

---

# 船机制造工艺学

Shipping machinery manufacture process

教师：王静思

大连海事大学轮机工程学院

Lecturer: Jingsi Wang

Marine engineering college of DMU

# 第二章 零件的定位与机床夹具

Chapter 2 Theory of jig design for machine tool

内容回顾：

内容提要：

第一节 工件的定位原理

第二节 定位基准和定位元件

第三节 定位误差分析

第四节 工件的夹紧和夹紧机构

第五节 各类机床夹具

# 概述

## Introduction to the machine tool jigs and fixtures

### 一、定位(Positioning/locating) 和夹紧(clamping)

（ **定位** ）是指工件在加工前相对于机床和刀具占有正确的加工位置。

工件定位后，将工件固定，保证其在加工过程中位置不变，这个过程称为（ **夹紧** ）。

定位过程和夹紧过程两者的综合，即（ **装夹** ）。

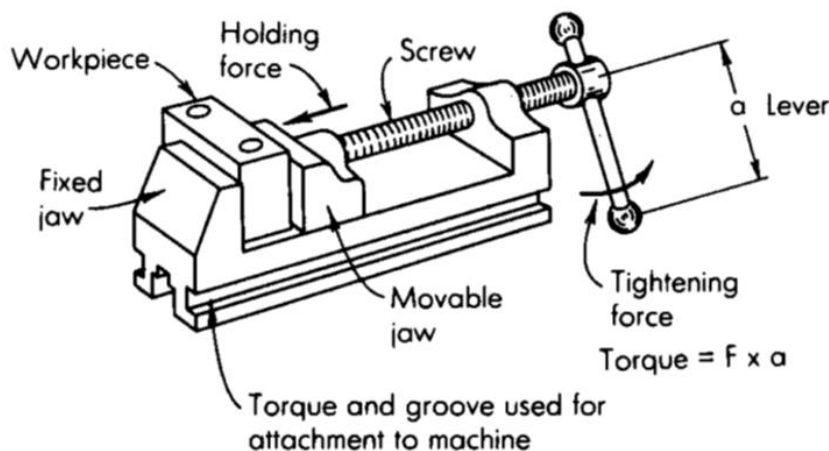
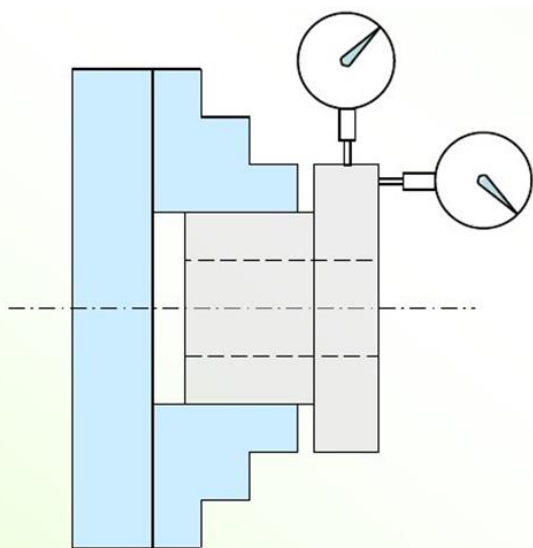


Figure 4-3. Elementary workholder (vise).

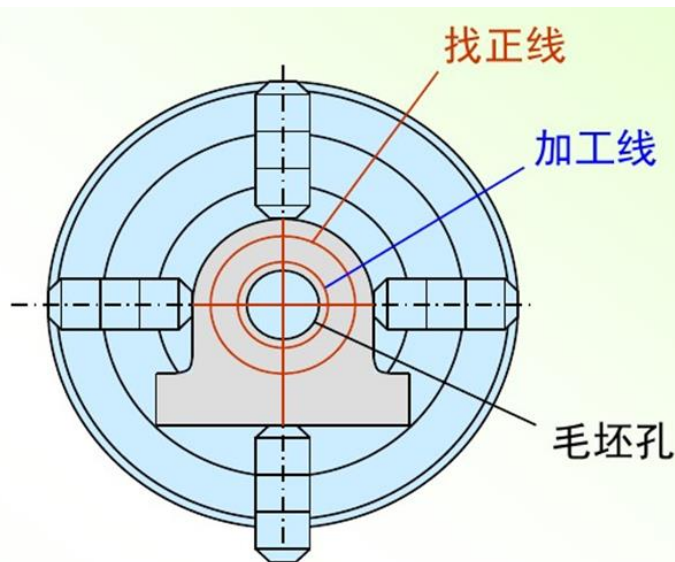
## 工件在机床上的装夹方法

1、直接找正装夹 利用千分表等测量工具在机床上直接找正工件位置，工件一般安装在通用夹具上。其特点是：找正精度高，但效率低，对工人技术水平要求高。

2、画线找正装夹 在毛坯上划出中心线、对称线及各待加工位置线，工件一般也安装在通用夹具上。然后按照划好的线找正工件在机床上的位置。其特点是：简便易行，但效率低，劳动强度大，精度不稳定。



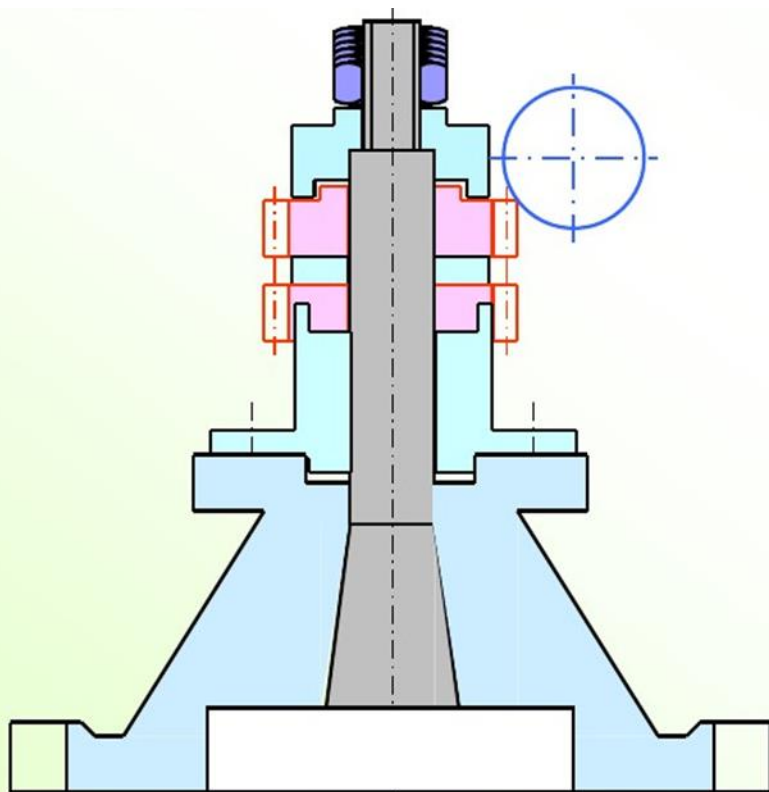
直接找正安装



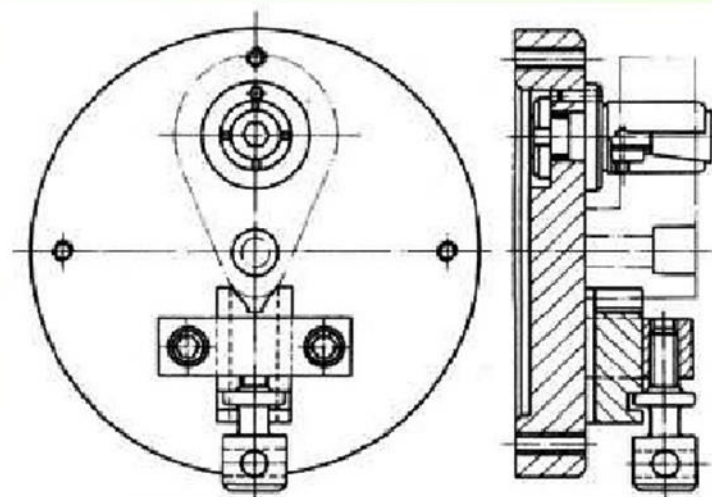
划线找正安装



3、机床专用夹具装夹 指为某个零件的某道工序专门设计制造一套夹具，夹具以一定位置安装在机床上，工件按定位原则定位并夹紧在夹具中。其特点是：使用方便迅速，效率高，精度稳定，但夹具制造周期长，灵活性低。



工件在夹具上装夹（滚齿夹具）

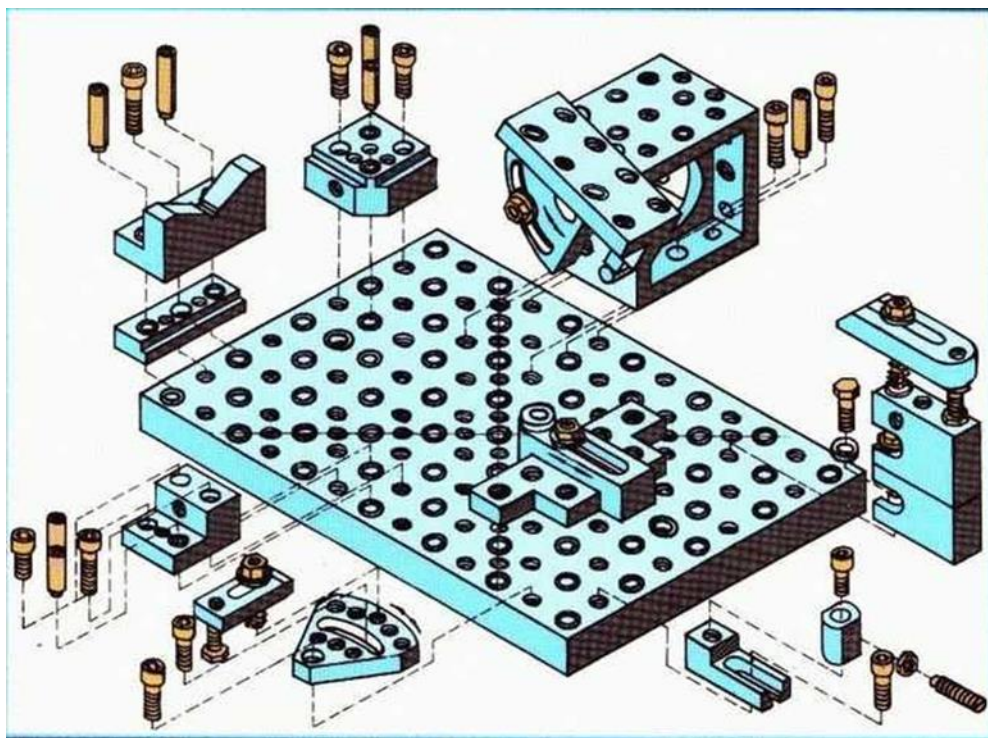


车床夹具

## 二、机床夹具 (machine tool fixture / jig)

机床上用来安装工件的工艺装备，称为（ 夹具 ）。

devices that hold, grip, or chuck a workpiece to perform a manufacturing operation.



# 1、夹具的作用

Purpose & Function of Work Holder

- (1) **定位Location**: Correctly locate the workpiece with respect to the tool
- (2) **夹紧Clamping**: Securely clamp and rigidly support the workpiece during the operation
- (3) **引导刀具Guide the tool**:

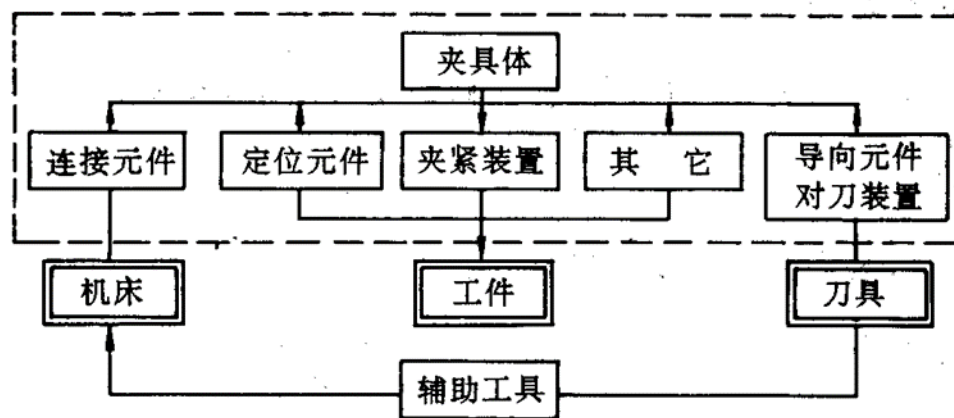


图 4-3 机床夹具和机床、刀具、工件之间的关系

---

保证加工精度、降低工人技术等级；  
提高劳动生产率，降低生产成本；  
扩大机床工艺范围（曲轴夹具）；  
减轻工人劳动强度（电动，气动夹紧）。

### Advantages

- Minimize tool breakage
- Minimize the possibility of human error
- Permit the use of less skilled labor
- Reduce manufacturing time
- Eliminate retooling for repeat orders

## 2、夹具的分类

### 1. 按夹具的通用特性分类：

通用夹具、专用夹具、可调夹具、组合夹具和随行夹具等

### 2. 按使用的机床分类

车床夹具、铣床夹具、钻床夹具、镗床夹具、磨床夹具以及其它机床夹具等。

### 3. 按夹紧的动力源分类

手动夹具、气动夹具、液压夹具、气液增力夹具、电动夹具、电磁夹具、真空夹具、离心力夹具等。

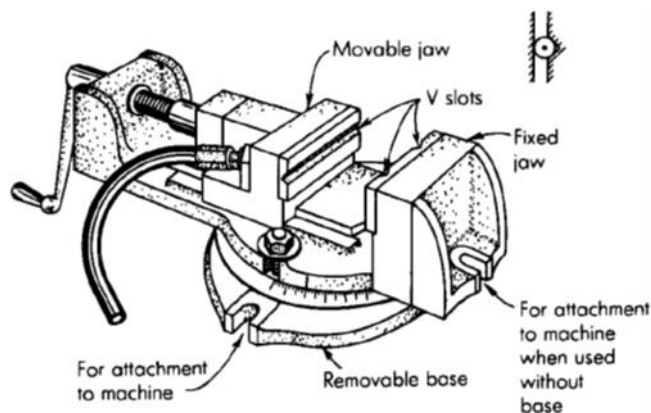


Figure 4-4. Vise with hydraulic clamping.

### 3、夹具的组成

- 1、定位元件 (Locators: setting element) 用来确定工件正确位置的元件。被加工工件的定位基面与夹具定位元件直接接触或相配合。
- 2、夹紧机构 (Clamps: fastening device) 是使工件在外力作用下仍能保持其正确定位位置的装置。
- 3、夹具体(Jig body) 是用于连接夹具元件和有关装置使之成为一个整体的基础件，夹具通过夹具体与机床连接。
- 4、导向和对刀元件 (Guiding element, bushes) 导向元件是指夹具中用于确定（或引导）刀具相对于夹具定位元件具有正确位置关系的元件，例如钻套、镗模等；对刀元件为校正刀具与夹具相对位置的元件，如对刀块等。
- 5、连接元件 (Connecting element) 是指用于确定夹具在机床上具有正确位置并与之连接的元件，例如安装在铣床夹具底面上的定位键等。
- 6、其它元件及装置 (Others) 根据加工要求，有些夹具尚需设置分度转位装置、靠模装置、工件抬起装置和辅助支撑等装置。

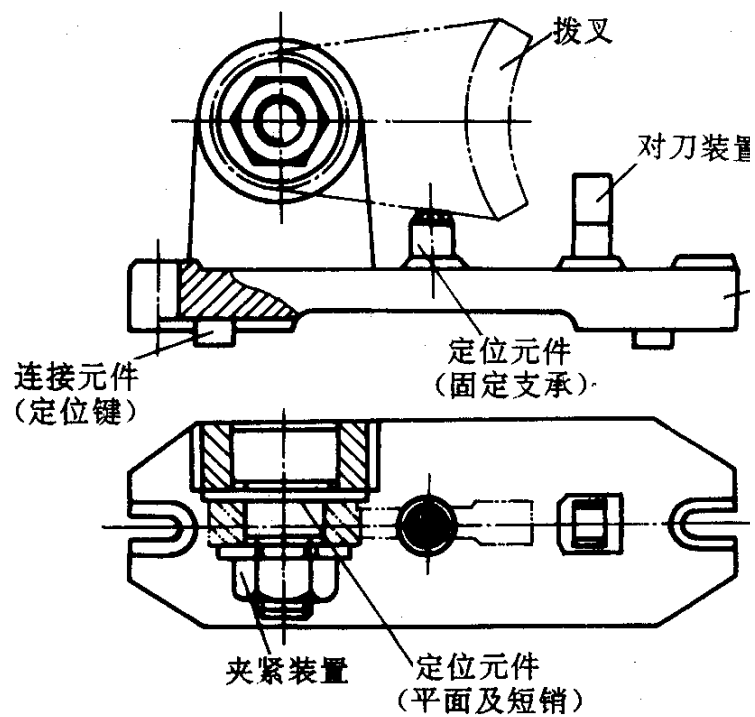


图 4-1 铣床夹具

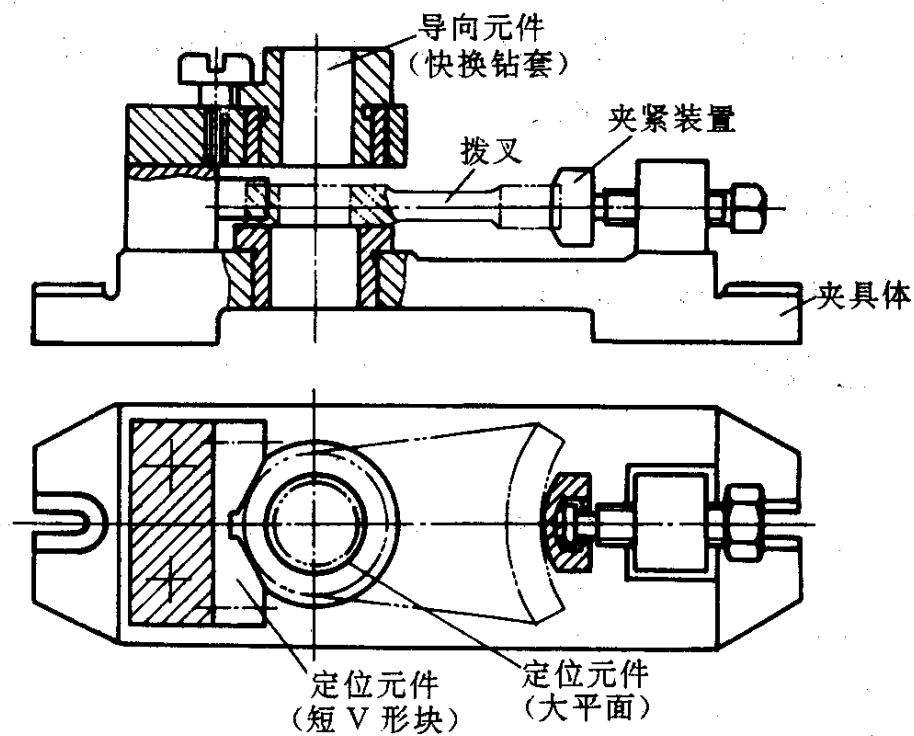


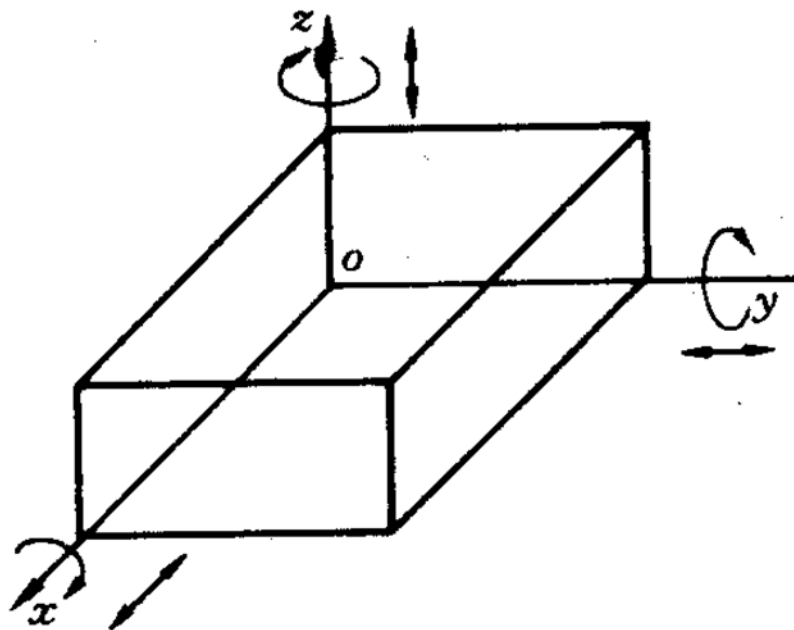
图 4-2 钻床夹具

# 第一节 工件的定位原理

## Part 1 Positioning principle

### 一、工件定位需要解决什么问题？

What's the concept of freedom?



$\vec{x}$   $\vec{y}$   $\vec{z}$   $\hat{x}$   $\hat{y}$   $\hat{z}$

图 4-7 自由度示意图



## 第二节 工件的定位原理

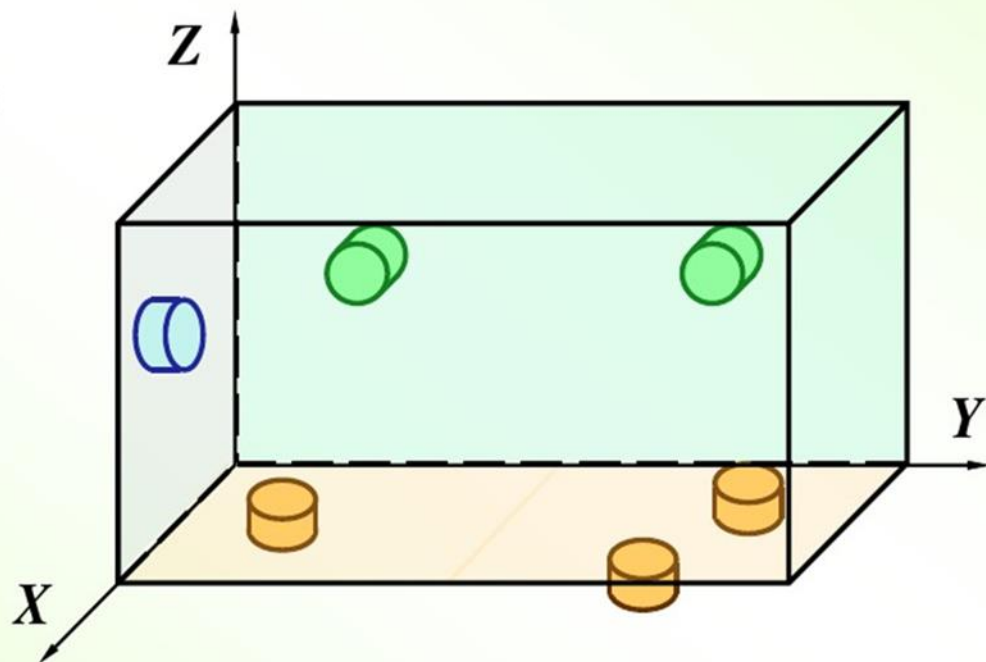
Positioning principle

### 一、工件的六点定位原理

任何一个物体在空间直角坐标系中都有6个自由度，即3个坐标轴平移方向以及绕3个坐标轴转动方向。

要完全确定其空间位置，就需要限制其6个自由度。

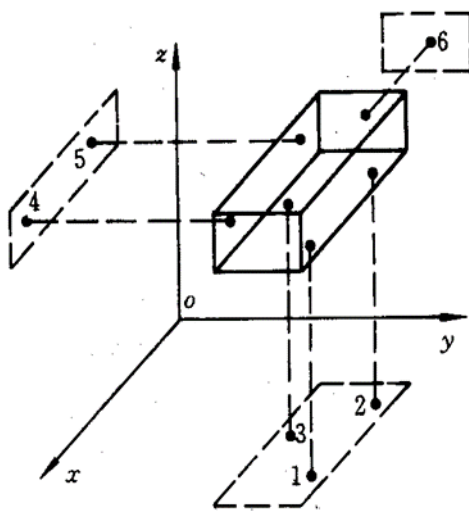
将6个支撑抽象为6个点，6个点限制了工件的6个自由度，这就是六点定位原理。



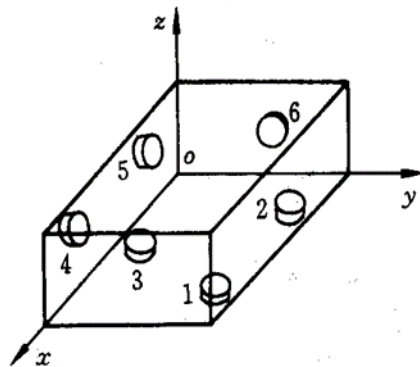
六点定位原理

## 二、完全定位和不完全定位

**完全定位**(Complete positioning) 6个定位支承点限制了工件的全部不定度，称为完全定位。



(a)



(b)

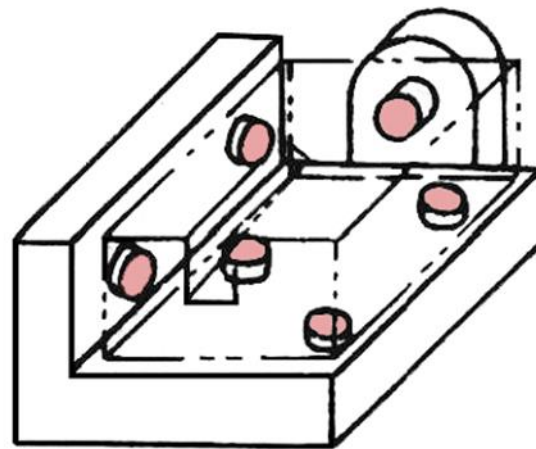
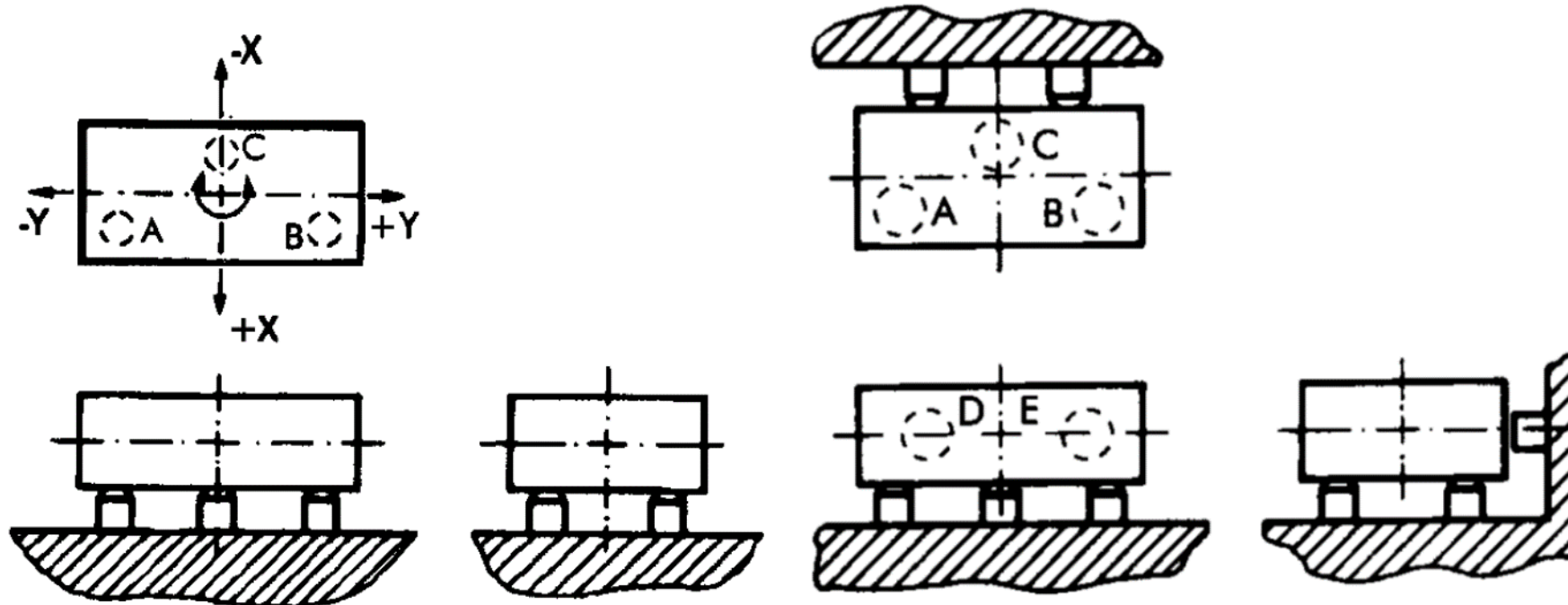


图 4-8 长方体工件的定位分析

**不完全定位**(Incomplete positioning) 工件定位时，按加工要求，允许有一个或几个自由度不被限制的定位。



## 不完全定位例子

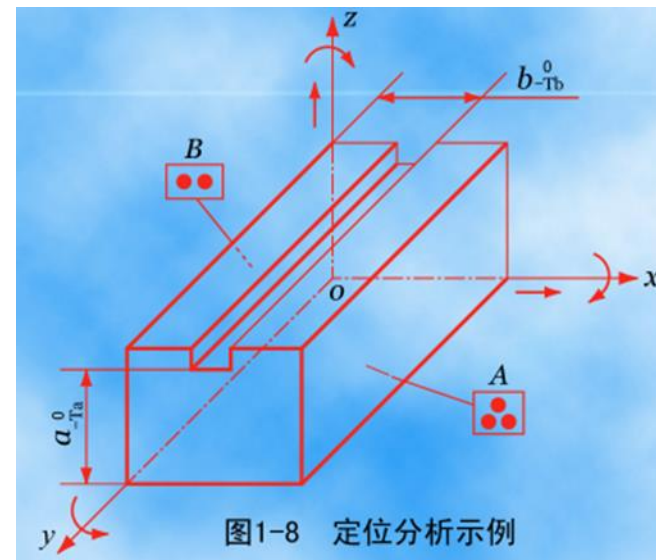
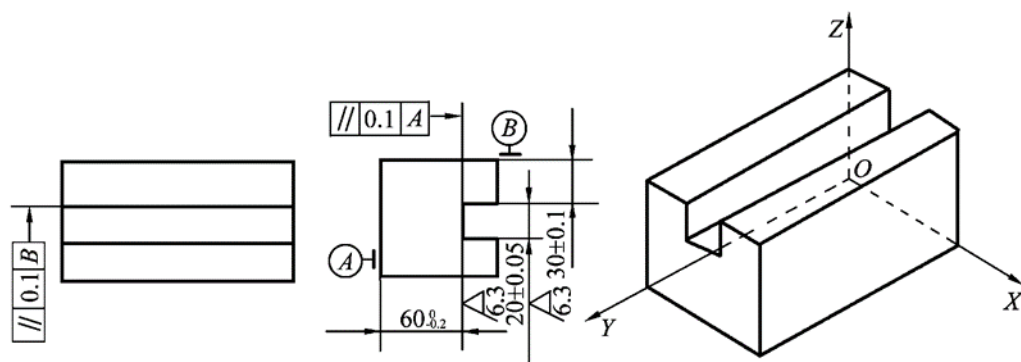


图1-8 定位分析示例

工件在机床夹具定位究竟需要限制哪几个自由度，可根据工序的加工要求确定。

### 三、欠定位与过定位

**欠定位**(Under positioning)：是指工件定位时，支承点所限制的自由度数少于工件的工序加工要求必需限制的自由度数。欠定位无法保证该工序的加工要求。

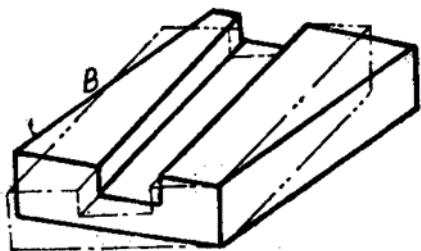
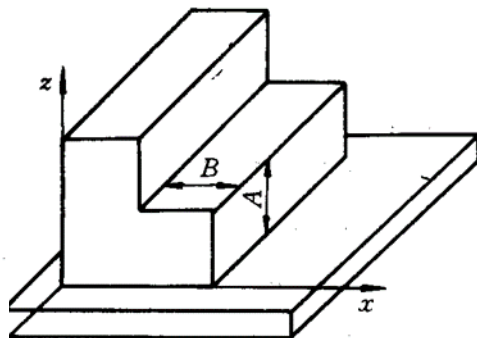
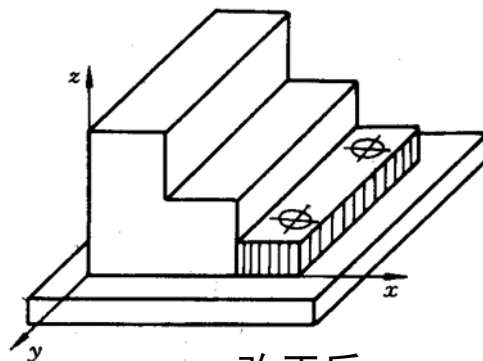


图4-6 欠定位

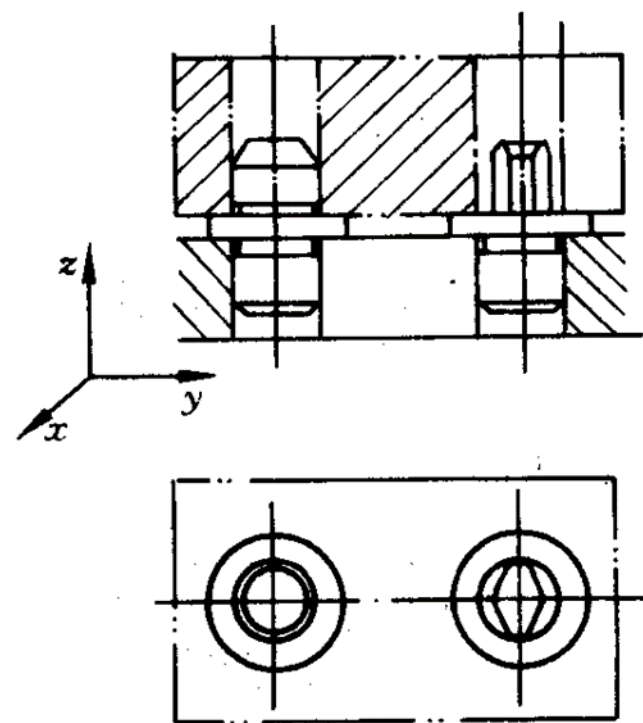
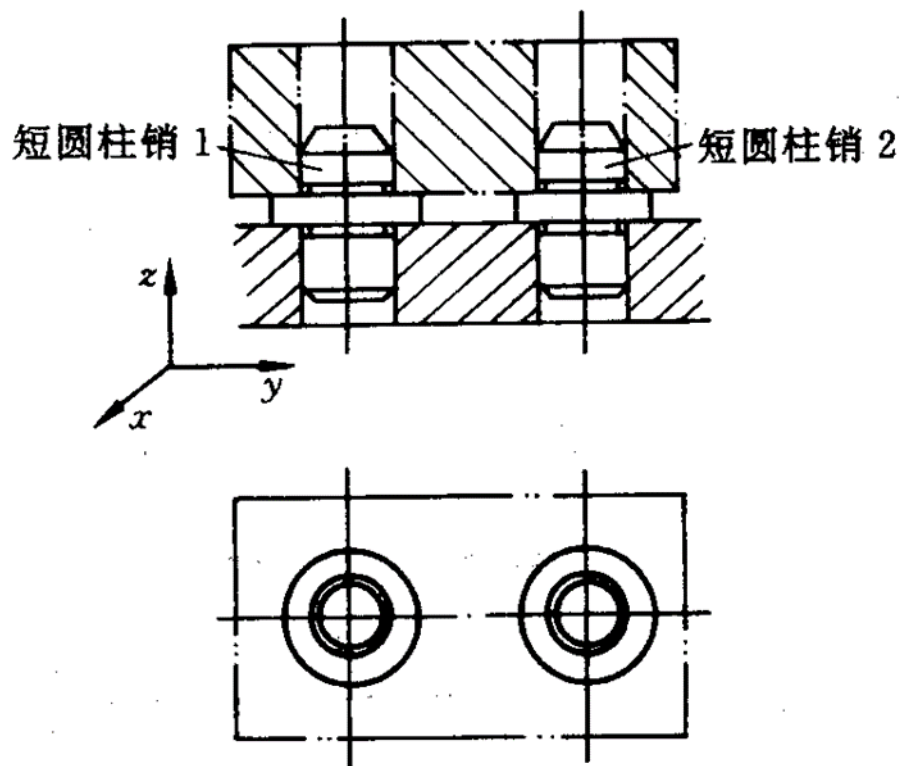


(a) 欠定位



(b) 改正后

**过定位**(Redundant locators / over positioning)：是指工件上的某一个自由度被几个点支承重复限制的现象。



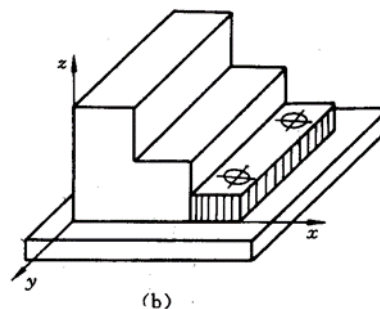
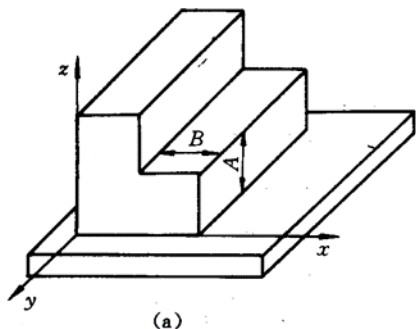
## 四、归纳：定位原理

- 1) 工件在夹具中的位置变动用定位支承来限制工件自由度方式来分析。
- 2) 工件在夹具中定位，是指工件在该坐标参数方向上有了确定的位置。而不是指工件在外力作用下被固定。
- 3) 工件放置在夹具中的位置有六个不定度，这六个不定度需要用夹具上按一定要求分布的六个支承点来消除，其中每个支撑点相应地消除一个不定度。所以又称为“六点定位原理” (theory of six-point locating of work piece)。
- 4) 工件定位时应该被限制的不定度数，完全由工件在该工序中的加工要求所决定的。

## 五、应注意的问题

### 1、有关欠定位的问题：

#### 1) 欠定位的真正含义



#### 2) 例外情况：

单件小批量生产情况下，为了简化夹具结构或其他原因，有意欠定位设计夹具。

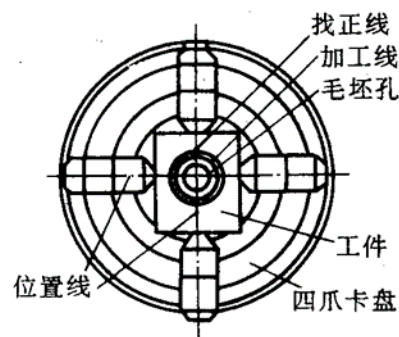
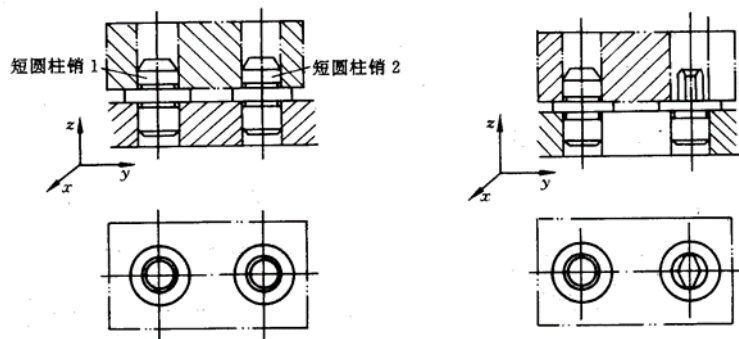


图 4-6 按划线找正安装



## 2、有关过定位的问题：

### 1) 过定位的真正含义



### 2) 例外情况：

支承点之间并未互相干涉。其目的是提高工件在加工中的刚性和稳定性，保证加工精度。

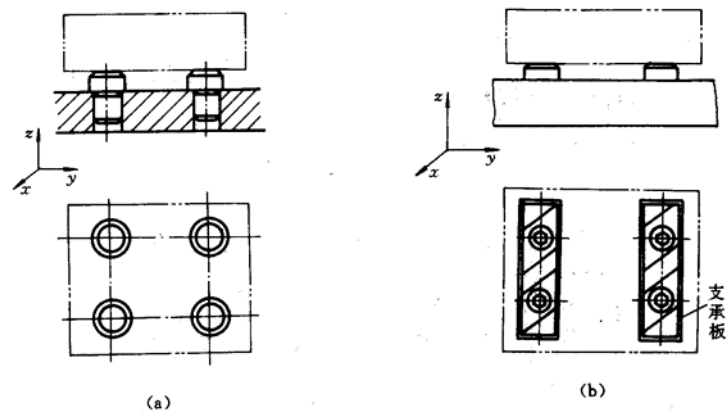
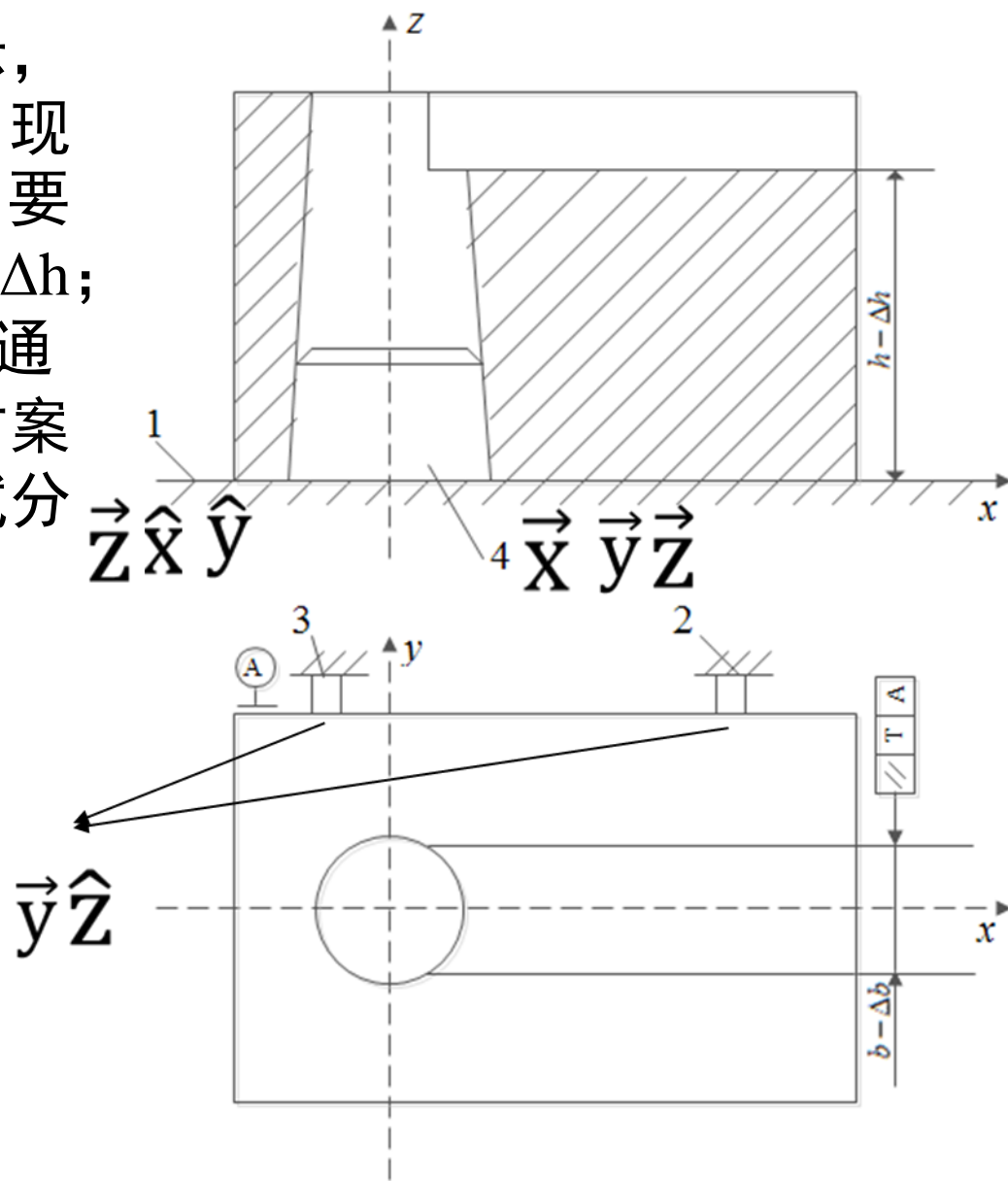


图 4-13 平面定位的过定位举例

【例题】有一批工件如图所示，锥孔和各平面均已加工合格，现在铣床铣宽度为 $b-\Delta b$ 的键槽。要求保证槽底到底面的距离为 $h-\Delta h$ ；槽侧面与A面平行；槽对称线通过锥孔轴线，问图示的定位方案是否合理？有无改进之处？试分析。



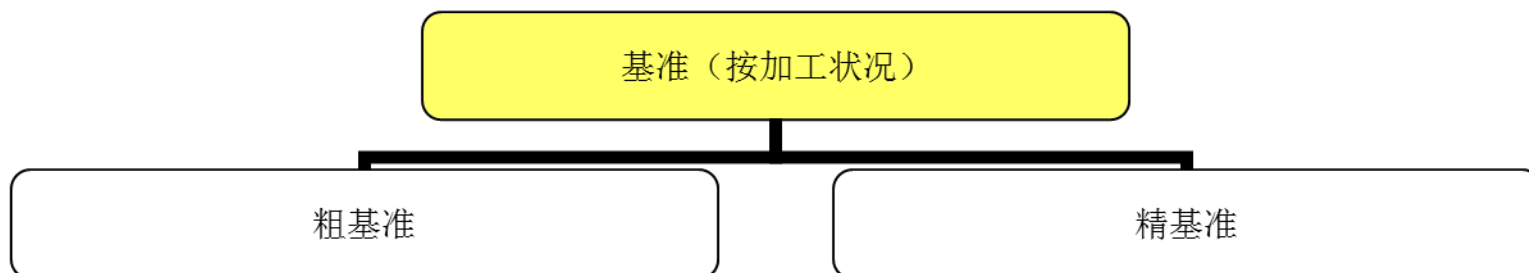
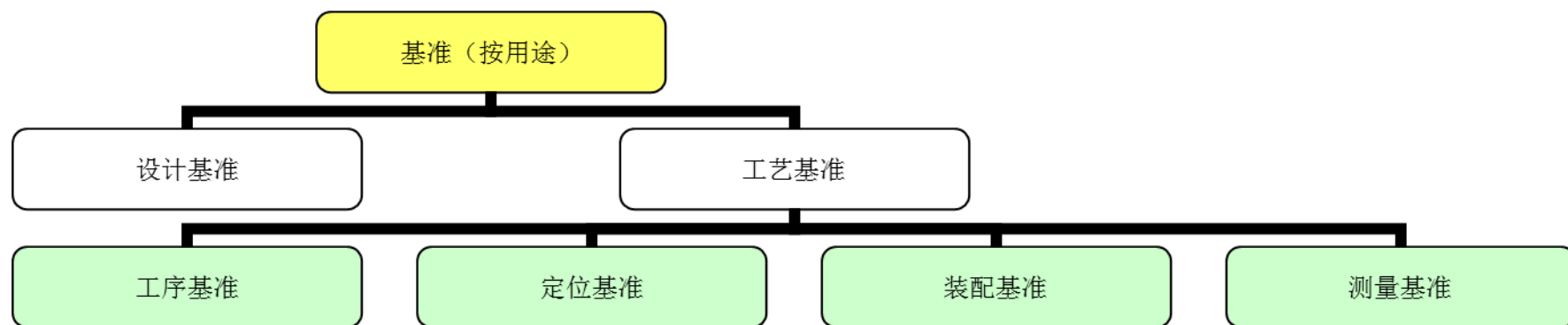
# 第二节 定位基准和定位元件

