

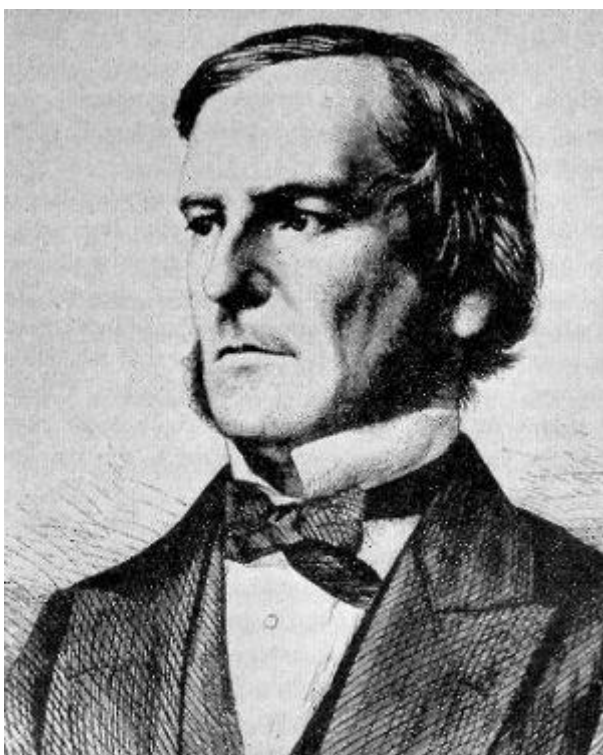
[转载]人工智能名人堂第9期 | 数理逻辑奠基者-乔治·布尔

已有 2402 次阅读 2017-1-13 08:01 | 个人分类:[人工智能名人堂](#) | 系统分类:[人物纪事](#) | 关键词:人工智能,名人堂,布尔,符号逻辑运算,计算机语言 | [人工智能](#), [计算机语言](#), [名人堂](#), [布尔](#), [符号逻辑运算](#) | 文章来源:转载

人工智能名人堂第9期 | 数理逻辑奠基者-乔治·布尔

丘吉尔曾说过,“The longer you can look back, the farther you can look forward. (回顾历史越久远,展望未来就越深远)”,为纪念人工智能领域做出杰出贡献的先辈与开拓者们,鼓励更多后起之秀投身该领域,人工智能国际杂志《IEEE Intelligent Systems》自2006年始至今陆续推选出了60位人工智能专家(参看《诺伯特·维纳奖得主王飞跃 | AI 名人堂,世界人工智能60年60位名人榜》)。德先生自10月31日起,已定期于每周一在微信公众号(D-Technologies)上发布人工智能名人堂60位成员的相关介绍。

人工智能名人堂第9期的主人公是乔治·布尔,由于其在符号逻辑运算中的特殊贡献,很多计算机语言中将逻辑运算称为布尔运算,将其结果称为布尔值。往期8篇文章可查阅文末延伸阅读。



2015年11月2日是乔治·布尔诞辰200周年纪念日。在现今的电子世界中,我们经常会听到一个叫“布尔”变量的词——只有两个值,1或0,TRUE或者FALSE——就是以他的名字命名的。有些人可能会想,“这是个多么无聊的发明啊!谁会有

需求用到这种变量啊。”但历史总是惊人地相似，其实，布尔类型变量只是乔治布尔对逻辑学贡献的一个副产品。

乔治·布尔出名前，数学和逻辑学已单独发展了二百多年。他通过布尔代数这一概念，将两个学科结合在了一起。数理逻辑领域创建后，一系列新探索都被带动起来，例如通用计算。

乔治·布尔发明布尔变量最初的目标，是想通过一系列数学公理来重现经典逻辑的运算结果。他从研究经典代数开始，例如x, y变量，加减乘除这种。

一开始，他发现经典代数和逻辑的相似之处很多。例如，p and p（在这里，and表示“与”运算）和q and p是一样的，就像 $q \times p = p \times q$ 。但是如果深入追究，就会发现还是有所不同的。比如 $p \times p = p^2$ ，但是p and p还是p。这就存在歧义，乔治·布尔的想法是：仍然使用经典代数的符号，但是添加了一些额外的公理，就能表示出绝大多数逻辑学的结果了。

