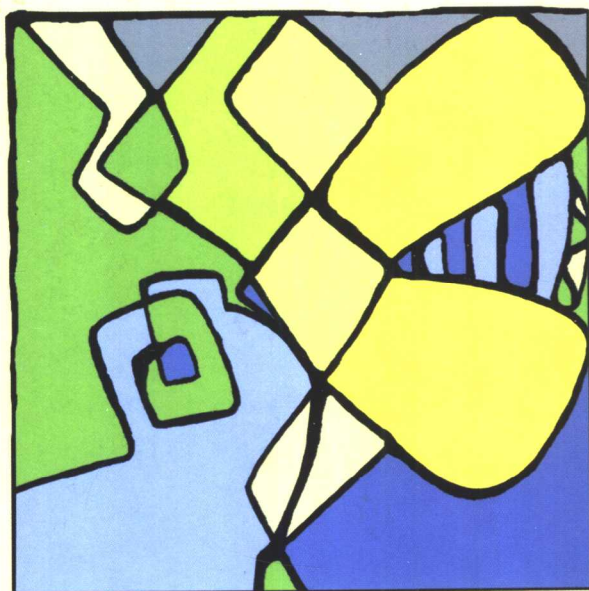


高等学校现代工程素质训练系列教材

现代制造工程 技术实践

宋昭祥 主编



 机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



高等学校现代工程素质训练系列教材

现代制造工程技术实践

主 编 宋昭祥
副主编 陆名彰 胡忠举
参 编 胡斌梁 刘 平 廖先禄
陈向健 廖文庆
主 审 傅水根



机械工业出版社

本教材是根据教育部“普通高等学校工程材料及机械制造基础”课程指导小组 2003 年 10 月审定的“普通高等学校工程材料及机械制造基础系列课程教学基本要求”，并结合高等学校实际情况编写而成的。

本系列教材共分为《现代制造工程技术实践》、《现代企业管理技术实践》和《现代工业技术实践》共三册。

《现代制造工程技术实践》全书分为四篇共三十二章，第一篇为“工程材料及其改性技术实践”，主要内容有工程材料及其改性工艺理论基础，常用工程材料，工程材料的改性工艺，机械零件的选材，实验共五章。第二篇为“材料成形技术实践”，主要内容有材料成形工艺理论基础，铸造，锻造，焊接与粘接，板料冲压，常用非金属材料成形，粉末冶金，快速成形，无损检测，材料成形过程自动化，毛坯制造方法的选择，实验共十二章。第三篇为“切削加工技术实践”，主要内容有切削加工工艺理论基础，车削加工，铣、刨、拉削加工，磨削、光整加工与精密加工，钻削、镗削及特形表面的加工，数控机床加工，特种加工，常用非金属材料的切削加工，钳工，切削加工过程自动化，机械零件表面加工方法的选择及制造工艺的制订，实验共十二章。第四篇为“拆卸装配技术实践”，主要内容有拆卸与清洗，装配，装配过程自动化共三章。本书内容具有综合性、实践性、科学性和先进性的特点。

本书是高等学校机械工程类、近机械工程类、非机械工程类等理工类各专业的教材，也可供职业大学、职工大学、电视大学、成人高等教育、函授大学、夜大学等相关专业选用。

图书在版编目 (CIP) 数据

现代制造工程技术实践/宋昭祥主编. —北京: 机械工业出版社, 2004.8

高等学校现代工程素质训练系列教材

ISBN 7-111-15030-9

I. 现… II. 宋… 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 (2004) 第 078513 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: 刘小慧 责任编辑: 倪少秋 版式设计: 张世琴

责任校对: 姚培新 封面设计: 王伟光 责任印制: 洪汉军

北京京丰印刷厂印刷 · 新华书店北京发行所发行

2004 年 9 月第 1 版 · 第 1 次印刷

787mm × 1092mm $1/16$ · 25.5 印张 · 633 千字

定价: 35.00 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) 68993821、88379646

封面无防伪标均为盗版

序

宋昭祥老师在总结多年课程教学改革经验的基础上,借鉴兄弟院校的教学改革成果,组织一批富于教学经验的骨干教师,编写完成《现代制造工程技术实践》教材。该教材由工程材料及其改性技术实践、材料成形技术实践、切削加工技术实践,以及拆卸装配技术实践共四篇组成,概括了制造工艺技术中的课堂理论教学和工程实践教学必备的内容,扩充了制造领域的新材料、新技术和新工艺,贯彻与时俱进、理论与实践结合的编写目标,符合当前课程改革的发展方向。

该教材的首篇将各种工程材料的改性方法和材料在工程中的选用紧密结合起来,构成后续各篇的基础;第二篇和第三篇涵盖了“热加工”和“冷加工”的全部内容,但将常规技术实践与各种新技术实践紧密结合在一起;最后一篇不但内容比较完整,而且包含了装配中非常重要的一个环节——调试。这是很多同类教材所不具备的,是一种积极的尝试。与此同时,该教材非常重视技术实践,这有利于培养学生的工程实践能力和综合素质。

