

国家级工程训练示范中心“十二五”规划教材

机电工程训练基础教程 (第2版)

郑勐 雷小强 主编
李可青 尚军 惠蓉 李余峰 参编



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

机电工程训练基础教程 (第2版)

郑勐 雷小强 主编
李可青 尚军 惠蓉 李余峰 参编

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本教材在第1版的基础上,根据教学需要进行了部分修改。修改后教材共分为6大部分:第一部分安全与急救常识,主要介绍了学生参加工程训练时应该注意的安全常识和注意事项,以及日常生活中的急救知识、安全常识等;第二部分为常用金属材料的基本知识;第三部分为热加工,介绍了金属热处理、焊接和铸造;第四部分是传统加工,主要有车削、钳工、铣削、磨削、刨削以及齿轮加工;第五部分是现代加工,主要介绍了数控车削、数控铣削、数控加工中心、电火花加工、逆向工程等;第六部分为电工电子,主要介绍了电子装配、电工装配和传感器应用等。每个部分都包含了基本理论、基本工艺方法、设备和工具的使用方法和要领,便于组织、安排工程训练,同时,不同的专业也可以根据专业要求选择不同的内容和深度,具有很强的可操作性。每部分概述均安排了相关背景知识,注重介绍各工种的特点,使学生能够自己学习,掌握每一个工种在装备制造业中发挥的作用,逐步形成完整的工程概念。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

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

机电工程训练基础教程/郑劭,雷小强主编.--2版.--北京:清华大学出版社,2015

国家级工程训练示范中心“十二五”规划教材

ISBN 978-7-302-40873-4

I. ①机… II. ①郑… ②雷… III. ①机电工程—高等学校—教材 IV. ①TH

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第164210号

责任编辑:赵 斌

封面设计:常雪影

责任校对:刘玉霞

责任印制:何 芊

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:18.75 字 数:450千字

版 次:2007年4月第1版 2015年8月第2版 印 次:2015年8月第1次印刷

印 数:1~2500

定 价:38.00元

产品编号:066175-01

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

第2版前言



FOREWORD

本书的第1版出版已经有8年的时间,随着工程训练中心的建设,教学内容也在发生着变化。经过认真的总结,我们对教材的内容作了部分调整,主要目的是为了适应新的教学理念和教学内容。

为了使学生对在工程训练期间所使用的金属材料有基本的认识,本教材增加了第2章材料的基本知识,可作为学生工训的基本资料。郑勐老师编写了本章内容。

而可编程逻辑控制器的实训,因由其他实践环节代替故而删除。

逆向工程是目前比较热门的话题,各个高校都在开设有关的工程训练,为此,教材增加了有关逆向工程训练的章节,并力求使学生掌握三维扫描、建模、3D打印等最基本的知识。李余峰老师编写了本章内容。

全书由郑勐修改并统稿。在教材使用过程中,很多学校老师提出了宝贵的意见,在此致以真诚的感谢!书中不足之处,希望读者给予批评指正。所有反馈信息或指正意见请寄:西安理工大学工程训练中心(地址:陕西省西安市金花南路5号),邮编:710048。

编 者

2015年5月

第 1 版前言



FOREWORD

随着科学技术的迅猛发展,社会对人才的需求也在发生着深刻的变化,特别是对学生动手能力、创新意识等提出了更高的要求。工程训练作为培养学生的工程意识、建立工程概念、了解工程过程、体验工程环境、提高工程素质和综合能力的重要环节,其内容和形式正在从单一的技能训练向综合训练、系统训练、集成训练的方向发展。

本书以“学习基本知识,提高工程素质,培养创新精神”为宗旨,遵循实践教学的特点,探索了现代工程训练的方法和内涵,全书共分 16 章,其中,第 1 章由陕西省人民医院副主任护师惠蓉同志编写,其余均由西安理工大学老师编写,其中第 2~5,8,12 章由李可青老师编写,第 6,7 章由尚军老师编写,第 9~11 章由郑勐老师编写,第 13~16 章由雷小强老师编写。全书由郑勐任主编,雷小强任副主编,李言教授和郑刚教授主审了本书。

