

第2版

下册

# 齿轮手册

齿轮手册编委会 编



机械工业出版社  
China Machine Press

# 第 25 篇 齿 轮 刀 具

主 编 卢道猜 (成都工具研究所)  
张邦栋 (中信重机公司)

编写人

审稿人

第 1 章 商宏谟 (成都工具研究所)  
张邦栋、闫建慧、牛艳芳  
(中信重机公司)

卢道猜

第 2~3 章 商宏谟

卢道猜 张邦栋

第 4 章 商宏谟

曾 涛 (汉江工具厂)  
陈国存 (中信重机公司)

卢道猜 张邦栋

第 5 章 于继龙 (哈尔滨第一工具厂)

卢道猜

赵伯颖 (哈尔滨第一工具厂)

第 6 章 胡孝忠 (成都工具研究所)

卢道猜

第 7 章 钱惟圭 (郑州磨料磨具磨削研究所)

卢道猜、许洪基

第 8 章 赵海波 (成都工具研究所)

赵广斌 (成都工具研究所)

张邦栋

第 9 章 孔 莉 (成都工具研究所)

杨 冰 (成都工具研究所)



# 第 1 章 渐开线圆柱齿轮刀具

## 1 齿轮铣刀

### 1.1 齿轮铣刀的种类和用途

齿轮铣刀是按仿形法或无瞬心包络法工作的一种切齿刀具。根据形状的不同,可分为盘形齿轮铣刀和指形齿轮铣刀两种。盘形齿轮铣刀主要用于  $m=0.3\sim 50\text{mm}$  范围内低精度直齿圆柱齿轮的加工,有时也用来加工斜齿圆柱齿轮和有空刀槽的人字齿轮和齿条。指形齿轮铣刀则用于加工  $m=10\sim 80\text{mm}$  甚至更大模数的直齿轮、斜齿轮和人字齿轮等,对于多列人字齿轮,目前它是唯一能够加工的刀具。

与其他齿轮刀具相比,齿轮铣刀结构简单,成本较低,不需要专门的齿轮加工机床,用它在普通铣床上也能加工齿轮。但其加工精度和生产率均较低。通常用于单件、小批生产和修配工作以及模数特别大的齿轮的加工。

### 1.2 铣刀齿廓及刀号划分

加工直齿圆柱齿轮时,齿轮铣刀按仿形法原理工作,铣刀切削刃运动轨迹的轴向截形与被切齿轮的齿槽端面截形相同。对于零前角的齿轮铣刀,可直接采用被切齿轮的渐开线齿廓(或代用圆弧)作为基本齿廓。

加工斜齿轮(包括渐开线蜗杆)和人字齿轮时,齿槽形状是由铣刀切削刃作无瞬心包络形成的,铣刀的齿廓与轮齿任意端截面上的形状均不同,理论上应按被切齿轮的参数专门设计。

加工直齿轮和斜齿轮的铣刀顶部过渡曲线应保证被切齿轮的齿根部与任意齿数的齿轮(包括齿条)啮合时不发生干涉,并具有适当的圆角,而且刀刃本身还应具有一定的侧后角。

理论上,对于不同模数、不同齿数的齿轮,都应采用专门设计的铣刀,才能获得正确的齿廓。这样就要有很多规格的铣刀,使生产成本提高、刀具管理复杂。在实际生产中,通常都用一把铣刀来加工一定齿数范围内的齿轮,这样铣刀规格可大为减少。只有对于加工精度要求较高或齿数少于 12 的齿轮,才设计专用齿轮铣刀。

一把铣刀可加工的齿数范围(也即齿轮铣刀号数的划分依据),是按照齿廓误差不得超过一定数值的原则

规定的。JB/T7970.1—1999《盘形齿轮铣刀 第 1 部分:基本型式和尺寸》规定,对  $m\leq 8\text{mm}$  的通用齿轮铣刀,规定由 8 件铣刀组成一套;对  $m> 8\text{mm}$  的通用齿轮铣刀,则由 15 件组成一套。在被切齿轮的模数较大且精度要求较高时,一套铣刀也可由 26 件组成。每件铣刀按其加工的齿数范围进行相应的编号,各类铣刀都按该号铣刀加工范围内齿数最少的齿轮设计齿廓,而按齿数最多的齿轮确定齿高,以获得比较有利于啮合传动的铣刀齿廓。各号铣刀对应的直齿轮齿数范围见表 25.1-1。

表 25.1-1 齿轮铣刀号数的划分

8 件一套		15 件一套		26 件一套	
铣刀号数	被切齿轮齿数范围	铣刀号数	被切齿轮齿数范围	铣刀号数	被切齿轮齿数范围
1	12~13	1	12	1	12
		$1\frac{1}{2}$	13	$1\frac{1}{2}$	13
2	14~16	2	14	2	14
		$2\frac{1}{2}$	15~16	$2\frac{1}{2}$	15
				$2\frac{3}{4}$	16
3	17~20	3	17~18	3	17
				$3\frac{1}{4}$	18
		$3\frac{1}{2}$	19~20	$3\frac{1}{2}$	19
				$3\frac{3}{4}$	20
4	21~25	4	21~22	4	21
				$4\frac{1}{4}$	22
		$4\frac{1}{2}$	23~25	$4\frac{1}{2}$	23
				$4\frac{3}{4}$	24~25
5	26~34	5	26~29	5	26~27
				$5\frac{1}{4}$	28~29
		$5\frac{1}{2}$	30~34	$5\frac{1}{2}$	30~31
				$5\frac{3}{4}$	32~34

(续)

8件一套		15件一套		26件一套	
铣刀号数	被切齿轮齿数范围	铣刀号数	被切齿轮齿数范围	铣刀号数	被切齿轮齿数范围
6	35~54	6	35~41	6	35~37
				$6\frac{1}{4}$	38~41
		$6\frac{1}{2}$	42~54	$6\frac{1}{2}$	42~46
				$6\frac{3}{4}$	47~54
7	55~134	7	55~79	7	55~65
				$7\frac{1}{4}$	66~79
		$7\frac{1}{2}$	80~134	$7\frac{1}{2}$	80~102
				$7\frac{3}{4}$	103~134
8	$\geq 135$	8	$\geq 135$	8	$\geq 135$

为简化起见,标准齿轮铣刀的齿廓没有考虑变位和侧隙。

在单件、小批生产和修理工作中,有时要用加工直齿轮的标准铣刀来加工斜齿轮。这时,所用铣刀的模数和齿形角应分别等于被切斜齿轮的法向模数和法向齿形角,而铣刀号数则按斜齿轮的当量齿数确定。斜齿轮的当量齿数 $z_1$ 按下式计算:

$$z_1 = \frac{z}{\cos^3 \beta_1} \quad (25.1-1)$$

式中  $z_1$ ——被切斜齿轮的齿数;

$\beta_1$ ——被切斜齿轮的分度圆螺旋角。

加工斜齿轮的铣刀号数也可按被切齿轮的齿数和螺旋角由图 25.1-1 查出。

用这种方法加工的斜齿轮,其齿廓误差随齿轮螺旋角的增大而加大。但其误差形式对啮合过程比较有利,因此,这种方法一般可用于  $\beta_1 < 30^\circ$ 、精度低于 9 级的斜齿轮加工。

### 1.3 盘形齿轮铣刀

#### 1.3.1 型式和基本尺寸

根据加工性质的不同,盘形齿轮铣刀有粗切铣刀和精切铣刀之分;根据结构形式的不同,有整体铣刀、镶齿铣刀和可转位铣刀之分;根据刀齿后面形状的不同,有铲齿铣刀和尖齿铣刀之分;根据切削部分材料的不同,有高速钢铣刀和硬质合金铣刀等。

精切齿轮铣刀一般做成整体高速钢铲齿形式,JB/T797C.1

1999 规定了  $m=0.3\sim 16\text{mm}$  的整体高速钢精加工用盘形齿轮铣刀的形式和基本尺寸,见图 25.1-2 和表 25.1-2。

模数大于 16mm 的盘形齿轮铣刀通常做成镶齿结构,图 25.1-3 是两种常用的镶齿齿轮铣刀的形式。

在加工大模数齿轮时,由于金属去除量大,常常先用粗切铣刀进行齿槽加工。粗切铣刀可以采用多种措施来改善刀具性能,提高切齿效率,包括:作出  $10^\circ$  左右的顶刃前角,采用错齿结构;开出分屑槽,做成梯形或阶梯形,切削部分材料采用硬质合金等。根据加工条件,粗切铣刀可按上述措施进行单项或综合设计,但其结构仍然可用图 25.1-3 所示的镶齿形式。

