

切削原理与控制

第十六章 螺纹刀具与齿轮刀具

王大中

上海工程技术大学

第一节 丝 锥

一、丝锥的结构与几何参数

1. 丝锥结构

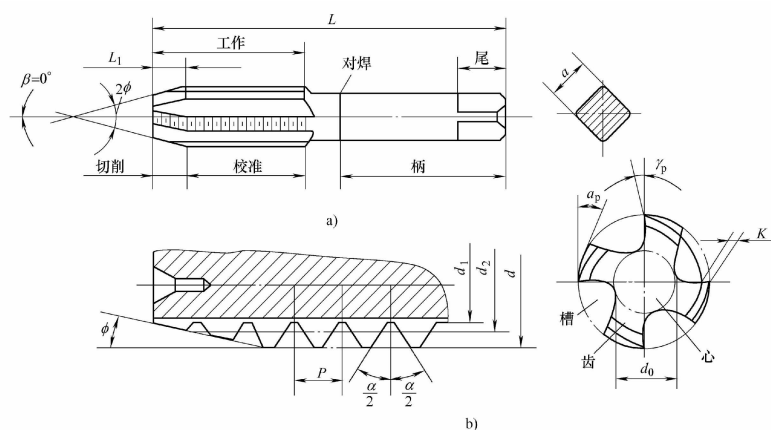
基本结构：一个轴向开槽的外螺纹，
开槽后形成切削刃和容屑槽。

(1) 切削部分

(2) 校正部分

刀齿均铲磨齿顶和齿侧，
分别形成齿顶
和齿侧后角。

(3) 柄部



丝锥结构

第一节 丝锥

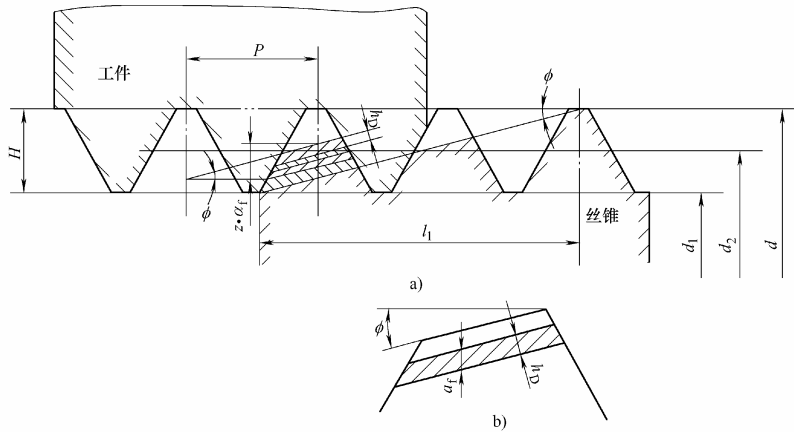
2. 丝锥几何参数

(1) 螺纹参数

大径、中径、小径 d_1 、螺距 P 及牙型角 α

(2) 切削参数 d d_2

锥角 2ϕ 、端剖面前角 γ_p 、后角 α_p 、槽数 Z



丝锥的切削参数

a) 结构图 b) 齿状放大图

第一节 丝 锥

丝锥标准中推荐:

1手用丝锥:

是2~3支为一套, 各种成套丝锥的锥半角。值如下:

- ①头锥: 锥半角较小, 约 $4^{\circ} 30'$, 切削锥长为8牙。
- ②二锥: 锥半角约 $8^{\circ} 30'$, 切削锥长为4牙。
- ③精锥: 锥半角约 17° , 切削锥长为2牙。

2机用丝锥: 2支一套。

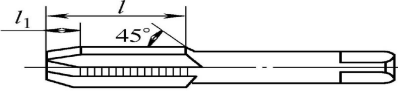
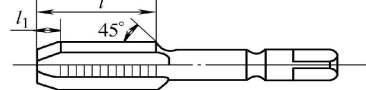
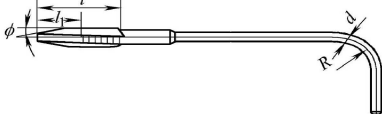
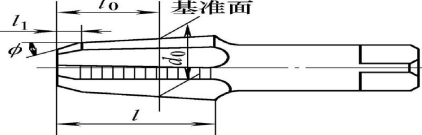

