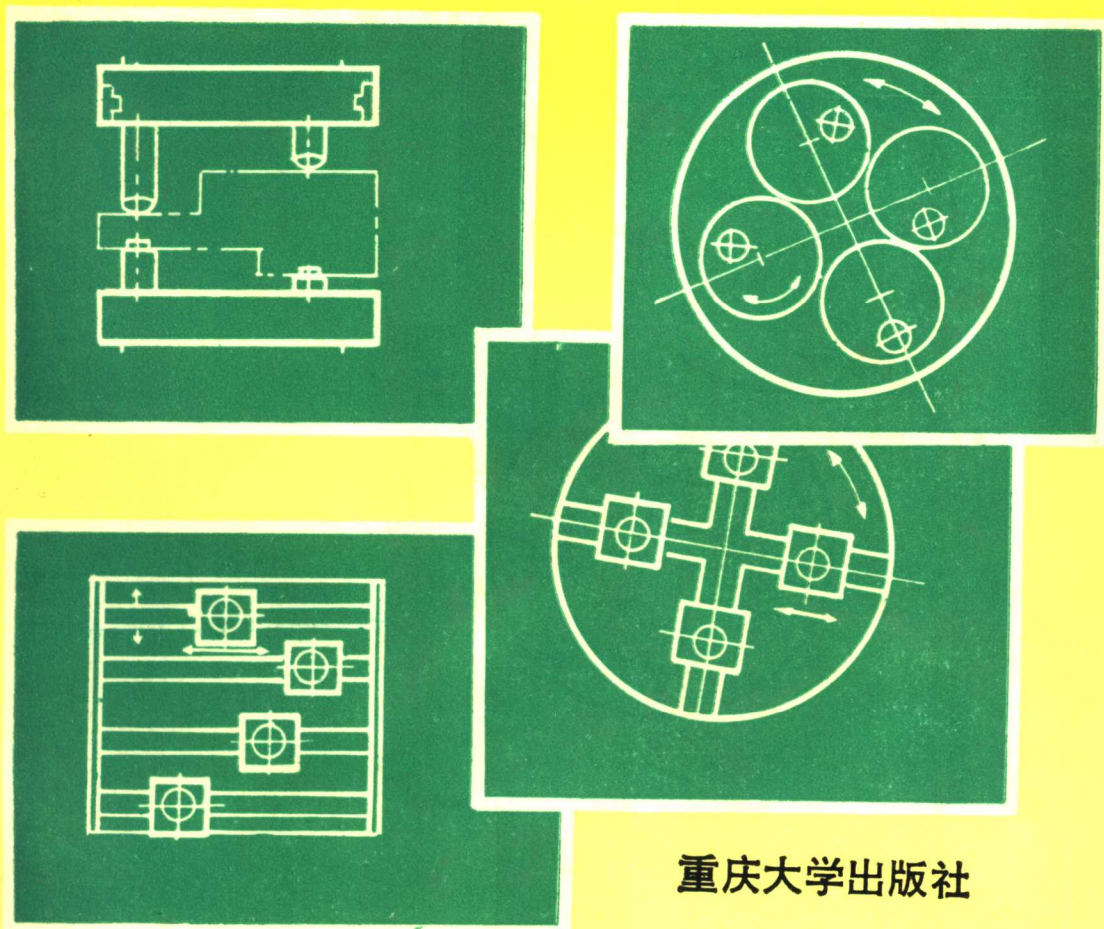


JICHUANG JIAJU SHEJI

# 机床夹具设计

徐发仁 主编



重庆大学出版社

## 内 容 提 要

本书分概述、工件在夹具中的定位、工件在夹具中夹紧、夹具的分度及其他装置、夹具的精度分析与计算、各类典型机床夹具、机床夹具的设计方法和中小批生产用机床夹具共八章。着重从适合教学要求出发，论述了机床夹具的设计原理和方法并介绍了现代机械制造中所应用的机床夹具及其计算机辅助设计 (CAD) 方法。对定位原理和定位误差分析以新的概念作了专门论述。为便于读者深入掌握教学内容，各章附有思考题和作业题。

本书可供机械制造专业的大专院校师生作教材以及从事机床夹具设计人员和其他专业技术人员作参考。

### 机床夹具设计

徐发仁 主编

责任编辑 蒋怒安

重庆大学出版社出版发行

新华书店经销

重庆印制一厂印刷

开本: 787×1092 1/16 印张: 15.75 字数: 393 千

1993年1月第1版 1993年1月第1次印刷

印数: 1—7000

ISBN 7-5624-0458-5

标准书号:

TH·24

定价: 4.49 元

(川)新登字020号

## 前 言

本书是高等工科院校机械制造工艺及设备专业的必修课教材，系参照1990年机械委教材（机械类）指导委员会《机械制造工艺及夹具》课程教学大纲的“机床夹具设计”部分内容要求而组织编写的。本书单独编写出版与《机械制造工艺学》配套，是考虑到使用上的方便，同时这将更有利于教学内容的深化。

为了加强本课程的基础理论部分，教材中将有关夹具的各种误差对加工精度的影响，集中于一章讲授以便对夹具精度分析有一个系统而完整的概念，这对学习和结合生产分析加工精度问题都将是有益的。同时教材中对定位基准的选择和定位误差分析也提出了新的概念，避免了定位误差的一些含混不清现象。

本书在反映现代机械制造技术的新成就方面，增强了高效夹紧装置，可调夹具（含成组夹具），柔性制造系统夹具及计算机辅助设计等方面的内容。

为了便于学生掌握本课程基本的内容，在一些基本章节后增加了复习思考题和作业。

本教材共分八章，课程总讲授学时建议为34学时，有些内容可供学生自学，如典型元件，典型专用夹具的结构等可作为学生在课程设计和生产实习中参考。

本书第一、二章由四川工业学院卓开富编写，第三章由成都大学黄启陵编写，第四、五章由重庆大学马俊编写，第六章由昆明工学院陈恕庸和重庆大学张毅编写，第七章由重庆大学徐发仁和张毅编写，第八章由重庆大学徐发仁和马俊编写。全书由徐发仁主编，由重庆大学许香穗主审。

