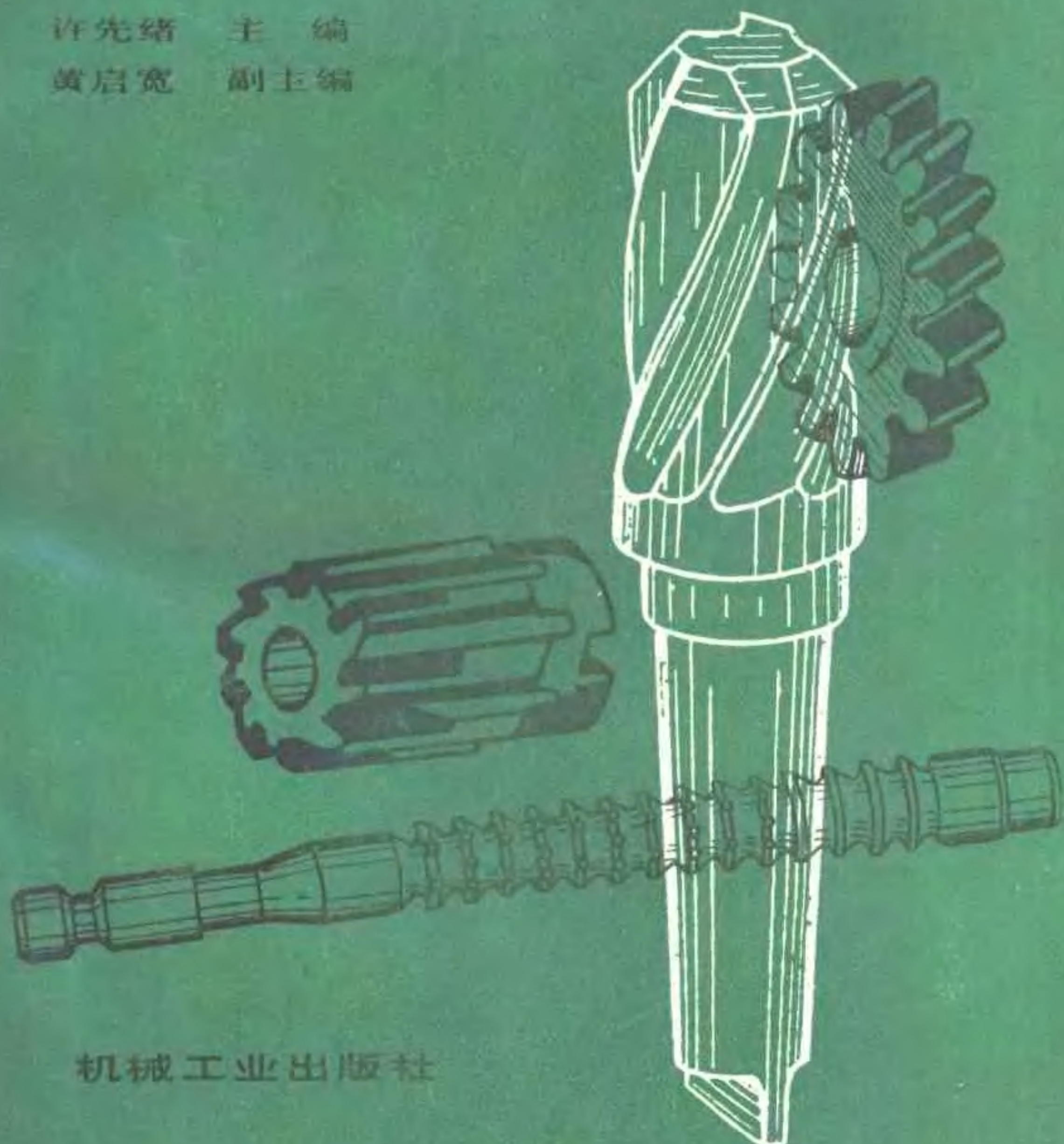


非标准刀具设计手册

许先绪 主 编
黄启宽 副主编



机械工业出版社

ISBN 7-111-03298-5/TG·720

科技新书目, 275-014

定 价, 5.80 元



非标准刀具设计手册

许先绪 主 编

黄启宽 副主编

王敏之 协 编

孙家宁 主 审



机械工业出版社

(京)新登字054号

本手册共五章, 主要介绍成形车刀、扩孔钻、铰钻、铰刀、孔加工复合刀具、成形铣刀、拉刀、蜗轮滚刀和蜗轮飞刀的设计步骤与方法, 并有设计举例与标准刀具工作图。

本手册由全国高等专科学校机械制造专业教材编审委员会组织编写, 是《金属切削原理》和《金属切削刀具》的配套教材。因资料较全, 查阅方便, 采用最新的国家标准, 所以亦可单独使用。本手册可供高等专科学校学生在刀具课程设计和毕业设计时使用, 也可供大学专科班、职工大学、电视大学和高等专科学校机制专业学生, 以及工矿企业工程技术人员设计刀具时使用。

非标准刀具设计手册

许先绪 主编

黄启宽 副主编

*

责任编辑: 钱飒飒 版式设计: 胡金珠

封面设计: 刘代 责任校对: 高文龙

*

机械工业出版社出版 (北京阜成门外百万庄南街一号)

(北京市书刊出版业营业许可证出字第117号)

通县建新印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16·印张13·插页1·字数320千字

1992年8月北京第1版·1992年8月北京第1次印刷

印数 00,001—10,000·定价: 5.80元

*

[ISBN 7-111-03298-5/TG·720]

前 言

本手册由全国高等专科学校机械制造专业教材编审委员会组织编写，是《金属切削原理》和《金属切削刀具》的配套教材。编写大纲经全国高等专科学校机械制造专业协会刀具课程组讨论通过。本书主编为许先绪，副主编为黄启宽。其中第二、四章和附录由许先绪编写，第五章由黄启宽编写，第一、三章由王敏之编写。主审为上海机械专科学校孙家宁副教授。

本手册既是一本刀具课程设计和毕业设计参考手册，又是一本独立使用的非标准刀具设计手册，其特点如下：

一、手册分为五章，除介绍六种常用的非标准刀具如成形车刀、成形铣刀、圆孔拉刀、矩形花键拉刀、蜗轮滚刀和蜗轮飞刀的设计步骤与方法外，特别较详细地介绍了扩孔钻、铰钻、铰刀和孔加工复合刀具的设计步骤与方法，提供了非标准孔加工刀具较丰富的设计资料。

二、设计资料内容完整，包括刀具类型的选用、结构设计、刀具几何参数设计等，还提供了详细的技术条件、精度和加工表面粗糙度选用等资料。

三、设计资料基本表格化，编排醒目，便于查阅。

四、采用最新国家标准。

五、有较详细的设计举例，包括设计步骤与标准刀具工作图，便于学习与参考。

六、增加了一些其它类型手册中较少的内容，如：

1. 成形车刀刀夹结构；
2. 套式铰刀和套式扩孔钻用心轴尺寸；
3. 各种铰钻及刀杆的结构尺寸；
4. 复合孔加工刀具设计方法与设计举例；
5. 铲齿成形铣刀设计容屑槽参数确定新法；
6. 蜗轮飞刀切刀常用刀杆结构及切刀夹紧方式等。

七、有参考题选。

所以本手册不仅可供高等专科学校学生在刀具课程设计时使用，也可供大学本科、职大、电大和中专学生使用，并且也适宜工厂企业中的工程技术人员在设计刀具时使用。

编 者

1991年9月

目 录

第一章 成形车刀设计.....	1	第三节 样板设计.....	113
第一节 常用成形车刀的特点及其 选用.....	1	第四节 铲齿成形铣刀的技术条件.....	113
第二节 成形车刀的结构尺寸.....	1	第五节 铲齿成形铣刀设计举例.....	114
第三节 成形车刀的前角和后角.....	5	第六节 铲齿成形铣刀设计题选.....	121
第四节 成形车刀的廓形设计.....	7	第四章 拉刀设计.....	123
第五节 成形车刀的样板设计.....	10	第一节 拉削方式选择.....	123
第六节 成形车刀的技术条件.....	11	第二节 拉削余量.....	125
第七节 成形车刀设计举例.....	12	第三节 拉刀材料.....	128
第八节 成形车刀的刀夹.....	16	第四节 拉刀几何参数.....	128
第九节 成形车刀设计题选.....	22	第五节 齿升量.....	129
第二章 孔加工刀具设计.....	28	第六节 圆孔拉刀设计.....	132
第一节 扩孔钻设计.....	28	第七节 矩形花键拉刀设计.....	145
第二节 铰钻设计.....	46	第八节 拉刀技术条件.....	150
第三节 机用铰刀设计.....	61	第九节 矩形花键拉刀设计举例.....	153
第四节 带前、后导引的机用铰刀 设计.....	88	第十节 拉刀设计题选.....	158
第五节 机用铰刀的技术条件.....	92	第五章 蜗轮滚刀和蜗轮飞刀 设计.....	162
第六节 机用铰刀设计举例.....	93	第一节 蜗轮滚刀设计.....	162
第七节 复合孔加工刀具设计.....	95	第二节 蜗轮滚刀的主要技术条件.....	170
第八节 复合孔加工刀具设计举例.....	99	第三节 蜗轮滚刀设计举例.....	178
第九节 孔加工刀具设计题选.....	103	第四节 蜗轮飞刀设计.....	180
第三章 铲齿成形铣刀设计.....	105	第五节 蜗轮飞刀设计举例.....	185
第一节 铲齿成形铣刀结构设计.....	105	第六节 蜗轮滚刀和蜗轮飞刀设计 题选.....	191
第二节 铣直槽用的铲齿成形铣刀 廓形设计.....	112	附录 刀具设计常用资料.....	194
		参考文献.....	204

第一章 成形车刀设计

成形车刀是在普通车床、六角车床、自动和半自动车床上，用于加工工件内外回转成形表面的一种高生产率专用刀具。它主要用在成批和大量生产中。

第一节 常用成形车刀的特点及其选用

成形车刀的类型很多，本章只介绍径向圆体成形车刀和径向棱体成形车刀的设计方法。这两种成形车刀是最常用的，设计时可根据其特点选用。常用成形车刀的特点见表1-1。

表1-1 常用成形车刀的特点

类型	特点
径向圆体成形车刀	外形是回转体，切削刃分布在圆周上，可用于加工内、外成形表面。结构简单，制造方便，重磨次数多。加工圆锥面时产生的双曲线误差较大，加工精度差
径向棱体成形车刀	外形是棱柱体。刚性好，重磨次数较多，只能用于加工外成形面。加工圆锥面时产生的双曲线误差较小，当前角 $\gamma_t=0^\circ$ 时，误差为零，加工精度较高

第二节 成形车刀的结构尺寸

一、成形车刀的主要结构尺寸

带端面齿的圆体成形车刀结构尺寸见表1-2；带销孔的圆体成形车刀结构尺寸见表1-3；带键槽的圆体成形车刀结构尺寸见表1-4；棱体成形车刀结构尺寸见表1-5。

二、成形车刀的宽度（图1-1）

决定成形车刀的宽度尺寸，除考虑工件成形表面的宽度外，一般还应考虑后续工序的要求和刀具本身的需要而增加必要的附加刀刃。

1. 刀体总宽度 L_0 。

$$L_0 = L + l_y \quad (1-1)$$

式中 l_y ——圆形刀非刃部宽度，见表1-2图；

$$L_0 = l + a + b + c + d \quad (1-2)$$

其中 l ——工件廓形宽度；

a ——为增加刀尖强度的附加刀刃，常取2~3mm；

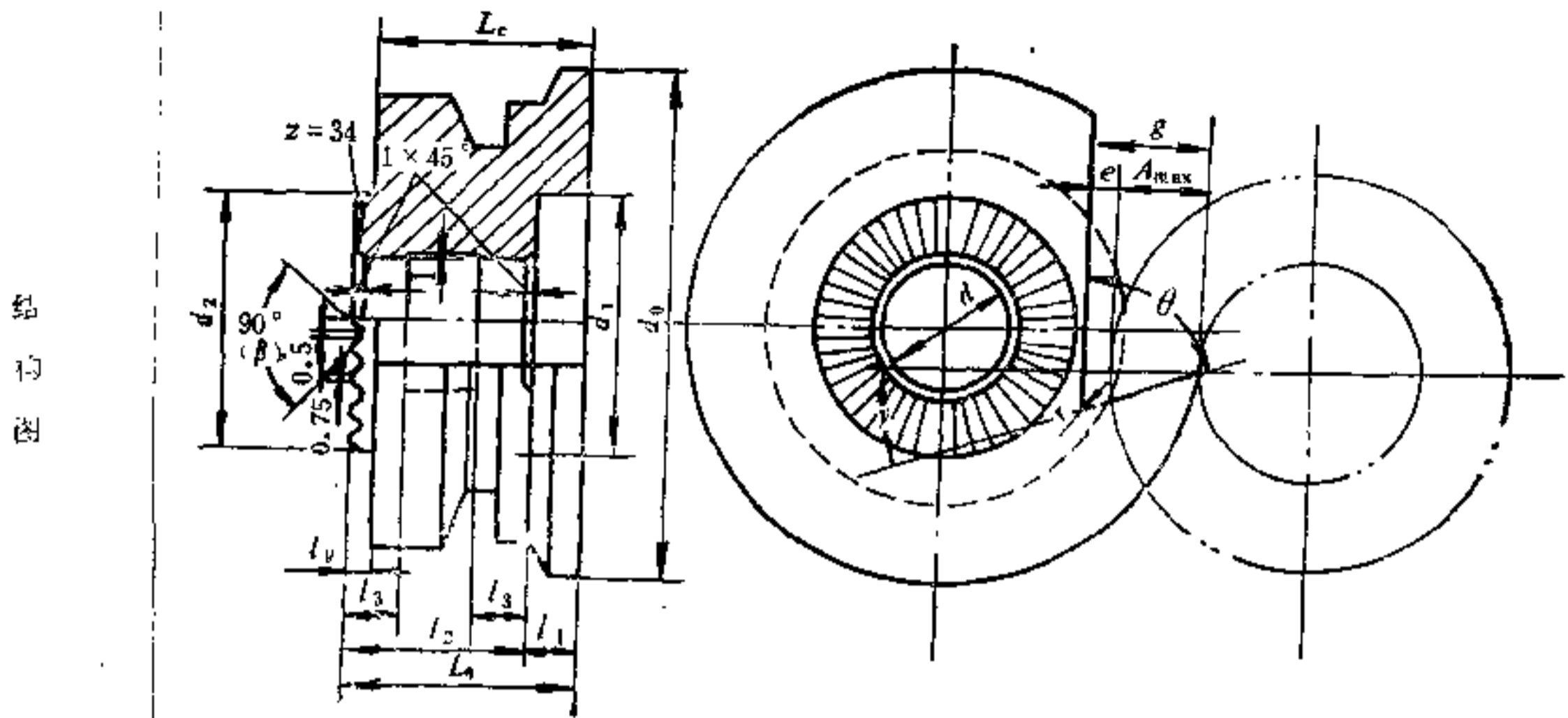
b ——端面加工余量， b 取1~3mm，若端面有倒角则 b 应比倒角宽度大1~1.5mm；

c ——切断余量，应稍大于切断宽度，取3~8mm；

d ——使切断刃超出毛坯外圆，常取0.5~1mm。

表1-2 带端面齿的圆体成形车刀结构尺寸

(mm)



工件成形深度	刀具尺寸						端面尺寸	
	d_0	d	a_1	g_{max}	e	r	d_2	l_1
≤ 4	30	10	16	7	3	1	—	—
$> 4 \sim 6$	40	13	20	10	3	1	20	3
$> 6 \sim 8$	50	16	25	12	4	1	26	3
$> 8 \sim 10$	60	16	25	14	4	2	32	3
$> 10 \sim 12$	70	22	34	17	5	2	35	4
$> 12 \sim 15$	80	22	34	20	5	2	40	4
$> 15 \sim 18$	90	22	34	23	5	2	45	5
$> 18 \sim 21$	100	27	40	26	5	2	50	5

注：1.表中 e 为容屑距离，工件材料塑性大时，结构尺寸可按 A_{max} 更大一档选取。

2.沉头孔深度 $l_1 = \left(\frac{1}{4} - \frac{1}{2}\right) L_0$ 。

3. g_{max} 是按 A_{max} 上限给出的，由 $g = A_{max} + r$ 计算，并圆整到0.5的倍数。内孔成形车刀的 e 值可小于表中数值。

4.当孔深 $l_2 > 15$ mm时，孔内加空刀槽，可取 $l_3 = \frac{1}{4} l_2$ 。

5.当 $\gamma_f < 15^\circ$ 时， θ 取 80° ； $\gamma_f > 15^\circ$ 时， θ 取 70° 。

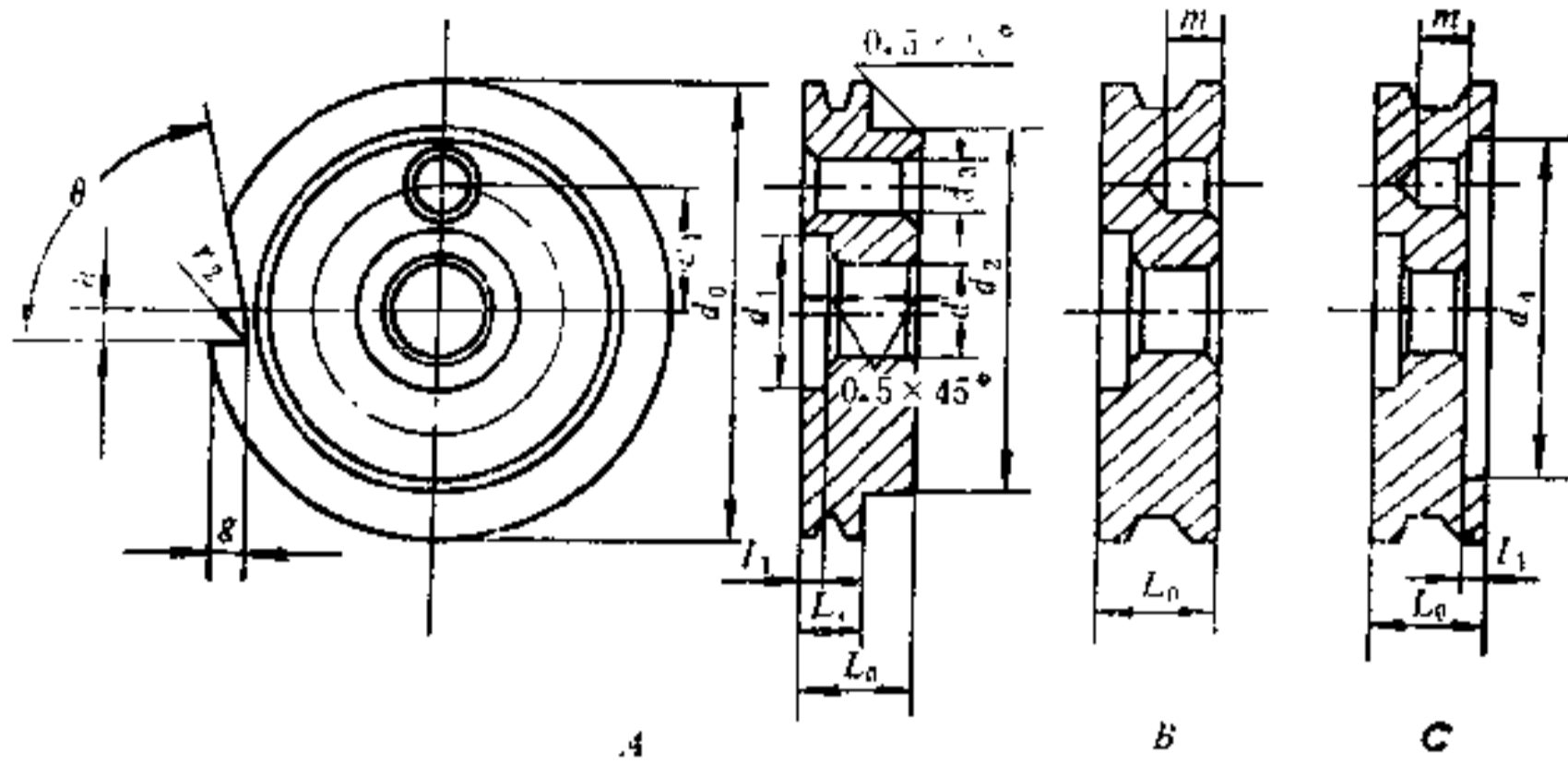
6.端面齿齿形角 β 可为 60° 或 90° ，齿顶宽为0.75mm，齿底宽为0.5mm，齿数 $Z=10 \sim 50$ ，如考虑通用，可取 $Z=34$ ， $\beta=90^\circ$ 。端面齿纹也可视具体情况采用滚花，或设计成装配式可换齿环。

7.各种车床均有应用，多用于普通车床。

表1-3 带销孔的圆体成形车刀结构尺寸

(mm)

结构示意图



机床型号	刀具结构型式	刀具尺寸								销孔尺寸				运用的工件磨形精度 A_{max}	电机功率 (kW)	允许加工宽度
		L_c	d_0	d	d_1	d_2	l_1	g	L_0	d_4	d_3	m	c_1			
	A	≤ 6							6							
	B	> 6	45	10	15	—		9	*	—	4.1	—	9	≈ 6		
C1312 C1318	A	≤ 10				32			10							
	B	$> 10 \sim 22$	52	12	20	—		11	—	6.2	—	11	≈ 8	3	50	
	C	> 22				—			*	28		8				
C1318	A	≤ 10				32			10							
	B	$> 10 \sim 22$	60	16	24	—		11	—	5.2	—	12.5	≈ 8	4.2	50	
	C	> 22				—			*	35		8				
C1325	A	≤ 10				32			10							
C1336	B	$> 10 \sim 22$	68	16	24	—		14	—	8.2	—	14	≈ 1	4.2	80	
	C	> 22				—			*	38		8				

注：1. h_c 为刀具中心到前刀面的距离，由 $h_c = R_f \sin(\gamma_f + \alpha_c)$ 计算而得。

2. 当 $\gamma_f < 15^\circ$ 时， θ 取 80° ， $\gamma_f > 15^\circ$ 时， θ 取 70° 。

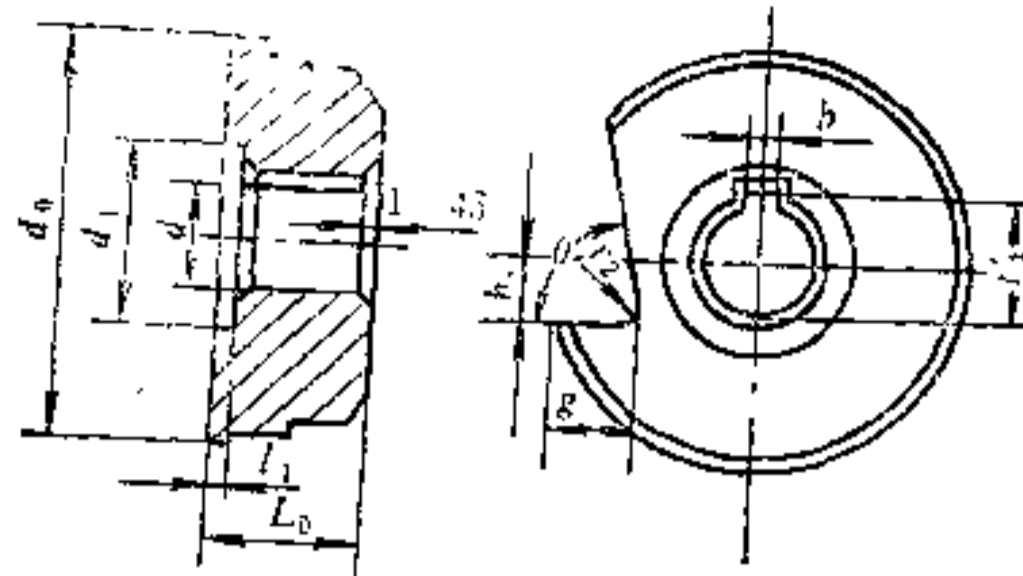
3. 多用于单轴自动车床，多轴自动车床也有应用。

4. * 同 L_c 。

表1-4 带键槽的圆体成形车刀结构尺寸

(mm)

结构图



机床型号	d_0	d	L_0	d_1	l_1	g	b	r_1	电机功率 (kW)	允许加工宽度
C2152.6	76	10~50	20	32	4	14	6	24.1	14	120
C2150.6									(20)	(140)

注：1. 键承受切削力矩较大， L_0 可大些，常选用18、20、25、30、35、40、45mm等系列。

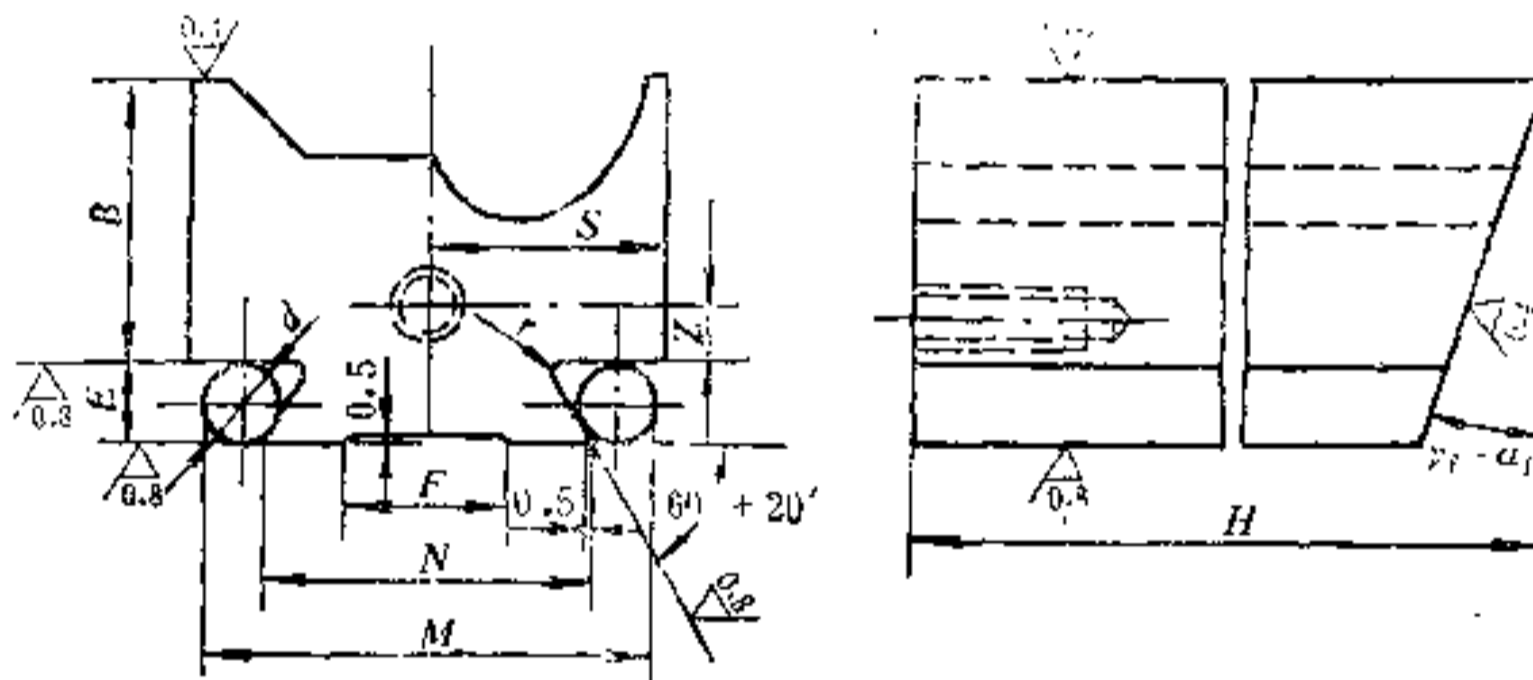
2. $\gamma_f < 15^\circ$ 时， θ 取 80° ； $\gamma_f > 15^\circ$ 时， θ 取 70° 。

3. 多用于多轴自动车床，普通车床和六角车床上也可应用。

表1-5 棱体成形车刀结构尺寸

(mm)

结构图



工件廓形深度

车刀尺寸

燕尾尺寸

A_{max}	B	H	$E^{+0.30}$	N	F	r	d	M	d	M
≤ 4	9	75	4	15	7	0.5	4	21.31	3	18.577
$> 4 \sim 6$	14	75	6	20	10	0.5	6	29.46	4	24.000
$> 6 \sim 10$	19	75	6	25	15	0.5	6	34.46	4	29.000
$> 10 \sim 14$	25	90	10	30	20	1	10	45.77	6	34.846
$> 14 \sim 20$	35	90	10	40	25	1	10	55.77	6	44.846
$> 20 \sim 28$	45	100	15	60	40	1	15	83.66	8	64.536

注：1. 表中车刀尺寸可用于更小的 A_{max}

2. 尺寸 B 应满足 $B - A_{max} > (0.25 \sim 0.5)l$ ， l 为工件廓形宽度。

3. 当车刀宽度超过 $2.5N$ 时，应选用较大的燕尾尺寸。

4. 如果使用非表中的量棒直径时， M 值可按式计算： $M = N + d(1 + \text{ctg} \frac{\theta}{2}) - 2E \text{ctg} \theta$ ，式中 θ 为燕尾槽夹角。

表图中 $\theta = 60^\circ$ 。

5. 螺钉孔尺寸可按机床刀架等尺寸而定，推荐用M6，其深度应满足支承螺钉的最大调节范围。

6. S 及 Z 可按加工具体情况和机床刀架等尺寸而定。

在图1-1中, A 为切断部廓形深度, $A < A_{max}$ 。

图中 κ_r 为附加刃偏角, 常取 $15^\circ \sim 20^\circ$ 。如工件带倒角时 κ_r 应等于工件倒角角度。

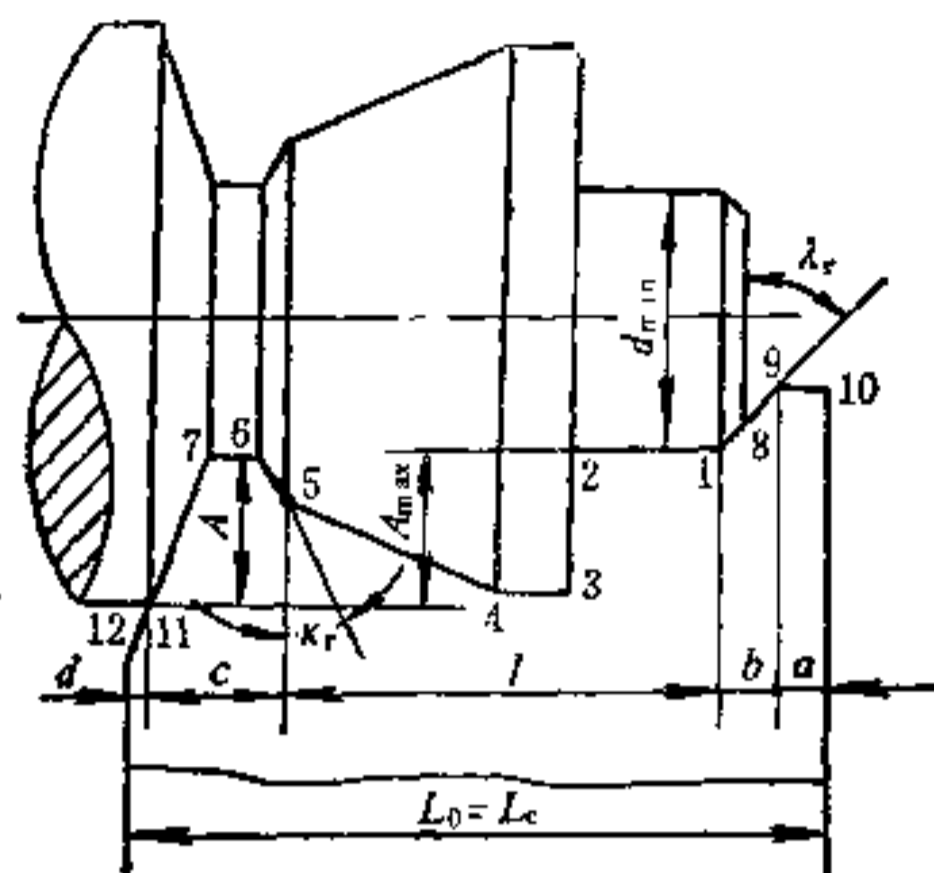


图1-1 成形车刀宽度及附加刀刃

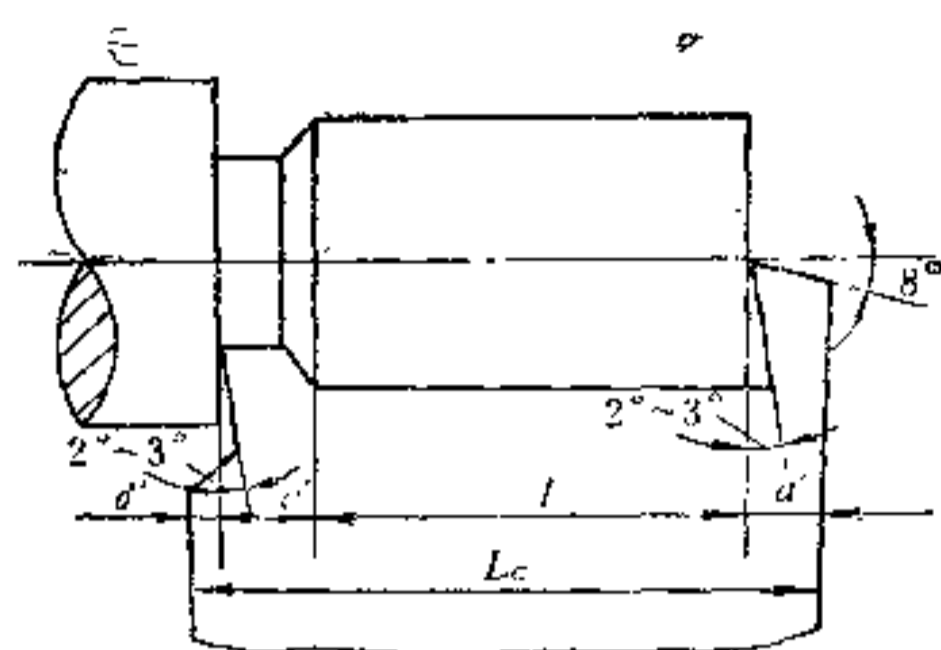


图1-2 附加刀刃的另一种形式

实际生产中, 有时工件廓形及端面需一次直接切出, 以节约加工时间和工件材料, 可取图1-2所示的附加刀刃形式。 a' 、 c' 、 d' 的数值视具体情况而定 (其中 $a' > 3\text{mm}$)。

2. 切削刃允许宽度校验

径向成形车刀全部切削刃同时参加切削, 径向切削分力很大, 容易引起振动。一般应限制切削刃总宽度 L_c 与工件左端最小直径 d_{min} 的比值, 使 L_c/d_{min} 不超出下列数值即可:

粗加工为 $2 \sim 3$, 半精加工为 $1.8 \sim 2.5$, 精加工为 $1.5 \sim 2$ 。工件直径较小时取小值, 反之取大值。

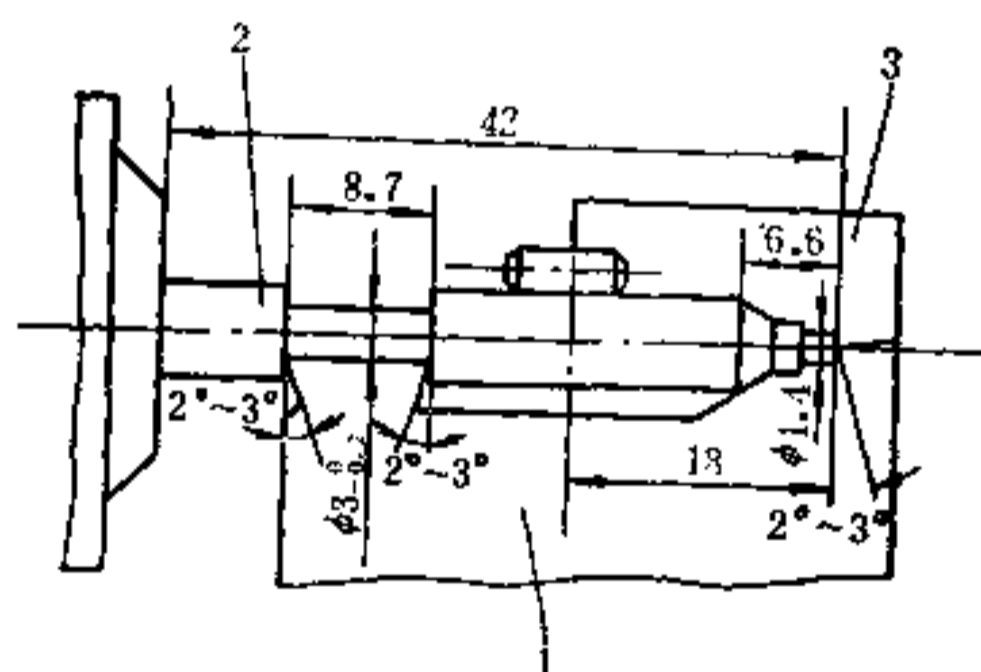


图1-3 辅助支承的安放位置

1—成形车刀 2—工件 3—辅助支承

当 L_c/d_{min} 大于许可值或 $L_c > 80\text{mm}$ (为经验许可值) 时, 可采取下列措施:

- (1) 设计成两把 (或数把) 成形车刀, 装在机床不同位置对工件廓形进行分段切削。
- (2) 改用切向进给成形车刀; 或增大刀具前角、减小进给量、减小加工余量、作最后修光刃等。

(3) 采用辅助支承——滚轮托架, 以增加工艺系统刚度, 辅助支承的安装位置视具体情况而定 (图1-3)。

第三节 成形车刀的前角和后角

一、成形车刀的前角 γ 和后角 α

成形车刀的前、后角指在工件端剖面内刀刃上距工件中心最近并位于工件中心等高位置一点处的前、后角。

成形车刀的前角可按表1-6选取。

表1-6 成形车刀的前角

加工材料	物理力学性能		前角 γ_f
	σ_b (GPa)	HBS	
钢	≤ 0.50		20°
	$> 0.50 \sim 0.60$	—	15°
	$> 0.60 \sim 0.80$		10°
	> 0.80		5°
铸铁		$> 160 \sim 180$	10°
	—	$> 180 \sim 220$	5°
		> 220	0°
青铜	—	—	0°
黄铜	H62		$0^\circ \sim 5^\circ$
	H68	—	$10^\circ \sim 15^\circ$
	H80~H90		$15^\circ \sim 20^\circ$
铝青铜	—	—	$25^\circ \sim 30^\circ$
铅黄铜HPb59-1			$0^\circ \sim 5^\circ$
铝黄铜HA159-3-2	—	—	

注：1.表中前角数值适用于高速钢刀具，若为硬质合金刀具，应将表中数值减小 5° 。

2.工件为正方形或六边形棒料时，表中前角数值应减小 $2^\circ \sim 5^\circ$ 。

成形车刀的后角可根据刀具类型选用：

圆体成形车刀取 $10^\circ \sim 15^\circ$ ；棱体成形车刀取 $12^\circ \sim 17^\circ$ 。

二、校验主后角 α_{ox}

在选定成形车刀的后角 α_f 后，要校验切削刃上主偏角 κ_{rx} 角过小处的主后角 α_{ox} ，并使 $\alpha_{ox} > 2^\circ \sim 3^\circ$ 。 α_{ox} 按下式计算：

$$\operatorname{tg} \alpha_{ox} = \operatorname{tg} \alpha_{fx} \cdot \sin \kappa_{rx} \quad (1-3)$$

式中 κ_{rx} ——切削刃上某一点 x 的切线与进给方向所夹锐角，如图1-4a所示。

α_{fx} ——切削刃上某一点 x 处的端剖面后角。

当 κ_{rx} 过小，使 $\alpha_{ox} < 2^\circ$ 时，可采取以下措施：

(1) 加大 α_f ，但一般不大于 17° 。

(2) 有 $\kappa_{rx} = 0^\circ$ 时，可如图1-4b所示，在刀刃的后刀面上磨出凹槽，只留下一条 $0.3 \sim$

0.5mm宽的棱边；也可如图1-4c所示，磨出副偏角 $\kappa'_i=2^\circ\sim 3^\circ$ 。

(3) 采用在水平面位置斜装的成形车刀，见图1-4d。

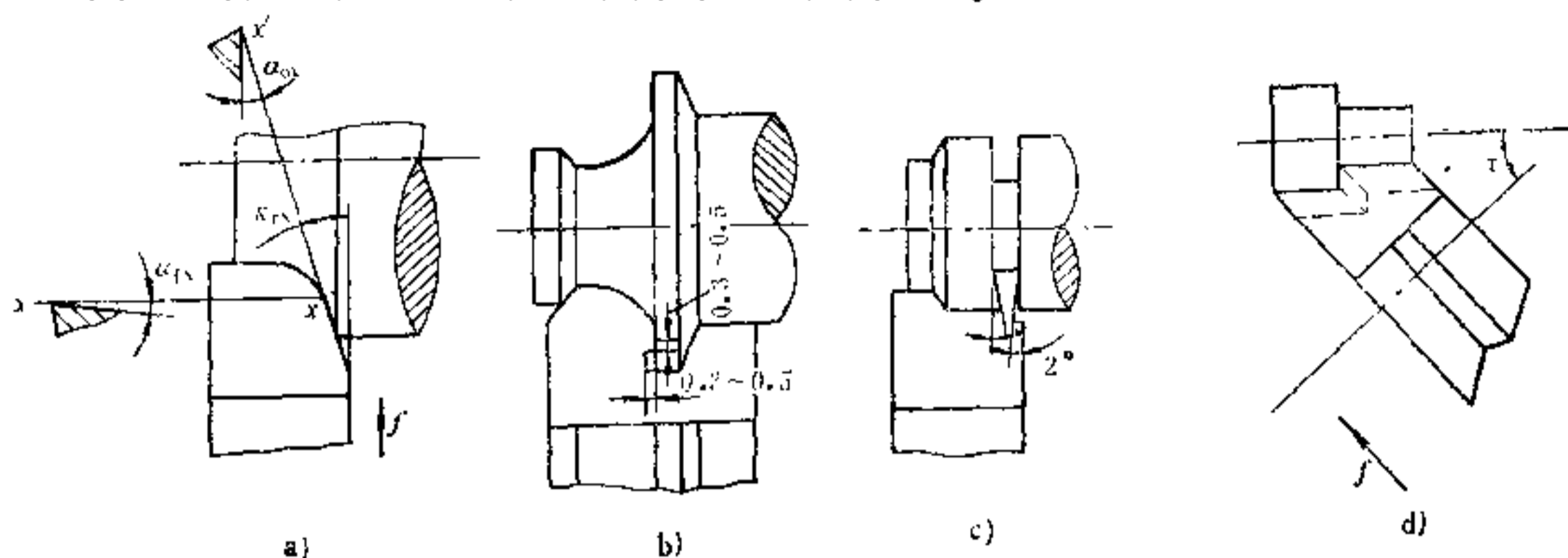


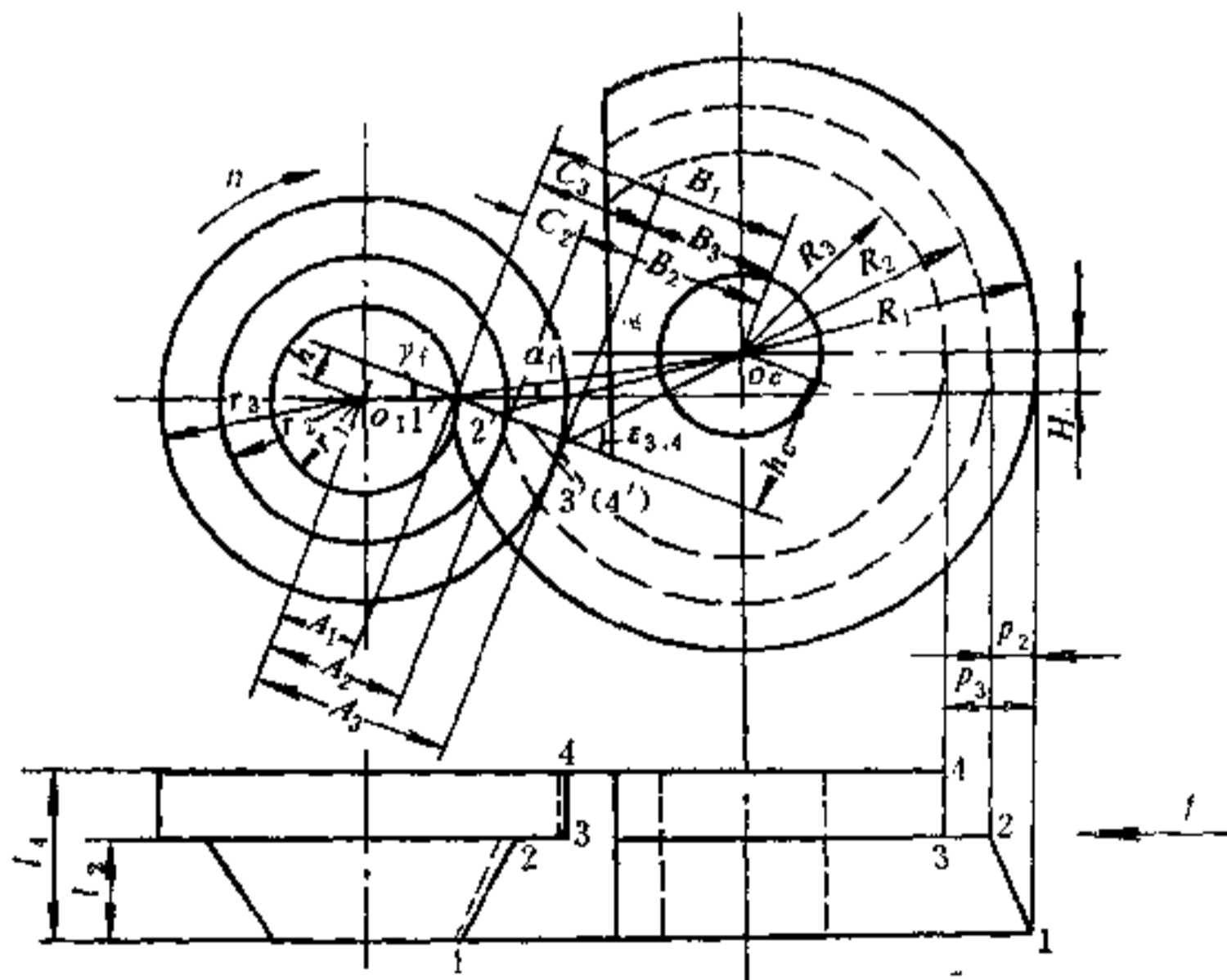
图1-4 成形车刀的 κ_{rn} 和 $\alpha_{ox}=0^\circ$ 时的改善措施

第四节 成形车刀的廓形设计

径向成形车刀的廓形宽度与工件的廓形宽度相同，仅两者的深度不等。成形车刀的廓形设计，就是根据工件的廓形深度求出成形车刀相应的廓形深度。圆体成形车刀是求切削刃相应点的半径及半径差；棱体成形车刀是求垂直于后刀面的法剖面(N-N)内的廓形深度。廓形设计计算步骤可按表1-7、表1-8进行。

表1-7 圆体成形车刀廓形深度计算步骤

计算图



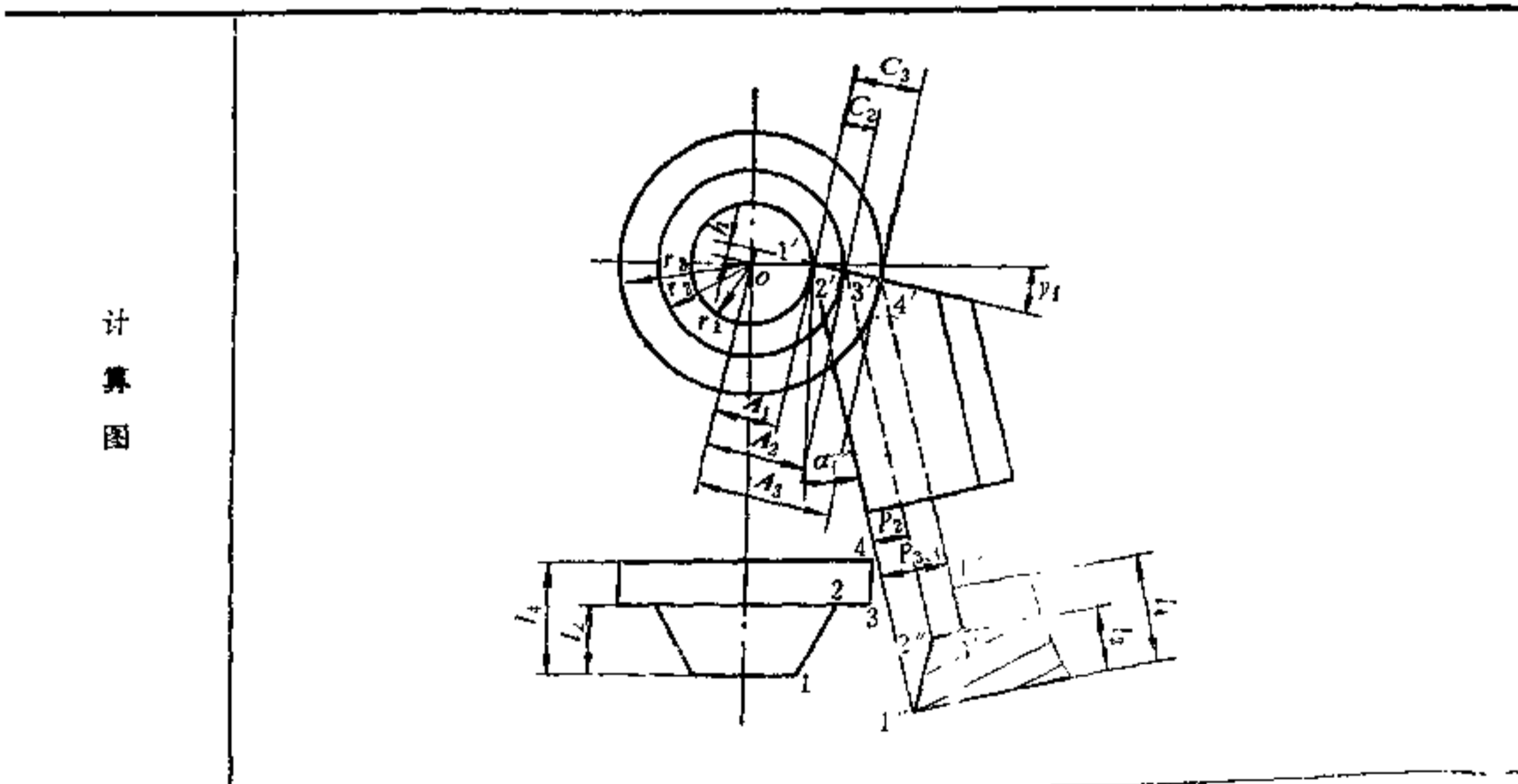
已知条件：工件计算点处半径 r_1, r_2, \dots ；刀具参数： γ_1, a_1, R_1

步 骤	计 算 公 式	步 骤	计 算 公 式	步 骤	计 算 公 式
1	$h=r_1 \sin \gamma_1$	7	$C_2=A_2-A_1$	13	$A_{3.4}=r_2 \cos \gamma_{2.4}$
2	$A_1=r_1 \cos \gamma_1$	8	$B_2=B_1-C_2$	14	$C_{3.4}=A_{3.4}-A_1$
3	$h_c=R_1 \sin(\gamma_1+\alpha_1)$	9	$\operatorname{tg} \epsilon_2=h_c/B_2$	15	$B_{3.4}=B_1-C_{3.4}$
4	$B_1=R_1 \cos(\gamma_1+\alpha_1)$	10	$R_2=h_c/\operatorname{sin} \epsilon_2$	16	$\operatorname{tg} \epsilon_{3.4}=h_c/B_{3.4}$
5	$\sin \gamma_{12}=h/r_2$	11	$P_2=R_1-R_2$	17	$r_{3.4}=h_c/\operatorname{sin} \epsilon_{3.4}$
6	$A_2=r_2 \cos \gamma_{12}$	12	$\sin \gamma_{2.4}=h/r_{3.4}$	18	$P_{3.4}=R_1-R_{3.4}$

步 骤	刀 具 廓 形 任 意 计 算 点 x 处 半 径 R_x 的 计 算 的 一 般 公 式
1、2、3、4	$h=r_1 \sin \gamma_1, A_1=r_1 \cos \gamma_1, h_c=R_1 \sin(\gamma_1+\alpha_1), B_1=R_1 \cos(\gamma_1+\alpha_1)$
5	$A_x=r_x \cos \sin^{-1}(h/r_x)$ (注: r_x —— 任意计算点 x 处工件半径)
6	$R_x=h_c/[\sin \operatorname{tg}^{-1} h_c/(B_1-A_x+A_1)]$
7	$P_x=R_1-R_x$

注: 工件计算点处半径 r_1, r_2, \dots 应取平均半径。

表1-8 棱体成形车刀廓形设计步骤



已知条件: 工件计算点处半径 r_1, r_2, \dots , 刀具参数: γ_1, α_1

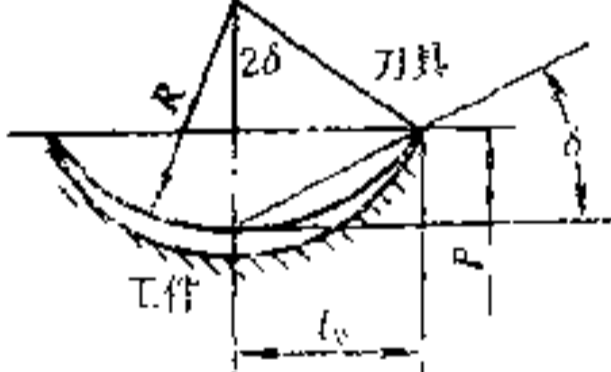
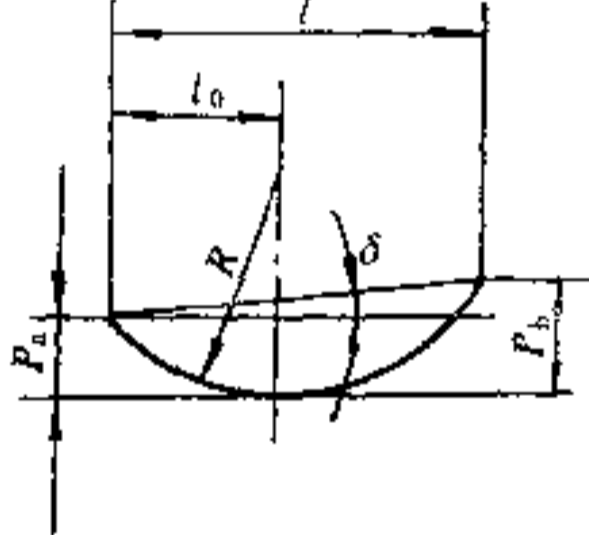
(续)

步骤	计算公式	步骤	计算公式	步骤	计算公式
1	$h = r_1 \sin \gamma_1$	5	$C_2 = A_2 - A_1$	9	$A_{3.4} = r_{3.4} \cos \gamma_{3.4}$
2	$A_1 = r_1 \cos \gamma_1$	6	$\varepsilon = \gamma_1 + \alpha_1$	10	$C_{3.4} = A_{3.4} - A_1$
3	$\sin \gamma_{12} = h / r_2$	7	$P_2 = C_2 \cos \varepsilon$	11	$P_{3.4} = C_{3.4} \cos \varepsilon$
4	$A_2 = r_2 \cos \gamma_{12}$	8	$\sin \gamma_{3.4} = h / r_{3.4}$		
步骤	任意计算点 x 处刀具廓形深度 P_x 的一般计算公式				
1、2、3	$h = r_1 \sin \gamma_1, A_1 = r_1 \cos \gamma_1, \varepsilon = \gamma_1 + \alpha_1$				
4	$A_2 = r_2 \cos \sin^{-1}(h/r_2)$ (注: r_2 —— 任意计算点 x 处工件半径)				
5	$P_x = (A_2 - A_1) \cos \varepsilon$				

注: 工件计算点处半径 r_1, r_2, \dots 应取平均半径。

按上述方法计算, 当工件廓形为圆弧时, 对应的刀具廓形为曲线(非圆弧)。如果工件圆弧廓形部分要求不很高时, 成形车刀相应廓形部分常以近似圆弧来代替曲线, 从而简化设计与制造。近似圆弧可按表1-9计算。

表1-9 成形车刀廓形近似圆弧计算

种类	对称圆弧	不对称圆弧
计算图		
已知条件	刀具廓形深度 P 及宽度之半 l_0	刀具廓形深度 P_a, P_b 及宽度 l
计算公式	$1. \operatorname{tg} \delta = P / l_0$ $2. R = l_0 / \sin 2\delta$ 或 $R = (l_0^2 - P^2) / 2P$	$1. \operatorname{tg} \delta = (P_b - P_a) / l$ $2. R = (P_a - P_b - 2\sqrt{P_a P_b} \cos \delta) / 2 \sin^2 \delta$ $3. l_0 = \sqrt{P_a (2R - P_a)}$

第五节 成形车刀的样板设计

成形车刀的廓形精度，一般用工作样板检验。但当成形车刀的制造批量很小时，就不必用样板检验；此外，当成形车刀的制造公差要求较严时（如 $\pm 0.01\text{mm}$ ），也无法用样板来检验，而只能用万能量具检验。

用样板检验刀具廓形时，工作样板的磨损程度用校验样板来检验，故成形车刀的样板经常成对设计制造，如图1-5。

成形车刀样板的廓形与成形车刀的廓形（包括附加刀刃）完全相同，尺寸标注与成形车刀应一致。样板的公差可按表1-10和表1-11选取。

表1-10 成形车刀样板的角度公差

倾斜刃的长度 (mm)	>1~6	>6~10	>10~18	>18~30	>30~50	>50
廓形表面角度公差	10'	6'	4'	3'	2'	1'2"
非廓形表面角度公差	6°	5°	4°	3°	2°	1°20'

注：表中所列公差值，其偏差为对称分布。

表1-11 成形车刀样板的尺寸公差 (mm)

公差类别	工件廓形尺寸公差			
	≤ 0.30	$> 0.30 \sim 0.50$	$> 0.50 \sim 0.80$	> 0.80
工作样板制造公差	0.025	0.040	0.060	0.100
工作样板磨损公差	0.020	0.030	0.040	0.050
校验样板公差	0.012	0.020	0.030	0.050
校验样板与工作样板的密合间隙	新制造	0.025	0.040	0.060
	磨损后	0.045	0.060	0.085

样板工作表面要求有较小的表面粗糙度，一般廓形表面为 $R_a 0.1\mu\text{m}$ ，其余表面为 $R_a 0.8\mu\text{m}$ 。

样板一般用15、20低碳钢制造，渗碳淬火后达HRC56~62，也可用T10A制造。其厚度为1.5~2mm。

为了测量时手持样板方便，图1-5中的 l_{12} 和 l_{13} 尺寸，一般不小于30mm；样板角上钻有工艺小孔，以便于穿挂和热处理。廓形表面转角处钻有小圆孔，以保证廓形密合。

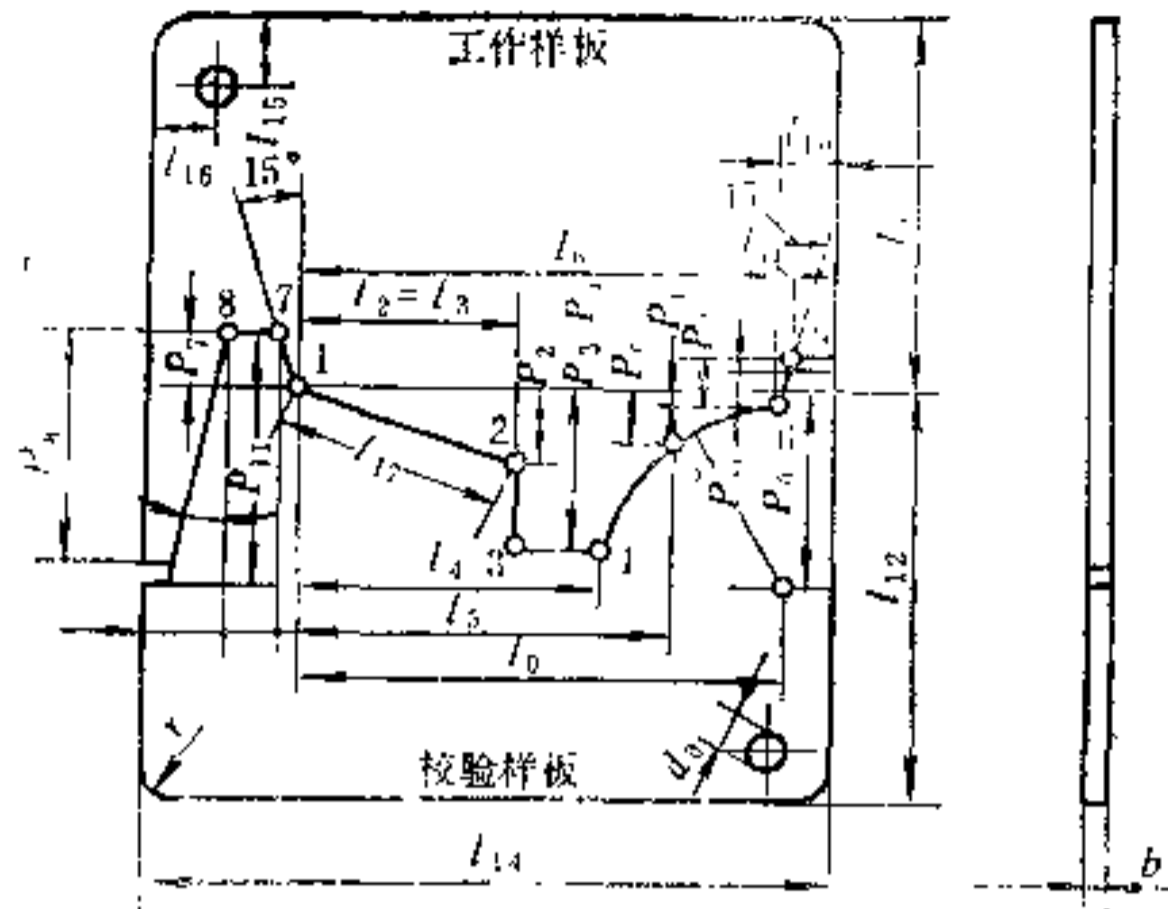


图1-5 成形车刀样板

第六节 成形车刀的技术条件

一、刀具材料

1. 整体式

整个成形车刀全用高速钢制造，HRC62~66。

2. 焊接式

切削部分用高速钢制造，有时也用硬质合金制造；刀体部分用45钢或40Cr，淬硬HRC38~45。

二、表面粗糙度

1. 前后刀面 $R_a 0.2 \mu\text{m}$

2. 基准表面 $R_a 0.8 \mu\text{m}$

3. 其余表面 $R_a 1.6 \sim 3.2 \mu\text{m}$

三、成形车刀尺寸公差

1. 廓形公差（可参考表1-12选取）

表1-12 成形车刀的廓形公差

(mm)

工件直径(或宽度)公差	刀具廓形深度公差	刀具廓形宽度公差
≤ 0.12	0.020	0.040
$> 0.12 \sim 0.20$	0.030	0.060
$> 0.20 \sim 0.30$	0.040	0.080
$> 0.30 \sim 0.50$	0.060	0.100
> 0.50	0.080	0.200

2. 圆体成形车刀外径 d_0 公差按h11~h13选取；内孔直径 d 公差按H6~H8选取。

四、成形车刀的形状位置公差

1. 圆体成形车刀

- (1) 前刀面对轴心线平行度误差在100mm长度上不得超过0.15mm。
- (2) 图中未注出的角度偏差取为 $\pm 1^\circ$ 。
- (3) 前刀面至刀具轴心线的距离 h_0 的偏差取为 $\pm 0.1 \sim \pm 0.3$ mm。
- (4) 刀具安装高度 H 的偏差, 取为 $-0.1 \sim -0.3$ mm。

2. 棱体成形车刀

- (1) 两侧面对燕尾槽基准面的垂直度误差在100mm长度上不得超过0.02~0.03mm。
- (2) 廓形对燕尾槽基准面的平行度误差在100mm长度上不得超过0.02~0.03mm。
- (3) 高度 H 的偏差取为 ± 2 mm。
- (4) 宽度 L_0 和厚度 B 的偏差, 若图中未注出时, 可按h11选取。
- (5) 楔角 $\beta_f (=90^\circ - \gamma_f - \alpha_f)$ 的制造偏差取为 $\pm 10' \sim \pm 30'$ 。
- (6) 廓形角度偏差, 若图中未注出时取为 $\pm 1^\circ$ 。

第七节 成形车刀设计举例

圆体成形车刀设计见表1-13, 车刀工作图及样板图见图1-6。棱体成形车刀设计见表1-14, 车刀工作图及样板图见图1-7。

表1-13 圆体成形车刀设计举例

I. 已知条件			
1. 工件形状及尺寸如右图			
2. 工件材料: 钢件			
$\sigma_b = 0.6 \text{ GPa}$			
3. 使用机床: C1318车床			
II. 圆体成形车刀结构尺寸			
序号	项目	数据来源或公式计算	采用值
1	刀具材料		W18Cr4V
2	前角与后角	表1-6及第三节中后角选用	$\gamma_f = 15^\circ, \alpha_f = 15^\circ$
3	刀体总宽度 L_0	$L_0 = L_c = l + a + b + c + d$ $= 19.875 + 2 + 1 + 3 + 1$ $= 26.875$	取 $L_0 = 27 \text{ mm}$

(续)

序号	项目	数据来源或公式计算	采用值
4	校验宽度	$L_0/d_{\min}=27/15=1.8 < 2.5$	允许
5	主要结构尺寸	$A_{\max}=(20.075-15)/2=2.5375$ 由C1318机床, L_0 及 A_{\max} , 查表1-3	应取C型, 为了加强强度, 取B型, $d_g=52\text{mm}$, $d=12\text{mm}$, $d_1=20\text{mm}$, $l_1=3\text{mm}$ $g=11\text{mm}$, $d_g=6.2\text{mm}$, $m=8\text{mm}$, $c_1=11\text{mm}$,
6	校验最小主后角	校验2-3段刀刃, 由几何关系, 可 求出 $r=7.093$ $\kappa_{r_3}=45^\circ 28'$ $\text{tg}\alpha_{03}=\text{tg}\alpha_1 \cdot \sin\kappa_{r_3}=\text{tg}15^\circ \cdot \sin 45^\circ 28'$ $\alpha_{03}=10^\circ 49' > 3^\circ$	α_{03} 合格

III. 计算成形车刀廓形深度

已知条件	$r_1 = \frac{15}{2} \text{mm} = 7.5 \text{mm}$	$r_2 = \frac{16}{2} \text{mm} = 8 \text{mm}$	$r_{3,4,5} = \frac{20.15+20}{22} \text{mm} = 10.0375 \text{mm}$
	$\gamma_t = 15^\circ$	$\alpha_t = 15^\circ$	$R_1 = \frac{d_0}{2} = \frac{52}{2} \text{mm} = 26 \text{mm}$

步骤	公式计算	采用值(mm)
1	$h = r_1 \sin \gamma_t = 7.5 \sin 15^\circ = 1.9411$	
2	$A_1 = r_1 \cos \gamma_t = 7.5 \cos 15^\circ = 7.2444$	
3	$h_c = R_1 \sin(\gamma_t + \alpha_t) = 26 \sin 30^\circ = 13$	
4	$B_1 = R_1 \cos(\gamma_t + \alpha_t) = 26 \cos 30^\circ = 22.5167$	
5	$A_2 = r_2 \cos \cdot \sin^{-1} \frac{h}{r_2} = 8 \cos \cdot \sin^{-1} \frac{1.9411}{8} = 7.7609$	
6	$R_2 = h_c / [\sin \gamma_t^{-1} h_c / (B_1 - A_2 + A_1)]$ $= 13 / [\sin \gamma_t^{-1} 13 / (22.5167 - 7.7609 + 7.2444)]$ $= 25.5540$	$R_2 = 25.55$
7	$P_2 = R_1 - R_2 = 26 - 25.55 = 0.45$	$P_2 = 0.45$
8	$A_{3,4,5} = r_{3,4,5} \cos \cdot \sin^{-1} \frac{h}{r_{3,4,5}} = 10.0375 \cos \cdot \sin^{-1} \frac{1.9411}{10.0375}$ $= 9.8480$	

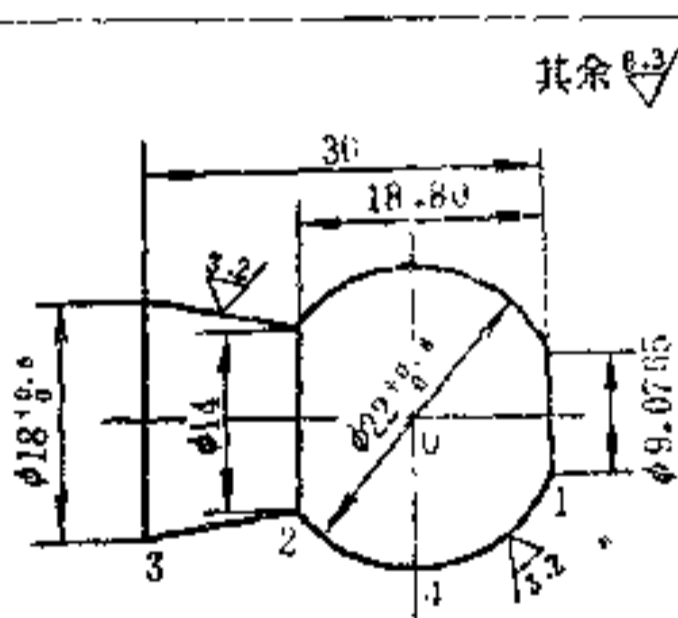
(续)

步骤	公式计算	采用值
9	$R_{3.4.5} = h_c / [\sin \gamma^{-1} h_c / (B_1 - A_{3.4.5} + A_1)]$ $= 13 / [\sin \gamma^{-1} 13 / (22.5167 - 9.8480 + 7.2444)]$ $= 23.7809$	$R_{3.4.5} = 23.78$
10	$P_{3.4.5} = R_1 - R_{3.4.5} = 26 - 23.78 = 2.22$	$P_{3.4.5} = 2.22$

IV. 近似圆弧计算(参考表1-9)

已知条件	$P_2 = P_{0.45}$ $P_{3.4.5} = 2.22$ $l = 19.875$ $l_{1.2} = 7.425$ $l_{4.5} = 2.5$	
步骤	公式计算	采用值(mm)
1	$P = P_3 - P_2 = 2.22 - 0.45 = 1.77$	
2	$l_{3.4} = l - l_{1.2} - l_{4.5} = 19.875 - 7.425 - 2.5 = 9.95$	
3	$l_3 = l_{3.4} / 2 = 4.975$	
4	$R = (l_3^2 + P^2) / 2P = (4.975^2 + 1.77^2) / (2 \times 1.77) = 7.876$	$R = 7.87$

表1-14 棱体成形车刀设计举例

I. 已知条件			
1. 工件形状及尺寸如右图			
2. 工件材料: 钢件			
$\sigma_b = 0.5 \text{ GPa}$			
3. 使用机床: 普通车床			
II. 棱体成形车刀结构尺寸			
序号	项目	数据来源或公式计算	采用值
1	刀具材料		W18Cr4V
2	前角与后角	由表1-6及第三节中后角选用	$\gamma_1 = 15^\circ$, $\alpha_1 = 10^\circ$

(续)

序号	项目	数据来源或公式计算	采用值
3	刀体宽度 L_0	$L_0 = L = l + a + b + c + d$ $= (30 + 2 + 1 + 4 + 0.5) \text{ mm}$ $= 37.5 \text{ mm}$	$L_0 = 37.5 \text{ mm}$
4	宽度校验	$\frac{L_0}{d_{\min}} = \frac{37.5}{14} = 2.67 < 3$	允许
5	校验最小主后角	校验1-4段刀刃: 求出 $O_1 =$ $\frac{22.8 + 22}{2 \times 2} \text{ mm} = 11.2 \text{ mm},$ $\sin \kappa_{r1} = \frac{9.0765/2}{11.2} = 0.4052$ $\kappa_{r1} = 23^\circ 54'$ $\text{tg} \alpha_{o1} = \text{tg} \alpha_f \cdot \sin \kappa_{r1}$ $= \text{tg} 10^\circ \sin 23^\circ 54'$ $= 0.0714$ $\alpha_{o1} = 4^\circ 5' > 3^\circ$	α_{o1} 合格
6	主要结构尺寸	查表1-5, $A_{\max} = 11.2 - \frac{9.0765}{2} = 6.66$	$B = 19 \text{ mm}, H = 75 \text{ mm}$ $E = 6 \text{ mm}, N = 25 \text{ mm}$ $F = 15 \text{ mm}, r = 0.5 \text{ mm}$ $u = 6 \text{ mm}, M = 34.46 \text{ mm}$

III. 计算成形车刀廓形深度

(mm)

已知条件	$r_1 = \frac{9.0765}{2} \text{ mm} = 4.5383 \text{ mm} \quad r_2 = \frac{14}{2} \text{ mm} = 7 \text{ mm} \quad r_3 = \frac{18.6 + 18}{2 \times 2} \text{ mm} = 9.15 \text{ mm}$ $r_4 = \frac{22.8 + 22}{2 \times 2} \text{ mm} = 11.2 \text{ mm}$ $\gamma_f = 15^\circ \quad \alpha_f = 10^\circ$	
步骤	公式计算	采用值
1	$h = r_1 \sin \gamma_f = 4.5383 \sin 15^\circ = 1.1746$	
2	$A_1 = r_1 \cos \gamma_f = 4.5383 \cos 15^\circ = 4.3837$	
3	$A_2 = r_2 \cos \sin^{-1} \frac{h}{r_2} = 7 \cos \sin^{-1} \frac{1.1746}{7} = 6.9007$	
4	$P_2 = (A_2 - A_1) \cos(\gamma_f + \alpha_f) = (6.9007 - 4.3837) \cos 25^\circ$ $= 2.2812$	$P_2 = 2.28$
5	$A_3 = r_3 \cos \sin^{-1} \frac{h}{r_3} = 9.15 \cos \sin^{-1} \frac{1.1746}{9.15} = 9.0743$	

步 骤	计 算 公 式	采 用 值
6	$P_3 = (A_3 - A_1) \cos(\gamma_f + \alpha_f) = (9.0743 - 4.3837) \cos 25^\circ$ $= 4.2511$	$P_3 = 4.25$
7	$A_4 = r_4 \cos \sin^{-1} \frac{h}{r_4} = 11.2 \cos \sin^{-1} \frac{1.1746}{11.2} = 11.1382$	
8	$P_4 = (A_4 - A_1) \cos(\gamma_f + \alpha_f) = (11.1382 - 4.3837) \cos 25^\circ$ $= 6.1217$	$P_4 = 6.12$

IV. 近似圆弧计算(参考表1-9)

(mm)

步 骤	公 式 计 算	采 用 值
已知条件	$P_2 = 2.28 \quad P_4 = 6.12$ $l = 18.80$	
1	$P_s = P_4 - P_2 = 6.12 - 2.28 = 3.84$	
2	$P_b = P_4 = 6.12$	
3	$\lg \delta = (P_b - P_s) / l = (6.12 - 3.84) / 18.80 = 0.1213$	
4	$\delta = 6^\circ 55'$	
5	$R = (P_s - P_b - 2\sqrt{P_s P_b} \cos \delta) / 2 \sin^2 \delta$ $= (3.84 + 6.12 - 2\sqrt{3.84 \times 6.12} \cos 6^\circ 55') / 2 \sin^2 6^\circ 55'$ $= 11.5523$	$R = 11.55$
6	$L_0 = \sqrt{P_s(2R - P_s)} = \sqrt{3.84(2 \times 11.55 - 3.84)} = 8.6009$	$l_0 = 8.60$

第八节 成形车刀的刀夹

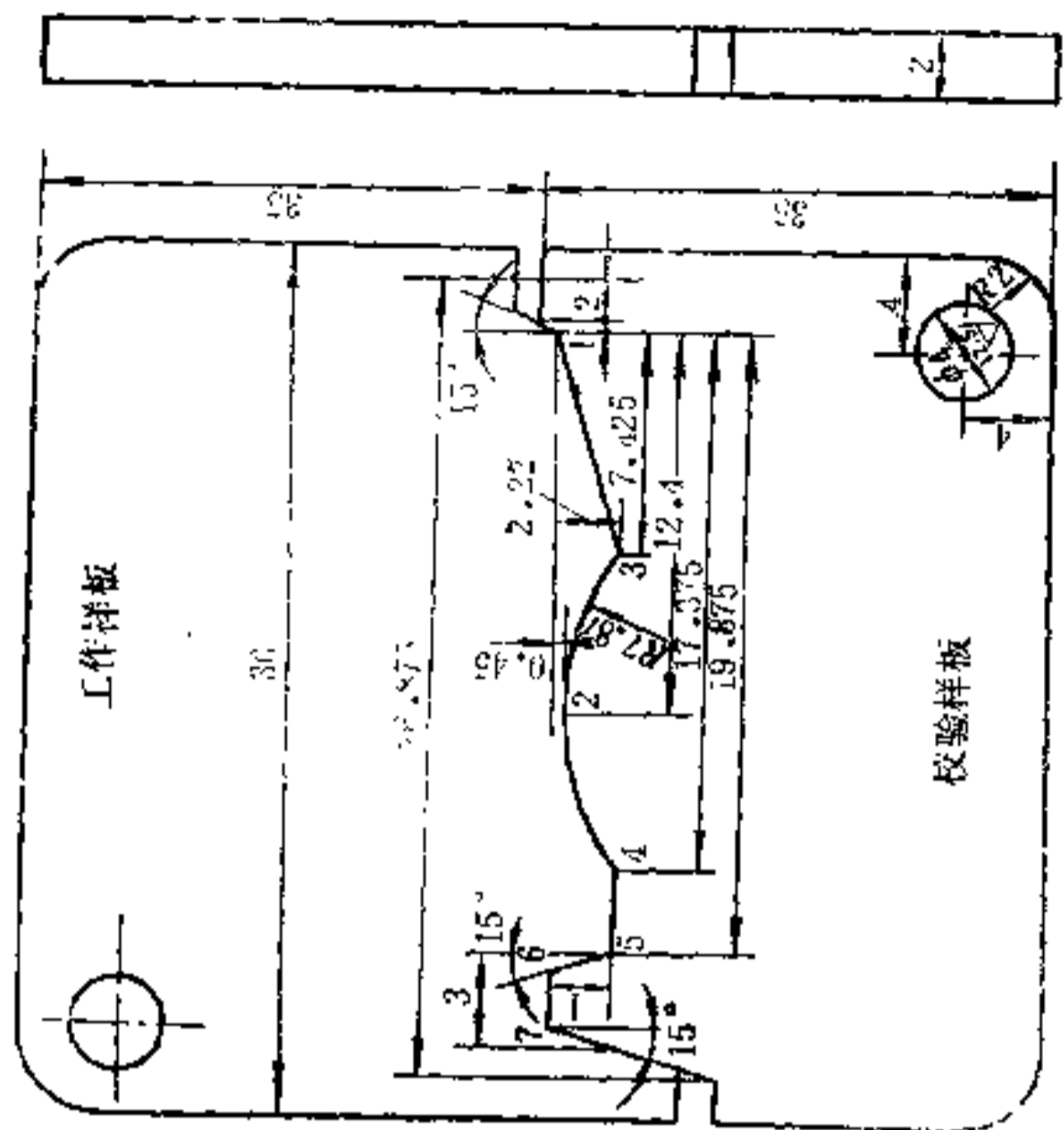
机床上用以装夹成形车刀的专用刀夹形式很多,生产中可根据具体工作条件设计。设计刀夹时应注意:1) 要保证刀具安装位置正确;2) 应使夹持牢固、刚性好;3) 刀具调整方便;4) 制造简单;5) 结构尺寸力求规格化。

一、圆体成形车刀刀夹

图1-8为自动车床用的单支承刀夹及尺寸。尺寸 H 及 A 与所用机床有关。其工作原理为:用定位键2将圆形刀与齿盘3联接,齿盘与扇形板4用端面齿咬合;扇形板圆弧部分的蜗轮齿面与蜗杆啮合。调整刀刃高低位置时,松开螺母5,转动齿盘,使之相对扇形板上的齿纹错位,粗调高度后,用螺母将圆形刀连同芯轴1及其他零件拧紧在刀夹上,再转动安装在刀夹孔内的蜗杆,使扇形板、齿盘、带动圆形刀一起转动,达到精调。利用刀夹两侧调节螺钉调整圆形刀轴线与工件轴线的平行度。

图1-9为单支承刀夹的另一种形式。当成形车刀宽度较大时,宜用双支承式刀夹,如图1-10所示。

图1-11为普通车床上用的刀夹结构之一。在该刀夹上刀具与工件轴线间的相对位置可利用偏心衬套6来调节,衬套6亦同时有改变刀具高度位置的作用。旋转带有内六角螺钉3,就可通过销子9(销子头正好嵌入内六角螺钉的凹槽内)、扇形齿板10和齿环11带动刀具转动,

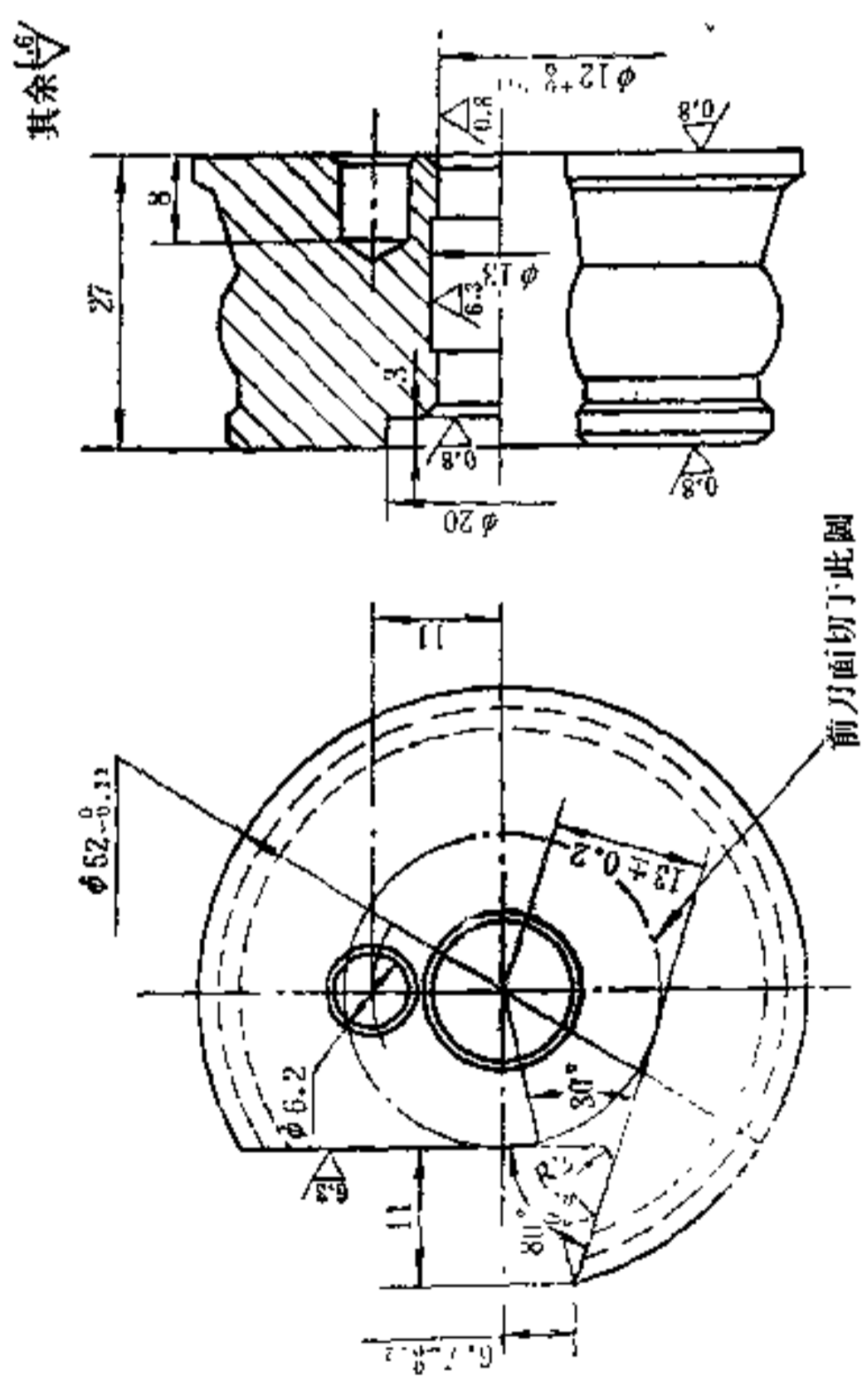


b)

技术条件

1. 材料T10A, 热处理硬度HRC51
2. 廓形表面粗糙度 $R_a 0.2 \sim 0.1 \mu m$, 公差 $\pm 0.01 mm$
3. 廓形表面转角处工艺小孔 $\phi 1 mm$

图号		1-6	
材料			
班级	机891	比例	1:1 件数 1
设计	朱方	92.1.5	
审核			



a)

技术条件

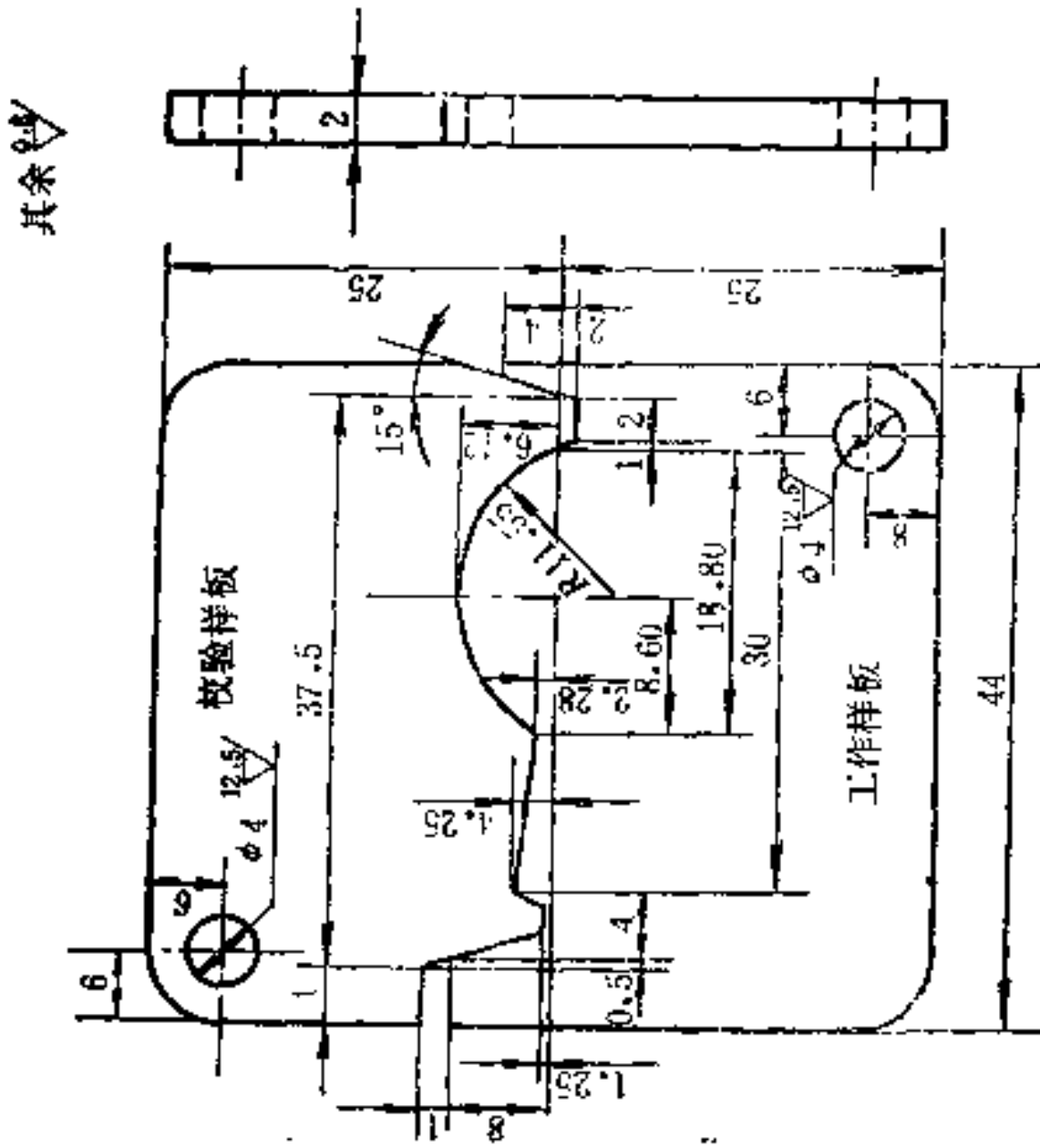
1. 材料W18Cr4V, 热处理硬度HRC62~66
2. 刀具廓形表面按样板制造, 表面粗糙度 $\leq R_a 0.2 \mu m$

图1-6 圆形成形车刀工作图

a) 刀具工作图 b) 样板图

湘潭机电专科学校

其余



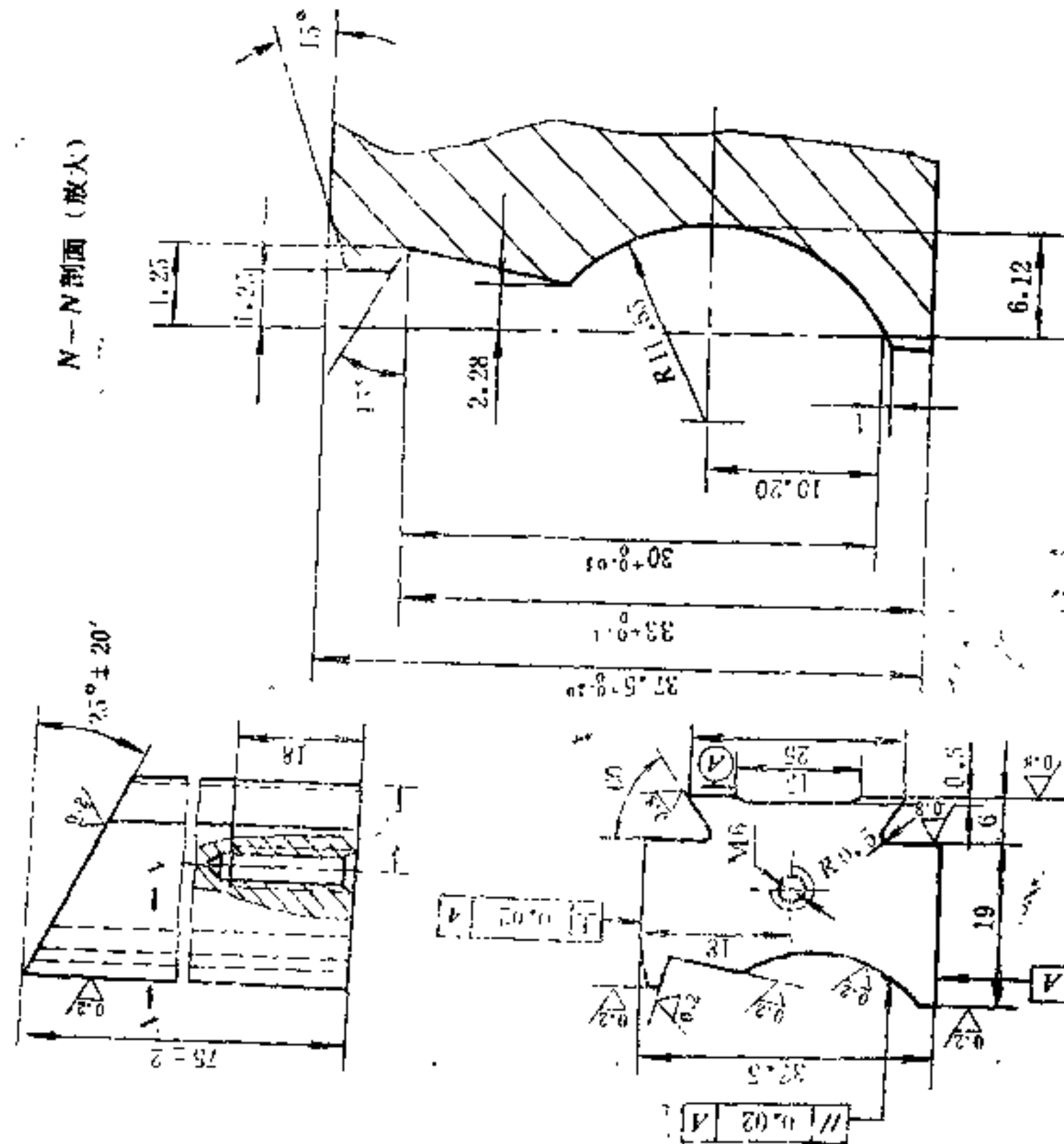
b)

技术条件

1. 材料15钢, 渗碳淬火硬度HRC56~62
2. 廓形表面粗糙度 $R_a 0.2 \sim 0.1 \mu m$, 公差 $\pm 0.01 mm$
3. 廓形表面转角处工艺小孔 $\phi 1 mm$

图号		1-7	
材料			
班级	初制902	比例	1:1
设计	王宇峰	件数	1
审核		北京机械专科学校	

N-N剖面 (放大)



