



“十三五”国家重点出版物出版规划项目  
现代机械工程系列精品教材  
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



# Practice of Modern Manufacturing Engineering Technology

## 现代制造工程技术实践

第④版

宋昭祥 胡忠举 © 主编



机械工业出版社  
CHINA MACHINE PRESS

“十三五”国家重点出版物出版规划项目  
现代机械工程系列精品教材  
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4版

主 编 宋昭祥 胡忠举  
副主编 胡小平 康辉民  
参 编 陆名彰 廖先禄 陈湘向 万林林  
主 审 傅水根 刘德忠

机械工业出版社

本书是根据教育部制定的《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。

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、焊接与粘接、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和数字化设计制造技术，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、近机械类和非机械类各专业的教材，也可作为成人高等教育相关专业的教材。

## 图书在版编目 (CIP) 数据

现代制造工程技术实践/宋昭祥, 胡忠举主编. —4版. —北京: 机械工业出版社, 2019.7

高等学校现代工程素质训练系列教材 “十三五”国家重点出版物出版规划项目 现代机械工程系列精品教材 普通高等教育“十一五”国家级规划教材

ISBN 978-7-111-62259-8

I. ①现… II. ①宋… ②胡… 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 (2019) 第 048986 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 安桂芳 任正一

责任校对: 张薇 封面设计: 张静

责任印制: 郜敏

北京中兴印刷有限公司印刷

2019年7月第4版第1次印刷

184mm×260mm·24.75印张·640千字

标准书号: ISBN 978-7-111-62259-8

定价: 54.80元

电话服务

客服电话: 010-88361066

010-88379833

010-68326294

封底无防伪标均为盗版

网络服务

机工官网: [www.cmpbook.com](http://www.cmpbook.com)

机工官博: [weibo.com/cmp1952](http://weibo.com/cmp1952)

金书网: [www.golden-book.com](http://www.golden-book.com)

机工教育服务网: [www.cmpedu.com](http://www.cmpedu.com)

# 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,编写完成了这本《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,构成了后续各篇的基础;第二篇和第三篇涵盖了“热加工”和“冷加工”的全部内容,并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须改进的。

2) 在完成教学计划中所提出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。

该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。将两者结合起来,就可以达到教学目的。

# 前 言

本书是根据教育部制定的《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。

本书在继续保持第3版的主要特点的基础上，增加了智能制造和五轴联动数控机床等内容。

本书在使用现行国标规定的术语时，考虑到贯彻现行国标应有历史延续性，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书，特对本书的使用做如下说明（供参考）：

课程理论教学内容	第一篇：第一章，第二章，第三章第二节，第四章 第二篇：第一章，第五章第四节，第十章 第三篇：第一章，第四章第三节，第六章第一节，第十一章，第十二章 学时：36~48学时，可穿插在实习过程中的适当时间集中讲授
现场讲解与演示内容	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，第五章第二节、第三节，第六章第二节，第八章 学时：18学时
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，第五章第一节~第三节 第三篇：第二章，第五章第一节，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，第九章 第三篇：第七章第三节，第十章 第四篇：第三章

