

重新认识罕见通才莱布尼兹

整个自然就是一本用数学的语言写成的书。

——伽利略

秦笃烈



莱布尼兹画像 (Christoph Bernhard Francke, c. 1700. 美国哥伦比亚大学馆藏)

一、逝世 300 年，莱布尼兹的全集仅出版五分之一

近代著名的德国思想家莱布尼兹 (G. W. Leibniz, 1646-1716)，在哲学上，与亚里士多德和康德齐名，是欧洲三大哲学泰斗之一；在数学上，他与牛顿齐名，相互独立地创建了微积分，他还是数理逻辑这一重要学科的开创者，并因为他首先制造出能够完成四则运算的计算器、发明二进制、设计采用二进制计算的计算器被誉为计算机的先驱者之一。

斯坦福哲学百科全书这样评价莱布尼兹¹：戈特弗里德·莱布尼兹是十七和十八世纪伟大的数学家之一，并且被称为“空前绝后的通才 (universal genius)”之一。他对

¹ Gottfried Wilhelm Leibniz, Stanford Encyclopedia of Philosophy, <http://plato.stanford.edu/entries/leibniz/>

形而上学、神学、逻辑学、宗教哲学同时也对数学、物理、地理学、法学和历史学均做出了深刻而重要的贡献。法国启蒙运动的主要学者之一、作为无神论和唯物主义者的狄德罗，尽管经常和莱布尼兹因为意见分歧而争吵，但是对莱布尼兹佩服得五体投地，在其编撰的《百科全书》中编写莱布尼兹条目时给出以下的评价：“没有任何一个人比莱布尼兹读得多、研究得深、思考得多、写作得多。尽管至今还没有莱布尼兹的著作全集问世，但是这位伟人给德国带来的荣誉大大超过柏拉图、亚力士多德以及阿基米德给希腊带来的荣誉的总和。”

1646年，即伽利略逝世后第4年，莱布尼兹出生，他比牛顿小4岁。父亲是一位哲学教授，母亲出身于图书贸易家族。莱布尼兹6岁时父亲去世，留下一个馆藏丰富的家庭图书馆，主要为拉丁文书籍，这对他后来能够熟练使用拉丁文写作有很大作用。12岁自学拉丁文和希腊文。13岁时曾经在一个早晨为学校的庆典用拉丁文写了30首6步格诗。15岁进入当地大学学习哲学和法律，并在20岁时完成这两门专业的学业。1666年他出版第一部关于哲学方面的书籍，书名为《论组合术》(De Arte Combinatoria)。1675年，基于他的突出成就，法兰西皇家科学院聘请莱布尼兹为荣誉院士。

在任何微积分教材中都可以找到牛顿-莱布尼兹公式，它是微积分著名定理之一：

若函数 $f(x)$ 在 $[a, b]$ 上连续，且存在原函数 $F(x)$ ，则 $f(x)$ 在 $[a, b]$ 上可积，且

$$\int_a^b f(x)dx = F(b) - F(a)$$

这即为牛顿-莱布尼兹公式，也常记为

$$\int_a^b f(x)dx = F(x)\Big|_a^b = F(b) - F(a)$$

但是，有关他的深入信息我们了解不多。位于汉诺威的莱布尼兹档案馆收藏了大量手稿，读者可以借阅。德国图书馆保持了一贯的传统——可以随意借阅馆藏图书。我曾经在奥尔登堡图书馆借阅一本16世纪的解剖著作，当然这是无价之宝，不到10分钟，管理员就把原著摆到我的面前。Stephen Wolfram 根据莱布尼兹档案馆信息写出了一篇内容丰富的文章²。图1来自莱布尼兹写下的收敛于 $\sqrt{2}$ 的无穷级数的手稿（文字为拉丁文）：

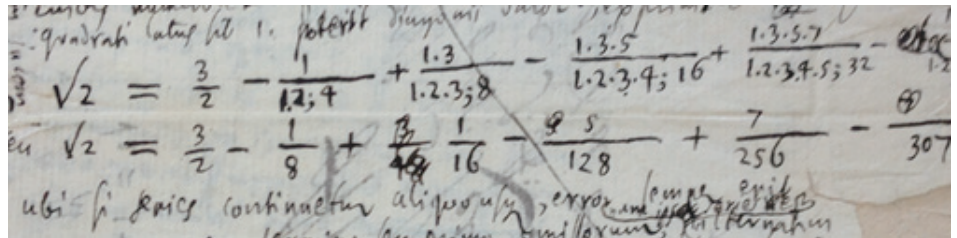


图1 莱布尼兹手稿中的收敛于 $\sqrt{2}$ 的无穷级数

莱布尼兹创造了至今沿用的重要的微积分运算符号，例如积分符号 \int 和微分符号 d 。他也被称为数理逻辑的鼻祖，在其手稿中的逻辑量词，例如代表所有的符号 \forall 和表示存在的符号 \exists ，他是用拉丁文缩写 U.A. 和 P.A. 表示的。