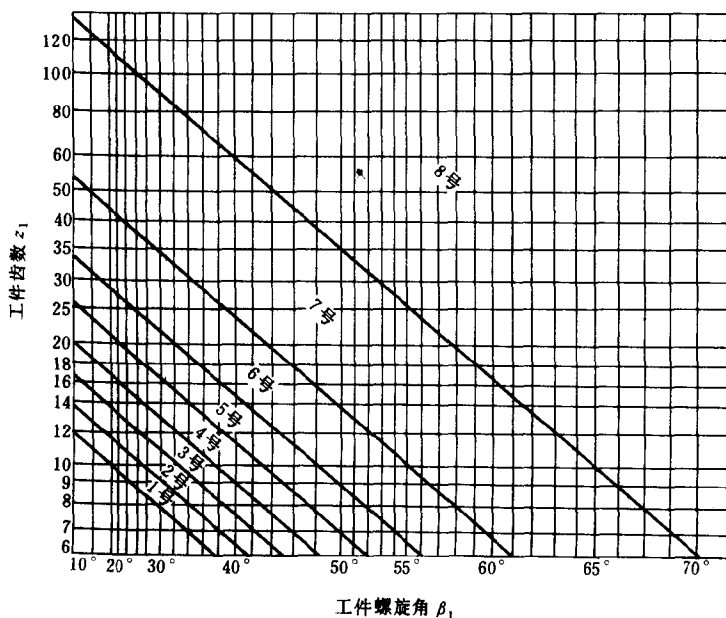


图 25.1-1 加工斜齿轮时的刀号选择

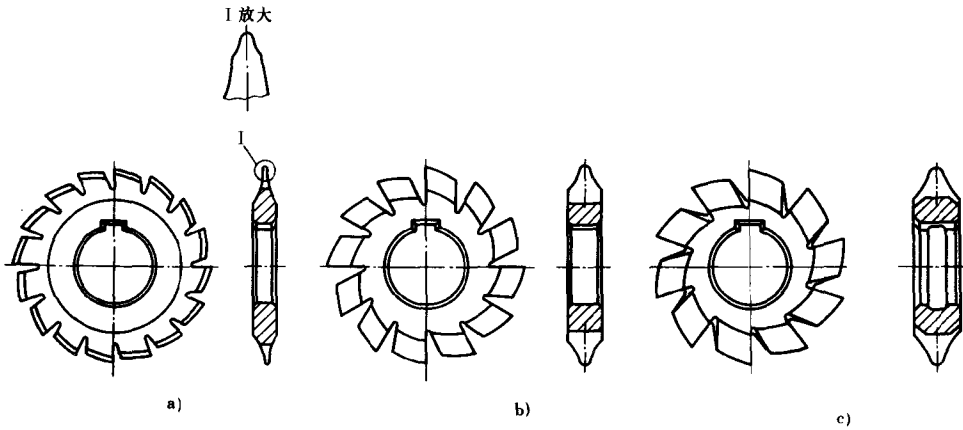


图 25.1-2 标准盘形齿轮铣刀的形式

a)  $m=0.3\sim 0.9\text{mm}$  b)  $m=1\sim 6.5\text{mm}$  c)  $m=7\sim 16\text{mm}$

表 25.1-2 盘形齿轮铣刀的基本尺寸

(mm)

模数系列 $m$		外径 $d_{a0}$	孔径 $D$	$B$															齿数 $Z_k$	铣切 深度			
1	2			铣 刀 号 数																			
				1	$1\frac{1}{2}$	2	$2\frac{1}{2}$	3	$3\frac{1}{2}$	4	$4\frac{1}{2}$	5	$5\frac{1}{2}$	6	$6\frac{1}{2}$	7	$7\frac{1}{2}$	8					
0.30		40	16	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	20	0.66		
	0.35																				0.77		
0.40																						1.10	
0.50																							1.32
0.60																							
0.70		50	16	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	18	1.76		
0.80																					1.98		
0.90																						2.20	
1.00		55	22	4.8		4.6		4.4		4.2		4.1		4.0		4.0		4.0		14	2.75		
1.25				5.6		5.4		5.2		5.1		4.9		4.7		4.5		4.2		4.2		3.30	
1.50		60	22	6.5		6.3		6.0		5.8		5.6		5.4		5.2		4.9		12	3.85		
2.00				7.3		7.1		6.8		6.6		6.3		6.1		5.9		5.5			5.5		4.40
2.25		65	27	8.2		7.9		7.6		7.3		7.1		6.8		6.5		6.1		11	4.95		
2.50				9.0		8.7		8.4		8.1		7.8		7.5		7.2		6.8			6.8		5.50
2.75		70	27	9.9		9.6		9.2		8.8		8.5		8.2		7.9		7.4		10	6.05		
3.00				10.7		10.4		10.0		9.6		9.2		8.9		8.5		8.1			8.1		6.60
3.25		75	32	11.5		11.2		10.7		10.3		9.9		9.6		9.3		8.8		10	7.15		
3.50				12.4		12.0		11.5		11.1		10.7		10.3		9.9		9.4			9.4		7.70
3.75		80	32	13.3		12.8		12.3		11.9		11.4		11.0		10.5		10.0		10	8.25		
4.00				14.1		13.7		13.1		12.6		12.2		11.7		11.2		10.7			10.7		8.80
4.50		90	32	15.3		14.9		14.4		13.9		13.6		13.1		12.6		12.0		10	9.90		
5.00				16.8		16.3		15.8		15.4		14.9		14.5		13.9		13.2			13.2		11.00
5.50		95	32	18.4		17.9		17.3		16.7		16.3		15.8		15.3		14.5		10	12.10		
6.00				19.9		19.4		18.8		18.1		17.6		17.1		16.4		15.7			15.7		13.20
6.50		100	32	21.4		20.8		20.2		19.4		19.0		18.4		17.8		17.0		10	14.30		
7.00				22.9		22.3		21.6		20.9		20.3		19.7		19.0		18.2			18.2		15.40
8.00		110	32	26.1		25.3		24.4		23.7		23.0		22.3		21.5		20.7		10	17.60		
9.00				29.2	28.7	28.3	28.1	27.6	27.0	26.6	26.1	25.9	25.4	25.1	24.7	24.3	23.9	23.3			23.3		19.80
10		120	32	32.2	31.7	31.2	31.0	30.4	29.8	29.3	28.7	28.5	28.0	27.6	27.2	26.7	26.3	25.7		10	22.00		
11				35.3	34.8	34.3	34.0	33.3	32.7	32.1	31.5	31.3	30.7	30.3	29.9	29.3	28.9	28.2			28.2		24.20

(续)

模数系列 $m$		外径 $d_{a0}$	孔径 $D$	B 梳 刀 号 数															齿数 $Z_k$	梳切 深度
				1	$1\frac{1}{2}$	2	$2\frac{1}{2}$	3	$3\frac{1}{2}$	4	$4\frac{1}{2}$	5	$5\frac{1}{2}$	6	$6\frac{1}{2}$	7	$7\frac{1}{2}$	8		
12		145	40	38.3	37.7	37.2	36.9	36.1	35.5	35.0	34.3	34.0	33.4	33.0	32.4	31.7	31.3	30.6	10	26.40
	14	160		44.7	44.0	43.4	43.0	42.1	41.3	40.6	39.8	39.5	38.8	38.4	37.7	37.0	36.3	35.5		30.80
16		170		50.7	49.9	49.3	48.7	47.8	46.8	46.1	45.1	44.8	44.0	43.5	42.8	41.9	41.3	40.3		35.20

