



国家级工程训练示范中心“十二五”规划教材

机械工程实践与创新

主 编 黄光烨
副主编 曲宝章 翟封祥
主 审 梁延德

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

机械工程实践与创新

主 编 黄光烨

副主编 曲宝章 翟封祥

清华大学出版社

内 容 简 介

本书是大连交通大学辽宁省省级精品课程“工程训练”使用的主要教材。

本教材包括的内容有：绪论、工程材料及热处理基础知识、铸造生产实践、压力加工实践、焊接加工实践、切削加工的基本知识、钳工与装配工艺、车削加工实践、铣削与刨削加工实践、磨削加工实践、数控加工基础知识、数控加工实践、特种加工实践、机械电子装配实践、逆向工程、创新实践教学、机械创新实践案例等内容。

本书可作为高等院校机械类各专业的机械制造实践、工程训练、金工实习教材，也可供高职、高专、职工大学相关专业的师生和企业的工程技术人员参考。

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

机械工程实践与创新/黄光烨主编.--北京：清华大学出版社，2014

国家级工程训练示范中心“十二五”规划教材

ISBN 978-7-302-37128-1

I. ①机… II. ①黄… III. ①机械工程—高等学校—教材 IV. ①TH

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 145995 号

责任编辑：庄红权

封面设计：傅瑞学

责任校对：刘玉霞

责任印制：李红英

出版发行：清华大学出版社

网 址：<http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址：北京清华大学学研大厦 A 座 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 装 者：北京密云胶印厂

经 销：全国新华书店

开 本：185mm×260mm

印 张：22.25

字 数：536 千字

版 次：2014 年 8 月第 1 版

印 次：2014 年 8 月第 1 次印刷

印 数：1~3000

定 价：45.00 元

产品编号：057159-01

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 张远明 朱华炳

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得的机遇,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,使越来越多的学生受益。

(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前进步伐。

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

依据教育部工程训练教学指导委员会会议精神,搞好高校工程训练,提高本科教学质量,推进高教内涵式发展,工程训练是培养学生实践和创新能力的重要教学环节。高校工程训练教学是适应我国高教国情需要而出现并得到快速发展的一种工程实践教学新模式。

近 10 年来,大连交通大学机械工程实践与创新教学也发生了巨大的变化。其中:“工程训练”课程 2008 年被评为辽宁省省级精品课程;工程训练中心 2009 年被评为辽宁省省级实验教学示范中心;“工程训练”教学团队 2010 年被评为辽宁省省级教学团队,该课程教材从 2001 年开始编写,先后在哈尔滨工业大学出版社、机械工业出版社、清华大学出版社修订出版,发行量超过 2 万册。

在编写本教材的过程中,借鉴了兄弟院校实践教学改革的成功经验,全体作者本着加强基础、重视实践、优化传统,增加新技术、新材料、新工艺及创新实践内容的原则,注意引导学生在掌握知识技能时,从感性到理性、理论联系实际、学以致用。注重学生工程实践能力、工程素质和创新思维能力的提高。

本教材内容丰富、新颖,文字流畅,深入浅出,公式和表格准确,图文并茂。

本教材采用国家最新技术标准和法定计量单位。

本教材由大连交通大学工程训练组织编写,黄光烨教授担任主编,曲宝章、翟封祥担任副主编,全书由国家级教学名师大连理工大学梁延德教授主审。

具体编写分工如下:黄光烨(第 8、11 章及第 6 章和第 9 章的部分内容),曲宝章(第 11、12、15 章),翟封祥(第 4、5、14 章),温爱玲(第 2、3 章),尹志华(第 9 章部分内容、第 10 章),李荣华(第 6 章部分内容、第 7 章),石莹(第 16 章),李杰(第 1 章),全书采用的参考文献列于书后并致谢意!

