

盗火者译丛

Prometheus Translation Library

孟德尔妖

基因的公正与生命的复杂

Mendel's Demon

Gene Justice and the Complexity of Life

[英] 马克·里德利/著

何朝阳 林爱兵/译

毛盛贤/校



北京理工大学出版社

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

孟德尔的恶魔

基因的公正与生命的复杂

Mendel's Demon Gene Justice and the Complexity of Life

[英] 马克·里德利/著
何朝阳 林爱兵/译
毛盛贤/校

 北京理工大学出版社
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

版权专有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

孟德尔妖:基因的公正与生命的复杂/(英)里德利著;何朝阳,林爱兵译. —北京:北京理工大学出版社,2004.1

(盗火者译丛)

ISBN 7-5640-0107-0

I. 孟… II. ①里…②何…③林… III. 孟德尔式遗传-普及读物 IV. Q311-49

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 078320 号

北京市版权局著作权合同登记号 图字:01—2002—3537 号

Mendel's Demon

Copyright(c)2000 Mark Ridley

Chinese translation published by Beijing Institute of Technology Press

Published by arrangement with The Orion Publishing Group Limited

All rights reserved

出版发行/北京理工大学出版社

社 址/北京市海淀区中关村南大街5号

邮 编/100081

电 话/(010)68914775(办公室) 68912824(发行部)

网 址/http://www.bitpress.com.cn

电子邮箱/chiefedit@bitpress.com.cn

经 销/全国各地新华书店

印 刷/河北省涿州市星河印刷厂

开 本/850毫米×1168毫米 1/32

印 张/11.5

插 页/2

字 数/291千字

版 次/2004年1月第1版 2004年1月第1次印刷

印 数/1~6000册

定 价/24.00元

责任校对/张宏

责任印制/母长新

图书出现印装质量问题,本社负责调换

这是一部人们真正期待已久的书……这部书的成功不仅在于书中的故事本身非常有趣，而且因为里德利知道该如何讲透这个故事，还因为他的讲述的确实很出色……阅读这部书，你当然不会感到后悔。

——约翰·格里宾，《独立报》

（《孟德尔妖》）文笔优美，信息丰富，没有数学……里德利笔如良师，使读者宛如不错的大学生……《孟德尔妖》结尾趣味横生，讲述了天使的卿卿我我。

——《卫报》

《孟德尔妖》是牛津的进化生物学家马克·里德利（不是我的亲戚）写的一部杰出的新书，他提出我们可能极尽生物所能达到的复杂性……他描述了比我们还要复杂的、可能拥有更多基因的天使的生物学。

——马特·里德利，《每日电讯报》

里德利从个人的角度做了创造性的工作……这部书首次通俗地解释了近期的一些进化遗传学的思想。

——西恩·尼，《新科学家》

《孟德尔妖》精妙之极，新颖机智，究理清晰，使你自得于自己不是微生物。

——海伦娜·克罗宁，《蚂蚁与孔雀》作者

马克·里德利是当今杰出的进化思想家之一。在这部书里，他梳理清楚了一个重要的问题，并以他特有的机敏、学者的才智、

深厚的历史功底和对目前进展的熟稔，探究了这个问题。他的正确绝非巧合。

——理查德·道金斯，《自私的基因》作者

马克·里德利是牛津深邃的思想家之一……他的文采和机智引领着我们进入了迷人的现代生物学。而且即使我们分解了，我们的每一个碎块也会带着惬意。

——科林·塔吉，《泰晤士报》

里德利向我们详细并富有启发地解释了人类的进化如何预先决定（即使不是决定了一切），以及生命如何从最初相似的化学物质演变成另外的世界。

——《新政治家》

原版导读

为什么不是所有生命都是简单的——简单的复制分子或者简单的单细胞？为什么存在着由数以万计的协作基因构成的像我们这样的多细胞长寿生物呢？

复杂生命的存在是进化的一大谜团，因为它既不是必然也不是必需。正如马克·里德利在这本重要且发人深省的著作中阐述的，生命复杂性的进化必须克服生物学上的两大障碍：与简单生命相比，复杂生命由更多的基因构成。但随着基因数量的增加，其复制错误的数量也增加，正如誊抄一本《圣经》比抄写一条广告标语更容易出错一样；同样，自然选择鼓励基因的自私行为，基因因此能比较容易地进化，以破坏复杂的生命形式。里德利回溯我们这个星球上的生命历史，从最初不稳定的复制分子，经微生物、蠕虫、蝇类一直到人类，揭示了生命是怎样经一系列步骤逐步进化，以应付错误及迫使每一机体内的基因相互合作的。他把这一过程比做是一仁慈之妖的手在导引着加强孟德尔遗传的基本规律。

