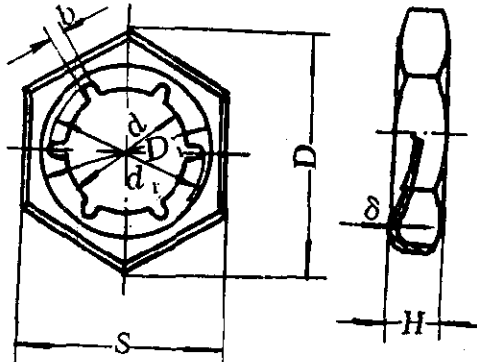
表 4-11-10 螺纹联接的防松方法

防松方法	简图	说明
锁紧螺母防松		<p>依靠两螺母间产生的摩擦力来防松。这种方法会增加被联接件的重量和占用空间，在高速和振动时使用不够可靠</p>
开口销防松		<p>用开口销插入六角槽形螺母的槽和螺栓的孔中防松。使用时注意，开口销的两脚分开的角度一般不宜过大</p>

续表

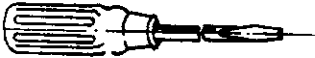
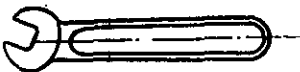
防松方法	简 图	说 明
铁丝防松		<p>用铁丝来防止成对或成组的螺栓松动，必须把铁丝拧得较紧，并注意正确安排铁丝的穿入方向</p>
弹簧垫圈防松		<p>依垫圈的弹力使螺母稍许偏斜，增加了螺纹之间的摩擦力，并且垫圈的尖角切入螺母的支撑面，阻止螺母放松。类似的还有波形垫圈</p>
单耳止动垫圈防松（还有双耳形式的垫圈）		<p>拧紧螺母后，将垫圈的一边弯到螺母的侧边上，另一边弯到被联接件的侧边，这样直接锁住了螺母</p>
止动垫圈防松		<p>应用于圆螺母的防松。垫圈内翅插入螺杆槽中，圆螺母拧紧后，再把一个外翅弯到圆螺母的一个槽中。这种方式多用于滚动轴承结构中</p>

续表

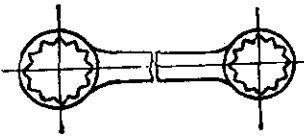
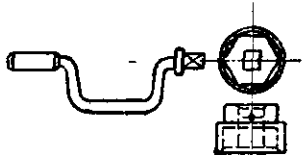

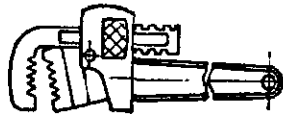
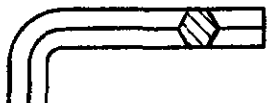
防松方法	简图	说明
<p>钢丝卡圈防松</p>		<p>紧定螺钉拧紧之后，并使一字形起子口和联接件的环形槽重合，套上钢丝卡圈防松。注意卡圈缺口处于螺钉相反位置，缺口宽度越小越好</p>
<p>扣紧螺母防松</p>		<p>用扣紧螺母防松比较可靠，但拆卸时，应先将紧固螺母向下旋紧$60^{\circ}\sim 90^{\circ}$后，再旋出扣紧螺母。扣紧螺母由65Mn钢带冲制并经热处理而成</p>

注 除表中介绍的方法外，还有带锁紧槽防松圆螺母以及填充尼龙或玻璃丝的防松螺母等。

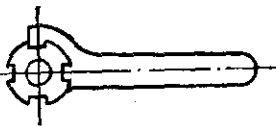
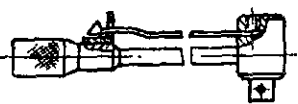
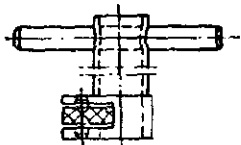
表 4-11-11 螺纹联接手用工具

名称	简图	说明
<p>螺钉旋具</p>		<p>俗称起子或改锥。头端分一字形和十字形。适用于装配一字形和十字形螺钉、木螺钉、自攻螺钉等。手柄有木制和塑料两种，一字形起子还有旋杆通心式，便于轻微敲打</p>
<p>单(双)头扳手</p>		<p>俗称死扳手或呆扳手。适于装配六角和方头螺栓、螺钉及螺母用。可成套供应，以便装配不同尺寸的螺栓、螺母。使用时要认真选择扳手的开口尺寸，以防损坏被拧紧件的棱角</p>

续表

名称	简图	说明
梅花扳手		<p>十二角形梅花扳手, 只要转过30°就能调换方向, 容易在狭窄的地方工作。可成套供应。因受力面积大, 所以比开口扳手强度高。属于这类整体形扳手的, 还有正方形或六角形扳手孔的型式</p>
套筒扳手		<p>成套套筒扳手是由一套尺寸不等的梅花套筒和不同接杆组成。可以用在普通扳手难于接近的螺钉(栓)或螺母的装配场合。与套筒配合使用的还有棘轮扳手和万向接杆</p>
活扳手		<p>使用活扳手应让固定扳手口受主要作用力, 否则会损坏扳手。扳手口尺寸要调的与被拧紧件相适应, 否则会损坏被拧紧件的棱角。多用于单件生产或修理工作的场合, 一般最好不选用它</p>
管子钳		<p>适用于管子和管路附件螺纹的装配和一些特殊场合的装拆工作。使用管钳装拆零件一般都会在表面上造成较严重伤痕。管钳只能在单方向锁住工件</p>
内六角扳手		<p>由六角扳手成套供应, 可根据螺钉的规格选择扳手。用于装拆 M₃ 以上的内六角螺钉和螺塞</p>

续表

名称	简图	说明
钩形扳手		这类扳手除钩形的外，还有U形扳手和套筒形扳手。U形扳手有圆销式和方销式，分别用来装拆周边有缺口式的和端面有圆窝的螺母。钩形和U形扳手还有可调整式的
扭力扳手		配合套筒扳手头使用。应用时，指针在刻度盘上指示旋紧力的大小。适用于有紧固力矩要求的螺纹联接。属于这类的还有专用的定扭矩扳手
双头螺栓专用扳手		除图示带有偏心轮的套筒式扳手外，还有长螺母带制动螺钉式的和长螺母带横楔式的，但都不及图示方法方便

注 除以上介绍的手用工具外，还有不少专用工具，例如丁字形起子、钩形起子、丁字形内六方扳手和效率较高的手用快速起子和限制扭矩的限力起子等。

表 4-11-12 一字形螺钉旋具(GB1432-78) (毫米)

公称尺寸	杆部长度	杆部直径	口宽	口厚	公称尺寸	杆部长度	杆部直径	口宽	口厚
$L \times d$	L	d	b	S	$L \times d$	L	d	b	S
50×3	50	3	3	0.4	65×5	65	5	5	0.65
65×3	65				75×5				
75×3	75				100×6	100	6	6	0.8
75×4	75	125×6	125						
100×4	100	4	4	0.55	100×7	100	7	7	1.0
50×5	50	5	5	0.65	125×7	125			

续表

公称尺寸	杆部长度	杆部直径	口宽	口厚	公称尺寸	杆部长度	杆部直径	口宽	口厚
$L \times d$	L	d	b	S	$L \times d$	L	d	b	S
150×7	150	7	7	1.0	125×9	125			
125×8	125				250×9	250			
150×8	150				300×9	300	9	9	1.4
200×8	200	8	8	1.1	350×9	350			
250×8	250								

注 表中所列为YM型木柄螺钉旋具尺寸。YM-I型, 为有铆钉式, YM-II型, 为无铆钉式, YM-III型, 为穿心式。杆部长度不包括柄部的长度。

表 4-11-13

十字形螺钉旋具(GB1433-78)

(毫米)

槽号	公称尺寸	杆部长度	杆部直径	槽号	公称尺寸	杆部长度	杆部直径
	$L \times d$	L	d		$L \times d$	L	d
1	50×4	50	4	2	200×6	200	6
	75×4	75			100×8	100	
	100×4	100		3	150×8	150	
	150×4	150			200×8	200	
	200×4	200			250×8	250	
2	75×5	75	5	3	250×9	250	9
	100×5	100			300×9	300	
	250×5	250		4	350×9	350	
	125×6	125			400×9	400	
	150×6	150					

注 表中所列为SM型、SS型十字形螺钉旋具尺寸, SM-I型为木柄有铆钉式, SM-II型为木柄无铆钉式, SS型为塑料柄式。杆部长度不包括柄部的长度。

表 4-11-14

单(双)头扳手的基本尺寸

(毫米)

名 称	公 称 尺 寸		公 称 尺 寸		公 称 尺 寸	
	口 宽 S	长 L	口 宽 S	长 L	口 宽 S	长 L
单头扳手 (JB717-65)	8	90	22	180	41	300
	10(9)	100	24	200	46	320
	12(11)	110	27	220	50	360
	14	125	30	240	55	400
	17	140	32	260	65	450
	19	160	36	280	75	500
双头扳手 (JB718-65)	4×5	80	17×19	145	32×36	235
	5.5 (6)×7	90	(19×22)	160	41×46	290
	8×10	100	(22×24)	175	50×55	350
	(9×11) (10×12)	110	(24×27)	190	65×75	450
	12×14	120	(27×30)	205		
	(14×17)	130	(30×32)	220		

注 1. L 在单头扳手时代表柄端到开口根部的长度; 在双头扳手时代表两端开口根部的距离。

2. 成套选用时, 括号内的规格尽可能不用。

表 4-11-15

活扳手的基本尺寸(JB720-65)

(毫米)

公 称 规 格	公 称 尺 寸		公 称 规 格	公 称 尺 寸	
	全 长 L	最大开口 S		全 长 L	最大开口 S
100×14	100	14	300×36	300	36
150×19	150	19	375×46	375	46
200×24	200	24	450×55	450	55
250×30	250	30	600×65	600	65

注 A型(15°倾角)和B型(22½°倾角)活扳手都以承受扭短的大小区分为轻级、重级两种。

表 4-11-16 冲击式风扳机的基本参数(JB1540-75)

产品系列	应用范围 (米)	扭 矩 (公斤·米) 不小于	时 间 (秒) 不小于	方头尺寸 (毫米)	进 气 口 螺纹尺寸	胶管内径 (毫米)	气 压 (公斤/ 厘米 ²)
6	5~6	2	1	10	ZG1/8"	6~8	5
10	8~10	7	1.5	13	ZG1/4"	8~13	5
16	12~16	20	2	13 (16)	ZG1/4"	8~13	5
20	18~20	50	2	19	ZG3/8"	13~16	5
30	24~30	90	3	25	ZG3/8"	13~16	5
42	33~42	200	5	25	ZG3/8"	16	5
72	45~72	1000	10	45	M30×2	19	5
110	76~110	3000	20	65	M36×2	25	5

注 括号内尺寸, 根据用户要求供应。

表 4-11-17 螺纹联接的拧紧顺序

分布型式	一 字 型		平 行 型	
简 图				
分布型式	四 边 型	圆 型	多 孔 型	
简 图				

注 视分布状况和工件形状, 按一定顺序逐步(分2~3次)拧紧。

表 4-11-18 螺母拧紧力矩(无预紧力要求时)

螺纹直径 d (毫米)	螺 纹 强 度 级 别			
	4·6	5·6	6·6	10·9
拧 紧 力 矩 (公斤力·米)				
6	0.35	0.46	0.52	1.16
8	0.84	1.12	1.26	2.81
10	1.67	2.23	2.5	5.6
12	2.9	3.9	4.4	9.7
14	4.6	6.2	7.0	15
16	7.2	9.6	10.9	24
18	10	13.3	14.9	33
20	14	18.8	21.2	47
22	19	25.6	29	64
24	24	32.5	36.6	81
27	36	48	54	119
30	48	65	73	162
36	85	113	127	282
42	135	181	203	452
48	203	271	305	677

注 螺栓强度级别见GB38-76。表中表示方法：在·号前数字为 $\frac{\sigma_{bmin}}{10}$ (最小抗拉强度值的十分之一) 在·号后的数字为 $\frac{\sigma_{smin}}{\sigma_{bmin}}$ (最小屈服极限与最小抗拉强度之比)或 $\frac{\sigma_{0.2}}{\sigma_{bmin}}$ 。

表 4-11-19 有预紧力要求的螺纹联接装配方法

方 法	说 明
定 扭 矩 法	用扭力扳手或定扭矩扳手控制。方法简便但误差较大。对扭矩扳手在使用前和使用过程中，应注意校核
扭 角 法	将螺母拧紧至消除间隙后，再将螺母扭转一定角度来控制预紧力。不需专用工具，操作简便，但误差较大

续表

方 法	说 明
扭断螺母法	在螺母上切一定深度的环形槽，扳手套在环形槽上部，以由环形槽处扭断螺母来控制预紧力。误差较小，操作方便。但螺母本身的制造和修理重装时不便
液力拉伸法	用液力拉伸器使螺栓达到规定的伸长量以控制预紧力。螺栓不承受附加力矩，误差较小
加热法	用加热法(一般小于400°C)使螺栓伸长,然后采用一定厚度的垫片或热紧法来控制螺栓的伸长量,借以控制预紧力,误差较小

注 借助于千分尺等量具测量螺栓伸长量来控制夹紧力时，螺栓伸长量按

$$\text{下式计算: } \lambda = \frac{P_0 L}{E_{\text{栓}} F_{\text{栓}}} \text{ 毫米}$$

式中 λ —— 螺栓伸长量，毫米；

P_0 —— 夹紧力，公斤；

L —— 螺栓变形部分长度，毫米；

$E_{\text{栓}}$ —— 螺栓材料弹性模数(碳钢为 $2 \sim 2.1 \times 10^5$ 公斤/毫米²)；

$F_{\text{栓}}$ —— 螺栓的截面积，毫米²。

4. 过盈联接

过盈联接一般属于不可拆卸的固定联接。装配前，零件应清洗洁净，检查有关尺寸公差和形位公差，必要时应测出实际过盈量，分组选配。

表 4-11-20 过盈联接方法的选择

装配方法		设备或工具	工 艺 特 点	应 用 举 例
压 入 法	冲 击 压 入	用手锤或 重物冲击	简便，但导向性不易控制，易出现歪斜	适用于配合要求低、长度短的零件装配。如销、短轴等。多用于单件生产中

续表

装配方法	设备或工具	工艺特点	应用举例	
压入法	工具压入	螺旋式、杠杆式、气动式压入工具	导向性比冲击压入好，生产率较高	适用于小尺寸联接件的装配，如套筒和一般要求的滚动轴承等。多用于中小批生产
	压力机压入	齿条式、螺旋式、杠杆式气动压力机或液压机	压力范围由1~1000吨。配合夹具使用，可提高导正性	适用于采用轻、中型静配合的联接件，如齿圈、轮毂等。成批生产中广泛采用
热胀法	火焰加热	喷灯、氧乙炔、丙烷加热器、炭炉	加热温度 $<350^{\circ}\text{C}$ 。使用加热器，热量集中，易于控制，操作简便	适用于局部加热的中或大型联接件
	介质加热	沸水槽、蒸汽加热槽、热油槽	沸水槽加热温度 $80\sim 100^{\circ}\text{C}$ ，蒸汽槽可达 120°C ，热油槽 $90\sim 320^{\circ}\text{C}$ ，均可使联接件去污干净，热胀均匀	适用于过盈量较小的联接件，如滚动轴承、连杆衬套等
	电阻和辐射加热	电阻炉、红外线辐射加热箱	加热温度可达 400°C 以上，热胀均匀，表面洁净，加热温度易于自动控制	适用于中、小型联接件成批生产
	感应加热	感应加热器	加热温度可达 400°C 以上，加热时间短，调节温度方便，热效率高	适用于采用特重型和重型静配合的中、大型联接件

续表

装配方法	设备或工具	工艺特点	应用举例	
冷缩法	干冰冷缩	干冰冷缩装置(或以酒精、丙酮、汽油为介质)	可冷至 -78°C , 操作简便	适用过盈量小的小型联接件和薄壁衬套等
	低温箱冷缩	各种类型低温箱	可冷至 $-40\sim-140^{\circ}\text{C}$, 冷缩均匀, 表面洁净, 冷缩温度易于自动控制, 生产率高	适用于配合面精度较高的联接件; 在热态下工作的薄壁套筒件
	液氮冷缩	移动或固定式液氮槽	可冷至 -195°C , 冷缩时间短, 生产率高	适用于过盈量较大的联接件
液压套合法	高压油泵、增加器等液压附件	油压常达 $1500\sim 2000$ 公斤/厘米 ² , 操作工艺要求严格。套合后, 可以拆卸	适于过盈量较大的大、中型联接件, 尤其定位要求严格的零件	

- 注 1. 除表中介绍的方法外, 还有液压垫压入法和爆炸压合法等。
 2. 采用压入法时, 对于薄壁细长零件应严格控制过盈量, 宜垂直压入, 以防变形; 被包容件的中心孔, 要有收缩变形, 应考虑适当加大或压后再精加工。压入速度不宜太快, 应连续压入。
 3. 采用热胀或冷缩方法时, 实际尺寸不易测量, 可按下列公式计算温度来控制。装配时间要短, 以防因温度变化而间隙消失, 防止冻伤或烫伤。

工作加热温度按下式计算: $t = \frac{\delta + \Delta}{\alpha d} + t_0$, $^{\circ}\text{C}$

- 式中 δ ——实际过盈量, 毫米;
 Δ ——热配合间隙(0.001~0.002毫米);
 t_0 ——环境温度, $^{\circ}\text{C}$;
 α ——包容件线胀系数, $1/^{\circ}\text{C}$;
 d ——包容件孔径, 毫米。

5. 平衡

零件或部件, 由于内部组织不匀、加工制造和装配误差

或本身形状不对称等原因,在旋转时,由于重心与旋转中心发生偏移,产生离心力,引起机器工作时振动。使零件的寿命和机器的工作精度降低。它的危害程度随着机器本身的大小、重量、转速高低等因素而不同。平衡的目的在于消除零部件的不平衡质量,从而消除因此而引起的机器旋转时的振动。

平衡方法分静平衡和动平衡。动平衡的平衡精度高。一般零件在动平衡时,可视为刚性体进行平衡。但也有不少物体,例如轴类挠性零件,平衡时,不能忽略其旋转弹性变形的影响。

对不平衡量可用下述方法校正:用补焊、喷镀、胶接、铆接、螺纹联接等方法加配质量;用钻、磨、铣、锉等方法去除质量;在预制的平衡槽中改变平衡块的位置和数量。

(1) 静平衡

图4-11-1中两条斜线的中间区域,可作为确定静平衡的应用范围的参考。这里有两个极限,是因为:零件的转速 n 和长径比 $\frac{b}{D}$ 并不是决定静平衡应用范围的唯一因素,还和旋转件的轴承距离、制造工艺、重量、用途等因素有关,应综合各种因素做出决定。

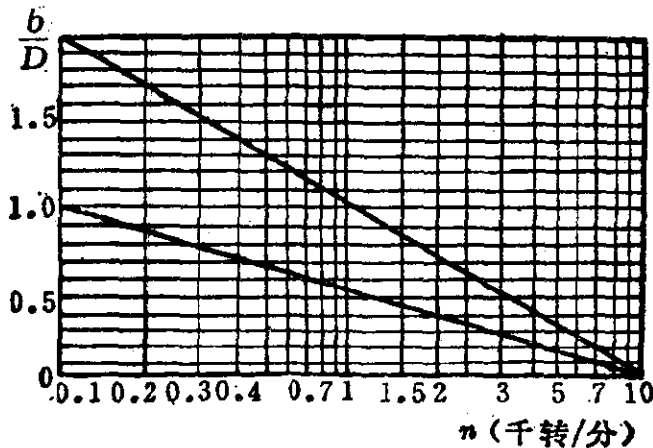


图 4-11-1 静平衡应用范围

表 4-11-21

几种静平衡架的特点

平衡架形式	特 点
平行导轨式	结构简单, 应用广泛, 改变导轨截面可适用于重量不同的旋转体。缺点是不能平衡两端轴颈直径不同的零件。截面有刀形、圆柱和菱形
滚柱式	适用于平衡两端轴颈直径不同的零件。通常, 平衡的精度低于平行导轨式平衡架
圆盘式	适用范围和结构略同滚柱式。因圆盘直径大, 平衡精度高。宜用于平衡中、轻型零件

注 此外, 还有球面支承式、天平式平衡架等。

表 4-11-22

静平衡用平行导轨的技术条件

技 术 要 求 项 目	许 用 值
支承面不平度	0.005毫米
支承面水平度	0.01~0.02/1000
两支承面在水平面内不平行度	≤ 1毫米
支承面光洁度	▽ 8 以上
支承面最小长度	大于轴径的 7 倍
支承面推荐宽度:	
旋转体重量 ≤ 3 公斤	~0.3毫米或圆柱形
> 3~30公斤	3.0毫米
> 30~300公斤	10毫米
> 300~3000公斤	30毫米
淬火硬度	HRC50~60

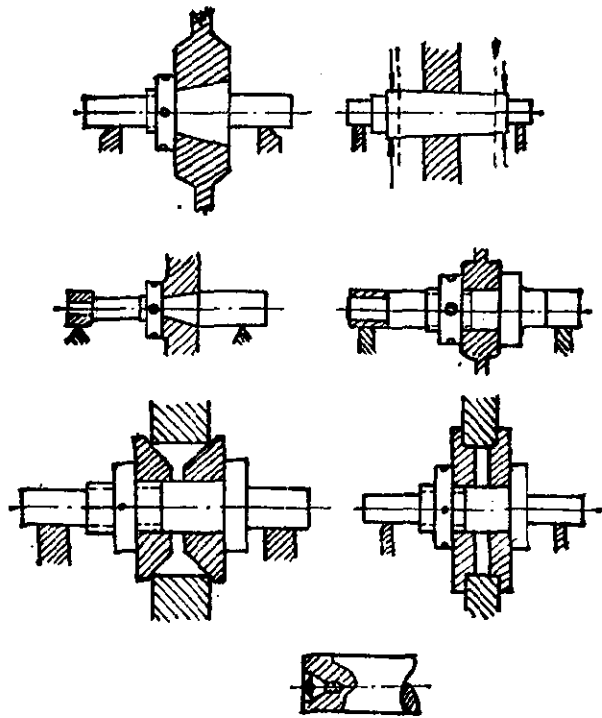
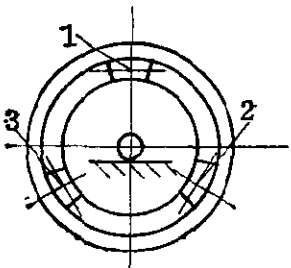
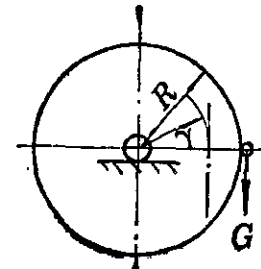


图 4-11-2 平衡心轴

表 4-11-23

静平衡方法举例

图 例	平 衡 方 法
	<p>准备工作与上述方法的准备工作相同。</p> <p>轻轻推动一下零件，使其沿导轨滚动。停止后，在下垂点做记号，将记号转到水平线上，左右各滚动一次，在新的下垂点做记号。如前后三个记号不重合，应取后两次的平均位置做记号 a。并在对称点做记号 b。然后将平衡块 1 对准记号 b。块 2、3 对称分布在两侧。</p> <p>将 b 点转到水平位置。如 b 点向上滚动，可将块 1、2 等距离向 b 点移近，直至记号 b 在水平位置平衡为止。如果记号 b 向下滚动，则块 2、3 向反方向调定。到此，转动零件到任何角度都可静止不动。</p> <p>如果还有较大误差并超过许用值，可用上述方法找出新的点 b' 或 b''。如果是 b'' 状况，可将块 2 按反时针方向移动一个不大的角度，如果是 b' 状况，则将块 3 按顺时针方向移动一个不大的角度即可。最后紧固好螺钉。</p>

图 例	平 衡 方 法
	<p>将被平衡的零件连同心轴，放在已经调好水平的平衡架上。将平衡块按三等分均布，并初步旋紧螺钉。</p> <p>使任意一块处于最高点(例如平衡块1)，当零件左右转动时，则调整该块，到零件能静止为止。此时另外两块置于原处，不得调动。</p> <p>将零件转过120°，使块2、3轮流处于最高点，用原方法进行调整。后者调整时，不动前者。如此依次调整，直至零件平衡达到要求，最后紧固好螺钉</p>
	<p>将被平衡的零件连同心轴放在已调好水平的平衡架上。</p> <p>用试验的方法，确定零件的不平衡位置和大小(较小的试验载重可用胶质物，较大的试验载重可用夹类结构将金属物挂在零件上)。</p> <p>根据最后的试验载重的重量和位置，经过计算，确定在校正点上应去除或增加的重量G_y，</p> $G_y = G \frac{R}{r}$ <p>式中 G——最后使零件达到平衡的试验载重(连同夹类结构)；</p> <p>R——由转动轴心到最后试验载重的距离；</p> <p>r——由转动轴心到选定校正点的距离(在轴心和载重的连线上)。</p>

注 经过静平衡后零件的平衡精度检验：在其校正面上，将半径为 r 的圆周分为6或8等分，当各等分线在水平位置时，由小到大试加质量，测得旋转体刚开始转动的试量。这个试量在各等分位置是不同的，在某两个相隔180°的相位上为最小和最大。残余不平衡量在 G_{min} 的相位，其数值为：

$$G = \frac{1}{2}(G_{max} - G_{min}) \text{克}$$

残余不平衡量造成的重心偏心距 e 则为： $e = \frac{Gr}{W}$

式中 G ——试加质量，克；
 r ——试加质量所在位置的半径，毫米；
 W ——旋转体质量，公斤。

(2) 动平衡方法举例 (图4-11-3)

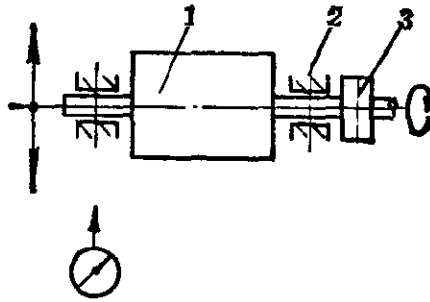


图 4-11-3 动平衡简图

1—工件；2—轴承；3—离合器

- 1) 调整好试验台两支承的水平。
- 2) 将被平衡的零件放在试验台两轴承中，令轴向稍有间隙。固定两端支承，在接近支承处的旋转体外圆上涂色。
- 3) 驱动旋转体到共振速度（此时振幅最大）以上。脱离驱动装置的连接，使旋转体惰走。
- 4) 及时放松被测一端轴承，由于旋转体不平衡量造成的离心力，在垂直面内振动。此时使划针迅速接近涂色处，便会划上许多短痕。取短痕中分线，并由此处逆旋转方向的 90° 处作记号。
- 5) 在与记号相隔 180° 的位置上，靠近外缘处，安装适当的配重。再重新试验一次，作新记号。如果新旧记号重合，则配重的位置是求对了，不过重量还不够。如果记号移过 180° ，这说明位置对了，但重量太大。如果记号在其它角度，应将配重位置作一些修正，重新进行试验，作新记号，直至两记号重合并达到规定的振动许可值。
- 6) 按以上方法作旋转体另一端的平衡。
- 7) 后者平衡后，又会影响前者的平衡。因此，要依次对两端重复多次，才能平衡好。

应该指出，简易的平衡台还有其他一些形式。但效率和精度都较低。大量生产时，宜采用专用动平衡试验机或闪光式、电子式动平衡试验机。

6. 校准

校准是指在装配时对各零部件的相互位置的测量、调整或修配，使之达到规定的技术要求。

(1) 校准的一般程序

1) 按照装配时选定的基准件，确定合理的、便于测量的基准面；

2) 先校正机身、壳体、基座等基准件在纵横方向的水平或垂直度；

3) 采取合适的测量方法和步骤，找出装配中实际位置偏差；

4) 分析影响精度的因素，决定调整偏差及其方向；

5) 决定调整环节和方法，根据测得的偏差进行调整；

6) 复校，达到要求后，定位紧固。

(2) 基准的选择

1) 有关零部件几个装配尺寸的公共环；

2) 零部件的主要结合面；

3) 加工与装配一致的基准面；

4) 精度要求高的面；

5) 最便于测量的水平或铅垂面；

6) 已精加工到最终尺寸的面。

(3) 决定偏差及其方向应注意的问题

1) 待装附件重量的影响；

2) 机器运转时作用力的影响；

3) 整机或部件不同热变形的影响；

- 4) 零件磨损程度的影响;
- 5) 摩擦面油膜厚度的影响。
- (4) 校正方法

表 4-11-24 校正不直度

测量方法及工具		测量可能达到的精度范围(毫米)	备注
张紧钢丝	钢板尺测量	0.50	
	内径千分尺导电测量 ^①	水平面 0.03 垂直面 0.05	使用距离 < 8 米
	读数显微镜测量	0.02	钢丝直径 < 0.3 毫米
水平仪 ^③		0.01	如果用合象或电子水平仪, 精度可提高
光学平直仪		0.005 ^②	校正长度 > 10 米时分段进行
光学准直仪		0.02 ^②	需配置光靶或定心器, 校准长度可达 30 米
激光准直仪	距离(米)	精度(毫米)	提供可见光, 测量方便, 校准长度较大
	20	>0.05	
	20~40	>0.10	
	40~70	>0.20	

①内径千分尺导电测量的原理示于图4-11-4。

②指 1 米范围内的测量精度。

③用水平仪校正不直度的具体方法可参看附在后面的“用水平仪测量导轨不直度误差”。

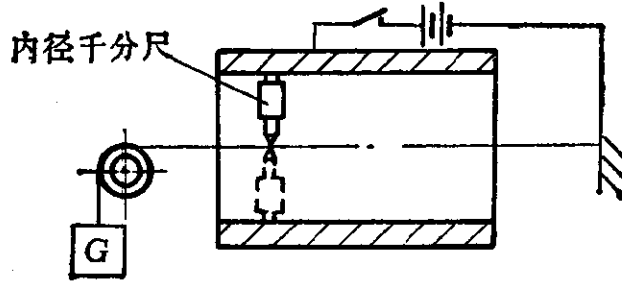


图 4-11-4 导电测量的原理

当张紧钢丝进行校正时，钢丝是有一定挠度的，为提高精度应知道钢丝的挠度，具体可采用如下计算方法（图 4-11-5）：

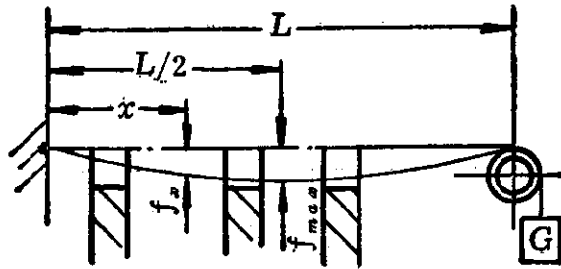


图 4-11-5 张紧钢丝的挠度计算

$$G = 80d^2 \quad \text{公斤}$$

式中 d —— 钢丝直径，毫米，一般取 0.2~0.5。

$$f_a = 38.3(L-x)x \quad \text{微米}$$

式中 L —— 张紧钢丝最大跨距，米；

x —— 测量位置，米。

$$\text{当 } x = \frac{L}{2} \text{ 时, } f_a = f_{max}$$

表 4-11-25 校正不平度、不等高度和水平偏差

测量方法及工具		测量精度 范 围 (毫米)	备 注
平 尺	内径千分尺或百分表	0.03	垂直面内测量时, 使用 距离 < 8 米
	钢板尺测量	0.50	
水 平 仪		0.01 ^①	平面较大时, 可配合平 尺使用
液体联通器	标尺测量	0.10	注意因测量时间较长或 环境温度变化使液体蒸发的 影响
	深度千分尺测量	0.02	
光学准直仪			同不直度校正
激光准直仪			同不直度校正

①指 1 米范围内的测量精度。

表 4-11-26 校正不同轴度和不对称度

测量方法及工具		测量精度 范 围 (毫米)	备 注
平尺、塞尺		0.05	校正长度 < 1.5 米
张紧钢丝、内径千分尺、导电 测量		0.03	校正距离 < 16 米
检 棒		0.01	校正长度 < 1 米
工艺轴、百分表		0.02	工艺轴长度一般 < 6 米
专用校具、百分表或塞尺		0.02	例如: 用于联轴器校正
光学准直仪			同不直度校正
激光准直仪			同不直度校正

表 4-11-27 校正不垂直度

测量方法及工具	测量精度范围 (毫米)	备 注
角尺、塞尺	0.05 ^①	漏光检查精度可达0.02毫米
吊垂线(钢丝)内径千分尺 导电测量	0.05	校正长度2米
吊垂线钢板尺测量	0.50	可用金属线或非金属线
水 平 仪	同不直度校正	
校具、百分表	0.02	校具有圆柱形、角尺形、箱形等。可涂色检查

①指在1米范围内的测量精度。

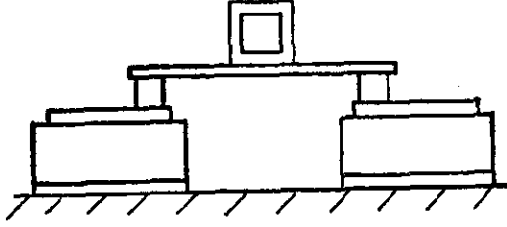
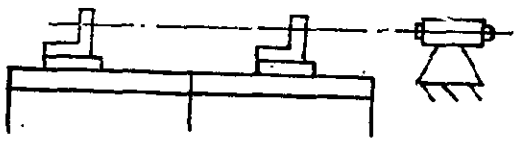
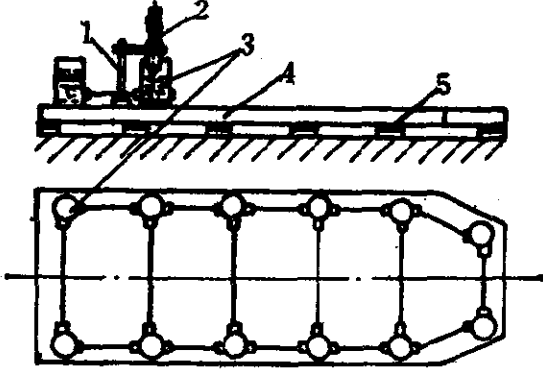
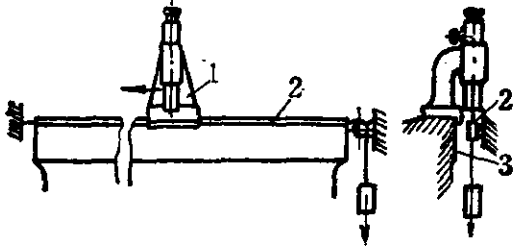
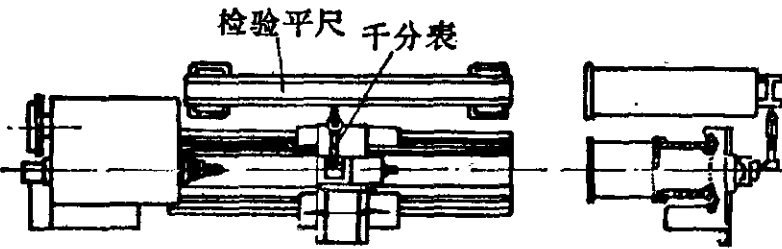
表 4-11-28 校正不平行度

测量方法及工具	测量精度范围 (毫米)	备 注
平尺、钢板尺	0.50	
水平仪、平尺	同不直度校正	
校具、百分表	0.02	校具一般为圆柱形或平板形
光学准直仪	同不直度校正	用等高光靶

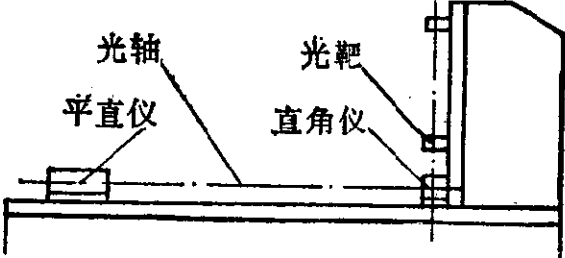
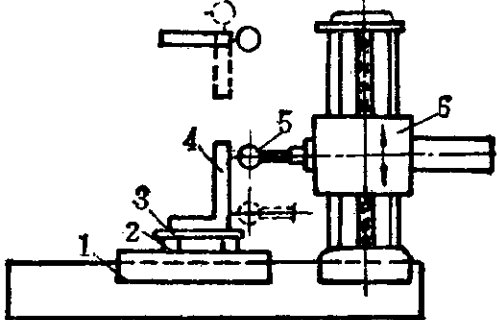
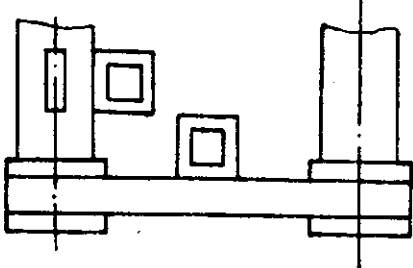
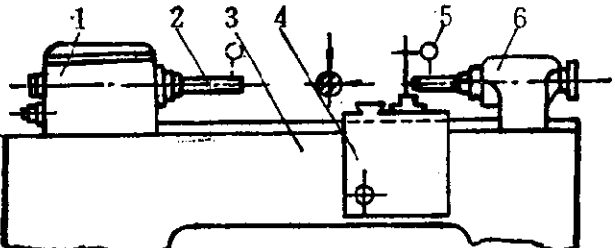
最后还应指出，在措施得当、技术熟练、环境良好的条件下，表4-11-21~表4-11-28所列精度可进一步提高。

表 4-11-29

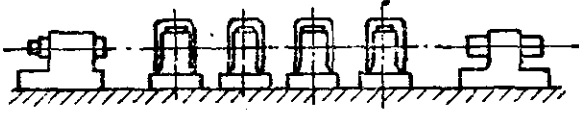
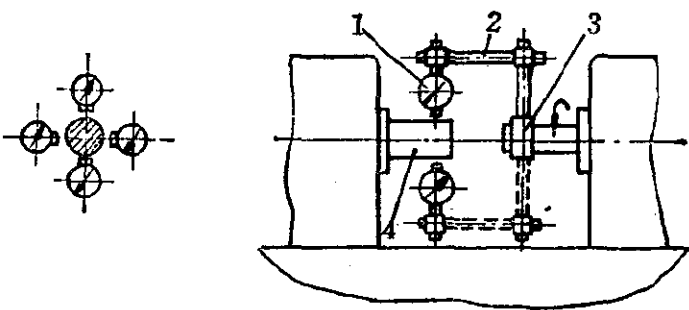
校 准 实 例

简 图	选用的方法和量具
	<p>用水平仪和平尺校正对置机床底座的等高度</p>
	<p>用光学仪器校正对接床身的不直度</p>
 <p>1—支架；2—深度千分尺；3—连通水筒； 4—底座；5—调整垫铁</p>	<p>用连通器校正大型机床底座的水平偏差</p>
 <p>1—显微镜；2—弦；3—被检平面</p>	<p>用张紧弦和显微镜校正平面的直线性</p>
 <p>检验平尺 千分表</p>	<p>用检验平尺和千分表检验平面的直线性</p>

续表

简 图	选用的方法和量具
	<p>用光学仪器校正机床立柱的垂直度</p>
 <p>1—工作台，2—等高垫，3—平尺，4—角尺， 5—百分表，6—主轴箱</p>	<p>用角板和百分表校准机床立柱的垂直度</p>
	<p>用水平仪校正机床立柱的垂直度</p>
 <p>1—床头箱，2—检验体，3—床身， 4—溜板箱，5—百分表，6—尾架</p>	<p>用百分表校正机床头和尾座对于导轨的平行度</p>

续表

简 图	选用的方法和量具
	<p>用光学仪器校准轴承孔的同心度</p>
 <p>1—百分表； 2—表架； 3—固定座； 4—检验棒</p>	<p>利用千分表校准对置主轴的同心度</p>

附：用水平仪测量导轨不直度误差

绘图法：例如，水平仪每移动 250 毫米记录一次，导轨全长为 2250 毫米，实测结果列于表 4-11-30 中。根据表中数值，绘制图 4-11-6 所示的不直度曲线，连接曲线两端点，通过比较，得出该导轨全长的不直度误差为 0.0325 毫米。

表 4-11-30 水平仪实测读数 (1 格为 0.02/1000)

测量位置	1	2	3	4	5	6	7	8	9
水平仪读数 (格)	+ 3	+ 4	+0.5	+ 3	+0.5	+ 1	0	-0.5	- 2.5
升降值(微米)	+ 15	+ 20	+ 2.5	+ 15	+ 2.5	+ 5	0	- 2.5	- 12.5

计算法：是通过换算求得导轨实际曲线与理想直线各段间坐标差值，其中最大者即为导轨在全长上的不直度误差。具体步骤如表4-11-31所示。

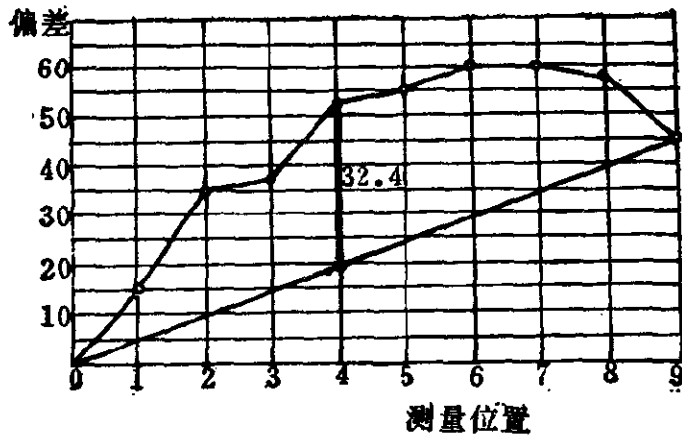


图 4-11-6 导轨不直度曲线

表 4-11-31 求导轨不直度误差的计算步骤 (微米)

测量位置	1	2	3	4	5	6	7	8	9
升降值	+15	+20	+2.5	+15	+2.5	+5	0	-2.5	-12.5
计算步骤	1 求导轨实际曲线各段终点的纵坐标值								
	+15	+35	+37.5	+52.5	+55	+60	+60	+57.5	+45
	2 求理想直线对应点的纵坐标值 (理想直线的上升值为: $\frac{45}{9} = 5\%$)								
	+5	+10	+15	+20	+25	+30	+35	+40	+45
步骤	3 两对应纵坐标值相减得导轨各级的不直度误差值								
	+10	+25	+22.5	+32.5	+30	+30	+25	+17.5	0

从上表计算步骤3可看出，在第4测量位置的不直度误差最大，0.0325毫米即为导轨全长上的不直度误差。

7. 典型部件的装配

(1) 整体圆式轴承(轴套)的装配

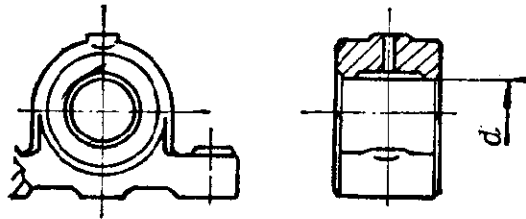


图 4-11-7 整体圆式轴承

1) 根据轴套的过盈量大小, 选择合适的装配方法(压合法或温差法)。直径过大或过盈量大时, 宜采用温差法, 否则容易损坏轴套。

2) 装配前应除去孔座边部的尖角毛刺, 清洗干净。使用压合法时, 应涂抹润滑油。

3) 应用手锤敲击方法时, 要在轴套端部垫上平垫板, 以防损坏轴承。对于尼龙或粉末冶金轴套, 应避免使用敲击法。

4) 轴套压入时, 应防止倾斜, 最好采用具有导向装置的专用夹具(图4-11-8)。

5) 轴套与座孔如有相对位置要求时, 要事先对准。轴套的防松方法见(图4-11-9)。

6) 压入后尺寸变形, 可用铰、刮研、滚挤等方法修整。

(2) 厚壁对开轴瓦(图4-11-10)的装配

1) 去除座孔毛刺, 清理干净。瓦背与座孔接触应均匀, 必要时, 应按座孔配刮瓦背。

2) 宜将瓦面按轴颈或工艺轴粗刮后, 将下瓦装在机

体上，调好相对位置，再进行上下瓦的精刮。

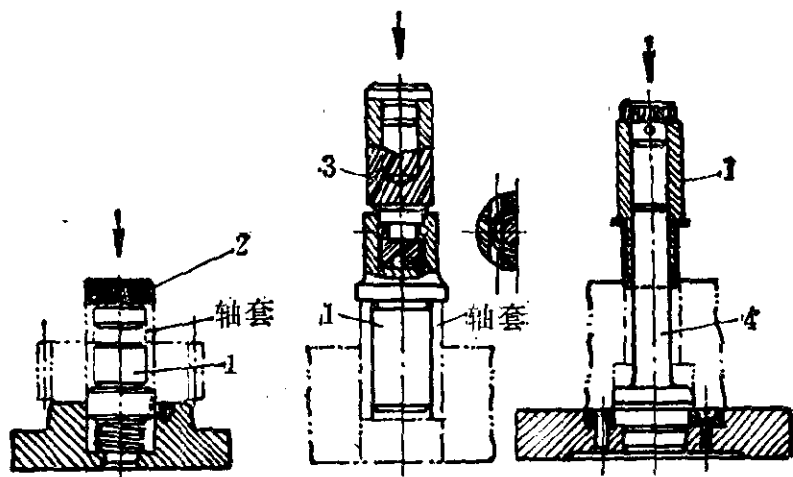


图 4-11-8 压配轴套的专用夹具。

1—心轴；2—端盖；3—压柄；4—导向轴

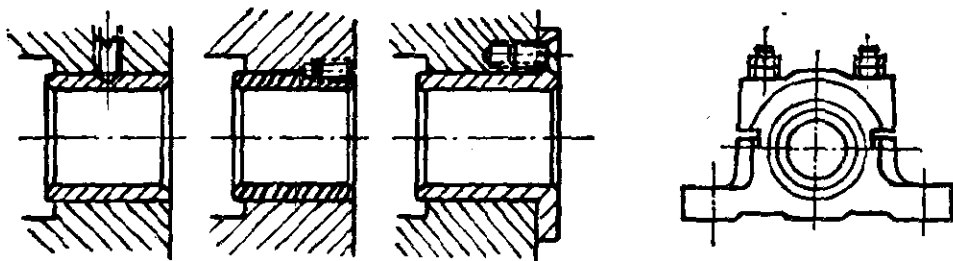


图 4-11-9 防止轴套转动的方法 图 4-11-10 厚壁对开式轴承

3) 应根据实际使用情况考虑：瓦面中间区域刮的接触点稀一些，以利于存润滑油；受力区域接触点刮的密一些，以利于提高接触刚性，延长使用寿命；主轴伸出长且载荷大时，应考虑主轴弯曲变形，可将下瓦靠近伸出端的中间部分，刮凹一些，以防出现咬住现象。

4) 配刮应按实际使用方向和位置进行，并做好配对标记。

5) 刮好的轴瓦，应再一次清洗干净。以对口面上的垫片，调整与轴颈的配合间隙到规定值。

(3) 薄壁对开轴瓦的装配

1) 薄壁对开轴瓦具有互换性。更换轴瓦时，宜按实际轴颈尺寸，严格进行选配，瓦面不宜配刮。

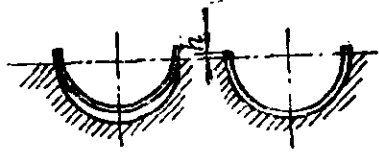


图 4-11-11

轴瓦与座孔的装配

2) 轴瓦形状如图 4-11-11 所示。当轴瓦压入座孔后，轴瓦的边缘应高出接合平面，其值为 h 。拧紧轴承盖后，便有一定的过盈 i ：

$$i = \frac{4h}{\pi} \quad \text{毫米}$$

h 值一般采用 $0.05 \sim 0.10$ 毫米。

(4) 扇形孔轴承的装配

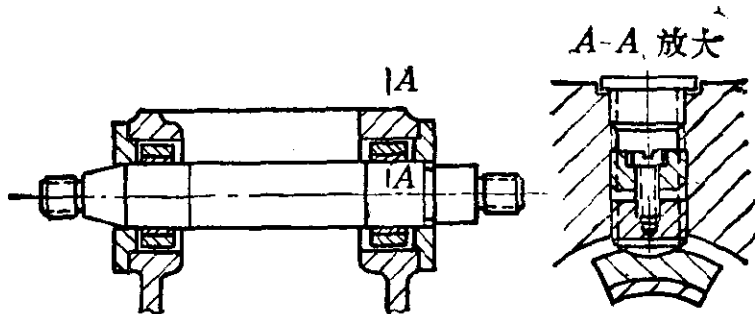


图 4-11-12 扇形轴瓦

1) 装配时，将已配研好和清洗干净的扇形瓦，按旋转方向标记，与球面螺钉成对装入。

2) 为使主轴中心线与壳体中心线一致，一般应采用工艺套定心（如图所示）。

3) 主轴中心调好，调整球面螺钉，使主轴与扇形瓦达到规定的间隙（一般为 $0.01 \sim 0.02$ ，测量时应取出工艺定心套）。

4) 旋入通孔螺钉，并使其端部与球面螺钉尾部留有约

2 毫米的空隙。拧入拉紧螺钉把球面螺钉紧固。对主轴间隙进行复校，若符合规定时，即可放上垫圈，拧好防护螺钉。否则应重新进行主轴间隙的调整工作。

(5) 滚动轴承的一般装配要点

1) 安装前，应把轴承和有关零件清洗干净。宜用干净的煤油或汽油清洗。不要用压缩空气吹，因其中有杂质和水分。

2) 对于精密的主轴部件，装配前要测量轴承和相关零件的配合尺寸，以便选配。

3) 装配时，要保持环境和工具的清洁，精密部件的装配，应在防尘和恒温室内进行。

4) 应注意所用润滑油或润滑脂的清洁。

5) 精密部件的装配宜采用温差法。过盈较大时，采用压力机压入。过盈量小或单件生产时，如果采用手锤敲击法，应注意不能直接敲击轴承端面或施力在夹持架和钢珠上。压入法采用的工具如图4-11-13所示。

6) 轴承端面应与轴肩或支承面贴实。单件生产时，宜事先检查轴肩根部圆角尺寸。

7) 一般都可以有不同程度的预紧，以提高主轴部件的回转精度、系统刚性。但对于负荷小、转速高的使用情况，

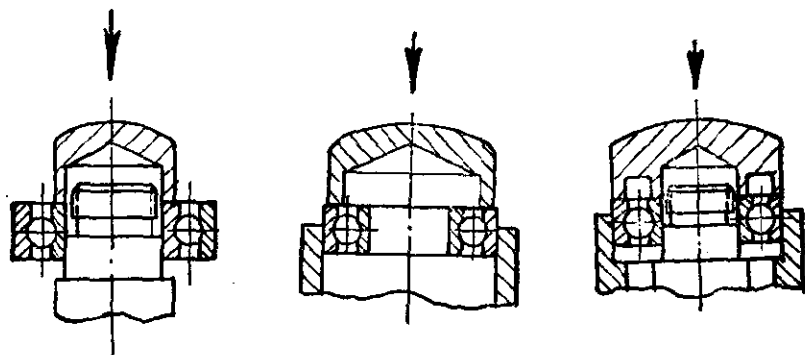


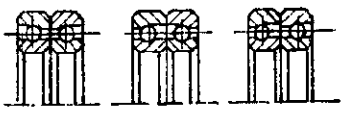
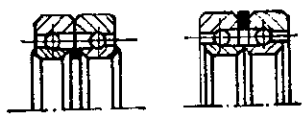
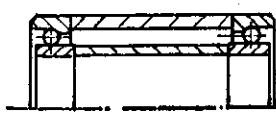
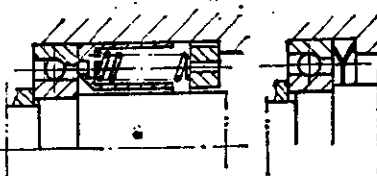
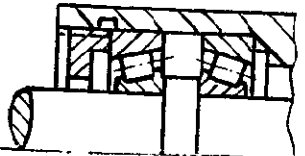
图 4-11-13 压入法装配轴承专用工具

须考虑主轴热膨胀，应留有适当游隙（预紧和游隙的调整方法见表4-11-32~34）。

8) 试车前，必须做好充分的润滑，并通过温度和声音，判断轴承装配是否正常（参考表4-11-35）。

9) 对于拆卸后可能要重复使用的轴承，应用图4-11-14所示专用工具进行。

表 4-11-32 实现轴向预紧的方法

预紧方法	图 例	说 明
采用成对向心推力球轴承		不需进行调整，装配后即能获得精确的预紧力。适用于成批生产及精度要求较高的轴承部件
在成对安装的轴承外圈或内圈之间置以衬垫		成对组合的轴承并排安装在部件内时采用。应用不同厚度的衬垫能得到不同的预紧力
在成对安装的轴承内圈和外圈中间配置不同厚度的间隔套		为提高成对组合轴承的刚性，两轴承有一定的轴向距离时采用。改变内外间隔套的厚度，能得到不同的预紧力
利用经常作用于轴承外圈上的弹簧		不受轴承磨损和轴向热变形的影响，能保持一定的预紧力。预紧力大小靠弹簧调整
用螺母或带螺纹的端盖使轴承内外圈作相对轴位移		调整螺母轴向位置，即可得到所需要的预紧力

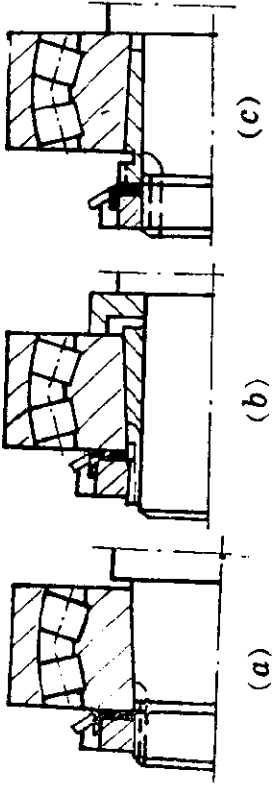
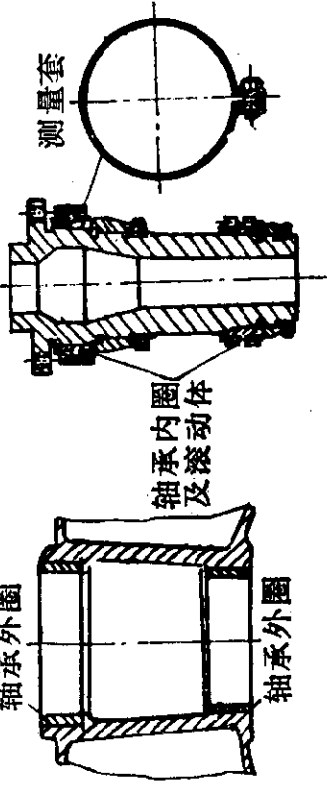
注 径向预紧是利用锥孔轴承在其配合锥颈上作轴向位移使内圈胀大来实现的。

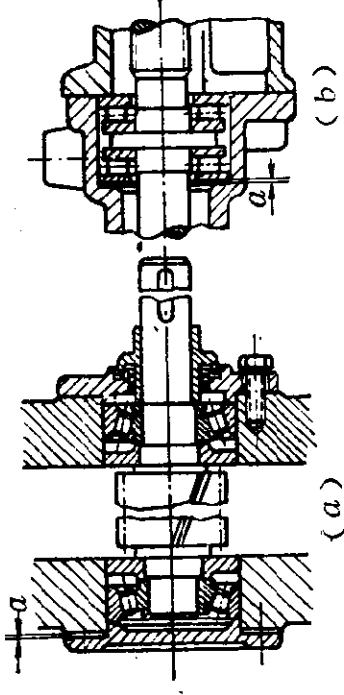
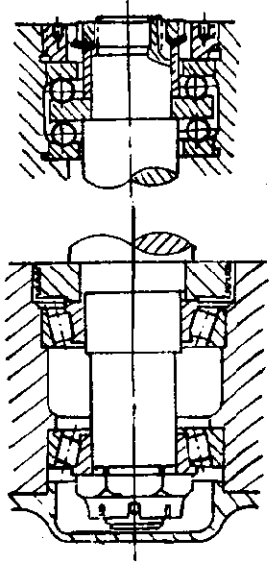
简 图	说 明
<p>(a)</p> <p>(b)</p> <p>(c)</p>	<p>用工具测量轴承预紧后的测位置：图(a)中，A为定值，用块规测量B；图(b)中，B为定值，用块规测量A；图(c)中，分别测量二轴承的K_1和K_2：</p> $K_1 = H_2 - H_1$ $K_2 = H_3 - H_4$ <p>测量应在互成120°的三点上进行，取其平均值。</p> <p>预加负荷力P的大小应适当，过大的负荷会使在高速下运转的轴承发热而加快磨损</p>

注 除表中介绍的方法外，还有应用弹簧测量装置或手感法来进行预紧调整的。

表 4-11-34

安装轴承时游隙的测量和调整

轴承类型	图 例	说 明
双列向心球 面滚子轴承		<p>轴承的内孔锥度为1:12的锥孔。 安装前的游隙可用千分表或塞尺检查。 如安装后不便于测量时，可以安装前的径向游隙为依据，由安装时调整轴向位移量换算求得，轴向移动量 s 和游隙减少量 Δ 之间的关系为：</p> $\Delta \approx \frac{1}{15} s$
双列向心短 圆柱滚子轴承		<p>将轴承外圈装入壳体中，测量外圈的实际内孔直径尺寸 D。 内圈与滚动体装于主轴锥颈上，调整内圈的轴向位移，使其胀大。 利用夹圈或铜丝，把滚动体贴紧在内圈上，测量滚动体外切圆尺寸 d，反复将该尺寸调整到： $d = D - \delta$ (δ 为规定的游隙)</p>

轴承类型	图 例	说 明
向心推力轴 承 推力轴承		用垫圈调整轴承的轴向间隙, 垫圈厚度 a 可按下式确定: $a = a_1 \pm u_a$ 式中 u_a —— 规定的轴向游隙, a_1 —— 消除轴承间隙后, 端盖与壳体端面的缝隙。 测量 a_1 时, 必须先使端面与中心线的不垂直度符合要求, 取互成 120° 三点的平均值。 垫圈的不平行度应 < 0.03
向心推力轴 承 推力轴承		用锁紧螺母调整轴承的轴向间隙时, 先旋紧螺母以消除间隙, 然后再松开一定角度 α , 使轴承得到规定的间隙。 α 按下式计算: $\alpha = \frac{u_a}{t} \times 360^\circ$ 式中 u_a —— 规定的轴向游隙, t —— 螺距。 此种方法一般用于内径与轴颈过盈量较小的情况下, 螺母的端面与螺纹中心线的不垂直度, 影响调整的正确性

<p>向心推力球轴承</p>		<p>成对安装时，用内外间隔套的厚度来控制轴承的轴向间隙。这种方法获得的轴承游隙比较精确，且可在部件装配前进行调整，有利于提高工作效率。</p> <p>$A = B + (\delta_1 + \delta_2) - u_0$ 图中左</p> <p>$A = B - (\delta_1 + \delta_2) + u_0$ 图中右</p>
----------------	--	--

表 4-11-35 轴承运转时温度和声音异常的分析 and 处理

特 征	原 因	解 决 方 法
金属尖声(如哨声) 不规则声音	润滑不够，间隙太小。 有杂物进入轴承中间	清洗轴承和壳体，调整间隙，重新加润滑油
粗声 冲击声 轰隆声	滚珠槽轻度点蚀剥落。 滚珠架损坏，轴承圈裂。 滚珠槽严重剥落	更换新轴承，仔细清理，重新装配
轴承外壳温度太高	润滑不足。 间隙过小。 轴承偏斜。 相关件不同心。 润滑油太多、太浓、散热不良。 转速过高，负荷太大	先易后难、查找原因、采取相应措施

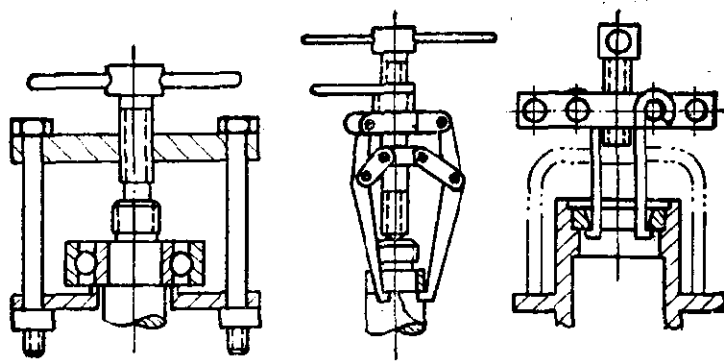


图 4-11-14 轴承拆卸工具

(6) 销钉的装配要点

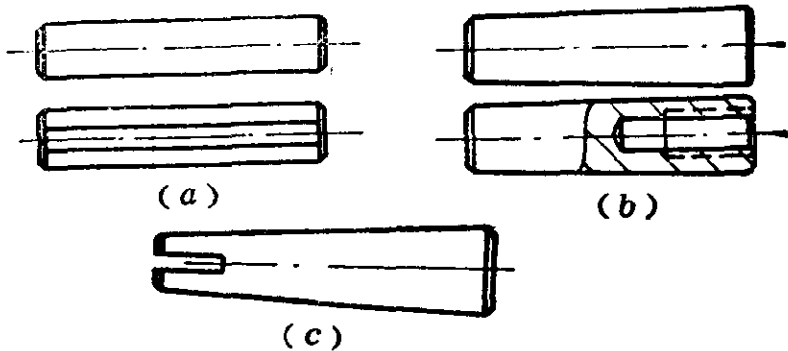


图 4-11-15 销钉

(a)圆柱销；(b)圆锥销(内螺纹螺尾)；(c)圆锥销(开口尾)

1) 圆柱销按配合分为间隙配合、过渡配合和过盈配合。使用时要按规定选取。

2) 销孔加工一般须使相关零件调好位置后，一起钻、铰。

3) 圆柱销孔要严格控制孔径尺寸，销钉装入前涂润滑油，用手锤敲入时应垫好软金属棒。盲孔时，销钉装入前应磨出通气平面，让孔底空气能够排出。

4) 锥孔铰削时，宜和销钉试配，以手推入80~85%的锥销长度即可，锥销敲实后，大端应稍露出工件平面。

5) 开尾圆锥销打入孔中后，将小端开口扳开，振动时不易脱出。

6) 销钉顶端的内或外螺纹, 均为方便拆卸用, 除借助于螺母螺钉拆卸外, 还可使用拔销器等专用工拆卸工具。

7) 过盈配合的圆柱销, 一经拆卸后就应更换, 不宜继续使用。

应该指出: 实际中应用的销钉种类还有一些, 装配时要注意其各自的性能、特点。如起过载保护作用的安全销, 不应随意改变原材质和直径尺寸; 菱形销主要起角相定位作用等。

(7) 键的装配要点

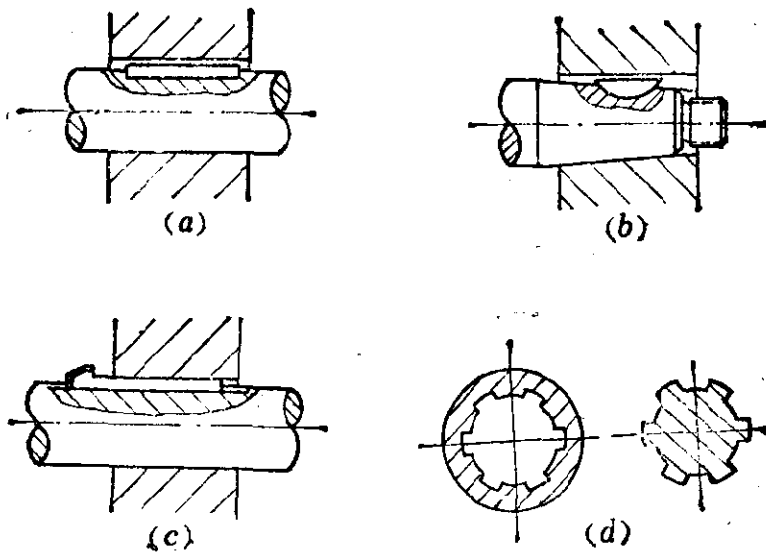


图 4-11-16 键

(a)平键, (b)半圆键, (c)楔键, (d)花键

1) 装配前, 应去除键的边缘上的尖角。

2) 普通平键的两侧面和轴的配合, 一般稍有空隙, 重载荷、冲击、双向使用时, 宜稍有过盈。两端圆弧应无干涉现象。

3) 键的底面应与槽底贴实。顶面与轮毂间, 必须有一

定间隙。

4) 普通平键的两侧面和轮毂的配合，一般有关隙，重载荷、冲击、双向使用时，间隙宜紧密些。

5) 半圆键的半径应稍小于轴槽半径，其他要求和一般平键相同。

6) 楔键上面有 $1/100$ 的斜度，轮毂的键槽也要加工出相应的斜度。

7) 楔键两侧面与轴及轮毂的配合，有一定间隙。装配时，用手锤把楔键敲实后，钩形头距轮毂端面，应有一定空隙，以便拆卸（拆卸工具见图4-11-17）。

8) 花键装配前，应用油石或细锉清除键上的毛刺和尖角。

9) 花键分外径定心和内径定心两种方式。装配时，不得修动定心面。

10) 花键装配时，一般可调换相互位置，取其配合较好的一处使用。必要时可涂色检查，用油石或细锉修整键的两侧或尖角处。试验时，不可用重锤猛击，以防损伤花键。

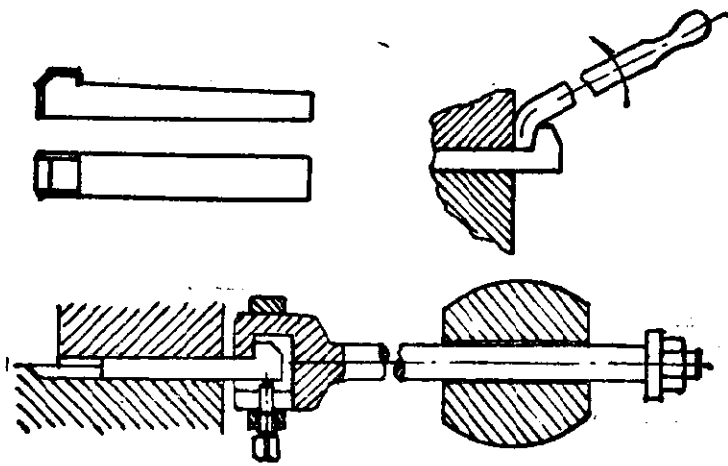


图 4-11-17 楔键拆卸工具

(8) 齿轮及蜗杆传动部件的一般装配要点

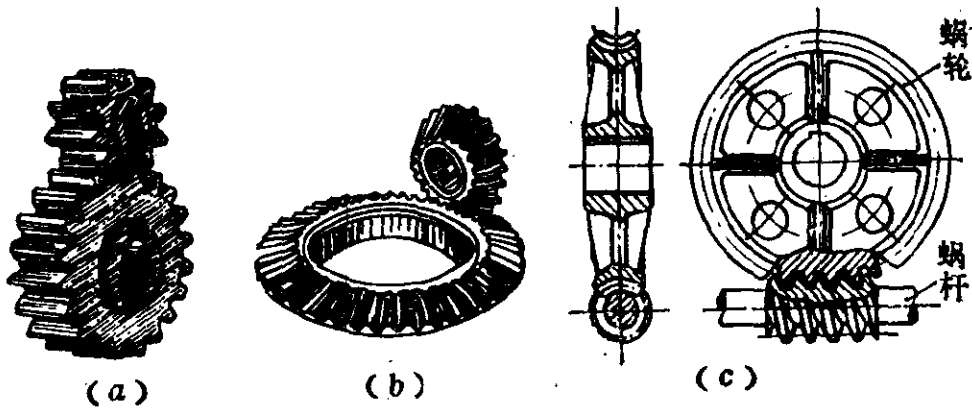


图 4-11-18 齿轮及蜗杆传动

(a)圆柱齿轮; (b)圆锥齿轮; (c)蜗轮蜗杆

1) 装配前, 各零件的有关尺寸均应进行严格检查, 误差应符合规定。用于精密传动部件的装配时, 应把零件误差相位做好标记, 以便定向装配, 抵消零件误差, 提高装配精度。