该教材虽然属于工艺性技术基础课程的范畴,但它在实现教育目标中所起的作用,并不亚于任何一门其他重要课程。

1) 它包含理论和实践两部分完整内涵,体现出工艺理论与工艺实践的高度结合。尤其“工程实践”这一必须经历的重要过程,正是我国高等工程教育亟需改进的。

2) 在完成教学计划中所提供的大工程背景和所实施的全面训练后,使其教育教学功能不只是为后续课程打基础,而是在全面贯彻素质教育中发挥重要作用。

3) 任何一个小小的工艺问题,都毫无疑问地体现出综合性,都必然涉及到一系列相关的边界问题,如材料、批量、结构、技术要求、机床、刀具、夹具、切削参数等。任何工艺问题的解决,都可以转化为类似于对一个多元方程求优化解。这在思维方法上可以给学生以启迪。

4) 设计创新与工艺创新总是相互关联的。事实上,工艺创新愈深入,设计创新就愈活跃。真正懂得工艺的人,才能更好地实施设计创新。

5) 当今的高等工程教育,旨在培养出一大批基础宽、能力强和素质高的复合型人才。从未来社会的发展趋势看,人文社会学科的学生也应该具备一些工程素养;同样,理工学科的学生也应该具备更好的人文素养。制造领域的工程实践则可以为这种交叉和融合提供一个良好的界面。

6) 本课程正实施着新的课程教学目标:学习工艺知识,增强工程实践能力,提高综合素质,培养创新精神和创新能力。从目前广泛的实践看,这一目标是完全可以实现的。

本教材的内容比较丰富。鉴于学时的紧缩,有两点值得注意:一是教师要精选授课内容;二是要适当采用现代教育技术。将二者结合起来,就可以达到教学目的。

前言

当代经济增长越来越依靠科技,科学技术与经济的内在联系越来越紧密,尤其是工程科学技术,已成为经济增长的内在推动力。与此同时,工程实践的面越来越广,越来越具有综合性。工程的综合性表现在三个方面:一是每一项较大的工程实践都不只涉及单一学科,而是要综合运用多个学科的专业知识,往往兼有机械、电气、电子、化学、材料、能源等内容。而信息技术更是当代工程实践中不可缺少的,既包括在工程的内容中,又体现在工程的手段中。二是工程的纵向展开,从研究、开发、设计、制造(建造)、运行、维护直到市场营销都属于工程的内容。三是工程实践离不开经济和管理,没有经济分析论证,工程就没有了基础依据。而缺乏管理,工程实践就寸步难行。

与这种趋势相应的 21 世纪的高等教育中的工程教育改革,就教学内容的改革来说主要有三个方面,即从专业面很窄的单科教育转向专业面较宽、综合性较强的宽口径教育;从单纯的自然科学和技术内容的教育转向兼有经济、法律、人文内容的综合工程教育;从单纯面向研究教育转向主要面向工程实践的教育。

有关资料表明,自教育部组织的“面向 21 世纪教学内容和课程体系改革计划”启动以来,不同层次、不同类型的课题组从不同角度对改革进行了深入的研究。当研究到一定程度时,一些从事不同内容研究的课题不约而同地将研究聚集在实践性教学环节上。这使人们看到了深入教育改革的突破口,即在工程教育中必须强化工程实践。这一使命的实现客观要求高等工程教育必须深化改革,以提高学生的全面素质,增强学生的工程实践能力,培养学生的发展学生的创新意识和创新精神。

培养学生和发展的基本工程素质,是文、理、工、医、农结合和渗透的良好界面,能有效地弥补我国现行教育体系中理工类学生基本实践能力的不足。

长期以来,我国高校的生源基本来自高中。这些学生在小学至高中毕业的整个学习阶段中,由于升学的剧烈竞争性和未来就业的市场导向性,基本专注于书本知识的学习,很少有机会参加社会实践和工程实践。又由于在高考前理工与人文学科的过早分流,使得文科学生与理工学科的学生相比,更加缺乏工程实践的训练。

为此,在大学阶段中的一、二年级对大学生进行基本的工程素质教育,增强学生的工程实践能力,创建有中国高等教育特色的工程实践教学体系,是培养和造就一代又一代创新和创业的强大后备军,进一步提高国民素质和综合国力,实现我国跨越式发展的紧迫要求,也是有效地应对国际竞争和全球经济一体化,确保中华民族在新世纪立于不败之地的一项可靠保证。

让 21 世纪的大学生在现代制造技术、现代工业技术、现代企业管理技术实践中,感受与体验、经历与思考,从而更加积极主动地获取知识与培养能力,有效地推进学生全面素质的提高,是落实大工程观和大教育观的一种具体体现,也是我们编写这套教材的目的和意义。

我们在总结多年教学实践经验的基础上,借鉴各高等院校的教学经验,编写了《现代制

造工程技术实践》一书。本书是“现代工程素质训练教程”系列教材的第一本。适用于文理工类专业学生的工程训练课程教学。

编写本系列教材时力图表现出以下特点:

1) 以制造系统工程理念总揽整个制造工程训练课程的教学过程,不仅有利于学生了解与制造工程有关的工艺和装配等技术因素,而且有利于学生了解与制造过程有关的非技术因素,使工科学生熟悉典型工业产品的设计——制造——管理全过程,初步掌握工程科学方法,建立制造系统工程的基本概念和与市场、信息、质量、成本、效益、安全、环保等非技术因素相关联的大工程意识;使文理科学生了解制造技术、生产组织和企业管理等方面的基础知识,对工业生产建立初步的完整的认识,并通过工程实践,培养学生敢于接触和解决工程实践问题的心理素质和动手能力。

