

哲人石
丛书

Philosopher's Stone Series

当代科普名著系列



解码宇宙

新信息科学看天地万物

Charles Seife

DECODING THE UNIVERSE

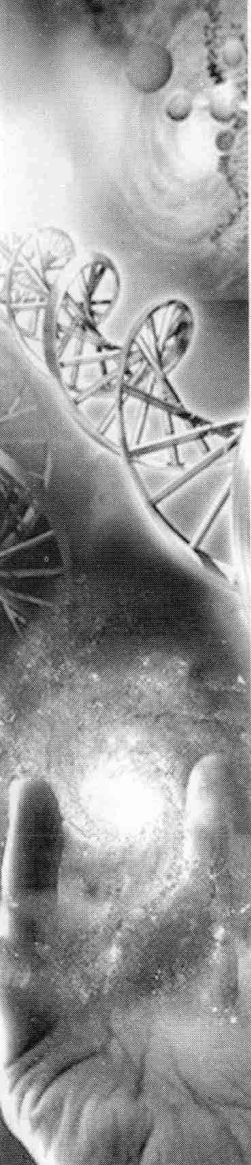
HOW THE NEW SCIENCE
OF INFORMATION
IS EXPLAINING EVERYTHING IN
THE COSMOS,
FROM OUR BRAINS
TO BLACK HOLES

查尔斯·塞费 著

隋竹梅 译



上海科技教育出版社



哲人石
丛书

Philosopher's Stone Series

当代科普名著系列

解码宇宙

新信息科学看天地万物

查尔斯·塞费 著

隋竹梅 译



上海科技教育出版社

**Decoding the Universe:
How the New Science of Information is Explaining
Everything in the Cosmos, from Our Brains to Black Holes**

by

Charles Seife

Copyright © Charles Seife, 2006. All rights reserved

Published by arrangement with Brockman, Inc.

Chinese (Simplified Characters) Trade Paperback copyright © 2010 by

Shanghai Scientific & Technological Education Publishing House

上海科技教育出版社业经 Charles Seife 授权

取得本书中文简体字版版权

责任编辑 傅勇 装帧设计 汤世梁

哲人石丛书

解码宇宙

——新信息科学看天地万物

查尔斯·塞费 著

隋竹梅 译

上海世纪出版股份有限公司

出版发行

上海科技教育出版社

(上海冠生园路393号 邮政编码200235)

网址: www.ewen.cc www.sste.com

各地新华书店经销 丹阳教育印刷厂印刷

ISBN 978 - 7 - 5428 - 4970 - 0/N · 785

图字 09 - 2009 - 444 号

开本 850 × 1168 1/32 印张 9.25 插页 2 字数 215 000

2010年4月第1版 2010年4月第1次印刷

印数 1 - 4 400 定价: 26.00 元

对本书的评价

宇宙可能就是一台庞大的计算机——这是塞费关于信息论和量子计算的新书《解码宇宙》的结论中最终的、别具匠心的比喻。在你读完他对热力学、相对论、量子力学、黑洞以及多元宇宙等方面清楚明晰的阐述后,你就会得到这样的印象,尽管你会觉得这种观点看起来似是而非。对于昔日的文科主修生以及用右脑思考的那些人来说,塞费是其中的佼佼者;他清晰而透彻的比喻以及毫不含糊的描述[加上齐梅特(Matt Zimet)的精美插图],在物理学的一些最离奇、最违反直觉的领域中,为读者提供了极为可靠的根据。阅读此书,是让你茅塞顿开的好办法……《解码宇宙》容纳了关于存在之根本的丰富信息。

——Salon.com

这本书的出版很及时,而且塞费为这个毫无疑问非常难以说明白的话题做了很出色的工作。《解码宇宙》是一次令人钦佩的努力,它为一个常常是用枯燥词汇来描述的题目带来了生气。塞费清楚地证明了信息深深地渗透并关系着逻辑学、纯数学以及支配着人类世界可能性的那些定律。

——《新科学家》(*New Scientist*)