里德利继续探寻将来生命是否还会进化得更复杂，并探讨在宇宙的其他地方可能已经进化了的各种不同的生命形式。他认为，人类可能已经濒临复杂生命可能的极限了，至少从地球上的遗传机制来看是这样，但将来也许新的遗传和繁殖技术能容许我们的子孙后代增加他们的基因数量，因而也就提升了他们的复杂性。他推测，这一过程可能导致的生命形式的进化，将比迄今的任何发现都更为神秘和有趣。

作者以罕见的神韵、魄力和清晰写就了《孟德尔妖》，并将

2 孟德尔妖——基因的公正与生命的复杂

前沿科学的很多领域结合在一起，就很多问题提出了令人震撼的全新观点，比如有性繁殖和性别的起源、艾滋病可能的治疗方式、企业界的商业合并、人类的公正性、克隆的危险，甚至天使的“遗传学”等等。

前言

vii

假如外星人乘坐宇宙飞船登临地球，他们会兴奋地发现：我们的地球竟是罕有的、具有复杂生命的星球之一。在外星人涉足的每一个有生命存在的行星上，类似我们地球上的病毒和细菌的微生物已经耳熟能详。裸生物分子（naked biological molecules）和简单的单细胞对于外星人来说更是司空见惯，因此，他们对这些简单生命的报道总是轻描淡写：“它们的基本构成为碳元素，使用DNA，以电磁辐射（electromagnetic radiation）和化学资源（chemical resources）为动力，并自我复制。”但是，只有少数星球拥有复杂生命——诸如我们人类这样具备超级计算能力的动物、拥有双翼振翅翱翔的天鹅以及花朵对称、花瓣细嫩、花香诱人的玫瑰等等。复杂生命形式是由多细胞构成的，每一个体从单细胞生长成为具有器官形式的成体，并有可能具备智力行为。

在感受复杂生命的经历中，外星人会发现：与简单生命形式不同，复杂生命的形式是如此引人入胜、妙趣无穷。任何一种宇宙奇观，都比不上复杂生命形式那么竭尽全力自我繁殖的景象更为美妙。外星人要问的第一个问题是，地球生命在复制自己的遗传分子时会犯多少复制错误。然后外星人开始了更为有趣的报道：“他们进行复制时都用DNA，大约有50种催化酶，每10亿字母中约犯一个复制错误——这看起来算正常。”由此显然得出一些肯定的结论，即“大型生物的体内含有大约10亿或更多字母长度的DNA编码和每一个体有100个左右的细胞世代。当然，它们采用性行为……”还得出另一些不那么明显的结论：“它们的性行为为十分怪异。它们只从其同类的一半成员中择偶；而另一半成员却被排除在外……这另一半与潜在的择偶毫无关系，这是一类择

偶前的禁忌。不管怎样，对于这样的择偶游戏，我们要用一些较大型的生物加以说明。它们能够追逐那些具有不同曲调的歌舞者，吸取编码的那些生物，会随着10个不同的择偶舞曲吸取编码——从10个不同的择偶舞曲中，每个吸取十分之一。地球生命摒除配偶另外十分之九的编码时所遇到的困难，与他们在产卵过程中遭遇的麻烦相比，实为小巫见大巫。”

* * *

复杂生命是大自然的杰作，我欲解开其中的奥妙。复杂生命比生命本身更具奥妙。化石记录告诉我们，生命也许是很容易进化的，但复杂生命则很难进化，甚至根本就没有进化。简单生命几乎是一旦有可能便即刻进化，而复杂生命却是在一个漫长的延缓阶段之后才进化的，仿佛是受到某种遗传上的问题的阻碍。本书认同这样一种观点，即问题的关键在于，复杂的生命形式难以精确地复制自己的所有基因。编码复杂生命所需要的DNA，比编码简单生命所需要的DNA多。人的DNA长度为66亿个字母，为大约10万个基因进行编码。相比之下，细菌的DNA长度是200~300万个字母，为2000~3000个基因编码。DNA越长，复制错误就可能会越多。这与我们抄书一样，抄一条广告标语可以保证不出差错，即便出了错误也没关系，你可以扔掉重抄。但抄整本《圣经》——这可要耗去中世纪一位抄录者大约一年半的时间——不出任何错误就不大可能了。

