

拉力课程设计指导资料



拉刀课程设计指导资料

江苏工业学院图书馆  
藏书章

陕西机械学院机械工程系工艺教研室

1989年元月

本资料主要给出园孔拉刀、矩形花键拉刀的设计方法，并给出常用的综合轮切式园孔拉刀与矩形花键拉刀的设计举例。对于其他类型的拉刀其设计方法可参考有关资料，本资料中从略。

## I. 设计特点

### 一、成形式园孔拉刀

成形式园孔拉刀是属于分层式拉削方式的一种。拉刀刀齿由切削齿及校准齿组成。切削齿包括粗切齿及精切齿，逐齿具有齿升量。并采用窄分屑槽分屑。最后一个精切齿上不开分屑槽。

精切齿的齿升量应逐齿递减。最后一个精切齿的直径与校准齿相同。

### 二、综合轮切式园孔拉刀

综合轮切式园孔拉刀的设计方法，和成形式园孔拉刀相同。其主要特点是在粗切齿上开有宽的，相互错开的弧形分屑槽。切削刀总长约等于成形式园孔拉刀的一半，因此，就可适当增加齿升量以缩短拉刀总长。

这种拉刀的精切齿上，开有与成形式园孔拉刀相同的窄分屑槽。

这种拉刀的齿升量也是逐齿分布的，但每齿单边实际切削厚度并不等于一个齿升量。如图1所示。图中1表示顶加工孔的位置，2表示第一齿位置，齿上开有弧形槽，3表示第二齿位置，齿上开有与前一齿错开而大小相同的弧形槽。第二齿的切削断面如剖面线所示。可以看出，第二齿的切削厚度，实际上是齿升量的两倍。所以在计算拉

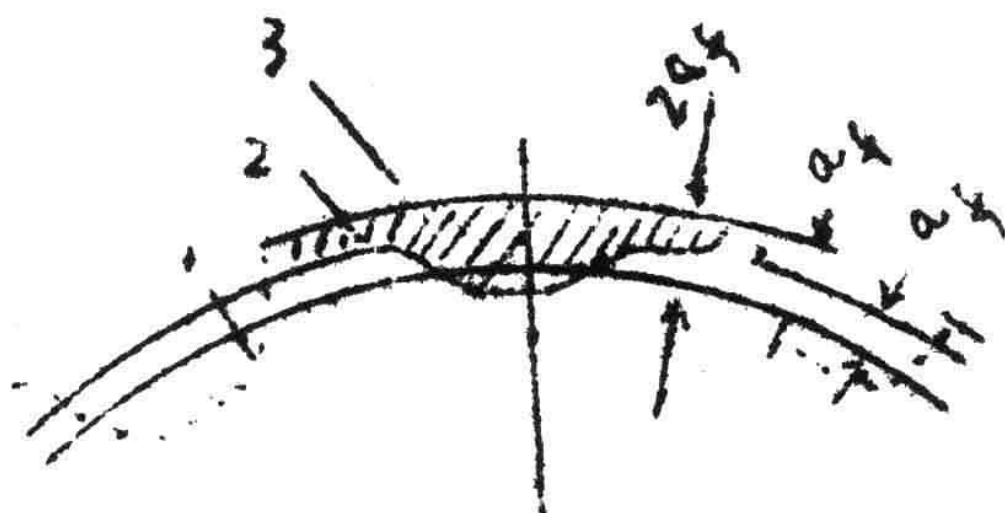


图1 园形刀齿切削图形

削力及校验容屑系数时，应该用  $2a_f$  进行计算。

切削齿由粗切齿，过渡齿和精切齿组成，逐齿分配齿升，过渡齿与精切齿的齿升量均匀递增。过渡齿的切削余量，可占总余量的10%以上，精切齿占10%以下。

### 三、矩形花键拉刀

矩形花键拉刀按其用途，可设计成单独加工花键的花键拉刀，或园孔—花键，倒角—花键，倒角—园孔—花键等各种复合形式的复合拉刀。它们的特点和加工范围见表23。

## Ⅰ. 拉刀各部分设计及常用资料

### 一、拉刀材料

拉刀的结构复杂、价格昂贵，因此要求采用耐磨的刀具材料，以提高刀具耐用度，一般可用  $W_{18}Cr_4V$  制造，但对一般简单的拉刀也可用  $W_9Cr_4V_2$ 、 $CrWMn$  等材料制造。

