

用计算的观点看世界

酆全民 著

中山大学出版社

· 广州 ·



版权所有 翻印必究

图书在版编目 (CIP) 数据

用计算的观点看世界/酆全民著. —广州: 中山大学出版社, 2009. 3
ISBN 978 - 7 - 306 - 03276 - 8

I. 用… II. 酆… III. 科学哲学—研究 IV. N02

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 022483 号

出 版 人: 叶侨健

策划编辑: 鲁佳慧

责任编辑: 鲁佳慧

封面设计: 林锦华

责任校对: 陈 霞

责任技编: 黄少伟

出版发行: 中山大学出版社

电 话: 编辑部 020 - 84111996, 84113349

发行部 020 - 84111998, 84111981, 84111160

地 址: 广州市新港西路 135 号

邮 编: 510275 传 真: 020 - 84036565

网 址: <http://www.zsup.com.cn> E-mail: zdcbs@mail.sysu.edu.cn

印 刷 者: 佛山市南海印刷厂有限公司印刷

规 格: 787mm × 1092mm 1/16 13.75 印张 255 千字

版次印次: 2009 年 3 月第 1 版 2009 年 3 月第 1 次印刷

印 数: 1 - 3000 册 定 价: 28.00 元

本书如发现因印装质量问题影响阅读, 请与出版社发行部联系调换

目 录

第一章 导 论

第一节 计算无处不在	2
第二节 从“A”到“C”	4
第三节 计算绘就的新图景	9
第四节 认识世界的新方式	16

第二章 计算与实在

第一节 实在作为计算	20
第二节 什么是计算	24
第三节 计算与信息	28
第四节 计算主义的根隐喻	32
第五节 丘奇-图灵原理	40
第六节 计算实在论	43

第三章 计算的宇宙

第一节 宇宙作为计算机	56
第二节 量子实在	63
第三节 时空本性	76
第四节 复杂性的涌现	87

第四章 生命的本质

第一节 什么是生命	96
第二节 生物的计算机器	103
第三节 进化作为计算	109
第四节 生命的新形式	119
第五节 生命的计算本质	124

第五章 心智之谜

第一节 心身问题	129
第二节 认知的计算假说	135
第三节 认知的计算原理	146
第四节 心智的难题	157
第五节 意识的新解释	169

第六章 人之进化

第一节 心智的外化	179
第二节 人即符号	185
第三节 技术的本质	190
第四节 虚拟世界的涌现	195
第五节 人的复杂进化	205

参考文献	211
------------	-----

后 记	216
-----------	-----

第一章 导 论

不知从何时起，我们人类的祖先仰望着繁星满天的无际苍穹，抑或环视着生机盎然的芸芸众生，禁不住发出了这样的疑问：这天上人间是迥然有别还是浑然一体？它们究竟由什么所构成？所有这一切是亘古常在还是瞬息万变？它们是否由谁所创造？于是，便有了求知和探索的欲望；结果，就形成了关于世界的种种既朴素又极具想象力的观念，而这些观念起初主要蕴涵在充满拟人化色彩的神话、传说或原始宗教之中。

随着古代自然哲学和自然科学的萌生，关于世界究竟由什么构成和如何演化的基本问题被放置到了经验的视野下进行考察，人们开始意识到一些具体的质料（如水、土）可能就是形成世界的基本组元。进而，在理性的驱使下，希腊人提出了万物由不可分割的微小实体——原子所组成的伟大猜想。近代科学兴起以后，这种猜想自然地融入了经典科学的体系，并赋予了真正科学的意义。不过，到了 19 世纪末，原本以为不可分割的原子被打破了，而随后出现的量子革命，又事实上进一步颠覆了世界由微小实体所构成的观念。尽管如此，这种关于世界基本构成的实体观似乎依然在当前的科学文化中居于主流地位。

然而，情况正在发生变化。近二十几年来，在科学技术的不少前沿领域，一种把实在看做计算的新观念正在形成和发展：它不再认为构成世界的基本单位是实体性的粒子，取而代之的是计算或信息流。在此，我们把由这种新观念所代表的科学思潮叫做计算主义。

在很大程度上，哲学的生命力源于对时代变革作出积极的响应，因此，当代的哲学工作者有责任对这种新的科学思潮以及由此而引起人们的世界观和科学文化的改变作出批判性的反思。怀着这样一种使命感，在本书中，我们将领着读者浏览并欣赏科学前沿园地中正在盛开的“计算主义”之花，同时力求客观、系统、深入地对其中所涉及的科学和哲学问题进行探究。

