

 第一推动丛书>>第四辑



逻辑的引擎

[美] 马丁·戴维斯 著 张卜天 译  湖南科学技术出版社

● 第一推动丛书 >> 第四辑



逻辑的引擎

[美] 马丁·戴维斯 著 张卜天 译 湖南科学技术出版社

Engines of Logic

Mathematicians and the Origin of the Computer

Copyright© 2000 by Martin Davis

All rights reserved.

湖南科学技术出版社通过博达著作权代理有限公司独家获得本书简体中文版中国大陆地区出版发行权。

本书根据美国 W. W. Norton 公司 2000 年版本译出。

著作权合同登记号: 18-2005-055

第一推动丛书 第四辑

逻辑的引擎

著 者: [美] 马丁·戴维斯

译 者: 张卜天

责任编辑: 吴 炜 戴 涛

出版发行: 湖南科学技术出版社

社 址: 长沙市湘雅路 276 号

<http://www.hnsp.com>

邮购联系: 本社直销科 0731 - 4375808

印 刷: 长沙化勘印刷有限公司

(印装质量问题请直接与本厂联系)

厂 址: 长沙市青园路 4 号

邮 编: 410004

出版日期: 2005 年 5 月第 1 版第 1 次

开 本: 880mm×1230mm 1/32

印 张: 9.75

字 数: 198000

书 号: ISBN 7 - 5357 - 4239 - 4/N·126

定 价: 20.00 元

(版权所有·翻印必究)

前言

本书讲述的是我们的现代计算机背后的那些基本概念和发展出这些概念的人。1951 年春，当我在阿兰·图灵（Alan Turing）本人曾于 10 年前工作过的普林斯顿大学获得了数理逻辑博士学位之后不久，我便在伊利诺伊大学讲授一门以他的思想为基础的课程。有一位一直在听我的讲座的年轻的数学家使我注意到教室的街对面正在建造的两台机器，他认为它们就是图灵观念的物理体现。不久，我就在为这些早期的计算机编写软件了。我持续了半个多世纪的职业生涯便是围绕着现代计算机背后的抽象逻辑概念与它们的物理实现之间的关系而展开的。

计算机从 20 世纪 50 年代的塞满整个房间的庞然大物，逐渐演变成今天轻巧而强大的能够完成各种任务的机器，在整个过程中，其背后的逻辑始终保持如一。这些逻辑概念是几个世纪以来数位天才思想家一步步发展出来的。在本书中，我将

讲述这些人的生活故事，并解释他们的部分思想。这些故事本身是引人入胜的，我希望读者们不仅能够喜欢它们，而且在读完之后能够更加了解计算机内部的秘密，同时对抽象思想的价值多一份敬意。

x 在本书写作过程中，我曾得益于各种各样的帮助。约翰·西蒙·古根海姆纪念基金会在研究的早期阶段提供了热情的经济资助，正是当时所做的那些研究才使本书得以问世。Patricia Blanchette, Michael Friedman, Andrew Hodges, Lothar Kreiser 和 Benson Mates 慷慨地与我分享他们那些专业知识。Tony Sale 友好地充当了我游览布莱奇利庄园的导游，图灵曾于二战期间在那里对破译德军的秘密通讯起了关键性的作用。Eloise Segal 是一位忠实而热心的读者，他帮助我避免了解释方面的缺陷，可惜，他在这本书写成之前就离开了这个世界。我的妻子弗吉尼亚竭力使我避免行文含糊不清。Sherman Stein 极为认真地读了原稿，提出了许多改进意见，而且纠正了我的几处错误。我还得益于 Egon Börger, William Craig, Michael Richter, Alexis Manaster Ramer, Wilfried Sieg 和 François Treves 等人的翻译。提出有益建议的其他读者还有：Harold Davis, Nathan Davis, Jack Feldman, Meyer Garber, Dick and Peggy Kuhns 和 Alberto Policriti。我在 W·W·诺顿公司的编辑 Ed Barber 用他那关于英语散文的学识慷慨地对本书加以润色，多处改进都直接得益于此。Harold Rabinowitz 向我引见了我的代理商 Alex Hoyt，后者自始至终都在帮助我。当然，这一长串名字只是要表达我的感激之情，而不是要使我摆脱本书不足之处的责任。有关评论或修正，读者可发邮件至 davis@eipye.com，我将心怀

