

信息科学与技术导论

主 编◎钟义信

第 3 版



北京邮电大学出版社
www.buptpress.com

信息科学与技术导论

(第3版)

主 编 钟义信

参 编 李 蕾 何明一 刘 岚 蒋建国
张 琳 左兴权
王 枫 李睿凡 周延泉 王小捷
谭咏梅 黄 玲 刘建毅 郭燕慧



北京邮电大学出版社
www.buptpress.com

内 容 简 介

物理科学是工业时代的标志性学科,信息科学是信息时代的标志性学科。工业时代所有理工科学生都要学习物理科学,信息时代所有学生(无论是理工医农还是文史哲艺)都要学习信息科学。本书面向初学者,站在规律的高度,运用简明的语言,讲述信息科学技术的基本概念和知识体系,剖析信息科学技术在经济社会各个领域的巨大作用,以及信息科学技术未来的发展趋势。作为导论,还特别关注了学习信息科学技术的特有规律和方法。

本书立意高远,观点清新,体系完整,逻辑严密,语言通畅,深入浅出,不仅可以用作大学本科新生的入门教材,还可以作为各个领域的读者学习信息科学技术的入门读物。

图书在版编目(CIP)数据

信息科学与技术导论 / 钟义信主编. --3 版. --北京:北京邮电大学出版社,2015.8
ISBN 978-7-5635-4464-6

I. ①信… II. ①钟… III. ①电子信息—高等学校—教材②电子技术—高等学校—教材
IV. ①G202②TN01

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 177781 号

书 名:信息科学与技术导论(第3版)

主 编:钟义信

责任编辑:刘春棠

出版发行:北京邮电大学出版社

社 址:北京市海淀区西土城路10号(邮编:100876)

发 行 部:电话:010-62282185 传真:010-62283578

E-mail: publish@bupt.edu.cn

经 销:各地新华书店

印 刷:北京鑫丰华彩印有限公司

开 本:787 mm×1 092 mm 1/16

印 张:13.5

字 数:324千字

印 数:1—3 000册

版 次:2007年11月第1版 2010年7月第2版 2015年8月第3版 2015年8月第1次印刷

ISBN 978-7-5635-4464-6

定 价:28.00元

· 如有印装质量问题,请与北京邮电大学出版社发行部联系 ·

第3版前言

作为信息时代科学技术的旗帜,信息科学技术的发展瞬息万变,目不暇接,它在社会各个领域的应用则是无处不在,无缝覆盖。而且,一旦信息科学技术的应用到达了某个领域,就会使这个领域的状态发生“焕然一新”的巨大变化。这就是“信息化”的魅力!

对于当代大学本科的教育来说,学习信息科学技术当然是刻不容缓。然而,究竟什么是“信息科学技术”,应当设置怎样的专业来落实“信息科学技术”的本科教育,从主管部门到专家学者却是见仁见智,众说纷纭。

由于受到“分而治之”传统方法论的影响,高等学校信息科学技术领域本科专业的设置呈现出“纵横分割,体系零乱”的景象:通信工程专业、计算机科学与技术专业、自动化专业、信息工程专业、电子信息工程专业、网络工程专业、物联网专业、智能科学与技术专业、软件工程专业、电子科学与技术专业、信息安全专业、多媒体专业等。于是,信息领域各专业大学生们的知识结构就普遍显得“只见树木,不见森林”。

一个众所周知的科学哲理是:系统整体的功能远不是它的各个元素功能总和所可以企及。对于系统性特别强烈的信息科学技术来说,情形更加如此。如果学生们只掌握信息科学技术的一些局部知识和能力而不了解信息科学技术的全局,他们将来就会陷入“盲人摸象”的窘境;而对国家和社会来说,就会在信息科学技术的发展与应用中以及在国际竞争中遭受重大的利益损失。

面对这种情况,在高等学校的信息领域设置一门既能深入浅出又能统揽全局的“信息科学与技术导论”课程就变得十分重要了。正是认识到这种迫切的需要,八年前,十多所高等学校的一线教师,在北京邮电大学出版社的大力支持下,共同合作,通过深入研讨,编写了《信息科学与技术导论》(以下简称《导论》),并于2010年出版了它的第2版。