引人入胜且颇为离奇的特点贯穿全文。……由于作者运用了不失为幽默的手

法，所用资料在学术上和心理上的凝重气氛整个变得轻松了。……鲜有读者不被这个写得绘声绘色的鬼魅般的故事所吸引，并从中学到知识。

——《自然》(*Nature*)

内容提要

宇宙,或许就是一台庞大的计算机。这是作者在本书中对宇宙作出的结论。作者从信息的特点开始谈起,详细论述了信息论和量子计算,向我们展示了一幅不可思议的宇宙画卷,涉及生命的本质、热力学、相对论、量子力学、黑洞、多元宇宙,直至宇宙的命运。本书资料翔实、内容丰富、思路清晰、观点明确,读后使人对宇宙肃然起敬。

作者简介

查尔斯·塞费 (Charles Seife), 美国耶鲁大学数学硕士, 纽约大学新闻系副教授。《科学》(*Science*)、《新科学家》(*New Scientist*)、《科学美国人》(*Scientific American*)、《经济学家》(*The Economist*) 等多家杂志的撰稿人。著有《零》(*Zero*)、《阿尔法与奥米伽》(*Alpha & Omega*) 等作品, 曾获美国笔会玛莎·阿尔布兰德奖。

致 谢

本书是经过多年讨论与研究的产物,若我要一一感谢参与其中工作的所有人,难免挂一漏万。在本书的写作过程中,数十位物理学家、量子理论学家、宇宙学家、天文学家、生物学家、密码学家以及其他科学家,给予我慷慨的帮助——他们不仅仅是花时间向我解释自己的工作,他们是带着满腔热情这样做的。

我要再次向编辑沃尔夫(Wendy Wolf)、文字编辑霍穆尔卡(Don Homolka)、经纪人布罗克曼(John Brockman)和卡特森(Katinka Matson)致谢。我还要感谢与我分享看法并给予我莫大支持的朋友和家人,他们是莫顿(Oliver Morton)、哈里斯(David Harris)、沃尔特斯(Meridith Walters),还有我的兄弟和双亲。谢谢你们。

前言

文明,注定要走向末日。

当我们拿起一本书准备阅读的时候,“文明,注定要走向末日”这句话,恐怕是我们最不想首先读到的内容。然而,这是事实。人类,还有宇宙中的所有生命,都将消亡。不管我们的文明变得多么先进,不管我们是否具有能够在星际间飞跃的本领,不管我们的寿命是否能够达到600岁,在这个可观测宇宙最后一个生命停止呼吸之前,只剩下一段有限的时间。信息定律封住了我们的命运,就像它封住了宇宙本身的命运一样。

信息(information)这个词,戏耍着计算机的想象力,逗弄着电脑主机和网络高速公路;总之,计算机的引进和普及,成为家喻户晓的信息革命。然而,计算机科学只是众所周知的信息论主导思想的一个很小的方面。虽然这个理论实际上指挥着计算机如何工作,但是它所做的远远不止这些。它在许多不同范围内支配着客体的行为,它说明了原子如何相互作用,说明了黑洞如何吞噬恒星。信息论的规则描述了宇宙将如何死亡,并阐明整个宇宙的结构。即使没有计算机,信息论仍然会成为20世纪物理学第三次了不起的革命。

热力学定律,这些支配着物质团块中原子运动的规则,说到底就是关于信息的定律。相对论(阐明物体在极快速度和强大引力作用下的行为),实际上就是一种信息论。

量子理论支配极小领域,也是一种信息论。信息的概念,远比计算机主机所包含的内容更广泛。这个概念,融合了所有这些理论而形成一种极有影响力的思想。

信息论的影响力之所以如此大,是因为信息是物质的。信息不单单是一个抽象概念,也不仅仅是事实、数字、日期或者名字。信息是质能的具体属性,是可以量化和测量的。它与一块铅的重量,或者与储存在核弹头里的能量一样实实在在,而且,与质量和能量一样,信息服从于一系列物理定律,这些定律决定着信息所能够具有的行为,决定着信息能够被运用、传送、复制、删除和销毁。宇宙中的一切都必须遵守信息定律,因为宇宙万物都是由自身所具有的信息塑造的。

