

# 项目 机床夹具的设计



在金属切削机床上使用的夹具统称为机床夹具。在现代生产中，机床夹具是一种不可缺少的工艺装备，它直接影响着加工的精度、劳动生产率和产品的制造成本等，故机床夹具设计在企业的产品设计和制造以及生产技术准备中占有极其重要的地位。机床夹具设计是一项重要的技术工作。

机床夹具是由夹具体、定位元件、夹紧元件、对刀元件和导向定位元件等组成。

## 本单元学习要点：

1. 掌握常用定位元件的结构；
2. 掌握夹紧装置的基本结构及原理；
3. 了解定位误差的计算方法；
4. 掌握部分典型夹具的机械结构。

## 任务一 机床夹具概述

### 一、机床夹具的分类及作用

#### 1. 夹具的分类

(1) 按夹具的通用特性分类。这是一种基本的分类方法，主要反映夹具在不同生产类型中的通用特性，故也是选择夹具的主要依据。目前，我国常用的分类有通用夹具、专用夹具、可调夹具、组合夹具和自动化生产用夹具等五大类。

(2) 按夹具使用的机床分类。这是专用夹具设计所用的分类方法。如车床、铣床、刨床、钻床、镗床、磨床、齿轮加工机床、拉床等夹具。选用专用夹具时，机床的类别、组别、型别和主要参数均已确定。它们不同点是机床的切削成形运动不同，故夹具与机床的连接方式不同。它们的加工精度要求也各不相同。

#### 2. 机床夹具的主要功能

机床夹具的主要功能是装夹工件，使工件在夹具中定位和夹紧。

(1) 定位。确定工件在夹具中占有正确位置的过程。定位是通过工件定位基准面与夹具定位元件的定位面接触或配合实现的。正确的定位可以保证工件加工面的尺寸和位置精

度要求。

(2) 夹紧。工件定位后将其固定，使其在加工过程中保持定位位置不变的操作。由于工件在加工时，受到各种力的作用，若不将工件固定，则工件会松动、脱落。因此，夹紧为工件提供了安全、可靠的加工条件。

### 3. 机床夹具在机械加工中的作用

在机械加工中，使用机床夹具的目的主要有以下六个方面。然而，在不同的生产条件下，应该有不同前侧重点。夹具设计时应该综合考虑加工的技术要求、生产成本和工人操作等方面的要求，以达到预期的效果。

(1) 保证加工精度。用夹具装夹工件时，能稳定地保证它生产条件的依赖性，故在精密加工中广泛地使用夹具，并且它还是全面质量管理的一个重要环节。

夹具能保证加工精度的原因是由于工件在夹具中的位置和夹具对刀具、机床的切削成形运动的位置被确定，所以工件在加工中的正确位置得到保证，从而夹具能满足工件的加工精度要求。

(2) 提高劳动生产率。使用夹具后，能使工件迅速地定位和夹紧，并能够显著地缩短辅助时间和基本时间，提高劳动生产率。

(3) 改善工人的劳动条件。用夹具装夹工件方便、省力、安全。当采用气压、液压等夹紧装置时，可减轻工人的劳动强度，保证安全生产。

(4) 降低生产成本。在批量生产中使用夹具时，由于劳动生产率的提高和允许使用技术等级较低的工人操作，故可明显地降低生产成本。

(5) 保证工艺纪律。在生产过程中使用夹具，可确保生产周期、生产调度等工艺秩序。例如，夹具设计往往也是工程技术人员解决高难度零件加工的主要工艺手段之一。

(6) 增加机床工艺范围。这是在生产条件有限的企业中常用的一种技术改造措施。如在车床上拉削、深孔加工等，也可用夹具装夹以加工较复杂的成形面。

## 二、机床夹具的组成

(1) 定位元件 定位元件是夹具的主要功能元件之一。通常，当工件定位基准面的形状确定后，定位元件的结构也就基本确定了。

(2) 夹紧装置 夹紧装置也是夹具的主要功能元件之一，如图 2.1-1 中的铰链压板、螺钉是夹紧装置。通常，夹紧装置的结构会影响夹具的复杂程度和性能。它的结构类型很多，应用时应注意选择。

(3) 夹具体 夹具体是夹具的基体骨架，通过它将夹具所有元件构成一个整体，如图 2.1-1 中的件 3 是夹具体。常用的夹具体为铸件结构、锻造结构、焊接结构，形状有回转体形和底座形等

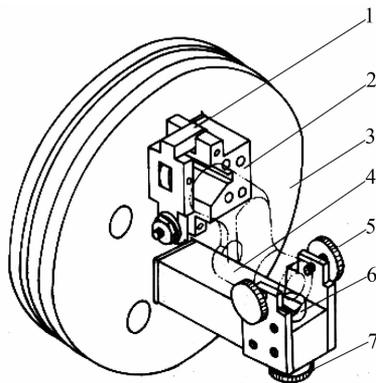


图 2.1-1 车床夹具

1—铰链压板 2—V 形块 3—夹具体 4—支架  
5—螺钉 6—可调 V 形块 7—螺杆

多种。定位元件、夹紧装置等分布在夹具体不同的位置上。

(4) 连接元件。根据机床的工作特点，夹具在机床上的安装连接常有两种形式。一种是安装在机床工作台上，另一种是安装在机床主轴上。连接元件用以确定夹具本身在机床上的位置。如车床夹具所使用的过渡盘，铣床夹具所使用的定位键等，都是连接元件。

(5) 对刀与导向装置。对刀与导向装置的功能是确定刀具的位置。

(6) 其它元件或装置。根据加工需要，有些夹具分别采用分度装置、靠模装置、上下料装置、工业机器人、顶出器和平衡块等。

### 三、工件的定位原理

#### 1. 六点定位原则

一个尚未定位的工件，其空间位置是不确定的，这种位置的不确定性可描述如下。如图 2.1-2 所示，将来定位工件(双点划线所示长方体)放在空间直角坐标系中，工件可以沿  $X$ 、 $Y$ 、 $Z$  轴有不同的位置，称作工件沿  $X$ 、 $Y$ 、和  $Z$  轴的位置自由度；也可以绕  $X$ 、 $Y$ 、 $Z$  轴有不同的位置，称作工件绕  $X$ 、 $Y$ 、和  $Z$  轴的角度自由度。用以描述工件位置不确定性的位置自由度和  $X$ 、 $Y$ 、 $Z$  的角度自由度称为工件的六个自由度。

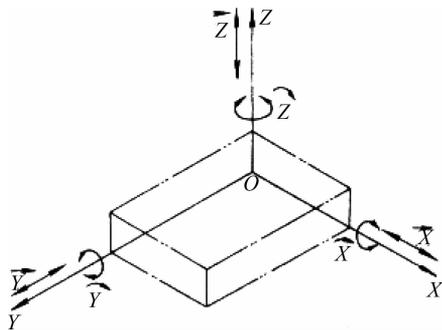


图 2.1-2 工件的六个自由度

用合理分布的六个支承点限制工件六个自由度的法则，称为六点定则。支承点的分布必须合理，否则六个支承点限制不了工件的六个自由度，或不能有效地限制工件的六个自由度。

例如，图 2.1-3 中工件底面  $E$  的三个支承点限制  $Z$  轴的位置自由度， $X$ 、 $Y$  轴的角度自由度，它们应放成三角形，三角形的面积越大，定位越稳。工件侧面上的两个支承点限制  $X$  轴的位置自由度、 $Z$  轴的角度自由度，它们不能垂直放置，否则，工件绕  $Z$  轴的角度自由度便不能限制。