为了适应信息科学技术快速发展的步伐,更好地服务于高等学校信息科学技术的本科教育,近两年来北京邮电大学出版社组织本书的编写人员和该课程的主讲教师对国内部分高校进行了专访、座谈和交流,听取各校一线教师对《导论》第2版教材的意见和建议,为编写第3版提供了可参考的修改思路。

第3版的改进目标是:进一步贯彻“浅近、精准,系统、新颖”的原则,在内容上更加紧扣最新的发展,在叙述上更加简明而系统。为此,第3版作了如下修改:(1)使“信息”的概念更加精确和清晰;(2)删除了原书第7章“学科关系”;(3)新增了第6章“人工智能”;(4)论述了“信息化”与“智能化”的关系;(5)阐明了当前公众关注的大数据、云计算、物联网的技术本质;(6)对未来的发展作了更加深入的分析。

为了提高本次修改的效率,由走访过各个学校的钟义信教授起草全书有关修改章节的具体文稿,在此基础上听取各位参编老师们的反馈意见,最后形成全书的正式文本。因

此,这是全体参编老师们集体的劳动成果。我们希望,《导论》第3版将为我国各高校信息领域本科教育提供更高质量的服务,为我国信息领域人才培养作出更好的贡献。

需要重申的是,为了发挥“导论”课程的作用,课程应当安排在本科一年级第一学期,而不宜安排在其他学期。本课程的讲授应当采用教师引导、师生互动的方式,调动学生学习的积极性。本课程的讲授还应当遵循“保持(信息科学技术的)共性,发挥(各校信息科学技术的)个性”的原则。

在此第3版书稿付梓之际,我们衷心感谢各校“信息科学与技术导论”的任课老师和参编本书的各位老师始终如一地关心本课程的成长与发展,感谢北京邮电大学出版社的领导和编辑人员对本书的大力支持,使本书有机会不断改进,不断为各校信息科学技术领域本科教育提供越来越好的服务。

信息时代是人类发展史上最为灿烂辉煌的时代,也是东方民族大有作为的美好时代。愿我们大家共同努力,为民族振兴的中华梦想培养更多更好的信息科学技术优秀人才作出应有的贡献!

编者

2015年夏日

第2版前言

《信息科学与技术导论》(以下简称《导论》)出版至今不过两年多的时间,已经在我国许多高校广泛传播,引起了相关专业教师和学生的浓厚兴趣。期间,北京邮电大学出版社在北京和外地多个城市举行了教材座谈会和讨论会,听取相关专业教师们的意见和建议。北京邮电大学出版社还邀请《导论》的作者参加了相关的座谈,与《导论》的使用者互相交流切磋。

所有参加座谈会和讨论会的老师们一致的呼声是:鉴于信息科学技术在现代科学技术体系和经济社会发展中具有特别重要的作用,鉴于我国高等学校普遍设置了许多与信息科学技术密切相关的专业,同时鉴于目前我国高校缺乏通用的信息科学技术导论教材,而这部《导论》又已经受到广大读者的普遍欢迎,因此恳切希望出版社组织力量编写出版它的第2版。

受到广大同事和学生们的热情鼓励,作者决定积极响应出版社和用户的召唤,在第1版的基础上编写出版《信息科学技术导论》第2版。

需要说明的是,对于怎样写《导论》,历来有不同的见解。但是认知规律表明,对初学者而言,最重要的是应能获得“浅近而系统”的认识。浅近,学生就能够把握住所学的内容;系统,学生的认识就可以避免片面性。而“避免片面性”对于学生的终生发展是极其重要的,一旦在初学时有了片面性,就可能由现在的“差之毫厘”导致将来的“失之千里”。至于浅近,这不要紧,由于有了系统的认识,将来就可以根据需要有针对性地逐步深入。

所以,“浅近而完整,注重系统性;循循善诱,注重规律性”成为本书编写的基本准则。在此基础上,作者形成了以下指导原则,供各方面把握。

第一,读者对象:作为大学本科专业,《导论》的读者是大学一年级新生,而且该课程应当安排在一年级的第一学期,使新生一踏进大学校门就得到“导论”课程的引导。如果在时间上安排晚了,就失去了该课程“引导新生”的及时性。