2) 本系列教材将原来为适应课堂教学和实习教学而分别编写的理论教材、实习教材和实验教材综合为理论教学、实习和实验有机结合的通用教材,实践和理论各有侧重,避免了三者之间的相互割裂与无效重合,便于教师根据不同专业的教学要求和不同学时来决定内容的取舍。

3) 本教材根据多学科工程集成思想,整合机械、电工电子、信息、网络、管理技术相互结合的现代制造工程技术的基础内容,精选具有先进性、代表性的教学内容,构建了体系较完整、各部分又相对独立的课程体系,以达到培养学生的工程素质和创新意识的目的。

4) 本教材将理论教学和工程训练的教学内容整合在一起,有助于学生对所学知识的实际应用和综合素质的培养。

5) 为了调整学生的知识能力结构,拓宽知识面,本系列教材在内容上力求做到与时俱进,在精选常规技术内容的基础上,大幅度地增加了新材料、新技术和新工艺的内容,并适当增加工业技术和现代企业管理等内容,有利于学生正确处理技术与经济、技术与管理的关

系,促进学生从知识积累向能力生成的转化。

6) 在叙述上,力求图文并茂、深入浅出、文字简练、直观形象,以便于教学。

7) 本书在使用新国标规定的术语时,考虑到贯彻新国标应有的历史延续性,也兼顾了长期沿用的名称和定义,并尽可能使两者达到和谐的结合。

本书由宋昭祥任主编,陆名彰、胡忠举任副主编,参加编写的有胡斌梁、刘平、廖先禄、陈向健、廖文庆。

本书由教育部机械基础课程教学指导分委员会副主任、普通高等学校“工程材料及机械基础”课程指导小组组长、清华大学傅水根教授担任主审。傅水根教授对本书提出了许多宝贵的意见,在此表示衷心的感谢。

由于编者的水平与经验有限,书中的缺点与错误请同行与读者批评指正。

编 者

目 录

序

前言

绪论 1

第一节 工业系统、机械制造系统与集成概述 1	
一、工业系统 1	
二、机械制造系统的概念 1	
三、集成思想 6	
第二节 现代化制造的基本概念 7	
一、自动控制 7	
二、数控系统 8	
三、CAD/CAM 技术 8	
四、模拟技术 8	

五、现代化制造的概念 9	
第三节 工程素质训练课程的目的、内容和方法 10	
一、基本工程素质的概念 10	
二、现代工程素质训练教程的教学目的 10	
三、现代工程素质训练教程的教学内容 11	
四、教学和学习的方法 12	
五、工程素质培养中值得引起注意的问题 12	

第一篇 工程材料及其改性技术实践

第一章 工程材料及其改性工艺理论

基础 14

第一节 工程材料的主要性能 14	
一、工程材料的力学性能 14	
二、工程材料的物理、化学性能 17	
三、工程材料的工艺性能 17	
第二节 金属的结晶与合金的结构 18	
一、金属的晶体结构 18	
二、金属的结晶 18	
三、金属的同素异构转变 20	
四、合金的结构 20	
第三节 铁碳合金的组织与相图 21	
一、铁碳合金的基本组织 21	
二、铁碳合金相图 22	
第四节 高分子材料的基本知识 24	
一、高分子材料概述 24	
二、高分子材料的性能 27	
第二章 常用工程材料 28	
第一节 常用金属材料 28	
一、钢 28	
二、铸铁 33	
三、有色金属及其合金 35	

第二节 常用非金属材料 38	
一、塑料 38	
二、橡胶 39	
三、陶瓷 49	
第三节 新材料 40	
一、复合材料 40	
二、纳米材料 41	
三、材料科学中高技术发展现状 42	
第三章 工程材料的改性 47	
第一节 金属材料的改性工艺 47	
一、钢的改性工艺 47	
二、铸铁的改性工艺 51	
三、金属材料改性工艺设备简介 53	
第二节 常用非金属材料的改性工艺 54	
一、塑料的改性工艺 54	
二、陶瓷的改性工艺 58	
第三节 改性工艺新技术 60	
一、激光表面改性工艺 60	
二、气氛炉新技术 62	

三、真空热处理新技术	64	二、实验用设备和材料	75
第四节 工程材料改性过程自动化	66	三、实验内容	75
一、计算机技术在热处理中的应用	66	四、实验报告的要求	77
二、机器人在热处理中的应用	71	实验二 钢的热处理及试样硬度测定	78
第四章 机械零件的选材	72	一、实验目的	78
一、选材的一般原则	72	二、实验用设备和材料	78
二、典型零件的选材举例	73	三、实验内容	79
第五章 实验	75	四、实验报告的要求	80
实验一 铁碳合金平衡组织显微分析	75	第一篇复习思考题	81
一、实验目的	75		