由于编者水平有限,书中难免有不妥和错误之处,恳请读者批评指正。

编 者

2014 年 7 月



CONTENTS

第 1 章 绪论	1
1.1 机械制造工程实践的目的	1
1.2 机械制造工程实践的要求	2
1.3 机械制造工程实践的内容	2
1.4 机械制造工程实践的考核	3
1.5 学生实践守则	3
1.6 机械制造工程实践的安全规则	4
第 2 章 工程材料及热处理基础知识	5
教学目的与要求	5
安全操作规程	5
2.1 金属材料的主要性能	5
2.2 常用的工程材料	7
2.2.1 金属材料	7
2.2.2 非金属材料	11
2.2.3 复合材料	11
2.3 钢的热处理	11
2.3.1 钢的热处理工艺	12
2.3.2 热处理加热炉和硬度计	14
2.3.3 热处理操作技术	16
复习思考题	17
第 3 章 铸造加工实践	18
教学目的与要求	18
安全操作规程	18
3.1 概述	18
3.2 造型材料	19
3.2.1 型砂的组成及其性能	19

3.2.2 型砂的配置	20
3.3 造型与造芯	21
3.3.1 手工造型工具	21
3.3.2 手工造型方法	22
3.3.3 机器造型	27
3.3.4 造芯	28
3.3.5 浇、冒口系统	30
3.3.6 合型	32
3.4 铸造合金的熔炼和浇注	32
3.4.1 铸铁的冲天炉熔炼	32
3.4.2 铸钢的熔炼	35
3.4.3 有色合金的熔炼	35
3.5 铸件的落砂、清理和缺陷	36
3.5.1 铸件的落砂	36
3.5.2 铸件的清理	36
3.5.3 铸件质量分析	36
3.6 特种铸造	40
3.6.1 金属型铸造	40
3.6.2 熔模铸造	41
3.6.3 压力铸造	41
3.6.4 离心铸造	42
3.6.5 实型铸造	42
3.7 典型零件的造型方法	44
复习思考题	45
第4章 压力加工实践	46
教学目的与要求	46
安全操作规程	46
4.1 概述	46
4.2 金属的加热与锻件的冷却	47
4.2.1 金属的加热	47
4.2.2 锻件的冷却	50
4.2.3 锻件的热处理	50
4.3 自由锻的设备与工具	50
4.3.1 机器自由锻的设备和工具	50
4.3.2 手工自由锻工具及其使用	53
4.4 自由锻工艺	54
4.4.1 自由锻的工艺特点	54
4.4.2 自由锻的基本工序	54

4.4.3 自由锻锻件图绘制	60
4.4.4 典型锻件自由锻工艺过程	61
4.5 模锻	63
4.6 胎模锻	64
4.7 冲压	65
4.7.1 冲压概述	65
4.7.2 冲压主要设备	65
4.7.3 冲压基本工序	67
复习思考题	68
第5章 焊接加工实践	70
教学目的与要求	70
安全操作规程	70
5.1 概述	71
5.1.1 焊接方法的分类	71
5.1.2 焊接的特点及应用	71
5.1.3 熔化焊的焊接接头	72
5.2 焊条电弧焊	72
5.2.1 手弧焊的焊接过程	73
5.2.2 手弧焊设备	73
5.2.3 手弧焊工具	74
5.2.4 电焊条	75
5.2.5 手弧焊工艺	79
5.2.6 手弧焊的基本操作	83
5.3 焊接质量	87
5.3.1 对焊接质量的要求	87
5.3.2 常见的焊接缺陷	87
5.3.3 焊接变形	88
5.4 气焊与气割	89
5.4.1 气焊原理及特点和应用	89
5.4.2 气焊设备	89
5.4.3 气焊火焰	93
5.4.4 气焊工艺与焊接规范	94
5.4.5 气焊基本操作	95
5.4.6 气割	96
复习思考题	99
第6章 切削加工的基本知识	101
教学目的与要求	101

