

第 2 章 机床夹具

本章知识点

- 1. 机床夹具的概述；
- 2. 夹具的分类与作用；
- 3. 工件在夹具中的定位和夹紧；
- 4. 各类机床夹具；
- 5. 现代机床夹具。

先导案例

图 2-1 所示为十字槽轮零件精车圆弧 $\phi 23^{+0.023}_0$ mm 的工序简图。本工序要求保证四处 $\phi 23^{+0.023}_0$ mm 圆弧；对角圆弧位置尺寸 (18 ± 0.02) mm 及对称度公差 0.02 mm； $\phi 23^{+0.023}_0$ mm 轴线与 $\phi 5.5h6$ 轴线的平行度允差 $\phi 0.01$ mm。如何确定加工该工序的车床夹具？

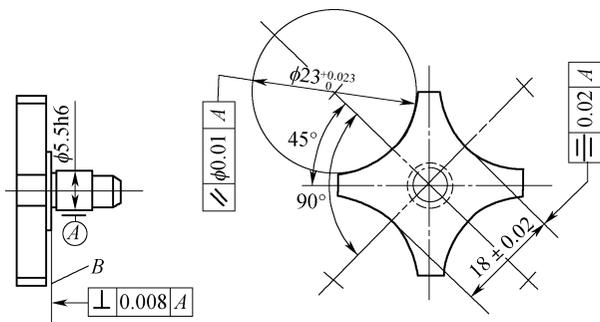


图 2-1 十字槽轮零件精车工序简图

2.1 概述

2.1.1 机床夹具的概念

夹具是一种装夹工件的工艺装备，广泛地应用在机械加工、装配、检验、热处理、焊接等工艺过程中。

在机械加工过程中，为了使加工的工件符合图样要求，就必须使工件相对于机床和刀具的位置正确，并保持其位置不变。当零件为单件、小批量生产时，常采用直接找正安装或画线找正安装，由于这两种方法的生产率低，不适合成批、大量生产。对于成批、大量生产的零件，通常是把工件安装在机床夹具中进行加工。

机床夹具对工件进行装夹包含两层含义：一是使同一工序中一批工件都能在夹具中占据正确的位置，称为定位；二是使工件在加工过程中保持已经占据的正确位置不变，称为夹紧。

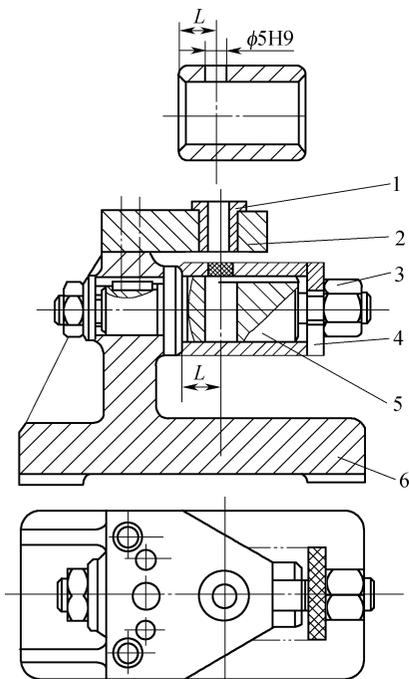


图 2-2 钻轴套径向孔的钻床夹具

1—钻套；2—钻模板；3—螺母；4—开口垫圈；5—定位销；6—夹具体

图 2-2 所示为在轴套工件上钻 $\phi 5H9$ 径向孔的专用钻床夹具。工件以内孔和端面为定位基准，分别与夹具的定位销 5 相配合并与其端面保持接触，从而确定了工件在夹具中的正确位置。然后拧紧螺母 3，通过开口垫圈 4 即可将工件夹紧在确定的位置上。因为装在钻模板 2 上的钻套 1 到定位端面的位置，是根据工件钻孔中心到其端面的距离 L 来确定的，所以保证了钻套所引导的钻头具有正确的钻孔位置。

夹具的所有元件和装置是由夹具体 6 连成一个整体，而夹具在机床上的相对位置在工件安装前已预先调整好，这就使夹具与机床、刀具之间有一个正确的相对位置，保证了工件的加工技术要求。

2.1.2 机床夹具的作用

机床夹具的作用主要有以下几个方面：

1. 保证工件加工精度，稳定产品质量

采用夹具后，工件上各表面的相互位置精度由夹具来保证，比画线找正达到的精度高得多，且稳定可靠，还可降低对操作者的技能要求。

2. 扩大机床使用范围，充分发挥机床潜力

使用专用夹具可以扩大机床的工艺范围，实现一机多用。如在车床的床鞍上或在摇臂钻床工作台上装上镗模就可以进行箱体的镗孔加工，以代替镗床工作。图2-3所示为车床镗孔夹具，可用于工件镗孔的高度位置较大的情况。镗杆4经过一对齿轮2用浮动接头进行传动，并用镗模5上的前后导向孔引导。

3. 缩短装夹时间，提高劳动生产率

采用专用夹具装夹工件，可以大大缩短与装夹工件有关的辅助时间。在某些情况下，由于使用了夹具，工件装夹得比较牢固、可靠，有可能加大切削用量或增多同时加工的刀具数目和工件数目，以减少加工时间，提高劳动生产率，降低成本。图2-4所示为车削薄壁衬套内孔的夹具，由于准确的定位和可靠的轴向夹紧，增加了工件的刚度，因而可以提高切削用量，并可防止变形。

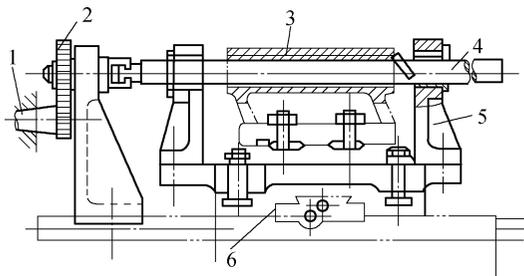


图 2-3 车床镗孔夹具

1—主轴；2—齿轮；3—工件；4—镗杆；5—镗模；6—床鞍

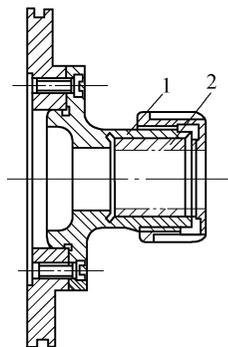


图 2-4 车削薄壁衬套内孔夹具

1—夹具；2—工件

4. 减轻工人的劳动强度

使用夹具装夹工件，显然要比不用夹具方便、省力、安全。在大批大量生产中，夹具的夹紧装置多用气动、液动或其他机械动力装置，这就大大减轻了工人的劳动强度。

2.1.3 机床夹具的分类

机床夹具的种类繁多，可以从不同的角度对机床夹具进行分类。常用的分类方法有以下几种：

1. 按夹具的使用特点分类

(1) 通用夹具。已经标准化的，可加工一定范围内不同工件的夹具，称为通用夹具，如车床用三爪自定心卡盘，铣床、镗床、钻床用平口虎钳，铣床用万能分度头，磨床用磁力工作台等。

(2) 专用夹具。专为某一工件的某道工序设计制造的夹具，称为专用夹具。专用夹具

一般在批量生产中使用。本章着重讨论专用夹具。

(3) 组合夹具。采用标准的组合元件、部件, 可为不同工件的不同工序组装成不同类型的夹具, 称为组合夹具。组合夹具多用在单件、小批量生产, 如模具制造中运用较多。

(4) 可调夹具。夹具的某些元件可调整或可更换, 以适应同一系列、不同尺寸要求的多种工件加工的夹具, 称为可调夹具。它还分为通用可调夹具和成组夹具两类。

(5) 拼装夹具。用专门的标准化、系列化的拼装夹具零部件拼装而成的夹具, 称为拼装夹具。它是在组合夹具基础上发展起来的, 具有组合夹具的优点, 但比组合夹具精度高、效能高、结构紧凑。它的基础板和夹紧部件中常带有小型液压缸。此类夹具更适合在数控机床上使用。

2. 按使用机床分类

夹具按使用机床可分为车床夹具、铣床夹具、钻床夹具、镗床夹具、齿轮机床夹具、数控机床夹具、自动机床夹具、自动线随行夹具以及其他机床夹具等。

3. 按夹紧力的动力源分类

夹具按夹紧力的动力源可分为手动夹具、气动夹具、液压夹具、气液增力夹具、电磁夹具以及真空夹具等。

2.1.4 机床夹具的组成

如将夹具中作用相同的元件或机构归纳一起, 一般夹具由下列几个部分组成。

1. 定位元件

用来确定工件在夹具中正确加工位置的元件称为定位元件(图 2-2 中的定位销 5), 它是与工件定位基准(轴套的内孔和端面)直接相配合和接触的夹具元件。

2. 夹紧装置

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装置称为夹紧装置(图 2-2 中的螺母 3 和开口垫圈 4 组成的夹紧机构)。

3. 夹具体

它是夹具的基础元件, 把组成夹具的所有元件和装置连接成为一个有机的整体(图 2-2 中的夹具体 6)。

4. 对刀、导向元件

用来确定刀具在加工前处于正确位置的元件, 称为对刀元件, 如铣床夹具中的对刀块。用来确定刀具位置并引导刀具进行加工的元件, 称为导向元件(图 2-2 中的钻套 1)。

5. 其他装置或元件

根据需要, 夹具上还可以设置一些其他装置(如分度装置), 如为了便于卸下工件而设置的顶出器, 以及夹具在机床上定位的连接件等。

上述各组成部分, 不是每一个夹具都必须具备的。一般来说, 定位元件、夹紧装置、夹具体是夹具的基本组成部分。

2.2 工件在夹具中的定位

2.2.1 定位与定位基准

在机床上加工工件，要使工件的各个表面的尺寸及位置精度在加工后，符合图样或工艺文件所规定的要求，必须在进行切削前就使工件在机床上或夹具中，占有一个确定的位置，使其相对于刀具或机床的切削运动具有正确的位置。人们把工件在机床上或夹具中占有正确位置的过程，称为定位。

工件上用于定位的表面即确定工件位置的依据，称为定位基准。以轴线（中心要素）为定位基准时，一般以轴的中心孔为基准定位，也可以用内、外圆柱（或圆锥）面作为间接定位基准；以平面定位时，与定位元件相接触的平面就是定位基准。

2.2.2 定位基准的选择

工件定位基面的几何形状、尺寸及表面状况在很大程度上决定着定位方法及所用定位元件的选择，所以在选择定位基准时应遵循以下原则：

(1) 尽量使工件的定位基准与工序基准（标定加工面位置的面、线、点）重合，以避免产生基准不重合误差。

(2) 尽量用精基准作为定位基准，以保证有足够的定位精度。若不得不采用毛面作定位基准（如第一道工序）时，应尽量只用一次。而且选用误差较小、较光洁、余量小的表面或与加工面有直接关系的表面，以利于保证加工要求。

(3) 应使工件安装稳定，使在加工过程中因切削力或夹紧力引起的变形最小。

(4) 遵守基准统一原则，以减少设计和制造夹具的时间和费用。但若因此而造成夹具的结构复杂时，则不必强求定位基准统一。

(5) 应使工件定位方便，夹紧可靠便于操作，夹具结构简单。

2.2.3 夹具的夹紧装置和定位元件

定位元件是指直接与工件定位基准面接触，并使工件相对机床、刀具有正确位置的夹具元件。定位元件的结构形状必须与工件定位基准面形状相适应，定位基准面的形状通常有平面、外圆柱面、内孔、锥孔和成型表面（如齿轮的渐开线齿面）等。因此常用的定位元件按定位基准面的不同，有以下几种。

1. 以平面定位的元件

工件以平面为定位基准时，常常是把工件支撑在定位元件上，所以这类定位元件称为支撑。按其结构和用途不同，可分为以下几种。

(1) 支撑钉, 图 2-5 所示是支撑钉的标准结构。其中 A 型为平头支撑钉, 用在已加工表面作定位基准时; B 型 (圆头) 和 C 型 (齿纹) 支撑钉用在未加工表面作定位基准时; C 型支撑钉的工作表面有齿纹, 可以增加摩擦力, 但落入切屑时不易清除, 因此一般用于侧面定位。一个支撑钉限制工件的一个自由度。

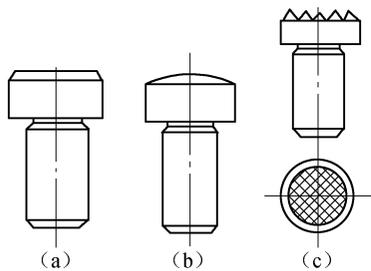


图 2-5 支撑钉结构图

(a) A 型; (b) B 型; (c) C 型

(2) 支撑板, 图 2-6 所示是支撑板的标准结构。其中 A 型支撑板结构简单, 制造容易, 但清除落入螺钉孔里的切屑不方便, 所以常用于垂直面或顶面的定位。B 型支撑板中螺钉孔处开有斜槽, 避免了 A 型的缺点, 所以常用一个支撑板限制两个自由度, 其中一个位置自由度, 一个角度自由度。

(3) 可调支撑, 图 2-7 所示是可调支撑结构及其应用简图。这种支撑的定位高度可以调节, 主要用于粗基准定位, 当每批毛坯的基准面余量不相同, 常用图 2-7 (a) 所示的可调支撑。图 2-7 (b) 所示是工件以两个不同平面定位, 右边是支撑钉, 左边是可调支撑。可调支撑限制工件的一个角度自由度。

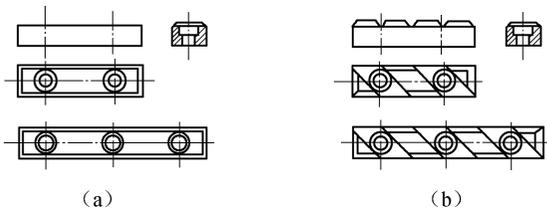


图 2-6 支撑板结构图

(a) A 型; (b) B 型

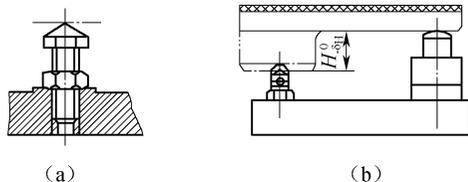


图 2-7 可调支撑结构及其应用

(4) 自位支撑, 也称为自动定位支撑或多点浮动支撑。当工件以粗基准定位而只需要限制一个自由度时, 为了增加支撑点, 减少工件变形和减少接触应力, 可采用自位支撑。图 2-8 是自位支撑常见的几种结构。图 2-8 (a)、(b) 是两点自位支撑, 图 2-8 (c) 是三点

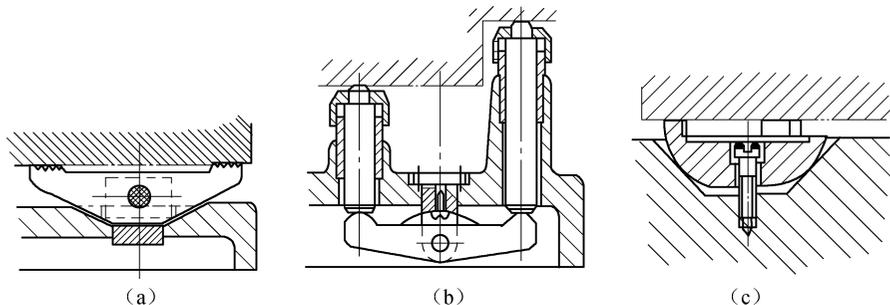


图 2-8 自位支撑简图

(a)、(b) 两点自位支撑; (b) 三点自位支撑

自位支撑。不论是几点自位支撑，它们的共同特点是定位元件浮动，只有当两点或三点全部与工件接触后，才对工件起定位作用，它只限制工件的一个自由度。

(5) 辅助支撑，辅助支撑是用来提高工件的装夹刚度和稳定性的。一般在工件定位后与工件接触，然后锁紧，不起定位作用。图 2-9 是辅助支撑常见的几种结构。图 2-9 (a) 所示为螺旋式辅助支撑，其结构与可调支撑相近，但操作过程不同，前者工件定位后再接触工件，不起定位作用，后者调整后与固定支撑一样起定位作用。图 2-9 (b) 所示为自位式辅助支撑，弹簧 1 推动滑柱 2 与工件接触，用顶柱 3 锁紧，弹簧力应能推动滑柱上升，但不可顶起工件。图 2-9 (c) 所示为推引式辅助支撑，工件定位后，推动手轮 4 使斜楔 5 开槽部分涨开而锁紧，该支撑主要用于大型工件。

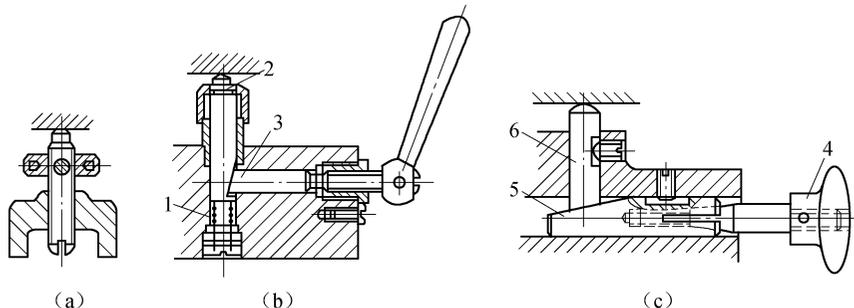


图 2-9 辅助支撑

(a) 螺旋式；(b) 自位式；(c) 推引式

1—弹簧；2—滑柱；3—顶柱；4—手轮；5—斜楔；6—滑销

2. 工件以孔定位的元件

工件以圆孔内表面作为定位基准时，常用以下定位元件：

(1) 圆柱销（定位销），图 2-10 为常用定位销的结构。当定位销直径 D 为 3 ~ 10 mm 时，为增加刚性避免使用中折断或热处理时淬裂，通常把根部倒成圆角 R 。夹具体上应设有沉孔，使定位销的 2-10 (d) 所示的带衬套的结构形式。为便于工件装入，定位销的头部有 15° 倒角。

