



普通高等教育“十一五”国家级规划教材
高等学校现代工程素质训练系列教材



The Practice of Modern Manufacturing Engineering Technology

现代制造工程技术实践

第③版

胡忠举 宋昭祥 © 主编



 机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

普通高等教育“十一五”国家级规划教材
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

第3版

主 编 胡忠举 宋昭祥
副主编 吴克军 周知进
参 编 陆名彰 廖先禄 康辉民 万林林 张树荣
主 审 傅水根 刘德忠



机械工业出版社

本系列教材是根据教育部“普通高等学校工程材料及机械制造基础”课程指导小组2009年3月审定的“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。

《现代制造工程技术实践》(第3版)全书分为四篇，共二十九章。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、机械零件的选材，共四章。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、焊接与粘结、板料冲压、常用非金属材料的成型、粉末冶金、快速成形、材料成形过程自动化、毛坯制造方法的选择，共十章。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、镗削与特形表面的加工，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和数字化制造技术，机械零件表面加工方法及其选择，机械零件的制造工艺过程及其技术经济分析，共十二章。第四篇为“拆卸与装配技术实践”，主要内容有拆卸与清洗、装配与调试、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类、近机械类、非机械类等各专业的基本教材，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/胡忠举,宋昭祥主编. --3版. --北京:机械工业出版社,2014.1
普通高等教育“十一五”国家级规划教材 高等学校现代工程素质训练系列教材
ISBN 978-7-111-44333-9

I. ①现… II. ①胡… ②宋… III. ①机械制造工艺-高等学校-教材 IV. ①TH16

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第241063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:刘小慧 李超 丁昕祯
版式设计:常天培 责任校对:张媛
封面设计:张静 责任印制:乔宇
北京机工印刷厂印刷(三河市南杨庄国丰装订厂装订)
2014年1月第3版第1次印刷
184mm×260mm·27.75印张·690千字
标准书号:ISBN 978-7-111-44333-9
定价:49.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心:(010)88361066 教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售一部:(010)68326294 机工官网:<http://www.cmpbook.com>

销售二部:(010)88379649 机工官博:<http://weibo.com/cmp1952>

读者购书热线:(010)88379203 封面无防伪标均为盗版

序

胡忠举、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，组织一批富有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、切削加工技术实践及拆卸与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、理论与实践相结合的编写目标，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容，体现出工艺理论与工艺实践的高度结合。尤其是“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，还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，工艺创新越深入，设计创新就越活跃。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。

傅水根
于清华大学

第3版前言

本书是根据教育部“普通高等学校工程材料及机械制造基础”课程指导小组2009年3月审定的“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。

本书在继续保持《现代制造工程技术实践》(第2版)的主要特点的基础上，加强了环境保护法规方面的内容，增加了数学化设计与制造、机械零件制造工艺过程技术经济分析、质量管理与质量保证体系国际标准简介等内容。

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相互结合。

为了方便各学校使用本教材，特对本教材的使用作如下说明(供参考)。

课堂理论 教学内容	第一篇：第一章，第二章，第三章第二节，第四章 第二篇：第一章，第十章 第三篇：第一章，第四章第三节，第六章第一节、第二节，第十章，第十一章，第十二章 学时：18~24学时，可穿插在实习过程中的适当时间集中讲授
现场讲授与 演示内容	第二篇：第二章第四节，第三章第四节，第四章第四节，第六章，第七章，第八章 第三篇：第三章，第四章第一节、第二节，第五章，第六章第三节，第七章第三节，第八章
实习教学 内容	第一篇：第三章第一节 第二篇：第二章第一节~第三节，第三章第一节~第三节，第四章第一节~第三节，第五章 第三篇：第二章，第七章第一节、第二节，第九章 第四篇：第一章，第二章
学生自学 内容	绪论 第一篇：第三章第三节~第五节 第二篇：第二章第五节，第三章第五节，第四章第五节、第六节，第九章 第四篇：第三章

本书由胡忠举、宋昭祥任主编，吴克军、周知进任副主编，参加编写的有陆名彰、廖先禄、康辉民、万林林、张树荣。

本书由原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“工程材料及机械制造基础”课程指导小组组长、清华大学傅水根教授和北京工业大学刘德忠教授任主审。傅水根教授和刘德忠教授对本书的编写提出了许多宝贵意见，在此表示衷心的感谢。