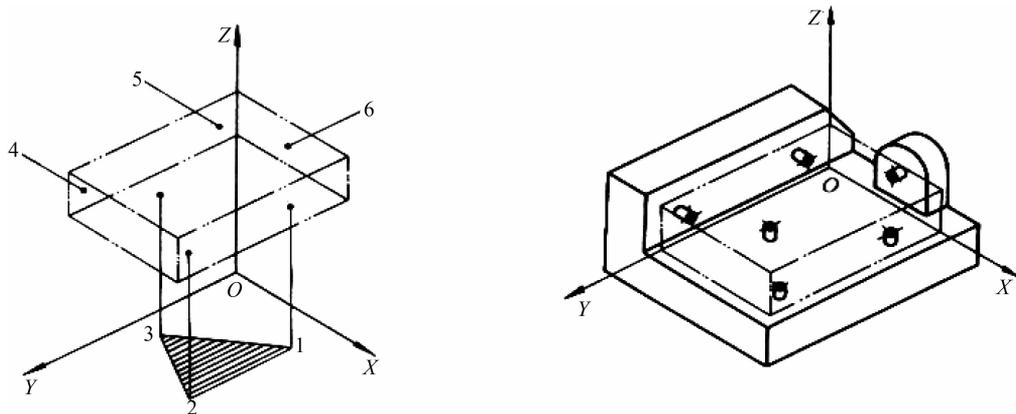
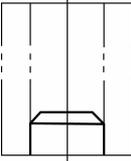
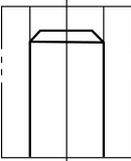
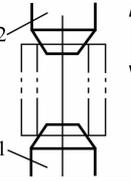
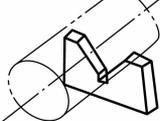
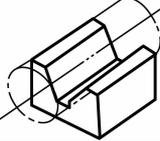
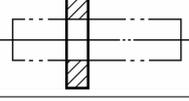
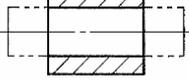
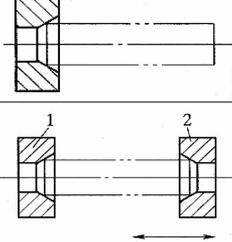


图 2.1-3 长方件工件定位时支承点的分布

六点定则是工件定位的基本法则，用于实际生产时，起支承点作用的是一定形状的几何体。这些用来限制工件自由度的几何体就是定位元件。常用的定位元件能限制的工件自由度见表 2.1-1。

表 2.1-1 常用的定位元件能限制的工件自由度

定位基面	定位元件	定位简图	限制自由度
圆柱孔	短定位销 (短心轴)		短销与圆孔配合，限制 2 个自由度： $\vec{x}$ $\vec{y}$
	长定位销 (长心轴)		长销与圆孔配合，限制 4 个自由度： $\vec{x}$ $\vec{y}$ $\vec{x}$ $\vec{y}$
	锥销 (顶尖)		一个固定和一个活动锥销相当于两个顶尖限制 5 个自由度 固定销 1 $\vec{x}$ $\vec{y}$ $\vec{z}$ 活动销 2 $\vec{x}$ $\vec{y}$ :
外圆柱面	窄 V 形块		窄 V 形块与外圆柱面配合限制 2 个自由度： $\vec{x}$ $\vec{z}$
	宽 V 形块		宽 V 形块与外圆柱面配合限制 4 个自由度： $\vec{x}$ $\vec{z}$ $\vec{x}$ $\vec{z}$
	短定位套		短定位套与外圆柱面配合限制 2 个自由度： $\vec{y}$ $\vec{z}$
	长定位套		长定位套与外圆柱面配合限制 4 个自由度： $\vec{x}$ $\vec{z}$ $\vec{x}$ $\vec{y}$
	锥套		一个固定锥套限制 3 个自由度： $\vec{x}$ $\vec{y}$ $\vec{z}$ 固定与活动锥套组合限制 5 个自由度： 固定套 1 $\vec{x}$ $\vec{y}$ $\vec{z}$ 活动套 2 $\vec{x}$ $\vec{z}$

续表

定位基面	定位元件	定位简图	限制自由度
外圆柱面	半圆孔		短半圆孔限制 2 个自由度： $\vec{y}$ $\vec{z}$
			长半圆孔限制 4 个自由度： $\vec{y}$ $\vec{z}$ $\vec{y}$ $\vec{z}$
平面	支承钉		每个支承钉限制 1 个自由度，其中 (1) 支承钉 1、2、3 与底面接触，限制 3 个自由度： $(\vec{x}, \vec{y}, \vec{z})$ (2) 支承钉 4、5 与侧面接触，限制 2 个自由度： $\vec{x}, \vec{z}$ (3) 支承钉 6 与端面接触，限制 1 个自由度： $\vec{y}$
			(1) 两条窄支承板 1、2 组成同一个平面，与底接触，限制 3 个自由度： $\vec{z}, \vec{x}, \vec{y}$ (2) 一条窄支承板 3 与侧底接触，限制 2 个自由度： $\vec{x}, \vec{z}$
			支承板与圆柱素线接触，限制 2 个自由度： $\vec{z}, \vec{y}$
			支承板与球面接触，限制 1 个自由度： $\vec{z}$

## 2. 六点定位原理的应用

(1) 完全定位。工件在夹具中定位时，如果夹具中的 6 个支承点恰好限制了六个自由度，使工件在夹具中占有完全确定的位置，这种定位称为完全定位，如图 2.1-3 (b) 所示。

(2) 不完全定位。在实际生产中，并不是所有的工件都需要完全定位，而是需要根据各工序的加工要求，确定必须要消除的自由度的个数。可以只是3个、4个或5个自由度，没有消除全部自由度的定位称为不完全定位。例如，在加工如图2.1-4所示工件的 $\phi 20H8$ 孔的第一道工序时为钻—扩—铰，只需要保证孔与毛坯外圆的同轴，而孔沿轴线的移动和自由转动都不需要限制，只需要限制4个自由度。以上说明为了满足工艺要求，限制的自由度的数目少于6个也是合理的，属于不完全定位。这样也可以简化夹具结构。

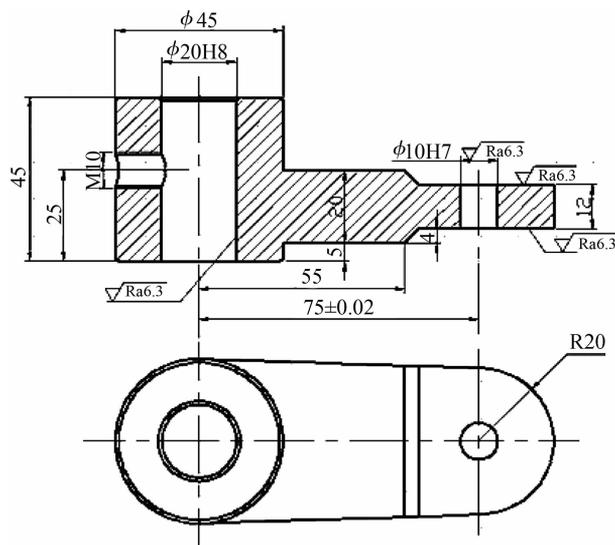


图 2.1-4 不完全定位

(3) 欠定位。工件定位时，定位元件所能限制的自由度数少于按加工要求所需要限制的自由度，称为欠定位。欠定位不能够保证加工精度的要求，因此是不允许在欠定位时加工工件的。如图2.1-5所示为在铣床上铣削不通槽。如果端面上没有定位点C，则铣削不通槽时，其槽的长度尺寸就不能确定，因此不能满足加工要求，是欠定位。

