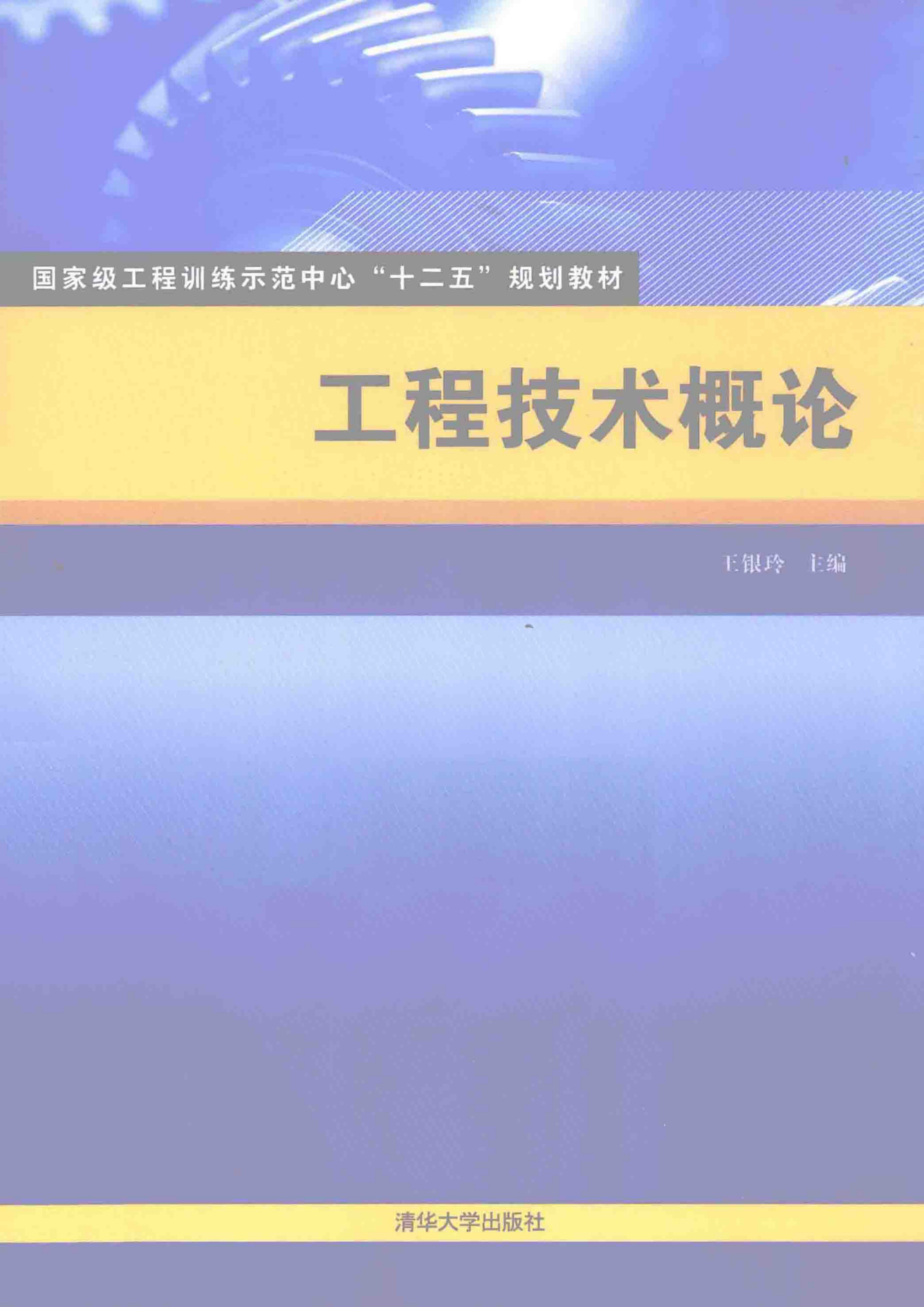




国家级工程训练示范中心“十二五”规划教材

工程技术概论

王银玲 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

工程技术概论

王银玲 主编

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书是为高等院校培养和提升学生的工程素质而编写的。全书共分为5章,分别从工程技术的相关概念、工程技术创造活动的一般程序、工程技术研究的主要方法、系统工程及其方法、工程技术人才的素质及其培养等几个方面,介绍了工程技术及其发展的一般规律。本书适用于工程界、企业界、科技界和管理界人士,特别是广大的工程师、理工院校师生。