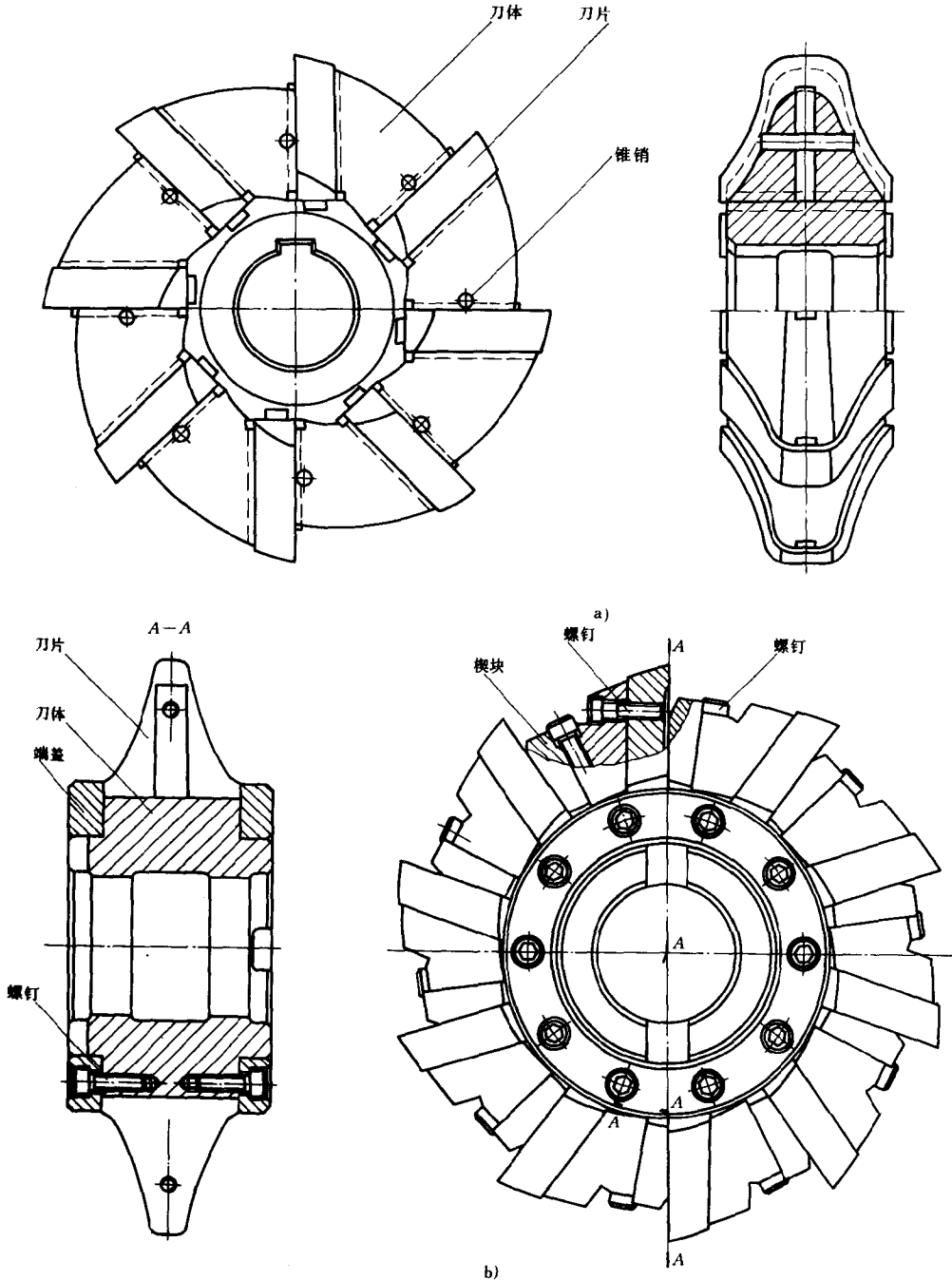


图 25.1-3 锥齿式盘形齿轮梳刀的结构  
a) 锥销式 b) 螺钉-楔块式

可转位结构用于中大模数规格的齿轮铣刀。这种结构的齿轮铣刀,硬质合金刀片交错分布于铣刀的型面上,刀片变钝后可转位使用,既具有很好的切削性能,又具有很长的使用寿命,是一种有效的切齿刀具。

### 1.3.2 技术条件

盘形齿轮铣刀技术条件可按 JB/T 7970.2-1999 规定,其主要规定如下:

1) 铣刀表面粗糙度的上限值:

刀齿前刀面、内孔表面和两端面:  $R_a 1.25\mu\text{m}$ ;

齿廓铲背面:  $m \leq 16\text{mm}, R_z 12.5\mu\text{m}$ ;

$m > 16\text{mm}, R_z 25\mu\text{m}$ 。

2) 铣刀外径公差为 h16; 铣刀孔径公差为 H7; 铣刀厚度公差为 h13。

3) 铣刀的其他制造公差不应超过表 25.1-3 的规定。

表 25.1-3 盘形齿轮铣刀的制造公差

(mm)

序号	项 目	模 数						
		0.30 ~0.75	>0.75 ~2.00	>2.00 ~3.50	>3.50 ~6.30	>6.30 ~10.00	>10.00 ~16.00	>16.00 ~25.00
1	在切深范围内刀齿前刀面的径向性	0.05	0.07	0.10	0.13	0.16	0.25	0.35
2	周刀对内孔轴线的径向圆跳动: 相邻齿 铣刀一转	0.04	0.05	0.05	0.06	0.07	0.07	0.09
		0.06	0.07	0.07	0.08	0.10	0.10	0.13
3	侧刀的斜向圆跳动	0.06	0.08	0.08	0.10	0.10	0.12	0.15
4	两端面的平行度	0.01	0.015	0.02	0.02	0.025	0.03	0.035
5	铣刀两端面到同一直径上任意齿廓点的距离差	0.20	0.20	0.25	0.25	0.25	0.30	0.35
6	齿廓误差: 渐开线部分 齿顶及圆角部分	0.05	0.06	0.08	0.08	0.10	0.12	0.14
		0.08	0.10	0.12	0.12	0.16	0.16	0.18

## 1.4 指形齿轮铣刀

### 1.4.1 形式和基本尺寸

根据加工性质的不同,指形齿轮铣刀有粗切指形铣刀和精切指形铣刀。根据容屑槽形状的不同,有直槽指形铣刀、等导程(螺旋槽)指形铣刀和等螺旋角指形铣刀等。根据刀齿后刀面形状的不同,有铲齿式指形铣刀和尖齿式指形铣刀。根据切削部分材料的不同,有高速钢指形铣刀和硬质合金指形铣刀等。

精切指形齿轮铣刀一般做成直槽铲齿式结构,其切削部分尺寸应与被切齿轮的槽形一致,而其外径应比被切齿槽的最大宽度大 3~10mm,并圆整到 R40 的标准直径系列。

根据指形铣刀直径的大小,其柄部的定位形式可分别采用内圆柱与端面同时定位(图 25.1-4 中的 I 型)或外圆锥定位(图 25.1-4 中的 II、III 型)并用螺杆拉紧。外圆锥的定位精度和联接可靠性都较好,但费料,一般用于模数不超过 20mm 的场合。内圆柱和端面同时定位的柄部形式可用于各种模数的指形铣刀,

但制造难度较大,有时可改用内圆锥定位的形式(图 25.1-4 中的 IV 型),以减小制造难度。

为了加工齿槽底部,指形铣刀要做出端齿。端齿的形状与尺寸见图 25.1-5 和表 25.1-4。其中 A 型适用于  $m \leq 16\text{mm}$  且  $z_k \leq 23$  的指形铣刀; B 型适用于  $m = 16\text{mm}, z_k > 23$  和  $m > 16\text{mm}$  的指形铣刀。

表 25.1-5 列出了  $m = 10 \sim 80\text{mm}$  指形齿轮铣刀的外径、齿数和采用的柄部形式(铣刀的轴向尺寸应按被切齿轮的槽深和柄部长度分别确定)。

为了改善粗切指形齿轮铣刀的切削性能,其刀齿一般都做成尖齿形式,而且容屑槽往往做成等导程或等螺旋角的螺旋槽形式。等导程指形铣刀由于工作前角和容屑空间增大,改善了切削性能和排屑条件。而等螺旋角指形铣刀则进一步克服了刀刃上各点切削性能和磨损的差异,从而提高了切齿效率和刀具寿命。