² Stephen Wolfram Blog, Dropping In on Gottfried Leibniz, May 14, 2013, <http://blog.stephenwolfram.com/2013/05/dropping-in-on-gottfried-leibniz/>

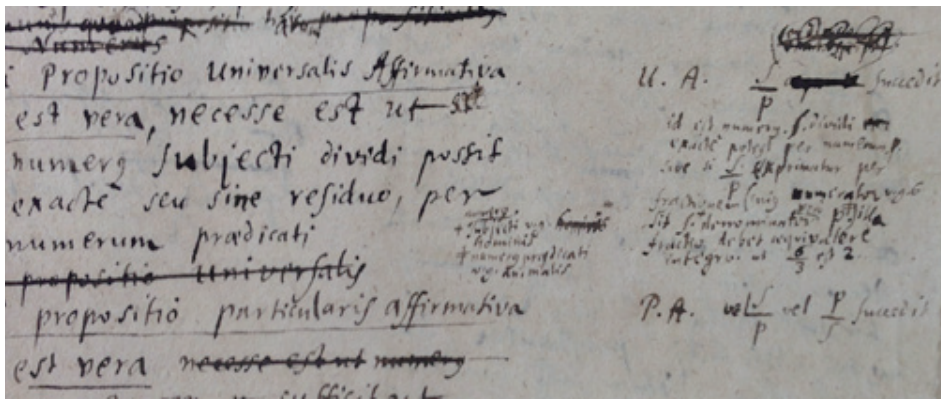


图2 在莱布尼兹手稿中使用拉丁文缩写表示的逻辑量词 U.A. 和 P.A.

莱布尼兹是百科全书式的作家，著作内容几乎囊括当时所有的学科领域。莱布尼兹习惯用多种文字写作，大约 70% 用拉丁文，25% 为法文，还有一些用德文，所以对他的遗著的整理和编辑难度很大。他的手稿大约有 20 万页，绝大部分没有发表。他曾经与一千多人保持通信，留下的来往书信有 1.5 万多封。在莱布尼兹去世以后不久，关于他的著作全集的出版工作就开始了。1758 年，狄德罗就提出要出版莱布尼兹全集，但是由于种种原因进展缓慢。

19 世纪出版的莱布尼兹著作包括：卡雷尔（A. Foucher de Careil）1859 至 1875 年出版的七卷本《莱布尼兹著作》（*Oeuvres*），普鲁士科学院通讯院士格哈特（Carl Immanuel Gerhardt）1849 至 1863 年出版的《莱布尼兹哲学著作集》（*Philosophischen Schriften*），1875 至 1890 年出版的《莱布尼兹数学著作专集》（*Mathematische Schriften*）。1903 年，库图拉（Louis Couturat）出版了他搜集到的莱布尼兹的未刊逻辑学文稿 *Opuscules et fragments inédits*。1906 年戈尔兰德（Ernst Gerland）出版了莱布尼兹的物理与技术文集。

在 1901 年召开的国际科学院联合会（Association Internationale des Académies）首次会议上，通过了编辑整理和出版莱布尼兹全集的提案。会议委托法兰西科学院（Académie des Sciences）、法兰西道德与政治科学院（Académie des Sciences morales et politiques）与德国的普鲁士科学院启动莱布尼兹全集项目准备工作。首先是调查研究，其中包括莱布尼兹使用过的纸张的产地、年代、特征，同莱布尼兹合作过的助手、秘书的名单以及他们的笔迹等等。法国负责在意大利的调查工作，德国方面的调查范围则包括奥地利、丹麦、瑞典等国。法国方面的负责人分别是两个科学院的院长，科学家庞加莱（Henri Poincaré）和哲学家布特鲁（Emile Boutroux），普鲁士科学院则为此成立了一个专业委员会，其成员中包括古代语言学家迪尔茨（Hermann Diels）、哲学家狄尔泰（Wilhelm Dilthey）、历史学家哈纳克（Adolf von Harnack）以及物理学家普朗克（Max Planck）等。通过在欧洲的两年调查整理出了约七万五千多页的手抄目录。

