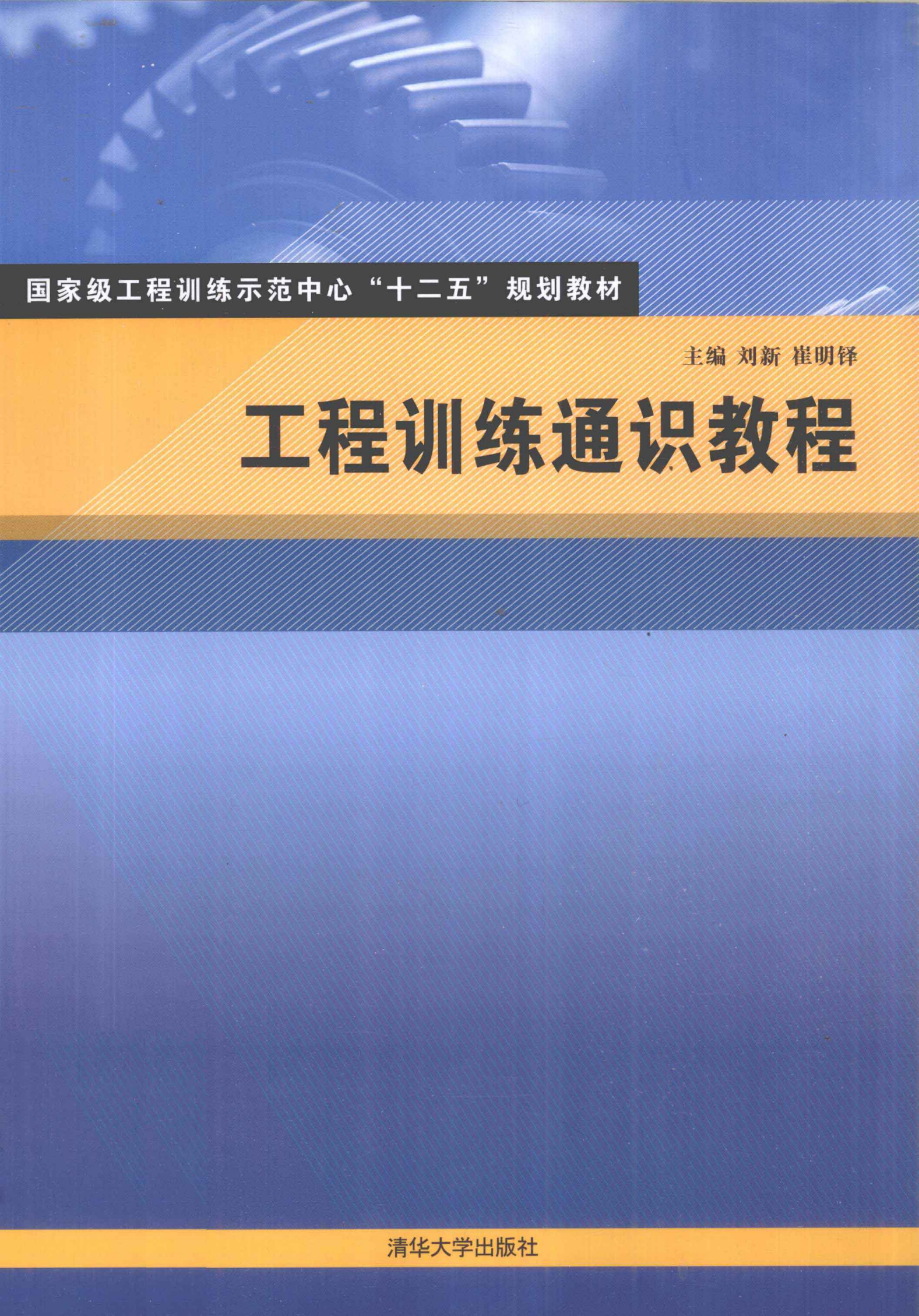




国家级工程训练示范中心“十二五”规划教材

主编 刘新 崔明铎

工程训练通识教程

清华大学出版社

国家级工程训练示范中心“十二五”规划教材

工程训练通识教程

主编 刘新 崔明铎

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书是为开展通识教育需要并根据教育部制定并实施的“高等教育面向 21 世纪教学内容和课程体系改革计划”的精神,以及教育部、财政部关于实施高等学校本科教学质量与教学改革工程的意见(即质量工程),结合金工系列课程改革与实践教学基地建设,以扩大工程训练和增加科技创新教学内容为目的而组织编写的。