复杂生命的进化，需要有机制去处理DNA中的复制错误。首先要有机制提高自我复制的精确性。最早的生命形式可能是每100个字母中犯一个复制错误，但细菌降低了这个平均错误数，每10亿字母中不到一个错误。如此巨大的进步，是用DNA进行原版复制的结果——这是一个绝对防错的分子，一个校正和修改错误的分子机构。可是，提高复制准确度的可能似乎已被细菌阶段所穷尽，那以后，基本的DNA复制机构一直保持未变。我们人类的每

ix 一个DNA字母犯复制错误的比率和细菌的差不多，但我们总的错

误数却高多了，因为我们用了大大多于细菌的DNA编码字母。在细菌和我们人类之间，DNA分子的长度增加了1000倍，而且DNA已开始每一个世代被复制100次，细菌细胞一个世代只复制一次。我们人类的总错误数上升了10万倍，而当细菌每1000个子代才犯一个错误时，我们人类每一个子代已至少犯100个错误。人的DNA中犯了那么多复制错误，怎么还幸存下来了呢？这似乎真是一个悖论，目前还无法解释，原因可能是因为性。性将复制错误集中在亲本的子代中的一部分成员身上，使得另一部分子代成员相对来说没有复制错误。有性繁殖的生命形式比无性繁殖的生命形式会进化得更复杂。

但是性在解释了过多复制错误问题的同时，又引发出一个新问题。无性繁殖的生命形式使亲本的每一个基因都传给了子代，基因几乎是以百分之百的概率传下去的。在我们人和其他一切复杂的有性繁殖的生命形式中，基因从亲本一方传给子代的可能只有50%。基因被遗传的概率从100%降到50%，这也许是进化很艰难的一步。当每一个基因被遗传的机会都被削减一半时，自然选择便有利于那些“自私的”基因，用理查德·道金斯（Richard Dawkins）有名的解释，这是些能扰乱系统且使自己的遗传概率增加到多于50%的基因。当这些自私的基因被驯服时，复杂生命才有可能进化。

本书两大相关主题都与错误有关：第一种错误是被动复制的错误，即复制DNA中的突变错误；第二种错误是主动的，即自私的基因因其不协作及破坏性行为而危害个体。两种错误都威胁复杂生命的幸存，它们还与自己的解决方式有关。复杂生命解决复制错误的主要方式是有性繁殖，而地球上的复杂生命用一种特别的有性方式——孟德尔式性（Mendelian sex）：其基因的遗传方式在150年前布鲁恩（今捷克共和国的布尔若）的圣·汤姆斯修道院的菜园里，已由格雷戈尔·孟德尔（Gregor Mendel）描绘过。孟德尔遗传学说设想的，是阻止自私基因的破坏行为。

从进化的意义上说，基因只是凭借被遗传时发生的概率在进化，因为（被遗传的）幸运基因是随机（如抽签）抽出来的。孟德尔遗传理论的一个基本特征，是你无法预测某个特定基因是否会被遗传。假如能预测哪些基因在未来的世代中能幸存哪些会死掉的话，自然选择就永远无法使复杂的生命形式成为可能。注定要死亡的基因肯定会反抗，整个系统就会因此而崩溃。上帝也许会在物理法则和化学法则之间作选择，而不需要在生物的简单阶段当生命还在进行无性的自我复制时作选择，但复杂生命的进化需要一个在遗传上带有随机成分的遗传机制。在从细菌到我们人这一期间的某一个时候——或许是在简单蠕虫阶段——上帝果真选择了。生命开始运用一种随机的遗传体系，从这以后的复杂生命形式便都必定建立在这一基础之上，即运用随机的、孟德尔式过程把基因从亲本传到子代。

孟德尔遗传理论阐释了复杂生命的基因是怎么遗传的。它包括性、生殖和基因的或然性而不是确定性遗传。孟德尔本人是奥古斯丁的一个修道士，我因此乐意把机会或概率机制想象成是一个略似修道士的形象——孟德尔妖。它在亲本体内君临每一个基因，决定它是否被遗传给下一个世代、与哪些其他基因一起被遗传给下一个世代。孟德尔与物理学家麦克斯韦（James Clerk Maxwell）几乎是同时代人，著名的（或者说相当著名的）“麦克斯韦妖”（Maxwell's demon）就是以他的名字命名的。孟德尔思想发表于1866年，五年后，麦克斯韦妖公之于众。麦克斯韦妖是一个假设之妖。假设一个容器分成两个部分，分隔处有一个洞口，麦克斯韦妖就好像站在这个洞口，只让行动迅速的分子进入一边，这样便（轻易）使得容器的一边为热，另一边为冷。麦克斯韦妖是反随机性的。它反对分子的随机运动，为容器创造一个更为有序的状态，即让容器的一半为热一半为冷，而不是通体恒温。比较起来，孟德尔妖更为现实，它是一个随机之妖，通过抵御自然选择的破坏性力量来确立一个有序的状态（即复杂生命）。

