



铣削加工



内 容

铣削加工的基本知识

特 点

铣削用量

铣床基本知识

铣刀的基本知识

铣床附件

铣削工艺范围

铣削加工的基本知识

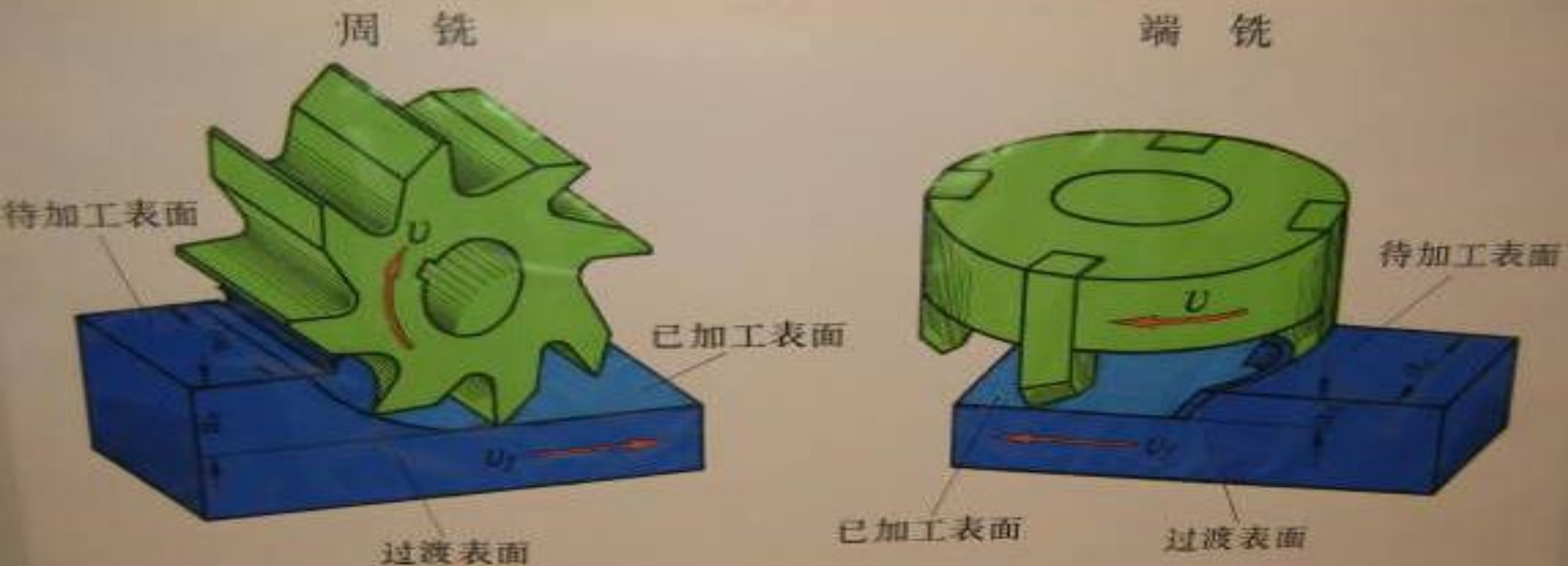
- ◆ 铣工是金属切削加工工种 之一，铣削是在铣床上用铣刀来切削金属。
- ◆ 在铣削时，铣刀作**旋转**的主运动，工件或铣刀作**直线**的进给运动。

特 点

- ◆ 生产率较高——使用旋转的多齿刀具加工工件，同时有数个刀齿参加切削
- ◆ 容易引起机床振动——每个刀齿的切削过程是断续的，且每个刀齿的切削厚度变化，切削力相应发生变化
- ◆ 要求：在结构上要求有较高的刚度和抗振性。

铣削用量

- ◆ 在铣削过程中所选用的切削用量称为铣削用量。
- ◆ 包括：铣削速度 (v)、进给量 (f)
背吃刀量 (a_p)、侧吃刀量 (a_e)
- ◆ 铣削用量的选择，对提高生产效率，改善工件表面粗糙度和加工精度都有密切的关系。



1. 铣削速度 v (m/min) 主运动的线速度,也就是铣刀刀刃上离中心最远的一点,在1分钟内所转过的长度.

$$V = \pi Dn/1000$$

式中D— 铣刀直径(mm); n—铣刀转速(r/min).

2. 进给量 f (mm) 在铣削过程中,工件相对铣刀的进给速度. 其表示方法有三种:

- (1) 每分钟进给量 V_f (mm/min) 在1分钟内,工件沿进给方向所移动的距离.

- (2) 每转进给量 f (mm/r) 在铣刀转过一转的时间内,工件沿进给方向所移动的距离.

- (3) 每齿进给量 a_f (毫米/齿) 指铣刀每转过一个刀齿时, 工件对铣刀的进给量 (即铣刀每转过一个刀齿, 工件沿进给方向移动的距离)。

它们三者之间的关系式为: $a_f = f/Z = V_f/Znt$

式中 nt 为铣刀每分钟转数 (r/min), Z 为铣刀齿数。

3、背吃刀量 a_p (mm) 即铣削中待加工表面与已加工表面之间的垂直距离。

4、侧吃刀量 a_e (mm) 即铣削一次进给过程中测得的已加工表面宽度。

铣削加工的尺寸公差等级一般为IT9~IT8，表面粗糙度Ra为6.3~1.6 μm 。

铣削用量的选择

- ◆ 选择铣削用量，是在保证铣削加工质量和工艺系统刚性所允许的前提下进行的。首先应选用较大的背吃刀量 a_p 和侧吃刀量 a_e ，再选用较大的每齿进给量 a_f ，最后确定铣削速度 v 。
- ◆ a_p 根据工件的加工余量和加工表面的精度来确定。当加工余量小，尽量一次铣去。当加工精度要求较高或表面粗糙度小于 $Ra6.3$ 时，才分粗、精铣。

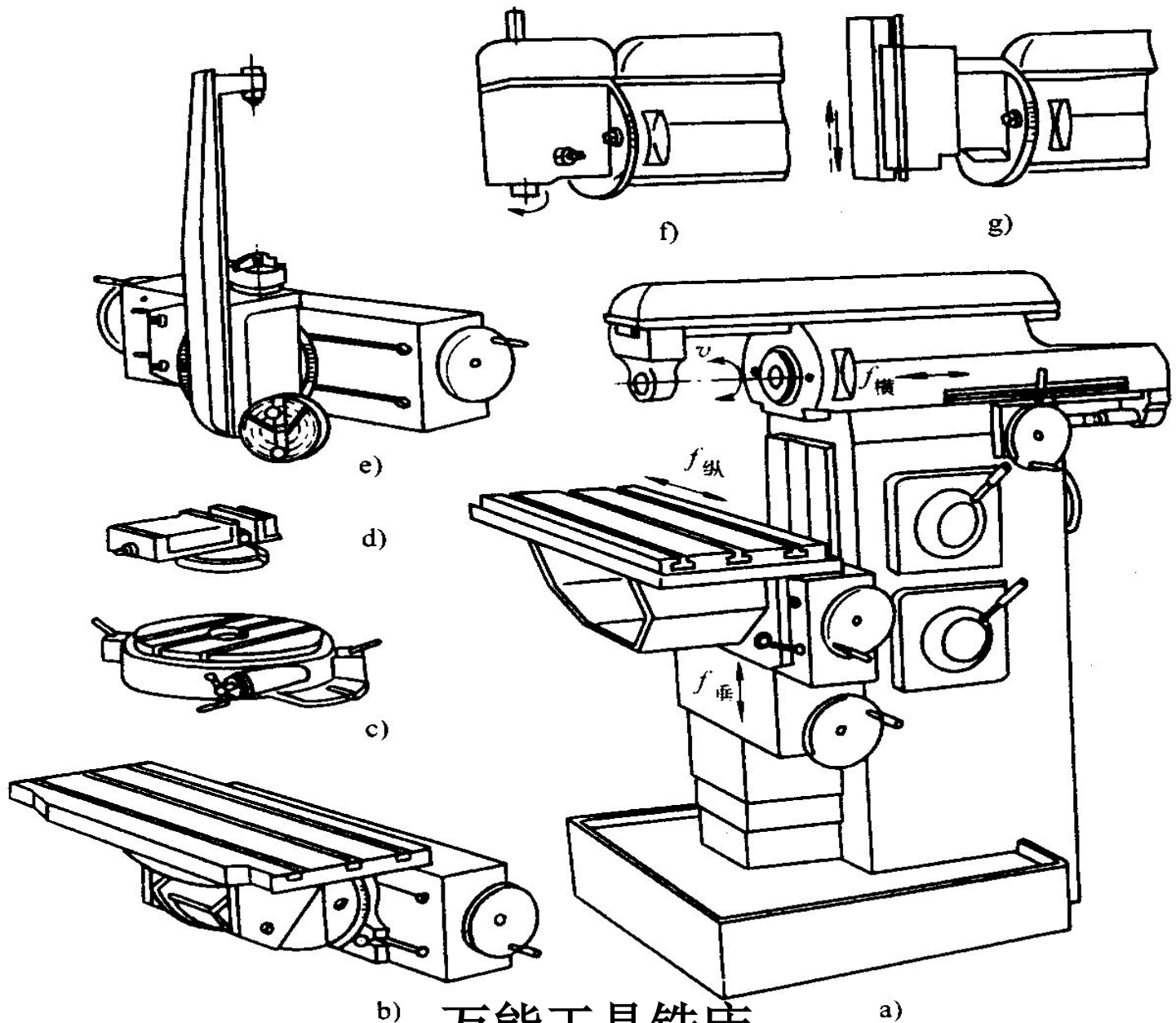
粗铣一般选大 a_p 和较大 a_f ；精铣一般选小 a_p 和小 a_f 。

- ◆ a_e 一般可根据加工面宽度决定，尽量一次铣出。

铣床基本知识

- ◆ 铣床是机械制造行业的重要设备，是一种应用广、类型多的金属切削机床。
- ◆ 铣床的种类有很多，常用的有下面几种：卧式升降台铣床、立式升降台铣床、万能工具铣床、数控铣床、龙门铣床、仿形铣床、圆台铣床、各种专业铣床等。





b) 万能工具铣床 a)

