

21 世纪高等职业教育
机械专业基础规划教材

机械制造基础

张国文 吴安德 主编

诚邀教授名家执笔

引入工程实践环节

强调教材整体配合

重点图例汇集成册

强调练习
与实践相结合
免费提供
电子教案、课件
和习题答案

 人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

21 世纪高等职业教育机械专业基础规划教材

机械制造基础

张国文 吴安德 主编

人民邮电出版社

图书在版编目(CIP)数据

机械制造基础 / 张国文主编. —北京: 人民邮电出版社, 2006.12

21 世纪高等职业教育机械专业基础规划教材

ISBN 7-115-15326-4

I. 机... II. 张... III. 机械制造—高等学校: 技术学校—教材 IV. TH

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 115071 号

内 容 提 要

本书是针对高等职业技术学院机械类专业教学的基本要求, 以及高职教育要求技术基础课程综合化的趋势, 结合有关学院教学改革、课程改革的经验而编写的高等职业教育教学用书。

本书主要内容包括工程材料与热处理、毛坯成型方法、公差配合与测量技术基础、机械加工基础等四部分, 共计 19 章。

本书作为高等职业教育机械类专业基础教材, 也可作为中等职业教育教材以及相关行业岗位培训或工程技术人员和自学人员的参考书。

21 世纪高等职业教育机械专业基础规划教材

机械制造基础

◆ 主 编 张国文 吴安德

责任编辑 杨 堃

◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街 14 号

邮编 100061 电子函件 315@ptpress.com.cn

网址 <http://www.ptpress.com.cn>

北京隆昌伟业印刷有限公司印刷

新华书店总店北京发行所经销

◆ 开本: 787×1092 1/16

印张: 19.75

字数: 468 千字

2006 年 12 月第 1 版

印数: 1—3 000 册

2006 年 12 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-115-15326-4/TN · 2865

定价: 28.00 元

读者服务热线: (010) 67170985 印装质量热线: (010) 67129223

21 世纪高等职业教育机械专业基础规划教材

编写委员会

主 任	翁其金	王其昌	李迈强		
副 主 任	刘亚琴	邱国庆	钱泉森	陈洪涛	虞建中
	向 伟				
委 员	(排名不分先后)				
	马西秦	邓志久	朱江峰	胡照海	周 虹
	徐志扬	宋文学	贾崇田	刘战术	朱登洁
	朱国平	唐 健	廖兆荣	首 珩	朱光力
	蔡冬根	苏 珉	张光明	林海岚	罗学科
	李 奇	张志鸣	周明湘	李名望	王浩钢
	刘向东	瞿川钰	朱国平	窦 凯	杨好学
	迟之鑫	王春海	刘小群	孟 奎	余少玲
	郑 金	陈福安	左文钢	王泽中	陈智刚
	黎 震	张国文	赵先仲	蔡向朝	陈加明
	丁学恭	黄 海	杨化书		
执行编委	杨 堃	蔡冬根	王浩钢	林海岚	李 奇
审读主任	张岐生	彭炎荣	段来根	李 华	

前 言

在当今世界，高度发达的制造业和先进的制造技术已经成为衡量一个国家综合经济实力和科技水平的最重要标志之一，成为一个国家在竞争激烈的国际市场上获胜的关键因素。目前，中国制造业已跻身世界第四位，中国已成为制造业大国，但尚不是制造业强国。中共十六大明确提出：“用高新技术和先进适用技术改造传统产业，大力振兴装备制造业”。当前，要从制造大国走向制造强国，必须优先发展先进制造业。这就要求，必须大力发展以数控技术为主的先进制造技术，提高模具设计制造水平，提升计算机辅助设计与制造（CAD/CAM）的技术水平。

自改革开放以来，到目前为止制造业在中国国民经济中的比重已占到 45%，制造业部门成为 GDP 增长的主要支撑力量。无论从制造业占国民生产总值和财政收入的比重来讲，还是从扩大就业、保持社会稳定来讲，我们都可以肯定地说，至少在 21 世纪前 50 年制造业仍然是我国国民经济增长的主要源泉。

