

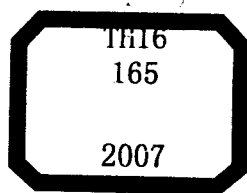
普通高等教育机械工程类规划教材

机械制造 技术基础

蔡安江 主编



 机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



普通高等教育机械工程类规划教材

机械制造技术基础

主 编	蔡安江		
副主编	吴 锐	魏 敏	
参 编	阮晓光	林 红	郝长青
	彭建洪	葛 云	马少辉
主 审	段志善	许云华	

机 械 工 业 出 版 社

本书是以教育部机械工程类专业教学指导委员会推荐的指导性教学计划为基础,结合近年来高等学校课程教学改革的研究成果与实践而组织编写的。

本书是由机械工程类专业的多门技术基础课的核心内容综合而成,以机械制造工艺学为主线,内容覆盖了切削原理、机械制造装备和现代制造技术,较系统地构建了机械制造技术的基础知识体系。本书内容力求精炼,学以致用,便于自学。

全书共分五篇十章,内容包括机械制造工业的发展和作用、机械制造技术概述、金属切削机床、机床夹具设计、金属切削刀具、切削过程的优化与控制、机械加工质量与控制、机械加工工艺规程设计、机械装配工艺规程设计和机械制造技术的发展等。各章后均附有习题。全书采用最新国家标准与术语。

本书可作为高等学校机械工程类专业和近机械类专业本、专科生的教材或教学参考书,也可供工程技术人员、科研人员自学和参考。

图书在版编目(CIP)数据

机械制造技术基础/蔡安江主编. —北京:机械工业出版社, 2007.1
普通高等教育机械工程类规划教材
ISBN 7-111-20084-5

I. 机... II. 蔡... 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(2006)第 124252 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑:季顺利 版式设计:霍永明 责任校对:王欣

封面设计:鞠杨 责任印制:李妍

北京中兴印刷有限公司印刷

2007 年 1 月第 1 版第 1 次印刷

184mm×260mm 14.75 印张·360 千字

定价:22.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

本社购书热线电话(010)68326294

编辑热线电话(010)88379727

封面无防伪标均为盗版

前言

本书是以教育部机械工程类专业教学指导委员会推荐的指导性教学计划为基础,结合近年来高等学校课程教学改革的研究成果与实践而组织编写的。

本书在内容组织上力求创新、精炼,概括了原几门技术基础课程的主要内容与基本概念、基本理论和基本方法,构成了新的机械工程及自动化专业的主干技术基础课程,它既对以往的教材有一定的继承性,又体现了先进制造技术的发展和专业的培养。

本书编写的指导思想是以机械制造工艺学为主线,内容覆盖了切削原理、机械制造装备(机床、夹具、刀具)和现代制造技术,较系统地构建了机械制造技术的基础知识体系。书中全面采用最新国家标准的计量单位、名词术语、材料牌号等。

本书由西安建筑科技大学蔡安江任主编,洛阳大学吴锐、石河子大学魏敏任副主编,蔡安江、阮晓光负责全书的统编定稿,魏敏对第4章、第9章和第10章的统稿和校审做了大量的工作。参加本书编写的人员:西安建筑科技大学蔡安江编写第1章、第2章和第10章10.2节中的10.2.5、10.2.7;林红编写第3章;郝长青编写第5章和第6章6.1、6.2节;彭建洪编写第6章6.3节;阮晓光编写第7章;石河子大学葛云编写第4章;魏敏编写第9章;洛阳大学吴锐编写第8章;塔里木大学马少辉编写第10章10.1节、10.2节中的10.2.1~10.2.4及10.2.6和10.3节。

本书承蒙西安建筑科技大学段志善教授、许云华教授审阅。在编写和审稿过程中,教育部机械基础课程教学指导分委员会主任、清华大学傅水根教授给予了热情的鼓励与支持,并提出了许多宝贵的意见与建议,段福来教授、坎杂教授、孙佩琪老师也对本书提出了许多建议。此外,本书作为西安建筑科技大学校级重点建设教材得到了学校各有关单位及相关高校的大力支持和帮助,谨此表示衷心的感谢!

本书吸取和参考了许多专家和学者的研究成果,谨致谢意。

由于编者水平有限,加之编写创新教材的经验不足,谬误疏漏之处在所难免,诚望各位老师和读者不吝赐教。

编者

目 录

前言

第1篇 机械制造技术概论 1

第1章 机械制造业的发展和作用 1

- 1.1 机械制造业的发展与趋势 1
 - 1.1.1 机械制造业的发展历程 1
 - 1.1.2 我国机械制造业的发展与差距 2
 - 1.1.3 未来制造业的特征 4
- 1.2 机械制造业在国民经济中的地位 and 作用 5
- 1.3 课程的性质及研究内容 6
- 习题与思考题 6

第2章 机械制造技术概述 7

- 2.1 制造与制造系统 7
 - 2.1.1 制造的概念 7
 - 2.1.2 制造系统的概念 7
- 2.2 生产类型及其工艺特征 9
- 2.3 制造技术 11
 - 2.3.1 制造技术的概念 11
 - 2.3.2 机械制造技术 11
 - 2.3.3 制造技术的创新 14
- 习题与思考题 15

