



全国高等职业教育示范专业规划教材

机械设计与制造专业

机床夹具设计

吴拓 孙英达 主编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

本书是为适应高等职业教育和高等专科教育的机械制造专业数控加工、模具制造、机电一体化等专业教学的需要,从培养技术应用能力和加强素质教育出发,以工作过程为导向编写而成的一本基础课教材。全书共8章,主要内容有:生产任务及工作过程分析、工件的定位、工件的夹紧、刀具导向与夹具的对定、夹具连接元件和夹具体的设计、夹具图样设计、夹具精度校核、各类专用夹具的设计。

本书注重实际应用,突出基本概念,内容简明精炼,可供高等职业教育和高等专科教育院校机械设计与制造专业使用,也可供普通高等院校师生及有关工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

机床夹具设计/吴拓,孙英达主编. —北京:机械工业出版社, 2009.6

全国高等职业教育示范专业规划教材·机械设计与制造专业
ISBN 978-7-111-27180-2

I. 机… II. ①吴…②孙… III. 机床夹具-设计-高等学校: 技术学校-教材 IV. TG750.2

中国版本图书馆CIP数据核字(2009)第076406号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

策划编辑:王海峰 责任编辑:王德艳

版式设计:霍永明 责任校对:吴美英

封面设计:鞠杨 责任印制:乔宇

北京京丰印刷厂印刷

2009年7月第1版·第1次印刷

184mm×260mm·7.75印张·189千字

0 001—4 000册

标准书号:ISBN 978-7-111-27180-2

定价:15.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

销售服务热线电话:(010)68326294

购书热线电话:(010)88379639 88379641 88379643

编辑热线电话:(010)68354423

封面防伪标均为盗版

前 言

当前，各高等职业院校正在认真贯彻落实“全国职业教育工作会议”精神，不断深入开展教育改革。以开发职业能力为宗旨的新的教育理念、以实际工作过程为载体的新的教学模式、以适应就业需要为导向的新的课程设计等正在逐渐形成。教材建设是教育改革的先行者，为了适应高等职业教育的需要，教材建设正面临新的突破性发展。

本教材就是为了适应高等职业教育改革的要求，贯彻新的高等职业教育理念，按照“基于工作过程”这一新的职业教学模式编写的。这一编写模式摆脱了学科体系的束缚，强调系统学习与案例学习的有机结合。教材从生产实例出发，通过明确任务、规划过程，使学生不知不觉地进入企业的生产情境之中，再根据其工作过程了解机床夹具设计的过程，并且在每个设计过程之后系统地介绍了该工作过程所需要掌握的相关理论知识，以扩大知识面，实现“可持续发展”这一人才培养目标。

本教材的编写模式是一种新的尝试，编者并无经验，旨在抛砖引玉，希望与各位同仁共同携手，合力研讨，使高等职业教育的教材建设真正符合高等职业教育的特点和要求。

本教材由吴拓、孙英达主编，参加编写的还有李文新。全书由吴拓统稿，由广州机床厂技术中心主任、副总工程师易孟青高级工程师主审。全书共8章，第2、3、4、8章由吴拓编写，第1、7章由孙英达编写，第5、6章由李文新编写。

由于编者水平有限，疏漏之处在所难免，殷切期望读者不吝赐教。

编 者

目 录

前言	
第1章 生产任务及工作过程分析	1
1.1 工作过程一：生产任务及工作过程分析	1
1.2 知识导航：机床夹具概述	2
思考题与习题	9
第2章 工件的定位	10
2.1 工作过程二：工件定位方案的确定和定位装置的设计	10
2.2 知识导航：工件的定位	10
思考题与习题	32
第3章 工件的夹紧	34
3.1 工作过程三：工件夹紧方案的确定与夹紧装置的设计	34
3.2 知识导航	34
思考题与习题	55
第4章 刀具导向与夹具的对定	56
4.1 工作过程四：刀具导向装置的设计	56
4.2 工作过程五：刀具对定装置的设计	57
4.3 知识导航	57
思考题与习题	74
第5章 夹具连接元件和夹具体	
的设计	75
5.1 工作过程六：夹具连接元件及其设计	75
5.2 工作过程七：夹具体及其设计	75
5.3 知识导航	76
思考题与习题	79
第6章 夹具图样设计	80
6.1 工作过程八：夹具总装图的设计	80
6.2 工作过程九：夹具零件工作图的设计	81
6.3 知识导航	81
思考题与习题	86
第7章 夹具精度校核	87
7.1 工作过程十：夹具精度校核	87
7.2 知识导航	87
思考题与习题	98
第8章 各类专用夹具的设计	99
8.1 车床夹具	99
8.2 铣床夹具	102
8.3 钻镗夹具	105
8.4 典型数控机床夹具	111
8.5 现代机床夹具	114
思考题与习题	118
参考文献	119

第 1 章 生产任务及工作过程分析

1.1 工作过程一：生产任务及工作过程分析

1.1.1 明确生产任务

如图 1-1 所示，本工序的任务是在立式铣床上加工某车床开合螺母操纵盘上的两条曲线槽。

加工要求：操纵盘上两条曲线槽必须按图样要求呈中心对称，槽深为 6mm。工件材料为 45 钢，产量 $N=400$ 件。显然需要设计一套靠模铣夹具。

1.1.2 工作过程分析

1. 明确设计要求，认真调查研究，收集设计资料

工艺设计人员在获得夹具设计任务书之后，首先应根据任务书提出的任务进行夹具结构设计。在进行夹具结构设计之前，必须先明确设计要求，认真调查研究，收集设计资料，做好以下工作：

1) 仔细研究零件工作图、毛坯图及其技术条件。该工件为一回转件，除曲线槽外，其余各表面均已加工完毕，加工曲线槽是该工件的最后一道工序。该工件要求曲线槽对称度好，以保证操作的灵活性和安装的互换性。

