



全国高等农业院校教材

全国高等农业院校教学指导委员会审定

机械制造基础

严霖元 主编



中国农业出版社

全国高等农业院校教材
全国高等农业院校教学指导委员会审定

机械制造基础

TH16/98

严霖元 主编



中国农业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

机械制造基础 / 严霖元主编. —北京: 中国农业出版社, 2004.6

全国高等农业院校教材

ISBN 7-109-09095-7

I. 机... II. 严... 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 044826 号

中国农业出版社出版

(北京市朝阳区农展馆北路 2 号)

(邮政编码 100026)

出版人: 傅玉祥

责任编辑 段丽君

中国农业出版社印刷厂印刷 新华书店北京发行所发行

2004 年 7 月第 1 版 2004 年 7 月北京第 1 次印刷

开本: 850mm×1168mm 1/16 印张: 24.75

字数: 590 千字

定价: 34.70 元

(凡本版图书出现印刷、装订错误, 请向出版社发行部调换)

／ 内 容 简 介

本书是全国高等农业院校十五规划教材,全书共分14章。主要包括:绪论、工程材料基础、铸造成形、锻压成形、焊接成形、非金属材料成形、金属切削过程及控制、典型表面加工工艺、精密与超精密加工、特种加工、数控加工、机械加工质量分析与控制、机械加工工艺规程设计、机器装配工艺基础、机械制造新技术。全书结构安排合理,内容简明,注重基础知识的阐述,具有系统性、先进性和实用性等特点。为配合学习,每一章均附有习题与思考题,以便于读者进行复习和总结,巩固所学知识。

本书可作为机械类、近机械类和非机械类本科专业的基本教材,也可供制造企业的工程技术人员学习参考。

主 编 严霖元(江西农业大学)

副主编 夏如艇(江西农业大学)

魏风兰(沈阳农业大学)

董 欣(东北农业大学)

参 编 端木光明(四川农业大学)

陈志亮(湖南农业大学)

杨 洲(华南农业大学)

曾一凡(江西农业大学)

张 炜(甘肃农业大学)

前言

根据全国高等农业院校教学指导委员会“十五”规划教材编写要求，在总结各高等院校教学经验和教学实践的基础上，为了拓宽学生的知识结构和知识面，培养“厚基础、宽口径、高素质、强能力”的合格人才，适应科技飞速发展的新时代对工程技术人才的要求，我们编写了本教材。

机械制造基础是机械类、近机械类工科专业的一门重要的专业基础课。本书内容从以下几个方面展开：第一，以工艺为基础，分别介绍工程材料、材料成形和机械加工工艺三方面的基础知识；第二，以质量、生产率、经济性和可持续发展为主线，尽可能全面介绍机械制造中的新技术、新工艺、新方法，反映现代制造工程的发展趋势，注重知识的先进性；第三，以紧密联系当前的生产实践为切入点，内容注重实用性，使学生学完本课程后，能基本认识和初步掌握生产实际制造过程的基本知识，为后续专业课程的学习打下基础。

本书有以下特点：

1. 充分考虑了机械类、近机械类、非机械类各专业的教学要求。
2. 在内容安排上，从材料知识到机械加工、到机器装配及机械制造新技术，形成了一个完整的知识体系，有利于学生提高学习效果和系统掌握机械制造知识。
3. 先进制造技术的内容包含了先进制造工艺技术、制造系统综合自动化技术及现代生产经营和管理技术三方面的基础知识，有利于学生知识面的拓宽。
4. 本书涵盖的知识面较广，各专业可根据实际情况有选择地进行教学。

本书由严霖元教授任主编，夏如艇、魏风兰、董欣任副主编。绪论、第十四章由严霖元编写，第一、五章由魏风兰编写，第二、三章由董欣编写，第四、十章由夏如艇编写，第六章由端木光明编写，第七、八章由杨洲编写，第九、十三章由张炜编写，第十一章由陈志亮编写，第十二章由曾一凡编写。

