



中等职业教育“十一五”规划教材

机械制造技术

熊良猛 主编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

中等职业教育“十一五”规划教材

机械制造技术

主 编 熊良猛
副主编 杨关全 贺天柱
参 编 何世勇 贾英布

江苏工业学院图书馆
藏书章



机械工业出版社

本书是为了适应中等职业技术教育的发展需要,由机械工业出版社组织编写的中等职业教育“十一五”规划教材之一。

本书主要包括:机床夹具基础知识;机械加工工艺规程的制订;轴类、套类以及箱体类等典型零件的机械加工;装配工艺;特种加工以及现代制造技术。

本书主要面向中等职业学校的工科学生,还可作为相关工种职业培训、相关工程技术人员及操作人员参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

机械制造技术/熊良猛主编. —北京:机械工业出版社,
2008.9

中等职业教育“十一五”规划教材

ISBN 978-7-111-24727-2

I. 机… II. 熊… III. 机械制造工艺—专业学校—教材
IV. TH16

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 115908 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:崔占军 责任编辑:齐志刚

责任校对:刘志文 责任印制:洪汉军

北京铭成印刷有限公司印刷

2008 年 9 月第 1 版第 1 次印刷

184mm×260mm·13.5 印张·331 千字

0001—4000 册

标准书号:ISBN 978-7-111-24727-2

定价:23.00 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)88379201

封面无防伪标均为盗版

前言

本书是为了适应中等职业教育的发展,根据教育部“机械制造技术”课程教学大纲的要求编写的。全书从培养高素质的机械制造操作者和中初级专业技术人才出发,将“机械制造工艺学”、“机床夹具设计”、“特种加工工艺”3门专业课程中的核心教学内容删繁就简、去粗取精,以基本原理为主线进行整合;以机械制造工艺路线制订、典型零件的加工、机床夹具基础为重点,采取模块式教学结构,同时各模块之间又有机联系,构成完整的机械制造体系。本书力求反映新技术、新工艺、新标准,紧密结合生产实际,突出实用性,体现“以素质为核心,以能力为基础”的教学模式;适合中等职业学校机制、机电、数控、模具类专业使用,也可供相关工种职业培训、相关工程技术人员及操作人员参考使用。

本书共五章,其中绪论、第二章由襄樊市机电工程学校熊良猛编写,第一章、第四章由襄樊市机电工程学校杨关全编写,第三章由北方机电工业学校贺天柱、贾英布编写,第五章由襄樊市机电工程学校何世勇编写。全书由襄樊市机电工程学校熊良猛担任主编并统稿,由襄樊市机电工程学校杨关全、北方机电工业学校贺天柱担任副主编。

本书在编写过程中得到了机械工业出版社、襄樊市机电工程学校、北方机电工业学校等单位领导的大力支持和帮助。在编写过程中,编者借鉴、参考了其他部分书刊和资料,在此对相关作者一并表示衷心的感谢。

由于编写时间仓促,加之编者水平有限,书中难免有不妥之处,敬请读者批评指正。

编者

目 录

前言

绪论 1

- 一、机械制造工业概述 1
- 二、本课程的研究对象 1
- 三、本课程的性质和目标 2

第一章 机床夹具基础 4

第一节 概述 4

- 一、机床夹具概念 4
- 二、工件的装夹方法 4
- 三、机床夹具分类 5
- 四、夹具示例 6
- 五、夹具的组成 7
- 六、机床夹具的功用 8

第二节 工件的定位 8

- 一、工件定位原理 8
- 二、工序要求与限制自由度的关系 10
- 三、定位基准的选择及其限制的自由度 12
- 四、定位方法与定位元件 14
- 五、定位精度分析 27

第三节 工件的夹紧 31

- 一、夹紧装置 31
- 二、夹紧力的确定 31
- 三、典型夹紧机构 34

第四节 夹具的其他装置 44

- 一、夹具的对位元件 44
- 二、夹具的对刀元件 44
- 三、分度装置 44
- 四、夹具体 48

第五节 各类机床夹具 53

- 一、车床夹具 53
- 二、铣床夹具 55
- 三、钻床夹具 58
- 四、镗床夹具 64
- 五、现代机床夹具 65

思考题和习题 69

第二章 机械加工工艺规程的制订 73

第一节 基本概念 73

- 一、生产过程和工艺过程 73
- 二、机械加工工艺过程的组成 73
- 三、机械加工的生产类型及其工艺特征 75

第二节 机械加工工艺规程 76

- 一、机械加工工艺规程的作用 77
- 二、工艺文件的格式 77
- 三、制订工艺规程的原则 79
- 四、制订工艺规程的原始资料 80
- 五、制订工艺规程的步骤 80

