

中等专业学校试用教材

# 机床夹具设计

成都工业学校 蔡光耀 主编

ZHONGDENG

ZHUANYE

XUEXIAO

JIAOCAI



机械工业出版社

## 前 言

本书是中等专业学校机械制造专业的专业必修课教材。系根据国家机械工业委员会1986~1990年中等专业学校教材编审出版规划及国家机械工业委员会教育局审定的招收初中毕业生、学制为四年的“机床夹具设计”教学大纲组织编写的。

本教材共分七章，其教学总学时数为54学时。根据中专的培养目标及特色，本书在着重介绍夹具的定位装置、夹紧装置及其它装置（或元件）的基础上，较为详尽地阐述了专用夹具的设计原理、方法、程序、参数选择及其合理工艺性结构，还特别对工件的定位理论、模块式夹紧单元、夹具的安装调试、现代机床夹具设计及夹具的技术经济效果分析等方面增加了新的内容，力图在实用性方面有所突破。借助章节复习思考题、《机床夹具设计习题集》，《机械制造工艺工装及设备设计指导资料》以及实验课，来巩固书中理论知识并初步掌握机床夹具的装配与检测方法。最后再通过课程设计实践来达到设计一般复杂程度夹具的要求，从而完成本课程教学大纲所规定的任务。

本书第一、二、六章及附录由成都市工业学校蔡光耀编写，第三、四章由杭州机械工业学校汪昌镛编写，第五、七章由上海机电工业学校薛源顺编写。全书由蔡光耀主编，由重庆机器制造学校黄云清主审。

参加本书教学大纲、编写提纲讨论及审稿会的还有：林家兰、梁明初、戴洪跃、刘福库、徐嘉元、王兆凤、赵孟栋、史铁梁、郎成典、蒋慧玲等。在撰稿过程中曾得到有关工厂工程技术人员和兄弟学校教师提供资料和帮助，谨此表示衷心地感谢。

本书在编写过程中尽管注意了教材的“五性”要求，但由于编者水平有限、错误和欠妥之处在所难免，诚恳地希望读者批评指正。

编者 1988.9

# 目 录

第一章 机床夹具概论 .....	1	第五章 分度装置与夹具体 .....	141
§ 1-1 机床夹具的工作原理 .....	1	§ 5-1 分度装置 .....	141
§ 1-2 夹具的组成 .....	3	§ 5-2 分度对定机构及控制机构 .....	146
§ 1-3 夹具的作用及分类 .....	4	§ 5-3 高精度分度装置简介 .....	151
§ 1-4 夹具课程的任务及学习方法 .....	6	§ 5-4 夹具体 .....	155
第二章 工件的定位 .....	7	第六章 专用夹具设计 .....	159
§ 2-1 工件的定位原理 .....	7	§ 6-1 车床夹具 .....	159
§ 2-2 定位副的选择及设计要点 .....	17	§ 6-2 铣床夹具 .....	164
§ 2-3 常见定位方式及其元件 .....	23	§ 6-3 钻床夹具 .....	177
§ 2-4 定位误差的计算 .....	43	§ 6-4 镗床夹具 .....	197
第三章 工件的夹紧 .....	62	§ 6-5 夹具的总体设计 .....	211
§ 3-1 夹紧装置的组成及基本要求 .....	62	第七章 现代机床夹具设计基础 .....	229
§ 3-2 夹紧力三要素的确定准则 .....	63	§ 7-1 夹具的现状与发展方向 .....	229
§ 3-3 基本夹紧机构 .....	76	§ 7-2 成组夹具和通用可调夹具 .....	230
§ 3-4 铰链及杠杆夹紧机构 .....	94	§ 7-3 组合夹具 .....	246
§ 3-5 联动夹紧机构 .....	99	§ 7-4 其它现代夹具概述 .....	254
§ 3-6 定心夹紧机构 .....	106	附录 .....	258
§ 3-7 模块式夹紧单元 .....	119	I 复习思考题及转向节资料 .....	258
第四章 夹紧机构的力源装置 .....	123	II 夹具技术要求参考资料 .....	262
§ 4-1 气动装置 .....	123	III 本书所用法定计量单位及其换算 .....	265
§ 4-2 气液增力装置 .....	135	参考文献 .....	265
§ 4-3 其它力源装置 .....	136		

# 第一章 机床夹具概论

## § 1-1 机床夹具的工作原理

如图1-1所示，采用机床夹具（以下称夹具）在机床上加工工件时，机床、夹具、工件、刀具等便组成机械加工工艺系统（以下称系统）。上述各组成部分之间相互联系，最后形成工件与刀具之间的确定位置关系，以确保被加工面的工序精度（本例为尺寸A）。

为了使系统能加工出合格的工件，系统中各组成误差的总和 $\Sigma\Delta$ 应不超过工序距离尺寸公差（或位置公差） $\delta_c$ ，即

$$\begin{aligned} \Delta_J + \Delta_C &= \Delta_D + \Delta_A + \Delta_T + \Delta_G \\ &= \Sigma\Delta \leq \delta_c \end{aligned} \quad (1-1)$$

式中  $\Delta_J$ ——与夹具有关的误差；  
 $\Delta_C$ ——与加工方法有关的误差（因机床误差、刀具制造误差及磨损、加工变形等因素引起的动态加工误差）；

$\Delta_D$ ——定位误差（因工件在夹具中定位不准确，使其工序基准偏离规定位置而产生的误差）；

$\Delta_A$ ——安装误差（因夹具在机床上安装不准确，使夹具的定位元件偏离机床装夹面规定位置而产生的误差）；

$\Delta_T$ ——调整误差（因刀具相对于夹具位置不准确及刀具与导向或对刀元件结合不准确而引起的误差）；

$\Sigma\Delta$ ——加工总误差，等于系统各组成误差的总和。

式（1-1）称为系统的误差不等式，式中各项误差都是在工序位置精度要求方向上的分量。如果工序位置精度要求不止一项，则只有当每项工序位置精度要求的误差不等式均满足要求时，所设计的夹具方能满足加工要求。

为此，下面对套筒工件的车、钻及铣三夹具进行研究：

图1-2 a 为套筒精车外圆工序图，其夹具如图 b 所示。加工前，夹具通过莫氏锥柄 1 与车床主轴的莫氏锥孔配合而安装在机床上。工件以孔基准  $S_1$  和端面  $S_2$  为定位基准，放在心轴的  $J_1$  及  $J_2$  上定位并借助于开口垫圈 2 用螺母 3 夹紧。最后将车刀调整到要求加工的位置上（图 c）。这样，夹具就把工件、机床与刀具等连成一个有一定几何关系的封闭链环。最终便能使同批工件在夹具中获得确定位置。夹具对车床回转轴线具有确定的位置关系。刀具相对于夹具保持确定的距离尺寸联系。显然，被加工面相对于定位基准  $S_1$  的同轴度  $\phi$ （单位  $\text{mm}$ ）要求便是依靠上述正确的几何关系保证的。

套筒钻孔工序图及其钻模如图1-3所示。钻孔前，应首先借助于夹具体 1 的底面  $A_1$  及钻套 2 的内孔  $A_2$  实现钻模在机床上的定位并用机床公用螺栓夹紧；然后工件以孔基准  $S_1$  和端面  $S_2$