技术条件

1. 材料 工作部分W18Cr4V, 热处理硬度HRC62~66, 刀体部分40Cr, 热处理硬度HRC40~45
2. 刀具廓形表面按样板制造

图 1-7 棱体成形车刀工作图
a) 刀具工作图 b) 样板图

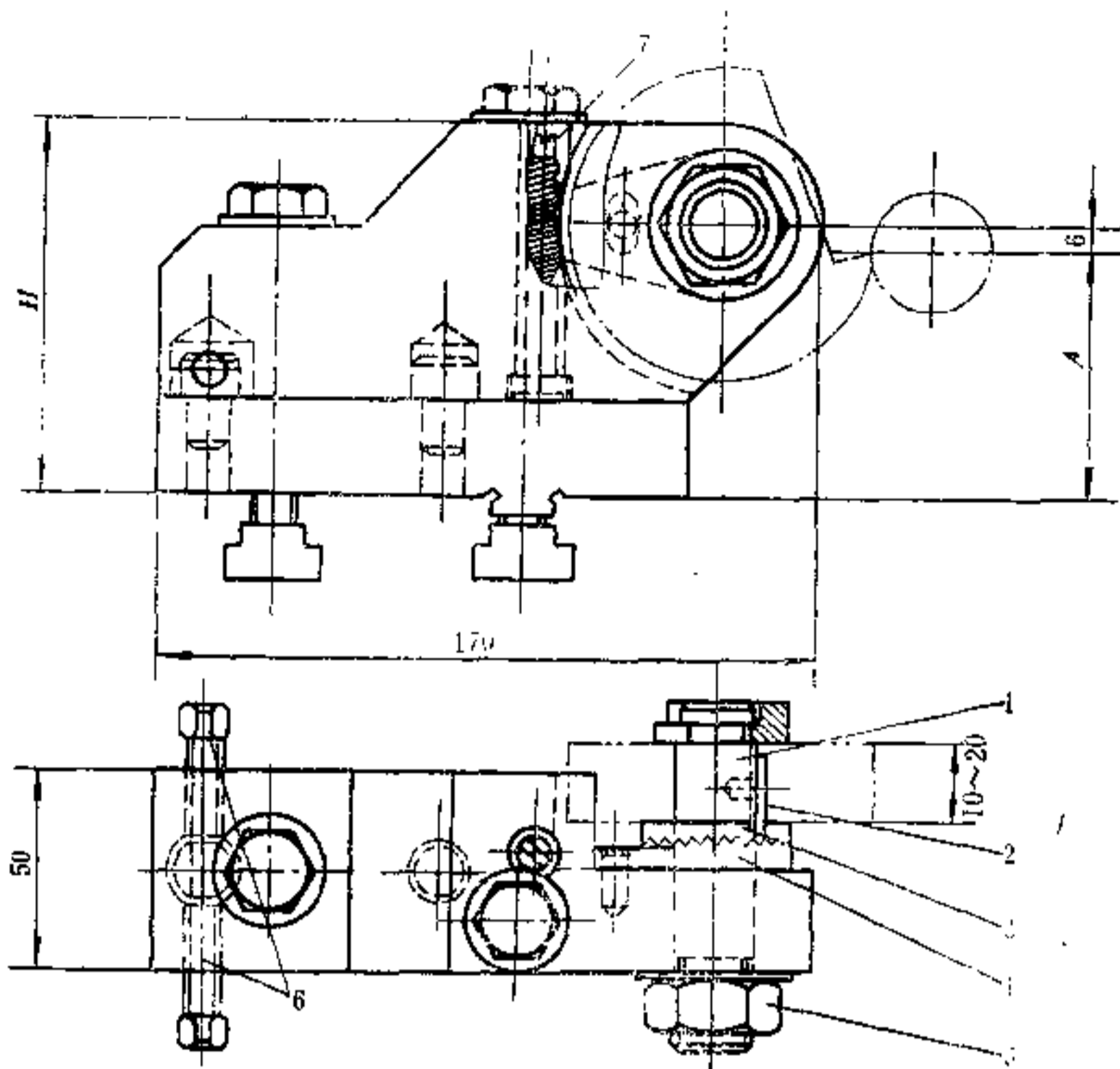


图1-8 单支承式圆柱成形车刀刀夹结构之一

1—芯轴 2—定位键 3—齿盘 4—扇形板 5—螺母 6—调节螺钉 7—蜗杆

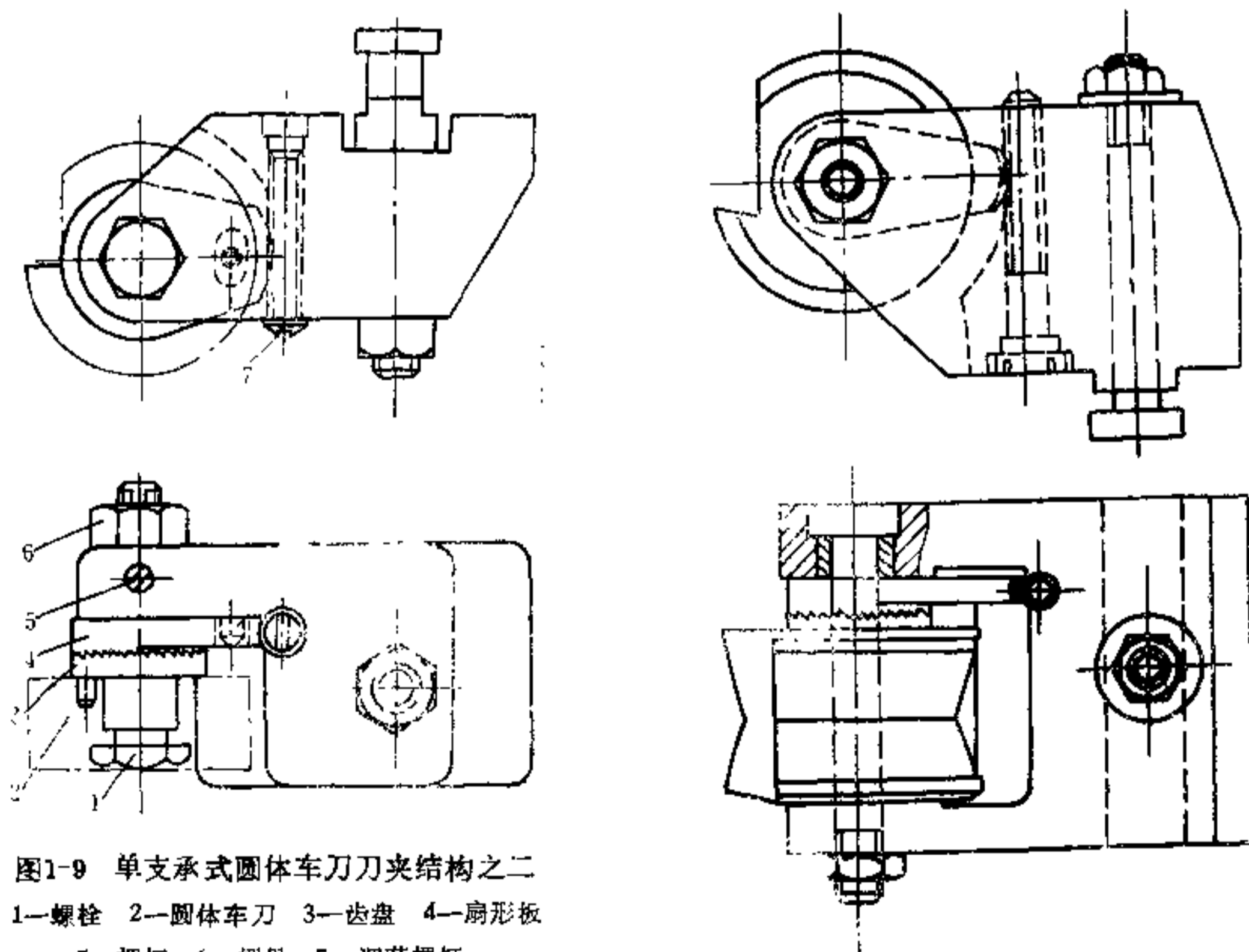


图1-9 单支承式圆柱车刀刀夹结构之二

1—螺栓 2—圆柱车刀 3—齿盘 4—扇形板
5—螺钉 6—螺母 7—调节螺钉

图1-10 双支承式刀夹结构

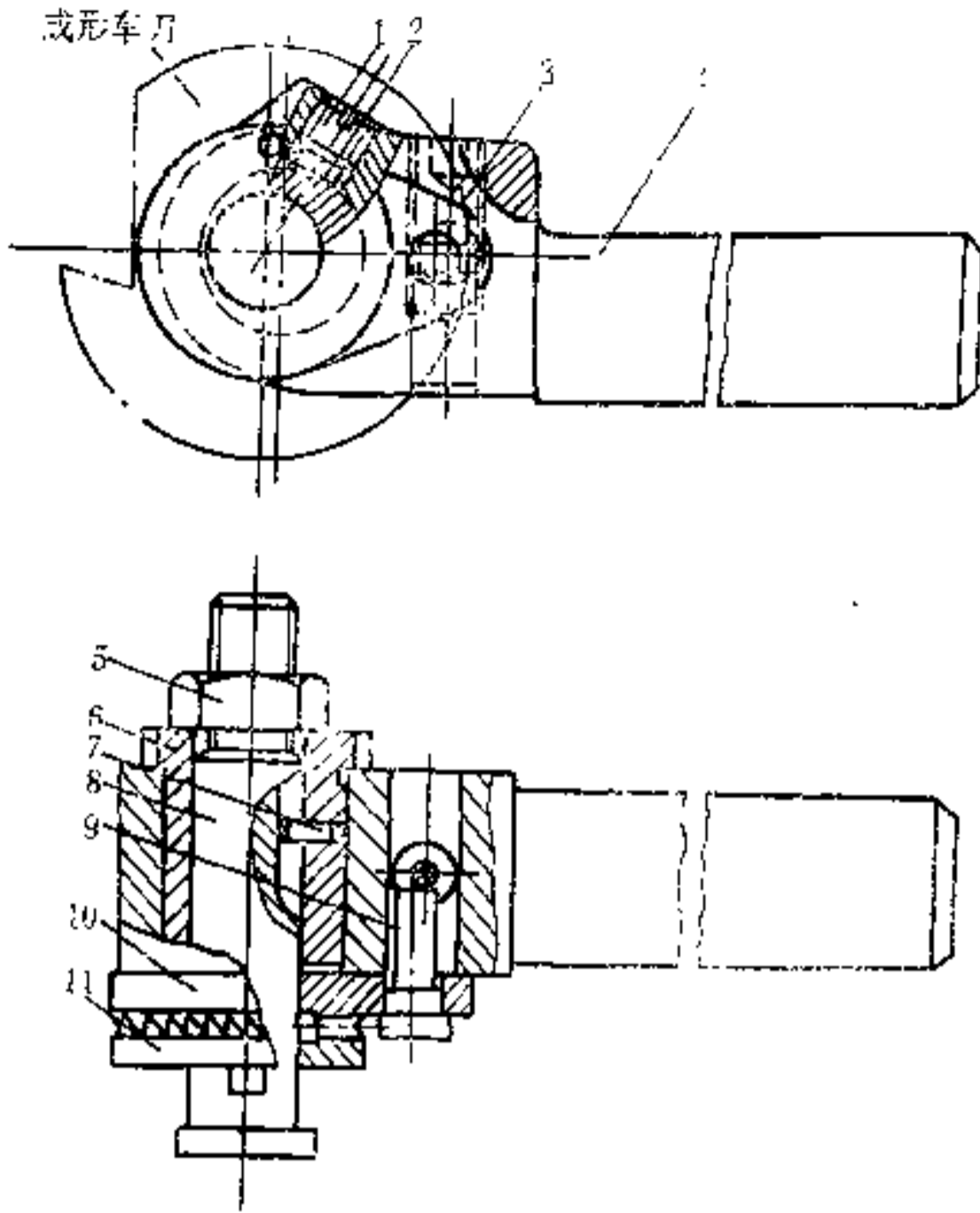


图1-11 普通车床上用的刀夹结构之一

- 1—螺钉 2—垫块 3—带有内六角螺钉 4—刀体
- 5—螺母 6—偏心衬套 7—销子 8—带螺纹的心轴
- 9—销子 10—扇形齿板 11—齿环

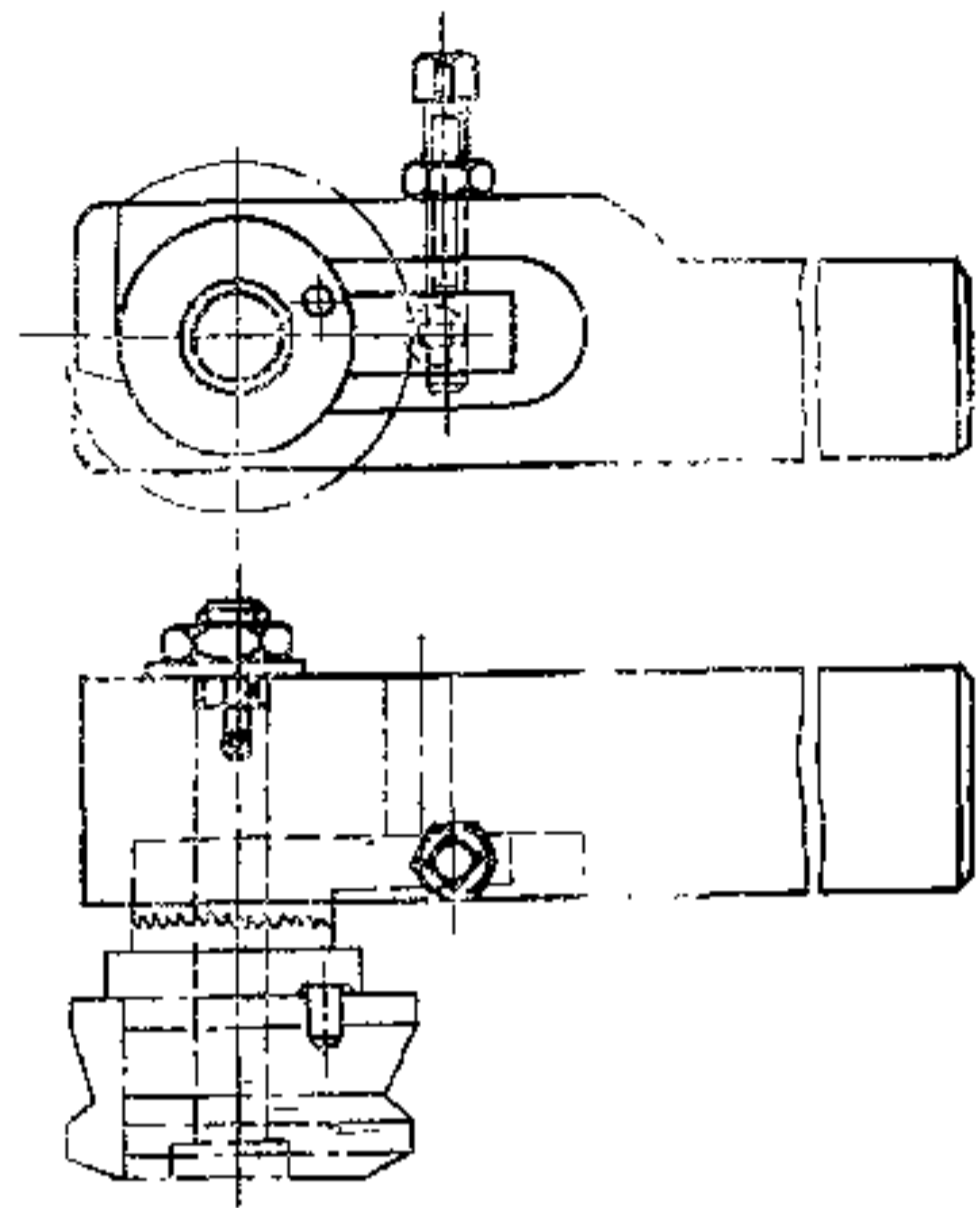


图1-12 普通车床上用的圆形刀刀夹之二

以精确调整刀尖位置的高度。衬套调节好后，利用螺钉1抵紧。为了避免螺钉头部与衬套表面直接接触，故在二者之间加个一个用黄铜做的垫块2。

图1-12为普通车床上用的另一种简化的刀夹结构。

在回轮式六角车床上，因刀架的安装孔系圆柱形孔，故刀具装置比较简单。一般是将车刀用一定位螺钉先固定在刀体上（见图1-13），然后再将刀体插入固定在刀架圆柱形孔中的偏心夹套里。夹套的结构如图1-14所示。

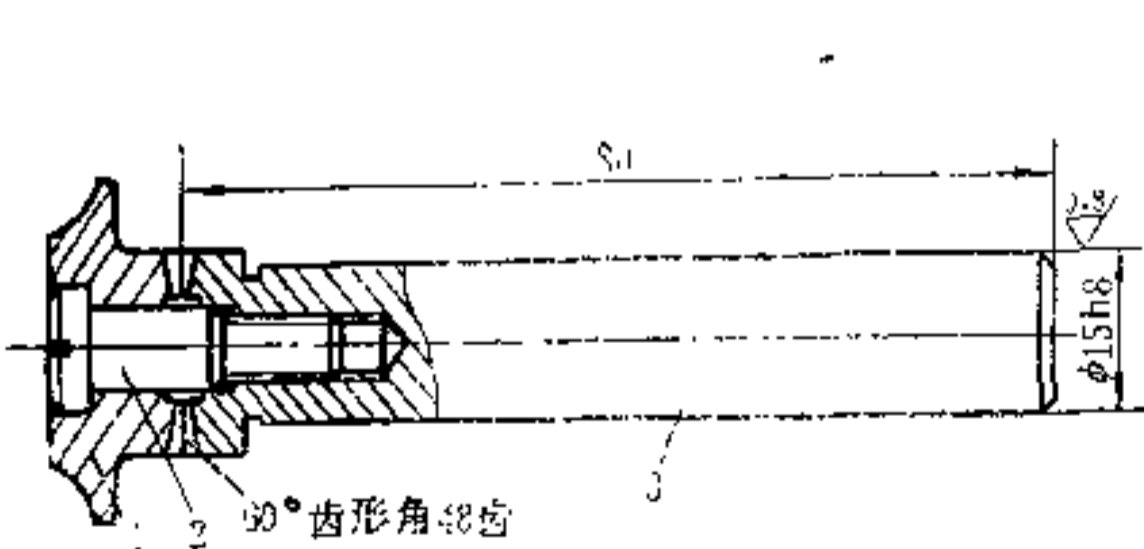


图1-13 回轮式六角车床上用的成形车刀刀夹
1—成形车刀 2—定位螺钉 3—刀体

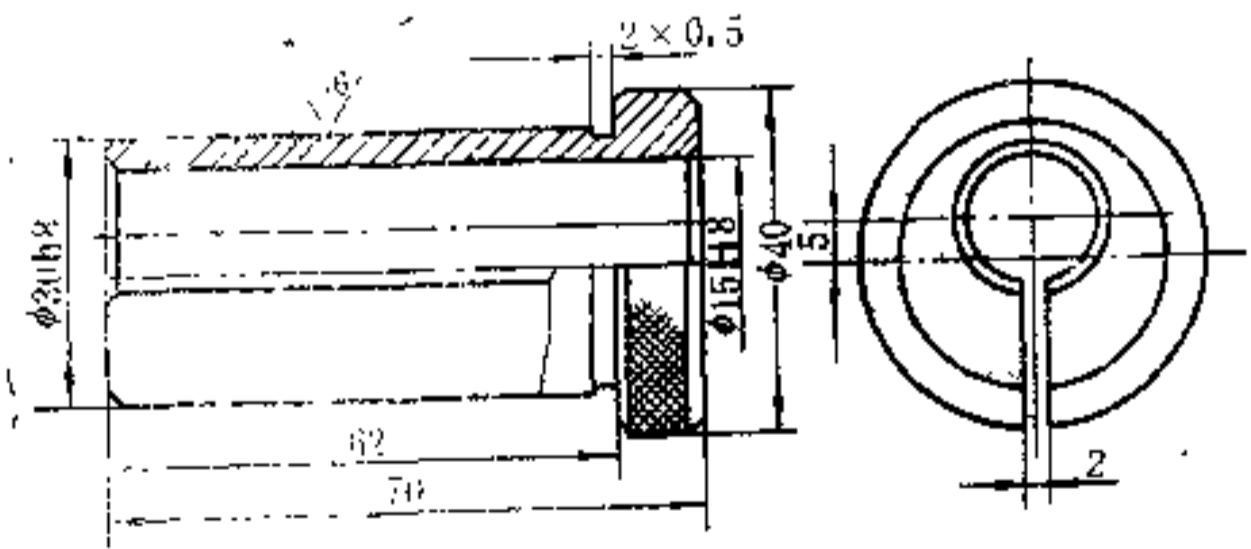


图1-14 C336K-1型回轮式六角车床上所用偏心夹套

加工内孔用的圆体成形车刀装夹方法与回轮式六角车床所用方法大致相同。图1-15a是将车刀刀体先装在圆柱形孔内，再用两个螺钉夹固。为了避免螺钉与刀体直接接触，中间放

一铜制垫块。此结构夹紧力较小，只适用于切削力小的条件下。图1-15b所示结构在侧面上用两只螺钉夹固，夹紧力较大，故较前一种夹固可靠。

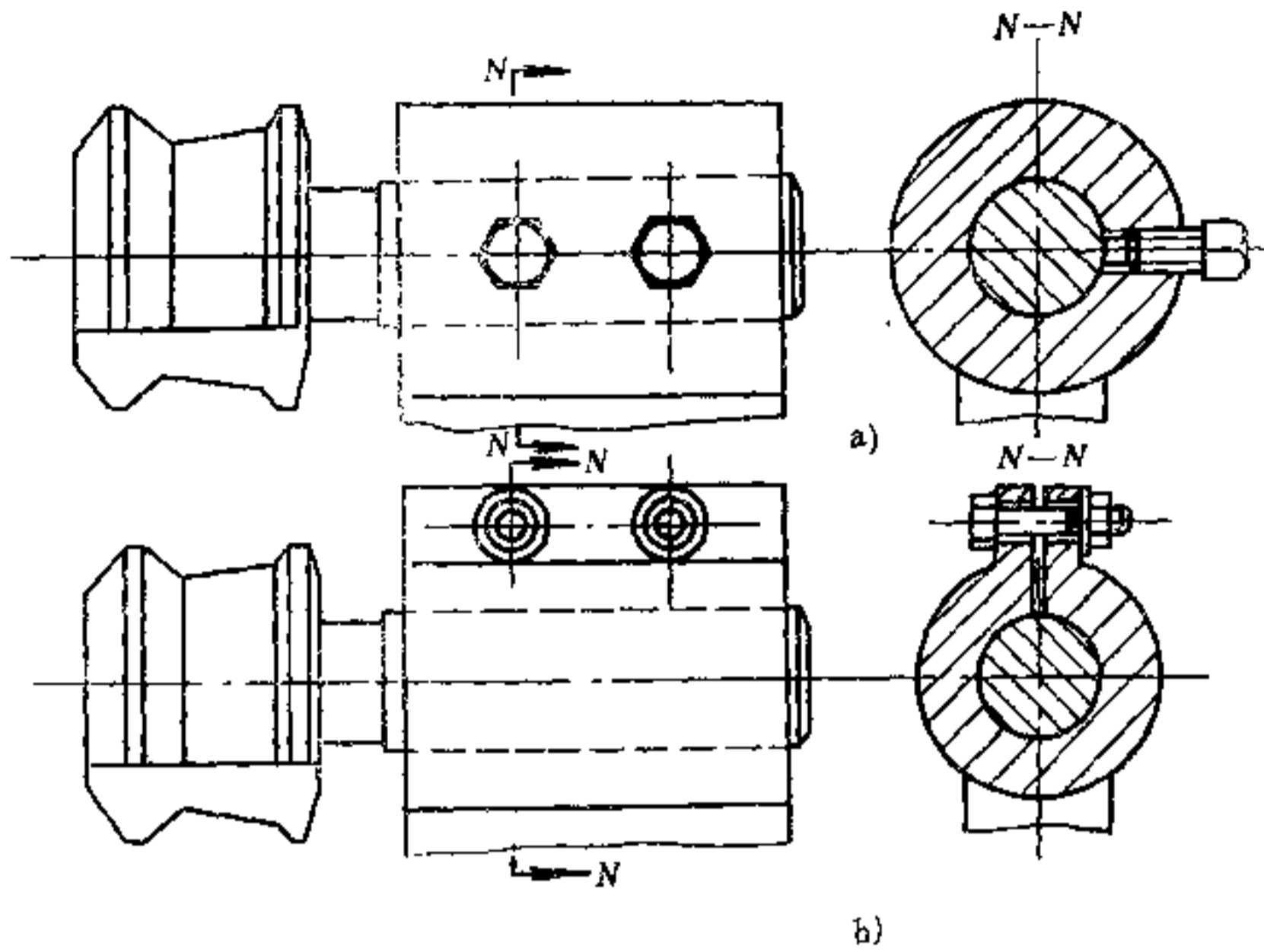


图1-15 内孔车刀夹固法

二、棱体成形车刀刀夹

图1-16为自动车床上用的燕尾斜块夹固式刀夹。两只带T形键的螺栓4及6将刀夹2与刀

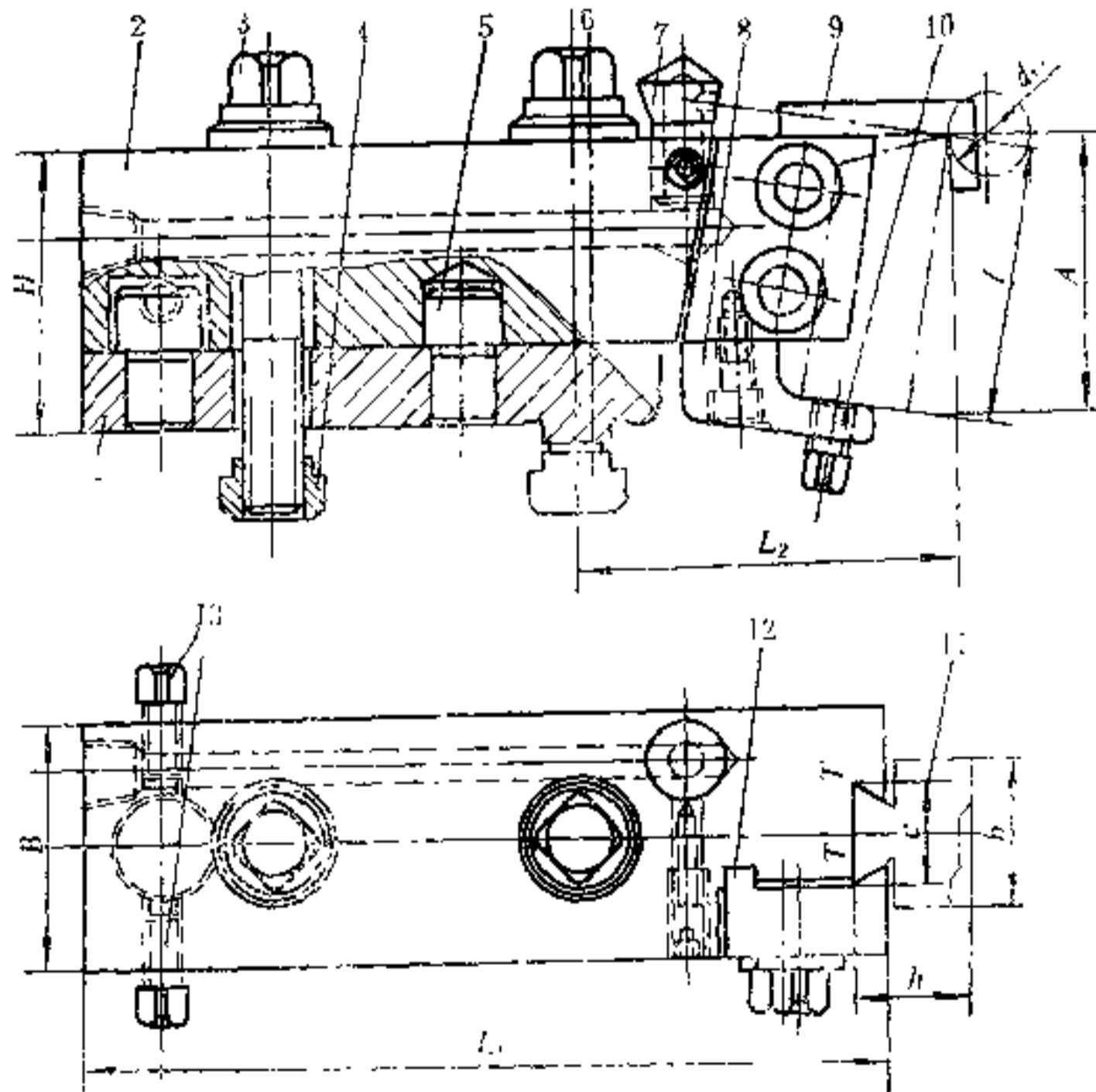


图1-16 棱体成形车刀刀夹结构

1—刀垫 2—刀夹 3—螺母 4、6—螺栓 5—定位销 7—冷却液喷口 8—托架 9—对刀样板
10、13—调节螺钉 11—棱体刀 12—活动燕尾压块

垫1固定在机床拖板上；靠螺钉与活动燕尾压块12把棱体刀11压紧在刀夹的燕尾槽内，托架8及其上的调节螺钉支撑住棱体刀，以增加夹持刚性；通过对刀样板9与托架上的调节螺钉10，调整刀具的装刀高度；拧动刀夹两侧调节螺钉，使刀夹连同棱体刀绕定位销5转动，以调整棱体刀安装基准 $T-T$ 与工件轴线的平行度。刀夹的主要结构尺寸见表1-15。图1-17为普通车床和铲齿车床上用的简单刀夹。

表1-15 燕尾斜块夹固典型结构尺寸 (mm)

床型号	C2420.6 C2432.4			C2132.6D C2150.6D C2150.4D C2216.6				C2163.6 C2220.6				
	A	55			60				70			
主要尺寸	c	20	30	40	20	30	40	60	20	30	40	60
	B	46	56	66	46	56	66	80	46	56	66	80
	H	70			80				90			
	L_1	152			158				186			
	dw	32			50				63			

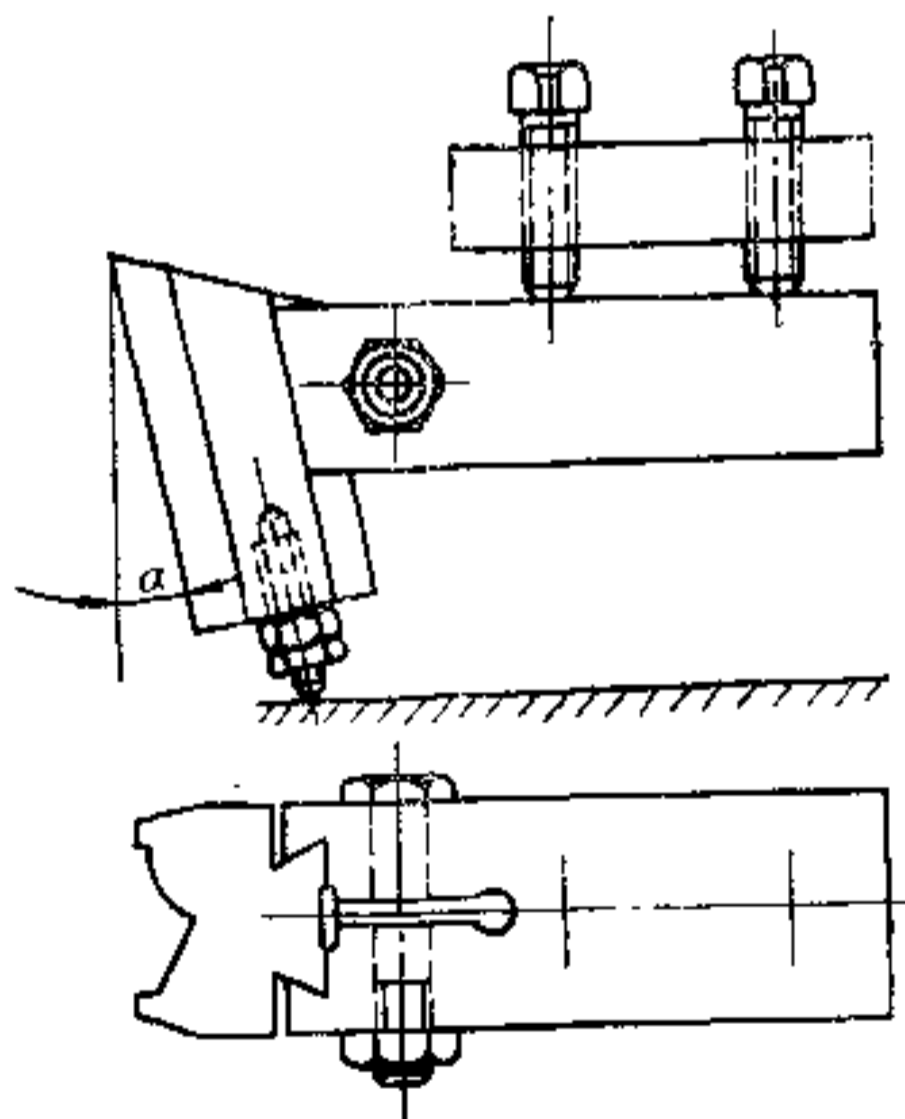


图1-17 普通车床上用的简单刀夹

第九节 成形车刀设计题选

1. 工件如图1-18所示。45钢棒料，毛坯直径及各部分尺寸见表1-16。要求设计圆体成形

车刀。

表1-16 零件廓形尺寸

(mm)

尺寸参数 序号	D	d_1	d_2	d_3	l_1	l_2	l_3	l_4	R	
1	35	22.28	34	32	10				20	
2	40	20.43	38	30	15	25	30	40	30	
3		33.64	39	35	10				20	
4	50	40.96	49	45	15	30	35	50	30	
5	20	13.64	19	15	10	12	15	30	20	
6		9.96	18	16	15		23		30	30
7		12.28	24		10	20			20	20
8	25	5.43	23	20	15	22	25	35	30	
9	30	16.28	28	25	10		27		35	20
10		11.43	29	27	15	20	25		30	

2. 工件如图1-19所示。棒料为易切钢，毛坯直径 D 及零件各部分尺寸见表1-17。要求设计棱体成形车刀。

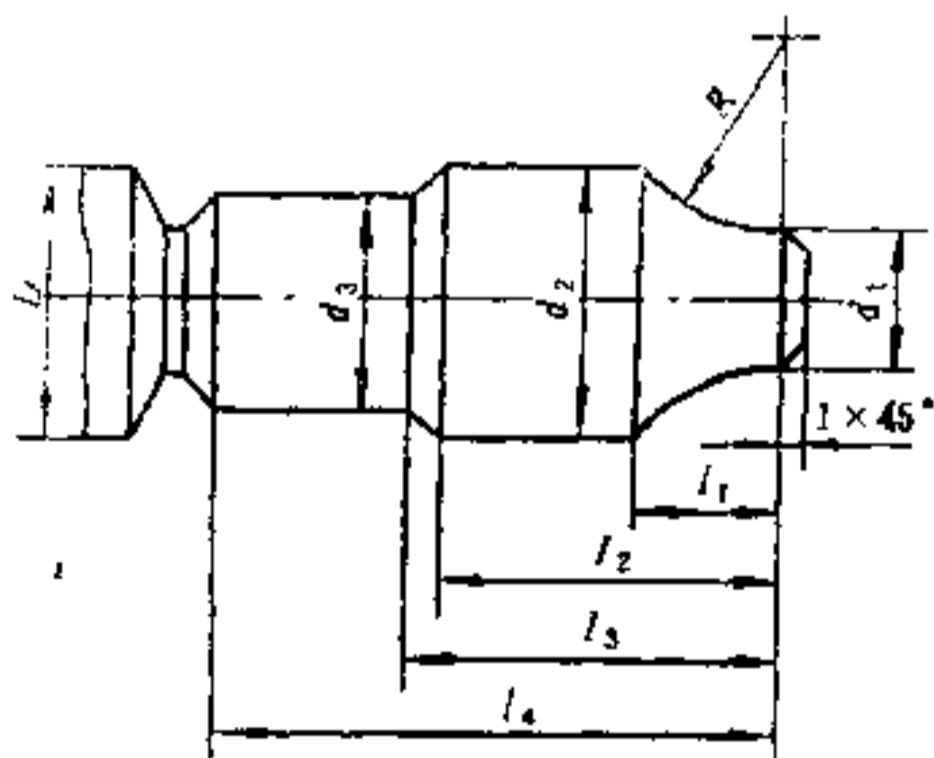


图1-18 工件图1

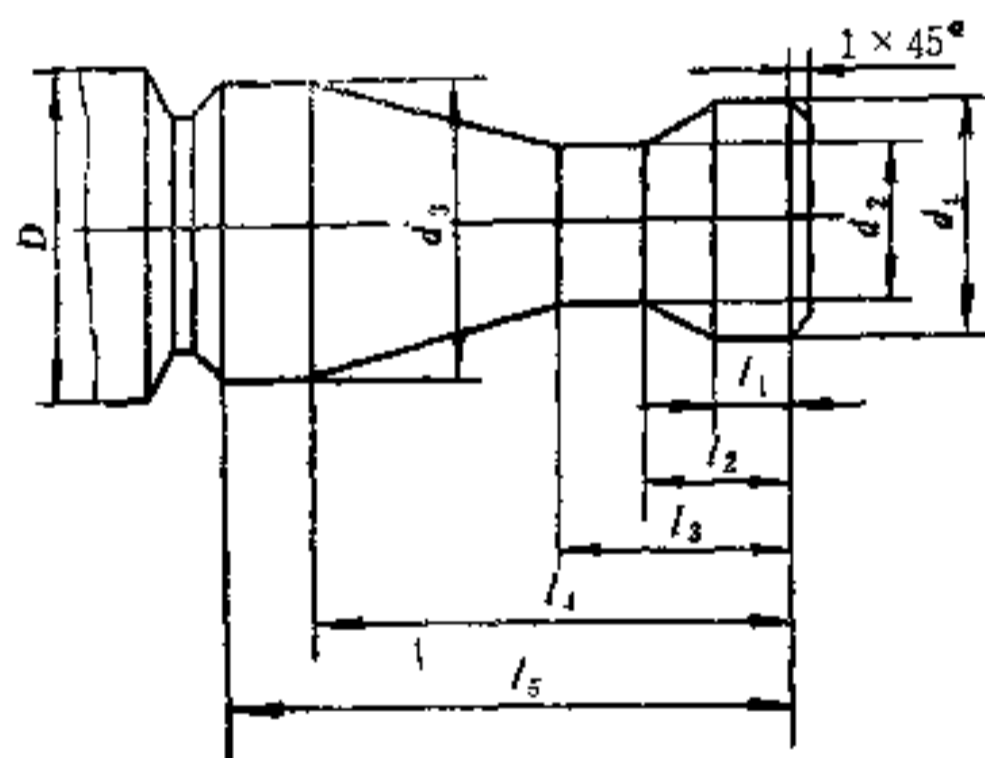


图1-19 工件图2

表1-17 零件廓形尺寸

(mm)

序号	尺寸参数	D	d_1	d_2	d_3	l_1	l_2	l_3	l_4	l_5
1		30	20	15	29				20	25
2			30	20	33	6	12	15	19	25
3		35	25	18	34	8	10	12	15	30
4			38	30	38	10	15	20	25	40
5		40	30	20	39	25	30	35	40	50
6				12		2		8		
7		20	16	14	18	3	5		12	15
8			20	18		4		10		16
9		25	18	16	24		7		15	
10		30	20	12	28	5	8	12	16	20

3. 工件如图1-20所示。棒料为易切钢，毛坯直径 D 及零件各部分尺寸见表1-18。要求设计圆体成形车刀。

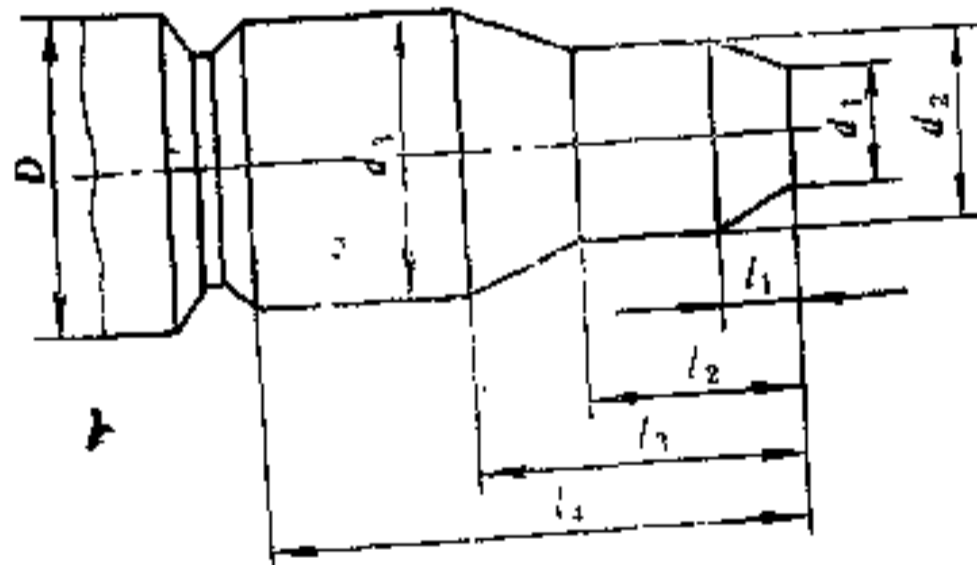


图1-20 工件图3

表1-18 零件廓形尺寸

(mm)

尺寸参数 序号	D	d_1	d_2	d_3	l_1	l_2	l_3	l_4
1	20	10	16	18	10	20	25	30
2		12		19	20	27		
3	25	15	20	23	15	25	35	40
4	40	12	30	38	20	35	40	45
5	50	30	38	48	20	28	50	60
6		26	36		40	45		
7	25	16	20	24	5	20	25	35
8	30	18		28	15	23	31	46
9		20	24	29	10	16	20	50
10	40	16	20	39	12	28	38	50

4. 工件如图1-21所示。棒料为40Cr, 零件各部分尺寸见表1-19。要求设计棱体成形车刀。

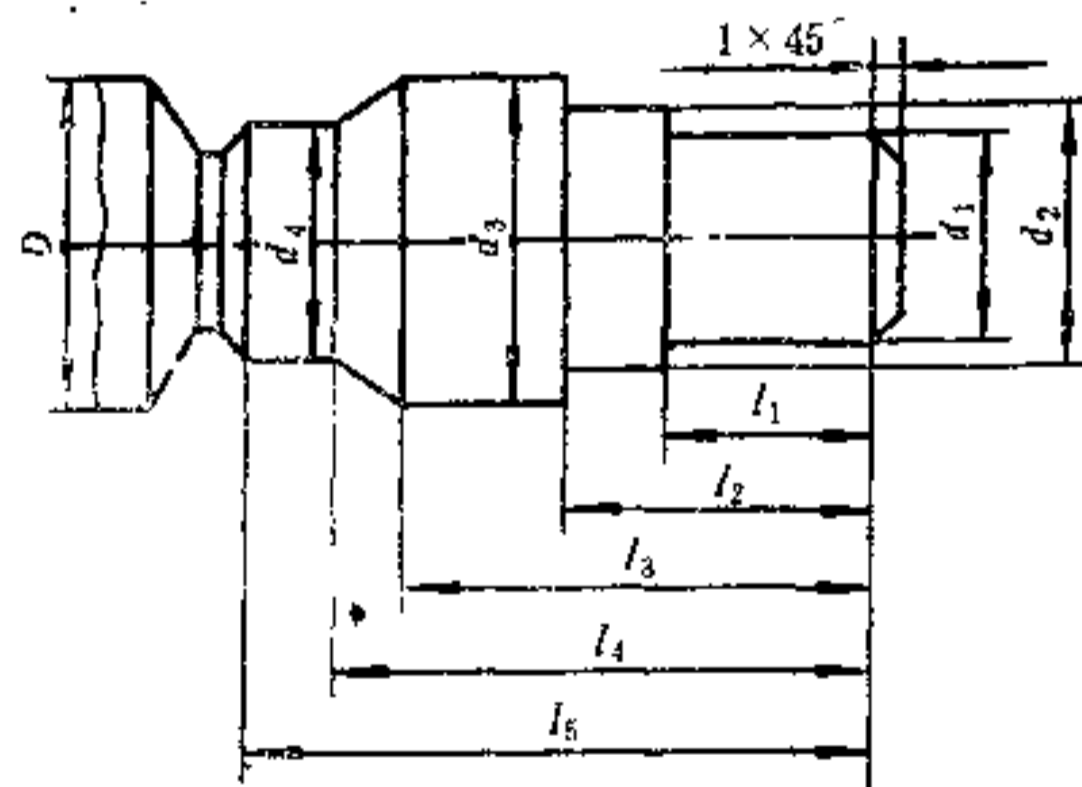


图1-21 工件图4

表1-19 零件廓形尺寸

(mm)

序号	尺寸参数	D	d_1	d_2	d_3	d_4	l_1	l_2	l_3	l_4	l_5
1		34	24	30	32		15	20	28	32	
2		32	22	26	30		20	26	30	38	40
3		38	25	30	36	20	5	20	22	38	45
4		32	20	25	30		10	15	30	40	
5		30	16	18	28	24	25	35	40	45	50
6		22	14	16	20	12	10	12	18	20	24
7		24	10		22	16	16		23	26	28
8		26		18	24	20	14	20	22	28	30
9		27	16	20	25	18	20	22			
10		32	20	25	30	25	20	25	25	30	35

5. 工件如图1-22所示。棒料为45钢，毛坯直径为 D ，零件廓形尺寸见表1-20。要求设计圆体成形车刀。

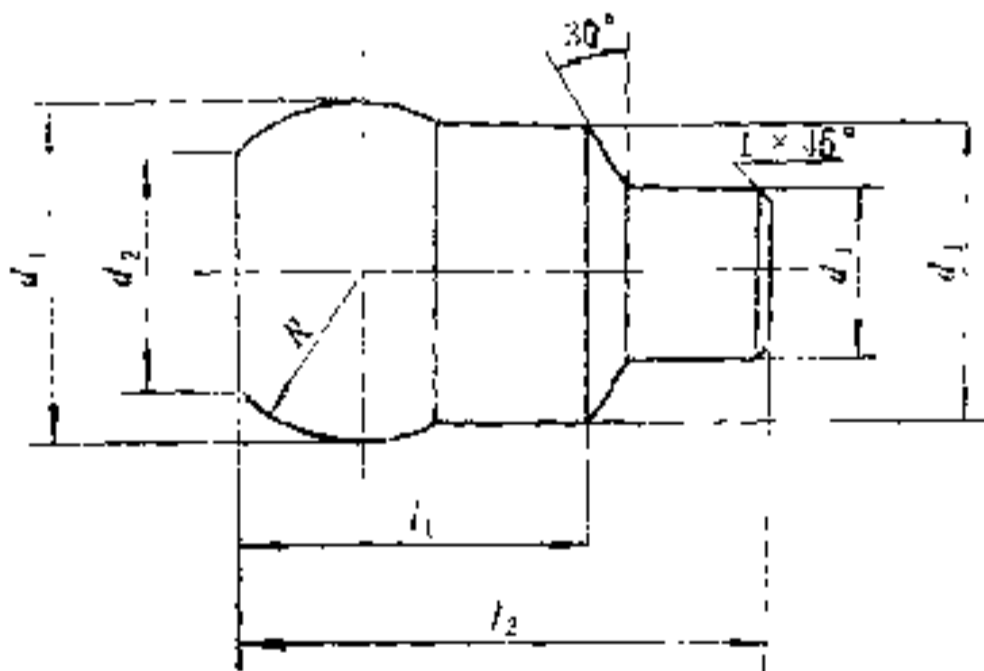


图1-22 工件图5

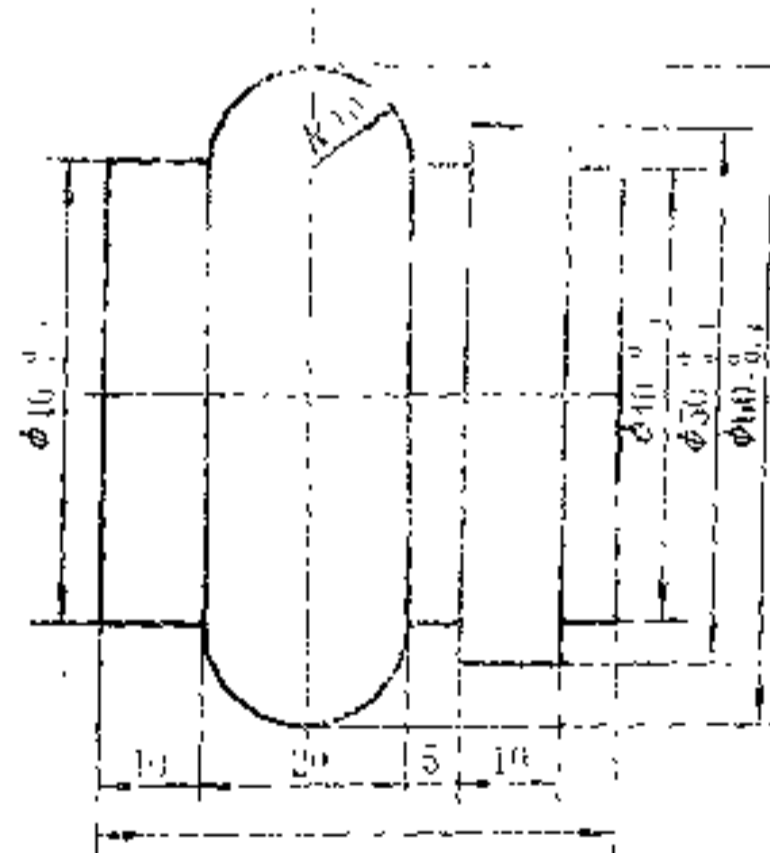


图1-23 工件图6

表1-20 零件廓形尺寸

(mm)

序号	尺寸参数	D	d_1	d_2	d_3	d_4	l_1	l_2	R
1		50	48			16			16
2		34	32	22	28	14	36	50	14
3		40	41	20	25	15	24	48	16
4		42	40	17	23	13	30	42	14
5		34	32	16	19	12	38	52	15
6		46	44	30	38	22	44	66	20
7		26	24					44	
8		26	25	10	16	10	20	45	10
9		36	35			14	35	50	
10		32	30	14	20	12	32	48	14

6. 工件如图1-23所示。45钢棒料，毛坯直径 $\phi 62\text{mm}$ ，要求设计棱体成形车刀。

7. 工件如图1-24所示。40Cr棒料，毛坯直径 $\phi 62\text{mm}$ ，要求设计棱体成形车刀。

8. 工件如图1-25所示。45钢棒料，毛坯直径 $\phi 52\text{mm}$ ，要求设计圆体成形车刀。

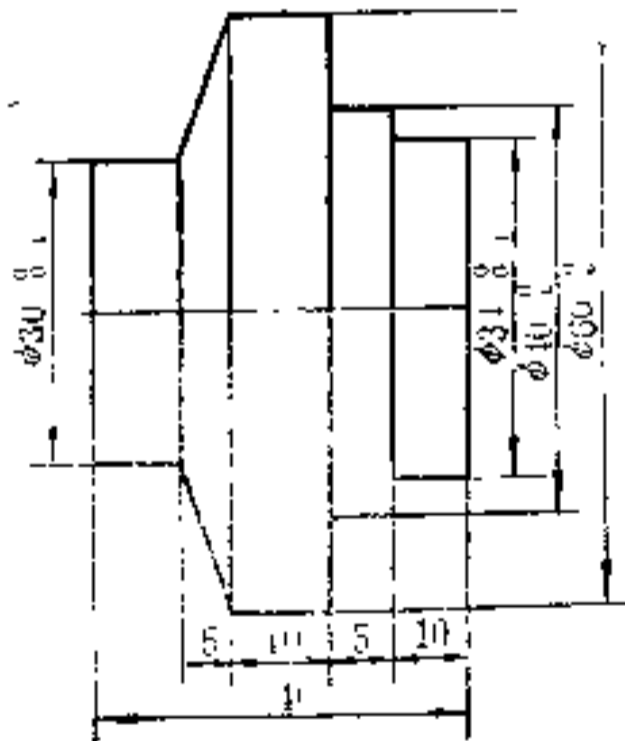


图1-24 工件图7

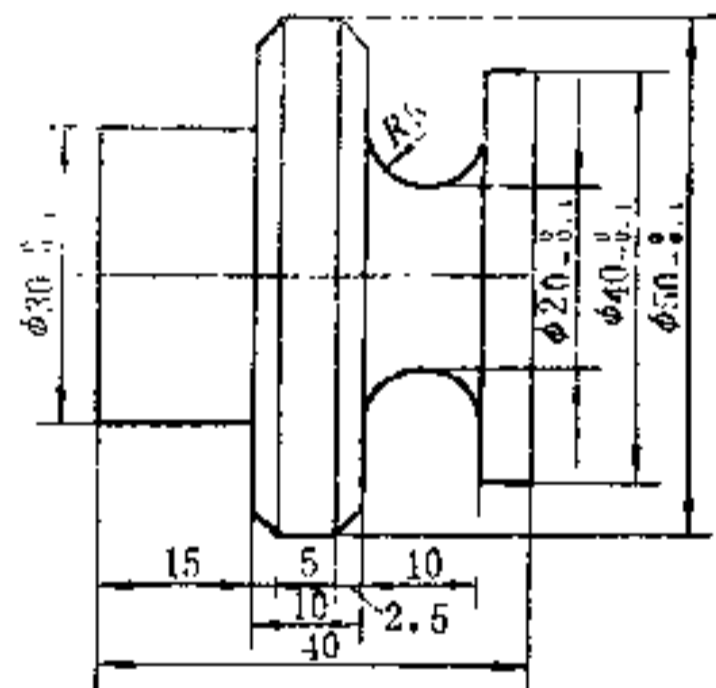


图1-25 工件图8

第二章 孔加工刀具设计

在切削加工中，孔加工刀具种类很多，在本章中只介绍扩孔钻、铰钻、铰刀和孔加工复合刀具的设计方法。

第一节 扩孔钻设计

扩孔钻用来扩大已在工件上铸出、锻出、冲出或钻出的孔，其精度可达 IT11~IT10，表面粗糙度为 $R_a 6.3 \sim 3.2 \mu\text{m}$ 。

扩孔钻和麻花钻相比，它没有横刃，从而避免了横刃在切削时产生的弊病，再加上它的切削余量小，因而容屑槽深度可制造得浅些，这样刀体刚性好、强度高，此外扩孔钻一般制成3~4齿，切削平稳，导向作用好，所以它的加工质量好，生产率高。

一、扩孔钻类型的选用

扩孔钻的类型根据工件孔径大小、工件材料和切削速度等选用。表2-1为各类标准扩孔钻适宜加工的尺寸范围，可供设计时参考。

表2-1 扩孔钻加工的尺寸范围

工件材料	扩孔钻材料	扩孔钻类型	工件直径 (mm)								
			≥3~7.5	≥7.5~14	≥14~20	≥20~23.6	≥23.6~38	≥38~40	≥40~50	≥50~80	≥80~100
一般工 件材料	高速钢	直柄	✓	✓	✓						
		锥柄		✓	✓	✓	✓	✓			
		套式					✓	✓	✓	✓	
硬材料 及淬硬的 工件	硬质合 金	锥柄			✓	✓	✓				
		套式						✓	✓		

二、扩孔钻的结构设计

扩孔钻系标准刀具，但有些非常规格的扩孔钻有时也需自行设计，特别在设计复合孔加工刀具时更需自行设计。下面介绍扩孔钻的设计步骤。

(一) 决定扩孔钻直径

扩孔钻直径与被加工孔的尺寸、精度及表面粗糙度要求等有关，因它们决定了孔加工时所需采用的工艺步骤，从而也决定了扩孔钻的直径，一般扩孔钻的直径可查表2-2。

表2-2 扩孔钻直径选用

(mm)

孔的基本直径 d	铰孔前扩孔钻直径				直接扩孔的扩孔钻直径		拉削前的扩孔 钻直径
	粗 铰 前	精 铰 前	磨 削 前 留量小的	磨 削 前 留量大的	D11	H11	
10	—	—	—	—	10.10	—	—
11	—	—	—	—	11.12	—	—
12	11.85	11.90	11.72	11.57	12.12	12.07	—
(13)	12.85	12.90	12.72	12.57	13.12	13.07	—
14	13.85	13.90	13.72	13.57	14.12	14.07	—
16	15.85	15.90	15.72	15.57	16.12	16.07	—
17	16.85	16.90	16.72	16.57	17.12	17.07	—
18	17.85	17.90	17.72	17.57	18.12	18.07	—
20	19.80	19.88	19.64	19.48	20.14	20.085	19.16
21	20.80	20.88	20.64	20.48	21.14	21.085	20.16
22	21.80	21.88	21.64	21.48	22.14	22.085	21.16
23	22.80	22.88	22.64	22.48	23.14	23.085	22.16
(24)	23.80	23.88	23.64	23.48	24.14	24.085	23.16
25	24.80	24.88	24.64	24.48	25.14	25.085	24.16
27	26.80	26.88	26.64	26.48	27.14	27.085	26.16
28	27.80	27.88	27.64	27.48	28.14	28.085	27.16
30	29.80	29.88	29.64	29.48	30.14	30.085	29.16
32	31.75	31.85	31.61	31.33	32.17	32.10	30.95
34	33.75	33.85	33.61	33.33	34.17	34.10	32.95
35	34.75	34.85	34.61	34.33	35.17	35.10	33.95
36	35.75	35.85	35.61	35.33	36.17	36.10	34.95
38	37.75	37.85	37.61	37.33	38.17	38.10	36.95
40	39.75	39.85	39.61	39.33	40.17	40.10	38.95
42	41.75	41.85	41.61	41.33	42.17	42.10	40.95
44	43.75	43.85	43.61	43.33	44.17	44.10	42.95
45	44.75	44.85	44.61	44.33	45.17	45.10	43.95
46	45.75	45.85	45.61	45.33	46.17	46.10	44.95
48	47.75	47.85	47.61	47.33	48.17	48.10	46.95
50	49.75	49.85	49.61	49.33	50.17	50.10	48.95
55	54.70	54.82	54.46	54.29	55.20	55.12	53.95
58	57.70	57.82	57.46	57.29	58.20	58.12	56.95
60	59.70	59.82	59.46	59.29	60.20	60.12	58.95
65	64.70	64.82	64.46	64.29	65.20	65.12	63.95

(续)

孔的基本直径 d	绞孔前扩孔钻直径				直接扩孔的扩孔钻直径		拉削前的扩孔钻直径
	粗 绞 前	精 绞 前	磨 削 前 留量小的	磨 削 前 留量大的	D11	H11	
68	67.70	67.82	67.46	67.29	68.20	68.12	66.95
70	69.70	69.82	69.46	69.29	70.20	70.12	68.95
75	74.70	74.82	74.46	74.29	75.20	75.12	73.95
78	77.70	77.82	77.46	77.29	78.20	78.12	76.95
80	79.70	79.82	79.46	79.29	80.20	80.12	78.95

(二) 槽数 (或齿数)

扩孔钻一般作成三槽或四槽，必要时可制成二槽或六槽。扩孔钻的槽数可根据表2-3选用。

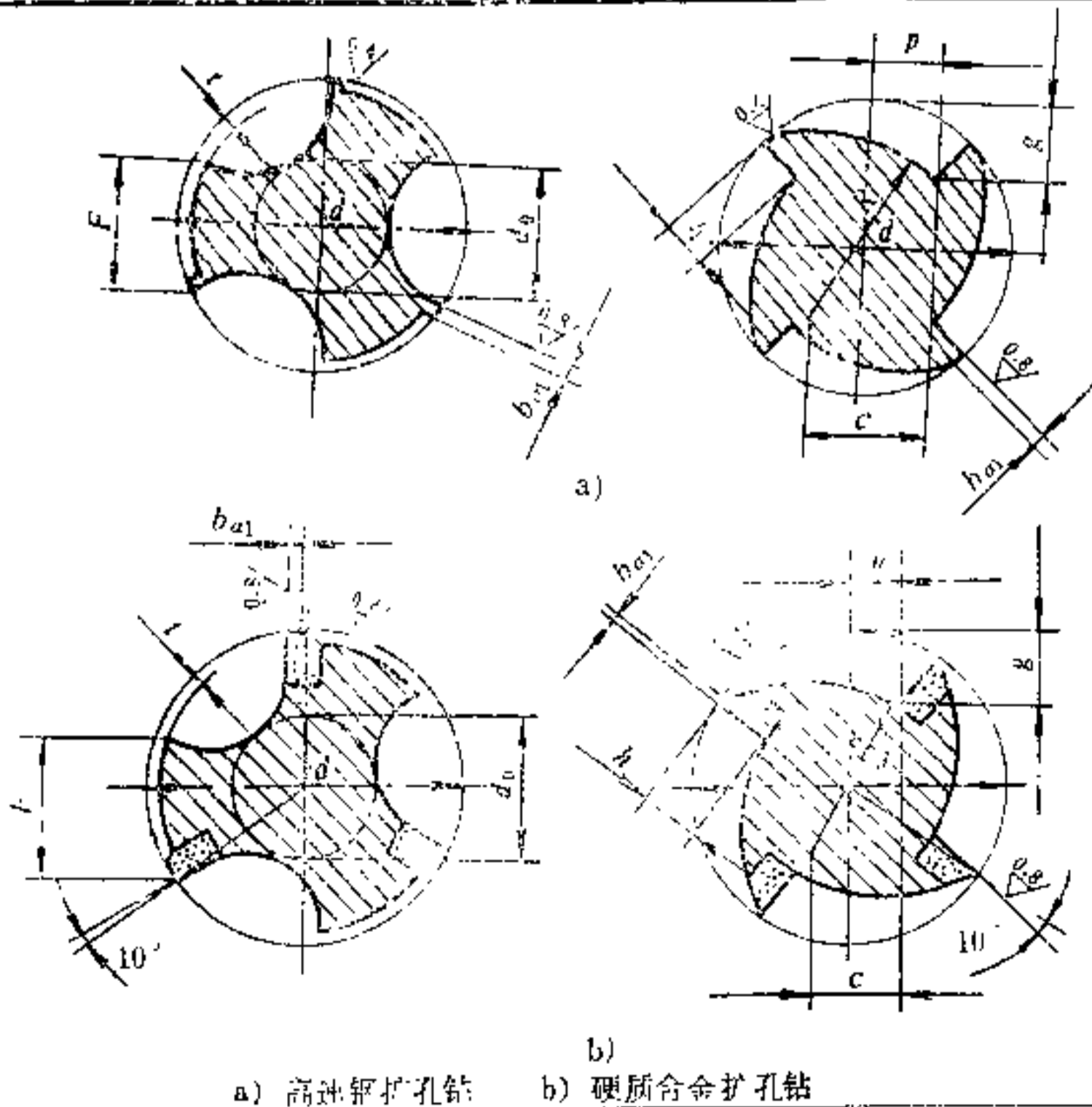
表2-3 扩孔钻槽数的选用

刀具材料	高 速 钢		硬 质 合 金		
	直径 (mm)	$\geq 10 \sim 32$	$> 32 \sim 80$	$\geq 20 \sim 26$	$> 27 \sim 35$
槽 数	3或4	4	3	3或4	4

(三) 槽形

扩孔钻螺旋槽法向剖面尺寸见表2-4，其中三齿式为近似于麻花钻的齿槽形，四齿式为等强度齿背槽形。

表2-4 扩孔钻螺旋槽法向剖面尺寸 (mm)



a) 高速钢扩孔钻 b) 硬质合金扩孔钻

扩孔钻直径 d	$b_{\text{外}}$	齿数 $z=3$				齿数 $z=4$														
		高 速 钢		硬 质 合 金		高 速 钢					硬 质 合 金									
		d_g	F	d_g	F	h	R	c	p	g	h	R	c	p	g					
10	1	0.3	4.8	5.2	—	—	—	—	—	6.7	2.1	—	—	—	—					
11				5.6						2.2	3.4									
12				5.2						6.1	2.9					3.6				
(13)		0.4	5.6	6.5	—	—	—	—	—	11.5	7.3	—	—	—	—					
14			6	7												3.5	4.1			
(15)			6.4	7.5												3.85	4.2			
16			6.8	8												4.1	4.3			
17		0.5	7.2	8.4	—	—	—	—	—	2.5	—	—	—	—	—					
18			7.5	8.9												4.9	4.9			
(19)			8	9.4												9.2	11.3	14	8.9	5.4
20	8.5		10	9.5												11.5				
21	9		10.2	9.6												11.8				
22	9.5	10.8	9.7	12.3																
(23)	10	11.2	11	13.8	17.5	10.5	6.9	5.6												
(24)	10.5	11.7	11.5	14.4																
25	10.5	12.2	10.7	2.9					6											
(26)	11	12.6	15	10.8	3.2	21	11.6	7.1		6.3										
27	12	13.2	15.6	11.3	3.5						6	19	10	3.4						
28	13	14	17.4	12.4	3.7										6	22	11	3.7		
30	13.5	15	18.5	13.3	3.8				6										22	11
32	13.5	15	18.5	13.3	3.8	24	14.6	9.2		7.8										

为了制造方便，也可选用图2-1所示槽形。

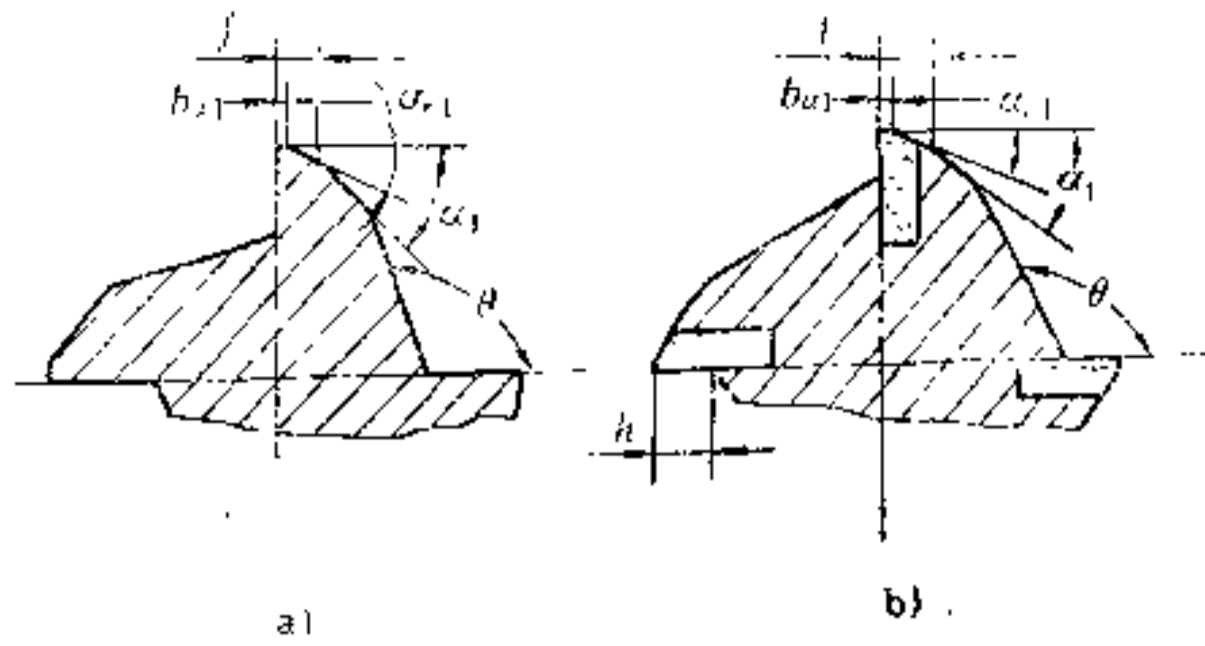


图2-1 扩孔钻直线齿背槽形
a) 高速钢扩孔钻 b) 硬质合金扩孔钻

各有关参数可参考下列公式设计：

1. 校准部分法向后角 α_{n1} 可参考表2-5中数据选用。
2. 刀体上后角 α_1 可取 $30^\circ \sim 35^\circ$ 。
3. 校准部分刃带宽 b_{a1} 可参考表2-4选用。
4. 齿槽角 θ 可取 $90^\circ \sim 135^\circ$ 。
5. 刀具上刃磨 α_{n1} 部分长 f 可取 $1 \sim 5\text{mm}$ 。
6. 刀片伸出刀体部分长 h 可取 $3.5 \sim 11\text{mm}$ 。

(四) 几何参数

扩孔钻的几何参数参考表2-5选用。

(五) 工作部分长度 l_1 (见表2-5图a)

扩孔钻工作部分长度 l_1 可参考表2-6选用。

(六) 工作部分直径倒锥度

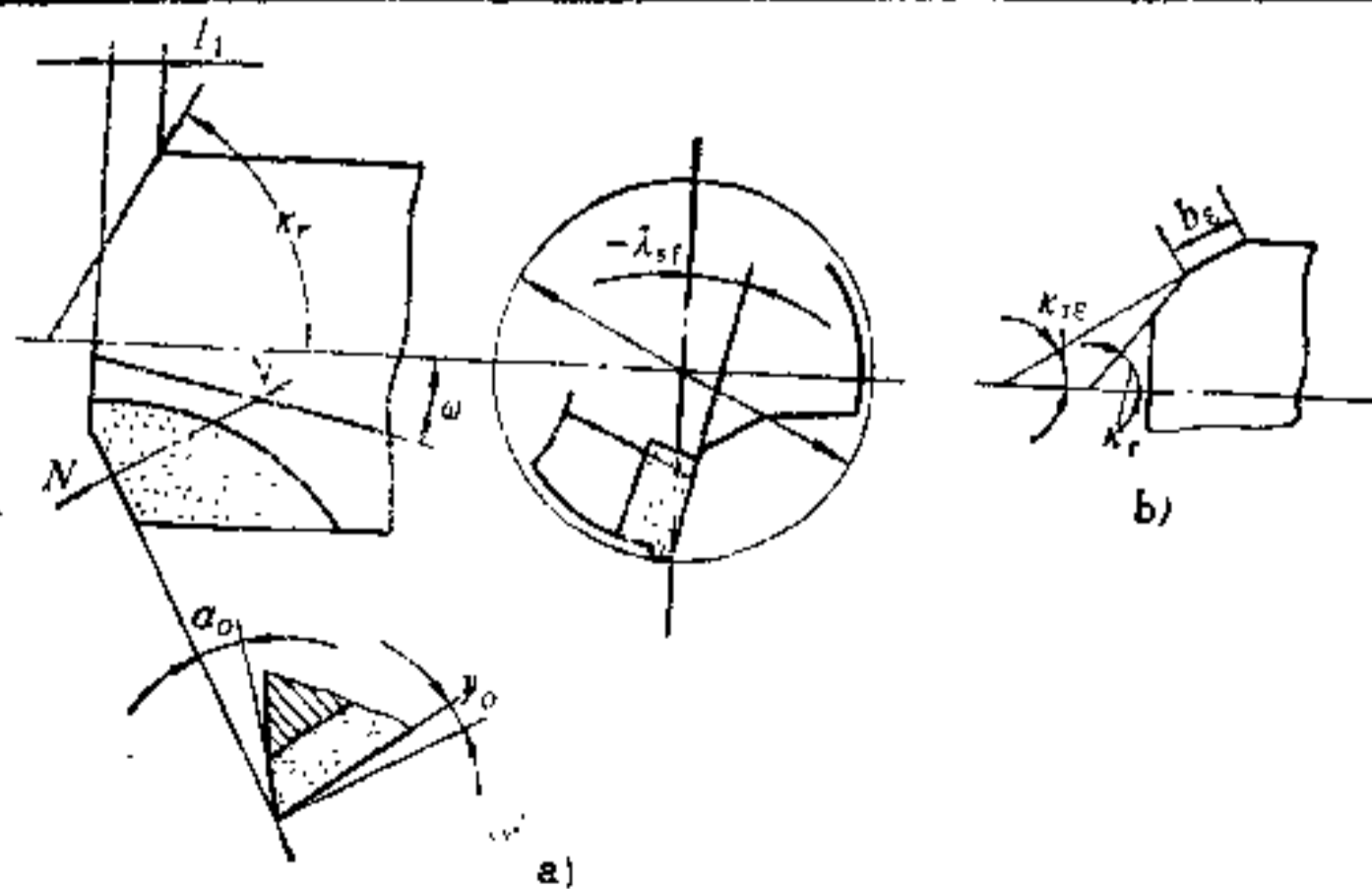
高速钢扩孔钻，在直径 $d \leq 18\text{mm}$ 时，每 100mm 长度上的倒锥度为 $0.04 \sim 0.08\text{mm}$ ，在直径 $d > 18\text{mm}$ 时，则为 $0.05 \sim 0.10\text{mm}$ 。

硬质合金扩孔钻，倒锥度可取 $0.05 \sim 0.08\text{mm}$ 。

三、扩孔钻的基本尺寸

各类扩孔的基本尺寸可见表2-7~表2-10。

表2-5 扩孔钻的几何参数



几何参数	工件材料		刀具材料	选用	
主偏角 κ_r	钢		高速钢	60°	
			硬质合金	6° , 常作出过渡刃, $\kappa_{re}=30^\circ$, $b_r=0.8\sim 1.2\text{mm}$, 见表图b	
	铸铁		高速钢, 硬质合金	60°	
螺旋角 ω	钢, 铸铁		高速钢, 硬质合金	与刀角有关, 可由下式计算 $\text{tg}\omega = \text{tg}\gamma_o \sin \kappa_r - \text{tg}\lambda_1 \text{ctg}\kappa_r$ 根据计算, 一般 $\omega = 10^\circ \sim 25^\circ$	
前角 γ	钢	$\sigma_b(\text{GPa})$ ≤ 0.588	HBS ≤ 180	高速钢	$15^\circ \sim 20^\circ$
					$12^\circ \sim 15^\circ$
		$> 0.588 \sim 0.735$	$> 180 \sim 225$	硬质合金	0°
				高速钢	$5^\circ \sim 10^\circ$
		$> 0.735 \sim 0.882$	$> 225 \sim 270$	硬质合金	-5°
		> 0.882	> 270		-10°
	铸铁	—	≤ 150	高速钢	$10^\circ \sim 12^\circ$
				硬质合金	8°
		—	$> 150 \sim 200$	高速钢	$6^\circ \sim 8^\circ$
				硬质合金	5°
		—	> 200	高速钢	$0^\circ \sim 5^\circ$
				硬质合金	0°
	铝、铜	—	—	高速钢	$25^\circ \sim 30^\circ$
	端剖面刀倾角 λ_{1f}	钢、铸铁		高速钢	0°
		硬质合金	$-10^\circ \sim -12^\circ$		

(续)

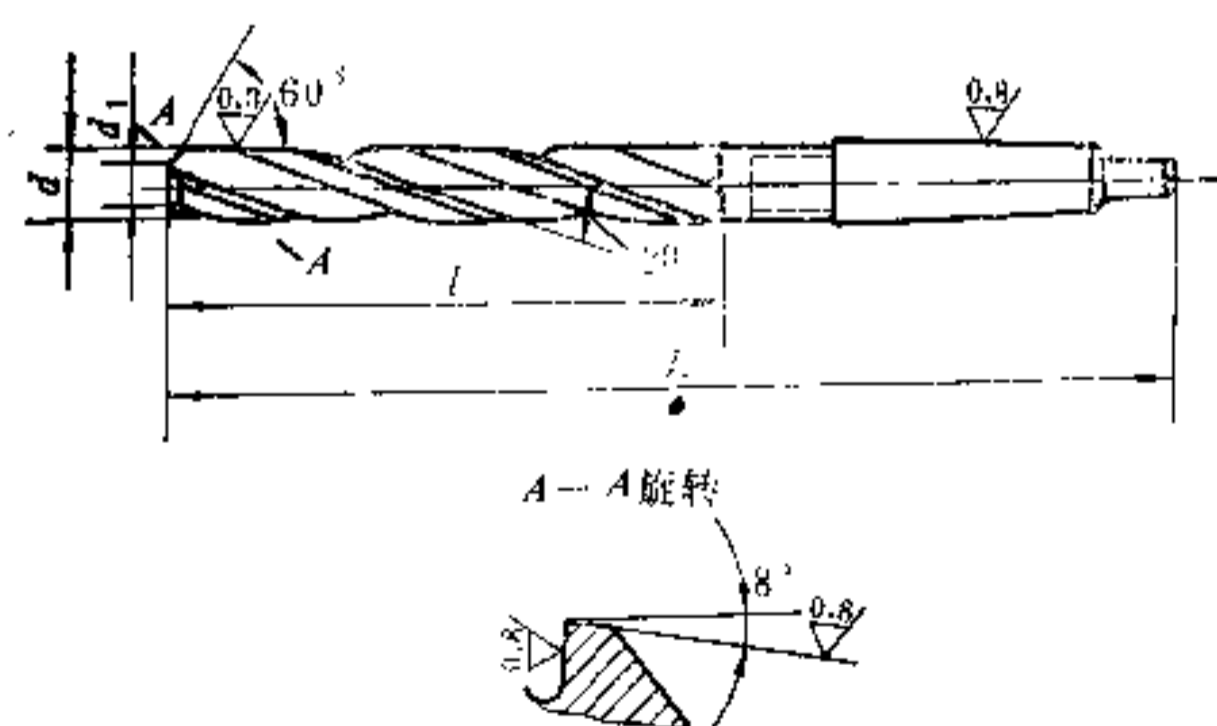
几何参数	工件材料	刀具材料	选用
后角 γ_0	钢、铸铁	高速钢	$6^\circ \sim 10^\circ$
		硬质合金	$10^\circ \sim 15^\circ$, 也可在近刀刃的 $0.05 \sim 0.1 \text{mm}$ 处作出 $\alpha_n = 8^\circ \sim 10^\circ$, 而其余部分作 $\alpha_{n1} = 15^\circ \sim 20^\circ$
校准部分刃带法向后角 α_{n1}	钢、铸铁	高速钢	$6^\circ \sim 10^\circ$, 也可小至 5°
		硬质合金	$10^\circ \sim 15^\circ$
刃带 ba_1	钢、铸铁	高速钢, 硬质合金	$0.5 \sim 2.5 \text{mm}$

注: 在扩孔钻工作图上, 常标注 ω_p 和标注端剖面刃倾角 λ_{sc} (或刀尖离中心线高度), 而不标注前角。

表2-6 扩孔钻工作部分长度 (mm)

扩孔钻直径	>8	>18	>25	>36	>40	>45	>50	>55	>65	>75
	~ 17	~ 24	~ 35	~ 39	~ 44	~ 49	~ 54	~ 64	~ 74	~ 80
工作部分长度 l_1	高速钢扩孔钻				3.5		4	4.5	5	5.5
	硬质合金锥柄扩孔钻	1.6	2.2	3	3.5	—				
	硬质合金套式扩孔钻	—				3		3.5		4.5

表2-7 高速钢锥柄扩孔钻的基本尺寸 (GB1141—84) (mm)



d				L		l		d ₁ ≈	莫氏 锥柄 号	d				L		l		d ₁ ≈	莫氏 锥柄 号
推荐值	分级范围		偏差	基本 尺寸	偏差	基本 尺寸	偏差			推荐值	分级范围		偏差	基本 尺寸	偏差	基本 尺寸	偏差		
	大于	至									大于	至							
7.8								17.0	16.0	17.0		223		125		11			
8.0	7.5	8.5		156		75		17.75			-0.027								
8.8					±6		±6	18.0	17.0	18.0		228		130		11.7			
9.0	8.5	9.5	0 -0.022	162		81		18.7	18.0	19.0		233		135		12.3			
9.8								19.0	18.0	19.0		233		135		12.3			
10.0	9.5	10.0		168	+7 -6	87	+7 -6	19.7											
	10.0	10.6						20.0	19.0	20.0		238		140		13		2	
10.75								20.7											
11.0	10.6	11.8		175		14		21.0	20.0	21.2		243		145		13.6			
11.75								21.7							±5				
12.0								22.0	21.0	22.4		248	±5	150		14.3			
12.75	11.8	13.2		182	±7	101	±7	22.7											
13.0								23.0	22.4	23.02	0 -0.033	253		155		15			
13.75									23.02	23.6		276							
14.0	13.2	14.0	0 -0.027	189		108		23.7											
14.75								24.0											
15.0	14.0	15.0		212	±6	114	±6	24.0	23.6	25.0		281		160					
15.75								24.7											
16.0	15.0	16.0		218	+5 -6	120	+5 -6	25.0											
16.75	16.0	17.0		223	±5	125	±5	25.7	25.0	26.5		286		165		17		3	

(续)

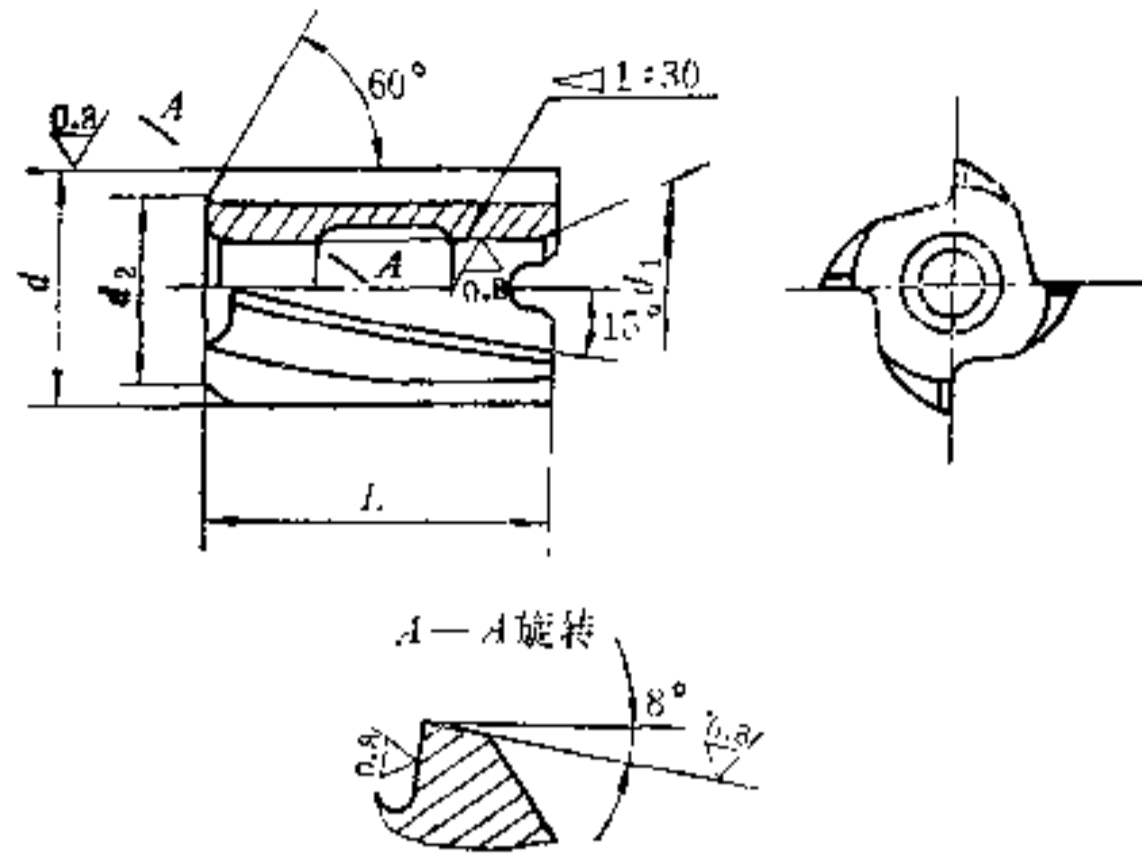
d		L		l		d ₁ ≈	莫氏锥柄号	d		L		l		d ₁ ≈	莫氏锥柄号
推荐值	分级范围 大于 至	偏差	基本尺寸	基本尺寸	偏差			推荐值	分级范围 大于 至	偏差	基本尺寸	基本尺寸	偏差		
26.0	25.0 26.5		286	165		17							25		
27.7		0 -0.035				17.6			349		200		26		
28.0	26.5 28.0		291	170		18.3									
29.7						19	3								
30.0	28.0 30.0		296	175											
—	30.0 31.5		301	180		19.5							28		
31.6	31.5 31.75		306	185	±5	20							28.5		
32.0	31.75 33.5		334			21							29	4	
33.6						21.5									
34.0				190		22									
34.6	33.5 35.5		339			22.6									
35.0		0 -0.039				23							30.5		
35.6													31		
36.0	35.5 37.5		344	195		23.5							32		
37.6															
38.0	37.5 40.0		349	200		24.5							32.5		

注: 1. 直径d“推荐值”系常备的扩孔钻规格, 用户有特殊需要时可供应“分级范围”内任一直径的扩孔钻。

2. 莫氏锥柄的尺寸和偏差按GB1443—85《工具柄自锁圆锥尺寸》标准的规定, 见附表4。

表2-8 高速钢套式扩孔钻的基本尺寸 (GB1142-84)

(mm)



推荐值	d		偏差	L		d ₁	d ₂ 最小	推荐值	d		偏差	L		d ₁	d ₂ 最小
	分级范围			基本尺寸	偏差				分级范围			基本尺寸	偏差		
	大于	至							大于	至					
25							20	39							33
26							21	40							34
27							22	42	35.5	45.0		50	0 -1.6	16	36
28			0 -0.033				23	44							38
29	23.6	35.5					24	45			0 -0.039				39
30				45		12	25	46							38
31					0 -1.6		26	47							39
32							27	48	45.0	53.0		56		19	40
33							28	50							42
34			0 -0.039				29	52					0 -1.9		44
35							30	55							46
36							30	58			0 -0.046	63			49
37	35.5	45.0		50		16	31	60	53.0	63.0		63		22	51
38							32	62							53

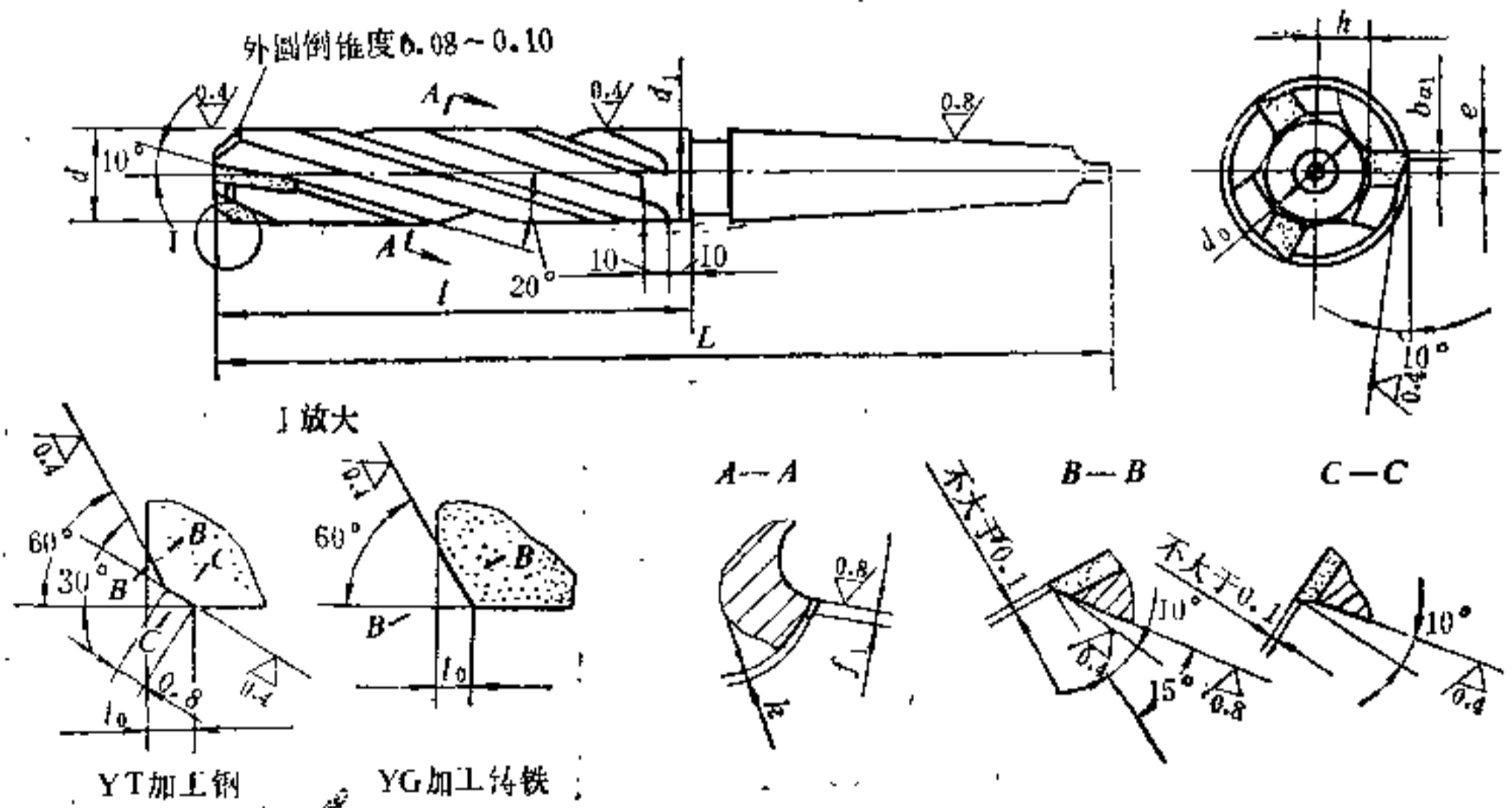
(续)

推荐值	d			L		d_1	d_2 最小				L		i_1	d_2 最小	
	分级范围		偏差	基本尺寸	偏差			推荐值	分级范围		偏差	基本尺寸			偏差
	大于	至							大于	至					
65							54	85						72	
70							59	90	75.0	90		80	$\begin{matrix} 0 \\ -1.9 \end{matrix}$	32	77
72	63.0	75.0	$\begin{matrix} 0 \\ -0.046 \end{matrix}$	71	$\begin{matrix} 0 \\ -1.9 \end{matrix}$	27	61	95			$\begin{matrix} 0 \\ -0.054 \end{matrix}$			40	80
75							64	100	90.0	100		90	$\begin{matrix} 0 \\ -2.2 \end{matrix}$		
80	75.0	90		80		32	67	100							85

注: 1. 直径d“推荐值”系常备的扩孔钻规格, 用户有特殊需要时也可供应“分级范围”内任一直径的扩孔钻。
 2. 锥孔直径 d_1 的偏差、端面键槽的尺寸和偏差按GB4255-84《套式铰刀和套式扩孔钻用心轴》标准的规定, 见表2-14和表2-15。

表2-9 硬质合金锥柄扩孔钻基本尺寸和几何参数

(mm)



扩孔钻直径 $d=d_1$	L	l	$h \pm 0.2$	d_0	e	b_{a_1}	k	f_1	l_0	莫氏锥度号	刀片型号
14	190	100	3.6	7							
15			4.1	7.5	1.3						
16	200	110	4.6	8		0.5	0.5	1	1.6	2	E415
17			5.1	8.5							
18	210	120	4.6	9	1.6						
19			5.1	9.5							
20	230	120	5.6	10							
21			6.1	10.5	1.8				2.2		E418
22	240	130	6.6	11							
23			7.1	11.5	2.0	0.7	0.6	1.4		3	
24	250	140	7.6	12							
25			7.1	12.5							
26	260	150	7.0	13	2.2						
27			8.1	13.5							
28	290	155	8.6	14	2.4				3.0		E420
30	300	160	9.6	15							
32	310	170	10.6	16	2.8						
34	320	180	11.6	17		0.9	0.8	1.8		4	
35	330	190	12.1	17.5	3.0						
36	340	200	10.6	18	3.2				3.5		E425

(续)

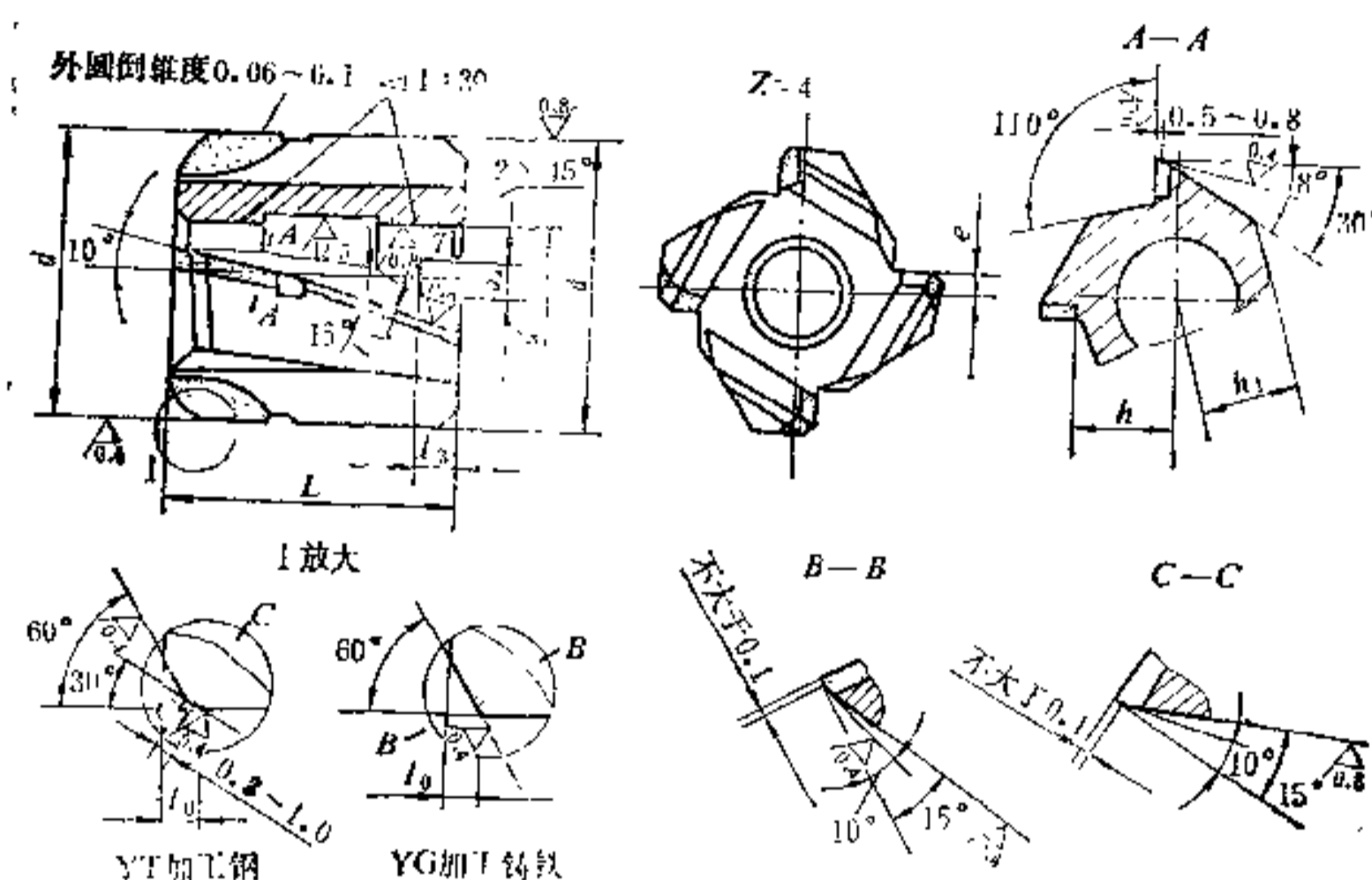
扩孔钻直径 $d=d_1$	L	l	$h \pm 0.2$	d_0	e	b_{01}	h	f_1	l_0	莫氏锥度号	刀片型号
37	345	205	11.1	18.5	3.2	0.9	0.8	1.8	3.5	4	E425
38	350	210	11.6	19							

