



全国高职高专教育“十一五”规划教材

专业基础系列

机械制造工艺

张绪祥 王 军 主编



高等教育出版社

全国高职高专教育“十一五”规划教材
专业基础系列

机械制造工艺

张绪祥 王 军 主编

高等教育出版社

内容提要

本书共7章,以实现产品质量为主线,融入工件的装夹、夹具、尺寸链计算、机械加工误差分析、机械加工工艺规程设计方法、机械装配工艺规程设计方法、典型零件加工工艺设计以及现代制造技术简介。本书强调学以致用,理论联系实际,注重学生机械制造技术应用能力与工程素养两个方面的培养,旨在提高学生解决生产一线实际问题的能力。

本书可作为高等职业学校、高等专科学校、成人高校及本科院校举办的二级职业技术学院机械制造与自动化、模具设计与制造、数控技术、机电一体化技术等专业的教材,也可作为机械、机电类技术人员的参考书或机械制造企业人员的培训教材。

图书在版编目(CIP)数据

机械制造工艺/张绪祥,王军主编. —北京:高等教育出版社,2007.8

ISBN 978-7-04-021861-9

I. 机… II. ①张…②王… III. 机械制造工艺-高等学校:教材 IV. TH16

中国版本图书馆CIP数据核字(2007)第104073号

策划编辑 罗德春 责任编辑 薛立华 封面设计 于涛 责任绘图 朱静
版式设计 王莹 责任校对 胡晓琪 责任印制 毛斯璐

出版发行	高等教育出版社	购书热线	010-58581118
社 址	北京市西城区德外大街4号	免费咨询	800-810-0598
邮政编码	100011	网 址	http://www.hep.edu.cn
总 机	010-58581000		http://www.hep.com.cn
经 销	蓝色畅想图书发行有限公司	网上订购	http://www.landaco.com
印 刷	北京嘉实印刷有限公司		http://www.landaco.com.cn
		畅想教育	http://www.widedu.com
开 本	787×1092 1/16	版 次	2007年8月第1版
印 张	21.5	印 次	2007年8月第1次印刷
字 数	520 000	定 价	24.80元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号 21861-00

前 言

本书以教育部制定的《高职高专教育机电类专业人才培养目标及规格》为主要依据,结合现代工业对应用型人才提出的新要求和教学改革研究成果,针对高职高专学生的特点,充分体现了“理论够用,能力为本,重在应用”的高职高专教育特点,能较好地体现面向21世纪高职高专的教材特色。

“机械制造工艺”是在原机械制造专业的“金属工艺学”、“机械制造工艺学”和“机床夹具设计”等专业课程的基础上整合而成的一门新课程。本书以实现产品质量为主线,建立了新的教学内容体系,强调学以致用,理论联系实际。书中附有大量的工程技术实例,能帮助读者较快掌握机械制造过程中的核心技术,体现了本书的实用性。同时根据本课程实践性和综合性强、灵活性大的特点,结合企业对高技能人才的要求和高职高专学生的接受能力,在编写过程中注重内容的渐进性和知识的连续性,同时注重点和面的有机结合,力求使本书做到好讲、好学、实用。

本书共7章,以实现产品质量为主线,融入工件的装夹、夹具、尺寸链计算、机械加工误差分析、机械加工工艺规程设计方法、机械装配工艺规程设计方法、典型零件加工工艺设计以及现代制造技术简介。本书是针对高职高专机械制造与自动化专业编写的,可作为模具设计与制造、数控技术、机电一体化技术等专业的教材,也可作为机械、机电类技术人员的参考书或机械制造企业人员的培训教材。

参加本书编写工作的有:张绪祥(绪论,第一、二、三、五章)、王军(第四章)、李望云(第六章)、应文豹(第七章)。全书由张绪祥、王军任主编,李望云任副主编。武汉船舶职业技术学院陈少艾教授审阅了本书。

本书在编写过程中得到了武汉职业技术学院机电工程学院领导和同行们的大力帮助和支持,书中也引用了一些教材的内容和插图。在此一并表示感谢。

由于编者水平有限,书中难免存在缺点和不妥之处,敬请有关专家、同行和读者不吝赐教。

编 者

2007年3月

目 录

绪论	1	第三节 工艺系统的受力变形	174
第一章 工件的装夹与机床夹具基础	6	第四节 工艺系统的热变形	184
第一节 概述	6	第五节 加工误差的综合分析	188
第二节 工件定位的基本原理	11	思考题与习题	196
第三节 典型的定位方式、定位元件及定位 装置	15	第五章 机械制造工艺规程设计	198
第四节 定位误差的分析与计算	32	第一节 概述	198
第五节 工件的夹紧	39	第二节 机械加工工艺规程设计	204
第六节 夹具的其他装置和元件	54	第三节 数控加工工艺规程设计	234
思考题与习题	70	第四节 装配工艺规程设计	239
第二章 专用夹具设计	75	第五节 工艺过程技术经济分析	248
第一节 概述	75	思考题与习题	255
第二节 钻镗床夹具设计	83	第六章 典型零件加工工艺设计	259
第三节 铣床夹具设计	100	第一节 轴类零件加工	259
第四节 车床夹具设计	109	第二节 套类零件加工	269
第五节 常用夹紧机构简介	115	第三节 箱体零件加工	277
思考题与习题	130	思考题与习题	290
第三章 机械产品质量的实现	132	第七章 现代制造技术简介	293
第一节 机械零件加工质量	132	第一节 成组技术	293
第二节 机械产品的装配质量	146	第二节 计算机辅助工艺规程设计	300
思考题与习题	163	第三节 柔性制造系统和计算机集成制造 系统	303
第四章 机械加工误差分析	166	第四节 现代集成制造系统	321
第一节 概述	166	思考题与习题	337
第二节 工艺系统的几何误差	168	参考文献	338