1907 年，国际科学院联合会委托以上三家科学院正式编辑整理出版莱布尼兹全集，并且确定巴黎的两家科学院负责数学、认识论、逻辑、自然科学、医学、法律及自然法文稿，柏林科学院负责政治、国家理论、国民经济、历史、语言学、民俗学、地理学以及科学组织、科学管理等方面的著作。

第一次世界大战之后，普鲁士科学院终止了与法国科学院的合作。目前莱布尼兹全集编辑出版中获得长期资助的单位分属两个科学院的 4 个研究机构：包括哥廷根科学院的汉诺威莱布尼兹档案馆、明斯特大学莱布尼兹研究所、柏林-勃兰登堡科学院的

柏林编辑部以及波茨坦莱布尼兹研究所。全集内容涉及政治、经济、法律、哲学、数学、逻辑、医学、物理、技术、地理、游记、历史、语言、神学、博物馆学、中国的历史、哲学、文化等诸多知识领域，多数代表当时的最高学术研究水平。

全集共分为八大系列（第一系列：一般性政治与历史通信；第二系列：哲学通信；第三系列：数学、自然科学、技术学科通信；第四系列：政治、文化、神学、宗教；第五系列：语言与历史；第六系列：哲学；第七系列：数学文集；第八系列：自然科学、医学、技术学科）。文稿按其本来文字誊写成可以刊印出版的论文，严格保持当时的文字使用习惯，对提到的人物、历史事件、地名、关键词、书名、引语、人物生活的年代和担任的职务、历史事件发生的时间及前因后果、出版物以及引用细节等给出详细注解。手稿（草稿）中百分之八十五以上的内容为第一次发表。每一本文集的费用大约在五十到六十万欧元左右，每年的投入大约一百二十到一百四十万欧元。

全集预期出版一百二十多集，每集平均八百到一千页。目前已出版四十六集，约占总数的三分之一。经费资助到 2055 年 12 月 31 日³。

可以说，莱布尼兹全集的编辑出版意义重大，是代表欧洲甚至人类历史上一个时代缩影的极其珍贵的文化遗产。就个人著作而言，其内容的深度和广度以及卷帙浩繁是人类文明史上罕见的。未来出现在世人面前的莱布尼兹全集的价值很难估计。例如，本文介绍了美国科学家根据他的遗稿制造出的英文加密打字机；他发明二进制的论文从题目到内容都阐释了中国《易经》的八卦符号是十进制数的二进制图形表示。后者 300 多年来无人关心，直到今天进入计算机和网络信息时代才被理解，原来莱布尼兹揭示的这个千古奥秘，是对中华文明的无上褒奖——中国的古人不是用预言而是用先进的方法引领了数千年以后才到来的信息社会。本文后面会详细探讨。

1700 年，莱布尼兹说服勃兰登堡选帝侯腓特烈三世于柏林成立科学院，并担任首任院长。腓特烈三世曾经说过：“莱布尼兹本人就是一座科学院。”1704 年完成《人类理智新论》但是没有出版。1710 年，出于对 1705 年过世的普鲁士王后 Sophie Charlotte 的感念，出版《神义论》（*Essais de Théodicée*）。1714 年于维也纳著写《单子论》（*La Monadologie*，标题为后人所加）及《建立于理性上之自然与恩惠的原理》。莱布尼兹是从马丁·路德到康德和歌德的 300 年间，德意志世界所产生的最伟大的思想家。诚然，他的名声不如这三“德”，然而，莱布尼兹的博大精深、高瞻远瞩却是无人能够企及的。由于他成就的超前性以及哲学的社会性，他的思想影响一直延续到了 21 世纪。

莱布尼兹曾在汉诺威生活和工作了近四十年，并且在汉诺威去世，为了纪念他和他的学术成就，2006 年 7 月 1 日，也就是莱布尼兹 360 周年诞辰之际，汉诺威大学正式改名为汉诺威莱布尼兹大学。