- ①头锥: 切削锥长为4~6牙。
- ②精锥: 切削锥长为2~3牙。

成组丝锥切削图形有两种设计方案:

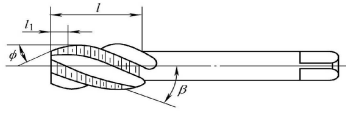
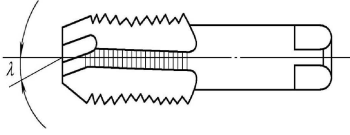
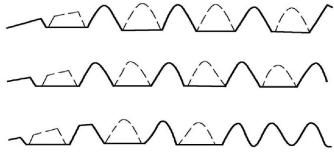
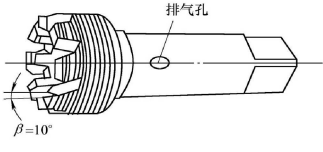
- 1. 等径设计: 每只丝锥大、中、小径相等, 仅切削锥角不等。
 - 2. 不等径设计: 成组丝锥中的每只丝锥大、中、小径不等, 只有精锥才具有工件螺纹要求的廓形与尺寸
- 一般手用丝锥都采用等径设计

第一节 丝 锥

二、丝锥的特点与应用范围

类型	简图及国际代号	特点	适用范围
手用丝锥		手动攻螺纹，常用两把成组使用。用合金工具钢制造	单件小批量生产通孔、不通孔螺纹
机用丝锥		用于钻、车、镗、铣床上，切削速度较高。经缠磨齿形，用高速钢制造	成批大量生产通孔、不通孔螺纹。
螺母丝锥		切削锥较长，攻螺纹完毕工件从柄尾流出。丝锥不需倒转。分短柄、长柄、弯柄三种结构。	大量生产专供螺母攻螺纹。
锥形丝锥		切削锥角与螺纹锥角相等，无校准部分。攻螺纹时要强迫最螺旋运动。并控制攻螺纹长度。	专供锥管螺纹攻螺纹。
板牙丝锥		切削锥加长，齿数增多	板牙攻螺纹

第一节 丝 锥

类型	简图及国标代号	特点	适用范围
螺旋槽丝锥		螺旋槽排屑效果好，并使切削前角增大，降低转矩。	攻小尺寸螺孔，不锈钢、铜铝合金材料攻螺纹。
刃倾角丝锥		将直槽丝锥切削部分磨出刃倾角 $\lambda = 10^\circ \sim 30^\circ$ 。具有螺旋槽丝锥优点，且制造简单。	通孔螺纹。
跳牙丝锥		奇数槽丝锥将工作部分刀齿沿螺旋线间隔磨去。改善切削变形与摩擦条件，防止齿形拉毛、烂牙、崩齿。	韧性材料细牙螺纹。
内贮屑丝锥		丝锥心部有贮屑孔，切削锥部开有若干不通槽，形成前角与刃倾角。改善精锥导向与排屑性能。	用于大直径高精度螺孔的精锥。