2) 了解零件的生产纲领、投产批量以及生产组织等有关信息。根据生产纲领和任务安排，该工件的加工为中小批量生产，为了保证加工质量，提高生产效率，应设计一套靠模铣夹具。

3) 了解工件的工艺规程和本工序的具体技术要求，了解本工序的加工余量和切削用量的选择。该工序加工余量不是太大，可一次加工成形。

4) 了解所使用量具的精度等级，刀具和辅助工具等的型号、规格。该工序加工所需刀具为 $\phi 10\text{mm}$ 的钻花和 $\phi 10\text{mm}$ 的立铣刀。

5) 了解本企业制造和使用夹具的生产条件和技术现状。

6) 了解所使用机床的主要技术参数、性能、规格、精度以及与夹具连接部分结构的联系尺寸等。根据加工需要，可安排在 X51 立式铣床上完成本工序的加工。

7) 准备好设计夹具用的各种标准、工艺规定、典型夹具图册和有关夹具的设计指导资

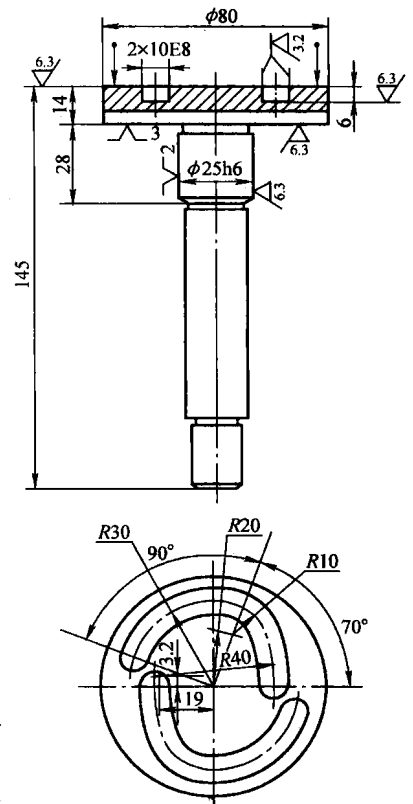


图 1-1 零件图

料等。

8) 收集国内外有关设计、制造同类型夹具的资料, 吸取其中先进而又能结合本企业实际情况的合理部分。

2. 确定夹具的结构方案

在广泛收集和研究所有关资料的基础上, 再着手拟定夹具的结构方案, 根据夹具设计的一般规则, 该靠模铣夹具的结构设计过程大致可分解如下:

- 1) 确定定位方案。
- 2) 确定夹紧方案。
- 3) 确定刀具导向方案。
- 4) 确定对定方案。
- 5) 设计夹具体。
- 6) 绘制夹具装配图。

1.2 知识导航: 机床夹具概述

1.2.1 机床夹具在机械加工中的作用

在机械制造的机械加工、焊接、热处理、检验、装配等工艺过程中, 为了安装加工工件, 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所采用的工艺装备称为夹具。

在机床上加工工件时, 必须用夹具装好夹牢工件。将工件装好, 就是在机床上确定工件相对于刀具的正确位置, 这一过程称为定位; 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夹紧, 这一过程称为夹紧; 从定位到夹紧的全过程, 称为装夹。

工件的装夹方法有找正装夹法和夹具装夹法两种。

找正装夹法是以工件的有关表面或专门划出的线痕作为找正依据, 用划针或指示表进行找正, 将工件正确定位, 然后将工件夹紧, 进行加工。如图 1-2 所示, 在铣削连杆状零件的上下两平面时, 若批量不大, 则可在机用台虎钳中, 按侧边划出的加工线痕, 用划针找正。这种方法安装方法简单, 不需专用设备, 但精度不高, 生产率低, 因此多用于单件、小批量生产。

夹具装夹法是靠夹具将工件定位、夹紧, 以保证工件相对于刀具、机床的正确位置。图 1-3 所示为铣削连杆状零件的上下两平面所用的铣床夹具, 这是一个双位置的专用铣床夹具。毛坯先放在 I 位置上铣出第一端面 (A 面, 见图 1-2), 然后将此工件翻过来放入 II 位置铣出第二端面 (B 面, 见图 1-2)。夹具中可同时装夹两个工件。