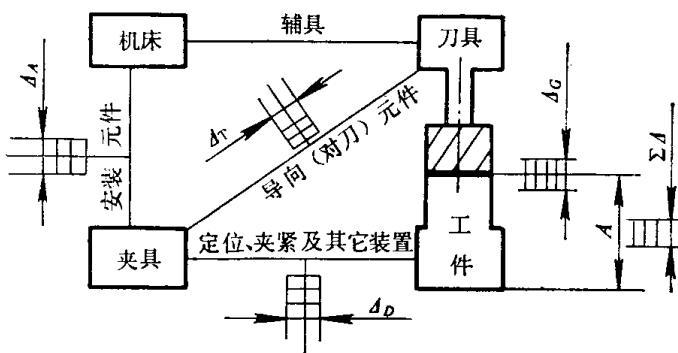


图1-1 机械加工工艺系统

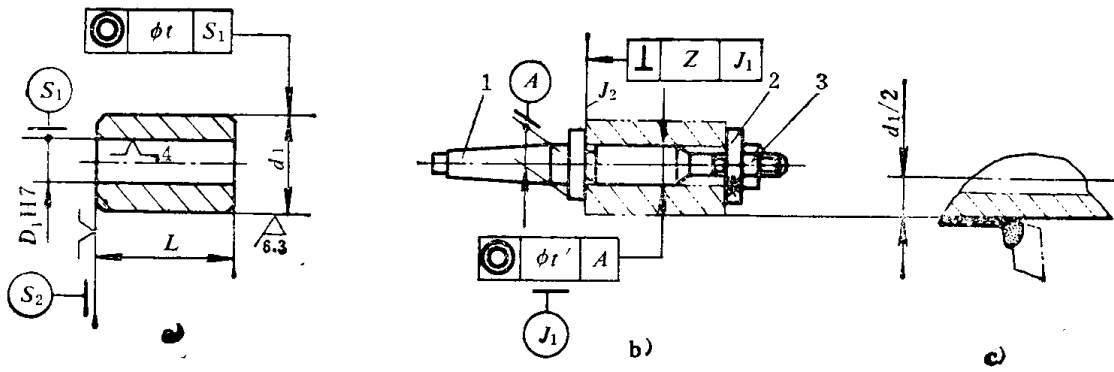


图1-2 车具的工作原理

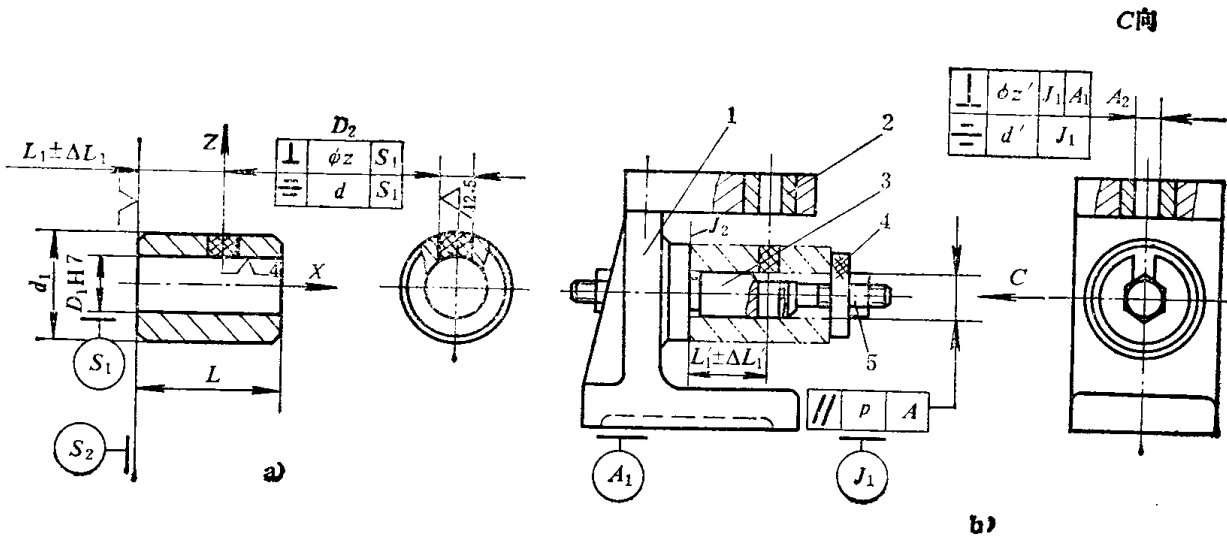


图1-3 钻模的工作原理

为定位基准放在心轴 3 的  $J_1$  及  $J_2$  表面上定位并借助于开口垫圈 4 用螺母 5 夹紧；最后将刀具插入钻套 2 的导向孔  $A_2$  中便可进行钻削加工。

同理，同批工件在夹具中便可取得确定位置；夹具的钻套 2 对钻床主轴的回转轴线达到规定的同轴度公差要求；刀具相对于夹具亦可满足图 b 所示的相互位置关系。显然，本工序所要求的与基准直接联系的距离尺寸  $L_1 \pm \Delta L_1$ （单位为 mm）及位置公差  $\phi z$ （单位为 mm）主要是靠夹具来保证的，余下的加工要求则与系统有关。

套筒铣键槽工序图及其铣床夹具如图 1-4 所示。铣削前，同理应借助于夹具体 1 的底面  $A_1$  及二定位键 2 的公共侧面  $A_2$  与铣床的工作台面及中央 T 型槽结合而实现定位，依靠 T 型螺栓夹紧（图 b 中未示出）；然后工件以外圆基准  $S_1$  和孔基准  $S_2$  为定位基准放在 V 型块 3 及支钉 4 上定位并夹紧；最后通过对刀块 5 及塞尺 6 对刀后，便可进行铣削加工。

同理，同批工件在夹具中可取得确定位置；借助于 V 形块 3 的量棒轴线对  $A_1$  及  $A_2$  面的平行关系，便可使被加工键槽的侧面、底面与其轴线平行并与铣床进给方向保持一致；铣刀通过对刀后，便相对于夹具取得如图 b 所示的确定位置。显然，本工序所要求的定形宽度尺寸  $B$  主要取决于刀具，而与工序基准相联系的距离尺寸  $L_1 \pm \Delta L_1$  主要由夹具来保证，其余要求则与系统有关。