本书由宋昭祥、胡忠举任主编，胡小平、康辉民任副主编，参加编写的有陆名彰、廖先禄、陈湘向、万林林。

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，敬请读者批评指正。

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
第二节 工业安全	6
第三节 环境保护	8
第四节 机械制造工艺过程	9
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	16
<b>第一篇 工程材料及其改性技术实践</b>	
第一章 工程材料及其改性工艺理论基础	
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 铁碳合金的组织与相图	29
第四节 高分子材料的基本知识	32
第二章 常用工程材料	35
第一节 常用金属材料	35
第二节 常用非金属材料	45
第三节 新材料	48
第三章 工程材料的改性	54
第一节 金属材料的改性工艺	54
第二节 常用非金属材料的改性工艺	61
第三节 改性工艺新技术	66
第四节 热处理中的环境保护	71
第四章 机械零件的选材	75
<b>第二篇 材料成形技术实践</b>	
第一章 材料成形工艺理论基础	80
第一节 铸造工艺基础	80
第二节 金属锻造工艺基础	85
第三节 焊接工艺基础	91
第二章 铸造	97
第一节 砂型制造	98
第二节 铸铁的熔炼及浇注	105
第三节 铸件结构的工艺性及铸件图	108
第四节 特种铸造	114
第五节 铸造新工艺、新技术简介	118
第三章 锻造	120
第一节 金属的加热与锻件的冷却	120
第二节 自由锻造	122
第三节 锤上模锻和胎模锻	128
第四节 轧制、挤压、拉拔和旋压工艺	130
第五节 锻造新工艺、新技术简介	133
第四章 焊接与粘接	136
第一节 焊条电弧焊	136
第二节 焊接件结构的工艺性	143
第三节 气焊、氧气切割和等离子弧切割	146
第四节 其他焊接方法	150
第五节 焊接新工艺、新技术简介	153
第六节 粘接	155
第五章 板料冲压	159
第一节 冲压设备	159
第二节 冲压的基本工序	161
第三节 冲压模具	162
第四节 板料冲压件的结构工艺性	163
第六章 常用非金属材料的成型	166
第一节 塑料的成型	166
第二节 工程陶瓷的成型	172
第三节 橡胶的成型	175
第四节 复合材料的成型	178
第七章 粉末冶金	182
第一节 粉末冶金生产的工艺流程	182
第二节 粉末冶金零件的结构工艺性	185

第八章 快速成形 .....	187	第一节 概述 .....	193
第一节 快速成形制造 (RP) .....	187	第二节 材料成形设备的自动化 .....	195
第二节 快速模具制造 (RT)、快速精铸 (QC)、快速反求工程 (RRE) 技术 .....	190	第三节 材料成形加工过程的自动化 .....	199
第三节 快速成形技术 .....	192	第四节 材料成形的计算机辅助技术 .....	200
第九章 材料成形过程自动化 .....	193	第十章 毛坯制造方法的选择 .....	203
		第一节 毛坯选用的原则 .....	203
		第二节 典型机械零件毛坯的选用 .....	206

### 第三篇 切削加工技术实践

第一章 切削加工工艺理论基础 .....	210	第二节 光化学加工 .....	302
第一节 切削加工的基本概念 .....	210	第三节 其他常用的特种加工 .....	306
第二节 切削刀具 .....	212	第八章 常用非金属材料的切削加工 .....	311
第三节 切削过程及其基本规律 .....	217	第一节 工程塑料的切削加工 .....	311
第二章 车削加工 .....	223	第二节 工程陶瓷的切削加工 .....	312
第一节 卧式车床 .....	224	第九章 钳工 .....	315
第二节 车刀 .....	225	第一节 划线 .....	315
第三节 车削时工件的装夹方式和车床 附件 .....	227	第二节 锯切 .....	318
第四节 车削工作 .....	231	第三节 锉削 .....	319
第三章 铣、刨、拉削加工 .....	240	第四节 螺纹加工 .....	321
第一节 铣削加工 .....	240	第十章 切削加工过程自动化和数字化 设计制造技术 .....	323
第二节 刨削加工 .....	249	第一节 切削加工过程自动化 .....	323
第三节 拉削加工 .....	256	第二节 数字化设计制造技术及发展 趋势 .....	329
第四章 磨削、光整加工与精密加工 .....	258	第十一章 机械零件表面加工方法 及其选择 .....	338
第一节 磨削加工 .....	258	第一节 机械加工方法选择原则 .....	338
第二节 光整加工 .....	267	第二节 外圆表面的加工方法及其选择 .....	342
第三节 精密和超精密加工 .....	269	第三节 内圆表面的加工方法及其选择 .....	344
第五章 钻削、镗削及特形表面的 加工 .....	272	第四节 平面的加工方法及其选择 .....	345
第一节 钻削加工 .....	272	第五节 特形表面的加工方法及其选择 .....	347
第二节 镗削加工 .....	277	第十二章 机械零件的制造工艺过程 及其技术经济分析 .....	350
第三节 特形表面的加工 .....	279	第一节 机械零件制造工艺过程 .....	350
第六章 数控机床加工 .....	288	第二节 制造工艺过程的经济分析 .....	356
第一节 数控机床的工作原理及组成 .....	288	第三节 提高机械制造生产率的措施 .....	358
第二节 常用数控切削加工机床 .....	291		
第七章 特种加工 .....	299		
第一节 电火花线切割 .....	299		