2) 全部零件转入装配前, 要清洗干净, 齿轮齿面应无碰伤, 边缘倒角, 去除毛刺。

3) 圆锥齿轮装配时的轴向定位, 常以小齿轮的安装距离为依据, 先用专用量具调整好小齿轮的轴向位置, 大齿轮一般以侧隙决定其轴向位置。用背锥作基准的锥齿轮副, 应将背锥面对齐来保证两齿轮的装配位置。轴向的调整, 一般由更换垫圈或修磨垫圈的方法达到。

4) 用途不同对齿轮的装配要求各有侧重: 高精度传动侧重于运动精度及侧隙(侧隙的检查见表 4-11-36); 低速动力传动侧重于接触精度(接触精度涂色检查见表 4-11-37~38); 高速动力传动侧重于工作平稳性、接触精度和侧隙。

5) 蜗杆副的齿面接触检查见图 4-11-19, 可经调整垫

圈改变蜗轮的轴向位置来改善接触状况。球面蜗杆时，还应调整蜗杆的轴向位置来配合改善接触状况。

6) 蜗杆副装配间隙的检查见表 4-11-36，改善间隙的方法，一般由蜗杆径向可调装置进行。具有可调装置的蜗杆，还可用来改善接触状况。

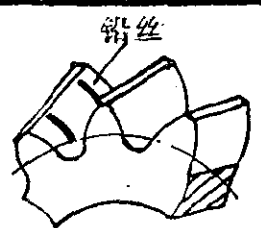
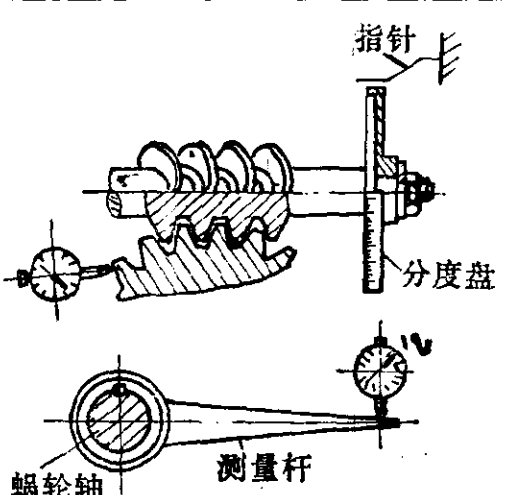
7) 静压导轨的工作台在工作中浮起，装配时应考虑浮起值。

8) 装配后须进行空载和加载跑合的齿轮及蜗杆传动部件，跑合后应进行严格清洗。须拆卸的零件应做好标记。清洗后复装、调整然后复检。

9) 对于某些特殊用途的齿轮，例如行星齿轮机构中的齿轮和发动机定时齿轮，装配时必须按工艺标记配置。

表 4-11-36 侧 隙 的 检 验

简	图	检 验 方 法
		<p>固定一个齿轮，摆动另外一个齿轮，表 3 可直接测出侧隙，表 2 的测量方法比较精确。侧隙 C_n 的值为：</p>
		$C_n = C \frac{R}{L} \quad \text{毫米}$
		<p>式中 C —— 表针摆动的读数；</p>
		<p>R —— 节圆半径；</p>
		<p>L —— 测量点至中心的距离</p>
<p>百分表测法 1.3—百分表； 2—摆杆</p>		

简 图	检 验 方 法
 <p style="text-align: center;">压铅丝测法</p>	<p>在齿面沿齿长两端平行放置两根铅丝，宽齿放置3~4根。铅丝直径：圆柱齿轮不宜超过侧隙的4倍，圆锥齿轮不宜超过3倍。转动齿轮，测量被挤压后铅丝的最薄处，即为侧隙</p>
 <p style="text-align: center;">空程角换算法</p>	<p>回转蜗杆，由表的反映看出空行程，空程角由刻度盘处测出。空程角与侧隙 j_x 的关系为：</p> $j_x = \varphi \frac{m_x Z_1}{6.8} \quad \text{微米}$ <p>式中 φ —— 蜗杆空程角，分； m_x —— 轴向模数，毫米； Z_1 —— 蜗杆的螺旋头数</p>

注 齿轮侧隙也可用塞尺测量。百分表检验侧隙的方法，也可用于蜗轮侧隙的测量。

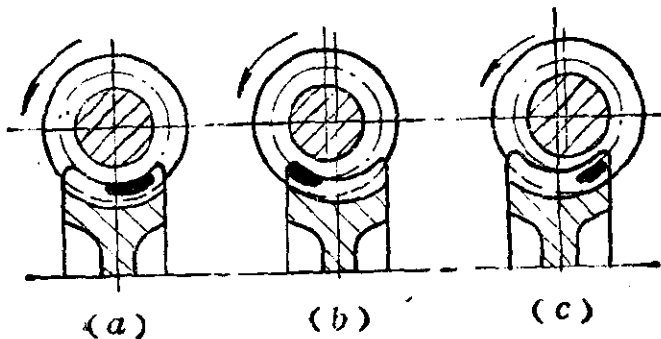





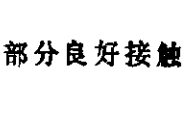



图 4-11-19 蜗轮齿面上的接触斑点
 (a)正常接触；(b)偏左接触；(c)偏右接触

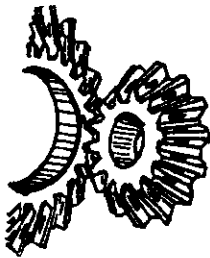
蜗轮齿面上的接触斑点位置，应在中部稍偏蜗杆旋出方向。轻负荷时，接触斑点长度一般为齿宽的25~50%。

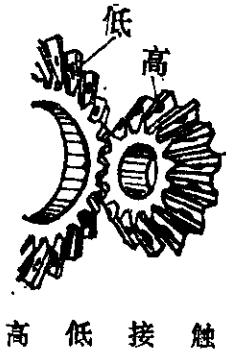

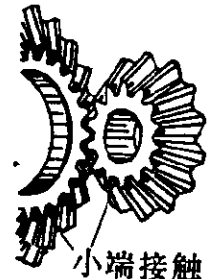
表 4-11-37 渐开线圆柱齿轮接触斑点

接 触 斑 点	原 因 分 析	接 触 斑 点	原 因 分 析
 正常接触		 游离接触	齿轮端面与回 转中心线不垂直
 同向偏接触	两齿轮轴线不平 行	 不规则接触	齿面有毛刺或 碰伤隆起
 异向偏接触	两齿轮轴线歪斜	 仅部分良好接触	齿圈径向跳动 太大
 单面偏接触	两齿轮轴线不平 行同时歪斜		

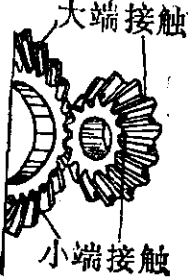
注 一般在大齿轮上涂色，并以其接触痕迹为检验依据。在转动齿轮时，被动轮应轻微制动。双向工作的齿轮副，正、反转向都应检验接触斑点。

表 4-11-38 圆锥齿轮的接触斑点

接 触 斑 点	种 类	现 象 和 原 因
 正 常 接 触	直齿及其它圆锥齿轮	在轻微负荷下，接触区在齿长的中部，略长于齿长的一半，稍接近于小端，在小齿轮齿面上较高，大齿轮面上较低，但都不到齿顶

接 触 斑 点	种 类	现 象 和 原 因
	直 齿 锥 齿 轮	<ol style="list-style-type: none"> 1.小齿轮接触区太高,大齿轮太低(见左图)。由于小齿轮轴向定位有误差; 2.小齿轮接触区太低,大齿轮太高。原因同1,但误差方向相反; 3.在同一齿一侧接触区高,另一侧低。如小齿轮定位正确且侧隙正常,则为加工不良所致
	螺 旋 锥 齿 轮	<ol style="list-style-type: none"> 1.小齿轮接触区高,大齿轮接触区低。由于齿长方向曲率关系,小齿轮凸侧略偏大端,凹侧略偏小端,大齿轮则相反。原因是小齿轮轴向定位有误差(见左图); 2.小齿轮接触区低,大齿轮高,现象与1相反,原因相同; 3.在同一齿的一侧接触区高,而在另一侧接触区低。如小齿轮定位正确且侧隙正常,则为加工不良所致
<p>高低接触</p>	零 度 锥 齿 轮	接触区的高低情况与螺旋锥齿轮同,而偏向两端的情况不同
 <p>同向偏接触</p>	直 齿 及 其 它 圆 锥 齿 轮	<p>两齿轮的齿两侧同在小端接触(见左图),原因是轴线交角太大;</p> <p>同在大端接触,原因是轴线交角太小</p>

续表

接 触 斑 点	种 类	现 象 和 原 因
 <p>大端接触</p> <p>小端接触</p> <p>异向偏接触</p>	直齿锥齿轮及螺旋锥齿轮	大小齿轮在齿的一侧接触于大端，另一侧接触于小端(见左图)。由于两轴心线有偏移
	零度锥齿轮	小齿轮齿凹侧接触于小端，凸侧接触于大端。由于该齿轮轴向定位不准确，或轴线有偏移。小齿轮齿凹侧接触于大端，凸侧接触于小端，则原因也相同
	双曲面齿轮	小齿轮齿凸侧接触于大端，凹侧接触于小端。由于小齿轮轴线偏置过大；反之，由于偏置过小

十二、机 床 修 理

1. 概述

机床在使用过程中，各部零件会逐渐磨损以致损坏，使机床失去原有性能。如果继续使用，就会降低生产效率，甚至满足不了生产工艺要求，出现废品。所以，必须定期计划修理，或在某种情况下停机修理。

机床的修理与制造工作，有共同点也有不同点。机床的修理，既要根据机床制造的出厂标准，又要满足机床使用单位的工艺要求。对机修钳工，既要求掌握划线、钻孔、锉、錾、锯、刮等钳工基本技能，又要求了解机床的结构、传动关系、掌握零件的修换原则，选择正确的修复方法，恢复机床尺寸链和排除机床故障，以提高机床的精度。因此，机修

钳工的工作是广泛而又复杂的。

2. 修理前的技术准备工作

(1) 机床的修前访问和试车

对因故障造成停机修理的机床，在修前应进行访问和了解，分析造成故障的原因，并尽快排除故障，恢复生产。对计划修理机床，在大修前应做好以下几项工作：

1) 了解待修机床经常加工的零件和工艺要求。

2) 了解待修机床的性能和常出现的问题。

3) 检查设备档案，了解待修机床过去使用、修理的情况和其它有关记录。

4) 检查待修机床必要的附件、工具及其装置是否齐全。

5) 使用检验工具检查机床主要几何精度和实际误差。

6) 作机床运转试验，检查内容为：

①机床各变速手柄是否准确、轻便，有无弯曲、抖动现象，转动力是否符合标准。

②机床零件运转是否正常，有无不规则的噪音，并尽量查明原因。

③检查机床导轨磨损和研伤情况。

④检查机床运转中是否有较大振动，并分析振动原因。

⑤对液压设备检查泄漏情况，运转是否平稳。有无发热现象。

⑥检查电机是否有较大振动。

⑦必要时应进行切削试件检查。

7) 了解操作人员、使用单位对待修机床有无改进和改装要求。

机床检查和试车中发现的重大问题，应做书面记录，并

制订相应的解决措施和验收方法。

(2) 机床的解体检查和修换零件的确定

1) 机床的拆检

①拆检工具：目前机床的拆检工作，多采用手工或工具操作。拆检时，使用的工具必须保证合格零件不会发生损坏和不降低使用精度，应尽量采用专用工具，如旋松螺母时应用钩形扳手（图4-12-1），拉卸小轴、锥销或圆销时采用拉

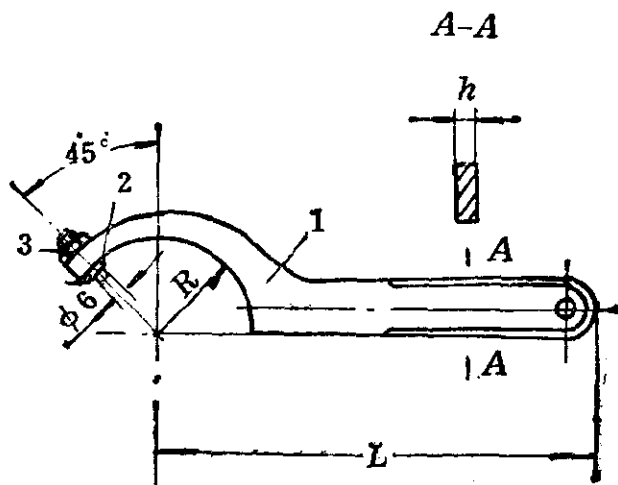


图 4-12-1 圆头钩形扳手

1—手柄；2—小轴；3—螺母

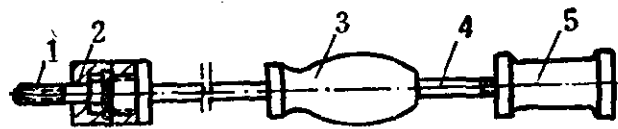


图 4-12-2 拉带内螺纹的锥销或圆销工具

1—可换螺钉；2—定螺钉套；3—作用力手把；4—杆；5—受力座

销工具（图4-12-2），拆卸开口销时采用拉开口销扳手（图4-12-3），拆卸齿轮或皮带轮时应用螺杆式拉卸工具（图4-12-4）等。严禁用硬手锤直接在零件的工作面上敲击。

②拆检顺序：机床零件的拆卸工作，应在了解传动机构的基础上，预先考虑操作程序，拆卸顺序一般与装配顺序相

反，先拆外部附件，然后按总成、部件从外到内、从上到下依次进行拆卸。

③拆卸时，零件的回转方向必须辨别清楚，对重要分度和调节的零件，要记下相互装配位置，以保证装配时的准确性。

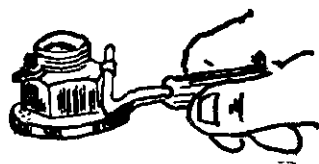


图 4-12-3
拉开口销工具

④拆下的零件必须按部件有次序有规则地摆放。对精密零件要妥善保存，避免

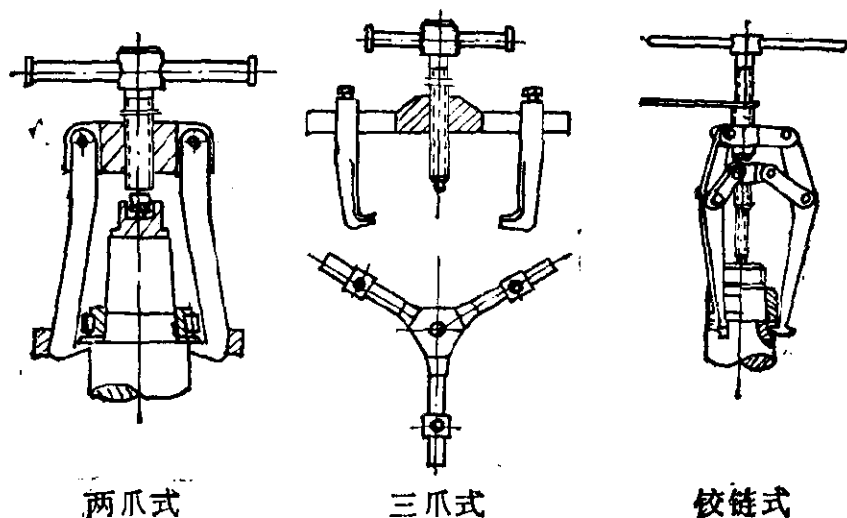


图 4-12-4 螺杆式拉卸工具

变形（例如：对丝杠、长轴类零件必须用绳索吊放，以防弯曲）。对于成套加工不能互换的零件，在拆卸前应做上记号，或用绳索串起。对于不需修理和更换的零件，应尽可能按原装配关系套装在一起。

⑤确定修换的零件应记清配合部位和相配零件的配合关系。

2) 零件的清洗

为了便于检查零件的缺陷和鉴定是否需要更换，对拆下的零件应做必要的清洗。根据修理工作的特点，清洗方法一般为浸洗、手工擦洗及压力喷洗三种。带有油污的零件，一

般多用煤油或柴油来清洗。采用化学水溶液做为清洗剂，可以大大节约清洗费用，但必须在具有加热装置的清洗机中加压冲洗。凡清洗液对某种金属表面有腐蚀作用时，清洗后还必须在热水中进行冲洗。

清洗后的零件必须烘干，并涂上除锈油，以防生锈。

3) 修换零件的确定原则

确定机床零件是否修换的标准是一个较复杂的问题。到目前为止还没有一个严格的标准。决定零件是否修换，不能单以零件本身的尺寸精度，表面光洁度及表面相互位置精度为标准，还应决定于零件的磨损程度及其对机床精度、性能、工艺要求等的影响。具体说更换磨损零件应该考虑以下几个方面：

①对机床精度的影响

有些机床零件磨损后影响机床精度，使其不能达到零件加工质量要求时，就应考虑修复或更换，如滚齿机分度系统中的蜗轮副，直接影响分度的精确度，这些零件磨损超过公差时，就应该修复。又如机床主轴轴承及导轨等基础零件磨损后，就会改变工件几何形状。此外，当基础零件间隙增大，啮合不良时，就会增加机床振动，影响加工零件表面光洁度。这时，磨损零件应该进行修换。

一般零件磨损程度尚未超过公差，估计可以继续使用到下一个机床修理期，亦不会影响机床精度时，可以不必修换，但是对于某些影响机床精度的主要零件（如主轴）及拆卸不便、修复或更换的劳动量较大的零件（如箱体），当机床大、中修发现其磨损量虽未超过规定公差但估计维持不到下一次大修期时，应该修换或事先准备备件。

②对完成预定使用功能的影响

当机床零件磨损而不能完成预定的使用功能时，如离合器失去传递动力的作用，液压机构不能达到预定的压力或压力分配，就该修换。

③对机床性能和操作的影响

当机床零件磨损，虽然还能够完成使用功能，但是降低了机床的性能，例如传动齿轮，在某些场合虽有磨损但仍能完成它的使用功能（传递预定扭矩和速度），但是这时噪音增大，效率下降，传动平稳性逐渐遭到破坏。又如刀架溜板的燕尾槽，表面磨损后，通常以调整夹条来保证间隙，由于零件的磨损，则刀架溜板对于下导轨产生了偏移，这时作用于丝杠和丝杠母的力也随之加大，刀架溜板的移动就比较费劲，影响机床的使用性能。这时要根据其磨损程度而决定是否修换。

④对机床生产率的影响

当机床零件磨损，不能利用较高的切削用量进行工作时，会增加机床空行程时间，或者增加工人的精力消耗，从而降低机床的生产率，应根据磨损情况决定是否修换。例如配合零件表面研伤，丝杠的表面磨损等。

⑤对零件强度的影响

在某些场合，零件的磨损可允许达到零件强度所决定的数值。例如，作为传递动力的低速蜗轮副，由于蜗轮轮齿的不断磨损，齿厚逐渐减少，强度降低，最后发展到断裂或剥蚀的程度。又如轴向移动的离合器拨叉，拨叉端面和离合器槽磨损时产生了间隙，当拨叉往复直线运动时就会产生撞击，撞击程度取决于间隙的大小，这种撞击可能使拨叉在弯矩最大的区域发生断裂。这种场合，磨损零件的修换原则是按零件材料的强度极限来考虑的。

零件表面产生裂纹，继续使用可能迅速发生变化引起严重事故者，必须修换。例如锻压设备的曲轴、锤杆，发现有裂纹时，必须加以修理方可再用。

⑥对磨损条件恶化的影响

磨损零件继续使用，除磨损加剧外，一般还会出现效率下降、发热、表面剥蚀等现象，甚至引起咬住和断裂等事故，此时必须修换这些磨损零件，例如渗碳主轴的渗碳层被磨去，如继续再使用就会引起剧烈的磨损，进而酿成事故。

以上六个原则，前四个原则是根据机床零件的磨损对整台机床工作的影响而订出的，后两个原则是确定机床零件正常工作的条件。因此，在确定磨损零件是否需要修换时，如果零件磨损程度没有超过后两个原则时，就必须按前四个原则进行考虑。

零件修换的一般规定可参看表4-12-1。

(3) 机床修理工艺的编制

修理工艺应根据机床精度验收标准和实际生产中的技术和工艺要求来编制，并做为指导机床修理的技术、工艺文件。一个完整的机床修理工艺应包括机床单、部件相对配合表面几何精度的配合要求、装配中尺寸链的调整、修复和部件总装配等内容。重点是零部件的修理工艺。一般包括三个部分：

- 1) 部件所要修复的部位；
- 2) 修复后的技术要求〈精度标准〉；
- 3) 修理中所需用的测量工具和测量方法。

例：X62W铣床主要部件修理顺序为：

- ①主轴及变速箱；
- ②床身；

表 4-12-1

零件更换的一般规定

零件名称	磨损情况	修 换 规 定
床身、箱体等主要铸件	1. 机床导轨面磨损或研伤, 破坏机床精度。 2. 床身、箱体等有裂纹或漏油等缺陷。 3. 箱体上有配合关系的孔, 其几何精度(不圆度、锥度)超过孔的本身公差时。 4. 箱体上安装滚动轴承的孔, 轴、孔配合精度超过原定次一种配合。如原孔为GC, 磨损后为Gd	1. 修复磨损面, 恢复机床精度。 2. 缺陷不影响设备强度、刚度及精度时, 可采用修复办法。影响使用则需换新。 3. 超差时应修复。 4. 一般情况应修复
主 轴 及 轴 瓦	1. 主轴支承表面有如下缺陷: (1) 光洁度低于原设计一般在 $\nabla 7$ 以下; (2) 装滚动轴承的轴颈, 直径尺寸精度超过原设计要求的次一种配合, 或几何精度超过本身尺寸公差; (3) 装滑动轴承的轴颈, 几何精度超过原定公差; (4) 主轴前面、后面两个支承轴颈的径向跳动, 或其它有配合关系的轴颈对支承轴颈的径向跳动超过原定公差50%; (5) 对氮化、氰化、渗碳、淬火的轴, 经多次修磨不能保持硬度层的硬度, 或轴颈尺寸小于原设计的基本尺寸1毫米。 2. 主轴装法兰盘的定心轴颈与法兰盘的配合, 超出规定公差, 有晃动。	1. 有缺陷之一者, 均应修复。 2. 更换法兰盘。

零件名称	磨损情况	修换规定
主 轴 及 轴 瓦	<p>3. 主轴锥孔磨损或研伤。</p> <p>4. 主轴轴瓦磨损或研伤，或采用修换主轴配用轴瓦工艺</p>	<p>3. 可适当修磨，但锥度必须符合标准锥度。修磨后端面的位移量允许： 莫氏№1 1.5毫米 №2 2毫米 №3 3毫米 №4 4毫米 №5 5毫米 №6 6毫米</p> <p>[对安装带扁尾锥体锥孔，修磨前应考虑修磨后标准工具(如锥套、带锥柄的钻头)是否还能安装。]</p> <p>4. 修、换轴瓦。当使用旧瓦时，修刮后要有 一定调整余量，使其至少能维持一个大修周期</p>
花 键 轴	<p>1. 花键轴花键部分对两支承轴颈的弯曲度超过0.05毫米。</p> <p>2. 花键的定心直径超差。</p> <p>3. 花键侧面对定心直径中心线的扭曲超差。</p> <p>4. 非键侧定的花键，侧面有缺陷，影响平稳滑动</p>	<p>1. 应当校直，或换新。</p> <p>2. 定心轴颈磨损量大于下一级种类的精度需 修换，如动配合花键Dc时应修复，到Dd时应 更换。</p> <p>3. 超过JB291-60的数值的50%时应加修换。</p> <p>4. 进行修复，达到使用要求。如果修理后配 合间隙超过0.15毫米(对于键宽6~10)时应换 新件</p>

一般轴类零件与轴套	<p>1. 轴类零件的动配合和过渡配合的轴颈与轴套配合精度超差。</p> <p>2. 轴类零件的键槽损坏。</p> <p>3. 轴类零件的弯曲度超过0.1/1000毫米。</p> <p>4. 轴套外径配合精度超过原设计规定，或内孔尺寸超过第1条规定</p>	<p>1. 精度超过原设计公差50%，应修复或换新。</p> <p>2. 可将键槽修复。在强度许可时，可将键槽键宽修宽，或适当位置另铣一槽。</p> <p>3. 可采用校直方法。</p> <p>4. 换新</p>
光 杠	<p>1. 光杠的弯曲度超过0.1/1000毫米(不包括自重而引起的下垂)。</p> <p>2. 光杠的外径在有效长度上相等性公差超过下列数值： $\phi 18$ $\phi 18 \sim 30$ $\phi 30 \sim 55$ (毫米) 0.06 0.07 0.08</p> <p>3. 光杠的键槽宽度不等性超过0.30毫米</p>	<p>1. 应当校直修复。</p> <p>2. 应加修复。</p> <p>3. 应加修复</p>
蜗 轮 与 蜗 杆	<p>1. 蜗轮、蜗杆的齿面光洁度低于$\nabla 5$。</p> <p>2. 蜗轮、蜗杆的接触偏移，其接触面积少于下列数值。 7 级精度 长度上65% 高度上60% 8 级精度 长度上50% 高度上50%</p> <p>3. 蜗轮或蜗杆齿面磨损，齿厚减少量减至原齿厚的80%</p>	<p>1. 应当修复。</p> <p>2. 应当修复。</p> <p>3. 应当修复</p> <p>* 对精密蜗轮副需按原设计要求修换</p>
离 合 器	<p>1. 爪式离合器的爪部有裂纹或端面磨损大于齿高1/4。</p> <p>2. 片式离合器的摩擦片的平整度超过0.2毫米或出现不均匀的光亮斑点</p>	<p>1. 应当换新。</p> <p>2. 应当换新</p>

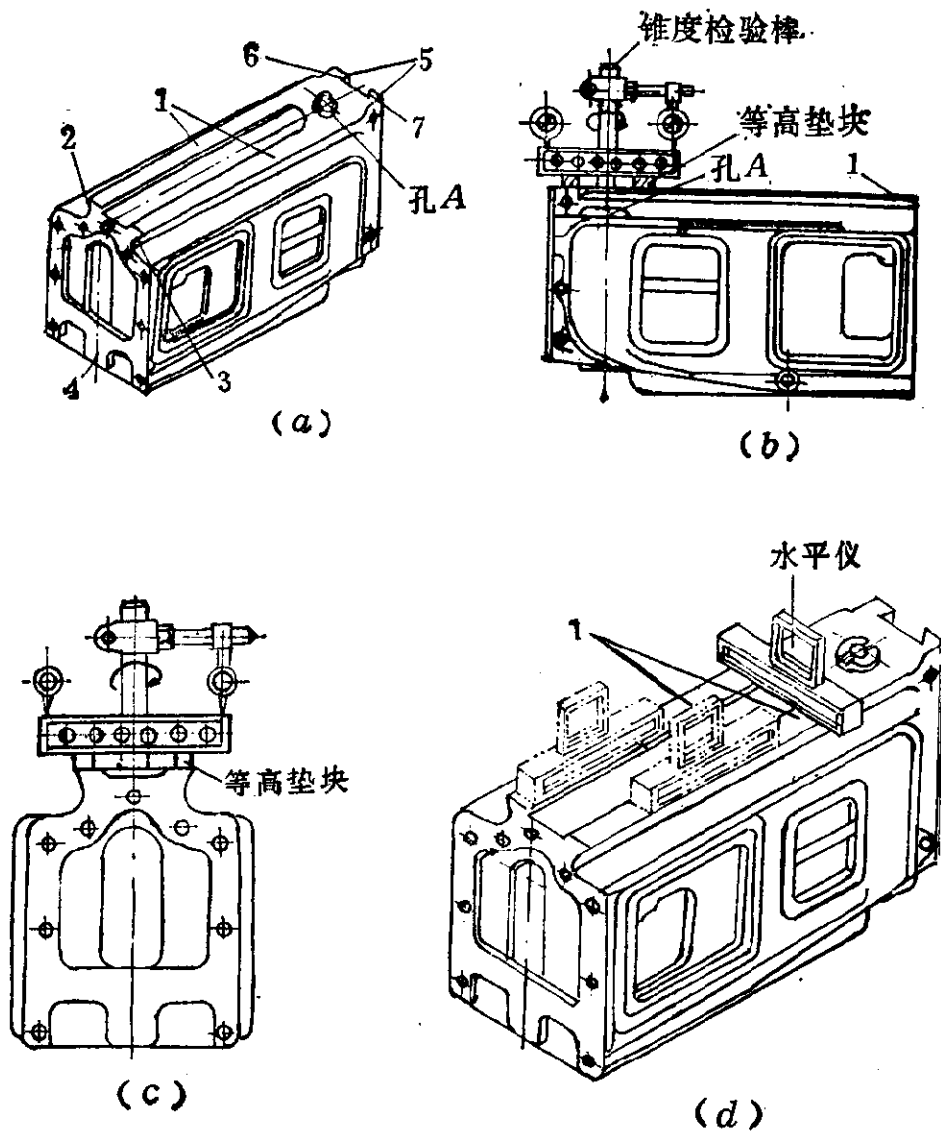
零件名称	磨损	损伤	情况	修 换 规 定																								
皮 带 轮	<ol style="list-style-type: none"> 1. 皮带轮缘及轮幅有损坏及断裂现象。 2. 皮带轮工作面的光洁度低于▽6，平面凸凹不平。 3. 三角皮带轮槽底与皮带底面的间隙小于标准间隙的$\frac{1}{2}$。 4. 皮带轮(>250毫米)的径向跳动及轴向跳动大于0.3毫米 			<ol style="list-style-type: none"> 1. 换新，或在不影响精度要求条件下修复。 2. 应加修复。 3. 应加修复。 4. 应加修复 																								
丝 杠、 闸 瓦、 丝 杠 螺 母	<ol style="list-style-type: none"> 1. 丝杠的弯曲度超过0.1/1000毫米(不包括自重而引起的下垂量)。 2. 丝杠螺纹局部厚度磨损(见附表)，或光洁度低于▽6。 	<p style="text-align: center;">附表</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>螺 距</th> <th>2</th> <th>3</th> <th>4</th> <th>5</th> <th>6</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>直 径</td> <td>10~28</td> <td>10~14</td> <td>30~60</td> <td>16~20</td> <td>65~82</td> <td>22~28</td> <td>85~110</td> <td>30~42</td> </tr> <tr> <td>车 床 大 丝 杠</td> <td>0.35</td> <td>0.45</td> <td>0.50</td> <td>0.60</td> <td>0.65</td> <td>0.75</td> <td>0.80</td> <td>0.85</td> </tr> </tbody> </table>	螺 距	2	3	4	5	6	直 径	10~28	10~14	30~60	16~20	65~82	22~28	85~110	30~42	车 床 大 丝 杠	0.35	0.45	0.50	0.60	0.65	0.75	0.80	0.85	<ol style="list-style-type: none"> 3. 闸瓦与瓦胎的轴向窜动量超过0.05毫米。 4. 闸瓦的内螺纹表面光洁度低于▽6，螺纹厚度减薄量超过原螺距尺寸的10% 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 应当校正修复。 2. 应当修复； <ol style="list-style-type: none"> 1) 修复后螺纹厚度(中径名义厚度)减薄量不得大于附表所列数值。 2) 当减小外径来恢复标准螺纹厚度时，丝杠外径减小量不得大于原外径的1/20，必要时应验算强度及刚度。 3. 应当替换。 4. 应当换新件
螺 距	2	3	4	5	6																							
直 径	10~28	10~14	30~60	16~20	65~82	22~28	85~110	30~42																				
车 床 大 丝 杠	0.35	0.45	0.50	0.60	0.65	0.75	0.80	0.85																				

齿	<p>1. 齿轮齿部断裂。</p> <p>2. 齿面磨损引起左右两侧齿形显著不同或齿形变形。</p> <p>3. 齿形均匀磨损，公法线长度测量超差，数值大于如下值： 主传动齿轮0.10毫米；进刀齿轮0.15毫米；辅助齿轮0.20毫米</p> <p>4. 齿面有严重凹痕。</p> <p>5. 齿面有粘着现象</p>	<p>1. 应当换新。对于特殊齿轮，如椭圆齿轮及 $m > 6$ 齿轮，可酌情修复使用。</p> <p>2. 应当换新。</p> <p>3. 应当换新。</p> <p>4. 应当换新。</p> <p>5. 用油石或刮刀修光</p>
液 压 元 件	<p>1. 齿轮泵体内腔及齿轮工作面的光洁度低于原设计要求。</p> <p>2. 齿轮泵体与齿轮外径之间隙超差，或轴向间隙超差。</p>	<p>1. 降低一级，可继续使用。低于两级时应当修复或换新。</p> <p>2. 径向间隙超差原规定10%时应换新件。轴向间隙超过原规定30%时应加修复。</p>
叶 片 泵	<p>3. 定子、转子及叶片的光洁度低于原设计要求。</p> <p>4. 叶片与转子的槽配合间隙超过原设计要求50%。</p> <p>5. 定子的工作表面拉毛或有棱。</p>	<p>3. 降低一级可继续使用。低于两级应当修复或换新。</p> <p>4. 应当换新。</p> <p>5. 应当修复。</p>
柱 塞 泵	<p>6. 柱塞深道、柱塞及转子的柱塞孔的光洁度降低。</p> <p>7. 柱塞及柱塞孔的间隙超过原设计要求的100%。</p>	<p>6. 降低一级可继续使用，低于两级时应当修复或换新。</p> <p>7. 应当换新。</p>

零件名称	磨损情况	检修换规定
工作油缸	8. 工作油缸内表面光洁度低于原设计要求。 9. 缸径的不圆度及不等性(在全长上)的误差, 超过原设计要求的50%。	8. 降低一级可继续使用, 低于两级时应加修复。 9. 应加修复。
活塞及活塞杆	10. 活塞、活塞杆的光洁度低于原设计要求。 11. 活塞(不带密封环的活塞)与油缸的径向间隙超过原设计要求的50%。	10. 降低一级可继续使用, 低于两级时应加修复。 11. 应加修复。
操纵阀	12. 阀体与阀杆的光洁度低于原设计两级时。 13. 阀体与阀杆的间隙超过原设计要求的50%	12. 应加修复。 13. 应加修复(对溢流阀可适当放宽)
其它零件	1. 变速手把、手轮、手柄等零件与轴的连接有松动。 2. 变速拨叉板在机床开动时, 有摆动	1. 应加修复。 2. 应加修复

- ③升降台及下拖板；
- ④回转托板；
- ⑤工作台；
- ⑥工作台与回转托板配刮；
- ⑦悬梁；
- ⑧刀杆支架。

其中②床身的修理工艺见图4-12-5及表4-12-2。



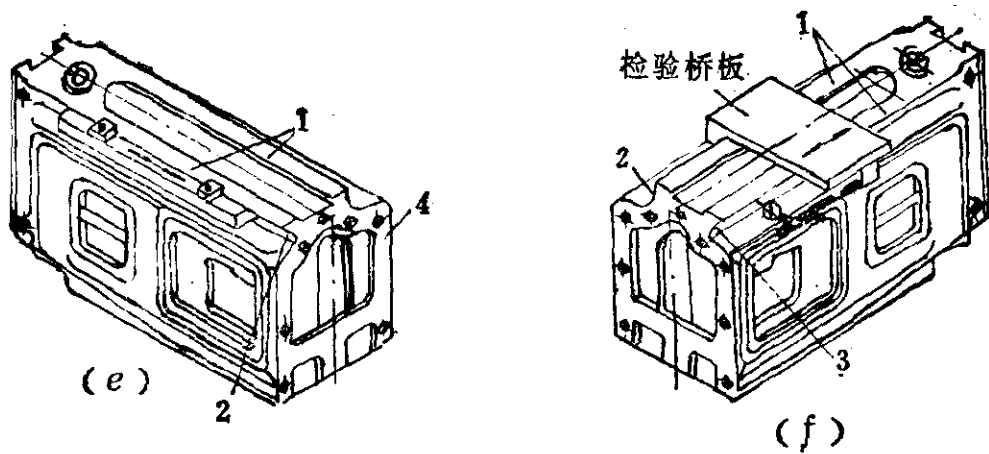


图 4-12-5 X62W 铣床床身及其修理

1) 床身导轨面的刮研工作应在主轴装配调整至要求后进行。将百分表固定在主轴上，测针分别触及按纵、横方向安放在床身导轨上的平行平尺的平面上，回转主轴，测量导轨表面 1 对主轴回转中心的垂直度（图 4-12-5, b 和 c），根据百分表上的读数差值，粗刮表面 1（图 4-12-5, a）使其与主轴回转中心的纵、横方向垂直度基本达到要求，然后用平板拖研精刮至要求。为了刮研方便，在精刮前可将主轴拆去。

如具备导轨磨床，床身各导轨表面可采用以磨代刮进行修复，各表面的磨削光洁度要求为 $\nabla 7$ 。

2) 如果导轨面上有严重啃痕、划伤，可先进行修复，然后进行刮研，或将导轨经过精刨以后再行刮研。但精刨时，必须以主轴回转中心为基准。导轨 2 的刮研量越少越好，以减少工作台回转对主轴中心线的不对称度误差。

3) 床身顶面的燕尾导轨表面 5、6、7 的刮研，在结合悬梁部件修理时进行。

表 4-12-2

床身导轨的刮研修复工艺

序号	工序名称	技 术 条 件		需用工具、检具 名称及规格 (毫米)	工 艺 说 明
		项 目	允 差 (毫米)		
1	刮研导轨表面 (图4-12-5, b、c、d)	(1)不平度	在1000长度上为 0.02(只许中间凹)	(1)百分表及磁性 表架	(1)表面1的刮研以主轴回 转中心为基准,用平板托研刮 至要求[参看前述床身的修理 1]。 (2)按图4-12-5(b)(c)所 示,检查表面1对主轴回转中 心纵、横两方向的垂直度
		(2)对主轴回转 中心的垂直度: 纵向 横向 (3)接触点	在300长度上为 0.015(只许主轴回 转中心向下偏) 0.01 $\frac{8 \sim 10 \text{点}}{25 \times 25}$	(2)0.02/1000水平 仪 (3)750平行平尺 (4)等高垫块两块 (5)750×1000平板	

续表

序号	工序名称	技 术 条 件		需用工具、检具名称及规格 (毫米)	工 艺 说 明
		项 目	允 差 (毫米)		
2	刮研导轨表面 (图4-12-5, e)	(1)不直度	在1000长度上为 0.02(只许中间凹)	55° × 1000角形平尺	(1)按图4-12-5(e)所示, 用角形平尺拖研刮削至要求。 (2)表面2的不直度以角形平尺的精度及接触点保证。 (3)表面4只需要清除毛刺即可
		(2)接触点	$\frac{8 \sim 10 \text{点}}{25 \times 25}$		
3	刮研导轨表面 (图4-12-5, f)	对表面2的不平行度	在全长上为0.02	(1)55° × 1000角形平尺 (2)检验桥板 (3)百分表及磁性表架	(1)用角形平尺拖研表面3, 并刮研至要求 (2)按图4-12-5(f)所示, 检查对表面2的不平行度

以上只是简单介绍了修理工艺的编制概况，各单位在修理中应根据本单位修理条件，机床精度要求，可参看机修有关书籍进行编制。

3. 机床修理常用的检查工具和仪器

表 4-12-3 机床修理用测量工具和仪器

名称和分类	图和尺寸规格	用途
平尺 { 桥形平尺 平行平尺 角度平尺	见表4-7-9	作为导轨测量基准，可检查平面的直线度和平面度
	见表4-7-10	
	见图4-7-2	
平板	见表4-7-8	用着色法可检查导轨平面的直线度、平面度
方尺	见表4-7-11	检查机床部件之间的垂直度
直角尺 { 平角尺 宽底座角尺 直角平尺	见表4-1-1	
	见表4-1-1	
	见表4-7-12	
垫铁 { 凹形垫铁 凸形垫铁	见表4-7-13~ 表4-7-17	用作水平仪及千分表架等测量工具的垫铁

续表

名称和分类	图和尺寸规格	用途
检验棒 { <ul style="list-style-type: none"> 莫氏锥柄 检验棒 圆柱检验棒 专用检验棒 	见表4-7-18至 表4-7-21	检查主轴套筒类零部件的圆跳动、全跳动、同轴度等形位误差
检验桥板	见表4-12-4及 图4-12-6~图4-12-16	与水平仪结合使用测量床身导轨的平行度
测量用仪表 { <ul style="list-style-type: none"> 百分表 杠杆百分表 千分表 杠杆千分表 比较仪 外径百分尺 杠杆千分尺 	见表4-14-1	测量机床零部件尺寸和形状误差。机床装配的几何精度
水平仪 { <ul style="list-style-type: none"> 条形水平仪 框式水平仪 光学合象水平仪 	参看专门的说明书及介绍	测量导轨在垂直面内的直线度、工作台面平面度以及零件相互间的垂直度、平行度等误差
光学仪器 { <ul style="list-style-type: none"> 读数显微镜 光学平直仪 平行光管 经纬仪 	参看专门的说明书及介绍	测量床身导轨直线度、平面度 检查分度精度
其它 { <ul style="list-style-type: none"> 精密刻线尺 等高垫块 塞尺 千分表架 		

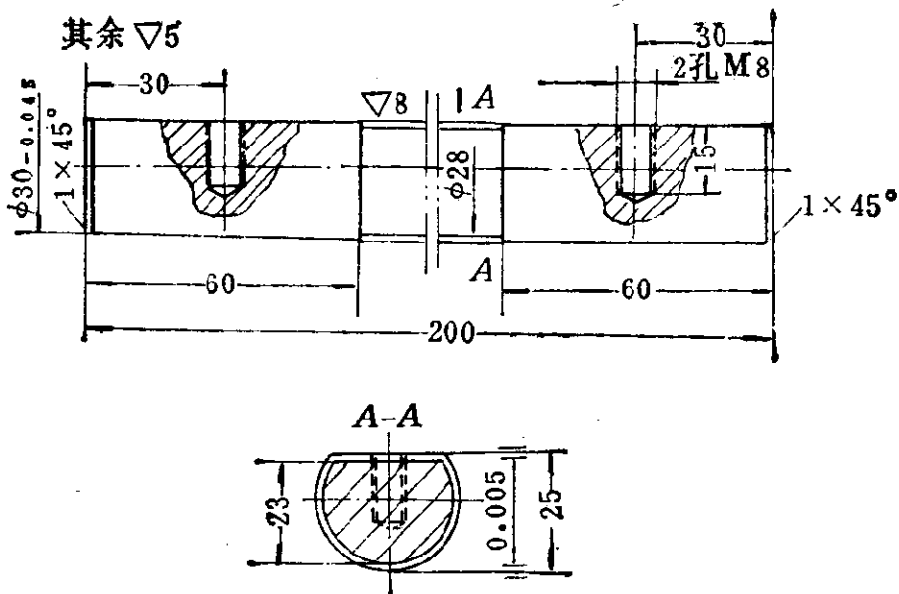


图 4-12-6 半圆棒 (件 1)

技术要求:

1. 磨加工前, 两端中心研至 $\nabla 8$ 。
2. $\phi 30 - 0.045$ 的锥度允差 0.05
3. 材料: 45, 淬火HRC44~48

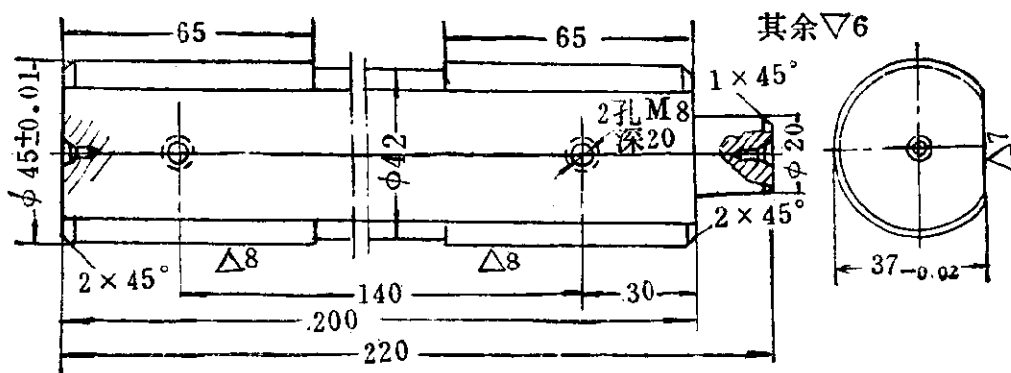


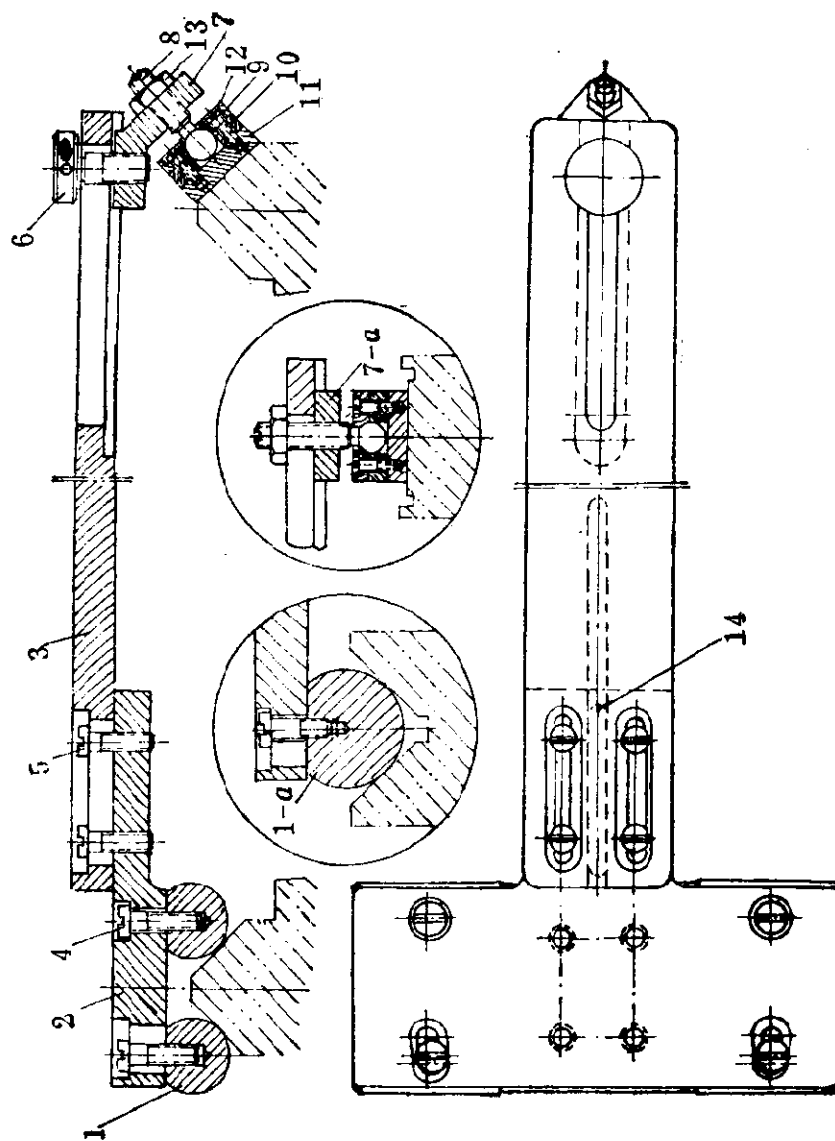
图 4-12-7 半圆棒 (件1-a)

技术要求:

1. 磨加工前, 两端中心孔研至 $\nabla 8$
2. $\phi 45 \pm 0.01$ 的锥度允差 0.005
3. 材料: 45, 淬火HRC44~48

可调式床身检验桥板的装配

表 4-12-4



序号	零件名称	件数	材料	备注	序号	零件名称	件数	材料	备注
1	半圆棒	2	45	图4-12-6	7-a	方螺母	1	45	图4-12-12
1-a	半圆棒	2	45	图4-12-7	8	调整杆	1	T10A	图4-12-13
2	丁字板	1	45	图4-12-8	9	盖板	1	45	图4-12-14
3	桥板	1	45	图4-12-9	10	垫板	1	45	图4-12-15
4	圆柱头螺钉	4	35	M8×30 GB65-66	11	接触板	1	45	图4-12-16
5	圆柱头螺钉	4	35	M8×25 GB65-66	12	圆柱头螺钉	4	35	M4×15 GB65-66
6	滚花螺钉	1	35	图4-12-10	13	六角螺母	1	35	螺母M8 GB47-66
7	支承板	1	45	图4-12-11	14	平键	1	45	键8×70 JB113-60

其余▽4
锐边修光

A-B-C-D

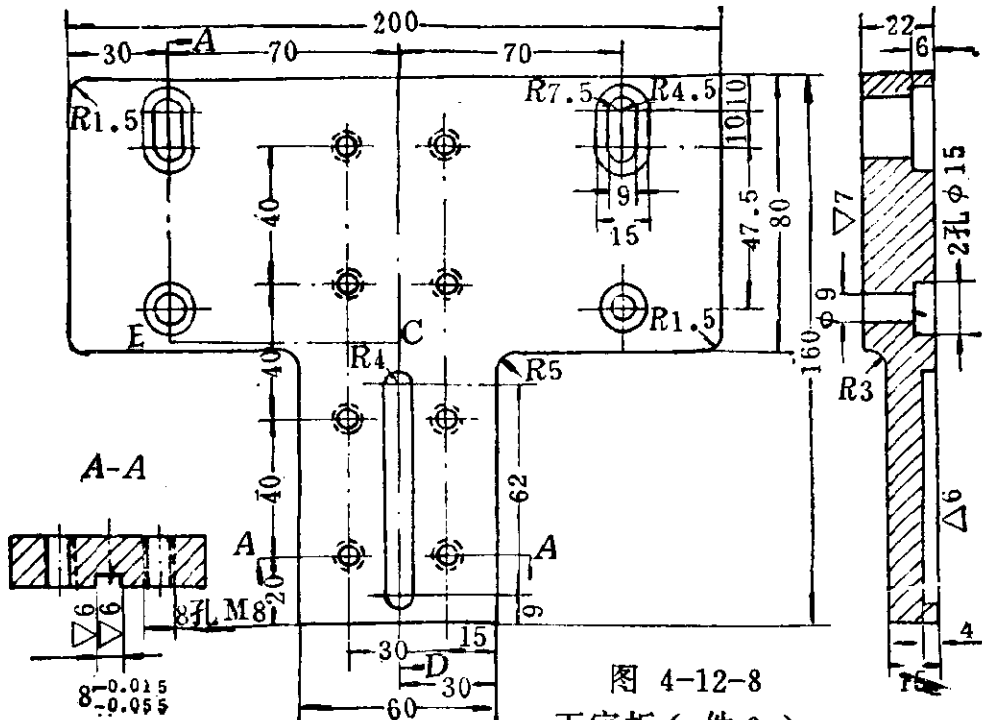


图 4-12-8

丁字板 (件 2)

其余▽4
倒角1×45°

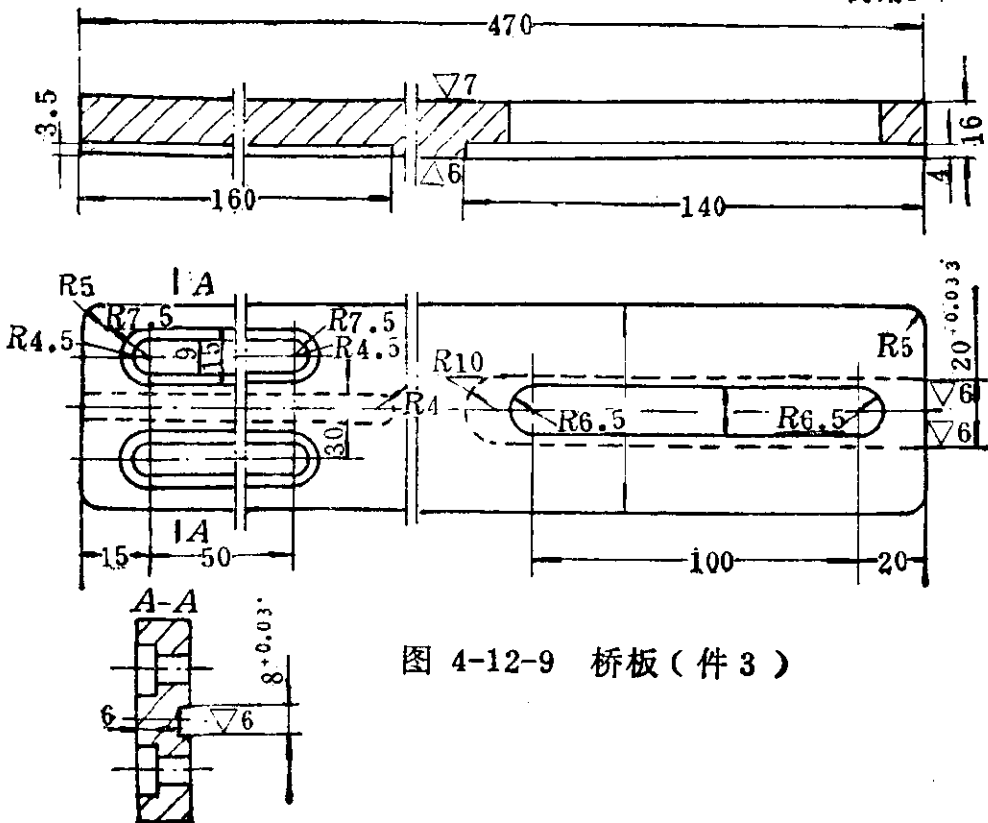


图 4-12-9 桥板 (件 3)

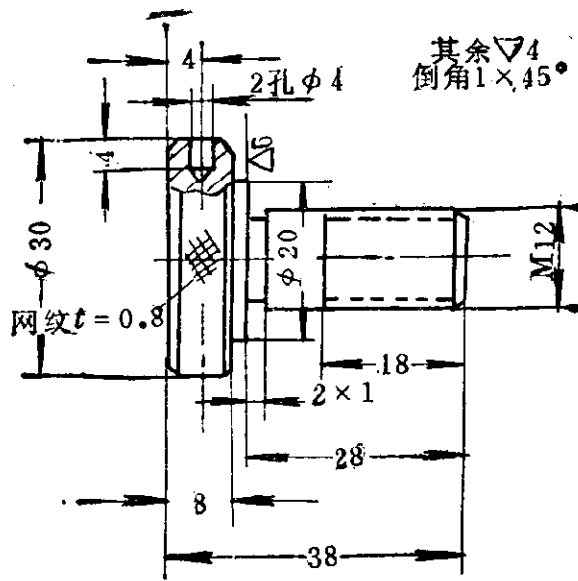


图 4-12-10 滚花螺钉(件6)

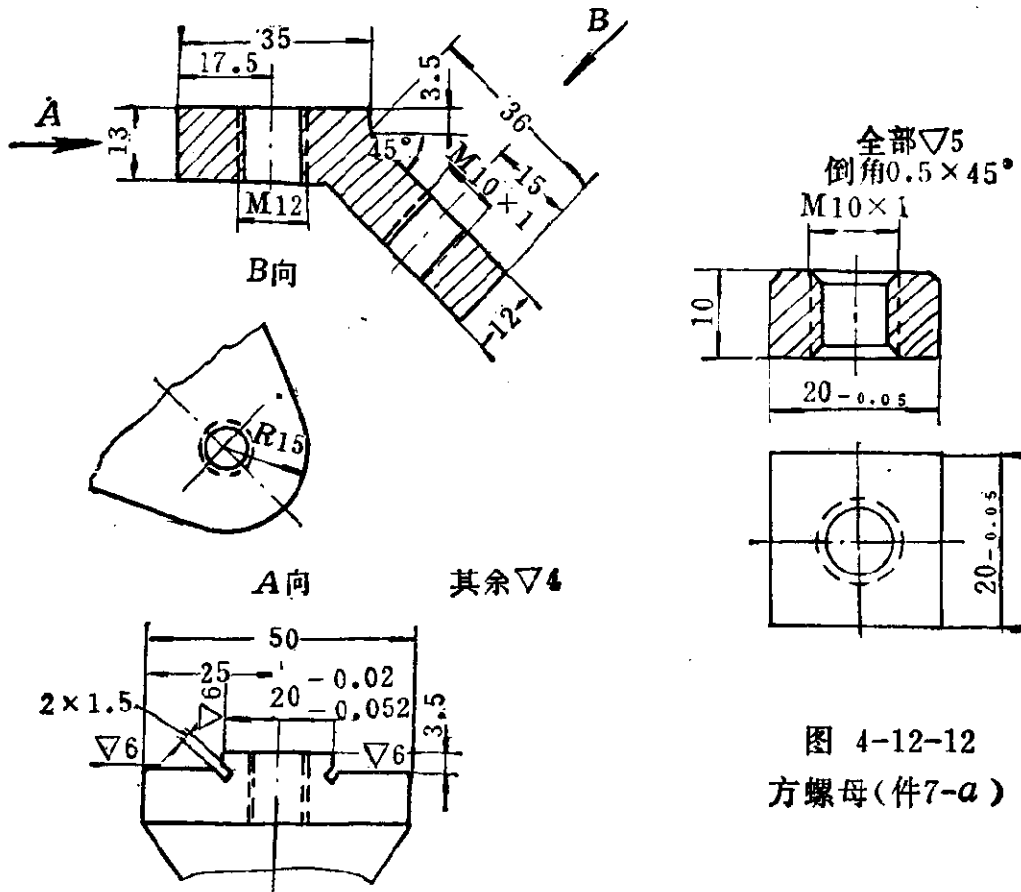


图 4-12-12
方螺母(件7-a)

图 4-12-11 支承板(件7)

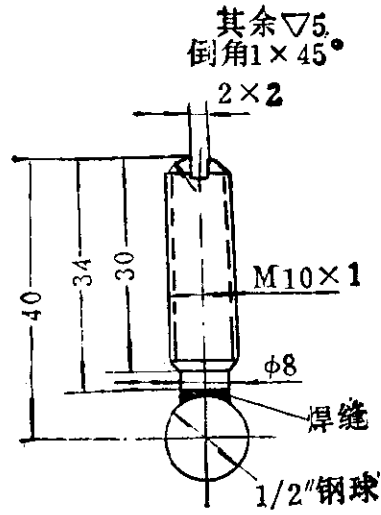


图 4-12-13 调整杆 (件 8)

技术要求:

1. 钢球允许与螺杆加工成一体
2. 钢球表面光洁度 $\nabla 9$
3. 钢球淬火, HRC58~62

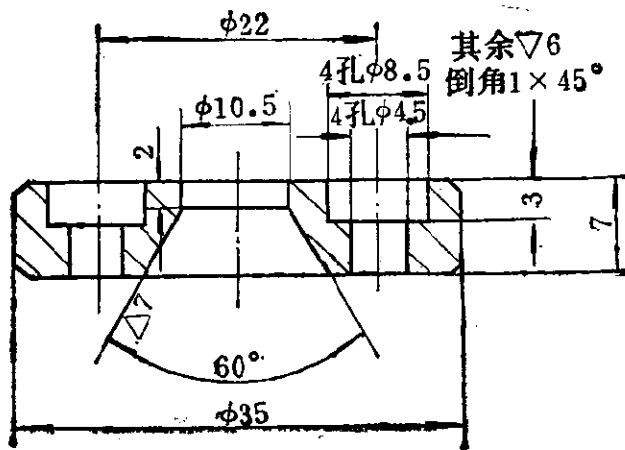


图 4-12-14 盖板 (件 9)

淬火: HRC44~48

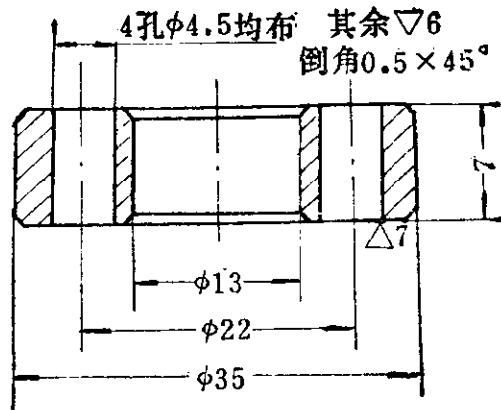


图 4-12-15 垫板 (件10)

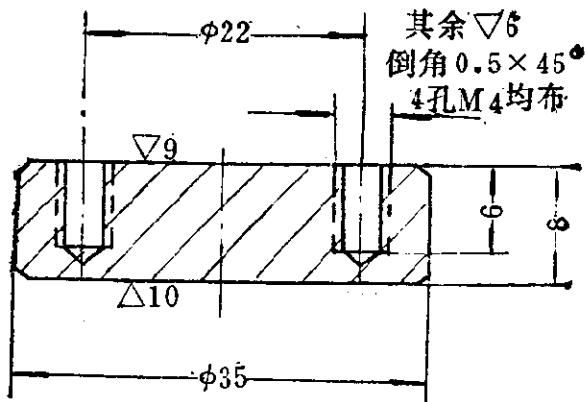


图 4-12-16 接触板 (件11)

技术要求:

1. 上下两平面平行度允差0.002
2. 淬火, HRC44~48

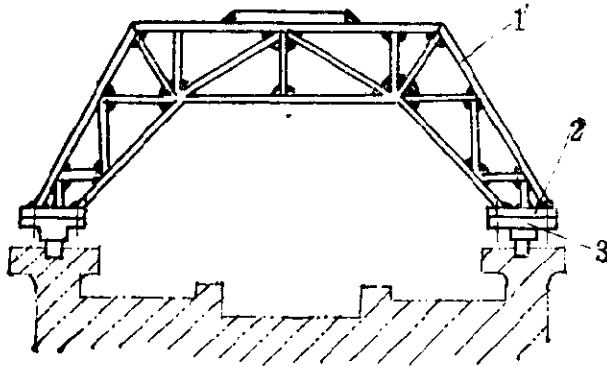


图 4-12-17 检验桥架

1—架体, 2—支架底板, 3—固定支架

4. 机床修理中装配尺寸链的分析和调整

机床中每一零件间都有一定的相互位置尺寸和配合精度要求。这些尺寸像链子一样，按一定顺序排列成封闭形。其中某一尺寸受其余尺寸的影响。因此，在机床修理中，除保证机床的几何精度的恢复外，还应考虑到由于零件表面的磨损、变形、腐蚀和修换所引起的尺寸链的变化。修理中需要保证尺寸链的正确恢复和适当的调整。否则会使机床使用情况变坏。

解尺寸链的方法，是机修钳工应掌握的一种有效方法。修理前，首先要研究机床的装配图，根据机床各零件表面间存在的关系，或部件之间的相互尺寸关系，查明全部尺寸链。然后根据机床检验标准，分析尺寸链的各组成环的关系，选择适当的补偿环和公差，经过合理的技术计算，通过修理与调整，达到恢复尺寸链的目的。

恢复尺寸链的方法有几种，表4-12-5简要介绍了修配法在几种机床修理中的应用情况。

5. 修理技术及其应用

(1) 修复工艺的分类

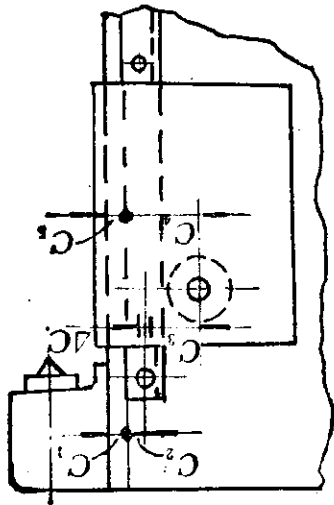
修理技术应用的目的，是在经济合理条件下恢复磨损或断裂零件的尺寸和形状。在确定零件是否修换时，应尽量采用修复技术，贯彻能修不换，多修少换的原则。

合理地选用修复工艺，是提高修理质量、降低修理成本、加快修理速度的有效措施。目前在国内外广泛地使用了近代化的修理技术和工艺，我国推广了“焊、补、喷、镀、铆、镶、配、改、校、涨、缩、粘”十二种方法。正确地使用修理技术已成为修理工作中的重要手段。现将常用的修复工艺归纳于图4-12-18。供修理时参考。

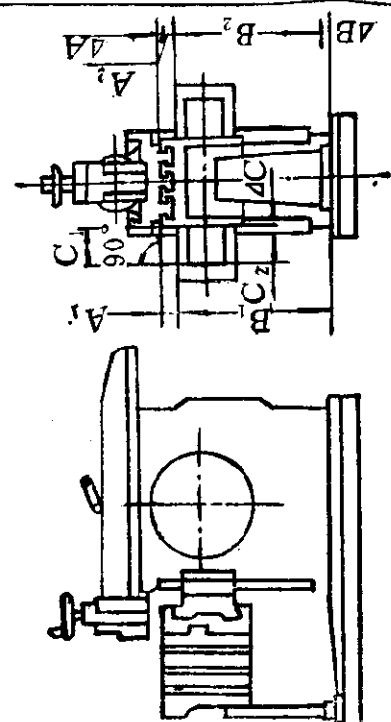
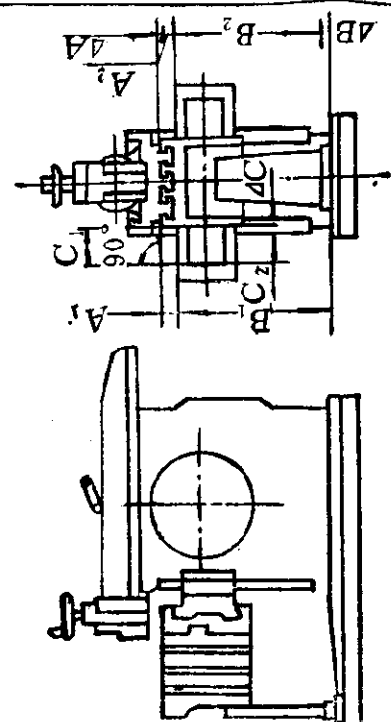
表 4-12-5 部分金属切削机床修理尺寸链的分析

