

# 机械制造工艺及装备设计

3

## 机床夹具设计



# 目 录

## 第一章 机床夹具概述

- § 1-1 机床夹具的种类及其功用..... 1
- § 1-2 机床夹具的组成..... 5

## 第二章 定位原理与定位元件

- § 2-1 工件定位的原理..... 6
- § 2-2 基准..... 12
- § 2-3 定位方法、定位元件和定位误差..... 18

## 第三章 夹紧方法与夹紧装置

- § 3-1 夹紧工件的基本要求..... 41
- § 3-2 楔块夹紧机构..... 46
- § 3-3 螺旋夹紧机构..... 51
- § 3-4 偏心夹紧机构..... 59
- § 3-5 气压及液压夹紧装置..... 67
- § 3-6 自动定心夹紧机构..... 81
- § 3-7 液性塑料夹紧装置..... 89
- § 3-8 电磁夹紧与真空夹紧装置..... 96

## 第四章 夹具的其他装置及元件

- § 4-1 刀具导向装置..... 100
- § 4-2 对刀装置..... 106
- § 4-3 分度装置..... 107
- § 4-4 靠模装置..... 115
- § 4-5 夹具体..... 128

## 第五章 夹具设计的方法与步骤

- § 5-1 夹具设计的步骤..... 131
- § 5-2 夹具设计举例..... 133

## 第六章 组合夹具

§ 6-1 夹具的标准化和规格化.....	139
§ 6-2 组合夹具及其应用范围.....	140
§ 6-3 组合夹具的元件及其作用.....	143
§ 6-4 组合夹具的组装过程.....	153

编后记

# 第一章 机床夹具概述

在机床上加工工件时，我们可以看到两种不同的情况：一种是用划针或指示表等量具，按工件的某一表面、或者按工件表面上所划的线进行找正，使工件在机床上处于所需要的正确位置，然后夹紧工件进行加工；另一种是把工件安装在夹具上进行加工。

为了在工件的某一部位上加工出符合规定技术要求的表面，一般都按工件的结构形状、加工方法和生产批量的不同，采用各种不同的装置将工件准确、方便而可靠地安装在机床上，然后进行加工。这种用来安装工件以确定工件与切削刀具的相对位置并将工件夹紧的装置称为“机床夹具”。

我们在现场教学中，看到活塞、连杆等工件的生产线上，几乎每道工序中都采用了夹具。十分明显，如果不采用夹具，不但工件的加工精度难以保证，而且加工的生产率也会大大降低，有时甚至会造成无法进行加工的情况。除了机床加工时需要使用夹具外，有时在检验、装配等的工序中也要用到夹具，因之在这种场合中用的夹具可分别称为“检验夹具”和“装配夹具”。

## §1-1 机床夹具的种类及其功用

如上所述，机床夹具通常是指装夹工件用的装置；至于装夹各种刀具用的装置，则一般称为“辅助工具”。辅助工具有时也广义地包括在机床夹具的范围内。

按照机床夹具的应用范围，一般可分为通用夹具、专用夹具和可调整式夹具等。

### 一、通用夹具

在普通机床上一般都附有通用夹具，如车床的卡盘，铣床上的回转工作台、分度头、顶尖座等。它们都已标准化了，具有一定的通用性，可以用来安装一定形状尺寸范围内的各种工件而不需进行特殊的调整。

但是，在实际生产中，通用夹具常常不能满足各种零件加工的需要：或者因为生产率低而必须把通用夹具进行适当的改进；或者由于工件的形状、加工要求等的不同须专门设计、制造一种专用夹具，以解决生产实际的需要。

### 二、专用夹具

专用夹具是为适应某一工件的某一工序加工的要求而专门设计、制造的，其功用主要有下列几方面：

1. 保证工件被加工表面的位置精度，例如与其他表面间的距离精度、平行度、垂直度、同心度等。对于外形比较复杂、位置精度要求较高的工件，使用通用夹具进行加工往往难

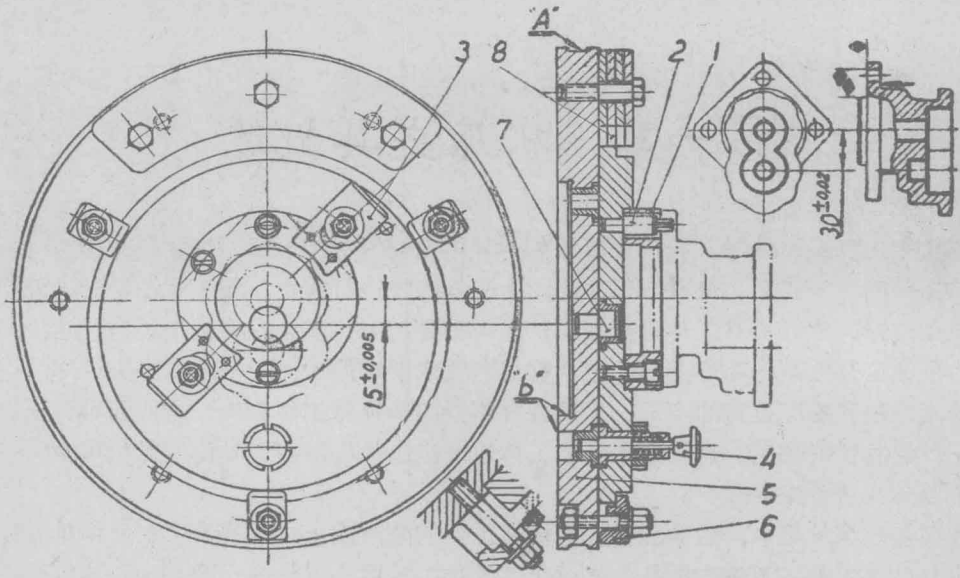


图1-1 车油泵壳体两轴承孔的夹具

于满足精度要求。如图 1-1 中右上角所示的齿轮油泵壳体零件，要求在普通车床上加工两个轴承孔，保持中心距为 $30^{±0.02}$ 毫米。如果采用普通四爪卡盘，应当先在工件端面上划线，在车床上按所划的线进行找正然后夹紧工件进行加工。这样的加工方法要保证两轴承孔的中心距为 $30^{±0.02}$ 毫米几乎是不可能的。当然，利用精密镗床加工可以满足这一精度要求，但在成批生产的条件下这样做是极不经济的。如果我们设计一个如图 1-1 所示的夹具，利用这个制造得比较精密的夹具就可以很方便地达到工件所需要的位置精度。

