

前 言

“机械制造工艺学”是“机械制造工艺和设备”专业的一门主要专业课。按照教学计划的规定,本专业学生在具体的业务要求上应“具有制定工艺规程、设计……专用工艺装备的初步能力”、“具有机械加工工艺……方面的基本知识”和“对改进机械加工工艺过程……受到研究方法的初步训练”。本课程的目的就是要使学生掌握机械制造工艺方面的基本理论、基本知识和必要的实验技能,配合生产实习、课程设计和毕业设计(论文)等其它教学环节,使学生具有上述的“初步能力”和受到上述的“初步训练”。

本书的内容可以归纳为三个部分:第一部分是工艺规程设计和夹具设计的基本原理。这部分内容是学生毕业后立即需要用到的最基本内容。我们建议在生产实习之前的第六学期讲授这两章,这一方面可以给生产实习打下个理论基础,便于生产实习的顺利进行,另一方面也可以通过生产实习,巩固和扩大课堂所学的知识。再配合后面的设计训练,使学生具有这方面的初步能力。第二部分是关于工艺科学的基本理论,例如加工精度的理论、工艺系统振动和刚度的理论、统计分析和质量控制的理论、工艺尺寸链和装配尺寸链的理论、被加工表面层质量的理论等等。这部分内容对于改进加工工艺规程、提高我国机械制造工艺的水平是具有重大意义的。我们力求作到理论结合实践,深入浅出,使学生容易接受。第三部分是精密工艺和齿轮工艺。这是一些生产中常用而又是学生在实习中难于掌握的基本工艺知识。二、三部分在学生生产实习以后的第七学期中加以讲授,可以提高学生的学习效果。

本课程的特点是实践性强,课程的系统也是从生产实践的系统出发。这对于习惯于严格的科学系统而又缺乏实践经验的学生是不熟悉的。学生在学习中应该注意掌握基本概念,注意其在实践中的应用,而不要侧重于计算和数学公式。对于本专业的学生来说,学好这门课程是很重要的,这不仅是因为大部分毕业的学生将来会分配到与工艺有关的工作岗位上去,为祖国和人民工作,而且因为在我国的机械制造业中,工艺是属于薄弱环节,提高机械制造业的工艺水平,会促进祖国的四个现代化早日实现。

本书由大连工学院机械制造工艺教研室编写,主编人为陈懋圻,参加编写的还有:王小华、刘健、汪文友、周锦进、韩宏猷、徐文波、卢绍云、李堂三、阎保民、官慧贞、方加宝等。本书第六章还得到我院刀具教研室鲍绍箕的帮助和审阅。本书是在我院66年出版的机械制造工艺学(未对外发行)的基础上,参考了其他有关书籍及论文,根据这几年的教学实践的体会而写成的。由于编者水平有限,书中错误及不当之处很多,欢迎广大读者批评指正。

目 录

第一章 机床夹具设计原理	1
§1—1 机床夹具的概述	1
§1—2 工件的定位	5
§1—3 典型的定位方式、定位元件及定位装置	12
§1—4 定位误差	27
§1—5 工件的夹紧	31
§1—6 夹紧机构的设计原则及夹紧力的确定	46
§1—7 夹具的动力装置	52
§1—8 夹具的其它装置	57
§1—9 夹具设计的方法及步骤	69
✓ 第二章 机械加工工艺规程的制订	76
§2—1 概述	76
§2—2 基准及其选择	84
§2—3 工艺路线的拟定	98
§2—4 加工余量及工序尺寸的制定	106
§2—5 时间定额和提高生产率的工艺措施	115
§2—6 工艺方案的技术经济分析	121
§2—7 制定工艺规程的实例——床头箱体的加工	122
✓ 第三章 机械加工的精度	133
§3—1 概述	133
§3—2 机床、夹具、刀具的制造精度和磨损对工件精度的影响	136
§3—3 工艺系统的受力变形及其对工件精度的影响	159
§3—4 工艺系统的热变形及其对工件精度的影响	178
§3—5 加工精度的综合分析	187
✓ 第四章 加工误差的统计分析法	190
§4—1 概述	190
§4—2 分布图分析法	190
§4—3 点图分析法和工艺验证	197
§4—4 质量管理图和机床调整	202
§4—5 相关分析法	208
§4—6 误差原因的综合分析和判断	211
第五章 机械加工的表面质量	219
§5—1 零件表面质量对使用性能的影响	219

§5—2	表面光洁度的影响因素及其提高措施	223
§5—3	工件表面层的加工硬化和金相组织的变化及其影响因素	231
§5—4	表面层的残余应力及强化工艺	235
第六章	切削加工中的振动	242
§6—1	机械振动的基本理论	242
§6—2	切削过程中的颤振	258
§6—3	减小振动、提高稳定性的工艺途径	276
§6—4	振动的综合分析和判断	281
第七章	装配工艺及装配尺寸链	287
§7—1	概述	287
§7—2	装配尺寸链的组成和查找方法	288
§7—3	互换装配法	291
§7—4	选择装配法	294
§7—5	修配装配法	296
§7—6	调节装配法	298
第八章	精密工艺	304
§8—1	概述	304
§8—2	精密加工方法	307
§8—3	精密零件加工实例	316
第九章	圆柱齿轮加工工艺	322
§9—1	概述	322
§9—2	滚齿工艺	323
§9—3	插齿工艺	339
§9—4	剃齿工艺	342
§9—5	磨齿工艺	349
§9—6	精密蜗轮的加工	358

第一章 机床夹具设计原理

在机床上进行机械加工时，除了要使用刀具、量具之外，还需要一些辅助装置及辅助工具，象车床上使用的各种卡盘，铣床上使用的平口虎钳等等。它们是机床与工件之间的一种联结装置，其功用是使工件能安装到机床的正确位置之上，称之为机床夹具（或简称夹具）。此外还需要一些装夹和支承刀具用的辅助工具，简称辅具，如铣刀杆、镗刀杆、钻卡、丝锥夹头等。习惯上把上述的刀具、量具、夹具、辅具统称为工艺装备。夹具在工艺装备中占有十分重要的地位。因为夹具的好坏将在很大程度上影响工件的加工精度、生产率及成本。一台好的夹具，往往可以使低精度的机床加工出高精度的产品；或是使生产率成倍增长。因此夹具是工艺过程中最活跃的因素之一，而夹具设计则是一项重要的工艺工作。

§1—1 机床夹具的概述

一、工件的安装

如上所述，夹具是用于工件安装的一种工艺装备。那么工件安装的含义是什么呢？具体地说，它包含了两个方面的内容：

（1）工件应准确地安装在机床的合适位置上。使工件与刀具及机床主轴、导轨之间具有准确的相对位置，从而保证被加工工件的尺寸精度、形状精度及位置精度。这称为工件的定位。

（2）将工件固定在既定的位置上，使它不致因切削力、惯性力、重力的作用而移动，保证机械加工的正常进行。这叫做工件的夹紧。

工件的定位及夹紧总称为安装。

图 1—1 表示一扇形零件的钻孔、铰孔工序图。工序内容为加工三个 $\Phi 8H8$ 孔，它们的精度要求是：

- ① 尺寸精度：孔径公差为 0.022mm ；
- ② 位置精度： $\Phi 8H8$ 三孔的中心线与端面 A 距离公差 0.2 ，平行度 0.08 ；与 $\Phi 22H7$ 孔对称度 0.1 ；三孔还应均布，公差 $20' (\pm 10')$ 。