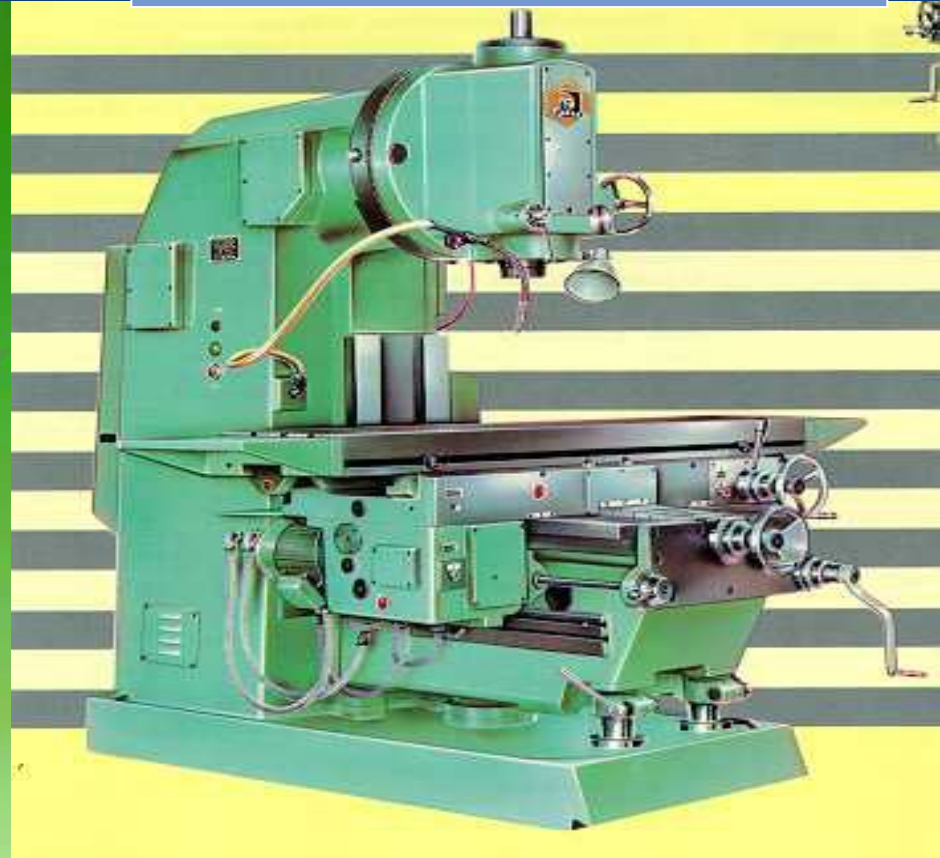
立式铣床与卧式铣床的主要区别

- ◆ 卧式铣床：主轴平行于工作台面
- ◆ 立式铣床：主轴垂直于工作台面

卧式万能升降台铣床



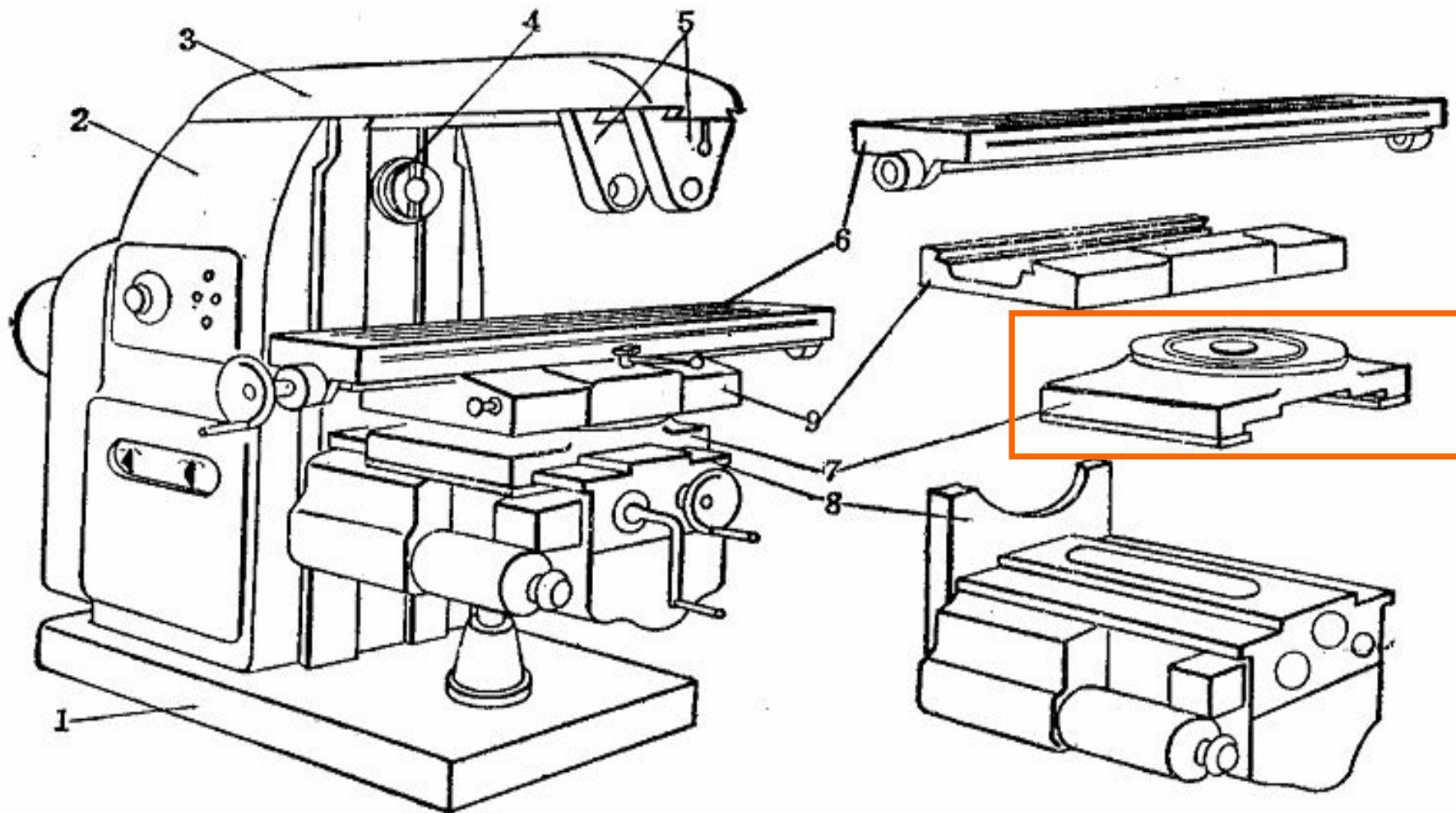
立式升降台铣床





卧式升降台铣床和万能升降台铣床

- ◆ 卧铣
- ◆ 特点：主轴位置水平。
- ◆ 组成：1-床身、2-悬梁、3-主轴、4-铣刀心轴、5-工作台、6-床鞍、7-升降台、8-底座
- ◆ 应用：铣削平面、沟槽和多齿零件等。



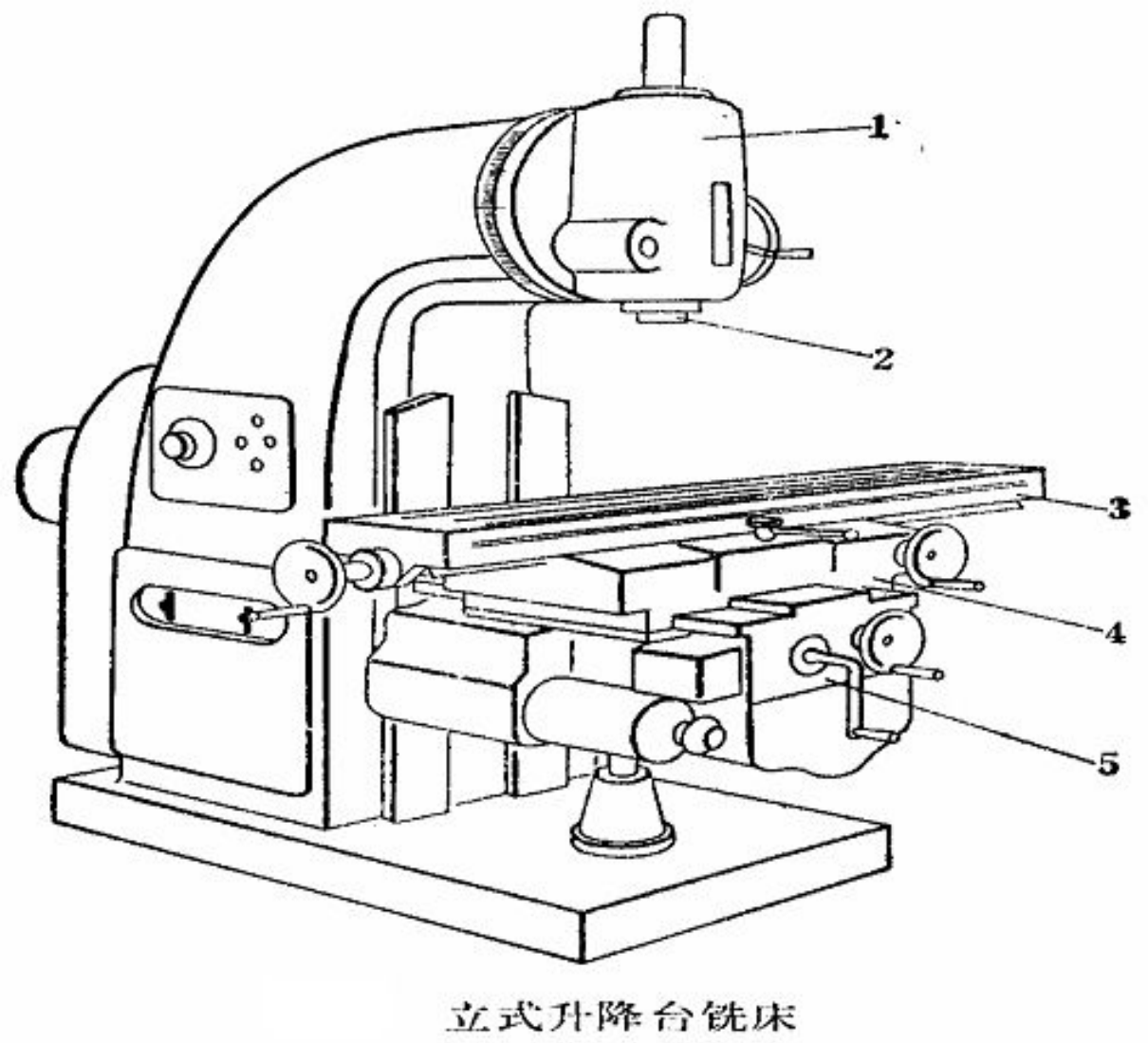
万能升降台铣床

1底座 2床身 3横梁 4主轴 5吊架 6纵向工作台 7转台 8横向工作台 9床鞍

以X6132为例 X——铣床 6——卧式 1——万能

32——工作台工作面宽度的1/10，即320mm。

- ◆ 立式升降台铣床的主轴是垂直安置的。
- ◆ 组成：1—铣头、2—主轴、3—工作台、4—床鞍、5—升降台
- ◆ 铣头1可根据加工要求在垂直平面内调整角度，主轴可沿其轴线方向进给或调整位置。
- ◆ 刀具——端铣刀或立铣刀
- ◆ 加工平面、斜面、沟槽、台阶、齿轮、凸轮等。
- ◆ 主参数——工作台宽度（1/10）