机型	尺寸链及其关系	简图	方程式	终结环精度	解法	说明
普通车床	保证前后顶尖等高性尺寸链		$A_1 - \boxed{A_2} - A_3 + \Delta A = 0$	$\Delta A = 0^{+0.06}$	修	用修刨床头箱减小 A_1 或加垫板加大 A_2 的办法, 增加补偿量, 最后刮尾架板顶面
车床	保证丝杠中心线在垂直面内与床身导轨的平行性的尺寸链		$B_1 - \boxed{B_2} \pm \Delta B - B_3 - \boxed{B_4} = 0$	$\Delta B = 0 \pm 0.1$	配	修改丝杠支架定位销孔, 补偿环是 B_4 ; 或修刮走刀箱下支承面, 补偿环是 B_2

续表

机型	尺寸链及其关系	简图	方程式	终结环精度	解法	说明
普通车床	保证走刀 齿轮与床身 齿条啮合间 隙的尺寸链		$C_1 + C_2 + C_3 + \Delta C - C_4 - C_5 = 0$	$\Delta C = 0.1^{+0.1}$	修配法	修改床身 齿条定位销 孔, 或用互 换法用变位 齿轮替换旧 齿轮, 间隙 过大时也可 更换床身牙 条

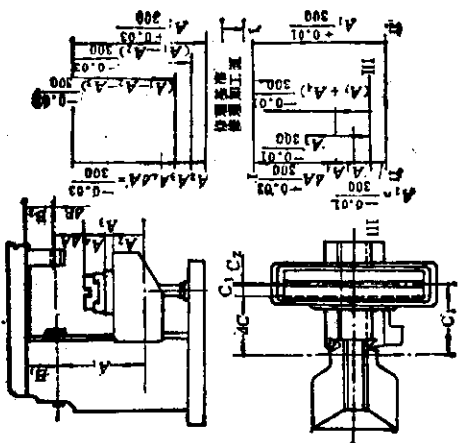
<p>立 式 钻 床</p> <p>保证主轴套筒中心线对工作台面不垂直度的尺寸链</p>		$A_1 - A_2 - \Delta A = 0$	$\Delta A = \Delta A$ $+0.03/300$	<p>修刮导轨时控制</p>
<p>控制底板上表面对主轴套筒中心线垂直度的尺寸链</p>		$B_1 + \Delta B - B_2 = 0$	$\Delta B = \Delta B$ $\pm 0.1/300$	<p>按立柱导轨修刮上表面</p>
<p>保证主轴回转中心线对主轴套筒中心线同轴度的尺寸链</p>		$C_1 + C_3 - C_2 \pm \Delta C = 0$	$\Delta C = 0 \pm 0.02$	<p>装配时调整同轴度、重新钻铰变速箱与立柱的定位销孔</p>

机型	尺寸链及其关系	简图	图	方程式	终结环精度	解法	说明
牛头刨床	保证工作台上表面对横梁导轨平行度的尺寸链	 <p>横梁导轨对工作台支架承面</p>		$A_1 - A_2 - \Delta A = 0$	$\Delta A = 0$ $\pm 0.02/300$	修配法	装配调整后, 本身刨削工作台面
	保证平行度的尺寸链			$B_1 - B_2 - \Delta B = 0$	$\Delta B = 0$ $\pm 0.03/300$		修刮支架文承面
	保证工作台上表面对侧面垂直度的尺寸链			$C_1 - C_2 - \Delta C = 0$	$\Delta C = 0$ $\pm 0.03/300$		修刮工作台拖板时, 保证工作台面与横梁上导轨面垂直

保证工作台上表面对主轴中心线平行度的尺寸链	$A_1 - A_2 - A_3 - A_4 - A_5 - \Delta A_1 - \Delta A_2 = 0$	$\Delta A = \Delta A_1 - 0.03/300$	修刮有关导轨面时逐环控制平行性
保证铣刀刀杆支架孔对主轴中心线同轴度的尺寸链	$B_1 - B_2 - \Delta B = 0$	$\Delta B = 0 \pm 0.02$	装配后更换支架孔套, 用主轴本身搪支架套孔
控制工作台横导轨与纵导轨垂直度的尺寸链	$C_1 - C_2 - C_3 - \Delta C = 0$	$\Delta C = \Delta C_1 \pm 0.02/300$	修刮导轨时控制垂直度。(万能铣床可调整)

铣

床



注 表中所列的尺寸链仅为部分机型其中的几项, 修理中需根据验收标准找出, 并参照上表进行分解。

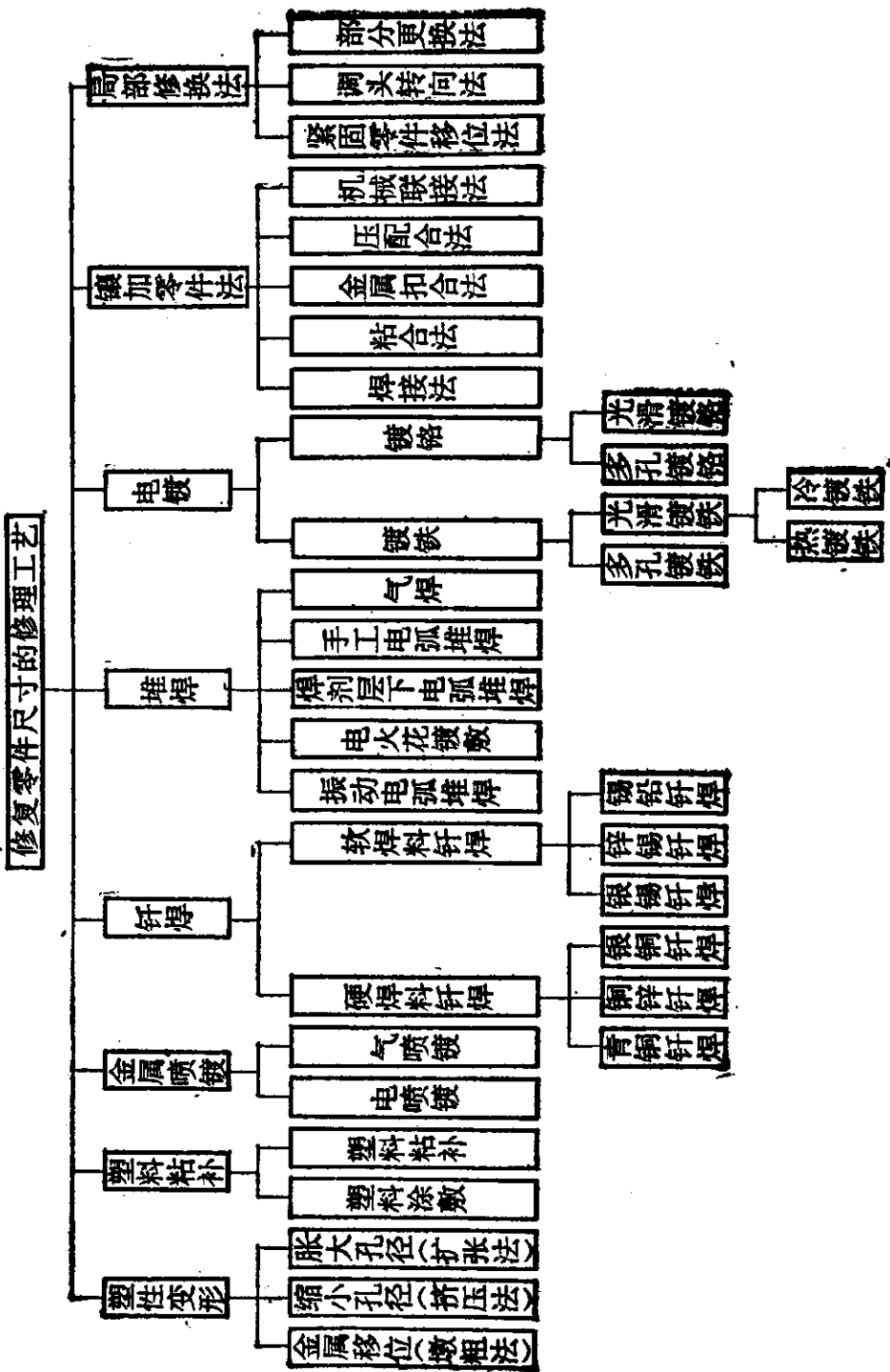


图 4-12-18 修复工艺分类

(2) 修复工艺的选择

选择修复工艺时，应根据修理要求、修后质量和修理工艺的特点来考虑。一般的说，可从下列几个方面来考虑：

1) 修复工艺对零件材质的适应性

现有的修理工艺中，任何一种都不能完全适应各种材料，总有它的局限性。修复工艺对常用材料的适应性列于表4-12-6，供选择工艺时参考。

表 4-12-6 各种修复工艺对常用材料的适应性

序号	修 理 工 艺	低碳钢	中碳钢	高碳钢	合 金 结 构 钢	不 锈 钢	灰 铸 铁	铜 合 金	铝
1	镀 铬	+	+	+	+	+	+		
2	镀 铁	+	+	+	+	+	+		
3	气 焊	+	+		+		-		
4	手工电弧堆焊	+	+	-	+	+	-		
5	焊剂层下电弧 堆焊	+	+						
6	振动电弧堆焊	+	+	+	+	+	-		
7	钎 焊	+	+	+	+	+	-	+	-
8	金属喷镀	+	+	+	+	+	+	+	+
9	塑料粘补	+	+	+	+	+	+	+	+
10	塑性变形	+	+					+	+
11	金属扣合						+		

注：“+”为修理效果良好；“-”为修理效果不好。

2) 零件修理后的强度

修补层的强度，修补层与零件的结合强度，以及零件修理后的强度变化情况，是修理质量的重要指标。各种工艺在一般条件下所能达到的修补层强度，相差较大。表4-12-7列出了几件修理工艺所得到的修补层本身的强度，修补层与45号钢的结合强度以及疲劳强度降低的百分数，可供比较和选择修理工艺时参考。

表 4-12-7

各种修补层的机械性质

序号	修 理 工 艺	修补层 本身拉 力强度 (公斤/ 毫米 ²)	修补层与 45号钢的 结合强度 (公斤/ 毫米 ²)	零件修理后疲 劳强度的降低 (%)	硬 度 (HB)
1	镀 铬	40~60	30	25~30	HV600~1000
2	热 镀 铁	23~30	17~21	25~30	140~200
3	手工电弧堆焊	30~45	30~45	36~40	210~420
4	焊剂层下电弧堆焊	35~50	35~50	36~40	170~200
5	振动电弧堆焊	62	56	与45号钢相似	HRC25~60
6	银焊(含银45%)	40	40		
7	铜 焊	28.7	28.7		
8	锰青铜钎焊	35~45	35~45		217
9	金属喷镀	8~11	4.08~9.49	45~50	200~240
10	环氧树脂粘补		热粘2~4 冷粘1~2		80~120

3) 修复工艺过程对零件物理性能的影响

修补层的物理性能，如硬度、加工性、耐磨性及密封性等，在选择工艺时必须考虑。如硬度高，则加工困难；硬度低，在一般情况下，磨损较快；硬度不均，加工表面不光滑。至于磨损面的耐磨性，不仅与表面硬度有关系，也与金相组织、磨合情况及表面吸附润滑油的能力有关系。如多孔镀铬、多孔镀铁、振动电弧堆焊及金属喷镀等工艺能获得多孔隙的构造，孔隙中能储存润滑油，在短时间缺油的情况下亦不会发生研伤。而修补层的密实性，对修补可能发生液体及气体渗漏的设备部件则很重要，修补层出现砂眼及裂纹，在流体压力作用下可能发生渗漏。所有这些，在选择工艺时都应注意。

在修理过程中还应注意，工艺过程对修理零件的精度及物理性能有不同的影响。大部分零件在修复过程中，温度都

比常温高。电镀、金属喷镀、电火花镀敷及振动电弧堆焊等工艺过程，零件温度低于 100°C ，对零件渗碳层及淬硬组织几乎没有影响，零件因受热而产生的变形很小。各种钎焊的温度都低于被焊金属的熔化温度，用锡、铅、锌、镉、银等金属制成的软焊料，钎焊温度约在 $250\sim 400^{\circ}\text{C}$ 之间，对零件的热影响很小。以银、铜、锌、铁、锰、镍等金属为主成分组成的硬焊料，熔化温度在 $600\sim 1000^{\circ}\text{C}$ 之间，硬焊料钎焊时，被焊零件要预热或同时加热到较高温度。 800°C 以上的温度就会使零件退火、使淬火组织破坏、热变形增大。填充金属与被焊金属熔合的堆焊法，如电弧焊、铸铁焊条气焊等，由于零件要受到高温，热影响区内金属组织会发生变化，视要求堆焊后应进行热处理。

4) 各种修复工艺能达到的修补层厚度

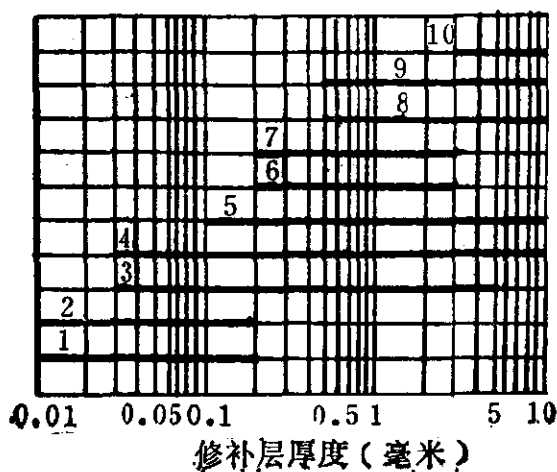


图 4-12-19 几种主要修复工艺能达到的修补层厚度

1—镀铬；2—滚花；3—钎焊；4—振动电弧堆焊；5—手工电弧堆焊；
6—镀铁；7—塑料粘补；8—焊剂层下电弧堆焊；9—金属喷镀；10—镀
加零件

各种零件由于磨损深度不同，要求的修复层厚度也不一样。几种主要修复工艺能达到的修补层厚度见图4-12-19。

由上可见，选择修复工艺时，不能单从一个方面，而是要综合地从几个方面来分析比较，才能得到较合理的方案。

(3) 修复零件的确定

为了恢复配合件配合表面的精度，在选择修复工艺前应先确定修复零件。修复零件的确定可从以下几方面考虑：

1) 修复主要件，配制更换与其相配的次要件。如修磨主轴，配制新轴瓦；大齿轮齿部磨损，以变位法修复大齿轮，更换小齿轮；修研换向阀孔，更换阀杆。

2) 修成本高的零件，换成本低的零件。如摩擦压力机，修丝杠，配做丝母。

3) 充分利用零件上未磨损部分，如修车床时，常见丝杠靠近床头部分磨损严重，床尾部分磨损很少，可以采用调头使用的办法，但须修改成对应尺寸。

4) 主要大件有局部磨损，可以用喷镀、电镀、粘补、镶加等方法。如传动轴磨损，可采用焊接法来修复，但在焊接时要防止工件变形；对于一般轴类和花键轴轴颈，可采用电镀来修复。对于铸造大齿轮有局部崩牙，考虑受力不大，可以镶齿修复。

6. 机床修后的试验要求

(1) 空运转试验要求

1) 机床在空运转试验之前，应使机床处于自然水平位置，一般不应用地脚螺钉固定。按润滑图表将机床所有应有润滑油之处注入规定的润滑油。

2) 用手动操纵在全程上移动所有移动体，检查移动是否轻巧均匀，动作是否正确，定位是否可靠，手轮作用力是

否符合通用技术要求。

3) 检查限位装置是否齐全可靠。

4) 开动主轴从最低速度开始, 依次运转, 每级速度不少于2分钟。在最高速度时, 应运转30分钟以上, 使主轴达到稳定温度(温度上升幅度不超过 $5^{\circ}\text{C}/\text{小时}$) 主轴温度不应超过 60°C , 滚动轴承温度不得高于 70°C (滚动轴承的润滑油量不宜过多), 精密机床说明书有规定者, 应按说明书规定检查。

5) 开动进给箱电动机, 应用纵向、横向及升降等进给进行各级进给速度空运转试验及快速移动试验。各进给量的运转时间不少于2分钟, 在最高进给量运转至稳定温度, 各轴承温度不应超过 50°C 。

6) 在空运转试验中, 机床工作机构应平稳、正常、无冲击振动和周期性的噪音, 机床工作时的响声只能比修前降低或低于同类型机床响声的平均状况。如条件许可, 可用分贝仪测量。在静室内, 普通机床的响声不大85分贝, 精密机床一般不大于75分贝。机床振动, 通常靠人手对振动最大部件的感觉来鉴别。如使用振动计测量, 空运转的机床的振幅一般在下列范围内:

车床、钻床、刨(插、拉)床:	5~10微米
铣床、镗床:	3~7微米
磨床、精密镗床:	1~3微米
特殊要求精密机床:	0~1微米

7) 检查电气设备的各项工作情况, 包括电机起动、停止、反向、制动和调速的平稳性; 磁力起动器、热继电器和终点开关工作的可靠性。

8) 检查润滑系统的工作情况, 机床开动后各润滑点是

否保证得到连续和足够数量的润滑油，各接合表面及伸出轴是否有漏油现象。

9) 在空运转试验时，机床润滑系统应始终保持不间断将润滑油充分供给到机床各部机构，一般没有堵塞和漏损现象。

10) 在空运转试验时，冷却系统应能将冷却液不间断和充分地供给到指定的地方。管道、阀门及其联接处没有泄漏现象。

(2) 机床负荷试验要求

1) 机床负荷试验应按照机床在公称传动功率和中级速度条件下加工样品来要求，以及机床在短时间高负荷达到超出公称能力25%时，摩擦离合器不得脱开打滑来的要求。

2) 机床负荷试验时，其全部机构都应正常地工作，电器装置、润滑和冷却系统等都应当在进行试验的全部时间内不中断的工作，不应有振动、不均衡的运动，尖锐的噪音等。

3) 在说明书规定的机床公称负荷下，主轴的转速或每分钟往复行程次数，与空运转时这级速度的转速差，不得超过5%。

4) 在负荷试验时，切削不应有显著的振动及噪音，各部手柄也不应有显著的颤动和自动换位现象。

5) 机床负荷试验时，应当检查超负荷保险装置动作的可靠性。

① 试验前应将摩擦离合器调紧2~3个切口，切削完毕后再松开至正常情况。

② 超负荷试验只在真正需要的时候进行，一般不做这样的试验。

6) 负荷试验举例:

I. 普通车床

① 试件直径不得小于机床最大切削直径的 $1/8$, 试件长度为试件直径的三倍。

② 材料: 45号钢。

③ 吃刀深度 $t = 4 \sim 8$ 毫米。

④ 选择合理的刀具、转数和走刀量。

⑤ 卡活方式: 用顶尖顶住。

⑥ 试验项目及要求:

表 4-12-8 精度外圆试验

试件材料	45	规格	$\phi 50 \times 250$
刀具材料	高速钢车刀	卡活方式	卡盘
切削用量	主轴转速 n	600转/分	
	吃刀深度 t	0.15毫米	
	走刀量 S	0.1毫米/转	
精度要求	不圆度	0.01毫米	
	锥度	0.01毫米/100毫米	
光洁度	$\nabla 6$ (表面不应有眼睛可看到的振动波纹)		

注 光活时可用冷却液。

表 4-12-9 精车端面试验

试件材料	II级铸铁	规格	φ300
刀具材料	BK8 45°右偏刀	卡活方式	卡盘
切削用量	主轴转速 n	120转/分	
	吃刀深度 t	0.2毫米	
	走刀量 S	0.15毫米/转	
精度要求	端面不平度	0.02毫米(只许凹)	

注 试件直径应大于最大切削直径1/2。

表 4-12-10 精车螺纹试验

试件材料	45	规格	φ50×150
刀具材料	高速钢60°螺纹刀	卡活方式	顶尖顶住
切削用量	主轴转速 n	19转/分	
	吃刀深度 t	(最后精车)0.02毫米	
	走刀量 S	6毫米/转	
精度要求	螺距累积误差	0.03毫米/50毫米	
光洁度	▽6(螺纹表面没有眼睛可见振动波纹)		

表 4-12-11 切断试验

试件材料	45	规格	φ50×100
刀具材料	TK15切口宽度4毫米	卡活方式	卡盘
切削用量	主轴转速 n	76转/分	
光洁度	切断端面不应有振动痕迹		

II. 铣床 (X62W 为例)

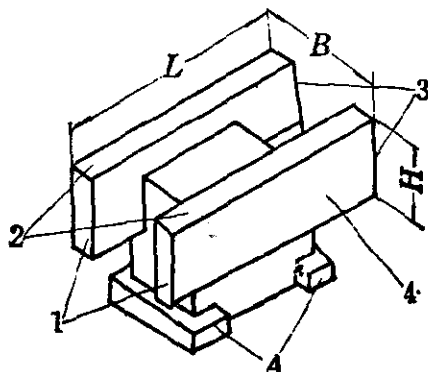
- ① 试件材料: 45# 或 II 级铸铁。
- ② 吃刀深度: $t = 4 \sim 8$ 毫米。
- ③ 刀具: 切削用量, 自行选择。
- ④ 试件推荐尺寸:

表 4-12-12 试件尺寸 (毫米)

试件尺寸 工作台面宽度	长 L	宽 B	高 H
≤ 160	80	160	80
$> 160, \leq 250$	100	200	100
> 250	150	300	100

⑤ 精度要求:

表 4-12-13 试件应达到的精度 (毫米)



项 目	测 量 长 度		
	50	150	300
已加工面的不平度(1、2、3、4)	0.01	0.02	0.04
上表面对基面的不平行度(2与A)	0.01	0.02	0.04
两侧面对基面的不垂直度(1、3、4与A)	0.01	0.02	0.03
两侧面对端面的不垂直度(1、3与4面)	0.01	0.02	0.03
加工面表面光洁度	▽ 6		

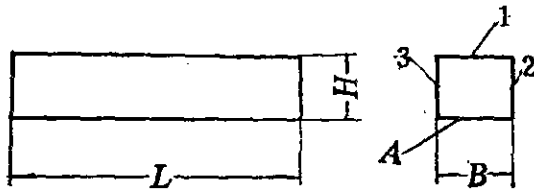
- 注 1. 先将基面精加工, 然后一次装卡, 精铣其余各面。
2. 铣刀直径不得大于试件宽度的2/5。

III. 牛头刨床 (B665牛头刨床为例)

①试件材料: HT15-33。II级灰铸铁。

②刀具规格: 自行选择。

③试件尺寸: 如下图示:



长度 $L \geq 0.6L_0$ (L_0 为最大刨削长度)

宽度 $B \geq 150mm$

高度 $H \geq 100mm$

④切削用量:

表 4-12-14 切 削 用 量

双行程数 (次/分)	切削深度 (毫米)	走刀量 (毫米)	行程长度 (毫米)
73~365	0.1~1	0.33	≥ 300

⑤试件精度要求:

表面 1 不平度允差 0.02 毫米;

表面 2、3 不平度允差 0.03 毫米;

表面 1 与基面的不平行度允差 0.03 毫米;

表面 2 与表面 3 的不平行度允差 0.05 毫米;

表面光洁度 $\nabla 6$ 。

IV. 磨床 (M120W 万能磨床为例)

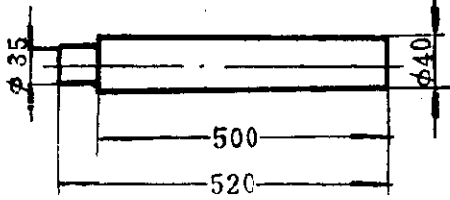
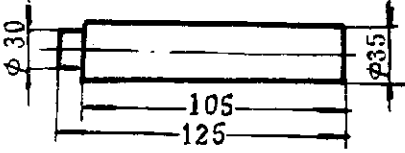
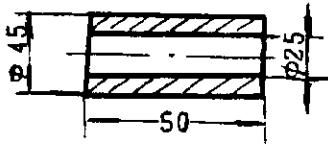
一般磨削试验材料均采用淬火钢件。试验内容见表 4-12-15。

(3) 机床几何精度要求

1) 大修设备在进行几何精度检验前, 首先用垫铁校正机床水平。所有垫铁均应承负荷。几何精度检验一般不允许

表 4-12-15

磨床试验内容和要求

序号	试验内容	精度要求	试件尺寸
1	外圆磨削 (顶尖装卡)	不圆度0.004 锥度0.007 光洁度 $\nabla 9$	
2	外圆磨削 (卡盘装卡)	不圆度0.004 锥度0.007 光洁度 $\nabla 9$	
3	内孔磨削 (卡盘装卡)	不圆度0.004 光洁度 $\nabla 8$	

紧固地脚螺栓，只有因设备结构等原因，必须紧固地脚螺栓才能使检验出的数值稳定时，也应该在所有垫铁都承受负荷条件下，再以大致相等的力矩紧固各地脚螺栓。

非经同意，绝不允许用紧固地脚螺栓的方法校正床身几何精度的误差。

2) 检验的项目和允差按“精度检验标准”，检验方法按照机械工业部颁发的“机床专业标准”进行。

对于尚未列入标准的设备可按机床说明书要求检查，对于有争议无资料的设备由大修工人检验组、技术组三结合协商拟定。

3) 经过两次以上大修或严重损坏的老旧设备，以及新设备有严重缺陷不能修复到国家精度标准时，可以适当放宽允差，但应达到工艺要求。

4) 对通用设备用于单一工序的与加工工序有关的项

目，应修复到国家精度标准要求或适当提高，要求其余项目允许适当放宽允差。

5) 所有检验用量具都应经过检查和定期的校正。

6) 在精度检验过程中，不允许对影响精度的零件或部件进行调整。直线运动的零部件，不应在精度检验前调节得过紧。

十三、粘 接

1. 概述

用胶粘剂（又称粘合剂）可以把各种不同的材料或相同的材料紧密地粘接起来，这是不同于铆接、螺栓连接和焊接的一种新型连接工艺。

人类使用胶粘剂已有悠久的历史，但直到本世纪三十年代，由于现代工业部门，尤其是航空工业发展的需要，才出现了以合成高分子为基材的新型胶粘剂——合成胶粘剂，开拓了粘接这一新型连接工艺领域。

胶粘剂可以按照胶接接头的受力情况分为结构胶和非结构胶。结构胶具有较高的强度，一般用于胶接受力部件上，胶接接头能承受较大的载荷。非结构胶用来胶接受力较小的制件或作为定位之用，一般不能承受较大的载荷。

根据主体成分的化学结构和性能的特点，胶粘剂可分为有机胶粘剂（热固性树脂胶粘剂，热塑性树脂胶粘剂和橡胶粘接剂）和无机粘接剂。

根据胶粘剂的工艺特点又可分为低温硬化胶粘剂（指在室温以下温度硬化），室温硬化胶粘剂（在20~30℃硬化）以及高温硬化胶粘剂（在100~180℃硬化）。

2. 金属胶接的接头形式和表面处理

金属胶接的接头形式很重要，接头的好坏能直接影响胶接的强度。设计接头的原则是：①尽可能避免应力集中，减少产生剥离、劈开和弯曲的可能性；②合理增大接头的胶粘面积，提高承载能力。

接头的最基本的形式有如下四种（图4-13-1）：

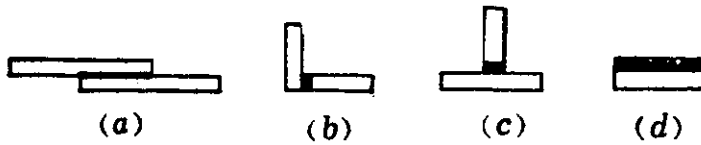


图 4-13-1 胶接接头的四种基本形式示意图
(a)搭接；(b)角接；(c)“T”型接；(d)平面贴接

对于搭接接头，增加搭接面积，一般可以提高接头承载能力。但搭接宽度往往受到实际产品尺寸的限制不能任意增加，而搭接长度也不是越大越好。

为了减少应力集中，特别是减小接头的弯曲应力（即接头在受载时由于作用力不同轴线而造成的剥离应力），可以采用如图4-13-2的接头形式。

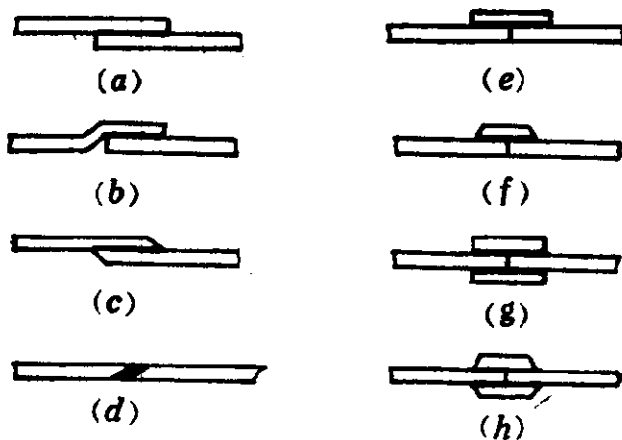


图 4-13-2 板材搭接形式

(a)单面搭接；(b)下陷式搭接；(c)斜棱形单面搭接；(d)切口斜接；(e)单面盖板搭接；(f)单面斜棱盖板搭接；(g)双面盖板搭接；(h)双面斜棱形盖板搭接

所有这些接头形式中以切口斜接从力学性能角度考虑是最为理想的，它的应力分布最均匀，不单有很高的纵向承载能力，而且横向承载能力也是很高的。

对于管材粘接接头可以采用图4-13-3的几种形式。一般管材接头的粘接都采用斜接形式为好，切口斜面对管材是容易加工的。如将管材直接套接，如图4-13-4，是不合适的，因为这样粘接时难以控制胶层的厚度，致使粘接的胶层不均匀，抗剪强度低。

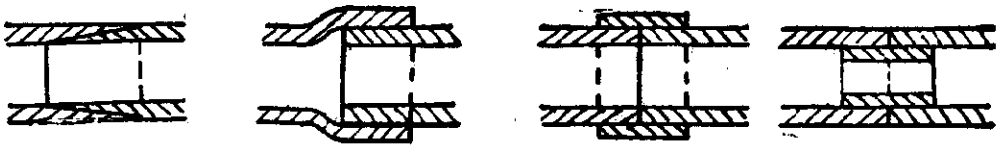


图 4-13-3 管材粘接接头形式

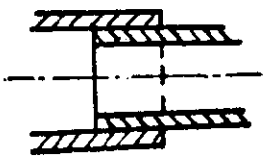


图 4-13-4
管材不正确的
套接形式

对于管壁较薄无法加工成斜切口的管材，只能套接，可以采用图4-13-3中其它形式给以加强。

对于不同材料的管材进行胶接时，应该把线膨胀系数较大的材料作为外套管，这样在采用加热固化的胶进行胶接后，会对胶层产生压缩内应力，使胶接强度增加。

为了提高粘接件质量，增强接头的强度，应对被粘物表面进行处理，使被粘物表面达到与胶粘剂完全适应的最佳状态。这样可使胶粘剂与被粘物界面间形成的粘接强度等于或超过胶粘剂层本身的内聚强度，才能发挥出胶粘剂的最大效能。粘件在粘接前均应用化学溶剂或其他方法清洗以去除油脂。此外，为了保证胶接接头最大的胶接强度，还需要用其他更有效的化学方法或物理方法进行表面处理。对于金属材

料常常要进行酸洗，特别是对于铝合金的胶接，有时需要用电化学的方法在酸槽中或在含有氧化剂的溶液中进行氧化，使铝合金表面形成一层稳定的氧化膜以利于胶接。有时为了粘接的需要，需用机械方法处理表面，如用砂轮、砂布、钢丝刷打磨表面，喷砂及锉磨表面，或用车、铣、刨来切削表面等。有时为了增加胶粘剂和表面的接触面积，还需通过机械加工方法使表面具有一定平整的粗糙度。

3. 环氧胶粘剂

(1) 配方：首先应考虑粘接件是否能加温，以及粘接件的大小、受力情况、耐热性要求等。显然，粘接件不能加温的，需采用常温固化的工艺和配方，宜用胺类固化剂。粘接件大的难以加温固化的，尽量采用特殊加热（如红外线照射）方式，或选用室温固化配方。若粘接件机械强度要求较高，需采用加温固化（即使选用室温固化剂亦应加温固化）。耐热性要求高的应选用耐高温配方和加热固化。

(2) 环氧树脂的选择：通常选用E-51、E-44、E-42、F-44、F-45等。E-51环氧树脂粘度较小，色泽淡，透明性好，但价格较贵，适合于对流动性和色泽有要求的粘接部件。E-44和E-42环氧树脂是最常用的两个品种，粘度适中，粘接强度较高。F-44和F-45环氧树脂耐变形温度高，可在150℃下长期使用。

(3) 粘接工艺：

首先进行粘接件的表面处理，然后可按下述工艺进行粘接：配胶——涂胶——固化。

环氧胶粘剂除可按需要自行配制外，尚可用国内现已研制成的定型环氧胶粘剂。其牌号与性能见表4-13-1。

表 4-13-1

环氧胶粘剂的牌号和性能

牌号	主要成分	固化条件	主要性能	主要用途																				
911	环氧, 塑溶胶, 三氟化硼络合物等	室温下固化 5~20分钟, 也可在10~15°C下固化	室温快速固化, 2小时后达到适当强度。剪切强度(公斤/厘米 ²)如下: <table border="1" data-bbox="550 445 739 1295"> <thead> <tr> <th>铝—铝</th> <th>铜—铜</th> <th>酚醛玻璃钢</th> <th>铝—铜</th> <th>铝—玻璃钢</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>160~210</td> <td>230~250</td> <td>70~85</td> <td>230~250</td> <td>120~150</td> </tr> </tbody> </table>	铝—铝	铜—铜	酚醛玻璃钢	铝—铜	铝—玻璃钢	160~210	230~250	70~85	230~250	120~150	适宜金属及非金属部件小面积粘接										
铝—铝	铜—铜	酚醛玻璃钢	铝—铜	铝—玻璃钢																				
160~210	230~250	70~85	230~250	120~150																				
913	环氧, 聚酯, 三氟化硼	0~15°C下 固化4~24小时	铝的剪切强度(公斤/厘米 ²)如下: <table border="1" data-bbox="851 445 1234 1295"> <thead> <tr> <th colspan="2">固 化</th> <th colspan="2">试 验 温 度</th> </tr> <tr> <th>温 度</th> <th>时 间</th> <th>-15°C</th> <th>15°C</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>-15°C</td> <td>6小时</td> <td>110~130</td> <td>—</td> </tr> <tr> <td>-15°C</td> <td>24小时</td> <td>120~150</td> <td>170~190</td> </tr> <tr> <td>0~10°C</td> <td>4小时</td> <td>—</td> <td>130~150</td> </tr> </tbody> </table>	固 化		试 验 温 度		温 度	时 间	-15°C	15°C	-15°C	6小时	110~130	—	-15°C	24小时	120~150	170~190	0~10°C	4小时	—	130~150	野外应急修补
固 化		试 验 温 度																						
温 度	时 间	-15°C	15°C																					
-15°C	6小时	110~130	—																					
-15°C	24小时	120~150	170~190																					
0~10°C	4小时	—	130~150																					

		快速粘接, 室温使用													
914	环氧, 聚硫, 酚铜胶固化剂	20°C下固化 2.5小时	20°C铝的剪切强度为200~230公斤/厘米 ² , 24小时后不同 材料的剪切强度(公斤/厘米 ²)如下:												
			<table border="1"> <tr> <td>铝</td> <td>黄铜</td> <td>紫铜</td> <td>不锈钢</td> <td>玻璃钢</td> </tr> <tr> <td>200~240</td> <td>150~180</td> <td>110~130</td> <td>300~330</td> <td>140材料坏</td> </tr> </table>	铝	黄铜	紫铜	不锈钢	玻璃钢	200~240	150~180	110~130	300~330	140材料坏		
铝	黄铜	紫铜	不锈钢	玻璃钢											
200~240	150~180	110~130	300~330	140材料坏											
80°C 固化胶	环氧, 聚硫 胺, 咪唑	80°C 8小时	耐冷热冲击, 耐潮, 具韧性。剪切强度(公斤/厘米 ²)												
			<table border="1"> <tr> <td>温度(°C)</td> <td>室温</td> <td>100</td> <td>-65~+100交变五次</td> </tr> <tr> <td>铝-铝</td> <td>267</td> <td>155</td> <td>189</td> </tr> <tr> <td>铝-铜</td> <td>230</td> <td>157</td> <td>236</td> </tr> </table>	温度(°C)	室温	100	-65~+100交变五次	铝-铝	267	155	189	铝-铜	230	157	236
			温度(°C)	室温	100	-65~+100交变五次									
铝-铝	267	155	189												
铝-铜	230	157	236												
粘接铝铜等 金属材料															
高强 度胶	环氧等	160°C 2小 时, 180°C 4小 时	剪切强度(公斤/厘米 ²): 铝-铝 > 366 铜-铜 > 800												
			金属与非金属 粘接												
ET	醚键氨基四 官能环氧, 丁 腈, 咪唑	压力0.5~1 公斤/厘米 ² : 170°C 2小时	铝的剪切强度:												
			<table border="1"> <tr> <td>温度(°C)</td> <td>-60</td> <td>室温</td> <td>160</td> <td>250</td> </tr> <tr> <td>剪切强度 (公斤/厘米²)</td> <td>>250</td> <td>>200</td> <td>>100</td> <td>>40</td> </tr> </table>	温度(°C)	-60	室温	160	250	剪切强度 (公斤/厘米 ²)	>250	>200	>100	>40		
			温度(°C)	-60	室温	160	250								
剪切强度 (公斤/厘米 ²)	>250	>200	>100	>40											
铝的不均匀扯离强度 > 40公斤/厘米															

续表

牌号	主要成分	固化条件	主要性能	主要用途			
JW-1	环氧, 聚醚, 聚酰胺, KH-550	接触后 60°C 2小时 或 80°C 1小时	剪切强度(公斤/厘米 ²):	各种金属, 玻璃钢, 胶木 的粘接			
			温度(°C)		-60	20~25	60
			铝合金		150	180	150
			不锈钢		313	250	169
			45号钢		282	265	193
			玻璃钢		—	试片断	—
			胶木		—	试片断	—

J-06-	酚醛-环氧, 间苯二酚等	压力2公斤/ 厘米 ² 150°C 3小时	使用温度: -60~+250°C粘接强度为	应变测量用, 如与康铜丝配 合做成应变计 等																								
			<table border="1"> <tr> <td rowspan="2">性 能 测 试 温 度</td> <td colspan="2">剪切强度(公斤/厘米²)</td> </tr> <tr> <td>铝 合 金</td> <td>不 锈 钢</td> </tr> <tr> <td>室 温</td> <td>≥100</td> <td>71</td> </tr> <tr> <td>250°C</td> <td>≥50</td> <td>42</td> </tr> </table>	性 能 测 试 温 度	剪切强度(公斤/厘米 ²)		铝 合 金	不 锈 钢	室 温	≥100	71	250°C	≥50	42														
性 能 测 试 温 度	剪切强度(公斤/厘米 ²)																											
	铝 合 金	不 锈 钢																										
室 温	≥100	71																										
250°C	≥50	42																										
			20~250°C灵敏系数数值下降≤3%室温下应变极限≥3500 微应变																									
J-11	环氧, 聚酰胺, 间苯二胺	压力≤0.5 公斤/厘米 ² 25°C 24小时或 100°C 3小时	使用温度: -120~+120°C铝和不锈钢的剪切强度相近	仪器组装及 修补, 螺钉固 定, 滚比式齿 轮滚刀粘接。 特别适用于耐 浓碱及室温修 补。																								
			<table border="1"> <tr> <td rowspan="2">固 化 温 度 (°C)</td> <td rowspan="2">时 间</td> <td colspan="3">剪切强度(公斤/厘米²)</td> <td rowspan="2">冲击强度 (公斤· 厘米/厘米²)</td> <td rowspan="2">不均匀扯 离强度 (公斤/ 厘米)</td> </tr> <tr> <td>-120°C</td> <td>20°C</td> <td>120°C</td> </tr> <tr> <td>25</td> <td>24</td> <td>150~160</td> <td>≥180</td> <td>35~60</td> <td>4~5</td> <td>≥30</td> </tr> <tr> <td>100</td> <td>3</td> <td>160~190</td> <td>≥200</td> <td>90~110</td> <td>3~4</td> <td>30</td> </tr> </table>	固 化 温 度 (°C)	时 间	剪切强度(公斤/厘米 ²)			冲击强度 (公斤· 厘米/厘米 ²)	不均匀扯 离强度 (公斤/ 厘米)	-120°C	20°C	120°C	25	24	150~160	≥180	35~60	4~5	≥30	100	3	160~190	≥200	90~110	3~4	30	
固 化 温 度 (°C)	时 间	剪切强度(公斤/厘米 ²)				冲击强度 (公斤· 厘米/厘米 ²)	不均匀扯 离强度 (公斤/ 厘米)																					
		-120°C	20°C	120°C																								
25	24	150~160	≥180	35~60	4~5	≥30																						
100	3	160~190	≥200	90~110	3~4	30																						
			耐辐照累计剂量10 ⁴ 拉特																									

续表

牌号	主要成分	固化条件	主要性能	主要用途					
J-13	二苯矾环氧, 聚酰胺等	接触后20~25°C 24小时或50°C 6小时	使用温度 -60~+100°C 剪切强度(公斤/厘米 ²):	尼龙与镍的粘接, 碱性蓄电池密封, 耐碱结构, 电子仪表组装及密封					
			温度		不锈钢	铝合金	镍	钛合金	镍-尼龙板
			20°C		230	267	266	197	尼龙板坏
			60°C		122	120	140	135	
100°C	56	87	62	70					
50% 氢氧化钾中浸渍后的室温剪切强度(公斤/厘米 ²):									
		温度	煮沸前	130°C 7小时	60°C 48小时				
		不锈钢	232	321	258				
		镍合金	236	302	240				
		镍合金	210	263	212				
不均匀扯离强度(船)60~70公斤/厘米									
SW-2	环氧, 聚酯, 酚醛胺等	接触后25°C 24小时	铝合金剪切强度:	室温, 快速粘接用					
			-60°C时 ≥100公斤/厘米 ² 20°C时 ≥150公斤/厘米 ² 60°C时 ≥100公斤/厘米 ²						
不均匀扯离强度:									
+20°C时 ≥15公斤/厘米									

4. 聚氨酯胶粘剂

聚氨酯胶粘剂是以多异氰酸酯和聚氨基甲酸酯为主体材料的胶粘剂。聚氨酯胶粘剂对多种材料具有极高的粘附性能，不仅可以胶接非金属材料，如泡沫塑料、陶瓷、玻璃、橡胶、木材、织物等，而且可以胶接金属材料如钢、铝、不锈钢、金属箔等，同时对非金属与金属表面的粘接性能也是很好的，特别适合不同材料的胶接及对柔软材料的胶接，它的一个重要特点是耐低温性能好，比其他任何胶粘剂的耐寒性都优异。

这类胶粘接工艺性好，可以配制成胶液，也可以制成胶膜，不仅加热能固化，室温也可以固化，其牌号和性能见表4-13-2。

表 4-13-2 聚氨酯胶粘剂的牌号与性能

牌 号	主要成分	固化条件	主 要 性 能	主 要 用 途
JQ-1	三苯甲烷 三异氰酸酯， 三氯乙烷	压力 2.5 公斤/厘米 ² 140°C 30 分 钟~1小时	粘接强度： 橡胶—金属40~60 公斤/厘米 ² ； 橡胶—织物16~17 公斤/厘米 ²	橡胶与金属， 橡胶、塑料等的 粘接
101	聚氨酯	室温5~6 天100°C1.5~ 2小时	剪切强度(公斤/ 厘米 ²)： 铝：60~90，钢： 50~62，硬木：60~ 110，硬聚氯乙烯： 48~55，玻璃钢： 60~70	纸张、木材、 织物、塑料等的 粘接

续表

牌 号	主要成分	固化条件	主要性能	主要用途
熊猫牌 202	氯丁橡胶 一三苯基甲 烷三异氰酸 酯	室温固化	使用温度 -20~ +170°C	皮革、橡胶、 织物、软泡沫、 塑料、聚氯乙烯、 钢、铝、铜等
熊猫牌 405	聚酯型聚 氨酯	室温24小 时温度高， 时间可短些	铝 } 剪切强度46~ 铁 } 48公斤/厘米 ² 铜 }	金属、玻璃、 陶瓷、木材、地 毯、塑料等
熊猫牌 717	环氧-聚 氨酯	室温2~3 天	室温剪切强度： 铝71公斤/厘米 ² 铁49公斤/厘米 ²	金属、非金属 (尼龙、织物、塑 料、泡沫塑料等) 的粘接

5. 聚丙烯酸酯胶粘剂

聚丙烯酸酯胶粘剂有热塑性和热固性两种。这类胶粘剂的特点是无溶剂、单组份、可室温固化，并有一定的透明性。

(1) α -氯基丙烯酸酯胶粘剂 是单组份稀薄的液体，不需加固化剂，能在室温下迅速固化，除了聚乙烯、聚丙烯、氟塑料和有机硅树脂外，几乎能对各种材料或异种材料进行粘接，并有良好的粘接性能。适用于小零件的粘接、修补及固定。近年来亦用于外科开刀时的止血，创口的无线缝合。由于固化速度快，不适宜大面积粘接，胶液较稀薄易流散，耐水、耐碱性较差。

(2) 丙烯酸双酯胶粘剂 又称“厌氧胶粘剂”，它与一般胶粘剂不同，必须在没有空气(氧)的情况下才能固化。常用于轴承的定位，螺栓紧固等。缺点是耐热性不够

表 4-13-3

聚丙烯酸酯类胶粘剂牌号与性能

牌 号	主 要 成 分	固 化 条 件	主 要 性 能	主 要 用 途												
501	α -氰基丙烯 酸甲酯	室温, 几秒至 几分钟	使用温度: $-50 \sim +70^{\circ}\text{C}$ <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 25%;">钢—钢</td> <td style="width: 25%;">-50°C</td> <td style="width: 25%;">室 温</td> <td style="width: 25%;">100°C</td> </tr> <tr> <td>抗剪强度 (公斤/厘米²)</td> <td>≥ 100</td> <td>≥ 200</td> <td>≥ 150</td> </tr> <tr> <td>抗拉强度 (公斤/厘米²)</td> <td>≥ 300</td> <td>≥ 250</td> <td>≥ 150</td> </tr> </table>	钢—钢	-50°C	室 温	100°C	抗剪强度 (公斤/厘米 ²)	≥ 100	≥ 200	≥ 150	抗拉强度 (公斤/厘米 ²)	≥ 300	≥ 250	≥ 150	金属、非金属粘接 胶的性能较脆, 不宜 长期接触酸碱和水
钢—钢	-50°C	室 温	100°C													
抗剪强度 (公斤/厘米 ²)	≥ 100	≥ 200	≥ 150													
抗拉强度 (公斤/厘米 ²)	≥ 300	≥ 250	≥ 150													
502	α -氰基丙烯 酸乙酯, 增塑剂, 增稠剂等	室温, 几秒至 几分钟	使用温度: $-40 \sim +70^{\circ}\text{C}$ 粘接后24小时可达 最高强度, 碳钢的粘接剪切强度 ≥ 100 公斤/ 厘米 ² , 抗拉强度 ≥ 250 公斤/厘米 ² , 对碱性物 无粘接作用	粘接各种金属玻璃 (除聚乙烯, 氟塑料 及一些合成橡胶外) 和一般橡胶												

续表

牌号	主要成分	固化条件	主要性能	主要用途
504 止血胶粘剂	α -氰基丙烯酸正丁酯	室温, 约半分钟	止血药, 在接触创口表面时, 立即形成薄膜, 与组织起粘合作用, 用于体表即刻止血	粘接手术切口和新鲜创伤皮肤, 可免除伤口缝线和拆线, 适用于渗血创面的止血和修补伤口
XQ-1 厌氧胶粘剂	309*聚醚, M 促进剂等	压力0.1公斤/厘米 ² 室温 5分钟 开始固化, 3天 固化完全	钢的粘接剪切强度:	螺纹接头的紧固和密封, 填嵌缝隙等
			28°C 固化	
			剪切强度 (公斤/厘米 ²)	
			103	141
			155	176
350 厌氧胶粘剂	甲基丙烯酸双酯(甲基丙烯酸改性聚醚聚氨基酯)	室温, 隔绝空气	M10 铁质螺丝: 破坏扭矩 ≥ 200 公斤·厘米 拿出扭矩 ≥ 300 公斤·厘米	螺丝锁紧防松, 接头密封及一般粘接用

高，固化时间较长，不适宜于大缝隙的粘接。

聚丙烯酸酯胶粘剂的牌号和性能见表4-13-3。

6. 酚醛（改性）胶粘剂

酚醛树脂具有优良的耐热性，但性较脆，因此使用受到一定的限制。近年来研制了用添加增韧剂来改善它的脆性同时又保持它的耐热性的新品种，因而扩大了使用范围。同时酚醛树脂又可提高增韧树脂的耐热性，从而可得到优良的综合性能。现着重介绍酚醛—聚乙烯醇缩醛胶粘剂、酚醛—有机硅胶粘剂和酚醛—橡胶胶粘剂。

以酚醛—聚乙烯醇缩醛为例，这种胶粘剂以酚醛树脂为主体，配以各种聚乙烯醇缩醛（简称缩醛）而组成。一般具有优良的机械强度，耐候性和耐疲劳性。是航空工业中最早采用的结构胶粘剂之一。可用于铝、铝合金、钢、不锈钢等金属材料的粘接，也可用于制造铝质或玻璃纤维质的蜂窝结构。

配以不同的缩醛和用量，对性能有一定的影响。如加入缩丁醛可提高剥离强度，但耐热性有所下降。加入缩甲醛耐热性较好，但韧性稍差些，并需在 $150\sim 160^{\circ}\text{C}$ 左右进行固化。这些胶粘剂的牌号及性能见表4-13-4至表4-13-6。

7. 特种胶粘剂

（1）耐高温胶粘剂及水中胶粘剂

耐高温胶粘剂能在 200°C 以上的高温下仍具有良好的粘接性，并有良好的电性能和耐辐照性能等。

一般胶粘剂遇水或受潮后粘接强度会急剧下降，甚至失去粘接性。为了适应水下工程的需要，研制了能在水下直接修补的湿态固化胶粘剂。

表4-13-7给出了耐高温和水中胶粘剂的牌号与性能。

表 4-13-4

酚醛—聚乙稀醇缩醛类胶粘剂牌号与性能

牌 号	主要成分	固化条件	主 要 性 能	主 要 用 途												
201 (FSC-1)	酚醛, 聚 乙稀醇缩甲 醛	压力 1 公斤/ 厘米 ² , 160°C 3 小时	使用温度: -70~+150°C 耐水、油, 老化性优良 铝—铝剪切强度(公斤/厘米 ²):	粘接铝、铜、钢、 玻璃、陶瓷、电木等, 也可以制玻璃钢												
			<table border="1"> <tr> <td>-70°C</td> <td>20°C</td> <td>100°C</td> <td>150°C</td> <td>200°C</td> </tr> <tr> <td>230</td> <td>224</td> <td>206</td> <td>135</td> <td>37</td> </tr> </table>		-70°C	20°C	100°C	150°C	200°C	230	224	206	135	37		
-70°C	20°C	100°C	150°C	200°C												
230	224	206	135	37												
202 (FSC-2)	酚醛, 聚 乙稀醇缩甲 醛	压力 1~1.5 公斤/厘米 ² , 160~180°C 1~2 小时	使用温度: -70~+100°C 铝—铝剪切强度(公斤/厘米 ²):	粘接铝、铜、钢、 玻璃、陶瓷、电木等, 也可以用以制玻璃钢												
			<table border="1"> <tr> <td>-70°C</td> <td>室 温</td> <td>60°C</td> <td>100°C</td> <td>120°C</td> <td>150°C</td> </tr> <tr> <td>269</td> <td>255</td> <td>260</td> <td>243</td> <td>200</td> <td>108</td> </tr> </table>		-70°C	室 温	60°C	100°C	120°C	150°C	269	255	260	243	200	108
			-70°C		室 温	60°C	100°C	120°C	150°C							
269	255	260	243	200	108											
使用温度: -70~+100°C 铝—铝剪切强度(公斤/厘米 ²):																
203 (FSC-3)	酚醛, 聚 乙稀醇缩甲 醛	压力 1.5~ 2.5 公斤/厘米 ² , 160°C 1.5~2 小时	使用温度: -70~+100°C 铝—铝剪切强度(公斤/厘米 ²):	粘接铝、铜、钢、 玻璃、陶瓷、电木等, 也可以用以制玻璃钢												
			<table border="1"> <tr> <td>-70°C</td> <td>30°C</td> <td>60°C</td> <td>80°C</td> <td>100°C</td> <td>120°C</td> </tr> <tr> <td>247</td> <td>322</td> <td>329</td> <td>294</td> <td>225</td> <td>133</td> </tr> </table>		-70°C	30°C	60°C	80°C	100°C	120°C	247	322	329	294	225	133
			-70°C		30°C	60°C	80°C	100°C	120°C							
247	322	329	294	225	133											
使用温度: -70~+100°C 铝—铝剪切强度(公斤/厘米 ²):																

204 (JF-1)	酚醛—缩 甲乙醛—有 机硅	压力1~2 公斤/厘米 ² ; 180°C 2小时	在200°C时可长期工作, 300°C可工作5小时 剪切强度(公斤/厘米 ²):				粘接钢、铝、镁、 玻璃钢、泡沫塑料、 蜂窝材料等	
			室温	200°C	300°C	350°C		
205	酚醛、缩 醛	压力0.5 公斤/厘米 ² , 常 温 2天或120°C 0.5小时	45号钢	228	153	80.7	40.3	
			铝	173			61.7	
JSF-2 JSF-4	聚乙烯醇 缩醛、酚醛	压力1~2 公斤/厘米 ² , 先 140~150°C先 固化20分, 再 增压至5公斤/ 厘米 ² 1小时	铝—铝抗剪强度: 室温 100公斤/厘米 ² 55~60°C 60~65公斤/厘米 ²				尼龙、酚醛层压板、 电木、硬泡沫塑料、 木材、猪鬃及金属间 的粘接	
			金属、玻璃、陶瓷 层压塑料的粘接					
E-4	酚醛—缩 甲乙醛—环 氧咪唑	压力0.5~1 公斤/厘米 ² ; 130°C 3~4小 时	150°C以上长期使用 剪切强度(公斤/厘米 ²):				铝、钢、玻璃钢的 粘接, 砂轮、酚醛玻 璃钢与钢的粘接	
			室温	250°C				
			铝	240	74			
			45号钢	185	51			
			45—玻璃钢	>120(材料断)	69			

表 4-13-5

酚醛—有机硅胶粘剂牌号与性能

牌号	主要成分	固化条件	主要性能	主要用途				
J-09	酚醛, 聚 硼有机硅氧 烷	压力 3 公斤/ 厘米 ² , 200°C 3 小时	使用温度 -60~+45°C	瞬间高温粘剂, 用于不锈钢、铝合金 及层压塑料的粘接				
			剪切强度(公斤/厘米 ²):					
			温度(°C)		-60	20	450	520
			不 锈 钢		169	130~150	50~70	~50
	钛 合 金	—	112	10	—			
J-12	酚醛—有 机硅	200°C 3小时	使用温度: -60~+350°C 剪切强度(不锈钢、钛合金): 常温 ≥100公斤/厘米 ² 400°C ≥35公斤/厘米 ² 应变片性能同J-06-2, 但温度可提高到350°C	应变片用				

表 4-13-6

酚醛—橡胶胶粘剂牌号与性能

牌号	主要成分	固化条件	主要性能	主要用途					
J-03	酚醛—丁 腈	压力3~5公斤/ 厘米 ² , 160~ 165°C 2小时	使用温度: -60~+150°C	金属及非金属等粘 接					
			铝—铝剪切强度(公斤/厘米 ²):						
			温度(°C)		-60	20	60	120	150
			胶液		333	268	196	130	100
			胶膜		298	240	155	102	84
衬纱网胶膜	324	183	113	80	60				
			不均匀扯离强度, 75~91公斤/厘米 剥离强度, 6~8公斤/厘米						
705	酚醛—丁 腈—正硅酸 酯	压力2公斤/ 厘米 ² , 160°C 4小 时或 180°C 2小 时	使用温度: -60~+150°C	铝、铁、不锈钢、 铜、玻璃钢、丁腈橡 胶等粘接					
			室温剪切强度(公斤/厘米 ²):						
		铝	不锈钢	钢	玻璃钢				
		200	253	233	材料坏				
			不均匀扯离强度, 47公斤/厘米 剥离强度, 15公斤/2.5厘米						
JX-5									

续表

牌号	主要成分	固化条件	主要性能	主要用途																		
JX-7	丁腈, 间苯二酚—甲醛	40°C 72小时	4号重型帆布与铝或有机玻璃粘接后浸水15天的抗扯强度: 450公斤/9×10厘米 1050公斤/9×21厘米	尼龙布、帆布、丁腈橡胶等与铝、钢等粘接																		
JX-9	酚醛—丁腈	压力2.5公斤/厘米 ² , 160°C 3小时	剪切强度(公斤/厘米 ²): <table border="1" data-bbox="710 549 910 1295"> <tr> <td>温度(°C)</td> <td>室温</td> <td>100</td> <td>150</td> <td>200</td> <td>250</td> </tr> <tr> <td>铝</td> <td>361</td> <td>256</td> <td>216</td> <td>186</td> <td>137</td> </tr> <tr> <td>镁</td> <td>240</td> <td>150</td> <td>125</td> <td>92</td> <td>—</td> </tr> </table>	温度(°C)	室温	100	150	200	250	铝	361	256	216	186	137	镁	240	150	125	92	—	铝、镁等金属粘接 用高强度结构胶
温度(°C)	室温	100	150	200	250																	
铝	361	256	216	186	137																	
镁	240	150	125	92	—																	
FN303 熊猫303	氯丁—酚醛	先在1~2公斤/厘米 ² 压紧4小时, 再在室温放置48小时	使用温度: -50~+90°C <table border="1" data-bbox="997 549 1215 1295"> <tr> <td></td> <td>抗拉强度(公斤/厘米)</td> <td>剥离强度高(公斤/厘米)</td> </tr> <tr> <td>铝</td> <td>24~26</td> <td>10</td> </tr> <tr> <td>钢—橡皮</td> <td>24~28</td> <td>8~10</td> </tr> </table>		抗拉强度(公斤/厘米)	剥离强度高(公斤/厘米)	铝	24~26	10	钢—橡皮	24~28	8~10	橡胶、金属、玻璃、木材等粘接									
	抗拉强度(公斤/厘米)	剥离强度高(公斤/厘米)																				
铝	24~26	10																				
钢—橡皮	24~28	8~10																				

(2) 耐超低温胶粘剂

这种胶能在 -200°C 的超低温情况下使用，并能适应在液氮、液氧下粘接和密封。详见表4-13-8。

(3) 导电粘合剂

国防工业、无线电电子工业及仪表工业，需要对各种金属材料或半导体材料进行导电性连接。目前在工业上实际使用的导电胶绝大部分是在高分子胶粘剂中加入细的金属粉而制得。详见表4-13-9。

8. 无机胶粘剂

无机胶粘剂是磷酸——磷酸二氢铝溶液和特制氧化铜为基础的胶粘剂。根据主要成分区分为：铜质磷酸盐无机胶粘剂、铝质、锆质、锌质、镁质、硅质磷酸盐胶粘剂。

这类胶粘剂一般都有固体与液体二个组份。下面介绍铜质磷酸盐无机粘剂。

(1) 主要成分

主要成分为磷酸——磷酸二氢铝。

固体组份是经特殊处理颗粒为320目的氧化铜。

液体组份是氢氧化铝的磷酸溶液。

(2) 粘接工艺

1) 准备：将被粘面用汽油或丙酮等擦洗干净，接头应尽可能采用套接或槽接形式，被粘面的光洁度愈低愈好，一般 $\nabla_3 \sim \nabla_4$ ，粘接面间隙控制在 $0.3 \sim 0.4$ 毫米之间。

2) 调制：按调制比 $(R) = \frac{\text{固体组份(克)}}{\text{液体组份(毫升)}} = 3 \sim 4.5$ 克/毫升，即每 $3 \sim 4.5$ 克固体粉末加1毫升液体。

R 值愈大，粘接强度愈高，而固化时间则大大缩短，甚至边调边固化。所以使用此类胶粘剂一次不宜多调，应边使

表 4-13-7

耐高温及水下胶粘剂牌号与性能

牌号	主要成分	固化条件	主要性能	主要用途			
30*~14*	聚酰亚胺	14* 浸渍玻璃布夹于涂胶的粘接件之间, 在压力1~3公斤/厘米 ² 先固化1小时, 再280°C 2小时	不锈钢—不锈钢剪切强度(公斤/厘米 ²):	粘接铝合金、钛合金、不锈钢、陶瓷、应变片片基及耐高低温和耐辐照等工作			
			-65°C		室温	250°C	300°C
			230		226	175	110
			不均匀扯离强度: 35~40公斤/厘米 胶膜的电性能:				
			体积电阻	介电损耗	介电常数		
			1.4×10^{16} 欧姆-厘米	1.44×10^{-2}	3.34		
水中 胶粘剂	环氧、聚酯、双丙酮丙烯酰胺、氧化钙	20~30°C固化	起始粘接力强, 3天后达较高强度	船舶的水下封补及补接等			
			钢—钢剪切强度: 170~200公斤/厘米 ² 剥离强度: 薄帆布—钢4.3~7.7公斤/2.5厘米 厚帆布—钢2.7~5.7公斤/2.5厘米				

表 4-13-8

耐超低温胶粘剂牌号与性能

牌号	主要成分	固化条件	主要性能	主要用途
912	环氧、聚酯、 甲苯二异氰酸 酯、咪唑	100°C 4小 时	铝的剪切强度(公斤/厘米 ²): -190°C 室温 50°C 154 217 47	超低温密封
1号耐 超低温粘 合剂	聚醚聚氨酯	压力0.2 公斤/厘米 ² 100°C 4小时	铝的剪切强度(公斤/厘米 ²): -196°C 室温 250 40~60	超低温时金属 的粘接和密封, 可用于制氧机修 补等
2号耐 超低温粘 合剂	环氧改性聚 氨酯	压力0.2 公斤/厘米 ² 60°C 1小时, 再100°C 2~4 小时,也可室 温固化	使用温度: -196~+100°C 铝—铝剪切强度(公斤/厘米 ²): -196°C 室温 80°C 100°C 120°C 230 216 74 74 45	超低温密封和 粘接。铝、铝镁 合金、钛合金、不 锈钢、铜锌合金、 铜、钢的粘接
3号耐 超低温粘 合剂	四氢呋喃聚 醚环氧、间苯 二胺衍生物	压力0.2 公斤/厘米 ² 30°C 30小时或 60°C 4小时	铝—铝30°C固化的剪切强度(公斤/厘米 ²): 室温 室温 -196°C 223 219	粘接铝、钛合 金、铜、钢、不 锈钢等金属

导电粘合剂牌号与性能

表 4-13-9

牌 号	主要成分	固化条件	主 要 性 能	主 要 用 途					
DAD-3	酚醛—缩 甲醛、电解 银粉	压力0.5~ 1公斤/厘米 ² 160°C 2~3 小时	电阻率 10^{-4} 欧姆·厘米 剪切强度(公斤/厘米 ²):	压电陶瓷听筒、 石英晶体引出线 和波导法兰的粘 接					
			材 料		铝	黄 铜	紫 铜	铜	
			温度(°C)		室 温	120	150	室 温	室 温
			剪切强度 (公斤/厘米 ²)		≥150	≥100	≥50	≥150	≥120
不均匀扯离强度(室温、铝)≥20公斤/厘米									
DAD-4	环氧、缩 甲乙醛、咪 唑、还原银 粉	压力 0.5 公斤/厘米 ² 130°C 4小时	电阻率 1.2×10^{-3} 欧姆·厘米 剪切强度:	无线电工业上 金属、陶瓷、玻 璃等粘接					
			材 料		铝	黄 铜	铜		
			温 度 (°C)		室 温	150	200	室 温	
			剪 切 强 度 (公斤/厘米 ²)		≥130	≥60	≥30	>130	
铝的不均匀扯离强度>10公斤/厘米									

DAD-5	氨基四官能环氧、丁腈、咪唑、银粉	压力0.5~1公斤/厘米 ² 100°C 3小时	电阻率 $5\sim 6 \times 10^{-3}$ 欧姆·厘米铝的剪切强度:					用于电子管散热器片的粘接、电子管真空电密封及场致发光灯引出线的粘接等
			温度(°C)	室 温	150	180	200	
			剪切强度(公斤/厘米 ²)	≥ 150	≥ 140	> 130	≥ 100	
铝的不均匀扯离强度 > 15 公斤/厘米							石墨银电极的粘接和电子管真空电密封	
DAD-6	环氧树脂、邻苯二甲酸二烯丙酯、咪唑、银粉	压力0.5~1公斤/厘米 ² 或接触压60°C 5小时	电阻率 $1\sim 2 \times 10^{-3}$ 欧姆·厘米剪切强度:					
			材 料	铝	黄	铜		
			温度(°C)	室 温	120	室 温	120	
剪切强度(公斤/厘米 ²)								
≥ 100							> 110	≥ 80
铝的不均匀扯离强度 > 10 公斤/厘米								

边调以防失效报废。

3) 粘接: 将调好的胶分别迅速地、均匀地涂在被粘接的表面上, 然后作适当的压挤, 套接件则可互相缓慢地旋入。

4) 固化: 粘接后先在室温下放置 2~3 小时, 待其初步凝固后, 再送入 70~80℃ 的烘箱内烘 2~3 小时。烘的时间长短, 决定于粘件的大小。

(3) 无机粘接的性能

无机粘接特别适合槽接的套接, 套接扭转剪切强度可达 500~600 公斤/厘米², 套接轴向剪切强度可达 900~1000 公斤/厘米²。此外, 无机胶粘剂耐高温性能较好, 可以在 800℃ 条件下工作。

各种粘接方法及各种材料的粘接强度见表 4-13-10、表 4-13-11。

表 4-13-10 不同粘接形式下的粘接强度

粘接件受力形式	被 粘 接 材 料	表面光洁度	强度(公斤/厘米 ²)
平面抗拉	球墨铸铁	▽ ₃	100
平面剪切	球墨铸铁	▽ ₃	200
套 剪	45 号 钢	▽ ₃	600~900
套剪扭曲	45 号 钢	▽ ₃	600

表 4-13-11 不同材料的套剪强度

被 粘 接 材 料	表面光洁度	套 剪 粘 接 强 度 (公斤/厘米 ²)
铸铁—铸铁	▽ ₃	300~400
铜—铜	▽ ₃	250~300
45号—45号	▽ ₃	600~900
铝—铝	▽ ₃	250~300

9. 液体密封胶 (液体垫圈)

这种液体密封胶可以用来代替橡胶密封圈、石棉垫圈等密封件, 不仅能起到防漏密封, 并且有耐温、耐压、耐介质、使用方便等优点。现将液体密封胶的牌号与性能列于表 4-13-12;