在编写过程中得到了有关院校和工厂的大力支持，参考了有关材料、手册、资料，并得到了众多同志的支持和帮助，在此一并表示衷心感谢。

由于编者的水平与经验有限，书中错误和不足之处敬请读者给予指教。

编 者

2004年3月

目 录

前 言

绪论	1
第一章 工程材料基础	3
第一节 金属材料的性能	3
一、金属的力学性能	4
二、金属的其他性能	5
第二节 金属和合金的晶体结构与结晶	5
一、纯金属的晶体结构与结晶	6
二、二元合金的晶体结构与结晶	8
第三节 铁碳合金	13
一、铁碳合金的基本组织	13
二、铁碳相图	14
三、铁碳合金的平衡结晶过程与组织转变	15
四、铁碳合金室温组织性能随成分的变化规律	17
第四节 钢的热处理基本知识	17
一、钢在加热时的转变	18
二、钢在冷却时的转变	19
三、常用钢的热处理	20
第五节 常用金属材料	23
一、常用黑色金属材料	23
二、常用有色金属材料	38
第六节 非金属材料	41
一、塑料	41
二、陶瓷	42
三、复合材料	43
第七节 新型材料	45
一、功能材料	45

二、纳米材料	46
习题与思考题	49
第二章 铸造成形	50
第一节 概述	50
一、铸造基本概念	50
二、铸造成形特点	50
第二节 铸造成形工艺基础	51
一、充型能力	51
二、合金的收缩	52
三、常用合金铸件的生产	57
第三节 砂型铸造	62
一、砂型铸造工艺过程	62
二、造型方法	63
第四节 铸造工艺设计	65
一、浇注位置的选择	66
二、铸型分型面的选择	66
三、工艺参数的确定	68
四、铸造工艺图绘制	69
第五节 铸件结构工艺性	72
一、铸造工艺对铸件结构的要求	72
二、合金铸造性能对铸件结构的要求	75
第六节 特种铸造	78
一、熔模铸造	78
二、金属型铸造	79
三、压力铸造	80
四、离心铸造	81
五、低压铸造	81
六、陶瓷型铸造	82
第七节 铸造新技术	83
一、利用计算机三维图形技术辅助制造铸造模具的快速成型技术	83
二、近终形状铸造技术	83
三、计算机数值模拟技术	84
习题与思考题	84
第三章 锻压成形	86
第一节 概述	86

一、锻压成型的基本概念	86
二、锻压成型的基本生产方式	86
第二节 金属的塑性变形	88
一、金属的塑性变形实质	88
二、塑性变形后金属的组织 and 性能	88
三、影响塑性变形的因素	91
第三节 锻造	92
一、自由锻造	92
二、模型锻造	95
第四节 板料冲压	103
一、分离工序	103
二、变形工序	106
三、冲模的分类和构造	109
第五节 锻压件的结构工艺性	111
一、锻件结构工艺性	111
二、冲压件结构工艺性	112
第六节 锻压新技术	114
一、精密模锻	114
二、零件的挤压	115
三、零件的轧制	116
四、超塑性成形	118
五、摆动碾压	119
六、高能高速成形	119
习题与思考题	121
第四章 焊接成形	123
第一节 概述	123
第二节 手工电弧焊	123
一、焊接电弧	123
二、焊缝形成过程	124
三、焊条	125
第三节 其他常用焊接方法	126
一、埋弧自动焊	126
二、气体保护焊	127
第四节 常用金属材料的焊接	132
一、金属材料的焊接性	132
二、碳钢的焊接	132

三、不锈钢的焊接	132
四、低合金结构钢的焊接	133
五、铸铁的焊接	133
六、铝合金的焊接	134
第五节 焊接结构设计	134
一、焊接结构件材料的选择	134
二、焊缝的布置	135
三、焊接接头形式选择	137
第六节 焊接新技术	138
一、等离子弧切割	138
二、电子束焊	138
三、激光焊接	139
四、螺柱焊	139
五、窄间隙焊	140
六、堆焊与喷涂	140
七、扩散焊	141
八、焊接机器人	141
习题与思考题	142
第五章 非金属材料成形	143
第一节 塑料成形	143
一、概述	143
二、塑料成形加工基础	144
三、塑料制品成形技术	145
第二节 橡胶成形	149
一、概述	149
二、橡胶制品成形技术	150
第三节 陶瓷成形	150
一、概述	150
二、陶瓷制品成形技术	150
三、成形模具	152
第四节 复合材料成形	152
一、概述	152
二、复合材料成形技术	153
三、复合材料的二次加工	156
习题与思考题	157