上述的孔径精度可由铰孔保证。为了保证孔的位置精度，工件在安装时必须做到：使

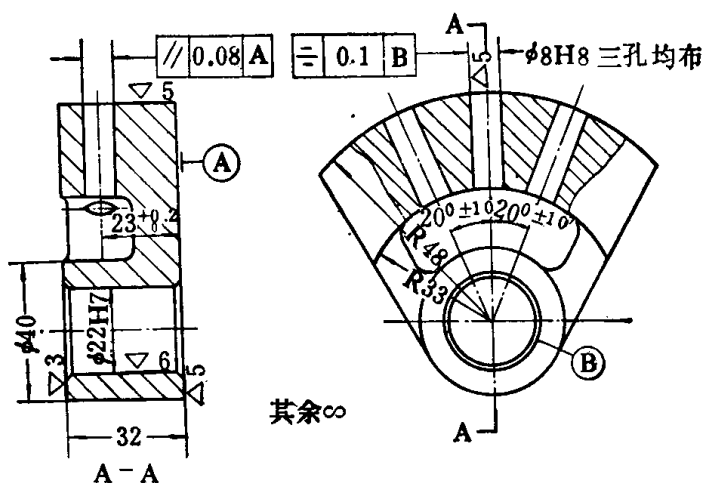
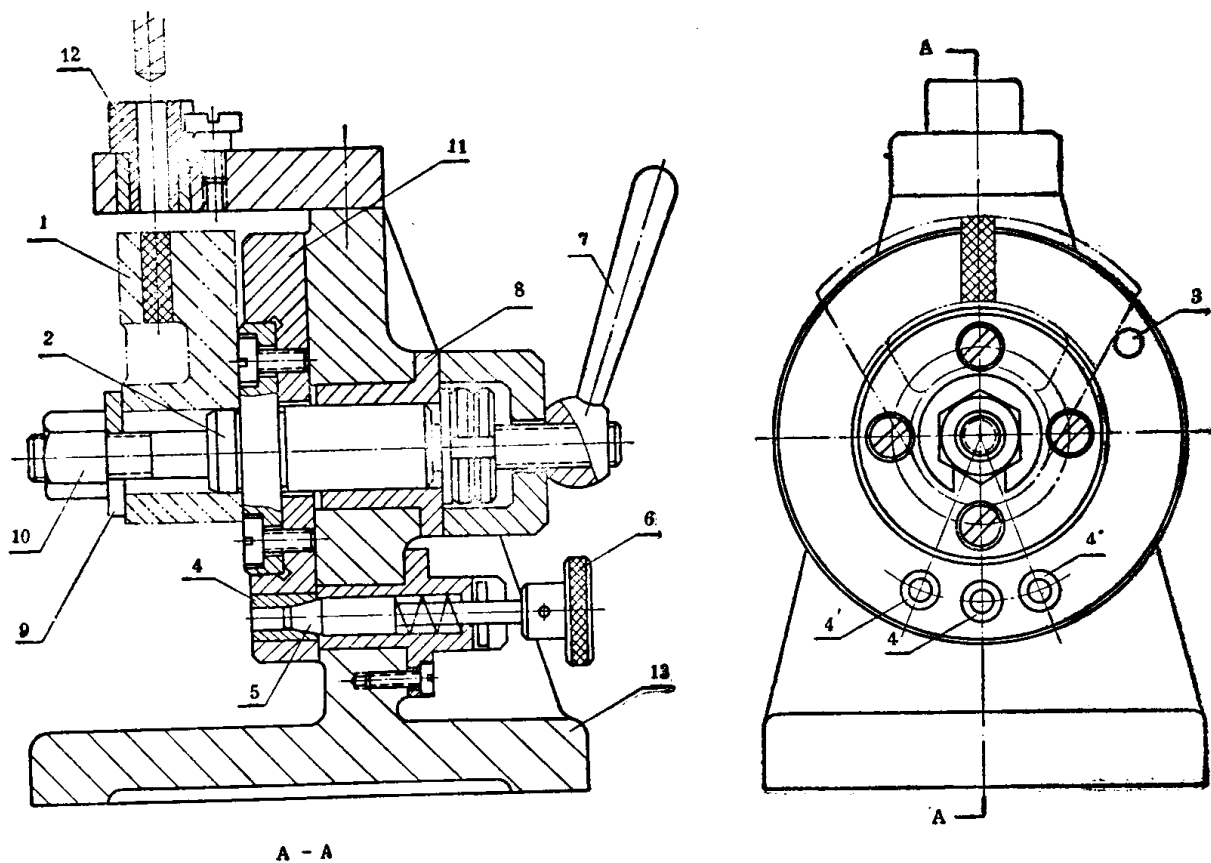


图 1—1 工件工序图

A面平行于钻床主轴轴线，并严格控制它们之间的距离，以保证孔与端面的平行度要求及距离要求。其次应使钻床主轴轴线与 $\Phi 22H7$ 孔中心线相交，以保证对称度要求。最后为保证三孔均布，安装时尚应严格控制三孔中心线之间的夹角。上述诸点就是对该工件的安装要求，不难看出，安装的好坏将对加工精度产生重要的影响。工件的安装有两种主要的方式：

(1) 划线安装。这种安装方法是按图纸要求，在工件表面上划出加工表面的尺寸及位置线，然后利用划针盘等工具在机床上对工件找正然后夹紧。这种安装方法简单，不需要专门设备而且通用性好，但生产率低、精度不高（一般找正时的对线精度为 0.1mm 左右）。象上面举的扇形零件的孔加工例子，因孔的位置精度要求较高，靠划线安装是很难达到的。划线安装适用于单件小批生产，或中批生产时复杂铸件的粗加工工序。

(2) 夹具安装。为了提高加工精度和生产率，通常采用夹具安装。此时工件不再需要划线和找正，而是靠夹具来保证工件在机床上所需的位置，并使其夹紧。图 1—2 所示的钻床夹具，是专门用于图 1—1 所示零件的钻孔及铰孔工序。工件 1 的孔 $\Phi 22H7$ 与夹具定位销 2 配合，端面 A 与定位销 2 端面接触，工件侧面靠紧在挡销 3 上，此时工件在夹具中实现了定位。拧动螺母 10，通过开口垫圈 9 将工件夹紧。件 12 为钻模套，它的硬度与钻头、铰刀的硬度相同。钻头通过钻模套而对工件加工，由于它的导向作用，保证了钻头与工件的相对位置，使 $\Phi 8H8$ 孔获得所要求的位置精度。加工完一个孔后，拧动手柄 7，可将盘 11 松开，利用手纽 6 将转盘定位销 5 由定位套 4 中拔出，使转盘带动工件一起回转 20° 后，将销 5 重新插入套 4'（或 4''）中，实现了分度。拧动手柄 7 将转盘 11 锁紧，



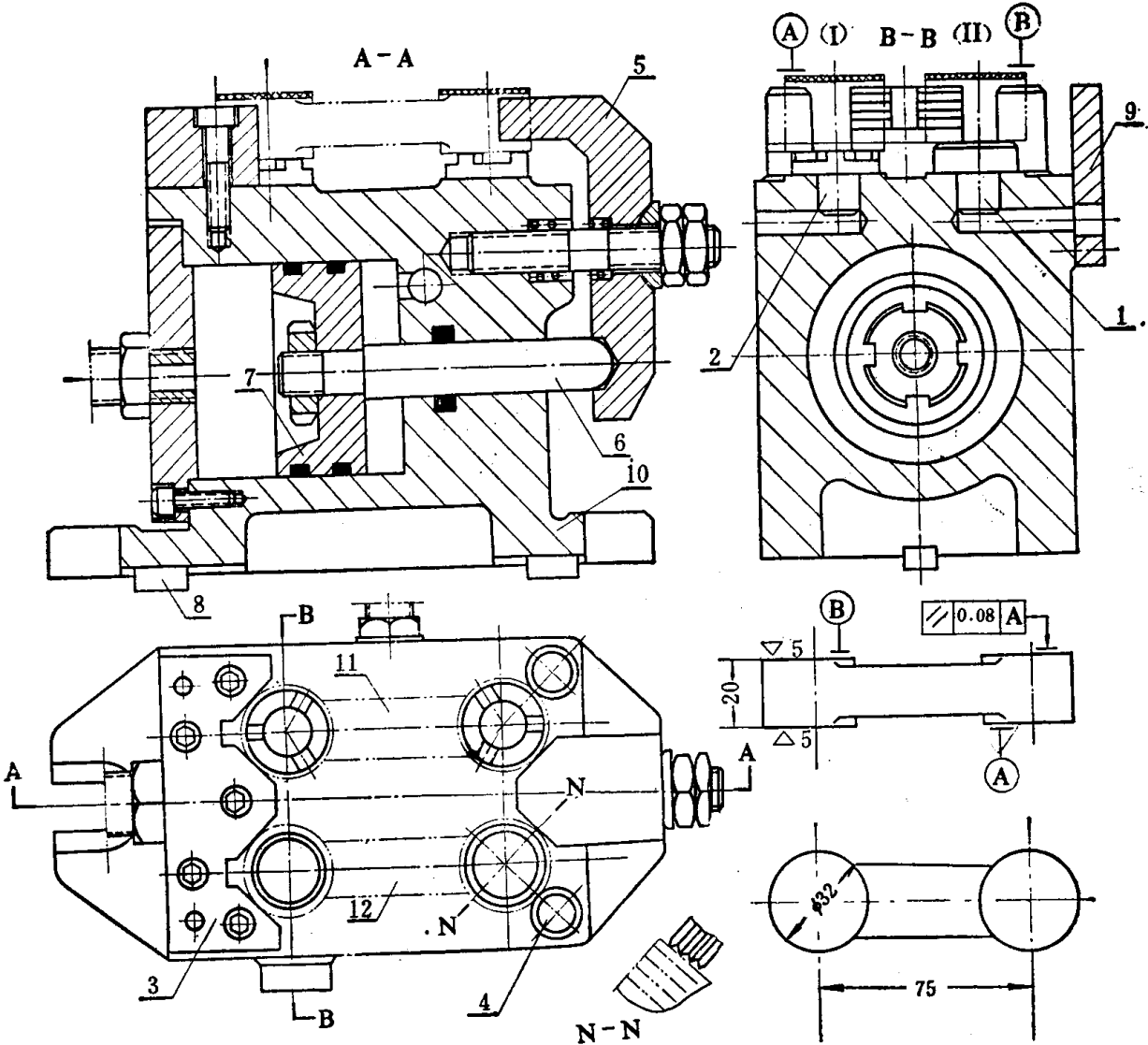
1—工件；2—定位销；3—挡销；4—定位套；5—定位销；6—手纽；7—手柄；
8—衬套；9—开口垫圈；10—螺母；11—转盘；12—钻模套；13—夹具体