表 4-13-12 液体密封胶的牌号与性能

牌号	成分	溶剂	耐介质	使用温度	使用压力	可拆性
601	聚酯型聚氨酯	丙酮	汽油、煤油、机油、滑油、氟里昂、水	150°C	≥7公斤/厘米 ²	好
609	丁腈一酚醛	丙酮	各种油、水	250°C	≥10公斤/厘米 ²	差
W-1	聚醚环氧—聚氨酯	无	滑油、汽油、机油等	-40~+140°C	≥10公斤/厘米 ²	好
W-2	聚醚环氧—聚氨酯	无	滑油、汽油、机油、水等	-20~+100°C	≥10公斤/厘米 ²	稍差
G-1	硅橡胶—铅粉	无	滑油、汽油、机油、煤油等	300°C	12~14公斤/厘米 ²	良
G-3	聚异丁烯—铅粉	无	滑油、汽油、机油、煤油等	300°C	12~14公斤/厘米 ²	良
G-4	聚苯醚—铅粉	无	滑油、汽油、机油、煤油等	300°C	12~14公斤/厘米 ²	良

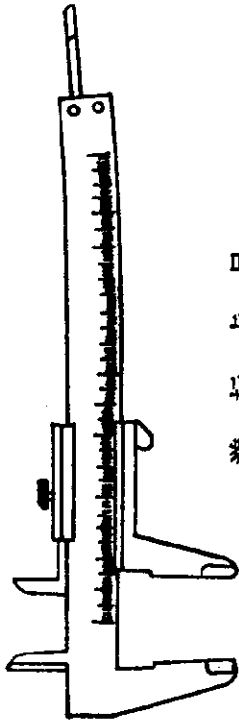
十四、钳工常用量具和测量

1. 常用量具介绍

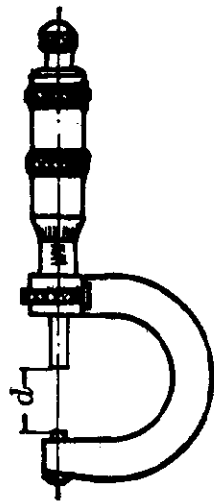
表 4-14-1

常用量具及其用途、测量范围、精度等级 (毫米)

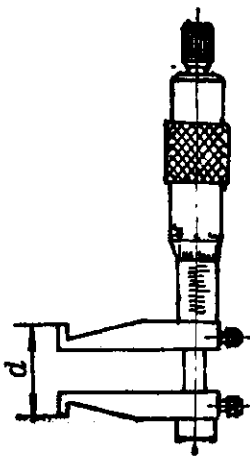
测量范围	读数	精度等级	
		0	1
0~125	0.05, 0.02		
0~300	0.05, 0.02		
用途: 适用于测量工件的内外径尺寸, 0~125毫米的卡尺还可用来测量深度尺寸。0~300毫米的卡尺可带有划线量爪			
测量范围	读数	精度等级	
		0	1
0~25	0.01	0	1
25~50	0.01	0	1
50~75	0.01	0	1
75~100	0.01	0	1
100~125	0.01	0	1
用途: 外径百分尺适用于测量精密工件的外径尺寸			



游标卡尺



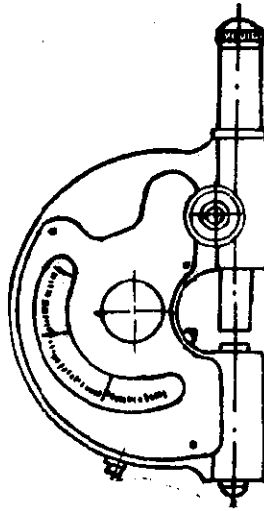
外径百分尺



内测百分尺

测量范围	读数	精度等级	
		0	1
5~30	0.01		
25~50	0.01		

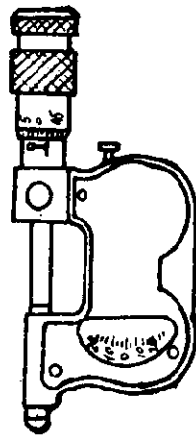
用途：内测百分尺用来测量工件的内测面，此百分尺容易找正工件内孔直径，测量方便



杠杆卡规

测量范围	读数	精度等级	
		0	1
0~25	0.002		
25~50	0.002		

用途：杠杆卡规适用于用比较法测量小于50毫米的外径尺寸及其几何形状的正确性



杠杆千分尺

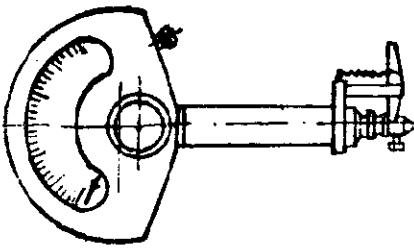
测量范围	读数	精度等级	
		0	1
0~25	0.001		
25~50	0.002		

用途：杠杆千分尺测量工件的精密外径尺寸，或校对一般量具用

刻度值	刻度范围	精度等级	
		0	1
0.001	±0.05		
0.002	±0.1		
0.005	±0.2		

用途：小型扭簧比较仪适用于测量工件的几何形状误差和零件相互位置的准确性，并可用比较法测量长度，特别适用于检查零件的跳动量

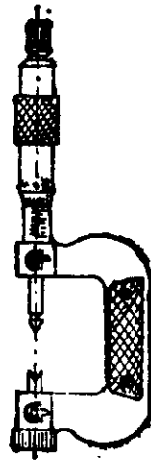
小扭簧比较仪

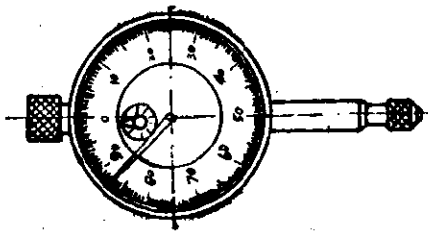


测量中 径范围	测量范 围	测头螺距数值
0~25	0.4~4.5	0.4~0.5, 0.6~0.8, 1~1.5, 1.75~2.5, 3~4.5
0~25	0.4~3	0.4~0.5, 0.6~0.8, 1~1.25, 1.5~2, 2.5~3
25~50	0.6~5	0.6~0.8, 1~1.25, 1.5~2, 2.5~3, 3.5~5
25~50	0.6~6	0.6~0.8, 1~1.5, 1.75~2.5, 3~4.5, 5.5~6
50~75	0.6~6	0.6~0.8, 1~1.5, 1.75~2.5, 3~4.5, 5.5~6

用途：螺紋百分尺适用于测量2~3级或相同精度之公制螺紋中径尺寸

螺紋百分尺

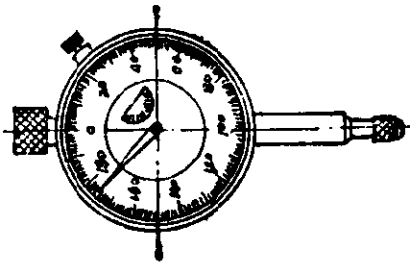




百分表

测量范围	读数	精度等级	
		0	1
0~3	0.01	0	1
0~5	0.01	0	1
0~10	0.01	0	1

用途：百分表用来测量工件的各种几何形状和相互位置的正确性以及位移量，并可用比较法测量工件的长度



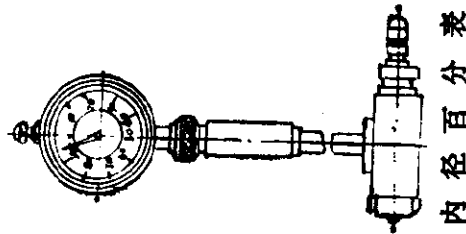
千分表

测量范围	读数	精度等级	
		0	1
1	0.001	0	1

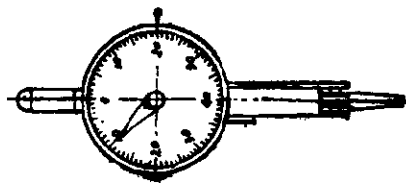
用途：千分表是用比较测量法和绝对测量法来测量工件尺寸和几何形状的精密量具

续表

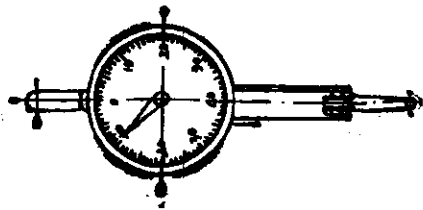
测量范围	读数	精度等级	
		0	1
6~18, 10~18 18~35, 35~50 50~100, 50~160 100~160	0.01 0.01 0.01 0.01		
用途：内径百分表适用于用比较法测量圆柱形内孔尺寸，及其几何形状的正确性			
测量范围	读数	精度等级	
		0	1
±0.4	0.01	0	1
用途：杠杆百分表用于测量工件几何形状的误差和相互位置的正确性，并可用比较法测量长度，它特别适宜测量受空间限制的工件，如：内孔跳动、导轨不直度、相对位置的正确性			



内径百分表



杠杆百分表



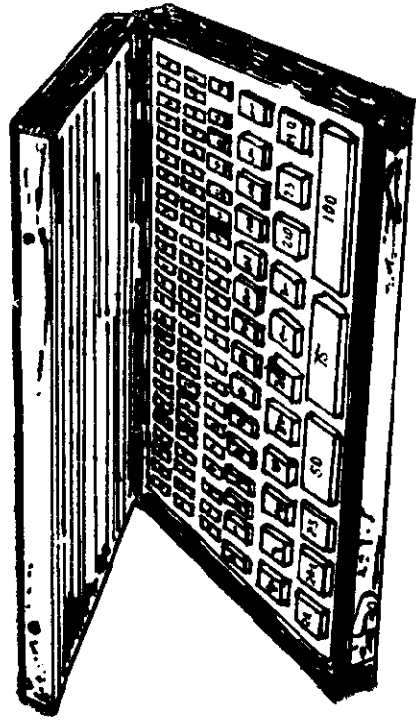
杠杆千分表

测量范围	读数值	示值误差		示值变化	测力
		0级	1级		
±0.2	0.002	3微米	6微米	不大于 0.7微米	不大于25克

用途：杠杆千分表适用于测量工件几何形状和相互位置正确性，并可用于对小尺寸工件用绝对法进行测量和对大尺寸工件相对法进行测量，由于杠杆千分表体积小测量头可回转180°，适宜测量一般难于测量的工件

续表

套别	总块数	公称尺寸系列	间隔	块数	精度等级
1	83	0.5		1	0
		1		1	1
		1.005		1	1
		1.01, 1.02,1.49	0.01	49	2
		1.5, 1.6,1.9	0.1	5	3
2	38	2, 2.5,9.5	0.5	16	
		10, 20,100	10	10	
		1		1	1
		1.005		1	1
		1.01, 1.02,1.09	0.01	9	2
3	10	1.1, 1.2,1.9	0.1	9	
		2, 3,9	1	8	
		10, 20,100	10	10	
		1, 1.001,1.009	0.001	10	0
					1

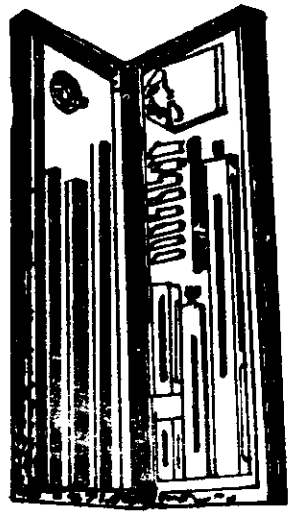


块 规

4	10	0.991, 0.992,1	0.001	10	0 1
5	10	1, 1.01,1.09	0.01	10	0 1 2
6	20	5.12, 10.24, 15.36			0
		21.5, 25			
		30.12, 35.24, 40.36			
6	20	46.5, 50			1
		55.12, 60.24, 56.36			
		71.5, 75			
7	7	80.12, 85.24, 90.36			2
		96.5, 100			
		125, 150, 175			
7	7	250			0 1 2 3
		300, 400, 500			

用途：块规系长度计量的基准。用于对工件进行精密测量和调整，校对测量仪器、量具及精密机床

附件名称	附件数量
夹持具0~500毫米	1
夹持具0~100毫米	1
夹持具100~125毫米	1
圆弧夹块10毫米	2
圆弧夹块5毫米	2
圆弧夹块2.5毫米	2
平行平面夹具10毫米	2
中心夹块	1
划线夹块	1
三棱平尺100毫米	1
底座	1



块规附件

用途：量块附件主要用于下述几个方面：
 (1) 圆弧夹具用于测量5~250毫米、1~2级精度的孔。
 (2) 平面平行夹块代替卡规来校对量具或在仪器上作为标准环规校正内径尺寸。
 (3) 划线夹块及中心夹块主要用于精密轮廓划线。
 (4) 划线夹块与底座组合使用时，可进行30~250毫米高度划线和高度测量

2. 典型尺寸的测量和计算

(1) 锥体的测量

1) 锥度的测量

锥度是锥体大小端直径之差与其长度（两端面轴线方向的距离）的比值。锥度与锥体斜角（半锥角）的关系是：

$$K = \frac{D-d}{l} = 2\operatorname{tg}\alpha$$

式中 K ——锥度；
 D ——大端直径；
 d ——小端直径；
 l ——大小端面之间的距离；
 α ——斜角（半锥角）。

测量锥体的锥度，一般可测量锥体的斜角 α （半锥角）或锥角 2α 。

① 着色法

对于精度较高的锥体，常用着色法进行检查，即用标准锥度量规（塞规或环规），在其锥面上涂一层薄而均匀的颜料（可用印油），然后与被检验的锥面密合轻转，根据被测锥面着色的面积，即可判断锥度是否正确。当着色涂层厚度在 3 微米以内时，可达到较高的检验精度。

② 正弦规测量法

如图4-14-1所示。检验前先按下列公式求出块规组尺寸 h 。

$$h = L \cdot \sin 2\alpha$$

式中 L ——正弦规圆柱中心距；
 α ——斜角（半锥角）。

按图4-14-1所示，用百分表架或比较仪在被测零件锥面

的长度 l 上，测得大小端摆动差为 B ，即可算出锥度误差 ΔK ：

$$\Delta K = \frac{B}{l} \text{ (弧度)}$$

将上式换算成锥角误差 $\Delta(2\alpha)$ ，得：

$$\Delta(2\alpha) = \Delta K \times 206265 = \frac{B}{l} \times 206265 \text{ (秒)}$$

式中 B —— 百分表在测量长度 l 两端的摆动差；
 l —— 测量长度。

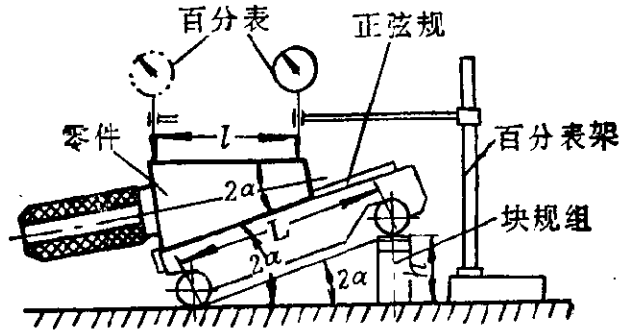


图 4-14-1 用正弦规测量锥角

表4-14-2列出了用正弦规测量锥度的几种方法。

表 4-14-2 锥度的测量（正弦规测量法）

序号	方法	测量简图	已知尺寸	需测尺寸	计算公式
1	一般方法 (外锥体)	<p>此法要求定位端面与轴线的垂直度较高</p>	h	2α	$\sin 2\alpha = \frac{h}{L}$

续表

序号	方法	测量简图	已知尺寸	需测尺寸	计算公式
2	一般方法 (内锥体)		h_1 h_2 L φ β	2α	$2\alpha = \beta + \varphi$ $\sin\beta = \frac{h_1}{L}$ $\sin\varphi = \frac{h_2}{L}$
3	锥体靠在侧档板上		h L	2α	$\sin 2\beta = \frac{h}{L}$ $\operatorname{tg}\alpha = \sin\beta$
4	V形槽正弦台		φ L h α_1	α	$\alpha = \omega - \beta$ $\sin\omega = \frac{h}{L}$ $\sin\beta = \sin\alpha_1 \frac{1}{\sin\varphi}$ <p>α_1 为锥体公称斜角(半锥角)</p>

③圆球或圆柱法

表4-14-3列出了用圆球或圆柱法测量锥度的方法。

表 4-14-3 锥度的测量（圆球或圆柱法）

序号	方法	测量简图	已知尺寸	需测尺寸	计算公式
1	相同直径圆球		M_1 M H	2α	$\operatorname{tg}\alpha = \frac{M - M_1}{2H}$
2	不同直径圆球		D M_1 M D_1	2α	$\operatorname{tg}\alpha = \frac{1}{2} \times \left(A - \frac{A}{A-1} \right)$ $A = \frac{M - M_1}{D - D_1}$
3	不同直径圆球（内锥体）		D_1 D_2 H_1 H_2	2α	$\sin\alpha = \frac{D_1 - D_2}{2H - (D_1 - D_2)}$ $(H = H_2 - H_1)$

2) 锥体大小端直径的测量

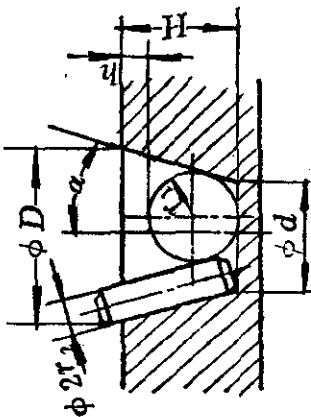
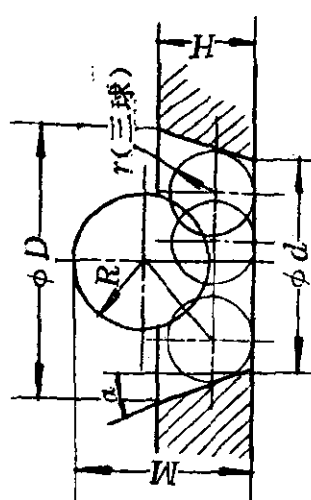
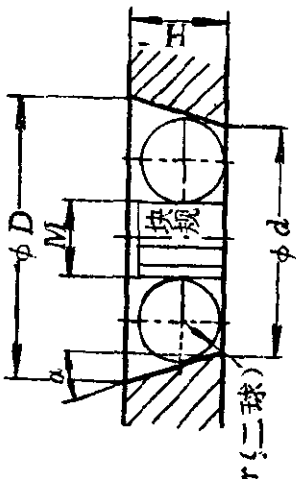
表4-14-4和表4-14-5分别列出了外锥、内锥体直径测量方法

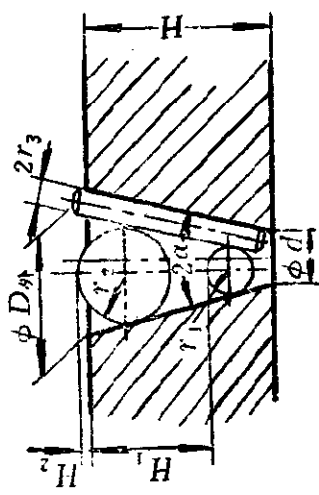
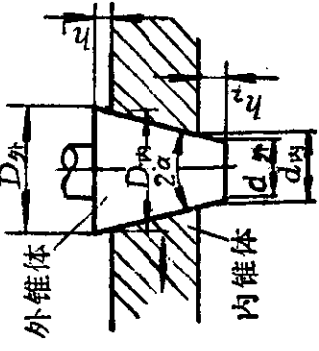
表 4-14-4 外锥体大小端直径的测量

序号	方法	测量简图	已知尺寸	需测尺寸	计算公式
1	正弦规测量法		H 2α r L	d D	$d = \frac{L}{\cos \alpha} + 2r \operatorname{ctg} \left(45^\circ - \frac{\alpha}{2} \right)$ $D = d + 2H \operatorname{tg} \alpha$
2	正弦规测量法		2α r L L ₁	d D	$d = 2r \operatorname{tg} \frac{90^\circ + \alpha}{2} \pm \frac{L}{\cos \alpha}$ $D = 2r \operatorname{tg} \frac{90^\circ + \alpha}{2} \pm \frac{L_1}{\cos \alpha}$ <p>注：量棒(或圆球)低于锥体上母线时取正号，高于锥体上母线时取负号</p>
3	圆球(圆柱)法		M 2α H r	d D	$d = M - 2r \times \left[1 + \operatorname{ctg} \left(45^\circ - \frac{\alpha}{2} \right) \right]$ $D = d + 2H \operatorname{tg} \alpha$

表 4-14-5 内锥体大小端直径的测量

序号	方法	测量简图	已知尺寸	需测尺寸	计算公式
1	单球法		H_1 H 2α r	D d	$D = 2 \left[\left(\frac{1}{\sin \alpha} + 1 \right) r - H_1 \right] \operatorname{tg} \alpha$ $d = 2 \left[\left(\frac{1}{\sin \alpha} + 1 \right) R - (H_1 + H) \right] \operatorname{tg} \alpha$
2	双球法		H_1 H_2 r R 2α H	D d	$D = \frac{r + R}{\cos \alpha} + (r + R + H_1 - H_2) \operatorname{tg} \alpha$ $+ \sqrt{(r + R)^2 - (R - r + H_1 + H_2)^2}$ $d = D - 2H \operatorname{tg} \alpha$

3	圆柱圆球法		r_1 r_2 h H α	D d	$D = \frac{2r_1 + 2r_2}{\cos\alpha} + 2(r_1 + h)\operatorname{tg}\alpha$ $d = D - 2H\operatorname{tg}\alpha$
4	四球法		r R H M α	D d	$D = d + 2H\operatorname{tg}\alpha$ $d = 2\sqrt{\frac{[2(R+r) - M]M}{6}} + 2r\operatorname{tg}\left(45^\circ - \frac{\alpha}{2}\right)$
5	块规圆球法		r M H α	D d	$D = d + 2H\operatorname{tg}\alpha$ $d = M + 2r \left[1 + \operatorname{tg}\left(45^\circ - \frac{\alpha}{2}\right) \right]$

序号	方法	测量简图	已知尺寸	需测尺寸	计算公式
6	圆柱双球法		H_1 H_2 H r_1 r_2 r_3	2α D d	$\sin\alpha = \frac{r_2 - r_1}{H_1 + H_2 - r_2 + r_1}$ $D = 2 \left[\left(\frac{1}{\sin\alpha} + 1 \right) r_2 - H_2 \right] \operatorname{tg}\alpha + \frac{2r_3}{\cos\alpha}$ $d = 2 \left[\left(\frac{1}{\sin\alpha} + 1 \right) r_2 - (H_2 + H) \right] \operatorname{tg}\alpha + \frac{2r_3}{\cos\alpha}$
7	密合量法		$D_{\text{外}}$ $d_{\text{外}}$ h_1 h_2 2α	$D_{\text{内}}$ $d_{\text{内}}$	$D_{\text{内}} = D_{\text{外}} - 2h_1 \operatorname{tg}\alpha$ $d_{\text{内}} = d_{\text{外}} - 2h_2 \operatorname{tg}\alpha$ <p>注：此法在内外锥体密合的情况下，测量较准确和简便，故较常用</p>

(2) 圆弧的测量

1) V形铁法

如图4-14-2所示，测出 M ，算出 h ，然后算出圆弧半径

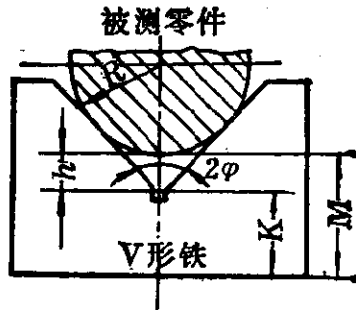


图 4-14-2 V形铁法测量圆弧半径(一)

R 。计算公式如下：

$$h = M - K$$

$$R = \frac{h}{\frac{1}{\sin \varphi} - 1} = \frac{h \cdot \sin \varphi}{1 - \sin \varphi}$$

式中 K ——常数。V形铁制成后，测出 K 值记于V形铁上供使用；

φ ——V形铁半角。

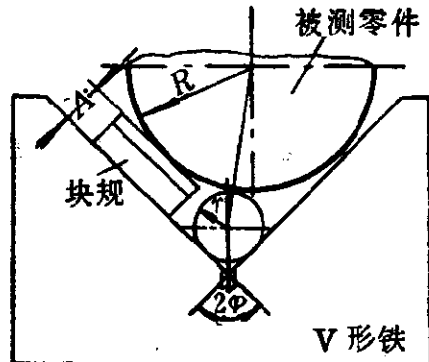


图 4-14-3 V形铁法测量圆弧半径(二)

也可按图4-14-3所示进行测量，量块尺寸为 A ，圆柱半径为 r ，V形铁半角为 φ ，则被测圆弧半径 R 可按下式计算：

$$R = \frac{r(1 + \sin\varphi) - \frac{M}{2}}{1 - \sin\varphi}$$

2) 型板法

做一块供测量时夹紧零件和安放测量心轴用的平板（叫型板），此平板两大平面平行，中间一孔与大平面垂直（安放测量心轴），被测零件即装夹在型板的一个大平面上。

如图4-14-4所示，测量内圆弧半径 R_1 （零件一）和 R_2 （零件二），心轴直径为 d ，圆柱（或圆球）直径分别为 d_1 、 d_2 ，所垫量块尺寸分别为 b_1 、 b_2 ，则两零件的内圆弧半径按

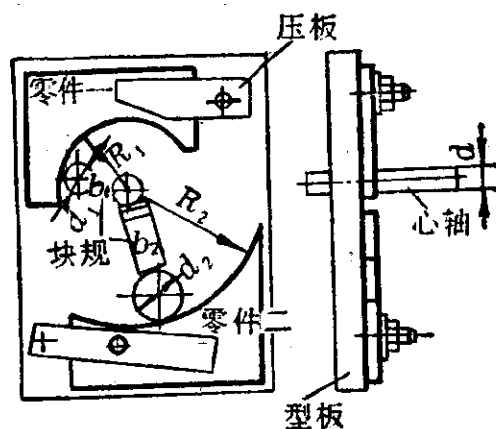


图 4-14-4 型板法测量内圆弧半径

下列公式计算：

$$R_1 = d_1 + \frac{d}{2} + b_1$$

$$R_2 = d_2 + \frac{d}{2} + b_2$$

图4-14-5为型板法测量外圆弧半径的示意图。型板插入合适的心轴，心轴置于V形铁上。零件装夹于型板上时，要找正到被测圆弧面的中心线与心轴轴线重合（可将心轴在V形铁中转动，用指示表在被测圆弧表面测量，边测量边调整零件在型板上的位置，直至指针不摆动为止），然后测量尺寸 h ，并按下式计算圆弧半径：

$$R = h + \frac{d}{2}$$

式中 h ——心轴外圆至被测圆弧表面的距离；
 d ——心轴直径。

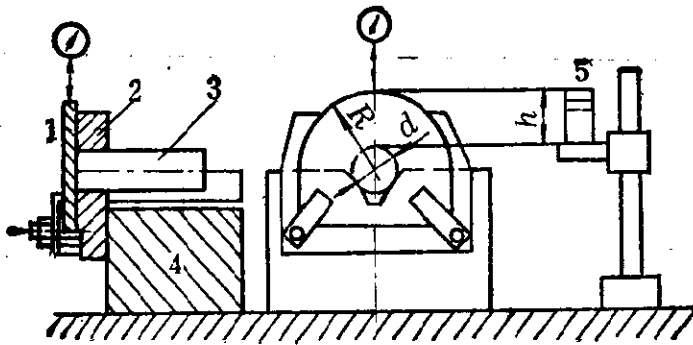


图 4-14-5 型板法测量外圆弧半径

1—零件；2—型板；3—心轴；4—V形铁；5—块规

(3) 单型面交点尺寸的测量

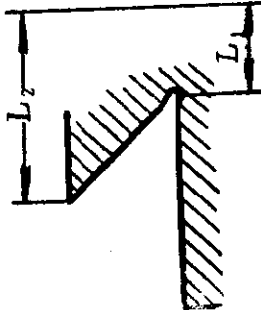
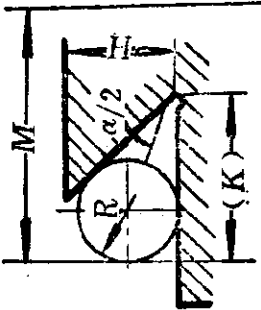
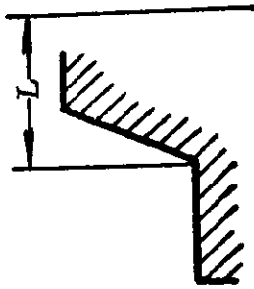
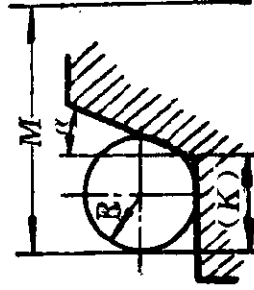
在样板、靠模或某些工夹量具中，常出现直线型面和圆弧型面等的交线，其尺寸的测量简称交点尺寸的测量，具体有以下几种情况：

两直线型面交点尺寸的测量（见表4-14-6）；

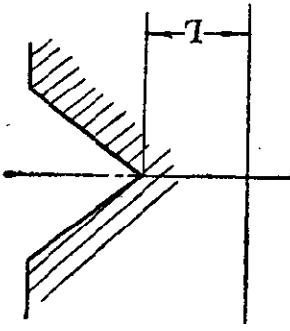
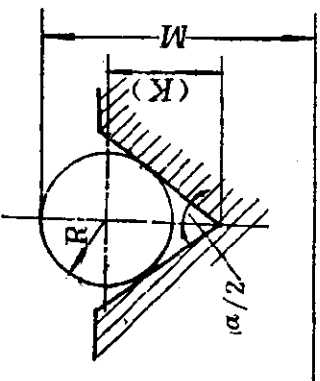
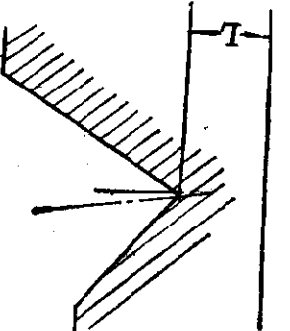
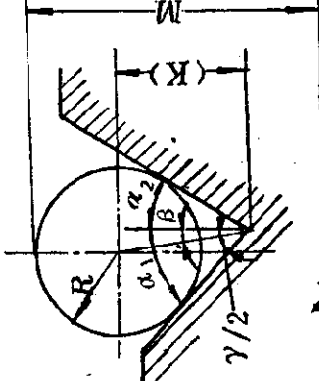
直线型面与圆弧型面交点尺寸的测量（见表4-14-7）；

两圆弧型面交点尺寸的测量（见表4-14-8）。

表 4-14-6 两直线型面交点尺寸的测量

序号	被测型面及尺寸	测量示意图	测得有 关尺寸	计 算 公 式
1			α R M H	$L_2 = L_1 + H \operatorname{ctg} \alpha$ $L_1 = M - K$ $K = R \left(1 + \operatorname{ctg} \frac{\alpha}{2} \right)$
2			α R M	$L = M - K$ $K = R \left[1 + \operatorname{tg} \left(45^\circ - \frac{\alpha}{2} \right) \right]$

3			α_1 α_2 R M N	$K_1 = \frac{R \sin \beta_1}{\sin \frac{\gamma}{2}}$ $K_2 = \frac{R \sin \beta_2}{\sin \frac{\gamma}{2}}$ <p>其中 $\gamma = 90^\circ + \alpha_1 + \alpha_2$</p> $\beta_1 = \frac{1}{2} (90^\circ + \alpha_2 - \alpha_1)$ $\beta_2 = \frac{1}{2} (90^\circ + \alpha_1 - \alpha_2)$
4			α_1 α_2 R	$K = \frac{R \cos \beta}{\sin \frac{\gamma}{2}}$ <p>其中 $\gamma = 90^\circ + \alpha_1 - \alpha_2$</p> $\beta = \frac{1}{2} (90^\circ + \alpha_1 + \alpha_2)$ $L = M - R - K$

序号	被测型面及尺寸	测量示意图	测得有 关尺寸	计 算 公 式
5			<p>R</p> <p>a</p> <p>M</p>	$K = \frac{R}{\sin \frac{\alpha}{2}}$ $L = M - K - R$
6			<p>R</p> <p>a_1</p> <p>a_2</p> <p>M</p>	$K = \frac{R \cos \beta}{\sin \frac{\gamma}{2}}$ <p>其中 $\gamma = a_1 + a_2$</p> $\beta = \frac{\gamma}{2} - a_1 = \frac{a_2 - a_1}{2}$ $L = M - R - K$

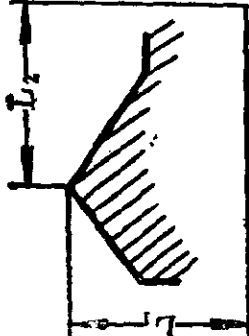
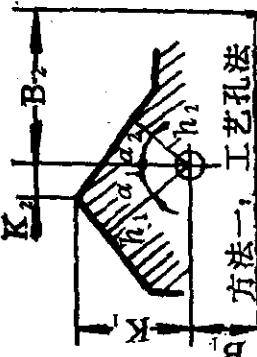
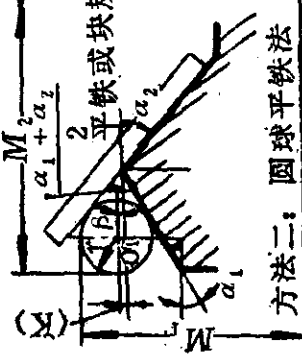
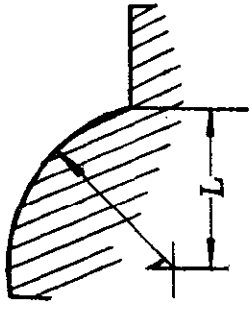
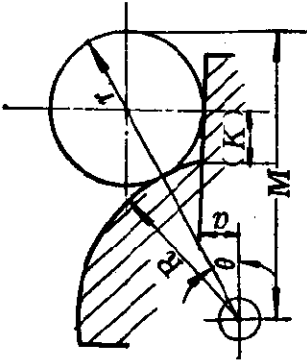
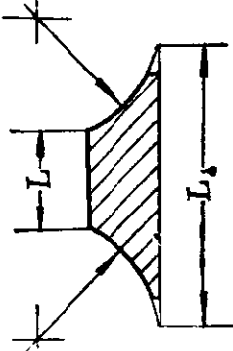
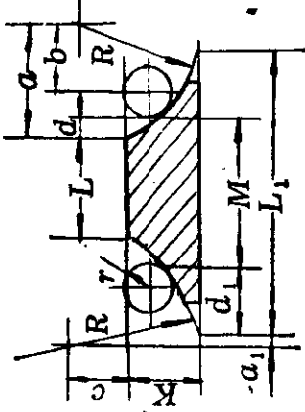
	 <p>方法一：工艺孔法</p>	α_1 α_2 h_1 h_2 B_1 B_2	$L_1 = K_1 + B_1$ $L_2 = K_2 + B_2$ $K_1 = h_1 \cdot \cos \alpha_1 + \frac{\sin \alpha_1}{\cos(90^\circ - \alpha_1 - \alpha_2)}$ $\times [h_2 - h_1 \sin(90^\circ - \alpha_1 - \alpha_2)]$ $K_2 = h_2 \sin \alpha_1 - \frac{\cos \alpha_1}{\cos(90^\circ - \alpha_1 - \alpha_2)}$ $\times [h_2 - h_1 \sin(90^\circ - \alpha_1 - \alpha_2)]$
 <p>方法二：圆球平铁法</p>	α_1 α_2 γ M_1 M_2	$L_2 = M_2 - r \left[1 + \frac{r}{\sin \frac{\alpha_1 + \alpha_2}{2}} \right] \cos \frac{\alpha_1 - \alpha_2}{2}$ $L_1 = M_1 - r - K$ $K = \overline{O_1 a} \cdot \sin \beta$ <p>其中 $\overline{O_1 a} = \frac{r}{\sin \left(\frac{\alpha_1 + \alpha_2}{2} \right)}$</p> $\beta = \alpha_2 - \left(\frac{\alpha_1 + \alpha_2}{2} \right) = \frac{\alpha_2 - \alpha_1}{2}$	

表 4-14-7 直线型面与圆弧型面交点尺寸的测量

序号	被测型面及尺寸	测量示意图	测得有 关尺寸	计 算 公 式
1			<p>R r M a</p>	$K = \frac{R+r}{\cos\theta} - \sqrt{R^2 - a^2}$ $L = M - r - K$ $\sin\theta = \frac{r+a}{R+r} \quad \text{或} \quad \cos\theta = \frac{M-r}{R+r}$
2			<p>c R K M r</p>	<ol style="list-style-type: none"> $L = M - 2d$ $d = a - b - r$ $a = \sqrt{R^2 - c^2}$ $b = \sqrt{(R-r)^2 - (c+r)^2}$ $L_1 = M + 2d_1$ $d_1 = b + r - a_1$ $b = \sqrt{(R-r)^2 - (c+r)^2}$ $a_1 = \sqrt{R^2 - (c+K)^2}$ $L = M - 2d$ $d = a - b - r$ $a = \sqrt{R^2 - c^2}$ $b = \sqrt{(R-r)^2 - (c+r)^2}$ $L_1 = M + 2d_1$ $d_1 = b + r - a_1$ $b = \sqrt{(R-r)^2 - (c+r)^2}$ $a_1 = \sqrt{R^2 - (c+K)^2}$

3			R a E r N	$K = \sqrt{R^2 - a^2} - E$ $L = K + E + N$
4			R a r a M	$L = 2R \sin \varphi \quad \varphi = \alpha - \beta$ $\sin \beta = \frac{b}{R} \sin \alpha \quad b = M - a - c - r$ $c = \frac{r}{\sin \alpha} \quad K = M - a - r$
5			a r M N R c	$L = M - (r - K_1) \quad H = N - r - b$ $K_1 = O_1 A \sin(\beta - \alpha)$ $b = O_1 A \cos(\beta - \alpha)$ $O_1 A = \frac{r}{\sin \beta} \quad \operatorname{tg} \beta = \frac{r}{K_1}$ $K_2 = \sqrt{AC - BC} = \sqrt{R^2 - c^2} - \sqrt{(R-r)^2 - (c-r)^2}$

序号	被测型面及尺寸	测量示意图	测得有 关尺寸	计 算 公 式
6			R_1 R_2 r N_1 N_2 N_3	$L = a + a_1 + a_2$ 其中 $a_1 = R_1 - \sqrt{R_1^2 - (N_3 - N_2)^2}$ $a_2 = R_2 - \sqrt{R_2^2 - (N_3 - N_2)^2}$ $a = \overline{O_1O_2} - (R_1 + R_2)$ 其中 $\overline{O_1O_2} = \sqrt{(R_1 + r)^2 - (N_1 - r - N_2)^2}$ $+ \sqrt{(R_2 + r)^2 - (N_1 - r - N_2)^2}$

表 4-14-8 两圆弧型面交点尺寸的测量

序号	被测型面及尺寸	测量示意图	测得有 关尺寸	计 算 公 式
1			R_1 R_2 M H	$L = M + R_2 + a$ $= M + R_2(1 + \cos\alpha)$ 其中 $\sin\alpha = \frac{R_1 + H - R_2}{R_1 + R_2}$

$$L_1 = M_2 - R_1 \cos(\alpha_1 + \beta)$$

$$L_2 = N - [\tau + a - R_2 \sin(\alpha_2 - \beta)]$$

$$\sin \beta = \frac{b-a}{O_1 O_2}$$

$$a = \sqrt{(R_2 - r)^2 - (M_1 - \tau - R_2)^2}$$

$$b = \sqrt{(R_1 + r)^2 - (M_2 - M_1 + \tau)^2}$$

$$O_1 O_2 = \sqrt{(M_1 - R_2)^2 + (b-a)^2}$$

$$\sin \frac{\alpha_1}{2} = \sqrt{\frac{(s - O_1 O_2)(s - R_1)}{O_1 O_2 \times R_1}}$$

$$\sin \frac{\alpha_2}{2} = \sqrt{\frac{(s - O_1 O_2)(s - R_2)}{O_1 O_2 \times R_2}}$$

其中 $s = \frac{O_1 O_2 + R_1 + R_2}{2}$

R_1

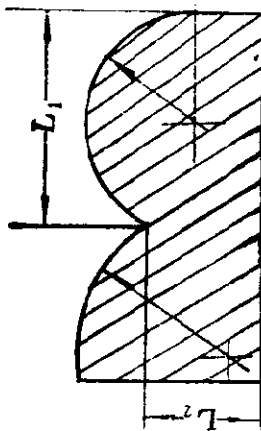
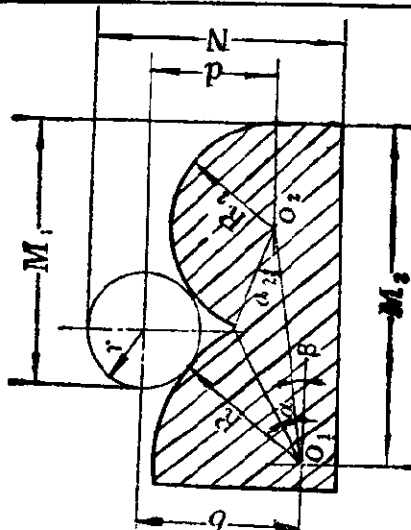
R_2

τ

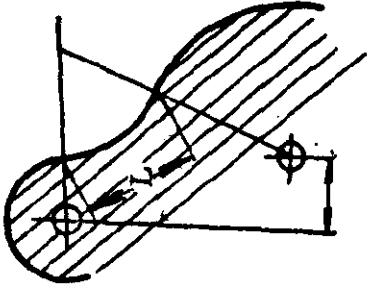
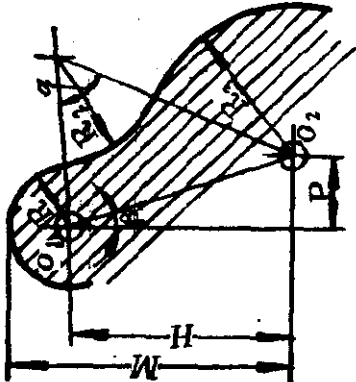
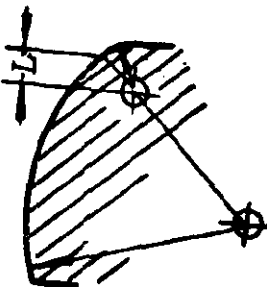
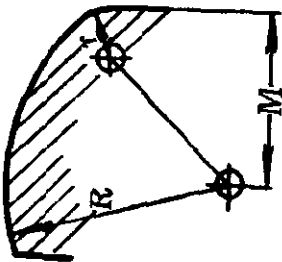
M_1

M_2

N



2

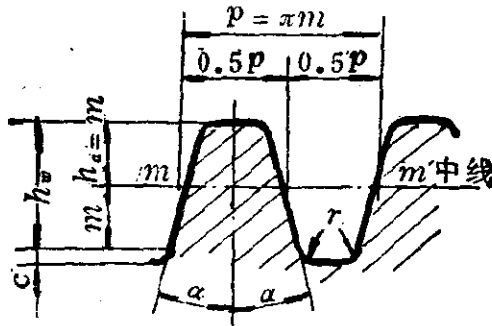
序号	被测型面及尺寸	测量示意图	测得有关尺寸	计算公式
3			R_1 R_2 R_3 P M	$L = 2 \left(R_1 \sin \frac{\alpha}{2} \right)$ $\cos \alpha = \frac{(R_2 + R_3)^2 + (R_2 + R_1)^2 - O_1 O_2^2}{2(R_2 + R_3)(R_2 + R_1)}$ $H = M - R_1$ $\frac{O_1 O_2}{H} = \frac{H}{\cos \beta}$ $\operatorname{tg} \beta = \frac{P}{H}$
4			R r M	$\frac{R-r}{r} = \frac{M-r}{L}$ $L = \frac{r(M-r)}{R-r}$

第五章 机械传动

一、圆柱齿轮

1. 渐开线圆柱齿轮的基准齿形及模数系列

表 5-1-1 基准齿形和参数 (GB1357-78)



名称	代号	数值	说明
齿形角	α	20°	
工作齿高	h_w	$2h_a^*m$	齿顶高系数 $h_a^* = 1$ 工作齿高部分的齿形是直线
齿距	p	πm	中线 $m-m$ 上齿厚和齿槽宽度相等
径向间隙	c	c^*m	径向间隙系数 $c^* = 0.25$
齿根圆角半径	r	$0.38m$	

注 1. 基准齿形指基准齿条的法面齿形, 其参数值适用于 $m > 1$ 毫米的渐开线圆柱齿轮传动。

2. 采用短齿时 $h_w = 1.6m$, $h_a = 0.8m$ (即 $h_a^* = 0.8$), $c = 0.3m$ (即 $c^* = 0.3$), $r = 0.46m$ 。

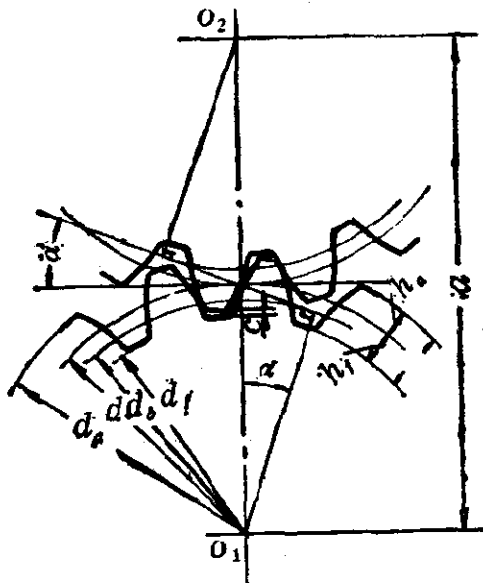
表 5-1-2 齿形模数 m 系列 (GB1356-78) (毫米)

第一系列	1.25, 1.5, 2, 2.5, 3, 4, 5, 6, 8, 10, 12, 16, 20, 25, 32, 40, 50
第二系列	1.75, 2.25, 2.75, (3.25), 3.5, (3.75), 4.5, 5.5, (6.5), 7, 9, (11), 14, 18, 22, 28, (30), 36, 45

注 1. 本标题适用于渐开线圆柱齿轮。对斜齿轮是指法面模数。
 2. 选取模数数值时, 优先采用第一系列, 括号内的模数尽可能不用。

2. 标准圆柱齿轮传动的几何计算

表 5-1-3 外啮合标准直齿圆柱齿轮传动几何计算



名称	代号	计算公式
模数	m	1) 由结构设计强度计算确定, 并按表5-1-2取标准值 2) $m = \frac{d}{z}$, $m = \frac{d_a}{z+2}$, $m = \frac{p}{\pi}$ $m = \frac{2a}{z_1 + z_2}$

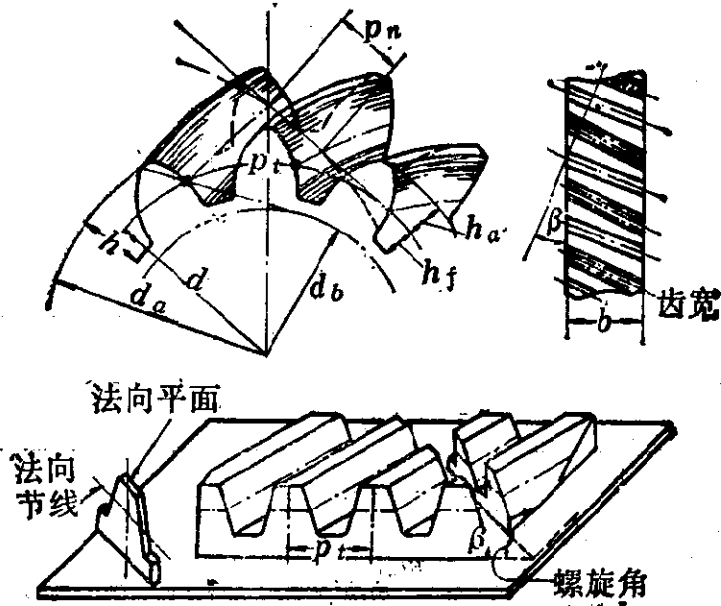
续表

名 称	代号	计 算 公 式
齿 数	z	$z = \frac{d}{m}, z = \frac{\pi d}{p}$
齿 形 角	α	$\alpha = 20^\circ$ (根据表5-1-1)
分度圆柱螺旋角	β	$\beta = 0^\circ$
齿顶高系数	h_a^*	按表5-1-1取标准值
径向间隙系数	c^*	按表5-1-1取标准值
分度圆直径	d	$d = mz \quad d = d_a - 2h_a$
基圆直径	d_b	$d_b = d \cos \alpha$
周 节	p	$p = \pi m \quad p = \frac{\pi d}{z}$
基圆周节	p_b	$p_b = p \cos \alpha$
齿 顶 高	h_a	$h_a = h_a^* m$
齿 根 高	h_f	$h_f = (h_a^* + c^*) m$
齿 高	h	$h = h_a + h_f$
径向间隙	c	$c = c^* m$
齿顶圆直径	d_a	$d_a = d + 2h_a = (z + 2h_a^*) m$ $d_a = \frac{p}{\pi} (z + 2)$
齿根圆直径	d_f	$d_f = d - 2h_f = m(z - 2h_a^* - 2c^*)$ $d_f = \frac{p}{\pi} (z - 2.5), d_f = d_a - 2h$
中 心 距	a	$a = \frac{d_1 + d_2}{2} = \frac{m}{2} (z_1 + z_2)$

续表

名称		代号	计算公式
测量用尺寸 (仅选一种)	公法线	跨齿数 k	$k = \frac{\alpha}{180^\circ} z + 0.5 = 0.111z + 0.5$ <p>(k值查图5-1-1)</p>
	长度	W_k	$W_k = m \cos \alpha [(k - 0.5)\pi + z \operatorname{inv} \alpha]$ <p>$\alpha = 20^\circ$时 $W_k = W_k^* m$</p> <p>W_k^*值查表5-1-7</p>
	固定弦齿高	\bar{h}_c	$\bar{h}_c = h_a - \frac{\pi}{8} m \sin 2\alpha$ <p>$h_a^* = 1, \alpha = 20^\circ$时 $\bar{h}_c = 0.7476m$见表5-1-8</p>
	弦齿厚	\bar{s}_c	$\bar{s}_c = \frac{\pi m}{2} \cos^2 \alpha$ <p>$\alpha = 20^\circ$时 $\bar{s}_c = 1.3871m$见表5-1-8</p>
分度圆弦	齿高	\bar{h}_f	$\bar{h}_f = \frac{mz + 2h_a}{2} - \frac{mz}{2} \cos \frac{90^\circ}{z}$ <p>$\bar{h}_f = \bar{h}'_f m$ \bar{h}'_f值查表5-1-9</p>
	齿厚	\bar{s}_f	$\bar{s}_f = mz \sin \frac{90^\circ}{z}$ <p>$\bar{s}_f = \bar{s}'_f m$ \bar{s}'_f值查表5-1-9</p>

表 5-1-4 外啮合标准斜齿圆柱齿轮传动几何计算



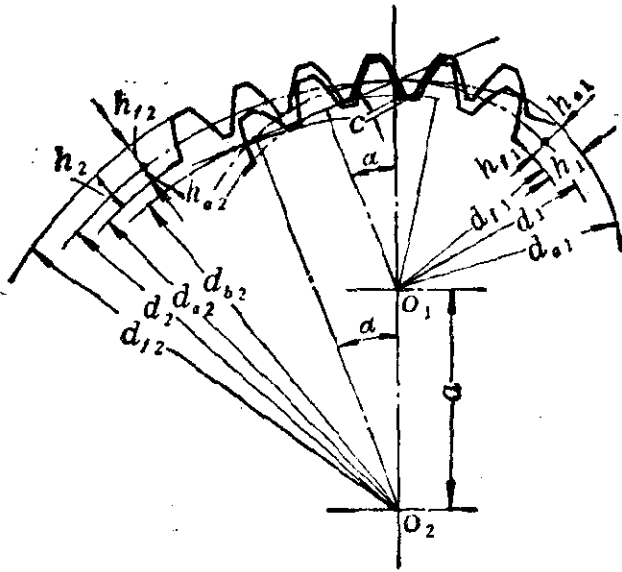
名称	代号	计算公式
法向模数	m_n	1)由结构设计,强度计算确定,并按表5-1-2取标准值 $m_n = \frac{p_n}{\pi}, m_n = m_t \cos \beta$
端面模数	m_t	$m_t = \frac{m_n}{\cos \beta}, m_t = \frac{d}{z}$
法向周节	p_n	$p_n = \pi m_n$
端面周节	p_t	$p_t = \pi m_t$
齿数	z	$z = \frac{d}{m_t}, \frac{\pi d}{p_t}, \frac{d \cos \beta}{m_n}$
端面齿形角	α_t	$\operatorname{tg} \alpha_t = \frac{\operatorname{tg} \alpha_n}{\cos \beta}$ α_n 取标准值
分度圆柱螺旋角	β	$\cos \beta = \frac{z m_n}{d}, \operatorname{tg} \beta = \frac{\pi d}{p_s}$
导程	p_s	$p_s = \pi d \operatorname{ctg} \beta$

续表

名称	代号	计算公式	
分度圆直径	d	$d = zm_t = z \frac{m_n}{\cos \beta}$	
基圆直径	d_b	$d_b = d \cos \alpha_t$	
齿顶高	h_a	$h_a = h_a^* m_n = m_n$	
齿根高	h_f	$h_f = (h_a^* + c^*) m_n$	
齿高	h	$h = h_a + h_f$	
齿顶圆直径	d_a	$d_a = d + 2h_a$ $= m_n \left(\frac{z}{\cos \beta} + 2 \right)$	
齿根圆直径	d_f	$d_f = d - 2h_f = m_n z - 2.5 m_n$ $= m_n \left(\frac{z}{\cos \beta} - 2.5 \right)$	
中心距	a	$a = \frac{d_1 + d_2}{2} = \frac{z_1 + z_2}{2} \times \frac{m_n}{\cos \beta}$	
测量用尺寸 (仅选一种)	固定弦	齿高 \bar{h}_c	$\bar{h}_c = h_a - \frac{\pi}{8} m_n \sin 2\alpha_n$ $h_a = m_n \quad \alpha_n = 20^\circ \text{ 时 } \bar{h}_c = 0.7476 m_n \quad \text{见表5-1-8}$
		法向齿厚 \bar{s}_c	$\bar{s}_c = \frac{\pi}{2} m_n \cos^2 \alpha_n$ $\alpha_n = 20^\circ \text{ 时 } \bar{s}_c = 1.3871 m_n \quad \text{见表5-1-8}$
	分度圆弦	齿高 \bar{h}_f	$\bar{h}_f = \frac{m_n z + 2h_a}{2} - \frac{m_n z}{2} \cos \frac{90^\circ}{z}$ $h_f = \bar{h}_f' m_n \quad \bar{h}_f' \text{ 值查表5-1-9}$
		法向齿厚 \bar{s}_f	$\bar{s}_f = m_n z \sin \frac{90^\circ}{z}$ $\bar{s}_f = \bar{s}_f' m_n \quad \bar{s}_f' \text{ 值查表5-1-9}$

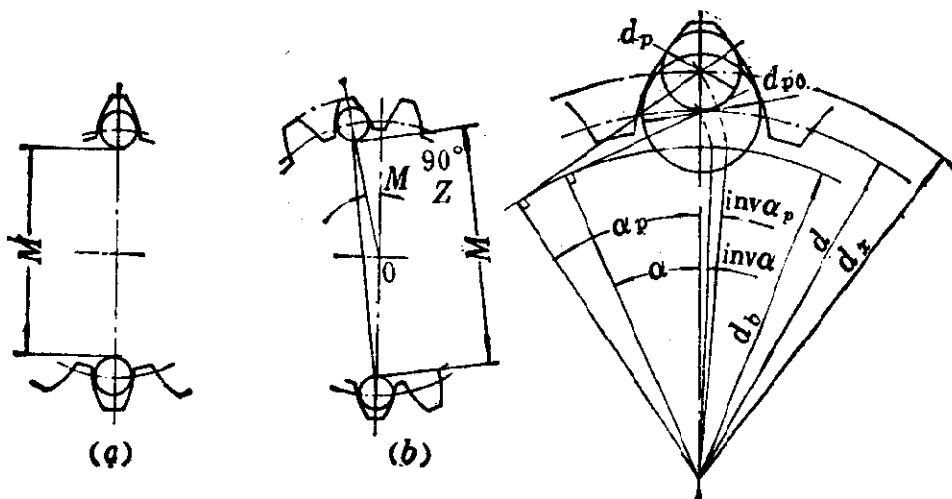
表 5-1-5

内啮合标准直齿圆柱齿轮几何计算



名称	代号	计算公式
分度圆直径	d	$d = zm$
啮合中心距	a	$a = \frac{d_2 - d_1}{2} = \frac{m}{2}(z_2 - z_1)$
内齿轮齿顶高降低系数	Δ	$\Delta = \frac{h_a^*}{z_2 \tan^2 \alpha} \quad h_a^* = 1$
齿顶高	h_a	$h_{a1} = h_a^* m, \quad h_{a2} = (h_a^* - \Delta)m$
齿根高	h_f	$h_f = (h_a^* + c^*)m \quad c^* = 0.25$
齿顶圆直径	d_a	外齿: $d_{a1} = d_1 + 2h_{a1} = m(z_1 + 2h_a^*)$ 内齿: $d_{a2} = d_2 - 2h_{a2} = m(z_2 - 2h_a^* + \Delta)$
基圆直径	d_b	$d_b = d \cos \alpha$

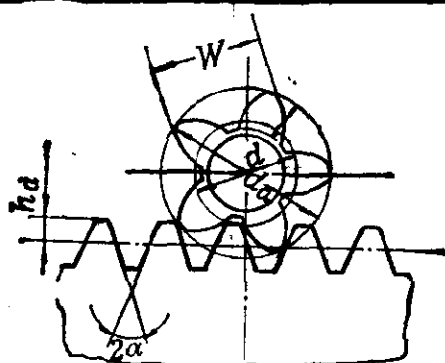
圆棒测量齿厚计算



(a) 偶数齿轮; (b) 奇数齿轮

名称	代号	计算公式
圆棒测量值	M	当 d_p 取 $1.44m$ 时查表 5-1-10 d_p —— 选用圆棒直径
如果 d_p 取任意数值按下式计算		
圆棒中心在分度圆上时, 圆棒直径	d_{p0}	$d_{p0} = \left(\frac{\pi}{2} - \xi \operatorname{tg} \alpha \right) \cos \alpha \cdot m$ ξ —— 变位系数
选用测量用圆棒直径	d_p	d_p 取近似 d_{p0} 的整数
圆棒接触点压力角	α_p	$\operatorname{inv} \alpha_p = \operatorname{inv} \alpha - \frac{d_p - d_{p0}}{d_{b2}}$
圆棒测量值	M	$M = \frac{d_b}{\cos \alpha_p} - d_p \text{ (偶数齿用)}$ $M = \frac{d_b}{\cos \alpha_p} \cos \frac{90^\circ}{Z} - d_p \text{ (奇数齿用)}$

表 5-1-6 齿条的几何计算和与齿条啮合的直齿
圆柱齿轮主要尺寸 (毫米)



$$p(\text{齿距}) = \pi m, S_c(\text{齿条中线齿厚}) = 0.5\pi m, h(\text{齿高}) = 2.25m$$

$$h_a(\text{齿顶高}) = m$$

与齿条啮合的直齿圆柱齿轮主要尺寸
($\alpha = 20^\circ$ $h_a^* = 1$ $c^* = 0.25$)

齿数 z	齿顶高 减小量 Δh	变位系数 ξ	分度圆 直径 d	齿顶圆 直径 d_s	齿全高 h	公法线长度 W_k^*	跨齿数 k
5	0.30	0.70	5	7.80	1.95	4.977	2
6	0.28	0.72	6	8.88	1.97	5.004	2
7	0.26	0.74	7	9.96	1.99	5.032	2
8	0.24	0.76	8	11.04	2.01	5.060	2
9	0.20	0.78	9	12.16	2.05	5.087	2
10	0.20	0.80	10	13.20	2.05	5.115	2
11	0.20	0.82	11	14.24	2.05	5.143	2
12	0.20	0.84	12	15.28	2.05	8.122	3
13	0.21	0.89	13	16.36	2.04	8.170	3
14	0.21	0.91	14	17.40	2.04	8.198	3
15	0.21	0.93	15	18.44	2.04	8.226	3
16	0.22	1.00	16	19.56	2.03	8.288	3
17	0.22	1.04	17	20.64	2.03	11.281	4
18	0.22	1.07	18	21.70	2.03	11.316	4
19	0.23	1.14	19	22.82	2.02	11.378	4
20	0.23	1.18	20	23.90	2.02	11.419	4
21	0.23	1.22	21	24.98	2.02	11.458	4
22	0.24	1.27	22	26.06	2.01	11.508	4
23	0.24	1.31	23	27.14	2.01	11.550	4
24	0.25	1.36	24	28.22	2.00	14.550	5
25	0.25	1.40	25	29.30	2.00	14.591	5

注 表内所列 d , d_s , h 和 W_k^* 的数值系指 $m = 1$ 时的数值, 应用时应乘以 m 的实际数值。

表 5-1-7

 $\alpha_0 = 20^\circ$ 公法线长度 W_k^* 表 ($m = 1$)

(毫米)

齿数	跨测齿数	W_k^*	齿数	跨测齿数	W_k^*	齿数	跨测齿数	W_k^*
z	k		z	k		z	k	
4	2	4.48422	32	4	10.78064	60	7	20.02919
5	2	4.49822	33	4	10.79464	61	7	20.04319
6	2	4.51223	34	4	10.80865	62	7	20.05720
7	2	4.52624	35	4	10.82265	63	8	23.02333
8	2	4.54024	36	5	13.78879	64	8	23.03734
9	2	4.55425	37	5	13.80280	65	8	23.05135
10	2	4.56825	38	5	13.81680	66	8	23.06535
11	2	4.58226	39	5	13.83081	67	8	23.07936
12	2	4.59626	40	5	13.84481	68	8	23.09336
13	2	4.61027	41	5	13.85882	69	8	23.10737
14	2	4.62427	42	5	13.87282	70	8	23.12137
15	2	4.63828	43	5	13.88683	71	8	23.13538
16	2	4.65229	44	5	13.90084	72	9	26.10152
17	2	4.66629	45	6	16.86697	73	9	26.11552
18	3	7.63243	46	6	16.88098	74	9	26.12953
19	3	7.64643	47	6	16.89498	75	9	26.14353
20	3	7.66044	48	6	16.90899	76	9	26.15754
21	3	7.67444	49	6	16.92299	77	9	26.17154
22	3	7.68845	50	6	16.93700	78	9	26.18555
23	3	7.70246	51	6	16.95101	79	9	26.19955
24	3	7.71646	52	6	16.96501	80	9	26.21356
25	3	7.73047	53	6	16.97902	81	10	29.17970
26	3	7.74447	54	7	19.94515	82	10	29.19370
27	4	10.71061	55	7	19.95916	83	10	29.20771
28	4	10.72462	56	7	19.97316	84	10	29.22171
29	4	10.73862	57	7	19.98717	85	10	29.23572
30	4	10.75263	58	7	20.00118	86	10	29.24972
31	4	10.76663	59	7	20.01518	87	10	29.26373

续表

齿数	跨测齿数	W_k^*	齿数	跨测齿数	W_k^*	齿数	跨测齿数	W_k^*
z	k		z	k		z	k	
88	10	29.27774	116	13	38.52629	144	17	50.72697
89	10	29.29174	117	14	41.49242	145	17	50.74097
90	11	32.25788	118	14	41.50643	146	17	50.75498
91	11	32.27188	119	14	41.52043	147	17	50.76898
92	11	32.28589	120	14	41.53444	148	17	50.78299
93	11	32.29990	121	14	41.54844	149	17	50.79699
94	11	32.31390	122	14	41.56245	150	17	50.81100
95	11	32.32791	123	14	41.57646	151	17	50.82501
96	11	32.34191	124	14	41.59046	152	18	53.79114
97	11	32.35592	125	14	41.60447	153	18	53.80515
98	11	32.36992	126	15	44.57060	154	18	53.81915
99	12	35.33606	127	15	44.58461	155	18	53.83316
100	12	35.35007	128	15	44.59861	156	18	53.84716
101	12	35.36407	129	15	44.61262	157	18	53.86117
102	12	35.37808	130	15	44.62663	158	18	53.87518
103	12	35.39208	131	15	44.64063	159	18	53.88918
104	12	35.40609	132	15	44.65464	160	18	53.90319
105	12	35.42009	133	15	44.66864	161	18	53.91719
106	12	35.43410	134	15	44.68265	162	19	56.88333
107	12	35.44810	135	16	47.64878	163	19	56.89733
108	13	38.41424	136	16	47.66279	164	19	56.91134
109	13	38.42824	137	16	47.67680	165	19	56.92535
110	13	38.44225	138	16	47.69080	166	19	56.93935
111	13	38.45626	139	16	47.70481	167	19	56.95336
112	13	38.47026	140	16	47.71881	168	19	56.96736
113	13	38.48427	141	16	47.73282	169	19	56.98137
114	13	38.49827	142	16	47.74682	170	19	56.99537
115	13	38.51228	143	16	47.76083	171	20	59.96151

续表

齿数	跨测齿数	W_k^*	齿数	跨测齿数	W_k^*	齿数	跨测齿数	W_k^*
z	k		z	k		z	k	
172	20	59.97552	200	23	69.22407	228	26	78.472
173	20	59.98952	201	23	69.23807	229	26	78.486
174	20	60.00353	202	23	69.25208	230	26	78.500
175	20	60.01753	203	23	69.26608	231	26	78.515
176	20	60.03154	204	23	69.28009	232	26	78.529
177	20	60.04554	205	23	69.29409	233	26	78.543
178	20	60.05955	206	23	69.30810	234	26	78.557
179	20	60.07355	207	24	72.27424	235	27	81.523
180	21	63.03969	208	24	72.28824	236	27	81.537
181	21	63.05370	209	24	72.30225	237	27	81.551
182	21	63.06771	210	24	72.31625	238	27	81.565
183	21	63.08171	211	24	72.33026	239	27	81.579
184	21	63.09571	212	24	72.34426	240	27	81.593
185	21	63.10972	213	24	72.35827	241	27	81.607
186	21	63.12372	214	24	72.37227	242	27	81.621
187	21	63.13773	215	24	72.38628	243	27	81.635
188	21	63.15174	216	25	75.35242	244	28	84.601
189	22	66.11787	217	25	75.36642	245	28	84.615
190	22	66.13188	218	25	75.38403	246	28	84.629
191	22	66.14588	219	25	75.39443	247	28	84.643
192	22	66.15989	220	25	75.40844	248	28	84.657
193	22	66.17389	221	25	75.422	249	28	84.671
194	22	66.18790	222	25	75.436	250	28	84.685
195	22	66.20191	223	25	75.450			
196	22	66.21591	224	25	75.464			
197	22	66.22992	225	25	75.478			
198	23	69.19605	226	26	78.445			
199	23	69.21006	227	26	78.458			

表 5-1-8 非变位圆柱齿轮固定弦齿厚 \bar{s}_c 和测量用

齿高 h_c ($f=1$)

