

Arrival
of
the
Fittest

适者
生存

自然如何创新

[美] 安德烈亚斯·瓦格纳◎著
(Andreas Wagner)
祝锦杰◎译

Annual

THE
Fittest

道者



11月14日出版

THE Fittest
道者
11月14日出版

11月14日出版



Arrival
of the
Fittest

适者
降临

〔美〕安德烈亚斯·瓦格纳◎著
(Andreas Wagner)
祝锦杰◎译

图书在版编目(CIP)数据

适者降临 / (美) 瓦格纳著; 祝锦杰译. —杭州: 浙江人民出版社,

2018.2

ISBN 978-7-213-08616-8

I. ①适… II. ①瓦… ②祝… III. ①进化论—研究 IV. ①Q111

中国版本图书馆CIP数据核字(2018)第014975号

上架指导: 生命科学 / 科普读物

版权所有, 侵权必究

本书法律顾问 北京市盈科律师事务所 崔爽律师
张雅琴律师

浙江省版权局
著作权合同登记章
图字: 11-2018-58号

适者降临

[美] 安德烈亚斯·瓦格纳 著

祝锦杰 译

出版发行: 浙江人民出版社(杭州体育场路347号 邮编 310006)

市场部电话: (0571) 85061682 85176516

集团网址: 浙江出版联合集团 <http://www.zjcb.com>

责任编辑: 蔡玲平

责任校对: 朱妍 张志疆

印刷: 石家庄继文印刷有限公司

开本: 720mm × 965mm 1/16 印张: 17.5

字数: 207千字 插页: 1

版次: 2018年2月第1版 印次: 2018年2月第1次印刷

书号: ISBN 978-7-213-08616-8

定价: 72.90元

如发现印装质量问题, 影响阅读, 请与市场部联系调换。

进化论的最大谜题：自然如何创新？

1. “基因”（gene）这个概念的提出者是下列哪位？（ ）
A. 达尔文
B. 孟德尔
C. 德弗里斯
D. 威廉·约翰森
2. 下列氨基酸中属于人体必需氨基酸的有哪些？（ ）
A. 赖氨酸
B. 色氨酸
C. 亮氨酸
D. 谷氨酸
3. 让基因型不同而表现型相同成为可能的是下列哪项？（ ）
A. 发育稳态
B. 中性突变
C. 沉默基因
D. 各色环境
4. 新性状起源的关键是什么？（ ）
A. 新陈代谢
B. 自我复制
C. 自然选择
D. 基因型网络

5. 科学技术与自然创新的相似之处有哪些? ()

- A. 试错
- B. 人海战术
- C. 多起源
- D. 优化组合

6. 达尔文进化论的局限在于无法解释什么? ()

- A. 遗传现象
- B. 新性状的起源
- C. 生命的起源
- D. 自然如何创新



想要获取生命多样性和进化动力的奥秘吗?

扫码获取“湛庐阅读”APP，
搜索“适者降临”查看测试题答案。

世界够大，时间够多

1904年春天，任职于加拿大麦吉尔大学（McGill University）、年仅32岁的新西兰物理学家欧内斯特·卢瑟福（Ernest Rutherford），在世界范围内成立了最早的科学组织伦敦皇家自然知识促进学会，并举办了一场演讲，演讲主题为“放射现象和地球年龄测定”。

当时的科学家对《圣经》里认为地球年龄只有6000年历史的说法早就嗤之以鼻了，最广为认同的年龄测定是由另一位物理学家威廉·汤姆森（William Thomson）计算出来的，而他更为人们熟知的称呼是“开尔文勋爵”。开尔文勋爵用热力学定律和地表导热系数测定出地球大约有2000万年的历史。

从地质学的角度来看，2000万年并不算很长，然而它的影响却非常深远。假如按照今天火山运动和地貌侵蚀的速度来算，2000万年对于地球独特地貌景观的塑造根本不值一提，但达尔文提出的以自然选择为基础的进化理论却成了直

接受害者。达尔文曾说，“威廉·汤姆森先生对地球年龄的测定极度困扰了我”，因为他知道地球生物从上一次冰河世纪结束后就没有发生过太大变化。据此达尔文推测，创造所有生物所经历的岁月必定非常悠久，不管是现存的还是已经成为化石的，2 000 万年对于创造一个多样的生物界是远远不够的。

卢瑟福在发现放射性元素半衰期现象的几年后，逐渐发现开尔文勋爵的说法是错误的，他曾回忆道：“我走进演讲大厅，里面非常昏暗，但我还是在观众席中发现了开尔文勋爵，感觉甚是尴尬，特别是在讲最后一段关于地球年龄的部分时，因为我们的观点是相互冲突的。放射性元素会发生衰变并在衰变过程中释放巨大的能量，这类元素的发现使得我们对地球年龄的测算更加准确了。生物在地球上的起源时间得以大大提前，地理学家和生物学家提出的进化过程纵使缓慢，也成了可能。”