图 1—2 钻孔及铰孔夹具图

便可进行其余孔的加工，并保证了三孔均布的要求。这种安装方法不但保证了所加工孔的各项精度，而且装夹工件也十分迅速、方便。由此可见，夹具安装可以获得划线安装所达不到的高精度和高生产率，它通常用于中批生产以上的生产类型。

二、夹具的组成及功用

为了进一步了解夹具的组成，我们再看一个铣床夹具。图 1—3 为铣削小型连杆两个端面 A、B 所用的夹具。加工时每次安装两个工件，工位 (I) 加工端面 A；工位 (II) 加工端面 B。件 1、件 2 为平面定位元件，件 4 为挡销，件 3 为 V 形铁定位元件，工件靠紧在它们之上便可实现定位。压缩空气推动活塞 7，经活塞杆 6 推动压板 5 同时夹紧两个工件 11、12。在一次加工中，可由工位 (I) 处拆下一个工序成品 (A、B 面均已加工)；由工位 (I) 处拆下一个工序半成品 (A 面已加工，B 面待加工)，将它翻转 180° 安放在工位 (II) 处，再于工位 (II) 处安放一个新毛坯。于是在机床的一个工作循环中，便可加工出一个工序成品及一个工序半成品，提高了生产率。铣刀相对于两个工件的位置，可



1、2—平面定位元件；3—V形铁；4—挡销；5—压板；6—活塞杆；7—活塞；8—定向键；
9—对刀块；10—夹具体；11、12—工件

图 1—3 铣连杆端面夹具图

以由对刀块 9 来校准。定位元件 1、2 有高度差 (0.8mm), 保证了加工 B 面所需的余量。

通过上面介绍的两种不同类型的夹具, 我们可以把夹具的组成归纳如下:

(1) 定位元件及定位装置——用来确定工件在夹具上位置的元件或装置。如图 1—2 中的定位销 2 和挡销 3, 图 1—3 中的定位支承 1、2 及 V 形铁 3、挡销 4 等。

(2) 夹紧元件及夹紧装置——用来夹紧工件, 使其位置固定下来的元件和装置。如图 1—2 中的螺母 10、开口垫圈 9, 图 1—3 中的压板 5 等。

(3) 对刀元件——用来确定刀具与工件相互位置的元件。如图 1—2 中的钻模套 (亦称导向元件), 图 1—3 中的对刀块 9 等。

(4) 动力装置——为减轻工人体力劳动, 提高劳动生产率, 所采用的各种机动夹紧的动力源。如图 1—3 中的气缸、活塞等。

(5) 夹具体——将夹具的各种元件、装置等联结起来的基础件。如图 1—2 中的件 13, 图 1—3 中的件 10。

(6) 其它元件及其它装置——例如实现工件分度的分度元件或分度装置 (图 1—2 中的分度定位销 5、定位套 4 等); 确定夹具在机床上位置的定向元件 (图 1—3 中的定向键 8) 等等。

夹具具有下述功用:

(1) 保证加工精度。由于采用夹具安装, 可以准确地确定工件与刀具、机床之间的相互位置, 并使加工过程不受或少受各种主观因素的影响, 因而比较容易获得较高的加工精度, 并使一批零件的精度稳定。

(2) 缩短辅助时间。在机械加工中, 除了切削时间以外, 很多时间是花在装夹工件、找正、对刀上。采用夹具安装可以使装夹方便, 免去工件逐个的找正及对刀, 因此可以大大减少这部分辅助时间。此外夹具安装还容易实现多件加工、多工位加工, 机动时间与辅助时间重合等等, 可以进一步缩短辅助时间, 提高劳动生产率。

(3) 扩大机床的使用范围。有一些夹具实质上是对机床的改装, 因而可以改变原机床的功能, 扩大其使用范围。象在车床床鞍上, 或摇臂钻床上安放镗模夹具后, 可以进行箱体孔系的镗削加工, 使车床、钻床具有某些镗床的功能。

(4) 减轻工人的劳动强度。

三、夹具的分类

按夹具的使用范围, 可将其划分成如下几类:

1. 通用夹具

例如车床上使用的三爪卡盘、四爪卡盘、拨盘; 铣床上使用的平口虎钳、分度头、转台; 平面磨床使用的电磁吸盘等。这些夹具的通用性强, 使用时无需调整或稍加调整, 就可以适应多种工件的安装, 因而被广泛应用于单件小批生产中。

2. 专用夹具

如前面图 1—2、1—3 所示的钻床夹具和铣床夹具, 都是用于某一特定工件的特定工序, 称为专用夹具。它的结构紧凑、针对性强、使用方便, 但设计制造这类夹具的周期较长, 成本也较高, 产品变更时便无法使用。因而专用夹具被广泛应用于成批及大量生

产中。

3. 成组夹具

一台夹具稍加调整或更换个别零件，便可适用于一组相似工件的安装，称之为成组夹具。这类夹具兼顾了夹具的专用性与通用性，适用于中小批生产。

4. 组合夹具

这类夹具是由标准化元件组装而成。标准元件有不同的形状、尺寸及功能，它们组装用的配合部分具有良好的互换性和耐磨性。使用时，可按加工工件的需要，选用适当的元件组装成不同类型的专用夹具，用毕后可将元件拆卸、清洗、入库备用。我国一些大中城市已建立了不同规模的组合夹具租用站，为各中小工厂服务。

5. 随行夹具

这是自动线上应用的一种夹具，它除了负担工件的安装任务，还随着工件向前输送。一个多工位的自动线上有许多相同的随行夹具，它们保证着各工位加工的正常进行，并由自动线的输送装置将工件间歇地、顺序地运送到下一个工位。

§1—2 工件的定位

一、定位与基准

工件在夹具中占有正确的位置称为定位。回顾前面所举的钻床夹具、铣床夹具的例子，当扇形工件或小型连杆安放在夹具中时，由于定位销、定位支承、V型铁等定位元件的限制，使工件在夹具中不能随意摆放，而是确定在一个既定的位置上，从而保证一批工件都能在夹具中占有同一个位置，使加工能够正常进行，这就是工件的定位。不应该把工件的定位片面地理解为“工件位置的固定”。固定工件的位置，这是夹紧的含意。有时会出现这样的情况，工件在夹具中，因偶然事故而没有安放在正确位置上，即没有定位，但夹紧机构仍可以将它夹紧，而使其位置固定下来。此时工件没有被固定在正确的位置上，我们仍然认为工件没有实现定位。这就是说，定位与夹紧是两个互相有联系，但又不容混淆的概念。使工件在夹具中处于正确的位置，这是定位的任务；而将工件已取得的位置固定下来，则是由夹紧来完成。

将工件的有关表面靠紧在夹具的定位元件上，即可以实现定位。由此可见，工件的定位不但与定位方案、定位元件有关，而且还与工件上用以定位的各表面有关。这些表面是工件定位的基础，即确定工件各表面相互位置的基准。基准是机械制造中应用得十分广泛的一个概念，它是指机器零件上用来确定各有关表面相互位置所用的几何元素（点、线、面），它有基准点、基准线、基准面（基面）之分。基准在机器零件的设计、加工、检查、装配等许多方面都会遇到，这里仅讨论与夹具设计有关的两类基准：

1. 设计基准和工序基准

在设计图纸上用来确定零件各表面相互位置的基准，称为设计基准。它是设计图纸上标注尺寸，或是标注形位公差所用的基准点、基准线、基准面。

图1—4表示了一个轴类零件的简图。可以看出，轴的长度及键槽长度都是以端面C为基准决定的；键槽底面的位置尺寸及位置公差，则是由 $\Phi 70H7$ 外圆柱面的下母线B