绪 论

一、制造、制造业、制造系统与制造技术

所谓制造,是一种将有关资源(如物料、能量、资金、人力资源、信息等)按照社会的需求转变为新的、有更高应用价值资源的行为和过程。随着社会的进步和制造活动的发展,制造的内涵也在不断地深化和扩展,因此制造的概念是不断发展进化的。机械制造是各种机械、仪器、仪表制造过程的总称。制造业是进行制造活动,为人们提供使用或利用的工业品或生活消费品的行业。人类的生产工具、消费产品、科研设备、武器装备等,没有哪一样能离开制造业,没有哪一样的进步能离开制造业的进步,这些产品都是由制造业提供的。可以说制造业是国民经济的装备部,是国民经济产业的核心,是工业的心脏,是国民经济和综合国力的支柱产业。

制造过程是制造业的基本行为,是将制造资源转变为有形财富或产品的过程。制造过程涉及国民经济的大量行业,如机械、电子、轻工、化工、食品、军工、航天等,因此制造业对国民经济有较显著的带动作用。

制造系统是制造业的基本组成实体。制造系统是由制造过程及其所涉及的硬件、软件和制造信息等组成的一个具有特定功能的有机整体。其中,硬件包括人员、生产设备、材料、能源和各种辅助装置,软件包括制造理论和制造技术,而制造技术又包括制造工艺和制造方法等。

广义而言,制造技术是按照人们所需目的,运用主观掌握的知识和技能,操纵可以利用的客观物质工具和采用有效的方法,使原材料转化为物质产品的过程所施行的手段的总和,是生产力的主要体现。制造技术与投资和熟练劳动力一起将创造新的企业、新的市场和新的就业。制造技术是制造业的支柱,而制造业又是工业的基石,因此可以说制造技术是一个国家经济持续增长的根本动力。机械制造技术就是完成机械制造活动所施行的一切手段的总和。

二、机械制造业在国民经济中的地位

机械制造业是制造业的最主要组成部分,它的主要任务就是完成机械产品的决策、设计、制造、装配、销售、售后服务及后续处理等,其中包括对半成品零件的加工技术、加工工艺的研究及其工艺装备的设计制造。机械制造业担负着为国民经济建设提供生产装备的重任,为国民经济各行业提供各种生产手段,其带动性强、波及面广,产业技术水平的高低直接决定着国民经济其他产业竞争力的强弱,以及今后运行的质量和效益。机械制造业也是国防安全的重要基础,为国防提供所需武器装备,世界军事强国无一不是装备制造业的强国。机械制造业还是高科技产业的重要基础。作为基础的高科技可以认为有五大领域,即信息科技、先进制造科技、材料科技、生命科技和集成科技,机械制造业为高科技的发展提供各种研究和生产设备,世界高科技强国无一不是装备制造业的强国。世界机械制造业占工业的比重,从1980年以来已上升至超过1/3。机械制造业的发展不仅影响和制约着国民经济与各行业的发展,而且还直接影响和制约着国防工业和高科技的发展,进而影响到国家的安全和综合国力,对此应有足够清醒的认识。

三、我国机械制造业的发展状况

目前我国的机械制造业已经具有相当雄厚的实力,为国民经济、国防和高科技提供了有力的支持,我国的机械制造业为汽车、火车、飞机、农业机械、火箭、宇宙飞船、电站、船舶、计算机、家用电器、电子及通信设备等行业提供了生产装备。机械制造业是我国实现经济腾飞,提升高科技与国防实力的重要基础。据介绍,1980年,中国制造业增加值仅占世界的1.5%。1990年,中国制造业增加值超过巴西,位居发展中国家和地区之首,占全球比重的2.7%,进入了世界制造业10强,位居第八。2000年,中国制造业增加值占全球的比重达7.0%,仅次于美国、日本和德国,在世界10强中居第四位。2004年,中国在全球制造业中的份额提高至10%,排名超过德国,上升至世界第三位。2005年的统计表明,全国机械工业生产、销售延续了前两年高速增长的势头,增速分别保持在20%以上,我国机械制造业的主要经济指标占全国工业的比重约为1/5~1/4,出口额占全国外贸总额的30%,从业人数占工业总人数的25%。从机床生产能力可以看出一个国家的机械制造业水平。我国能自主设计、生产各种普通机床、小型仪表机床、重型机床以及各种精密的、高度自动化的、高效率的和数字控制的机床,产品品种较齐全,大部分已达到20世纪90年代国际水平,部分已达到国际先进水平。

半个世纪以来,我国的机械工程学科得到了很大的发展,已经建立了较完善的学科体系,在学科前沿、技术创新和工程应用等方面取得了突出成就。在机械工程科学与信息科学、生命科学、管理科学相结合方面所取得的成就,使得机械工程体系得到了很大的扩展。在智能结构、智能机械系统、快速成形制造、仿生机械以及仿生制造等方面,也取得了较显著的成就,形成了新的研究方向和研究群体。我国确定的在机械工程学科方面“十一五”优先领域中与机械制造技术有关的内容有:

- 1) 纳米加工、纳米测量及纳米机械。要着重解决纳米溯源、传递、定位、对准的理论和技術问题,以及纳米尺度加工的新工艺和新方法问题。
- 2) 微型机电系统的设计、制造理论和技术。要在微结构的设计、兼容性和实现集成方面,及其制造技术(刻蚀技术、特种加工等)方面深入进行研究。
- 3) 仿生机构与仿生制造。主要的研究内容有生物活体组织的工程化制造、仿生设计与仿生制造系统、仿生微型机械及其生物制造工艺、生物遗传制造等。
- 4) 智能机械结构及其制造系统。例如智能机器人、智能制造系统等。
- 5) 数字化制造,包括虚拟制造、网络制造、模拟仿真和虚拟测试等。
- 6) 可重构制造系统。主要研究方向是柔性制造单元与可重构制造系统结构的优化设计理论与随机动态规划、在可重构制造系统内机械零件的制造工艺与装备等。
- 7) 高效、精密及低成本加工方法。要着重研究解决并联机床关键技术、超高速切削和磨削机理、新型刀具和磨具材料与结构的基本理论、超精密加工技术以及基于环境意识的加工制造技术等问题。
- 8) 产品的绿色设计和制造。这方面的研究内容主要有:建立绿色产品、绿色制造系统的模型,建立绿色产品的评价体系、机械设备和国防装备再制造中的关键技术,以及电磁污染问题的解决途径等。