制造业要发展，人才是关键。尽快拥有一批高技能人才和高素质劳动者，是先进制造业实现技术创新和技术升级的迫切要求。高等职业教育担负着培养高技能人才的根本任务。中国打造“世界工厂”，为中国高等职业教育的发展提供了难得的机遇和艰巨的挑战。

为顺应中国制造业的深层次发展和现代设计方法、数控技术的广泛应用，人民邮电出版社组织全国知名专家，经过与现代数控、模具生产制造企业技术人员的反复研讨，编写了适合当前技术改革、紧跟技术发展的相关高等职业学校教材，包括数控技术规划教材、模具设计与制造技术规划教材、机械专业基础规划教材、计算机辅助设计与制造技术规划教材四个系列，系列之间紧密联系、相辅相成。

四个系列教材均以高等职业教学中的实际技能要求为主旨，内容简明扼要，突出重点。编写方法上注重发挥实例教学的优势，引入众多生产应用实例和操作实训题，便于读者对全书内容的融会贯通，加深理解。丛书特色主要有如下几点：

1. 教材的重点实例全部编入图册，形成全套教材的整体配合。图册既可以作为全套教材的总结，又可以作为工程实例中的模板。既可以使学生们在三年的学习之后，通过图册加以回顾；又可以在工作中，通过对已学实例加以修改完成工程项目要求。
2. 教材的例图尽量使用当前常用的新图，尽量贴近工程。
3. 辅助设计的教材全部采用“案例教学”的教学方法，并且设计了软件学会之后与工程实践相结合的实践教程（实践教程配有视频教学光盘）。
4. 采用螺旋结构、分四层逐级深入的教学方法，形成各系列教材的整体配合。
5. 课程的整体设计上，特别强调与工程实践的联系。各系列中最后的几门课程，尽量联系到当代工程的实例，使学生们在学习了一定的知识、掌握了相关的技能后，能够应用于工程中。

四个系列的教材分别适合于高职高专院校机械类专业的数控、模具、基础和辅助设计的课程教学，也可选作数控、模具技能培训教材或从事数控加工和模具设计的广大工程技术人员的参考书。

我们衷心希望，全国关心高等职业教育的广大读者能够对教材的不当之处给予批评指正，来信请发至 yangkun@ptpress.com.cn。

21 世纪高等职业教育机械专业基础规划教材编写委员会

编者的话

制造技术是现代科学技术的重要组成部分,机械制造业更是现代科学技术、现代物质文明得以不断发展、创新的重要基础。许多专家学者都在呼吁在我国经济高速发展的今天,更要特别重视机械制造业的发展与技术的进步。因此,机械制造技术已成为相关工科专业学生知识结构中不可缺少的一部分。

高职教育是一种面向就业的教育,培养的是技术人才。教学中要求实践教学环节占到较大的比例,强调动手能力,较高技能的培养,强调理论知识以“必需与够用”为原则。由于高职教育课堂教学时数减少,教学环节中以专业技术课程的需要来取舍基础理论知识。根据我们近几年在高职教学中的探索,目前将机械类专业的相同或相近的主干课程用课程综合化的方法压缩至机械理论基础、工艺基础、制造技术基础三部分,使用时,按不同专业各有取舍,各专业另外单独开设少量个性化课程,这样既可以满足高职教育机械类各专业教学的需要,又可以减少课程数量,压缩理论教学,保证实践环节的教学时间。本教材就是其中的工艺基础部分。

本书以成型工艺为主线,安排了工程材料、热处理、毛坯成型、公差与测量技术、切削加工及部分简单切削刀具、机床、机制工艺等内容。既有传统的机械制造工艺基础的知识,也有新技术、新知识的介绍。在编写中,虽不求对某一方面内容作深入探讨,但也尽量从需要够用出发进行详细的叙述,力求教材内容的充实。书中的名词术语、计量单位、材料牌号,技术标准均采用现行的国家标准。

本书由江西工业工程职业技术学院张国文、吴安德任主编,朱江峰、周宗明任副主编。参加编写的有:张国文(绪论、第8、9章)、吴安德(第5、6、7章)、朱江峰(第17、18章)、周宗明(第12、13、15、19章)、李奇(第10、11章)、黎震(第1、2、3、4章)、乐颖辉(第14、16章)。