直径在  $15mm$  以下的拉刀采用整体结构。

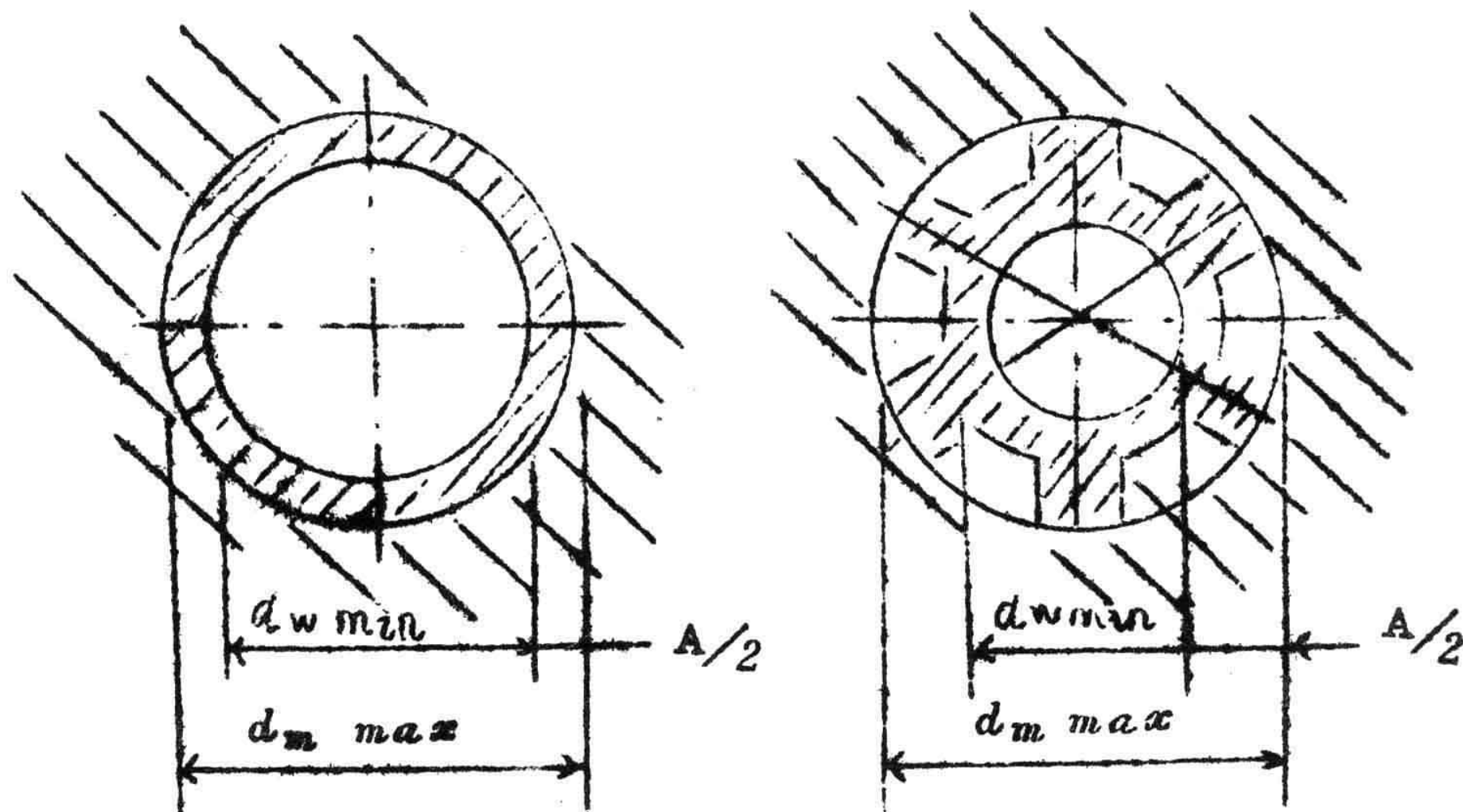
直径从  $15 \sim 40mm$  的拉刀刀体应和  $40Cr$  合金钢所制的刀柄对焊，有时，当刀柄强度受其尺寸所限制，以及其长度可以较短时，可制成整体的。

直径超过  $40mm$  的拉刀刀体采用对焊结构或螺纹连接。刀柄用  $40Cr$  合金钢，刀柄和刀体在颈部对焊。

### 二、拉削余量的确定

拉削余量的计算公式见表 1。

表 1 拉削余量的计算





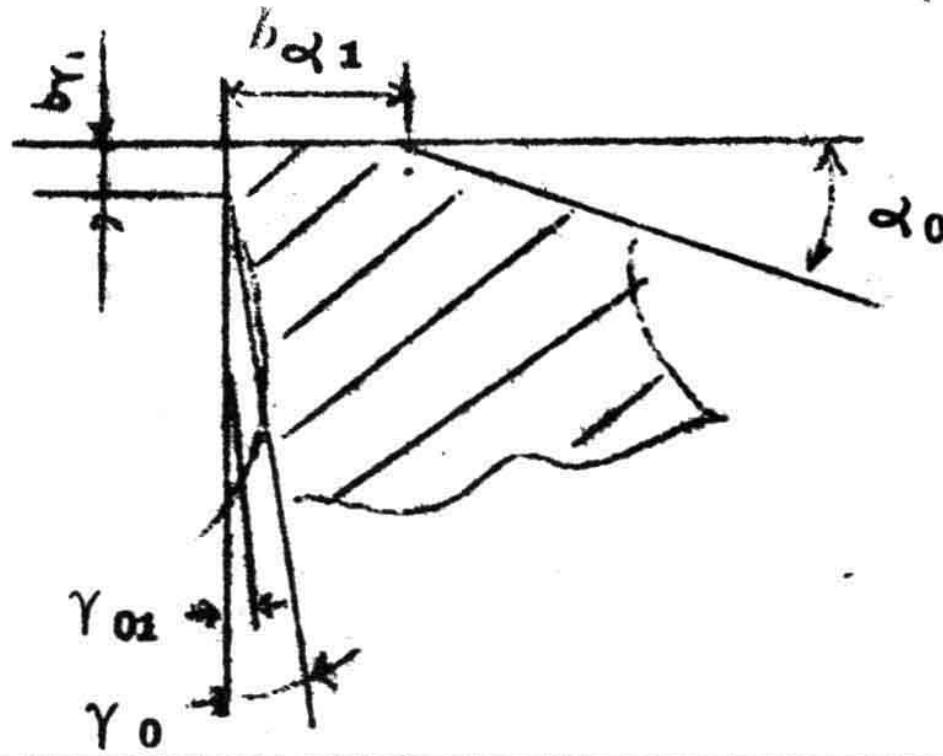
接表 1

孔形	预制孔	余量计算公式	备注
园孔	钻孔	$A = 0.005d_m + (0.1 \sim 0.2)\sqrt{L}$	L—拉削长度 $d_m$ —被拉孔直径 基本尺寸
	扩孔	$A = 0.005d_m + (0.075 \sim 0.1)\sqrt{L}$	
	镗孔	$A = 0.005d_m + (0.05 \sim 0.1)\sqrt{L}$	
花键孔		$A = d_{m \max} - d_{W \min}$	