由于编者水平所限和时间仓促，错误和欠妥之处恳请广大读者批评指正。

编者

1991年8月

DAH09/03

# 目 录

|                               |     |
|-------------------------------|-----|
| <b>第一章 绪论</b> .....           | 1   |
| §1-1 机床夹具在机械加工中的作用.....       | 1   |
| §1-2 机床夹具的分类.....             | 4   |
| §1-3 机床夹具的组成及其在工艺系统中的地位.....  | 5   |
| 复习思考题.....                    | 7   |
| <b>第二章 工件在夹具中的定位</b> .....    | 8   |
| §2-1 工件的定位原理及其合理应用.....       | 8   |
| §2-2 典型工件的定位方法及定位元件与机构.....   | 15  |
| §2-3 定位方案设计应满足的基本要求.....      | 32  |
| 复习思考题.....                    | 34  |
| <b>第三章 工件在夹具中的夹紧</b> .....    | 36  |
| §3-1 设计夹紧装置的要求及基本准则.....      | 36  |
| §3-2 典型夹紧机构及其设计要点.....        | 43  |
| §3-3 定心夹紧机构.....              | 60  |
| §3-4 夹紧的动力装置.....             | 75  |
| 复习思考题.....                    | 97  |
| <b>第四章 机床夹具的分度与靠模装置</b> ..... | 98  |
| §4-1 工件在夹具中的分度及对定装置.....      | 98  |
| §4-2 靠模装置.....                | 104 |
| 复习思考题.....                    | 106 |
| <b>第五章 夹具的精度分析与计算</b> .....   | 107 |
| §5-1 定位误差的分析与计算.....          | 107 |
| §5-2 夹紧误差的分析与估算.....          | 114 |
| §5-3 夹具的位置误差.....             | 116 |
| §5-4 调刀误差的分析与计算.....          | 117 |
| §5-5 分度误差的分析与计算.....          | 119 |
| §5-6 夹具元件磨损对加工精度的影响.....      | 120 |
| 复习思考题.....                    | 124 |

|                             |     |
|-----------------------------|-----|
| <b>第六章 各类机床夹具典型结构及其设计要点</b> | 125 |
| §6-1 车床及圆磨床夹具               | 125 |
| §6-2 钻床夹具                   | 134 |
| §6-3 镗床夹具                   | 143 |
| §6-4 铣床夹具                   | 153 |
| §6-5 其它机床夹具                 | 159 |
| §6-6 随行夹具                   | 161 |
| 复习思考题                       | 168 |
| <b>第七章 专用机床夹具的设计方法</b>      | 169 |
| §7-1 夹具设计的基本原则和要求           | 169 |
| §7-2 夹具设计方法与步骤              | 169 |
| §7-3 夹具体设计                  | 180 |
| §7-4 机床夹具计算机辅助设计简介          | 183 |
| <b>第八章 中小批生产用新型机床夹具</b>     | 193 |
| §8-1 组合夹具                   | 193 |
| §8-2 可调夹具                   | 207 |
| §8-3 数控机床夹具                 | 217 |
| §8-4 工件自动交换装置(托盘)系统         | 226 |
| §8-5 机床夹具的发展方向              | 228 |
| <b>附录</b>                   | 231 |
| <b>主要参考资料</b>               | 246 |

# 第一章 绪 论

在机械制造的机械加工、检验、装配、焊接和热处理等冷热工艺过程中，使用着大量的夹具，用以安装加工对象，使之占有正确的位置，以保证零件和产品的质量，并提高生产效率。

在机床上加工工件时，为了保证加工精度，必须正确安置工件，使其相对机床切削成形运动和刀具占有正确的位置，这一过程称为“定位”。为了不因受切削力、惯性力、重力等外力作用而破坏工件已定的正确位置，还必须对其施加一定的夹紧力，这一过程称为“夹紧”。定位和夹紧全过程称为“安装”。在机床上用来完成工件安装任务的重要工艺装备，就是各类夹具中应用最为广泛的“机床夹具”。

机床夹具的种类很多，其中，使用范围最广的通用夹具，规格尺寸多已标准化，且有专业厂生产。而广泛用于批量生产，专为某工件加工工序服务的专用夹具，则需各制造厂根据工件加工工艺自行设计制造。因此，专用夹具的设计是一项重要生产准备工作，每一个从事机械加工工艺的工装设计人员，都应掌握有关夹具设计的基础知识。本书主要内容就是介绍专用机床夹具设计的基本理论和结构设计基础知识。

## § 1-1 机床夹具在机械加工中的作用

机床夹具在机械加工中的作用，可由下述两个实例归纳得出。

例1 图1-2是加工图1-1所示小轴端槽的铣床夹具。加工前，将夹具体5底面放在卧式铣床工作台上，两定位键6嵌入与纵走刀方向平行的工作台中央T形槽中，并用T形螺钉夹紧。然后，用对刀塞尺调整好直角对刀块9与三面刃铣刀间的相对位置。之后，每次只需将两个工件安装在夹具中，开动机床一次就能加工出两个符合工序要求的工件。

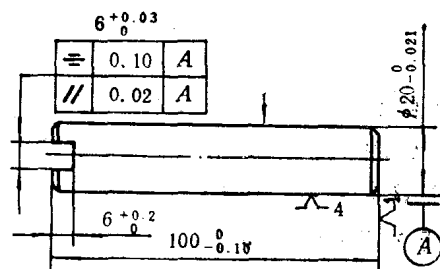


图1-1 铣轴端槽工序图

小轴在夹具中的安装过程是：以外圆 $\phi 20^{+0}_{-0.021}$ 和一端面在V形块7及支承钉4上定位，操纵配气阀（图中未画出）使压缩空气由气缸下腔进入，活塞杆2上移，通过其上的斜楔推动滚子1，迫使拉杆3带动压板8左移，便可同时夹紧两个工件。

由于工件安装正确，并有对刀装置可准确地调整并引导刀具进行切削加工，故用该夹具能稳定保证槽深、对称度和平行度等工序要求，槽宽则由铣刀宽度保证。

例2 图1-3为钻铰扇形块 $3-\phi 8^{+0.022}_{-0}$ 的工序简图。图1-4所示是钻铰 $3-\phi 8^{+0.022}_{-0}$ 的钻床夹具。加工前，首先将夹具体13底面放在立式钻床工作台面上。调整夹具，使快换钻套8之导孔中心与主轴回转中心同轴，并用螺钉和压板将夹具压紧在工作台上。然后，就可在夹

