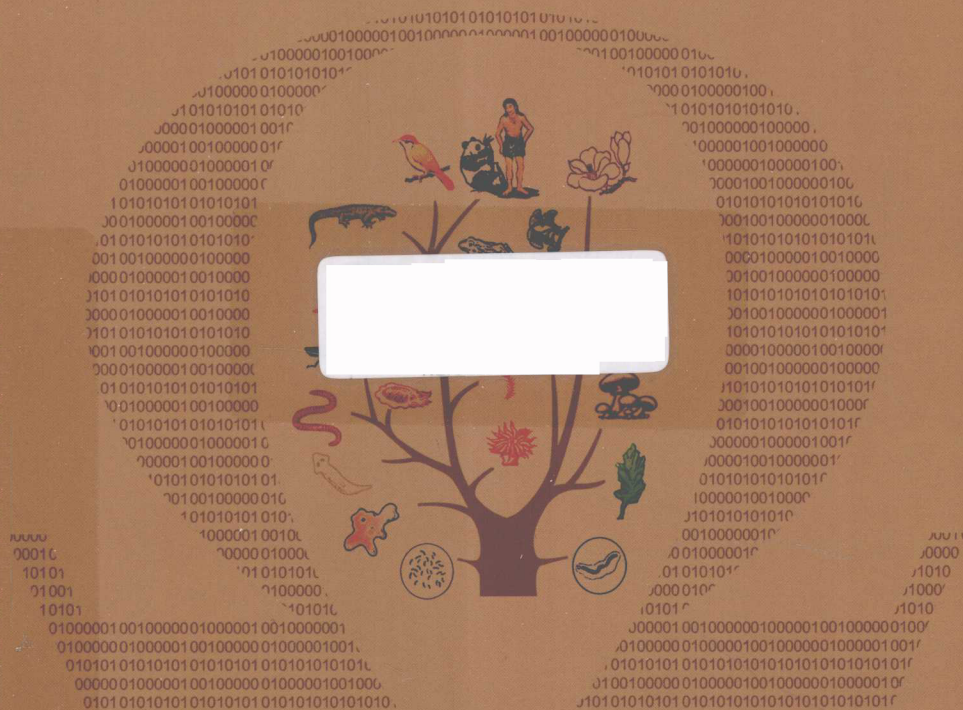


证明达尔文

进化和生物创造性的一个数学理论

[美] 格雷戈里·蔡汀/著 陈鹏/译 刘钢/审校

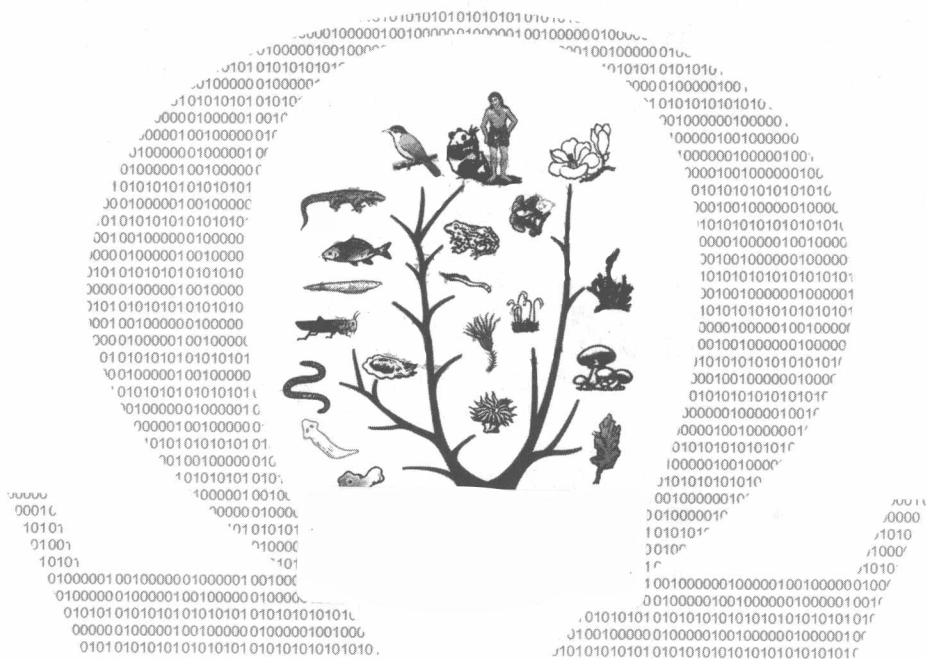


人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

证明达尔文

进化和生物创造性的一个数学理论

[美] 格雷戈里·蔡汀/著 陈鹏/译 刘钢/审校



人民邮电出版社
北京

图书在版编目 (C I P) 数据

证明达尔文：进化和生物创造性的一个数学理论 /
(美) 蔡汀著；陈鹏译. — 北京：人民邮电出版社，
2015. 1

(图灵新知)

ISBN 978-7-115-37423-3

I. ①证… II. ①蔡… ②陈… III. ①证明论②生物
—进化论 IV. ①O141.2②Q111

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第267526号

内 容 提 要

在这部开创性著作中，数学家格雷戈里·蔡汀提出了关于进化和生物创造性的一个数学理论，试图从数学上证明达尔文的进化论。在约翰·冯·诺伊曼和阿尔·图灵的相关思想的基础上，作者进一步深化了生命作为不断进化的软件的思想，开辟了一个称为“元生物学”的新领域，为我们认识生物的本质打开了一个新的窗口。

◆ 著 [美] 格雷戈里·蔡汀
译 陈 鹏
审 校 刘 钢
责任编辑 楼伟珊
责任印制 杨林杰

◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市丰台区成寿寺路11号
邮编 100164 电子邮件 315@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
三河市海波印务有限公司印刷

◆ 开本：880×1230 1/32
印张：4.125
字数：90千字 2015年1月第1版
印数：1-3 000册 2015年1月河北第1次印刷
著作权合同登记号 图字：01-2014-6321号

定价：29.00元

读者服务热线：(010)51095186转600 印装质量热线：(010)81055316