第一节 计算无处不在

这是 2006 年金秋十月的一天。一阵熟悉的铃声把我从睡梦中唤醒，电子钟告诉我已经是早晨 7 点了。生怕授课迟到，我连忙起床。经过必要和程序化的早间准备后，我便急匆匆地上路了。在等待公交车的那一时刻，我顺便在身边的自动取款机上取了几张纸币，因为平日里发的工资都被“电子化”了。看到挤满了乘客的公交车驶来，我赶紧掏出公交卡，上了车，刷了卡。赶到教室门口，离上课的时间已经不多。教室里的多媒体设备照例已打开，我在计算机上插入闪存盘，点击鼠标，找到所需讲授的内容。一切准备就绪，上课的铃声也响了……

课后，我来到办公室，打开桌面上的计算机。我先习惯地查看了电子邮件。一封来自大洋彼岸的朋友来信说，我所需要的《程序化的宇宙》^①一书已经买到了，好消息！还有几封则是垃圾邮件，删！接着，我开始浏览新闻。今年自然科学方面的诺贝尔奖都发布了，但获奖的科学贡献还不太清楚，得先看一看，于是，我便找出相关的网页。马瑟（J. C. Mather）和斯莫特（G. F. Smoot）由于发现宇宙微波背景辐射的黑体特性和各向异性而共享了诺贝尔物理学奖；科恩伯格（R. D. Kornberg）因为详尽地描述了真核细胞转录的整个过程而荣获了化学奖；生理学和医学奖则给了菲尔（A. Z. Fire）和梅洛（C. C. Mello），以表彰他们发现 RNA 的干扰现象。噢，都是美国科学家。无意间，还有一条科学新闻也格外引起我的注意：丹麦科学家日前宣布，他们成功地在光和实物之间实现了量子态信息的隐形传输。

以上描述的正是作者所经历的片段。我隐约地感觉到，这中间发生的几乎每一件事都与我们打算在本书中详细阐述的主题息息相关。不是吗？电子钟静悄悄地计着电子的跳动数，并把结果（信息）明白无误地显示出来。自动取款机快速读得银行卡上的信息后，便询问我需要什么服务；当我输入所需服务的信息后，它准确地计算出并告诉我所得的信息，当然，也没有忘记递给我几张纸币。类似地，公交卡即刻便完成了该做的信息操作。至于多媒体设备中所发生的过程，不外乎读取信息，处理信息，又输出信息，一切都是那样有条不紊地进行。

如果我们把计算理解为信息处理或操作，上述所阐述的过程不就是一个

^① S. Lloyd. *Programming the Universe*. New York: Alfred A. Knof Publisher, 2006.

个计算的过程吗？也许，你觉得这些过程离不开以某种实物（硬件）作为载体，在这里我们暂且先承认这一点。^①但对我们来说，具有实质意义的无疑是其中的计算或信息处理的过程。当然，你也可能认为，这里所考虑的电子钟、自动取款机、公交卡和多媒体设备都是人工制品，它们之所以能够计算是出于人的劳作，是我们赋予了它们计算的功能，因为我们人能进行计算；而谈到自然过程，比如说一株小草的生长，恐怕就不能认为它也在计算或操作信息吧。不见得。事实上，人们正在越来越习惯于用计算或信息处理的语言述说自然界发生的过程。就拿上述获得诺贝尔奖的几项科学成就来说。我们知道，从细胞核内的 DNA 发出的合成蛋白质的指令是通过信使 mRNA 而传递的，而菲尔和梅洛所发现的 RNA 干扰现象，正是一个有关控制基因（DNA 片断）信息流程的关键的计算机理。类似地，科恩伯格所详尽描述的真核细胞转录过程，实质上不也正是一个生物信息的备份和变换（即计算）过程吗？还有，马瑟和斯莫特发现的宇宙微波背景辐射的各向异性，实际上就是表征差异的量子态信息，而它预示着宇宙能够凭借这种初始条件演化（计算）出千姿百态的复杂世界。这不正是给美国的量子计算专家洛依德（S. Lloyd）在《程序化的宇宙》中所主张的“宇宙是一台计算机”的大胆假说提供了一种支持性的证据吗？