本书在编写过程中,得到江西工业工程职业技术学院领导、相关教师的大力支持和多方帮助,在此表示衷心的感谢。

由于编者水平有限,编写时间仓促,书中错误及不当之处在所难免,恳切希望广大读者给以批评指正。

编 者

目 录

绪论.....	1
---------	---

第 1 部分 工程材料与热处理

第 1 章 材料的力学性能	6
1.1 强度和塑性	6
1.1.1 强度	6
1.1.2 塑性	8
1.2 硬度	9
1.2.1 布氏硬度	9
1.2.2 洛氏硬度	10
1.2.3 维氏硬度	11
1.3 冲击韧度	12
1.4 疲劳强度	13
1.5 金属材料的物理、化学和工艺性能	14
1.5.1 物理性能	14
1.5.2 化学性能	14
1.5.3 工艺性能	14
习题	14
第 2 章 金属的组织结构	16
2.1 金属的晶体结构与结晶	16
2.1.1 晶体与晶体结构	16
2.1.2 常见金属晶体结构	17
2.1.3 金属的结晶	18
2.1.4 金属的同素异晶转变	20
2.1.5 金属的实际晶体结构	21
2.2 合金的晶体结构	22
2.2.1 基本概念	22
2.2.2 合金的相	23
2.2.3 合金的结晶	24
2.3 铁碳合金状态图	26
2.3.1 铁碳合金的基本组织	26
2.3.2 简化后的 Fe-Fe ₃ C 相图	27
2.3.3 Fe-Fe ₃ C 相图分析	27

2.3.4 铁碳合金的分类	28
2.3.5 典型铁碳合金的结晶过程	29
2.3.6 含碳量对铁碳合金平衡组织和性能的影响	30
2.3.7 Fe-Fe ₃ C 相图在工业中的应用	31
习题	32
第3章 钢的热处理	34
3.1 钢在加热时的转变	35
3.1.1 奥氏体的形成过程	35
3.1.2 奥氏体晶粒的长大及控制	36
3.1.3 奥氏体晶粒度	37
3.2 钢在冷却时的转变	37
3.2.1 奥氏体等温转变曲线的建立	38
3.2.2 共析钢过冷奥氏体等温转变的产物	38
3.2.3 亚共析钢和过共析钢的等温转变曲线	40
3.2.4 奥氏体等温转变曲线的应用	41
3.3 热处理工艺	42
3.3.1 钢的退火与正火	42
3.3.2 钢的淬火与回火	44
3.4 表面热处理	48
3.4.1 表面淬火	48
3.4.2 化学热处理	49
3.5 钢的热处理工艺选用	52
3.5.1 预先热处理	52
3.5.2 最终热处理	52
习题	53
第4章 常用钢铁材料	55
4.1 碳钢	55
4.1.1 常存杂质元素对碳钢性能的影响	55
4.1.2 碳钢的分类	56
4.1.3 碳钢的牌号与应用	56
4.2 合金钢	61
4.2.1 合金钢的分类	61
4.2.2 合金钢的编号	62
4.2.3 合金结构钢	62
4.2.4 合金工具钢	68
4.2.5 特殊性能钢	72
4.3 铸铁	75
4.3.1 概述	75
4.3.2 灰铸铁	77