反盗版热线：(010)81055315

广告经营许可证：京崇工商广字第 0021 号

版 权 声 明

Original English edition, entitled *Proving Darwin: Making Biology Mathematical* by Gregory Chaitin, published by Vintage Books, a division of Random House, Inc. Copyright © 2012 by Gregory Chaitin.

Simplified Chinese language edition copyright © 2015 by Posts & Telecom Press.

All rights reserved.

本书中文简体字版由Vintage Books授权人民邮电出版社独家出版。
未经出版者书面许可，不得以任何方式复制或抄袭本书内容。

版权所有，侵权必究。



谨以本书献给

约翰·冯·诺伊曼 (1903—1957)

一位出类拔萃的数学家

一则寓言

从前，拉比学校的一位年轻学生去听了一位知名拉比的三场讲座。事后他对朋友说：“第一场演讲非常棒，我听懂了每句话的意思。第二场更加精彩，深刻而玄妙。有很多地方我都不太明白，但拉比理解其中的一切。第三场演讲是迄今为止最好的，一次伟大而难忘的经历。我没听懂拉比讲的是什么，连拉比自己也都不明白。”

——尼尔斯·玻尔，转引自亚伯拉罕·佩斯的

《尼尔斯·玻尔的时代》

自相矛盾的引文？

高等生命形态按照这种方式〔达尔文的进化论〕出现的几率，堪比垃圾场的废物旧货在龙卷风的作用下自发组装出一架波音 747 飞机。

——弗雷德·霍伊尔，《智能宇宙》，1983 年

在我看来，如果达尔文理论如它的信奉者所相信的那样简单、本质和基础，那就应该存在一个同样基本的关于它的数学理论，通过它可以一般、精确且抽象地表达达尔文理论的思想，如同我们在纯数学中习以为常的那样。

——格雷戈里·蔡汀，《关于生物学、信息与复杂性的思考》，
《EATCS 会刊》，2007 年 2 月

数学能成功处理的只是一些最简单的情况，或者更确切地说，即便是一个复杂的情况，那也要是机缘巧合使得这个复杂的情况依赖于几个主导的简单因素。一旦偏离了自己轻车熟路的路径，数学就会在一片密