感激。

马丁·戴维斯

伯克利，2000 年 1 月 2 日

平装版注释：当本书的精装版（名为《通用计算机》（*The Universal Computer*））正要付梓刊行之时，Julio Gonzales Cabillon 和 John McCarthy 及时使我注意到了几处潜在的令人难堪的错误。对此我感激不尽，同时也很遗憾他们的帮助未能来得及在前言中提及。就在那本书面世后不久，和我一同游览尼罗河的小伙伴 Connie Holmes 使我注意到，有一段曾经被我认为极为明晰的段落实际上是含糊不清的，我已在这一版中进行了修改。谢谢你，Connie。

引言

如果，一台为了微分方程数值解而设计的机器与百货商店里的一台用来开账单的机器的基本逻辑是一致的，那么我将把这看成我所遇到过的最令人惊异的一致。

——霍华德·艾肯，1956 年¹

现在，让我们回到理论计算机的类比上来……可以证明，我们能够制造出一台那种特殊类型的机器来完成所有这一切工作。事实上，它可以作为任何其他机器的一个模型。这种特殊的机器或可被称为“通用机”。

——阿兰·图灵，1947 年²

1945 年秋，正当包含了数千根真空管的巨型计算机 ENIAC（电子数字积分计算机）在费城的摩尔电子工程学院接



近完成之时，一群专家定期会面以对其计划中的继承者 EDVAC（电子离散变量自动计算机）进行讨论。时间一周周过去了，会面时的言辞变得愈发激烈起来，专家们也随之分成了两派，即所谓的“工程师”派和“逻辑学家”派。工程师派的领导者约翰·普莱斯伯·埃克特无可厚非地对他在 ENIAC 上的成就感到骄傲。要让 15000 根热真空管共同完成任何一项工作，这都被认为是不可能的。然而，通过小心稳妥的设计原理，埃克特出色地完成了任务。不过，一份关于 EDVAC 的设计报告正在流传，署名者是小组中逻辑学家派的领导者——著名的数学家约翰·冯·诺依曼（这使埃克特颇为恼火），也正是在此时，争论达到了白热化。那份报告毫不在意工程细节，而是提出了今天以冯·诺依曼结构而闻名的逻辑计算机的基本设计。

尽管 ENIAC 是工程上的极品，但它却是一堆逻辑上的东西。正是冯·诺依曼作为一个逻辑学家的技能——以及他从英国逻辑学家阿兰·图灵那里学到的东西——使他能够理解，计算机实际上是逻辑机器。它的电路体现了几个世纪以来一大批逻辑学家所提出的观点之精华。当前，正当计算机技术以惊人的速度前进时，正当我们羡慕工程师们令人瞩目的成就之时，我们很容易忘记那些逻辑学家，正是他们的思想使得这一切成为可能。本书讲述的就是他们的故事。

目 录

前言/ 1

引言/ 1

第一章 莱布尼茨之梦/ 1

第二章 布尔把逻辑变成代数/ 21

第三章 弗雷格：从突破到绝望/ 45

第四章 康托尔：在无限中摸索/ 66

第五章 希尔伯特的营救/ 92

第六章 哥德尔使计划落空/ 118

第七章 图灵构想通用计算机/ 156

第八章 研制第一批通用计算机/ 197

第九章 超越莱布尼茨之梦/ 221



尾声/ 232

注释/ 234

参考书目/ 264

索引/ 274

译后记/ 291

第一章 莱布尼茨之梦

3

矿藏丰富的哈尔茨（Harz）山脉位于德国城市汉诺威东南，自公元 10 世纪起就已经有人来这个地区采矿了。由于地层深处含水较多，所以只有用水泵把水抽到河湾里才能采矿。17 世纪时，水车使这些水泵的能力变得强大起来。但不幸的是，这就意味着当冬季水流冻结时，有利可图的采矿工作不得不终止下来。

1680 ~ 1685 年，哈尔茨山的矿产管理者开始与一个不易相处的矿工频频发生冲突，这个矿工就是时年 30 多岁的 G · W · 莱布尼茨。莱布尼茨是要把风车作为一种额外的能源装置引进来，从而使得采矿工作可以常年进行。此时，莱布尼茨已经取得了许多成就。他不仅在数学上做出了重大发现，而且还以一位法学家而闻名，并且在哲学和神学方面写有大量著述。他甚至还担任了路易十五宫廷中的一项外交职务，以使这位法国的太阳王意识到对埃及（而不是对荷兰和德国）发动一场军事战争的好处。¹