综合上述分析可知：欲保证工件的工序位置精度要求，则必须保证系统处于静态时各环节之间具有正确的几何关系。为此应进行三种转换。

(1) 使工件在夹具中具有确定的位置；

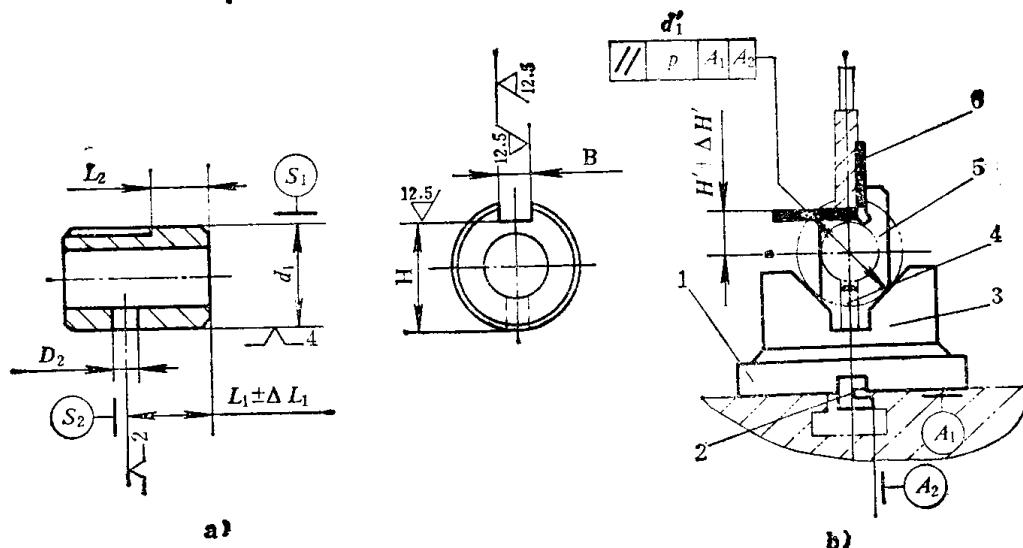


图1-4 铣床夹具的工作原理

(2) 使夹具对机床具有确定的相互位置关系；

(3) 使刀具对夹具具有确定的距离尺寸联系。

由上可知，机床夹具是按照工艺规程规定的工序要求，使同一批工件在加工前，能迅速进行安装并使工件相对于机床、刀具具有确定位置且在整个加工过程中保持上述位置关系的一种工艺装备。

## § 1-2 夹具的组成

机床夹具的使用对象虽各不相同，夹具的结构和功用也大不一样，但是从不同的夹具结构中可概括出一般夹具所共有的结构组成。归纳起来，夹具可视为既独立又相互联系的六部分组成（图1-5所示）。

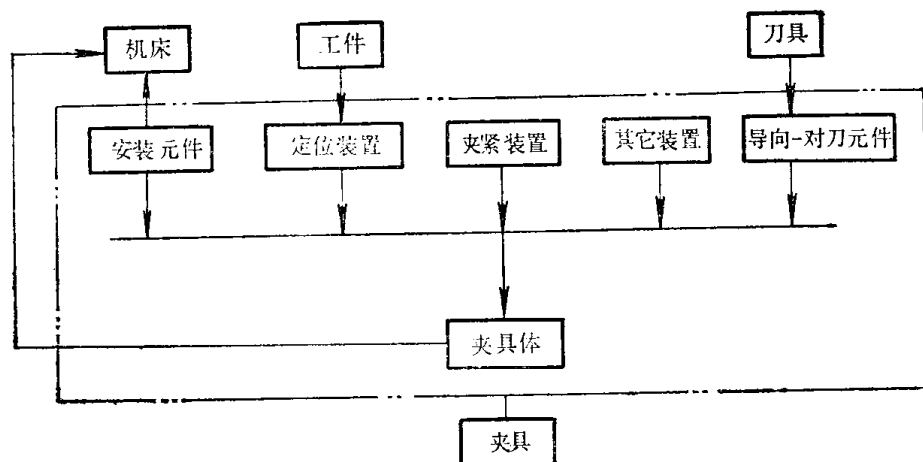


图1-5 夹具的组成

### 一、定位装置

该装置由定位元件组合而成，其主要作用是确定工件在夹具中的确定位置（如图1-2 b的1，图1-3的件3及图1-4的件3及件4）。

### 二、夹紧装置

该装置一般由力源、中间传力机构及夹紧元件组成，其作用是保持工件由定位所取得的

确定位置并抵抗动态下系统所受的外力及其影响，使加工得以顺利实现（如图1-2 b 的件1、2、3组成的手动夹紧装置）。

### 三、安装元件

与机床装夹面组成安装副并使工件在夹具中取得确定位置，从而确保工件对机床取得正确位置的元件，叫安装元件（如图1-2 b 的莫氏锥柄1；图1-4 b 的定位键2）。

### 四、导向一对刀元件

这类元件一般专指钻套、镗套（对刀块）等元件，其作用是在确保其对定位元件位置精度的前提下，直接或间接地引导刀具实现加工并在加工过程中保持工件与刀具间的确定位置（如图1-3 b 的钻套2及图1-4 b 的对刀块5及塞尺6）。

### 五、其它装置或元件

为满足设计给定条件（包括被加工工件的工序精度要求、批量、夹具制造部门的设备状况及工艺水平）及使用方便，夹具上还酌情设置有分度装置、上下料接盘、送料装置及顶出装置等。

### 六、夹具体

按夹具结构及总装技术要求，连接、支承其它装置（或元件）并保持总装精度的基础元件，叫夹具体（如图1-3 b 的件1）。

夹具的组成随设计给定条件而变化。一般说来，通用夹具由定位装置、夹紧装置及夹具体构成。而本书研究的专用夹具，则必须另加导向（或对刀）元件，其余装置或元件则可按需确定。

## § 1-3 夹具的作用及分类

### 一、夹具的作用

夹具是机械加工的主要工艺装备（即刀具、夹具、量具及辅具）之一。由于当代产品的品种多，更新换代频繁、加工批量小及成组技术的推广，使夹具在各个领域得到了广泛的使用和发展。归纳起来，其作用如下：

#### 1. 稳定地保证工件的工序位置精度

确保被加工几何要素对基准要素的相互位置精度是夹具的独特作用。专用夹具不仅能使 $\Sigma\Delta$ 控制到规定的范围内，且质量稳定。例如：使用固定式钻模，便可以稳定地达到0.10mm的尺寸公差及0.10mm的位置公差。显然，专用夹具保证的高精度及稳定性是划线找正所无法比拟的。

#### 2. 确保恰当的生产率

夹具是确保产品质量及产量的重要工装之一。因此，处理好工件质量、生产率及经济效益三者间的辩证关系，是夹具设计成败的关键。夹具设计时，应以稳定地确保工件质量为前提而又不给夹具留过大的精度储备。考虑夹具的工作效率时则应与工件的生产纲领相协调而又不盲目地追求“先进”，以取得“最佳”经济效益。例如，几秒钟便可夹紧的气、液夹紧装置虽然是一种减少辅助时间、提高生产率的先进装置，但用于单件生产却不恰当；而螺钉压板夹紧装置虽然效率低，但用于中、小批生产反而更合适。

#### 3. 改善工人的劳动条件

减轻工人的体力消耗及疲劳，是实现人身、设备、工装及产品安全的重要技安措施之一。



根据批量大小等条件，酌情采用联动，气、液或电动，甚至自动化夹具，显然比一般手动夹具要方便、省力且安全得多。事实证明，这样做，不仅可以合理地提高劳动生产率，而且还可以改善工人的劳动条件。

#### 4. 扩大机床的工艺范围

为解决产品品种多、数量小与普通机床的数量品种有限这一矛盾，往往采取在机床上配一套或数套夹具的办法来扩大机床的工艺范围，做到一机多用。生产中常采用的“以车代拉”便是借助于夹具扩大车床工艺范围的典型例子之一。