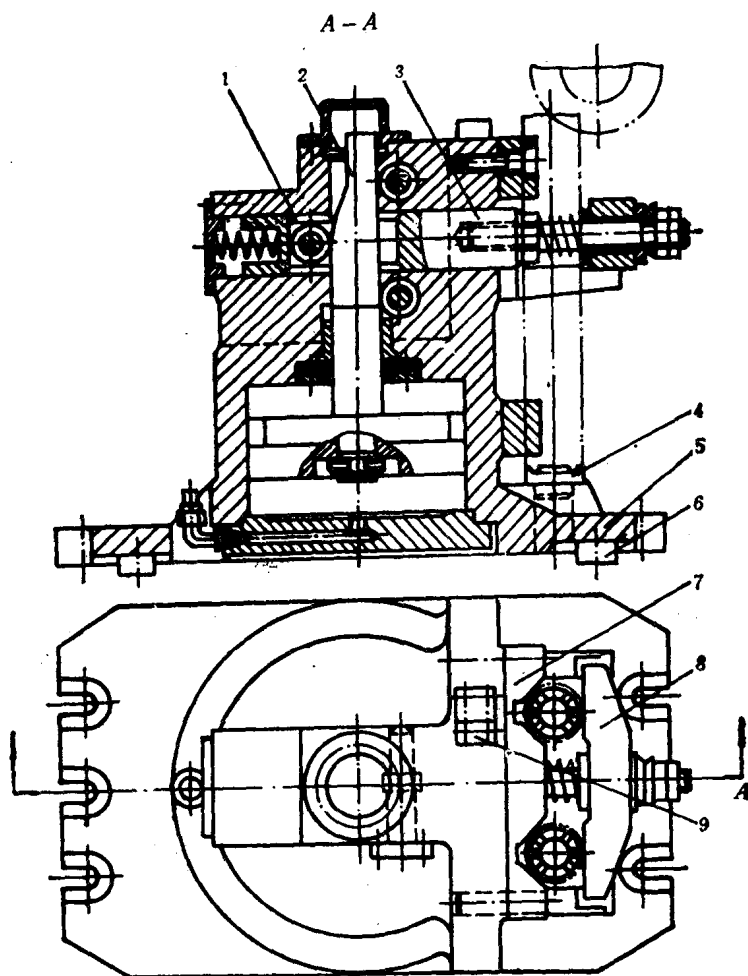


图1-2 铣轴端槽夹具

具中安装工件钻铰  $3-\phi 8^{+0.022}_0$  孔。工件在夹具中的安装过程简述如下：工件7以  $\phi 22^{+0.021}_0$  孔、键槽  $6 \pm 0.015$  和端面A，在夹具的定位销5和键6及台阶面Q上定位，拧紧螺母4通过开口垫圈3将工件夹紧。加工完一个孔后，拧动手柄11，分度盘9松开，利用滚花手把12将对定销1由定位套2中拔出，使分度盘带动工件一起回转  $20^\circ$  后，再将对定销1插入另一定位套中实现分度。拧动手柄11，将分度盘9夹紧，便可依次进行下两个孔的加工。该工序由于用了专用夹具，不仅能稳定地保证加工精度，而且安装工件十分方便、迅速。

上述两个例子说明机床夹具在机械加工中起着重要的作用。归纳起来，主要有下列几个方面：

1. 保证加工精度，稳定加工质量。

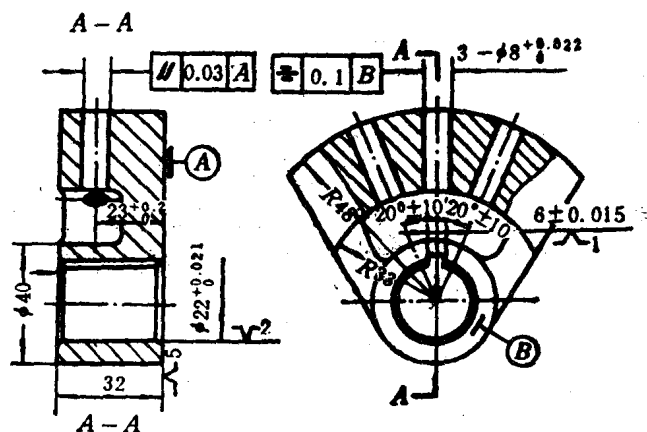


图1-3 钻铰  $3-\phi 8$  工序图

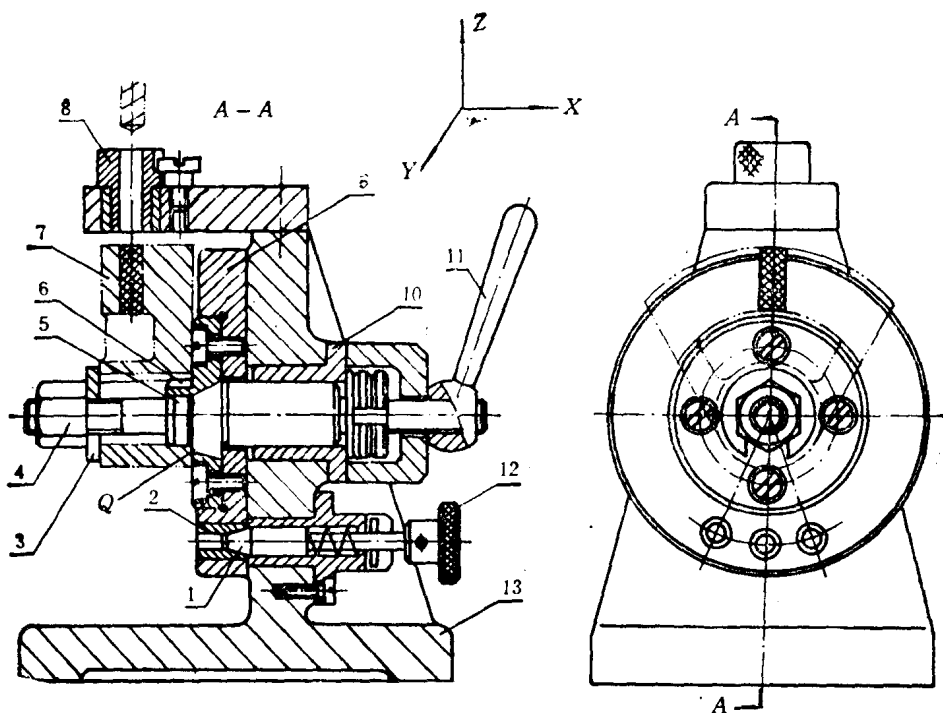


图1-4 钻铰孔夹具

由于采用专用夹具安装工件，可以准确地确定工件相对于刀具和机床切削成形运动的相互位置。所以，加工精度易于保证，不受或少受各种主观因素的影响，可以稳定加工质量。

## 2. 提高劳动生产率，降低加工成本。

提高劳动生产率最有效的措施，是减少机动时间和辅助时间。

采用机床夹具安装，可使工件夹紧牢靠，利用辅助支承等还可提高工件刚度，均有利于采用较大切削用量，减少机动时间。

使用机床夹具，可省去找正安装，使安装工件迅速、方便。另外，实行多件、多工位安装和采用气压、液压、快速联动夹紧装置以及使安装工件的辅助时间与机动时间重合等措施，都能大大缩短辅助时间。

由于采用与生产规模相适应的夹具，使产品质量稳定，废品大大减少，劳动生产率提高，可使用低等级工人等，皆可大大降低加工成本。

## 3. 扩大机床工艺范围，实现“一机多能”。

在批量不大的生产条件下，工件的种类和规格多，而机床品种和数量却有限。采用机床夹具，可使机床“一机多能”。

如在普通铣床上安装专用夹具，可以铣削成形表面。在车床床鞍上安装镗模，可进行箱体孔系加工等。

## 4. 减轻劳动强度，保证安全生产。

使用专用夹具安装工件，定位方便、迅速，夹紧又可采用增力、机动等装置，因此可以减轻工人的劳动强度。根据加工条件，还可设计防护装置，确保操作者安全。

## 5. 在流水线生产中，便于平衡生产节拍。

工艺过程中,当某些工序所需工序时间特别长时,可以采用多工位或高效夹具等以提高生产效率,使节拍平衡。

## § 1-2 机床夹具的分类

随着机械制造业发展的需要,新型夹具结构不断出现,机床夹具的型式愈来愈多。为了适应技术管理工作的需要,也为掌握各类夹具的工作特点 and 设计基本方法,有必要对机床夹具进行分类。