(毫米)

m	$\alpha_0 = 20^\circ$		$\alpha_0 = 15^\circ$	
	\bar{s}_c	\bar{h}_c	\bar{s}_c	\bar{h}_c
1	1.3871	0.7476	1.4655	0.8036
1.25	1.7338	0.9344	1.8319	1.0045
1.50	2.0806	1.1214	2.1984	1.2055
1.75	2.4273	1.3082	2.5647	1.4064
2	2.7741	1.4951	2.9311	1.6073
2.25	3.1209	1.6820	3.2975	1.8082
2.50	3.4677	1.8689	3.6639	2.0091
2.75	3.8144	2.0558	4.0303	2.2100
3	4.1612	2.2427	4.3967	2.4109
3.25	4.5079	2.4296	4.7631	2.6118
3.50	4.8547	2.6165	5.1295	2.8128
3.75	5.2017	2.8034	5.4959	3.0137
4	5.5482	2.9903	5.8623	3.2146
4.25	5.8950	3.1772	6.2287	3.4155
4.5	6.2417	3.3641	6.5951	3.6164
4.75	6.5885	3.5510	6.9615	3.8173
5	6.9353	3.7379	7.3279	4.0182
5.5	7.6288	4.1117	8.0607	4.4200
6	8.3223	4.4854	8.7935	4.8219
6.5	9.0158	4.8592	9.5263	5.2237
7	9.7093	5.2330	10.2591	5.6255
7.5	10.4029	5.6068	10.9918	6.0274
8	11.0964	5.9806	11.7246	6.4292
9	12.4834	6.7282	13.1902	7.2328
10	13.8705	7.4757	14.6558	8.0365
11	15.2575	8.2233	16.1214	8.8401
12	16.6446	8.9709	17.5869	9.6438
13	18.0316	9.7185	19.0525	10.4474

续表

m	$\alpha_0 = 20^\circ$		$\alpha_0 = 15^\circ$	
	\bar{s}_e	\bar{h}_e	\bar{s}_e	\bar{h}_e
14	19.4187	10.4661	20.5181	11.2511
15	20.8057	11.2137	21.9837	12.0547
16	22.1928	11.9612	23.4493	12.8584
18	24.9669	13.4564	26.3804	14.4657
20	27.7410	14.9515	29.3116	16.0730
22	30.5151	16.4467	32.2427	17.6803
24	33.2892	17.9419	35.1739	19.2876
25	34.6762	18.6895	36.6395	20.0912

注 1. 本表用于斜齿圆柱齿轮时, 以 m_n 代替 m ;
 2. 用于直齿圆锥齿轮时, 以大端模数代替 m ;
 3. $h_a^* \neq 1$ 时, 测量齿高应减以 $(1-h_a^*)m$, 例如 $m=2, \alpha_0=20^\circ, h_a^*=0.8$ 的齿轮, 其测量齿高 $\bar{h}_e=1.4951-(1-0.8)2=1.0951$ 。

表 5-1-9 非变位圆柱齿轮分度圆弦齿厚 \bar{s}'_f 和测量用齿高 \bar{h}'_f ($m=1, f=1$) (毫米)

齿数	弦齿厚	测量用齿高	齿数	弦齿厚	测量用齿高	齿数	弦齿厚	测量用齿高
z	\bar{s}'_f	\bar{h}'_f	z	\bar{s}'_f	\bar{h}'_f	z	\bar{s}'_f	\bar{h}'_f
5	1.5451	1.1224	15	1.5679	1.0411	25	1.5697	1.0247
6	1.5529	1.1022	16	1.5683	1.0385	26	1.5698	1.0237
7	1.5577	1.0878	17	1.5686	1.0363	27	1.5698	1.0228
8	1.5607	1.0769	18	1.5688	1.0342	28	1.5699	1.0220
9	1.5628	1.0644	19	1.5690	1.0324	29	1.5700	1.0212
10	1.5643	1.0616	20	1.5692	1.0308	30	1.5701	1.0205
11	1.5655	1.0560	21	1.5693	1.0294	31	1.5701	1.0199
12	1.5663	1.0513	22	1.5694	1.0280	32	1.5702	1.0193
13	1.5669	1.0474	23	1.5695	1.0268	33	1.5702	1.0187
14	1.5675	1.0440	24	1.5696	1.0257	34	1.5702	1.0181

续表

齿数	弦齿厚	测量用齿高	齿数	弦齿厚	测量用齿高	齿数	弦齿厚	测量用齿高
z	\bar{s}'_f	\bar{h}'_f	z	\bar{s}'_f	\bar{h}'_f	z	\bar{s}'_f	\bar{h}'_f
35	1.5703	1.0176	61	1.5706	1.0101	87	1.5707	1.0071
36	1.5703	1.0171	62	1.5706	1.0100	88	1.5707	1.0070
37	1.5703	1.0167	63	1.5706	1.0098	89	1.5707	1.0069
38	1.5703	1.0162	64	1.5706	1.0096	90	1.5707	1.0069
39	1.5704	1.0158	65	1.5706	1.0095	91	1.5707	1.0068
40	1.5704	1.0154	66	1.5706	1.0093	92	1.5707	1.0067
41	1.5704	1.0150	67	1.5706	1.0092	93	1.5707	1.0066
42	1.5704	1.0146	68	1.5706	1.0091	94	1.5707	1.0065
43	1.5704	1.0143	69	1.5706	1.0089	95	1.5707	1.0065
44	1.5705	1.0140	70	1.5706	1.0088	96	1.5707	1.0064
45	1.5705	1.0137	71	1.5707	1.0087	97	1.5707	1.0064
46	1.5705	1.0134	72	1.5707	1.0086	98	1.5707	1.0063
47	1.5705	1.0131	73	1.5707	1.0084	99	1.5707	1.0062
48	1.5705	1.0128	74	1.5707	1.0083	100	1.5707	1.0062
49	1.5705	1.0126	75	1.5707	1.0082	105	1.5708	1.0059
50	1.5705	1.0124	76	1.5707	1.0080	110	1.5708	1.0056
51	1.5705	1.0121	77	1.5707	1.0080	115	1.5708	1.0054
52	1.5706	1.0119	78	1.5707	1.0079	120	1.5708	1.0051
53	1.5706	1.0116	79	1.5707	1.0078	125	1.5708	1.0049
54	1.5706	1.0114	80	1.5707	1.0077	127	1.5708	1.0048
55	1.5706	1.0112	81	1.5707	1.0076	130	1.5708	1.0047
56	1.5706	1.0110	82	1.5707	1.0075	135	1.5708	1.0046
57	1.5706	1.0108	83	1.5707	1.0074	140	1.5708	1.0044
58	1.5706	1.0106	84	1.5707	1.0073	145	1.5708	1.0042
59	1.5706	1.0104	85	1.5707	1.0073	150	1.5708	1.0041
60	1.5706	1.0103	86	1.5707	1.0072	齿条	1.5708	1.0000

注 1.本表适用于任何齿形角;

2. $h_a^* \neq 1$ 时, 测量齿高应减以 $(1 - h_a^*)$, 齿厚不变;

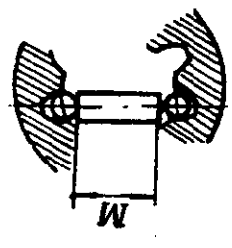
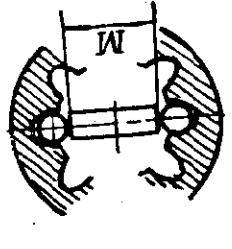
例如 $h_a^* = 0.8$, $m = 1$, $z = 18$ 的齿轮, 其测量齿高 $\bar{h}_f = 1.0342 - (1 - 0.8) = 0.8342$ 。又如 $h_a^* = 1.2$, $m = 1$, $z = 20$ 的齿轮, 其测量齿高 $\bar{h}_f = 1.0308 - (1 - 1.2) = 1.2308$;

3.对斜齿圆柱齿轮及人字齿轮, 应以 z_n 代替 z 。 $z_n = \frac{z}{\cos^2 \beta}$;

4.对直齿圆锥齿轮, 应以 $z_n = \frac{z}{\cos \varphi}$ 代替 z ;

5. z_n 非整数时, 可用插值法求出。

表 5-1-10 圓棒測量直齒內齒輪齒厚 ($m = 1, \xi = 0$) (毫米)

$\alpha_0 = 20^\circ$		齒 數		齒 數		$\alpha_0 = 14\frac{1}{2}^\circ$		$\alpha_0 = 20^\circ$		$\alpha_0 = 14\frac{1}{2}^\circ$	
				奇 數		偶 數		奇 數		偶 數	
				$\alpha_0 = 14\frac{1}{2}^\circ$		$\alpha_0 = 20^\circ$		$\alpha_0 = 14\frac{1}{2}^\circ$		$\alpha_0 = 20^\circ$	
13.5801	15	13.7620	15	14	12.8438	16	14.8474	16	14.8474	18	16.8504
15.5902	17	15.7752	17	18	16.6633	19	18.8529	18	16.6633	20	18.8529
17.5981	19	17.7858	19	21	20.6636	23	22.8569	22	20.6636	24	22.8569
19.6045	21	19.7945	21	23	22.6638	25	24.8585	24	22.6638	26	24.8585
21.6099	23	21.8017	23	25	24.6639	27	26.8599	26	24.6639	28	26.8599
23.6143	25	23.8078	25	27	26.6640	29	28.8612	28	26.6640	30	28.8612
25.6181	27	25.8130	27	29	30.6642	31	32.8623	30	30.6642	32	32.8623
27.6214	29	27.8176	29	31	32.6642	33	34.8642	32	32.6642	34	34.8642
29.6242	31	29.8216	31	33	34.6643	35	36.8650	34	34.6643	36	36.8650
31.6267	33	31.8251	33	35	36.6643	37	38.8658	36	36.6643	38	38.8658
33.6289	35	33.8282	35	37	40.6644	39	42.8672	38	40.6644	40	42.8672
35.6310	37	35.8311	37	39	42.6645	41	44.8678	40	42.6645	42	44.8678
37.6327	39	37.8336	39	41	44.6645	43		42	44.6645	44	
39.6343	41	39.8359	41	43		45		44		46	
41.6357	43	41.8380	43	45		47		46			
43.6371	45	43.8399	45	47							
45.6383	47	45.8416	47								

47.6394	47.8432	49	48	46.6646	46.8683
49.6404	49.8447	51	50	48.6646	48.8688
51.6414	51.8461	53	52	50.6646	50.8692
53.6422	53.8474	55	54	52.6647	52.8697
55.6431	55.8486	57	56	54.6647	54.8701
57.6438	57.8497	59	58	56.6648	56.8705
59.6445	59.8508	61	60	58.6648	58.8709
61.6452	61.8517	63	62	60.6648	60.8712
63.6458	63.8526	65	64	62.6648	62.8715
65.6464	65.8535	67	66	64.6649	64.8718
67.6469	67.8543	69	68	66.6649	66.8721
69.6475	69.8551	71	70	68.6649	68.8724
71.6480	71.8558	73	72	70.6649	70.8727
73.6484	73.8565	75	74	72.6649	72.8729
75.6489	75.8572	77	76	74.6649	74.8731
77.6493	77.8578	79	78	76.6649	76.8734
79.6497	79.8584	81	80	78.6649	78.8736
81.6501	81.8590	83	82	80.6649	80.8738
83.6505	83.8595	85	84	82.6649	82.8740
85.6508	85.8600	87	86	84.6650	84.8742
87.6511	87.8605	89	88	86.6650	86.8743
89.6514	89.8610	91	90	88.6650	88.8745
91.6517	91.8614	93	92	90.6650	90.8747
93.6520	93.8619	95	94	92.6650	92.8749
95.6523	95.8623	97	96	94.6650	94.8750
97.6526	97.8627	99	98	96.6650	96.8752
99.6528	99.8631	101	100	98.6650	98.8753

注 測量值M所用的圓棒直徑 $d_p = 1.447m$ 。



图 5-1-1 测量公法线长度跨齿数 K ($\alpha_n = \alpha = 20^\circ$)

二、圆锥齿轮

1. 圆锥齿轮的分类

表 5-2-1

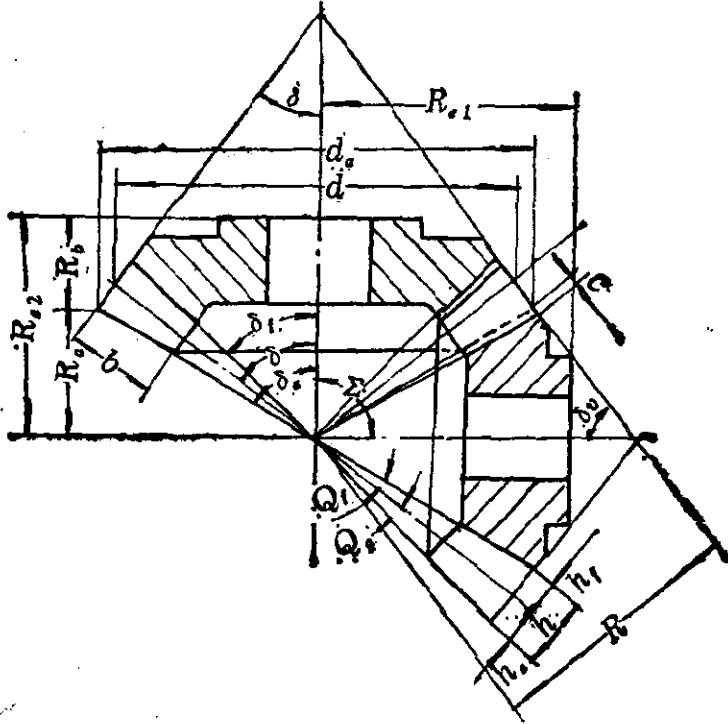
圆锥齿轮的分类

圆锥齿轮	按齿长曲线分类	<ul style="list-style-type: none"> 直线齿线 } 见图 a 曲线齿线 }
	按齿高分类	<ul style="list-style-type: none"> 收缩齿 } 等齿 } 高齿 }
	按轴线交角分类	<ul style="list-style-type: none"> $\Sigma = 90^\circ$ } $\Sigma < 90^\circ$ } $\Sigma > 90^\circ$ }

a	<p>直齿 斜齿 螺旋齿 (零度) 曲线 $\beta = 0^\circ$</p>	
b	<p>正常收缩齿 等齿顶隙齿 等高齿</p>	
c	<p>$\Sigma = 90^\circ$</p>	<p>$\Sigma > 90^\circ$</p>

2. 标准直齿圆锥齿轮传动的几何计算

表 5-2-2 直齿圆锥齿轮传动几何计算 ($\Sigma = 90^\circ$)



名称	代号	计算公式		
分度圆锥角	δ	轴夹角 Σ	小 齿 轮	大 齿 轮
		$\Sigma < 90^\circ$	$\operatorname{tg} \delta_1 = \frac{\sin \Sigma}{\frac{z_2}{z_1} + \cos \Sigma}$	$\operatorname{tg} \delta_2 = \frac{\sin \Sigma}{\frac{z_1}{z_2} + \cos \Sigma}$
		$\Sigma > 90^\circ$	$\operatorname{tg} \delta_1 = \frac{\sin(180^\circ - \Sigma)}{\frac{z_2}{z_1} - \cos(180^\circ - \Sigma)}$	$\operatorname{tg} \delta_2 = \frac{\sin(180^\circ - \Sigma)}{\frac{z_1}{z_2} - \cos(180^\circ - \Sigma)}$
		$\Sigma = 90^\circ$	$\operatorname{tg} \delta_1 = \frac{z_1}{z_2}$	$\operatorname{tg} \delta_2 = \frac{z_2}{z_1}$

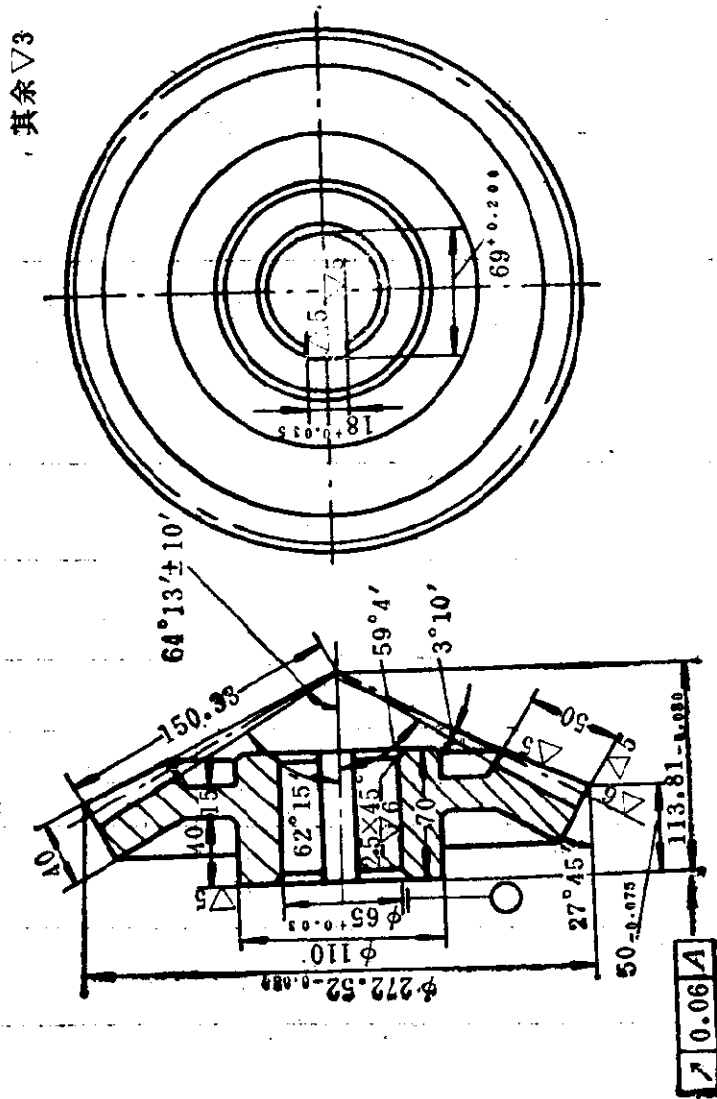
续表

名 称	代号	计 算 公 式
		$\Sigma = \delta_1 + \delta_2$
大端模数	m	$m = \frac{d}{z}, m = \frac{p}{m}$, 按表5-1-2取标准值
齿 数	z	$z = \frac{d}{m}$
齿 形 角	α	$\alpha = 20^\circ$
大端分度圆直径	d	$d = mz$
大端齿顶圆直径	d_a	$d_a = mz + 2h_a \cos \delta = m(z + z \cos \delta)$
大端齿根圆直径	d_f	$d_f = d - 2h_f \cos \delta = m(z - 4.4 \cos \delta)$
齿 顶 高	h_a	$h_a = h_a^* m \quad h_a^* = 1$
齿 根 高	h_f	$h_f = (h_f^* + c^*) m = 1.2m \quad c^* = 0.2$
齿 全 高	h	$h = h_a + h_f = 2.2m$
径向间隙	c	$c = c^* m = 0.2m$
分度圆锥锥距	R	$R = \frac{d}{2 \sin \delta} = \frac{mz_1}{2 \sin \delta_1} = \frac{mz_2}{2 \sin \delta_2}$
齿 顶 角	Q_a	$\text{tg} Q_a = \frac{h_a}{R} = \frac{h_a^* m}{R} = \frac{m}{R}, Q_a = \delta_1 - \delta$ (度)
齿 根 角	Q_f	$\text{tg} Q_f = \frac{h_f}{R} = \frac{1.2m}{R}, Q_f = \delta - \delta_1$ (度)

续表

名称	代号	计算公式	
顶锥角	δ_a	$\delta_a = \delta + Q_a(\text{度})$	
根锥角	δ_f	$\delta_f = \delta - Q_f(\text{度})$	
背锥角	δ_b	$\delta_b = 90^\circ - \delta(\text{度})$	
锥顶到支承面距离	R_a	$R_a = \frac{d_a}{2} \text{ctg} \delta_a + R_b$	
锥顶到齿顶圆在轴心上投影长度	R_a	$R_a = \frac{d}{2} \text{ctg} \delta - h_a \sin \delta = m \left(\frac{z}{2} \text{ctg} \delta - h_a^* \sin \delta \right)$	
齿长	b	$b \leq 0.35 R$	
大端分度圆弧齿厚	s	$s = \frac{p}{2} = \frac{\pi m}{2}$	
当量齿数	z_n	$z_n = \frac{z}{\cos \delta}$	
大端分度圆弦	齿厚	\bar{s}_f	$\bar{s}_f = m z_n \sin \frac{90^\circ}{z_n} = m \bar{s}'_f$ \bar{s}'_f 值见表5-1-9
	齿高	\bar{h}_f	$\bar{h}_f = \frac{m z_n + h_a}{2} - \frac{m z_n}{2} \cos \frac{90^\circ}{z_n} = m \bar{h}'_f$ \bar{h}'_f 值见表5-1-9

3. 圆锥齿轮工作图示例



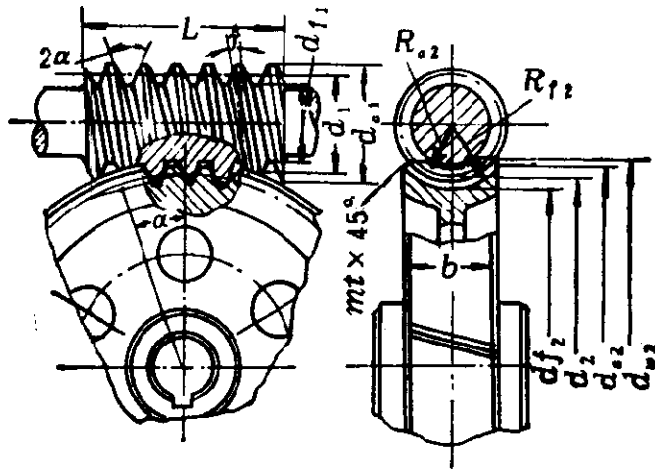
齿数	Z	38
模数	m	7
齿斜角	β	0°
齿斜方向	直齿	
刀具压力角	α	20°
刀具齿顶高系数	h_a^*	1
变位系数	ξ	0
齿全高	h	15.4
精度等级		
相啮合零件图号		
周节累积误差的公差	δ_{Σ}	0.140
周节差的公差	δ_f	0.040
 分度圆弦齿原厚	$\overline{S_f}$	10.995 $\begin{matrix} -0.140 \\ -0.290 \end{matrix}$
	$\overline{h_r}$	7.05

图 5-2-1 圆锥齿轮工作图示例

三、蜗杆和蜗轮

表 5-3-1

普通圆柱蜗杆传动几何尺寸计算



名称	代号	计算公式
蜗杆轴向模数 (蜗轮法向)	m_x m_t	$m_x = m_t = \frac{2a}{q + z_2} = \frac{p}{\pi}$ 按表5-1-2取标准值
蜗杆(轮) 法向模数	m_n	$m_n = m_x \cos \gamma$
蜗杆分度圆 螺旋导角	γ	$\operatorname{tg} \gamma = \frac{z_1}{q} = \frac{z_1 m_x}{d_1}$ 参看表5-3-3
蜗杆头数	z_1	$z_1 = 1 \sim 4$ 一般取1、2、4
蜗轮齿数	z_2	$z_2 = i z_1$ i 传动比 $i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{z_2}{z_1}$
蜗杆特性系数	q	$q = \frac{d_1}{m_x} = \frac{2a}{m_x} - z_2$ 参看表5-3-2
蜗杆分度圆直径	d_1	$d_1 = q m_x$
蜗杆齿顶高	h_a	$h_a = m_x$

续表

名称	代号	计算公式
蜗杆齿根高	h_f	$h_f = 1.25m_x$
径向间隙	c	$c = 0.25m_x$
蜗杆齿顶圆直径	d_{a1}	$d_{a1} = d_1 + 2h_a = m_x(q + 2)$
蜗杆齿根圆直径	d_{f1}	$d_{f1} = d_1 - h_{f1} = m_x(q - 2.5)$
蜗杆轴向截面齿距	p	$p = \pi m_x$
蜗杆法向截面齿距	p_n	$p_n = p \cos \gamma = \pi m_x \cos \gamma$
蜗杆螺旋导程	p_z	$p_z = \pi m_x z_1$
蜗杆螺旋长度	L	$z_1 = 1 \sim 2, L \geq (11 + 0.06z_1)m_x$ $z_1 = 3 \sim 4, L \geq (12.5 + 0.09z_1)m_x$
蜗杆螺牙沿分度圆柱上的轴向齿厚	s_{x1}	$s_{x1} = 0.45\pi m_x$
蜗杆螺牙沿分度圆柱上的法向齿厚	\bar{s}_{n1}	$\bar{s}_{n1} = s_{x1} \cos \gamma$
蜗杆齿厚测量高度	\bar{h}_e	$\bar{h}_e = m_x$
以下是蜗轮的计算		
蜗轮分度圆直径	d_2	$d_2 = m_z z_2$
蜗轮齿顶圆直径	d_{a2}	$d_{a2} = d_2 + 2h_a = 2\left(a - \frac{1}{2}d_1 + m_t\right)$
蜗轮齿根圆直径	d_{f2}	$d_{f2} = d_2 - 2h_f = 2\left(a - \frac{1}{2}d_{a1} - 0.25m_t\right)$
蜗轮最大外圆直径	d_{w2}	$z_1 = 1, d_{w2} \leq d_{a2} + 2m_t$ $z_1 = 2 \sim 3, d_{w2} \leq d_{a2} + 1.5m_t$ $z_1 = 4, d_{w2} \leq d_{a2} + m_t$
蜗轮轮缘宽度	b	$z_1 \leq 3, b \leq 0.75d_{a1}$ $z_1 = 4, b \leq 0.67d_{a1}$

续表

名称	代号	计算公式
蜗轮齿顶圆弧半径	R_{a2}	$R_2 = \frac{1}{2}d_1 - m_t$
蜗轮齿根圆弧半径	R_{f2}	$R_{f2} = \frac{1}{2}d_{a1} + 0.25m_t$
蜗轮与蜗杆中心距	a	$a = \frac{d_1 + d_2}{2} = m(z_2 + q)$

表 5-3-2 模数 m_t (m_x)蜗杆头数 z_1 蜗杆特性系数 q 搭配值

模数 m_t (m_x)	头数 z_1	特性系数 q	模数 m_t (m_x)	头数 z_1	特性系数 q
2	1~4	10, 12, 16	9	1~4	(8), 10, 12
2.5		10, 12, 16	10		9, 10, 12
3		10, 12, 16	11		(8), 10, 12
3.5		10, 12	12		8, 9, (10), 12
4		10, 12, 16	14		8, (9), 10
4.5		10, 12	16		8, 9, 10
5		9, 10, 12	18		8
6		9, 10, 12	20		(7.5), 8
7		9, 10, 12	25		7.5, 8
8		8, (9), 10	30		8

注 括号内尺寸尽可能不用。

表 5-3-3 蜗杆分度圆螺旋导角 γ 与 q, z_1 的关系

$q \backslash z_1$	1	2	3	4
6	9°27'44"	18°26'06"	26°33'54"	—
7	8°07'48"	15°55'43"	23°11'55"	—
8	7°07'30"	14°02'10"	20°33'22"	26°33'54"
9	6°20'25"	12°31'44"	18°26'06"	23°57'45"
10	5°42'38"	11°18'36"	16°41'57"	21°48'05"
11	5°11'40"	10°18'17"	15°15'18"	19°58'59"
12	4°45'49"	9°27'44"	14°02'10"	18°26'06"
13	4°23'55"	8°44'46"	12°59'41"	17°06'10"
14	4°05'08"	8°07'48"	12°05'41"	15°56'43"
15	3°48'51"	7°35'41"	11°18'36"	14°55'53"
16	3°34'35"	7°07'30"	10°37'11"	14°02'10"
17	3°21'59"	6°42'35"	10°00'29"	13°14'26"
18	3°10'47"	6°20'25"	9°27'44"	12°31'44"
19	3°00'46"	6°00'32"	8°58'21"	11°53'19"
20	2°51'45"	5°42'38"	8°31'51"	11°18'36"
22	2°36'09"	5°11'40"	7°45'55"	10°18'17"
24	2°23'09"	4°45'49"	7°07'30"	9°27'44"
26	2°12'09"	4°23'55"	6°34'55"	8°44'46"
28	2°02'44"	4°05'08"	5°06'56"	8°07'48"

四、皮 带 传 动

1. 平皮带传动

表 5-4-1 平皮带的类型和规格、尺寸

平带 宽度 (毫米)	皮 革 带		缝合棉布带	编织棉布带	毛 织 带		橡胶传动带	
	厚度(毫米)		厚度(毫米)/ 层数	厚度(毫米)/ 层数	厚度 (毫米)	层数	层数	宽度公差 (毫米)
	单层	双层						
16							3~4	± 2
20	3						3~4	± 2
25	3						3~4	± 2
30	3			4.5/4, 6.5/6			3~4	± 2
32								
35	3.5							
40	3.5			4.5/4, 6.5/6			3~4	± 2
45	3.5						3~4	± 2
50			5.6/4	4.5/4, 6.5/6, 8.5/8	6	3		
56								
60	4		5.6/4	4.5/4, 6.5/6	6	3	3~4	± 2
63							3~4	± 2
70	4							
71							3~6	± 4
75	4		5.6/4	4.5/4, 6.5/6, 8.5/8	6	3	3~6	+ 4
80	4							
85	4.5							
90	4.5		5.6/4	4.5/4, 6.5/6, 8.5/8	6	3		

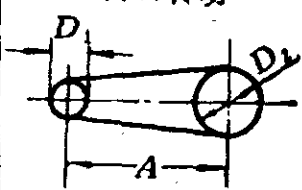
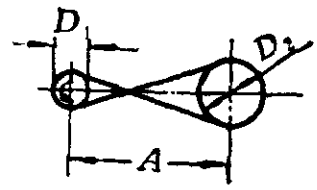
续表

平带 宽度 (毫米)	皮革带		缝合棉布带	编织棉布带	毛织带		橡胶传动带	
	厚度(毫米)		厚度(毫米)/ 层数	厚度(毫米)/ 层数	厚度 (毫米)	层数	层数	宽度公差 (毫米)
	单层	双层						
95	4.5							
100	4.5	7.5	5.6/4	4.5/4; 6.5/6; 8.5/8	9	4	3~6	± 4
112							3~6	± 4
115	4.5	7.5	5.6/4	6.5/6; 8.5/8	9	4		
125	5	8.5	5.6/4	6.5/6; 8.5/8	9	4	3~6	± 4
140							4~10	± 5
150	5	8.5	5.6/4; 8/6	6.5/6; 8.5/8	9	4		
160							4~10	± 5
175	5.5	9.5	8/6	6.5/6; 8.5/8	9	4		
180							4~10	± 5
200	5.5	9.5	8/6; 11/8	8.5/8	11	5	4~10	± 5
224							4~10	± 5
225	5.5	9.5	8/6; 11/8	8.5/8	11	5		
250	5.5	9.5	8/6; 11/8	8.5/8	11	5	4~10	± 5
275	5.5	9.5						
280							6~12	± 6
300	5.5	9.5	8/6; 11/8		11	5		
315							6~12	± 6
350			8/6; 11/8		11	5		
355							6~12	± 6
400			11/8		11	5	6~12	± 6

表 5-4-2 平皮带的传动计算

名称	代号	计 算 公 式	说 明
小直 皮 带 轮 径	D_1 (毫米)	小皮带轮直径可根据结构要求决定, 或 按下列经验公式: $D_1 = C \sqrt[3]{\frac{N}{n_1}}$	C ——系数, 当 N 单位为千瓦时, $C =$ 1150~1400 当 N 单位 为马力时, $C = 1000$ ~1200

续表

名称	代号	计 算 公 式	说 明
从动轮直径	D_2 (毫米)	$D_2 = \frac{n_1}{n_2} D_1 = i D_1$	i —— 传动比 $i = \frac{n_1}{n_2}$
验算皮带速度	v (米/秒)	$v = \frac{\pi \cdot D_1 \cdot n_1}{60 \times 1000} \leq v_{max}$	一般取 $v = 10 \sim 25$ 米/秒 $v_{max} \leq 30$ 米/秒
从动轮实际转速	n_2 (转/分)	$n_2 = \frac{D_1}{D_2} n_1 (1 - \epsilon)$	ϵ —— 相对滑动系数 橡胶带 $\epsilon = 0.01$ 皮革带 $\epsilon = 0.015$
初定中心距	A' (毫米)	$i = 3 \sim 5 \text{ 时, } A' = (2 \sim 5)(D_1 + D_2)$	
平皮带长度	L (毫米)	<p>开口传动:</p> $L = 2A' + \frac{\pi}{2} (D_1 + D_2) + \frac{(D_2 - D_1)^2}{4A'}$ <p>交叉传动:</p> $L = 2A' + \frac{\pi}{2} (D_1 + D_2) + \frac{(D_2 + D_1)^2}{4A'}$	<p>开口传动</p>  <p>交叉传动</p> 

续表

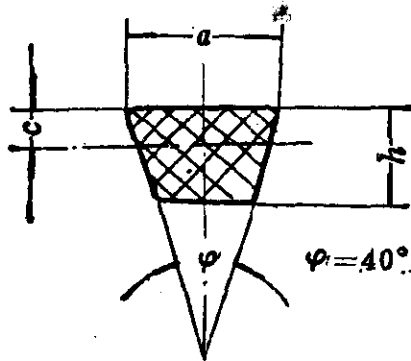
名称	代号	计 算 公 式	说 明
确定 中心 距 (毫米)	A	开口传动: $A = \frac{1}{8} \{ 2L - \pi(D_2 + D_1) + \sqrt{[2L - \pi(D_2 + D_1)]^2 - 8(D_2 - D_1)^2} \}$	小皮带轮包角 α_1 开口传动: $\alpha_1 = 180^\circ - \left(\frac{D_2 - D_1}{A} \right) \times 57.3^\circ \geq 150^\circ$
		交叉传动: $A = \frac{1}{8} \{ 2L - \pi(D_2 + D_1) + \sqrt{[2L - \pi(D_2 + D_1)]^2 - 8(D_2 + D_1)^2} \}$	交叉传动: $\alpha_1 = 180^\circ + \left(\frac{D_2 + D_1}{A} \right) \times 57.3^\circ \geq 150^\circ$ 如果 $\alpha_1 < 150^\circ$ 则应增加A或减小 <i>i</i> 或设置张紧轮小皮带轮包角 α_1

2. 三角皮带传动

表 5-4-3

三角皮带的规格尺寸

(毫米)



三角带型号		断面规格					容许公差 ^①		
		a		h		C ^①	a	h	φ
甲种	乙种	甲种	乙种	甲种	乙种				
O	—	10	—	6	—	2.7	+0.6 -0.4	+1.0 -0.5	±1°
A	A	13	12.7	8	8.7	3.6	+0.7 -0.5	+1.0 -0.5	±1°

续表

三角带型号		断面规格					容许公差 ^①		
		a		h		C ^①	a	h	φ
甲种	乙种	甲种	乙种	甲种	乙种				
B	B	17	16.5	10.5	11	4.7	+0.9 -0.6	+1.0 -0.5	±1°
C	C	22	22	13.5	13.5	6.1	+0.9 -0.7	+1.0 -0.6	±1°
D	D	32	31.5	19	19	8.6	+1.0 -0.8	+1.5 -0.7	±1°
E	E	38	38	23.5	25.4	10.6	+1.1 -0.9	+1.5 -0.8	±1°
F	—	50	—	30	—	13.6	+1.2 -1.0	+1.5 -0.9	±1°

① 甲、乙种相同

三角皮带具有较大的厚度，在计算速度和传动比的时候，应该用三角皮带重心线所在的皮带轮直径 D 做标准，这个直径叫做皮带轮的计算直径。皮带的计算长度也指的是重心线闭合长度。

皮带长度均指皮带的内周长度。内周长度与计算长度的尺寸如表5-4-4，表5-4-5。

表 5-4-4 甲种三角皮带的长度 (毫米)

三角皮带 内周长度	各型三角皮带的计算长度						
	O	A	B	C	D	E	F
500	519	525					
560	579	585					
630	649	655	663				
710	729	735	743				
800	819	825	833				
900	919	925	933				

续表

三角皮带 内周长度	各型三角皮带的计算长度						
	O	A	B	C	D	E	F
1000	1019	1025	1033				
1120	1139	1145	1153				
1250	1269	1275	1283				
1400	1419	1425	1433				
1600	1619	1625	1633				
1800	1819	1825	1833	1844			
1900				1944			
2000	2019	2025	2033	2044			
2120				2164			
2240	2259	2265	2273	2284			
2360				2404			
2500	2519	2525	2533	2544			
2650				2694			
2800		2825	2833	2844			
3150		3175	3183	3194	3210		
3550		3575	3583	3594	3610		
4000		4025	4033	4044	4060		
4500			4533	4544	4560	4574	
5000			5033	5044	5060	5074	
5600			5633	5644	5660	5674	
6300			6333	6344	6360	6374	6395
7100				7144	7160	7174	7195
8000				8044	8060	8074	8095
9000				9044	9060	9074	9095
10000					10060	10074	10095
11200					11260	11274	11295
12500						12574	12595
14000						14074	14095
长度折算 系数 K	19	25	33	44	60	74	95

注 计算长度 = 内周长度 + K。

表 5-4-5

乙种三角皮带的长度

(毫米)

三角皮带内周长度	559	610	635	660	686	699	711	737	762	787	813	838
	864	889	914	940	965	991	1016	1041	1067	1092	1118	1143
	1168	1194	1219	1245	1270	1295	1321	1346	1372	1397	1422	1448
	1473	1499	1524	1549	1575	1600	1626	1651	1676	1702	1727	1753
	1778	1803	1829	1854	1880	1905	1930	1956	1981	2007	2032	2057
	2083	2108	2134	2159	2184	2210	2235	2261	2286	2311	2337	2362
	2388	2413	2438	2464	2489	2515	2540	2565	2591	2616	2642	2667
	2692	2718	2743	2769	2794	2819	2845	2870	2896	2921	2946	2972
	2997	3023	3048	3073	3099	3124	3150	3175	3200	3226	3251	3277
	3300	3327	3353	3378	3404	3429	3454	3480	3505	3531	3556	3581
	3607	3632	3658	3683	3708	3734	3759	3785	3810	3835	3861	3886
	3912	3937	3962	3988	4013	4039	4064	4089	4115	4140	4166	4191
	4216	4242	4267	4293	4318	4343	4369	4394	4420	4445	4470	4496

计算长度 = 内周长度 + K(长度折算系数)

三角皮带计算长度

型 号	A	B	C	D	E
K	30	38	49	64	88

举例:

当乙种A型三角皮带内周长度为2540毫米时, 其计算长度 = $2540 + 30 = 2570$ (毫米)。

乙种D型三角皮带内周长度为3962毫米时, 其计算长度 = $3962 + 64 = 4026$ (毫米)。

表 5-4-6

三角皮带的传动计算

名 称	代号	计 算 公 式	说 明
选择三角皮带型号		根据传动功率由表 5-4-7 选择	
小皮带轮计算直径	D_1 (毫米)	根据皮带型号由表 5-4-8 选定 D_1	D_1 尽可能选择大值

续表

名称	代号	计算公式	说明
大皮带轮 计算直径	D_2 (毫米)	$D_2 = \frac{n_1}{n_2} D_1 = i D_1$ 取传动比 $i \leq 7$	求得 D_2 按表 5-4-13 圆整, 必要时可按计算尺寸, 而不必圆整
验算皮带 速度	v (米/秒)	$v = \frac{\pi \cdot D_1 \cdot n_1}{60 \times 1000} \leq v_{max}$	一般取 $v = 15 \sim 25$ 米/秒 $v_{max} = 30$ 米/秒
初定 中心距	A' (毫米)	$A' = K D_2$ K 按表 5-4-9 选取 $A'_{min} < A' < A'_{max}$	$A'_{min} = 0.55(D_1 + D_2) + h$ $A'_{max} = 2(D_1 + D_2)$ h——三角皮带高, 见表 5-4-3
三角皮带 计算长度	L' (毫米)	$L' = 2A' + \frac{\pi}{2}(D_1 + D_2) + \frac{(D_2 - D_1)^2}{4A'}$	计算所得 L' , 应按表 5-4-4, 表 5-4-5 圆整到标准值
确定实际 中心距	A (毫米)	$A = x + \sqrt{x^2 - y}$ $x = \frac{1}{4} \left[L - \frac{\pi}{2}(D_1 + D_2) \right]$ $y = \frac{1}{8}(D_2 - D_1)^2$ 近似计算: $A = A' + \frac{L - L'}{2}$	实际中心距应有调整量 限: $A_{min} \leq A \leq A_{max}$ 其中: A_{max} 为补偿三角皮带之最大中心距 $A_{max} = A + 0.03L$ A_{min} 为安装皮带必需的最小中心距 $A_{min} = A - 0.015L$
验算小轮 包角	α_1 (度)	$\alpha_1 = 180^\circ - \frac{(D_2 - D_1)}{A} \times 57.3^\circ \geq 120^\circ$	特殊情况允许 $\alpha_1 \geq 90^\circ$
确定三角 皮带的 根数		$Z = \frac{N_j}{N_0} = \frac{N \cdot K_1 \cdot K_2}{N_0}$ 一般 $Z < 8$ 特殊情况: $Z_{max} < 12$ N_j ——计算功率(千瓦)	N_0 ——单根三角皮带能传递的功率, 见表 5-4-10 N ——传递功率 K_1 ——包角系数, 见表 5-4-11 K_2 ——工作情况系数, 见表 5-4-12

表 5-4-7 按传递功率范围选择三角皮带型号

传递功率 (千瓦)	皮 带 速 度 (米/秒)		
	至5米/秒	大于5至10米/秒	大于10米/秒
0.4~0.75	O	O	O
大于0.75~2.2	O, A	O, A	O, (A)
大于 2.2~3.7	O, A	O, A, B	O, A
大于 3.7~7.5	B, C, (D)	A, B, (C)	A, B
大于 7.5~20	C, D	B, C	B, C
大于 20~40	—	C, D	C, D
大于 40~75	—	D, E	C, D
大于 75~150	—	E, F	D, E
大于150	—	—	E, F

注 1. 应由已知功率所许用的截面中选择较小的型号, 因为在这种情况下, 同样的传动尺寸能得到 $\frac{D}{h}$ 较大的比值,

有利于传动寿命。

2. 选取传动皮带不希望超过 8 根, 个别情况下可至 12 根。

3. 皮带根数在 16~18 之间的三角皮带传动只在特殊情况下, 此时槽必须精确加工及全套皮带应具有同样的长度、截面尺寸和弹性。

表 5-4-8

三角皮带最小皮带轮直径(D_{min})

(毫米)

皮带型号	O	A	B	C	D	E	F
一般最小许用直径	70	100	140	200	315	500	800
传动尺寸受限制时最小许用直径	50	80	125	—	—	—	710

表 5-4-9

初定中心距系数 K

传动比 i	1	1.12	1.25	1.4	1.6	1.8	2	2.24	2.5	2.8
系数 K	1.5	1.48	1.46	1.4	1.3	1.22	1.08	1.06	1.04	1.02
传动比 i	3.15	3.55	4	4.5	5	5.6	6.3	7.1	8.2	
系数 K	1	0.88	0.87	0.85	0.84	0.83	0.83	0.82	0.82	0.82

表 5-4-10

在包角 $\alpha = 180^\circ$ 、平稳工作

皮 带 截面 型 号	小轮的计 算直 径 D (毫米)	速					
		1	2	3	4	5	6
		包角 $\alpha = 180^\circ (K_1 = 1)$ 时,					
O	50至63	0.05	0.11	0.16	0.22	0.27	0.30
	至71	0.06	0.14	0.21	0.29	0.34	0.40
	至80	0.07	0.15	0.22	0.31	0.37	0.45
	大于80	0.08	0.16	0.24	0.32	0.39	0.48
A	80至90	0.09	0.18	0.26	0.35	0.43	0.52
	至100	0.10	0.24	0.37	0.49	0.62	0.73
	至112	0.13	0.26	0.39	0.51	0.65	0.79
	大于112	0.15	0.28	0.42	0.56	0.70	0.82
B	112至125	0.16	0.32	0.48	0.65	0.8	0.96
	至140	0.20	0.40	0.60	0.80	1.0	1.3
	至160	0.24	0.48	0.72	0.95	1.1	1.4
	大于160	0.25	0.50	0.75	1.0	1.2	1.4
C	160至180	0.26	0.50	0.8	1.0	1.2	1.5
	至200	0.36	0.70	1.1	1.5	1.8	2.1
	至225	0.40	0.80	1.2	1.6	1.9	2.3
	至250	0.43	0.86	1.3	1.7	2.1	2.5
	大于250	0.45	0.90	1.4	1.8	2.2	2.7
D	250至280	0.56	1.1	1.7	2.2	2.7	3.3
	至315	0.73	1.5	2.2	2.9	3.6	4.3
	至355	0.84	1.7	2.6	3.4	4.2	4.7
	至400	0.90	1.8	2.8	3.7	4.3	5.0
	大于400	0.90	1.8	2.8	3.7	4.3	5.0
E	400至450	0.77	1.5	2.3	3.0	3.8	4.5
	至500	1.0	2.0	3.0	4.0	5.3	6.5
	至560	1.2	2.4	3.6	4.8	6.0	7.2
	大于560	1.4	2.7	4.2	5.4	6.7	8.0
F	630至710	1.3	2.5	3.8	4.9	6.2	7.5
	至800	1.8	3.6	5.4	7.2	8.6	10.3
	至900	2.0	4.1	6.0	8.0	10.3	12.3
	大于1000	2.3	4.6	6.9	9.2	11.4	13.7

注 此表为一班制工作 ($K_1 = 1$)，传动载荷均匀及平稳的情况下而制订。

情况下单根三角皮带传递功率

度 v (米/秒)

7	8	9	10	11	12	13	14	15
---	---	---	----	----	----	----	----	----

一根皮带所传递的功率 N_0 (千瓦)

0.37	0.41	0.46	0.51	0.56	0.62	0.66	0.71	0.71
0.48	0.56	0.62	0.67	0.73	0.80	0.87	0.92	0.92
0.53	0.60	0.68	0.73	0.80	0.88	0.95	1.0	1.0
0.55	0.62	0.70	0.80	0.88	0.95	1.0	1.1	1.1
0.63	0.70	0.8	0.9	0.95	1.0	1.1	1.2	1.2
0.88	0.98	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.6
0.91	1.0	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.7
0.95	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9
1.1	1.3	1.4	1.5	1.6	1.8	1.9	2.1	2.1
1.5	1.7	1.9	2.0	2.2	2.4	2.6	2.8	2.8
1.6	1.8	2.1	2.2	2.4	2.6	2.7	3.1	3.1
1.7	1.9	2.2	2.3	2.5	2.8	3.0	3.2	3.3
1.7	2.0	2.2	2.4	2.6	2.8	3.1	3.3	3.3
2.4	2.8	3.2	3.4	3.8	4.1	4.5	4.8	4.8
2.7	3.0	3.5	3.7	4.1	4.5	4.8	5.2	5.2
2.9	3.4	3.8	4.1	4.5	4.9	5.3	5.7	5.7
3.1	3.6	4.0	4.3	4.8	5.2	5.6	6.0	6.0
3.8	4.4	4.9	5.3	5.8	6.3	6.8	7.4	7.4
5.0	5.8	6.6	6.9	7.5	8.4	9.1	9.8	9.8
5.8	6.6	7.4	7.6	8.8	9.7	10.5	11.3	11.3
6.0	6.8	7.6	8.0	9.0	9.8	10.5	11.3	11.3
6.0	6.8	7.6	8.0	9.0	9.8	10.5	11.3	11.3
5.4	6.1	6.9	7.3	8.0	8.8	9.5	10.1	10.3
6.8	8.5	9.7	10.3	11.0	12.3	13.4	14.0	14.1
8.4	9.7	10.8	11.4	13.2	13.7	14.7	16.8	16.5
9.5	10.7	12.0	12.9	14.2	15.5	16.8	18.0	18.0
8.7	10.0	11.2	12.0	13.2	14.5	15.6	16.8	16.5
12.0	13.7	15.4	16.5	18.7	19.8	22.1	23.8	24.0
14.5	16.4	18.5	19.8	21.0	22.8	24.5	26.2	25.5
16.0	18.3	20.5	22.0	24.2	26.4	28.6	30.8	30.0

不符合上述条件时按表5-4-11和表5-4-12引入修正系数 K_1 和 K_2 。

皮 带 截面的 型 号	小轮的计算 直 径 D (毫米)	速					
		16	17	18	19	20	21
		包角 $\alpha = 180^\circ (K_1 = 1)$ 时,					
O	50至63	0.78	0.82	0.84	0.88	0.88	0.91
	至71	1.0	1.07	1.14	1.18	1.18	1.2
	至80	1.1	1.2	1.3	1.3	1.3	1.3
	大于80	1.2	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3
A	80至90	1.2	1.3	1.4	1.4	1.4	1.5
	至100	1.6	1.8	2.0	2.0	2.0	2.1
	至112	1.8	2.0	2.1	2.2	2.2	2.2
	大于112	2.0	2.1	2.2	2.2	2.3	2.3
B	112至125	2.2	2.3	2.5	2.7	2.7	2.7
	至140	3.0	3.2	3.4	3.7	3.7	3.7
	至160	3.3	3.6	3.8	4.0	4.0	4.0
	大于160	3.5	3.7	3.9	4.2	4.2	4.2
C	160至180	3.5	3.7	4.0	4.0	4.0	4.0
	至200	5.0	5.3	5.6	5.9	5.9	5.9
	至225	5.7	6.0	6.3	6.6	6.6	6.6
	至250	6.2	6.5	6.9	7.3	7.3	7.3
	大于250	6.4	6.8	7.2	7.6	7.6	7.6
D	250至280	8.0	8.5	8.9	9.2	9.2	9.2
	至315	10.6	11.0	11.8	12.1	12.1	12.1
	至355	11.9	12.7	13.6	14.0	14.0	14.0
	至400	12.3	13.0	13.9	14.3	14.3	14.3
	大于400	12.3	13.0	13.9	14.3	14.3	14.3
E	400至450	10.8	11.6	12.4	12.9	12.4	13.0
	至500	15.0	16.0	17.0	17.7	17.0	17.8
	至560	17.6	18.7	19.8	20.9	20.0	20.9
	大于560	19.0	20.0	21.0	22.0	22.0	23.0
F	630至710	17.6	18.7	19.8	21.0	20.0	21.0
	至800	25.6	27.2	28.8	30.0	30.0	31.5
	至900	27.2	30.0	30.6	32.3	34.0	35.7
	大于1000	32.0	34.0	36.0	38.0	38.0	38.0

续表

度 v (米/秒)

22	23	24	25	26	27	28	29	30
----	----	----	----	----	----	----	----	----

一根皮带所传递的功率 N_0 (千瓦)

0.95	1.00	1.05	1.05	1.05	1.05	1.1	1.1	1.1
1.26	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.4	1.5	1.5
1.3	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.6	1.6	1.6
1.4	1.4	1.4	1.4	1.5	1.5	1.7	1.7	1.7
1.5	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.7	1.7	1.7
2.1	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.5	2.5	2.5
2.2	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.7	2.7	2.7
2.3	2.4	2.4	2.4	2.6	2.6	2.7	2.7	2.7
2.8	3.0	3.1	2.7	2.9	3.0	3.1	3.2	2.7
3.7	3.9	4.1	3.7	3.9	4.0	4.2	4.3	3.6
4.2	4.4	4.6	4.2	4.4	4.6	4.8	4.9	4.2
4.4	4.6	4.8	4.2	4.4	4.6	4.8	4.9	4.2
4.0	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	5.0	5.0	4.5
5.9	6.7	6.7	6.7	6.7	6.7	7.0	7.0	6.0
6.6	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.6	7.6	6.6
7.3	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	7.5
7.6	8.3	8.3	8.3	8.3	8.3	8.5	8.5	8.0
9.2	10.6	10.6	10.6	10.6	10.6	11.0	11.0	10.0
12.1	14.0	14.0	14.0	14.0	14.0	14.7	14.7	14.0
14.0	16.1	16.1	16.1	16.1	16.1	16.9	16.9	16.0
14.3	16.5	16.5	16.5	16.5	16.5	17.6	17.6	17.0
14.3	16.5	16.5	16.5	16.5	16.5	17.6	17.6	17.0
13.7	14.2	14.7	13.5	14.0	14.6	15.1	15.7	13.2
18.7	19.5	20.5	18.5	19.2	19.9	20.7	21.0	18.0
21.9	22.8	23.8	21.8	22.6	23.5	24.4	25.2	21.0
23.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	26.0	27.0	23.0
22.0	23.0	24.0	22.5	23.4	24.2	25.0	25.0	22.0
33.0	34.5	36.0	32.5	33.8	35.0	36.0	36.0	30.0
37.4	38.9	38.9	37.5	38.9	40.5	42.0	42.0	36.0
38.0	43.0	43.0	40.0	41.0	43.0	45.0	45.0	40.0

表 5-4-11

包角系数 K_1

小轮包角(度)	180	170	160	150	140	130	120	110	100	90	80	70
包角系数(K_1)	1.00	0.97	0.94	0.91	0.88	0.85	0.82	0.79	0.74	0.68	0.62	0.56

表 5-4-12

工作情况系数 K_2

机器等级	载荷性质	机器的名称	一班 工作制	二班 工作制	三班 工作制
1	不超过正常载荷 125%的轻启动载 荷 几乎是不变的工 作载荷	车床, 螺丝车 床, 钻床和磨床, 离心泵和旋转泵	$\frac{1.0}{0.9}$	$\frac{0.9}{0.7}$	$\frac{0.8}{0.6}$
2	不超过正常载荷 150%的启动载荷, 有轻微振动的工作 载荷	铣床, 滚齿机和 自动机床, 活塞 泵, 轻载荷的天轴 传动装置, 带重型 飞轮的锻压机	$\frac{0.9}{0.8}$	$\frac{0.8}{0.7}$	$\frac{0.7}{0.6}$
3	不超过正常载荷 200%的启动载荷, 有相当大振动的工作 载荷	刨床, 插床和插 齿机, 活塞泵反传 动装置和带轻型飞 轮的锻压机	$\frac{0.8}{0.7}$	$\frac{0.7}{0.6}$	$\frac{0.6}{0.5}$

续表

机器等级	载荷性质	机器的名称	一班工作制	二班工作制	三班工作制
4	起动载荷在正常载荷的300%以内, 极不均匀的和冲击的工作载荷	起重机, 升降机, 球磨机, 带有较轻飞轮的锻压机, 截断机等	$\frac{0.7}{0.6}$	$\frac{0.6}{0.5}$	$\frac{0.5}{0.4}$

注 表中数字上行适用于直流电动机, 单相交流电动机及带有集流环的异步交流电动机。下行适用于同步交流电动机, 带有接触环的异步交流电动机及传动轴。

3. 三角皮带轮

表 5-4-13 三角皮带轮计算直径D系列 (GC91-60)

(毫米)

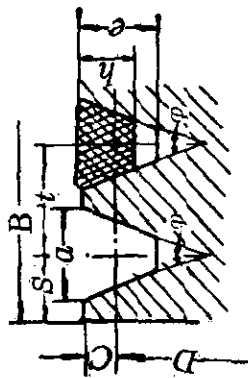
50	(53)	(60)	63	(67)	71	75	80	90	95
100	(106)	112	(118)	125	(132)	140	(150)	160	(170)
180	(190)	200	(212)	224	(236)	250	(265)	280	(300)
315	(335)	355	(375)	400	(425)	(450)	(475)	500	(530)
560	(600)	630	(670)	710	(750)	800	(850)	900	(950)
1000	(1120)	1250	1400	1600	(1800)	2000	2240	2500	

注 括弧内尺寸尽可能不用。

表 5-4-14

三角皮带轮尺寸 (GC91-60)

(毫米)



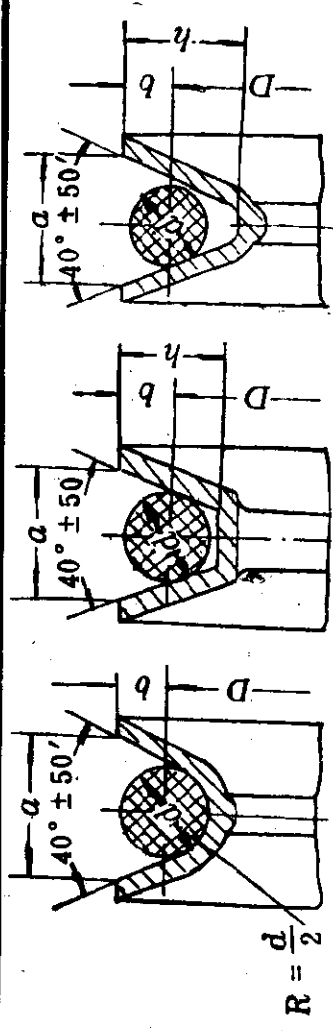
槽型	O	A	B	C	D	E	F
C	2.5 ^{-0.3}	3.5 ^{-0.3}	5 ^{-0.4}	6 ^{-0.8}	8.5 ^{-0.8}	10 ^{-1.0}	12.5 ^{-1.2}
h	6	8	10.5	13.5	19	23.5	30
e	10 ^{+0.5}	12.5 ^{+0.5}	16 ⁺¹	21 ^{+1.0}	28.5 ^{+1.5}	34 ^{+2.0}	43 ⁺²⁰
t	12±0.3	16±0.3	20±0.4	26±0.5	37.5±0.6	44.5±0.7	58±0.8
S	8±1	10 ⁺² ₋₁	12.5 ⁺² ₋₁	17 ⁺² ₋₁	24 ⁺³ ₋₁	29 ⁺⁴ ₋₁	38 ⁺⁴ ₋₁
34°	50~75 10	75~118 13	125~190 17	—	—	—	—
36°	—	—	—	200~280 22.9	315~475 32.5	500~600 38.5	—
38°	80~200 10.2	125~800 13.4	200~1120 17.4	300~1600 23.1	500~2240 32.8	630~2500 38.9	710~2500 50.6

4. 圆皮带轮

表 5-4-15

圆皮带轮尺寸

(毫米)



d	(3)	4	5	6	(7)	8	(9)	10	12
a	4.5	5.6	7.2	8.7	10.2	12.4	13.4	14.4	17.4
h	4	5	6	8	9	11	12	13	15
b	1.6	2.2	2.8	3.3	3.8	4.5	5	5.5	6.5
r	1	1.5	1.5	2	2.5	3	3.5	4	5.5
D	60	80	100	120	140	160	180	200	240

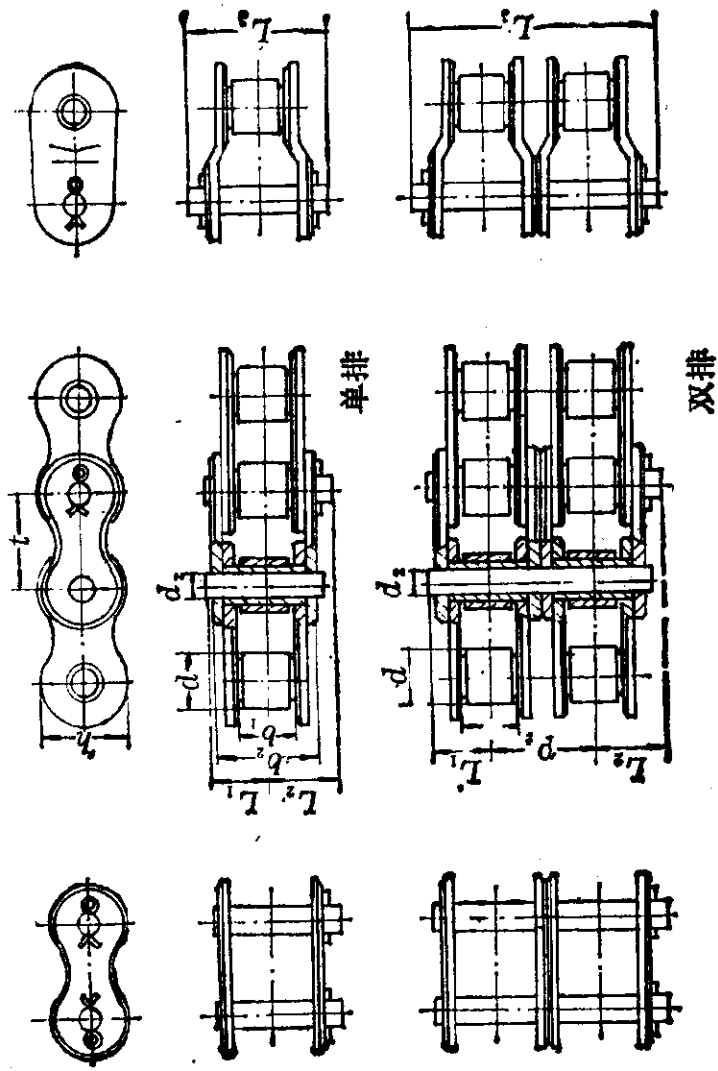
五、链传动

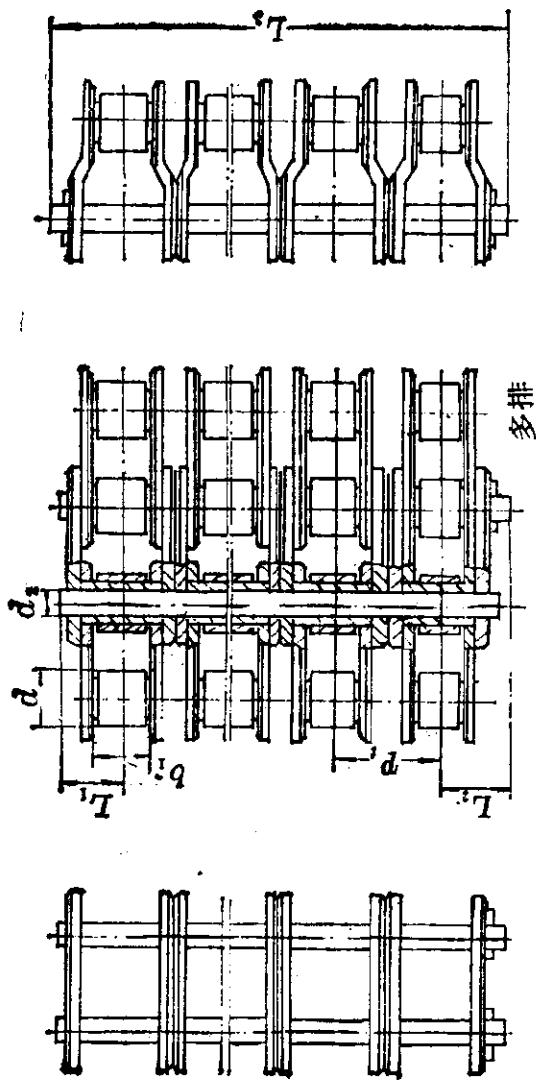
1. 套筒滚子链

(毫米)

套筒滚子链产品技术规范 (GB1243-76)

表 5-5-1





多排

链号	节距 t	滚子直径 d (最大)	内链板内宽 b_1 (最小)	销轴直径 d_2 (最大)	多排链排距 p_1	内链板高度 h	外链节外宽 b_2	连接销轴 (最大)		过渡销轴 L_3 (最大)	最低破断载荷 Q (公斤)		单排链每米重 q (公斤/米)
								L_1	L_2		A级	B级	
TG095	9.525	6.35	5.72	3.30	10.24	直板8.5	10.75	6.20	7.40	—	900	900	0.4
						∞型板8.8	11.23	6.40	7.60				

续表

链号	节距 t	滚子直径 d (最大)	内链板内宽 b_1 (最小)	销轴直径 d_s (最大)	多排链排距 p_t	内链板高度 h	外链节外宽 b_2	连接销轴		过渡销轴 L_s (最大)	最低破断载荷 Q (公斤)		单排链每米重 q (公斤/米)
								L_1	L_2		A级	B级	
TG127	12.70	8.51	7.75	4.55	13.92	12.2	14.04	8.10	9.70	20.53	1800	1800	0.7
TG158	15.875	10.16	9.53	5.08	18.11	15.0	17.94	10.10	11.90	24.74	2200	2200	1.3
TG190	19.05	11.91	12.70	5.95	22.78	18.0	22.66	12.70	14.80	29.95	3200	3200	1.6
TG254	25.40	15.88	15.88	7.94	29.29	23.5	28.96	16.40	19.10	38.30	5800	5000	2.6
TG317	31.75	19.05	19.05	9.52	35.76	30.0	35.36	19.79	23.27	46.54	9000	8000	3.9
TG381	38.10	22.23	25.40	11.10	45.44	35.8	44.99	24.93	28.50	57.01	13500	12000	5.6
TG444	44.45	25.40	25.40	12.70	48.87	41.5	48.23	26.85	31.55	63.05	18000	16000	7.5
TG508	50.80	28.58	31.75	14.30	58.55	48.0	57.94	32.15	36.82	73.63	22700	18500	10.0
TG635	63.50	39.68	38.10	19.84	71.55	60.0	70.66	39.48	44.44	88.88	38000	32000	18.0

注 1. 表列 Q 为单排链值, 多排链的破断载荷为表列数值乘以排数。

2. 连接销轴两端铆接时, 全长为 $2L_1$ 。

3. 滚子链的表示方法规定如下:



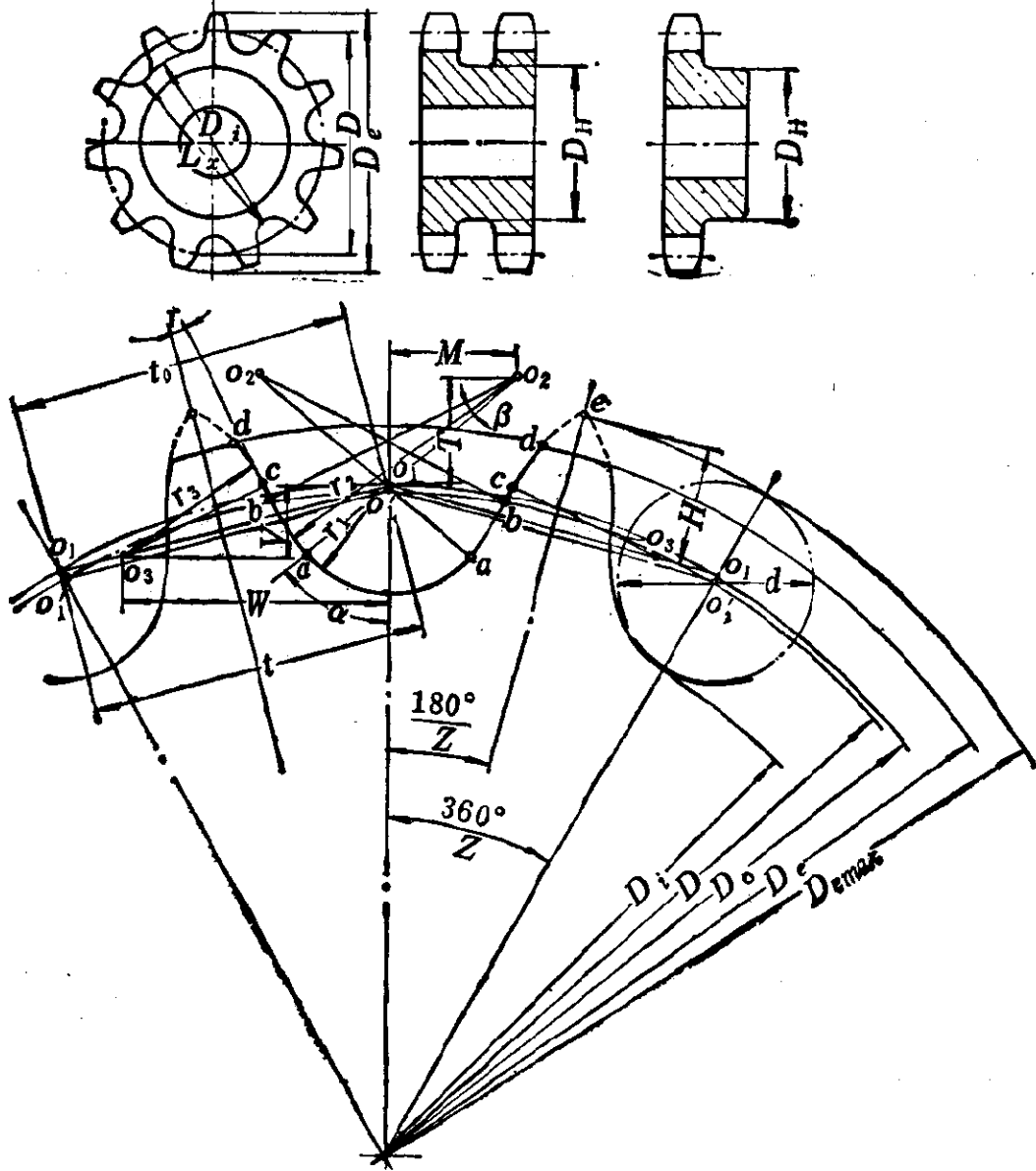
<B级不标><单排不标>

示例: 25.4毫米、A级、单排、67节长的滚子链表示为 TG254A-67 GB1243-76

表 5-5-2 三圆弧——直线齿形链轮的几何尺寸计算

(GB1244-76)

(毫米)



名 称	代 号	计 算 公 式	说 明
链轮节距	t	等于配用链条节距	见表5-5-1
节圆直径	D	$D = \frac{t}{\sin \frac{180^\circ}{Z}} = t \operatorname{csc} \frac{180^\circ}{Z}$	Z 为链轮齿数

续表

名 称	代 号	计 算 公 式	说 明
齿顶圆直径	D_e	$D_e = t \left(0.54 + \operatorname{ctg} \frac{180^\circ}{Z} \right)$	
齿根圆直径	D_i	$D_i = D - d$	d 为用链条滚子直径
齿根距离 (最大)	L_x	$L_x = D_i$ (偶数齿) $L_x = D \cos \frac{90^\circ}{Z} - d$ (奇数齿)	
最大齿侧凸缘直径 或排间槽直径	D_H	$D_H = t \left(\operatorname{ctg} \frac{180^\circ}{Z} - 1 \right) - 0.80$	
分度圆节距	t_0	$t_0 = t \left(1 + \frac{d_1 - d}{D} \right)$	d_1 为齿沟圆弧直径
分度圆直径	D_0	$D_0 = \frac{t_0}{\sin \frac{180^\circ}{Z}} = t_0 \operatorname{csc} \frac{180^\circ}{Z}$	
齿沟圆弧半径	r_1	$r_1 = 0.5025d + 0.05$	
齿沟圆弧直径	d_1	$d_1 = 2r_1 = 1.005d + 0.1$	d_1 允许比左式计算大 $0.003d + 0.12$
齿沟半角	α	$\alpha = 55^\circ - \frac{60^\circ}{Z}$	α 值查表 5-5-3
圆弧中心距离	$\overline{O_1 O_2}$	$\overline{O_1 O_2} = 0.8d$	O_2 点在 aO_1 线的延长线上
齿工作段圆弧 中心 O_2 点坐标	M	$M = 0.8d \sin \alpha$	
	T	$T = 0.8d \cos \alpha$	
齿工作段圆弧半径	r_2	$r_2 = 0.8d + r_1 = 1.3025d + 0.05$	
齿工作段圆弧 中 心 角	β	$\beta = 18^\circ - \frac{56^\circ}{Z}$	β 值查表 5-5-3

续表

名称	代号	计算公式	说明
齿工作段圆弧弦长	\overline{ab}	$\overline{ab} = 2r_s \sin \frac{\beta}{2}$ $= (2.605d + 0.1) \sin \frac{\beta}{2}$	
齿沟圆弧中心至齿顶圆弧中心的距离	$\overline{o_1 o_2}$	$\overline{o_1 o_2} = 1.3d$	o_2 点在相邻两齿沟圆心连线 $o_1 o_1$ 上
齿顶圆弧中心坐标	W V	$W = 1.3d \cos \frac{180^\circ}{Z}$ $V = 1.3d \sin \frac{180^\circ}{Z}$	
齿形半角	γ	$\gamma = 17^\circ - \frac{64^\circ}{Z}$	γ 值可查表5-5-3
齿顶圆弧半径	r_s	$r_s = d(1.3 \cos \gamma + 0.8 \cos \beta - 1.3025) - 0.05$	
齿工作段工作部分长度	\overline{bc}	$\overline{bc} = d(1.3 \sin \gamma - 0.8 \sin \beta)$	
e点至齿沟圆弧中心连线的距离	H	$H = \sqrt{r_s^2 - \left(1.3d - \frac{t_0}{2}\right)^2}$	
齿顶变尖时的圆直径	$D_{e,max}$	$D_{e,max} = t_0 \operatorname{ctg} \frac{180^\circ}{Z} + 2H$	
齿形压力角	最大值	θ_{max}	$\theta_{max} = \angle a o_1 o_2 = 35^\circ - \frac{120^\circ}{Z}$
	最小值	θ_{min}	$\theta_{min} = \angle a o_1 o_2 - \angle \beta$ $= 17^\circ - \frac{64^\circ}{Z}$
	平均值	θ	$\theta = 26^\circ - \frac{92^\circ}{Z}$

- 注 1. 表内前5项为链轮主要尺寸, 计算值以毫米计。对齿顶圆直径 D_e , 最大齿侧凸缘直径或最大排间槽直径 D_H 值含小数取整数; 其它尺寸精确到0.01毫米。
2. 表内5项以后为链轮端面齿形的尺寸, 其中线性尺寸计算值以毫米计量, 精确到0.01毫米; 角度精确到1'。
3. 凡按本标准设计链轮时, 其端面齿形可不画。但在图表中需注明“齿形按GB1244-76规定制造”字样。

表 5-5-3

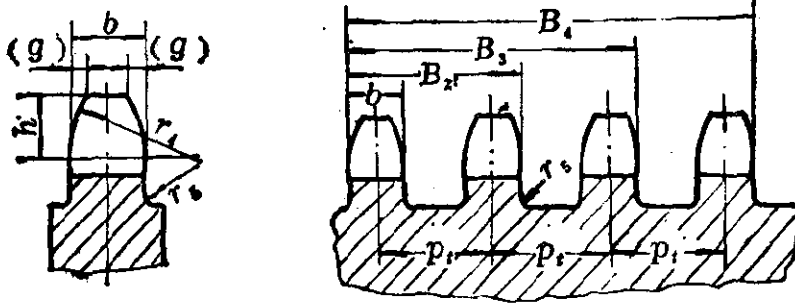
套筒滚子链链轮 α 、 β 、 γ 值

Z	α	β	γ	Z	α	β	γ
10	49°	12°24'	10°36'	46	53°42'	16°47'	15°37'
11	49°23'	12°54'	11°11'	47	53°44'	16°48'	15°38'
12		13°20'	11°40'	48	53°46'	16°50'	15°40'
13	50°23'	13°42'	12°5'	49	53°47'	16°51'	15°42'
14	50°43'	14°	12°26'	50	53°48'	16°53'	15°43'
15	51°	14°16'	12°44'	51	53°49'	16°54'	15°45'
16	51°15'	14°30'	13°	52	53°51'	16°55'	15°46'
17	51°28'	14°42'	13°14'	53	53°52'	16°56'	15°47'
18	51°40'	14°53'	13°27'	54	53°53'	16°58'	15°49'
19	51°51'	15°3'	13°38'	55	53°54'	16°59'	15°50'
20	52°	15°12'	13°48'	56	53°55'	17°	15°51'
21	52°8'	15°20'	13°57'	57	53°57'	17°1'	15°52'
22	52°16'	15°27'	14°5'	58	53°58'	17°2'	15°54'
23	52°23'	15°34'	11°13'	59	53°59'	17°3'	15°55'
24	52°30'	15°40'	14°20'	60	54°	17°4'	15°56'
25	52°36'	15°45'	14°26'	61	54°1'	17°5'	15°57'
26	52°41'	15°50'	14°32'	62	54°2'	17°6'	15°58'
27	52°46'	15°55'	14°38'	63	54°3'	17°7'	15°59'
28	52°51'	16°	14°43'	64	54°4'	17°8'	16°
29	52°56'	16°4'	14°48'	65	54°5'	17°8'	16°1'
30	53°	16°3'	14°52'	66	54°5'	17°9'	16°2'
31	53°4'	16°11'	14°56'	67	54°6'	17°10'	16°3'
32	53°7'	16°15'	15°	68	54°7'	17°11'	16°3'
33	53°11'	16°18'	15°4'	69	54°8'	17°11'	16°4'
34	53°14'	16°21'	15°7'	70	54°9'	17°12'	16°5'
35	53°17'	16°24'	15°10'	71	54°9'	17°12'	16°6'
36	53°20'	16°27'	15°13'	72	54°10'	17°13'	16°7'
37	53°23'	16°29'	15°16'	73	54°11'	17°14'	16°7'
38	53°26'	16°32'	15°19'	74	54°11'	17°15'	16°8'
39	53°28'	16°34'	15°22'	75	54°12'	17°15'	16°9'
40	53°30'	16°36'	15°24'	76	54°13'	17°16'	16°9'
41	53°32'	16°38'	15°26'	77	54°13'	17°16'	16°10'
42	53°34'	16°40'	15°28'	78	54°14'	17°17'	16°11'
43	53°36'	16°42'	15°31'	79	54°14'	17°17'	16°11'
44	53°38'	16°44'	15°33'	80	54°15'	17°18'	16°12'
45	53°40'	16°45'	15°35'				

表 5-5-4

套筒滚子链链轮的轴面齿形
(GB1244-76)

(毫米)



节距 t	链 条		轴 面 齿 形							排距 p_1
	滚子 直径 d	内链板 内 宽 b_1	倒角宽 g	倒角深 h	倒角 半径 r_1	圆角 半径 r_2	齿 宽 b			
							单排	2、3排	4排 以上	
9.525	6.35	5.72	1.2	4.8	10.1	0.5	5.2	5.0	4.6	10.24
12.7	8.51	7.75	1.6	6.4	13.5	0.5	7.1	6.8	6.4	13.92
15.875	10.16	9.53	2.0	7.9	16.9	0.5	8.7	8.4	7.9	18.11
19.05	11.91	12.70	2.4	9.5	20.3	0.5	11.7	11.3	10.6	22.78
25.4	15.88	15.88	3.2	12.7	27.0	1.0	14.6	14.1	13.3	29.29
31.75	19.05	19.05	4.0	15.9	33.8	1.0	17.6	17.0	16.1	35.78
38.10	22.23	25.40	4.8	19.0	40.5	1.0	23.5	22.7	21.5	45.44
44.45	25.4	25.40	5.6	22.2	47.3	2.0	23.5	22.7	21.5	48.87
50.80	28.58	31.75	6.4	25.4	54.0	2.0	29.4	28.4	27.0	58.55
63.50	39.68	38.10	7.9	31.8	67.5	2.0	35.3	34.1	32.5	71.55

注 链轮齿总宽 $B_n = (n-1)p_1 + b$, 式中 n ——排数。

对于非上述标准的套筒滚子链链轮的轴面齿形, 其几何尺寸按表5-5-5计算。

表 5-5-5 套筒滚子链链轮轴面齿形几何尺寸计算 (毫米)

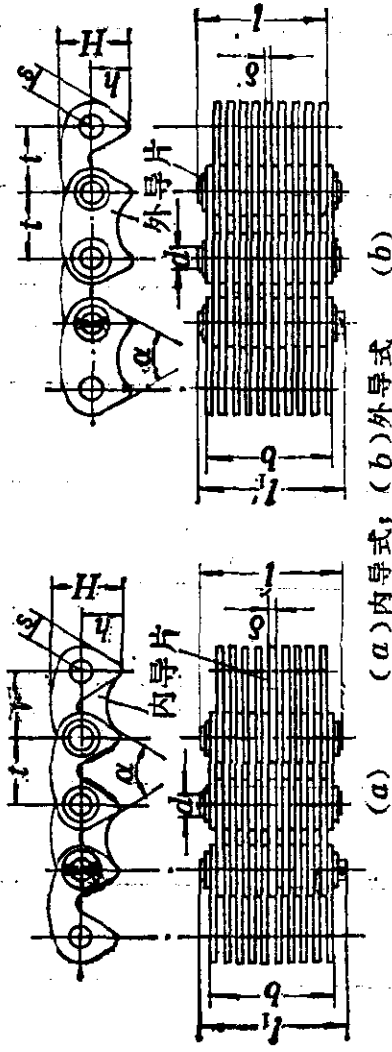
名 称	代号	计 算 公 式		说 明
轴面齿形圆弧半径	r_s	$r_s = 1.8d$		d ——滚子直径
倒圆深度	h	$h = 0.8bd$ (参考尺寸)		
倒圆宽度	g	$g = 0.22d$		
圆角半径	r_s	$t \leq 15$	$V_s = 1.0$	
		$15 < t \leq 35$	$V_s = 1.5$	
		$t > 35$	$V_s = 2.5$	
齿 宽	b	单 列	$b = 0.93b_1 - 0.15$	b ——内链板内宽
		双 列	$b = 0.90b_1 - 0.15$	
		多 列	$b = 0.86b_1 - 0.15$	
多列链链轮总齿宽	B_H	$B_H = (n-1)p_t + b$		p_t ——链的排距 n ——链的排数
齿侧凸缘直径(最大)	D_H	$D_H = t \left(\operatorname{ctg} \frac{180^\circ}{Z} - 1 \right) - 0.8$		

2. 齿形链(无声链)

表 5-5-6

齿形链基本参数与尺寸 (齿楔角 $\alpha = 60^\circ$) (JB1839-76)

(毫米)



链号	节距 t	链宽 b	s	H	h	δ	导片形式	片数 n	l_{max}	l_{1max}	破断载荷 Q (公斤) \geq	每米重量 q (公斤) \approx	销轴直径 d	
													圆销式	轴瓦式
C095		13.5					外	9	18.5	20	1000	0.60		
		16.5					内外	11	21.5	23	1250	0.73		
		19.5					外	13	24.5	26	1500	0.83		
		22.5					内外	15	27.5	29	1750	1.00		
		28.5	3.57	10.00	5.24	1.5	内	19	33.5	35	2250	1.26	3.95	2.7
		34.5					内	23	39.5	41	2750	1.53		
		40.5					内	27	45.5	47	3250	1.79		
		46.5					内	31	51.5	53	3750	2.06		
		52.5					内	35	57.5	59	4250	2.33		

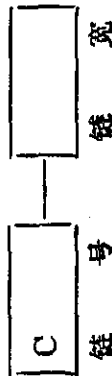
链号	节距 t	链宽 b	s	H	h	δ	导片 形式	片数 n	l_{max}	$l_{1,max}$	破断载荷 Q (公斤) \geq	每米重量 q (公斤) \approx	销轴直径 d	
													圆销式	轴瓦式
C127		19.5					外	13	24.5	26	2340	1.15		
		22.5					内外	15	27.5	29	2740	1.33		
		25.5					外	17	30.5	32	3130	1.50		
		28.5					内	19	33.5	35	3520	1.68		
		34.5					内	23	39.5	41	4300	2.04		
		40.5	4.76	13.34	6.99	1.5	内	27	45.5	47	5080	2.39	4.94	3.3
		46.5					内	31	51.5	53	5860	2.74		
		52.5					内	35	57.5	59	6640	3.10		
		58.5					内	39	63.5	65	7430	3.45		
		64.5					内	43	69.5	71	8210	3.81		
	70.5					内	47	75.5	77	8990	4.16			
C158		30						15	37	38.5	4560	2.21		
		38						19	45	46.5	5860	2.80		
		46						23	53	54.5	7170	3.39		
		54	5.95	16.67	8.73	2.0	内导	27	61	62.5	8470	3.99	5.92	4.1
		62						31	69	70.5	9770	4.58		

	70							35	77	78.5	11100	5.17	
	78							39	85	86.5	12400	5.76	
C190	38							19	45	46.5	7040	3.37	
	46							23	53	54.5	8600	4.08	
	54							27	61	62.5	10200	4.78	
	62	19.05	7.14	20.0	10.48	2.0	内导	31	69	70.5	11700	5.50	
	70							35	77	78.5	13300	6.20	
	78							39	85	86.5	14900	6.91	
	86							43	93	94.5	16400	7.62	
94							47	101	102.5	18000	8.33		
												6.90	4.9
C254	46							23	54	56	11500	5.43	
	54							27	62	64	13600	6.38	
	62							31	70	72	15600	7.32	
	70	25.4	9.53	26.67	13.97	2.0	内导	35	78	80	17700	8.27	
	78							39	86	88	19800	9.21	
	86							43	94	96	21900	10.16	
	94							47	102	104	24000	11.10	
102							51	110	112	26100	12.05		
												8.90	6.8
C317	57							19	67	69	16500	8.42	
	69	31.75	11.91	33.34	17.46	3.0	内导	23	79	81	20100	10.19	
	81							27	91	93	23700	11.96	
												10.84	9.0

续表

链号	节距 t	链宽 b	s	H	h	δ	导片形式	片数 n	l_{max}	l_{imax}	破断载荷 Q (公斤) \geq	每米重量 q (公斤) \approx	销轴直径 d	
													圆销式	轴瓦式
C317	31.75	93	11.91	33.34	17.46	3.0	内导	31	103	105	27300	13.73	10.84	9.0
		105						115	117	31000	15.50			
		117						127	129	34600	17.27			
C381	38.10	69	14.20	40.01	20.96	3.0	内导	23	81	83	24100	12.22	12.80	11.0
		81						93	95	28500	14.35			
		93						105	107	32800	16.48			
		105						117	119	37100	18.61			
		117						129	131	41500	20.73			
		129						141	143	45800	22.86			
141	153	155	50200	24.99										

注 齿形链的表示方法如下:



导片形式
N: 内导片
W: 外导片

铰链形式
X: 圆锥式
Z: 轴瓦式
G: 滚柱式

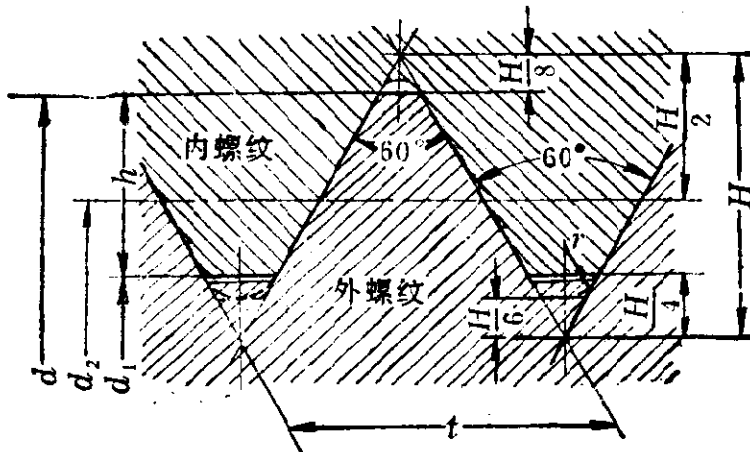
JB1839-67

示例, 节距 $t = 12.7$ 毫米, 链宽 $b = 28.5$ 毫米, 节数为 48 节的内导圆销式齿形链, 其代号表示为 C127-28.5NX48 JB1839-76

六、螺 纹

1. 普通螺纹

表 5-6-1 普通螺纹的基本尺寸 (GB196-63) (毫米)



$$H = 0.8660t \quad h = 0.5413t \quad d_2 = d - 0.6495t \quad d_1 = d - 1.0825t \quad r = 0.1443t$$

标记示例

M24-2(粗牙普通螺纹, 直径24毫米、螺距3毫米、精度2级)

M24×2-3(细牙普通螺纹, 直径24毫米、螺距2毫米、精度3级)

M36×3-2/2a(细牙普通螺纹, 直径36毫米、螺距3毫米、精度: 内螺纹2级、外螺纹2a级)

(如果在图样中, 两结合件装配在一起, 并且具有不同等级的公差, 则公差可用分数形式表示。分子表示内螺纹精度等级, 分母表示外螺纹精度等级)

公称直径 d			螺 距 t	
第一系列	第二系列	第三系列	粗 牙	细 牙
1		1.1	0.25	0.2
1.2				
	1.4		0.3	
1.6	1.8		0.35	

续表

公称直径 d			螺 距 t	
第一系列	第二系列	第三系列	粗 牙	细 牙
2			0.4	0.25
	2.2		0.45	
2.5			0.45	0.35
3			0.5	
	3.5		(0.6)	
4			0.7	0.5
		4.5	(0.75)	
5			0.8	
		(5.5)		
6		7	1	0.75, (0.5)
8			1.25	1, 0.75, (0.5)
		9	(1.25)	
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	22			

续表

公称直径 d			螺距 t	
第一系列	第二系列	第三系列	粗牙	细牙
24			3	2, 1.5, 1, (0.75)
		25		2, 1.5, (1)
		(26)		1.5
	27		3	2, 1.5, 1, (0.75)
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	45		4.5	(4), 3, 2, 1.5, (1)
48			5	
		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

续表

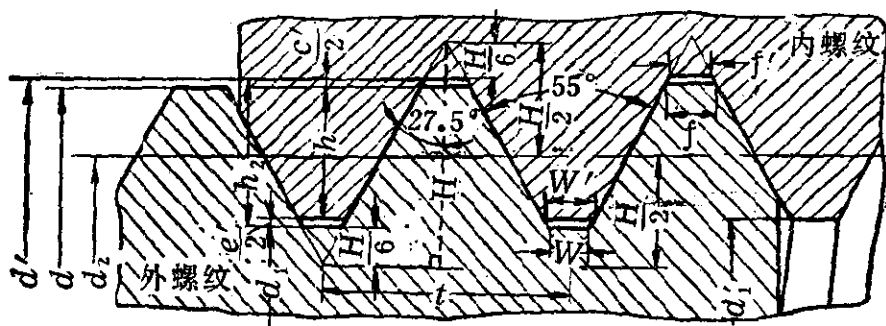
公称直径 d			螺 距 t	
第一系列	第二系列	第三系列	粗 牙	细 牙
64			6	4, 3, 2, 1.5, (1)
		65		(4), (3), 2, 1.5
	68		6	4, 3, 2, 1.5, (1)
		70		(6), (4), (3), 2, 1.5
72				6, 4, 3, 2, 1.5, (1)
		75		(4), (3), 2, 1.5
	76			6, 4, 3, 2, 1.5, (1)
		(78)		2
80				6, 4, 3, 2, 1.5, (1)
		(82)		2
	85			6, 4, 3, 2, (1.5)
90	95			
100	105			
115				

- 注 1. 优先选用第一系列, 其次是第二系列, 第三系列尽可能不用。
 2. M14×1.25仅用于火花塞; M35×1.5仅用于滚珠轴承锁紧螺母。
 3. 括号内尺寸尽可能不用。

2. 英制螺纹

表 5-6-2

英制55°螺纹的基本尺寸



$$t = \frac{25.4}{n} \quad H = 0.96049t \quad h_2 = 0.64033t \quad h = h - \left(\frac{e'}{2} + \frac{c'}{2} \right)$$

$$d' = \text{公称直径} \quad d = d' - c' \quad d_1 = d' - 2h_2 \quad d'_1 = d' - 2h_2 + e' \quad d_2 = d' - h_2$$

$$f = 0.2057t + 0.026 \quad W = f' = 0.1667t \quad W' = 0.2437t \quad e' \approx 0.148t$$

$$c' = 0.075t + 0.05$$

标记示例

3/8" (英制螺纹, 公称直径3/8英寸, 每英寸16扣)

公称直径 d_1 (英寸)	每英寸扣数 n	螺距 t (毫米)	公称直径 d_1 (英寸)	每英寸扣数 n	螺距 t (毫米)
3/16	24	1.058	1 1/2	6	4.233
1/4	20	1.270	(1 5/8)	5	5.08
5/16	18	1.411	1 3/4		
3/8	16	1.588	(1 7/8)	4 1/2	5.644
(7/16)	14	1.814	2		
1/2	12	2.117	2 1/4	4	6.35
(9/16)			2 1/2		
5/8	11	2.309	2 3/4	3 1/2	7.257
3/4	10	2.540	3		
7/8	9	2.822	3 1/4	3 1/4	7.815
1	8	3.175	3 1/2		
1 1/8	7	3.629	3 3/4	3	8.467
1 1/4					
(1 3/8)	6	4.233	4		

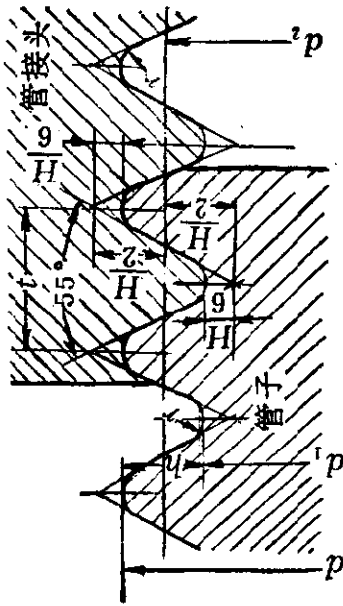
注 括号内尺寸尽可能不采用。

3. 圆柱管螺纹

表 5-6-3

圆柱管螺纹的基本尺寸

(毫米)



$$t = \frac{25.4}{n} \quad H = 0.96049t \quad h = 0.64033t \quad d_2 = d - h = d - 0.64033t \quad d_1 = d - 2h = d - 1.28062t \quad r = 0.13733t$$

标记示例

G3/4" (圆柱管螺纹, 管子公称直径3/4英寸, 每英寸14扣)

公称直径 (英寸)	每英寸扣数 n	螺距 t	螺 纹 直 径			工作高度 h	圆角半径 r	内 螺 纹 钻孔直径 d_r
			外 径 d	中 径 d_2	内 径 d_1			
(1/8)	28	0.907	9.729	9.148	8.567	0.581	0.125	8.8
1/4	19	1.337	13.158	12.302	11.446	0.856	0.184	11.7
3/8			16.663	15.807	14.951			15.2

1/2			20.956	19.794	18.632			18.9
(5/8)		1.814	22.912	21.750	20.588		0.249	20.8
3/4	14		26.442	25.281	24.119	1.162		24.3
(7/8)			30.202	29.040	27.878			28.1
1			33.250	31.771	30.293			30.5
(1 ¹ / ₈)			37.898	36.420	34.941			35.2
(1 ¹ / ₄)			41.912	40.433	38.954			39.2
(1 ³ / ₈)			44.325	42.846	41.367			41.6
1 ¹ / ₂			47.805	46.326	44.847			45.1
(1 ³ / ₄)			53.748	52.270	50.791			51.0
2		2.309	59.616	58.137	56.659			56.9
(2 ¹ / ₄)	11		65.712	64.234	62.755	1.479	0.317	63.0
2 ¹ / ₂			75.187	73.708	72.230			72.5
(2 ³ / ₄)			81.537	80.058	78.580			78.8
3			87.887	86.409	84.930			85.2
(3 ¹ / ₂)			100.334	98.855	97.376			97.6
4			113.034	111.556	110.077			110.2
5			138.435	136.957	135.478			135.7
6			163.836	162.357	160.879			161.1

注 1. 公称直径近似为管子孔径;
2. 括号内尺寸尽可能不用。

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	14.951	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	9.5	26.442	25.281	24.119	23.524		
1			19	11	33.250	31.771	30.293	29.606		
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	56.059	55.659		
2 1/2	11	2.309	30	18.5	75.187	73.708	72.230	71.074	1.479	0.317
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.公称直径近似为管子孔径。

2.这种螺纹可不用填料(麻丝、纱线涂铅丹等)就能阻止渗漏。在4~5公斤/厘米²压力下(自来水管等)管端圆锥外螺纹与接头上圆柱内螺纹偶合,已足够紧密。

圆锥螺纹的管子与管接头的连接通常用于高温及高压条件下。

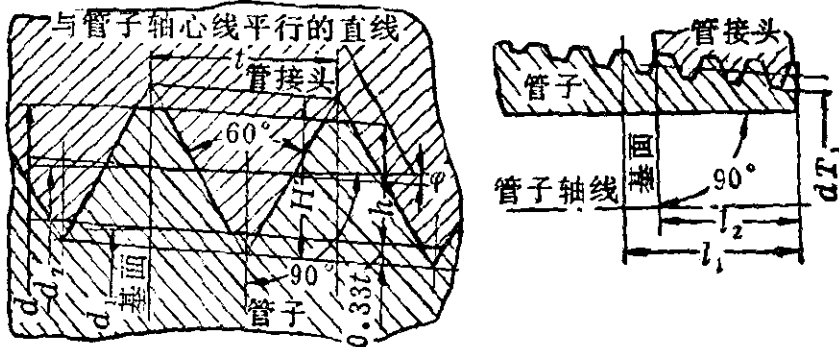
3.本螺纹基面上各直径等于圆柱管螺纹的各相应直径。当同一公称尺寸的管与接头旋合而无过盈时,螺纹接合长度等于 l_1 。

4.不论实际上 l_1 值为何, l_1 与 l_2 之差不得小于本表中的 $l_1 - l_2$ 。
 dT_1 的尺寸供参考。

表 5-6-5

布锥管螺纹 (60°) 基本尺寸

(毫米)



$$t = \frac{25.4}{n} \quad H = 0.866t \quad h = 0.8t \quad \varphi = 1^\circ 47' 24'' \quad \text{锥度 } 2t \tan \varphi = 1:16$$

标记示例

Z1/4" (布锥管螺纹, 管子公称直径1/4英寸, 每英寸18扣)

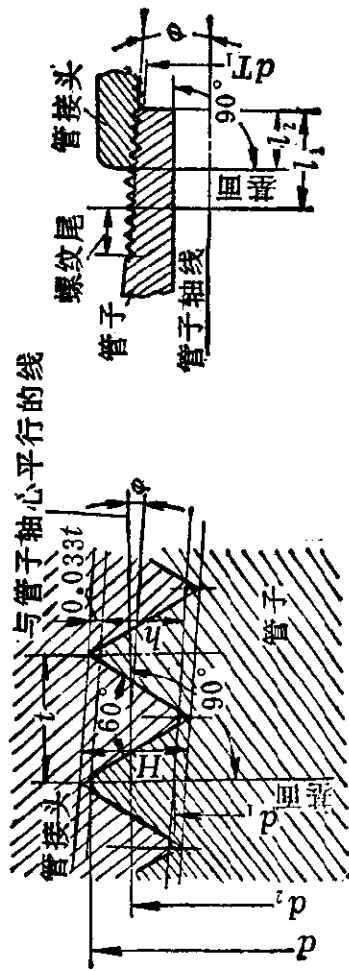
公称直径 (英寸)	每英寸 扣数 n	螺距 t	螺纹长度		基面上螺纹直径			管端螺 纹内径 dT_1	工作 高度 h
			工作 长度 l_1	自管端 至基面 l_2	外径 d	中径 d_2	内径 d_1		
1/16	27	0.941	6.5	4.064	7.895	7.142	6.389	6.135	0.753
1/8			7	4.572	10.272	9.519	8.766	8.480	
1/4	18	1.411	9.5	5.080	13.572	12.443	11.314	10.997	1.129
3/8			10.5	6.096	17.055	15.926	14.797	14.416	
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	10.668	41.985	40.218	38.451	37.784	
1 1/2			18.5	10.668	48.054	46.287	44.520	43.853	
2			19	11.074	60.092	58.325	56.558	55.866	

- 注
1. 公称直径近似为管子孔径;
 2. 本螺纹有时用于机器上燃料管、水管、气管的连接;
 3. 螺纹偶合中, 具有完整形状的扣数并未规定, 但任何情况下不得少于 2 牙;
 4. dT_1 尺寸供参考。

表 5-6-6

装置油杯用锥管螺纹 (M6 × 1) 的基本尺寸 (毫米)

(毫米)



$$H = 0.866t \quad h = 0.8t \quad \phi = 1^{\circ}47'24'' \quad \text{锥度} 2tg\phi = 1:16$$

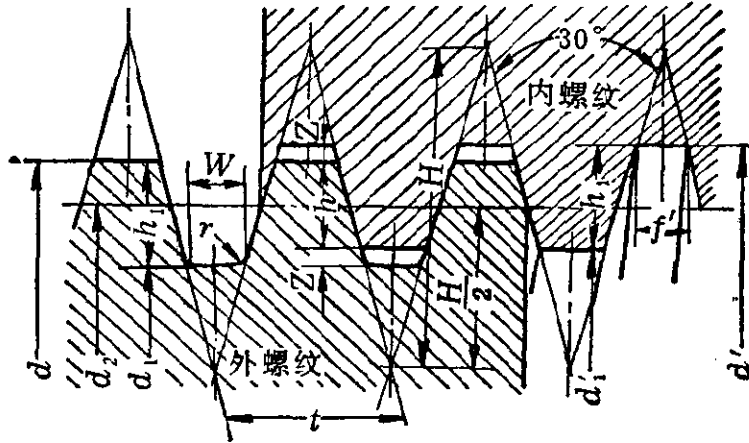
螺纹标记	螺距 t	螺纹长度		基准面处尺寸			管子端面 螺纹内径 d_{T_1}	螺纹工作 高度 h
		有效长度 l_1	自管端至 基面长度 l_2	外径 d	中径 d_2	内径 d_1		
M6 × 1 锥螺纹	1	5	4	6.15	5.35	4.55	4.3	0.8

5. 梯形螺纹

表 5-6-7

公制梯形螺纹 (30°) 的牙型尺寸

(毫米)



$$H = 1.866t \quad h_1 = 0.5t + Z \quad h = 0.5t \quad W = f' = 0.366t - 0.536Z$$

$$d_2 = d - 0.5t \quad d_1 = d - t - 2Z \quad d' = d + 2Z \quad d_1' = d - t \quad F = \frac{\pi}{4} d_1'$$

标记示例

T32×6-2(梯形螺纹, 直径32毫米, 螺距6毫米、精度2级)

T32×12/2-3左(梯形螺纹, 直径32毫米、导程12毫米、双头、精度3级左旋)

T36×6-2/3(梯形螺纹, 直径36毫米、螺距6毫米、内螺纹精度2级、外螺纹精度3级)

螺 距 t	螺纹高度 h_1	工作高度 h	牙底宽度 $W = f'$	间 隙 Z	圆角半径 $r_{\text{最大}}$
2	1.25	1	0.598		
3	1.75	1.5	0.964	0.25	0.2
4	2.25	2	1.330		
5	3	2.5	1.562		
6	3.5	3	1.928		
8	4.5	4	2.660	0.5	0.3
10	5.5	5	3.392		
12	6.5	6	4.124		

续表

螺 距 t	螺纹高度 h_1	工作高度 h	牙底宽度 $W = f'$	间 隙 Z	圆角半径 $r_{\text{最大}}$
16	9	8	5.320	1.0	0.5
20	11	10	6.784		
24	13	12	8.248		
32	17	16	14.176		
40	21	20	14.104		
48	25	24	77.033		

尺 寸 计 算

螺 距 t	外螺纹内径 d_1	内外螺纹中径 d_2	内螺纹外径 d'	内螺纹内径 d'_1
2	$d - 2.5$	$d - 1$	$d + 0.5$	$d - 2$
3	$d - 3.5$	$d - 1.5$		$d - 3$
4	$d - 4.5$	$d - 2$		$d - 4$
5	$d - 6$	$d - 2.5$	$d + 1$	$d - 5$
6	$d - 7$	$d - 3$		$d - 6$
8	$d - 9$	$d - 4$		$d - 8$
10	$d - 11$	$d - 5$		$d - 10$
12	$d - 13$	$d - 6$		$d - 12$
16	$d - 18$	$d - 8$	$d + 2$	$d - 16$
20	$d - 22$	$d - 10$		$d - 20$
24	$d - 26$	$d - 12$		$d - 24$
32	$d - 34$	$d - 16$		$d - 32$
40	$d - 42$	$d - 20$		$d - 40$
48	$d - 50$	$d - 24$		$d - 48$

表 5-6-8

公制梯形螺纹的直径与螺距

(GB784-65)

(毫米)

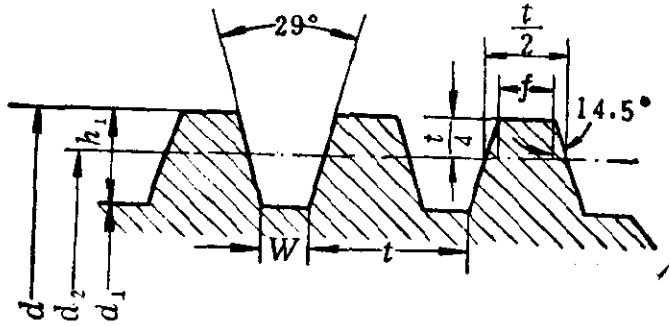
公称直径 d			螺 距 t	公称直径 d			螺 距 t	公称直径 d			螺 距 t	
第一系列	第二系列	第三系列		第一系列	第二系列	第三系列		第一系列	第二系列	第三系列		
10			3, 2	60	55		12, 8, 3	250		240	40, 24, 12	
12	14					65			280	360		
16			4, 2	80	70		16, 10, 4			300		
20	18					75			320			
26	22	24	8, 5, 2	100		85	20, 12, 5	400		340	48, 12	
	28				110	90				360		380
32		30		120			24, 16, 6		440	420	16	
36		34				130			500	460		480
40		38				140						
		42			160			150				
	44		12, 8, 3			170	24, 16, 8			520	20	
		46				180			560	540		
		48						190		580		
50		52			200				600			
						210	32, 20, 8			620	24	
						220				640		

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 5-6-9

英制梯形螺纹 (29°) 基本尺寸

(毫米)



$$t = \frac{25.4}{n} \quad h_1 = 0.5t + 0.254 \quad f = 0.3707t$$

$$d_2 = d - 0.5t \quad W = f - 0.13$$

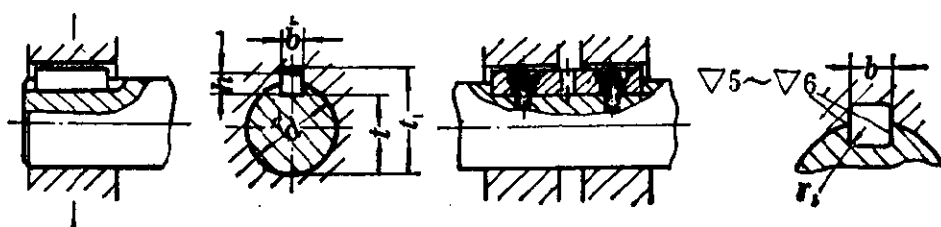
螺纹直径 d (英寸)	每英寸扣数 n	螺距 t	螺纹高度 h_1	顶宽 f	底宽 W
1/4	16	1.588	1.048	0.588	0.458
5/16	14	1.814	1.161	0.673	0.543
3/8~7/16	12	2.117	1.313	0.785	0.655
1/2	10	2.54	1.524	0.942	0.812
5/8	8	3.175	1.842	1.177	1.047
3/4~7/8	6	4.233	2.371	1.569	1.439
1~1 1/4	5	5.08	2.794	1.883	1.753
1 3/4~2	4	6.35	3.429	2.354	2.224
2 1/4~2 3/4	3	8.467	4.487	3.139	3.009
3~5	2	12.7	6.604	4.708	4.578

七、 键

1. 普通平键联接

表 5-7-1

平键的剖面及键槽尺寸



标记示例

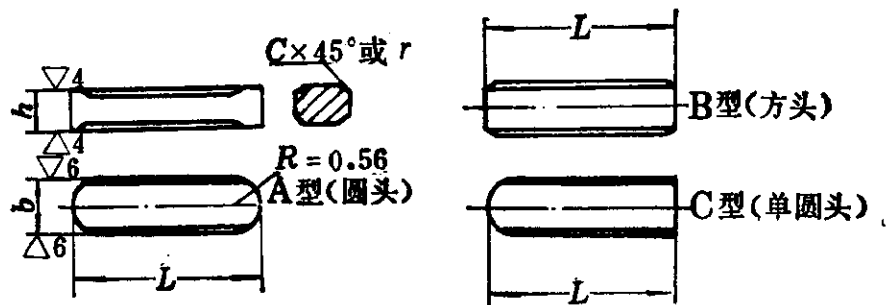
键16×100GB1096-79(圆头普通平键A型, $b=16$ 毫米, $h=10$ 毫米, $L=$
 键B16×100GB1096-79(圆头普通平键B型, $b=16$ 毫米, $h=10$ 毫米, $L=$
 键C16×100GB1096-79(圆头普通平键C型, $b=16$ 毫米, $h=10$ 毫米, $L=$

轴	键					
	b		h		L	C 或 r
公称尺寸	公称尺寸	极限偏差	公称尺寸	极限偏差	公称尺寸	
d	b	(h9)	h	(h11)	L (h14)**	
自6~8	2	0	2	0 -0.06	6~20	0.16~0.25
>8~10	3	-0.025	3	(0* -0.025)	6~36	
>10~12	4	0 -0.030	4	0 -0.075	8~45	0.25~0.40
>12~17	5		5	(0* -0.030)	10~56	
>17~22	6	6		14~70		
>22~30	8	0 -0.036	7	0	18~90	0.40~0.60
>30~38	10		8	-0.090	22~110	

联 接

(GB1095-79) (GB1096-79)

(毫米)



100毫米)

100毫米)

100毫米)

键						槽				半径 r_1
宽 度 b						深 度				
公称 尺寸	极 限 偏 差					轴 t		毂 t_1		
	较松键联接		一般键联接		较紧 键联接	公称	极限	公称	极限	
b	轴 (H9)	毂 (D10)	轴 (N9)	毂 (JS9)	轴与毂 (P9)	尺寸	偏差	尺寸	偏差	
2	+0.025	+0.060	-0.004		-0.006	1.2		1		0.08 ~0.16
3	0	+0.020	-0.029	± 0.0125	-0.031	1.8	+0.1	1.4	+0.1	
4						2.5	0	1.8	0	0.16 ~0.25
5	+0.030	+0.078	0	± 0.015	-0.012	3.0		2.3		
6	0	+0.030	-0.030		-0.042	3.5		2.8		
8						4.0	+0.2	3.3	+0.2	0.25 ~0.40
10	+0.036	+0.098	0	± 0.018	-0.015	5.0	0	3.3	0	

轴		键				
公称尺寸	b		h		L	C或r
	公称尺寸	极限偏差	公称尺寸	极限偏差	公称尺寸	
d	b	(h9)	h	(h11)	L (h14)**	
>38~44	12	0 -0.043	8	0 -0.090	28~140	0.40~0.60
>44~50	14		9		36~160	
>50~58	16		10		45~180	
>58~65	18		11		50~200	
>65~75	20	0 -0.052	12	0 -0.110	56~220	0.60~0.80
>75~85	22		14		63~250	
>85~95	25		14		70~280	
>95~110	28		16		80~320	
>110~130	32	0 -0.062	18	0 -0.130	90~360	1.0~1.2
>130~150	36		20		100~400	
>150~170	40		22		100~400	
>170~200	45		25		110~450	
>200~230	50	0 -0.074	28	0 -0.160	125~500	1.6~2.0
>230~260	56		32		140~500	
>260~290	63		32		160~500	
>290~330	70		36		180~500	
>330~380	80	0 -0.087	40		200~500	2.5~3.0
>380~440	90		45		220~500	
>440~500	100		50		250~500	

* 括号内尺寸为h9, 适用于B型键。 ** 平键长度L按如下系列选择: 63, 70, 80, 90, 100, 110, 125, 140, 160, 180, 200, 220, 250,
注 1. 在工作图中, 轴槽深用t或(d-t)标注, 轮毂槽深用(d+t)标注, 极限偏差值应取负号(-)。 2. 除轴伸外在保证传递所需扭矩条件下, 允
毂槽接触高度各为 $\frac{h}{2}$ 。 3. 平键轴槽的长度公差用H14。

续表

键						槽				半径 r_1
宽度 b						深度				
公称 尺寸	极限偏差					轴 t		毂 t_1		
	较松键联接		一般键联接		较紧键联接	公称	极限	公称	极限	
b	轴 (H9)	毂 (D10)	轴 (N9)	毂 (JS9)	轴与毂 (P9)	尺寸	偏差	尺寸	偏差	
12						5.0		3.3		
14	+0.043	+0.120	0	+0.0215	-0.018	5.5		3.8	0.25	
16	0	+0.050	-0.043		-0.061	6.0		4.3	~0.40	
18						7.0		4.4		
20						7.5	+0.2 0	4.9	+0.2 0	
22	+0.052	+0.149	0	± 0.026	-0.022	9.0		5.4		
25	0	+0.065	-0.052		-0.074	9.0		5.4	0.40 ~0.60	
28						10.0		6.4		
32						11.0		7.4		
36						12.0		8.4		
40	+0.062	+0.180	0	± 0.031	-0.026	13.0		9.4	0.70 ~1.0	
45	0	+0.080	-0.062		-0.088	15.0		10.4		
50						17.0		11.4		
56						20.0	+0.3 0	12.4	+0.3 0	
63	+0.074	+0.220	0	± 0.037	-0.032	20.0		12.4	1.2 ~1.6	
70	0	+0.100	-0.074		-0.106	22.0		14.4		
80						25.0		15.4		
90	+0.087	+0.260	0	+0.0435	-0.037	28.0		17.4	2.0 ~2.5	
100	0	+0.120	-0.087		-0.124	31.0		19.5		

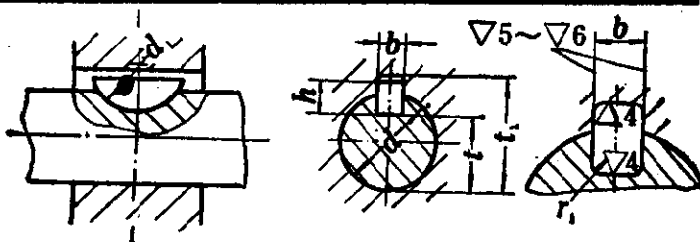
6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 25, 28, 32, 36, 40, 45, 50, 56, 280, 320, 360, 400, 450, 500。极限偏差按 GB1801-79h14 标注。

注。两组组合尺寸的极限偏差按相应的 t 和 t_1 的极限偏差选取, 但 $(d-t)$ 极许采用较小剖面的键, 但 t 和 t_1 的数值必要时重新计算, 使键侧与轴槽及轮

2. 半圆键联接

表 5-7-2

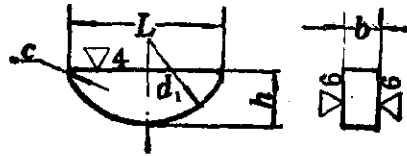
半圆键的剖面 and 键槽尺寸



标记示例：键6×25GB1099-79(半圆键 $b = 6$ 毫米， $h = 10$ 毫米， $d_1 = 25$)

轴 径 d		键							
键 传 递	键 定	键 宽		高 度		直 径		L	C
		公称尺寸	极限偏差	公称尺寸	极限偏差	公称尺寸	极限偏差		
扭 矩	位 用	b	(h9)	h	(h11)	d_1	(h12)	~	
自3~4	自3~4	1.0		1.4	0	4	$^0_{-0.120}$	3.9	
>4~5	>4~6	1.5		2.6	-0.060	7		6.8	
>5~6	>6~8	2.0		2.6		7	0	6.8	0.16
>6~7	>8~10	2.0	-0.025	3.7		10	$^0_{-0.150}$	9.7	~0.25
>7~8	>10~12	2.5		3.7	-0.075	10		9.7	
>8~10	>12~15	3.0		5.0		13		12.7	
>10~12	>15~18	3.0		6.5		16	$^0_{-0.180}$	15.7	
>12~14	>18~20	4.0		6.5		16		15.7	
>14~16	>20~22	4.0		7.5		19	$^0_{-0.210}$	18.6	
>16~18	>22~25	5.0		6.5	0	16	$^0_{-0.180}$	15.7	0.25
>18~20	>25~28	5.0	-0.030	7.5	-0.090	19		18.6	~0.40
>20~22	>28~32	5.0		9.0		22		21.6	
>22~25	>32~36	6.0		9.0		22	$^0_{-0.210}$	21.6	
>25~28	>36~40	6.0		10.0		25		24.5	
>28~32	40	8.0		11.0	0	28		27.4	0.40
>32~38	—	10.0	-0.036	13.0	-0.110	32	$^0_{-0.250}$	31.4	~0.60

注 1. 在工作图中，轴槽深用 t 或 $(d - t)$ 标注，轮毂槽深用 $(d + t_1)$ 标注，极限偏差取负号(-)。2. 半圆键，键长 L 的两端允许倒成圆角，圆角半



毫米)

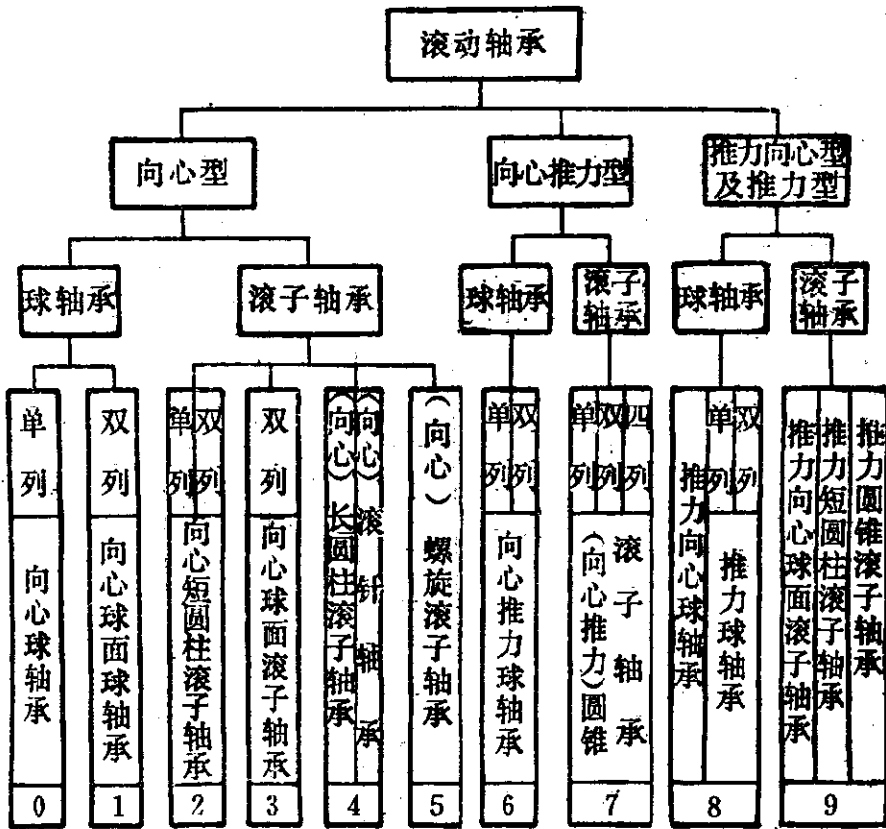
		键				槽		半 径 r_1
		宽 度 b		深 度				
公称 尺寸	极 限 偏 差			轴 t		毂 t_1		
	一般键联接		较紧键联接	公称	极限	公称	极限	
b	轴(N9)	毂(JS9)	轴与毂(P9)	尺寸	偏差	尺寸	偏差	
1.0	-0.004 -0.029	±0.012	-0.006 -0.031	1.0	+0.1 0	0.6	+0.1 0	0.08~0.16
1.5				2.0		0.8		
2.0				1.8		1.0		
2.0				2.9		1.0		
2.5				2.7		1.2		
3.0				3.8		1.4		
3.0	0 -0.030	±0.015	-0.012 -0.042	5.3	+0.2 0	1.4	+0.2 0	0.16~0.25
4.0				5.0		1.8		
4.0				6.0		1.8		
5.0				4.5		2.3		
5.0				5.5		2.3		
5.0				7.0		2.3		
6.0	0 -0.036	±0.018	-0.015 -0.051	6.5	+0.3 0	2.8	+0.2 0	0.25~0.40
6.0				7.5		2.8		
8.0				8.0		3.3		
10.0				10.0		3.3		

注。两个组合尺寸的极限偏差按相应的 t 和 t_1 的极限偏差选取，但 $(d - t)$ 极半径 $r = 0.1b$ 。

八、滚动轴承

1. 滚动轴承的分类

滚动轴承按其所能承受负荷的大小及方向，分类如下：



2. 滚动轴承代号 (GB272-64)

表 5-8-1 滚动轴承代号表示法

项目	代 号									
	前 段		中 段						后 段	
符号在代号中的位置										
表示方法	数字表示	字母表示	用七位数字表示(从右数起)							字母和数字表示
			七	六	五	四	三	二	一	
符号表示意义	游隙系列 ^①	精度等级表 5-8-6	宽度系列表 5-8-5	结构特点		轴承类型表 5-8-4	直径系列表 5-8-3	内径表 5-8-2	补充代号 ^①	

① 对于一般普通轴承，其游隙代号，和补充代号可省略，本文不作介绍，使用时可参看有关轴承手册或轴承样本。

标注示例：

2D3182118QT, 表示游隙系列为辅助2、D级精度、特宽宽度系列、有圆锥孔的双列矩圆柱滚子轴承、特轻直径系列、内径为90毫米的，保持架用青铜制造，套圈和滚子的回头温度为250°C。

表 5-8-2 轴承内径表示法

轴承内径 (毫米)		表 示 方 法				举 例	
从	到					轴承型号	说 明
1	9	右起第一位数字表示轴承内径，第二位数字表示直径系列，第三位数字是0				25	轴承内径为5毫米
10	19	轴承内径(毫米)	10	12	15	302	轴承内径为15毫米
		内径代号	00	01	02		
20	495	以内径尺寸被5除得的商数表示				210	轴承内径为50毫米
495以上		用分数表示，分母表示轴承内径，分子表示宽度系列，结构特点，类型及直径系列				10777/750	轴承内径为750毫米

表 5-8-3 轴承直径系列表示法

直径系列(向心轴承和向心推力轴承)					直径系列(推力向心轴承和推力轴承)					
名称	超轻	特轻	轻	中	重	特轻	轻	中	重	特重
代号	8, 9	1, 7	2(5) ^①	3(6) ^①	4	9, 1	2	3	4	5
举例	1000800 1000900	2007100 2097700	200 3500	300 3600	400 2086400	8100	9069200	8300	9069400	—

① 代号中右起第三位用“5”或“6”，同时第七位用“0”时，分别表示轻、宽或中宽系列。

表 5-8-4 轴承类型表示方法

轴承类型	类型代号	轴承类型	类型代号
向心球轴承	0	螺旋滚子轴承	5
向心球面球轴承	1	向心推力球轴承	6
向心短圆柱滚子轴承	2	(向心推力)圆锥滚子轴承	7
向心球面滚子轴承	3	推力球轴承或推力向心球轴承	8
向心长圆柱滚子轴承或滚针轴承	4	推力滚子轴承或推力向心滚子轴承	9

表 5-8-5

轴承宽度系列表示方法

名称	宽度系列 (向心轴承和向心推力轴承)										高度系列 (向心推力轴承和推力轴承)							
	特窄	窄	正常 ^①	宽	特宽	特	特	特	特	特	特	特	特	特	特	特	特	特
代号	8	0	7	0	1	2	0	3	4	5	6	7	9	0, 1				
说明	—	只用于 轻, 中, 重三种系 列	—	只用于 特轻系列	—	—	只用于 轻, 中二 种系列	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
举例	8006200	200	7000100	100	1000800	2007900	3500	3002100	4074100	—	—	7008200	9069000	8000				

①宽度为正常系列, 在文件中可不写出。

注 轴承宽度系列指区别同一类型, 同一内径尺寸, 而宽度尺寸不同的轴承。

表 5-8-6

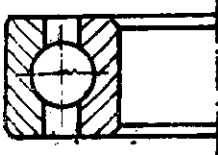
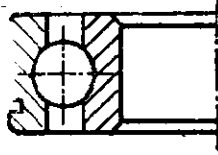
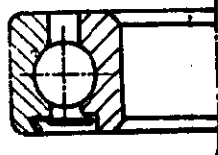
轴承的精度等级

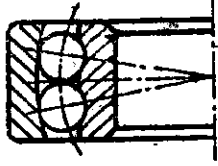
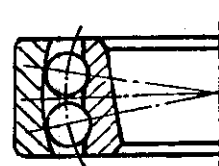
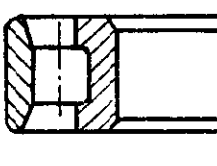
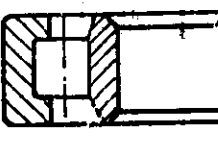
代号	精度等级							
	超精级 C	精级 D	高级 E	较高级 (F)	普通级 G	II	III	H
GB307-64								
JB92-58(旧)	C	CA	A	AB	B	BII	II	H

3. 滚动轴承的结构型式和主要性能

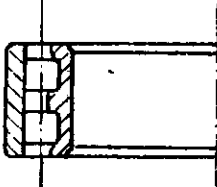
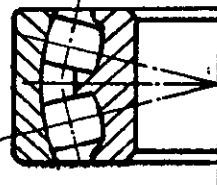
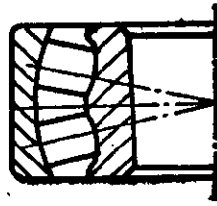
表 5-8-7

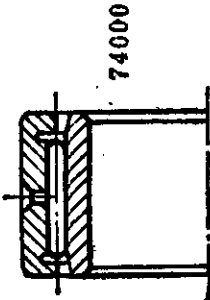
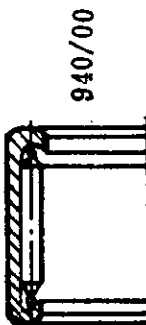
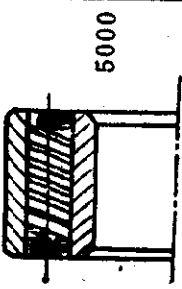
滚动轴承的结构型式和主要性能

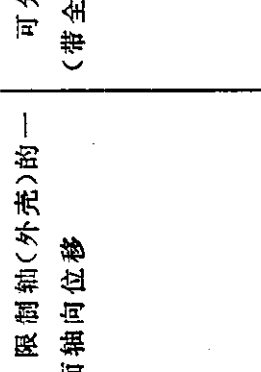
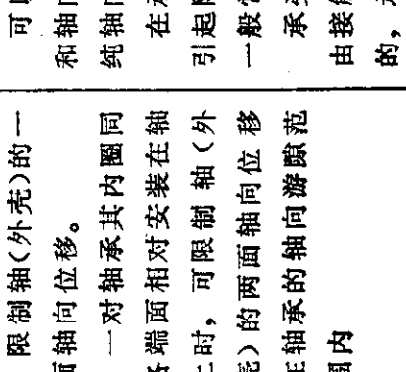

简图及结构型式代号	结构型式名称	轴向负荷能力	安装后限制轴(或外壳)移动的能力	特殊性能
 0000	单列向心球轴承	能承受一定的双向轴向负荷	轴(外壳)的两面轴向位移限制在轴承的轴向游隙范围内	在转速较高, 不宜采用推力球轴承时, 可用来承受纯轴向负荷
 50000	外圈有止动槽的单列向心球轴承	允许的轴向负荷能力较低	轴(外壳)的两面轴向位移限制在轴承的轴向游隙范围内	轴承装上止动环后, 可简化轴承在外壳孔内的轴向紧固, 外壳孔可做成直孔, 使轴承部件的轴向尺寸缩小
 6000	一面带防尘盖的单列向心球轴承	能承受一定的双向轴向负荷	轴(外壳)的两面轴向位移限制在轴承的轴向游隙范围内	防尘盖可以防止污物从一面侵入

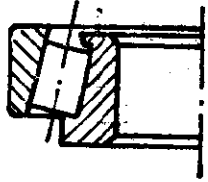
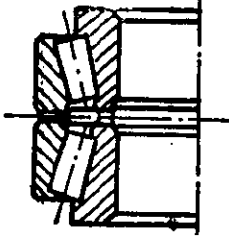
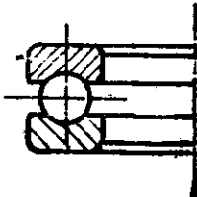
 <p>1000</p>	<p>双列向心球面球轴承(自动调心型)</p>	<p>能承受少量双向轴向负荷</p>	<p>轴(外壳)的两面轴向位移限制在轴承轴向游隙范围内</p>	<p>允许内圈(轴)对外圈(外壳)的倾斜不超过$2^{\circ} \sim 3^{\circ}$, 一般不宜承受纯轴向负荷</p>
 <p>111000</p>	<p>圆锥孔(锥度1:12)双列向心球面球轴承(自动调心型)</p>	<p>能承受少量双向轴向负荷</p>	<p>轴(外壳)的两面轴向位移限制在轴承轴向游隙范围内</p>	<p>允许内圈(轴)对外圈(外壳)的倾斜不超过$2^{\circ} \sim 3^{\circ}$。安装时可微量调整轴向及轴向游隙。 一般不宜承受纯轴向负荷</p>
 <p>2000</p>	<p>外圈无挡边的单列向心短圆柱滚子轴承</p>	<p>不能承受轴向负荷</p>	<p>不限制轴(外壳)的轴向位移</p>	<p>可分别安装内圈(带全套滚子和保持架)及外圈滚子由内圈滚道挡边引导旋转</p>
 <p>3200</p>	<p>内圈无挡边的单列向心短圆柱滚子轴承</p>	<p>不能承受轴向负荷</p>	<p>不限制轴(外壳)的轴向位移</p>	<p>可分别安装内圈及外圈(带全套滚子和保持架)滚子由外圈滚道挡边引导旋转</p>

续表

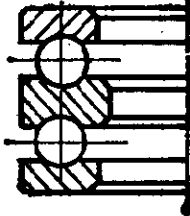
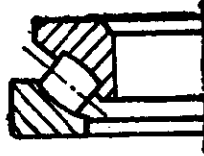
简图及结构型式代号	结构型式名称	轴向负荷能力	安装后限制轴(或外壳)移动的能力	特殊性
 <p>182000</p>	圆锥孔(锥度1:12) 双外向心 短圆柱滚子轴承	不能承受轴向负荷	unlimited 制轴(外壳)的 轴向位移	可分别安装内圈(带全 套滚子和保持架)和外圈。 安装时可微量调整径向 游隙
 <p>3000</p>	双列向心球面滚子 轴承(自动调心型)	能承受一定双向轴 向负荷	轴(外壳)的两面轴 向位移限制在轴承的 轴向游隙范围内	允许内圈(轴)对外圈 (外壳)的倾斜不超过 $2^{\circ}\sim$ 3° 。 一般不宜承受轴向负荷
 <p>11300</p>	圆锥孔(锥度1:12) 双列向心球面滚子 轴承(自动调心型)	能承受一定双向轴 向负荷	轴(外壳)的两面轴 向位移限制在轴承的 轴向游隙范围内	允许内圈(轴)对外圈 (外壳)的倾斜不超过 $2^{\circ}\sim$ 3° 。 安装时可微量调整径向 及轴向游隙。 一般不能承受纯轴向负 荷

 <p>74000</p>	<p>滚针轴承</p>	<p>不能承受轴向负荷</p>	<p>不限制轴(外壳)的轴向位移</p>	<p>外径尺寸较小, 可不带内圈(84000型)或不带外圈使用, 只有在轴或外壳滚动表面的硬度和光洁度与轴承套圈相同时, 其承载能力才与74000型轴承相等。 安装时轴承外圈轴线与内圈轴线不允许有倾斜</p>
 <p>940/00</p>	<p>只有冲压外圈的滚针轴承</p>	<p>不能承受轴向负荷</p>	<p>不限制轴(外壳)的轴向位移</p>	<p>外径尺寸较小。 安装时轴与外圈轴线不允许有倾斜, 此类轴承若一个端面封闭, 则代号为“694000”用于轴颈没有外伸端的部件中, 端面封闭起密封作用</p>
 <p>5000</p>	<p>螺旋滚子轴承</p>	<p>不能承受轴向负荷</p>	<p>不限制轴(外壳)的轴向位移</p>	<p>用于经常有较大径向冲击负荷的地方, 内外套圈与带保持架的成套滚子都可以分别安装</p>

简图及结构型式代号	结构型式名称	轴向负荷能力	安装后限制轴(或外壳)移动的能力	特殊性
 <p>6000</p>	单列向心推力球轴承(分离型) $\alpha = 12^\circ$	能承受少量单轴向负荷	限制轴(外壳)的一面轴向位移	可分别安装外圈及内圈(带全套球及保持架)
	单列向心推力球轴承 $\alpha = 12^\circ$ 36000 单列向心推力球轴承 $\alpha = 26^\circ$ 46000	能承受一定的单轴向负荷 能承受更大的单轴向负荷	限制轴(外壳)的一面轴向位移。 一对轴承其内圈同各端面相对安装在轴上时,可限制轴(外壳)的两面轴向位移在轴承的轴向游隙范围内	可以同时承受径向负荷和轴向负荷,也可以承受纯轴向负荷。 在承受径向负荷时,将引起附加轴向力,因此,一般常成对安装。 承受轴向负荷的能力,由接触角决定,接触角大的,承受轴向负荷的能力高
	单列向心推力球轴承 $\alpha = 36^\circ$ 66000	能承受更大的单轴向负荷		

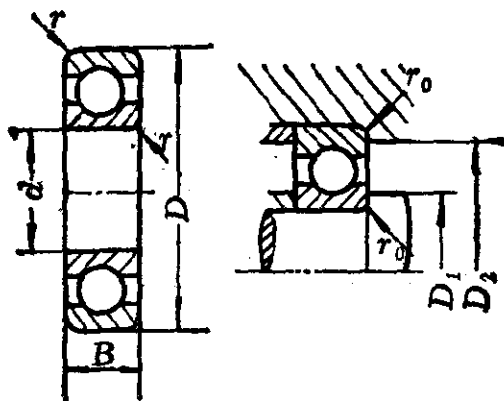
 <p style="text-align: center;">7000</p>	<p>单列圆锥滚子轴承</p>	<p>能承受大的单向轴向负荷</p>	<p>限制轴(外壳)的一面轴向位移</p>	<p>主要用以承受以径向负荷为主的径向与轴向联合负荷。 安装时可调整径向及轴向游隙</p>
 <p style="text-align: center;">97000</p>	<p>双列圆锥滚子轴承</p>	<p>能承受大的双向轴向负荷</p>	<p>轴(外壳)的两面轴向位移限制在轴承的轴向游隙范围内</p>	<p>安装时借改变轴承两内圈之间隔圈的厚度来调整游隙</p>
 <p style="text-align: center;">8000</p>	<p>单向推力球轴承</p>	<p>不能承受径向负荷</p>	<p>不限制轴(外壳)的径向位移 限制轴(外壳)一面的轴向位移</p>	<p>为了防止钢球与滚道之间的滑动,在工作中必须加以一定轴向负荷</p>