开尔文勋爵逝世于 1907 年，次年卢瑟福获得了诺贝尔奖。截至 19 世纪 30 年代，用放射性测量法估算出的地球年龄大约是 45 亿年，于是生物有了足够的时间在缓慢的进化过程中创造出多样性和复杂性，达尔文的进化理论也得以保全。

然而，真的是这样的吗？

作为自然界最出色的捕食者之一，游隼（*falco peregrinus*）是完美生物的代表。它有着极度轻盈的骨骼和健壮的肌肉，也是目前地球上飞行速度最快的动物。在旋转俯冲时，隼的飞翔速度可以超过每小时 200 千米。当隼俯冲而下用利爪抓住猎物时，由极高时速带来的冲击力几乎可以瞬间将猎物置于死地。即使不能，

它也可以用锐利的喙折断猎物的脊柱。

游隼有一双锐利的眼睛帮助它们迅速捕捉到活动的猎物。隼的视力是人眼的5倍，也就是说就算在1.5千米之外，它们也能看清楚一只鸽子。和其他的捕食者一样，隼有一种所谓的瞬膜结构，又称“第三眼睑”。瞬膜有点像挡风玻璃，能在高速飞行时帮助阻挡飞尘并保持眼球湿润。隼的眼睛还拥有更多的光受体及视杆细胞，使它能在昏暗的光线下看清事物，甚至看到紫外线。

大自然的创造充满了神奇之处，但更奇妙的是，每一种不可思议的生物特性都是从一个极小的分子开始的，在漫长的世纪进化中，经过无数次的演变，最后交由大自然精挑细选。游隼的喙、爪子和羽毛的主要成分同人类的毛发和指甲一样，都是一种叫作角蛋白的蛋白质分子。色觉主要依靠视蛋白，而视觉的敏锐性与晶状体蛋白息息相关。

大约在5亿年前，世界上出现了第一种能够合成晶状体蛋白的脊椎动物，而视蛋白在7亿年前就已经出现了。它们出现的时候，生命已经在地球上居住了超过30亿年。对于那些复杂的生物大分子而言，30亿年的时间听起来就比较符合情理了。每个视蛋白和晶状体蛋白都是由20种氨基酸按一定顺序结合形成的多肽链，再由一条或一条以上的多肽链按照特定规则结合形成高分子化合物。如果只有一种氨基酸能够感知光波或是构成透明的晶状体，那我们要从多少条含有数百个氨基酸的多肽链中才能筛选出我们需要的那条呢？假设一条氨基酸链上有两个氨基酸，那么第一个氨基酸有20种选择，第二个也是，如此一来，总共将会有 20^2 种氨基酸链的可能组合。如果一条氨基酸链上有三个氨基酸，那么最终的组合方式将会是 20^3 种可能。以此类推，如果是4个氨基酸组成的多肽，将会有

16 万种氨基酸的可能排列方式。对于一条含有 100 个以上氨基酸的蛋白质（晶状体蛋白或视蛋白的链还要更长），可能的多肽链将超过 10^{130} 种。

为了让你感受一下这个庞大的数字，我们来举一个例子。宇宙中数量最多的原子是氢原子，物理学家估计氢原子的数量可达到 10^{90} 个，具体来说就是 1 后面跟着 90 个 0。如此一来，蛋白质的可能数量就不仅仅是宇宙级了，而是超宇宙级：远远超过了宇宙中的氢原子数目。要从这么多可能的蛋白质中找出唯一正确的那条，概率甚至比赢得自宇宙大爆炸以来的每一年的乐透都小。如果亿万种生物从生命出现伊始每分每秒都在寻找那条特定的氨基酸链，那么到现在为止也可能只尝试了 10^{130} 种蛋白质中极小的一部分，甚至都还没找到视蛋白。

17 世纪的诗人安德鲁·马弗尔（Andrew Marvell）曾叹息，“只要我们的世界够大，时间够多”，为了避免那“无垠永恒的荒漠”，他无心关注时间长河下的自然奥秘，只想和情人享受片刻的欢愉。这里我们对这首诗的关注点在于悠远漫长的时间。在无尽的时光中，自然选择加上生物的变异，迟早会让一种叫游隼的生物进化出那双锐利的眼睛。达尔文进化论的主流观点是，优势性状赋予生物的优势，无论多么微不足道，都将在生物漫长的繁衍生息中被无限放大，这个观点解释了包括游隼在内的所有生物的多样性。

自然选择的神奇之处是毋庸置疑的，但它也有自身的局限性。自然选择能保留由变异产生的新性状，却不能创造它们。认为变异总是随机的观点，暴露了我们对变异的无知。自然界众多的生物性状，如果没有大自然对于生物进化的助益，其中许多近乎完美的结构可能永远都不会出现，而这种助益正是生物进化的能力。