第二篇 材料成形技术实践

第一章 材料成形工艺理论基础	83	一、压力铸造	112
第一节 铸造工艺基础	83	二、熔模铸造	114
一、合金的铸造性能	83	三、金属型铸造	115
二、常用合金铸件的铸造工艺特点	86	四、离心铸造	116
第二节 金属锻造工艺基础	88	第五节 铸造新工艺、新技术简介	116
一、金属的塑性变形	88	一、真空密封造型	116
二、金属的锻造性能	90	二、气流冲击造型	116
三、合金钢和有色合金的锻造工艺特点	92	三、实型铸造	117
第三节 焊接工艺基础	93	四、冷冻造型	118
一、焊条电弧焊的冶金过程特点	93	第三章 锻造	119
二、焊接接头的组织和性能	94	第一节 金属的加热与锻件的冷却	119
三、焊接变形与应力	95	一、金属的加热	119
四、常用金属材料的焊接性能	95	二、锻件的冷却方法	120
第二章 铸造	98	第二节 自由锻造	121
第一节 砂型制造	99	一、自由锻设备——空气锤	121
一、砂型铸型的组成	99	二、自由锻造的工序	122
二、型砂和型芯砂	99	三、自由锻锻件结构工艺性及锻件图	124
三、造型及造芯的方法	101	四、自由锻锻件常见缺陷	126
四、浇注系统和冒口	106	第三节 锤上模锻和胎模锻	127
第二节 铸铁的熔炼及浇注	106	一、锤上模锻	127
一、铸铁的熔炼	106	二、胎模锻	128
二、浇注	107	第四节 轧制、挤压、拉拔和旋压工艺	129
三、铸件的落砂、清理和缺陷分析	108	一、轧制	129
第三节 铸件结构工艺性及铸件图	109	二、挤压	130
一、砂型铸件结构工艺性	109	三、拉拔	131
二、铸件图的绘制	111	四、旋压	131
第四节 特种铸造	112	第五节 锻压新工艺、新技术简介	132
		一、超塑性成形	133

二、粉末锻造	134	第二节 冲压的基本工序	162
三、液态模锻	134	一、切断	162
四、高能率成形	134	二、冲裁	162
五、铸轧	135	三、弯曲	163
第四章 焊接与粘接	136	四、拉深	163
第一节 焊条电弧焊	136	第三节 冲压模具	163
一、焊接过程	136	一、简单冲模	164
二、焊条电弧焊设备	137	二、连续冲模	164
三、焊条	138	三、复合冲模	164
四、焊接工艺参数	140	第四节 板料冲压件的结构工艺性	164
五、焊条电弧焊基本操作要领	141	一、冲压件的形状与尺寸	164
六、常见焊接缺陷	142	二、冲压件的精度和表面质量	166
第二节 焊接件结构工艺性	143	三、冲压零件结构设计改进实例	166
一、焊缝布置	143	第六章 常用非金属材料成形	167
二、焊接接头及坡口形式的选择	144	第一节 塑料的成型	167
三、焊接位置及工艺特点	145	一、工程塑料的一般工艺性能	167
四、对接平焊的操作步骤	146	二、热塑性塑料和热固性塑料的 工艺特性	168
第三节 气焊和气割	146	三、塑料制品的成型与连接	168
一、气焊	146	四、塑料零件的结构工艺性	170
二、氧气切割	149	五、注射成型设备与工艺	171
第四节 其他焊接方法	150	第二节 工程陶瓷的成形	174
一、其他熔焊	150	一、工程陶瓷制品的工艺过程	174
二、电阻焊	151	二、工程陶瓷的成形方法	175
三、钎焊	153	第三节 橡胶的成形	176
第五节 焊接新技术、新工艺简介	153	一、成形工艺过程	176
一、电子束焊	153	二、橡胶的加工成形方法	177
二、激光焊	153	第七章 粉末冶金	180
三、扩散焊	154	第一节 粉末冶金生产的工艺流程	180
四、窄间隙焊	154	一、制粉与混配料	180
五、螺柱焊	154	二、压制(成型)	181
六、波峰焊	154	三、烧结(固化)	181
七、等离子弧切割	155	四、烧结后处理(精整)	182
八、激光切割	155	五、粉末冶金工艺过程类型的 选择	182
第六节 粘接	155	第二节 粉末冶金零件的结构工 艺性	183
一、粘接的基本原理	155	一、粉末冶金制件设计要点	183
二、粘接剂	156	二、粉末冶金制件结构工艺性 示例	183
三、粘接工艺	157	第八章 快速成形	185
四、粘接的特点和应用	158	第一节 快速成形制造(RP)	185
第五章 板料冲压	160		
第一节 冲压设备	160		
一、冲床	160		
二、剪板机	160		
三、数控冲压	160		

