



全国高职高专教育“十一五”规划教材

专业基础系列

机械制造基础

张绪祥 李望云 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

机械制造基础

张绪祥 李望云 主编

高等教育出版社

内容提要

本书共 10 章,以机械制造方法和加工装备为主线,融入机床、刀具和金属切削原理,包括金属材料的热加工方法(铸造、锻压和焊接)、塑料的成形方法、车削加工方法、铣削和刨插削加工方法、钻削加工方法、镗削加工方法、拉削加工方法、磨削加工方法、齿轮加工方法、快速成形方法、精密加工方法、特种加工方法、表面处理等方法。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

机械制造基础/张绪祥,李望云主编. —北京:高等教育出版社, 2007.8

ISBN 978-7-04-021860-2

I. 机… II. ①张…②李… III. 机械制造-高等学校-教材 IV. TH

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 104072 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 张颖 责任印制 宋克学

出版发行 高等教育出版社

社址 北京市西城区德外大街 4 号

邮政编码 100011

总机 010-58581000

经销 蓝色畅想图书发行有限公司

印刷 北京印刷集团有限责任公司印刷二厂

购书热线 010-58581118

免费咨询 800-810-0598

网址 <http://www.hep.edu.cn>

<http://www.hep.com.cn>

网上订购 <http://www.landaco.com>

<http://www.landaco.com.cn>

畅想教育 <http://www.widedu.com>

开本 787×1092 1/16

印张 19.75

字数 480 000

版次 2007 年 8 月第 1 版

印次 2007 年 8 月第 1 次印刷

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 21860-00

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我院的教学资源,针对高职高专学生的特点,充分体现“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。

“机械制造基础”是在原机械制造专业的“金属工艺学”、“金属切削原理与刀具”、“金属切削机床”等专业课程的基础上,以机械制造方法和加工装备为主线整合而成的一门新课程。本书内容包括各种传统机械制造(包括热加工、冷加工)方法和特种加工方法,并对传统的教学内容进行了重新整合,建立了新的教学内容体系,具有综合性;在编写过程中,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,具有实用性。本书是按照机械制造与自动化专业进行编写的,内容丰富、涉及面广,在使用本书时,可按具体教学需要进行调整和取舍。

本书共 10 章,以机械制造方法和加工设备为主线,融入机床、刀具、金属材料的热加工方法(铸造、锻压和焊接)、塑料的成形方法、车削加工方法、铣削和刨插削加工方法、钻削加工方法、镗削加工方法、拉削加工方法、磨削加工方法、齿轮加工方法、快速成形方法、特种加工方法、表面处理方法等。本书可作为高职高专院校机械制造及其自动化、模具设计与制造、数控加工技术、机电一体化等专业的教材,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、九章)、李望云(第四、五章)、熊海涛(第六、七章)、武汉工程大学关丽(第八章)、刘旭华(第十章)。全书由张绪祥、李望云任主编,熊海涛任副主编。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 铰削加工	149
第一章 机械制造过程概述	6	第四节 镗削加工	154
第一节 机械制造过程	6	第五节 拉削加工	159
第二节 机械制造企业的生产组织	12	思考题与习题	166
思考题与习题	15	第七章 磨削加工	167
第二章 金属切削机床与刀具	16	第一节 概述	167
第一节 机械零件表面的成形过程	16	第二节 磨具的特征及选用	169
第二节 金属切削机床	21	第三节 磨削加工类型	174
第三节 刀具	35	第四节 先进磨削技术	182
思考题与习题	46	思考题与习题	186
第三章 金属切削过程	48	第八章 齿形加工	187
第一节 切削过程的基本规律	48	第一节 概述	187
第二节 切削过程基本规律的应用	62	第二节 滚齿加工	190
思考题与习题	72	第三节 插齿加工	202
第四章 车削加工	74	第四节 齿面的精加工	206
第一节 概述	74	思考题与习题	211
第二节 车床	77	第九章 铸造、锻压和焊接	212
第三节 车刀	100	第一节 铸造	212
第四节 典型车削加工	107	第二节 锻压	237
思考题与习题	109	第三节 焊接	253
第五章 铣削和刨插削加工	111	思考题与习题	275
第一节 铣削加工概述	111	第十章 其他加工方法	277
第二节 铣床	117	第一节 工程塑料的成形	277
第三节 铣刀	123	第二节 快速成形技术	281
第四节 刨插削加工	131	第三节 精密加工技术	283
思考题与习题	135	第四节 特种加工技术	293
第六章 钻削、铰削、镗削和拉削加工	136	第五节 表面处理技术	304
第一节 概述	136	思考题与习题	307
第二节 钻削加工	137	参考文献	308