注: 1. 莫氏锥柄的尺寸和偏差按GB1443—85《工具柄自锁圆锥尺寸》标准的规定, 见附表4。

2. E4型硬质合金刀片尺寸见附表9。

表2-10 硬质合金套式扩孔钻基本尺寸和几何参数

(mm)



扩孔钻直径 $d=d'$	L	l_0	d_1	$h_1 \pm 0.3$	$h \pm 0.2$	e	f	刀片型号
40	45	3	16	13.7	14.5	2.2	1.8	E420
42				14.7	15.5			
45	50	3	19	15.6	17.0	2.4	1.8	E420
48				16.1	18.5			
50	55	3.5	22	17.0	17.5	2.5	2.0	E425
52				17.2	18.5			
55				18.0	20.0			

扩孔钻直径 $d=d'$	L	l_0	d_1	$h \pm 0.3$	$h \pm 0.2$	v	f	刀片型号
58	60	3.5	27	20.0	21.5	3.0	2.5	E425
60				20.5	22.5	3.2		
65				22.4	25.0	3.5		
70				24.7	27.5	4		
75	65	4.5	32	26.1	28.0	4		E430
80				28.7	30.5	4.2		

注。1. 锥孔直径 d_1 的偏差、端面键槽的尺寸和偏差按 GB4255—84《套式铰刀和套式扩孔钻用心轴》标准的规定，见

表2-14和表2-15。

2. E4型硬质合金刀片尺寸见附表9。

四、扩孔钻的技术要求

表2-7~表2-10中已给出了扩孔钻部分尺寸的公差值，以下再介绍其它技术要求。

1. 扩孔钻表面不得有裂纹、刻痕、锈迹以及磨削烧伤等影响使用性能的缺陷。
2. 扩孔钻的位置公差见表2-11。

表2-11 扩孔钻的位置公差 (mm)

项 目	公 差		
	$d \leq 18$	$d > 18 \sim 30$	$d > 30 \sim 100$
切削刃对公共轴线的斜向圆跳动	0.04	0.05	0.06
工作部分对公共轴线的径向圆跳动	0.03	0.04	0.05

3. 扩孔钻的直径偏差

(1) 高速钢扩孔钻 铰孔前和拉孔前用的扩孔钻在制造时的直径偏差可按表2-7和表2-8选用。直接扩成H11和D11的孔用扩孔钻在制造时的直径偏差可选用h8或h9。

(2) 硬质合金扩孔钻 硬质合金扩孔钻切削部分直径 d 和导向部分直径 d' 的偏差可查表2-12。

4. 扩孔钻材料

扩孔钻材料为高速钢和硬质合金，高速钢牌号常用W18Cr4V，也可用其它牌号，焊接扩孔钻柄部材料常用45钢。硬质合金牌号常用YT类加工钢、YG类加工铸铁，刀体材料可用9SiCr或45钢。

5. 扩孔钻硬度

高速钢扩孔钻工作部分硬度为HRC63~66，硬质合金扩孔钻工作部分硬度为HRA88~

表2-12 硬质合金扩孔钻切削部分直径和导向部分直径偏差 (mm)

扩孔钻直径 $d=d'$	精铰前		一般铰孔前		直接扩H11孔		直接扩H12孔	
	d	d'	d	d'	d	d'	d	d'
$>14\sim18$	-0.100	-0.137	-0.210	-0.306	+0.070	-0.026	+0.120	+0.024
	-0.135	-0.208	-0.245	-0.341	+0.030	-0.061	+0.085	-0.011
$>19\sim30$	-0.112	-0.189	-0.245	-0.345	+0.085	-0.015	+0.140	+0.040
	-0.157	-0.234	-0.290	-0.300	+0.040	-0.060	+0.095	-0.005
$>32\sim38$	-0.150	-0.247	-0.290	-0.415	+0.100	-0.025	+0.170	+0.045
	-0.200	-0.297	-0.340	-0.465	+0.050	-0.075	+0.120	-0.005
$>40\sim50$	-0.290	-0.415	+0.100	-0.025	—			
	-0.340	-0.465	+0.050	-0.075				
$>52\sim80$	-0.350	-0.500	+0.120	-0.020	—			
	-0.410	-0.560	+0.060	-0.090				

92. 整体高速钢扩孔钻的柄部或扁尾硬度为 HRC40~55, 焊接扩孔钻的柄部或扁尾硬度和硬质合金扩孔钻的柄部或扁尾硬度为HRC30~45。

五、套式铰刀和套式扩孔钻用心轴 (GB4255—84)

(一) 1:30锥度心轴的类型和尺寸

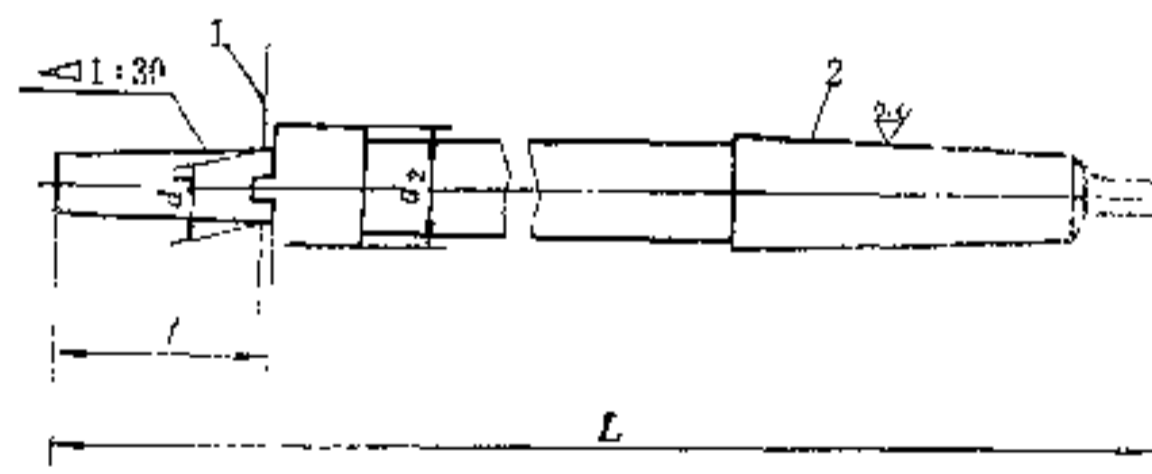
1:30锥度心轴的类型和尺寸见表2-13。

(二) 套式铰刀和套式扩孔钻端面键槽和心轴端键的互换性尺寸

套式铰刀和套式扩孔钻端面键槽和心轴端键的互换性尺寸见表2-14。

表2-13 1:30锥度心轴的类型和尺寸

(mm)

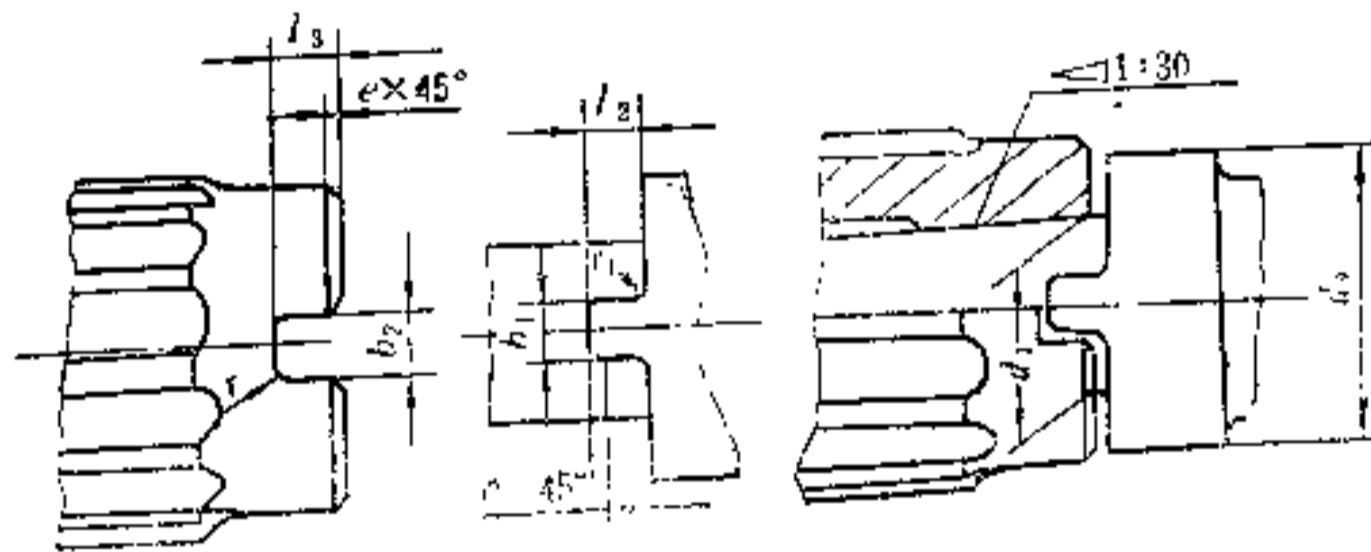


1—基面 2—莫氏锥柄

适用直径d范围				d ₁	L		l		d ₂ (最大)	莫氏锥柄号
铰刀		扩孔钻			基本尺寸	偏差	基本尺寸	偏差		
大于	至	大于	至							
23.6	30.0	23.6	35.5	13	250	0 -2.9	45	0 -1.6	21	3
30.0	35.5	35.5	45	16	261		50		27	
35.5	42.5	45	53	19	298	0 -3.2	56		32	4
42.5	50.8	53	63	22	312		63	0 -1.9	39	
50.8	60.0	63	75	27	359		71		46	5
60.0	71.0	75	90	32	376	0 -3.6	80		56	
71.0	85.0	90	101.6	40	396		90	0 -2.2	65	
85.0	101.6	—	—	50	416	0 -4.0	100		80	

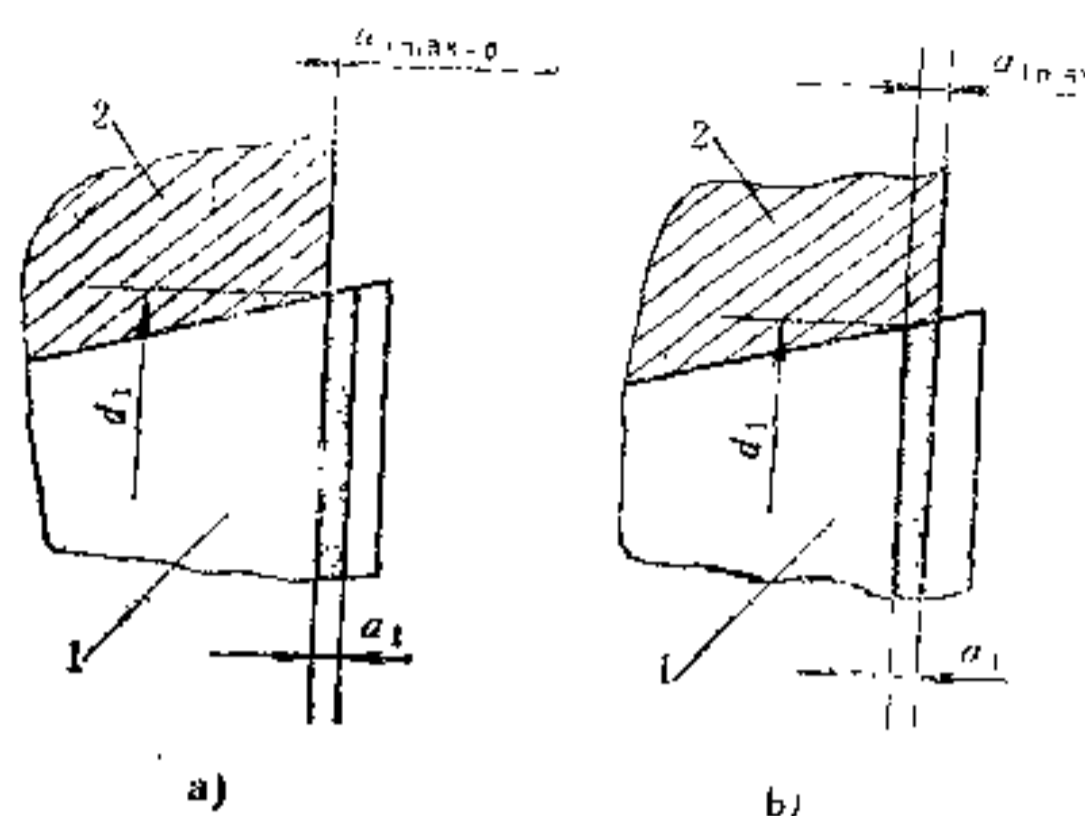
注：莫氏锥柄的尺寸和偏差按GB1443—85《工具柄自锁圆锥尺寸》的规定，见附表4。

表2-14 套式铰刀和套式扩孔钻端面键槽和心轴端键的互换性尺寸 (mm)



d ₁	心轴				铰刀(或扩孔钻)				e		
	b ₁ (h12)	l ₂ (h12)	r ₁ (最大)	y (最大)	b ₂ (H13)	l ₃ (最小)	r (最小)	z (最大)	基本尺寸	偏差	
13	4	4.6	0.3	0.075	4.3	5.4	0.6	0.075	0.3	+0.1 0	
16	5	5.6	0.4	0.100	5.4	6.2	1.0	0.100	0.4		
19	6	6.7	0.5		6.4	7.8			0.8		0.5
22	7	7.7	0.6		7.4	8.6			1.2		0.6
27	8	8.8	0.8		8.4	9.3			1.6	0.8	+0.2 0
32	10	9.8	0.8	10.4	10.5						
40	12	11.0		12.4	11.2						
50	14	12.0		14.4	13.1						

- 注：1. 直径d₁的偏差按表2-15。
- 2. 尺寸y为直径d₂的轴线与端键中心平面之间最大的允许偏移。
- 尺寸z为直径d₁的轴线与端面键槽中心平面之间最大的允许偏移。
- 3. 端面键槽的宽度b₂两平面段应平行。
- 4. 倒棱e可采用同值的圆弧半径和公差代替。

(三) 套式铰刀或扩孔钻锥孔直径 d_1 的公差 (图2-2)图2-2 套式铰刀或扩孔钻锥孔直径 d_1 的公差

a) 下偏差 b) 上偏差

1—锥度塞规 2—铰刀或扩孔钻

此公差由锥孔基面位置的允许变量 a_1 确定。 a_1 值表示为具有相当公称尺寸的锥度塞规其基线可进入被测铰刀或扩孔钻孔的深度。 a_1 值的大小可按表2-15。

(四) 心轴大端直径 d_1 的公差 (图2-3)

此公差由心轴基面位置位置的允许变量 a_2 值确定。 a_2 值表示具有相当公称尺寸的锥度环规其前端面与被测心轴定位面之间的允许距离。 a_2 值的大小可按表2-15。

表2-15 套式铰刀或扩孔钻锥孔直径 d_1 和心轴大端直径 d_1 的公差 (mm)

d_1	铰刀或扩孔钻 d_1 的公差		心轴 d_1 的公差		间隙	
	a_1		a_2		a	
	最小	最大	最小	最大	最小	最大
13	0	0.6	0.9	1.4	0.3	1.4
16						
19						
22		0.9	1.1	1.7	0.4	1.7
27						
32						
40		0.9	1.4	2.2	0.5	2.2
45						

(五) 间隙 a 的极限值 (图2-4)

铰刀或扩孔钻锥孔基面和配套心轴定位面之间的间隙大小用 a 表示。 a 值可由 a_1 和 a_2 值计算而得, 见表2-15。

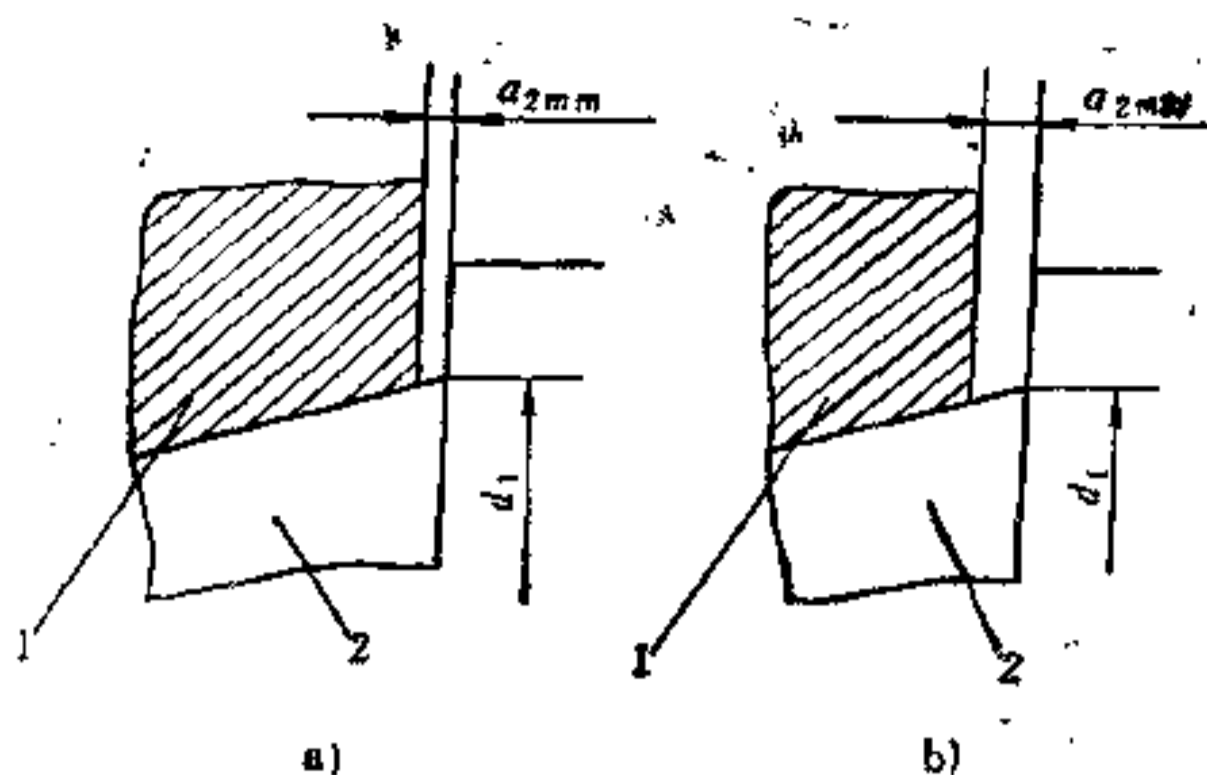
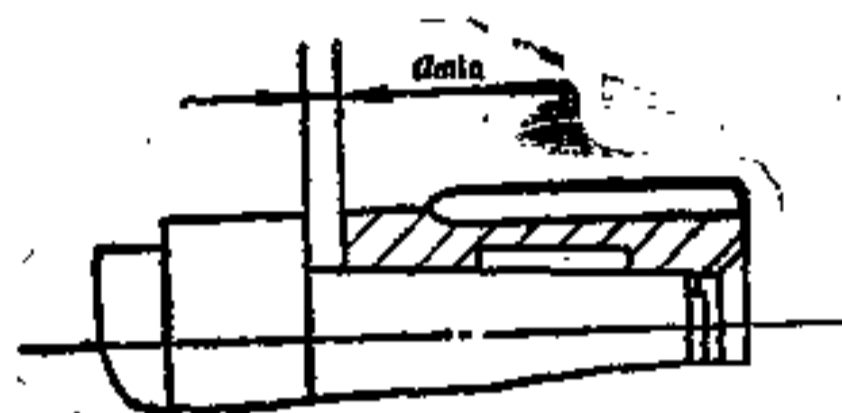
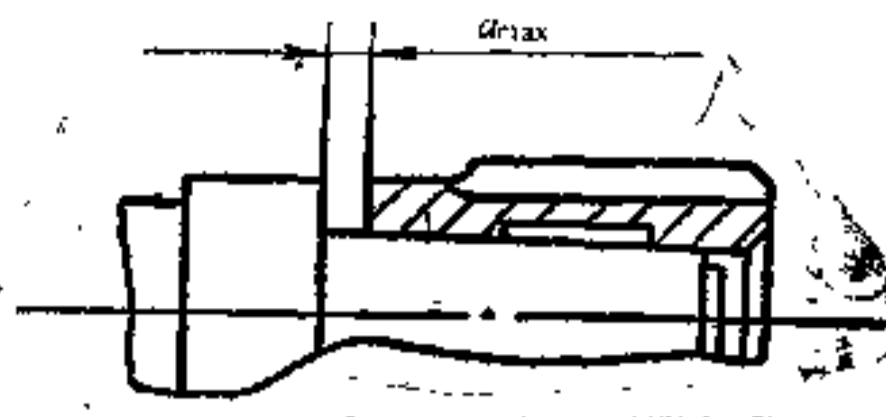


图2-3 心轴大端直径的公差

a) 下偏差 b) 上偏差

1—锥度环规 2—心轴

图2-4 间隙 a 的极限值

第二节 铤钻设计

铤钻用来加工各种沉头孔和端面凸台。在铤钻上常装有导向柱，它用来保证被铤孔或端面与原孔有一定的同轴度或垂直度，导向柱应制成可拆卸的，以便铤钻端面刃的制造与刃磨。

一、铤钻的类型、特点及其加工范围

铤钻的类型见表2-16所示，可根据加工要求选用。

表2-16 铤钻的类型、特点及加工范围

类型名称	特点及加工范围
平底铤钻	在圆周和端面上有3~4个刀齿，还有一导向柱，以保证被铤孔与原孔的同轴度，常用来加工圆柱沉头孔
锥面铤钻	这种铤钻可以加工中心孔，还可用来孔边倒棱，以及加工锥形沉头孔。常用齿尖角有60°、90°和120°三种
端面铤钻	用来加工工件上孔的端面凸台，它只在端面上有4~8个刀齿

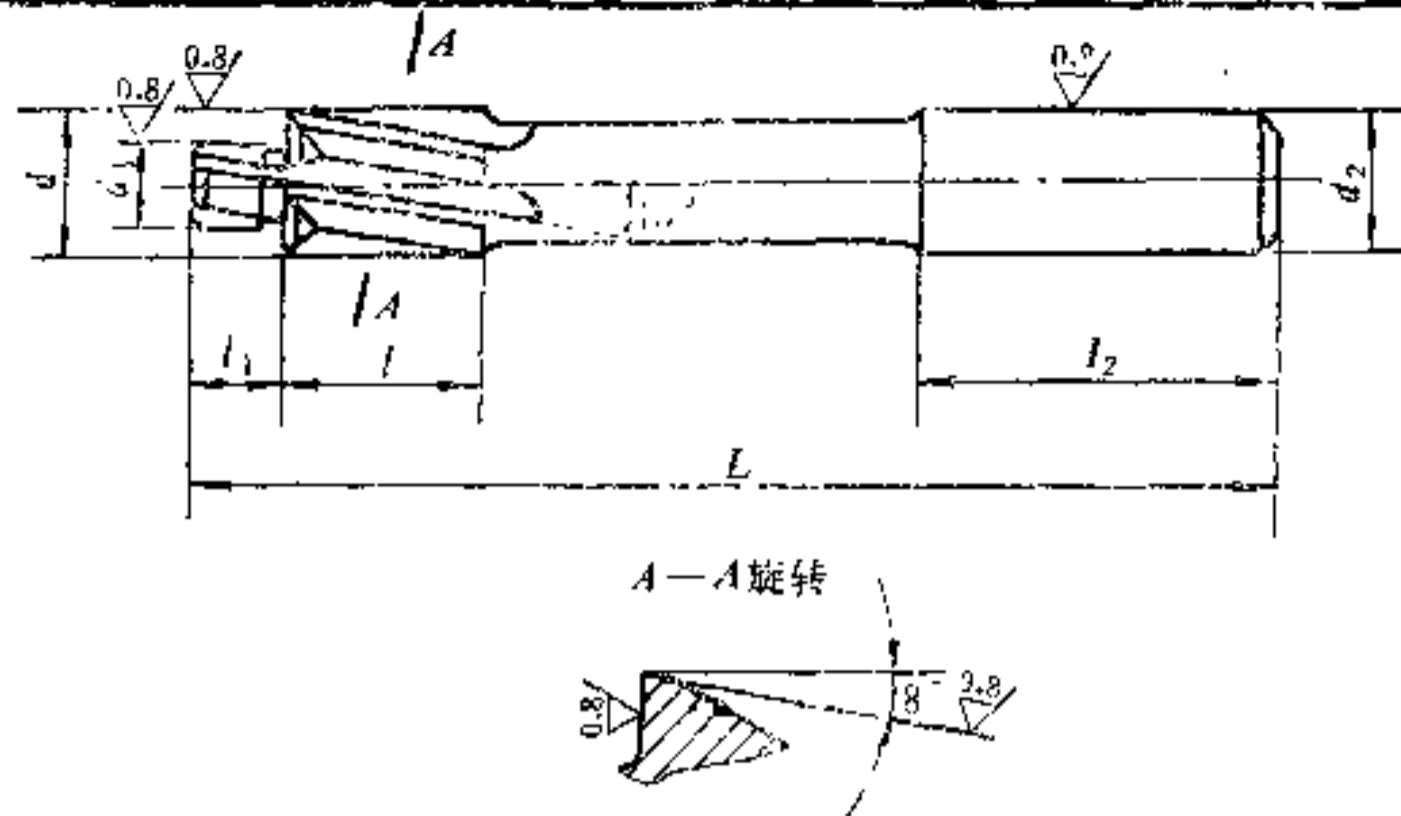
根据直径大小，铤钻可制成圆柱直柄、锥柄和套式三种型式。铤钻的材料可用高速钢或硬质合金。

二、各种铤钻的结构尺寸

表2-17~表2-22为各种标准的平底铤钻和锥面铤钻的结构尺寸。表2-23为铤钻用可换导向柱的尺寸。表2-24为片形平底铤钻的尺寸，表2-25~表2-28为片形平底铤钻刀杆的尺寸。表2-29为小直径端面铤钻的尺寸，表2-30为大直径端面铤钻的尺寸，表2-31为端面铤钻的钻杆尺寸。

表2-17 带导柱直柄平底铰钻 (GB4260-84)

(mm)



铰钻代号 ($d \times d_1$)	d		d_1		d_2		L	l	适用螺栓或 螺钉规格	参 考			
	基本尺寸	偏差	基本尺寸	偏差	基本尺寸	偏差				l_1	l_2	齿数	
2.5×1.2	2.5	+0.051	1.2				45	7	M1	1.2			
2.8×1.4	2.8	+0.026	1.4						M1.2	1.4			
3.2×1.6	3.2		1.6						M1.4	1.6			
3.6×1.8	3.6		1.8	-0.014 -0.028	$d_2 = d$	56	10	M1.6	1.8	—			
4.5×2.4	4.5		2.4						M2			2.4	
5×1.8	5	+0.065 +0.035	1.8					0 -0.030				M1.6	1.8
5×2.9			2.9				M2.5		2.9				
6×2.4	6		2.4		5	71	14	M2	2.4	31.5			
6×3.4			3.4	-0.020 -0.038								M3	3.4
7.5×2.9			7.5					2.9	-0.014 -0.028				
8.5×3.4	8.5	+0.078 +0.042	3.4		8	80	18	M3	3.4	35.5			
8.5×4.5			4.5									M4	4.5
10×3.4	10		3.4	-0.020 -0.038	12.5	100	22	M3	3.4	40.0			
10×5.5			5.5									M5	5.5
11×4.5	11		4.5					M4	4.5	4			
12×5.5	12	+0.093 +0.050	5.5					M5	5.5				
12×6.6					6.6					M6	6.6		
15×6.6	15			-0.025 -0.047						40.0			
15×9			9.0	+0.103 +0.060					M8			9.0	
18×9	18			-0.032 -0.059						40.0			
18×11			11.0						M10			11.0	
20×9	20	+0.125 +0.073	9.0	-0.025 -0.047					M8	9.0			
20×11			11.0	-0.032 -0.059					M10	11.0			

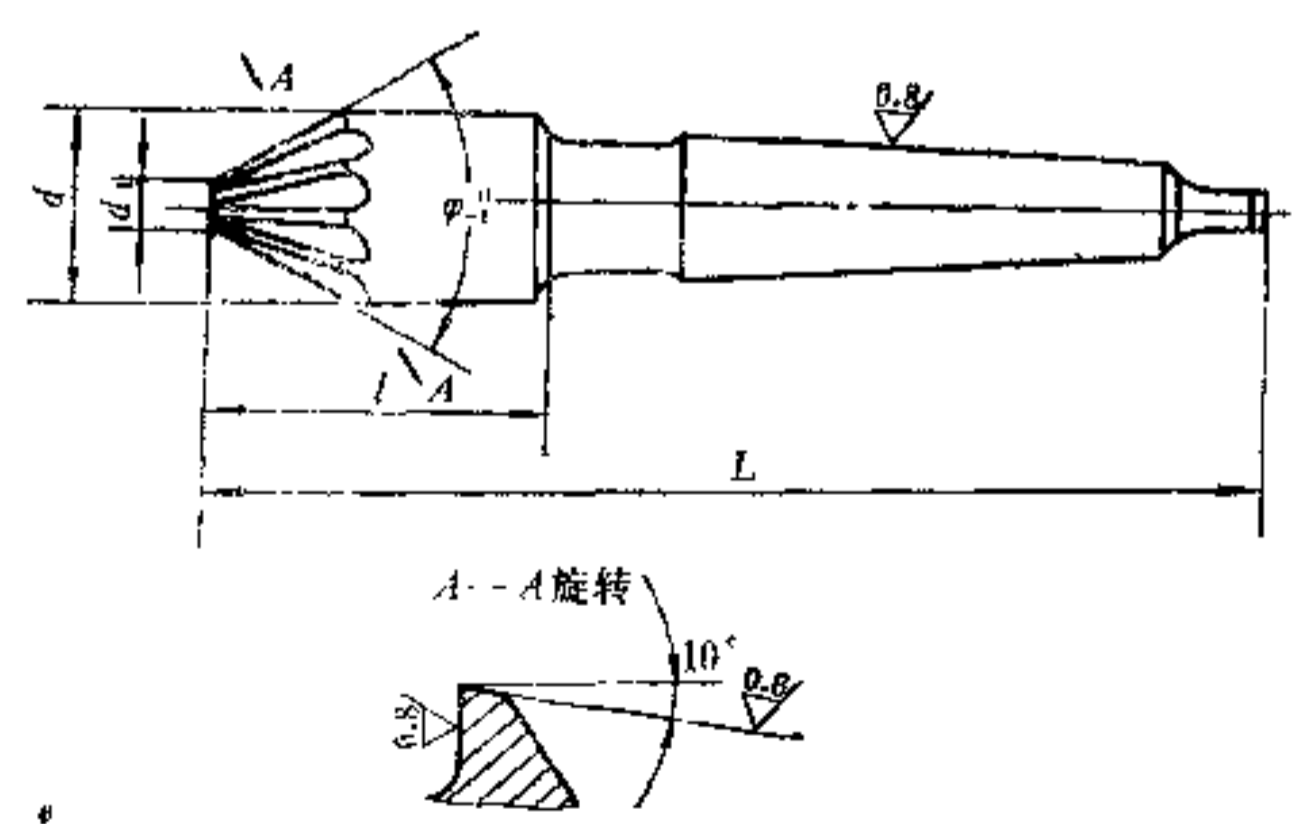
注：导柱直径 d_1 适用通孔按中等装配。

(续)

钻头代号 ($d \times d_1$)	d		d_1		d_2		d_3	L	l	l_1	l_2	莫氏锥柄号	适用螺栓或螺钉规格
	基本尺寸	偏差	基本尺寸	偏差	基本尺寸	偏差							
38×20	38	+0.074 +0.112	20	-0.046 -0.073	10	+0.022 0	M8	150	40	64	32	3	M18
38×24			24										M22
40×22			22										M20
40×24	46	+0.198 +0.136	24	-0.050 -0.089	12	+0.027 0	M8	236	50	76	42	4	M22
42×22			22										M20
42×24	42	+0.198 +0.136	24	-0.040 -0.073	16	+0.027 0	M10	250	63	88	53	4	M24
42×26			26										M24
46×24			24										M22
46×30	46	+0.246 +0.172	30	-0.050 -0.089	16	+0.027 0	M10	250	63	88	53	4	M27
48×26			26										M24
48×30	48	+0.246 +0.172	30	-0.050 -0.089	16	+0.027 0	M10	250	63	88	53	4	M27
48×33			33										M30
50×26			26										M24
55×30	50	+0.246 +0.172	30	-0.050 -0.089	16	+0.027 0	M10	250	63	88	53	4	M27
55×33			33										M30
60×33	60	+0.246 +0.172	33	-0.050 -0.089	16	+0.027 0	M10	250	63	88	53	4	M30
60×39			39										M36

- 注：1. 导柱直径 d_1 适用通孔按中等装配。
 2. 可换导柱按GB4266—84《镗钻用可换导柱》标准的规定，见表2-23。
 3. 莫氏锥柄的尺寸和偏差按GB1443—85《工具柄自锁圆锥尺寸》标准的规定，见附表4。

表2-19 60°、90°、120°锥柄锥面镗钻 (GB1143—84) (mm)

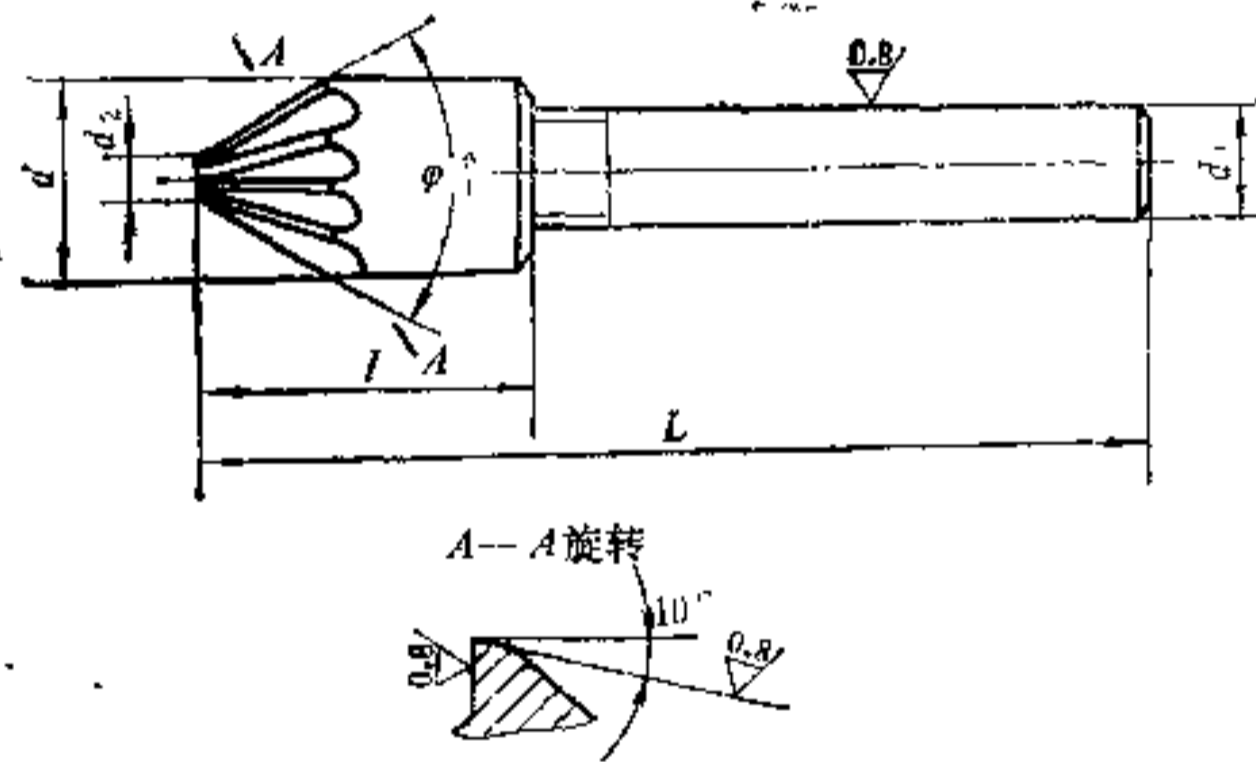


(续)

d		L				l				莫氏锥柄号	参 考	
基本尺寸	偏差	$\varphi=60^\circ$		$\varphi=90^\circ$ 和 120°		$\varphi=60^\circ$		$\varphi=90^\circ$ 和 120°			d_1	齿数
		基本尺寸	偏差	基本尺寸	偏差	基本尺寸	偏差	基本尺寸	偏差			
16	$\begin{matrix} 0 \\ -0.18 \end{matrix}$	97	$\begin{matrix} 0 \\ -2.2 \end{matrix}$	93	$\begin{matrix} 0 \\ -2.2 \end{matrix}$	24	$\begin{matrix} 0 \\ -1.3 \end{matrix}$	20	$\begin{matrix} 0 \\ -1.3 \end{matrix}$	1	3.2	
20	$\begin{matrix} 0 \\ -0.21 \end{matrix}$	120		116		28		24		2	4	
25		125		121		33		29		2	7	
31.5		132		124		40	$\begin{matrix} 0 \\ -1.6 \end{matrix}$	32		2	9	
40	$\begin{matrix} 0 \\ -0.25 \end{matrix}$	160	$\begin{matrix} 0 \\ -2.5 \end{matrix}$	150	$\begin{matrix} 0 \\ -2.5 \end{matrix}$	45		35		3	12.5	
50		165		153		50		38	$\begin{matrix} 0 \\ -1.6 \end{matrix}$	3	16	
63	$\begin{matrix} 0 \\ -0.30 \end{matrix}$	200	$\begin{matrix} 0 \\ -2.9 \end{matrix}$	185	$\begin{matrix} 0 \\ -2.9 \end{matrix}$	58	$\begin{matrix} 0 \\ -1.9 \end{matrix}$	43		4	20	
80		215		196		73		54	$\begin{matrix} 0 \\ -1.9 \end{matrix}$	4	25	

注：莫氏锥柄的尺寸和偏差按GB1143—85《工具柄自锁圆锥尺寸》标准的规定，见附表4。

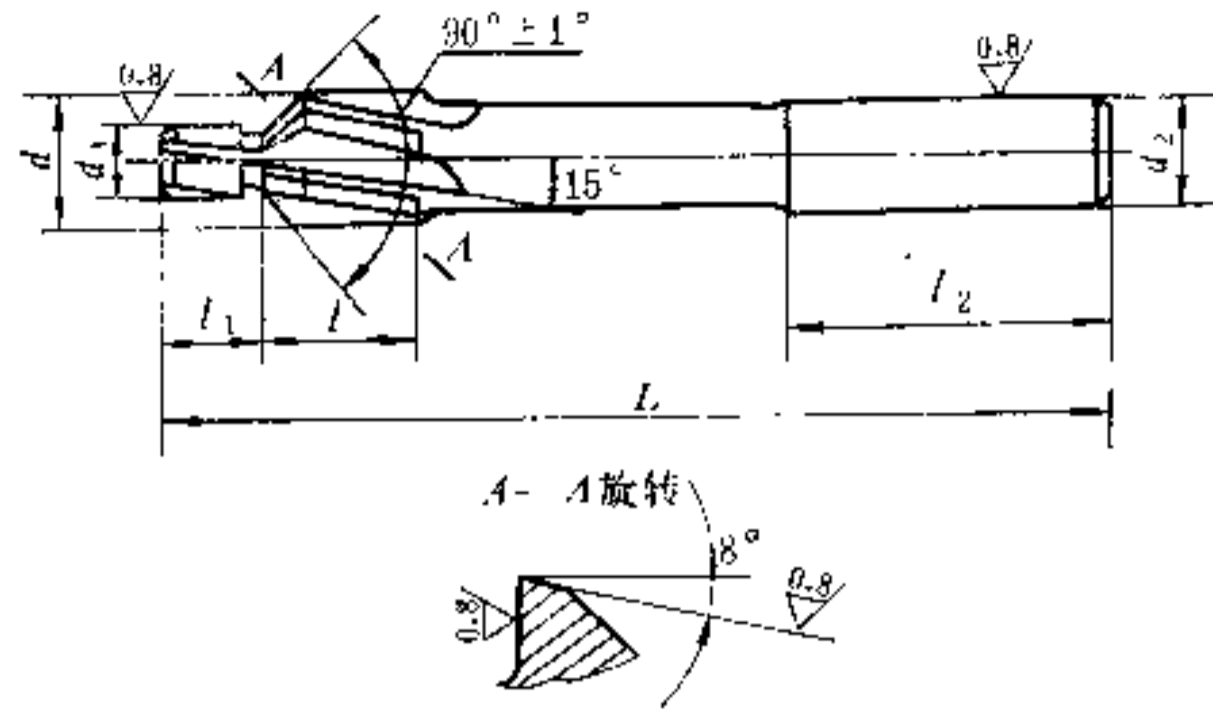
表2-20 60°、90°、120°直柄锥面铰钻 (GB4258--84) (mm)



d		d_1		L				l				参 考	
基本尺寸	偏差	基本尺寸	偏差	$\varphi=60^\circ$		$\varphi=90^\circ$ 和 120°		$\varphi=60^\circ$		$\varphi=90^\circ$ 和 120°		d_2	齿数
				基本尺寸	偏差	基本尺寸	偏差	基本尺寸	偏差	基本尺寸	偏差		
8	$\begin{matrix} 0 \\ -0.15 \end{matrix}$	8		48		44		16	$\begin{matrix} 0 \\ -1.1 \end{matrix}$	12		1.6	4
10				50	$\begin{matrix} 0 \\ -1.6 \end{matrix}$	46	$\begin{matrix} 0 \\ -1.6 \end{matrix}$	18		14	$\begin{matrix} 0 \\ -1.1 \end{matrix}$	2	
12.5	$\begin{matrix} 0 \\ -0.18 \end{matrix}$			52		48		20		16		2.5	
16		10	$\begin{matrix} 0 \\ -0.036 \end{matrix}$	60		56		24	$\begin{matrix} 0 \\ -1.3 \end{matrix}$	20		3.2	6
20	$\begin{matrix} 0 \\ -0.21 \end{matrix}$			64	$\begin{matrix} 0 \\ -1.9 \end{matrix}$	60	$\begin{matrix} 0 \\ -1.9 \end{matrix}$	28		24	$\begin{matrix} 0 \\ -1.3 \end{matrix}$	4	
25				69		65		33	$\begin{matrix} 0 \\ -1.6 \end{matrix}$	29		7	

表2-21 带导柱直柄90°锥面铰钻 (GB4263—84)

(mm)

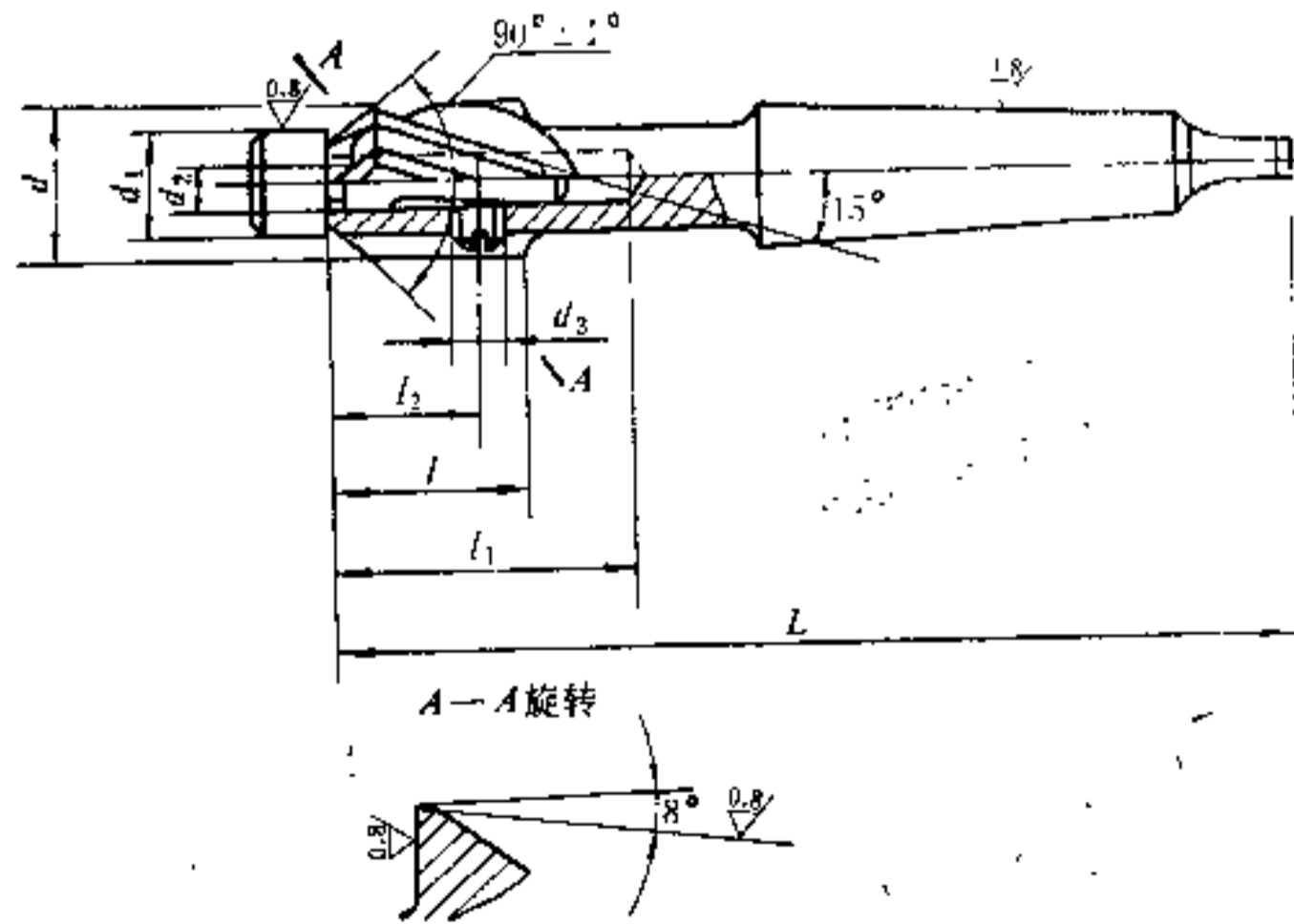


铰钻代号 ($d \times d_1$)	d		d_1		d_2		L	l	适用螺栓或 螺钉规格	参 考		齿数
	基本尺寸	偏差	基本尺寸	偏差	基本尺寸	偏差				l_1	l_2	
2.4×1.2	2.4	+0.051	1.2				45	7	M1	1.2		2
2.8×1.4	2.8	+0.026	1.4						M1.2	1.4		
3.2×1.6	3.2		1.6	-0.014	$d_2=d$	0	50	10	M1.4	1.6	—	
3.8×1.8	3.8	+0.065	1.8	-0.028		-0.030			M1.6	1.8		
4.5×2.4	4.5	+0.035	2.4						M2	2.4		
5.5×2.9	5.5		2.9						M2.5	2.9		
7×3.4	7	+0.078	3.4		5		71	14	M3	3.4	31.5	4
9×4.5	9	+0.042	4.5	-0.020		0	80	18	M4	4.5	35.5	
11×5.5	11	+0.093	5.5	-0.038	8	-0.036			M5	5.5		
13×6.6	13	+0.050	6.6			0	100	22	M6	6.6	40	
17×9	17	+0.103	9	-0.025	12.5	-0.043			M8	9		

注：导柱直径 d_1 适用通孔按中等装配。

表2-22 带可换导柱锥柄90°锥面铰钻 (GB4264—84)

(mm)



镗钻代号 ($d \times d_1$)	d		d_1		d_2		d_3	L	l	莫氏锥柄 号	适用螺柱或 螺钉规格	参 考	
	基本尺寸	偏差	基本尺寸	偏差	基本尺寸	偏差						l_1	l_2
13×6.6	13	-0.093 $+0.050$	6.6	-0.025 -0.047	4		M3	132	22		M6	30	16
17×9	17	$+0.103$ -0.060	9		5	$+0.018$ 0	M4	140	25	2	M8	38	19
21×11	21	$+0.125$ $+0.073$	11		6		M5	150	30		M10	46	23
25×14	25	$+0.140$ $+0.088$	14	-0.032 -0.059							M12		
28×16	28		16		8		M6	180	35		M14	54	27
32×18	32		18			$+0.022$ 0				3	M16		
36×20	36	$+0.174$ $+0.112$	20	-0.040 -0.073	10		M8	190	40		M18	64	34
40×22	40		22								M20		

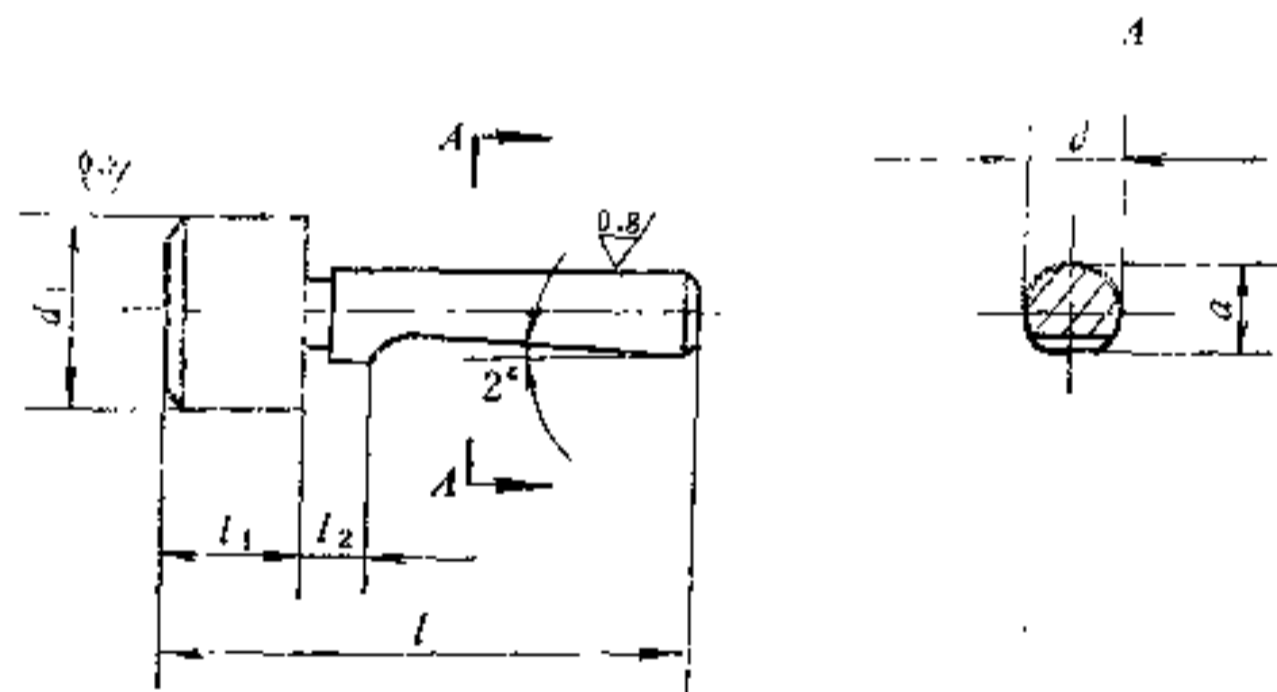
注：1. 导柱直径 d_1 适用通孔按中等装配。

2. 可换导柱按GB 4266—84《镗钻用可换导柱》标准的规定，见表2-23。

3. 莫氏锥柄的尺寸和偏差按GB1443—85《工具柄自锁圆锥尺寸》标准的规定，见附表4。

表2-23 镗钻用可换导柱 (GB4266—84)

(mm)



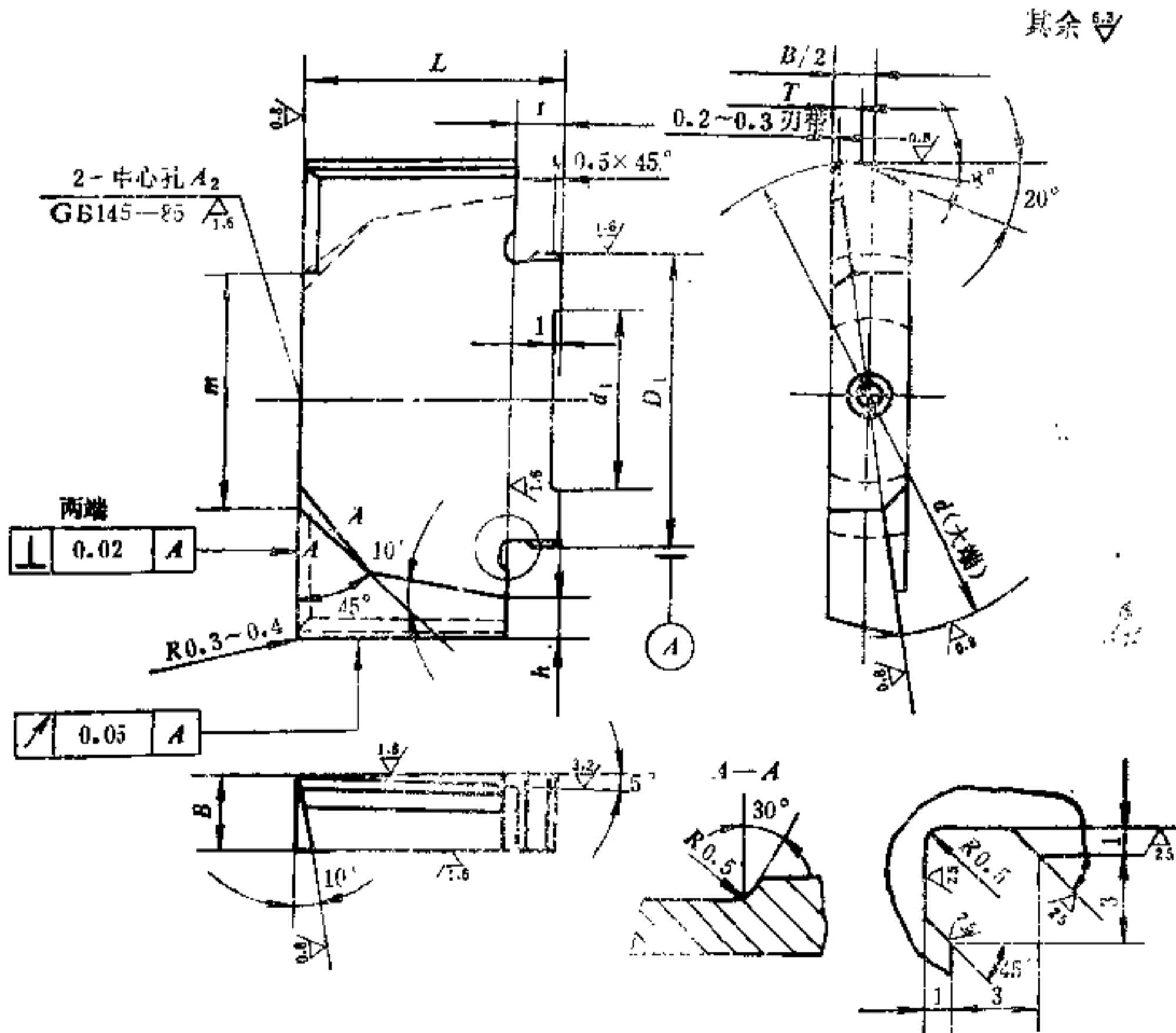
d (f7)	d_1 (e8)		$\sigma_{f.1}$	l	l_1	l_2	d (f7)	d_1 (e8)		$\sigma_{f.1}$	l	l_1	l_2		
	大于	至						大于	至						
4	5	6.3	3.6	25	5	3	5	10	12.5	4.6	31	8	4		
	6.3	8						12.5	16					33	10
	8	10						16	18					35	12
	10	12.5						8	10					35	7
	12.5	14						10	12.5					36	8
5	6.3	8	4.6	20	6	3	6	12.5	16	5.5	38	10	5		
	8	10						1	20					40	12

(续)

d (f7)	d ₁ (e8)		a- $\frac{0}{0.1}$	l	f ₁	l ₂	d (f7)	d ₁ (e8)		a- $\frac{0}{0.1}$	l	l ₁	l ₂
	大于	至						大于	至				
6	20	22.4	5.5	43	15	c		16	20		62	12	5
8	10	12.5	7.5	40	8	4	12	20	25	11.3	65	15	
	12.5	16		42	10			68	18				
	16	20		44	12			72	22				
	20	25		47	15			77	27				
	25	28		50	18			75	15				
10	12.5	16	9.1	52	10	5	16	25	31.5	15.2	78	18	6
	16	20		55	12			82	22				
	20	25		58	15			87	27				
	25	31.5		50	18			90	30				
	31.5	35.5		62	22								

注：导柱技术要求
 1. 直径d₁对d₂的同轴度公差为0.02mm。
 2. 导柱用45钢或同等以上性能的其他牌号钢材制造。
 3. 导柱硬度为HRC30~45。

表2-24 片形平底铰钻 (mm)



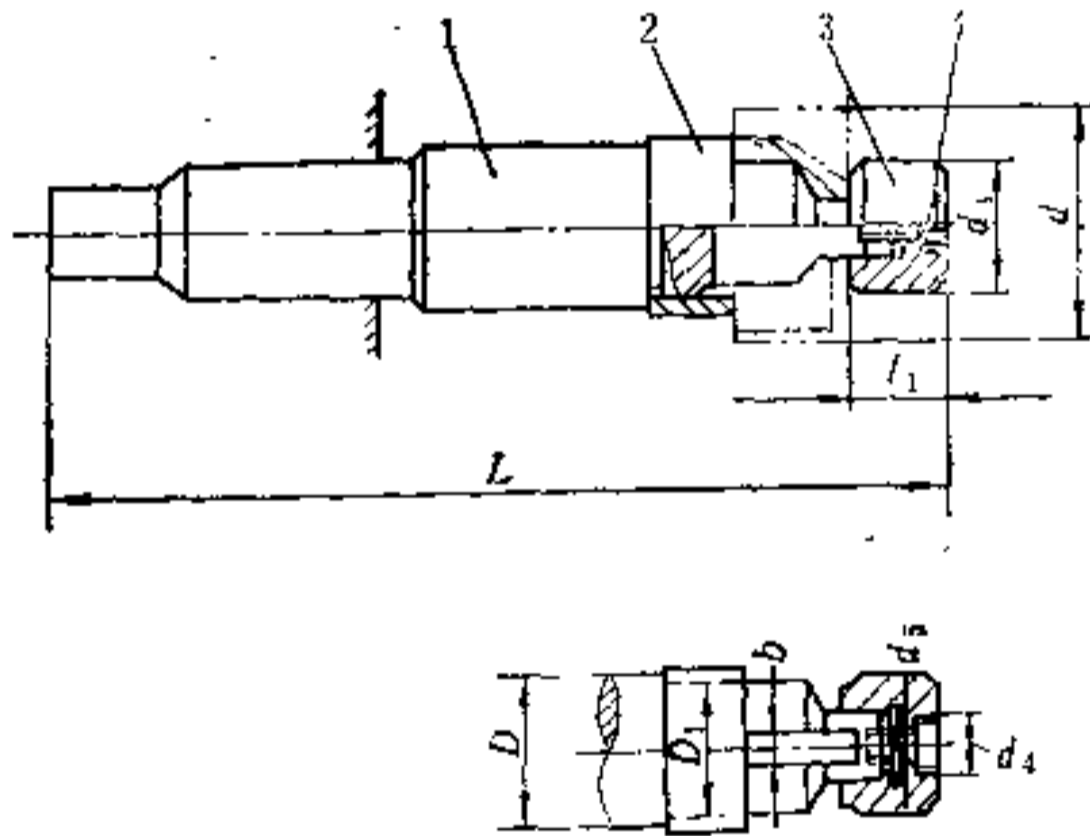
d		L	B		D ₁		t	m	h	T	d ₁
基本尺寸	极限偏差 ¹⁷		基本尺寸	极限偏差h9	基本尺寸	极限偏差g6					
54	+0.105 +0.075	30	8	0 -0.036	32	5.5	28	4	2.0	16	
55											
58											
60		35	10	40	6.5	30	5	2.5	24		
62											
65											
66	+0.126 +0.091	40	12	0 -0.043	50	8.0	45	6	3.0	34	
72											
84											
96											
98											

注：片形平底镗钻技术要求

1. 片形平底镗钻刃部倒锥0.06~0.07mm。2. 材料为W18Cr4V。3. 硬度为HRC62~65。

表2-25 片形平底镗钻用刀杆

(mm)

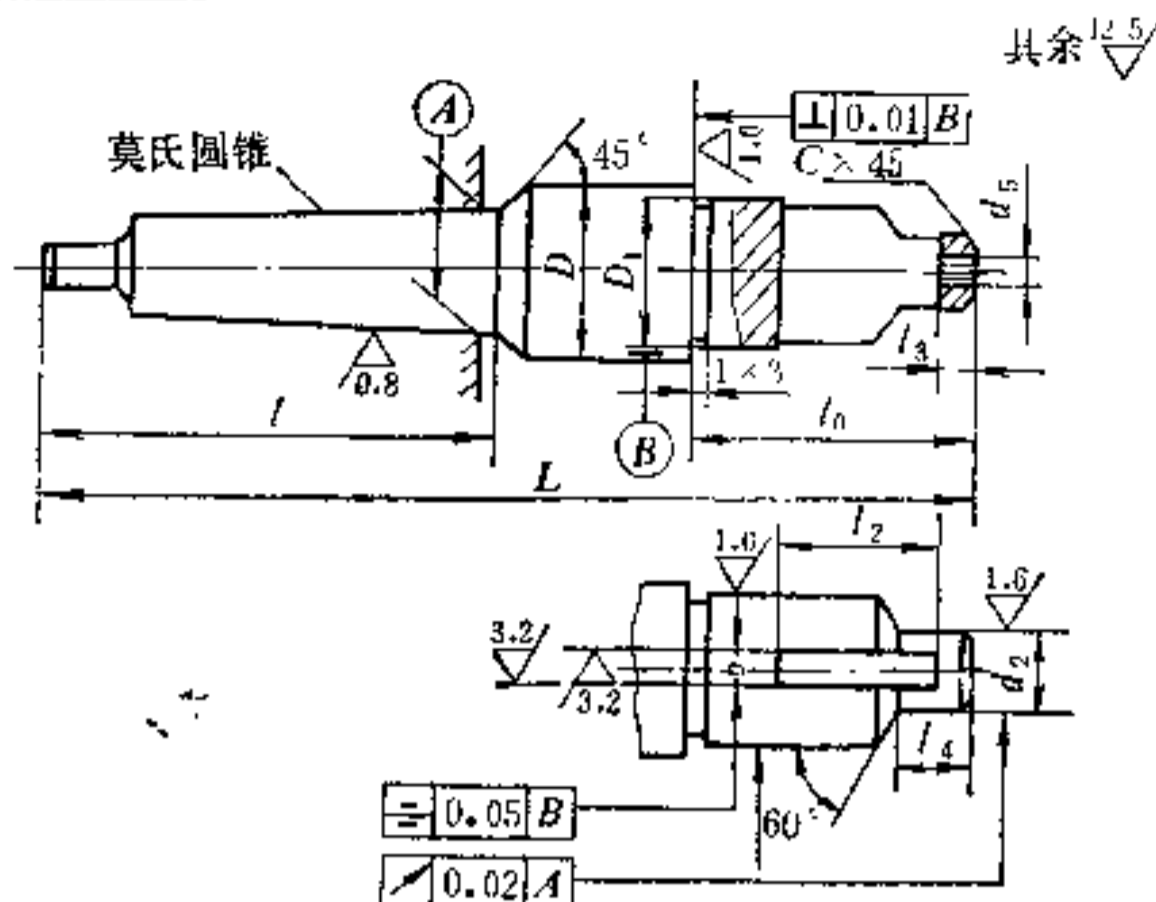


1—刀杆 2—套 3—导柱 4—螺钉 (GB65—85)

d ₁	d	b	D	D ₁	L	莫氏圆锥	l ₁	d ₄	d ₆
28 30 32	54 55	3	35	32	231	4	26	15	M8×16
37 39 32	58								
31 33 35	54	10	45	40	263	5	30	18	M10×25
	60 62								
37 39 42	65	32	55	50	317	5	36	18	M10×25
	72								
43 45 48	66 72 84	32	55	50	317	5	36	18	M10×25
50 52 56	84 96 98								

表2-26 刀杆结构尺寸 (件号1)

(mm)



莫氏圆锥号	b		d ₂		D ₁		d ₅	D	L	l	l ₀	l ₂	l ₃	l ₄	C
	基本尺寸	极限偏差 F9	基本尺寸	极限偏差 h8	基本尺寸	极限偏差 h6									
4	8	+0.049	18	0 -0.033	32	0 -0.016	M8	35	220	124	64	37.0	8	18	1.0
	10	+0.013	21		40			45							
5	12	+0.059 +0.016	24 30		50		M10	55	300	156	88	50.5	11	25	1.5

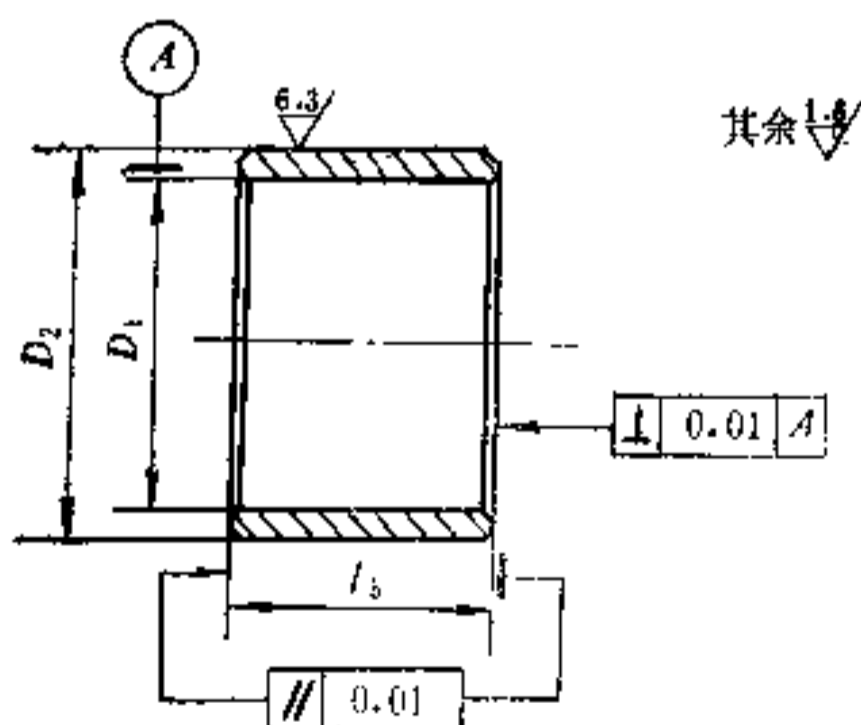
注: 刀杆技术要求

1. 材料为45钢。

2. 热处理: 扁尾HRC35~40, 其余HRC40~45。

表2-27 套结构尺寸 (件号2)

(mm)



D_1		D_2	l_6
基本尺寸	极限偏差H7		
32	+0.025 0	38	25
40		46	30
50		58	35

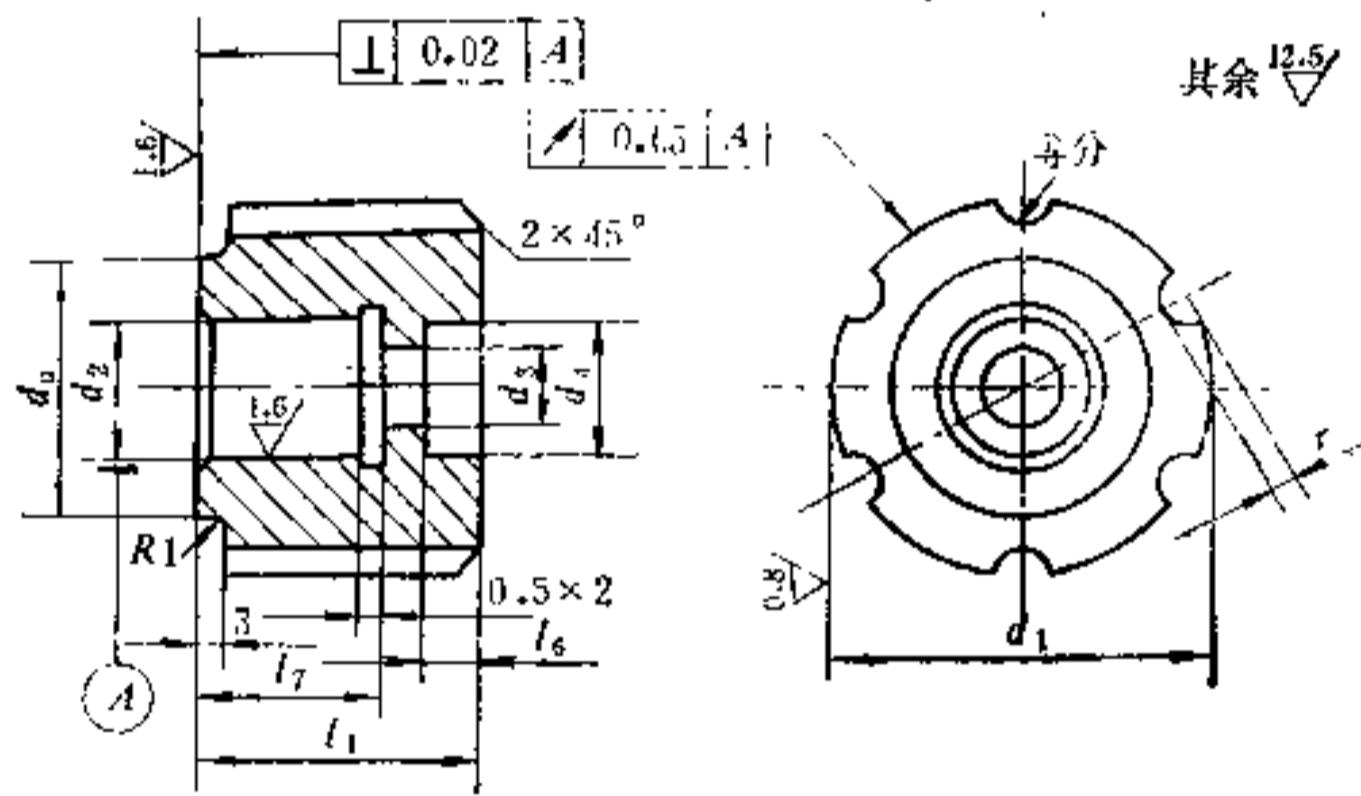
注：套技术要求

1. 材料为45钢。

2. 热处理：HRC40~45。

表2-28 导柱结构尺寸 (件号3)

(mm)



d_1		d_2		l_1	l_6	l_7	d_3	d_4	r	
基本尺寸	极限偏差 f9	基本尺寸	极限偏差 H8							
28	-0.020 -0.072	18	+0.033 0	26	6	16	28	8.5	15	2
30										
31										
33										
35										
37										

(续)

d_1		d_2		l_1	l_2	l_3	d_4	d_5	d_6	r		
基本尺寸	极限偏差 f9	基本尺寸	极限偏差 H8									
39	-0.025 -0.087	18	G +0.033	26	16		28	8.5	15	2		
42												
31												
33		21		30	6	20						
35												
37												
39				24	36	7	22	30	10.5	18	3	
42												
43												
45		30						40		4		
48												
50												
52												
56		-0.030 -0.104										

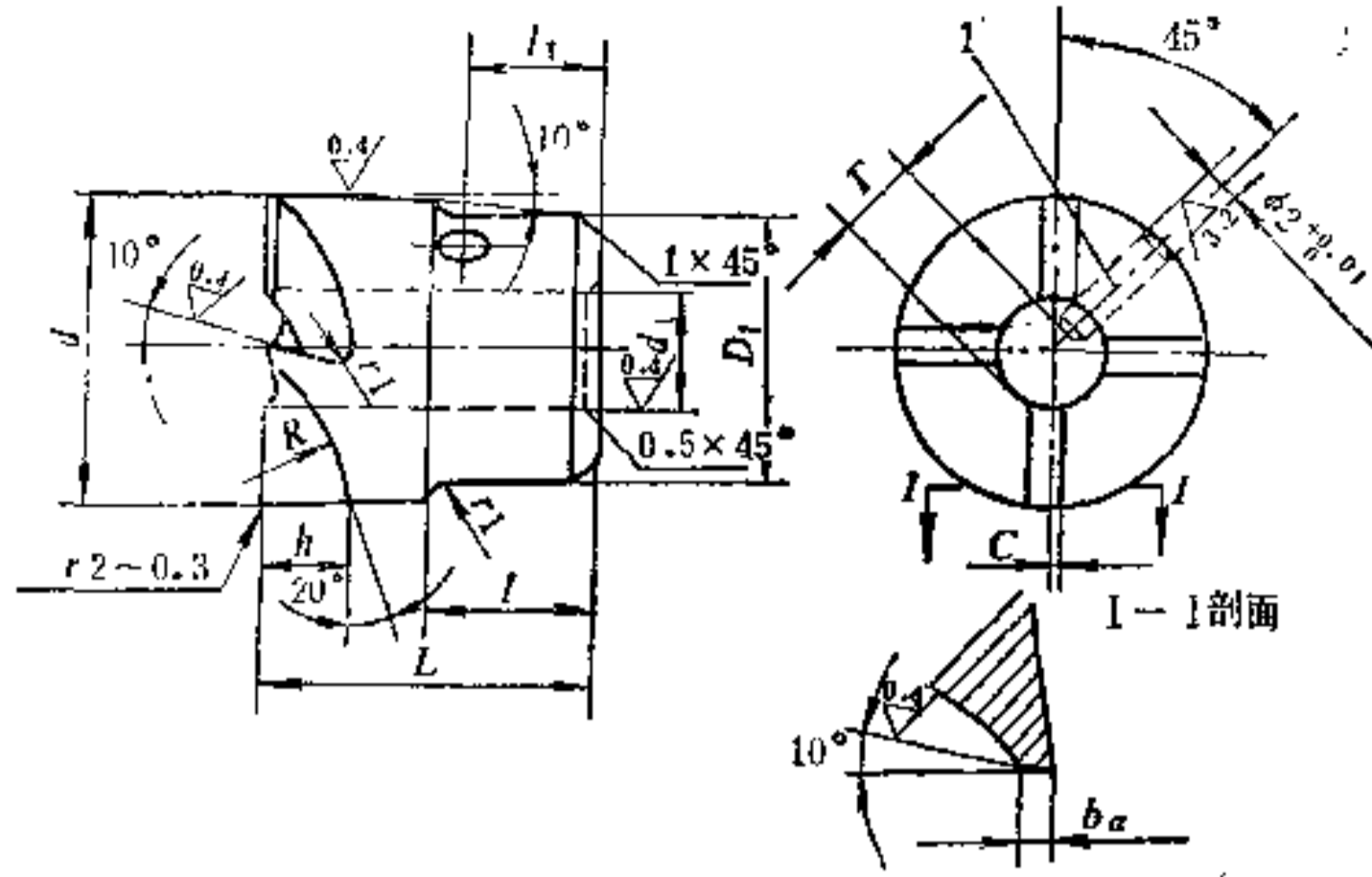
注：导柱技术要求

1. 材料为T10。

2. 热处理HRC55~60。

表2-29 小直径端面铰钻

(mm)

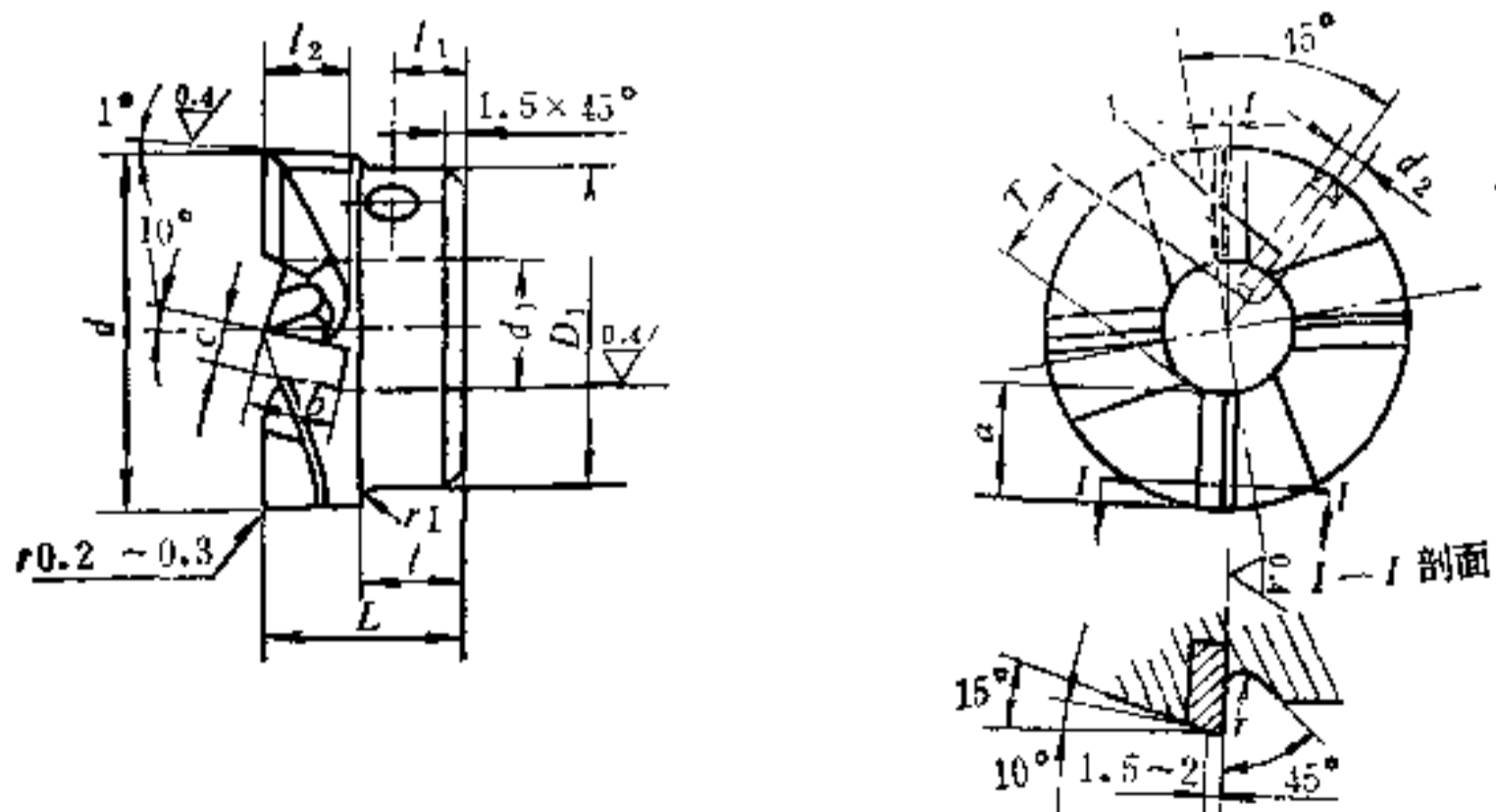


1—销钉

d		d ₁		L	D ₁	l	l ₁	h	R	c	b _a	T
基本尺寸	公差	基本尺寸	公差									
14	+0.060 +0.020	5.5	+0.025 0	16	12	8	6.5	4	15	0.8	1	4.5
15					13							
16					14							
18	+0.070 +0.020	7	+0.03 0	16	16	8	6.5	5	22.5	1	1	6
20					18							
22	+0.070 +0.020	8	+0.03 0	18	20	9	7.5	6	22.5	1.5	1.5	7
25					23							

表2-30 大直径端面铰钻

(mm)



1—销钉

铤 钻 直 径	D_1		d_1		L	l	l_1	b	h	t	莫氏 锥号
	基本尺寸	偏差	基本尺寸	偏差							
14~16	6.3	-0.015	5.5	0	140	18	6.5	2.2	1.3	1	1
	8.3	-0.055		-0.025							
18~20	10.5	-0.020	7	0	150	18	6.5	2.2	1.3	1	1
	8.3	-0.015		-0.030							
22~25	12.5	-0.020	8	0	165	20	7.5	2.2	1.3	1	1
	10.5	-0.015		-0.030							
28~32	14.5	-0.020	10	0	190	22	8	3.2	2	1.5	2
	16.5	-0.070		-0.070							
35~40	20.5	-0.020	14	0	210	24	8.5	4.2	3.5	2	2
	16.5	-0.020		-0.035							
42~48	22.5	-0.025	16	0	230	28	10.5	4.2	3.5	2	2
	18.5	-0.025		-0.035							
50~55	24.5	-0.025	18	0	270	30	11	5.2	4	2.5	3
	27	-0.085		-0.035							

三、铤钻的技术要求

1. 铤钻表面不得有裂纹、刻痕、锈迹以及磨削烧伤等影响使用性能的缺陷。
2. 锥面铤钻的切削刃对公共轴线的斜向圆跳动公差为0.05mm。
3. 平底铤钻的位置公差见表2-32。

表2-32 平底铰钻的位置公差 (mm)

项 目	公 差		
	$d \leq 18$	$d > 18 \sim 30$	$d > 30 \sim 60$
圆屑刃对公共轴线的径向圆跳动	0.04	0.05	0.06
导柱对公共轴线的径向圆跳动	0.03	0.04	0.05
端刃的轴向圆跳动	0.02		

4. 带导柱的锥面铰钻的位置公差见表2-33。

表2-33 带导柱的锥面铰钻的位置公差 (mm)

项 目	公 差		
	$d \leq 17$	$d > 17 \sim 28$	$d > 28 \sim 40$
切前刃对公共轴线的斜向圆跳动	0.04	0.05	0.06
导柱对公共轴线的径向圆跳动	0.03	0.04	0.05

5. 高速钢铰钻常用牌号为W18Cr4V, 焊接铰钻柄部材料常用45钢。

6. 铰钻工作部分硬度为HRC63~66, 整体铰钻的柄部或扁尾硬度为HRC40~55, 焊接铰钻的柄部或扁尾硬度为HRC30~45。

第三节 机用铰刀设计

铰刀是孔的精加工刀具, 与钻头、扩孔钻相比, 其加工余量小、齿数多、导向性好、切削平稳、槽底直径大、刚性好, 所以加工精度可达IT9~IT7, 加工表面粗糙度为 $R_a 3.2 \sim 0.4 \mu\text{m}$ 。

一、铰刀类型的选用

铰刀的类型可根据被加工工件孔径大小、工件材料和切削用量等选用。表2-34为各种常用的机用铰刀适宜加工的工作材料及尺寸范围, 可供设计时参考。

二、高速钢整体式和套式机用铰刀设计

高速钢锥柄机用铰刀的结构见图2-5。

表2-34 常用机用铰刀加工的工件材料及尺寸范围

(mm)

工件材料	铰刀材料	铰刀类型	工件直径						
			$>1\sim5.3$	$>5.3\sim7.5$	$>7.5\sim20$	$>20\sim23.6$	$>23.6\sim40$	$>40\sim50$	$>50\sim100$
一般工件	高速钢	直柄	✓	✓	✓				
		锥柄		✓	✓	✓	✓	✓	
		套式					✓	✓	✓
		锥柄镶齿					✓		
		套式镶齿						✓	✓
硬材料及淬硬的工件	硬质合金	直柄		✓	✓				
		锥柄			✓	✓	✓		

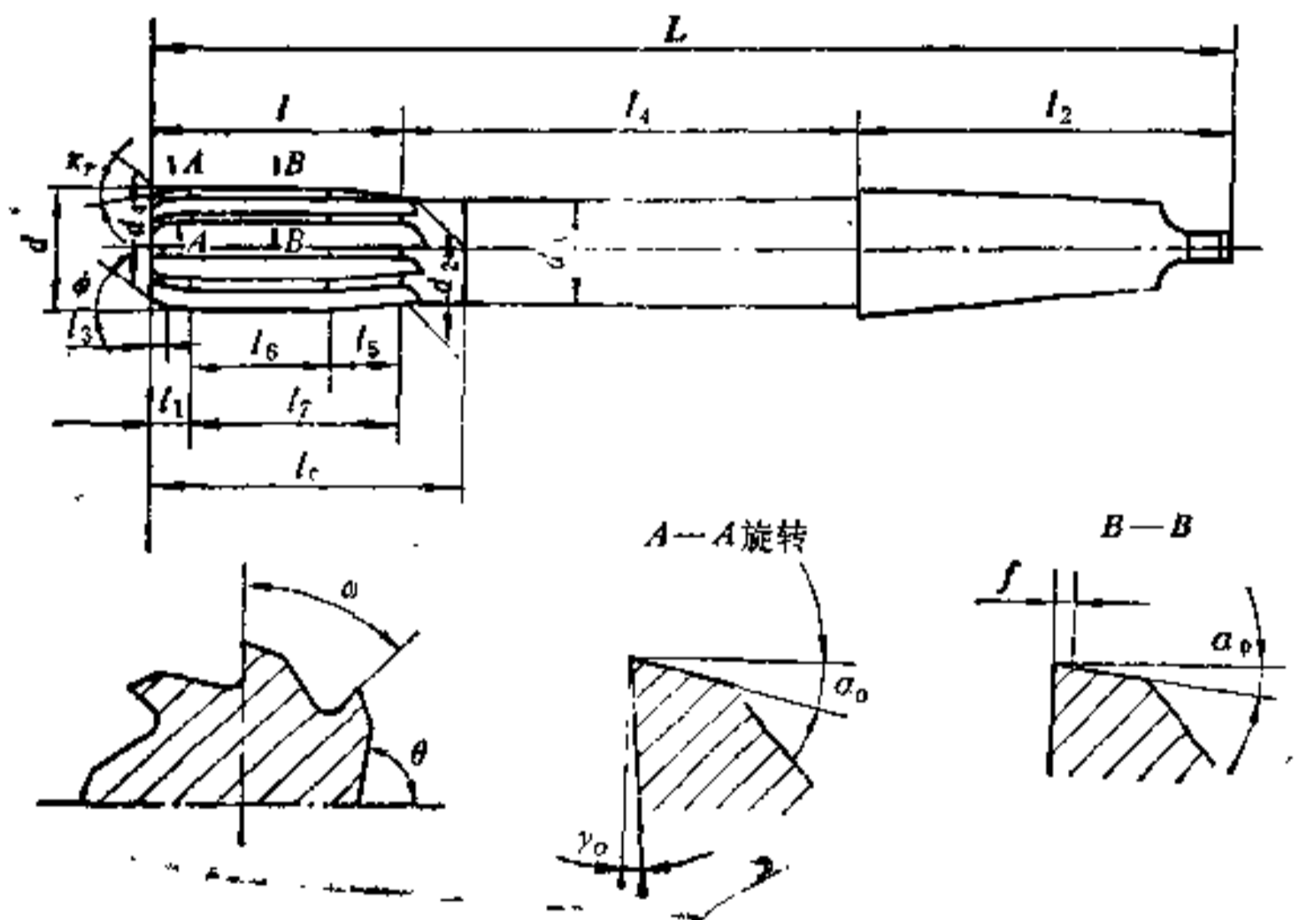


图2-5 高速钢锥柄机用铰刀的结构

以下分别说明其各部分的设计方法。其余各种整体式和套式高速钢机用铰刀的设计方法也基本相同。

(一) 铰刀直径 d

1. 铰刀的基本直径

铰刀的基本直径 d 等于工件被加工孔的基本直径 D 。

2. 铰刀的直径公差 (图2-6)

由于铰孔时工件材料塑性大；铰孔余量不均匀引起颤动；铰刀刀刃径向跳动；刀具与工件安装有偏差，如铰刀轴线与工件孔的轴线不同心；机床主轴间隙过大和铰刀前刀面上产生积屑瘤等原因，铰出的孔孔径常扩大 $0.002\sim0.03\text{mm}$ 。

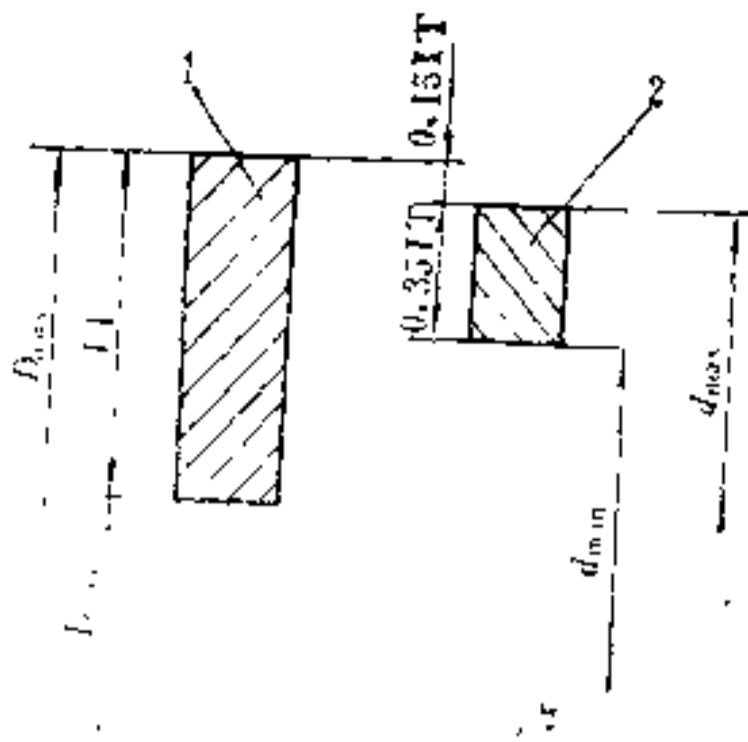


图2-6 铰刀的直径公差
1—孔公差带 2—铰刀公差带

以IT为工件被加工孔的公差，铰刀公差可计算如下：

(1) 铰刀直径的上限尺寸等于孔的最大直径减0.15IT，即： $d_{max} = D_{max} - 0.15IT$ ，式中0.15IT即孔的最大扩张量。

(2) 铰刀直径的下限尺寸等于铰刀的最大直径减0.35IT，即 $d_{min} = d_{max} - 0.35IT$ ，式中0.35IT为铰刀的制造公差。

上述0.15IT和0.35IT的值应圆整到0.001mm的整数倍。铰刀直径公差也可查表2-70(见93页)。

(二) 铰刀齿数z

铰刀齿数z的选用见表2-35。

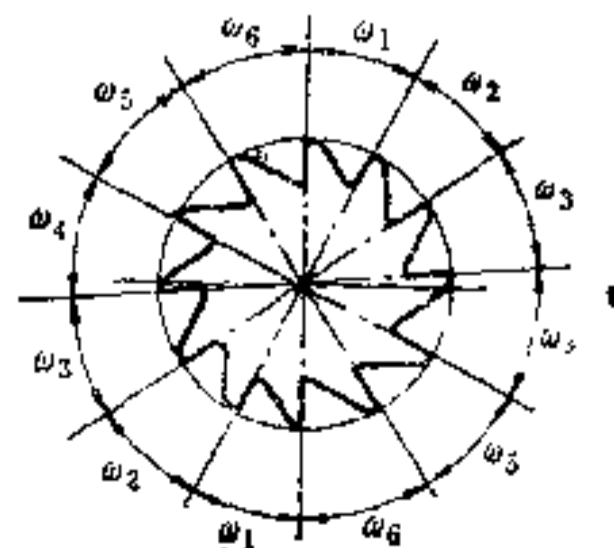
表2-35 铰刀的齿数z

计算方法	公式或表格										
计算法	$z = 1.5\sqrt{d} + (1 \sim 3)$ 式中d为铰刀直径。 加工韧性材料取小值，加工脆性材料取大值。 齿数最好取偶数，以便测量。										
查表法	铰刀类型	高速钢整体式机用铰刀					高速钢套式机用铰刀				
	铰刀直径 (mm)	>1~3	>3~20	>20~30	>30~40	>40~50	>25~30	>30~40	>40~50	>50~80	>80~100
	齿数z	4	6	8	10	12	8	10	12	14	16

(三) 铰刀刀齿在圆周上的分布

铰刀刀齿在圆周的分布可分为等齿距和不等齿距两种，机用铰刀多采用等齿距分布。为了提高铰孔精度和改善工件的加工表面粗糙度，也可采用不等齿距分布，见表2-36。

表2-36 铰刀刀齿的不等齿距分布



(续)

齿数 z	ω_1	ω_2	ω_3	ω_4	ω_5	ω_6	ω_7	ω_8	ω_9
4	87°55'	92°45'	—	—	—	—	—	—	—
6	58°02'	59°53'	62°05'	—	—	—	—	—	—
8	42°	44°	46°	48°	—	—	—	—	—
10	33°	34°30'	36°	37°30'	39°	—	—	—	—
12	27°30'	28°30'	29°30'	30°33'	31°30'	32°30'	—	—	—
14	23°30'	24°15'	25°	25°45'	26°30'	27°	28°	—	—
16	20°30'	21°	21°30'	22°15'	22°45'	23°15'	24°	24°45'	—
18	17°20'	18°	18°40'	19°20'	20°	20°40'	21°20'	22°	22°40'

(四) 铰刀齿槽形状

铰刀齿槽形状有下列几种，其形状及特点见表2-37。

表2-37 铰刀齿槽形状

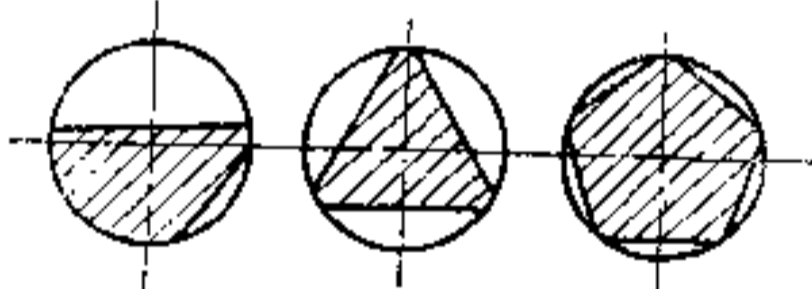
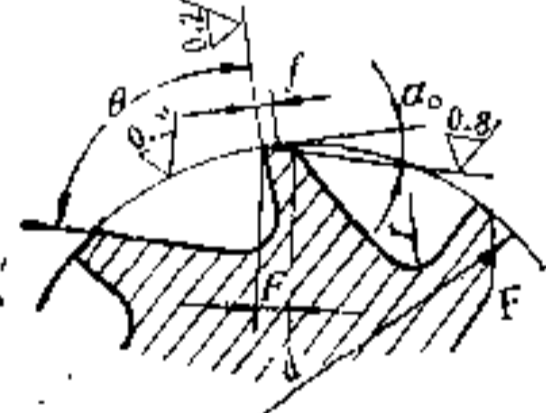
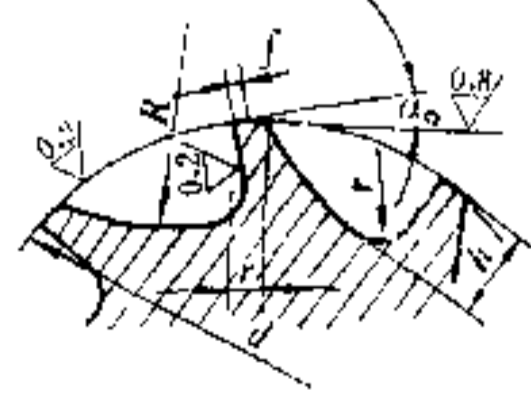
直径范围	齿槽形状	图形	特点
$d < 3\text{mm}$	半圆形 三角形 五角形		刀齿强度高，尤其五角形强度最高，且导向性好。但因前角为负值，加工时扭矩大，工件受挤压作用，使铰出的孔的表面粗糙度达 $R_{a3.6} \sim 0.4\text{mm}$
$d > 1 \sim 80\text{mm}$	直线齿背		制造方便
$d > 20 \sim 50\text{mm}$	圆弧齿背		容屑空间大，又能保证刀齿强度