第六章 金属切削过程及控制	158
第一节 切削运动与切削要素	158
一、切削的基本运动	158
二、切削要素	159
三、切削层几何参数	159
第二节 刀具的几何参数	160
一、刀具切削部分的组成	160
二、刀具的主要角度	161
第三节 刀具材料	162
一、刀具材料的基本要求	162
二、常用刀具材料	162
第四节 金属切削机床的基本知识	164
一、机床的分类	164
二、金属切削机床的型号	164
三、机床的基本结构	166
四、机床的传动系统	167
第五节 金属切削过程	168
一、切削过程	168
二、切屑类型	168
第六节 金属切削过程的主要物理现象及规律	169
一、切削过程中切屑及工件的变形	169
二、切削热	169
三、积屑瘤	170
四、切削力	170
五、刀具的磨损	170
第七节 影响金属切削加工的主要因素	171
一、刀具角度	171
二、切削用量的合理选择	174
三、切削液的选用	175
四、材料的切削加工性	176
第八节 磨削过程及磨削机理	176
一、概述	176
二、砂轮的特性要素	177
三、磨削加工	180
习题与思考题	181

第七章 典型表面加工工艺	182
第一节 平面加工	182
一、平面的技术要求与分类	182
二、平面加工方法及特点	182
三、平面加工方案的分析与选择	187
第二节 外圆加工	188
一、外圆的技术要求	189
二、外圆加工方法及特点	189
三、外圆加工方案的分析与选择	194
第三节 内圆加工	195
一、内圆的技术要求与分类	195
二、内圆加工方法及特点	195
三、内圆加工方案的分析与选择	203
第四节 螺纹加工	204
一、螺纹的技术要求与分类	204
二、螺纹加工方法及特点	205
三、螺纹加工方法的选择	208
第五节 齿形加工	208
一、齿轮的技术要求与分类	208
二、圆柱齿轮齿形加工方法及特点	210
三、圆柱齿轮齿形加工方案的分析与选择	219
第六节 成形表面加工	220
一、成形表面的分类	220
二、成形表面的加工方法	220
三、复杂曲面的加工	224
习题与思考题	224
第八章 精密与超精密加工	226
第一节 精密和超精密切削加工	226
一、精密和超精密切削加工的分类	226
二、金刚石刀具精密切削	227
第二节 精密和超精密磨削加工	227
一、精密和超精密磨削加工的分类	228
二、常用精密和超精密磨削方法	228
第三节 精密和超精密加工的特点及发展	233
一、精密加工和超精密加工的工艺特点	233

二、精密加工和超精密加工的发展途径	235
习题与思考题	236
第九章 特种加工	237
第一节 概述	237
第二节 电火花及线切割加工	239
一、电火花加工原理	239
二、电火花及线切割加工机床的组成	239
三、电火花及线切割加工的特点与应用	240
第三节 电解加工	241
一、电解加工原理	241
二、电解加工设备的组成	242
三、电解加工的特点及应用	242
第四节 超声波加工	243
第五节 其他特种加工	243
一、高能束加工	243
二、复合加工	247
习题与思考题	249
第十章 数控加工	250
第一节 概述	250
一、数控机床的组成和工作原理	250
二、数控机床的种类	251
三、机床数控技术的内涵	252
第二节 数控加工程序	252
一、编程方法	253
二、零件加工程序的结构	254
三、实现机床数控的有关规定	255
习题与思考题	260
第十一章 机械加工质量分析及其控制	261
第一节 概述	261
一、机械加工精度	261
二、机械加工表面质量概念	262
第二节 影响加工精度的因素	262
一、加工原理误差	262
二、机床误差	263