从排屑情况、切削性能及刀具制造等方面考虑,粗切指形齿轮铣刀的螺旋角最好采用  $30^\circ \sim 45^\circ$ , 铣刀直径较小时,可取  $20^\circ \sim 30^\circ$ 。



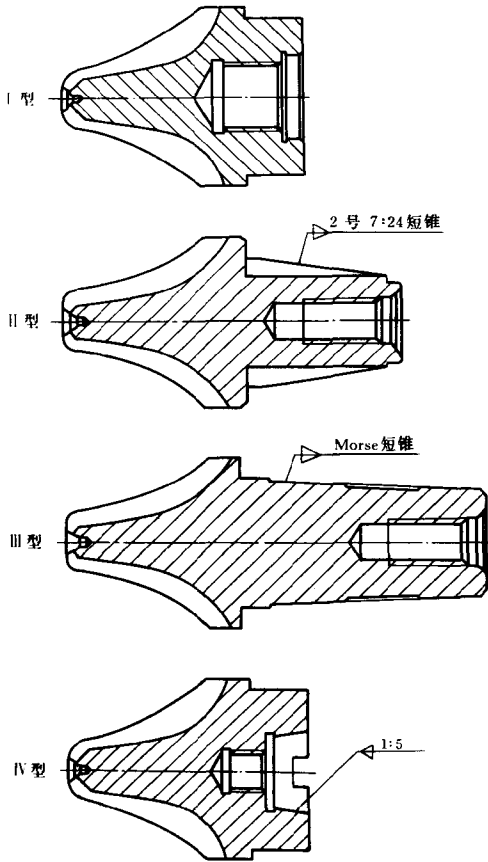


图 25.1-4 精切指形齿轮铣刀的柄部形式

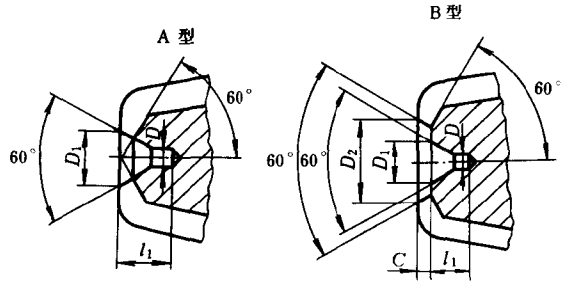


图 25.1-5 指形齿轮铣刀的端齿形状

表 25.1-4 指形齿轮铣刀的端齿尺寸

		(mm)																	
模数 <i>m</i>	10	12	14	16	18	20	22	25	28	30	32	36	40	45	50	55	60	70	80
<i>D</i>	1			1.5						2			2.5			3			
<i>D</i> <sub>1</sub>	2.5			4						5			6			7.5			
<i>D</i> <sub>2</sub>	—			6	7	8			10	12	15			20	25	30			
<i>L</i> <sub>1</sub>	2.5			4						5			6			7.5			
<i>C</i>	—			1	1.5					2			2.5	3		4			

精切指形齿轮铣刀的前角通常为 0°，后角一般采用 8°~12°。粗切指形齿轮铣刀的前角可取 5°~15°，后角可取 10°~12°。

为便于制造，粗切指形齿轮铣刀的切削部分为锥形，其锥角应根据被切齿轮的槽形而定，通常采用 30°~45°。

表 25.1-5 标准指形齿轮铣刀的外径、齿数与柄部形式

模数 <i>m/mm</i>	<i>D/Z<sub>t</sub></i>														柄部形式	
	被切齿轮齿数															
	12	13	14	15 ~16	17 ~18	19 ~20	21 ~22	23~ 25	26 ~29	30 ~34	35 ~41	42 ~54	55 ~79	80 ~134		135 以上
10	40/2						35/2				30/2				I、II、III型	
11	45/2		42/2			40/2			35/2			32/2				
12	48/2		45/2				40/2				35/2					
14	55/4		50/2				45/2				40/2					
16	60/4			55/4			50/2				45/2					
18	65/4			60/4			55/4				50/2					
20	72/4		70/4			65/4			60/4			55/4				
22	80/4		75/4			70/4			65/4			60/4				
25	90/6	85/4				80/4			75/4			70/4				
28	95/6			90/6			85/4				80/4					I、IV型
30	105/6	100/6		95/6			90/6			85/4						

(续)

模数 <i>m/mm</i>	<i>D/z<sub>k</sub></i>														柄部形式		
	被切齿 轮 齿 数																
	12	13	14	15 ~16	17 ~18	19 ~20	21 ~22	23~ 25	26 ~29	30 ~34	35 ~41	42 ~54	55 ~79	80 ~134	135 以上		
32	110/6			105/6			100/6			95/6			90/6			I、IV 型	
36	125/6		120/6		115/6		110/6			100/6							
40	135/6		130/6			125/6		120/6			115/6		110/6				
45	155/6		150/6		145/6		140/6			130/6			120/6				
50	170/8		165/8		160/8		155/6		150/6		145/6		140/6				
55	185/8		175/8			170/8		165/8		160/8			150/6				
60	200/8		190/8			180/8					170/8		160/8				
70	230/8		220/8			210/8			200/8			190/8		180/8			
80	260/8			250/8			240/8			230/8			220/8		210/8		

粗切指形齿轮铣刀的分度圆齿厚比精切指形齿轮铣刀减薄  $0.2\sqrt{m}$  ( $m$  为被切齿轮的模数)。

为了改善尖齿粗切指形齿轮铣刀的刃刀强度, 刀齿后刀面一般有  $1.5\sim 3\text{mm}$  的棱边, 而且刃口还留有  $0.02\sim 0.05\text{mm}$  的刃带, 以保证切削刃的径向圆跳动较小。

图 25.1-6 是等螺旋角指形齿轮铣刀的结构形式。

粗切指形铣刀可在切削刃上做出交错排列的分屑槽。分屑槽的槽宽为  $1.5\sim 3\text{mm}$ , 槽距为  $10\sim 20\text{mm}$ , 槽底圆弧半径为  $1\sim 2\text{mm}$ 。

粗切指形铣刀的端齿尺寸与精切指形铣刀相同, 但可用倒角代替齿端圆弧。

#### 1.4.2 技术条件

指形齿轮铣刀的技术条件没有统一标准, 下列规定可供参考:

1) 刀齿前刀面、内孔表面或外锥面以及支承端面的表面粗糙度的上限值为  $R_a 0.80\mu\text{m}$ ; 铲背面的表面粗糙度的上限值为  $R_a 1.0\mu\text{m}$ 。

2) 圆柱配合孔的直径公差为 H7。圆锥配合用涂色检验, 接触面积应不少于 75%, 且接触部位应偏向大端。

3) 铣刀的外径公差为 h14; 总长公差为 js15。

4) 以圆柱孔定位的指形铣刀螺孔中径应比理论中径增加如表 25.1-6 所列的间隙量。

5) 铣刀其他制造公差不应超过表 25.1-7 的规定。

表 25.1-6 指形铣刀螺孔的中径增量

(mm)

螺纹中径	16~27	30~42	45~48	52~60	$\geq 64$
增量	0.15	0.20	0.25	0.30	0.40

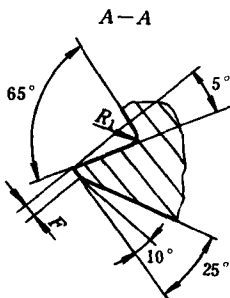
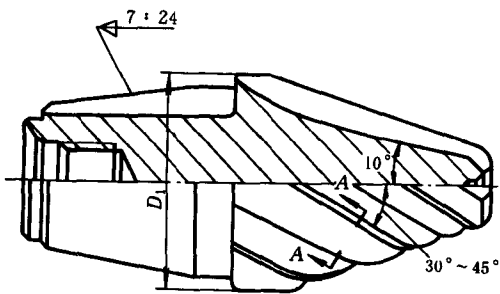


图 25.1-6 粗加工用等螺旋角指形铣刀

表 25.1-7 指形齿轮铣刀的制造公差

项 目	(mm)				
	模 数				
	10~16	>16 ~25	>25 ~40	>40 ~60	>60 ~80
刀齿前刀面的径向性	2°	1°30'	1°	45'	45'
周刀的径向圆跳动					
相邻两齿	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08
铣刀一转	0.08	0.10	0.12	0.14	0.16
齿廓误差					
渐开线部分	0.08	0.10	0.12	0.15	0.20
端面及圆角部分	0.15	0.18	0.20	0.25	0.30