表2-38为铰刀直线齿背截形尺寸，表2-39为铰刀圆弧齿背截形尺寸，其图形均见表2-37所示。

表2-38 铰刀直线齿背截形尺寸

(mm)

d	θ	F	f	r	d	θ	F	f	r	d	θ	F	f	r
1		0.25		0.05	14	70°	0.9			40		1.4		
1.5		0.38			15	~90°				42				
1.8		0.46		0.1	16			0.15		44			0.25	
2.0		0.51	0.05		17		1	~		45	70°		~	1
2.2		0.56	~	0.15	18			0.2		46		1.6	0.4	
2.5	105°	0.64	0.10		19	70°				48				
2.8		0.71			20	~80°				50				
3				0.2	21		1.1			52				
3.5		0.25			22					55				
4					23				1	58		1.8		
4.5		0.3			24	75°		0.2		60				
5		0.4	0.10		25	~80°	1.2	~		62			0.3	
6			~		28			0.3		65	65°	2	~	1.5
7		0.6	0.15	0.5	30	65°				68			0.5	
8	80°				32	~80°	1.3			70				
9					34	80°				72				
10		0.7			35					75		2.2		
11	~90°				36	70	1.4	0.25		78				
13		0.9	0.15~0.25		38			~		80				
								0.4						

表2-39 铰刀圆弧齿背截形尺寸

(mm)

铰刀直径 d	R	r	F	h	铰刀直径 d	R	r	F	h	铰刀直径 d	R	r	F	h
20				≈ 2.9	28			1.2	≈ 3.7	42				≈ 3.7
21	20	0.5		≈ 2.8	30	20			≈ 3	44	15	1.5	1.6	≈ 3.9
22			1.1		32			1.3	≈ 3.7	45	25			≈ 4.3
23	23			≈ 3.1	34		0.8	1.4	≈ 3.9	46				≈ 4.3
24					35					48	20	1	1.7	≈ 4.5
25		0.8		≈ 3.4	36	15			≈ 3	50			1.8	≈ 4.5
26	20		1.2		38		1.5		≈ 3.8					
27				≈ 3.7	40			1.5	≈ 3.7					

(五) 铰刀齿槽方向

铰刀齿槽方向有直槽和螺旋槽两种, 见表2-40。螺旋角 β 的数值可由表2-41选用。

表2-40 铰刀齿槽方向

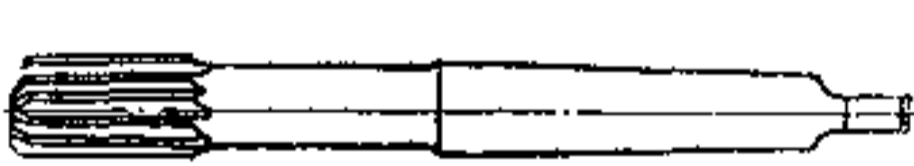

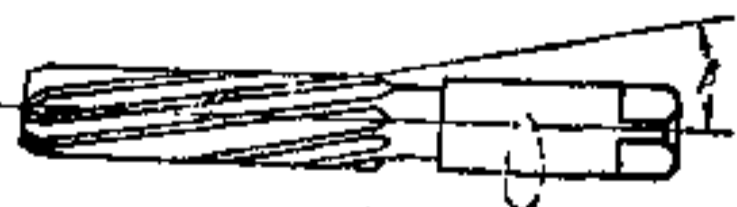
槽形	图形	特点
直槽		制造、检验、刃磨均较方便, 使用较多
螺旋槽	右旋铰刀 	螺旋槽铰刀切削平稳, 振动小, 耐用度大, 铰孔质量好, 用来加工有断续表面的孔, 如有键槽的孔, 能避免铰刀被卡住和防止刀齿崩裂
	左旋铰刀 	右旋铰刀用于加工盲孔, 切屑可顺槽排出口 左旋铰刀轴向力指向柄部, 使夹固牢靠, 切屑流向待加工表面方向, 适用于加工通孔

表2-41 铰刀螺旋角 β 数值

加工材料	β
硬钢、灰铸铁	$7^{\circ}\sim 8^{\circ}$
软钢、中硬钢、可锻铸铁	$12^{\circ}\sim 20^{\circ}$
铝、轻金属	$35^{\circ}\sim 45^{\circ}$

(六) 铰刀的几何参数

机用铰刀几何参数的选择见图2-5, 图2-7及表2-42。

表2-42 机用铰刀的几何参数

几何参数	加工条件	参数数值
主偏角 κ_r	加工钢材等韧性材料	$12^{\circ}\sim 15^{\circ}$
	加工铸铁等脆性材料	$3^{\circ}\sim 5^{\circ}$
	粗铰和铰盲孔	45°
前角 γ_o	一般场合	0°
	加工韧性材料	$5^{\circ}\sim 10^{\circ}$
后角 α_o	一般场合	$6^{\circ}\sim 10^{\circ}$
校准部分刃带 f	一般场合	$0.05\sim 0.4\text{mm}$
刃倾角 λ_s (图2-7)	一般铰刀	0°
	铰削强度大、硬度高的工件	$15^{\circ}\sim 20^{\circ}$
	铰削盲孔	$10^{\circ}\sim 25^{\circ}$
导锥角 ϕ	一般场合	45°

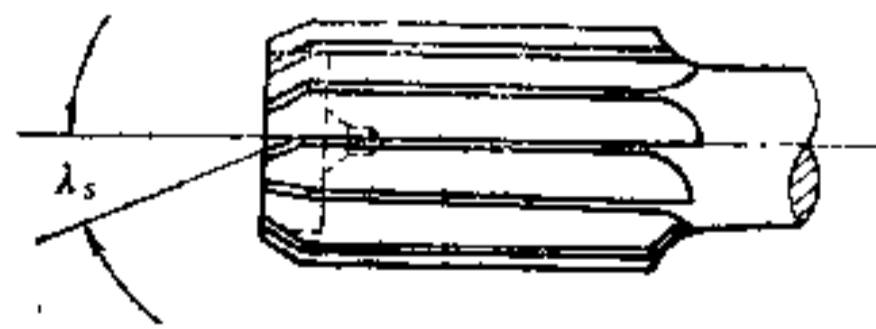


图2-7 铰刀的刃倾角

(七) 铰刀材料

铰刀工作部分常用W18Cr4V制造, 硬度为HRC63~66, 当铰刀外径大于10mm时, 可

采用焊接式,柄部用45钢或40Cr钢制造,硬度为HRC30~50。

(八) 铰刀的其它结构尺寸

铰刀的其它结构尺寸见表2-43,套式机用铰刀的端面键槽尺寸及公差可参考表2-14和表2-15选用。

表2-43 铰刀的其它结构尺寸 (代号见图2-5)

(mm)

结构尺寸	计算公式
倒锥部分直径 d_2	$d_2 = d - g$ 式中 g 为倒锥量,见表2-44
切削部分前端直径 d_4	$d_4 = d - (1.3 \sim 1.4)2e$ 式中 e 为单边铰削余量
铰刀工作部分长度 l	$l = (0.71 \sim 8)d$, 铰刀直径大时取小值,小时取大值。
铰刀切削部分长度 l_1	$l_1 = \frac{d - d_4}{2} \operatorname{ctg} \kappa_r + l_g = (1.3 \sim 1.4)e \operatorname{ctg} \kappa_r + (1 \sim 3)$
铰刀圆柱校准部分长度 l_g	$l_g = (0.16 \sim 0.9)d$, 铰刀直径大时取小值,小时取大值
套式铰刀总长 L	$L = l + (13 \sim 29)$
整体式铰刀总长 L	$L = l + l_2 + l_4$ 式中 l_2 为铰刀柄部长度, l_4 为铰刀颈部长度
颈部和柄部尺寸	见表2-45

注: 1. 导锥部分长度 l_g 取1~3mm。

2. 铰刀总长及工作部分长度可参考表2-46~表2-51选用。

表2-44 铰刀的倒锥量 g

(mm)

铰刀直径 d	<2.8	>2.8~6	>6~18	>18~30	>30~50	>50~80
铰刀倒锥量 g	0.005~0.012	0.02~0.04	0.03~0.05	0.04~0.06	0.05~0.07	0.06~0.08

三、各种标准高速钢机用铰刀的结构尺寸

表2-46~表2-51为各种标准高速钢机用铰刀的结构尺寸,可供设计时参考。

表2-45 整体式机用铰刀柄部和颈部尺寸

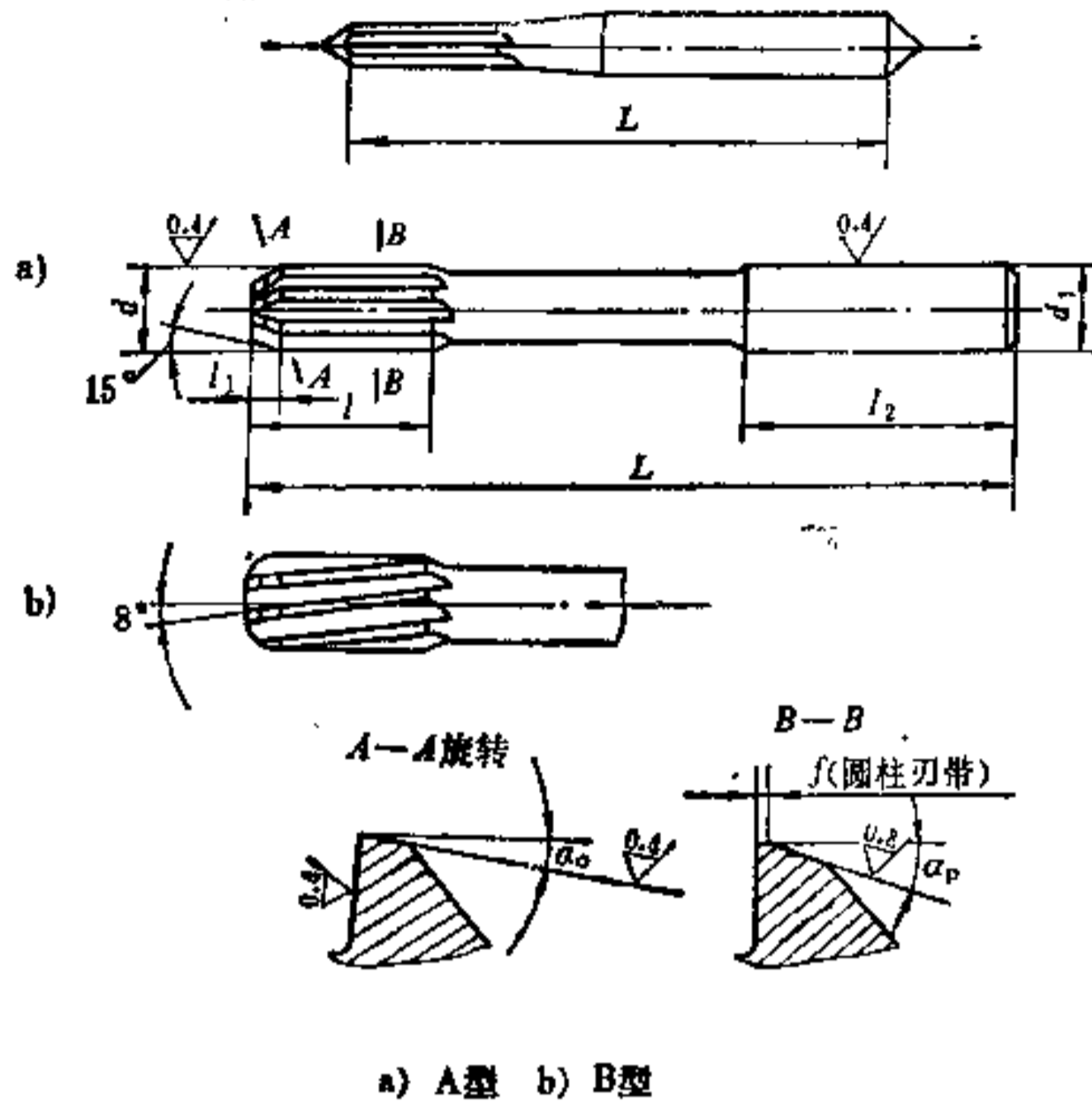
(mm)

铰刀直径 d	总长 L	颈部直径 d_3	焊接长度 l_c	柄部			铰刀直径 d	总长 L	颈部直径 d_3	焊接长度 l_c	柄部				
				l_2	柱形						锥形	l_2	柱形		锥形
					尺寸	偏差							莫氏号	尺寸	
1	30			16	2		16	170~210	12	58	50	12.5			
1.6	43			20	1.6		17	175~214	13	60	52	14	0 -0.0430		
2	49				2		18	182~219	14	62					
2.5	57				2.5	0 -0.025	19	189~223	15	64	58	16			
3	61	2.5		22	3		20	195~229	16	66					
3.5	70	3			3.5		21	200~232		68					
4	75	3.5		32	4		22	207~237	17	70					
4.5	80	4		33	4.5		23	207~241		72					
5	86			34	5	0 -0.03	24	234~464	19						
6	93~138	5		36	5.6		25	242~268	20	74					
7	109~150	5.5		40	7.1		26	242~273		76			3		
8	117~156	6.5		42	8		27		21	77					
9	125~162	7		44	9		28	251~277	22						
10	133~168	8	43			0 -0.036	30	251~281	23	78					
11	142~175	9	46				32	293~317	25	83					
12			49	46	10		36	202~325	29	85			4		
13	151~182	10					40	312~335	32	88					
14	160~189		53				45	323~336	37	89					
15	162~204	11	56	50	12.5	0 -0.043	50	334~344	42	92					

注：设计铰刀总长时，柱柄用小值，锥柄用大值。在锥柄时，长刀时，总长也取小些。

表2-46 高速钢直柄机用铰刀 (GB1132—84)

(mm)



a) A型 b) B型

推荐值	d		精度等级			基本尺寸	偏差	L		l		参 考					
	分级范围		H 7级	H 8级	H 9级			基本尺寸	偏差	基本尺寸	偏差	l ₁	l ₂	α _o = α _p	f	齿数	
	大于	至															
1.0								30	±1								
1.2	由1	1.32				2	0 -0.025	35									
1.4								40		8							
(1.5)	1.32	1.50															
1.6	15.0	1.70	+0.068 +0.004	+0.011 +0.006	+0.021 +0.012			43	±1.5	9	±1	1.0	20	20°	0.05~0.10	4	
1.8	1.70	1.90						46		10							
2.0	1.90	2.12				d ₁ = d		49		11							
2.2	2.12	2.36						53		12			22				
2.5	2.36	2.65						57		14							

(续)

d					d ₁		L		l		参 考					
推荐值	分级范围		精度等级			基本尺寸	偏差	基本尺寸	偏差	基本尺寸	偏差	l ₁	l ₂	α _s =α _v	f	齿数
	大于	至	H7级	H8级	H9级											
2.8														20°		4
	2.65	3.00	+0.008 +0.004	+0.011 +0.006	+0.021 +0.012		-0.125 0	61		15					0.05~0.10	
3.0						d ₁ =d							22			
3.2	3.00	3.35						65		16						
3.5	3.35	3.75						70		18						
4.0	3.75	4.25				4.0		75		19	±1		32	15°		
4.5	4.25	4.75	+0.010 +0.005	+0.015 +0.008	+0.025 +0.014	4.5	0 -0.030	80	±1.5	21		1.0	33			
5.0	4.75	5.30				5.0		86		23			34			
5.5																
6.0	5.30	6.00				5.6		93		26			36		0.10~0.15	
—	6.00	6.7				6.3		101		28			38			
7	6.7	7.5				7.1		109		31			40			6
8	7.5	8.5	+0.012 +0.006	+0.018 +0.010	+0.030 +0.017	8.0		117		33			42			
9	8.5	9.5				9.0		125		36			44			
10	9.5	10.0					0 -0.036	133		38				10°		
—	10.0	10.6									±1.5		46			
11	10.6	11.8				10		142	±2	41		2.5				
12																
(13)	11.8	13.2	+0.015 +0.008	+0.022 +0.012	+0.036 +0.020			151		44					0.15~0.25	
14	13.2	14.0				12.5	0 -0.043	160		47						
(15)	14.0	15.0						162		50			50			

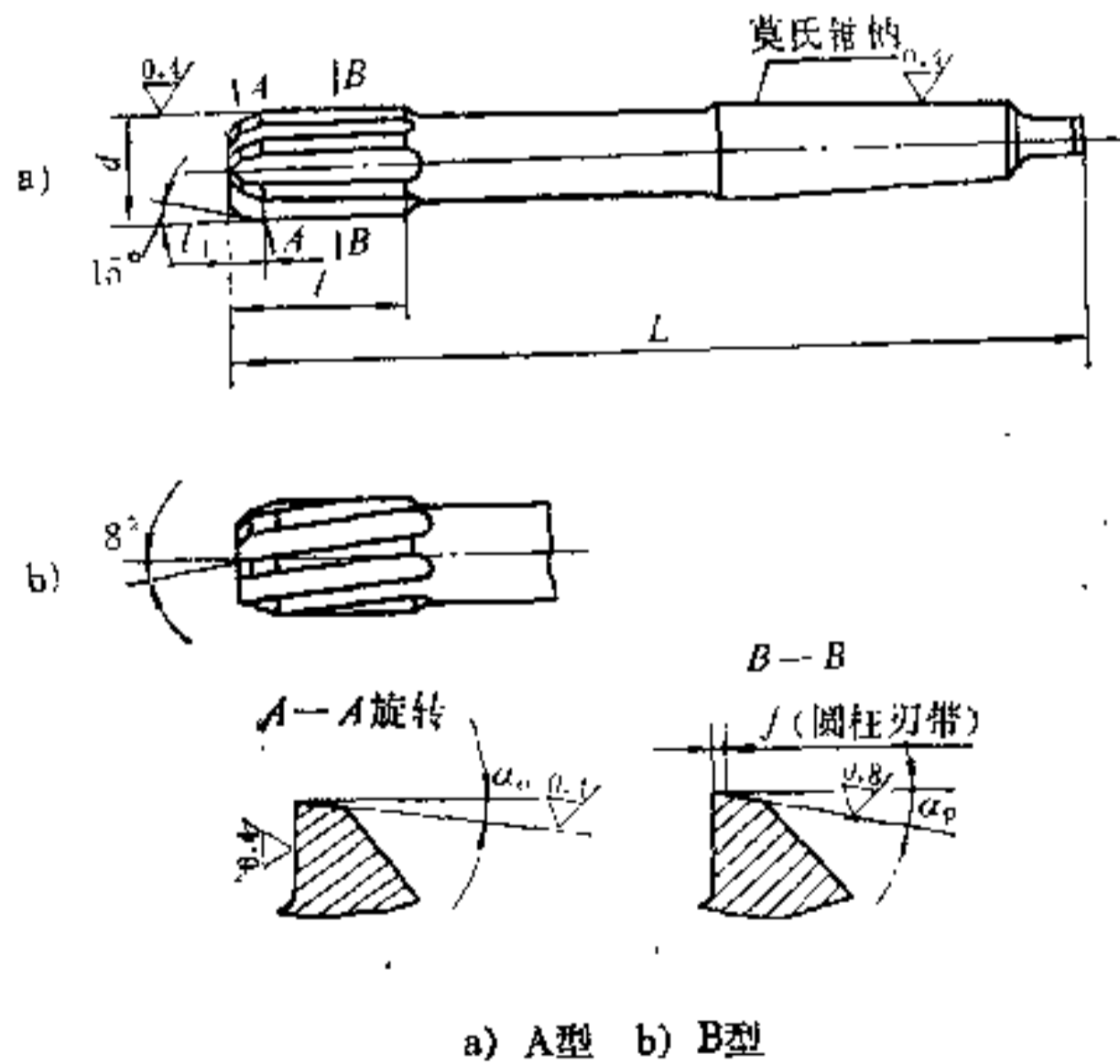
(续)

推荐值	d		精度等级			d ₁		L		f		参 考				
	大于	至	H7级	H8级	H9级	基本尺寸	偏差	基本尺寸	偏差	基本尺寸	偏差	l ₁	l ₂	α _n =α _p	f	齿数
16	15.6	16.0				12.5		170		52		50				
(17)	16.0	17.0	+0.015 +0.008	+0.022 +0.012	+0.036 +0.020	14		175		54		52		10°	0.15~0.25	6
18	17.0	18.0					0 -0.043	182	±2	56	±1.5	2.5				
(19)	18.0	19.0	+0.017 +0.009	+0.028 +0.016	+0.044 +0.025	16		189		58		58			0.2~0.3	
20	19.0	20.0						195		60						

- 注：1. 直径d“推荐值”系常备的铰刀规格，用户有特殊需要时，也可供应“分级范围”内任一直径的铰刀。
 2. 带括号的尺寸尽量不采用。
 3. 专业生产的铰刀按A型。
 4. 直径d≤6mm的铰刀可制成反顶尖。

表2-47 高速钢锥柄机用铰刀 (GB1133—84)

(mm)



(续)

d			L			l			参 考					
推荐值	分级范围		精度等级			基本尺寸	偏差	基本尺寸	偏差	莫氏锥柄号	l_1	$\alpha_0 = \alpha_0$	f	齿 数
	大于	至	H7级	H8级	H9级									
5.5	5.3	6.0	+0.010	+0.015	+0.025	138		26				15°		
			+0.005	+0.008	+0.014									
6.0								±1						
—	6.0	6.7				144		28		1.0				
7	6.7	7.5				150		31					0.10~0.15	
8	7.5	8.5	+0.012	+0.018	+0.030	156		33						
			+0.006	+0.010	+0.017									
9	8.5	9.5				162		36						
10	9.5	10.0				168		38						
—	10.0	10.6												
11	10.6	11.8				175		41						
12	11.8	13.2				182	±2	44						
(13)														
14	13.2	14	+0.015	+0.022	+0.036	189		47	±1.5				0.15~0.25	
			+0.008	+0.012	+0.020					2.5				
(15)	14	15				204		50			10°			
16	15	16				210		52						
(17)	16	17				214		54						
18	17	18				219		56						
									2					
(19)	18	19				223		58						
20	19	20	+0.017	+0.028	+0.044	228		60					0.20~0.30	
			+0.009	+0.016	+0.025									
(21)	20	21.2				232		62						
22	21.2	22.4				237		64						8

推荐值	d		精度等级			L		l		参 考				
	分级范围		H 7级	H 8级	H 9级	基本尺寸	偏差	基本尺寸	偏差	莫氏锥柄号	i_1	$\alpha_s = \alpha_p$	f	齿 数
	大于	至												
(23)	22.4	23.02				241		66		2				
(24)	23.02	23.6				264								
25	23.6	25.0				268		68						
(26)	25.0	26.5	+0.017 +0.009	+0.028 +0.016	+0.044 +0.025	273		70		2.5		0.20~0.30	8	
(27)	26.5	28				277		71		3				
28							± 2							
(30)	28	30				281		73						
-	30	31.5				285		75						
	31.5	31.75				290		77	± 1.5		10°			
32	31.75	33.5				317								
(34)	33.5	35.5				321		78						
(35)													10	
36	35.5	37.5				325		79				0.25~0.40		
(38)	37.5	40.0	+0.021 +0.012	+0.033 +0.019	+0.052 +0.030	329		81						
40	40.0	42.5				333	± 3	82		4	3.5			
(42)														
(44)	42.5	45.0				336		83						
45													12	
(46)	45.0	47.5				340		84						

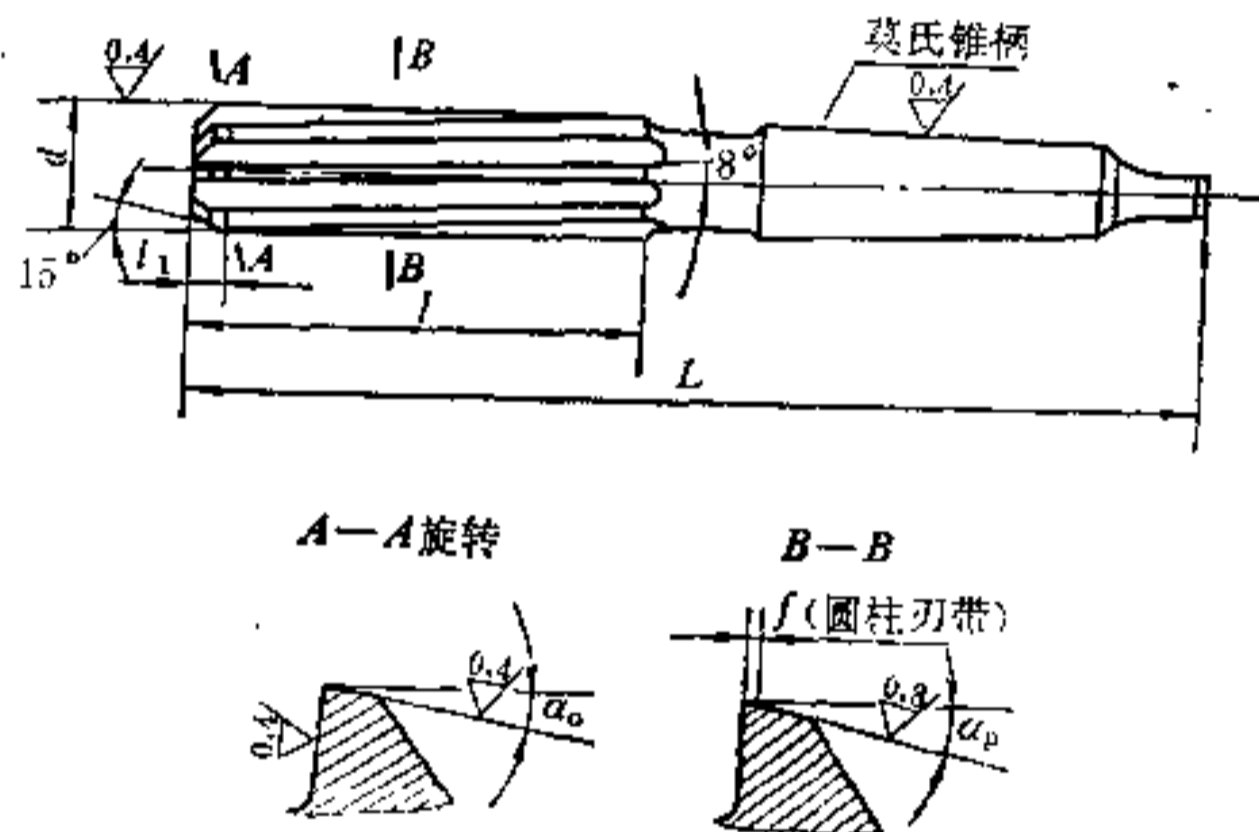
(续)

推荐值	d		精度等级			L		l		莫氏锥柄号	参 考			
	分级范围		H 7级	H 8级	H 9级	基本尺寸	偏差	基本尺寸	偏差		l ₁	α _o =α _p	f	齿 数
	大于	至												
(48)	47.5	50.0	+0.021 +0.012	+0.033 +0.019	+0.052 +0.032	344 ^{h7}	±3	86	±1.5	4	3.5	10°	0.25 ~ 0.40	12
50														

注: 1.直径d“推荐值”系常备的铰刀规格, 用户有特殊需要时, 也可供应“分级范围”内任一直径的铰刀。
 2.带括号的尺寸尽量不采用。
 3.专业生产的铰刀按A型。
 4.莫氏锥柄的尺寸和偏差按GB1443—85《工具柄自锁圆锥尺寸》标准的规定, 见附表4。

表2-48 高速钢锥柄长刃机用铰刀 (GB4243—84)

(mm)



推荐值	d		精度等级			L		l		莫氏锥柄号	参 考			
	分级范围		H 7级	H 8级	H 9级	基本尺寸	偏差	基本尺寸	偏差		l ₁	α _o =α _p	f	齿 数
	大于	至												
7	6.7	7.5				134		54		1.0				
8	7.5	8.5	+0.012 +0.006	+0.018 +0.010	+0.030 +0.017	138	±2	58	±1.5	1	—	15°	0.10~0.15	6
9	8.5	9.5				142		62		2.5				
10	9.5	10.0				146		66						

(续)

推荐值	d		精度等级			L	l	莫氏锥柄号	参 考			
	分级范围		H7级	H8级	H9级	基本	基本		f ₁	α _s =α	f	齿 数
	大于	至				尺寸	偏差					
—	10.0	10.6				146	66					
11	10.6	11.8				151	71					
12	11.8	13.2				156	76	1				
(13)											0.15~0.25	
14	13.2	14	+0.015 +0.008	+0.022 +0.012	+0.036 +0.020	161	81					
(15)	14	15							181			
16	15	17				187	87					
(17)												
18	17	18				193	93	±1.5	2.5			
(19)	18	19										
20	19	21.2				200	100					
(21)												
22	21.2	23.02				207	107					
(23)											*0.20~0.30	
(24)	23.0 ₉	23.6	+0.017 +0.009	+0.028 +0.016	+0.044 +0.025	234	115	±2				
25	23.0	26.5				242	115			10°		
(26)												8
(27)												
28	26.5	30				251	124					
(30)												
—	30	31.75				260	133					
32	31.75	33.5				293						
(34)												
(35)	33.5	37.5				302	142				10	
36								±2				
(38)			+0.021 +0.012	+0.033 +0.019	+0.052 +0.030							
40	37.5	42.5				312	152		3.5	0.25~0.40		
(42)												
(44)												
45	42.5	47.5				323	163					
(46)								±3			12	
(48)												
50	47.5	0				334	174					

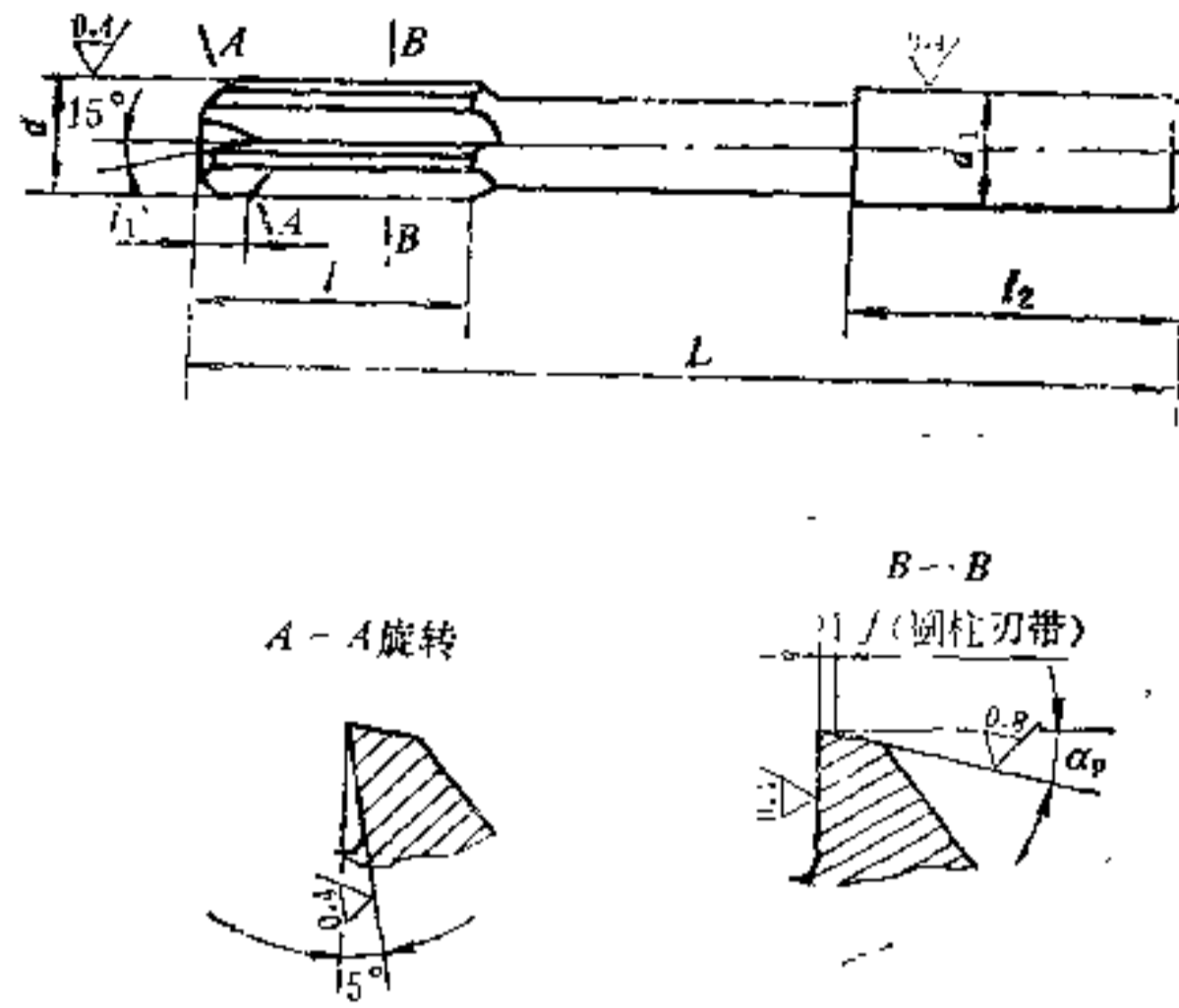
注。1.直径d“推荐值”系常备的铰刀规格，用户有特殊需要时也可供应“分级范围”内任一直径的铰刀。

2.带括号的尺寸尽量不采用。

3.莫氏锥柄的尺寸和偏差按GB1443—85《工具柄自锁圆锥尺寸》标准的规定，见附表4。

表2-49 高速钢带刃倾角直柄机用铰刀 (GB1244-81)

(mm)

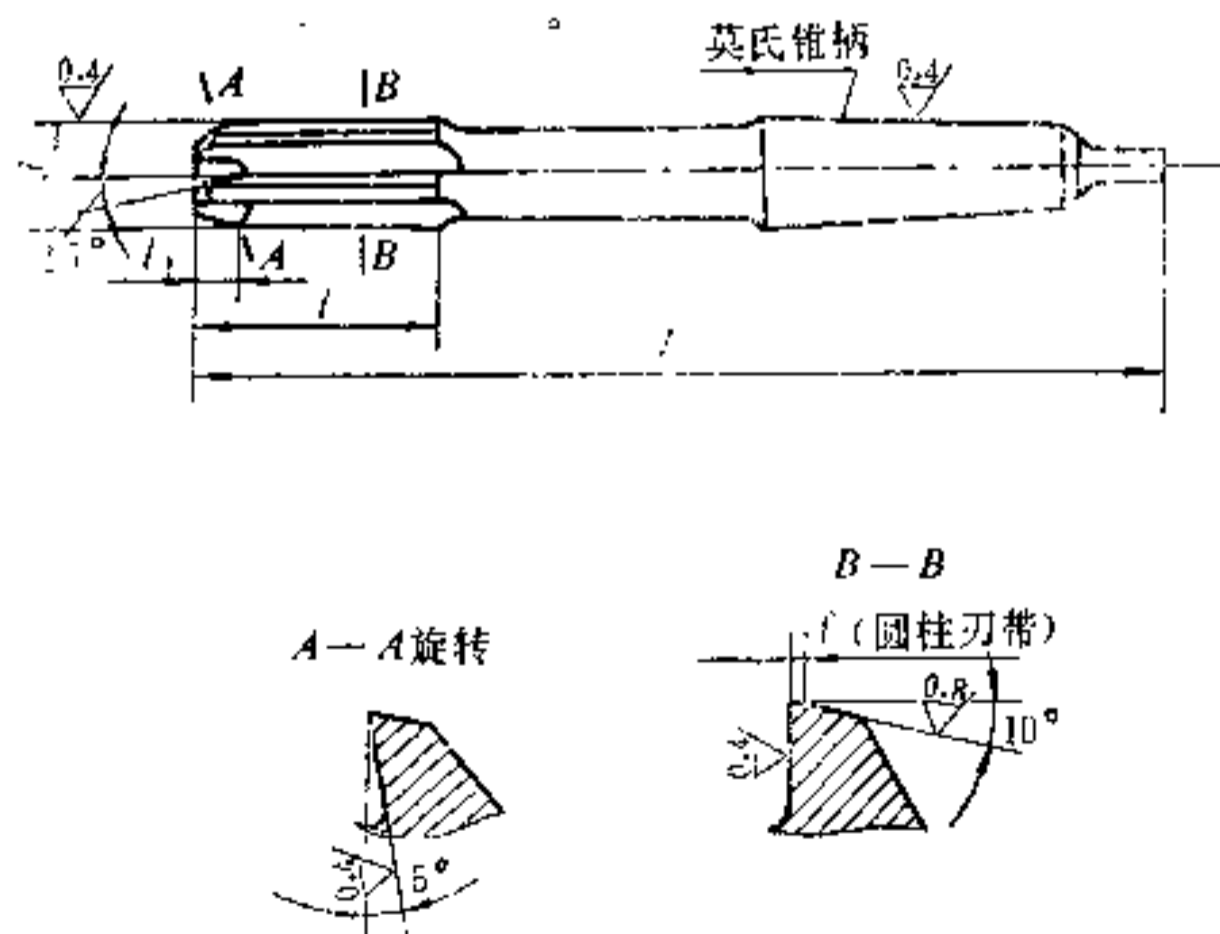


推荐值	d			d ₁		L		l		参 考						
	分级范围		精度等级			基本尺寸	偏差	基本尺寸	偏差	基本尺寸	偏差	l ₁	l ₂	α _p	f	齿数
	大于	至	H7级	H8级	H9级											
5.5			+0.010	+0.015	+0.025		0									
6.0	5.3	6.00	+0.005	+0.008	+0.014	5.6	-0.03	93	26	±1		36	15°			
—	6.0	6.7				6.3		101	28	±1.5	6	38		0.10~0.15		
7	6.7	7.5				7.1		109	31			40				
8	7.5	8.5	+0.012	+0.018	+0.030	8.0		117	33			42				
			+0.006	+0.010	+0.017											
9	8.5	9.5				9.0		125	36			34				
10	9.5	10.0					0			±1.5			10°			
							-0.030	133	38							
—	10.0	10.6								±2				0.15~0.25		
11	10.6	11.8	+0.015	+0.022	+0.036			142	41			36				
			+0.008	+0.012	+0.020	10					8					
12																
(13)	11.8	13.2						151	44							

推荐值	分级范围		精度等级			d_1		L		l		参 考				
			H 7级	H 8级	H 9级	基本尺寸	偏差	基本尺寸	偏差	基本尺寸	偏差	l_1	l_2	α_v	f	齿 数
	大于	至														
14	13.2	14						160		47						
(15)	14	15				12.5		160		50		50				
16	15	16	+0.015 -0.008	+0.022 +0.012	+0.036 +0.020			170	± 2	2	8		0.15~0.25	4		
(17)	16	17				14	0 -0.043	175		54	± 1.5	10°				
18	17	18						182		56		52				
(19)	18	19	0.017 -0.009	+0.023 +0.016	+0.044 +0.025	16		189		58	9		0.2~0.3	6		
20	19	20						195		60		58				

注：1. 直径 d “推荐值”系常备的铰刀规格，用户有特殊需要时，也可供应“分级范围”内任一直径的铰刀。
 2. 带括号的尺寸尽量不采用。
 3. 直径 $d \leq 6\text{mm}$ 的铰刀可制成反顶尖。

表2-50 高速钢带刃倾角锥柄机用铰刀 (GB1134—84) (mm)



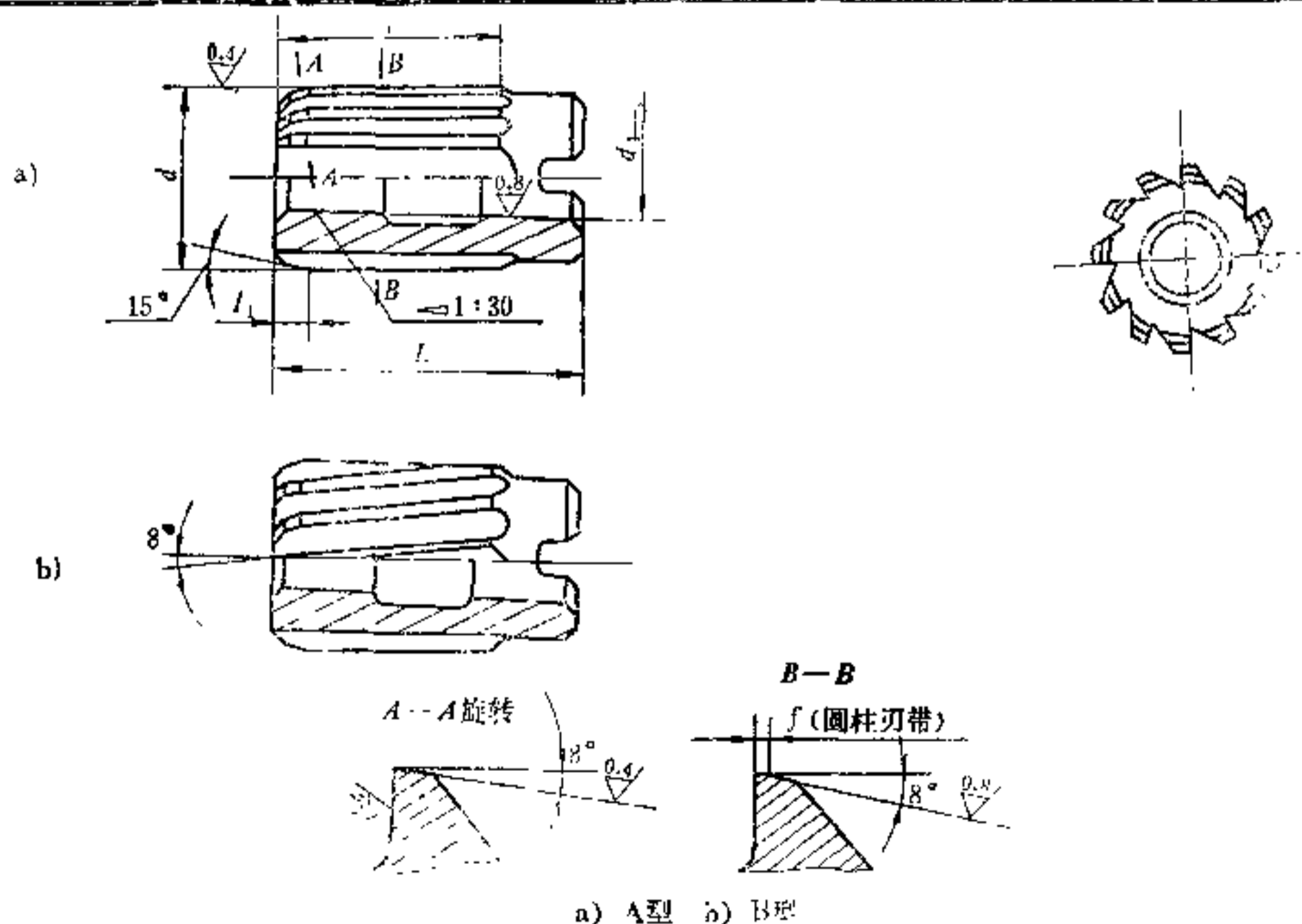
(续)

推荐值	d		精度等级			基本尺寸	基本尺寸偏差	英制锥孔号	参 考			
	大于	至	H7级	H8级	H9级				基本尺寸	偏差	l ₁	f
8	7.5	8.5				156	33					
9	8.5	9.5	+0.016 +0.006	+0.018 +0.010	+0.030 +0.017	162	36				0.10~0.15	
10	9.5	10.0								7		
—	10.0	10.6				168	38					
11	10.6	11.8				175	41	1				4
12												
(13)	11.8	13.2				182	44					
41	13.2	14	+0.015 +0.008	+0.022 +0.012	+0.036 +0.020	189	47			8	0.15~0.25	
(15)	14	15				204	50					
16	15	16				210	52					
(17)	16	17				214	54	±1.5				
18	17	18				219	56					
(19)	18	19				223	58					
20	19	20				228	60					
(21)	20	21.2				232	62			9		
22	21.2	22.4				237	64				0.20~0.30	
(23)	22.4	23.02	+0.017 +0.009	+0.028 +0.016	+0.054 +0.025	241						6
(24)	23.02	23.6				264	66					
25	23.6	25				268	68	3		10		
(26)	25	26.5				273	70					

推荐值	d		精度等级			基本尺寸	偏差	基本尺寸	偏差	莫氏锥柄号	参 考	
	大于	至	H7级	H8级	H9级						l_1	f
	(27)	26.5	28				277		71			
28							± 2					
(30)	28	30				281		73		3		0.2~0.30
—	30	31.5				285		75				
—	31.5	31.75	+0.021 +0.012	+0.033 +0.019	+0.052 +0.030	290			± 1.5		10	
30	31.75	32.5				317		77				0.25~0.40
—	33.5	35.5				321	± 3	78				
—	35.5	37.5				325		79		4		
—	37.5	40				329		81				

注：1. 直径d“推荐值”系常备的铰刀规格，用户有特殊需要时，也可供应“分级范围”内任一直径的铰刀。
2. 莫氏锥柄的尺寸和偏差按GB1443—85《工具柄部圆锥尺寸》标准的规定，见附表4。

表2-51 高速钢套式机用铰刀 (GB1135—84) (mm)



推荐值	d			L		l		d ₁	IT	参 考			
	分级范围		精 度 等 级			基本尺寸	偏差			基本尺寸	偏差	f	齿 数
	大于	至	H 7级	H 8级	H 9级								
63													
(65)	60	71				80	$\begin{matrix} 0 \\ -1.9 \end{matrix}$	56		32			
71									4				
(72)			$\begin{matrix} +0.025 \\ +0.014 \end{matrix}$	$\begin{matrix} +0.039 \\ +0.022 \end{matrix}$	$\begin{matrix} +0.062 \\ +0.036 \end{matrix}$						14		
(75)										0.30~0.50			
80	71	85				90	$\begin{matrix} 0 \\ -2.2 \end{matrix}$	63	$\begin{matrix} 0 \\ -1.9 \end{matrix}$	40			
(85)													
90													
(95)	85	100	$\begin{matrix} +0.029 \\ +0.016 \end{matrix}$	$\begin{matrix} +0.045 \\ +0.026 \end{matrix}$	$\begin{matrix} +0.073 \\ +0.042 \end{matrix}$	100		71		50	5		
100											16		

- 注：1. 直径d“推荐值”系常备的铰刀规格，用户有特殊需要时，也可供应“分级范围”内任一直径的铰刀。
 2. 带括号的尺寸尽量不采用。
 3. 专业生产的铰刀按A型。
 4. 锥孔直径d₁的偏差、端面键槽的尺寸和偏差按GB4253-84《套式铰刀和套式扩孔钻用心轴》标准的规定”见表2-14和表2-15。

四、硬质合金整体式机用铰刀设计

采用硬质合金铰刀铰孔，不仅可以提高被加工孔的加工精度和改善表面粗糙度，一般精度可达IT7~IT6，表面粗糙度达R_a0.4~0.2μm，而且还可提高刀具耐用度和生产率，特别适用于加工淬硬钢、高强度钢等难加工材料。

图2-8为硬质合金锥柄机用铰刀的结构

硬质合金机用铰刀的设计方法与高速钢机用铰刀的设计方法基本相同，下面只就其特殊处作一说明。

(一) 直径公差

用硬质合金铰刀铰削淬硬钢和高强度钢时，或用硬质合金铰刀高速铰削时，常产生孔径收缩，其值为0.005~0.01mm，所以设计时常使硬质合金机用铰刀直径的上偏差等于工件被加工孔直径的上偏差，铰刀的制造公差仍取0.35IT。

硬质合金机用铰刀的直径公差也可查表2-71(见后)。

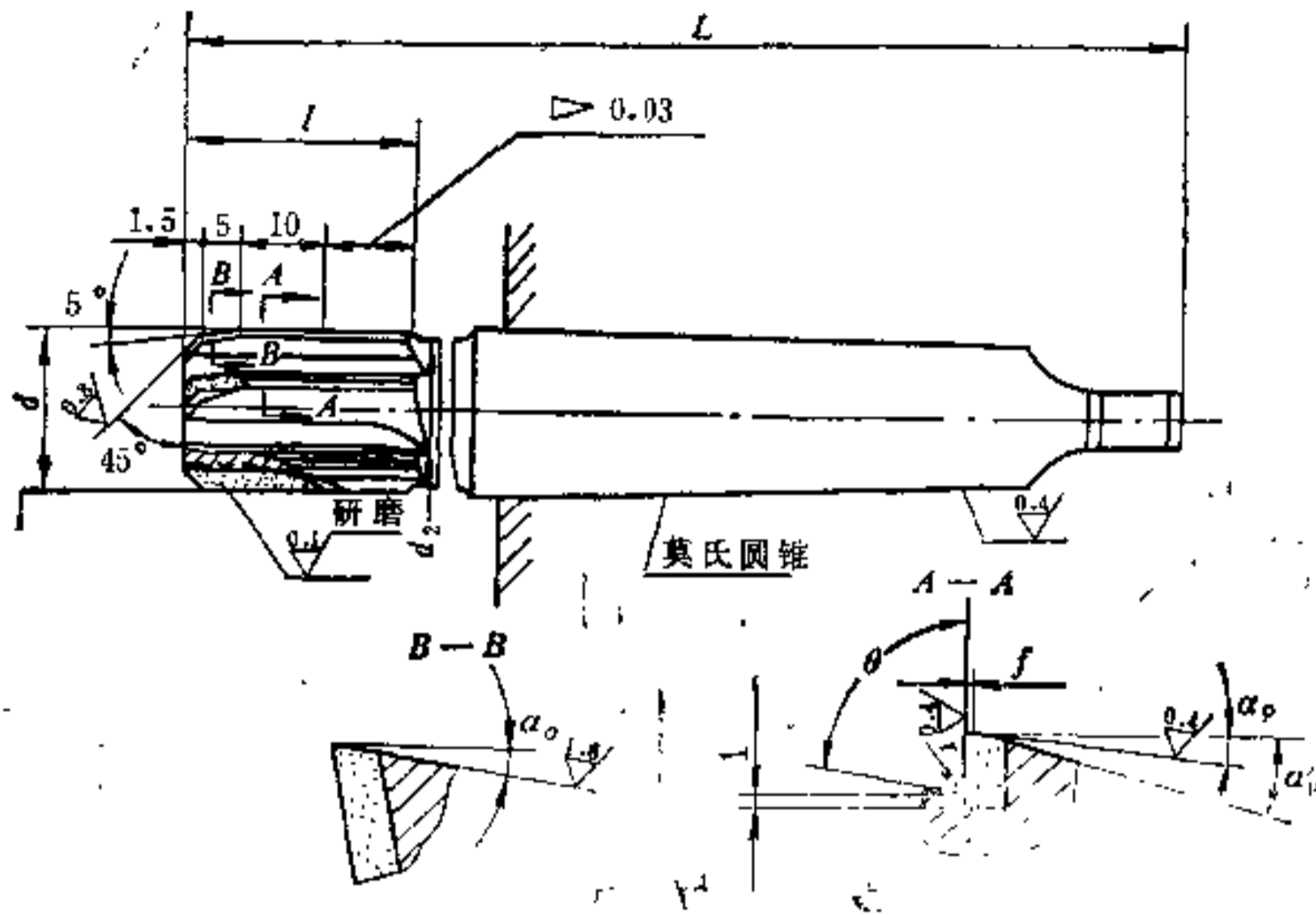


图2-8 硬质合金锥柄机用铰刀的结构

(二) 齿数 z

硬质合金机用铰刀由于刀片占了一定的空间位置，所以铰刀齿数一般较少，可按表2-52选用。

表2-52 硬质合金机用铰刀的齿数

铰刀直径 d	≤ 5	$>5 \sim 15$	$>15 \sim 31.5$	$>31.5 \sim 40$	>40
齿数 z	≤ 3	4	6	3	≥ 10

(三) 铰刀刀齿在圆周上的分布

一般采用等齿距分布。

(四) 铰刀齿槽形状

为了便于制造及增大容屑空间，增加刀齿强度，常制成折线形或圆弧直线齿背形，见图2-9。

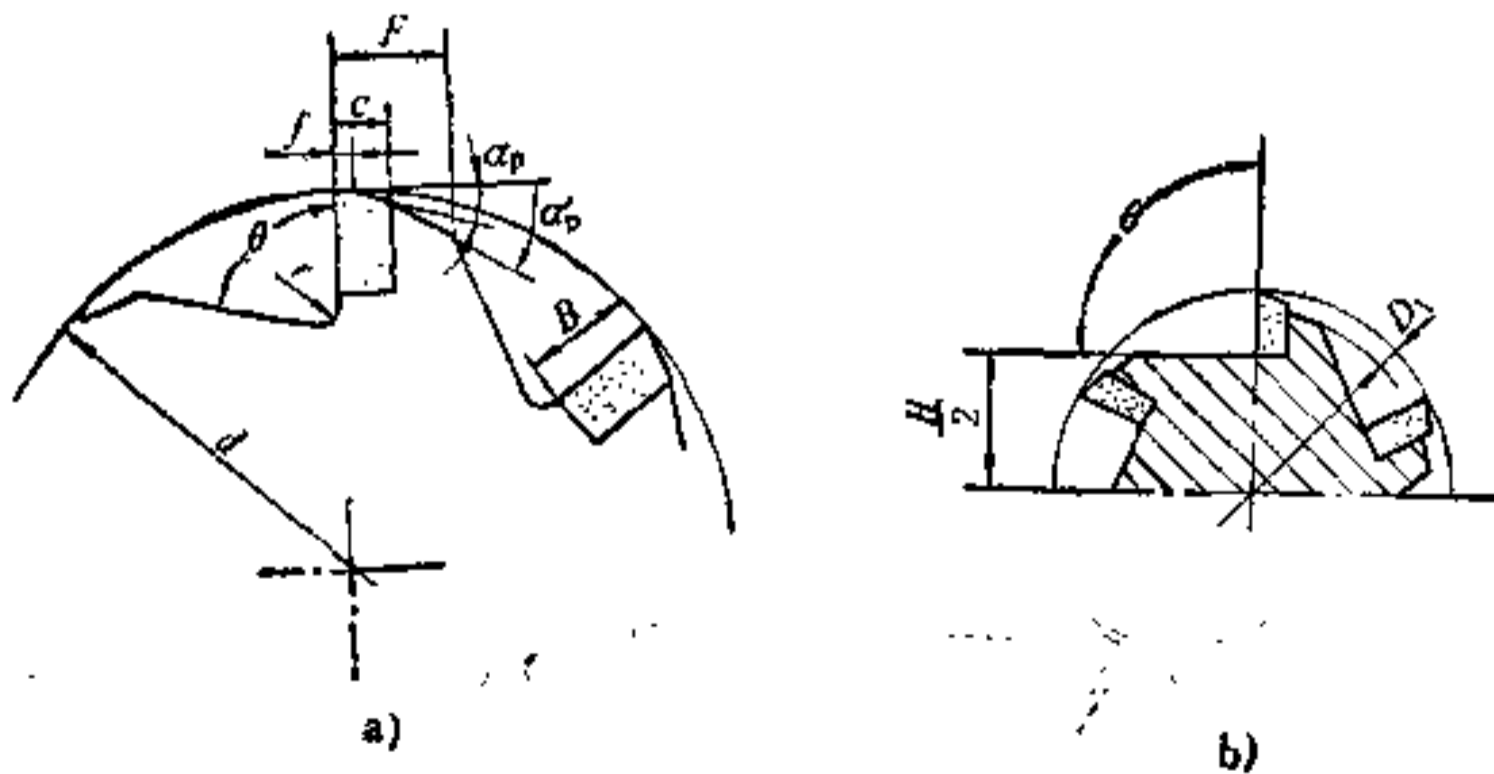


图2-9 硬质合金机用铰刀的齿槽形状

a) 折线形 b) 圆弧直线齿背形

表2-53为折线形齿槽的尺寸。

表2-54为圆弧直线齿背形齿槽的尺寸。

表2-53 折线形齿槽尺寸

(mm)

直径d	B	c	F	f	θ	r	直径d	B	c	F	f	θ	r	直径d	B	c	F	f	θ	r	
6			1.9				16			3.2				26							
7			2				17			3.4				27			4.6		80°		
8	2.5	1.3	2.35		0.08	90°	18	3.5	2					28							
9			2.55	0.2			19			3.6				30			4.8		85°		
10					85°	0.3	20			4	0.1			32				0.1			
11			3				21			4.4	0.25	85°	0.3	34	5	3	5	0.25		0.5	
12			2.5				22			4.5				35							
13	3	1.5	2.6	0.1			23	4	2.5	4.6				36			5.2		75°		
14			2.6		100°		24			4.4				38							
15			2.8	0.25			25			4.5			0.5	40			5.4				

表2-54 圆弧直线齿背形齿槽尺寸

(mm)

直径d	D_1	H	θ	直径d	D_1	H	θ	直径d	D_1	H	θ
10	9.4	5		19	18	12.8		28	26.6	18.6	80°
11	10.4	6	85°	20	19	13.8		29	27.6	19.6	
12	11.2	7		21	19.8	13.8		30	28.6	20.6	85°
13	12	7.8		22	20.8	14.8	85°	32	30.4	22.6	
14	13	8.4	100°	23	21.8	15.8		34	32.4	24.4	
15	14	8.8		24	22.8	16.8		35	33.4	25	
16	15	9.8		25	23.8	17.4		36	34.2	26.8	
17	16	10.6	75°	26	24.6	16.8	80°	37	35.2	27.8	75°
18	17	11.2		27	25.6	17.8		38	36.2	28.8	

(五) 铰刀齿槽方向

铰刀齿槽方向见表2-55。

表2-55 铰刀齿槽方向

齿槽方向	说 明	使用场合
直 齿	制造方便	一般场合
斜 齿 $\beta = 3^\circ \sim 5^\circ$	可改善切削条件, 提高铰孔质量, 倾斜方向应使切削屑沿工件加工表面, 以免切屑划伤已加工表面	孔精度要求较高

(六) 硬质合金刀片材料和型号

硬质合金刀片材料一般根据工件材料选用, 见表2-56。硬质合金铰刀刀体材料常用 9SiCr、40Cr和T12A、45钢等, 淬硬至HRC30~50。

硬质合金刀片型号常用E515~E540, 其尺寸及选用见附表10。

表2-56 硬质合金铰刀刀片材料选用

工件材料	硬质合金刀片材料
钢	YT类, 常用YT15。
铸铁及有色金属	YG类, 常用YG6。

(七) 硬质合金铰刀的几何参数

硬质合金铰刀的几何参数可参考表2-57选用。

(八) 硬质合金铰刀的结构尺寸

硬质合金铰刀的结构尺寸可参考表2-58进行设计。

表2-57 硬质合金铰刀的几何参数

几何参数	加工条件	几何参数数值
前角 γ_0	一般材料	$0^\circ \sim 3^\circ$
	淬硬钢、高强度钢、耐热钢	可磨出 $b_{r1} = 1 \sim 2 \text{mm}$, $\gamma_{01} = -10^\circ$ 的倒棱
后角 α_0	切削刃	$6^\circ \sim 10^\circ$
	过渡刃	$6^\circ \sim 10^\circ$
	校准刃	$8' \sim 14'$
主偏角 κ_r	钢	15°
	铸铁、有色金属	$3^\circ \sim 5^\circ$
过渡刃偏角 κ_{r2}	钢	$1^\circ \sim 2^\circ$
	铸铁、有色金属	$1^\circ \sim 2^\circ$
过渡刃长 h_s	一般场合	$1 \sim 2 \text{mm}$
校准部分刃带 f	一般场合	$0.1 \sim (0.25 \text{mm})$
导锥角 ϕ	一般场合	45°

表2-58 硬质合金铰刀的结构尺寸

(mm)

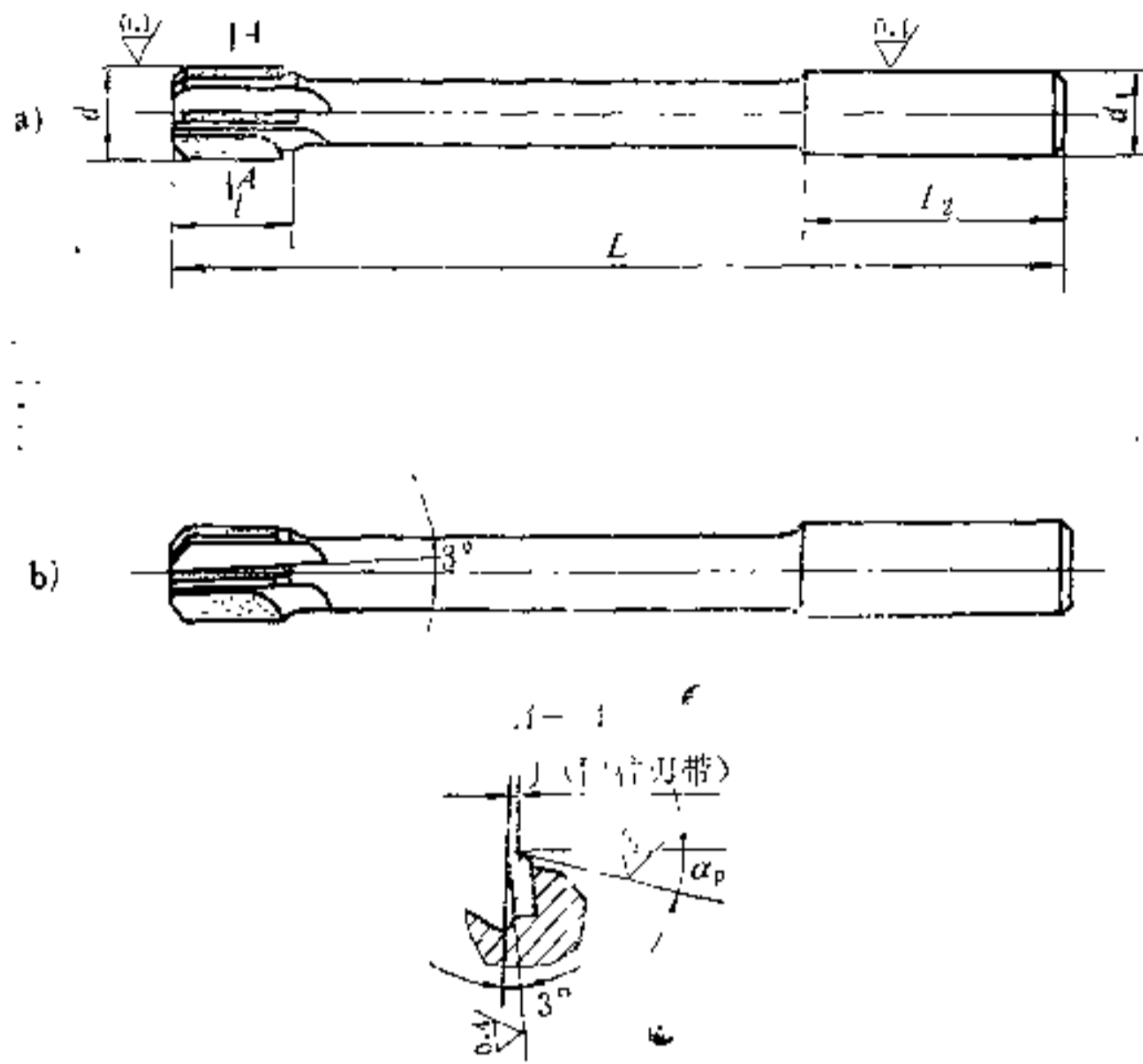
铰刀结构尺寸	计算公式
工作部分长 l	工作部分长 $l = \text{刀片长} + 5 \sim 20$
校准部分长 l_1	$l_1 = (0.3 \sim 1.5) d$
校准部分倒锥量	$0.105 \sim 0.08$
校准部分末端后锥度	$3^\circ \sim 5^\circ$
校准部分末端后锥度长	$3 \sim 5$
颈部直径 d_2	$d_2 = d - (0.8 \sim 8)$

五、标准硬质合金机用铰刀的结构尺寸

表2-59和表2-60为标准硬质合金机用铰刀的结构尺寸，可供设计时参考。

表2-59 硬质合金直柄机用铰刀 (GB4251-84)

(mm)



a) A型 a) B型

推荐值	d			d ₁		L		参 考											
	分级范围		精度等级			基本尺寸	偏差	基本尺寸	偏差	硬质合金 刀片型号	l ₂	l _p	f	齿数					
	大于	至	H7级	H8级	H9级														
6	5.3	6	+0.012 +0.007	+0.018 +0.011	+0.030 +0.019	5.6	0 -0.03	93	±1.5	E515	36	15°	0.08~0.02	4					
-	6	6.7	+0.015 +0.009	+0.022 +0.014	+0.036 +0.023	6.3	0 -0.036	101											
7	6.8	7.5				7.1		109											
8	7.5	8.5				8		117											
9	8.5	9.5	+0.018 +0.011	+0.027 +0.017	+0.043 +0.027	9	0 -0.043	125			±2				E518	44	10°	0.01~0.25	6
10	9.5	10.6				10		133											
-	10.6	11.8				12.5		162											
11	10.6	11.8				14		175											
12	11.8	13.4	+0.021 +0.013	+0.033 +0.021	+0.052 +0.033	14	0 -0.043	182			25				E522	52	10°	6	
13	13.4	14				16		189											
14	13.4	14				12.5		170											
15	14	15	+0.021 +0.013	+0.033 +0.021	+0.052 +0.033	14	0 -0.043	175	25	E522	52	10°	6						
16	15	16				16		182											
(17)	16	17	+0.021 +0.013	+0.033 +0.021	+0.052 +0.033	16	0 -0.043	189	25	E522	58	10°	6						
18	17	18				16		195											
(19)	18	19	+0.021 +0.013	+0.033 +0.021	+0.052 +0.033	16	0 -0.043	189	25	E522	58	10°	6						
20	19	20				16		195											

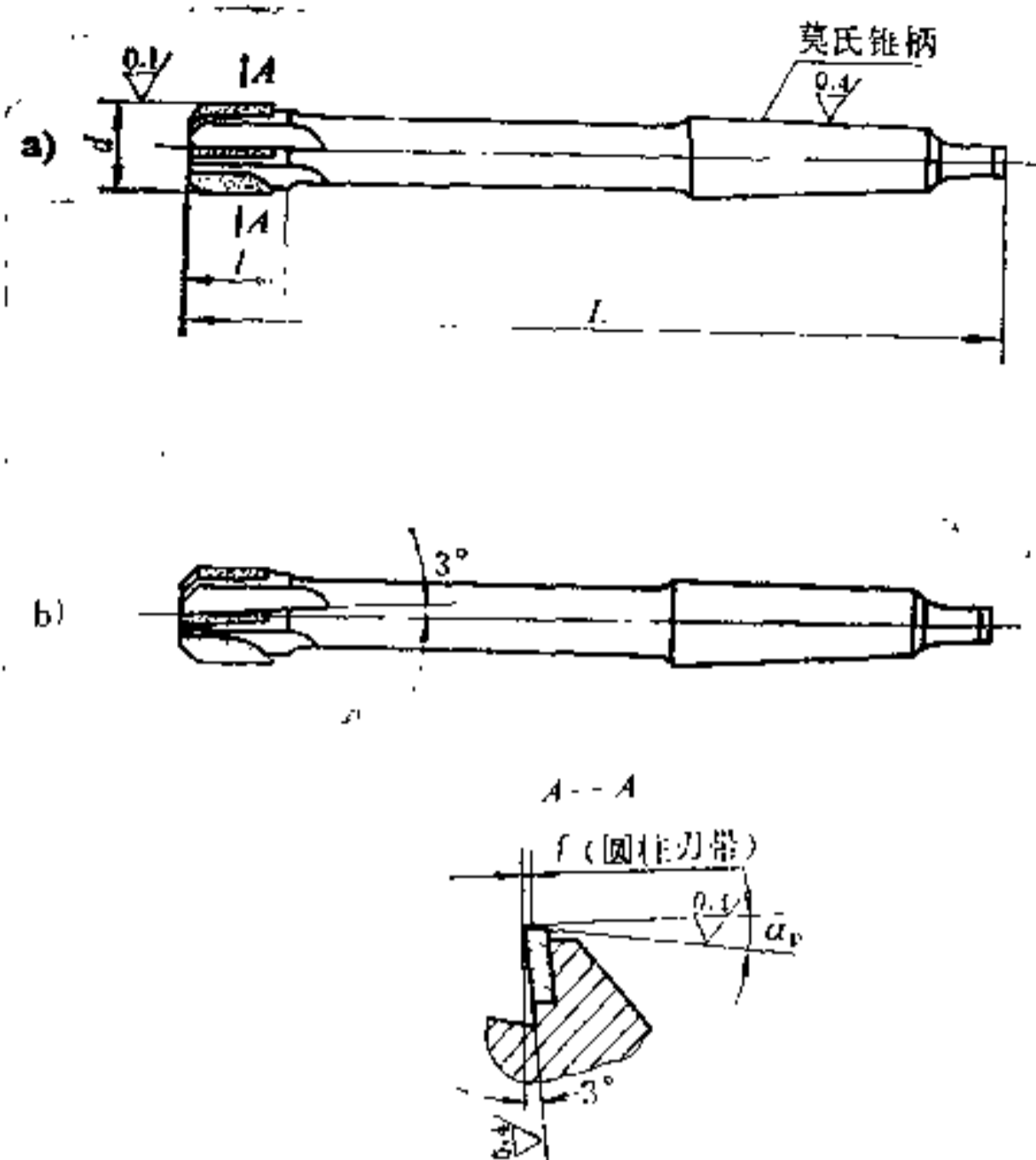
注：1.直径d“推荐值”系常备的铰刀规格，用户有特殊需要时，也可供应“分级范围”内任一直径的铰刀。

2.带括号的尺寸尽量不采用。

3.专业生产的铰刀按B型。

表2-60 硬质合金锥柄机用铰刀 (GB4252—84)

(mm)



a) A型 b) B型

推荐值	d		精度等级			L		莫氏锥柄号	硬质合金 刀片型号	参 考		
	大于	至	H7级	H8级	H9级	基本尺寸	偏差			α_p	f	齿 数
8	7.5	8.5				156						
9	8.5	9.5	+0.015 +0.009	+0.022 +0.014	+0.036 +0.023	162		17	E515	15°	0.08~0.20	
10	9.5	10.0				168		1				
	10.0	10.6										
11	10.6	11.8				175					4	
12	11.8	13.2				182			E518			
(13)							±2	20				
14	13.2	14	+0.018 +0.011	+0.027 +0.017	+0.043 +0.027	189						
(15)	14	15				204				6.10~0.25		
16	15	16				210						
(17)	16	17				214		25	2	10°		
18	17	18				219					6	
(19)	18	19				223						
	19	20	-0.021 +0.013	+0.033 +0.021	+0.052 +0.033	228						

(续)

推荐值	d		精度等级			基本尺寸	公差	莫氏锥柄号	参 考			
	分级范围		H7级	H8级	H9级				硬质合金 刀片型号	α_p	f	齿 数
	大于	至										
21	20	21.2				232						
22	21.2	22.4				237		2				
23	22.4	23.02				241	±2		K525			
—	23.2	23.6	+0.021 +0.013	+0.033 +0.021	+0.052 +0.033							
24	23.6	25.0				268				10°		6
25												
(26)	25	25.5				273		3				
28	26.5	28				277					0.10~0.25	
(30)	28	30				281						
—	30	31.5				285						
32	31.5	33.5				317		34				
(34)	33.5	35.5	+0.025 +0.016	+0.039 +0.025	+0.062 +0.040	321	±3		E530			
(35)								4				
36	35.5	37.5				325						8
(38)	37.5	40				329						
40												

注：1. 直径d“推荐值”系常备的铰刀规格，用户有特殊需要时也可供应“分级范围”内任一直径的铰刀。

2. 带括号的尺寸尽量不采用。

3. 莫氏锥柄的尺寸和偏差按GB1443—85《工具柄自锁圆锥尺寸》标准的规定，见附表4。

4. 专业生产的铰刀按B型。

第四节 带前、后导引的机用铰刀设计

在加工箱体等零件的孔系时，为了提高工件被加工孔的精度，可在机用铰刀上装上前、后导引或中间导引，见图2-10。现以带前、后导引的机用铰刀为主来说明其设计方法。

除导引部分外，带前后导引的机用铰刀的设计方法与一般铰刀相同，但因其结构较复杂，所以制造困难，为此需提高铰刀的耐用度，因此铰刀直径的制造公差应比一般铰刀为小。

以下介绍铰刀导引部分的设计方法。

一、导柱直径及公差

导柱直径及公差的选用见表2-61。

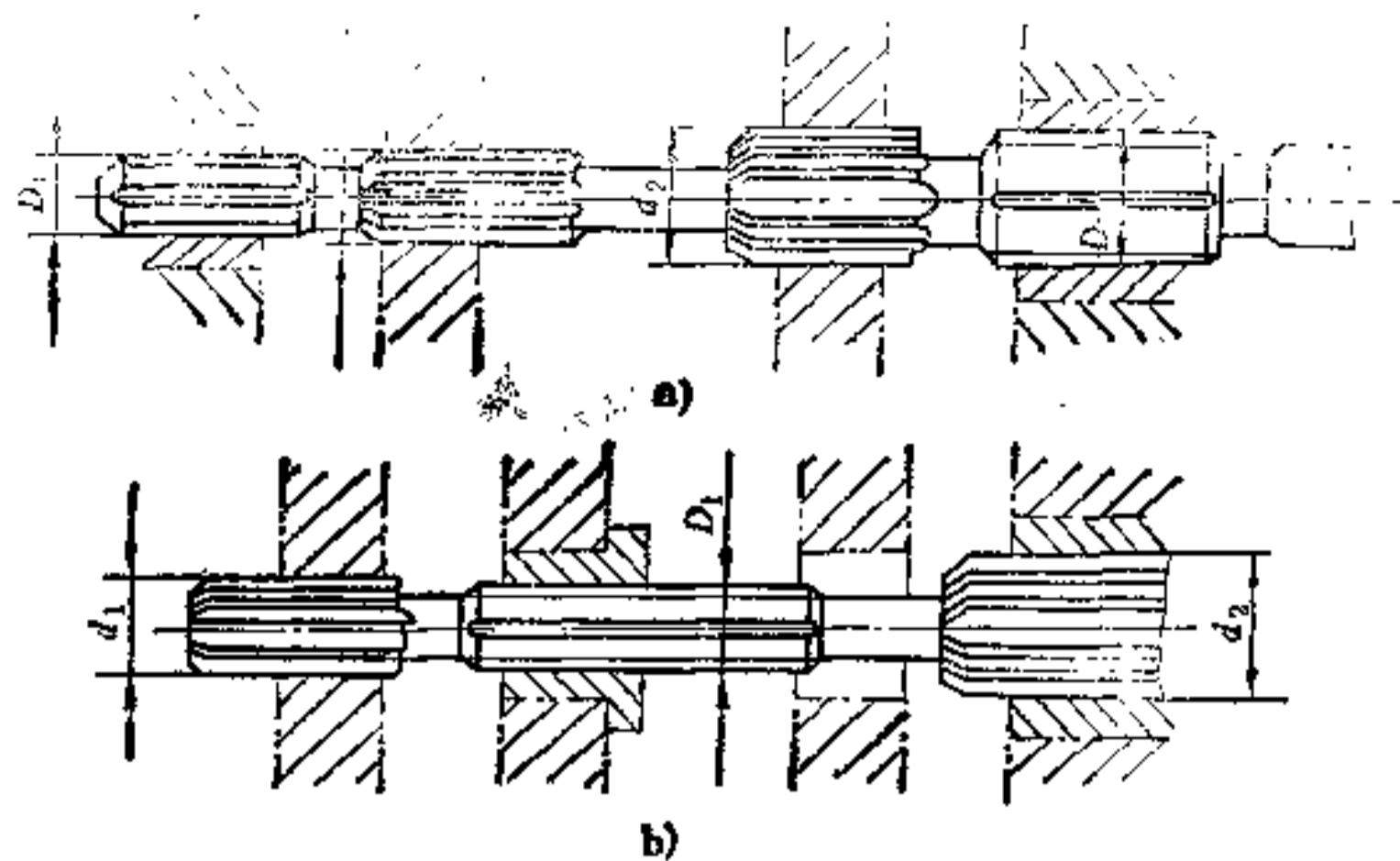


图2-10 带导引的机用铰刀

a) 前、后导引 b) 中间导引

表2-61 导柱直径及公差的选择

导引方法		导柱直径	导柱公差
单 导 引	铰刀本身导引	等于铰刀外径	h_8
	前导引	参考表2-62中 D_1 选用	g_8 (导套用 H_8)
	后导引	参考表2-62中 D_2 选用	
双导引 (前、后导引)		见表2-62	见表2-62, 或根据夹具结构选取

表2-62 铰刀前、后导柱的直径及公差

(mm)



切削部分直径 d	前导柱直径 D_1	后导柱直径 D_2	D_1 和 D_2 的公差
~ 2	1, 1.2, 1.5	2.5	
$> 2 \sim 3$	1.7	3.5	-0.004
$> 3 \sim 4$	2.5	4.5	-0.009
$> 4 \sim 5$	3.6	6	
$> 5 \sim 7$	4	8	-0.005 -0.011
$> 7 \sim 9$	6	10	

(续)

切削部分直径 d	前导柱直径 D_1	后导柱直径 D_2	D_1 和 D_2 的公差
>9~11	8	12	-0.006 -0.014
>11~13	10	14	
>13~15	12	16	
>15~17	14	18	
>17~19	16	20	
>19~21	18	22	
>21~23	20	24	-0.008 -0.016
>23~25	22	26	
>25~27	24	28	
>27~29	26	30	
>29~31	28	32	
>31~33	30	34	
>33~35	32	36	-0.010 -0.020
>35~37	34	38	
>37~39	36	40	
>39~41	38	42	
>41~43	40	44	
>43~45	42	46	

二、导柱部分长度 l

导柱部分长度 l 由工件和夹具尺寸决定。

三、导柱部分材料及硬度

导柱部分材料及硬度由表2-63选用。

表2-63 导柱部分材料及硬度

铰刀切削部分材料	铰刀导柱部分材料	硬 度
W18Cr4V	A6, T7A, 45, 40Cr	>HRC46
硬质合金	9SiCr	>HRC57~62, 开点频淬火

四、导柱结构

导柱结构可根据表2-64选用。

表2-64 导柱结构

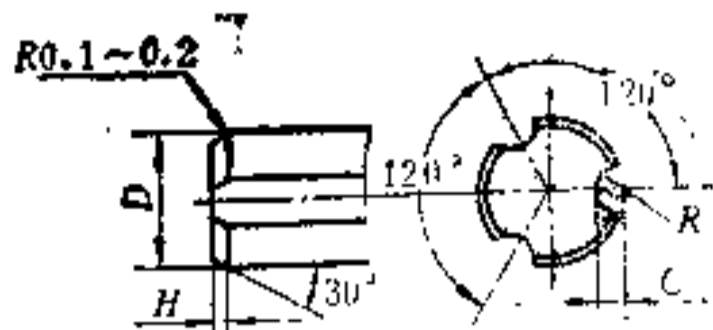
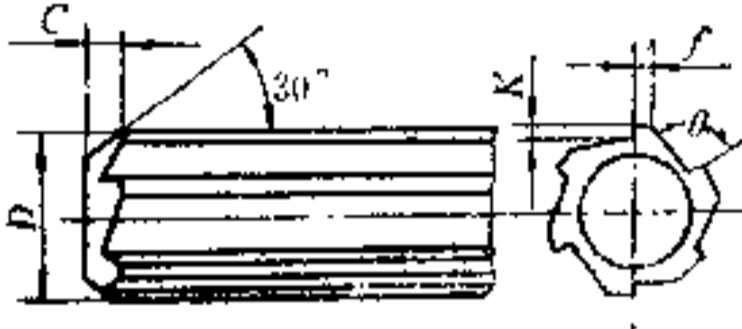
导柱型式	图 形	结构特点	尺 寸
开油槽的 圆柱导向结 构		结构简单, 制造容易, 但与导套间的接触面积大, 润滑不够好, 加工时容易进入切屑, 常易“咬死”	见表2-65
齿槽式导 向结构		减少了与导套的接触面积, 当切屑进入导套时, 可将切屑刮入槽中, 改善了工作情况	见表2-66

表2-65 开油槽的圆柱导向导柱的结构尺寸

(mm)

D	R	C	H	D	R	C	H	D	R	C	H
10~14	1.5	1		>22~24	3			>32~36	4.5		
>14~18	2	1.5	1.5	>24~28	3.5	3	2	>36~40	5	3.5	3
>18~22	2.5	2.5	2	>28~32	4			>40~44	6		
								>44~46	7		

表2-66 齿槽式导向导柱的结构尺寸

(mm)

D	K	θ	f	C
25~30	3		1.5	3
>30~35		70°	2	
>35~50	4	80°	2.5	4
>50~60		90°	3	5

为了改善前导柱进入钻套或预先加工出的零件孔的条件, 常将前导柱制成图2-11形式。尺寸D、R、C可查表2-65。

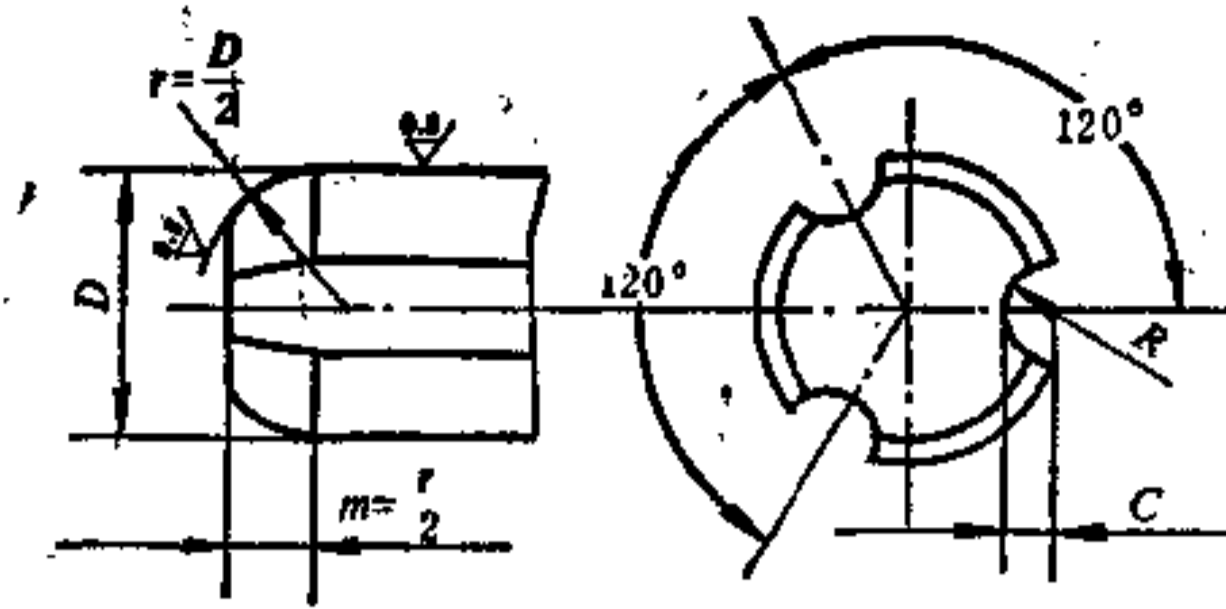


图2-11 前导柱头部结构

导柱部分的油槽或齿槽数常根据铰刀齿数选用，见表2-67。

表2-67 导柱部分的油槽或齿槽数

铰刀齿数	3	4	6	8	10	12
油槽或齿槽数	3	4	3	4	5	4

第五节 机用铰刀的技术条件

一、机用铰刀的加工表面粗糙度

高速钢机用铰刀的表面粗糙度见表2-68，硬质合金铰刀的表面粗糙度见表2-69。

表2-68 高速钢机用铰刀表面粗糙度 (μm)

铰刀部位	表示粗糙度 R_a	铰刀部位	表面粗糙度 R_a
铰刀前刀面	0.4	校准部分后刀面	0.8
切削部分后刀面			
校准部分刃带			
直柄铰刀直柄圆柱表面			
锥柄铰刀的锥柄表面	3.2	铰刀中心孔	6.3
铰刀齿背		其余表面	

表2-69 硬质合金机用铰刀表面粗糙度 (μm)

铰刀部位	表面粗糙度 R_a	铰刀部位	表面粗糙度 R_a
铰刀校准部分刃带	0.1	铰刀后锥部后刀面	0.8
铰刀切削部分后刀面	0.2	铰刀中心孔	
铰刀过渡刃后刀面		0.4	铰刀齿背
铰刀前刀面	6.3		其余表面
铰刀校准部分后刀面			
铰刀柄部表面			

二、机用铰刀直径公差

高速钢机用铰刀的直径公差见表2-70；硬质合金机用铰刀直径公差见表2-71。

表2-70 高速钢机用铰刀的直径公差

(μm)

铰刀直径 $d(\text{mm})$	精度等级											
	H7				H8				H9			
	孔IT	上偏差	下偏差	制造公差	孔IT	上偏差	下偏差	制造公差	孔IT	上偏差	下偏差	制造公差
1~3	10	8	4	4	14	11	6	5	25	21	12	9
>3~6	12	10	5	5	18	15	8	7	30	25	14	11
>6~10	15	12	6	6	22	18	10	8	36	30	17	13
>10~18	18	15	8	7	27	22	12	10	43	36	20	16
>18~30	21	17	9	8	33	28	16	12	52	44	25	19
>30~35	25	21	12	9	39	33	19	14	62	52	30	22
>50~80	30	25	14	11	46	39	22	17	74	62	36	26
>80~100	35	29	16	13	54	45	26	19	84	73	42	31

表2-71 硬质合金机用铰刀直径公差

(μm)

铰刀直径 $d(\text{mm})$	精度等级											
	H7				H8				H9			
	孔IT	上偏差	下偏差	制造公差	孔IT	上偏差	下偏差	制造公差	孔IT	上偏差	下偏差	制造公差
>3~6	12	12	7	5	18	18	11	7	30	30	19	11
>6~10	15	15	9	6	22	22	14	8	36	36	23	13
>10~18	18	18	11	7	27	27	17	10	43	43	27	16
>18~30	21	21	13	8	33	33	21	12	52	52	33	19
>30~50	25	25	16	9	39	39	25	14	62	62	40	22

三、机用铰刀的位置公差

机用铰刀的位置公差见表2-72。

表2-72 高速钢和硬质合金机用铰刀的位置公差

(mm)

项 目	公 差			
	H7级	H8, H9级	柄 部	
			切削部分	校准部分
对公共轴线的径向圆跳动			$d \leq 30$	$d > 30$
	0.015	0.01	0.015	0.015
			0.02	

第六节 机用铰刀设计举例

已知工件材料为45钢，强度 $\sigma_b=0.735\text{GPa}$ ，加工孔径 $\phi 25\text{H7}(\text{+}^{0.021})$ ，孔长40mm，加工表面粗糙度要求 $R_a \leq 1.6\mu\text{m}$ ，孔径扩钻加工至 $\phi 24.5\text{mm}$ ，在Z525钻床上加工，设计一把高速钢机用铰刀。设计步骤及方法见表2-73。

表2-73 高速钢机用铰刀设计步骤与方法

(mm)

序号	名称	符号	计算公式或表格	计算实例
1	铰刀类型		由表2-34	选用高速钢锥柄机用铰刀
2	铰刀直径	d	$d = D$	$d = 25$
3	铰刀直径公差		由表2-70	公差值为 $\begin{matrix} +0.017 \\ -0.009 \end{matrix}$
4	铰刀齿数	z	由表2-35	$z = 8$
5	铰刀刀齿在圆周上的分布			采用等齿距分布
6	齿槽形状及尺寸	θ, F, f, r	由表2-37, 2-38	选用直线齿背, $\theta = 75^\circ, F = 1.2, f = 0.3, r = 1$
7	齿槽方向		由表2-40	选用直槽
8	刀具几何参数	$\kappa_r, \gamma_{or}, \alpha_o, \lambda_s, \phi$	由表2-42	$\kappa_r = 15^\circ, \gamma_{or} = 0^\circ, \alpha_o = 8^\circ, \lambda_s = 0^\circ, \phi = 45^\circ$
9	刀具工作部分材料			选用W18Cr4V
10	刀柄材料			选用40Cr
11	切削部分前端直径	d_4	$d_4 = d - (1.3 \sim 1.4) \times 2e$	铰削余量 $e = 0.25$, $d_4 = 25 - 1.3 \times 0.5 = 24.35$
12	倒锥部分直径	d_2	$d_2 = d - g$, 表2-44	$g = 0.05$, $d_2 = \phi 25 \begin{matrix} -0.033 \\ -0.041 \end{matrix}$
13	铰刀工作部分长度	l	$l = (0.71 \sim 0.8)d$, 参考表2-47	取 $l = 58$
14	铰刀切削部分长度	l_1	$l_1 = \frac{d - d_4}{2} \operatorname{ctg} \kappa_r$	$l_1 = \frac{25 - 24.35}{2} \operatorname{ctg} 15^\circ = 1.2$, 取 $l_1 = 1.5$
15	前导锥长	l_3	$l_3 = 1 \sim 3$	取 $l_3 = 1.5$
16	铰刀圆柱校准部分长	l_6	$l_6 = (0.16 \sim 0.9)d$	$l_6 = 0.8 \times 25 = 20$
17	铰刀总长	L	由表2-45	$L = 242 \sim 268$, 取 $L = 250$
18	柄部莫氏锥度		由表2-45	3#
19	铰刀柄部长	l_2	由附表4	$l_2 = 99$
20	铰刀颈部直径	d_3	由表2-45	$d_3 = 20$
21	铰刀颈部长	l_4	$l_4 = L - l - l_2$	$l_4 = 250 - 68 - 99 = 83$
22	铰刀焊接长度	l_c	由表2-45	$l_c = 74$
23	中心孔	$\begin{matrix} D_{中}, \\ D_{1中}, \\ l_{1中}, l_{中} \end{matrix}$	由附表1 A型	$D_{中} = 2.5, D_{1中} = 5.3, l_{1中} = 2.42$, 取 $l_{中} = 3$
24	画工作图			见图2-12

表2-74 设计复合孔加工刀具时应考虑的问题

应考虑的问题	采用方案	优缺点	使用场合	
切削图形	各阶刀具顺序加工	工艺紧凑, 切削余量均匀, 但刀具长, 悬伸量大, 且各把刀具间的负荷不均匀, 切削时间也较长	由工件加工要求决定, 多采用不同工艺复合刀具加工, 切削时应尽量使各把刀具的切削负荷均衡	
	各阶刀具同时加工	各孔间的同轴度好, 但切削力大、扭矩大, 要求刀具强度高、刚性足、机床功率大	由工件加工要求决定, 多采用同种工艺复合刀具加工, 特别适宜于加工要求相近的互相分离的同轴孔和阶梯孔	
	部分阶刀具同时加工	兼有上述二者的优缺点	由工件加工要求决定, 也多采用不同工艺复合刀具加工	
结构型式	整体式	强度高、刚度足、刀具制造精度高, 加工质量好, 但刀具制造及刃磨困难, 特别是刃磨端面齿更为困难, 此外调整也较费时, 刀具利用率低	用于制造细长的复合孔加工刀具、精加工的复合孔加工刀具和前、后刀具直径相差不太大的复合孔加工刀具	
	装配式	制造刃磨方便, 但因增加了结合面和紧固件, 影响了加工精度, 降低了刀具耐用度。重磨后尺寸可调节, 刀具利用率高	用于粗加工刀具和前、后刀具直径相差较大的复合孔加工刀具及大尺寸的复合孔加工刀具。需要刃磨端齿的复合孔加工刀具也常用装配式	
刀具材料	高速钢	刃磨精度高, 耐热性较硬质合金差	低速的复合孔加工刀具	
	硬质合金	耐热性和耐磨性均好	高速的复合孔加工刀具, 耐用度要求高时	
	高速钢—硬质合金	直径小的, 速度低的刀具用高速钢, 直径大的速度高的刀具用硬质合金, 使各把刀具的耐用度比较均衡	各把刀具的直径相差大时	
刀体材料	9SiCr, 40Cr	强度较高	常用	
排屑方法	客屑槽格局	前、后刀具有各自的容屑槽	切屑不易干扰, 但刀具结构复杂	前、后刀具位置相距较远时
		前、后刀具共用容屑槽	须控制屑流向, 使切屑互不干扰, 否则切屑易缠绕, 不利于排屑, 但刃磨方便	前、后刀具位置相距较近时
		前、后刀具容屑槽错开	有利于排屑, 但制造困难	用于加工轴向尺寸很小的阶梯孔

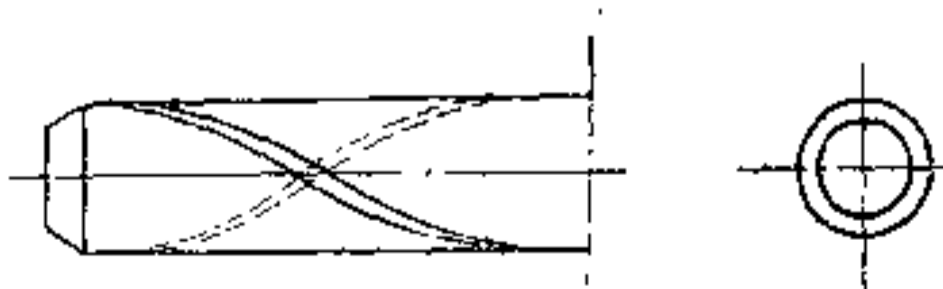
(续)