### 第四篇 拆卸与装配技术实践

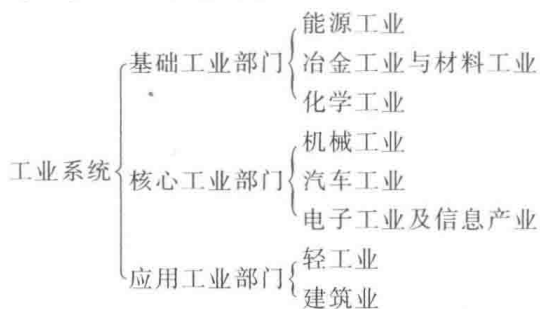
第一章 拆卸与清洗 .....	364	第三章 装配过程自动化 .....	380
第一节 拆卸 .....	364	第一节 概述 .....	380
第二节 清洗 .....	368	第二节 自动装配机 .....	382
第二章 装配与调试 .....	371	第三节 自动装配线 .....	385
第一节 机械零、部件的装配 .....	371	第四节 柔性装配系统 .....	387
第二节 机械零、部件装配后的调试 .....	377	参考文献 .....	389

## 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做一些初步了解，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化的能源）和二次能源（由一次能源经过加工转化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钢铁材料和非铁金属材料。钢铁材料指钢、铁和铁合金。非铁金属材料又分为重金属、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。