## 2 梳齿刀

### 2.1 梳齿刀的类型和用途

梳齿刀是按照齿条与齿轮啮合关系,利用展成原理加工直齿、斜齿圆柱齿轮和人字齿轮的一种切齿刀具。其外形象齿条。

梳齿刀有直齿和斜齿两种。直齿梳齿刀用于加工  $m=1\sim 50\text{mm}$  甚至更大规格的直齿、斜齿圆柱齿轮和带空刀槽的人字齿轮;斜齿梳齿刀则用于加工空刀槽很窄的双联斜齿轮和各种人字齿轮。

根据梳齿机刀座的不同,直齿梳齿刀分成马格型和白金森型两种,见表 25.1-8。马格型梳齿刀在制造时没有前角,安装在机床后,依靠刀架的倾斜而获得  $6^\circ 30'$  的工作前角。白金森型梳齿刀则在制造时便做出  $3^\circ\sim 5^\circ$  的顶刃前角,切削时也就成为等值的工作前角。

按照加工性质的不同,梳齿刀分为粗切梳齿刀、磨前梳齿刀和精切梳齿刀等几种。粗切梳齿刀又可分为普通型、简单阶梯型和双重阶梯型,分别用于中模数、大模数和特大模数齿轮的粗切齿。

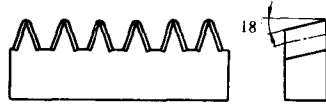
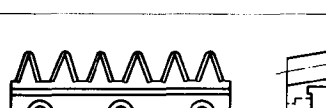
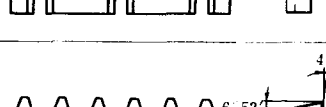
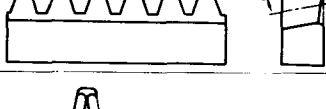




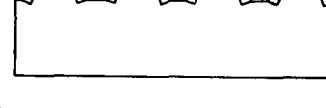

加工空刀槽很窄的双联和带台肩的直齿轮时,为了避免加工时刀具和工件碰撞,可采用紧回螺钉埋入刀具体内的特型梳齿刀。

加工空刀槽很窄的双联斜齿轮或无空刀槽的人字齿轮所用的斜齿梳齿刀,分为左斜齿和右斜齿两种,成对使用。

在机床功率不够而不能用多齿梳齿刀加工、或者被切齿轮的齿数特别少时,还可用单齿刀进行加工。

梳齿刀结构简单,各面都是平面,切削刃是直线形,容易获得很高的制造精度,而且刀具刚性好,消耗材料少,通用性强,加工精度、效率和齿面质量也较高,特别是在大模数时更为明显。但是,所用机床的结构比较复杂,因此其应用受到一定限制。

表 25.1-8 梳齿刀的主要类型

序号	类 型	外形简图
1	普通型	
	马格型	
2	特型	
	精切直齿梳齿刀	
3	白金森型	
4	普通型	
	粗切直齿梳齿刀	
5	阶梯型	
6	磨前梳齿刀	
7	斜齿梳齿刀	

### 2.2 直齿梳齿刀

直齿梳齿刀的结构参数主要包括长度、宽度、高度和齿数等。

马格型直齿梳齿刀分为 1、2 两个系列。系列 2 与系列 1 的差别在于:前者  $m\leq 7\text{mm}$  的梳齿刀齿数减少、长度缩短,以降低成本;而对于四个齿和三个齿的大模数梳齿刀,则向模数大的方向偏移,以扩大高性能梳齿机的使用范围。

为了节约高速钢,梳齿刀的夹持部分可采用 40Cr 钢,用焊接方法与切削部分联成一体。

直齿梳齿刀的齿廓尺寸包括刀齿前刀面和法向截面中的齿廓尺寸。

直齿梳齿刀的基本齿廓是刀齿在垂直于切削运动的平面中的投影。它与被切齿轮的齿廓参数相同,即:

$$\left. \begin{aligned} \text{齿顶高} \quad h_{a0} &= h_f = 1.25m \\ \text{全齿高} \quad h_0 &= h + 0.25m = 2.5m \\ \text{齿距} \quad p_0 &= \pi m \\ \text{齿厚} \quad s_0 &= \frac{1}{2} \pi m \\ \text{齿形角} \quad \alpha_0 &= \alpha \end{aligned} \right\} (25.1-2)$$

粗切与磨前梳齿刀的齿厚应适应减薄,以形成精切余量。粗切梳齿刀的单侧精切余量一般采用  $\frac{\Delta s}{2} = 0.2 \sqrt{m}$  (马格公司采用  $\frac{\Delta s}{2} = (0.5 + 0.15 \sqrt{m}) \sin 20^\circ$ ); 磨前梳齿刀的单侧留磨余量一般采用  $\frac{\Delta s}{2} = 0.1 \sqrt{m}$  (马格公司对  $m \leq 10\text{mm}$  的梳齿刀采用  $\frac{\Delta s}{2} = 0.11 + 0.015m$ ; 对  $m > 10\text{mm}$  的梳齿刀则统一采用  $\frac{\Delta s}{2} = 0.26\text{mm}$ )。此外,粗切和磨前梳齿刀的齿高均应比精切梳齿刀增大  $\Delta h = (0.1 \sim 0.2)m$  (马格公司统一采用  $\Delta h = 0.2\text{mm}$ )。

在梳齿刀的刀齿前面上,齿高尺寸和齿形角将产生变化。它与基本齿廓参数的关系可按图 25.1-7 确定,即

$$\left. \begin{aligned} h_{qa0} &= \frac{h_{a0}}{\cos \gamma_a} \\ h_{q0} &= \frac{h_0}{\cos \gamma_a} \\ \tan \alpha_{qa0} &= \tan \alpha_0 \cos \gamma_a \end{aligned} \right\} (25.1-3)$$

式中  $\gamma_a$ ——刀齿顶刃的工作前角。对于马格型梳齿刀为  $6^\circ 30'$ ; 对于白金森型梳齿刀,一般采用  $3^\circ \sim 5^\circ$ 。

在刀齿法向截面中的齿廓参数为

$$\left. \begin{aligned} h_{na0} &= \frac{h_{a0} \cos(\alpha_a + \gamma_a)}{\cos \gamma_a} \\ h_{n0} &= \frac{h_0 \cos(\alpha_a + \gamma_a)}{\cos \gamma_a} \\ \tan \alpha_{na0} &= \frac{\cos \gamma_a}{\cos(\alpha_a + \gamma_a)} \tan \alpha_0 \end{aligned} \right\} (25.1-4)$$

式中  $\alpha_a$ ——刀齿顶刃的工作后角。对于马格型梳齿刀,一般为  $11^\circ 30'$ 。对于白金森型梳齿刀,一般为  $8^\circ$ ,在  $\gamma_a = 4^\circ$  时,有时也采用  $6^\circ 52'$ ,以使其法向齿形角与马格型梳齿刀相同。

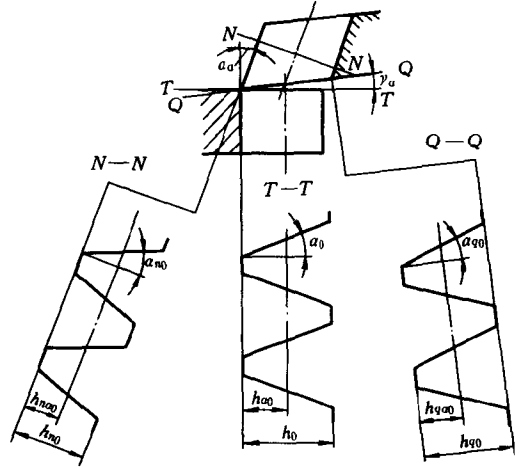


图 25.1-7 梳齿刀各个截面中的齿

### 2.3 斜齿梳齿刀

加工人字齿轮的斜齿梳齿刀为两把一组,成对使用。两把梳齿刀除齿向相反外,其他尺寸全部相同。

由于各种型号梳齿机回转刀座的尺寸不同,斜齿梳齿刀的结构尺寸要根据使用的机床型号(刀座尺寸)而定。

斜齿梳齿刀的长度要视其齿数和刀齿的倾斜角而定,但不能超过刀座允许的数值。

斜齿梳齿刀的端面齿廓应与基本齿廓一致。这时,刀齿法向截面中的齿形角按下式确定

$$\tan \alpha_{na0} = \tan \alpha_{n1} \frac{\cos \beta'_0}{\cos \alpha_a} \pm \tan \alpha_a \sin \beta'_0 \quad (25.1-5)$$

