



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

国家精品课程主讲教材

# 大学计算机 ——计算思维的视角

(第3版)

□ 郝兴伟 编著

高等教育出版社



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

国家精品课程主讲教材

# 大学计算机

## —— 计算思维的视角

Daxue Jisuanji——Jisuan Siwei de Shijiao

(第3版)

郝兴伟 编著

高等教育出版社·北京

## 内容简介

本书立足通识教育,以培养学生的计算思维为出发点,旨在提高学生的科学修养、信息素养和应用能力,激发学习兴趣。全书以计算思维的主要方法为主线,共分为7章,分别是绪论,计算与计算机,问题求解与算法,数据与数据结构,计算机程序,计算机网络和计算科学前沿。

本书是为高等学校非计算机专业学生编写的大学计算机基础教学的教材,也可作为计算机爱好者的参考用书。

## 图书在版编目(CIP)数据

大学计算机:计算思维的视角 / 郝兴伟编著. --3  
版. --北京:高等教育出版社,2014.4  
ISBN 978-7-04-034833-0

I. ①大… II. ①郝… III. ①电子计算机-高等学校-  
教材 IV. ①TP3

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第040060号

策划编辑 刘茜      责任编辑 刘茜      封面设计 张申申      版式设计 杜微言  
插图绘制 尹莉      责任校对 孟玲      责任印制 田甜

---

出版发行	高等教育出版社	网 址	<a href="http://www.hep.edu.cn">http://www.hep.edu.cn</a>
社 址	北京市西城区德外大街4号		<a href="http://www.hep.com.cn">http://www.hep.com.cn</a>
邮政编码	100120	网上订购	<a href="http://www.landraco.com">http://www.landraco.com</a>
印 刷	北京民族印务有限责任公司		<a href="http://www.landraco.com.cn">http://www.landraco.com.cn</a>
开 本	787mm×1092mm 1/16	版 次	2004年7月第1版
印 张	24.25		2014年4月第3版
字 数	550千字	印 次	2014年4月第1次印刷
购书热线	010-58581118	定 价	35.30元
咨询电话	400-810-0598		

---

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换  
版权所有 侵权必究  
物料号 34833-00

今天，人类社会已经快速地进入信息社会，以计算机技术、计算机网络技术和多媒体技术为核心的信息技术已经渗透到人们工作和生活的方方面面。计算、软件、算法、程序、计算机网络、互联网、多媒体等这些计算科学的术语已经泛化到人类的各个知识领域，上升为一种普遍的科学概念，同时它们也已经走入普通人的生活，成为人们日常用语的一部分。计算机早已不再是科研人员专用的计算工具，而是人们工作、生活、娱乐不可或缺的组成部分。在这个眼花缭乱、快节奏的信息时代，计算机正成为每个人的必需品，网络延展着人们的心灵空间。但是，在大多数人的眼里，计算机的普及和“狭隘的工具论”认识，遮挡了计算科学的美好和光辉，使计算机基础教育受到严峻的挑战。

在我国，计算机基础教育经历了以下3个重要阶段：

(1) 计算机基础教学的萌芽。20世纪70年代末，计算机在科学研究中逐渐被应用，相关专业提出了计算需求，面向非计算机专业学生的计算机基础教学开始萌芽。早期的计算机基础教学主要介绍计算机的发展简史、硬件基础知识和程序设计语言等，开设的计算机语言主要是直接支持科学计算的FORTRAN和ALGOL等程序设计语言。进入20世纪80年代，随着PC的推出，课程中开始引入DOS操作系统和dBase数据库的内容。

(2) 计算机基础教学的形成和普及阶段。20世纪90年代，计算机软、硬件有了重大突破，应用日益普及。1997年，教育部高教司发布了“加强非计算机专业计算机基础教学工作的几点意见”(155号文件)，首次确立了计算机基础教学的基础课地位，提出了计算机基础教学的“计算机文化基础—计算机技术基础—计算机应用基础”3个层次的课程体系。

(3) 计算机基础教学的蓬勃发展期。21世纪初期，互联网技术、多媒体技术得到快速的发展和普及。为适应形势发展的需要，2006年教育部高教司发布了《关于进一步加强高等学校计算机基础教学的意见暨计算机基础课程教学基本要求》(简称“白皮书”)，确立了“4领域×3层次”的计算机基础教学内容知识结构的总体构架，构建了“1+X”的课程设置方案，计算机基础教育进入更加科学化和规范化的发展时期。

计算机基础教育的每一个阶段都适时地满足了社会对计算机技术的需求，为当时的人才培养做出了重要贡献。今天，随着计算机技术的快速发展和应用的日益普及，计算机已经成为最平常的工具，而计算机科学与技术也呈现出泛在化、平民化的趋势。计算机的易用性和本身技术的巨大进步，使很多人质疑大学计算机教育的必要性。不仅如此，更为严