四、机械制造技术的发展过程和趋势

机械制造有着悠久的历史,我国秦朝的铜车马已有带锥度的铜轴和铜轴承,说明在公元 210 年以前就可能有了磨削加工。从 1775 年英国 J. Wilkinson 为了加工瓦特蒸汽机的汽缸研制成功镗床开始,到 1860 年,经历了漫长岁月后,车、铣、刨、插、齿轮加工等机床相继出现。1898 年发明了高速钢,使切削速度提高了 2~4 倍,1927 年德国首先研制出硬质合金刀具,切削速度比高速钢刀具又提高了 2~5 倍。为了适应硬质合金刀具高速切削的需求,金属切削机床的结构发生了较明显的改进,从带传动改为齿轮传动,机床的速度、功率和刚度也随之提高。至今,仍然广泛使用着各种各样齿轮传动的金属切削机床,但在结构、传动方式等方面,尤其在控制方面有了极大的改进。

加工精度可以反映机械制造技术的发展状况。1910 年时的加工精度大致是 $10\text{ }\mu\text{m}$ (一般加工),1930 年提高到 $1\text{ }\mu\text{m}$ (精密加工),1950 年提高到 $0.1\text{ }\mu\text{m}$ (超精密加工),1970 年提高到 $0.01\text{ }\mu\text{m}$,而目前已提高到 $0.001\text{ }\mu\text{m}$ (纳米加工)。

20 世纪 80 年代末期,美国为提高制造业的竞争力和促进国家的经济增长,首先提出了先进制造技术(advanced manufacturing technology, AMT)的概念,并得到欧洲各国、日本以及一些新兴工业化国家的响应。在 AMT 提出的初期,主要发展集中在与计算机和信息技术直接相关的技术领域方面,该领域成为世界各国制造工业的研究热点,取得了迅猛的发展和应用。这方面的主要成就有:

1) 计算机辅助设计技术(computer aided design, CAD) 可完成产品设计、材料选择、制造要求分析、优化产品性能以及完成通用零部件、工艺装备和机械设备的设计与仿真等工作。

2) 计算机辅助制造技术(computer aided manufacturing, CAM) 以计算机数控机床(computer numeric control, CNC)、加工中心(machining center, MC)、柔性制造系统(flexible manufacturing system, FMS)为基础,借助计算机辅助工艺规程设计(computer aided process planing, CAPP)、成组技术(group technology, GT)和自动编程工具(automatically programmed tool, APT)而形成,可实现零件加工的柔性自动化。

3) 计算机集成制造系统(computer integrated manufacturing system, CIMS) 把工厂生产的全部活动,包括市场信息、产品开发、生产准备、组织管理以及产品的制造、装配、检验和产品的销售等,都用计算机系统有机地集成为一个整体。

在实践过程中,人们逐渐认识到制造技术的各方面必须协调发展。如果仅仅局限于系统技术和软件设计,忽视对制造工艺等主体技术的研究,脱离实际地强调无人化生产,必将导致制造技术各领域发展的严重失衡,以至不能充分发挥效益。1994 年,美国联邦科学工程和技术协调委员会(FCCSET)下属的工业和技术委员会先进制造技术工作组,系统地说明了 AMT 的技术群内容:第一,主体技术群,包括面向制造的设计技术群(包括产品设计、工艺过程设计和工厂设计等)和制造工艺技术群(主要涉及产品制造与装配工艺过程及其工艺装备)。第二,支撑技术群,主要包括理论、标准、信息、机床、工具、检测、传感与控制等各方面的技术。第三,制造基础设施,是指为管理上述技术群的开发并激励推广应用而采取的各种方案与机制,其要素主要是工人、工程技术人员和管理人员的培训与教育。

近 20 年来,随着科学技术的发展和社会与环境因素的改变,世界制造业已进入了一个巨大

变革时期,这一变革的主要特点是:

1) 先进技术出现正急剧地改变着现代机械制造业的产业结构和生产过程。

2) 传统的相对稳定的市场已经变成了动态的多变的市场,产品周期缩短,更新快,品种增多,批量缩小。目前市场对产品的需求不仅是价廉物美,而且还要交货期短,售后服务好,乃至还要求具有深刻的文化内涵和良好的环境适应性。

3) 传统的管理、劳动方式、组织结构和决策准则都在经历着新的变革。

4) 包括资本与信息在内的生产能力在世界范围内迅速提高和扩散,形成了全球性的激烈竞争格局,市场经济化的潮流正在将越来越多的国家带进世界经济一体化之中。随着生产力的国际扩散,产业间和产业内的国际分工已成为一股不可抗拒的发展潮流。

21 世纪是知识经济来临的世纪。所谓知识经济,是一种以知识(而不是物质资源)作为其主要支柱的经济。知识经济的发展,在极大程度上依赖于知识的创造、传输和利用。近 30 年来,美国蓝领工人的人数从占劳动人口的 33% 下降到 17%,即产生了劳动力从工业向信息业和服务业的转移。世界各发达国家都在加速发展教育,尤其是高等教育和职业教育。在这样的大趋势下,可以预见,机械制造业需要加以调整和改造。其主要发展趋势是如下。