图中以双点划线表示工件。工件以已加工好的左端凸缘的外圆柱面和法兰端面安装在夹具上件 1 的孔中及其端面上，法兰上的已加工过的小孔套在菱形销 2 上以确定工件在夹具中的准确位置。用两个压板 3 将工件夹紧。利用夹具体 5 上的止口及其端面“b”，将夹具安装在车床主轴上；还可根据外圆柱面“A”来校正夹具的位置，然后用六个螺钉把夹具紧固住。

夹具上安装工件的圆盘和工件一起可以绕轴 7 转动。轴 7 的轴心至整个夹具的旋转中心（即机床主轴的轴心线）的距离为 $15^{±0.005}$ 毫米，相当于工件上两孔中心距的一半。这样，当工件随着圆盘一起绕轴 7 转动 $180^\circ$ 后，就可以加工工件上的另一个孔。圆盘转动后的位置由其上的分度销 4 依次插入夹具体上两个互成 $180^\circ$ 的分度孔中来确定，并用三个压板 6 将圆盘压紧。

当加工完一个孔后，松开压板 6，拔出分度销 4 将圆盘转过 $180^\circ$ ，分度销插入另一分度孔中，再重新用压板 6 压紧，然后加工另一个孔。为了防止夹具工作时由于不平衡而产生振动，影响工件的加工精度和表面光洁度，在对称于夹具旋转中心偏轻的一侧应加上平衡配重 8。

由于夹具转轴 7 的轴心至夹具旋转中心的距离制造得比较准确（ $\pm 0.005$ 毫米），夹具上其他元件的工作表面也相应地要求较高，因而利用这样一个专用夹具就可以很可靠地保

证工件上两孔的位置精度要求。

## 2. 缩短了工序时间，从而提高了劳动生产率。

进行某一工序所需要的时间称为工序时间，其中主要包括加工工件所需要的机动时间和装卸工件等所需要的辅助时间两个部分。从上述的油泵壳体加工中可以看到：采用专用夹具后，安装工件和转换工位的工作都可以大为简化，不再需要进行划线和找正，缩短了工序的辅助时间并且节省了划线这个工序，从而提高了劳动生产率。在生产中由于采用多工件平行加工的夹具，使同时加工的几个工件的机动时间将与加工一个工件的机动时间相同。采用回转式多位连续加工夹具，可以在进行切削加工某个工件的同时，进行其他工件的装卸工作，从而使辅助时间与机动时间相重合。总之，随着专用夹具的采用和进一步改善，可以有效地缩短工序时间，满足生产不断发展的需要。

3. 采用专用夹具还能扩大机床的工艺范围。例如在普通车床上附加镗模夹具后，便可以代替镗床工作；装上专用夹具后可以车削成型表面等，以充分发挥通用机床的作用。

## 4. 减轻劳动强度，保障安全生产。

根据生产需要，采用一些气动、液压或其他机械化、自动化程度较高的专用夹具，对于减轻工人的劳动强度，保障生产安全和产品的稳质高产都有很大的作用。加工大型工件时，例如加工车床床身上、下两面上的螺孔，需要把床身工件翻转几次进行加工，劳动强度大而且不安全。采用电动回转式钻夹具后，就能达到提高生产效率、减轻劳动强度、保障生产安全的目的。

专用夹具在生产上起着这么大的作用，那末是不是在任何场合都要设计和采用呢？这个问题也要“对具体情况作具体分析”。上面说的关于专用夹具在生产中的作用，只是事物的一个方面。另一方面，由于夹具的设计、制造和所用的材料等须消耗一定的费用，增加了产品的成本。因之，在什么样的生产情况下采用什么样的夹具才是经济合算的，这是一个大问题，特别对于重大的、设计制造工作量大的专用夹具，须与工人师傅等三结合共同研究解决。“事物总是一分为二的”。专用夹具也存在着缺点，即专用夹具的专用性和产品多样性的矛盾。由于专用夹具只能适用于一个工件加工的某一个工序，因而随着产品品种的不断增多，夹具数量也不断上升，造成存放和管理上的困难；而当某产品不再进行生产时，原有的夹具一般都无法重新利用，造成浪费。同时，专用夹具的设计制造周期长，与生产的迅速发展也有矛盾。但是在当前成批生产的机械工厂中，多数还是采用通用机床加上专用夹具进行工件的机械加工。

### 三、 可调整的夹具

为了扩大夹具的使用范围，弥补专用夹具只适用于一个工件的某一特定工序的缺点，正在逐步推广使用可调整式的夹具。可调整夹具一般分为标准化夹具、成组夹具和组合夹具等。

#### 1. 标准化夹具

标准化夹具就是利用本厂已规格化了的部分或全部标准零件装配成的专用夹具。专用夹具中的大件，如夹具体，以及定位件、夹紧件和机械夹紧用的气缸部件等，经过标准化、尺寸规格化后有利于工厂成批准备坯件、成批加工，这样可使夹具的设计、制造工作加快，节省

费用。另外,当产品更改,夹具不再使用时可以拆开,把标准零件入库保存起来,备以后使用。

## 2. 成组夹具

多品种、小批量生产的机械加工车间中,往往可以采用成组加工法。采用成组加工法,是把多种产品的零件按加工所用的机床和刀具、夹具等工艺装备的共性分组,同一组的零件能在同一台机床上用共同的工艺装备和调整方法进行加工。例如分成轴类、套类、盘类、齿轮、杠杆、支架类等各组零件。成组夹具就是根据一组安装方法相类似的零件而设计的,只要稍作调整或更换夹具上的某些定位、夹紧件,就可以从加工某一工件转为加工另一种工件。

## 3. 组合夹具

组合夹具是由一套专门设计、制造,便于组装和拆卸的有各种不同形状、不同尺寸规格并且有完全互换性和耐磨性的标准元件和合件所组成。利用这些元件和合件,根据加工工件的需要可以组装成车、磨、铣、刨、钻、镗等工序用的各种不同的机床夹具。夹具使用完毕,可以方便地拆开,洗净元件存放起来,留待以后组装新夹具时再用。因之组合夹具是具有高度标准化和系列化元件的新型工艺装备。关于组合夹具的问题,在第六章中还将继续讨论。