第2篇 机械加工工艺系统 16

第3章 金属切削机床 16

- 3.1 概述 16
 - 3.1.1 机床的类型 16
 - 3.1.2 机床的组成 19
 - 3.1.3 机床的运动 19
 - 3.1.4 机床技术性能指标 20
- 3.2 数控机床 20
 - 3.2.1 数控机床的分类 20
 - 3.2.2 数控机床的工作原理及组成 21
 - 3.2.3 数控机床的典型机械结构 22
- 3.3 机床的选用 24

- 3.3.1 普通机床的适用范围和工艺特点 24
- 3.3.2 根据典型表面的加工方案选择机床 27
- 3.3.3 根据工件的形位公差要求选用机床 28
- 习题与思考题 29

第4章 机床夹具设计 30

- 4.1 机床夹具概述 30
 - 4.1.1 机床夹具的组成 30
 - 4.1.2 机床夹具的分类 31
 - 4.1.3 机床夹具的作用 31
- 4.2 工件在夹具中的定位 32
 - 4.2.1 基准的概念 32
 - 4.2.2 工件的定位原理 33
 - 4.2.3 定位方法和定位元件 36
 - 4.2.4 定位误差的分析与计算 40
- 4.3 工件在夹具中的夹紧 43
 - 4.3.1 夹紧装置的组成和要求 43
 - 4.3.2 夹紧力的确定 43
 - 4.3.3 典型夹紧机构 47
 - 4.3.4 夹紧动力装置 52
- 4.4 典型机床夹具 54
 - 4.4.1 钻床夹具 54
 - 4.4.2 铣床夹具 56
 - 4.4.3 车床夹具 57
- 4.5 成组夹具、组合夹具与随行夹具 58
 - 4.5.1 成组夹具 58
 - 4.5.2 组合夹具 60
 - 4.5.3 随行夹具 61
- 4.6 机床夹具设计原则和方法 62
 - 4.6.1 机床夹具设计的基本要求 62
 - 4.6.2 机床夹具设计的一般步骤 62
 - 4.6.3 夹具设计中应注意的问题 63
- 4.7 计算机辅助夹具设计 65
 - 4.7.1 概述 65
 - 4.7.2 计算机辅助夹具设计采用的

主要方法	66	7.1.2 加工精度的获取方法	106
4.7.3 计算机辅助夹具设计的发展	66	7.2 影响加工精度的因素	107
4.7.4 计算机辅助夹具设计系统应用 软件的设计方法	67	7.2.1 工艺系统的几何误差	107
习题与思考题	67	7.2.2 工艺系统受力变形引起的 误差	110
第5章 金属切削刀具	70	7.2.3 工艺系统热变形引起的误差	113
5.1 切削刀具的种类	70	7.2.4 工件内应力引起的误差	115
5.2 常用刀具	70	7.2.5 原理误差、调整误差与测量 误差	116
5.2.1 车刀	70	7.2.6 提高加工精度的途径	116
5.2.2 孔加工刀具	72	7.3 加工精度统计分析方法	117
5.2.3 铣刀	76	7.3.1 加工误差的分类	117
5.2.4 拉刀	78	7.3.2 分布图分析法	118
5.2.5 螺纹刀具	80	7.3.3 点图分析法	123
5.2.6 齿轮加工刀具	84	7.4 机械加工表面质量	124
5.3 磨料与磨具	86	7.4.1 加工表面质量的概念	124
5.3.1 磨料	86	7.4.2 机械加工表面质量对零件使用 性能的影响	125
5.3.2 磨具	87	7.4.3 影响机械加工表面质量的 因素	126
5.4 自动线与数控机床刀具	88	7.5 机械加工过程中的振动	129
5.4.1 自动线刀具	88	7.5.1 自由振动	129
5.4.2 数控机床刀具	89	7.5.2 机械加工过程中的强迫振动	129
习题与思考题	90	7.5.3 机械加工过程中的自激振动	130
第6章 切削过程的优化与控制	91	7.5.4 机械加工振动的诊断	132
6.1 刀具的磨损与刀具的寿命	91	7.5.5 控制机械加工振动的途径	134
6.1.1 刀具磨损	91	习题与思考题	136
6.1.2 刀具破损	94	第4篇 工艺规程设计	138
6.1.3 刀具寿命	95	第8章 机械加工工艺规程设计	138
6.2 刀具的状态监控与管理	97	8.1 工艺规程设计概述	138
6.2.1 刀具的状态监控	97	8.1.1 机械加工工艺过程	138
6.2.2 刀具的管理	99	8.1.2 机械加工工艺规程的作用	140
6.3 材料的切削加工性	101	8.1.3 机械加工工艺规程的格式	141
6.3.1 材料切削加工性的概念与 衡量指标	101	8.1.4 机械加工工艺规程的设计 原则	143
6.3.2 材料性能对切削加工性的 影响	102	8.1.5 机械加工工艺规程的设计 步骤	143
6.3.3 难加工材料的切削加工性	104	8.2 机械加工工艺规程设计	144
6.3.4 改善材料切削加工性的方法	105	8.2.1 定位基准的选择	144
习题与思考题	105	8.2.2 工艺路线的拟定	146
第3篇 机械加工质量	106	8.2.3 工序尺寸的确定	152
第7章 机械加工质量与控制	106	8.2.4 时间定额和提高生产率的	
7.1 机械加工精度概述	106		
7.1.1 加工精度与加工误差	106		