由于编者的水平与经验有限，书中难免存在不妥之处，请同行与读者批评指正。

第2版前言

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，培养和发展学生的创新意识和创新精神。

现代制造工程技术实践在教学中是一门实践性很强的技术基础课。在教学过程中，和其他课程一样，都要完成传授知识、训练技能和培养能力这三方面的任务。但要指出，知识、技能和能力是不同的三个概念，而且从掌握知识到形成能力不是直接的，要以技能为中介才成。技能仅理解为能够动手操作工具和设备，或者能够进行实验，这是不够的。技能训练除动作技能训练外，还有工程实践和学生的工程意识训练。现代制造工程技术实践课程教学对知识传授和技能训练进行了有机整合，是一般工程教育的必修课程。

培养和发展学生的基本工程素质，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，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科学生相比，更加缺乏工程实践的训练。

为此，在大学阶段的一、二年级开设现代制造工程技术实践课程，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，在感受与体验、经历与思考、矛盾与前进中了解知识的产生和创造过程，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，也是我们编写这本教材的目的和意义。

本教材是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而编写的，适用于理工类专业学生的工程训练课程教学。

本教材力图表现以下特点：

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，以此为为主线组织教学内容，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) 本教材将原来为适应机类、近机类和非机类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与实训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复，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能力和综合素质的培养。

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) 本教材在使用新国标规定的术语时, 既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相互结合。

8) 为了方便各学校教学, 特对本教材的使用作如下说明 (供参考):

课堂理论 教学内容	第一篇: 第一章, 第二章, 第三章第二节, 第五章 第二篇: 第一章, 第十一章 第三篇: 第一章, 第六章第一节、第二节, 第四章第三节, 第十一章 学时: 18~24 学时, 穿插在实习过程中集中讲授
现场讲授 与演示内容	第二篇: 第六章, 第七章, 第八章, 第二章第四节, 第三章第四节, 第四章第四节 第三篇: 第三章, 第四章第一节、第二节, 第五章, 第六章第五节, 第七章第三节, 第八章
实习教学内容	第一篇: 第三章第一节, 第四章 第二篇: 第二章第一节~第三节, 第三章第一节~第三节, 第四章第一节~第三节, 第五章, 第九章, 第十章 第三篇: 第二章, 第六章第三节、第四节, 第七章第一节、第二节, 第九章, 第十章 第四篇: 第一章, 第二章
学生自学内容	绪论 第一篇: 第三章第三节、第四节 第二篇: 第二章第五节, 第三章第五节, 第四章第五节、第六节, 第十二章 第三篇: 第十二章 第四篇: 第三章

本教材由宋昭祥任主编, 陆名彰、胡忠举任副主编, 参加编写的有吴克军、廖先禄、周知进。

本教材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“工程材料及机械制造基础”课程指导小组组长、清华大学傅水根教授和北京工业大学刘德忠教授担任主审。傅水根教授和刘德忠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。