应考虑的问题		采用方案	优缺点	使用场合
排屑方法	容屑空间	小	排屑不畅, 使前、后刀齿排出的切屑相互干扰, 极易使切屑阻塞, 造成刀齿崩刃或刀齿折断	不宜采用
		大	加大容屑槽深度, 或减少齿数, 使排屑流畅, 切屑不相互干扰	常用
	螺旋角	正常螺旋角	排屑一般	一般场合
		加大螺旋角	排屑好	排屑要求高时
	分屑槽	无	断屑, 分屑作用差	切削刃宽度较小时
		有	断屑、分屑作用好	切削刃较宽时
刀齿安排	前、后刀具刀齿对齐	制造方便	一般场合	
	前、后刀具刀齿错开	铣削前面刀齿的齿槽和齿背时不会碰伤后面的刀齿	用于前、后刀齿位置较近时	
导向装置	有, 详见下节	可以使刀具在加工时保持正确位置, 减少刀具悬伸量, 提高工艺系统刚性, 使切削过程平稳	刀具细长、加工精度要求高时, 以及加工孔径较大的同轴孔时	
	无	刀具不易保持正确位置, 但刀具制造方便	刀具较短, 且加工精度要求不高时	

二、复合孔加工刀具的导向装置

导向装置的类型见表2-75, 导向装置的布局见表2-76, 导向装置的材料见表2-77, 导向装置与导套的配合见表2-78。

表2-75 导向装置的类型

类型	图形	特点	用途
固定式 开油槽的 固定导向 装置		结构简单, 导向装置与导套间的接触面大, 润滑条件差, 切屑易进入槽中产生“咬死”现象	较少用, 使用速度 $v < 0.33\text{m/s}$

(续)


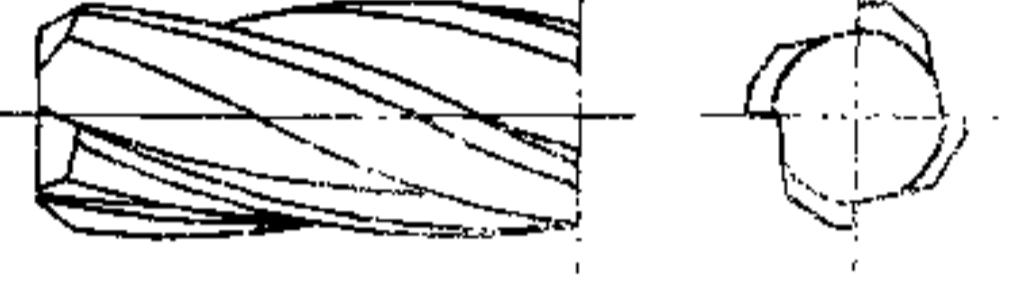
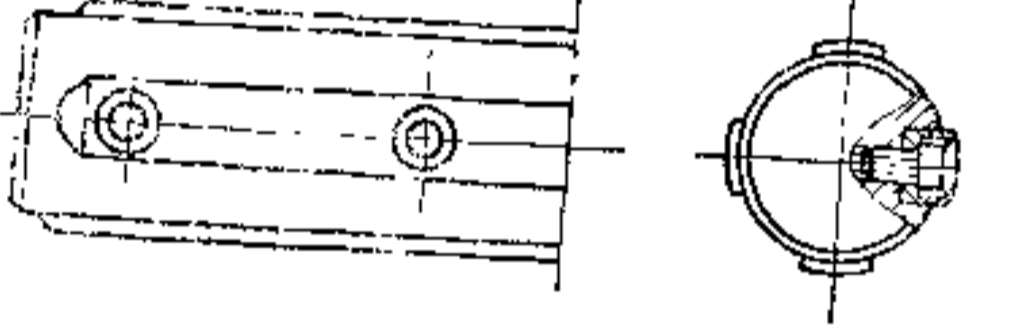
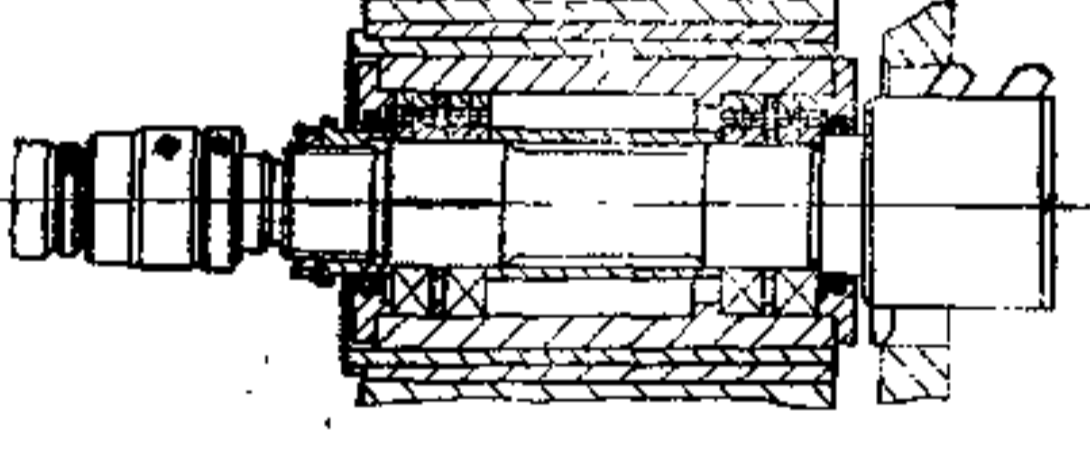
类型	图形	特点	用途
固定式	<p>铣有类似铍刀齿形的导向装置</p> 	<p>减少了导向装置与导套间的接触面, 可将细小切屑刮入槽中。又因润滑条件较好, 切屑不易阻塞</p>	<p>用于 $v < 0.33\text{m/s}$ 和直径 $< 60\text{mm}$ 的刀具, 对低速刀具, 直径可增大至 100mm</p>
	<p>铣有类似扩孔钻齿形的导向装置</p> 		
	<p>镶青铜滑块的导向装置</p> 		
旋转式		<p>有轴承装置, 可提高切削速度, 但结构复杂, 刚性差</p>	<p>用于镗削复合孔时</p>

表2-76 导向装置的布局

导向装置的布局	使用场合
单导向	加工单层壁上小而浅的孔, 或刀具的刀杆悬伸量较小时
双导向	加工大而深的孔, 或刀杆重、悬伸最大时
多导向	加工多层壁的孔, 或刀杆细长, 刚性差以及精度要求高时

表2-77 导向装置的材料

导向装置的位置	导向装置的材料	硬 度
与刀具一体时	W18Cr4V	HRC63~66
	9SiCr	HRC62~5
装在刀杆上时	低碳钢或低合金钢	HRC9

注：导向装置可采用镀铬、氮化等表面处理办法。

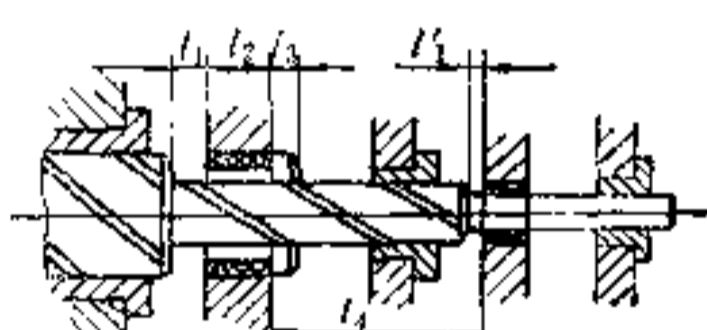
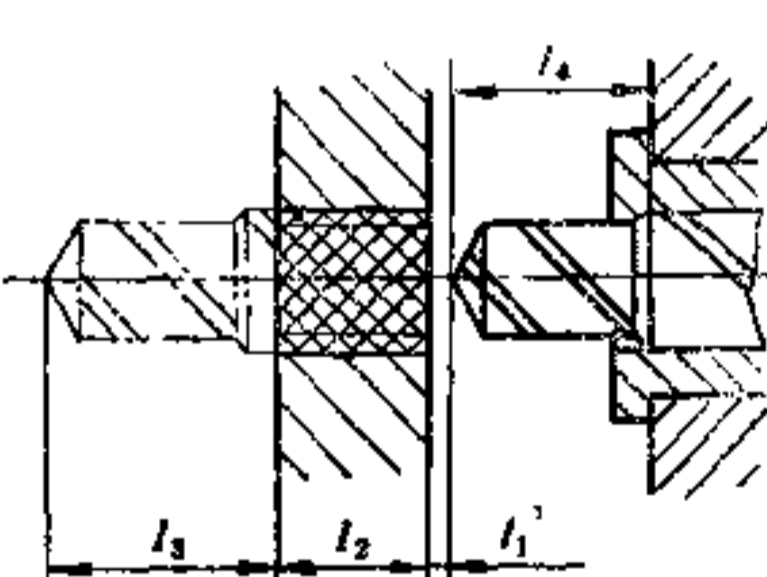
表2-78 导向装置与导套的配合

加工性质	导向装置公差	导套公差
粗加工	$g6$	$h7$
精加工	$g5$	$h6$

三、复合孔加工刀具长度

复合孔加工刀具长度与工作行程、被加工孔长和刀具备磨量等有关，计算公式见表2-79。

表2-79 复合孔加工刀具长度计算 (mm)

切削方式	图 形	计 算 公 式
同类工艺复合孔加工刀具		行程长度 = $l_1 + l_2 + l_3 + \text{各磨量}$ $l_4 > l_1'$ 大直径刀具长 = $l_2 + l_3 + \text{各磨量}$ 小直径刀具长 = $l_4 + l_2 + l_1 - l_1' + \text{各磨量}$
不同类工艺复合孔加工刀具		行程长度 = $l_1 + l_2 + l_3 + \text{各磨量}$ $l_4 > l_2$ 小直径刀具长 = $l_4 + \text{各磨量}$ 大直径刀具长 = $l_3 - l_4 + l_2 + l_1 + \text{各磨量}$

第八节 复合孔加工刀具设计举例

已知工件材料为铸铁，牌号为HT150，加工孔径为 $\phi 28H7$ ，孔长20mm，加工表面粗糙度要求 $R_a \leq 3.2\mu m$ ，在专用机床上加工，有加速进给机构，试设计一把扩—铰复合刀具，扩孔时用进给量为 0.4mm/r ，铰孔时用进给量为 1.4mm/r ，刀具采用前、后导向结构。

设计步骤及方法见表2-80。

表2-80 复合孔加工刀具设计步骤及方法

(mm)

序号	名称	符号	计算公式或表格	计算实例
扩 孔 钻 部 分				
1	扩孔钻直径	d_F	表2-2	取 $d_F=27.8$
2	扩孔钻材料			选用9SiCr
3	槽数	Z_F	表2-3	取4槽
4	槽形	α_{n1}, α_{1F} $b_{n1}, \theta,$ f, h	图2-1	选用直线槽齿背槽形, $\alpha_{n1}=12^\circ, \alpha_{1F}=35^\circ$ $b_{n1}1.5, \theta=90^\circ, f=3.5, h=4$
5	几何参数	$\kappa_r, \gamma_o,$ $\lambda_{1f}, \omega,$ α_o	表2-5	$\kappa_r=60^\circ, \gamma_o=12^\circ, \lambda_{1f}=0^\circ,$ 计算得 $\omega=10.4^\circ$, 取 $\omega=10^\circ, \alpha_o=8^\circ$
6	工作部分长度	l_1	表2-6	$l_1=3$
7	刀具长度	L_F	根据工件的长度, 按表2-8	选 $L_F=25$
8	直径公差		表2-8	$\frac{0}{-0.033}$
9	倒锥度		由第一节二, (六)	取0.1/100
10	切削刃对公共轴线的斜向圆跳动		表2-11	取0.05
11	工作部分对公共轴线的径向圆跳动		表2-11	取0.04
铰 刀 部 分				
12	铰刀直径及公差	$d_{铰}$	表2-71	取 $28 \begin{matrix} +0.021 \\ +0.013 \end{matrix}$
13	铰刀材料		表2-56	选用YG6
14	铰刀刀片型号		附表10	选用E530
15	铰刀齿数	$Z_{铰}$	表2-52	$Z_{铰}=6$, 考虑工件材料为铸铁, 排屑空间要求小, 为了提高精度, 取 $Z_{铰}=8$

(续)

序号	名称	符号	计算公式或表格	计算实例
16	齿槽形状	$B, C, F,$ $f_{切}, \theta_{切},$ r	表2-53	用折线形, $B=5, C=3, F=4.6, f_{切}=0.1\sim 0.25, \theta_{切}=80^\circ, r=0.5$ 因刀片宽度为5, 取 $B=4$
17	齿槽方向			选用直槽
18	几何参数	$\gamma_{0切}, \alpha_{0切},$ $\kappa_{r切}, \phi_{切}$	表2-57	$\gamma_{0切}=0^\circ, \alpha_{0切}$ (切削部分) $=8^\circ,$ $\alpha_{0切}$ (校准部分) $=10^\circ, \kappa_{r切}=6^\circ, \phi_{切}=45^\circ$
19	结构尺寸		表2-58, 表2-43, 表2-44	$l=35, l_1=10,$ 切削部分长 $l_{切}=5,$ $f_{导}=1.5,$ 倒锥量 $=0.04$
20	颈部直径		表2-58, $d_2=d_{切}-(0.8\sim 8)$	$d_2=28-(0.8\sim 8)=27.2\sim 20,$ 取 $d_2=22$
刀 体 部 分				
21	刀体材料			9SiCr
22	柄部		表2-60	选用3号莫氏锥度, 尺寸见附表4
23	对公共轴线的 径向圆跳动		表2-72	铰刀切削部分为0.015, 铰刀校准部分为0.01, 柄部为0.01 为此需将扩孔钻有关部分的径向圆跳动减小
导 向 部 分				
24	导柱结构		表2-61	用前、后导引
25	导柱直径及公差		表2-62	$D_1=26, D_2=30,$ 考虑工件结构, 取 $D_1=20_{-0.016}^{-0.008}, D_2=30_{-0.020}^{-0.010}$
26	导柱长度			取 $l_{前}=110, l_{后}=135$
27	导柱材料		表2-63	与刀体一致, 用9SiCr
28	导柱结构尺寸		表2-64, 表2-65, 表2-66	前导柱用开油槽式, $R=2.5, C=2.5,$ $H=2,$ 用二槽 后导柱用齿槽式, $K=3, f_{导}=1.5,$ $\theta_{导}=70^\circ, C_{导}=3,$ 用八槽
29	画工作图, 定出 其余尺寸			见图2-13

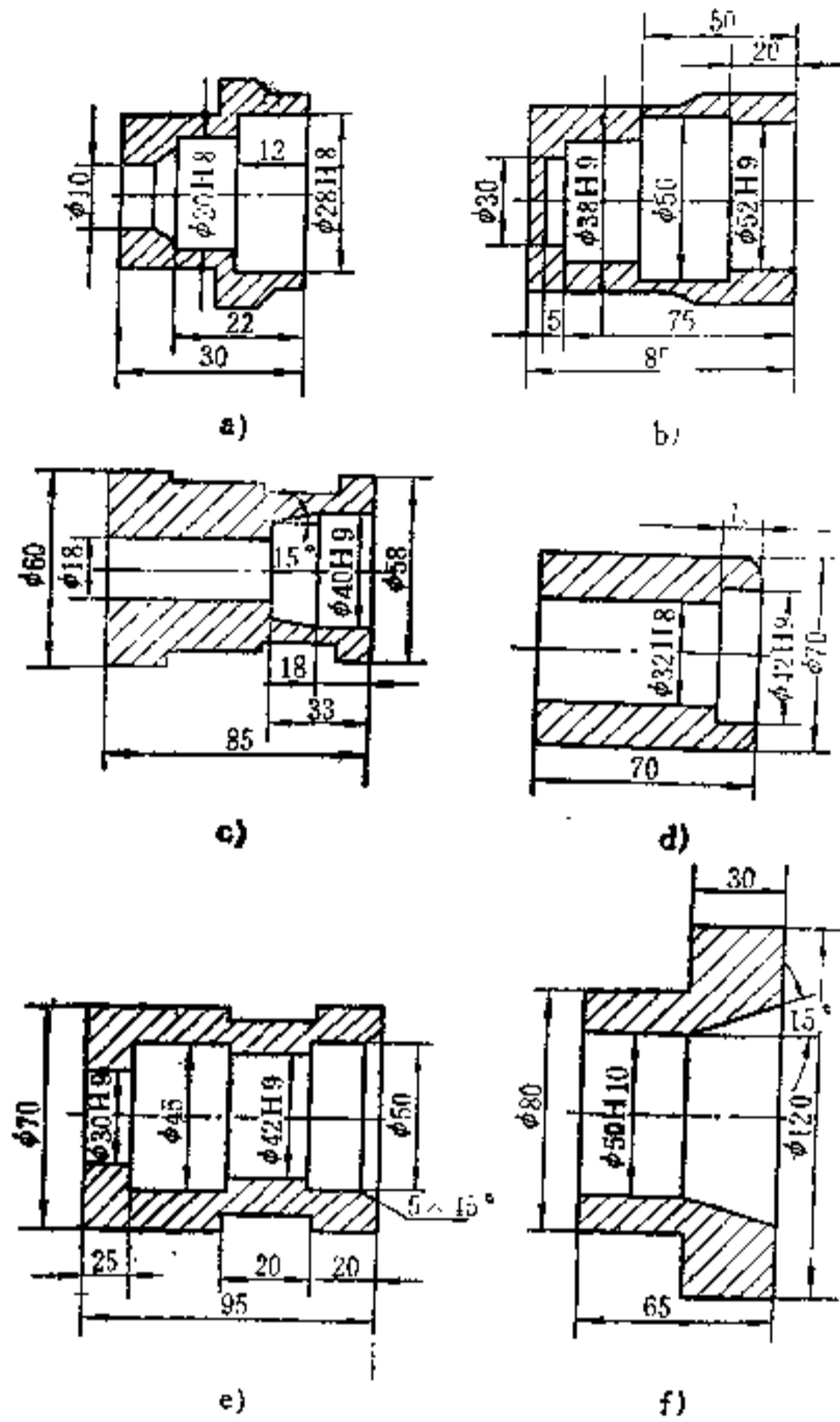


图2-14 工件图

表2-81 设计已知数据

题号	图号	工件材料	σ_b (GPa)	HBS	加工孔
(1)	a	45钢、锻件	0.75	—	20H8, 28H8
(2)	b	35钢、锻件	0.48	—	52H9, 38H930
(3)	c	40Cr钢、锻件	0.80	—	40H9, 15°锥角
(4)	d	40Cr钢、锻件	0.85	—	32H8, 42H9
(5)	e	HT150、铸件	—	150	50, 30H9
(6)	e	HT150、铸件	—	150	42H9, 5×45°倒角
(7)	f	HT180、铸件	—	180	50H10, 15°锥角

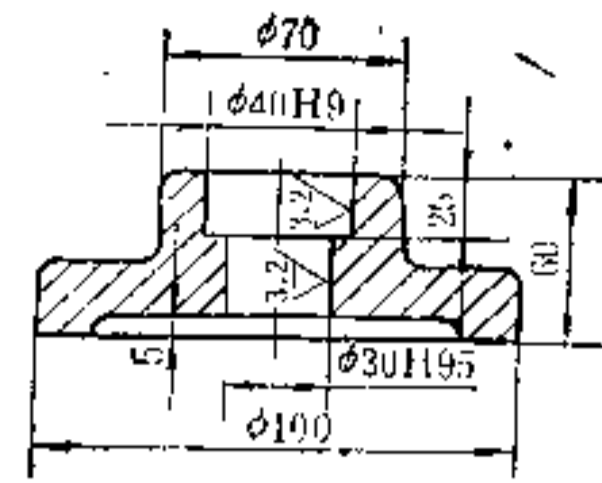
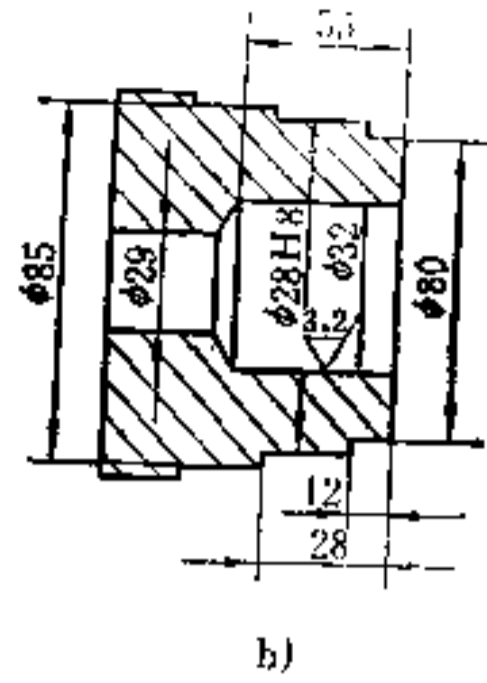
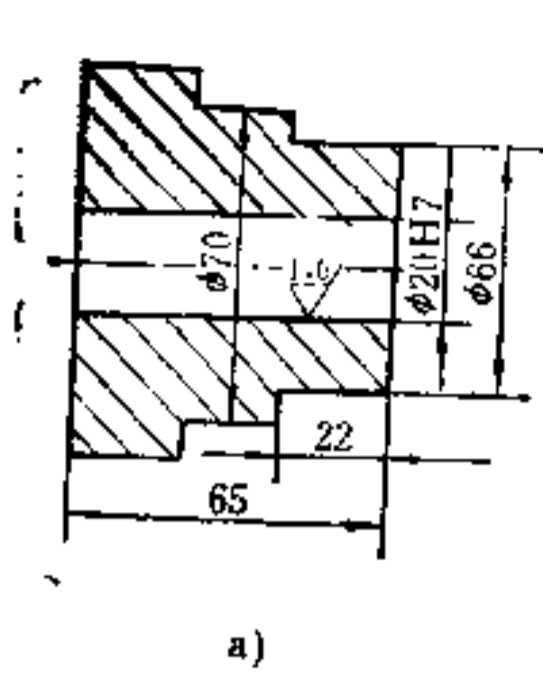


图2-15 工件图

图2-16 工件图

表2-82 设计已知数据

题号	图号	工件材料	σ_b (GPa)	HBS
(1)	a	20Cr钢	0.65	—
(2)	b	HT 150	—	150

第三章 铲齿成形铣刀设计

铲齿成形铣刀是用于铣削工件成形表面的专用刀具。齿背由径向铲齿形成，使其具有成形刃后角。该刀具沿前刀面重磨后能保证刃形不变，在生产中采用较多。

第一节 铲齿成形铣刀结构设计

一、铲齿成形铣刀的结构参数

目前生产上所用铲齿成形铣刀结构参数根据容屑槽槽底形式的不同分为两种结构标准，一种是平底式，另一种是加强齿根式。

(一) 平底式

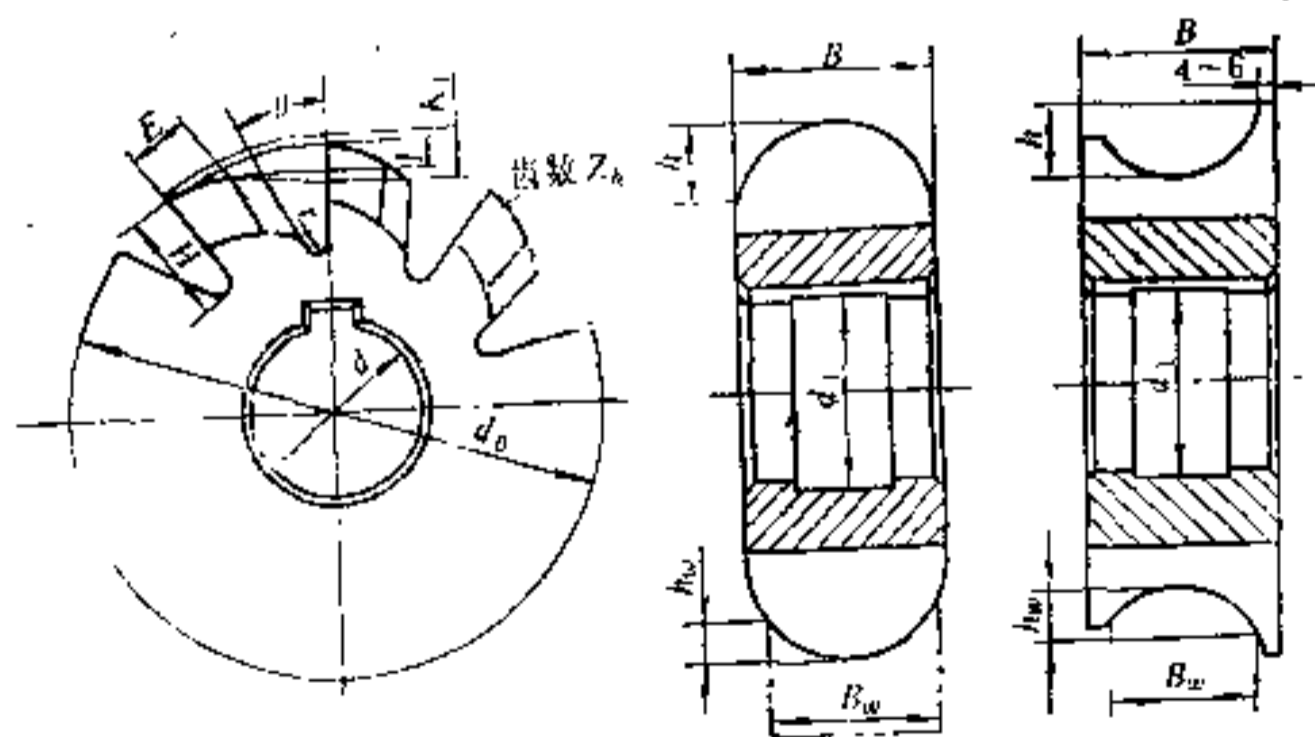
平底式设计制造简单，应用较多。其尺寸标准见表3-1所示。但这种结构使其切削刃上每点的容屑槽深度不相等，最大深度 H 过大时，严重削弱刀齿齿根的强度。因此当齿根厚度 C 与槽深 H 之比较小时 ($C/H < 0.8$)，不宜采用该结构。

(二) 加强齿根式

加强齿根式的尺寸标准见表3-2所示。这种铣刀，槽底形状随刃形起伏（表图中为虚线所示），使切削刃各点的槽深 H_1 相等。为了不使槽底形状过于复杂，便于加工，常用直线或圆弧（其圆弧半径 R 值应与加工齿槽的铣刀直径相适应）组成，只要使切削刃任一点的最大槽深 H 大大小于 H_2 ($H_2 = h + k + r$) 而略大于 H_1 ($H_1 = K + r$) 即可。该结构常用于工件廓形深度较大，以及正前角成形铣刀需要增大比值 (C/H) 的场合。

表3-1 平底式容屑槽成形铣刀结构尺寸

(mm)



工作最大磨削深度 h_{max}	d_0	d		d_1		h	Z_k	K	K_1	E
		B		B						
		≤ 40	> 40	≤ 40	> 40					
≤ 3	60	22	27	23	28	≤ 4	14	2	3	7
$> 3 \sim 5$	70	27		28		$> 4 \sim 6$	12	3	4	9
$> 5 \sim 7$	80									
$> 7 \sim 9$	90	32	32	34	34	$> 6 \sim 8$	10	4.5	6	15
$> 9 \sim 11$	100									
$> 11 \sim 13$	110									
$> 13 \sim 15$	120	40	40	42	42	$> 8 \sim 10$	10	5	7	16
$> 15 \sim 17$	130									
$> 17 \sim 19$	140	40	40	42	42	$> 10 \sim 12$	10	6	9	17
$> 19 \sim 21$	150									
$> 21 \sim 23$	160									
						$> 12 \sim 14$		6.5	10	18
						$> 14 \sim 16$		7	11	19
						$> 16 \sim 18$		7.5	12	20
						$> 18 \sim 20$		8	13	22
						$> 20 \sim 22$		8.5		
						$> 22 \sim 24$				

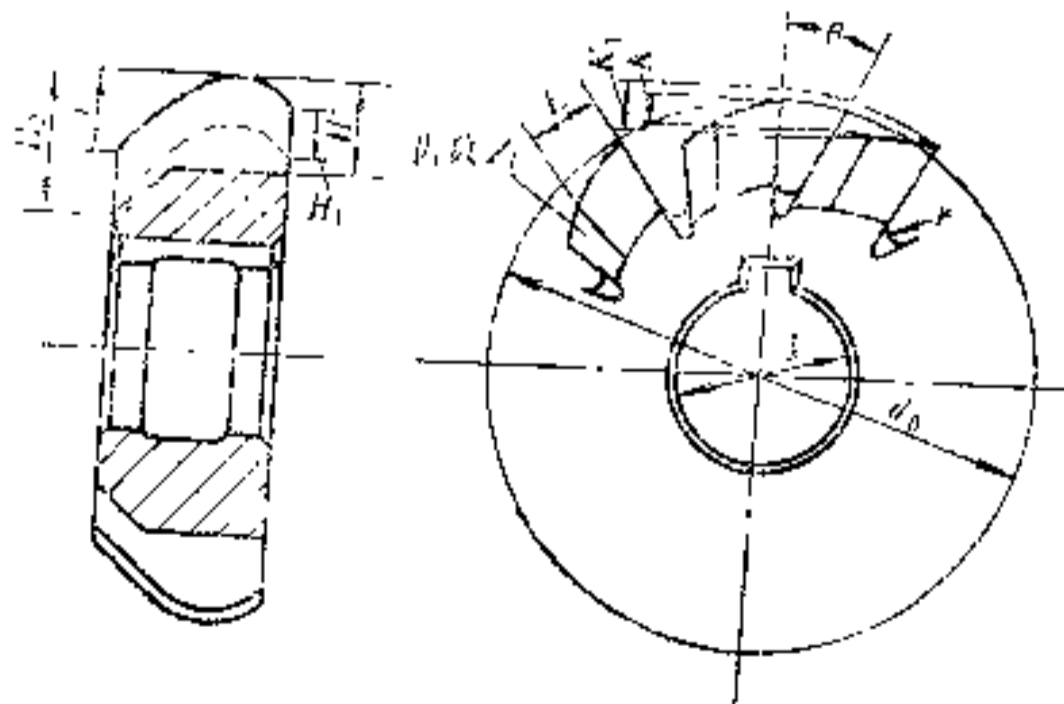
注：1. 键槽尺寸见附表6。

2. 对于直径 $d_0 > 199\text{mm}$ 者，建议用镶齿铣刀。

3. 此表适用于零前角 ($\gamma_f = 0^\circ$) 铣刀，对于正前角 ($\gamma_f > 0^\circ$) 铣刀可适当增大直径 d_0 和减少齿数 Z_k 。

表3-2 加强齿根式容屑槽铲齿成形铣刀结构尺寸

(mm)



(续)

h	d_0	d	Z_k	K	K_1	E	H_2	H_1	H
≤ 4	50	16	14	2.5	3	5.5	—	—	8
$> 4 \sim 5$	55	22	14	3	3.5	6	—	—	9.5
$> 5 \sim 6$	60	22	12	3.5	4	7.5	11	6	7.5
$> 6 \sim 7$	65	22	12	4	5	8.5	12.5	7	8.5
$> 7 \sim 8$	70	27	12	4	5	9	16.5	8	9.5
$> 8 \sim 9$	75	27	12	4.5	5.5	9.5	15	9	10.5
$> 9 \sim 10$	80	27	12	5	6	10	16.5	9	11.5
$> 10 \sim 11$	85	27	12	5	6	11	17.5	9	12.5
$> 11 \sim 12$	90	32	12	5.6	6.5	11.5	19.5	10	14
$> 12 \sim 13.5$	95	32	12	5.5	6.5	12	21	10	15.5
$> 13.5 \sim 15$	100	32	12	6	7	13	23	11	17
$> 15 \sim 17$	105	32	12	6.5	7.5	13.5	25.5	11	19
$> 17 \sim 19$	110	32	10	6.5	7.5	17	27.5	12	21
$> 19 \sim 21$	115	32	10	7	8.5	17.5	30	13	21
$> 2 \sim 23$	120	32	10	7.5	9	18.5	33	14	25.1
$> 23 \sim 26$	130	32	10	8	10	20	36.5	15	28.5
$> 26 \sim 29$	140	40	10	9	11	21.5	41	16	32
$> 29 \sim 32$	150	40	10	9.5	12	23	44.5	17	35
$> 32 \sim 35$	160	40	10	10	12.5	25	48	18	38
$> 35 \sim 38$	170	40	10	10	13	26	52	19	41

注：1. 对于直径 $d_0 > 100\text{mm}$ 者建议用镶齿铣刀。

2. 本表适用于零前角 ($\gamma_f = 0^\circ$) 铣刀。对于正前角 ($\gamma_f > 0^\circ$) 铣刀，其端面容屑槽形需修正设计。

表3-1及表3-2均为零前角铣刀主要结构尺寸，其余结构尺寸及正前角铣刀参数的修正见下述。

二、铲齿成形铣刀结构参数的确定

(一) 铲齿成形铣刀的几何角度 (如图3-1所示)

由于设计制造上的需要及结构上的限制，铲齿成形铣刀规定只给出顶刃的进给前角 γ_f 和后角 α_f (图纸上以铲削量 K 体现)，铣刀前刀面为与轴线平行的平面——即切深前角 $\gamma_r = 0^\circ$ ，切削刃上各点的主偏角 κ_{rx} 由各点的刃形而定。刀刃上任一点 x 的其他角度均可由 γ_f 、 α_f 、 κ_{rx} 换算而得，其中较常用的为

$$\operatorname{tg} \alpha_{rx} = -\frac{R}{R_x} \operatorname{tg} \alpha_f \quad (3-1)$$

$$\operatorname{tg} \alpha_{ox} = \operatorname{tg} \alpha_{rx} \sin \kappa_{rx} = -\frac{R_0}{R_x} \operatorname{tg} \alpha_f \sin \kappa_{rx} \quad (3-2)$$

1) 前角 γ_f 的数值 为了制造方便及保证加工精度，常取 $\gamma_f = 0^\circ$ ，但切削条件不好。为了改

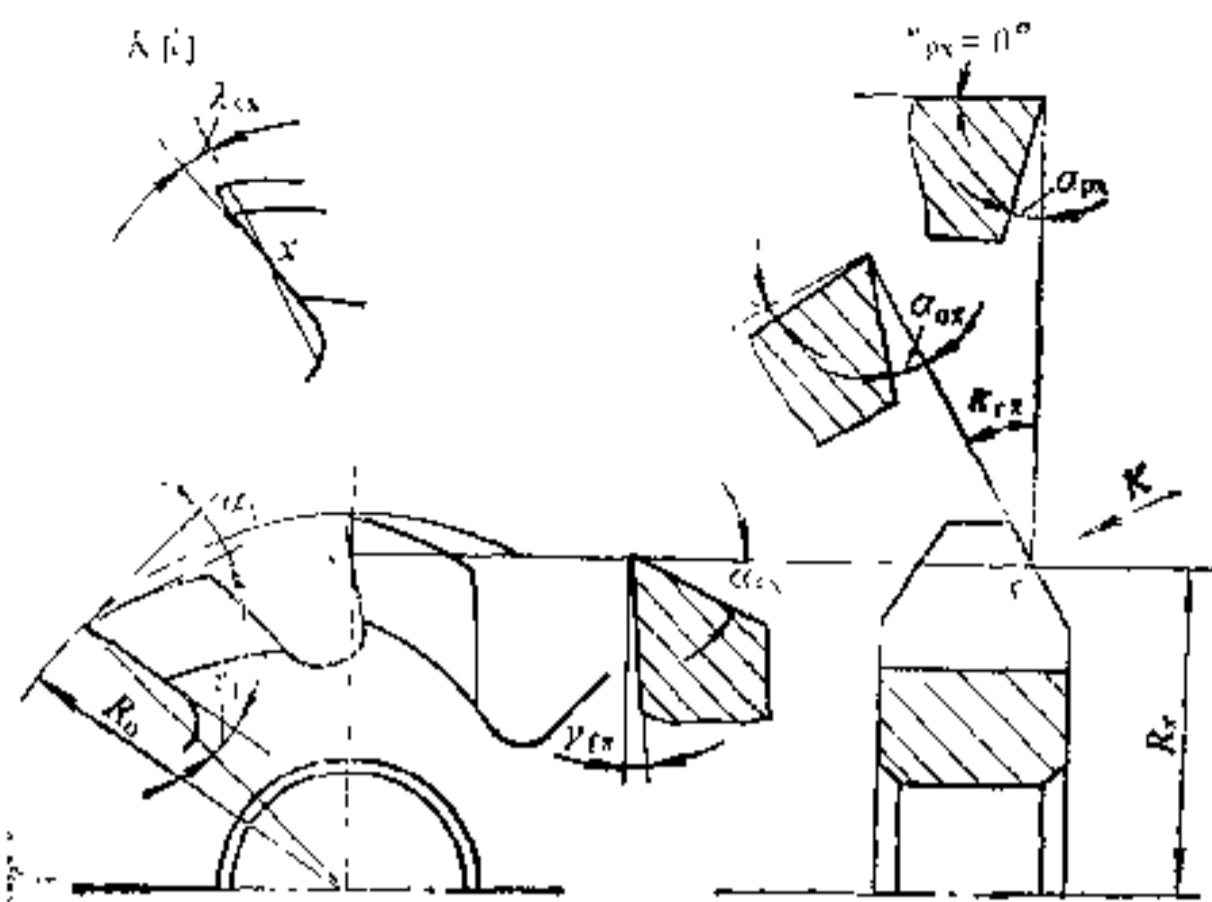


图3-1 铲齿成形铣刀的角度

善切削性能可取 $\gamma_{fr} > 0^\circ$ ，但不宜过大，否则会使齿根厚度减小而削弱刀齿强度，一般切钢时取 $\gamma_{fr} = 5^\circ \sim 10^\circ$ ，切削有色金属时可取更大些。

2) 后角 α_{fr} 的数值 常取 $\alpha_{fr} = 10^\circ \sim 21^\circ$ ， α_{fr} 由铲削量 K 实现 $\left(K = \frac{\pi d_0}{Z_k} \tan \alpha_{fr} \right)$ 。

(二) 铣刀廓形深度 h 和宽度 B (见表3-1图中所示)

铣刀廓形深度 h 可取比工件廓形最大深度 h_w 角大1~2mm。

铣刀宽度 B 可取略大于工件廓形宽度(B_w)1~5mm，建议按下列数据选取：10、12、14、15、16、18、20、22、24、25、26、28、30、32、34、35、36、38、40mm，以后每隔5mm为一推荐数据。

(三) 双重铲削量的确定

对于精度要求高的铲齿铣刀，其齿背除用铲齿车刀铲削外还需用砂轮进行铲磨。由于砂轮行程的限制，刀齿齿背的后段刀磨不能到位，需要在铲磨之前将后段预先多铲削一定量，免得在铲磨后形成后段凸台。这样就形成了双重铲齿，见附表11。

当采用I型时， K_1 需要更换铲齿车床上的凸轮来实现。附表11为铲齿车床常备凸轮升量，具体选用时， K 值和 K_1 值根据铣刀槽底形式可分别查表3-1及表3-2。

当采用II型时，不需更换铲齿凸轮，只需在铲齿时将铣刀刀齿齿背后段多铲 K_2 量， K_2 值可查附表11。

(四) 容屑槽端面槽形及尺寸

铲齿成形铣刀的容屑槽形状及尺寸不能孤立地确定，它与铲齿过程中铲刀的运动有关。为了确定槽形及尺寸，先须仔细了解一下铲齿过程。

如图3-2所示，在位置I时，铲刀向铣刀刀齿移动，在位置II时铲刀开始切入铣刀齿背。可见铲刀是提前 e_1 角铲入的，这样可避免由于机床调整误差和刀齿尺寸误差而产生铲不着齿背前端的现象。同理，为了防止铲不着刀齿齿背后端，铲刀延迟 e_2 角在IV位置开始退出。

由此可见铣刀刀齿齿背能被铲制出的有效齿形应在 e_2 角范围之内。

$$e_2 = e_{\perp} - (e_1 + e_3) \quad (3-3)$$

式中 $(e_1 + e_3)$ 取 $1^\circ \sim 2^\circ$ 。

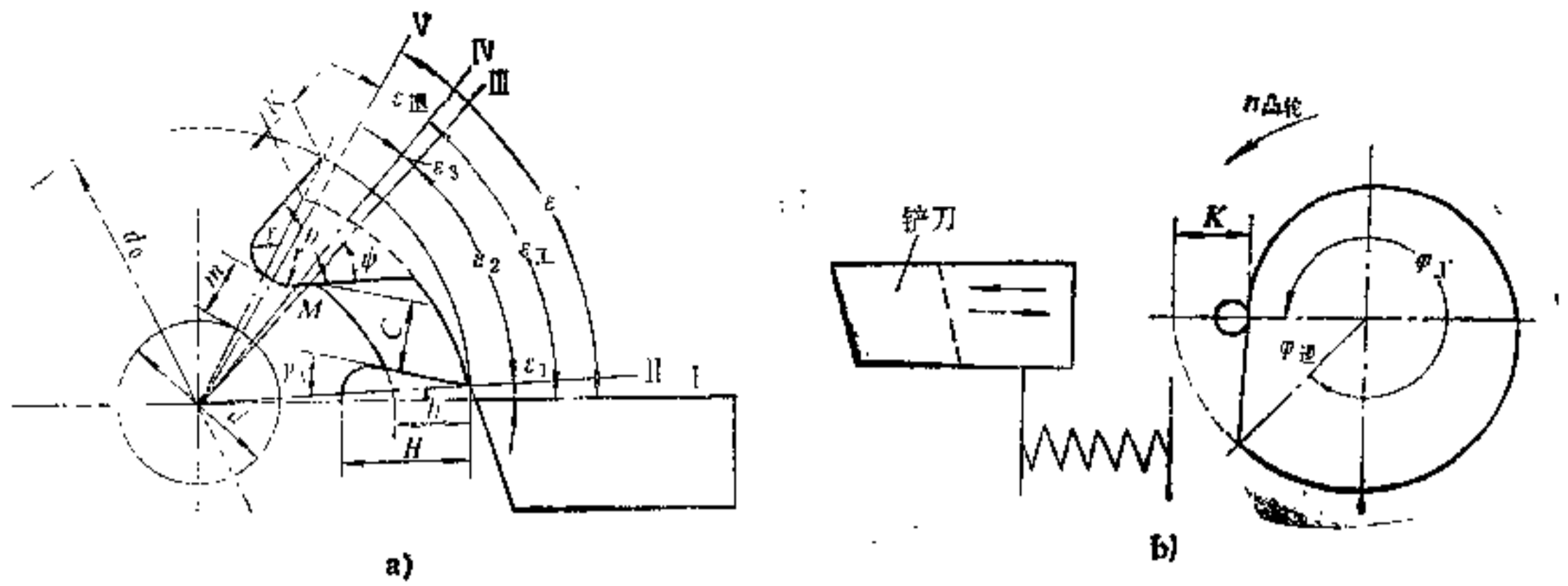


图3-2 容屑槽形状与铲刀运动关系

反之，在 $(e_2 + e_1 + e_3)$ 角范围内只能是容屑槽。

铣刀齿间角 $\epsilon = 360^\circ / z_k$ ； e_1, e_2 与铲床凸轮的出退角 φ_{Δ} 有关， φ_{Δ} 常用 $45^\circ, 60^\circ, 90^\circ$ 三种，相应的 $e_2/\epsilon = 1/8, 1/6, 1/4$ 或者 $e_1/\epsilon = 7/8, 5/6, 3/4$ 。

容屑槽端面槽形尺寸有：

1. 齿槽角 θ

槽背直线过铲削终点 M 与前刀面夹角

$$\theta = e_2 + e_1 + e_3 + \psi - \gamma_f \quad (3-4)$$

式中 ψ 一般取 $15^\circ \sim 20^\circ$ 。

算出 θ 以后，必须修正到符合标准角铣刀的角度。常用 $18^\circ, 22^\circ, 25^\circ, 30^\circ$ 。

2. 槽底圆角半径 r

$\gamma_f = 0^\circ$ 时槽底可作成单圆弧（如表3-1、3-2图中所示）， r 按下式计算：

$$r = \left[\frac{d_0}{2} - h - K' \frac{e_2}{e} \right] \frac{\sin(e_2 + e_1 + e_3)}{\sin\theta} \operatorname{tg} \frac{\theta}{2} \quad (3-5)$$

式中的 K' 值：一次铲齿时 $K' = K$ ；双重铲齿时 I 型为 $K' = (K + K_1)/2$ ，II 型为 $K' = K + K_2$ 。

$\gamma_f > 0^\circ$ 时槽底可作双圆角平底形（如图3-2所示）， r 值可在 $0.75 \sim 3\text{mm}$ 之间随铣刀直径 d_0 的大小选取。

3. 齿槽深度 H

对于表3-1所示平底式容屑槽成形铣刀

$$H = h + K' \frac{e_2}{e} + r \quad (3-6)$$

加强齿根式的齿槽深度 H 见表3-2。

(五) 分屑槽

当铣刀刃段宽度较小时，切削刃不需作分屑槽。当刃段宽度较大时，可按表3-3推荐的尺寸和数目在切削刃段上作出分屑槽。分屑槽亦需铲削。由于相邻刀齿的分屑槽需交错排列，因此，铲刀齿数应取为偶数，铲削时，隔一齿铲削一次，而铲削量为 $2K$ 。

表3-3 成形铣刀分屑槽尺寸和数目

(mm)



铣刀宽度 B(mm)	分屑槽距 P(mm)	至端面距离 p ₁ (mm)	分屑槽数	铣刀宽度 b(mm)	分屑槽距 p(mm)	至端面距离 p ₁ (mm)	分屑槽数
20	8	4	2	50	20	10	2
22	9	4	2	55	22	11	2
24	10	4	2	60	24	12	2
25	10	5	2	65	19	8	3
28	11	6	2	70	20	10	3
30	12	6	2	75	21	12	3
32	13	6	2	80	24	12	3
34	14	6	2	85	19	9	4
35	14	7	2	90	20	10	4
36	14	8	2	95	21	11	4
38	15	8	2	100	22	12	4
40	16	8	2	105	24	12	4
45	18	9	2	110	24	12	4

三、校验

(一) 校验刀体强度

为保证刀体强度，当铣刀内径 d 、外径 d_0 、容屑槽深 H 确定以后需校验刀体壁厚 m ，要求 $m \geq (0.3 \sim 0.5) d$ (见图3-3)。 m 可按下式计算：

$$m = (d_0 - 2H - d) / 2 \quad (3-7)$$

(二) 校验刀齿强度

对于平底式容屑槽，可按下式计算出齿根厚度 C (见图3-2)：

$$C = \left[\frac{d_0}{2} - K' \frac{e_2}{e} - h - \frac{d_0 \sin \gamma_f}{2 \sin (e_2 + \gamma_f)} \right] \sin (e_2 + \gamma_f) \quad (3-8)$$

要求 $C/H \geq 0.8 \sim 1$ ，如不能满足时应增大铣刀外径 d_0 、减少齿数 Z_k ，或者采用加强齿根式槽底铣刀。

对于加强齿根式槽底铣刀，一般不需进行此项校验。

以上两项校验亦可采用作图法进行，即按选定的铣刀结构参数直接画出铣刀的端面投影

图，由图直接观察并测量刀体壁厚 m 和齿根厚度 C 是否足够。

(三) 校验主后角 α_{ox}

切削刃上任一点的主后角 α_{ox} 不应小于 $2^\circ \sim 3^\circ$ ，如图3-1所示，其值可按式(3-2)计算，一般校验切削刃上主偏角 κ_{rx} 最小点处后角。当 $\alpha_{ox} \leq 2^\circ \sim 3^\circ$ 时，应采取下列措施：

1) 增大顶刃后角 α_r ，但应不大于 17° 。

2) 适当修改工件形状，避免出现 $\kappa_{rx} = 0^\circ$ 的刀刃，如图3-3a所示，将 180° 范围内的凸半圆铲齿成形铣刀作成在 160° 范围内的圆弧形，使 A 、 B 两点的主偏角 $\kappa_{rx} = 10^\circ$ ，则该处的 α_{ox} 不致过小。

3) 改变工件安装位置。图3-3b的平装位置改为斜装位置后，可使铣刀切削刃 bc 段的 κ_r 由 0° 变为大于 0° ($\kappa_r = \tau$)，使该段切削刃得到一定的后角。

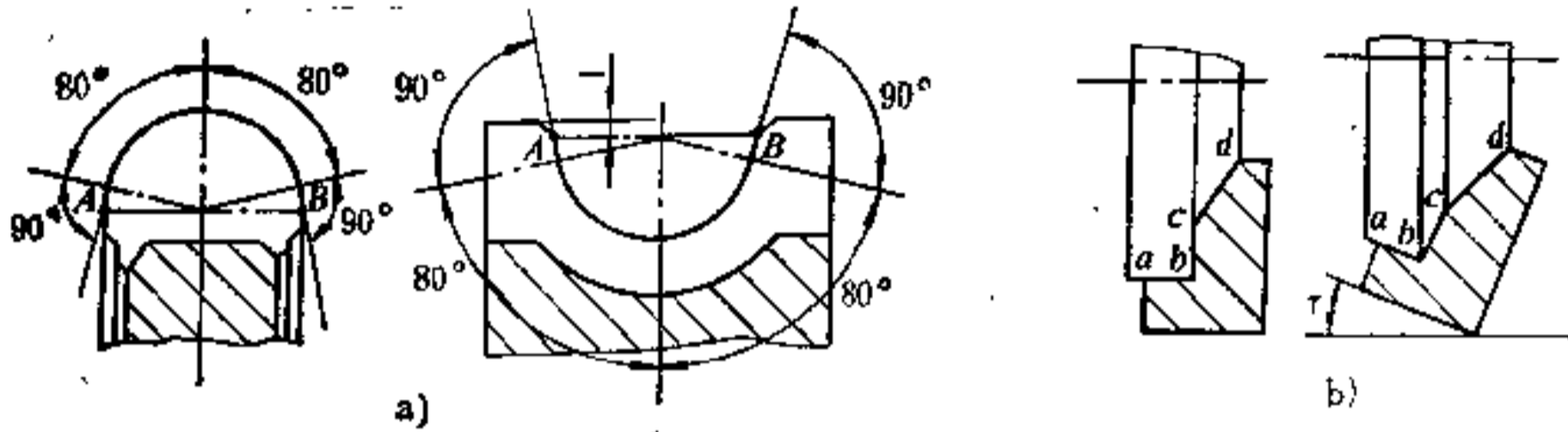


图3-3 改善铣刀后角

a) 修改铣刀刃形 b) 改变工件安装位置

4) 斜向铲齿 这种方法是使铲刀运动方向与铣刀端面成一个 τ 角，如图3-4所示。任意点 x 的主剖面后角 α_{ox} 为

$$\operatorname{tg} \alpha_{ox} = \frac{K Z_k}{2\pi R_x} \sin(\kappa_{rx} + \tau) \quad (3-9)$$

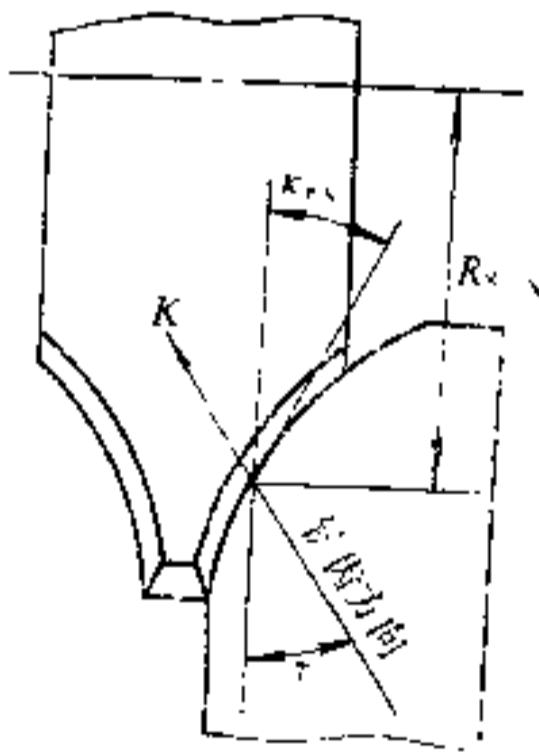


图3-4 斜向铲齿

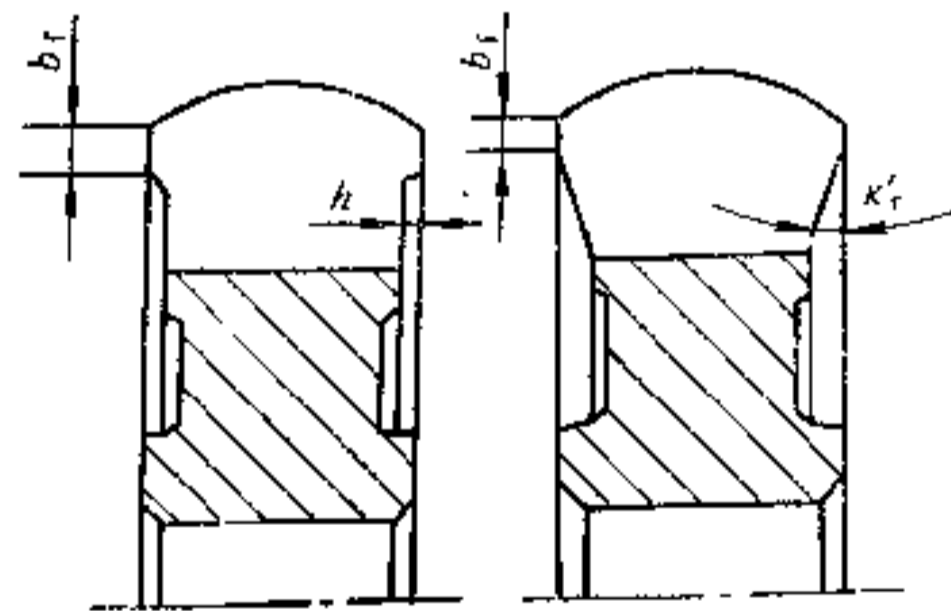


图3-5 在 $\kappa_r = 0^\circ$ 的切削刃处磨出凹槽或副偏角

采用斜向铲齿仅能保证单侧刃 ($\kappa_r = 0^\circ$) 得到后角，不能保证左右两侧刃 ($\kappa_{rx} = \kappa_{rl} = 0^\circ$) 都得到后角。如果要使两侧刃都得到后角，必须两个方向分别斜向铲齿，这样形成的铣刀重磨后会改变刀齿刃段宽度，一般不允许。

5) 在 $\kappa_r = 0^\circ$ 的切削刃处磨出凹槽或副偏角，如图3-5。

(四) 校验铲磨齿形时砂轮是否和下一个刀齿发生干涉

此项检验一般采用作图法。步骤如下(见图3-6)：

1) 按所确定的铣刀参数 d_0 、 Z_k 、 H 、 θ 和 r 作出铣刀刀齿的端面投影图。

2) 在铣刀一个刀齿的齿顶作出径向铲削量 K 可得 B 点。以 $d_0/2$ 为半径,分别以 A 、 B 两点为圆心,画弧相交于 O_1 点,再以 O_1 点为圆心, $d_0/2$ 为半径画圆弧 \widehat{AB} ,得近似齿顶铲背曲线。在前一刀齿的齿顶作出全齿高 h 可得 C 点和 E 点,以 O_1 为圆心、 O_1C 为半径画圆弧 \widehat{CD} ,得近似齿底铲背曲线。

3) 选择砂轮直径为 $D_s=2h+d_s+5\text{mm}$ 。 d_s 为砂轮法兰盘直径(一般 $d_s=25\text{mm}$), D_s 一般应不小于 60mm 。

4) 以 $r_H=(d_0/2)\sin\alpha_f$ 为半径, O 为圆心画辅助圆。

5) 在齿背宽度上取铲磨长度末点 a ,所得齿背磨光宽度为 b [$b=(1/2\sim 2/3)b_1$],过 a 点作半径为 r_H 的辅助圆的切线,铲磨砂轮的中心 O_2 点应位于该切线上,并使砂轮外径切于齿底铲背曲线 \widehat{CD} 。这时砂轮外圆如在后一个刀齿 E 点的上方,砂轮铲磨这一齿时能够保证铲磨齿背宽度 b 而不会和后一个刀齿干涉,否则将发生干涉。如果发生干涉,应减少 Z_k ,减小铲背量 K ,减小砂轮直径 D_s ,缩短齿背磨光宽度 b 和增大齿槽角 θ 或采取其他相应措施,直至砂轮不发生干涉为止。

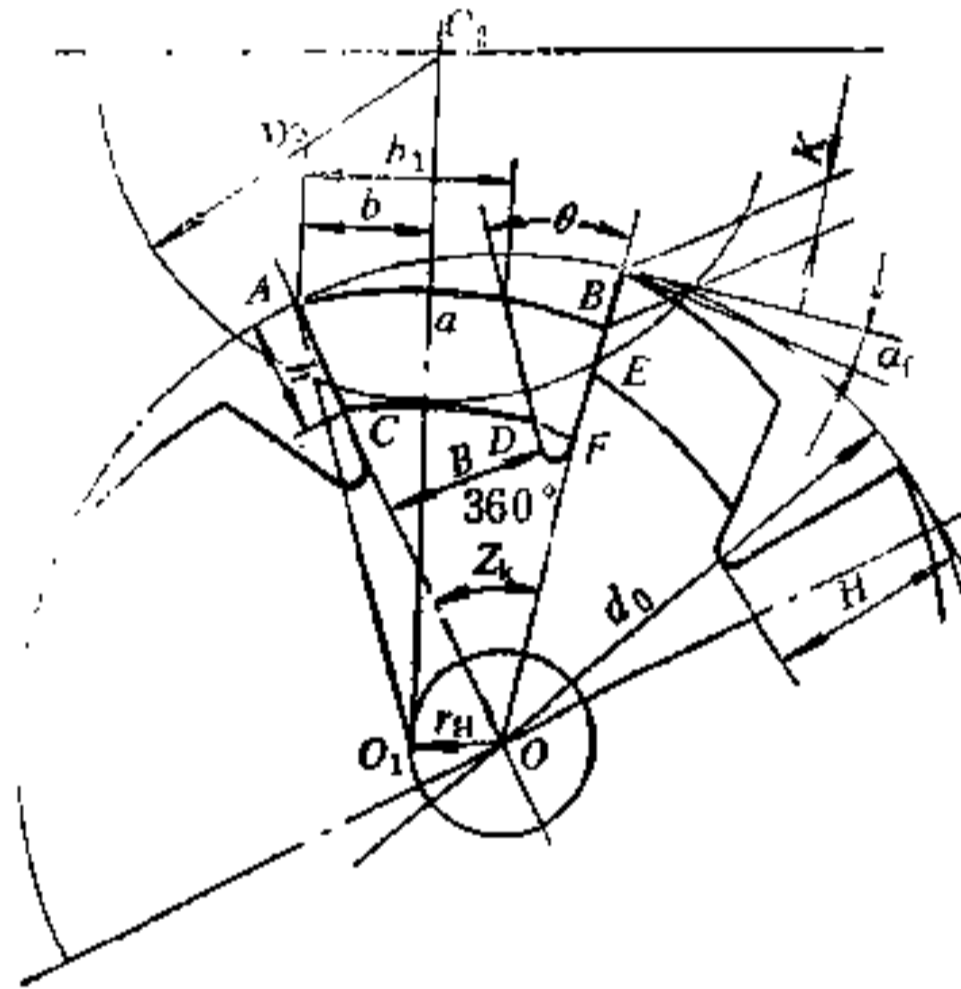


图3-6 铲齿成形铣刀铲磨干涉情况校验

第二节 铣直槽用的铲齿成形铣刀廓形设计

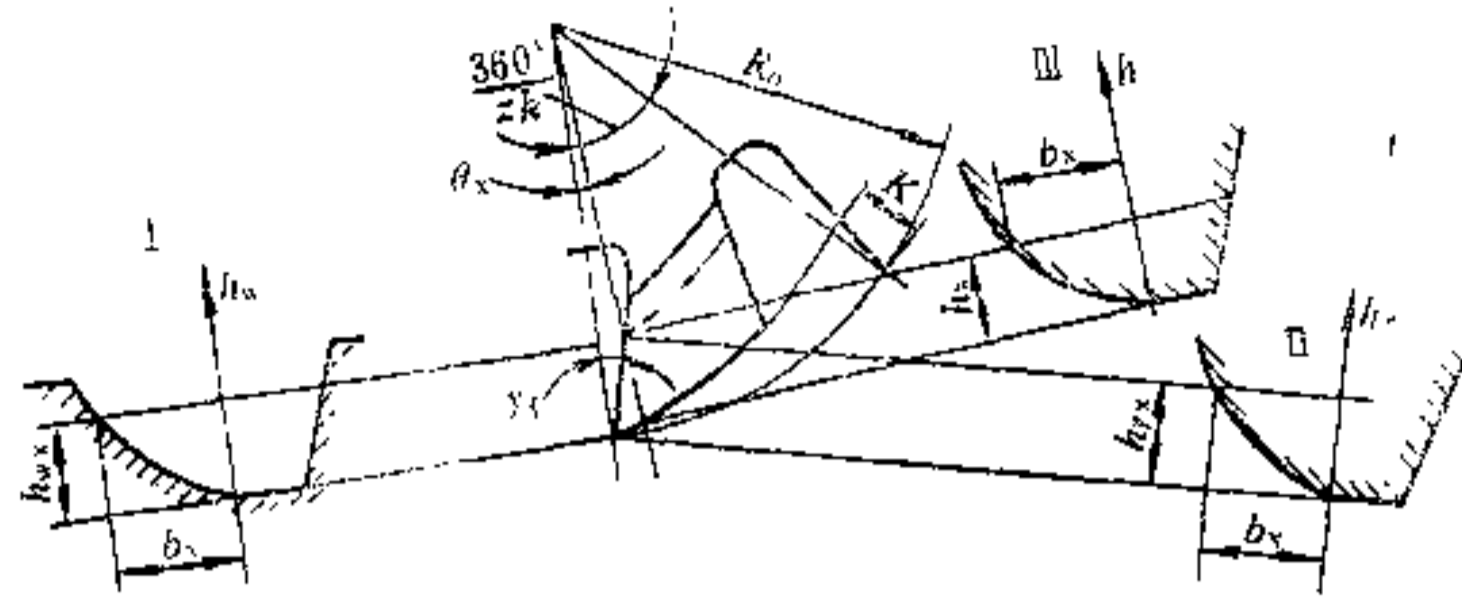
铣刀廓形依据工件的法剖面(或端面)廓形进行设计。

1. $\gamma_f=0^\circ$ 时铣刀的轴向剖面及前刀面廓形与工件廓形完全相同。

2. $\gamma_f>0^\circ$ 时铣刀的廓形宽度与工件廓形宽度相等,但铣刀的廓形深度与工件相应的廓形深度不相等,因此,需要依据工件廓形设计铣刀刀齿在轴向剖面的廓形(用于制作相应的铲齿车刀)和铣刀前刀面廓形(用于制作检验铣刀刃磨精度的样板)。表3-4为 $\gamma_f>0^\circ$ 时成形铣刀廓形深度的计算公式。

表3-4 $\gamma_f > 0^\circ$ 时铲齿成形铣刀廓形深度计算公式

I. 工件与铣刀廓形关系图



正前角铣刀的廓形

I——工件廓形

II——前刀面廓形

III——轴向剖面廓形

II. 任一点x时的廓形深度计算公式

已知条件	工件廓形尺寸	宽度 $b_1, b_2, \dots, b_x, \dots$, 深度 $h_{w1}, h_{w2}, \dots, h_{wx}$
	铣刀结构尺寸	外径 $d_0 = 2R_0$ 前角 γ_f 、铲削量 F 、齿数 Z_k
铣刀轴向剖面廓形深度 h_x		铣刀前刀面廓形深度 h_{fx}
$h_x = h_{wx} - \frac{KZ_k}{360^\circ} \left(\sin^{-1} \frac{R_c \sin \gamma_f}{R_c - h_{wx}} - \gamma_f \right)$		$h_{fx} = \frac{R_c - h_{wx}}{\sin \gamma_f} \sin \left(\sin^{-1} \frac{R_c \sin \gamma_f}{R_c - h_{wx}} - \gamma_f \right)$

注: R_c ——计算半径, 以减小重磨后的误差绝对值, $R_c = d_0/2 - 0.25K$ 。

第三节 样板设计

铲齿成形铣刀需要设计两副样板。一副为检验铣刀刃形, 其廓形与铣刀前刀面廓形相同; 另一副为检验铲齿成形车刀刃形, 其廓形与铣刀轴向剖面廓形相同。

样板的设计方法与成形车刀样板相同。详见第一章第五节。

第四节 铲齿成形铣刀的技术条件

一、不铲磨的成形铣刀的技术条件

(一) 表面粗糙度

- 1) 刀齿前刀面、内孔表面、端面及铲磨铣刀的齿背表面应不大于 $R_a 0.8 \mu\text{m}$ 。
- 2) 铲齿铣刀(不铲磨)的齿背面应不大于 $R_a 1.6 \mu\text{m}$ 。
- 3) 其余部分应不大于 $R_a 6.3 \mu\text{m}$ 。

(二) 尺寸公差

主要结构尺寸的公差见表3-5。

(三) 形状位置公差

形状位置公差见表3-6

表3-5 铣刀主要结构的公差

序号	名称	符号	公差
1	铣刀外径	d_0	h15
2	铣刀宽度	B	h12
3	铣刀孔径	d	H7

表3-6 成形铣刀的形状位置公差 (mm)

序号	项目	铣刀尺寸范围	公差
1	切削刀的径向及端面跳动	$d_0 < 100$ $d_0 \geq 100$	0.03 0.04
2	刀体端面跳动	$d_0 < 100$ $d_0 \geq 100$	0.02 0.03
3	零度前角铣刀前刀面的径向性 (只许凹入)	$H \leq 10$ $10 < H \leq 20$ $20 < H \leq 36$ $H > 36$	0.04 0.06 0.09 0.12

(四) 齿形公差

铣刀的齿形用样板或投影仪检查。允许的透光度见表3-7。当工件的廓形精度要求较严时，铣刀的齿形公差可大致取工件廓形允许误差的 $1/2 \sim 1/3$ 。

表3-7 成形铣刀的齿形公差 (mm)

铣刀齿形深度h	透光度	
	齿形的基本部分	齿顶及圆角部分
≤ 4	0.03	0.06
4~12	0.05	0.09
12~22	0.07	0.12
> 22	0.08	0.15

(五) 材料及热处理

成形铣刀的材料一般用高速钢。热处理后硬度应为HRC63~66。在铣刀的工作部分，不得有脱炭层和软点。

二、需铲磨的成形铣刀，其公差与表面粗糙度等级应比上述规定适当提高。

第五节 铲齿成形铣刀设计举例

一、零度前角 ($\gamma_f = 0^\circ$) 铲齿成形铣刀设计举例

(一) 已知条件 图3-7为工件端截面廓形，成形表面铣后允许廓形误差0.1mm，表面粗糙度 $R_a 1.6\mu\text{m}$ ，材料为紫铜T2，硬度为85~90HBS (热轧)。要求设计铲齿成形铣刀。

(二) 设计步骤见表3-8。零前角铲齿成形铣刀工作图如图3-9。

表3-8 零前角 ($\gamma_f=0^\circ$) 铲齿成形铣刀设计步骤

(mm)

序号	项目	数据来源或公式计算	采用值
1	容屑槽底形式	工件廓形深度不太大, 为制造简便	平底式
2	孔径 d 外径 d_0 齿数 Z_1 铲前量 K K_1	由表3-1取标准值	$d=32$ $d_0=90$ $Z_1=10$ $K=4.5$ $K_1=6$
3	铣刀宽度 B 齿形深度 h	$B=B_w+2=(40+2)=42$ $h=h_w+(1\sim 2)=8.386+1\times\frac{8.386}{15}=8.945$ (h_w 由题几何关系算得为8.386mm)	$B=42$, 左右 侧各大1mm $h=8.945$ mm
4	容屑槽尺寸 槽间角 θ 槽底圆弧半径 r 槽深 H	选用退出角 $\phi_{退}=90^\circ$ 的铲齿凸环 $\varepsilon=\frac{360^\circ}{Z_1}=36^\circ$, $\frac{e_{退}}{e}=\frac{1}{4}$, $\varepsilon_{退}=9^\circ$, $\varepsilon_{退}=-27^\circ$ $\varepsilon_2=\varepsilon_{退}-(\varepsilon_1+r_2)=27^\circ-2^\circ=25^\circ$ $\theta=\varepsilon_{退}+(\varepsilon_1+\varepsilon_2)+\psi=9^\circ+2^\circ+16^\circ=27^\circ$ $r=\left[\frac{d_0}{2}-h-\frac{(K+K_1)}{2}\cdot\frac{e_2}{c}\right]\frac{\sin(\varepsilon_{退}+\varepsilon_1+\varepsilon_2)}{\sin\theta}\operatorname{tg}\frac{\theta}{2}$ $=\left[\frac{90}{2}-8.945-\frac{(4.5+6)}{2}\cdot\frac{25^\circ}{36^\circ}\right]\frac{\sin(9^\circ+2^\circ)}{\sin 27^\circ}\operatorname{tg}\frac{30^\circ}{2}$ $=3.315$ $H=h+\left(\frac{K+K_1}{2}\right)\frac{e_2}{e}+r=8.944+\left(\frac{4.5+6}{2}\right)\frac{25^\circ}{36^\circ}+3=15.59$	$\theta=30^\circ$ (取标准值) $r=3$ $H=16$
5	校验 (1) 壁厚 m	$m=\frac{d_0-2H_2-u}{2}=\frac{90-2\times 16-32}{2}=13$ $m>0.4d$	刀体强度足够
	(2) 齿根厚度 C	$C=\left[\frac{d_0}{2}-\left(\frac{K+K_1}{2}\right)\frac{e_2}{e}-h\right]\sin\varepsilon_2$ $=\left[\frac{90}{2}-\left(\frac{4.5+6}{2}\right)\frac{25^\circ}{36^\circ}-8.944\right]\sin 25^\circ=13.697$ $C/H>0.8$	齿根强度足够
	(3) 主后角 α_{os} (图3-8)	$\operatorname{tg}\alpha_{os}=\frac{R_0}{R_g}\operatorname{tg}\alpha_f\sin\kappa r_g=\frac{R_0}{R_0}\frac{KZ_1}{\pi d_0}\sin\kappa r_g$ $=1\times\frac{4.5\times 10}{3.14\times 90}\sin 41.4^\circ=6.47^\circ$ $\alpha_{os}>2^\circ\sim 3^\circ$	允许
(4) 铲磨干涉	按图3-6校验不干涉	允许	

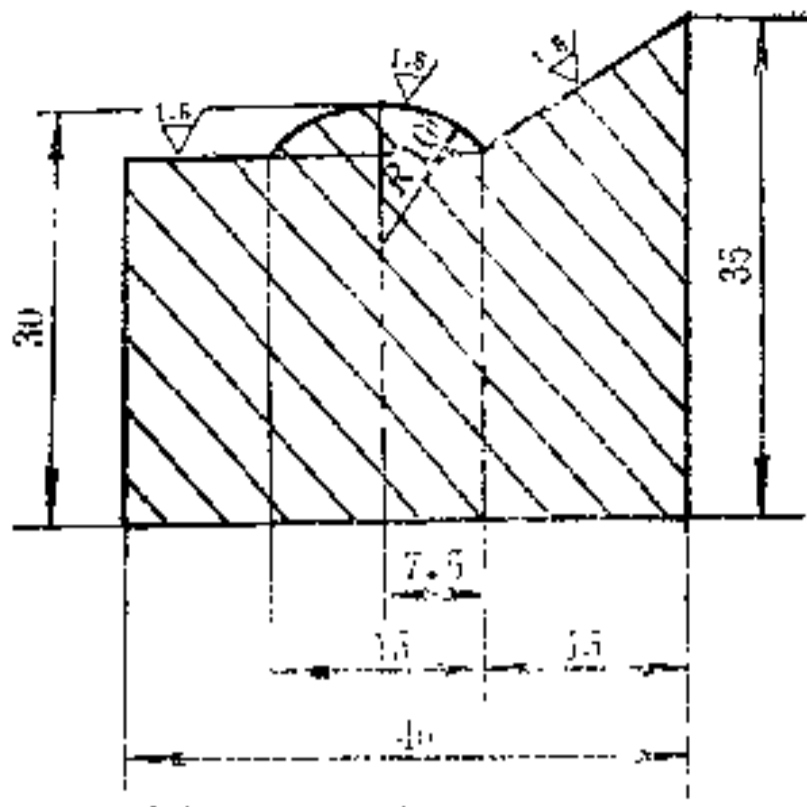


图3-7 工件廓形

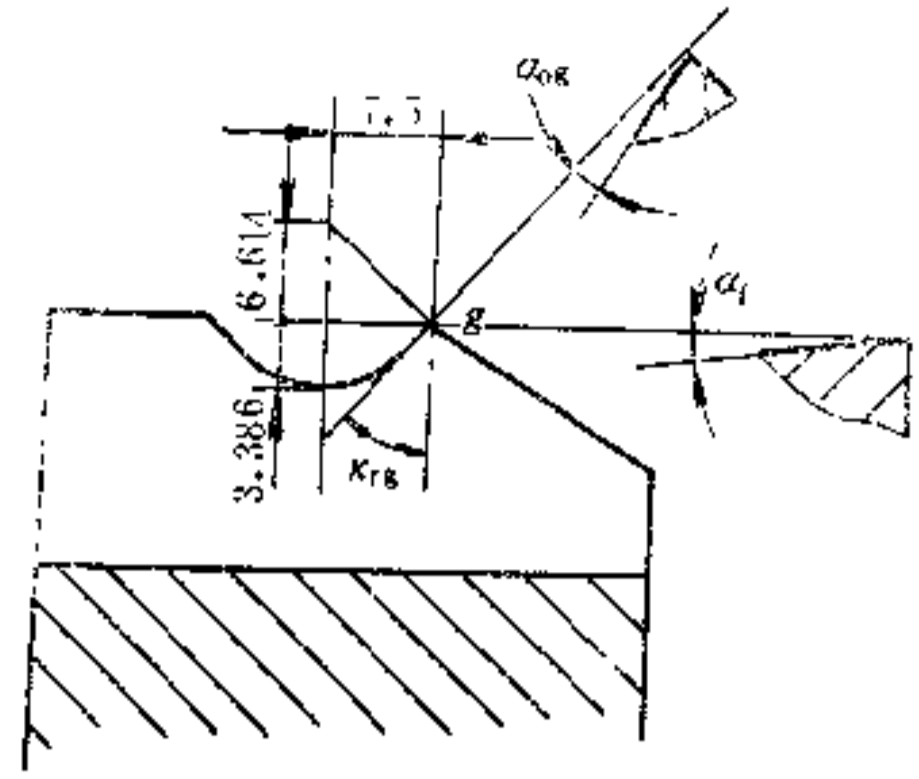
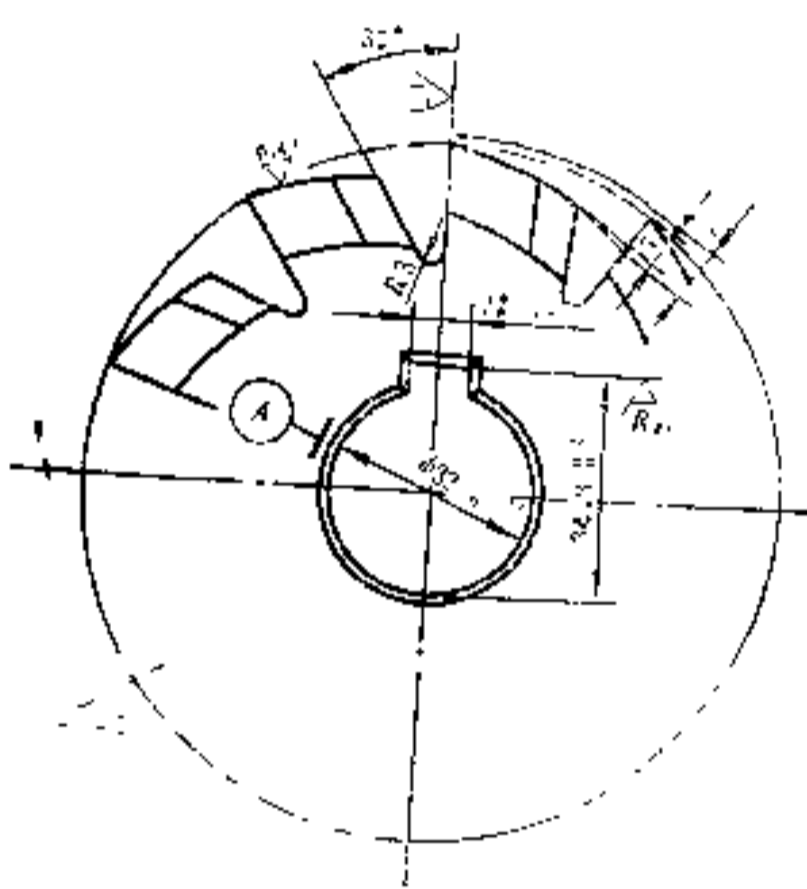


图3-8 检验主后角 α_0



技术条件

1. 热处理HRC63~66
2. 齿面径向性误差不大于0.09mm(只计凹入)
3. 齿形用样板检查,透光度不大于0.03mm

图号		3-9	
材料		W18Cr4V	
班级	机902	比例	1:1 件数 1
设计	宋方 90.8.4	湖南机械高等专科学校	
审核			

图3-9 零前角铲齿成形铣刀工作图

二、正前角 ($\gamma_f > 0^\circ$) 铲齿成形铣刀设计

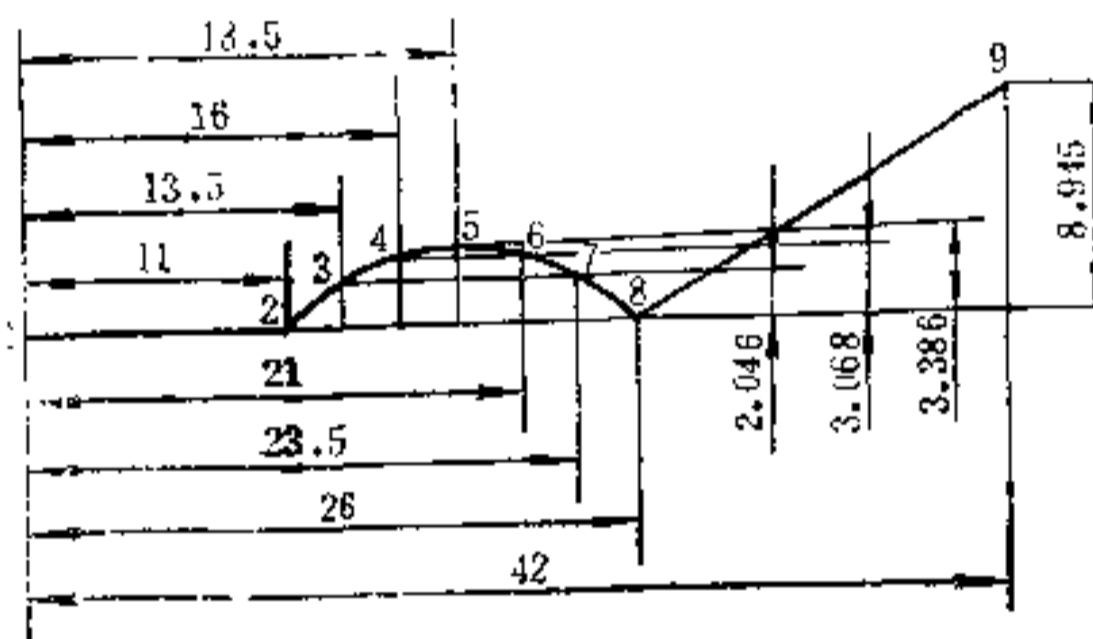
仍采用上例工件(图3-7),设计步骤见表3-9,廓形深度计算见表3-10,工作图见图3-10。

表3-9 正前角 ($\gamma_f > 0^\circ$) 铲齿成形铣刀设计步骤

序号	项目	数据来源或公式计算	采用值
1	容屑槽形式		平底式
2	$\gamma_f + \alpha_f$	加工材料为有色金属	$\gamma_f = 15^\circ$ $\alpha_f = 10^\circ$
3	孔径 d 外径 d_0 齿数 Z_k	由表3-1 $d = 32\text{mm}$ 由于 $\gamma_f > 0^\circ$, 适当增大 d_0 和减少 Z_k	$d = 32\text{mm}$ $d_0 = 95\text{mm}$ $Z_k = 8$
4	铲齿厚 K K_2	$K = \frac{\pi d_0}{Z_k} \tan \alpha_f = \frac{3.14 \times 95}{8} \tan 10^\circ \text{mm} \approx 6.57\text{mm}$ 采用 II 型双重铲齿, $K_2 = 0.7 \sim 0.8\text{mm}$	$K = 6.5\text{mm}$ (参考表3-1) $K_2 = 0.7\text{mm}$
5	铣刀宽度 B 廓形深度 h	$B = B_w + 2 = (40 + 2)\text{mm} = 42\text{mm}$ 由表3-10的轴向廓形深度计算可得 $h = 8.402\text{mm}$	$B = 42\text{mm}$ $h = 8.402\text{mm}$
6	容屑槽端面槽形尺寸 θ r H	选用 $\varphi_{\text{齿}} = 90^\circ$ 的凸轮, $\sigma = \frac{360^\circ}{Z_k} = \frac{360^\circ}{8} = 45^\circ$ $e_{\text{齿}} = 45^\circ \times \frac{1}{4} = 11.25^\circ$, $e_{\text{I}} = 45^\circ \times \frac{3}{4} = 33.75^\circ$ $e_{\text{I}} = e_{\text{I}} - (e_{\text{I}} + e_{\text{齿}}) = 33.75^\circ - 2^\circ = 31.75^\circ$ $\theta = e_{\text{齿}} + (r_{\text{I}} + r_{\text{齿}}) + \psi - \gamma_f = 11.25^\circ + 2^\circ + 16^\circ - 15^\circ$ 由于 $\gamma_f > 0^\circ$ 槽底采用双圆角 $r = 0.75 \sim 3\text{mm}$ $H = h + K' \frac{e_{\text{齿}}}{r} + r = h + (K + K_2) \frac{e_{\text{齿}}}{e} + r$ $= \left[8.402 + (6.5 + 0.7) \frac{31.75^\circ}{45^\circ} + 1.5 \right] \text{mm} = 14.982\text{mm}$	(取标准值) $\theta = 18^\circ$ $r = 1.5\text{mm}$ $H = 15\text{mm}$
校验			

1	壁厚m	$m = \frac{d_0 - 2H - d}{2} = \frac{95 - 2 \times 15 - 32}{2} = 16.5 \text{mm}$ $m > 0.4d$	刀体强度足够
2	齿根厚度C	$C = \left[\frac{d_0}{2} - K' \frac{e_2}{e} - h - \frac{d_0 \sin \gamma_t}{2 \sin(e_2 + \gamma_t)} \right] \sin(e_2 + \gamma_t)$ $= \left[\frac{95}{2} - 7.2 \times \frac{31.74^\circ}{35^\circ} - 8.402 - \frac{95 \sin 15^\circ}{2 \sin(31.75^\circ + 15^\circ)} \right] \sin 46.75^\circ \text{mm}$ $= 12.486 \text{mm}$ $C/H > 0.8$	齿根强度满足
3	主后角 α_{ox}	<p>廓形2 (8) 点κ_{r_2}最小, $\kappa_{r_2} = 41.40^\circ$</p> $\text{tg} \alpha_{ox} = \frac{R_0}{R_2} \text{tg} \alpha_f \sin \kappa_{r_2} = 1 \times \text{tg} 10^\circ \sin 41.40^\circ$ $\alpha_{ox} = 6.65^\circ > (2^\circ \sim 3^\circ)$	允许
4	铲磨干涉	按图3-8进行校验 (略), 不干涉	允许

表3-10 铣刀廓形深度计算



(一) 已知条件	<p>工件廓形尺寸如图 (根处铣刀宽度, 左右侧已各比原件宽度大1mm) 所示, 其中各点廓形深度h_{wx}根据几何关系计算而得</p> <p>铣刀结构尺寸: $d_0 = 95$, $Z_k = 8$, $K = 6.5 \text{mm}$, $\gamma_A = 15^\circ$</p>
----------	---

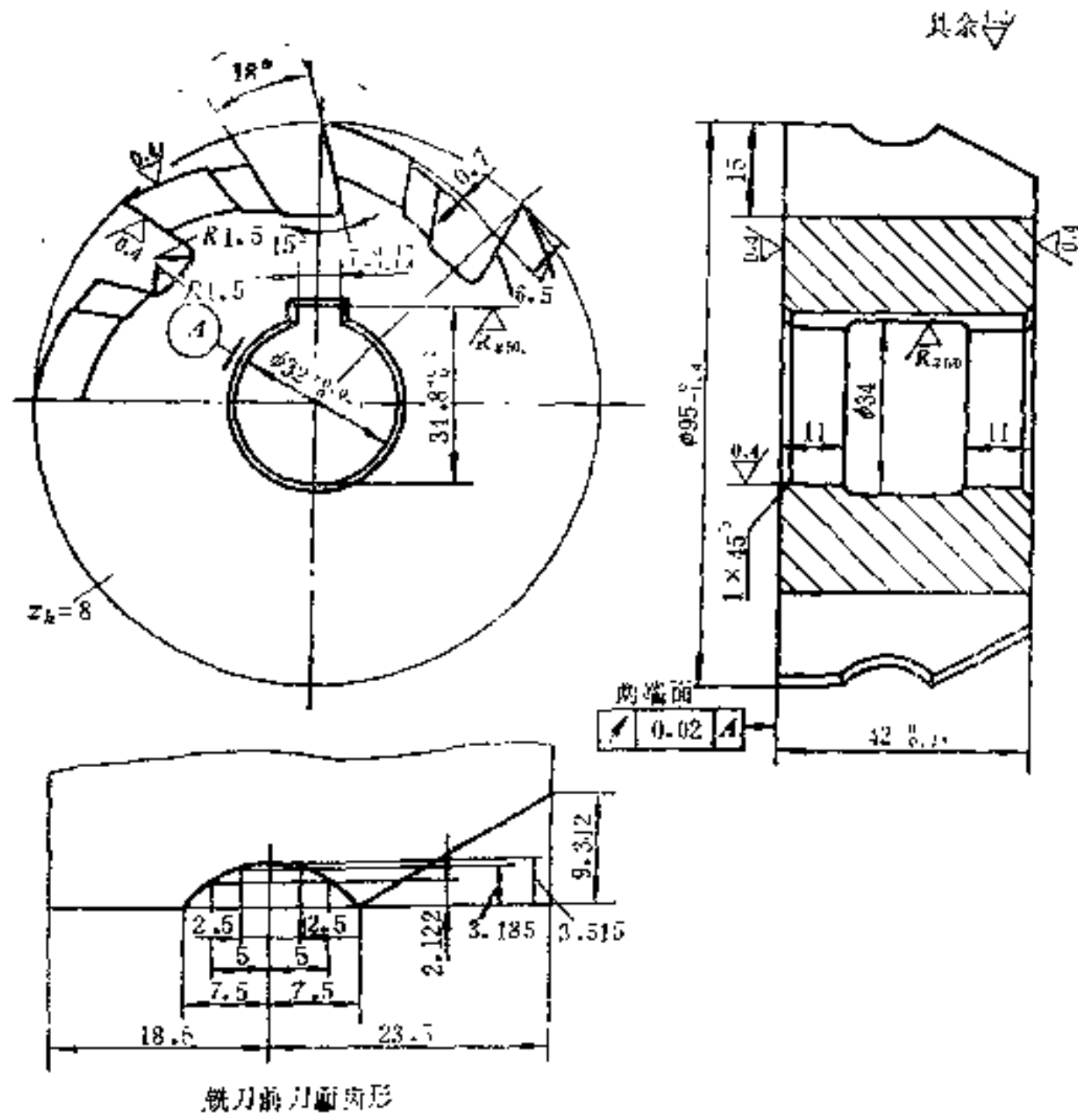
(二) 计算铣刀轴向剖面廓形深度		
序号	廓形深度计算	采用值
1	$h_x = h_{wx} - \frac{KZ_k}{360^\circ} \left(\sin^{-1} \frac{R \sin \tau_f}{R_c - h_{wx}} - \tau_f \right)$ $R_c = \frac{d_0}{2} - 0.25K = \left(\frac{95}{2} - 0.25 \times 6.5 \right) \text{mm} = 45.875 \text{mm}$ $\sin \tau_f = \sin 15^\circ = 0.2588$ $R_c \sin \tau_f = 45.875 \times 0.2588 \text{mm} = 11.8735 \text{mm}$ $\frac{KZ_k}{360^\circ} = \frac{6.5 \times 8}{360} \text{mm} = 0.1444 \text{mm}$	

(续)

序号	原形深度计算	采用值
2	$h_8 = h_7 = \left[2.046 - 0.1444 \times \left(\sin^{-1} \frac{11.8733}{45.875 - 2.046} - 15^\circ \right) \right] \text{mm} = 1.942 \text{mm}$	$h_8 = h_7 = 1.942 \text{mm}$
3	$h_4 = h_6 = \left[3.068 - 0.1444 \times \left(\sin^{-1} \frac{11.8733}{45.875 - 3.068} - 15^\circ \right) \right] \text{mm} = 2.908 \text{mm}$	$h_4 = h_6 = 2.908 \text{mm}$
4	$h_8 = \left[3.386 - 0.1444 \times \left(\sin^{-1} \frac{11.8733}{45.875 - 3.386} - 15^\circ \right) \right] \text{mm} = 3.1814 \text{mm}$	$h_8 = 3.181 \text{mm}$
5	$h_8 = \left[8.945 - 0.1444 \times \left(\sin^{-1} \frac{11.8733}{45.875 - 8.945} - 15^\circ \right) \right] \text{mm} = 8.4024 \text{mm}$	$h_8 = 8.402 \text{mm}$

(三) 计算铣刀前刀面廓形深度

	$h_{\gamma_s} = \frac{R_c - h_{wx}}{\sin \gamma_f} \sin \left(\sin^{-1} \frac{R_c \sin \gamma_f}{R_c - h_{wx}} - \gamma_f \right)$	
1	$h_{\gamma_8} = h_{\gamma_7} = \frac{43.829}{0.2588} \times \sin \left(\sin^{-1} \frac{11.8733}{43.8291} - 15^\circ \right) \text{mm} = 2.1216 \text{mm}$	$h_{\gamma_8} = h_{\gamma_7} = 2.122 \text{mm}$
2	$h_{\gamma_4} = h_{\gamma_6} = \frac{42.807}{0.2588} \times \sin \left(\sin^{-1} \frac{11.8733}{42.806} - 15^\circ \right) \text{mm} = 3.1845 \text{mm}$	$h_{\gamma_4} = h_{\gamma_6} = 3.185 \text{mm}$
3	$h_{\gamma_8} = \frac{42.489}{0.2588} \times \sin \left(\sin^{-1} \frac{11.873324}{43.489378} - 15^\circ \right) \text{mm} = 3.5151 \text{mm}$	$h_{\gamma_8} = 3.515 \text{mm}$
4	$h_{\gamma_8} = \frac{36.930}{0.258819} \times \sin \left(\sin^{-1} \frac{11.8733}{36.9303} - 15^\circ \right) \text{mm} = 9.3422 \text{mm}$	$h_{\gamma_8} = 9.342 \text{mm}$



铣刀前刀面齿形

技术条件

1. 热处理HRC63~66
2. 前刀面径向性误差不大于0.09mm
3. 齿形用样板检查, 透光度不大于0.03mm

正前角($\gamma_f > 0^\circ$)铲齿形铣刀		图号	3-10		
		材料	W18Cr4V		
班级	机制921	比例	1:1	件数	1
设计	徐华	1991.5.8	湘潭机械高等专科学校		
审核					

图3-10 正前角 ($\gamma_f > 0^\circ$) 铲齿成形铣刀工作图

第六节 铲齿成形铣刀设计题选

1. 如图3-11为一工件端剖面廓形及尺寸。工件材料为40Cr, 铣后要求工件表面粗糙度 $R_a 3.2\mu\text{m}$ 。设计铲齿成形铣刀。

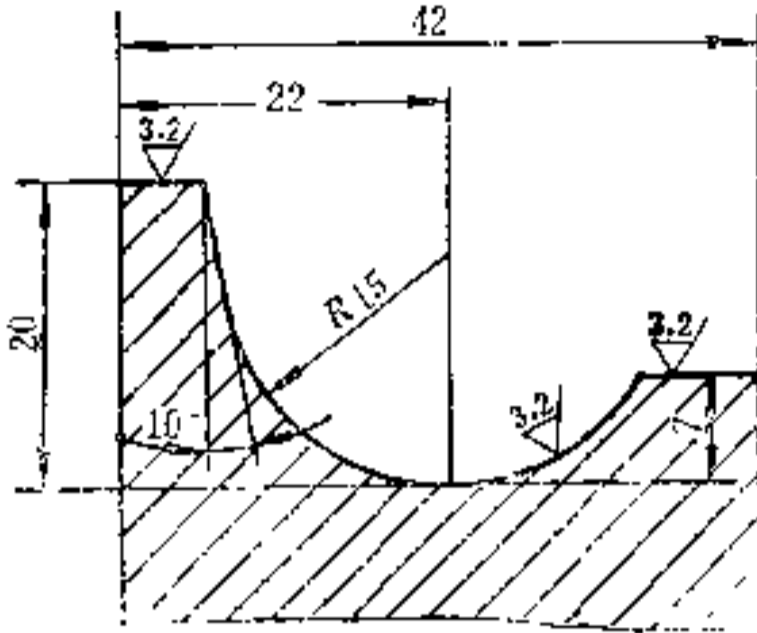


图3-11 题1插图

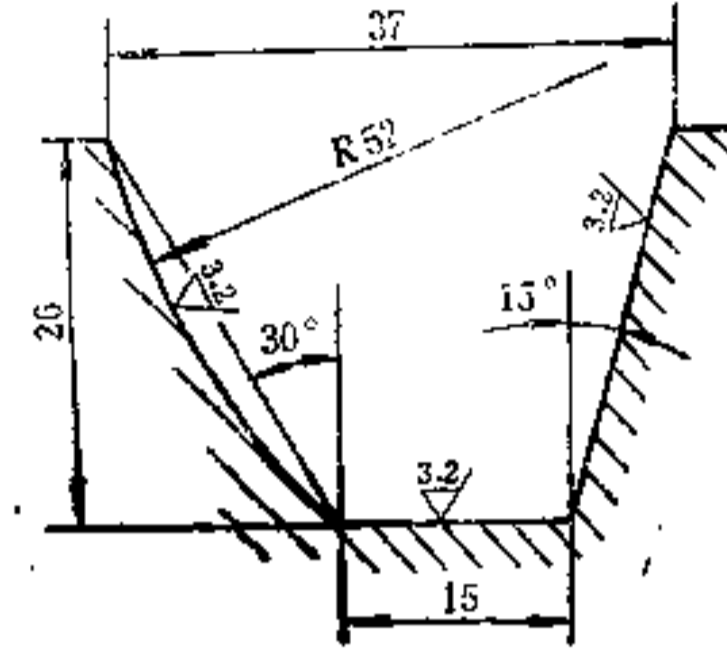


图3-12 题2插图

2. 如图3-12为工件端面廓形及尺寸。工件材料为45钢, $\sigma_b = 0.75\text{GPa}$, 铣后要求工件表面粗糙度 $R_a 3.2\mu\text{m}$ 。设计铲齿成形铣刀。