1. 现代机械制造业的信息化趋势

物质、能量和信息是构成制造系统的三大要素。前两者在历史上曾经占据主导地位,受到重视并进行研究、开发和利用。随着知识经济的到来,信息这一要素正在迅速上升成为制造系统的主导因素,并对制造业产生实质性的影响。现代产品是在其制造过程中所投入的知识和信息的物化与集成,这些知识和信息被物化在产品中,影响着产品的生产成本。产品信息的质(内容)规范该产品的使用价值,而产品信息的量则度量其交换价值。另外,信息技术的水平对于制造业的组织结构和运行模式有着决定性的影响。机械制造业从手工模式,发展到泰勒模式,直到现代模式,而制约与促进这一发展的基本因素是信息技术的水平。适应知识经济条件下的信息技术水平的制造业的组织结构和运行模式一定会在探索中形成。

2. 现代机械制造业的服务化趋势

今天的制造业正在演变为某种意义上的服务业。工业经济时代大批生产条件下的“以产品为中心”正在转变为“以顾客为中心”,一种“顾客化大生产(mass customized manufacturing)模式正在确立。在这种模式下,借助于分布式、网络化的制造系统,以大批生产条件生产各个顾客不同需求的产品,既可以满足顾客的个性化要求,又能高效率和高效益生产,实现高质量、低价格目标。今天,制造业所考虑和所操作的不止是产品的设计与生产,而是包括市场调查、产品开发或改进、生产制造、销售、售后服务,直到产品的报废、解体与回收的全过程,涉及产品的整个生命周期,体现了制造业全方位地为顾客服务、为社会服务的宗旨。

3. 现代机械制造业的高技术化趋势

促进机械制造业发展的有信息技术、自动化技术、管理科学、计算机科学、系统科学、经济学、物理学、数学、生物学等。机械制造业发展的方向主要有:

1) 切削加工技术的研究 切削加工是机械制造的基础方法,切削加工约占机械加工总量的 95% 左右。目前陶瓷轴承主轴的转速已达 15 000 ~ 50 000 r/min,采用直流电动机的数控进给速度可达每分钟数十米,高速磨削的切削速度可达 100 ~ 150 m/s。要研究新的刀具材料,提高刀具的可靠性和切削效率,研制柔性自动化用的刀具系统和刀具在线监测系统,还要进行切(磨)

削机理的研究。

2) 精密、超精密加工技术和纳米加工技术的研究 精密、超精密加工技术在高科技领域和现代武器制造中占有非常重要的地位。目前,日本大阪大学和美国 LLL 实验室合作研究超精密切削时,成功地实现了 1 nm 切削厚度的稳定切削;中小型超精密机床的发展已经比较成熟和稳定,美、英等国还研制出了几台有代表性的大型超精密机床,可完成超精密车削、磨削和坐标测量等工作,机床的分辨率可达 0.7 nm,是现代机床的最高水平。这方面的研究工作主要有:微细加工技术、电子束加工技术、纳米表面的加工技术(原子搬迁、去除和重组)、纳米级表面形貌和表层物理力学性能检测、纳米级微传感器和控制电路、纳米材料以及超微型机械,等等。

3) 先进制造技术的研究 先进制造技术是机械制造最重要的发展方向之一。目前,计算机辅助设计及辅助制造(CAD/CAM)一体化、柔性自动化制造技术——包括数控机床、加工中心、柔性制造单元(FMC)、柔性制造系统(FMS)等,在各发达国家已经得到生产应用,而计算机集成制造系统(CIMS)正处于研究和试用阶段。最近,还提出了有关生产组织管理的指导性的“精益生产(lean production)”模式以及敏捷制造(agile manufacturing)技术。后者是基于 Internet 网络技术而实施的基层单位计算机管理和自动化、计算机仿真和制造过程的虚拟技术,以及异地设计、异地制造和异地装配等。先进制造技术的研究已经取得显著成效,今后必将在原有基础上迅速发展和推广应用。

五、本课程的性质、特点与学习目的

“机械制造工艺”是一门机械类专业的主干专业课程,涉及面广、实践性强、综合性强、灵活性大是本课程的最大特点。学习本课程时,要重视实践性教学环节,如金工实习、生产实习是学习本课程的实践基础,不容忽视。本课程的综合实验和课程设计是重要的实践性教学环节,不仅可以帮助牢固掌握知识,培养综合应用知识的能力,而且有利于将知识转化为技术应用能力。生产中的实际问题,往往是千差万别的,生产的产品不同、批量不同、现场生产条件不同,其制造方法也不一样。

通过本课程的学习,要求学生对机械制造有一个总体的了解和把握,初步掌握金属切削过程的基本规律和机械加工工艺的基本知识,能选择机械加工方法、机床、刀具、夹具及切削加工参数,初步具备制订机械加工工艺规程的能力;掌握机械加工精度和表面质量的基本理论和基本知识,初步具备分析和解决现场工艺问题的能力。学习本课程时,关键在于掌握本课程的基本理论和基本知识,并灵活运用去处理质量、成本和生产效益三者的辩证关系,以求在保证质量的前提下经济效益最好。

第一章 工件的装夹与机床夹具基础

在机械加工过程中,为了保证加工精度,必须固定工件,使工件相对于机床或刀具占有确定位置,以完成工件的加工和检验。夹具是完成这一过程的工艺装备,它广泛应用于机械加工、装配、检验、焊接、热处理和铸造等工艺中。金属切削机床上使用的夹具称为机床夹具。工件在机床夹具中装夹的精度直接影响工件的加工精度,机床夹具在机械加工中占有十分重要的地位。

