《中国科技史料》第 23 卷 第 1 期(2002 年):54—58
China Historical Materials of Science and Technology Vol.23 No.1(2002)

论单纯使用 0 与 1 的二进制算术

兼论二进制用途以及伏羲所使用的古代中国符号的意义

(德)莱布尼茨 著　　李文潮 译注

编者按：1700 年，莱布尼茨(G. W. Leibniz, 1646—1716)成为巴黎皇家科学院成员。1701 年初，他提交了第一篇正式论文即论述二进制的《数字新科学论》(*Essay d'unne nouvelle Science des Nombres*)，但被婉言谢绝。科学院秘书长封丹内(De Fontenelle)提出的主要理由是看不出二进制有何用处(见：封丹内 1701 年 4 月 30 日致莱布尼茨的信，莱布尼茨书信，汉诺威图书馆，编号：LBr 275，4—5 页)。

在把论文寄往巴黎的同时，莱布尼茨于 2 月 25 日写信给在北京的法国耶稣会神父白晋(Joachim Bouvet)，在信中介绍了论文的主要内容[见：莱布尼茨书信，LBr 728，94—97 页；维特迈耶编，《莱布尼茨中国通信集》(*Leibniz Korrespondiert mit China*)，法兰克福，1990 年，94—97 页]。白晋收到信后，于同年 11 月 4 日回信，指出了莱布尼茨二进制与《易经》的"不谋而合"之处。18 个月后，莱布尼茨于 1703 年 4 月 1 日收到了白晋的信。同年 5 月 18 日，莱布尼茨复函白晋，称现在终于找到了二进制的"极大用途"(*Les grandes utilités*)，并认为这似乎是不可思议的"天意"(莱布尼茨书信，编号：LBr 105，30—35 双开页；《莱布尼茨中国通信集》，181—189 页)。与此同时，莱布尼茨完成了这篇论文即在原来论文的基础上增补了关于"伏羲八卦"的三段内容，并将论文改为现在这个题目，特别强调了"二进制的用途"。论文寄出后即被采用，但直至 1705 年才在巴黎出版的《1703 年皇家科学院年鉴》(*Histoire de l'Academie Royale des Sciences*, *Année* 1703, Paris, 1705, pp. 85—89)上发表。

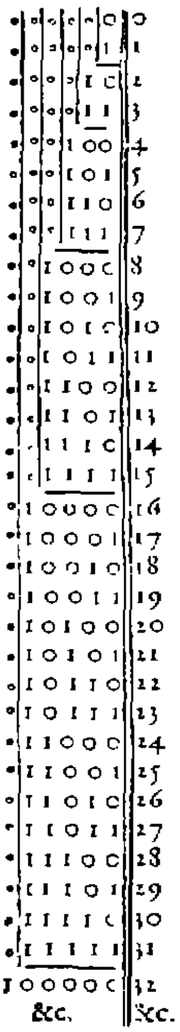
关于莱布尼茨二进制与《易经》的关系问题已经讨论得很多了。尽管如此，作为一个历史事实，其在中外文化交流史上的意义还是难以否认的。特别值得指出的是：莱布尼茨的二进制并不是一个单纯的算术问题；在白晋介绍的《伏羲图》中，莱布尼茨看到的亦不是对二进制的简单证实。在这个意义上，对这个题目的研究还有待深入。

下面的译文译自 1707 年荷兰阿姆斯特丹出版的《1703 年皇家科学院数学及物理学报》(*Mémorires de Mathématique et de Physique de l'Académie Royale des Sciences, Année 1703*)第 105—111 页。

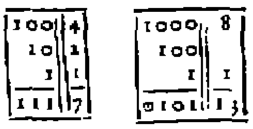
译注者简介：李文潮(1957—)，陕西大荔人，哲学博士，德国柏林理工大学哲学系。

通常的算术运算基于十进制。逢十进位,使用十个数学符号[①]:0、1、2、3、4、5、6、7、8、9,各自表示零、一以及含九在内的后面几位数。到了十,便进位重新开始。因此,十通过 10 来表示,十个十即一百便是 100,十个一百即一千便是 1000,十个一千便是 10000。类推。