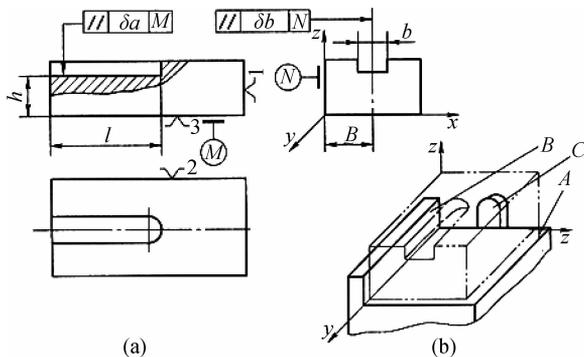
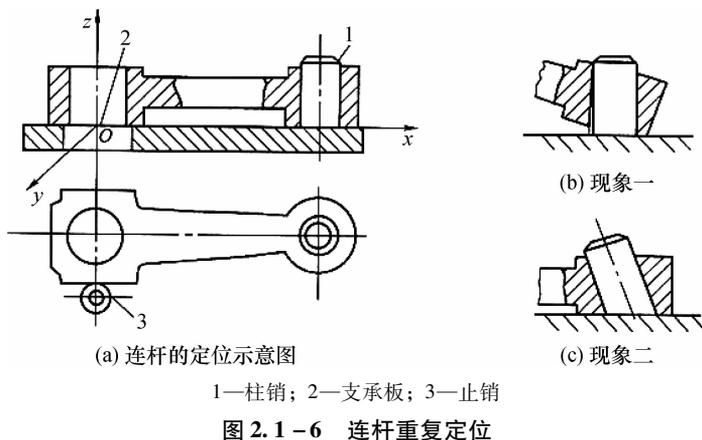


图 2.1-5 欠定位

(4) 重复定位(过定位)。工件定位时，定位元件支承点多于所能限制的自由度数，即工件上有某一自由度被两个或两个以上支承点重复限制的定位，称为重复定位。由于工件与定位元件都存在误差，无法使工件的定位表面同时与两个进行重复定位的元件接触，如果强行夹紧，工件与定位元件将产生变形，甚至损坏。如图2.1-6所示为连杆大头孔加工时的定位情况，长圆柱销1限制了4个自由度： $\vec{x}$ 、 $\vec{y}$ 、 $\vec{x}$ 、 $\vec{y}$ ；支承板2限制3个自由： $\vec{z}$ 、 $\vec{x}$ 、 $\vec{y}$ ；止销3限制1个自由度 $\vec{z}$ ，其中 $\vec{x}$ 、 $\vec{y}$ 转动被两次限制，便出现了重复定位情况。这时若长圆柱销1刚度好，则定为后工件会歪斜，如图2.1-6(b)所示。若长圆柱销

1 刚度不好, 则定为后工件会产生变形, 如图 2.1-6(c) 所示。二者均使连杆大小两头孔的轴线不平行。

消除过定位的途径: 一是改变定位元件结构, 消除对自由度的重复限制。如图 2.1-6 所示, 如果将长圆柱销 1 改为短圆柱销就可以消除过定位; 二是提高工件定位基面之间及夹具定位元件工作表面之间的位置精度, 减少或消除定位引起的干涉, 并且可以增加定位的稳定性。



## 任务二 常用的定位元件

定位元件是夹具上用来确定工件正确位置的零件称为定位元件。定位元件的结构、形状、尺寸及布置形式等, 主要取决于工件的加工要求、工件定位基准和外力的作用情况等因素。

### 一、平面定位元件

常见的如箱体、机架、支架、圆盘等零件是以平面在支承上定位。根据支承的定位特点将支承分为主要支承和辅助支承。

用来限制自由度, 起到定位作用。包括固定支承、可调支承和浮动支承三种形式。

#### 1. 支承钉(GB2226—1991) 如图 2.2-1 所示

A 型平头支承钉 适用于工件以加工过的平面定位。

B 型球头支承钉 适用于工件以粗糙不平的毛坯面定位。

C 型齿纹头支承钉 适用于工件侧面定位, 能增大摩擦系数, 防止工件滑动。

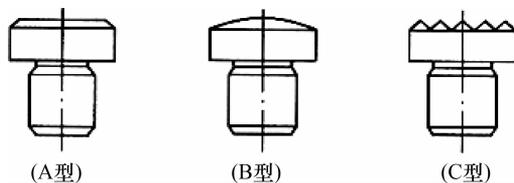


图 2.2-1 支承钉

## 2. 支承板 (GB2236—1991) 如图 2.2-2 所示

A 型支承板 适用于工件侧面或顶面定位，原因是连接沉孔处易存入切屑，不宜清理；

B 型支承板 适用于工件底面定位，原因是便于清理切屑。

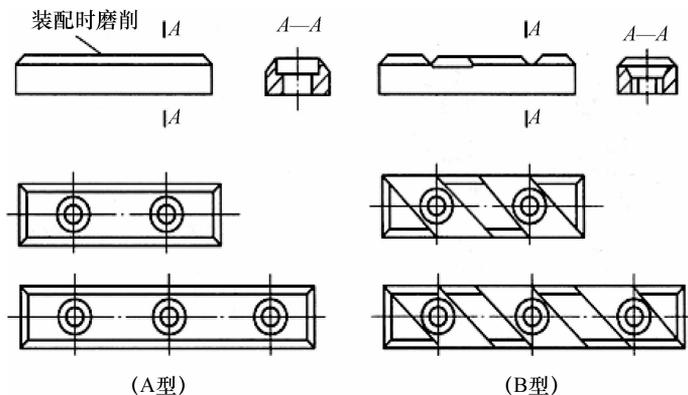


图 2.2-2 支承板

## 3. 可调支承 (GB2229—1991)

可调支承—结构如图 2.2-3 所示，用于在工件定位过程中需要调整的场所。适用于形状和尺寸变化较大的粗基准定位，也适用于形状相同而尺寸不同的工件。定位元件下端带有螺纹，可调节支承高度。

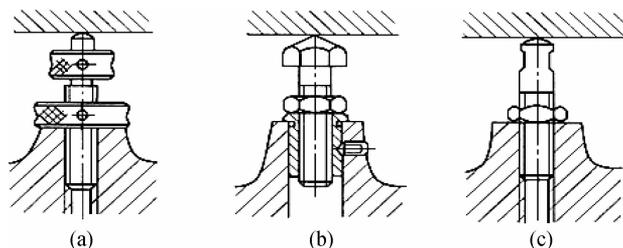


图 2.2-3 可调支承

## 4. 浮动支承

结构如图 2.2-4 所示是工件在定位过程中，能够自动调整支承位置，相当于一个固定支承，限制一个自由度，增加了与定位基准面接触的点数，提高工件安装的刚性和稳定性。适用于工件以粗基准定位或刚性不足的场所。

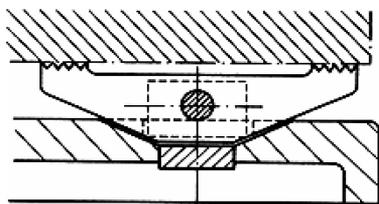


图 2.2-4 浮动支承

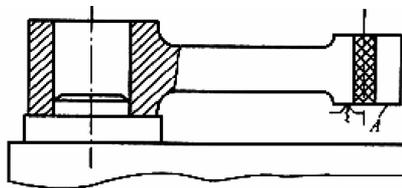


图 2.2-5 辅助支承

### 5. 辅助支承

只用来提高工件的装夹刚度和稳定性，不起到定位作用。它是在工件夹紧后，再固定下来，以承受切削力作用。如图 2.2-5 所示为辅助支承的应用。

螺旋式辅助支承如图 2.2-6 所示，螺旋式辅助支承的结构与调节支承相近，但操作过程不同，前者不起定位作用，后者起定位作用，且结构上螺旋式辅助支承不用螺母锁紧。

自动调节辅助支承(GB/T 2238-1991)如图 2.2-7 所示，弹簧 2 推动滑柱 1 与工件接触，转动手柄通过顶柱 3 锁紧滑柱 1，使其承受切削力等外力。此结构的弹簧力应能推动滑柱，但不能顶起工件，不会破坏工件的定位。