The locating datum and locating element

## 一、定位基准

Locating datum

基准是用来确定零件上几何要素间的几何关系所依据的哪些点、线、面。



基准（按基面几何形状）  
The locating datum  
surfaces of workpieces

平面  
Flat surfaces

外圆柱面  
Cylindrical outer surface

内圆柱面  
Cylindrical inner surface

不规则表面  
Irregular surfaces

DIFFERENT METHODS USED FOR LOCATION

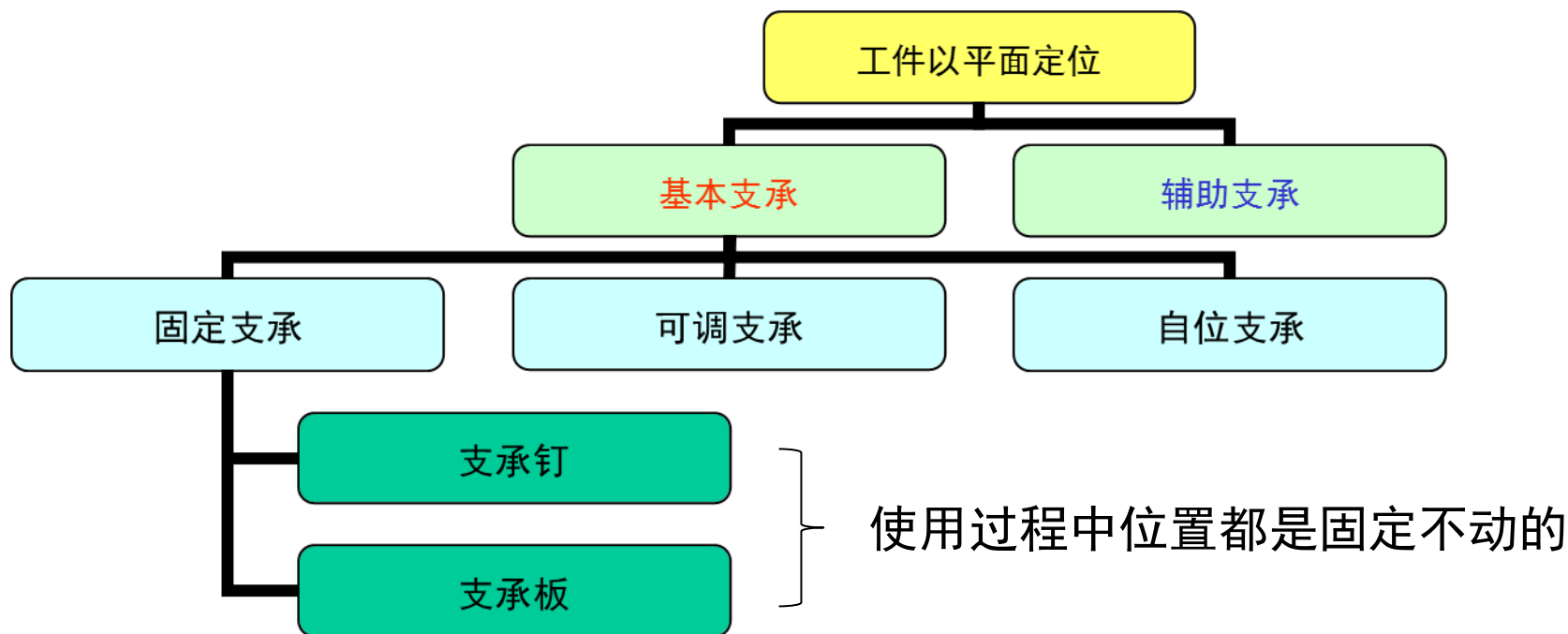
## 二、定位元件的选择

Locating element

### 1、工件以平面定位(Plane Location , Flat Locators)

**基本支承**(Basic support) 用来限制工件的自由度，具有独立的定位作用；

**辅助支承**(Auxiliary support) 可以减少工件变形或增加加工过程中的稳定性，但不起限制自由度的作用。



## (1) 基本支承

### ①固定支承(Fixed support)

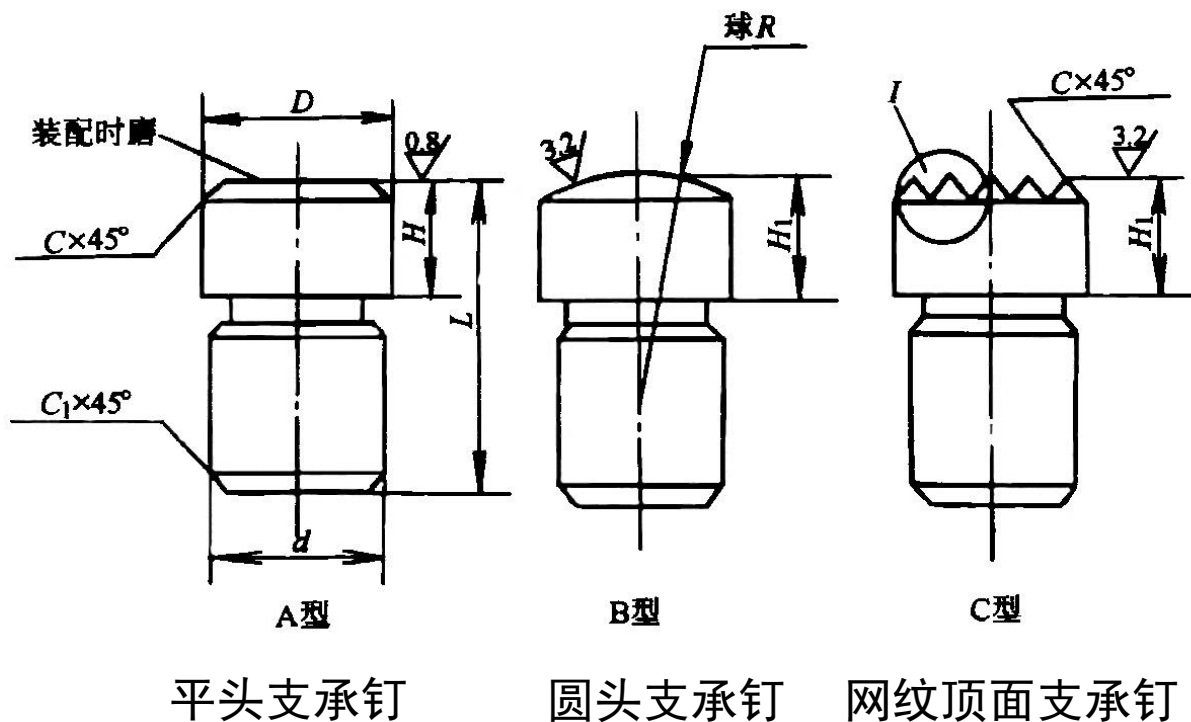
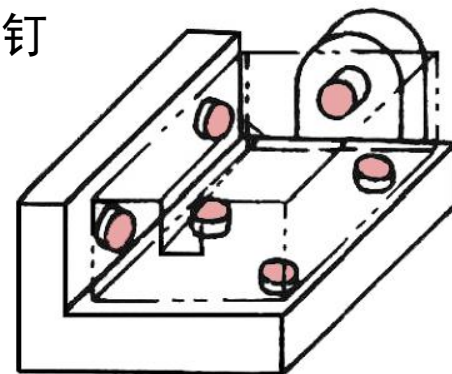
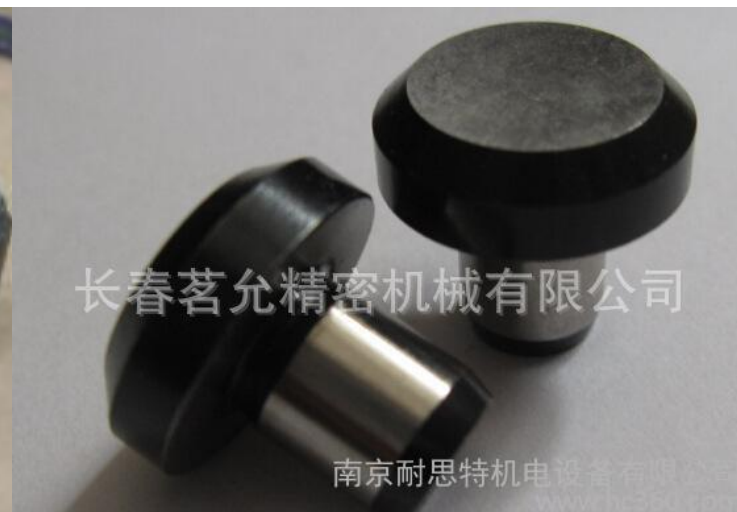


图 支承钉

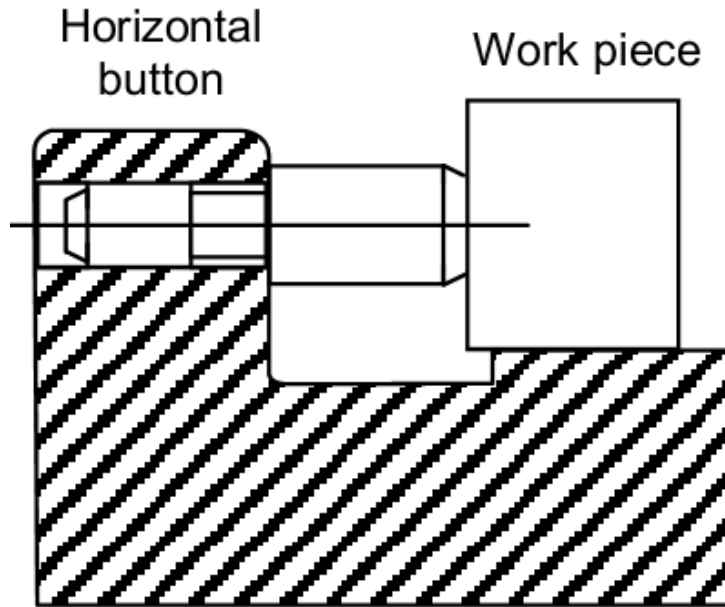
Locating pins



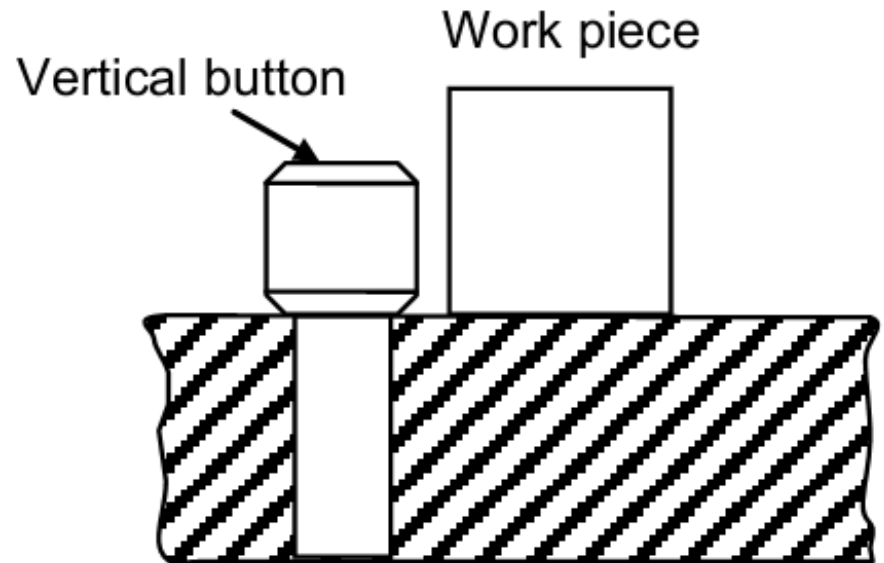
# \*支承钉实物



# \*支承钉作用举例



Location by Horizontal Button Type Jig



Location by Vertical Button Type



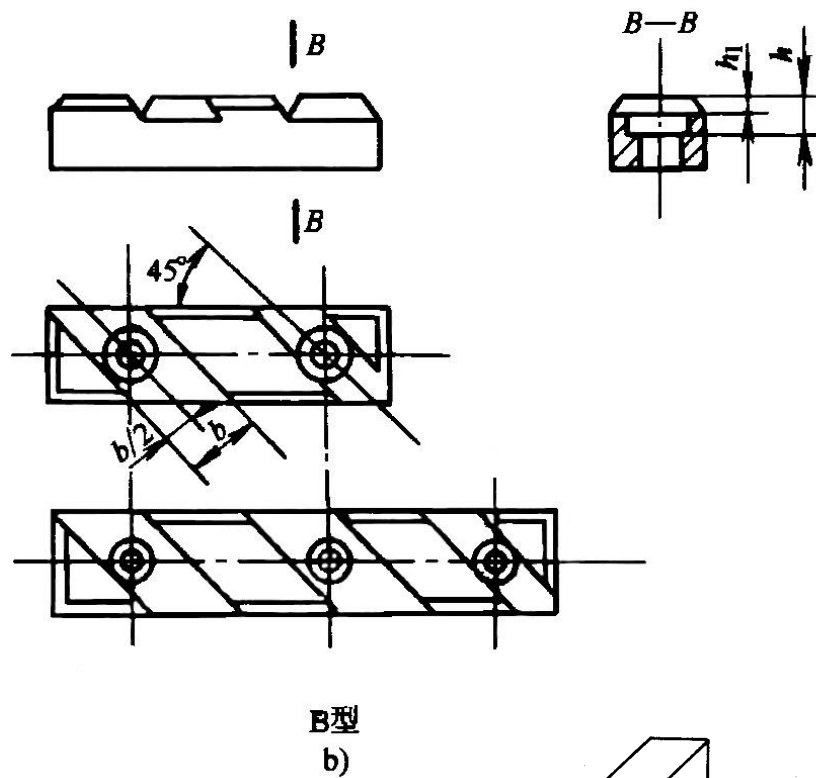
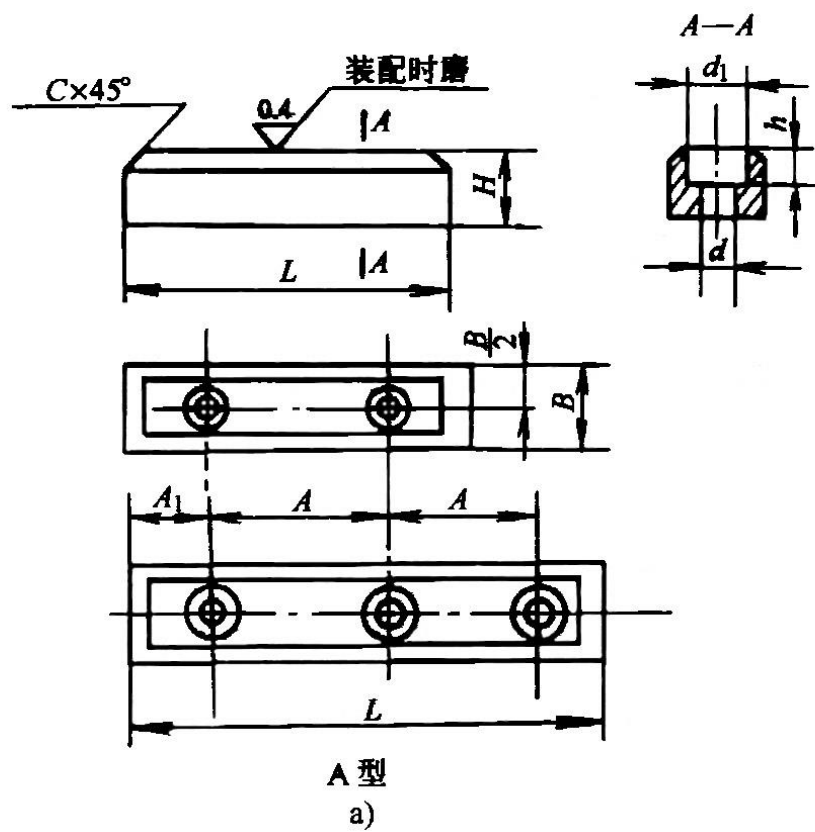
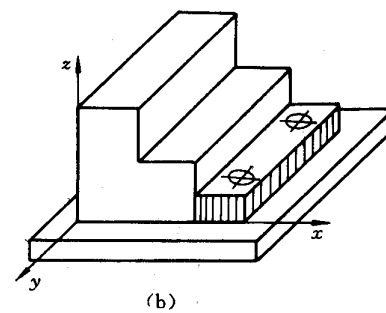


图 支承板



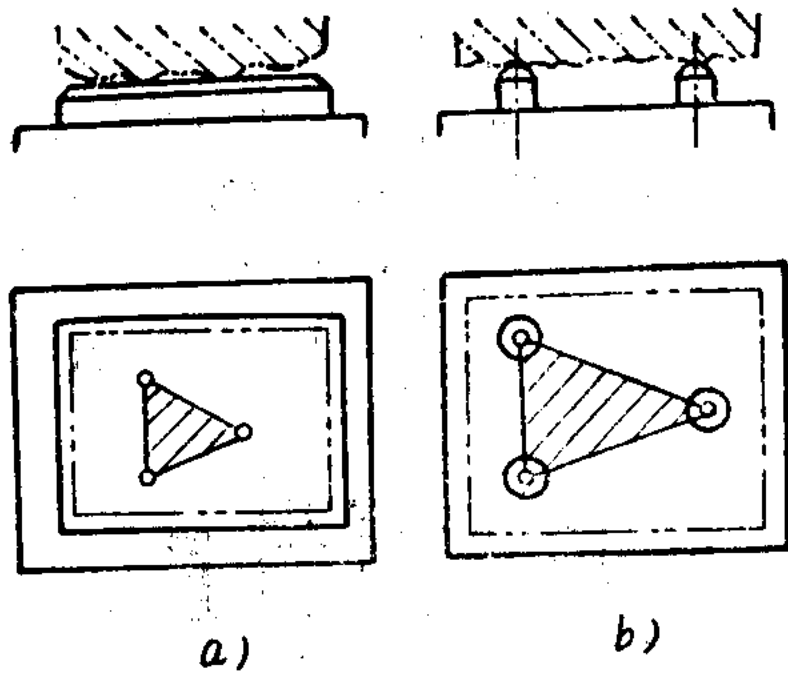
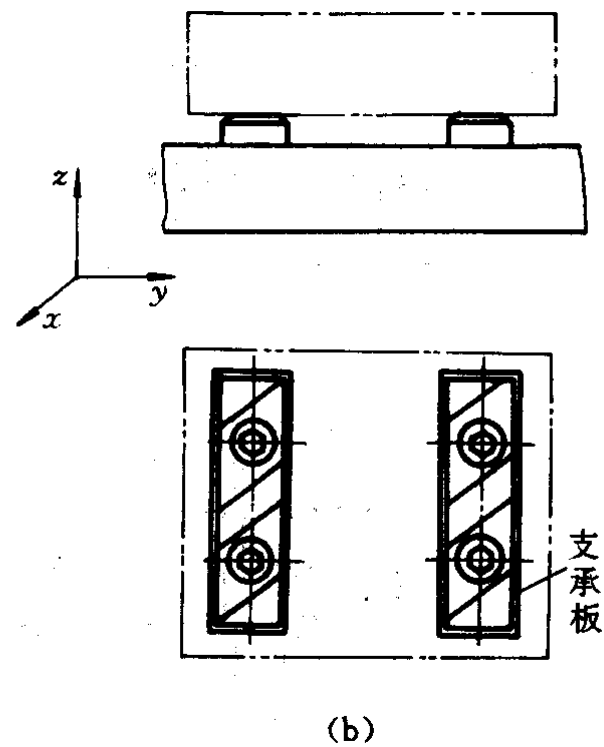
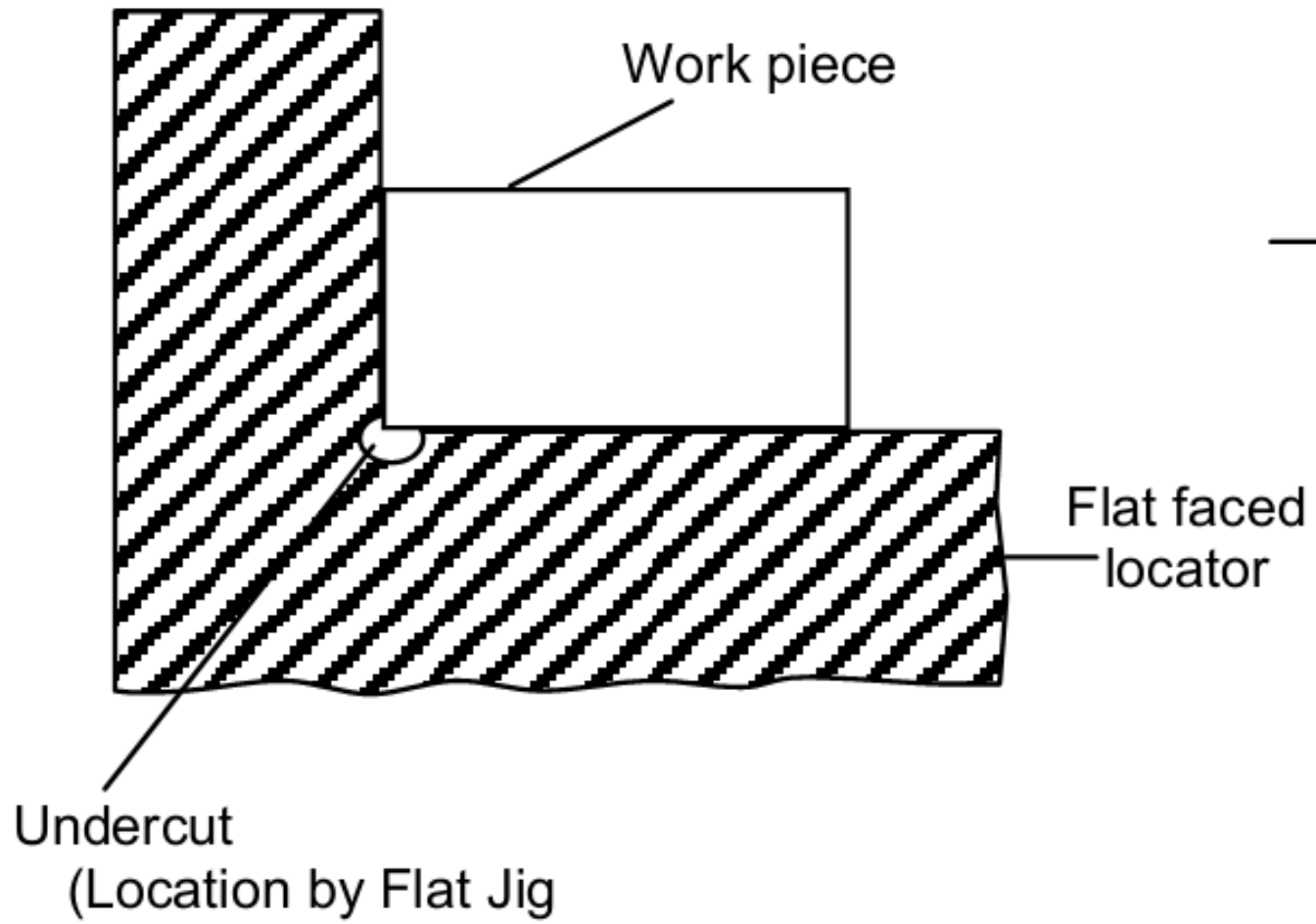


图4-9 粗基准定位时的支撑三角形





## ②可调支承 (Adjustable Locators)

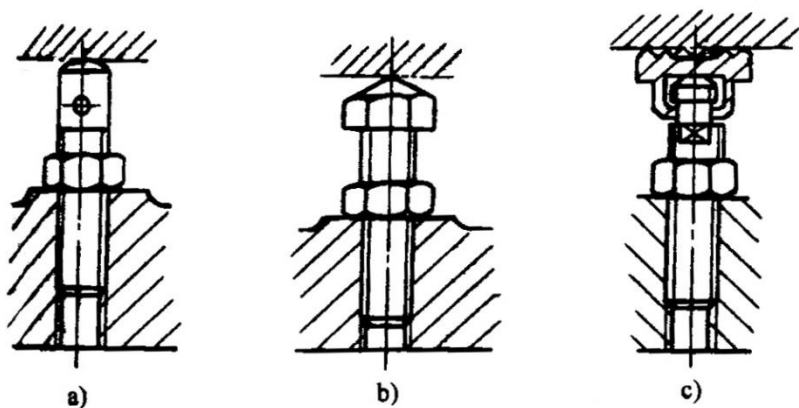


图5-13 可调节支承

可调支承是指高度可以调节的支承。

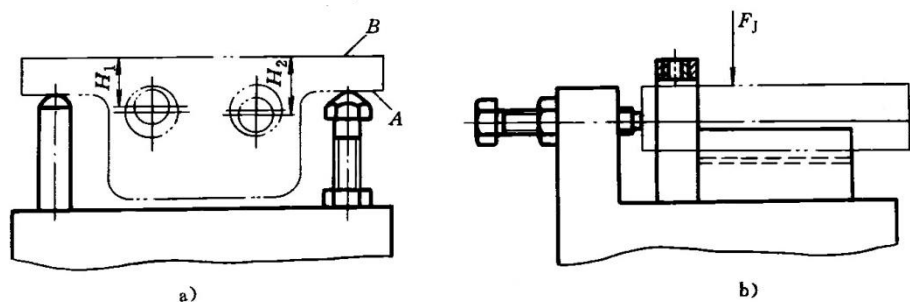


图5-14 可调节支承的应用

可调支承主要用在毛坯质量不高，而又以粗基准定位时。特别适用于中小批生产或者生产系列化产品。

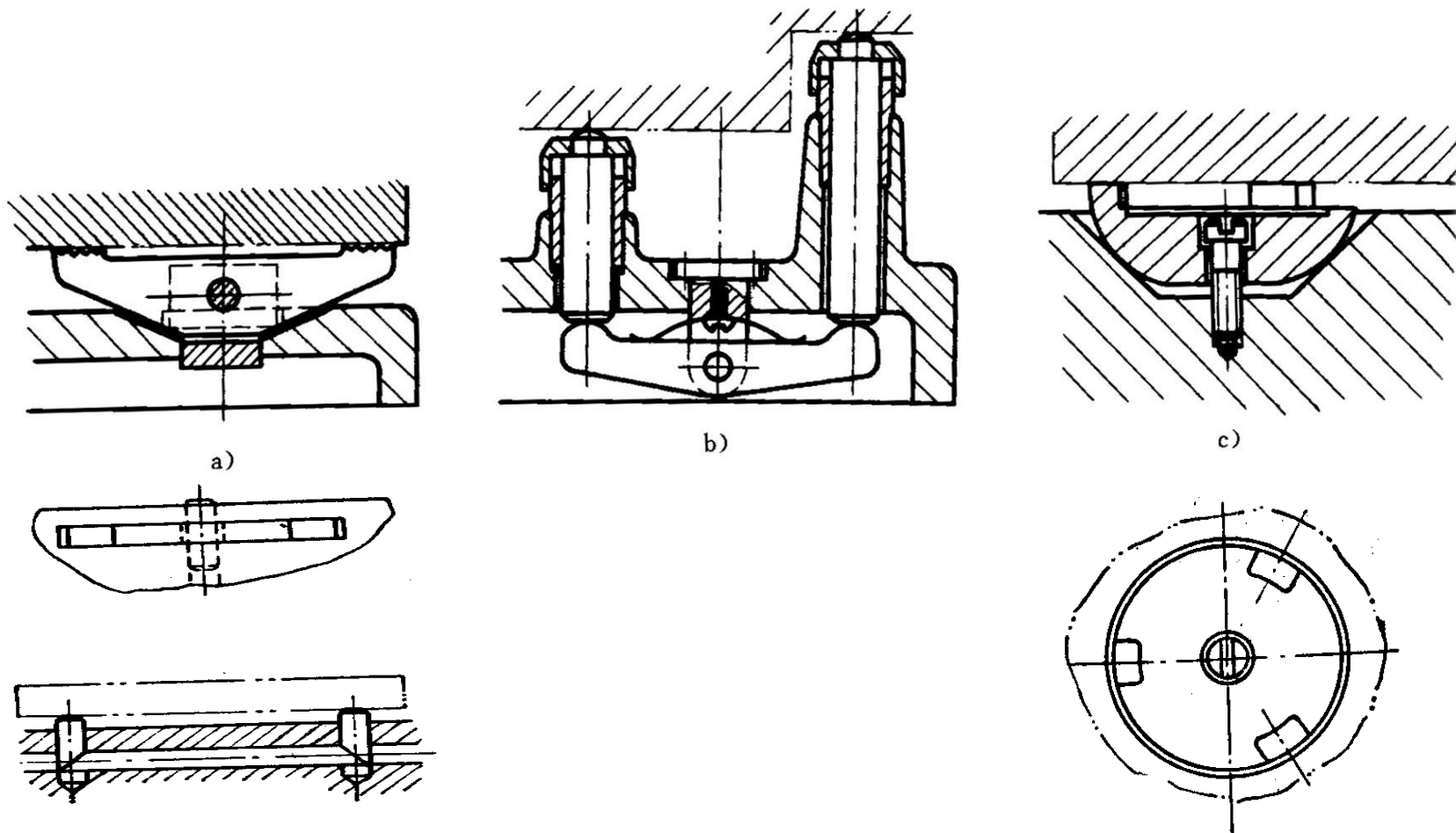
# \*可调支承实物



### ③自位支承 (Equalizing type locator, 浮动支承)

自位支承用于粗基准定位。

能自动调节位置，只限制一个自由度。



## (2) 辅助支承 (Auxiliary support)

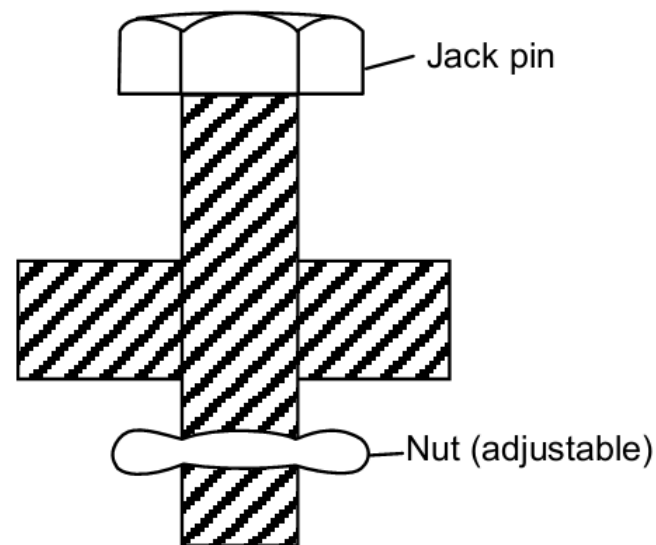
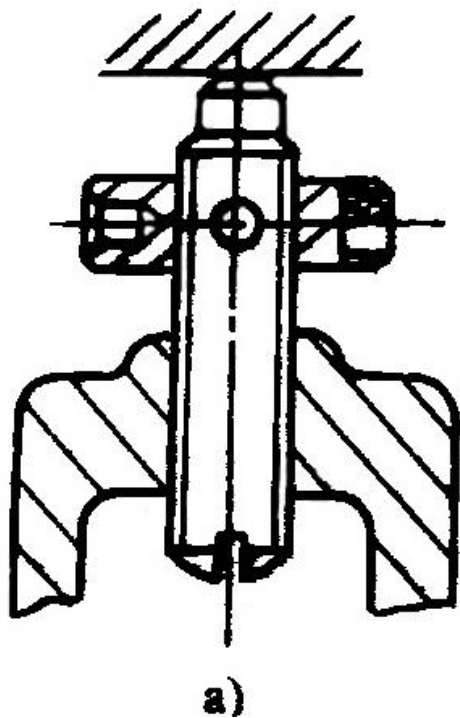


Figure 4.6 : Jack Pin Locator

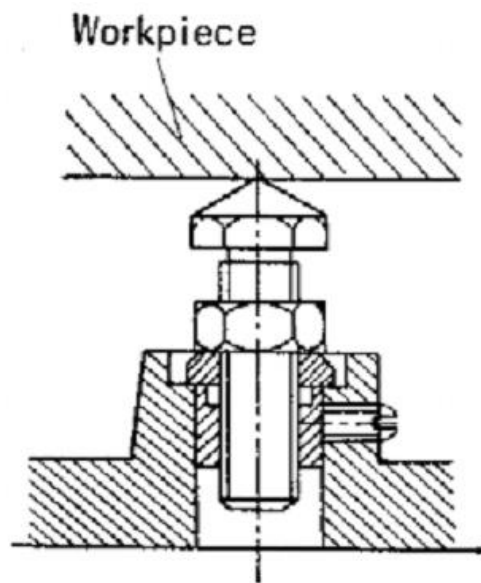
注意点：

- ① 提高装夹刚度和稳定性，不起定位作用。
- ② 在工件定位后才与工件接触，然后锁紧，否则会产生过定位。

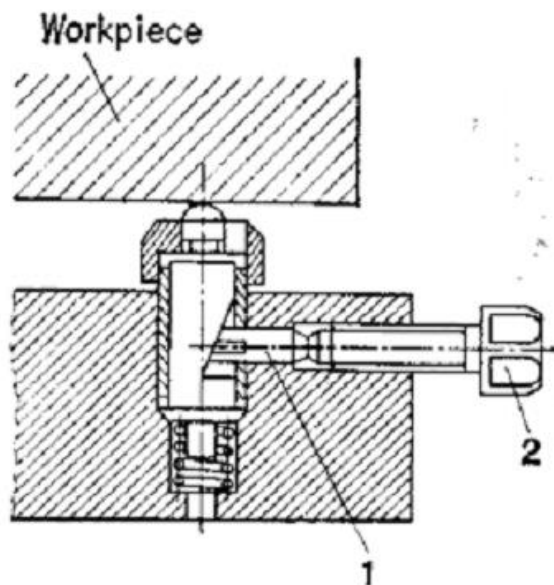
## \*辅助支承实例



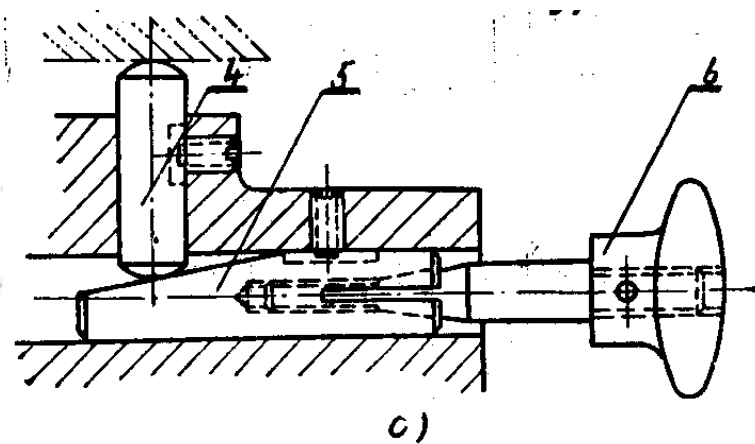




螺旋式辅助支承



自位式辅助支承



推引式辅助支承

辅助支承的形式

# \*辅助支承实例



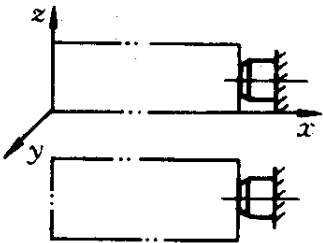
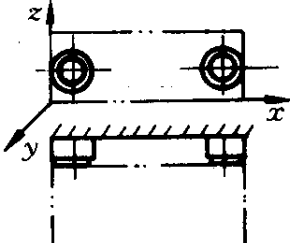
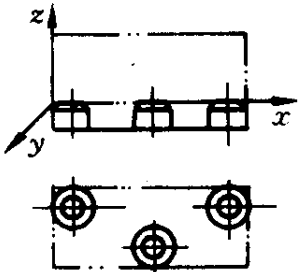
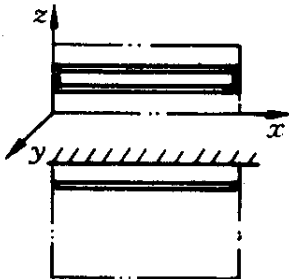
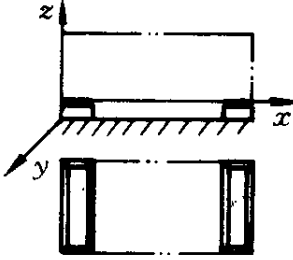
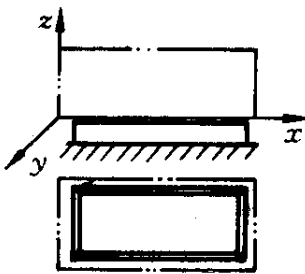
2010-03-09 曲轴磨床上的辅助支承-董氏镀铁

# \*辅助支承实例



2010-03-09 曲轴磨床上的辅助支承-董氏镀铁

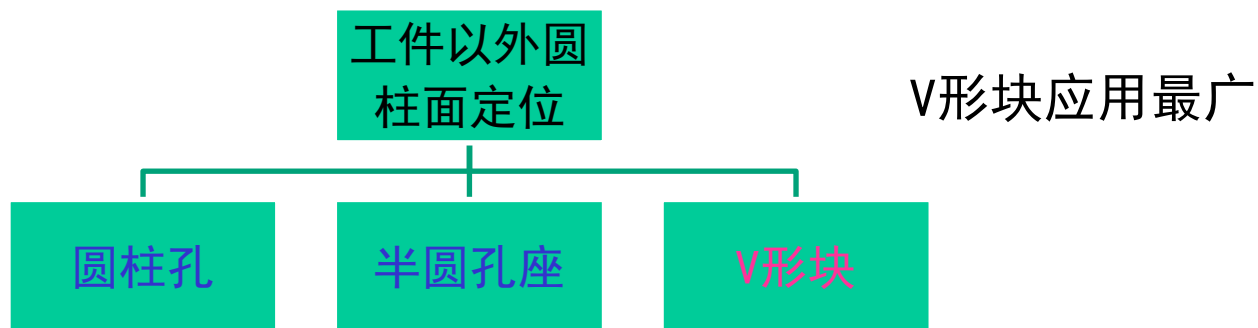
### (3) 典型定位元件的定位分析(平面定位)

平面	支承钉	定位情况	1 个支承钉	2 个支承钉	3 个支承钉
		图示			
		限制的自由度	$\vec{X}$	$\vec{Y} \quad \vec{Z}$	$\vec{Z} \quad \vec{X} \quad \vec{Y}$
平面	支承板	定位情况	一块条形支承板	二块条形支承板	一块矩形支承板
		图示			
		限制的自由度	$\vec{Y} \quad \vec{Z}$	$\vec{Z} \quad \vec{X} \quad \vec{Y}$	$\vec{Z} \quad \vec{X} \quad \vec{Y}$



## 2、工件以外圆柱面定位

Work piece positioning with cylindrical outer surface (Cylindrical Locators )



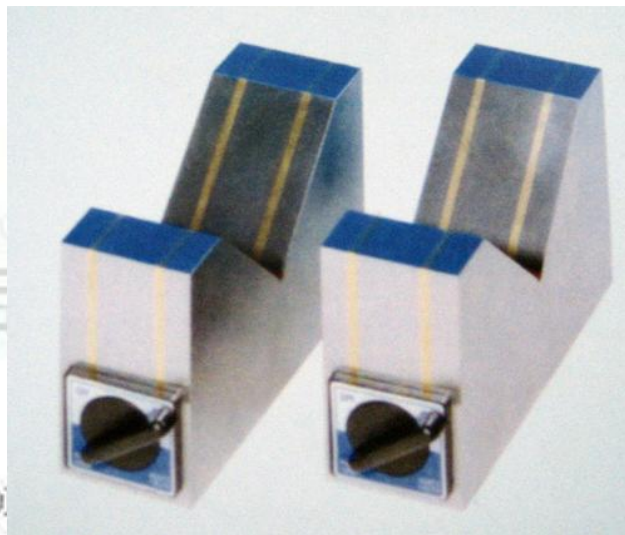
### (1) V形块 (V block) 材料

① 20钢 → 渗碳淬火 → ~HRC60。

② 直径很大：用铸铁作底座，在定位面上镶装淬硬支承板或硬质合金。



# \*V形块实物



## (2) V形块形状

The shape of V block

V形块两斜面夹角有 $60^\circ$ 、 $90^\circ$  和 $120^\circ$  几种， $90^\circ$  最常用。  
V形块安装尺寸T是其检验和调整的依据：

V形块安装尺寸T：

$$T = H + \left[ \frac{D}{\sin \frac{\alpha}{2}} - \frac{N}{\tan \frac{\alpha}{2}} \right]$$

$$T = H + 0.707D - 0.5N \quad \alpha = 90^\circ$$

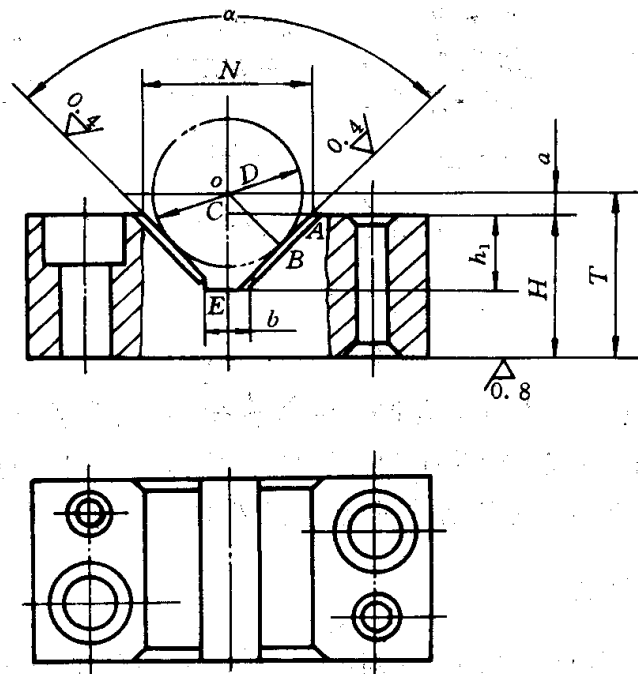


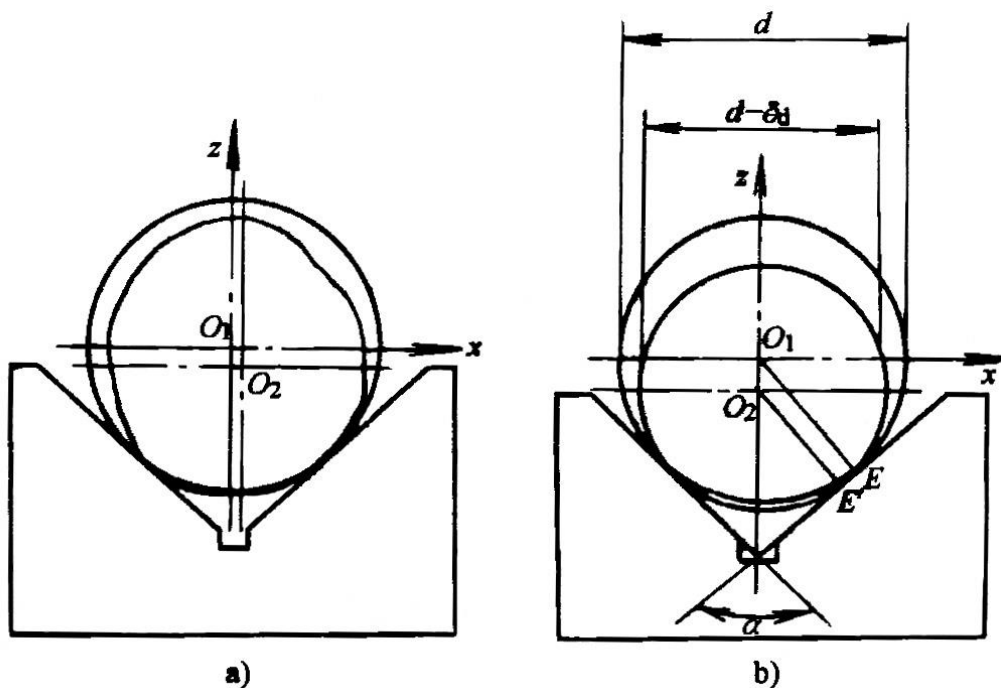
图 4-23 V 形块

### (3) V形块特点和定位分析

The properties and positioning analysis of V block

V型块 对中心性好，适用于粗、精基准面，圆柱面和圆弧面

V形块具有对中作用，工件水平方向没有定位误差。但在垂直方向则不然。





## 问题：

用V形块定位时，若圆柱表面与V形块接触线较长，则限制\_\_\_\_\_个不定度，若接触线较短，则限制\_\_\_\_\_个不定度。

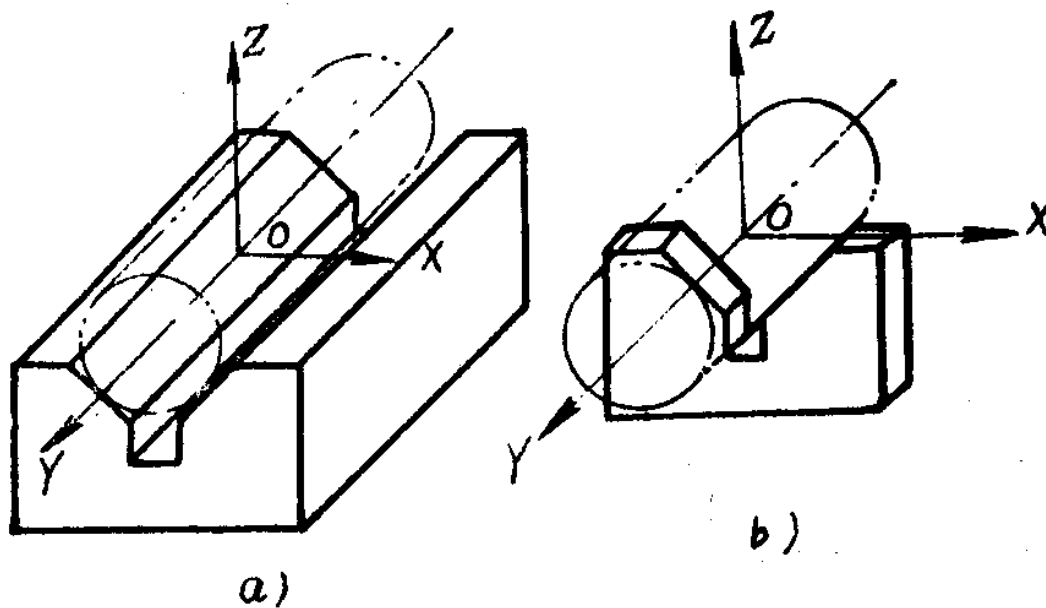
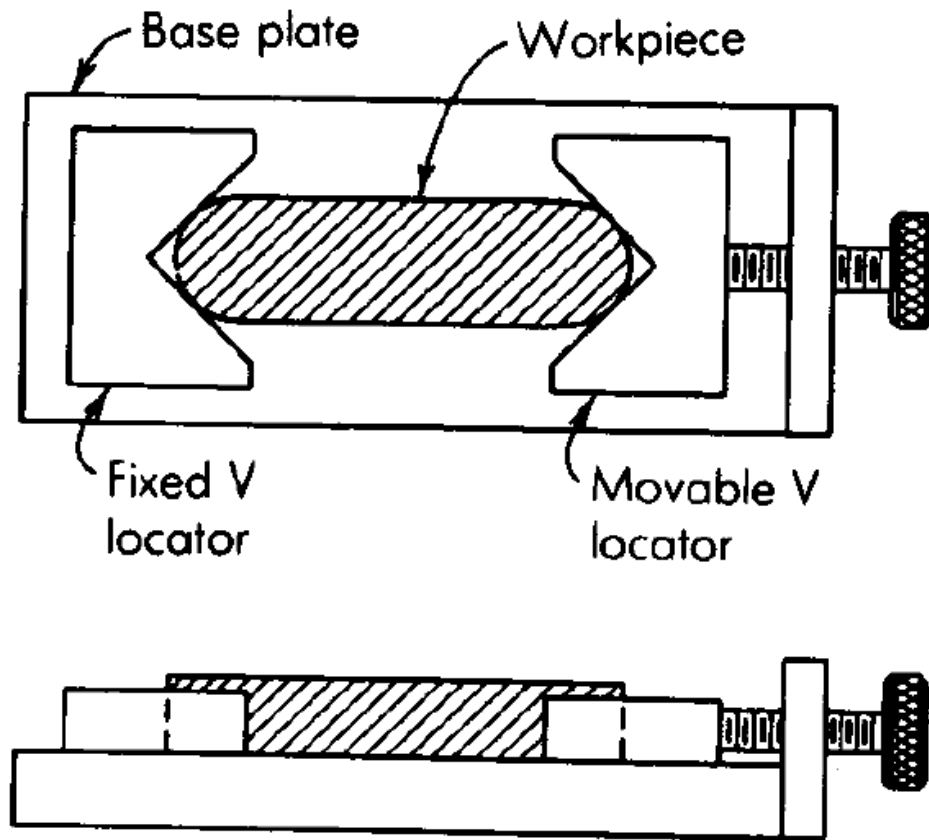


图4-17 V形块定位分析

## \*V型块组合定位实例



**Figure 4-26.** Workholder with multiple V locators.

#### (4) 圆柱孔、半圆孔座和其他外表面定位

Positioning analysis of cylindrical bore, semicircle bore etc.