式中  $\alpha_{n1}$ ——被切齿轮的端面压力角

$$\tan \alpha_{n1} = \frac{\tan \alpha_{n1}}{\cos \beta_1} \quad (25.1-6)$$

$\beta'_0$ ——将梳齿刀齿顶和槽底放平后的刀齿倾斜角

$$\tan \beta'_0 = \tan \beta_0 \cos \alpha_a \quad (25.1-7)$$

$\alpha_a$ ——刀齿的顶刃后角,一般为  $12^\circ 30'$  或  $8^\circ 30'$ 。

“+”号对应于锐角边;“—”号对应于钝角边。在法向截面中的其他齿廓参数为

$$\left. \begin{aligned} h_{n0} &= h_0 \cos \alpha_a \\ p_{n0} &= \pi m_n \cos \beta'_0 \\ s_{n0} &= \frac{\pi m_n}{2} \cos \beta'_0 \end{aligned} \right\} \quad (25.1-8)$$

$R_a 0.20 \mu\text{m}$ ; 安装表面的表面粗糙度上限值为  $R_a 0.40 \mu\text{m}$ 。

2) 精切梳齿刀分为 A、B 两个精度等级, 其制造公差可按表 25.1-9 的规定。用于粗切和磨前加工的梳齿刀, 其制造公差可以适当放大, 也可参考表 25.1-9 的规定。

3) 各种梳齿刀的长度、高度和厚度公差为 js15。

2.4 梳齿刀技术要求

我国尚无梳齿刀的标准, 下列技术要求可供参考:

1) 梳齿刀切削表面的表面粗糙度上限值为

表 25.1-9 梳齿刀的制造公差 (mm)

序号	项 目	模数范围	精切梳齿刀		粗切梳齿刀	磨前梳齿刀
			A	B		
1	前支承面对后支承面(基面)的平行度(每 100mm 长度上)	1~5.5	0.010	0.010	0.010	0.010
		≥6	0.015	0.015	0.015	0.015
2	顶刃对底支承面的平行度(每 100mm 长度上)	1~6	0.015	0.015	0.040	0.030
		6.5~8	0.020	0.020	0.060	0.040
		9~14	0.025	0.025	0.080	0.050
		15~20	0.030	0.030	0.100	0.060
3	后角偏差	1~20	±10'	±10'	±20'	±20'
4	刀齿倾斜角	1~20	±5'	±5'	±10'	±10'
5	齿距偏差	1~2.25	±0.004	±0.007	±0.030	±0.020
		2.5~4	±0.005	±0.008	±0.040	±0.025
		4.5~6	±0.006	±0.010	±0.045	±0.030
		6.5~8	±0.007	±0.012	±0.050	±0.035
		9~10	±0.007	±0.013	±0.050	±0.040
		11~14	±0.008	±0.015	±0.070	±0.045
		15~20	±0.010	±0.020	±0.090	±0.060
6	相邻齿距最大误差	1~2.25	0.007	0.013	—	—
		2.5~4	0.007	0.015	—	—
		4.5~6	0.008	0.017	—	—
		6.5~8	0.010	0.017	—	—
		9~10	0.010	0.020	—	—
		11~14	0.013	0.025	—	—
		15~20	0.015	0.028	—	—
7	齿廓误差	1~2.25	0.006	0.010	0.040'	0.025
		2.5~4	0.007	0.012	0.045	0.030
		4.5~6	0.009	0.015	0.050	0.035
		6.5~8	0.010	0.017	0.060	0.040
		9~10	0.012	0.020	0.075	0.050
		11~14	0.012	0.020	0.075	0.050
		15~20	0.015	0.025	0.090	0.060

(续)

序号	项 目		模数范围	精切梳齿刀		粗切梳齿刀	磨前梳齿刀
				A	B		
8	齿厚偏差		1~8	±0.015	±0.015	±0.070	±0.030
			9~14	±0.020	±0.020	±0.070	±0.030
			15~20	±0.030	±0.030	±0.070	±0.035
9	用量棒测齿厚时量棒过端和止端的尺寸 <sup>①</sup>		1~8	∓0.010	∓0.010	∓0.050	∓0.020
			9~14	∓0.015	∓0.015	∓0.050	∓0.020
			15~20	∓0.020	∓0.020	∓0.050	∓0.025
10	成对斜齿 梳齿刀的拼 合公差	从基准端面到第三个齿 槽的距离	1~20	0.020	0.020	0.030	—
11		厚度	1~20	0.30	0.30	0.30	—
12		高度	1~20	0.020	0.020	0.050	—
13		基准端面与后支承面的 垂直度	1~20	0.015	0.015	0.050	—

① 用量棒测量直齿梳齿刀的齿厚和齿高时,量棒直径 $d_k$ 按下式确定

$$d_k = (\rho_0 - s_{a0}) \tan \frac{90^\circ - \alpha_0}{2}$$

式中  $\rho_0$ ——直齿梳齿刀的齿距; $s_{a0}$ ——直齿梳齿刀的齿顶宽; $\alpha_0$ ——直齿梳齿刀的齿形角。

测量斜齿梳齿刀的齿厚和齿高时,量棒直径 $d'_k$ 按下式确定

$$d'_k = \frac{2(\rho_{n0} - s_{na0})}{\cot \frac{90^\circ - \alpha'_{n0}}{2} + \cot \frac{90^\circ - \alpha''_{n0}}{2}}$$

式中  $\rho_{n0}$ ——斜齿梳齿刀的法向齿距;

$s_{na0}$ ——斜齿梳齿刀的法向齿顶宽;

$$s_{na0} = s_0 - h_{a0}(\tan \alpha'_{n0} + \tan \alpha''_{n0})$$

$\alpha'_{n0}$ 、 $\alpha''_{n0}$ ——斜齿梳齿刀的左、右两侧法向齿形角,见式(25.1-5)。

### 3 齿轮滚刀

#### 3.1 齿轮滚刀的类型和用途

齿轮滚刀是按螺旋齿轮啮合原理加工直齿和斜齿圆柱齿轮的一种展成刀具。它相当于一个齿数很少、螺旋角很大的斜齿轮,其外貌呈蜗杆状。为了形成切削刃,滚刀要铣出容屑槽,并对刀齿的顶部和两侧进行铲背,以获得必要的后角,滚刀的各个侧切削刃则应位于蜗杆的螺旋面上。

滚刀切削刃所在的蜗杆表面,称为基本蜗杆。理论上,加工渐开线圆柱齿轮的滚刀,其基本蜗杆应为渐开线蜗杆。但是,这种滚刀的制造和测量比较困难,实际生产中通常都近似地采用阿基米德蜗杆和法向直廓蜗杆作为其基本蜗杆。这两种近似设计的滚刀制造和检验都比较方便,但存在一定的齿廓误差。不过,当滚刀的模数和螺旋导程角较小时,这种齿廓误差都很小,尤其是按阿基米德基本蜗杆造形的滚刀,不仅齿廓误差

不大,而且误差的分布形式对被切齿轮形成一定的修缘,有利于齿轮的传动,故被普遍采用。

齿轮滚刀的类型较多。按照加工性质可分为精切滚刀、粗切滚刀、剃前滚刀、挤前滚刀、刮前滚刀和磨前滚刀等;按结构可分为整体滚刀、焊接(或粘结)式滚刀、装配式滚刀;按刀齿后刀面形状可分为铲齿(或铲磨)式滚刀、尖齿滚刀和圆磨法滚刀等;按切削部分材料可分为高速钢滚刀、硬质合金滚刀、金属陶瓷和立方氮化硼滚刀等;按制造精度的高低可分为高精度滚刀(AAA级及以上)、精密滚刀(AA级)和普通精度滚刀(A、B、C级);根据滚刀螺纹头数可分为单头滚刀和多头滚刀。此外,为了改善滚刀的切削性能,还可对齿轮滚刀的结构和几何形状作出各种各样的改进,形成全圆弧齿顶滚刀、不等齿高的滚刀、小压力角滚刀、错齿式滚刀、多段组装式滚刀、波形刃滚刀、正前角滚刀和负前角滚刀等高效或专用滚刀。各种高速钢滚刀还可以进行等离子化学气相沉积(PVD)涂层,各种硬质合金滚刀也可以进行PVD等涂层,以进一步提高滚刀的

