

# 第八章 铣削

§ 8—1 铣床

§ 8—2 铣床附件及工件的一般装夹方法

§ 8—3 铣刀、铣削用量和铣削方式

§ 8—4 铣削方法

§ 8—5 铣削的工艺特点与铣削实例

铣削——铣刀旋转作主运动、工件或铣刀作进给运动的切削加工方法。



铣削概述

---



铣削的主要内容

---

# § 8—1 轴类零件的加工

- 一、X6132型万能升降台铣床简介
- 二、其他常用铣床简介

# 一、X6132型万能升降台铣床简介

1. 铣床外形
2. 主要部件及其功用



### 3. 性能及结构特点

功率大，转速高，变速范围宽，刚性好，操作方便、灵活，通用性强。

可以安装万能立铣头，使铣刀偏转任意角度，完成立式铣床的工作。

加工范围广，能加工中小型平面、特形表面、各种沟槽、齿轮、螺旋槽和小型箱体工件上的孔等。

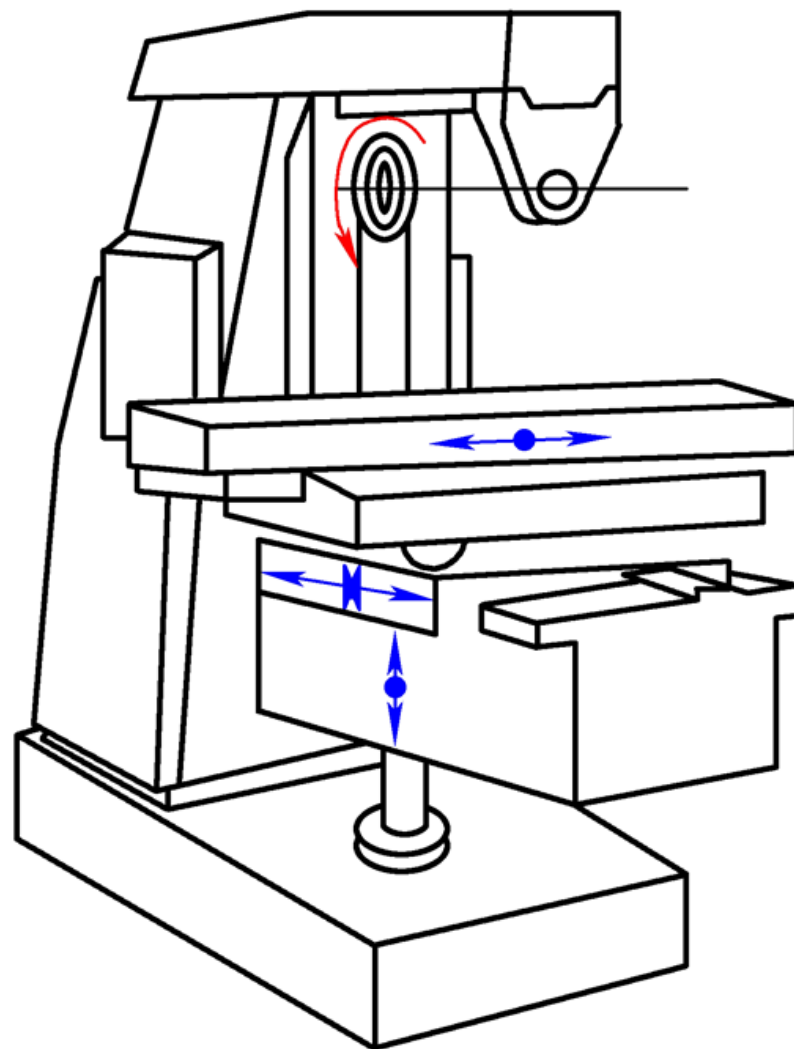
## 4. 铣床的运动

**主运动**——主轴（铣刀）的回转运动。

**进给运动**——工作台（工件）的纵向、横向和垂直方向的移动。



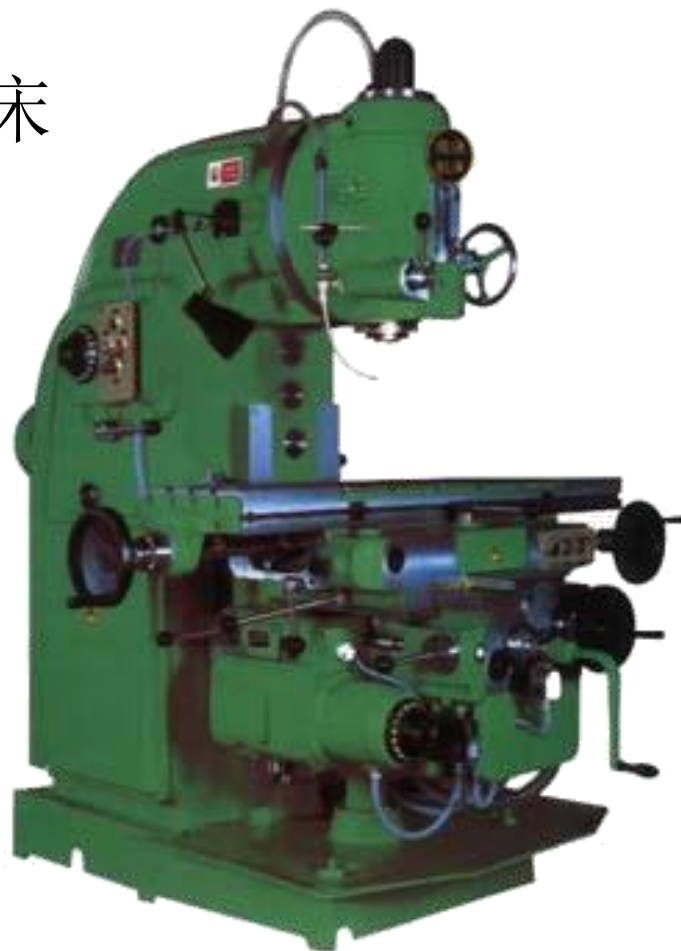
铣床的运动



## 二、其他常用铣床简介

### 1. X5032型立式升降台铣床

- 主轴位置与工作台台面垂直，安装在可以偏转的铣头壳体内
- 工作台与横向溜板连接处没有回转盘，所以，工作台在水平面内不能扳转角度



## 2. X8126型万能工具铣床

- 其垂直主轴能在平行于纵向的垂直平面内作 $\pm 45^\circ$  范围内任意所需角度的偏转
- 在垂直台面上可安装水平工作台，
- 使用圆工作台后，可实现圆周进给运动和在水平面内作简单的圆周等分，可加工圆弧轮廓面等曲面
- 使用万能角度工作台，可使工作台在空间绕纵向、横向、垂直方向三个相互垂直的坐标轴回转角度，以适应各种倾斜面和复杂工件的加工
- 机床不能用挂轮法加工等速螺旋槽和螺旋面