乔治·布尔用数学语言正式地描述了这套理论。但是几十年来，这些理论又不断被修正，从上个世纪的经验中，更加简单的形式逐渐被发现。之后，也就是16年前，Stephen Wolfram（即本文作者）结束了这漫长的进化历史。之前的工作已经证明了一套至简的公理体系是完全可行的，Stephen提出，其实只需要一条公理就够了。

| | | | |
|-------------------------|---|------|---|
| 1847 1904 | $p \times q = q \times p$ | 1913 | $(p \cdot p) \cdot (p \cdot p) = p$ |
| | $p + q = q + p$ | | $p \cdot (q \cdot (q \cdot q)) = p \cdot p$ |
| | $p \times (q + (-q)) = p$ | | $(p \cdot (q \cdot r)) \cdot (p \cdot (q \cdot r)) = ((q \cdot q) \cdot p) \cdot ((r \cdot r) \cdot p)$ |
| | $p + (q \times -q) = p$ | 1933 | $p + q = q + p$ |
| | $p \times (q + r) = (p \times q) + (p \times r)$ | | $p + (q + r) = (p + q) + r$ |
| | $p + (q \times r) = (p + q) \times (p + r)$ | | $-(-p + q) + -((-p) + (-q)) = p$ |
| 1999 | $((p \cdot q) \cdot r) \cdot (p \cdot ((p \cdot r) \cdot p)) = r$ | 1949 | $(p \cdot (q \cdot r)) \cdot (p \cdot (q \cdot r)) = ((r \cdot p) \cdot p) \cdot ((q \cdot p) \cdot p)$ |
| | | | $(p \cdot p) \cdot (q \cdot p) = p$ |
| × And + Or - Not • Nand | | | |

Stephen认为这条公理相当简单，它暗示着数学和逻辑神秘的含义。根据乔治·布尔的理论，这条公理仅仅是他思想的一个最低版本：通过数学公理系统，加以类似代数的转换，可以计算出所有逻辑的结果。

乔治·布尔是何许人也？

那么乔治·布尔到底是谁呢？他又是如何做出这些成就的？

乔治·布尔于1815年，出生在英国的一个平静的小镇林肯郡，离伦敦大约有120英里。他的父亲热衷于科学和数学，做着一点鞋匠生意。乔治·布尔是一个自学奇才，14岁的时候，就凭在报纸上发表的希腊诗译作在当地小有名气。16岁时，被当地一所学校聘为教师，那时他已经开始读微积分的书了，并开始数理逻辑相关的工作。

乔治·布尔19岁时开始创业，在当地建了一所像模像样的小学，直到三十岁之前，都以此为生。他结识了一些剑桥牛津这样高学历的人，也去过职业学院（类似于现在的社区大学）。但是大多数情况下，他更喜欢自己看书自学。

他是一名认真的教师，宣讲有关各种认知和发现的重要性，不赞同死记硬背，并且以通俗的方法证明知识（例如数学）的实用性（如果他活在今天，一定会对计算机痴迷不已）。

乔治·布尔23岁的时候，开始发表有关数学的论文。早期的论文都是和当时的一些热点问题相关的，例如变分法。可能是他对教育的兴趣和探索，使他想要创造不同的公理。不久之后，他成了“操作演算”的先驱：通过操作符号，而不是明确的代数表达，来研究微积分。

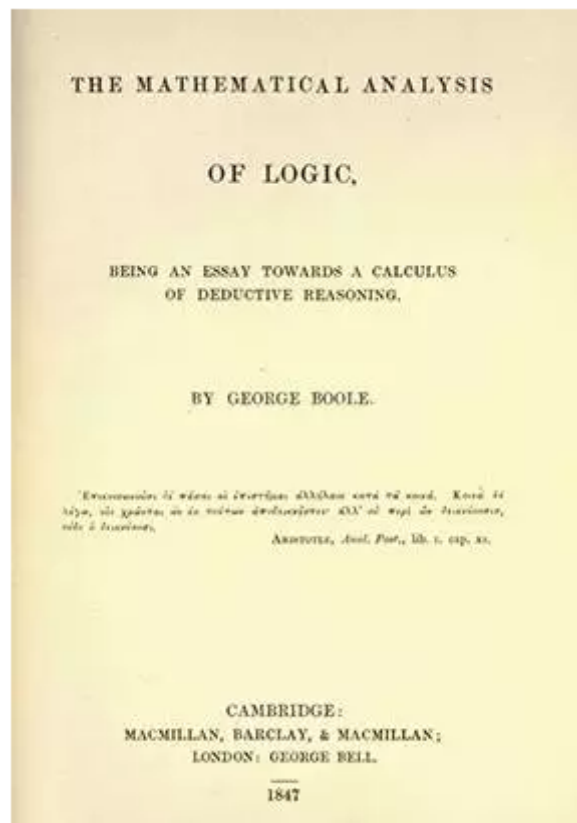
不久之后，乔治·布尔就能和英国最著名的数学家讨论问题，并从中学习。他也考虑过是不是去剑桥拿个大学学位，但是得知他必须暂时停止自己的研究，去学习本科课程的时候，便放弃了这一想法。