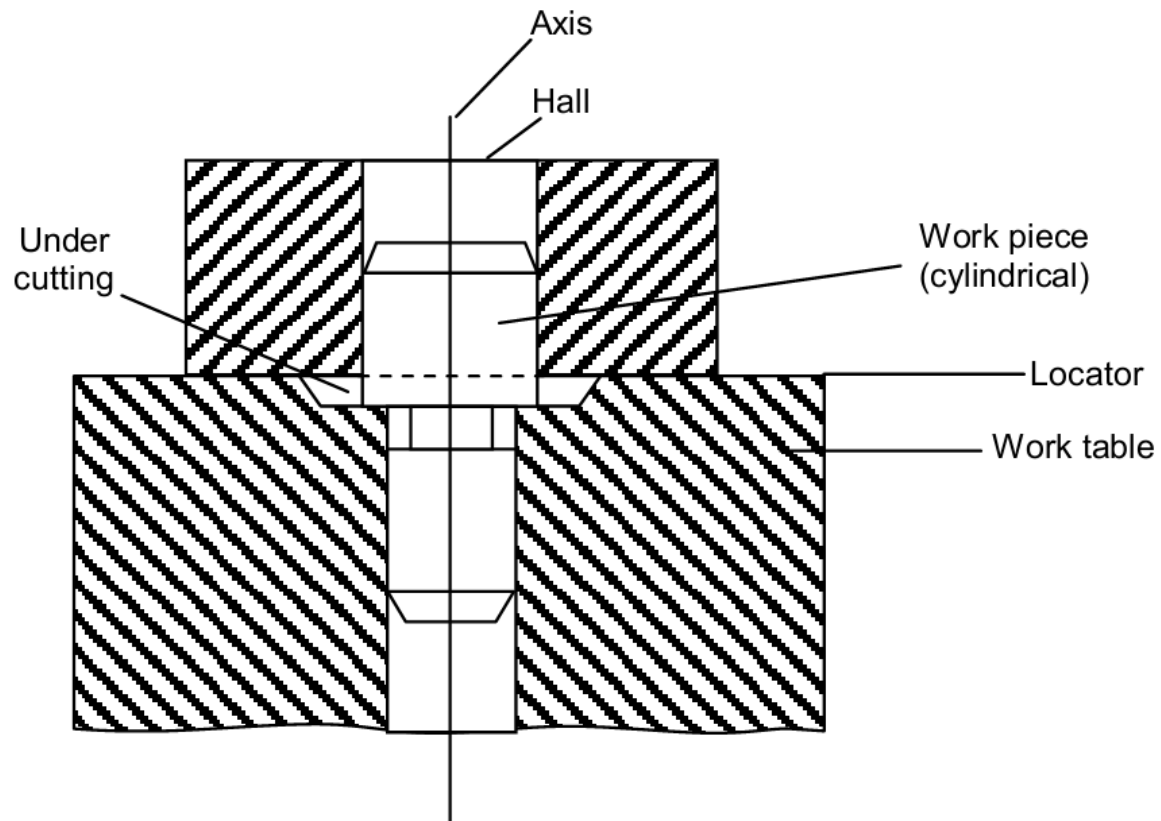


Figure 4.4 : Cylindrical Locator

## \*圆柱孔、圆锥孔定位实例

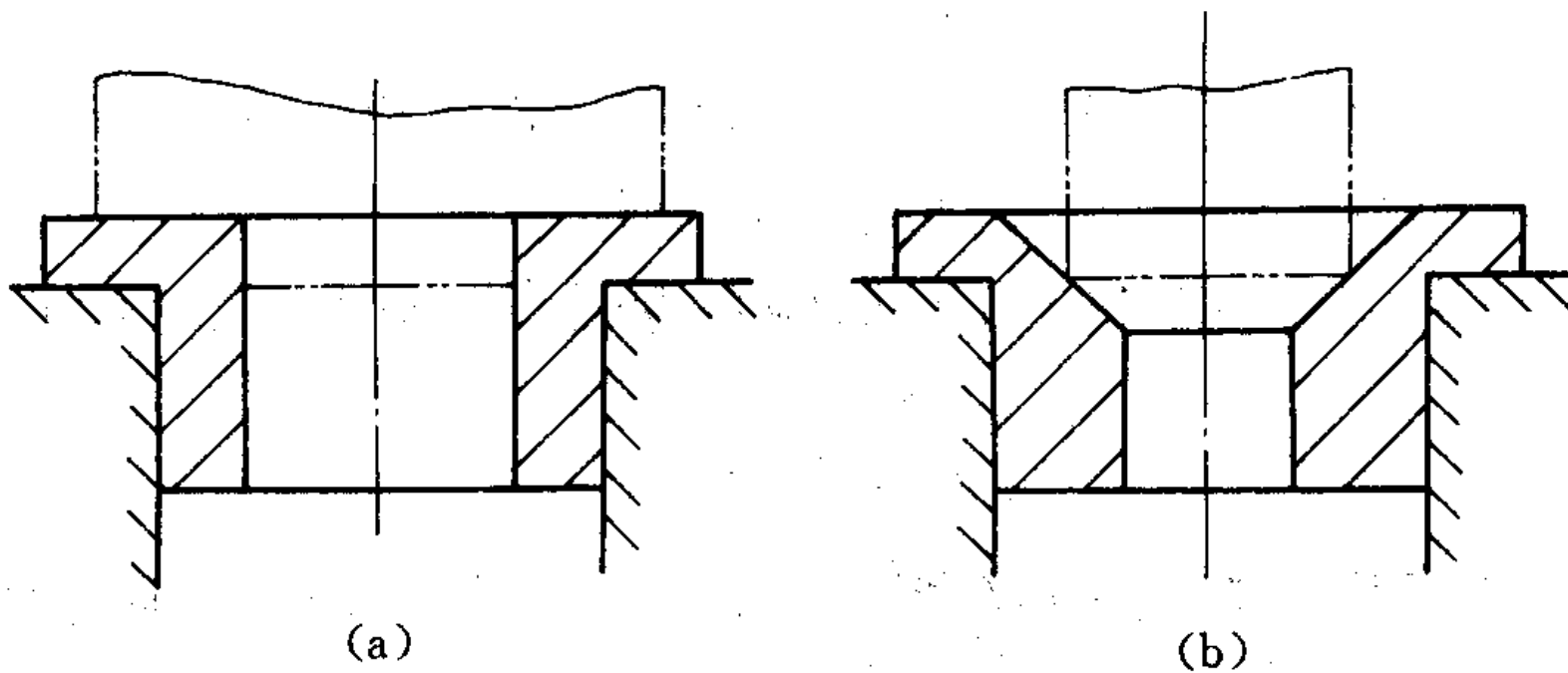
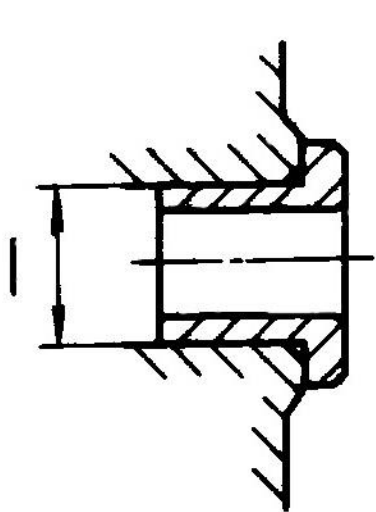
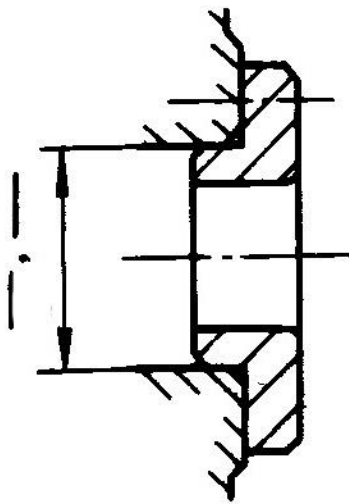


图 4-22 工件外圆以套筒和锥套定位

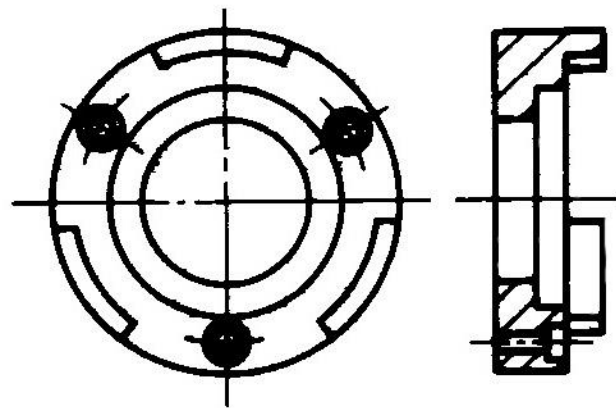
# \*圆柱孔、圆锥孔定位实例



a )

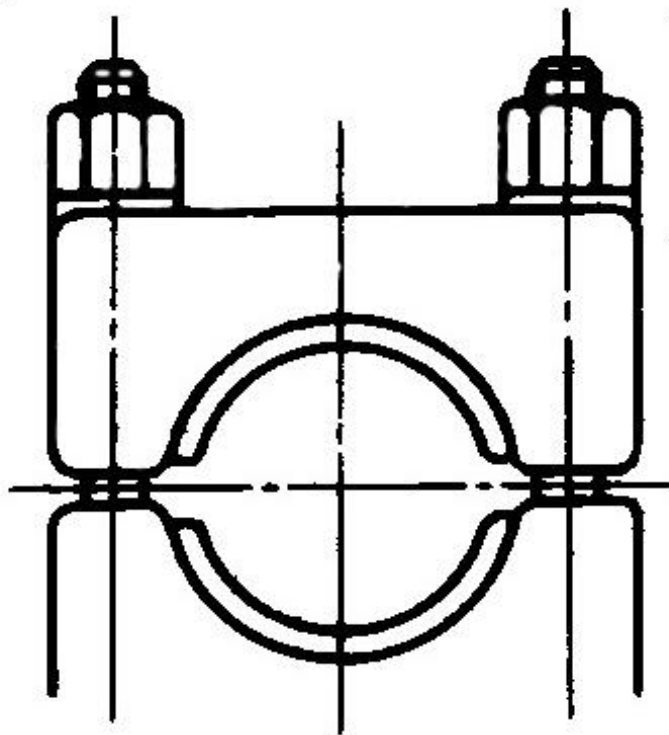


b )

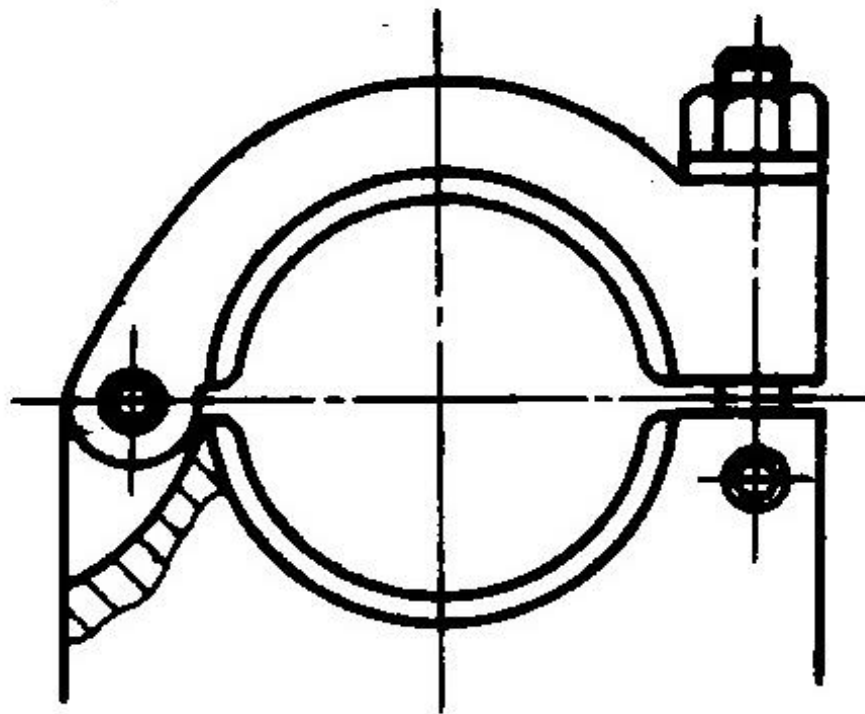


c )

# \*圆柱孔定位实例



a )



b )

# \*其他定位实例

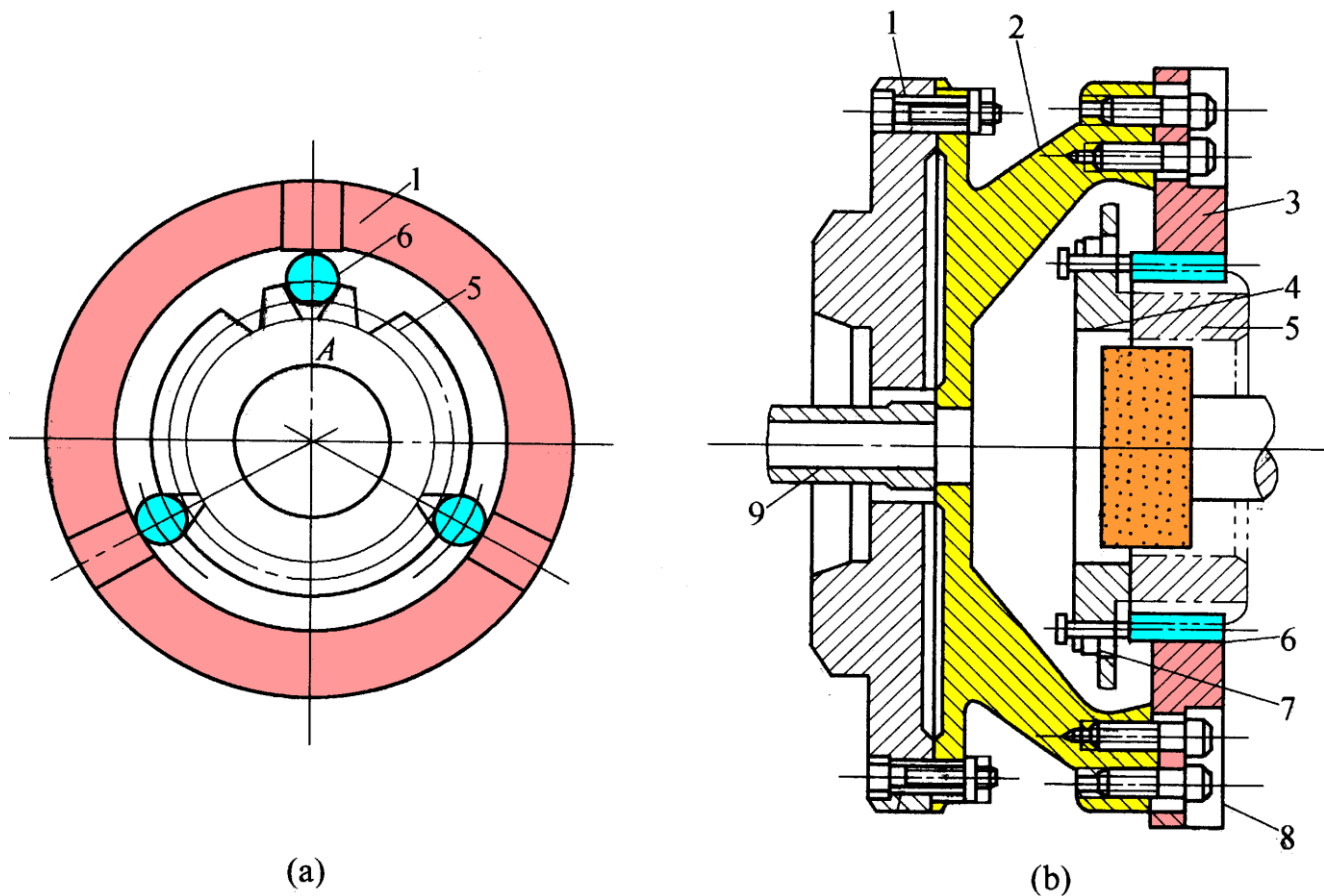


图 2 - 119 工件以渐开线齿面定位

1—夹具体 2—弹性薄膜盘 3—卡爪 4—保持架 5—工件(齿轮)

6—定心圆柱 7—弹簧 8—螺钉 9—推杆

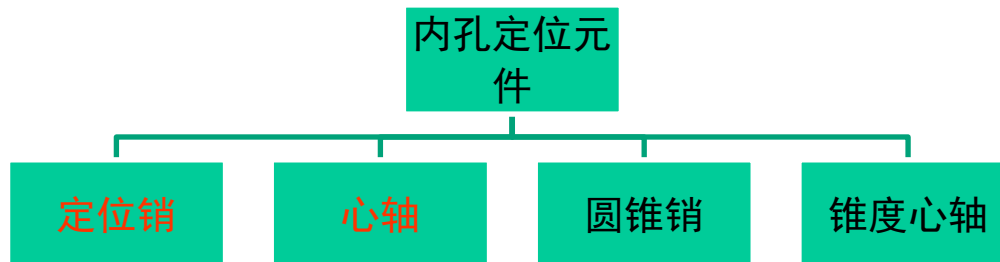
## (5) 典型定位元件的定位分析(外圆表面定位)

外 圆 柱 面	V 形 块	定位情况	一块短 V 形块	两块短 V 形块	一块长 V 形块
		图示			
		限制的自由度	$\bar{X} \quad \bar{Z}$	$\bar{X} \quad \bar{Z} \quad \bar{X} \quad \bar{Z}$	$\bar{X} \quad \bar{Z} \quad \bar{X} \quad \bar{Z}$
	定 位 套	定位情况	一个短定位套	两个短定位套	一个长定位套
		图示			
		限制的自由度	$\bar{X} \quad \bar{Z}$	$\bar{X} \quad \bar{Z} \quad \bar{X} \quad \bar{Z}$	$\bar{X} \quad \bar{Z} \quad \bar{X} \quad \bar{Z}$



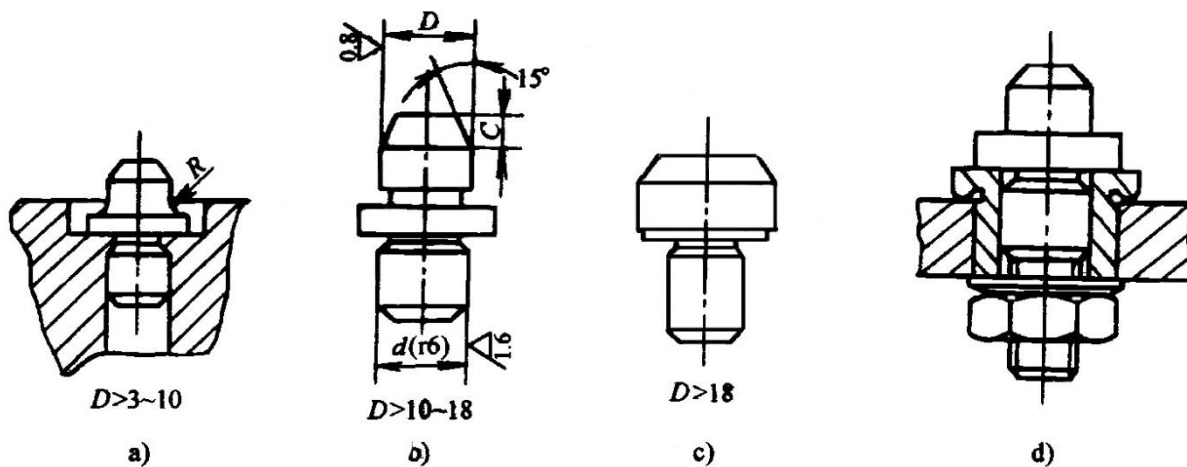
### 3、工件以内孔定位

Work piece positioning with cylindrical inner surface

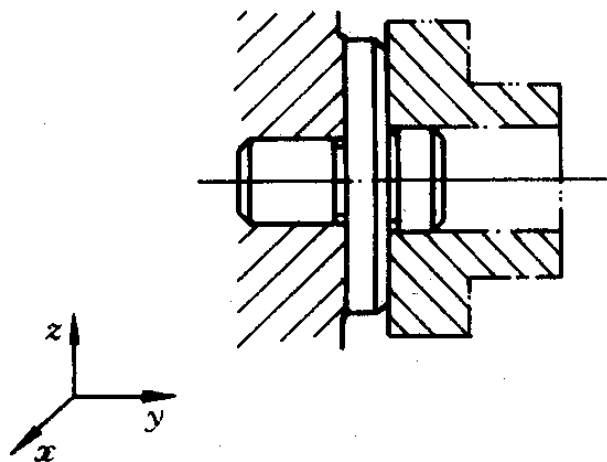


#### (1) 圆柱定位销(location pin/ dowel pin)

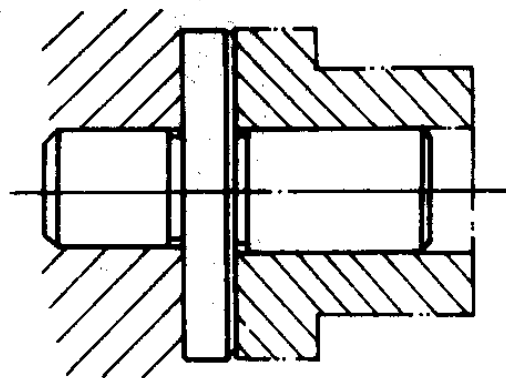
固定式和可换式



## (2) 圆柱定位销的自由度

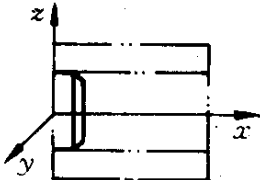
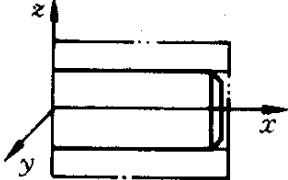
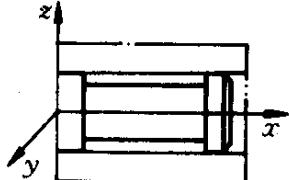
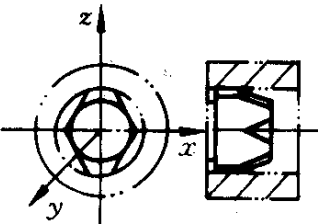
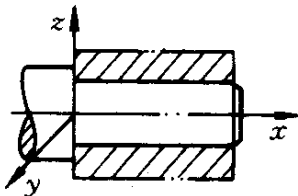
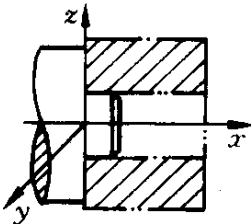


短定位销，限制  $\vec{X} \vec{Z}$



长定位销，限制  $\vec{X} \vec{Z} \hat{x} \hat{z}$

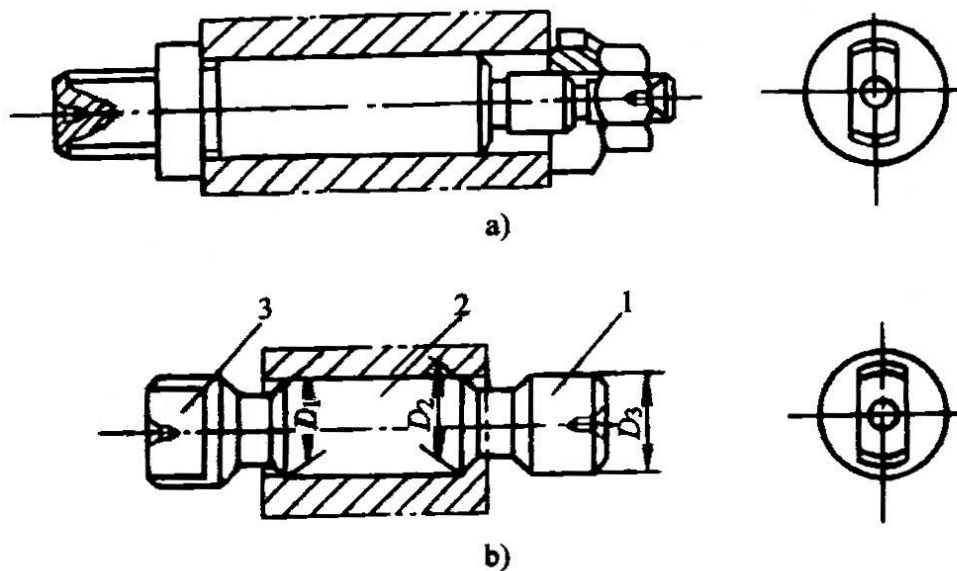
### (3) 圆柱定位销的定位形式

圆 柱 销	圆 柱 销	定位情况	短圆柱销	长圆柱销	两段短圆柱销
		图示			
		限制的自由度	$\bar{Y} \quad \bar{Z}$	$\bar{Y} \quad \bar{Z} \quad \bar{Y} \quad \bar{Z}$	$\bar{Y} \quad \bar{Z} \quad \bar{Y} \quad \bar{Z}$
		定位情况	菱形销	长销小平面组合	短销大平面组合
	圆 柱 销	图示			
		限制的自由度	$\bar{Z}$	$\bar{X} \quad \bar{Y} \quad \bar{Z} \quad \bar{Y} \quad \bar{Z}$	$\bar{X} \quad \bar{Y} \quad \bar{Z} \quad \bar{Y} \quad \bar{Z}$

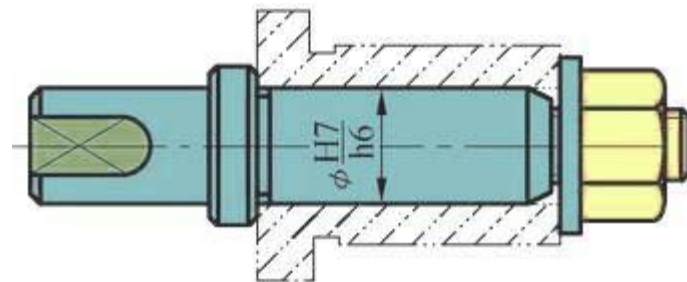
#### (4) 心轴(mandrel/ spindle shaft)

心轴两端有带护锥的顶尖孔，用以支承在机床上的顶尖上。

公差一般按h6、g6或f6制造，这种心轴装卸方便，但定心精度不高。



# \*心轴定位实例



为了消除间隙，提高定位精度，心轴可以用带有锥度的，但轴向位移大。

锥度通常做成 $1/5\ 000 \sim 1/1\ 000$ ，定心精度可达 $0.005 \sim 0.01\ \text{mm}$ 。

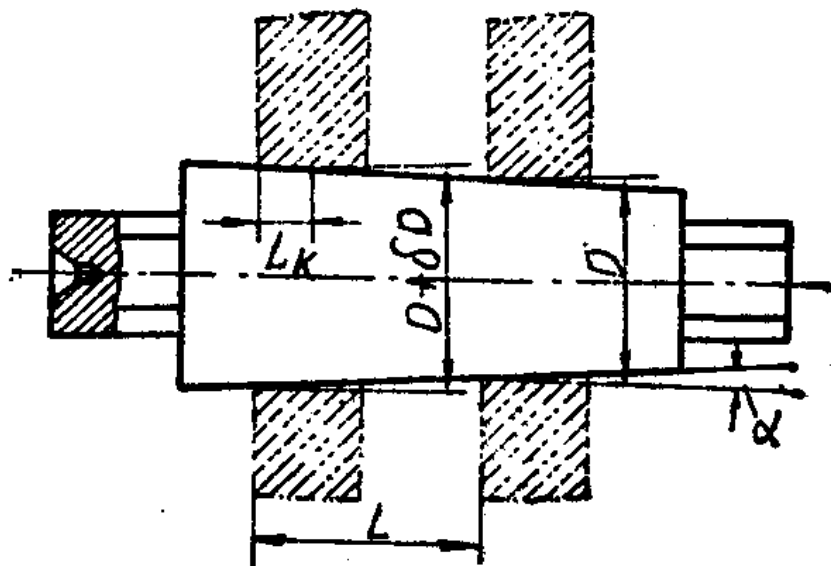
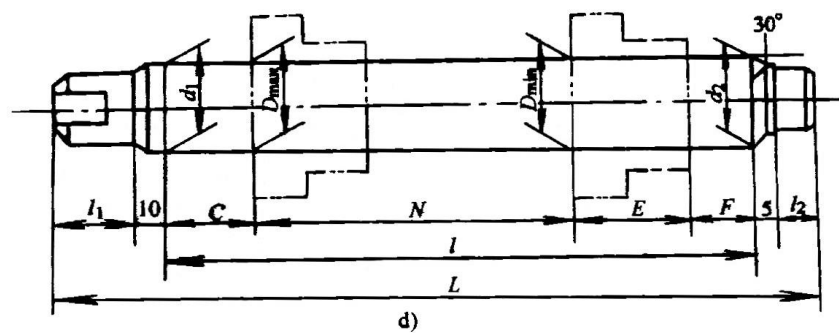
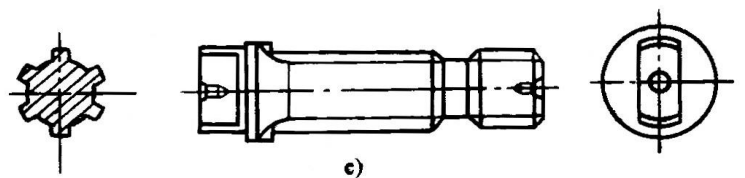
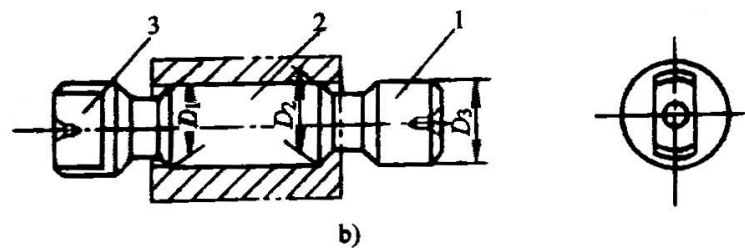
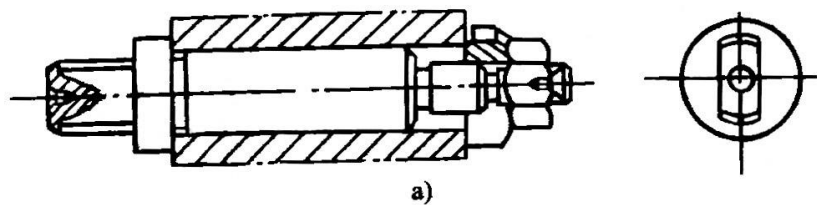
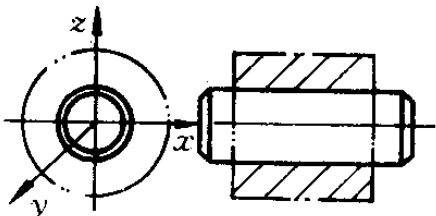
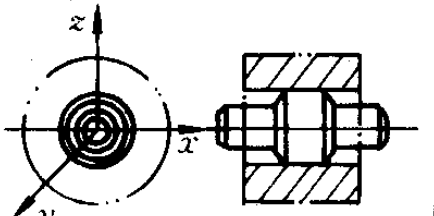
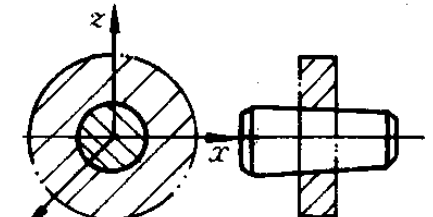


图4-24 圆锥心轴

## 间隙配合心轴、过盈配合心轴、花键心轴和锥度心轴

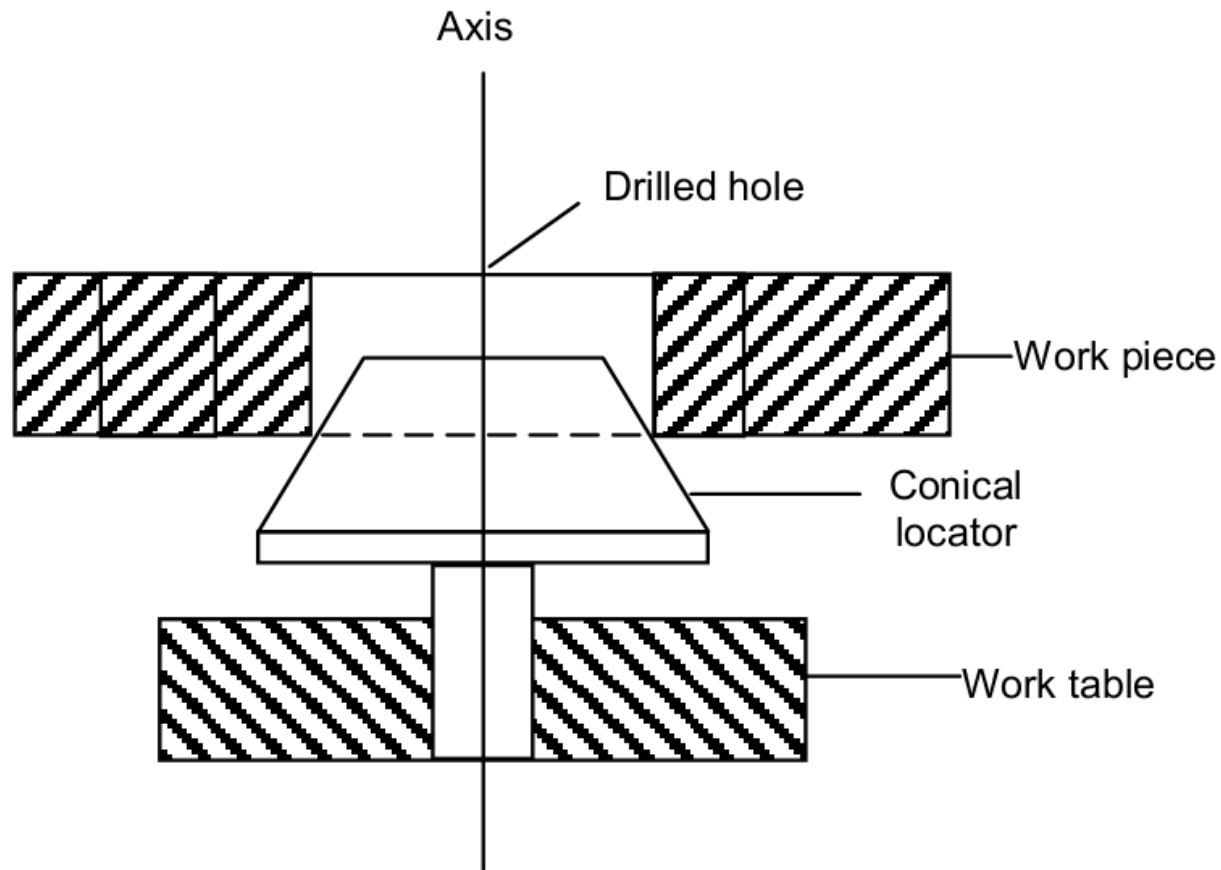


## (5) 心轴定位分析

心 轴	定位情况	长圆柱心轴	短圆柱心轴	小锥度心轴
	图示			
	限制的自由度	$\vec{X}$ $\vec{Z}$ $\vec{X}$ $\vec{Z}$	$\vec{X}$ $\vec{Z}$	$\vec{X}$ $\vec{Z}$



(6) 圆锥销 (cone) 限制三个自由度。



**Figure 4.5 : Conical Locator**

# \*圆锥销实物

---



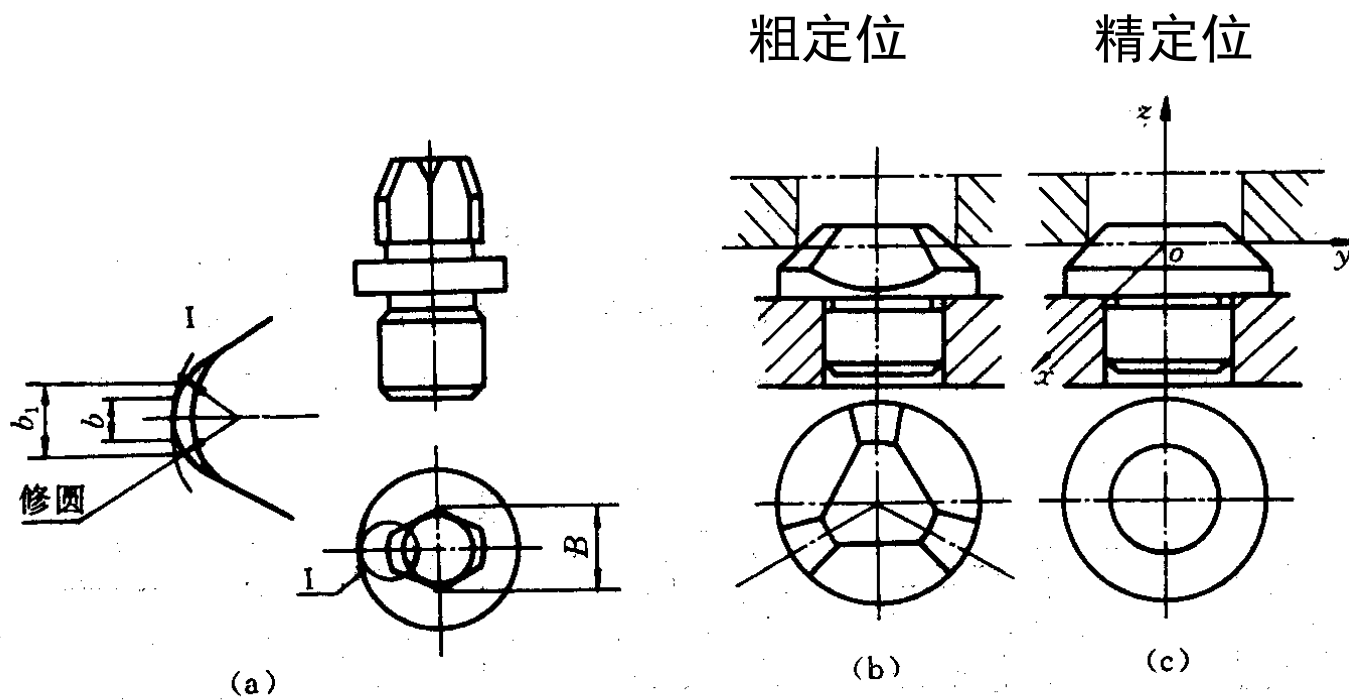
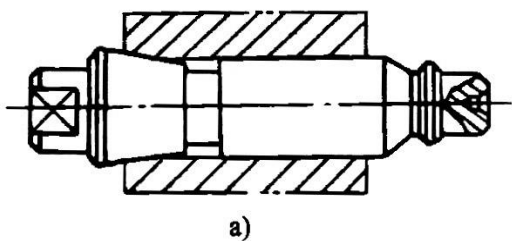


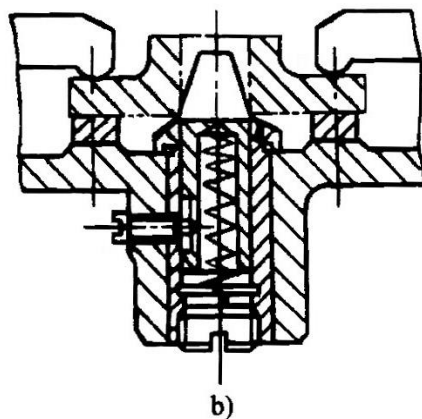
图 4-21 锥形销与圆锥销

单独定位易倾斜，一般由其它元件组合定位，定心精度高。

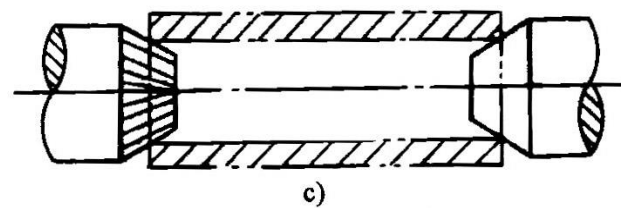
## (7) 圆锥销应用实例



圆锥-圆柱组合  
心轴定位

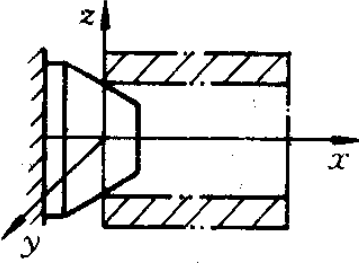
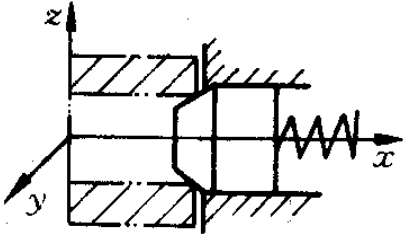
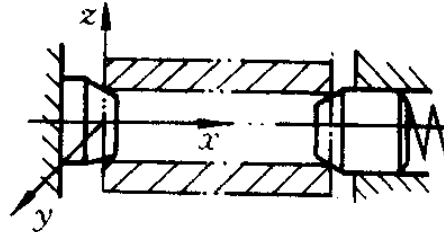


圆锥销可活动，  
保证定位准确



双圆锥销

(8) 圆锥销 定位分析

夹 具 的 定 位 元 件				
圆锥销	定位情况	固定锥销	浮动锥销	固定锥销与浮动锥销组合
	图示			
限制的自由度		$\vec{X} \quad \vec{Y} \quad \vec{Z}$	$\vec{Y} \quad \vec{Z}$	$\vec{X} \quad \vec{Y} \quad \vec{Z} \quad \vec{Y} \quad \vec{Z}$

## (9) 其它内表面定位

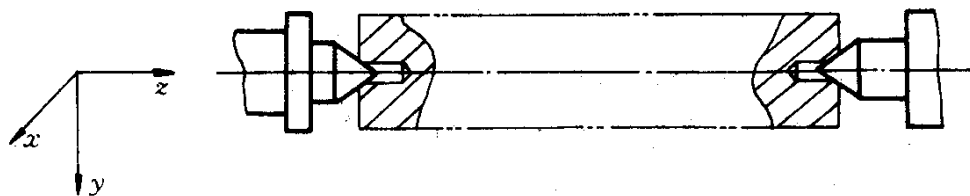
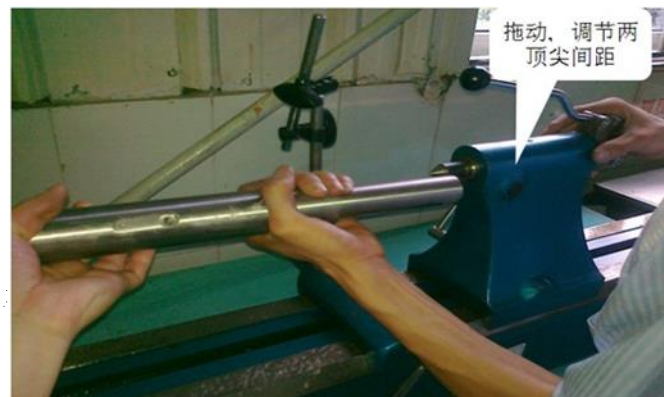


图 4-26 工件在两顶尖上的定位



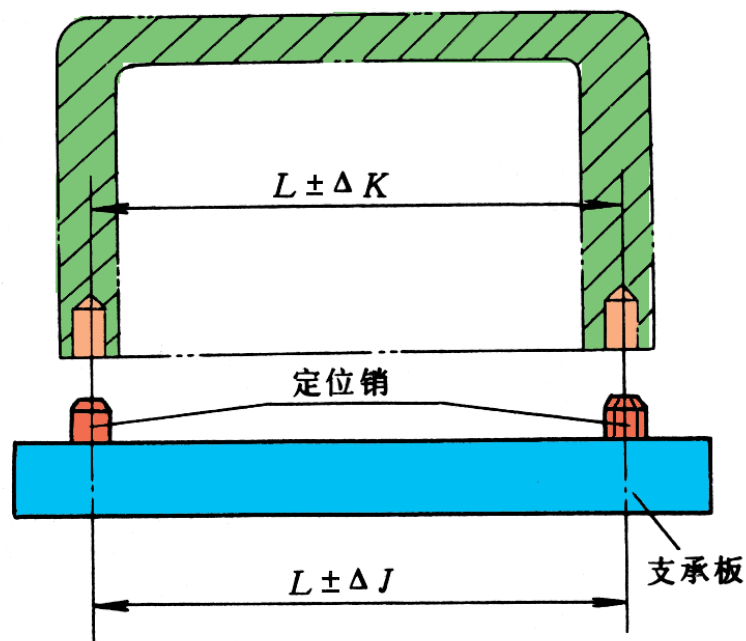
圆锥孔	锥顶尖和锥度心轴	定位情况	固定顶尖	浮动顶尖	锥度心轴
		图示			
		限制的自由度	$\bar{X} \quad \bar{Y} \quad \bar{Z}$	$\bar{Y} \quad \bar{Z}$	$\bar{X} \quad \bar{Y} \quad \bar{Z} \quad \bar{Y} \quad \bar{Z}$

## 4、以工件上的一面两孔定位

Work piece positioning with two holes and one plane surface

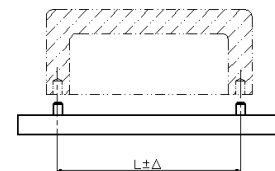
### (1) “一面两孔”定位

应用工件上的两个轴线平行的孔和一个与孔轴线垂直的端平面进行组合定位，简称“一面两孔”定位。



“一面二孔”的组合定位

“一面两孔”定位时，  
平面用支承板定位，两  
孔用定位销定位。



## (2) 误差来源

定位销1的最大直径： $d_1 = D_1 - \Delta_1$

定位销2的最大直径： $d_2 = D_2 - \Delta_2 - 2(\delta L_D - \delta L_d)$

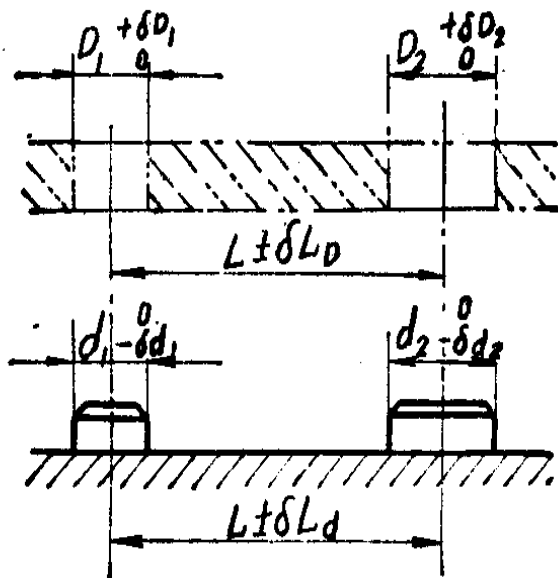


图4-25 两圆柱销定位

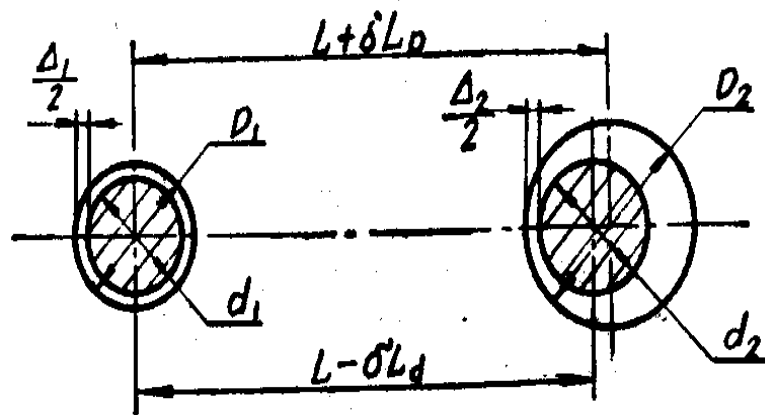


图4-26 两圆柱销直径变化情况



### (3) 一面二孔组合定位的解决方案

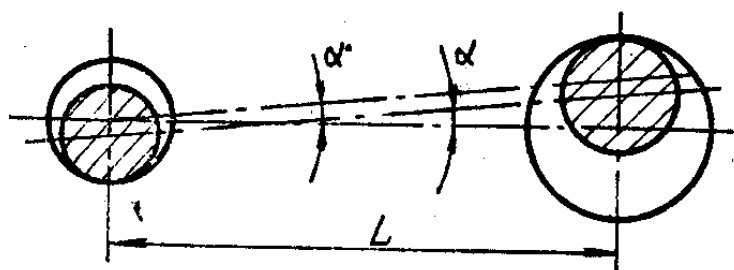


图4-27 两圆柱销定位角度误差

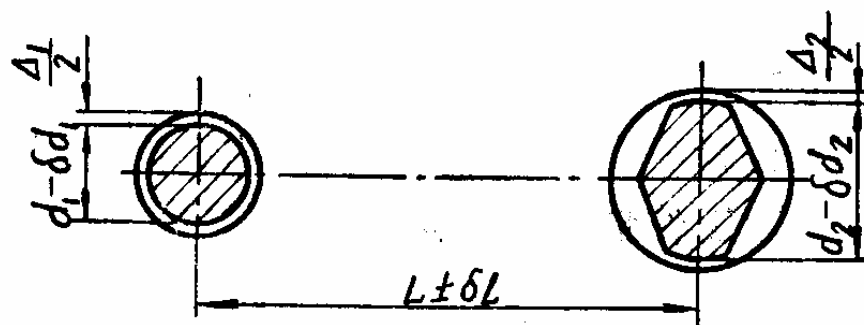
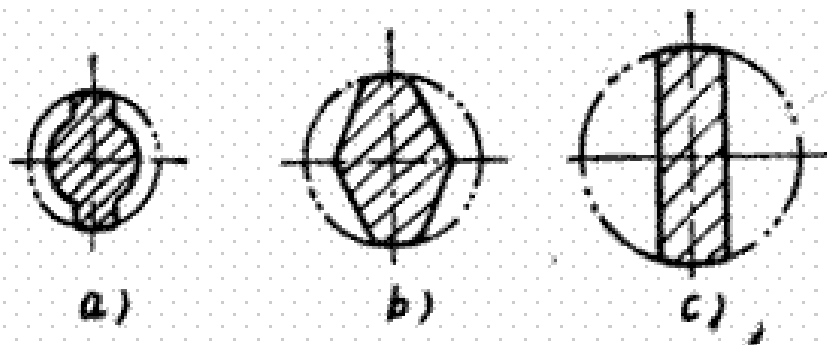