工艺途径	165
8.3 工艺规程的技术经济分析	170
8.3.1 工艺成本的组成及计算	170
8.3.2 工艺规程经济方案的评比	172
8.4 成组技术	172
8.4.1 成组技术的概念	173
8.4.2 零件的成组分类编码	173
8.4.3 成组加工工艺过程设计	174
8.5 计算机辅助工艺过程设计	175
8.5.1 CAPP 的基本方法	175
8.5.2 CAPP 的基本结构	177
习题与思考题	178
第 9 章 机械装配工艺规程设计	180
9.1 机械装配概述	180
9.1.1 机械装配的基本概念	180
9.1.2 装配工艺系统图	180
9.2 装配尺寸链	181
9.2.1 装配精度的概念	181
9.2.2 装配尺寸链的建立	182
9.2.3 装配尺寸链的计算方法	184
9.3 保证装配精度的装配方法	185
9.3.1 互换装配法	185
9.3.2 选择装配法	188
9.3.3 修配装配法	190
9.3.4 调整装配法	192
9.4 装配工艺规程的制订	194
9.4.1 制订装配工艺规程的基本原则 及原始资料	194
9.4.2 制订装配工艺规程的步骤	195
9.5 机器结构的装配工艺性	196
9.5.1 机器结构应能分成独立的	

装配单元	196
9.5.2 减少装配的修配和机械加工	197
9.5.3 机器结构应便于装配和拆卸	198
9.6 机械装配的自动化	198
9.6.1 自动装配机与装配机器人	199
9.6.2 装配自动线	201
习题与思考题	202
第 5 篇 机械制造技术的发展	204
第 10 章 现代制造技术	204
10.1 现代制造技术的发展	204
10.1.1 现代制造技术的特点	204
10.1.2 现代制造技术的内容和 发展趋势	204
10.2 先进制造技术	206
10.2.1 超精密加工	206
10.2.2 微机械制造	208
10.2.3 超高速加工	209
10.2.4 纳米加工	210
10.2.5 复合加工	212
10.2.6 快速原型制造技术	214
10.2.7 现代表面技术	217
10.3 机械制造自动化技术	219
10.3.1 机械制造自动化技术的 内涵	219
10.3.2 机械制造自动化技术的 发展趋势	220
10.3.3 柔性制造技术	221
10.3.4 计算机集成制造系统	224
习题与思考题	226
参考文献	227

第 1 篇 机械制造技术概论

第 1 章 机械制造业的发展和作用

1.1 机械制造业的发展与趋势

1.1.1 机械制造业的发展历程

物质生产始终是人类社会生存发展的基础，人类文明的发展和制造业的发展是密切相关的。机械制造业的发展过程，是一个不断提高机械制造产品的加工精度和加工表面质量、不断提高和完善制造过程的自动化水平、不断降低制造成本、不断提高生产效率的过程。

人类的制造活动最早追溯到新石器时代。在新石器时代，人们利用石器作为劳动工具，制造处于一种萌芽阶段。到了青铜器和铁器时代，制造业主要是以利用人力进行纺织、冶炼和铸造各种农耕器具为主的原始制造活动，并以手工作坊的形式出现，形成了以分工为基础的协作工场手工制造业，较好地满足了以农业为主的自然经济的需要。

18 世纪中叶，自瓦特发明了蒸汽机，制造业取得了历史性的进步。机械技术与蒸汽动力技术相结合，标志着机器—蒸汽动力时代的到来，产生了第一次工业革命，出现了火车、轮船、由动力驱动的纺织机械和金属切削机床等，工场手工制造业向大机器制造业发展，为制造业提供了机械加工的基础装备，并制造出满足机械制造、纺织、矿山、农业、化工、原材料、交通运输和建筑等不同行业需求的各种机器，近代工业化大生产开始出现。而后，直流发电机和三相异步电动机的发明，标志着电气时代的开始，电作为新的动力源大大改变了机器结构和生产效率。在这一阶段，出现了以经验管理为主、生产过程简单、分工不专业、生产规模小的原始机械工厂，形成了以机器和蒸汽动力技术为核心的各类技术相互联结和依存的制造工业技术体系。

19 世纪末 20 世纪初，内燃机的发明又引发了制造业的革命，生产规模逐渐扩大，制造业进入了以汽车为代表的大批量生产方式和技术（零件互换技术等），出现了生产流水线，分工日趋明确，工厂的管理方式实现了以泰勒管理方法为代表的科学管理方式。在这一阶段，制造业实现了以刚性自动化为特征的大量生产方式和“规模效益第一”的生产方式（降低劳动力成本获得高效益），产生了工业技术的革命和创新，形成了以机械—电力技术为核心的各类技术相互联结和依存的制造工业技术体系。20 世纪 50 年代该生产方式发展到了顶峰。

20 世纪 70 年代，随着工业市场竞争的不断加剧，大批量的生产方式开始逐步向多品

种、中小批量的生产方式转变。大规模集成电路的出现,电子信息技术的迅猛发展,各种工艺技术及装备的进步以及自动化技术的发展,为多品种、中小批量的生产方式提供了技术支持和装备支持。在这一阶段,制造业逐步实现了柔性自动化生产,形成了面向制造的设计、满足用户要求的设计/制造及准时生产 JIT(Just In Time) 的制造理念。

20 世纪 80 年代,制造业环境发生了巨大的变化,市场竞争日趋全球化、激烈化,消费者的需求日趋主体化、个性化和多样化,市场竞争的焦点集中在以最短的时间(T)开发出高质量(Q)、低成本的产品(C),投放市场,并提供用户好的服务(S)。在这一阶段,基于先进的计算机技术和自动化技术的先进制造技术成为制造业赢得市场竞争的主要手段,其主要有:CAD(Computer Aided Design)、CAPP(Computer Aided Process Planning)、CAM(Computer Aided Manufacturing)、DNC(Directed Numerical Control)、FMS(Flexible Manufacturing System)、MRP(Manufacturing Resources Planning)、GT(Group Technology)、PDM(Product Data Management)等。