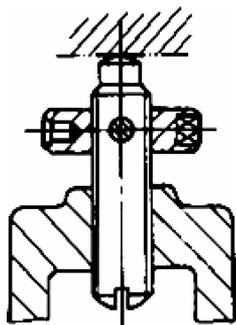


图 2.2-6 螺旋式辅助支承

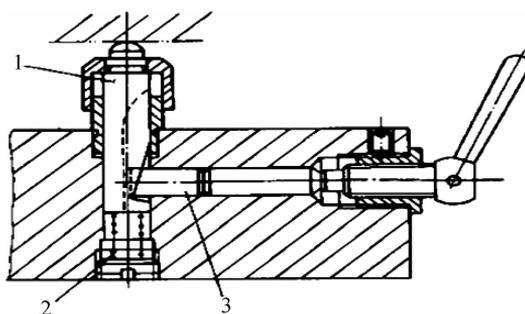


图 2.2-7 自动调节辅助支承

## 二、孔定位元件

在生产中以圆柱孔定位的工件很多，如连杆、套、盘以及一些中小型壳体类零件等。常用的定位元件有定位销和定位心轴。

### 1. 定位销

定位销常用的有圆柱销和圆锥销。如图 2.2-8 所示为圆柱销结构。限制两个自由度。定位销已经标准化。

如图 2.2-8(a)(b)(c) 固定式圆柱定位销(GB2203—1991)；大批量生产时，为便于更换定位销，可采用如图(d)所示衬套式结构的定位销(GB22041991)。

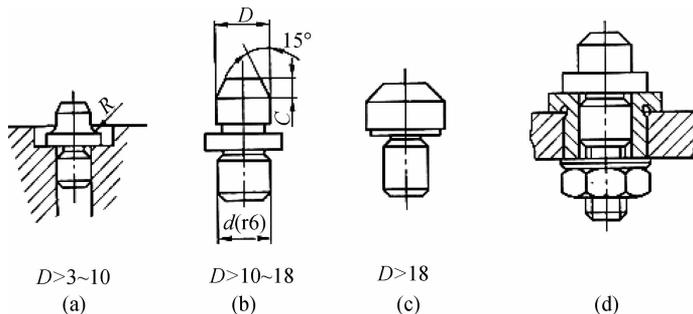


图 2.2-8 圆柱定位销

如图 2.2-9 所示为固定式圆锥销的定位形式，它限制了三个自由度。

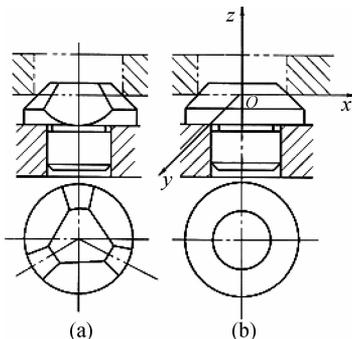


图 2.2-9 圆锥销定位

## 2. 定位心轴

常用的有圆柱心轴和圆锥心轴。如图 2.2-10 所示为常用的圆柱心轴结构形式。它主要用于在车、铣、磨、齿轮加工等机床上加工套、盘类零件。图 2.2-10(a) 示为间隙配合心轴，装卸方便，定心精度不高。图 2.2-10(b) 示为过盈配合心轴，这种心轴制造简单，定位准确、不用另加设夹紧装置，但拆卸不方便。图 2.2-10(c) 示为花键心轴，用于加工以花键孔定位的工件。

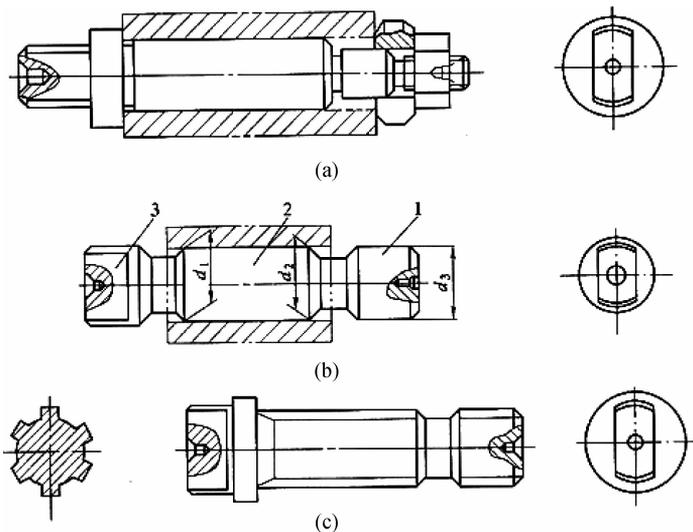


图 2.2-10 圆柱心轴

如图 2.2-11 所示为常用的圆锥心轴结构形式。圆锥心轴(小锥度心轴)定心精度高，可达  $\phi 0.02 \sim \phi 0.01\text{mm}$ ，但工件的轴向位移误差加大，适合于工件定位孔精度不低于 IT7 的精车和磨削加工，不能加工端面。

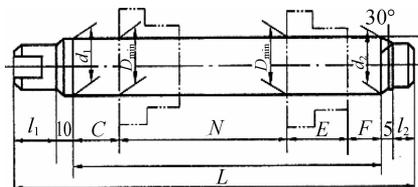


图 2.2-11 圆锥心轴

### 三、外圆柱面定位元件

以外圆柱面定位的工件有：轴类、套类、盘类、连杆类等。常用的定位元件有 V 形块、定位套和半圆孔。

#### 1. V 形块(GB/T2208 - 1991)

图 2.2 - 12 为常用 v 形块的结构。图 2.2 - 12a 用于较短的精定位基面；图 2.2 - 12b 用于粗定位基面和阶梯定位面；图 3.2 - 12c 用于较长的精定位基面和相距较远的两个定位面。形块不一定采用整体结构的钢件，可在铸铁底座上镶淬硬支承板或硬质合金板，如图 2.2 - 12d 所示。

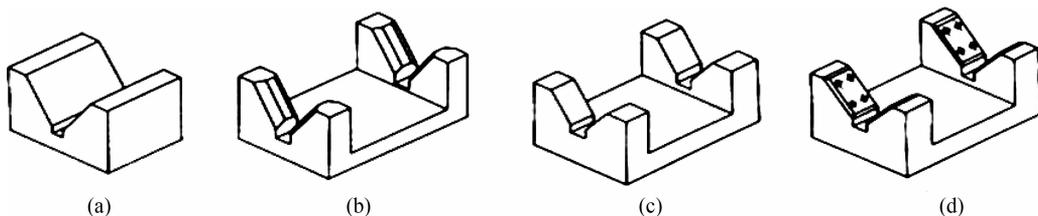


图 2.2 - 12 V 形块结构形式

V 形块最大的优点是对中性好，它可以使一批工件的定位基准轴线对在 V 形块两斜面的对称面上，而不受定位基准直径误差的影响。V 形块的另一个特点是无论定位基准是否经过加工，是完整的圆柱面还是局部圆弧面，都可以采用 V 形块定位。

如图 2.2 - 13 所示，V 形块的主要参数有：

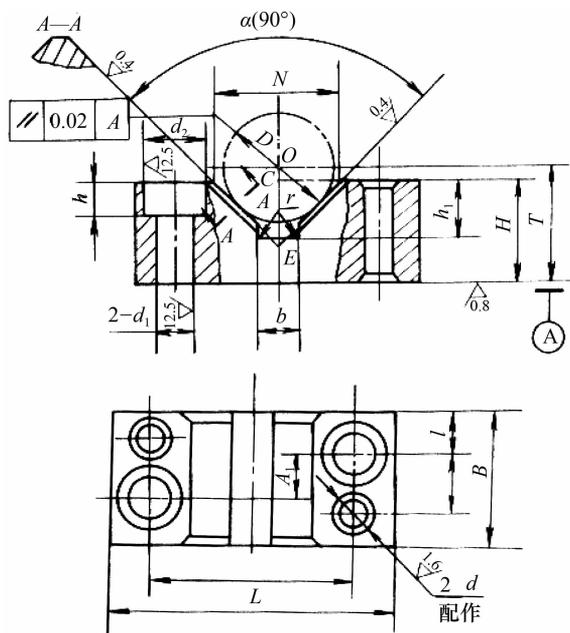


图 2.2 - 13 V 形块结构尺寸

$D$ ——V形块的设计心轴直径。 $D$ 为工件定位基面的平均尺寸，其轴线是V形块的限位基准；

$\alpha$ ——V形块两限位基面间的夹角。有 $60^\circ$ 、 $90^\circ$ 、 $120^\circ$ 三种，以 $90^\circ$ 应用最广；

