

造就适者

DNA和进化的有力证据

肖恩·卡罗尔 著

杨佳蓉 译

钟扬 校

Sean B. Carroll
The Making of the Fittest
DNA and the Ultimate
Forensic Record of Evolution

Philosopher's Stone Series

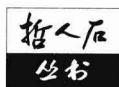
哲人石
丛书

当代科普名著系列

蓬勃生长在沸水里的古老微生物，生活在冰水里的无血鱼，看得见紫外光的鸟，会写书的猿……物竞天择，适者生存。适者究竟如何产生？答案就在DNA和



上海科技教育出版社



Philosopher's Stone Series

当代科普名著系列

造就适者

DNA 和进化的有力证据

肖恩·卡罗尔 著

杨佳蓉 译

钟扬 校



上海科技教育出版社

图书在版编目(CIP)数据

造就适者:DNA 和进化的有力证据/(美)卡罗尔(Carroll, S.)著;杨佳蓉译;钟扬校. —上海:上海科技教育出版社,2012.11
(哲人石丛书.当代科普名著系列)

书名原文:The Making of the Fittest: DNA and the Ultimate Forensic Record of Evolution

ISBN 978-7-5428-5547-3

I. ①造… II. ①卡… ②杨… ③钟… III. ①进化—普及读物 IV. ①Q11-49

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 248378 号

非常精彩……卡罗尔的书必定能令读者更好地理解进化论。

——查尔斯沃思(Brian Charlesworth),
《自然》(*Nature*)

卡罗尔是一位对众多领域的知识都十分精通的作者……阅读本书就像与一位博学多闻、充满激情的朋友共进晚餐,在短短的几个小时中增长见识。

——奥尔森(Steve Olson),
《华盛顿邮报》(*Washington Post*)

这本书中竟有那么多我从未见识过的事物……如果你想了解更多,我推荐你阅读本书,尽管它细节众多,但仍然简单易懂,读之令人愉悦。

——弗拉托(Ira Flatow),
美国国家公共广播电台(NPR)“科学星期五”栏目

能够在传播当今科学那激动人心的研究成果的同时,传达给我们知其然并且知其所以然的坚实基础,是一种难得的天赋。在本书中,卡罗尔以一种充满美感、有洞察力的视角诠释了进化的力量。

——欧文(Douglas Erwin),
《美国科学家》(*American Scientist*)

卡罗尔在他热情奔放、清晰易懂的行文中,用成堆的事实驳斥了反达尔文阵营的歪理。

——格劳修斯(Josie Glausiusz),
《发现》(*Discover*)

总有些反对生命科学、阻碍科技进步的勒德分子，一听到与自己所知所信相左的观点，就捂住耳朵，高声“哇啦哇啦”大叫，企图盖过对方的声音。对待这种人，我总是粗鲁没耐性，卡罗尔却不是这样。他和他的书友善而有魅力，在结论中温和有礼地将那些针对科学的愚蠢谴责一一摧毁。阅读本书并高呼：哈利路亚！

——伯尼(Peter Birnie),
《温哥华太阳报》(*Vancouver Sun*)

该书能让你迅速了解DNA是如何证明进化过程的……卡罗尔提供了激动人心、极有说服力的证据。

——《出版人周刊》(*Publishers Weekly*)

若问当今世上的科学家中，达尔文最愿意与谁促膝长谈，除卡罗尔外别无他人。

——鲁斯(Michael Ruse),
《进化论—神创论之争》(*The Evolution-Creation Struggle*)的作者

坦率地说，卡罗尔是生物学领域下一轮伟大革命的使者。他在他先前的一本著作《蝴蝶、斑马与胚胎：探索进化发育生物学之美》(*Endless Forms Most Beautiful: The New Science of Evo Devo*)中，很好地介绍了进化发育生物学这个令人惊叹的领域。如今，在这本《造就适者》中，他呈献了更基本的知识，让我们洞悉分子遗传学如何揭开进化过程之谜。这本书简明易懂、引人入胜，展开了令人惊叹的景象，是一本必备读物。

——奎曼(David Quanmen),
《犹豫的达尔文》(*The Reluctant Mr. Darwin*)和
《渡渡鸟之歌》(*The Song of the Dodo*)的作者