三、刀具与夹具的误差	265
四、工艺系统的受力变形	265
五、工艺系统的热变形	269
六、工件残余应力引起的变形	270
第三节 加工误差的统计分析	272
一、加工误差的性质	272
二、加工误差的统计分析	272
第四节 机械加工表面质量	278
一、表面质量对零件使用性能的影响	278
二、影响机械加工表面粗糙度的因素	280
三、影响表面层力学性能的因素	282
第五节 提高机械加工质量的途径与方法	284
一、提高加工精度的措施	284
二、提高表面质量的措施	286
习题与思考题	289
第十二章 机械加工工艺规程设计	290
第一节 概述	290
一、生产过程与机械加工工艺过程	290
二、机械加工工艺过程的组成	290
三、生产类型与工艺特征	293
四、机械加工工艺规程	294
五、制定机械加工工艺规程的原则和步骤	296
第二节 机械加工工艺规程编制的准备工作	298
一、原始资料准备及产品工艺性分析	298
二、零件的结构工艺性	298
三、毛坯的选择	301
第三节 机械加工工艺路线的拟定	302
一、基准	303
二、定位基准的选择	304
三、表面加工方法的确定	306
四、加工顺序的安排	309
第四节 工序设计	311
一、加工余量的确定	311
二、工序尺寸及其公差的确 定	313
三、工艺尺寸链的计算	314
四、机床及工艺装备的选择	320

五、切削用量的确定	320
六、时间定额的确定	320
第五节 工艺方案的技术经济分析	321
一、工艺成本的组成	321
二、工艺方案的比较	322
第六节 提高机械加工生产率的工艺措施	324
一、缩短单件时间	324
二、采用成组技术	326
习题与思考题	332
第十三章 机器装配工艺基础	334
第一节 装配工作的基本内容	334
一、机器的装配工艺过程	334
二、不同生产类型装配工艺的特点与组织形式	336
第二节 装配工艺规程的制定	337
一、装配工艺规程的制定原则和基本要求	337
二、装配工艺规程的制定步骤	337
第三节 机器结构的装配工艺性	338
一、机器结构应能分成独立的装配单元	339
二、减少装配的修配和机械加工	339
三、机器结构应便于装配和拆卸	339
第四节 装配尺寸链	341
一、装配精度	341
二、装配尺寸链	342
三、装配尺寸链的分析	343
第五节 保证装配精度的装配方法	344
一、互换法	345
二、选择装配法	347
三、修配法	348
四、调整装配法	350
习题与思考题	352
第十四章 机械制造新技术	354
第一节 先进机械制造技术的发展	354
一、先进制造技术的起源	354
二、AMT 的基本概念	355
三、AMT 的特点	355

四、我国先进制造技术的发展概况	356
第二节 机械制造系统自动化	358
一、单一品种大批量生产自动化	358
二、多品种小批量生产自动化	359
三、柔性制造系统 (FMS)	359
四、计算机集成制造系统 (CIMS)	364
第三节 计算机辅助制造	365
一、CAM 系统的组成	365
二、成组技术	366
三、计算机辅助工艺过程设计	367
四、数控自动编程	369
第四节 先进生产模式	369
一、计算机集成制造系统	369
二、独立制造岛	369
三、并行工程	370
四、精益生产	370
五、敏捷制造	371
六、智能制造系统	372
七、多智能体协同系统	372
八、绿色制造	373
第五节 快速成形	376
一、激光立体固化快速成形法	376
二、选择激光烧结成形法	377
三、分层实体制作法	377
四、熔融堆积成形法	378
习题与思考题	379
主要参考文献	380

绪论

机械制造是一个集材料、设备、工具、技术、信息、人力资源、资金等，通过制造系统转变为可供人类使用的产品的过程。机械制造业的先进与否标志着一个国家的经济发展水平。在众多国家尤其是发达国家，机械制造业在国民经济中占有十分重要的地位。随着科技日益进步和社会的信息化不断发展，全球性的竞争和世界经济的发展趋势使得机械制造产品的生产、销售、成本、服务面临着更多外部环境因素的影响，传统的制造技术、工艺、方法和材料已经不能适应当今社会的发展需要。计算机技术、信息技术、自动化技术在制造业中的广泛应用与传统的制造技术相结合形成了现代化机械制造业，企业的生产经营方式发生了重大变革。