图4-28 一圆柱销一菱形销定位



# \*实例

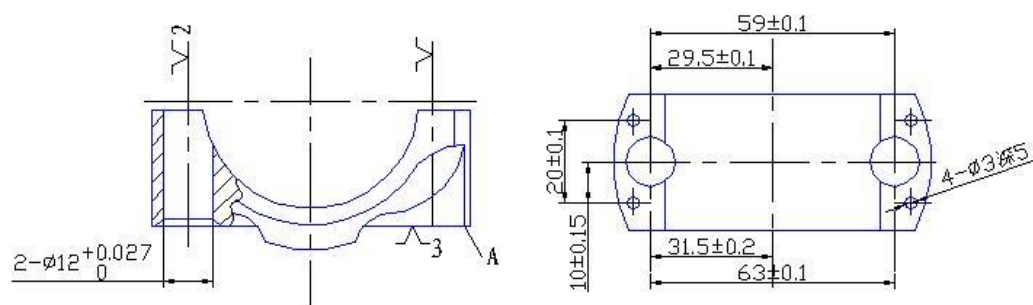


图3-21 连杆盖工序图

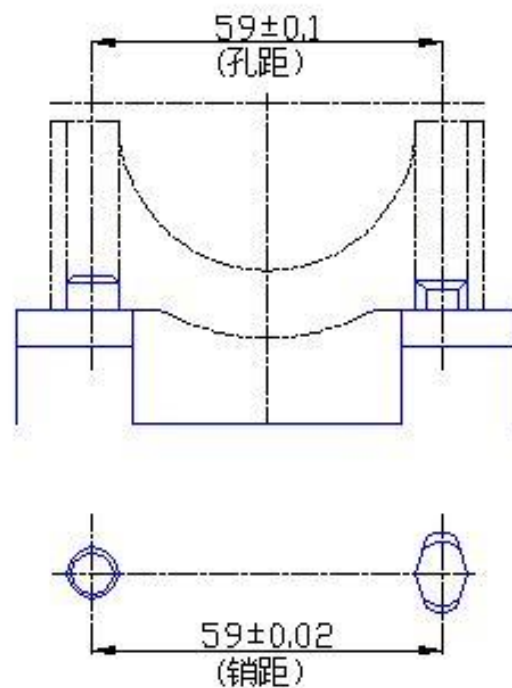
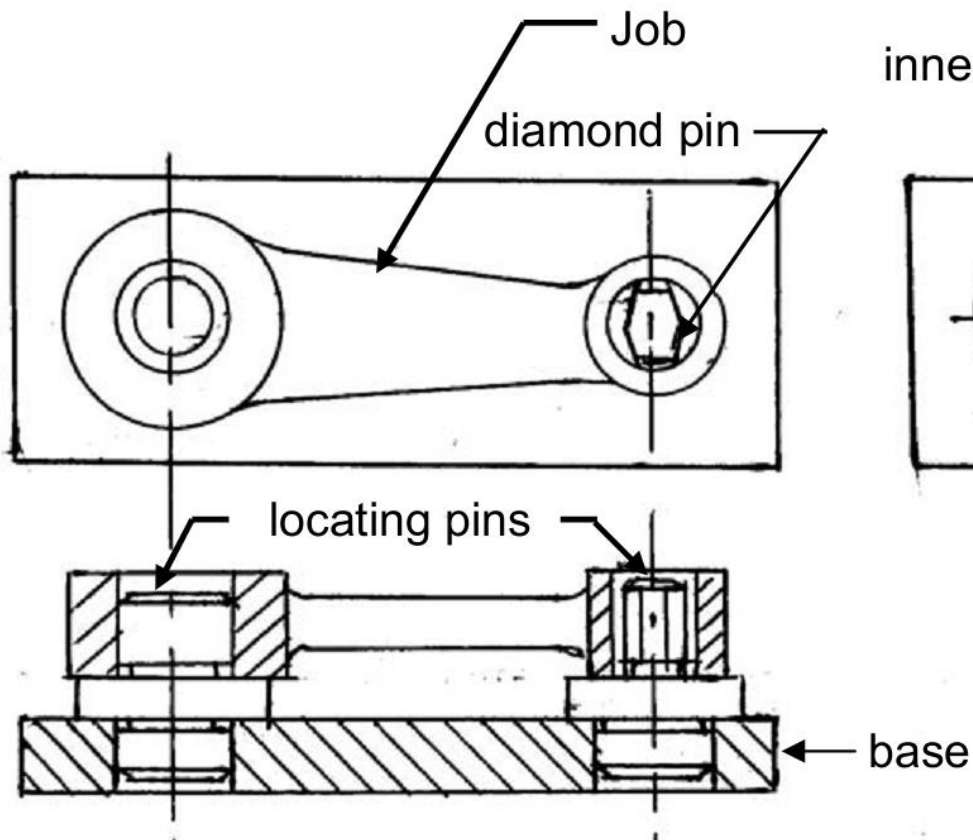
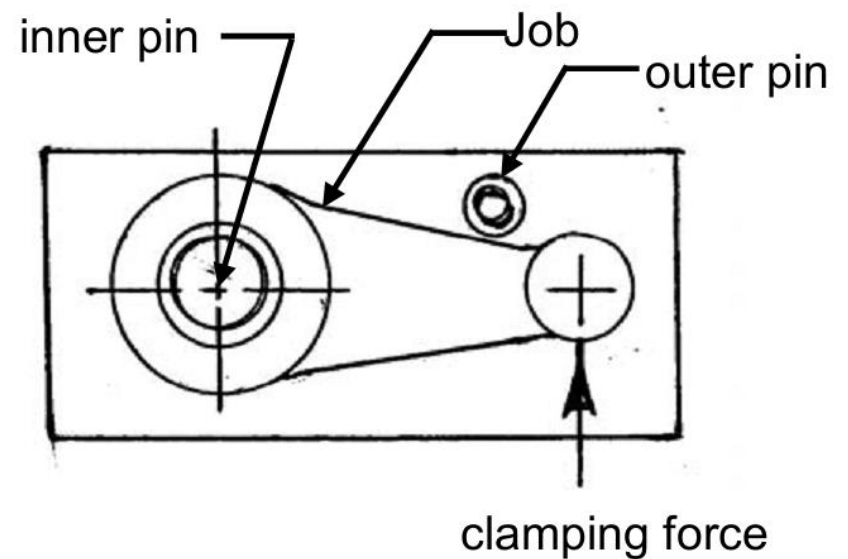


图2-9 一面两孔定位方式

# \*实例



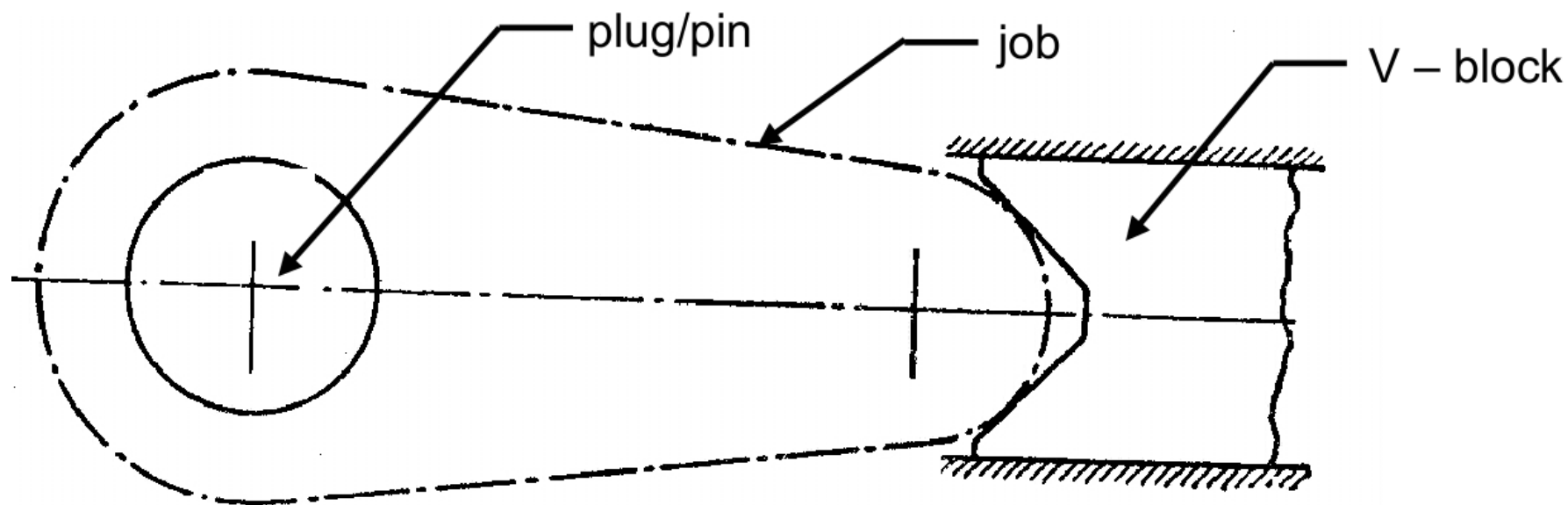
(a) locating by two holes



(b) locating by one hole

**Fig. 8.1.9** Locating by holes.

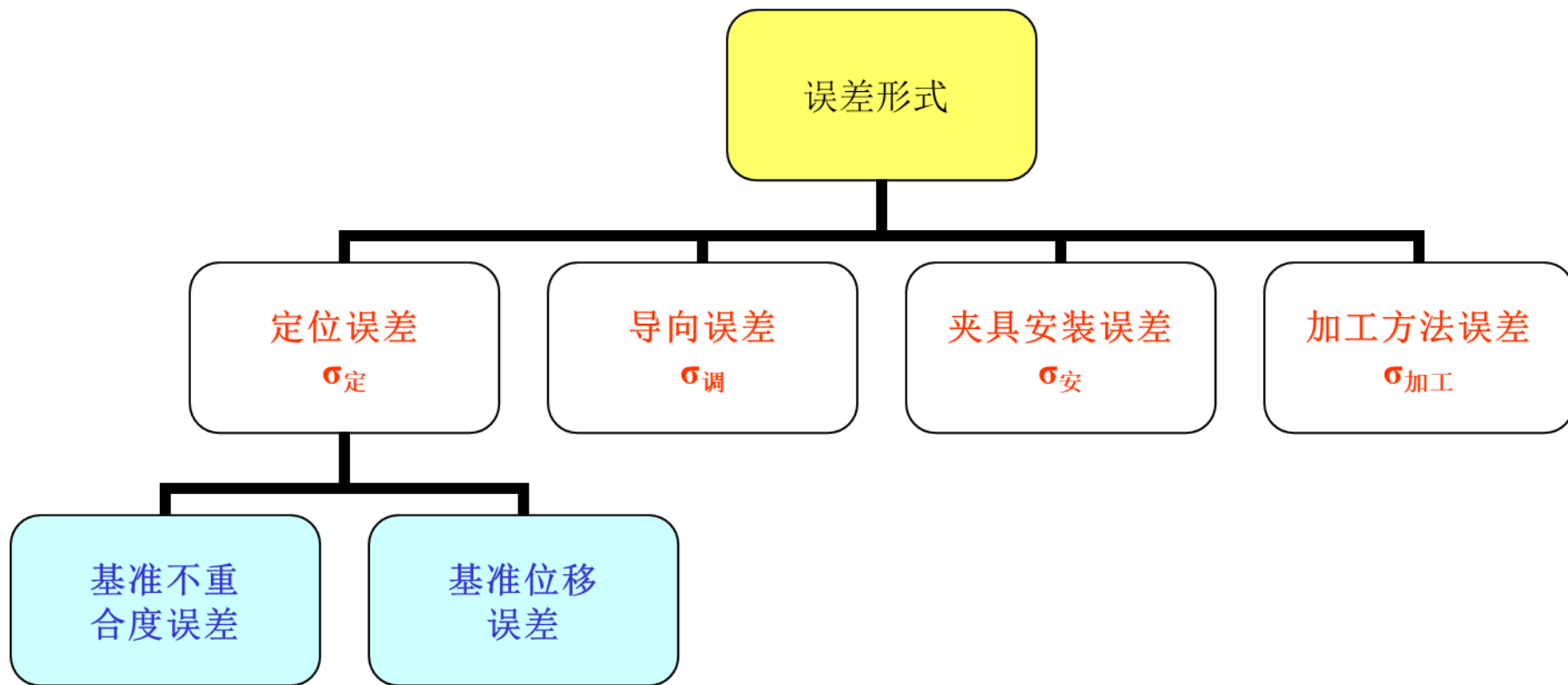
# \*实例



**Fig. 8.1.10** Locating by a pin and Vee block.

# 第三节 定位误差分析

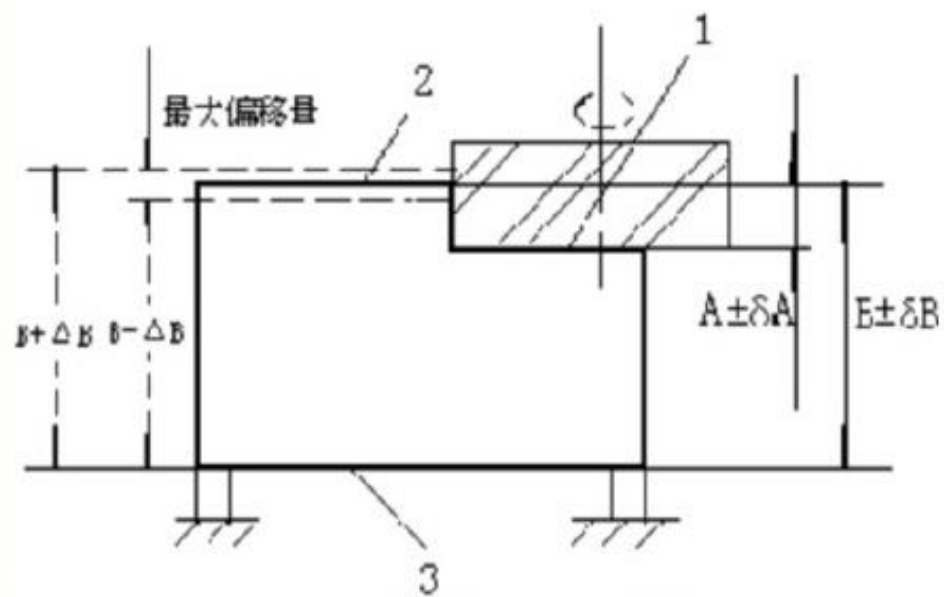
Positioning errors



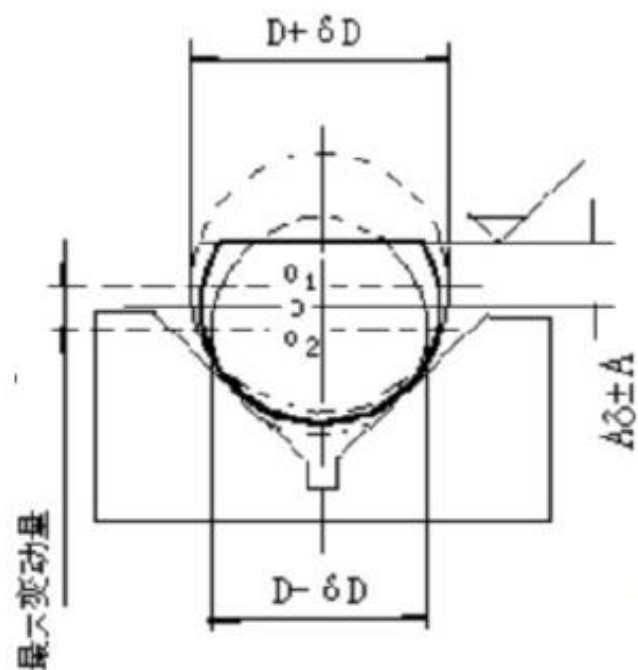
---

**定位误差**(Positioning errors)：一批工件在夹具中定位时，由于定位不准确而造成的设计基准相对加工面的位置变动。

- **基准不重合度误差**(datum misalignment error) 是指由于**定位基准与设计基准(或工序基准)**不重合，引起一批工件的设计基准相对于定位基准的尺寸变动。
- **基准位移误差**(datum displacement error) 由于工件定位基准和夹具定位元件的定位面的**制造误差和配合间隙**，引起的定位基准相对于其理想位置的尺寸变动。



基准不重合

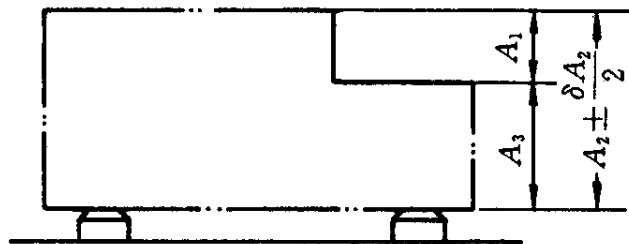


基准位移

# 一、工件以平面定位的误差分析



## 基准不重合情况

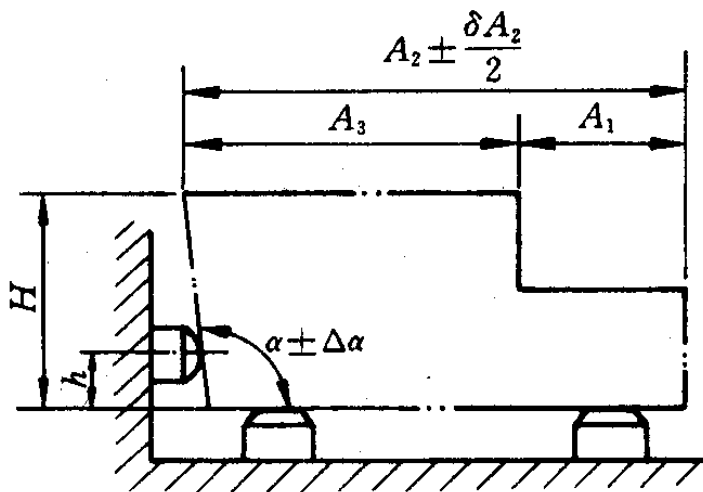


定位基准与设计基准之间位移的变化量

$$\delta_{\text{定}} = \delta_{A_2}$$



## 基准位移情况



定位面制造误差引起位移的变化量

$$\delta_{\text{定}} = 2(H - h) \tan \Delta\alpha$$

综合情况：

$$\delta_{\text{定}} = \delta_{A_2} + 2(H - h) \tan \Delta\alpha$$



## 二、工件以外圆表面定位的误差分析



### V型块定位误差分析

(1) 按尺寸  $H_1$  标注工序尺寸的情况

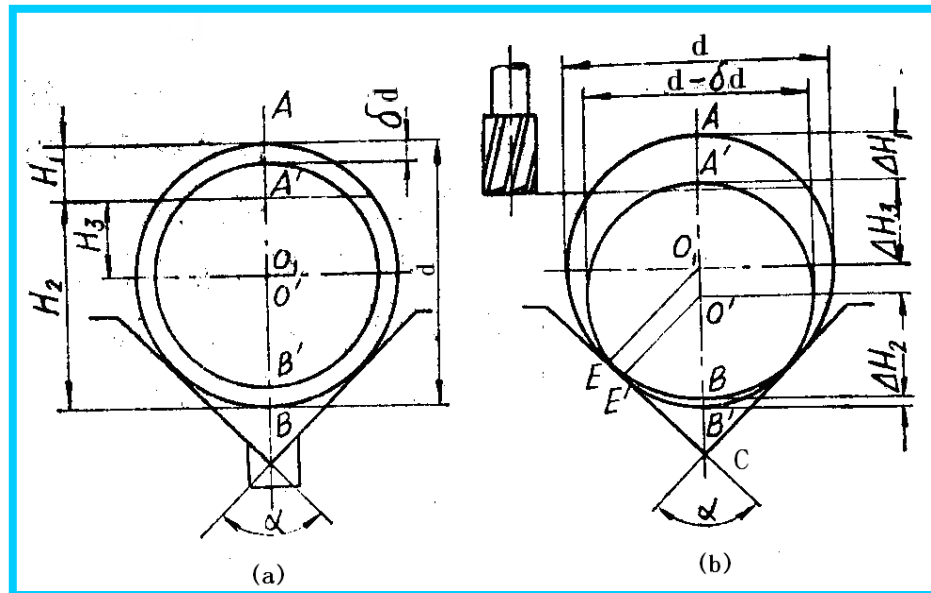
$$CA = OA + CO = \frac{d}{2} + \frac{d}{2} \cdot \frac{1}{\sin \frac{\alpha}{2}} = \frac{d}{2} \left( 1 + \frac{1}{\sin \frac{\alpha}{2}} \right)$$

$$\Delta_{H1} = \delta_{OA} + \delta_{CO} = \frac{\delta d}{2} \left( 1 + \frac{1}{\sin \frac{\alpha}{2}} \right)$$

(2) 按尺寸  $H_2$  标注工序尺寸的情况

$$CB = CO - BO = \frac{d}{2} \cdot \frac{1}{\sin \frac{\alpha}{2}} - \frac{d}{2} = \frac{d}{2} \left( \frac{1}{\sin \frac{\alpha}{2}} - 1 \right)$$

$$\Delta_{H2} = \delta_{CO} - \delta_{BO} = \frac{\delta d}{2} \left( \frac{1}{\sin \frac{\alpha}{2}} - 1 \right)$$



(3) 按尺寸  $H_3$  标注工序尺寸的情况

$$CO = \frac{d}{2} \cdot \frac{1}{\sin \frac{\alpha}{2}} = \frac{d}{2} \frac{1}{\sin \frac{\alpha}{2}}$$

$$\Delta_{H3} = \delta_{CO} = \frac{\delta d}{2} \frac{1}{\sin \frac{\alpha}{2}}$$

$$\Delta H_1 > \Delta H_3 > \Delta H_2$$

### 三、工件以内孔表面定位的误差分析



#### 定位销定位

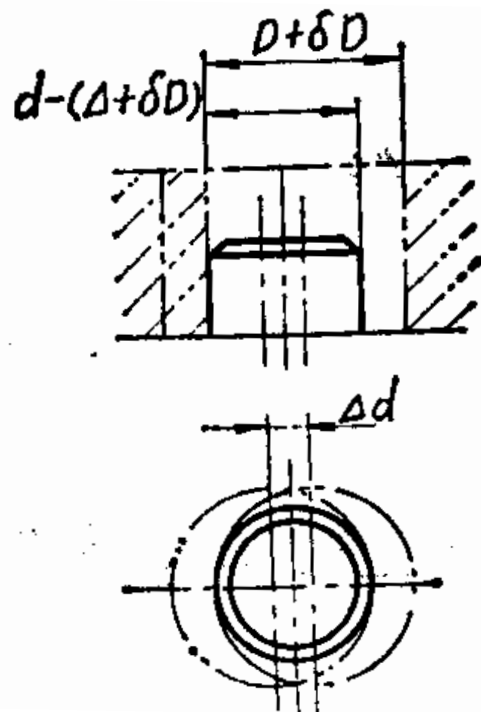
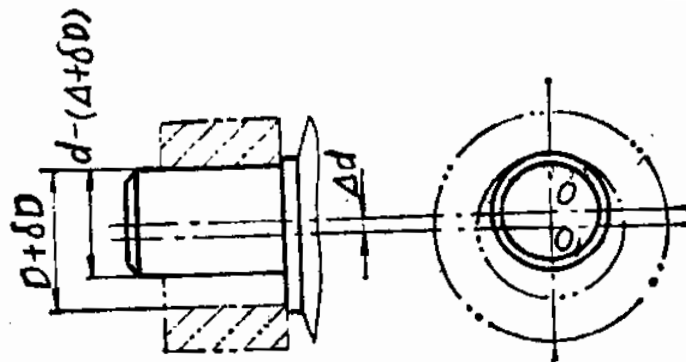
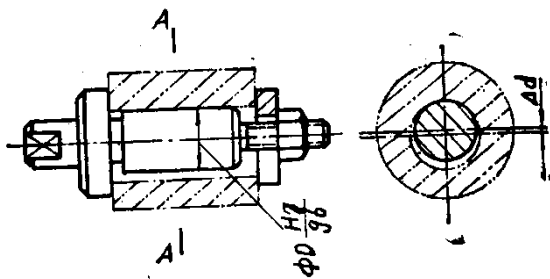
定位销水平放置时，定位误差为：

$$\Delta d = \frac{1}{2}(\delta D + \delta d + \Delta)$$

定位销垂直放置时，定位误差为：

$$\Delta d = \delta D + \delta d + \Delta$$

采用心轴时的定位误差分析相似



#### 四、工件以一面两孔定位的误差分析



## 定位的误差

### ①任意方向上的基准位移误差

$$\delta_{\text{基准位移}} = \delta D_1 + \delta d_1 + \Delta_1$$

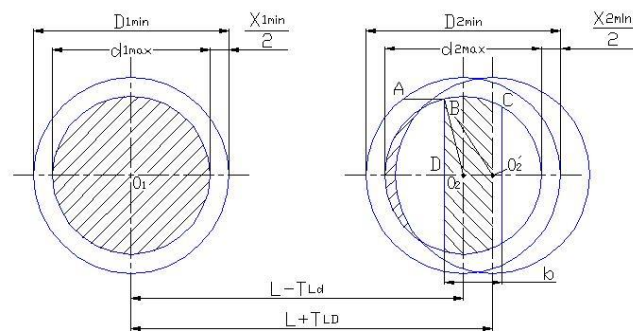
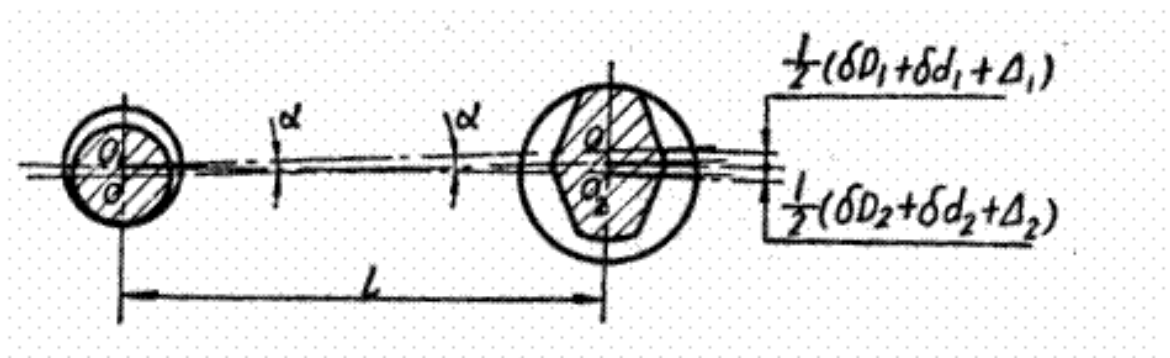


图3-20 削边销尺寸计算

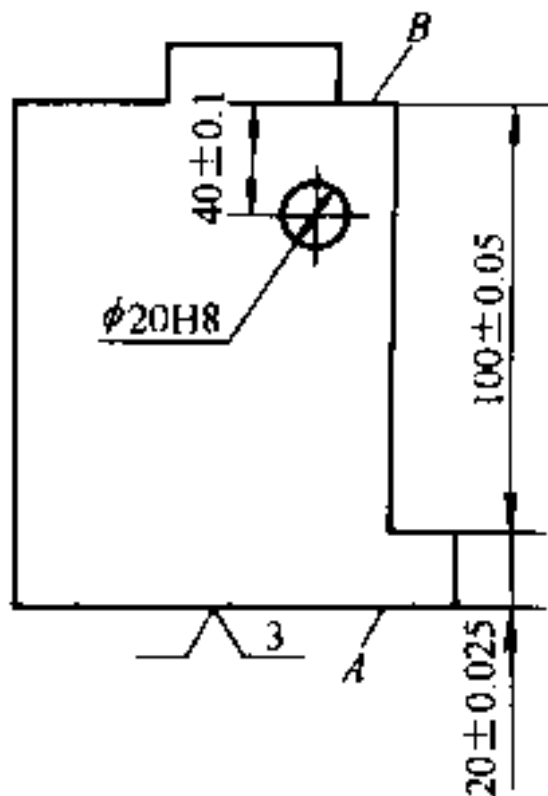
## ②最大转角误差



$$\tan \alpha_{\max} = \frac{\delta D_1 + \delta d_1 + \Delta_1 + \delta D_2 + \delta d_2 + \Delta_2}{2L}$$

# 课堂练习题

例 1.如下图所示，以A 面定位加工 $\phi 20H8$ 孔，求加工尺寸 $40 \pm 0.1\text{mm}$ 的定位误差。



工序基准B与定位基准A不重合，  
因此存在基准不重合误差。

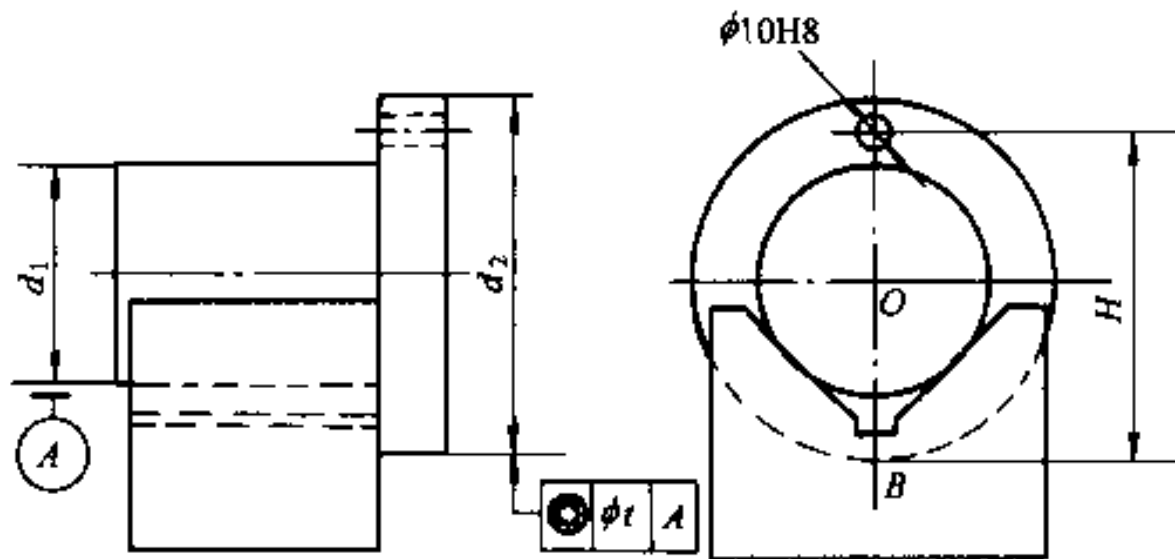
$$\Delta B = 0.05 + 0.1 = 0.15$$

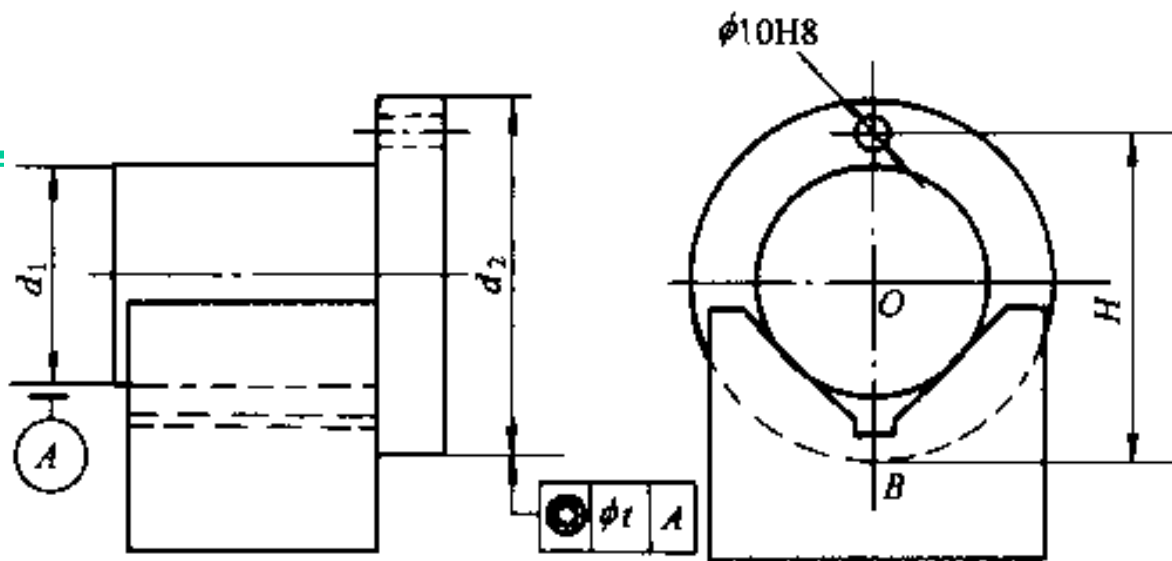
定位基面为平面，接触较好，  
基准位移误差为0。

定位误差 $\Delta D = \Delta B = 0.15$ 。

例2.如下图所示，工件以 $d_1$ 外圆定位，加工 $\phi 10H8$ 孔。已知：

$d_1 = \phi 30_{-0.01}^0 \text{mm}$ ,  $d_2 = \phi 55_{-0.056}^{0.010} \text{mm}$ ,  $H = 40 \pm 0.15 \text{mm}$ ,  
 $t = \phi 0.03 \text{mm}$ , 求加工尺寸 $40 \pm 0.15 \text{mm}$ 的定位误差。





$$d_1 = \phi 30_{-0.01}^0 \text{mm},$$

$$d_2 = \phi 55_{-0.056}^{-0.010} \text{mm},$$

$$H = 40 \pm 0.15 \text{mm},$$

$$t = \phi 0.03 \text{mm},$$

工序基准B与定位基准A不重合，因此存在基准不重合误差。

$$\Delta B = \frac{0.046}{2} + 0.03 = 0.053$$

以V形块定位存在基准位移误差

$$\Delta Y = \frac{0.01}{2 \sin (\alpha / 2)} = 0.007$$

定位误差

$$\Delta D = \Delta B + \Delta Y = 0.06$$

# 第四节 工件的夹紧和夹紧机构

Workpiece clamping and clamping device

## 一、工件夹紧的基本要求

Basic demands

**基本要求：夹得稳、夹得牢、夹得快**

- (1) 夹紧时不应破坏工件的正确定位；
- (2) 夹紧后保证工件在加工中位置稳定、振动小，同时工件变形小；
- (3) 夹紧机构设计要安全、迅速和省力，且应具有自锁性；
- (4) 夹紧装置自动化程度应与生产类型相适应，在保证效率的前提下，结构尽量简单，便于制造和维修。

**什么是夹紧力的“三要素” (Three essential factors) ?**

**夹紧力的作用方向、作用点和夹紧力的大小。**

The direction, position and magnitude of the clamping force.

## 1、夹紧力作用方向 (the direction of clamping force)

### 3个原则

- (1) 夹紧力的作用方向应不破坏工件定位的准确性；
- (2) 夹紧力的作用方向应使工件变形尽可能小；
- (3) 夹紧力的作用方向使所需夹紧力尽可能小些。

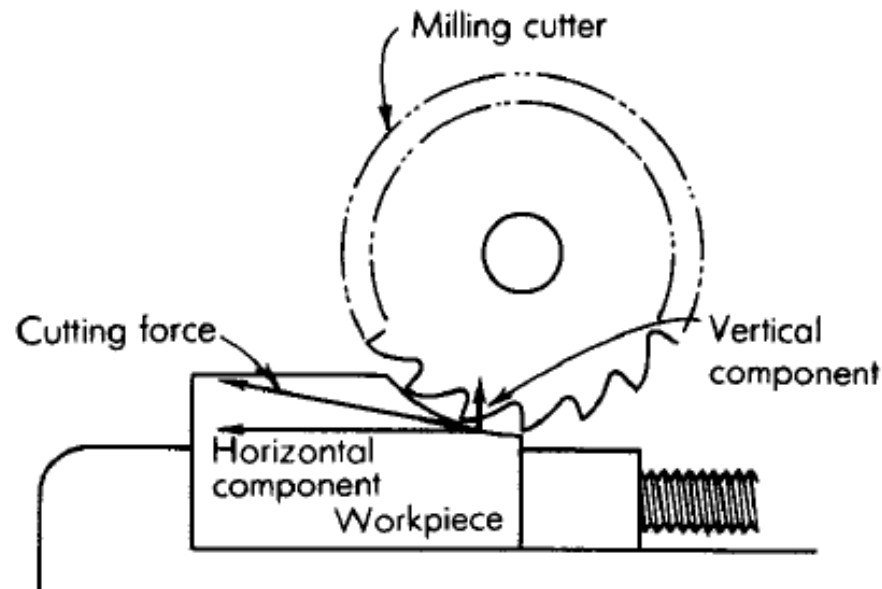


Figure 4-63. Cutting force resisted by solid jaw of vise.



# Which clamping method is better?

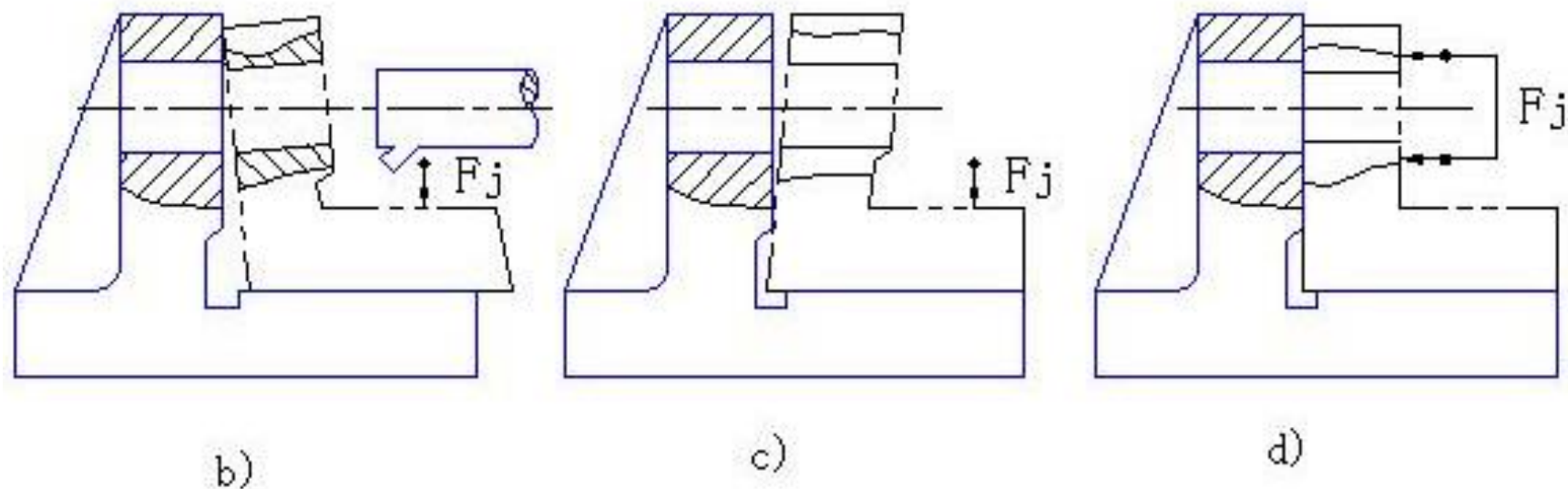


图3-28 夹紧力应指向主要定位基面

# Which clamping method is better?

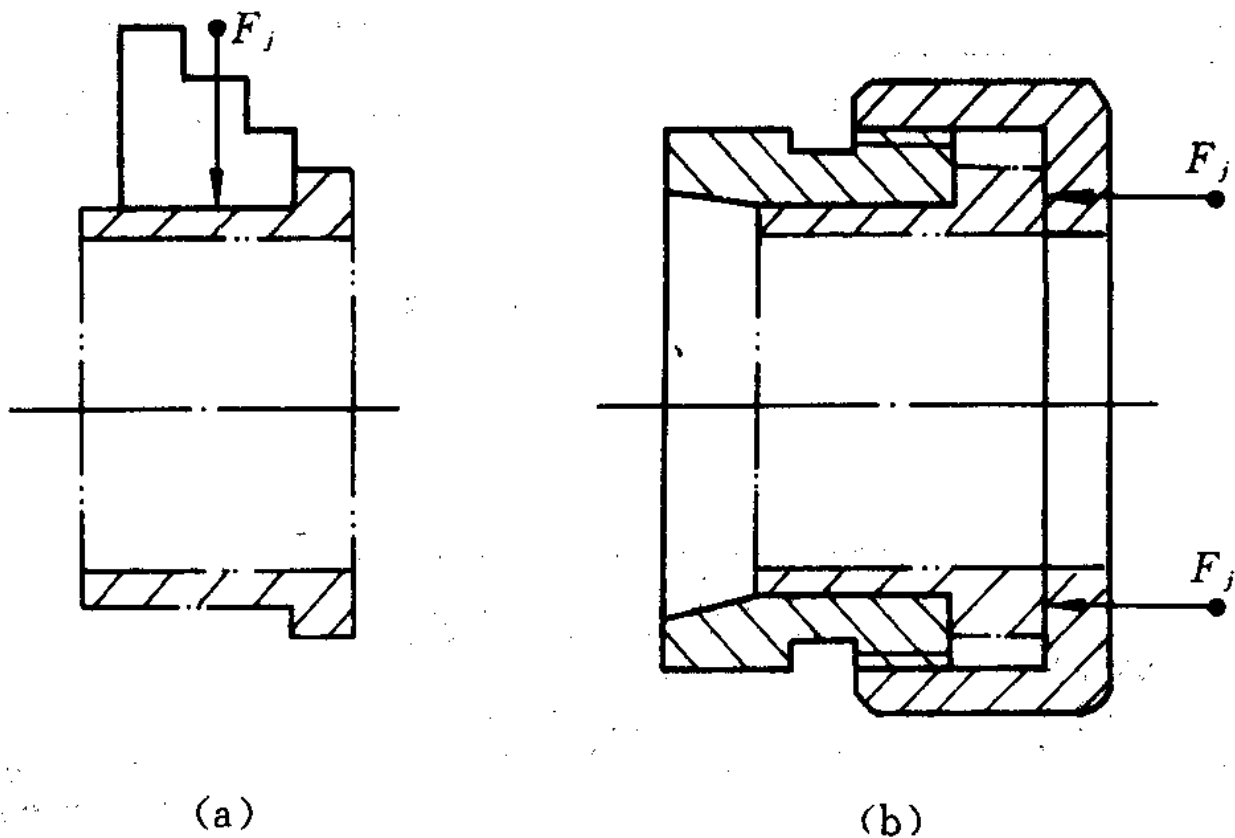


图 4-34 薄壁套筒的夹紧

# Which clamping method is better?

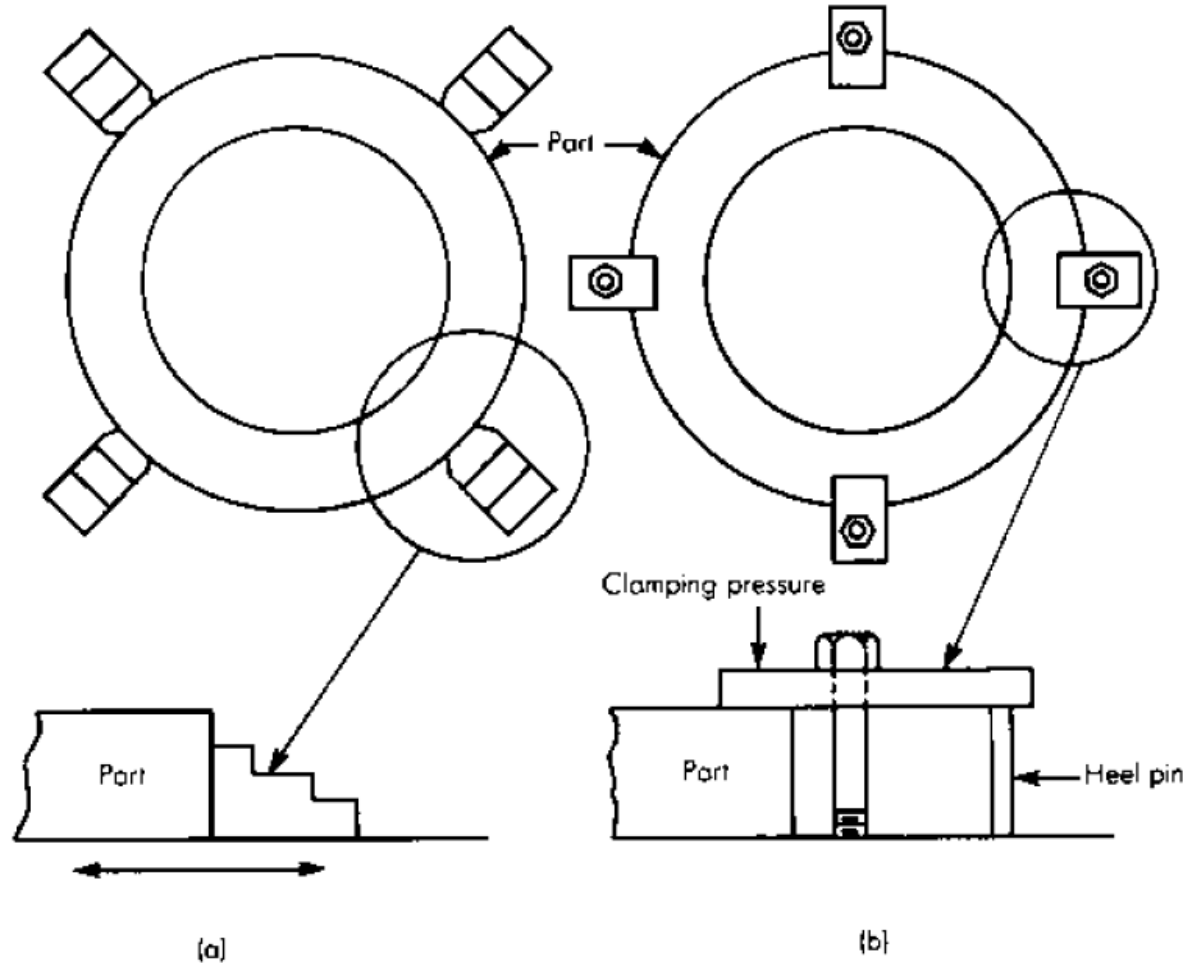


Figure 4-67. Clamping large rings.