布无名的特殊函数以及不可解的组合特殊性的丛林中迷失方向。因此，数学技巧只有在它是从触及某个问题的简单实质（如果这个问题有简单实质的话）的一点出发时才有效。那种与一根筋相对的智慧，那种同时把握多条线索的能力，以及那种利用多个不同来源进行论证的能力，对数学而言都是相当陌生的。

——雅各布·T. 施瓦茨，《数学对科学的消极影响》（1960），

转引自《离散的思考：论数学、科学和哲学》

（马克·卡克、吉安-卡洛·罗塔、

雅各布·T. 施瓦茨编），1992年

中文版序

达尔文及其著作《物种起源》对生物学和社会学等领域的影响是无与伦比的。在《新科学家》杂志 2012 年所做的一次读者投票中,《物种起源》位居最具影响的十大科普书首位。以自然选择为基础的进化理论是达尔文进化思想的精髓,这个理论主要包括进化、渐变、物种形成、共同祖先、自然选择,以及进化改变的非选择机制等六个方面。被誉为“达尔文猎犬”的道金斯在评论科因的新著《为什么要相信达尔文》时,曾说得很严厉:“我曾经说过,任何不相信进化论的人,一定是愚蠢、狂妄,或者无知,后面我又很小心地加上了‘无知不是罪过’。现在我需要更新我的言论,任何不相信进化论的人,他就是愚蠢和狂妄……”我们更熟悉的应该是杜布赞斯基的那句名言:“如果不从进化的观点理解,生物学的所有东西都说不通。”

一个生命现象有近因(proximate cause)和远因(ultimate cause)两个方面。我们所知晓的一些生物学科学问题的规律,多是一个模式

(pattern)，一个趋势，不是简单的、物理学中“是”或“不是”的问题。所以生物哲学有其特殊性。在我的浅显认识里，数学是有巨大威力的，可把复杂的现象和过程很漂亮地定量表达出来。在生物学领域，数学应该是一个强有力的工具，可定量描述复杂多样的生命现象和生命规律。但造物主把生命塑造得太复杂了，要精细定量描述生命世界的规律，似乎也是难以想象的事情。比如大自然中植物花的颜色和形状、叶的形态，以及动物的个体大小、形态特征、行为特征、生理特征，一直到分子特征等，它们如何在进化长河中保留和延续下来，如何产生新的性状，存在哪些精细的调控机制等，对此我不知道能否用数学精确描述出来。

生物学与数学的结合产生了理论生物学、理论生态学、数学生态学等学科领域。数理统计在生物学研究中的应用也日趋普遍和广泛。对于生态学中的一些复杂现象的数据分析，各种数理统计方法的使用无疑提供了强大的支持。

那么达尔文的进化理论是否可以用简明精确的数学语言来表达呢？本书作者进行了一次大胆尝试，试图用数学语言来阐释达尔文的进化理论。作者的中心论题是利用软件的思想解释计算机和生物圈的可塑性，根本思想是借助随机突变和自然选择来实现进化，从数学上证明达尔文的进化理论。这个思路可以表述为没有程序员的编程。

生命的出现是偶然的，是没有设计者的。本书提出了一个数学理论，“元生物学”(metabiology)。元生物学处理软件，也就是遗传信息和DNA。冯·诺伊曼在关于自我复制自动机的论文中，提出了“DNA=软件”的思想。生命作为不断进化的软件，这是很有启发性的。莫诺也说

过：“大自然是一个勤杂工，是一个修补匠。你凑合着用旧的东西，你给它们打补丁，你修补它们使得它们可以再利用。”生命的起源可以理解为软件的起源，也就是DNA的起源。DNA是在每一个细胞中发现的通用编程语言，是一种强大的编程语言，几乎可以表达任何用于构造和运行一个有机体的可能算法和指令集。