所有这些事例，把我们引向一种正在形成的共识：在当今世界上，计算几乎无处不在，实际上已经成了我们这个时代的基本特征。随着计算机与网络技术的广泛应用和普及，计算渗透进了人类社会的方方面面，改变着人们学习、工作和生活的方式，所产生的影响无疑是革命性的。可以说，我们人类赖以生存的世界是建立在各种各样的计算之上，计算已经融入我们的整个文化之中。我们中的许多人之所以通常并未意识到这一点，是因为计算过程尽可能地隐藏在了现象的背后。在日常的工作和生活中，我们一般无须知道或弄懂我们所使用的人工制品中体现计算的规则或程序是什么，它们是如何运作的，也就是说，我们只需把这些制品当做“黑箱”来看待和使用就行了。例如，此刻，我正在用微软公司生产的文字处理软件写作。我习惯地对文本进行“保存”、“复制”和“删除”等操作，尽管我知道这些操作背后对应着某种或某些程序的执行，但我确实不清楚也无须知道它或它们具体是什么，又是如何执行的。事实上，从大到航天器小到纳米器件的难以计数的人类创造物中，确实物化着各种各样的计算。当然，总有前人理解并实现了这些计算，而如今也必须有人构思新的算法并进而创造性地加以实现，否

① 在第二章中，我们将论证这种实物性的载体并不是计算的先决条件。

则，我们人类的文明就会马上停滞不前，甚至出现倒退。

对于哲学的认识论和本体论而言，重要的还在于：计算的观念和方法已经改变了我们认识世界的视角，并正在形成一种关于实在本质的新观点。单从上述获得诺贝尔奖的成就中，我们就可窥见，当代科学家在认识世界的过程中，已经越来越意识到自然界发生的过程实质上就是计算或信息处理的过程，因此也就倾向于用计算或信息的语言来描述、解释和预言自然现象。实际上，这种变化已经出现在宇宙学、量子引力论、量子理论的诠释、分子生物学、系统生物学、生物信息学、神经科学和认知科学等自然科学的前沿领域，出现在人工智能、人工生命和虚拟实在技术等计算机科学和技术中，出现在信息经济学、认知社会学等新兴的社会科学中，当然也出现在形式本体论、计算哲学和信息哲学等哲学的新分支中。一旦从这种新视角来看待人类所赖以生存的世界，我们就会惊奇地发现，计算在自然界和人类社会内部同样无处不在。

既然在人类社会里计算无处不在，既然当代科学向我们昭示自然过程也是计算的过程，那么，我们就有理由把这样看待世界的新方式上升到世界观的高度，并作出这样的本体论允诺：实在本质上是计算的，而宇宙则是一台巨大的计算机。这就是当代科学和哲学中的计算主义思潮的基本主张。为了更好地阐述和评析这一主张，我们得先追寻这种世界观的原初思想踪迹，并厘清当代计算主义的来龙去脉。让我们一起上路吧！

第二节 从“A”到“C”

也许有读者会建议，要追寻计算主义的原初踪迹，可以从我们中国古代圣哲们的思想开始，比如老子就主张“道生一，一生二，二生三，三生万物”，其中似乎隐含着一种基于数字的计算而生成宇宙万物的观点。不过，我们并不认为探究老子的这种主张是一个合适和合理的起点，因为计算主义是从西方文化中孕育出来的，它的原初思想直接源于古希腊文明，而与东方文明的关系至多是间接的。

基于这样的考虑，我们就把视线首先转向久远的希腊。古希腊人所创造的文明是如此深刻、广泛和前瞻，以至于当我们如今因萌生出某种关于自然或人类的大智慧而沾沾自喜时，往往未曾料到古希腊的某位哲人早在数千年前就已经天才地洞察到了。20世纪90年代以来，数字化的浪潮席卷全球，人类迅速地跨入了以数字为标志的新时代，似乎预示着一切都可以数字化。

猛然，有人意识到，这数字化思想的“老祖宗”不正是那位带有神秘色彩的毕达哥拉斯吗？从一定的意义上说，确实如此。在毕达哥拉斯及其所创立的学派中，数和数字之间的关系第一次获得了本体论上的意义，因为他们相信“万物皆数”。毕达哥拉斯学派将数想象为微粒般的点，将点排列成形状，每个形状代表了一个真实的实体，而数的关系则是实体的本质，于是，数成了宇宙的质料和形式。虽然把数作为万物本原的信念多少会让人感到有点不可思议，但是却蕴涵着两个非常重要的思想：一为自然是根据数学的原理建立的，另一就是数的关系居于自然秩序背后，统一并规定着自然秩序。在日后兴起的近现代科学中，这些思想得到了充分的体现，以至于我们不得不为毕达哥拉斯及其学派的天才直觉而惊叹。