以莱布尼兹命名的德国莱布尼兹协会在德国和德国著名的马克思-普朗克学会齐名，德文全称 Wissenschaftsgemeinschaft Gottfried Wilhelm Leibniz e. V.（戈特弗里德-威廉-莱布尼兹协会），中文又翻译作莱布尼兹协会、莱布尼兹科学联合会等，是一家德国各专业方向研究机构的联合，是生命力很强的多学科联合体。协会成员包括 84 家大学外的研究机构（2013 年），总部位于德国首都柏林。研究领域涵盖自然科学、工程科学、环境科学、经济科学、社会科学、地球科学和人文科学，基础科学研究与应用相结合，与高等院校、工业界及其他国内外研究机构合作紧密。莱布尼兹学会共有工作人员约 13800 人，经费 14 亿欧元（2011 年）。

“莱布尼兹奖”是以戈特弗里德·威廉·莱布尼兹的名字命名，是目前世界上奖金

³ 李文潮，莱布尼兹书信与著作全集，《文景》，2008 年第十二期。

额度最高的科学奖项之一。该奖由德国政府于 1985 年设立，次年开始每年颁发一次，每次最多 10 人获奖。设立这一奖项是为了资助杰出研究人员的科研工作，并鼓励他们带领后起之秀参与科研。获奖者在最多 7 年时间里不经繁琐申报程序即可使用最高 250 万欧元的科研奖金。迄今，已有 7 位“莱布尼兹奖”获得者后来又获得了诺贝尔奖。

对莱布尼兹的研究文献数量增加得很快。1984 年和 1996 年，Vittorio Klostermann 出版社分别出版过《莱布尼兹研究文献》。截至 1980 年，研究莱布尼兹的文章大约是将近 8 千篇；1991-1990 年间又增加了 2 千多篇。

莱布尼兹是对控制论之父美国学者维纳 (Norbert Wiener, 1894-1964) 最有影响的哲学家之一。维纳崇拜莱布尼兹作为无所不包的通才的气质。他在 1948 年出版的《控制论》一书中说：“莱布尼兹以后，似乎再没有一个人能够充分地掌握当代的全部知识活动了。从那时起，科学日益成为专门家愈来愈狭窄领域内进行着的事业。在上一世纪，也许没有莱布尼兹这样的人，但还有一个高斯、一个法拉第、一个达尔文。今天没有几个学者不加任何限定而自称为数学家，或者物理学家，或者生物学家。一个人可以是一个拓扑学家，或者一个声学家，或者一个甲虫学家。满嘴是他那个领域的行话，他可以知道自己那个领域的全部文献和全部分支，但是，他往往会把邻近的科学问题看作与己无关的事情，而且认为如果自己对这种问题发生任何兴趣，那是不能允许的侵犯人家地盘的行为。”

北美也成立了莱布尼兹学会，有许多活动。2015 年举行第 33 届学生作文竞赛和第 9 届年会。2016 年举行世界大会。联合国教科文组织 (UNESCO) 将莱布尼兹的 1.5 万封信件列为世界已故名人遗物。

人们对莱布尼兹的怀念也是多方面的。莱布尼兹的名字如今已成为商标，市场上出售多种莱布尼兹品牌饼干。巴黎街道和广场有 30 多处以数学家命名，其中有 2 处以莱布尼兹命名。月球上有 300 多处命名地名（主要是陨石坑），莱布尼兹也榜上有名。

在兴起的莱布尼兹热中人们惊奇地发现一个事实：中国人对莱布尼兹了解不多，相反他对中国古代的哲学、哲学家、哲学著作却了解很多也研究很深，他对中国及其古代哲学有着极高的评价，尤其是在当时西方世界对中国所知有限的年代，他对中国的关心直到他生命的尽头。这些事实的挖掘增加了中国人对莱布尼兹的民族文化和情愫。这一现象也在一定程度上引起了美国数学界的注意，美国数学协会 (MAA) 主办的刊物《数学杂志》(Mathematics Magazine) 2003 年 10 月号上登载过一篇数学史长篇论文，题目是《莱布尼兹、〈易经〉和中国人的宗教转化》。

二、莱布尼兹发明二进制

1679 年 3 月 25 日，莱布尼兹写了题为“二进位算术的解释”的论文。在文中，莱布尼兹给出了二进制的计数方法，系统地讨论了二进制和十进制相互转化的法则；并给出了二进制的加法与乘除法法则。但莱布尼兹要求不要马上发表他的论文。在论文中他把二进制学术地位定位成“发明”。