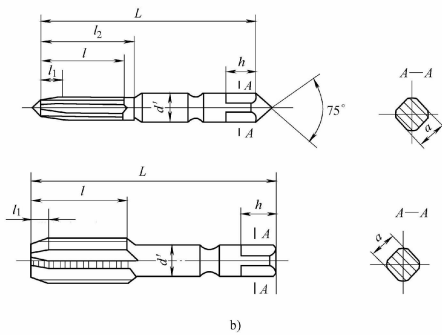
第一节 丝 锥

(1) 手用丝锥结构特点

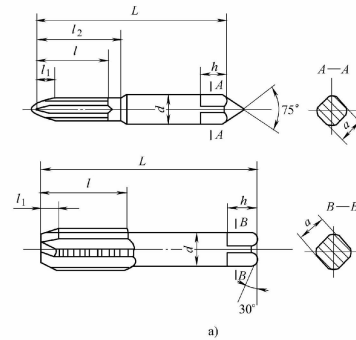
加单件、小批量或修配工作，柄部为方头圆柄（如图10-4a）。

(2) 机用丝锥结构特点

用于机床上加工内螺纹（如图10-4b），并部与手用丝锥稍有不同，其中有一环形槽，以防止丝锥从夹头中脱落。机用丝锥的切削部分较短。



手用、机用丝锥
a) 手用丝锥



手用、机用丝锥
b) 机用丝锥

第一节 丝 锥

1. 普通公制螺纹底孔直径的计算

$$d_T = d - (1.04 \sim 1.08)p$$

式中 d_T ——攻螺纹前加工螺纹底孔的钻头或扩孔钻头直径 (mm)
 d ——螺纹大径 (mm)
 P ——螺距 (mm)

2. 英制螺纹底孔钻头直径的计算

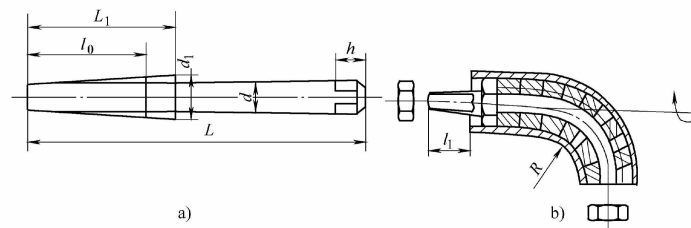
$$d_T = d - P \quad \left(\begin{array}{l} \text{即底孔钻头直径是螺纹大径渐趋一个螺距} \\ \text{对于一般精度的螺纹孔很实用} \end{array} \right)$$

3. 55° 和 60° 锥管螺纹

第一节 丝 锥

三、螺母丝锥

特点：用来加工螺母的内螺纹，
分为短柄、长柄和弯柄三种



螺母丝锥

A) 长柄螺母丝锥 b) 弯柄螺母丝锥

第一节 丝 锥

四、拉削丝锥

可以加工梯形、方形、三角形单头与多头内螺纹

1. 拉削丝锥的使用

2. 拉削丝锥的结构特点

实质是一把螺旋拉刀。

综合了丝锥、铲齿成形铣刀刮拉刀三种刀具的结构。

每个刀齿侧刃均有微小的切削余量，保证齿形精度与齿侧面的表面粗糙度（设计的重要特点之一）

第一节 丝 锥

五、挤压丝锥

1. 优点:

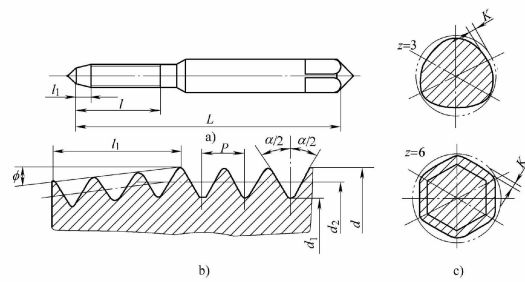
- 1) 挤压后的螺纹耐磨性提高，提高了螺纹的精度。
- 2) 可高速攻螺纹，无排屑问题，生产效率高。
- 3) 丝锥强度高，不易折断，寿命长

2. 用途:

适用于加工高精度、高强度的
适合在自动线上使用

3. 结构及选用:

大径、中径、小径
均作出正锥角。



挤压丝锥

a) 结构图 b) 牙型放大图 c) 端截面放大图

第二节 其它螺纹刀具

一、板牙

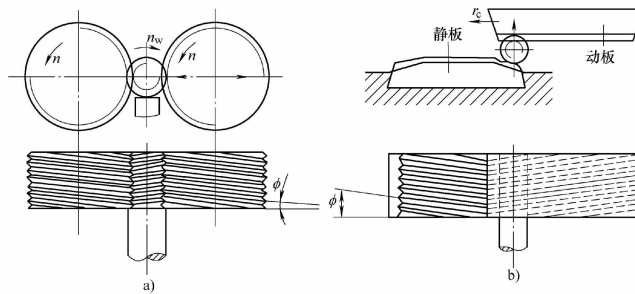
加工与修正加工外螺纹的标准刀具。

二、板牙头

一种组合式螺纹刀具，通常是开合式。

三、螺纹滚压工具

特点：效率高；精度好；螺纹强度高；工具寿命长。



滚压螺纹工具
a) 滚丝轮 b) 搓丝板

第二节 其它螺纹刀具

1. 滚丝轮

滚丝杆预制成直径等于螺纹中径 $d_2 \pm 0.02 \text{ mm}$

(1) 滚丝轮设计的基本原则

- 1) 滚丝轮和工件在螺纹中径处的螺纹升角 和螺距 相等。
- 2) 两滚轮螺纹旋向相同，但与工件的螺纹旋向相反。 P

(2) 滚丝轮的几何参数

- 1) 螺纹升角 ψ

$$\tan \psi = P_h / \pi d_2$$

式中 P_h ——螺纹导程 (mm)
 d_2 ——螺纹中径 (mm)

第二节 其它螺纹刀具

2) 滚轮中径 $D_{\text{中}}$

$$n = D_{\text{中}} / d_2 = P_h / P$$

式中 $D_{\text{中}}$ —— 滚丝轮中径 (mm)
 d_2 —— 工件中径 (mm)

在设计滚丝轮中径时还应考虑:

- 1) 滚丝机床装置滚丝轮的轴的最大距离 L_{max} 和最小距离 L_{min}
- 2) 滚丝轮使用中的磨损和重磨
- 3) 滚丝轮螺纹齿顶高 h_1

$$h_1 = 0.29 P$$

- 4) 滚丝轮螺纹齿根高 h_2

$$h_2 = 0.325 P$$

第二节 其它螺纹刀具

5) 滚丝轮螺纹齿外径D

$$D = D_4 + 2h_1$$

6) 滚丝轮宽度B

$$B = l + 5 \quad \text{式中 } l \text{ ——工件螺纹长度 (mm)}$$

2. 搓丝板:

受行程的限制, 只能加工24mm以下的螺纹。

3. 自动开合螺纹滚压头:

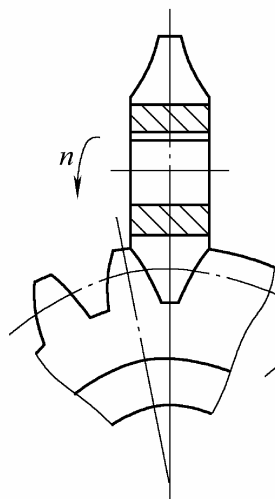
适合于卧式车床、转塔车床、自动车床使用。

第三节 切齿刀具的分类

一、成形法切齿刀具

1. 成形齿轮铣刀

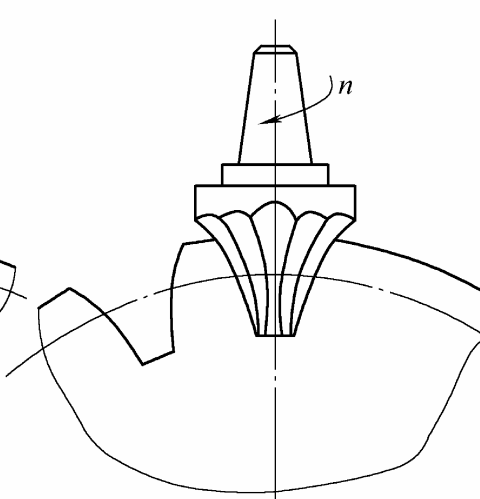
指盘状成形齿轮铣刀



a)