来决定；键槽的中心位置有对称度要求，它的基准是 $\Phi 70H7$ 圆柱的轴向对称平面。上面谈到的基面C、基准线B及 $\Phi 70H7$ 的假想轴向对称平面，都是设计基准。

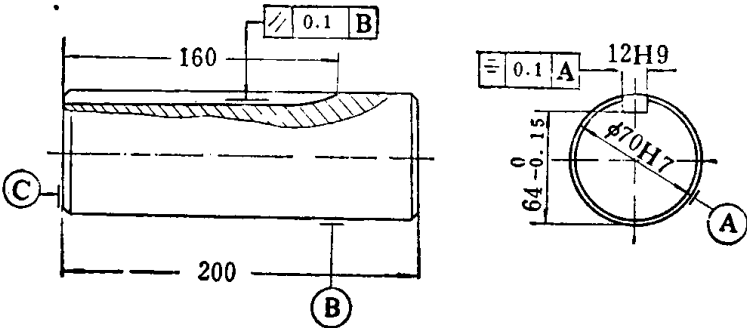


图 1—4 设计基准示意图

工件各表面位置的基准称为工序基准。设计图与工序图一般是有明显区别的，设计基准与工序基准也不尽一致。但这两类基准都是图纸上规定的基准，因此在这个意义上来说，它们的含意又十分相近。

2. 定位基准

工件在夹具安装时，用来确定其位置所用的基准，称为定位基准。它一般就是工件上与夹具定位元件相接触的一些表面。

图 1—5 是镗孔时工件的安装简图。采用工件的底面A及侧面C定位，加工孔B。这时表面A、C即为定位基准。

正确地选择定位基准，是工艺规程拟订的主要内容之一，也是夹具设计的必要前提。在可能的情况下，应尽量选设计基准（工序基准）为定位基准，这样可以减少基准的转换误差，提高定位精度。这一点下章还要详细讨论。

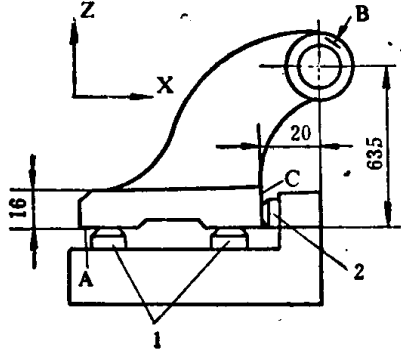


图 1—5 定位基准 1、2—定位元件

二、定位原理

在讨论工件定位时，首先应该回答的问题是：定位的基本条件是什么？实现定位应该遵循怎样的原则？为了搞清楚这个问题，可以先讨论与定位相反的问题——工件在夹具中的位置可能有的变化（即运动），一旦消除了这些位置的变化，即限制了工件可能的运动，便实现了定位。

一个物体在空间可能具有的运动，称为自由度。由运动学可知，刚体在空间可以有六种独立运动，即具有六个自由度。对于图 1—6 所示的长方体，它在直角坐标系 OXYZ 中的六个运动是：

三个平移运动——沿 X 轴平移 X，沿 Y

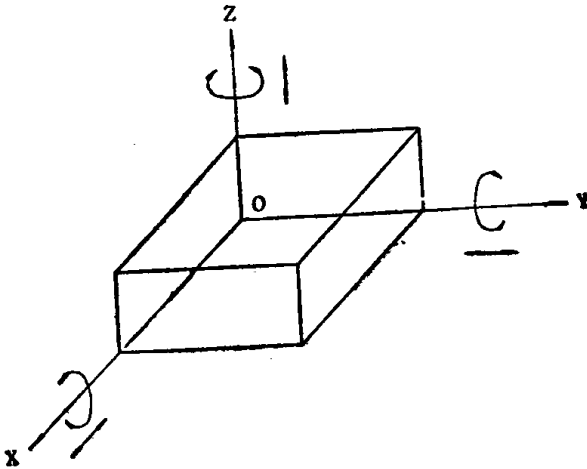


图 1—6 自由度示意图

轴平移 $\vec{Y}$ ，沿 Z 轴平移 $\vec{Z}$ ；

三个回转运动——绕 X 轴回转 $\vec{X}$ ，绕 Y 轴回转 $\vec{Y}$ 、绕 Z 轴回转 $\vec{Z}$ 。

从运动学的观点来看，所谓定位就是采取各种约束措施，来消除工件的六个自由度，这里所说的约束则是由各种定位元件所构成。例如在讨论长方体形工件的定位时，可以在其底面布置三个不共线的约束点1、2、3（图1—7）；侧面布置两个约束点4、5；端面布置一个约束点6。

约束点1、2、3：限制 $\vec{Z}$ 、 $\vec{X}$ 、 $\vec{Y}$ 三个自由度；

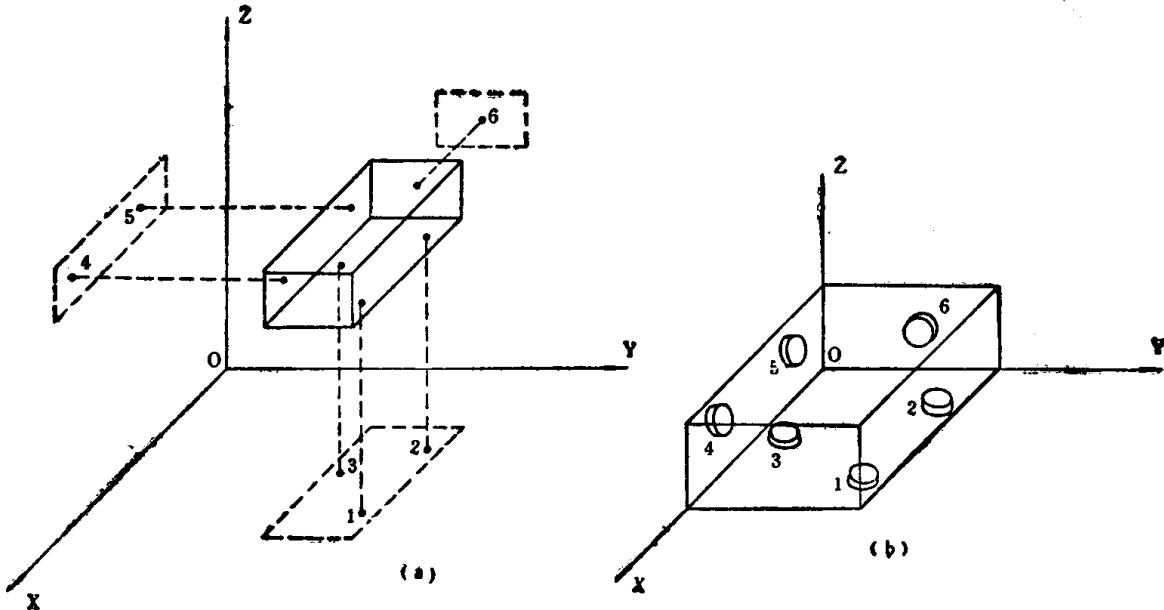


图1—7 长方体形工件的定位

约束点4、5：限制 $\vec{Y}$ 、 $\vec{Z}$ 两个自由度；

约束点6：限制 X 一个自由度。

于是完全限制了工件的六个自由度，即实现了完全定位。在具体的夹具中，约束是由六个钉支承所组成，每个钉支承与工件的接触面很小，可视为约束点，具体情况如图1—7(b)所示。