本书的编写力求简明扼要、突出重点,以求在指导训练中起到实际的作用。本课程总课时为 3~6 周,可采用灵活的方法安排工程训练的有关内容。

尽管作者投入了很大精力,力图使取材合理、内容正确,但还是难免有错误和不足,敬请指正。

编 者

2007 年 2 月



CONTENTS

第 1 章 机电工程训练中的安全与急救基本知识	1
1.1 工程训练的安全注意事项	1
1.2 心肺复苏术	2
1.3 止血法	4
1.4 常见病的急救方法	5
1.5 安全常识	12
第 2 章 常用金属材料基本知识	17
2.1 常用金属材料的力学性能指标说明	17
2.2 常用金属材料的牌号、性能和用途	18
第 3 章 金属材料及热处理	30
3.1 铁碳合金的显微组织	30
3.1.1 铁碳合金的显微组织简介	30
3.1.2 试样制备	32
3.1.3 金相显微镜的使用	33
3.2 钢的热处理工艺	34
3.2.1 热处理的基本原理	34
3.2.2 热处理工艺分类	36
3.2.3 热处理常用加热设备	39
3.3 硬度测定	40
3.3.1 布氏硬度	40
3.3.2 洛氏硬度	41
3.3.3 维氏硬度	42
3.4 表面热处理	42
3.4.1 表面淬火	42
3.4.2 化学热处理	43

第4章 铸造成型工艺	45
4.1 概述	45
4.1.1 铸造成型原理	45
4.1.2 铸造方法简介	45
4.1.3 铸造工艺的特点及应用	46
4.2 造型材料	46
4.2.1 造型材料的组成和性能	46
4.2.2 造型材料的配制	47
4.3 造型与制芯	47
4.3.1 造型工艺装备	47
4.3.2 造型	48
4.3.3 制芯	51
4.3.4 开设浇注系统与冒口	52
4.4 熔炼、浇注与铸件的清理	52
4.4.1 熔炼及浇注	52
4.4.2 铸件的清理	53
4.5 铸造工艺	53
4.5.1 分型面的选择	53
4.5.2 浇注位置的选择	53
4.5.3 工艺参数的确定	54
4.6 铸件质量检验及缺陷分析	54
第5章 焊接	57
5.1 概述	57
5.2 焊条电弧焊	58
5.2.1 焊接电弧及焊接过程	58
5.2.2 焊条	58
5.2.3 焊条电弧焊设备	59
5.2.4 焊条电弧焊的基本操作	60
5.2.5 焊接工艺	61
5.2.6 焊接缺陷	64
5.2.7 焊缝检查	66
5.2.8 焊条电弧焊安全技术	66
5.3 气体保护焊	67
5.3.1 氩弧焊	67
5.3.2 CO ₂ 气体保护焊	69
5.4 电阻焊	71
5.4.1 点焊的特点与应用	71

5.4.2	点焊设备	72
5.4.3	焊接操作过程	72
5.4.4	影响点焊质量的主要因素	73
5.4.5	点焊的安全注意事项	74
5.5	其他焊接方法	74
5.5.1	埋弧焊	74
5.5.2	钎焊	74
5.5.3	摩擦焊	75
5.5.4	电渣焊	75
第 6 章	钳工	77
6.1	概述	77
6.2	划线	78
6.2.1	划线的作用及种类	78
6.2.2	划线的工具及其用法	79
6.2.3	划线基准	80
6.2.4	划线的步骤	81
6.3	锯削	82
6.3.1	锯削的工具	82
6.3.2	锯削的操作	82
6.3.3	锯削操作注意事项	84
6.4	锉削	84
6.4.1	锉削加工的应用	84
6.4.2	锉刀	84
6.4.3	锉削操作	85
6.4.4	锉削方法	86
6.4.5	锉削平面质量的检查	87
6.4.6	锉削操作注意事项	87
6.5	攻螺纹、套螺纹	87
6.5.1	攻螺纹	87
6.5.2	套螺纹	89
6.6	钻孔(扩孔与铰孔)	90
6.6.1	钻床	90
6.6.2	孔加工刀具的种类	91
6.6.3	钻床附件	92
6.6.4	钻床的操作	93
6.7	装配	94
6.7.1	装配的概念	94