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。

20 世纪 80 年代初,美国关于工业竞争的总统委员会的报告指出“美国在重要而又高速增长的技术市场中失利的一个重要原因是没有把自己的技术应用到制造业上”。美国麻省理工学院 MIT 的 16 位教授对美国工业的衰退问题进行了系统调查研究,调查了汽车、民用飞机、半导体和计算机、家用电器、机床等 8 个工业部门,经多年研究写成了《美国制造业的衰退及对策——夺回生产优势》一书,指出“振兴美国经济的出路在于振兴美国的制造业”,认为“经济的竞争归根到底仍然是制造技术和制造能力的竞争”,主张必须重视和发展机械制造业。美国在中东战争后提出的应当给予扶持的“对于国家繁荣与国家安全至关重要”的 22 项关键技术中,就有材料加工、计算机一体化制造技术、智能加工设备和纳米制造技术等 4 项直接与机械制造业有关的关键技术。近几年,美国、日本、德国等工业发达国家都把发展先进制造技术列为工业、科技的重点发展技术。美国政府历来认为,生产制造是工业界的事,政府不必介入。但经过 10 年反思,美国政府已经意识到,政府不能不介入工业技术的发展。自 20 世纪 80 年代中期以来,美国制订了一系列民用技术开发计划并切实加以实施。由于给予了重视,近年来美国的机械制造业有所振兴,汽车、机床、微电子工业又获得了较大发展。可见,机械制造业是国民经济赖以发展的基础,是国家经济实力和科技水平的综合体现,是每一个大国任何时候都不能掉以轻心的关键行业。

三、我国的机械制造业的发展状况

目前我国的机械制造业已经具有了相当雄厚的实力,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 $1/5 \sim 1/4$,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。但是,在高技术机床方面,我国与发达国家之间还存在相当差距。

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
技术问题,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趋势

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。

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) 先进技术的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 (而不是以物质资源) 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。工业经济时代大批量生产条件下的“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, 以大批量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

“机械制造基础”课程是一门机械类专业的主干专业基础课程,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。学习本课程后,要求达到以下目的:

1) 建立机械制造系统的基本概念,认识机械制造业在国民经济中的作用,了解机械制造业的发展历史和发展方向。

2) 掌握零件各种表面的金属切削加工方法、金属材料的热加工方法和特种加工方法,以及这些加工方法所能到达的精度等级和表面粗糙度。

3) 认识并掌握金属切削过程的基本规律,并能按具体工艺要求选择合理的刀具和切削用量。

4) 了解金属切削机床的功能、结构和传动系统,能根据工件的结构和表面形状合理选择金属切削机床和加工方法。

5) 对“生产的产品不同、批量不同、现场生产条件不同,其制造方法往往千差万别”有较深刻的理解。

6) 对特种加工原理应有一定认识,初步树立经济、成本、安全与环保,效率与效益等方面的工程意识。

第一章 机械制造过程概述

第一节 机械制造过程

一、企业生产过程中的基本概念

1. 生产系统

一种符合市场需求且有竞争力产品的出现，都要经过市场调查研究、产品的功能定位、结构设计、生产制造、销售服务到信息反馈、功能改进这一复杂的过程。这个过程包含了一个企业的全部活动，这些活动形成了一个具有输入、输出的封闭系统，即生产系统。