针对多数院校现有的教学条件,考虑继续发展的需要,本教材以传统机械制造方法为主,增加了数控加工、柔性制造系统(FMS)、快速成形技术、三坐标测量技术、气压传动、陶艺及其他工程材料成形工艺等多种先进技术,充分体现通识教育中工程技术教学内容的系统性。

本书可作为高等工科院校本专科、高职和成人教育等层次院校的通用教材,也可供其他有关专业的师生和工程技术人员参考。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

工程训练通识教程/刘新,崔明铎主编.--北京:清华大学出版社,2011.7

(国家级工程训练示范中心“十二五”规划教材)

ISBN 978-7-302-26083-7

I. ①工… II. ①刘… ②崔… 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(2011)第 132539 号

责任编辑:庄红权

责任校对:赵丽敏

责任印制:杨 艳

出版发行:清华大学出版社

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座

<http://www.tup.com.cn>

邮 编:100084

社 总 机:010-62770175

邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 刷 者:北京富博印刷有限公司

装 订 者:北京市密云县京文制本装订厂

经 销:全国新华书店

开 本:185×260 印 张:19.75 字 数:475 千字

版 次:2011 年 7 月第 1 版 印 次:2011 年 7 月第 1 次印刷

印 数:1~5000

定 价:32.00 元

产品编号:039997-01

国家级工程训练示范中心“十二五”规划教材

编审委员会

顾问

傅水根

主任

梁延德 孙康宁

委员(以姓氏首字母为序)

陈君若 贾建援 李双寿 刘胜青 刘舜尧
邢忠文 严绍华 杨玉虎 朱华炳 张远明

秘书

庄红权

序言

PREFACE

自国家的“十五”规划开始,我国高等学校的教材建设就出现了生机勃勃的局面,工程训练领域也是如此。面对高等学校高素质、复合型和创新型的人才培养目标,工程训练领域的教材建设需要在体系、内涵以及教学方法上深化改革。

以上情况的出现,是在国家相应政策的主导下,源于两个方面的努力:一是教师在教学过程中,深深感到教材建设对人才培养的重要性和必要性,以及教材深化改革的客观可能性;二是出版界对工程训练类教材建设的积极配合。在国家“十五”期间,工程训练领域有5部教材列入国家级教材建设规划;在国家“十一五”期间,约有60部教材列入国家级“十一五”教材建设规划。此外,还有更多的尚未列入国家规划的教材已正式出版。对于国家“十二五”规划,我国工程训练领域的同仁,对教材建设有着更多的追求与期盼。

随着世界银行贷款高等教育发展项目的实施,自1997年开始,在我国重点高校建设11个工程训练中心的项目得到了很好的落实,从而使我国的工程实践教学有机会大步跳出金工实习的原有圈子。训练中心的实践教学资源逐渐由原来热加工的铸造、锻压、焊接和冷加工的车、铣、刨、磨、钳等常规机械制造资源,逐步向具有丰富优质实践教学资源的现代工业培训的方向发展。全国同仁紧紧抓住这百年难遇的机遇,经过10多年的不懈努力,终于使我国工程实践教学基地的建设取得了突破性进展。在2006—2009年期间,国家在工程训练领域共评选出33个国家级工程训练示范中心或建设单位,以及一大批省市级工程训练示范中心,这不仅标志着我国工程训练中心的发展水平,也反映出教育部对我国工程实践教学的创造性成果给予了充分肯定。

经过多年的改革与发展,以国家级工程训练示范中心为代表的我国工程实践教学发生了以下10个方面的重要进展:

(1) 课程教学目标和工程实践教学理念发生重大转变。在课程教学目标方面,将金工实习阶段的课程教学目标“学习工艺知识,提高动手能力,转变思想作风”转变为“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”;凝练出“以学生为主体,教师为主导,实验技术人员和实习指导人员为主力,理工与人文社会学科相贯通,知识、素质和能力协调发展,着重培养学生的工程实践能力、综合素质和创新意识”的工程实践教学理念。

