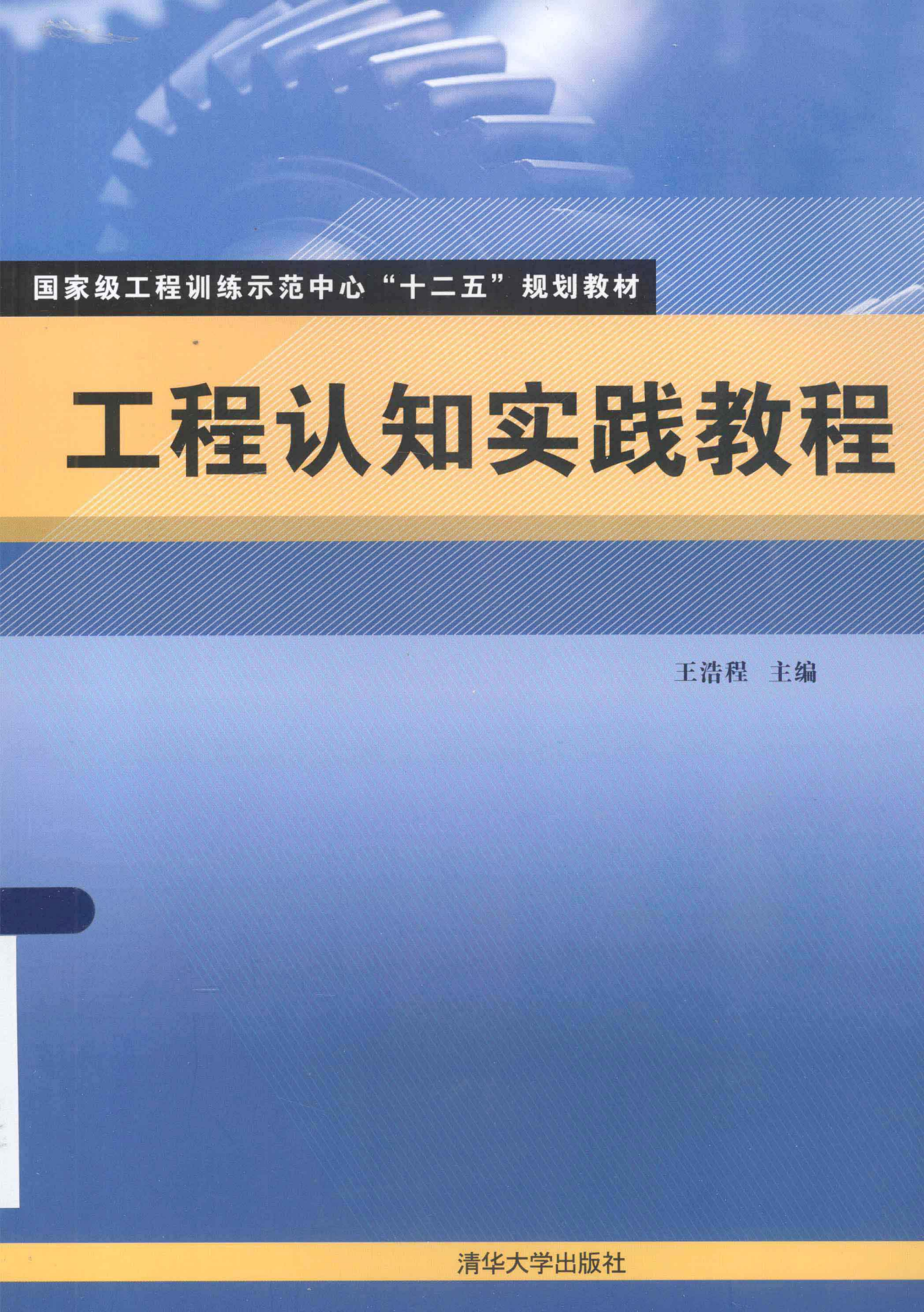




国家级工程训练示范中心“十二五”规划教材

工程认知实践教程

王浩程 主编

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

工程认知实践教学

王浩程 主编

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书包括工程概论、工程设计、工程材料、毛坯成形技术、零件成形技术、机械测量技术、机电一体化技术及工程创新思维与方法等内容。全书有3个主要特点：一是概括性地介绍了工程的概念、工程人才、工程环境、工程系统、工程伦理以及工程与科学、技术、产业的关系，言简意赅地阐明了工程的哲学思想；二是从工程设计、制造流程、机电一体化等方面形成了较为完善的技术体系；三是安排了工程创新教育实践教学内容，针对学生受传统应试教育思维束缚严重的现状，从创造性思维和技术创新方法论两个角度锻炼学生的创新能力与创新精神。

本书可作为工科专业学生工程实践类课程教材，也可作为企业技术和管理人员的参考读物。

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

工程认知实践教程/王浩程主编. --北京：清华大学出版社，2013.4

(国家级工程训练示范中心“十二五”规划教材)

ISBN 978-7-302-31632-9

I. ①工… II. ①王… 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(2013)第 037877 号

责任编辑：庄红权

封面设计：常雪影

责任校对：主淑云

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：北京国马印刷厂

经 销：全国新华书店

开 本：185mm×260mm

印 张：10

字 数：235 千字

版 次：2013 年 4 月第 1 版

印 次：2013 年 4 月第 1 次印刷

印 数：1~4000

定 价：20.00 元

产品编号：052422-01

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蓬勃的局面,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有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 年的努力,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