逻辑的数学分析

逻辑学作为一个学科，有着古老的历史，亚里士多德之后被广为推广。中世纪之后，逻辑学教育成了死记硬背的典型，人们通过记忆特殊的符号和像

“bArbArA”、“cElArEnt”这种三段论来学习。在许多方面上，逻辑学并没有改变许多。19世纪人们致力于将逻辑学变得更正式化，但问题是不知道如何做。也有人想，是不是可以用数学或者哲学的方法呢？

1847年，乔治·布尔的朋友Augustus de Morgan就此问题在学术上与别人起了冲突。这让乔治·布尔迅速开始这项工作，去论证他先前的想法：如果使用数学来表达逻辑。他的成果——The Mathematical Analysis of Logic（中译名《逻辑的数学分析》）——在同年发布。



此书不长，只有86页。但是很好地解释了乔治·布尔使用代数形式来表达逻辑的思想。在代数中可以使用变量，而不仅仅是简单的数字这一思想，起源于Hamilton在1843年四元数代数的发明，乔治·布尔也受此影响（1832年Galois在无限值和聚合领域也做过类似工作）。

乔治·布尔出现的150年之前，有个叫Gottfried Leibniz的人也尝试过用代数表达逻辑，但是没有什么成果。直到1847乔治·布尔成功以后，这个想法才又被人想起。

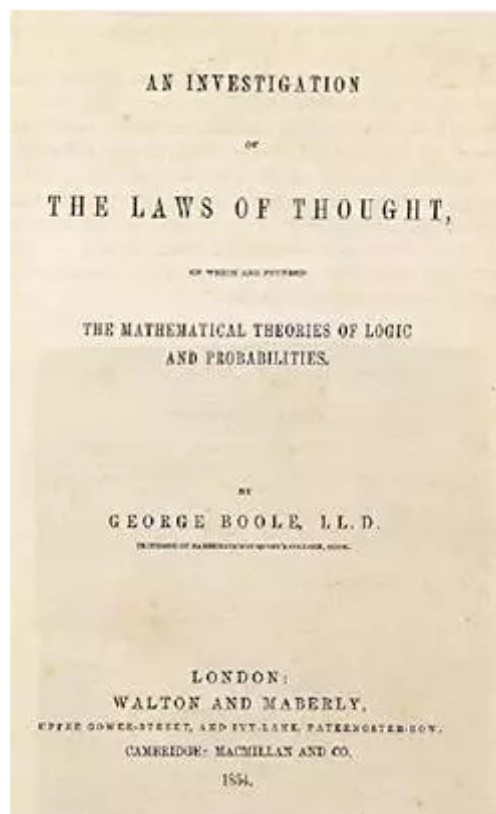
乔治·布尔的书在今天依然是非常易懂的。下面是一个例子，是展示他的代数公式是如何表达经典逻辑的结果的。

| | |
|---|-------------------------------------|
| 1st. Disjunctive Syllogism. | |
| Either X is true, or Y is true (exclusive), | $x + y - 2xy = 1$ |
| But X is true, | $x = 1$ |
| Therefore Y is not true, | $\therefore y = 0$ |
| Either X is true, or Y is true (not exclusive), | $x + y - xy = 1$ |
| But X is not true, | $x = 0$ |
| Therefore Y is true, | $\therefore y = 1$ |
| 2nd. Constructive Conditional Syllogism. | |
| If X is true, Y is true, | $x(1 - y) = 0$ |
| But X is true, | $x = 1$ |
| Therefore Y is true, | $\therefore 1 - y = 0$ or $y = 1$. |
| 3rd. Destructive Conditional Syllogism. | |
| If X is true, Y is true, | $x(1 - y) = 0$ |
| But Y is not true, | $y = 0$ |
| Therefore X is not true, | $\therefore x = 0$ |
| 4th. Simple Constructive Dilemma, the minor premiss exclusive. | |
| If X is true, Y is true, | $x(1 - y) = 0, (41),$ |
| If Z is true, Y is true, | $z(1 - y) = 0, (42),$ |
| But Either X is true, or Z is true, | $x + z - 2xz = 1, (43).$ |
| From the equations (41), (42), (43), we have to eliminate x and z . In whatever way we effect this, the result is | |
| $y = 1;$ | |
| whence it appears that the Proposition Y is true. | |

