

# 计算机科学与技术 方法论

董荣胜 古天龙 著

人民邮电出版社  
POSTS & TELECOMMUNICATIONS PRESS

# 计算机科学与技术 方法论

董荣胜 古天龙 著

人民邮电出版社

## 图书在版编目(CIP)数据

计算机科学与技术方法论/董荣胜, 古天龙著. —北京: 人民邮电出版社, 2002.9  
ISBN 7-115-10324-0

I. 计... II. ①董...②古... III. 计算机科学 IV. TP3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 063258 号

### 内 容 提 要

本书是作者多年来对计算学科方法论研究成果的总结。作者根据《计算作为一门学科》报告对整个计算学科综述性导引课程的严密性和挑战性的要求, 借鉴了数学的公理化思想, 对计算学科的主要内容进行了系统化、逻辑化的概括, 并通过大量实例, 深入浅出地阐明了计算学科中各主领域发展的基本规律, 揭示了各主领域之间的内在联系, 有助于人们对计算学科的深入了解。

本书的主要内容包括: 计算机科学与技术方法论的构建, 计算学科的历史、定义、根本问题, 计算学科各主领域的基本问题, 计算学科中的抽象、理论和设计 3 个学科形态, 计算学科中的核心概念、数学方法、系统科学方法、形式化技术、社会和职业的问题等。为了使读者能更好地理解 and 掌握书中的内容, 在各章末还附有一定数量的思考题。

本书是计算学科认知领域的一本学术专著, 也可作为高等院校“计算学科方法论”、“计算机导论”等课程的教材或参考书, 还可供相关专业的学生、教师和科技人员参考。

### 计算机科学与技术方法论

- 
- ◆ 著 董荣胜 古天龙  
责任编辑 邹文波  
执行编辑 苗颖
  
  - ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街 14 号  
邮编 100061 电子函件 315@ptpress.com.cn  
网址 <http://www.ptpress.com.cn>  
读者热线 010-67180876  
北京汉魂图文设计有限公司制作  
北京顺义振华印刷厂印刷  
新华书店总店北京发行所经销
  
  - ◆ 开本: 720×980 1/16  
印张: 13.5  
字数: 252 千字 2002 年 9 月第 1 版  
印数: 1-6 000 册 2002 年 9 月北京第 1 次印刷

---

ISBN7-115-10324-0/TP · 2889

定价: 21.00 元

本书如有印装质量问题, 请与本社联系 电话: (010) 67129223

# 前 言

在计算教育的历史上，有关整个计算学科综述性导引（简称“计算机导论”）课程的构建问题，长期以来一直存在激烈的争论。国际上最著名的两个计算机组织——ACM 和 IEEE-CS 对这一问题十分重视。1989 年 1 月，ACM 攻关组在《ACM 通讯》杂志上发表了计算教育史上具有里程碑意义的报告——《计算作为一门学科》，该报告明确要求“计算机导论”课程要以严密的方式将学生引入计算学科中各个富有挑战性的领域。2001 年 12 月，IEEE-CS 和 ACM 任务组提交的 CC2001 报告更进一步指出，该课程应能让学生了解计算学科中那些富有智慧的核心思想。

在关于“计算机导论”课程的构建问题上，人们容易将“计算机操作初步”（或“计算机文化基础”等）与“计算机导论”（或“计算机科学与技术方法论”等）一类课程混为一谈。其实，这是两类性质不同的课程。“计算机操作初步”这类课程，主要解决的是对计算机功能的工具性认识问题，其目的在于培养人们使用计算机的初步能力；而“计算机导论”一类课程，主要解决的则是人们对计算本质的认知问题。对计算学科而言，即使某人可以相当熟练地操作计算机，甚至还可以进行较为复杂的程序设计，仍不能说他已相当了解计算学科。正如对电子学科而言，即使某人可以相当熟练地操作电子产品（如家用电器），也不能说他已相当了解电子学科一样。