切削性能和使用寿命。

由于滚齿加工的效率和精度都较高,因此,齿轮滚刀是圆柱齿轮加工中应用最广泛的一种刀具。

### 3.2 整体高速钢齿轮滚刀

#### 3.2.1 通用齿轮滚刀

##### 1. 结构形式和基本尺寸

最基本和常用的齿轮滚刀结构形式见图 25.1-8。

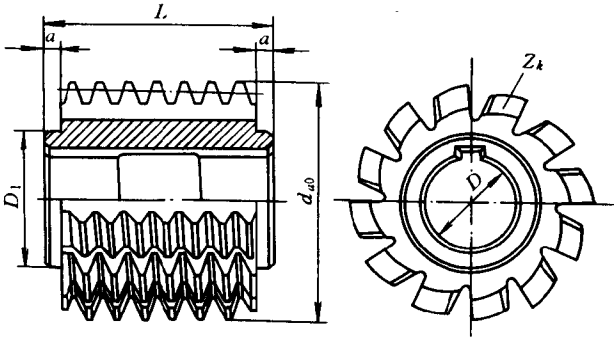


图 25.1-8 整体高速钢齿轮滚刀的结构形式

齿轮滚刀的外径  $d_{a0}$ 、孔径  $D$ 、长度  $L$  以及容屑槽数(圆周齿数)  $Z_k$  是构成滚刀外形的基本参数。它们对滚刀的性能、成本和使用价值均有直接的影响。

增大滚刀的外径,可以相应地增大滚刀孔径、增多容屑槽数、减小滚刀的螺旋导程角和切齿时形成的齿面波纹度,从而可以提高滚刀的安装刚度、增大切削规范、提高滚刀的精度和使用寿命及被加工齿面的质量。但是,增大滚刀的外径,对于整体高速钢滚刀来说,要增加高速钢的消耗和锻造、热处理及机械加工的困难。

滚刀外径的确定原则,应该是在保证足够的孔径和容槽数的前提下,尽可能地选用较小的外径。一般,精密和高效率滚刀要采用较大的外径和孔径,普通滚刀则可适当小一些。

齿轮滚刀的长度应当包括:包络出工件两侧完整齿廓所需的长度、两端不参加工作的边牙长度、切削斜齿轮时所需的附加长度以及两端的轴台长度。滚刀的轴台是用作检验滚刀安装跳动的基准。为了便于测量,轴台长度  $a$  应不小于  $4\sim 6\text{mm}$ 。对于采用端面键槽形式的滚刀,其轴台长度还应加上端面键槽的槽深尺寸。对需要轴向移位使用的滚刀,其长度还应包括轴向移位所需的附加长度。对于需要多次移位使用的中、小模数齿轮滚刀,可根据实际需要确定滚刀的长度。有些超长型滚刀的切削部分长度,比标准滚刀的长度要增加 1 倍以上。长型和超长型滚刀虽然制造比较麻烦,成本也较高,但是充分使用后将大大延长刀具寿命。

滚刀的容屑槽数关系到滚切每个齿槽时参加切削的刀齿数。容屑槽数增加,参加切削的刀齿增多,单个刀齿的负荷减小,切削过程平稳,而且被加工齿面的波纹度也减小,因此,精切滚刀的容屑槽数应稍多些。但是,增多容屑槽数,刀齿的齿背厚度相应减薄,滚刀可重磨的次数减少,因此,对于普通精度滚刀和粗切滚刀,其容屑槽数可适当减少。

GB 6083—85《齿轮滚刀的基本型式和尺寸》中对  $m=1\sim 10\text{mm}$  的整体高速钢滚刀规定了两种外形尺寸系列,见表 25.1—10。其中 I 型适用于精密滚刀,II 型适用于普通精度滚刀。

表 25.1-10 整体高速钢齿轮滚刀的基本尺寸 (mm)

模数 $m$	I 型					II 型				
	$d_{a0}$	$L$	$D$	$a_{\min}$	$Z_k$	$d_{a0}$	$L$	$D$	$a_{\min}$	$Z_k$
1	63	63	27	4	16	32	22	22	12	12
1.25						40				
1.5	71	71	32	5	14	63	50	27	4	10
1.75						50				
2	80	80	40	12	12	71	71	32	5	5
2.25						56				
2.5	90	90	50	15	15	63	80	40	6	6
2.75						71				
3	100	100	60	18	18	80	80	50	7	7
3.25						71				
3.5	112	112	70	20	20	90	90	60	8	8
3.75						80				
4	125	125	80	22	22	100	100	70	9	9
4.5						112				
5	140	140	90	25	25	112	112	80	10	10
5.5						125				
6	160	160	100	28	28	118	118	90	11	11
6.5						140				
7	180	180	110	30	30	125	125	100	12	12
7.5						160				
8	200	200	120	32	32	132	132	110	13	13
8.5						180				
9	200	200	130	35	35	140	140	120	14	14
9.5						200				
10	200	200	140	38	38	150	150	130	15	15

注:1. 滚刀的轴台直径由制造厂自定,其尺寸应尽可能取得大一些。

2. 滚刀螺纹方向一般作成右旋,按用户要求也可作成左旋。

3. 键槽的尺寸和公差按 GB/T6132 规定

2. 容屑槽形式

为了使刀齿两侧的切削角度近似一致,滚刀的容屑槽应做成在分圆柱上垂直于螺纹的螺旋槽。但是,将容屑槽做成平行于滚刀轴线的直槽,不仅便于制造、检验和刃磨,而且顶刃所形成的刃倾角对切齿过程也有利,因此,目前生产的各种大、中、小齿轮滚刀,几乎都采用了直槽形式。

从齿廓检验的角度出发,阿基米德滚刀可做成直槽,也可做成螺旋槽;法向直廓滚刀应做成螺旋槽。但齿轮滚刀实际上已很少采用法向直廓滚刀的形式。

3. 键槽形式

齿轮滚刀一般采用轴向键槽形式。但是,为了提高滚刀内孔的形状精度和安装精度,特别是在滚刀外径相对较小时能有较大的孔壁厚度,最好采用端面键槽的形式。

端面键槽的设计可分成单侧和双侧两种。单侧端面键槽通常布置在滚刀的右端。双侧端面键槽的相对位置可互相垂直,也可互相平行。

4. 切削角度

(1) 前角 齿轮滚刀一般都采用 $0^\circ$ 前角。但是,为了改善滚刀的切削性能、提高滚刀的寿命和被加工齿面的质量,滚刀可作成 $7^\circ\sim 12^\circ$ 的径向正前角。

具有径向正前角的滚刀,其侧切削刃上各点的径向前角将随其半径的减小而增大,其关系为

$$\sin\gamma_y = \frac{r_{a0}\sin\gamma_a}{r_{a0}-h_y} \quad (25.1-9)$$

式中  $\gamma_y$ ——侧刃上任意点的径向前角;

$h_y$ ——侧刃上任意点到外圆的距离。

侧刃上任意点的法向前角可近似地按下式确定

$$\tan\gamma_n \approx \frac{r_{a0}}{r_{y0}} \tan\gamma_a \sin\alpha_{n0} \quad (25.1-10)$$

式中  $r_{y0}$ ——计算点的半径。

(2) 后角 齿轮滚刀的后角一般由铲背形成。在用径向铲背法加工时,为使滚刀重磨以后切出的齿轮仍能保持正常的齿高与齿厚,滚刀的齿顶与齿侧必须采用相同的径向铲背量。径向铲背量  $K$  由滚刀顶刃后角确定,对于直槽滚刀,可按下式计算

$$K = \frac{\pi d_{a0}}{Z_k \cos\gamma_{za}} \tan\alpha_a \approx \frac{\pi d_{a0}}{Z_k} \tan\alpha_a \quad (25.1-11)$$