### 3. X2010C型龙门铣床

- 框架式结构，刚性好，适宜进行高速铣削和强力铣削
- 横向和垂直方向的进给运动由主轴箱和主轴或横梁完成，工作台只能作纵向进给运动



## § 8—2 铣床附件及工件的一般装夹方法

一、铣床主要附件

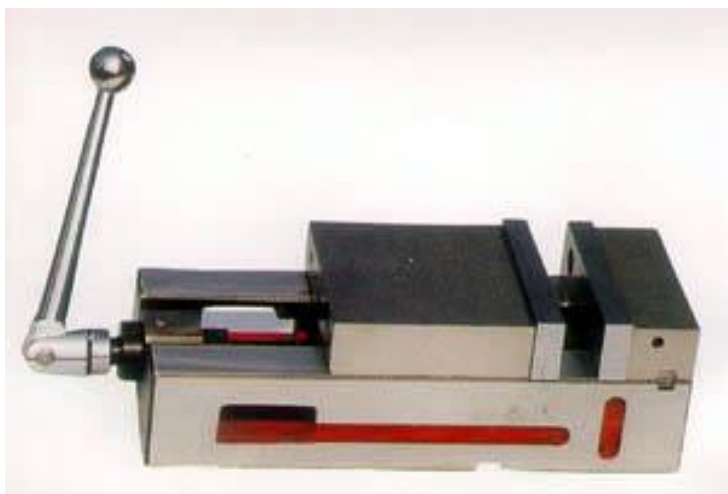
二、工件的一般装夹方法

# 一、铣床主要附件

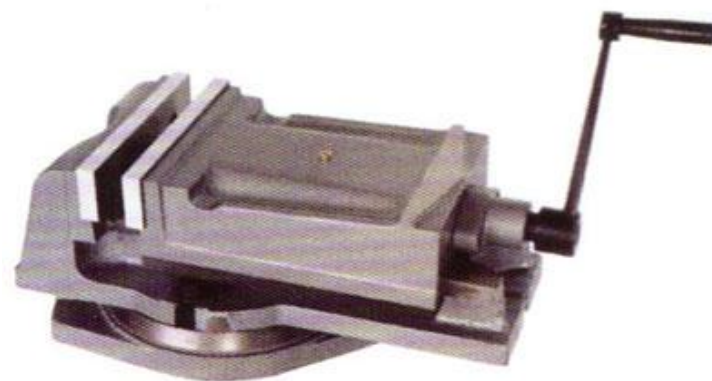
## 1. 平口钳



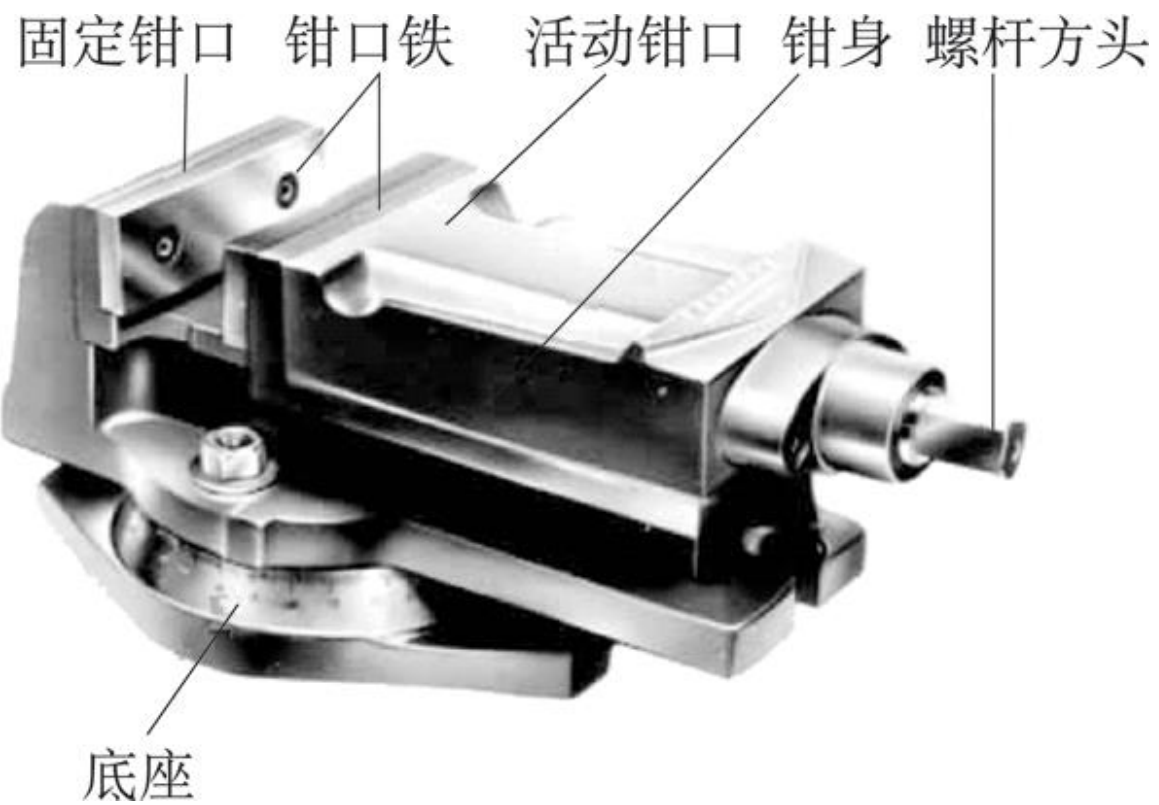
平口钳



非回转式



回转式



## 2. 回转工作台



回转工作台

- 卧轴式
  - 立轴式
- 手动进给回转工作台
- 机动进给回转工作台



手动



机动

### 3. 万能分度头



#### 万能分度头及其使用

1—手柄

2—分度盘

3—顶尖

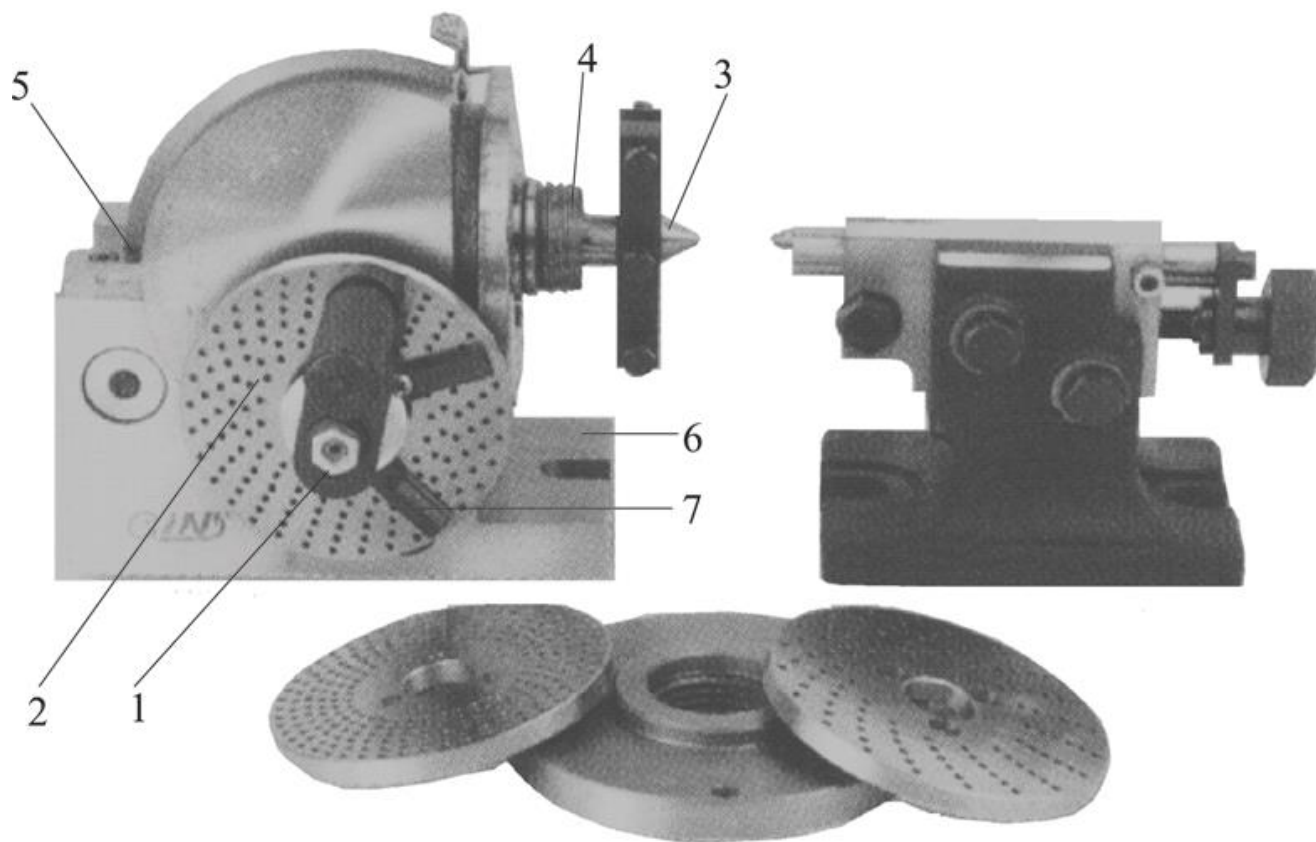
4—主轴

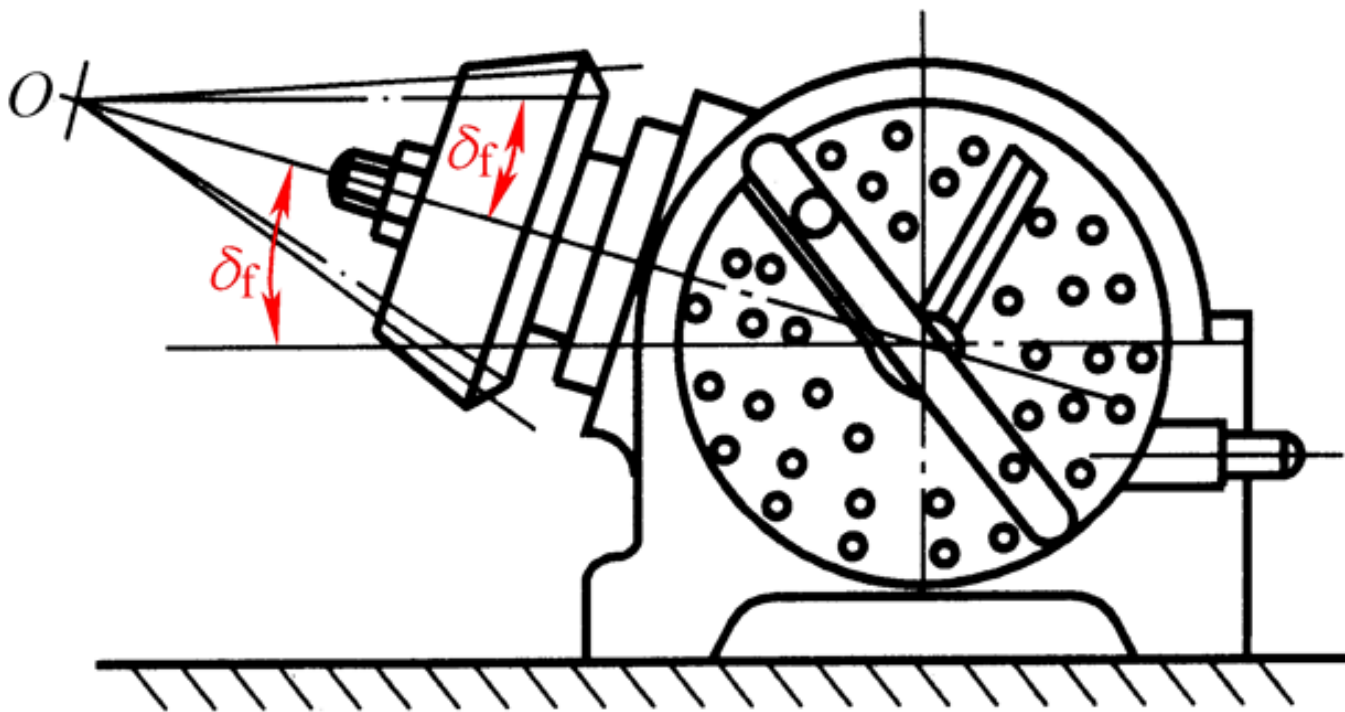
5—回转体

6—基座