第二,适用专业:按照信息科学与技术的学术内涵,《导论》应当覆盖信息获取(传感)、信息传递(通信)、信息处理(计算机)、信息认知与决策(人工智能)、信息执行(控制)以及信息系统(自动化)等相关专业。

第三,教学定位:作为《导论》,它的目的不是为了简单地给学生填塞多少信息科学技术的各种具体知识,而是要引导学生从系统整体的层次建立对于信息科学技术初步的然而整体性的认识,准确理解“什么是信息科学技术”以及“为什么信息科学技术如此重要”,从宏观上把握信息科学技术的知识结构和学习方法。

第四,教学风格:根据上述教学定位,在《导论》的内容取舍、深浅程度和教学风格方面应当遵循内容体系上“新颖而完整”(避免片面),学术概念上“浅近而准确”(避免偏差),教

学方式上“师生互动”,教授风格上“引人入胜”的原则。

第五,使用要求:信息科学技术具有明确的学术内涵,各校应当准确表达它的学术内涵,避免产生歧义和偏差。但是不同的学校在信息领域内又各有特色,因此各校的教学在维护基本内涵的基础上可以突出各自的特色,做到既保持共性,又突出特色。

《导论》第2版的编写努力贯彻和体现以上这些指导原则。第2版全书的文字由钟义信做了统一的审定,各章的电子教案分别由原来的执笔者提供。由于编者的水平和精力所限,很难做到尽善尽美,相信第2版也还会存在这样或那样的缺点甚至错误,诚恳希望广大读者提出批评,以期不断改进。

感谢北京邮电大学出版社对本书的高度重视,做了如此广泛深入的读者和用户调查。感谢读者和用户对本书提出的许多宝贵意见,使本书的质量能够不断得到提高。还要特别感谢参加本书编写的各位老师和他们所在的支持,没有这些支持和帮助,本书的编写不可能取得成功。

编者
2010年3月

第 1 版前言

我们所处的这个时代之所以被称为“信息时代”，是因为信息科学技术的发展将为社会提供一种崭新的通用的社会生产工具——大规模智能化的信息网络，一种能够按照一定目的主动获取信息、把信息加工成知识、把知识转换为智能策略和智能行为从而成功地解决问题的社会生产工具，一种类似于人类劳动者的聪明的社会生产工具。劳动者利用这种社会生产工具进行生产活动，就可以形成信息化智能化的社会生产力；这样的社会生产力就会要求建立与之相适应的信息化、智能化的社会生产关系，进而形成信息化、智能化的社会上层建筑，使工业社会转变为信息社会。

虽然目前的网络(电信网、互联网、电视网)还只是一种初等的信息网络，只能提供信息传递与共享的服务，远远没有达到“智能化信息网络”的技术状态和能力水平，但这个目标和前景十分清晰，通过努力一定可以达到。

因此，为现在和未来的大学生(甚至是高年级中学生)提供信息科学与技术的基本教育至关重要。这是 21 世纪高等学校教学内容改革的一个基本方向。否则，我们的教育就不能适应时代发展的需要，我们的人才后备大军就会落后于时代。而人才知识和能力的落后，则将导致异常可怕的后果。

不可避免的是，教育落后于现实是一个普遍规律。在信息科学技术进入快速发展时期的 20 世纪 80 年代，我国高等学校还鲜有信息科学与技术的专业。目前，我国许多高等学校虽然陆续建立了与信息科学技术相关的专业，但缺乏高水平的信息科学与技术专业的教材，甚至对于“什么是信息科学与技术”的理解也还千差万别。

为了尽快扭转这种落后状况，为了适应“建设创新型国家”的需要，培养高水平的信息科学与技术人才，北京邮电大学、武汉理工大学、西北工业大学、合肥工业大学、华中师范大学、华中科技大学、四川大学、湖南大学、三峡大学、武汉科技大学等高校从事一线教学的老师们走到一起，通过研讨和交流，决定联合起来，共同编写一部《信息科学与技术导论》，供高等学校相关专业作为教材使用。

通过研讨，编者认识到，作为“导论”，它的任务不是要具体地为学生补充信息科学与技术专业的某些概念和知识，而是要高瞻远瞩地引导学生理解：什么是信息科学与技术？为什么当今时代会出现信息科学技术？为什么应当学习和研究信息科学技术？它的基本知识结构是什么？信息科学技术与其他相关科学技术的关系是什么？信息科学技术对经济发展和社会进步具有什么作用？它的未来发展前景是什么？怎样才能学好信息科学技术？其实，这些正是信息类专业大学新生首先面临的问题，也是他们离开中学进入大学之后最为关切的问题。