将车床改为拉床使用，一般应考虑三个问题：一是校核车床动力是否满足拉削要求，二是变主轴的回转运动为拉刀夹头的直线运动，三是必须为主轴轴向卸荷。

所用夹具如图1-6所示，它由安装在车床主轴和前支架8上的主体部分和装在后支架17上的自位装置组成（支架8和17紧固在床身导轨上）。

主体部分集中解决了改装必须解决的后两个问题。壳体1与车床主轴用螺纹结合，固定于壳体内部的螺母2与传动螺杆3相结合，借助于安装在前后支架8和17上的两根导杆9对传动螺杆3所起的间接防转作用，便可将主轴的正转或反转变为螺杆3相应的轴向往复运动。

由件4、6、7及固定在导轨上的件8组成的卸荷装置使主轴只输出转矩而不承受拉力。拉削时，传动螺杆3承受的轴向拉力经螺母2作用在件8上，从而使作用在车床主轴上的轴向拉削力基本上得到消除。

夹具的自位装置由装在后支架17上的定位套20、球面支座18和19、弹簧16和螺母15组成。其作用是支承工件并补偿前道工序在工件上形成的端面与孔的垂直度误差对拉刀正常工作的干扰。

拉刀穿过工件的导向底孔并卡在螺母13锁紧的拉刀夹头14中，使工件在拉削时紧靠在定位套20上。

卸下夹具，装上原来的拖板、刀架及尾座，车床仍可恢复原来状态。

### 二、夹具的分类

夹具的分类如图1-7所示。一般按夹具的应用范围，可分为通用、专用、通用可调和成组以及组合夹具等类型。

#### 1. 通用夹具

通用夹具是指已经标准化的，在一定范围内可用于加工不同工件的夹具。如已划归为机

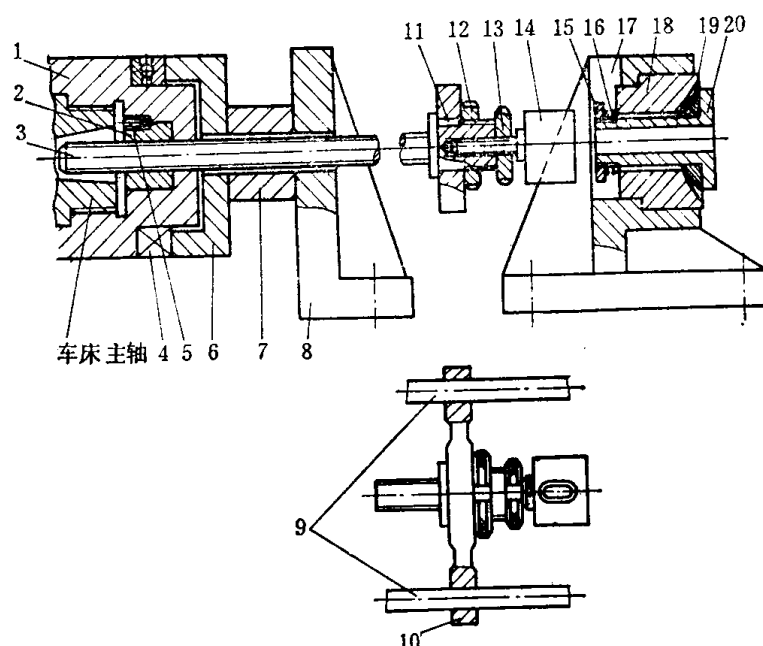


图1-6 车床改拉床的夹具

- 1—壳体 2—螺母 3—传动螺杆 4—止推轴承 5—止动螺钉  
6—止推盘 7—套筒 8、17—前、后支架 9—导杆 10—导向臂  
11—键 12、13、15—螺母 14—夹头 16—弹簧 18、19—球面支座 20—定位套



床附件的三爪或四爪卡盘及万能分度头等。它们主要适用于单件及中、小批生产。

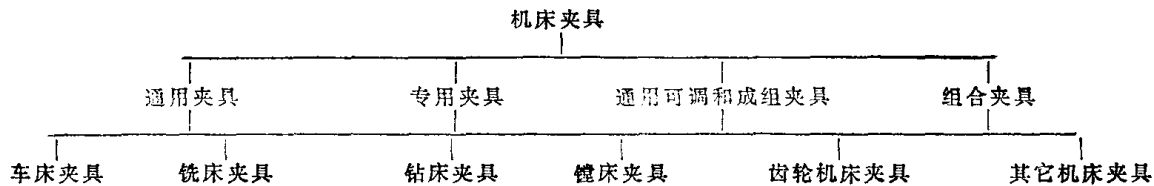


图1-7 夹具的分类

## 2. 专用夹具

专用夹具是指为满足某一工件的某道工序的生产率或加工要求而专门设计、制造的夹具。一般在一定的批量生产中应用，是本书研究的主要对象。

## 3. 通用可调夹具和成组夹具

这两种夹具的结构很相似。它们的共同点是：在加工完一种工件后，经过调整或更换个别元件，即可加工形状相似、尺寸相近或加工工艺相似的多种工件。但通用可调夹具的加工对象并不很确定，其通用范围也较大。而成组夹具则是专门为成组加工工艺中某一组工件而设计、制造的，其针对性强，加工对象及适用范围明确，结构更为紧凑。在当前多品种、小批量生产的条件下，它是使小批量生产有可能获得类似于大批量生产效益的有效措施，是改革工装设计的发展方向之一。

## 4. 组合夹具

组合夹具是指按某一工件的某道工序的加工要求，由一套事先准备好的通用标准元件及合件组成的夹具。这种夹具以复用性强，组装周期短的优势而特别适用于新产品试制及在多品种、小批生产中使用。

# § 1-4 夹具课程的任务及学习方法

夹具课程是机制专业的一门专业课，通过学习本课程后，要求掌握夹具的基础理论知识和设计计算方法，能对机床夹具进行结构和精度分析，会查阅有关夹具设计标准“手册”、图册等资料，并能掌握夹具设计的一般方法，具有设计一般复杂程度夹具的基本能力，初步掌握夹具的装配与检测方法并具有现代夹具设计的基础知识，进而处理好工序精度、生产率、经济效益三者间的辩证关系，使所设计的夹具在满足设计给定条件的同时，做到结构先进，工艺可行，经济合理，安全适用。

正确的学习方法是通向成功之路的钥匙。学习时，应注意处理好如下几种关系：

(1) 重视理论联系实际，充分发挥《机械制造工艺工装及设备设计指导资料》，《夹具设计习题集》及各种实物教具的作用。

(2) 重视夹具课与前导相关课程的纵向联系，注意后续并行专业课的横向交叉，做到纵横渗透，融汇贯通。

(3) 第二、三、六章为本课程的重点，定位误差分析计算、夹具总布局的结构及总装技术要求的拟定为难点，应掌握重点，突破难点。

(4) 夹具的高精度及单件生产（或小批生产）的结构工艺属性是影响其总装方法的主要因素之一。注意到这一点，方可使所设计的夹具在满足设计给定条件的同时取得较好的综合效益。