工程活动的开展,对社会的文明和进步起到了巨大的推动作用。同时,从消极的角度看,一些工程活动也对人类赖以生存的生态环境造成严重的破坏并考验着人类的良知。任何一个人在其生命旅途中都自觉或不自觉地受着工程的深刻影响。在全球技术经济飞速发展、人才竞争日益激烈、用人标准不断提高的大背景下,工科院校的学生,即便是经管、文法专业的学生,都应该审视自身所处的工程环境,不断拓展知识领域,注重培养工程素质。在大工程背景下培养学生的工程素质,其工程素质的概念远非单纯指工程技术或工艺方面的能力。在激烈竞争的市场环境中,学生除应掌握必要的理论和实践知识外,还应主动去适应市场,在头脑中树立管理意识、质量意识、创新意识、安全意识、营销意识、群体意识、环境意识、法律意识等,这些都是具备优秀综合工程素质的学生所不可缺少的。

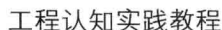
工程教育以培养优秀工程技术人才为己任,其核心特征在于教育过程中突出的实践性。目前在全球范围工程师严重短缺的背景下,拥有世界上最大规模工程教育的中国,应站在市场经济发展和企业技术需求的角度,深刻反思工程教育领域存在的诸如理念、定位、实效、体制等方面的问题。而过于传统的实践教学过程已经不能有效地促进学生综合工程素质的锻炼和提高。工程实践教学的过程是在特定的工程实践环境中对学生进行综合的、集工程设计、制造、管理、创新等环节为一体的全面工程技术训练。随着现代设计与制造技术、信息技术、自动化技术、现代管理技术等与现代工程的相互交融、渗透,工程实践教学的内涵不断深化,教学内容不断拓展。目前在工程实践教学存在着设计与工艺严重脱节、应试性的计划教学痕迹过重、亟待建立创新性工程实践教学模式、工程素质培养界定不清等突出问题。面对这些问题,工程实践教学改革必须贯彻以学生为本,知识、能力、素质协调发展,学习、实践、创新相互促进的实践教学理念,探索和构建新的工程实践教学课程体系,深化教学方法改革。

本书立足于工科以及经管、文法专业的学生开展工程认知教育,从技术和非技术两个层面系统地介绍工程知识,力图使学生通过对本课程的学习,在技术层面了解制造过程的基本流程和主要方法;在非技术层面认识工程的概念、特征以及工程环境、工程系统、工程伦理等内容,能够理解现实中的工程现象,辩证地思考工程哲理问题。本书的主要特点:

(1) 阐述工程思想,认识工程概论。本书第1章介绍了工程的概念、工程人才、工程环境、工程系统、工程伦理以及工程与科学、技术、产业的关系,言简意赅地阐明了工程的哲学思想。

(2) 完善技术体系,侧重制造流程。本书强调工程设计与加工工艺并重,从工程设计入手,对制造过程所涉及的工程材料、成形技术、质量检验等内容进行了系统介绍。本书第7章扼要阐述了当今社会生产生活中无处不见的机电一体化产品的技术。

(3) 培养创新思维,注重创新方法。本书安排了工程创新教育实践教学内容,针对学生



全书由王浩程任主编,负责全书的策划、组织和统稿工作,并编写第1~4章和第8章,刘健编写第5~7章。

尽管主观上做了很大努力,但由于水平有限,书中难免有不足甚至错误,恳请广大读者批评指正。

编者

2013 年 2 月

目 录



CONTENTS

第 1 章 工程概论认知	1
1.1 工程概述	1
1.2 工程人才与工程教育	2
1.3 工程环境	5
1.3.1 工程与自然环境	5
1.3.2 工程教育的环境	6
1.4 工程系统	7
1.5 工程伦理	8
1.5.1 概述	8
1.5.2 工程师的伦理意识与责任	9
1.6 工程与科学、技术、产业的关系	11
1.6.1 概念描述	11
1.6.2 辩证关系	11
第 2 章 工程设计认知	14
2.1 工程设计概述	14
2.2 工程设计的一般过程	15
2.3 现代设计方法概述	18
2.3.1 优化设计	19
2.3.2 可靠性设计	20
2.3.3 并行设计	24
2.3.4 虚拟设计	28
2.3.5 有限元方法	30
2.3.6 逆向工程	31
2.4 机械工程设计	32
2.4.1 机械产品结构设计	32
2.4.2 机械产品工艺设计	34
2.4.3 设计、制造和工艺的关系	34



2.4.4 工程设计软件	35
第3章 工程材料认知	37
3.1 工程材料概述	37
3.1.1 工程材料的分类	37
3.1.2 金属材料的内部结构	41
3.1.3 金属材料的性能	44
3.2 金属材料性能的改变	46
3.2.1 金属材料的热处理方法	46
3.2.2 典型机械零部件的热处理工艺	48
第4章 毛坯成形技术认知	51
4.1 毛坯成形方法概述	51
4.2 铸造成形技术	52
4.2.1 砂型铸造基础知识	52
4.2.2 特种铸造方法	56
4.3 锻压成形技术	57
4.3.1 方法概述	57
4.3.2 自由锻造	58
4.3.3 模型锻造	61
4.3.4 板料冲压	63
4.4 焊接成形技术	65
4.4.1 金属连接工艺	65
4.4.2 常用焊接方法	65
第5章 零件成形技术认知	70
5.1 机械零件的分类	70
5.1.1 轴类零件	70
5.1.2 盘套类零件	72
5.1.3 箱体类零件	76
5.2 零件成形方法	76
5.2.1 旋转体零件成形方法	77
5.2.2 平面沟槽类零件成形	80
5.2.3 孔的成形	82
5.2.4 零件的精密成形方法	83
5.2.5 钳工及机械拆装工艺	85
5.3 零件成形技术经济分析	88
5.3.1 零件成形主要技术经济指标	88
5.3.2 产品加工材料的选用原则	89