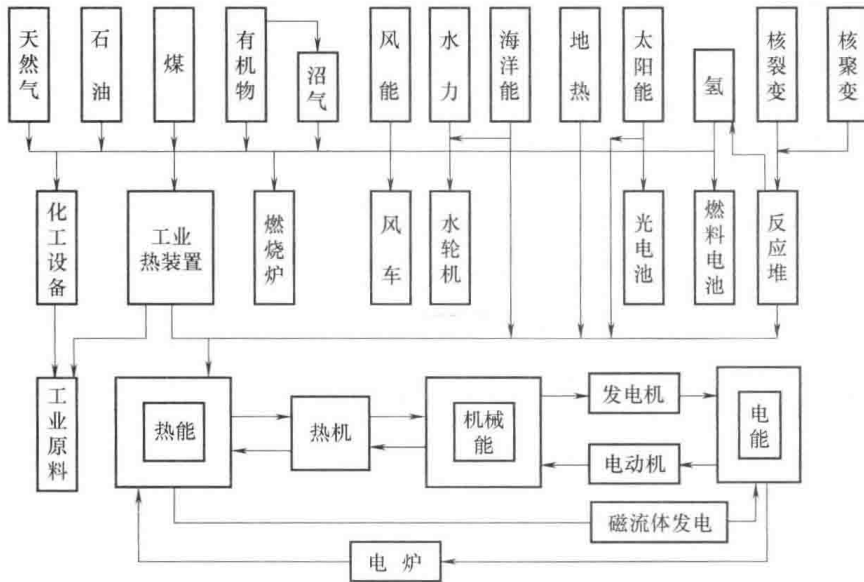


图 0-1 主要能源及其转化和应用

### 3. 化学工业

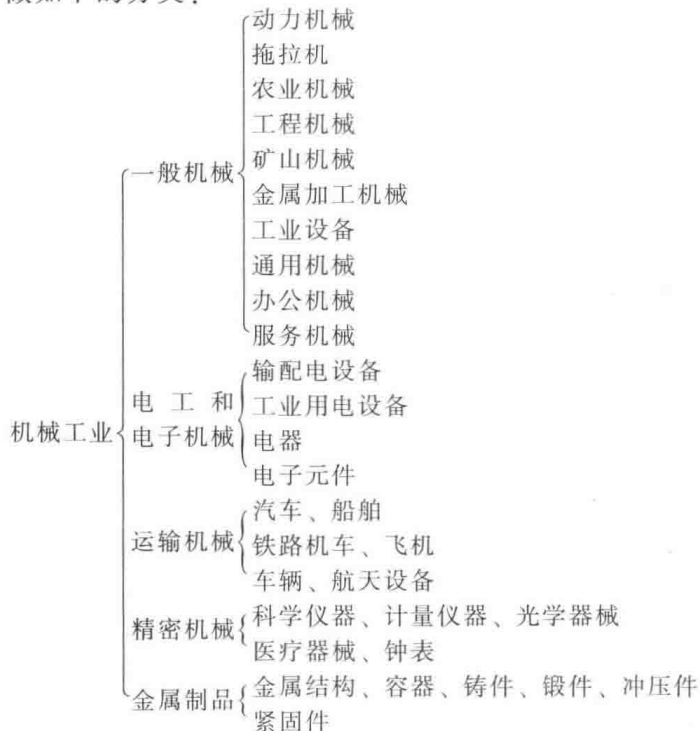
(1) 化学工业的概念 它是利用物质发生化学变化的规律，改变物质的结构、成分、形态而进行工业化生产的工业部门。化学加工是一个渗透于多行业的基本生产方法。在国民经济中，采掘业、加工业、动力部门和交通运输部门组成工业体系，它们中很多生产都与化学加工密不可分。

(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) 机械工业可做如下的分类：



## 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。汽车工业涉及领域很宽，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、声呐、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。制造系统应是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。

(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。

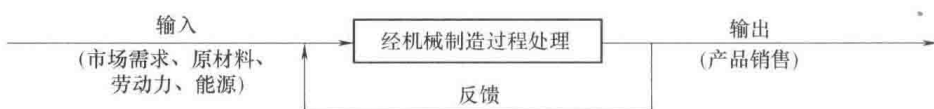


图 0-2 机械制造系统的组成

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。

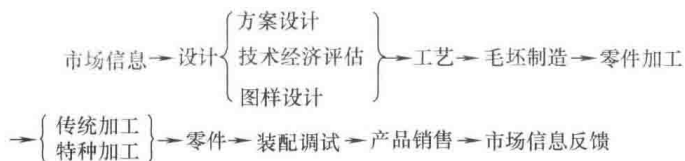


图 0-3 机械制造过程

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”(物料流、信息流、能量流)分别表示如下:

(1) 物料流(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料流。

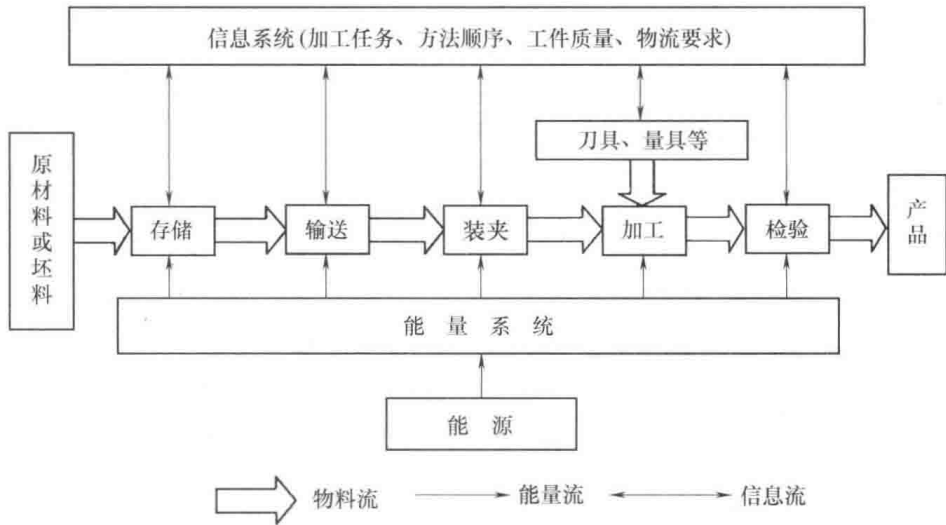


图 0-4 机械制造系统组成图

(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）多数转化为机械能。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，转化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料流、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破。直至 20 世纪 60 年代末期，人们才逐步认识到，必须运用系统的观点来认识机械产品制造的全过程，将其视为系统，进而运用系统工程的理论和方法，根据制造系统的目的，从整体与部分、部分与部分、整体与外部环境之间的相互联系、相互作用与相互制约的关系中综合、准确地分析和研究制造系统，才能获得技术先进、经济合理、效率高及整体协调运转的最佳效果。

### 三、集成的概念、基本要求与方式

集成的概念与系统的概念较相似。系统是由相互作用和相互依赖的若干组成部分结合而成的具有特定功能的有机整体。实际上，集成一词早在人们熟知的集成电路出现时就已广泛应用于各个领域，只不过人们已经习惯地把那些范围较小的有机整体称为系统。如计算机辅

助制造系统等，而较少站在整个企业的高度观察问题，将这些被称为系统的有机整体再次进行彼此之间的协调，而形成一个更大的有机整体，即一个更大的系统。为了突出在系统之间也需要形成有机整体，人们就使用了“集成”的概念。

因此，集成的出现来源于企业的实际需求。它是系统概念的延伸，是组成更大规模系统的手段，它强调组成系统的各部分之间能彼此有机地、协调地工作，以发挥整体效益，达到整体优化的目的。从集成的定义可以看出，集成绝不是将若干分离的部分简单地连接拼凑，而是通过信息集成，将原先没有联系或联系不紧密的各个组成部分有机地组合成为功能协调的、互相紧密联系的新系统。如将 CAD 与 CAM 集成，可以实现设计与制造的工程数据的信息共享，组成 CAD/CAM 系统；如果再将企业的管理信息系统（Management Information System, MIS）与 CAD/CAM 系统进行集成，就可实现商用数据和工程数据的信息共享等。

### 1. 集成的基本要求

集成的最终目的是使组成新系统的各子系统有机协调地工作，以发挥整体效益，达到整体优化，这种集成也称为系统集成。当然，每个分系统内部的集成也是一种小范围、小规模的集成，但它是系统集成的基础，两者相互联系。因此，从制造企业的角度来看，要实现集成，必须满足以下基本要求：

1) 应包括数控机床、自动化小车在内的各种加工设备，以及计算机等通信设备在内的部分或全部的硬件资源。

2) 应包括系统软件、工具软件及应用软件在内的软件资源。

3) 在软硬件及网络的基础上，建立一个良好的企业信息模型，以达到信息共享。

4) 企业各职能部门必须协调一致，使企业管理、技术和生产三个主要职能紧密地联系在一起。

5) 强调集成过程中人的地位和作用。

### 2. 集成的方式

集成的方式有硬件集成，软件集成，数据和信息集成，管理、技术和生产等功能集成，以及人和组织机构的集成。其中，硬件集成是指在计算机网络系统的支撑下实现计算机上层与工厂底层执行设备的集成。软件集成是指系统软件（如操作系统等）、工具软件及应用软件之间的集成，即软件的异构问题。如果没有软件的集成，硬件的集成就会变得毫无意义。软件集成的关键是选用的各类软件要尽可能符合国际统一标准和开放的要求。数据和信息集成作为系统集成的一个子集，它要对全企业的数据合理地进行规划和分布，以避免不必要和有害的冗余数据。要做到信息共享，建立一个良好的信息模型是非常重要的。管理、技术和生产等功能集成是指工厂为完成战略目标，各职能部门应协调一致地工作，管理、技术和生产三个主要功能需相互配合。而这些环节在未集成之前是彼此分离和相互脱节的。人和组织机构的集成是指充分提高人在企业中的地位。强调企业和供应商、客户之间的良好合作，强调友好的人机界面和专家系统的引入。人是系统中最为重要和活跃的因素，已成为系统集成重点考虑的因素之一。