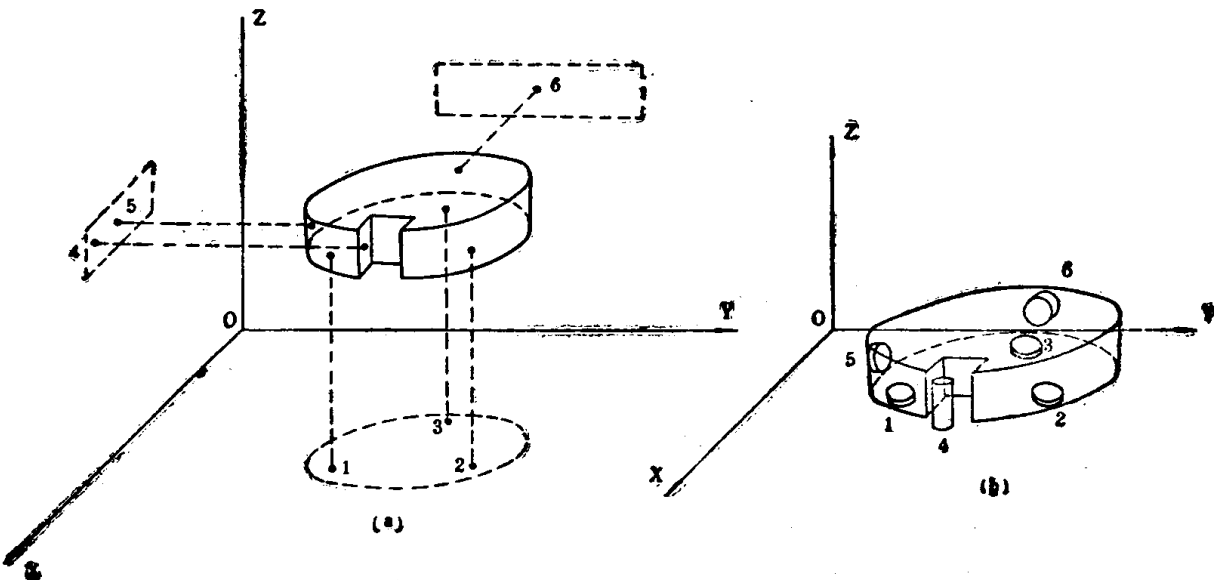


图1—8 圆盘类工件的定位

对于圆盘类工件，也可以采取类似方法定位。如图 1—8 所示，端面布置三个约束点 1、2、3，限制 $\vec{X}$ 、 $\vec{Y}$ 、 $\vec{Z}$ 三个自由度；侧面圆柱面布置两个约束点 5、6，限制 $\vec{X}$ 、 $\vec{Y}$ 两个自由度；槽侧布置一个约束点 4，限制 $\vec{Z}$ 一个自由度，工件实现完全定位。

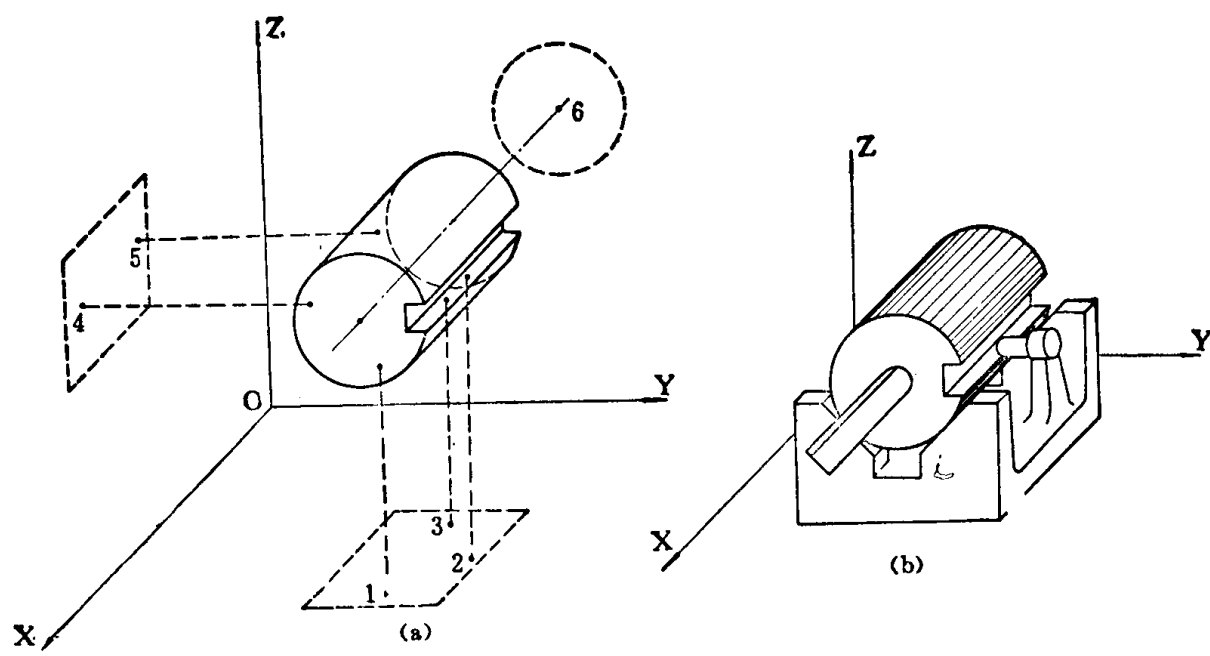


图 1—9 轴类零件的定位

对于轴类零件（图 1—9），可在外圆柱表面布置四个约束点 1、3、4、5，限制 $\vec{Y}$ 、 $\vec{Z}$ 、 $\vec{Y}$ 、 $\vec{Z}$ 四个自由度；槽侧布置一个约束点 2，限制 $\vec{X}$ 一个自由度；端面布置一个约束点 6，限制 $\vec{X}$ 一个自由度，工件实现完全定位。为了在外圆柱面上布置四点约束，一般采用 V 型铁，如图 1—9(b) 所示。

综合上面的讨论，可以把工件的定位条件归纳如下：

采用适当的定位元件，限制工件在夹具中的六个自由度，即可实现完全定位。这一点称为工件的定位原理。另外从上面举的三个例子中可以看出，为限制工件的六个自由度，需要也仅需要六个约束点。因此定位条件还可以换另一种方式来表述：

采用六个按一定规则布置的约束点，限制工件的六个自由度，即可实现完全定位。这称为六点定位原理。

由于工件的形状是千变万化的，定位元件的型式和种类也很多，要讨论某一个定位元件究竟相当于几个约束点，常常是困难的，有时也是不必要的。因此在实际应用时，往往绕过约束点的概念，直接分析某个定位元件限制了哪几个自由度，夹具中所有定位元件的组合是否完全限制了工件的六个自由度等等，来判断工件是否实现了完全定位。下面我们就来讨论几种常见的定位元件，看看它们限制自由度的情况。

1. 定位销定位

定位销有长短之分，这主要取决于销定位时的长径比，图 1—10 (a)、(b) 表示了销定位情况，长销可限制 $\vec{X}$ 、 $\vec{Y}$ 、 $\vec{X}$ 、 $\vec{Y}$ 四个自由度；短销则限制 $\vec{X}$ 、 $\vec{Y}$ 两个自由度。

2. V 形铁定位

V 形铁定位如图 1—10(c)、(d) 所示，它适用于外圆柱表面定位。长 V 形铁可限制 $\vec{X}$ 、 $\vec{Z}$ 、 $\vec{X}$ 、 $\vec{Z}$ 四个自由度；短 V 形铁可限制 $\vec{X}$ 、 $\vec{Z}$ 两个自由度。

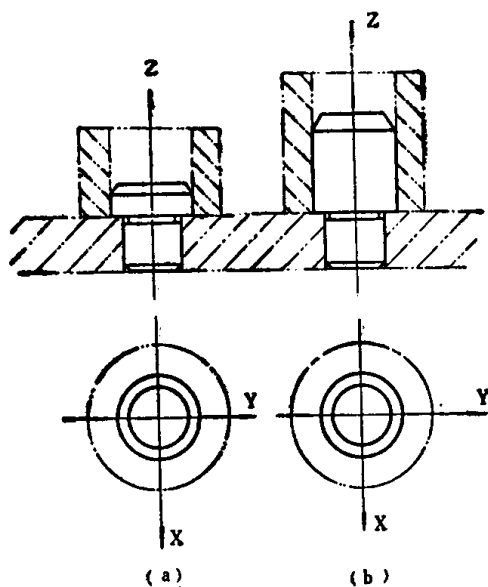


图1—10 (a)、(b) 短、长销定位示意图

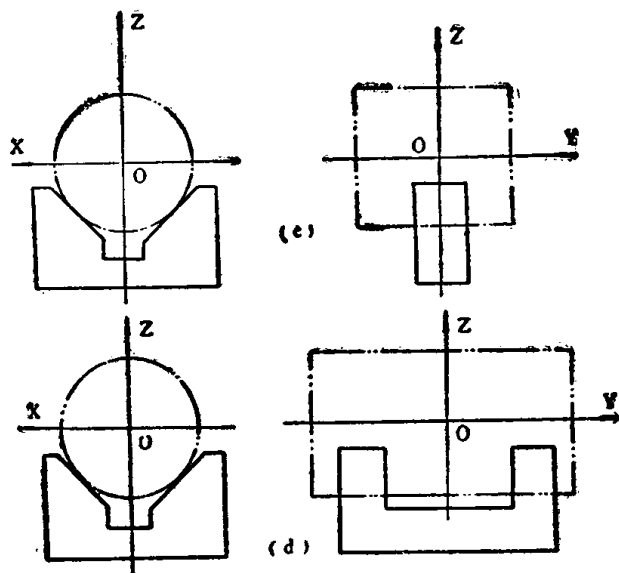


图1—10 (c)(d) 短、长V形铁定位示意图

3. 锥销定位

锥销与圆孔定位时，是接触在孔端的边缘上，如图1—10(e)、(f)所示。固定锥销可限制 $\vec{X}$ 、 $\vec{Y}$ 、 $\vec{Z}$ 三个自由度；浮动锥销则限制 $\vec{X}$ 、 $\vec{Y}$ 两个自由度。