三、几何参数

拉刀的几何参数按表 2 及表 3 选取

表 2 拉刀刀齿前角及倒棱



工件材料		前角 $\gamma_0$	精切齿与校准齿倒棱前角 $\gamma_{01}$	倒棱宽度 $b_{\gamma_1}$ (mm)
钢	HB < 197	$16^\circ \sim 18^\circ$	5°	0.5~1.0
	HB 198~229	15°		
	HB > 229	$10^\circ \sim 12^\circ$		
灰铸铁	HB < 180		-5°	
	HB > 180			

接表 2

可锻铸铁	$10^{\circ}$	$-5^{\circ}$	0.5 ~ 1.0
铜、铝及镁合金	$20^{\circ}$	$5^{\circ}$	
黄铜	$10^{\circ}$	$20^{\circ}$	
不锈钢、耐热奥氏体钢	$20^{\circ}$	$-10^{\circ}$	
高温合金	$15^{\circ}$		

注：加工钢料的园孔拉刀，当  $d_m < 20 \text{ mm}$  时，允许减小前角到  $\gamma_0 = 8 \sim 10^{\circ}$

刃磨前刀面时，还要合理选取砂轮直径，因为前刀面是内园锥表面（图 2），砂轮直径过大时，将和前刀面发生干涉，而得不到规定的前角。为了避免这种情况，应在砂轮与前刀面接触线的法向剖面 N-N 内，使砂轮截形的曲率半径  $\rho_k$  小于拉刀前刀面截形曲率半径  $\rho_0$ 。因此，砂轮最大直径  $D_{\text{砂}}$  应满足下述关系式

$$D_{\text{砂}} < \frac{D_m \sin(\beta - \gamma_0)}{\sin \gamma_0}$$

式中

$D_m$ —前刀面上  $m$  点的直径，可近似地取为拉刀第一个切削齿直径的 0.85 倍，即  $D_m = 0.85 D_1$

$D_1$ —第一个刀齿直径

$\beta$ —砂轮主轴相对拉刀轴线的按装角：

令  $\frac{\sin(\beta - \gamma_0)}{\sin \gamma_0} = K$ , 则

选取砂轮直径  $D$  时, 必须使  $D < KD_m$ ,  $K$  可从表 4 中查出。

计算出的砂轮直径不应小于  $30\text{mm}$ 。因此, 直径小于  $30\text{mm}$  的拉刀, 在加工钢料时, 前角须减小至  $8^\circ \sim 10^\circ$ 。