4.3.3 球墨铸铁	79
4.3.4 可锻铸铁	80
4.3.5 蠕墨铸铁	80
习题	81
第5章 有色金属	83
5.1 铝及铝合金	83
5.1.1 工业纯铝	83
5.1.2 常用铝合金	83
5.2 铜及铜合金	87
5.2.1 纯铜	87
5.2.2 铜合金的分类	87
5.2.3 黄铜（压力加工黄铜）	88
5.2.4 白铜（压力加工白铜）	89
5.2.5 青铜（压力加工青铜）	89
5.2.6 铸造铜合金	90
5.3 滑动轴承合金	91
5.4 粉末冶金与硬质合金	92
5.4.1 粉末冶金工艺简介	92
5.4.2 粉末冶金的特点与应用	93
5.4.3 硬质合金	93
习题	95
第6章 非金属材料	96
6.1 工程塑料的特性、分类与应用	96
6.1.1 塑料的组成	96
6.1.2 塑料的性能	97
6.1.3 塑料的分类	98
6.1.4 常用塑料的性能与用途	98
6.2 复合材料的特性、分类与应用	99
6.2.1 复合材料的性能	99
6.2.2 复合材料的分类	100
6.3 其他非金属材料简介	101
6.3.1 橡胶材料	101
6.3.2 工业陶瓷与其他非金属材料	102
习题	103
第7章 零件和工具的选材及热处理	104
7.1 零件和工具的选材原则	104
7.1.1 选材原则	104
7.1.2 选材方法	105
7.2 热处理的技术条件及工序位置	105

7.2.1 热处理的技术条件	105
7.2.2 热处理工序的合理安排	106
7.3 典型零件的选材及热处理	107
7.3.1 齿轮类	107
7.3.2 轴类零件	108
7.3.3 模具、刀具类	110
习题	112

第2部分 毛坯成型方法

第8章 铸造	114
8.1 铸造工艺基础	114
8.1.1 铸造的特点	114
8.1.2 铸造的分类	114
8.2 砂型铸造	115
8.2.1 砂型铸造的工艺过程	115
8.2.2 造型材料	116
8.2.3 造型方法	116
8.2.4 铸铁的熔炼	118
8.2.5 浇注、落砂、清理和检验	119
8.3 特种铸造	120
8.3.1 金属型铸造	120
8.3.2 压力铸造	120
8.3.3 离心铸造	121
8.3.4 熔模铸造	122
8.4 常用合金铸件的生产特点	123
8.4.1 灰铸铁件	123
8.4.2 孕育铸铁件	124
8.4.3 可锻铸铁件	124
8.4.4 球墨铸铁件	124
8.4.5 蠕墨铸铁件	125
8.4.6 铸钢件	125
8.4.7 铜合金铸件	126
8.4.8 铝合金铸件	126
习题	127
第9章 锻压	128
9.1 锻压工艺基础	128
9.1.1 锻压加工方法及特点	128
9.1.2 金属的塑性变形	129
9.1.3 塑性变形对金属组织和性能的影响	130

9.1.4 金属的锻造性能	132
9.2 自由锻	133
9.2.1 自由锻设备	133
9.2.2 自由锻的基本工序	134
9.2.3 自由锻造工艺规程的制定	135
9.3 模锻和胎模锻	138
9.3.1 锤上模锻	138
9.3.2 胎模锻	140
9.4 板料冲压	141
9.4.1 冲压设备	141
9.4.2 冲压模具	142
9.4.3 冲压的基本工序	144
习题	146
第 10 章 焊接	147
10.1 焊接工艺基础	147
10.1.1 常用的连接方法	147
10.1.2 焊接的特点与分类	147
10.1.3 焊接接头的组织与性能	149
10.2 焊条电弧焊	150
10.2.1 焊接电弧	150
10.2.2 焊接冶金的特点	151
10.2.3 电焊条	151
10.2.4 焊接参数的选择	153
10.3 其他常用的焊接方法	154
10.3.1 埋弧焊	154
10.3.2 钨极气体保护电弧焊	155
10.3.3 等离子弧焊	156
10.3.4 熔化极气体保护电弧焊	156
10.3.5 电阻焊	156
10.3.6 电渣焊	157
10.3.7 高能束焊	157
10.3.8 气焊	157
10.3.9 钎焊	157
10.3.10 扩散焊	158
习题	158
第 11 章 毛坯选择	159
11.1 确定毛坯类型及成型方法的原则	159
11.2 典型零件的毛坯选择	160
习题	161