多年来[②],我却不用十进制,而是喜欢采用所有进位方式中最简单的一种,即二进制,亦即逢二进位。其原因是,我发现这一进位法可以对完善数字科学有所贡献。我使用的数字符号只有 0 与 1,逢二进位。二通过 10 来表示,二乘二等于四即 100,二乘四等于八即 1000,二八一十六即 10000,类推。右图是按照这一系统列出的数字表,当然可以无限地继续下去。

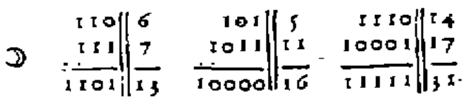


这是一个由二进制组成的整位数几何序列。可以看出,这个序列有一个明显特征,即有了其中的一个数,便可非常简单地在最高环节下面的一倍处直接写出其它数,如同说七,表示为 111,是四、二、一的和;十三,通过 1101 表示,是八、四、一之和等等。使用数个不同重量的称铊求得各种物体的重量时采用的即是这一原理。检查金属币的金属含量时使用很少几枚硬币表示各种不同的数值亦是如此。

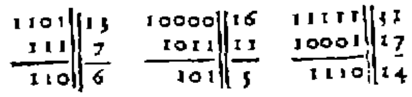


采用这一数字表达方式,所有类型的运算特别简单,如:

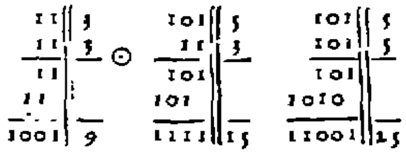
加法:



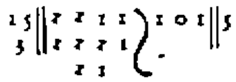
减法:



乘法:



除法:



所有这些运算由此变得非常容易。与通常的除法运算方式不同,使用这种方法既不用试也用不猜,亦不用熟记诸如 6 + 7 等于 13,三五一十五之类的小九九。使用二进制,可以直接找出结果并同时证明其正确性。上面图示中用☾及⊙表示出的例子说明了这一点。

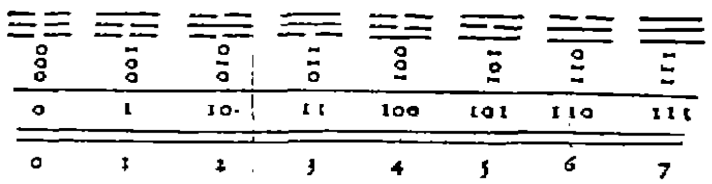
① 文中阿拉伯数字写法表示符号,严格意义上的数字则用书写形式,译为一、二、三等等。

② 莱布尼茨二进制最晚在 1679 年已经形成。在编者按中提到的信中,莱布尼茨写到"二十多年来"他一直研究二进制。参见《莱布尼茨中国通信集》,第 182 页。

尽管如此，我并不要求在实际应用中用二进制取代十进制。大家已经习惯了十进位，已经熟练掌握了知识当然也不用再去寻找。还有，十进制写法精炼，不是很长。假如再将其与十二或十六进制比较一下，十进制的优点则会更明显。不过，使用0与1组成的二进制虽然写起来比较麻烦，但对科学来讲仍不失是个最基本的系统，因为使用它可以导致新的科学发现。这类发现对数字的实际应用、特别是对几何都将很有好处。因为假如将数字还原为0与1这两个最简单的单位，那么处处都会显示出奇妙的秩序。在上面的数字表中我们便可以看到，每一栏中都有一定的周期出现的序列。第一栏中从上往下竖看是01、第二栏中是0011、第三栏中是00001111，第四栏中是0000000011111111。类推。

为了填充表中每一栏开始时(上方)出现的空位，以及为了较好地显示其周期，我们使用了小小的零①，另外还引入了竖线，这些线的意思是：包括在线中的排列周期重复(譬如从右向左两条竖线旁边的一行总是01010101……)。平方数、立方数、其它幂、三角数、锥体数以及其他形式的何数均具有类似的周期性。使用二进制，无需进行复杂的运算便可迅速地以表格的形式列出这类数。开始时虽然有点麻烦，但由于省去了运算，可以按照规则不断地写下去，因此其优点亦是无尽的。