第三节 零件图的研究和工艺分析 80

- 一、零件的结构及其工艺性分析 80
- 二、零件的技术要求分析 82

第四节 毛坯的选择 83

- 一、机械加工中常见的毛坯种类 83
- 二、毛坯种类的选择 83
- 三、毛坯形状和尺寸的确定 84

第五节 定位基准的选择 85

- 一、基准及其分类 85
- 二、工件定位的要求 86
- 三、工件定位的方法 87
- 四、定位基准的选择 88

第六节 工艺路线的拟订 94

- 一、表面加工方案的选择 94
- 二、零件各表面加工顺序的确定 97

第七节 工序具体内容的确定 100

- 一、工序尺寸及其公差确定 100
- 二、机床及工艺装备的选择 107
- 三、切削用量与工时定额的选择 108

第八节 机械加工的生产率和技术

经济分析 108

- 一、单件时间定额 108

二、提高机械加工生产率的工艺措施	109	二、装配尺寸链的建立	159
三、工艺过程技术经济分析	112	三、装配尺寸链的计算	161
思考题和习题	114	第四节 保证装配精度的工艺方法	162
第三章 典型零件的加工	116	一、互换法	163
第一节 轴类零件的加工	116	二、选配法	163
一、概述	116	三、修配法	165
二、轴类零件的预加工	117	四、调整法	165
三、轴类零件外圆表面的车削加工	117	五、装配方法选择	166
四、外圆表面的磨削加工	119	第五节 装配工艺规程制订	167
五、花键及螺纹的加工	123	一、制订装配工艺规程的基本原则以 及原始资料	167
六、轴类零件机械加工的主要工艺 问题	125	二、制订装配工艺规程的内容	167
七、轴类零件加工实例	126	三、制订装配工艺规程的步骤	167
第二节 套类零件的加工	134	第六节 典型零件的装配	171
一、概述	134	一、螺纹联接	171
二、套类零件内孔的一般加工方法	136	二、过盈联接	172
三、套类零件机械加工的主要工艺 问题	137	三、滚动轴承的装配	172
四、套类零件加工实例	137	四、滑动轴承的装配	173
第三节 箱体类零件的加工	141	五、圆柱齿轮传动机构的装配	175
一、概述	141	思考题和习题	175
二、箱体零件的平面加工方法	142	第五章 特种加工及现代制造技术	176
三、箱体孔系的加工	144	第一节 特种加工	176
四、箱体类零件机械加工的主要 工艺问题	146	一、特种加工概述	176
五、箱体类零件加工实例	147	二、电火花加工	177
思考题和习题	151	三、电化学加工	179
第四章 装配工艺	153	四、激光加工	182
第一节 概述	153	五、电子束加工	184
一、装配的概念	153	六、离子束加工	186
二、装配的内容	153	七、超声波加工	187
三、装配的生产类型	154	第二节 现代制造技术	188
第二节 装配精度	155	一、成组技术	188
一、概述	155	二、计算机辅助工艺过程设计	193
二、装配精度	157	三、计算机辅助制造技术(CAM)	197
三、装配精度与零件加工精度的 关系	158	四、柔性制造系统(FMS)	198
第三节 装配尺寸链	159	五、计算机集成制造系统(CIMS)	203
一、概述	159	六、敏捷制造技术	204
		思考题和习题	208
		参考文献	209

绪 论

一、机械制造业概述

1. 机械制造业地位和作用

机械制造业是生产制造机器、仪器、工具以及机械制造装备等的工业，在国民经济中占有重要地位。小到日常生活用品的生产，大到汽车、飞机、火箭、宇宙飞船等的生产制造都与机械制造业密不可分。可以说，一个国家的机械制造业的水平代表了该国机械工业的整体水平，甚至代表一个国家的综合科技水平和综合国力。

2. 机械制造业现状

我国的机械制造业经过健康稳步的发展，已经逐步形成了门类比较齐全并且具有一定规模和技术水平，能够提供先进、大型成套技术装备的工业体系，是我国最大的产业部门之一。随着我国综合国力的不断提高以及全球经济一体化进程的加快，中国正逐渐成为全球性的产品制造工厂。

我国的机械制造业同过去相比虽然获得了巨大的发展，但与世界先进水平相比，还有很大的差距。比如在金属切削刀具方面，我国的超硬刀具比例还很小；高速磨削、强力磨削、磨削效率与国外先进水平相比，还有很大差距；对机械制造基础理论研究较少，实际生产中很多工艺规范不够合理；高性能数控加工机床较少，且缺乏国际竞争力；精密加工、超精加工、测试技术以及在线检测等方面与工业发达国家相比，仍有不小差距。