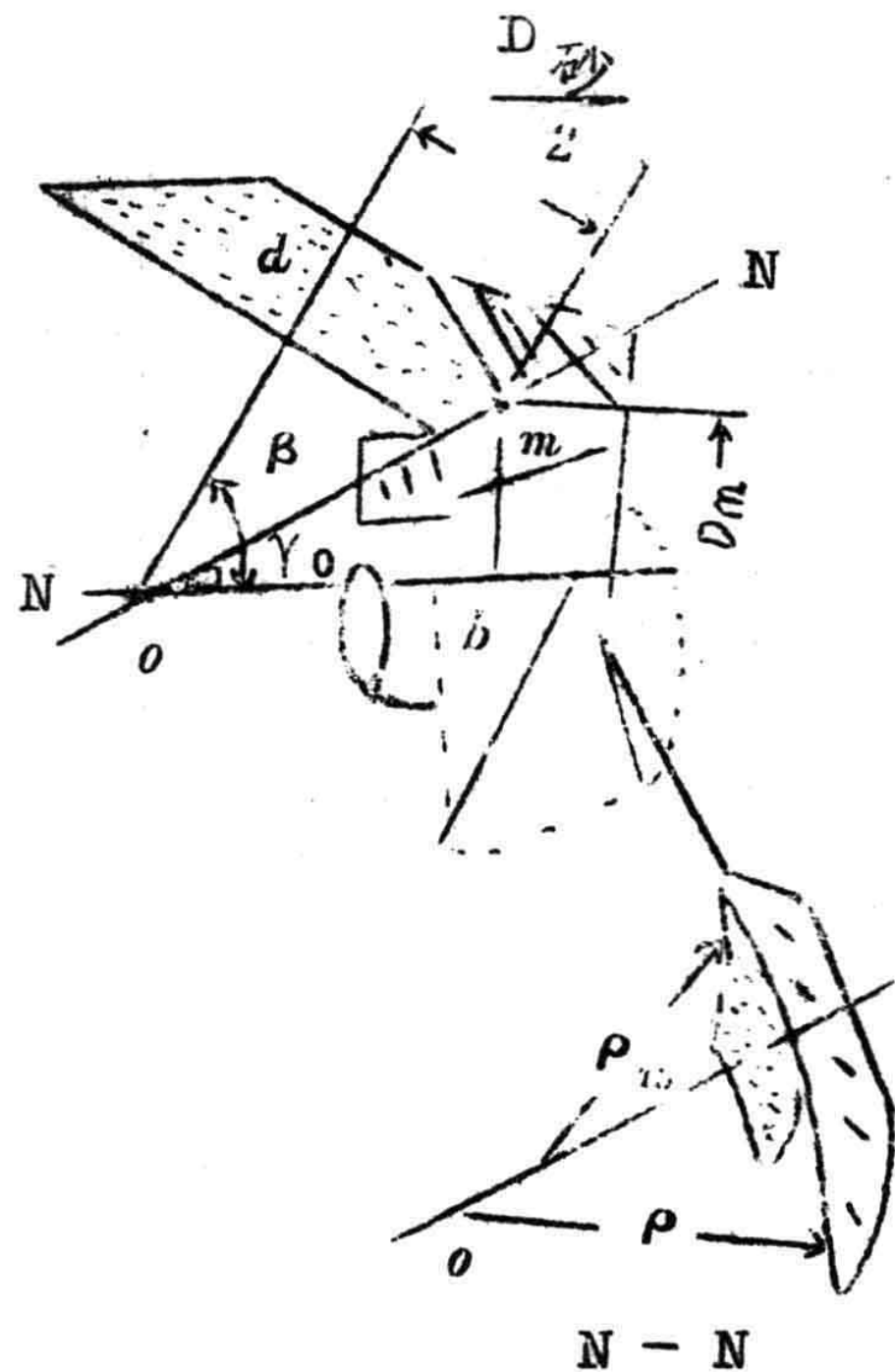


图 2 拉刀的刃磨

表 4 K 值

$\beta \backslash \gamma_0$	$10^\circ$	$11^\circ$	$12^\circ$	$13^\circ$	$14^\circ$	$15^\circ$	$16^\circ$	$17^\circ$	$18^\circ$
$35^\circ$	2.57	2.27	2.02	1.80	1.62	1.47	1.32	1.20	1.09
$40^\circ$	3.01	2.67	2.39	2.15	1.95	1.77	1.62	1.48	1.36
$45^\circ$	3.43	3.05	2.57	2.48	2.27	2.07	1.89	1.74	1.61
$50^\circ$	3.82	3.41	3.08	2.80	2.55	2.34	2.16	1.99	1.84
$55^\circ$	4.17	3.75	3.39	3.06	2.83	2.40	2.60	2.23	2.07



表3 拉刀刀齿后角及刃带

拉刀类型	粗 齿 齿		精 切 齿		校 准 齿	
	$\alpha_0$	$b_{\alpha_1}(\text{mm})$	$\alpha_0$	$b_{\alpha_1}(\text{mm})$	$\alpha_0$	$b_{\alpha_1}(\text{mm})$
圆 拉 刀	$2^\circ 30'$	$< 0.2$	$2^\circ$	$0.3$		$0.3 \sim 0.8$
花 键 拉 刀	$\sim 4^\circ$	$0.05 \sim 0.15$	$1^\circ 30'$	$0.05 \sim 0.2$	$1^\circ$	$0.5 \sim 0.7$
拉削耐热合金的内拉刀	$3^\circ \sim 5^\circ$	$0 \sim 0.05$	$^\circ$	$0.3 \sim 0.4$	$2^\circ \sim 3^\circ$	—

#### 四、齿升量

齿升量  $a_f$  按表 5 选取。

切削齿的第一齿没有升量，和项制孔直径相同，因前导部直径比切削齿直径有较大的公差，即使第一齿没有齿升量也要切下少量切屑来。

综合轮切式拉刀第一齿的齿升量取  $(\frac{1}{3} \sim \frac{1}{2}) a_f$

切削齿的粗切齿上，每齿的齿升量都相同。过渡和精切齿的齿升量可按  $0.8a_f$ 、 $0.6a_f$ 、 $0.5a_f$ …… $0.05a_f$  逐齿递减，但不得小于  $0.005\text{mm}$ 。

#### 五、齿矩及同时工作齿数

切削齿齿矩的大小及拉削时同时参加切削的齿数的多少，是和切削力的大小，拉刀长短以及容屑槽尺寸的大小，能否容纳所切除的切屑有关，所以通常是首先初步确定一个齿矩，然后再根据拉力强度及容屑情况进行验算以确定齿矩的最后数值。

表 5 分层式拉刀及综合轮切式拉刀粗切齿齿升量

拉刀类型	被加工材料									
	碳钢和低合金钢		高合金钢		铸铁		铁			青 铜
	$\sigma_b <$ 0.50 GPa	$\sigma_b =$ 0.5~	$\sigma_b >$ 0.75 GPa	$\sigma_b <$ 0.80 GPa	$\sigma_b >$ 0.80 GPa	灰铸铁	可锻 铸铁	铝	青 铜	
园孔拉刀	0.015~0.02	0.025~0.03	0.015~0.025	0.025~0.03	0.01~0.025	0.03~0.08	0.05~0.1	0.02~0.05	0.05~0.12	
矩形花键拉刀	0.04~0.06	0.05~0.08	0.03~0.06	0.04~0.06	0.025~0.05	0.04~0.1	0.05~0.1	0.02~0.1	0.05~0.12	
花键拉刀倒角齿	0.05~0.15	0.05~0.2	0.05~0.12	0.05~0.12	0.05~0.1	0.06~0.2	0.06~0.2	0.05~0.08	0.08~0.2	
综合轮切式园孔拉刀	0.03	~ 0.06	-	-	-	-	-	-	-	*