第一节 概 述

一、装夹的概念

工件的装夹是指工件的定位和夹紧。机械加工时,为使工件的被加工表面获得规定的尺寸和位置精度要求,必须使工件在机床上或夹具中占有某一正确的位置,这个过程称为定位。位置的正确与否,要用能否满足加工要求来衡量。

在加工过程中,工件在各种力的作用下应当保持这一正确位置始终不变,这个过程称为夹紧。工件的装夹过程就是工件在机床上或夹具中定位和夹紧的过程。工件在机床上装夹好以后,才能进行机械加工。装夹是否正确、稳固、迅速和方便,对加工质量、生产率和经济性均有较大影响。

1. 基准的概念及分类

基准的广义含义就是“依据”的意思。机械制造中所说的基准是指用来确定生产对象上几何要素间的几何关系所依据的那些点、线、面。根据作用和使用场合的不同,基准可分为设计基准和工艺基准两大类,其中工艺基准可分为:工序基准、定位基准、测量基准和装配基准。

(1) 设计基准

零件图上用以确定零件上某些点、线、面位置所依据的点、线、面,如图 1-1 所示。图 a 所示零件,对于尺寸 20 mm 而言,A、B 面互为设计基准;图 b 所示零件, $\phi 30$ mm 和 $\phi 50$ mm 的设计基准是轴心线,对于同轴度而言, $\phi 50$ mm 的轴心线是 $\phi 30$ mm 外圆同轴度的设计基准;图 c 所示零件,D 是 C 槽的设计基准;图 d 所示的主轴箱体,F 面的设计基准是 D 面,孔 III 和 IV 的设计基准是 D 和 E 面,孔 II 的设计基准是孔 III 和 IV 的轴心线。

(2) 工艺基准

工艺基准是零件加工与装配过程中所采用的基准,可分为以下四种。

1) 工序基准 工序图上用来标注本工序加工的尺寸和形位公差基准。就其实质来说,与设计基准有类似之处,只不过是工序图的基准。工序基准一般与设计基准重合,有时为了加工、测量方便,也可与定位基准或测量基准相重合。

2) 定位基准 加工中,使工件在机床上或夹具中占据正确位置所依据的基准。如用直接找正装夹工件,找正面就是定位基准;用划线找正装夹,所划线就是基准;用夹具装夹,工件与定位

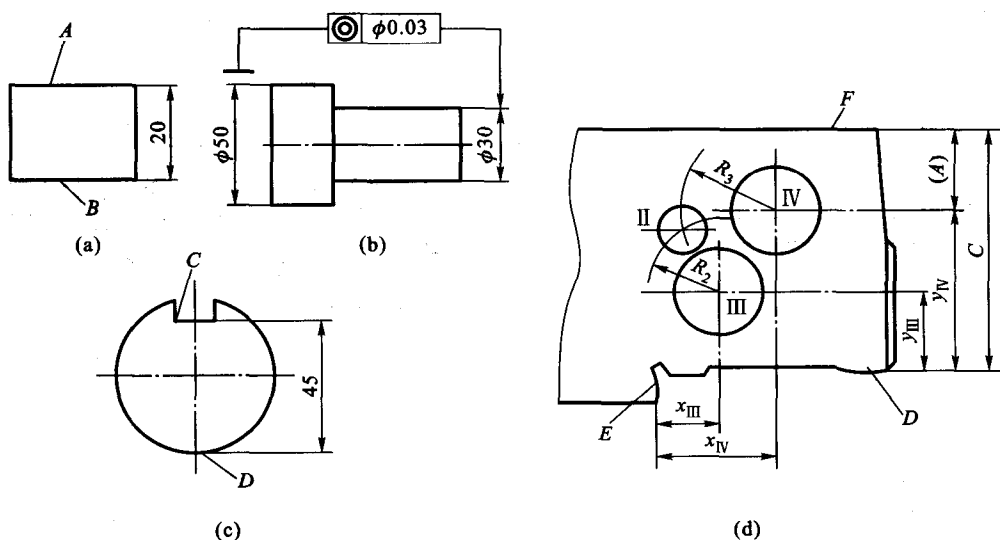


图 1-1 设计基准实例

元件相接触的面就是定位基准(定位基面)。

作为定位基准的点、线、面,可能是工件上的某些面,也可能是看不见摸不着的中心线、中心平面、球心等,往往需要通过工件某些定位表面来体现,这些表面称为定位基面。例如用三爪卡盘夹着工件外圆,体现以轴心线为定位基准,外圆面为定位基面。严格地说,定位基准与定位基面有时并不是一回事,但可以代替,只是中间存在一个误差问题,有关误差问题将在第四节介绍。

3) 测量基准 工件在加工中或加工后测量时所用的基准。

4) 装配基准 装配时,用以确定零件在部件或产品中的相对位置所采用的基准。

上述各类基准应尽可能使其重合。在设计机械零件时,应尽可能以装配基准作为设计基准,以便直接保证装配精度。在编制零件加工工艺规程时,应尽可能以设计基准为工序基准,以便保证零件的加工精度。在加工和测量工件时,应尽量使定位基准和测量基准与工序基准重合,以便消除基准不重合误差。

2. 工件的装夹方式

根据定位的特点不同,工件在机床上装夹一般有三种方式:直接找正装夹、划线找正装夹和用夹具装夹。

(1) 直接找正装夹

工件定位时,用量具(如百分表)、划线盘或目测直接在机床上找正工件上某一表面,使工件处于正确的位置,称为直接找正装夹。在这种装夹方式中,被找正的表面就是工件的定位基准。如图 1-2 所示的套筒零件,为了保证磨孔时的加工余量均匀,先将套筒预夹在四爪单动卡盘中,用划针或百分表找正内孔表面,如图 1-3 所示,使其轴心线与机床主轴回转中心同轴,然后夹紧工件。此时定位基准就是内孔而不是支承表面外圆。