在生产系统中，企业与市场之间的交互过程是系统的决策级（Ⅰ级），企业内部不同功能环节之间的交互过程是系统的经营管理级（Ⅱ级），而最基础的工作则是由生产工艺和制造等部分构成的制造级（Ⅲ级）来完成。制造级是把产品设计的技术信息转化为实际产品的核心环节，它对市场定位的实现具有至关重要的影响。

2. 生产过程

根据设计信息将原材料和半成品转化为产品的全部过程称为生产过程。

生产过程包括原材料的运输保管和准备、生产的准备、毛坯制造、零件的制造过程、部件和产品的装配过程、质量检验、表面处理和包装等工作。这些环节之间的相互关系如图 1-1 所示。

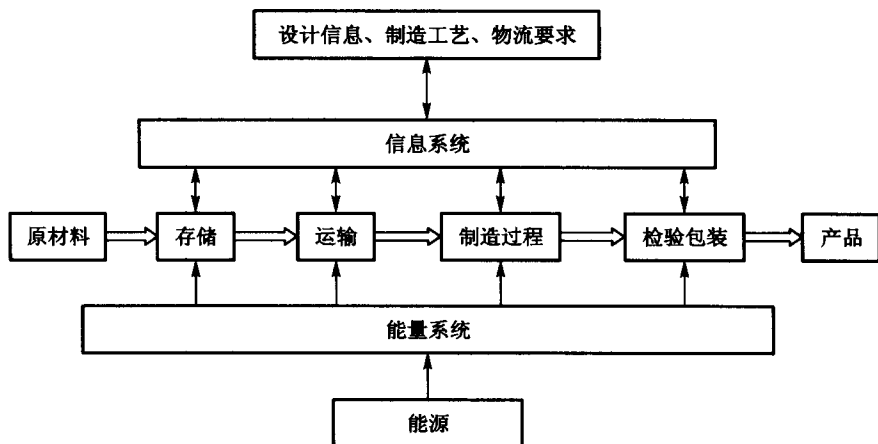


图 1-1 机械生产过程的构成

应该指出，上述的“原材料”和“产品”的概念是相对的，一个工厂的“产品”可能是另一个工厂的“原材料”，而另一个工厂的“产品”又可能是其他工厂的“原材料”。因为在现代

制造业中，通常是组织专业化生产的产品，如汽车制造，汽车上的轮胎、仪表、电器元件、标准件及其他许多零部件都是由其他专业厂生产的，汽车制造厂只生产一些关键零部件和配套件，并最后组装成完整的产品——汽车。产品按专业化组织生产，使工厂的生产过程变得较为简单，有利于提高产品质量，提高劳动生产率和降低成本，是现代机械工业的发展趋势。

3. 机械制造工艺过程

在生产过程中，毛坯的制造成形（如铸造、锻压、焊接等）、零件的机械加工、热处理、表面处理、部件和产品的装配等是直接改变毛坯的形状、尺寸、相对位置和性能的过程，称为机械制造工艺过程，简称工艺过程。

工艺过程是生产过程的主要组成部分，主要包括机械加工工艺过程和机械装配工艺过程。

1) 机械加工工艺过程 采用合理有序安排的各种加工方法，逐步改变毛坯的形状、尺寸和表面质量使其成为合格零件的过程。

2) 机械装配工艺过程 采用按一定顺序布置的各种装配工艺方法，把组成产品的全部零部件按设计要求正确地结合在一起形成产品的过程。

本课程主要研究零件的加工方法、产品的装配方法和由这些方法合理组合而形成的机械加工工艺和产品的装配工艺。

4. 机械制造工艺规程

对于同一零件或产品，其加工工艺过程或装配工艺过程可以是多种多样的，但对于确定的条件，可以有一个最为合理的工艺过程。在企业生产中，把合理的工艺过程以文件的形式规定下来，作为指导生产过程的依据，这一文件称为工艺规程。根据工艺内容的不同，工艺规程可分为机械加工工艺规程、机械装配工艺规程等多种形式。