续表

简图及结构型式代号	结构型式名称	轴向负荷能力	安装后限制轴(或外壳)移动的能力	特殊性 能
 <p>38000</p>	双向推力球轴承	不能承受径向负荷	不限制轴(外壳)的径向位移 限制轴(外壳)的端面轴向位移	能承受两个方向交变的轴向负荷。 为了防止钢球与滚道之间的滑动,在工作中必须加以一定轴向负荷
 <p>69000</p>	推力向心对称球面深沟球轴承	能承受一定的径向负荷	限制轴(外壳)的径向位移	较推力球轴承的负荷能力大,转速高,并可自动调心

4. 常用滚动轴承的基本尺寸

表 5-8-8 单列向心球轴承 (GB276-64) 基本尺寸



轴承 型号	尺寸 (毫米)				额定动载荷 C (公斤)	额定静载荷 C ₀ (公斤)	安装尺寸 (毫米)			极限转速 (转/分)	
	d	D	B	r			D ₁	D ₂	r ₀	脂润滑	油润滑

轻 (2) 窄 系 列

200	10	30	9	1	470	270	14	26	0.6	19000	26000
201	12	32	10	1	480	270	16	28	0.6	18000	24000
202	15	35	11	1	600	355	19	31	0.6	17000	22000
203	17	40	12	1	750	450	21	36	1	16000	20000
204	20	47	14	1.5	1000	630	25	42	1	14000	18000
205	25	52	15	1.5	1100	710	30	47	1	12000	16000
206	30	62	16	1.5	1520	1020	35	56	1	9500	13000
207	35	72	17	2	2010	1390	42	65	1	8500	11000
208	40	80	18	2	2560	1810	47	73	1	8000	10000
209	45	85	19	2	2560	1810	51	78	1	7000	9000
210	50	90	20	2	2750	2020	57	83	1	6700	8500
211	55	100	21	2.5	3400	2550	63	92	1.5	6000	7500
212	60	110	22	2.5	4100	3150	68	102	1.5	5600	7000
213	65	120	23	2.5	4480	3470	74	111	1.5	5000	6300
214	70	125	24	2.5	4870	3810	79	116	1.5	4800	6000

续表

轴承 型号	尺寸 (毫米)				额定动载荷 C (公斤)	额定静载荷 C ₀ (公斤)	安装尺寸 (毫米)			极限转速 (转/分)	
	d	D	B	r			D ₁	D ₂	r ₀	脂润滑	油润滑

轻 (2) 窄 系 列

215	75	130	25	2.5	5190	4190	84	121	1.5	4500	5600
216	80	140	26	3	5690	4540	90	130	2	4300	5300
217	85	150	28	3	6530	5410	96	139	2	4000	5000
218	90	160	30	3	7530	6170	101	149	2	3800	4800
219	95	170	32	3.5	8520	7090	107	158	2	3600	4500

中 (3) 窄 系 列

300	10	35	11	1	635	385	14	31	0.6	18000	24000
301	12	37	12	1.5	765	475	17	32	1	17000	22000
302	15	42	13	1.5	890	550	20	37	1	16000	20000
303	17	47	14	1.5	1090	680	22	42	1	15000	19000
304	20	52	15	2	1250	795	27	46	1	13000	17000
305	25	62	17	2	1760	1160	32	55	1	10000	14000
306	30	72	19	2	2210	1510	38	65	1	9000	12000
307	35	80	21	2.5	2620	1790	44	71	1.5	8000	10000
308	40	90	23	2.5	3200	2270	49	80	1.5	7000	9000
309	45	100	25	2.5	3780	2670	54	90	1.5	6300	8000
310	50	110	27	3	4840	3630	60	100	2	6000	7500
311	55	120	29	3	5600	4260	66	110	2	5300	6700
312	60	130	31	3.5	6410	4940	72	118	2	5000	6300
313	65	140	33	3.5	7260	5670	77	128	2	4500	5600
314	70	150	35	3.5	8160	6450	83	137	2	4300	5300
315	75	160	37	3.5	8890	7280	89	146	2	4000	5000
316	80	170	39	3.5	9640	8160	94	156	2	3800	4800
317	85	180	41	4	10400	9100	100	165	2.5	3600	4500
318	90	190	43	4	11200	10100	106	174	2.5	3400	4300
319	95	200	45	4	12000	11100	112	183	2.5	3200	4000

续表

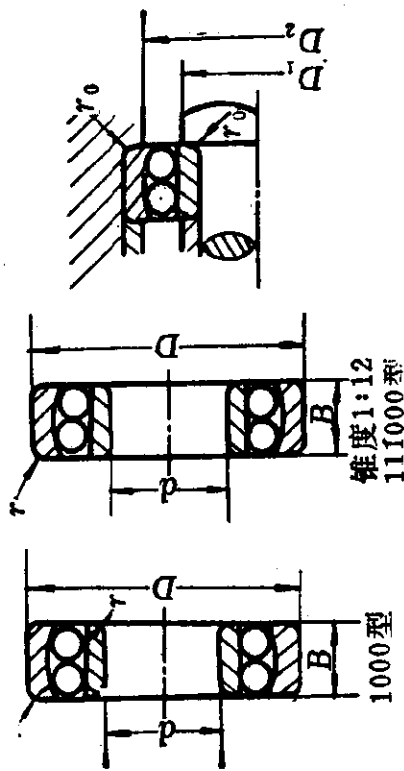
轴承 型号	尺寸 (毫米)				额定动载荷 C (公斤)	额定静载荷 C ₀ (公斤)	安装尺寸 (毫米)			极限转速 (转/分)	
	d	D	B	r			D ₁	D ₂	r ₀	脂润滑	油润滑
320	100	215	47	4	13600	13300	118	197	2.5	2800	3600
321	105	225	49	4	14400	14500	124	205	2.5	2600	3400
322	110	240	50	4	16100	17000	130	220	2.5	2400	3200
324	120	260	55	5	17000	18400	142	238	3	2200	3000
326	130	280	58	5	18000	19800	154	256	3	1900	2600
328	140	300	62	5	19800	22700	166	274	3	1800	2400
330	150	320	65	5	21700	25800	177	293	3	1700	2200

重 (4) 容 系 列

403	17	62	17	2	1790	1210	25	54	1	11000	15000
404	20	72	19	2	2410	1710	29	62	1	9500	13000
405	25	80	21	2.5	2920	2080	35	70	1.5	8500	11000
406	30	90	23	2.5	3720	2720	41	79	1.5	8000	10000
407	35	100	25	2.5	4350	3190	46	89	1.5	6700	8500
408	40	110	27	3	5030	3710	53	98	2	6300	8000
409	45	120	29	3	6040	4640	58	107	2	5600	7000
410	50	130	31	3.5	7180	5640	66	116	2	5300	6700
411	55	140	33	3.5	7870	6370	70	125	2	4800	6000
412	60	150	35	3.5	8560	7140	76	134	2	4500	5600
413	65	160	37	3.5	9260	7960	81	145	2	4300	5300
414	70	180	42	4	11300	10700	89	161	2.5	3800	4800
415	75	190	45	4	12000	11700	94	171	2.5	3600	4500
416	80	200	48	4	12800	12700	100	180	2.5	3400	4300
417	85	210	52	5	13600	13800	107	189	3	3200	4000
418	90	225	54	5	15100	16100	113	203	3	2800	3600
420	100	250	58	5	17500	19800	126	224	3	2400	3200
422	110	280	65	5	19300	22600	137	253	3	2000	2800

表 5-8-9

双列向心球轴承 (GB281-64)



轴承型号	尺寸 (毫米)			额定动载荷 C (公斤)	额定静载荷 C ₀ (公斤)	安装尺寸 (毫米)			极限转速 (转/分)	
	d	D	B			D ₁	D ₂	r ₀	脂润滑	油润滑

中 (3) 窄系列

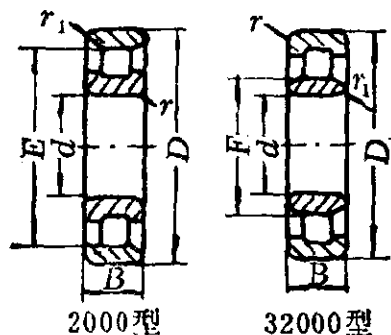
1301	12	37	12	740	240	17	32	0.6	13000	17000
1302	15	42	13	745	270	21	36	0.9	12000	16000
1303	17	47	14	980	375	23	41	1	11000	15000
1304	20	52	15	980	410	27	45	1	9500	13000
1305	25	62	17	1410	610	33	55	1	8000	10000

重 (4) 窄系列

1306	111306	30	72	19	2	1670	790	39	64	1	7000	9000
1307	111307	35	80	21	2.5	1970	1000	45	72	1.5	6300	8000
1308	111308	40	90	23	2.5	2320	1240	51	80	1.5	5600	7000
1309	111309	45	100	25	2.5	2990	1620	56	90	1.5	5000	6300
1310	111310	50	110	27	3	3390	1780	62	99	2	4800	6000
1311	111311	55	120	29	3	4030	2290	69	108	2	4300	5300
1312	111312	60	130	31	3.5	4490	2710	76	118	2	4000	5000
1313	111313	65	140	33	3.5	4860	2990	81	127	2	3600	4500
1314	111314	70	150	35	3.5	5830	3590	87	136	2	3400	4300
1315	111315	75	160	37	3.5	6210	3910	93	145	2	3200	4000
1316	111316	80	170	39	3.5	6940	4300	98	155	2	3000	3800
1317	111317	85	180	41	4	7680	4950	104	163	2.5	2800	3600
1318	111318	90	190	43	4	9120	5720	110	173	2.5	2600	3400
1319	111319	95	200	45	4	10300	6510	114	182	2.5	2400	3200
1320	111320	100	215	47	4	11200	7340	121	196	2.5	2000	2800

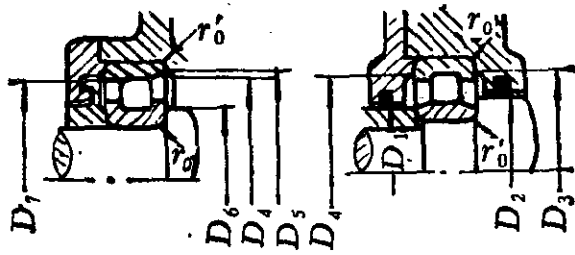
表 5-8-10

单 列 向 心 短 圆 柱



轴承型号	尺 寸 (毫米)							额定动 载 荷 C (公斤)	额定静 载 荷 C ₀ (公斤)	
	d	D	B	r	r ₁	E	F			
轻 (2)										
2202	32202	15	35	11	1	0.5			790	375
2204	32204	20	47	14	1.5	1	40	27	1210	675
2205	32205	25	52	15	1.5	1	45	32	1380	800
2206	32206	30	62	16	1.5	1	53.5	38.5	1880	1140
2207	32207	35	72	17	2	1	61.8	43.8	2780	1750
2208	32208	40	80	18	2	2	70	50	3650	2400
2209	32209	45	85	19	2	2	75	55	3850	2570
2210	32210	50	90	20	2	2	80.4	60.4	4200	2920
2211	32211	55	100	21	2.5	2	88.5	66.5	5120	3620
2212	32212	60	110	22	2.5	2.5	97	73	6100	4400
2213	32213	65	120	23	2.5	2.5	105.5	79.5	7130	5250
2214	32214	70	125	24	2.5	2.5	110.5	84.5	7130	5250
2215	32215	75	130	25	2.5	2.5	118.3	88.5	8640	6540
2216	32216	80	140	26	3	3	125	95	9950	7600
2217	32217	85	150	28	3	3	135.5	101.5	11250	8740
2218	32218	90	160	30	3	3	143	107	13800	10600
2219	32219	95	170	32	3.5	3.5	151.5	113.5	14700	11400
2220	32220	100	180	34	3.5	3.5	160	120	16300	12700

滚子轴承 (GB283-64)



安 装 尺 寸 (毫米)									极 限 转 速 (转/分)	
D_1	D_2	D_3	D_4	D_5	D_6	D_7	r_0	r'_0	脂 润 滑	油 润 滑

窄 系 列

19		30.2					0.6	0.3	15000	19000
25	29	41	42	43.2	26.3	38	1	0.6	12000	16000
30	34	46	47	48	30	43	1	0.6	10000	14000
37	40.5	54	55	57	37	51	1	0.6	8500	11000
42	46	64	64	67	42	60	1	0.6	7500	9500
48	52	73	72	74	46	68	1	1	7000	9000
53	57	79	77	79	53	73	1	1	6300	8000
58	62	83	82	84	58	78	1	1	6000	7500
64	68	91	90	93	64	86	1.5	1	5300	6300
71	75	99	99	110	71	95	1.5	1.5	5000	6100
77	81	110	107.6	111	77	103	1.5	1.5	4500	5600
82	86	114	112	117	82	108	1.5	1.5	4300	5300
86	90	122	118	122	86	114	1.5	1.5	4000	5000
93	97	127	127	131	93	123	1.8	1.8	3800	4800
99	103	140	135	140	95	131	1.8	1.8	3600	4500
105	109	150	145	150	105	141	1.8	1.8	3400	4300
111	115	159	153	159	106	149	2	2	3200	4000
117	122	168	162	168	112	158	2	2	3000	3800

轴承型号		尺寸 (毫米)							额定动 载 荷 C (公斤)	额定静 载 荷 C ₀ (公斤)
		d	D	B	r	r ₁	E	F		
2221	32221	105	190	36	3.5	3.5	168.8	126.8	17900	14100
2222	32222	110	200	38	3.5	3.5	178.5	132.5	21400	17200
2224	32224	120	215	40	3.5	3.5	191.5	143.5	24400	20000

中 (3) 窄

2303	32303	17	47	14	1.5	1	—	27	1290	740
2304	32304	20	52	15	2	1	44	28	1770	1020
2305	32305	25	62	17	2	2	53	33.6	2460	1480
2306	32306	30	72	19	2	2	62	42	3260	2060
2307	32307	35	80	21	2.5	2	68.2	46.2	3980	2560
2308	32308	40	90	23	2.5	2.5	77.5	53.5	4730	3100
2309	32309	45	100	25	2.5	2.5	86.5	58.5	6490	4360
2310	32310	50	110	27	3	3	95	65	7430	5070
2311	32311	55	120	29	3	3	104.5	70.5	9500	6640
2312	32312	60	130	31	3.5	3.5	113	77	11300	8130
2313	32313	65	140	33	3.5	3.5	121.5	83.5	12000	8690
2314	32314	70	150	35	3.5	3.5	130	90	14200	10500
2315	32315	75	160	37	3.5	3.5	142.1	95.5	16100	12000
2316	32316	80	170	39	3.5	3.5	147	103	17000	12900
2317	32317	85	180	41	4	4	159	108	20700	15500
2318	32318	90	190	43	4	4	165	115	22100	16900
2319	32319	95	200	45	4	4	173.5	121.5	23800	18400
2320	32320	100	215	47	4	4	185.5	129.5	27500	21600
2321	32321	105	225	49	4	4	—	135	31300	24900
2322	32322	110	240	50	4	4	207	143	34300	27400
2324	32324	120	260	55	4	4	226	154	43000	35300

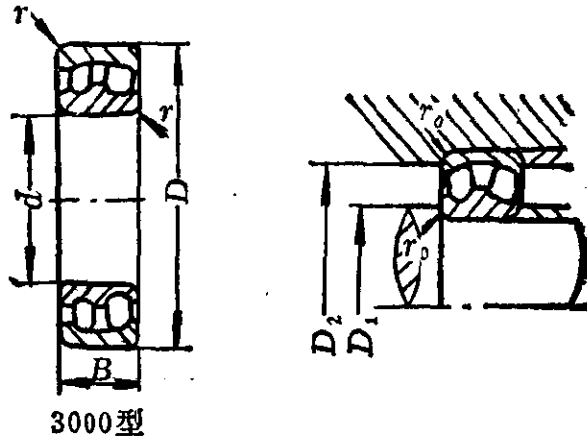
续表

安 装 尺 寸 (毫 米)									极 限 转 速 (转/分)	
D_1	D_2	D_3	D_4	D_5	D_6	D_7	r_0	r'_0	脂 润 滑	油 润 滑
124	129	177.5	171	178	118	167	2	2	2800	3600
129	135	181	180	188	123	176	2	2	2600	3400
140	145.5	196	193	202	133	189	2	2	2200	3000

系 列

25	29	41	—	—	—	—	1	0.5	13000	17000
26	30.5	46	46	47.6	26.7	42	1	0.5	11000	15000
33	37	54	55	57	32	51	1	1	9000	12000
40	44	64	64	66	37	60	1	1	8000	10000
44	48	73	70	73	45	66	1.5	1	7000	9000
51	56	82	80	82	51	76	1.5	1.5	6300	8000
56	61	92	89	92	53	85	1.5	1.5	5600	7000
63	67	101	97	101	63	93	2	2	5300	6700
68	73	107	106	111	68	102	2	2	4800	6000
74	79	120	115	120	70	111	2	2	4500	5600
81	86	129	123	129	76	119	2	2	4000	5000
87	92	139	132	139	81	128	2	2	3800	4800
92	97	148	142	148	87	138	2	2	3600	4500
100	105	157	149	157	93	145	2	2	3400	4300
105	110	166	158	166	98.5	154	2.5	2.5	3200	4000
112	117	176	167	175	110	163	2.5	2.5	3000	3800
118	123	185	176	186	112	172	2.5	2.5	2800	3600
126	131	198	187	198	117	183	2.5	2.5	2400	3200
131	137	208	—	—	—	—	2.5	2.5	2200	3000
140	145	222	209	222	128	205	2.5	2.5	2000	2800
150	156	241	228	241	139	224	2.5	2.5	1900	2600

表 5-8-11 双列向心球面滚子轴承 (GB286-64)



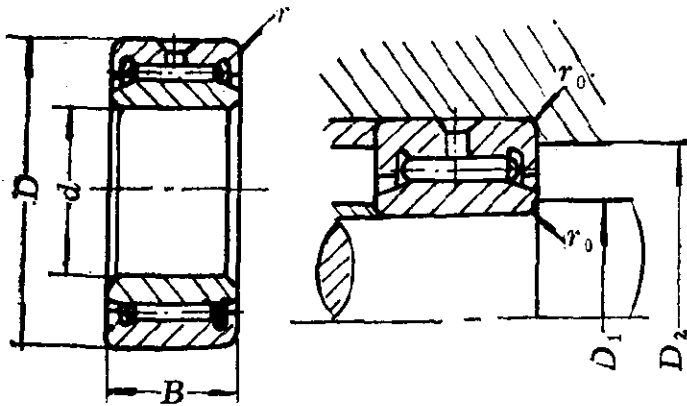
3000型

轴承型号	尺寸 (毫米)				额定动 载 C (公斤)	额定静 载 C ₀ (公斤)	安装尺寸 (毫米)			极限转数 (转/分)	
	d	D	B	r			D ₁	D ₂	r ₀	脂润滑	油润滑

轻 (5) 宽 系 列

3506	30	62	20	1.5	2790	2220	36	56	1	5300	6700
3508	40	80	23	2	4530	3990	48	72	1	4500	5600
3509	45	85	23	2	4750	4250	53	77	1	4000	5000
3510	50	90	23	2	4750	4260	58	82	1	3800	4800
3511	55	100	25	2.5	5450	5090	64	91	1.5	3400	4300
3512	60	110	28	2.5	7450	7160	70	100	1.5	3200	4000
3513	65	120	31	2.5	8040	7500	76	109	1.5	2800	3600
3514	70	125	31	2.5	8560	8320	81	114	1.5	2600	3400
3515	75	130	31	2.5	8560	8320	86	120	1.5	2400	3200
3516	80	140	33	3	10400	10300	91	128	2	2200	3000
3517	85	150	36	3	13200	13300	97	138	2	2000	2800
3518	90	160	40	3	15400	15800	103	147	2	1900	2600
3519	95	170	43	3.5	19200	18800	109	157	2	1800	2400
3520	100	180	46	3.5	20200	20900	115	166	2	1700	2200
3522	110	200	53	3.5	26200	27400	126	185	2	1500	1900
3524	120	215	58	3.5	31200	33300	137	199	2	1300	1700

表 5-8-12 单列无保持架滚针轴承 (GB289-64)



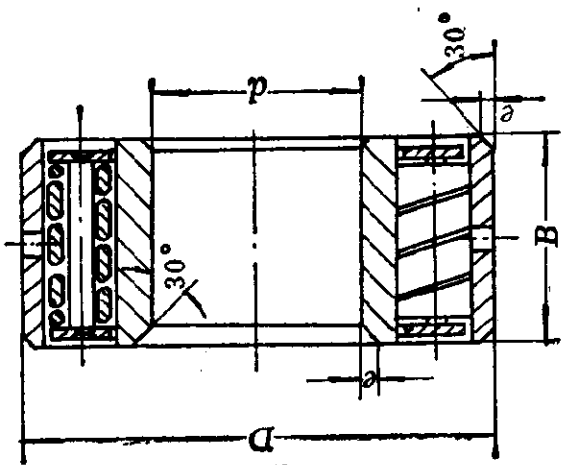
轴承型号	尺寸 (毫米)				额定静载荷 C_0 (公斤)	安装尺寸 (毫米)			极限转速(转/分)	
	d	D	B	r		D_1	D_2	r_0	脂润滑	油润滑

特 轻 (1) 特 宽 系 列

4074103	17	35	18	0.5	1770	21	29	0.3	3400	4500
4074104	20	42	22	1	2960	25	35	0.6	3000	4000
4074105	25	47	22	1	3460	30	40	0.6	2600	3600
4074106	30	55	25	1.5	4690	36	47	1	2000	3000
4074107	35	62	27	1.5	5990	41	53	1	1800	2600
4074108	40	68	28	1.5	6700	46	58	1	1700	2400
4074109	45	75	30	1.5	7400	51	65	1	1500	2000
4074110	50	80	30	1.5	8890	56	70	1	1400	1900
4074111	55	90	35	2	10900	63	80	1	1300	1800
4074112	60	95	35	2	11600	68	84	1	1200	1600
4074113	65	100	35	2	12500	74	89	1	1000	1500
4074114	70	110	40	2	15500	80	98	1	950	1400
4074115	75	115	40	2	16400	84	103	1	900	1300
4074116	80	125	45	2	19900	90	112	1	850	1200
4074117	85	130	45	2	19700	95	116	1	800	1100

螺旋滚子轴承 (GB291-64)

表 5-8-13



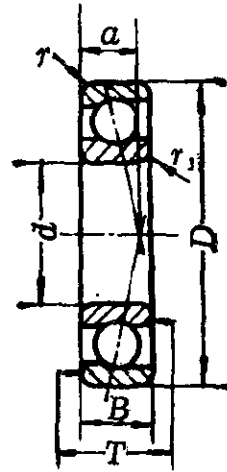
轴承型号	尺寸 (毫米)			每 分 钟 转 数						
	d	D	B	e	25	50	100	300	500	1000
					寿命为5000小时的容许径向载荷(公斤)					

经 (2) 系 列

5206	30	62	28	1.5	800	670	520	310	240	—
5207	35	72	30	1.5	1000	800	620	380	280	—
5208	40	80	35	2	1200	1000	830	480	370	—
5209	45	85	40	2	1600	1300	1000	580	440	—
5210	50	90	44	2	2000	1600	1250	720	530	330
5211	55	100	46	2.5	2300	1900	1450	830	620	—
5212	60	110	49	2.5	2700	2200	1700	1000	750	450
5213	65	120	52	2.5	3000	2600	2000	1150	860	—
5214	70	125	60	2.5	3800	3000	2300	1300	980	600
5215	75	130	67	2.5	4400	3500	2650	1500	1100	700
5216	80	140	67	3	5000	4000	3000	1700	1300	750
5217	85	150	70	3	5600	4500	3500	1900	1400	850
5218	90	160	70	3	5800	4700	3700	2000	1500	900
5219	95	170	76	3.5	6800	5600	4200	2400	1700	—
5220	100	180	82	3.5	7500	6000	4600	2600	1900	1100
5222	110	200	89	3.5	9200	7400	5600	3100	2200	1300
5224	120	215	98	4	10500	8600	6500	3600	2600	1500

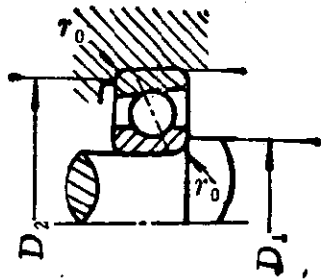
表 5-8-14

单列向心推力



轴承型号	尺寸 (毫米)							
	d	D	B	$T_{最大}$	$T_{最小}$	r	r_1	a
轻 (2) 窄								
36201	12	32	10	10	9.7	1	0.3	7.6
36202	15	35	11	11	10.7	1	0.3	8.2
36203	17	40	12	12	11.7	1	0.5	9.1
36204	20	47	14	14	13.7	1.5	0.5	10.6
36205	25	52	15	15	14.7	1.5	0.5	11.6
36206	30	62	16	16	15.7	1.5	0.5	12.9
36207	35	72	17	17	16.7	2	1	14.2
36208	40	80	18	18	17.7	2	1	15.4
36209	45	85	19	19	18.7	2	1	16.4
36210	50	90	20	20	19.7	2	1	17.4
36211	55	100	21	21	20.6	2.5	1.2	18.7
36212	60	110	22	22	21.6	2.5	1.2	20
36213	65	120	23	23	22.6	2.5	1.2	21.3
36214	70	125	24	24	23.6	2.5	1.2	22.4
36215	75	130	25	25	24.6	2.5	1.2	23.4
36216	80	140	26	26	25.6	3	1.5	24.7
36217	85	150	28	28	27.4	3	1.5	26.5
36218	90	160	30	30	29.4	3	1.5	28.4
36219	95	170	32	32	31.4	3.5	2	30.1
36220	100	180	34	34	33.4	3.5	2	31.9

球 轴 承 (GB292-64)



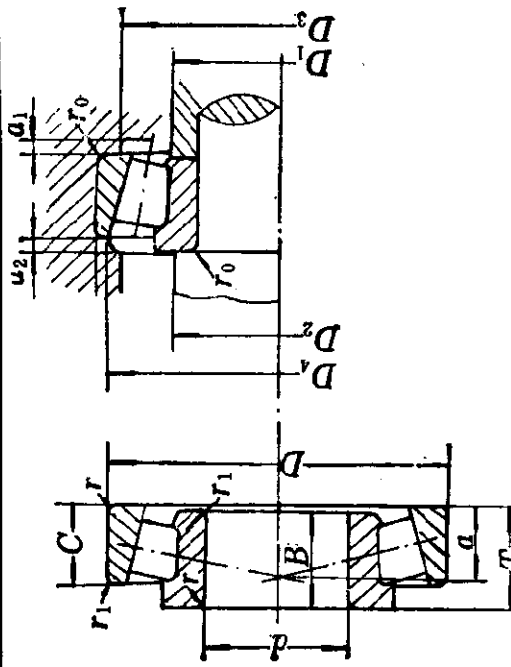
$\alpha = 12^\circ$

额定动载荷 C (公斤)*	额定静载荷 C ₀ (公斤)	安 装 尺 寸 (毫米)			极 限 转 速 (转/分)	
		D ₁	D ₂	r ₀	脂 润 滑	油 润 滑

系 列

560	340	16	28	0.6	17000	24000
685	435	19	31	0.6	16000	22000
945	625	22	35	0.6	15000	20000
1230	850	25	42	1	13000	18000
1310	925	30	47	1	11000	16000
1820	1330	36	56	1	9000	13000
2540	1960	42	65	1	8000	11000
3060	2370	47	73	1	7500	10000
3230	2560	52	77	1	6700	9000
3390	2760	57	82	1	6300	8500
4190	3490	63	92	1.5	5600	7500
5070	4310	69	101	1.5	5300	7000
5790	5100	75	110	1.5	4800	6300
6290	5590	80	115	1.5	4500	6000
6550	5960	85	120	1.5	4300	5600
7350	6650	91	129	2	4000	5300
8250	7700	97	138	2	3800	5000
9710	9060	103	147	2	3600	4800
11000	10400	108	157	2	3400	4500
12400	11800	114	166	2	3200	4300

表 5-8-15 单列圆锥滚子轴承 (GB297-64)



轴承 型号	尺寸 (毫米)							额定动 载荷 C (公斤)	额定静 载荷 C_0 (公斤)	安装尺寸(毫米)					极限转速 (转/分)				
	d	D	B	C	T 最大	T 最小	r			r_1	$\alpha \approx$	D_1	D_2	D_4		α_1	α_2	r_0	脂润滑
7202	15	35	11	10	12	11.5	1	0.3	10	740	630	20	29	31	2	4	0.5	9500	13000
7203	17	40	12	11	13.5	13	1	0.5	10	1140	1140	22	34	35	2	4	0.5	9000	12000
7204	20	47	14	12	15.5	15	1.5	0.5	12	1580	1580	26	41	42	3	5	1	8000	10000

经 (2) 窄 系 列

7205	25	52	15	13	16.5	16	1.5	0.5	13	1990	1790	31	31	46	47	3	5	1	7000	9000
7206	30	62	16	14	17.5	17	1.5	0.5	14	2480	2230	36	36	56	57	3	5	1	6000	7500
7207	35	72	17	15	18.5	18	2	0.8	16	2940	2630	43	43	64	67	3	5	1	5300	6700
7208	40	80	18	16	20	19.5	2	0.8	18	3400	3100	48	48	72	75	3	6	1	5000	6300
7209	45	85	19	16	21	20.5	2	0.8	19	3820	3610	53	53	76	79	3	7	1	4500	5600
7210	50	90	20	17	22	21.5	2	0.8	20	4400	4060	58	58	82	85	4	7	1	4300	5300
7211	55	100	21	18	23	22.5	2.5	0.8	22	4850	4610	64	64	90	94	4	7	1.5	4000	5000
7212	60	110	22	19	24	23.5	2.5	0.8	22	6040	5850	69	69	100	104	5	7	1.5	3600	4500
7213	65	120	23	20	25	24.5	2.5	0.8	24	6540	6540	74	74	108	114	5	7	1.5	3200	4000
7214	70	125	24	21	26.5	26	2.5	0.8	25	7780	7860	79	79	114	119	5	7	1.5	3000	3800
7215	75	130	25	22	27.5	27	2.5	0.8	27	8030	8310	84	84	119	124	5	7	1.5	2800	3600
7216	80	140	26	22	28.5	28	3	1	30	9170	10000	90	90	127	134	5	8	2	2600	3400
7217	85	150	28	24	31	30	3	1	33	10200	10700	95	95	136	144	5	9	2	2400	3200
7218	90	160	30	26	33	32	3	1	33	12000	12800	100	100	145	153	5	9	2	2200	3000
7219	95	170	32	27	35	34	3.5	1.2	34	13600	14600	106	106	155	163	5	10	2	2000	2800

续表

轴承 型号	尺寸 (毫米)							额定动 载 C (公斤)	额定静 载 C ₀ (公斤)	安装尺寸(毫米)						极限转速 (转/分)				
	d	D	B	C	T最大	T最小	r			r ₁	α ≈	D ₁	D ₂	D ₃	D ₄	α ₁	α ₂	r ₀	脂润滑	油润滑
7220	100	180	34	29	37.5	36.5	3.5	1.2	38	112	112	162	172	5	10	2	1900	2600		
7221	105	190	36	30	39.5	38.5	3.5	1.2	40	117	117	172	182	6	11	2	1800	2400		
7224	110	200	38	32	41.5	40.5	3.5	1.2	43	122	122	181	192	6	11	2	1700	2200		
7226	120	215	40	34	44	43	3.5	1.2	44	133	133	196	207	7	12	2	1500	1900		

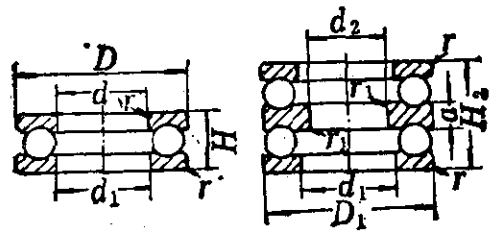
中 (3) 窄 系 列

7302	15	42	13	11	14.5	14	1.5	0.5	10	23	23	35	36	3	5	1	9000	12000
7303	17	47	14	12	15.5	15	1.5	0.5	12	25	25	41	42	3	5	1	8500	11000
7304	20	52	15	13	16.5	16	2	0.8	12	28	28	45	47	3	5	1	7500	9500
7305	25	62	17	15	18.5	18	2	0.8	14	33	33	56	57	3	5	1	6300	8000
7306	30	72	19	16	21	20.5	2	0.8	16	39	39	64	66	3	7	1	5600	7000
7307	35	80	21	18	23	22.5	2.5	0.8	18	44	44	71	74	3	7	1.5	5000	6300
7308	40	90	23	20	25.5	25	2.5	0.8	19	49	49	80	83	3	7	1.5	4500	5600

7309	45	100	25	22	27.5	27	2.5	0.8	21	6480	6120	54	54	90	93	4	7	1.5	4000	5000
7310	50	110	27	23	29.5	29	3	1	23	7840	7340	61	61	98	103	4	8	2	3800	4800
7311	55	120	29	25	32	31	3	1	26	8800	8480	66	66	106	112	4	9	2	3400	4300
7312	60	130	31	26	34	33	3.5	1.2	27	10100	10100	71	71	116	122	4	10	2	3200	4000
7313	65	140	33	28	36.5	35.5	3.5	1.2	29	11500	11500	77	77	125	132	5	10	2	2800	3600
7314	70	150	35	30	38.5	37.5	3.5	1.2	31	12800	12800	81	81	135	142	5	10	2	2600	3400
7315	75	160	37	31	40.5	39.5	3.5	1.2	33	14900	15000	86	86	143	152	5	11	2	2400	3200
7316	80	170	39	33	43	42	3.5	1.2	36	16500	17100	93	93	152	162	7	12	2	2200	3000
7317	85	180	41	34	45	44	4	1.5	36	18100	19100	100	100	161	171	8	14	2.5	2000	2800
7318	90	190	43	36	47	46	4	1.5	38	20400	20500	105	105	170	180	8	14	2.5	1900	2600
7319	95	200	45	38	50	49	4	1.5	42	23000	24300	110	110	180	191	8	14	2.5	1800	2400
7320	100	215	47	39	52	51	4	1.5	43	24900	25700	116	116	194	205	10	16	2.5	1600	2000
7321	105	225	49	41	54	53	4	1.5	45	27500	29000	122	122	202	214	10	16	2.5	1500	1900
7322	110	240	50	42	55	54	4	1.5	47	28700	30600	129	129	215	228	10	16	2.5	1400	1800
7324	120	260	55	46	60	59	4	1.5	57	34300	36800	140	140	235	248	10	16	2.5	1300	1700

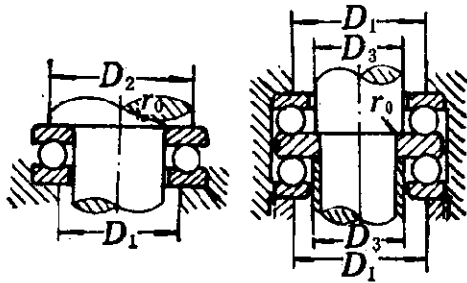
表 5-8-16

单向推力球轴承 (GB301-64)



轴承型号		尺寸 (毫米)								
		d	d ₁	d ₂	D	H	H ₂	r	a	r ₁
轻 (2)										
8200	—	10	10.2	—	26	11	—	1	—	—
8201	—	12	12.2	—	28	11	—	1	—	—
8202	38202	15	15.2	10	32	12	22	1	5	0.5
8203	—	17	17.2	—	35	12	—	1	—	—
8204	38204	20	20.2	15	40	14	26	1	6	0.5
8205	38205	25	25.2	20	47	15	28	1	7	0.5
8206	38206	30	30.2	25	52	16	29	1	7	0.5
8207	38207	35	35.2	30	62	18	34	1.5	8	0.5
8208	38208	40	40.2	30	68	19	36	1.5	9	1
8209	38209	45	45.2	35	73	20	37	1.5	9	1
8210	38210	50	50.2	40	78	22	39	1.5	9	1
8211	38211	55	55.2	45	90	25	45	1.5	10	1
8212	38212	60	60.2	50	95	26	46	1.5	10	1
8213	38213	65	65.2	55	100	27	47	1.5	10	1
8214	38214	70	70.2	55	105	27	47	1.5	10	1.5
8215	38215	75	75.2	60	110	27	47	1.5	10	1.5
8216	38216	80	80.2	65	115	28	48	1.5	10	1.5
8217	38217	85	85.2	70	125	31	55	1.5	12	1.5
8218	38218	90	90.2	75	135	35	62	2	14	1.5
8220	38220	100	100.2	85	150	38	67	2	15	1.5
8222	38222	110	110.2	95	160	38	67	2	15	1.5

双向推力球轴承 (GB301-64)



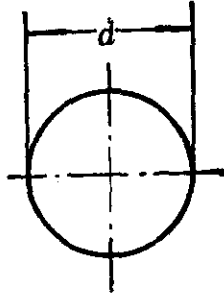
额定动 载 荷 C (公斤)	额定静 载 荷 C_0 (公斤)	安装尺寸(毫米)					最小载 荷常数 A	极限转速 (转/分)	
		D_1	D_2	D_3	r_0	r'_0		脂润滑	油润滑

系 列

995	1390	17	19	—	0.6	—	0.195	5600	8000
1040	1540	19	21	—	0.6	—	0.240	5300	7500
1230	1980	22	25	15	0.6	0.3	0.390	4800	6700
1350	2220	25	28	—	0.6	—	0.495	4500	6300
1650	2810	28	32	20	0.6	0.3	0.790	3800	5300
2170	4100	34	38	25	0.6	0.3	1.70	3400	4800
2200	4410	38	44	30	0.6	0.3	1.95	3200	4500
3070	6350	45	52	35	0.6	0.3	4.05	2800	4000
3520	7450	50	58	40	0.9	0.6	5.50	2400	3600
3740	8520	55	63	45	1	0.6	7.25	2200	3400
4270	9880	59	69	50	1	0.6	9.80	2000	3200
5440	12900	67	78	55	1	0.6	17	1900	3000
5770	14500	72	83	60	1	0.6	21	1800	2800
5770	15300	76	89	65	1	0.9	23	1700	2600
5770	15300	81	94	70	1	0.9	23	1600	2400
6450	17300	86	99	75	1	1	30	1500	2200
6560	18200	90	105	80	1	1	33	1400	2000
8724	23900	97	113	85	1	1	57	1300	1900
10100	27500	104	121	90	1	1	76	1200	1800
12800	35400	116	135	100	1	1	125	1100	1700
13100	39400	126	145	110	1	1	160	1000	1600

表 5-8-17

钢球尺寸 (GB308-64)



公称直径 d		公称直径 d		公称直径 d		公称直径 d	
英寸	毫米	英寸	毫米	英寸	毫米	英寸	毫米
1/32	0.794	—	8.000	27/32	21.431	2 1/3	63.500
—	0.800	—	8.500	7/8	22.225	2 3/4	69.850
—	1.000	11/32	8.731	29/32	23.019	3	76.2
—	1.500	—	9.000	15/16	23.813	3 1/2	88.900
1/16	1.588	23/64	9.128	31/32	24.606	4	101.600
—	2.000	3/8	9.525	1	25.400	6	152.400
3/32	2.381	25/64	9.922	1 1/32	26.194		
—	2.500	—	10.000	1 1/16	26.988		
—	3.000	13/32	10.319	1 3/32	27.781		
1/8	3.175	7/16	11.113	1 1/8	28.575		
—	3.500	29/64	11.509	1 3/16	30.163		
5/32	3.969	15/32	11.906	1 1/4	31.750		
—	4.000	31/64	12.303	1 5/16	33.338		
—	4.500	1/2	12.700	1 3/8	34.925		
3/16	4.763	17/32	13.494	1 13/32	35.719		
—	5.000	9/16	14.288	1 7/16	36.513		
—	5.500	19/32	15.081	1 1/2	38.100		
7/32	5.556	5/8	15.875	1 5/16	39.688		
15/64	5.953	21/32	16.669	1 3/8	41.275		
—	6.000	11/16	17.463	1 11/16	42.863		
1/4	6.350	—	18.000	1 3/4	44.450		
—	6.500	23/32	18.256	1 13/16	46.038		
—	7.000	3/4	19.050	1 7/8	47.625		
9/32	7.144	25/32	19.844	1 15/16	49.213		
—	7.500	—	20.000	2	50.800		
5/16	7.938	13/16	20.638	2 1/4	57.150		

表 5-8-18

圆头滚针 (GB309-64)

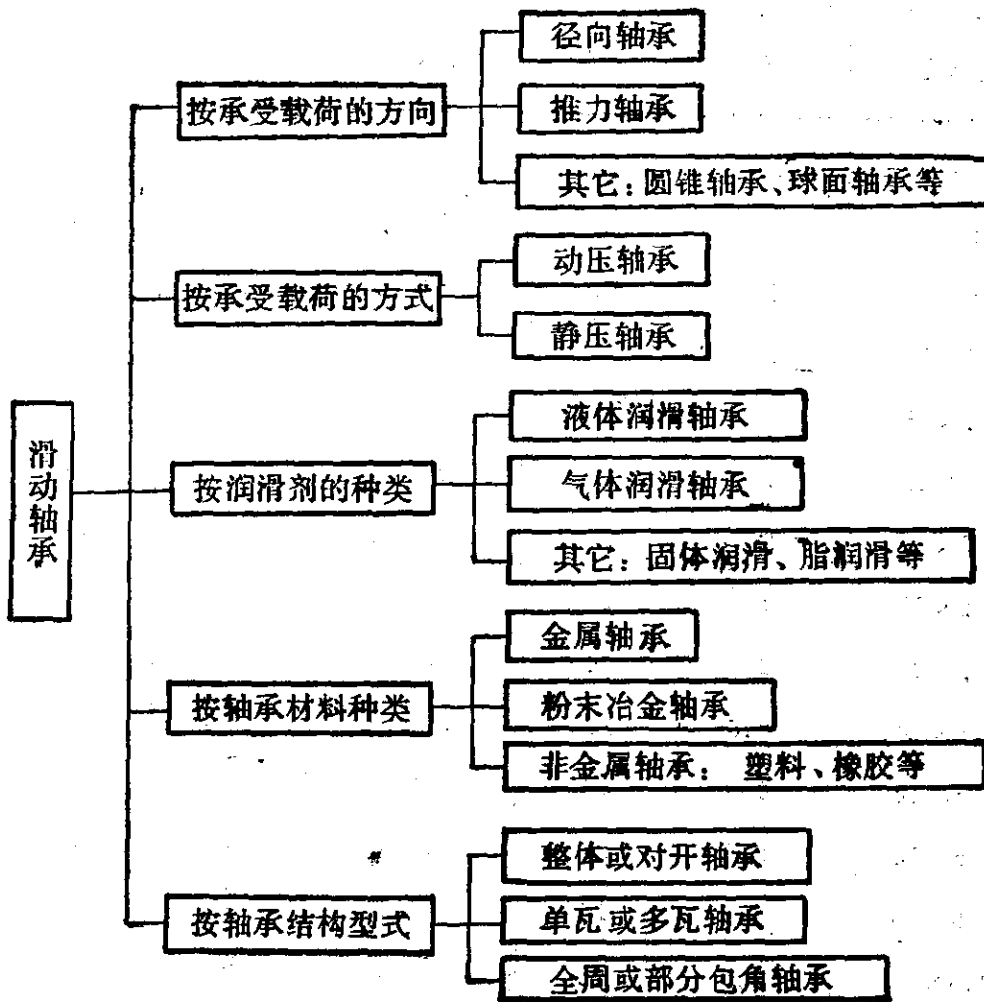
(毫米)



滚针代号 $d \times L$	公称直径 d	公称长度 L	滚针代号 $d \times L$	公称直径 d	公称长度 L
2×8	2	8	2.5×27	2.5	27
2×10	2	10	2.5×30	2.5	30
2×12	2	12	3×16	3	16
2×14	2	14	3×18	3	18
2×16	2	16	3×20	3	20
2×18	2	18	3×22	3	22
2×20	2	20	3×24	3	24
2×22	2	22	3×27	3	27
2×24	2	24	3×30	3	30
2.5×10	2.5	10	3.5×30	3.5	30
2.5×12	2.5	12	3.5×35	3.5	35
2.5×14	2.5	14	4×35	4	35
2.5×16	2.5	16	4×40	4	40
2.5×18	2.5	18	5×45	5	45
2.5×20	2.5	20	5×50	5	50
2.5×22	2.5	22	6×50	6	50
2.5×24	2.5	24	6×60	6	60

九、滑 动 轴 承

1. 滑动轴承的分类

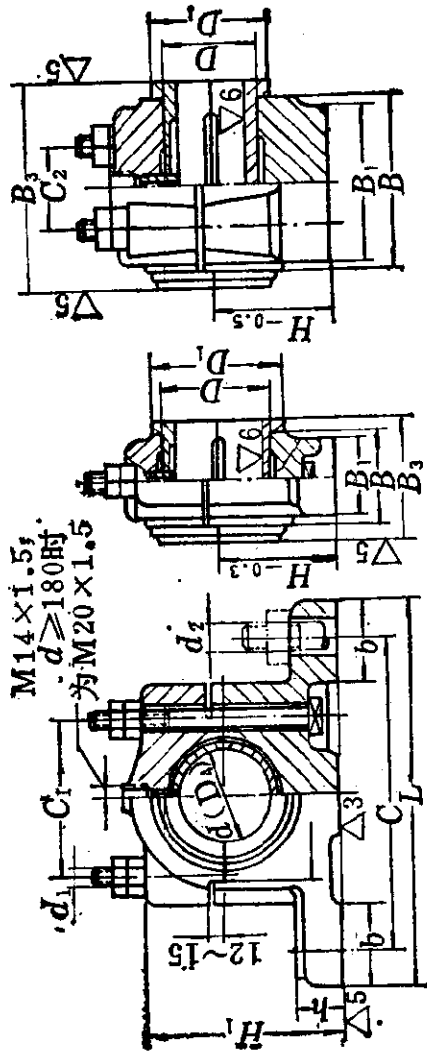


2. 常用滑动轴承的形状和尺寸

对开式二螺栓ZHC₂ (Q/ZB80-73) 基本尺寸
对开式四螺栓ZHC₄ (Q/ZB81-73)

(毫米)

表 5-9-1



标记示例:

直径 $d = 40$ 毫米的二螺栓正滑动轴承: ZHC₂-40 轴承 Q/ZB80·3·00

直径 $d = 80$ 毫米的四螺栓正滑动轴承: ZHC₄-80 轴承 Q/ZB81·1·00

轴型号	d (D4)	D ($\frac{D_1}{gC}$)	D_1	C	C_1	C_2	C_3	C	B ($\frac{D_1}{dC_1}$)	B_1	B_2 ($\frac{D_1}{dC_2}$)	B_3	B	H	H_1	L	b	b_1	b_2	b_3	h	d_1	d_2	重量 (公斤)
ZHC ₂ -30	30	40	50	140	65	—	—	50	40	40	70	60	60	50	85	180	45	20	25	25	25	M10	M12	2.4
ZHC ₂ -35	35	45	55	160	75	—	—	50	40	40	80	60	60	60	100	210	50	30	30	30	30	M12	M16	3.2
ZHC ₂ -40	40	50	60	160	75	—	—	60	50	50	80	70	70	60	102	210	50	40	30	30	30	M12	M16	4
ZHC ₂ -45	45	55	65	180	80	—	—	60	50	50	90	70	70	70	118	240	55	40	35	35	35	M12	M16	5.5
ZHC ₂ -50	50	60	70	180	85	—	—	65	55	55	90	80	80	70	118	240	55	40	35	35	35	M12	M16	6.4

续表

轴型号	$d(D4)$	$D(\frac{D_1}{gC})$	D_1	C	C_1	C_2	C_3	$B(\frac{D_1}{dC_1})$	B_1	$B_2(\frac{D_1}{dC_1})$	B_3	H	H_1	L	b	b_1	h	d_1	d_2	重量 (公斤)
ZHC ₁ -55	50	65	75	210	100	—	—	65	55	115	80	80	140	270	65	50	35	M16	M20	8.6
ZHC ₁ -60	60	70	80	210	100	—	—	65	55	115	80	80	140	270	65	50	35	M16	M20	8.7
ZHC ₂ -65	65	80	95	240	115	—	—	65	55	120	80	90	150	300	65	60	45	M16	M20	10.5
ZHC ₁ -70	70	85	100	240	120	—	—	75	65	125	90	90	155	300	70	60	45	M16	M20	11.7
ZHC ₂ -75	75	90	105	270	130	—	—	75	65	135	90	100	168	300	70	65	45	M20	M24	13.6
ZHC ₁ -80	80	95	110	270	135	—	—	75	65	140	90	100	172	330	70	65	45	M20	M24	13.8
ZHC ₂ -85	85	100	115	300	140	—	—	85	75	155	100	100	175	360	80	70	45	M20	M24	18.5
ZHC ₂ -90	90	105	120	300	150	—	—	85	75	160	100	100	178	360	85	70	45	M20	M24	18.9
ZHC ₂ -95	95	115	130	310	160	—	—	90	80	165	110	110	188	380	85	70	50	M24	M24	22.5
ZHC ₂ -100	100	120	140	310	170	—	—	90	80	175	110	110	195	380	85	70	50	M24	M24	24
ZHC ₂ -110	110	130	150	330	180	—	—	100	90	185	120	110	200	400	90	70	50	M24	M24	26
ZHC ₂ -120	120	140	160	340	190	—	—	110	100	195	130	120	215	430	90	70	55	M24	M24	39
ZHC ₂ -130	130	150	175	360	200	—	—	120	100	210	140	120	220	460	95	80	55	M24	M27	42.5
ZHC ₂ -140	140	165	190	380	220	—	—	130	110	230	150	130	255	480	95	80	60	M27	M30	55.4
ZHC ₂ -160	160	185	210	460	250	—	—	150	130	260	170	150	288	590	130	90	70	M30	M36	96.3
ZHC ₄ -80	80	95	110	240	125	70	—	120	110	140	140	100	168	300	65	40	45	M16	M20	24
ZHC ₄ -90	90	105	120	270	150	80	—	140	130	155	160	100	170	330	65	40	50	M16	M20	32.1
ZHC ₄ -100	100	120	140	300	165	90	—	160	150	170	180	110	190	360	70	50	55	M20	M24	42
ZHC ₄ -110	110	130	150	300	165	90	—	160	150	180	180	110	195	360	70	50	55	M20	M24	41.5
ZHC ₄ -120	120	140	160	330	190	100	—	180	170	195	200	125	215	400	80	60	60	M24	M24	60

ZHC ₄ -130	130	150	175	360	195	110	200	190	215	220	140	245	440	90	60	65	M24	M27	78
ZHC ₄ -140	140	165	190	360	210	110	200	190	220	220	140	245	440	90	70	65	M24	M27	90
ZHC ₄ -150	150	170	200	400	220	130	220	210	240	240	160	275	480	90	70	70	M24	M27	115
ZHC ₄ -160	160	185	210	400	220	130	220	210	240	240	160	275	480	90	80	70	M24	M27	113
ZHC ₄ -180	180	210	240	430	250	130	240	220	270	270	180	320	510	90	80	70	M24	M30	143
ZHC ₄ -200	200	230	260	470	280	140	270	250	300	300	200	355	570	100	90	75	M27	M36	188
ZHC ₄ -220	220	250	280	510	310	140	270	250	300	300	220	390	610	110	90	80	M30	M36	216

注 1. 轴承所承受的径向载荷方向不得超过轴承中心线左右35°。
 2. 轴承允许通过轴肩或轴环承受较轻的轴向载荷。当轴肩直径或轴环外径不小于轴瓦外径 D_1 时，允许的最大轴向载荷，等于该轴承最大径向载荷的40%。

- 当压力强度较大或载荷变化较剧烈，或在轴承新使用时，应采用粘度较大的润滑油。
- 轴瓦材料为ZQA19-4时，轴颈最好进行表面硬化。
- 轴瓦固定套尺寸见表5-9-4。
- 轴颈圆角见表5-9-2。

7. 注油孔中套与上瓦座配合尺寸为 $\phi 10 \frac{D_1}{jC_1}$ ，当 $d \geq 180$ 毫米时为 $\phi 12 \frac{D_1}{jC_1}$ 。

- 如用压力循环润滑时，管接头配做。
- 表中重量为轴承座、轴承盖及轴瓦的重量和。
10. 轴承座代号按顺序为：
 Q/ZB80·20·00(ZHC₁型)
 Q/ZB81·1·00(ZHC₄型)

表 5-9-2

轴颈圆角尺寸

(毫米)

轴颈直径 d	30	35~70	75~100	110~160	180~200	220
	圆角	1.5	2	3	4	5
轴颈 r						
半径	轴瓦 R	2	2.5	4	5	6

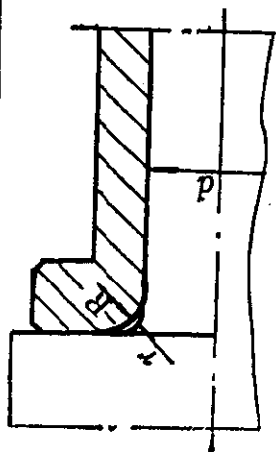
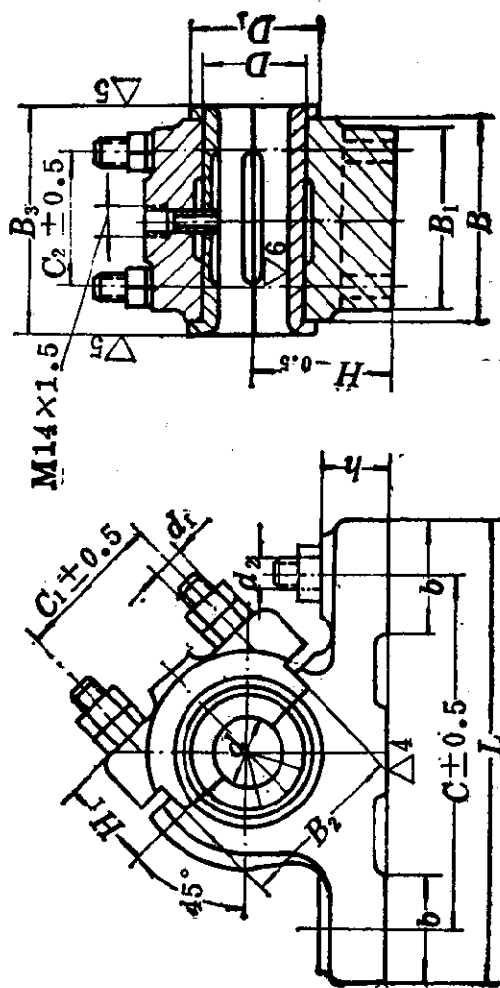


表 5-9-3

对开式四螺栓 (Q/ZB82-73) 斜滑动轴承基本尺寸

(毫米)



标记示例:

直径 $d = 80$ 毫米的四螺栓滑动轴承

XHC₁-80轴承 Q/ZB82·1·00

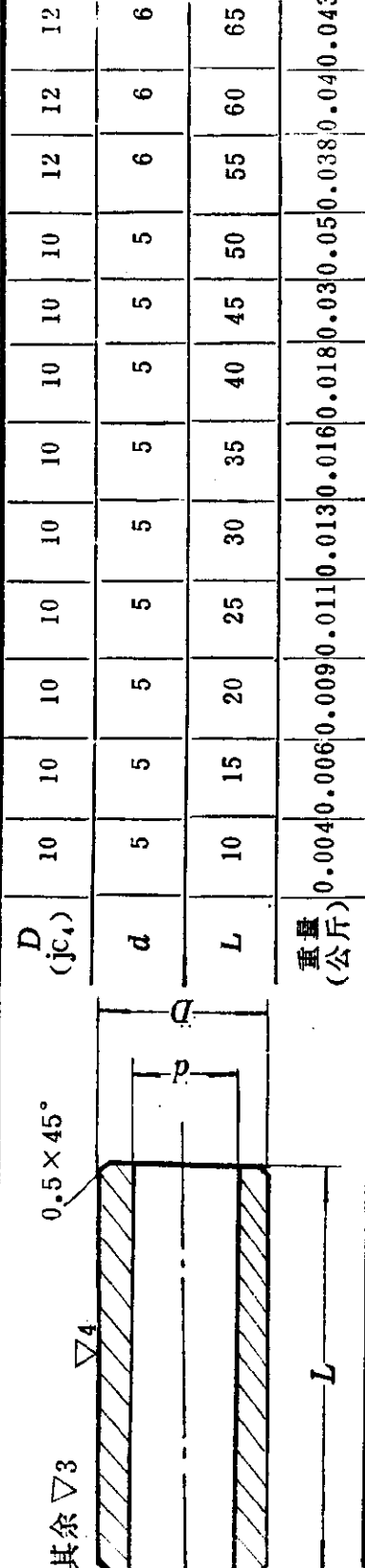
型号	d (D ₁)(D ₁ /gc)	D	D_1	C	C_1	C_2	B (D ₁ /dC ₁)	B_1	B_2 (D ₁ /dC ₁)	B_3	H	H_1	L	b	h	d_1	d_2	重量 (公斤)
XHC ₁ -80	80	95	110	280	125	70	120	110	140	140	110	68	340	90	45	M16	M20	25.9
XHC ₁ -90	90	105	120	300	150	80	140	130	155	160	120	70	360	90	50	M16	M20	35.4
XHC ₁ -100	100	120	140	320	160	90	160	150	170	180	140	80	380	90	55	M20	M24	49
XHC ₁ -110	110	130	150	330	165	90	160	150	180	180	140	85	400	95	55	M20	M24	53.2
XHC ₁ -120	120	140	160	350	190	100	180	170	195	200	150	90	420	95	60	M24	M24	72.4
XHC ₁ -130	130	150	175	380	195	110	200	190	215	220	160	105	460	110	65	M24	M30	93.4
XHC ₁ -140	140	165	190	400	210	110	200	190	220	220	170	105	480	110	65	M24	M30	105.9
XHC ₁ -150	150	175	200	420	220	130	220	210	240	240	180	115	500	110	70	M24	M30	128.7
XHC ₁ -160	160	185	210	420	220	130	220	210	240	240	190	115	500	110	70	M24	M30	130.7

注 1. 如用压力循环润滑时管接头配做。

2. 轴承代号按顺序为: Q/ZB82·1·00~Q/ZB82·9·00。

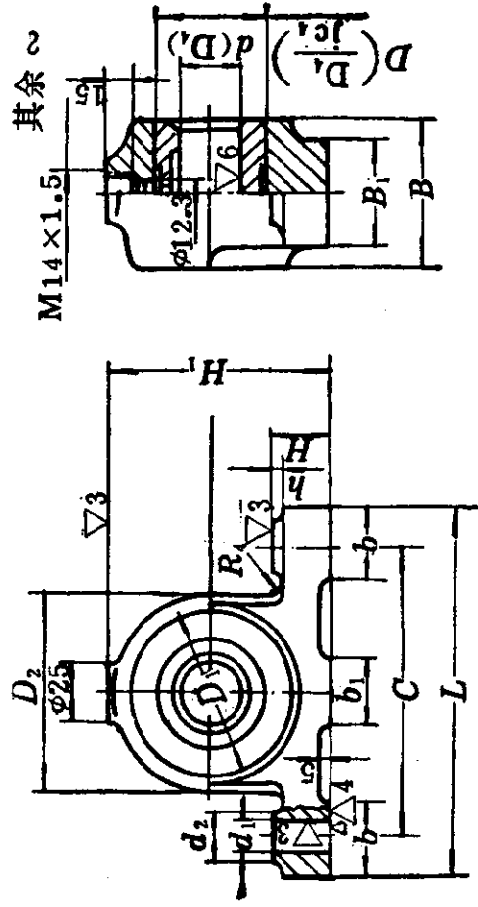
3. 轴瓦固定套尺寸见表5-9-4。

表 5-9-4 轴瓦固定套结构尺寸 (毫米)



D (j_c)	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	12	12	12
d	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	6	6	6
L	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65			
重量 (公斤)	0.004	0.006	0.009	0.011	0.013	0.016	0.018	0.030	0.050	0.038	0.040	0.043			

表 5-9-5 整体有衬滑动轴承 (Q/ZB86-73) 基本尺寸 (毫米)



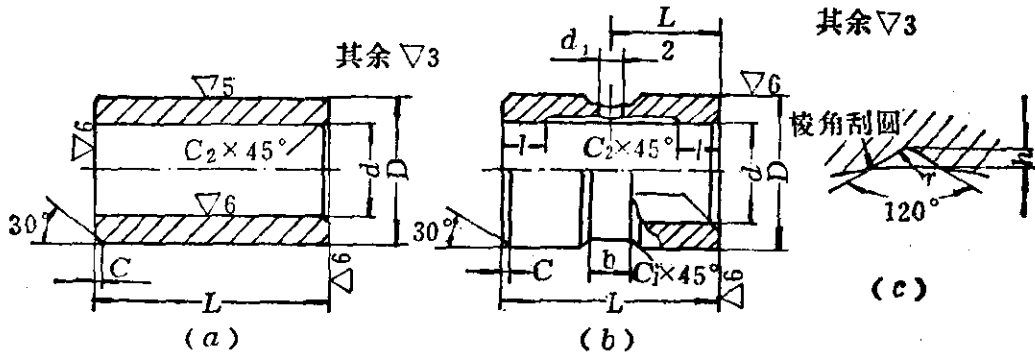
标记示例:

$d = 25$ 毫米的整体有衬正滑动轴承: 整体轴承25Q/ZB86·1·00

轴的直径	d (D_1)	D (D_1)	D_1	D_2	B	B_1	b	b_1	C	H	H_1	h	L	d_1	d_2	重量 (公斤)
25	25	32	65	70	50	45	45	20	120	50	90	25	160	13	26	2.2
30	30	38			60											2.5
35	35	45	85	90	70	50	50	25	140	60	110	30	190	18	35	4.7
40	40	50														4.5
45	45	55	90	100	80	60	55	30	160	70	125	35	220	22	40	6.1
50	50	60														5.9
60	60	70	110	120	90	70	60	35	180	80	145	35	240	22	40	9.1
70	70	85	120	140	100	80	65	35	210	90	165	45	270	22	40	14.2
80	80	95	140	160	100	80	70	40	240	100	185	45	300	26	45	17.4
90	90	105	160	180	120	90	80	40	260	100	195	45	330	26	45	24.5
100	100	115														28.8
110	110	125	180	200	120	100	90	50	280	110	215	50	360	26	45	27
120	120	140	200	220	140	100	95	60	320	120	235	55	400	29	50	38.9

注 1. 轴承座材料为HT15-33; 轴套材料为ZQA/9-4。2. 轴承代号按顺序为Q/ZB86·1·00~Q/ZB86·13·00。3. 轴套尺寸见表5-9-6。

表 5-9-6 整体有衬正滑动轴承用轴套基本尺寸 (毫米)



(a)光滑轴套(ZB83-62), (b)带油槽轴套(Q/ZB84-73),
(c)油槽尺寸

注: C_1 根据轴的圆角决定(应稍大于圆角半径)

标记示例:

$d \times D \times L = 25 \times 32 \times 50$ 的光滑轴套;
轴套 $25 \times 32 \times 50$ ZB83-62

$d \times D \times L = 25 \times 32 \times 50$ 的带油槽的轴套;
轴套 $25 \times 32 \times 50$ Q/ZB84•1

轴的 直径	$d(D4)$		$D(jc4)$		d_1	b	C	C_1	l	h	r	L	
	公称 尺寸	偏差	公称 尺寸	偏差								ZB83-62	ZB84-62
25	25	+0.045 +0	32	+0.110 +0.060	6	12	1	1	8	1.5	1	15~50	30~50
28	28		35									18~60	30~60
30	30		38									18~60	30~60
32	32	+0.050 +0	40	+0.135 +0.075	8	16	1.5	1.5	10	2	1.5	20~70	30~70
35	35		45									20~70	40~70
38	38		48									22~80	40~80
40	40		50									25~90	40~90
45	45	+0.060 +0	55	+0.135 +0.075	8	16	1.5	1.5	10	2	1.5	28~100	40~100
50	50		60									30~110	40~110
55	55	+0.060 +0	65	+0.135 +0.075	8	16	1.5	1.5	10	2	1.5	32~120	40~120
60	60		70									35~130	40~130
65	65		75									40~140	50~140

续表

轴的 直径	d(D4)		D(jc4)		d ₁	b	C	C ₁	l	h	r	L	
	公称 尺寸	偏差	公称 尺寸	偏差								ZB83-62	ZB84-62
70	70	+0.060 +0	85	+0.160 +0.090	10	20	2	1.5	10	2.5	2	45~150	50~150
75	75		90									45~150	50~150
80	80		95									50~160	50~160
85	85	+0.07 +0	100	+0.185 +0.105	12	25	3	2	16	3	2	50~160	50~160
90	90		105									60~170	60~170
95	95		110									60~170	60~170
100	100		115									60~170	60~170
110	110		125									70~180	70~180
120	120	+0.08 +0	140	+0.200 +0.120	12	25	3	2	16	3.5	3	70~180	70~180
130	130		150									80~200	80~200
140	140		160									80~200	80~200
150	150	+0.09 +0	170	+0.230 +0.140	12	25	3	2	16	4	3	90~225	90~225
160	160		180									100~250	100~250
170	170		190									100~250	100~250
180	180	+0.09 +0	200	+0.250 +0.160	15	30	4	2.5	20	4.5	4	110~275	110~275
190	190		210									110~275	110~275
200	200		220									120~300	120~300
210	210	+0	240	+0.250 +0.160	15	30	4	2.5	20	5	4	140~300	140~300
220	220		250									150~325	150~325

- 注 1. 轴套长度L按下列数值选取: 15, 20, 25, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100, 110, 120, 130, 140, 150, 160, 170, 180, 190, 200, 225, 250, 275, 300, 325;
2. 外径D允许采用ga, gc配合。内径d允许采用D级精度孔配合。而直径D用gc配合的轴套, 应有附加的连接, 用ga配合长度L在1.5d以内的轴套应有附加的连接, 用jc4配合的轴套不需要附加连接;
3. 压合后轴套内径d可能很小, 因此装配后必须检查, 必要时还要用各种方法精加工(如铰孔, 用定径拉刀拉孔, 刮孔等);
4. 为了取消压合后孔的精加工工序, 轴套的直径d允许制定保证压合后能得到D, 精度要求的公差;
5. 轴套的代号按顺序为: Q/ZB84·1~Q/ZB84·31。