6.1	概述	101
6.2	零件加工的技术要求	103
6.3	常用切削刀具简介	105
6.4	常用量具简介	106
6.4.1	金属直尺和直角尺	107
6.4.2	游标卡尺	107
6.4.3	游标万能角度尺	109
6.4.4	外径百分尺	110
6.4.5	内径百分表	111
6.4.6	百分表	113
	复习思考题	114
第 7 章	钳工与装配工艺	115
	教学目的与要求	115
	安全操作规程	115
7.1	概述	115
7.2	钳工工作台和虎钳	116
7.3	划线	117
7.4	钳工基本工作	120
7.4.1	锯削	120
7.4.2	锉削	121
7.4.3	刮削	123
7.5	钻孔、扩孔、铰孔及螺纹加工	124
7.5.1	钻床	124
7.5.2	钻削的工作范围	126
7.5.3	攻螺纹和套螺纹	128
7.6	装配	129
7.6.1	装配概念的认识	130
7.6.2	装配前的准备工作	130
7.6.3	装配单元系统图	130
7.6.4	基本元件的装配	131
	复习思考题	133
第 8 章	车削加工实践	134
	教学目的与要求	134
	安全操作规程	134
8.1	概述	135
8.2	卧式车床	135
8.3	车床附件及工件安装	137

8.4 车刀的结构、刃磨及其安装	141
8.4.1 车刀的结构	141
8.4.2 车刀的角度	142
8.4.3 车刀的刃磨	144
8.4.4 车刀的种类和用途	145
8.4.5 车刀的安装	146
8.5 车床操作要点	146
8.5.1 车床的基本操作	146
8.5.2 车床操作注意事项	147
8.5.3 刻度盘及刻度盘手柄的使用	148
8.5.4 试切的方法与步骤	149
8.5.5 粗车和精车	149
8.6 车削的类型	150
8.6.1 车削外圆	150
8.6.2 车削端面 and 台阶	151
8.6.3 车削沟槽与切断	152
8.6.4 钻孔和镗孔	154
8.6.5 车削圆锥面	155
8.6.6 车削成形面	156
8.6.7 车削螺纹	158
8.6.8 滚花	160
8.7 车削工艺	160
8.7.1 有关机械加工工艺过程的基本概念	160
8.7.2 工件安装	162
8.7.3 加工顺序安排的一般原则	162
复习思考题	162
第9章 铣、刨削加工实践	164
教学目的与要求	164
安全操作规程	164
9.1 铣削加工概述	164
9.2 铣床简介	165
9.3 常用铣床附件简介	167
9.4 铣刀及安装简介	169
9.4.1 常用铣刀的种类和应用	169
9.4.2 铣刀的安装	171
9.5 铣削加工	172
9.5.1 铣削用量	172
9.5.2 铣削方法	172

9.6 刨削加工	177
9.6.1 刨削加工概述	177
9.6.2 机床简介	177
9.6.3 其他刨床简介	180
9.6.4 刨削加工方法	181
9.6.5 典型件加工——刨正六面体	184
复习思考题	185
第 10 章 磨削加工实践	186
教学目的与要求	186
安全操作规程	186
10.1 磨削加工简介	186
10.2 砂轮	188
10.2.1 砂轮的特性	188
10.2.2 砂轮标记和选用	189
10.2.3 砂轮的安裝与修整	190
10.3 常用磨削加工机床	191
10.3.1 万能外圆磨床	191
10.3.2 平面磨床	192
10.4 磨削加工	193
10.4.1 磨外圆	193
10.4.2 磨内圆	194
10.4.3 磨平面	195
10.4.4 磨圆锥面	196
复习思考题	197
第 11 章 特种加工	198
教学目的与要求	198
安全操作规程	198
11.1 概述	198
11.2 电火花加工	199
11.3 数控电火花成形加工	201
11.3.1 数控电火花成形加工机床	201
11.3.2 数控电火花成形加工工艺	202
11.4 数控电火花线切割加工	205
11.4.1 数控电火花线切割加工的原理	205
11.4.2 数控电火花线切割加工的主要特点	207
11.4.3 数控线切割机床的分类	207
11.4.4 线切割加工的加工对象	207