我们将要详细研究讨论的,主要是关于专用夹具的设计原理。其他类型的夹具,其设计原理是与专用夹具设计相同的。

在实际生产中应用的夹具很多,分类方法也有多种。通常还可按使用夹具的工序分为车床夹具、铣床夹具……等;还可以根据夹具在机床上运动的特点归并成以下几类,以便于研究夹具的方案和结构形式:

(1) 车床类夹具:包括车床、内外圆磨床、螺纹磨床用夹具,其特点是夹具与工件一起作旋转运动。

(2) 铣床类夹具:包括铣床、刨床、平面磨床等机床用夹具,其特点是夹具固定在工作台上,只作纵向或横向往复运动或回转运动。

(3) 钻、镗床类夹具:用于在钻床上钻、扩、铰等工序或在镗床上镗孔工序,其特点是夹具固定在机床上,刀具通过夹具上的导向装置进行送进运动。

此外,还有拉床夹具和齿轮加工机床用夹具等。

## 四、 随行夹具

上述的各种夹具都是固定在机床上的,但在自动线加工中,有的夹具带着工件由自动线的输送装置,挨着每台机床逐步向前输送,这类夹具通常称为“随行夹具”。

自动线上的随行夹具除了完成工件的定位、支承和夹紧外,还带着工件沿自动线的每台机床进行定位(相对于每台机床的刀具位置)、夹紧,待加工完了再自动送至下一台机床进行加工,以便通过自动线的各台机床,完成工件的全部工序加工。随行夹具主要适用于采用组合机床自动线加工,但又无良好的输送基面和定位基面的工件,以便将这种畸形工件先装夹于基面完整的随行夹具上,然后再通过自动线进行加工。对一些有色金属等软性材料的工件,虽然具有良好的输送基面,但为了保护工件基面不受划伤,有时也采用随行夹具。

综上所述,机床夹具已成为机械加工中的重要装备。机床夹具的设计和使用是促进生

产发展的重要工艺措施之一。随着我国机械工业生产的不断发展，机床夹具的改进和创造已成为广大机械工人和技术人员在技术革新中的一项重要任务。

## §1-2 机床夹具的组成

生产中采用的夹具是各式各样的，而且新的夹具层出不穷。如何从这些浩繁的结构中找出它们的共同本质和内在联系呢？毛主席教导我们：“对于物质的每一运动形式，必须注意它和其他各种运动形式的共同点”。分析一下我们在现场教学中看到过的夹具，可以知道组成夹具的元件和装置有许多共同之点。例如为了确定工件在夹具中的位置，夹具上必须有定位元件；为了使工件加工时不会改变它的准确定位位置，夹具上必须有夹紧元件或夹紧装置。夹紧装置的种类很多，从简单的螺钉、螺帽到复杂的、自动化程度较高的机械夹紧装置，类型很多，须根据工件的加工批量大小和对生产率的要求进行选择和设计。为了把各种元件和装置装配成一个完整的夹具，必须有一个夹具体并通过一些螺钉、销钉等连接件把这些元件和装置按设计的位置尺寸要求紧固在夹具体上。所以定位元件、夹紧元件和夹具体是组成各种夹具所共有的基本组成部分。另外，根据工序的不同要求，夹具上有时还要有刀具的导向装置、对刀装置、分度装置和靠模装置、气液压传动装置等。当然这些元件和装置有时也不能截然分开，夹具上同一个零件有时可以同时起到几个元件的作用，例如图 1-1 中的夹具体 5 同时也是分度装置的分度盘。从图中所示的车床夹具可以看出，它的组成元件和装置为：

定位元件——零件 1 和菱形销 2；

夹紧元件——螺钉、螺帽和压板 3；

分度装置——分度销 4、圆盘、压板 6 和分度盘 5；

夹具体——件 5 既是分度装置的组成部分，又是承受作用力的夹具体。

上述关于夹具基本组成部分的分析，给我们讨论、研究夹具设计问题指明了方向。也就是说，解决夹具设计问题，就是解决各组成部分的设计和总体设计问题。所以我们在下面几章将要详细讨论关于定位和夹紧的问题，然后根据各类夹具的特点，讨论有关总体设计的一些问题。



## 第二章 定位原理与定位元件

我们从图 1-1 的车床夹具中可以看到：工件以其左端凸缘的外圆柱面、法兰端面和法兰上的一个小孔安置在件 1 的内孔及其端面和菱形销 2 中，这样工件在夹具中的位置就被确定了。通常我们把这个过程称为工件的“定位”，而把夹具上用以确定工件位置的元件如件 1、菱形销 2 等称为定位元件；把工件上用以和定位元件表面相接触从而确定工件位置的表面称为定位基准。

工件在夹具中定位以后，由于在加工过程中还要受到切削力、离心力以及工件重力等的作用，因此就必须采用一定的机构将工件“夹紧”，使工件在整个加工过程中能可靠地固定在定位元件上而不会发生位置上的改变。所以“定位”和“夹紧”是两个含意不同的过程，这两个过程总起来一般又称为工件的“安装”。

### § 2-1 工件定位的原理

如前所述，使用机床夹具的目的是为了准确、方便、可靠地获得工件上规定的尺寸。要做到这一点，就要保证在加工过程中，机床、刀具、夹具和工件始终保持正确的相互位置关系。刀具在机床上的位置是调整好的，而夹具则是根据加工工件要求制造后安装在机床的固定位置上。夹具的位置固定后，由其定位元件所确定的工件位置也就固定。因之，如何根据工件的尺寸、形状和本工序的加工要求，正确选择定位方法和定位元件，使在保证工件的工艺要求下，得到正确的定位，这就是设计夹具时必须首先要解决的问题。

#### 一、工件定位的“六点原则”

从力学中我们知道：如果在空间建立三个相互垂直的座标轴  $ox$ 、 $oy$ 、和  $oz$ ，则任何自由物体（假设它是刚体）在空间对这三个座标轴都具有六个运动的可能性，即沿此三个轴线的移动和绕此三个轴线的转动。通常称这种运动的可能性称为自由度。也就是说一个物体在空间如果不加任何约束、限制的话，它有六个自由度。因此，要使工件在已调整好的夹其位置中完全确定下来就得限制它的六个自由度。

如图 2-1 所示，在长方形工件上用铣刀加工一个不通槽。槽的宽度尺寸由铣刀直径保证。槽的位置要求与工件各面的位置尺寸分别为  $a$ 、 $b$  和  $c$ 。