2. 指形齿轮铣刀

指状成形齿轮铣刀



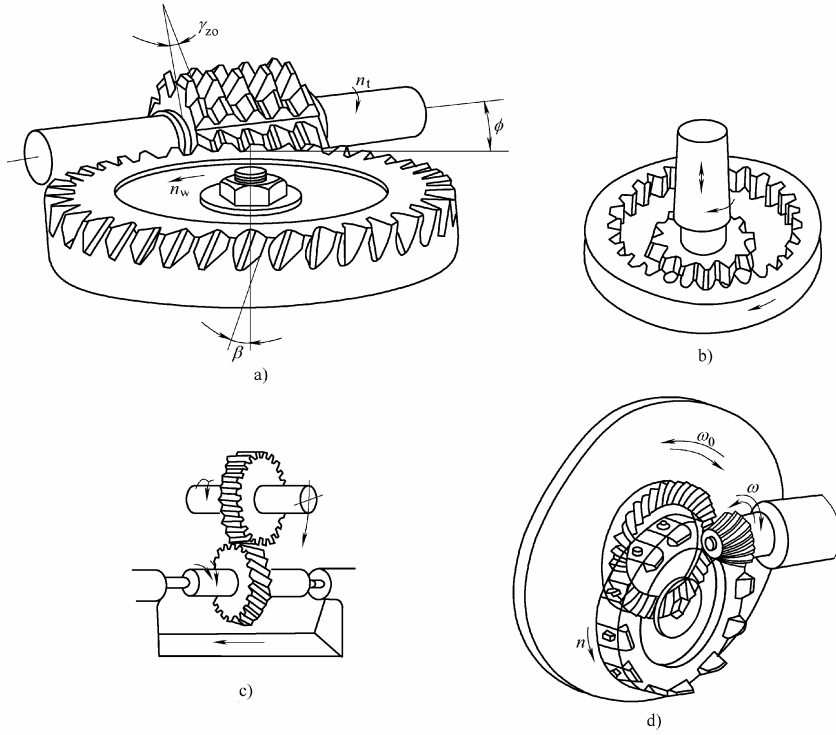
b)

成形法切齿刀具

a) 盘状成形齿轮铣刀 b) 指状成形齿轮铣刀

第三节 切齿刀具的分类

二、展成法切齿刀具



展成法切齿刀具

a) 齿轮滚刀 b) 插齿刀 c) 剃齿刀 d) 弧齿锥齿轮铣刀盘

第三节 切齿刀具的分类

根据齿轮的类型，切齿刀具又可分为：

根据齿轮的类型
切齿刀具又可分为

- 1) 渐开线圆柱齿轮工件刀具
- 2) 蜗轮工件刀具
- 3) 锥齿轮工件刀具
- 4) 非渐开线齿形工件刀具

第四节 齿轮铣刀

一、齿轮铣刀刀号的选择

依上所述可见，加工任意一种模数、齿数的齿轮都需用一种一定刃形的齿轮铣刀，如此齿轮铣刀太多，为减少铣刀的储备，每一种模数的铣刀，由8或15把组成一套，每一刀号的铣刀用于加工某一齿数范围的齿轮。

齿轮铣刀刀号及加工齿数范围

铣刀号		1	1½	2	2½	3	3½	4	4½	5	5½	6	6½	7	7½	8
加工齿数	8件一套 $m=0.3\sim 8\text{mm}$	12~13	—	14~16	—	17~20	—	21~25	—	26~34	—	35~54	—	55~134	—	≥135
	15件一套 $m=9\sim 16\text{mm}$	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	