# Explain if the method is reasonable

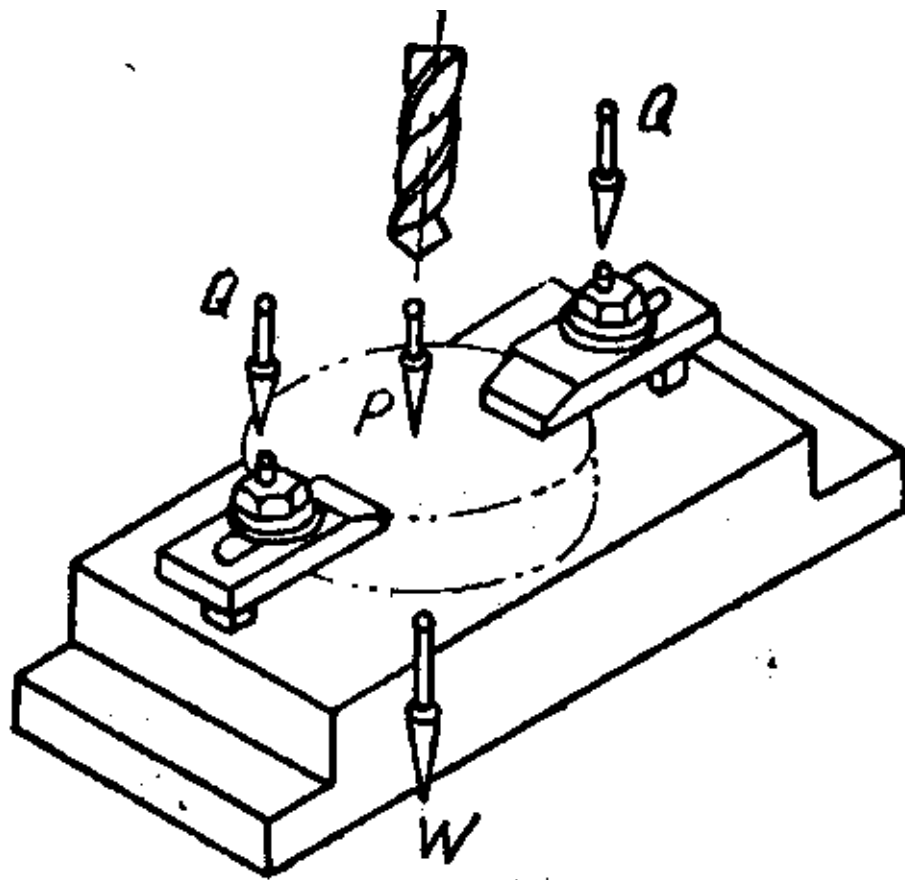


图4-32 夹紧力方向与切削力、重力方向一致

# Explain if the method is reasonable

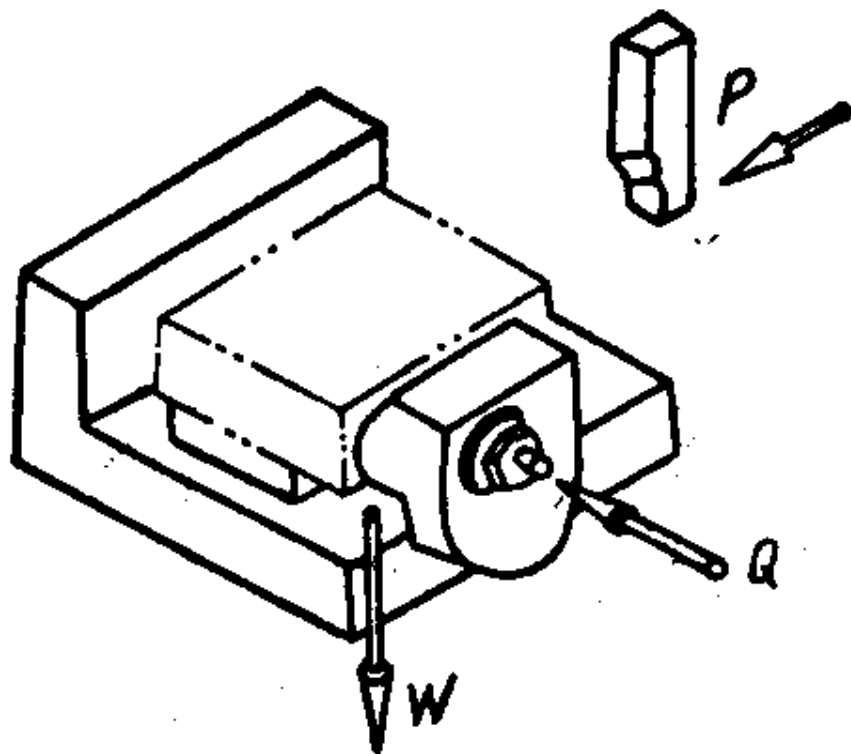


图4-33 夹紧力、切削力、重力方向相互垂直

# Explain if the method is reasonable

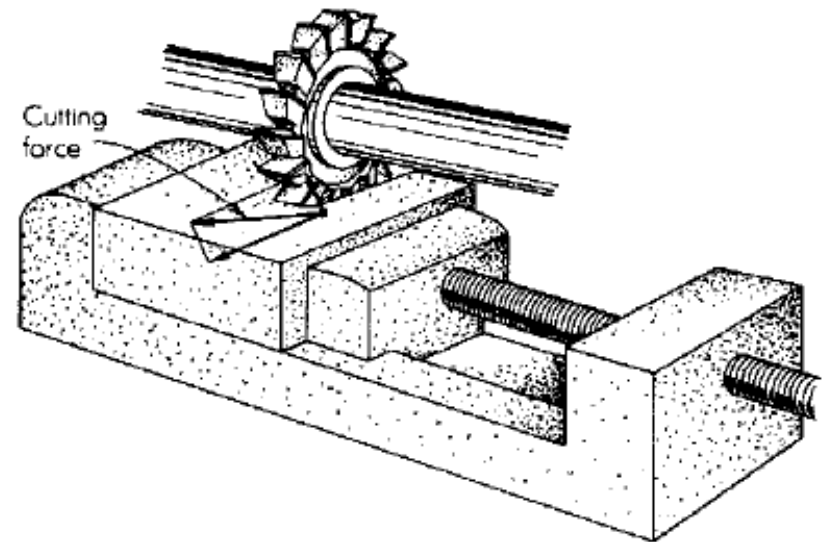
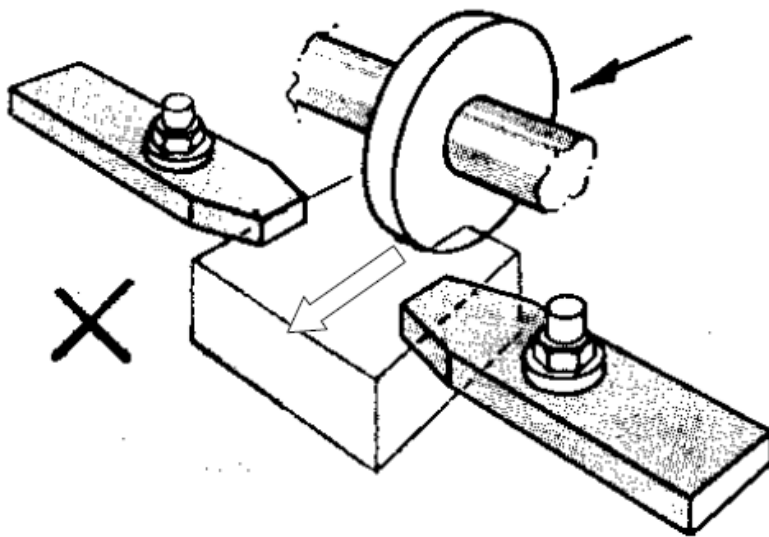
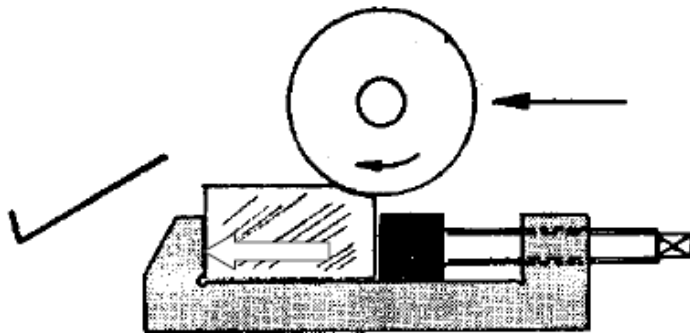
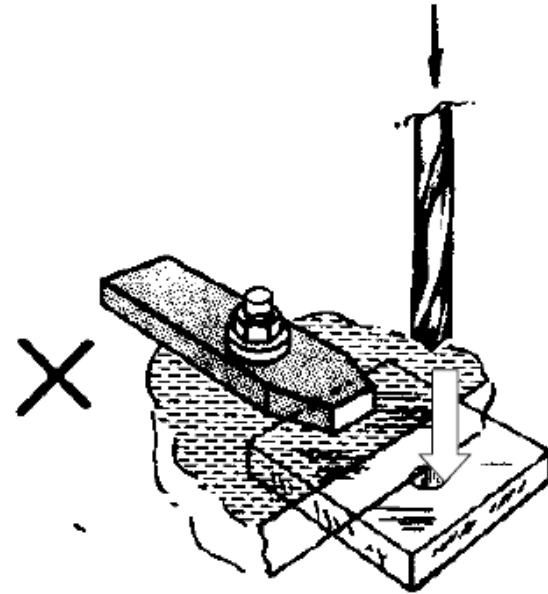
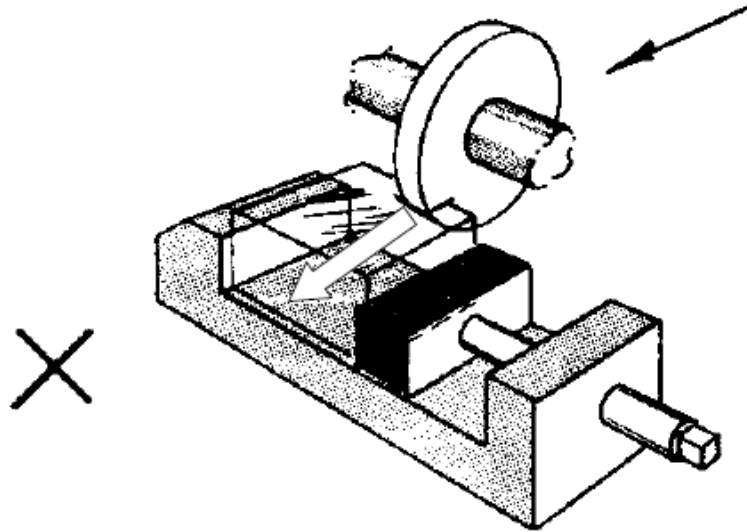
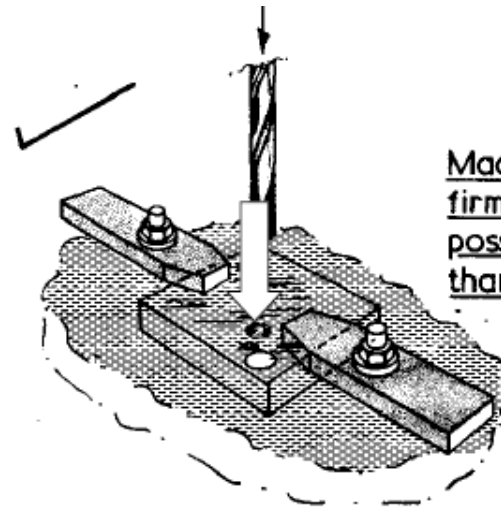


Figure 4-64. Cutting force resisted only by friction.

# Explain if the method is reasonable



Cutter action should always be  
against FIXED jaw or location



Machining action should be  
firmly backed up and where  
possible clamped in more  
than one position

# Which clamping method is better?

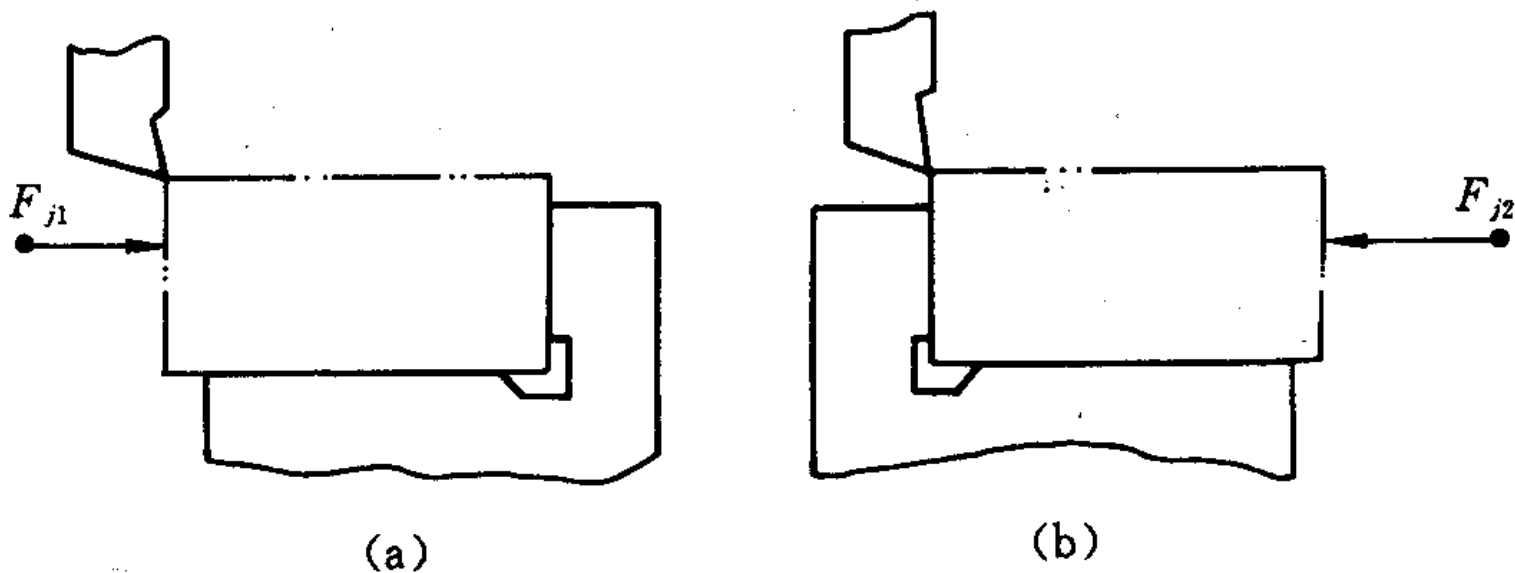


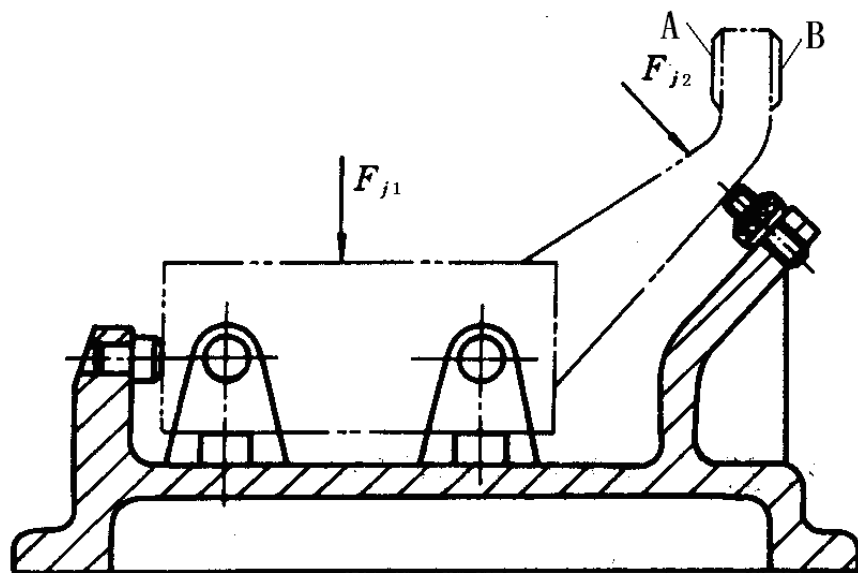
图 4-35 夹紧力与切削力方向



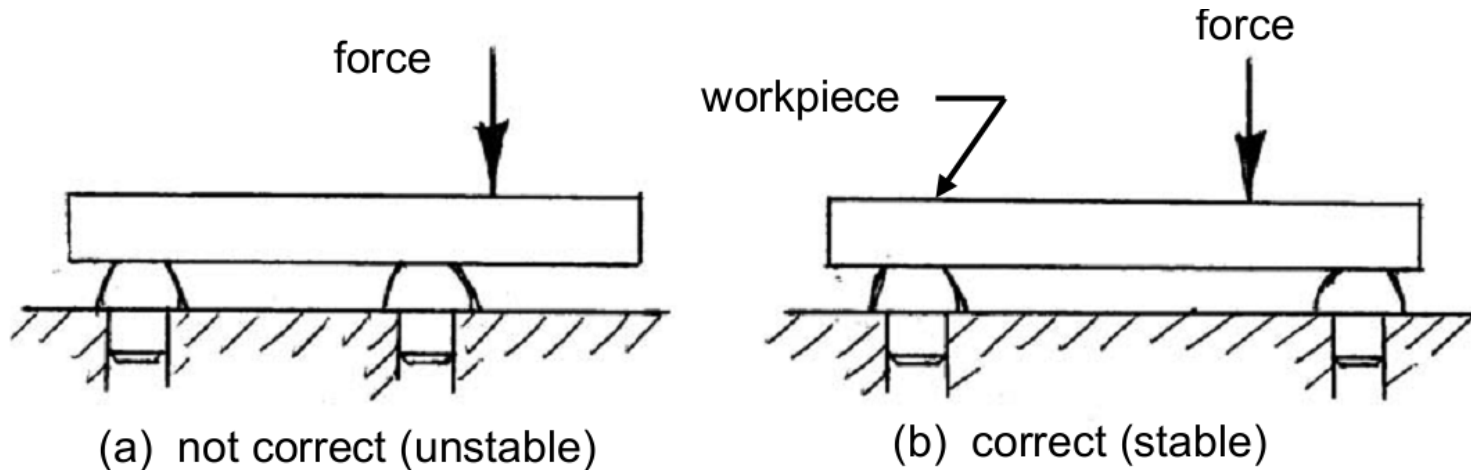
## 2、夹紧力的作用点

### 3个原则

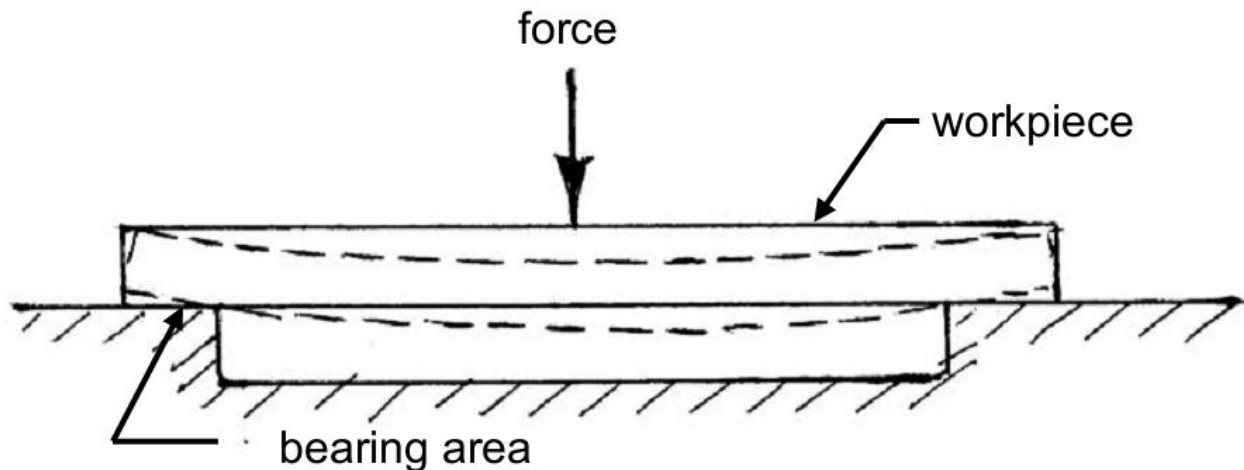
- (1) 夹紧力的作用点应落在支承元件上或几个支承元件形成的支承面内；
- (2) 夹紧力的作用点应落在工件刚性较好的部位上；
- (3) 夹紧力的作用点应尽量靠近工件的加工面。



# Explain if the method is reasonable?

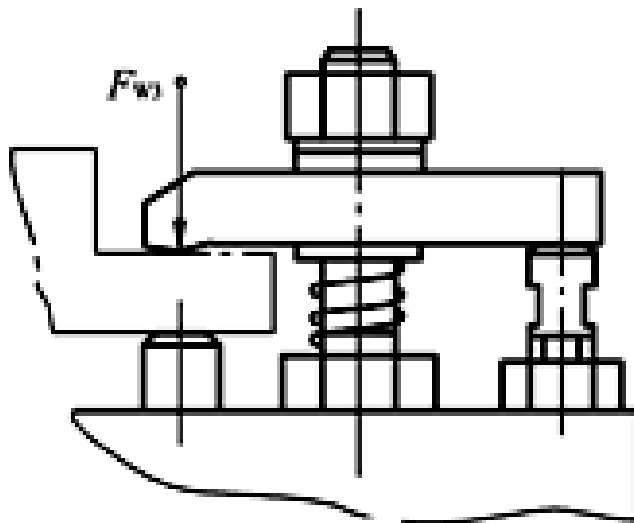
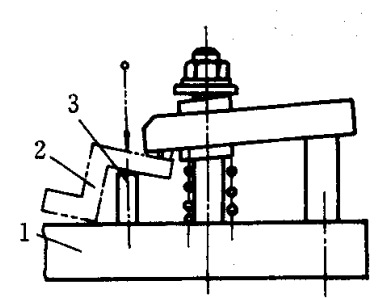


**Fig. 8.1.13** Stability in supporting.

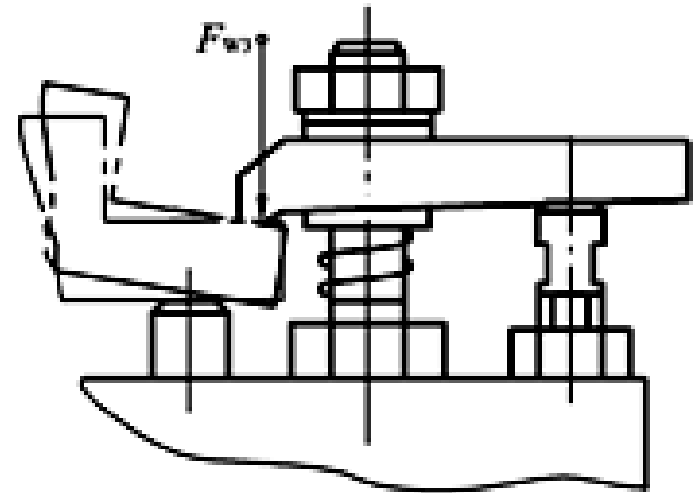


**Fig. 8.1.12** Deflection due to force(s) for wide gap in between supports.

# Explain if the method is reasonable?

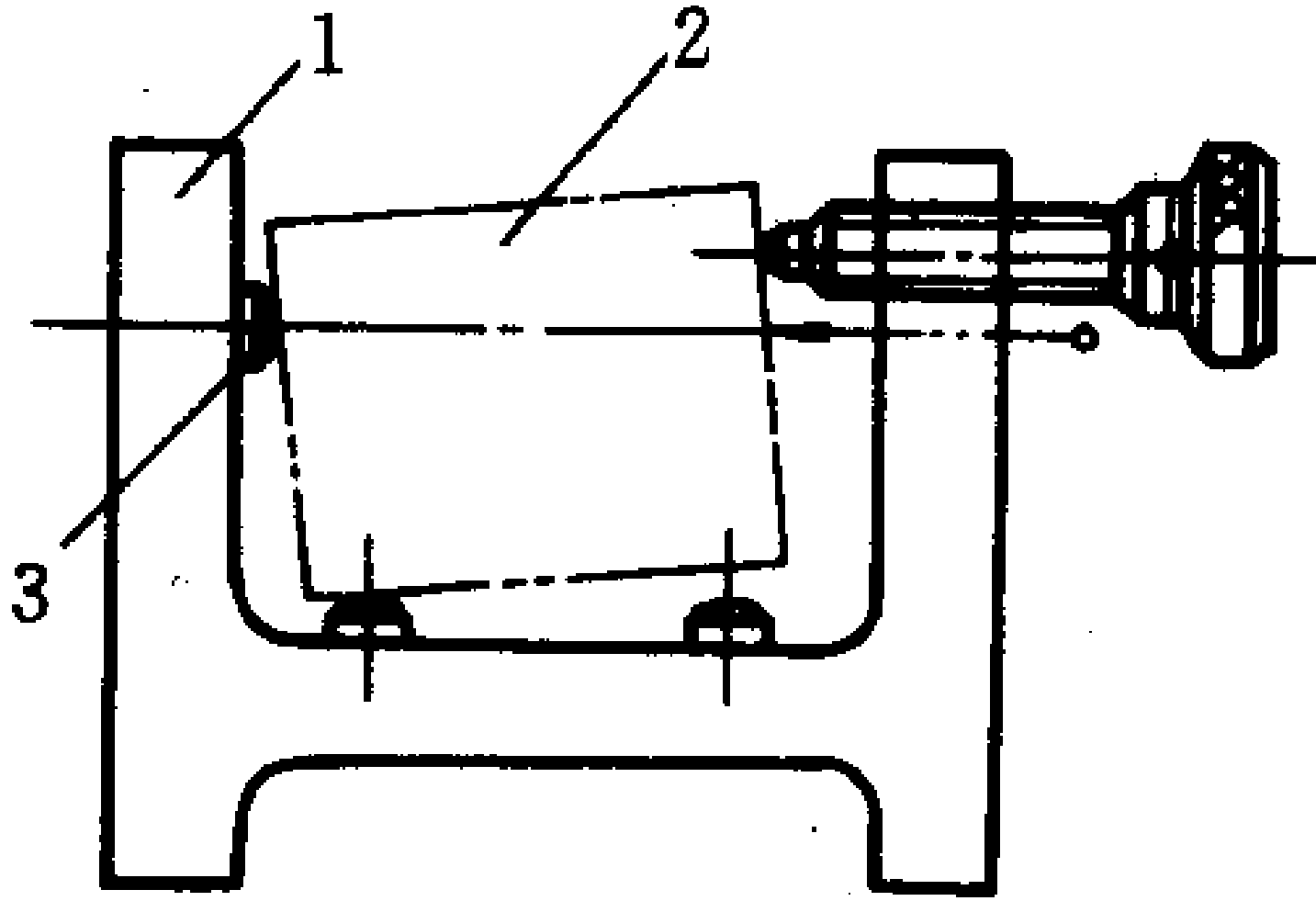


(a)

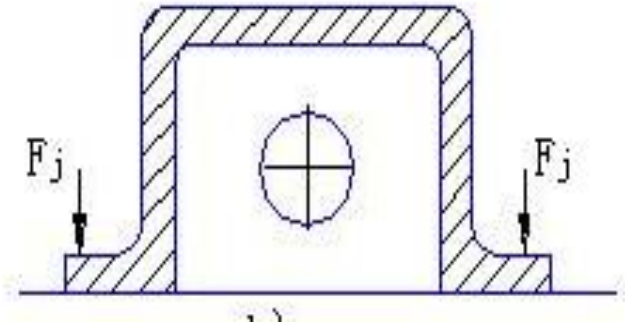
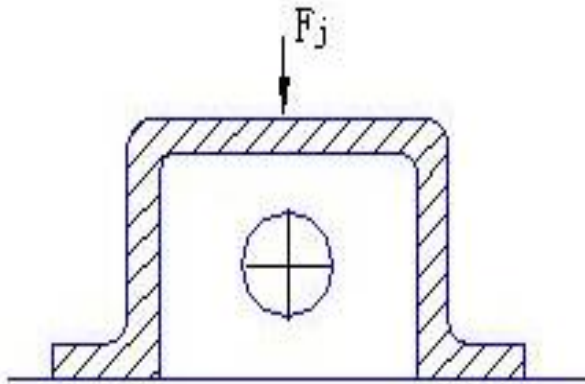


(b)

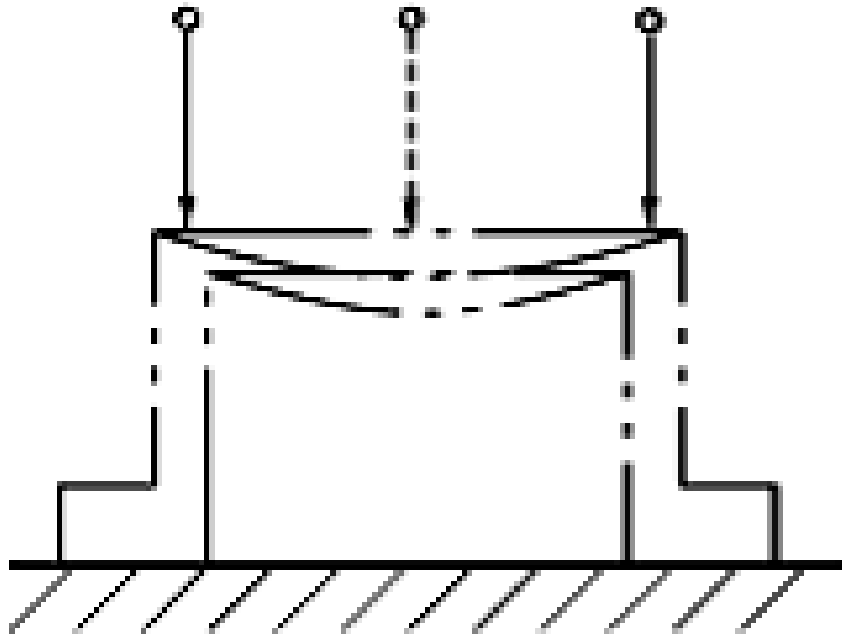
Explain if the method is reasonable?



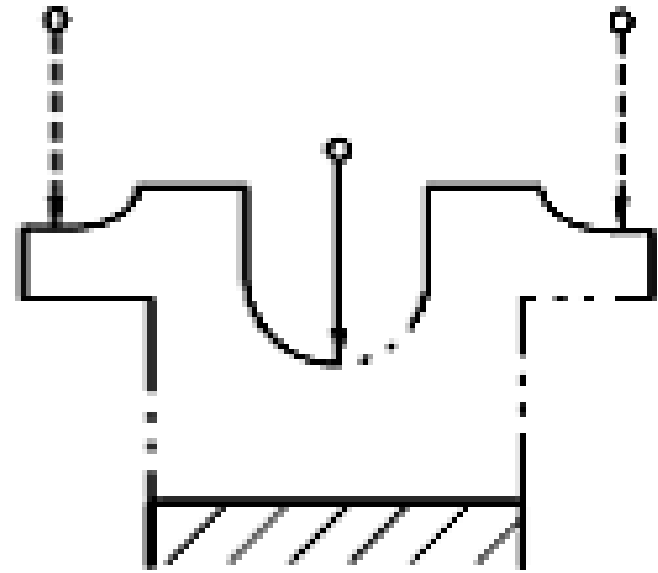
# Explain if the method is reasonable?



# Explain if the method is reasonable?



a)



b)

### 3、夹紧力的大小

确定方法：

- ①按类比法进行经验估算
- ②静力平衡计算

三爪卡盘夹紧工件实例

静力平衡 
$$F_c \frac{d}{2} = 3F_{j\min} \mu \frac{d_0}{2}$$

$$\Rightarrow F_j = k \frac{F_c d}{3d_0 \mu} \quad k = 1.5 \sim 2.5$$

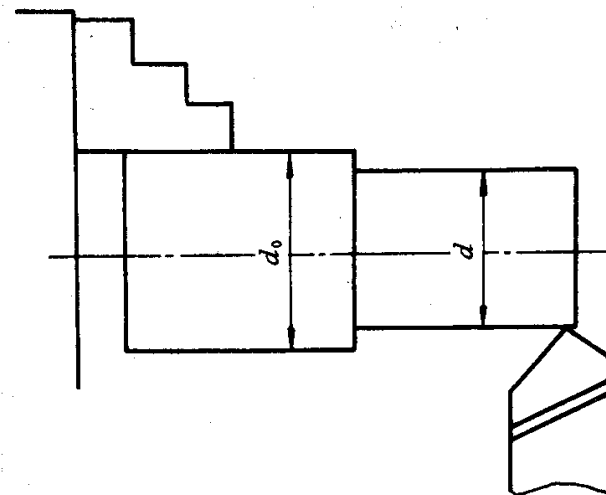
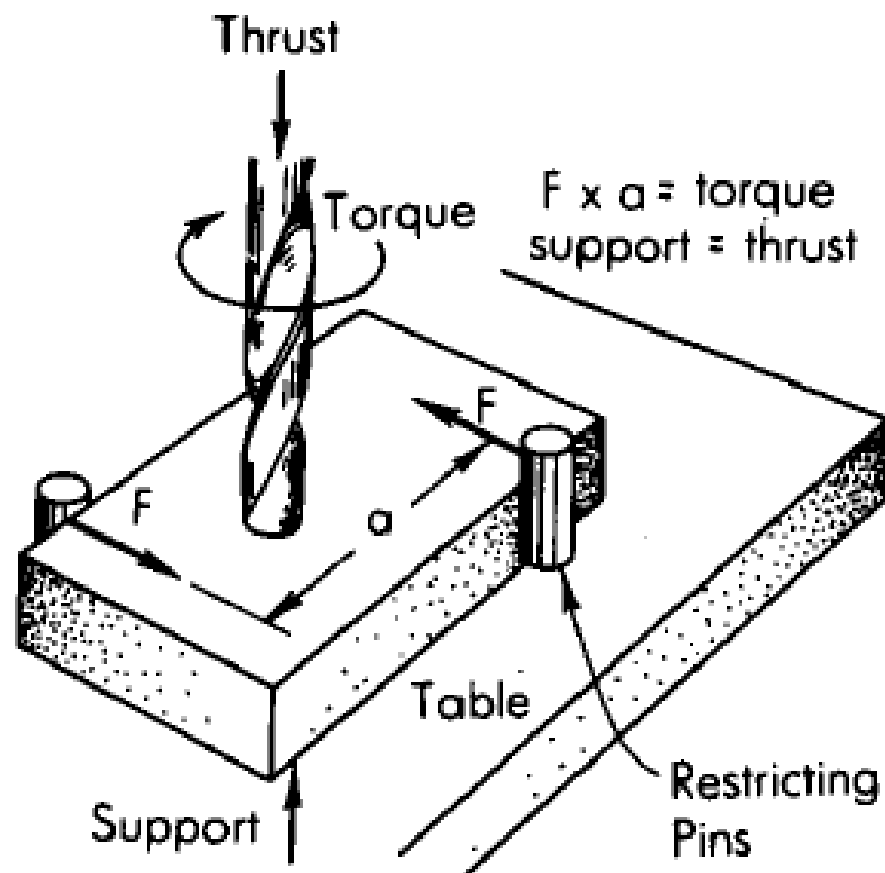


图 4-39 车削时夹紧力的估算

# 夹紧力计算实例



4-60. Pin-type drill fixture resisting torque and thrust.



## 二、夹紧机构

Common clamping devices

---

(1) 斜楔夹紧机构 (Wedge action clamp )

(2) 螺旋夹紧机构 (Screw clamps)

1) 单个螺旋夹紧机构

2) 螺旋压板夹紧机构 (Screw and Strap Clamps)

(3) 偏心夹紧机构 (Cam clamping )

(4) 定心夹紧机构 (auto-centering clamping devices)

(5) 动力夹紧装置 (Power clamping device)

## (1) 斜楔夹紧机构 (Wedge action clamp)

斜楔机构的结构特点：

- 1) 斜楔机构具有自锁的特性
- 2) 斜楔机构具有增力特性
- 3) 斜楔机构的夹紧行程小
- 4) 斜楔机构可以改变夹紧力作用方向

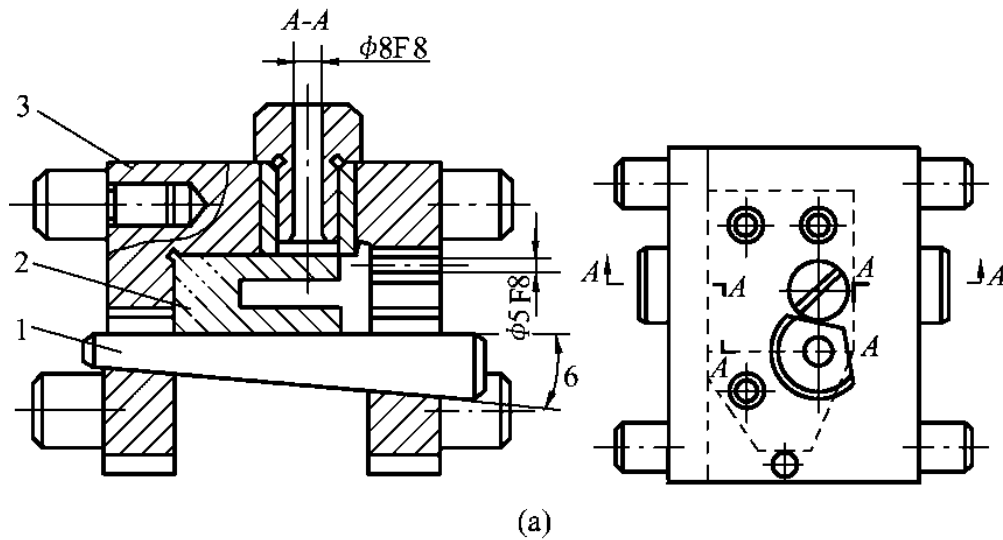
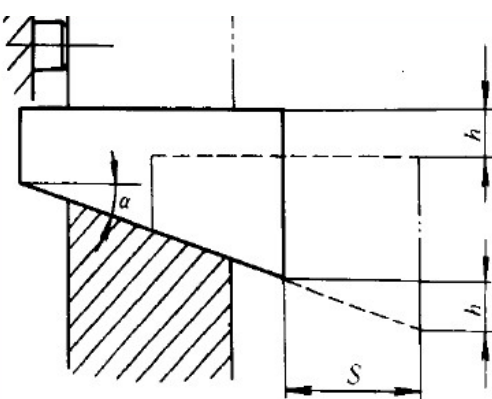
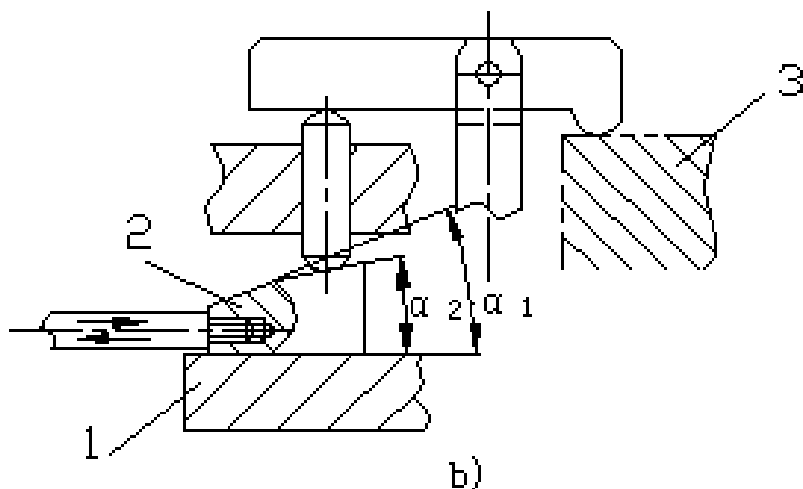


图 手动斜楔夹紧机构  
1—斜楔 2—工件 3—夹具体

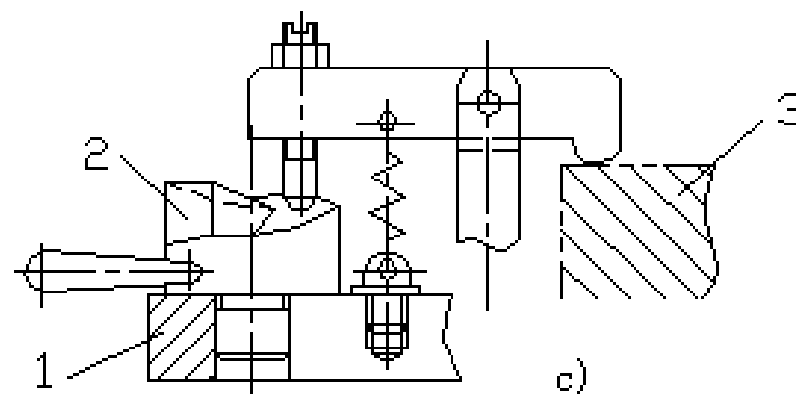


$$i_s = \frac{h}{s} = \tan a$$

斜楔机构的夹紧行程( $h$ )小、操纵费时，所以实际很少直接采用，而是将其与其他夹紧机构联合起来使用：



斜楔与滑柱合成



端面斜楔压板组合

图 常见斜楔夹紧机构  
1—夹具体 2—斜楔 3—工件

## (2) 螺旋夹紧机构(Screw clamps)

### 1) 单个螺旋夹紧机构

特点：

- ①作用原理与斜楔是一样的
- ②摆动压块可以防止螺钉转动损伤工件表面或带动工件旋转
- ③增力比大，夹紧行程不受限制
- ④夹紧动作慢、辅助时间长，效率低

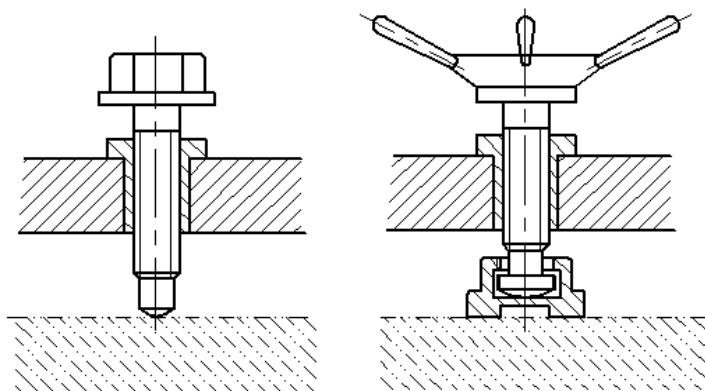
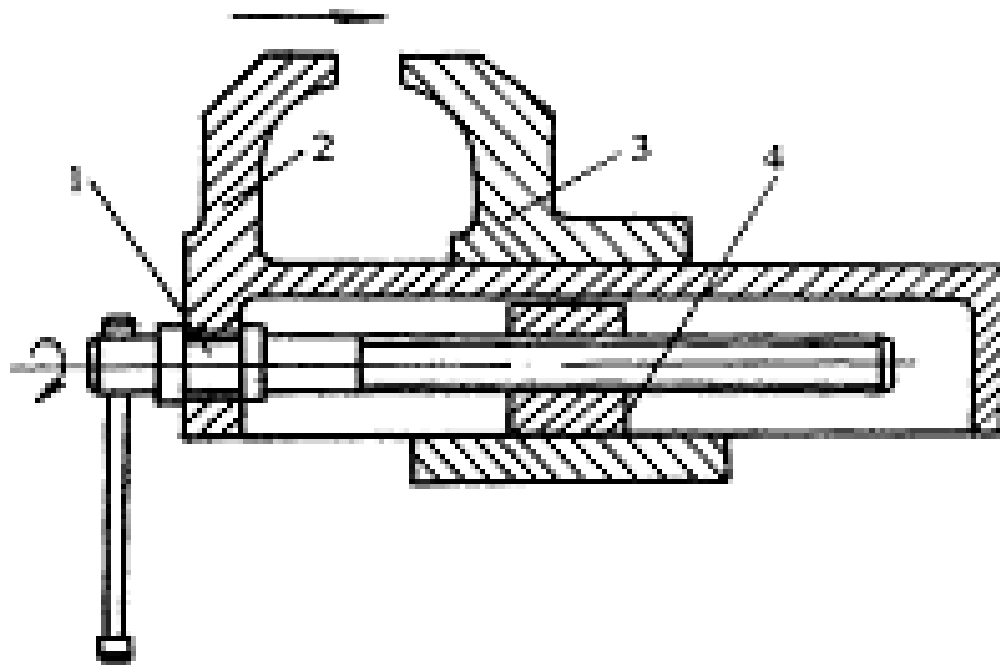
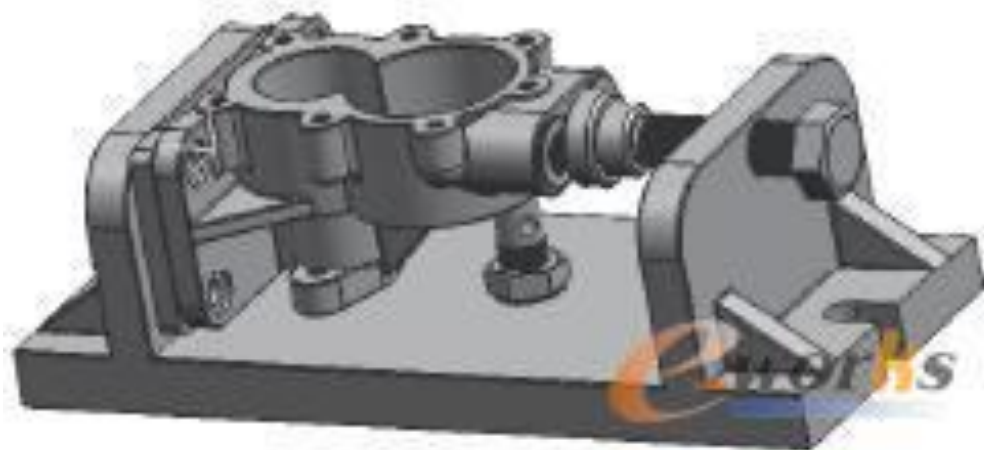


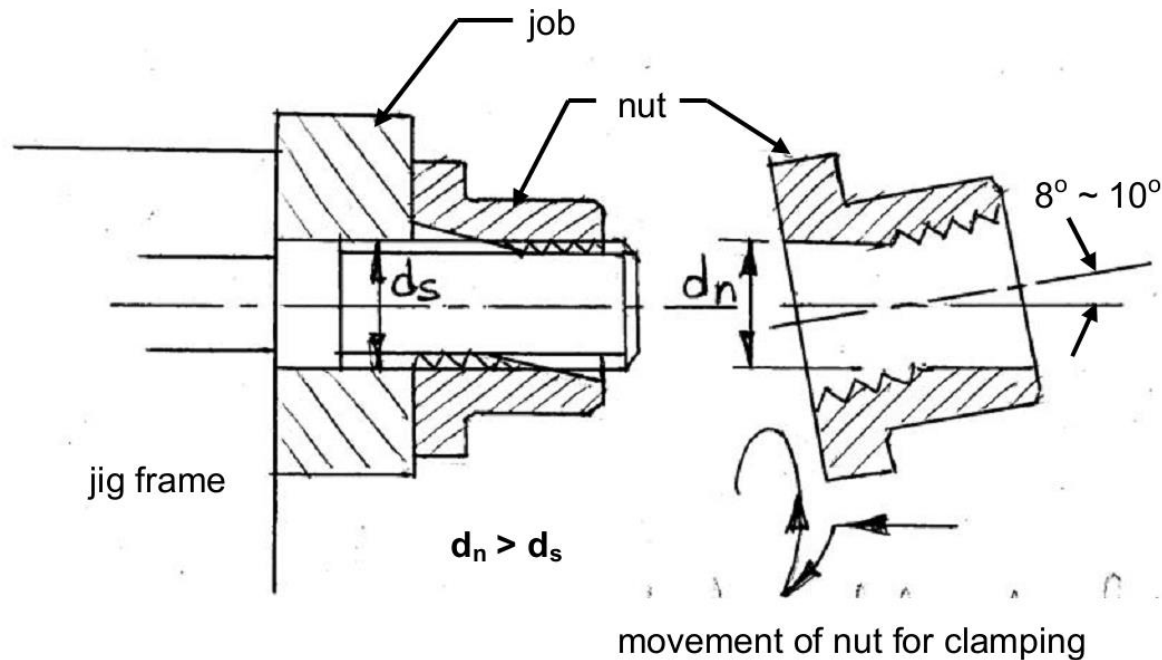
图 单个螺旋夹紧机构

# \*螺旋夹紧机构实例



# \*螺旋夹紧机构实例

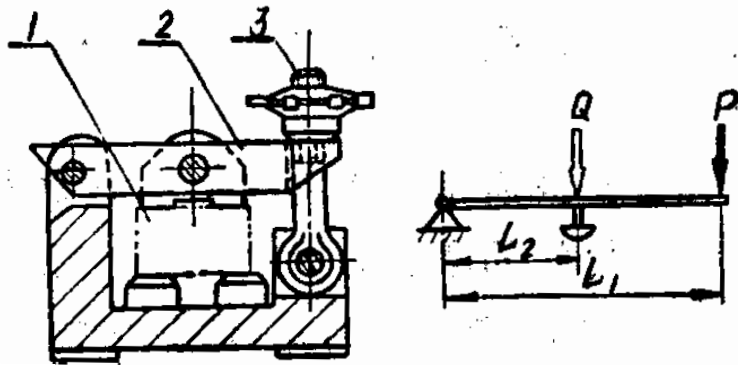
Use of quick acting nut – a typical of such nut and its application is visualized schematically in Fig. 8.1.20



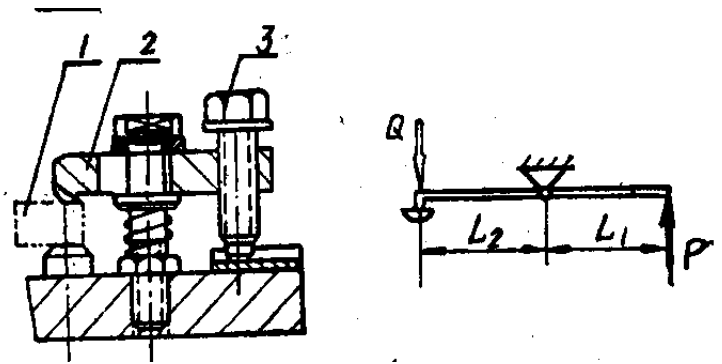
Quick acting nut for rapid clamping.