20 世纪 90 年代,计算机网络技术的发展给制造业带来了巨大的变化,全球经济一体化进程打破了传统的地域经济发展模式,市场变得更加广阔,市场竞争的焦点已集中在快速响应瞬息万变的市场需求上,制造业逐步向柔性化、集成化、智能化和网络化发展,产生了许多先进的制造模式,如 ERP(Enterprise Resource Planning)、CE(Concurrent Engineering)、LP(Lean Production)、AM(Agile Manufacturing)、VM(Virtual Manufacturing)等。

进入 21 世纪,随着全球环境的日益恶化,制造业对环境所产生的影响已成为当前制造科学所必须面临解决的重大问题,以绿色制造为代表的环保型制造受到广泛的关注,它的实施将给 21 世纪的制造业带来一系列重大变革和技术创新。

机械制造业的发展历程按其生产方式的变化可以概括为劳动密集型、设备密集型、信息密集型、知识密集型和智能密集型的发展过程,其总是与社会生产力水平的发展、先进制造技术的应用、市场需求的变化和社会需求的变化这四大因素紧密相关。

1.1.2 我国机械制造业的发展与差距

1. 我国制造业的发展

我国是世界文明古国,是世界上使用和发展机械最早的国家之一,机械制造具有悠久的历史。早在公元前二千多年的青铜器时代,随着农业和手工业的发展,我国已应用了各种机械作为生产工具,如青铜刀、锯、锉等,并制成了纺织机械;公元 260 年左右,就发明并使用了木制齿轮,应用轮系原理制成了水力驱动的谷物加工机械;公元 1668 年(明代),就创造了和现在的铣削加工相类似的机械加工方法,用畜力带动铣刀进行铣削,用磨石进行磨削,且加工精度与表面粗糙度均达到相当高的水平。

近代历史中,由于封建制度的腐败和帝国主义的侵略,我国机械制造业落后了。据统计,直到 1915 年上海荣昌泰机器厂才制造出国产的第一台车床,1947 年民用机械工业只有三千多家,拥有机床两万多台,我国的机械制造工业长期处于停滞状态。

自新中国建立以来,机械工业成为我国工业生产中发展最快的行业之一,有了很大的发展,已经成为工业产业中产品门类比较齐全、具有相当规模和一定技术基础的产业之一,为其他产业部门的发展作出了重要贡献。建国初期以万吨水压机等为代表的各种重型装备的研制成功,标志着我国已经建立起一个比较完善的机械工业体系。尤其是改革开放 20 多年来,

我国的机械制造业充分利用国内外的技术资源,依靠科技进步得到了迅速地发展,机械工业产值居国内工业的前列。机械产品的出口一直位于国内出口额的前列,成为我国扩大外贸出口的支柱产品,不少重要产品产量已跃居世界前列,如:2001年的汽车年产量225.5万辆,居世界第八位,机床产值稳居世界前六位,发电设备装机容量位居世界前三位。目前,全国电力、钢铁、石油、交通、矿山等基础工业部门所拥有的机电产品总量中,约80%是我国自己制造的,其中6000m电驱动沙漠钻机已达到国际先进水平,300MW和600MW火力发电机组已成为国家电力工业的主力机组。2000年数控机床国内消费量已达23481台,国产数控机床的国内市场占有率达50%;金属切削机床年产15万台,产量的数控化率已达8.5%,产值的数控化率已达30%;发电设备年产1600万kW;许多与人民生活密切相关的主要耐用消费机电产品的产量(电冰箱年产1045万台、家用空调机年产9800万台、摩托车年产1153万辆)已位居世界前列。同时,我国制造业已掌握了一批先进的重大成套设备的核心技术,如全面掌握300MW和600MW火力发电机组的设计和制造,自制率达到90%~95%以上;成功研制400MW李家峡混流式水力发电机组;独立设计制造了秦山核电站机组;生产了超大型露天矿成套设备;掌握了25.4m/s的热连轧机和31.6m/s的冷连轧机;30万t合成氨装置的设计和制造;3000万t煤炭港口装卸成套设备的制造等。现在,我国已跻身世界机械工业制造大国的行列。

2. 我国机械制造业存在的差距

半个世纪以来,我国机械制造业从无到有、从小到大,取得了巨大的发展,成就举世瞩目,但与世界先进水平相比,整体技术水平和国际竞争能力还存在着明显的差距,主要表现在以下几个方面:

1) 产品在功能、质量方面存在着较大差距。产品档次低,产品构成落后,高水平的产品较少。目前,我国机械工业主导产品水平达到当代国际先进水平的不到5%;达到20世纪90年代国际先进水平的占25%;还处于60~70年代水平的仍占25%。

2) 经济建设和高新技术产业所需的尖端设备和大型设备主要依赖进口,如制造集成电路的光刻设备、600MW以上的大型发电机组等。

3) 基础零部件、基础工艺的专业化水平低,与国外先进水平存在着较大差距。如我国铸造生产专业化比例为30%、锻造为15%、热处理为20%,而美国、日本和西欧各国的机械工业专业化水平为75%~95%。