一、快速成形制造的概念·····	185	一、铸造柔性制造单元·····	205
二、快速成形制造的基本原理·····	185	二、锻造加工自动化(锻压柔性制造系统)·····	205
三、快速激光成形制造系统·····	186	三、焊接加工自动化(柔性焊接机器人工作站)·····	205
四、几种常用快速成形制造方法·····	186	四、冲压加工自动化(冲压柔性制造系统)·····	206
五、快速成形制造的工艺过程·····	186	第三节 材料成形的计算机集成制造(CIMS)·····	206
第二节 快速模具制造(RT)、快速精铸(QC)、快速反求工程(RRE)技术·····	189	一、材料成形的计算机模拟仿真技术(CAE)的应用·····	206
一、快速模具制造·····	189	二、材料成形的工艺计算机辅助设计·····	207
二、快速精铸·····	190	三、材料成形的计算机集成制造(CIMS)·····	207
三、快速反求工程·····	190	第十一章 毛坯制造方法的选择·····	208
第三节 快速成形技术·····	190	第一节 毛坯选用的原则·····	208
一、快速成形工艺·····	190	一、满足材料的工艺性能要求·····	208
二、快速成形技术的重要特征·····	190	二、满足零件的使用性能要求·····	209
第九章 无损检测·····	192	三、降低制造成本·····	210
第一节 无损检测概述·····	192	四、符合生产条件·····	211
一、无损检测的定义·····	192	第二节 典型机械零件毛坯的选用·····	211
二、无损检测方法的分类·····	192	一、轴杆类零件毛坯的选择·····	211
第二节 超声波探伤·····	192	二、盘套类零件毛坯的选择·····	212
一、概述·····	192	三、机架箱体类零件毛坯的选择·····	212
二、超声波探伤操作·····	193	第十二章 实验·····	214
三、超声波探伤的适用范围、特点 and 安全管理·····	197	实验一 铸造应力的测定·····	214
第三节 电磁感应检测·····	198	一、实验目的·····	214
一、电磁感应检测原理·····	198	二、实验用设备和材料·····	214
二、电磁感应检测操作·····	198	三、实验内容·····	214
三、电磁感应检测的适用范围、特征 and 安全管理·····	199	四、实验报告的要求·····	215
第四节 各种无损检测方法的对比和应用·····	199	实验二 焊接接头的组织与性能·····	215
第十章 材料成形过程自动化·····	201	一、实验目的·····	215
第一节 成形设备的自动化·····	201	二、实验用设备和材料·····	215
一、数控成形设备的特点·····	201	三、实验内容·····	216
二、数控铸造设备·····	201	四、实验报告的要求·····	216
三、数控锻造设备·····	202	第二篇 复习思考题·····	217
四、数控焊接设备·····	202		
五、数控冲压设备·····	203		
六、模具的 CAD/CAM·····	204		
第二节 材料成形加工自动化·····	204		

第三篇 切削加工技术实践

第一章 切削加工工艺理论基础·····	222	一、刀具和工件的运动·····	222
第一节 切削加工的基本概念·····	222	二、加工中的工件表面·····	223

三、切削用量	223	第一节 铣削加工	256
四、切削层参数	224	一、铣床	256
第二节 切削刀具	225	二、铣刀	257
一、刀具材料	225	三、铣削时工件的装夹方式和铣床附件	259
二、刀具切削部分的几何参数	226	四、铣削工作	261
第三节 切削过程及其基本规律	229	五、铣削加工的工艺特点和应用	261
一、切屑的形成及其种类	229	第二节 刨削加工	263
二、积屑瘤	230	一、刨床	264
三、加工硬化和残余应力	230	二、刨削加工的工艺特点和应用	264
四、切削力和切削功率	230	第三节 拉削加工	266
五、切削热和切削温度	232	一、拉削加工范围	266
六、切削液	232	二、拉削加工工艺特点	266
七、刀具的磨损及其使用寿命	233	第四章 磨削、光整加工与精密加工	
八、金属材料的切削加工性	234	加工	267
九、选择切削用量的一般原则	235	第一节 磨削加工	267
第四节 零件的机械加工结构工艺性	235	一、磨床	268
第二章 车削加工	238	二、砂轮	269
第一节 卧式车床	238	三、磨削时工件的装夹方式和磨床附件	270
一、C6136 型卧式车床的型号	239	四、磨削工作	271
二、C6136 型卧式车床的组成	239	五、磨削加工的工艺特点和应用	272
第二节 车刀	240	六、磨削新工艺	273
一、焊接式车刀	240	第二节 光整加工	274
二、机械夹固式车刀	240	一、常用光整加工工艺概述	274
三、车刀的刃磨与安装	241	二、光整加工的特点与应用	276
第三节 车削时工件的装夹方式和车床附件	242	第三节 精密和超精密加工技术	277
一、卡盘装夹	242	一、精密和超精密加工的概念	277
二、顶尖装夹	243	二、精密和超精密加工方法	277
三、花盘、弯板及压板装夹	243	三、精密和超精密加工的特点和应用	278
四、心轴装夹	245	第五章 钻削、镗削及特形表面的加工	
五、中心架与跟刀架的应用	246	加工	279
第四节 车削加工	246	第一节 钻削加工	279
一、车削的步骤	246	一、钻削加工的设备	279
二、外圆车削	247	二、钻削加工所用刀具	280
三、车端面与台阶	247	三、钻削时所用附件	281
四、钻孔与镗孔	248	四、钻削工作	282
五、切槽与切断	248	第二节 镗削加工	285
六、车锥面	250	一、镗削加工的设备	285
七、车螺纹	251	二、镗削加工的工艺特点和应用	285
八、车成形面	252	第三节 特形表面的加工	286
九、车削加工的工艺特点和应用	253		
十、车削加工示例	253		
第三章 铣、刨、拉削加工	256		