出乎预料的是，这一单纯使用0与1的算术还是一把钥匙。用这把钥匙可以打开中国一位古老皇帝与哲学家的线条符号②。这位皇帝与哲学家名为伏羲，据称③生活在四千多年前，中国人将他看作是他们的王国与科学的奠基者④。其中有几个线条符号，人们说是他发明的。所有这些符号均与这一算术形式有关。为此，我们只需把被看作基本符号的所谓八卦画一下，附上以下说明即可：第一，直线的意思是整体或1，第二，断线表示零或0。如图示：



大约一千多年来，中国人忘记了伏羲八卦或者说线条符号的真正含义。他们撰写了大量的注疏，牵强附会，亦未能窥其真谛。因此直到现在，欧洲人才为他们提供了正确的解释。其过程是这样的：大约整整两年前⑤，我将自己的0与1算术写信告诉给了白晋先生，一位生活在北京的著名的法国耶稣会神父。他在我的算术中马上看到了揭开伏羲图

① 在与莱布尼茨的讨论中，流亡荷兰的法国学者 Cesar Caze 指出，在所有的数字系统中，把0放在数字前填补空位的现象并不常见。因此，六十四卦并非数字系统，而是"另有目的"。为了解决这一问题，似乎可以在二进制与易卦之之间插入中国算盘。参见：莱布尼茨手稿，汉诺威图书馆，编号：LHXXXV3。

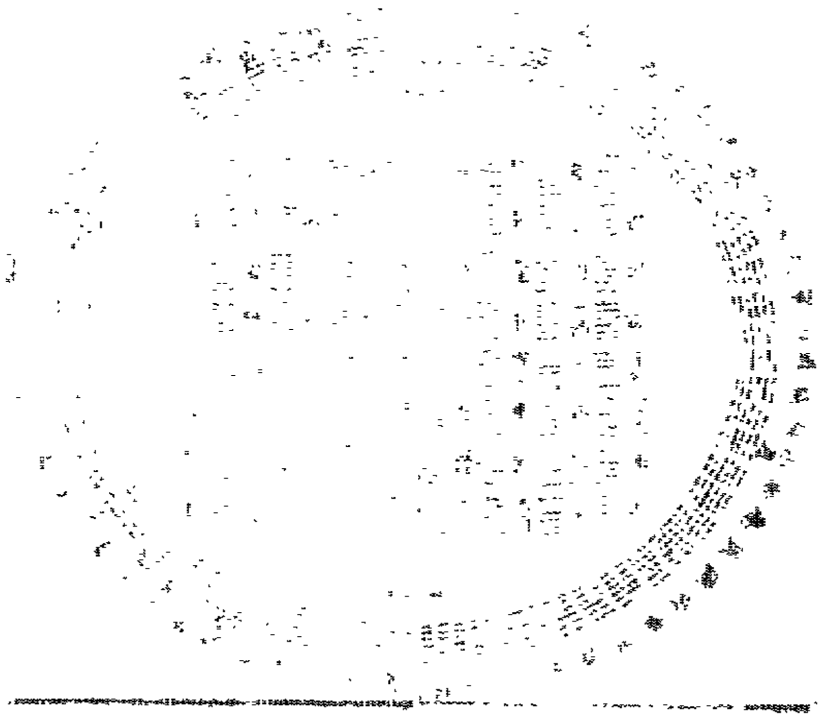
② 即"卦"。"爻"是个无法翻译的词。原文是 linges，线条。下文中阳爻译为直线，阴爻译为断线。

③ 原文：-on croit"。从此可以看出，莱布尼茨还是很谨慎的。

④ 这是白晋的说法，详见：白晋1701年11月4日致莱布尼茨的信，莱布尼茨书信，汉诺威图书馆，编号：LBr 105，21—26页；《莱布尼茨中国通信集》，147—163页。