主 编

目 录

序		
第3版前言		
第2版前言		
绪论	1	
第一节 工业系统、机械制造系统与集成概述	1	
第二节 工业安全	7	
第三节 环境保护	8	
第四节 机械制造工艺过程	10	
第五节 产品质量管理概述	11	
第六节 工程素质训练课程的目的、内容与方法	17	
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	22	
第一节 工程材料的主要性能	22	
第二节 金属的结晶与合金的结构	25	
第三节 铁碳合金的组织与状态图	29	
第四节 高分子材料的基本知识	32	
第二章 常用工程材料	36	
第一节 常用金属材料	36	
第二节 常用非金属材料	46	
第三节 新材料	49	
第三章 工程材料的改性	55	
第一节 金属材料的改性工艺	55	
第二节 常用非金属材料改性工艺	62	
第三节 改性工艺新技术	68	
第四节 工程材料改性过程自动化	73	
第五节 热处理中的环境保护	79	
第四章 机械零件的选材	83	
第一篇复习思考题	86	
第二篇 材料成形技术实践		
第一章 材料成形工艺理论基础	90	
第一节 铸造工艺基础	90	
第二节 金属锻造工艺基础	95	
第三节 焊接工艺基础	102	
第二章 铸造	108	
第一节 砂型制造	109	
第二节 铸铁的熔炼及浇注	116	
第三节 铸件结构的工艺性及铸件图	119	
第四节 特种铸造	126	
第五节 铸造新工艺、新技术简介	130	
第三章 锻造	132	
第一节 金属的加热与锻件的冷却	132	
第二节 自由锻造	134	
第三节 锤上模锻和胎模锻	140	
第四节 轧制、挤压、拉拔和旋压工艺	142	
第五节 锻造新工艺、新技术简介	145	
第四章 焊接与粘结	149	
第一节 焊条电弧焊	149	
第二节 焊接件结构的工艺性	156	
第三节 气焊、氧气切割和等离子弧切割	159	
第四节 其他焊接方法	164	
第五节 焊接新技术、新工艺简介	167	
第六节 粘接	169	
第五章 板料冲压	173	
第一节 冲压设备	173	
第二节 冲压的基本工序	175	
第三节 冲压模具	176	
第四节 板料冲压件的结构工艺性	177	
第六章 常用非金属材料的成型	180	
第一节 塑料的成型	180	
第二节 工程陶瓷的成型	186	
第三节 橡胶的成型	189	
第四节 复合材料的成型	192	

第七章 粉末冶金	197
第一节 粉末冶金生产的工艺流程	197
第二节 粉末冶金零件的结构工艺性	200
第八章 快速成形	202
第一节 快速原形制造 (RP)	202
第二节 快速模具制造 (RT)、快速精铸 (QC)、快速反求工程 (RRE) 技术	205
第三节 快速成形技术	207

第九章 材料成形过程自动化	208
第一节 概述	208
第二节 材料成形设备的自动化	210
第三节 材料成形加工过程的自动化	214
第四节 材料成形的计算机辅助技术	215
第十章 毛坯制造方法的选择	218
第一节 毛坯选用的原则	218
第二节 典型机械零件毛坯的选用	221
第二篇复习思考题	224

第三篇 切削加工技术实践

第一章 切削加工工艺理论基础	230
第一节 切削加工的基本概念	230
第二节 切削刀具	232
第三节 切削过程及其基本规律	237
第二章 车削加工	244
第一节 卧式车床	244
第二节 车刀	246
第三节 车削时工件的装夹方式和车床附件	248
第四节 车削加工	252
第三章 铣、刨、拉削加工	261
第一节 铣削加工	261
第二节 刨削加工	270
第三节 拉削加工	277
第四章 磨削、光整加工与精密加工	279
第一节 磨削加工	279
第二节 光整加工	288
第三节 精密和超精密加工	291
第五章 钻削、镗削及特形表面的加工	293
第一节 钻削加工	293
第二节 镗削加工	298
第三节 特形表面的加工	300
第六章 数控机床加工	310
第一节 数控机床的工作原理及组成	310
第二节 数控加工程序编制	313
第三节 常用数控切削加工机床	327
第七章 特种加工	333
第一节 电火花线切割	333

第二节 光化学加工	336
第三节 其他常用的特种加工	340
第八章 常用非金属材料的切削加工	346
第一节 工程塑料的切削加工	346
第二节 工程陶瓷的切削加工	347
第九章 钳工	350
第一节 划线	350
第二节 锯切	353
第三节 锉削	354
第四节 螺纹加工	356
第十章 切削加工过程自动化和数字化制造技术	358
第一节 切削加工过程自动化	358
第二节 数字化设计制造技术及发展趋势	364
第十一章 机械零件表面加工方法及其选择	372
第一节 机械加工方法选择原则	372
第二节 外圆表面的加工方法及其选择	376
第三节 内圆表面的加工方法及其选择	378
第四节 平面的加工方法及其选择	379
第五节 特形表面的加工方法及其选择	381
第十二章 机械零件的制造工艺过程及其技术经济分析	384
第一节 机械零件制造工艺过程	384
第二节 制造工艺过程的经济分析	390
第三节 提高机械制造生产率的措施	392
第三篇复习思考题	396