第 6 章 机械测量技术认知	90
6.1 产品质量的概念	90
6.2 测量方法	92
6.3 常用机械测量工具	93
6.4 三坐标测量技术	95
6.4.1 三坐标测量机简介	95
6.4.2 三坐标测量机的类型、组成和结构	96
6.4.3 三坐标测量机的测量系统	97
第 7 章 机电一体化技术认知	100
7.1 机电一体化技术概述	100
7.2 机电一体化产品的组成和主要特点	102
7.3 机电一体化的单元技术	104
7.3.1 机械技术	104
7.3.2 传感检测技术	107
7.3.3 伺服驱动技术	110
7.3.4 自动控制技术	115
第 8 章 工程创新思维与方法认知	120
8.1 创新思维概论	120
8.1.1 创新的概念	120
8.1.2 创新思维	121
8.1.3 创新思维的障碍	122
8.1.4 创新思维的方式	123
8.1.5 工程创新技法	127
8.2 技术创新方法概论	130
8.2.1 技术创新	130
8.2.2 TRIZ 理论及方法	132
参考文献	144

工程概论认知

1.1 工程概述

工程是将自然科学的原理应用到工农业生产部门中而形成的各学科的总称。这些学科是应用数学、物理学、化学等基础科学的原理,结合生产实践中所积累的技术经验而发展起来的。其目的在于利用和改造自然来为人类服务,如机械工程、电子工程、建筑工程、食品工程、纺织工程等。工程的核心任务是设计和实施尚未存在的问题并寻求问题的答案,直接或间接地服务于社会。工程的具体内容包括对于工程基地的勘测、设计、施工,原材料的选择,设备和产品的设计制造,工艺方法的研究等。工程的本质是利用自然材料和科学技术在不同领域创造不同的事物。在工程活动中,围绕着要建造一个新的有形物的工作目标,集成各种工程要素,包括科学技术、资源环境、社会经济、文化政治等,发挥工程技术人员的主观能动作用,制定项目计划,做好方案设计,安排制造流程,力求取得最佳工程效果。工程过程如图 1-1 所示。

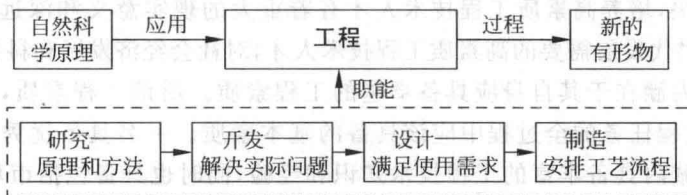


图 1-1 工程过程

工程是伴随人类劳动进步的历史而产生和发展的。它起源于人类生存的需求,包括对最基本的衣食住行的需求,特别是对赖以生存的工具的需求。人类为渴求生存的条件,进而追求生活的美好而辛勤劳作,生生不息制作、建造出无数新的现实存在物,从石器到硅器,从手工到智能,从土屋窑洞到高楼大厦,从荆钗布裙到绫罗绸缎,……所有这些构成了人类工程活动的发展历史。现代工程源自古代,但其内涵已经得到极大的拓展,主要表现在现代工程的理论基础、技术手段、组织管理体系等方面。

工程具有如下属性:

(1) 工程的社会性。工程的目标是服务于人类,为社会创造价值和财富。工程的产物要满足社会的需要。工程活动的过程受社会政治、经济、文化制约,其社会属性贯穿于工程的始终。

(2) 工程的创造性。创造性是工程与生俱来的本质属性。在工程活动中,科学和技术

结合并应用于生产实际中,从而创造出社会、经济效益。

(3) 工程的综合性。工程的综合性一方面表现在工程实践过程中所使用的学科和专业知识是综合的,必须综合应用科学和技术的各种知识,才能保证工程产出的质量和效率;另一方面也表现在工程项目在实施过程中,除技术因素外,还应综合考虑经济、法律、人文等因素,只有这样,才能保证工程能够获得最佳的社会和经济效益。

(4) 工程的科学性与经验性。遵循科学规律是保证工程顺利实施的重要前提。同时,为使工程能够达到预期效果,要求工程的设计和实施人员必须具备较为丰富的相关领域的实践经验。

(5) 工程的伦理约束性。工程的最终目的是为了造福人类,因此,为了确保工程的力量用于造福人类而不是摧毁人类,工程在应用过程中必须受到道德的监视和约束。尽管工程对人类做出了巨大贡献,但是如果缺乏道德制约,它对人类生活也会产生破坏性的乃至毁灭性的影响。