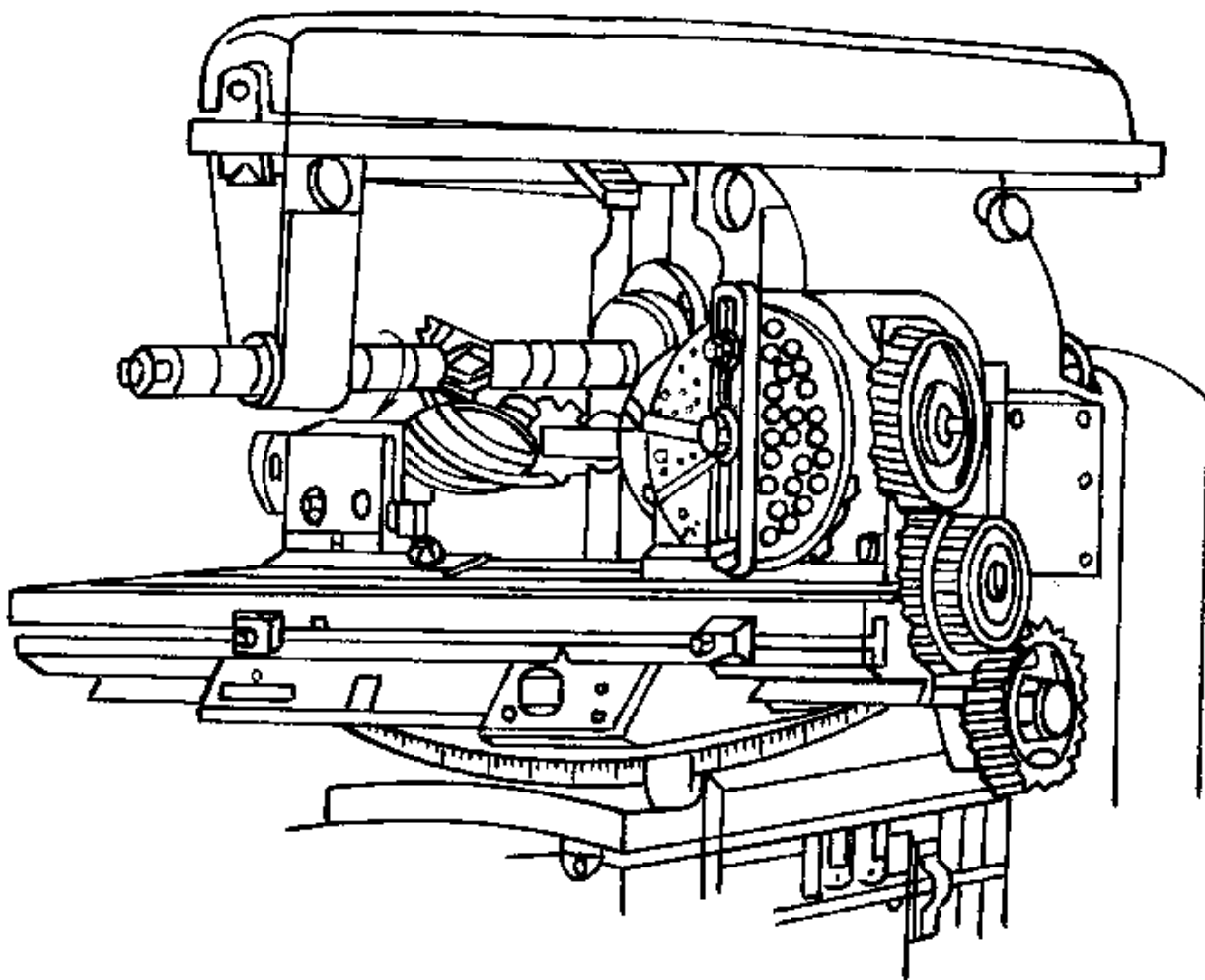
7—侧轴

8—分度叉





铣削锥齿轮时工件的安装



分度头用于螺旋槽铣削



## 4. 立铣头

立铣头安装于卧式铣床的主轴端，由铣床主轴以传动比 $i=1$ 驱动立铣头主轴回转，使卧式铣床起立式铣床的功用，从而扩大了卧式铣床的工艺范围。

立铣头主轴在垂直平面内可扳转角度范围为 $\pm 45^\circ$ ，立铣头主轴转速与铣床主轴转速相同。



## 5. 万能铣头

与立铣头的区别是结构上增加了一个可转动的壳体与铣头壳体的轴线互成 $90^\circ$  的角度。因此，铣头主轴可实现空间转动。



万能立铣头



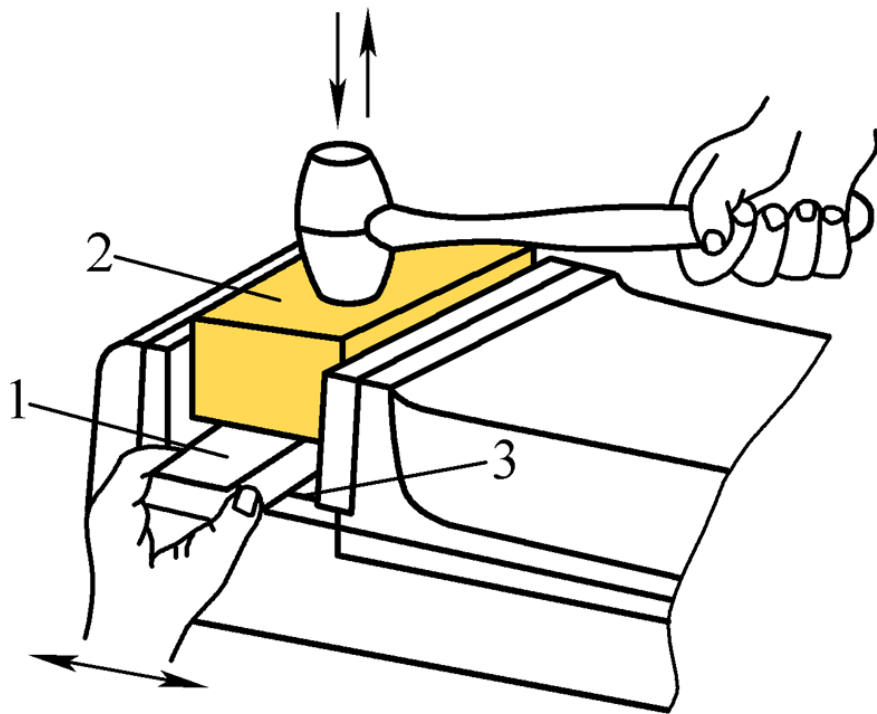
## 二、工件的一般装夹方法

- 用平口钳装夹
- 用压板、螺栓将工件直接装夹
- 用分度头装夹
- 专用夹具装夹

## ● 用平口钳装夹



### 用平口钳装夹工件



1—平行垫铁

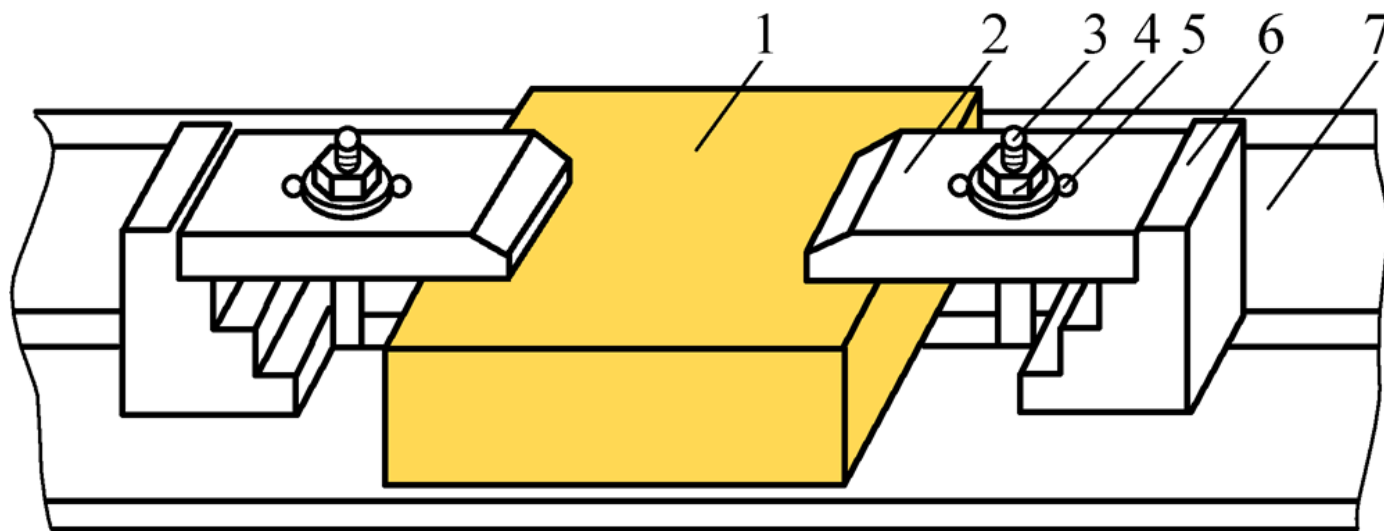
2—工件

3—钳体导轨面

- 用压板、螺栓将工件直接装夹



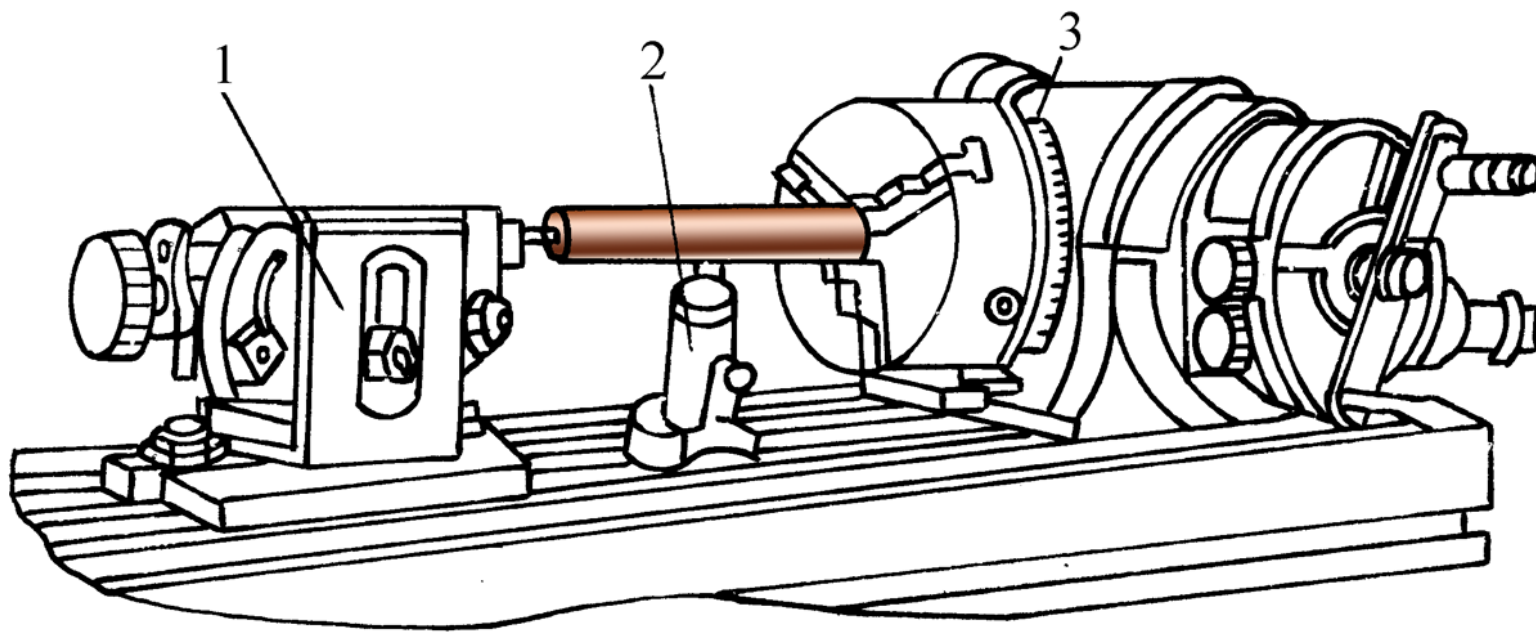