(2) 将机械和电子领域常规的工艺实习转变为在大工程背景下,包括机械、电子、计算机、控制、环境和管理等综合性训练的现代工程实践教学。

(3) 将以单机为主体的常规技术训练转变为部分实现局域网络条件下,拥有先进铸造技术、先进焊接技术和先进钣金成形技术,以及数控加工技术、特种加工技术、快速原型技术和柔性制造技术等先进制造技术为一体的集成技术训练。

(4) 将学习技术技能和转变思想作风为主体的训练模式转变为集知识、素质、能力和创

新实践为一体的综合训练模式,并进而实现模块式的选课方案,创新实践教学在工程实践教学中逐步形成独有的体系和规模,并发展出得到广泛认可的全国工程训练综合能力竞赛。

(5) 将基本面向理工类学生转变为除理工外,同时面向经济管理、工业工程、工艺美术、医学、建筑、新闻、外语、商学等尽可能多学科的学生。使工程实践教学成为理工与人文社会学科交叉与融合的重要结合点,使众多的人文社会学科的学生增强了工程技术素养,不仅成为我国高校工程实践教学改革的重要方向,并开始纳入我国高校通识教育和素质教育的范畴,使愈来愈多的学生受益。

(6) 将面向低年级学生的工程训练转变为本科4年不断线的工程训练和研究训练,开始发展针对本科毕业设计,乃至硕士研究生、博士研究生的高层人才培养,为将基础性的工程训练向高层发展奠定了基础条件。

(7) 由单纯重视完成实践教学任务转变为同时重视教育教学研究和科研开发,用教学研究来提升软实力和促进实践教学改革,用科研成果的转化辅助实现实验技术与实验方法的升级。

(8) 实践教学对象由针对本校逐渐发展到立足本校、服务地区、面向全国,实现优质教学资源共享,并取得良好的教学效益和社会效益。

(9) 建立了基于校园网络的中心网站,不仅方便学生选课,有利于信息交流与动态刷新,而且实现了校际间的资源共享。

(10) 卓有成效地建立了国际国内两个层面的学术交流平台。在国际,自1985年在华南理工大学创办首届国际现代工业培训学术会议开始,规范地实现了每3年举办一届。在国内,自1996年开始,由教育部工程材料及机械制造基础课指组牵头的学术扩大会议(邀请各大区金工研究会理事长参加)每年举办一次,全国性的学术会议每5年一次;自2007年开始,国家级实验教学示范中心联席会工程训练学科组牵头的学术会议每年两次;各省市级金工研究会牵头举办的学术会议每年一次,跨省市的金工研究会学术会议每两年一次。

丰富而优质的实践教学资源,给工程训练领域的系列课程建设带来极大的活力,而系列课程建设的成功同样积极推动着教材建设的进步步伐。

面对目前工程训练领域已有的系列教材,本规划教材究竟希望达到怎样的目标?又可能具备哪些合理的内涵呢?个人认为,应尽可能将工程实践教学领域所取得的重大进展,全面反映和落实在具有下列内涵的教材建设上,以适应大面积的不同学科、不同专业的人才培养要求。

(1) 在通识教育与素质教育方面。面对少学时的工程类和人文社会学科类的学生,需要比较简明、通俗的“工程认知”或“实践认知”方面的教材,使学生在比较短时间的实践过程中,有可能完成课程教学基本要求。应该看到,学生对这类教材的要求是比较迫切的。

(2) 在创新实践教学方面。目前,我们在工程实践教学领域,已建成“面上创新、重点创新和综合创新”的分层次创新实践教学体系。虽然不同类型学校所开创的创新实践教学体系的基本思路大体相同,但其核心内涵必然会有较大的差异,这就需要通过内涵和风格各异的教材充分展现出来。

(3) 在先进技术训练方面。正如我们所看到的那样,机械制造技术中的数控加工技术、特种加工技术、快速原型技术、柔性制造技术和新型的材料成形技术,以及电子设计和工艺中的电子设计自动化技术(EDA)、表面贴装技术和自动焊接技术等已经深入到工程训练的