如果《信息科学与技术导论》能够高屋建瓴、循循善诱、引人入胜地解答这些问题，使学生们一踏进大学校园就能够对自己的专业有清晰的宏观把握，对未来学习的内容心中

有数,对所学专业的意义有深刻的理解,就会激发他们对自己专业的热爱,激发他们学习的自觉性、主动性、责任感和使命感,有条不紊地安排好自己的理论学习和实践学习,主动地建构自己的知识结构和能力结构,成为学习的主人,将来成为具有创新精神和实践能力的毕业生。

“信息科学与技术导论”安排在大学一年级的第一学期,每周2个学时。由于它的论说性和引导性比较强,在教学过程中应当尽量采用启发式、讨论式、互动式,做到教学过程生动活泼,课程内容深入脑海;避免老师“一言堂,满堂灌”,因为“满堂灌”的方式很可能把本来很好的道理“灌出”逆反心理和负面效应。为了便于使用,本书还提供了一套电子教案,希望对教师们起到一定的参考作用。

本书适合高等学校所有信息类专业一年级学生使用,也适合“非信息类”专业但对信息科学与技术感兴趣的大学生和科学技术工作者使用。同时,对于面临毕业希望了解信息科学与技术专业的高中学生来说,本书可以提供很好的指导。

本书的出版得到北京邮电大学出版社的大力支持,这家出版社出版了学术专著《信息科学原理》、北京市研究生重点精品教材《信息科学教程》,现在又组织出版大学本科的《信息科学与技术导论》,在本领域积累了系统的经验,对作者们的想法非常理解,为作者们的编写工作提供了很好的帮助。在此,本书作者们对出版社表示衷心的感谢。

本书是国内第一本由教学科研第一线的权威专家队伍合力探讨编写的。全书由钟义信任主编和主审。第1章由钟义信、李蕾编写,第2章由张国平编写,第3章由蒋建国编写,第4章由张琳、牛少彰编写,第5章由何明一编写,第6章由左兴权、王枏、李睿凡编写,第7章由周延泉、李睿凡编写,第8章由刘岚编写,第9章由王小捷、谭咏梅、黄玲、刘建毅编写,第10章由钟义信、郭燕慧编写。同时感谢严潮斌、吕峰、黄瑞光、刘威、齐美彬、詹曙、吴从中、夏娜、何小海、吉培荣、文双春、吴谨、冯燕、卫卫国等教授以及相关学校研究生在编写过程中提供的建议和帮助。

《信息科学与技术导论》的编写得到了作者们所在学校的大力支持,北京邮电大学、武汉理工大学、西北工业大学、合肥工业大学、华中师范大学等各校都为作者们的编写工作提供了必要的条件。北京邮电大学智能科学技术研究中心的各位老师不但在百忙之中如期完成了自己所负责章节的编写任务,还承担了繁重的审稿、统稿和部分编辑工作,保证了本书的如期出版。

然而,编写《信息科学与技术导论》是一项没有先例的工作,国内没有,国外也没有。它的学科内容新,写作方式新,讲授姿态新。虽然作者们尽了自己的努力,但是由于时间过于紧迫,精力、能力和知识水平有限,缺点和错误在所难免,作者们诚恳希望本书的使用者和广大读者坦率地提出批评意见,以不断改进。

编者

目 录

第 1 章 大科学观	1
1.1 科学技术的发生学:辅人律	1
1.1.1 什么是科学?什么是技术?	1
1.1.2 科学技术的发生规律	5
1.1.3 科学技术的使命	7
1.2 科学技术的发展学:拟人律	8
1.2.1 人类能力的进化	8
1.2.2 科学技术的拟人规律	14
1.3 科学技术的定位学:共生律	17
1.3.1 科学技术能力与人类能力的共生互补	17
1.3.2 信息时代的表征性科学技术	18
本章小结	19
思考题	19
进一步阅读的建议	20
第 2 章 基础概念	21
2.1 信息的基本概念	21
2.1.1 信息的定义	21
2.1.2 信息的特征、性质与功能	25
2.2 信息科学概说	29
2.2.1 信息科学	29
2.2.2 信息技术概述	35
2.2.3 信息科学与信息论的联系与区别	37
本章小结	37
思考题	38
进一步阅读的建议	38
第 3 章 信息获取	39
3.1 简述	39
3.2 信息的直接获取	40