对于螺旋槽滚刀则为:

$$K = \frac{\pi d_{a0} \cos^2\gamma_z}{Z_k \cos\gamma_{za}} \tan\alpha_a \approx \frac{\pi d_{a0}}{Z_k} \cos\gamma_z \tan\alpha_a \quad (25.1-12)$$

式中  $\alpha_a$ ——沿滚刀螺纹方向的顶刃后角,一般取  $\alpha_a = 10^\circ\sim 12^\circ$ ;

$\gamma_{za}, \gamma_z$ ——分别为滚刀外圆柱和分度圆柱上的螺旋导程角;

$$\sin\gamma_{za} = \frac{m_n}{d_{a0}} \quad (25.1-13)$$

$$\sin\gamma_z = \frac{m_n}{d_0} \quad (25.1-14)$$

计算出的径向铲背量应按铲床的凸轮升距系列圆整选用。铲背量数值见表 25.1-11。

对于磨齿滚刀,通常还应有第二铲背量。按照铲背凸轮曲线的不同,第二铲背量有两种形式,见图 25.1-9。两种形式的第二铲背量数值见表 25.1-11。

表 25.1-11 双线凸轮的铲背量(mm)

K	2.5	3	4	4.5	5	5.5	6	6.5	7	8	9	10	11	12
I 型	0.6~0.7		0.7~0.8				0.8~0.9							
II 型	(1.2~1.5)K													

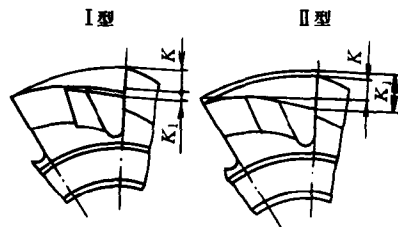


图 25.1-9 齿轮滚刀的第二铲背形式

齿轮滚刀侧刃的法向后角可按下式确定

$$\tan\alpha_n = \tan\alpha_a \sin\alpha_{n0} \quad (25.1-15)$$

式中  $\alpha_{n0}$ ——滚刀的法向齿形角。

实际选用的铲背量应保证侧后角不小于 $3^\circ$ 。

5. 齿廓尺寸

(1) 齿距

法向齿距

$$p_{n0} = \pi m_n \quad (25.1-16)$$

轴向齿距

$$p_{r0} = \frac{\pi m_n}{\cos\gamma_z} \quad (25.1-17)$$

(2) 齿厚

1) 法向齿厚

对于精切滚刀为

$$s_{n0} = p_{n0} - s_{n1} \quad (25.1-18)$$

对于粗切滚刀为

$$s_{n0} = p_{n0} - s_{n1} - \Delta s \quad (25.1-19)$$

式中  $s_{n1}$ ——被切齿轮的分度圆法向弧齿厚;

$\Delta s$ ——齿厚上的精切留量,可按表 25.1-12 选定。

2) 轴向齿厚



$$s_{r0} = \frac{s_{n0}}{\cos \gamma_z} \quad (25.1-20)$$

表 25.1-12 滚齿时的精切留量 (mm)

$m$	$\Delta s$	$m$	$\Delta s$
2~4	0.4	>8~10	1.0
>4~6	0.6	>10~14	1.2
>6~8	0.8	>14~20	1.5

(3) 齿高

$$h_{a0} = (h_a^* + c')m_n = h_{f1} \quad (25.1-21)$$

$$h_{f0} = h_{a1} + (0.20 \sim 0.25)m_n \quad (25.1-22)$$

$$h_0 = h_{a0} + h_{f0} \quad (25.1-23)$$

式中  $h_{a1}, h_{f1}$ ——分别为被切齿轮的齿顶高和齿根高。

式(25.1-21)~式(25.1-23)适用于零前角滚刀, 对于正前角滚刀, 其前刀面的齿高尺寸为:

$$h_{Qa0} = \sqrt{r_{a0}^2 - e^2} - \sqrt{(r_{a0} - h_{a0})^2 - e^2} \quad (25.1-24)$$

$$h_{Q0} = \sqrt{r_{a0}^2 - e^2} - \sqrt{(r_{a0} - h_0)^2 - e^2} \quad (25.1-25)$$

式中  $h_{Qa0}, h_{Q0}$ ——刀齿前面上的齿顶高与全齿高;

$e$ ——刀齿前面的偏位值。

$$e = r_{a0} \sin \gamma_a \quad (25.1-26)$$

(4) 齿形角 零前角的直槽阿基米德滚刀, 其轴向齿形角为

$$\cot \alpha_{r0} = \cot \alpha_{n0} \cos \gamma_z \quad (25.1-27)$$

正前角的直槽阿基米德滚刀, 其轴向齿形角为

$$\cot \alpha_{r0} = \cot \alpha_{n0} \cos \gamma_z \left( 1 - \frac{KZ_k e}{2\pi r_0^2 \cos \gamma_0} \right) \quad (25.1-28)$$

式中  $\gamma_0$ ——滚刀分度圆上的径向前角。

零前角的螺旋槽阿基米德滚刀, 其左、右侧铲削面的轴向齿形角为

$$\cot \alpha_{r0} = \cot \alpha_{n0} \cos \gamma_z \pm \frac{KZ_k}{P_k} \quad (25.1-29)$$

式中  $P_k$ ——滚刀容屑槽的螺旋导程。“+”号用于右旋滚刀的左侧, “-”号用于右旋滚刀的右侧。左旋滚刀侧相反。

零前角的螺旋槽法向直廓滚刀, 其法向齿形角可取

$$\gamma_z < 4^\circ \text{ 时 } \alpha_{r0} = \alpha_{n1} \quad (25.1-30)$$

$$\gamma_z \geq 4^\circ \text{ 时 } \alpha_{r0} = \alpha_{n1} + \Delta \alpha \quad (25.1-31)$$

式中  $\Delta \alpha$ ——随滚刀螺旋导程角而变的齿形角修正量, 可按表 25.1-13 选取。

表 25.1-13 法向直廓滚刀的齿形角修正量

$\gamma_z$	4°	4°30'	5°	5°30'	6°	6°30'	7°
$\Delta \alpha$	1'30"	2'	2'30"	3'30"	4'	5'	6'

(5) 齿顶和齿根圆角半径 对于通用齿轮滚刀, 齿顶圆角半径  $r_c$  和齿根圆角半径  $r'_c$  均取  $0.3m_n$ 。

6. 设计计算步骤

表 25.1-14 列出了通用整体高速钢齿轮滚刀的设计计算步骤及实例, 其基本方法可供设计各类滚刀时参考。

表 25.1-14 一般用途整体高速钢齿轮滚刀的设计计算实例

(1) 被切齿轮参数					
法向模数 <sup>①</sup>	$m_n = 4\text{mm}$	分度圆螺旋角	$\beta_1 = 0$		
法向齿形角	$\alpha_{n1} = 20^\circ$	螺旋方向	—		
齿顶高系数	$h_{a1}^* = 1.0$	分度圆法向弧齿厚	$s_{n1} = 6.28\text{mm}$		
顶隙系数	$c^* = 0.25$	精度等级	8-7-7		
(2) 滚刀参数的设计计算 (mm)					
序号	项 目	代号	计算公式或确定方法	计算精度	计算实例
1	滚刀的精度等级	—	按被切齿轮的精度等级和加工要求而定。通常, AA 级滚刀用于加工 7、8 级精度齿轮; A 级用于加工 8、9 级精度齿轮; B 级用于加工 9 级或更低精度的齿轮	—	AA
2	螺旋方向	—	加工直齿轮和 $\beta_1 \leq 10^\circ$ 的斜齿轮时, 滚刀作成右旋; 加工 $\beta_1 > 10^\circ$ 的斜齿轮时, 滚刀的螺旋方向与被切齿轮的齿向相同	—	右
3	外径	$d_{a0}$	根据滚刀的精度等级按表 25.1-10 选定	—	$d_{a0} = 112$
4	孔径	$D$	按表 25.1-10 选定	—	$D = 40$