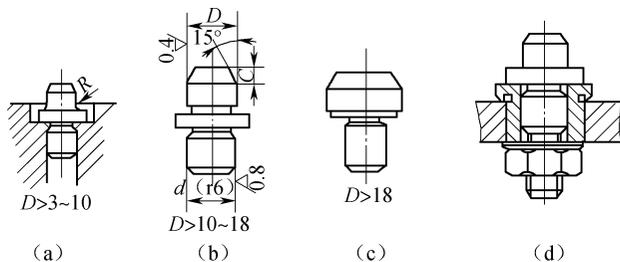


图 2-10 定位销

(a) $D > 3 \sim 10$ mm；(b) $D > 10 \sim 18$ mm；(c) $D > 18$ mm；(d) 可换式

(2) 圆柱心轴，圆柱心轴在很多工厂中有自己的厂标，图 2-11 为常用圆柱心轴的结构形式。

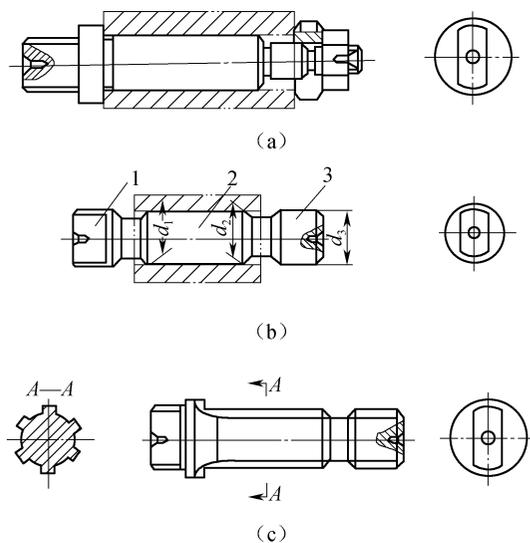


图 2-11 圆柱心轴

(a) 间隙配合心轴；(b) 过盈配合心轴；(c) 花键心轴
1—引导部分；2—工作部分；3—传动部分

图 2-11 (a) 为间隙配合心轴。这种心轴装卸工件方便，但定心精度不高。加工中为能带动工件旋转，工件常以孔和端面联合定位，因而要求工件定位孔与定位端面之间、心轴限位圆柱面与限位端面之间都有较高的垂直度，最好能在一次装夹中加工出来。

图 2-11 (b) 为过盈配合心轴，由引导部分、工作部分、传动部分组成。引导部分 1 的作用是使工件迅速而准确地套入心轴。这种心轴制造简单、定心准确、不用另设夹紧装置，但装卸工件不便，因此，多用于定心精度要求高的精加工。

图 2-11 (c) 是花键心轴，用于加工以花键孔定位的工件。

(3) 圆锥销，图 2-12 所示为工件以圆锥销定位的示意图，它限制了工件的 \hat{x} 、 \hat{y} 、 \hat{z} 三个自由度。图 2-12 (a) 用于粗定位基面，图 2-12 (b) 用于精定位基面。工件在单个圆锥上定位容易倾斜，因此，圆锥销一般与其他定位元件组合使用，如图 2-13 所示。

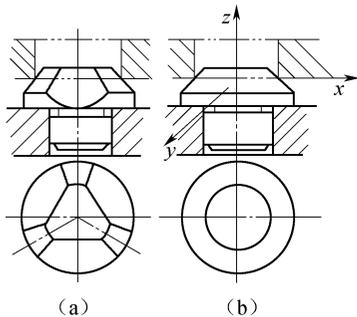


图 2-12 圆锥销定位

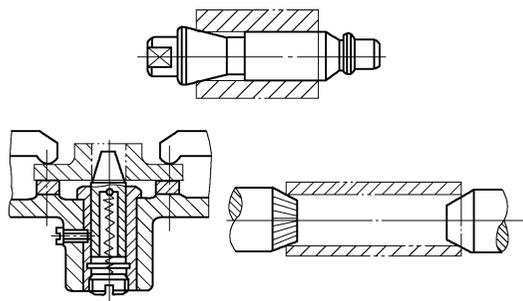


图 2-13 圆锥销组合定位

(4) 锥度心轴（小锥度心轴），如图 2-14 所示。工件在小锥度心轴上定位，并靠工件定位圆孔与心轴限位圆锥面的弹性变形夹紧工件。这种定位方式的定心精度较高，但工件的轴向位移较大，适用于工件定位孔精度不低于 IT7 的精车和磨削加工，但加工端面

较为困难。

3. 工件以外圆柱面定位的元件

以外圆表面为定位基准的定位元件有 V 形块、半圆形定位块、定位套筒和圆锥套筒等。图 2-15 为工件以外圆表面定位的定位简图。

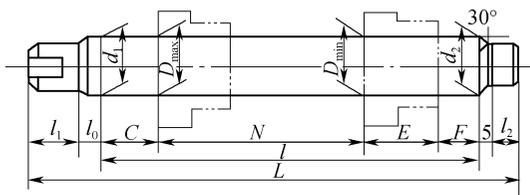


图 2-14 小锥度心轴

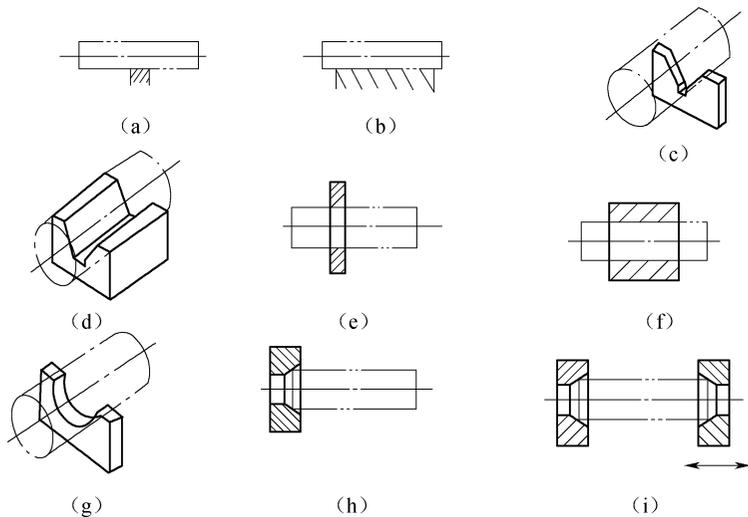


图 2-15 工件以外圆定位的定位简图

(a) 支撑钉; (b) 支撑板; (c) 窄 V 形块; (d) 宽 V 形块;
(e) 短套; (f) 长套; (g) 短半圆套; (h) 锥套; (i) 组合锥套

2.2.4 定位误差分析与计算

1. 定位误差与基准的概念

工件上用于确定加工表面位置的点、线、面，称为工序基准。在夹具的定位元件上，与工件相接触的表面称为限位基准。若定位元件是回转体，则限位基准就是它们的中心线。限位基准在空间的位置固定不变，是调整刀具位置的依据。

一批工件放在夹具中进行加工，获得的尺寸精度和位置精度取决于工序基准与加工表面之间的尺寸和位置，加工表面在空间的位置又取决于刀具，刀具的位置在加工前根据夹具上的定位元件来调整，刀具的运动轨迹由机床或导向装置来保证，在假定机床有足够刚度和忽略刀具磨损的情况下，可认为加工表面在空间的位置相对于限位基准是不变的，但由于工件及定位元件存在误差，使得工序基准在空间的位置发生了变化，所以造成加工后这批工件的尺寸和位置不一致，产生加工误差。这种只与工件定位有关的加工误差，称为定位误差，用

Δ_D 表示。定位误差的大小等于工序基准相对于限位基准的位移量。

2. 造成定位误差的原因

工序基准相对于限位基准的位移量可以分解成两个部分，即工序基准相对于定位基准的位移量和定位基准相对于限位基准的位移量。相应地造成定位误差的原因可以归结为两个：一是定位基准与工序基准不重合，由此产生基准不重合误差 Δ_B ，这是由于工件存在误差造成的；二是定位基准与限位基准不重合，由此产生基准位移误差 Δ_Y ，这是由于工件和定位元件存在误差造成的。

3. 定位误差的计算

(1) 工件以平面定位时的定位误差计算。工件以平面定位产生定位误差的原因，主要是由于工件定位基准与工序基准不重合和定位基准面间的位置误差而引起的。因为这时定位基准相对于限位基准的位移量为定位基准的平面度误差，特别是用于定位的平面已加工过，其平面度误差很小，可以忽略不计。

①基准不重合引起的定位误差。加工图 2-16 所示的工件 M 面时，若表面 N 、 Q 在前道工序已加工，并保证尺寸 (50 ± 0.2) mm，在加工 M 面时，分别保证尺寸 A 和 B ，试分别计算两种情况下的定位误差？

a. 保证尺寸 A 时的定位误差计算：如图 2-16 (a)，工序基准和定位基准都是 Q 面，所以定位误差 $\Delta_D = \Delta_B = 0$ 。

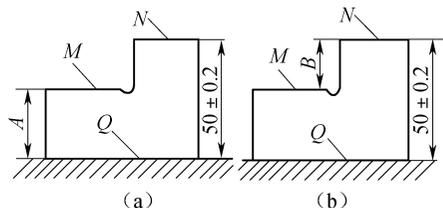


图 2-16 平面定位时的定位误差计算

(a) 工序基准和定位基准都是 Q 面；
(b) 定位基准为 Q 面，工序基准为 N 面

b. 保证尺寸 B 时的定位误差计算：如图 2-16 (b)，定位基准是 Q 面，工序基准是 N 面， N 面相对于 Q 面的位移量等于尺寸 (50 ± 0.2) mm (联系尺寸，即联系工序基准和定位基准的尺寸) 的公差 0.4 mm。则 $\Delta_D = \Delta_B = 0.4$ mm。

②定位基准间位置误差引起的定位误差。若加工图 2-17 所示的工件，工序尺寸为 $a \pm \delta$ ，取底面 M 面与侧面 K 面为定位基准，则上道工序加工的表面 M 与 K 面要互相垂直，但实际加工中总会有垂直度误差。

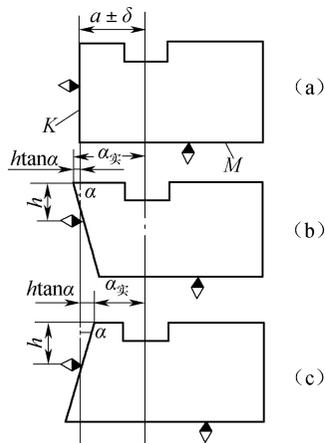


图 2-17 基准间位置误差引起的定位误差

(a) M 与 K 面互相垂直；
(b) M 与 K 面的交角为 $90^\circ + \alpha$ ；
(c) M 与 K 面的交角为 $90^\circ - \alpha$

当 M 与 K 面的交角为 $90^\circ + \alpha$ 时 (图 2-17 (b))，这时加工后实际尺寸 $a_{\text{实}} = a + htan\alpha$ 。当 M 与 K 面的交角为 $90^\circ - \alpha$ 时 (图 2-17 (c))，这时加工后的实际尺寸 $a_{\text{实}} = a - htan\alpha$ 。

(2) 外圆定位时的定位误差计算。图 2-18 为工件以外圆表面为定位基准，在 V 形块上定位铣键槽。在加工同一键槽时，由于标注工序尺寸不同 (即选择不同的工序基准)，将产生不同的定位误差。现分三种方法标注工序尺寸，其定位误差分析计

算如下:

①以工件外圆面的中心为工序基准,标注键槽的加工尺寸 h_1 (图2-18(a))。因为工件的定位基准也是外圆的中心线,所以 $\Delta_B=0$ 。由于工件的外圆尺寸的公差为 δ_d ,则外圆面中心线在 O_1 和 O_2 之间变动,所以定位基准相对于限位基准的位移量为 O_1O_2 ,即

$$\Delta_Y = O_1O_2 = O_1C - O_2C = \frac{O_1C_1}{\sin \frac{\alpha}{2}} - \frac{O_2C_2}{\sin \frac{\alpha}{2}} = \frac{d}{2\sin \frac{\alpha}{2}} - \frac{d - \delta_d}{2\sin \frac{\alpha}{2}} = \frac{\delta_d}{2\sin \frac{\alpha}{2}} \quad (2-1)$$

这种情况下的定位误差为

$$\Delta_D = \Delta_Y = \frac{\delta_d}{2\sin \frac{\alpha}{2}}$$

②以工件外圆的底素线为工序基准,标注键槽加工尺寸 h_2 (图2-18(b))。此时的基准位移误差仍为 $\Delta_Y = O_1O_2$ 。由于工序基准和定位基准不重合,工序基准相对于定位基准的位移量等于外圆公差之半,即 $\Delta_B = \delta_d/2$ 。由图可知,定位误差为两项误差之代数差,即

$$\Delta_D = \Delta_Y - \Delta_B = \frac{\delta_d}{2\sin \frac{\alpha}{2}} - \frac{\delta_d}{2} = \frac{\delta_d}{2} \left(\frac{1}{\sin \frac{\alpha}{2}} - 1 \right) \quad (2-2)$$

(3)以工件外圆的顶素线为工序基准,标注键槽加工尺寸 h_3 (图2-18(c))。定位误差为两项误差之代数和。

$$\Delta_D = \Delta_Y + \Delta_B = \frac{\delta_d}{2\sin \frac{\alpha}{2}} + \frac{\delta_d}{2} = \frac{\delta_d}{2} \left(\frac{1}{\sin \frac{\alpha}{2}} + 1 \right) \quad (2-3)$$

V形块的夹角 α 有 60° 、 90° 、 120° 三种。从定位误差大小来看, $\alpha = 120^\circ$ 时其值最小,但定位稳定性差,所以多用于工件直径大、外圆尺寸精度低时。一般多用 $\alpha = 90^\circ$ 。

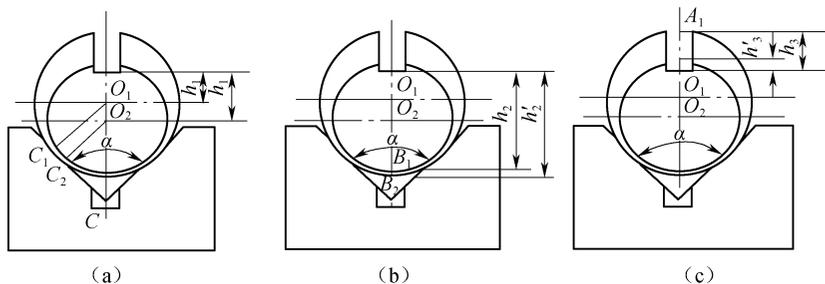


图2-18 工件以外圆表面在V形块上定位时的定位误差

- (a) 以外圆的中心为工序基准;
(b) 以外圆的底素线为工序基准;
(c) 以外圆的顶素线为工序基准

(4) 用孔定位时的定位误差计算。盘类工件常装在心轴上加工，安装简图如图 2-19 所示。其中小圆表示心轴直径，大圆表示工件定位孔直径。

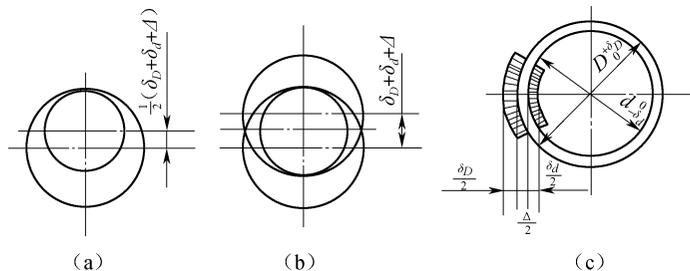


图 2-19 单位定位误差

(a) 孔与心轴偏向一边接触；(b) 某些孔和心轴在一边接触；(c) 工件

由于工件定位孔和心轴直径均有制造误差，当工件装在心轴上加工时，孔与心轴的轴心线不重合。这是由于工件的定位孔和心轴的制造误差及其配合间隙共同引起的，工件工序基准（孔的中心）相对于限位基准（心轴的轴心线）的最大位移量就是定位误差。

设工件定位孔的直径为 $D^{+\delta}$ ，心轴直径为 $d_{-\delta_d}$ ，配合间隙为 Δ ，如图 2-19 (c) 所示。当孔与心轴偏向一边接触，如图 2-19 (a) 所示时，其定位误差为

$$\delta_1 = \frac{1}{2}(\delta_D + \delta_d + \Delta) \quad (2-4)$$

在心轴垂直安装时，可能出现某些工件的孔与心轴在一边接触，而另一些则在另一边接触，如图 2-19 (b) 所示。这时的定位误差为

$$\delta = 2\delta_1 = \delta_D + \delta_d + \Delta \quad (2-5)$$

2.3 工件的夹紧

2.3.1 夹紧装置的组成及基本要求

1. 夹紧装置的组成

夹紧装置的种类很多，但其结构均由两部分组成。

(1) 动力装置——产生夹紧力。机械加工过程中，要保证工件不离开定位时占据的正确位置，就必须有足够的夹紧力来平衡切削力、惯性力、离心力及重力对工件的影响。夹紧力的来源，一是人力；二是某种动力装置。常用的动力装置有液压装置、气压装置、电磁装置、电动装置、气-液联动装置和真空装置等。

(2) 夹紧机构——传递夹紧力。要使动力装置所产生的力或人力正确地作用到工件上，就需用适当的传递机构。在工件夹紧过程中起力的传递作用的机构，称为夹紧机构。

夹紧机构在传递力的过程中，能根据需要改变力的大小、方向和作用点。手动夹具的夹紧机构还应具有良好的自锁性能，以保证人力作用停止后，仍能可靠地夹紧工件。

图2-20是液压夹紧铣床夹具。其中，液压缸4、活塞5、活塞杆3等组成了液压动力装置，铰链臂2和压板1等组成了铰链压板夹紧机构。

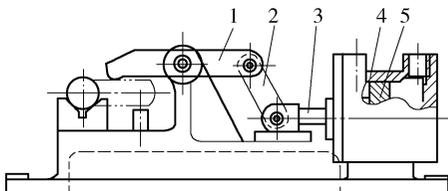


图2-20 液压夹紧铣床夹具

1—压板；2—铰链臂；3—活塞杆；
4—液压缸；5—活塞

2. 夹紧装置的基本要求

- (1) 夹紧过程中，不改变工件定位后占据的正确位置。
- (2) 夹紧系统有足够的刚性，能确保加工时工件定位稳定可靠，不发生振动。
- (3) 夹紧时不损伤工件表面，不使工件产生不许可的变形。
- (4) 能用较小的夹紧力来获得需要的夹紧效果。
- (5) 夹紧装置结构的复杂程度、使用效率应与生产规模和工序节拍相适应，并具有良好的结构工艺性。
- (6) 操作安全、方便。