1.2 工程人才与工程教育

工程人才是指完成各类工程活动所需的专业技术人员、管理人员和技能人员,他们担负着通过工程来创造社会财富、促进社会进步的重要使命。世界经济的竞争主要是科学技术的竞争,归根结底是人才的竞争。竞争、变革与发展是当今时代的特点。在世界综合国力的竞争中,拥有高素质工程技术人才的多少已成为衡量一个国家科技进步、经济实力、生产力发展水平的重要指标和依据。因此,培养大批高素质的工程技术人才,是我国经济、科技国际化和时代发展的需要。随着世界范围内高新科技的迅猛发展,随着我国改革开放和现代化进程的不断加快,培养高素质工程技术人才有着重大的现实意义和深远的战略意义。如何培养大批符合时代发展需要的高素质工程技术人才,对社会经济发展和科技进步至关重要。

工程人才的内涵在于其自身应具备卓越的工程素质。所谓工程素质,是指工程技术人员在决策、实施工程任务的全过程中应该具备的基本素质。一名具备优秀工程素质的技术人员不仅在本领域内具备丰富的工程技术知识和经验,同时也具备包括市场、管理、质量、安全、经济、法律等在内的多方面的意识和能力。卓越工程师的培养,就是要积极创造条件,特别是创造贴近市场、贴近企业的工程教育环境,使学生能够在这样的条件和环境下,自身工程素质的各个方面得到全面发展。

卓越工程师即具备杰出工程素质的工程技术人才。美国波音公司对所需工程师提出如下的素质要求:具备一定的数学、物理等工程科学基础知识;了解设计-制造流程;具有复合学科和系统的观点;具备基本的工程管理知识;具有较好的人际沟通能力;具有较高的道德水准;具有批判的、创新的思维能力,善于独立思考,又能博采众长;具有较强的心理素质和环境适应能力;具有强烈的求知欲和终身学习的愿望和态度;具有团队精神和团队工作能力。由此可见,现代产业对于一名优秀的工程技术人员提出的用人标准,不仅局限于工程专业知识和技能,而且在身心、思维、管理、协作、道德等各方面提出了全面要求。由此也可深刻地体会出卓越工程师的培养内涵在于工程教育理念的凝练和提升,在于深化工程实践教学改革,打破传统的应试型教育模式,形成适于优秀工程技术人才培养的工程教育体系(图 1-2)。优秀工程素质培养的核心目标是适应现代产业对工程师提出的要求,注重学