大约 70 年前，塞万提斯曾经写了一个忧郁的西班牙人与

1



- 4 风车的⁴不幸遭遇。与堂吉珂德不同，莱布尼茨是个顽固的乐天派。面对着世界上显而易见的苦难，莱布尼茨回应那些痛苦万分的人说，上帝对所有可能的世界都无所不知，他无可指责地创造了所有可能世界中最好的一个，我们世界中的一切邪恶因素都以一种最佳的方式为善所平衡。^①然而最终的情况表明，莱布尼茨卷入哈尔茨山的采矿项目是极大的失败。他的乐观主义使他没有预见到，内行的采矿工程师会对一个声称要教他们如何做生意的新手抱以天然的敌意，他也没有考虑到风的不可靠性，以及一种新的机器不可避免地需要一个试验阶段。然而最不可思议的乐观想法是，他原本打算能够用他从这个项目中获得的收益开展一些工作。

莱布尼茨的眼光惊人地广阔和宏大。他为微积分运算而发明的符号一直沿用至今，这使得人们不用过多思考就可以很容易地进行复杂的演算。实际进行工作的似乎就是那些符号。在莱布尼茨看来，我们对整个人类知识领域也可实施类似的举措。他梦想对一种普遍的人工数学语言和演算规则进行一种百科全书式的汇编，知识的任何一个方面都可以用这种数学语言表达出来，而演算规则将揭示这些命题之间所有的逻辑关系。最后，他梦想能够制造出完成这些演算的机器，从而使心灵从创造性的思考中解脱出来。尽管莱布尼茨抱着乐观的态度，但他知道，把这个梦想转变为现实的任务非他个人力量所能及。不过他的确相信，如果有一些有能力的人在一个科学院中共同工作，那么相当一部分任务是可以在若干年内完成的。正是出

^① 伏尔泰《老实人》中的邦葛罗斯就是对这种莱布尼茨学说的一个讽刺。



于为这样一个科学院筹款的目的，莱布尼茨才卷入了哈尔茨山项目。

莱布尼茨的奇思妙想

1646 年，莱布尼茨出生于德国的莱比锡。那时的德国被分成了一千多个半自治的政治单元，几乎为持续了近 30 年的战争所毁。三十年战争直到 1648 年才结束，尽管欧洲所有的主要力量都参与了这场战争，但它主要是在德国本土进行的。莱布尼茨的父亲是莱比锡大学的哲学教授，当孩子仅 6 岁时就去世了。到了 8 岁的时候，莱布尼茨不顾老师的反对，开始阅读父亲图书馆中的藏书，不久他便能够熟练地阅读拉丁文作品了。

莱布尼茨注定要成为人类历史上最伟大的数学家之一。他从他的老师那里得到了数学思想的启蒙，但老师们对欧洲其他地方的革命性数学著作一无所知。在当时的德国，即便是欧几里得的初等几何也是一门高等学科，人们通常只是在大学阶段才开始学习它。然而当莱布尼茨只有 10 岁时，他的老师就把亚里士多德于两千年前提出的逻辑系统介绍给了莱布尼茨，这门学科唤起了他的数学才能和激情。莱布尼茨对亚里士多德把概念分成固定的“范畴”着了迷，他产生了一种“奇思妙想”：他想寻求这样一张特殊的字母表，其元素表示的不是声音而是概念。有了这样一个符号系统，我们就可以发展出一种语言，我们仅凭符号演算，就可以确定用这种语言写成的哪些句子为真，以及它们之间存在着什么样的逻辑关系。莱布尼茨

一生都沉迷于亚里士多德的理论，并且对此矢志不渝。

事实上，莱布尼茨在莱比锡写的学士论文就是关于亚里士多德形而上学的。他的老师在同一所大学的论文论述的是哲学与法律之间的关系。莱布尼茨显然也被法律研究所吸引，他又获得了一个法律学士学位，这一次他写的论文强调了系统性的逻辑在法律方面的应用。莱布尼茨对数学的第一项真正贡献源于他在大学讲授哲学课程的资格论文（*Habilitationsschrift*）：作为他关于一个概念符号系统的奇思妙想的第一步，莱布尼茨预见到计算出这些概念有多少种不同的组合方式是有必要的。这使他系统地研究了基本元素复杂排列的数目问题。这方面的工作首先见于他那篇大学授课资格论文，然后是那部内容更加广泛的专著《论组合术》（*Dissertatio de Arte Combinatoria*）。²

