



科普

名家

经典

对宇宙与物理的数学解读

神奇的 数字零

Charles Seife

[美] 查尔斯·塞弗 著
杨立汝 译

ZER

The Biography of
a Dangerous Idea

《纽约时报》推荐图书

国际笔会玛莎·阿尔布兰奖
获奖作品

出版社

神奇的 数字零

对宇宙与物理的数学解读

Charles Seife

[美] 查尔斯·塞弗 著
杨立汝 译



Zero: The Biography of a Dangerous Idea

Copyright © Charles Seife, 2000

All rights reserved including the right of reproduction in whole or in part in any form.

This edition published by arrangement with Viking, an imprint of Penguin Publishing Group, a division of Penguin Random House LLC.

中文简体字版权 © 2017 海南出版社

版权所有 不得翻印

版权合同登记号：图字：30-2017-070 号

图书在版编目（CIP）数据

神奇的数字零 / (美) 查尔斯·塞弗

(Charles Seife) 著；杨立汝译。——海口：海南出版社，2017.12

书名原文：Zero: The Biography of a Dangerous Idea

ISBN 978-7-5443-7638-9

I. ①神… II. ①查… ②杨… III. ①数字—研究

IV. ①O1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 274511 号

神奇的数字零

作 者：(美) 查尔斯·塞弗 (Charles Seife)

译 者：杨立汝

监 制：冉子健

策划编辑：李继勇

责任编辑：孙 芳

责任印制：杨 程

印刷装订：三河市祥达印刷包装有限公司

读者服务：蔡爱霞 郅亚楠

出版发行：海南出版社

总社地址：海口市金盘开发区建设三横路 2 号 邮编：570216

北京地址：北京市朝阳区红军营南路 15 号瑞普大厦 C 座 1802 室

电 话：0898-66830929 010-64828814-602

投稿邮箱：hnbook@263.net

经 销：全国新华书店经销

出版日期：2017 年 12 月第 1 版 2017 年 12 月第 1 次印刷

开 本：787mm×1092mm 1/16

印 张：13.75

字 数：178 千

书 号：ISBN 978-7-5443-7638-9

定 价：42.00 元

【版权所有 请勿翻印、转载，违者必究】

如有缺页、破损、倒装等印装质量问题，请寄回本社更换

书 评

“与常人认知不同的是，其实，作家中笔法最为明晰的往往是数学家（伯特兰·罗素荣获的是诺贝尔文学奖，而非数学奖），塞弗便是一个典例。他书写描摹人类的恐惧、天才的谬误和思维的宏大野望，轻描淡写，却透着诱人魔力。”

——《亚特兰大宪法报》

“在人类的编年史中，‘0’是一个令人却步的难解之谜。塞弗以节制的笔墨，驱策着读者透过数字‘0’，向无垠空虚的深渊及无限广阔的空间投以凝视与瞭望……塞弗梳理了关于‘0’的历史争论，旋即又将目光投往当下，奋不顾身地跳进黑洞的贪婪大口，进入愈发冰冷的宇宙去探寻奥秘。对于足不出户的物理学家而言，这绝对是一册必读书目。”

——《书单杂志》（星级书评）

“（本书）叙述流畅，在历史哲学与科学技术间转换自如，能够将各个复杂概念一一阐明。”

——《达拉斯晨报》

“塞弗以轻松的语调来探讨这一深奥的话题。掩卷时，应该没有读

者会质疑塞弗的这个观点。‘0’是人类构想的各类概念中最为奇妙的一个，因此也是最为危险的一个……塞弗的文章为那些在数学和科学课堂上挣扎的人们提供了一扇窗口，让他们可以一窥微积分的强大与现代物理学中的一大难解课题……这册小书极富趣味，引人深思，揭示了人类洞察力与深层不确定性的其中一个根源所在。”

——《出版人周刊》（星级书评）

“对于塞弗笔下复杂的概念关系网，即使是不懂数学的人也能清楚领会。”

——《波士顿环球报》

“此书以精妙的技巧与智慧，讲述了一个引人入胜的人类故事……我们开始学会欣赏一些‘简单’概念（比如0和无穷大）中蕴含的深度与丰富内涵，还有它们与宗教、早期文明及当今科学的紧密联系。”