### 一、按专门化程度分类

#### 1. 通用夹具

通用夹具是指已标准化,且有较大适用范围的夹具。有专业厂生产供应,有的已作为机床附件与通用机床配套。如三爪和四爪卡盘、万能分度头、回转工作台、机器虎钳等。这类夹具主要用于单件、小批生产。

#### 2. 专用夹具

如图1-2和图1-3所示,专用夹具是根据零件机械加工工艺过程中的某一工序而专门设计的。由于不考虑通用性,故结构紧凑,操作方便。按实际需要可采用各种省力机构、动力装置、防护装置、分度装置及抬起机构等。因此,专用夹具可以保证高的加工精度和劳动生产率。但是,由于这类夹具的针对性很强,当变换产品或工艺时,一般都因无法使用而“报废”。因此,这类夹具主要在产品固定和工艺稳定的批量生产中应用,是本课程研究的主要对象。

#### 3. 可调整夹具

在当前多品种小批量生产条件下,设计制造专用夹具的准备周期太长,且很不经济,但是,采用通用夹具又不能满足加工精度和生产率的要求。采用可调整夹具则是改进工艺装备设计的一个发展方向。

可调整夹具的特点是: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,尺寸和加工工艺相近的多种工件。

该类夹具又有通用可调和专用可调夹具之分。通用可调夹具如滑柱式钻模,带多种钳口的机器虎钳等,加工对象不很确定,适用范围较大。专门化可调夹具常称成组夹具,一般配合成组技术,专门为成组加工某组零件而设计的。它是在专用夹具的基础上,通过更换或调整个别元件而适应组内不同零件加工要求的。加工对象明确,结构较为紧凑。

#### 4. 专门化拼装夹具

这类夹具是针对某工件的某工序加工要求,由事先制造好的通用性较强的标准元件和部件拼装而成。只要有足够种类和数量的标准元件和部件,就可拼装成各式各样的夹具。从这个意义上讲,这类夹具具有很大通用性。但是,由于是按某一工件一定工序拼装的,因此这类夹具又有专用夹具的优点。用完之后,可将元件和部件拆卸、清洗并分类存放,待重新组装新夹具时再次使用,不存在专用夹具的报废问题。这对新产品试制和多品种小批量生产尤为适用。

专门化拼装夹具常有两种形式:一种是组合夹具,一种是拼装夹具。两种夹具的原理相似,前者偏重于元件的通用性,后者较注重拼装的高效能。组合夹具已有专业厂生产,这类夹具的初投资较大,若用量不大,可就近向组合夹具组装站租赁。

## 5. 自动化生产用夹具

自动化生产用夹具，主要有自动线夹具和数控机床夹具。自动线夹具又有固定式夹具和随行夹具之分。前者与一般专用夹具相似，后者除担负工件的安装任务外，还随工件一起沿自动线从一个工位输送到下一个工位。一个多工位自动线上有许多相同的随行夹具。

数控机床夹具随着数控机床的发展而不断完善，它对充分发挥数控机床的高精度、高效率和柔性加工自动化起着重要的作用。有关内容将在第八章中再介绍。

### 二、按使用机床类型分类

按使用夹具的机床不同，可分为车床夹具、铣床夹具、钻床夹具、镗床夹具、组合机床夹具、数控和加工中心机床以及柔性制造单元和系统（FMC、FMS）用夹具等。

### 三、按夹具动力源分类

按夹具所采用的夹紧动力源，可分为手动夹具、气动夹具、液动夹具、气液联动夹具、电磁夹具、真空夹具、离心力夹具及自紧夹具（靠切削力夹紧）等。

机床夹具的分类，还有根据中间传动特点分为机械式和液性塑料式；按生产效率分为半自动化夹具、自动化夹具等。不再一一赘述。

目前，一般工厂多按使用机床类别，结合结构型式、使用特点进行命名和分类编号。

机床夹具的分类，归纳起来可以图1-5表示。

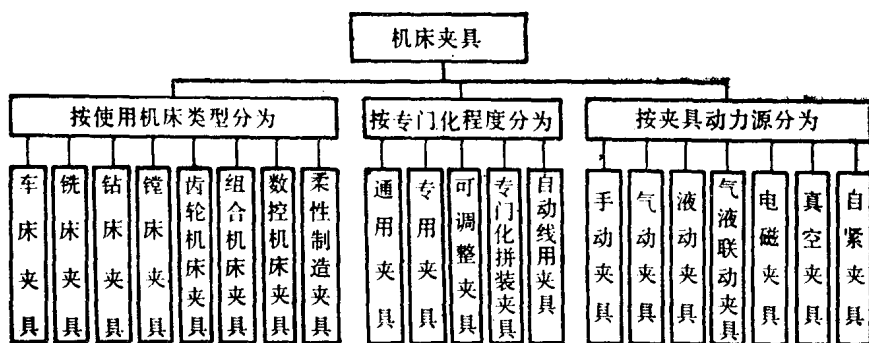


图1-5 机床夹具的分类

## §1-3 机床夹具的组成及其在工艺系统中的地位

### 一、机床夹具的组成

生产中应用的夹具形式多种多样，新型夹具又不断出现。但是，从各种不同的夹具结构中，可以归纳出一般夹具常共有的基本结构及其组成部分，这些部分各自有其独立的作用，但又彼此相互联系。这样，不仅对掌握夹具组成规律，分析解剖夹具结构具有重要作用，而且运用“化整为零”的思维和研究方法，对学习、分析夹具及设计构思都是很有必要的。

根据夹具元件或机构所起的作用，可以归纳出一般夹具由下列几部分组成。

#### 1. 定位元件或定位装置

定位元件或装置是指用于确定工件在夹具中正确位置的元件或部件。如图1-2中的V形块7和支承钉4，图1-4中的定位销5和定位键6等。

#### 2. 夹紧元件或夹紧装置

是指用于夹紧工件，使其在外力作用下仍能保持其既定位置的元件或部件。如图1-2中的滚子斜楔机构，图1-4中的螺母4和开口垫圈3等。对于机动夹紧来说，还应包括动力源装置，如图1-2中的夹紧气缸等。