深入研究《计算作为一门学科》以及 CC1991 和 CC2001 报告就不难发现，自 20 世纪 80 年代以来，计算教育界一直在努力解决以下三个重大问题：

第一个重大问题是“计算作为一门学科”的存在性证明问题。在 1988 年秋，ACM 攻关组提交的《计算作为一门学科》报告中，这个问题已经得到了解决。该报告从定义一个学科的要求、学科的简短定义，以及支撑一个学科所需要的足够的抽象、理论和设计等方面内容入手，详细地阐述了计算作为一门学科的客观事实。

第二个重大问题是整个学科核心课程的详细设计问题。关于计算学科核心课程的设置，20 世纪 90 年代以来，各高校或多或少都存在着一些问题，例如随意性较强、没有一定的章法可循，等等。在这种情况下，要让计算机的各种组织以及企业界统一认识，认定什么是计算专业本科阶段必须掌握的内容，是十分困难的。对此，IEEE-CS 和 ACM 任务组经过 3 年多的工作，于 2001 年 12 月提交了 CC2001 报告。报告分析了自 CC1991 报告以来，在计算领域中技术和文化的变化，并根据这些变化提出了计算机科学知识体的新概念，详细介绍了整个学科核心知识单元的内容和学习目标，为计算学科核心课程的详细设计奠定了基础。

最后一个重要问题就是“计算机导论”课程的构建问题，其实质即是寻求一种统一的思想来认知计算学科的本质，并对计算学科进行系统化和科学化的描述。ACM 攻关组在《计算作为一门学科》报告中针对这一问题提出了“严密性”和“挑战性”的要求。

在“计算机导论”课程的构建问题上，CC2001 报告认为：符合所有有不同需要的学生的综述性导引课程是不存在的。由此我们得到启发：不要再试图去建立那些引起类似于宗教战争那样激烈争论的、符合所有学生的整个学科综述性导引课程，而应当将注意力集中在学科中具有共同的、本质特征的内容上。这是解决这个问题的正确方法。

计算机科学与技术方法论承担的正是这样的任务。因此，可以认为，《计算作为一门学科》提出的第三个重大问题已从“计算机导论”课程的构建问题演变为“计算学科方法论”课程的构建问题。

基于上述观点，作者着手对计算学科中那些具有共同的、本质特征的内容进行了研究，并完成了计算学科方法论——计算机科学与技术方法论的构建工作。本书就是在此基础上撰写的。

本书在作为教材使用时，对不同程度的学生应有不同的要求。对低年级学生来说，只要求从方法论的角度去了解计算学科；而对高年级的学生和研究生，则要求能从方法论的角度去思考计算学科中那些富有挑战性的问题。书中打\*号的部分是高年级学生和研究生选修的内容。

作者的工作曾得到全国高等学校计算机教育研究会理事长袁开榜教授的大力支持，本书的出版也承蒙他的推荐；北京大学袁崇义教授对本书进行了审阅，并提出了不少中肯的意见，他严谨的治学态度令人感佩；北京航空航天大学杨文龙教授曾对作者的研究工作给予关注和多方面的支持，作者铭记在心；作者还曾就学科认知方面的有关问题多次与厦门大学赵致琢教授切磋，受益颇多；在本书写作过程中，作者的同事蔡国永副教授、邝锦棠副教授、谢春光讲师以及硕士研究生赵岭忠、曹双进等同学提出了许多宝贵的建议；邹文波编辑还为本书的出版做了大量的具体细致的工作；另外，作者还得到了国防科技大学陈火旺教授、教育部陈祖福同志、中国科学史学会理事朱亚宗教授，以及其他许多前辈、同仁的支持和帮助，在此，一并表示感谢。

随着计算机科学与技术方法论这个认知工具的不断完善，它必将给人们提供一种全新的认知计算学科的能力。然而，现在它毕竟还处于雏期，很多内容还有待进一步研究和完善，另外，限于作者的水平，书中错误和不妥之处在所难免，恳请读者予以指正。