注：1. 加工表面粗糙度要求较高时，齿升取最小值。

2. 工件材料的加工性较差时，齿升取最小值。

3. 对于小截面、低强度的拉刀，齿升取最小值。

4. 工件刚度低（如薄壁零件等），齿升取最小值。



齿距及同时工作齿数可按表6计算

表6 拉刀齿距及同时工作齿数

齿 别	拉削条件(mm)	齿距 $p$ 计算式(mm)	同时工作齿数 $Z$ 计算式
粗切齿	$L < 30$	$p = (1.2 \sim 1.5) \sqrt{L}$	最小同时工作齿数
	$L > 30 \sim 80$	$p = (1.3 \sim 1.6) \sqrt{L}$	$Z_{\ell min} = \frac{L}{p}$
	$L > 80$	$p = (1.4 \sim 1.8) \sqrt{L}$	最大同时工作齿数
	$f > a \cdot 15$	$p = (1.75 \sim 2) \sqrt{L}$	$Z_{\ell max} = \frac{L}{p} + 1$
	有空刀槽		
过渡齿		等于 $p$	
精切齿校准齿		等于 $(0.6 \sim 0.8)p$	

注：1.  $L$ 为拉削长度

2. 算出的 $p$ 值按表9中的相近数值选取。

3. 同时工作齿数应满足 $3 < Z_{\ell} < 8$ 的校验条件。

## 六、容屑槽的形状及尺寸

常用容屑槽的形状有直线齿背形(图2中的a型)和圆弧齿背形(图2中的b型)两种,其尺寸见表9

直线齿背形容屑槽多用于加工脆性材料。

圆弧齿背形的容屑槽多用于加工塑性材料。

加长齿距槽形(图2中的c型)用于拉削有空刀槽的内孔表面。

在同一齿距的拉刀中,根据槽深 $h$ 大小的不同,容屑槽可为基本

槽，浅槽和深槽三种。基本槽最常用。深槽用于键槽拉刀。浅槽用于小直径圆拉力，花键拉刀等。

在选取容屑槽的尺寸时，应根据初算的齿距  $p$  选取，然后再根据下式验算：

$$h > L \cdot 13 \sqrt{K \times a_f L}$$

式中： $h$  —— 容屑槽槽深。

$K$  —— 容屑系数（表7、表8）

$L$  —— 拉削长度。

$a_f$  —— 齿升量。

如不符合上式要求则应加大  $p$  或减小  $a_f$ 。

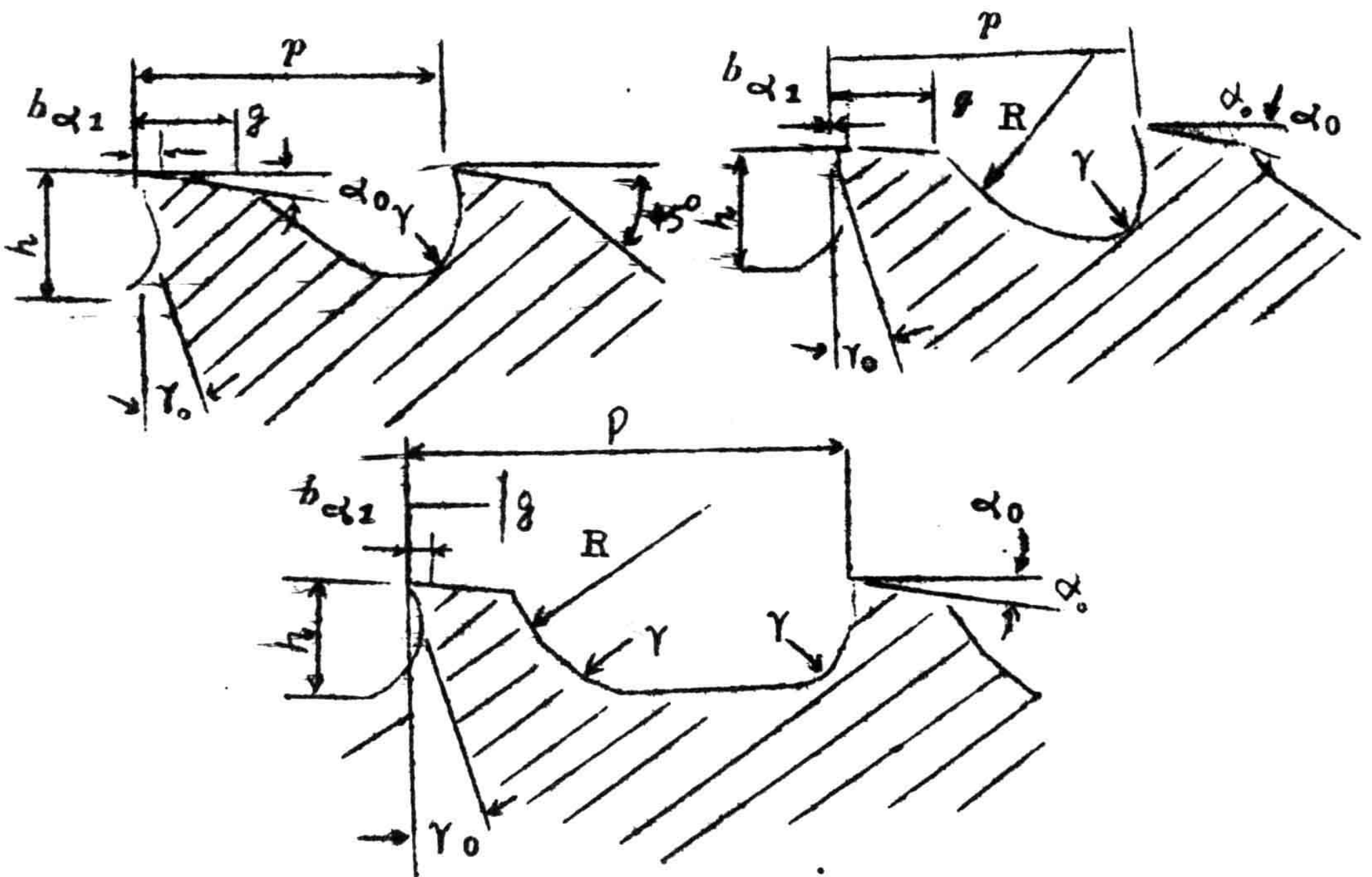


图2 容屑槽形状



表7 分层式拉刀容屑槽的容屑系数

齿升量 $a_f$ (mm)	加工材料				
	钢 $\sigma_b$ (GPa)				
	< 0.4	0.4 ~ 0.7	> 0.7		
容屑系数 K					
< 0.03	3	2.5	3	2.5	2.5
> 0.03 ~ 0.07	4	3	3.5	2.5	3
> 0.07	4.5	3.5	4	0.2	3.5

表8 综合轮切式拉刀容屑槽的容屑系数

齿升量 $a_f$ (mm)	齿距 P (mm)		
	4.5 ~ 8	10 ~ 14	16 ~ 25
	容屑系数 k		
≤ 0.05	3.3	3.0	2.8
0.05 ~ 0.1	3.0	2.7	2.5
> 0.1	2.5	2.2	2.0

注：1. 本表仅适用于切屑宽度  $a_w < 1.2\sqrt{d_0}$  时加工钢料当切削宽度  $a_w > (1.2 \sim 1.5)\sqrt{d_0}$  时，选用的 k 值应比表中的 k 值增大 0.3。（ $d_0$  为拉刀圆形齿直径基本尺寸）。

2. 加工灰铸铁时取  $k = 1.5$ 。

3. 当几个薄的工作重叠在一起拉削时，若工件厚度为 3 ~ 10mm，则可取  $k = 1.5$ 。

表9 容屑槽的尺寸