一、机械制造业在国民经济中的地位和作用

机械工业是国民经济各部门的装备部，国民经济各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提供装备的技术性能、质量和可靠性。能否以适用先进的技术装备应用于国民经济各部门，将直接影响国民经济的发展，甚至影响整个国家的经济振兴。20 世纪 50 年代，我国自行制造的汽车、拖拉机、飞机；60 年代制造的原子能设备、万吨水压机、精密机床；70 年代生产的大型成套设备，如万吨级远洋轮船，年处理 250 万 t 炼油设备，年产 30 万 t 合成氨设备以及核发电设备等。每一次机械装备的重大发明，都把我国经济建设推向一个新的发展阶段。美国从 50 年代以来只是重视高技术和军用技术的发展，忽视了制造技术的作用，在制造业中的若干领域逐渐落后于其他发达国家。到了 80 年代，美国又开始将其先进的技术应用到制造业上，重新确定了其制造业的霸主地位。日本在战后的短短 30 年里，一跃成为经济大国，其主要的原因就是重视制造技术，先后提出了“技术立国”和“新技术立国”的发展道路，而且狠抓制造技术的关键——精密工程、特种加工和制造系统自动化。

随着计算机技术、信息技术和自动化技术突飞猛进的发展，我国的制造技术得到了空前的发展，一个具有相当规模和一定技术基础的机械工业体系基本形成。改革开放 20 多年来，我国制造业充分利用国内外两方面的技术资源，有计划地推动企业的技术改造和技术创新，引导企业走依靠科技进步的道路，使制造技术、产品质量及经济效益都有显著的提高，为满足国内外市场需要，推动国民经济的发展做出了很大贡献。

二、课程研究对象和任务

1. 研究对象 任何一台机械产品都是由零件所组成，机械零件如轴、套、箱体、活塞、连杆、齿轮、螺杆等，可由不同材料制成毛坯，经过机械加工达到图纸规定的结构形状和质量要

求,本课程循着这一路线,将材料、毛坯成型、零件加工工艺和机器装配作为研究对象,以在保证产品质量的前提下提高生产率,生产出性能优良、经济适用的产品为目的,重点研究工艺过程。

2. 主要任务

(1) 掌握工程材料的基本理论和知识,能根据工程材料的性质、性能和特点合理地选用材料。

(2) 掌握毛坯成型的基本理论和知识,学会各种成形结构的设计和成形方法。

(3) 掌握机械加工和机器装配的基本理论和知识,如工艺和装配尺寸链理论、加工精度理论,学会制定零件机械加工工艺过程和部件、产品装配工艺过程的方法。

(4) 了解影响加工质量的多项因素,如材料、机床、刀具、加工条件等,学会分析研究加工质量的方法。

(5) 了解机械制造新技术的发展,充分认识先进制造技术的作用和重要性。

三、课程的主要内容、特点和学习方法

1. 主要内容 本课程主要介绍机械产品的生产过程和工程材料知识、毛坯成型和机械加工过程及系统。主要包括金属材料和非金属材料的基本理论和成形规律;金属毛坯成型的基本理论、工艺基础、结构设计和成形方法;金属切削过程的主要物理现象及规律;机械加工和装配工艺规程的基本知识及设计;加工质量分析与控制方法;精密加工、特种加工、数控加工的基本知识;机械制造新技术的发展等。

2. 课程的特点

(1) 本课程是一门专业基础课,涵盖了从原材料到产品的装配,从粗加工到精加工,从传统制造方法到先进制造技术的各种基础知识,课程内容覆盖面广,且随着科学技术的不断发展,而更新和充实。

(2) 本课程的实践性强,与生产实际的联系十分紧密。

(3) 机械制造过程是一个系统工程问题,内容环环相扣,互相影响。

3. 学习方法

(1) 在学习本课程前应先修有关课程,如《金工实习》、《互换性与技术测量》等。

(2) 要重视与本课程有关的实践教学环节的学习,如金工实习、现场教学、实验教学等。

(3) 要注意掌握基本概念,如尺寸链的产生、加工精度和加工表面质量等,需要反复思考,联系生产实践才能深刻掌握。

(4) 要注意学习一些基本方法,如工艺尺寸链的计算方法,制定工艺规程的方法等。

(5) 在材料选用,制定工艺规程,设计结构时,要用系统的观点综合考察,避免局部思考问题。