- 1 —— 立铣头
- 2 —— 主轴
- 3 —— 纵向工作台
- 4 —— 横向工作台
- 5 —— 升降台

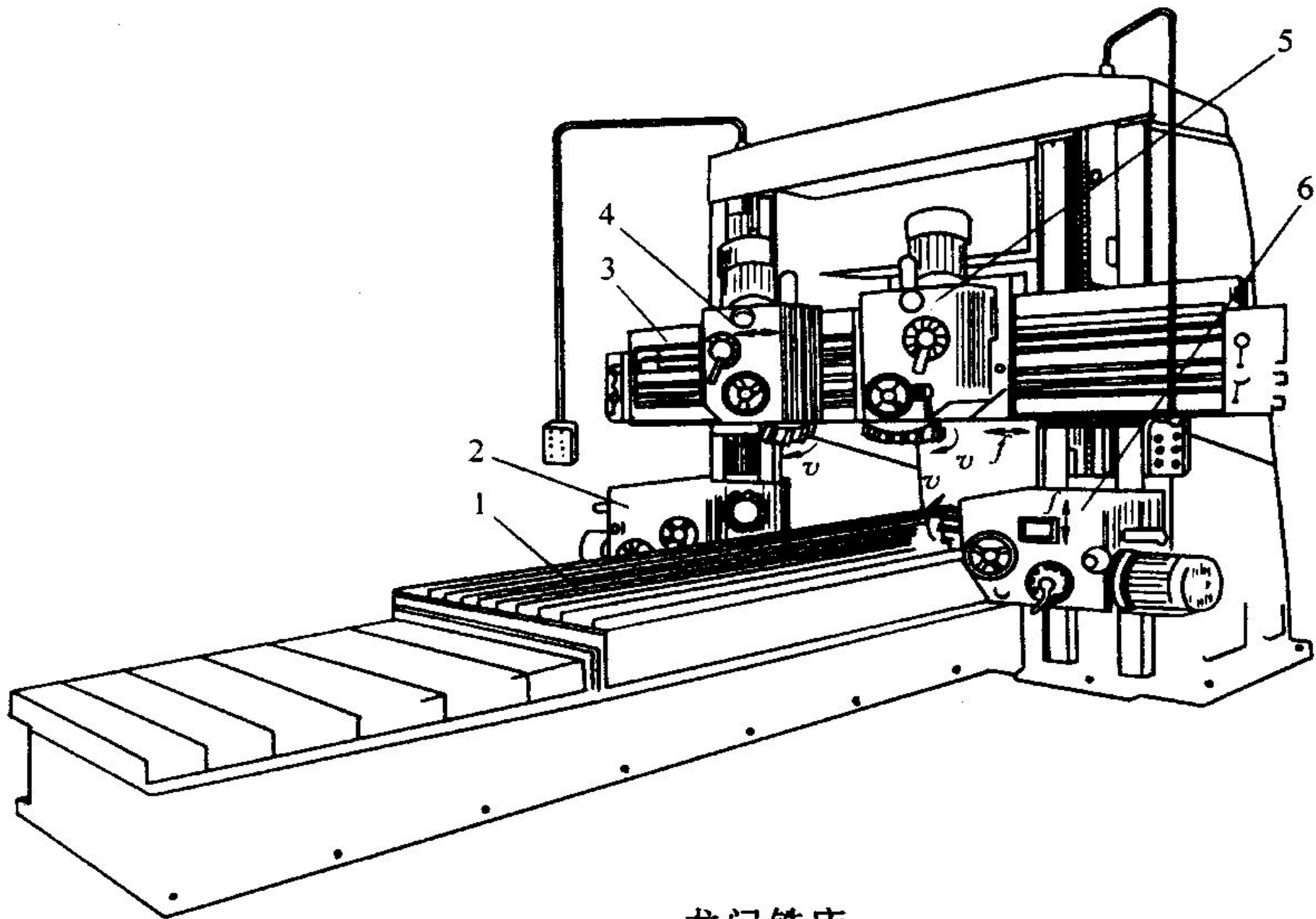
以X5032为例 X——铣床 50 ——立式升降台铣床
 32——工作台宽度的1/10，即320mm。

万能升降台铣床

- ◆ 结构与卧式升降台铣床基本相同
- ◆ 但在工作台5和床鞍6之间增加了一层转盘
- ◆ 转盘相对于床鞍在水平面内可调整角度（ $\pm 45^\circ$ 范围内），以便加工螺旋槽时工作台下斜向进给。

龙门铣床

- ◆ 大型高效能铣床
- ◆ 主要加工各类大型工件上的平面和沟槽，借助于附件还可完成斜面、内孔等加工
- ◆ 组成：工作台、水平铣头、横梁、垂直铣头、立柱、顶梁、床身
- ◆ 主参数——工作台宽度（1/100）



龙门铣床

1—工作台 2、6—水平铣头 3—横梁 4、5—垂直铣头

- ◆ 一般有3~4个铣头
- ◆ 每个铣头都是一个独立部件，包括单独的驱动电动机、变速传动机构、主轴部件及操纵机构等机构。
- ◆ 横梁3上的两个垂直铣头，可在横梁上沿水平方向（横向）调整位置
- ◆ 横梁本身以及立柱上的两个水平铣头可沿立柱上导轨调整其垂直方向上的位置。

- ◆ 各铣刀的切削深度均由主轴套筒带动铣刀主轴沿轴向移动来实现。
- ◆ 加工时，工作台连同工件作纵向进给运动。
- ◆ 龙门铣床可用多把铣刀同时加工几个表面——生产率较高。
- ◆ 应用——成批和大量生产。

铣刀的基本知识

◆ 一 铣刀切削部分材料的基本要求

- ◆ 1、高硬度和耐磨性；2、好的耐热性；3、高的强度和好的韧性；4、工艺性能好,能制造各种形状和尺寸的刀具.

◆ 二 铣刀的常用材料

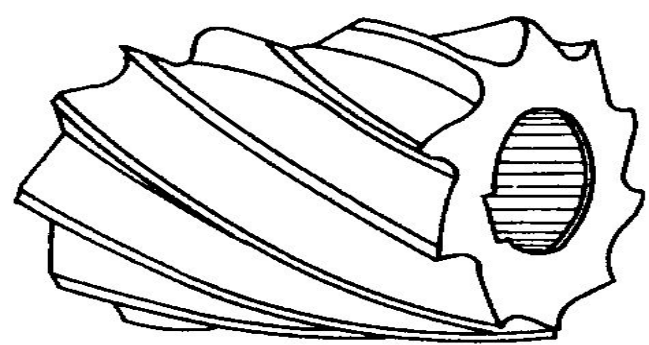
◆ 1 高速工具钢(简称高速钢锋钢等),有以下特点:

- ◆ (1) 合金元素钨铬钼钒的含量较高,淬火硬度可达HRC62~70, 在600度高温下,仍能保持较高的硬度.
- ◆ (2) 刃口强度和韧性好,抗振性强
- ◆ (3) 工艺性能好,锻造加工和刃磨都比较容易,还可以制造形状较复杂的刀具.
- ◆ (4) 与硬质合金比,硬度较低,红硬性和耐磨性差。
- ◆ 常用牌号有W18Cr4V W6Mo5Cr4V2和W14Cr4VMnRe等
通常用来制造整体式铣刀

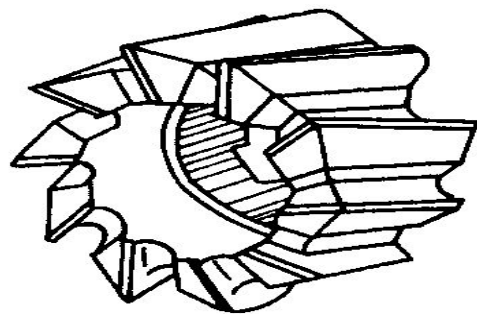
- ◆ **2 硬质合金** 是金属碳化物碳化钨 碳化钛和以钴为主的金属粘结剂经粉末冶金工艺制造而成的,其主要特征如下:
 - ◆ (1)能耐高温,在800~1000度左右仍能保持良好的切削性能.可选用比高速钢高4~8倍的切削速度.
 - ◆ (2)常温硬度高,耐磨性好.
 - ◆ (3)抗弯强度低,冲击韧性差,刀刃不易磨得很锋利.
- ◆ 常用的硬质合金一般可以分为三大类:
 - ◆ 1)钨钴类(YG) 它由硬质相碳化钨和金属粘结剂组成.常用的牌号有YG3 YG6和 YG8等.
 - ◆ 2)钨钛钴类硬质合金(YT) 它由硬质相碳化钨 碳化钛和金属粘结剂钴组成.常用的牌号有YT5 YT15和YT30等.
 - ◆ 3)通用硬质合金. 在上述两种材料中加入适量稀有金属的碳化物,如碳化钽和碳化铌等.其牌号有YW1 YW2和YA6等.
- ◆ 通常用于制造铣刀上的切削部分的镶块

铣刀的特点及种类

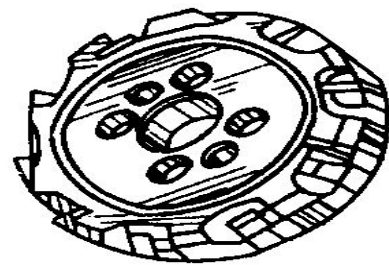
- ◆ 铣刀是一种多齿刀具,切削时每齿周期性切入和切出工件,对散热有利,铣削效率较高.
- ◆ 铣刀的种类很多,根据铣刀的安装方法分为:
 - (1) **带孔铣刀**——带孔的铣刀需要装在铣刀心轴上,多用于卧式铣床.
 - (2) **带柄铣刀**——又分为直柄和锥柄两种,多用于立式铣床.
- ◆ 常用铣刀的形状及用途如图所示:



a)



b)

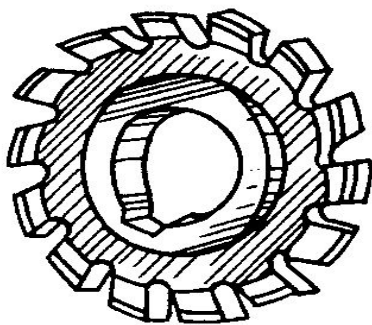


c)

铣平面用铣刀



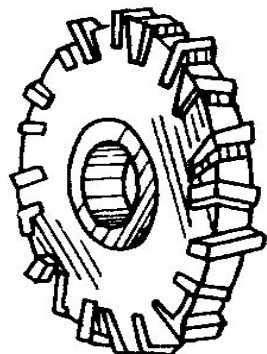
a)



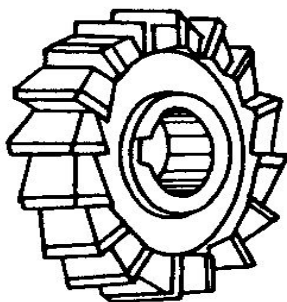
b)



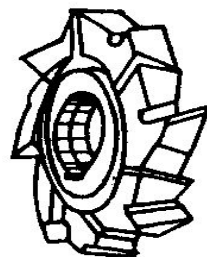
c)