许多教学环节。这些处于发展中的新型机电制造技术,如何用教材的方式全面展现出来,仍然需要我们付出艰苦的努力。

(4) 在以项目为驱动的训练方面。在世界范围的工程教育领域,以项目为驱动的教学组织方法已经显示出强大的生命力,并逐渐深入到工程训练领域。但是,项目训练法是一种综合性很强的教学组织法,不仅对教师的要求高,而且对经费的要求多。如何克服项目训练中的诸多困难,将处于探索中的项目驱动教学法继续深入发展,并推广开去,使更多的学生受益,同样需要教材作为一种重要的媒介。

(5) 在全国大学生工程训练综合能力竞赛方面。2009 年和 2011 年在大连理工大学举办的两届全国大学生工程训练综合能力竞赛,开创了工程训练领域无全国性赛事的新局面。赛事所取得的一系列成功,不仅昭示了综合性工程训练在我国工程教育领域的重要性,同时也昭示了综合性工程训练所具有的创造性。从赛事的命题,直到组织校级、省市级竞赛,最后到组织全国大赛,不仅吸引了数量众多的学生,而且提升了参与赛事的众多教师的指导水平,真正实现了我们所长期企盼的教学相长。这项重要赛事,不仅使我们看到了学生的创造潜力,教师的创造潜力,而且看到了工程训练的巨大潜力。以这两届赛事为牵引,可以总结归纳出一系列有价值的东西,来推进我国的高等工程教育深化改革,来推进复合型和创造型人才的培养。

总之,只要我们主动实践、积极探索、深入研究,就会发现,可以纳入本规划教材编写视野的内容,很可能远远超出本序言所囊括的上述 5 个方面。教育部工程材料及机械制造基础课程教学指导组经过近 10 年努力,所制定的课程教学基本要求,也只能反映出我国工程实践教学的主要进展,而不能反映出全部进展。

我国工程训练中心建设所取得的创造性成果,使其成为我国高等工程教育改革不可或缺的重要组成部分。而其中的教材建设,则是将这些重要成果进一步落实到与学生学习过程紧密结合的层面。让我们共同努力,为编写出工程训练领域高质量、高水平的系列新教材而努力奋斗!

清华大学 傅水根

2011 年 6 月 26 日

前言

FOREWORD

为了克服高等教育专业化带来的片面性和局限性,近年来,国内许多重点高校面向不同学科背景学生开设通识教育课,其教育目的是引导学生广泛涉猎不同学科领域,注重性情和素质的培养,加强人文素质与科学素质的交融,增进对自身、社会、自然及其相互关系的理解,从而为其一生的多向发展提供必要的准备。

本书是按照开展通识教育需要并根据教育部制定并实施的“高等教育面向 21 世纪教学内容和课程体系改革计划”的精神,以及教育部、财政部关于实施高等学校本科教学质量与教学改革工程的意见(即质量工程),结合金工系列课程改革与实践教学基地建设,以扩大工程训练和增加科技创新教学内容为目的而组织编写的。本教材具有如下特点:

(1) 针对多数院校现有的教学条件,考虑继续发展的需要,本教材以传统机械制造方法为主,增加了数控加工、柔性制造系统(FMS)、快速成形技术、三坐标测量技术、气压传动、创新、陶艺及其他工程材料成形工艺等多种先进技术,充分体现工程训练教学内容的系统性。

(2) 教材编写中强调“贴近实际、体现应用”,坚持科学性、系统性、先进性、实用性和可操作性,增加了相关技术领域最新进展的介绍。既注重学生获取知识、分析问题与解决工程技术实际问题能力的培养,又力求体现对学生工程素质和创新思维能力的培养,通过工程实训强化学生从事工程实践和创新的能力。

(3) 注重学生科技创新思维和意识的引导,教材引进了大量结合社会和个人生活实际的科技创新案例,希望以此激发学生的创新兴趣,培养学生的创新能力,处处体现“以学生为本”的教学思想。

(4) 本书坚持叙述简练、深入浅出、直观形象、图文并茂、通俗易懂的特点,不使篇幅过大。

(5) 全书名词术语和计量单位采用最新国家标准及其他有关标准。

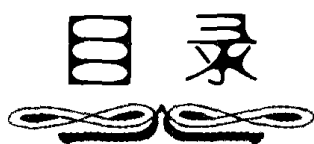
本书由刘新、崔明铎担任主编并统稿全书。李莹、李阳、曹庆峰、李升起、廉爱东为副主编。参加本书编写的还有:魏凤祥、谭永超、周小泉、周睿、崔浩新、米丰敏等。博士生导师孙康宁、教授张保议对书稿进行了认真审阅并提出许多宝贵的意见。