作者  
2002.8

# 目 录

第 1 章 绪论.....	1
1.1 计算机科学与技术方法论产生的历史背景.....	1
1.1.1 早期关于“计算机科学”名称的争论.....	2
1.1.2 《计算作为一门学科》报告的主要成果及其局限性.....	2
1.1.3 CC1991 的主要成果.....	3
1.1.4 CC2001 的主要成果.....	4
1.1.5 计算教育面临的 3 个重大问题.....	4
1.1.6 计算机科学与技术方法论的提出.....	5
1.2 计算机科学与技术方法论的建立.....	6
1.2.1 计算机科学与技术方法论的定义.....	6
1.2.2 计算学科二维定义矩阵.....	7
1.2.3 计算学科的本质问题归约为定义矩阵本质问题的说明.....	8
1.3 计算机科学与技术方法论作为一个理论体系的阐述.....	9
1.3.1 作为理论体系的科学技术方法论.....	10
1.3.2 作为理论体系的计算机科学与技术方法论.....	12
1.4 计算机科学与技术方法论研究的意义.....	14
思考题.....	16
第 2 章 计算学科中的科学问题.....	17
2.1 概述.....	17
2.1.1 科学问题的定义.....	17
2.1.2 科学问题的主要特征和方法论作用.....	17
2.2 计算的本质、计算学科的定义及其根本问题.....	18
2.2.1 计算本质的认识历史.....	18
2.2.2 康托尔的集合论和罗素悖论.....	19
2.2.3 希尔伯特纲领.....	20
2.2.4 图灵对计算本质的揭示.....	20
2.2.5 现代计算机的产生以及计算学科的定义.....	21

2.2.6	计算学科的根本问题 .....	22
2.2.7	从计算的角度认知思维、视觉和生命过程 .....	23
2.3	计算学科各主领域的基本问题 .....	23
2.4	计算学科中的典型问题及其相关内容 .....	27
2.4.1	哥尼斯堡七桥问题 .....	28
2.4.2	梵天塔问题 .....	29
2.4.3	算法复杂性中的难解性问题、 $P$ 类问题和 $NP$ 类问题 .....	31
2.4.4	证比求易算法 .....	32
2.4.5	$P = ? NP$ .....	33
2.4.6	旅行商问题与组合爆炸问题 .....	34
2.4.7	生产者 - 消费者问题与“哲学家共餐”问题 .....	36
2.4.8	GOTO 语句的问题以及程序设计方法学 .....	37
2.5	人工智能中的若干哲学问题 .....	38
2.5.1	图灵测试 .....	38
2.5.2	西尔勒的“中文屋子” .....	40
2.5.3	计算机中的博弈问题 .....	40
	思考题 .....	42
<b>第 3 章</b>	<b>计算学科中的 3 个学科形态 .....</b>	<b>44</b>
3.1	一个关于“学生选课”的例子 .....	44
3.1.1	对“学生选课”例子的感性认识 .....	44
3.1.2	对“学生选课”例子的理性认识 .....	46
3.1.3	“学生选课”系统的工程设计 .....	47
3.2	抽象形态 .....	49
3.2.1	一般科学技术方法论中有关抽象形态的论述 .....	49
3.2.2	计算学科中有关抽象形态的论述 .....	49
3.2.3	例子中有关抽象形态的主要内容及其简要分析 .....	49
3.3	理论形态 .....	50
3.3.1	一般科学技术方法论中有关理论形态的论述 .....	50
3.3.2	计算学科中有关理论形态的论述 .....	50
3.3.3	例子中有关理论形态的主要内容及简要分析 .....	50
3.4	设计形态 .....	50
3.4.1	一般科学技术方法论中有关设计形态的论述 .....	50
3.4.2	计算学科中有关设计形态的论述 .....	51
3.4.3	例子中有关设计形态的主要内容及简要分析 .....	51