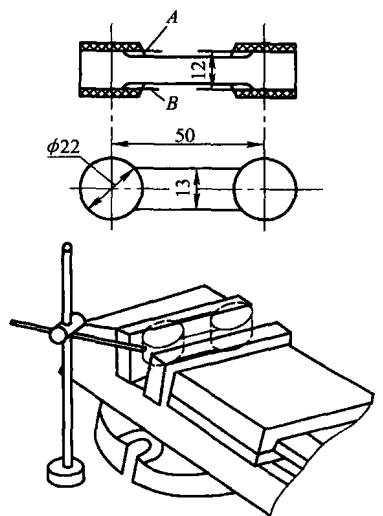


图 1-2 在机用台虎钳上找正和装夹连杆状零件

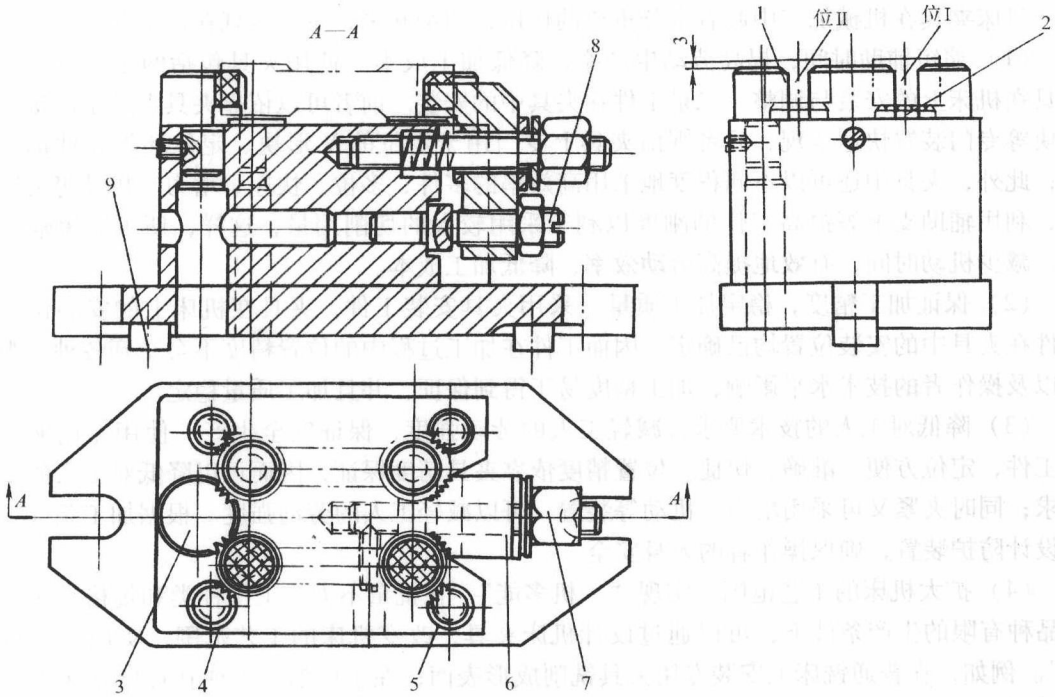


图 1-3 铣连杆状零件两面的比位置专用铣床夹具

1—对刀块(兼挡销) 2—锯齿头支承钉 3、4、5—挡销 6—压板 7—螺母 8—压板支承钉 9—定位键

图 1-4 所示为专供加工轴套零件上 $\phi 6H9$ 径向孔的钻床夹具。工件以内孔及其端面作为定位基准，通过拧紧螺母将工件牢固地压在定位元件上。

在机床上加工工件时所用的夹具则称为机床夹具。机床夹具的主要功能就是完成工件的装夹工作。工件装夹情况的好坏，将直接影响工件的加工精度。

无论是传统制造还是现代制造系统，机床夹具都是十分重要的，它对加工质量、生产率和产品成本都有直接影响，因此，企业花费在夹具设计和制造上的时间，无论是改进现有产品或是开发新产品，在生产周期中都占有较大的比重。

在机械加工过程中，工件的几何精度主要取决于工件对机床的相对位置，严格地说，只有机床、刀具、夹具和工件之间保持正确的相对关系，才能保证工件各加工表面之间的相对位置精度。显然，对机床夹具的基本要求就是将工件正确定位并牢靠地固定在给定位置，因而，机床夹具除了应保证足够的制造精度外，还应有足够的刚度以抵抗加工时可能产生的变形和振动。

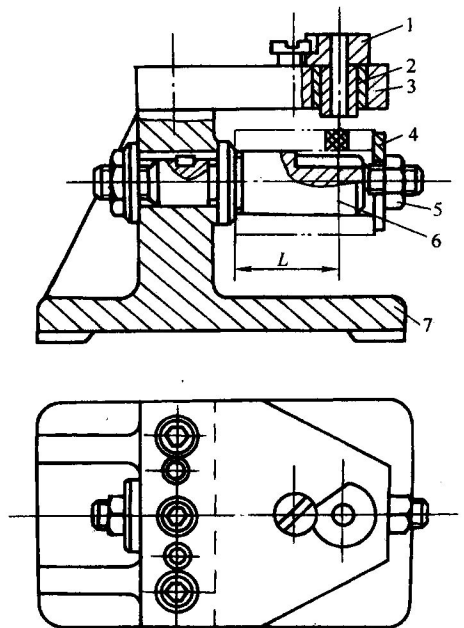


图 1-4 钻轴套零件上 $\phi 6H9$ 径向孔的专用钻床夹具

1—快换钻套 2—钻套用衬套 3—钻模板
4—开口垫圈 5—螺母 6—定位销
7—夹具体

机床夹具在机械加工中起着十分重要的作用，归纳起来，主要表现在以下几方面：

(1) 缩短辅助时间，提高劳动生产率，降低加工成本 使用夹具包括两个过程，一是夹具在机床上的安装与调整，二是工件在夹具中的安装。前者可以依靠夹具上的定向键、对刀块等专门装置快速实现，后者则由夹具上专门用于定位的 V 形块、定位环等元件迅速实现；此外，夹具中还可以不同程度地采用高效率的多件、多位、快速、增力、机动等夹紧装置，利用辅助支承等提高工件的刚度以利于采用较大的切削用量，这样，便可缩短辅助时间，减少机动时间，有效地提高劳动效率，降低加工成本。

(2) 保证加工精度，稳定加工质量 采用夹具安装工件，夹具在机床上的安装位置和工件在夹具中的安装位置均已确定，因而工件在加工过程中的位置精度不会受到各种主观因素以及操作者的技术水平影响，加工精度易于得到保证，并且加工质量稳定。

(3) 降低对工人的技术要求，减轻工人的劳动强度，保证安全生产 使用专用夹具安装工件，定位方便、准确、快捷，位置精度依靠夹具精度保证，因而可以降低对工人的技术要求；同时夹紧又可采用增力、机动等装置，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，确保操作者的人身安全。

(4) 扩大机床的工艺范围，实现“一机多能” 在批量不太、工件种类和规格较多、机床品种有限的生产条件下，可以通过设计机床夹具，改变机床的工艺范围，实现“一机多能”。例如，在普通铣床上安装专用夹具铣削成形表面；在车床溜板上或在摇臂钻床上安装镗模可以加工箱体孔系等。

(5) 在自动化生产和流水线生产中，便于平衡生产节拍 在加工工艺过程中，特别在自动化生产和流水线生产中，当某些工序所需工时特别长时，可以采用多工位或高效夹具等提高生产效率，平衡生产节拍。