不过，把万物的本原视作数和数的关系的观念似乎在本体论上没有多少意义，因为数是抽象的概念，而人们在经验中知觉到的组成世界的东西却是具体的事物。因此，在大多数人看来，把世界看做是具有广延的实体组成的唯物主义的信念显得更为自然和合理。正因为如此，在古希腊，最先提出世界本原问题的泰勒斯将水作为组成自然的最基本元素。沿着这条认识思路，留基伯和德谟克里特提出了原子论。他们相信所有的物体是由位置、大小和形状不同的原子组成，这些原子不生不灭，并在虚空中运动而不断相互碰撞，形成了整个物质世界。

随着近代科学的兴起和发展，古希腊人的天才猜测得以建立在坚实的实验科学的基础之上；而与此相应，世界归根究底是由物质粒子所组成的唯物主义的实体观也成了人们探索宇宙和微观世界的基本信念。尽管在近代科学之父伽利略看来，大自然这本书是用数学的语言写成的，而且事实上从他开始，数学在自然科学中获得了越来越广泛的成功应用，但通常人们还是把自然之书由数学写成的说法仅仅看做是一个有用的比喻，而不是一种关于世界的本体论主张。这是因为，按照通常的理解，当把数学应用到具体的自然科学中时，人们是把它作为表征具体事物和事物之间关系的符号，也就是这样一种抽象的数学形式表示的是关于事物的某些信息而并非涉指该事物本身。因此，在16~19世纪近代科学的产生和发展时期，虽然数学在物理科学中得到普遍应用，但对于自然界究竟是由什么构成这一基本问题的回答，在自然科学家和主张唯物主义的哲学家中，主流的观点便倾向于认为是物质实体或粒子以及它们之间的相互联系或相互作用。基于这样一种物质的实体观，加之受控实验方法的普遍使用和运用数学对具体事物之间的相互联系或作用的形式表征和推演，近代科学在揭示自然界的基本组成和结构方面取得了极大的成功。站在伽利略和开普勒等巨人的肩膀上，牛顿向我们揭开了宏观物

体运动的奥秘，并把天上世界和地上世界统一起来；道尔顿等人建立了科学意义的原子分子论，之后门捷列夫又找到了不同元素之间的内在联系；施莱顿和施旺所创立的细胞学说，则揭示出了所有动植物的共同的物质基础；而到了 19 世纪末，又发现原子可能是由更为基本的粒子所组成。近代科学所揭示的这幅自然图景，无疑强化了世界是由物质实体所组成的本体论信念。由于这种信念所表达的是一种万物由微小实体组成的世界观，所以我们不妨以“A”作为标志。

然而，就在世界的物质构成的实体观似乎越来越得到印证的同时，另外两种关于实在的新观念也正随着科学和技术的新发现、新发明和对经典物理学基础的批判性反思而悄然萌生。其中一种与 19 世纪能量守恒与转化定律的发现和电磁场理论的创立密切相关。这些科学的新发现表明，至少存在着与粒子性的实体同样真实的另一类物质形式，那就是能或场，甚至前者可以看做是由后者所构成的。这种思想在 20 世纪上半叶得到了进一步的发展，尤其在微观世界中，实际上取代了传统的实体观。另一种观念则与当代计算主义有着更强的关联，可以说是计算主义的直接渊源，那就是计算或信息处理。从时间顺序上看，这后一种观念比能或场的观念产生得更早，不过它起初并不是作为一种关于实在的新的世界观而出现，而是为了说明我们人类的思维过程和人工制品实现数学和符号演算的需要。出于本书的目的，我们在这里着重回顾这种计算思想的产生和发展过程。