上面这段看起来非常直观。” And” 用 xy 的乘法来表示，” not” 用 $1-x$ 表示，” or” 用 $x+y-2xy$ 表示。此外，还有像 $x^2=x$ 这种额外的规则。但是如果仔细研究，这里面还是有问题的： x 和 y 到底是什么呢？今天我们可以把它们叫做“布尔变量”，并且知道它们的值可以离散为1和0。但乔治·布尔再当时不是这么做的，他没有去从具体的离散或者非离散的值想，而且似乎是去讨论了代数表达式和方程，甚至用到了级数展开，来罗列所有逻辑变量值可能的组合。

思维规律 (The Laws of Thought)

乔治·布尔写第一本书的时候，仍然是一名教师，并且经营着一所学校。但是也因为数学上的成就而远近闻名。1849年，女王大学，科克大学在爱尔兰建立的时候，乔治·布尔第一个被聘为数学教授。在科克大学任教时，他开始写那本最著名的书——《思维规律的探索》(An Investigation of the Laws of Thought)。



此书的序言是这么写的：“本书论述的是，探索心智推理的基本规律；用微积分的符号语言进行表达，并在此基础上建立逻辑和构建方法的科学……”

乔治·布尔意思到自己在试图建立“思维科学”的微积分，就像牛顿将微积分应用到物理上那样。但是牛顿已经有空间和时间的概念可以依靠，以说明自己的微积分结构。乔治布尔必须从一个思维如何工作的基本模型上开始，毫无疑问，就是逻辑。

An Investigation of the Laws of Thought 第一部分是对乔治·布尔早期著作的一些概括，但是提供了额外的示例——比如有一章就是关于上帝是否存在及其性格的逻辑证明。书的第二部分在数学方面更加传统。他没有谈和逻辑有关的代数的问题，转而用概率方面的传统数学来解释。这样就表明，组合事件的概率结构，同样适用于组合逻辑语句的规律。

这本书的大部分，都是数学方面的内容，用着抽象的定义，和正规的结论。但是在最后一个章节，乔治·布尔试图将经验性的问题和他的工作联系起来，研究思维的过程。他讨论了自由意志可以如何和思维规律和平共处、含糊的人类经验如何得出精确的概念、是否有人类可以辨认出，但是数学永远无法企及的真理、对人类思维的理解如何作用于教育等等。

乔治·布尔晚年生活

出版《思维规律》之后，乔治·布尔依然留在科克大学生活工作。1864年，患肺炎去世，享年49岁。期间也陆续再宽泛的数学领域发表论文，但再也没发任何和逻辑有关的东西。也可能是他有意为之。

在他的有生之年，乔治·布尔的数学成就获得的赞誉比逻辑方面要多。他还写过两本教材，一本是微分方程，出版于1859年，一本是差分方程，出版于1860年。两本都简洁优雅，深入浅出。有趣的是，尽管后来在微分方程方面有无数可以替代的书籍，但是差分方程几乎无可替代。当我们在90年代用数学实现时，乔治·布尔的书仍是重要参考，尤其是其在差分计算方面的典型事例。

乔治·布尔是个什么样的人？

乔治·布尔生活中是怎样一个人呢？关于这一方面的信息不少，有他妻子写的作品，还有他姐姐整理的他的信件和回忆录。认识他的人无一不说他严谨、条理，并极其认真。乔治·布尔非常努力，经常工作到深夜。将所有精力都放在事业上，以至于他经常看起来恍恍惚惚。他是个优秀的老师，也是个出色的讲者，虽然板书潦草无法辨认。他社交甚广，待人宽厚，造访过很多不同的人，去过很多地方。乔治·布尔在管理方面也很出色，无论是自己的学校，还是科克大学。他有强烈的正义感，不喜欢吵架，但是需要捍卫自己尊严的时候，也毫不含糊。

乔治·布尔认为自己是一个自学成才的老师，而不是什么学术精英。可能这带给他一些冒险意识，无论改造微积分还是添加代数公理，他总能相信自己的直觉，勇往直前。

乔治·布尔一生的大部分时光都是孤身一人，直到40岁的时候才结婚。他的妻子玛丽·埃佛勒斯·布尔（女权主义哲学家，译注），比他小17岁，在乔治·布尔逝世52年之后去世。关于她争取自己的权利有一个有趣的故事，后来玛丽将其写成了书——*Philosophy and Fun of Algebra, Logic Taught by Love, The Preparation of the Child for Science and The Message of Psychic Science to the World*. 乔治和玛丽育有五个女儿，她们都颇有成就，尤其在数学方面。