这种装夹方式的定位精度与所用量具的精度和操作者的技术水平有关,找正所需的时间长,结果也不稳定,只适用于单件小批生产。但是当工件加工要求特别高,而又没有专门的高精度设

备或装备时,可以采用这种方式。此时必须由技术熟练的工人使用高精度的量具仔细地操作。

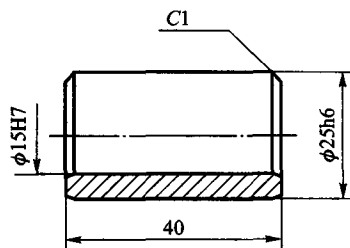


图 1-2 轴套

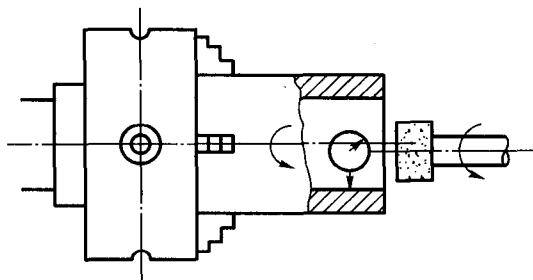


图 1-3 直接找正装夹

(2) 划线找正装夹

这种装夹方式是先按加工表面的要求在工件上划出中心线、对称线或各待加工表面的加工线,加工时在机床上按线找正以获得工件的正确位置。图 1-4 所示为在牛头刨床上按划线找正装夹。找正时可在工件底面垫上适当的纸片或铜片以获得正确的位置,也可将工件支承在几个千斤顶上,调整千斤顶的高低以获得工件正确的位置。此时支承工件的底面不起定位的作用,定位基准即为所划的线。此法受到划线精度的限制,定位精度比较低,多用于批量较小、毛坯精度较低以及大型零件的粗加工中。

(3) 用夹具装夹

机床夹具是指在机械加工工艺过程中用以装夹工件的机床附加装置,通常有通用夹具和专用夹具两种类型。车床的三爪自定心卡盘和铣床用平口虎钳便是最常用的通用夹具,图 1-5 所示的钻模是专用夹具的一个例子。从图中可以看出,工件 4 以其内孔为定位基准套在夹具定位销 2 上定位,用螺母和压板夹紧工件,钻头通过钻套 3 引导,在工件上钻出孔来。

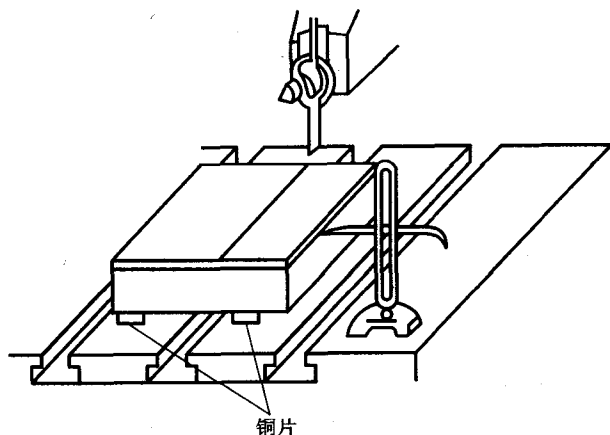


图 1-4 划线找正装夹

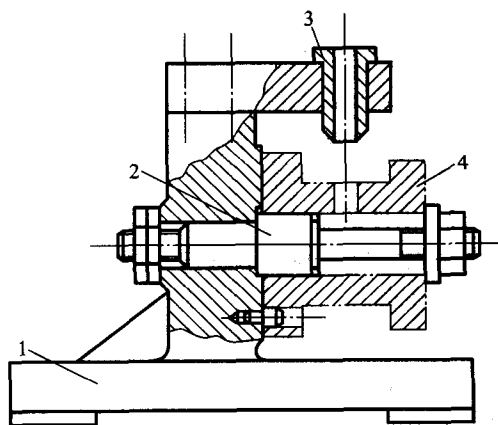


图 1-5 用夹具装夹工件

1—夹具体; 2—定位销; 3—钻套; 4—工件

使用夹具装夹时,工件在夹具中迅速而正确地定位与夹紧,不需找正就能保证工件与机床、刀具间的正确位置。这种方式生产率高、定位精度好,广泛用于成批以上生产和单件小批生产的

关键工序中。

二、机床夹具在机械加工中的作用

夹具是机械制造厂里的一种工艺装备。在机械制造过程中,广泛采用大量夹具,机床夹具就是夹具中的一种。它装在机床上,使工件相对刀具与机床保持正确的相对位置,并能承受切削力的作用。如车床上使用的三爪自定心卡盘、铣床上使用的平口虎钳、分度头等,都是机床夹具。机床夹具的作用主要有以下几个方面。

(1) 较容易、较稳定地保证加工精度

用夹具装夹工件时,工件相对于刀具(或机床)的位置由夹具来保证,基本不受工人技术水平的影响,因而能较容易、较稳定地保证工件的加工精度。例如,图1-6a所示零件的斜孔加工,就是用图1-6b所示的专用钻斜孔夹具完成。

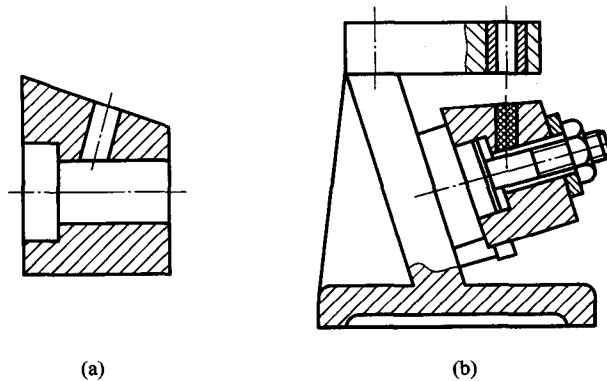


图1-6 专用钻斜孔夹具

(2) 提高劳动生产率

采用夹具后,工件不需划线找正,装夹也方便迅速,显著地减少了辅助时间,提高了劳动生产率。如采用图1-6b所示的专用钻斜孔夹具,省去了在工件加工位置划十字中心线、在交点打冲眼的时间,也省去了按工件角度要求找正冲眼位置的时间。