## 2) 螺旋压板夹紧机构 (Screw and Strap Clamps)

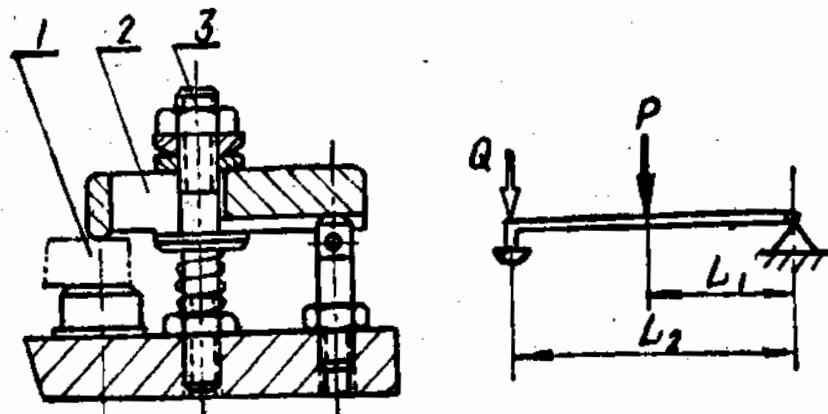
### 螺旋压板夹紧机构三种基本型式



(a) 夹紧点在压板中间的螺旋压板



(b) 支点在压板中间的螺旋压板



(c) 加力点在压板中间的螺旋压板

# \*螺旋压板夹紧机构实例

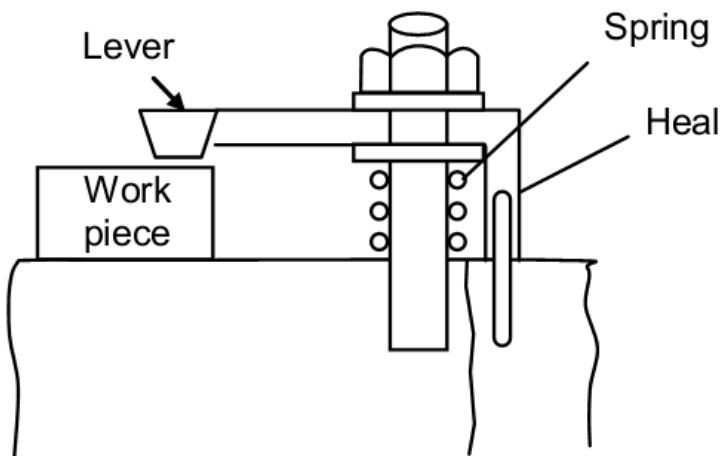


Figure 4.9 : Heel Clamp

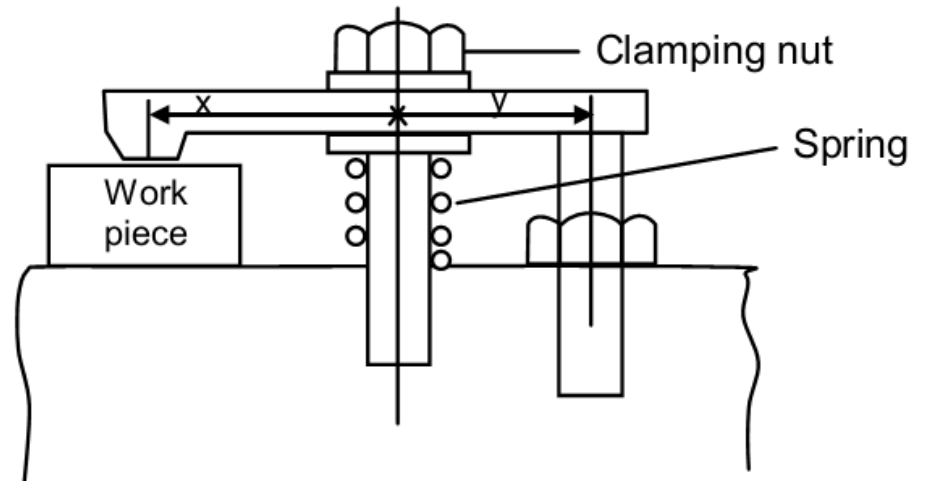
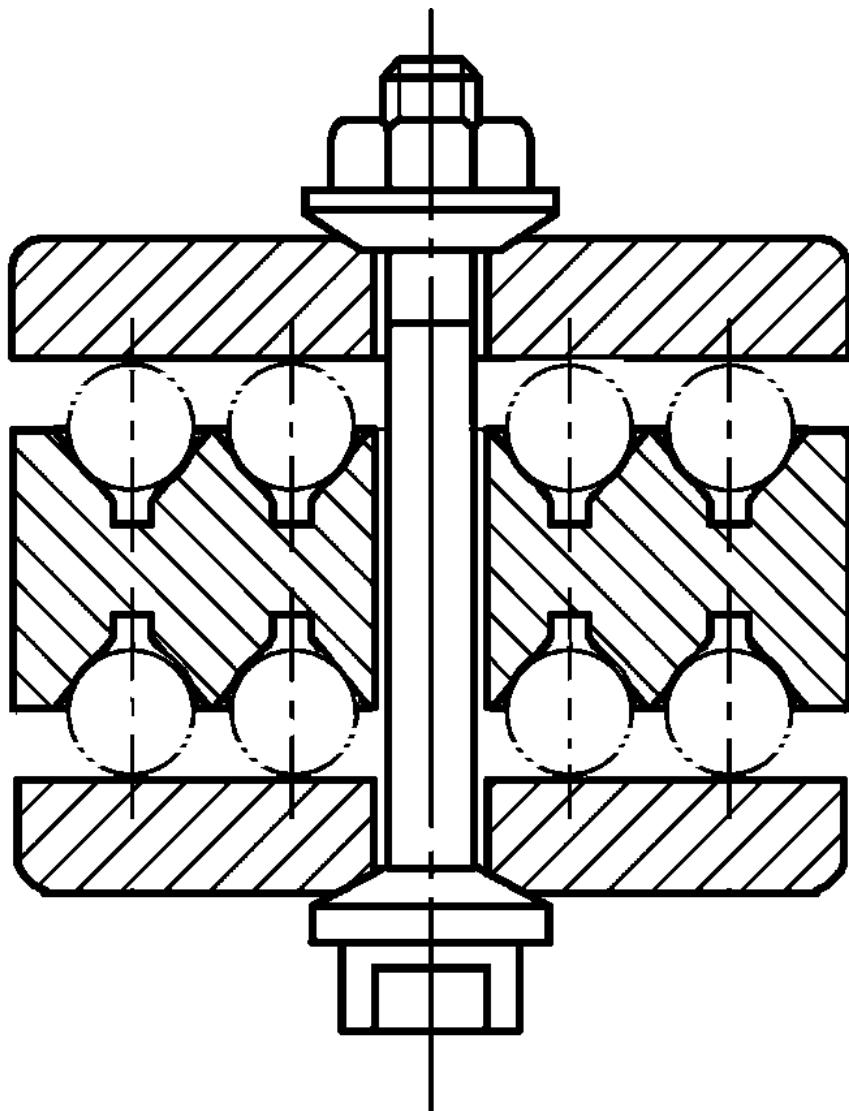


Figure 4.10 : Bridge Clamp



图示的夹紧机构是否合理？怎样改进？



# 解决方案

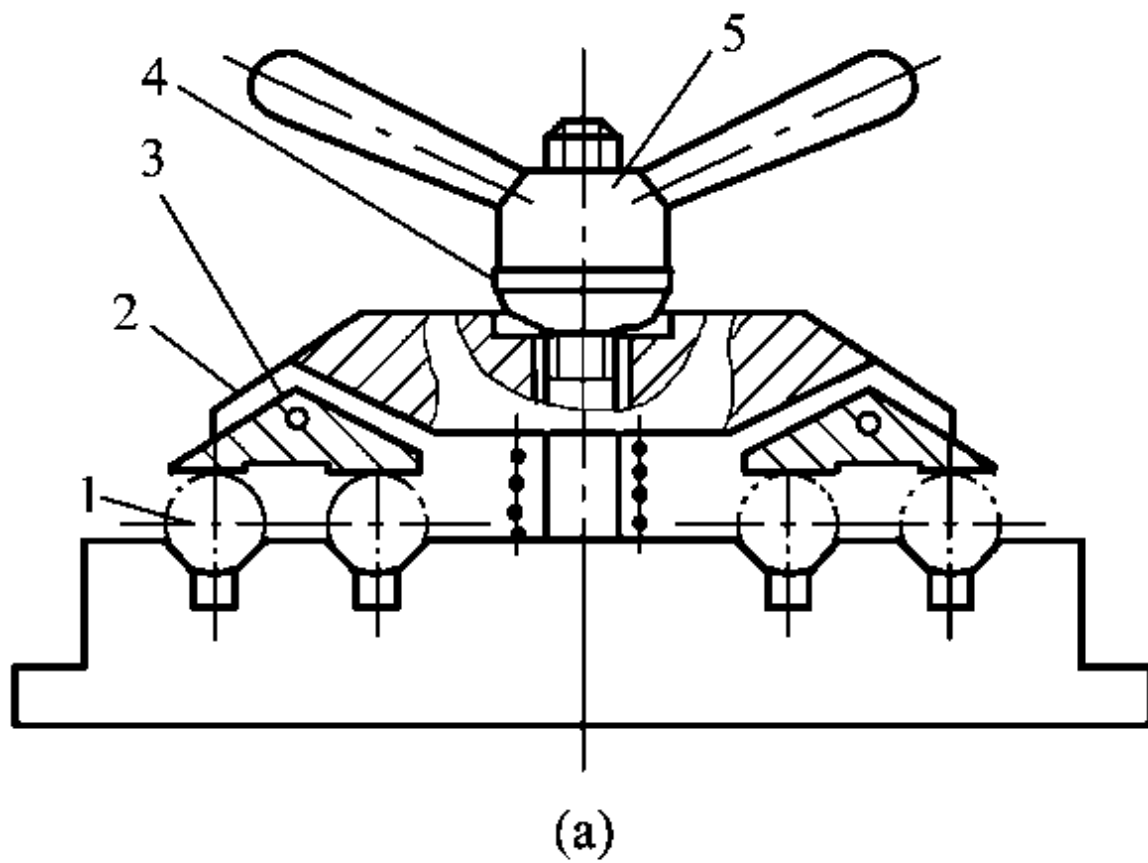
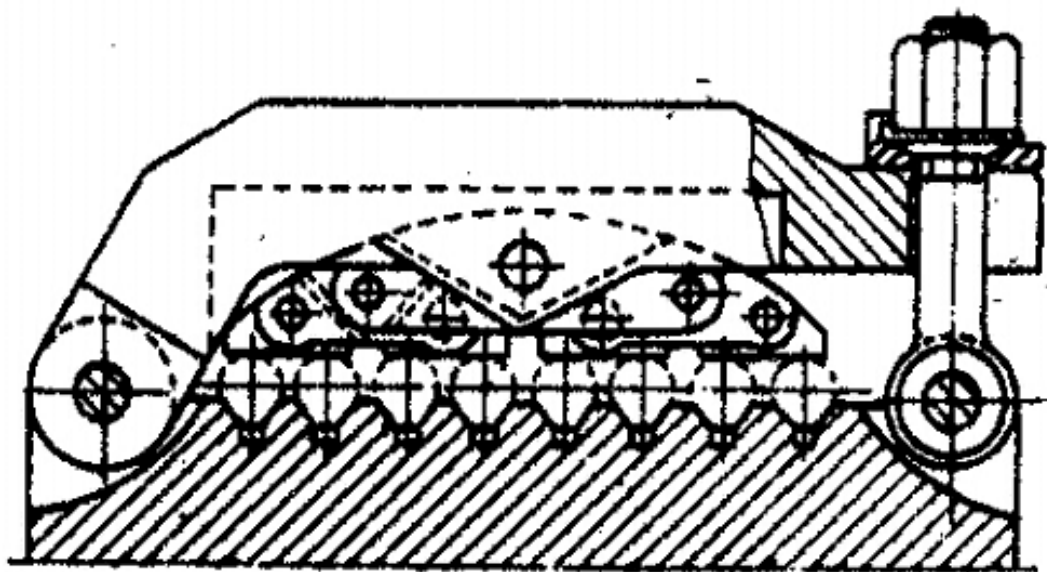


图 平行式多件联动夹紧机构

# 解决方案



**Fig. 8.1.22** Quick multiple locating and clamping of cylindrical jobs.

### (3) 偏心夹紧机构 (Cam clamping)

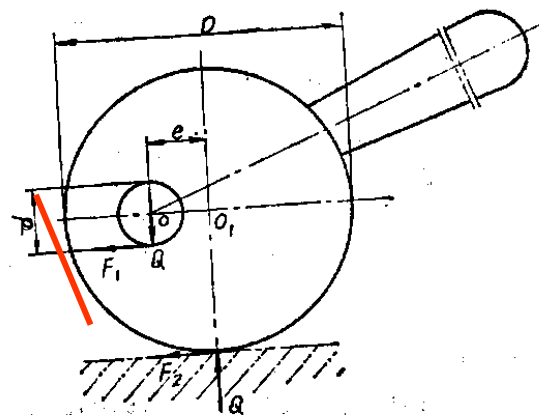
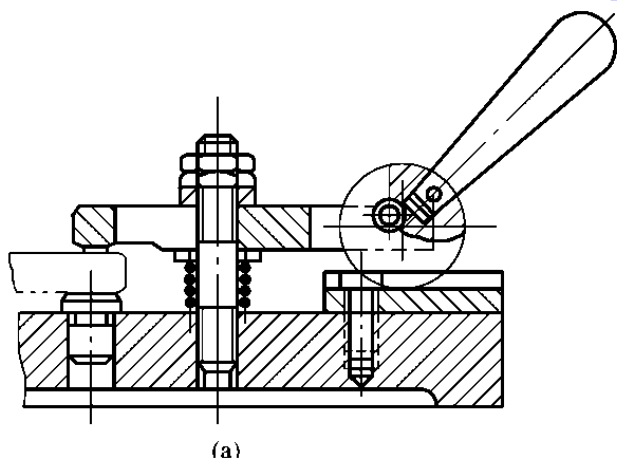


图 4-42 圆偏心轮自锁条件

图 偏心夹紧机构实例

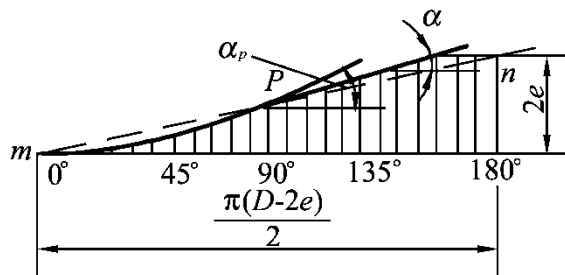
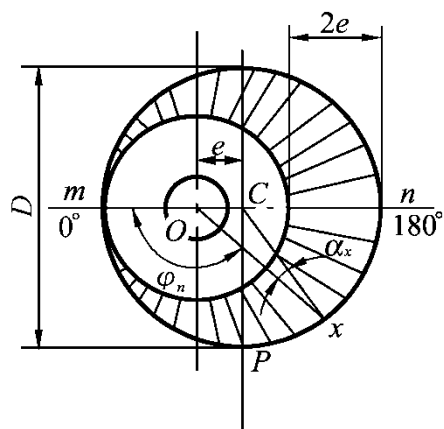
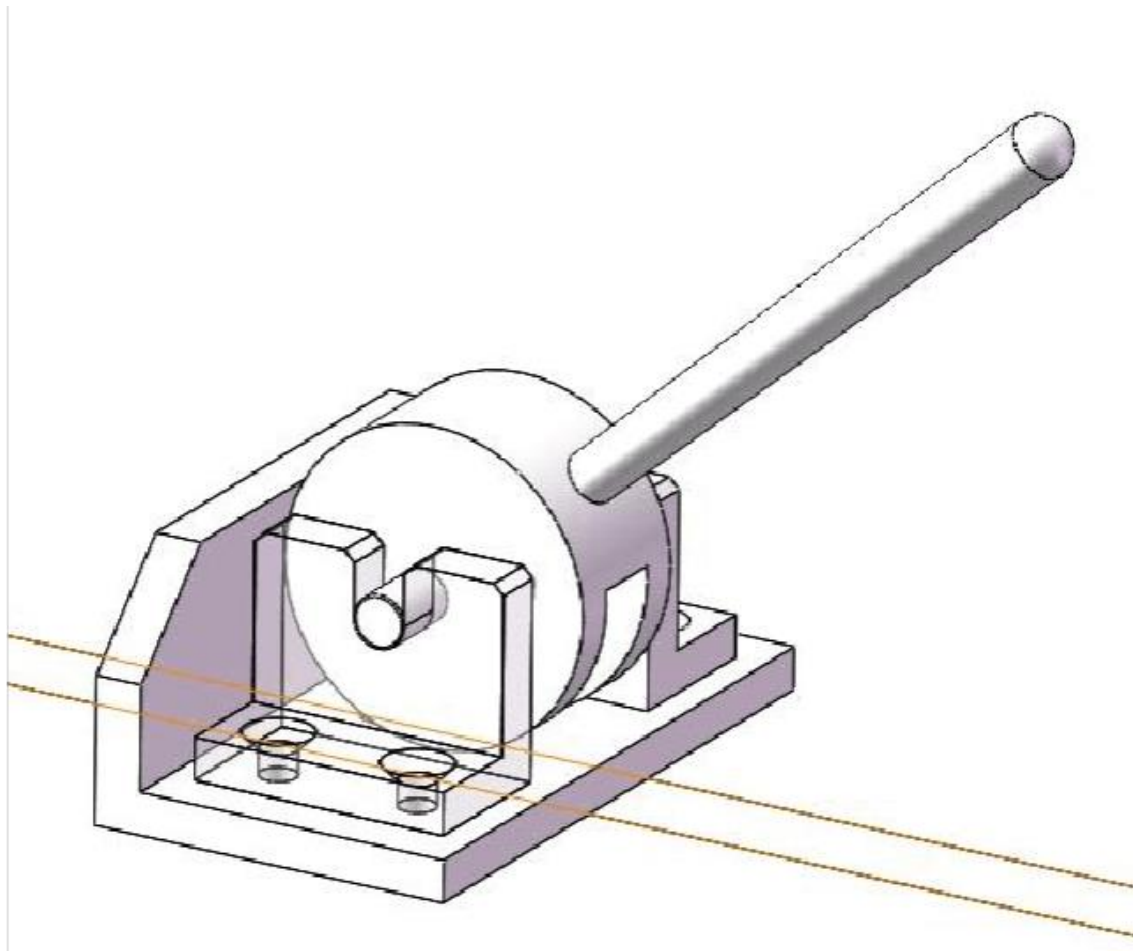
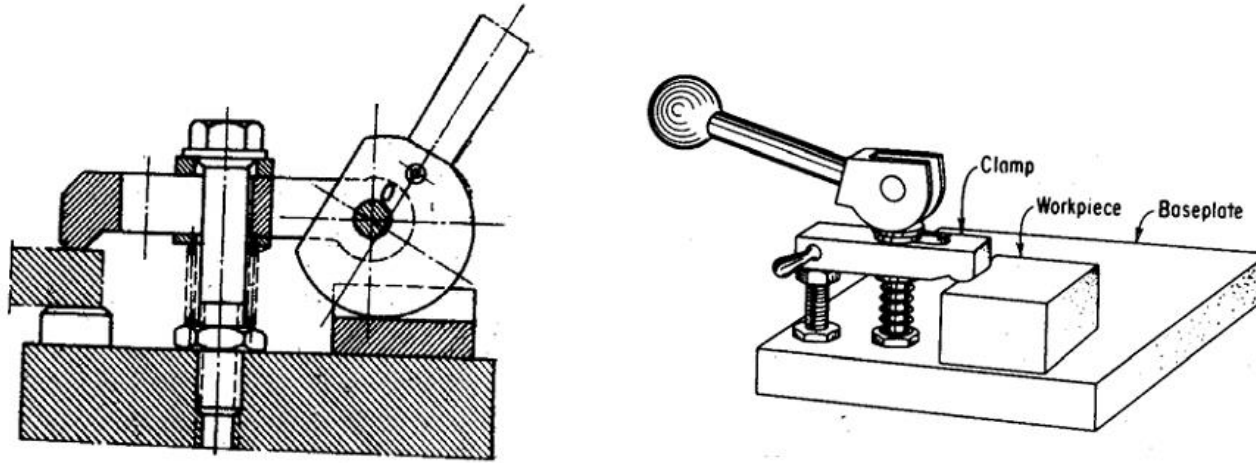


图6-45 圆偏心特性及工作段

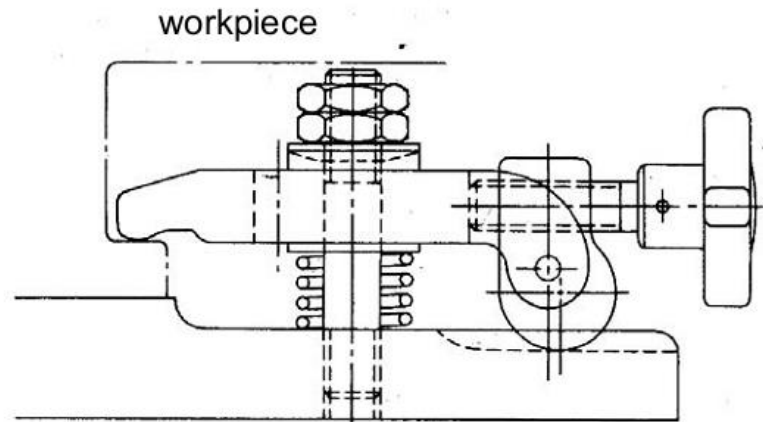
# \*偏心夹紧机构实例



# \*偏心夹紧机构实例



(a) clamping by cam



(b) screw and cam clamping from distance

Quick clamping by cams.

#### (4) 定心夹紧机构(auto-centering clamping devices)

定义：定位和夹紧两作用在工件夹紧过程中同时实现

定心夹紧机构：

等速移动定心夹紧机构，  
均匀变形定心夹紧机构。

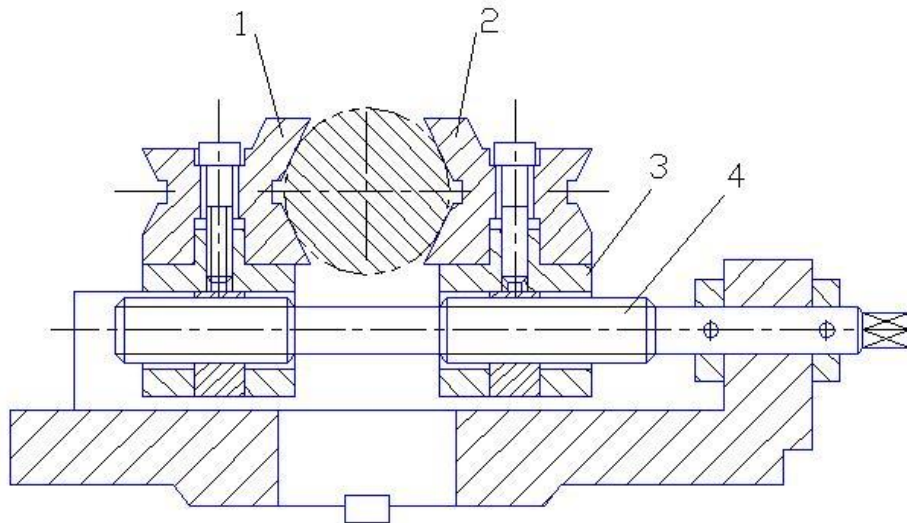


图3-44 螺旋式定心夹紧机构

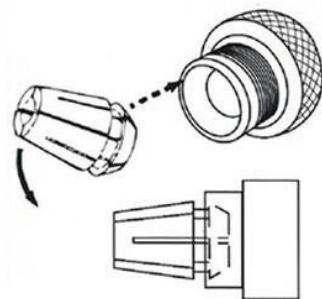
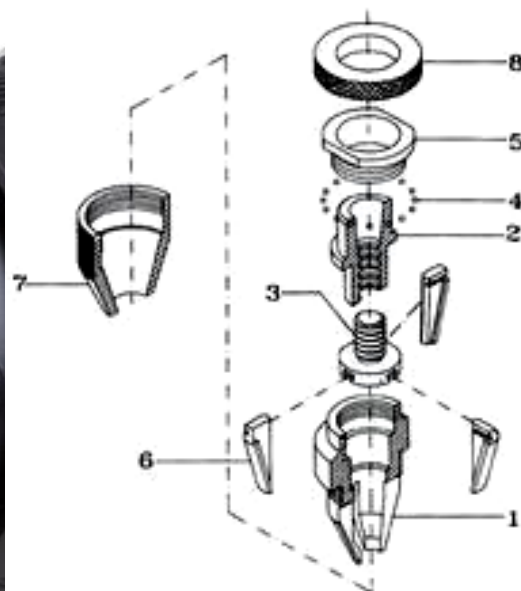
1、2-V型钳口 3-滑铁 4-双向螺杆

# \*定心夹紧机构实例

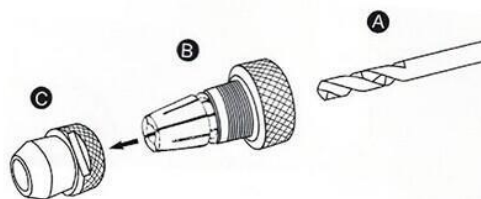
<https://haokan.baidu.com/v?vid=8391045239839790894&pd=bjh&fr=bjhautohor&type=video>



微信号: safasata



图一



图二



效果图

Fig.1

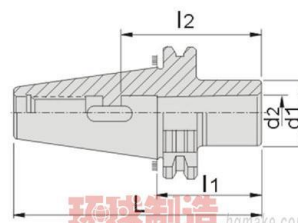
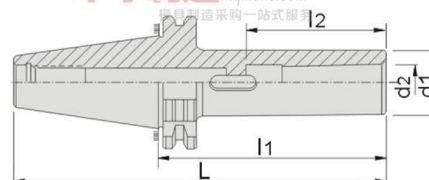


Fig.2





# \*定心夹紧机构实例

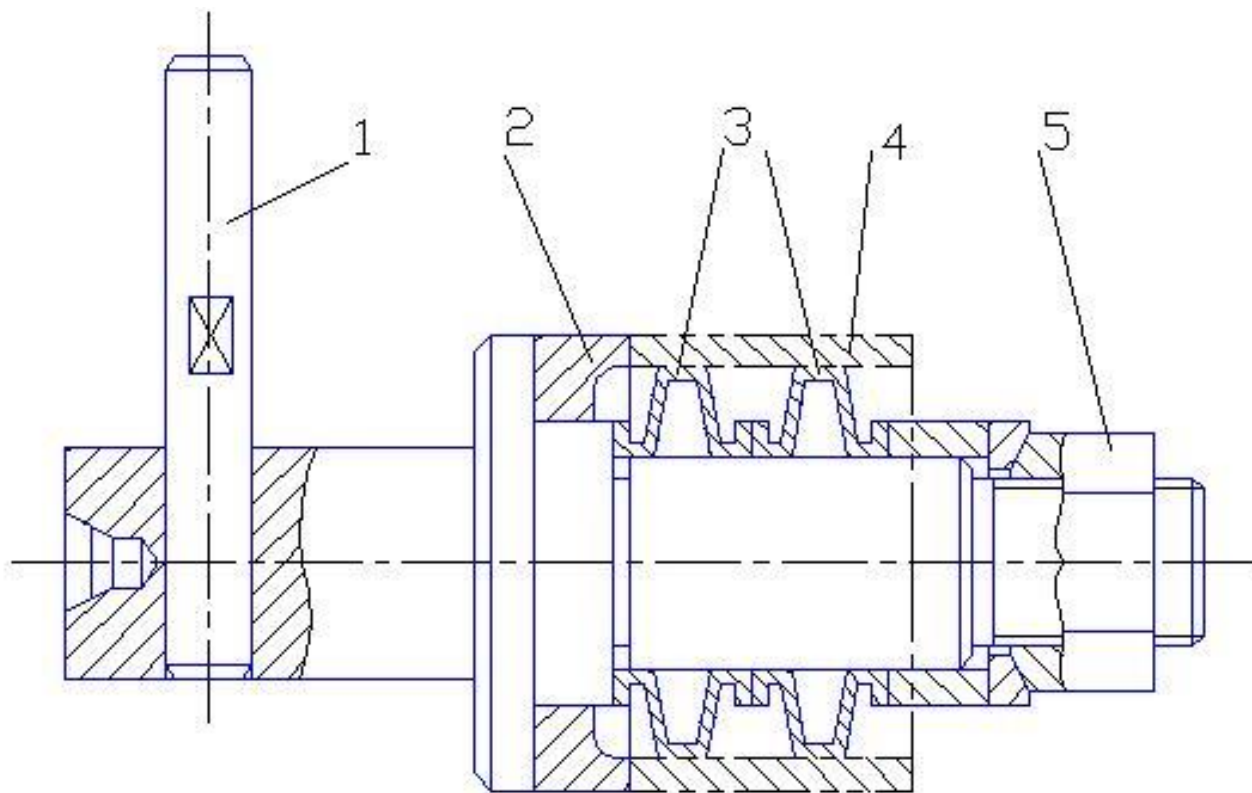


图3-49 波纹套心轴

1-拨杆 2-支承圈 3-波纹套 4-工件 5-螺母

螺母5→波纹套3→胀开→夹紧工件。结构简单安装方便，  
定心精度达 $\Phi 0.005 \sim 0.01$ ,精加工。

# \*定心夹紧机构实例

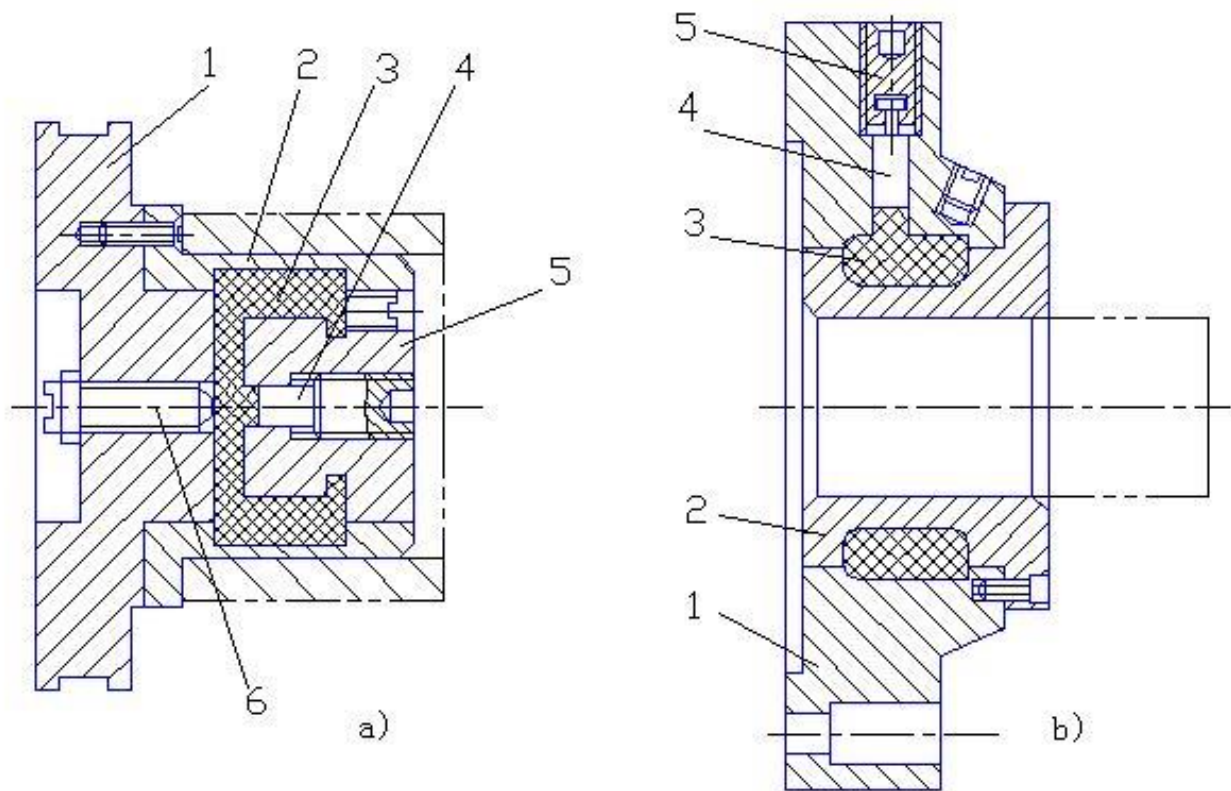


图3-50 液性塑料定心夹紧机构

1-夹具体 2-薄壁套筒 3-液性塑料 4-柱塞 5-螺钉 6-限位螺钉

螺钉→柱塞→液体→薄壁套筒→工件。结构紧凑，  
操作方便，定心高 $\Phi 0.005 \sim 0.01\text{mm}$ ，精加工，半  
精加工。

# \*定心夹紧机构实例

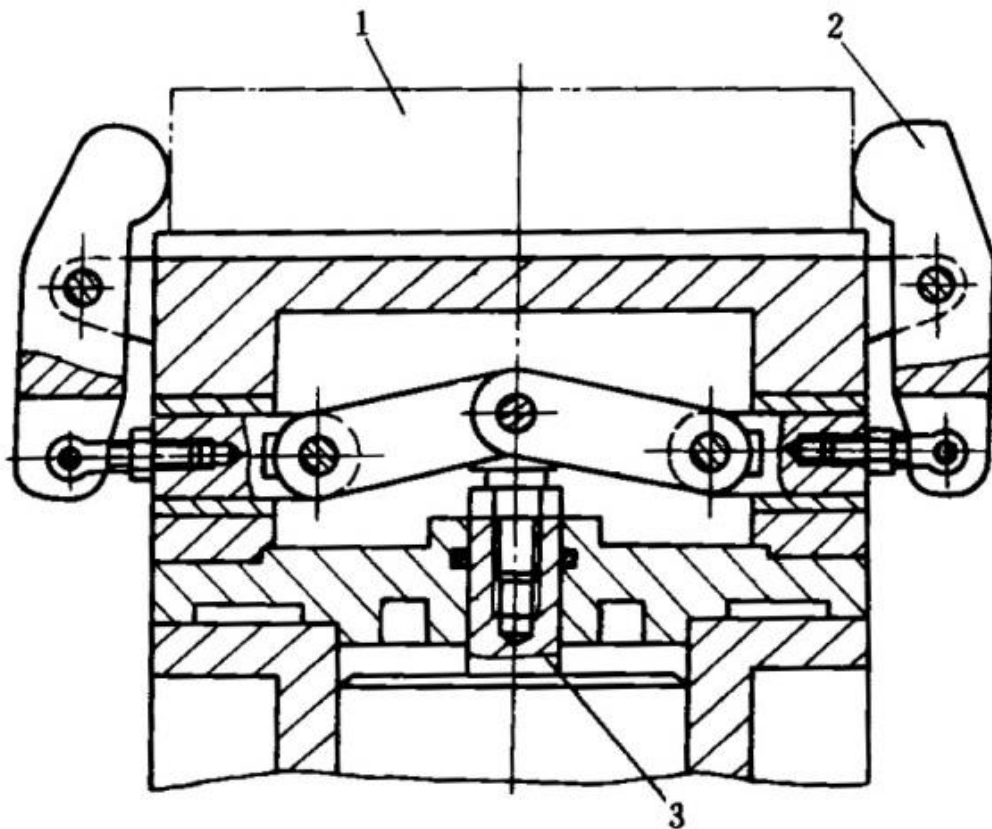


图 两点对向联动夹紧机构  
1—工件 2—浮动压板 3—活塞杆

## (5) 动力夹紧装置(Power clamping device)

气动、液压、电磁、真空等动力装置

Pneumatic, Hydraulic, Electromagnetic, Vacuum etc.

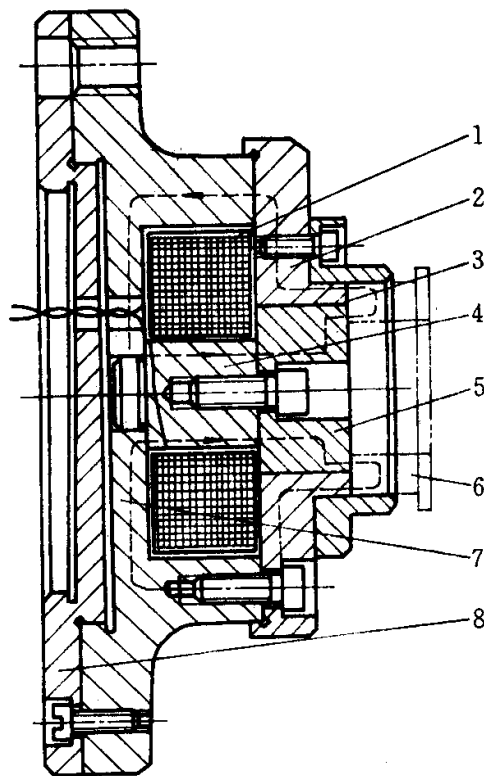
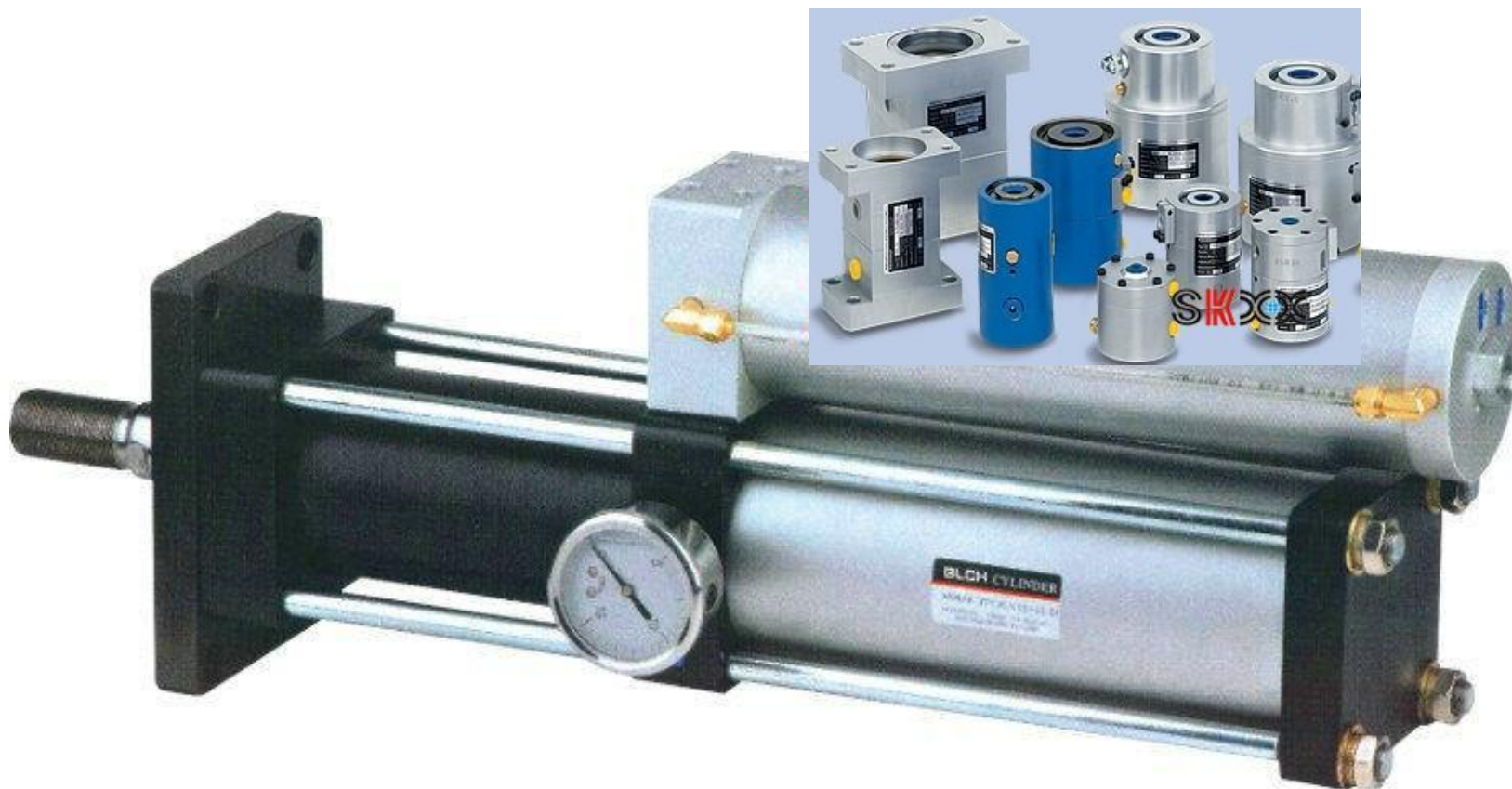


图 4-60 电磁卡盘

- 1——线圈； 2——吸盘； 3——隔磁体；  
4——铁芯； 5——导磁体； 6——工件；  
7——夹具体； 8——过渡盘

## \*气动夹紧机构实例





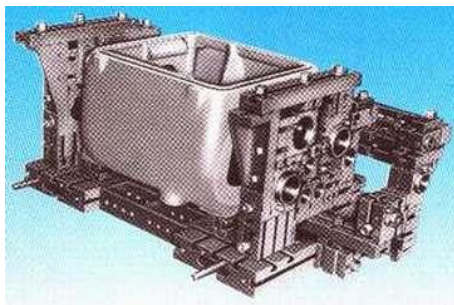
# \*液压夹紧机构实例



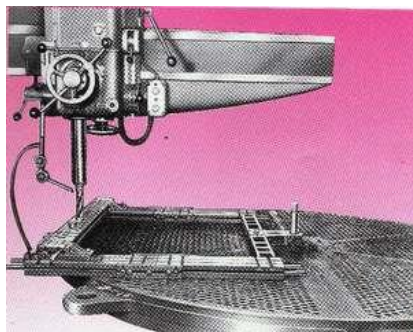
[china.makepolo.com](http://china.makepolo.com)

# 第五节 各类机床夹具

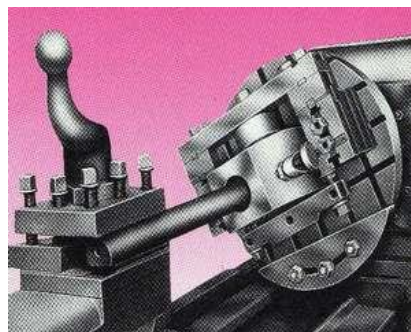
## Miscellaneous jigs and fixtures



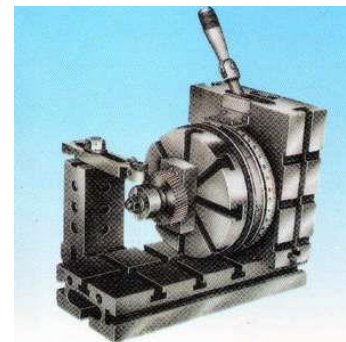
C618K箱体多孔镗夹具  
A Fixture for Boring Multiple  
Holes on C618K Box



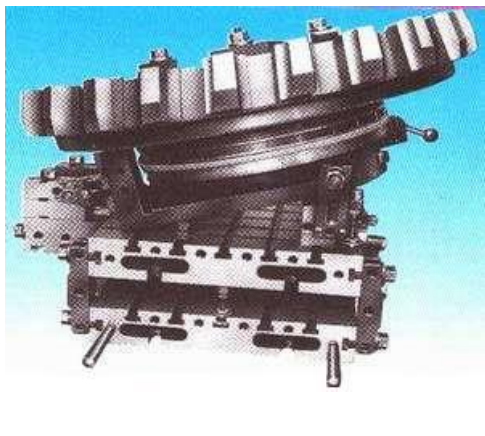
移动式盖板钻模在钻床上的应用  
A Movable Plate-type Drill Jig  
being used on a Drilling Machine



组合夹具在车床上的应用  
A Built-up Fixture on lathe



水平分度钻夹具



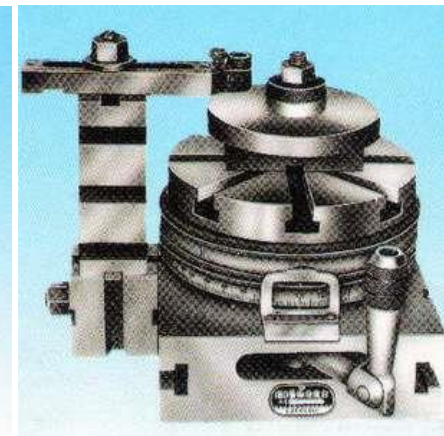
铣立体二十四等分槽夹具  
A Fixture for Milling 24 Equal  
Slots on a Cutter Body



45° 斜孔分度钻夹具



回转铣两侧面夹具



齿轮径向分度钻夹具

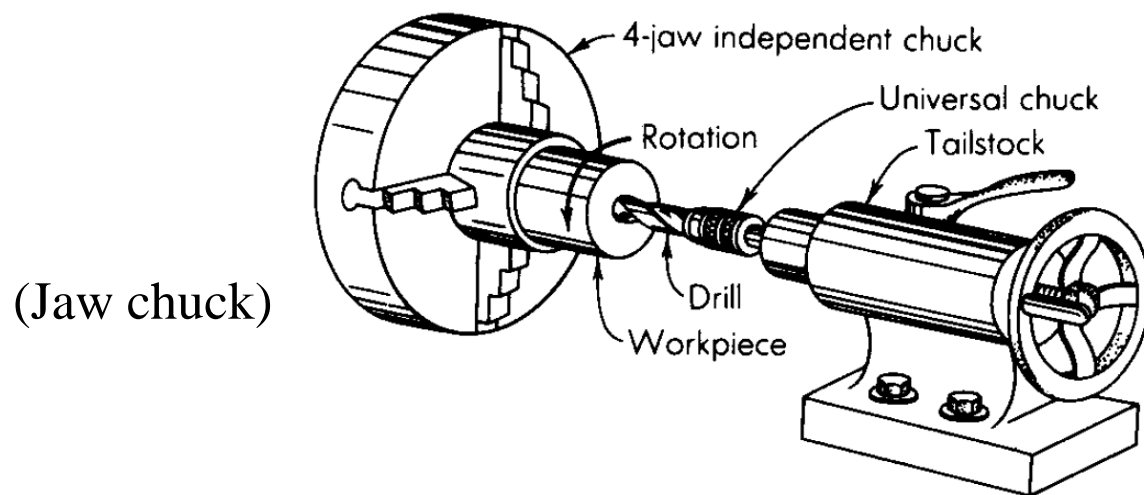
# 一、车床和内、外圆磨床夹具

Lathe and grinding Fixtures

## (1) 有哪些夹具？

通用夹具：三爪卡盘、四爪卡盘、顶尖、花盘等专用夹具。

Example: 车床夹具 (lathe fixture)