信息的概念起源于古代密码编制和密码破译艺术。这些隐藏着国家机密的符号,实际上藏匿着信息,以便将信息传送出去。当密码破译艺术与热力学相结合的时候,信息论产生了。热力学是物理学的分支科学,它描述了发动机的行为、热交换以及功的产生等。这种崭新的信息论,是与量子理论和相对论一样具有革命性的思想。它在顷刻间使通信领域脱胎换骨,为走向计算机时代铺平道路,而这还只是个开端。在这10年中,物理学家和生物学家开始认识到,信息论概念所支配的远远不止是计算机的位元和字节,不止是编码与通信:它描述了亚原子领域的行为,描述了地球上的全部生命,甚至描述了整个宇宙。

地球上的每个生物,都是信息生命体;信息位于细胞的中心,也在我们的大脑里不停地活动。然而,不只是生物能够运用和处理信息,宇宙中的每个粒子、每个电子、每个原子、每个尚未被发现的粒子,都挤满了信息——那些信息往往是我们无法接近的,尽管如此,那还是信息。信息可以被传送或处理,也可以消散。宇宙中的每颗恒星、每个星系,都挤满了

能够逃逸和传播的信息。这些信息始终都在各处流动,向整个宇宙散播。

呈现在我们眼前的是,信息确实实在塑造着我们的宇宙。信息的运动,完全可能决定着宇宙的物理结构。信息似乎存在于科学最深刻的悖论的中心——存在于相对论和量子力学的奥秘之中,存在于宇宙中生命的起源和结局之中,存在于黑洞终极破坏力的真相之中,存在于一个看似随机的宇宙所隐藏的秩序之中。

信息定律已经开始把科学中一些最深刻问题的答案揭示出来。然而在某些方面,这些答案远比它们已经解决的悖论更令人感到烦恼和不可思议。信息描绘了一种宇宙加速走向死亡的情景,描绘了一种生物像奴隶一样寄生于其中的情景,描绘了一种不可思议的拜占庭式宇宙的情景,而这种宇宙,是由庞大数目的平行宇宙所组成。

信息定律给予物理学家一种办法,去了解人类一直在冥思苦想的最黑暗的秘密。然而,这些定律所描绘出来的却是一种既不忍目睹,又十分离奇的情景。

目 录

致谢
前言

第一章	冗余度	1
第二章	妖魔	19
第三章	信息	53
第四章	生命	85
第五章	比光更快	117
第六章	悖论	151
第七章	量子信息	179
第八章	冲突	217
第九章	宇宙	241
附录 A	对数	265
附录 B	熵与信息	267

第一章

冗余度

君子不读他人信件！

——史汀生(Henry L. Stimson)

“AF 缺淡水。”这五个字导致日本舰队覆没。

1942 年春,美国军界正为连吃败仗震惊不已,而日本海军在太平洋战事中的表现却非常出色。虽然局势每况愈下,但是并非不能挽回。为此,美方的密码专家准备使用像枪支弹药一样重要的武器——信息。

美军的密码破译员已经破译了 JN-25,这是日本海军使用的一种密码。要想破译这种密码谈何容易,然而,到了 5 月,密码专家们已经将这个密码的数学仓库全部开启,揭示了藏匿于其中的信息。

根据所截获和破译的情报,美方有一处代号为 AF 的基地,很快就会成为一次重大海上袭击的目标。美方分析家明白,AF 是太平洋的一个岛屿(很可能是中途岛),但并不很清楚日方指的究竟是哪一个岛屿。假如分析家估计错误,己方海军就会防卫不必设防的岛屿,而敌方就会顺利入侵真正的目标岛屿。如果能够准确摸清 AF 到底是哪一个岛屿,并且预知日本舰队的目的地,那么美方就可以集中己方舰队的力量,给侵略者重重一击。因此,太平洋战争的一切,都系于一条下落不明的信息:AF 在何处?