生物学专业的学生、教师都能从作者对进化过程的精彩叙述中获

益。在每一所学校、公共和专业图书馆中,本书都应占有一席之地。

——《图书馆杂志》(*Library Journal*)

犯罪现场调查员钟爱 DNA 证据,因为它能为用其他手段无法侦破的案件画上句号。这本引人入胜的书展现了进化上的 DNA 证据,让人一读就会认同进化是个一目了然的事。进化论这场与达尔文有关的争论,在科学家看来早已结案,公众却以为它仍然备受争议,我希望本书能改变一下公众的想法。

——韦纳(Jonathan Weiner),

普利策奖得主,《雀之喙》(*The Beak of the Finch*)的作者

卡罗尔在写作方面极有天赋,他是在邀请读者,从内部去了解科学。他轻松自如地解释了生物学研究领域中最前沿的科学奇迹。从头至尾,本书引人入胜、简明易懂,它适合所有的读者,无论他们支持进化论还是反对进化论。达尔文曾言,进化科学将照亮生命科学研究的每一个角落,在卡罗尔笔下,确实如此。

——米勒(Kenneth R. Miller),

《寻找达尔文的神》(*Finding Darwin's God*)的作者

追随进化论鼻祖达尔文的脚步,作者在书中以轻松的笔调,配合科学实例,从分子生物学与进化发育生物学的角度告诉我们:进化随时在发生并且可以计算,亘古以来的生物皆拥有共同的“不朽基因”,如何从“化石基因”看出环境变迁和生物进化,进化为何不断重演,人类和其他生物如何进行进化上的军备竞赛,生物如何从简单变得复杂。书末以历史证据辩驳“神创论”,并提醒我们,人类正在改变地球的未来。本书是一个宝库,里面充满了关于进化过程如何塑造出人类和世间万物的全新知识。

肖恩·卡罗尔(Sean B. Carroll, 1960—),美国科学院院士,霍华德·休斯医学研究所研究员,威斯康星大学麦迪逊分校的遗传学教授。他是当代的一流生物学家,《时代》(*Time*)、《美国新闻和世界报道》(*U. S. News & World Report*)、《发现》(*Discover*)和《纽约时报》(*New York Times*)等出版物经常特别报道他的开创性科学发现。卡罗尔所著《蝴蝶、斑马与胚胎——探索进化发育生物学之美》(*Endless Forms Most Beautiful: The New Science of Evo Devo*)获得2005年《洛杉矶时报》(*Los Angeles Times*)科技图书奖入围奖。

自达尔文(Charles Darwin)于1859年出版《物种起源》以来,“进化”(evolution,或译为演化)已逐渐成为生物学界使用频率最高的词汇之一,并渗透到自然科学与社会科学的众多领域。150年来,进化理论不断发展并广为传播,终成主流科学思想。连教皇约翰·保罗二世在1996年写给教皇科学院的信中也表示:“新的发现引导我们承认进化论不只是一种假说。事实上,在不同科学领域一系列的发现之后,这个理论不可思议地对研究人员的心灵产生愈来愈大的影响。”不过,人们也注意到,分子生物学兴起的60年来,一些不能用达尔文进化论直接解释的科学现象开始涌现,进化理论似乎面临着新的挑战。

一个月前,我应邀为上海的一个公众科普活动——“科学咖啡馆”做了一场题为“生物进化与我们的未来”的报告。我在报告中除简要介绍进化生物学(尤其是分子进化)的基本概念和研究进展外,还列举了四个开放问题(open questions):压力还是动力?缺失还是获得?数量还是质量?个体还是群体?目的是帮助听众了解自然选择的力量、性状进化的方向、延长寿命的意义以及长期进化的策略等当代进化生物学研究的热门领域。所谓开放问题一般都是没有标准答案的多向思维问题,这在国外学术讨论和科学普及活动中十分常见,但在我国还是一种较为罕见的形式。鉴此,我采用了若干实际案例而不是直接用学术界目前流行的理论来解释上述问题,这给习惯于只接受一种“正确”的理论,以及长期受熏陶于重科学结论而轻研究过程的教育模式的听众们带来了些许新鲜感。