6.7.2	装配准备工作	94
6.7.3	装配的组合形式	95
6.7.4	装配的种类	95
6.7.5	装配工作中应注意的问题	95
6.7.6	典型组件装配方法	95
第7章	车工	99
7.1	概述	99
7.2	车床的基本知识及操作	100
7.2.1	车床的型号及意义	100
7.2.2	普通车床的组成	101
7.2.3	车床各手柄的使用方法	102
7.2.4	车床的运动及传动路线	102
7.2.5	车床的保养和维护	103
7.2.6	学生操作练习	103
7.3	车工的基本操作	104
7.3.1	加工前的准备工作	104
7.3.2	切削用量	104
7.3.3	试切试量	105
7.3.4	外表面车削	106
7.3.5	内表面车削	110
7.3.6	平面车削	111
7.3.7	其他加工	112
7.4	其他类型车床简介	113
7.4.1	立式车床	113
7.4.2	转塔式六角车床	113
第8章	铣削	114
8.1	概述	114
8.2	铣床	116
8.2.1	铣床的基本知识	116
8.2.2	铣床简介	116
8.2.3	常用铣床各部分的名称和作用(以 X6132 为例)	117
8.2.4	铣床的基本运动	117
8.2.5	铣床的操作及安全事项	118
8.3	铣床刀具	118
8.3.1	铣刀的种类	118
8.3.2	铣刀的安裝	119

8.3.3	铣刀的合理使用	120
8.3.4	常用的铣刀材料	120
8.4	铣削平面加工	121
8.5	铣床附件	121
8.5.1	分度头的主要功用	121
8.5.2	回转工作台的主要功用	122
第9章	刨磨齿	123
9.1	磨削加工	123
9.1.1	磨削概述	123
9.1.2	磨床	123
9.1.3	砂轮	125
9.1.4	外圆磨削	126
9.1.5	内圆磨削	128
9.1.6	平面磨削	130
9.2	刨削加工	131
9.2.1	刨削概述	131
9.2.2	刨床及其操作	132
9.2.3	刨刀及其安装	133
9.2.4	工件的安装	134
9.2.5	基本刨削加工	135
9.3	齿轮加工	136
9.3.1	齿轮加工的基本方法	136
9.3.2	插齿加工	137
9.3.3	滚齿加工	137
第10章	数控加工的基本知识	139
10.1	数控机床概述	139
10.1.1	数控机床的基本构成	139
10.1.2	数控机床的种类及其应用范围	140
10.1.3	数控机床的工作过程	141
10.2	数控编程基础	142
10.2.1	程序编制的基本概念	142
10.2.2	程序的结构与格式	143
10.3	数控机床的坐标系统	145
10.3.1	假定“刀具运动,工件静止”原则	145
10.3.2	标准坐标系的规定	145
10.3.3	绝对坐标系与增量坐标系	146