## 第二章 工件的定位

### § 2-1 工件的定位原理

#### 一、工件在夹具中定位的基本任务

如前所述,欲实现工件工序位置精度的要求,就必须确保一批工件在首件加工前直至全部加工完的全过程中,使工序基准相对于机床和刀具始终保持确定的加工位置,因而首先处理好夹紧前工件在夹具中的定位便是实现上述要求的关键。由于定位基准面和定位元件(简称定位副)制造误差的不可避免及基准不一定重合,就必然导致同批工件的工序基准相对于刀具的位置发生变化(如图1-4所示),从而引起被加工键槽的深度、长度及对称度产生误差。事实证明,只要一批工件在夹具中因定位不准确而引起的定位误差不超过规定的范围,那么,工件在夹具中定位所取得的位置仍认为是确定的。

由上所述,不难得出研究工件在夹具中定位的基本任务应包含下述内容:

(1) 定性分析。确保工序加工要求的实现,使同一批工件在夹具中占据一致的确定的位置;

(2) 定量计算。确保必要的定位精度,使一批工件的任一件定位时,实际产生的定位误差 $\Delta_d \leq \frac{1}{3} \delta_c$ , 见式(1-1)。

(3) 根据定位误差的定性分析及定量计算结果,全面完成定位装置设计并据此协调设计其它装置(或元件)。

#### 二、工件在夹具中定位的基本原理

##### 1. 工件定位的定性分析

为方便并简化工件在夹具中的定位及研究其定位规律,现假设如下:定位副为刚体及理想的几何体;定位基准面与定位元件之间紧贴或相互包容;置于约定的空间直角坐标系(以下称坐标系)中。

(1) 六点定位规则 置于约定坐标系中的任一几何体均具有六个自由度(图2-1),即沿 $X$ 、 $Y$ 、 $Z$ 三坐标轴的移动自由度(用 $\vec{X}$ 、 $\vec{Y}$ 、 $\vec{Z}$ 表示)及转动自由度(用 $\vec{X}$ 、 $\vec{Y}$ 、 $\vec{Z}$ 表示)。欲使几何体在任一方向均占据确定位置,就必须限制该方向的自由度。当要求任一方向的位置均确定时,显然应限制其六个自由度。

由上述,显然用一个支承点可限制几何体一个自由度,六个合理分布的支承点便可限制六个自由度,从而使几何体在坐标系中的位置完全确定,这条规则即“六点定位规则”,简称六点定则。

(2) 限制几何体六个自由度的基本方案 由基本几何要素构成的几何体均可在约定的坐标系中取得完全确定的位置,但其支承点的实际分布及规律却存在着一定的差异。

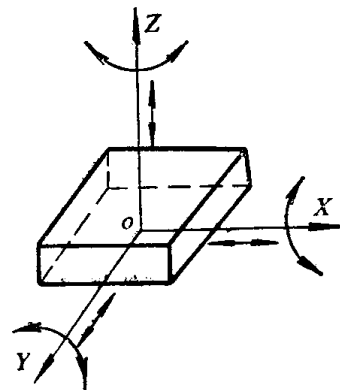


图2-1 几何体的六个自由度

1) 平面几何体用支承点的分布及其规律 欲使图2-2 a 所示平面几何体在坐标系中取得完全确定的位置,则支承点的分布应遵守一定的规律。当几何体的底面 $S_1$ 紧贴在支承点1、2、3上时,几何体被限制了 $\vec{Z}$ 、 $\vec{X}$ 及 $\vec{Y}$ 三个自由度;侧面 $S_2$ 紧贴在支承点4、5上时,被限制了 $\vec{X}$ 、 $\vec{Z}$ 两个自由度;端面 $S_3$ 紧贴在支承点6上时,被限制了 $\vec{Y}$ 自由度。显然,按上述规律分布的六个支承点限制了几何体的全部自由度且支承点按3、2、1规律分布。

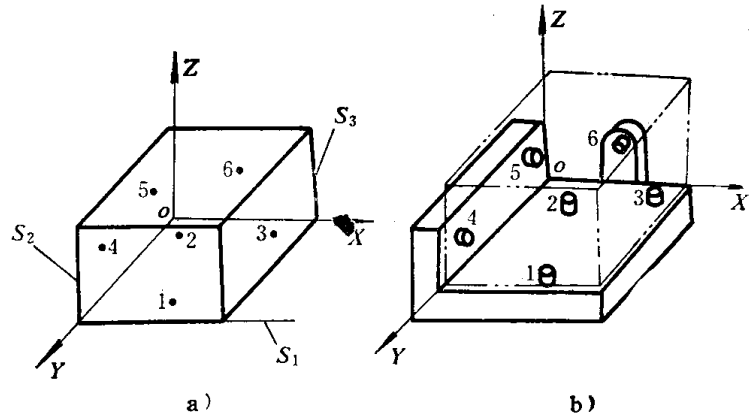


图2-2 平面几何体的六点定位

在夹具结构中,若用支承钉体现支承点(图2-2 b),则限制几何体三个自由度(是一个移动、二个转动)使定位稳定的三个支承钉称为第一支承(或主要支承),与之紧贴的 $S_1$ 面称为第一定位基准(或主要定位基准),二者构成第一定位副(或主要定位副)。

如图2-3所示,当三个支承钉组成的支承面越大但不超过定位基面的轮廓且不在一直线上时,则几何体的定位越稳定、越有利于承受外力及工序位置精度的实现。显然,应尽量按基准重合原则选最大的面为第一定位基准。

同理,限制几何体两个自由度(一个移动及一个转动),使导向准确的4、5两个支承钉称为第二支承(或导向支承),与之紧贴的 $S_2$ 面称为第二定位基准(或导向基准),二者构成第二定位副(或导向定位副)。

如图2-4所示,二支承钉的中心距越大,长度不超过第二定位基准的轮廓且二支承钉置于垂直 $Z$ 轴的直线上时,则几何体沿 $Y$ 轴的导向越精确(即沿 $X$ 轴的线性位移及沿 $Z$ 轴的转角误差越小)。

显然,此时应尽量按基准重合原则选窄条平面为第二定位基准。

限制几何体一个自由度并在加工时借以承受切削力及冲击、方便纵向自动进给定程的支承钉6称为第三支承(或止推支承),与之紧贴的 $S_3$ 面称为第三基准(或止推基准),二者构成第三定位副(或止推定位副)。显然,也应尽量按基准重合原则选面积小、刚性好且与切削力指向相对的面为第三定位基准。

2) 轴类几何体用支承钉的分布及其规律 欲使图2-5 a 所示轴类几何体在坐标系中取得完全确定的位置,则支承点的分布也应遵守一定的规律。当用支承钉体现支承点时(图