1701 年 11 月 14 日，法国传教士白晋 (F. J. Bouvet) 在北京给莱布尼兹写了信，这封信辗转法国和英国，1703 年 4 月 1 日才到达莱布尼兹手中，信中包含伏羲 64 卦方圆图 (如图 3)。图中的阿拉伯数字为莱布尼兹所加。这张图不是《易经》八卦原图，原图已经失传。它是宋代杰出的哲学家、历史学家、易学象数学家邵雍 (1011-1077) 根据周易原图精心改画的，称为《伏羲先天八卦六十四卦方圆图》，见于朱熹的《周易本义》。据考证，在欧洲，莱布尼兹有可能多次在不同著作中见过这张图。可以认为，《易经》对二进制的发现起到了激励和印证的作用。64 卦方圆图的 64 卦方图和 64 卦圆图

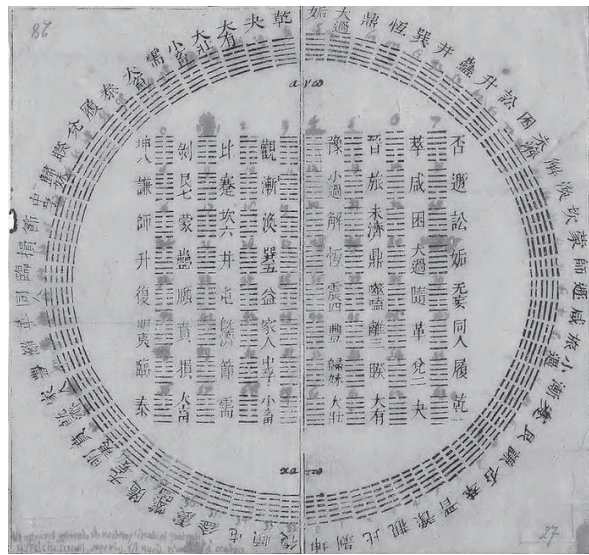


图3 伏羲64卦图，上面的阿拉伯数字是莱布尼兹所写。莱布尼兹发现用竖线和短横不同的组合模式代表编号的二进制表示。

的卦名和次序均和二进制数对应。方图64卦分为8行，每行8卦。顺序是坤(000000)、剥(000001)、比(000010)、观(000011)、豫(000100)……直到乾(111111)，恰好是从0到63的64个爻卦数字的十进制数自然数表的二进制表示。圆卦的直径上端为乾(代表天，序号63)、下端为坤(代表地，序号0)。其余卦的顺序为右半圆周从坤(0)逆时针方向到第31卦。左半圆从坤左侧第32卦(复)顺时针上升到第63卦乾。莱布尼兹看到这张图以后兴奋异常，他认为八卦图符号包含二进制数的看法终于得到最后的证实！更加重要的是他看到了其他地方没有看到的二进制的应用。他知道伏羲是中国远古君王，创造了八卦图和中国文字。由此他认为这是二进制极其重要的应用，他立即写信告知法国皇家科学院要求立即发表他1701年寄送的论文。题目也相应改成了《关于仅用0与1两个符号的二进制算术的诠释，其实用性以及它们为何出现在中国古代伏羲图上揭秘》(EXPLANATION OF BINARY ARITHMETIC, WHICH USES ONLY THE CHARACTERS 0 AND 1, WITH SOME REMARKS ON ITS USEFULNESS, AND ON THE LIGHT IT THROWS ON THE ANCIENT CHINESE FIGURES OF FUXI)⁴。

莱布尼兹认为八卦图包含二进制数的看法是他经过认真研究以后得到的结论。他对这个来自遥远的中国古文献的重大发现的确凿性做了仔细分析。在论文中他制作了如图4所示的表格，把八卦图中的爻卦、二进制数和十进制数作了一一对应。表格的第一列是八卦图的爻卦符号，第二和第三列是0到7的二进制表示，第四列是对应的十进制数。莱布尼兹认为 $64(2^6)$ 卦和 $8(2^3)$ 卦的二进制表达原则相同，所以他作为例子仅仅列出8卦。这对于说明八卦图和64卦图编号的二进制表达已经足够。不过，也许莱布尼兹认为这些二进制数字就是八卦图的全部内容，八卦图就是二进制表达图。莱

⁴ G. W. Leibniz, EXPLANATION OF BINARY ARITHMETIC, WHICH USES ONLY THE CHARACTERS 0 AND 1, WITH SOME REMARKS ON ITS USEFULNESS, AND ON THE LIGHT IT THROWS ON THE ANCIENT CHINESE FIGURES OF FUXI, published in the Memoires de l'Academie Royale des Sciences. Die mathematische schriften von Gottfried Wilhelm Leibniz, vol. VII, C. I. Gerhardt (ed), pp 223-227, Translated from the French.