4) 制造业的人均劳动生产率较低,仅为美国的1/25、日本的1/26、德国的1/20。

5) 创新开发能力差,具有自主知识产权的高技术产品少,企业的技术来源主要依赖国外,大多数电子及通信设备的核心技术仍依赖进口。

6) 企业对市场需求的快速响应能力不高,我国新产品的平均开发周期为18月,而美国、日本、德国等新产品的平均开发周期为4~6月。

7) 企业生产管理技术落后,先进的管理模式和手段未能得到有效的实施。

目前,我国虽已成为制造业大国,但要成为制造业强国,还要付出艰辛的努力。

3. 我国机械制造业的发展战略

为缩小与先进工业水平国家的差距,针对我国机械制造业的现状,制定了我国机械制造业的发展战略:

1) 以市场为导向,开发产品、开拓市场、满足需求、获取效益。

2) 按照价值规律、供求关系和竞争机制优化资源配置, 依赖经济、法律、信息等手段引导发展方向, 培育市场, 创造有序的竞争环境, 以竞争促发展。

3) 引进、消化国外先进制造技术与自主开发创新相结合, 加强科技成果的产业化, 积极采用先进技术, 依赖科技进步, 实施以企业为主体, 产、学、研全面结合的技术创新体系。

4) 大力发展先进高新制造技术及其产业, 用高新技术改造传统制造业, 扶植国内行业的龙头企业走高起点、专业化、大批量的道路, 并培育新的经济增长点, 形成一批新兴产业和产业群, 以此带动整个制造业的结构优化和产业升级。

5) 积极促进国内外产品的互通有无以及在技术、管理和资金上的合作, 促进行业内外的结合。

6) 积极培养创造性人才, 努力提高制造业的全员素质。

1.1.3 未来制造业的特征

目前, 全球经济正处于一个根本性的变革时期, 人类社会正逐渐由工业经济时代步入知识经济时代。知识经济是在工业经济高度发展的基础上建立的, 是生产力发展的崭新阶段。在知识经济条件下, 制造业始终是国民经济的支柱产业, 是参与市场竞争的主体, 同时高新技术的迅猛发展把制造业推进到一个崭新的发展阶段。

(1) 高技术化 信息、生物、纳米技术, 新能源和新材料等高新技术的迅猛发展, 传统制造技术与高新技术的相互融合, 对机械制造业的发展起到了推动、提升和改造的作用, 导致了机械制造业传统生产方式的变革, 并引发出精益生产、敏捷制造、虚拟企业等新的生产方式。随着信息装备技术、工业自动化技术、数控加工技术、机器人技术、先进的发电和输配电技术、电力电子技术、新型材料技术和新型生物、环保装备技术等当代高新技术成果在机械制造业中的广泛应用, 使机械制造业不断高技术化, 其高新技术含量已成为在市场竞争中取胜的关键。

(2) 整合性产品及完美的服务 未来制造业愈来愈以顾客个性需求为努力方向, 为顾客提供整合性产品及完美的服务, 或依照顾客个性需求, 提供整体性解决方案。未来企业将从针对单项需求向创造全面整合方案的层面转移。厂商不再只提供被订购的产品, 而是满足各种潜在需求。

(3) 团队价值观 随着网络化趋势加强, 公司内部和外部已逐步团队化, 彼此间的精诚合作是真正推动企业快速发展和提升企业产品及其服务所必需的。未来制造业的需求超出了任何一个组织本身的能力范围, 必须邀请合作者甚至竞争者加入。人们习惯于多重忠诚度, 并且不会出卖任何伙伴。未来个人对组织的忠诚将朝着团队对多重对象展现忠诚的方向转变, 团队组成和知识分享将成为商业行为的一部分。个人必须提供劳动和知识两个层面的服务, 将不再依附于公司, 必须为自己的发展负责。

(4) 反应快捷 未来制造业的企业将反应快捷(改变生产的能力以及满足环境与生态可持续发展需要的能力)。具备多重弹性生产能力的观点将取代企业固有生产能力的观点。同时, 新的流程式方法将取代固定模式的生产方式。企业将脱离固定配置的观念。任何单独设备、甚至整个企业都可迅速重新配置, 以适应特定的生产需求。

(5) 快速创新 未来制造业将更注重技术创新与创造。创新是一个动态和复杂的作用过

程和知识流,包括知识的产生、开发、转移和应用。创新需要新的知识,技术创新取决于知识的转移过程,即新思想和新概念的发现或创造能及时有效地转移给使用者,使他们应用这些知识开发出新产品或新服务,提高企业的竞争力。

(6) 产品与过程集成 未来制造业将致力于产品与过程的集成。未来制造企业必须满足顾客、质量驱动、减少损耗、员工参与和永不停止地改进,必须实现设计和工艺、设计和制造、设计和过程、产品和制造的集成等,其实质和确切含义即产品与过程的集成。产品与过程的集成不是简单叠加,其目的不只是缩短周期,还要体现协调配合、相互沟通、减少矛盾、减少差错和提高效率。

(7) 全球化 随着市场竞争加剧和信息传输网络化发展,制造业要想在激烈竞争的环境中取胜,必须成为全球企业的一部分,参与全球化进程。构建由工厂、供应商、销售商和客户服务中心组成的行业网络。从而使企业更具弹性,能快速反应,面对不同地区、国家和文化,适应不同价值体系、财务状况、政治及法律体系。