用压板装夹工件



1—工件 2—压板 3—T形螺栓 4—螺母

5—垫圈 6—台阶垫铁 7—工作台面

- 用分度头装夹



1—尾架 2—千斤顶 3—分度头

## ● 专用夹具装夹

1—夹紧螺母

2—开口垫圈

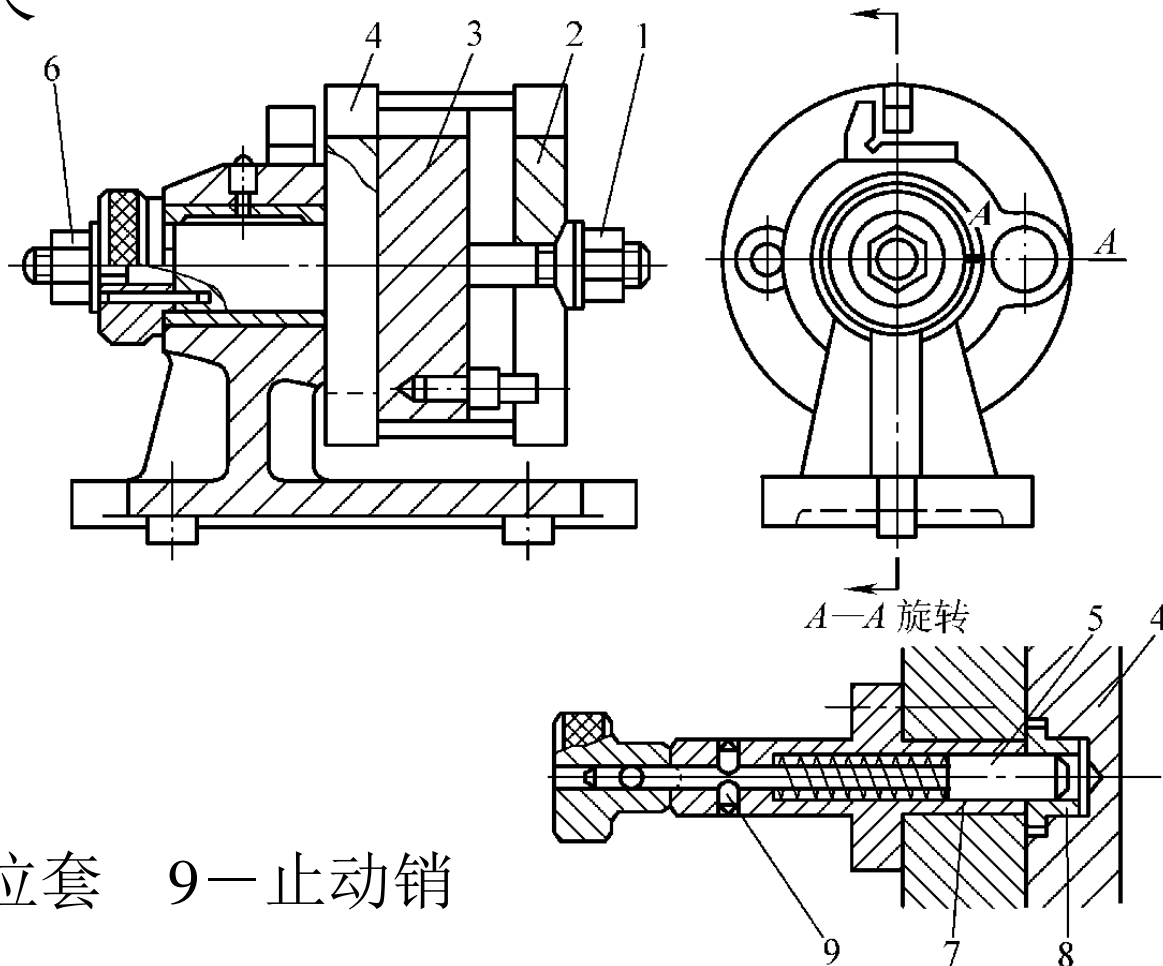
3—定位心轴

4—分度盘

5—对定销

6—锁紧螺母

7—导套 8—定位套 9—止动销



## § 8—3 铰刀、铰削用量和铰削方法

一、铰刀

二、铰削用量

三、铰削方式



# 一、铣刀

- 铣削平面用铣刀
- 铣削直角沟槽用铣刀
- 铣削特形沟槽用铣刀
- 铣削特形面用铣刀



铣刀的种类及用途

## 二、铣削用量

**铣削用量**——铣削过程中所选用的切削用量。

- 铣削速度  $v_c$
- 进给量  $f$
- 铣削深度  $a_p$
- 铣削宽度  $a_e$

## 1. 铣削速度

**铣削速度**——铣削时铣刀切削刃上选定点在主运动中的线速度，通常以切削刃上离铣刀轴线距离最大的点在1min内所经过的路程表示，单位为m/min。

$$v_c = \frac{\pi d n}{1000}$$

$v_c$ ——铣削速度，m/min