一、圆锥面的加工	286	第一节 塑料的切削加工	327
二、回转成形面的加工	287	一、工程塑料切削加工的特点	327
三、螺纹的加工	288	二、工程塑料切削加工实例	327
四、齿轮的加工	288	第二节 工程陶瓷的切削加工	328
第六章 数控机床加工	297	一、工程陶瓷切削加工的特点	329
第一节 数控机床的工作原理及组成	297	二、几种陶瓷材料的切削加工	329
一、数控机床的工作原理	297	第九章 钳工	332
二、数控机床的组成	297	第一节 划线	332
三、数控加工的工艺特点	298	一、划线过程	332
四、零件数控加工的结构工艺性	298	二、划线方法	334
第二节 数控加工程序编制	300	第二节 锯切	335
一、概述	300	一、手锯	335
二、数控加工程序编制的内容和步骤	301	二、锯切方法	335
三、数控机床加工的工艺分析	301	第三节 锉削	336
四、机床坐标系和工作坐标系的定义	305	一、锉刀	336
五、编制程序的常用工艺指令	306	二、锉削方法	337
六、数控机床编程步骤简述	310	第四节 螺纹加工	338
七、数控机床编程实例	311	一、攻螺纹	338
第七章 特种加工	314	二、套螺纹	338
第一节 电火花线切割	314	三、废品及其产生的原因	339
一、电火花线切割工作原理及机床	314	第十章 切削加工过程自动化	340
二、电火花线切割加工的工艺特点与应用	315	第一节 机械制造自动化的发展	340
三、电火花线切割的编程	316	第二节 刚性自动化	341
第二节 光化学加工	317	第三节 柔性自动化与柔性制造系统	342
一、光化学加工原理	317	第四节 计算机集成制造系统与无人化工厂	344
二、光化学加工工艺过程	318	第五节 机械手与工业机器人	345
三、光化学加工的工艺特点	320	第十一章 机械零件表面加工方法的选择及制造工艺的制订	347
四、光化学加工的应用	321	第一节 外圆表面的加工	347
第三节 其他常用的特种加工	321	一、外圆表面的加工方法	347
一、电火花加工	321	二、外圆表面加工方案的选择	348
二、电解加工	322	第二节 内圆表面的加工	349
三、超声波加工	323	一、内圆表面的加工方法	349
四、激光加工	324	二、常用的孔加工方案的选择	349
五、水射流加工	324	第三节 平面的加工	351
六、特种加工新技术简介	325	一、平面的加工方法	351
第八章 常用非金属材料		二、平面加工方案的选择	352
的切削加工	327	第四节 特形表面加工方法的选择	353
		一、回转成形面常用的加工方法及选择	353

二、螺纹表面加工方法及选择·····	353	二、实验用设备和材料·····	358
三、齿轮加工方法及选择·····	354	三、实验内容·····	358
第五节 机械零件制造工艺的制订·····	354	四、实验报告的要求·····	359
一、机械零件制造工艺过程的基本概念·····	354	实验二 安装方法对零件加工精度的影响·····	359
二、零件的机械加工工艺过程示例·····	355	一、实验目的·····	359
第十二章 实验·····	358	二、实验用设备和材料·····	359
实验一 切削用量对加工质量的影响·····	358	三、实验内容·····	359
一、实验目的·····	358	四、实验报告的要求·····	361
		第三篇复习思考题·····	362
第四篇 拆卸装配技术实践			
第一章 拆卸与清洗·····	367	第二节 机械零、部件装配后的调试·····	381
第一节 拆卸·····	367	一、滚动轴承装配后的调整·····	381
一、拆卸的一般规则和要求·····	367	二、齿轮装配后的调整·····	382
二、拆卸方法·····	368	第三章 装配过程自动化·····	385
三、常用零、部件的拆卸方法·····	369	第一节 概述·····	385
四、典型零部件的拆卸方法示例·····	371	一、装配自动化的现状与发展·····	385
第二节 清洗·····	371	二、自动装配条件下的结构工艺性·····	385
一、清洗前的准备·····	371	第二节 自动装配机·····	387
二、清洗材料和用具·····	372	一、单工位装配机·····	387
三、清洗方法·····	372	二、多工位装配机·····	387
四、清洗过程·····	372	三、非同步装配线(机)·····	388
五、清洗注意事项·····	373	第三节 自动装配线·····	390
第二章 装配·····	375	一、自动装配线的基本形式及特点·····	390
第一节 机械零、部件的装配·····	375	二、自动装配系统·····	391
一、装配的技术准备工作·····	375	第四节 柔性装配系统·····	392
二、装配的一般工艺原则·····	375	第四篇复习思考题·····	394
三、装配的方法·····	376	参考文献·····	395
四、装配工艺过程·····	376		
五、典型零、部件的装配·····	378		
六、典型零件的装配示例·····	380		

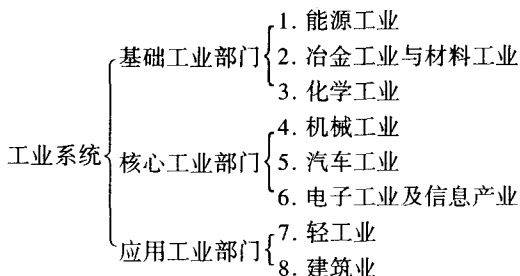
绪 论

第一节 工业系统、机械制造系统与集成概述

一、工业系统

工业本身就是一个系统，它植根于国民经济的广袤大地上，自身又可分为上游产业、中游产业和下游产业，各部门之间存在着千丝万缕的联系，各自和整体又有着特定的发展规律性。对现今社会生产力主体的工业系统作一些初步了解，有助于大学低年级学生由对社会缺乏了解的状态正确导入对工程技术、管理和社会经济规律的学习和研究。