3. 如图3-13为一工件端面廓形及尺寸。工件材料为紫铜 T2, 硬度 85~90HBS (热轧)。铣后要求工件表面粗糙度 $R_a 1.6\mu\text{m}$ 。设计铲齿成形铣刀。

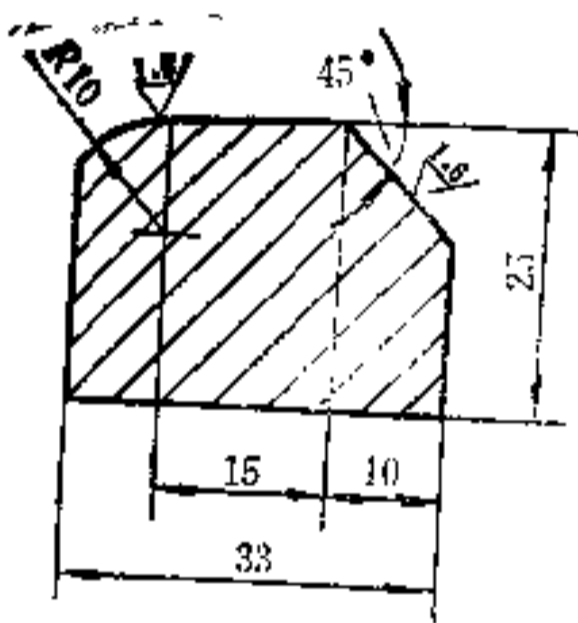


图3-13 题3插图

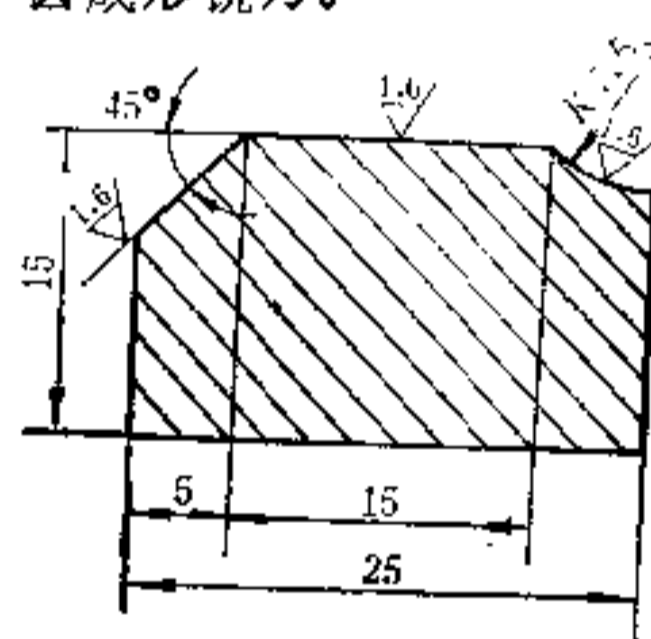


图3-14 题4插图

4. 如图3-14为工件端面廓形及尺寸。工件材料为黄铜 H68, 硬度 54HBS (铸件退火状态)。廓形要求表面粗糙度 $R_a 1.6\mu\text{m}$ 。设计铲齿成形铣刀。

5. 如图3-15为工件凹圆弧槽廓形。工件材料为45钢, 工件廓形要求表面粗糙度 $R_a 3.2\mu\text{m}$ 。圆弧半径 R 的尺寸系列如下:

序号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$R(\text{mm})$	20	8	16	15	12	10	8	6	5	4

6. 设计铲齿成形铣刀。如图3-16为工件廓形及尺寸, I、II为不加工部位, 工件材料为40钢, 工件廓形要求表面粗糙度 $R_a 3.2\mu\text{m}$ 。工件的尺寸系列见表3-11。设计铲齿成形铣刀。

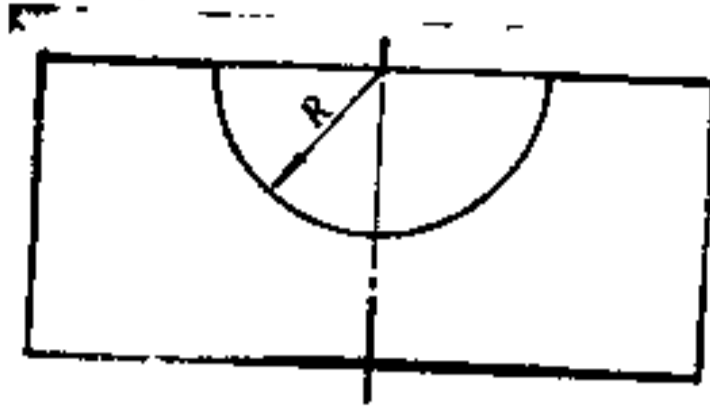


图3-15 题5插图

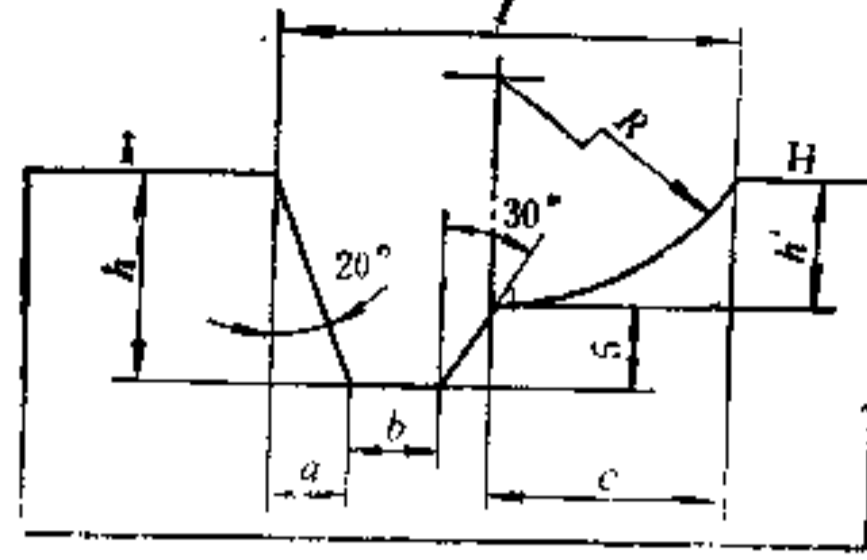


图3-16 题6插图

表3-11 题6中工件廓形尺寸 (mm)

序号	R	h'	h	c	a	l	b
1	5	1.47	6.47	3.53	2.36	15	5
2	7.5	2.20	7.20	5.30	2.63		
3	10	2.93	7.93	7.07	2.89	20	
4	12	3.51	8.51	8.46	3.10		
5	15	4.39	9.39	10.60	3.43	25	
6	18	5.27	10.27	12.70	3.74		
7	20	5.86	10.86	14.14	3.95	35	
8	25	7.32	12.32	17.67	4.48		
9	30	8.78	13.78	21.21	5.02	50	
10	40	11.72	16.72	28.28	6.08		

第四章 拉刀设计

拉刀是常用的非标准刀具之一，它的同时工作齿数多，每齿的切削刃长，一次行程即可完成粗精加工，生产率高，使用寿命长，但由于刀具结构复杂，制造成本高，多用于成批、大量生产。

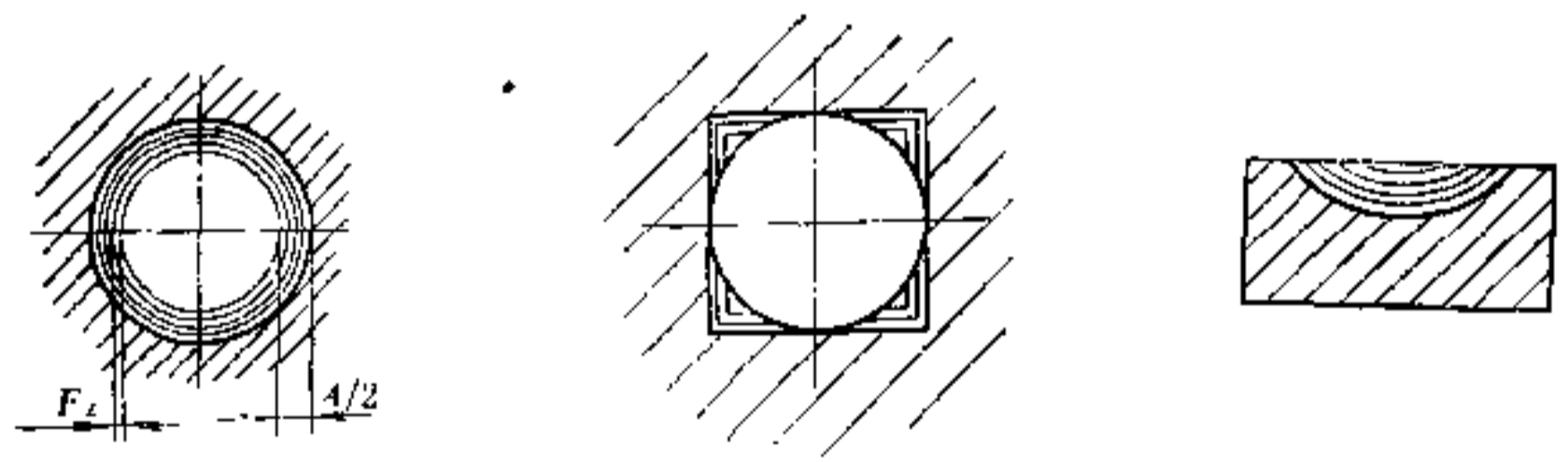
拉刀可加工各种形状的通孔、直槽、螺旋槽和外表面，但不能加工盲孔和有凸台的工件。

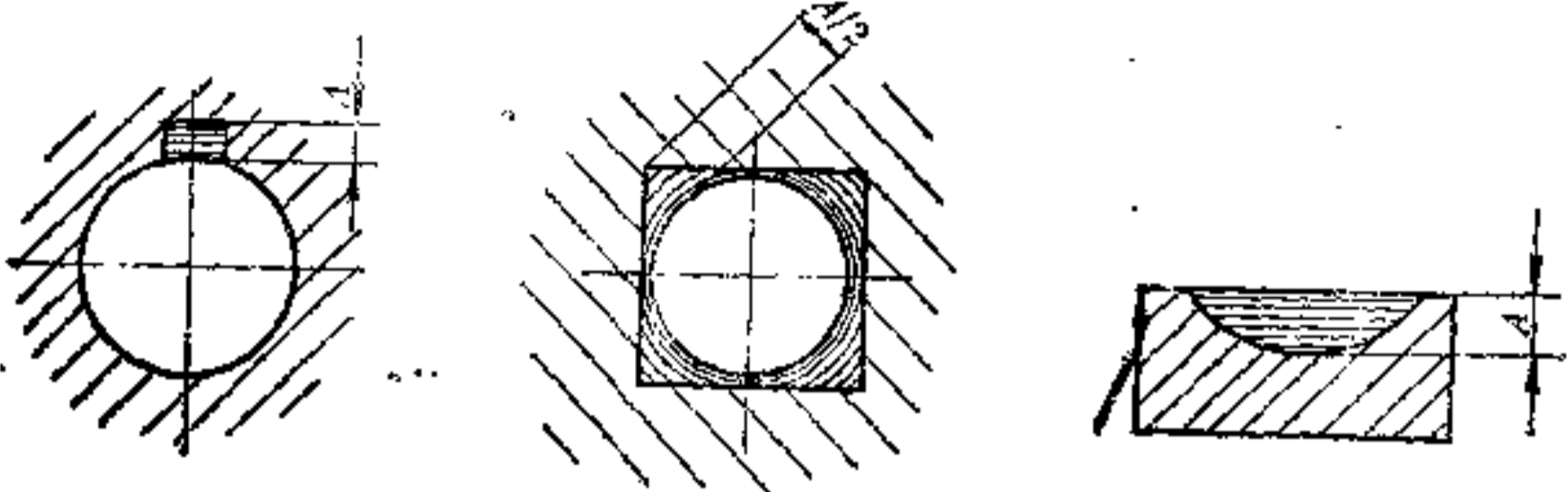
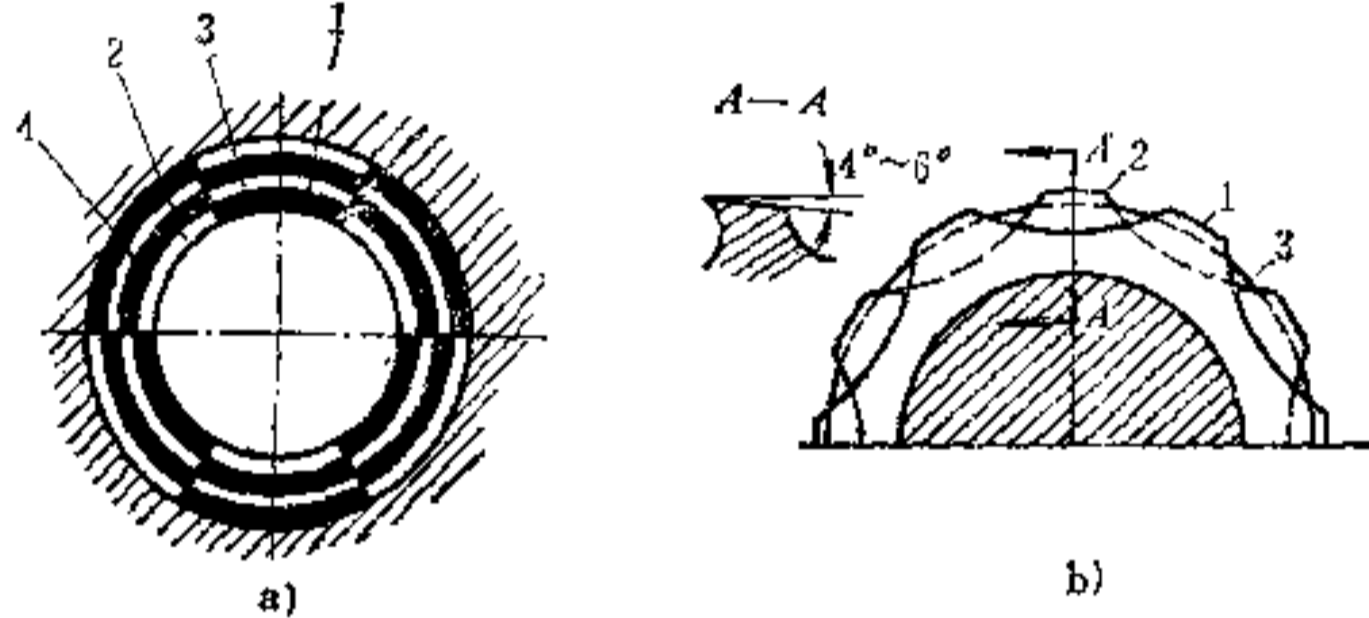
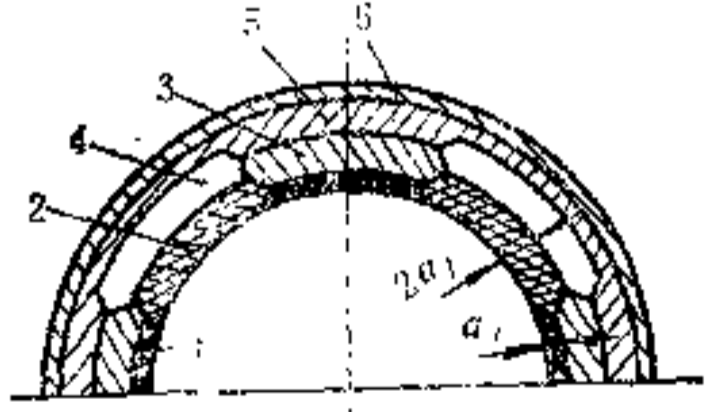
拉刀的加工精度较高，一般可达IT8~IT7级，加工的表面粗糙度也较小，一般可达 R_a 3.2~0.8 μm ，最高可达 R_a 0.4~0.2 μm 。

第一节 拉削方式选择

拉削方式是指拉刀逐齿把加工余量从工件表面切下来的顺序与方式。因为直接影响拉刀刀齿的负荷，所以它对拉刀的结构、长度、耐用度、拉削力、工件表面质量和生产率有很大关系。设计拉刀时，拉削方式的选择可见表4-1。

表4-1 拉削方式的选择

拉削方式	拉削图形、说明及优缺点	使用场合
分层式 (将每层加工余量各用一个刀齿切除的拉削方式)	 <p>各个刀齿廓形都与被加工表面最终廓形相似。按分层式切除加工余量，但最后一个切削齿和校准齿参与工件最终表面的形成。</p> <p>优点：无理论造型误差，齿升量小，拉削表面质量较高。</p> <p>缺点：刀刃长、切屑宽而薄，单位切削力大，刃口易磨损，因齿升量小，所以需要的刀齿数多，拉刀长，产生的拉削力大，成本高，生产率低。除圆孔拉刀外，其余同廓式拉刀制造都较困难</p>	同廓式 常用来加工平面、圆孔和形状简单的成形表面，特别适宜加工精度高、余量小的工件，不宜加工带硬皮的铸、锻件

拉削方式	拉削图形、说明及优缺点	使用场合
分层式 (同前)	 <p>拉刀刀齿常制成简单的圆弧形或直线形,其廓形与工件被加工表面的最终廓形不同。每个刀齿按分层法切除加工余量,工件的最终表面由各个刀齿的部分切削刃先后切出和连接而成。</p> <p>优点: 刀刃形状简单, 拉刀制造方便。</p> <p>缺点: 拉刀长, 成本高, 生产率低, 加工表面粗糙度大</p>	常用来加工键槽, 花键槽, 多边形及形状复杂的内孔表面
分块式 (将每层加工余量各用一组轮齿分块切除的拉削方式)	 <p>分块式的一种, 拉刀上有几组刀齿, 每组包含2~3个刀齿, 同一组刀齿的直径相等或基本相等, 但每个刀齿的位置相互错开, 它们轮流切除拉削余量中的一层金属。在各个切削齿组之间有齿升量。</p> <p>图a中的拉刀每组有2个直径相等的刀齿, 相互错开 先后切除同一层中的黑白两部分的余量, 如图中1、2、3、4...次序。图b中的拉刀每组有3个刀齿, 第一刀齿与第二刀齿直径相等, 截形相同, 刀齿位置相互错开, 第三刀齿的直径则比第二刀齿小$0.02\sim 0.05\mu\text{m}$, 在此刀齿上不开弧形槽。</p> <p>优点: 切屑狭而厚, 齿升量大, 单位切削力小, 刀齿数少, 拉刀短, 成本低, 生产率高。</p> <p>缺点: 结构复杂, 制造困难, 加工表面粗糙度大</p>	常用来加工圆孔及花键孔, 特别适宜加工尺寸大、余量多、精度要求不高时, 还可加工带外皮的铸、锻件和不锈钢等工件
组合式	 <p>整把拉刀的拉削方式由轮切式和同廓式两种拉削方式组成。粗切齿和过渡齿采用不分组的轮切式, 相邻刀齿的圆弧形槽交错排列, 粗切齿的齿升量较大。精切齿采用同廓式。</p> <p>优点: 切削宽度狭, 可增大齿升量, 增加拉削厚度, 拉刀长度短, 生产率高, 切削过程平稳, 表面粗糙度小, 拉刀耐用度高。</p> <p>缺点: 制造较困难</p>	常用来加工圆孔

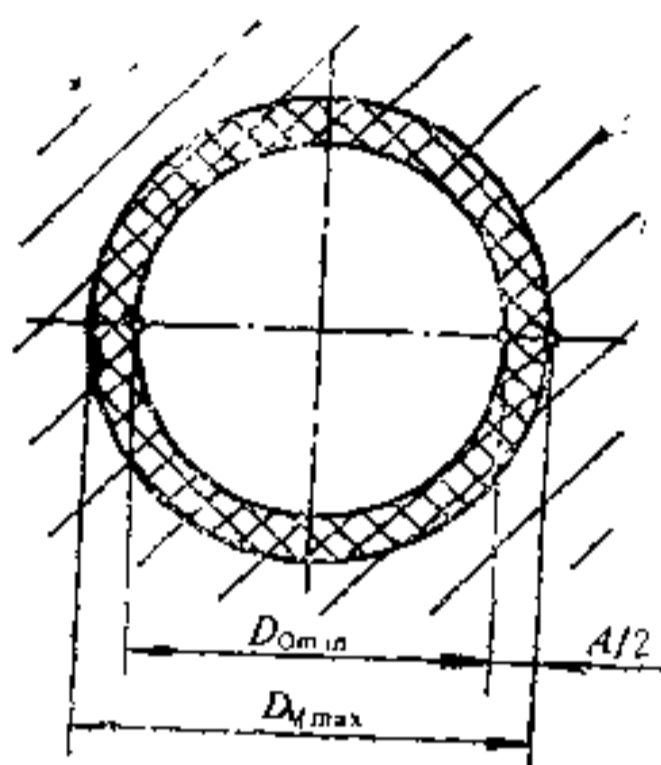
第二节 拉削余量

一、圆孔拉削余量

圆孔拉削余量可由表4-2中的公式或查表得出。

表4-2 圆孔拉削余量

(mm)



A ——拉削余量
 D_0 ——拉前基本孔径
 D_M ——拉后基本孔径
 L_0 ——工件被拉削长度

已知条件		计算方法											
D_0, D_M	计算公式	$A = D_{Mmax} - D_{0min}$											
D_M, L_0	第一法: 用计算公式	拉前孔加工方法	计 算 公 式										
		钻 孔	$A = 0.005 D_M + (0.1 \sim 0.2) \sqrt{L_0}$										
		扩 孔	$A = 0.005 D_M + (0.075 \sim 0.1) \sqrt{L_0}$										
		镗孔、粗铰孔	$A = 0.005 D_M + (0.05 \sim 0.1) \sqrt{L_0}$										
	第二法: 查表	D_M	拉前孔为钻孔 (精度IT13~11, 表面粗糙度 $R_z 25 \sim 12.5 \mu m$)	拉前孔为扩孔、镗孔、粗铰孔 (精度IT10~9, 表面粗糙度 $R_z 12.5 \sim 6.3 \mu m$)									
			A	A									
		L_0	$>10 \sim 18$	$>18 \sim 30$	$>30 \sim 50$	$>50 \sim 80$	$>80 \sim 120$	$>10 \sim 18$	$>18 \sim 30$	$>30 \sim 50$	$>50 \sim 80$	$>80 \sim 120$	
			$>6 \sim 10$	0.4	0.5	—	—	—	0.3	0.3	—	—	—
			$>10 \sim 18$	0.4	0.6	0.7	0.8	—	0.3	0.4	0.4	0.5	—
			$>18 \sim 30$	0.5	0.7	0.8	0.9	1.0	0.4	0.4	0.5	0.6	0.8
$>30 \sim 50$			0.5	0.8	0.9	1.0	1.1	0.4	0.5	0.6	0.7	0.9	
$>50 \sim 80$			—	0.9	1.0	1.1	1.2	—	0.6	0.6	0.8	0.9	
$>30 \sim 120$	—		—	1.1	1.2	1.3	—	—	0.7	0.9	1.0		
$>120 \sim 180$	—		—	1.2	1.3	1.4	—	—	—	1.0	1.1		
>180	—	—	—	1.4	1.4	—	—	—	1.0	1.1			

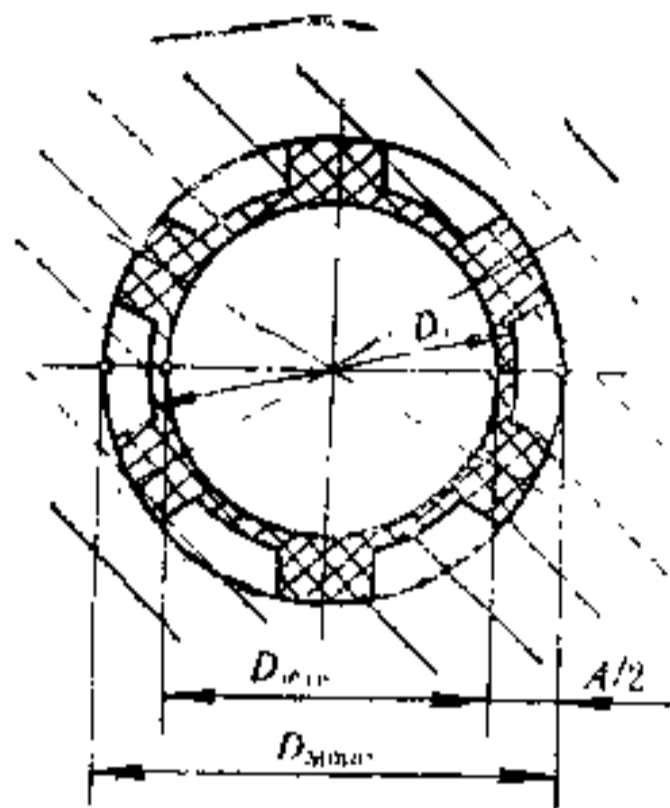
注：在工艺条件允许时，尽量取小的拉削余量。

二、内花键拉削余量

内外键的拉削余量可由表4-3中的公式计算求出。

表4-3 内花键拉削余量

(mm)



A ——拉削余量
 D_M ——内花键基本大径
 D_F ——内花键基本小径
 D_0 ——拉前基本孔径

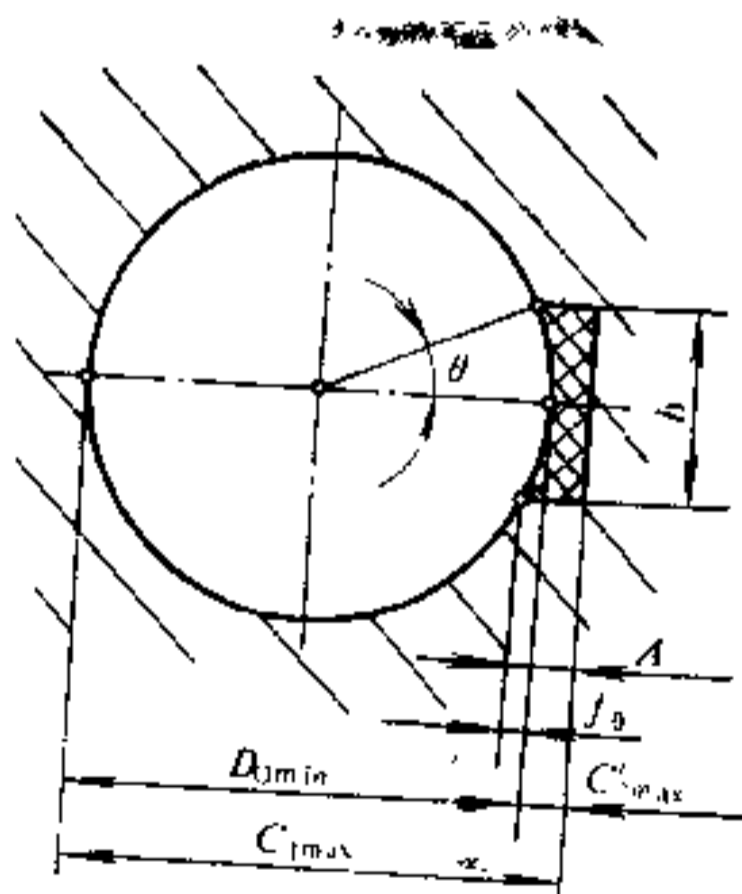
设计拉刀型式	拉削要求	拉前孔径	计算公式
花键拉刀	只拉花键齿	$D_0 = D_F$	$A = D_{Mmax} - D_{Omin}$ $= D_{Mmax} - D_{Fmin}$
复合花键拉刀	既拉圆孔 又拉花键齿	$D_0 < D_F$	$A = D_{Mmax} - D_{Omin}$

三、键槽拉削余量

键槽的拉削余量可由表4-4中的公式计算求出。

表4-4 键槽拉削余量

(mm)



A ——拉削余量
 D_0 ——孔基本直径
 b ——键槽宽度
 C_1 ——键槽顶至孔底高度
 f_0 ——其含义见左图

$$A = C_{1max} - D_{Omin} + f_0$$

式中 $f_0 = 0.5(D_{Omin} - \sqrt{D_{Omin}^2 - b^2})$

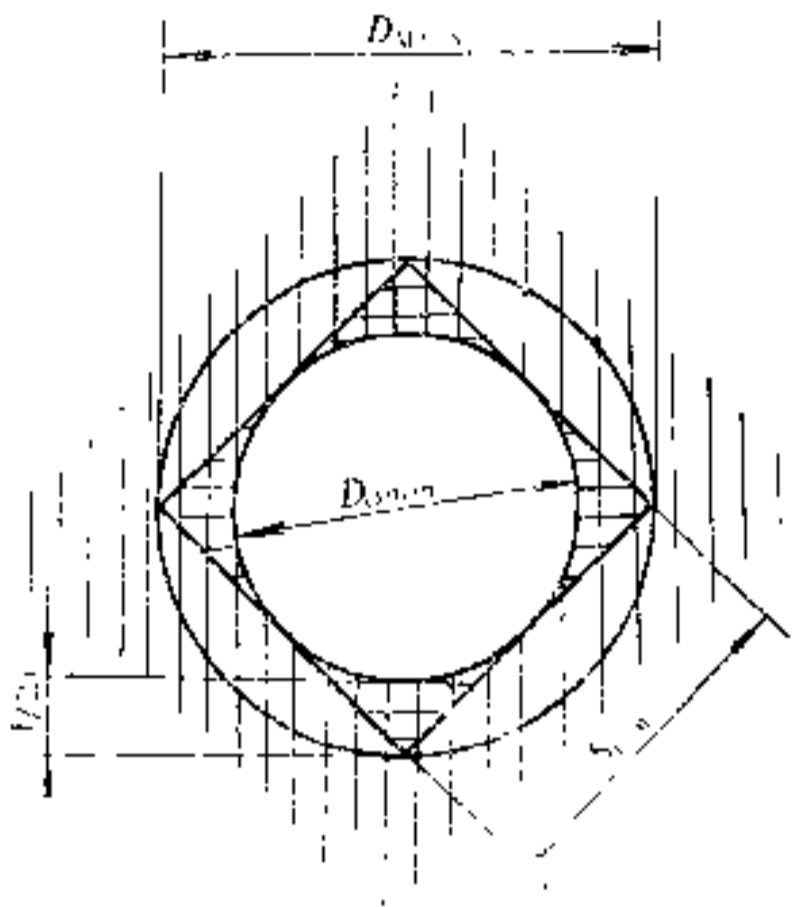
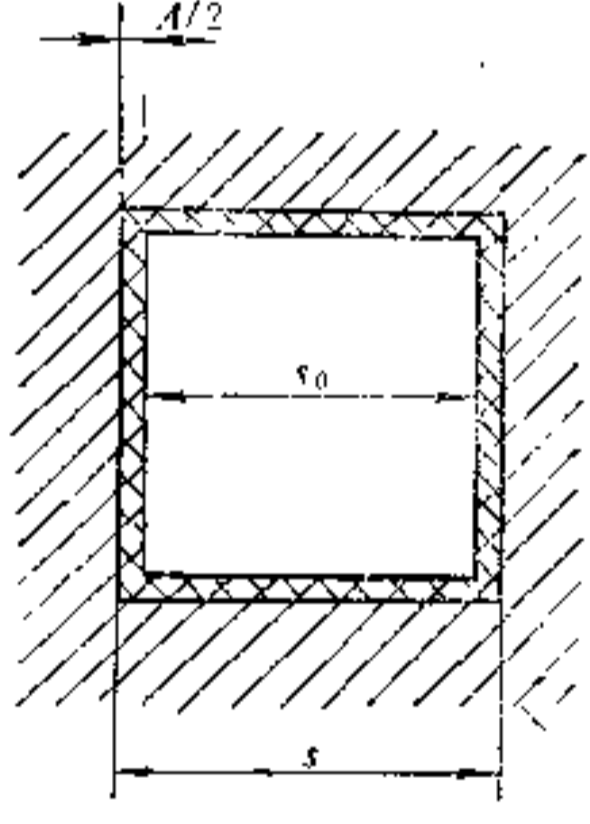
$$\theta = \sin^{-1} \frac{b}{D_{Omin}}$$

四、正方形孔拉削余量

正方形孔的拉削余量，可由表4-5求出。

表4-5 正方形孔拉削余量

(mm)

拉前孔加工方法	加工简图	拉削余量		
钻 孔	 <p>A——拉削余量 D_M——拉后正方形孔外接圆直径 D_0——拉前正方形孔内接圆直径 S——拉后正方形孔边长</p>	加工孔要求	计算公式	
		一般场合	$A = D_{Mmax} - D_{Omin}$ $D_{Omin} = S_{min}$	
		加工孔的侧边上不允许留下预加工的痕迹时	$A = D_{Mmax} - D_{Omin}$ $D_{Omin} = S_{min} - (0.3 \sim 0.5) \text{mm}$	
铣削或插削	 <p>A——拉削余量 S_0——拉后正方形孔边长 S_{00}——预加工正方形孔边长</p>	用查表法		
		S	A	S_0 偏差
		>3~6	0.4	+0.12
		>6~10	0.6	+0.15
		>10~18	0.8	+0.18
		>18~30	1.0	+0.21
		>30~50	1.2	+0.25
		>50~80	1.5	+0.30
>80~120	1.8	+0.35		
注：各边的拉削余量应均匀分布				

注：上列计算方式也适用于多边形孔，但代号含义不同。

- D_M ——拉后多边形孔外圆直径
- D_0 ——拉前多边形孔内接圆直径
- S ——拉后多边形孔边长
- S_0 ——预加工多边形孔边长

第三节 拉刀材料

常用拉刀材料见表4-6。

表4-6 常用拉刀切削部和前柄部材料

型式	拉刀部位	选用材料牌号	硬 度	用 许 应 力 (GPa)	
整体式	整把拉刀, 包括切削部 及前柄部	W18Cr4V	HRC 63~66	环形刀齿(圆、正方、花键等)拉刀	0.35~0.40
				不对称载荷(键槽等)拉刀	0.20~0.25
		CrWMn	HRC60~65	环形刀齿(圆、正方、花键等)拉刀	0.25~0.30
				不对称载荷(键槽等)拉刀	0.15~0.20
对焊式	切削部	W18Cr4V	HRC63~66	环形刀齿(圆、正方、花键等)拉刀	0.35~0.40
				不对称载荷(键槽等)拉刀	0.20~0.25
	前柄部	40Cr	HRC10~52	环形刀齿(圆、正方、花键等)拉刀	0.20~0.25
				不对称载荷(键槽等)拉刀	0.10~0.15

注:在高速切削时,为了提高拉刀的耐用度,也可采用硬质合金拉刀。

第四节 拉刀几何参数

拉刀几何参数主要包括前角、后角和刃带等,见图4-1所示。

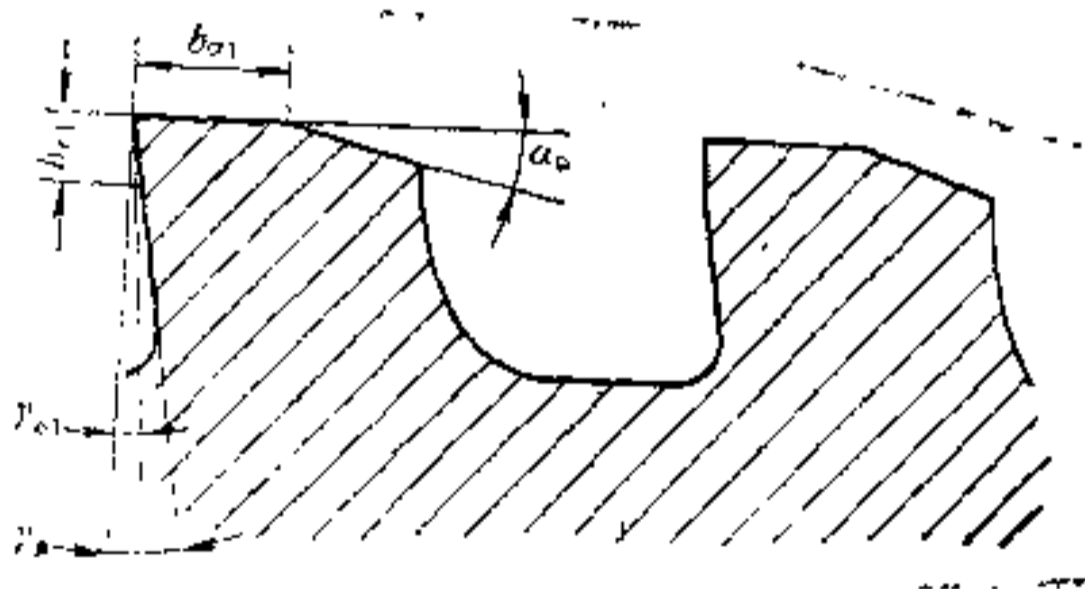


图4-1 拉刀几何参数

一、拉刀的前角 γ_0

拉刀前角 γ_0 的选择见表4-7,前角主要根据工件材料选择。

二、拉刀的后角 α_0 和刃带 b_{a1}

拉刀后角 α_0 和刃带 b_{a1} 的选择见表4-8,它们主要根据拉刀类型选择。

表4-7 拉刀的前角及倒棱

工件材料		前角 γ_0	精切齿及校准齿的倒棱	
			倒棱前角 γ_{01}	倒棱宽度 $b_{\gamma 1}$ (mm)
钢	$\leq 197\text{HBS}$	$16^\circ \sim 18^\circ$	5°	0.5~1.0
	$> 197 \sim 229\text{HBS}$	15°		
	$> 229\text{HBS}$	$10^\circ \sim 12^\circ$		
不锈钢、耐热奥氏体钢		20°	—	—
灰铸铁	$\leq 180\text{HBS}$	$8^\circ \sim 10^\circ$	-5°	0.5~1.0
	$> 180\text{HBS}$	5°		
可锻铸铁		$10^\circ \sim 15^\circ$	5°	0.5~1.0
紫铜、铝及镁合金、巴氏合金		$15^\circ \sim 20^\circ$	20°	0.5~1.0
青铜、铅黄铜		5°	-10°	0.5~1.0
一般黄铜		10°	-10°	0.5~1.0
高温合金		15°	—	—
钛合金		$3^\circ \sim 5^\circ$	—	—

注：1. 倒棱只用于精切齿及校准齿上，粗切齿不用，根据加工情况，在精切齿及校准齿上也可不用倒棱。

2. 为了制造方便，可取校准齿前角等于切前齿前角，但对精度高的拉刀，为了提高寿命，可在 $f_z \leq 0.02\text{mm}$ 的精切齿和校准齿上，取前角等于5°或更小，甚至为0°。

3. 前角允许偏差值为 $\begin{matrix} +2^\circ \\ -1^\circ \end{matrix}$ 。

4. 加工钢料的圆孔拉刀，当 $D_M < 20\text{mm}$ 时，由于受刃磨前角时使用砂轮直径的限制，前角可减少到 $8^\circ \sim 10^\circ$ 。

表4-8 拉刀的后角 α_c 及刃带 b_{a1}

拉刀类型	粗切齿		精切齿		校准齿	
	α_c	b_{a1} (mm)	α_c	b_{a1} (mm)	α_c	b_{a1} (mm)
圆孔拉刀	$2^\circ 30' \pm \frac{1}{2}^\circ$	< 0.1	$2^\circ \pm \frac{1}{2}^\circ$	0.1~0.2	$1^\circ \pm \frac{1}{2}^\circ$	0.2~0.3
花键拉刀		0.05~0.15				
键槽拉刀	$3^\circ \pm 1^\circ$	0.1~0.2		0.2~0.3	$1^\circ 30' \sim 2^\circ 30'$	0.4

第五节 齿升量

拉刀齿升量 f_z 的选择见表4-9至表4-13。其中分层式拉刀的齿升量见表4-9和表4-10，轮切式拉刀的齿升量见表4-11和表4-12，组合式圆孔拉刀的齿升量见表4-13。

表4-9 分层式拉刀粗切齿升量 f_z (mm)

拉刀类型	被加工材料									
	碳钢和低合金钢		高合金钢		铸 铁		铝		青铜、黄铜	
	σ_b (GPa)		σ_b (GPa)		灰铸铁		可锻铸铁			
	<0.49	$\geq 0.49 \sim 0.735$	>0.735	<0.784	≥ 0.784					
圆孔拉刀	0.015~0.020	0.015~0.03	0.015~0.025	0.015~0.03	0.015~0.025	0.03~0.08	0.05~0.1	0.01~0.05	0.05~0.12	
矩形花键拉刀	0.03~0.06	0.03~0.07	0.03~0.06	0.03~0.06	0.025~0.05	0.04~0.10	0.05~0.1	0.02~0.10	0.05~0.12	
键槽拉刀	0.03~0.05	0.03~0.05	0.03~0.12	0.03~0.12	0.03~0.10	0.05~0.10	0.05~0.15	0.03~0.08	0.06~0.15	
四方、六方拉刀	0.015~0.08	0.02~0.15	0.015~0.012	0.015~0.10	0.015~0.08	0.03~0.15	0.05~0.15	0.02~0.10	0.05~0.15	

注: 1. 在保证拉刀强度和拉床拉力足够的条件下, 齿升量尽量取大值。

2. 工件加工表面粗糙度要求较小时, 或工件材料加工性较差时、或拉刀横截面小、强度低时、或工件刚性差时(如薄壁筒等), 齿升量取小值。

3. 应尽量避免采用大于0.15mm的齿升量。

4. 除工件精度要求很高或拉刀刀刃研磨得很锋利时, 应尽量避免采用小于0.010mm的齿升量, 并且齿升量不得小于0.005mm。

5. 花键拉刀倒角齿的齿升量可参照“键槽拉刀”栏的齿升量选用。

表4-10 分层式拉刀过渡齿、精切齿和校准齿的齿数和齿升量

齿的类型	拉刀类型	孔加工精度	齿数	齿升量 (mm)
过渡齿	各种拉刀	H7~H13	3~5	逐齿递减
精切齿	各种拉刀	H7~H13	3~7	取0.02、0.015、0.01、0.005 不应小于0.005
校准齿	圆孔拉刀	H7~H9	5~7	无齿升量
		H11	3~4	
		H12~H13	2~3	
	花键拉刀	H7~H13	4~5	
	键槽拉刀			
	方拉刀			

表4-11 轮切式拉刀粗切齿齿升量

圆孔拉刀

拉刀直径 D_b (mm)	<10	>10~30	>30~50	>50~100	>100
齿升量 f_z (mm)	0.03~0.08	0.05~0.12	0.08~0.16	0.1~0.2	0.15~0.25

花键拉刀的花键齿及倒角齿

刀齿直径 D_b (mm)	花键键数 z				刀齿直径 D_b (mm)	花键键数 z			
	6	8	10	16		6	8	10	16
	齿升量 f_{zmax} (mm)					齿升量 f_{zmax} (mm)			
13~18	0.16	—	—	—	40~55	0.30	0.30	0.25	0.20
16~25	0.16	—	0.16	—	49~65	0.30	0.30	0.25	0.20
22~30	0.20	—	0.20	—	57~72	—	0.30	0.30	—
26~38	0.25	0.20	0.20	0.13	65~80	—	—	0.30	—
34~45	0.30	0.20	0.20	0.16	73~90	—	—	0.30	—

一般粗切齿切除拉削总余量的80%以上，各齿齿升量相等。

精切齿齿升量选得较小，一般其齿升量小于粗切齿齿升量的一半，因此切除余量较少。

粗切齿和精切齿之间的几个刀齿为过渡齿，其齿升量从粗切齿的齿升量逐齿递减至精切齿的齿升量。

校准齿的齿升量为零。

表4-12 轮切式拉刀过渡齿和精切齿的加工余量、齿数及齿升量 (mm)

粗切齿齿升量 f_z	过渡齿		精切齿					
			拉削表面粗糙度 $R_a(\mu\text{m})$					
			$R_a \geq 3.2$			$R_a \geq 0.80$		
	齿升量	齿数 (或齿组数)	单边余量	齿数(或 齿组数)①	齿升量	单边余量	齿数(或 齿组数)①	齿升量
≤ 0.05	—	—	—	—	均匀递减 但最后一齿 齿升量不得 少于0.015,	0.02~0.03	1~3	均匀递 减。但最后 一齿齿升量 不得少于 0.005,不得 大于0.01
$> 0.05 \sim 0.10$	$(0.4 \sim 0.6)f_z$	> 1	0.03~0.05	1~2	不得大于 0.02	0.035~0.07	3~5	
$> 0.10 \sim 0.20$				2~3		0.07~0.10		
$> 0.20 \sim 0.30$			0.06~0.08	6~8		0.10~0.16		

注：1. 表中①系指成组拉削的拉刀精切齿可以做成齿组，也可每齿都有齿升量。

2. 本表适用于圆孔拉刀和花键拉刀。

3. 加工孔的表面粗糙度愈小，精切齿的齿数(或齿组数)应取得愈多。

4. 粗切齿齿升量较小时，精切齿的齿数(或齿组数)取得少些。

表4-13 组合式圆孔拉刀的齿升量 (mm)

工件材料	齿的类型	齿数	齿升量
碳钢和低合金钢	粗切齿	—	0.03~0.06
	过渡齿	3~5	选择方法同表4-10
	精切齿	5~8	

第六节 圆孔拉刀设计

圆孔拉刀的拉削方式、拉削余量、刀具材料、几何参数和齿升量等的选用见前所述，其它如齿距、同时工作齿数、容屑槽的形状和尺寸、分屑槽齿数的选择以及拉削力的计算和强度验算及其它结构部分的设计见下述各表。

表4-14 拉刀齿距P

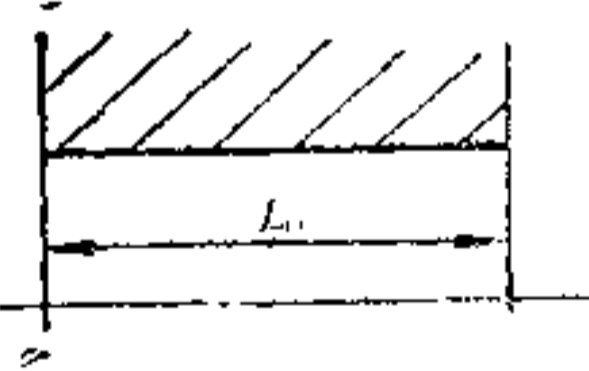
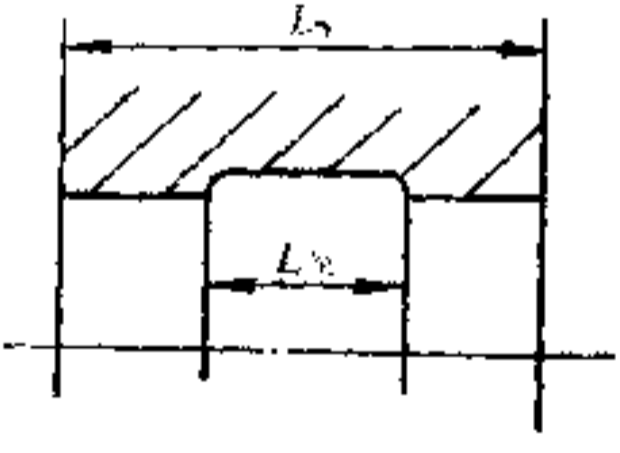
(mm)

齿 列	拉 削 条 件		计 算 公 式
粗 切 齿	无空刀槽	分层式	$L_0 \leq 30$ $P = (1.2 \sim 1.6) \sqrt{L_0}$
			$L_0 > 30 \sim 80$ $P = (1.3 \sim 1.6) \sqrt{L_0}$
		$L_0 > 80$ $P = (1.4 \sim 1.8) \sqrt{L_0}$	
		$f_r = 0.15$ $P = (1.75 \sim 2) \sqrt{L_0}$	
		轮切式	$P = (1.45 \sim 1.9) \sqrt{L_0}$
	有空刀槽		$P = (1.75 \sim 2) \sqrt{L_0}$
精 切 齿	一般场合		$P_{精} = (0.6 \sim 0.8) P$
	考虑制造方便		$P_{精} = P$
校 准 齿	$P > 10$		$P_{校} = (0.6 \sim 0.8) P_{精}$ 或 $P_{校} = P$
	$P \leq 10$		$P_{校} = P$

注: 1. L_0 为被拉削工件长度。
 2. 计算出的 P 、 $P_{精}$ 、 $P_{校}$ 在 $\leq 10\text{mm}$ 时须将之圆整成0.5的倍数, 在大于 10mm 时, 圆整成整数。
 3. 粗切齿齿距 P 也可由下表查出。 (mm)

L_0	>10 ~12	>12 ~14	>14 ~16	>16 ~20	>20 ~25	>25 ~30	>30 ~35	>35 ~40	>40 ~45	>45 ~50	>50 ~60	>60 ~70	>70 ~83	>83 ~90	>90 ~100	>100 ~125	>125 ~180
P	5	5.5	6	6.5	7	8	8.5	9	9.5	10	11	12	13	14	15	16	18

表4-15 同时工作齿数 Z_e

一、计算法	拉 削 条 件	无 空 刀 槽			有 空 刀 槽			
	图 形							
	计 算 公 式	$Z_e = \frac{L_0}{P} - 1$			$Z_e = \frac{L_0 - L_k}{P} + 1$			
二、查表法	拉削长度 L_0	>10~19	>19~32	>32~50	>50~75	>75~105	>105~142	>142~160
	同时工作齿数 Z_e	3	4	5	6	7	8	9

注: 1. 用计算法所得之 Z_e 应略去小数, 取其整数。
 2. 同时工作齿数 Z_e 一般为3~8个, 最好取4~5个。
 3. 如 L_0 太小, 使 $Z_e < 3$ 时, 可考虑将几个工件叠在一起拉削, 以增加 Z_e 。

表4-17 拉刀容屑槽尺寸

(mm)

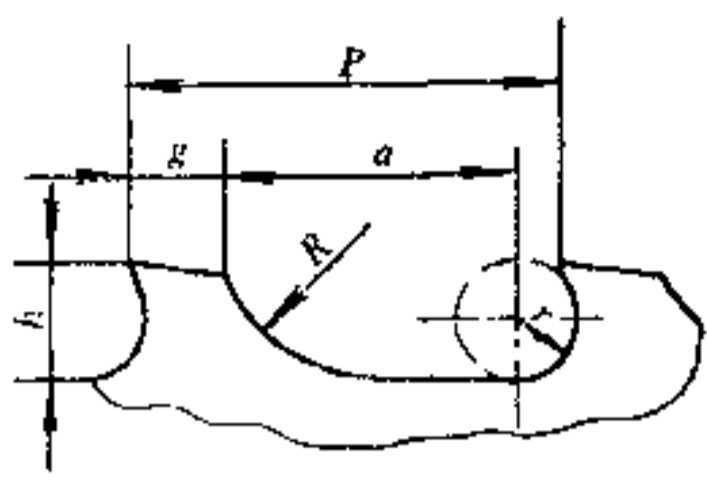
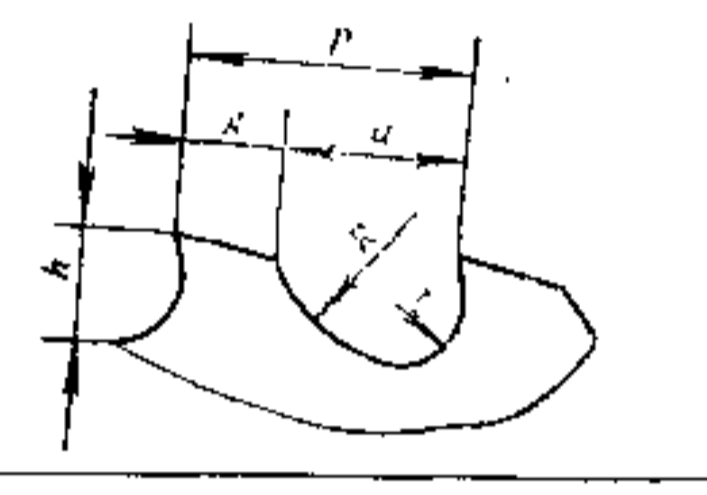
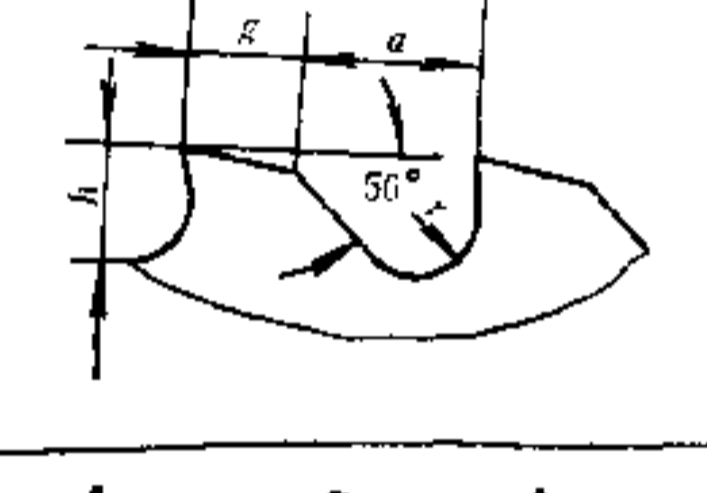
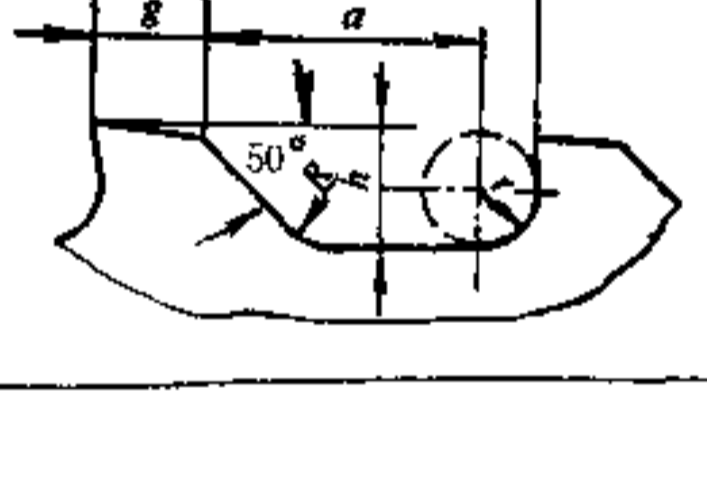
齿切齿距 P	浅槽					基本槽					深槽				
	h	g	r	R	$A(\text{mm}^2)$	h	g	r	R	$A(\text{mm}^2)$	h	g	r	R	$A(\text{mm}^2)$
4	1.5	1.5	0.8	2.5		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
4.5	1.5	1.5	0.8	2.5		2	1.5	1	2.5		—	—	—	—	—
5	1.5	1.5	0.8	3.5	1.77	2	1.5	1	3.5		—	—	—	—	—
5.5	1.5	2	0.8	3.5		2	2	1	3.5	3.14	—	—	—	—	—
6	1.5	2	0.8	3.5		2	2	1	4		2.5	2	1.3	4	4.9
7	2	2.5	1	4		2.5	2.5	1.3	4		3	2.5	1.5	5	
8	2	3	1	5	3.14	2.5	3	1.3	5	4.9	3	3	1.5	6	7.1
9	2.5	3	1.3	5		3.5	3	1.8	5	9.6	4	3	2	7	12.6
10	3	3	1.5	7		4	3	2	7		4.5	3	2.3	7	
11	3	4	1.5	7	7.1	4	4	2	7		4.5	4	2.3	7	15.9
12	3	4	1.5	8		4	4	2	8	12.6	5	4	2.5	8	
13	3.5	4	1.8	8		4	4	2	8		5	4	2.5	8	19.6
14	4	4	2	10		5	4	2.5	10		6	4	3	10	
15	4	5	2	10	12.6	5	5	2.5	10	19.6	6	5	3	10	28.3
16	5	5	2.5	12		6	5	3	12		7	5	3.5	12	
17	5	5	2.5	12	19.6	6	5	3	12	28.3	7	5	3.5	12	38.5
18	6	6	3	12		7	6	3.5	12		8	6	4	12	
19	6	6	3	12		7	6	3.5	12		8	6	4	12	50.3
20	6	6	3	14		7	6	3.5	14	33.5	9	6	4.5	14	
21	6	6	3	14	28.3	7	6	3.5	14		9	6	4.5	14	63.6
22	6	6	3	16		7	6	3.5	16		9	6	4.5	16	
24	6	7	3	16		8	7	4	16	50.3	10	7	5	16	68.5
25	6	8	3	16		8	8	4	16		10	8	5	16	
26	8	8	4	18		10	8	5	18		12	8	6	18	
28	8	9	4	18	50.3	10	9	5	18	18.5	12	9	6	18	113.1
30	8	10	4	18		10	10	5	18		12	10	6	18	
32	9	10	4.5	22	63.6	12	10	6	22	113.1	14	10	7	22	153.9

注: 1. 表中代号含义见表4-16中附图。

2. 表中 $g=(1/4\sim 1/3)P$, 必须加大容屑空间时, 可取 $g=\frac{1}{5}P$ 。

3. 本表尺寸对直线齿背槽形和曲线齿背槽形均可选用。

表4-16 拉刀容屑槽槽形选用

选用依据	槽形	图形	特点	使用场合	
根据槽形轮廓选	直线齿槽形	一般槽形		刀齿强度高, 槽形简单, 加工容易, 刀齿重磨次数多, 但容屑空间小, 卷屑排屑不方便	齿升量较小、齿距较大或拉削脆性材料时用。同廓式拉削钢料时也可用此种槽形
		加长槽形 (直线双圆弧齿槽形)		增大容屑空间、制造较简便	拉削有空刀槽的工件, 使切屑形成两个以上的屑卷时用, 还可拉削深孔
	曲线齿槽形	一般槽形		容屑空间比直线齿背槽形大, 卷屑排屑方便, 但加工复杂, 刀齿强度稍差	齿升量较大, 齿距较小或拉削韧性材料耐用。轮切式拉刀和组合式拉刀常用之
		加长槽形 (直线双圆弧齿槽形)		增大容屑空间	拉削有空刀槽的工件, 使切屑形成两个以上的屑卷时用, 还可拉削深孔, 组合式拉刀也常用
根据容屑槽槽深选	基本槽		槽深一般	常用	
	浅槽		槽深浅, 可提高拉刀强度	用于小直径圆孔拉刀, 花键拉刀和正方拉刀, 以及加工长零件的拉刀, 拉削力较大使拉刀强度不够时也常用此种槽形	
	深槽		槽深大, 可增大容屑空间	用于键槽拉刀等要切下大量切屑的拉刀	

注: 1. 容屑槽深度 h 可由下式求出:

$$h = 1.13 \sqrt{L_0 a_c k}$$

式中 K ——容屑系数, 见表4-18及表4-19。

a_c ——切削厚度, 一般分层式拉削和分块式拉削时, $a_c = fz$; 组合式拉削的粗切齿, $a_c = 2fz_0$ 。

2. h 太大时, 会影响拉刀强度, 所以对不同的拉刀直径 D_0 有其允许最大的容屑槽深度 h_{max} 见下表。

	(mm)								
D_0	>10~12	>12~14	>14~17	>17~24	>24~30	>30~34	>34~46	>46~54	>54
h_{max}	2	2.5	3	4	5	6	7	9	不限制

表4-18 同廓式拉刀容屑槽的容屑系数K

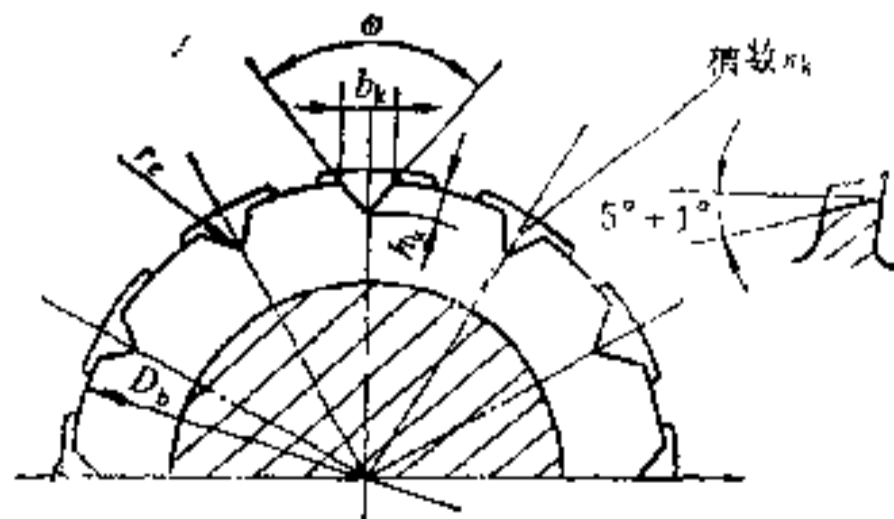
齿升量 $f_x(\text{mm})$	工件材料				
	钢			铸铁、青铜、 铅、黄铜	紫铜、铜、铝、 巴氏合金
	$\sigma_b(\text{GPa})$				
	≤ 0.4	$> 0.4 \sim 0.7$	> 0.1		
容屑系数					
≤ 0.03	3	2.5	3	2.5	2.5
$> 0.03 \sim 0.07$	4	3	3.5	2.5	3
> 0.07	4.5	3.5	4	2	3.5

表4-19 轮切式拉刀及组合式拉刀容屑槽的容屑系数K

齿升量 $f_x(\text{mm})$	工件材料						
	钢						铸铁
	$a_w \leq 1.2\sqrt{D_k}$			$a_w > (1.2 \sim 1.5)D_k$			
	$P=4.5 \sim 9\text{mm}$	$P=10 \sim 15\text{mm}$	$P=16 \sim 25\text{mm}$	$P=4.5 \sim 9\text{mm}$	$P=10 \sim 15\text{mm}$	$P=16 \sim 25\text{mm}$	
容屑系数							
≤ 0.05	3.5	3.0	2.8	3.8	3.3	3.1	1.5
$> 0.05 \sim 0.1$	3.0	2.8	2.5	3.3	3.1	2.8	
> 0.1	2.5	2.2	2.0	2.8	2.5	2.3	

- 注: 1. a_w 为切削宽度, 单位为mm。
 2. P 为齿距, 单位为mm。
 3. D_k 为拉后工件基本孔径, 单位为mm。
 4. 当几个薄工件叠在一起拉削时, 若工件厚度(或孔长)为3~8mm时, 可取 $K=1.5$ 。
 5. 组合式拉刀查表时, 应取 $2f_x$ 。

表4-20 圆孔拉刀角度形分屑槽尺寸

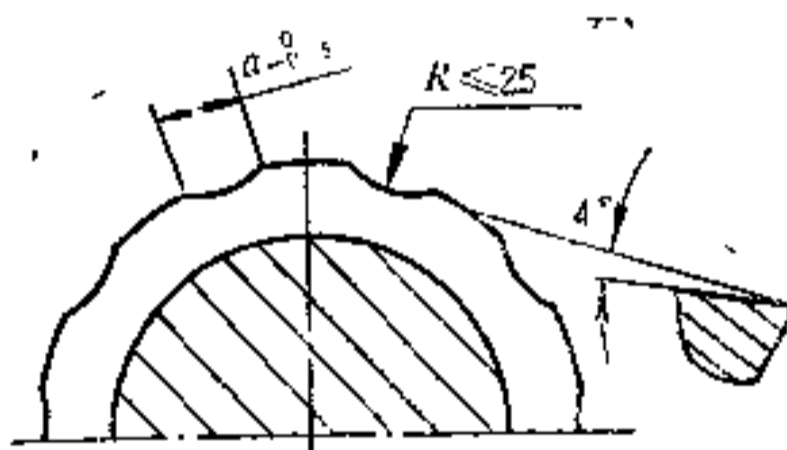


拉刀直径 D_b (mm)	分屑槽数 n_k	槽宽 b_k (mm)	槽深 h_k (mm)	槽底圆弧 半径 r_c (mm)	槽角 w	拉刀直径 D_b (mm)	分屑槽数 n_k	槽宽 b_k (mm)	槽深 h_k (mm)	槽底圆弧 半径 r_c (mm)	槽角 w		
>10~13	6					>60~65	28						
>13~16	8	0.8~1.0	0.3~0.4	0.2~0.3		>65~70	30						
>16~20	10					>70~75	32						
>20~25	12					>75~80	36						
>25~30	14					>80~85	38	45°~90°	1.2~1.5	0.5~0.6	0.4~0.5	45°~90°	
>30~35	16	>85~90	40										
>35~40	18	>90~95	42										
>40~45	20	1.0~1.2	0.4~0.5	0.3~0.4	>95~100	44							
>45~50	22				<100~105	46							
>50~55	24				>105~110	50							
>55~60	26												

注：1. 最后一个精切齿不开分屑槽。

2. 本表适用于分层拉削式圆孔拉刀的切削齿及组合式圆孔拉刀的精切齿。

表4-21 圆孔拉刀圆弧形分屑槽尺寸



拉刀直径 D_b (mm)	槽数 n_k	槽宽 a (mm)	拉刀直径 D_b (mm)	槽数 n_k	槽宽 a (mm)	拉刀直径 D_b (mm)	槽数 n_k	槽宽 a (mm)	拉刀直径 D_b (mm)	槽数 n_k	槽宽 a (mm)
>10~11	4	3.5	>16.5~21	8	3.5	>35~37	10	5.5	>56~59	12	7.2
>11~12		4.0	>21~23		4.0	>37~38		5.8	>59~62		7.5
>12~13		4.5	>23~25		4.5	>38~40		6.0	>62~65		6.0
>13~14	6	3.2	>25~27	10	4.8	>40~42	12	5.0	>65~68	16	6.2
>14~15		3.5	>27~29		5.2	>42~45		5.5	>68~72		6.5
>15~16.5		4.0	>29~31		4.5	>45~48		5.8	>72~76		7.0
>16.5~18		4.2	>31~33		4.8	>48~53		6.5	>76~81		7.5
>18~19.5		4.5	>33~35		5.0	>53~56		7.0		18	8.0

注：此种分屑槽用于组合式拉刀的粗切齿和过渡齿及轮切式拉刀的切削齿。

表4-22 圆孔拉刀直径计算公式

(mm)

拉刀直径	计算公式	
拉刀第一齿直径	预制孔为钻孔, 精度为H12~H13时	$D_{b1} = D_{Omin}$ 或 $D_{b1} = D_{Omin} + \left(\frac{1}{2} \sim \frac{1}{3}\right) f_s$
	预制孔为铰孔或粗铰孔, 精度在H10以上时	$D_{b1} = D_{Omin} + f_s$
拉刀第二齿直径		$D_{b2} = D_{b1} + 2f_s$
拉刀第三齿直径		$D_{b3} = D_{b2} + 2f_s$
拉刀最后一个精切齿直径	最后一个精切齿直径应等于校准齿直径	$D_{b精末} = D_{b精(末-1)} + 2f_{s精}$
拉刀校准直径	校准齿直径须同时满足下列两式:	$D_{b校} = D_{b精末}$ $D_{b校} = D_{Mmax} \pm \delta$

注: δ 为变形量, 扩张时用“-”号, 收缩时用“+”号。拉削脆硬材料时出现扩张量, 可查表4-23, 拉削韧性材料或薄壁件或壁厚相差很大的零件时, 出现收缩量, 可查表4-24。

表4-23 拉削脆硬材料时孔的扩张量

(mm)

孔径公差	扩张量 δ	孔径公差	扩张量 δ	孔径公差	扩张量 δ
0.025	0	0.035~0.05	0.005	0.18~0.29	0.03
0.027	0.002	0.06~0.10	0.01	0.30~0.34	0.04
0.03~0.033	0.004	0.11~0.17	0.02	>0.34	0.05

注: 1. 扩张量最好通过试验确定。
2. 本表仅供参考。

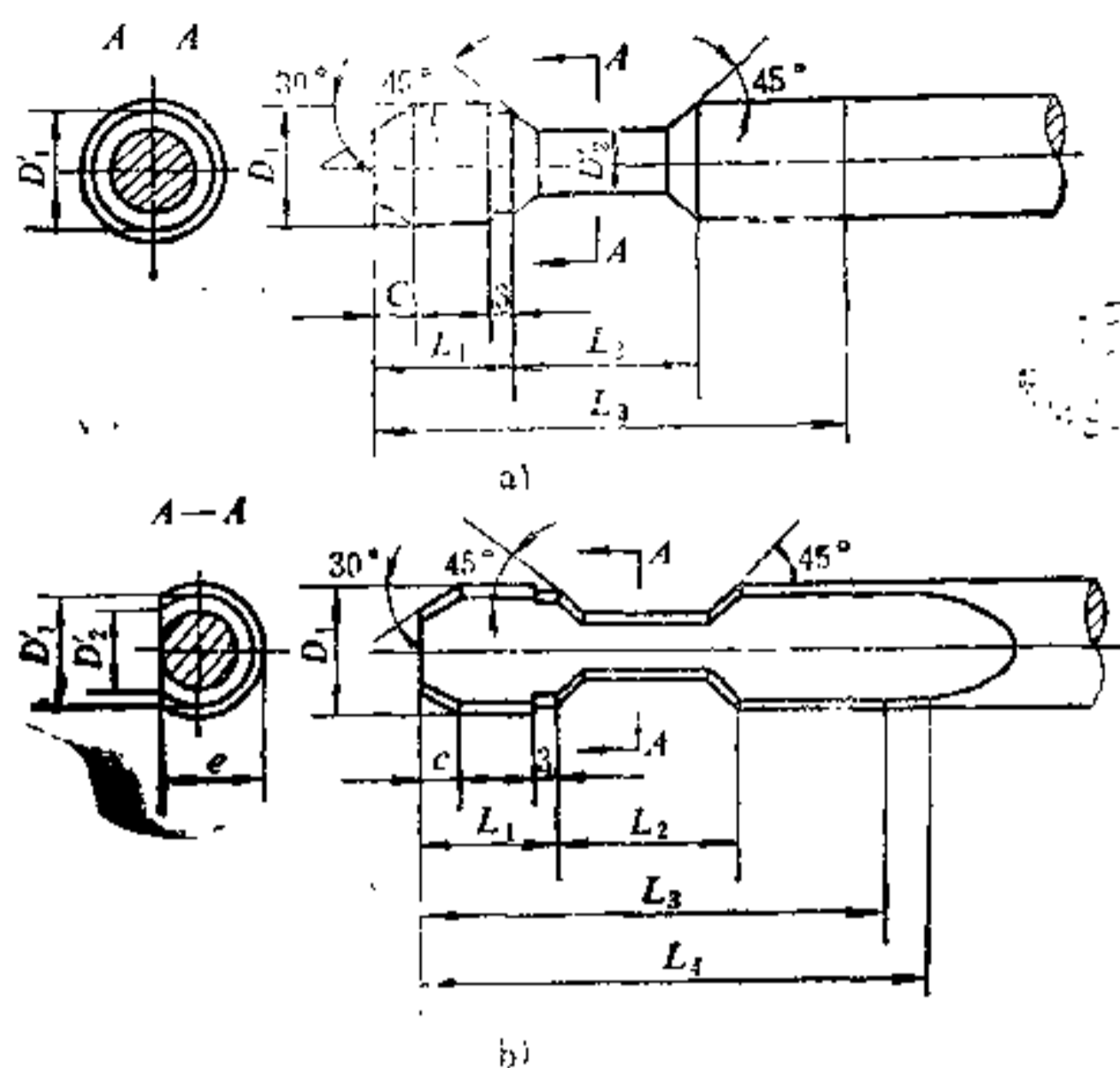
表4-24 拉削韧性金属和薄壁零件时孔的收缩量

(mm)

一、测试法	拉削薄壁零件和壁厚变化的零件上H7~H9级精度的孔时, 校准齿直径应比工件拉削后的最大孔径大0.02~0.04, 测量拉后工件孔径, 将校准齿研磨到所需尺寸						
二、查表法 (拉削韧性金属、软金属及薄壁零件)	孔径公差等级	D_M	>10~18	>19~30	>30~50	>50~80	>80~120
	H7	δ	0.010	0.011	0.011	0.012	0.013
	H8~H9		0.04~0.07	0.05~0.08	0.05~0.08	0.06~0.09	0.07~0.10
三、经验法	拉削一般钢件, $\delta = 0.003 \sim 0.005$						

表4-25 拉刀圆柱形前柄 I 型尺寸 (GB3832.2—83)

(mm)



a) 无磨削定位面

b) 有磨削定位面

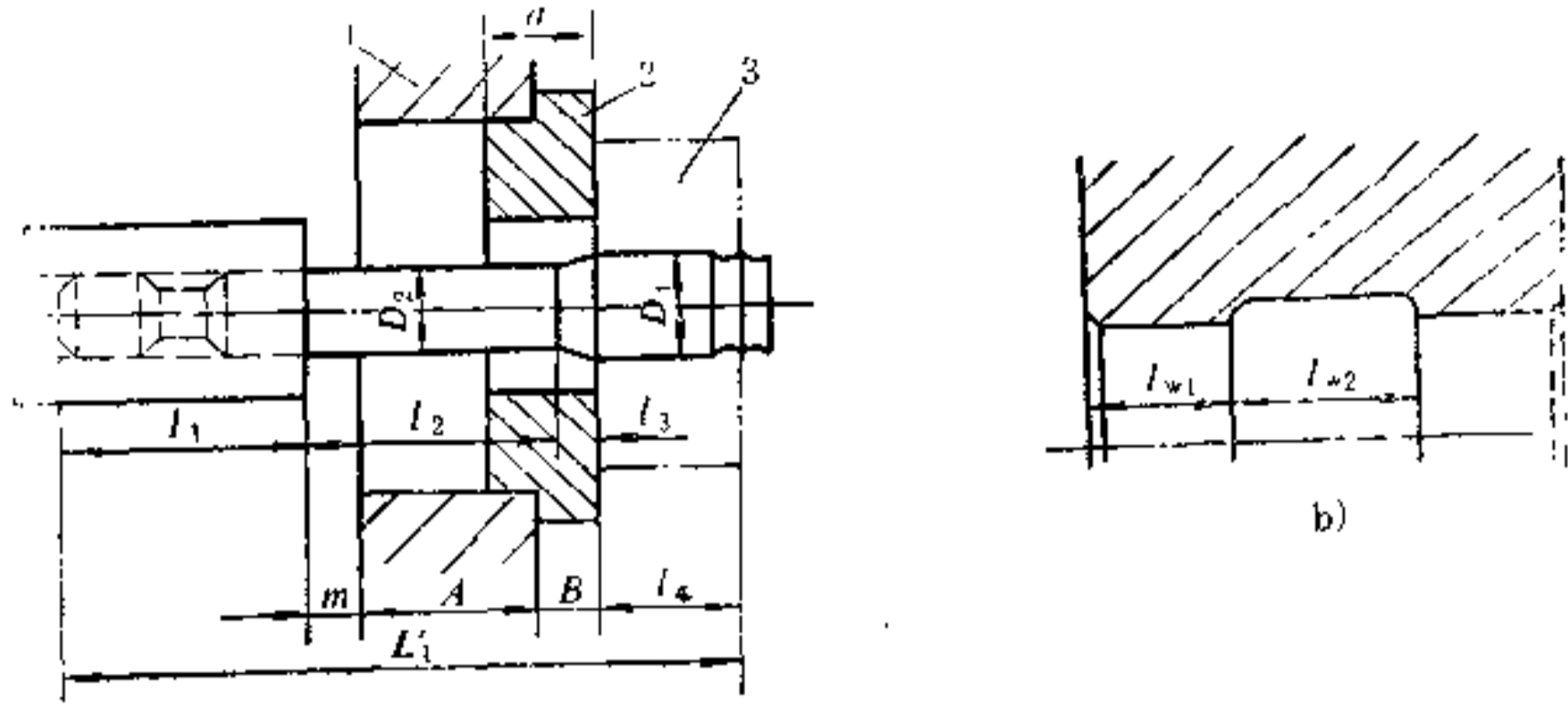
D_1		D_2'		D_1'	L_1	L_2	L_3	L_4	c	e		
尺寸	公差 f8	尺寸	公差 h12							尺寸	公差 e8	
8	-0.013	4.0	0	7.8	12		70	80	2	6.50	-0.025	
9	-0.035	6.8	0	8.8						7.40		
10	-0.035	7.5	-0.150	9.8						8.25		
11		8.2		10.8	16	20	80	90	3	9.10	-0.047	
12	-0.010	9.0		11.7						10.00		
14		10.5		13.7						11.75		
16	-0.043	12	0	15.7	20	25	90	100	4	13.50	-0.032	
18		13.5	-0.180	17.7						15.25	-0.059	
20		15		19.7						17.00		
22	-0.020	16.5		21.7	25	32	110	125	5	18.75	-0.040	
25	-0.053	19	0	24.7						21.50		-0.073
28		21		27.6						24.00		
32		24	0	31.6	25	40	130	140	6	27.50	-0.050	
36	-0.025	27	-0.210	35.6						31.00		
40		30		39.5						34.50		-0.089
45	-0.064	34	0	44.5	32	50	160	170	8	39.00	-0.060	
50		38	-0.250	49.5						43.50		-0.106
56		42		55.4						48.50		
63	-0.030	48	0	62.4	40	50	160	170	8	55.00	-0.072	
70	-0.076	53	-0.300	69.4						61.00		
80		60		79.2						69.50		-0.126
90	-0.036	68		89.2						78.50		
100	-0.090	75		99.2						87.00		

注: 1. L_3 内应保证 D_1 公差为f8; L_3 、 L_4 为参考尺寸, L_3 称磨光长度。

2. $D_1 < 8\text{mm}$ 时, 柄部按GB3832.2—83圆柱形前柄I型选取。

表4-26 拉刀颈部、过渡锥部、前导部和后导部的计算

(mm)



a) 颈部长度计算 b) 工件空刀槽尺寸
1—拉床床壁 2—花盘法兰 3—工件

计算尺寸	代号	计算公式
颈部长度	l_2	$l_2 > m + A + B - l_3$ 式中 m ——卡头与拉床床壁间隙, 见注2 A ——拉床床壁厚度, 可查表4-34 B ——花盘法兰厚度, 可查表4-34 l_3 ——过渡锥长度, 见下
颈部直径	D_2	一般 $D_2 = D_1 - (0.3 \sim 0.5)$, 或 $D_2 = D_1$
过渡锥长度	l_3	$l_3 = 10、15$ 或 20
前导部长度	l_4	一般 $l_4 = L_0$, 或 $l_4 > 40$ 当 $L_0/D_0 > 1.5$ 时, $l_4 = 0.75L_0$, 但不得小于 20
前导部直径	D_4	$D_4 = D_{0min}$ 公差 $\nabla 7$
后导部长度	l_7	工件无空刀槽时, $l_7 = (0.5 \sim 0.7)L_0$, 及 $l_7 \geq 20$ 工件有空刀槽时, $l_7 = l_{w1} + l_{w2} + (5 \sim 10) \text{mm}$ (见图b) 式中 l_{w1} ——工件孔前端拉削长度 l_{w2} ——工件孔空刀槽长度
后导部直径	D_7	$D_7 = D_{Mmin}$ 公差 $\nabla 7$
前柄端面至第一个刀齿长度	L_1'	$L_1' = l_1 + l_2 + l_3 + l_4$, 式中 l_1 即表4-25中的 L_2

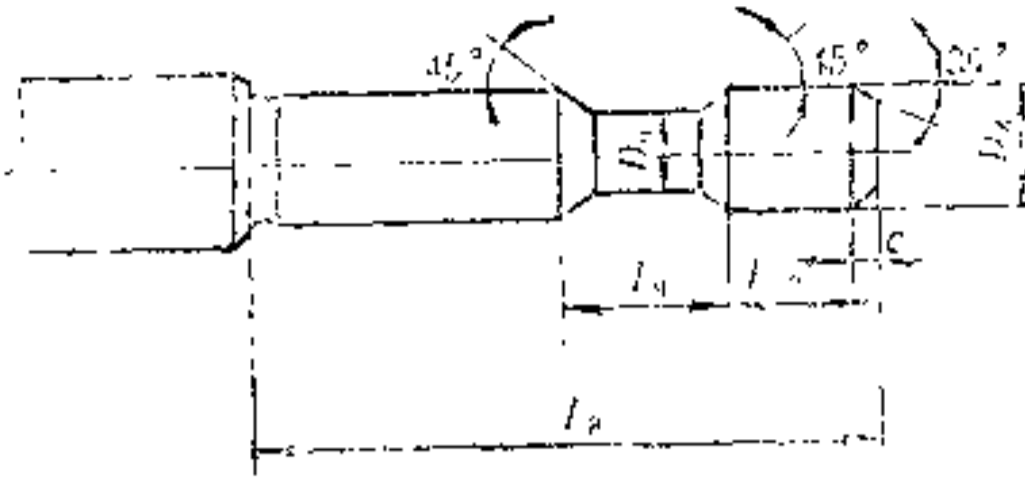
注: 1. 在拉刀工作图上, 通常不标注 l_2 , 而标注 L_1' 。

2. m 尺寸如下:

拉床型号	L6110	L6120	L6140
m	5	10	15

表4-27 拉刀圆柱形后柄 I 型(整体式后柄)基本尺寸(GB3832.3—83)

(mm)

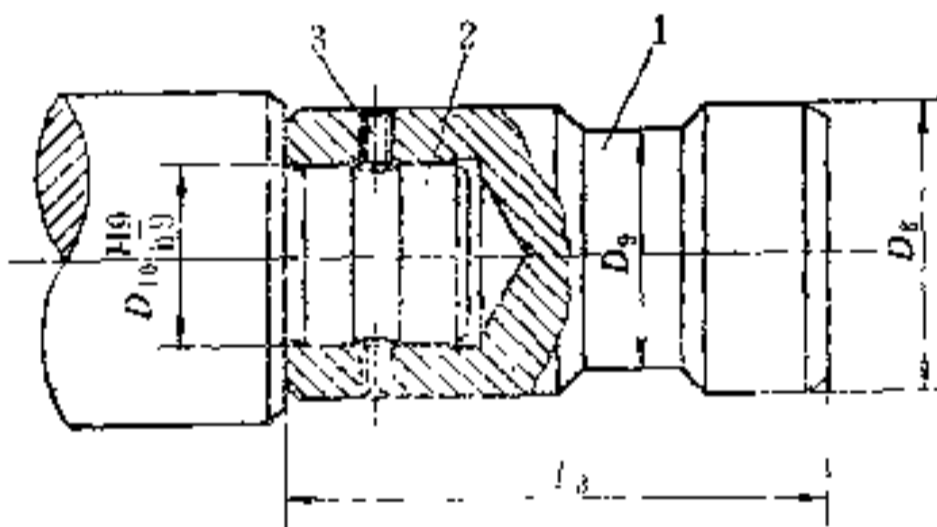


尺寸	D_8	公差 f_8	尺寸	D_9	公差 h_{12}	l_{10}	l_9	l_8	c
12		-0.016	9		0	16	16	69	3
16		-0.043	12		0				
20		-0.020	15		-0.180	20	20	80	4
25		-0.053	20		0				
32		-0.025	26		-0.210	25	25	100	5
40		-0.064	34		0				
50		-0.030	42		-0.250	28	32	120	6
63		-0.076	53		0				
80		-0.036	68		-0.300				
100		-0.090	86		0	32	40	140	8
					-0.350				

注: 当 $d_1 > 63\text{mm}$ 时, 可采用GB3832.3—2圆柱形后柄 II 型——装配式后柄, 见表4-28。

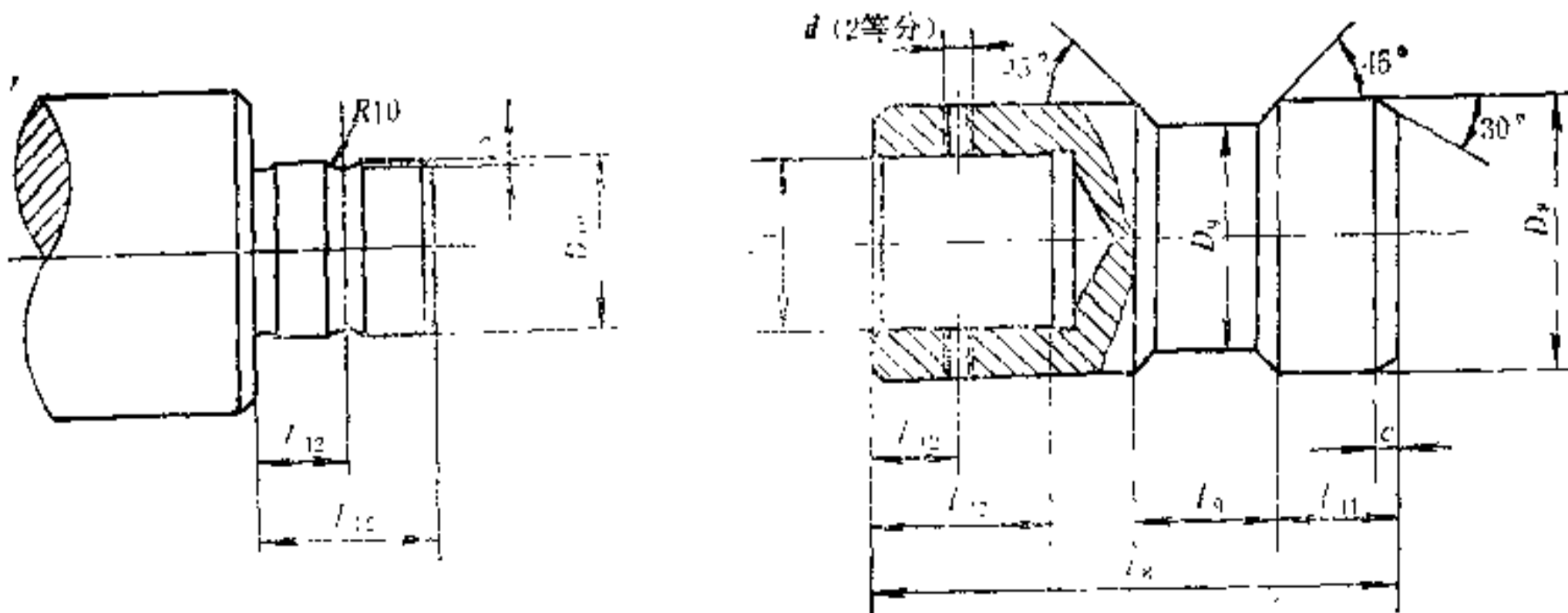
表4-28 拉刀圆柱形后柄 II 型(装配式后柄)基本尺寸(GB3832.3—83)

(mm)



1—接柄 2—拉刀联结部 3—紧固螺钉

件号	名称	件数	主要尺寸				备注
			D_8	D_9	D_{10}	l_8	
1	接柄	1	63	53	40	120	
2	拉刀联结部	1	80	68	50	140	
3	紧固螺钉	2	100	86	70		任选



(续)

D_8		D_9		D_{10}			l_{11}	l_0	l_8	l_{12}	l_{10}	c	d
尺寸	公差 (8f)	尺寸	公差 (h12)	尺寸	公差								
					轴 (h9)	孔 (H9)							
63	-0.030 -0.076	53	0 -0.300	40	0	+0.062	28	32	120	20	40	6	M6
80		68		50	-0.062	0							
100	-0.036 -0.090	86	0 -0.350	70	0 -0.074	0 +0.074	32	40	140	25	50	8	M9

表4-29 圆孔拉刀拉削力计算公式

拉削力计算公式	$F_{zmax} = F_z' a_w z k_1 k_2 k_3 k_4 k_5 \times 10^{-8} \text{ kN}$
拉削方式	a_w 的计算公式
分层式	$a_w = \pi D_b$
轮切式	$a_w = \pi D_b / z$
组合式	$a_w = \pi D_b / 2$

- 注：1. F_z' 为拉刀刀刃上单位长度上的切削力，单位为N/mm，由实验测得，其值见表4-31。
 2. a_w 为每个刀齿上的切削宽度，单位为mm。
 3. z 为轮切式拉刀每组齿数。
 4. k_1, k_2, k_3, k_4 和 k_5 为修正系数，其值见表4-30。

表4-30 拉削力修正系数

切削刃型式	直线刃拉刀	曲线刃、圆弧刃拉刀	
切削刃状态修正系数 k_1	1	1.06~1.27	
刀齿磨损情形	切削刃锋利	后刀面正常磨损 $V_B=0.3\text{mm}$	
刀齿磨损状况修正系数 k_2	1	1.15	
切削液	硫化切削液	10%乳化液	干切削钢料
切削液状况修正系数 k_3	1	1.13	1.34
前角 γ_0	10°~12°	6°~8°	0°~2°
刀齿前角修正系数 k_4	1	1.13	1.35
后角 α_0	2°~3°	≤1°加工钢	≤1°加工铸铁
刀齿后角修正系数 k_5	1	1.20	1.12

表4-31 拉刀切削刃单位长度上的切削力 F_z'

(mm)

齿升量 f_z (mm)	工件材料								
	碳 钢			合 金 钢			铸 铁		
	$>197\text{HBS}$	$197\sim 229\text{HBS}$	$<229\text{HBS}$	$>197\text{HBS}$	$>197\sim 229\text{HBS}$	$>229\text{HBS}$	灰铸铁		可锻铸铁
							$\leq 180\text{HBS}$	$>180\text{HBS}$	
0.01	64	70	83	75	83	89	54	74	62
0.015	78	86	103	99	108	122	67	80	67
0.02	93	103	123	124	133	155	79	87	72
0.025	107	119	141	139	149	165	91	101	82
0.03	121	133	158	154	166	182	102	114	92
0.04	140	155	183	181	194	214	119	131	107
0.05	160	178	212	203	218	240	137	152	123
0.06	174	191	228	233	251	277	148	163	131
0.07	192	213	253	255	277	306	164	181	150
0.075	198	222	264	265	286	319	170	188	153
0.08	209	231	275	275	296	329	177	196	161
0.09	227	250	298	298	322	355	191	212	176
0.10	242	268	319	322	347	383	203	232	188
0.11	261	288	343	344	374	412	222	249	202
0.12	280	309	368	371	399	441	238	263	216
0.125	288	320	380	383	412	456	245	274	226
0.13	298	330	390	395	426	471	253	280	230
0.14	318	350	417	415	448	495	268	297	245
0.15	336	372	441	437	471	520	284	315	256
0.16	353	390	463	462	500	549	292	330	271
0.17	371	408	486	486	526	581	314	346	285
0.18	387	428	510	515	554	613	328	363	296
0.19	403	446	530	544	589	649	339	381	313
0.20	419	464	551	565	608	672	353	394	320
0.21	434	479	569	569	631	697	268	400	332
0.22	447	493	589	608	654	724	378	419	342
0.23	459	507	604	628	675	748	387	430	351
0.24	471	521	620	649	696	771	402	442	361
0.25	486	535	638	667	716	795	413	456	369
0.26	500	550	653	693	739	818	421	468	383
0.27	515	563	669	708	761	842	436	478	394
0.28	530	577	687	726	783	866	446	491	405
0.29	539	589	706	746	814	903	453	500	411
0.30	553	603	716	770	829	915	467	512	423

注：对轮切式及组合式拉刀应按 $2f_z$ 来查 F_z' 值。

表4-32 拉刀强度验算

(GPa)

强度验算结果	处理意见
$\sigma = \frac{F_{zmax}}{A_{min}} \leq [\sigma]$	设计合格
$\sigma = \frac{F_{zmax}}{A_{min}}$	应采取措 施, 如增大 A_{min} 或减小 F_{zmax} 值, 即减小容屑槽深度或减小同时工作齿数或减小齿升量或加大齿距等

注: F_{zmax} ——最大切削力, 单位为kN。

σ ——拉刀所受的拉应力, 单位为GPa。

$[\sigma]$ ——许用拉应力, 见表4-6。

A_{min} ——拉刀危险截面, 一般指拉刀第一切削齿前容屑槽的截面积, 或拉刀前柄的最小截面积, 单位为 mm^2 。

表4-33 拉床拉力校验

拉床拉力校验结果	处理意见
$F_{zmax} \leq K_m F_m$	设计合格
$F_{zmax} > K_m F_m$	可减小容屑槽深度或减小同时工作齿数或减小齿升量或加大齿距等

注: K_m ——拉床工作状况系数, 见表4-35。

F_m ——拉床允许最大拉力, 即额定拉力, 见表4-34。

表4-34 常用拉床的主要规格

拉床类型	L6110	L6110-1	L6120	L6120-1	L6140
额定拉力 F_m (kN)	100	100	200	200	400
床壁孔径 (mm)	125	150	200	200	260
床壁厚度 A (mm)	60	70	80	80	100
花盘孔径 (mm)	100	100	150	150	180
花盘厚度 a (mm)	60	70	75	90	120
花盘法兰厚度 B (mm)	30	30	40	40	50
最大行程 (m) W	1200	1250	1600	1600	2000

表4-35 拉床工作状况系数 K_m

拉床工作状况		K_m
新 机 床		0.9
旧 机 床	状况良好	0.8
	状况不良	0.5~0.7

表4-36 圆孔拉刀允许总长度

拉刀直径 D ,	>12~15	>15~20	>20~25	>25~30	>30~50	>50
拉刀总长 L ,	700	800	1000	1200	1300	1500

- 注：1. 如设计的拉刀超过表4-36中的允许总长度时，应重新进行计算，如采用合适的拉削方式，或增大齿升量或减小齿距等以缩短拉刀长度，也可考虑设计两把以上的成套拉刀。
2. 此表也适用于花键拉刀。

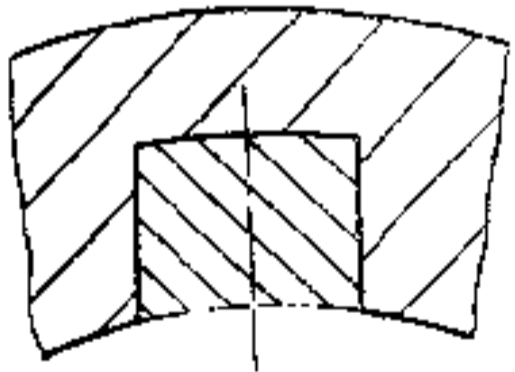
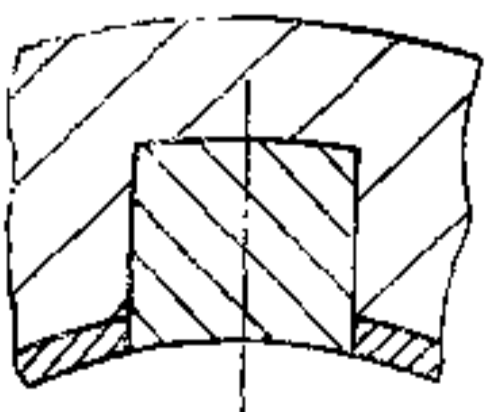
第七节 矩形花键拉刀设计