第3部分 公差配合与测量技术基础

第12章 尺寸公差与配合	164
12.1 基本术语及定义	164
12.1.1 有关尺寸、公差和偏差的术语及定义	164
12.1.2 有关配合的术语及定义	166
12.2 标准公差与基本偏差系列	168
12.2.1 标准公差	168
12.2.2 基本偏差及其代号	169
12.2.3 轴的基本偏差	170
12.2.4 孔的基本偏差	174
12.3 优先和常用配合	177
12.3.1 一般、常用和优先的公差带	177
12.3.2 常用和优先配合	178
12.4 尺寸公差与配合的选用	180
12.4.1 基准制的选用	180
12.4.2 公差等级的选用	180
12.4.3 配合种类的选用	181
12.4.4 选用实例	184
习题	185
第13章 形状和位置公差	187
13.1 基本概念	187
13.1.1 几何要素	187
13.1.2 形位公差的特征、符号和标注	188
13.1.3 形位公差带	189
13.2 形状公差与位置公差	190
13.2.1 形状公差	190
13.2.2 位置公差	193
13.3 形状公差与位置公差的应用	198
13.3.1 有关术语及定义	198
13.3.2 独立原则及其应用	200
13.3.3 包容原则及其应用	200
13.3.4 最大实体原则及其应用	201
13.3.5 形位公差值的选用	203
习题	205
第14章 表面粗糙度	208
14.1 主要术语及评定参数	208
14.1.1 主要术语	208
14.1.2 评定参数	209

14.2 表面粗糙度对零件功能的影响及其选择	211
14.2.1 表面粗糙度对零件功能的影响	211
14.2.2 表面粗糙度的选择	211
14.3 表面粗糙度代号及其标准	213
14.3.1 表面粗糙度的符号	213
14.3.2 表面粗糙度的代号及其标注	213
14.3.3 图样上的标注方法	215
习题	215
第 15 章 测量方法	216
15.1 测量方法的分类	216
15.2 常用量具及仪器	217
15.2.1 计量器具的分类	217
15.2.2 常用量具	218
15.2.3 精密量具	221
15.3 测量误差及其处理	223
15.3.1 测量误差的概念	223
15.3.2 测量误差的来源	224
15.3.3 测量误差的种类和特性	225
15.4 形位误差测量方法	225
15.4.1 直线度误差测量	226
15.4.2 平面度误差测量	226
15.4.3 圆度误差测量	227
15.4.4 平行度误差测量	227
15.4.5 垂直度误差测量	228
15.5 表面粗糙度的检测	228
15.5.1 比较法	228
15.5.2 光切法	228
15.5.3 针触法	229
15.5.4 干涉法	229
习题	230
第 16 章 尺寸链	231
16.1 尺寸链的基本概念	231
16.1.1 尺寸链的定义及特性	231
16.1.2 尺寸链的组成	231
16.1.3 尺寸链的分类	232
16.1.4 零件设计尺寸链的建立与尺寸链图	232
16.2 尺寸链的解算	233
16.2.1 基本公式	234
16.2.2 校核计算	234

16.2.3 设计计算	236
习题	237

第4部分 机械加工基础

第17章 金属切削加工基础知识	240
17.1 切削加工的运动分析和切削要素	240
17.1.1 零件表面的成型方法	240
17.1.2 切削运动	241
17.1.3 工件表面	242
17.1.4 切削层与切削用量	242
17.2 切削刀具基本定义	243
17.2.1 车刀切削部分的组成	243
17.2.2 刀具角度坐标平面参考系	244
17.2.3 刀具的标注角度	244
17.2.4 刀具几何参数的合理选择	245
17.3 常用刀具材料	247
17.3.1 对刀具切削部分材料的基本要求	247
17.3.2 常用刀具材料性能的比较	248
17.4 切削过程中的物理现象	250
17.4.1 金属的切削过程与三个变形区	250
17.4.2 切屑的形态	250
17.4.3 积屑瘤	251
17.4.4 切削力	252
17.4.5 切削热与切削温度	253
17.4.6 刀具磨损和寿命	254
17.5 工件材料的切削加工性	256
17.5.1 衡量工件材料切削加工性的指标	256
17.5.2 影响工件材料切削加工性的因素	257
17.6 常用切削刀具	257
17.6.1 车刀	257
17.6.2 孔加工刀具	259
17.6.3 铣刀	260
17.6.4 砂轮	261
习题	263
第18章 各种表面的加工方法	264
18.1 金属切削机床	264
18.1.1 机床的分类	264
18.1.2 通用机床型号的编制方法	265
18.1.3 机床的基本构造	267