3.5	3 个学科形态的内在联系 .....	52
3.5.1	一般科学技术方法论中有关 3 个学科形态内在联系的简要论述 .....	52
3.5.2	计算学科中有关 3 个学科形态内在联系的论述 .....	52
3.5.3	关系数据库领域中 3 个学科形态内在联系的有关内容 .....	53
3.6	各主领域中 3 个学科形态的主要内容 .....	54
3.7	计算机语言的发展及其 3 个学科形态的内在联系 .....	59
3.7.1	自然语言与形式语言 .....	59
3.7.2	图灵机与冯 诺依曼型计算机 .....	62
3.7.3	机器指令与汇编语言 .....	66
3.7.4	以虚拟机的观点来划分计算机的层次结构 .....	68
3.7.5	高级语言 .....	70
3.7.6	应用语言 .....	72
3.7.7	自然语言 .....	73
3.7.8	小结 .....	76
	思考题 .....	77
<b>第 4 章</b>	<b>计算学科中的核心概念 .....</b>	<b>78</b>
4.1	算法 .....	78
4.1.1	算法的历史简介 .....	78
4.1.2	算法的定义和特征 .....	79
4.1.3	算法实例 .....	80
4.1.4	算法的表示方法 .....	82
4.1.5	算法分析 .....	88
4.2	数据结构 .....	89
4.2.1	数据结构的基本概念 .....	89
4.2.2	常用的几种数据结构 .....	90
4.2.3	树和二叉树 .....	90
4.2.4	图 .....	91
4.3	程序 .....	92
4.4	软件 .....	92
4.5	硬件 .....	93
4.6	CC1991 报告提取的核心概念 .....	93
	思考题 .....	95



第 5 章 计算学科中的数学方法 .....	97
5.1 数学的基本特征 .....	97
5.2 数学方法的作用 .....	98
5.3 计算学科中常用的数学概念和术语 .....	98
5.3.1 集合 .....	98
5.3.2 函数和关系 .....	100
5.3.3 字母表、字符串和语言 .....	101
5.3.4 布尔逻辑 .....	102
5.3.5 定义、定理和证明 .....	103
5.4 证明方法 .....	103
5.4.1 直接证明法和间接证明法 .....	103
5.4.2 反证法 .....	103
5.4.3 归纳法 .....	104
5.4.4 构造性证明 .....	105
5.5 递归和迭代 .....	106
5.5.1 递归 .....	106
5.5.2 迭代 .....	108
5.6 公理化方法 .....	109
5.6.1 理论体系 .....	109
5.6.2 公理化方法 .....	109
5.6.3 实例 .....	110
5.7 形式化方法 .....	111
5.7.1 具体公理系统和抽象公理系统 .....	111
5.7.2 形式化方法 .....	111
5.8 一个实例——Armstrong 公理系统* .....	113
5.8.1 预备知识 .....	113
5.8.2 Armstrong 公理系统 .....	114
思考题 .....	116
第 6 章 计算学科中的系统科学方法 .....	117
6.1 系统科学的基本思想 .....	117
6.1.1 系统科学的基本概念 .....	118
6.1.2 系统科学遵循的一般原则 .....	119
6.1.3 常用的几种系统科学方法 .....	120

6.1.4 实例 .....	121
6.2 结构化方法 .....	122
6.2.1 结构化方法的产生和发展 .....	123
6.2.2 结构化方法遵循的基本原则 .....	123
6.2.3 结构化方法的核心问题 .....	124
6.3 面向对象方法 .....	126
6.3.1 面向对象方法的产生和发展 .....	126
6.3.2 面向对象方法的基本思想 .....	127
6.3.3 面向对象方法的核心问题 .....	129
6.4 小结 .....	130
思考题 .....	131
<b>第7章 形式化技术*</b> .....	<b>132</b>
7.1 形式化技术概述 .....	132
7.2 形式化规格技术 .....	134
7.2.1 形式化规格的定义及其分类 .....	134
7.2.2 操作类规格技术 .....	134
7.2.3 描述类规格技术 .....	139
7.2.4 形式化规格技术的应用 .....	143
7.3 形式化验证技术 .....	144
7.3.1 模型检验 .....	144
7.3.2 定理证明 .....	146
思考题 .....	147
<b>第8章 社会和职业的问题</b> .....	<b>148</b>
8.1 计算的历史 .....	149
8.1.1 计算机史前史——1946年以前的世界 .....	149
8.1.2 计算机硬件的历史 .....	150
8.1.3 计算机软件的历史 .....	151
8.1.4 计算机网络的历史 .....	153
8.2 计算的社会背景 .....	154
8.2.1 计算的社会内涵 .....	154
8.2.2 网络的社会内涵 .....	154
8.2.3 因特网的增长、控制和使用 .....	155
8.2.4 有关性别的问题 .....	156