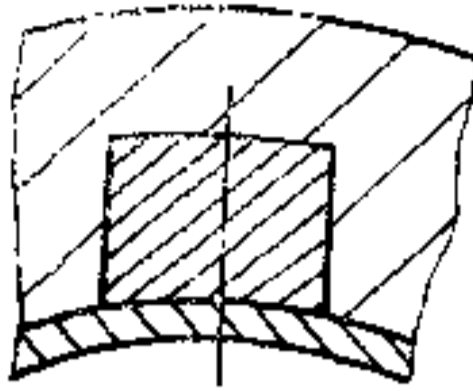
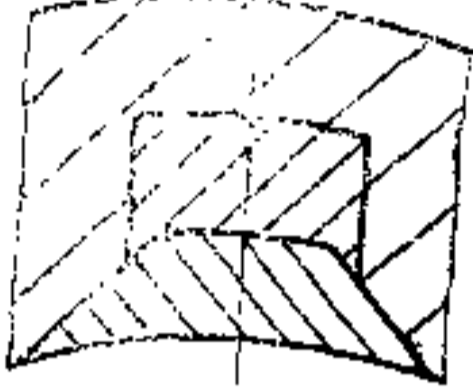
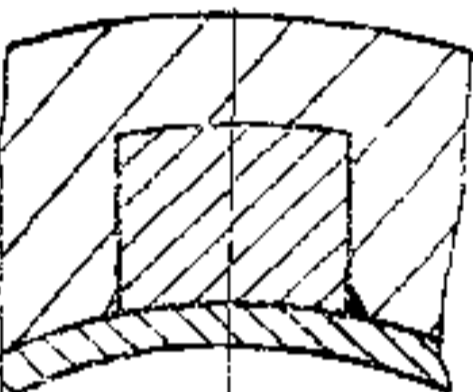
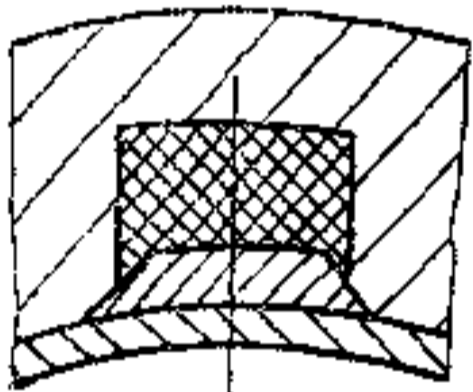
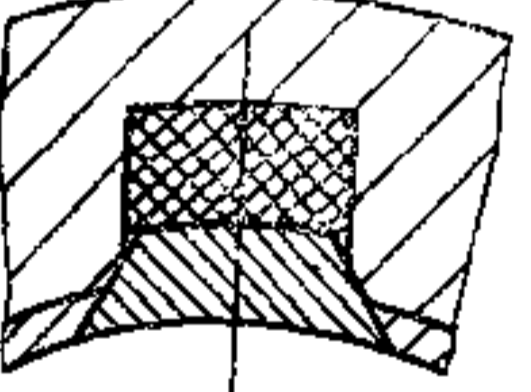
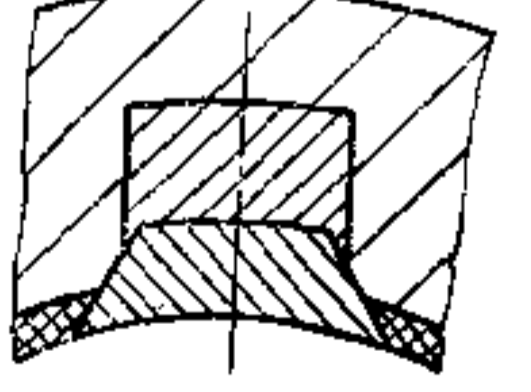
设计花键拉刀时，花键拉刀结构参数的选择可参照圆孔拉刀的设计方法进行，其不同处为花键齿的设计，今以矩形花键拉刀为重点来说明其特殊的设计问题。

一、花键拉刀余量的切除方式

花键拉刀余量的切除方式、特点和适用范围等可见表4-37。

表4-37 花键拉刀余量的切除方式

型式	拉刀刀齿组合形式	刀齿切削顺序	简 图	特点及适用范围
I	只有花键齿	花键		拉刀结构简单，用于工件预制孔精度较高时
II	花键齿加圆形齿	花键→圆孔		加工 $L_0 > 30\text{mm}$ 的工件，且 $\alpha_0 > 5$ ，工件预制孔为精镗时，可保证内花键所需精度。由于圆孔余量被花键齿分割，在圆形刀齿上可不开分屑槽，并且可增大齿升量。但拉削短工件时，当花键校准齿切出时，前几个圆形齿将切下较少余量或切不下余量，使工件下移，因而不易保证花键大、小径的同心

型式	拉刀刀齿组合形式	刀齿切削顺序	简图	特点及适用范围
Ⅲ	同上	圆孔→ 花键		加工 $L_0 < 30\text{mm}$ 的工件时, 可保证为花键有较高精度, 因而它对工件预制孔的精度要求不高。用于加工孔长小于 30mm 的工件, 或加工几个叠在一起的薄零件时使用较普遍
Ⅳ	花键齿加 倒角齿	倒角→ 花键		由于倒角齿切去了花键的一部分余量, 减少了花键齿的部分长度。但工件预制孔的精度应达H9以上, 才能使拉后孔有一定精度。在生产中使用较普遍
Ⅴ		圆孔→ 花键→ 倒角		特点与Ⅲ型基本相同, 为了防止磨花键齿时损坏倒角齿, 在花键齿和倒角齿之间要有一个增大的齿距, 一般 $P = 16 \sim 18\text{mm}$ 。用于拉削 $L_0 < 30\text{mm}$ 且要求倒角的工件
Ⅵ	花键齿、 圆形齿、 倒角齿	圆孔→ 倒角→ 花键		拉刀长度可取得较短, 对预制孔精度要求也不高, 拉刀制造方便, 使用也较广泛
Ⅶ		倒角→ 圆孔→ 花键		拉削短工件时, 当工件处于圆形刀齿的校准齿切割位置时, 工件易转动, 使倒角与键槽位置不重合, 将损坏刀齿, 并使零件报废。此种拉刀加工工艺性好, 在加工倒角齿和花键齿时, 不易碰伤圆形齿。倒角齿切去花键齿余量, 且分割圆孔余量, 可减少拉刀长度。适用于拉削孔长大于圆孔校准齿部分长度的工件
Ⅷ		倒角→ 花键→ 圆孔		倒角齿切去了花键齿的加工余量, 可减少花键齿齿数与长度, 有利于提高加工精度和减少拉刀制造时间, 但加工性差, 刃磨花键齿时, 易碰伤倒角齿或圆形齿。其它特点同Ⅱ型。用于加工 $L_0 > 30\text{mm}$ 的工件, 且 $z_0 > 5$ 时

注: 余量切除顺序为:

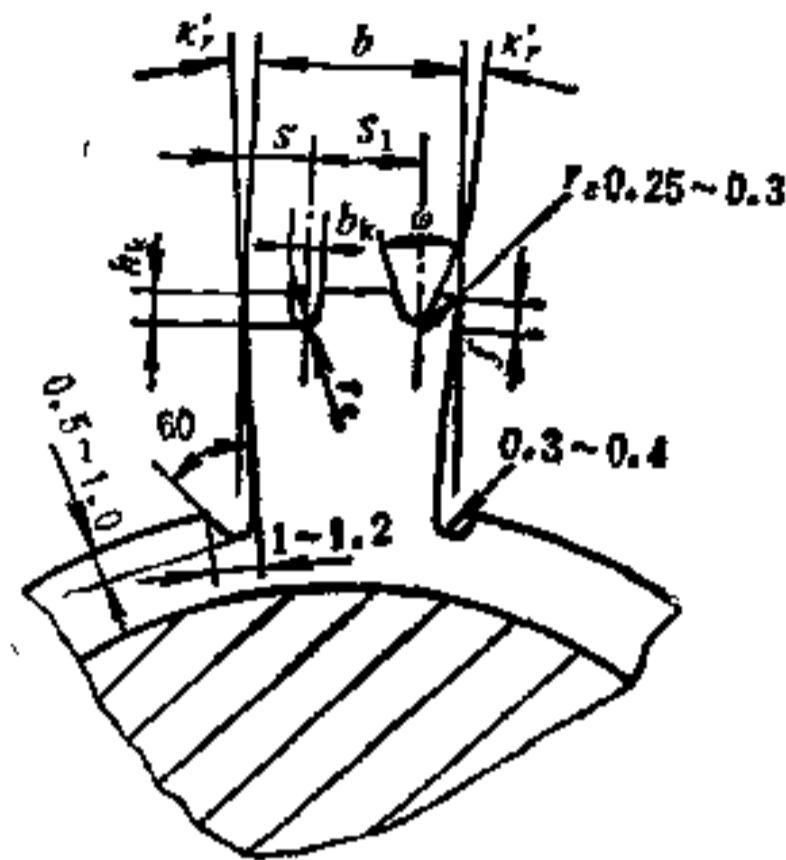


二、花键齿截形尺寸

花键齿截形尺寸的计算见表4-38。

表4-38 花键齿截形尺寸计算

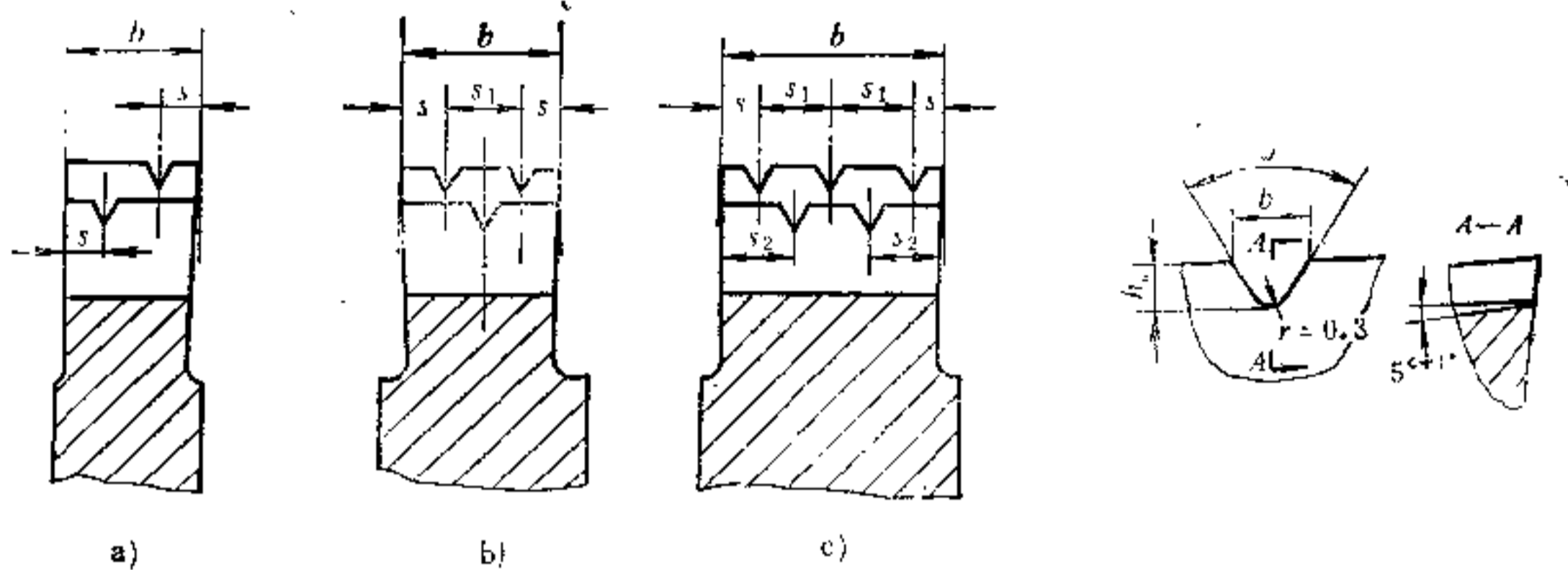
(mm)



顺序	截形尺寸	代号	计算公式或数据
1	齿宽	b	$b = b_{max} - \delta_b$ 式中 b_{max} ——内花键最大键宽 δ_b ——键宽扩张量, 根据试验结果, 取 $\delta_b = 0.005 \sim 0.01$
2	副偏角	κ'	$1^\circ \sim 1^\circ 30'$ 用于减少拉刀齿侧和工件槽壁之间的摩擦, 一般在键高大于 1.5mm 的刀齿侧面上才磨出。加工一般材料时用此数值
			$2^\circ \sim 2^\circ 30'$ 加工韧性很大的钢料时用
3	齿侧棱带	f	0.8~1, 为了提高键槽宽度的精度
4	过渡刀刃	直线过渡刃 过渡刃宽	b_s 0.2~0.3
		过渡刃斜角	b_{rs} 45°
		圆弧过渡刃圆角半径	r_s 0.25~0.3
5	砂轮退刀槽	槽形角	θ_w 60°
		槽宽	b_w 1~1.2
		槽深	h_w 0.5~1
		圆角半径	r_w 0.3~0.4
6	分屑槽		见表4-39

表4-39 花键、键槽拉刀分屑槽尺寸

(mm)



a) I型 b) II型 c) III型

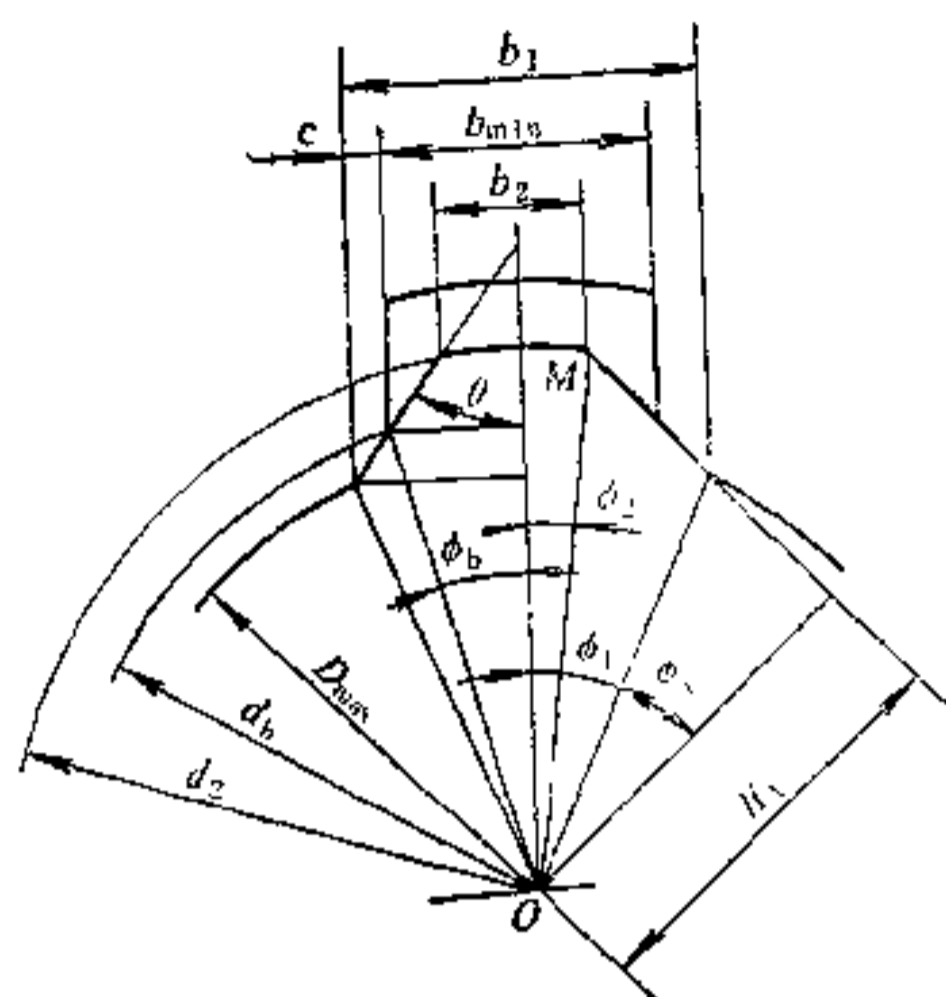
类型	I								II			III					
齿宽b	4	5	6	7	8	9	10	12	14	16	18	20	24	28	32	36	40
S	1.2	1.5	2.0	2.2	2.5	3.0	3.0	4.0	3.5	4.0	3.0	3.0	4.0	4.0	4.0	4.5	5.0
S ₁	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	6.0	7.0	8.0	10.0	8.0	9.0	10.0
S ₂	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	6.0	6.5	8.0	9.0	8.0	9.0	10.0
b _k	0.6~0.8						0.7~1.0					0.7~1.1			0.8~1.2		
h _k	0.3						0.4						0.5				
w	一般45°~60°, 最好90°																
r _c	0.2~0.3																

三、矩形花键拉刀倒角齿尺寸

矩形花键拉刀倒角齿尺寸见表4-40。

表4-40 矩形花键拉刀倒角齿尺寸

(mm)



b_{min} ——内花键最小键宽
 c ——倒角尺寸
 D_{max} ——内花键最大小径

尺寸	代号	计算公式
倒角齿最大宽度	b_1	$b_1 = b_{min} + 3c$
		$\sin \phi_1 = b_1 / D_{max}$
		$\phi_2 = 90^\circ - \theta - \phi_1$, 式中 θ 见表4-41
倒角齿侧面到拉刀中心的距离	H_1	$H_1 = \frac{D_{max} \cos \phi_2}{2}$
		$\overline{MO} = \frac{2H_1 - b_{min} \cos \theta}{2 \sin \theta}$
		$\tan \phi_b = \frac{b_{min}}{2\overline{MO}}$
倒角齿侧面与键侧交点处直径	d_b	$d_b = \frac{b_{min}}{\sin \phi_b}$
倒角齿最后一个刀齿直径	d_2	$d_2 = d_b + (0.2 \sim 0.6) \text{mm}$

表4-41 倒角齿工艺角度 θ

键数	4	6	8	10	12	16
θ	45°	30°	45°	36°	30°	45°

注：当花键键高较小时，建议不论键数， θ 均等于45°，这是由于 θ 较小时，如 $\theta=30^\circ$ 或 36° ，将使键侧表面工作部分高度变小，而键高小时，花键联结就不好。

表4-42 矩形花键拉刀拉削力计算公式

拉削力计算公式		$F_{zmax} = F_v' a_w z_c k_1 k_2 k_3 k_4 k_5 \times 10^{-3} \text{ kN}$
拉削方式		a_w 的计算公式
分层式	花键齿	$a_w = zb$
	倒角齿	$a_w = z(b+2f)$
轮切式花键齿		$a_w = zb/z_0$

- 注：1. z 为花键键数
 2. b 为键宽尺寸， f 为键侧倒棱宽度尺寸。
 3. z_0 为轮切式拉刀每组齿数。
 4. k_1 、 k_2 、 k_3 、 k_4 和 k_5 为修正系数，见表4-30。
 5. 在分层式拉削时，如倒角齿在花键齿之后，可不必计算倒角齿的切削力。

第八节 拉刀技术条件

一、拉刀表面粗糙度

拉刀表面粗糙度，见表4-43。

表4-43 拉刀表面粗糙度 (μm)

拉刀表面	表面粗糙度 R_a
刀齿刃带表面	≤ 0.2
刀齿前面和后面	精切齿和校准齿
	粗切齿
前导部和后导部外圆表面	≤ 0.4
中心孔工作锥面	
柄部外圆表面	≤ 0.8
客属槽槽底磨光	≤ 1.6
花键齿两侧面	≤ 0.4
花键齿侧隙表面	≤ 0.8

二、拉刀刀齿外圆直径偏差

拉刀刀齿外圆直径偏差，见表4-44~表4-46。

表4-44 粗切齿外圆直径极限偏差

(mm)

直径齿升量	外圆直径尺寸极限偏差	相邻齿的直径齿升量差
~0.06	±0.010	0.010
>0.06~0.10	±0.015	0.015
>0.10~0.12	±0.020	0.020
>0.12	±0.025	0.025

表4-45 圆拉刀校准齿及与其尺寸相同的精切齿外圆直径的极限偏差

(mm)

被加工孔的直径公差	外圆直径的极限偏差
~0.018	0 -0.005
>0.018~0.027	0 -0.007
>0.027~0.036	0 -0.009
>0.036~0.046	0 -0.012
>0.046	0 -0.015

注：1. 拉刀其余精切齿外圆直径的极限偏差为 $-\frac{f}{10}$ mm。

2. 拉刀校准齿与其尺寸相同的精切齿外圆直径尺寸的一致性为0.005mm。校准齿部分不允许有正锥度。

表4-46 花键拉刀校准齿及精切齿外圆直径尺寸的极限偏差

(mm)

花键定心直径尺寸公差	外圆直径的极限偏差
~0.019	0 -0.005
>0.019~0.027	0 -0.007
>0.027~0.035	0 -0.009
>0.035~0.045	0 -0.012
>0.045	0 -0.015

注：1. 拉刀其余精切齿外圆直径的极限偏差，当花键定心直径尺寸公差 ≤ 0.035 mm时，为 $-\frac{f}{10}$ mm； >0.035

mm时，为 $-\frac{f}{8}$ mm。

2. 拉刀校准齿与其尺寸相同的精切齿外圆直径尺寸的一致性为0.005mm。校准齿部分不允许有正锥度。

三、拉刀外圆表面对拉刀基准轴线的径向圆跳动公差

1. 拉刀校准齿及其相邻的两个精切齿的径向圆跳动公差不得超过表4-45中所规定的外圆直径公差值。
2. 拉刀后导部的径向圆跳动公差同校准齿。
3. 拉刀其余部分的径向圆跳动公差见表4-47。

表4-47 拉刀其余部分的径向圆跳动公差 (mm)

拉刀全长与其直径的比值	径向圆跳动公差
~15	0.03
>15~25	0.04
>25	0.05

4. 拉刀各部分的径向圆跳动应在同一方向。
5. 拉刀柄部与卡爪接触的锥面对拉刀基准轴线的斜向圆跳动公差为0.1mm。

四、拉刀全长尺寸的极限偏差

拉刀全长 $\leq 1000\text{mm}$ 时，为 $\pm 3\text{mm}$ 。

拉刀全长 $> 1000\text{mm}$ 时，为 $\pm 5\text{mm}$ 。

五、拉刀角度的极限偏差

前角 $\begin{matrix} +2^\circ \\ -1^\circ \end{matrix}$ 切削齿后角 $\begin{matrix} +10^\circ \\ 0 \end{matrix}$ 校准齿后角 $\begin{matrix} +0^\circ 30' \\ 0 \end{matrix}$

六、拉刀前导部及后导部的尺寸公差

拉刀前导部及后导部的尺寸公差见表4-48。

表4-48 拉刀前导部及后导的尺寸公差

部位 尺寸公差 标注尺寸 公差的尺寸	前导部		后导部	
	圆柱形	花键形	圆柱形	花键形
外圆直径	f7	e8	f7	$\begin{matrix} 0 \\ -0.2 \end{matrix} \text{mm}$
花键齿宽度	—	e8	—	e8

七、花键拉刀花键齿等分累积误差的公差及花键齿两侧面对其基准中心平面的对称度公差

花键拉刀花键齿等分累积误差的公差及花键齿两侧面对其基准中心平面的对称度公差，见表4-49。

表4-49 花键拉刀花键齿等分累积误差的公差及花键齿两侧面
对其基准中心平面的对称度公差

(mm)

花键槽宽公差代号	拉刀定心圆直径					
	≤30	>30~50	>50~80	>80~120	>120~180	>180~260
	公 差					
E8	0.008	0.010	0.015	0.020	0.025	0.030
D9	0.015	0.020	0.025	0.030	0.035	0.040

八、花键拉刀花键齿宽度尺寸的极限偏差、在拉刀横截面内花键齿两侧面的平行度公差及拉刀花键齿侧面沿纵向对拉刀基准线的平行度(包括螺旋度)公差

上述公差见表4-50。

表4-50 花键拉刀花键齿宽度尺寸横截面内花键齿两侧面的平行度公差及拉刀
花键齿侧面沿纵向对拉刀基准轴的平行度(包括螺旋度)公差 (mm)

花键槽宽公差代号	花键齿宽度基本尺寸			
	~3	>3~10	>10~18	>18
	公 差			
E8	$\begin{matrix} 0 \\ -0.010 \end{matrix}$	$\begin{matrix} 0 \\ -0.012 \end{matrix}$	$\begin{matrix} 0 \\ -0.015 \end{matrix}$	$\begin{matrix} 0 \\ -0.015 \end{matrix}$
D9	$\begin{matrix} 0 \\ -0.012 \end{matrix}$	$\begin{matrix} 0 \\ -0.015 \end{matrix}$	$\begin{matrix} 0 \\ -0.018 \end{matrix}$	$\begin{matrix} 0 \\ -0.018 \end{matrix}$

九、花键拉刀倒角齿有关公差

花键拉刀倒角齿两角度面至拉刀基准轴线间的距离尺寸 H_1 的极限偏差为 $\pm 0.05\text{mm}$ 。

拉刀倒角齿两角度面对花键齿中心平面对称度公差为 0.05mm 。

第九节 矩形花键拉刀设计举例

已知：工件材料为45钢，220~240HBS，要求拉削内花键尺寸为 $6 \times 28\text{H}7 \left(\begin{matrix} +0.021 \\ 0 \end{matrix} \text{mm} \right)$
 $\times 32\text{H}10 \left(\begin{matrix} +0.100 \\ 0 \end{matrix} \text{mm} \right) \times 7\text{H}11 \left(\begin{matrix} +0.090 \\ 0 \end{matrix} \text{mm} \right)$ ，截面图形中小径处倒角 $0.3\text{mm} \times 45^\circ$ ，大径处圆角半径 0.2mm ，拉削长度 25mm ，预加工孔径为 $\phi 27 \begin{matrix} +0.2 \\ 0 \end{matrix} \text{mm}$ ，拉削表面粗糙度要求为 $R_a 3.2\mu\text{m}$ ，使用机床型号为L6120，旧机床，状况良好，用10%乳化液冷却，设计一把矩形花键拉刀。

设计步骤及方法见表4-51。

表4-51 矩形花键拉刀设计举例

序号	项 目	代号	计算公式及表格	计算或选用结果
1	拉刀材料		表4-6	W18Cr4V
2	拉削顺序 及拉削方式		表4-37	采用圆孔—倒角—花键切削方式,圆孔采用组合式, 内花键采用渐成式
3	拉削余量 圆 孔 花 键	$A_{圆}$ $A_{花}$	表4-2, $A_{圆} = D_{Mmax} - D_{Omin}$ 表4-3, $A_{花} = D_{Mmax} - D_{Fmin}$	$A_{圆} = (28.021 - 27) \text{mm} = 1.021 \text{mm}$ $A_{花} = (32.1 - 28) \text{mm} = 4.1 \text{mm}$
4	前 角	γ_0	表4-7	各部分前角均取成相等 $\gamma_0 = 15^\circ \begin{matrix} +2^\circ \\ -1^\circ \end{matrix}$
5	后 角 圆粗切齿、倒角 齿、花粗切齿后角 圆精切齿、花精 切齿后角 圆校准齿、花校 准齿后角	α_0 α_{01} α_{02}	表4-8	$\alpha_0 = 2^\circ 30' \begin{matrix} +1^\circ \\ 0 \end{matrix}$ $\alpha_{01} = 2^\circ \begin{matrix} +30' \\ 0 \end{matrix}$ $\alpha_{02} = 1^\circ \begin{matrix} +30' \\ 0 \end{matrix}$
6	刃 带 圆粗切齿、倒角 齿、花粗切齿刃带 圆精切齿、花精 切齿刃带 圆校准齿、花校准 齿刃带	$b_{\alpha 1}$ $b_{\alpha 11}$ $b_{\alpha 12}$	表4-8	$b_{\alpha 1} = 0.1 \text{mm}$ $b_{\alpha 11} = 0.2 \text{mm}$ $b_{\alpha 12} = 0.3 \text{mm}$
7	齿 升 量	f_z $f_{z精}$	表4-9、表4-10、表4-13	除圆孔精切齿的齿升量 $f_{z精} = 0.02 \text{mm}$ 外, 其余切削齿的齿升量均为 $f_z = 0.06 \text{mm}$
8	齿 距	P	表4-14	各切削齿,校准齿的齿距均取 $P = 7 \text{mm}$
9	同时工作齿数	z_c	表4-15	$z_c = 4$
10	圆粗切齿、倒角 齿、花切削齿容屑 槽槽形及尺寸	h g r	由表4-16求槽形 由表4-19求 K , 查表4-21 $h = 1.13 \sqrt{L_0 a_c K}$ 表4-17	选用直直线齿背槽形 由表4-21, 查出 $n_k = 8$, 计算 $a_w = \frac{\pi 28}{8 \times 2} \text{mm}$ $= 5.5 \text{mm}$ $1.2 \sqrt{D_M} = 1.2 \times \sqrt{28} \text{mm} = 6.35 \text{mm}$ $\therefore a_w < 1.2 \sqrt{D_M}$ 由表4-19, 查出 $K = 3.0 \text{mm}$ $a_c = 2f_z = 2 \times 0.06 \text{mm} = 0.12 \text{mm}$ $h = 1.13 \times \sqrt{25 \times 0.12 \times 3.0} \text{mm} = 3.39 \text{mm}$ 由表4-16注查得 $h_{max} = 5 \text{mm}$, $h < h_{max}$ 选深槽, 加大 $h = 3.5 \text{mm}$, $g = 2.5 \text{mm}$, $r = 1.5 \text{mm}$

(续)

序号	项 目	代号	计算公式及表格	计算或选用结果
11	圆精切齿、圆校准齿及花校准齿容屑槽槽形及尺寸	$h_{\text{齿}}$ $q_{\text{齿}}$ $r_{\text{齿}}$	表4-16 表4-18 $h=1.13\sqrt{L_0 a_c K}$ 表4-17	选用直线齿背槽形 $K=3$ $a_c=f_z=0.02\text{mm}$ $h_{\text{齿}}=1.13\times\sqrt{25\times 0.02\times 3}\text{mm}=1.38\text{mm}$ 选浅槽, $h_{\text{齿}}=2\text{mm}$, $q_{\text{齿}}=5\text{mm}$, $r_{\text{齿}}=1\text{mm}$
12	圆粗切齿分屑槽尺寸及形式	n_k a	表4-21	用圆弧形分屑槽 $n_k=8$, $a=5.2\text{mm}$
13	圆精切齿分屑槽尺寸及形式	n_k b_k h_k r_c w	表4-20	用角度形分屑槽 $n_k=14$, $b_k=1.0\text{mm}$, $h_k=0.5\text{mm}$, $r_c=0.4\text{mm}$, $w=90^\circ$
14	圆校准齿直径	$D_{b\text{圆校}}$	表4-24 表4-22, $D_{b\text{圆校}}=D_{M\text{max}}+\delta$	$\delta=0.005\text{mm}$ $D_b=(28.021+0.005)\text{mm}=28.026\text{mm}$
15	粗算圆切前齿齿数	$Z_{\text{圆切}}$	$Z_{\text{圆切}}=\frac{A_{\text{圆}}}{2f_z}+(3\sim 5)$	$Z_{\text{圆切}}=\left[\frac{1.021}{0.12}+(3\sim 5)\right]=12\sim 14$
16	圆校准齿齿数	$Z_{\text{圆校}}$	表4-10	取 $Z_{\text{圆校}}=5$
17	倒角齿尺寸	b_1 H_1 d_b d_z	表4-40, $b_1=b_{\text{min}}+2c$ $\sin\phi_1=b_1/D_{\text{max}}$ $\phi_x=90^\circ-\theta-\phi_1$ $H_1=\frac{D_{\text{max}}\cos\phi_x}{2}$ $MO=\frac{2H_1-b_{\text{min}}\cos\theta}{2\sin\theta}$ $\text{tg}\phi_b=\frac{b_{\text{min}}}{2MO}$ $d_b=\frac{b_{\text{min}}}{\sin\phi_b}$ $d_z=d_b+(0.2\sim 0.6)\text{mm}$	$b_1=(7+2\times 0.3)\text{mm}=7.6\text{mm}$ $\sin\phi_1=\frac{7.6}{28.021}=0.271$, $\phi_1=15.7^\circ$ $\phi_x=90^\circ-30^\circ-15.7^\circ=44.3^\circ$ $H_1=\frac{28.021\cos 44.3^\circ}{2}\text{mm}=10.02\text{mm}$ $MO=\frac{2\times 10.02-7\cos 30^\circ}{2\sin 30^\circ}\text{mm}=13.98\text{mm}$ $\text{tg}\phi_b=\frac{7}{2\times 13.98}=0.25$, $\phi_b=14.06^\circ$ $d_b=\frac{7}{\sin 14.06^\circ}\text{mm}=28.82\text{mm}$ $d_z=(28.82+0.4)\text{mm}=29.22\text{mm}$
18	倒角齿余量	$A_{\text{圆}}$	$A_{\text{圆}}=d_z-d_{M\text{max}}$	$A_{\text{圆}}=(29.22-28)\text{mm}=1.22\text{mm}$
19	倒角齿齿数	$Z_{\text{圆}}$	$Z_{\text{圆}}=A_{\text{圆}}/2f_z$	$Z_{\text{圆}}=1.22/(2\times 0.06)=10.17$, 取 $Z_{\text{圆}}=10$
20	第一个花键齿直径	$D_{b\text{花1}}$	$D_{b\text{花1}}=d_z+2f_z$	$D_{b\text{花1}}=(29.22+2\times 0.06)\text{mm}=29.34\text{mm}$
21	最后一个花键齿精切齿直径	$D_{b\text{花精末}}$	$D_{b\text{花精末}}=D'_{M\text{max}}+\delta$ 表4-24	$\delta=0.005\text{mm}$ $D_{b\text{花精末}}=(32.1+0.005)\text{mm}=32.105\text{mm}$

序号	项 目	代号	计算公式及表格	计算或选用结果
22	花键齿齿数	$Z_{花切}$ $Z_{花模}$	$Q_{花切} = \frac{A_{花}}{2f_s} + 3 - Z_{齿}$ 表4-10	$Z_{花切} = \frac{4.1}{2.0.06} + 3 - 10 = 27.2$, 取27 $Z_{花模} = 4$
23	花键齿齿形尺寸	b κ_r f r_e θ_w b_w h_w r_w	表4-38, $b = b_{max} - \delta_b$	$b = (7.09 - 0.01) \text{mm} = 7.08 \text{mm}$ $\kappa_r = 2^\circ \pm 30'$ $f = 0.8 \text{mm}$ $r_e = 0.3 \text{mm}$ $\theta_w = 60$ $b_w = 1 \text{mm}$ $h_w = 0.8 \text{mm}$ $r_w = 0.3 \text{mm}$
24	倒角齿及花键齿 分屑槽尺寸	s b_{kz} h_{kz} $w_{花}$ $r_{e花}$	表4-39	取I型, $s = 2.2 \text{mm}$ $b_{kz} = 0.7 \text{mm}$ $h_{kz} = 0.3 \text{mm}$ $w_{花} = 90^\circ$ $r_{e花} = 0.3 \text{mm}$
25	前柄尺寸	D_1', D_2' D_1', L_1 L_2, L_3 c	表4-25	$D_1 = 25 \begin{matrix} -0.020 \\ -0.053 \end{matrix} \text{mm}$, $D_2' = 19 \begin{matrix} 0 \\ -0.210 \end{matrix} \text{mm}$, $D_1' = 24.7 \text{mm}$, $L_1 = 20 \text{mm}$ $L_2 = 25 \text{mm}$, $L_3 = 90 \text{mm}$ $c = 4 \text{mm}$,
26	颈部长度的直径	l_2 D_2	表4-26, $l_2 \geq m + A + B - l_3$ 表4-34	$l_2 \geq (10 + 80 + 40 - 15) \text{mm} \geq 115 \text{mm}$, 取 $l_2 = 120 \text{mm}$ $D_2 = D_1 = 28 \text{mm}$
27	过渡锥长度	l_3	表4-26	取 $l_3 = 15 \text{mm}$
28	前导部长度及直径	l_4 D_4	表4-26, $l_4 = L_0$ 表4-43, $D_4 = D_{0min} + 7$	$l_4 = 25 \text{mm}$ $D_4 = 27 \begin{matrix} -0.020 \\ -0.041 \end{matrix} \text{mm}$
29	后导部长度及直径	l_7 D_7	表4-26, $l_7 = (0.5 \sim 0.7)L_0$ $l_7 \geq 20$ $D_7 = D_{Min}$ 表4-48	$l_7 = (12.5 \sim 17.5) \text{mm}$ 取 $l_7 = 21 \text{mm}$ $D_7 = 32 \begin{matrix} 0 \\ -0.2 \end{matrix} \text{mm}$
30	位刀键底直径	$D_{底}$	$D_{底} = D_{Min} - 0.5$	$D_{底} = (28 - 0.5) \text{mm} = 27.5 \text{mm}$
31	前柄端面至第一个 刀齿长	L_1'	表4-26 $L_1' = l_1 + l_2 + l_3 + l_4$	$L_1' = (90 + 120 + 15 + 25) \text{mm} = 250 \text{mm}$

序号	项目	代号	计算公式及表格	计算或选用结果
32	拉削力	F_{max}	表4-29, 4-30, 4-31, 4-42 $F_{max} = F_s' a_w Z_c k_1 k_2 k_3 k_4 k_5 \times 10^{-3} \text{ kN}$	$F_{max花} = 309 \times \frac{\pi 28}{2} \times 4 \times 1.1 \times 1 \times 1.13 \times 1.1 \times 10^{-3} \text{ kN} = 57.6 \text{ kN}$ $F_{max花} = 191 \times 6 \times 7 \times 4 \times 1.1 \times 1 \times 1.13 \times 1 \times 1 \times 10^{-3} \text{ kN} = 39.9 \text{ kN}$
33	拉刀危险截面	A_{min}	$A_{min} = \frac{\pi D_{b1}^2}{4}$ 或 $A_{min} = \frac{\pi D_{b1}'^2}{4}$	在前柄细颈处为危险截面, $A_{min} = \frac{\pi \times 18.79^2}{4} \text{ mm}^2 = 277.3 \text{ mm}^2$
34	拉刀强度校验		表4-32 $\sigma = \frac{F_{smax}}{A_{min}} \leq [\sigma]$ 表4-8	$[\sigma] = 0.35 \text{ GPa}$ $\sigma = \frac{57.6}{277.3} \text{ GPa} = 0.21 \text{ GPa} < [\sigma]$ 校验合格
35	拉床拉力校验		表4-33, 4-34, 4-35 $F_{smax} \leq K_m F_m$	$K = 0.8, F_m = 200 \text{ kN}$ $\therefore K_m F_m = 0.8 \times 200 \text{ kN} = 160 \text{ kN} > F_{smax}$ 拉力校验合格
36	排齿升量表			见图4-2 (全书末页)
37	圆粗切齿长 圆精切齿长 圆校准齿长 倒角齿长 花切削齿长 花校准齿长	$l_{圆粗}$ $l_{圆精}$ $l_{圆校}$ $l_{倒}$ $l_{花切}$ $l_{花校}$	$l_{圆粗} = P_{z圆粗}$ $l_{圆精} = P_{z圆精}$ $l_{圆校} = P_{z圆校}$ $l_{倒} = P_{z倒}$ $l_{花切} = P_{z花切}$ $l_{花校} = P_{z花校}$	$l_{圆粗} = 7 \times 9 \text{ mm} = 63 \text{ mm}$ $l_{圆精} = 7 \times 2 \text{ mm} = 14 \text{ mm}$ $l_{圆校} = 7 \times 5 \text{ mm} = 35 \text{ mm}$ $l_{倒} = 7 \times 10 \text{ mm} = 70 \text{ mm}$ $l_{花切} = 7 \times 27 \text{ mm} = 189 \text{ mm}$ $l_{花校} = 7 \times 4 \text{ mm} = 28 \text{ mm}$
38	拉刀总长	L	$L = L_1' + l_{圆粗} + l_{圆精} + l_{圆校} + l_{倒} + l_{花切} + l_{花校} + 17$	$L = (250 + 63 + 14 + 35 + 70 + 189 + 28 + 21) \text{ mm} = 670 \text{ mm}$
39	拉刀总长校验		表4-36	$L = 670 \text{ mm} < 1200 \text{ mm}$ 合格
40	中心孔尺寸		附表1	见附表1, 用GB145-85标记
41	拉刀技术条件		表4-43~表4-50	见图4-2 (全书末页)
42	拉刀工作图			见图4-3 (全书末页)

第十节 拉刀设计题选

1. 圆孔拉刀设计

(1) 设计要求

在L6110型卧式拉床上，拉制图示零件的孔（图4-3），已知工件材料为45钢， $\sigma_b =$

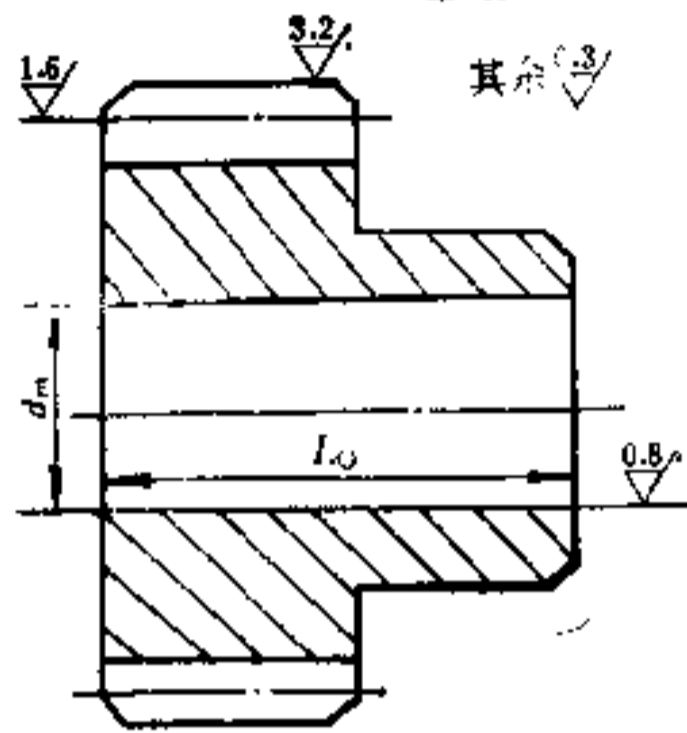


图4-3 工件图

0.735GPa，185~220HBS，坯孔为钻孔，尺寸见表4-52。要求设计一把圆孔拉刀。

(2) 完成作业：

- 1) 拉刀工作图，
- 2) 计算说明书。

2. 内花键拉刀设计

(1) 设计要求

在L6120型卧式拉床上，拉削下列内花键（图4-4），尺寸见表4-53。

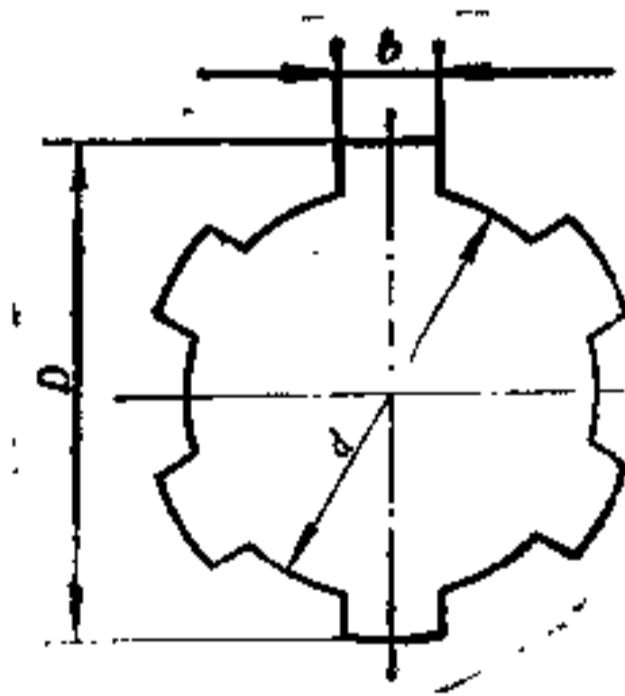


图4-4 内花键

表4-52 工件尺寸

编号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
D_M	$+2z_0^{+0.028}$															
D_W	$21_{-0.2}^0$	$21_{-0.1}^{+0.1}$	$21_{-0.1}^{+0.1}$	$21_{-0.2}^{+0.4}$	$24_{-0.2}^0$	$24_{-0.1}^{+0.1}$	$24_{-0.1}^{+0.1}$	$24_{-0.1}^{+0.4}$	$25_{-0.2}^0$	$25_{-0.1}^{+0.1}$	$25_{-0.1}^{+0.1}$	$25_{-0.1}^{+0.4}$	$26_{-0.2}^0$	$26_{-0.1}^{+0.1}$	$26_{-0.1}^{+0.1}$	$26_{-0.2}^{+0.4}$
L_0	$30_{-0.1}^0$	$30_{-0.1}^0$	$32_{-0.1}^0$	$32_{-0.1}^0$	$30_{-0.1}^0$	$30_{-0.1}^0$	$23_{-0.1}^0$	$23_{-0.1}^0$	$34_{-0.1}^0$	$34_{-0.1}^0$	$35_{-0.1}^0$	$35_{-0.1}^0$	$36_{-0.1}^0$	$36_{-0.1}^0$	$38_{-0.1}^0$	$38_{-0.1}^0$
编号	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
D_M	$2z_0^{+0.028}$															
D_W	$27_{-0.2}^0$	$27_{-0.1}^{+0.1}$	$27_{-0.1}^{+0.1}$	$27_{-0.2}^{+0.4}$	$29_{-0.2}^0$	$29_{-0.1}^{+0.1}$	$29_{-0.1}^{+0.1}$	$29_{-0.1}^{+0.4}$	$31_{-0.2}^0$	$31_{-0.1}^{+0.1}$	$31_{-0.1}^{+0.1}$	$31_{-0.1}^{+0.4}$	$32_{-0.2}^0$	$32_{-0.1}^{+0.1}$	$32_{-0.1}^{+0.1}$	$32_{-0.2}^{+0.4}$
L_0	$39_{-0.1}^0$	$39_{-0.1}^0$	$40_{-0.1}^0$	$40_{-0.1}^0$	$36_{-0.1}^0$	$36_{-0.1}^0$	$38_{-0.1}^0$	$38_{-0.1}^0$	$39_{-0.1}^0$	$39_{-0.1}^0$	$40_{-0.1}^0$	$40_{-0.1}^0$	$36_{-0.1}^0$	$36_{-0.1}^0$	$38_{-0.1}^0$	$38_{-0.1}^0$
编号	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48
D_M	$3z_0^{+0.027}$															
D_W	$33_{-0.2}^0$	$33_{-0.1}^{+0.1}$	$33_{-0.1}^{+0.1}$	$33_{-0.2}^{+0.4}$	$34_{-0.2}^0$	$34_{-0.1}^{+0.1}$	$34_{-0.1}^{+0.1}$	$34_{-0.1}^{+0.4}$	$35_{-0.2}^0$	$35_{-0.1}^{+0.1}$	$35_{-0.1}^{+0.1}$	$35_{-0.1}^{+0.4}$	$37_{-0.2}^0$	$37_{-0.1}^{+0.1}$	$37_{-0.1}^{+0.1}$	$37_{-0.2}^{+0.4}$
L_0	$39_{-0.1}^0$	$39_{-0.1}^0$	$40_{-0.1}^0$	$40_{-0.1}^0$	$41_{-0.1}^0$	$41_{-0.1}^0$	$42_{-0.1}^0$	$42_{-0.2}^0$	$43_{-0.1}^0$	$43_{-0.1}^0$	$44_{-0.1}^0$	$44_{-0.1}^0$	$41_{-0.1}^0$	$41_{-0.1}^0$	$42_{-0.1}^0$	$42_{-0.1}^0$
编号	49	50	51	52	54	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64
D_M	$4z_0^{+0.027}$															
D_W	$39_{-0.2}^0$	$39_{-0.1}^{+0.1}$	$39_{-0.1}^{+0.1}$	$39_{-0.2}^{+0.4}$	$41_{-0.2}^0$	$41_{-0.1}^{+0.1}$	$41_{-0.1}^{+0.1}$	$41_{-0.1}^{+0.4}$	$44_{-0.2}^0$	$44_{-0.1}^{+0.1}$	$44_{-0.1}^{+0.1}$	$44_{-0.1}^{+0.4}$	$47_{-0.2}^0$	$47_{-0.1}^{+0.1}$	$47_{-0.1}^{+0.1}$	$47_{-0.2}^{+0.4}$
L_0	$43_{-0.1}^0$	$43_{-0.1}^0$	$44_{-0.1}^0$	$44_{-0.1}^0$	$41_{-0.1}^0$	$41_{-0.1}^0$	$42_{-0.1}^0$	$42_{-0.1}^0$	$44_{-0.1}^0$	$44_{-0.1}^0$	$45_{-0.1}^0$	$45_{-0.1}^0$	$44_{-0.1}^0$	$44_{-0.1}^0$	$45_{-0.1}^0$	$45_{-0.1}^0$

注: D_M — 拉后孔径;

D_W — 拉前孔径

表4-53 内花键尺寸

(mm)

小径 d	轻系列				中系列			
	规格 $N \times d \times D \times B$	键数 N	大径 D	键宽 B	规格 $N \times d \times D \times B$	键数 N	大径 D	键宽 B
11					6×11×14×3		14	3
13					6×13×16×3.5		16	3.5
16					8×16×20×4		20	4
18					6×18×22×5		22	5
21		6			6×21×28×5	6	26	5
23	6×23×26×6		26	6	6×23×28×6		28	6
26	6×26×30×6		30	6	6×26×32×6		32	6
28	6×28×32×7		32	7	6×28×34×7		34	7
32	8×32×36×6		36	6	8×32×38×6		38	6
36	8×36×40×7		40	7	8×36×42×7		42	7
42	8×42×46×8	8	46	8	8×42×48×8	8	48	8
46	8×46×50×9		50	9	8×46×54×9		54	9
52	8×52×58×10		58	10	8×52×60×10		60	10
56	8×56×62×10		62	10	8×56×65×10		65	10
62	8×62×68×12		68	12	8×62×72×12		72	12
72	10×72×78×12		78	12	10×72×82×12		82	12
82	10×82×88×12	10	88	12	10×82×92×12	10	92	12
92	10×92×98×14		98	14	10×92×102×14		102	14
102	10×102×108×16		108	16	10×102×112×16		112	16
112	10×112×120×18		120	18	10×112×125×18		125	18

内花键键槽的截形图见图4-5，其截形尺寸见表4-54。

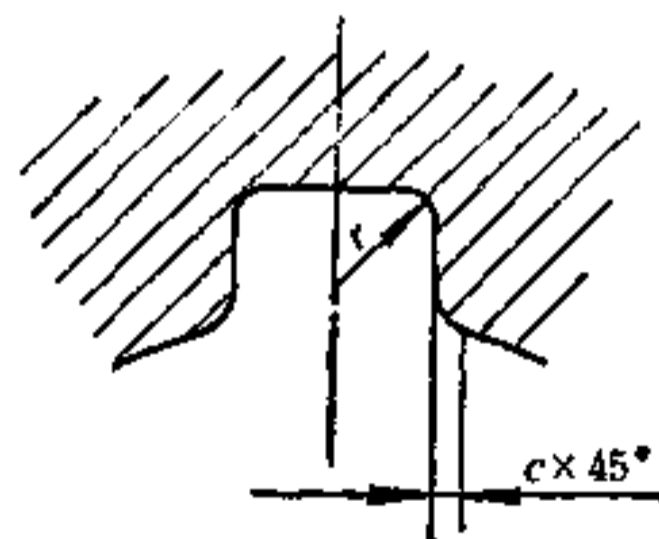


图4-5 内花键键槽的截形尺寸

表4-54 内花键键槽的截形尺寸

(mm)

轻 系 列			中 系 列		
规 格 $D \times d \times D \times B$	c	r	规 格 $N \times d \times D \times B$	c	r
			6×11×14×3	0.2	0.1
			6×13×16×3.5		
	0.2	0.1	6×16×20×4		
			6×18×22×5	0.3	0.2
			6×21×26×5		
6×23×26×6			6×23×28×6		
6×26×30×6			6×26×32×6		
6×28×32×7			6×28×34×7		
8×32×36×6			8×32×38×6	0.4	0.3
8×36×40×7	0.3	0.2	8×36×42×7		
8×42×46×8			8×42×48×8		
8×46×50×9			8×46×54×9		
8×52×58×10			8×52×69×10	0.5	0.4
8×56×62×10			8×56×65×10		
8×62×68×12			8×62×72×12		
10×72×78×12	0.4	0.3	10×72×82×12		
10×82×88×12			10×82×92×12		
10×92×98×14			10×92×102×12	0.6	0.5
10×102×108×16			10×102×112×16		
10×112×120×18	5.0	0.4	10×112×125×18		

d 、 D 、 B 的公差分别为H7、H9和H10。

已知工件长度为20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55, 60, 65, 70, 75, 80, 85, 90, 100mm (任选一种)。

工件材料为45钢, $\sigma_b=0.75\text{GPa}$, 190~220HBS。

(2) 要求完成作业

1) 加工一种规格内花键的矩形花键拉刀的工作图。

2) 计算说明书。

第五章 蜗轮滚刀和蜗轮飞刀设计

蜗轮滚刀是属于展成法原理加工蜗轮的一种专用刀具。蜗轮滚刀滚切蜗轮时，是模拟蜗轮与蜗杆的啮合，蜗轮滚刀相当于工作蜗杆。故蜗轮滚刀的基本蜗杆类型和基本参数均必须与工作蜗杆相同，如模数、齿形、螺旋升角、螺旋方向、头数、齿距、分圆直径等。滚刀与蜗轮的轴交角和中心距亦应与工作蜗杆和蜗轮的轴交角及中心距相等。

蜗轮飞刀就是在专用刀杆上装一切刀，加工蜗轮的专用刀具。蜗轮飞刀实质上是一把单齿的蜗轮滚刀，其工作原理与蜗轮滚刀相同。

第一节 蜗轮滚刀设计

一、蜗轮滚刀类型的选用

常用的蜗轮滚刀的基本蜗杆为阿基米德型和法向直廓型，尤以阿基米德型最为常用。

从进给方向考虑，一般常用径向进给。为了减小齿面棱度，提高啮合质量，使切削负担比较均匀，可采用切向进给。

采用切向进给时，滚齿机必须有切向进给机构，还应校验蜗轮副的装配条件。用切向进给切出的蜗轮是否可进行径向装配，可用下式校验：

$$\text{对阿基米德型蜗轮副} \quad \operatorname{tg} \alpha \geq \operatorname{tg} \lambda_1 \frac{\sqrt{r_{a1}^2 - r_1^2}}{r_{a1}} \quad (5-1)$$

式中 α ——蜗杆轴向剖面齿形角；

λ_1 ——蜗杆分度圆柱上的螺旋升角；

r_{a1} ——蜗杆齿顶圆半径；

r_1 ——蜗杆分度圆半径。

当 $\lambda_1 < \alpha$ 时，可不进行校验。

对于法向直廓的蜗轮副，只要当其法向剖面齿形角 $\alpha_n \geq 10^\circ$ 时，就可进行径向装配。

二、蜗轮滚刀主要结构参数的设计

1. 蜗轮滚刀的外径 d_{a0}

蜗轮滚刀的外径在理论上应与工作蜗杆外径相等。但为了使滚刀刃磨后，仍有必要的径向间隙，故应稍大一点。其外径可用下式计算：

$$d_{a0} = d_{a1} + 2(C^* + 0.1)m \quad (5-2)$$

式中 d_{a1} ——工作蜗杆外径；

C^* ——蜗轮径向间隙系数，一般为0.2；

m ——蜗杆的轴向模数。

蜗轮滚刀的齿顶高，一般是：

$$h_{a0} = (1 + C^* + 0.1)m = 1.3m \quad (5-3)$$

2. 蜗轮滚刀齿根圆直径 d_{f0}

蜗轮滚刀齿根圆直径应与工作蜗杆齿根圆直径相等。

$$d_{af0} = d_{f1} = d_{a1} - 2h_{a1} \quad (5-4)$$

式中 h_{a1} ——工作蜗杆全齿高。

当滚刀刀齿强度不足时，可取 $d_{f0} > d_{f1}$ ，但要注意保证滚刀的根径与被加工蜗轮顶圆之间至少有 $0.1m$ 的间隙。

3. 蜗轮滚刀容屑槽形式和槽数 Z_k

滚刀的容屑槽有直槽和螺旋槽两种。

当 $\lambda_0 \leq 5^\circ$ 时，便于制造和刃磨，常用直槽。

当 $\lambda_0 > 5^\circ$ 时，一般均做成螺旋槽，槽的螺旋角与滚刀的螺旋升角相同，方向相反。

滚刀的容屑槽数，即圆周齿数 Z_k 应从多方面考虑，如加工精度、刃磨次数、刀齿强度和制造工艺性等。

径向蜗轮滚刀的槽数，可根据被加工蜗轮精度、按下述情况初步选取。

加工6级以上精度的蜗轮副 $Z_k \geq 12$

加工7级以上精度的蜗轮副 $Z_k \geq 10$

加工8级以上精度的蜗轮副 $Z_k \geq 8$

加工9级以上精度的蜗轮副 $Z_k \geq 6$

为了保证刀齿强度和刃磨次数，可用下面公式验算 Z_k

加工7级精度以上的蜗轮副时， $\frac{b_f}{H} \geq 0.35$

加工8级至9级精度蜗轮副时， $\frac{b_f}{H} \geq 0.45$

式中 b_f ——滚刀齿根部宽度，其值可近似求得

$$b_f = \frac{2.5(d_{a0} - 2H)}{Z_k} \quad (5-5)$$

H ——容屑槽深度。

选定的滚刀容屑槽数，应与滚刀头数无公因数。

对于切向进给蜗轮滚刀，主要根据刀齿强度来确定 Z_k 。一般应满足 $\frac{b_f}{H} = 0.6 \sim 0.8$ 。

必须说明， Z_k 初步确定后，还应看铲磨时，砂轮是否会发生干涉，按作图校验而定。

4. 滚刀的后角与铲背量

蜗轮滚刀的后角与齿轮滚刀一样，是靠铲背而得到的。

$\lambda_0 \leq 15^\circ$ 时的蜗轮滚刀，其铲背量 K 可用下式近似求出

$$K = \frac{\pi d_{a0}}{Z_k} \operatorname{tg} \alpha_0 \quad (5-6)$$

$\lambda_0 > 15^\circ$ 时的蜗轮滚刀，其铲背量 K 可用下式近似求出

$$K = \frac{\pi d_{a0}}{Z_k} \operatorname{tg} \alpha_0 \cos^3 \lambda_0 \quad (5-7)$$

式中 α_s ——滚刀端剖面齿顶后角，一般为 $7^\circ \sim 12^\circ$ ，为保证刀齿强度，常取小值。

λ_0 ——滚刀螺旋升角。

对于模数 $m > 2\text{mm}$ 的滚刀，须经二次铲磨，铲磨量 K_1 可用下式求出：

$$K_1 = (1.3 \sim 1.5)K \quad (5-8)$$

计算出的铲背量 K 和 K_1 ，应圆整到0.5，然后按铲齿车床备有的凸轮的升量确定。铲齿车床常用凸轮升量见附录表11。

5. 滚刀容屑槽槽深 H 及槽底圆弧半径 r

$$\text{一次铲磨滚刀} \quad H = h_0 + K + (0.5 \sim 1)\text{mm} \quad (5-9)$$

$$\text{二次铲磨滚刀} \quad H = h_0 + \frac{K + K_1}{2} + (0.5 \sim 1)\text{mm} \quad (5-10)$$

$$\text{式中 } h_0 \text{——滚刀全齿高} \quad h_0 = \frac{d_{a0} - d_{f0}}{2} \quad (5-11)$$

$$\text{槽底圆弧半径 } r \geq \frac{\pi(d_{a0} - 2H)}{10Z_k} \quad (5-12)$$

r 值应视角度铣刀的 r 而定。对于 $\lambda_0 \geq 10^\circ$ 的螺旋槽滚刀，铣槽时干涉较大，则 r 值按计算值减小25%~50%，一般减小二分之一。螺旋升角较大时， r 取大值。

6. 槽形角 θ

一般常取 $\theta = 25^\circ \sim 35^\circ$ ，小模数的滚刀 $\theta = 45^\circ$ ，

当 $\lambda_0 < 5^\circ$ 时 $\theta = 25^\circ$ ，当 $5^\circ \leq \lambda_0 \leq 15^\circ$ 时 $\theta = 30^\circ$

当 $\lambda_0 > 15^\circ$ 时 $\theta = 35^\circ$ 或更大一些。

7. 蜗轮滚刀的螺旋升角 λ_0 、容屑槽螺旋角 β_k 及导程 P_k

$$\text{螺旋升角 } \lambda_0 \quad \text{tg } \lambda_0 = \frac{z_0 m}{d_0} \quad (5-13)$$

式中 z_0 ——蜗轮滚刀头数；

d_0 ——蜗轮滚刀分度圆直径。

$$\text{容屑槽螺旋角 } \beta_k \quad \beta_k = \lambda_0 \quad (5-14)$$

$$\text{容屑槽导程 } P_k \quad P_k = \pi d_0 \text{tg}^{-1} \beta_k \quad (5-15)$$

8. 作图校核

作图校核是按前面计算出的 d_{a0} 、 Z_k 、 θ 、 r 等尺寸，作图检验刀齿根部的强度是否足够及铲磨时砂轮是否能顺利退出，而不发生干涉。按 d_{a0} 、 Z_k 、 θ 、 H 、 r 等值画出滚刀端面视图，可参考图3-6方法进行，作图时用蜗轮滚刀外径 d_{a0} 代替铣刀直径 d_0 ，用滚刀全齿高 h_0 代替工件廓形深度 h 。

按图测量刀齿根部宽度 B ，它应大于 $(1/2 \sim 3/4)H$ ，小模数时取大值，大模数时取小值，若不满足此条件，应减少 Z_k 。

校验铲磨时砂轮是否会发生干涉与第三章第一节中所述方法一样，但有一点需要注意，

铲背磨光宽度 b 与蜗轮滚刀的模数有关，在 $m \leq 4\text{mm}$ 时，取铲背磨光宽度 $b = \frac{b_1}{2}$ ，在 $m > 4\text{mm}$

时，取铲背磨光宽度 $b = \frac{2}{3}b_1$ 。

9. 校验滚刀的壁厚

套式蜗轮滚刀应保证心轴有必要的刚度。在滚刀结构强度允许的条件下, 孔径尽可能取大些。套式滚刀内孔可按表5-1选取。

表5-1 滚刀的外径、孔径 (mm)

外径 d_{a0}	30	>30~50	>50~70	>70~90	>90~130	>130~180	>180~240	>240
孔径 d	13	16	22	27	32	40	50	60

空刀槽尺寸可查附录表8, 键槽尺寸可查附录表6。

带轴向键的蜗轮滚刀, 应满足下面条件:

$$\frac{d_{a0}}{2} - H - (C_1 - \frac{d}{2}) \geq 0.3d \quad (5-16)$$

式中 C_1 ——键槽深度。

带端面键的蜗轮滚刀, 应满足下面条件:

$$\frac{d_{a0}}{2} - H - \frac{d_1}{2} \geq 0.3d \quad (5-17)$$

式中 d_1 ——内孔直径 (或内孔空刀槽直径)。

若不能满足上述条件, 则采用带柄蜗轮滚刀结构。

三、蜗轮滚刀的齿形设计

蜗轮滚刀的基本蜗杆类型不同, 齿形尺寸标注方法也不同。

螺旋升角 $\lambda_0 \leq 5^\circ$ 的直槽阿基米德滚刀, 应标轴向齿形, 见图5-1。

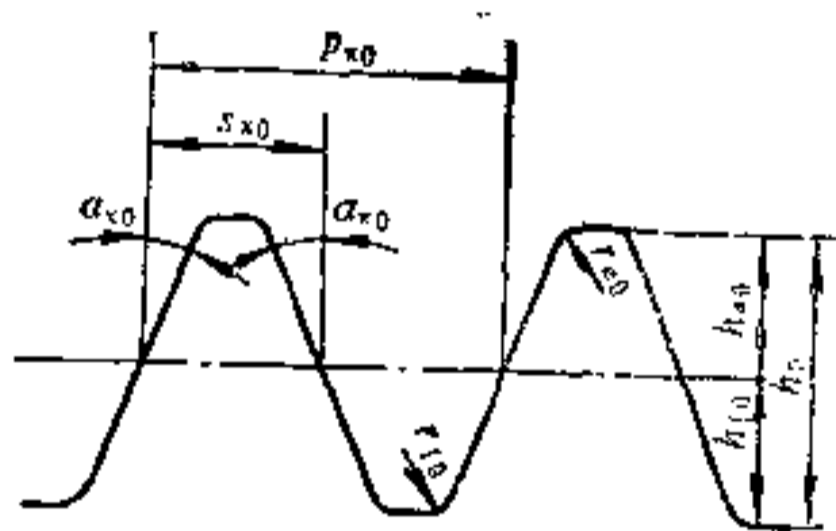


图5-1 直槽阿基米德滚刀轴向齿形

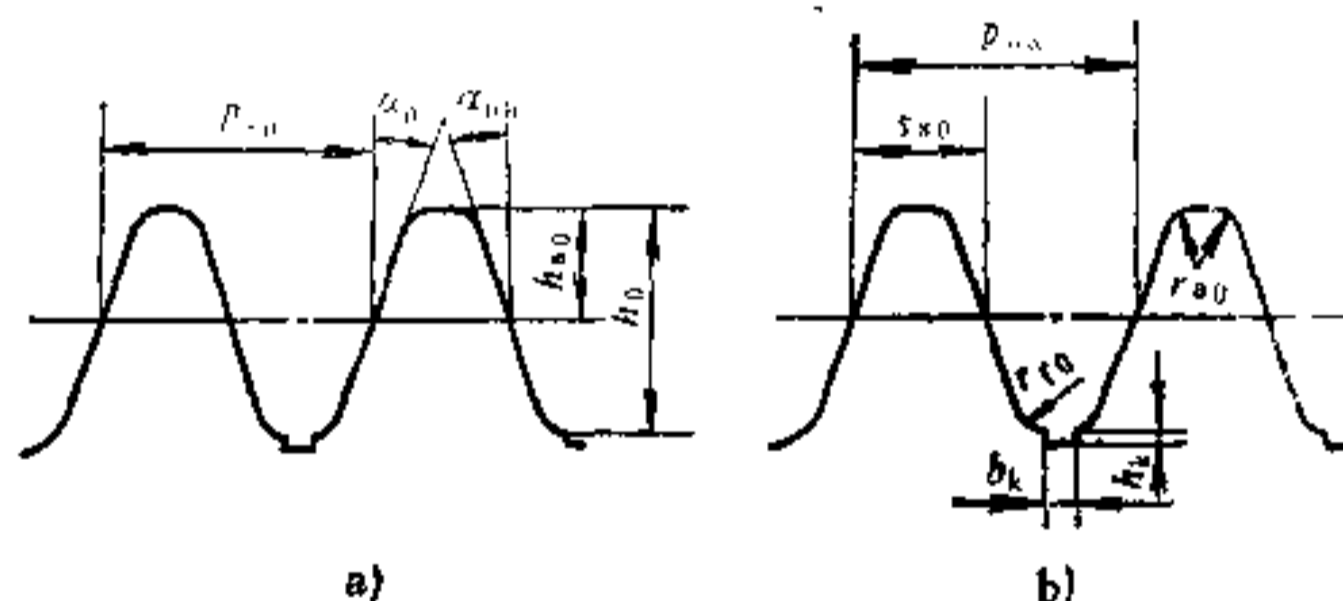


图5-2 螺旋槽阿基米德滚刀轴向齿形和法向齿形

a) 轴向齿形 b) 法向齿形

螺旋升角 $\lambda_0 > 5^\circ$ 的螺旋槽阿基米德蜗轮滚刀, 应标注法向齿形及轴向铲背的齿形角度, 见图5-2。

法向直廓螺旋槽蜗轮滚刀, 应标注法向齿形, 见图5-3。

1. 齿顶高 h_{a0}

$$h_{a0} = \frac{d_{a0} - d_0}{2} \quad (5-18)$$

2. 全齿高 h_0

$$h_0 = \frac{d_{a0} - d_{f0}}{2}$$

3. 轴向齿距 p_x

$$p_x = \pi m \quad (5-19)$$

4. 法向齿距 p_n

$$p_n = \pi m \cos \lambda_0 \quad (5-20)$$

5. 齿顶圆弧半径 r_1

$$r_1 = 0.2m \quad (5-21)$$

6. 齿根圆弧半径 r_2

$$r_2 = 0.3m \quad (5-22)$$

7. 齿根退刀槽尺寸, 仅用于 $m \geq 4\text{mm}$ 的滚刀。其各部尺寸见表5-2。

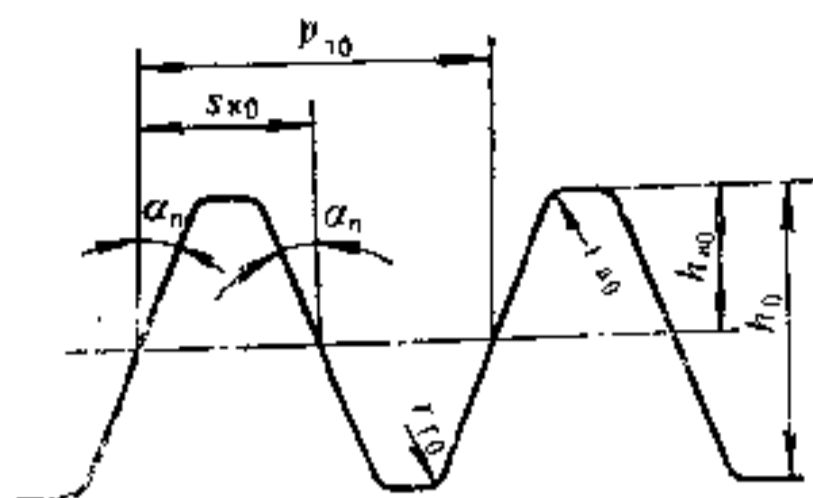


图5-3 法向直廓滚刀的法向齿形

表5-2 退刀槽

(mm)

齿根退刀槽简图	退刀槽尺寸	
	m	4~10
	b_k	1.7~4.1
	h_k	0.5~1.5
	r_k	0.5~1
		11~20
		4.5~8.1
		1.5~2
		1~1.2

8. 轴向齿形角 α_x

直槽阿基米德蜗轮滚刀的轴向齿形角等于工作蜗杆的齿形角, 并为标准角度, 一般为 20°

螺旋槽阿基米德蜗轮滚刀左右两侧刀面的轴向齿形角是不相同的, 可用下式计算:

$$\text{左侧齿形角 } \alpha_{0L} \quad \text{ctg } \alpha_{0L} = \text{ctg } \alpha_x \mp \text{tg } \phi \quad (5-23)$$

$$\text{右侧齿形角 } \alpha_{0R} \quad \text{ctg } \alpha_{0R} = \text{ctg } \alpha_x \pm \text{tg } \phi \quad (5-24)$$

$$\text{式中 } \phi \text{——齿顶线斜角} \quad \text{tg } \phi = \frac{KZ_k}{P_x} \quad (5-25)$$

左旋用上部符号, 右旋用下部符号。

9. 法向齿形角 α_n

法向直廓蜗轮滚刀的法向齿形角等于工作蜗杆的法向齿形角, 并为标准角度, 一般为 20° 。

10. 轴向齿厚 s_x

$$\text{精加工蜗轮滚刀的轴向齿厚} \quad s_x = \pi m / 2 \quad (5-26)$$

粗加工或剃前蜗轮滚刀的轴向齿厚 s_x 为

$$s_x = \frac{\pi m}{2} - \Delta s_x \quad \text{或} \quad s_x = \frac{s_n}{\cos \lambda_0} \quad (5-27)$$

式中 Δs_x ——精滚齿或剃齿余量, 可按表5-3查出。

表5-3 精滚齿或剃齿余量 Δs_x (mm)

模数		2~2.5	3~5	5.5~6	6.3~8	9~12
剃齿余量	Δs_x	0.1	0.12	0.15	0.2	0.25
精滚齿余量		0.3	0.4	0.5	0.6	0.8

11. 法向齿厚 s_n

法向齿厚应考虑滚刀刃磨后, 刀齿减薄的补偿问题。因减薄会使蜗轮副啮合间隙减小。 s_n 应标注在螺旋槽阿基米德滚刀和法向直廓蜗轮滚刀的法向齿形图中。

精加工蜗轮滚刀的法向齿厚 S_n 为

$$s_n = \frac{\pi m}{2} \cos \lambda_0 + \Delta S_n \quad (5-28)$$

式中 Δs_n —— 蜗轮滚刀分圆柱上的法向齿厚增量, 其值可取

$$\Delta s_n = \frac{1}{2} \Delta_m s \quad (5-29)$$

$\Delta_m s$ —— 蜗杆螺牙厚度允许的最小减薄量, 可查表5-4。

表5-4 蜗杆螺牙齿厚最小减薄量 $\Delta_m s$ (μm)

精度等级	结合形式	偏差代号	模数(mm)	中心距 (mm)			
				>60~80	>80~160	>160~320	>320~630
7	轴交角 $\Sigma=90^\circ$	$\Delta_m s$	>1~2.5	150	200	280	360
			>2.5~6	160	210	280	380
			>6~10	170	220	280	380
			>10~16	—	240	300	400
8			>1~2.5	190	250	320	420
			>2.5~6	200	250	320	420
			>6~10	210	260	340	450
			>10~16	—	300	360	450
9			>1~2.5	240	300	400	500
			>2.5~6	250	320	400	530
			>6~10	280	340	420	530
			>10~16	—	380	450	560

粗加工蜗轮滚刀法向齿厚 s_n 为

$$s_n = \frac{\pi m}{2} \cos \lambda_0 - \Delta s_n \quad (5-30)$$

式中 Δs_n —— 精滚齿余量, 其值查表5-5。

表5-5 精滚齿余量 Δs_n (mm)

模数	3~6	>6~10	>10~14
精滚齿余量 Δs_n	0.2	0.3	0.4

四、蜗轮滚刀切削部分长度，总长及其它尺寸

(一) 套式蜗轮滚刀

1. 套式蜗轮滚刀切削部分长度 L'

(1) 径向进给蜗轮滚刀

$$L' = L_1 + \pi m \text{ 或近似取 } L' \approx (4 \sim 5) p_x \quad (5-31)$$

式中 L_1 ——工作蜗杆螺纹部分长度；

p_x ——轴向齿距。

为了增加滚刀的使用寿命和作轴向调刀之用，切削部分长度还可适当增长。

(2) 切向进给蜗轮滚刀

L' 是切削锥部和圆柱部分长度之和。

$$\text{切削锥部长度 } L_k \quad L_k = (2.5 \sim 3) \pi m \text{ 或近似取 } L_k \approx (2.5 \sim 3) p_x \quad (5-32)$$

$$\text{切削锥角 } \phi \quad \phi = 11^\circ \sim 13^\circ \quad (5-33)$$

切削锥端位置，常以面对前刀面观察，右旋蜗轮滚刀在右端，左旋蜗轮滚刀在左端，如图5-4所示。

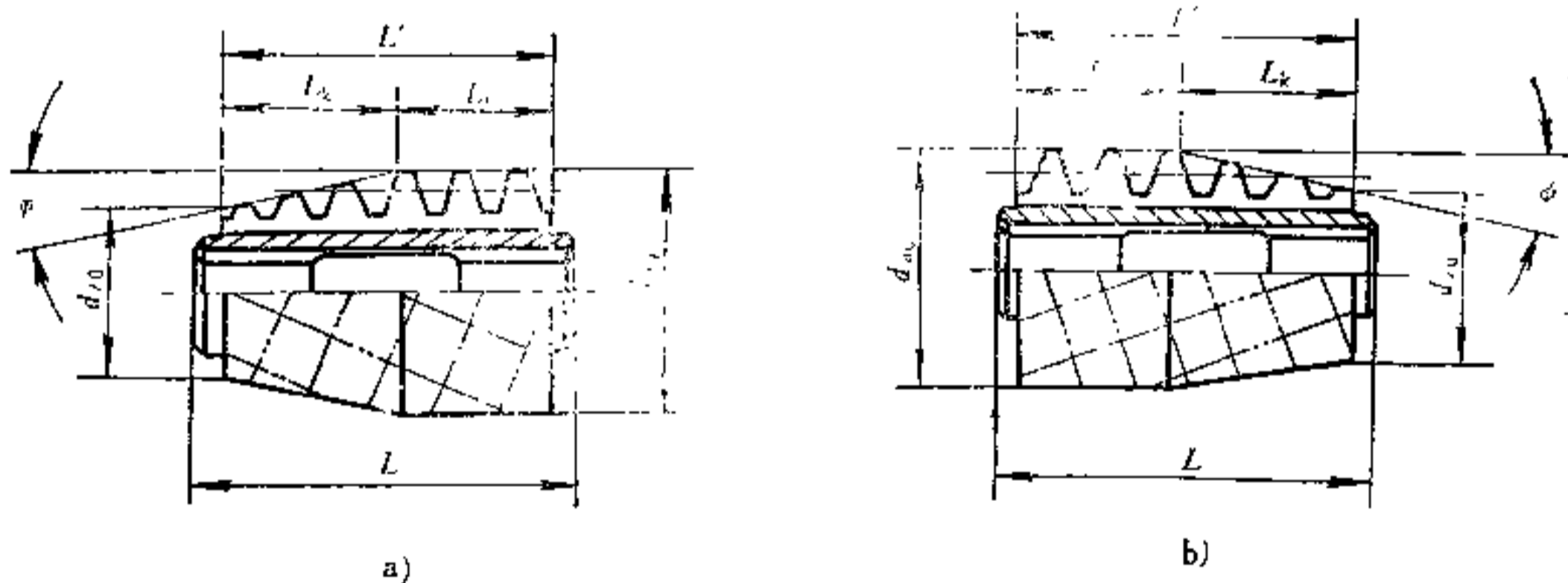


图5-4 切向蜗轮滚刀切削锥端位置

a) 左旋切向蜗轮滚刀 b) 右旋切向蜗轮滚刀

$$\text{圆柱部分长度 } L_0 \quad L_0 = 2\pi m \text{ 或 } L_0 = 2p_x \quad (5-34)$$

$$L' = L_k + L_0 \approx (4.5 \sim 5) p_x \quad (5-35)$$

2. 套式蜗轮滚刀总长 L

$$L = L' + 2e \quad (5-36)$$

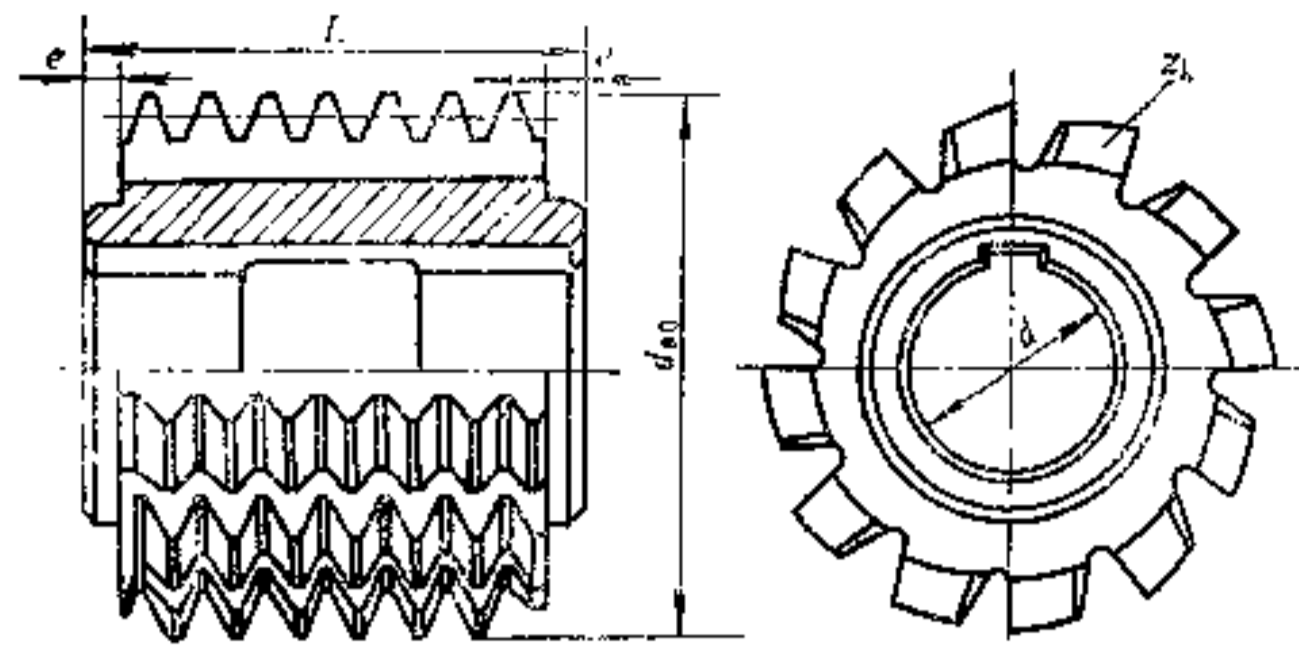
式中 e ——滚刀一端轴台长度，一般 $e = 3.5 \sim 5$ 。轴台直径可由工厂自行决定。尺寸尽可能取得大一些。套式蜗轮滚刀可参考齿轮滚刀的基本型式和尺寸选取，见表5-6。

(二) 带柄的蜗轮滚刀

带柄的蜗轮滚刀的长度，应根据所用滚齿机的尺寸而定。切削部分长度仍可按上面所讲方法计算，其它尺寸应与机床相关尺寸而定。应使蜗轮滚刀工作部分处于被切蜗轮的中心线

表5-6 齿轮滚刀的基本型式和尺寸(GB6083—85)

(mm)



模数系列		I 型					II 型				
1	2	d_{g0}	L	d	e_{min}	z_k	d_{g0}	L	e'	e_{min}	z_k
1		63	63	27			50	32	22		
1.25						16		40			
1.5		71	71				63	50			
	1.75			32					27		
2		80	80					56			12
	2.25						71				
2.5		90	90					63			
	2.75										
3						14					
	3.25	100	160	40	5		80	71			
	3.5								32		
	3.75						90	80		5	
4		112	112					90			
	4.5						90	90			
5		125	125				160	100			
	5.5										
6				50			112	112			10
	6.5	140	140			12		118	118		
	7						118	125	40		
8		160	160				125	132			
	9	130	180	60			140	156			
10		200	200				150	170	50		

注：1. I型适用于高精度滚刀，II型适用于普通精度滚刀。

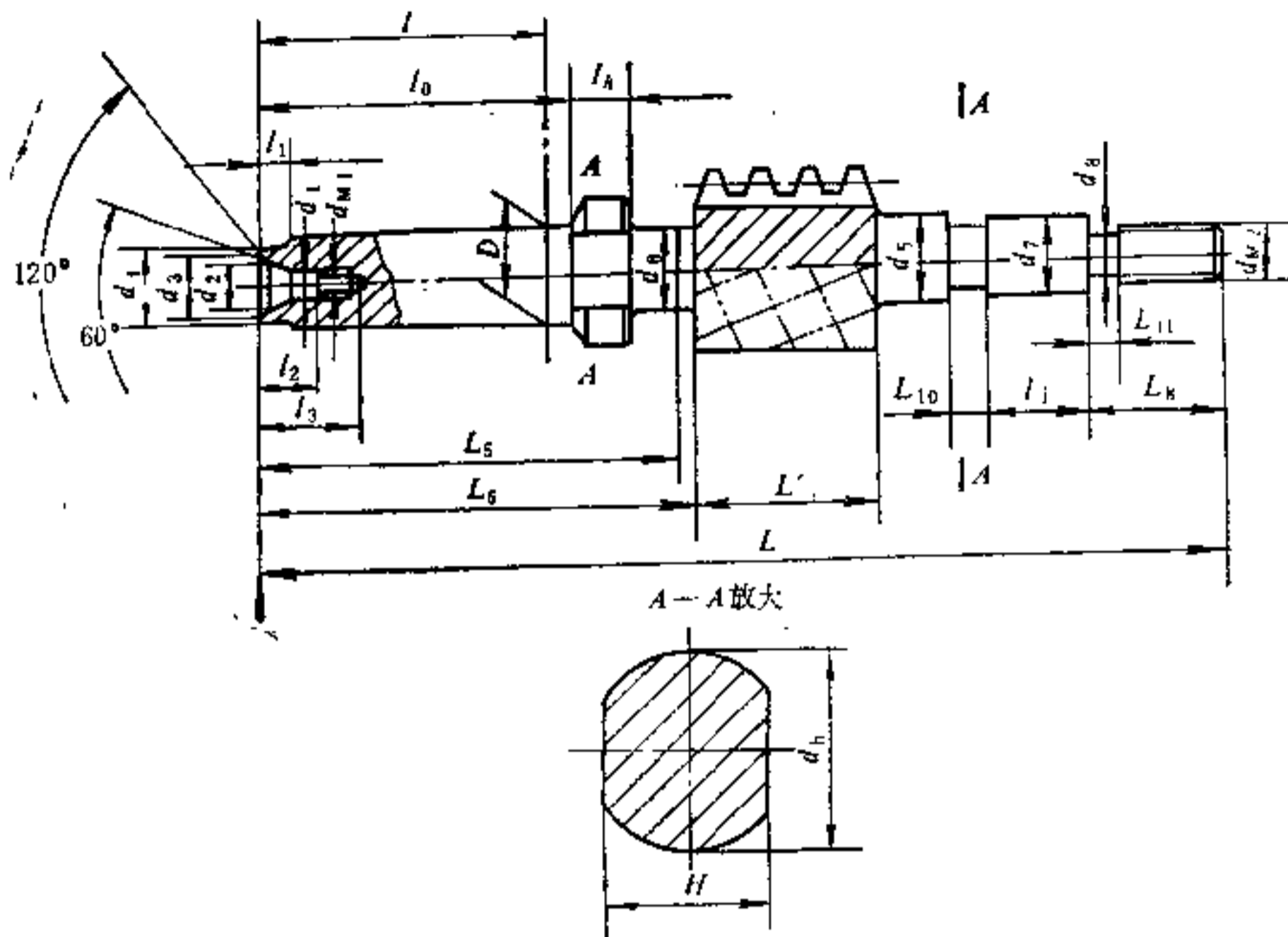
2. 键槽尺寸及偏差可查附表6。

位置。若是切向进给蜗轮滚刀，还应考虑切向进给行程。当总长大于300mm时，直径较大的

带柄滚刀，其柄部可采用对焊形式。柄部材料可选45钢或45Cr钢。带柄滚刀结构尺寸，可参考表5-7选取。

表5-7 带柄蜗轮滚刀的结构主要尺寸参数

(mm)



锥柄 (莫氏锥度号)	扁头尺寸			支承轴颈尺寸		滚刀总长 L	适用滚齿机型号
	d_h	H	l_h	d_1	l_1		
3*				10, 13, 22	50	250~280	
4*	45	32	20	16, 22, 27, 32	70	370~430	532, Y32B, Y3150
5*	55	45	20~30	22, 27, 32, 40	70	440~550	Y38, Y38A Y3150E, Y3180E

莫氏锥度	锥柄尺寸										
	D	l_0	l	d_4	d_3	d_2	d_1	d_{M1}	l_2	l_3	l_1
3	23.825	80.5	85	18.5	17.5	15	12.5	M12	6	28	5
4	31.267	102.7	108	24	22	19	15	M14	8	32	5
5	44.399	129.7	136	35	28	24	19	M18	10	40	10

第二节 蜗轮滚刀的主要技术条件

蜗轮滚刀是非标准刀具，目前国内尚未制定统一的标准。现根据有关资料和工厂标准，

供设计时参考。也可参照齿轮滚刀有关标准 (GB6083—85, GB6084—85) 选取。

一、蜗轮滚刀的精度等级

蜗轮滚刀一般分为四级: AA、A、B、C、精度。其对应加工蜗轮的精度, 见表5-8。

表5-8 蜗轮滚刀的精度

蜗轮滚刀的精度等级	AA	A	B	C
被加工蜗轮的精度等级	6	7	8	9级 (或粗加工)

二、蜗轮滚刀材料

蜗轮滚刀常用高速钢 W18Cr4V或同等性能以上高速钢制造。其金相组织应符合 YB (T)2—80的规定。其碳化物均匀度对于直径不大于100mm的滚刀应不超过4级; 对于大于100mm的滚刀应不超过5级。

切削部分的淬火硬度为HRC63~66

滚刀各刀面不得有裂纹、崩刃、烧伤及其它影响使用性能的缺陷。

三、蜗轮滚刀各刀面的表面粗糙度 (见表5-9)

表5-9 蜗轮滚刀的表面粗糙度 (μm)

检查表面	粗糙度参数	滚刀的精度等级			
		AA	A	B	C
表 面 粗 糙 度					
内孔表面	R_a	0.32	0.32	0.63	1.25
端面		0.63	0.63	0.63	1.25
轴台外圆面		0.63	0.63	1.25	1.25
刀齿前刀面		0.63	0.63	0.63	1.25
刀齿后刀面		0.32	0.63	0.63	1.25
刀齿顶面及圆角部分	R_z	3.2	3.2	6.3	6.3

四、蜗轮滚刀的制造公差

1. 滚刀的外径偏差为h15。
2. 滚刀总长的偏差为js15。
3. 滚刀孔径的偏差可按表5-10选用。

表5-10 滚刀内孔公差

滚刀精度等级	AA	A	B	C
孔径公差	H5	H5	H6	H6

4. 滚刀其余部分的制造公差

普通蜗轮滚刀其余部分制造时的主要公差可按表5-11选用，精密蜗轮滚刀其余部分制造时的主要公差可按表5-12选用。

表5-11 蜗轮滚刀制造时的主要公差 (μm)

序号	检查项目	精度等级	模 数 (mm)				
			1~2.5	>2.5~4	>4~6	>6~8	>8~14
1	轴台的径向圆跳动或带柄滚刀支承部分的径向圆跳动	AA	10	10	10	10	15
		A	20	20	20	20	20
		B	20	20	20	20	20
		C	30	30	30	30	30
2	轴台端面圆跳动或带柄滚刀支承端面的圆跳动	AA	8	8	8	8	10
		A	10	10	20	20	20
		B	20	20	20	20	20
		C	20	20	25	25	25
3	刀齿的径向圆跳动	AA	20	20	30	40	40
		A	30	30	40	40	50
		B	40	50	60	60	80
		C	50	70	70	70	90
4	刀齿前刀面的径向偏差 (只许凹入)	AA	30	40	50	60	80
		A	40	50	70	90	120
		B	60	80	110	140	170
		C	90	120	150	200	250
5	齿形误差	AA	8	10	12	15	20
		A	12	15	18	25	30
		B	18	25	30	35	40
		C	30	50	50	50	70

(续)

序号	检查项目	精度等级	根数 (mm)				
			1~2.5	>2.5~4	>4~6	>6~8	>8~14
6	容屑槽周节的最大累积误差	AA	35	40	50	50	60
		A	35	40	50	50	60
		B	50	60	75	100	105
		C	70	80	100	120	140
7	齿距最大偏差	AA	±8	±8	±10	±12	±12
		A	±10	±10	±15	±15	±25
		B	±15	±15	±25	±25	±35
		C	±25	±40	±40	±40	±40
8	齿厚偏差	AA	±20	±25	±30	±40	±50
		A	±20	±25	±30	±40	±50
		B	±20	±25	±30	±40	±50
		C	±30	±40	±50	±60	±70
9	任意三个齿距长度内齿距的最大累积误差	AA	±12	±12	±15	±18	±18
		A	±15	±15	±25	±25	±40
		B	±25	±25	±40	±40	±50
		C	±40	±40	±60	±60	±60
10	多头蜗轮滚刀相邻齿距允许偏差	AA	12	12	15	18	18
		A	15	15	25	25	40
		B	25	25	40	40	50
		C	40	60	60	60	60

(续)

序 号	检 查 项 目	精度等级	(mm)				
			1~2.5	>2.5~4	>4~6	>6~8	>8~14
11	刀齿前刀面与内孔轴线的平行度 (仅用于直槽)	AA	30	40	40	50	65
		A	35	45	50	60	70
		B	40	50	65	80	90
		C	45	55	65	80	90
12	齿距和导程(P_k)偏差 (仅用于螺旋槽)	AA	$\pm 0.01P_k$	$\pm 0.02P_k$	$\pm 0.03P_k$	$\pm 0.04P_k$	$\pm 0.05P_k$
		A	$\pm 0.02P_k$	$\pm 0.03P_k$	$\pm 0.04P_k$	$\pm 0.05P_k$	$\pm 0.06P_k$
		B	$\pm 0.03P_k$	$\pm 0.04P_k$	$\pm 0.05P_k$	$\pm 0.06P_k$	$\pm 0.07P_k$
		C	-	-	-	-	-
13	外圆锥度偏差	AA	30	30	40	40	50
		A	30	30	40	40	50
		B	40	40	45	45	50
		C	50	50	55	55	60

表5-12 精密蜗轮滚刀的主要公差

(μm)

序 号	检 查 项 目	蜗轮精度等级	蜗轮的齿数		
			<100	>120~900	>800~5000
1	刀具每一周内切削刃的螺旋线误差	3	3	4	5
		4	4	5	7
		5	5	7	9
2	刀具每五周内切削刃的螺旋线误差	3	3	6	7
		4	4	6	10
		5	5	10	12

(续)

序 号	检 查 项 目	蜗轮精度等级	蜗 轮 直 径 (mm)		
			<120	>120~800	>800~5000
3	齿切前刃的累积误差	3	2	2	2
		4	2	3	3
		5.6	3	4	4
4	刀具前刀面的定向性(只许正偏差)	3	10	10	10
		4	10	15	15
		5.6	20	20	20
5	齿屑槽周节的最大累积误差	3	15	15	15
		4	15	20	20
		5.6	20	25	25
6	螺旋槽导程极限偏差 (占导程的百分比)	3	1%	1%	1%
		4	1%	1%	1.5%
		5.6	1.5%	2%	2%
7	直槽滚刀前刀面与轴心线的平行度	3	15	15	15
		4	15	15	20
		5.6	20	20	25
8	齿的径向圆跳动	3	15	15	15
		4	15	15	15
		5.6	15	20	20
9	轮台径向圆跳动	3	1	1	1
		4	1	2	2
		5.6	2	3	3

(续)

序号	检查项目	蜗轮精度等级	蜗轮直径 (mm)		
			<120	>120~800	>800~5000
10	端面圆跳动	3	1	1	1
		4	1	2	2
		5.6	2	3	3
11	齿形误差	3	2	3	4
		4	3	4	5
		5.6	5	6	8