二、机械制造工艺过程的组成

1. 概述

机器是由零件、组件、部件等组成的，因而一台机器的机械制造工艺过程包括从零部件的加工到整机装配的全过程。

首先，组成机器的每一个零件要经过相应的工艺过程由毛坯转变成为合格零件。在这一过程中，要根据零件的设计信息，制订每一个零件的加工工艺规程，根据工艺规程的安排，在相应的工艺系统中完成不同的加工内容。加工工艺系统由机床、刀具、夹具以及其他工艺装备和被加工零件构成。加工的零件不同，工艺内容不同，相应的工艺系统也不相同。工艺系统的特性及工艺过程参数的选择对零件的加工质量起决定性的作用。

其次，要根据机器的结构和技术要求，把某些零件装配成部件。部件是由若干组件、合件和零件在一个基准上装配而成的。部件在整机中能完成一定的、完整的功能。把零件和组件、合件装配成部件的过程，称为部装。部装的过程是依据部件装配工艺，应用相应的装配工具和技术完成的。部件装配的质量直接影响整机的性能和质量。

最后，是在一个基准部件上，把各个部件、零件装配成一台完整的机器。把零件和部件装配成最终产品的过程称为总装。在产品总装后，还要经过检验、试车、喷漆、包装等一系列辅助过程才能成为合格的产品。

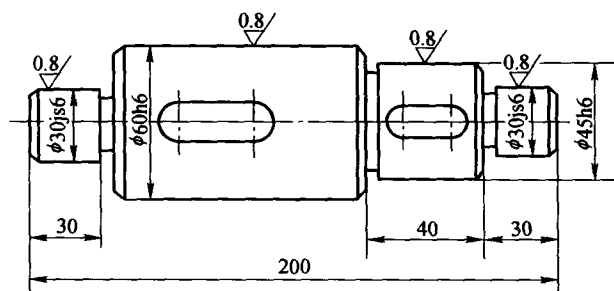
2. 工艺过程的组成

一个零件的加工工艺往往是比较复杂的，根据它的技术要求和结构特点，在不同的生产条件下，常常需要采用不同的加工方法和设备，通过一系列的加工步骤，才能使毛坯变成零件。在分析研究这一过程时，为了便于描述，需要对工艺过程的组成单元给予科学的定义。

机械加工工艺过程是由一个或若干个顺序排列的工序组成，而工序又可分为安装、工位、工步和走刀。

(1) 工序

工序是指一个或一组工人，在一台机床或一个工作地，对一个或同时对几个工件所连续完成的那部分工艺过程。区分工序的主要依据是工作地是否变动和加工是否连续。如图 1-2 所示的阶梯轴，当加工数量较少时，可按表 1-1 划分工序；当加工数目较大时，可按表 1-2 划分工序。



技术要求：两个 $\phi 30js6$ 的外圆面要进行淬火处理至 45 HRC。

图 1-2 阶梯轴简图

表 1-1 阶梯轴工艺过程（单件小批生产时）

工序号	工序内容	设备
1	车端面、钻顶尖孔	车床
2	车外圆留余量；车槽、倒角至尺寸	车床
3	铣键槽至尺寸、去毛刺	铣床
4	粗磨外圆	磨床
5	热处理	高频淬火机
6	精磨外圆	磨床

表 1-2 阶梯轴工艺过程（大批大量生产时）

工序号	工序内容	设备
1	两边同时铣端面、钻顶尖孔	铣端面钻顶尖孔专用机床
2	车一端外圆留余量；车槽、倒角至尺寸	车床
3	车另一端外圆留余量；车槽、倒角至尺寸	车床