不过，机床夹具的作用也存在一定的局限性：

(1) 专用机床夹具的设计制造周期长 它往往是新产品生产技术准备工作的关键之一，对新产品的研制周期影响较大。

(2) 对毛坯质量要求较高 因为工件直接安装在夹具中，为了保证定位精度，要求毛坯表面平整，尺寸偏差较小。

(3) 专用机床夹具主要适用于生产批量较大、产品品种相对稳定的场合 专用机床夹具是针对某个零件、某道工序而专门设计制造的，一旦产品改型，专用夹具便无法使用，因此，当现代机械工业出现多品种、中小批量的发展趋势时，专用夹具往往便成为开发新产品、改革老产品的障碍。

1.2.2 机床夹具的分类

机床夹具的种类很多，形状千差万别，为了设计、制造和管理的方便，往往按某一属性进行分类。

1. 按夹具的通用特性分类

按这一分类方法，常用的夹具有通用夹具、专用夹具、可调夹具、组合夹具和自动线夹具等五大类。它反映夹具在不同生产类型中的通用特性，因此是选择夹具的主要依据。

(1) 通用夹具 通用夹具是指结构、尺寸已标准化且具有一定通用性的夹具，如三爪自定心卡盘、四爪单动卡盘、台虎钳、万能分度头、中心架、电磁吸盘等，其特点是适用性

强、不需调整或稍加调整即可装夹一定形状范围内的各种工件。这类夹具已商品化，且成为机床附件。采用这类夹具可缩短生产准备周期，减少夹具品种，从而降低生产成本。其缺点是夹具的加工精度不高，生产率也较低，且较难装夹形状复杂的工件，故适用于单件小批量生产中。

(2) 专用夹具 专用夹具是针对某一工件的某一工序的加工要求而专门设计和制造的夹具，其特点是针对性极强，没有通用性。在产品相对稳定、批量较大的生产中，常用各种专用夹具，可获得较高的生产率和加工精度。专用夹具的设计制造周期较长，随着现代多品种及中、小批生产的发展，专用夹具在适应性和经济性等方面已产生许多问题。

(3) 可调夹具 可调夹具是针对通用夹具和专用夹具的缺陷而发展起来的一类新型夹具。对不同类型和尺寸的工件，只需调整或更换原来夹具上的个别定位元件和夹紧元件便可使用。它一般又分为通用可调夹具和成组可调夹具两种，通用可调夹具的通用范围大，适用性广，加工对象不太固定；成组可调夹具是专门为成组工艺中某组零件设计的，调整范围仅限于本组内的工件。可调夹具在多品种、小批量生产中得到广泛应用。

(4) 成组夹具 这是在成组加工技术基础上发展起来的一类夹具。它是根据成组加工工艺的原则，针对一组形状相近的零件专门设计的，也是具有通用基础件和可更换调整元件组成的夹具。这类夹具从外形上看，它和可调夹具不易区别，但它与可调夹具相比，具有使用对象明确、设计科学合理、结构紧凑、调整方便等优点。

(5) 组合夹具 组合夹具是一种模块化的夹具，并已商品化。标准的模块元件具有较高精度和耐磨性，可组装成各种夹具，夹具用毕即可拆卸，留待组装新的夹具。由于使用组合夹具可缩短生产准备周期，元件能重复多次使用，并具有可减少专用夹具数量等优点，因此，组合夹具在单件、中小批多品种生产和数控加工中，是一种较经济的夹具。

(6) 自动线夹具 自动线夹具一般分为两种：一种为固定式夹具，它与专用夹具相似；另一种为随行夹具，使用中夹具随着工件一起运动，并将工件沿着自动线从一个工位移至下一个工位进行加工。

2. 按夹具使用的机床分类

这是专用夹具设计所用的分类方法。按使用的机床分类，可把夹具分为车床夹具、铣床夹具、钻床夹具、镗床夹具、磨床夹具、齿轮机床夹具、数控机床夹具等。

3. 按夹具动力源来分类

按夹具夹紧动力源可将夹具分为手动夹具和机动夹具两大类。为减轻劳动强度和确保安全生产，手动夹具应有扩力机构与自锁性能。常用的机动夹具有气动夹具、液压夹具、气液夹具、电动夹具、电磁夹具、真空夹具和离心力夹具等。

1.2.3 机床夹具的组成

虽然机床夹具的种类繁多，但它们的工作原理基本上是相同的。将各类夹具中，作用相同的结构或元件加以概括，可得出夹具一般所共有的以下几个组成部分，这些组成部分既相互独立又相互联系。

1. 定位支承元件

定位支承元件的作用是确定工件在夹具中的正确位置并支承工件，是夹具的主要功能元件之一，如图 1-3 所示的锯齿头支承钉 2 和挡销 3、4、5。定位支承元件的定位精度直接影

响工件加工的精度。

2. 夹紧装置

夹紧元件的作用是将工件压紧夹牢，并保证在加工过程中工件的正确位置不变，如图 1-3 所示的压板 6。

3. 连接定向元件

这种元件用于将夹具与机床连接并确定夹具对机床主轴、工作台或导轨的相互位置，如图 1-3 所示的定向键 9。

4. 对刀元件或导向元件

这些元件的作用是保证工件加工表面与刀具之间的正确位置。用于确定刀具在加工前正确位置的元件称为对刀元件，如图 1-3 所示的对刀块 1；用于确定刀具位置并引导刀具进行加工的元件称为导向元件，如图 1-4 所示的快换钻套 1。

5. 其他装置或元件

根据加工需要，有些夹具上还设有分度装置、靠模装置、上下料装置、工件顶出机构、电动扳手、平衡块以及标准化了的其他联接元件等。

6. 夹具体

夹具体是夹具的基体骨架，用来配置、安装各夹具元件，使之组成一整体。常用的夹具体有铸件结构、锻造结构、焊接结构和装配结构，形状有回转体形和底座形等形状。

上述各组成部分中，定位元件、夹紧装置、夹具体是夹具的基本组成部分。

1.2.4 机床夹具在工艺系统中的地位

1. 机床夹具对工艺系统误差的影响

零件的加工过程是在由机床、夹具、刀具、工件组成的工艺系统中完成的。工艺系统的受力变形、受热变形以及工艺系统各组成部分的静态精度和磨损等，都会不同程度地影响工件的加工精度。然而，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。造成表面位置加工误差的因素主要来源于三个方面：