8.3	道德分析的方法 .....	157
8.3.1	道德选择 .....	157
8.3.2	道德评价 .....	158
8.3.3	道德选择中其他相关因素及道德选择过程 .....	158
8.4	职业和道德责任 .....	159
8.4.1	职业化的本质 .....	159
8.4.2	软件工程师的道德准则及行为规范 .....	159
8.4.3	检举政策 .....	161
8.4.4	计算中的“可接受使用”政策 .....	161
8.5	基于计算机系统的风险和责任 .....	162
8.5.1	历史上软件风险的例子 .....	162
8.5.2	软件的正确性、可靠性和安全性 .....	163
8.5.3	软件测试 .....	163
8.5.4	软件重用中隐藏的问题 .....	164
8.5.5	风险评定与风险管理 .....	164
8.6	知识产权 .....	165
8.6.1	什么是知识产权 .....	165
8.6.2	我国有关知识产权保护的现状 .....	166
8.6.3	软件专利 .....	167
8.6.4	有关知识产权的国际问题 .....	168
8.7	隐私和公民自由 .....	168
8.7.1	隐私保护的道德和法律基础 .....	168
8.7.2	隐私保护的技术 .....	169
8.7.3	电脑空间的言论自由 .....	170
8.7.4	相关的国际问题和文化之间的问题 .....	171
8.8	计算机犯罪 .....	172
8.8.1	计算机犯罪及相关立法 .....	172
8.8.2	黑客 (Cracking/Hacking) .....	173
8.8.3	恶意计算机程序和拒绝服务攻击 .....	173
8.8.4	防止计算机犯罪的策略 .....	174
	思考题 .....	175
<b>第9章</b>	<b>计算教育哲学 .....</b>	<b>177</b>
9.1	概述 .....	177
9.2	计算教育哲学的第一个基本任务 .....	178

9.3 计算教育哲学的第二个基本任务 .....	178
9.3.1 如何定义一门学科 .....	178
9.3.2 计算学科的本质、根本问题以及学科的未来 .....	179
9.3.3 计算学科是“工科”还是“理科” .....	179
9.3.4 程序设计在计算学科中的地位 .....	180
9.3.5 计算学科目前的核心课程能否培养学生计算方面的能力 .....	180
9.3.6 在计算课程中如何做到理论与实践相结合 .....	180
9.3.7 关于创新 .....	181
9.3.8 关于能力的培养 .....	182
9.4 计算教育哲学的第三个基本任务 .....	182
9.4.1 技术的变化 .....	183
9.4.2 文化的改变 .....	183
9.4.3 制定教学计划的原则 .....	184
9.4.4 未来计算教育的发展 .....	185
思考题 .....	187
附录 计算机科学知识体 .....	188
参考文献 .....	200

# 第 1 章 绪 论

今天，计算（Computing）技术作为现代技术的标志，已成为世界各国许多经济增长的主要动力，计算领域也已成为一个极其活跃的领域。计算学科正以令人惊异的速度发展，并大大延伸到传统的计算机科学的边界之外，成为一门范围极为广泛的学科。如何认知这个学科，引发了长期以来激烈的争论，并极大地影响着计算学科的发展和人才的培养。

要解决学科的认知问题，必须有一套科学的方法。就哲学方法论而言，学科方法论就是认知学科的方法和工具。它有助于人们对学科认识的逻辑化、程序化、理性化和具体化。一般来说，学科方法论的建立也是学科成熟的标志之一。