续表

工序号	工序内容	设备
4	铣键槽至尺寸	铣床
5	去毛刺	钳工台
6	粗磨外圆	磨床
7	热处理	高频淬火机
8	精磨外圆	磨床

从表 1-1 和表 1-2 可以看出,当工作地点变动时,即构成另一工序。同时,在同一工序内所完成的工作必须是连续的,若不连续也即构成另一工序。下面着重解释“连续”的概念。所谓“连续”有按批“连续”和按件“连续”之分,表 1-1 与表 1-2 中,整批零件先在磨床上粗磨外圆后,再送高频淬火机高频淬火,最后再到磨床上精磨外圆,即使是在同一台磨床上,工作地点没有变动,但由于对这一批工件来说粗磨外圆和精磨外圆不是连续进行的,所以粗磨和精磨外圆为两道独立工序。除此以外,还有一个按件“不连续”问题,如表 1-2 中的工序 2 和工序 3,先将一批工件的一端全部车好,然后调头在同一车床上再车这批工件的另一端,虽然工作地点没有变动,但对每一个工件来说,两端的加工已不连续,严格按着工序的定义也可以认为是两道不同工序。不过在这种情况下,究竟是先将工件的两端全部车好再车另一阶梯轴,还是先将这批工件一端全部车好后再分别车工件的另一端,对生产率和产品质量均无影响,完全可以由操作者自行决定,在工序的划分上也可以把它当做一道工序。综上所述,如果工件在同一工作地点的前后加工,按批不是连续进行的,肯定是两道不同工序;如果按批是连续的而按件不连续,究竟算一道工序还是两道工序,要视具体情况而定。

工序是组成工艺过程的基本单元,也是制订生产计划和进行成本核算的基本单元。

(2) 安装

每一个工序内都包含了许多加工内容,有些加工内容需要工件处于不同的位置下才能完成,这就需要改变工件的位置。在采用传统设备加工时,往往需要对工件进行多次装夹,每次装夹下所完成的工序内容称为一次安装。在采用数控设备加工时,通过工作台的转位可以改变工件的位置,使所需的安装次数大大减少。如表 1-1 所示的工序 1 要进行两次装夹:先夹工件一端,车端面、钻顶尖孔,称为安装 1;再调头车另一端面,钻顶尖孔,称为安装 2。

工件在加工中,应尽量减少装夹次数,这不仅对保证零件的几何精度和位置精度是极为有利的,而且可以减少装夹误差和装夹工件所花费时间。

(3) 工位

在工件的一次安装中,通过各种回转或移动工作台、回转夹具或移动夹具,使工件先后处于几个不同的位置进行加工,工件相对于机床或刀具每占据一个加工位置所完成的那部分工艺过程,称为工位。如表 1-2 中工序 1 铣端面、钻顶尖孔,就有两个工位,工件装夹后,先在工位Ⅰ铣端面,然后工作台移动到工位Ⅱ钻顶尖孔,如图 1-3 所示。

(4) 工步

在同一工位上,可能要加工几个不同表面,也可能用几把不同刀具进行加工,还有可能用几种不同切削用量分几次进行加工。为了描述这个过程,工位下面又可细分工步。工步是指加

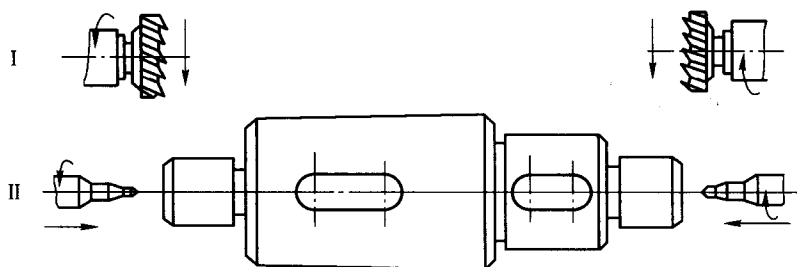


图 1-3 同时铣端面钻顶尖孔

工表面、加工工具和切削用量（不包括背吃刀量）都不变的情况下，所完成的那一部分工序内容。一般情况下，上述三个要素任意改变一个，就认为是不同工步了。但下述两种情况可以作为一种例外。第一种情况，对那些连续进行的若干个相同的工步，可看做一个工步。如图 1-4 所示零件，连续钻四个 $\phi 5 \text{ mm}$ 的孔，可看做一个工步钻 4 孔 $\phi 5 \text{ mm}$ ，以简化工艺文件。另一种情况，有时为了提高生产率，用几把不同刀具，同时加工几个不同表面，如图 1-5 所示，也可以看做一个工步，称为复合工步。