重的是，在许多人看来，计算机就是上机操作和计算机编程。这些片面的认识淡化了计算机的科学意义，削弱了计算机学科的内涵，否定了计算机科学的学术魅力，掩盖了计算机科学的智慧、力量和美好。

在今天的信息社会，计算技术在科学研究和社会发展中的地位和重要性毋庸置疑，但是，计算机基础教育受到了来自各方面的挑战：随着我国计算机教育在中学阶段的普及发展，大学计算机基础教学的必要性问题；基础课教师的知识结构不能适应计算技术快速发展的的问题；计算机基础教育在高等教育中的定位问题。由于传统的计算机基础教学内容没有跟上时代发展的需要，课程过分强调操作而忽视计算学科思想和方法的讲解，造成内容枯燥、乏味，学生学习兴趣普遍下降，课程存在的必要性受到质疑，计算机基础课程甚至面临被取消的危机。

当我们跳出一门课，站在科学和时代的高度来审视课程价值的时候，心中的疑惑慢慢变得清晰，信心再次被激起。计算科学的美好和力量，计算的思想、方法和智慧不正是我们要传授给学生的吗？信息化的浪潮势不可挡，当社会上关于计算机的“狭隘工具论”看法被纠正，当计算科学的科学内涵被人们逐渐认识，当计算的思想 and 智慧再次成为人们追求真理、探求外部世界秘密提供科学的方法和工具时，我们所从事的计算机基础教育将再次发出耀眼的光辉。2013年，我们到我国香港、澳门地区以及美国考察，对当前国内外高校的计算机教育情况进行调研，欣喜地看到，在新一轮的教学改革和计划修订中，在通识教育的教育理念中，计算机教学再次占有了重要的地位，教学的内容也在发生重大的改革。

通过新一轮的大学计算机课程教学改革，将彻底改变沿袭了几十年的、不再适应时代发展要求的计算机基础教学模式，创新教学理念、改革教学内容、改变计算科学的社会形象，为我国的创新国家建设，创新人才培养，提高整个民族的国民素质，贡献出我们应有的力量。

和前几版相比，本次的改版是颠覆性的。这是教学理念的根本变化，是教学内容的重大改进，彻底地改变了过去以操作系统和工具软件使用为主的内容设计，而是从计算科学的高度，以培养学生的信息素养、信息能力和计算思维出发，凝练计算机科学主要的学科概念、基本理论、基本问题及所包含的思想和方法，来传授计算机求解问题的基本思想和方法，激发学生对计算科学的热爱、兴趣和探索精神，传播计算机科学的快乐、崇高和力量，使计算思维在不知不觉中融入到学生的思维中，培养学生的科学认知、科学思维意识，深刻理解计算科学的核心概念和科学方法，掌握以抽象和自动化为主要特征的计算机思维方法，更好地将计算机技术应用于各学科的科学研究和解决问题中。一代代科学大师在探求真理、献身科学的事业中，他们的故事，他们的执着、艰辛和快乐，给我们的人生以激励和启迪。

任何东西的发明都有着特定的背景，计算机也不例外。对计算机的发明过程、构造和技术发展进行深入剖析，我们更加欣喜地发现，计算机和人类的算术、逻辑和思维有着高度的一致性，不愧是人类智慧的再造物。遗憾的是，这种深层次的联系在人们“麻木不

仁”的应用中淹没了，从而陷入了“狭隘工具论”的错误认识中。基于此，我们将围绕人类的算术、逻辑和思维，来讲解计算机是如何一步步地朝着我们的目标前进的。

本书分为7章，主要内容介绍如下。

第1章绪论。介绍科学、科学方法、素质、思维、逻辑等跨学科范畴的通识性知识，阐明计算科学在科学研究和知识创新中的重要性，讲解计算机技术在问题求解中的重要性，介绍计算思维的概念及主要方法。这也是每个学科的导论性内容的基本教学方法。

第2章计算与计算机。从人类的记数讲起，简要介绍计算工具的演化过程；讲解现代电子计算机的发明、数据及其编码，电子计算机的基本组成及其工作原理，计算机操作系统的组成及功能，对计算机的应用进行分类介绍。

第3章问题求解与算法。从心理学、方法论的视角介绍人类问题求解的思想，介绍数学建模、计算机问题求解模型的概念；讲解算法及复杂性问题，总结问题求解的主要方法并给出典型例子；较详细地讲解复杂问题求解中的两类常见基元问题，即查找和排序算法，并对算法的复杂性进行分析。