本书既可以作为高等院校和高职高专的教学用书,也可供其他读者作为提高自身工程素养的参考。

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

工程技术概论/王银玲主编. --北京:清华大学出版社,2013

国家级工程训练示范中心“十二五”规划教材

ISBN 978-7-302-33633-4

I. ①工… II. ①王… III. ①工程技术—高等学校—教材 IV. ①TB

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 204355 号

责任编辑:庄红权 雒 华

封面设计:傅瑞学

责任校对:赵丽敏

责任印制:王静怡

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:北京市清华园胶印厂

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm 印 张:11.25 字 数:266 千字

版 次:2013 年 9 月第 1 版 印 次:2013 年 9 月第 1 次印刷

印 数:1~3000

定 价:22.00 元

产品编号:055788-01

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型技术,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型技术,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

工程技术概论是为高等院校培养和提升学生的工程素质而编写的。本书从工程技术的基本概念入手,详细论述了工程技术活动的一般程序及其研究方法,力求使读者对现代工程技术的发展、运行规律和研究方法有更为深入的了解。

全书共分为5章。第1章主要论述科学、技术与工程的基本概念、特征及其相互关系;第2章主要论述了工程技术、工程技术研究、工程技术人员和工程技术方法的基本概念,工程技术创造活动的一般程序,详细介绍了工程技术选题、预测、评估、方案设计、试验、实施和工程技术创造发明方法,并论述了系统工程及其研究方法;第3章主要论述科学创新、技术创新与工程创新的概念、特点和创新过程,介绍了创造性解决问题的理论与方法;第4章论述现代工程技术人才的内涵、素质特征及培养;第5章将高铁工程、核能工程和基因工程作为典型案例,分析工程技术研究的一般过程。

本书由王银玲主编、张华副主编,具体分工如下:第1章由王银玲编写;第2章由王银玲、阎世梁、王强、肖晓萍编写;第3章由王银玲、熊开封编写;第4章由刘满禄编写;第5章由崔鹏、刘满禄、肖晓萍编写。

需要说明的是,本书在编写过程中参考、引用了大量的文献资料,在此向所有参考文献的作者表示衷心的感谢。

由于时间仓促,编者水平与经验有限,不足和失误仍在所难免,敬请读者批评指正。

作 者

2013年6月



CONTENTS

第 1 章 科学、技术与工程	1
1.1 科学的含义与特征	1
1.1.1 科学的含义	1
1.1.2 科学的特征	2
1.1.3 现代科学的特点与发展趋势	3
1.2 技术的含义与特征	6
1.2.1 技术的含义	6
1.2.2 技术的特征	7
1.2.3 高技术的特点与发展趋势	8
1.3 工程的含义与特征	9
1.3.1 工程的含义	9
1.3.2 工程的特征	10
1.3.3 工程的基本分类	11
1.3.4 现代工程的特点与发展趋势	12
1.4 科学、技术、工程的联系与区别	14
第 2 章 工程技术及其方法论	15
2.1 工程技术概论	15
2.1.1 工程技术的概念	15
2.1.2 工程技术研究	15
2.1.3 工程技术人员	16
2.2 工程技术方法	17
2.2.1 工程技术方法的含义及类型	17
2.2.2 工程技术方法的特点	18
2.2.3 工程技术方法与技术发明方法、科学方法的关系	20
2.3 工程技术创造活动的一般程序	21
2.4 主要工程技术方法	24
2.4.1 工程技术选题方法	24