(8) 高素质人才 未来制造业将会依赖工作能力强及自我推动力强的高素质人才和团队。这些个人和团队将由精力充沛的领导者带领,接受快速及动态的竞争与挑战。

未来制造业将不断发展其核心价值、组织框架、组织文化及商业运作方式,其目的是预测及快速反应顾客不断变化的需要。未来制造业必须专精于质量、速度及成本控制,同时也必须维持本身与供应商、顾客、商业伙伴、雇员、政府、社区和利益团体间的密集互动,管理这些极度复杂的互赖关系。未来制造业借助简化商业与技术流程以及产品部件的模块化来降低其复杂性。此外,还将运作焦点置于相关伙伴身上,其内部组织将逐步习惯于持续接纳由多重伙伴提出的各种要求。

1.2 机械制造业在国民经济中的地位和作用

机械制造业是一个国家经济发展的支柱,是国民经济收入的重要来源,在整个国民经济中处于十分重要的地位。制造业的发展对一个国家的经济、社会以至文化具有巨大和深刻的影响,国民经济的发展速度在很大程度上取决于机械制造业技术水平的高低和发展速度。

(1) 机械制造业是人类物质生产的基础 人们的物质消费水平的提高,有赖于制造技术和制造业的发展。可以说,没有制造业的发展就没有今天人类的现代物质文明。

(2) 机械制造业是重要的基础工业,是为国家创造财富的重要产业 据统计,20世纪90年代20个工业化国家制造业所创造的财富占国内生产总值(GDP)的比例平均为22.15%,美国财富的68%来源于制造业;日本国内生产总值的49%是由制造业提供;我国制造业产值占工业总产值的比例为45%。

(3) 机械制造业是国民经济各个部门技术装备化的基础 机械制造业的技术发展水平不仅决定企业现时的竞争力,更决定了全社会的长远效益和经济的持续增长。可以说,制造业是实现经济增长的物质保证,没有机械制造业的发展和振兴,就没有整个国民经济的发展和振兴。国民经济各个部门的生产技术水平和经济效益,在很大程度上取决于机械工业所能提供装备的技术性能、质量和可靠性。

(4) 机械制造业是加快信息产业发展的物质基础 没有信息产业的快速发展,制造业就不可能较快地实现高技术化;反之,若没有制造业的拉动和支持,也不可能有信息产业的发

展和进步。制造业和信息产业是相互依赖、相互推动、共同发展的。

(5) 机械制造业历来是应用科学技术的主要领域,是应用最新科技推动社会、经济发展的主导力量。现代化的工业、农业、国防和科学技术,都以相应的机械装备为物质基础,先进的技术装备集中了相关科技领域的最新科技成果。同样,没有机械制造业提供质量优良、技术先进的技术装备,其他如新材料技术、信息技术、生物工程技术等相关领域的技术发展就会受到制约,而机械制造业也为其他领域的技术研究开发提供了许多重要的研究方向与课题及先进的实验装备。

1.3 课程的性质及研究内容

本课程是机械设计制造及其自动化专业的主干技术基础课程。它以机械制造工艺学为主线,主要介绍了切削过程的优化与控制、金属切削刀具、金属切削机床及其夹具等基本知识,机械加工质量的基本理论及其控制,机械加工和装配工艺规程的设计方法,并扼要介绍了现代制造技术及其发展趋势和机械制造工业的发展等。

通过本课程的学习,旨在使学生对制造过程有一个总体的了解和把握,掌握金属切削过程的规律和控制方法及机械加工过程、机械加工精度和加工表面质量分析的基本知识,并能结合实际合理选择加工方法、切削参数以及机床、刀具、夹具,具备制订机械加工和装配工艺规程的能力,能对具体的工艺问题进行分析,提出改进产品质量,提高生产效率,降低成本的工艺措施,了解现代制造技术的现状与发展趋势。

本课程的内容比较庞杂,知识面广,是与生产实践紧密联系的,并随着机械制造业的发展还在不断充实。金工实习、生产实习、机械基础课程设计及试验是学习本课程必不可少的实践教学环节,只有实践知识与理论知识相互融合,善于总结、分析、应用,才能更好地理解、掌握本课程的基本知识,并进一步指导实践,达到灵活应用。

习题与思考题

- 1-1 简述机械制造业的发展历程。
- 1-2 目前我国机械制造业存在哪些主要差距?制定的主要发展战略是什么?
- 1-3 简述未来制造业的特征。
- 1-4 如何理解机械制造业对一个国家的重要性?

第2章 机械制造技术概述

2.1 制造与制造系统

2.1.1 制造的概念

制造是人类所有经济活动的基石，是人类历史发展和文明进步的动力。制造在英文中是 Manufacture，这个英文字起源于两个拉丁字 manus（手）和 factus（做），它的起源准确地反映了几百年来人们对制造的理解，即用手来做。制造从现代意义上理解有两个层面的定义，一是技术层面，另一个是经济层面。

1. 技术层面

制造是人类按照市场需求，运用主观掌握的知识和技能，借助于手工或可利用的客观物质工具，利用有效的工艺方法和必要的能源，将原材料转化为最终物质产品并投放市场的全过程。制造的概念有广义和狭义之分：狭义的制造一般是指生产车间内与物流有关的加工和装配过程；而广义的制造则包括生产分析、产品设计、工艺设计、生产准备、加工装配、质量保证、生产过程管理、市场营销、售前售后服务，以及报废后的回收处理等整个产品生命周期内一系列相互联系的生产活动。

国际生产工程学会（CRIP）于1990年给“制造”下的定义是：制造是一个涉及制造业中产品设计、物料选择、生产计划、生产过程、质量保证、经营管理、市场销售和服务的一系列相关活动和工作的总称。随着人类生产力的发展，“制造”的概念和内涵在“范围”和“过程”两个方面将进一步拓展。完成制造过程必须结合机器、工具、能源和人力四个因素，如图2-1a所示。