$d$ ——铣刀直径，mm

$n$ ——铣刀（或铣床主轴）转速，r/min

## 2. 进给量

**进给量**——铣刀在进给运动方向上相对工件的单位位移量。

- 每转进给量  $f$
- 每齿进给量  $f_z$
- 进给速度  $v_f$

$$v_f = fn = f_z zn$$

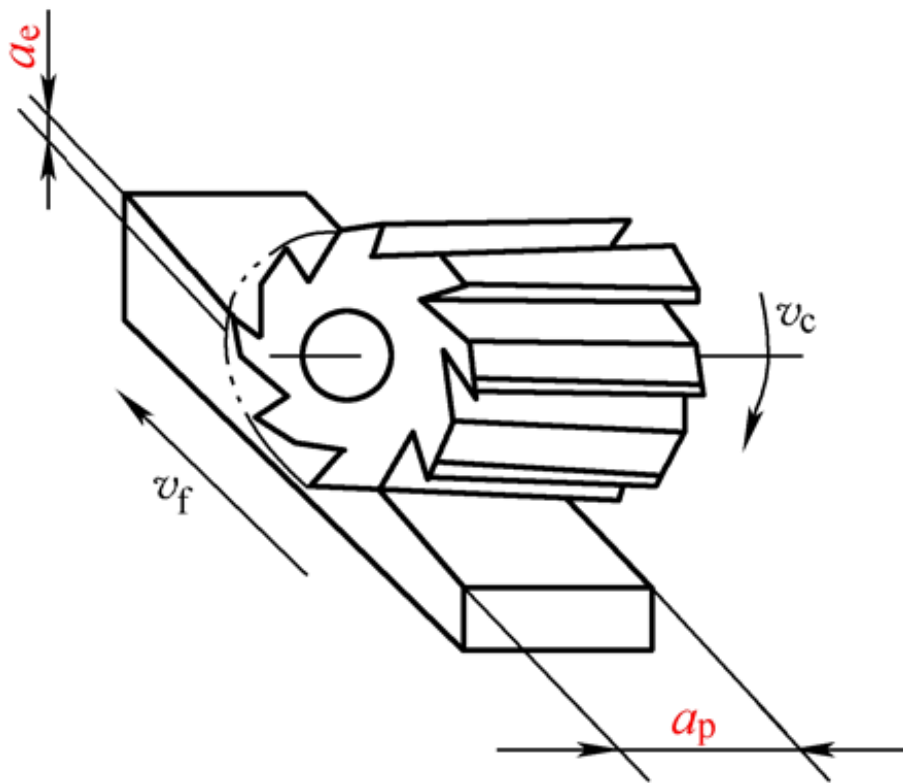
$n$ ——铣刀（或铣床主轴）转速，r/min

$z$ ——铣刀齿数

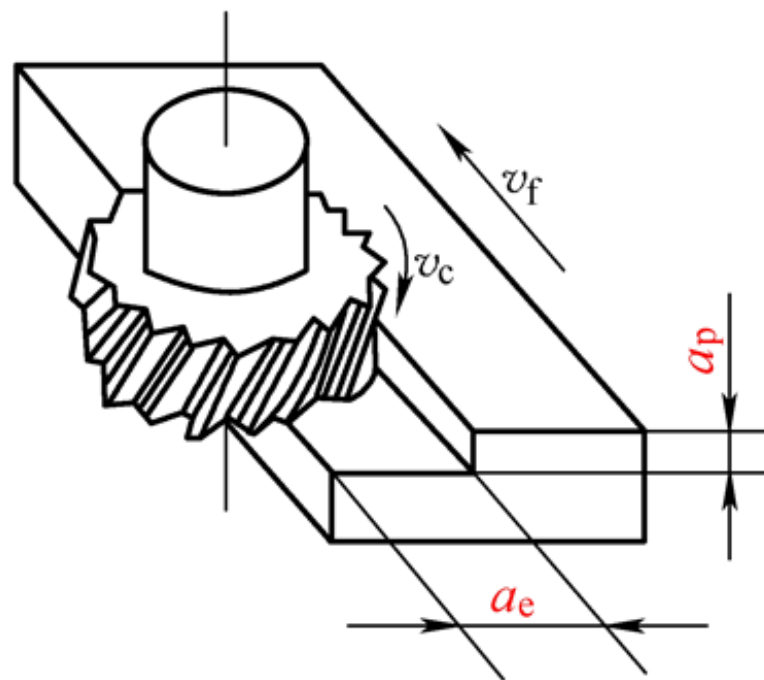
### 3. 背吃刀量与铣削宽度

铣削深度 $a_p$ ——在平行于铣刀轴线方向上测得的切削层尺寸，单位为mm。

铣削宽度 $a_e$ ——在垂直于铣刀轴线方向、工件进给方向上测得的切削层尺寸，单位为mm。



圆周铣



端铣

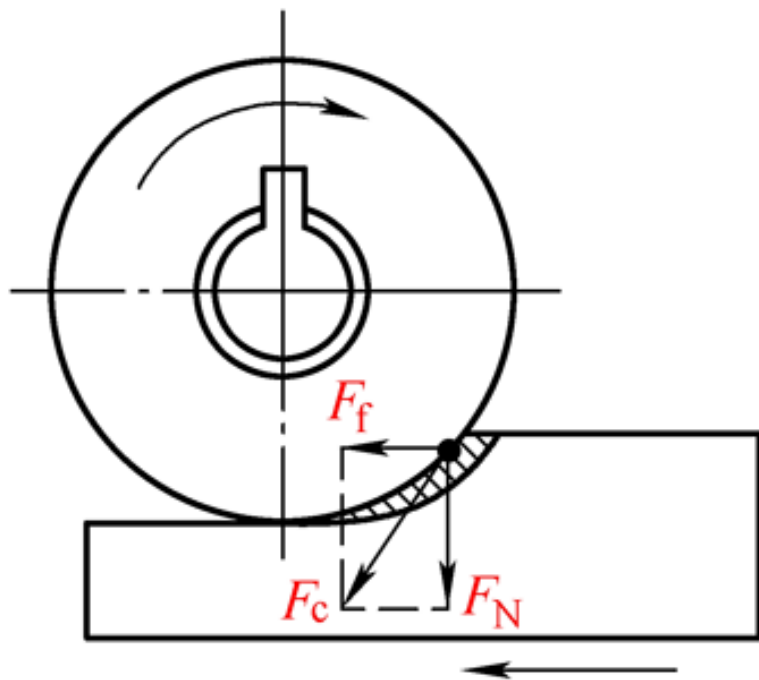
## 三、铣削方式

### 1. 两种铣削方式

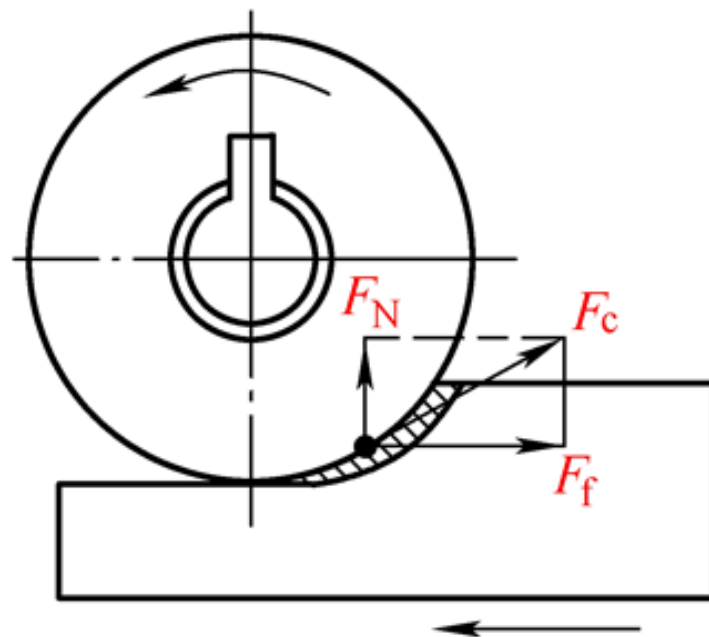
**顺铣**——铣削时，铣刀对工件的作用力（铣削力）在进给方向上的分力与工件进给方向相同的铣削方式。