### 3. 对刀、引导元件

是指用于确定、引导刀具与夹具定位元件相互位置的元件。如图1-2中的对刀块9和塞尺（图中未画出）；图1-4中的快换钻套8和衬套等。

### 4. 连接元件

是指用于保证夹具与机床间相互位置的元件。如图1-2中的定位键6等。

### 5. 夹具体

是指用于连接夹具各组成部分，使之成为一个整体的基础件。如图1-2中的夹具体5和图1-4中的夹具体13。

### 6. 其它元件及装置

根据工件加工要求，有些夹具除上述组成部分外，还需设置其它元件或装置。如图1-4中的分度装置，某些夹具的靠模装置、工件抬起装置等。

以上组成部分，并非所有机床夹具都缺一不可。但是，通常定位、夹紧和夹具体三部分是夹具的主要组成部分。

## 二、机床夹具在工艺系统中的地位

工件的机械加工精度，主要取决于工件和刀具切削过程中的相互位置关系。由于工件和刀具分别安装在夹具和机床上，受到夹具和机床的约束。这样，机床、辅具、刀具、工件和夹具等就组成了一个封闭系统，称为工艺系统，如图1-6所示。工艺系统的受力变形、受热

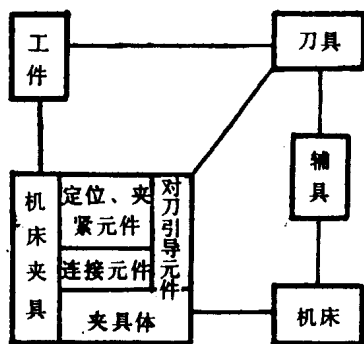


图1-6 工艺系统框图

变形以及工艺系统各组成部分（包括量具）的静态精度和磨损等，皆不同程度地影响工件的加工精度。但是，由图1-7可知，工件在夹具中加工时，加工精度受与夹具有关的误差因素影响较大。这是因为，被加工尺寸 $A_B$ 是设计要求必须保证的尺寸环，即工艺系统尺寸链的封闭环。组成环中之 $A_2$ 、 $A_6$ 、 $A_7$ 对一台具体机床来说，误差是一定值（指静态误差），对工件

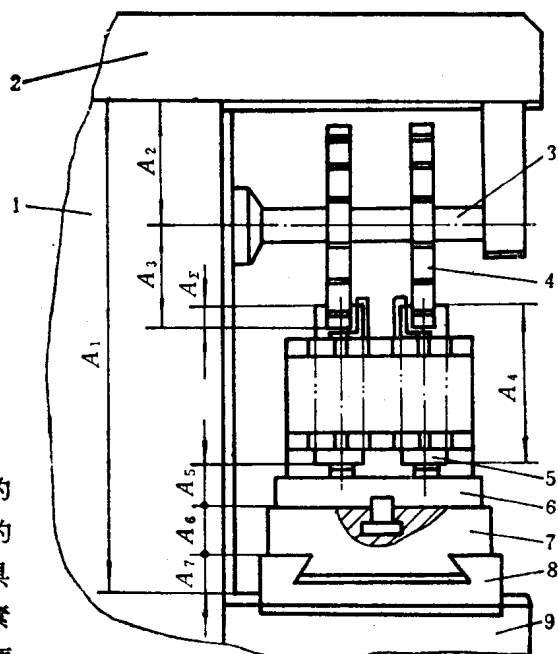


图1-7 铣小轴端槽保证槽深尺寸的工艺系统调整尺寸链简图

1—车身 2—悬梁 3—刀杆 4—铣刀 5—工件  
6—夹具 7—工作台 8—滑座 9—升降台

加工精度的影响较小。借助于对刀块和对刀塞尺进行调整的尺寸环  $A_1$ ，与铣刀有关的尺寸环  $A_3$  均对  $A_2$  有直接影响。由于工件在夹具中安装，工件尺寸  $A_4$  和夹具尺寸  $A_5$  等组成环也是直接造成工件  $A_2$  工序尺寸误差的主要因素。

以上说明，工件在夹具中安装时，加工精度与夹具关系最为密切。现将造成表面位置加工误差的因素归纳为下列三个方面：

1. 与工件在夹具中安装有关的加工误差，称为工件安装误差，用  $\Delta_{GA}$  表示。包括工件在夹具中定位时所造成的加工误差——定位误差  $\Delta_{DW}$  和夹紧时工件变形所造成的加工误差——夹紧误差  $\Delta_{JJ}$ 。

2. 与夹具相对刀具和在机床上安装夹具的有关的加工误差，称为夹具的调整误差，用  $\Delta_{JT}$  表示。包括夹具在机床上定位时所造成的加工误差——夹具位置误差  $\Delta_{JW}$ ，和夹具相对刀具调整时所造成的加工误差——夹具的调刀误差  $\Delta_{TD}$ 。

3. 与加工过程有关的加工误差，称为过程误差。用  $\Delta_{GC}$  表示。包括工艺系统的受力变形、热变形、磨损等因素引起的加工误差。

为了得到合格产品，必须使这些误差在工序尺寸方向上的总和，小于或等于工序尺寸的工序公差  $\delta_g$ ，即

$$\Delta_{GA} + \Delta_{TD} + \Delta_{GC} \leq \delta_g \quad (1-1)$$

此式称为加工误差不等式。在初步计算时一般可按各占三分之一概算，即

$$\Delta_{GA} \leq \frac{1}{3} \delta_g \quad (1-2)$$

$$\Delta_{TD} \leq \frac{1}{3} \delta_g \quad (1-3)$$

$$\Delta_{GC} \leq \frac{1}{3} \delta_g \quad (1-4)$$

由式(1-1)可知，三项中有两项都是与夹具有关的加工误差，故也可综合考虑按三分之二概算，即

$$\Delta_{GA} + \Delta_{TD} \leq \frac{2}{3} \delta_g \quad (1-5)$$

在具体分析时，还应根据工序精度的要求，在夹具设计和制造中采取措施，使其  $\Delta_{GA}$  和  $\Delta_{JT}$  控制在允许范围之内，以便给  $\Delta_{GC}$  和加工精度储备留有较大的余地。

有关夹具的各项误差计算，详见第五章。

## 复习思考题

1. 什么是机床夹具，它在生产中的作用如何？
2. 机床夹具常分为哪些类型？各用于什么场合？
3. 机床夹具主要由哪些部分组成？各有什么功用？
4. 试述机床夹具在工艺系统中的地位。
5. 何谓加工误差不等式？与夹具有关的加工误差有哪些？在夹具初步设计时各组成误差一般应控制在什么范围？

## 第二章 工件在夹具中的定位

工件在加工前,必须首先使它相对刀具和切削成形运动占有正确的位置,即工件的定位。工件在夹具中的定位,是指同一批工件中的任何一个,在夹具中按定位要求与定位元件相接触或配合,都能使其占有正确位置的过程。拟定夹具设计方案时,定位方案是必须首先确定的问题,它对夹具总体设计方案的确定乃至整个夹具的成败,都起着决定性的作用。本章是以工件的定位基准已经选定为前提,分析和论述工件在夹具中定位的有关问题。