1) 与工件在夹具中安装有关的加工误差，即工件安装误差，包括工件在夹具中定位时所造成的加工误差以及夹紧时工件变形所造成的加工误差。

2) 与夹具相对刀具和机床上安装夹具有关的加工误差，即夹具调整误差，包括夹具在机床上定位时所造成的加工误差以及夹具相对刀具调整时所造成的加工误差。

3) 与加工过程有关的加工误差，即过程误差，包括工艺系统的受力变形、受热变形、磨损等因素引起的加工误差。

为了获得合格产品，必须使上述误差在工序尺寸方向上的总和小于或等于工序尺寸公差。

由于工件和刀具分别安装在夹具和机床上，受到夹具和机床的制约，因而必须按照工艺系统整体的动态观点去研究加工误差，并从系统的加工误差中科学地分离出由夹具所产生的误差成分，进而了解夹具误差对工艺系统加工误差的影响规律，以及可能产生的误差互补作用，以便设计时进行控制，利用其误差互补作用对夹具元件误差进行修正，做到对工艺系统误差进行局部补偿。

2. 机床夹具在工艺系统中的能动性

夹具不同于其他环节，它在工艺系统中具有特殊的地位，夹具的整体刚度对工件加工的动态误差产生着非常特殊的影响。当夹具的整体刚度远大于其他环节时，工件加工的动态误差基本上只取决于夹具的制造精度和安装精度，因此，设计夹具时，对夹具的整体刚度应给予足够重视，如，因工艺系统其他环节的刚度不足而引起较大的系统动态误差时，也可以采取修正夹具定位元件的方法进行补偿。生产实践中这方面的实例屡见不鲜，这就是夹具的能动作用。

1.2.5 现代机床夹具的发展方向

1. 现代机械工业的生产特点

随着科学技术的进步和生产力的发展，国民经济各部门不断要求机械工业提供先进的技术装备，研制新的产品品种，以满足国民经济持续发展和人民生活不断提高的需要，这样一来，促使机械工业的生产形式发生了显著的变化，即多品种、中小批量生产逐渐占了优势。国际生产研究协会的统计表明，目前中、小批多品种生产的工件品种已占工件种类总数的85%左右。现代生产要求企业所制造的产品品种经常更新换代，以适应市场的需求与竞争，于是，现代企业生产便面临以下问题：

1) 通常小批量生产采用先进的工艺方法和专用工艺装备是不经济的，但对于高、精、尖产品而言，不采用这种手段又无法达到规定的技术要求。

2) 现行的生产准备工作往往需要较长的时间，花费的人力、物力较大，赶不上产品更新换代的步伐。

3) 由于产品更新越来越快，使用传统的专用夹具，势必造成积压浪费。

为此，除了在产品结构设计和产品生产工艺方面进行改革之外，在工艺装备方面也必须改革其狭隘的专用性，使之适应新的生产特点的需要。

2. 机床夹具的现状

夹具最早出现在18世纪后期。随着科学技术的不断进步，夹具已从一种辅助工具发展成为门类齐全的工艺装备。

在批量生产中，企业都习惯于采用传统的专用夹具，一般在具有中等生产能力的工厂里，约拥有数千甚至近万套专用夹具；在多品种生产的企业中，每隔3~4年就要更新50%~80%左右专用夹具，而夹具的实际磨损量仅为10%~20%左右，这些夹具往往留下来又很难得到重复使用，抛弃它们又实在可惜，由此造成很大的浪费，这些都是一直困扰企业的现实问题。

近年来，数控机床、加工中心、成组技术、柔性制造系统(FMS)等新加工技术的应用，对机床夹具提出了如下新的要求：

- 1) 能迅速而方便地装备新产品的投产，以缩短生产准备周期，降低生产成本。
- 2) 能装夹一组具有相似性特征的工件。
- 3) 能适用于精密加工的高精度机床夹具。
- 4) 能适用于各种现代化制造技术的新型机床夹具。
- 5) 采用以液压站等为动力源的高效夹紧装置，以进一步减轻劳动强度和提高劳动生产率。
- 6) 提高机床夹具的标准化程度。

显然，这些都是摆在工艺技术人员面前的新课题、新任务。

3. 现代机床夹具的发展方向

为了适应现代机械工业向高、精、尖方向发展的需要和多品种、小批量生产的特点，现代机床夹具的发展方向主要表现为标准化、精密化、高效化和柔性化等四个方面。

(1) 标准化 机床夹具的标准化与通用化是相互联系的两个方面。目前我国已有夹具零件及部件的国家标准：JB/T 8044.1—1995 ~ JB/T 8004.11—1999 以及各类通用夹具、组合夹具标准等。机床夹具的标准化，有利于夹具的商品化生产，有利于缩短生产准备周期，降低生产总成本。

(2) 精密化 随着机械产品精度的日益提高，势必相应提高了对夹具的精度要求。精密化夹具的结构类型很多，例如，用于精密分度的多齿盘，其分度精度可达 $\pm 0.1''$ ；用于精密车削的高精度三爪自定心卡盘，其定心精度为 $5\mu\text{m}$ 。

(3) 高效化 高效化夹具主要用来减少工件加工的基本时间和辅助时间，以提高劳动生产率，减轻工人的劳动强度。常见的高效化夹具有：自动化夹具、高速化夹具和具有夹紧力装置的夹具等。例如，在铣床上使用电动台虎钳装夹工件，效率可提高 5 倍左右；在车床上使用高速三爪自定心卡盘，可保证卡爪在试验转速为 $9000\text{r}/\text{min}$ 的条件下仍能牢固地夹紧工件，从而使切削速度大幅度提高。目前，除了在生产流水线、自动线配置相应的高效、自动化夹具外，在数控机床上，尤其在加工中心上出现了各种自动装夹工件的夹具以及自动更换夹具的装置，充分发挥了数控机床的效率。