生命是可塑且富有创造性的。生物创造性，包含生物的创新性、丰富性和多样性。我们如何能基于静态、永恒而完美的数学，构造出可塑且富有创造性的生命呢？作者给出的答案是：生命是富有创造性的、可塑的软件，而物理学是刚性的、机械的硬件。

生命起源、物种起源、进化过程，这些一直是生物学界的核心话题。随着新技术、新方法的产生和运用，尤其是进入组学时代，人们对生物本质的了解会越来越深入。用数学语言阐释达尔文的进化理论是一种有益的尝试，也许会为我们认识生物的本质打开一个新的窗口。

作者相信，“如果达尔文理论如它的信奉者所相信的那样简单、本质和基础，那就应该存在一个同样基本的关于它的数学理论，通过它可以一般、精确且抽象地表达达尔文理论的思想，如同我们在纯数学中习以为常的那样”。然而，作者也承认，“生物学实在是太复杂了，与数学已经相去甚远。虽然元生物学在数学上很有前景，但元生物学与真正的生物学的相关程度还有待观察”。这也是我们在阅读时需要留意的。

王德华

中国科学院动物研究所研究员

英文版代序：解题家与理论家*

数学家可以分为两种类型：解题家与理论家。尽管很容易找到这两种类型的极端例子，但大多数数学家是两者的混合。

对于解题家而言，数学的最高成就是解决一个已被认为无望解决的问题。即使答案可能是笨拙的也无关紧要，紧要的是，它应该是第一个被证明为正确的答案。一旦解题家找到了答案，他将对此永远不再有兴趣。在听到新的、更简化的证明时，他会有些不屑一顾，也会觉得非常无聊。

解题家本质上是一个保守主义者。对他来说，数学是由一系列需要克服的挑战构成的，是一条充满问题险阻的道路。陈述数学问题所需的数学概念被默认为是永恒的、不可改变的。

在他看来，数学论述是次一等的活动。他对新的理论总是充满怀疑，因为擅入者必须通过解决挑战性的问题来证明自己的价值，才能够获得重

* 节选自：Gian-Carlo Rota, *Indiscrete Thoughts*, Boston: Birkhäuser, 1997, pp. 45–46.

视。解题家厌恶一般化，尤其是那些使他的答案变得无关紧要的一般化。

解题家是年轻数学家的榜样。当我们向公众描述数学的成就时，解题家是我们推崇的英雄。

对于理论家而言，数学的最高成就是一个能让我们对某些以前不可理解的现象突然有所理解的理论。数学的成功并不在于解决问题，而在于使它们变得无关紧要。荣耀的时刻是发现一个新的理论，它不解决任何老的问题，却使它们变得无关紧要。

理论家本质上是革命者。从过去沿袭下来的数学概念被认为只是那些尚有待发现的更一般的概念的不完美实例。数学论述则被认为是比数学研究更困难的活动。

在理论家看来，唯一会永存的数学是定义。伟大的定义是数学对世界的贡献。定理作为必要的恶而被容忍，因为它们在定义的理解中起到了辅助作用——或者理论家所不情愿承认的，起到了核心作用。

理论家经常会遇到不被数学界认同的问题。而他的慰藉是，他确信（哪怕历史可能会，也可能不会证实这一点），在当前的问题被遗忘很久以后，他的理论还存在。

如果我是一个太空工程师，正在寻找数学家帮我发射火箭，那我会选择一个解题家。但如果我寻找的是一个给我的孩子良好教育的数学家，那我会毫不犹豫地选择理论家。

吉安-卡洛·罗塔

中文版前言

我很高兴应邀撰写《证明达尔文：进化和生物创造性的一个数学理论》的中文版前言。在我写的所有书中，这是第一本用中文出版的。

表面上看，这本书的理论色彩很浓，但它事实上与技术和制造有着很多关联。在一篇关于自我复制的自动机的论文（宣读于 1949 年，出版于 1951 年）中，约翰·冯·诺伊曼意识到，计算技术与生物学的核心数学思想都是相同的一个，即软件的思想——软件解释了计算机和生物圈的可塑性。这也正是本书的中心论题。