(一) 工业系统分类



(二) 工业系统简介

1. 能源工业

(1) 能源 能源是能够产生和提供可控能量的各种资源。

(2) 能源工业 现代能源工业的重要生产部门有煤炭工业、石油工业和电力工业。

(3) 能源系统 能源按加工程度划分一次能源（直接来自自然界而没有经过加工或转换的能源）和二次能源（由一次能源经过加工转换为其他种类和形式的能源）。能源必须组成能源系统才能发挥作用。主要能源及其转化和应用如图 0-1 所示。

2. 冶金与材料工业

(1) 冶金工业 从矿石和其他含金属的原材料中制取金属的工业，包括采矿、选矿、冶炼、加工。我国习惯上将金属大体划分为黑色金属和有色金属。黑色金属指钢、铁和铁合金。有色金属又分为重金属、轻金属、稀有金属和贵金属。为此，冶金工业包括炼铁、炼钢、钢材生产、有色金属工业。

(2) 材料工业 中国的材料工业，包括冶金、加工、建材等主要行业，它既提供生铁、钢、铁合金、有色金属、水泥、塑料、橡胶、化纤、平板玻璃等传统结构材料和原料，又开发出信息功能材料、能源材料和生物材料。

3. 化学工业

(1) 化学工业 化学工业是利用物质发生化学变化的规律，改变物质的结构、成分、形态而进行工业化生产的工业部门。化学加工是一个渗透于多行业的基本生产方法。在国民经

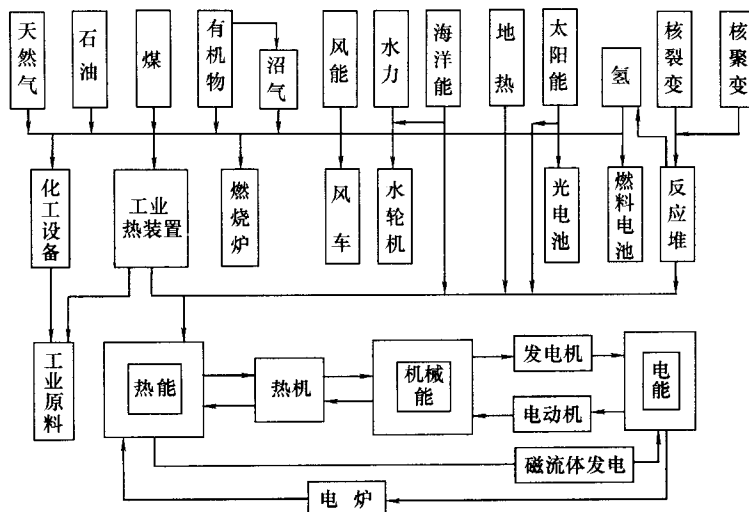


图 0-1 主要能源及其转化和应用

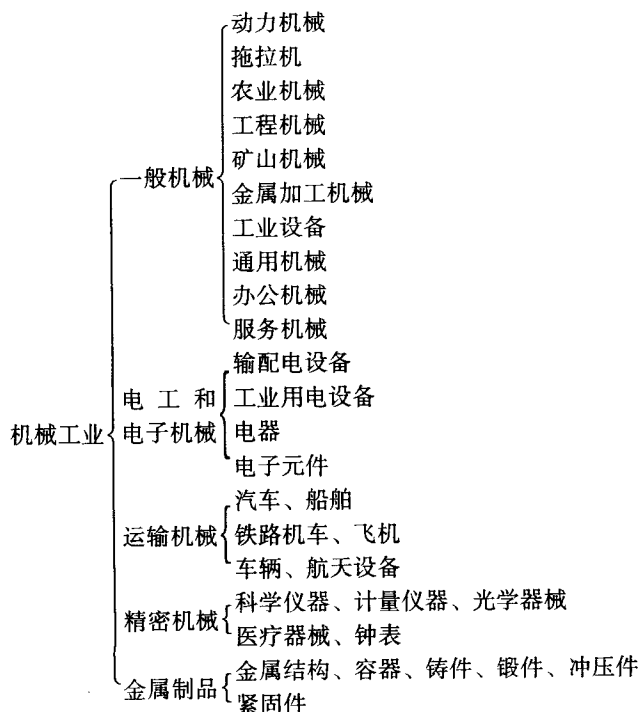
济中，采掘业、加工工业、动力部门和交通运输部门组成工业体系，它们中很多生产都与化学加工密不可分。

(2) 化学工业生产的基本过程 包括流体输送、传热、蒸发、结晶、蒸馏、吸收、萃取、干燥、过滤、反应等化工单元。

4. 机械工业

(1) 机械工业亦称机械制造业，是制造机械产品的工业部门。

(2) 机械工业分类 机械工业可作如下的分类：



5. 汽车工业

汽车本身的制造属于机械制造业，但它是与其他产业关联度最大的产业。随着汽车的使用和普及，产生了许多与之相关的部门并促进其发展。涉及领域甚宽，由钢铁、玻璃、橡胶、塑料等原材料，机床、机械加工、机电零部件及附件，燃料油及润滑油供应，直到公路交通、建筑设施和各种消费服务。当今世界上，还没有哪一个工业部门所涉及的范围比汽车工业更广泛。因此，从某种意义上讲，它是衡量一个国家工业化水平和科技水准高低的重要标志之一。所以，世界各国都把汽车制造工业单独划为一个工业部门。