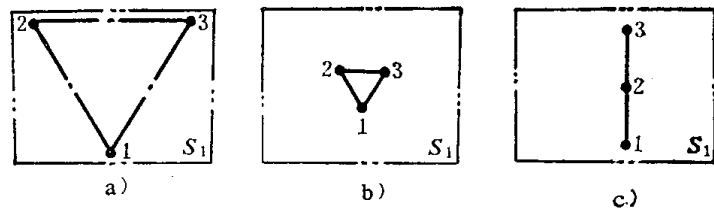


图2-3 共面三支钉位置分布的比较

a) 定位稳定 b) 定位不稳定 c) 支钉分布错误

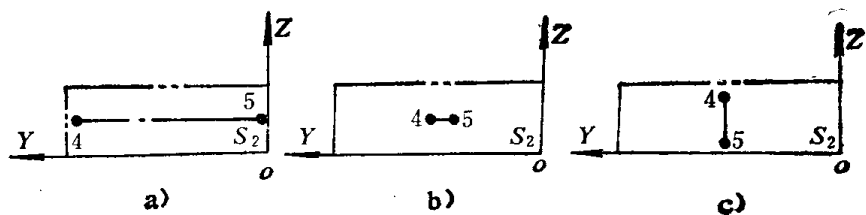


图2-4 共面二支钉位置分布的比较

a) 导向好 b) 导向差 c) 支钉分布错误

2-5 b), 支承钉1、2、3、4限制几何体的 $\vec{X}$ 、 $\vec{Z}$ 、 $\vec{X}$ 、 $\vec{Z}$ 四个自由度; 支承钉5限制 $\vec{Y}$ 自由度; 支承钉6限制 $\vec{Y}$ 自由度, 显然支承钉遵循4、1、1分布规律。

由支承钉1、2、3、4组成的第一支承与第一基准 $S_1$ 构成第一定位副(或主定位副)。结构设计时, 应使第一支承的长度略小于基准 $S_1$ 的长度, 以确保支承磨损不均时仍使工件取得满意的定位效果。由止推支承与止推基准 $S_2$ 构成第二定位副(或止推定位副)。由防转支承与防转基准 $S_3$ 构成第三定位副(或防转定位副), 且应尽量使防转点远离第一支承的轴线, 借以提高角向定位精度(或减小角向定位误差即转角误差)。

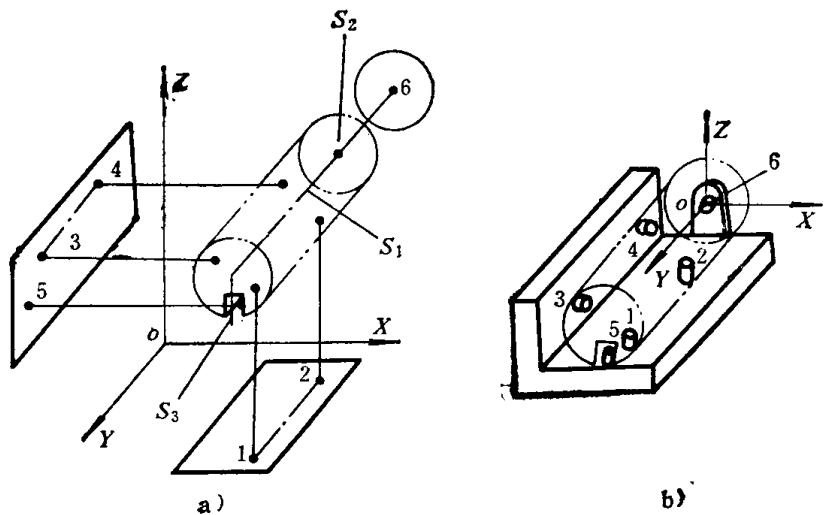


图2-5 轴类几何体的六点定位

3) 盘类几何体用支承钉的分布及其规律 欲使图2-6 a所示盘类几何体在坐标系中取得完全确定的位置, 则支承钉的分布亦应遵守一定的规律。当用支承钉代替支承点时(图2-6 b), 支承钉1、2、3限制几何体的 $\vec{Z}$ 、 $\vec{Y}$ 、 $\vec{X}$ 三个自由度; 支承钉4、5限制 $\vec{X}$ 、 $\vec{Y}$ 两个自由度; 支承钉6限制 $\vec{Z}$ 自由度, 显然支承钉的分布也遵守3、2、1分布规律。

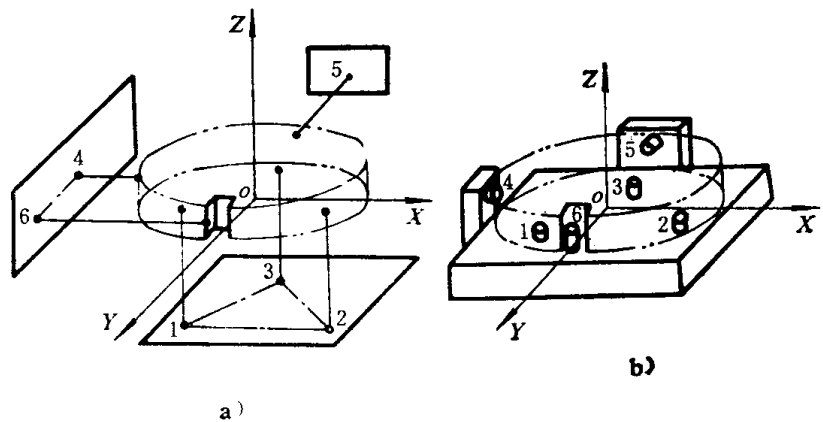


图2-6 盘类几何体的六点定位

由于几何体定位基准的形状、分布及组合使用方面的差异, 迫使支承钉以相应的分布及组合与之适应。尽管六个支承钉的分布及组合使用的方案不同, 但均应遵守下列规则:

至少要能限制一个自由度及两个转动自由度使几何体定位稳定的组合支承(球形几何体所用支承除外), 才称作第一支承; 如平面基准采用的三支钉组合; 回转面基准采用的四支钉组合; 长圆锥面基准采用的五支钉组合。凡能限制几何体两个移动(定心)或一个移动及一个转动自由度(导向)的组合支承, 便可称作第二支承; 如回转面基准及窄平面基准采用的两支钉组合。而只限制几何体一个移动自由度(止推)或一个转动自由度(防转)的支承, 便是第三支承。

各单一定位支承使用状态下所限制的自由度列于表2-1中, 供定位定性分析及拟定夹具总装技术要求时参考。

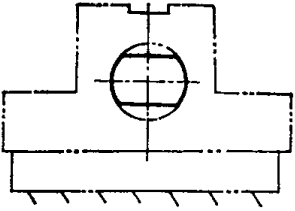
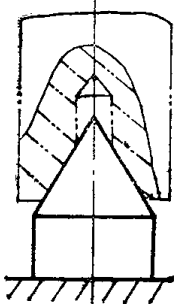
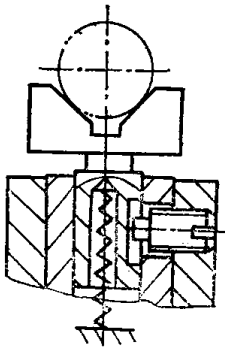
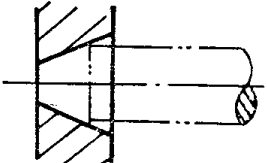
### 三、定位基本原理在工件定位定性分析中的应用