3.2.1 非电量电测	40
3.2.2 信号规整	45
3.2.3 测量	46
3.3 信息的间接获取	47
3.3.1 信息表示	47
3.3.2 信息特征获取	49
3.3.3 机器学习	50
3.3.4 信息检索	53
3.4 全信息/语义信息的获取	60
本章小结	62
思考题	62
进一步阅读的建议	62
第4章 信息传递	64
4.1 通信网络	64
4.1.1 通信系统	64
4.1.2 交换系统	67
4.1.3 通信网络	68
4.2 信息安全	74
4.2.1 保密安全	74
4.2.2 网络安全	76
4.2.3 信息内容安全	80
4.2.4 网络信息安全的综合防范	81
本章小结	84
思考题	84
进一步阅读的建议	85
第5章 信息处理	86
5.1 概述	86
5.1.1 信号与信息	86
5.1.2 信号处理的概念	86
5.1.3 信息处理的概念	87
5.1.4 常规信息处理与智能信息处理的区别与联系	88
5.1.5 信息处理无处不在	89
5.2 常规信息处理	90
5.2.1 常规信息处理的概念	90
5.2.2 常规信息处理的主要内容与方法	91
5.3 智能信息处理	93
5.3.1 智能信息处理的概念	93

5.3.2 智能信息处理的理论与方法·····	96
5.4 信息处理的发展趋势·····	99
本章小结·····	100
思考题·····	101
进一步阅读的建议·····	101
第6章 人工智能 ·····	103
6.1 基本概念·····	103
6.1.1 信息、知识、智能·····	103
6.1.2 人工智能与人类智能·····	107
6.2 智能的模拟方法·····	109
6.2.1 智能的结构模拟:人工神经网络·····	109
6.2.2 智能的功能模拟:物理符号系统·····	111
6.2.3 智能的行为模拟:感知动作系统·····	113
6.2.4 智能的机制模拟:通用智能系统·····	115
6.3 人工智能的理论与应用·····	117
6.3.1 信息转换与智能创生定律·····	117
6.3.2 人工智能与信息技术的关系·····	119
6.3.3 人工智能应用概说·····	120
本章小结·····	123
思考题·····	124
进一步阅读的建议·····	125
第7章 信息执行 ·····	126
7.1 信息控制·····	126
7.1.1 控制的基本概念·····	126
7.1.2 由信息到行为的转换机制·····	130
7.1.3 基本的控制方法·····	130
7.2 信息显示·····	134
7.2.1 信息显示的基本原理·····	134
7.2.2 信息显示的作用·····	138
7.2.3 信息显示的基本方法·····	138
本章小结·····	143
思考题·····	143
进一步阅读的建议·····	144
第8章 学习导引 ·····	145
8.1 知识结构·····	145
8.1.1 信息科学技术的知识结构·····	145

8.1.2 信息科学技术的能力结构	149
8.2 学习方法	153
8.2.1 学习方法的革命	153
8.2.2 大学学习与中学学习的比较	156
8.2.3 大学学习方法的特点	157
本章小结	163
思考题	163
进一步阅读的建议	164
第9章 未来趋势	165
9.1 未来的信息技术	165
9.1.1 信息新理论引发的信息新技术	166
9.1.2 新型信息材料与器件	169
9.1.3 智能信息系统	170
9.2 未来的信息网络	175
9.2.1 现有的信息网络	175
9.2.2 智能信息网络	177
本章小结	182
思考题	183
进一步阅读的建议	183
第10章 放眼社会	184
10.1 信息科学—信息技术—信息经济—信息社会	184
10.1.1 从科学到社会:回归“大科学观”	184
10.1.2 信息科学技术的连锁反应	187
10.2 广阔天地,大有作为	193
10.2.1 信息社会的生产图景	193
10.2.2 信息社会的服务图景	198
本章小结	200
思考题	201
进一步阅读的建议	201