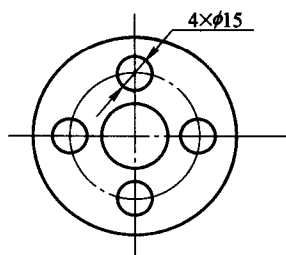


图 1-4 钻四个相同孔的工步

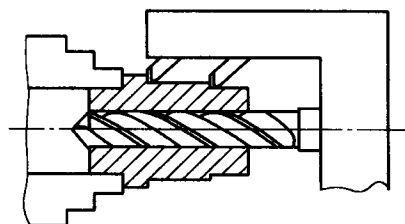


图 1-5 复合工步

(5) 走刀

在一个工步内，刀具在加工表面上切削一次所完成的工步内容，称为一次走刀。

三、零件（毛坯）成形方法

在机械制造的生产过程中，零件（毛坯）的成形要采用各种不同的制造工艺方法。这些方法利用不同的机理，使被加工对象（原材料、毛坯、半成品等）产生变化（指尺寸、几何形状、性质、状态等的变化）。按照加工过程中质量 m 的变化 Δm ，可以将零件（毛坯）的制造工艺方法分为材料成形工艺、材料去除工艺和材料累积工艺三种类型。

1. 材料成形工艺 ($\Delta m = 0$)

材料成形工艺（或贯通流程），是指加工时材料的形状、尺寸、性能等发生变化，而其质量未发生变化，属于质量不变工艺。材料成形工艺常用来制造毛坯，也可以用来制造形状复杂但精度要求不太高的零件。材料成形工艺的生产效率较高。常用的成形工艺有铸造、锻压、粉末冶金等。

(1) 铸造

铸造是将液态金属浇注到与零件的形状尺寸相适应的铸造型腔中，冷却凝固后获得毛坯或零件的工艺方法。基本工艺过程为制模、造型、熔炼、浇注、清理等。由于铸造时受各种因素

的影响,铸件可能存在组织不均匀、缩孔、热应力、变形等缺陷,使铸件的精度、表面质量、力学性能不高。尽管如此,由于适应性强、生产成本低,铸造加工仍得到十分广泛的应用。形状复杂,尤其有复杂内腔的零件毛坯常采用铸造。常用的铸造方法有砂型铸造、金属型铸造、熔模铸造、压力铸造、离心铸造等。其中,砂型铸造应用最广。

(2) 锻压

锻造与板料冲压统称为锻压。锻造是利用锻造设备对加热后的金属施加外力,使之发生塑性变形,形成具有一定形状、尺寸和组织性能的零件毛坯。经过锻造的毛坯,内部组织致密均匀,金属流线分布合理,零件强度高。因此,锻造常用于制造综合力学性能要求高的零件毛坯。锻造方法有自由锻造、模型锻造、胎膜锻造、轧制和挤压等。

板料冲压是在压力机上利用冲模将板料冲压成各种形状和尺寸的制品。由于板料冲压一般在常温下进行,故又称为冷冲压。冲压加工有极高的生产率和较高的加工精度,其加工形式有冲裁、弯曲、拉深、成形等。板料冲压在电气产品、轻工产品、汽车制造中有十分广泛的应用。

(3) 粉末冶金

粉末冶金是以金属粉末或金属与非金属粉末的混合物为原料,经模具压制、烧结等工序,制成金属制品或金属材料的工艺方法。粉末冶金制品的材料利用率能达到95%,可实现无切削加工,降低生产成本,因此在机械制造中获得日益广泛的应用。粉末冶金生产的工艺流程包括粉末制备、混配料、压制成形、烧结、整形等。

2. 材料去除工艺 ($\Delta m < 0$)

材料去除工艺(或发散流程)是以一定的方式从工件上切除多余的材料,得到所需形状、尺寸的零件。在材料的去除过程中,工件逐渐逼近理想零件的形状与尺寸。材料去除工艺是机械制造中应用最广泛的加工方式,包括各种传统和现代的切削加工、磨削加工和特种加工。