### § 2-1 工件的定位原理及其合理应用

#### 一、工件定位的基本原理

由运动学已知,任一刚体在空间三个互相垂直的坐标系中,有六个自由度,如图2-1所示。即沿三坐标轴的移动自由度和绕三坐标轴的转动自由度,分别用 $\bar{X}$ 、 $\bar{Y}$ 、 $\bar{Z}$ 和 $\bar{X}$ 、 $\bar{Y}$ 、 $\bar{Z}$ 表示。未定位前的工件即相当于自由刚体,是无法进行加工的。因此,为了使工件在夹具中有一个正确位置,必须对影响工件加工面位置精度的自由度予以限制。

如何才能正确地限制工件的自由度呢?现通过以下示例来讨论。

图2-2a所示工件,在加工上表面时,要求保证工件的厚度尺寸 $H$ 及平行度 $\delta a$ ,由分析可知,工件的 $\bar{Z}$ 、 $\bar{X}$ 、 $\bar{Y}$ 三个自由度对加工要求有直接影响,因此在加工前必须予以限制。设采用磨削方法加工该平面,可用底面作定位基准,直接安放在平面磨床的磁力工作台上(如图2-2b所示),工作台面可以限制上述三个自由度。

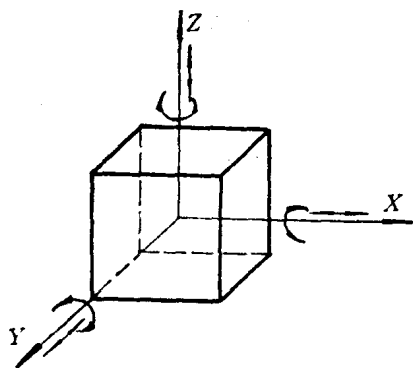


图2-1 刚体的六个自由度

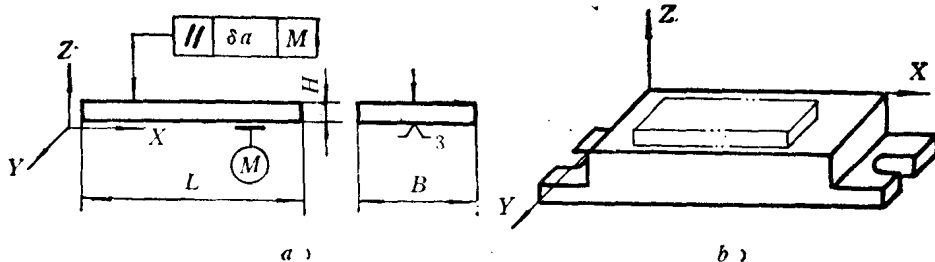


图2-2 工件在磁力工作台上安装

图2-3a所示工件,在卧式铣床上铣阶梯面时,为保证加工要求,对于尺寸 $h$ 和平行度 $\delta c$ ,需要消除工件的 $\bar{Z}$ 、 $\bar{X}$ 、 $\bar{Y}$ 三个自由度,对于尺寸 $b$ 和平行度 $\delta d$ ,则需要消除 $\bar{X}$ 、 $\bar{Y}$ 和 $\bar{Z}$ 自由度。据此采用了图2-3b所示夹具定位方案,夹具的A面限制了工件的 $\bar{Z}$ 、 $\bar{X}$ 、 $\bar{Y}$ 三个

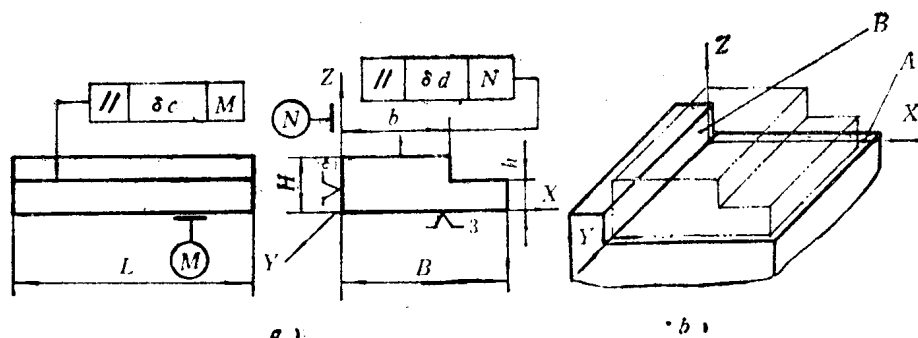


图2-3 工件在夹具中安装铣阶梯面

自由度，窄长面  $B$  限制  $\bar{X}$  和  $\bar{Z}$  两个自由度， $\bar{Y}$  方向因无加工要求，故理论上可以不予限制。

图2-4a所示工件，在立式铣床上铣不通槽时，为保证所需加工要求，应消除其全部自由度。为此采用了图2-4b所示的定位方案，该方案是在图2-3b的基础上，增加了端面支承挡块  $C$ ，限制工件的  $\bar{Y}$ 。这样，工件的六个自由度全部受到限制，使工件在夹具中处于完全确定的位置。

在实际生产中，分析工件在夹具定位元件上定位时，理论上可将夹具定位元件转化为相应的定位支承点（简称支承点），并以此来分析具体定位元件所限制的工件自由度。即一个大平面相当于三个支承点，窄长面则相当于两个支承点。

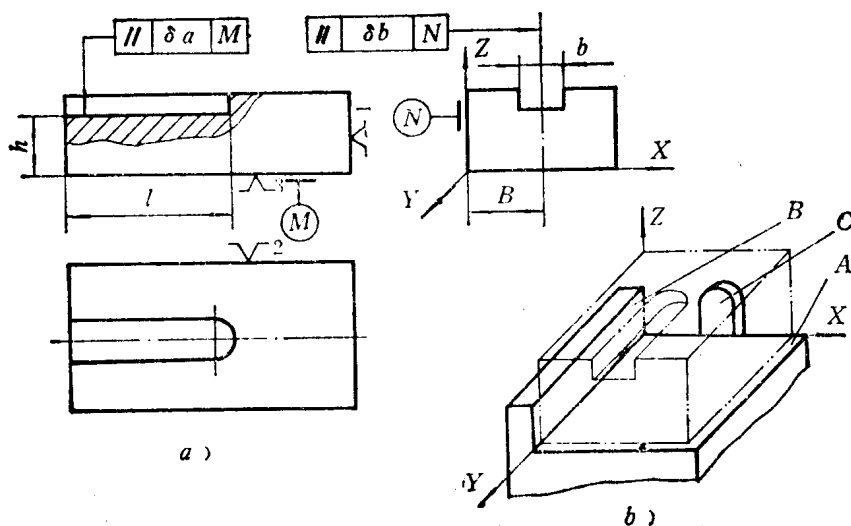


图2-4 工件在夹具中安装铣不通槽

根据以上分析，用六个正确布置的支承点，就可完全限制工件的六个自由度，使工件在夹具中占有完全确定的位置。这种用支承点来分析限制工件自由度的方法，称为“六点定位原理”，又称“六点定律”或“六点定则”。