2.4.2	工程技术预测方法	27
2.4.3	工程技术评估方法	31
2.4.4	工程技术发明创造方法	35
2.4.5	工程技术方案设计方法	40
2.4.6	工程技术方案评价方法	46
2.4.7	工程技术试验方法	53
2.4.8	工程技术方案实施方法	58
2.4.9	工程技术管理	68
2.5	系统工程及其方法	74
2.5.1	系统工程的基本概念	74
2.5.2	系统工程的基本原理	75
2.5.3	系统工程的研究方法与步骤	76
2.5.4	系统工程方法	78
第3章	科技创新、技术创新与工程创新	85
3.1	创新的概念与类型	85
3.1.1	创新的概念	85
3.1.2	创新的基本内容	86
3.1.3	创新方法	88
3.1.4	创新的过程	89
3.2	科学创新	90
3.2.1	科学创新的本质与类型	90
3.2.2	科学创新的动力机制	91
3.3	技术创新	92
3.3.1	技术创新的概念与特点	92
3.3.2	技术创新过程	93
3.3.3	技术创新的动力机制	93
3.4	工程创新	94
3.4.1	工程创新的概念与特点	94
3.4.2	工程创新的一般过程	95
3.4.3	工程创新的动力机制	97
3.5	创造性解决问题(TRIZ)的理论和方法	98
3.5.1	TRIZ 概述	98
3.5.2	工程技术中的冲突	100
3.5.3	工程技术中的冲突解决原理	109
3.5.4	TRIZ 在工程技术领域的应用	115
第4章	工程技术人才的素质特征及其培养	118
4.1	工程技术人才的内涵及类型	118

4.1.1	工程技术人才的界定	118
4.1.2	工程技术人才的类型	119
4.2	工程技术人才的素质特征	121
4.2.1	素质的基本含义	121
4.2.2	工程技术人才的基本素质构成	121
4.3	我国工程技术人才培养	125
4.3.1	我国工程技术人才培养状况	125
4.3.2	构建面向 21 世纪工程技术人才培养机制	128
4.3.3	卓越工程师教育培养计划	133
第 5 章	典型工程案例	135
5.1	高铁工程	135
5.1.1	立项背景及意义	135
5.1.2	技术准备与工程试验	138
5.1.3	“7·23”甬温事故简介	142
5.1.4	成绵乐高铁工程简介	143
5.2	核能工程	143
5.2.1	核能利用的背景	143
5.2.2	“神光”计划简介	144
5.2.3	点火装置简介	151
5.2.4	从工程技术的角度简析福岛事件	155
5.3	基因工程	156
5.3.1	基因工程立项背景与意义	156
5.3.2	基因工程的应用	158
参考文献		164



科学、技术与工程

自从人类告别野蛮,启动了文明发展的进程,几乎每一个时代的人都可以站在自己的时代往前追溯,并获得这样的共识:假如缺少了某项关键性的技术发明、科学发现或工程建设,人类的历史很可能就会面目全非。今天,科学、技术、工程正以前所未有的深度和广度渗透到人们生活的方方面面。因此,认识和把握科学、技术与工程的本质及其相互关系是非常必要的。

中国科学院李伯聪教授提出了科学、技术、工程的“三元论”观点,承认和主张科学、技术、工程是三种不同的社会活动方式,它们各有其特殊的本质属性,不能混为一谈。

1.1 科学的含义与特征

1.1.1 科学的含义

从词源上考察,拉丁文中“scientia”是“知识”和“学问”的意思,英、德、法语中的“科学”均由拉丁文衍生而来,其含义与“知识”相似。在中国古代,有“格物致知”的说法,意为穷究事物的原理而获得知识,与今天科学的含义也有类似之处;从发展的角度来看,科学在它的历史发展中表现为方法、知识、生产力和社会建制等种种形象,因此,至少可从以下几个方面来理解。

第一,科学是一种反映客观事实和规律的系统化、理论化的知识体系。科学是关于自然、社会和思维的知识体系,或者说,科学是以范畴、定理、定律和原理等形式反映事物本质及其运动规律的知识体系。著名科学家钱学森把知识划分为两大部分:一部分是系统化、理论化的知识,这就是科学;另一部分是普通的常识和经验性知识,它们属于前科学。前科学和科学有着紧密的联系,但是二者又有着本质的区别。前科学是科学的准备,科学是前科学的升华。科学最基本的特征是知识,但并不是所有的知识都是科学,科学是知识的较高形态。科学是比较严密的、系统化的知识体系,具有严密的逻辑性。人们通过生产实践、社会活动和科学实验获得的很多知识,由于具有分散、不系统、零散等特点,因而还不是科学。只有将这些知识单元的内在逻辑特性和本质联系清楚,建立起一个完整的知识体系时,才能称之为科学。