⑤ 即1701年2月25日。早在1697年初，莱布尼茨便将自己的二进制设想详细地告诉给了在北京的闵明我神父，未能引进共鸣。参见：莱布尼茨书信，汉诺威图书馆，编号：LBr 105，15—18页；《莱布尼茨中国通信集》，33—42页。

的钥匙。1701年11月4日给我写信时,他给我寄来了这位皇帝哲学家的大图[1][见第70页附图]。这个图包括六十四个符号,足以证明我们的解释的正确性是不容置疑的。因此也可以说,借用我提供的情况这位神父揭开了伏羲之谜。这些图是世界上存在的科学方面最古老的文献,相隔这么长的时间后又重新发现了其含义。这一发现的意义自然非同一般。



附图:白晋寄给莱布尼茨的《伏羲图》

(莱布尼茨在左下角写出了"读法";汉诺威图书馆,LBr 105,27—28页)

在上面的图中,每行开始时填充了几个o,这些o显得多余,却能表示出栏的周期性(为了将它们真正的零分开,我使用了小圈)。有了这些小圈,更能清楚地看出伏羲符号与我的图表是相符一致的。这个一致性迫使我高度评价伏羲思想的深度。因为我们现在觉得非常容易的事情,在相当遥远的过去却并非如此简单。二进制只所以使用方便,稍微留心一下便能掌握,其中的一个原因正是通常使用的运算方式(即十进制)帮了大忙(我们似乎只是将多余的东西取掉了)。但就是平常习惯使用的十进制算术好像也不是非常古老,起码希腊人及罗马人还不认识这一方法,因此亦未能利用它的优点。欧洲使用的这一方

① 即邵雍的先天图。详见附图。在图中,莱布尼茨用红笔标出了从坤卦开始的各个卦象所代表的数值。外圈则从下方的坤卦开始,沿右半圈向上直至姤卦,这时又沿中线跳到复卦,沿左半圈向上。在图的右下角,莱布尼茨用拉丁语写出了自己的"读法"。白晋在信中没有提到邵雍,莱布尼茨亦没有理由对白晋的看法提出质疑。但在张白晋的复信中,莱布尼茨指出他在柏应理(Couplet)的《中国哲学家孔子》(*Confucius Sinarum Philosophus*)一书中看到的图的排列(即文王图)与白晋寄给他的不一样,并请求白晋给予解释。可惜还没有发现白晋对此信的答复。

法很可能是格尔伯特即教皇斯尔特① 引进的。他又是从占领西班牙的摩尔人② 那里学来的。

另外，中国人还认为伏羲是中国文字的发明者。在历史的演变中这些文字又发生了很大变化。根据伏羲的算术论可以推测，假如能够成功地找到了中国文字的真正起源，便可得到某些启发去理解伏羲的算术以及伏羲的思想。如果再考滤到在中国人们认为伏羲是从数字符号中引申出文字符号的③，那么这个推测便很可能是有根有据的。白晋神父准备进行这方向的研究，他亦完全有能力得出一定的结果。长期以来我就计划研究发明一种方法④。至于中国文字是否最终具有我的方法必然带来的优点，我就不清楚了。假如回答是肯定的，那么我们的每一个从概念中得出的推论，亦可从他们的文字符号中得出。当然是借助一种算术方法，而这一方法亦是人类精神最重要的工具之一。

① 教皇斯尔特(Silvester，938—1003)，公元999—1003年为教皇，著有《数学文集》(*Opera Mathematica*)。

② 阿拉伯穆斯林人于公元711—1492年占领了西班牙半岛及非洲西北部，将阿拉伯的文化、宗教及科学带到了欧洲。

③ 莱布尼茨倾向于认为中国文字属于人工语言即按照一定的方法有意创造出来的。早在1679年，莱布尼茨便就针对中国文字提出了14个具体问题，希望能够得到解答。详见：莱布尼茨致埃斯赫尔茨(Elsholz)，1679年6月24日、《莱布尼茨书信及著作全集》，科学院版，第1卷，第2册，491—492页。

④ 即莱不尼茨的通用语言。借用此方法可以通过算术运算解决所有争论。