——《费城问询报》

“作为一个技巧娴熟的科学记者，塞弗选择以抽离之姿将那些复杂概念一一阐明……（书中）简练的解析说明令人耳目一新……而且直截明了。”

——《纽约时报》

“塞弗拥有榨干现代理论的能力……叙述十分明晰，读来犹如常识科普。”

——《沙龙》

目 录

CONTENTS

第 0 章 无效 / 001

第 1 章 无所作为 (0 的起源) / 004

没有“0”的生活 / 005

0 的诞生 / 010

虚无的可怖特性 / 017

第 2 章 无中难以生有 (西方世界对 0 的排斥) / 023

古希腊数学哲学的起源 / 024

无限、虚无与西方世界 / 037

盲目的日子 / 050

第 0 个数字 / 055

无限虚无 / 057

第 3 章 不入虎穴 (0 的东进) / 059

0 的转世再生 / 062

阿拉伯数字 / 068

我是自有永有的: 虚无 / 070

0 的胜利 / 074

第 4 章 虚无而无限的上帝（神学中的 0）/ 078

问题的解决 / 079

0 与虚无 / 087

神圣的赌注 / 094

第 5 章 无穷个 0 与无神论数学家（0 与科学革命）/ 099

无限个 0 / 100

0 与神秘的微积分 / 106

神秘的落幕 / 118

第 6 章 无穷的双生子（0 的无穷本质）/ 123

虚数 / 124

点与对点 / 127

无穷的 0 / 138

第 7 章 绝对 0 度（物理中的 0）/ 148

0 热度 / 149

量子力学中的 0：无限能量 / 155

相对论中的 0：黑洞 / 164

不劳而获的利益？ / 175

第 8 章 0 点 0 刻（时空边缘的 0）/ 179

0 的放逐：弦理论 / 180

第 0 个小时：大爆炸 / 186

第 ∞ 章 0 的最终胜利（终止时间）/ 195

超越无限 / 197

- 附录 A 如何证明丘吉尔等于胡萝卜 / 199
- 附录 B 黄金比例 / 202
- 附录 C 导数的现代定义 / 204
- 附录 D 康托尔列举有理数 / 206
- 附录 E 制作属于你自己的虫洞时光机 / 209

第 0 章

无 效

0，犹如一颗鱼雷，径直击中“约克城号”巡洋舰。

1997 年 9 月 21 日，这艘造价高达十亿美金的导弹巡洋舰正准备驶离弗吉尼亚海岸进行巡航任务，却突然在一阵剧烈震动之后停滞不前了。“约克城号”巡洋舰在海水里死火了。

战舰的设计是为了抵挡鱼雷袭击和水雷爆炸，纵使武器装备齐整，却也无人想过需要保卫“约克城号”不受 0 的伤害。这实在是一个严重的失误。

当时，“约克城号”上的计算机群刚刚启用了新版的引擎控制软件，不幸的是，当时无人觉察到那颗隐匿在代码中的定时炸弹——一个工程师在启动软件时本应移除的 0。不管原因是什么，总之，这个 0 就这样被人忽视了，就此潜隐在代码海洋之中，直到软件将它读入内存，而后窒息停摆。

在“约克城号”上的计算机系统想要做除以 0 的计算时，舰船上八万马力的引擎瞬间熄火，工作人员花了将近三个小时才将紧急操作

系统与引擎重新连接完毕，“约克城号”这才得以艰难地驶回港口。工程师们又用了足足两天时间移除那个0，并修整引擎，令“约克城号”重回备战状态。

除了0，其他数字没有一个能够造成如此严重的损害，引发类似“约克城号”事件这样的计算机故障只不过是0的威力的一个微小体现。在它的强势影响下，各大文明如临大敌，哲学体系分崩离析，只因0是如此与众不同。它为我们提供了一个窗口，让我们得以一窥那些难以言喻且没有极限的存在。这便是人类恐惧0、憎恶0，甚至不惜将其定为非法的缘由了。