第二,科学不仅仅是知识体系,而且是探求和把握客观现象及规律的认识活动。科学是一种探求真理、推进知识的活动,科学知识的获得离不开科学活动,知识是探求的结果,而活动才是内容本身。科学更重要的本质含义,是告诉人们怎样去做他们想做的事情。科学活

动面对的是未知世界,具有不确定性,因此,不断地探索和创新是科学的根本任务。所以可以把科学看成一个发现、解释并检验知识的过程或活动。这一活动过程又与科学思想、科学思维、科学方法、科学精神密切联系。

第三,科学是一种社会建制,是社会化事业。所谓科学的社会建制,是指科学事业成为社会构成中的一个相对独立的社会部门和职业门类的一种社会现象。科学作为一种社会建制是在 17 至 18 世纪初形成的,1601 年在罗马建立了第一所科学研究院,此后各种科学组织和机构相继出现。这些组织和机构的目的在于保证新知识的生产过程,充分发挥科学交流的作用;在 19 世纪以前科学的漫长发展过程中,科学活动基本上是学者们业余的、兴趣性的行为;19 世纪以后,科学家作为特殊的社会角色从社会的其他角色中分化出来;20 世纪以来,随着科学部门的纷纷建立,科学活动的规模日益扩大,科学活动的方式也由个体自由探索,自发分工合作走向大规模的组织协同。特别是第二次世界大战以后,国家规模的科学活动的开展,科学由“小科学”向“大科学”转变,使科学成为一种名副其实的“社会建制”,即科学是一项国家事业,是社会中的一个专业部门,是一种新兴的社会产业,并成为国家的战略产业。随着科学的国际交流与合作研究的展开,科学开始成为一项国际事业。

综上所述,科学的含义已从单纯对知识及知识体系的理解,逐渐形成了更丰富的内涵。可见,科学作为一个历史性的范畴,也只能采取阐明性的叙述,从历史的进程中来把握。

科学的概念有广义与狭义之分,广义的科学包括自然科学、人文科学、社会科学及思维科学;而狭义的科学则特指自然科学。

1.1.2 科学的特征

科学是一种知识,但并非所有的知识都是科学。科学知识在认识论和方法论方面的主要特征,可以为区分科学与伪科学、非科学提供一定依据。

1. 科学的解释性和预见性

科学不仅仅是对事实的简单判断和描述,而且要揭示事实背后的本质和规律,即不但要知其然,还要知其所以然。科学并非事实的简单堆积,它是有组织的知识体系,能够提供对事实的解释。科学的解释性使其与常识相区别。常识只能告诉我们“是什么”,却不能告诉我们“为什么”。古人早已知道用装有圆形轮子的车搬运货物可以节时省力,但却不知道其中的原因;从神农尝百草,人们已经知道了许多草药的药性,但却不知道草药的作用机理。科学则不仅要弄清事实,而且要对事实进行解释,正是对解释的追求造就了科学,并使科学实现了对常识的超越,科学的发展越深入,就越远离常识。正是在解释的过程中,人们发现了对象的本质和规律。

但是,科学的功能绝不仅仅在于能够解释已知的自然现象,更重要的是它还应该能够预见目前尚未观察到、但却能够被以后的科学实践证明的自然现象。例如,麦克斯韦(J. C. Maxwell)在经典电磁理论的建立中预见了电磁波的存在,尽管他本人在有生之年并没有证实电磁波的存在,但不久以后就被赫兹(H. R. Hertz)的火花放电实验所证实,从而使经典电磁理论的价值更高。

2. 科学的精确性

科学的精确性主要表现在两个方面。首先,任何科学定律或原理都只能在特定条件、有限的范围内成立,同时科学的应用也是有边界的。例如,热力学第二定律只适用于封闭系统,达尔文(C. R. Darwin)的生物进化论也不能向人类社会无限外推。其次,科学结论的表述必须系统、严格、精确、明晰,它应该能够提供具体而明确的知识。科学不接受任何模棱两可、有歧义的陈述。因此,科学的结论必须使用科学的语言来表述,即必须运用科学符号、数据和公式等数学工具来描述。完备的科学符号系统、数学方法的应用是科学走向成熟的标志之一。