在继续进行法律研究的过程中，莱布尼茨为获得莱比锡大学的法律博士学位而提交了一篇论文。它的主题具有典型的莱布尼茨风格，即用理性来解决那些用一般方法难以处理的法律案件。由于种种原因，莱比锡大学并没有接受这篇论文，于是 7 莱布尼茨就把它转交给纽伦堡附近的阿特道夫（Altdorf）大学，在那里这篇论文获得一致好评。22 岁那年，莱布尼茨的正式教育完成了，他面临着毕业生的常见问题：如何获得一个职位。

巴 黎

莱布尼茨对在德国当大学教授没有多大兴趣，他还有另一

条路可走，那就是找一个富有的贵族做资助人。他找到了美茵茨选帝侯的侄子约翰·冯·博伊纳堡，他让莱布尼茨去修订基于罗马民法的法律体系。不久，莱布尼茨被委任为高等上诉法院的法官，同时还参与了一些外交谋略，其中包括未能得逞的对波兰新任国王的选举进行干预，以及前往路易十四的宫廷执行一项任务。

三十年战争使得法国成为欧洲大陆的霸主。坐落于莱茵河畔的美茵茨在战争期间就尝到过被军事占领的滋味。因此，美茵茨人非常清楚阻止敌人采取军事行动以及与法国保持良好关系的重要性。正是在这种情况下，博伊纳堡和莱布尼茨才策划说服路易十四及其幕僚意识到把埃及作为军事目标的巨大利益。这一建议——事实上，正是同一建议使拿破仑在一个世纪后陷入了军事灾难——最重大的历史后果就是把莱布尼茨带到了巴黎。

莱布尼茨于 1672 年来到巴黎，为的是促成埃及计划，并且帮助解决博伊纳堡的一些经济方面的问题。就在这一年，博伊纳堡死于中风的消息传来。尽管莱布尼茨仍在为博伊纳堡家族服务，但却丧失了可靠的收入来源。不过，他设法在巴黎又呆了 4 年，在这 4 年里他硕果累累，极为多产，其间还对伦敦作了两次短暂访问。³1673 年，他在第一次访问时展示了一台能够执行四种算术基本运算的计算机模型，这使他被一致推选为伦敦皇家学会会员。尽管帕斯卡曾经设计过一台能够进行加

8 减运算的机器，但莱布尼茨的机器却可以进行乘除运算，这还

是历史上的第一次。^① 这台机器包括了一个天才的部件——“莱布尼茨轮”，直到 20 世纪，这一部件仍在计算装置上普遍使用。关于他的机器，莱布尼茨写道：

如果要给这台机器以最终的称赞，那么我们也许可以说，它将使所有那些从事计算工作的人感到喜悦，众所周知，他们就是那些从事金融业务的管理人员、他人财产的管理者、商人、测量员、地理学家、航海家、天文学家……如果只限于科学上的用途，那么古老的几何表和天文学表可以被修正，新表可以被制造出来，利用它们，我们可以测量一切种类的曲线和形体……尽可能地扩充乘法表、平方表、立方表、其他幂次的表、组合表、变分表以及一切种类的级数表是值得的……天文学家们也将不必继续耐着性子进行计算……因为让优秀的人像奴隶一样把大量时间浪费在计算工作上是不值得的，如果使用机器，这些任务就可以被安全地交给任何人去做。⁴

莱布尼茨的机器只能做普通的算术，但他却把握住了机器演算更为深广的含义。1674 年，他描述了一种能够解代数方程的机器。一年之后，他为一种机械装置写了相应的逻辑推理，这样就指出了—一个目标，即把推理归结为一种演算，并且

^① 1623 年 6 月 19 日，布莱斯·帕斯卡出生于法国的克莱蒙费朗（Clermont-Ferrand）。他是概率的数学理论的奠基人之一，也是一位多产的数学家、物理学家和宗教哲学家。他于 1643 年前后设计并制造的计算装置使他享有盛誉。他于 1662 年去世。