这是一个关于0的故事，叙述它在古时的诞生和在东方的蓬勃发展，描绘它在欧洲力求认同的斗争，介绍它在西方的优势支配地位，以及阐明它对近现代物理学的一贯威胁。此书也是一个关于人的故事，讲述那些试图了解0的人——包括学者、神秘主义者、科学家、牧师等——是如何就这个诡秘数字的意义展开辩论和斗争的。此书还是一个关于西方世界对于一个东方概念的无谓（有时还很极端）抵抗的故事。0这个数字看似天真无害，却有本事叫这世上最聪慧的智者紧张惊慌，威胁着要令当今科学界的整个思维架构土崩瓦解，而这本书便是这个数字引发的一部悖论史。

0威力强大，因为它是无限的双生子。它们是平等而对立的两极，就像阴与阳一般，带有自相矛盾的特质，令人困扰。科学和宗教探讨的最宏大的课题都与虚无和永恒、0和无限有关。关于0的争论与分歧往往会动摇哲学、科学、数学以及宗教等各个体系的根基。每一次革命的背后都潜藏着0和无限的身影。

0是东西方思想辩论的核心，是宗教与科学斗争的焦点，是大自然的语言，是数学世界中最重要工具，而且物理学中最深奥的课题——黑洞的黑暗核心与大爆炸的粲然闪光——便是旨在击败0这个数字。

然而，纵观历史，尽管受尽排斥，屡次遭到流放，但0总是能够击败那些与它对抗的人。人类永远无法强迫0来适应人类的哲学体系，相反，恰恰是0塑造了人类看待宇宙与神明的方式。

第 1 章

无所作为

[0 的起源]

既非虚无，亦非存在；

既不是在空间的疆域之内，亦不是在天际之外。

是何物在何处搅动乾坤？

——《梨俱吠陀》

0 的故事由来已久，源远流长，其发端可以回溯到数千年前，那时数学方才萌芽，文明社会尚未正式建立，人类也还没学会阅读与书写。今天的我们似乎天生便能够自然地接受 0 这个概念，但对于古人来说，它是一个异类，甚至是一个叫人恐惧的存在。0 这一东方概念起源于新月沃地，在耶稣降世之前的几个世纪业已诞生，它不仅唤起了人们对于原始虚空的想象，身上更具有有一种危险的数学特质，拥有能够摧毁逻辑框架的威力。

数学思想的源头牵系在人们对数清羊群、追踪财产及记录时间的欲望和需求上，但完成这些任务往往不需要 0。在 0 出现之前的千年时光

里，人类原始文明一样运转自如。0 确实令人憎恶，因此，有些文明决定将它弃诸脑后。

没有 0 的生活

关于 0，其中很关键的一点是：

日常生活的运转其实并不需要它，比如，没有人会上街购买 0 条鱼。

从某种程度上说，它是最具文明的表现，

只有在塑造与培养思想时，其使用才会成为必然。

——阿尔弗雷德·诺斯·怀特海德

作为现代人，我们很难想象没有 0 的生活会是何种光景，也许会像没有了数字 7 或者 31 一样举步维艰。不过，历史上的确有一段时期人们的生活里是没有 0 的。彼时尚未有文字载史，所以古生物学家们只能从一块块石头与骨骼中拼凑出关于数学起源的故事。研究人员从这些碎片遗痕中发现，石器时代的数学家要比现代数学家更为结实强壮，因为他们竟将狼群当作了黑板。

20 世纪 30 年代后期，考古学家卡尔·亚伯索隆在捷克斯洛伐克的泥土中经筛选发现了一块距今已有三万年历史的狼骨，其上凿刻着一系列圆形凹口，这是一个关键线索，可以让人一窥石器时代的数学特征。我们已经无法知晓这位被科学家命名为高格的穴居人究竟是用这块骨头来记录什么事物的数量，是他杀过的鹿、画过的画，抑或是没有洗澡的日子，但至少我们可以从中获得一个清晰的信息，那就是早期人类确实在计数。

狼骨相当于石器时代的超级计算机。高格的祖先甚至都难以数到 2，因此他们肯定也不需要 0。在数学萌芽的起步阶段，人们似乎只能区分“一”和“许多”，比如，拥有一个矛头或许多矛头，吃了一只碾碎的蜥蜴或是许多只蜥蜴，他们无力表达除了“一”和“许多”之