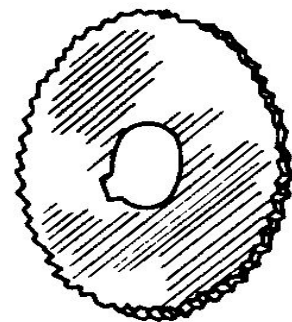
d)



e)



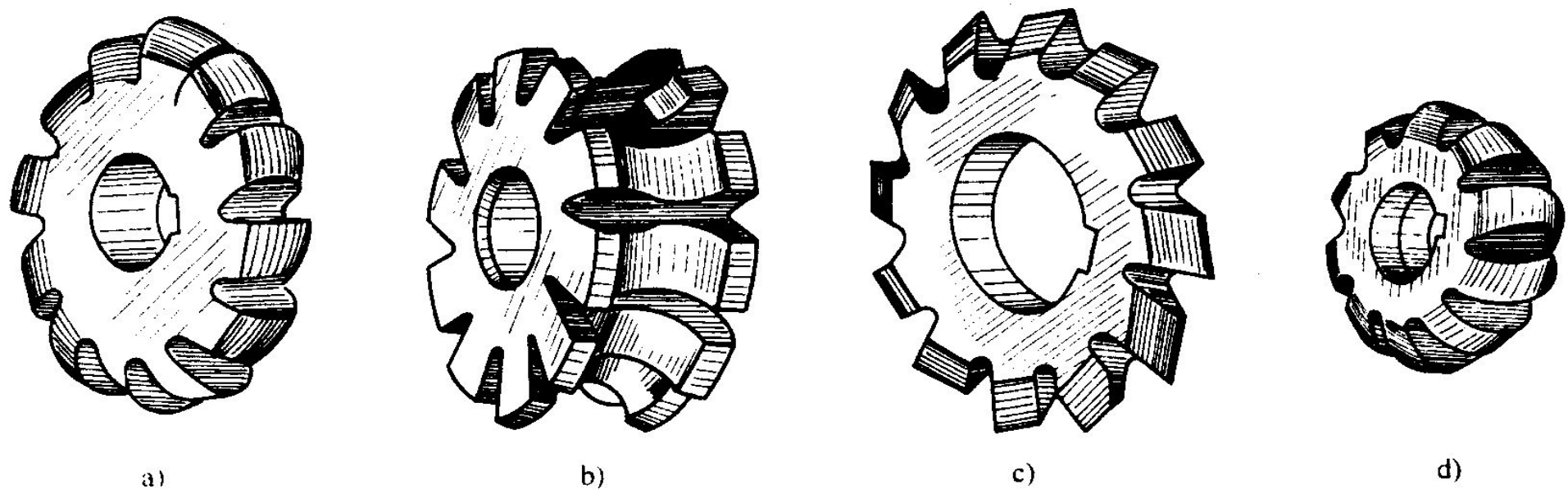
f)



g)

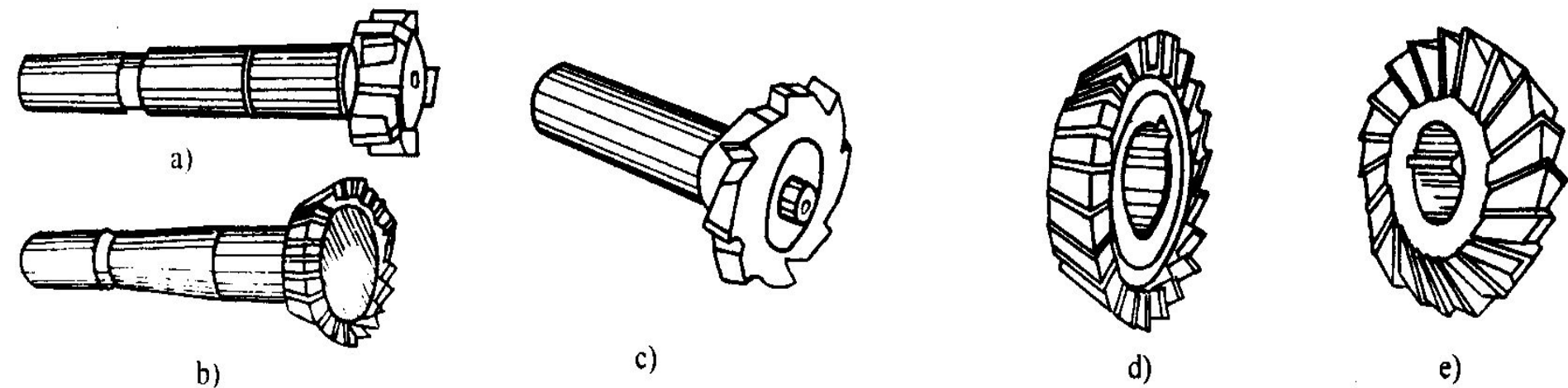
铣沟槽用铣刀

键槽铣刀 b) 盘形槽铣刀 c) 立铣刀 d) 镶齿三面刃铣刀 e) 三面刃铣刀 f) 错齿三面刃铣刀 g) 锯片铣刀



铣成形面用铣刀

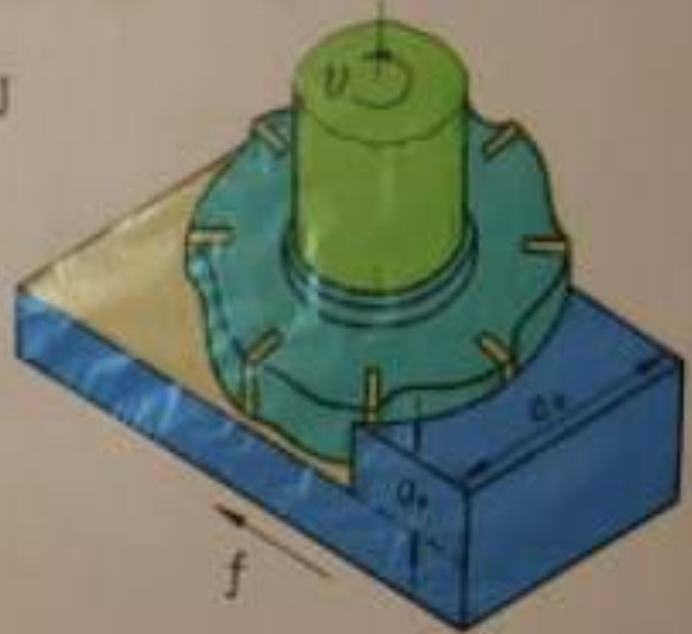
a) 凸半圆铣刀 b) 凹半圆铣刀 c) 齿轮铣刀 d) 成形铣刀



铣成形沟槽用铣刀

a) T形槽铣刀 b) 燕尾槽铣刀 c) 半圆键槽铣刀 d) 单角铣刀 e) 双角铣刀

端铣刀



圆柱铣刀



槽铣刀



两面刃铣刀

三面刃铣刀



铣刀的类型(一)

1. 端铣刀
2. 圆柱铣刀
3. 槽铣刀
4. 两面刃铣刀
5. 三面刃铣刀



错齿三面刃铣刀



立铣刀



键槽铣刀



单角度铣刀



成型铣刀



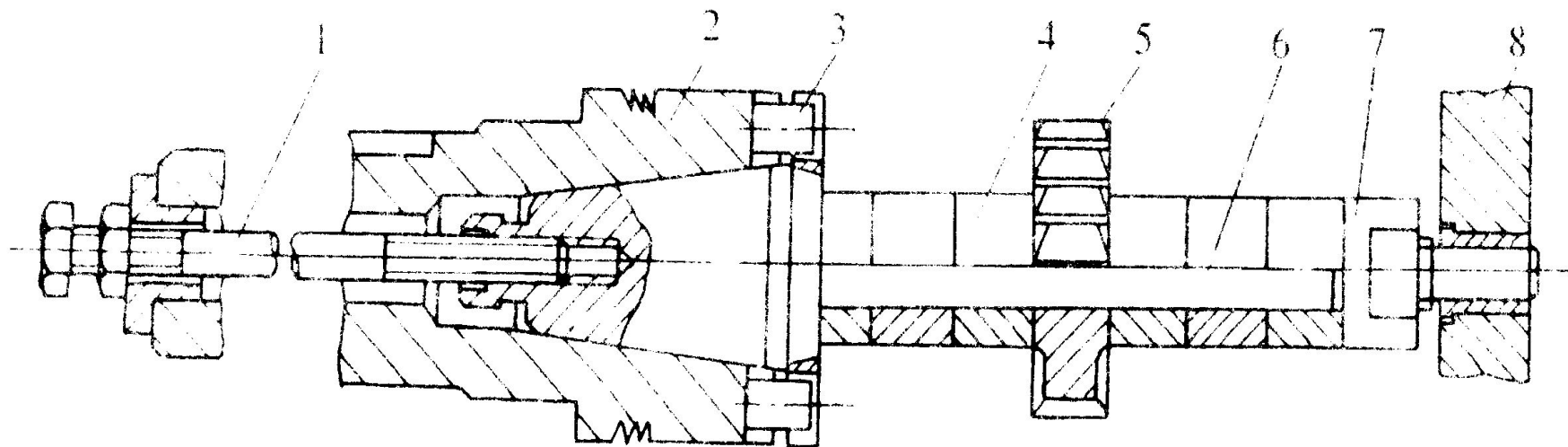
双角度铣刀

铣刀的类型(二)