**逆铣**——铣削时，铣刀对工件的作用力在进给方向上的分力与工件进给方向相反的铣削方式。

## 2. 圆周铣时的顺铣与逆铣



顺铣



逆铣



圆周铣时的顺铣和逆铣



在铣床上进行圆周铣削时，一般都采用逆铣方式，只有在下列情况下才选用顺铣：

（1）工作台丝杠、螺母传动副有间隙调整机构，并将轴向间隙调整到足够小（ $0.03\sim 0.05\text{mm}$ ）。

（2） $F_c$ 在水平方向的分力 $F_f$ 小于工作台与导轨之间的摩擦力。

（3）铣削不易夹紧和薄而细长的工件。

### 3. 端铣时的顺铣与逆铣

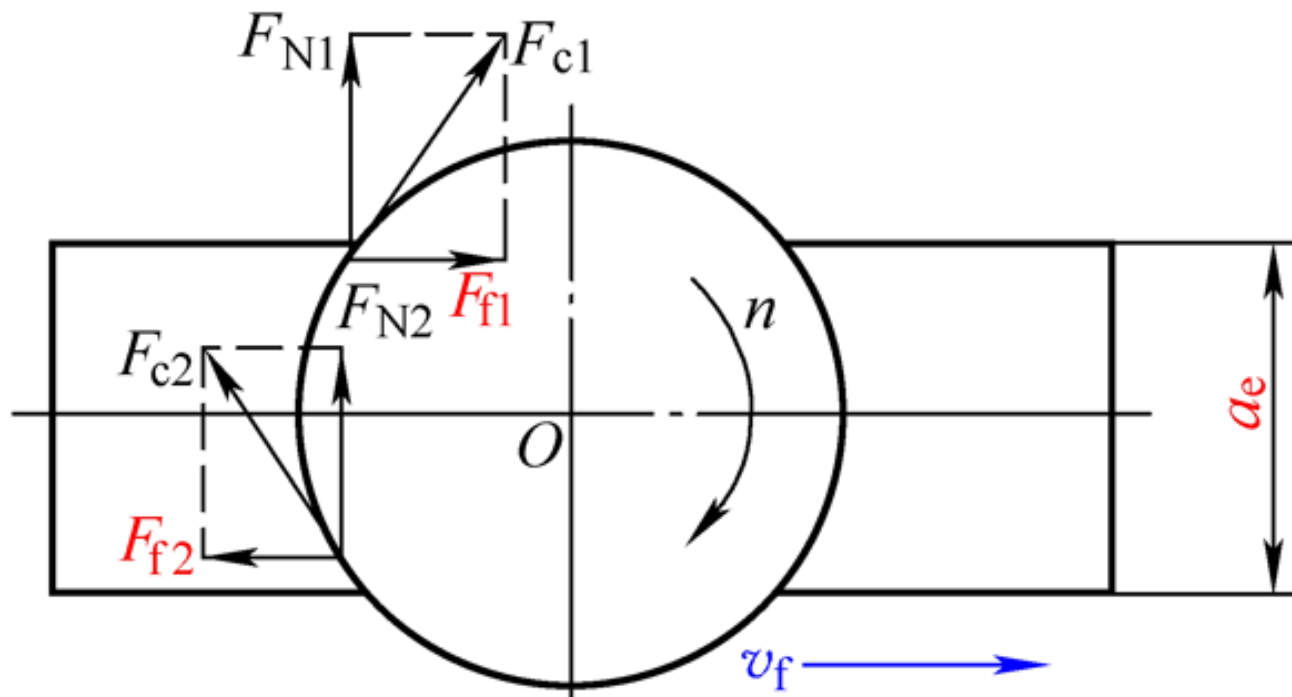
- 对称铣削
- 非对称铣削



端铣时的顺铣和逆铣

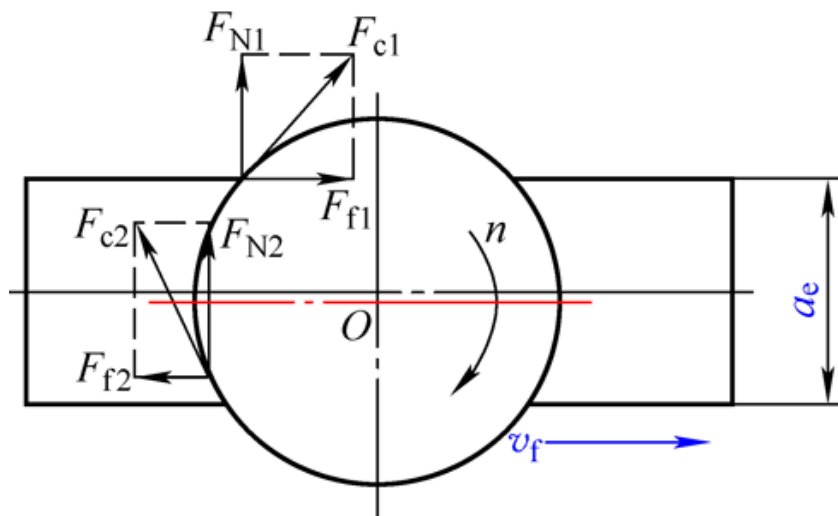
- 对称铣削

铣削宽度 $a_e$ 对称于铣刀轴线的端铣。

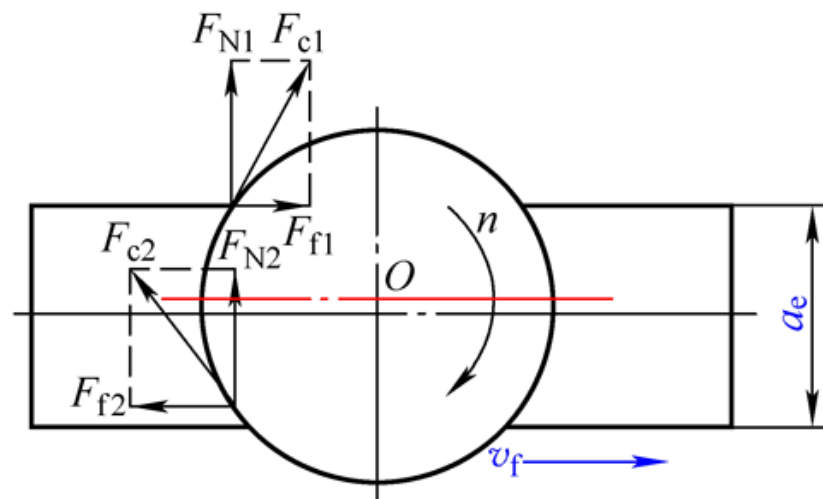


## ● 非对称铣削

铣削宽度 $a_e$ 不对称于铣刀轴线的端铣。



非对称顺铣



非对称逆铣

## § 8—4 铣削方法

一、平面铣削

二、台阶、直角沟槽和特形沟槽的铣削

# 一、平面铣削

铣平面——用铣削方法加工工件的平面。

- 单一平面的铣削
- 连接面的铣削



铣削平面

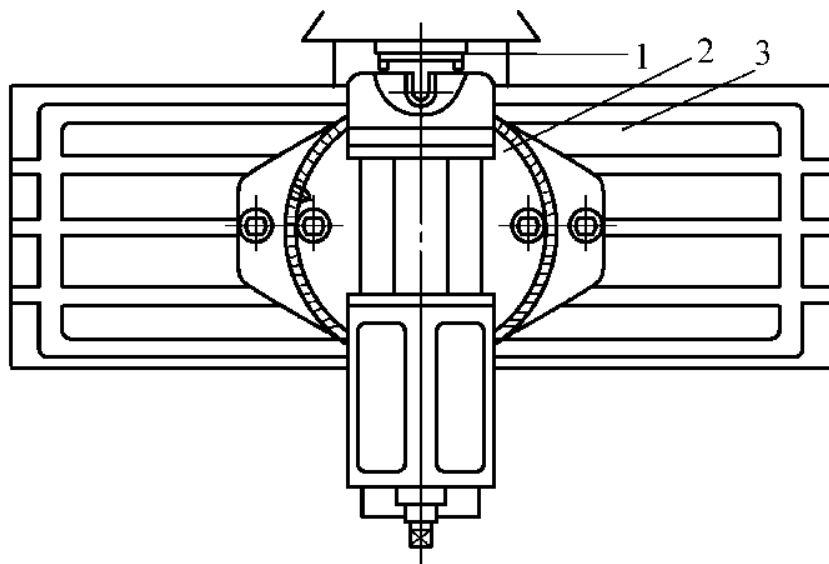
## 1. 铣平面工作要点

- 确定铣削方法，选择铣刀
- 装夹工件
- 确定铣削用量

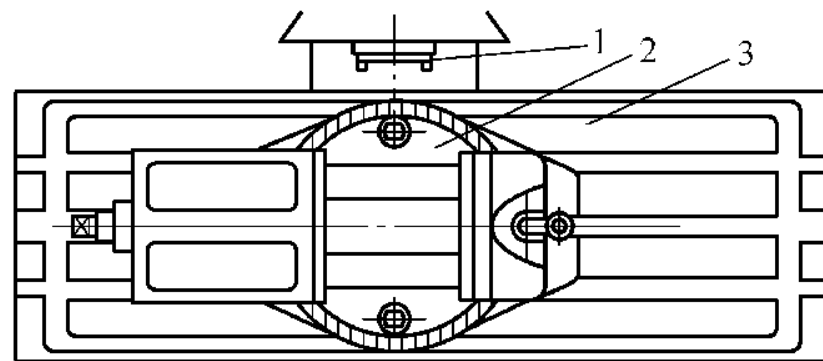
## 2. 平口钳的安装与校正



### 平口钳的安装与校正



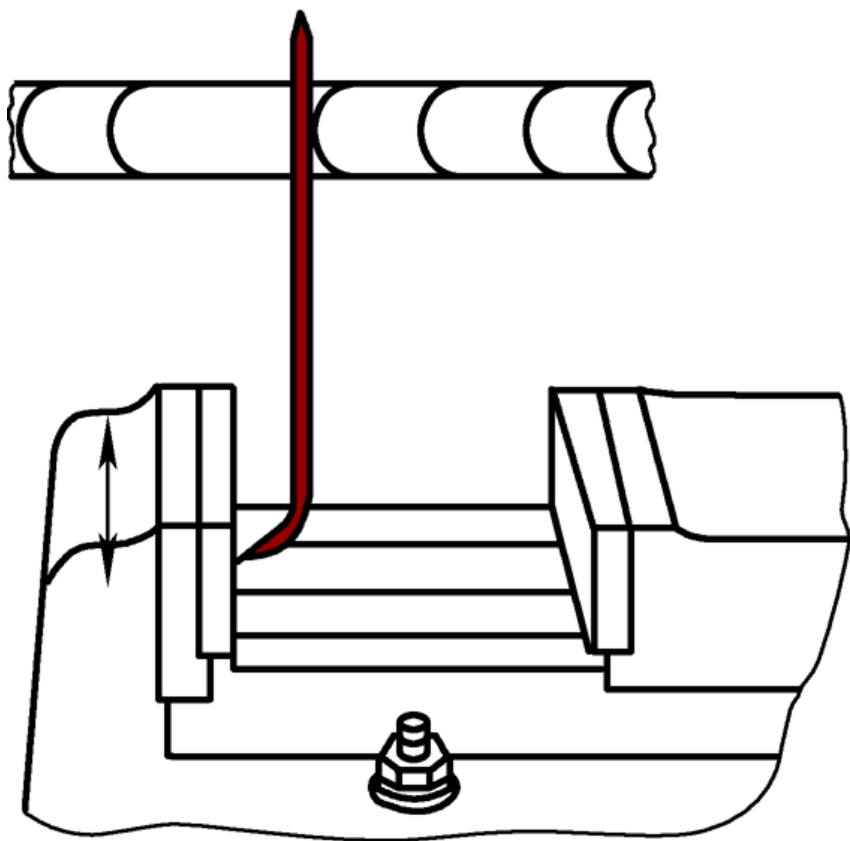
固定钳口与铣床主轴轴  