(1) 切削加工

切削加工是金属切削刀具在机床上切除工件毛坯上多余的金属,从而使工件的形状、尺寸和表面质量达到设计要求的工艺方法。常见的切削加工有车削、铣削、刨削、钻削、拉削、镗削等。

(2) 磨削加工

磨削加工是利用高速旋转的砂轮在磨床上磨去工件上多余的金属,从而达到较高的加工精度和表面质量的工艺方法。磨削既可加工非淬硬表面,也可加工淬硬表面。常见的磨削加工方式有内外圆磨削、平面磨削、成形磨削等。

(3) 特种加工

特种加工是利用电能、热能、化学能、光能、声能等对工件进行材料去除的加工方法。特种加工不是主要依靠机械能,而是主要用其他能量去除金属材料;特种加工的工具硬度可以低于被加工工件材料的硬度;加工过程中工具和工件中不存在显著的机械切削力。常用的特种加工方法有电火花加工、电解加工、激光加工、超声波加工、水喷射加工、电子束加工、离子束加工等。

3. 材料累积工艺 ($\Delta m > 0$)

材料累积工艺(或收敛流程)是指利用一定的方式使零件的质量不断增加的工艺方法。包

括传统的连接方法、电铸电镀加工和先进的快速成形技术。

(1) 连接与装配

传统的累加方式有连接与装配，可以通过不拆卸的连接方法如焊接、粘接、铆接和过盈配合等，使物料结合成一个整体，形成零件或部件；也可以通过各种装配方法，如螺纹连接、销连接等使若干零件装配连接成组件、部件或产品。

(2) 电铸电镀加工

电铸加工、表面局部涂镀加工和电镀都是利用电镀液中的金属正离子在电场的作用下，逐渐镀覆沉积到阴极上去，形成一定厚度的金属层，达到复制成形、修复磨损零件和表面装饰防锈的目的。

(3) 快速成形

近几年才发展起来的快速成形技术 (RP)，是材料累积工艺的新发展。快速成形技术是将零件以微元叠加方式逐渐累积生成，将零件的二维实体模型数据经计算机分层切片处理，得到各种截面轮廓；按照这些轮廓，激光束有选择地切割一层层的纸 (LOM 叠层法)，或固化一层层的液态树脂 (SL 光固化法)，或烧结一层层的粉末材料 (SLS 烧结法)，或喷射源有选择性地喷射一层层的粘结剂或热熔材料 (FDM 熔融沉积法)，形成一个个薄层，并逐步叠加成三维实体，快速成形技术可以直接、快速、精确地将设计思想物化为具有一定功能的原型或直接制造零件，从而可以对产品设计进行快速评价、修改及功能试验，有效地缩短了产品的研发周期，是近年来制造技术领域的一次重大突破。

第二节 机械制造企业的生产组织

机械产品的制造过程是一个复杂的过程，需要经过一系列的机械加工工艺和装配工艺才能完成。工艺过程的要求是优质、高效、低耗，以取得良好的经济效益。不同的产品其制造工艺各不相同，即使是同一种产品，在不同的生产条件下其制造工艺过程也不相同。

一种产品的制造工艺过程的确定不仅取决于产品的自身机构、功能特征、精度要求以及企业的设备技术条件和水平，更取决于市场对产品的种类和产量的要求。

工艺过程的不同，决定了生产系统的构成也不相同，从而有了不同的生产过程，这些差别的综合反映就是企业的生产组织类型的不同。

一、生产纲领

生产纲领是企业根据市场要求和自身的生产能力决定的，是在计划期内应当生产产品的产量和进度计划。计划期为一年的生产纲领称为年生产纲领。

零件的年生产纲领要计入备件和废品数量，其计算式为

$$N = Qn(1 + \alpha + \beta)$$

式中：N —— 零件的年产量；

Q —— 产品的年产量；

n —— 每台产品中该零件的数量；

α —— 该零件的备件率；