过去 15 年中，在纽约和瑞士苏黎世大学的实验室里，在一群才华横溢的科学家的帮助下，我有幸得以对这些奇妙的自然规律展开研究。我们使用了在达尔文和卢瑟福年代无法想象的先进实验方法和精准的计算技术，希望解释生命多样性和进化能力的来源。目前的研究数据告诉我们，进化的奥秘远远不止我们的肉眼所见。神秘的自然规律隐藏在每个精巧的 DNA 里，隐藏在每个独一无二而又美丽动人的生命体中。

这本书的主题就是对那些自然规律的探索。

测试题 进化论的最大谜题：自然如何创新？ / I

前言 世界够大，时间够多 / III

01 达尔文进化论的局限 /001

达尔文进化论的局限在于，它无法解释遗传现象。生命起源于何处？更好、更强的适者从何而来？大自然如何无中生有，如何创新？达尔文的进化论是人类历史上杰出的学术成就，但生物进化的秘密远不是达尔文进化论所能穷尽的。生物学在 20 世纪发生了翻天覆地的变化，现代技术得以带领我们探索生命进化的动力和起源。

02 新性状的起源 /035

新性状的出现有赖于新的分子和合成这些新分子的化学反应的存在。生命以及生命背后驱动新性状出现的动力并不是神秘莫测的东西，这种动力本身和生命一样古老。我们还不知道生命到底是如何从最简单的形式进化出了如此高的复杂性，但我们知道，生命的开端不是一个自我复制的分子，而是一张新陈代谢的网络。

03 宇宙图书馆 /073

一种生物所具有的全部生化反应构成了这种生物的新陈代谢。新陈代谢进化的本质在于重新组合。生命时刻在尝试每一种

可能的基因新组合，重新解读，重新编译，然后重新布局代谢遗传，毫不停歇，从而造就并提升着代谢的多样性。新的代谢能力是不断驱动生命拓展最前沿阵地的引擎。

04 构型之美 /121

蛋白质是生命的驱动者。每种蛋白质的构型都高度复杂，与它们执行的功能相适应。蛋白质的构型维持着生命世界的运转。大自然可以用蛋白质书写不同的文本，更多的文本就意味着更多的构型，参与更多的催化反应，执行更多的功能和完成更多的任务。

05 命令与操控 /155

无论多复杂的生物，它的形态和功能都受到调节因子的控制。调节因子占据着某个基因相邻的一小段 DNA，一旦它们遇上特定的 DNA 序列，就会与之结合。调节因子与相应的 DNA 需要在形态上互补。有些基因表达能被调节因子抑制，有些基因则需要它们激活。调节因子指导着所有生物的发育。调节因子之间相互调控，形成了复杂的网络。

06 神秘的建筑师 /195

多变的环境催生了生物的复杂性，而复杂性促成了发育稳态，发育稳态继而造就了基因型网络，后者让进化成为可能，使得生物能够通过演变适应环境的变化、提高自身的复杂性，循环往复，生物进化通过这种方式螺旋上升。这种进化方式的核心在于处在多维空间的基因型网络的自组织性。自组织性是生命绚烂光彩背后的支持者，它是隐藏的生命建筑师。

07 从大自然到工程技术 /227

自然进化和技术创新有诸多共同之处，促进自然进化的基因型网络在人类技术进步中同样存在。与自然界类似，科研人员也总是行进在各自领域的最前线，他们依赖不断的试错、人海战术、多起源策略和组合优化，模仿自然的创造能力，实现技术突破和创新。技术发明的精简主义和高雅主义，深深隐藏在现实世界的背后。