☰	000	0	0
☱	001	1	1
☲	010	10	2
☵	011	11	3
☶	100	100	4
☴	101	101	5
☳	110	110	6
☷	111	111	7

图4 莱布尼兹论文中的插图，把八卦图中的爻卦、二进制数和十进制数作了一一对应。

布尼兹不知道，这些二进制数不仅是数字，而且是二进制编码。比单纯的二进制要高级。实际上，八卦图的数据结构和现代计算机推理系统类似。可以认为周易系统是大 N 系统，所谓万物的数目，就是 2^N ，当然不可穷尽。与今天的计算机对比，八卦图就是 3 位计算机系统，字长为 $8 (2^3)$ ，64 卦图是 6 位系统，字长为 $64 (2^6)$ 。今天的计算机是 64 位系统，字长为 2^{64} ，可以认为今天的计算机完成的科学计算、媒体介质的数字化处理、管理、数据库、网络通信、模型模拟、机器智能等是基于一个 2^{64} 卦系统，每一个卦就是一个由 0 和 1 组成的序列，序列的每一位代表有或者没有的意思。以疾病为例，3 位系统相当于有 3 个症状，根据症状有无的排列有 8 种疾病，进行模式匹配。

N 位系统相当于有 N 个症状， 2^N 种疾病。这不是朴素的医学专家系统的信息格局吗？古代中国人实际上已经用二进制的每一位的排列模式制造出了先进的决策判别系统。不过它只是“软件”，没有硬件支撑自动运行，只能靠人工完成判断，但已经是一个完美的推理机。在 17 和 18 世纪东学西渐的年代莱布尼兹独具慧眼地发现了中国古代的《易经》八卦符号就是二进制符号，这确实是石破天惊的科学见解，他为自己的发现无比兴奋。他在论文中说：“八卦符号是世界上有史以来最古老的科学丰碑。在经历如此漫长的年代以后能够恢复其含义的本来面目真是一件不可思议的事情（And as these figures are perhaps the most ancient monument of science which exists in the world, this restitution of their meaning, after such a great interval of time, will seem all the more curious）。”字里行间洋溢着他对自己“《易经》考古”发现重要性的科学热情。他对《易经》没有用现代方法表述二进制这一点表示遗憾。他认为，中国对《易经》八卦图包含二进制失传了一千多年，以至于需要由欧洲人来揭示这个数学发明。但是他仍然把中国古代《易经》包含的数学发明作为他二进制论文题目的一部分，说明他非常尊重中国古代的数学大智慧，在这种大智慧面前，他非常谦虚和实事求是。他认为他提出二进制或者二值算术是略加思考就很容易理解，这一点和几千年以前遥远的古代的人们的认识是根本不同的。由于计算方法的发展，古代计算过程中许多晦涩的部分被去掉而通俗化了。他认为八卦图和他提出的二进制或者二值运算之间的完全一致性，导致他能够对伏羲氏思想的深邃性作出高度评价。（And this agreement leaves me with a high opinion of the depth of Fuxi's meditations, since what seems easy to us now was not so at all in those far-off times. The binary or dyadic arithmetic is, in effect, very easy today, with little thought required, since it is greatly assisted by our way of counting, from which, it seems, only the excess is removed.）不过，莱布尼兹忽略了易经八卦图的初衷并非是现代意义下用于计算的二进制，而是中国古人一种特有的大智慧——在没有现代科学概念、符号、公理系统的情况下，居然发明了和几千年以后才出现的布尔运算和推理相一致的信息系统方法。莱布尼兹对《易经》八卦图的认识，包括对二进制的认识和我们今天的认识有距离是毫不奇怪的，我们不应该以今天的认识苛求于他。他发现八卦符号就是二进制符号，对认识中华民族灿烂的古代文明的光辉做出了相当了不起的贡献。莱布尼兹在三百多年前的发现，为我们用信息学方法研究、评价和发展《易经》开辟了崭新的途径。

伏羲先天六十四卦方圆图中的方图就是 0 到 63 十进制数的对照表。在此之前的八卦文献没有出现，可见邵雍是创造性地总结和发展的八卦图，在人类历史上首次完成