1. 铣刀的种类
2. 铣刀的用途
3. 铣刀的切削原理
4. 铣刀的切削速度
5. 铣刀的进给量
6. 铣刀的切削力

铣刀的安装

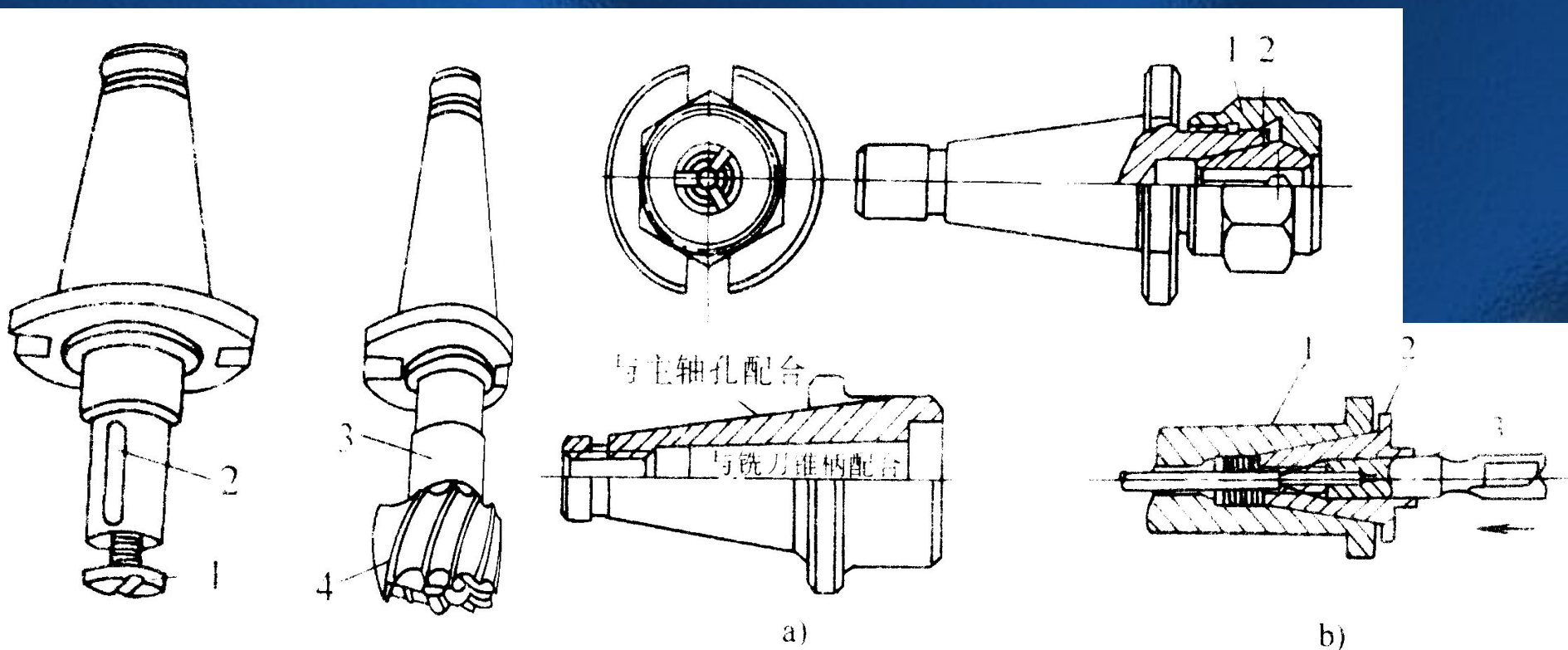
- ◆ 一. 带孔铣刀的安装 这类铣刀由于中心都有一个孔,所以须安装在铣刀刀杆上,圆柱形 圆盘形铣刀多用长刀杆安装. 注意以下几方面:
 - ◆ (1)铣刀应尽可能地靠近主轴,以保证铣刀的刚度.
 - ◆ (2)套筒的端面和铣刀的端面必须擦干净,以减小铣刀的跳动.
 - ◆ (3)拧紧刀杆的压紧螺母时,必须先装上吊架,以防刀杆受力弯曲.

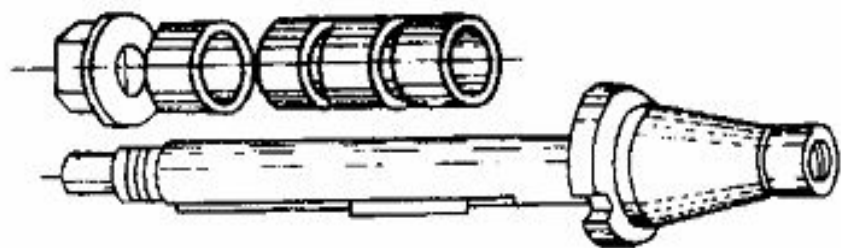


二 带柄铣刀的安装 这类铣刀是靠柄部定心来安装或夹持的。

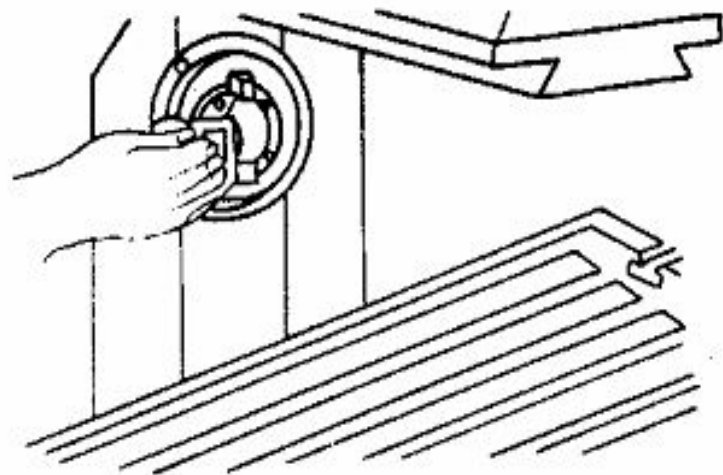
(1)直柄铣刀因直径较小,可以用通用夹头和弹簧夹头安装在铣床上。

(2)锥柄铣刀的锥柄尺寸和锥度与铣床主轴相符时,可用拉紧螺杆从主轴孔的后面直接拉紧铣刀即可;若不符时,用一个内孔与铣刀锥柄相符而外锥与主轴孔相符的过渡套将铣刀装入主轴孔内即可。





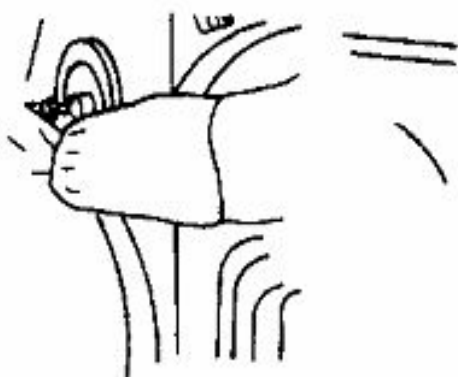
a)



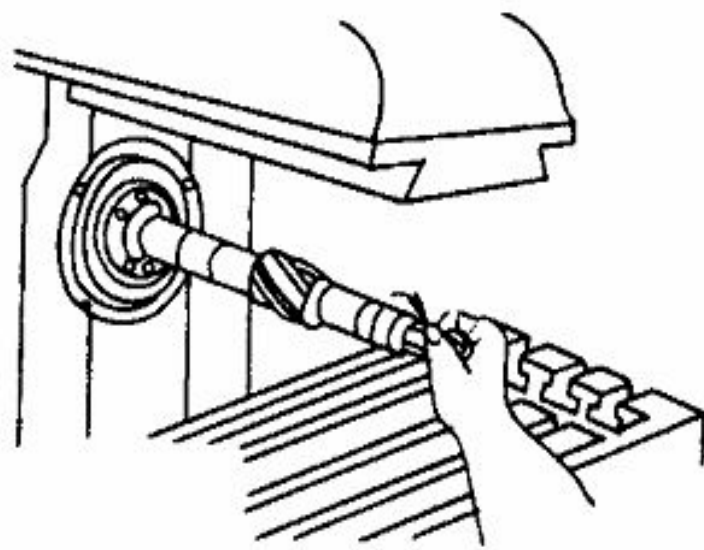
b)



c)



d)



e)

带孔铣刀的安裝

铣床附件

- 1、**平口钳** 铣削一般的长方体零件的平面、台阶面、斜面及轴类零件的沟槽时，都可以用平口钳装夹工件。
- 2、**万能铣头** 用于卧式铣床，它不仅能完成各种立铣工作，还可以根据铣削要求把铣头的主轴扳转为任意角度。
- 3、**回转工作台** 简单分度（如铣四方、六方等工件）以及铣圆形表面和曲线槽。
- 4、**万能分度头** 是铣床的重要附件，可铣四方、六方、齿轮、花键、刻线、加工螺旋槽及球面等。