线垂直



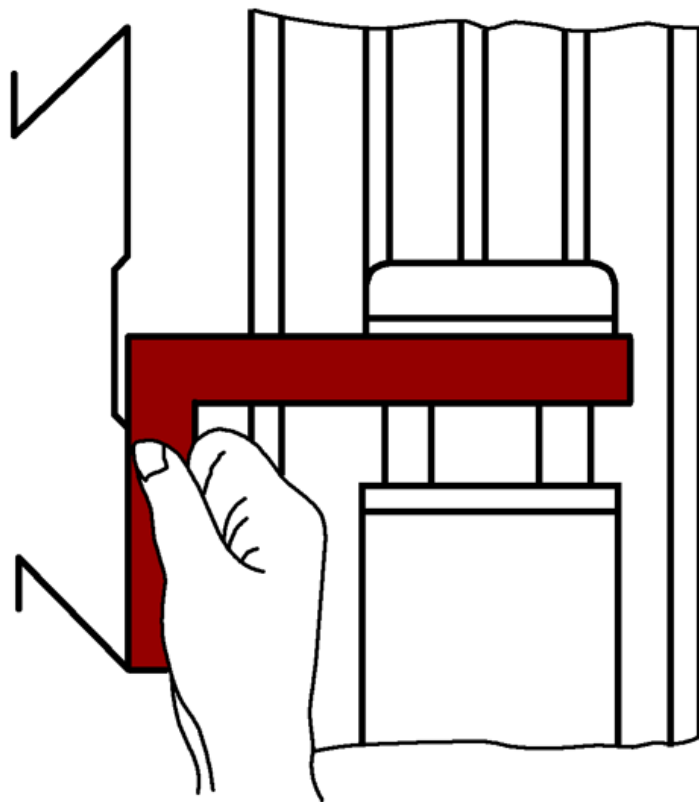
固定钳口与铣床主轴  
轴线平行

1—铣床主轴 2—平口钳 3—工作台

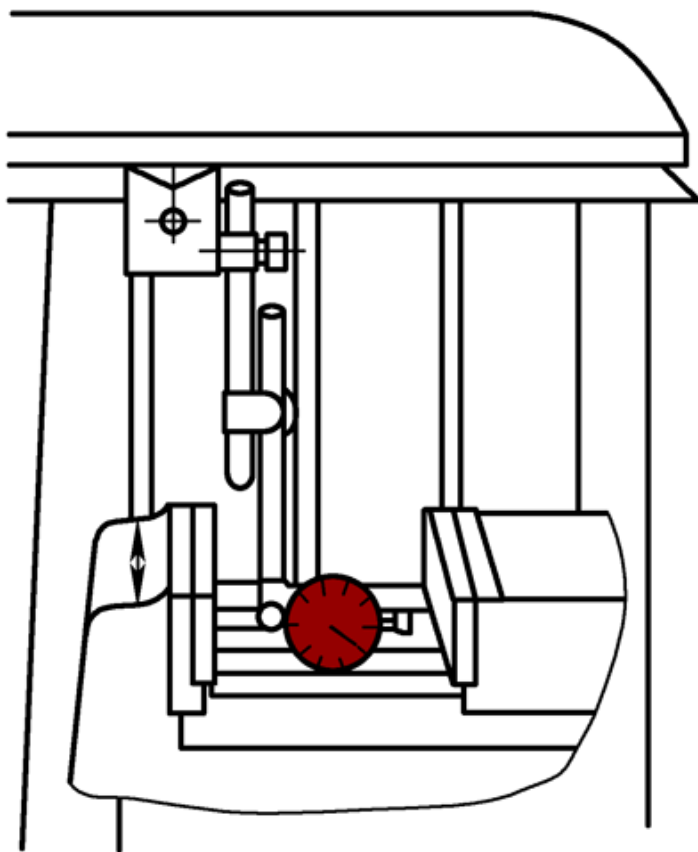




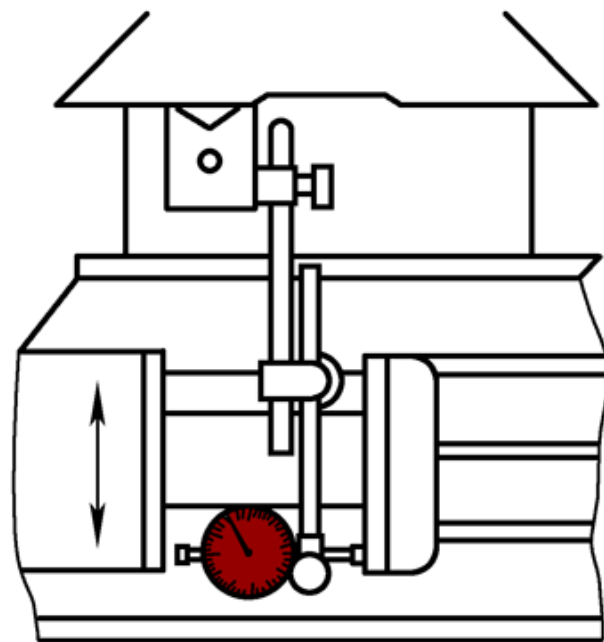
用划针校正固定钳口  
与铣床主轴轴线垂直



用90° 角尺校正固定钳口  
与铣床主轴轴线平行



垂直



平行

用百分表校正固定钳口

### 3. 铣垂直面和平行面

**垂直面**是指与基准面垂直的平面，**平行面**是指与基准面平行的平面。

加工垂直面、平行面除了与加工单一平面一样需要保证平面度和表面粗糙度要求外，还需要保证相对于基准面的位置精度以及与基准面间的尺寸精度要求。

铣削垂直面、平行面前，应先加工基准面。

保证垂直面、平行面加工精度的关键，是工件的**正确定位和装夹**。

## 4. 铣斜面

### 两个条件：

- 工件的斜面应平行于铣削时铣床工作台的进给方向
- 工件的斜面应与铣刀的切削位置相吻合，即用圆周刃铣刀铣削时，斜面与铣刀的外圆柱面相切；用端面刃铣刀铣削时，斜面与铣刀刀刃端面相重合



铣削斜面

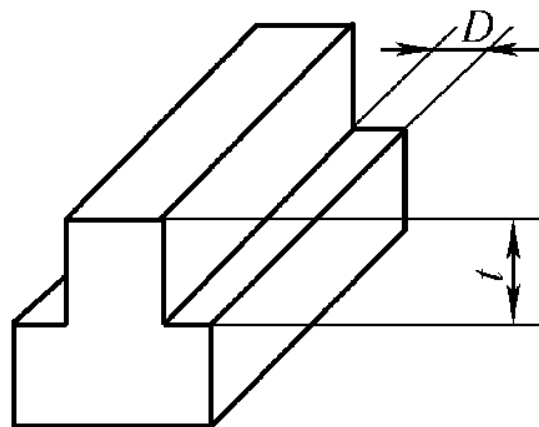
## 二、台阶、直角沟槽和特形沟槽的铣削

### 1. 台阶、直角沟槽的技术要求

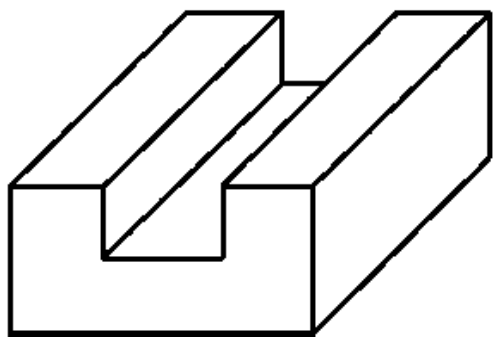
台阶、直角沟槽主要由平面组成，这些平面应具有良好的平面度和较小的表面粗糙度度值。对于与其他零件相配合的台阶、直角沟槽的两侧平面，还必须满足技术要求：

- 较高的尺寸精度
- 较高的位置精度

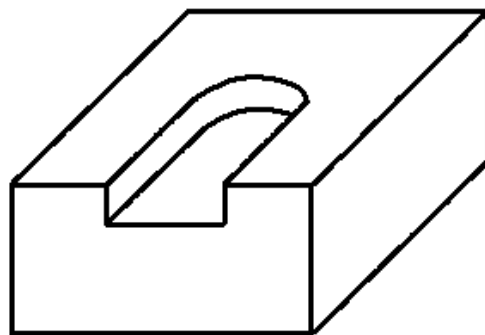
台阶