后记 柏拉图的洞穴 /253

译者后记 /259



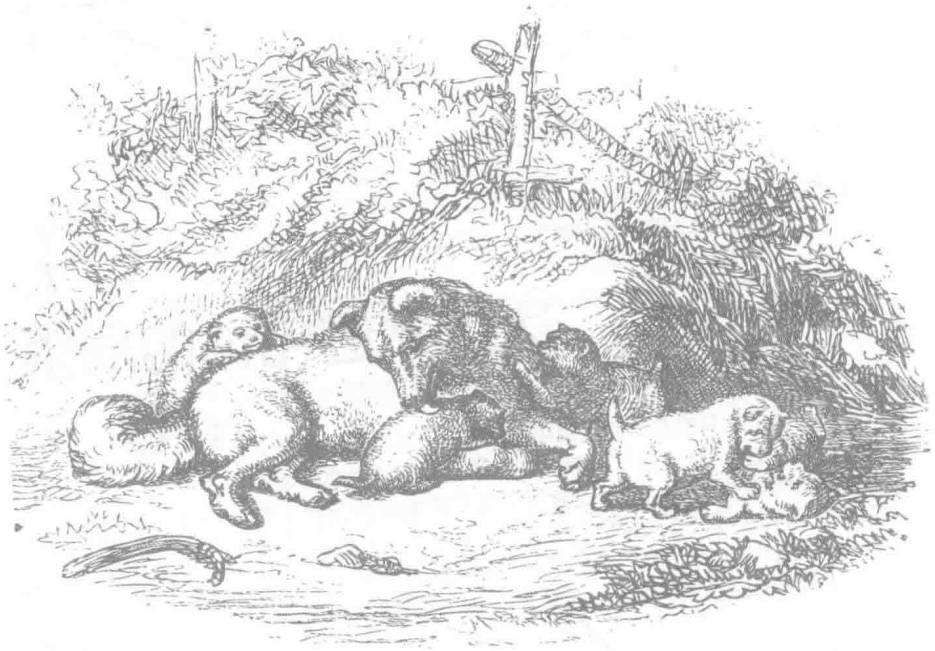
ARRIVAL OF THE FITTEST

01

达尔文进化论的局限

Solving Evolution's
Greatest Puzzle

达尔文进化论的局限在于，它无法解释遗传现象。生命起源于何处？更好、更强的适者从何而来？大自然如何无中生有，如何创新？达尔文的进化论是人类历史上杰出的学术成就，但生物进化的秘密远不是达尔文进化论所能穷尽的。生物学在 20 世纪发生了翻天覆地的变化，现代技术得以带领我们探索生命进化的动力和起源。



萨莉·加德纳（Sallie Gardner）可以算作世界上第一位电影明星。

1878年，年仅6岁的“她”以惊艳的银幕处女秀宣告了电影的诞生。出生于英国的摄影师埃德沃德·迈布里奇（Eadweard Muybridge）想要解决一个当时让不少人都夜不能寐的问题：一匹奔马的四条腿会不会在某一刻全部离开地面？现在我们知道，答案是肯定的。而当时迈布里奇在马奔跑的路径上设置了24台摄像机，把一匹马飞奔而过的一系列照片用诡盘投影机^①放映，萨莉就是那匹被拍摄的马。迈布里奇拍摄的布满噪点、镜头严重抖动的默片时长仅有一秒钟，这和21世纪初我们司空见惯的高清立体声环绕电影简直天差地别。然而从迈布里奇的片子发展到现代电影只用了近一个世纪的时间，并没有比达尔文发表的《物种起源》差多少。后者只比萨莉的亮相早了19年。

在那个世纪里，生物学领域的变迁甚至比电影技术更加剧烈。生物学革命打开了新世界的大门，如果是达尔文面对这些新图景，恐怕他的感受就

^① 诡盘投影机，一种将一系列静止照片滚动播放形成运动画面的仪器。——译者注

像穴居人面对着浩瀚的宇宙。新的知识帮助我们解答了一个有关进化论的重要问题，一个达尔文和他之后的科学家都无法回答，甚至无法触及的问题：更好、更强的最适者从何而来？生命起源于何处？大自然如何能无中生有？

看到这里你可能不禁会疑惑，意识到生物可以进化并解释这种进化的发生原理，难道不正是达尔文进化论的伟大之处吗？不正是达尔文留给后人的财富吗？是，但也不是。毋庸置疑，达尔文的理论是那个时代乃至人类历史上杰出的学术成就。但生物进化的秘密远不止达尔文在进化论中所探讨的问题。事实上，达尔文甚至都没有意识到有关生物进化最核心的问题，更遑论解决。要说明来龙去脉，我们首先要看看达尔文在提出进化论的时候知道些什么、不知道些什么，他的进化论中又有哪些观点是走在时代前面的，而哪些不是。继而我们就会理解，为什么在一个多世纪之后的今天，我们才开始探讨“生命到底如何起源”这个问题。

人类早在达尔文生活的时代之前就已经开始关注生物的进化现象。2 500 多年前，古希腊哲学家阿那克西曼德（Anaximander）——“日心说”的祖师爷^①，认为人是由鱼变来的。14 世纪的伊斯兰历史学家伊本·赫勒敦（Ibn Khaldun）则认为，生命会沿着从矿物到植物再到动物的顺序发生演变。许多年之后，19 世纪的法国解剖学家艾蒂安·若弗瓦鲁·圣伊莱儿（Etienne Geoffroy Saint-Hilaire）根据爬行动物的化石总结出，生物能够随着时间的推移发生变化。1850 年，就在达尔文出版《物种起源》的 9 年前，维也纳植物学家弗朗兹·昂格尔（Franz Unger）提出，所有植物都是藻类的后代。另外，

^① 波兰天文学家哥白尼在 1543 年的《天体运行论》里提出了“日心说”。但是早在古希腊，阿那克西曼德就已经提出了“太阳中心”的宇宙观。——译者注