第4章数据与数据结构。讲解数据结构的概念，及其在软件编程中的重要性；对3种主要的数据结构——线性表、树和图进行较详细的阐述，讲解它们的逻辑结构、物理存储结构及常用操作算法。最后再讲解数据结构在路径问题、工程施工和拓扑排序中应用，展示数据结构在问题求解中的强大功能。

第5章计算机程序。介绍计算机程序的概念、编程思想、计算机程序的分类和程序的开发方法；讲解计算机程序设计语言的概念、分类和发展；以C/C++语言为基础，列举程序设计语言的基本构成、面向对象技术、数据管理及其存储。最后介绍Web应用，以及Web应用和传统程序的区别。

第6章计算机网络。介绍计算机网络的概念、起源和发展历程；总结计算机网络技术；讲解OSI网络分层的思想、网络协议的智慧、TCP/IP网络模型、互联网的发展历史、互联网中主要服务及其思想；介绍信息安全的概念、目标和主要的安全威胁，数据加密模型及密码体制，以及网络通信、电子商务、社交网络、网络生态等互联网应用。

第7章计算科学前沿。主要介绍计算领域的学术和技术前沿及发展趋势，包括大型计算的概念，以及为此产生的并行计算和巨型计算机及分布式计算策略，网格计算、云计算等新的计算模式和策略；介绍信息社会设备智能化和导致的无处不在的计算的概念，数字化生存、数字地球、物联网的概念和核心技术。最后讲述电子计算机发展面临的问题和挑战，以及新型计算机的研究和进展。

本书有以下3个方面的特点。

(1) 在写作理念上，以培养学生计算思维和意识、思想和方法，激发学生学习兴趣为出发点，目的是提高学生的科学修养和信息素养，培养学生利用计算机技术分析问题和解决问题的能力；纠正人们关于计算机传统的“狭隘工具论”的认识，发掘计算科学的科学内涵，以利于学科的交叉和融合，推动科学创新。

(2) 在内容组织上, 以计算思维的主要方法为主线, 整个课程内容分为学科科学知识和科学方法两个层次。第一层次主要介绍计算科学的基础知识、基本理论和基本问题。第二层次讲解计算机科学求解问题的基本思想和方法, 重点讲解算法、程序等。同时, 为了扩展学生的科学视野, 对科学人物的科学贡献进行了简单注解, 目的是感悟科学家在科学探索中的精神和方法。

(3) 在写作方法上, 内容的写作是反反复复的, 两年的构思, 多学科的内容策划, 阶段性的研讨, 独立的写作人, 以保证内容的前后一致和写作理念的贯彻。在写作过程中, 不断吸收他人的优秀研究成果及精彩内容以充实本书, 力求精益求精。

本书得到教育部大学计算机课程改革项目“以计算思维为导向的大学计算机基础课程研究”、2012年度山东省高等学校教学改革项目重点课题“面向计算思维培养的大学计算机基础教学课程改革与建设”的资助。作为高等学校核心通识类课程或大学非计算机专业学生的基础课, 还编写了相应的配套实验教材《大学计算机基础实验教程》, 以培养学生的计算机应用能力, 可以在本课程的实验教学环节使用, 也可以供单独开设的相关实验课程参考书。实验课突出的是“动脑”, 而不是操作“技巧”, 通过学生对实验项目的观察和体验, 给学生一条思维的途径, 体会计算的思想和方法。

在本书的酝酿、策划、目录设计过程中, 得到了山东大学本科生院、计算机科学与技术学院、数学院、物理学院、化学学院、生命科学院、经济学院、管理学院、文学院、哲学与社会发展学院、医学院、机械学院、材料学院等许多学院老师的帮助, 他们参与了本书目录的研讨, 并提出了许多宝贵的意见。山东大学高等教育研究中心龙世立研究员也给予了许多良好建议, 并多次参与研讨。全书内容由郝兴伟编写, 巩裕伟、杨兴强、朱大铭、焦文江等提供了许多素材。

在本书的策划和写作中, 中国科学技术大学陈国良院士、西安交通大学冯博琴教授、教育部高等学校大学计算机课程教学指导委员会主任李廉教授给予了悉心的指导, 在此向他们表示衷心的感谢。感谢高等教育出版社给予的许多有益的建议, 使得本书能够更好地用于教学。

虽然, 本版的初衷是要写一本侧重培养大学生计算思维及意识, 重点讲解计算科学思想和方法的大学计算机教材, 以适应高校计算机基础教学改革的需要, 但由于作者水平所限, 对有些知识的研究、认识和理解还不够深入, 甚至有偏差, 这必然影响对内容的讲解, 恳请各位老师和同学批评指正。作者联系方式是 E-mail: hxw@sdu.edu.cn。