第三节 蜗轮滚刀设计举例

普通蜗轮滚刀设计步骤与计算举例见表5-13。

表5-13 普通蜗轮滚刀设计步骤和计算举例

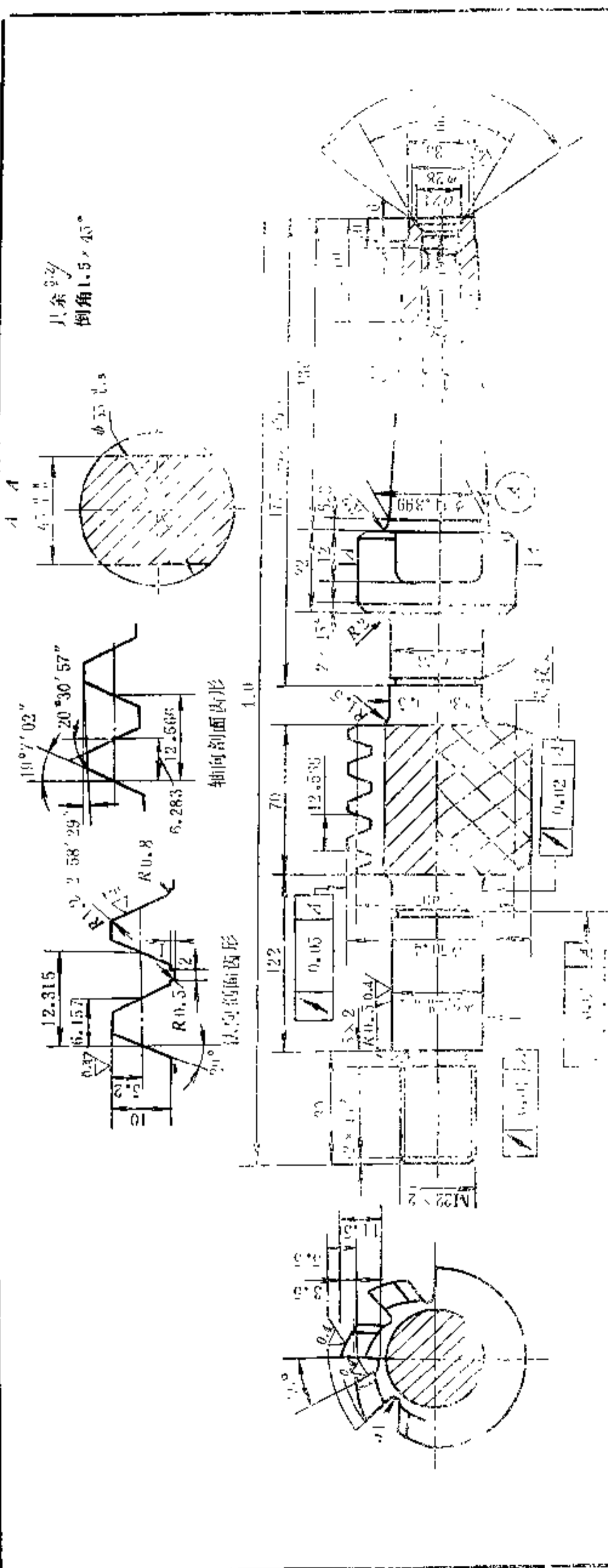
(mm)

已知条件	蜗杆: 1. 蜗杆类型: 阿基米德型		2. 模数: $m=4$	3. 螺纹头数: $z_1=z$	
	4. 轴向齿形角: $\alpha_x=20^\circ$		5. 分度圆直径: $d_1=40$	6. 轴向齿距: $p_x=12.566$	
	7. 外径 $d_{a1}=48$		8. 齿根圆直径 $d_{f1}=30.4$	9. 螺旋升角: $\lambda=11^\circ 18' 36''$ 右旋	
	蜗轮: 1. 齿数: $z_2=51$		2. 精度等级 8-7-7HN	3. 中心距: $a=105$	
序号	计算项目	符号	计算公式或选取原则	计算精度	计算结果
1	滚刀齿顶圆直径	d_{d0}	$d_{d0}=d_{a1}+2(C^*+0.1)m$	0.1	$d_{d0}=48+0.3 \times 4 \times 2=50.4$
2	滚刀分度圆直径	d_0	$d_0=d_1=qm$	0.1	$d_0=40$
3	滚刀齿根圆直径	d_{f0}	$d_{f0}=d_{f1}=d_{a1}-2h_{o2}$	0.1	$d_{f0}=30.4$
4	滚刀螺纹头数	z_0	$z_0=z_1$		$z_0=2$
5	滚刀螺旋方向		与工作蜗杆螺旋方向相同		右旋
	滚刀分度圆柱螺旋升角	λ_0	$\operatorname{tg} \lambda_0 = \operatorname{tg} \lambda_1 = \frac{m z_1}{d_1}$	1°	$\lambda_0=11^\circ 18' 36''$
	滚刀容屑槽形式和槽数	Z_k	采用螺旋槽其方向与滚刀螺旋方向相反 按被加工蜗轮精度8级 $Z_k > 8$		槽 左旋 因 $\frac{Z_k}{Z_0}$ 不应有公因数 取 $Z_k=9$

(续)

序号	计算项目	符号	计算公式或选取原则	计算精度	计算结果
8	滚刀铲背量	K K_1	第一次铲背量 当 $\lambda_0 \leq 15^\circ$ 时 $K = \frac{\pi d_{e0}}{Z_k} \tan \alpha_c$ 第二次铲背量 $K_1 = (1.3 \sim 1.5)K$	圆整到 0.5	取 $\alpha_c = 15^\circ$ $K = 3.1$ 查机床常用齿轮升量 查附表表11 I型 $K = 3.5$ 查附表表11 I型 $K_1 = 5.5$
9	容屑槽尺寸 (1)容屑槽槽深 (2)槽底圆弧半径 (3)槽形角	H r θ	$H = \frac{d_{e0} - d_{f0}}{2} + \frac{K + K_1}{2} + (0.1 \sim 1)$ $r \geq \frac{\pi(d_{e0} - 2H)}{10Z_k}$ 查知 $5^\circ \leq \lambda_1 \leq 15^\circ$ $\theta = 30^\circ$	圆整到 0.5	$H = 14.5$ $r \geq 0.84$ 取 $r = 1$ $\theta = 30^\circ$
10	滚刀容屑槽导程	P_k	对于斜槽 $\beta_k = \lambda_0$ $P_k = \pi d_{e0} \tan \beta_k = \pi d_{e0} \tan \lambda_0$	圆整至 整数	$P_k = 618.94 \approx 619$
11	校验刀齿强度		加工8级精度蜗轮时: $\frac{b_f}{H} > 0.45$ 即可保证强度 $b_f = \frac{2.5(d_{e0} - H)}{z}$		$b_f = \frac{2.5(50.4 - 14.5)}{9} = 9.97$ $\frac{b_f}{H} = 0.68 > 0.45$ 刀齿强度足够
12	作图校验		作图从略		
13	滚刀齿形尺寸 (1)齿顶高 (2)全齿高 (3)轴向齿距 (4)法向齿距 (5)齿顶圆弧半径	h_{a0} h_0 p_{x0} p_{n0} r_1	$h_{a0} = \frac{d_{e0} - d_0}{2}$ $h_0 = \frac{d_{e0} - d_{f0}}{2}$ $p_{x0} = p_{x1} = \pi m$ $p_{n0} = p_n = \pi m \cos \lambda_0$ $r_1 = 0.3m$	0.001 0.001	$h_{a0} = \frac{50.4 - 40}{2} = 5.2$ $h_0 = \frac{50.4 - 30.4}{2} = 10$ $p_{x0} = 3.1416 \times 4 = 12.566$ $p_{n0} = 3.1416 \times 4 \times \cos 11^\circ 18' 36'' = 12.315$ $r_1 = 0.3 \times 4 = 1.2$

序号	计算项目	符号	计算公式或选取原则	计算精度	计算结果
13	(6)齿根圆弧半径	r_g	$r_g = 0.2m$		$r_g = 0.2 \times 4 = 0.8$
	(7)齿根退刀槽尺寸		查表5-2		
		b_k	$b_k = 1.7 \sim 4.1$		取 $b_k = 2$
		h_k	$h_k = 0.5 \sim 1.5$		$h_k = 1$
		r_k	$r_k = 0.5 \sim 1$		$r_k = 0.6$
	(8)轴向齿形角		对于螺旋槽蜗轮滚刀		
	右侧齿形角	$\alpha_{\theta R}$	$\text{ctg} \alpha_{\theta R} = \text{ctg} \alpha_x - \frac{KZ_k}{d_x}$		$\alpha_{\theta R} = 20^\circ 30' 67''$
	左侧齿形角	$\alpha_{\theta L}$	$\text{ctg} \alpha_{\theta L} = \text{ctg} \alpha_x + \frac{KZ_k}{d_x}$		$\alpha_{\theta L} = 19^\circ 7' 02''$
	(9)法向齿厚	s_{n0}	$s_{n0} = \frac{\pi m}{2} \cos \lambda + \Delta s_n$		$s_{n0} = 6.1575$
	(10)轴向齿顶斜角	φ	$\text{tg} \varphi = \frac{KZ_k}{d_x}$		$\varphi = 2^\circ 58' 29''$
14	内孔直径和键槽尺寸	d c C_1	按表5-1、附表6查出 查附表6		$d = 22H7$ $c = r_{\frac{20}{18} \frac{11}{11}}$ $C_1 = 24.1_{\frac{11}{11}}^{\frac{11}{11}}$
	校验刀体壁厚强度确定滚刀结构形式		内孔直径应满足下式 $\frac{d_{n0}}{2} - H - (C_1 - \frac{d}{2}) \geq 0.3d$		$\frac{50.4}{2} - 14.5 - (24.1 - 11) < 0.3 \times 22$ 刀体壁厚强度不满足,强度较弱,选用整体带柄结构
	滚刀工作部分长度	L_1	$L_1 = (4 \sim 5) p_x$		$L_1 = (4 \sim 5) \times 12.566 = 62$ 应适当增长取 $L_1 = 70$
17	其它尺寸和滚刀全长	L	用Y3150E滚齿机加工参看表5-7 选取		$L = 440$ 等
18	蜗轮滚刀工作图及技术条件				见图5-5滚刀工作图



加工数据

模数	$m=4$	压力角	$\alpha=20^\circ$
螺旋角	$\lambda_0=11^\circ18'36''$	头数	$z_0=2$
螺旋方向	右旋	螺旋沟方向	左旋
螺旋沟导程	$P_s=619$	滚刀齿数	$Z=9$
基本蜗杆形式	阿基米德型		
刃部材料	W18Cr4V		
柄部材料	40Cr		
热处理	刃部	HRC62~66	
	其余	HRC30~45	

图5-5 带柄蜗轮滚刀工作图

技术要求

1. 刀具材料的热处理不均匀度不大于4级
2. 相邻齿距差 0.015mm
3. 任意三个齿距长度内的齿距最大累积误差 $\pm 0.015\text{mm}$
4. 齿形误差 0.015mm
5. 刀齿前刀面的径向公差(只入) 0.05mm
6. 容屑槽圆角最大的累积误差 0.04mm
7. 外圆锥度公差 0.03mm

带柄蜗轮滚刀	图号	5-5
	材料	W18Cr4V
班级	制造	205
设计	陈芳	1991.10.5
比例	1:1	件数 1
郑州机械高等专科学校		

标志: 图号 模数 压力角 螺旋角 螺旋沟 刃沟导程 W18Cr4V 精度等级

第四节 蜗轮飞刀设计

一、蜗轮飞刀工作原理

蜗轮飞刀就是在专用刀杆上装上一把切刀(相当于蜗轮滚刀的一个刀齿)用来切蜗轮的专用刀具。蜗轮飞刀实质上是一把单齿的蜗轮滚刀,其工作原理与蜗轮滚刀相同,只是刀齿很少,生产率较低。由于其结构简单、容易制造,在单件、小批和大模数蜗轮加工中常常采用。用蜗轮飞刀加工蜗轮,通常是在具有切向进给机构的滚齿机上进行。若蜗轮飞刀制造精确,安装、使用正确,仍可加工出高精度的蜗轮。

切蜗轮时,飞刀每转一周,蜗轮转过的齿数等于蜗杆的头数,这是分齿运动。要能切出蜗轮的全齿形,还必须有展成运动,这就需要刀杆沿其轴线进给,而蜗轮则应有相应的附加运动。当刀杆移动 ΔL 距离时,蜗轮附加运动的转角为 $-\frac{\Delta L}{r_2}$, r_2 是蜗轮分度圆半径。

由上述可知,当工作蜗杆的头数与蜗轮齿数无公因数时,用一把切刀、一次走刀,就能切出蜗轮的全部齿。若工作蜗杆的头数与蜗轮齿数有公因数时,用一把切刀就不能在一次走刀后,切出蜗轮。这就还须切完与滚刀这一个头啮合的齿槽后,将飞刀沿轴向准确地移动一个齿距,再从头切一次,这样须移动一次或数次,才能切出整个蜗轮,但这样调整很不方便。为了加工方便,可在同一刀杆上多装几把切刀,装刀数等于公因数。相邻切刀的中心距,一般等于一个齿距。若受制造工艺的限制,可取2个或3个齿距。注意齿距数不要与公因数相同。

二、蜗轮飞刀齿形

与蜗轮滚刀一样,切刀的齿形应在基本蜗杆的螺旋表面上。加工不同类型的蜗轮时,其齿形及计算方法也是不相同的。

1. 法向直廓切刀齿形

法向直廓切刀的设计和制造均较简单。切刀为直线齿形,齿形角等于工作蜗杆的法向齿形角。安装时,将切刀的前刀面置于原工作蜗杆的法向截面内,即与刀杆轴线倾斜一个蜗杆的螺旋升角安装,如图5-6所示。

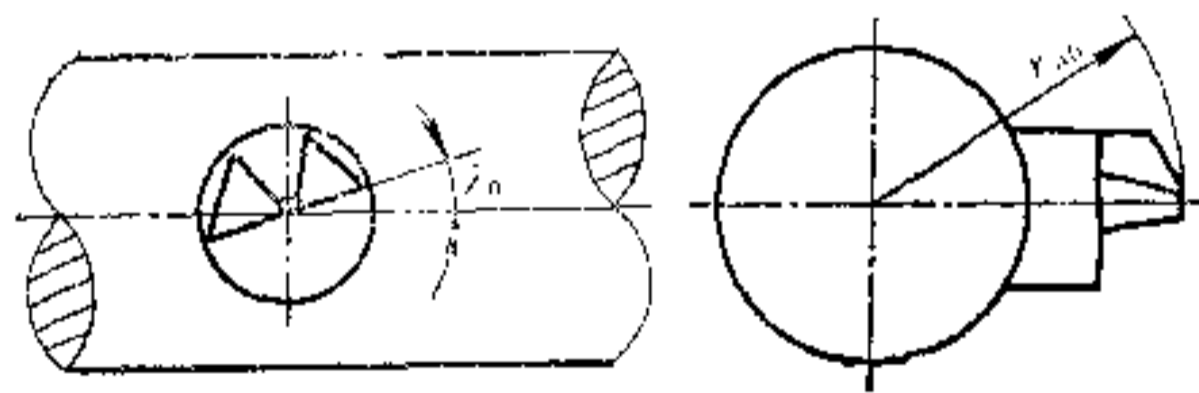


图5-6 法向直廓飞刀前刀面的装夹位置

2. 阿基米德飞刀的切刀齿形

(1) 切刀在轴向截面内安装

当蜗杆螺旋升角较小($\lambda_1 < 5^\circ$)时,切刀装在刀杆的轴向截面内,此时,齿形为直线,齿形角等于阿基米德蜗杆的轴向齿形角(图5-7a)。若 λ_1 较大时,其左右两切削刃的前角相差较大,有一侧刃将形成较大的负前角。应采用特殊磨法,使左右两侧刃均具有零前角或正前角,以改善切削条件(图5-7b)。

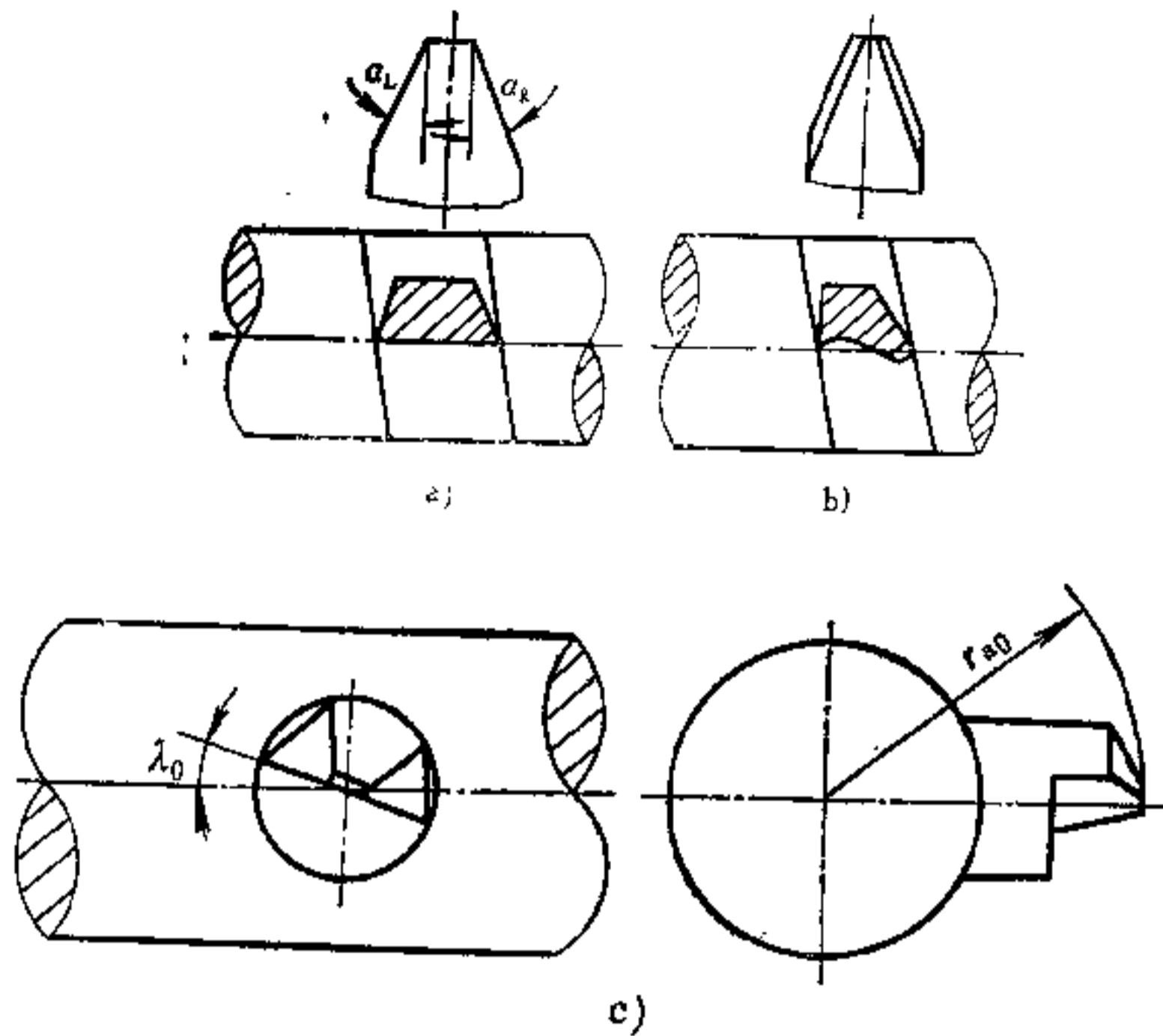


图5-7 阿基米德轴向飞刀前刀面装夹位置

(2) 切刀在法向截面内安装 (图5-7c)

阿基米德飞刀法向安装，可以大大改善切刀齿左右两侧刃的切削条件。但此时，其齿形不是直线型，而是与阿基米德型蜗杆法向截形相同的曲线，需经计算求出曲线齿形。根据蜗杆的螺旋升角大小、精度等具体条件，可用直线或圆弧近似代替切刀曲线齿形，也可用较精确的坐标计算法求出曲线齿形。

1) 用直线近似代替切刀曲线齿形的计算

当被加工蜗轮精度要求不高时，为了简便设计和制造，可用直线近似代替曲线齿形，飞刀齿形角应进行修正计算如下：

$$\alpha_{q_n} = \alpha_n - \frac{\sin^2 \lambda_1 \times 90^\circ}{z_1} \quad (5-37)$$

式中 z_1 —— 蜗杆头数；

α_n —— 蜗杆法向齿形角， $\operatorname{tg} \alpha_n = \operatorname{tg} \alpha \cos \lambda_1$ ；

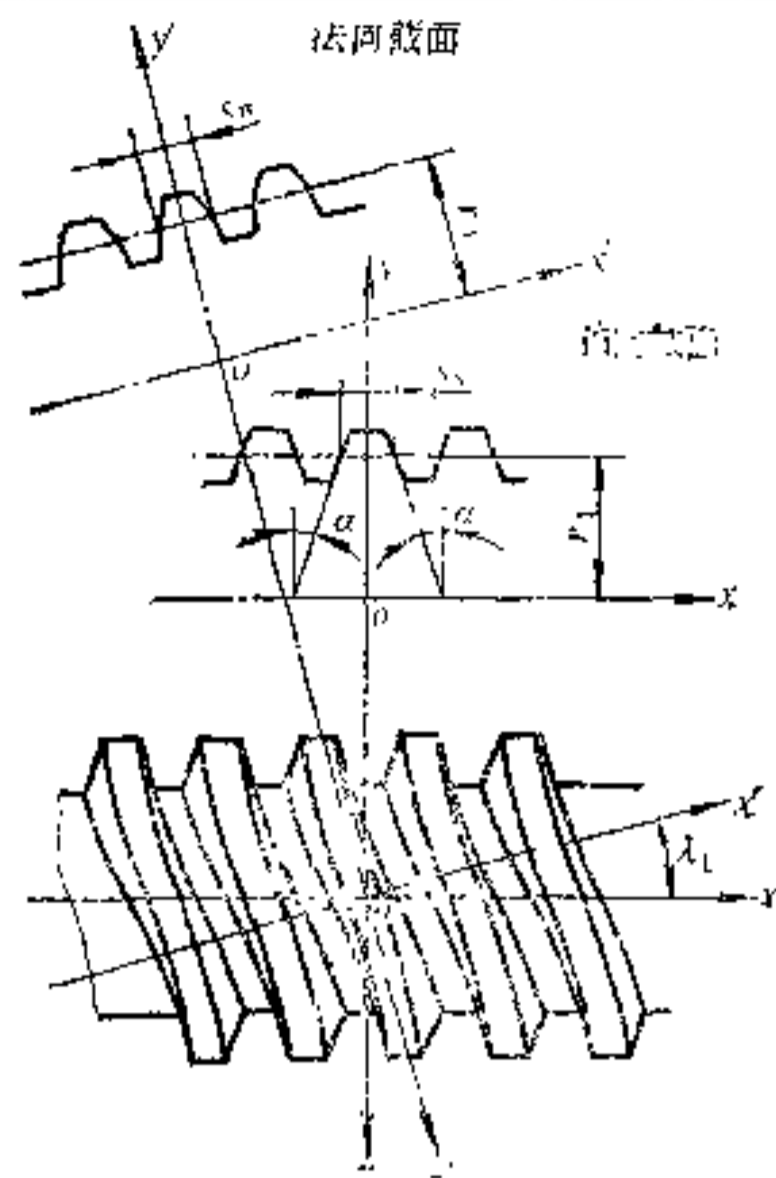
α —— 蜗杆的轴向齿形角。

用直线齿形切刀切出的蜗轮，其齿顶和齿根处齿厚较理论值小。当 λ_1 不大时，其误差较小，且误差方面可使蜗轮副的啮合情况改善，有利于啮合。

2) 曲线齿形坐标计算

当被加工蜗轮精度要求较高时，常用坐标法计算出较精确的法向截形曲线齿形，计算较为复杂和繁琐，须运用阿基米德蜗杆法向截形方程，求出一系列辅助点的坐标，画出曲线齿形。各有关公式、曲线方程的推导和来源，请参阅有关书籍和资料。现仅将设计时有用公式列于表5-14中，供设计时参考。

表5-14 曲线齿形坐标计算



计算公式

说 明

右旋飞刀，切刀左侧齿形曲线，坐标计算

$$x' = -\rho \frac{\sin\theta}{\sin\lambda_1} \quad \text{令: } K_1 = \frac{\text{tg}a}{\text{tg}\lambda_1}$$

$$y' = \rho \cos\theta \quad K_2 = \frac{s_{oz}}{2r_1 \text{tg}\lambda_1} + K_1$$

$$K_3 = \text{ctg}^2\lambda_1$$

$$\text{则: } \rho = \frac{r_1(K_2 - \theta)}{K_1 + K_3 \sin\theta}$$

式中 ρ ——切刀齿形上任意点半径；

θ ——参变角；

λ_1 ——蜗杆螺旋升角；

s_{oz} ——飞刀轴向齿厚 $s_{oz} = \frac{\pi m}{2}$ ；

r_1 ——蜗杆的分圆半径；

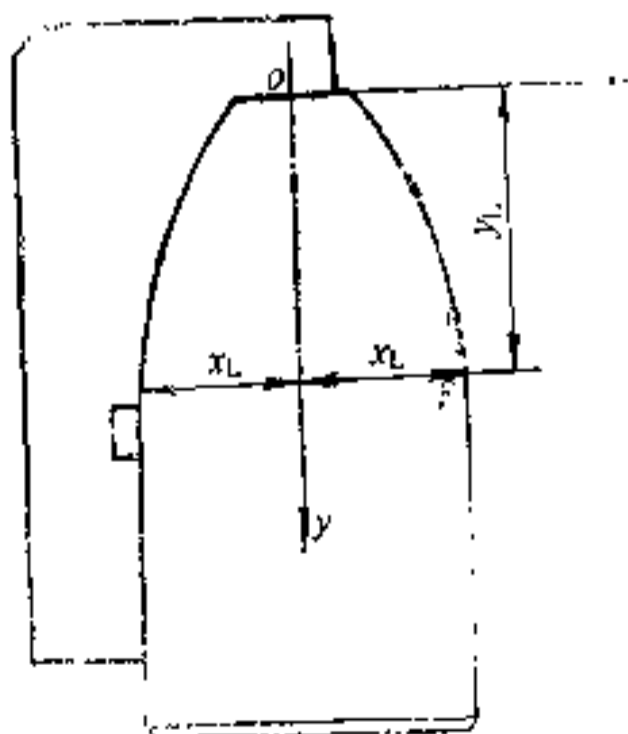
a ——蜗杆轴向齿形角。

上述公式，左旋蜗杆也适用。

计算样板坐标时，应将坐标原点移到飞刀切刀的齿顶上，其

新旧坐标的关系

$$\begin{cases} x = x' \\ y = r_{a1} - y' \end{cases}$$



阿基米德蜗杆法向齿形左右面是对称的，只需计算一侧齿形即可。

在计算时先求出 K_1, K_2, K_3 ，然后选取一系列的 θ 值代入坐标方程中，可得出相应的 x', y'

θ 的选取应在 r_{a1} 和 r_{f1} 范围内 (r_{a1} 为蜗杆齿顶圆半径， r_{f1} 为齿根圆半径) θ_{\min} 和 θ_{\max} 可按下列式近似求得。

$$\theta_{\min} \approx \frac{r_1 K_2 - r_{a1} K_1}{r_{a1} K_3 + r_1}$$

$$\theta_{\max} \approx \frac{r_1 K_2 - r_{f1} K_1}{r_{f1} K_3 + r_1}$$

式中 r_{a1} ——飞刀外圆半径

$$r_{a1} = r_{a2} + c$$

r_{a2} ——蜗杆齿顶圆半径

c ——径向间隙

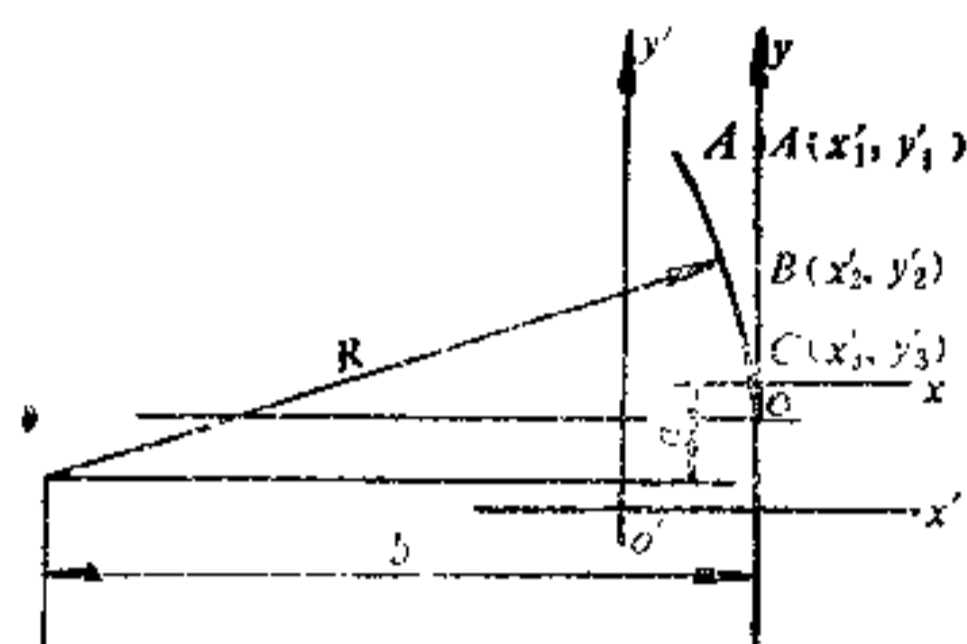
$$c = 0.2m$$

飞刀齿顶转角处，一般均为圆角，其半径等于径向间隙

3) 用圆弧近似代替切刀曲线齿形的计算

用圆弧近似代替切刀的曲线齿形，较用直线来代替切刀的曲线齿形精确度要高。其方法是先根据坐标算法，算出几个特殊辅助点（一般取3点）的坐标，再经过上述各点画出圆弧作为切刀的齿形曲线。计算公式列于表5-15中，可供设计时参考。

表5-15 阿基米德飞刀切刀齿形用圆弧代替计算



计算公式	说明
<p>先将A、B、C三点在x'o'y'坐标系中的坐标，换成xoy新坐标系中的坐标。</p>	<p>根据被加工蜗轮的精度和螺旋升角大小不同可用圆弧形代替曲线齿形。</p>
<p>A点 $\begin{cases} x_1 = x'_1 - x'_3 \\ y_1 = y'_1 - y'_3 \end{cases}$</p>	<p>此法是在坐标的基础上求出特殊三点处(齿顶圆、分圆、齿根圆)的坐标。然后以三点共圆的关系，求出圆弧圆心的坐标，则可画出齿形圆弧。</p>
<p>B点 $\begin{cases} x_2 = x'_2 - x'_3 \\ y_2 = y'_2 - y'_3 \end{cases}$</p>	
<p>C点 由图知C点为新坐标xoy坐标系的原点。</p>	
<p>根据A、B、C三点共圆关系，可求出圆心坐标a、b及圆弧半径R</p>	
$a = \frac{(x_1^2 + y_1^2)x_2 - (x_2^2 + y_2^2)x_1}{2(x_2y_1 - x_1y_2)}$	
$b = \frac{y_2^2 - 2ay_2 + x_2^2}{2x_2}$	
$R = \sqrt{a^2 + b^2}$	

3. 飞刀的齿顶高和法向齿厚

飞刀齿顶高

$$h_{a0} = r_{a1} - r_1 \quad (5-38)$$

式中 r_{a1} ——飞刀的外圆半径，

r_1 ——蜗杆的分圆半径。

飞刀的法向齿厚

$$s_{0n} = \frac{\pi m}{2} \cos \lambda_1 \quad (5-39)$$

三、飞刀的主要技术条件

1. 材料

W18Cr4V或同等性能以上的高速钢

2. 淬火硬度

切削部分 HRC63~66

支承面部分 HRC40~55

3. 支承端面对切刀轴线的跳动不大于0.01mm**4. 飞刀外形尺寸偏差**

定位外表面 h7

总长 js15

5. 飞刀制造公差

制造公差可参照同模数的A级蜗轮滚刀技术条件进行检验。模数1~20mm飞刀切刀齿形、齿厚和外径偏差可按表5-16选取。

表5-16 切刀齿形、齿厚和外径偏差

(μm)

检 验 项 目	模 数 (mm)						
	>1~2.5	>2.5~4	>4~6	>6~8	>8~10	>10~15	>14~20
齿形误差	12	15	18	25	30	40	50
齿厚偏差	±20	±25	±30	±40	±50	±60	±70
外径偏差	+150	±250	+250	+300	+300	+300	+500
	-100	-100	-100	-200	-200	-200	-300

6. 飞刀刀杆有关技术要求

飞刀孔与轴线的对称度和垂直度不大于0.02mm。

拉紧销孔与飞刀孔的垂直度不大于0.03mm。

莫氏锥柄与支承轴颈的同轴度不大于0.01mm。

7. 飞刀装配时，用样板综合检查，由塞尺控制透光度。装配后的主要技术要求可按表5-17进行检查。

四、飞刀切刀和刀杆结构**1. 切刀结构**

切刀的精度和安装正确性、夹持牢固性，对飞刀加工蜗轮的精度影响很大。设计、制造应保证切刀装在刀杆内不转动、不窜动、位置要准确、夹紧牢固可靠，能尽可能多的调整径向尺寸，以增长飞刀的使用寿命，结构要简单，容易制造。切刀结构有各式各样、应根据具体

表5-17 飞刀装配后的主要技术要求

(mm)

序号	检查项目	中心距		
		75~150	150~360	360~600
		公差要求		
1	飞刀安装角偏差	$\pm 1'30''$	$\pm 1'30''$	$\pm 1'$
2	两切刀安装距离极限偏差	± 0.015	± 0.02	± 0.025
3	切刀尖点至刀杆中心线距离的极限偏差	± 0.02	± 0.03	± 0.04
4	切刀主切削刃的非径向性偏差 (只许斜入)	6'	5'	4'
5	切刀前刀面对轴向平面的对称度	± 0.02	± 0.03	± 0.035
6	切刀定位斜面的倾斜度	$\pm 2'$	$\pm 2'30''$	$\pm 3'$

条件选取。常见的切刀结构有方形和圆形的，多采用圆形刀体。装入刀杆后，切刀前刀面必须通过刀杆轴线，两侧切削刃应与刀杆轴线对称。刃磨后刀面。现介绍几种常见的切刀结构，列于表5-18中，供设计时选用。

2. 刀杆结构及切刀装夹方式

刀杆结构可做成专用心轴和带柄的心轴。前者用于大模数的盘式飞刀，后者用于中小模数的飞刀。带柄的刀杆结构使用较多，其各部尺寸可参考带柄蜗轮滚刀有关尺寸选取。刀杆上装切刀孔的形状和尺寸应与所选用的切刀形式和尺寸相一致，并应有精度和公差要求。现介绍几种飞刀刀杆结构及切刀夹紧方式，列于表5-19中，供设计时参考。

第五节 蜗轮飞刀设计举例

一、阿基米德法向飞刀齿形曲线设计步骤及计算举例

阿基米德法向飞刀齿形曲线的设计步骤及计算举例见表5-20。

二、飞刀工作图

图5-8为飞刀和刀杆的装配图，图5-9为飞刀切刀的工作图，可供设计时参考。

表5-18 常见的几种切刀结构

结构名称	结构图例	说 明
方形刀体		<p>结构简单，容易制造，夹紧较牢固，不易转动。靠螺钉压紧。但刀杆方孔，制造工艺性较差，一般多用于中小模数的飞刀。</p>
圆柱形		<p>结构简单、制造工艺性好，靠圆柱面摩擦夹紧。刀杆圆孔加工性好，但夹紧牢固性较差易转动和径向窜动。多用于中小模数的飞刀。</p>
台阶圆柱形		<p>结构简单好制造，夹紧圆柱面锐边一斜面是利用拉紧销的斜面拉紧。夹紧牢固性好。</p> <p>拉紧销的斜面角 $\varphi_1 = 5^\circ$</p> <p>切刀斜面刃角：右旋：$\varphi = \lambda - \varphi_1$</p> <p>左旋：$\varphi = \lambda + \varphi_1$</p> <p>多用于大中模数飞刀。</p>

11111

11111

表5-19 飞刀常用刀杆结构及切刀夹紧方式

夹紧方式	结构简图及夹紧装置	说 明
螺钉压紧	<p>1—刀杆 2—切刀 3—螺钉</p>	<p>装切刀孔为方孔，精度要求较高、刀杆方孔加工较准，但结构简单用螺钉压紧、夹持方便牢固性较好。可能会径向窜动</p>
螺母压套夹紧	<p>1—刀杆 2—套筒 3—压套套 4、6 螺母 5—切刀螺母</p>	<p>装切刀孔为圆孔，工艺性较好。用套靠圆柱面摩擦夹紧，牢固性较差、易转动和径向窜动、多用于小模数飞刀</p>
拉销斜面楔紧	<p>1—刀杆 2—拉销轴 3、5—螺母 4—楔圈</p>	<p>切刀圆柱面铣一斜面，利用拉销斜面楔紧、结构简单装刀方便、制造工艺性和夹紧牢固性均好。多用于中等模数的飞刀</p>
斜拉销套楔紧	<p>1—刀杆 2—斜销 3—螺母 4—切刀 5—套筒</p>	<p>其结构与压套套、斜拉销式相似。切刀是装入一斜面套中，用拉销斜面楔紧，其好处是当切刀圆拉直径不同时，只须更换套筒，仍可用同一刀杆装夹，多用于大、中模数飞刀</p>
盘式飞刀斜拉销楔紧	<p>1—刀杆 2—拉销 3—套筒 4—切刀</p>	<p>结构与斜拉销式基本相同。由于结构简单、紧凑、所占空间较小，夹紧牢固性好，多用于大模数盘式铣削飞刀。中心轴一般使用普通滚刀刀杆即可</p>

表5-20 阿基米德法向飞刀齿形曲线设计及计算举例

(mm)

188

蜗杆参数: 模数 $m=20$ 轴向压力角 $\alpha=20^\circ$ 螺旋头数 $z_1=3$ 螺旋升角: $\lambda_1=18^\circ 26' 6''$
 蜗轮参数: 模数 $m=20$ 螺旋头数 $z_2=99$ 螺旋升角: $\lambda_2=18^\circ 26' 6''$
 蜗轮分度圆半径 $r_2=990$ 蜗轮齿顶圆半径 $r_{a2}=1110$ 蜗轮齿根圆半径 $r_{f2}=660$
 蜗轮齿厚 $s_{2n} = \frac{\pi m}{2} = 31.416$

序号	计算公式或设计原则	坐标点											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
1	α 和 λ_1 的数值	$\alpha=20^\circ$	$\lambda_1=18^\circ 26' 6''$	$\lambda_2=18^\circ 26' 6''$	$\lambda_3=18^\circ 26' 6''$	$\lambda_4=18^\circ 26' 6''$	$\lambda_5=18^\circ 26' 6''$	$\lambda_6=18^\circ 26' 6''$	$\lambda_7=18^\circ 26' 6''$	$\lambda_8=18^\circ 26' 6''$	$\lambda_9=18^\circ 26' 6''$	$\lambda_{10}=18^\circ 26' 6''$	$\lambda_{11}=18^\circ 26' 6''$
2	K_1, K_2, K_3	$K_1 = \frac{\tan 20^\circ}{\tan 18^\circ 26' 6''} = 1.091908$	$K_2 = \frac{s_{2n}}{2r_2 \tan \lambda_2} = \frac{31.416}{2 \times 990 \times 0.333334} = 0.047997$	$K_3 = \frac{s_{2n}}{2r_2 \tan \lambda_2} = 0.047997$	$K_4 = \frac{s_{2n}}{2r_2 \tan \lambda_2} = 0.047997$	$K_5 = \frac{s_{2n}}{2r_2 \tan \lambda_2} = 0.047997$	$K_6 = \frac{s_{2n}}{2r_2 \tan \lambda_2} = 0.047997$	$K_7 = \frac{s_{2n}}{2r_2 \tan \lambda_2} = 0.047997$	$K_8 = \frac{s_{2n}}{2r_2 \tan \lambda_2} = 0.047997$	$K_9 = \frac{s_{2n}}{2r_2 \tan \lambda_2} = 0.047997$	$K_{10} = \frac{s_{2n}}{2r_2 \tan \lambda_2} = 0.047997$	$K_{11} = \frac{s_{2n}}{2r_2 \tan \lambda_2} = 0.047997$	$K_{12} = \frac{s_{2n}}{2r_2 \tan \lambda_2} = 0.047997$
3	$\theta_{max}, \theta_{min}$	$\theta_{max} = \frac{90 \times 1.615507 - 66 \times 1.091908}{66 \times 8.999994 + 90} = 0.107207$	$\theta_{min} = \frac{90 \times 1.615507 - 114 \times 1.091908}{114 \times 8.999994 + 90} = 0.018774$	$\theta_{max} = 6.1700^\circ$	$\theta_{min} = 1.0800^\circ$	$\theta_{max} = 6.1700^\circ$	$\theta_{min} = 1.0800^\circ$	$\theta_{max} = 6.1700^\circ$	$\theta_{min} = 1.0800^\circ$	$\theta_{max} = 6.1700^\circ$	$\theta_{min} = 1.0800^\circ$	$\theta_{max} = 6.1700^\circ$	$\theta_{min} = 1.0800^\circ$
4	选取 θ (°)	1.0800°	1.3700°	1.6000°	2.0000°	2.3300°	2.7500°	3.2500°	3.8500°	4.5000°	5.3000°	6.1700°	
5	θ (rad)	0.018850	0.023911	0.027925	0.034907	0.040666	0.047997	0.056723	0.067195	0.078540	0.092503	0.107687	
6	$\sin \theta$	0.018848	0.023909	0.027922	0.034900	0.040655	0.047978	0.056693	0.067145	0.078459	0.092371	0.107479	
7	$\cos \theta$	0.999822	0.999714	0.999610	0.999391	0.999173	0.998848	0.998392	0.997743	0.996917	0.995725	0.994207	
8	$K_2 - \theta$	1.596657	1.591590	1.587582	1.580500	1.574841	1.567510	1.558784	1.548312	1.536967	1.523004	1.507820	
9	$K_3 \sin \theta$	0.169632	0.215181	0.251298	0.314100	0.365895	0.431802	0.510237	0.604305	0.706131	0.831338	0.967310	

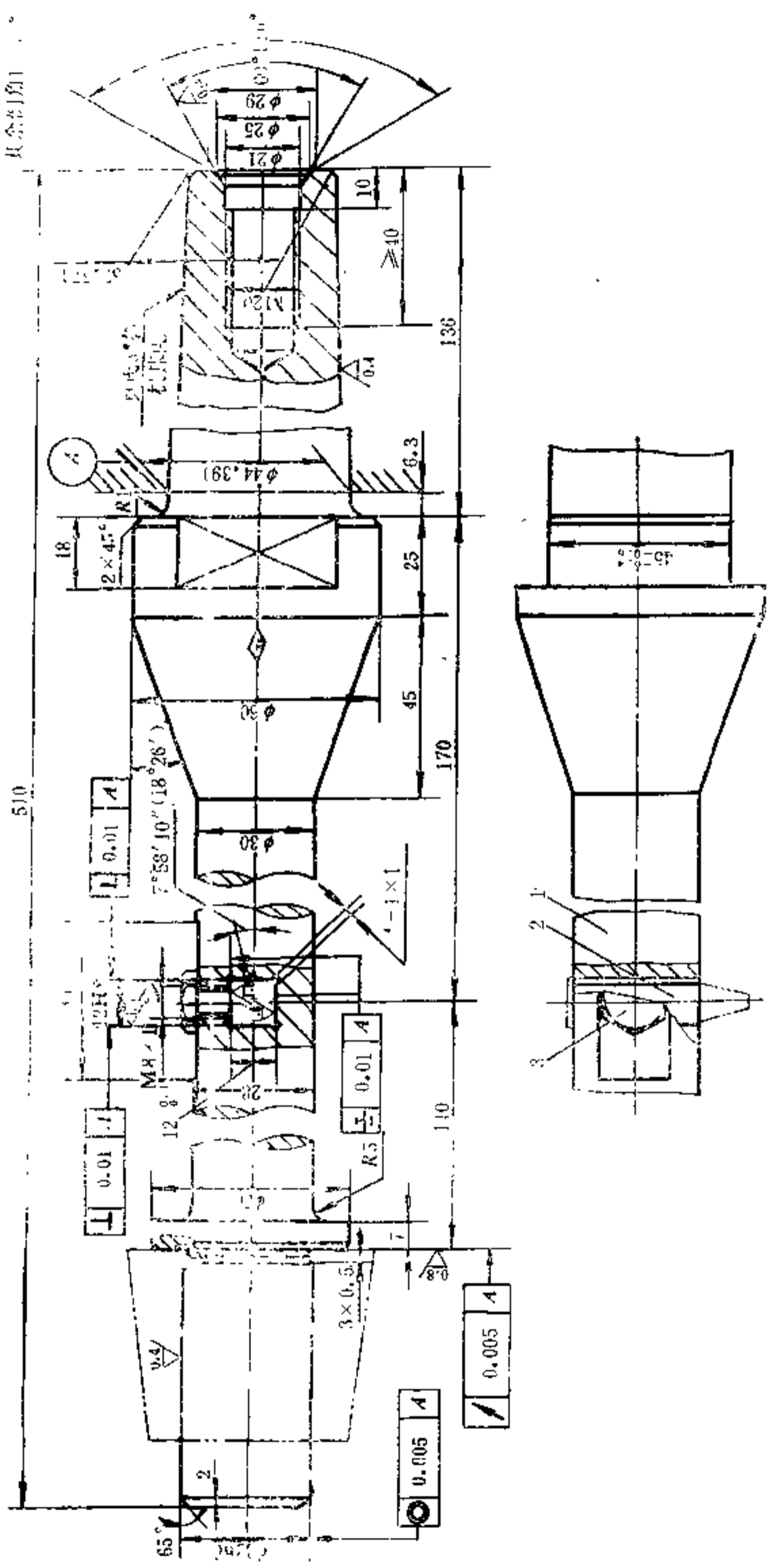
(续)

已知条件: 模数 $m=20$ 齿顶圆力角 $\alpha=20^\circ$ 螺旋升角: $\lambda_1=18^\circ 26' 6''$
 螺旋方向: 右旋 齿顶圆半径 $r_{a1}=110$ 分圆半径 $r_1=99$ 齿根圆半径 $r_{f1}=66$
 飞刀参数: 齿顶圆半径: $r_0=r_{a1}+0.2m=114$ 轴向齿距: $s_{ax}=\frac{\pi m}{2}=31.416$

序号	计算公式或设计原则	坐标点										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
10	$K_1 + K_8 \sin \theta$	1.261540	1.307089	1.343206	1.406008	1.457803	1.523710	1.602145	1.696213	1.798039	1.923246	2.059218
11	$\frac{K_2 - \theta}{K_1 + K_8 \sin \theta}$	1.265644	1.217665	1.181935	1.124176	1.080284	1.028746	0.972926	0.912805	0.854802	0.791892	0.732229
12	$\rho = \frac{r_1 K_2 - \theta}{K_1 + K_8 \sin \theta}$	113.90769	109.58985	106.37415	103.17584	97.22556	92.58714	87.56424	82.15245	76.93218	71.27028	65.90061
13	$\frac{\sin \theta}{\sin \lambda_1}$	0.059602	0.175007	0.088297	0.110363	0.128562	0.151719	0.179278	0.212330	0.248108	0.292162	0.339877
14	$x' = \frac{\rho \sin \theta}{\sin \lambda_1}$	6.789126	8.127707	9.392518	11.166069	12.499512	14.047728	15.698342	17.443450	19.087489	20.818191	22.538102
15	$y' = \rho \cos \theta$	113.88743	109.558507	106.332662	101.114224	97.145154	92.48048	87.423437	81.967032	76.694998	70.965600	65.51888
16	$x_1 = x'$	6.789	8.286	9.393	11.166	12.500	14.047	15.698	17.448	19.087	20.818	22.538
17	$y_1 = r_{a0} - y'$	0.117	6.443	7.667	12.886	16.855	21.520	26.577	32.033	37.305	43.034	48.881

注: 此表摘自《复杂刀具设计手册》

其余3/2
其余1/1

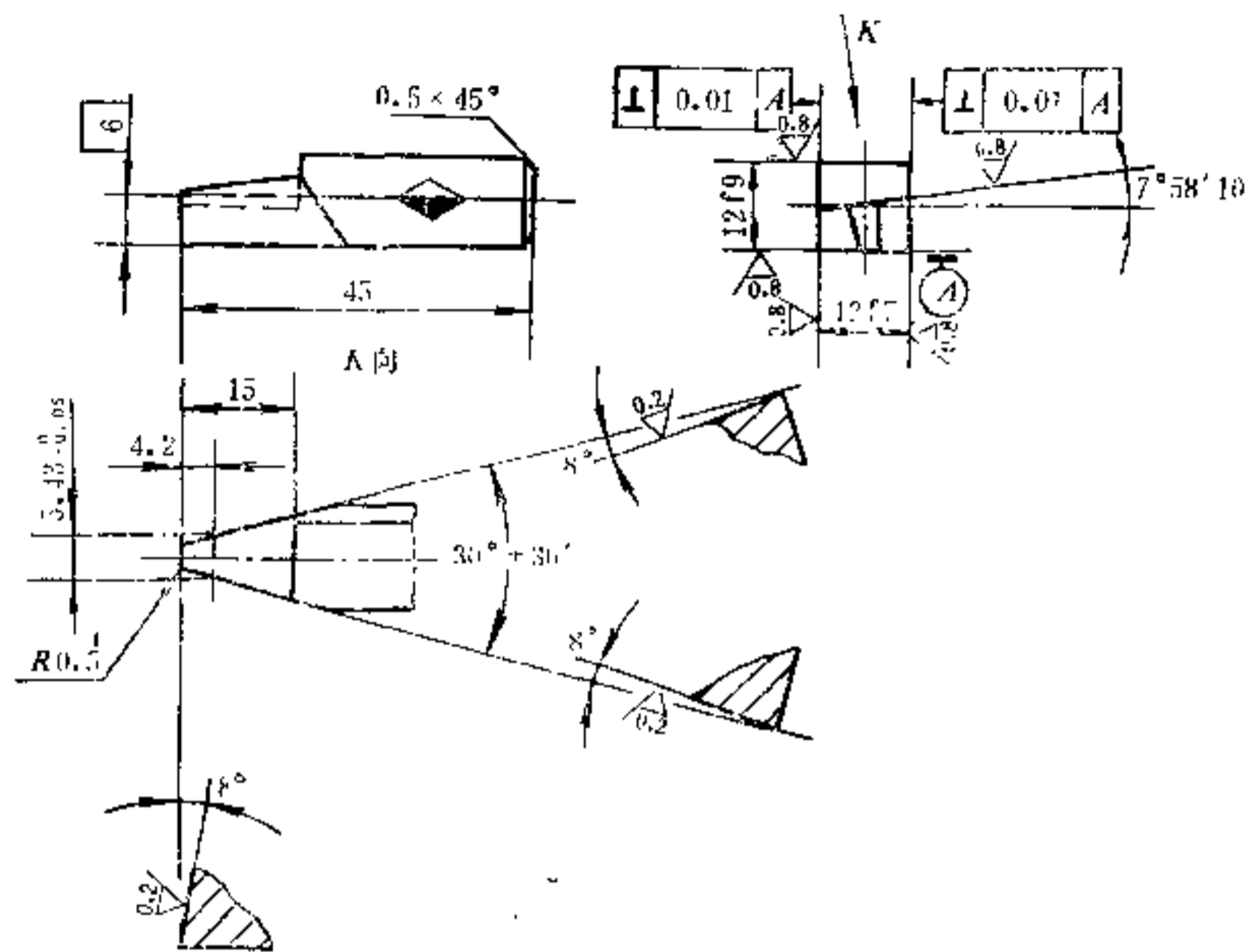


技术条件

- 1. 刀杆淬火HRC52 (12方孔附近20除外)
- 2. 处打标记

3	螺钉	1	35	淬火 HRC35	发
2	切刀	1	W18Cr4V	淬火 HRC65	
1	刀杆	1	40Cr	淬火 HRC52	注
序号		名称	件数	材料	备注
蜗轮飞刀				图号	5-8
班别		机制	914	共张	第张
设计		王英	1991.88	比例	1:1
审核				郑州机械高等专科学校	

图5-8 蜗轮飞刀工作图



技术条件

1. 热处理淬硬HRC65
2. 30° 对12f7的对称度允差 $10'$
3. \blacklozenge 处打标记

切 刀		图号	2-9	
		材 料	W18Cr4V	
班级	机制914	比例	1:1	件数 1
设计	王英 1991.8.10	郑州机械高等专科学校		
审核				

图5-9 切刀工作图

第六节 蜗轮滚刀和蜗轮飞刀设计题选

1. 根据下表数据, 设计一把蜗轮滚刀, 画出蜗轮滚刀工作图, 并写出计算说明书, 蜗杆类型为阿基米德型。

表5-21 蜗轮滚刀设计用参数 (mm)

蜗 杆 参 数	模 数 3								4							
	1		2		3		4		1		2		3		4	
蜗杆头数	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
轴向齿形角	20°															
螺旋旋向	右 旋															
分度圆直径	30	36	30	36	30	36	30	36	40	48	40	48	40	48	40	48
轴向齿距	9.425								12.566							
外 径	36	42	36	42	36	42	36	42	48	56	48	56	48	56	48	56
齿根圆直径	22.8	28.8	22.8	28.8	22.8	28.8	22.8	28.8	30.4	38.4	30.4	38.4	30.4	38.4	30.4	38.4
螺旋升角	5°42'38"	4°15'48"	11°18'36"	9°27'41"	16°41'57"	14°2'11"	21°48'5"	18°26'8"	5°42'38"	4°45'48"	11°18'36"	9°27'44"	16°41'57"	14°2'11"	21°48'5"	18°26'6"
蜗轮部分长	50								54							
齿 数	43								61							
齿大外径	138								258							
中心距	79.5	85.5	79.5	85.5	79.5	85.5	79.5	85.5	142	146	142	146	142	146	142	146
齿顶系数	0.2															
精 度	8级															

2. 如表5-21中数据, 但蜗杆类型改为法向直廓型, 其法向齿形角为20°, 设计一把蜗轮滚刀, 画出蜗轮滚刀工作图, 并写出计算说明书。

3. 根据表5-22数据, 设计一把蜗轮飞刀, 画出蜗轮飞刀刀杆和飞刀的装配图, 写出飞刀齿形曲线的计算说明书。

4. 如上表中蜗杆类型改为阿基米德型, 其轴向齿形角为20°, 设计一把蜗轮飞刀, 画出蜗轮飞刀刀杆和飞刀的装配图, 写出飞刀齿形曲线的计算说明书。

表5-22 蜗轮飞刀设计用参数

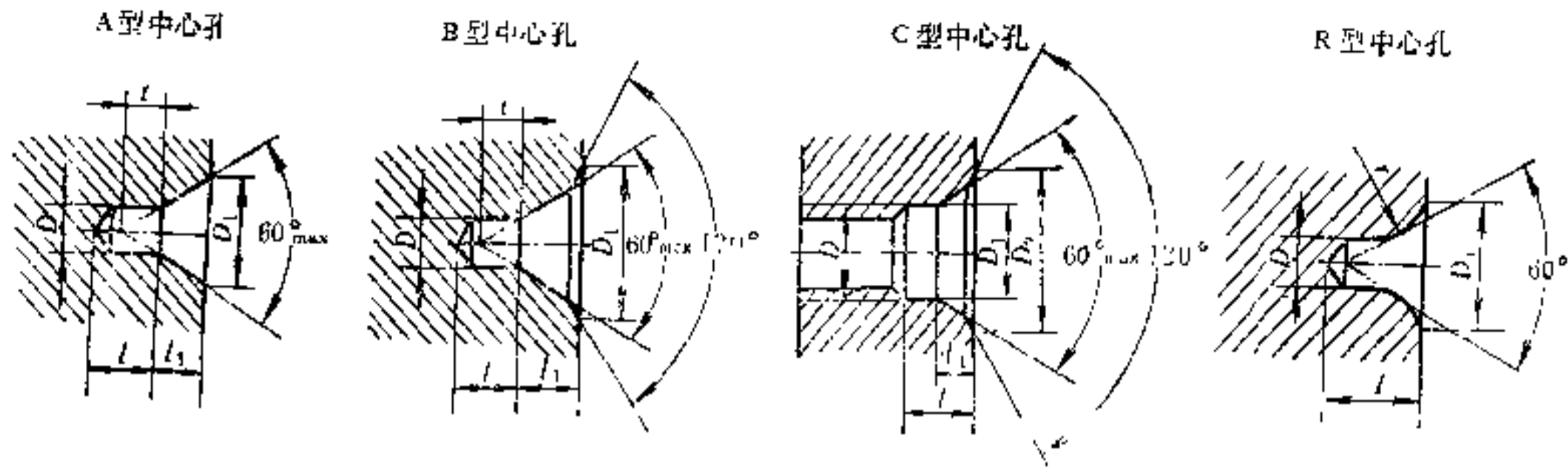
(mm)

蜗 杆 参 数	类 型	法向直廓型							
	模 数	30				16			
蜗 轮 参 数	头 数	2		4		2		4	
	法向齿形角	20°							
	分度圆直径	80	100	80	100	128	144	128	144
	旋 向	右旋							
	轴向齿距	31.416				50.266			
	外 径	100	120	100	120	160	176	160	176
	齿根圆直径	56	76	56	76	89.6	105.6	89.6	105.6
	螺旋升角	14°2'11"	11°18'36"	26°33'54"	21°48'5"	14°2'10"	12°31'44"	26°33'54"	23°57'45"
	螺纹部分长度	200		210		352		368	
	蜗 轮 参 数	齿 数	80				100		
最大外径		820				1632			
中 心 距		440	450	440	450	864	872	864	872
顶隙系数		0.2							
精 度		8级							

附录 刀具设计常用资料

附表1 中心孔(GB145—85)

(mm)



A型中心孔

D	D ₁	参 考		D	D ₁	参 考	
		l ₁	t			l ₁	t
(0.50)	1.06	0.18	0.5	2.50	5.30	2.42	2.2
(0.63)	1.32	0.60	0.6	3.15	6.70	3.07	2.8
(0.80)	1.70	0.78	0.7	4.00	8.50	3.90	3.5
1.00	2.12	0.97	0.9	(5.00)	10.60	4.85	4.4
(1.25)	2.65	1.21	1.1	6.30	13.20	5.98	5.5
1.60	3.35	1.52	1.4	(8.00)	17.00	7.79	7.0
2.00	4.25	1.95	1.8	10.00	21.20	9.70	8.7

B型中心孔

1.00	3.15	1.27	0.9	4.00	12.50	5.05	3.5
(1.25)	4.00	1.60	1.1	(5.00)	16.00	6.41	4.4
1.60	5.00	1.99	1.4	6.30	18.00	7.36	5.5
2.00	6.30	2.51	1.8	(8.00)	22.40	9.36	7.0
2.50	8.00	3.20	2.2	10.00	28.00	11.66	8.7
3.15	10.00	4.13	2.8				

注: 1. 尺寸取决于中心钻的长度, 此值不应小于t值。

2. 括号内的尺寸尽量不采用。

C型中心孔

(续)

D	D ₁	D ₂	l	参考	D	E ₁	E ₂	l	参考
				l ₁					l ₁
M3	3.2	5.8	2.6	1.8	M10	10.5	16.3	7.5	3.8
M4	4.3	7.4	3.2	2.1	M12	13.0	19.8	9.5	4.4
M5	5.3	8.8	4.0	2.4	M16	17.0	25.3	12.0	5.2
M6	6.4	10.5	5.0	2.8	M20	21.0	31.3	15.0	6.4
M6	8.4	13.2	6.0	3.3	M24	25.0	38.0	18.0	8.0

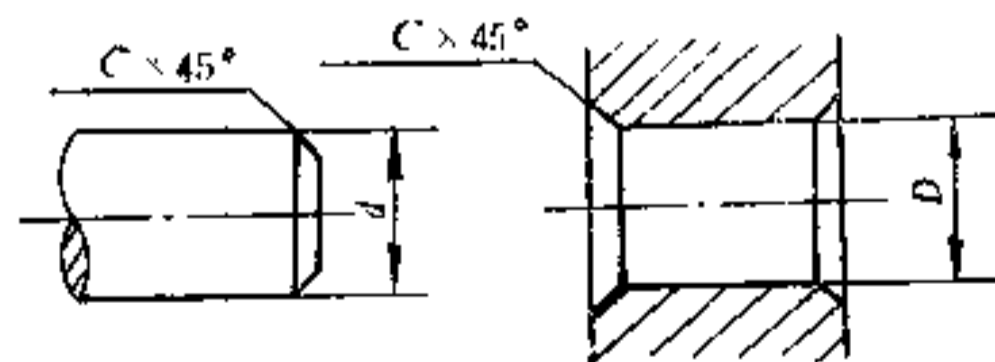
R型中心孔

D	D ₁	l (min)	r		D	D ₁	l (min)	r	
			max	min				max	min
1.00	2.12	2.3	3.15	2.50	4.00	8.50	8.9	12.50	10.00
(1.25)	2.65	2.8	4.00	3.15	(5.00)	10.60	11.2	16.00	12.50
1.60	3.35	3.5	5.00	4.00	6.30	13.20	14.0	20.00	16.00
2.00	4.25	4.4	6.30	5.00	(8.00)	17.00	17.9	25.00	20.00
2.50	5.30	5.5	8.00	6.30	10.00	21.20	22.5	31.50	25.00
3.15	6.70	7.0	10.00	8.00					

注：括号内的尺寸尽量不采用。

附表2 内外倒角尺寸

(mm)



附表3 内外倒角尺寸 (mm)

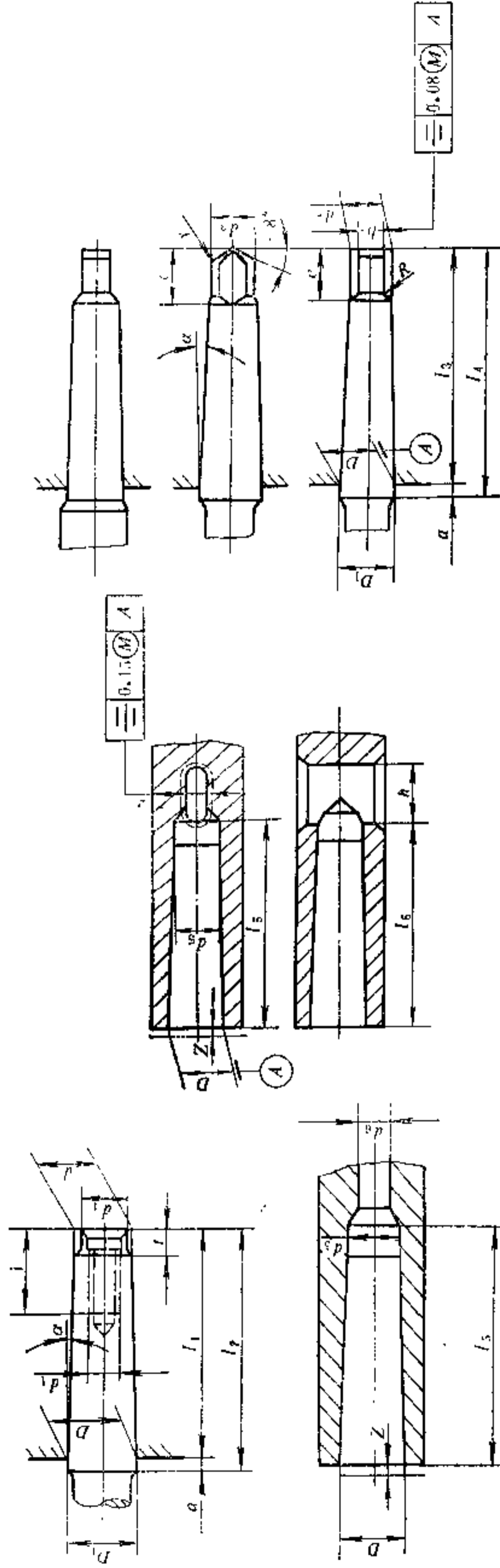
		(续)					附表3 内外倒角尺寸 (mm)			
d 或 D	3~6	>6~10	>10~18	>18~30	>30~50	>50~80	>80~120	>10~22	>22~50	>50~100
C	0.4	0.6	1	1.5	2	2.5	3	0.2~0.5	0.5~1.5	1.5~2

注: 1. 对于压配零件, 允许作 30° 倒角。

2. 对于滚刀轴台及滚刀、铣刀、插齿刀、剃齿刀孔控的倒角, 可用附表3数据。

注: 本表适用于滚刀轴台及滚刀、铣刀、插齿刀、剃齿刀孔控的倒角。

附表4 工具柄自锁圆锥尺寸 (GB1443—85) (mm)



不带扁尾的外圆锥和内圆锥

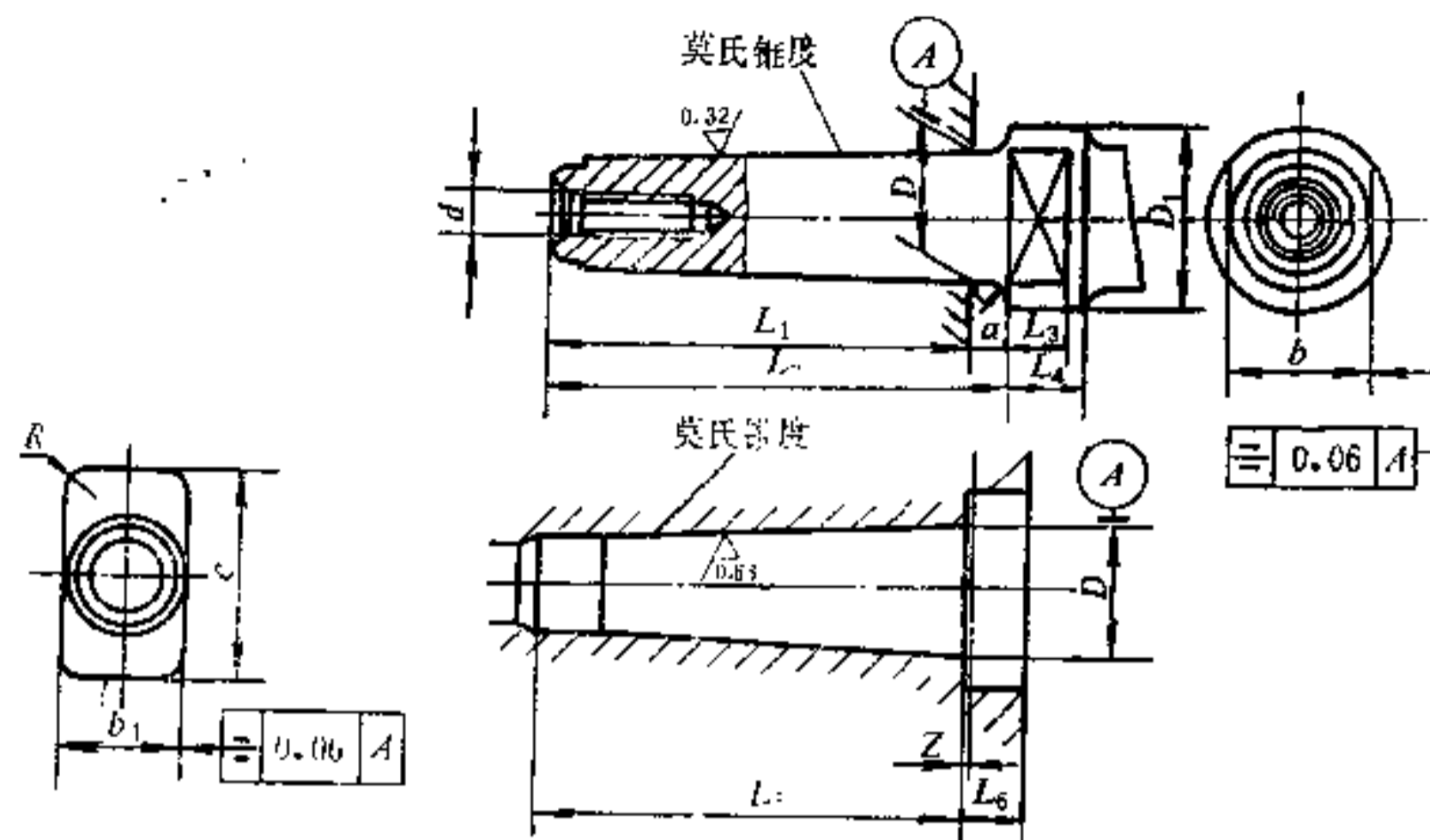
带扁尾的外圆锥和内圆锥

(续)

名称	锥度	圆锥角		外圆锥											
		2α		D	α	D ₁ ≈	d≈	d ₁	d ₂ ≈	d ₃ (max)	d ₄ (max)	l ₁ (max)	l ₂ (max)	l ₃ (max)	l ₄ (max)
		基本尺寸	极限偏差	基本尺寸	基本尺寸	基本尺寸	基本尺寸	基本尺寸	基本尺寸	基本尺寸	基本尺寸	基本尺寸	基本尺寸	基本尺寸	基本尺寸
米制圆锥	1:20	2°51'51"	+1'43" 0 -1'	4	2	4.1	2.9	—	—	—	2.5	23	25	—	—
	=0.05		+1'22" 0 -1'22"	6	3	6.2	4.4	—	—	—	4	32	35	—	—
	1:19.212 =0.05205	2°58'54"	+1'05" 0 -1'05"	9.045	3	9.2	6.4	—	6.1	6	6	50	53	56.5	59.5
	1:20.017 =0.04988	2°51'26"		12.065	3.5	12.2	9.4	M6	9	9	9	53.5	57	62	65.5
莫氏圆锥	1:20.020 =0.04995	2°51'41"		17.780	5	18	14.6	M10	14	14	14	64	69	75	80
	1:19.922 =0.05020	2°52'32"	+52" 0 -52"	23.825	5	24.1	19.8	M12	19.1	18.5	19	81	86	94	99
	1:19.254 =0.05194	2°58'31"		31.267	6.5	31.6	25.9	M16	25.2	24.5	25	102.5	109	117.5	124
	1:19.002 =0.05263	3°00'53"	+41" 0 -41"	44.399	6.5	44.7	37.6	M20	36.5	35.7	35.7	129.5	136	149.5	156
米制圆锥	1:19.180 =0.05214	2°59'12"		63.348	8	63.8	53.9	M24	52.4	51	51	182	190	210	218
	1:20	2°51'51"	+33" 0 -33"	80	8	80.4	70.2	M30	69	67	67	196	204	220	228
	=0.05		+26" 0 -26"	100	10	100.5	88.4	M36	87	85	85	232	242	260	270
				120	12	120.6	106.6	M36	105	102	102	268	280	300	312
				160	16	160.8	143	M48	141	138	138	340	356	380	396
				200	20	201	179.4	M48	177	174	174	412	432	460	480

附表5 莫氏圆锥的强制传动型式及尺寸(GB4133—84)

(mm)



标记示例:

5号强制传动莫氏圆锥:

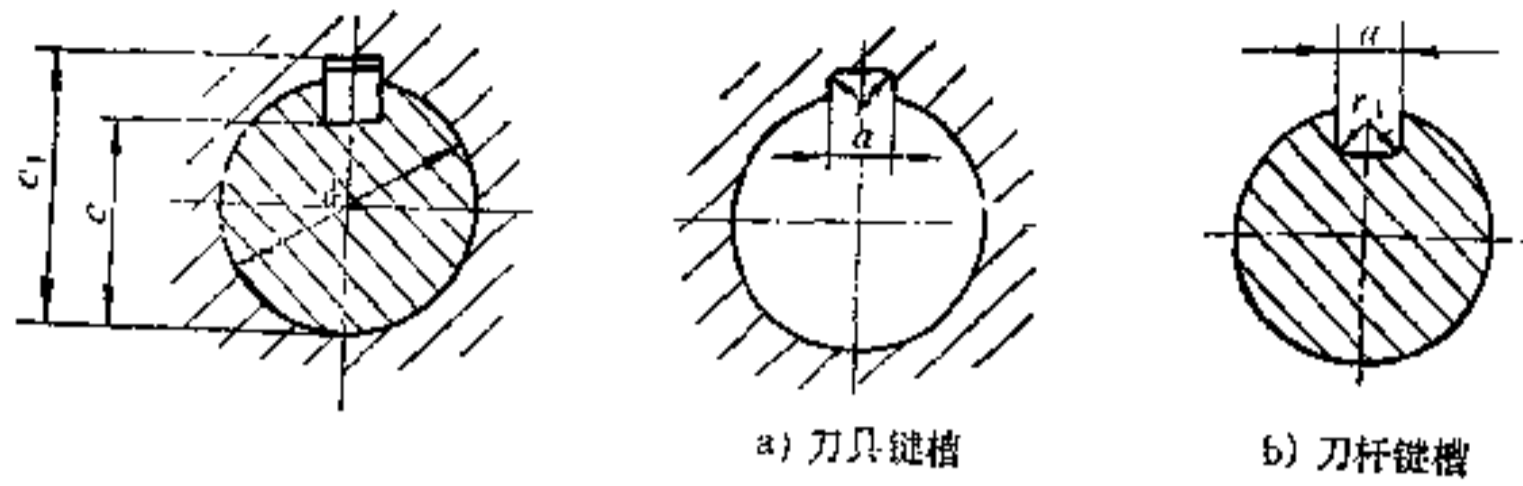
莫氏圆锥5号 GB4133—84

莫氏圆锥号	D	外圆锥								内圆锥						①
		D_1	L_4 (min)	b d_{11}	L_2	a	L_1 (max)	L_2 (max)	d	r	c (min)	b_1 H_{11}	L	L_6 (min)	R	
3	23.825	36	18	24	12	3	81	86	M12	1.6	40	24	12	84	6	1
4	31.267	43	23	32	15	6.5	102.5	109	M16	1.6	50	32	15	107	8	1.5
5	44.599	60	28	45	18	6.5	129.5	136	M20	2.0	65	45	18	135	10	1.5
6	63.348	85	39	65	25	8	182	190	M24	3.0	90	65	25	188	12	2

① 锥面名义尺寸 D 的位置的轴向最大公差, 只许向外。

附表6 平键传动时刀具和刀杆的互换尺寸
(GB6132—85)

(mm)

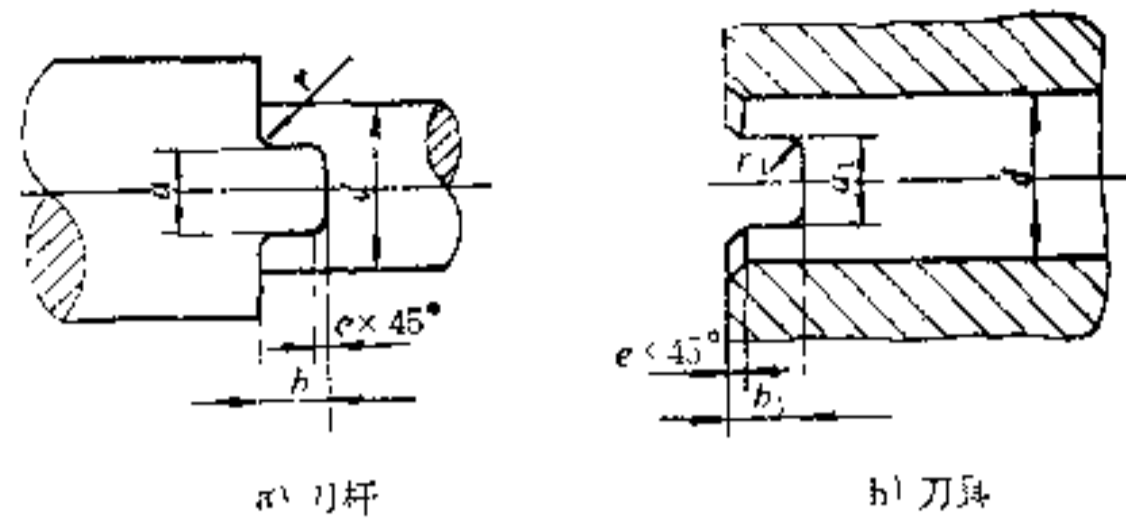


d			a		c		e		f		r ₁		
基本尺寸	刀杆极限偏差	刀具极限偏差H7	基本尺寸	刀杆锥槽极限偏差	刀具键槽极限偏差	基本尺寸	极限偏差	基本尺寸	极限偏差	基本尺寸	极限偏差	基本尺寸	极限偏差
8		+0.015 0	7			6.7		8.9					
10			3		+0.120 +0.060	8.2		11.5		0.4	0 -0.1	0.16	0 -0.08
13		+0.018 0	4			11.2	0 -0.1	14.6	+0.1 0				
16			5		+0.145 +0.070	13.2		17.7		0.6	0 -0.2		
19			6			15.6		21.1		1.0			
22		+0.021 0	7	H9		17.6		24.1			0 -0.3	0.25	0 -0.09
27	b6		8	N9	+0.170 +0.080	22.0		29.8		1.2			
32			10			27.0		34.8					
40		+0.025 0	12			34.5		43.5					
50			14			44.5	0 -0.2	53.5	+0.2 0	1.6		0.40	0 -0.15
60			16		+0.205 +0.095	54.0		64.2		2.0	0 -0.5		
70		+0.030 0	18			63.5		75.0					
80			25			73.5		85.5					
100		+0.035 0			+0.240 +0.110	91.0		107.0		2.5		0.60	0 -0.20

附表7 刀具在圆柱形刀杆上由端键传动时的互换尺寸

(GB6132—85)

(mm)



a) 刀杆

b) 刀具

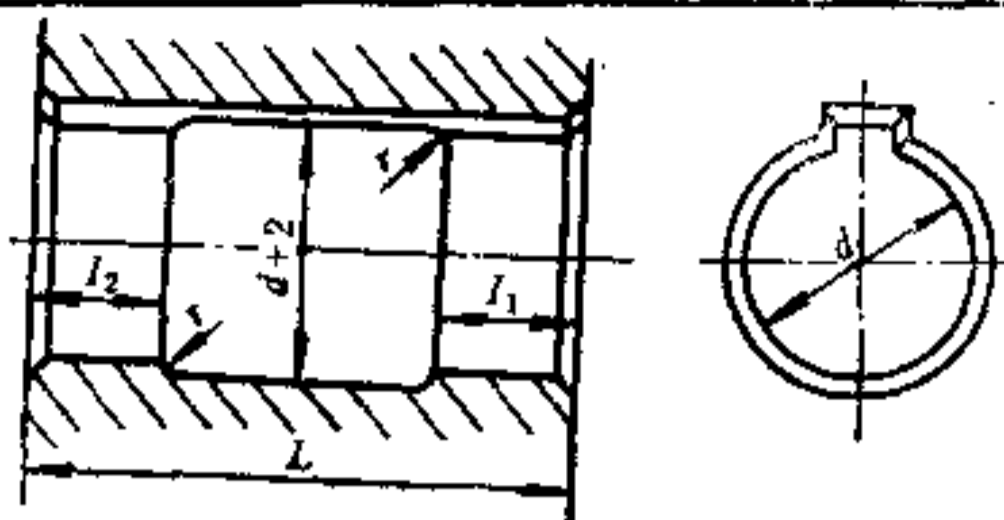
d		刀 杆		刀 具				e		z		
基本尺寸	刀杆极限偏差 H7	刀具极限偏差 h11	a (h11)	b (h11)	r (max)	a ₁ 基本尺寸 极限偏差 H11	b ₁ 基本尺寸 极限偏差 h13	r ₁ (max)	尺寸极限偏差			
5		+0.012 0	3	2.0	0.3	3.3		2.5	+0.140 0	0.6	0.3	0.075
8		+0.015 0	5	3.5	0.4	5.4	+0.075 0	4.0			0.4	+0.1 0
10			6	4.0	0.5	6.4		4.5	+0.180 0	0.8	0.5	
13		+0.018 0	8	4.5		8.4	+0.09 0	5.0		1.0		
16				5.0				5.6			0.6	
19	h6		10	5.6	0.6	10.4		6.3		1.2		+0.2 0
22		+0.021 0										0.125
27			12	6.3	0.8	12.4	+0.110 0	7.0			0.8	
32			14	7.0		14.4		8.0	+0.220 0	1.6		
40		+0.025 0	16	8.0		16.4		9.0				
50			18	9.0	1.0	18.4	+0.130 0	10.0		2.0	1.0	+0.3 0
64		+0.030 0	20	10.0		20.5		11.2	+0.270 0			0.125

注：1. z为端键轴线平面和刀杆直径d的轴线之间的最大允许偏差。

2. 刀具在圆锥形刀杆上由端键传动时的互换尺寸可参考表2-14。

附表8 内空刀槽尺寸

(mm)

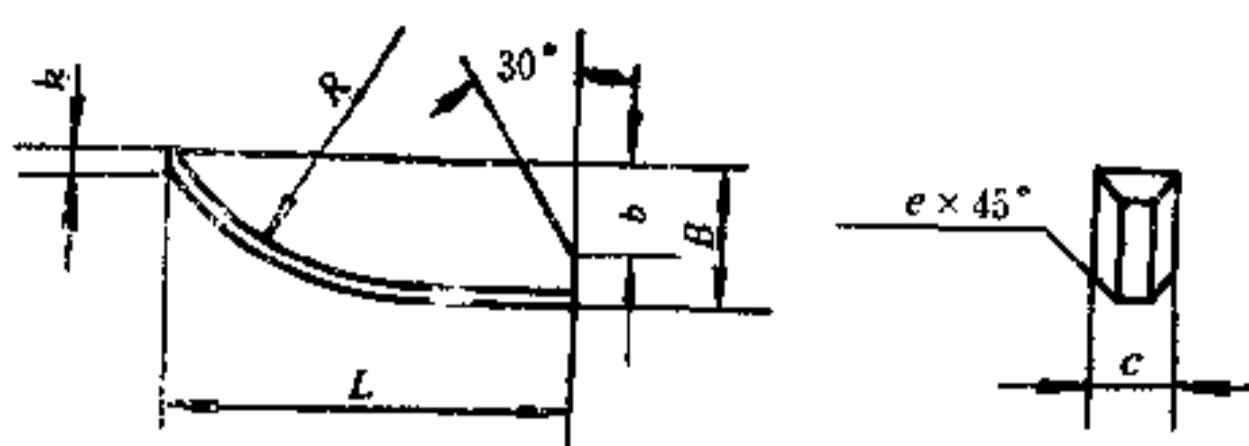


基本尺寸 d	13	16	19	22	27	32	40	50	60以上
基本尺寸 L	l_1								
22	5	6	7	7	8	8	8		
24	6	7	7	8	8	8	8		
26	6	7	7	9	9	9	10		
28	6	7	7	9	9	9	11		
30	7	8	9	9	10	10	11	12	
35	7	8	9	9	10	11	12	13	
40	8	10	9	10	11	12	13	14	
45	9	10	10	11	12	13	14	15	
50	9	11	11	12	13	14	15	16	18
55	10	11	11	12	14	15	16	18	20
60	11	12	12	13	15	16	18	18	20
65	12	13	13	14	15	18	18	20	22
70		14	14	15	16	18	20	20	22
75		15	15	16	18	18	20	22	24
80		16	15	16	18	20	22	24	26
85			16	18	20	20	24	25	27
90			16	18	20	22	24	25	27
95				20	20	22	25	26	27
100				20	22	24	26	28	30
110				22	22	26	26	30	32
120				22	24	28	30	32	34
130					26	30	32	36	37
140					28	32	34	38	40
150					30	32	36	40	42
160						34	38	42	44
170						36	40	44	48
180						38	42	46	50
190							44	48	52
200							46	50	54
210								52	56
220								55	60
230								58	62
240								60	65
250								62	68

注: $r=1$

附表9 E4型硬质合金刀片尺寸

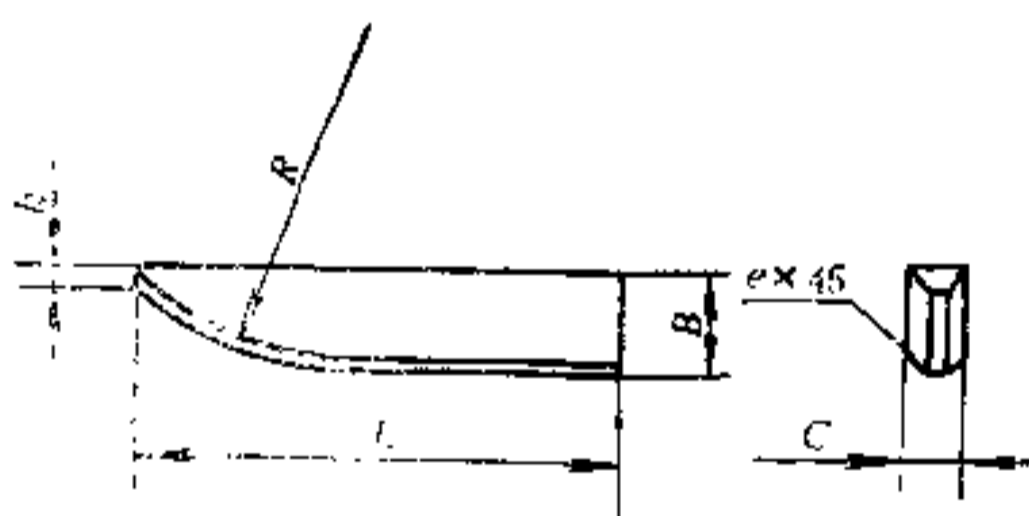
(mm)



刀片型号	刀片尺寸						
	L	B	c	b	R	k	e
E415	15	4	2	2.5	15	1.5	—
E418	18	5	2.5	3.5	20	1.5	—
E420	20	6	3	5	25	1.5	0.5
E425	25	8	3.5	6	25	2	0.5
E430	30	10	4	8	30	2	0.5

附表10 E5型硬质合金刀片尺寸

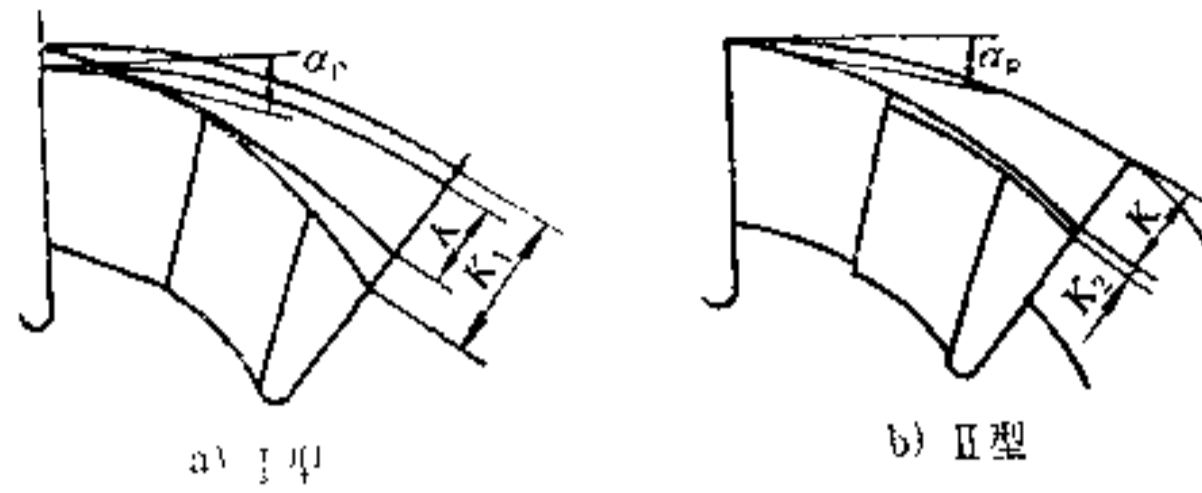
(mm)



刀片型号	刀片尺寸						适用铰刀直径
	L	B	C	R	k	e	
E515	15	2.5	1.3	20	1.5	—	6~11
E518	18	3	1.5	25	1.5	—	12~15
E522	22	3.5	2	25	1.5	—	16~20
E525	25	4	2.5	30	2	—	21~25
E530	30	5	3	30	2	0.5	26~50
E540	40	6	3.5	50	2	0.5	>50

附表11 铲齿车床常用凸轮升量

(mm)

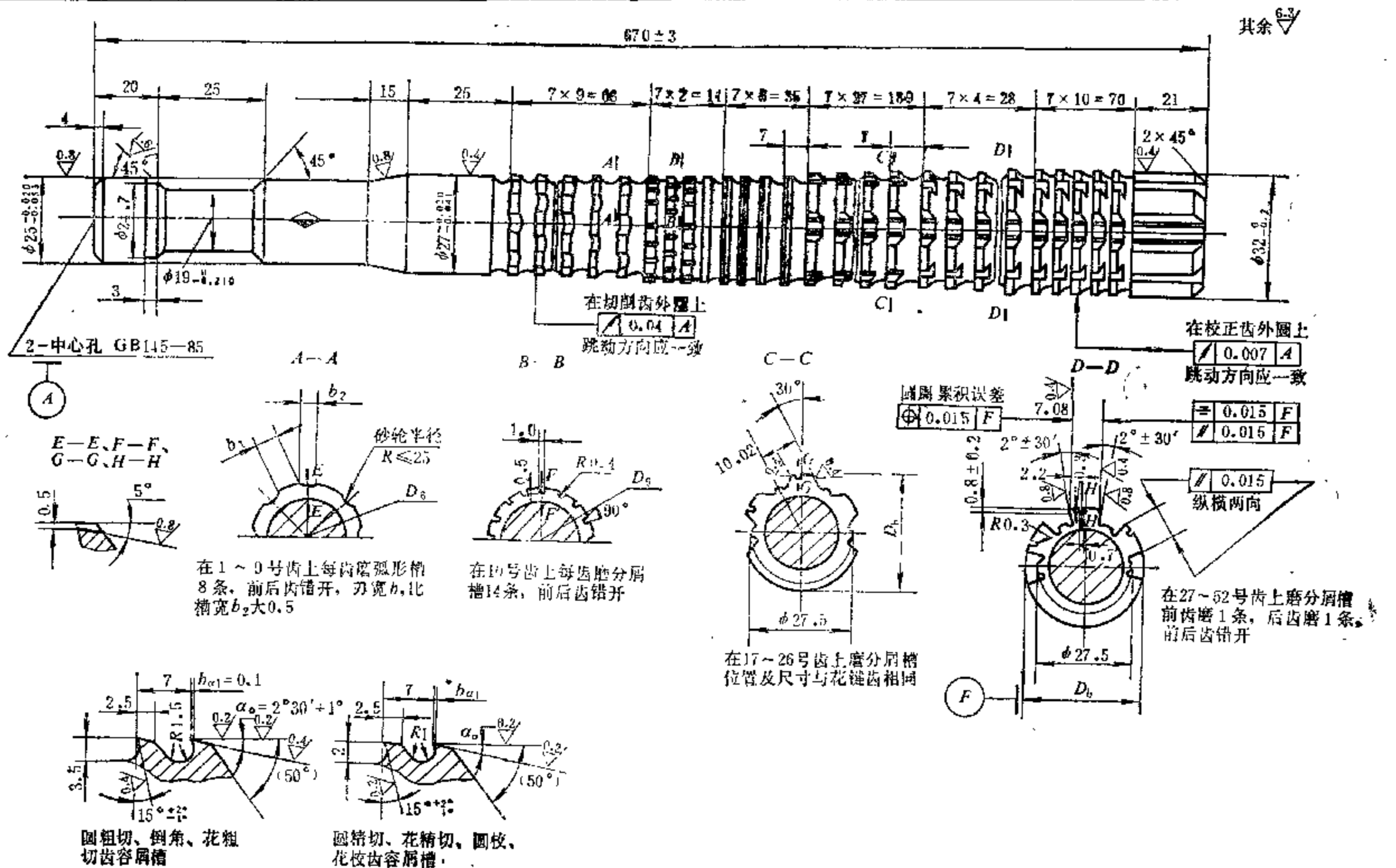


I型	K	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	5.5	6	6.5	7	8	9	10	11	12
	K ₁	3	4	4.5	5.5	6	7	7.5	8.5	9	10	10.5	12	13.5	15	16.5	18
II型	K	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	5.5	6	6.5	7	8	9	10	12	
	K ₂	0.6~0.7			0.7~0.8			0.8~0.9									

参 考 文 献

- 1 刘华明主编. 金属切削刀具课程设计指导资料. 北京: 机械工业出版社, 1986
- 2 四川省机械工业局编. 复杂刀具设计手册(上册). 北京: 机械工业出版社, 1979
- 3 范忠仁等编. 刀具工程师手册. 哈尔滨: 黑龙江科学技术出版社, 1985
- 4 山东工学院等主编. 金属切削刀具. 福州: 福建科学技术出版社, 1984
- 5 许先绪等主编. 金属切削刀具. 上海: 上海科学技术文献出版社, 1985
- 6 韩步愈主编. 金属切削刀具设计指导资料. 银川: 宁夏人民出版社, 1987
- 7 ФРАЙФЕЛЬД И А. РАСЧЕТЫ И КОНСТРУКЦИИ СПЕЦИАЛЬНОГО МАТАЛЛОРЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА. МОСКВА: МАШГИЗ, 1957
- 8 量刃具汇编组编. 量具刃具国家标准汇编. 北京: 中国标准出版社, 1990

齿类	圆形齿																倒角齿										花键齿																															
齿号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	
D_b 尺寸	27.12	27.14	27.36	27.48	27.60	27.72	27.81	27.88	27.946	27.986	28.026	28.026	28.026	28.026	28.026	28.026	28.14	28.26	28.38	28.50	28.62	28.74	28.86	28.98	29.10	29.22	29.34	29.46	29.58	29.70	29.82	29.94	30.06	30.18	30.30	30.42	30.54	30.66	30.78	30.90	31.02	31.14	31.26	31.38	31.50	31.62	31.74	31.84	31.92	31.99	32.05	32.085	32.105	32.105	32.105	32.105	32.105	32.105
公差	±0.10									0	0	-0.007																±0.01										0	0	-0.007																		
后角 α_o	2°30'		+1'		0		+30'		2°		0		+30'		1°		0		2°30'										+1°		0		+30'										2°		0		1°										+30°	
刃带 b_{a1}	0.1									0.2		0.3																0.1										0.2		0.3																		



矩形花键拉刀		图号	4-2		
		材料	W18Cr4V		
班级	机921	比例	1:1	件数	1
设计	赵洪海	1991.7.3	上海纺织高等专科学校		
审核					

图4-2 花键拉刀工作图

[G e n e r a l I n f o r m a t i o n]

书名 = 非标准刀具设计手册

作者 =

页数 = 2 0 4

SS号 = 1 0 9 1 2 8 0 6

出版日期 =

封面
书名
版权
前言
目录
正文
封底