#### 1. 定位分析时, 可能出现的四种定位状态

表2-1 典型单一定位支承限制的自由度

顺序	名称	定位方式	限制的自由度	顺序	名称	定位方式	限制的自由度
第一支承 (主支承)	平面		$\vec{Z}$ $(\vec{X})$ $(\vec{Y})$	第二支承 (导向、定心支承)	浮动销		$\vec{Y}$
	圆柱心轴		$\vec{Y}$  $(\vec{Y})$		削边长轴		$\vec{X}$  $(\vec{Y})$
	长V形		$\vec{Z}$  $(\vec{Z})$		短V形		$\vec{X}$  $\vec{Z}$
	锥度心轴		$\vec{X}, \vec{Y}, \vec{Z}$ $(\vec{Y}), (\vec{Z})$		自位支承		独立: $\vec{Z}$ 联合: $(\vec{Y})$
	窄平面		$\vec{X}$  $(\vec{Z})$		第三支承 (止推、防转、中分支承)	可调支承	
短销		$\vec{X}$	可转支承			$(\vec{Y})$ (防转)	

(续)

顺序	名称	定位方式	限制的自由度	顺序	名称	定位方式	限制的自由度
第三支承 (止推、防转、中分支承)	削边销		$\vec{X}$	其它	顶尖		独立: $\vec{X}$ 、 $\vec{Y}$ 、 $\vec{Z}$
	浮动短V形		独立: $\vec{X}$ 联合: $\vec{Z}$		锥套		联合: $\vec{Y}$ 、 $\vec{Z}$

(1) 完全定位 工件的六个自由度完全被限制的状态,称为完全定位(如图2-2 a)。但应注意,并非任何情况下都要限制工件六个自由度,只有当工件在约定的某些坐标方向所要求的位置精度需要对其全部约束时,才采用完全定位。

(2) 对应定位 从定位原理出发,工件被限制的自由度取决于与其工序基准相联系的位置精度要求。当工件被限制的自由度恰能确保工序位置精度时的定位状态,称为对应定位。

工件被限制的自由度与工序位置精度存在对应关系。一般说来,为确保被加工要素对基准要素的距离尺寸要求,所限制的自由度与工件工序基准的形状有关,而位置公差要求所需限制的自由度却与被加工要素及基准要素的形状均有关系。其具体确定方法是:独立拟出确保各单项距离尺寸或位置公差要求而应限制的自由度后,再按综合叠加但不重复的方法便可得到确保多项精度要求应限制的自由度。

如图1-3 a所示,被加工孔 $D_2$ 对基准 $S_2$ 的距离尺寸要求为 $L_1 \pm \Delta L_1$ ;对基准 $S_1$ 的垂直度公差要求为 $\phi z$ ,对称度公差要求为 $d$ 。经分析,上述各单项位置精度要求应限制的自自由度如下:

$$L_1 \pm \Delta L_1: \vec{X}、\vec{Y}、\vec{Z} \quad \perp: \vec{Y} \quad \equiv: \vec{Y}$$

将确保上述各单项精度应限制的自由度进行无重复叠加,不难得到确保被加工几何要素位置精度要求应限制的自由度为 $\vec{X}$ 、 $\vec{Y}$ 、 $\vec{Y}$ 及 $\vec{Z}$ 四个自由度。

表2-2列出了确保被加工要素对基准要素的单一距离尺寸或位置公差(如平行度公差、垂直度公差及对称度公差等)要求应限制的自由度供定位定性分析及综合叠加参考。

运用工件被限制的自由度与位置精度对应法则及表2-2提供的结论,极其容易地确定工件应限制的自自由度。

又如图2-7所示,图a为面对面的距离尺寸要求,需限制工件 $\vec{Z}$ 、 $\vec{X}$ 及 $\vec{Y}$ 三个自自由度。

表2-2 确保单项位置精度应限制的自由度数

精度要求示意图	位置精度	几何特征	位置公差				
			距离尺寸	平行度	垂直度	对称度	同轴度
			$H \pm \Delta H$	P	Z	D	T
	线 对 面	$\vec{Z}$ $\hat{X}$ $\hat{Y}$	$\hat{X}$	$\hat{X}$ $\hat{Z}$	$\vec{X}$ $\hat{Y}$ $\hat{Z}$	—	
	面 对 线	$\vec{Z}$ $\hat{X}$	$\hat{X}$	$\hat{X}$ $\hat{Z}$	$\vec{X}$ $\hat{Z}$	—	
	面 对 面	$\vec{Z}$ $\hat{X}$ $\hat{Y}$	$\hat{X}$ $\hat{Y}$	$\hat{Y}$	$\vec{X}$ $\hat{Y}$ $\hat{Z}$	—	
	线 对 线	$\vec{Z}$ $\hat{X}$	$\hat{X}$ $\hat{Z}$	$\hat{X}$	$\vec{X}$ $\hat{Z}$	$\vec{X}$ $\hat{X}$ $\vec{Z}$ $\hat{Z}$	



图 b 为面对线的距离尺寸要求, 仅需限制  $\vec{Z}$  及  $\vec{X}$  二个自由度。图 c 为面对点的距离尺寸要求, 只需限制  $\vec{Z}$  即可。由上述实例不难看出: 尽管被加工要素均为平面, 位置精度指标均为距离尺寸, 但由于基准要素的差异其相应限制的自由度是迥然不同的。由于被限制自由度数的差异, 导致图 a 的工件定位稳定, 图 b 及图 c 的工件定位不稳定。因此, 工件被限制的自由度一般不能少于 3 且应包含两个转动自由度。

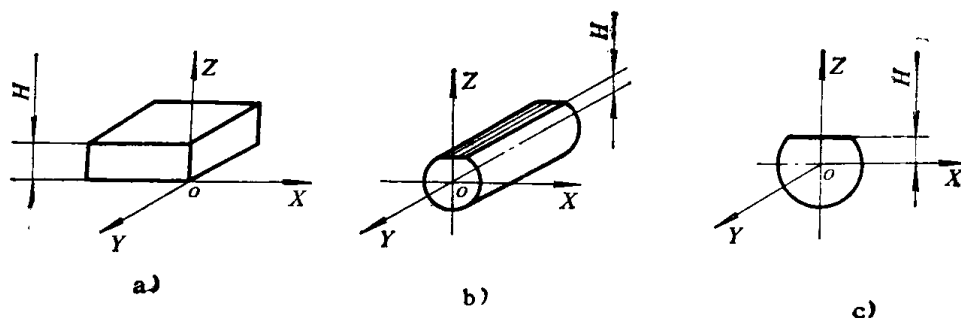


图2-7 工件应限制的最少自由度

a) 面基准 b) 线基准 c) 点基准

(3) 欠定位 工件被限制的自由度不足以确保工序相互位置精度时的定位状态, 称欠定位。欠定位会使工件在夹具中得不到确定位置, 它将直接影响工序相互位置精度的实现。如图1-3 a 所示, 欲保证工件的三项相互位置精度要求, 按定位原理须限制  $\vec{X}$ 、 $\vec{Y}$ 、 $\vec{Y}$  及  $\vec{Z}$  四个自由度。若定位定性分析时, 未限制  $\vec{X}$ , 则无法保证距离尺寸  $L_1 \pm \Delta L_1$ ; 若漏限制  $\vec{Y}$ , 则不仅影响距离尺寸  $L_1 \pm \Delta L_1$ , 而且还会使垂直度公差得不到保证; 若不限  $\vec{Y}$ , 则对称度公差同样也无法保证。可见, 欠定位是绝对不允许的。