第四篇 拆卸与装配技术实践

第一章 拆卸与清洗	404	第一节 概述	421
第一节 拆卸	404	第二节 自动装配机	423
第二节 清洗	408	第三节 自动装配线	426
第二章 装配与调试	411	第四节 柔性装配系统	428
第一节 机械零、部件的装配	411	第四篇复习思考题	430
第二节 机械零、部件装配后的调试	417	参考文献	431
第三章 装配过程自动化	421		

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为一次能源（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. 冶金工业与材料工业

(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非铁金属。黑色金属指钢、铁和铁合金。非铁金属又分为重金属、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、非铁金属工业。

(2) 材料工业 我国的材料工业，包括冶金、加工、建材等主要行业，它既提供生铁、钢、铁合金、非铁金属、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 它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。在国民经济中，采掘业、加工业、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

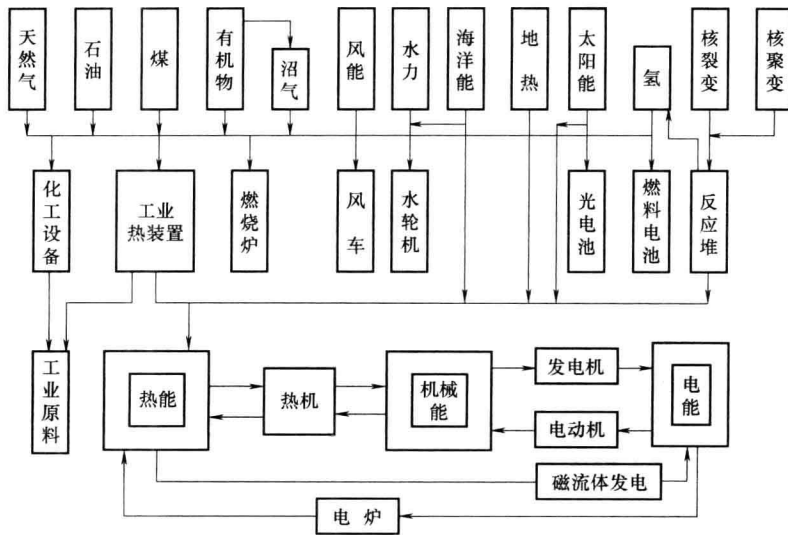


图 0-1 主要能源及其转化和应用

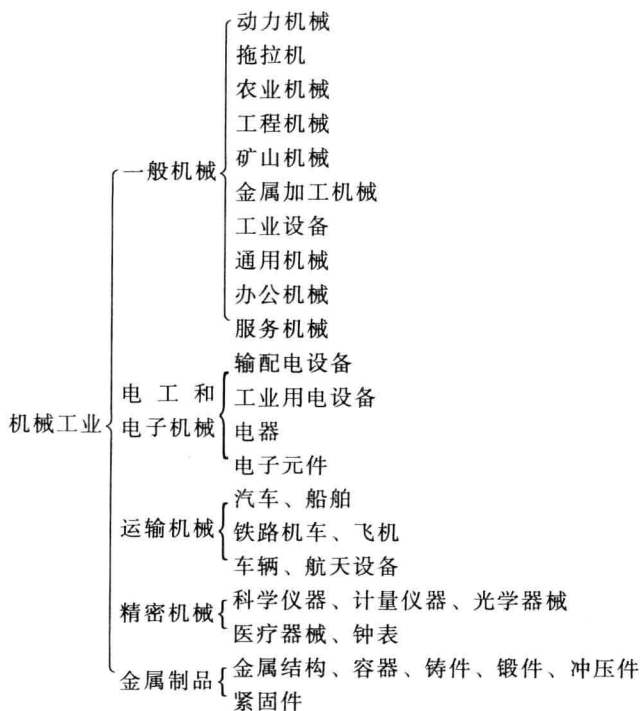
工密不可分。

(2) 化学工业生产的基本过程 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) 机械工业也称机械制造业，是制造机械产品的工业部门。

2) 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，但因其规模巨大，且又是与其他产业关联度最大的产业，故将其单独列为一个工业部门。随着汽车的使用和普及，产生了许多与之相关的部门来促进其发展。汽车工业涉及领域甚宽，包括钢铁、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，以及公路交通、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为广泛。因此，从某种意义上讲，它是衡量一个国家工业化水平和科学技术水平高低的重要标志之一。