*Figure 4-5. Holding (chucking) a round workpiece.*

万能卡盘，自动定心卡盘



## (2) 要求:

(1) 由于整个夹具随机床主轴一起回转，结构紧凑、轮廓尺寸尽可能小，重量轻，重心尽可能靠近回转轴线，以减少惯性力和回转力矩。

(2) 对于回转轴线不规则工件，应有平衡措施，消除回转不平衡产生的振动现象。

(3) 夹具与机床主轴连接方式，其结构及尺寸规格，随夹具使用的机床而异。

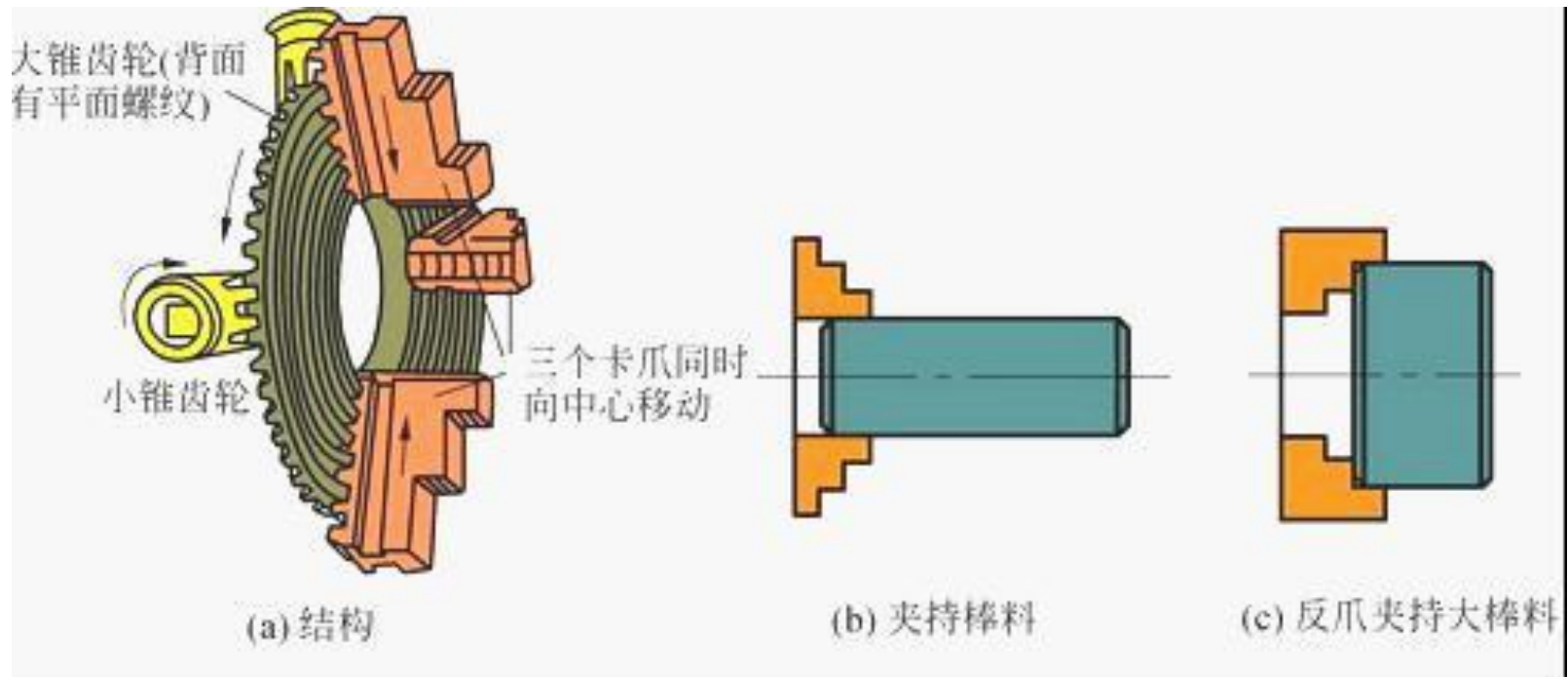


车床

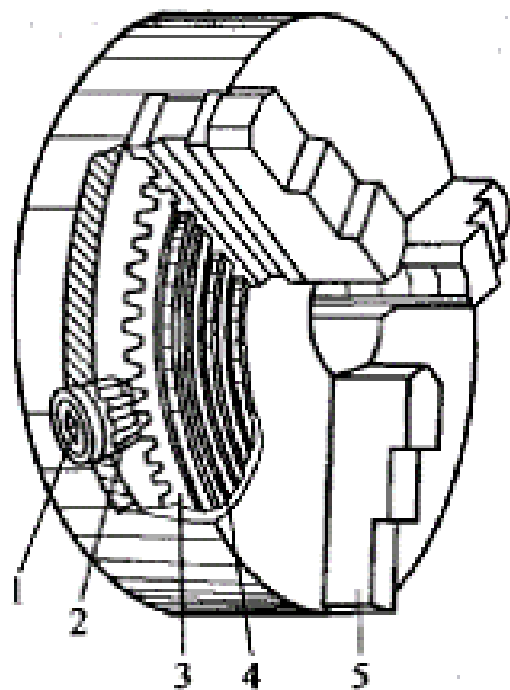


内圆磨床

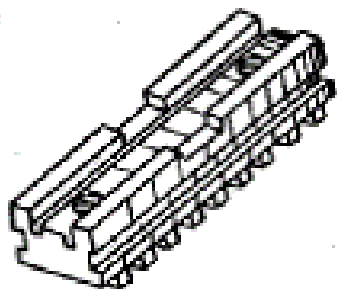
### (3) 三爪自定心卡盘 Three-jaw chucks



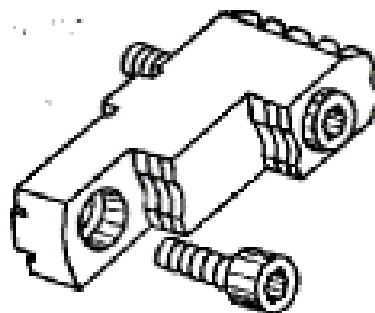
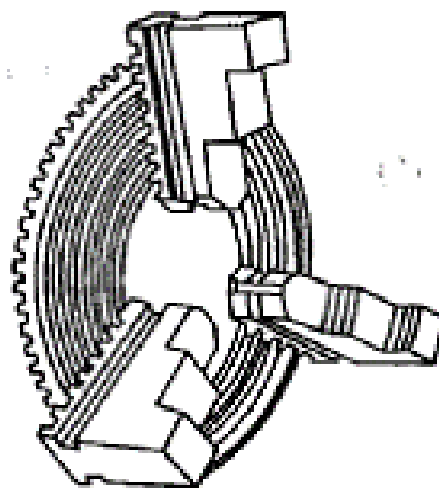
# \*结构原理



(a)



(b)



任丘市鑫博机床附件经销处



恩典机床附件tzendian.taobao.com

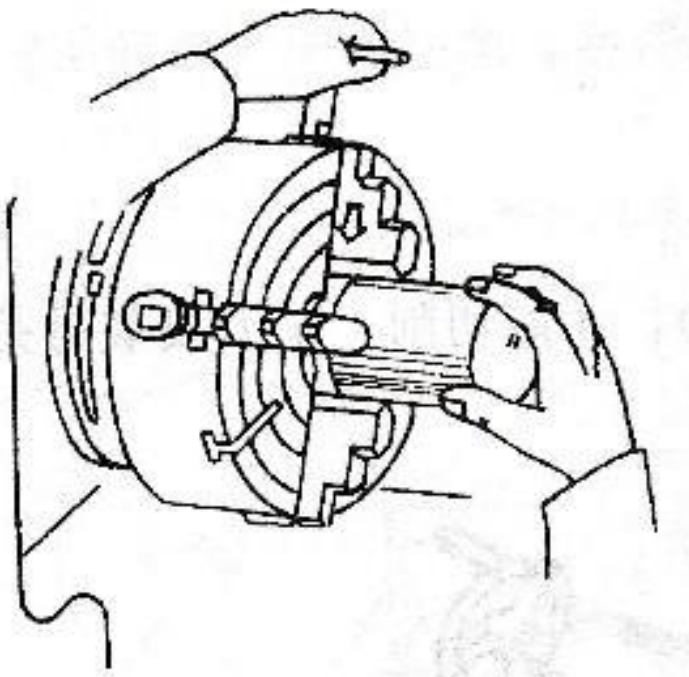


http://0769wangwang.1688.com

东莞市江五金

http://0769wangwang.1688.com

#### (4) 四爪单动卡盘 Four-jaw independent chucks



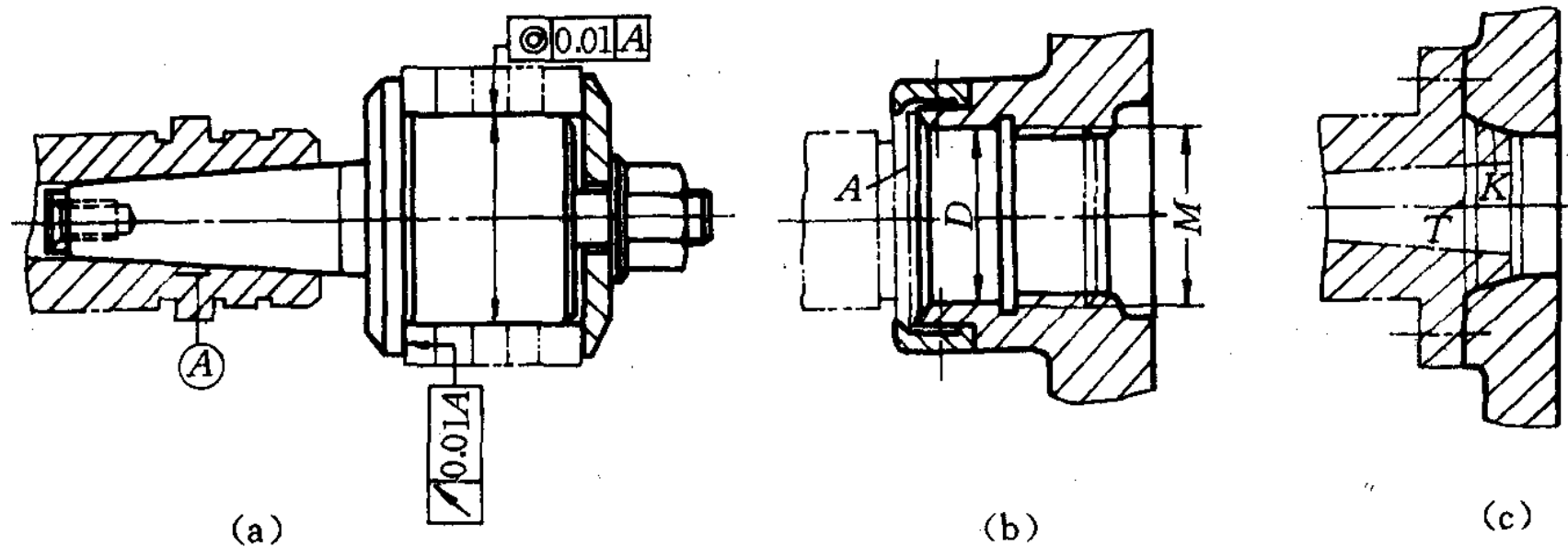
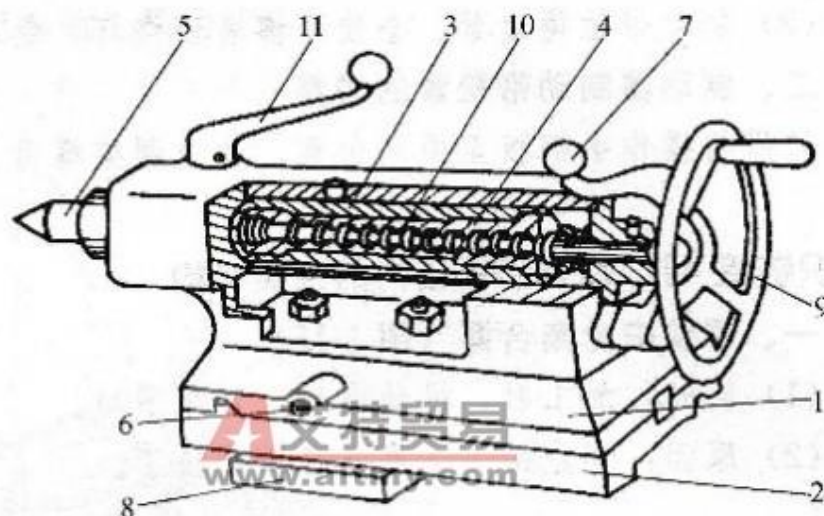
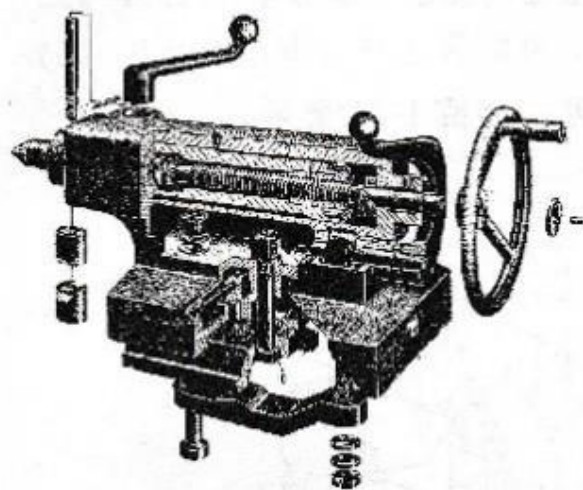
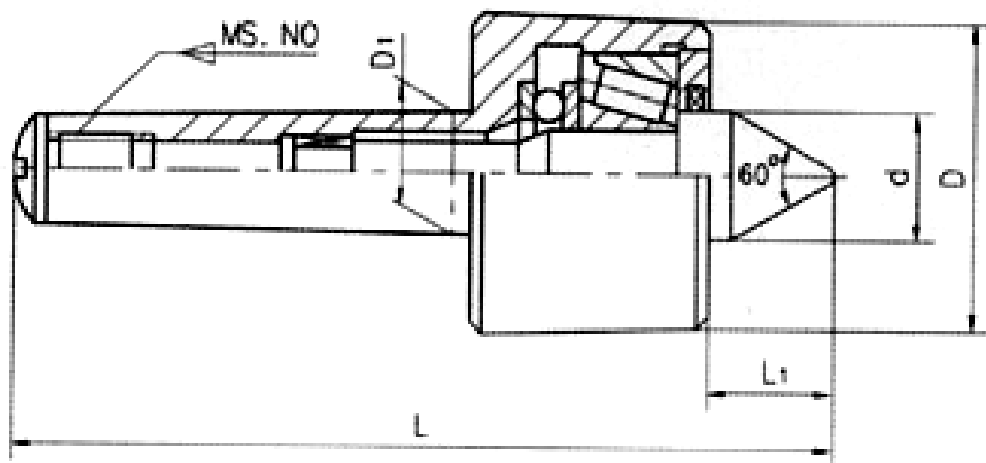


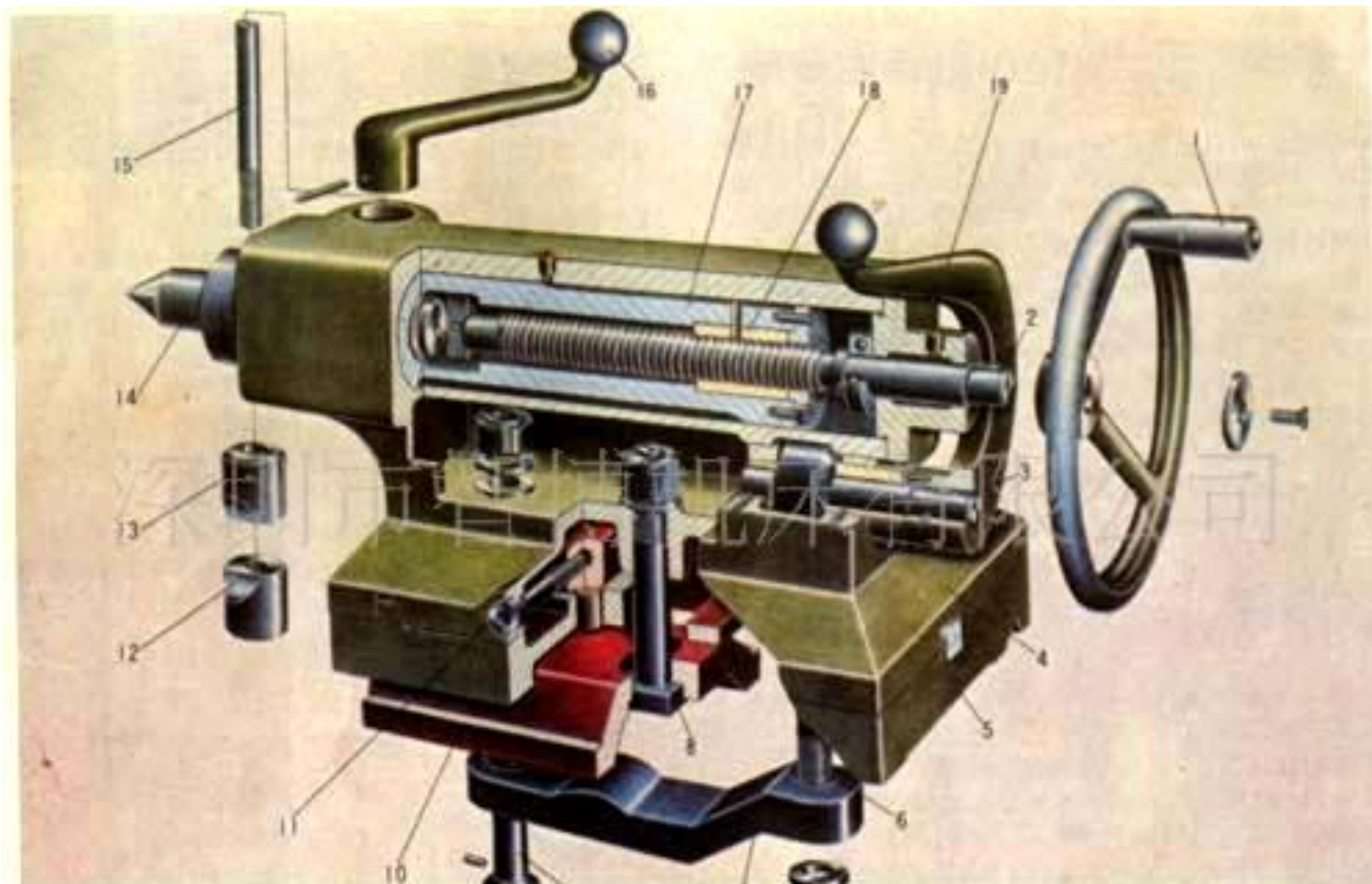
图 4-61 夹具在机床主轴上的安装

## (5) 回转顶尖 (live center)

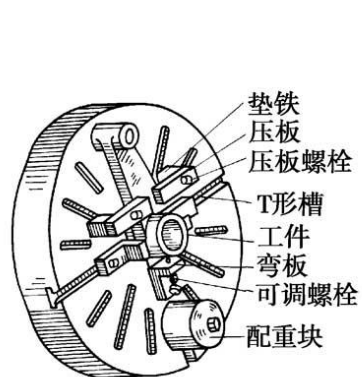




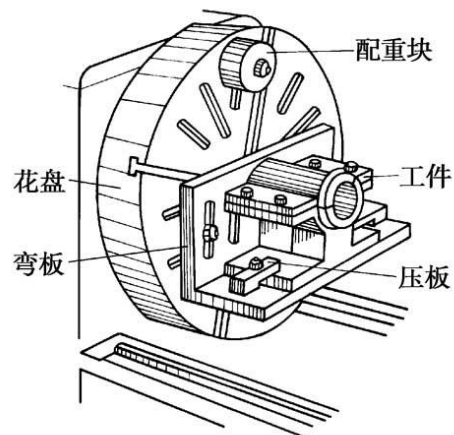
# \*结构原理



## (6) 花盘 (disc chuck)



(a) 花盘上装夹工件

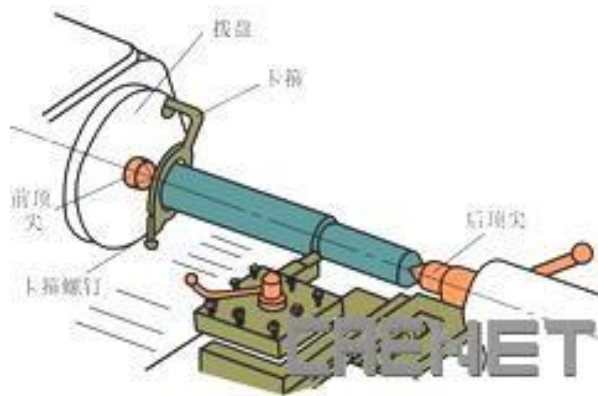


(b) 花盘与弯板配合装夹工件

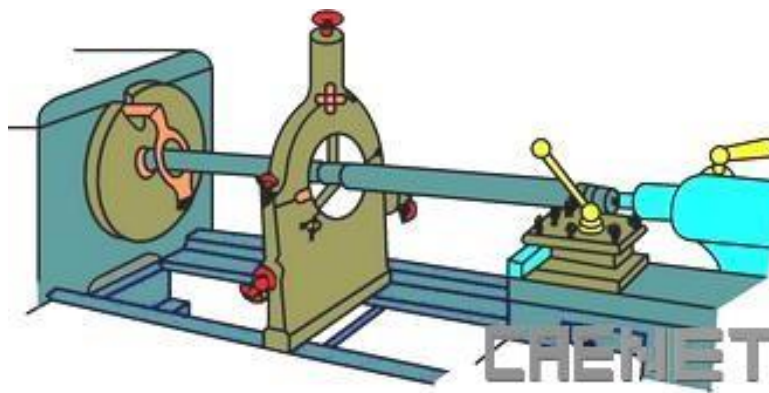




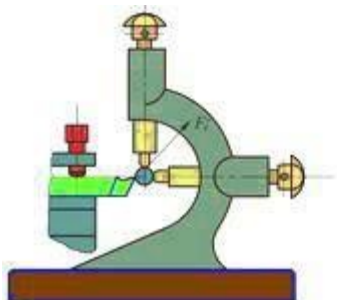
# \*车床上其他定位夹具



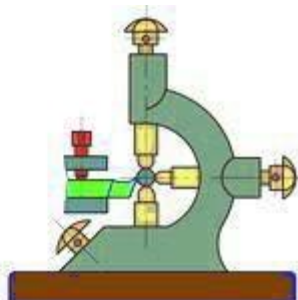
用顶尖安装工件



用中心架支承车削细长轴

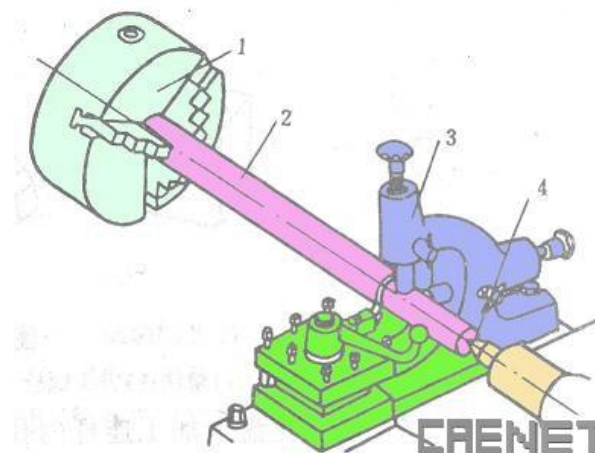


(a) 西瓜跟刀架



(b) 三爪跟刀架

跟刀架



跟刀架使用

1.三爪卡盘 2.工件 3.跟刀架 4.顶尖

## 二、钻床夹具 (钻模, Drill Jigs)

Question: What are the purposes of using drill jigs?

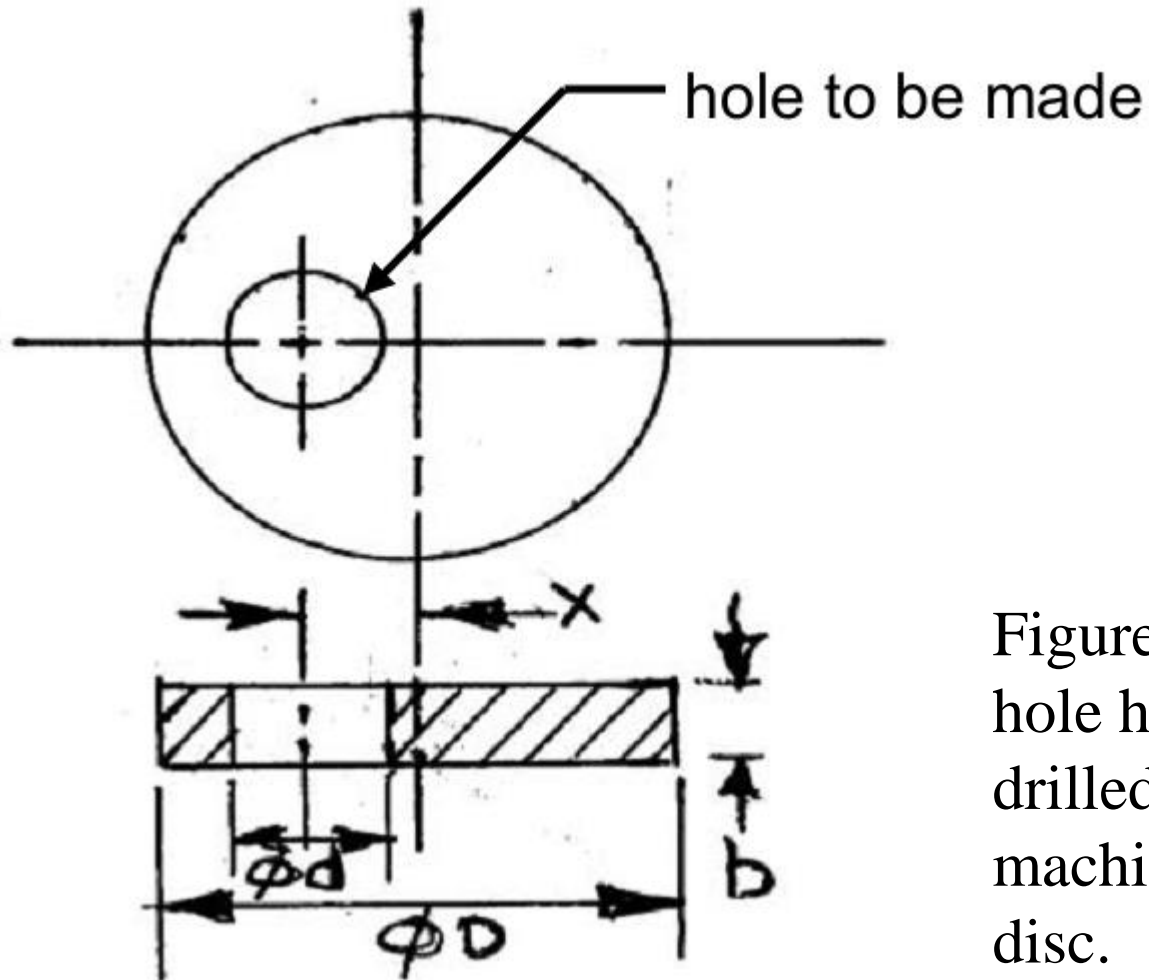
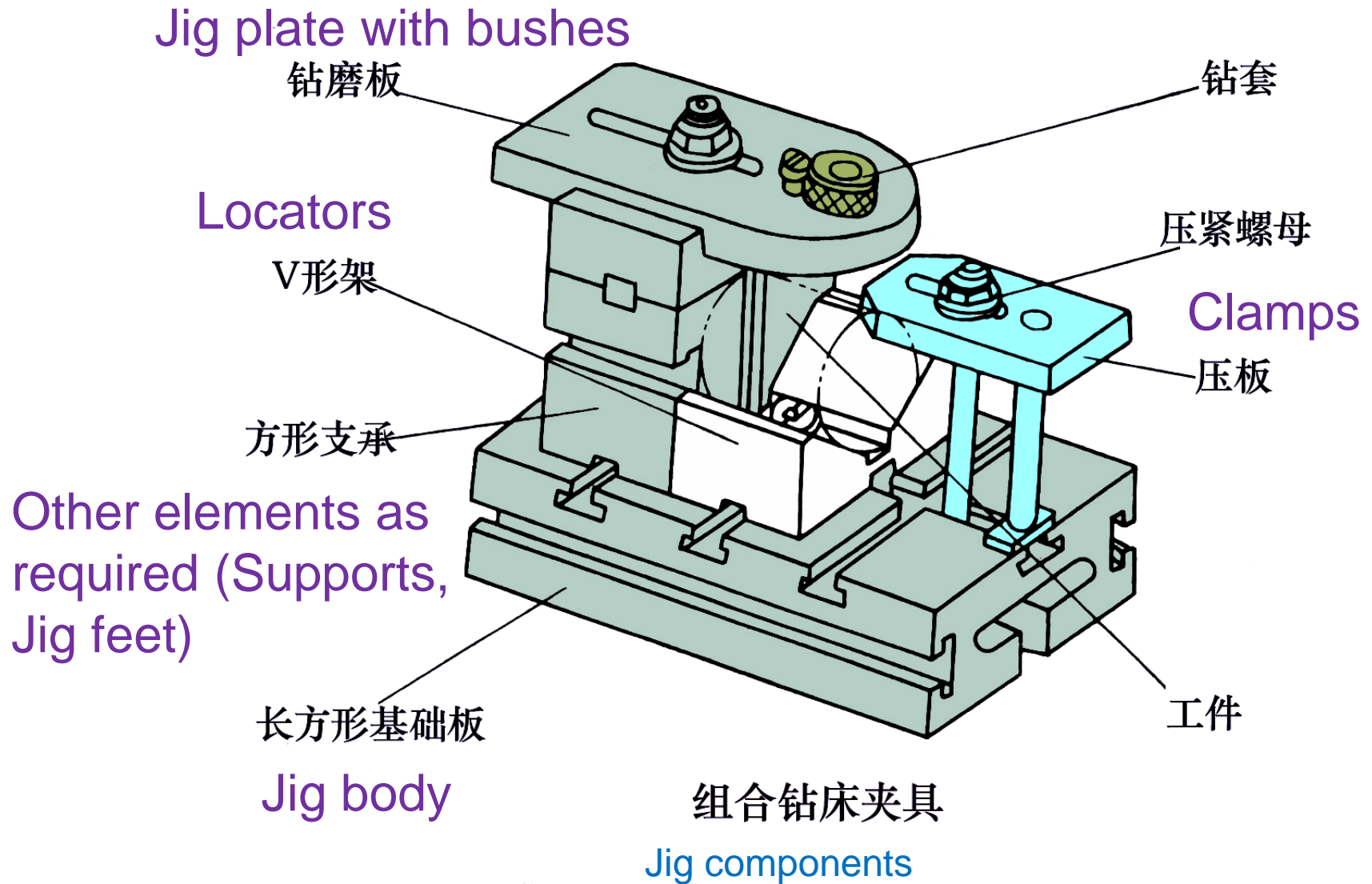
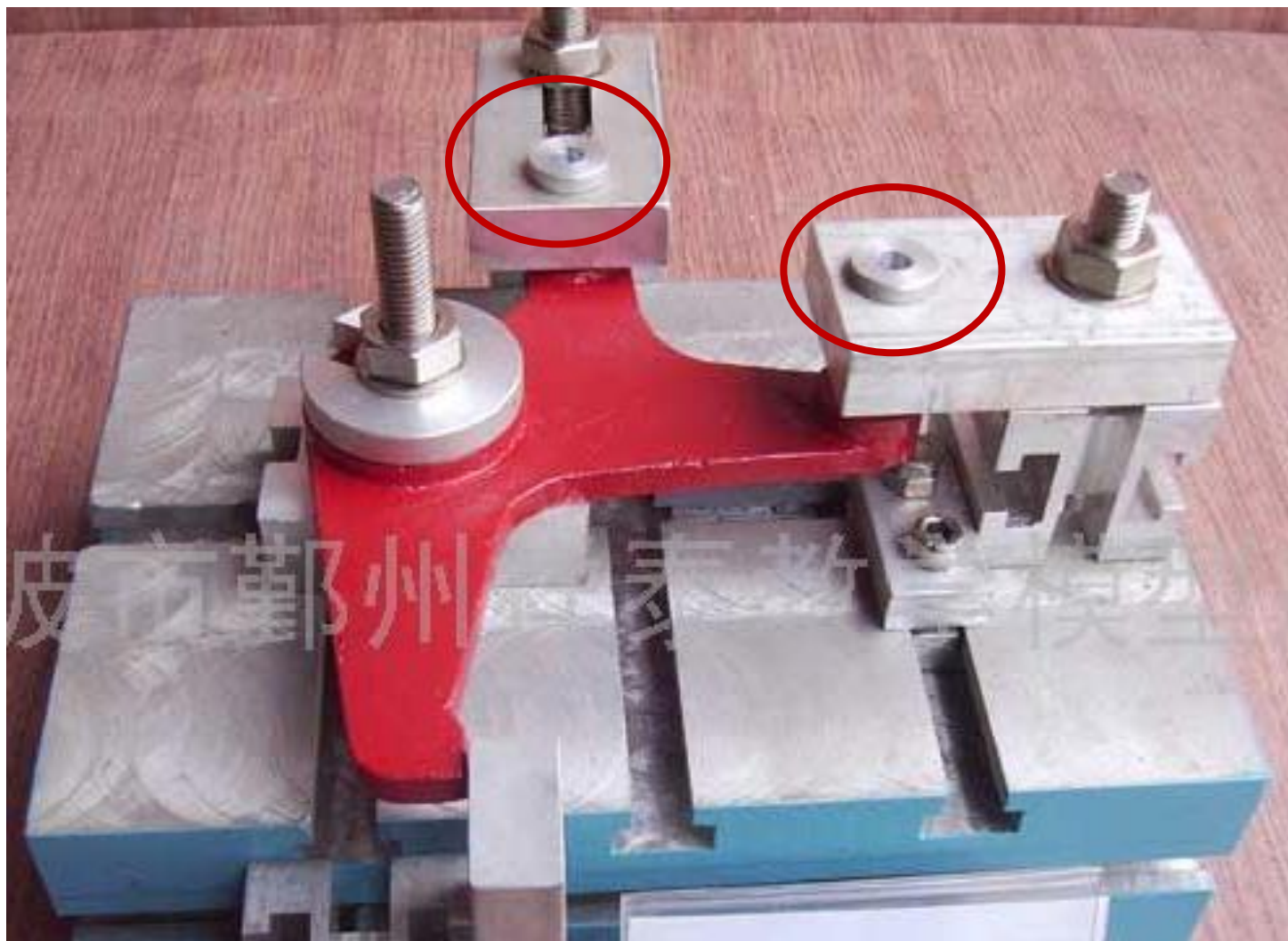


Figure : A through hole has to be drilled in a pre-machined mild steel disc.

# 钻床夹具结构



# \*钻床夹具结构实例



# 钻套(Jig Bushes )

**钻套**：安装在钻模板或夹具体中，作用：确定加工孔位置，引导钻头，提高刚性，防止振动。

问题：钻套可分为：（ ） 、（ ） 、（ ） 和特殊钻套。

答案：**固定钻套，可换钻套，快换钻套**

Headless  
Bush

Headed drill bush

renewable bush

Slip renewable bush

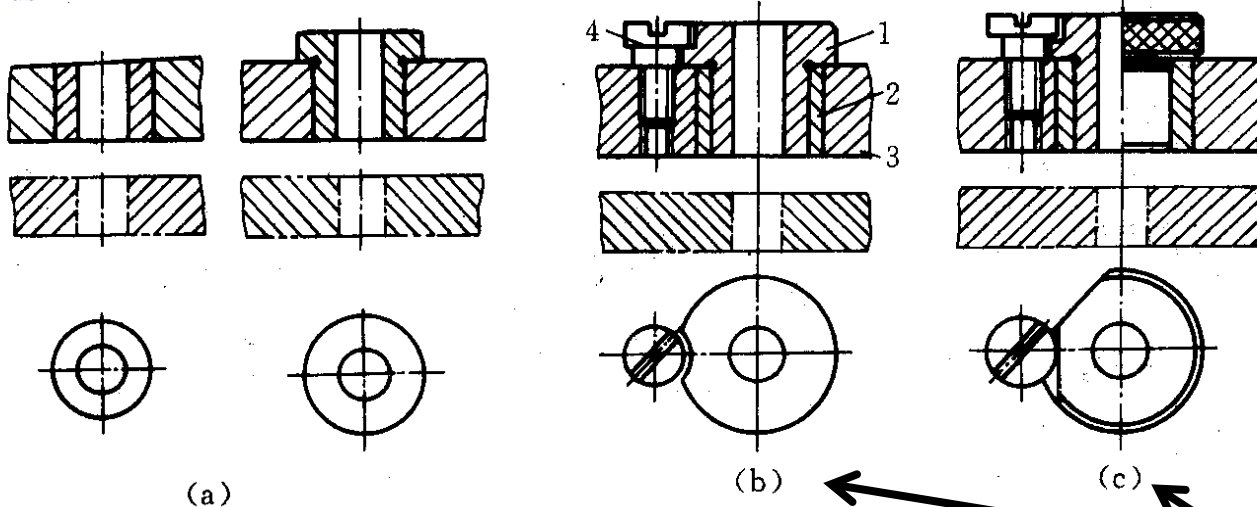


图 钻套

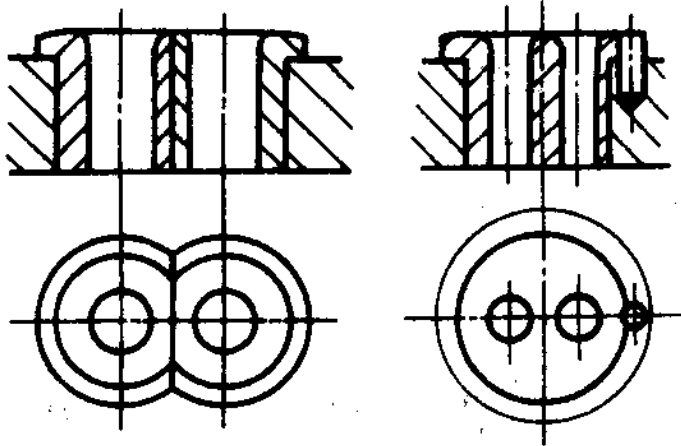
(a) 固定钻套；(b) 可换钻套；(c) 快换钻套

1—钻套；2—衬套；3—钻模板；4—螺钉

Used for multiple operations such as drilling followed by reaming

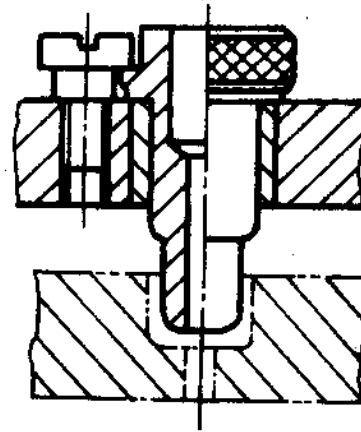
# 特殊钻套

Use of two  
holes in one  
bushing



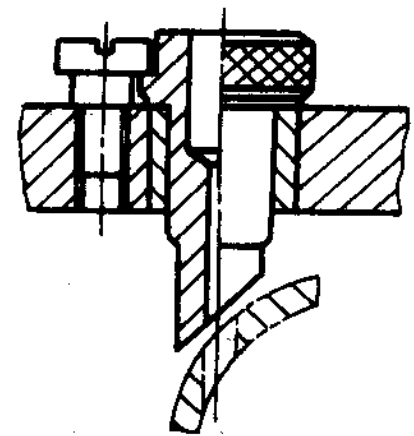
(a)

Modification of  
standard bushings  
for close hole drilling



(b)

Extended  
drill bush



(c)

Shaped drill  
bush

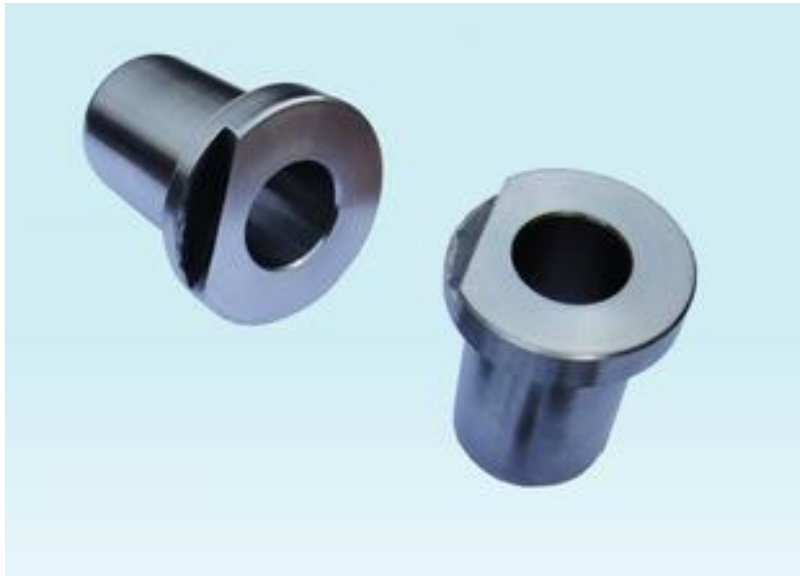
特殊钻套图

Figure of special drilling jigs

(a)小孔距钻套, (b) 加长钻套, (c) 斜/弧面钻套,



# \*钻套实例



# 钻套相对工件的位置

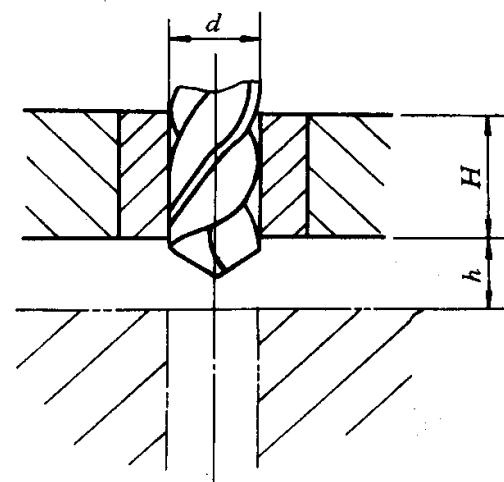
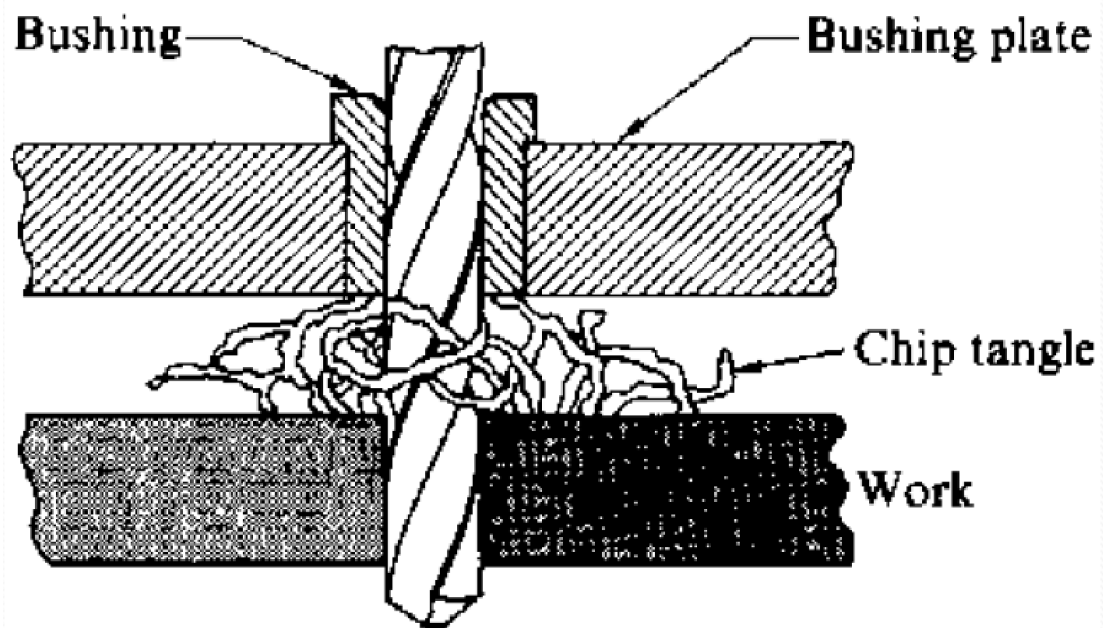


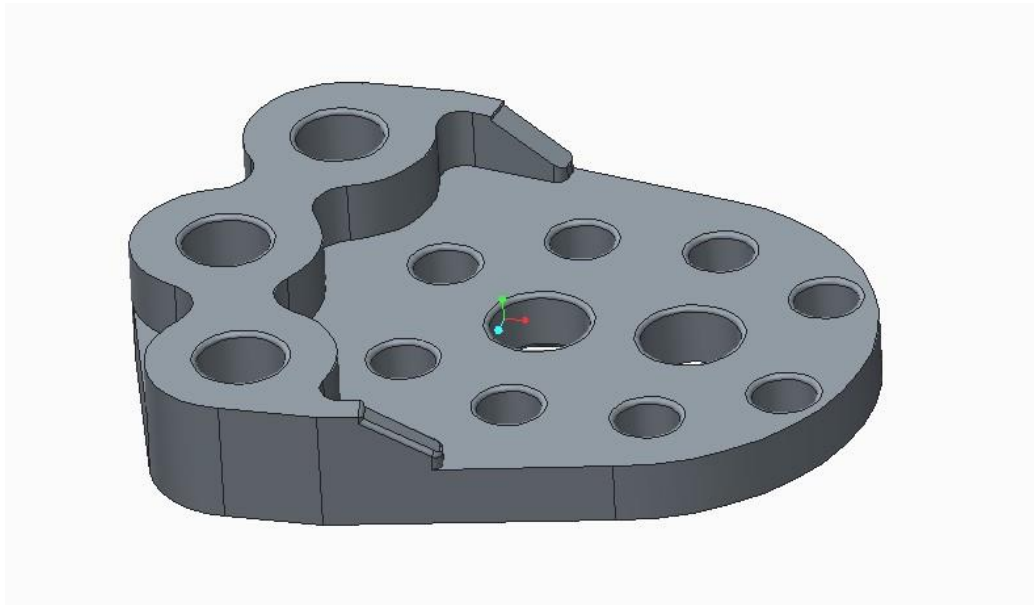
图 4-47 钻套高度与容屑间隙

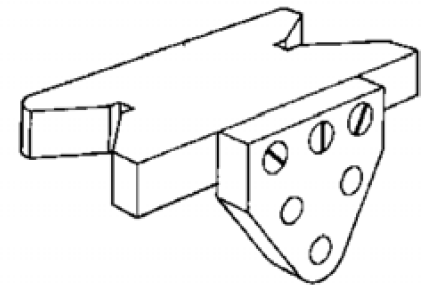
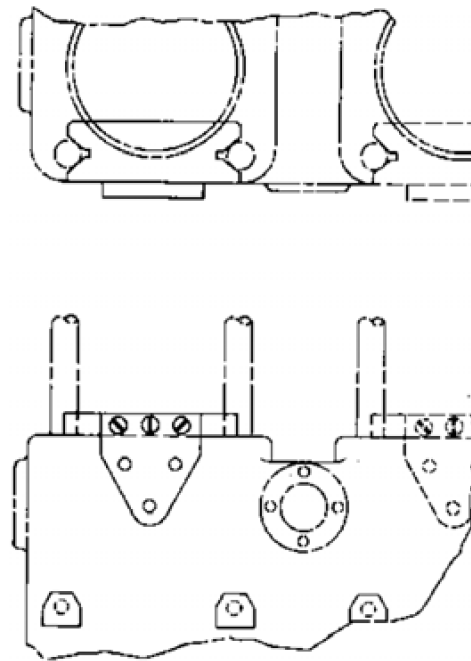
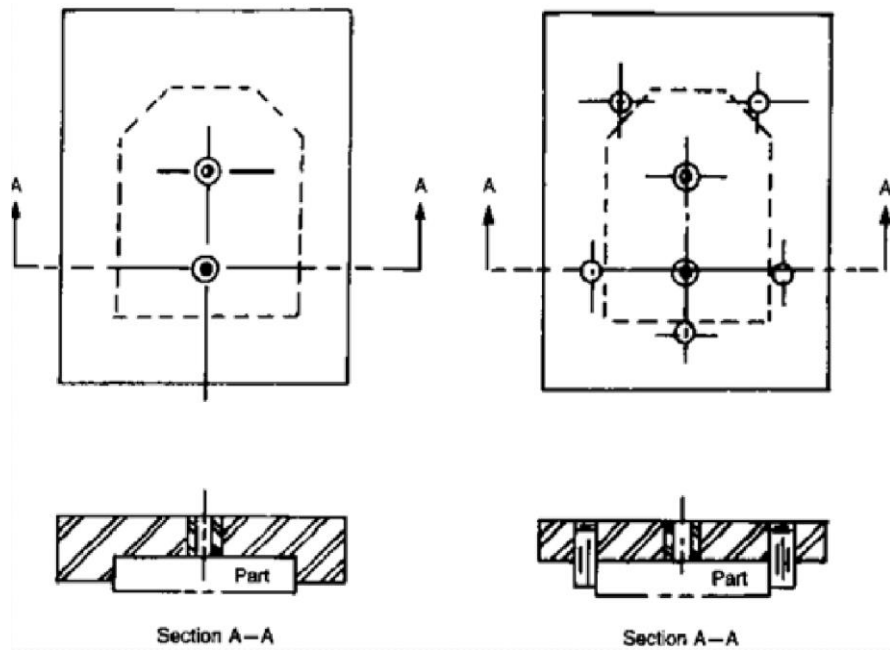
Clearance between  
bush and part