4. 顶尖定位

车床上常用顶尖定位，由于顶尖孔是短

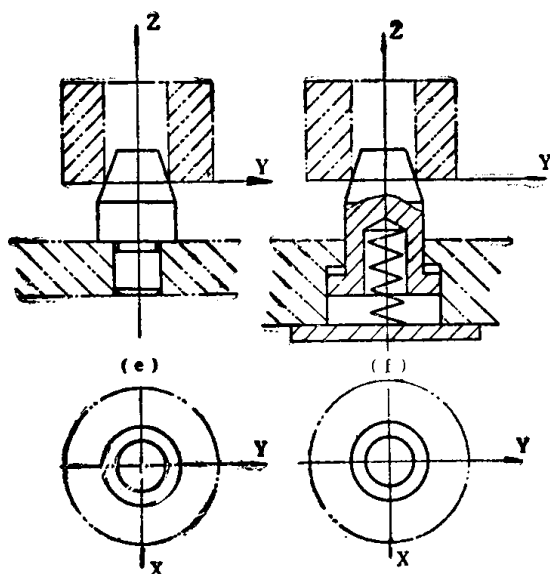


图1—10(e)、(f) 固定、浮动锥销定位示意图

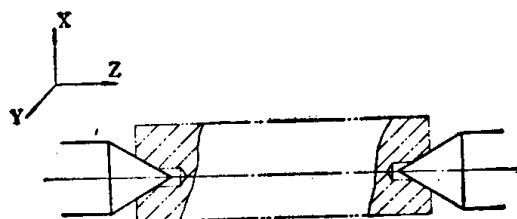


图1—10(g) 顶尖定位

小的锥面，因此可以把左右两个顶尖定位，看做是两个锥销与孔端边缘定位。左顶尖相当于固定锥销，右顶尖则相当于浮动锥销。左顶尖限制 $\vec{X}$ 、 $\vec{Y}$ 、 $\vec{Z}$ 三个自由度，加上右顶尖时，尚可再限制 $\vec{X}$ 、 $\vec{Y}$ 两个自由度，共限制五个自由度，余下 $\vec{Z}$ 没有限制。

三、定位的正常情况与非正常情况

上面谈到了要使工件完全定位，必须限制它的六个自由度。但是否在任何情况下都一定要限制六个自由度呢？当然不是，一般只要求限制足以影响加工精度的那些自由度。例如在长方体工件上铣一个通槽时（图 1—11(a)），需要限制的自由度为： $\vec{Y}$ 、 $\vec{Z}$ —因为工件在Y、Z方向的位置移动，将引起被加工槽位置尺寸L、H的变化； $\vec{X}$ 、 $\vec{Y}$ 、 $\vec{Z}$ —因为工件绕X、Y、Z轴的位置转动，将影响槽侧及槽底的位置精度。而 $\vec{X}$

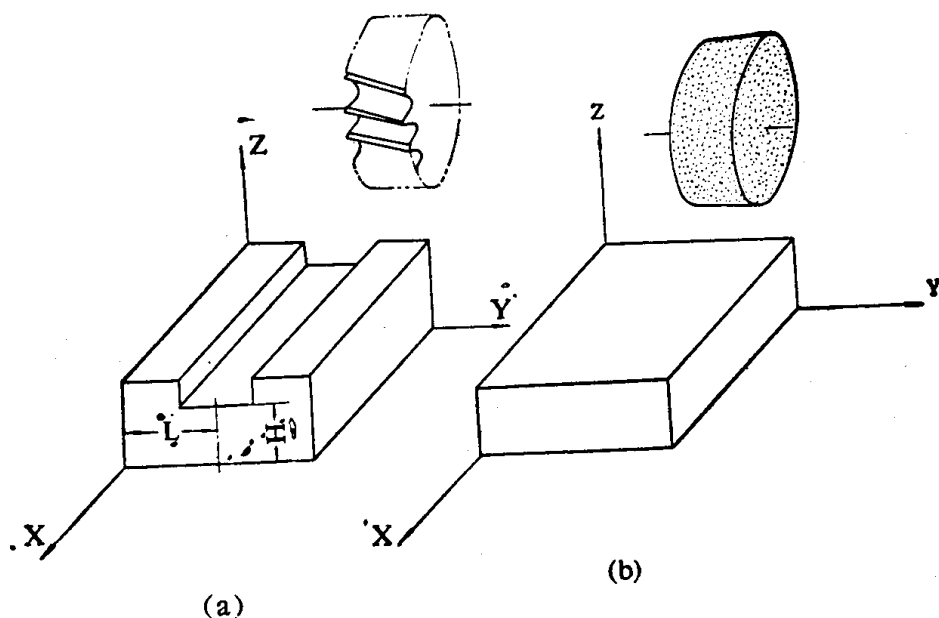


图 1—11 不完全定位情况

并不影响铣槽工序的加工精度，因此，这一自由度可不加限制。

再如，在车床上加工光轴或台阶轴时，工件绕轴线的回转自由度可不加限制，即仅需限制工件的五个自由度，便可完成加工的要求。在平面磨床上磨削平面时（图1—11(b)），仅要求被加工平面与工件底部基面平行，因而只需限制工件的三个自由度。

从上面谈到的几个例子中可以看出，在保证加工精度的前提下，有时并不需要完全限制工件的六个自由度，此时称之为不完全定位。但也有这样的情况，为了承受切削力、夹紧力或使夹紧方便，对不影响加工精度的自由度，也加以限制。例如图 1—3 所示的例子，为了保证连杆端面 A、B 平行，只需限制三个自由度，但为了承受水平切削分力及使夹紧方便，还是采取了完全定位方式。

总结上面的讨论，可以把定位的条件引伸一步，即工件在定位时，应该限制的自由度数，应由工序的加工精度要求而定，不影响加工精度的自由度可不加限制。若要求工件限制六个自由度，则称为完全定位，否则为不完全定位，它们都是定位的正常情况。

如果在夹具设计时违反了上述原则，将会出现定位的非正常情况。它包括了两个方面：其一、定位元件不足，致使应该限制的自由度未被限制，叫做欠定位。很显然此时工件的位置精度将无法保证，这是不允许出现的情况。其二，定位元件过多，而使工件的一个自由度被两个以上的定位元件限制，此时称为超定位（过定位）。这种情况会出现定位干涉，有时会带来很大误差，也是应该避免的。

图 1—12 表示几种超定位的例子。图 1—12(a) 为平面定位情况，此时应该采用三个钉支承限制三个自由度，但却采用了四个钉支承，因而出现了超定位。如果工件的定位基面为粗基准（即以尚未进行机械加工的表面为基准面）时，由于定位基面本身有较大的平直度误差，因此不可能同时与四个钉支承接触。这时工件安放在四个钉支承上，类似于四条腿的桌子摆放在不平的地面上一样，反倒会失去稳定。若在夹紧力的作用下，使定位基面与四个钉支承全部接触，又会使工件变形，产生较大的误差。为了避免这种情况，可以撤去一个钉支承，再将支承钉重新布置；或者把四个钉支承之一改为辅助支承，这种支承