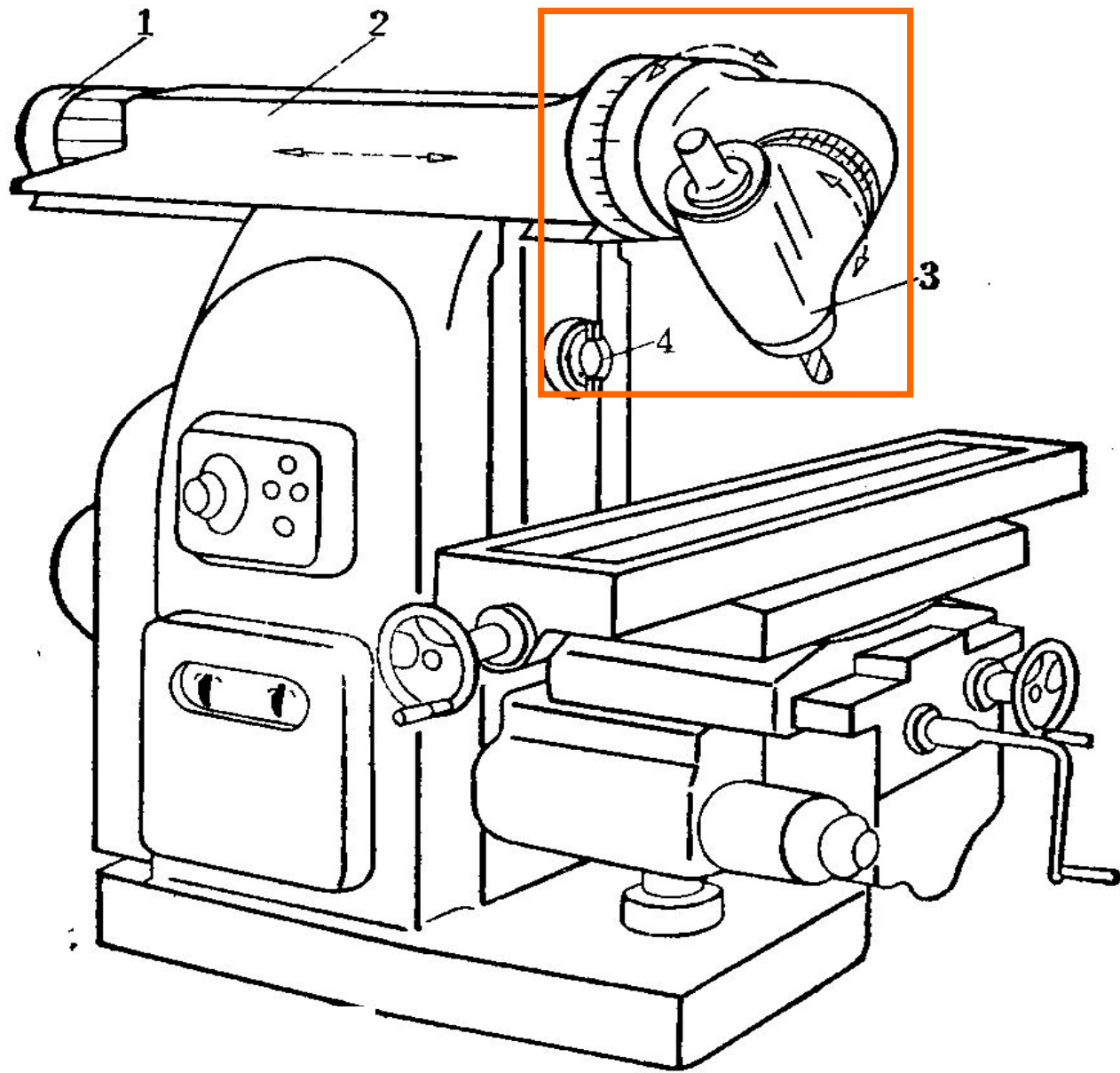
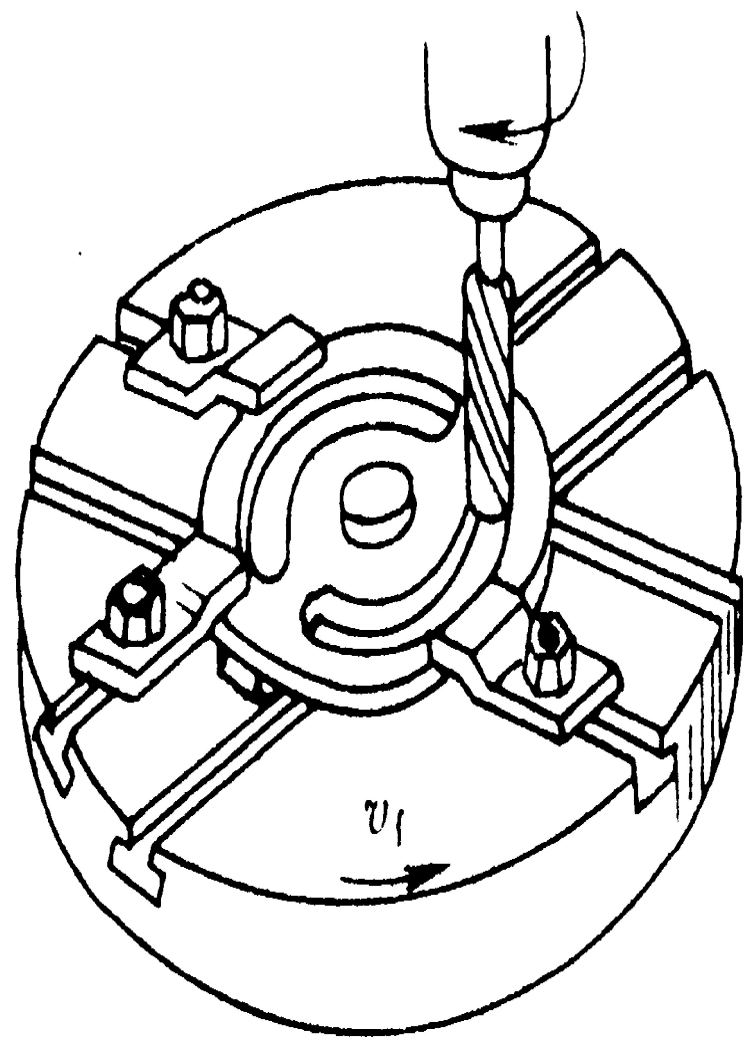
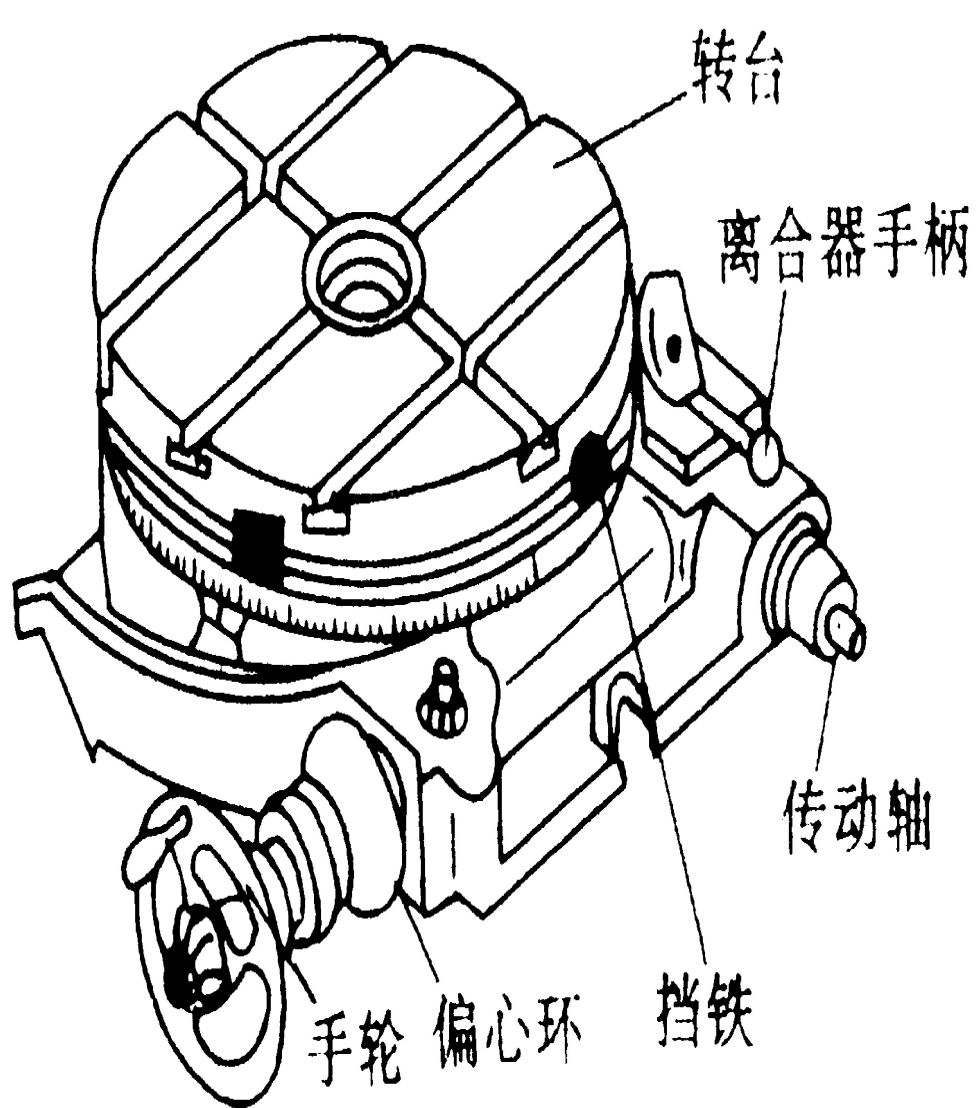
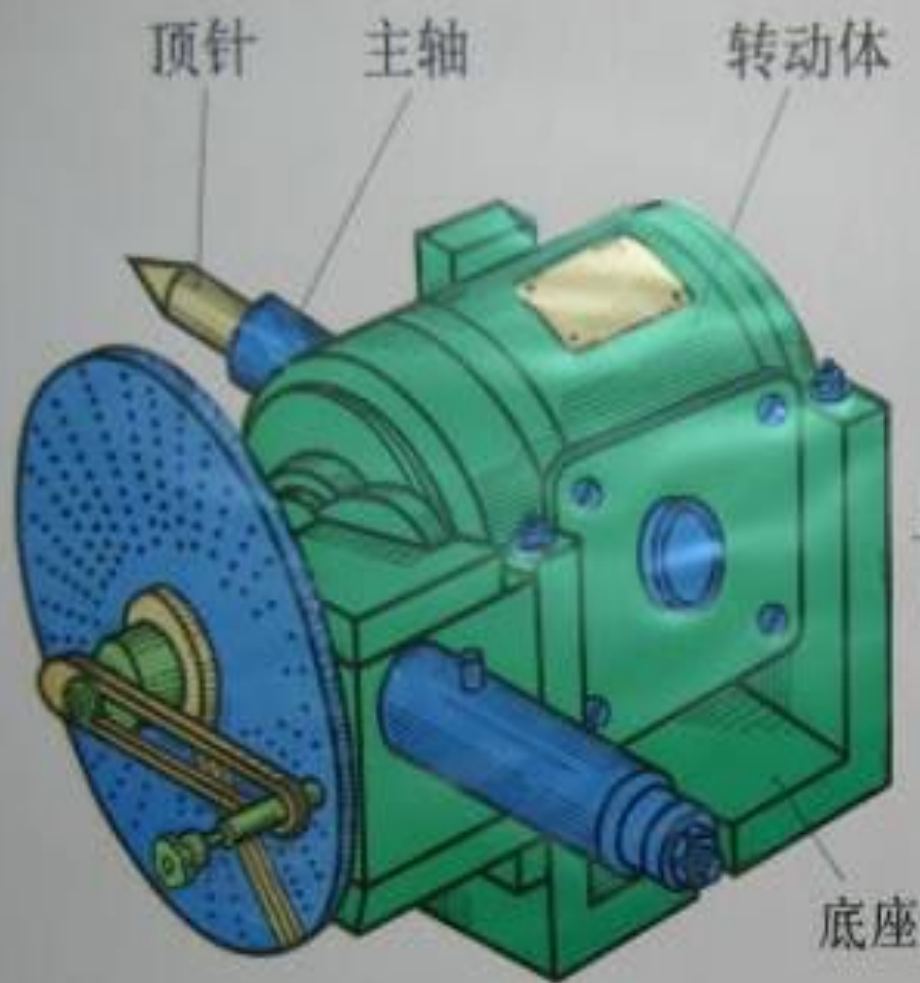


图4-4 万能回转头铣床







a) 外形图



b) 分度盘

分度头

简单分度法

分度时，摇动分度手柄，通过齿轮和蜗杆蜗轮传动带动分度头主轴和工件旋转进行分度。齿轮传动比为1:1，蜗轮齿数为40，因此，手柄转一圈时，工件只转 $1/40$ 圈。若工件圆周需分 Z 等份，每分一份要求工件转过 $1/Z$ 圈。则分度手柄的转数可以由比例关系求得

分度盘第一块正面：24、25、28、30、34、37；

反面：38、39、41、42、43；

第二块正面：46、47、49、51、53、54；

反面：57、58、59、62、66。

例题：要铣一齿轮，其齿数为 $Z=11$ ，问每铣一齿后，分度手柄应转多少圈？

解：将 $Z=11$ 代入公式

$$\frac{7}{11}$$

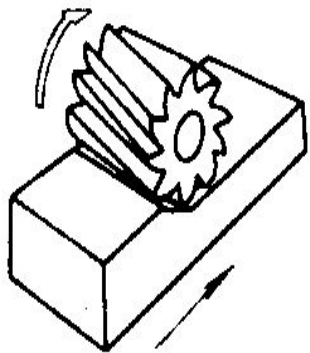
$$n = 40/z = 40/11 = 3$$

选用66的孔圈，则分子与分母同时扩大11倍即 $42/66$

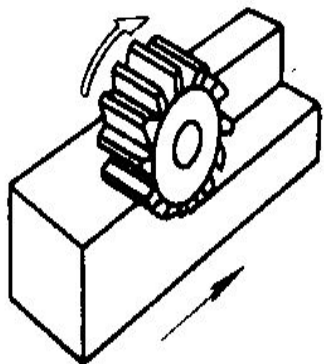
即每铣完一个齿后，分度头的定位销须在66的孔圈上转3圈另加42个孔距。

铣削工艺范围

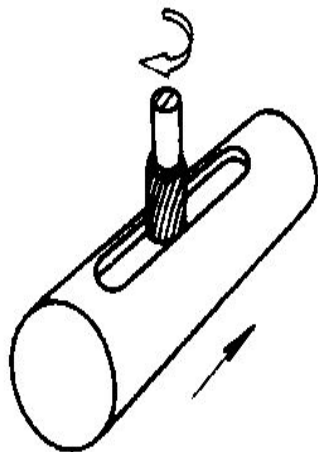
- ◆ 平面（水平面、垂直面等）
- ◆ 沟槽（键槽、T型槽、燕尾槽等）
- ◆ 多齿零件上齿槽（齿轮、链轮、棘轮、花键轴等）
- ◆ 螺旋形表面（螺纹和螺旋槽）
- ◆ 各种曲面
- ◆ 回转体表面及内孔
- ◆ 切断