(3) 扩大机床的使用范围

使用专用夹具可以改变机床的用途和扩大机床的使用范围,实现一机多能。例如,在车床或摇臂钻床上安装镗模夹具后,就可对箱体孔系进行镗削加工。

(4) 改善劳动条件、保证生产安全

使用专用机床夹具可减轻工人的劳动强度,改善劳动条件,降低对工人操作技术水平的要求,保证安全。

三、机床夹具的分类

机床夹具的种类繁多,可以从不同的角度对机床夹具进行分类。常用的分类方法有以下几种。

(1) 按夹具的使用特点分类

1) 通用夹具 已经标准化的、可加工一定范围内不同工件的夹具,称为通用夹具,如三爪自

定心卡盘、机用平口虎钳、万能分度头、磁力工作台等。这些夹具已作为机床附件由专门工厂制造供应,只需选购即可使用。

2) 专用夹具 专为某一工件的某道工序加工设计制造的夹具,称为专用夹具。专用夹具一般在批量生产中使用,本书主要介绍专用夹具的设计。

3) 可调夹具 夹具的某些元件可调整或可更换,以适应多种工件加工的夹具,称为可调夹具。它还分为通用可调夹具和成组夹具两类。

4) 组合夹具 采用标准的组合夹具元件、部件,专为某一工件的某道工序组装的夹具,称为组合夹具。

5) 拼装夹具 用专门的标准化、系列化的拼装夹具零部件拼装而成的夹具,称为拼装夹具。它具有组合夹具的优点,但比组合夹具精度高、效能高、结构紧凑。它的基础板和夹紧部件中常带有小型液压缸。此类夹具更适合在数控机床上使用。

(2) 按使用机床分类

夹具按使用机床可分为车床夹具、铣床夹具、钻床夹具、镗床夹具、齿轮机床夹具、数控机床夹具、自动机床夹具、自动线随行夹具以及其他机床夹具等。

(3) 按夹紧的动力源分类

夹具按夹紧的动力源可分为手动夹具、气动夹具、液压夹具、气液增力夹具、电磁夹具以及真空夹具等。

四、机床夹具的组成

机床夹具的种类和结构虽然繁多,但它们的组成均可概括为下面几个部分。

(1) 定位装置

定位装置的作用是使工件在夹具中占据正确的位置。

如图 1-7 所示,钻后盖上的 $\phi 10$ mm 孔,其钻夹具如图 1-8 所示。夹具上的圆柱销 5、菱形销 9 和支承板 4 都是定位元件,通过它们使工件在夹具中占据正确的位置。

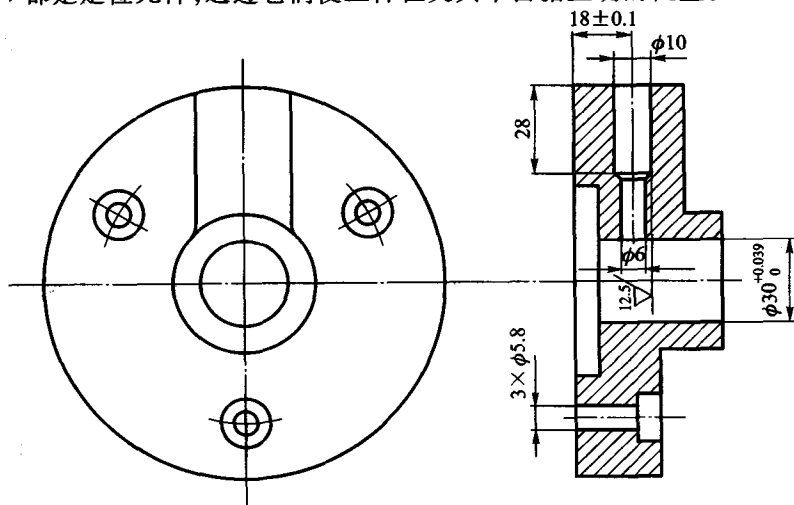


图 1-7 后盖零件钻径向孔的工序

(2) 夹紧装置

夹紧装置的作用是将工件压紧夹牢,保证工件在加工过程中受力(切削力等)作用时不离开已经占据的正确位置。图 1-8 中的螺杆 8(与圆柱销合成一个零件)、螺母 7 和开口垫圈 6 就起到了上述作用。

(3) 对刀或导向装置

对刀或导向装置用于确定刀具相对于定位元件的正确位置。如图 1-8 中钻套 1 和钻模板 2 组成导向装置,确定了钻头轴心线相对定位元件的正确位置。对刀塞尺和铣床夹具上的对刀块则为对刀装置。

(4) 连接元件

连接元件是确定夹具在机床上正确位置的元件。如图 1-8 中夹具体 3 的底面为安装基面,保证了钻套 1 的轴心线垂直于钻床工作台以及圆柱销 5 的轴心线平行于钻床工作台。因此,夹具体可兼作连接元件。车床夹具上的过渡盘、铣床夹具上的定位键都是连接元件。

(5) 夹具体

夹具体是机床夹具的基础件,如图 1-8 中的件 3,通过它将夹具的所有元件连接成一个整体。

(6) 其他装置或元件

它们是指夹具中因特殊需要而设置的装置或元件。如需加工按一定规律分布的多个表面,常设置分度装置;为能方便、准确地定位,常设置预定位装置;对于大型夹具,常设置吊装元件等。