指挥官罗什福尔(Joseph Rochefort)是当时驻夏威夷美国

海军密码分析中心主任,为取得这最后一条信息,他提出一项计划。他命令中途岛基地传送一个虚假求助。传送的消息说,中途岛的淡水蒸馏系统发生故障,基地几无淡水。监听中途岛传送系统的日本人听到了这一消息,这正是罗什福尔所期盼的。假消息发出不久,海军情报部门收到日方电波发出的一个微弱信号:“AF 缺淡水。”罗什福尔于是拿到了他想要的最后一条信息:AF 正是中途岛。

美国舰队开始集结,以保卫中途岛。1942 年 6 月 4 日,日本舰队司令山本五十六(Isoroku Yamamoto)的侵略势力迎面撞上尼米兹(Chester Nimitz)的舰队,他们正恭候日本舰队的光临。战斗中,日军四艘航空母舰“飞龙号”、“苍龙号”、“赤城号”、“加贺号”被击沉,美军只损失一艘航空母舰,一败涂地的日本舰队狼狈回航。此战日军落败,也预示着输掉整个太平洋战争。从此,日本再也没有对美国领土构成严重威胁,而美国则向日本本土展开了长期而艰难的攻势。一条无价的信息,使山本五十六的侵略目标从暗号和密码的防护中泄漏出来,导致美方取得重大胜利。*

第二次世界大战是第一次信息战争。在美国的密码分析系统从日本的 JN-25 和紫密机获得信息的同时,英国和波兰的一个高级译电小组成功解析出德国(被认为是)无敌的恩尼格玛密码机的密码。也就是在日军的信息帮助美国击溃日本的同时,恩尼格玛密码机的信息使盟军得以击败纳粹扼住英国咽喉的 U 型潜艇。

* 命运好像注定如此,山本五十六自己也因为盟军截获的一条小小信息而丧命。1943 年 4 月,澳大利亚的一个信号情报小组发现,山本五十六正准备飞往新几内亚探视驻扎在那里的日军。P-38 战斗机的分遣队正在恭候他的到来,并在南太平洋的布干维尔岛将其座机一举击落。

为信息而进行的奋斗,在战争的面孔上留下自己的印记,同样,战争也在信息的面孔上留下痕迹。第二次世界大战期间,密码学开始从一种艺术变为一门科学。在夏威夷闷热的密码室中忙碌的破译员,或者那些在英格兰古雅庄园工作的电码分析员,就是众所周知的一次信息理论革命的先驱。

编码和解码与信息论的形成有着千丝万缕的联系。然而,千百年来,密码学者和密码破译者并没有意识到自己正在尝试性地介入一个完全崭新的科学领域。归根结底,加密术与科学相比,历史更为悠久。自古以来,不知有多少次,历代统治者和军人相信了那些信息(被密码或暗语的脆弱安全性所隐藏的信息),而那些密码或暗语,不过是为了躲避信息传递过程中的危险所使用的一些不很高明的做法。

编码的产生,可以追溯到西方文明之初。公元前480年,古希腊几乎被十分强大的波斯帝国所征服。然而,一条藏于蜡封药片上的秘密消息,警告说一次入侵迫在眉睫。希腊人看到密信后大吃一惊,迅速备战。由于希腊人预先得到警告,得以在萨拉米斯战役中毫不留情地打败波斯人,终结了波斯造成的威胁,使希腊进入一个黄金时代。如果不是因为那条隐藏的消息,脆弱的希腊城邦国家根本无法抵御比它们强大得多的波斯海军,希腊就会沦为波斯的臣民,西方文明就会是另一番不同的景象。

有时,传递信息的努力遭遇失败,历史从此被改写。因为一条秘密消息或一个密码被察觉和破译而掉了脑袋的事,层出不穷。1587年,苏格兰女王玛丽(Mary)因为一个倒霉的密码而被送上断头台。当时玛丽在监狱中正策划一次刺杀伊丽莎白(Elizabeth)女王而使自己登上王位的阴谋。由于进出监狱的一切物件都要受到检查,玛丽不得不采用密码来与自己