2.3.2 夹紧装置的选用原则

1. 夹紧力方向的确定

(1) 夹紧力应朝向主要限位面。对工件只施加一个夹紧力或施加几个方向不同的夹紧力时，夹紧力的方向应尽可能地朝向主要限位面。

如图2-21(a)所示，工件被镗的孔与左端面有一定的垂直度要求。当工件以孔的左端面与定位元件的A面接触，限制三个自由度；当工件以底面与B面接触，限制两个自由度；夹紧力朝向主要限位面A，这样做有利于保证孔与左端面的垂直度要求。如果夹紧力朝向B面，则由于工件左端面与底面的夹角误差，夹紧时将破坏工件的定位，影响孔与端面的垂直度要求。

又如图2-21(b)所示，夹紧力朝向主要限位面——V形块的V形面，使工件的装夹稳定可靠。如果夹紧力朝向B面，则由于工件圆柱面与端面的垂直度误差，夹紧时，工件的圆柱面可能离开V形块的V形面，这不仅破坏了定位，影响加工精度，而且加工时工件容易振动。

对工件施加几个方向不同的夹紧力时，朝向主要限位面的夹紧力应是主要夹紧力。

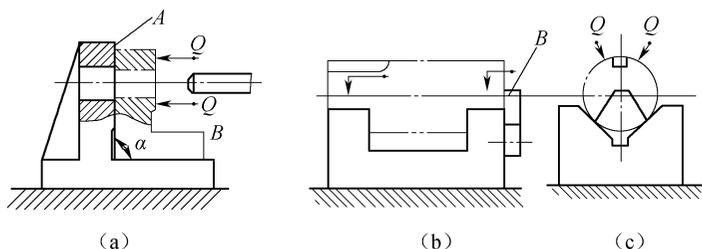


图 2-21 夹紧力朝向主要限位面

(2) 夹紧力方向应尽可能地使所需要夹紧力减小。减小夹紧力就可以减轻工人的劳动强度,同时可使夹紧装置轻便、紧凑,工件变形小。夹紧力 Q 的方向最好与切削力 F 的方向一致,这时所需要的夹紧力最小。图 2-22 (a) 所示,在钻床上钻孔时工件的夹紧就属于这种情况,较为理想。图 2-22 (b) 所示夹紧力 Q 的方向与切削力的方向相反,这时夹紧力比图 2-22 (a) 所示的夹紧力要大得多,而且加工时会由于夹紧机构松动而产生振动,降低加工精度和增大表面粗糙度值。图 2-22 (c) 为夹紧力方向与切削力 F 垂直,为避免工件在加工时移动,必须使夹紧时产生的摩擦力大于切削力,所以第三种情况所需要的夹紧力最大。

(3) 夹紧力方向的选择应尽可能地使工件变形减小。由于工件的刚度在不同的方向一般是不相同的,安装时应引起重视。图 2-23 所示为薄壁零件加工内孔时的两种安装方法。图 2-23 (a) 为采用三爪卡盘夹紧,由于薄壁工件的径向刚性较差,夹紧时较易变形;工件的轴向刚性较好,如果夹紧在肩胛平面上(图 2-23 (b)),则工件不易变形,加工出的内孔形状精度较高。

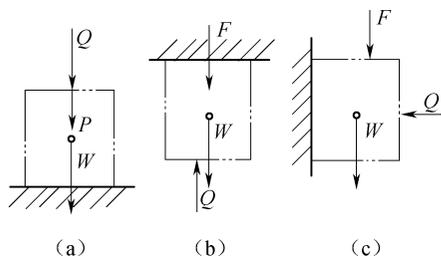


图 2-22 夹紧力与切削力的关系

(a) 方向一致; (b) 方向相反; (c) 方向垂直

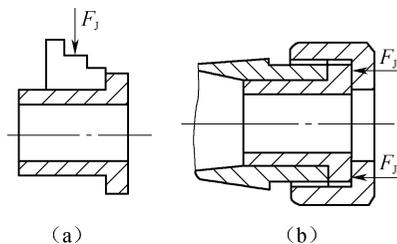


图 2-23 薄壁零件的夹紧

(a) 错误; (b) 合理

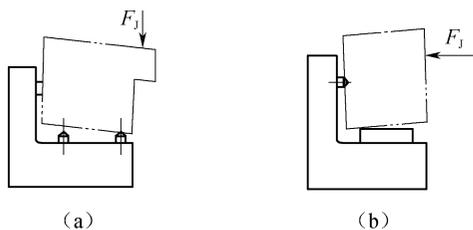


图 2-24 夹紧力作用点的位置不正确

2. 夹紧力作用点的选择

(1) 夹紧力的作用点应落在定位元件的支撑范围内。如图 2-24 所示,夹紧力的作用点落到了定位元件的支撑范围之外,夹紧时将破坏工件的定位,因而是错误的。

(2) 夹紧力的作用点应落在工件刚性较好的方向和部位。这一原则对刚性差的工件特别重要,夹

紧如图 2-25 (a) 所示的薄壁箱体时, 夹紧力不应作用在箱体的顶面而应作用在刚性好的凸边上。箱体如没有凸边时, 可如图 2-25 (b) 所示, 将单点夹紧改为三点夹紧, 使着力点落在刚性好的箱壁上, 并降低了着力点的压应力, 减小了工件的夹紧变形。

(3) 夹紧力作用点应靠近工件的加工表面。如图 2-26 所示, 在拨叉上铣槽, 由于主要夹紧力的作用点距离加工面较远, 故在靠近加工面的地方设置了辅助支撑, 这样不但提高了工件的装夹刚性, 还可减小加工时工件的振动。

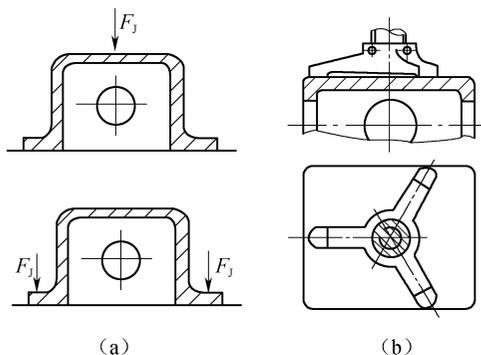


图 2-25 夹紧力作用点与夹紧变形的关系
(a) 薄壁箱体; (b) 箱体无凸边时

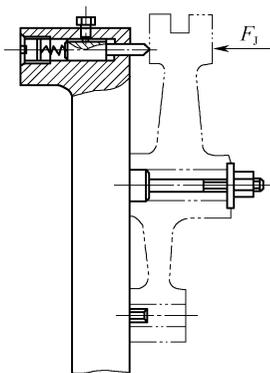


图 2-26 夹紧力作用点靠近加工表面

2.3.3 基本夹紧机构

机床夹具中使用最普遍的是机械夹紧机构, 这类机构绝大部分都是利用机械摩擦的自锁原理来夹紧工件的。斜楔夹紧机构是最基本的形式, 螺旋、偏心、凸轮等机构是斜楔夹紧的变化应用。

1. 斜楔夹紧机构

斜楔夹紧机构的特点包括以下方面。

- (1) 斜楔结构简单, 有增力作用。
- (2) 斜楔夹紧的行程小。通过增大斜角可增大行程, 但自锁性差。
- (3) 通常与其他机构联合使用。

图 2-27 所示是螺旋与简单斜楔相结合的联合夹紧机构。由于不必考虑斜楔自锁, 所以楔角 α 可以做得较大。当拧紧螺旋时楔块向左移动, 使杠杆压板转动压紧工件。当反向转动螺旋时, 楔块右移, 在弹簧力作用下, 杠杆压板松开工件。斜楔一般用 20#钢制造, 表面渗碳淬硬至 55 ~ 60 HRC, 使斜楔表面比较耐磨。

2. 螺旋夹紧机构

由于螺旋夹紧机构结构简单、夹紧可靠, 所以在机床夹具中得到广泛的应用。

图 2-28 (a) 所示为最简单的螺旋夹紧机构，用扳手拧紧螺钉时，螺钉头直接作用于工件表面。图 2-28 (b) 是在螺钉头部加可摆动的压脚，这样能保证与工件表面有良好的接触，防止夹紧时带动工件转动，并可避免螺钉头部直接与工件接触而造成压痕。

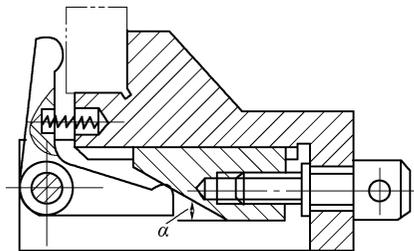


图 2-27 斜楔夹紧机构

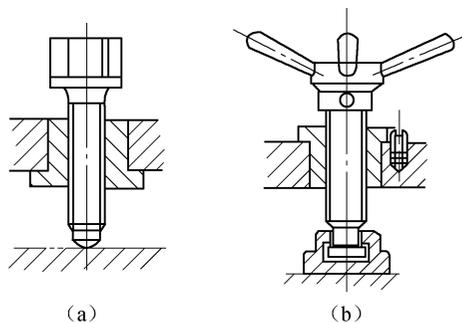


图 2-28 螺旋夹紧机构

(a) 简单的螺旋夹紧机构；(b) 在螺钉头部加可摆动的压脚

螺旋夹紧机构的缺点是夹紧动作慢，为克服缺点，许多机构采用各种快速螺旋夹紧装置。图 2-29 为带有开口垫圈的快速松开装置，由于螺母外径小于工件孔径，只要稍松开螺母，取下垫圈，工件即可穿过螺母取出。

3. 偏心夹紧机构

偏心夹紧是一种快速夹紧机构，常用的有圆偏心和曲线偏心两种形式。因圆偏心结构简单、制造方便，较曲线偏心应用更广。偏心夹紧装置的夹紧距离较小，通常用于没有振动或振动很小，需要夹紧力不大的场合。

图 2-30 是一个典型的偏心夹紧机构，以原始力 p 作用于手柄 3，使偏心轮绕小轴 2 转动，偏心轮的圆柱面压在垫板 4 上，在垫板的反作用力作用下小轴被向上推动，使压板 1 左端向下压紧工件。

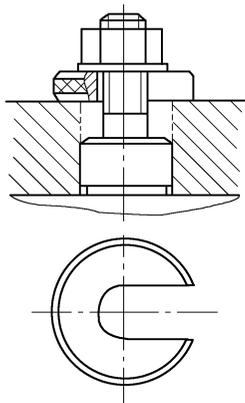


图 2-29 快速螺旋夹紧机构

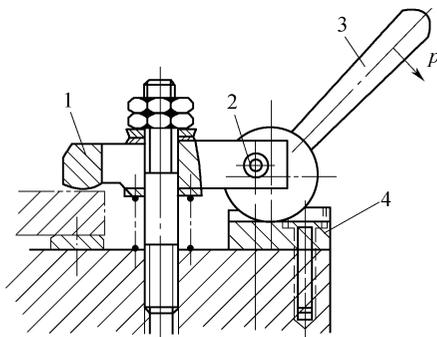


图 2-30 偏心夹紧机构

1—压板；2—小轴；3—手柄；4—垫板

2.3.4 复合夹紧机构

1. 斜楔钩形压板

图 2-31 是斜楔与杠杆夹紧机构组成的斜楔钩形压板。夹紧动力源是气压，活塞杆 4 推动斜楔 2 向左，通过滚子 3 把钩形压板 1 拉下，直接压紧工件。

2. 圆偏心压板

图 2-32 是为了弥补圆偏心夹紧行程较小的缺点而增加了行程调节装置的圆偏心压板机构。用螺钉 1 移动斜面垫板 2，以适应压面位置的变动，扩大了压板的夹紧行程范围。

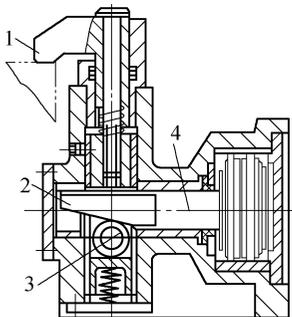


图 2-31 斜楔钩形压板

1—钩形压板；2—斜楔；3—滚子；4—活塞杆

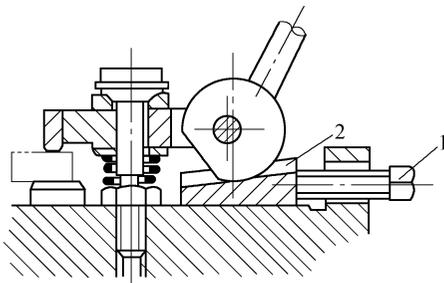


图 2-32 有调节夹紧行程装置的圆偏心压板

1—螺钉；2—斜面垫板

3. 螺钉—压板型夹紧机构

螺钉—压板型夹紧机构是应用很广的一种夹紧机构。根据杠杆原理，由于杠杆的支点和力点的位置不同，而有图 2-33 所示的三种形式。图 2-33 (a) 主要起增大夹紧力作用；图 2-33 (b) 主要起改变夹紧力作用方向的作用，在适当调节杠杆力臂时可以实现增力或增大夹紧行程；图 2-33 (c) 主要用作增大夹紧行程。

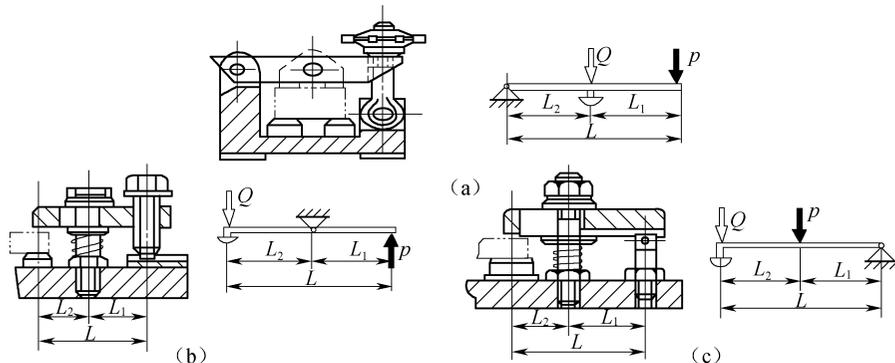


图 2-33 螺钉—压板夹紧机构

(a) 起增大夹紧力作用；(b) 起改变夹紧力作用方向的作用；(c) 用作增大夹紧行程

2.4 典型机床专用夹具

2.4.1 车床夹具

在车床上用来加工工件的内、外回转面及端面的夹具称为车床夹具。车床夹具多数安装在车床主轴上，少数安装在车床的床鞍或床身上。

除了顶尖、拨盘、三爪自定心卡盘等通用夹具外，安装在车床主轴上的专用夹具通常分为心轴式、夹头式、卡盘式、角铁式和花盘式等。

1. 角铁式车床夹具

夹具体呈角铁状的车床夹具称为角铁式车床夹具，其结构不对称，用于加工壳体、支座、杠杆、接头等零件上的回转面和端面。

图2-34是花盘角铁式车床夹具。工件6以两孔在圆柱定位销2和削边定位销1上定位；端面直接在夹具体4的角铁平面上定位。两螺钉压板分别在两定位销孔旁把工件夹紧。导向套7用来前导加工轴孔的刀具。8是平衡块，以消除夹具在旋转时的不平衡现象。另外在夹具上还设置了轴向定程的基面3，它与圆柱定位销保持确定的轴向距离，可以利用它来控制刀具的轴向行程。

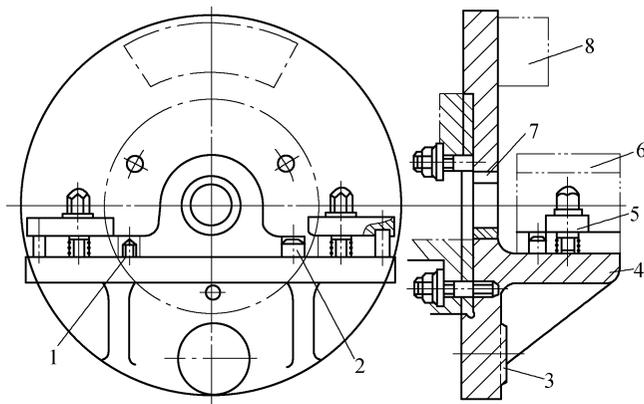


图2-34 花盘角铁式车床夹具

1—削边定位销；2—圆柱定位销；3—轴向定程基面；4—夹具体；5—压板；6—工件；7—导向套；8—平衡块

图2-35所示为车气门顶杆的角铁式车床夹具。由于该工件是以细小的外圆面定位，因此很难采用自动定心装置，于是采用半圆孔定位元件，夹具体必然设计成角铁状。为了使夹具平衡，该夹具采用了在一侧钻平衡孔的办法。