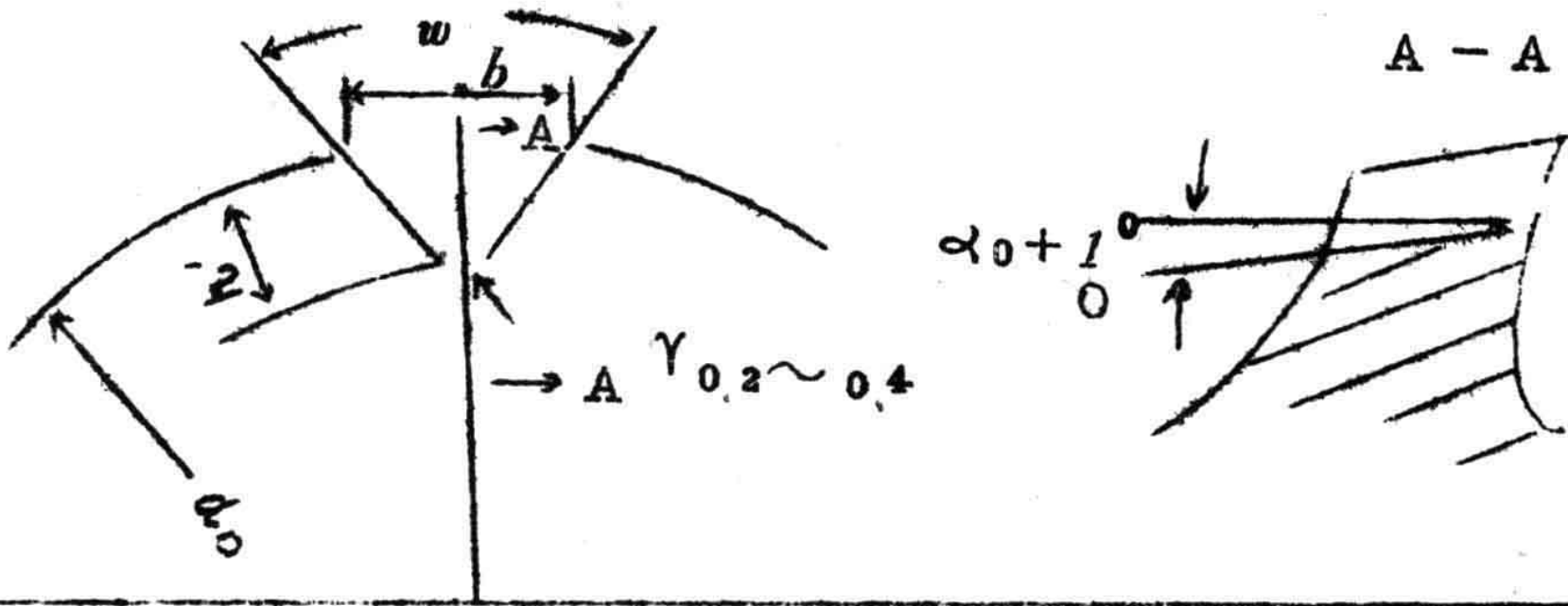
齿距 (mm)	容屑槽尺寸												F (mm <sup>2</sup> )				
	浅槽				基本槽				深槽								
	h	g	r	R	F	h	g	r	R	F	h	g		r	R		
4	1.5	1.5	0.8	2.5	1.77	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
4.5	1.5	1.5	0.8	2.5	1.77	2	1.5	1	2.5	3.14	—	—	—	—	—	—	—
5	1.5	1.5	0.8	3.5	1.77	2	1.5	1	3.5	3.14	—	—	—	—	—	—	—
5.5	1.5	2	0.8	3.5	1.77	2	2	1	3.5	3.14	—	—	—	—	—	—	—
6	1.5	2	0.8	3.5	1.77	2	2	1	4	3.14	2.5	2	1.3	4	4	4	4.9
7	2	2.5	1	4	3.14	2.5	2.5	1.3	4	4.9	3	2.5	1.5	5	5	5	7.1
8	2	3	1	5	3.14	2.5	3	1.3	5	4.9	3	3	1.5	5	5	5	7.1
9	2.5	3	1.3	5	4.9	3.5	3	1.8	5	9.6	4	3	2	7	7	7	12.6
10	3	3	1.5	7	7.1	4	3	2	7	12.6	4.5	3	2.3	7	7	7	15.9
11	3	4	1.5	7	7.1	4	4	2	7	12.6	4.5	4	2.3	7	7	7	15.9
12	3	4	1.5	8	7.1	4	4	2	8	12.6	5	4	2.5	8	8	8	19.6
13	3.5	4	1.8	8	9.6	4	4	2	8	12.6	5	4	2.5	8	8	8	19.6
14	4	4	2	10	12.6	5	4	2.5	10	19.6	6	4	3	10	10	10	28.3
15	4	5	2	10	12.6	5	5	2.5	10	19.4	6	5	3	10	10	10	28.3
16	5	5	2.5	12	19.6	6	5	3	12	28.3	7	5	3.5	12	12	12	38.5
17	5	5	2.5	12	19.6	6	5	3	12	38.5	8	6	4	12	12	12	38.5
18	6	6	3	12	28.3	7	6	3.5	12	38.5	8	6	4	12	12	12	50.3
19	6	6	3	14	28.3	7	6	3.5	12	38.5	8	6	4	12	12	12	50.3
20	6	6	3	14	28.3	7	6	3.5	14	38.5	9	6	4.5	14	14	14	63.6
21	6	6	3	14	28.3	7	6	3.5	14	38.5	9	6	4.5	14	14	14	63.6
22	6	6	3	16	28.3	7	6	3.5	16	38.5	9	6	4.5	16	16	16	63.6
24	6	7	3	16	28.3	8	7	4	16	51.3	10	7	5	16	16	16	78.5
25	6	8	3	16	28.3	8	8	4	16	50.3	10	8	5	16	16	16	78.5
26	8	8	4	18	50.3	10	8	5	18	78.5	12	8	6	18	18	18	113.1
28	8	9	4	18	50.3	10	9	5	18	78.5	12	9	6	18	18	18	113.1
30	8	10	4	18	50.3	10	10	5	18	78.5	12	10	6	18	18	18	118.1
32	9	10	4.5	22	62.5	12	10	6	22	113.1	14	10	7	22	22	22	153.9