3. 科学的可检验性

科学作为对事实的解释并非笼统、一般性的陈述,而是确定、具体的命题,这些命题在可控的条件下可以重复接受实验检验。可检验性要求科学在对所涉及的内容进行解释的同时,必须推导出可以接受检验的论断,并预言今后可能出现的、新的实验事实,进而通过实验的检验确定所解释内容的真伪。

4. 科学的可错性或可变性

科学的精确性使其具备可检验性的特征,因而也就使其具有可错性或可变性。科学本身是按照一定的理论预期而进行的一种探索未知的活动,它试图告诉人们世界是什么样的。但是,由于人类认识本身的局限性,这种探索结果可能会出错,在一定历史时期被人们所接受的科学理论,在其后的发展中可能被证明是错误的,从而被淘汰。允许科学出错,恰恰是科学不断发展的原因之一。拉瓦锡(A. L. Lavoisier)的氧化学说证明了燃素说的错误,但并没有否认燃素说在化学发展中曾经起过的积极作用。

5. 科学的系统性

科学活动是通过对科学问题进行系统性的研究来获取知识的过程。作为其认识结果的科学知识,不是各种孤立的概念、原理的简单堆砌,也不是互不相关的各种论点、论据的机械组合,而是根据自然界的有机联系,对事实有组织、系统的阐明与理解。科学知识要求知识体系在逻辑上具有自治性,经验知识与理论知识具有一致性。科学力求完整地反映客观事物,把握事物的各个方面。

6. 科学的认同性

科学知识具有客观真理性。它的基本概念反映事物固有的本质属性;它的基本定律反映客观事物之间的内在联系。因而科学知识是客观的,普遍能够被不同认识主体所重复和理解,能够接受不同认识主体的实验检验,并在各主体之间进行讨论、交流。这就是科学的认同性。

1.1.3 现代科学的特点与发展趋势

现代科学的发展,与以往的科学发展相比较,明显地呈现出以下的特点和趋势。



(1) 在学科高度分化和高度综合的基础上,科学开始形成一个多层次的综合整体,出现了科学整体化的趋势。

从现代科学研究的对象看,现代科学对自然界的认识领域正在迅速拓展,一方面不断深入到微观世界的更深层次;另一方面又不断扩展到更加广袤的宇宙空间。自然界的各个层次都得到比较深入的研究,现代科学认识正在向更大的深度和广度进军。从现代自然科学各学科之间的关系来看,科学一方面在继续分化,另一方面在交叉综合,在高度分化基础上的高度综合已成为一种总的趋势。整个科学已经改变了过去零散分割的状态,正在形成一个前沿不断扩大、多层次、相互联系的综合整体。

自然科学各个学科之间相互融合或交叉,促进了一系列综合学科、横断学科和边缘学科的形成和发展。综合学科是指利用多种学科的理论与方法,去探讨某些复杂现象所形成的学科,如环境科学、空间科学、海洋科学等。它根据不同的研究对象,把多种学科的研究成果联结起来,使人们形成对某些研究现象的整体性认识。横断学科是指研究自然界、人类社会和人类思维等领域共有的某种现象的本质及规律的学科,如系统论、信息论、控制论等学科,它不局限于某一领域或物体,而是把自然界、人类社会和人类思维整体的某个侧面作为研究对象,从而强化了人们对世界整体的认识。边缘学科是指在传统科学划分的交界处出现的新兴学科,它们是由基础科学及其不同分支相互交叉、相互渗透产生的,如物理化学、分子生物学、天体物理学等。这些种类学科的出现和发展,使人们所认识的自然界图景越来越成为一幅统一完整的画面。

(2) 科学知识的增长总量迅速扩张,科学知识更新的速度加快,科学发展呈现加速化趋势。

近几十年来,人类所取得的科学成果的数量,比过去 2000 年的总和还要多,出现了所谓“信息爆炸”、“知识爆炸”的现象。美国科学计量学家普赖斯(D. J. S. Price)曾以科学杂志和学术论文为知识发展的重要标志,对知识总量的增长率进行了推算,从而得出这样的结论:在我们的文明中,所有非科学的东西每翻一番的时候,科学就要增加 8 倍。如果这样看待科学的话,在我们的文化中,科学密度在每一代人之间要增长 4 倍。现代物理学中 90% 的知识是 1950 年以后取得的。截至 1980 年,人类社会科学知识总量的 90% 也是在第二次世界大战以后的 30 多年间获得的。现如今,全世界每天发表科技论文 6000~8000 篇,每年出版图书 70 万种。