现在,对当代进化生物学中开放问题感兴趣的读者可以从《造就适者——DNA和进化的有力证据》一书中获取更多案例和进化证据了。比如,书中提到,布韦岛的冰鱼是

一种完全丧失血红蛋白、没有红细胞的南极“无血”鱼,由于缺乏化石证据,因而很难从形态学或生理学上提供其起源与进化的明证,不过人们还是可以获得其现存种群的遗传物质——DNA。DNA 分析结果清晰地表明,冰鱼在其进化过程中“舍弃”了两个合成血红蛋白中珠蛋白的基因,而在 5 亿年前这两个基因却是其生活于温暖水域的祖先不可或缺的。进一步比较冰鱼不同近亲及其他南极鱼类的 DNA 序列与结构,科学家们终于揭示了冰鱼由生活于温水、依赖血红蛋白转变成生活于冰水、无需血红蛋白(一些物种甚至不需要肌红蛋白)的进化历程,并且估计出基因丧失的时间范围,为生物进化的基本原则——自然选择和遗传变异增添了新的证据。

与南极冰鱼中基因缺失(gene loss)的故事相反,乌干达基巴莱森林中的疣猴通过基因获得(gene gain)来辨认出营养较丰富的树叶,而科学家们解开其全彩视觉和反刍消化系统“进化创新”之谜的关键还是 DNA 证据。所有猿类和旧大陆(非洲和亚洲)猴类的视觉都具有三元辨色力(可以看到蓝、绿、红三原色所构成的颜色光谱),而大部分哺乳类只有二元辨色力(可分辨蓝色和黄色,但无法分辨红色和绿色)。由于热带地区一大半植物的嫩叶呈红色,因而只有这些具有三元辨色力的灵长类可以独享既柔软可口又富有营养的嫩叶。对哺乳类的视蛋白基因分析发现,人类和黑猩猩及其他猿类都有 3 种视蛋白基因,而其他哺乳类只有 2 种视蛋白基因。显然,人和上述灵长类动物的视蛋白基因数量随其进化历程而增加,基因重复(gene duplication)和功能分歧(functional divergence)则是其基本进化机制。通俗地说,上述视蛋白基因先通过制作“拷贝”来倍增 DNA 信息,再靠这些不同复制品接受自然选择的考验,各奔前程,最终进化出具有不同功能的“新”、“旧”基因。当然,更令人惊叹的是,这些不同功能的“同源”基因在同一个生物体中必须各司其职、和平共处才行。同样,作为反刍动物的乌干达疣猴也是采用基因重复和功能分歧的套路,在继续保持与非反刍猴类几乎完全相同的溶菌酶基因的同时,发展出另外两个具有新功能的基因,以满足疣猴对大量嫩叶的消化需求。

几乎每一本进化生物学教科书中都会列举一些研究案例和科学发

现,但对发表于各类学术刊物的大量原始“素材”进行合理剪裁却并非易事。本书作者肖恩·卡罗尔教授显然是一个讲故事的高手,他将一个个涉及不同物种在不同地域和不同生境中的进化故事娓娓道来,向我们展示了令人惊异的、鲜活的进化线索及其分子证据。是的,他精心制作的这一道道赏心悦目的“大餐”(作者语)都是与开放问题答案有关的线索和证据,而非答案本身;但正是这些构成证据的故事,显示出比普通教科书大得多的威力。我想,即使是对进化理论持怀疑甚至否定态度的人也无法回避自然的证据吧。

可以说,今天的进化生物学家是如此幸运,因为我们进入了基因组时代——获取一个生物物种的全部 DNA 序列(称为全基因组测序)已越来越便利而经济,呈现在我们面前的海量信息中不乏新的生物进化证据。诚如书中所言,“基因组学能让我们看到进化过程的深层内涵。达尔文之后的一个多世纪内,人们只能在雀鸟或飞蛾的繁殖和生存中观察自然选择的作用。而现在,我们可以看到‘适者’是如何产生的,因为 DNA 中包含的各种信息是达尔文无法想象或期望的,完全是新的、不同的。不过,这些信息让他的进化理论更加坚不可摧。我们现在可以识别 DNA 中特定的变化,了解这些变化如何让物种适应不断改变的环境,进而进化出新的生命形式”。

写到这里,我起身拉开窗帘,发现不知不觉间窗外竟大雪纷飞。前方的比日神山已披上银装,西藏巨柏依然孤傲地耸立于山间。如同卡罗尔教授在书末所担忧的一样,人类活动和全球气候变化极大地影响着生物的进化历程,而对在青藏高原这类极端环境和生态敏感地区艰难适应的生物而言更是雪上加霜。除了呼吁和祈祷之外,我们至少应当努力了解这些物种各自独特的适应机制,才能最大限度地降低威胁其生存与发展的环境扰动,以免它们走上灭绝的不归路。