设夹具上的三个相互垂直的座标平面  $xoy$ 、 $yoZ$  和  $zox$  为工件的定位面。 $xoy$  面与水平面平行，当夹具放在机床工作台上时，它即垂直于铣刀的轴心线。在加工前，先调整好铣刀的轴心线与  $yoZ$  面的距离  $a$ ，再调整铣刀端面与  $xoy$  面的距离  $c$ ；然后调整铣床工作台的行程挡铁使在行程终了时，铣刀与  $zox$  面的距离为  $b$ 。这样，刀具相对于夹具定位件各面的尺寸都已确定了。

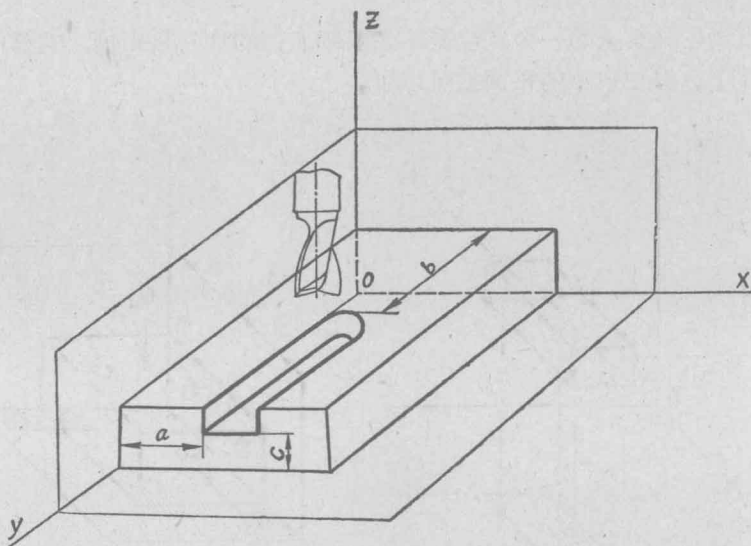


图 2-1 铣不通槽时工件的完全定位

当工件放在夹具的定位面上，只要工件底面紧贴  $xoy$  面，这时就限制了工件沿  $z$  轴方向的移动自由度和绕  $x$  轴及  $y$  轴的两个转动自由度，即共限制了  $\vec{z}$ 、 $\vec{x}$  和  $\vec{y}$  的三个自由度。这对尺寸  $c$  来说已经取得保证，但对尺寸  $a$  及  $b$  仍未得到保证。

如果将工件的左侧面靠住  $yoz$  面，这时就限制了工件沿  $x$  轴方向的移动自由度和绕  $z$  轴的转动自由度，即又限制了它的  $\vec{x}$  和  $\vec{z}$  两个自由度。这样对尺寸  $a$  来说已获得保证，而对尺寸  $b$  仍不能保证。只有当工件的后端面靠住  $zox$  面后，使工件在沿  $y$  轴方向的移动自由度受到限制，也就是限制工件的最后一个自由度  $\vec{y}$  后，工件在夹具中的位置就不再任意变动了。一批工件的加工面位置就根据已调整好的夹具位置完全被固定下来，即能成批地被加工成合乎要求的零件。

根据这个在三个座标方向上各有加工尺寸要求的不通槽工件来说，采用上述的定位方法是正确的。这种限制工件全部自由度的定位，称为工件的“完全定位”。

由此我们还可以看出：

1. 工件的一个平面（如长方形工件的底面）在夹具中定位时最多可以限制三个自由度，即两个转动自由度和一个移动自由度。因此也可用与  $xoy$  座标面等距的三个座标点或移至夹具上的三个定位支承来代替，见图 2-2  $a$ 、 $b$ 。该平面称为主要定位基准。显然，三个定位支承同处在水平座标面上，且其相互距离应尽可能地远些，这样操作就很方便，而支承之间距离远了，由于支承间的高度误差影响到工件定位的倾斜角度误差也就可减小。所以应尽可能选择工件上面积较大的平面作为主要基准，以使工件在定位时稳定、可靠。

2. 工件上的一个侧面靠在夹具上的  $yoz$  面定位时，实际上只起到一条线的作用，由此限制一个移动自由度和一个转动自由度。因此可以用与  $yoz$  座标面定距的两个座标点或在夹具上的两个定位支承来代替。该面称为导向面。一般应选取工件上狭而长的面作为导向基准面以使导向更为正确。

3. 工件的后端面在夹具的另一垂直面  $zox$  上定位时，只限制了一个自由度。它同样也不起到一个平面的作用而实际上只起到一个点的作用，可以用与  $zox$  座标面一定距

离的一个座标点或在夹具上的一个定位支承来限制工件的这一自由度。这样的面称为支承面。一般在工件上选取任何小的平面就可以了。

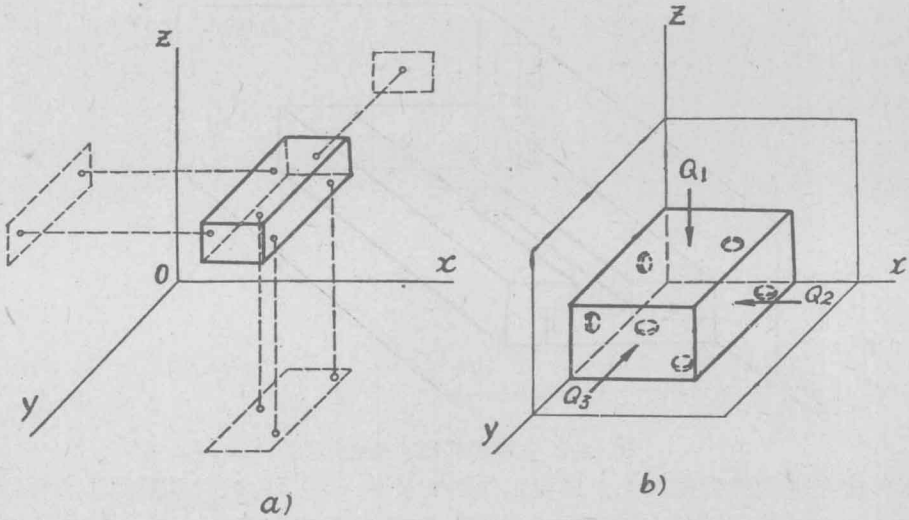


图 2-2 工件的六点定位

a—工件在直角坐标中的位置， b—工件在夹具中的位置

就这样，工件的六个自由度都受到限制而获得完全定位，这就是通常所称的“六点定位原则”。

那么是不是所有的工件在定位时都需要限制住六个自由度呢？这就不一定，一般只要将影响本工序加工尺寸的自由度限制住即可。如图 2-3 所示的铣卡爪上通槽的工序图中，

其加工尺寸要求为  $11.8^{+0.05}$ 、 $15.5^{+0.25}$ 、 $9.7^{+0.03}_{-0.02}$  以及槽的两侧面与 A 面的不平行度允差 0.05 毫米，与 B 面和 C 面的不垂直度允差 0.05 毫米。我们可用上述分析方法，将卡爪位在  $x$ 、 $y$ 、 $z$  的直角坐标内。由于要保持上下两槽间的距离  $15.5^{+0.25}$  以及槽的侧面与 B、C 面的垂直度，所以沿  $z$  轴的移动和绕  $x$  轴、 $y$  轴的转动自由度（即  $\vec{z}$ 、 $\vec{x}$ 、 $\vec{y}$ ）