(4) 柔性化 机床夹具的柔性化与机床的柔性化相似，它是指机床夹具通过调整、组合等方式，以适应工艺可变因素的能力。工艺的可变因素主要有：工序特征、生产批量、工件的形状和尺寸等。具有柔性化特征的新型夹具种类主要有：组合夹具、通用可调夹具、成组夹具、模块化夹具、数控夹具等。为适应现代机械工业多品种、中小批量生产的需要，扩大夹具的柔性化程度，改变专用夹具的不可拆结构为可拆结构，发展可调夹具结构，将是当前夹具发展的主要方向。

1.2.6 机床夹具设计的基本要求

一个优良的机床夹具必须满足下列基本要求：

(1) 保证工件的加工精度 保证加工精度的关键，首先在于正确地选定定位基准、定位方法和定位元件，必要时还需进行定位误差分析，还要注意夹具中其他零部件的结构对加工精度的影响，注意夹具应有足够的刚度，多次重复使用的夹具还应注意相关元件的强度和耐磨性，确保夹具能满足工件的加工精度要求。

(2) 提高生产效率 专用夹具的复杂程度应与生产纲领相适应，应尽量采用各种快速高效的装夹机构，保证操作方便，缩短辅助时间，提高生产效率。

(3) 工艺性能好 专用夹具的结构应力求简单、合理，便于制造、装配、调整、检验、维修等。专用夹具的制造属于单件生产，当最终精度由调整或修配保证时，夹具上应设置调整和修配结构。

(4) 使用性能好 专用夹具的操作应简便、省力、安全可靠。在客观条件允许且又经济适用的前提下，应尽可能采用气动、液压等机械化夹紧装置，以减轻操作者的劳动强度。专用夹具还应排屑方便，必要时可设置排屑结构，防止切屑破坏工件的定位和损坏刀具，防

止切屑的积聚带来大量的热量而引起工艺系统变形。

(5) 经济性好 专用夹具应尽可能采用标准元件和标准结构,力求结构简单、制造容易,以降低夹具的制造成本,因此,设计时应根据生产纲领对夹具方案进行必要的技术经济分析,以提高夹具在生产中的经济效益。

思考题与习题

- 1-1 在机械加工中,机床夹具能起到哪些作用?有哪些局限性?
- 1-2 机床夹具通常由哪些部分组成?各组成部分功能如何?
- 1-3 举例说明正确工件的装夹与机床夹具的关系。
- 1-4 试述机床夹具设计的基本要求。
- 1-5 现代机床夹具的发展方向如何?

第 2 章 工件的定位

2.1 工作过程二：工件定位方案的确定和定位装置的设计

2.1.1 定位方案的确定

图 2-1 所示工件为回转零件，按照基准重合原则，选择 $\phi 25h6$ 外圆和圆盘的下端面作为定位基准，定位方案如图 2-1 所示。加工该工件只需约束 5 个自由度即可，然而 $\phi 25H7$ 的定位套约束工件 4 个自由度，定位套端面约束 3 个自由度，这种定位方式属过定位。由于工件的两个定位表面均为已加工表面，且垂直度较高，满足允许过定位的条件。

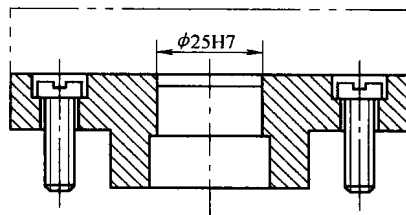


图 2-1 开合螺母操纵盘的定位方案

2.1.2 定位装置的设计

根据该工件的定位方案及加工工艺，可以采用一圆形定位套定位，具体设计亦如图 2-1 所示。以此定位套定位，既能满足定位要求，又可使定位装置结构简单。

2.2 知识导航：工件的定位

2.2.1 工件定位的基本原理

夹具设计最主要的任务就是在一定精度范围内将工件定位。工件的定位就是使一批工件每次放置到夹具中都能占据同一位置。

一个尚未定位的工件，其位置是不确定的，这种位置的不确定性，称为自由度。如果将工件假设为一理想刚体，并将其放在一空间直角坐标系中，以此坐标系作为参照系来观察刚体位置和方位的变动，由刚体运动学可知，一个自由刚体，在空间有且仅有六个自由度。如图 2-2 所示的工件，它在空间的位置是任意的，它既能沿 Ox 、 Oy 、 Oz 三个坐标轴移动，称为移动自由度，分别表示为 \vec{x} 、 \vec{y} 、 \vec{z} ；又能绕 Ox 、 Oy 、 Oz 三个坐标轴转

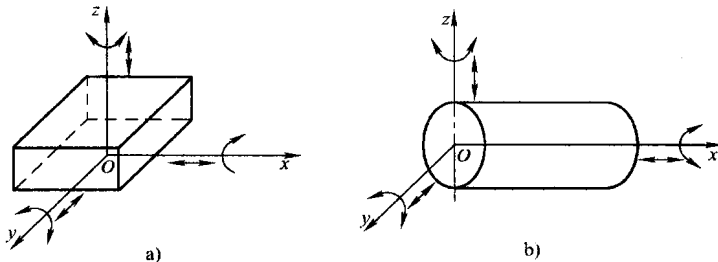


图 2-2 工件的六个自由度
a) 矩形工件 b) 圆柱形工件

动,称为转动自由度,分别表示为 \hat{x} 、 \hat{y} 、 \hat{z} 。

由上可知,如果要使一个自由刚体在空间有一个确定的位置,就必须设置相应的六个约束,分别约束刚体的六个运动自由度。在讨论工件的定位时,工件就是我们所指的自由刚体,如果工件的六个自由度都加以约束了,工件在空间的位置也就完全被确定下来了,因此,定位实质上就是约束工件的自由度。