## 第二节 工业安全

现代工业生产除了应充分考虑技术和经济问题外，还必须对能源利用、资源条件、安全性和环境保护等因素进行综合分析，才有可能做出正确的决策。安全性和环境保护对于经济性具有不同性质的重要意义，有时甚至是决定性的因素。必须强调从工厂开始规划与设计起，即应考虑建立一个安全的、环境良好的生产场所，并将这一考虑贯穿于工厂的整个寿命

期间。

## 一、工业安全的重要性

工业安全的重要性正在日益提高，主要表现在以下两个方面：

1) 尽管现代社会的发展依赖于工业与科学技术的发展，但是现代社会也要求工业企业必须满足安全性的要求。

2) 现代工业企业的数量越来越多，规模越来越大，技术越来越复杂，一旦发生事故，所带来的危害也越来越严重，因此社会已对工业与科学技术的发展产生了极大的担心与疑虑。工业安全问题不仅为工厂本身所关注，而且也成为整个社会所关注的重要问题。

## 二、工业安全性的评价

通常用引起不良后果的事件出现的可能性或概率来评价工业企业的安全性。所谓的不良后果，一般从以下几个方面进行衡量：①人员死亡；②人员伤残；③设备与厂房毁坏；④生产损失（如工时损失、材料损失、延误工期等）；⑤环境污染。

在进行工厂规划设计、制造工艺设计及日常运行管理时，对各种方案的评价与选择，都必须充分考虑其安全性。

## 三、工业系统的危险性因素

工业系统中，典型的危险性因素（或称不安全因素）主要表现在以下几个方面：①系统过载；②系统长期负载运行造成损坏；③系统本身的可靠性差；④系统的维修不善；⑤人一机误差（机器在人机控制方面失当或人的误差）；⑥人员缺乏技术培训，素质偏低；⑦管理不善；⑧环境不好。

通过分析工业系统的危险性因素可知，工业系统的安全性主要取决于工业系统本身与系统的运转操作过程。这两个方面都表明工业系统的安全性在相当大的程度上与人的失误密切相关，人的失误是最重要的危险性因素。因此，工业企业必须在努力提高系统本身安全性的同时，充分重视安全教育，使所有员工都树立起“安全第一”的观念，懂得并严格执行有关的安全技术与安全规程。

## 四、工业安全性的分析方法

为了建立工业安全状态，设计工程师和制造工程师都必须对各种方案进行安全性分析。在工业生产中常用的安全性分析方法可分为定性分析和定量分析两类。定性分析用于确定可能产生的故障的类型及可能导致产生重大事故的多种故障的组合的类型。定量分析用于确定故障发生的可能性或概率，并可用于估价预计损失和进行安全系统的优化。在定量分析前应先进行定性分析。

安全性分析对于指导企业建立安全可靠的生产系统具有非常重要的意义。通常，分析人员应特别重视系统要害部位的安全性分析。

## 五、有关安全法规与制度

党和政府非常重视工业安全问题，制定了一系列的安全法规与制度。现简要介绍如下：

(1) 安全生产责任制 安全生产责任制是工业企业中最基本的安全制度。它规定企业单位的各级领导在管理生产的同时，必须负责安全管理工作，认真贯彻执行国家有关安全生产与劳动保护的法规与制度；企业单位中的各个职能机构都应该在各自的业务范围内，对实

现安全生产的要求负责；企业单位的职工必须自觉遵守安全生产规章制度。

(2) 安全技术规程 安全技术规程包括“工厂安全卫生规程”“建筑安装工程安全技术规程”“矿山安全条例”“工人职员伤亡事故报告规程”等，对建筑物与通道的安全、机电设备的安全等都做了明确的规定。对特殊工种的工人，还规定其必须进行专门的安全操作技术训练，经过考核合格后才允许上岗操作。