2. 卡盘式车床夹具

卡盘式车床夹具一般用一个以上的卡爪来夹紧工件，多采用定心夹紧机构，常用于以外圆（或内圆）及端面定位的回转体的加工。具有定心夹紧机构的卡盘，结构是对称的。

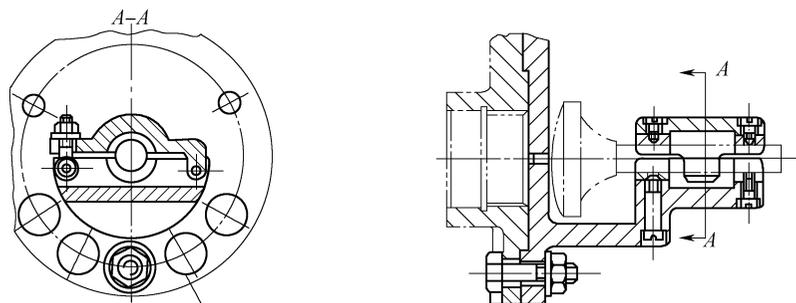


图 2-35 车气门顶杆的角铁式车床夹具

如图 2-36 所示为斜楔-滑块定心夹紧三爪卡盘, 用于加工带轮 $\phi 20H9$ 小孔, 要求同轴度为 0.05 mm 。装夹工件时, 将 $\phi 105 \text{ mm}$ 孔套在三个滑块卡爪 3 上, 并以端面紧靠定位套 1。当拉杆向左移动时, 斜楔 2 上的斜槽使三个滑块卡爪 3 同时等速径向移动, 从而使工件定心并夹紧。与此同时, 压块 4 压缩弹簧销 5。当拉杆反向运动时, 在弹簧销 5 的作用下, 三个滑块卡爪同时收缩, 从而松开工件。

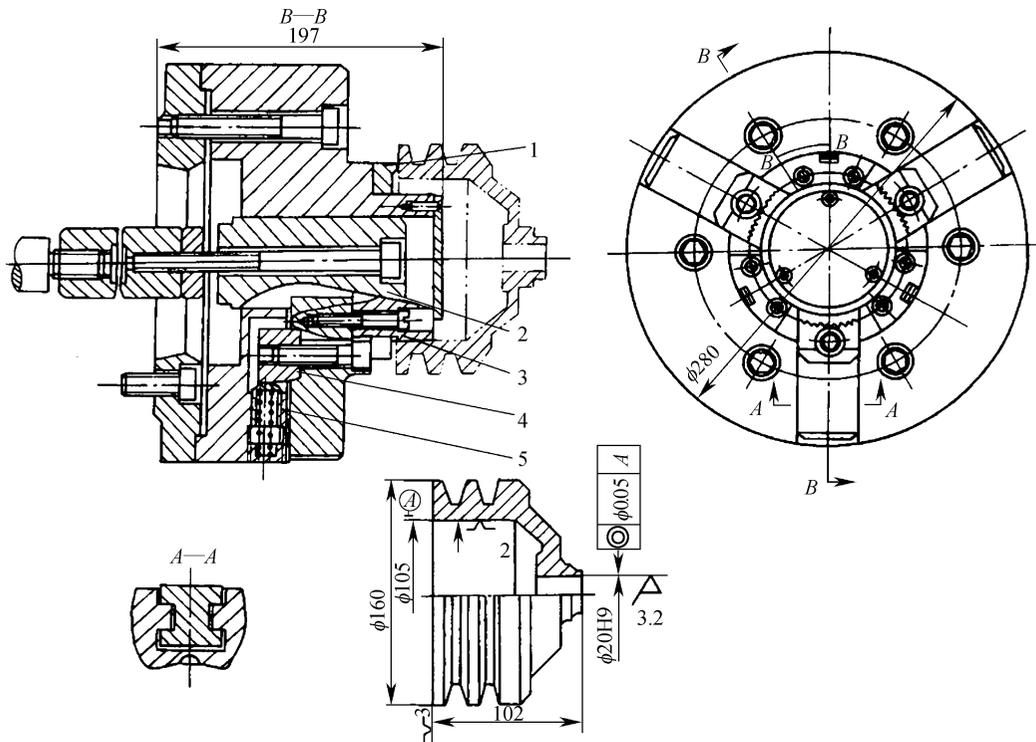


图 2-36 斜楔-滑块定心夹紧三爪卡盘

1—定位套; 2—斜楔; 3—滑块卡爪; 4—压块; 5—弹簧销

图2-37为衬套镗孔工序图。图2-38是镗削图2-37所示衬套上阶梯孔的气动卡盘，工件以 $\phi 100_{-0.035}^0$ mm外圆及端面在夹具定位套的内孔和端面上定位。夹具由卡盘1，回转气缸6和导气接头8三个部分组成。卡盘以其过渡盘2安装在主轴3前端的轴颈上，回转气缸则通过连接盘5安装在主轴末端，活塞7和卡盘1通过拉杆4相连，拉杆4通过浮动盘9带动三个卡爪10夹紧工件，加工时，卡盘和回转气缸随主轴一起旋转，导气接头不转动。

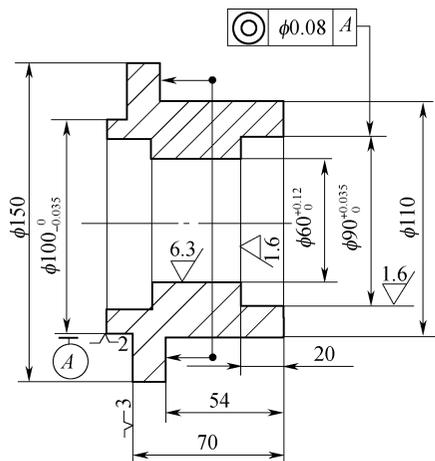


图2-37 衬套镗孔工序图

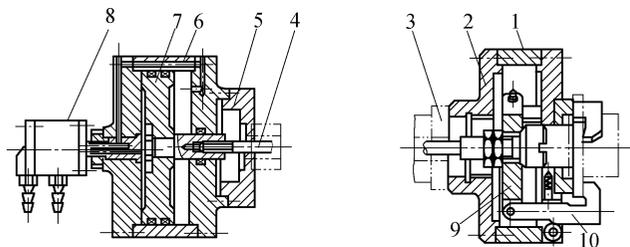


图2-38 衬套镗孔气动卡盘

- 1—卡盘；2—过渡盘；3—主轴；4—拉杆；5—连接盘；
6—回转气缸；7—活塞；8—导气接头；9—浮动盘；10—卡爪

3. 心轴式及夹头式车床夹具

心轴式车床夹具的主要限位元件为轴，常用于以孔作定位基准的回转体零件的加工，如套类、盘类零件。常用的有圆柱心轴和弹性心轴。

夹头式车床夹具的主要限位元件为孔，常用于以外圆作主要定位基准的小型回转体零件的加工，如小轴零件。常用的有弹性夹头。

图2-39为手动弹簧心轴，工件以精加工过的内孔在弹性筒夹5和心轴端面上定位。旋紧螺母4，通过锥体1和锥套3使弹性筒夹5向外变形，将工件胀紧。

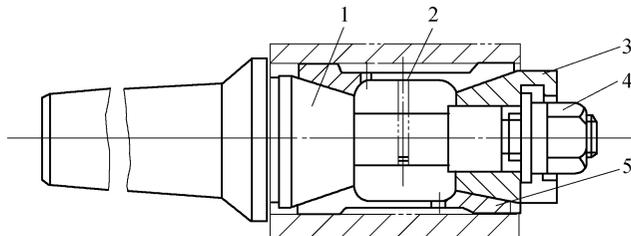


图2-39 手动弹簧心轴

- 1—锥体；2—防转销；3—锥套；4—螺母；5—弹性筒夹

图2-40为弹簧夹头，用于加工阶梯轴上 $\phi 30_{-0.033}^0$ mm外圆柱面及端面。如果采用三爪自定心卡盘装夹工件，则很难保证两端面圆柱面的同轴度要求。工件以 $\phi 20_{-0.021}^0$ mm圆柱面及端面C在弹性筒夹2内定位，夹具体以锥柄插入车床主轴的锥孔中。当拧紧螺母3时，其内锥面迫使筒夹的薄壁部分均匀变形收缩，将工件夹紧。反转螺母时，筒夹弹性恢复张开，松开工件。

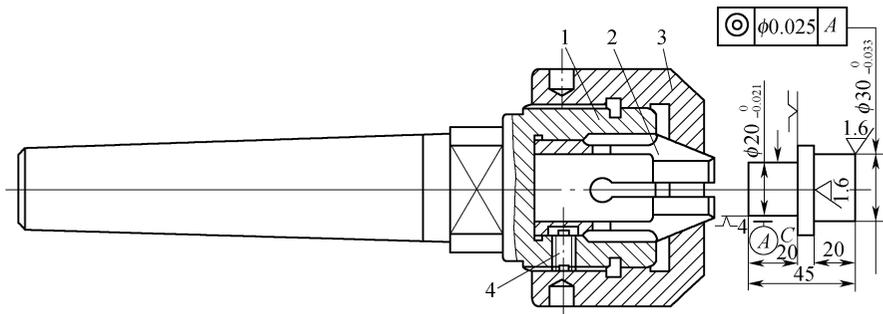


图2-40 弹簧夹头

1—夹具体；2—弹性筒夹；3—螺母；4—螺钉

4. 车床夹具设计要点

(1) 车床夹具总体结构。车床夹具大都安装在机床主轴上，并与主轴一起作回转运动。为保证夹具工作平稳，夹具的结构应尽量紧凑，重心应尽量靠近主轴端，一般要求夹具悬伸长度不大于夹具轮廓外径。对于弯板式车床夹具（图2-41）和偏重的车床夹具，应很好地进行平衡。为保证工作安全，夹具上所有元件或机构不应超出夹具体的外廓，必要时应加防护罩（图2-41中的件2）。此外要求车床夹具的夹紧机构要能提供足够的夹紧力，且有较好的自锁性，以确保工件在切削过程中不会松动。

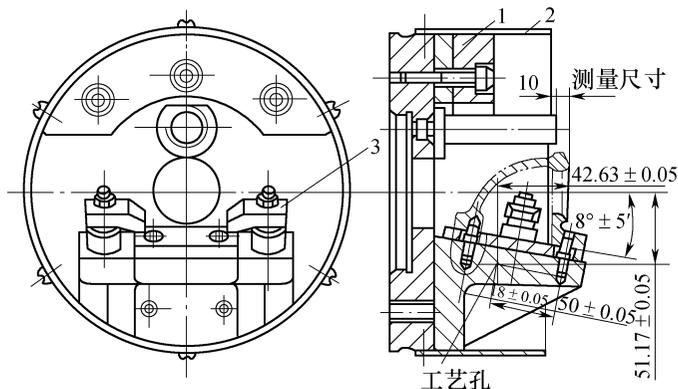


图2-41 弯板式车床夹具

1—平衡块；2—防护罩；3—钩形压板

(2) 夹具与机床主轴的连接。车床夹具与机床主轴的连接方式取决于主轴轴端的结构以及夹具的体积和精度要求。图 2-42 所示为几种常见的连接方式。在图 2-42 (a) 中, 夹具以长锥柄安装在主轴锥孔内, 这种方式定位精度高, 但刚性较差, 多用于小型车床夹具与主轴的连接。图 2-42 (b) 所示夹具以端面 A 和圆孔 D 在主轴上定位, 孔与主轴轴颈的配合一般取 $\frac{H_7}{h_6}$, 这种连接方法制造容易, 但定位精度不很高。图 2-42 (c) 所示夹具以端面 T 和短锥面 K 定位, 这种连接方式不但定位精度高, 而且刚性也好。需注意的是, 这种定位方法是过定位, 一般要对夹具上的端面 T 锥孔进行配磨加工。

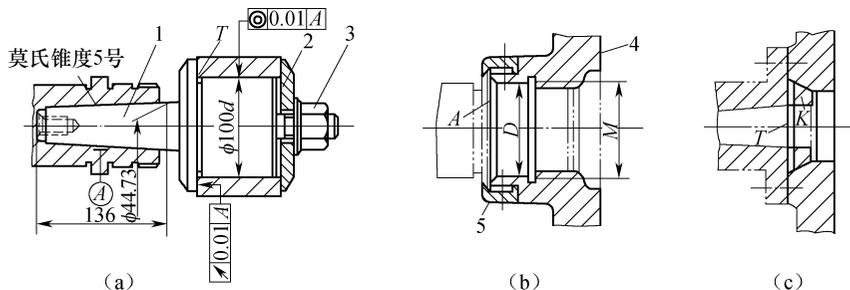


图 2-42 夹具在主轴上的安装

(a) 夹具以长锥柄在主轴锥孔内定位; (b) 夹具以端面和圆孔在主轴上定位; (c) 夹具以端面和短锥面定位
1—长锥柄; 2—压板; 3—螺母; 4—夹具体; 5—压块

车床夹具还经常使用过渡盘与机床主轴相连接。图 2-43 中的件 8 即为一种常用的过渡盘。过渡盘与夹具的连接跟上面介绍的夹具与主轴的连接方法相同。过渡盘与夹具的连接大都采用止口 (一大平面加一短圆柱面) 连接方式 (图 2-43)。当车床上所用夹具需要经常更换时, 或同一类夹具需要在不同机床上使用时, 采用过渡盘连接是很方便的。为减小由于增加过渡盘而造成的夹具安装误差, 可在安装夹具时, 对夹具的定位面 (或在夹具上专门做的找正环面) 进行找正。车床夹具的设计要点同样适合于内圆磨床和外圆磨床所用的夹具。

2.4.2 铣床夹具

铣床夹具主要用于加工零件上的平面、凹槽、花键及各种成型面。铣削加工时切削用量较大, 且是多刀齿断续切削, 所以切削力大, 冲击和振动也较严重,

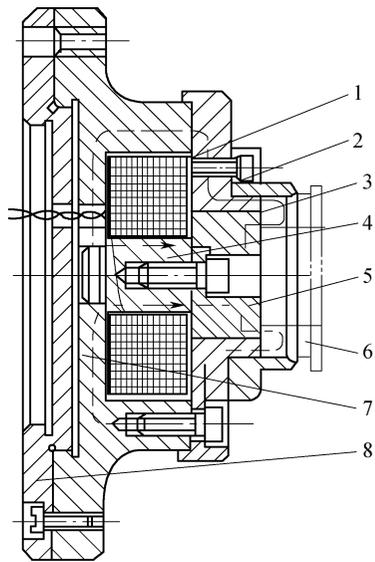


图 2-43 卡盘式车床夹具

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

因此要求铣床夹具的夹紧力较大，夹具各组成部分要有较好的强度和刚度。

铣床夹具一般必须有确定夹具方向和刀具位置的定向键和对刀块，以保证夹具与刀具和机床的相对位置。这是铣床夹具结构的主要特点。

按铣削时的进给方式不同，铣床夹具主要分为直线进给式和圆周进给式两种。

1. 直线进给式铣床夹具

这类夹具安装在铣床工作台上，加工中随工作台按直线进给方式运动。例如，图2-45是铣图2-44所示连杆上直角凹槽的直线进给式夹具。工件以一面两孔在支撑板8、菱形销7和圆柱销9上定位。拧紧螺母6，通过活节螺栓5带动浮动杠杆3，使两副压板10均匀且同时夹紧两个工件。该夹具可同时加工6个工件，属于多件加工铣床夹具，生产效率高。

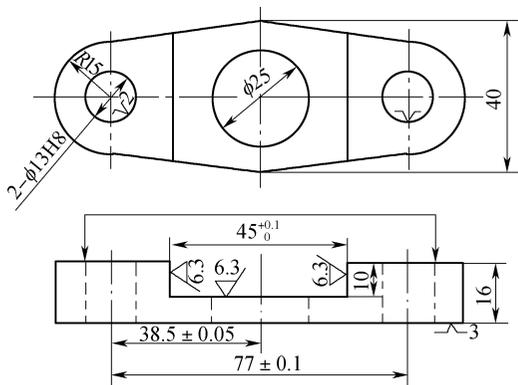


图2-44 连杆铣槽工序图

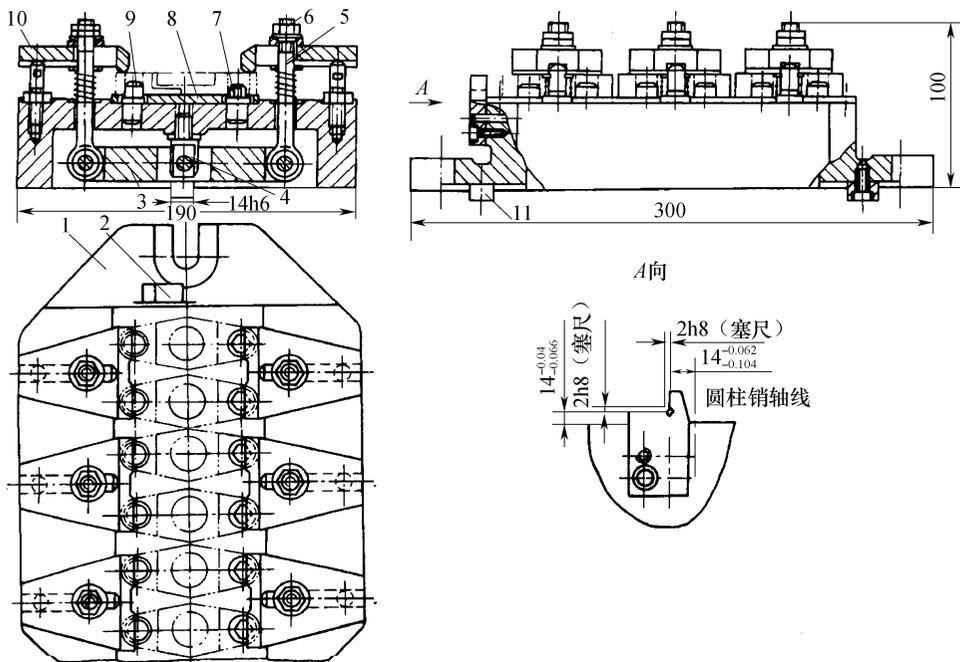


图2-45 连杆铣槽夹具

1—夹具体；2—对刀块；3—浮动杠杆；4—铰链螺钉；5—活节螺栓；
6—螺母；7—菱形销；8—支撑板；9—圆柱销；10—压板；11—定位键

2. 圆周进给铣床夹具

圆周进给铣床夹具多用在有回转工作台或回转鼓轮的铣床上，依靠回转台或鼓轮的旋转将工件顺序送入铣床的加工区域，以实现连续切削。在切削的同时，可在装卸区域装卸工件，使辅助时间与机动时间重合，因此它是一种高效率的铣床夹具。