$H$ ——V形块的高度；

$T$ ——V形块的定位高度，即V形块的限位基准至V形块底面的距离；

$N$ ——V形块的开口尺寸。

V形块已经标准化了。 $H$ 、 $N$ 等参数可从“夹具标准”或“夹具手册”中查得，但 $T$ 必须经计算求的。

由图2.2-13可知：

$$T = H + OC = H + (OE - CE)$$

$$\text{因} \quad OE = \frac{d}{2 \sin \frac{\alpha}{2}}, \quad CE = \frac{N}{2 \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}}$$

$$\text{所以} \quad T = H + \frac{1}{2} \left\{ \frac{d}{\sin \frac{\alpha}{2}} - \frac{N}{\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}} \right\}$$

当 $\alpha = 90^\circ$ 时， $T = H + 0.707d - 0.5N$

V形块有活动式(GB/T2211—1991)、固定式(GB/T/2209—91)和可调整式(GB/T/2210—1991)之分，活动V形块的应用见图2.2-14。图2.2-14(a)为加工轴承座孔时的定位方式，活动V形块除限制工件一个自由度之外，还兼有夹紧作用。图2.2-14(b)中的V形块只起定位作用，限制工件一个自由度。

固定V形块与夹具体的连接，一般采用两个定位销和2~4个螺钉，定位销孔在装配时调整好位置后与夹具体一起钻铰，然后打入定位销。

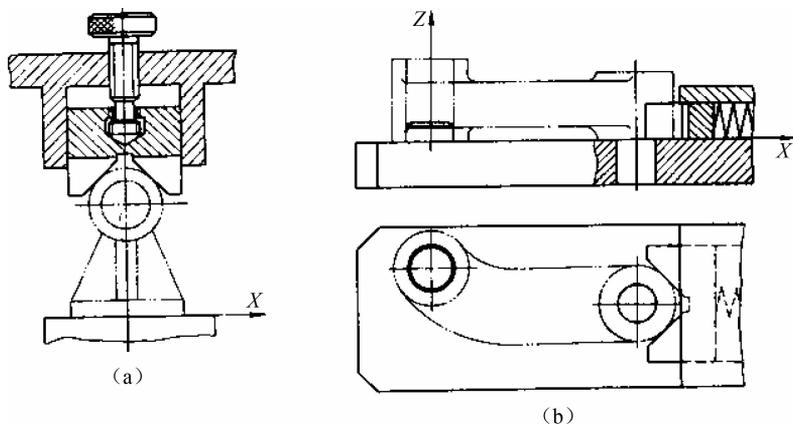


图 2.2-14 活动 V 形块应用

V形块既能用于精定位基面，又能用于粗定位基面；能用于完整的圆柱面，也能用于局部圆柱面；而且具有对中性(使工件的定位基准总处在V形块两限位基面的对称面内)，活动V形块还可兼作夹紧元件。因此，当工件以外圆柱面定位时，V形块是用得最多的定

位元件。

## 2. 定位套

如图 2.2-15 所示的两种定位套，其内孔为限位基面，为了限制工件沿轴向的自由度，常与端面组合定位。其中图 2.2-15(a) 为长定位套，图 2.2-15(b) 为短定位套。定位套结构简单，容易制造，但定心精度不高，只适合于工件以精基准定位。

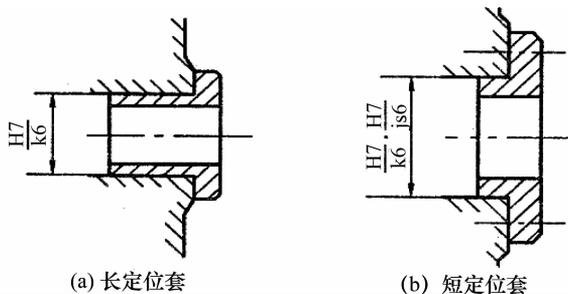


图 2.2-15 常见定位套

## 3. 半圆套

如图 2.2-16 所示为外圆柱面用半圆孔定位的结构。下半圆孔固定在夹具体上做定位用，其最小直径应取工件外圆的最大直径。上半圆是可动的，起到夹紧作用。半圆孔定位的优点是夹紧力均匀，装卸工件方便，故常用于曲轴等不适合于以整圆定位的大型轴类零件的定位。

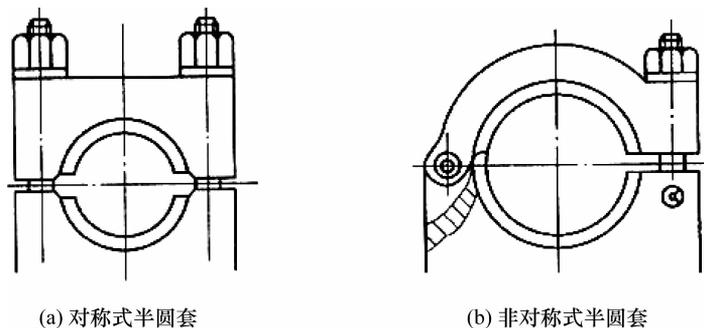


图 2.2-16 半圆套

## 四、一面两孔复合定位

在加工箱体、支架类零件时，常用工件的一面和两孔定位；以使其基准统一。这种定位方式简单可靠，夹紧方便。工件的定位平面一般是加工过的精基面，两定位孔可能是工件上原有的，也可能是专为定位需要而设置的工艺孔。这种定位方式所采用的定位元件为支承板、定位销和菱形销。如图 2.2-17 所示。

如图 2.2-18 所示，为了避免两销定位时的过定位干涉，实际应用中将其中之一做成菱形销(削边销)。

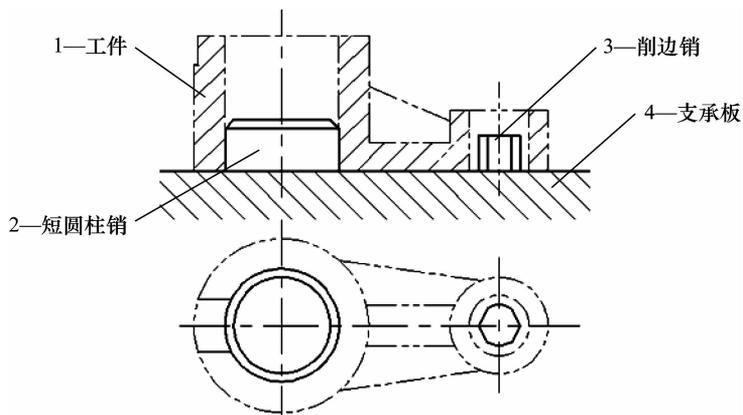


图 2.2-17 一面两孔定位

一批工件定位时可能出现定位干涉的最坏情况为：工件两孔直径为最小 ( $D_{1\min}$ 、 $D_{2\min}$ )，两定位销直径为最大 ( $d_{1\max}$ 、 $d_{2\max}$ )，孔心距做成最大，销心距做成最小，或者反之。两种情况下干涉均应当消除，但它们的计算方法和结果是相同的(详见有关一面两孔定位，削边销设计的资料)。

