



上海出版基金项目
Shanghai Publishing Project

Paul G. Falkowski
Life's Engines
How Microbes Made Earth Habitable

生命的引擎

微生物如何创造宜居的地球

保罗·G·法尔科夫斯基 著

肖湘 蹇华晔 张宇 徐俊

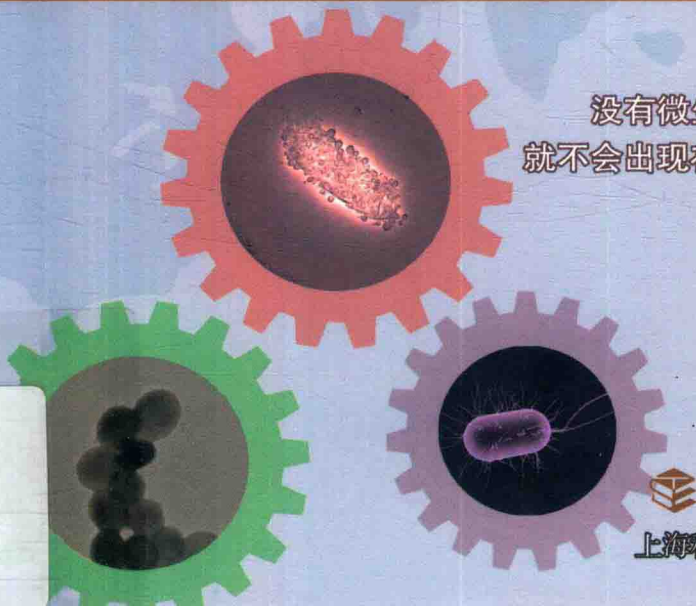
刘喜朋 王风平 译

Philosopher's Stone Series

哲人石
丛书

当代科普名著系列

没有微生物,我们人类
就不会出现在地球上。



上海科技教育出版社



上海出版基金项目
Shanghai Publishing Project

哲人石
丛书

Philosopher's Stone Series

当代科普名著系列

生命的引擎

微生物如何创造宜居的地球

保罗·G·法尔科夫斯基 著

肖湘 蹇华晔 张宇 徐俊

刘喜朋 王风平 译



上海科技教育出版社

**Life's Engines:
How Microbes Made Earth Habitable**

by

Paul G. Falkowski

Copyright © 2015 by Princeton University Press

Chinese (Simplified Characters) Translation Copyright © 2017

by Shanghai Scientific & Technological Education Publishing House

Publish by arrangement with Princeton University Press through

Bardon Chinese Media Agency

ALL RIGHTS RESERVED

No part of this book may be reproduced or transmitted in any form or
by any means, electronic or mechanical, including photocopying, recording or
by any information storage and retrieval system, without permission
in writing from the Publisher.

上海科技教育出版社业经 Bardon Chinese Media Agency 协助

取得本书中文简体字版权

责任编辑 王怡昀 殷晓岚

装帧设计 汤世梁

封面古菌图片由赵维彘提供,深海细菌及噬菌体图片由蹇华晔提供

哲人石丛书

生命的引擎

——微生物如何创造宜居的地球

[美]保罗·G·法尔科夫斯基 著

肖湘 蹇华晔 张宇 徐俊 刘喜朋 王风平 译

上海科技教育出版社有限公司出版发行

(上海市柳州路218号 邮政编码200235)

网址: www.ewen.co www.sste.com

各地新华书店经销 上海商务联西印刷有限公司印刷

ISBN 978-7-5428-6635-6/N·1022

图字09-2017-170号

开本 635×965 1/16 印张 13 插页 4 字数 173 000

2017年12月第1版 2017年12月第1次印刷

定价:34.00元



Philosopher's Stone Series

哲人石丛书



立足当代科学前沿
彰显当代科技名家
介绍当代科学思潮
激扬科技创新精神

策 划

潘 涛 卞毓麟

充满了惊喜……非常有益。

——弗兰纳里(Tim Flannery),

《纽约书评》(*New York Review of Books*)

有趣、易读且充满历史感。

——沃尔夫森(Adrian Wolfson),

《自然》(*Nature*)

非凡的文字……我从一开始就被这本书迷住了。

——科尔特(Roberto Kolter),

《细胞》(*Cell*)