第四节 齿轮铣刀

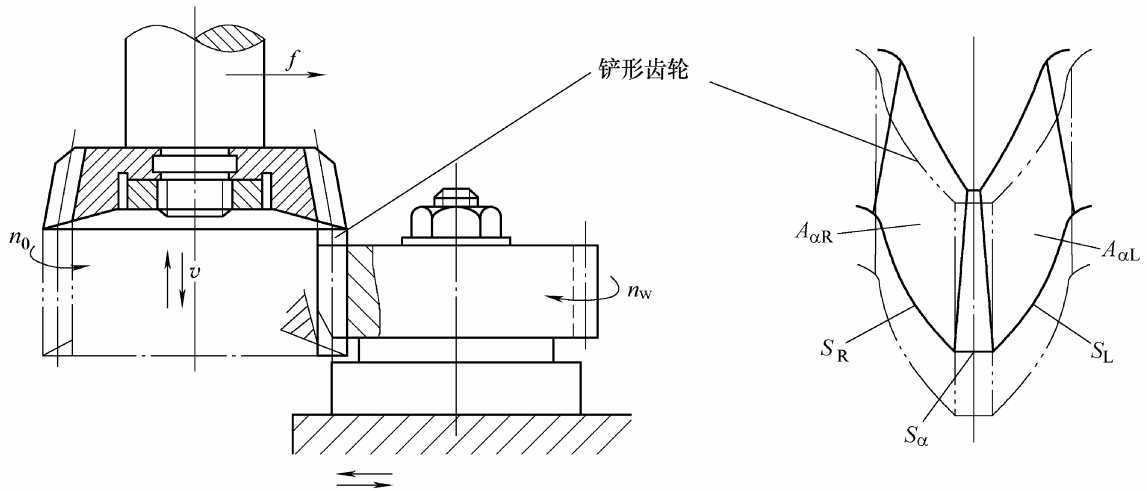
上表中每种刀号的齿形是按加工齿数范围中最小的齿数设计的。如加工的齿数不是范围中最小者，将有齿形误差。这种误差将使加工的齿轮除分度圆处以外的齿厚变薄，增大了齿侧间隙，这对低精度的齿轮是允许的。

二、刀号选择方法：

- (1) 圆柱直齿轮 按齿轮实际步数选择刀号
- (2) 圆柱斜齿轮 按齿轮当量齿数选择刀号
- (3) 直齿锥齿轮

第五节 插齿刀

一、插齿刀的工作原理与特点



插齿刀工作原理

第五节 插齿刀

二、插齿刀的结构

插齿刀的基本参数是模数 m 、齿数 z_o 与齿形角 α_o ，分度圆直径 d_o 和基圆直径 d_{bo} 。

$$d_o = mz_o$$

$$d_{bo} = mz_o \cos \alpha_o$$

标准插齿刀的切削角度为：

前角 $\gamma_{pa} = 5^\circ$

后角 $\alpha_{pa} = 6^\circ$

原始齿形分度圆压力角 $\alpha_o = 20^\circ 10' 12.5''$ （略增大）

侧刃主剖面前角 $\gamma_o = 1^\circ 42' 50''$

侧刃主剖面后角 $\alpha_o = 2^\circ 2' 32''$



第五节 插齿刀

三、插齿刀的合理选用

直齿插齿刀按加工模数范围、齿轮形状不同分为盘形、碗形、带锥柄等几种。

插齿刀的精度分为AA、A、B三级，分别用于加工6、7、8级精度的圆柱齿轮。

第五节 插齿刀

插齿刀类型、规格与用途

序号	类型	简图	应用范围	规格		d_1 或莫氏锥度
				d_0 /mm	m /mm	
1	盘形直齿插齿刀		加工普通直齿外齿轮和大直径内齿轮	$\phi 63$	0.3 ~ 1	31.743mm
				$\phi 75$	1 ~ 4	
				$\phi 100$	1 ~ 6	
				$\phi 125$	4 ~ 8	
				$\phi 100$	6 ~ 10	88.90mm
				$\phi 200$	8 ~ 12	101.60mm
2	碗形直齿插齿刀		加工塔形, 双联直齿轮	$\phi 50$	1 ~ 3.5	20mm
				$\phi 75$	1 ~ 4	31.743mm
				$\phi 100$	1 ~ 6	
				$\phi 125$	4 ~ 8	
3	锥柄直齿插齿刀		加工直齿内齿轮	$\phi 25$	0.3 ~ 1	Morse No. 2
				$\phi 25$	1 ~ 2.75	
				$\phi 38$	1 ~ 3.75	Morse No. 3

第六节 齿轮滚刀

一、齿轮滚刀的工作原理

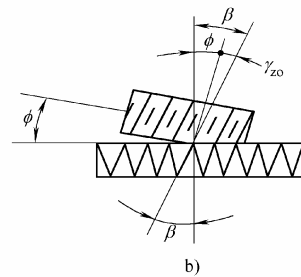
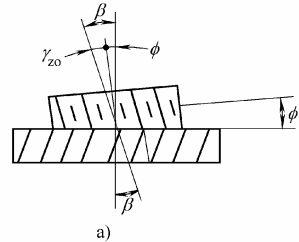
- 1) 滚刀与被切齿轮螺旋角旋向一致时,
- 2) 滚刀与被切齿轮螺旋角旋向相反时,
- 3) 被切齿轮是直齿轮时