由于科学知识的加速增长,科学知识的更新速度也在加快。有关专家的研究指出,18 世纪知识更新的周期为 80~90 年,19 世纪初至 20 世纪初为 30 年,20 世纪 50 年代以来为 15 年,70 年代以来则进一步缩短为 5~10 年。过去学生在校时可获得一生 80% 的知识,工作后继续教育再获得 20%,现在则正好相反。在当今时代,如果不学习和掌握最新的科学知识和技能,就无法跟上科学加速发展的步伐。因此,一些发达国家既注意学龄前教育知识的先进性,同时也注意在职人员的知识更新。

(3) 科学研究规模和组织形式日益扩大,科学已经形成一个重要而又庞大的社会建制,出现了科学事业社会化的趋势。

20 世纪以来,由于科学与生产的密切结合,同时需要强大的技术装备,再加上大规模综合性研究的开展,科学事业日益社会化,研究活动的规模越来越大,从企业规模发展到国家规模,甚至国际规模。此外,现代科学的发展还必须考虑其带来的社会后果,随着人类改造

自然能力的不断增强,科学必须与整个社会协调发展的问題,已非常突出地摆在人们面前。

由于研究课题的高度综合化,现代科学研究设备的大型化、复杂化,科研规模的扩大以及物质基础和经费的巨大投入,使得科学家已从过去较分散的个人活动转向社会化的集体活动,大部分研究工作已不能由科学家个人独立地进行,而需要科学共同体协同工作,联合攻关,甚至需要跨出国界,采用国际规模的研究方式。科学作为一种社会事业,普遍受到各个国家的重视。一方面,各国的经费投入不断增大,第二次世界大战后所有经济发达国家科研经费投入都以指数增长,发达国家研究开发经费通常占国民生产总值的 $2.5\%\sim 3\%$;另一方面,各国从事科学研究的人数急剧增长,预计未来100年,从事科研活动的人数将占世界总人口的 20% 。

(4) 数学在科学中的作用越来越重要,数学自身也拓展了许多新的领域,出现了科学数学化的趋势。

马克思曾经指出,一门科学只有在成功运用数学时,才算达到了真正完善的程度。现代自然科学进入成熟阶段的重要标志之一,就是要大量运用数学,数学自身的发展,原有数学分支越来越完善,许多新的数学分支出现,为现代科学走向精密化提供了现实的可能性。需要和可能相结合,科学的数学化成为一种必然的趋势。电子计算机的发明和普遍应用更加推进了这一进程。现在,不仅自然科学的各个学科日益与数学相结合,社会科学与思维科学的各个领域也越来越普遍地进入了量化的研究阶段。

(5) 科学研究方法彻底突破了以分析为主的传统,系统论、信息论、控制论所提供的新方法正获得广泛应用。

传统的科学研究方法是以分析为主的方法。19世纪以后,科学认识方法从分析转向综合。在综合方法的基础上,自然科学的各主要学科逐渐揭示出自然界的统一和自然历史的联系。20世纪中叶,随着系统论、信息论和控制论等系统科学的产生和发展,现代科学已经把自己的方法论基础转移到系统方法上,这种新方法把研究对象当做一个系统来处理,强调整体观念,强调综合研究,强调协调发展,将科学研究方法提高到了一个新的水平。

科学研究方法的历史告诉我们,任何一门科学既是本体论又是方法论,它的理论、观点和方法可以用来研究其他学科,用力学的观点和方法研究物理科学,用物理学的观点和方法研究化学和生物学,都是历史的生动例证。用系统科学的方法研究物理科学、生命科学、社会科学乃至思维科学,也必将导致科学的新突破。