6. 电子工业及信息产业

(1) 电子工业的对象 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 电子信息产业包括通信与信息服务业、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，微电子技术能实现令人难以想象的复杂功能。

(4) 电子工业结构 电子工业的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 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。它是一种以消费品生产为主的加工工业的群体，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、自来水和饲料生产加工等。

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、住宅及各种公用建筑与设施。

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,或者说要达到的一个或多个目的,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)的不断输出的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的。

3) 为了适应生存环境,制造系统总是处于不断发展、不断更新、不断完善的运动中的。

(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等信息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。

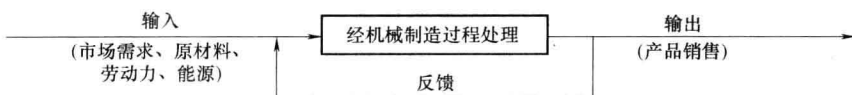


图 0-2 机械制造系统的组成

机械制造系统具有制造系统应具有的一切基本特性。图 0-3 表明,机械制造过程是一个将资源向产品或零件转变的过程。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),输出的是经过机械加工过程制成的产品或零件。图 0-4 所示为机械制造系统组成图。

图 0-4 所示的“三流”(物流、信息流、能量流)分别表示如下:

(1) 物流(物流) 机械制造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的过程(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,这种物料在机械制造系统中的运动被称为物流。

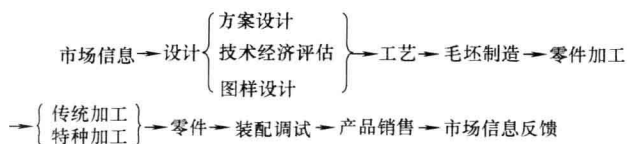


图 0-3 机械制造过程

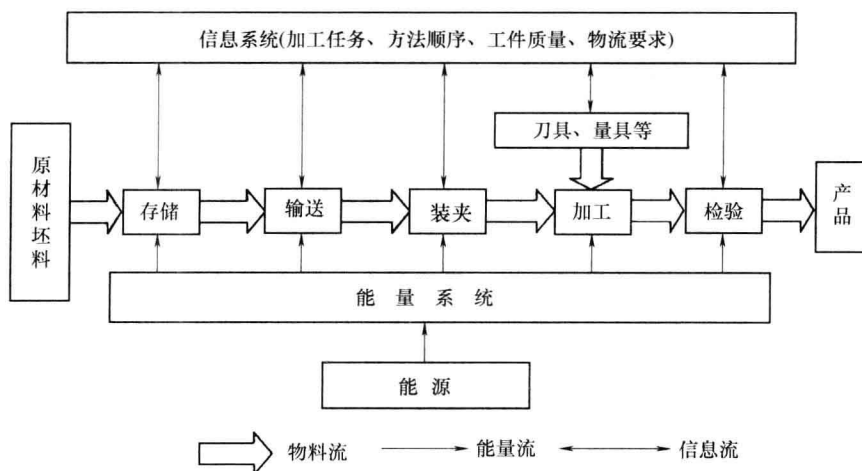


图 0-4 机械制造系统组成图

(2) 信息流 在机械制造系统中，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。这些信息又可分为静态信息（如工件尺寸要求、公差大小等）和动态信息（如刀具磨损程度、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程的各种状态进行信息交换，从而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。这种信息在机械制造系统中的作用过程称为信息流。

(3) 能量流 能量是一种物质运动的基础。机械制造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，均需要能量来维持。来自机械制造系统外部的能量（一般是电能）多数转变为机械能。一部分机械能用于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。机械制造系统中的物流、信息流、能量流之间相互联系、相互影响，组成了一个不可分割的有机整体。

在很长一段时期里，人们习惯于孤立地、分别地研究机械制造中所涉及的各种问题。尽管在机床、工具和制造工艺等各个方面都取得了长足的进步，而且成功地应用于大批量生产，但在大幅度提高各种因素非常复杂的小批量生产的生产率方面，长时间未能取得大的突