外的其他数量。随着时间的洪流向前奔涌，原始人的语言慢慢发展到能够区分“一”“二”和“许多”，最后能够辨别“一”“二”“三”和“许多”，但对于更高的数字他们依旧无能为力。一些语言至今仍存在类似的缺陷，例如在玻利维亚的西里奥印第安人和巴西的雅诺马马人这两个部落的语言中，没有任何词语可用来指称大于“3”的数量，只有“许多”或“大量”这类字眼。

数字可通过叠加而得到一个新的数字，由于这一特性，计数系统绝不会只停留在数字“3”。所以在此之后，聪明的部落成员们开始使用数字串来表示更大的数字，巴西巴喀依瑞和博罗罗部落如今仍在使用的语言完整地展示了这个过程，他们的计数系统是这样的：“1”“2”“2加1”“2加2”“2加2加1”，并以此类推。他们以“2”为单位进行计算，现代数学家称之为“二进制”。

像巴喀依瑞和博罗罗人一样以二进制进行计算的人其实少之又少，那块古老狼骨才是古代计数系统的典型代表。高格的狼骨上共有55个小凹口，5个编为一组；在前25个凹口刻痕记号之后有一个次级凹口。看起来高格很有可能是以数量5为一组进行计数，然后又再以5为单位记录组别的数量。这样的方式很合乎情理，以小组为单位来统计记号数量要比逐个数快得多。在现代数学家看来，这位凿刻狼骨的穴居人高格采用的是以5为基准的五进制计数系统。

但是，他为什么会选择“5”作为计数单位呢？事实上，他的这个决定带有一定的随意性，假若高格选择以4为一组进行计数，而后再以4组（16）为一个集合体进行计算，他的计数系统同样能够有效运转，以6为计数单位的系统亦是如此。分组的方式并不会影响骨头上的记号数量，它只会改变高格算出总数的方式，而无论方式如何变更，他最后总能得到相同的答案。不过，高格更喜欢以5为计数单位，而世界上大部分人都与他不谋而合。人的一只手长有五根手指，这是大自然的偶然安排，正是由于这个偶然，“5”受到许多文化的青睐，成

为其计数系统的计数基准。比如，早期古希腊人就用数字“5”（Five）的变形“Fiving”一词来描述计数的过程。

在南美的二进制计数方案中，语言学家也发现了五进制的萌芽迹象。在博罗罗语中，另一个用来表示“2加2加1”的短语是“我的手全加起来”（就是它）。显然，古人很喜欢借用身体的某个部位来记录数量，其中，“5”（一只手）、“10”（一双手）和“20”（双手和双脚）最受欢迎。英语中的“11”（eleven）和“12”（twelve）似乎是衍生于“十（ten）分之一”与“十（ten）分之二”，而“13”（thirteen）、“14”（fourteen）、“15”（fifteen）等则是“3（three）加10”（ten）、“4（four）加10”（ten）、“5（five）加10”（ten）的缩写。语言学家由此推定，“10”是日耳曼原始语中的基础单位，英语属于日耳曼语系，自然也不例外。从中我们又可推断出，使用这些语言的人们采用的是十进制的计数系统。另一方面，在法语中，数字“80”由“4个20”（quatre-vingts）表示，“90”由“4个20加10”（quatre-vingt-dix）表示，也许这意味着，古时定居于今日法国境内的人采用的是以20为单位的二十进制计数系统。像“7”和“31”这样的数字在所有的计数系统中——无论是五进制、十进制抑或是二十进制——均占有一席之地，但“0”则不然，所有计数系统里都难觅它的踪影；或者说，这个概念压根就不存在。

人们根本无须记录“0”头羊或“0”个孩子，就如杂货商只会说“我们这儿没有香蕉”，而不会说“我们有‘0’个香蕉”。人们也不会用一个数字来表示缺失的东西，因为没有人会给不存在的事物赋予标记。这就是长久以来人们能够在没有“0”的环境中自如生活的原因——因为人们并不需要它，所以它也就未曾显露身姿。

事实上，在史前时代，能够透彻了解数字着实是一项了不起的能力，单是能数数的人就已经被视为天才。在人们眼中，他们就和那些懂得施展巫术、对神灵直呼其名的人一样神秘莫测。据埃及亡灵书的描述，在黄泉阴界有个摆渡人，专渡亡灵过河，每有亡魂进入阴间，他就会问他