1984 年 7 月，美国计算机科学与工程博士单位评审部的领导们，在犹他州召开的会议上对计算认知问题进行了讨论。这一讨论以及其他类似讨论促使（美国）计算机协会（Association for Computing Machinery，简称 ACM）和（美国）电气和电子工程师学会计算机分会（Institute of Electrical and Electronics Engineers-Computer Society，简称 IEEE-CS）联手组成攻关组，开始用新的思维方式来理解计算学科。此后，ACM 和 IEEE-CS 以及不少学者在计算学科认知问题上做了大量富有成效的工作，发表了一系列报告和论文。现在，人们对计算学科的认知已相当成熟，从而使我们能够以一般科学技术方法论为指导，科学地建立起计算学科自己的方法论——计算机科学与技术方法论。

本书所建立的计算机科学与技术方法论，借鉴了数学的公理化思想来整理和总结计算学科，因此，它又可以作为计算学科中的一门严密而又能将学生引入学科各个富有挑战性领域的综述性导引课程，显然，这样的综述性导引课程现已自然地演变为计算学科方法论这样的课程了。

## 1.1 计算机科学与技术方法论产生的历史背景

计算学科源于欧美，诞生于 20 世纪 40 年代初。计算学科的理论基础可以说在第一台现代电子计算机出现以前就已经建立起来了，20 世纪 40 年代数字计算机产生后，促进了计算机设计、程序设计以及计算机理论等领域的发展。

早在 1943 年，英国的一台名叫“巨人”（Colossus）的计算机就投入了运行，用于译解德国密码，但由于英国政府 1970 年之前一直对它保密，人们无法了解，因

此，一般认为，美国宾夕法尼亚大学于 1946 年 2 月 14 日研制成功的 ENIAC (Electronic Numerical Integrator and Calculator, 电子数字积分器和计算器) 是世界第一台多功能、全电子数字计算机。

### 1.1.1 早期关于“计算机科学”名称的争论

最早的计算机科学学位课程是由美国普渡大学于 1962 年开设的。随后，斯坦福大学也开设了同样的学位课程。但针对“计算机科学”这一名称，在当时引起了激烈的争论。毕竟，当时的计算机主要用于数值计算，因此，大多数科学家认为使用计算机仅仅是编程问题，不需要作任何深刻的科学思考，没有必要设立学位。另外，很多人还认为，计算机从本质上说是一种职业而非学科。

### 1.1.2 《计算作为一门学科》报告的主要成果及其局限性

20 世纪 70~80 年代，计算技术得到了迅猛的发展，并开始渗透到大多数学科领域，但以往激烈的争论仍在继续。计算机科学能否作为一门学科？计算机科学是理科还是工科？或者只是一门技术、一个计算商品的研制者和销售者？

针对激烈的争论，1985 年春，ACM 和 IEEE-CS 联手组成攻关组，开始了对“计算作为一门学科”的存在性证明。经过近 4 年的工作，ACM 攻关组提交了《计算作为一门学科》(*Computing as a Discipline*) 的报告，完成了这一任务。该报告的主要内容刊登在 1989 年 1 月的《ACM 通讯》(*Communications of the ACM*) 杂志上。

#### 1. 《计算作为一门学科》报告的主要成果

ACM 攻关组提交的报告得到了 ACM 教育委员会的认可并批准发行。该报告取得了以下 3 个重要成果：

(1) 第一次给出了计算学科一个透彻的定义，回答了计算学科中长期以来一直争论的一些问题，完成了计算学科的“存在性”证明 (Existence Proof)。

(2) 在提出和解决计算教育中的第一个重大问题——计算作为一门学科的同时，还提出了未来计算教育必须解决的第二个重大问题——整个学科核心课程详细设计及第三个重大问题——整个学科综述性导引 (导论) 课程的构建。报告要求该综述性导引课程能以严密 (Rigorous) 的方式将学生引入整个学科各个富有挑战性的领域之中。