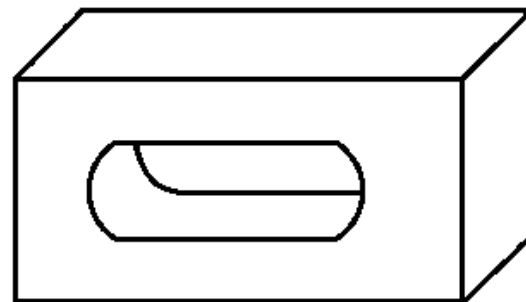
直角沟槽



通槽



半通槽



封闭槽

## 2. 铣台阶

- 铣削宽度不太宽（一般 $B < 25\text{mm}$ ）的台阶，一般都采用三面刃铣刀加工，并尽可能选用错齿三面刃铣刀
- 宽度较宽而深度较浅的台阶，常使用端铣刀在立式铣床上加工
- 深度较深的台阶或多级台阶，常用立铣刀在立式铣床上加工。铣削时，立铣刀的圆周刀刃起主要切削作用，端面刀刃起修光作用



铣台阶

### 3. 铣直角沟槽



铣直角沟槽

- 用三面刃铣刀铣直角通槽
- 用三面刃铣刀铣直角通槽
- 用立铣刀铣半通槽和封闭槽
- 用键槽铣刀铣半通槽和封闭槽



## 4. 铣特形沟槽



V形槽铣削

---



T形槽铣削

---



燕尾槽铣削

---

## § 8—5 铣削的工艺特点与铣削实例

- 一、铣削的工艺特点
- 二、铣削实例

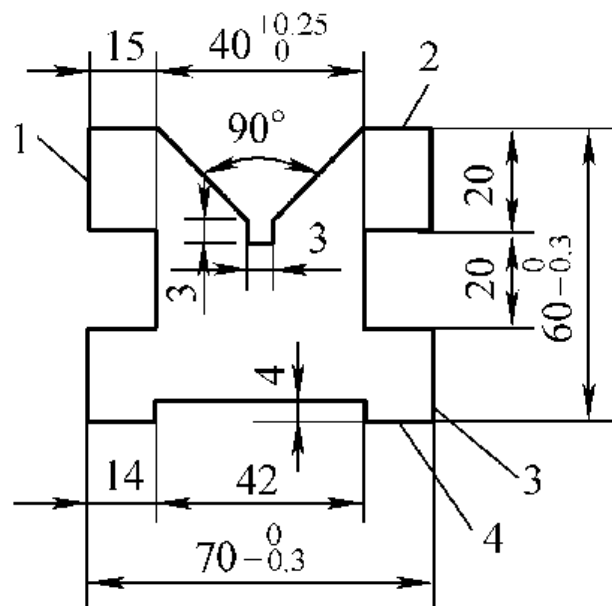
# 一、铣削的工艺特点

- 铣削的主运动是铣刀的回转运动，切削速度较高，除加工狭长的平面外，其生产效率均高于刨削
- 铣刀种类多，铣床的功能强，铣削的适应性好，能完成多种表面的加工
- 铣刀为多刃刀具，铣削时，各刀齿轮流承担切削，冷却条件好，刀具寿命长
- 铣刀各刀齿的切削是断续的，铣削过程中同时参与切削的刀齿数是变化的，切屑厚度也是变化的，因此切削力是变化的，存在冲击
- 铣削的经济加工精度为IT9~IT7，表面粗糙度 $Ra$ 值为 $12.5\sim 1.6\mu\text{m}$ 。

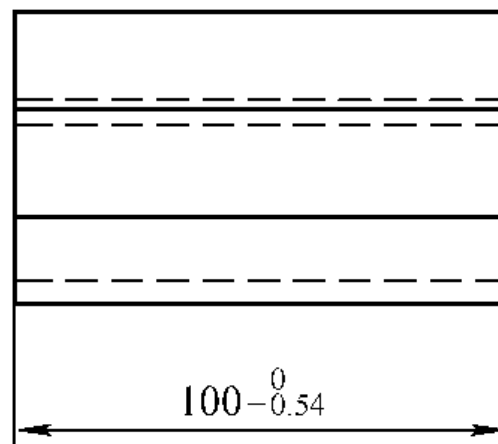
## 二、铣削实例

### 1. 零件图与工艺分析

### 2. 加工步骤



6.3/  
▽



毛坯尺寸：106×76×66 材料：45钢

1件