10.4	数控加工中的工艺处理与准备	147
10.4.1	数控编程中的几何点计算	147
10.4.2	刀具及切削用量的选择	148
第 11 章	数控车削	151
11.1	数控车床概述	151
11.2	数控车床的编程基础	151
11.2.1	机床坐标系、机床零点和机床参考点	151
11.2.2	工件坐标系、程序原点和对刀点	152
11.3	零件加工程序的结构	153
11.4	HNC-21/22T 数控系统的编程指令体系	153
11.4.1	辅助功能 M 代码	153
11.4.2	主轴功能 S、进给功能 F 和刀具功能 T	153
11.4.3	准备功能 G 代码	154
11.4.4	有关坐标系、坐标和插补的 G 功能	154
11.5	数控车床控制面板的操作	163
第 12 章	数控铣削	168
12.1	数控铣床的分类	168
12.2	数控铣削加工的编程基础	169
12.2.1	数控铣床坐标系	169
12.2.2	数控系统的准备功能代码	169
12.2.3	数控系统的辅助功能代码	172
12.2.4	F,S,T,H 代码	173
12.3	基本编程指令	173
12.4	数控铣床的操作	180
12.4.1	FANUC Oi MC 系统的操作	180
12.4.2	SIEMENS 802D 系统的操作	184
12.5	加工中心简介	193
第 13 章	电火花加工	196
13.1	概述	196
13.1.1	加工原理	196
13.1.2	电火花加工的特点及条件	196
13.1.3	加工工艺方法分类	197
13.2	电火花成型	197
13.2.1	电火花成型加工机床	197
13.2.2	电火花成型加工的适用范围	198

13.2.3	数控电火花成型加工过程	198
13.3	数控电火花线切割加工	200
13.3.1	数控电火花线切割加工机床	200
13.3.2	数控电火花线切割加工的应用	201
13.3.3	加工程序的编制	202
13.3.4	线切割加工过程	203
13.4	电火花高速小孔加工	204
13.4.1	电火花高速小孔加工的特点	204
13.4.2	电火花高速小孔加工的应用	205
13.4.3	电火花高速小孔加工机床	205
13.4.4	机床加工操作过程	205
第 14 章	逆向工程	207
14.1	概述	207
14.1.1	工作流程	207
14.1.2	逆向工程的分类	207
14.1.3	逆向工程技术的应用领域	208
14.2	三维测量	211
14.2.1	接触式测量	212
14.2.2	非接触式测量	212
14.2.3	光学式三维数字化测量	212
14.3	三维数据处理	215
14.3.1	冗余误差点的去除	215
14.3.2	点云平滑处理	216
14.3.3	数字网格化处理	216
14.3.4	网格编辑	217
14.3.5	影响三维扫描测量精度的因素	217
14.4	3D 打印	219
14.4.1	3D 打印的定义	219
14.4.2	3D 打印技术的工作过程	219
14.4.3	3D 打印快速成型技术	219
第 15 章	电子装配实训	224
15.1	元器件的认识与测量	224
15.1.1	训练目标	224
15.1.2	预备知识	224
15.1.3	训练方法	227
15.1.4	训练工具	227

15.2	工具组件的认识与应用	227
15.2.1	训练目标	227
15.2.2	训练方法	227
15.2.3	训练工具	228
15.3	仪器仪表的认识与应用	228
15.3.1	训练目标	228
15.3.2	预备知识	228
15.3.3	训练方法	234
15.3.4	训练工具	235
15.4	焊接工艺的认识与应用	235
15.4.1	训练目标	235
15.4.2	相关设备操作方法	235
15.4.3	训练工具	236
15.5	收音机的组装与调试	236
15.5.1	训练目标	236
15.5.2	训练方法	236
15.6	数字万用表的组装与调试	238
15.6.1	训练目标	238
15.6.2	训练方法	238
15.7	无线话筒的组装与调试	238
15.7.1	训练目标	238
15.7.2	训练方法	238
第16章	电工实训	239
16.1	常用电器元件	239
16.1.1	组合开关	239
16.1.2	按钮	239
16.1.3	交流接触器	240
16.1.4	保护电器	241
16.1.5	控制电器	242
16.2	常用工具、仪表的使用	245
16.2.1	万用表的使用	245
16.2.2	电流表	246
16.2.3	电压表	247
16.2.4	电度表	247
16.3	导线连接、布线方法	249
16.3.1	导线的几种连接方法	249
16.3.2	线管线路的敷设	251