说到计算，人们最初只把它看做是人进行某种数值的输入和输出的变换，但事实上，计算的含义早已不囿于这样一种狭隘的理解。早在 17 ~ 18 世纪，一些哲学家为了对人的心智过程作出机械的解释或探求人的思维的机械实现，就已经开始在更广的意义上使用计算这一概念了。例如，17 世纪的英国哲学家霍布斯在其主要的著作《列维坦》中就大胆地主张：“我们的心智所做的一切都是计算。”^① 在这些哲学家中，对符号计算思想作出较系统的阐述并对现代计算机科学与技术产生重大影响的无疑当推莱布尼茨。

莱布尼茨是人类历史上非常罕见的百科全书式的人物之一。他不仅在西方哲学史上具有极其重要的地位，而且独立地创立了微积分，提出了现代计算机的理论基础之一——数理逻辑的基本构想，还发明了可以完成乘法和除法运算的机械装置。莱布尼茨认为，人类需要一种普遍的人工符号系统，就像算术和代数中所使用的特殊符号以及他为微积分运算所引入的符号所组成，能够包含人类的全部知识领域。他设想的“机械推理者”是一个无需

^① T. Hobbes, *Leviathan. The Collected Works of Thomas Hobbes*. London: Routledge, 1994, p. 30.

人的帮助就可以执行逻辑推理的机械系统，而有两个重要的思想支持着这种机械推理者的实现的可能性：“一个是推理包括符号表征的操作，另一个是逻辑可以看做形式的演绎系统，推理以演绎的形式根据规则加以展开。”^①第一种思想与莱布尼茨关于概念和语言的观点内在地相关，因为他认为所有复杂的表征都可以由一些简单的表征构成，而这些简单表征不能靠其他表征来分析，因而是基本的。第二个观点对于推理的机械化至关重要：通过把逻辑看做形式的演绎系统，推理的有效原则可以明确地表示成为演绎的规则，这样，一旦推理的原则以这些规则的形式表达出来，我们可以把它们直接应用到表征，而不用知道表征究竟代表的是什么，也不用人为地担心结论是否有效。因此，使用符号表征和演绎规则的机械装置可以仅仅通过“计算”来实现推理。作为一种应用，莱布尼茨甚至确信，他的形式推理方法可以解决任何哲学争论，因为一旦把某个引起争议的陈述形式化，那么它的有效性就可以机械地检验。他写道：“对两个哲学家之间的争论能够与两个会计之间的争论一样对待。因为只需这样做就足够了：各自把笔握在手中，坐在石板上，相互说：算（*calculemus*）——让我们计算吧。”^②

显然，在这里，莱布尼茨把撇开符号所表征的语义内容的形式操作的作用过分地夸大了，而“机械推理者”的构想在当时也缺乏足够的理论准备和实现的物理条件。但他的思想无疑是非常伟大和具有前瞻性的，仿佛已经预见到了20世纪的计算机时代的来临。当然，我们知道，从莱布尼茨到电子计算机的诞生，人类事实上走过了相当漫长和曲折的探索道路。在这期间，发生在19世纪的理论准备和实践探索具有重要的意义，特别值得一提的是英国数学家布尔（G. Boole）和巴贝奇（C. Babbage）的工作。

事实上，莱布尼茨的思想在当时和日后很长的时间内并没有引起哲学家和数学家的广泛响应。这种情况直到1847年布尔创立逻辑代数才有了改变。布尔希望把人类思维的规律数学化、符号化。为此，他用字母表示类，就像字母以前曾被用来表示数一样。比如，如果字母X和Y表示两种特定的类，那么XY则表示既在X又在Y中的事物的类。他认为这种类的运算类似于数的乘法运算。结果，布尔就把二值逻辑变成了代数，把演绎推理过程变成了代数计算过程。^③

在计算思想和计算机的发展过程中，有时是技术设计和制作先行。比布

① M. Scheutz (ed.) . *Computationalism: New Directions*. Cambridge: MIT Press, 2002, p. 4.

② M. Scheutz (ed.) . *Computationalism: New Directions*. Cambridge: MIT Press, 2002, p. 5.