(3) 给出了计算学科二维定义矩阵的定义及相关研究内容，为最终用“新的思想方法”解决计算教育中的第三个重大问题奠定了一定的基础。

#### 2. 《计算作为一门学科》报告的局限性

《计算作为一门学科》报告所取得的第三个成果是它对学科的最重要贡献。而

对计算学科二维定义矩阵及相关内容的研究，其实就是报告中所称的找到了一个思考我们学科的“知识框架”（Intellectual Framework），而非对策；一个指导方针，而非（具体）指示。进一步而言，“知识框架”及其研究的实质其实也就是报告中所指的“新的思想方法”。这个“新的思想方法”是对计算领域几十年来的概括和总结，其目标就是要构建起计算学科自己的方法论（尽管报告没有认识到这一点）。此后，学术界不少学者自觉或不自觉地在这种“新的思想方法”的基础上对计算学科方法论展开了研究。

根据报告关于“学科划分”的介绍，我们不难得出这样的结论：专家们在工作中并没有真正认识到“新的思想方法”的本质，只不过是在不自觉中遵循了一般科学技术方法论的思想。在学科的划分问题上，报告是这样说的：专家们颇费心力，最初他们偏向于选择“模型”（Model）与“实现”（Implementation）相对，以及“算法”（Algorithm）与“机器”（Machine）相对，这两种方案无疑都可以反映计算学科研究的基本内容，但是这两个方案不是太抽象就是彼此的界限太模糊，大多数人很难认同这种划分方法。后来，专家们认识到计算学科的基本原理已被纳入理论、抽象和设计3个过程中，学科的各分支领域正是通过这3个过程来实现它们的目标，因此，最后选择了抽象、理论和设计3个过程的内容作为“新的思想方法”的基本内容。

抽象、理论和设计是一般科学技术方法论最基本的研究内容，遗憾的是，该报告没有认识到这一点，从而未能科学地、完整地建立起计算学科的方法论，不仅如此，该报告在强调3个过程是错综复杂地缠绕在一起的时候，却忽视了另一个更为重要的内容，即3个过程的内在联系，从而在一定程度上削弱了人们对该报告的理解。

### 1.1.3 CC1991 的主要成果

1990年，ACM和IEEE-CS联合攻关组在《计算作为一门学科》报告的基础上提交了关于计算学科教学计划的 *Computing Curricula 1991*（以下简称CC1991）报告，该报告的主要成果是：

（1）提取了计算学科中反复出现的（具有方法论性质的）12个核心概念。

（2）“社会的、道德的和职业的问题”主领域的提出，使计算学科方法论的研究更加完备。

然而，由于CC1991没有解决计算教育中的第二和第三个重大问题，并且与“计算作为一门学科”报告相比，没有重大的突破，因此，雄心勃勃的CC1991教学计划的执行远没有达到它的预期目标。尽管如此，它仍然对计算学科教育产生了很大的影响，并使一些学者开始考虑如何构建计算学科方法论的问题。

### 1.1.4 CC2001 的主要成果

1998 年秋, IEEE-CS 和 ACM 联手组成任务组, 开始了关于计算学科教学计划的 *Computing Curricula 2001* (以下简称 CC2001) 的起草工作。经过 3 年多的工作, 任务组于 2001 年 12 月提交了最终报告。该报告分析了自 CC1991 报告以来近 10 年的时间里, 计算领域中来自技术和文化方面的变化。根据这些变化, 任务组将 CC1991 报告划分的 11 个主领域扩展为 14 个主领域, 提出了计算机科学知识体 (Computer Science body of Knowledge) 的新概念, 并从领域、单元和主题三个不同的层次给出了知识体的内容, 为整个学科核心课程的详细设计奠定了基础。

CC2001 最终报告肯定了《计算作为一门学科》报告为“计算作为一门学科”被更为广泛地承认所作的贡献, 并称“这场为谋求合法性的战役取得了胜利”。但是 CC2001 也不得不承认与《计算作为一门学科》报告密切相关的 CC1991 教学计划的执行并没有达到预期的效果。为什么没有达到预期的效果? 报告认为主要是缺乏更详细的课程指导。现在, 新的 CC2001 报告不仅包含了更详细的课程设计内容, 还给出了详细的课程描述。但是, 许多重要的问题仍然没有解决, 如由于整个学科大量内容的罗列, 有可能使学生们只见树木, 不见森林, 因此, 有必要寻找对整个学科进行科学的、系统的分析和总结的方法。可以预见, 对新教学计划的争论仍将继续下去。