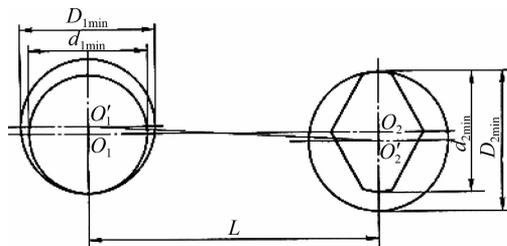


图 2.2-18 圆柱销与削边销之间定位干涉关系

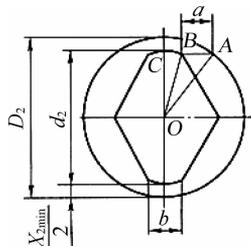


图 2.2-19 削边销的尺寸

如图 2.2-19 所示，为保证削边销的强度，小直径的削边销常做成菱形结构，故又称为菱形销， $b$  为修圆后留下的圆柱部分的宽度， $B$  为菱形销的宽度，一般可根据直径查阅标准得到。

### 五、定位误差形成原因及计算

由于一批工件逐个在夹具上定位时，各个工件所占据的位置不完全一致，加工后，各工件的尺寸必然大小不一，形成误差。这种只与工件定位有关的加工误差，称为定位误差，用  $\Delta_D$  表示。

#### 1. 定位误差形成的原因

##### (1) 基准不重合误差 $\Delta_B$

图 2.2-20(a) 是在工件上铣缺口的工序简图，加工尺寸为  $A$  和  $B$ 。图 2.2-20(b) 是加工示意图，工件以底面和  $E$  面定位。 $C$  是确定夹具与刀具相互位置的对刀尺寸，在一批工件的加工过程中， $C$  的大小是不变的。

对于尺寸  $A$  而言，工序基准是  $F$ ，定位基准是  $E$ ，两者不重合。当一批工件逐个在夹具上定位时，受尺寸  $S \pm Ts/2$  的影响，工序基准  $F$  的位置是变动的。而  $F$  的变动影响了  $A$

的大小，造成  $A$  的尺寸误差，这个误差就是基准不重合误差。

显然，基准不重合误差的大小应等于因定位基准与工序基准不重合而造成的加工尺寸的变动范围。由图 2.2-20(b)可知

$$\Delta_B = A_{\max} - A_{\min} = S_{\max} - S_{\min} = T_s$$

$S$  是定位基准  $E$  与工序基准  $F$  间的距离尺寸，称为定位尺寸。这样，便可得到下面的公式：

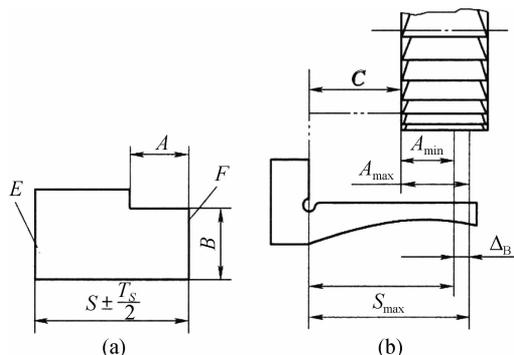


图 2.2-20 基准不重合误差

当工序基准的变动方向与加工尺寸的方向相同时，基准不重合误差等于定位尺寸的公差，即：

$$\Delta_B = T_s \tag{2.2-1}$$

当工序基准的变动方向与加工尺寸的方向不一致，存在一夹角时，基准不重合误差等于定位尺寸的公差在加工尺寸方向的投影，即：

$$\Delta_B = T_s \cos\alpha \tag{2.2-2}$$

(2) 基准位移误差  $\Delta_Y$

图 2.2-21(a)是在圆柱面上铣槽的工序简图，加工尺寸是  $A$  和  $B$ ，图 2.2-21(b)是加工示意图，工件以内孔  $D$  在圆柱心轴(直径为  $d_0$ )上定位， $O$  是心轴轴心，即限位准， $C$  是对刀尺寸。

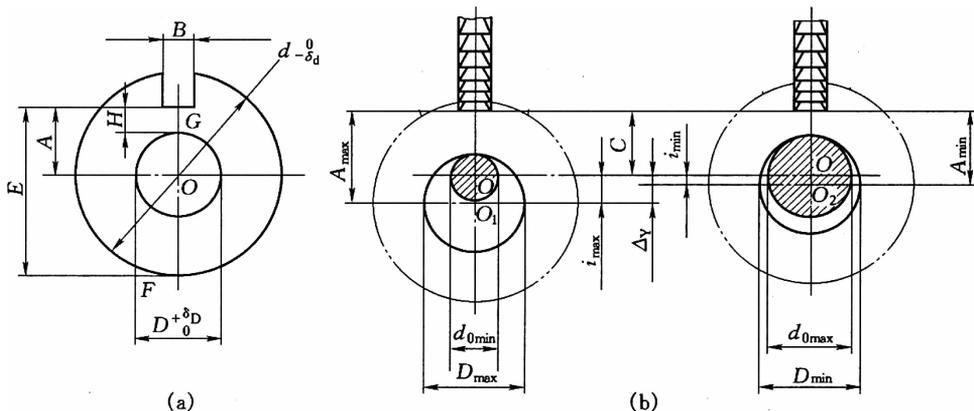


图 2.2-21 基准位移误差

尺寸  $A$  的工序基准是内孔轴线, 定位基准也是内孔轴线, 两者重合,  $\Delta_B = 0$ 。但是, 由于定位副(工件内孔面与心轴圆柱面)有制造公差和配合间隙, 使得定位基准(工件内孔轴线)与限位基准(心轴轴线)不能重合, 在切削力  $F_v$  的作用下, 定位基准相对于限位基准下移了一段距离。定位基准的位置变动影响到尺寸  $A$  的大小, 造成了尺寸  $A$  的误差, 这个误差就是基准位移误差。

同样, 基准位移误差的大小应等于因定位基准与限位基准不重合造成的加工尺寸的变动范围。

由图 2.2-21(b)可知, 当工件孔的直径为最大  $D_{\max}$ , 定位销直径为最小  $d_{0\min}$  时, 定位基准的位移量  $i$  为最大 ( $i_{\max} = OO_1$ ), 加工尺寸  $A$  也为最大  $A_{\max}$ ; 当工件孔的直径为最小  $D_{\min}$ , 定位销直径最大  $d_{0\max}$  时, 定位基准的位移量  $i$  为最小  $i_{\min} = OO_2$ , 加工尺寸也为最小  $A_{\min}$ , 因此

$$\Delta_y = A_{\max} - A_{\min} = i_{\max} - i_{\min} = \delta_i \quad (2.2-3)$$

式中:  $i$ ——定位基准的位移量;

$\delta_i$ ——一批工件定位基准的变动

当定位基准的变动方向与加工尺寸的方向不一致, 两者之间成夹角  $\alpha$  时, 基准位移误差等于定位基准的变动范围在加工尺寸方向上的投影, 即

$$\Delta_y = \delta_i \cos\alpha \quad (2.2-4)$$

当定位基准的变动方向与加工尺寸的方向一致时, 即  $\alpha = 0$ ,  $\cos\alpha = 1$ , 基准位移误差等于定位基准的变动范围, 即

$$\Delta_y = \delta_i \quad (2.2-5)$$

## 2. 定位误差的计算

定位误差是由基准不重合误差与基准位移误差组合而成的。计算时, 先分别计算  $\Delta_B$  和  $\Delta_y$ , 然后将两者组合而成  $\Delta_D$ 。

(1)  $\Delta_y \neq 0$ 、 $\Delta_B = 0$  时,  $\Delta_D = \Delta_y$

(2)  $\Delta_y = 0$ 、 $\Delta_B \neq 0$  时,  $\Delta_D = \Delta_B$

(3)  $\Delta_y \neq 0$ 、 $\Delta_B \neq 0$  时

如果工序基准不在定位基面上:

$$\Delta_D = \Delta_y + \Delta_B \quad (2.2-6)$$

如果工序基准在定位基面上:

$$\Delta_D = \Delta_y \pm \Delta_B \quad (2.2-7)$$

“+”“-”号的确定方法:

1. 分析定位基面直径由小变大(或由大变小)时, 定位基准的变动方向。
2. 当定位基面直径作同样变化时, 设定位基准的位置不变动, 分析工序基准的变动方向。
3. 两者的变动方向相同时, 取“+”号, 变动方向相反时, 取“-”号。

### 4. 定位误差计算例题

**例题 1** 如图 2.2-21,  $d_0 = \phi 55_{-0.04}^{-0.01} \text{mm}$ ,  $D = \phi 55_{0}^{+0.03} \text{mm}$ ,  $A = 45 \pm 0.1 \text{mm}$ , 求加工尺

寸 A 的定位误差。

解：1) 定位基准与工序基准重合， $\Delta_B = 0$

2) 在  $F_v$  作用下，定位基准相对限位基准作单向移动，方向与加工尺寸方向一致，根据式(2.2-5)和(2.2-3)， $\Delta_Y = \delta_i = i_{\max} - i_{\min}$ ，由图 2.2-21 可知

$$i_{\max} = X_{\max}/2 = (\Delta_D + \delta_{d0} + X_{\min})/2$$

$$i_{\min} = X_{\min}/2$$

式中： $X_{\max}$ ——孔、轴配合最大间隙；

$X_{\min}$ ——孔、轴配合最小间隙。

因此

$$\Delta_Y = (\Delta_D + \delta_{d0})/2 \quad (2.2-8)$$

式(3.2-8)为孔、轴配合，在外力作用下定位基准单向移动(与加工尺寸方向一致)时的基准位移误差。本例中

$$\Delta_Y = (\Delta_D + \delta_{d0})/2 = (0.03 + 0.03)/2 = 0.03\text{mm}$$

**例题 2** 如图 2.2-22 所示，求加工尺寸 A 的定位误差。

解：1) 定位基准为底面，工序基准为圆孔中心线  $O$ ，定位基准与工序基准不重合。两者之间的定位尺寸为 50mm，其公差为  $\delta_s = 0.2\text{mm}$ 。工序基准的位移方向与加工尺寸方向间的夹角  $\alpha = 45^\circ$ ；根据式(2.2-2)， $\Delta_B = T_s \cos\alpha = 0.2 \cos 45^\circ = 0.1414\text{mm}$ 。

2) 定位基准与限位基准重合  $\Delta_Y = 0$

3)  $\Delta_D = \Delta_B = 0.1414\text{mm}$

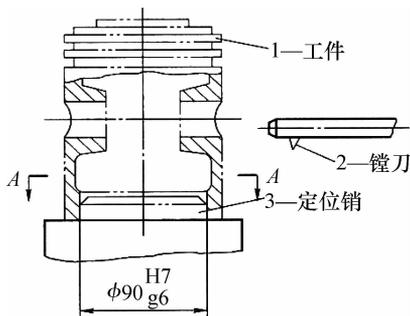


图 2.2-22

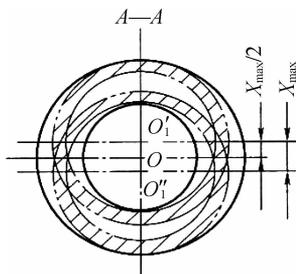


图 2.2-23 镗活塞销孔示意图

**例题 3** 图 2.2-23，在金刚镗床上镗活塞销孔的示意图，活塞销孔轴线对活塞裙部内孔轴线的对称度要求为 0.2mm。以裙部内孔及端面定位，内孔与定位梢的配合为  $\phi 90 \frac{H7}{g6}$ 。求对称度的定位误差。

解：查表  $\phi 90H7$  的公差  $\phi 90_0^{+0.035}\text{mm}$ ， $\phi 90g6$  的公差  $\phi 90_{-0.034}^{-0.012}\text{mm}$ 。

1) 对称度的工序基准是裙部内孔轴线，与定位基准相同，两者重和， $\Delta_B = 0$ 。

2) 定位基准相对限位基准可任意方向移动，在对称度方向上的最大变动量为  $O'_1O''_1$ ，即孔轴配合时的最大间隙  $X_{\max}$ 。 $\delta_i$  移动方向与对称度方向一致， $\alpha = 0^\circ$ ，所以

$$\Delta_i = O'_1O''_1 = X_{\max} = \Delta_D + \delta_{d0} + X_{\min}$$

$$= (0.035 + 0.022 + 0.012) = 0.069\text{mm}$$

$$\Delta_y = \delta_i = 0.069\text{mm}$$

$$3) \Delta_D = \Delta_y = 0.069\text{mm}$$

## 任务三 常见的夹紧装置

### 一、夹紧装置的组成及基本要求

机械加工过程中,工件会受到切削力、离心力、重力、惯性力等的作用,在这些外力作用下,为了使工件仍能在夹具中保持已由定位元件所确定的正确加工位置,而不致发生振动或位移,保证加工质量和生产安全,夹具结构中必须设置夹紧装置将工件可靠夹牢。

#### 1. 夹紧装置的组成

如图 2.3-1 为夹紧装置组成示意图,它主要由以下三部分组成:

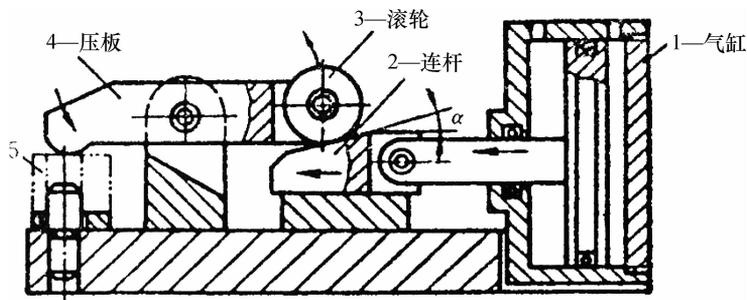


图 2.3-1 夹紧装置组成示意图

(1) 力源装置。产生夹紧作用力的装置。所产生的力称为原始力,如气动、液动、电动等。图中的力源装置是气缸 1。对于手动夹紧来说,力源来自人力。

(2) 中间传力机构。介于力源和夹紧元件之间传递力的机构,图中的楔块 2 和滚子 3。在传递力的过程中,它能够改变作用力的方向和大小,起增力作用;还能使夹紧实现自锁,保证力源提供的原始力消失后,仍能可靠地夹紧工件,这对手动夹紧尤为重要。

(3) 夹紧元件。夹紧装置的最终执行件,与工件直接接触完成夹紧作用,图中的压板 4。

#### 2. 对夹紧力的要求

力有三个要素,确定夹紧力就要确定夹紧力作用点、大小和方向,夹紧力作用点分布合理,大小适当,方向正确获良好效益。

(1) 夹紧力作用点选择。夹紧力作用点是指夹紧元件与工件接触位置。夹紧力作用点选择,应包括确定作用点数目和位置。选择夹紧力作用点时要注意下列三个问题。

① 应能够保持工件定位牢固、可靠,加工过程中不会使工件产生位移或偏转。

夹紧力作用点必须处于定位元件垂直上方,或处于定位元件构成的稳定受力区内,如图 2.3-2(a) 所示作用点不正确,夹紧时力矩将会使工件产生转动;如图 2.3-2(b) 所示

是正确夹紧时工件稳定可靠。

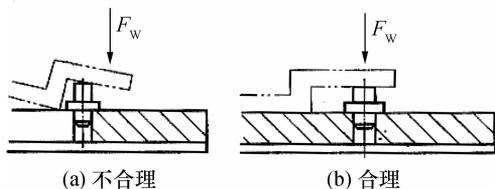


图 2.3-2 夹紧力作用点应在支承面内

### ② 应尽量避免或减少工件夹紧变形

作用点应作用在工件刚性最好部位上。这一点对薄壁工件更显重要。如图 2.3-3 (a)、(c) 所示夹紧力作用点不正确, 工件夹紧时将会较大变形; 如图 2.3-3 (b)、(e) 所示是正确的, 夹紧变形就很小。为避免夹紧力过分集中, 可设计特殊形状夹紧元件, 增加夹紧面积, 减少夹紧变形, 如图 2.3-3 (d) 所示。使夹紧力完全均匀作用薄壁工件上, 以免工件发生变形。