③ (美) E. T. 贝尔:《数学大师》，徐源译，上海科技教育出版社2004年版，第531~536页。

尔创立逻辑代数更早，他的同胞、现代计算机的先驱者巴贝奇就已经在1822年发明了专门用于航海和天文计算的差分机。而到了1834年，受加卡提花机利用穿孔卡控制编制纹样的原理的启发，他设计出了世界上第一台普适分析机。从组成结构上看，巴贝奇的分析机采用了三个具有现代意义的装置：保存数据的齿轮式装置（寄存器）、从该装置取出数据进行运算的装置和选择所需处理的数据、控制操作顺序以及输出结果的装置。^①可以说，如果具备当今我们拥有的物理实现条件，他所设计的分析机就是一台可行的普适计算机。只可惜在当时的技术条件下，巴贝奇及其合作者还无法真正实现他们的天才设计，但其中的一些思想，尤其是程序的存储控制思想，对现代电子计算机的发展产生了重要的影响。

究竟世界上第一台电子计算机是谁发明的，至今依然争议不绝。不过，对于我们这里的阐述而言，重要的是并不是谁具体发明了它，而是它确实在20世纪中叶由人类成功地创造出来了。事实上，像这样一种极其伟大而又复杂的发明不可能是个人单独所为，甚至也不可能只靠一二代人就能成功。上述先辈们的思想和努力其实都对电子计算机的产生起到了或多或少的作用。

根据当代英国的人工智能学者斯罗曼（A. Sloman）的考察和分析，导致现代电子计算机诞生的有两条技术发展的主线，分别为控制物理机理的机器的发展和实行抽象操作（如数的操作）的机器的发展。第一条主线包括控制内部和外部物理过程的机器的发明和生产，经过几个世纪的努力，出现了如钟表、印刷机、蒸汽机和织布机等具有重大意义的装置。其中，控制织布的需要，尤其是需要一台机器能够在不同时间用不同的样式来织布，是产生普适机器思想和发明加卡提花机的主要驱动力。第二条主线开始于生产机械的计数装置，帕斯卡（B. Pascal）的加法机器和莱布尼茨的乘法机器是这条主线上早期取得的重要发明。这类机器所实现的是对抽象实体的操作，而这样的操作依赖于系统地把抽象实体和运算映射到物理机器的实体和过程的可能性。^②在这两类机器中，能量对于实现操作是必要的，它可以由人或其他的动力装置来提供；而为了完成设定的任务，对该做什么的控制显得更为重要，因此需要由人或机器本身来提供这样的控制信息。历史地看，虽然这

① R. Rucker. *The Lifebox, the Seashell and the Soul*. New York: Thunder's Mouth Press, 2005, pp. 37 ~ 38.

② M. Scheutz (ed.). *Computationalism: New Directions*. Cambridge: MIT Press, 2002, pp. 89 ~ 92.

两条主线的目标并不相同，但是，为了实现基于信息的控制装置的多用途和信息处理的自主性，它们的融合将是自然和必然的。这一融合的趋势在巴贝奇的分析机就已经得到了体现，而电子计算机的问世和发展则更是把两者合为一体了。由此可见，电子计算机的发明是人类技术和计算思想发展的结晶。

而从理论上说，对于现代计算思想作出开创性贡献的无疑是英国天才的数学家和逻辑学家图灵。在20世纪30年代，图灵为了解决由伟大的德国数学家希尔伯特（D. Hilbert）所提出的判定问题，对人在不依靠直觉和洞察下的计算过程进行了抽象和分析，并在此基础上提出了能行可计算的概念和普适图灵机模型。虽然根据斯罗曼的考证，最早的电子计算机的具体设计和制造基本上是独立于计算的数学理论而发生的，但日后的研究表明，由图灵所提出的计算思想恰好可以作为普适的电子计算机的理论基础。

毫无疑问，在当今社会，计算之所以变得无处不在，主要原因就在于电子计算机的问世和广泛应用。不过，如果对当代计算机那令人惊叹的多功能、多用途稍作思考，也许你立刻就会意识到，计算机这一名称多少是一种误用，因为它似乎仅仅意指计数和数值运算，而实际上却能操作任何种类的符号或信息。但从另一个角度看，正是这种“误用”导致了计算含义的扩展和深化：计算被认同于对符号的操作或信息处理。从上面的历史回顾和分析中，我们不难看出，计算机的发展事实上正是由人类控制和处理信息的实际需要所驱动的。而电子计算机能处理任何种类信息这一基本特性的重要意义在于：它不仅极大地扩展了我们加工和传播信息的能力，把我们推向一个以生产和消费信息为主的新时代，而且正在革命性地改变我们关于世界和自身的基本看法，实现我们的世界观从“A”到“C”^①的转变。