式中 β ——被切齿轮螺旋角 ($^{\circ}$) ;

γ_{zo} ——滚刀螺旋对角 ($^{\circ}$) 。

$$\phi = \beta - \gamma_{zo}$$

$$\phi = \beta + \gamma_{zo}$$



齿轮滚刀的安装角

a) 螺旋角旋向一致 b) 螺旋角旋向相反

二、齿轮滚刀的设计

1. 渐开线蜗杆

加工制造、精度检验带较困难，应用较少；只有高精度的滚刀才将滚刀的铲形蜗杆设计成渐开线蜗杆。

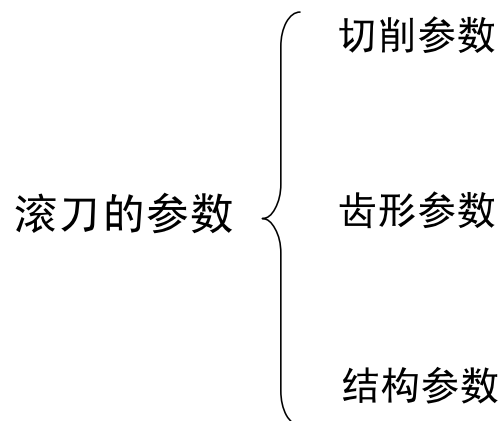
第六节 齿轮滚刀

2. 阿基米德蜗杆

直线齿形可用径向铲齿代替轴向铲齿，使制造工艺简单。

3. 法向直廓蜗杆

三、阿基米德滚刀的设计



第六节 齿轮滚刀

1. 滚刀的切削参数

(1) 滚刀前面结构参数

(2) 滚刀后面结构参数

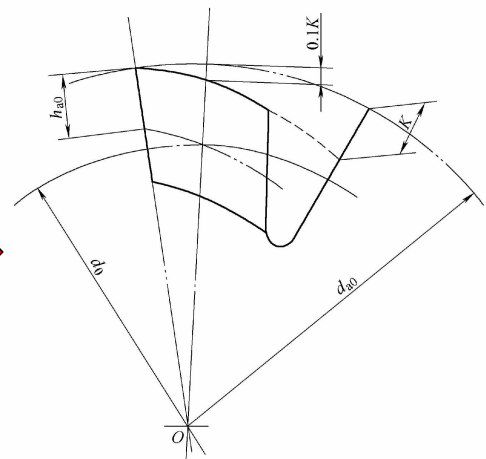
2. 滚刀的齿形参数

3. 滚刀的结构参数

(1) 外形结构参数

(2) 端面齿槽参数

(3) 分度圆参数



滚刀分度圆直径



第六节 齿轮滚刀

四、其他齿轮滚刀简介

1. 剃（磨）前滚刀

剃（磨）前滚刀**特点**：

- 1) 齿厚做薄，留出剃（磨）余量。
- 2) 剃前齿形的齿根有修缘刃，使齿轮顶部切出倒角，避免剃齿后齿顶产生毛刺或碰伤。
- 3) 剃前齿形的齿顶作出加宽的凸角，使齿根部切出沉割，减轻剃齿刀齿顶负荷，以提高剃齿刀的寿命。
- 4) 磨前齿形作出带圆头的凸角，使齿根有少量的沉割，磨齿后齿形能与齿底光滑衔接。这种齿形能保留齿底热处理获得的表面应力状态，适合重载齿轮的磨前加工。

第六节 齿轮滚刀

2. 硬质合金刮削滚刀的特点

五、齿轮滚刀的选用

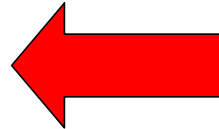
标准齿轮滚刀用于加工渐开线齿轮的。采用中、大模数的齿轮滚刀，其齿槽较深。常采用镶齿结构。