补编 实用钳工工具介绍

一、风动工具

1. 风钻

风钻是一种常用的钻孔工具。它与电钻相比较，具有输出功率大、操作安全、过载时不易损坏、结构小巧和手持方便

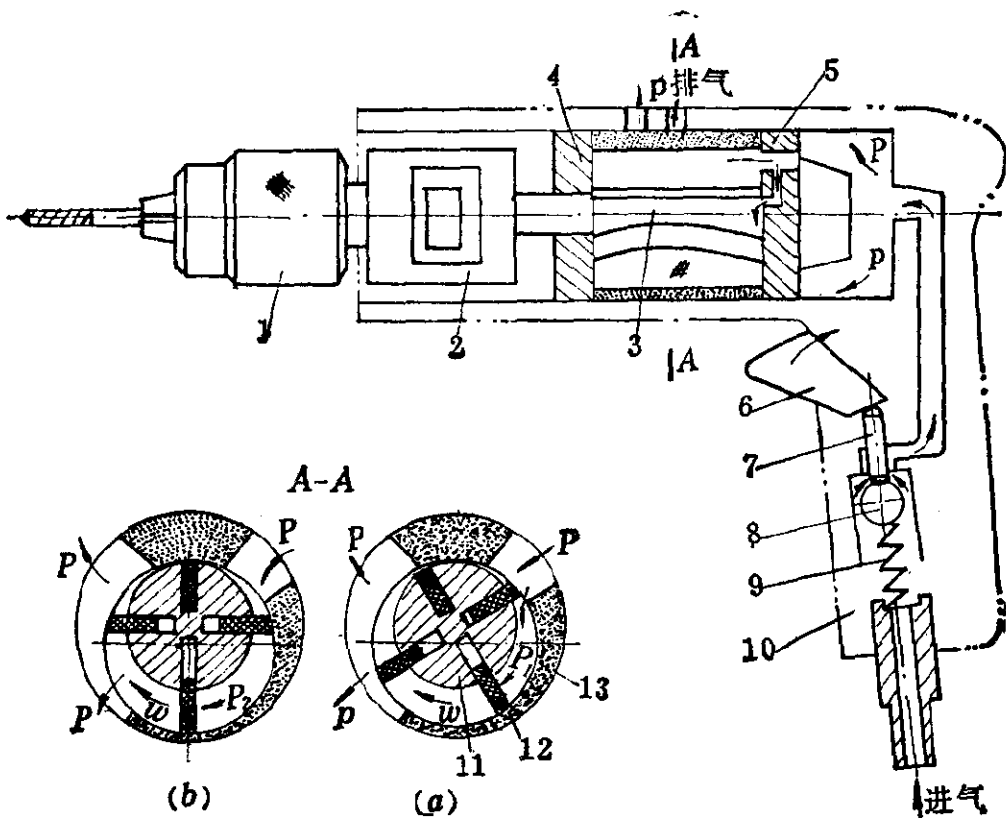


图 1 风钻工作原理

- 1—钻夹头；2—减速器；3—发动机；4—前盖；5—后盖；6—扳机，
7—压杆；8—钢球；9—弹簧；10—手柄；11—转子；12—叶片；
13—气缸

便等特点。

风钻的主要动作是旋转，靠旋转产生扭转力矩带动钻头工作。风钻工作部分靠装在内部的风动发动机带动旋转。风动发动机的结构原理见图 1，它主要由气缸、转子、叶片、前后盖等组成。转子直径小于气缸内孔直径，且偏心地装在气缸内。装在转子上的叶片由于所处的位置不同，则露在转子外边的长度也不一样。当按动手柄上的扳机，压下钢球时，压缩空气通过气路分主、次两路进入发动机。次路气体沿转子端面把叶片从转子槽中吹出，主路气体进入气缸作用于叶片上，由于压力不平衡而产生旋转力矩使叶片转动，由于离心力作用，叶片紧贴气缸内壁，从而叶片带动转子转动，转子再带动其它机构转动。

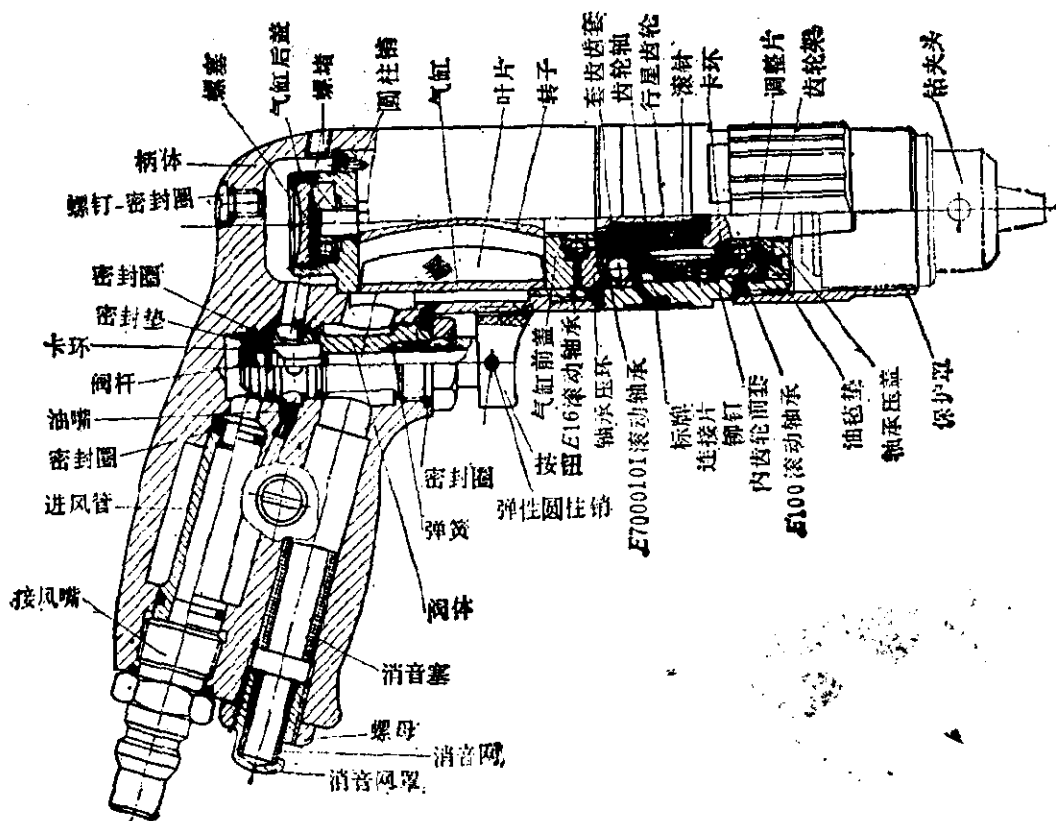


图 2 $\phi 6$ 风钻结构

图 2 是国营前哨机械厂生产的 $\phi 6$ 普通风钻的结构, 该厂生产的普通风钻、弯头风钻的主要技术性能见表 1。

表 1 风钻主要技术性能

规格	使用气压 (公斤/ 厘米 ²)	空转转速 (转/分)	最大负荷 转 速 (转/分)	功率 (马力)	空 转 耗气量 (米 ³ /分)	最大负荷 耗 气 量 (米 ³ /分)	全机 重量 (公斤)	气管 内径 (毫米)
$\phi 6$ 风钻	5	3800 ~4000	1900 ~2000	0.25 ~0.26	0.47	0.41	0.9	10
$\phi 8$ 风钻	5	1800	900	0.25 ~0.26	≤ 0.47	≤ 0.41	1.24	10
		2800	1350	~0.25	≤ 0.4	≤ 0.38	1.4	
$\phi 10$ 风钻	5	3000	1500	~0.38	≤ 0.52	≤ 0.47	1.77	10
$\phi 4.5$ 弯头风钻 (30°)	5	2500	1200	~0.09	≤ 0.15	≤ 0.12	0.64	9
$\phi 6$ 弯头风钻 (45°)	5	5500	2700	~0.18	≤ 0.3	≤ 0.23	0.80	9
$\phi 6$ 弯头风钻 (90°)	5	3000	1500	~0.2	≤ 0.32	≤ 0.28	0.85	9

2. 风砂轮

风砂轮是一种风动磨削工具, 其结构特点基本上与风钻相同, 粗略地说, 如果把风钻的减速部分去掉, 锥柄钻夹头换为砂轮结构, 就变成风砂轮了。

风砂轮的转速基本上就是叶片式风动发动机的转速, 故转速高、扭转力矩小。风砂轮主要用于手持修磨焊缝、各种模具的修形、工件去余量和铸件表面打磨等。图 3 为国营前

哨机械厂生产的 $\phi 60$ 风砂轮结构，其主要技术性能见表 2。

表 2 风砂轮主要技术性能

风砂轮规格	使用气压 (公斤/厘米 ²)	空转转速 (转/分)	耗气量 (米 ³ /分)	功 率 (马力)	全机重量 (公斤)
$\phi 40$	5	17000~20000	≤ 0.4	~0.3	0.51
$\phi 60$	5	~15000	≤ 0.47	~0.45	2

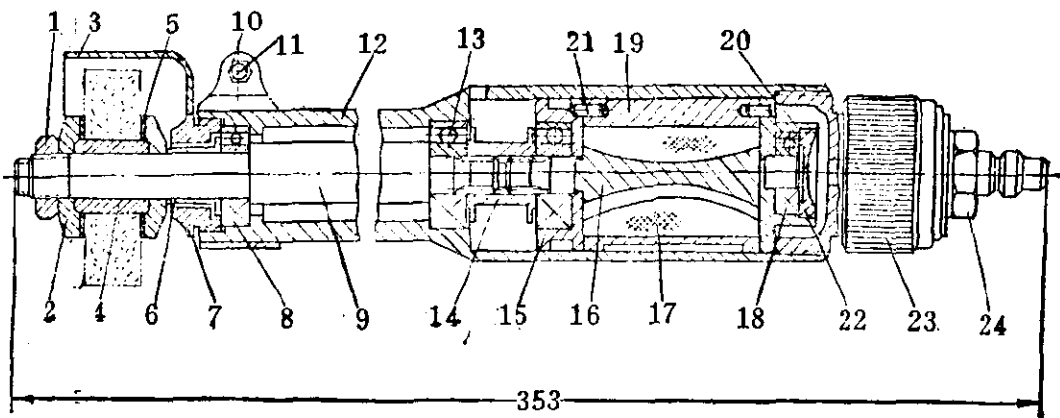


图 3 $\phi 60$ 风砂轮

1—螺母；2—挡板；3—砂轮罩；4—砂轮套；5—垫圈；6—衬套；
7—轴承压盖；8、13、18—轴承；9—主轴；10—螺帽；11—螺栓；
12—机体；14—连接套；15—气缸前盖；16—转子；17—叶片；19—气缸；
20—气缸后盖；21—圆柱销；22—螺塞；23—螺旋柄开关；24—接风嘴

3. 风动扳手

图 4 是国营松陵机械厂生产的 M8 风动扳手，适用于装卸 M6~M8 毫米的螺钉，主要由手柄、发动机、过渡连接件、减速器、调力装置和附件等六个部分组成。压缩空气通过接风嘴进入手柄，工作时，按下进气开关，压缩空气经换向开关进入发动机而驱动发动机旋转，发动机带动过渡连接件，再带动减速器，使减速器上的爪式离合器旋转。当螺刀或扳手对正螺钉并向前用力压紧后，调力装置上的固定离合

器与减速器上的爪式离合器便啮合在一起，上紧或卸下螺钉。如超出规定扭力值，则调力装置上的滑动离合器与固定离合器自动脱开，螺刀或扳手停止转动。

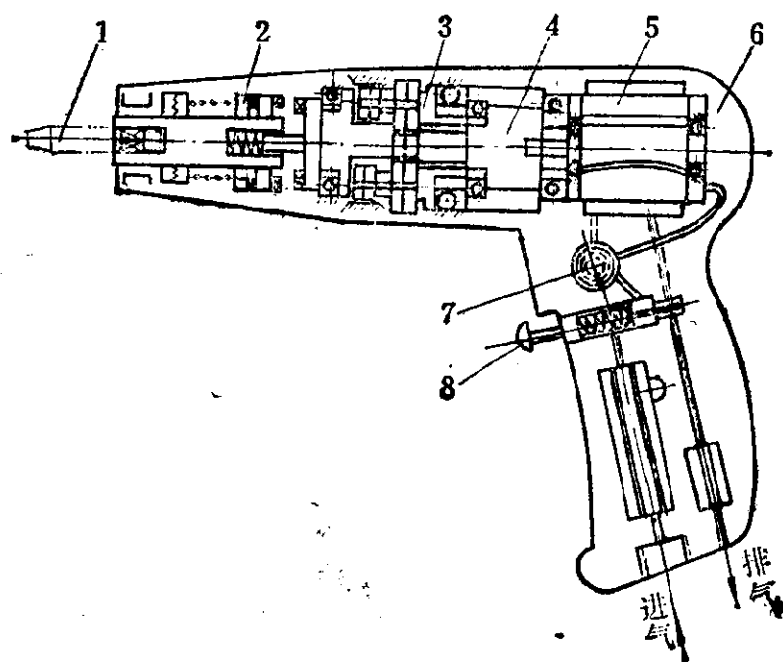


图 4 风动扳手

1—附件，2—调力装置，3—减速器，4—过渡连接件，5—发动机，
6—手柄，7—换向开关，8—进气开关

4. 空气喷嘴

空气喷嘴用于吹净零件表面残存的铁屑、灰尘等物。图 5 是北京汽车制造厂革新的压缩空气喷嘴。

工作时，管接头与压缩空气软管相接。气体经接管进入本体 *a* 处，当用手按动阀杆时，塑料球被推开，压缩空气进入 *b* 孔，并自 *c* 孔流至喷嘴头，由 *d* 孔喷出。当停止按动阀杆时，塑料球回至原位，*b* 孔便被塑料球堵塞，喷嘴头停止喷气。

阀杆装于衬套内，开口销装在阀杆的小孔中，以防阀杆脱开，吊环用于吊挂搬运。

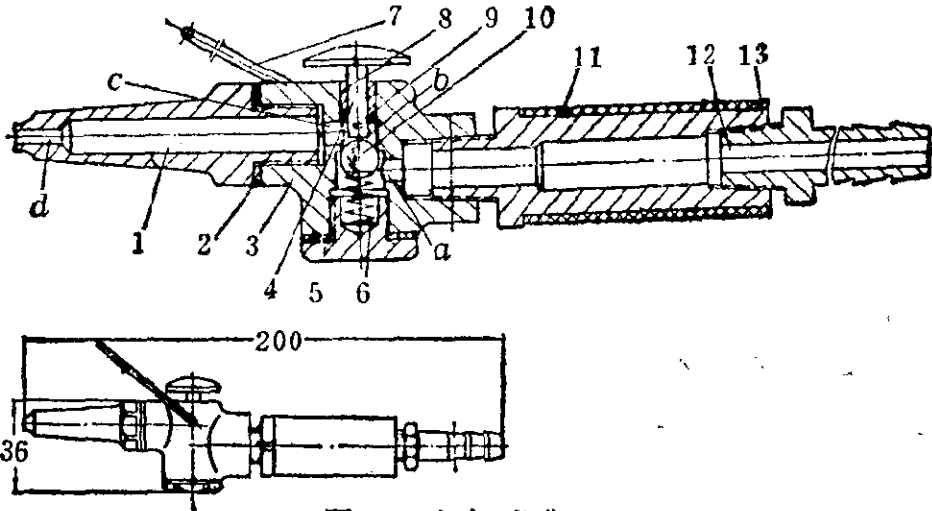


图 5 空气喷嘴

1—喷嘴头；2—垫圈；3—本体；4—阀杆；5—螺塞；6—弹簧；7—吊环；8—衬套；9—开口销；10—塑料球；11—塑料管；12—管接头；13—接管

二、攻 丝 夹 头

1. 灵敏攻丝夹头

图 6 所示的攻丝夹头特别适宜攻制 M8 以下的螺孔。该夹头由于采用了滚珠轴承，摩擦力很小，故对切削扭矩的大小变化非常敏感，保持丝锥一旦负荷稍大即行打滑，丝锥不易折断。

工作时，在弹簧 7 的推力作用下，体 1 通过径向滚珠轴承 5，将旋转动力传给螺纹套 4，旋转调压套 9 可调整滚动轴承 5 内外圈的摩擦力。滑套 14 与三个钢珠 13 用来快速装卸可换套 16，按照所用丝锥尺寸，配制多个可换套，便可方便地换装各种大小丝锥。

2. 滚动导轨式快换安全攻丝夹头

图 7 所示为滚动导轨式快换安全攻丝夹头，适用于攻制

M3~M12螺孔。

它由两大部分组成，上部为主体，内有滚动导轨与快换装置，下部为快换体，内有安全装置与快装丝锥装置。快换体按照所需加工螺孔范围，每个不同大小的丝锥各配一个快换体，并分别调定各自的安全扭矩。

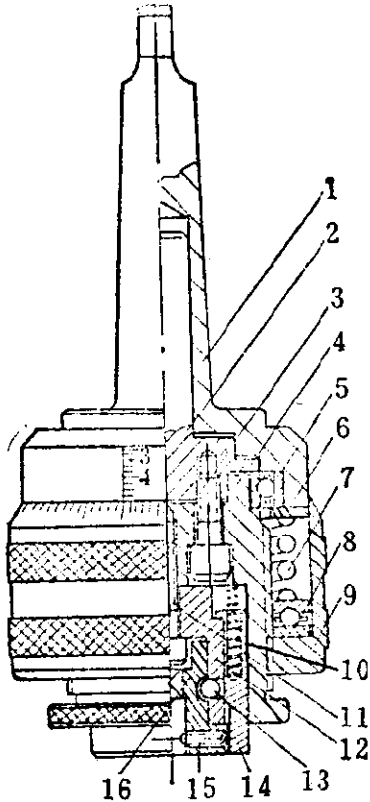


图6 灵敏攻丝夹头

1—体；2—轴；3、11—螺栓；
4—螺纹套；5—径向轴承；6—
垫圈；7、10—弹簧；8—轴向轴
承；9—调压套；12—过渡套；
13—钢珠；14—滑套；15—紧定
螺钉；16—可换套

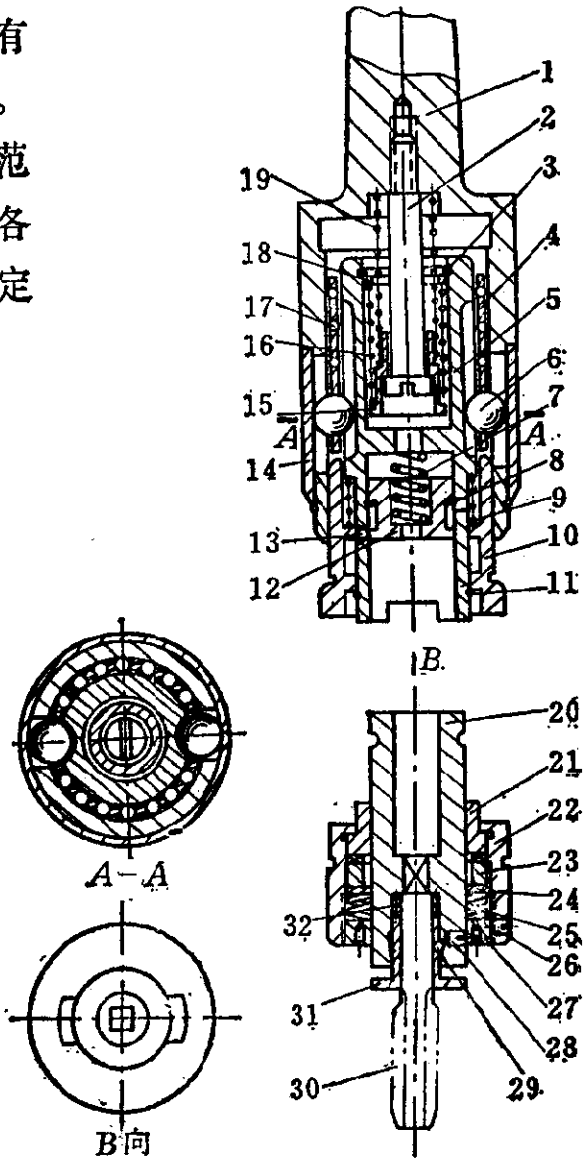


图7 滚动导轨式快换安全攻丝夹头

1—体；2、28—螺钉；3、8、11—钢丝圈；
4—钢球套；5—滑动轴；6— $\phi 9$ 钢珠；7、
9、16、19、25、32—弹簧；10—活动套；
12—弹簧座；13— $\phi 4.7$ 钢珠；14—外套；
15—套圈；17、29— $\phi 3$ 钢珠；18、24—垫
圈；20—快换轴；21、23—上、下离合器；
22—外壳；26—紧固螺钉；27—螺盖；30—
丝锥；31—快换套

3. 钢珠保险式攻丝夹头

图 8 为一种钢珠保险式攻丝夹头，适用于攻制M16以下螺孔。

工作时，体 3 借弹簧 7 的推力，用沿圆周均布的12个 $\phi 6$ 滚珠 8 带动拨动盘 11 转动，在拨动盘 11 的内孔中有两个凸键，滑套 15 圆周上开有相应的二条长槽，故拨动盘 11 可将旋转力传给滑套 15，滑套 15 可沿其轴向自由前后移动。旋转调压套 4，可调节滚珠 8 所传递扭矩的大小。

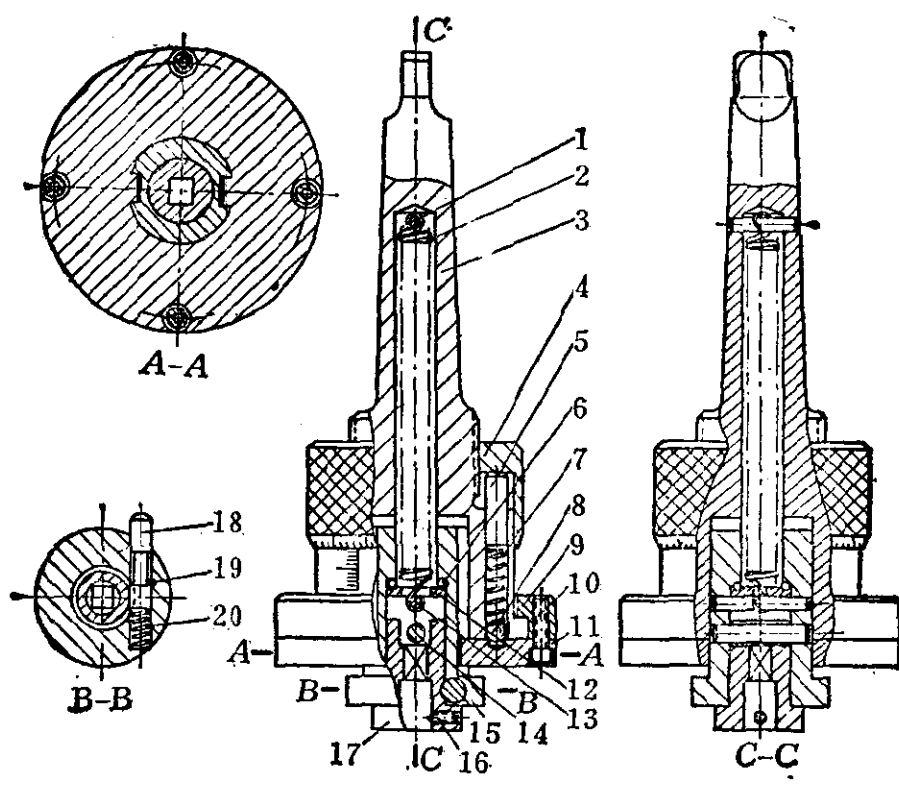


图 8 钢珠保险式攻丝夹头

- 1、13—销子；2—拉簧；3—体；4—调压套；5—滚柱；6、8—滚珠；
7、20—弹簧；9—压盘；10—螺钉；11—拨动盘；12—垫圈；14—传
动轴；15—滑套；16—紧定螺钉；17—快换套；18—快换轴；
19—小销子

4. 定程可逆式安全攻丝夹头

图 9 是一种定程可逆式安全攻丝夹头。有些攻丝用机床

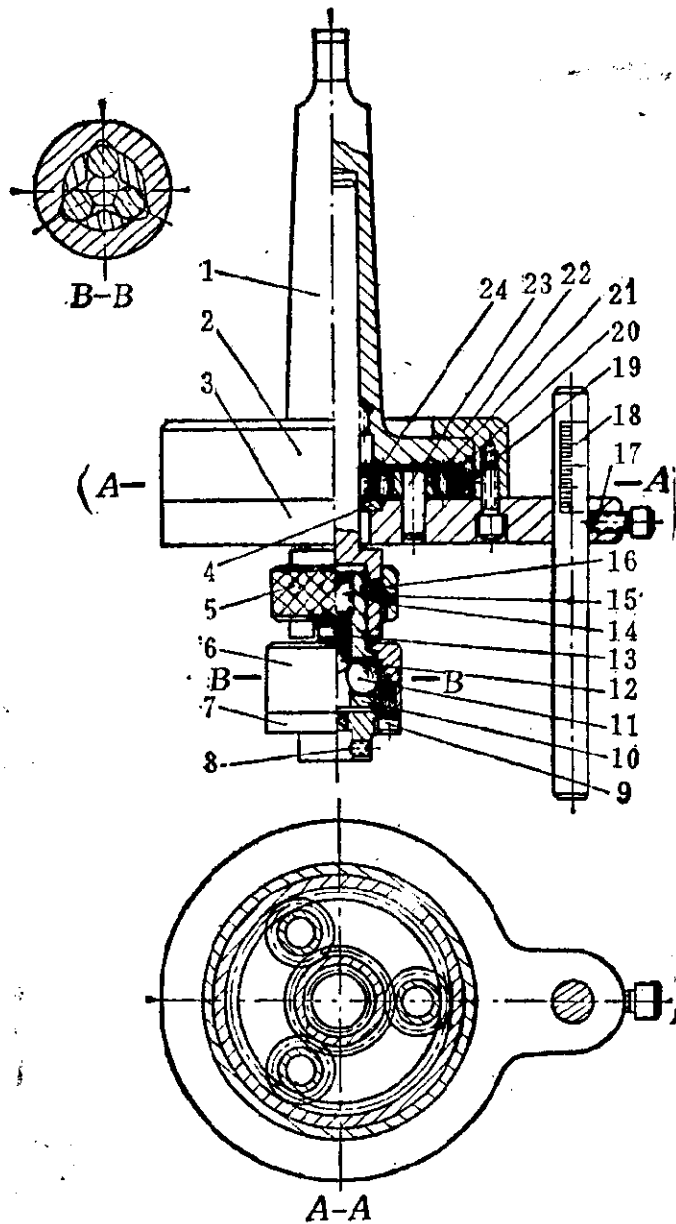


图 9 定程可逆式安全攻丝夹头

1—滑动轴；2—体；3—固定板；4—半圆垫片；5—快换套；6—传动套；7—丝锥夹盘；8—紧固螺钉；9、17、19—螺钉；10—快换轴；11、12、16—滚珠；13—弹簧；14—钢丝圈；15—调节螺丝；18—定程杆；20—内齿轮；21—行星齿轮；22—套环；23— $\phi 5$ 钢柱；24—中心齿轮

(如台钻)本身不具备反向旋转运动或换向很不方便。这样,就要求攻丝夹头具有机械换向运动机构。该夹头采用行星齿轮机构作为换向装置,可以很方便地变换转动方向,并且反向旋转转速加快,使丝锥快速退回,提高了生产效率。

攻丝时,机床主轴下降,当丝锥顶至螺孔口时,滑动轴1受阻上移,直至与体2中的内齿轮啮合。此时体2带动滑动轴1同向旋转进行切削攻丝。当可调整攻丝深度的定程杆18顶至机床或夹具的表面时,机床主轴与体2便不能继续下降。而丝锥则带动滑动轴1继续向螺孔内切进,直至滑动轴1与体2的齿状离合器完全脱离开为止。此时,尽管体2仍旧旋转,但不能带动滑动轴1旋转,故丝锥便在预定切削深度停止旋转攻入。将机床主轴向上提,滑动轴1便相对于体2向下移动,直至与中心齿轮24孔内的内齿轮离合器啮合时为止,此时中心齿轮24就带动滑动轴1以加速反向旋转运动将丝锥旋出螺孔。

5. 定程自定心式攻丝夹头

图10所示为定程自定心式攻丝夹头。采用滚珠、十字槽导轨滚动机构,使丝锥能作平行于本身轴线的径向位移,在被攻孔与丝锥不能严格对准中心情况下,能自动调整丝锥,对准被攻孔的位置。

如图,在体1与下滑体6端面上各开有二条圆弧形长槽,在上滑块4的二面各开有二条互成 90° 的圆弧长槽,在两面圆弧长槽中装入16个滚珠2,这样,下滑体6能在套5孔中轻松地移动,并随体1旋转。在十字滚动导轨的下部,由滚珠8与可换轴10组成定程装置。下滑体6通过三个滚珠8带动可换轴10进行攻丝。当碰到限位装置后,可换轴10在丝锥拉力下,继续向螺孔内切进,直至三个滚珠8落入可换

轴10圆弧环槽中，攻丝停止。

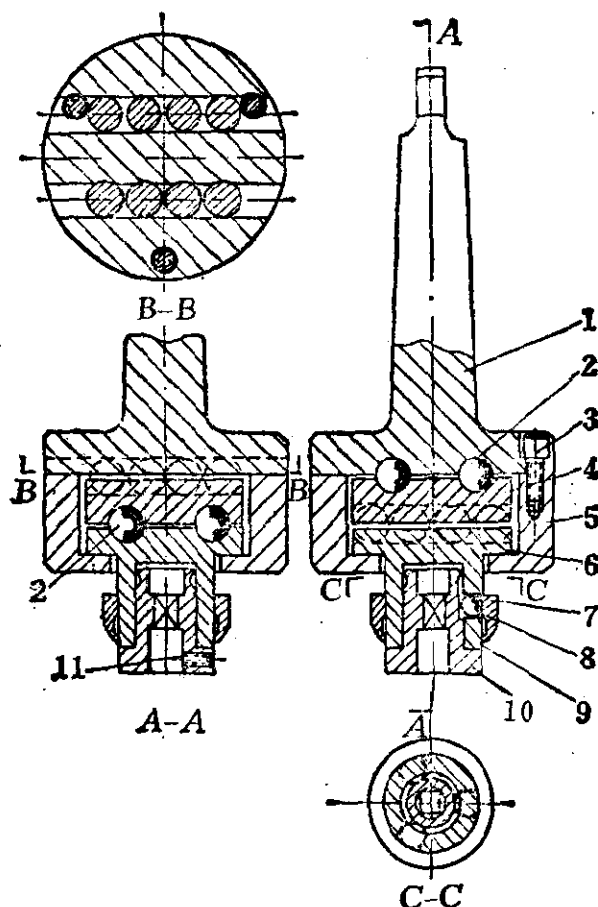


图 10 定程自定心式攻丝夹头

1—体；2、8—滚珠；3—螺钉；4—上滑块；5—套；6—下滑体；7—快换套；9—钢丝圈；10—可换轴；11—固定螺钉

三、装 卸 工 具

1. 圆螺母扳手

图11所示圆螺母扳手，用于松紧圆螺母。它由圆柱扳头1、活动扳脚2、圆铆钉3（八级精度、间隙配合）和扳身体4组成。制造简单，使用可靠。

2. 钩形扳手

图12所示的钩形扳手用于装拆圆螺母。扳手体1腹部有锯齿形齿与调整块2相啮合，由扳簧5锁紧。使用时，根据圆螺母外径尺寸，手握调整块压缩弹簧，使啮合锯齿形齿脱开，上下移动，调整至相应部位，松手后扳簧使锯齿形齿重新啮合，即可使用。

3. 装配螺丝刀

装配螺丝刀（图13）是在普通螺丝刀基础上改进的，它可以夹持螺钉进行使用，能够解决在操作环境窄小或不方便的情况下单手快速工作。

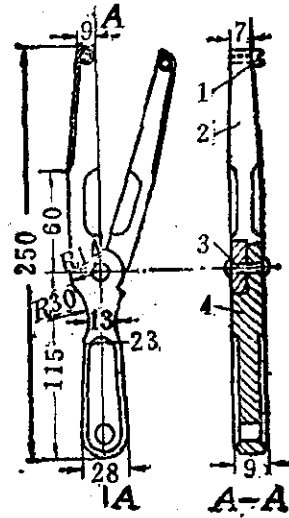


图 11 圆螺母扳手
1—圆柱扳头，2—活动扳脚，
3—圆铆钉，4—扳手体

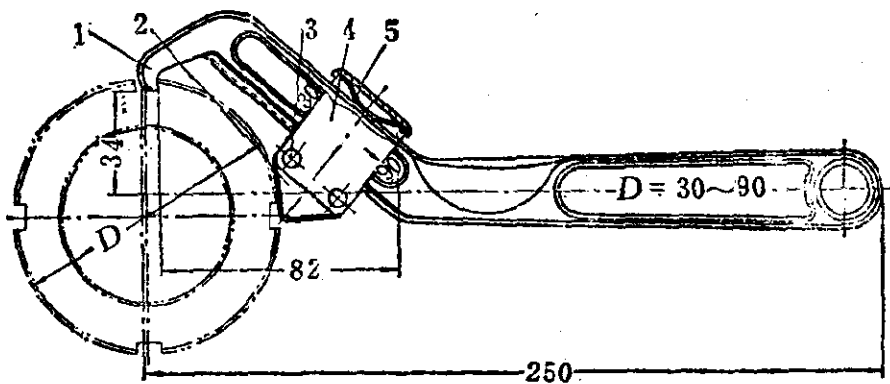


图 12 钩形扳手

1—扳手体，2—调整块，3—铆钉，4—活动夹板，5—扳簧

螺丝刀由螺钉夹持部分和普通螺丝刀两部分组成。夹持部分由夹固筒 5、滑套 4、小压簧 3、夹板 7 等组成。先在滑套 4 上套上小压簧 3，然后，装入夹固筒 5 内。筒内铆有两夹板 7，滑套 4 穿过筒端孔，用铆钉同普通螺丝刀的杆部铆接。’

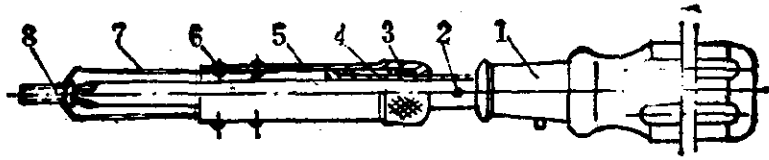


图 13 装配螺丝刀

1—螺丝刀；2—圆柱销；3—小压簧；4—滑套；5—夹固筒；6—半圆头铆钉；7—夹板；8—工件

4. 实用改锥

图14所示是一种新型实用改锥头，它结构简单、操作方便可靠，可以自动对准螺钉中心，使刀刃自行进入螺钉开口。

使用时，把螺刀 2 尾部的内四方孔插入风扳机的方头上，然后，穿上圆柱销 6，再套上“O”型圈，以便在工作中改锥头不会因圆柱销甩出而脱落。安装完毕后，将外套前端顶在所需拧紧的螺钉上，由于外套前端沉孔直径比螺钉头直径稍大 0.1 毫米左右，螺刀刃由于弹簧 3 的作用并不接触螺钉头，然后，开动风扳机，同时轻轻向前推动，此时螺刀旋转并向前顶住螺钉头部，当刀刃转动到与螺钉头的开口一致时，由于操作时的轻轻推力，刀刃便自动进入刀口。这时开始拧紧螺钉，任凭风扳机高速旋转，刀刃也不会滑出，直至拧紧螺钉，风扳机打滑停转为止，即可取下。

根据不同状态、不同规格的螺钉，可制成不同直径及不同厚度的刀刃配套使用。

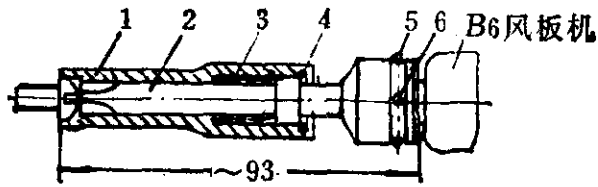


图 14 实用改锥头

1—外套；2—螺母；3—弹簧；4—卡圈；5—O型密封圈；6—圆柱销

5. 拧双头螺栓工具

图15是一种拧双头螺栓工具，它结构简单，制做容易，使用方便可靠。

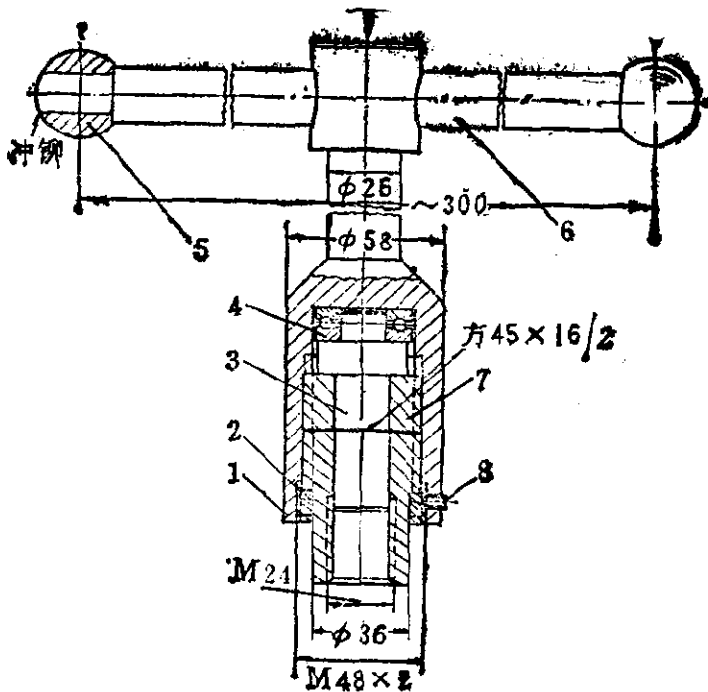


图 15 拧双头螺栓工具

1—外筒；2—压盖；3—顶杆；4—轴承；5—手柄球；6—手柄；7—内筒；8—顶丝

该工具的外筒 1 和内筒 7 用大导程方牙双头螺纹连接，传动灵活、效率高。由于螺纹导程增大，使螺纹连接自锁能力大大减小，当拧螺栓外力解除时，顶杆 3 的轴向受力很小，所以，内筒 7 和双头螺栓连接螺纹几乎处于自由状态。当反向转动工具，便轻轻从螺栓上卸下来。

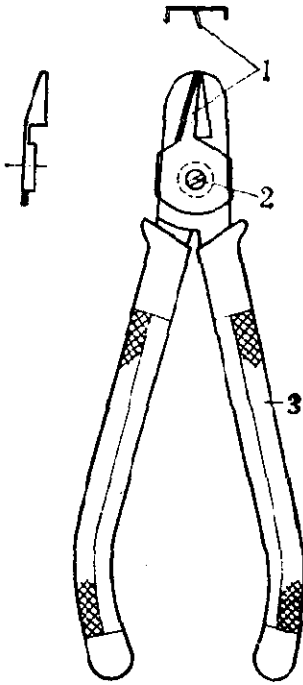


图 16 防蹦偏口钳

1—夹线头弹片；2—螺钉；3—偏口钳

6. 防蹦偏口钳

图16是国营长城机械厂革新的防蹦偏口钳。普通的偏口钳剪线时，线头剪掉后到处乱蹦，影响质量。防蹦偏口钳是在普通偏口钳上稍做改进，即在偏口钳轴上钻一小孔，并攻M3 螺纹（心轴不必钻通），在钳口部分用螺丝压一夹线头的弹片，调整好角度。这样，剪线时线头会被弹片夹住，松开钳子时，线头才会落下。

7. 多用夹钳

图17为多用夹钳，它具有 500 公斤以上的夹紧力，还有

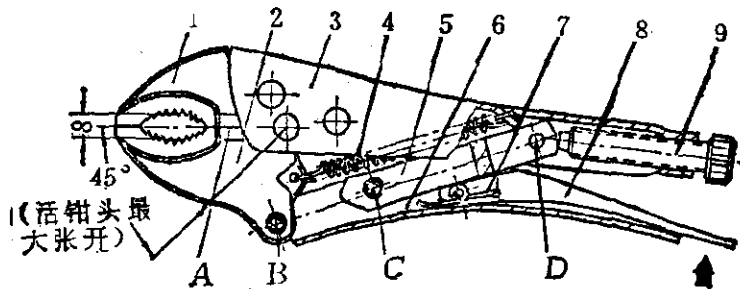


图 17 多用夹钳

1—定钳头；2—活钳头；3—大柄；4—拉簧；5—撑杠；6—小柄；7—扭簧；8—脱开柄；9—M12螺钉

锁紧机构，能代替虎钳、水泵（水管）钳、花颧钳和扳手等。转动调节螺钉能使钳头张合，钳头最大能夹住35毫米厚的板料，钳头圆弧部分有90°尖齿，最大能夹住 $\phi 45$ 毫米的管棒，钳头A处备有刀刃，可以用来夹断 $\phi 3$ 毫米以下的铁丝。

8. 多用压管钳

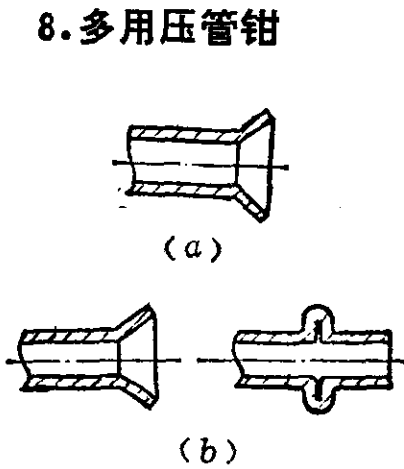


图 18

- (a) 铜管压制形状；
- (b) 尼龙管压制形状

多用压管钳是用来对油管端部压型的专用工具。可对直径10毫米以下的尼龙管、紫铜管进行切断、刮孔、端部扩口及压型，而且更换模具可压制不同形状（图18）。因此，它可在机床、汽车等设备中维修液压管路。

多用压管钳（图19）由压形机构、切管机构及剔孔刮刀等主要部分构成。工作时，上钳口1带动下钳口2产生压形距离，钳柄10与活钳柄11随之产生握压距离，上夹管爪7与下夹管爪8在弹簧21

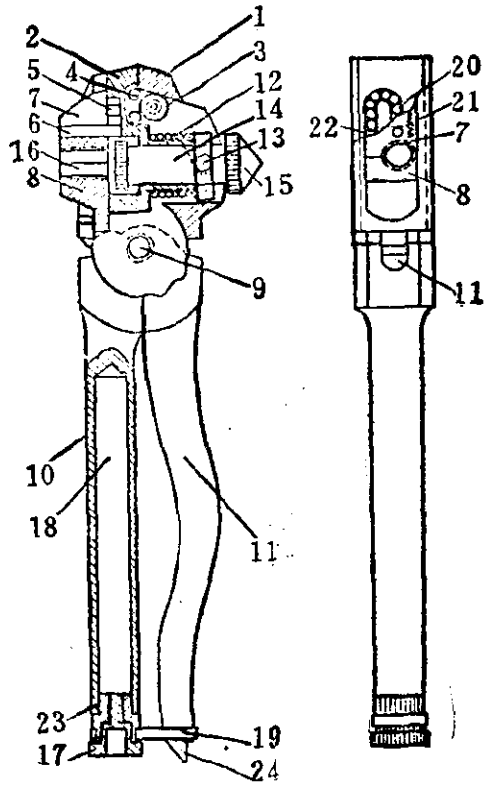


图 19 多用压管钳

- 1—上钳口；2—下钳口；3—切管刀；4—滚轮；5—滚柱；6—圆柱销；7—上夹管爪；8—下夹管爪；9—中心轴；10—钳柄；11—活钳柄；12、21—弹簧；13—连动轴；14—导柱；15、16、17—模具；18—模具仓；19—绷带；20—滚柱；22—键；23—仓堵；24—割孔刮刀

的作用下自动张开，油管放入夹管爪内，由于弹簧12的弹力大于弹簧21，当用手握动钳柄时，活钳柄11首先推动下夹管爪8，通过键22推动滚柱5，再推动圆柱销6，带动上夹管爪7压缩弹簧21将油管夹住，然后上钳口压缩弹簧12带动导柱14和压模与下钳口合并，完成压形。压形的大小可通过导柱14调整。

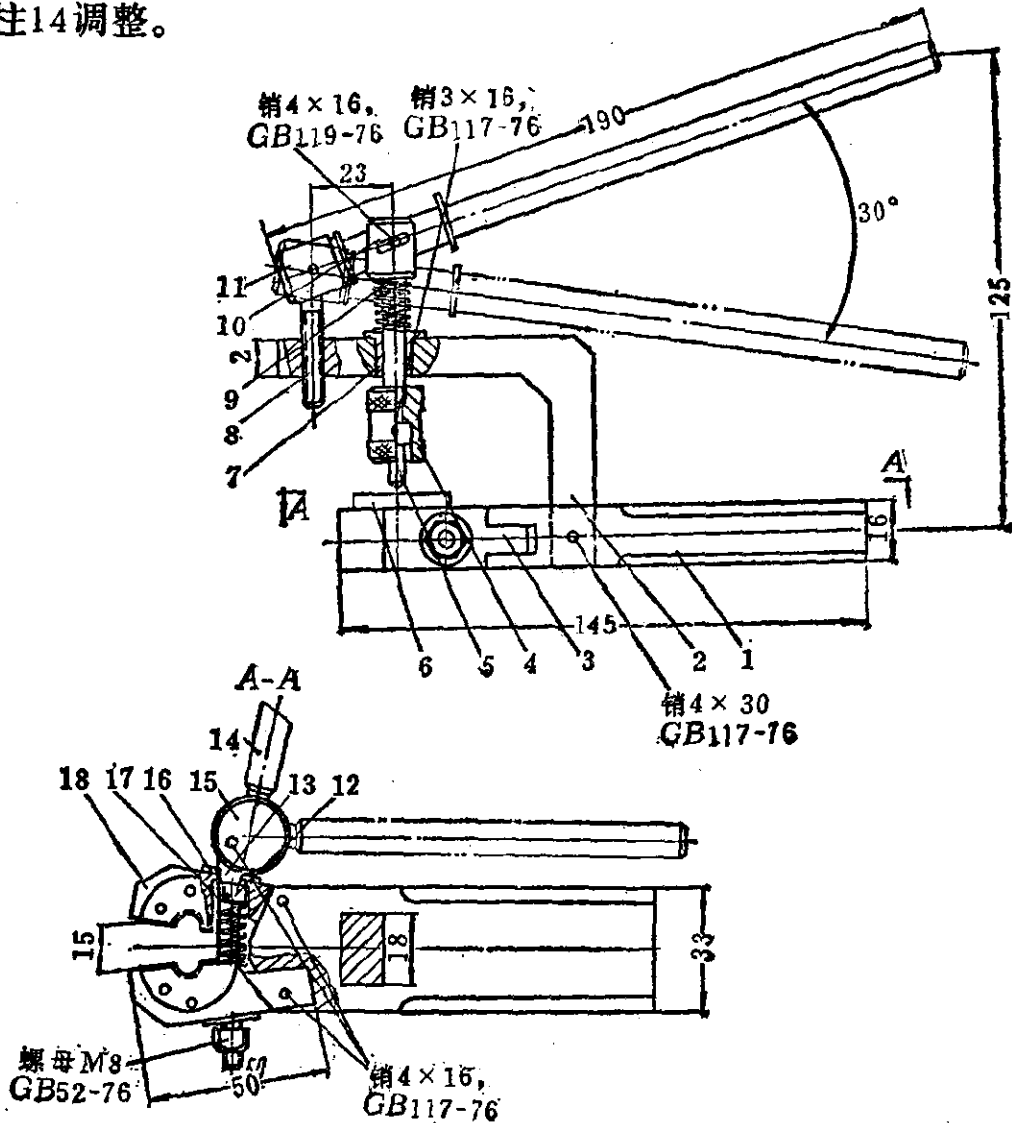


图 20 轻便压管器

- 1—夹板主体，2—支承体，3—左活口夹板，4—挤压套，5—挤压芯，
6—夹紧活套，7—导向套，8—可调支柱，9、17—弹簧，10—挤压动
轴，11、14—压杆，12—开口垫套，13—锁紧拉杆，15—偏心轮，
16—垫圈，18—右活口夹板

9. 轻便压管器

压管器（图20）也是用来压制承受传递压力油的尼龙管口的工具。尼龙管经过压管器的挤压成型，可保证尼龙管与管接头连接时保持良好的密封，也适用于其它管口的成型。使用时，根据管口的规格，更换夹紧活套6、挤压套4和挤压芯5，即可完成不同规格尼龙管的管口压制。调整M8螺母即可达到要求的夹紧力。

10. 钻头、锥套拆卸器

图21是北京工具厂设计制造的钻头、锥套拆卸器，使用方便、可靠。拆卸钻头或锥套时，先把拆卸器的扁铁插入钻杆或镗杆的扁孔内顶住钻头的尾部，左手接持钻头，右手握持拆卸器的手锤部位，轻轻敲打斜铁，钻头式锥套便自行脱落，可较好地防止砸伤工件。

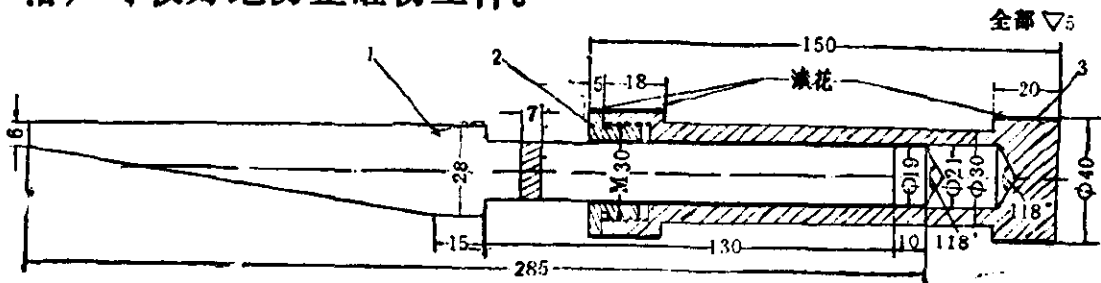


图 21 钻头、锥套拆卸器

1—斜铁，2—锁紧螺母，3—手锤

11. 液压拉马

图22液压拉马用于拆卸皮带轮、轴承等部件。工作时，压杆4带动油泵活塞5上下运动，产生吸油和压油动作。当活塞5向上运动时产生吸力，油箱6中

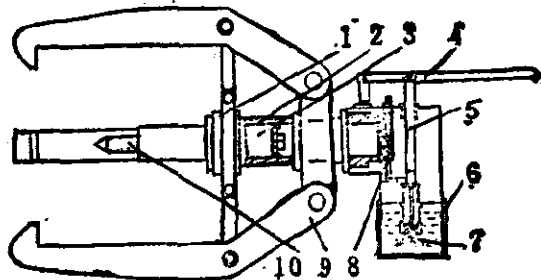


图 22 液压拉马

1—调整套，2—油缸，3、5—活塞，
4—压杆，6—油箱，7、8—单向阀，
9—三爪，10—调整丝杆

的液压油打开单向阀 7 进入油泵，当活塞 5 向下运动时，单向阀 7 闭合，压力油经单向阀 8 进入油缸 2，推动主活塞 3 向前，完成拆卸工作。工作结束后，打开针阀泄油。

四、维 修 工 具

1. 圆柱和圆锥型可调式研具

图23为圆柱和圆锥型可调式研具。用来研磨数量较多的工件。这种研具能在一定的尺寸范围内进行调整，故可延长使用寿命。

2. 可调研磨杆

可调研磨杆如图24，用于研磨机床尾座孔等，可以避免工件出现喇叭口，保证研磨孔的加工精度。

使用时，先转调节杆，通过调节杆圆球部挤压胀套的内锥孔，使胀套径向胀大，从而把研磨杆胀大。由于胀套外径制成圆弧面，而且研磨杆上的弹性槽未切通，因此，只使研磨杆中间部分凸起，故在研磨时有效地消除喇叭口现象，研磨后孔的圆柱度可控制在0.003毫米以内。

3. 拖研杠杆

图 25 为拖研杠杆，用于刮研C620车床床头箱与床身的接合面，仅用一个人就可以完成研合工作。工作时，首先用压紧螺丝 5 将固定板 4 紧固在床身上，再用连接板 1 把床头箱的二个孔与可调拉杆 2 连接起来，上下扳动杠杆 3，床头箱便往复运动，达到拖研的效果。

4. 楔铁刮胎

楔铁刮胎（图26）结构简单，适用范围较大，基本可满足中小型机床楔铁修刮的要求。刮胎由20毫米厚钢板制成，

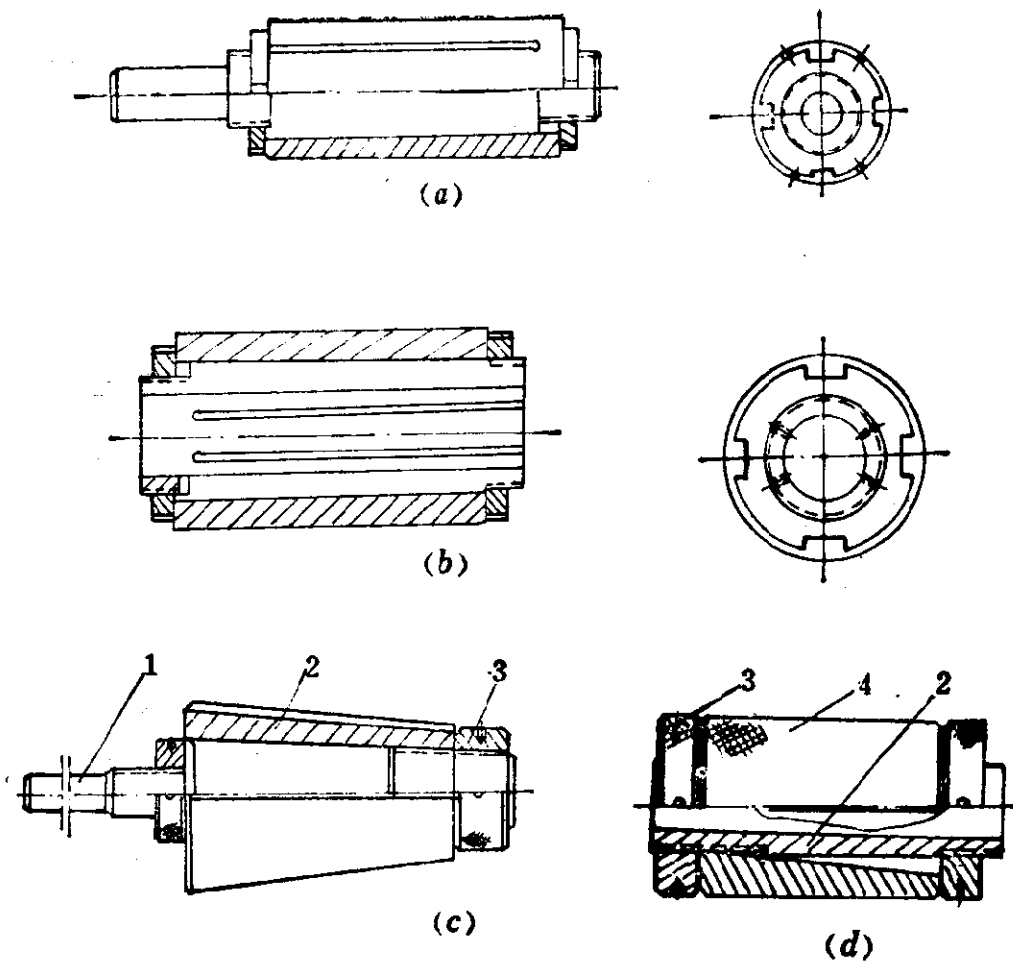


图 23 可调式研具

(a)外圆柱可调式研具；(b)内圆柱型可调式研具；(c)外圆锥型可调式研具；(d)内圆锥型可调式研具
 1—心轴，2—研套，3—螺母，4—壳套

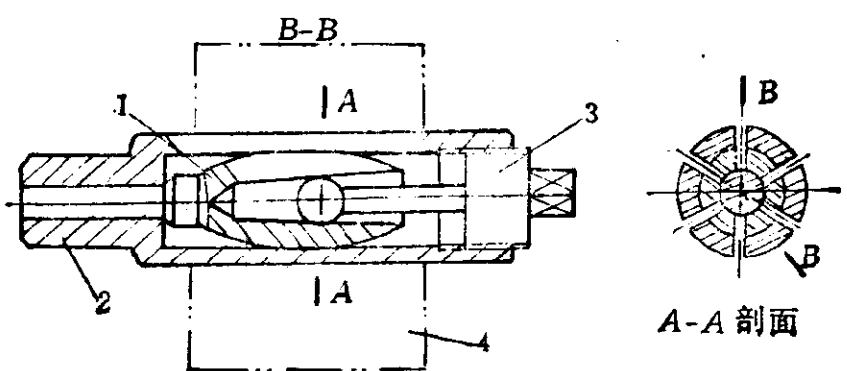


图 24 可调研磨杆

1—胀套，2—研磨杆，3—调节杆，4—工件

上有横向 8 根、纵向 2 根 T 型槽组成，根据楔铁长短、宽窄，用压板和挤铁把楔铁固定在刮胎上。刮胎的一端钻有 $\phi 12$ 两孔，以便固定在桌案或支架上。

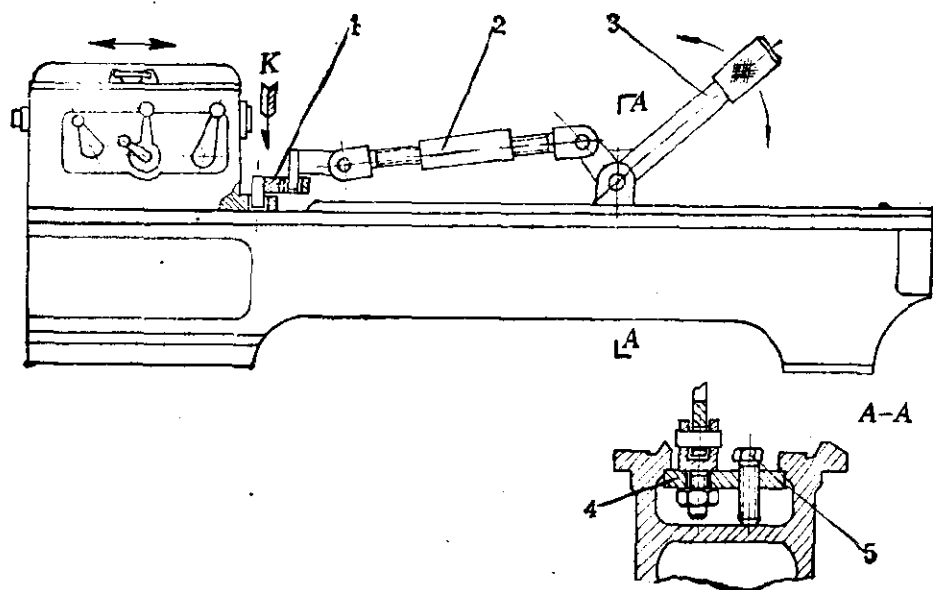


图 25 拖研杠杆

1—连接板，2—可调拉杆，3—杠杆，4—固定板，5—压紧螺丝

5. 微调表架

一般百分表架都没有微调装置，测量时很不方便。图27是一种微调表架，用于百分表或杠杆千分表。使用时，把这套微调装置安装在原百分表架上的 $\phi 8$ 孔中，轻轻地顺时针拧动微调螺钉2，微调装置的前体5在杠杆3的压迫下位移到所需理想位置。A孔用于百分表，B孔用于杠杆千分表。

6. 切槽工具

图28是在钻床上加工工件孔内的环槽或油槽的切槽工具。工具的杠杆5用螺钉销10装在工具体槽内，并绕螺钉销摆动。切刀与工具体方孔的配合为 $\frac{H7}{h6}$ 。切槽时，向右旋转进刀手轮4，即可径向进刀。

7. 切割纸垫圈工具

图29是一种切割纸垫圈工具。

使用时，将工具装在钻床主轴上，调节好需要的加工尺寸，把钻床转速放在最低档，压下进行手柄，即可切下垫圈。

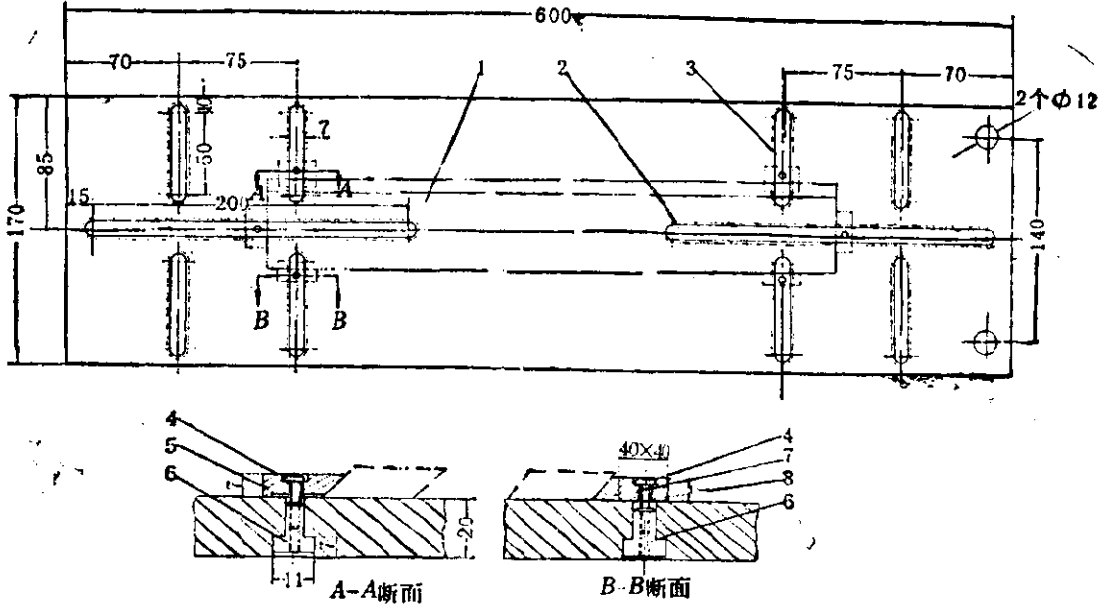


图 26 楔铁刮胎

1—刮研楔铁，2—纵向T型槽(二根)，3—横向T型槽(八根)，4—内六角螺钉，5—压板，6—T型螺母，7—挤铁，8—档块

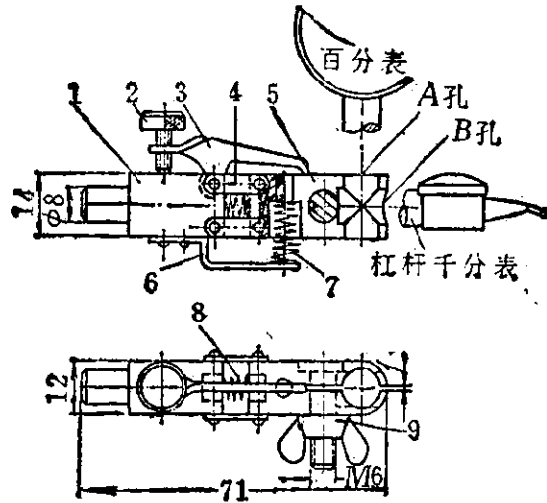


图 27 微调表架

1—后体，2—微调螺钉，3—杠杆，4—连杆，5—前体，6—托架，7—复位弹簧，8—弹簧，9—压紧螺母

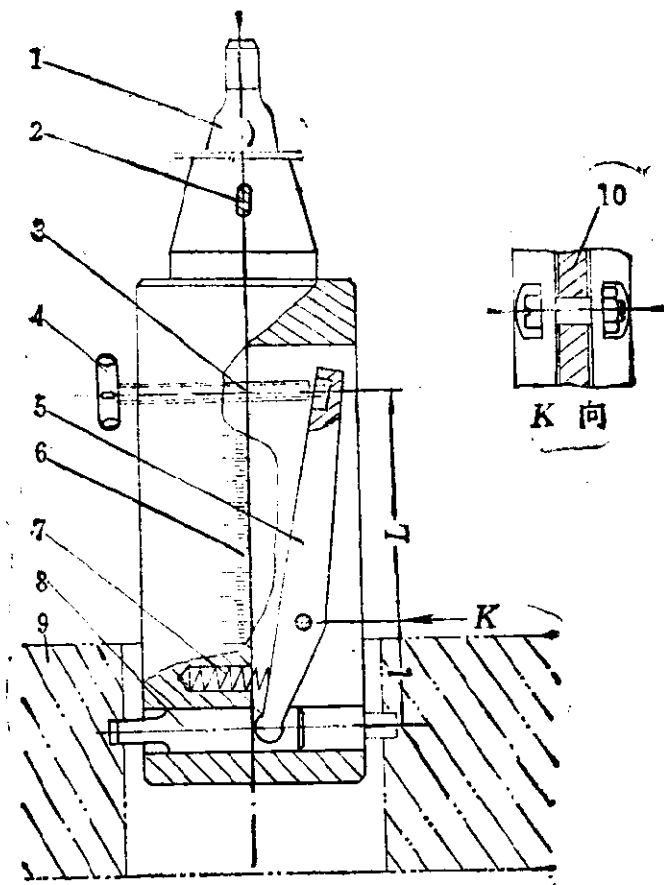


图 28 切槽工具

1—工具体，2—插销，3—进刀螺杆，4—手轮，5—杠杆，6—标尺刻度，7—退刀弹簧，8—切刀，9—工件，10—螺钉销

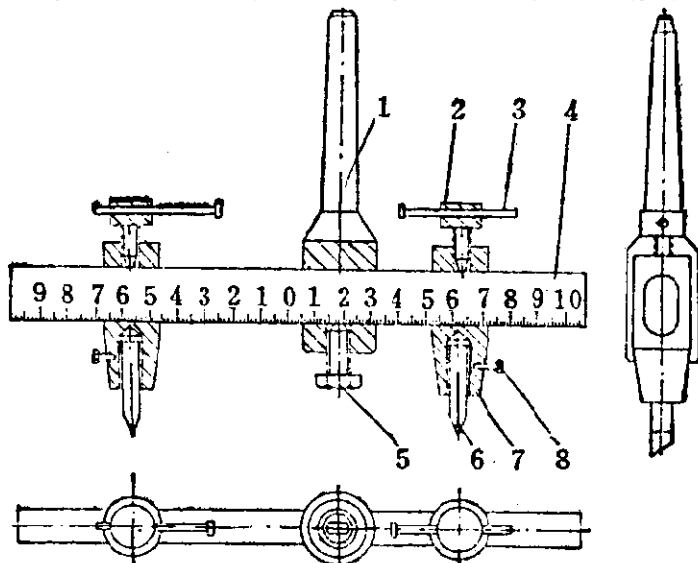


图 29 切割纸垫圈工具

1—心轴，2、5、8—螺钉，3—活动销，4—刻线尺，6—刀头，7—刀排