郝兴伟

2013年秋于山东大学



## 郑重声明

高等教育出版社依法对本书享有专有出版权。任何未经许可的复制、销售行为均违反《中华人民共和国著作权法》，其行为人将承担相应的民事责任和行政责任；构成犯罪的，将被依法追究刑事责任。为了维护市场秩序，保护读者的合法权益，避免读者误用盗版书造成不良后果，我社将配合行政执法部门和司法机关对违法犯罪的单位和个人进行严厉打击。社会各界人士如发现上述侵权行为，希望及时举报，本社将奖励举报有功人员。

反盗版举报电话 (010) 58581897 58582371 58581879

反盗版举报传真 (010) 82086060

反盗版举报邮箱 dd@hep.com.cn

通信地址 北京市西城区德外大街4号 高等教育出版社法务部

邮政编码 100120



# 目录

第 1 章 绪论	1	2.1.1 数的起源	34
本章导读	1	2.1.2 计算工具	36
知识要点	1	2.2 计算的自动化	42
1.1 科学与科学研究	2	2.2.1 电子计算机诞生前夜	42
1.1.1 科学与科学理论	2	2.2.2 计算机的理论基础	45
1.1.2 科学研究方法	3	2.2.3 计算模型与图灵机	50
1.1.3 学习与知识创新	5	2.2.4 电子计算机的诞生	53
1.2 人类思维与逻辑学	6	2.2.5 计算机的发展	56
1.2.1 人类的思维活动	6	2.3 数据与数据编码	60
1.2.2 逻辑思维与逻辑学	8	2.3.1 数与进制	60
1.3 信息社会与知识社会	13	2.3.2 数的原码、反码与补码表示	64
1.3.1 信息社会定义	13	2.3.3 数的定点表示和浮点表示	65
1.3.2 信息社会的特征	14	2.3.4 字符数据与字符编码	68
1.3.3 个人素质与信息素养	15	2.3.5 数据的存储单位	73
1.4 计算科学与计算思维	17	2.4 计算机系统结构	74
1.4.1 计算与计算科学	17	2.4.1 计算机体系结构	74
1.4.2 计算思维	19	2.4.2 计算机的组成	77
1.5 学科交叉与融合	23	2.4.3 微型计算机举例	85
1.6 思想的力量与启示	25	2.5 计算机系统管理	88
本章小结	31	2.5.1 计算机操作系统	88
思考题	31	2.5.2 处理器管理	90
第 2 章 计算与计算机	33	2.5.3 存储器管理	91
本章导读	33	2.5.4 文件与外存管理	92
知识要点	33	2.5.5 设备管理	95
2.1 数与计算问题	34	2.5.6 人机界面	96
		2.5.7 几种典型的操作系统	97
		2.6 计算机的运行	99

2.6.1	计算机是如何启动的	100	3.4.2	顺序查找	155
2.6.2	计算机运行时的内存视图	102	3.4.3	折半查找	157
2.6.3	计算机的关闭	103	3.5	排序问题及排序算法	159
2.7	计算机应用	104	3.5.1	排序问题	160
2.7.1	数值计算	104	3.5.2	选择排序	160
2.7.2	数据处理	104	3.5.3	交换排序	161
2.7.3	计算机辅助	104	3.5.4	插入排序	165
2.7.4	过程控制	105	3.5.5	归并排序	166
2.7.5	人工智能	105	3.5.6	基数排序	167
本章小结		107	3.6	网络搜索问题	169
思考题		107	3.6.1	搜索引擎及其工作原理	169
第3章	问题求解与算法	110	3.6.2	PageRank 排序算法	173
本章导读		110	3.6.3	搜索引擎的启示	174
知识要点		110	本章小结		175
3.1	问题与问题求解	111	思考题		175
3.1.1	领域问题及形式化描述	111	第4章	数据与数据结构	177
3.1.2	问题抽象与数学建模	115	本章导读		177
3.1.3	计算机求解问题模型	118	知识要点		177
3.2	算法与算法分析	121	4.1	数、数据及数据结构	178
3.2.1	算法及其描述	121	4.1.1	数与数据的概念	178
3.2.2	算法复杂性分析	125	4.1.2	数据抽象与数据类型	180
3.3	算法设计及算法分类	131	4.1.3	数据结构	182
3.3.1	算法设计	131	4.2	线性结构	183
3.3.2	穷举法	132	4.2.1	排队问题	183
3.3.3	递推法	134	4.2.2	线性表	184
3.3.4	递归法	137	4.2.3	堆栈与队列	188
3.3.5	回溯法	140	4.3	树形结构	190
3.3.6	迭代法	143	4.3.1	博弈与决策问题	190
3.3.7	分治法	145	4.3.2	树形结构	193
3.3.8	贪心法	147	4.3.3	二叉树	194
3.3.9	动态规划法	150	4.3.4	常用操作及应用	197
3.3.10	其他算法	153	4.4	图结构	199
3.4	搜索问题与查找算法	154	4.4.1	图的概念	199
3.4.1	搜索问题	155	4.4.2	图的存储	202