(4) 重复定位 生产中定位副并不像假设的那样理想。定位支承重复限制工件一个或多个自由度的现象经常都会发生。这种定位支承重复限制工件同名自由度的定位, 称重复定位。

根据基准要素的特性及组合顺序或提供的定位简图, 便可判断工件的定位是否出现重复定位现象。其具体做法是: 按确定的第一、二、三支承的顺序对工件联合限位的独立效果, 逐一列出各支承限制的自由度, 凡后续支承 (又称重复限位支承) 所限制的自由度名称与先导支承限制的自由度名称出现重复时, 即产生重复定位。

如图2-8 a 所示为加工汽车变速箱壳体 (以下称壳体) 二工艺孔及八螺纹孔工序图, 其具体要求如图所示。图2-8 b 为实现上述加工要求的钻、铰、攻三工位夹具的定位草图, 第一支承 (由四个窄平板装配后同磨而成) 1 限制  $\vec{Z}$ 、 $\vec{X}$  及  $\vec{Y}$  三个自由度。第二支承 (由固定短圆锥及移动短圆锥组成) 2 限制  $\vec{X}$ 、 $\vec{Y}$ 、 $\vec{Z}$ 、 $\vec{Y}$ 、 $\vec{Z}$  五个自由度。第三支承 (为可调支承) 3, 限制  $\vec{X}$  自由度。显然, 第二支承 2 与第一支承 1 沿  $\vec{Z}$  及  $\vec{Y}$  出现重复定位, 第三支承 3 与第二支承 2 沿  $\vec{X}$  发生干扰。鉴于铸件所提供基准的几何形状误差及基准间位置误差的影响, 以及第一序铣  $T_1$  面后所形成的距离误差 (距 I 孔系轴线) 的影响 (为便于理解, 设夹具的制造误差忽略不计), 必然导致如下后果:

(1) 妨碍壳体的安装或定位不稳定, 使其得不到确定位置 当首序加工  $T_1$  面成形且满足  $82 \pm 0.15 \text{ mm}$  距离尺寸时, 壳体按上述方案定位可能出现两种情况: 当  $T_1$  面至 I 孔系轴线的距离为最大距离尺寸  $82.15 \text{ mm}$  时, 壳体的  $T_1$  面能与第一支承 1 紧贴, 但 I 孔系在第二支承

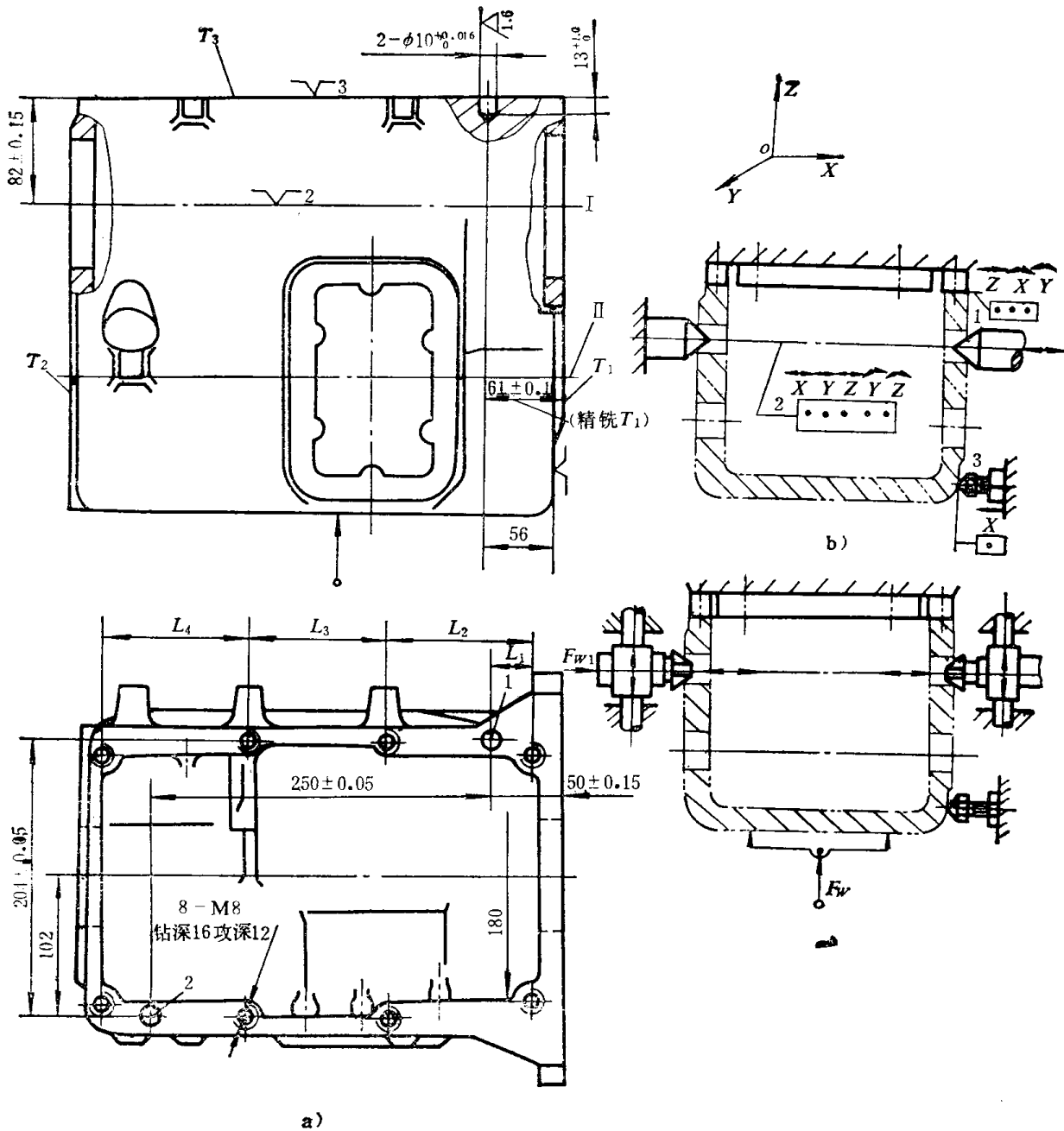


图2-8 重复定位的产生及其处理

2上却得不到正确安装；当 $T_3$ 面至I孔系轴线的距离为最小极限尺寸81.85mm时，则壳体的I孔系在第二支承2上虽能得到正确安装，但第一定位副却无法紧贴，使壳体得不到预定的确定位置。

当X的重复定位得不到妥善解决时，则壳体沿X方向得不到确定位置，从而使距离尺寸56mm产生较大误差，最终便会影响后续工序在铣削 $T_1$ 及 $T_2$ 面时的加工余量不均匀和成形。

(2) 导致定位副产生变形 若上述重复定位现象不加消除，则采用向上夹紧的主夹紧力 $F_w$ 超过一定数值时，必然会使支承2或壳体产生变形，从而影响工序精度的实现，严重时还会导致I、II孔系附近的墙板挤裂。

因此，在确定工件的定位方案时，必须正确处理重复定位问题。一般说来，使后续支承对前导支承的定位干扰，应不妨碍工件的正确安装及定位的稳定。其次是采取措施后，应使重复定位的影响消除或降低到许可范围内，方能满足工件的安装要求。