图 2-46 所示是在立式铣床上连续铣削拨叉两端面的夹具。工件以圆孔、孔的端面及侧面在定位销 2 和挡销 4 上定位，由液压缸 6 驱动拉杆 1，通过开口垫圈 3 将工件夹紧。夹具上同时装夹 12 个工件。电动机通过蜗杆蜗轮机构带动工作台回转，*AB* 扇形区是切削区域，*CD* 扇形区是装卸工件区域，可在不停车的情况下装卸工件。

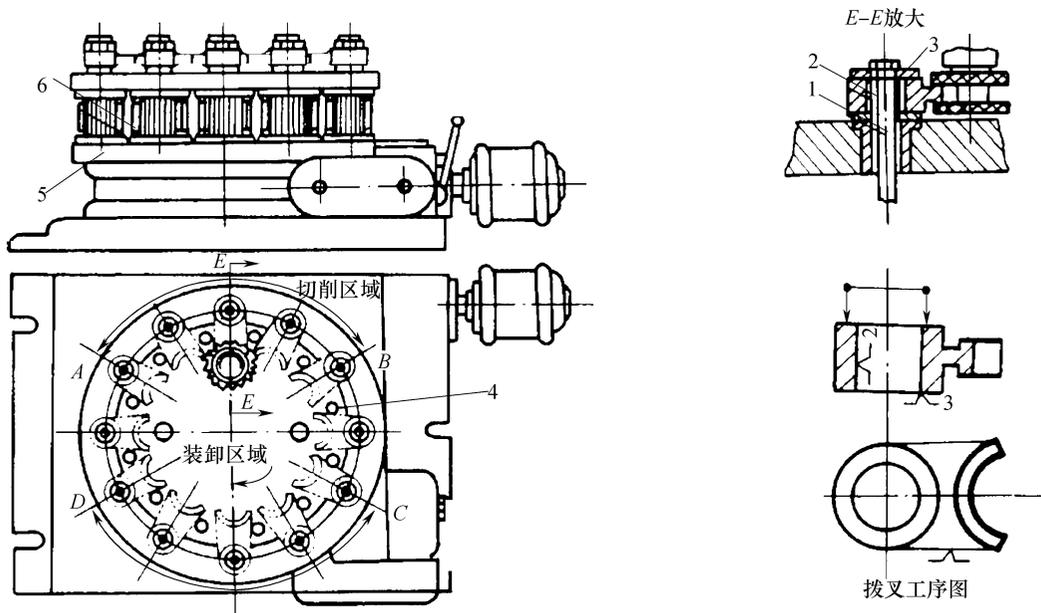


图 2-46 圆周进给铣床夹具

1—拉杆；2—定位销；3—开口垫圈；4—挡销；5—转台；6—液压缸

3. 铣床夹具设计要点

(1) 夹具总体结构。铣削加工的切削力较大，又是断续切削，加工中易引起振动，因此铣床夹具的受力元件要有足够的强度和刚度。夹紧机构所提供的夹紧力应足够大，且要求有较好的自锁性能。为了提高夹具的工作效率，应尽可能采用机动夹紧机构和联动夹紧机构，并在可能的情况下，采用多件夹紧和多件加工。

(2) 对刀装置。对刀装置用于确定工件相对于刀具的位置。铣床夹具的对刀装置主要由对刀块和塞尺构成。图 2-47 为几种常用的对刀块。其中图 2-47 (a) 为高度对刀块，用于加

工平面时对刀；图2-47 (b) 为直角对刀块，用于加工键槽或台阶面时对刀；图2-47 (c) 和图2-47 (d) 为成型对刀块，用于加工成型表面时对刀。图2-47 (e) 为组合式铣刀对刀装置。塞尺用于检查刀具与对刀块之间的间隙，以避免刀具与对刀块直接接触。

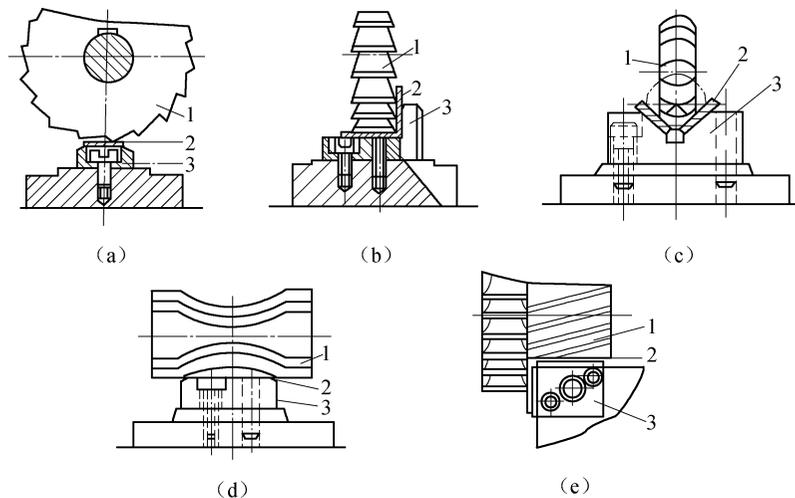


图2-47 常用铣刀对刀装置

(a) 高度对刀块；(b) 直角对刀块；(c)、(d) 成型刀具对刀装置；(e) 组合式铣刀对刀装置
1—刀具；2—塞尺；3—对刀块

(3) 夹具体。铣床夹具的夹具体要承受较大的切削力，因此要有足够的强度、刚度和稳定性。通常在夹具体上要适当地布置筋板，夹具体的安装面应足够大，且尽可能做成周边接触的形式。铣床夹具通常通过定位键与铣床工作台 T 形槽的配合来确定夹具在机床上的位置。图2-48 所示为定位键结构及应用情况。定位键与夹具体配合多采用 $\frac{H_7}{h_6}$ 。

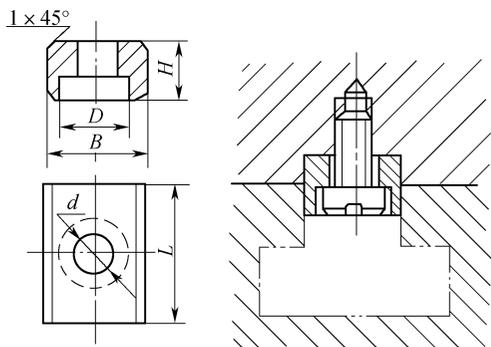


图2-48 夹具定向键

为了提高夹具的安装精度，定位键的下部（与工作台 T 形槽配合部分）可留有余量以便进行修配，或在安装夹具时使定位键一侧与工作台 T 形槽靠紧，以消除间隙的影响。铣床夹具大都在夹具体上设计有耳座，并通过螺栓将夹具牢固地紧固在机床工作台上的 T 形槽中。铣床夹具的设计要点同样适用于刨床夹具，其中主要方面也适用于平面磨床夹具。

2.4.3 钻床夹具

在钻床上进行孔的钻、扩、铰、镗及攻螺纹时用的夹具，称为钻床夹具，俗称钻模。钻模上均设置钻套和钻模板，用以引导刀具。钻模主要用于加工中等精度、尺寸较小的孔或孔系。被加工孔的尺寸精度主要是由刀具本身的精度来保证，而被加工孔的形状、位置精度则由钻套内孔尺寸和公差及钻套在夹具体上的位置精度等因素来确定。使用钻模可提高孔及孔系的位置精度和生产效率，其结构简单，制造方便。

钻模的结构类型很多，按钻模的结构特点不同，可将钻模分为固定式、分度式、翻转式、盖板式、移动式等。

1. 固定式钻模

固定式钻模在加工零件时被固定在工作台上。这种钻模用于立式钻床上，适用于进行等直径的一个孔或阶梯孔的加工；在摇臂钻床上可用来加工多孔。使用这种钻模加工的孔精度较高，但效率较低。图 2-49 所示为一个固定式钻模，用来加工两端有凸缘的套筒工件。圆柱销 2 限制两个自由度，菱形销 1 限制一个自由度，夹具体 7 的平面限制三个自由度，工件被完全定位。由于工件径向刚性差，而轴向刚性较好，采用轴向压紧合理。使用开口垫圈 3 可以节省装夹、卸下工件的时间。

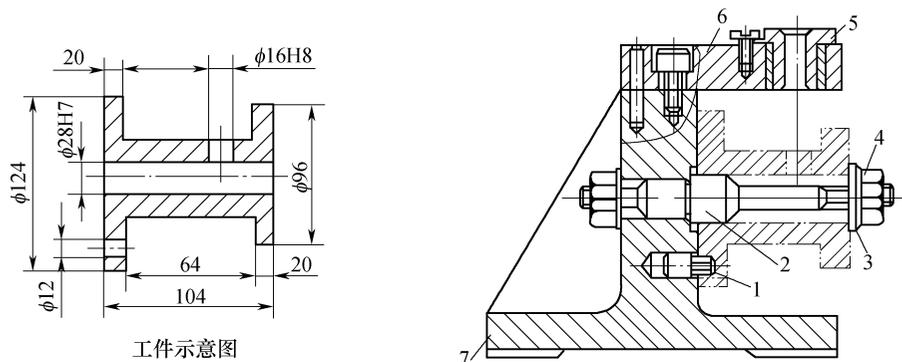


图 2-49 固定式钻模

1—菱形销；2—圆柱销；3—开口垫圈；4—螺母；5—钻套；6—钻模板；7—夹具体

2. 分度式钻模

图 2-50 为法兰盘钻四孔工序图，本工序加工四个均布的 $\phi 10$ mm 孔。图 2-51 为用于该工序的分度式钻模。工件以端面、 $\phi 82$ mm 止口和四个 $R10$ mm 的圆弧面之一在回转台 7 和活动 V 形块 10 上定位。逆时针转动手柄 11，使活动 V 形块 10 转到水平位置，在弹簧力作用下，卡在 $R10$ mm 的圆弧面上，限制工件绕轴线的自由度；通过螺母 2 和开口垫圈 3 压紧

工件。采用铰链式钻模板1，便于装卸工件。钻完一个孔后，拧松锁紧螺钉14，使滑柱13、锁紧块12与回转台7松开，拉出手柄11并旋转90°，使活动V形块10脱离工件，向上推动手柄5，使对定爪6脱离分度盘8，转动回转台7，对定爪6在弹簧销4的作用下自动插入分度盘8的下一个槽中，实现分度对定；然后拧紧锁紧螺钉14，通过滑柱13、锁紧块12锁紧回转台7，便可钻削第二个孔。依同样的方法加工其他孔。

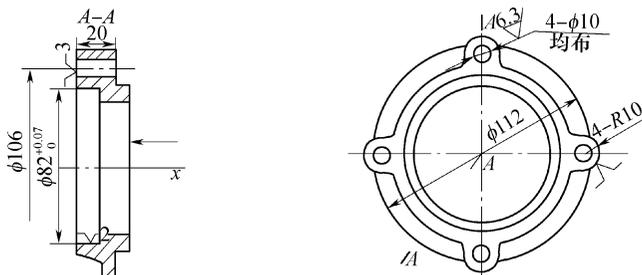


图2-50 法兰盘钻四孔工序图

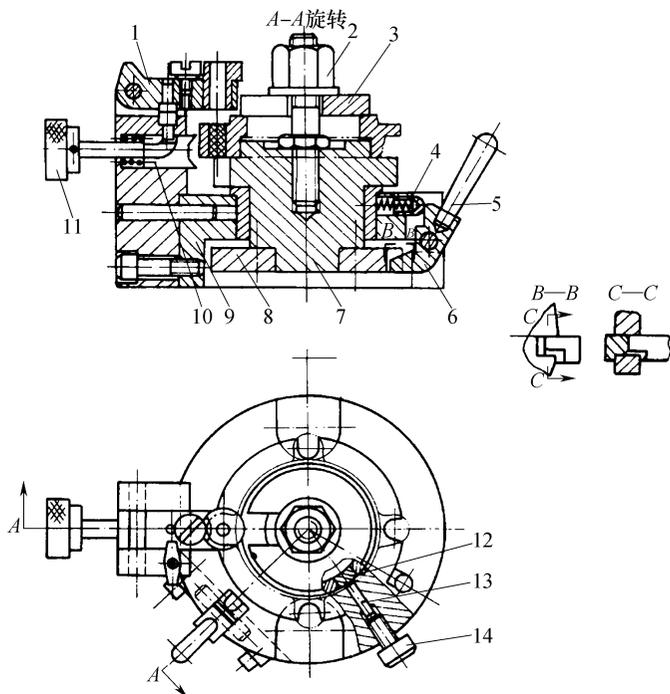


图2-51 法兰盘钻四孔的分度式钻模

- 1—铰链式钻模板；2—螺母；3—开口垫圈；4—弹簧销；5、11—手柄；6—对定爪；7—回转台；8—分度盘；9—夹具体；10—活动V形块；12—锁紧块；13—滑柱；14—锁紧螺钉

3. 翻转式钻模

翻转式钻模主要用于加工小型工件（一般质量为8~10 kg）不同表面上的孔。这种钻加工的各孔位置精度较高，生产效率也较高。适合于中、小批量工件的加工。由于加工时钻模需在工作台上翻转，因此夹具的重量不宜过大，一般应小于10 kg。图2-52所示为一种翻转式钻模，这种钻模可以实现一次装夹中加工出工件上全部的八个孔。

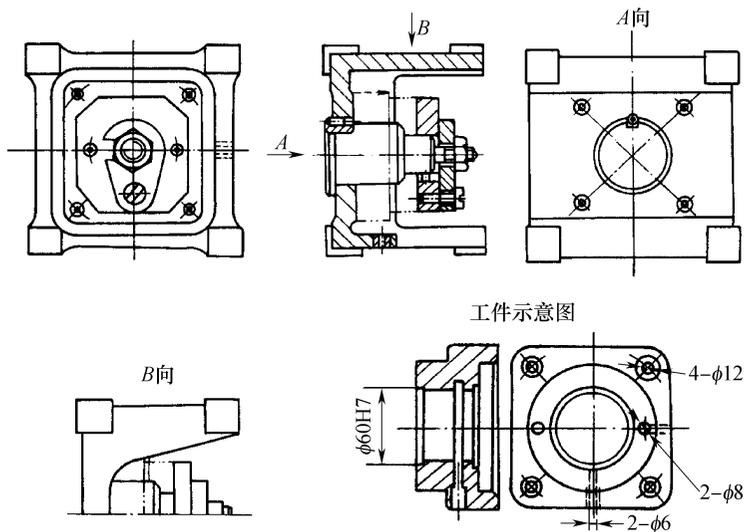


图 2-52 翻转式钻模

4. 盖板式钻模

盖板式钻模的特点是定位元件、夹紧装置及钻套均设在钻模板上，钻模板在工件上装夹。它常用于床身、箱体等大型工件上的小孔加工，也可用于在中、小工件上钻孔。加工小孔的盖板式钻模，因钻削力矩小，可不设置夹紧装置。

图2-53为主轴箱钻七孔盖板式钻模，右边为工序简图，需加工两个大孔周围的七个螺纹底孔，工件其他表面均已加工完毕。以工件上两个大孔及其端面作为定位基面，在钻模板的圆柱销2、菱形销6及四个定位支撑钉1组成的平面上定位。钻模板在工件上定位后，旋转螺杆5，推动钢球4向下，钢球同时使三个柱塞3外移，将钻模板夹紧在工件上。

5. 钻模设计要点

(1) 钻套。钻套是引导刀具的元件，用以保证孔的加工位置，并防止加工过程中刀具的偏斜。按结构特点钻套可分为四种类型，即固定钻套、可换钻套、快换钻套和特殊钻套。固定钻套如图2-54(a)所示，直接压入钻模板或夹具体的孔中，位置精度较高，但磨损后不易拆卸，故多用于中、小批量生产。可换钻套如图2-54(b)所示，以间隙配合安装在衬套中，而衬套则压入钻模板或夹具体的孔中。为防止钻套在衬套中转动而加一个固定螺钉。

可换钻套在磨损后可以更换，故多用于大批量生产。快换钻套如图 2-54 (c) 所示，具有快速更换的特点，更换时不需要拧动螺钉，而只要将钻套逆时针方向转动一个角度，使螺钉头部对准钻套缺口，即可取下钻套。快换钻套多用于同一个孔需经多个工步（钻、扩、铰等）加工的情况。上述三种钻套均已标准化，其规格可查阅有关手册。特殊钻套如图 2-55 所示，用于特殊加工的场合，如在斜面上钻孔，在工件凹陷处钻孔，钻多个小间距孔等。此时不宜使用标准钻套，可根据特殊要求设计专用钻套。