第1章 大科学观

什么是科学？什么是技术？科学技术是怎样发生的？又会按照什么规律向前发展？科学技术的发展与人类进步究竟存在什么样的关系？这种关系又怎样在宏观上引领了科学技术的发展？如果希望自己成为一个清醒的信息科学技术工作者，那么这些就都是不能回避的问题。

显然，这并非就事论事所能回答的问题，只有掌握“大科学”的观念才能找到正确的答案。由此也才能懂得：什么是信息科学技术？为什么现代社会必然要出现信息科学技术？为什么必须学习和掌握好信息科学技术？

假如有人问你：什么是信息科学？什么是信息技术？它们在整个科学技术体系中处于什么地位？它们对于国民经济发展、社会文明进步和国家安全保障有什么独特而重要的作用？为什么要学习信息科学技术？你能给出准确的回答吗？

如果暂时不能，《导论》就将为你理解这些问题提供必要的引导。

1.1 科学技术的发生学：辅人律

为了深刻理解这些问题，就必须懂得：什么是科学？什么是技术？人类社会为什么会科学和技术？科学技术与人类的关系是什么？科学与技术发生和发展的基本规律是什么？

这就是所说的“大科学观”，也就是从整个科学技术与人类社会这个大角度来了解信息科学技术，而不是就信息科学技术而论信息科学技术。只有在宏观上懂得了这些基本道理，才能高屋建瓴地把握信息科学技术的真义和精髓，从而产生学习、掌握和发展信息科学技术的强烈愿望、巨大激情和创新动力；反之，如果满足于就事论事地了解一些具体知识，就容易陷入“见木不见林”的境地，最终还是难免“如入迷津，不得要领”。“不识庐山真面目，只缘身在此山中”，就是这种“没有站高望远”所引出的教训。

1.1.1 什么是科学？什么是技术？

人类总是同时面对着两类基本的“存在”：一类是先于人类且不以人类的主观意志为转移的客观存在，这就是自然界；另一类是由于人类自身的活动、在一定程度上受到人类

意志的影响、由人类自己创造出来的存在,这就是社会。人类,既是自然界的一部分,又是社会的一部分。

科学,是人类创建的关于自然和社会(因而也包括人类)的本质及其运动规律的开放性理论知识体系,它经过长期的社会实践而被人们逐渐发现、提炼和抽象出来,又经过长期的社会实践检验而得到确立和更新。

科学是一个抽象的理论知识体系,是关于事物的本质及其运动规律的理论描述体系。它由事物抽象出来,但又不等同于事物本身:事物是具体的,知识是抽象的。科学是人类创造的,是事物的本质及其运动规律在人们头脑中的抽象反映。抽象的理论知识可以指导人们去认识事物的性质和规律,这是科学的伟大作用;但理论必须经受实践的检验才能证明其正确,而且理论本身不能直接改变事物,这是科学的局限。

科学发展到今天,已经形成一个规模庞大、结构复杂的开放的知识体系。

按照目前的认识和分类方法,科学的研究对象虽然千姿百态,大致可以分为两大类:自然科学门类和社会科学门类。前者是关于自然本质及其运动规律的知识;后者是关于社会本质及其运动规律的知识。

研究领域还可以细分。例如,自然科学领域又可以细分为数学、物理学、化学、天文学、地理学、生物学等基础科学,社会科学领域又可以细分为文学、史学、哲学、政治学、经济学、法学等。自然科学和社会科学的各个学科还可以进一步划分为更低层次的学科,例如数学可以再分为算术、代数、几何、三角、微积分等基础数学和应用数学,物理学则可以再分为力学、声学、热学、磁学、光学、原子物理,如此等等。

科学研究的内容丰富多彩,而且随着人们认识的不断深化,科学研究的内容将越来越丰富和深刻。但是,无论科学研究的内容如何丰富多彩,按照它们的性质,归根结底可以分为两大类型,这就是:对象的本质及其运动规律;本质及运动规律的应用方法。前者称为基础科学;后者称为应用科学。

由于科学技术本身还在不断发展,它的分类结果至今还没有完备,而且具体的分类准则和分类结果也还存在着不同的认识(比如,越来越多的人认为数学既不属于自然科学也不属于社会科学,应当成为独立的门类),特别是随着大量新兴科学和交叉科学的不断问世,科学的分类更加复杂。