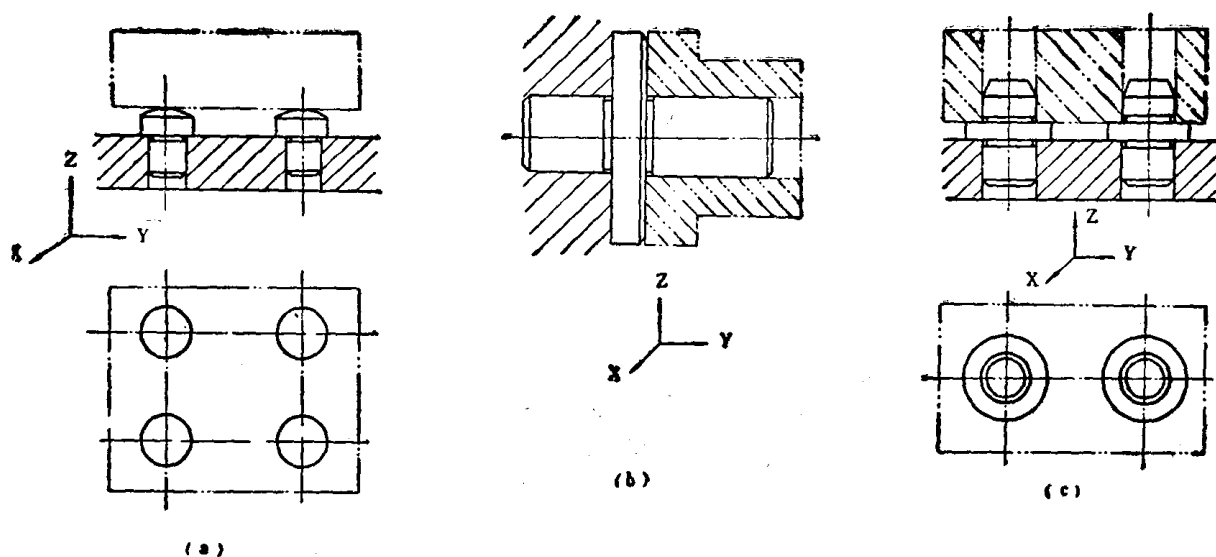


图 1—12 超定位的几个例子

只起支承作用而不起定位作用，这一点下一节要详细讨论。

图 1—12(b) 为孔与端面联合定位情况，由于大端面可以限制三个自由度，长销限制四个自由度，它们组合在一起时， $\vec{X}$ 、 $\vec{Z}$ 将被两个定位元件所限制，即出现超定位。此时若工件端面与轴线不垂直，则在夹紧力（一般为轴线方向）作用下，将使工件或长销产生变形，引起较大误差。为了改善这种情况，应采取如下几种措施（图 1—13）：

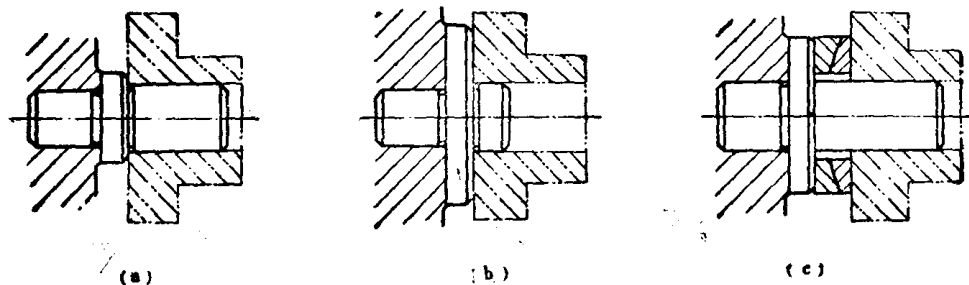


图 1—13 改善超定位的措施

① 长销与小端面组合，定位以长销为主，限制四个自由度，端面限制一个自由度（图 1—13(a)）；

② 短销与大端面组合，定位以大端面为主，限制三个自由度，短销限制两个自由度（图 1—13(b)）；

③ 长销及浮动端面垫组合，定位以长销为主限制四个自由度，端面浮动垫圈只限制一个自由度（图 1—13(c)）。

图 1—12(c) 表示了利用工件底面及两个销孔定位，此时两个短销 1、2 均限制 $\vec{Y}$ ，因而产生超定位。这时会出现定位干涉，即会因为工件孔心距误差，而使工件根本无法装入两定位销内。为改变这种情况，一般是将两销之一作成削边销，使它不限制 $\vec{Y}$ 自由度，而避免定位干涉，详细情况见下一节。

最后还应指出的是，在判断是否会出现超定位时，常常要看某种定位方式，是否会导致上述的超定位后果：如使定位不稳定、工件或夹具变形以及定位干涉等等。例如图 1—

12(a)所举的例子, 如果工件的定位基面是精基准 (即已加工过的表面作为基准面), 其本身原始形状误差较小, 而四个钉支承的顶部又保证在同一个平面中, 则定位时不但不会产生超定位的不良后果, 反而增加了定位的稳定性, 这时图 1—12(a)的定位方式, 将是允许的。

§1—3 典型的定位方式、定位元件及定位装置

一、平面定位

在实际加工中, 以平面为基准而实现工件定位, 是最常见的定位方式之一。象箱体、床身、机座、支架等类零件, 在其主要加工工序中, 经常采用平面定位。

图 1—14为平面定位示意图, 其中图(a)表示以粗基准定位的情形, 由于定位基面误差较大, 因此只适于采用钉支承。图(b)表示以精基准定位的情形, 此时基面精度较高, 一般可采用板支承。在多基准组合定位时, 习惯上把限制自由度最多的定位基面称为第一定位基面, 并依限制自由度的多寡而分为第二、第三定位基面。对于箱形零件而言, 其三个定位基面的安排, 以及有关定位元件的布置, 一般应遵守下述原则:

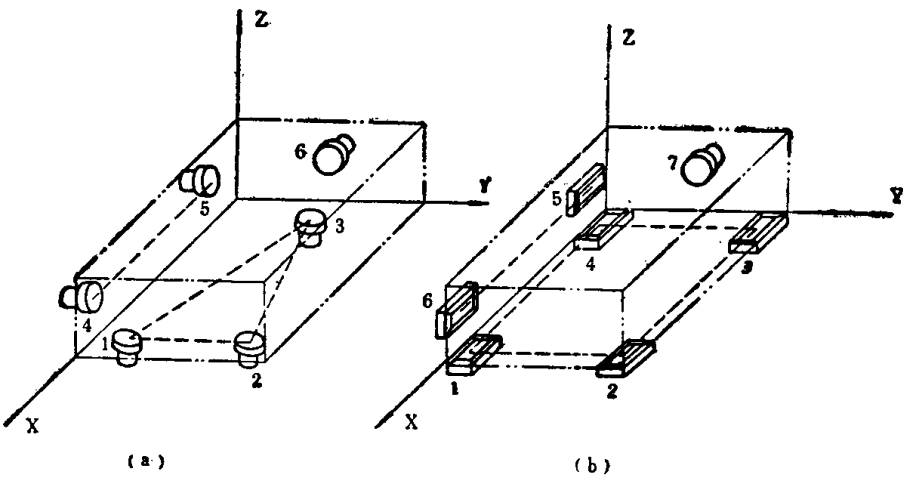


图 1—14 平面定位

- ① 装置基面 (即第一定位基面), 应该是工件上最大的并较精确的平面, 在其上布置三个支承元件 (对精基准也可布置四个支承元件), 限制三个自由度。诸支承元件构成了支承面, 如图 1—14中的三角形 $\triangle 123$, 长方形 $\square 1234$, 其面积应尽可能大, 这样做有利于提高定位精度, 增加定位稳定性。所以定位元件应该尽量布置在装置基面的边缘。
- ② 导向基面 (即第二定位基面), 应选择工件上窄长的平面, 布置两个定位支承, 限制两个自由度。为了提高导向精度, 两个定位支承相距应尽量远。
- ③ 定程基面 (即第三定位基面), 一般选面积较小的平面, 布置一个定位支承, 限制一个自由度。

平面定位方式所需的典型定位元件及定位装置, 均已标准化了。下面将它们的有关结构做一简单介绍。

1. 钉支承及板支承

图 1—15(a)、(b)、(c)表示钉支承, 它们有圆头, 平头、花头之分。图 (b) 为圆头

钉支承，由于它与基面之间为点接触，因此容易保证接触点位置的相对稳定，但这种支承易磨损，多用于粗基准定位。图(a)为平头钉支承，它与定位基面之间的接触大，因而可以减少它们之间的压强，避免压坏定位基面，常用于精基准定位。图(c)为花头钉支承，它的突出优点是它与定位基面之间摩擦力较大，但花头的槽中容易积屑，所以常用在摩擦力要求较大的侧面定位。

在大、中型零件定位时，若为精基准定位，则多用板支承。图(d)为常用的一种板支承，其优点是形状简单，好制造，但埋头螺钉处清理切屑比较困难；图(e)所示的板支承，做了一些改进，可克服这一毛病。

为了使上述两类支承耐磨，一般均采用较好的材料来制造支承。对于 $D \leq 12$ 毫米的钉支承及小型板支承，一般用 T7A 钢，淬火硬度 HRC60—64；对于 $D > 12$ 毫米的钉支承及较大型的板支承，一般用 20 钢渗碳淬火，硬度为 HRC60—64，渗碳深度为 0.8~1.2 毫米。钉支承的尾柄与基体孔的配合种类，多选为：H7/n₆ 或 H7/m₆。