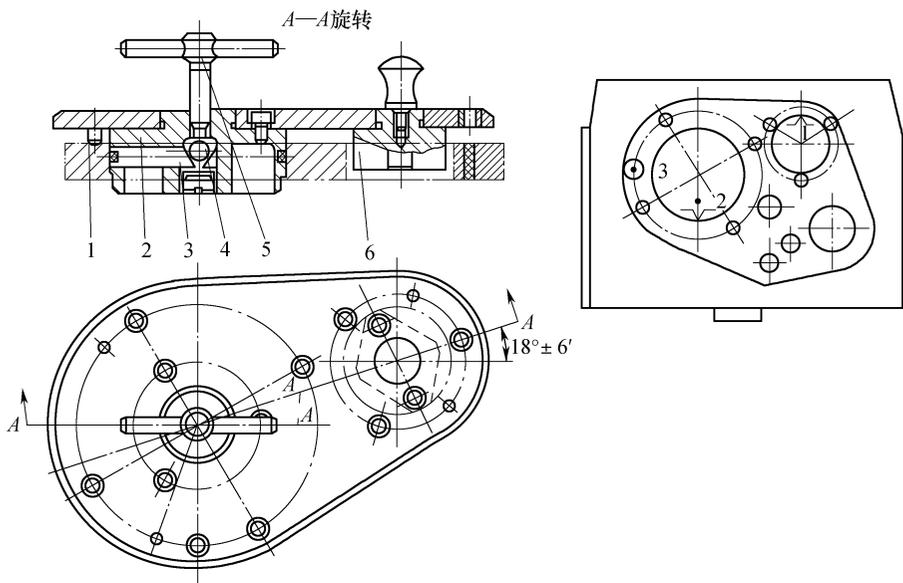


图 2-53 主轴箱钻七孔盖板式钻模

1—支撑钉；2—圆柱销；3—柱塞；4—钢球；5—螺杆；6—菱形销

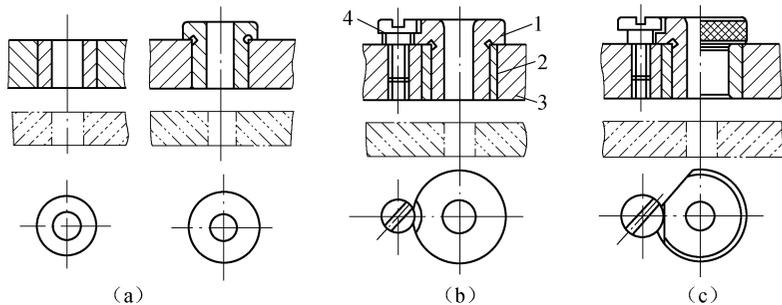


图 2-54 钻套

(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

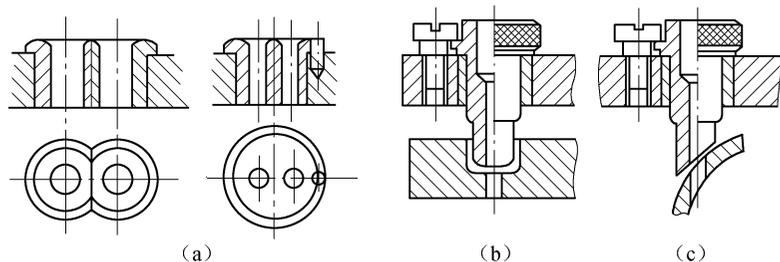


图 2-55 特殊钻套

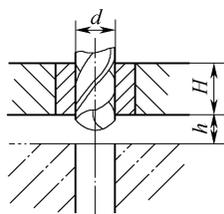


图 2-56 钻套高度与容屑间隙

钻套中引导孔的尺寸及其偏差应根据所引导的刀具尺寸来确定。通常取刀具的最大极限尺寸为引导孔的基本尺寸，孔径公差依加工精度要求来确定。钻孔和扩孔时可取 F7，粗铰时取 G7，精铰时取 G6。若钻套引导的不是刀具的切削部分，而是刀具的导向部分，常取配合为 H7/f7，H7/g6，H6/g5。钻套的高度 H 如图 2-56 所示，直接影响钻套的导向性能，同时影响刀具与钻套之间的摩擦情况。通常取 $H = (1 \sim 2.5) d$ 。对于精度要求较高的孔、直径较小的孔和刀具刚性较差时应取较大值。

钻套与工件之间应留有排屑间隙，此间隙不宜过大，以免影响导向作用，一般可取 $h = (0.3 \sim 1.2) d$ 。加工铸铁和黄铜等脆性材料时，可取较小值；加工钢等韧性材料时，可取较大值。当孔的位置精度要求很高时，也可以取 $h = 0$ 。

(2) 钻模板。钻模板用于安装钻套，钻模板与夹具体连接方式有固定式、铰链式和分离式等几种。

如图 2-57 所示钻模使用的固定式钻模板，直接固定在夹具体上，结构简单，精度较高。当使用固定钻模板装卸工件有困难时，可采用铰链式钻模板。铰链式钻模板可使钻模板转动，以使工件可以方便地装卸。这种钻模板通过铰链与夹具体相连接，由于铰链处存在间隙，因而精度不高。分离式钻模板是可拆卸的，工件每装卸一次，钻模板也要拆卸一次。与铰链式钻模板一样，它也是为了装卸工件方便而设计的，但在某些情况下，精度比较链式钻模板要高。

(3) 夹具体。钻模的夹具体一般不设定位或导向装置，夹具通过夹具体底面安放在钻床工作台上，可直接用钻套找正并用压板压紧，或在夹具体上设置耳座用螺栓压紧。

2.4.4 镗床夹具

镗床夹具又称镗模，主要应用于加工箱体、支架类零件上的孔或孔系，它不仅在各类镗床上使用，也可在组合机床、车床及摇臂钻床上使用。镗模与钻模相比结构要复杂得多，制

造精度也要高得多；采用镗模以后，镗孔的精度便可不受机床精度的影响。镗模一般用镗套作为导向元件引导刀具或镗杆进行镗孔。镗套按照被加工孔或孔系的坐标位置布置在镗模支架上。按镗模支架在镗模上的布置形式的不同，可分为双支撑镗模、单支撑镗模及无支撑镗床夹具三类。

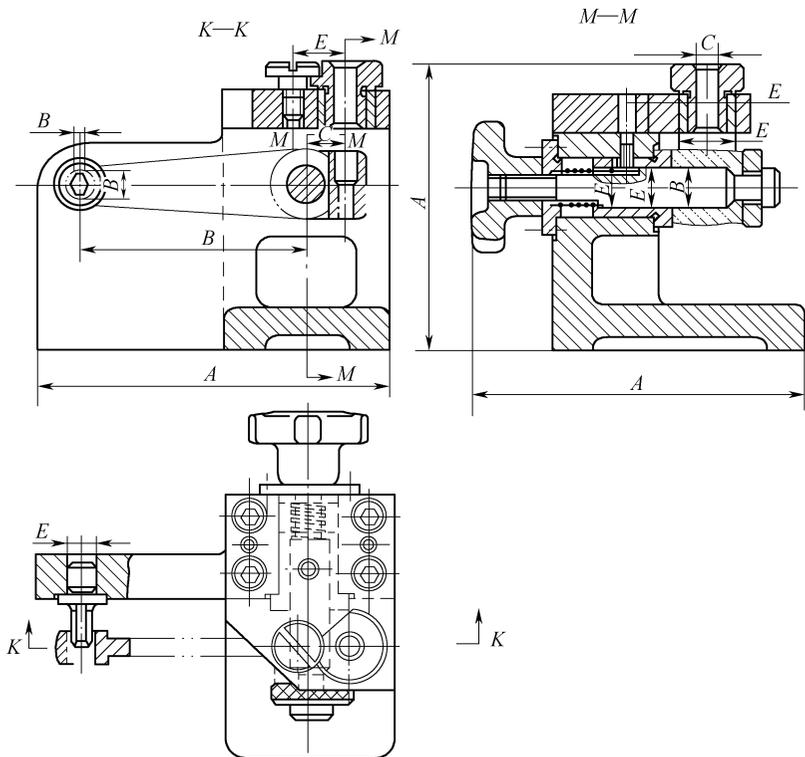


图 2-57 固定式钻模板

1. 双支撑镗模

双支撑镗模上有两个引导镗刀杆的支撑，镗杆与机床主轴采用浮动连接，镗孔的位置精度由镗模保证，消除了机床主轴回转误差对镗孔精度的影响。

(1) 前后双支撑镗模。图 2-58 为镗削车床尾座的镗模，镗模的两个支撑分别设置在刀具的前方和后方，镗刀杆 9 和主轴之间通过浮动接头 10 连接。工件以底面、槽及侧面在定位板 3、4 及可调支撑钉 7 上定位，限制 6 个自由度。采用联动夹紧机构，拧紧螺钉 6，压板 5、8 同时将工件夹紧。镗模支架 1 上装有滚动回转镗套 2，用以支撑和引导镗刀杆。镗模以底面 A 作为安装基面安装在机床工作台上，其侧面设置找正基面 B，因此可不设定位键。

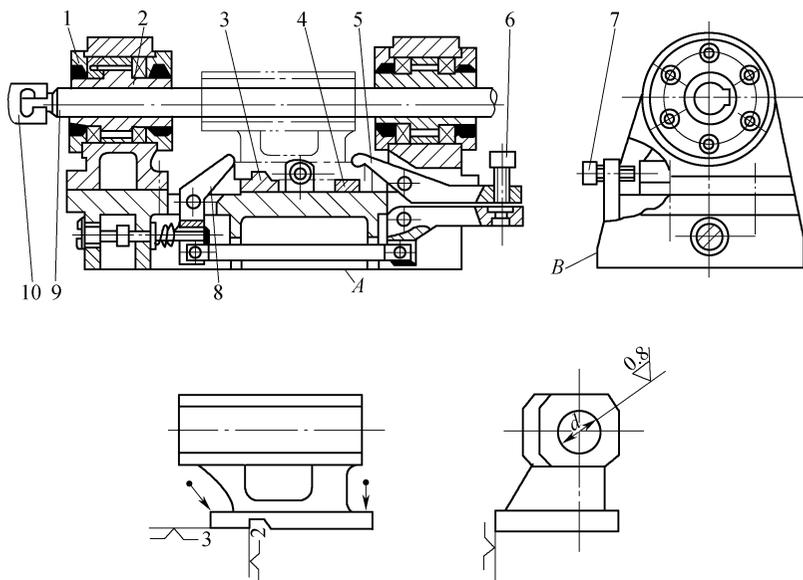


图 2-58 镗削车床尾座孔镗模

1—支架；2—镗套；3、4—定位板；5、8—压板；6—夹紧螺钉；7—可调支撑钉；9—镗刀杆；10—浮动接头

前后双支撑镗模应用最普遍，一般用于镗削孔径较大，孔的长径比 $L/D > 1.5$ 的通孔或孔系，其加工精度较高，但更换刀具不方便。当工件同一轴线上孔数较多，且两支撑间距离 $L > 10d$ 时，在镗模上应增加中间支撑，以提高镗杆刚度（ d 为镗杆直径）。

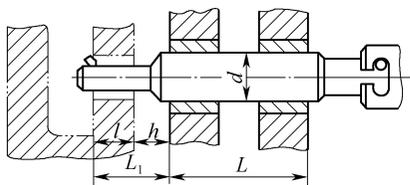


图 2-59 后双支撑镗孔

(2) 后双支撑镗模。图 2-59 为后双支撑镗孔示意图，两个支撑设置在刀具的后方，镗杆与主轴浮动连接。为保证镗杆的刚性，镗杆的悬伸量 $L_1 < 5d$ ；为保证镗孔精度，两个支撑的导向长度 $L > (1.25 \sim 1.5) L_1$ 。后双支撑镗模可以在箱体的一个壁上镗孔。后双支撑镗模便于装卸工件和刀具，也便于观察和测量。

2. 单支撑镗模

这类镗模只有一个导向支撑，镗杆与主轴采用固定连接。安装镗模时，应使镗套轴线与机床主轴轴线重合。主轴的回转精度将影响镗孔精度。根据支撑相对刀具的位置不同，单支撑镗模又可分为以下两种。

(1) 前单支撑镗模。图 2-60 所示为采用前单支撑镗孔，镗模支撑设置在刀具的前方，主要用于加工孔径 $D > 60 \text{ mm}$ 、加工长度 $L < D$ 的通孔。一般镗杆的导向部分直径 $d < D$ 。因导向部分直径不

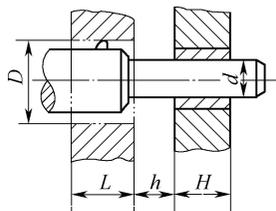


图 2-60 前单支撑镗孔

受加工孔径大小的影响,故在多工步加工时,可不更换镗套。这种布置也便于在加工中观察和测量。但在立镗时,切屑会落入镗套,应设置防屑罩。

(2) 后单支撑镗模。图 2-61 所示为采用后单支撑镗孔,镗套设置在刀具的后方。用于立镗时,切屑不会落入镗套。

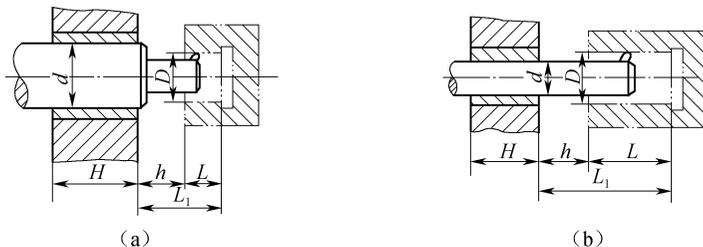


图 2-61 后单支撑镗孔

(a) $L < D$; (b) $L \geq D$

3. 无支撑镗床夹具

工件在刚性好、精度高的金刚镗床、坐标镗床或数控机床、加工中心上镗孔时,夹具上不设置镗模支撑,加工孔的尺寸和位置精度均由镗床保证。这类夹具只需设计定位装置、夹紧装置和夹具体即可。

2.5 现代机床夹具简介

2.5.1 机床夹具现代化发展方向

随着现代科学技术的进步和社会生产力的发展,机床夹具已由一种简单的辅助工具发展成为门类较齐全的重要机械加工工艺装备。现代机床夹具的发展方向,主要表现为高精度、高效率、柔性化和标准化等几个方面。

1. 高精度

随着各类产品制造精度日益提高,对机床及其夹具的精度要求也越来越高,为适应高精度产品的加工需要,各类高精度夹具也以较快的速度向前发展,高精度成为近代机床夹具发展的一个重要方向。目前,用于精密车削的高精度三爪自定心卡盘,其定心精度已可达 $5 \mu\text{m}$ 以内;而高精度心轴的同轴度误差可控制在 $1 \mu\text{m}$ 以内;用于轴承座圈磨削的电磁无芯夹具,可使工件的圆度误差控制在 $0.2 \sim 0.5 \mu\text{m}$;用于精密分度的端齿盘分度回转工作台,其直接分度值可达 $15'$,其重复定位精度和分度对定误差可控制在 $1'$ 范围内。

2. 高效率

高效率切削加工主要体现在高切速、大用量、重负荷三个方面,而高效夹具除应适应高

效加工的夹紧要求外，还应有较好的工件安装自动化程度及准确性和灵活性，以尽量减少装夹辅助时间，减轻工人的劳动强度。在大规模的专业化生产中，常专门设置工件的安装工位，以使工件装夹辅助时间与机械加工的走刀时间相重合，实现不停机的连续加工。近代夹具，尤其是应用于各类自动作业线上的夹具，基本上都采用气动、液动、电动和机动等动力夹具，使工件的装夹快速、准确，并可实现远程控制。另外，多件装夹夹具和复合工位夹具也都有相当的发展，在高效生产中发挥了很大的作用。

3. 柔性化

夹具的柔性化是指夹具依靠其自身的结构灵活性进行简单的组装、调整，即可适应生产加工不同情况的需要，是夹具对生产条件的一种自适应能力。

随着各类数控机床、数控加工中心（MC）及柔性制造系统（FMS）等高精度、高机动性自动化机床以及以它们为核心的作业线、自动线的不断发展，对机床的配套夹具的要求也越来越高，夹具与机床间的关系越来越密切。现代夹具将逐渐与机床融为一体，夹具与机床间的适应性发展，极大地提高了机床的加工能力、机动性能，使得原来功能较为单一的高效、精密专用机床的功能大为改善。具有自动回转、翻转功能的高效能夹具的普及应用，已使得一些中、小批量产品的生产效率，逐渐接近于专业化的大批量生产的水平。

随着现代化生产形势的发展，旧有产品不断地被改型或淘汰，新产品不断涌现，夹具如何进一步提高其自身的机动性和适应能力，已成为在相当时期内现代夹具的一个重要研究方向。

4. 标准化

机床夹具的标准化，是夹具标准化、系列化和通用化的体现，是促使现代夹具发展的一项十分重要的技术措施。

随着科学技术的飞速发展和我国改革开放步伐的加快，部分旧有国家标准和个别行业标准与国际标准的不统一，一度影响了我们的产品及技术与国际社会的顺利接轨，因此，国家质量技术监督等有关部门在“三化”方面做了大量的工作，并先后对夹具零件、部件有关技术标准进行修订和完善，产生了新的夹具零件、部件推荐标准，为机床夹具的设计、制造及应用，提供了法规性文件，使之成为夹具生产的统一依据，并且对指导夹具结构、尺寸的标准，推动夹具的专业化生产，起到了极大的促进作用。

2.5.2 组合夹具

组合夹具自20世纪40年代以来，在世界一些国家中采用并得到迅速发展。我国从50年代开始使用，目前已形成了一套完整的组合夹具体系。它对保证产品质量，提高劳动生产率，降低成本，缩短生产周期等都起着重要的作用。

1. 组合夹具的工作原理及特点

组合夹具是在机床夹具零部件标准化基础上发展起来的一种新型的工艺装备，其工作原理类似于“搭积木”，如图2-62所示，它是由一套结构、尺寸已规格化、系列化和标准化的

通用元件和合件，在较短的时间内组装一套满足工件加工要求的专用夹具。使用完毕后，又可拆卸成单个元件（合件不拆开），经洗净后入库存放，待再次组装新的夹具。由此可见，组合夹具就是一种零件、部件可以多次重复使用的专用夹具。由于它是以组装代替设计和制造，具有如下特点。