## 七、分屑槽

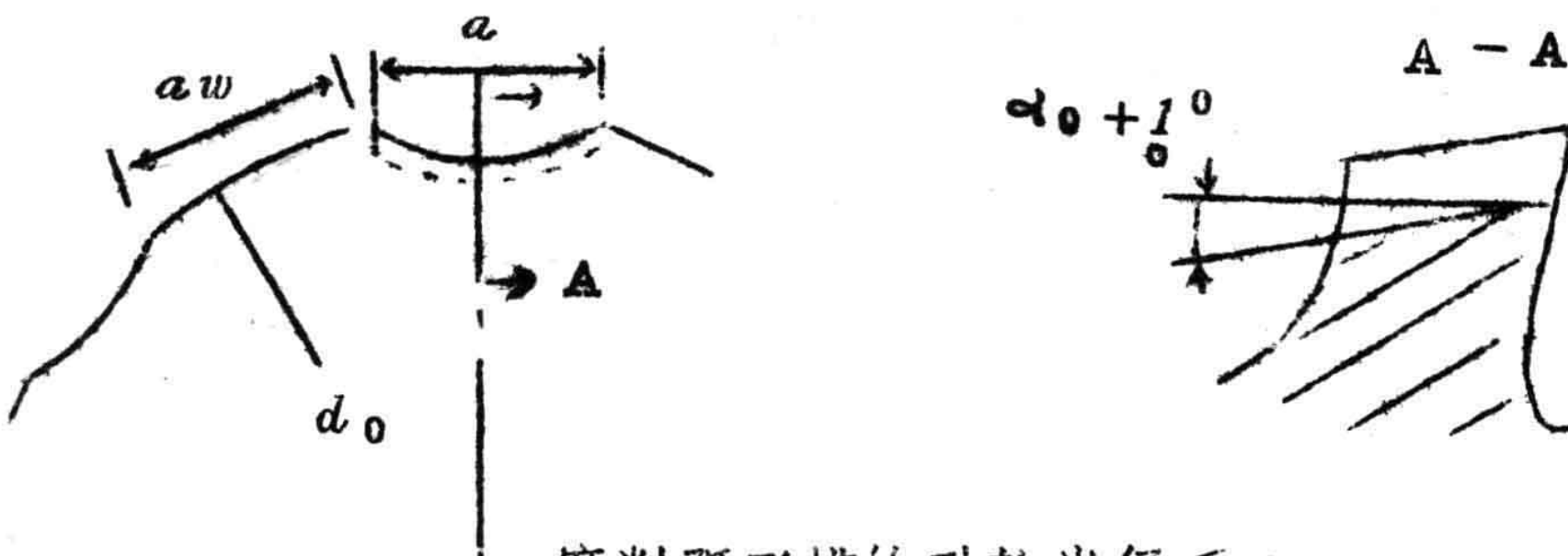
分屑槽的形状及尺寸见表10、表11，表13。

表10 园拉刀三角形分屑槽



拉刀直径 $d_0$ (mm)	分屑槽数 $n_k$ (取偶数)	槽宽 $b$ (mm)	槽深 $h'$ (mm)	槽角 $w^\circ$
< 25	$n_k = (\frac{1}{6} - \frac{1}{5}) \pi d_0$	0.8 ~ 1.0	0.3 ~ 0.4	$w = 45^\circ \sim 60^\circ$
25 ~ 60	$n_k = (\frac{1}{7} \sim \frac{1}{6}) \pi d_0$	1.0 ~ 1.2	0.4 ~ 0.5	建议用 $w > 90^\circ$
> 60	$n_k = (\frac{1}{7} \sim \frac{1}{6.5}) \pi d_0$	1.2 ~ 1.5	0.5 ~ 0.6	