2. 经济层面

制造是通过一个或一组工艺操作（加工、装配等）将材料变成具有更大价值的产品，如图2-1b所示。其核心是通过改变材料的形状、性质或与其他零件结合，“制造”增加了材料的价值，即：材料通过作用在它身上的制造操作而增值。

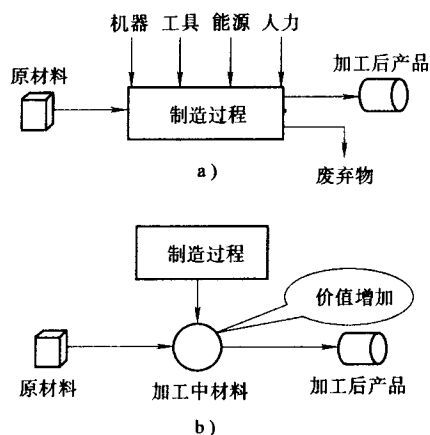


图2-1 制造的概念

a) 技术层面 b) 经济层面

2.1.2 制造系统的概念

制造系统是指由制造过程（产品的经营规划、开发研制、加工制造和控制管理等）及其所涉及的硬件（生产设备、工具、材料和能源等）、软件（制造理论、制造工艺和方法及各种制造信息等）和人员组成的一个将制造资源（生产设备、工具、材料、能源、资金、技

术、信息和人力等)转变为产品(含半成品)的有机整体。制造系统实际上就是一个工厂(企业)所包含的生产资源和组织机构,而通常意义所指的制造系统仅是一种加工系统,是制造系统的一个组成部分,如柔性制造系统。

国际生产工程学会(CRIP)于1990年给“制造系统”下的定义是:制造系统是制造业中形成制造生产(简称生产)的有机整体。在机电工程产业中,制造系统具有设计、生产、发运和销售的一体化功能。

机械制造系统是一个典型的、具体的制造系统,其组成如图2-2所示。机械制造过程是一个资源向产品或零件的转变过程,如图2-3所示。这个过程是不连续(离散)的,其系统状态是动态的,故机械制造系统是离散的动态系统。

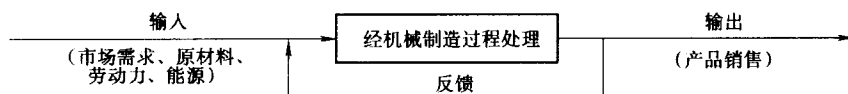


图 2-2 机械制造系统的组成

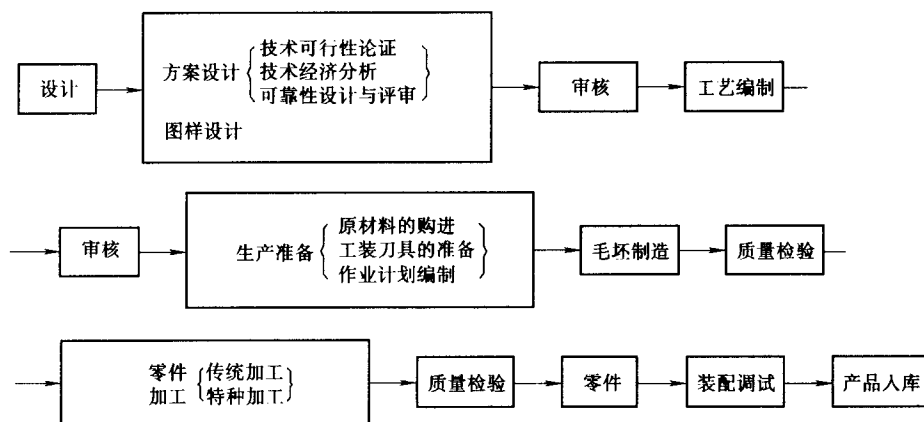


图 2-3 机械制造过程

机械加工系统是由机床、夹具、刀具、工件、操作人员和加工工艺等组成的。机械加工系统输入的是制造资源(毛坯或半成品、能源和劳动力),经过机械加工过程制成成品或零件输出。

机械加工系统在运行过程中,总是伴随着物料流、信息流和能量流的运动,这三者之间相互联系、相互影响,是一个不可分割的有机整体,如图2-4所示。

(1) 物料流(物流) 机械加工系统输入的是原材料或坯料、半成品及相应的刀具、量具、夹具、润滑油、切削液和其他辅助物料等,经过输送、装夹、加工、检验等过程,最后输出半成品或成品(伴随切屑的输出)。整个加工过程(包括加工准备)是物料输入和输出的动态过程,这种物料在机械加工系统中的运动称为物料流。

(2) 信息流 机械加工系统必须集成各个方面的信息,以保证机械加工过程的正常进行。这些信息主要包括加工任务、加工工序、加工方法、刀具状态、工件要求、质量指标和切削参数等,分为静态信息(工件尺寸要求、公差大小等)和动态信息(刀具磨损、机床故障状态等)。所有这些信息构成了机械加工过程的信息系统。这个系统不断地和机械加工过