冯·诺伊曼还意识到，计算机可以制造出其他计算机和一般的实体物件。在半个世纪后，这个预见现在终于变成了一种新的制造技术：增材制造或 3D 打印。这种革命性的新技术（3D 打印机有可能成为一种通用制造设备）正迅速在多个不同的应用领域得到发展。下面就是一个例子：《华尔街日报》最近报道了，一家中国企业利用 3D 打印技术在 24

小时内建造了 10 所房子 (<http://blogs.wsj.com/corporate-intelligence/2014/04/15/how-a-chinese-company-built-10-homes-in-24-hours/>)。

所以一个根本思想最终会产生巨大的实际应用。

那么本书的根本思想又是什么？尽管他在书中没有这样子说，但达尔文的根本思想可以表述为，存在没有设计师的设计。所以本书的根本思想也不妨表述为，存在没有程序员的编程。通过数学证明借助随机突变和自然选择实现进化是可能的，我的书试图从数学上证明达尔文的进化论。

我还应该更新一下对于本书第七章提到的安德烈·罗西可能革命性的新能源技术（一种尤其有希望的利用氢和镍实现的低能量核反应）的质疑。就在几天前，我很高兴地读到一条新闻，获知这种能源技术将在天津华苑工业园新成立的镍氢电能研究中心专门展开研究。

3D 打印、低能量核反应以及数字生物学，它们无疑将给我们带来一个真正令人惊叹的未来。

格雷戈里·蔡汀

2014 年 5 月于里约热内卢

英文版前言

本书的目的是试图揭示生物学深层的数学结构，展现隐藏在生命中的数学内核。我将这个只有三岁的新兴领域命名为“元生物学”（metabiology）。仍有许多工作要做。这一理论工作与实际的生物学之间的关联程度还有待观察。不过，我觉得是时候将这种思考生物学的新方式公之于众了。

促使我创建元生物学的是一本由我的朋友戴维·贝尔林斯基（David Berlinski）撰写的著作，《恶魔的迷思》（*The Devil's Delusion*）。在这本引发争议的书，他对达尔文主义提出了激烈的质疑，并将生物学视为与理论物理学截然相对的一种学说。这本书是我对戴维的回应，也是我试图寻找补救的一次尝试。

本书实际上是一门名为“元生物学：生命是不断进化的软件”的课程。该课程是我在2011年4月至6月间在里约热内卢联邦大学（UFRJ）

讲授的，是我的朋友、诗人/数学家理查多·库布鲁斯理（Richardo Kubrusly）主持的“科学技术的认识论与历史”的系列课程之一。这不是一门数学课程，而更像是一门哲学和思想史课程，是关于如何以及为什么用数学去研究生物学的课程。

我希望你们喜欢阅读本书，就如同我很享受教授它一样。教授这门课程使我的想法在脑海里变得更清晰，一切终于井井有条了。

本研究得到了 COPPE/UFRJ 的院长，路易斯·平格利·罗萨（Luiz Pinguelli Rosa）教授，以及 CAPES 的外国访问教授项目提供的资金支持。

我要感谢布宜诺斯艾利斯大学以及瓦尔帕莱索复杂系统研究所，在我的多次访问期间，我在那里介绍了这些新想法，并受益良多。其他许多机构也邀请我去介绍元生物学：我要特别感谢伊利亚斯·考斯蒂瑞斯（Ilias Kotsireas）教授为我举办“蔡汀在安大略”的讲座系列，感谢海法大学的凯撒里亚·罗思柴尔德研究院、计算机科学系和数学系邀请我做知名学者讲座系列，感谢吉姆·克拉奇菲尔德（Jim Crutchfield）和乔恩·马克塔（Jon Machta）邀请我参加桑塔费研究所的一个会议，使元生物学得以在上面“正式亮相”。本书的第五章正是我在桑塔费所做的演讲。

我还要感谢安娜·巴赞（Ana Bazzan）和西尔维奥·达门（Silvio Dahmen）邀请我参观南里奥格兰德联邦大学。在那里，我一边撰写此书，一边做了三场元生物学的讲座，多有启发。