复杂生命有赖于孟德尔妖，而且复杂生命也许在10亿或20亿年前孟德尔妖聚集之时才开始进化。麦克斯韦妖是无规律之妖，它可能违背其中的一个物理法则，而孟德尔妖则是强化规律之妖，它把生物规律重新引向更富创造性而不是更富破坏性的方向。孟德尔妖一点也不深奥，熟悉UNIX计算机系统的人就能看出这两个在幕后进行有用的计算工作的无形之“妖”与计算机的类同之处。道德哲学家会想到幸福论（endemonism），认为行为以是否创造了快乐来评判；古典学家会想到快乐或好运；异教徒会想到幸运女神。孟德尔妖是基因公正性的执行官，我们的生存全依从于它。

本书旨在探索生命的一些深奥而普遍的特征，其中的一些特征，比如性，是迄今众所周知的难题。还有同样深奥的其他难题，比如决定基因遗传的生殖细胞的分裂——减数分裂，都提出了一些深刻的但人类知之甚少的问题。减数分裂是具有决定性的细胞分裂，每个基因在此过程中只有50%的存活到最后的机会。减数分裂把基因数减掉了一半。可是它为什么不是以减少基因数而是以增加基因开始的呢？为什么孟德尔妖只在基因数被减少的两个阶段中的第一个阶段才发挥作用呢？原来，减数分裂的迷雾（smoke-and-mirrors）是迷惑自私的基因的诡计。我们因此可以把性和遗传过程，理解为是促使复杂生命进化的决定性特征。

探究深奥而普遍的生命特征是件令人惬意的事情，它可以使我们推测出地球上的复杂生命形式和包括地球的未来生命以及在宇宙其他地方独自进化的未来生命在内的其他复杂生命的共同特征。我们可以这样预测：所有复杂生命形式都会用到孟德尔式遗传的性和随机过程。但是地球复杂生命的其他特征可能有很大的偶然性。性别是复杂生命的一个普遍特征，与性和孟德尔式遗传学有密切联系，但它的存在也许仅仅是一种偶然而已。

包括我们自己在内的复杂生命，其细胞的两个不同部分拥有两套独立的基因。孟德尔妖只让其中的一套运行良好。我们每一

xii 个细胞之所以有两套基因，是因为地球上的复杂生命是在大约 20 亿年前的一个偶然的结合体事件中形成的。两个细胞结合成一个细胞，从而把两套基因带进一个细胞。拥有两套基因的细胞所面临的命运，与一个尚未统一管理结构的合并公司的命运大概相差无几。新的合并公司成立后，通常其中的一支管理团队即退出历史舞台。我们人的两性生活似乎与此很相似，男性从他们的精子中射出一套基因，女性把它保留在自己的卵子里。久而久之，作用是巨大的。随着所有可能的无关紧要的物质都被吸掉以后，精子逐渐萎缩，卵子依然很大，甚至越来越大。精子虽小，但在数量上却比卵子多很多，这就奠定了交配市场的供需经济学基础。因此，男女之间所有的现代差异（很久以来都被归因于进化）都可以追溯到远古历史中那一偶然的结合体事件。假如复杂生命不是经结合体而进化，就不会有性别的产生。对寻访我们地球的外星人来说，地球上的复杂生命最为费解的特征，就是性。只有解读 DNA 并重构蕴涵在它编码中的那一结合体事件，才有可能理解它。

本书的核心是复制错误和自私的基因这两大主题。一、二两章阐述复杂生命的悖论之处、地球上复杂生命的历史以及复杂性的基因数量标准。第三章至第五章讲的是生命如何通过进化来应对被动的复制错误；第六章至第八章讲的是生命如何通过进化来应对主动的自私基因，再运用第三章到第八章的理论来审视当前和不久以前的人类进化（第九章）并推测未来更复杂的生命进化（第十章）。一些新出现的繁殖和遗传技术——比如基因疗法和贮藏年轻配子以备后用——在复杂生命的重大历史进程中呈现出崭新的意义。它们可能是 35 亿年前细菌进化以来首次出现的降低错误的全新方法。由于错误率太高，某些种类的复杂生命现在已经绝灭。错误率的降低使得在智力或社会组织上出现超越人的复杂生命形式的进化成为可能。另外它还使一些灵活的生命形式的进化成为可能。所谓灵活的生命形式，是指一种生命形式虽然包