第三节 计算绘就的新图景

尽管计算主义的若干思想萌芽可以从霍布斯和莱布尼茨等哲学家的著作中找到，但它作为一种新的思潮开始获得具有世界观意义上的地位，从而实现由“A”到“C”的转变，绘出一幅关于世界的新图景，则发生在新近。

一般认为，当代计算主义思潮发端于20世纪50年代，它首先是作为人工智能和认知科学等新兴学科的观念基础而出现的，因此起初叫做认知计算

① 这里的“C”取自英语计算（Computation）一词的第一个字母。

主义或简称为计算主义。人类对于自身心智的探索由来已久，而以往只能基于内省或外在的行为观察作些思辨性的猜测；人类也一直期望把自身的智能外化，让机器也具备智能或能像人那样进行思维，但一直受制于技术而未能真正实现。电子计算机的问世为我们认识自身心智的本质和实现人工的智能带来了强有力的新观念、新方法和新工具。在这样的背景下，1950年，图灵发表了一篇划时代的论文，那就是《计算机器和智能》。在文中，图灵提出了判断机器能否思维的“图灵测试”标准，并对种种反对机器能够思维的观点进行了有力的反驳。1956年，一群数学家和计算机科学家在美国新罕布什尔州的达特茅斯学院举办了一个夏季学术讨论会，目的是确定智能的特性和行为原则上是否可以用机器来模拟。会上，经麦卡锡（J. McCarthy）提议，首次使用了“人工智能”（Artificial Intelligence）一词来概括这一新的研究方向。与会人员中还有明斯基（M. Minsky）、纽厄尔（A. Newell）和西蒙（H. Simon）等人，他们与麦卡锡一起成为了人工智能这门学科的创立者。

早期的人工智能把智能理解为知识基加推理工具，因而着眼于对知识的符号表示，并基于规则对符号进行操作，这样的进路在下棋、定理证明和设计专家系统等方面取得了不少成功。对于人工智能的程序而言，计算就是对符号的操作。作为信息处理系统，无论是人脑还是计算机，都是操作、处理符号的物理系统，因此，人类认知和智能活动的实质就是计算。这正是认知计算主义的核心主张，也是人工的智能行为有可能在机器上得以实现的理论依据。基于这一认识，纽厄尔和西蒙提出了物理符号系统假说，声称：“作为一般的智能行为，物理符号系统具有的計算手段既是必要的也是充分的。”^①于是，人类的认知活动和智能行为就可以经编码成为符号而通过计算机来模拟或实现。

差不多同时，在心理学领域，一些心理学家开始对心理研究的行为主义方法论越来越感到不满。这种方法论只主张运用黑箱方法对人和动物的行为进行观察和实验研究，而取消了对心智过程和机理的探究，理由是心智本身是无法用经验来检验的。然而，这种试图只研究行为而使得心理学变成“硬”科学的努力遇到了难以克服的障碍。一个很重要的方面是在描述人的行为时，根本不可能做到不使用具有心智内容的词汇，这表明需要运用新的方法论来改变当时心理学研究的状况。这时，有些心理学家开始注意到，如

^① A. Newell, H. Simon. Computer Science as Empirical Inquiry. *Communication of the Association for Computing Machinery*, 1975, 19 (3), p. 113.

果把人的大脑与计算机作类比,并进而假定人脑所做的也是一个信息处理或计算的过程,则就可以为心理学提出新的研究进路。沿着这条思路,就产生了认知心理学和认知科学。

主要以人的心智为研究对象的认知科学,作为一个相对独立的学科则出现于20世纪70年代,其重要标志是国际性期刊《认知科学》在1977年的问世。此前,一批活跃在心理学、计算机科学、人工智能、神经科学和哲学等不同领域的研究者已经意识到,在人的心智中存在着某些起作用的原理,如果想把握它们,就需要适当的新词汇来陈述,而不能用现成的行为主义心理学、生物学或物理学等经验学科和自动控制、通讯理论等技术学科的词汇。^①也就是说,心智的理解是一个超越了任何已有学科范围的任务,但这一问题又与许多学科(如心理学、人工智能和哲学)有着内在的关联。这就决定了认知科学是一门交叉学科,而它与其他学科之间存在着一个重要的不对称,例如,虽然认知科学包括心理学的内容,但并不意味着每个心理学家都是认知科学家。事实上,认知科学并不是包括所有相关学科的“伞型组织”,而是一个突现于这些不同领域的交叉地带的新学科。在这个交叉区域从事研究的人们操着共同的语言,构成这种共同语言基础的就是认知科学的基本工作假说,即认知是信息处理的过程,它能够用表示(目标、信念、知识和知觉等)和对这些表示实施操作的规则来解释。这个工作假说提供了共同的语言规范,使得来自不同学科的研究者之间能够进行交流,即使他们以往接受训练的领域各不相同。而这个工作假说正是认知计算主义研究纲领的核心,因为它规定了认知科学领域的研究者的基本任务就是探究在人类心智中发生的表示和计算的具体类型、机理和形式。在1984年出版的《计算与认知》一书中,美国的认知科学家派利夏恩(Z. W. Pylyshyn)第一次系统地阐述了认知计算主义的核心主张和认知科学研究的基本问题。^②