4.4.3 图的遍历 .....	205	5.5.1 计算机应用模式的演变 .....	274
4.4.4 生成树和最小生成树 .....	206	5.5.2 Web 应用及其优势 .....	276
4.5 应用举例 .....	208	本章小结 .....	277
4.5.1 网络与最短通路问题 .....	208	思考题 .....	277
4.5.2 工程拓扑排序问题 .....	211	第 6 章 计算机网络 .....	282
4.5.3 工程关键路径问题 .....	211	本章导读 .....	282
本章小结 .....	214	知识要点 .....	282
思考题 .....	214	6.1 计算机网络技术 .....	283
第 5 章 计算机程序 .....	216	6.1.1 计算机网络的产生与发展 .....	283
本章导读 .....	216	6.1.2 计算机网络的功能和分类 .....	284
知识要点 .....	216	6.1.3 开放系统互联与 OSI 参考	
5.1 计算机程序概述 .....	217	模型 .....	287
5.1.1 自然语言与形式语言 .....	217	6.1.4 网络协议的智慧 .....	290
5.1.2 抽象与程序设计语言 .....	219	6.1.5 TCP/IP 网络模型 .....	291
5.1.3 计算机程序及其分类 .....	223	6.1.6 网络设备及其功能 .....	297
5.1.4 问题约简与结构化编程 .....	224	6.2 互联网 .....	301
5.1.5 计算机软件系统开发 .....	225	6.2.1 ARPA 计划 .....	301
5.2 C/C++ 程序设计语言 .....	227	6.2.2 互联网的诞生 .....	304
5.2.1 C 语言及 C 程序结构 .....	227	6.2.3 万维网 .....	305
5.2.2 C 语言基本符号 .....	229	6.2.4 连接到互联网 .....	308
5.2.3 数据与数据类型 .....	232	6.3 网络服务 .....	309
5.2.4 计算、运算符与表达式 .....	233	6.3.1 计算机应用的客户 / 服务器	
5.2.5 赋值语句和输入 / 输出 .....	234	模式 .....	309
5.2.6 分支语句 .....	235	6.3.2 域名与域名解析 .....	311
5.2.7 循环控制语句 .....	239	6.3.3 Web 服务与浏览器 / 服务器	
5.2.8 函数 .....	244	模式 .....	315
5.3 面向对象的思维方式 .....	247	6.3.4 电子邮件服务 .....	317
5.3.1 实体、对象及其抽象 .....	247	6.3.5 远程维护与远程控制 .....	319
5.3.2 对象的创建及操作 .....	252	6.4 网络与信息安全 .....	321
5.4 数据存储与管理 .....	254	6.4.1 网络信息安全问题 .....	322
5.4.1 数据文件及其操作 .....	254	6.4.2 信息安全的主要威胁 .....	323
5.4.2 数据库与数据库管理系统 .....	258	6.4.3 数据加密技术 .....	324
5.4.3 结构化查询语言 SQL .....	261	6.4.4 信息安全措施 .....	328
5.5 Web 应用 .....	274	6.4.5 病毒与木马及其防范 .....	329

6.5 互联网社会效应 .....	331	7.1.5 无处不在的计算 .....	349
6.5.1 新兴的传播媒介 .....	332	7.2 数字化生存 .....	352
6.5.2 网络通信 .....	332	7.2.1 数字化地球 .....	352
6.5.3 电子商务的兴起 .....	333	7.2.2 物联网 .....	355
6.5.4 社交网络 .....	336	7.2.3 智慧城市 .....	356
6.5.5 网络社会生态学 .....	339	7.2.4 大数据技术 .....	358
本章小结 .....	340	7.2.5 个人隐私 .....	359
思考题 .....	340	7.3 新型计算机 .....	360
第7章 计算科学前沿 .....	342	7.3.1 超导计算机 .....	360
本章导读 .....	342	7.3.2 量子计算机 .....	362
知识要点 .....	342	7.3.3 光计算机 .....	366
7.1 计算的新模式 .....	343	7.3.4 神经网络计算机 .....	367
7.1.1 并行计算与超级计算机 .....	343	7.3.5 DNA 生物计算机 .....	369
7.1.2 分布式计算 .....	346	本章小结 .....	372
7.1.3 网格计算 .....	347	思考题 .....	372
7.1.4 云计算 .....	348	参考文献 .....	373