表11 综合轮切式园拉刀弧形分屑槽



磨削弧形槽的砂轮半径  $\leq 25\text{mm}$

接表 11

拉刀最小直径 $d_{omin}(mm)$	8~13	13~21	21~31	31~41	41~53
槽数 $n_k$	4	6	8	10	12
拉刀最小直径 $d_{omin}(mm)$	63~65	65~76	76~89	89~104	104~120
槽数 $n_k$	14	16	18	20	24
槽宽 $a(mm)$	$a = d_{omin} \sin \frac{90^\circ}{n_k} - (0.3 \sim 0.7)$				
切削宽度 $a_w(mm)$	$a_w = 2d_{omin} \sin \frac{90^\circ}{n_k} - a$				

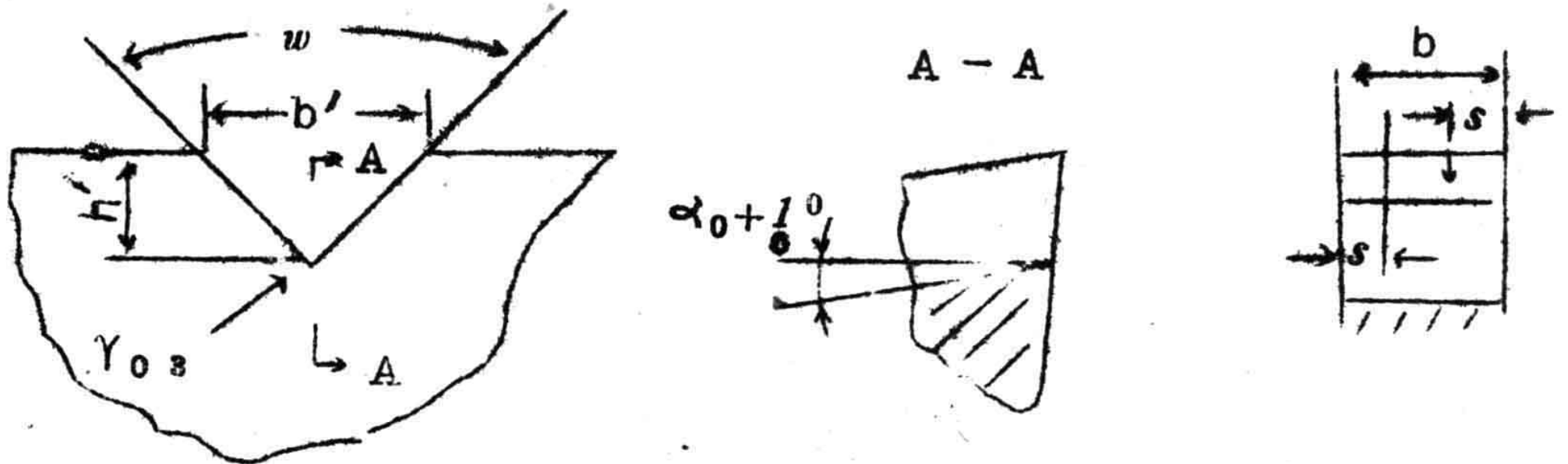
注：1.  $a$  和  $a_w$  计算精度为 0.1 mm

2. 分屑槽深度应大于  $2a_f$

表 12

花键拉刀分屑槽尺寸

(mm)



刃宽 $b$	4	5	6	7	8	9	10	12
$s$	1.2	1.5	2.0	2.2	2.5	3.0	3.0	4.0
$b'$	1.0							
$h'$	0.5							
$w^0$	同表 10							

## 八、齿数

过渡齿和精切齿共取 5~8 个。

校准齿：按表 13 选取。

表 13 校准齿齿数

拉 刀 类 型		齿 数
园 孔 拉 刀	加工 H <sub>7</sub> ~ H <sub>9</sub> 级精度孔	5 ~ 7
	加工 H <sub>11</sub> 级精度孔	3 ~ 4
	加工 H <sub>12</sub> ~ H <sub>13</sub> 级精度孔	2 ~ 3
花 键 拉 刀		4 ~ 5

## 九、校准齿的直径

校准齿的直径

$$d_{0x} = d_{m \max} \pm \delta$$

式中  $d_{m \max}$  —— 被拉孔允许的最大直径 mm。

$\delta$  —— 孔的扩大量或收缩量。

孔的扩大量和或收缩量应通过实验确定。表 14、表 15 可供参考。

校准齿的直径都相同。

表 14 拉削孔径扩张量 ( $\mu m$ )

孔直径公差	扩张量	孔直径公差	扩张量	孔直径公差	扩张量
25	0	35 ~ 60	5	180 ~ 240	30
27	2	60 ~ 100	10	300 ~ 340	40
30 ~ 33	4	110 ~ 170	20	> 400	50