上述定义也表明,科学知识体系是一个不断动态更新的开放体系。所谓开放体系,是指这个知识体系的内容和结构不是终极的和封闭的,而是随着时间推移而不断增长和发展的;所谓动态更新,是指这个知识体系本身在演进过程中具有新陈代谢的特性,新鲜的知识会被补充进来,陈旧的知识会被淘汰出去。这种现象在科学发展史上随时都在进行。人们印象最深刻的科学更新包括:达尔文的生物进化论取代了上帝造人说;哥白尼的太阳中心说取代了托勒密的地球中心说;爱因斯坦的狭义相对论修正了牛顿的经典力学理论;等等。所有这些取代或修正都使科学向真理靠近了一步。

上述定义还表明,知识的形成是一个复杂的过程,至少需要经历两个基本的阶段,首先是在实践过程中有所发现和创新,然后是在实践过程中经历严格的检验和确证。有的发现和创新因为不能经受实践的检验而被否定和淘汰,有的发现和创新经过实践的检验而得到完善和确认。一切科学的真知都必然经得起客观实践的检验,能够在同样的实验条件下稳定重现(或在统计意义上稳定重现)。反之,一切在同样实验条件下不能稳定重

现的东西,不能被承认为科学。

在科学研究活动中,也常常碰到这样的情形:一种新的正确的科学理论往往不能立即被学术界认识和接受,特别是当新的理论被一些名不见经传的小人物提出来的时候,或者某种新的理论与原有的理论有矛盾的时候,这种排斥现象更为常见。在这种情况下,除了理论本身的检验(证实或证伪)之外,实践(实验)的检验就变得更为重要。

根据认识论的原理可以判断,科学,作为这样形成的一种知识体系,不可能也不应该是一组一成不变的绝对真理,而只能是对自然和社会的本质及其发展规律的逐渐逼近的相对真理的体系。至于科学如何逐渐逼近真理,科学会朝什么方向发展,这是一个相当复杂的问题,本书随后会给出必要的分析。

可以肯定,科学不是一种不受任何约束的“自由意志的创造”。科学的发展必然受到社会需求和社会知识状况的双重约束。这是因为,一方面,科学能够研究什么问题,受到当时人们所拥有的知识的约束,科学是规律的发现,不是异想天开、胡思乱想。如果没有必要的知识积累,不可能侥幸成功。另一方面,即使人们获得了某种科学成果,如果社会没有产生这种需求,社会就不会加以关注,成果就会被埋没、被遗忘。因此,无论何时,科学发展都会受到社会需求和已有知识状况两方面的制约。当然,由于科学距离社会实践比较远,这种约束不是特别明显。但这在任何意义上都不能得出结论,认为科学不受约束。相反,科学的发展事实上会受到社会需求的牵引和已有知识状况的支撑。这是科学发展的一个极其重要的原理——“需求牵引与知识支撑”原理。

如上所述,“科学”应当包括自然科学和社会科学两个基本门类。但是由于历史形成的习惯,人们往往只把自然科学称为“科学”。这当然丝毫也不意味着社会科学不是科学。毫无疑问,社会科学也是科学的一个重要的门类。虽然由于研究的对象领域不同,社会科学在长期的发展中逐渐形成了一套与自然科学不尽相同的研究方法。这主要是因为社会科学研究的对象更为复杂,通常是特大规模的分布式的复杂的动力学系统,很难像自然科学一样先行理想化,然后用数学解析的方法充分表达和运算,也很难像自然科学一样设计具体的实验系统来考察社会系统的复杂关系和行为。但是随着自然科学研究的对象由简单走向复杂,自然科学研究对象的性质越来越朝大规模分布式复杂动力学系统方向靠拢,就会有越来越多的自然科学研究方法可以应用于社会科学系统的研究。因此,自然科学和社会科学之间的关系日益密切,历史造成的差异将逐渐得到合理的沟通。

为了避免历史造成的误解,应当把自然科学称为“狭义的科学”,或者就直截了当地称为自然科学;而把自然科学和社会科学都包含于其中的科学称为完整意义上的科学。不过,为了表述上的简洁,在不引起误解的情况下,按照历史上的习惯,把自然科学简称为科学也应当是允许的。

科学(指自然科学,下同)和技术是一对孪生概念,具有密切的联系。特别是在现代社会,科学与技术之间的联系更是日益密切,有时甚至会密切到难分难解的地步。然而,技术毕竟是技术,它有自己的特质,有自己独立的特性,不能完全等同于科学。否则,就没有理由把它独立于科学而称之为技术了。因此,只要有需要,仍然可以把科学与技术两者在概念上明确地互相区分开来。

那么,什么是技术?它与科学有什么联系与区别?