从具体的研究领域看,对于认知计算主义的核心观点,存在着一些口号式的表述,如“心智之于大脑如同程序之于硬件”、“大脑是个计算机”、“心智是大脑的程序”、“认知就是计算”、“思维就是信息加工”。^③之所以出现这些含义上略显不同的用语和表述,主要是因为人工智能和认知科学领

① Z. W. Pylyshyn. *Introduction: Cognitive Architecture and the Hope for a Science of Cognition*. In Z. W. Pylyshyn (ed.). *Constraining Cognitive Theories*. London: Ablex Publishing Corporation, 1998, pp. 1 ~ 2.

② (美)泽农·W. 派利夏恩:《计算与认知》,任晓明、王左立译,中国人民大学出版社2007年版。

③ M. Scheutz (ed.). *Computationalism: New Directions*. Cambridge: MIT Press, 2002, p. 8.

域的早期研究者中有许多人是来自其他不同的专业领域，他们往往从自身的专业背景和视角出发来理解认知计算主义的主张。不过，从这些表述中可以看出，认知计算主义的实质就是把心智看做计算，而计算则被理解为是信息处理或加工。可以说，这种关于心智的计算主张为人工智能和认知科学这两门年轻的学科提供了本体论和方法论的基石。

一个有趣的现象是，认知计算主义自诞生起一直处于来自不同方面的攻击之中。这些攻击或批评既有出自哲学家和逻辑学家之手的，也有出自于人工智能和认知科学内部的。此外，在实践上也确实遇到了巨大的障碍，如人工智能专家还没有制造出真正的智能机，因为既然认知是基于表示的计算，那么为什么建造智能机会如此困难？而认知科学家也还不能令人信服地解释人类认知的可塑性，不知道面对新问题、新情况时心智是如何运作的。然而，认知计算主义这一研究纲领并没有因为受到攻击和遇到困难而被大多数人工智能专家和认知科学家所放弃；相反，近年来，认知的计算研究在不断深入，认知科学的学科地位在不断提高，同时对认知计算主义的理解也在不断加深。2002年，美国的人工智能专家和哲学家舒尔茨（M. Scheutz）的《计算主义的新方向》一书反映了这种变化趋势。^①

而事实上，就在认知计算主义形成以后不久，随着计算的概念和思想往其他科学领域的扩展，一种更为广义的计算主义得以形成。20世纪80年代以来，随着人工生命、生物信息学、引力量子理论、量子计算和元胞自动机理论等的产生和发展，计算的思想开始广泛地渗透到生命科学和物理科学等前沿阵地。

在生命科学领域，自1953年沃森和克里克等科学家提出DNA双螺旋结构模型，从而揭示基因的分子结构之谜以后，原本还多少限于技术学科的计算和信息语言就开始在分子生物学家中间流行起来。代码、编码、复制、表达、操作和转录等成了生物学期刊中的常用词汇。而到了20世纪80年代，随着人工生命和生物信息学等学科的兴起和发展，生命的计算本质进一步显现出来：基因本身是数字式的信息，而对这些信息的操作就是计算。

作为一门新兴学科，人工生命致力于通过对人工生物的创建和研究来揭示生命的本质和生命形式的多样性。人工生命（Artificial Life）这一名称由该学科的主要创始人之一朗顿（C. G. Langton）在1986年率先提出。到了1987年9月，朗顿在美国新墨西哥州的洛斯阿拉莫斯国家实验室组织召开了第一次人工生命的学术研讨会。150多位来自世界各地的科学家济一

^① M. Scheutz (ed.). *Computationalism: New Directions*. Cambridge: MIT Press, 2002, p. 8.