本书在编写中参考了国内外大量相关研究领域的研究成果和教材,并征求了有关领导与相关人士的意见,在此谨向本书所引用参考文献的原作者表示敬意和感谢。

由于笔者理论水平及实践教学经验所限,本书难免有谬误或欠妥之处,敬希读者和各校教师同仁提出批评建议,共同搞好本门课程教材建设工作,不胜企盼。

编 者

2011 年 5 月



CONTENTS

第一篇 金属材料及其热加工

第 1 章 金属材料及金属热处理	3
教学基本要求.....	3
1.1 金属材料的性能	3
1.2 铁碳合金状态图	6
1.3 金属热处理	9
1.4 常用金属材料.....	16
1.5 金属材料的选用.....	21
思考题	23
第 2 章 铸造	24
教学基本要求	24
安全技术	24
2.1 概述.....	25
2.2 造型材料和模样.....	25
2.3 手工造型和制芯.....	28
2.4 机器造型和制芯.....	32
2.5 合金的熔炼.....	34
2.6 特种铸造方法.....	37
思考题	41
第 3 章 锻压	42
教学基本要求	42
安全技术	42
3.1 概述.....	42
3.2 金属的加热和锻件的冷却.....	43
3.3 自由锻.....	46



3.4 模锻	49
3.5 冲压	50
3.6 压力加工新工艺简介	52
思考题	53
第4章 焊接	54
教学基本要求	54
安全技术	54
4.1 概述	54
4.2 焊条电弧焊	55
4.3 其他焊接方法	60
思考题	64
第二篇 金属材料冷加工工艺	
第5章 切削基础知识	67
教学基本要求	67
5.1 切削的概念	67
5.2 零件的技术要求	69
5.3 常用量具	71
思考题	77
第6章 钳工	78
教学基本要求	78
安全技术	78
6.1 概述	79
6.2 划线	80
6.3 锯削	82
6.4 锉削	85
6.5 孔与螺纹加工	88
6.6 刮削	94
6.7 装配	95
思考题	98
第7章 车削	99
教学基本要求	99
安全技术	99
7.1 概述	100
7.2 普通车床	100
7.3 车刀	102



7.4 工件的安装及所用附件	105
7.5 基本车削工作	108
思考题	115
第8章 铣削	116
教学基本要求	116
安全技术	116
8.1 概述	116
8.2 铣床及其附件	117
8.3 铣刀和工件安装	120
8.4 铣削工艺	121
8.5 齿面加工简介	124
思考题	125
第9章 刨削	126
教学基本要求	126
安全技术	126
9.1 概述	126
9.2 刨床	127
9.3 刨刀	129
9.4 刨削工艺	129
9.5 拉削简介	130
思考题	132
第10章 磨削	133
教学基本要求	133
安全技术	133
10.1 概述	133
10.2 磨床	134
10.3 砂轮	135
10.4 磨削工艺	135
10.5 精整和光整加工	137
思考题	137
第11章 数控加工	138
教学基本要求	138
安全技术	138
11.1 概述	138
11.2 数控程序结构和指令	141
11.3 数控加工技术	146



思考题	153
-----------	-----

第三篇 现代制造技术

第 12 章 现代加工技术	157
---------------------	-----

教学基本要求	157
安全技术	157
12.1 概述	157
12.2 电火花加工	157
12.3 电解加工	159
12.4 超声波加工	159
12.5 激光加工	160
12.6 离子束加工	160
思考题	161

第 13 章 快速成形技术	162
---------------------	-----

教学基本要求	162
安全技术	162
13.1 概述	162
13.2 熔融沉积快速成形	167
13.3 其他快速成形工艺简介	177
思考题	182

第 14 章 柔性制造系统	183
---------------------	-----

教学基本要求	183
14.1 概述	183
14.2 柔性制造系统的类型及其装备	186
14.3 柔性制造系统的控制系统	188
思考题	189

第 15 章 三坐标测量技术	190
----------------------	-----

教学基本要求	190
安全技术	190
15.1 概述	190
15.2 三坐标测量机	191
15.3 三坐标测量机测量系统	195
15.4 三坐标测量机控制系统	197
15.5 三坐标测量机软件系统	199
15.6 三坐标测量机的发展	200
思考题	201