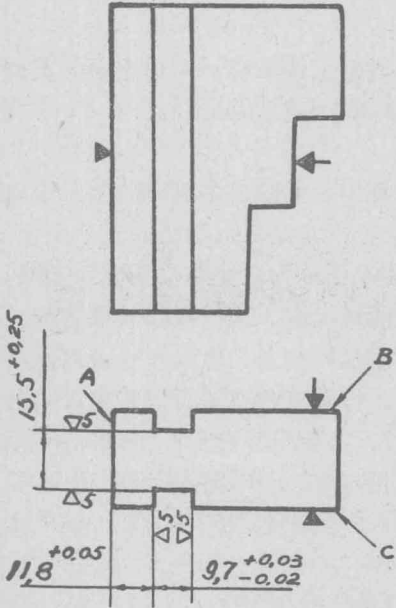


图 2-3 铣卡爪止口通槽工序图

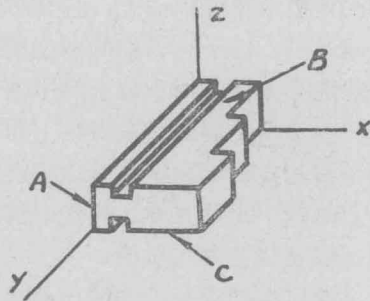


图 2-4 加工卡爪止口通槽的定位分析

必须加以限制；而要保持止口槽与  $A$  面的距离  $11.8^{+0.05}$  及其平行度，工件沿  $x$  轴的移动自由度和绕  $z$  轴的转动自由度（即  $x$ 、 $z$ ）也必须加以限制。乘下一个沿  $y$  轴的移动自由度（ $y$ ）可以不加约束，因为工件上是通槽，在这个方向上没有尺寸要求。这样，铣卡爪止口槽时只要限制五个自由度就够，但不能少于五个，否则就将使槽的某些位置尺寸不能得到保证。

由上分析可知：工件以平面定位时，如果被加工表面在三个座标方向上有尺寸要求，就必须限制六个自由度；如果被加工表面在两个座标方向上有尺寸要求，就得限制五个自由度；如果只在一个座标方向上有尺寸要求时，则只要限制三个自由度，如图 2-5 所示的只有厚度尺寸要求的平面磨加工。

这种限制工件自由度少于六个的定位，一般可称为“不完全定位”，因为这时工件上只需要两个或一个基准来定位，工件的定位基准面也减少了。

那么，限制工件的定位自由度有否可能超过六个的呢？如果工件的某一自由度被重复限制了几次，而不是仅只一次，会产生什么情况呢？这种在工件上的某一自由度被重复限制的情况，称为“重复定位”或“过定位”。

过定位的结果，往往能使工件的定位精度受到影响，使工件或者定位元件在工件夹紧后产生变形。例如工件以粗糙的平面为定位基准时，夹具的定位元件最好采用三点支承。由于工件的定位基准面很不平整，实际上也只能有三点接触。如果加进第四个点支承，实际上仍是只有三个支承点在起着作用，而使一个支承在起重定位作用，势必造成其中一个支承不能与工件良好接触，引起工件定位不稳定（对一批工件来说）。这时如果用力夹紧工件，使其强迫接触，则反而会造成工件或夹具的变形，破坏了工件的定位精度。所以用粗基准定位时，常采用缩小或限制定位元件与工件基准的接触面积的办法，以使工件定位稳定、可靠。

但在工件以已加工过的精基准定位时，由于工件的定位基准面平整光滑，夹具的定位元件精度也很高，可以用增大与基准接触面积的支承板等定位元件来代替三点支承，由此增加定位的接触刚度，从而也增加了工件定位的稳定性。

这里还须指出，用六个支承点来限制工件的六个自由度，当支承点的布局不合理时，会产生既过定位又没有足够地限制住工件的自由度的情况。例如图 2-6 中侧面的两个支承点不在一个水平上，而是上下垂直排列，则工件沿  $x$  轴的移动自由度被限制了两次，已重复定位，而绕  $z$  轴的转动自由度并没有被限制住。如果工件的侧面与底面不垂直，则必有一面与某个支承点贴合不着，究竟那个表面的那一部分没有贴合，事先无法知道，因此定位就不稳定，并带来定位误差。所以必须合理地布置支承点的位置，以免过定位或定位不足的现象。

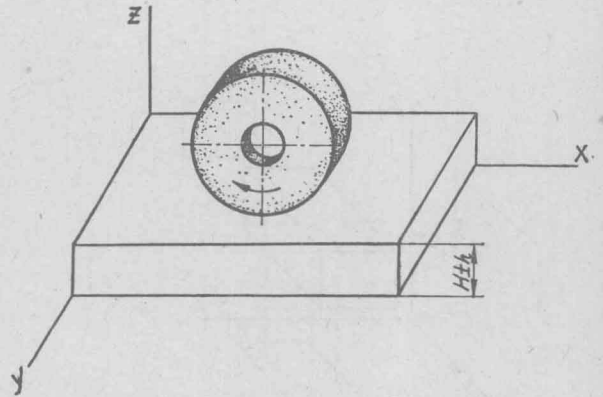


图 2-5 只有一个加工尺寸要求的平面定位

## 二、限制工件自由度的举例分析

以上我们从工件的平面定位中得出“六点定位原则”。这一原则有其普遍的意义，可以用来对其他表面形状的工件作定位分析。

### 1. 圆柱体的定位分析

如果将长的圆柱体，即其长度大于直径， $\frac{L}{D} > 1$  的工件，搁在长的 V 形块上定位，则圆柱体与 V 形块的接触是两条长直线。将夹角为  $90^\circ$  的 V 形块转一角度后来分析工件自由度被限制的情况，（图 2-7）。