分析工件定位时,通常是用一个支承点约束工件的一个自由度。用合理设置的六个支承点约束工件的六个自由度,使工件在夹具中的位置完全确定,这就是六点定位原理。

例如,在如图2-3a所示的矩形工件上铣削半封闭式矩形槽时,为保证加工尺寸 A ,可在其底面设置三个不共线的支承点1、2、3,约束工件的三个自由度: \hat{z} 、 \hat{y} 、 \hat{x} ;为了保证 B 尺寸,侧面设置两个支承点4、5,约束 \hat{y} 、 \hat{z} 两个自由度;为了保证 C 尺寸,端面设置一个支承点6,约束 \hat{x} 自由度,于是工件的六个自由度全部被约束了,实现了六点定位,如图2-3b所示。在具体的夹具中,支承点是由定位元件来体现的,如图2-3c所示,为了将矩形工件定位,设置了六个支承钉。

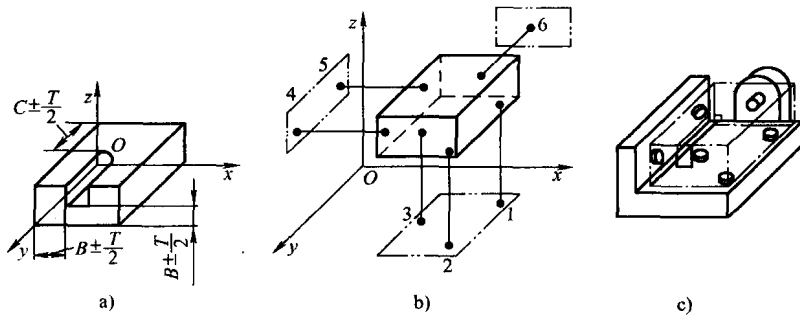


图2-3 矩形工件定位

a) 工件 b) 定位分析 c) 支承点布置

对于圆柱形工件,如图2-4a所示,可在外圆柱表面上,设置四个支承点1、3、4、5,约束 \hat{y} 、 \hat{z} 、 \hat{y} 、 \hat{z} 四个自由度;槽侧设置一个支承点2,约束 \hat{x} 一个自由度;端面设置一个支承点6,约束 \hat{x} 一个自由度;工件实现完全定位。为了在外圆柱面上设置四个支承点一般采用V形块,如图2-4b所示。

通过上述分析,说明了六点定位原理的几个主要问题:

- 1) 定位支承点是定位元件抽象而来的。在夹具的实际结构中,定位支承点是通过具体的定位元件体现的,即支承点不一定用点或销的顶端,而常用面或线来代替。根据数学概念可知,两个点决定一条直线,三个点决定一个平面,即一条直线可以代替两个支承点,一个平面可代替三个支承点。在具体

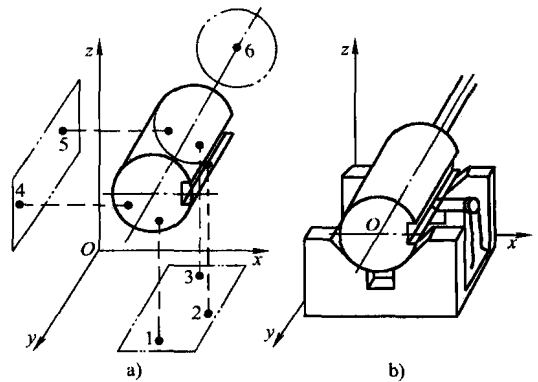


图2-4 圆柱形工件定位

a) —工件 b) —V形块定位

应用时, 还可用窄长的平面(条形支承)代替直线, 用较小的平面来替代点。

2) 定位支承点与工件定位基准面始终保持接触, 才能起到约束自由度的作用。

3) 分析定位支承点的定位作用时, 不考虑力的影响。工件的某一自由度被约束, 是指工件在某个坐标方向有了确定的位置, 并不是指工件在受到使其脱离定位支承点的外力时不能运动。使工件在外力作用下不能运动, 要靠夹紧装置来完成。

2.2.2 工件定位中的约束分析

运用六点定位原理可以分析和判别夹具中定位结构是否正确, 布局是否合理, 约束条件是否满足。

根据工件自由度被约束的情况, 工件定位可分为以下几种类型:

(1) 完全定位 完全定位是指工件的六个自由度不重复地被全部约束的定位。当工件在 x 、 y 、 z 三个坐标方向均有尺寸要求或位置精度要求时, 一般采用这种定位方式, 如图 2-2 所示。

(2) 不完全定位 根据工件的加工要求, 有时并不需要约束工件的全部自由度, 这样的定位方式称为不完全定位。图 2-5a 所示为在车床上加工通孔, 根据加工要求, 不需约束 \vec{y} 和 \hat{y} 两个自由度, 所以用三爪自定心卡盘夹持约束其余四个自由度, 就可以实现四点定位。图 2-5b 所示为平板工件磨平面, 工件只有厚度和平行度要求, 只需约束 \vec{z} 、 \hat{x} 、 \hat{y} 三个自由度, 在磨床上采用电磁工作台就能实现三点定位。由此可知, 工作在定位时应该约束的自由度数应由工序的加工要求而定, 不影响加工精度的自由度可以不加约束。采用不完全定位可简化定位装置, 因此, 不完全定位在实际生产中也广泛应用。

(3) 欠定位 根据工件的加工要求, 应该约束的自由度没有完全被约束的定位称为欠定位。欠定位无法保证加工要求, 因此, 在确定工件在夹具中的定位方案时, 决不允许有欠定位的现象产生。如, 在图 2-3b) 中不设端面支承 6, 则在一批工件上半