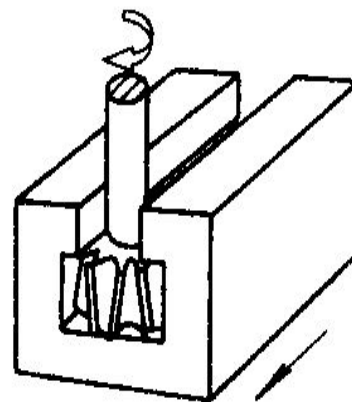
a 铣平面



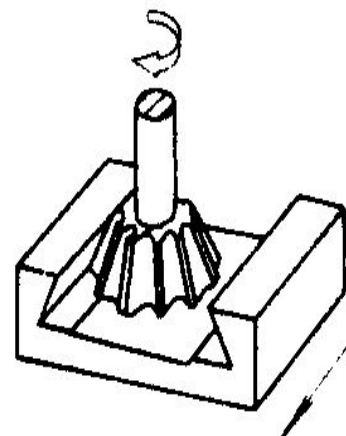
b 铣台阶面



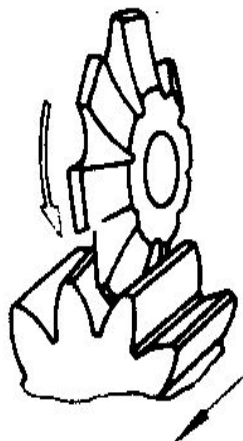
c 铣键槽



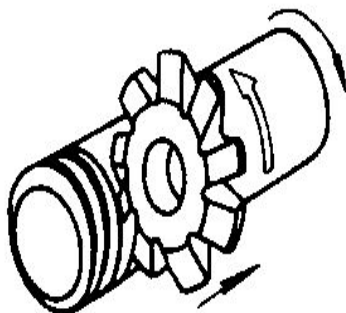
d 铣T型槽



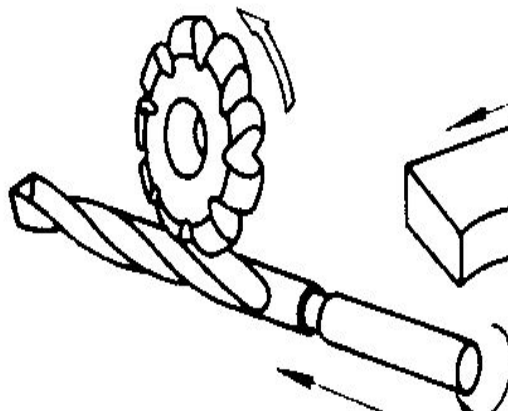
e 铣燕尾槽



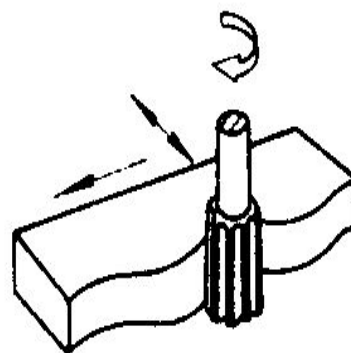
f 铣齿轮



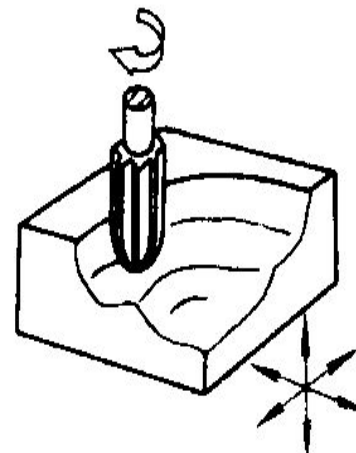
g 铣成形面



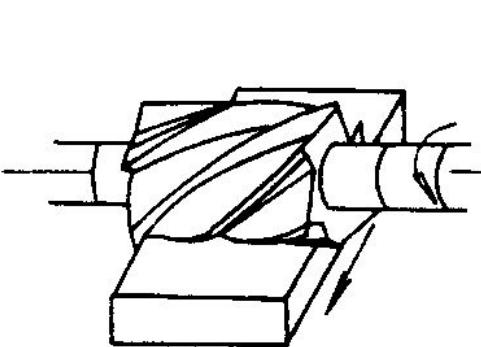
h 铣螺旋槽



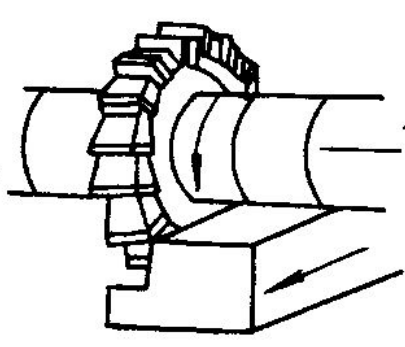
i 铣圆弧曲面



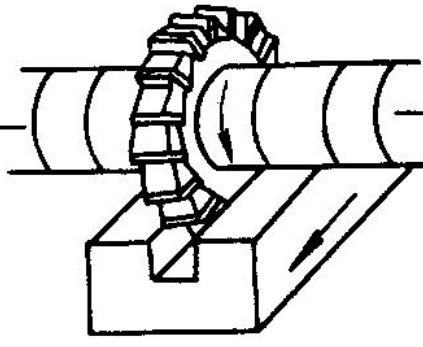
j 铣凹平面



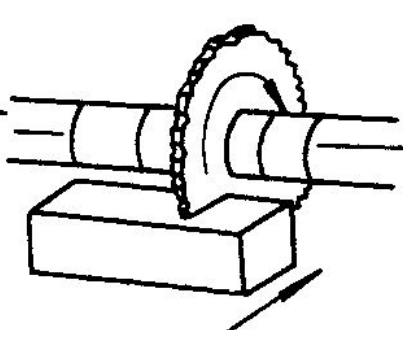
a 铣平面



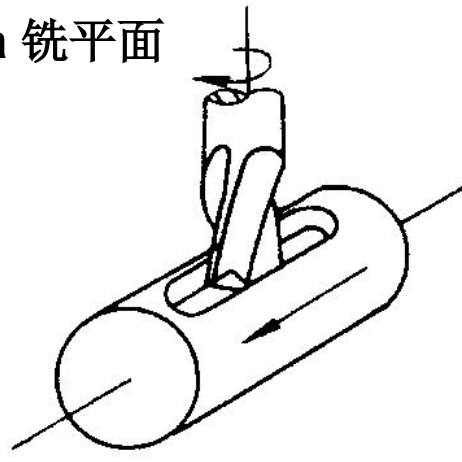
b 铣台阶面



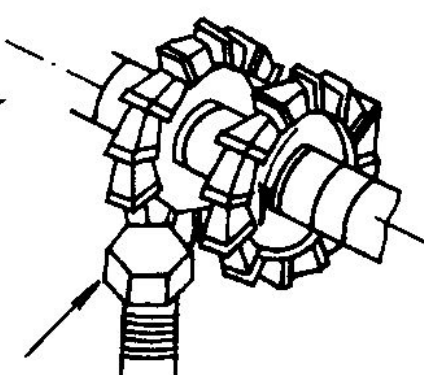
c 铣直槽



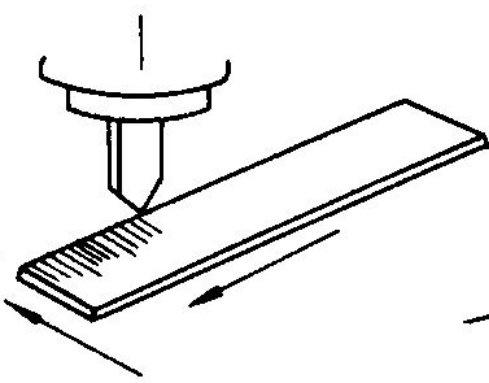
d 切断



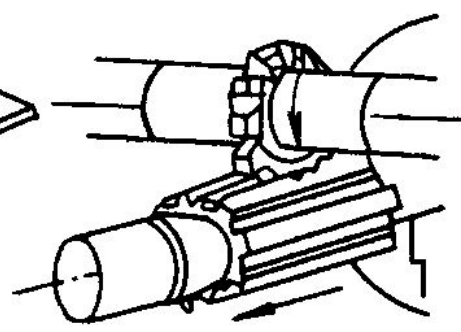
e 铣键槽



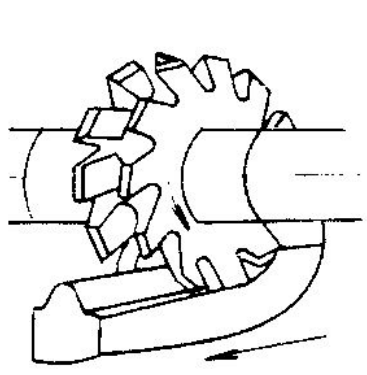
f 铣等份件



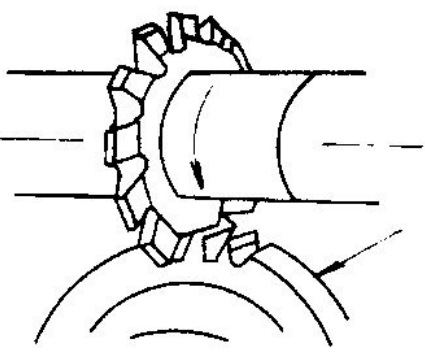
g 刻线



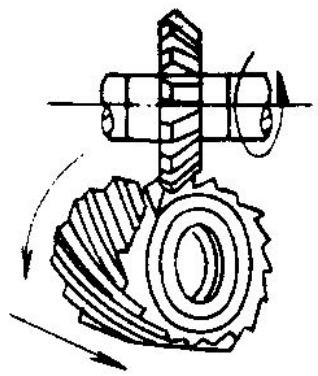
h 铣花键



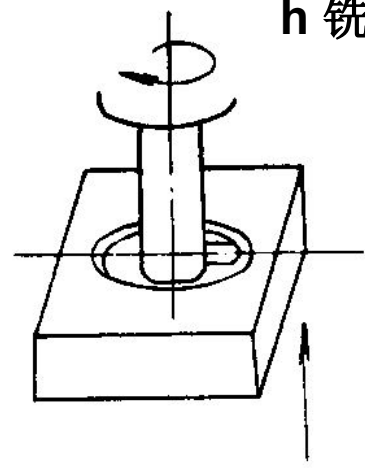
i 铣成型面



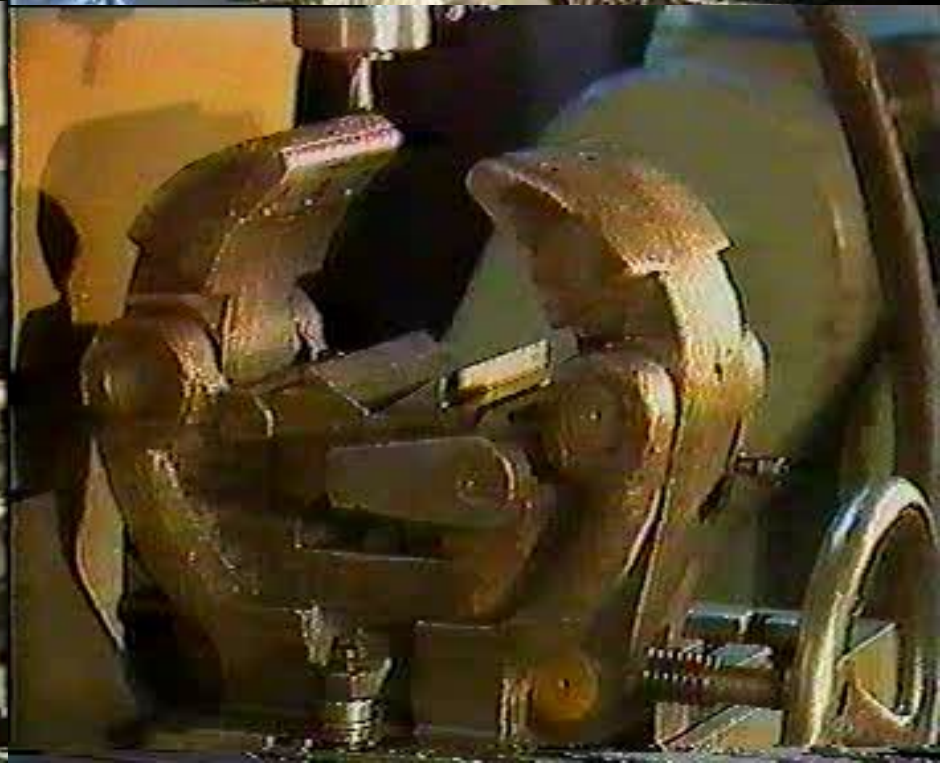