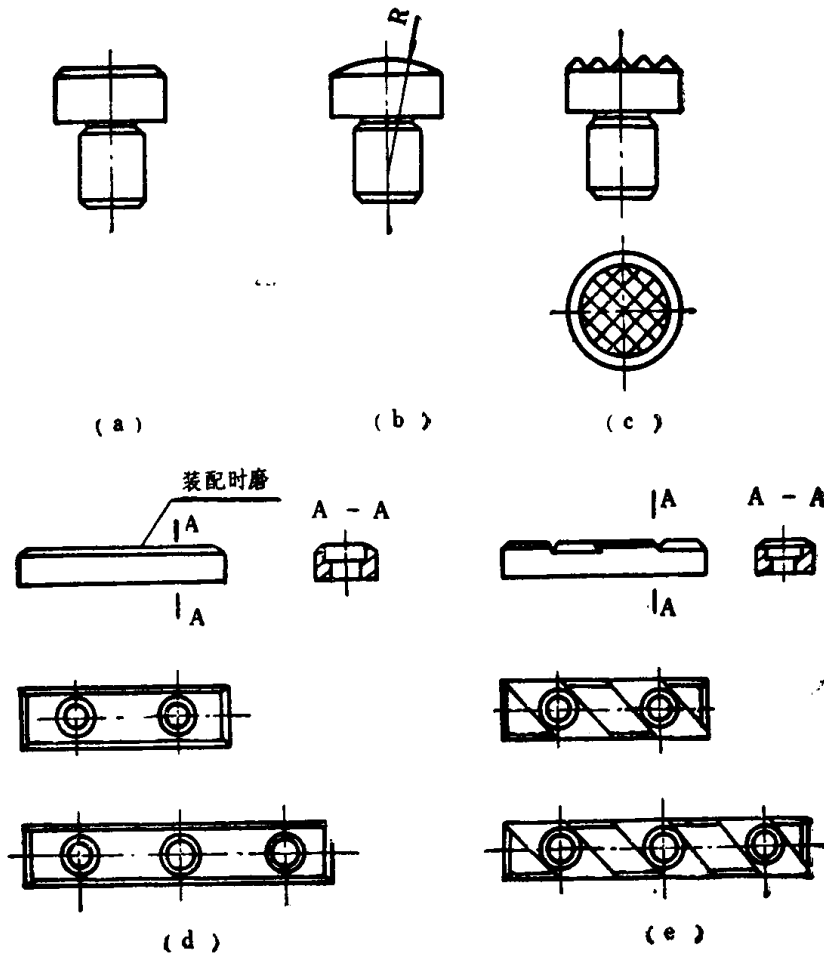


图 1—15 钉支承及板支承

2. 可调支承与自位支承

可调支承与上面谈到的固定支承不同，它的顶端位置可以在一个范围内调整，并可用螺母锁紧。当工件的定位基面的形状复杂（如成型面、台阶面等），或者各批毛坯的尺寸、形状变化较大时，多采用这类支承。可调支承一般仅对一批零件调整一次，其典型结构如图 1—16 所示。

在夹具设计中，为了避免超定位，需要减少某个定位元件所限制的自由度数，或者

是使两个或多个支承组合成只限制一个自由度，常把支承做成浮动或联动结构，使之自位，称为自位支承。它多用在非连续表面或台阶表面的定位中。图1—17表示了三种自位支承的具体结构，图(a)用于非连续表面定位；图(b)用于台阶表面定位；图(c)用于有基准角度误差的平面定位，以避免超定位。

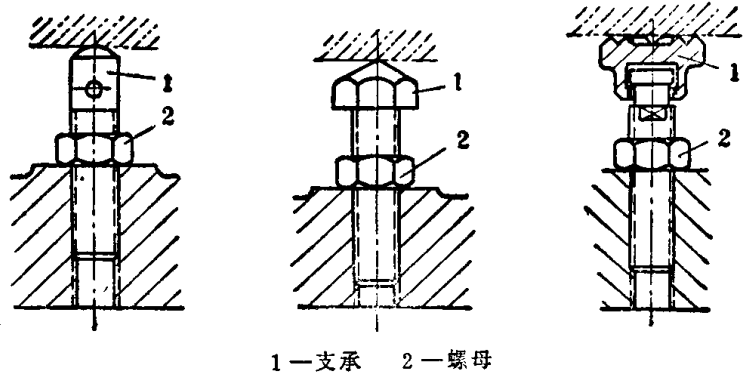


图1—16 可调支承

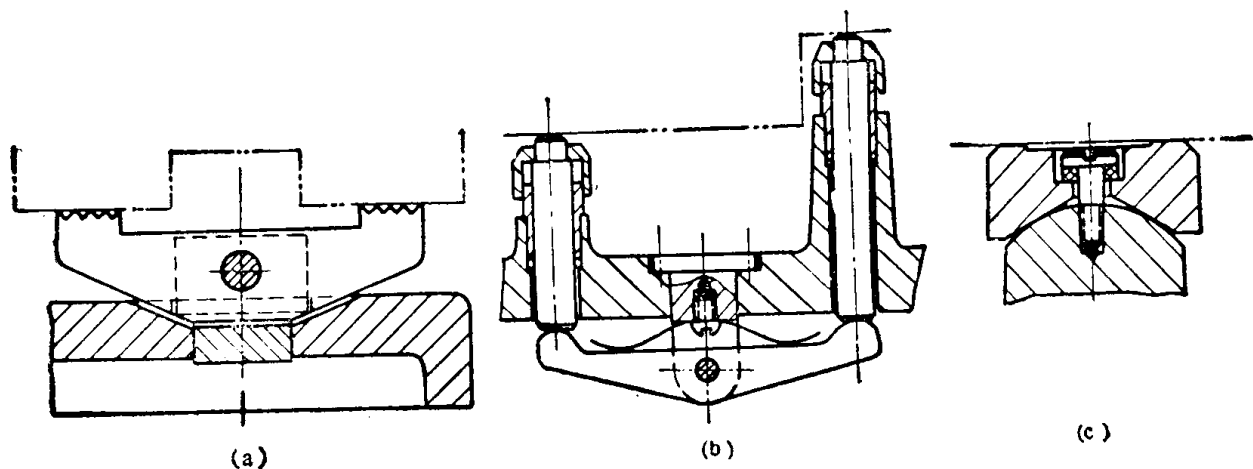


图1—17 自位支承

3. 辅助支承

为避免粗基准定位时的超定位，可采用辅助支承。另外，当工件定位基面较小，致使其一部分悬伸较长时，为增加工件的刚性，减少切削时的变形，也常采用辅助支承。如图1—18所示的轴承座，在加工其底面时，是以它的顶部剖分面为定位基面的，此时工件将有部分要悬空，刚性差。因此，应该在它的一端加以辅助支承，以加强其刚性。

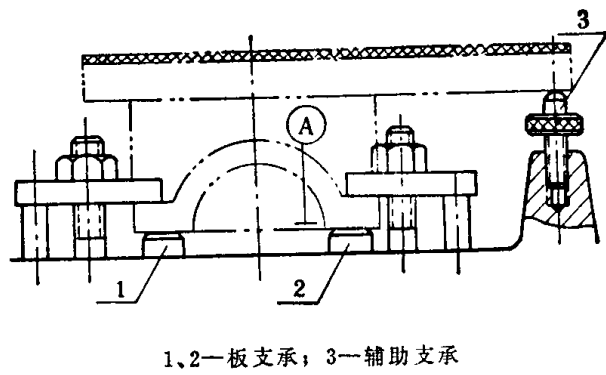


图1—18 辅助支承应用举例

辅助支承的典型结构如图1—19所示。图(a)、(b)、(c)所示的辅助支承，是在工件定位夹紧之后，再调整它们与工件接触，因而仅起辅助的支承作用，而不破坏定位。这些支承的结构简单，但效率低，一般适用于单件小批生产。图(d)、(e)所示的辅助支承，其结构比较完善。它们是靠弹簧使其支承靠在工件定位基面上，然后再将它们锁紧。图(d)是手动锁紧方式，扭动手柄3推动锁紧销，利用斜面而锁紧支承，适用于成批生产；图(e)是利用气动锁紧，可以使操作更加方便，适用于大批大量生产。各种辅助支承在使用时，应在工件拆卸后将支承调低，或将锁紧装置松开，待装好工件后进行调整或锁紧。辅助支承是每一工件调整一次，它与可调支承的作用是不同的。采用辅助支承将使夹具结构