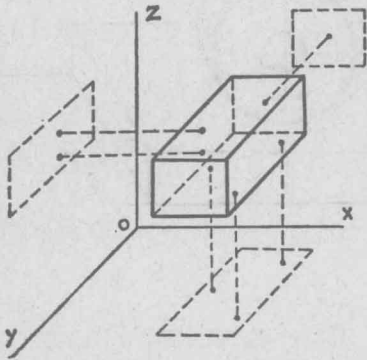


图 2-6 支承点布局不合理

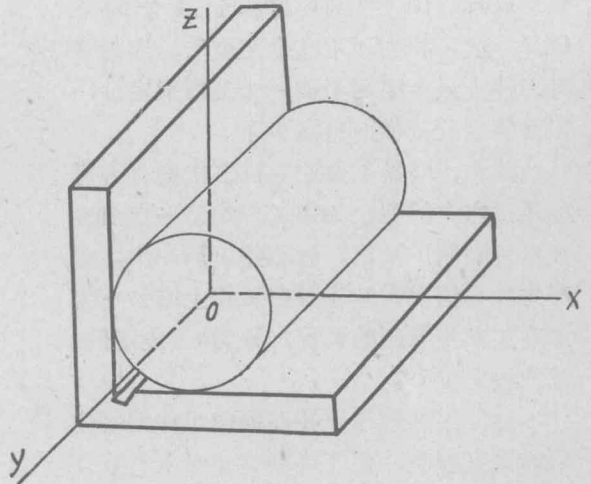


图 2-7 长圆柱体在 V 形块中的定位

长圆柱体工件在  $xoy$  平面上定位，限制了两个自由度，即  $\vec{x}$  和  $\vec{z}$ ；而在  $yoz$  平面上定位也限制了两个自由度，即  $\vec{z}$  和  $\vec{x}$ 。由此可知，长圆柱体工件在 V 形块上定位时可限制四个自由度，相当于四点定位，也可用四个固定支承来代替。工件在沿其轴向的移动和绕轴向转动的角向位置都没有被固定下来。在生产中常以两个等高的短 V 形块来代替一个长 V 形块，可起到同样的作用。

如果在长圆柱体上要加工出一条与轴线相平行的通槽，则工件搁在 V 形块中夹紧即可。如须与工件上已有的一条槽保持一定的角向关系，则须用定位销插入已有的槽中，固定其角向位置（五点定位）。如果此槽还须与工件端面有一定的尺寸距离，则轴向自由度也须限制住，即六点定位了，见图 2-8。

短的圆柱体，即其长度小于直径， $\frac{L}{D} < 1$  的工件。由于用作定位部分的长度的变化，使工件表面定位点的情况也就产生了变化。如图 2-9 a、b 所示的工件圆柱体较短，如把工件任意地放在三爪卡盘中夹住，就很难保证不歪斜，即相对于  $z$  轴和  $y$  轴很易产生转动，只能限制  $y$  和  $z$  的两个移动自由度。为此，在实际生产上，在三爪卡盘中定位很短的圆柱体工件，即圆板形的工件时采取如图 c 所示的增加端面定位的方法，使工件定位稳定。如果工件是长圆柱体，仍以其上的短圆柱面在三爪卡盘中定位，则还得加后顶尖以限制其

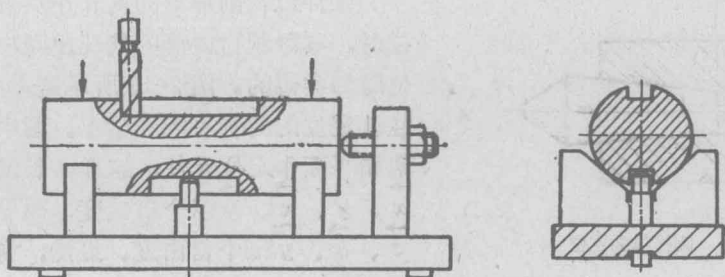


图 2-8 在圆柱体工件上铣不通槽时的定位

$\vec{y}$  和  $\vec{z}$  的两个转动自由度，如图中 *d* 所示。

图 2-10 所示为圆板形工件的定位情况。这时以其端面搁在  $xoy$  平面上才能稳定，再以其外圆柱面与  $V$  形块接触，共限制了五个自由度，剩下的一个绕  $z$  轴转动的自由度没有被限制住。

圆柱体也可在定位元件的定位

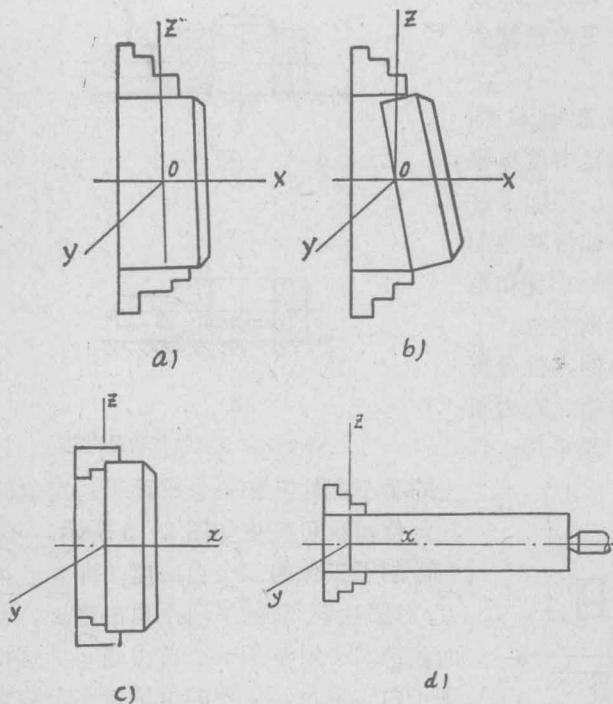


图 2-9 工件以短圆柱面在卡盘中定位时的几种情况

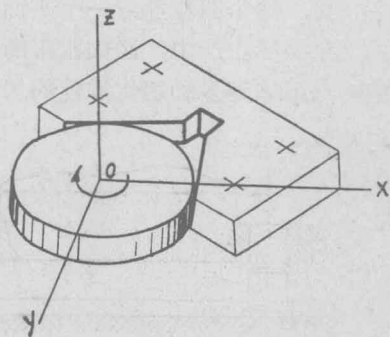


图 2-10 圆板形工件定位示例

孔中定位，其限制的自由度与用  $V$  形块定位时的分析相同。

## 2. 圆锥体的定位分析

我们分析一下圆锥体和圆柱体之间有那些相同的地方，又有那些不同之处。相同之处是它们都是回转体，都具有圆柱体定位的特点，即限制了  $\vec{z}$ 、 $\vec{y}$ 、 $\vec{z}$ 、 $\vec{y}$  四个自由度。不同之处是它具有锥度，还能限制沿  $x$  轴方向的移动自由度  $\vec{x}$ 。因此长的圆锥体共限制了五个自由度，图 2-11。