6. 电子工业及信息产业

(1) 电子工业的对象 包括计算机、雷达、导航、电视、广播、微波、半导体、激光、红外、电声、声纳、电子测量、自动控制、遥感遥测、电波传播、材料、器材、系统工程等几十个门类。

(2) 电子信息产业 包括通讯与信息服务业、电子信息产品制造业。

(3) 微电子技术 将含有成千上万甚至上亿个元器件的复杂电路，都制作在一块小小的半导体硅片上，在很小的体积内，能实现令人难以想象的复杂功能。

(4) 电子工业结构 其上游是半导体设备工业，提供制造电子元器件的设备器件；中游是半导体工业，制造大规模集成电路芯片等电子元器件；下游是电子系统工业，用元器件开发计算机，通信设备等应用系统。

(5) 信息技术 是以微电子学、光电子学为基础，以计算机通信、控制技术为核心的综合技术群，主要研究和解决信息的产生、获取、度量、传输、交换、处理、识别和应用等问题。

7. 轻工业

轻工业是我国消费品生产的主体，承担着改善人民生活、繁荣城乡市场，支持工业发展，扩大出口创汇和为国家建设积累资金的重要任务。轻工业不是一门科学，而是以消费品生产为主的加工工业的一种群体。它包括纺织和缝纫生产、食品加工、家用机械、电子及轻化工生产、造纸工业、皮革工业、木材加工、日用玻璃、日用陶瓷、自来水和饲料加工等。

8. 建筑业

建筑业是从事建筑、安装工程的产业部门，其业务范围不仅包括建造房屋和构筑物，而且包括各种设备的安装工程。建筑业最终提供给社会的产品，是已建成并可以投入生产或使用的工厂、矿井、铁路、公路、桥梁、港口、机场、仓库、管线、住宅以及各种公用建筑及设施。

二、机械制造系统的概念

制造业是将制造资源（物料、能源、设备工具、资金、技术、信息和人力等），通过制造过程，转化为可供人们使用或利用的工业品，或生活消费品的行业。它涉及到国民经济的各个部门，是国民经济和综合国力的支柱产业。

制造系统是制造过程及其所涉及的硬件（物料、设备、工具和能源等）、软件（包括制造理论、制造工艺和制造信息等）和人员组成的一个将制造资源转变为产品（含半成品）的有机整体。

制造系统的基本特性包括以下几个方面。

(1) 集合性 制造系统是由两个或两个以上的可以相互区别的要素（或环节、子系统）

所组成的集合体。它确定了制造系统的组成要素。

(2) 相关性 制造系统内各要素是相互联系的。它说明了这些组成要素之间的关系，这种关系构成了制造系统的结构，而结构又决定了制造系统的性质。制造系统的基本结构体现为组织、技术和管理三方面。制造系统中任一要素与存在于该制造系统中的其他要素是互相关联和互相制约的。

(3) 目的性 一个实际的制造系统是一个整体，要完成一定的制造任务，或者说要达到一个或多个目的，就是要把资源转变为财富或产品。

(4) 环境适应性 一个具体的制造系统，必须具有对周围环境变化的适应性。外部环境的变化与系统是互相影响的，两者之间必然要进行物质、能量或信息的交换。制造系统应具有动态适应性的系统，表现为以最少的代价和时间去适应变化的环境，使系统接近理想状态。

(5) 动态性 制造系统的动态性主要表现在以下几个方面：

1) 总是处于生产要素（原材料、能量、信息等）的不断输入和有形财富（产品）的不断输出这样一种动态过程中。

2) 系统内部的全部硬件和软件也是处于不断的动态变化发展之中。

3) 为适应生存的环境，总是处于不断发展、不断更新、不断完善的运动中。

(6) 反馈特性 制造系统在运行过程中，其输出状态如产品质量信息和制造资源利用状况总是不断地反馈回制造过程的各个环节中，从而实现产品生命周期中的不断调节、改进和优化。

(7) 随机特性 制造系统中有很多随机因素，从而使制造系统的某些性质具有随机性。

机械制造系统是一种典型的、具体的制造系统。其组成如图 0-2 所示。

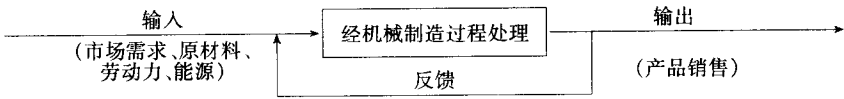


图 0-2 机械制造系统的组成

机械制造系统具有制造系统所具有的一切基本特性。图 0-3 表明机械制造过程是一个资源向产品或零件的转变过程。这个过程是不连续的（或称离散性），其系统状态是动态的，故机械制造系统是离散的动态系统。

机械制造系统由机床、夹具、刀具、被加工工件、操作人员和加工工艺等组成。机械制造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产品或零件输出。图 0-4 为机械制造系统各个组成部分之间的关系图。

图 0-4 的“三流”分别表示如下：

(1) 物料流（物流） 机械加工系统输入的是原材料或坯料（有时也包括半成品）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（一般还伴随着切屑的输出）。整个加工过程（包括加工准备阶段）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被称为物料流。