如图2-5所示用六个支承点所组成的定位元件。可限制工件自由度的情况与图2-4b完全相同。

## 二、六点定位原理的合理应用

应用六点定律分析工件在夹具中的定位问题时，不能认为未夹紧前工件还可相对定位元件反方向运动而判断其自由度未被限制，如图2-3b所示，工件在夹具中虽可向右移动，但因脱

离定位元件  $B$  已处于非正确安装位置, 故应按紧靠  $B$  面来进行分析; 值得指出的是不能将“夹紧”与“定位”混淆, 即不能认为工件被夹紧后, 就可以限制工件的自由度, 这是因为, 这时虽因摩擦力可阻止其沿  $Y$  轴方向的移动, 但仅用夹紧不可能使工件在  $Y$  轴方向占有正确的位置。

下面将分析讨论定位时可能出现的几种情况。

### 1. 全定位

工件在夹具中定位, 如果夹具有六个支承点, 则工件的六个自由度全被夹具所限制, 使

工件在夹具中占有完全确定的位置时, 这种定位方式称为“全定位”。如图2-4b及图1-4所示定位方式皆属全定位情况。在图1-4中, 分度盘  $Q$  面可限制工件的  $\bar{X}$ 、 $\bar{Y}$ 、 $\bar{Z}$  三个自由度, 短圆柱销5限制工件的  $\bar{Y}$  和  $\bar{Z}$  两个自由度, 而键6限制工件的  $\bar{X}$  一个自由度。

### 2. 准定位

工件在夹具中定位, 如果支承点不足六个, 但完全限制了按加工要求需要消除的工件自由度数时, 这种定位方式称为“准定位”。如图2-2、图2-3b及图1-2均属于准定位情况。这种情况在生产中是允许的, 因根据工件的结构特点和加工要求, 可以不限制工件某些方面的自由度。如图1-1所示工件, 铣端槽工序之前为一光轴, 铣端槽时, 绕轴线自身转动的自由度不需要限制, 图1-2所示定位方式虽只限制工件的  $\bar{X}$ 、 $\bar{Y}$ 、 $\bar{Z}$ 、 $\bar{X}$  和  $\bar{Y}$  五个自由度, 但并不影响一批工件在夹具中的正确位置。又如图2-2b和图2-3b均属这种情况。这样既不影响加工精度, 又可简化夹具结构。

### 3. 重复定位

工件在夹具中定位, 如果工件上有某一自由度被两个支承点或多个支承点所重复限制时, 这种定位方式称为“重复定位”。重复定位可能造成下列不良后果:

1) 可能增加同批工件在夹具中位置的不一致性, 使定位不稳定, 影响定位精度。如图2-6a所示轴承盖的定位,  $V$ 形块限制工件的  $\bar{X}$ 、 $\bar{Z}$ 、 $\bar{X}$ 、 $\bar{Z}$  四个自由度, 支承钉1和2又限制了工件的  $\bar{Z}$  和  $\bar{Y}$ , 其中  $\bar{Z}$  被重复限制, 属重复定位。由于一批工件的定位基准尺寸  $D$  和  $H$  有制造误差, 则可能出现图b或图c情况, 因而影响定位稳定性。如将其改为图2-7所示结构, 就可避免重复定位。图中采用了浮动自位支承, 本身可沿  $Z$  方向移动, 从而失去了限制工件  $\bar{Z}$  的能力, 但又不影响限制工件的  $\bar{Y}$  自由度。

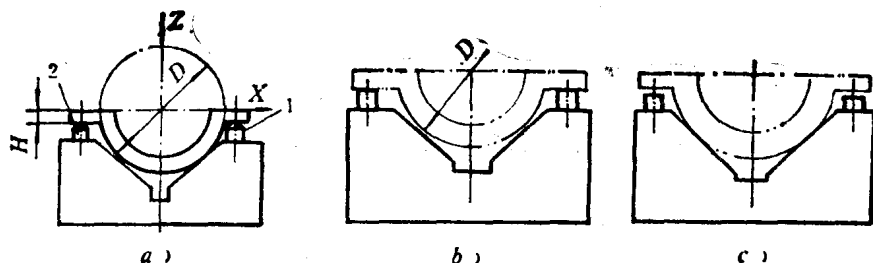


图2-6 轴承盖的重复定位

2) 可能阻碍工件顺利安装。如图2-8a所示轴承座在夹具中定位。支承板1限制工件 $\bar{Z}$ 、 $\bar{X}$ 、 $\bar{Y}$ 三个自由度，短圆柱销2限制 $\bar{X}$ 、 $\bar{Y}$ 两个自由度，短圆柱销3限制 $\bar{X}$ 、 $\bar{Z}$ 两个自由度。

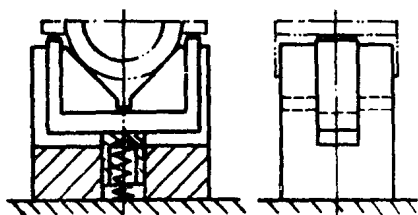


图2-7 避免重复定位的改进方案

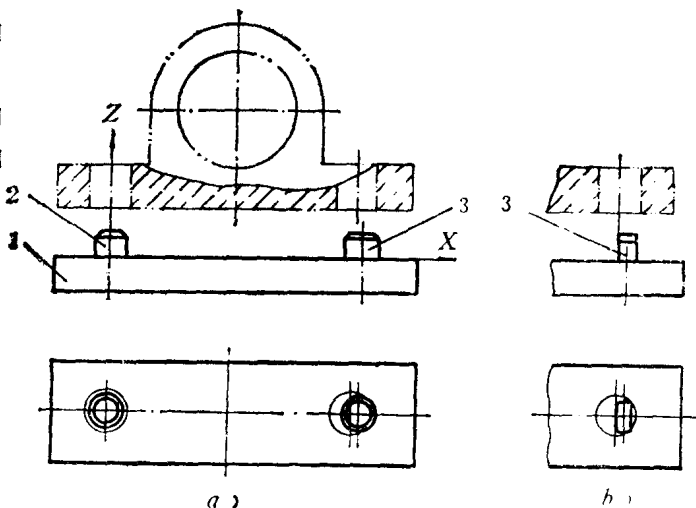


图2-8 轴承座的重复定位及其改进方案

度，其中 $\bar{X}$ 被重复限制。由于工件和夹具的有关尺寸存在不同程度的制造误差，当配合间隙较小，而两中心距又出现极限偏差时，工件就可能像图2-8a那样的干扰而装不进去。如改成图b所示，即将销3削边，使其失去限制工件 $\bar{X}$ 的能力，即可避免重复定位现象。