对于短圆锥体来说，当它在锥孔中定位时，除了相当于短圆柱体限制了  $\vec{z}$ 、 $\vec{y}$  两个沿轴向的移动自由度外，由于锥体和锥孔的配合，还限制了沿  $x$  轴向移动自由度  $\vec{x}$ ，总共限制了三个自由度。

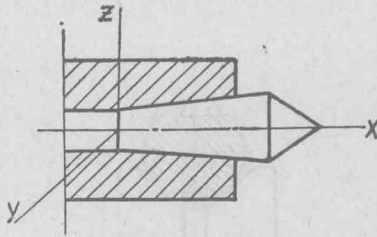


图 2-11 圆锥体的定位

度被重复限制了，这是“过定位”。这时如果工件孔中心线与其端面存在一定的不垂直度误差，工件端面与夹具元件的定位平面就不能良好接触。当工件受夹紧力  $P$  后，工件或定位销就会产生变形，破坏了工件的定位精度。

如改由图中  $b$  所示的以短定位销来定位内孔，这时短销仅限制  $\vec{x}$ 、 $\vec{y}$  两个移动自由度与平面定位（限制  $\vec{z}$ 、 $\vec{x}$ 、 $\vec{y}$ ）组合起来，消除了过定位的不合理现象。这时工件孔中心线与其端面如稍有不垂直度误差存在，在允许的最小孔和销的配合间隙下，就能使工件得到稳定地定位。

4. 两个圆柱孔与一个平面组合的定位分析  
在实际生产中，诸如机床的变速箱、动力机械的汽缸体等多种箱体零件的加工，是采用工件

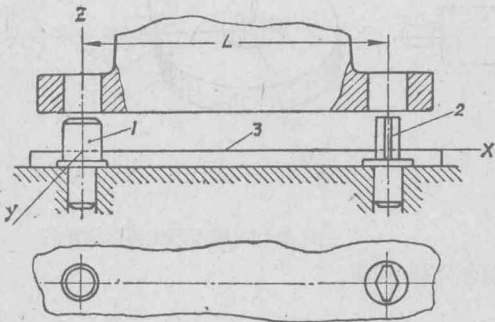


图 2-13 工件以两孔和一平面定位

### 3. 圆柱孔的定位分析

工件以其圆柱形的内孔在夹具的定位销中定位时，其限制自由度的情况也是与分析圆柱体定位时相类似的。图 2-12 所示是连杆加工时以圆柱孔定位的两种可能的情况。图中  $a$  是用长圆柱销和平面作定位元件，这样，长圆柱销限制了  $\vec{x}$ 、 $\vec{y}$ 、 $\vec{x}$ 、 $\vec{y}$  四个自由度，而平面则应限制  $\vec{z}$ 、 $\vec{x}$ 、 $\vec{y}$  三个自由度。显然，有两个转动自由

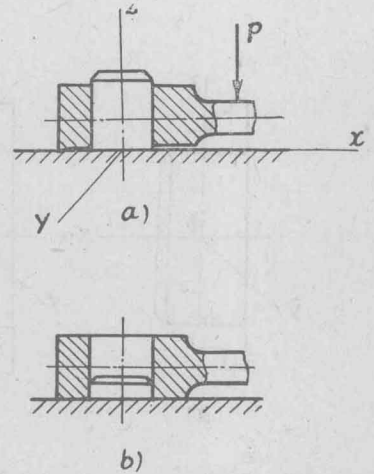


图 2-12 连杆孔与端面的定位

上的两个圆柱孔和一个平面进行定位的，其定位情况可简化如图 2-13 所示。平面 3 限制了工件的三个自由度，即  $\vec{z}$ 、 $\vec{x}$ 、 $\vec{y}$ 。短圆柱销 1 限制了两个自由度  $\vec{x}$ 、 $\vec{y}$ ，而菱销 2 只限制了一个自由度  $\vec{z}$ 。这样实现了六点定位，工件的位置就完全确定下来。

从对以上的各种定位情况的分析使我们知道，要使工件得到正确的定位，就必须遵照“六点定位原则”。

## § 2-2 基 准

以上我们讨论了工件的定位原理，现在要讨论与定位有关的基准问题。

## 一、基准的概念

工件上一个表面的加工精度往往是由两个特征所决定的：一是加工表面本身的精度，它是由采用相应的加工方法来保证的（如一个孔的孔径尺寸精度，由钻、铰、镗、磨等加工方法来获得）；另一是加工表面与工件上其他表面之间的位置精度，如孔的中心线与其他表面的距离精度、平行度、垂直度、同心度等等，它是靠工件的正确定位来得到的。

“基准”是在确定工件上某一面、线或点的位置时所依据的其他的、面、线或点。如果要计算或测量工件某一面、线或点的位置尺寸，那么基准就是计算和测量的起点。因之基准的概念只有在研究工件上各个面、线或点的相互位置关系的问题时才有意义。根据工件的加工工艺要求，选择那些面、线或点作为定位基准，是直接影响工件加工表面间位置精度的主要因素之一。因之，基准的选择在制订零件机械加工工艺过程中占有极其重要的地位。不仅如此，在机械制造中，从设计、制造、测量到零件的装配都涉及到基准的问题。根据应用场合不同，基准可分为下列几种：