18.2 外圆表面加工	268
18.2.1 外圆车削加工	268
18.2.2 磨削加工	269
18.2.3 外圆表面加工方案分析	271
18.3 内圆表面加工	271
18.3.1 内圆表面加工的特点	271
18.3.2 钻削	272
18.3.3 镗削	273
18.3.4 拉削	274
18.3.5 磨削内圆	275
18.3.6 内圆表面加工方案分析	275
18.4 平面加工	276
18.4.1 铣削加工	276
18.4.2 刨削加工	278
18.4.3 磨削加工	278
18.4.4 平面加工方案分析	279
18.5 螺纹加工	279
18.5.1 车削螺纹	280
18.5.2 铣螺纹	280
18.5.3 磨螺纹	281
18.5.4 攻丝与套丝	281
18.6 齿轮的齿形加工	282
18.6.1 成型法加工齿形	282
18.6.2 范成法加工齿形	283
18.6.3 齿轮精加工简介	285
习题	286
第 19 章 机械加工工艺过程	288
19.1 机械加工工艺过程的基本知识	288
19.1.1 生产过程和工艺过程	288
19.1.2 生产类型	289
19.1.3 工件安装与定位	289
19.2 工艺规程的制定	293
习题	296
参考资料	297

绪 论

1. 机械制造的一般概念

经济发展有赖于科技进步,有赖于广泛采用新技术、新工艺、新材料和新设备。机械制造业能否提供先进的设备,取决于机械制造业的发展水平,有关机械技术人员肩负着重大责任。

机械制造是机器制造工艺过程的总称。它包括将原材料转变为成品的各种劳动总和,大致可分为生产技术准备、毛坯制造、零件加工、产品检测和装配等过程。

(1) 生产技术准备过程

机器投产前,必须作各项技术准备工作,其中最主要的一项是制定工艺规程。这是直接指导各项技术操作的重要文件。此外,正确选择材料,标准件购置,刀具、夹具、模具、装配工具等的预制,热处理设备和检测仪器的准备等,都要求在本过程中安排就绪。

(2) 毛坯制造过程

毛坯可由不同方法获得。合理选择毛坯,可显著提高生产率和降低成本。常用的毛坯制造方法有铸造、锻压、焊接和型材。

① 铸造。一般来说,结构复杂,特别是内腔复杂或大型零件采用铸造方法形成毛坯。某些小型或结构简单的零件,在生产批量很大时,也往往采用铸造方法成形。

② 锻压。承受重载荷的零件,如主轴、连杆、重要齿轮等,常采用锻压加工获得毛坯。因为金属材料经锻压后内部组织得到改善,提高了机械性能。

③ 焊接。工艺过程较铸造简单,近年来,由于焊接技术的提高,现代工程中的一些金属结构和零件普遍采用焊接成形。

④ 型材。圆棒料、板料、管料、角钢、槽钢、工字钢等均为型材。其中以圆棒料应用最广,用作螺钉、销钉、小型盘状零件和一般轴类零件的坯料,使用方便;板料、角钢、槽钢、工字钢等则普遍用于金属结构。

(3) 零件加工过程

金属切削加工是目前加工零件的主要方法。通用的加工设备有车床、钻床、镗床、刨床、铣床和磨床。此外,还有各种专用机床、特种加工机床。选择加工方法、选用机床设备和刀具,需要广泛的专业知识。例如,轴的精加工可用车床加工,也可用磨床加工,哪种方案合理,需视具体情况而定。车床的加工精度一般低于磨床,但在车床上采用高切削速度、小进给量,也能达到较高的精度,满足零件的技术要求。不过,这种做法与磨床加工相比,生产率低,经济效益也差。所以,必须具有“经济精度”的概念。所谓经济精度,就是指某种加工方法只宜达到某种精度,超过这个精度将失去经济性,这些问题在制定工艺规程时均应考虑。