# 第1章 绪论

## || 本章导读

今天，人类社会已经进入以微电子技术、通信技术、计算机及网络技术、多媒体技术等为主要特征的信息社会。社会形态的改变不仅带来了社会生产力和生产关系的变革，技术的进步还推动着人类文明和人类思维的变化。在当今社会，学科交叉、学科融合越来越紧密，从自然科学到社会科学，生硬的界限正在被打破，科学修养逐渐与文学修养、艺术修养一样成为信息社会中每个人应具备的基本能力和素质。

本章将从宏观上介绍信息社会的发展及主要特征，信息社会中人的能力需求与信息素养。从传统的推动人类进步的自然科学特征出发，介绍计算机技术在科学技术中的地位和作用。从人类思维的角度出发，介绍人类思维的基本形态及特征。介绍计算机技术在问题求解中的基本思想和方法，对计算思维的概念、表现和方法学进行介绍，分析计算思维在学科交叉、知识创新、问题求解及人们日常工作和生活中的作用。给出了一个简略的计算机学科的知识图谱，从而为本课程知识结构的理解和后续章节的学习给出明确的指引。

## || 知识要点

第1节：科学，自然科学，社会科学，理论科学，实验科学，科学理论，科学研究，科学方法。

第2节：感觉，思维，形象思维，逻辑思维，灵感（顿悟），概念，判断，推理，归纳推理，演绎推理，三段论，假言推理，选言推理，思维规律。

第3节：信息社会，数据，信息，信息化，信息技术，信息产业，信息社会的特征，能力素质，信息素养，信息意识，信息知识，信息能力。

第4节：计算数学，计算机科学，计算机科学知识图谱，计算科学，计算思维，抽象，分解，简约，递归，算法，程序，仿真，计算机应用系统，网络。

第5节：学科融合，交叉学科，计算物理，计算化学，计算生物学，社会计算。

第6节：图灵奖，诺贝尔奖，微积分，经典力学，原子论，电磁学，量子力学，相对论，理论创新，应用创新。

## 1.1 科学与科学研究

在人类现代科技文明前夜的漫长岁月中，宗教统治着人类，科学是神学的婢女，一次又一次工业技术革命，才使人类对客观世界的认识发生了巨大飞跃，改造世界的能力发生了革命性变革，科技是推动人类文明进步的根本动力。打开人类文明的发展史，从哥白尼的“日心说”，牛顿的经典力学理论，麦克斯韦的电磁学理论，到爱因斯坦的“相对论”，每一次人类文明的巨大进步无不透射着科学的光芒。

### 1.1.1 科学与科学理论

哲学家和科学家试图给科学提供一个充分的本质定义，但并不成功。几个比较典型的定义是：(1) 1888年，达尔文曾给科学下过一个定义：“科学就是整理事实，从中发现规律，做出结论”。达尔文的定义指出了科学的内涵，即事实与规律。科学要发现人所未知的事实，并以此为依据，而不是脱离现实的纯思维的空想。至于规律，则是指客观事物之间内在的本质的必然联系。因此，科学是建立在实践基础上，经过实践检验和严密逻辑论证的，关于客观世界各种事物的本质及运动规律的知识体系。(2) 《辞海》第六版（上海辞书出版社，2011）对科学的解释是：科学是运用范畴、定理、定律等思维形式反映现实世界各种现象的本质规律的知识体系。(3) 苏联《大百科全书》关于科学的解释是：科学是人类活动的一个范畴，它的职能是总结关于客观世界的知识，并使之系统化。科学这个概念本身不仅包括获得新知识的活动，而且还包括这个活动的结果。

综合上述关于科学的定义，融通地讲，科学是反映自然、社会、思维等客观规律的分科知识体系。按研究对象的不同，科学通常分为自然科学和社会科学。自然科学以整个自然界为研究对象，研究自然界中物质的各种类型、状态、属性及运动形式，揭示自然界发生的现象以及自然现象发生过程的实质，进而把握这些现象和过程的规律，为在社会实践合理而有目的地利用自然界的规律开辟了各种可能的途径。自然科学最重要的两个支柱是观察和逻辑推理，自然科学所包含的主要学科有数学、物理、化学、天文学、地球科学等基础学科，还包含生命科学、医学、材料科学、计算机科学等实用学科。社会科学是关于社会事物的本质及其规律的科学，是科学化地研究人类社会现象的科学。广义的社会科学是人文科学和社会科学的统称，包含了哲学、社会学、心理学、政治学、经济学、人类学等学科。此外，按照科学研究的方法不同，科学可分为理论科学和实验科学两类。理论科学指偏重理论总结和理性概括，强调较高普遍的理论认识而非直接实用意义的科学。在研究方法上，以演绎法为主，不局限于描述经验事实。实验科学则是以实验观察为主要研