### 1. 设计基准

设计基准是零件图上的一个面、线或点，根据它来标注另外一个面、线或点的相对位置。这是设计人员从该零件在产品中的工作条件要求出发，在零件图上用一定的尺寸或相互位置关系要求来确定的。如图 2-14a 所示的零件图中， $A$  面是以  $C$  面为依据而标注出位置尺寸  $l_2$ ， $C$  面就是  $A$  面的设计基准。反之，也可以说  $A$  面是  $C$  面的设计基准。但  $B$  面又以  $C$  面为依据而标注其位置尺寸  $l_1$ ，所以  $C$  面是  $A$ 、 $B$  面的共同设计基准。另外  $\phi D^{+0.02}$ 、 $\phi d^{+0.01}$  的两个圆柱面及平面  $E$  都以轴心线为依据而标注其相对位置的，因之轴心线就是它们的共同设计基准。如果零件图中还有技术要求规定  $\phi D$  对  $\phi d$  的不同心度，则  $\phi d$  的圆柱面又为  $\phi D$  圆柱面的设计基准。

### 2. 定位基准

上面已谈到，工件在夹具中的定位过程，就是将工件上的定位基准靠到夹具的定位元件表面上去，使之接触。也就是说，本工序所要加工的表面是依靠“定位基准”与定位元件的接触而取得所需要的加工位置的。如图 2-14b 中加工  $E$  面时以  $\phi d$  圆柱面与定位块相接触的一条母线  $F$  就是本工序的定位基准。图中  $c$  以  $V$  形块定位时， $\phi d$  圆柱面上的两条母线就是这一工序的定位基准。可以看出，两种定位方案的定位基准都不与  $E$  面的设计基准相重合。

### 3. 度量基准

它是测量已加工表面的相对位置时，被用作度量起点的。例如图 2-14d 中以  $\phi d$  圆柱面为度量基准，测量  $\phi D$  圆柱面的不同心度。图 e 是测量  $E$  面时以圆柱面上一条短母线  $F$  为度量基准，由此可以看出， $E$  面的度量基准  $F$  与它的设计基准（轴心线）不相重合。

### 4. 装配基准

装配基准是在装配时用来确定零件或部件在机器中的位置所依据的表面或中心线。例如图 2-15 所示的车床主轴箱底部导轨面  $A$ 、 $B$ 。设计人员在设计产品的零件、部件图纸时，着重在零件的装配关系上和零件间的配合性能上来选择设计基准与装配基准的统一。如图中主轴承孔中心线  $O$  的  $L_1$ 、 $L_2$  的位置尺寸是以装配基准  $A$ 、 $B$  面为设计基准的。



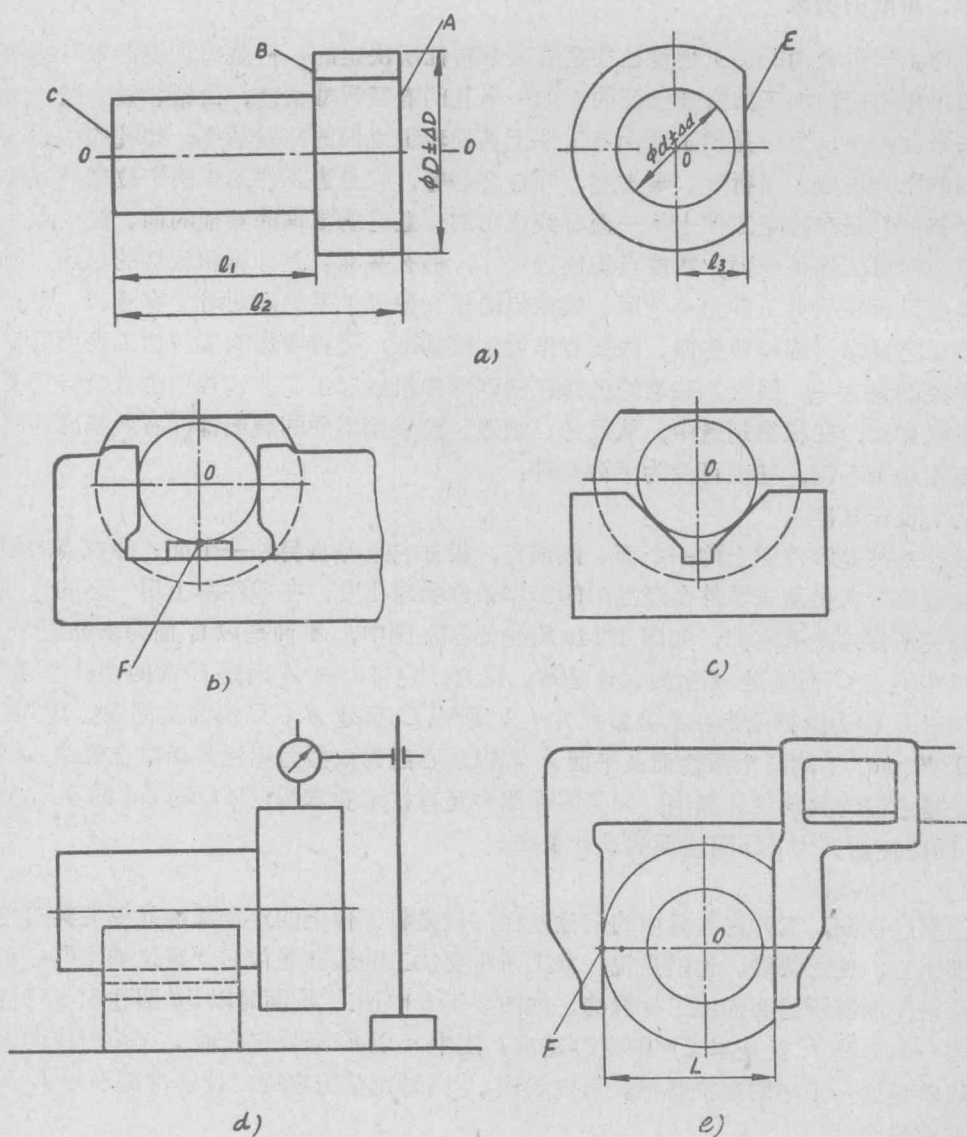


图 2-14 各种基准示例

## 二、各种基准之间的相互关系

上面介绍了各种基准的基本概念。在工件加工的每一工序中，都有可能同时牵涉到各种基准之间的关系问题。在实际工作中，各种基准之间常出现以下几种情况：

1. 设计基准、定位基准和装配基准各自独立存在着。如图 2-16 所示的阶梯轴的各外圆柱表面，其设计基准是轴心线，定位基准是两个顶尖孔，而装配基准是待装轴承的两个轴颈 A 和 B。在这种情况下，这些基准之间就要求有较高的相互位置精度和各自的尺