（译者注：乔治·布尔的后人中，知名人物还包括老大的儿女韩丁和寒春；老二儿子G. I. Taylor是流体动力学与波理论科学家；老三是四维几何重要贡献者；

老四是英国第一位化学女教授；老五有个中国人更熟悉的名字伏尼契——《牛虻》的作者；布尔还有一位玄孙：Geoffrey E. Hinton——深度学习之父。)

乔治·布尔的影响

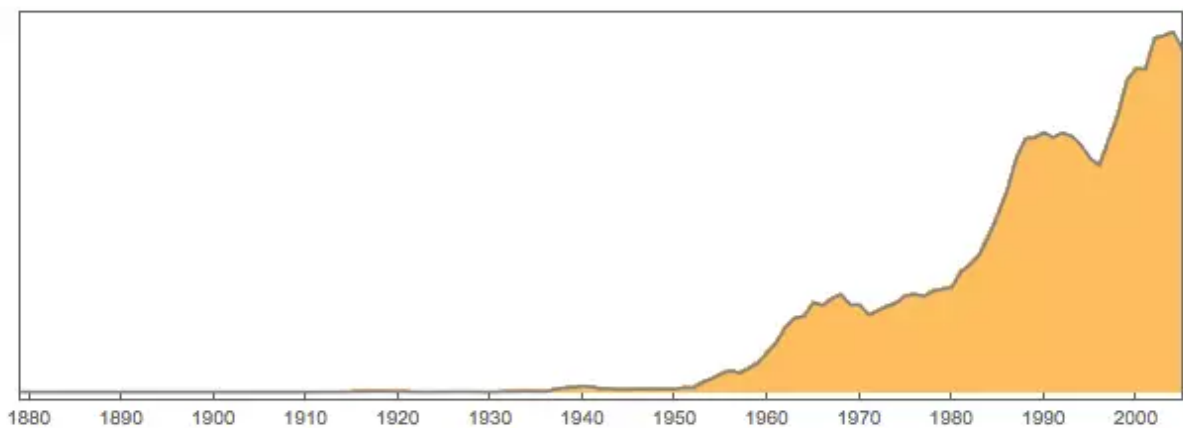
说起来多少有些讽刺，乔治·布尔在逻辑方面的工作应该和代数、微积分和连续数学一样受到重视，但事实是没有。在乔治·布尔死后，他在逻辑方面的主要影响主要是数学化的概念和表达，就像

Frege、Peano、Hilbert、Whitehead、Russell、eventually

Gödel 和 Turing这些人一样。只有在1937年香农交换网络问世时，布尔代数才被应用到实际目的中。

今天，数学和Wolfram语言（此语言作者即为本文作者）里用到了很多布尔代数计算。事实上，乔治·布尔是名字用作系统功能名次数（15）最多的人。

然而让“布尔（Bool）”这个名字如此广为人知的不是布尔代数，而是布尔变量。20实际50年代之后，基本上每一种编程语言都有布尔类型，使得“boolean”一词广为流传。



这是必然的吗？从某种意义上说，是的。回望历史，所有的东西都有向着足够简单的趋势发展，然后得到广泛应用。及时一开始时是非常复杂的，后来才慢慢变得简单。事情往往都是这样，某一时刻有了关于某种技术的想法，然后凭着好奇心慢慢深入。

也可能，所有的量都可以转换为简单、正确的枚举。今天，有一些已经被实现了，有一些还没有。但是这几个世纪以来，乔治·布尔和布尔变量的故事为这种可能，以及如何从晦涩难懂到无所不能提供了榜样。

由清华大学李力教授、中科院复杂实验室主任王飞跃教授同著，后经李力老师、郭伟老师和杨柳青老师共译的中国智能车领域首本专业技术类书籍《智能汽车-先进传感与控制》已登陆德先生求知书店！欢迎大家关注德先生进店选购！

D-Technologies

关注科技变革，

探索科技热点，

讨论现代科学技术对人类伦理、

道德与文化的冲击

 青岛智能产业技术研究院  平行工作室

德先生



长按识别二维码
获取更多精彩内容

转载本文请联系原作者获取授权，同时请注明本文来自王晓科学网博客。

链接地址：<http://blog.sciencenet.cn/blog-951291-1027258.html>