生实践能力的提高和工程技术知识、经验的积累,培养和锻炼学生健康向上的人格和品性。

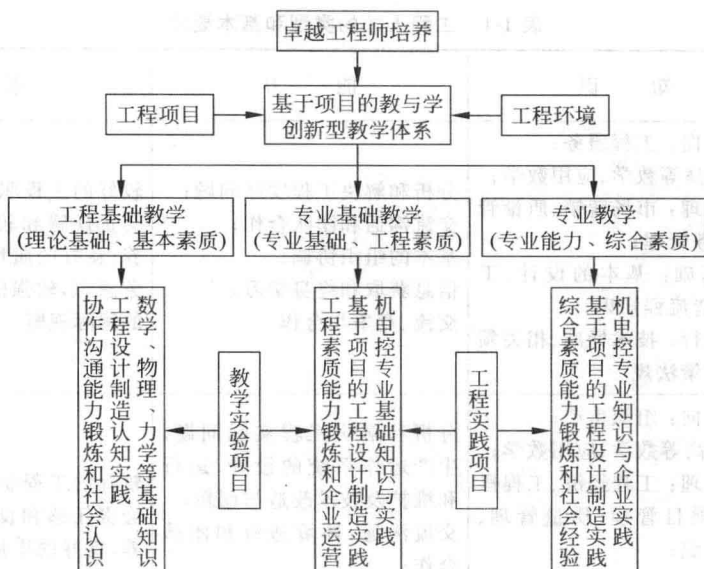


图 1-2 工程教育体系

就素质而言,工程人才应不断增强自身应对经济全球化、知识经济和风险社会挑战的能力,在诸多身心素质方面得以强化(图 1-3)。

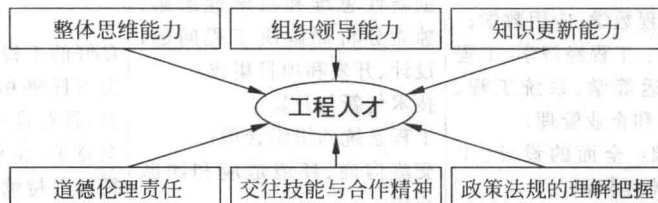


图 1-3 工程人才应具备的素质

工程教育肩负着培养优秀工程人才的重要职责,关系到社会的进步和国家经济的发展。目前我国工程教育领域存在很多问题,如亟待树立以学生能力培养为导向的现代工程教育理念;工程技术与职业技能培养的定位模糊;学生培养过程中实践教学环节的实效性差;实验室、实训车间先进的软硬件建设相对滞后等。这些问题直接导致了許多工科毕业生面对社会,面对企业感到茫然,无所适从。国家卓越工程师计划的启动,无疑是针对工程教育领域存在的问题,汲取发达国家工程技术人才培养的成功经验,努力促进我国工程教育从“学科型”教育到“应用型”教育的转变,着力培养大批适应我国现代工程技术发展需要的工程师。工程教育作为培养未来工程人才的主要途径,必须以工程哲学为指导,用当代工程观引领工程教育改革,树立大工程教育思维,优化工科大学生的知识、能力和素质结构,培养大批符合时代要求的优秀工程人才。

工程教育的直接目标是培养国家和社会需要的各类工程师。按照工业产品和工程项目研究、开发、设计、生产、运行、服务、管理的完整过程对工程师类型的需要,工程师可划分为服务、生产、设计、研发四种类型。不同类型的工程师在知识、能力、素质三方面有相应的标

准要求,如表 1-1 所列。

表 1-1 工程人才的类型和基本要求

要求 类型	知 识	能 力	素 质
服务工程师	职业方向: 工程服务; 数学: 高等数学、应用数学; 经济管理: 市场营销、质量管理、财务管理; 工程基础: 基本的设计、工艺、制造流程知识; 工程运行: 技术标准、相关领域的政策法规	分析和解决工程实际问题; 交流沟通和团队合作; 基本的组织协调; 信息获取和终身学习; 交流、竞争与合作	较好的工程职业道德、较强的社会责任感和较好的人文科学素养,良好的质量、环境、安全和服务意识,较强的创新意识和一定的国际视野
生产工程师	职业方向: 组织生产; 数学: 高等数学、应用数学; 经济管理: 工程经济、工程概预算、项目管理、质量管理、生产组织; 工程基础: 较为全面的设计、工艺、制造流程知识; 工程运行: 技术标准、相关领域的政策法规	分析和解决工程实际问题; 生产运作系统的设计、运行和维护及技术改造与创新; 交流沟通、环境适应和团队合作; 工程项目组织管理能力; 信息获取和终身学习; 交流、竞争与合作	较好的工程职业道德、较强的社会责任感和良好的人文科学素养,良好的质量、环境、安全和服务意识,较强的技术革新与创新意识和一定的国际视野
设计工程师	职业方向: 工程设计; 数学: 工程数学、应用数学; 经济管理: 工程经济学、工程概预算、运筹学、系统工程、工程管理和企业管理; 工程基础: 全面的设计、工艺、制造流程知识; 人文: 历史、文化、哲学等; 工程运行: 技术标准、相关领域的政策法规	创新性思维和系统性思维; 独立分析和解决工程问题; 设计、开发和项目集成; 技术创新与开发; 工程系统的组织管理; 交流沟通、环境适应和团队合作; 信息获取、知识更新和终身学习及交流、竞争与合作	良好的工程职业道德、强烈的社会责任感和丰富的人文科学素养,具有良好的市场、质量和安全意识,注重环境保护、生态平衡和可持续发展,具有开拓创新意识和国际视野
研发工程师	职业方向: 工程研发; 数学: 工程数学、计算数学; 自然科学: 物理、化学、力学等; 经济管理: 工程经济学、工程概预算、运筹学、系统工程、工程管理、企业管理等; 工程基础: 全面扎实的设计、工艺、制造流程知识; 人文: 历史、文化、哲学、政治、法律等; 工程运行: 技术标准、相关领域的政策法规	战略性思维、创新性思维和创造性思维; 独立分析和解决复杂工程问题及复杂产品或工程项目的开发、设计和集成; 工程项目的研究开发能力; 工程技术创新和科学研究; 知识更新、知识创造、终身学习、交流沟通、环境适应和团队合作; 工程系统的组织管理及交流、竞争与合作	良好的工程职业道德、强烈的社会责任感和丰富的人文科学素养和坚定的追求卓越的心态,具有良好的市场、质量、安全意识,注重环境保护、生态平衡、社会和谐及可持续发展,具有强烈的开拓创新意识和宽阔的国际视野