滚刀工艺要求

滚刀	精滚刀	精滚刀都是单头滚刀
	粗滚刀	粗加工用的滚刀为了提高滚齿效率，可做成二头或三头的。
	留剃滚刀	
	留磨滚刀	

第六节 齿轮滚刀

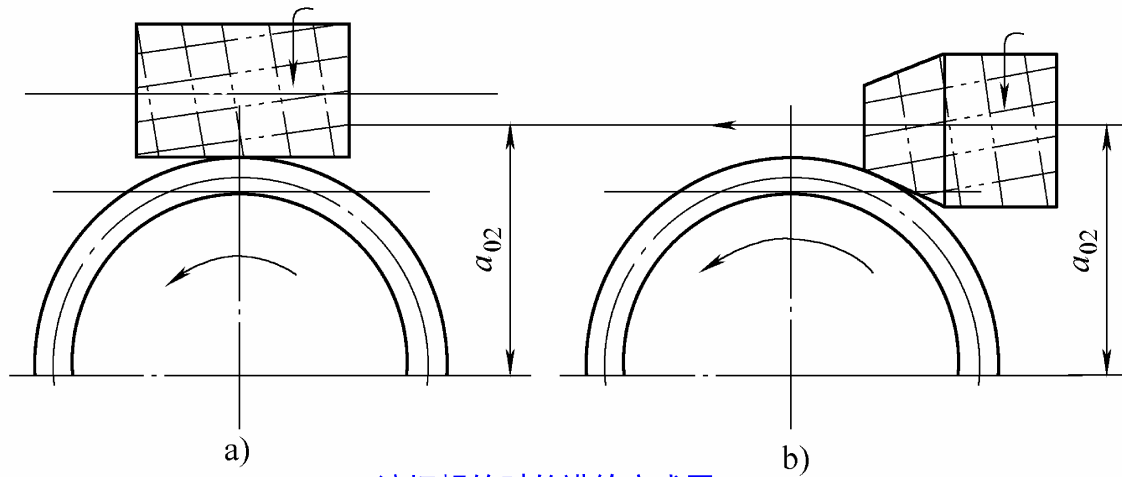
- 1) 基本尺寸（模数、压力角）根据被切齿齿轮参数，按滚刀端面上标志的数据来选。
- 2) 滚刀的精度等级与类型根据工艺文件选择。
- 3) 滚刀旋转方向，应该尽可能选与被切齿齿轮螺旋方向相同。滚直齿轮时常用右旋滚刀。



标准齿轮滚刀
选择的原则

第七节 蜗轮滚刀与飞刀

一、蜗轮滚刀的工作原理与进给方式



滚切蜗轮时的进给方式图
a) 径向进给 b) 切向进给



第七节 蜗轮滚刀与飞刀

二、蜗轮滚刀的结构特点

1) 蜗轮滚刀铲形蜗杆类型、分度圆直径、头数、旋向、齿形角等参数均应与工作蜗杆相等。

2) 由于直径受工作蜗杆的制约，当滚刀强度不足时可将键槽开到端面上，而直径再小的滚刀只能做成带柄的形式。

3) 由于直径受工作蜗杆的制约，往往导程角较大，常用螺旋槽的结构。一般又多采用零前角，以减少设计制造误差。

三、蜗轮飞刀的特点



复习思考题

- 1 按齿轮齿形加工原理，齿轮刀具有哪两大类？包含哪些刀具？
- 2 渐开线基本蜗杆有哪几种？常用哪种？为什么？
- 3 滚刀的前角和后角是怎样形成的？它们分别与哪些参数有关？
- 4 蜗轮滚刀在工作原理与结构特点上与齿轮滚刀有何区别？
- 5 插齿时需要哪些运动？滚齿时需要哪些运动？
- 6 齿轮铣刀为什么要分号制造？各号铣刀加工齿数范围按什么原则划分？
- 7 用盘形齿轮铣刀加工直、斜齿轮时，应如何选择刀号？