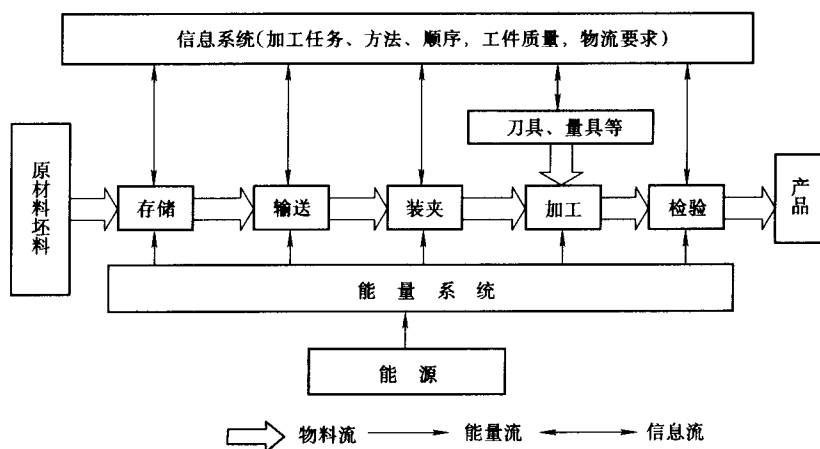


图 2-4 机械加工系统的“三流”运动

程的各种状态进行信息交换，有效地控制机械加工过程，以保证机械加工的效率和产品质量。这种信息在机械加工系统中的作用过程称为信息流。

(3) 能量流 机械加工系统是一个动态系统，其动态过程是机械加工过程中的各种运动过程。这个运动过程中的所有运动，特别是物料的运动，均需能量来维持。来自机械加工系统外部的能量（一般为电能）多数转变为机械能，一部分机械能用以维持系统中的各种运动，另一部分通过传递、损耗而到达机械加工的切削区域，转变为分离金属的动能和势能。这种在机械加工过程中的能量运动称为能量流。

2.2 生产类型及其工艺特征

在机械制造过程中，由于产品的类型不同，产品的结构、尺寸、技术要求不同，市场对其需求也是多种多样的。因此，每种产品的年生产纲领（年产量）是不同的。

生产类型的划分依据是产品（或零件）的年生产纲领。产品（或零件）的年生产纲领是指包括备品和废品在内的该产品（或零件）的年生产量。产品（或零件）的年生产纲领对制造过程中的生产管理方式、所用的机床设备、工艺装备及加工方法都有很大的影响。

零件的年生产纲领可按下式计算

$$N = Qn(1 + a\% + b\%) \quad (2-1)$$

式中 N ——零件的年生产纲领（件/a）；

Q ——产品的年产量（台/a）；

n ——每台产品中该零件的数量（件/台）；

$a\%$ ——备品率；

$b\%$ ——废品率。

根据产品的大小、特征、生产纲领、批量及其投入生产的连续性，按生产专业化程度的不同，可将生产划分为三种类型：单件生产、成批生产和大量生产（见表 2-1）。表 2-1 中的重型零件、中型零件、轻型零件，可参考表 2-2 所列数据确定。

表 2-1 生产纲领与生产类型

生产类型		同种零件的年生产纲领/件·a ⁻¹		
		重型零件	中型零件	轻型零件
单件生产		<5	<20	<100
成批生产	小批	5~100	20~200	100~500
	中批	100~300	200~500	500~5000
	大批	300~1000	500~5000	5000~50000
大量生产		>1000	>5000	>50000

表 2-2 机械产品质量类别

机械产品类别	加工零件的质量/kg		
	轻型零件	中型零件	重型零件
电子工业机械	<4	4~30	>30
机 床	<15	15~50	>50
重 型 机 械	<100	100~2000	>2000

(1) 单件生产 产品的种类很多，同一种产品的数量不多（仅制造一个或少数几个），很少再重复生产。如制造大、重型机械产品或新产品试制等都属于单件生产。

(2) 成批生产 产品的种类较多，每种产品均有一定的数量，各种产品是分期分批地轮番进行生产。如机床制造、机车制造和电机制造等多属于成批生产。

(3) 大量生产 产品的品种较少，产量很大，同一工作地长期重复地进行某一零件的某一工序的生产。如汽车、拖拉机、轴承和自行车等的制造多属于大量生产。

同一产品（或零件）每批投入生产的数量称为批量。根据产品的特征和批量的大小，成批生产可分为小批生产、中批生产和大批生产。小批生产接近单件生产，大批生产接近大量生产，中批生产介于单件生产和大量生产之间。

各种生产类型的工艺特征如表 2-3 所示。

表 2-3 各种生产类型的工艺特征

生产类型 工艺特征	单 件 生 产	成 批 生 产	大 量 生 产
生产对象	品种很多、数量少	品种较多、数量较多	品种较少、数量很大
零件的互换性	配对制造、无互换性，广泛采用钳工修配	大部分具有互换性，少数用钳工修配	全部具有互换性，某些高精度配合件用分组选择法装配
毛坯的制造方法及加工余量	铸件用木模手工制造；锻件用自由锻。毛坯精度低，加工余量大	部分铸件用金属模；部分锻件用模锻。毛坯精度中等，加工余量中等	用高生产率的毛坯制造方法。铸件广泛采用金属模机器造型，锻件用模锻，毛坯精度高，加工余量小
机床设备	通用机床或数控机床、加工中心 机床按类别和规格大小采用“机群式”排列布置	通用机床和部分高生产率机床兼用，数控机床、加工中心、柔性制造单元、柔性制造系统 机床按加工类别分工段排列布置	高生产率的专用机床、组合机床、自动机床、数控机床或专用生产线、自动生产线、柔性制造生产线 机床设备按流水线或自动生产线形式排列布置