尽管 CC2001 最终报告还存在这样或那样的问题, 但它的贡献是显著的, 其主要的成果是完成了《计算作为一门学科》报告以来, 必需解决而又未解决的关于整个学科核心课程详细设计这样一个重大问题。

### 1.1.5 计算教育面临的 3 个重大问题

计算教育 3 个重大问题的确定为未来计算教育的研究指明了方向, 对计算学科的发展具有十分重要的意义。下面, 我们简要地介绍和分析《计算作为一门学科》报告中提出的 3 个重大问题。

#### 1. 3 个重大问题及其解决难点

##### (1) 第一个重大问题——计算作为一门学科的存在性证明

解决难点: 由于“证明一个学科的存在”是一个从来没有过的问题, 因此, 仅就“证明方式”来说, 要得到学术界的广泛认可就是一件非常困难的事。

##### (2) 第二个重大问题——整个学科核心课程的详细设计

解决难点: 关于整个学科核心课程的详细设计, 20 世纪 90 年代以来, 各高校或多或少都存在着一一些问题, 例如随意性较强、没有一定的章法可循等等。在这种情况下, 要让计算机的各种组织 (如学会、专业委员会) 以及企业界都认可其核心



是计算机专业本科阶段必须学习的内容，就是一件非常困难的事。

### · (3) 第三个重大问题——整个学科综述性导引（导论）课程的构建

解决难点：该问题的实质即是寻求一种统一的思想来认知计算学科的本质，并对计算学科进行系统化和科学化描述。ACM 攻关组针对这一问题提出了“严密性”和“挑战性”的要求。ACM 攻关组所指的“严密”，其英文单词是 *Rigorous*，这个词一般是指数学意义上的严密。也就是说，ACM 攻关组要求我们最好能用数学的方法来概括学科。现在的问题是，什么样的数学方法可以用来整理和总结学科？最好的答案自然就是公理化方法。而用公理化方法来概括学科，本身就是一件非常困难的工作。另外，在该课程中还应提出学科各主领域富有挑战性的科学问题，从而使问题难上加难。

## 2. 解决3个重大问题的意义

(1) 第一个重大问题的解决，对学科的发展至关重要。如果在众多分支领域都取得重大成果并已得到广泛应用的“计算”，连作为一门学科的客观存在都不能被说明，那么它的发展将受到极大的限制。因此，这种为争取学科应有地位而进行的抗争，对学科的发展至关重要。

(2) 第二个重大问题的解决，将为高校制定计算机教学计划奠定基础。确定一个公认的本科生必须掌握的核心内容，将避免教学计划设计中的随意性，从而为我们科学地制定教学计划奠定基础。

(3) 第三个重大问题的解决，将使人们对整个计算学科的认知科学化、系统化和逻辑化。如果人们对计算学科的认知能建立在公理化的基础上，那么计算学科就可以被认为是严谨的科学，也可以被认为是一门成熟的学科，从而有助于计算学科的发展，并将为此而赢得人们特别的尊重。

### 1.1.6 计算机科学与技术方法论的提出

2001年7月中旬，在上海召开的CC2001工作研讨会上，本书作者提交的《计算机科学与技术方法论》大会论文引起了IEEE-CS教育委员会副主席、CC2001工作组负责人Carl.Chang教授（美籍华人）的注意，并在大会特邀报告中肯定了该论文所具有的批判性。2001年8月1日，在网上公布的CC2001报告（草案），增加了作者充分肯定的原《计算作为一门学科》报告和CC1991报告中具有方法论性质的抽象、理论和设计三个过程，以及计算学科中反复出现的12个核心概念的内容，同时，还第一次增加了要求学生更多地了解方法论的内容。报告（草案）在新增的“关于学科导引性课程的基本宗旨”的论述中，再次将《计算作为一门学科》遗留下来的另一个尚未解决的重大问题——整个学科的综述性导引课程推向了前台。报告认为，符合所有有不同需要的学生的综述性导引课程是不存在的，从一个侧面启发