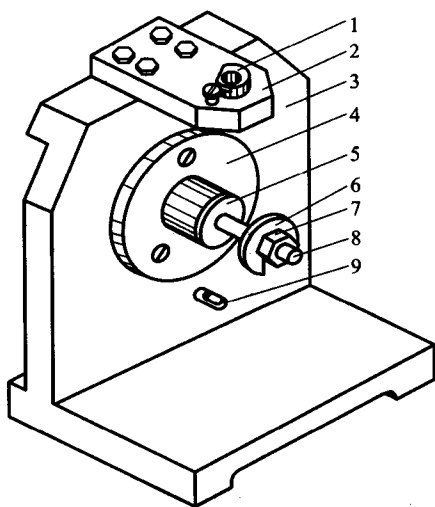


图 1-8 后盖钻夹具

1—钻套; 2—钻模板; 3—夹具体; 4—支承板;
5—圆柱销; 6—开口垫圈; 7—螺母;
8—螺杆; 9—菱形销

第二节 工件定位的基本原理

一、六点定位规则

1. 工件自由度及其限制

一个在空间处于自由状态的工件,位置的不确定性可描述如下。如图 1-9a 所示,将一未定位的工件放在空间直角坐标系中,工件可以沿 x 、 y 、 z 轴有不同的位置,称做工件沿 x 、 y 、 z 轴的位置自由度,用 $\vec{x}$ 、 $\vec{y}$ 、 $\vec{z}$ 表示;也可以绕 x 、 y 、 z 轴有不同的位置,称做工件绕 x 、 y 、 z 轴的角度自由度,用 $\hat{x}$ 、 $\hat{y}$ 、 $\hat{z}$ 表示。用以描述工件位置不确定性的 $\vec{x}$ 、 $\vec{y}$ 、 $\vec{z}$ 和 $\hat{x}$ 、 $\hat{y}$ 、 $\hat{z}$,称为工件的六个自由度。

确定工件相对于刀具和机床的正确加工位置,即是要限制工件的六个自由度。设空间有一固定点,工件的底面与该点保证接触,那么工件沿 z 轴的位置自由度就被限制了。如图 1-9b 所示,设有六个固定点,工件的三个面分别与这些点保持接触,工件的六个自由度就都被限制了。这些用来限制工件自由度的固定点,称为定位支承点,简称支承点。

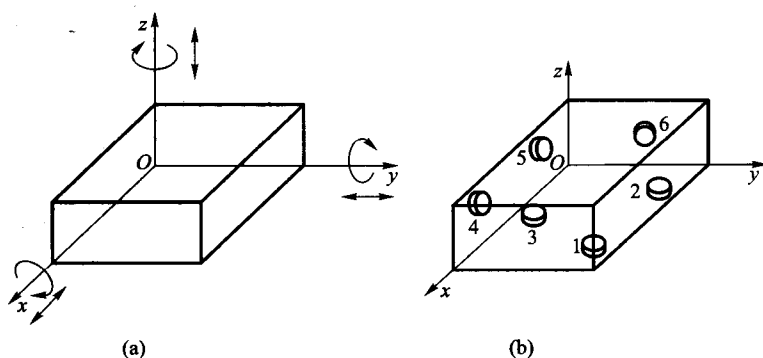


图 1-9 六点定位原理

无论工件的形状和结构怎么不同,它们的六个自由度都可以用六个支承点来限制,只是六个支承点在空间的分布不同罢了。

用合理分布的六个支承点限制工件六个自由度的法则,称为六点定则。

支承点的分布必须合理,否则六个支承点就限制不了六个自由度,或不能有效地限制六个自由度。例如,图 1-10 中工件底面上的 1、2、3 三个支承点限制了 $\vec{z}$ 、 $\hat{x}$ 、 $\hat{y}$,它们应放成三角形,三角形的面积越大,定位越稳。工件侧面上的 4、5 两个支承点限制了 $\vec{y}$ 、 $\vec{z}$,它们就不能垂直放置,否则,工件绕 z 轴的转动自由度 $\hat{z}$ 就不能限制了。

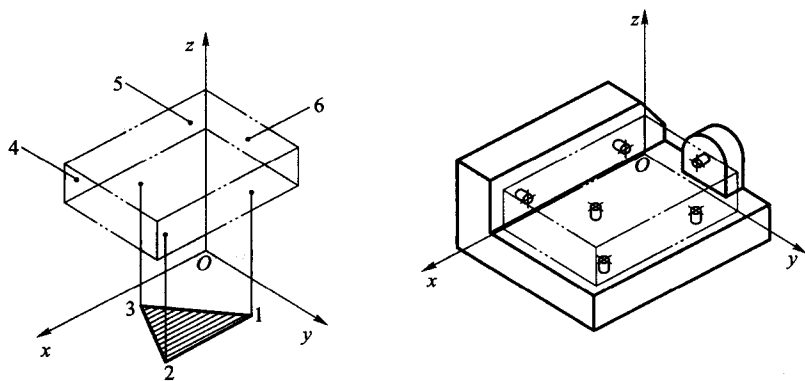


图 1-10 长方体定位支承点分布

六点定则是工件定位的基本法则,在生产实际中,起支承点作用的是一定形状的几何体。这些用来限制工件自由度的几何体就是定位元件。

2. 对工件定位的两种错误理解

在分析工件在夹具中的定位时,容易产生两种错误的理解。一种错误的理解认为:工件在夹具中被夹紧了,也就没有自由度而言,因此工件也就定了位。这种把定位和夹紧混为一谈,是概念上的错误。工件的定位是指所有加工工件在夹紧前要在夹具中按加工要求占有一致的正确位置(不考虑定位误差的影响),而夹紧是在任何位置均可夹紧,不能保证各个工件在夹具中处于