钟扬(复旦大学/西藏大学教授)

2012 年 11 月于西藏大学林芝校区

当我十二三岁时，我的一位叔叔——就叫他迪克(Dick)叔叔吧，问我长大要当什么？“生物学家！”我脱口而出。迪克叔叔眉头紧锁，扮了个鬼脸：“可是那不赚钱啊！”

不过我很幸运，我的父母没有被这些现实因素影响，反而鼓励四个孩子追求自己感兴趣的东西——我们也做到了。我遇到过许多幸运的人，他们都曾经从自己的父母那儿得到相同的建议。所以我要感谢老妈还有老爸，感谢你们准许我把蛇、蝾螈、蜥蜴养在家里，还让我把它们那蠕动的恶心食物放进冰箱。

忍受我怪癖的负担现在落在我妻儿的身上。没有他们的支持、鼓励、爱，还有幽默感，这本书的出版就失去意义，无法完成。我的妻子洁米(Jamie)所付出的，远比容忍一名让人苦恼的丈夫还要多——她为这本书做设计、挑选主要的插图，并尽力让全书文辞通畅、容易理解。我的儿子威尔(Will)和帕特里克(Patrick)陪我(或者说带着我)到书中提及的许多神奇地点一探究竟，如黄石国家公园、化石山国家纪念碑等地。在我们去哥斯达黎加游览时，我的继子克里斯(Chris)和吼猴一同咆哮，成为我第六章故事的灵感。

我也要感谢我的手足，他们总是尽其所能协助我。我的兄弟彼得(Peter)和吉姆(Jim)帮我想出几个章节的雏形，我的妹妹南希(Nancy)十余年来一直和我讨论进化生物学先驱们的研究历史和洞见。

威斯康星大学麦迪逊分校同事们的慷慨贡献，兼具创造力和批判性，我相当感激。大部分图表都是奥尔兹(Leanne Olds)帮我绘制或改绘的；克罗(James F. Crow)教授、罗卡什(Antonis Rokas)博士、普吕多姆(Benjamin Prud' homme)

6 博士和帕多克(Steve Paddock)博士,以及希廷格(Chris Hittinger)等通读了我的手稿,提出许多评论和建议。

这本书中所提到的一些发现是数千名科学家创意和努力的结晶。他们中有的人发明解读 DNA 记录的技术,有的人分析许多物种的基因和基因组。我要感谢这些科学家提供反映他们成果的插图,让我分享他们的知识和概念;尤其是纳赫曼(Michael Nachman)、林奇(Michael Lynch)、塔宾(Cliff Tabin),还有库宁(Eugene Koonin)诸君,我要致以特别的谢意,多亏他们提供的详细讨论意见和信息。

我还要感谢在过去 20 年中,曾和我共事的人士。一直以来,我从我的学生和博士后身上学到的东西,比我能教给他们的还要多。长期合作伙伴的奉献和努力,让我们的实验室成为一个每天都令人高兴的有趣之地。与我交情甚笃的同行遍布世界各地,他们是无限灵感和启发的来源。我能够随心所欲追求研究目标,要归功于霍华德·休斯医学研究所的慷慨赞助。

我相当感激我的经纪人盖伦(Russ Galen),他为这本书的孕育提供了很重要的指导,还在我撰述期间一直鼓励我。还有我的编辑李雷普切克(Jack Repcheck),他无尽的热情、毫无保留的投入和信心,是这本书相当重要的元素。