(3) 劳动卫生规程 为了保护生产过程中职工的健康，防止和消除职业病与职业中毒，我国制定了“工业设计卫生标准”等规程，针对各种有毒有害物质的最高允许浓度，制定了国家的统一标准。

## 第三节 环境保护

### 一、环境与环境保护的概念

环境是指影响人类生存和发展的各种天然的和经过人工改造的自然因素的总体，包括大气、水、海洋、土地、矿藏、森林、草原、野生生物、自然遗迹、人文遗迹、自然保护区、风景名胜区、城镇和乡村等。

构成环境的各种自然因素是经济发展不可或缺的自然资源和物质基础，也是人类赖以生存的基本条件。因此，保护环境就是保护自然资源，保护人类的生存条件。对于可以再生的资源（如水、大气、森林、草原等），应该使之不断再生增殖，以资永续利用；对于不可再生的一次性资源（如石油、煤等矿产），应该合理地开发利用，避免和减少资源的破坏与浪费。

我国政府对于环境保护极为重视，明确提出环境保护是我国现代化建设的一项战略任务，并将其列为我国的一项基本国策。1989年12月，我国颁布了《中华人民共和国环境保护法》（以下简称为《环境保护法》）。此外，还颁布了一系列关于防治各种环境污染和其他公害的专门法律，如《中华人民共和国水污染防治法》《海洋环境保护法》等。

### 二、环境污染及其特征

人类在其生产和生活活动中，把各种废弃物排放到环境中，不断地影响和改变着周围的环境。反过来，环境质量的变化也不断地反馈作用于人类。凡是使环境质量发生不良变化，扰乱和破坏生态系统的良性循环及人类的正常生活条件，甚至危及人类健康的现象，均称为环境污染。

当前主要的环境污染物及其来源有以下几类：①工业污染源，指工业生产中形成并排放的废水、废气、废渣等；②交通污染源，指各种交通运输工具在运行中发出的噪声、扬起的灰尘、排出的废气、清洗车体的污水及运载的有毒有害物质的泄漏等；③农业污染源，指农业生产中施用农药与化肥、土壤流失、农业废弃物造成的污染；④生活污染源，指生活烧煤和生活污水造成的污染；⑤放射性污染源，指核能工业、医用及工农业用放射源和核武器生产、试验的放射性污染，及其排放的废弃物与飘尘的放射性污染。

从对人体危害的角度来看，环境污染一般具有以下特征：

1) 影响的范围大，涉及的地区广，危害的人群多。从某种意义上说，其影响所及，达到整个人类。

2) 作用的时间长。环境一经污染，短时间内难以治理，接触者长时间不断地暴露于被

污染的环境中。

3) 污染物浓度低, 作用情况复杂。污染物经大气和水的稀释后, 浓度一般很低。但污染物的种类多, 不但可以通过生物或理化作用产生迁移、转化、代谢、降解和富集, 改变其原有的性状和浓度, 产生不同的危害作用, 而且多种污染物同时作用于人体, 可以产生复杂的综合作用。

### 三、环境保护法的基本原则

环境保护法的基本原则是指该法特定的, 在调整由于开发利用和保护自然资源、防治环境污染和生态环境破坏所产生的社会关系中, 所规定的具有普遍性的基本准则, 主要包括以下几个方面:

(1) 环境保护纳入国民经济计划的原则 各级政府在制订国民经济和社会发展规划、规划时, 必须把保护环境和自然资源作为综合平衡的重要内容, 必须包括环境保护的目标、要求和措施。

(2) 预防为主、防治结合的原则 预防为主、防治结合就是要把环境保护工作的重点放在预防上, 防止在开发建设活动中产生新的环境污染和资源破坏, 对于已经造成的污染, 则必须进行积极治理。遵照这项原则, 必须做好以下几方面的工作:

1) 认真执行环境影响评价制度。即在开始进行某个建设项目或活动之前, 应先对可能对周围环境造成的不良影响进行调查、分析、预测和评价, 并提出处理意见和对策, 报国家环保部门审批。

2) 认真执行“三同时”制度。即一切建设项目、技术改造项目和其他开发项目的防治污染及其他公害的设施, 必须与主体工程同时设计、同时施工、同时投产使用。

3) 搞好资源的综合利用, 化害为利。

4) 加强各类企业的环境管理。

5) 结合技术改造, 防治环境污染。

6) 结合产业调整, 改造不合理的工业布局。

(3) 谁污染谁治理, 谁开发谁保护的原则 根据这项原则, 一切开发利用自然资源的单位和个人都必须采取措施保护环境; 对造成环境严重污染的排污单位, 由法定的政府主管机关做出决定, 限定其在规定的期限内完成治理污染的任务。

(4) 依靠群众保护环境的原则 环境保护必须依靠群众的智慧和力量, 同时每个公民也都有遵守国家法律, 进行环境保护的义务。

## 第四节 机械制造工艺过程

### 一、生产过程和工艺过程

在机械制造中, 从原材料到成品之间各个相互关联的劳动过程的总和, 称为生产过程。生产过程包括了生产的各个环节。在生产过程中, 直接改变生产对象的形状、尺寸、相对位置或性能, 使之成为成品或半成品的过程, 称为工艺过程。材料成形生产过程中的主要部分称为成形工艺过程 (如铸造工艺过程、锻造工艺过程、焊接工艺过程等); 机械加工车间生产过程中的主要部分称为机械加工工艺过程; 装配车间生产过程中的主要部分称为装配工艺过程。

## 二、工艺过程的组成

### 1. 工序

一个（或一组）工人，在同一个工作地点，对同一个（或几个）工件所连续完成的那部分工艺过程。

### 2. 安装

工件在一次装夹下所完成的那一部分工艺过程。

### 3. 工步

在加工表面、加工工具、转速和进给量都不变的情况下，连续完成的那一部分工序。

### 4. 进给

同一工步中，若加工余量大，需要用同一刀具，在相同转速和进给量下，对同一加工面进行多次切削，则每切削一次，就是一次进给。

## 三、生产纲领和生产类型

### 1. 生产纲领

工厂在计划期内应当生产的产品产量和进度计划，称为生产纲领。工厂一年制造的合格产品的数量，称为年生产纲领，也称年产量。产品中某零件的生产纲领除计划规定的数量外，还必须包括备品率及平均废品率，即

$$N_{\text{零}} = Nn(1 + a)(1 + b)$$

式中  $N_{\text{零}}$ ——零件的年生产纲领（件/年）；

$N$ ——产品的年产量（台/年）；

$n$ ——每台产品中，该零件的数量（件/台）；

$a$ ——备品率，以百分数表示；

$b$ ——废品率，以百分数表示。

### 2. 生产类型的工艺特征

根据产品大小和生产纲领的不同，一般把机械制造生产分为单件生产、成批生产和大量生产三种类型，生产纲领和生产类型的关系见表 0-1。各类生产类型的主要工艺特征见表 0-2。

表 0-1 生产纲领和生产类型的关系

生产类型		同种零件的年产量/件		
		重型（30kg 以上）	中型（4~30kg）	轻型（4kg 以下）
单件生产		5 以下	10 以下	100 以下
成批生产	小批生产	5~100	10~200	100~500
	中批生产	100~300	200~500	500~5000
	大批生产	300~1000	500~5000	5000~50000
大量生产		1000 以上	5000 以上	50000 以上

表 0-2 各类生产类型的主要工艺特征

项 目	单件、小批生产	成批生产	大批大量生产
产品数量	少	中等	大量
加工对象	经常变换	周期性变换	固定不变
毛坯制造	手工造型和自由锻	部分采用金属模样造型和模锻	机器造型、压力铸造、模锻