二、本课程的研究对象

机械产品都是由轴、套、箱体、齿轮等零件组成。不同的材料经过铸造、压力加工、焊接加工等不同成形工艺直接形成零件或形成零件毛坯；而毛坯再经过机械加工，得到零件，零件经过装配即可得到所要求的产品。如图 0-1 所示为机械制造过程示意图。



图 0-1 机械制造过程示意图

机械制造技术就是研究机械制造过程中的基本规律和基本理论及其应用的一门技术学科。机械制造分为热加工和冷加工，热加工指铸造、塑性加工、焊接、热处理等；冷加工一般指零件的机械加工过程和装配过程以及特种加工等。一般机械制造技术多指研究各种机械制造冷加工过程和方法的科学，目前机械制造学科的主要内容有：

- 1) 切削与磨削加工技术；
- 2) 特种加工技术；
- 3) 精密加工以及超精密加工技术；
- 4) 装配技术；
- 5) 机械制造系统的自动化；

- 6) 机械制造过程中的计量与测试;
- 7) 机械制造过程中的过程监测与故障诊断;
- 8) 机械制造设备的性能与试验;
- 9) 机械产品的质量与可靠性;
- 10) 机械制造系统的柔性化、智能化以及集成化。

本课程主要研究零件加工过程中涉及的一系列直接影响产品性能和质量的问題。比如在切削加工过程中,零件的尺寸、几何形状以及表面相对位置,取决于工件和刀具在切削运动过程中相互位置关系和相对运动轨迹,而工件安装在夹具上,夹具和刀具又安装在机床上,于是刀具—工件—夹具—机床就构成了一个完整的切削加工系统,零件的加工精度、表面质量等与这一切削系统密切相关;而机械的制造就是由许多类似的切削加工系统和装配过程所组成,因此我们必须对这些系统作深入细致的分析与研究,了解这些系统的内部规律,从而利用规律,创造条件,生产出符合技术要求的产品。如图0-2所示为车床加工零件示意图,即是一个简单的零件车削加工系统。

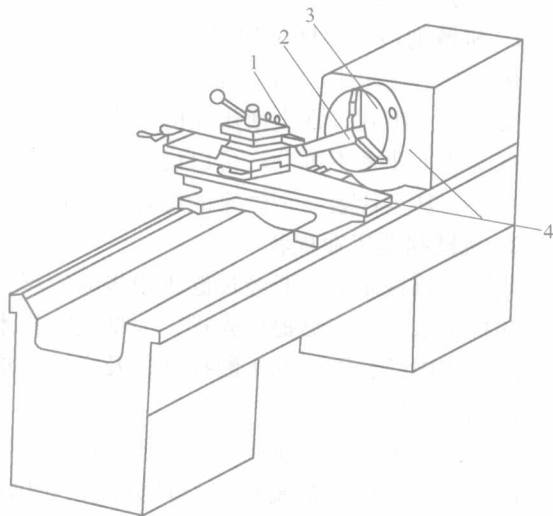


图0-2 车床加工零件示意图

1—刀具 2—工件 3—夹具 4—机床

三、本课程的性质和目标

本课程是以机械制造中的工艺问题(包括装配以及特种加工等现代加工技术)与机床夹具基础为研究对象的一门应用性技术学科,是将《机械制造工艺学》、《机床夹具设计》、《特种加工工艺》三门专业课程中的核心教学内容删繁就简、去粗取精,以基本原理为主线进行整合,使课程体系更加系统、综合和完整。该课程是中等职业学校机制、数控、模具类专业的一门主要专业课,其先修课程为材料、公差配合与技术测量、金属切削加工及装备、机械加工技术等。

1. 总体目标

本课程在编写时的指导思想是:坚持一项原则、体现两个特点、采取一项措施、反映一个趋势。

- 1) 本课程的教学内容编写严格贯彻“必需、够用”原则;
- 2) 本课程的教学内容编写充分体现中等职业教育“淡化理论、够用为度;培养技能、重在应用”的两个教学特点;
- 3) 本课程的教学内容编写积极反映当代机械制造业的现代化发展趋势。

2. 知识目标

- 1) 了解和正确选取、使用机床夹具。
- 2) 了解零件加工工艺规程制订知识。

- 3) 掌握典型零件的切削加工方法。
- 4) 了解零件的装配过程和方法。
- 5) 了解特种加工和现代加工基本原理。

3. 能力目标

- 1) 会工艺分析, 初步具备典型零件的加工工艺的实施能力。
- 2) 会选择设备和工装, 具备机床夹具正确选择、使用、维护的能力。
- 3) 初步具备利用各种基础理论知识, 综合分析和解决工艺问题的能力以及自学工艺理论和新工艺、新技术的能力。