导读：证据的力量 / 1

致谢 / 5

前言 超越一切合理的质疑 / 1

第一章 绪论：布韦岛的无血鱼 / 7

第二章 进化论的日常运算：机遇、选择和时间 / 27

第三章 不朽的基因：永世不变的原地踏步 / 51

第四章 以旧制新 / 71

第五章 化石基因：往日的断编残简 / 93

第六章 似曾相识：进化是如何不断重演的？为什么？ /
113

第七章 我们的血肉之躯：军备竞赛、人类竞争与自然选
择 / 135

第八章 复杂度的进化和塑成 / 157

第九章 眼见为凭 / 179

第十章 怀俄明州的棕榈树 / 205

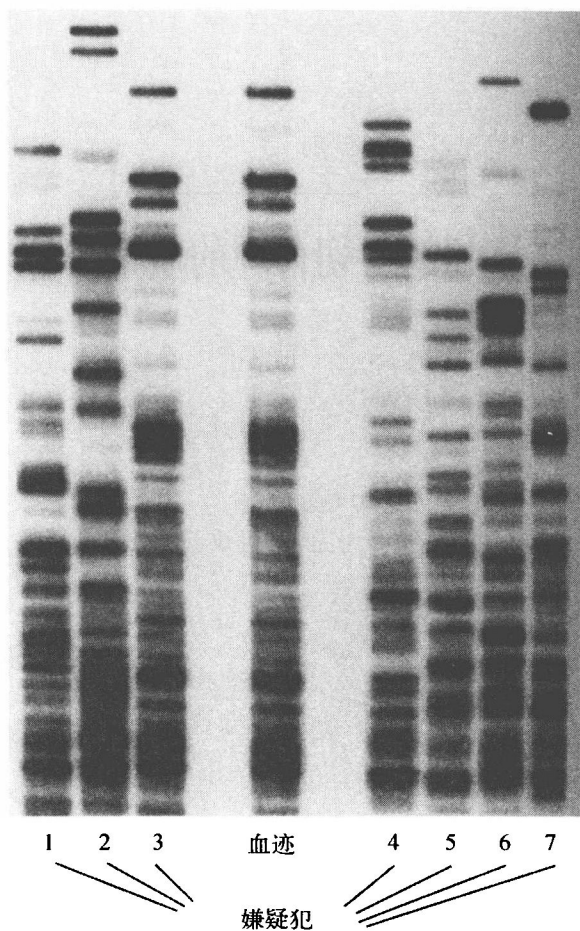
附录 / 225

前言

超越一切合理的质疑

被忽略的事实不代表它不存在。

——奥尔德斯·赫胥黎 (Aldous Huxley)



DNA 法医分析。这一排排的电泳带状图谱，就是犯罪现场的血样 DNA 和嫌疑犯的 DNA“档案”。血样的 DNA 电泳图谱与第三名嫌疑犯的相符，与其他人的都不同。（照片版权归细胞标记诊断中心所有）

1979年,怀孕9个月的黛安娜·格林(Dianna Green)遭到毒打,未出世的孩子死于重创。尽管她丧失记忆,在法庭上连自己的名字都拼不出来,但仍指控丈夫凯文·格林(Kevin Green)就是打伤她的人。于是,凯文被判谋杀和蓄意谋杀罪。

1996年,加利福尼亚州司法部实验室的工作人员以DNA分析技术分析了在17年前犯罪现场找到的血液样本。他们比较血样的DNA和凯文的DNA数据,并调阅最新建立的罪犯DNA数据库进行比较,发现这份血液样本的DNA和另外一名犯下四起谋杀案的凶手的相符,这个凶手姓帕克(Gerald Parker),当时因违反假释规定入狱服刑。面对DNA证据,帕克承认他犯下此案(之后被判死刑)。凯文终于获释了,但他已经因未犯之罪入狱16年之久。

DNA分析法比纤维分析法或指纹分析法还要精确、严密,也比目击证人更值得信赖,它能提供决定性的证据,证明某人曾出现或未曾出现在犯罪现场。DNA证据的权威性,加上数起和凯文·格林一案类似的案例,已经在刑事司法系统掀起一场革命:大量利用DNA证据,可以揪出真凶,还无罪者清白。许多过去无法侦破的案件,现在则可以如期破案,就连数十年前的悬案也不例外。与此同时,免除罪责的人数不断上升。例如,“无罪项目”这个组织为贫困者提供与DNA证据相关的免费上诉服务,他们指出,在过去13年中,有150名无罪者获释,其中有些人甚至曾经被判死刑。

DNA分析的威力不只表现在刑事方面,连亲权认定、遗传疾病检测也都托了DNA科技的福。但在一个领域中,这种力量尚未被广泛接受,这个领域称为哲学。

每个人的DNA序列都不相同,各个物种的DNA序列也是独一无二的。物种的每一个变化,从生理形态到消化代谢,都是来自DNA的