3) 可能使工件或定位元件受力后产生加工要求不允许的变形。如图2-9a所示连杆定位。支承板2限制工件的 $\bar{Z}$ 、 $\bar{X}$ 、 $\bar{Y}$ 三个自由度，长圆柱销1限制 $\bar{X}$ 、 $\bar{Y}$ 、 $\bar{X}$ 、 $\bar{Y}$ 四个自由度，定位销3限制 $\bar{Z}$ 一个自由度，其中 $\bar{X}$ 和 $\bar{Y}$ 被重复限制。由于连杆孔和定位销1的直径以及孔和销的中心与端面的垂直度均有制造误差，因而在夹紧时可能出现图b或图c所示的现象，使连杆或销1产生弯曲变形。改进方案如图d所示，采用短销配合，因只限制 $\bar{X}$ 和 $\bar{Y}$ 两个自由度，即可避免重复定位，防止上述变形现象。

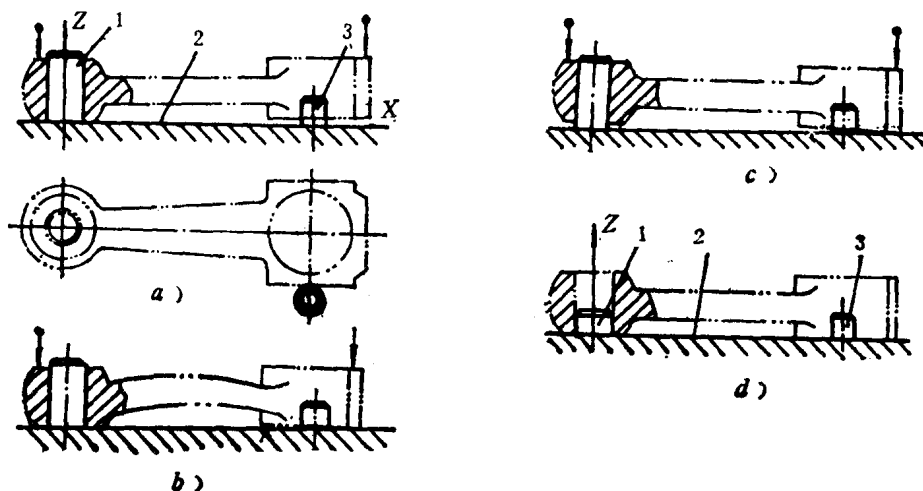


图2-9 连杆的重复定位及改进方案

由于重复定位有上述不良后果，一般来说是不允许的，应尽量避免。为了减少或消除重复定位造成的不良后果，可采取以下措施：

(1) 改进重复限制工件自由度的定位元件结构。如将图2-6、图2-8a、图2-9a分别改为图2-7、图2-8b、图2-9d。

(2) 提高工件定位基准和相应定位元件工作表面之间的位置精度,以减少“干扰”引起的不良后果。重复定位虽然一般应当避免,但有时为了提高加工的稳定性,重复定位也是必需采用的定位方案。如图2-10所示,为了保证加工出的齿轮分度圆与安装基准孔中心的同轴度,需用心轴1限制工件的 $\bar{X}$ 、 $\bar{Y}$ 、 $\bar{Z}$ 、 $\bar{W}$ 四个自由度。而滚齿时断续冲击性切削力主要向下,采用刚性好、支承面积较大的支承2限制工件的 $\bar{Z}$ 、 $\bar{X}$ 和 $\bar{Y}$ 三个自由度,可减小加工时的振动,有利于保证加工质量和刀具的耐用度,这样就重复限制了工件的 $\bar{X}$ 和 $\bar{Y}$ 两个自由度。对类似这样需要的重复定位,应在工艺上采取相应措施。如将齿坯内孔和选作基准的端面在一次安装中精加工,或以精加工后的孔在过盈心轴上定位再加工端面,这样可减少基准间的垂直度误差对加工精度的影响。夹具设计中,对刚性差的工件或为了提高工件与定位元件的接触刚度,防止切削力等引起的变形,常有意识地采用重复定位,但与此同时应有相应工艺措施保证。

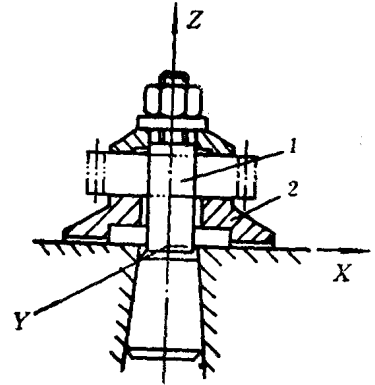


图2-10 滚齿时重复定位的应用

#### 4. 欠定位

工件在夹具中定位,如果根据加工要求应该消除的自由度未被支承点限制时,称为“欠定位”。很显然,欠定位不能保证加工精度要求,设计上是不允许的。但应注意区分:在批量不大的生产中,有少数特殊形式的夹具,个别自由度是通过找正法或用“假销”等元件限制的,加工时已取开,因此,不要从形式上误判成欠定位。

#### 三、定位分析与坐标系的建立

正建确立坐标系,有助于正确判断工件根据加工要求需要消除的自由度,有助于正确判断夹具定位元件所限制工件的自由度。

图2-11所示工件钻 $\phi d$ 孔时,若按 $X'O'Z'$ 建立坐标系,可能认为绕 $\phi d$ 孔轴线转动的自由度不用消除,而只需限制 $\bar{X}'$ 、 $\bar{Y}'$ 、 $\bar{W}'$ 三个自由度。但按正确建立的 $XOZ$ 坐标系,则需消除 $\bar{X}$ 、 $\bar{Y}$ 、 $\bar{W}$ 和 $\bar{Z}$ 四个自由度才能保证钻 $\phi d$ 孔的位置要求。

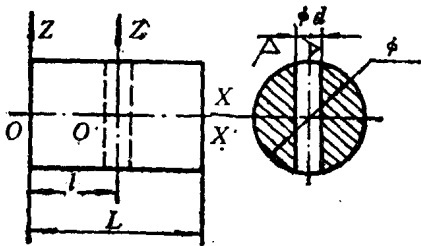


图2-11 钻 $\phi d$ 孔

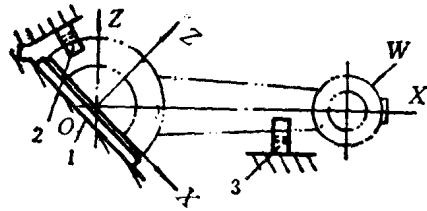


图2-12 连杆的定位分析

图2-12所示为铣连杆大、小头两侧端面夹具,按 $X'O'Z'$ 坐标系,分析支承板1和V形块2所限工件自由度时不好判断,而按 $XOZ$ 坐标系就比较好分析了。这时,支承板一限制工件 $\bar{Z}$ 、 $\bar{X}$ 和 $\bar{Y}$ 三个自由度,V形块2和3限制工件的 $\bar{X}$ 、 $\bar{Y}$ 、 $\bar{W}$ 和 $\bar{Z}$ 四个自由度,其中 $\bar{Y}$ 被重复限制,会造成定位不稳定和在夹紧力作用下产生变形。

上述示例说明,在进行定位分析时应注意正确建立坐标系。现将正确建立坐标系的有关原则简述于下:工件的定位基准确定之后,当工件以平面为第一或第二定位基准时,应将坐