本课程与生产实践联系紧密, 因此必须加强实践性环节。可以通过生产实践、现场教学、课程设计、多媒体教学、课程实验等环节来更好地体会和加深理解所学的内容, 并逐步培养学生分析和解决实际问题的能力。

第一章 机床夹具基础

第一节 概 述

一、机床夹具概念

夹具是一种装夹工件的工艺装备，广泛地应用于机械制造过程的切削加工、热处理、装配、焊接以及检测等工艺过程中。在金属切削机床上使用的夹具统称为机床夹具。机床夹具是在机械加工过程中，为了保证加工精度，用来准确地确定工件位置，并将其牢固地夹紧，或者用来引导刀具以接受加工的工艺装备，简称夹具。机床夹具直接影响机械切削加工的精度、劳动生产率以及产品的制造成本等。

二、工件的装夹方法

工件在机床上加工前必须正确装夹。工件的装夹是指工件的定位基准表面应该在夹具中或机床上占据一个正确的位置，然后予以夹紧。通常工件在机床上的装夹一般有直接找正装夹、划线找正装夹及使用夹具装夹三种方法。

1. 直接找正装夹法

直接找正装夹法是指利用百分表、划针或目测对零件上的某些表面的位置进行测量，从而使工件能够在机床上获得正确的位置，然后夹紧。图 1-1 所示为在磨床上磨削一个对外圆有较高同轴度要求的圆筒形件的內孔，为了保证加工时工件占据其外圆表面中心线与磨床头架回转轴线相一致的正确位置，加工前先把工件装夹在四爪单动卡盘上，利用百分表在位置 I 和 II 处直接找正外圆表面，直到该外圆表面已经得到正确位置后再用卡盘将其夹紧。该过程中用于确定工件位置的测量找正表面叫定位基准，图例中定位基准是工件的外圆表面。

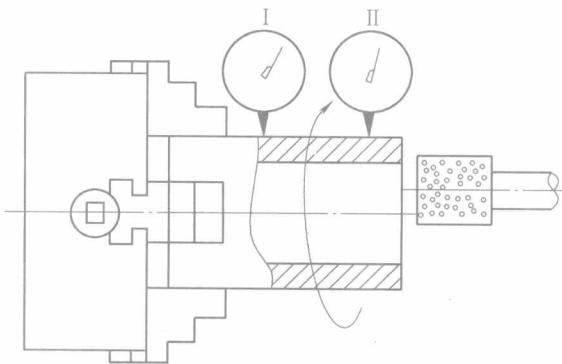


图 1-1 直接找正装夹

2. 划线找正装夹法

划线找正装夹法是指根据零件技术图样加工要求，预先在待加工的零件表面上划出加工表面的位置线，再利用划线盘等工具在机床上按照划出的线痕找正工件，然后夹紧的方法。如图 1-2 所示，在一长方形毛坯上车削一圆柱面，为了保证圆柱轴线与机床主轴轴线重合，先在工件毛坯上划线把加工面表示出来，然后在四爪单动卡盘上装夹工件，并使用划线盘对线找正，直到待加工面在机床上获得正确的位置后夹紧。该例中，划线所表示的待加工面即是定位基准。

3. 使用夹具装夹法

使用夹具装夹法是指工件以其定位基准与夹具的定位元件的工作表面相接触而装夹于夹具中，并使工件相对于刀具或机床运动取得正确的位置，然后夹紧。具体见后续介绍。

直接找正装夹不需要专门工装，也不需要钳工预先划线，当使用测量精度高的量具并以精加工表面找正时，可以得到很高的定位精度。但该方法生产效率低，并且要求操作人员具有较高的技术水平，一般适用于单件小批量生产或找正精度要求很高的场合；划线找正装夹法操作简单，但由于存在划线误差以及找正过程中产生的误差，其定位精度较低，一般适用于单件小批量生产或中等批量生产中的粗加工工序；使用夹具装夹工件可以得到划线装夹所达不到的精度及生产率，所以广泛应用于中等及中等以上批量的生产类型。