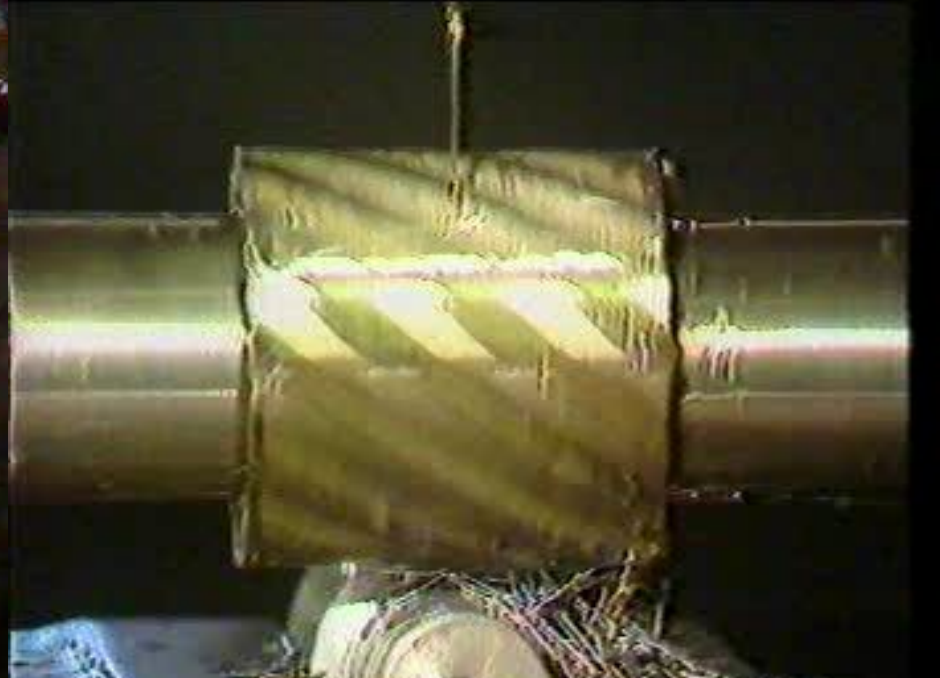
j 铣齿轮



k 铣斜齿轮



l 铣孔



铣削方式

- ◆ 铣削可分为——端铣和周铣

分别在立式铣床和卧式铣床上进行

1、端铣——刀杆粗而短，刚性好，而且端铣刀直径大，通常镶嵌硬质合金刀片，所以不但容易实现高速铣削或强力铣削，而且每一行程的铣削宽度可达数百毫米（取决于铣刀直径）

（1）对称铣削：铣刀的轴线位于工件的中心时的铣削。

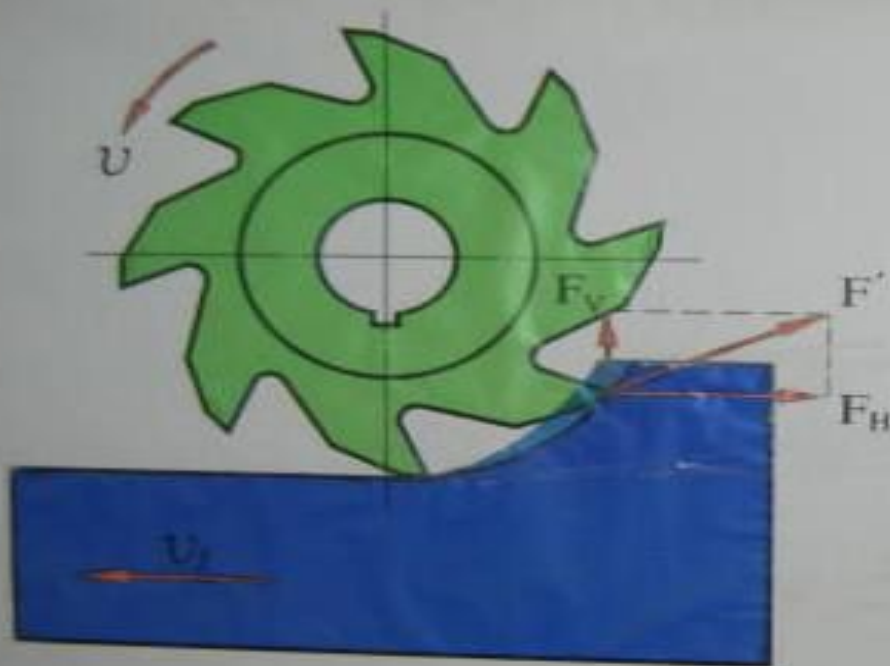
（2）不对称铣削：铣刀的轴线偏于工件一侧时的铣削。

2、周铣：即用圆周刀刃铣削，铣刀刀杆细长，刚性很差；铣刀直径小；铣切宽度较窄（取决于铣刀宽度）

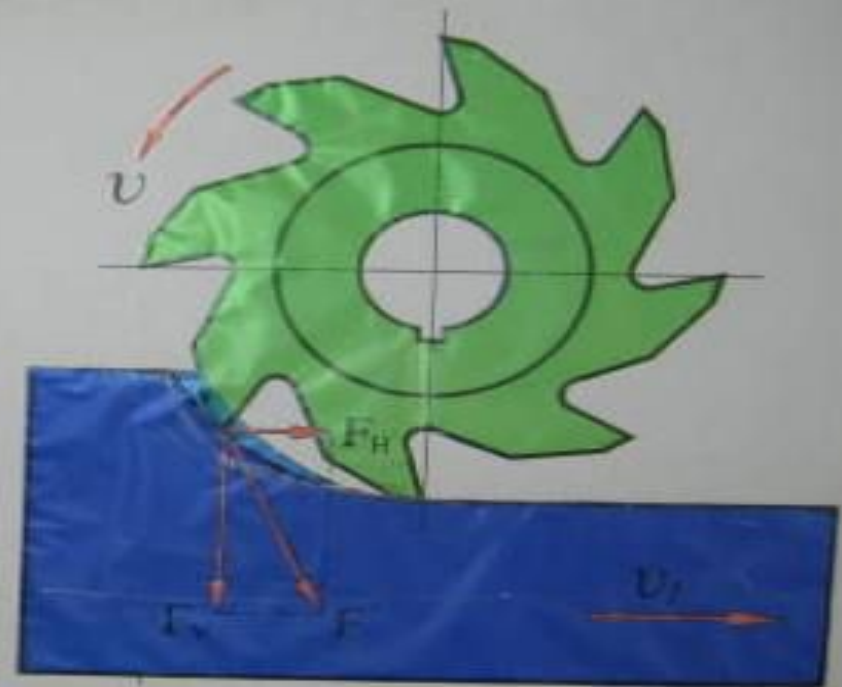
(1) 逆铣：铣刀的旋转方向与工件的进给方向相反。

(2) 顺铣：铣刀的旋转方向与工件的进给方向相同。

- ◆ 端铣生产率高于周铣
- ◆ 大批、大量生产中加工平面一般都采用端铣



逆 铣



顺 铣

逆 铣 和 顺 铣

端铣的加工质量略优于周铣

- ◆ 周铣时通常只有1~2个刀齿同时在进行切削工作，并且切削厚度的变化也较大，当刀齿切入和切出时，切削力波动较大，并产生一定的冲击
- ◆ 端铣同时参加切削的刀齿常多于2个，切削厚度的变化也较小，所以切削过程比周铣平稳

- ◆ 端铣的切削工作是由沿铣刀外圆排列的主切削刃完成的，端面方向的副切削刃对已加工面起修光作用，故可获得较小的表面粗糙度
- ◆ 周铣不仅没有修光刃，而且被加工表面实际上是由一连串圆弧所组成，故其加工的表面粗糙度稍大于端铣；
- ◆ 端铣的刀杆刚度远高于周铣，故切削振动较小

铣削生产率高于刨削

- ◆ 在多数情况下，铣削的生产率明显地高于刨削
- ◆ 铣刀是多刃刀具，在同一时刻有若干刀齿进入切削部位；
- ◆ 且每一刀齿的大部分时间都在冷却；
- ◆ 冲击现象也较刨削轻微
- ◆ 铣削时没有回程时间损失

- ◆ 对于狭长平面（如导轨、长槽等），刨削生产率甚至高于铣削。
- ◆ 因为铣削进给量 mm / min 并不因工件变狭而改变；
- ◆ 而刨削则因工件变狭而减少横向走刀的次数
- ◆ 因此在成批生产中加工狭长平面时还经常采用刨削

实习时注意安全