(6) 现代科学的发展越来越多地涉及哲学问题,引起了人们新的哲学思考和观念变革。

在古代,哲学和科学曾经是合二为一的。近代科学诞生以后,科学与哲学分化,各自走上了独立发展的道路。在现代科学的发展中,一方面,现代科学已用于研究一些关于自然界最一般、最根本的问题,这些问题过去一直是属于哲学探讨的内容。过去统一于自然哲学的猜测,现在已统一于科学本身的研究成果。例如,现代科学揭示了各种物质统一性,阐明了各种物质形态及其运动形式的相互转化,微观、宏观和宇观世界已经开始形成了统一的科学图景。另一方面,在现代科学的前沿不断提出一些引起哲学思考的新问题,迫使人们的传统观念发生变革。例如,粒子物理学中夸克模型和物质是否无限可分的问题,现代宇宙学中大爆炸模型提出的宇宙的有限和无限的问题,现代生物学中中性学说和生物进化的必然性和偶然性问题,系统科学中自组织理论和目的性范畴问题,以及人择原理引起的哲学思考等等。

这两个方面的发展意味着,在现代科学研究和现代哲学研究之间,出现了只有靠两者更加紧密结合才能共同开拓的崭新领域。

早在 20 世纪 60 年代初,美国科学家普赖斯就对现代科学发展作出了这样的描述:由于现代科学取得了如此辉煌的成就,科学已经成为国民经济的重要支柱,现代科学的规模如此之大,社会对科学的投入又如此之巨,以至我们不能不用“大科学”一词来称呼它。随着科学的进一步发展,这一“大科学”的特征和趋势表现得越来越明显。

1.2 技术的含义与特征

1.2.1 技术的含义

“技术”一词源于古希腊语的 *techne*,意指“技能”、“技艺”等。它虽与科学(*scientia*)同属于人类的智慧结晶,但二者的含义截然不同,*techne* 指的是主观性因素,而 *scientia* 指的则是反映客观事物的理性知识(*episteme*)。在相当长的时间里,人们把技术看成是世代相传的制作方法、手艺和配方。近代以来,技术对自然科学理论的运用导致了技术的理论化趋向,产生了技术科学,从而导致在技术的构成要素中,技能、经验等主观性因素不再占主导地位,“技术”一词也从最初的 *techne* 转变成 *technology*,其后缀 *-ology* 有“学问”、“学说”之意。

人类制造石器工具投入劳动,实现了从猿到人的转变,从而揭开人类改造自然的历史序幕,同时也诞生了最初的技术萌芽。在原始的刀、斧、弓、箭等工具的制造中,以及狩猎、饲养、栽培的农牧业生产劳动过程中,由于生产经验和劳动技能的不断积累,逐渐形成了原始时代的各项技术。农业与手工业分工后,工匠成为独立的社会职业,他们专门从事冶炼、建筑、水利以及生产工具的发明。古代技术基于生产经验和劳动技能的积累,主要被视为个人的技能和技艺。技术的历史源远流长,对技术概念的界定,不能撇开技术的历史过程,因为它既是技术现象的抽象和概括,又是后继技术概念演化的核心和出发点;技术概念的历史演化不仅表现在内涵的扩展上,同时也反映在技术领域的扩大方面。因此,对技术的理解也是多视角、多侧面的。

对技术的认识概括起来主要有两种类型:一是对技术的狭义认识;二是对技术的广义认识。技术的狭义认识主要是指从人和自然的关系中来理解技术。由于出发点不同,或者对于构成技术要素的不同理解,又形成不同的技术定义,大致可以分为以下四种情况:一是把技术理解为人的一种能力,形成“方法技能说”;二是把技术理解为一种应用知识,一种“实践技巧的学问”及其应用,形成“知识应用说”;三是把技术理解为一种实现目的的物质手段的体系或手段的总和,形成“劳动手段体系说”;四是把技术理解为知识、能力、手段的总和,形成“要素综合说”。对技术的广义认识是把技术扩展到任何讲究方法与手段的有效活动,认为技术存在于全部人类活动中,在社会生活的各个领域里都有技术在起作用,整个社会的政治、经济、文化均以技术为中介相互联系为一个整体。因此,凡是一切讲究方法的有效活动都可以称之为技术活动。

根据学术界目前达成的共识,技术是人类为满足自身的需求,在实践活动中根据实践经验或科学原理所创造或发明的各种手段和方式、方法的总和。这里包含两层含义:一是技术活动,二是技术成果。