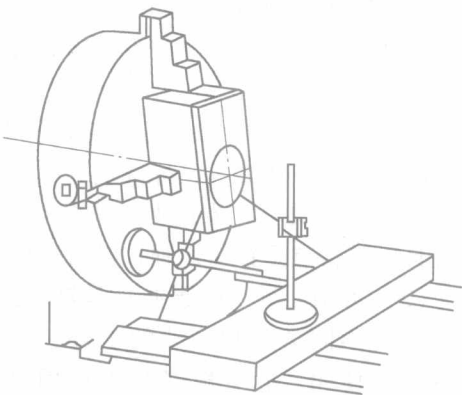


图 1-2 划线找正装夹

三、机床夹具分类

可以按照不同的属性对机床夹具进行分类，常用的机床夹具分类方法如图 1-3 所示。



图 1-3 机床夹具分类

1. 按夹具的通用特性分类

按此类方法夹具可以分为通用夹具、专用夹具、可调夹具、组合夹具和自动线夹具等五大类。

(1) 通用夹具 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。该类夹具已标准化并成为机床附件，适用于单件小批量生产。

(2) 专用夹具 专用夹具是针对某一工件的某一道工序的加工要求而专门设计和制造的夹具。其特点是针对性强，没有通用性，一般适用于大量或批量生产。

(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。成组夹具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。可调夹具在多品种、小批量生产中得到广泛应用。

(4) 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，夹具使用完毕即可拆卸，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。

(5) 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，使用过程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. 按夹具所使用的机床分类

按照夹具所使用的机床类别不同，可以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. 按夹具动力源分类

按照夹具夹紧动力源不同，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。常用的机动夹具分类有气动夹具、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，即用什麼动力就称什麼夹具。

四、夹具示例

1. 标准化夹具

如图 1-4 所示为三爪自定心卡盘。当扳手方头插入小锥齿轮的方孔内转动时，带动大锥齿轮绕卡盘中心转动。同时锥齿轮前面的平面螺纹随之旋转，而按 120 度均匀分布的三个卡爪的背面也有平面螺纹与之啮合并被带动，使三个卡爪同时向心或离心移动，在卡爪沿径向靠拢或张开的过程中，将工件夹紧或松开。三爪自定心卡盘装夹工件时能够自动定心，使用方便，常用于装夹圆形、正六边形、正三角形截面的工件，但不适用于装夹形状不规则的工件。

如图 1-5 所示为回转式平口钳。其钳身可以相对于底座在水平面内旋转 360 度，并在任意位置上固定(刻度盘可以控制转角)。

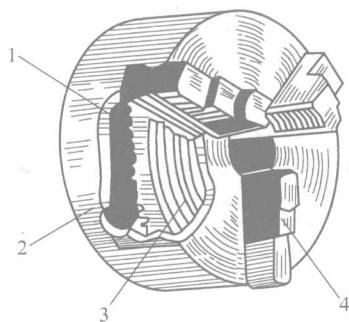


图 1-4 三爪自定心卡盘

1—大锥齿轮 2—小锥齿轮
3—平面螺纹 4—卡爪

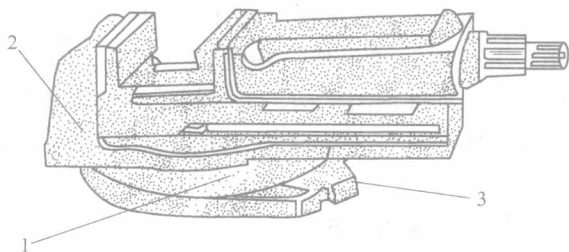


图 1-5 回转式平口钳

1—刻度盘 2—钳身 3—底座

2. 专用夹具(钻模)

如图 1-6 所示是专供加工轴套零件上 $\phi 6H9$ 径向孔的钻床夹具。工件以内孔及端面为定位基准，在夹具的定位销 6 及其端面上定位，即确定了工件在夹具中的正确位置。拧紧螺母 5，通过开口垫圈 4，将工件夹紧，由于钻套 1 的中心到定位销 6 端面的位置是根据工件上 $\phi 6H9$ 孔中心到工件端面的尺寸 L 来确定的，因此确定了工件与钻头之间的正确加工位置，并且在加工中又能防止钻头的轴线引偏。

五、夹具的组成

虽然实际生产中使用的机床夹具种类繁多，但它们的工作原理基本上是相同的。如果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。

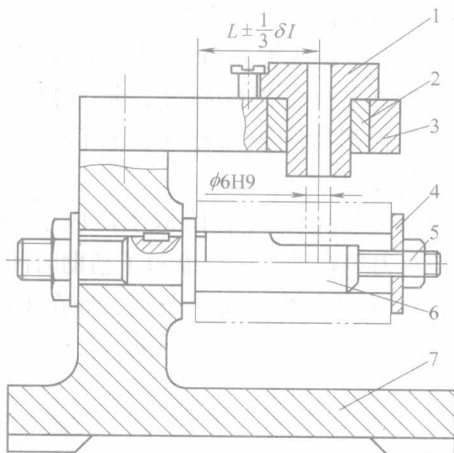


图 1-6 轴套零件钻床夹具

1—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

(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 1-6 中定位销 6。通常，当工件定位基准面的形状确定以后，定位元件的结构也就基本确定了。