的支持者保持联系。她与同谋者发明了一种密码,把编入密码的消息藏入啤酒桶盖中,再进行交换。不巧,英格兰的间谍大师沃尔辛厄姆爵士(Sir Francis Walsingham)发现了密信,并进行破译。他后来甚至还捏造了玛丽给同谋者的一条假消息,引诱叛变者透露出参与阴谋的全部人员名单。当玛丽女王因叛国罪遭到审判时,那些密信就成为主要物证。一个被破解的密码,还有两道斧印结束了她的生命。

暗号和密码有多种形式,但目的只有一个,就是把信息从一个人手中传递到另一个人手中。同时,还必须安全才行。如果消息被截获,它还必须防止窃取者获得其中的信息。

在历史的大部分时间里,密码并不安全。一个聪明的译码员稍稍集中精力,就能够解译最复杂的密码。尽管如此,统治者和军人们仍然得依赖这些不怎么牢靠的密码。一条被截获并被解译的消息,往往意味着丢掉性命,或是被击败。送出敏感的消息总是一件危险的事情。然而,在外交事务和战争中,这是一种必要的冒险,也是最基本的工作之一。

无论密码设置者如何摆弄文字、符号、数字或电报密码本,无论他们如何巧妙地在木桶、南瓜或诗歌中藏匿消息,在关键信息从一个地方被传送到另一个地方的过程中,永远都不可能避免被发现的危险。正像将军必须把部队、武器和物资供应从后方调动到前线,又调回后方一样,他们也必须传递信息。信息,就其特点而言,像一颗子弹能够被感觉到,像一个炮弹壳能够被看见,像堆满弹药的船舱一触即发。

信息的这种基本性质,是最难被接受的:信息就像质量、能量或者温度一样真实具体。我们不能直接看见这些性质的任何方面,但是应该接受它们的真实性。信息是实实在在的。信息能够被测量和处理,就像一个苹果,既可以用天平称量,也可以用小刀切割。因此,领袖、将军和外交家,往往冒着危

险使用那些不怎么牢靠的密码。信息必须从发送者手中传送到接收者手中,就像一根金条必须从诺克斯堡运到造币厂一样。没有什么魔法能够把信息在瞬间传送出去,就好像没有办法立即把金条从一个金库直接隐形传送到另一个金库一样。即使是最先进的计算机,也必须找到一种办法,把信息从一个地方传递到另一个地方——可以通过电话线、同轴电缆,甚至可以穿过空气,通过无线联系传过去。然而,如果我们想在计算机之间传递信息,那么,信息必须以某种物理形式在计算机之间传送才行。

一个客体中的信息就像质量一样,有具体的、可测量的特点。这就是说,和质量一样,信息也可能放错了地方或者被窃取。正如要把金子从一个地方挪到另一个地方,要敢于冒被拦路抢劫或偷窃的危险一样,一位领袖想要交换信息,也必须敢于冒信息被截获和解译的风险。如同黄金,信息必须运转起来才有用。

在所有间谍活动中,优秀的编码员和解码员都是处理信息的高手。设计某种密码的编码员要尽量保证信息能够从送信者到达收信者手中,而不让任何其他人接触到那条信息,信息决不能够从已经加密的消息中“泄露”出去。相反,一个截获敌人消息的解码员要从杂乱的字母和符号中尽量提取信息。如果编码员竭尽全力,信息还是泄漏了出去,这只能说明密码不完善。然而,即使是最优秀的编码员,也不见得能让消息奇迹般地出现在需要出现的地方。信息必须经过传送,这也是它最容易被发现的地方。

如信息一般抽象的某种东西实际上是可以测量的,而且是有形的,这种想法是信息论的原则之一。信息论诞生于第二次世界大战刚刚结束的时候,当时数学家设计了一套定义信息的规则,并描述了信息的行为。信息论具有一种数学确