1.3 工程环境

工程环境是指与工程活动相关联的周围事物,是工程系统内外影响工程过程的各类要素的集合。工程环境具有广泛性、多样性、不确定性等特点,主要包括自然和社会两大方面。任何领域的工程活动都在特定的环境中进行(图 1-4),因此,工程环境对整个工程活动过程能否顺利进行有着显著和突出的影响。

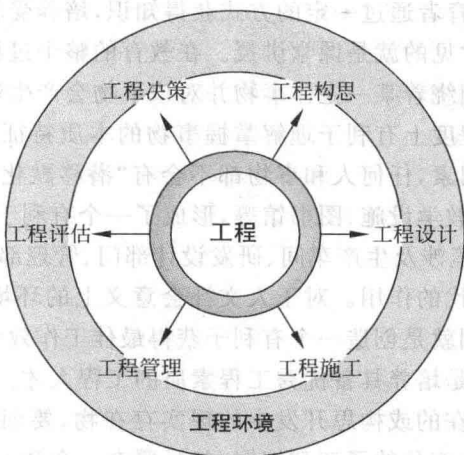


图 1-4 工程内容与工程环境

1.3.1 工程与自然环境

在人类文明进步的历史发展进程中,工程与自然环境始终相互作用,或者相互协调,或者相互对立,它遵循着矛盾的同一性与斗争性相互联结的哲学原理。利用工程改善自然环境即二者协调发展,而在开发实施工程项目中使自然环境遭到破坏就意味着二者的相互对立。随着技术进步和经济社会的飞速发展,作为具有整体性、持续性和多样性特征的生态环境与人类工程活动的利益性、局部性和短期性之间的矛盾日益凸显。事实上,工程与自然的关系很大程度上就是人与自然的关系,是辩证的。一方面是人类对自然的影响与作用,包括从自然界索取资源与空间,享受生态系统提供的服务功能,向环境排放废弃物;另一方面是自然对人类的影响与反作用,包括资源环境对人类生存发展的制约,自然灾害、环境污染与生态退化对人类的负面影响。在工业文明的发展中,传统价值观认为,自然财富是无限的,人的物质需求也是无止境的,人类只要不断地征服自然、扩大消费,就能促进经济发展,满足人们不断增长的物质需要。在这种价值观支配下,人们片面追求经济数量上的增长,提倡无节制的消费和肆意开发自然资源。正是这种扭曲的价值观导致了生态危机和人与自然关系的异化。工业社会的一个显著表征,就是无处不在的功利性工程项目加剧了人与自然的关系异化。自然不是被当作与人亲和、协调的对象,而是被当作征服、统治的对象。

认识到了这种现状,在全球经济一体化的大背景下,保护环境,崇尚绿色文明发展模式已成为经济发展、社会进步的共同理念。人类工程活动的各个领域都与生态环境发生着某