(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发生改变，如图 1-6 中开口垫圈 4 和螺母 5。通常，夹紧装置的结构会影响夹具的复杂程度和性能。它的结构类型很多，在设计时应根据需要加以选择。

(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与机床主轴、工作台或导轨的相互位置。

(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，如铣床夹具中的对刀块。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 1-6 所示的钻套 1。

(5) 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。常用的夹具体为铸件结构、锻造结构、焊接结构和装配结构。其形状有回转体形和底座形等。定位元件、夹紧装置等分布在夹具体上不同的位置。

(6) 其他装置或元件 根据加工需要, 有些夹具上还需要设置分度装置、靠模装置、上下料装置、工件顶出机构、电动扳手和平衡块等, 以及标准化了的其他联接元件。

上述机床夹具各个组成部分中, 定位支承元件、夹紧装置、夹具体是夹具的基本组成部分。

六、机床夹具的功用

机床夹具在机械加工过程中的功用可以归纳为以下几个方面:

- 1) 保证工件的加工精度。
 - 2) 定位。通过工件定位基准面与夹具定位元件的定位面接触或配合, 使工件在夹具中占有正确的位置, 从而保证工件加工表面的尺寸和几何形状以及位置精度要求。
 - 3) 夹紧。工件定位以后, 通过夹紧装置施力作用于工件, 将其牢固地夹紧, 从而使工件的正确位置得以保持不变。
- 从定位到夹紧的全过程, 称为装夹。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; 零件的加工精度包括尺寸精度、几何形状和表面相互位置精度, 而夹具的最大功用就是保证零件加工表面的相互位置精度。
- 4) 提高生产率, 降低生产成本。使用夹具装夹能快速将工件定位、夹紧, 免除了找正、对刀等辅助工序, 缩短了辅助时间, 保证了产品质量, 降低了生产成本。
 - 5) 扩大机床的加工范围, 如在车床上加装镗削加工用夹具, 可完成镗孔加工。
 - 6) 减轻工人的劳动强度。

第二节 工件的定位

所谓工件在夹具中的定位, 是指一批工件在夹紧之前或者夹紧过程中, 获得同一位置的过程。由于定位副(指工件与定位元件的定位表面的相互配合)存在着制造误差以及配合间隙, 因此同一批工件在夹具中所占据的位置不可能完全一致, 进而必然影响工件的加工精度。影响工件加工精度的因素是多方面的, 研究工件在夹具中的定位, 仅能相对、有条件地解决工件在夹具中的相对位置是否准确的问题。工件定位的基本任务: 一是正确限制工件的自由度; 二是选择合理的定位方法和定位副; 三是保证足够的定位精度, 即应进行定位精度分析。

一、工件定位原理

1. 自由度概念

由理论力学相关知识可知, 一个自由刚体, 在空间有且仅有六个自由度。如图 1-7 所示的矩形和圆形工件, 由于它们在空间的位置是任意的, 因而该工件既能沿 x 、 y 、 z 三个坐标轴移动, 称其为移动自由度, 分别表示为 $\vec{x}$ 、 $\vec{y}$ 、 $\vec{z}$, 又能绕 x 、 y 、 z 三个坐标轴转动, 称其为转动自由度, 分别表示为 $\hat{x}$ 、 $\hat{y}$ 、 $\hat{z}$ 。

2. 六点定位原则

由上面刚体自由度分析可知, 如果设置相应的六个约束, 分别用于限制某一个刚体的六个运动自由度, 就可以使该自由刚体在空间有一个确定的位置。在讨论工件的定位时, 通常将工件抽象、简化为我们所指的自由刚体。如果工件的六个自由度都分别加以限制了, 工件在空间的位置也就完全被确定下来了。因此, 工件定位的实质首先就是限制工件的自由度。

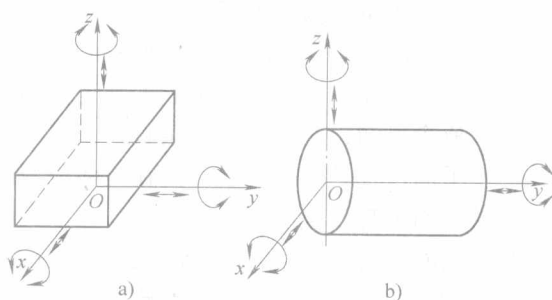


图 1-7 工件的六个自由度

a) 矩形工件 b) 圆形工件

分析工件定位时, 通常是用一个支承点限制工件的一个自由度。用合理设置的六个支承点, 限制工件的六个自由度, 使工件在夹具中的位置完全得到确定, 即所谓六点定位原则。