11.4.5 数控电火花线切割机床及组成	207
11.4.6 数控电火花线切割加工程序的编制	209
11.5 激光加工	211
11.5.1 激光的产生及特点	212
11.5.2 激光加工机床	213
11.6 快速原型制造	215
11.6.1 快速原型制造概述	216
11.6.2 MEM-300 快速原型设备	217
11.6.3 快速原型制造工艺方法	217
11.6.4 快速原型的具体工艺过程	219
11.6.5 快速原型技术的特点	219
11.7 数控雕刻加工	220
11.7.1 数控雕刻机的组成	220
11.7.2 数控雕刻机的特点	220
11.7.3 实例	220
复习思考题	222
第 12 章 数控加工基础知识	223
教学目的与要求	223
12.1 数控机床组成与工作原理	223
12.1.1 数控机床的组成	223
12.1.2 数控机床的工作原理	224
12.1.3 数控机床的分类与工艺特点	225
12.2 数控加工编程基础	227
12.2.1 数控机床坐标系及其运动	227
12.2.2 数控机床的编程方法、步骤与格式	229
12.2.3 编程基础与加工工艺路线	232
复习思考题	235
第 13 章 数控加工实践	236
教学目的与要求	236
安全操作规程	236
13.1 数控车削加工	236
13.1.1 数控车床概述	236
13.1.2 数控车削加工	239
13.2 数控铣削加工	250
13.2.1 数控铣床概述	250
13.2.2 数控铣削加工	252
13.2.3 SIEMENS 系统操作简介	257

13.3 加工中心	264
13.3.1 加工中心简介	264
13.3.2 加工中心的分类	264
13.3.3 加工中心的工艺特点	266
复习思考题	267
第 14 章 机械电子装配实践	268
教学目的与要求	268
安全操作规程	268
14.1 机械装配	268
14.1.1 装配工艺	268
14.1.2 自行车拆装	272
14.1.3 柴油机拆装	275
14.1.4 减速器拆装	280
14.2 电子产品制作	282
14.2.1 电子产品制作的内容	282
14.2.2 电子产品制作的主要过程	282
14.2.3 识读电子电路图要领	284
14.2.4 识读印制电路板图要领	285
14.2.5 常用电子元器件简介	286
14.2.6 电子产品制作基本技能与常用仪器、仪表	292
14.2.7 电子产品制作的焊接技术	294
14.2.8 印制电路板制作简介	297
14.2.9 产品装配顺序	298
14.2.10 HX108-2 七管半导体收音机	299
复习思考题	300
第 15 章 逆向工程	301
15.1 逆向工程简介	301
15.1.1 逆向工程的定义	301
15.1.2 逆向工程的内涵	301
15.1.3 逆向工程基本方法与技术路线	303
15.1.4 逆向工程与产品创新的关系	304
15.2 逆向工程硬件设备与技术应用案例	305
15.2.1 逆向工程常用硬件设备简介	305
15.2.2 基于测量点云的几何逆向工程技术	308
15.2.3 柴油机气道几何反求案例	311
复习思考题	317

第 16 章 创新教育	318
16.1 概述	318
16.1.1 创新教育的内涵	318
16.1.2 创新教育的目标	319
16.1.3 实施创新教育的必要性	320
16.2 创新教育体系的建立	321
16.3 创新型人才的培养	322
16.3.1 创新型人才的特点	323
16.3.2 大学生工程实践创新能力培养的途径和方法	324
16.4 大学生创新教育实例	324
16.4.1 “电磁节能开关”创新作品实例	324
16.4.2 “防水卷材铺设小车”创新作品实例	327
16.4.3 “签字笔自动回收售卖装置”创新作品实例	331
参考文献	333