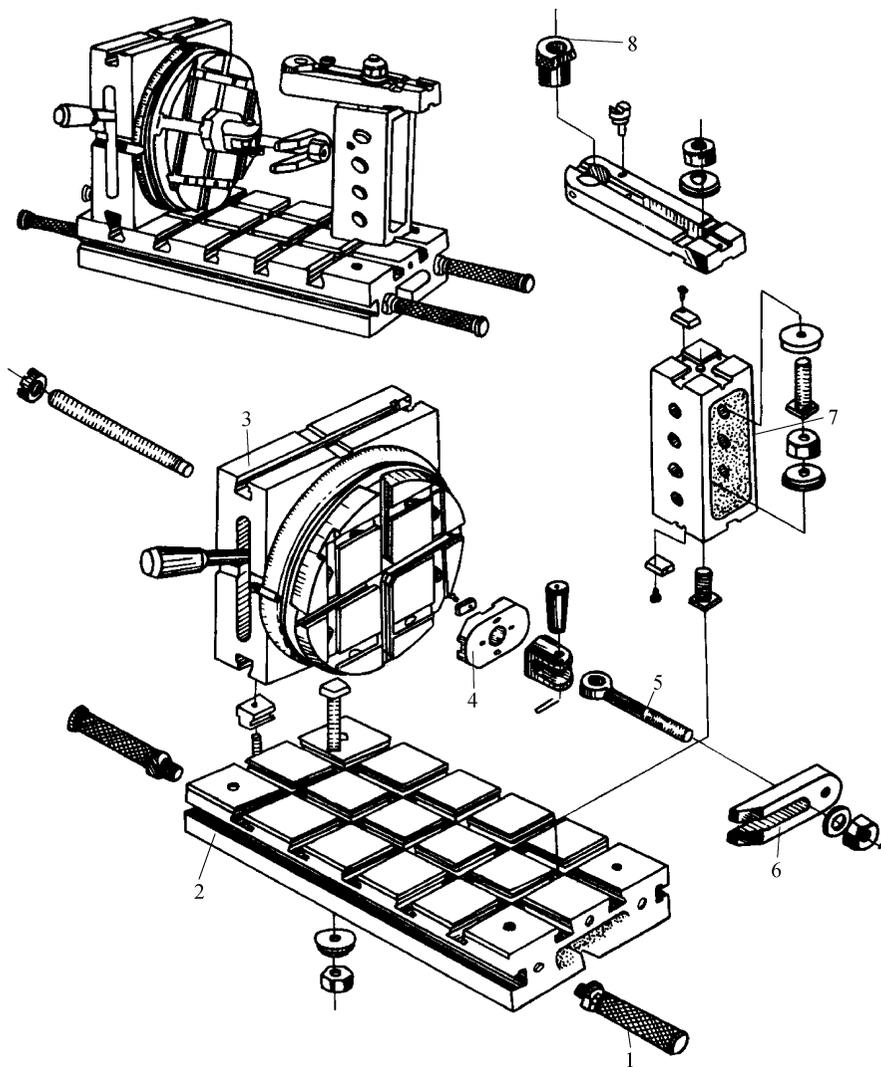


图 2-62 槽系组合钻模元件分解图

1—其他件；2—基础件；3—合件；4—定位件；5—紧固件；6—压紧件；7—支撑件；8—导向件

- (1) 灵活多变，适应范围广，可大大缩短生产准备周期。
- (2) 可节省大量人力物力，减少金属材料的消耗。

(3) 可大大减少存放专用夹具的库房面积, 简化了管理工作。

其不足之处是外形尺寸较大、笨重, 且刚性较差; 此外, 由于所需元件的储备量大, 故一次性投资费用高。

2. 组合夹具的应用场合

组合夹具使用上的临时性、组合性和多变适应性, 使得组合夹具特别适用于生产准备周期很短的临时突击性生产任务, 以及新产品的试制、产品的品种多变或单件小批量生产的情况。但由于组合夹具应用的初始投资较大, 其正常循环应用需要一定的生产规模相配合, 所以在小企业中往往难以推广, 一般多在固定行业的大中型企业得到较快的推广, 并取得较好的长期经济效益。对于具有一定生产规模的小城市, 可以建立专门的组合夹具站, 统一进行组合夹具的拼装、租赁业务, 才能尽快有效地发挥组合夹具的优越性。

3. 组合夹具的基本元件

组合夹具的灵活组合性决定其基本元件应具有较高的互换性及装配精度要求。组合夹具的各元件按其用途的不同, 分为基础件、支撑件、定位件、导向件、紧固件、压紧件、组合件和其他件八大类。

(1) 基础件。基础件分为圆形、方形、长方形基础板和基础角铁等几种外形, 它是整个组合夹具的夹具体, 是其他元件的安装基础。它需要具备一定的刚度, 并设置有供元件安装的 T 形槽系统。

(2) 支撑件。各种支撑件主要用作不同高度的垫块及支撑用, 种类较多, 包括各种方形支撑、长方形支撑、角度支撑、角铁等。

(3) 定位件。各种定位件, 主要用来确定各元件间准确的相互位置关系及为工件和机床提供定位。它包括各种定位销、定位盘、定位座、定位键、V 形座、T 形键、直键等结构。另外还有各种心轴、顶尖、对定销、定位板及三棱、六棱、四方形支座、定位支撑及调整块等。

(4) 导向件。导向件主要用来引导刀具如钻头、镗杆等, 它包括各种钻套、钻模板、镗孔支撑、导向支撑等。

(5) 压紧件。压紧件用来压紧工件及组合元件, 主要有各种压板、压脚, 包括平压板、开口压板、伸长压板、回转压板等。由于压板表面都经磨光, 也常用作限位挡板、连接板和垫铁来使用。

(6) 紧固件。各种紧固件用于紧固夹具上的各种散件及组件, 主要包括各种 T 形螺栓、关节螺栓、钩头螺栓、双头螺柱及其他特殊结构的螺母、垫圈等。

(7) 组合件。组合件又称合件, 是由数个元件组成的独立部件, 按其用途不同可分为定位合件、分度合件、支撑合件、导向合件、夹紧合件等。从结构上看有顶尖座、回转顶尖、可调 V 形座、折合板、分度盘、可调支座、可调角度转盘等。

合件是组合夹具的重要部件, 具有结构合理、使用方便及用途广泛的优点, 可以通过一定的组合而形成可调合件、多功能合件和高效装夹合件。另外, 结构合理的合件可以形成独

立的常用部件和多功能的专用合件，提高组装时的组合速度，所以合件被看做组合夹具中最具灵活性的重要部件。

(8) 其他件。组合夹具中的其他件是指一些辅助元件，如连接件、滚花手柄、各种支撑钉和支撑帽、平衡弹簧、平衡块、接头、摇板、摇块等。

4. 组合夹具的应用实例

图2-63所示为车削管状工件的组合夹具。这个夹具由圆形基础板1，直角方支撑2，长支撑4、6，圆支撑10，方支撑板5，V形支撑8等元件组成夹具体的基础及定位主体。工件在定位支撑8的V形槽、平面支撑9及圆支撑的定位表面上进行定位，并由夹紧螺钉3和11将工件夹紧，以满足较复杂外形工件的安装要求。

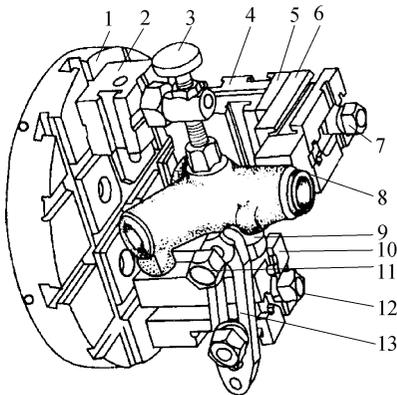


图2-63 组合夹具

- 1—圆形基础板；2—直角方支撑；
3、11—夹紧螺钉；4、6—支撑；
5—方支撑板；7— $\times\times\times$ ；8—定位支撑；
9—平面支撑；10—圆支撑

2.5.3 数控机床夹具

1. 对数控机床夹具的基本要求

数控机床加工本身具有高精度、高效率、产品转换容易、生产准备周期短、机床自适应性、自动化程度高等优点，比较适合于外形轮廓较复杂、不易装夹的工件及多品种、多工序小批量工件的加工。

由于数控机床的初始投资较大，使用成本相应较高，所以数控机床不太普及，企业主要用它加工高精度、复杂形面等工艺难度较大的工件和生产中的关键件、应急件及技术革新的试制件等。随着市场竞争的日趋激烈，产品更新换代速度的加快，数控机床开始在各类专业化生产中逐渐发挥出它的自动化高效作用。因此，对数控机床夹具一般有如下基本要求：

(1) 高精度。数控机床精度很高，一般用于高精度加工。这对数控机床夹具也提出了较高的定位安装精度要求和转位、对定精度要求。

(2) 快速装夹工件。为适应高效、自动化加工的需要，夹具结构应适应快速装夹的需要，以尽量减少工件装夹辅助时间，提高机床切削运转利用率。

为适应快速装夹的需要，夹具常采用液动、气动等快速反应夹紧动力。对切削时间较长的重要夹紧，在夹具液压夹紧系统中附加储能器，以补偿内泄漏，防止可能造成的松夹现象。若对自锁性要求较严格，则多采用快速螺旋夹紧机构，并利用高速风动扳手辅助安装。

为减少停机装夹时间，夹具可设置预装工位，也可利用机床的自动换位托盘装置，专门装卸工件。对于柔性制造单元和自动线中的数控机床及加工中心，其夹具结构应注意为安装自动送料装置提供方便。

(3) 具有良好的敞开性。数控机床加工为刀具自动走刀加工。夹具及工件应为刀具的移动和换刀等快速动作提供较为宽敞的运行空间。尤其对于需多次进出工件的多刀、多工序加工，夹

具的结构更应尽量简单、开放，使刀具容易进入，以防刀具运动中与夹具工件系统碰撞。

(4) 本身的机动性要好。数控机床加工追求一次装夹条件下，尽量干完所有机床加工内容。对于机动性能稍差些的二轴联动数控机床，可以借助于夹具的转位、翻转等功能弥补机床性能的不足，保证在一次装夹条件下完成多面加工。

(5) 在机床坐标系中坐标关系明确，数据简单，便于坐标的转换计算。数控机床均具有自己固定的机床坐标系，而装夹在夹具上的工件在加工时，应明确其在机床坐标系中的确切位置，以便刀具按照程序的指定路线运动，切出预期的尺寸和形状。为简化编程计算，一般多采取建立工件坐标系的方法，即根据工件在夹具中的装夹位置，明确编程的工件坐标系相对机床坐标系的准确位置，以便把刀具由机床坐标系转换到此程序的工件坐标系。所以，要求数控机床上的夹具定位系统，应指定一个很明确的零点表明装夹工件的位置，并据此选择工件坐标系的原点。为使坐标转换计算方便，夹具零点相对机床工作台原点的坐标尺寸关系应简单明了，便于测量、记忆、调整及计算。有时也直接把工件坐标系原点选在夹具零点上。

(6) 部分数控机床夹具应为刀具的对刀提供明确的对刀点。数控机床加工中，每把刀具进入程序均应有一个明确的起点，称为这一刀具的起刀点（刀具进入程序的起点）。若一个程序中要调用多把刀具对工件进行加工，就需要使每把刀具都由同一个起点进入程序。因此，各刀具在装刀时，应把各刀的刀位点都安装或校正到同一个空间点上，这个点称为对刀点。

对于镗、铣、钻类数控机床，多在夹具上或夹具中的工件上专门指定一个特殊点作为对刀点，为各刀具的安装和校正提供统一的依据。这个点一般应与工件的定位基准，即与夹具定位系统保持明确的关系，便于刀具与工件坐标系关系的确立和测量，以使不同刀具都能精确地由同一点进入同一个程序。

当刀具经磨损、重装而偏离这一依据点，多通过改变刀具相对这个点的坐标偏移补偿值自动。

(7) 高适应性。数控机床加工的机动性和多变化性，要求机床夹具应具有对不同工件、不同装夹要求的较高适应性。一般情况下，数控机床夹具多采用各种组合夹具。在专业化大规模生产中多采用拼装类夹具，以适应生产多变化、生产准备周期短的需要。在批量生产中，也常采用结构较简单的专用夹具，以提高定位精度。在品种多变的行业性生产中多使用可调夹具和成组夹具，以适应加工的多变化性。

总之，数控机床夹具可根据生产的具体情况灵活选用合适的夹具。批量较大的自动化生产中，夹具的自动化程度较高，结构相应也较复杂。而单件、小批量生产，也可以直接采用通用夹具，生产准备周期很短，不必再单独制造夹具。

2. 数控机床夹具实例

图 2-64 所示为一数控机床夹具。用来镗削工件上的 A、B、C 三个孔。整个夹具为孔系拼装类夹具，基础件为孔系液压基础平台 5；三个定位销 3 安装在平台上平面的孔系中，与平台上平面一起形成夹具定位系统；夹紧机构由装在基础平台内的两个液压缸 8，通过拉杆 12、压板 13 组成，可在压力油控制下对工件实现快速或自动夹紧。

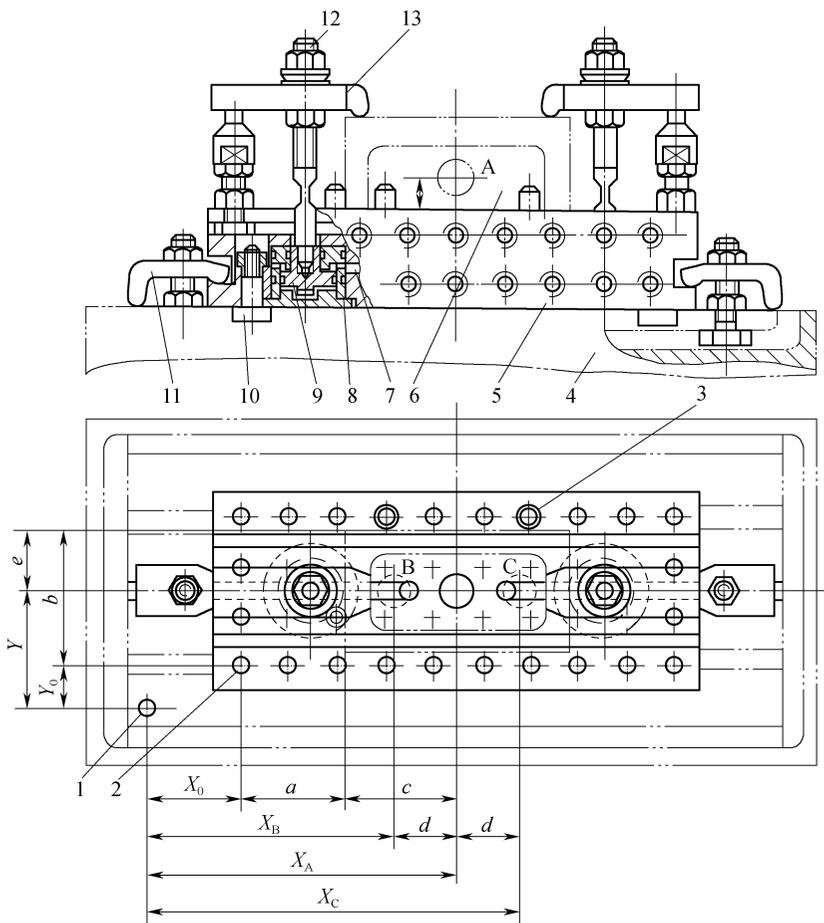


图 2-64 数控机床夹具

- 1、2—定位孔；3—定位销；4—数控机床工作台；5—液压基础平台；6—工件；
7—通油孔；8—液压缸；9—活塞；10—定位键；11、13—压板；12—拉杆

夹具零点设在基础平台 5 左下角的定位孔 2 的轴线处，而机床工作台的坐标原点取在定位孔 1 的轴线处，二者间的坐标尺寸关系为 X_0 和 Y_0 。夹具定位销相对夹具零点的位置尺寸为 a 、 b ，它反映工件的定位区域，可使工件的几何中心孔 A 处于机床坐标系中的 (X_A, Y) 点，而孔 B、孔 C 的机床坐标分别为 (X_B, Y) 、 (X_C, Y) 点。

编制数控加工程序，把尺寸 X_A 和 Y 值编入工件坐标系设定程序段，这样就把工件坐标系的原点（工件中心点 A）设在机床坐标系的 (X_A, Y) 点上，从而明确工件坐标系在机床坐标系中的坐标位置。使刀具对工件的加工有新的坐标依据，便可直接按程序的规定在工件坐标系中运行，对工件 A 孔、B 孔、C 孔及其他内容进行自动加工。

当然也可以反过来，把工件上的各坐标点都换算成机床坐标系中的坐标点，令机床控制系统来执行。但这样做会增加很多计算工作量，不如上述办法，直接设定一个工件坐标系简便。以后的数控加工程序中的刀位移动参数，就可直接按图样的标注尺寸编写，省掉换算的麻烦。由此可以看出，夹具上的零点与机床工作台坐标原点间的坐标关系是相当重要的。

2.5.4 自动线夹具

在自动线上所用的夹具可分为固定夹具和随行夹具。

1. 固定夹具

所谓固定夹具是指固定在机床的相应位置上不随工件的输送而移动的夹具。这类夹具又可分为两种类型：一种是直接用于装夹工件的固定夹具，它适用于装夹如箱体等形状比较规则且具有良好的定位基面和输送基面的工件；另一种是用于装夹随行夹具的固定夹具，即将工件和随行夹具作为一个整体在其上定位和夹紧。二者虽然直接装夹的对象不同，但具有相同的结构特点。

图2-65为自动线上用的机床固定夹具及随行夹具结构示意图。随行夹具3由步伐式输送带依次运送到各机床的固定夹具上，通过一面两销实现完全定位。图中件5为定位支撑板，件1为液压操纵的两销定位机构。由液压缸8通过杠杆7带动四个钩形压板2进行夹紧。图中件4为输送支撑、件6为气动（亦可手动）润滑液压泵。