3. 应用示例

例如在图 1-8a 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, 如图 1-8b 所示, 共限制工件的三个自由度: $\hat{x}$ 、 $\hat{y}$ 、 $\hat{z}$; 为了保证尺寸 B , 侧面设置两个支承点 4、5, 共限制 $\hat{y}$ 、 $\hat{z}$ 两个自由度; 为了保证尺寸 C , 端面设置一个支承点 6, 限制 $\hat{x}$ 一个自由度。于是工件的六个自由度全部被限制了, 实现了六点定位。在具体的夹具结构中, 支承点是由定位元件来体现的。如图 1-8c 所示, 共设置了六个支承钉。此类支承点的分布规律符合所谓“三、二、一”规律。

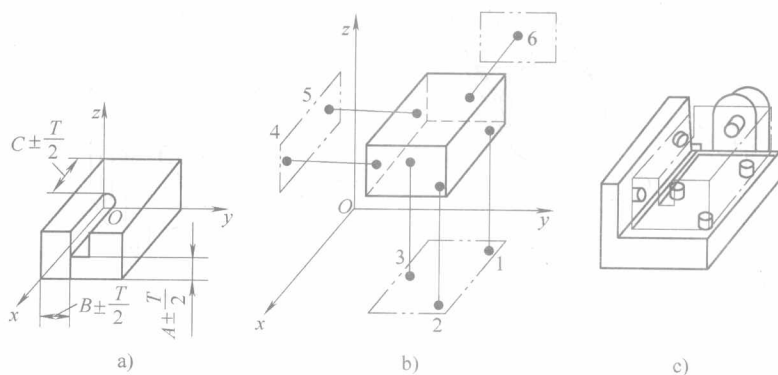


图 1-8 矩形工件定位

a) 零件 b) 定位分析 c) 支承点布置

又如圆柱形工件的定位图 1-9a 所示, 可以在外圆柱表面上, 设置四个支承点 1、3、4、5 限制 $\hat{y}$ 、 $\hat{z}$ 、 $\hat{y}$ 、 $\hat{z}$ 四个自由度; 槽侧设置一个支承点 2, 限制 $\hat{x}$ 一个自由度; 端面设置一个支承点 6, 限制 $\hat{x}$ 一个自由度, 工件实现了完全定位; 为了在外圆柱面上设置四个支承点, 一般采用 V 形块, 如图 1-9b 所示。此类支承点的分布规律符合所谓“四、一、一”规律。

4. 应用六点定位原则应注意事项

1) 定位支承点是由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来体现的, 即支承点不一定使用点或销的顶端, 而是通常采用面或线来代替。根据数学概念可知, 两点决定一条直线, 三点决定一个平面, 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, 才能起到限制自由度的作用。

3) 分析定位支承点的定位情况时, 可以不考虑力的影响。工件的某一自由度被限制, 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的是夹紧装置。定位与夹紧是两个完全不同的概念。

二、工序要求与限制自由度的关系

工件在夹具中定位时应该限制的自由度要受到工序要求的支配, 具体如下面各例所述:

1. 完全定位

完全定位是指工件的六个自由度不重复地被限制的定位。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 1-8、图 1-9 所示。