含若干物种的 DNA 编码，但每一世代却只使用其中一个物种的编码。一个灵活的生命形式可能包含有鱼的编码、树的编码、鸟的编码和人的编码。个体会在生命的早期选择最佳的形式生长，而关闭所有其他形式的编码。本书结尾将对这些想法加以探讨。 xiii

书末还附有术语汇编和尾注。我尽可能地避免专业术语，但当它们不得不出现时，我亦尽可能做详细解释。术语汇编有助于理解那些我没有在每次提及时都做详解的常用术语。本书行文中我也未做附录和附文，一并归在尾注之中，多数读者对此未必需要，不过可能还是有读者感兴趣。

我对本书倾注了大量时间，我感激那些以各种方式给我以帮助的人，他们或与我直接交流，或在听课中给予信息反馈，或给我发电子邮件，告之事实，阐述理论，提供参考文献。艾伦·格拉芬（Alan Grafen）和亚历克斯·康卓约夫（Alex Kondrashov）帮助我解决了很多难题。他们都是卓越的思想家，没有他们的帮助，本书无以顺利出版。尚存的不足与错误实为本人水平有限。艾伦·格雷芬阅读了本书初稿的两个章节，修改后保留在本书的第五章中。感谢马克·佩奇尔（Mark Pagel）阅读了第三章的手稿。感谢约翰·博安农（John Bohanun）和乔·里德利（Jo Ridley）及 Weidenfeld & Nicolson 出版社的编辑彼特·塔莱克（Peter Tallack）通读书稿以及他们对全书风格、论述及科学方面的问题所作的评论。我还要感谢保罗·哈维（Paul Harvey）和玛丽安·斯坦普·道金斯（Marian Stamp Dawkins）在牛津大学动物学系为我提供的诸多便利。

马克·里德利

目 录

原版导读/1

前言/1

第一章 保持生物的简单/1

放大了世界的荷兰人/1

可能的世界/5

生命的意义/6

简单的试管生命/11

复杂性进程一览/12

细胞核进化/18

洛克菲勒家族一员与擦皮鞋男孩/23

第二章 动物的基因数/30

账房里的遗传学家/30

基因复制机器上的意外/36

以现代化武装摩西/40

在 32 亿年内基因从 0 发展到 6 万个/45
解释复杂性/46

开拓精神/50

第三章 突变熔毁/59

疾病滋生于大地，加速成为被捕获之物
凡是变化累积之地，就成基因衰变之
处/59

规定复杂性的最高极限/66

重复的用途/70

呆板者与替罪羊/76

死亡判决/77

一个粗略而简便的平均错误数规则/81

第四章 错误的历史/83

从自然的错误中学习/83

测定错误/84

粉墨登场的太初生命/85

突变风暴正紧；RNA 多聚酶，又重新
合成我的基因/89

在我体内深处，大肠杆菌在小心翼翼地复制基因/93

校对酶把我悄悄的信息带进老虎的
牙齿/94

词语创造了众生/97

成熟的葡萄园欢快的果蝇玩耍的地方
向井在那里测试它们的基因/102

人的平均错误数是 200/105

想象自然选择/108

关于错误的简要说明/109

第五章 最终存在的荒谬/112

信息经济/112
变异的牺牲品/115
突变损害渐增器/119
月光曲/127
原始的娱乐的性/132
生命的历史和性的历史/134
第六章 达尔文理论中的合并与获取/138
大结合的后果/138
受精的高峰期/146
性别的起源/150
想象性别/155
艺术大师作品的隐含性/158
蛇鲨是一个怪物/160
经历自然选择/163
最后时刻蛇鲨神秘的威慑力/165
两难之境/167
第七章 豌豆的公正/171
被吞噬的基因/171
战争与豌豆/174
违背孟德尔遗传规律的基因/176
第二规律/182
姊妹协作中的俄罗斯式轮盘赌/188
基因错误与基因公正性/197
达尔文式推理的预期盛宴/200
想象孟德尔遗传学说/204
第八章 违规基因的广大神通/208
自相矛盾的激素/208
自然选择协调同胞利益分配 (goes domestic) /212