技术,也叫工艺学,是人类创造的关于如何认识自然和如何改造自然的工艺方法的开

放体系,它从实践过程中被人们逐渐总结出来,或在科学理论指导下被人们发明出来,经过实践的检验而逐渐得到确认和应用。

对照科学的定义可以看出,科学所研究的是关于事物本身的本质及其运动规律,是关于事物本身的知识体系;技术是人类创造出来用以解决问题的方法,是关于如何认识自然和如何改造自然的方法体系。技术通常有两种不同的存在形态:一种是抽象的方法,另一种是具体的方法。抽象的方法只告诉人们应当怎么做,是一套操作的程序,称为技术方法;具体的方法则把一套操作程序固化成为一种可以实际操作的工具,称为技术工具。也可以说,“技术方法”是技术的“软形态”,而“技术工具”则是技术的“硬形态”,它们是技术的两种相辅相成的表现形态。

正因为技术是关于认识自然和改造自然的工艺方法体系,技术与“认识自然和改造自然”的具体领域有着密切的联系。因此,与科学的分类情况不同,技术作为解决问题的方法体系,它的分类与所解决问题的情况相关联。比如,按照所解决问题的领域不同,技术可以分为解决工业问题的工业技术、解决农业问题的农业技术、解决国防问题的国防技术,类似的还有交通运输技术、商业贸易技术、教育技术、实验技术、医疗技术等,并可以把每个领域的技术不断细分。另外,按照解决问题所用方法和工具的不同,技术也可以分为机械技术、电子技术、计算机技术、控制技术、自动化技术、人工智能技术等。

不难看出,抽象的技术方法本身也是一种知识,具体的技术方法(工具)是这种知识的固化。这就是技术与科学之间相通的一面——它们两者都是人类创造出来的关于某种问题的有用知识。不过,技术方法是一种关于如何做事(包括认识和实践)的知识,科学理论是关于事物的本质及其运动规律的知识。或者说,科学理论回答“是什么”的问题,技术方法则回答“怎么做”的问题。科学作为一种理论知识体系可以告诉人们“事物的本质和运动规律是什么”,技术则可以告诉人们“怎么做才能更好地认识事物和改变事物达到某种预期的目的”。因此,科学与技术结合在一起就可以为人们提供相对完整的知识。

不仅如此,科学与技术之间还存在一种相互作用、相互促进的关系:科学理论可以指导人们发明创造新的更好的技术方法和技术工具,而技术方法和技术工具又可以反过来帮助人们更好地认识对象的本质和运动规律。

同科学相类似,技术的创造也大体要经历两个阶段:新技术的发明和新技术的检验。新技术的发明并不能保证它一定能够经受社会的检验,换言之,并非人类发明的一切新技术都具有同样的生命力。这是因为,技术回答的问题是“做什么和怎么做”,而人类在什么时期究竟要做什么并不是随心所欲的事情,它取决于当时人类社会的需求是什么。因此,如果人们发明的某项新技术符合当时社会的需求,这项发明就会受到社会的关注,因而可以被发展起来,否则就可能受到社会忽视而被埋没。另外,从工艺学的角度,解决一个问题可能有许多不同的方法,不同方法在解决问题的过程中会表现出不同的性能优劣(如性能价格比的高低等),因此,不同的方法就表现出不同的生命力。这是技术发展的“需求牵引”原理。与科学相比,技术发展的“需求牵引”作用更加明显和直接。

同样,技术方法也是一个开放的体系,一个不断发展不断完善的体系:新的成功的技术方法不断补充进来,旧的方法不断地被改造更替。一般来说,新技术和老技术的关系并不是简单的淘汰和取代的关系,更多的是老技术被新技术所发展和集成的关系。