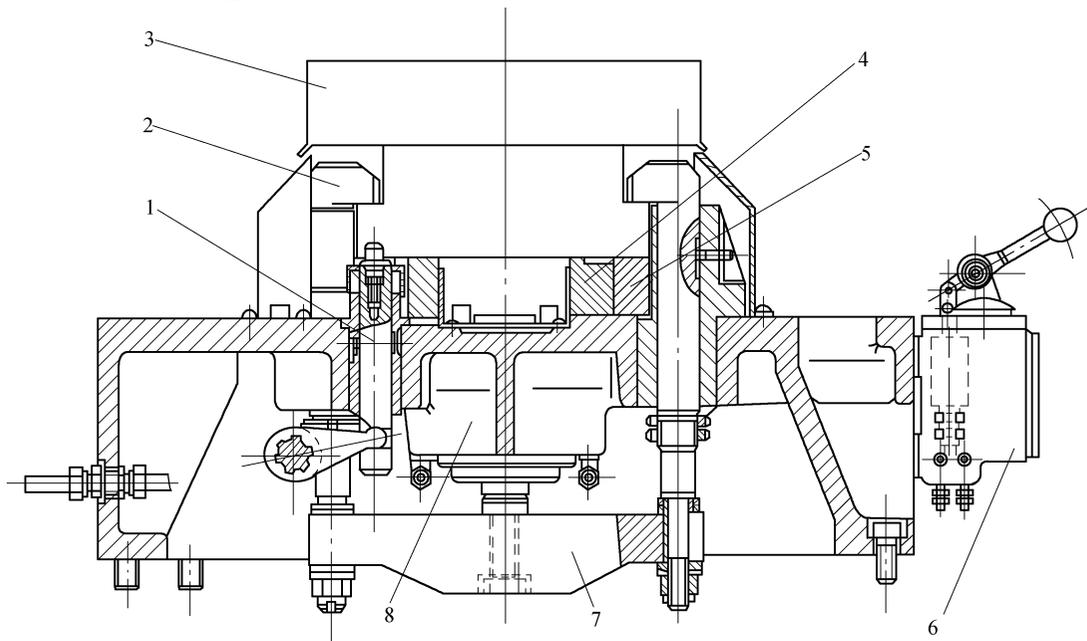


图2-65 自动线上的机床固定夹具及随行夹具

1—活动定位销；2—钩形压板；3—随行夹具；4—输送支撑；5—定位支撑板；6—润滑液压泵；7—杠杆；8—液压缸

这类夹具在结构设计上应注意：在沿工件输送的方向上，其结构应是敞开的，以保证工件（或随行夹具）能顺利通过。其定位夹紧机构的动作应全部自动化并与自动线的其他动作联锁，以保证各动作过程的可靠性及安全性，同时应采取必要的防屑、排屑措施和提供良好的润滑条件，保证各运动部件动作灵敏，准确可靠。

2. 随行夹具

随行夹具是用于自动线上的一种移动式夹具。主要用于装夹和运送形状复杂且无良好输送基面的工件或虽有良好输送基面，但材质较软的工件。工件随夹具一起由输送带依次送到各工位。而随行夹具体还需在每台机床的固定夹具上定位和夹紧。因此设计随行夹具时应注意以下几方面的问题：

(1) 工件在随行夹具中的装夹。工件在随行夹具中的定位与在一般夹具中定位相同。但对工件的夹紧则要求具有更高的可靠性。故一般多采用夹紧力大、自锁性能好的螺旋夹紧机构进行夹紧，以防止工件在输送过程中因振动等引起松动。其夹紧机构均采用机动扳手操作，而没有手柄、杠杆等伸出的手动操作元件。

当工件尺寸小、质量小时，也可使工件在随行夹具中只定位不夹紧，待输送到加工工位后，再将工件连同随行夹具一起夹紧在机床固定夹具上。

(2) 随行夹具的输送问题。一是选择输送基面。输送基面可与定位基面合一以简化结构，也可将定位基面与输送基面分开，各自使用一个表面，这样可减少输送基面磨损对定位精度的影响。二是随行夹具在输送过程中的导向，特别是当其进入机床的固定夹具中时，应保证能准确地与定位机构对准。

(3) 随行夹具在机床固定夹具上的定位和夹紧。随行夹具在固定夹具上的定位一般采用一面两孔定位，在其底板上设计有一个定位平面和两个定位销孔。固定夹具上的两定位销应采用伸缩式，如图 2-65 所示。

(4) 随行夹具的精度。与一般固定夹具相比，由于增加了随行夹具在机床固定夹具上的定位误差，相应加工精度降低。为此，对加工精度要求较高而又必须采用随行夹具加工时，应进行仔细分析能否保证加工精度要求并采取相应措施，如提高工件定位基面以及随行夹具的制造精度，将输送基面与定位基面，粗、精定位销孔分开等。

Q5 先导案例解决

加工该工序的车床夹具，如图 2-66 所示，工件以 $\phi 5.5h6$ 外圆柱面与端面 B 、半精车的 $\phi 22.5h8$ 圆弧面（精车第二个圆弧面时则用已经车好的 $\phi 23^{+0.023}_0$ mm 圆弧面）为定位基面，在夹具上定位套 1 的内孔表面与端面、定位销 2（安装在套 3 中，其限位表面尺寸为

$\phi 22.5_{-0.01}^0$ mm, 安装在套4中, 其限位表面尺寸为 $\phi 23_{0}^{+0.023}$ mm, 图中未画出, 精车第二个圆弧面时使用) 的外圆表面为相应的限位基面。限制工件6个自由度, 符合基准重合原则。同时加工三件, 利于对尺寸的测量。

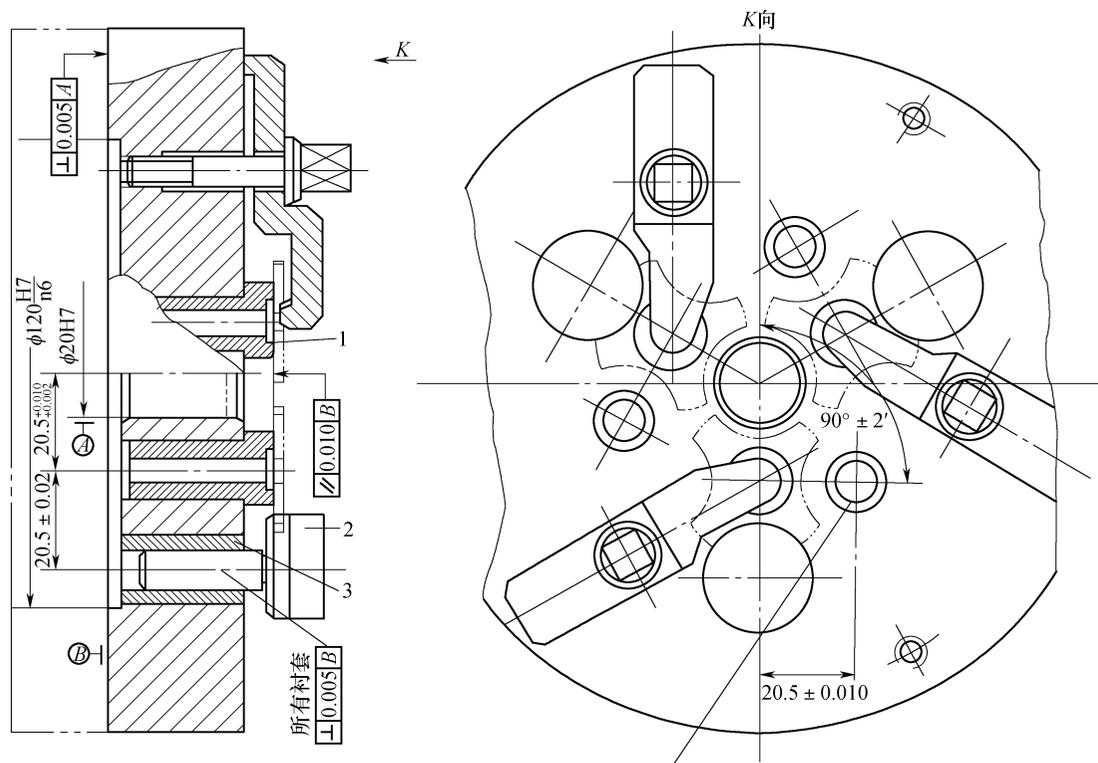


图 2-66 花盘式车床夹具

1、3、4—定位套；2—定位销

该夹具保证工件加工精度的措施有：

(1) $\phi 23_{0}^{+0.023}$ mm 圆弧尺寸由刀具调整来保证。

(2) 尺寸 18 ± 0.02 mm 及对称度公差 0.02 mm, 由定位套孔与工件采用 $\phi 5.5G5/h6$ 配合精度, 限位基准与安装基面 B 的垂直度公差 0.005 mm, 与安装基面 A ($\phi 120H7$ 孔轴线) 的距离 $20.5_{+0.002}^{+0.010}$ mm 来保证。且在工艺规程中要求同一工件的 4 个圆弧必须在同一定位套中定位, 使用同一定位销进行加工。

(3) 夹具体上 $\phi 120$ mm 止口与过渡盘上 $\phi 120$ mm 凸台采用过盈配合, 设计要求就地加工过渡盘端面及凸台以减小夹具的对定误差。

生产学习经验

(1) 要准确理解机床夹具的概念。它包含定位和夹紧两层含义, 要注意这两层含义的区别: 定位是将工件装好, 使在机床上确定工件相对于刀具的正确位置, 位置正确与否看工件的跳动情况; 夹紧即将工件夹牢, 就是对工件施加作用力, 使之在已经定好的位置上将工件可靠地固定, 是否可靠夹紧主要靠手感。装夹即从定位到夹紧的全过程。机床夹具的主要功能就是完成工件的装夹工作。

(2) 工件加工的尺寸、形状和表面间的相互位置精度主要由工件的定位来保证。在实际生产中工件的定位是由定位元件来限定它的位置, 工件定位时有以下两点要求:

①为了保证加工表面与其设计基准间的相对位置精度(同轴度、平行度、垂直度等), 工件定位时应使加工表面的设计基准相对于机床占据一个正确位置;

②为了保证加工表面与其设计基准间的距离尺寸精度, 当采用调整法进行加工时, 位于机床或夹具上的工件, 相对于刀具必须有一个正确的位置。

(3) 确定夹紧力的方向、作用点和大小时, 要分析工件的结构特点、加工要求、切削力和其他外力作用工件的情况, 以及定位元件的结构和布置方式。

(4) 夹具是机械制造中的一项重要工艺装备。随着制造业的发展, 机床夹具的种类日趋繁多, 有通用夹具、专用夹具、组合夹具、可调夹具、拼装夹具等, 各类机床夹具的特点、主要类型以及它的设计要点也不相同。要注意观察其结构和组成, 分析其特点和作用。

(5) 夹具设计通常是针对某道工序的, 增加了零件的成本, 如果成批、大量生产, 分摊到每个零件的成本就少了, 但由于大大提高了效率, 所以还是比较经济的。

本章小结

本章主要介绍了机床夹具的组成和作用、定位和夹紧、机床专用夹具、组合夹具、数控机床夹具等内容, 小结如下:

(1) 机床夹具分为通用夹具、专用夹具、通用可调夹具和成组夹具, 它由定位元件、夹紧装置、用来确定刀具与夹具相对位置的元件、夹具体以及其他装置或元件组成。机床夹具的作用是缩短辅助时间, 提高劳动生产率, 保证加工精度的稳定, 扩大机床的工艺范围, 改善工人劳动条件, 保证安全生产。

(2) 常见的定位方式: 以平面定位、圆柱孔定位、外圆柱面定位及其特殊表面定位。定位元件是支撑、定位销、定位轴、V形块、圆孔、半圆孔、圆锥心轴等。定位误差包括基准不重合误差(基准不符误差)和基准位移误差两种; 定位误差的分析和计算公式为

$$\Delta_{定} = \Delta_{不} + \Delta_{基}。$$

(3) 夹紧装置由动力装置和夹紧机构组成。夹紧装置设计应遵循夹紧要可靠、夹紧力适当、操作性良好、经济实用等基本要求。机床夹具中使用最普遍的是机械夹紧机构，斜楔夹紧机构是最基本的形式，螺旋、偏心、凸轮等机构是斜楔夹紧的变化应用。

(4) 机床专用夹具主要有车床夹具、铣床夹具、钻床夹具、镗床夹具等。

① 车床夹具多数安装在车床主轴上，少数安装在车床的床鞍或床身上。除了顶尖、拨盘、三爪自定心卡盘等通用夹具外，安装在车床主轴上的专用夹具通常分为心轴式、夹头式、卡盘式、角铁式和花盘式等。

② 铣床夹具主要用于加工零件上的平面、凹槽、花键及各种成型面。铣床夹具一般必须有确定夹具方向和刀具位置的定向键和对刀块，以保证夹具与刀具和机床的相对位置。这是铣床夹具结构的主要特点。

③ 钻床夹具，俗称钻模。钻模上均设置钻套和钻模板，用以引导刀具。主要用于加工中等精度、尺寸较小的孔或孔系。按钻模的结构特点不同，可将钻模分为固定式、分度式、移动式、翻转式、盖板式等。

④ 镗床夹具又称镗模，主要应用于加工箱体、支架类零件上的孔或孔系，它不仅可以在各类镗床上使用，也可以在组合机床、车床及摇臂钻床上使用。镗模一般用镗套作为导向元件引导刀具或镗杆进行镗孔。按镗模支架在镗模上的布置形式的不同，可将镗模分为双支撑镗模、单支撑镗模及无支撑镗床夹具三类。

(5) 组合夹具是一种标准化、系列化程度很高的柔性化夹具。它由一套预先制造好的具有不同几何形状、不同尺寸的高精度元件与合件组成，使用时按照工件的加工要求，采用组合的方式组装成所需的夹具。组合夹具的各元件按其用途的不同，分为基础件、支撑件、定位件、导向件、紧固件、压紧件、组合件和其他件八大类。

(6) 数控机床夹具具有高效化、柔性化和高精度等特点，设计时，除了应遵循一般夹具设计的原则外，还应注意以下特点：

① 应有较高的精度；

② 应有利于实现加工工序的集中；

③ 夹紧应牢固可靠、操作方便；

④ 设计数控机床夹具时，应按坐标图上规定的定位和夹紧表面以及机床坐标的起始点，确定夹具坐标原点的位置。



思考题与习题

1. 如题图 2-67 所示，一批工件以孔 $\phi 20^{+0.021}_0$ mm 在心轴 $\phi 20^{+0.007}_{-0.020}$ mm 上定位，在立式铣床上用顶针顶住心轴铣键槽。其中 $\phi 40h6^{+0.016}_0$ 外圆、 $\phi 20H7^{+0.021}_0$ 内孔及两端面均已加工合

格。而且 $\phi 40h6$ 外圆对 $\phi 20H7$ 内孔的径向跳动在 0.02 mm 之内。今要保证铣槽的主要技术要求为：

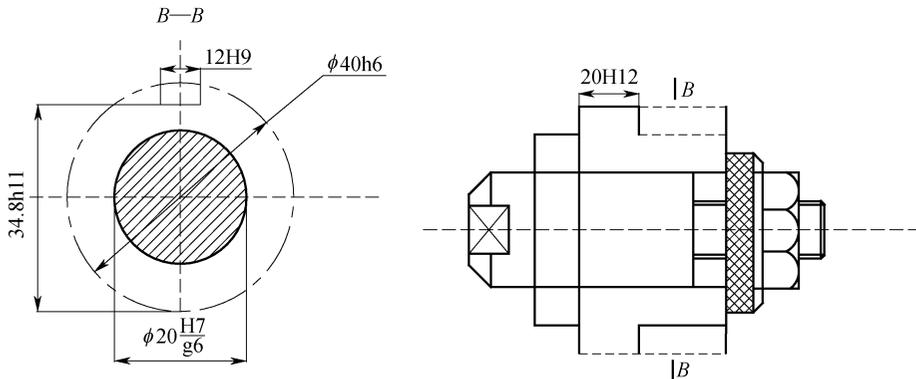


图 2-67 思考题与习题 1 图

- (1) 槽宽 $b = 12h_{-0.048}^0\text{ mm}$ 。
- (2) 槽距一端面尺寸为 $20h_{-0.21}^0\text{ mm}$ 。
- (3) 槽底位置尺寸为 $34.8h_{-0.16}^0\text{ mm}$ 。
- (4) 槽两侧面对外圆轴线的对称度不大于 0.10 mm 。

试分析其定位误差对保证各项技术要求的影响。

2. 试述机床夹具的各组成部分及其作用。
3. 机床夹具的作用有哪些？
4. 试述造成定位误差的原因。
5. 夹紧装置的基本要求有哪些？
6. 夹紧力的方向如何确定？
7. 夹紧力的作用点如何选择？
8. 调节支撑用于什么场合？使用可调节支撑时应注意哪些问题？
9. 工件以平面为定位基准时，常用哪些定位元件？
10. 除平面定位外，工件常用的定位表面有哪些？相应的定位元件有哪些类型？
11. 如图 2-68 所示，工件均以平面定位铣削 A 、 B 表面，要求保证尺寸 $(60 \pm 0.06)\text{ mm}$ 和 $(30 \pm 0.10)\text{ mm}$ ，分别计算定位误差（忽略 D 面对 C 面的垂直度误差）。

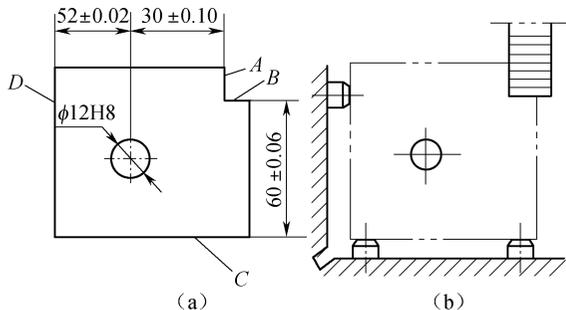


图 2-68 思考题与习题 11 图

12. 如图 2-69 所示, 工件以孔 $\phi 60_{0}^{+0.10}$ mm 定位加工孔 $\phi 10_{-0.06}^{-0.03}$ mm, 要求保证尺寸 (60 ± 0.10) mm, 计算定位误差。

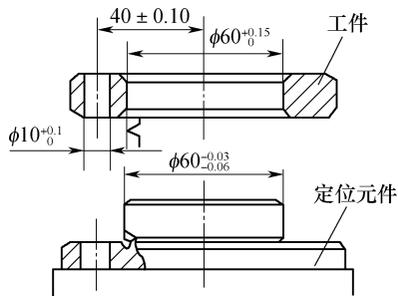


图 2-69 思考题与习题 12 图

13. 工件在夹具中夹紧的目的是什么?
14. 常用的夹紧机构有哪些?
15. 车床夹具有哪几种类型?
16. 钻模有哪几种类型? 各有何特点?
17. 铣床夹具有哪几种类型? 各有何特点?