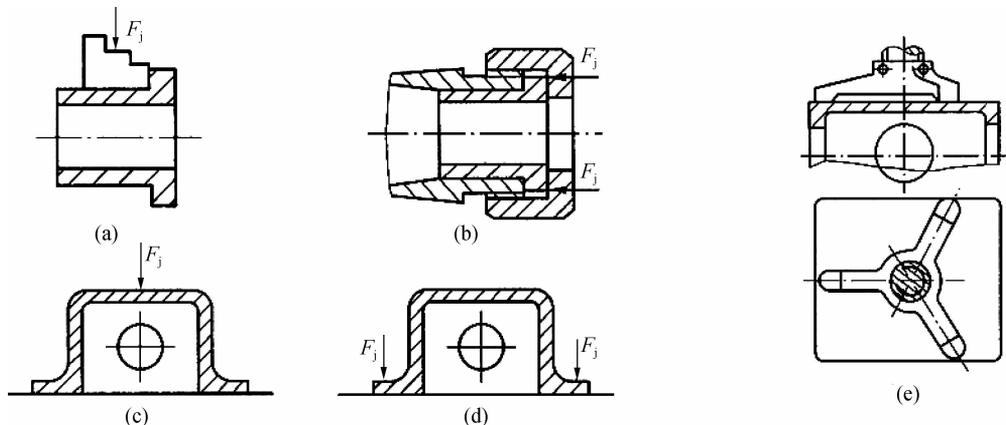


图 2.3-3 避免或减少工件夹紧变形

### ③ 夹紧力的作用点应尽量靠近加工表面

如图 2.3-4 所示, 在拨叉上铣槽。由于主要夹紧力的作用点距加工表面较远, 故在靠近加工表面的地方设置了辅助支承。增加了夹紧力  $F_j$ 。这样, 不仅提高了工件的装夹刚性, 还可减少加工时工件的振动。

#### (2) 夹紧力作用方向选择

##### ① 夹紧力应垂直于主要定位基准面

如图 2.3-5 所示, 工件孔与左端面有一定垂直度要求, 镗孔时, 工件以左端面与定位元件 A 面接触, 限制三个自由度, 以底面与 B 面接触, 限制两个自由度, 夹紧力垂直于 A 面, 这样工件左端面与底面有多大垂直度误差, 都能保证镗出孔轴线与端面垂直。若夹紧力方

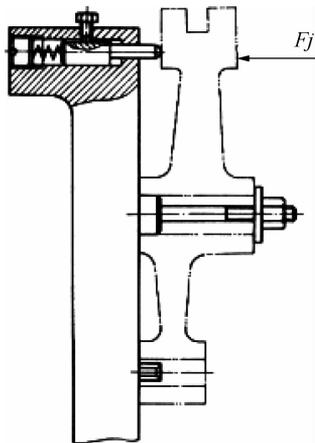


图 2.3-4 夹紧力作用点应该靠近加工表面

向垂直于  $B$  面, 则工件左端面与底面的垂直度误差会影响被加工孔轴线与左端面垂直度。

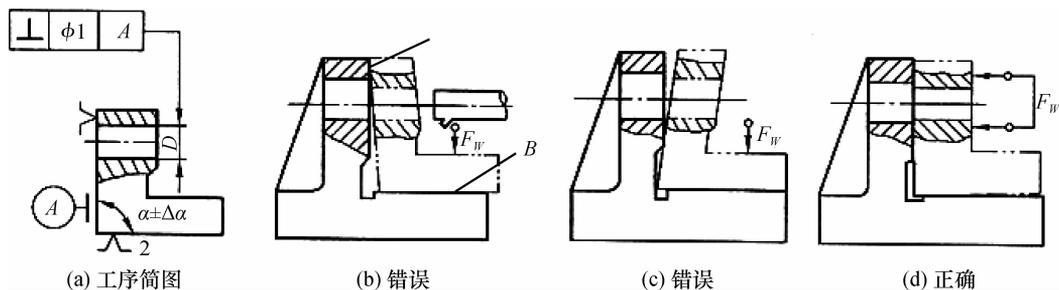


图 2.3-5 夹紧力应该指向主要定位基面

② 夹紧力方向应有利于减小夹紧力 为减小工件的变形、减轻劳动强度, 为此, 夹紧力  $F_w$  的方向最好与切削力  $F$ 、件的重力  $G$  方向重合。如图 2.3-6 所示为工件在夹具中加工时常见的几种受力情况。

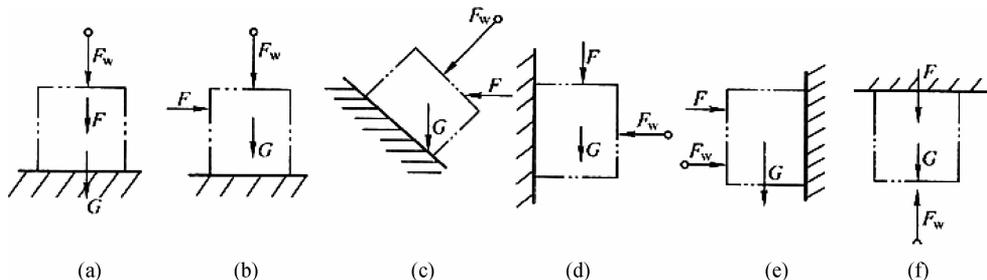


图 2.3-6 夹紧力方向与夹紧力大小的关系

③ 夹紧力的方向应是刚性较好的方向 由于工件在不同方向上刚度是不等的, 不同的受力表面也因其接触面积大小而变形各异, 尤其在夹压薄壁零件时, 更需要注意使夹紧力的方向指向工件刚性最好的方向。

(3) 夹紧力大小估算。夹紧力是一个很复杂问题, 一般只能粗略估算。加工过程中, 工件受到切削力、重力、离心力和惯性力等作用, 从理论上讲, 夹紧力作用效果必须与上述作用力(矩)相平衡。不同条件下, 上述作用力平衡系中对工件所起作用各不相同, 如采用一般切削规范加工中、小工件时起决定作用因素是切削力(矩); 加工笨重大型工件时, 还须考虑工件重力作用; 高速切削时, 不能忽视离心力和惯性力作用。此外, 影响切削力因素也很多, 例如工件材质不匀, 加工余量大小不一致, 刀具磨损程度以及切削时冲击等因素都使切削力随时发生变化。为简化夹紧力计算, 通常工艺系统是刚性体, 切削过程是稳定的, 这些条件下, 利用切削原理公式或切削力计算图表求出切削力, 然后找出加工过程中最不利瞬时状态, 按静力学原理求出夹紧力大小。为保证夹紧可靠, 尚需再乘以安全系数, 即实际需要夹紧力。

$$F_J = KF_{\text{计}}$$

式中:  $F_{\text{计}}$ ——最不利条件下由静力平衡计算求出夹紧力。

$F_J$ ——实际需要夹紧力。

$K$ ——安全系数，一般取  $K=1.5\sim 3$ ，粗加工取大值，精加工取小值。

## 二、常用夹紧机构

原始作用力转化为夹紧力是通过夹紧机构来实现的。在众多的夹紧机构中以斜楔、螺旋、偏心以及由它们组合而成的夹紧机构应用最为普遍。

### 1. 斜楔夹紧机构

采用斜楔作为传力元件或夹紧元件的夹紧机构称为斜楔夹紧机构。斜楔夹紧具有结构简单，增力比大，自锁性能好等特点，因此获得广泛应用。如图 2.3-7 所示为三种常见的斜楔夹紧机构。