们一个问题：“人一共有多少根手指？”若答不上来，便不得上船，此时亡魂须背诵一首计算韵文，数出手指总数，方能令摆渡人满意。（希腊的阴间摆渡人则会收取过路费，钱币一般藏于死者的舌底。）

尽管计数技能在古代社会较为稀罕，但数字与计数基本原理的发展总是早于读写能力。当先民方才开始压制芦苇制作写字板、在岩石上凿刻图形、在羊皮纸和纸莎草上涂画墨汁，数字系统早已稳固确立。将口头的数字系统转录为书面形式并非难事，人们只需找到一种方便抄写员将数字记下并长久保存的编码方法。有些文明甚至在发明书写之前就已经想出了记录数字的编码方法，比如，没有发明文字的印加文明通过排列各种带有颜色的小绳结来记录计数过程与结果，后人称之为结绳语（quipu）。

最初，抄写员一般使用与数字的基础体系相吻合的方法记录数字，可以预见的是，他们肯定尽可能地采用简洁的方式。自高格所处的时代起，人类社会一直在进步发展，抄写员们创造了各式符号来代表不同类型的分组，而不是将各个小组的记号一再重复记录。若采用的是五进制系统，抄写员也许会用一种符号表示数量1，用另一种符号表示数量为5的组别，再用第三种符号表示数量为25的组别，并以此类推。

古埃及人便是这样做的。在金字塔建成的五千多年之前，古埃及人就设计了一套图形，用来表征他们使用的十进制计数系统：一个直角符号表示1个单位数量，一个根骨形状表示10，一个旋涡状的陷阱图案则表示100，以此类推。埃及抄写员在记录数字时只需写下这些符号，例如，若想记录数字“123”，抄写员无须重复勾画123个标记，只要记录6个符号：1个陷阱、2个根骨和3个直角。这是古代数学记数的典型方式。和大多数早期文明一样，古埃及同样没有——或者说不需要——0。

不过，古埃及人绝对称得上是优秀的数学家。他们掌握了大量天文学知识，能够准确地记录时间。考虑到天文历法的飘忽不定与难以捉

摸，他们必定运用了相当先进的数学知识，方能达到如此成就。

对大多数古人来说，制定一套稳定的历法绝非易事，因为制定者通常会先想到阴历，即以两个满月之间的间隔时间为一个月。这是一个自然而然的选择，天上月亮的盈亏圆缺十分明显瞩目，是人们用来标记时间周期的方便之选。不过，阴历的一个月在 29 至 30 天之间，不管如何腾挪，12 个月份加起来也只有 354 天左右——比公历的太阳年少了约 11 天；若按 13 个月份计算，又会多出来 19 天。作物栽种收获的时间周期依照的是公历的太阳年，而非阴历的太阴年，因此，如果根据并不十分准确的阴历来计算时日，人们也许会有一种错觉，认为每个月份所处的季节似乎总在缓慢变更，并不固定。

修正阴历绝对是一项复杂艰巨的任务。如今一些国家，如以色列和沙特阿拉伯，仍在沿用昔日的改良阴历，而 6000 年前的古埃及人就已经发明了一套更加优良简便的计时系统，这套历法以数年间的四季更替时间为基准，与其保持同步。也就是说，古埃及人与当今大多数国家一样，利用太阳来追踪时间循环的规律，而非月亮。

古埃及历法 1 年有 12 个月，这一点与阴历并无二致，不同的是，古埃及历法中每个月有 30 天（因采用十进制计数法，他们制定的历法中，1 个星期有 10 天）。且每年的最后一个月会多出额外 5 天，如此一来，一年就总共有 365 天。此套历法可以看作如今通行公历的始祖，后来为希腊、罗马相继采用并再次订正，增加了四年一遇的闰年，而后正式成为西方世界的标准通用历法。不过，由于埃及人、希腊人和罗马人均没有起用 0，因此西方历法中也便没有出现 0 的踪影，而这一疏忽将成为千年之后一系列问题爆发的导火索。

古埃及人发明阳历是人类的一次重大革新与突破，但它在青史上留下的印迹绝不仅于此，它还标示着几何学这门堪称艺术的学科的出现。即便没有 0，埃及人依旧迅速成长为数学专家，或者说，由于尼罗河的汹涌波涛，他们不得不加紧脚步。尼罗河每年都会泛滥并淹没沿岸