## 钻模板 (plate jigs)

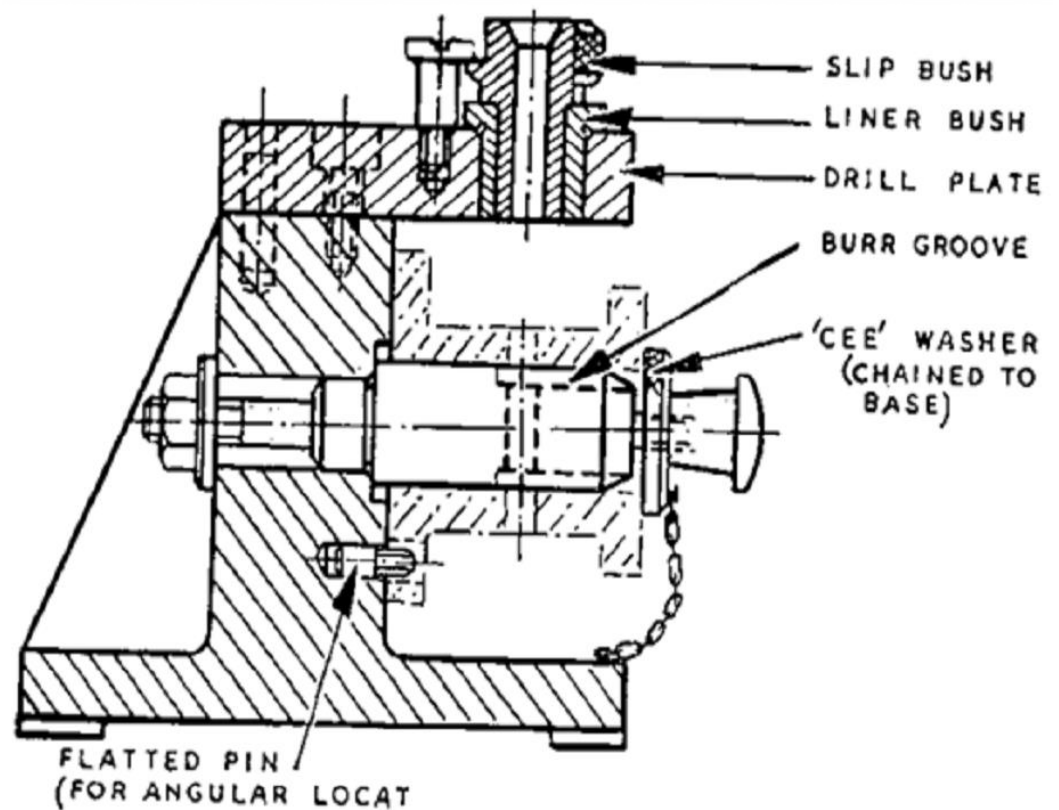
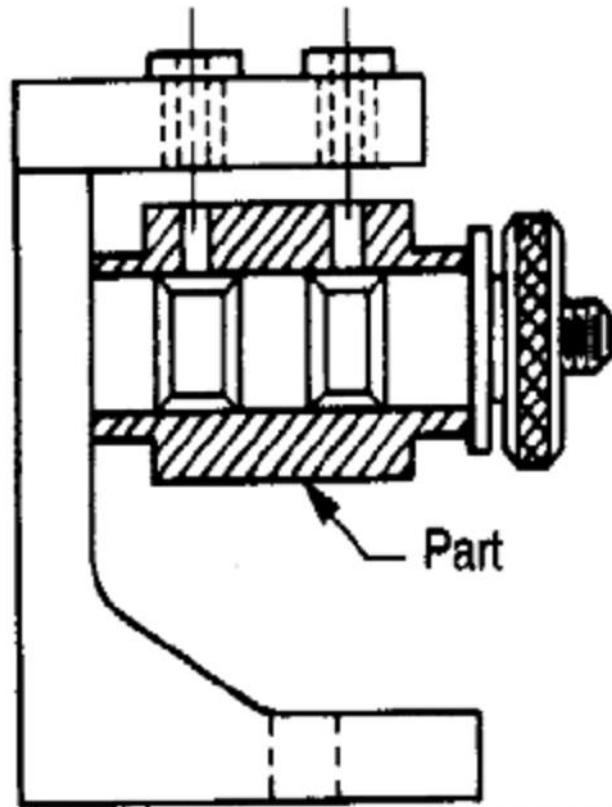
钻模板：固定式、回转式、移动式、翻转式、盖板式和滑柱式等。





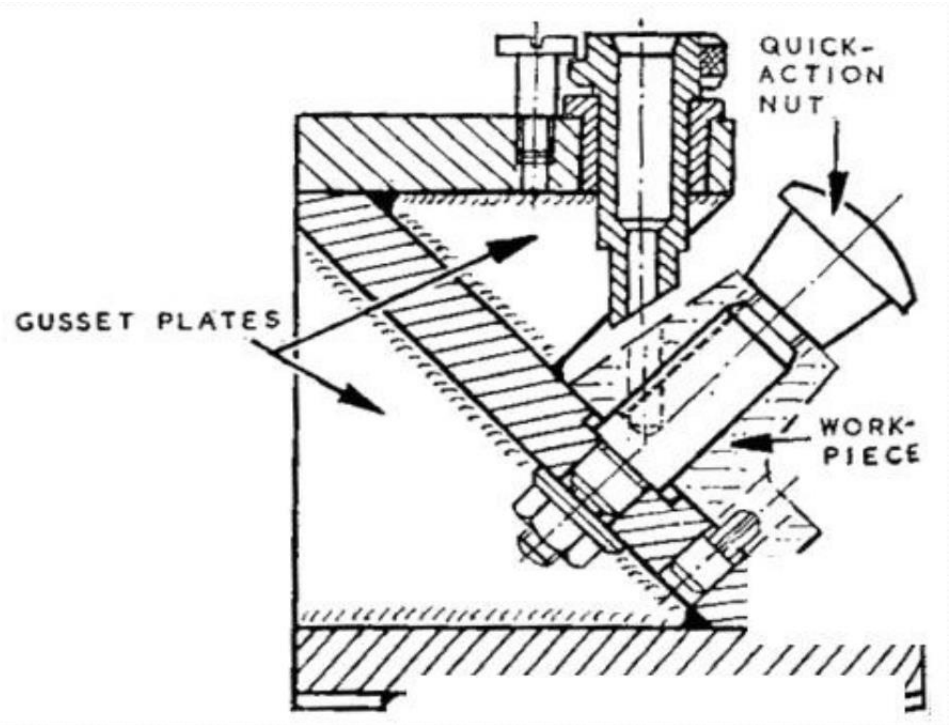
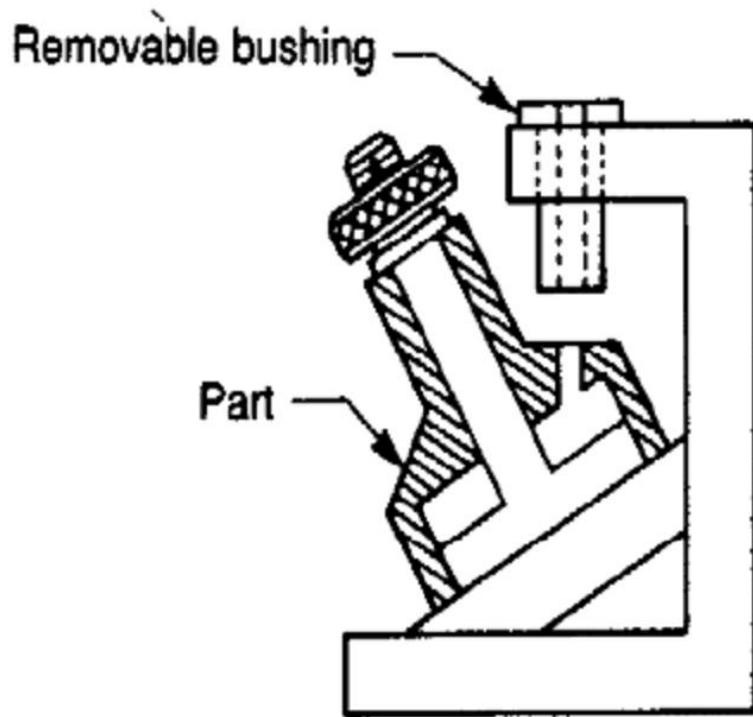
Template Jig

# \*固定式钻模板



固定式钻模板

# \*固定式钻模板



固定式钻模板

# \*回转式钻模板

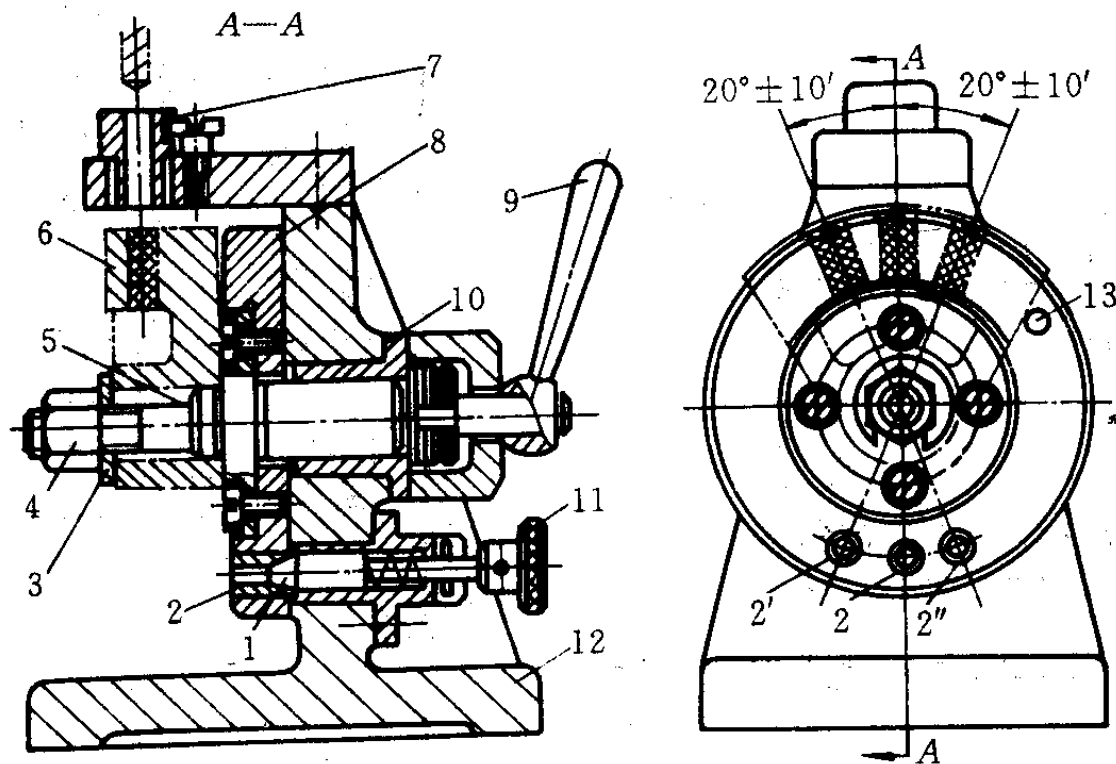
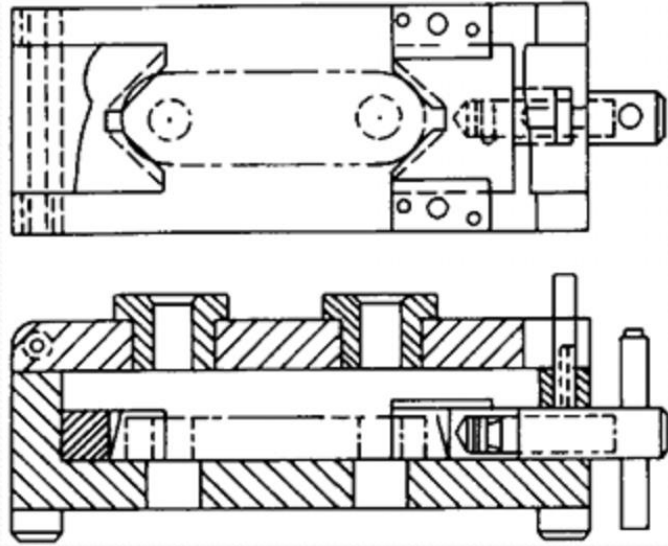


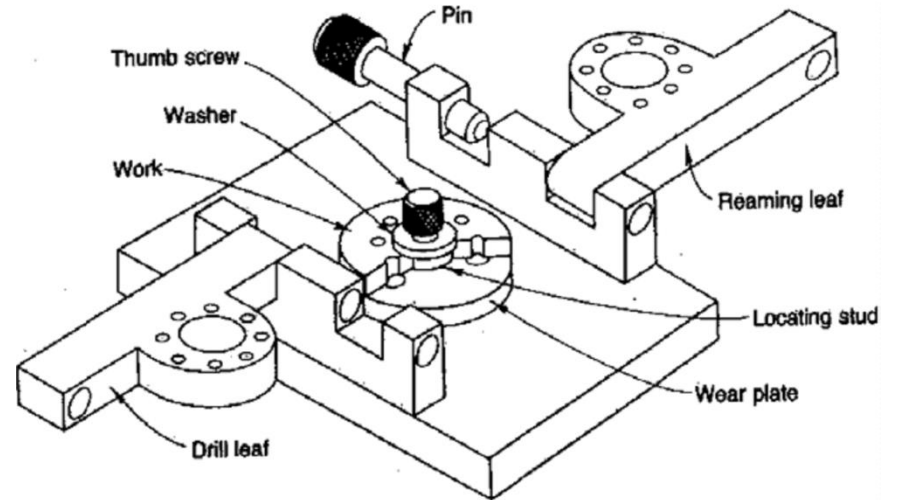
图 4-41 回转式钻模

- 1——定位销； 2——定位套； 3——开口垫圈； 4——螺母；  
5——定位销； 6——工件； 7——钻套； 8——分度盘； 9——手柄；  
10——衬套； 11——捏手； 12——夹具体； 13——挡销

# \*翻转钻模板



Swinging Leaf Type Jig



Double leaf jig

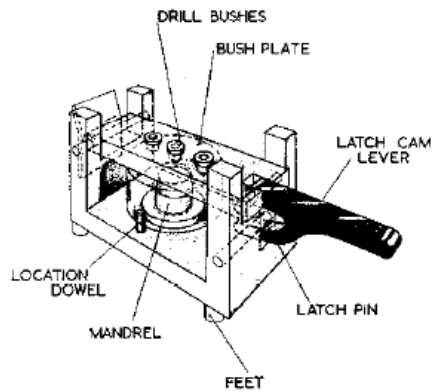


Fig. 21 Drill jig with swinging bush plate  
a latch cam closure

# \*盖板式钻模板

Plate jig

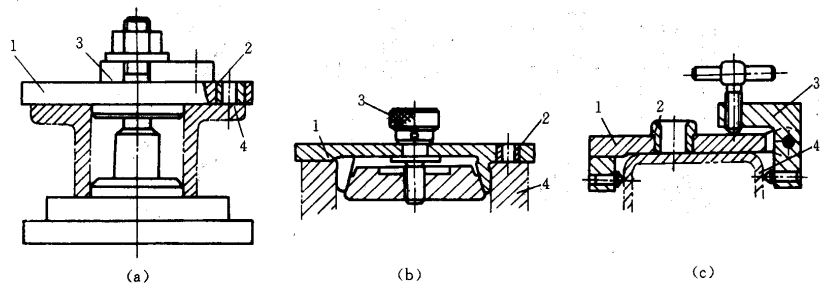
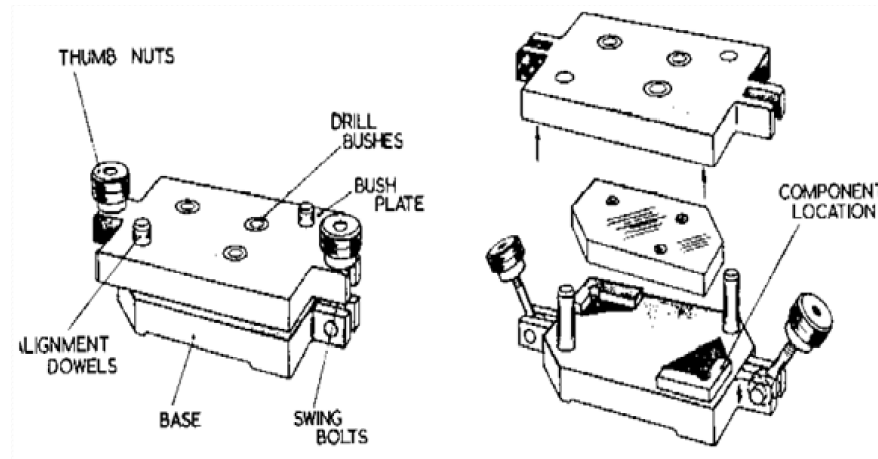
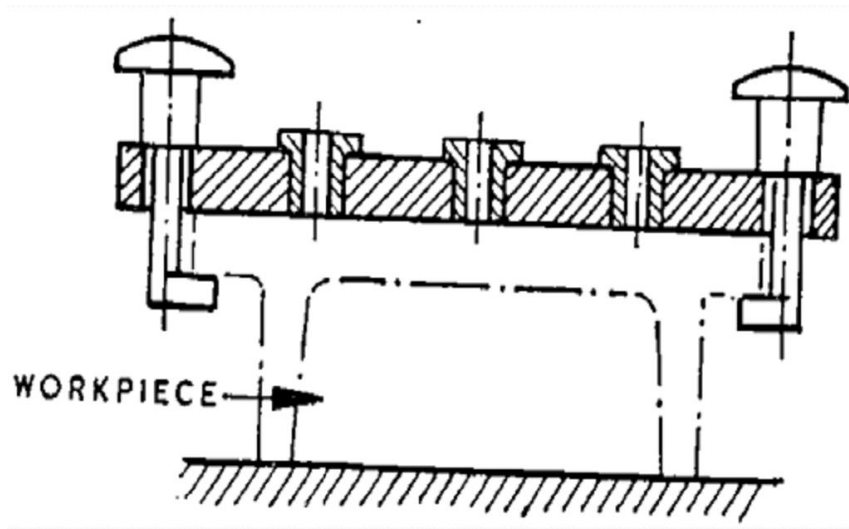


图 4-48 分离式钻模板

1——钻模板； 2——钻套； 3——夹紧元件； 4——工件

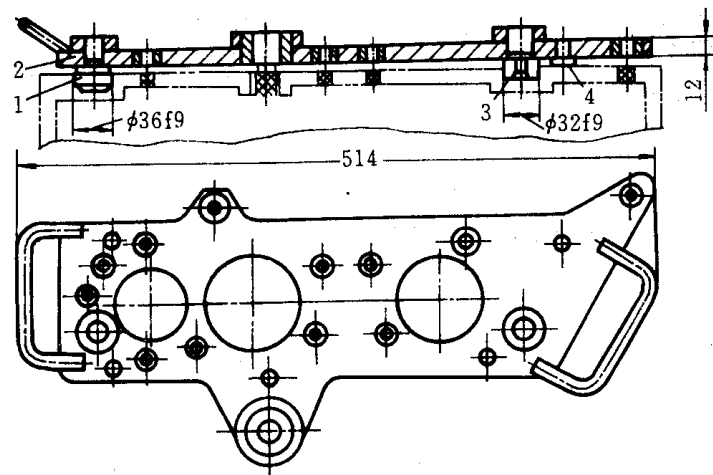
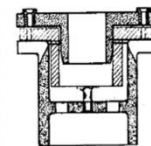


图 4-42 盖板式钻模

1——圆柱销； 2——钻模板； 3——菱形销； 4——支撑钉



# \*其他形式钻模板



Condition (a)  
Holes drilled relative to  
component bore

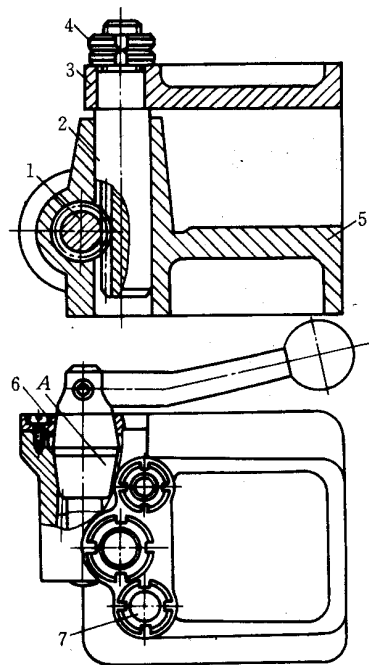


图 4-43 手动滑柱式钻模

1——斜齿齿轮； 2——齿条轴； 3——钻模板；  
4——螺母； 5——夹具体； 6——锥套； 7——滑柱

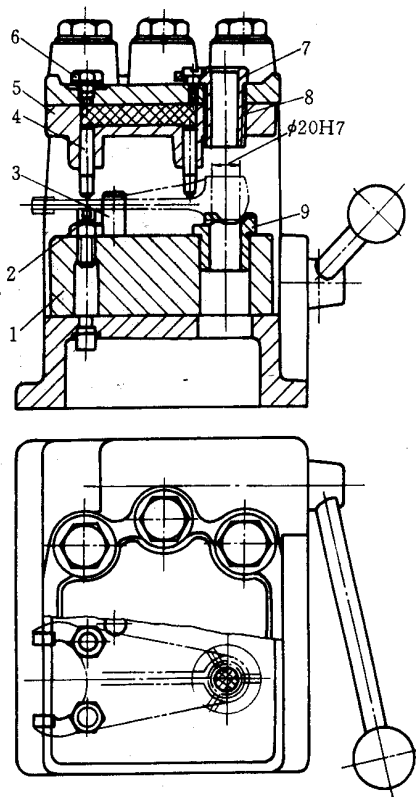


图 4-44 滑柱式钻模实例

1——底座； 2——可调支撑； 3——挡销； 4——  
柱； 5——压柱体； 6——螺塞； 7——钻套  
8——衬套； 9——定位锥套

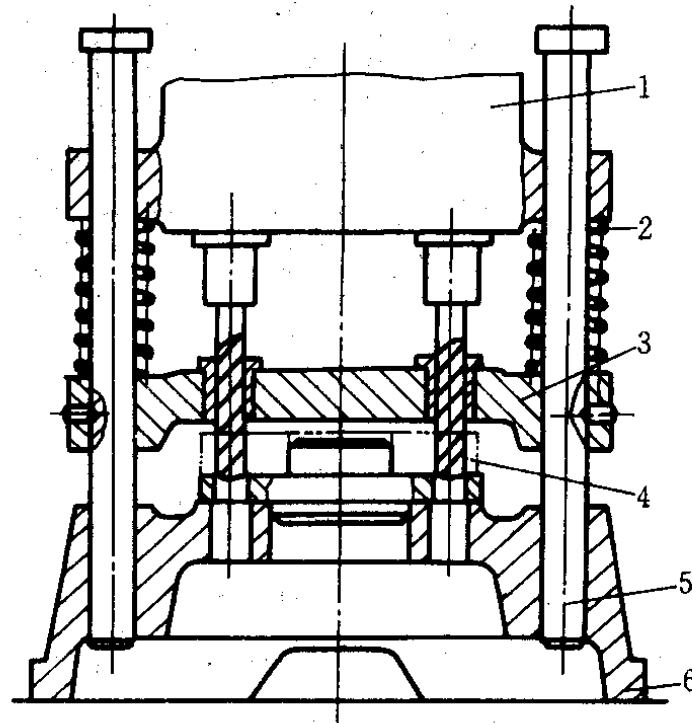


图 4-49 悬挂式钻模板

1——横梁； 2——弹簧； 3——钻模板；  
4——工件； 5——滑柱； 6——夹具体

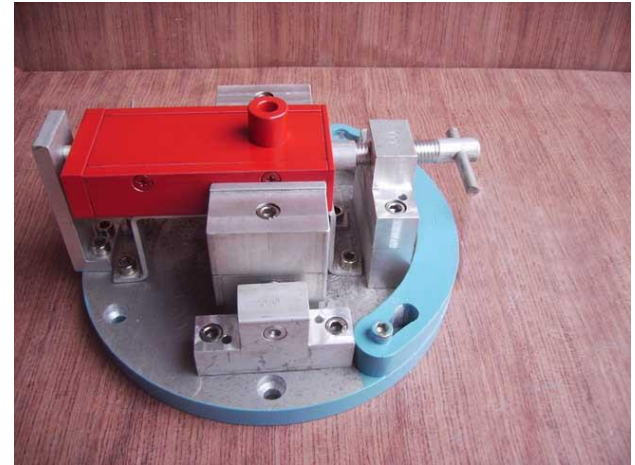


### 三、镗床夹具

jig used for boring operation



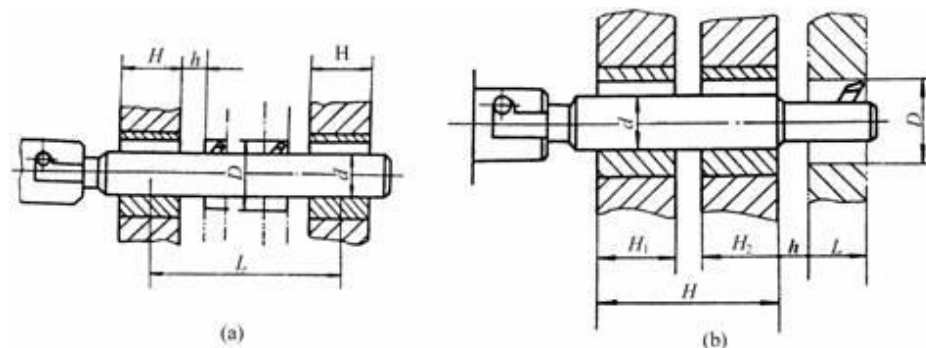
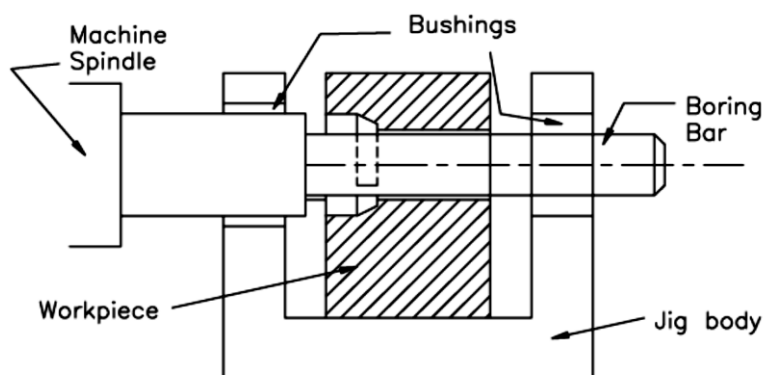
镗床



## 镗套(boring bushing)

有两大类型：

①固定式镗套：加工时镗套不随镗杆转动。



Typical jig used for boring operation

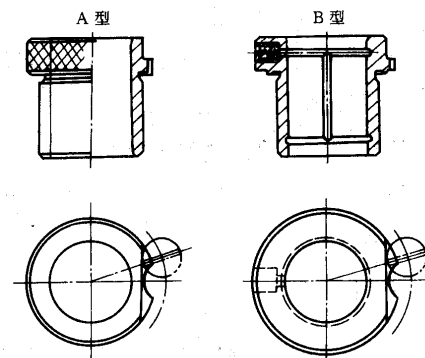
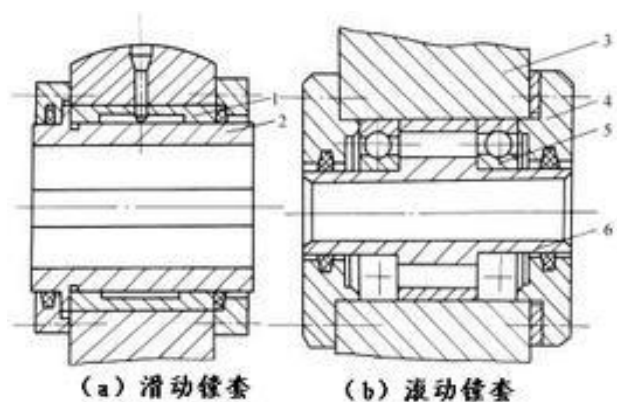


图 4-52 固定式镗套

②**回转式镗套**：回转式镗套随镗杆一起转动，镗杆与镗套之间只有相对移动而无相对转动（滑动轴承式镗套和滚动轴承式镗套）。



1-轴承套 2和6-键套 3-支架 4-轴承端盖  
5-滚动轴承

图 11 回转式修套

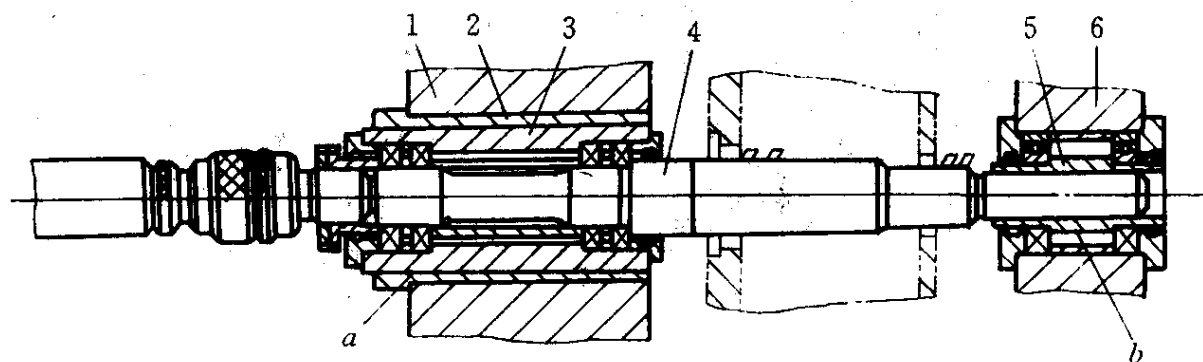


图 4-53 回转式镗套

1,6——导向支架; 2,5——镗套; 3——导向滑套; 4——镗杆

# \*镗套实例



原位镗孔机的镗套-  
董氏镀铁

# \*镗套应用

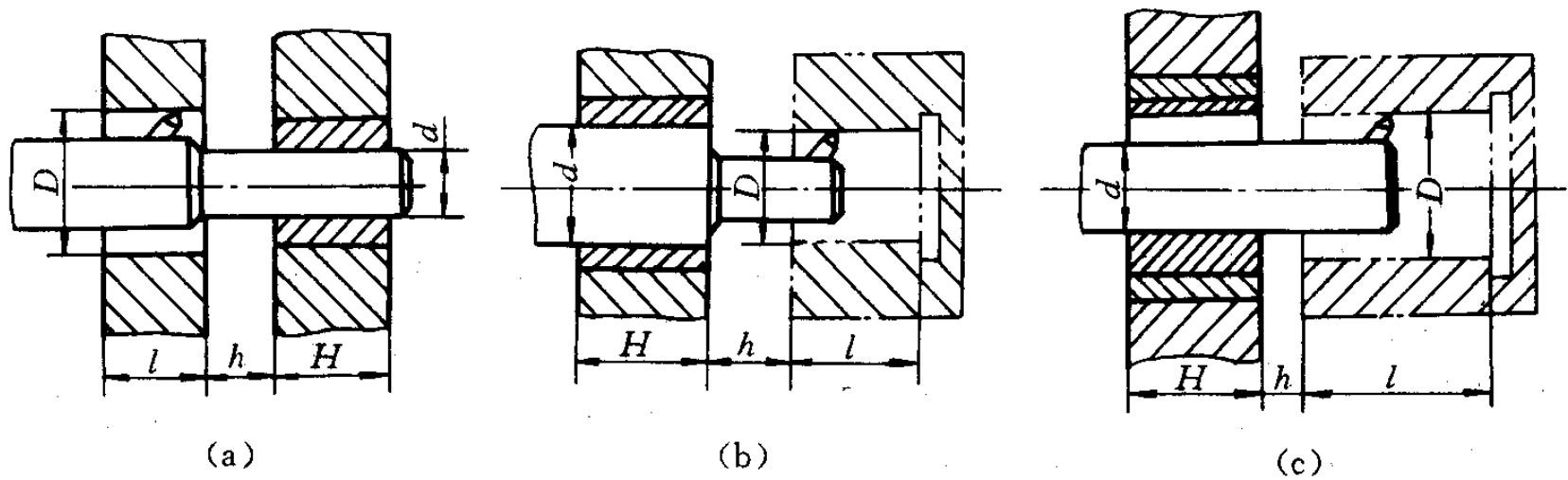
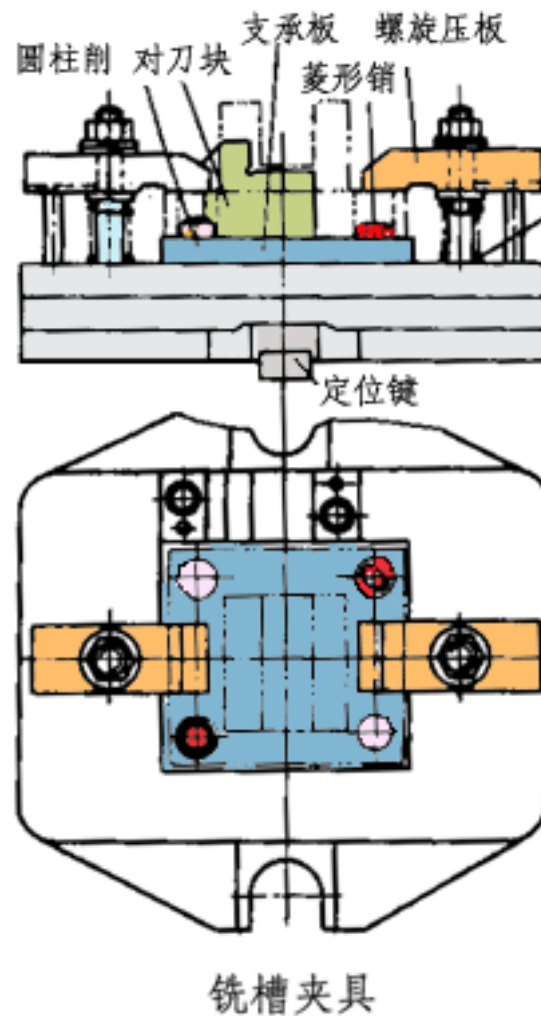
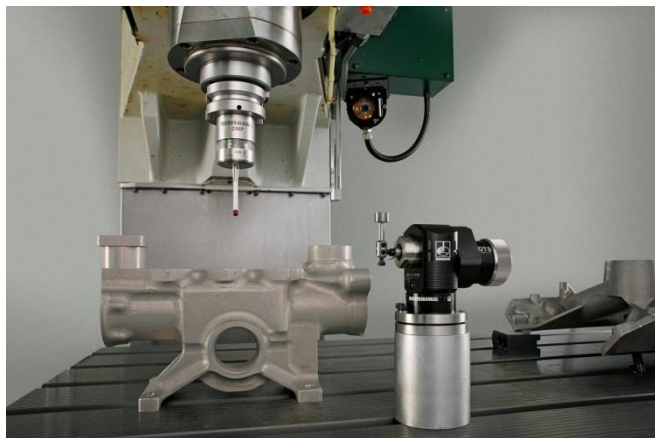


图 4-50 单面导向镗模支架  
(a) 单面前导向； (b), (c) 单面后导向

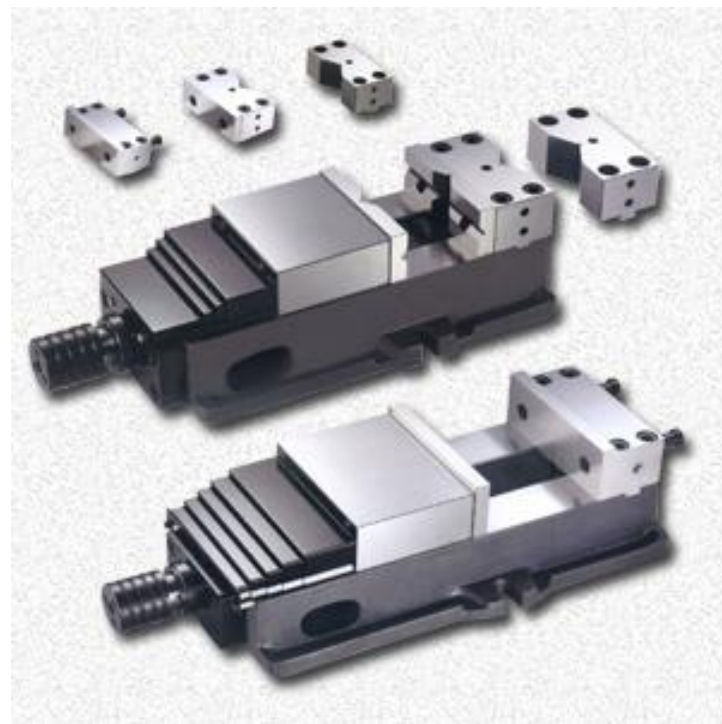


## 四、铣床夹具

Milling fixture



# 工件定位



平口钳

## 对刀装置 (Tool setting device)

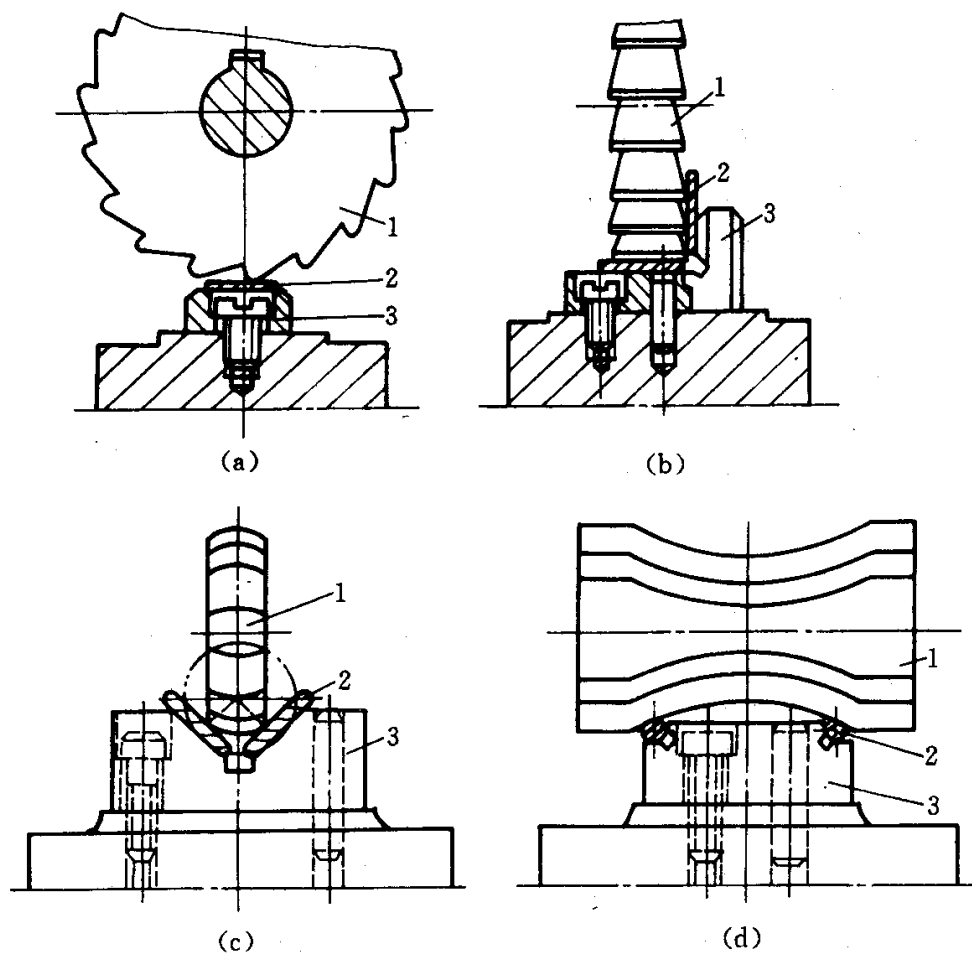


图 4-57 对刀块

1——铣刀； 2——塞尺； 3——对刀块



# \*对刀块(The tool block)

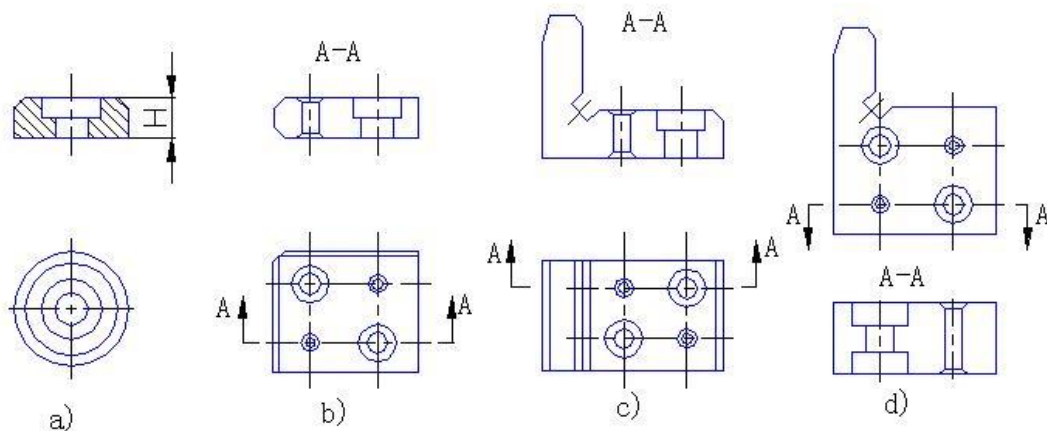


图3-64 标准对刀块

a) 圆形对刀块 b) 方形对刀块 c) 直角对刀块 d) 侧装对刀块



对刀仪

## 塞尺(Feeler)

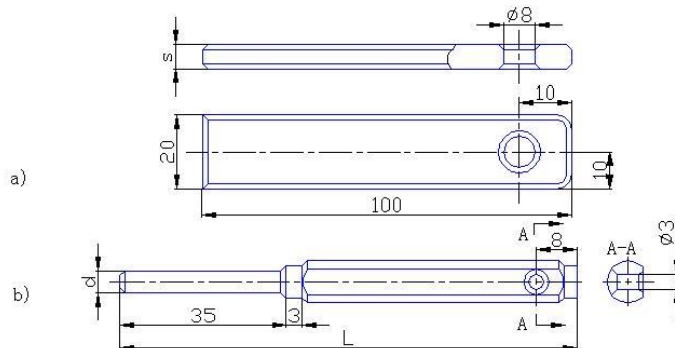


图3-65 标准对刀塞尺

a) 对刀平塞尺 b) 对刀圆柱塞尺



# \*对刀装置实例



电缆式对刀仪  
TS35.10



红外线式对刀仪  
IRT35.70



无线电式对刀仪  
RWT35.50

## 分度装置 (dividing apparatus)

工件装夹后，能改变工件加工位置的装置。

直线分度装置：

回转分度装置：立式、卧式、斜式。

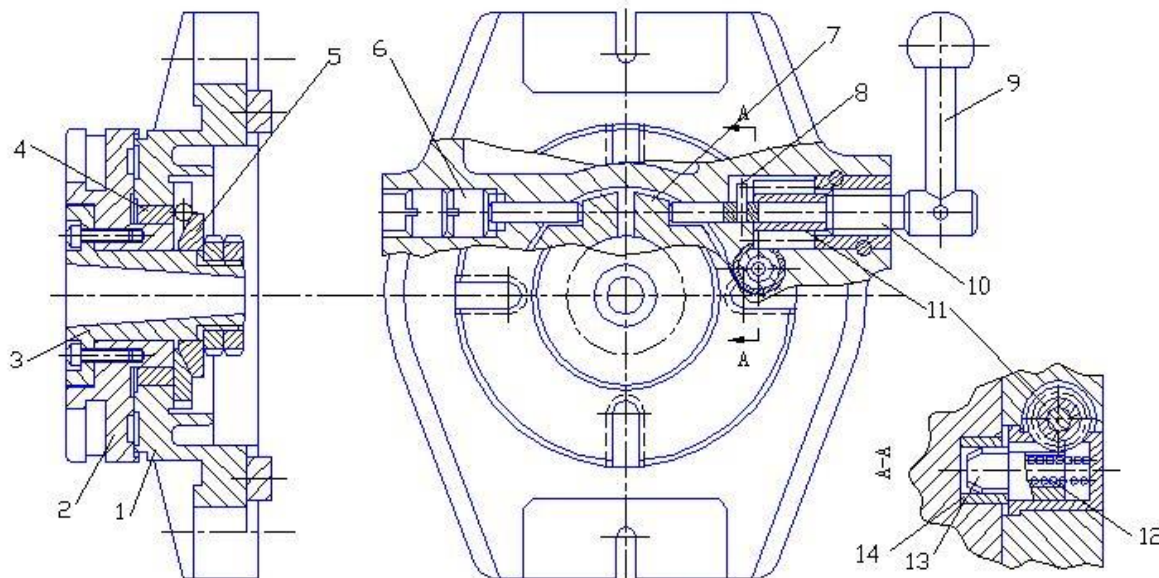
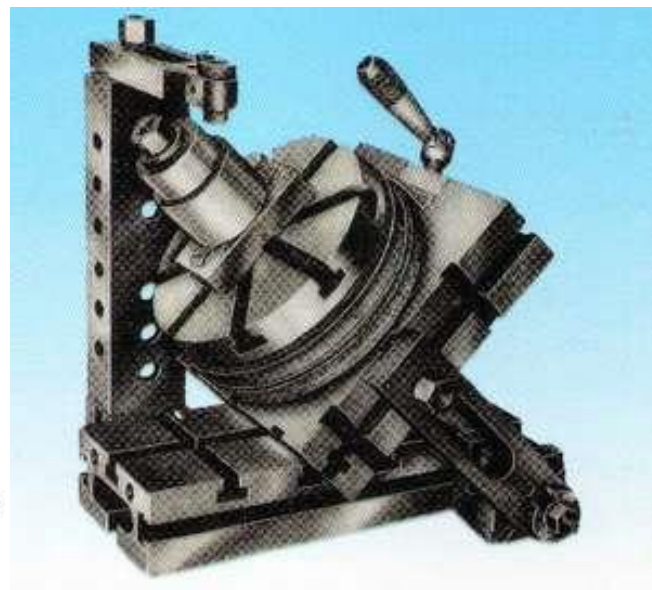


图3-68 立轴式通用回转台

1-转台体 2-转盘 3-轴套 4-衬套 5-锥形圈 6-螺钉 7-锁紧圈 8-挡销  
9-手柄 10-手柄轴 11-齿轮套 12-弹簧 13-对定销 14-分度套



45° 斜孔分度钻夹具



# \*分度装置实例



---

Thanks for your attention!

进入下一章节