究方法的科学。

科学是人类智慧的结晶，在人类社会发展的历史进程中，无数的科学家为科学孜孜以求、不懈探索，甚至为科学而献身。科学知识浩如烟海，它们随着岁月而积累、沉淀、丰富并发展，形成一个个理论体系，推动着科学的不断发展和进步。特别是基础学科，如数学中的集合论、数论、图论、概率论和微积分；物理学中经典的万有引力理论、电磁学理论、光学理论、相对论、量子力学等；化学中的分子原子论、元素周期表、有机结构理论等；生命科学中的进化论、人类基因组等。这些经典理论犹如知识太空中璀璨的明星，无不闪耀着人类智慧的光芒，让科学更美丽，让人类的生活更加美好。

科学是美好的，从经验知识到科学理论，它为人们寻求问题解决方案提供了知识和方法。但是，不是所有的问题都可以用科学的方法加以解决的，科学有其局限性。例如：道德、价值判断、社会取向、个人态度、人类情感等，这些问题是无法用科学方法来解决的。同时，科学不等同于真理，它依然受到人们从自然现象中探寻本质的能力的限制。原来被认为是“金科玉律”的科学知识，也可能在科学的发展中被修正，甚至被否定。例如，现在人们知道“地心说”<sup>①</sup>是一种错误的结论，但是在当时，它是通过科学方法构建起来的，只是受限于人的观察能力。在社会生产和生活中，人们还需要时时清除非科学、伪科学的干扰、迷惑和误导，享受科学带来的便利和美好。

### 1.1.2 科学研究方法

科学是反映自然、社会、思维等客观规律的分科知识体系，不仅包含知识本身，还包含获取知识的过程。和日常生活知识不同，科学知识不能靠简单积累经验的方法来获得，而是从确定研究对象的性质和规律这一目的出发，通过观察、调查和实验而得到。科学研究是人们获取科学知识的重要途径，是人们对自然界的现象和认识由不知到知之，由知之较少到知之较多，进而逐步进入事物内部而发现其基本规律的认识过程。

根据研究的内容不同，可将科学研究划分为基础研究与应用研究两种类型。所谓基础研究，是指为获得关于现象和可观察事实的基本原理及新知识而进行的实验性和理论性研究，它不以任何专门或特定的应用为目的。研究结果通常具有一般的或普遍的正确性，成果常表现为一般的原则、理论或规律，并以论文的形式在科学期刊上发表或学术会议上交流。应用研究是指为获得新知识而进行的创造性的研究，它主要是针对某一特定的实际目的或目标，为解决实际问题提供科学依据。

<sup>①</sup> 地心说，又称天动说，是古人认为地球是宇宙的中心，是静止不动的，而其他的星球都环绕着地球而运行的一种学说。最初由古希腊学者欧多克斯提出，后经亚里士多德、托勒密进一步发展而逐渐完善。数学家、天文学家托勒密认为：地球处于宇宙中心静止不动，从地球向外依次有月球、水星、金星、太阳、火星、木星和土星，它们在各自的轨道上绕地球运转。在16世纪“日心说”创立之前的1300年中，“地心说”一直占统治地位。尽管它把地球当做宇宙中心是错误的，但地心说是世界上第一个行星体系模型，它对近代科学的发展做出了重要的贡献。



按照科学研究的性质分类，可以分为定性研究和定量研究。从研究的逻辑上看，定性研究是基于描述性的研究，它在本质上是一个归纳的过程，即从特殊情景中归纳出一般的结论。定性研究侧重于对事物的含义、特征、隐喻、象征的描述和理解。定量研究主要搜集用数量表示的资料或信息，并对数据进行量化处理、检验和分析，从而获得有意义的结论的研究过程。它通过对研究对象的特征按某种标准作量的比较来测定对象特征数值，或求出某些因素间的量的变化规律。由于其目的是对事物及其运动的量的属性作出回答，故称定量研究。

人们在科学研究过程中遵循或运用的、符合科学一般原则的各种手段和途径称为科学方法，包括在理论研究、应用研究等科学活动过程中采用的思路、程序、方法和模式等。简单地讲，科学方法就是科研工作者在从事一项科学发现时所采用的方法。根据科学研究的内容和研究阶段不同，列举以下一些典型的科学方法。

### 1. 获取科学事实的方法

(1) 观察。通过视觉、听觉、嗅觉、触觉等感觉器官或借助一定的科学仪器，例如，显微镜、X光等有目的、有计划地考察客观对象的现象和状态变化。

(2) 实验。根据一定的研究目的，运用科学仪器、设备等物质手段，在人为控制或模拟自然现象的条件下获取科学事实、探索其本质和规律的方法。根据研究目的的不同，实验分为定性实验、定量实验、对照实验、模拟实验等。