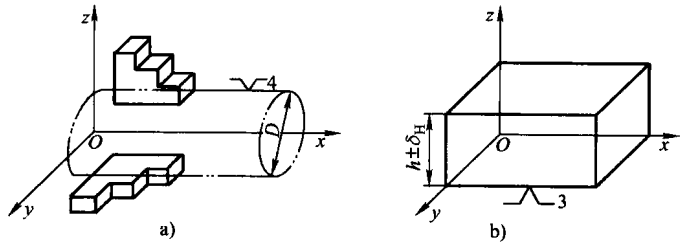


图 2-5 不完全定位示例

封闭槽的长度就无法保证; 若缺少侧面两个支承点 4、5 时, 则工件上 B 的尺寸和槽与工件侧面的平行度均无法保证。

(4) 过定位 夹具上的两个或两个以上的定位元件重复约束同一个自由度的现象, 称为过定位。如图 2-6a 所示, 要求加工平面对 A 面的垂直度公差为 0.04mm , 若用夹具的两个大平面实现定位, 那么工件的 A 面被约束了 \hat{z} 、 \hat{x} 、 \vec{y} 三个自由度, B 面被约束了 \vec{z} 、 \hat{x} 、 \hat{y} 三个自由度, 其中 \hat{x} 自由度被 A 、 B 面同时重复约束。由图 2-6a 可见, 当工件处于加工位置“Ⅰ”时, 可保证垂直度要求; 而当工件处于加工位置“Ⅱ”时, 不能保证此要求。这种随机的误差造成了定位的不稳定, 严重时会引起定位干涉, 因此, 应该尽量避免和消除过定位现象。

消除或减少过定位引起的干涉, 一般有两种方法: 一是改变定位元件的结构, 如, 缩小

定位元件工作面的接触长度，或者减小定位元件的配合尺寸，增大配合间隙等；二是控制或者提高工件定位基准之间以及定位元件工作表面之间的位置精度，如图 2-6b 所示，把定位的面接触改为线接触，则消除了引起过定位的自由度 \hat{x} 。

2.2.3 工件定位中的定位基准

1. 定位基准的基本概念

在研究和分析工件定位问题时，定位基准的选择是一个关键问题。定位基准就是在加工中用作定位的基准。一般说来，工件的定位基准一旦被选定，则工件的定位方案也基本上被确定。

定位方案是否合理，直接关系到工件的加工精度能否保证。如图 2-7 所示，轴承座是用底面 A 和侧面 B 来定位的，因为工件是一个整体，当表面 A 和 B 的位置被确定， $\phi 20H7$ 内孔轴线的位置也就确定了，表面 A 和 B 就是轴承座的定位基准。

工件定位时，作为定位基准的点和线，往往由某些具体表面体现出来，这种表面称为定位基面。例如，用两顶尖装夹车轴时，轴的两中心孔就是定位基面，但它体现的定位基准则是轴的轴线。

2. 定位基准的分类

根据定位基准所约束的自由度数，可将其分为：

(1) 主要定位基准面 如图 2-3b 中的 xOy 平面设置三个支承点，约束了工件的三个自由度，这样的平面称为主要定位基准面。一般应选择较大的表面作为主要定位基准面。

(2) 导向定位基准面 如图 2-3b 中的 xOz 平面设置两个支承点，约束了工件的两个自由度，这样的平面或圆柱面称为导向定位基准面。该基准面应选取工件上窄长的表面，而且两支承点间的距离应尽量远些，以保证对 \hat{z} 的约束精度。由图 2-8 可知，由于支承销的高度误差 Δh ，造成工件的转角误差 $\Delta\theta$ ，显然， L 越长，转角误差 $\Delta\theta$ 就越小。

(3) 双导向定位基准面 约束工件四个自由度的圆柱面，称为双导向定位基准面，如图 2-9 所示。

(4) 双支承定位基准面 约束工件两个移动自由度的圆柱面，称为双支承定位基准面，如图 2-10 所示。

(5) 止推定位基准面 约束工件一个移动自由度的表面，称为止推定位基准面。如图 2-7 中的 yOz 平面上只设置了一个支承点，它只约束了工件沿 x 轴方向的移动。在加工过程中，工件有时要承受切削力和冲击力等，可以选取工件上窄小且与切削力方向相对的表面作

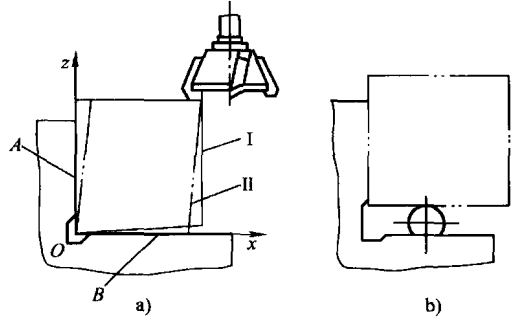


图 2-6 过定位及消除方法示例

a) 过定位 b) 改进定位结构

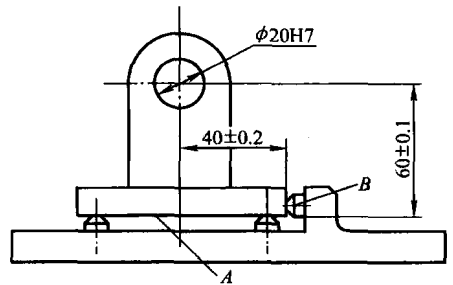


图 2-7 工件的定位基准

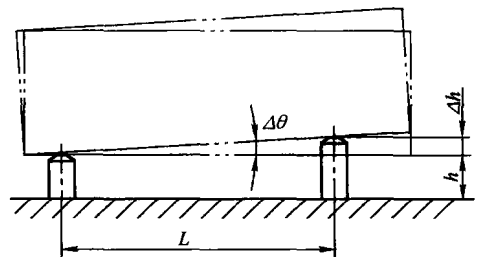


图 2-8 导向定位支承与转角误差的关系