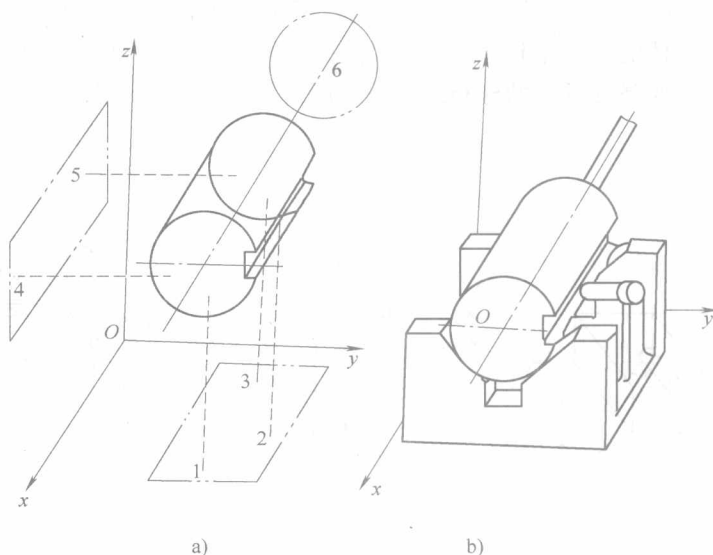


图 1-9 圆柱形工件定位

2. 不完全定位

根据工件的加工要求, 有时并不需要限制工件的全部六个自由度, 这样的定位方式称为不完全定位。图 1-10a 所示为在车床上加工通孔, 根据加工要求, 不需限制 $\tilde{y}$ 和 $\hat{y}$ 两个自由度, 所以用三爪自定心卡盘限制其余四个自由度, 就可以实现四点定位。图 1-10b 所示为平

板工件磨平面, 工件只有厚度和平行度要求, 只需限制 $\vec{z}$ 、 $\hat{x}$ 、 $\hat{y}$ 三个自由度, 在磨床上采用电磁工作台就能实现所需要的三点定位。由此可知, 工件在定位时应该限制的自由度数量应由具体的工序加工要求而定, 不影响加工精度的自由度可以不被限制。由于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广泛被采用。

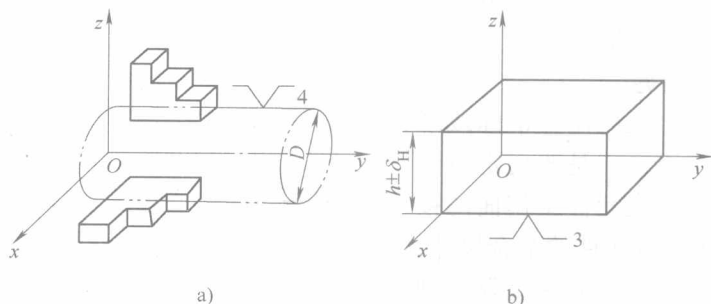


图 1-10 不完全定位

3. 欠定位

根据工件的加工要求, 应该限制的自由度没有完全被限制的定位称为欠定位。由于欠定位无法保证零件的加工要求, 因此, 在确定工件的定位方案时, 不允许有欠定位的现象产生。在如图 1-8 所示定位方案中如果不设端面支承 6, 则一批工件上的半封闭槽的长度尺寸 C 就不一定一致; 若缺少侧面两个支承点 4、5 时, 则工件上的尺寸 B 以及槽对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地限制工件的同一个自由度的现象, 称为过定位。如图 1-11a 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, 则工件的 A 面被限制 $\vec{y}$ 、 $\hat{x}$ 、 $\vec{z}$ 共三个自由度, B 面被限制了 $\vec{z}$ 、 $\hat{x}$ 、 $\hat{y}$ 共三个自由度, 其中自由度 $\hat{x}$ 被 A 、 B 面同时重复限制。由图可见, 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

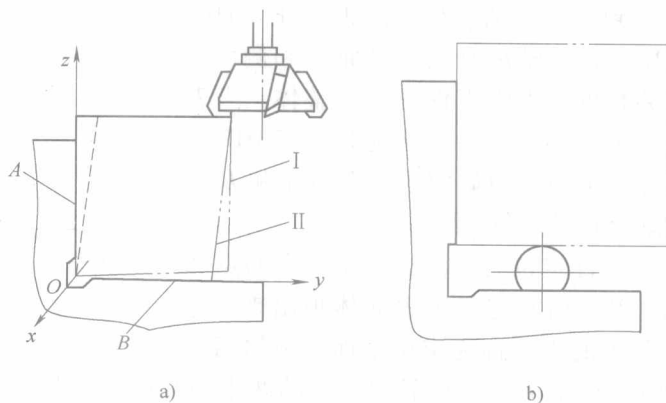


图 1-11 过定位及消除方法

a) 过定位 b) 改进定位结构

不能保证垂直度要求。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。又如图 1-12 所示为连杆加工定位方案, 其中图 1-12a 为正确定位方案, 平面 1 限制 $\vec{z}$ 、 $\hat{x}$ 、 $\hat{y}$ 共三个自由度, 短圆柱销 2 限制 $\hat{x}$ 、 $\hat{y}$ 共两个自由度, 防转销 3 限制 $\vec{z}$ 一个自由度, 属于完全定位; 如果使用长销代替短销 2, 如图 1-12b、c 所示, 则长销限制 $\hat{x}$ 、 $\hat{y}$ 、 $\hat{x}$ 、 $\hat{y}$ 共四个自由度, 并使 $\hat{x}$ 和 $\hat{y}$ 被重复限制。由于工件孔与端面、长销