### 2. 整理科学事实的方法

对于观察或实验得到的数据和信息，通常需要进一步进行整理，从而总结、发现其中的特点、规律和重要信息，整理科学事实常用以下方法。

(1) 比较。通过相关对象之间的对比，确定它们的差异点和共同点，并发现其共同规律的思维方法。例如，求同比较、求异比较、综合比较等。

(2) 分类。根据对象的共同点和差异点，将对象区分为不同的种类，而且形成有一定从属关系的、系统的、逻辑方法。例如，二元分类法、多元分类法、树状分类法等。

(3) 类比。根据两类对象之间某些相同或相似之处，推出它们在其他方面也可能相同或相似的逻辑推理方法。例如，共存类比法、因果类比法、对称类比法、综合类比法等。

(4) 归纳。从不同的特定事件中发展出普遍的、原则的方法称为归纳，是一种从个别到一般的逻辑思维方法。例如：完全归纳法、不完全归纳法、科学归纳法等。

(5) 演绎。与归纳法相反，是一种从一般到个别的逻辑思维方法，又称为推理。

(6) 分析。通过把整体分解为部分，或把复杂事物分解为简单要素，或把过程分解为阶段，或把动态凝固为静态的方法来对事物进行研究的思维方法。

(7) 综合。与分析相反，通过把各个部分、各个方面、各个层次、各种因素结合起来，从而对对象动态地考察的思维方法。

### 3. 构造科学理论体系的方法

(1) 假说。根据科学原理和事实，对未知的新事实作出的假定性说明。科学理论方

法构建的一般过程通常是从提出科学假说开始的，科学假说是科学理论形成和发展的桥梁，通过科学假说，建立科学命题，形成科学命题系统。假说可以通过观察、实验等进行验证。

(2) 模型。模型是对所研究的系统、过程、事物或概念的一种表达形式，以便对其中的概念、数学关系、逻辑关系进行研究和分析。不同的研究阶段，可以建立不同的概念模型和逻辑模型，也可以建立物理模型，例如，最终产品的样品。

(3) 科学理论。它是对某种经验现象或事实的科学解说和系统解释。它是由一系列特定的概念、原理、命题以及对这些概念、原理和命题的严密论证与推理组成的系统化的知识体系，它用概念、判断、推理的形式对客观对象的本质及其规律进行科学、合理的解释。

科学研究的方法不是僵硬和一成不变的，新技术的发展反过来也推动着科学研究方法的进步，特别是 20 世纪计算机的发明。传统的经典理论研究和实验研究在强大的计算技术支持下，不断地发生飞跃。计算机强大的计算能力和惊人的速度使许多无法实现的实验在计算机中得到模拟和实现。1998 年 1 月 31 日，美国前副总统戈尔（Al Gore）在加利福尼亚科学中心做了题为“数字地球——认识 21 世纪我们这颗星球”（The Digital Earth: Understanding Our Planet in 21st Century）的演讲，指出“在计算机出现以前，实验和理论这两种创造知识的方法一直受到限制。所以科学家面对的研究对象太困难，不是太大就是太小，不是太快就是太慢……”，“纯理论不能预报雷雨或飞机上天的空气流动之类复杂的自然现象。随着高速计算机的使用，我们才能模拟那些不容易观察到的现象。正因为如此，计算科学突破了实验科学和理论科学的局限性。”戈尔的观点很好地反映了计算机技术在科学研究中的特殊性和重要性，计算成为继理论和实验以后科学研究、创造知识的重要方法。

### 1.1.3 学习与知识创新

人非生而知之，人们所具有的任何知识和见地都源自后天的学习和经验，它要么来自自己的实践所得，要么源自他人的实践和所得，即便是圣人也不外如此。而借助于书本和老师的传授，学习他人从实践所得的知识与经验，是人们提高自己学识并由此提升素质和能力的最便捷途径。在学习过程中，不仅要学习知识本身，更要学习他人思考问题、研究问题和解决问题的好的思想和方法。《礼记》云“博学之，审问之，慎思之，明辨之，笃行之”，这才是正确的学习态度，而不应该止步于书本的知识和老师的传授。

任何一门学科都包含基本理论和科学方法，基础知识、基本理论、基本技能层面的学习只能算是学习的初级阶段，只有领悟了如何思考、如何观察、如何发现和如何解决问题的真谛，掌握了其中的科学方法，才可以说达到了学习的最高境界。学习不仅与心理学、教育学有关，它还是一个哲学问题，既涉及知识本身，也涉及学习心理。对于知识，要做