第四篇 常用非金属材料成形

第 16 章 塑料成形基础	205
教学基本要求	205
16.1 概述	205
16.2 塑料的一次成形	206
16.3 塑料的二次成形	210
16.4 塑料的二次加工	211
思考题	213
第 17 章 无机非金属材料成形基础	214
教学基本要求	214
17.1 概述	214
17.2 粉体的制备技术	214
17.3 特种陶瓷成形工艺	216
17.4 特种陶瓷烧结	220
思考题	221
第 18 章 陶瓷工艺	222
教学基本要求	222
安全技术	222
18.1 概论	222
18.2 陶艺工具与材料	224
18.3 陶瓷成形工艺	226
18.4 陶瓷装饰技法	232
18.5 烧制	237
思考题	240

第五篇 气压传动

第 19 章 气压传动基础知识	243
教学基本要求	243
19.1 概述	243
19.2 气源装置与附件	246
19.3 执行元件	252
19.4 控制元件与基本回路	254
思考题	262
第 20 章 气压传动实训	263
教学基本要求	263



安全技术	263
20.1 气压传动基础知识实训的目的与内容	263
20.2 气源装置与气动辅助元件的实训目的与内容	264
20.3 气动执行元件的实训目的与内容	264
20.4 气动控制元件及控制回路的实训目的与内容	264
思考题	264

第六篇 创新的概念与实践

第 21 章 导论	267
教学基本要求	267
21.1 创新及相关概念	267
21.2 创新研究的基本内容	269
思考题	270
第 22 章 创新思维	271
教学基本要求	271
22.1 概述	271
22.2 方向性思维	273
22.3 动态性思维	274
22.4 逻辑思维	275
22.5 形象思维	277
思考题	281
第 23 章 创新技法	282
教学基本要求	282
23.1 检核表法	282
23.2 智力激励法	285
23.3 列举法	287
23.4 其他创新法	289
思考题	291
第 24 章 创新实践	292
教学基本要求	292
24.1 科学发现	292
24.2 技术创新实务	294
24.3 创新者的心理品质与个性	295
思考题	298
参考文献	299

第一篇

金属材料及其热加工

金属材料及金属热处理

教学基本要求

- (1) 了解常用金属材料的种类、牌号、性能和用途。
- (2) 了解退火、正火、淬火、回火及材料表面处理的目的是和方法。
- (3) 进行几种常见热处理操作。

工程材料选用的是否合适,对机器设备的可靠性和使用寿命有直接影响,与机器设备的制造工艺、成本和生产效率也直接相关。工程技术人员在进行机器设备的设计、制造、使用或维修时,都必须了解材料的性能、牌号及其用途,才能正确地选用材料。

1.1 金属材料的性能

金属材料的性能包括使用性能和工艺性能。使用性能反映材料在使用过程中所表现出来的特性,如物理性能、化学性能、力学性能等。通常情况下,以材料的力学性能作为主要依据来选用金属材料。

金属的力学性能是指金属在力的作用下所显示的与弹性和非弹性反应相关或涉及应力-应变关系的性能。金属力学性能所用的指标和依据称为金属的力学性能判据。主要力学性能有强度、塑性、硬度、韧性等。

1.1.1 强度

GB/T 228—2002《金属材料室温拉伸试验方法》规定了金属材料的强度和塑性的拉伸试验方法、测定方法与要求。

试验过程为:准备试样(见图 1-1),在拉伸试验机上加载,试样在载荷作用下发生弹性变形、塑性变形直至最后断裂。在拉伸中,试验机自动记录每一瞬间的载荷和伸长量之间的关系,并绘出拉伸曲线图(纵坐标为载荷,横坐标为伸长量)或应力-应变曲线图(见图 1-2)。由计算机控制的具有数据采集系统的试验机可直接获得强度和塑性的试验数据。

图 1-2 所示为退火低碳钢单向静载拉伸应力-应变曲线。其中 $abcd$ 段为屈服变形阶段, dB 为均匀塑性变形阶段, B 为试样屈服后所能承受的最大应力(R_m)点, Bk 是颈缩阶段。曲线图可直接反映出材料的强度与塑性的性能高低。