法尔科夫斯基在生物科学和地球科学之间自如地游走,帮助我们了解微观的单细胞生物使地球变得宜居的步骤。

——《宇宙》(*Cosmos*)

愉快的阅读体验,通过无缝编织的概念、个人轶事和类比的运用,这本书几乎涉及大学生物学课程中的每一个主题……对这本书的阅读激发我去了解更多。这本书对任何有基本科学知识的人来说都是很容易理解的,它提出了很多问题可供进一步探讨。

——《选择》(*Choice*)

权威、全面、令人愉快……很迷人,不仅留给读者一个关于地球历史的重要科学框架,还有重要的科学问题,它们达到甚至超越了我们目前对一个未知世界的理解,这个世界等待着我们进一步探索和发现……法尔科夫斯基是

一个天才的科学家、作家和传奇的叙事者。

——卡尔(Dave Karl),

《国际湖沼与海洋学会会刊》(*Association for the Sciences of
Limnology and Oceanography Bulletin*)

我立刻被法尔科夫斯基谈话式的、流畅的文笔所吸引……个人轶事……有趣的主题选择……一个讲故事的大师。

——《美国生物学教师》(*American Biology Teacher*)

近40亿年来,微生物有着只属于自己的原始海洋。作为地球的管家,这些生物改变了我们这个星球的化学性质,使之适于居住。《生命的引擎》带领读者深入到微观世界,去探索这些奇妙的生物如何使地球上生命的存在成为可能,去了解如果没有它们,人类将如何不复存在。法尔科夫斯基以富有洞察力和幽默感的文字解释了微生物内部的微型引擎是如何建造的,以及它们如何在每一个行走、游泳或飞行的生物体内像乐高玩具一样被装配和组装。法尔科夫斯基向我们展示了进化如何保持这种生命的核心机器,他还发出了警告:摆弄这些生命的机器使其更“有效”地满足日益增长的人类需求,这种行为将会在未来的世纪中带来危险。《生命的引擎》生动有趣地讲述了支持我们生存的微生物的故事,将激发我们对这一优雅复杂的生命形式的思考。

保罗·G·法尔科夫斯基(Paul G. Falkowski, 1951—), 美国罗格斯大学海洋生物学教授。主要研究浮游植物和初级生产力, 也涉及生态进化、古生态学、光合作用、生化循环系统和天体生物学等更广的领域。1975年在英属哥伦比亚大学获得生物学和生物物理学博士学位, 之后在罗得岛大学进行博士后研究, 1998年加入罗格斯大学。他于2002年成为美国艺术与科学院院士, 2007年成为美国国家科学院院士。他是《水生生物光合作用》(*Aquatic Photosynthesis*)这本著名教科书的共同作者。

献给我的父母,埃德(Ed)和海伦(Helen),我的妻子同时也是朋友,拉斯金(Sari Ruskin),以及我们的女儿,萨莎(Sasha)和米丽特(Mirit)

非常高兴看到我的书《生命的引擎》被翻译成中文,即将与非常想要了解生物细胞中的生命机器如何工作以及它们从何而来的读者见面。

同时我也感到些许忐忑,因为这本书中的许多核心概念可能已经为一些中国科学家所熟知,只是我的中国同行们可能还没有针对大众读者讲述这些概念。无论怎样,我们的文明因文化和语言的差异已经分隔了几千年,本书能出版中文版,我深感荣幸:我个人的一些想法可以借此传递给更多的读者。

这本书意在使读者了解我们对生命及其与地球的关系的认识。但更重要的是,我希望每位读者都能了解微生物在使地球成为一个宜居星球方面的重要性。我也尝试去解释我们或者至少我还不太了解的方面,即生命如何形成或者它将走向何方。

在写作本书时,我想将科学的核心概念传达给每一位读者。我希望每位读者都能理解,生命是由运动着的分子所操纵的一个不可思议的过程。而最重要的是,产生生命的分子机器一次又一次地被复制。

因此,我希望人们能够珍视和培养孩子们天生的好奇心,引导他们去了解生命中的这些小机器,并探究它们是如何工作的。当然我也担心,这样的了解是否会引发一种驱使自然为我们“更好地”工作的傲慢和狂妄。

说孩子是我们的未来,这是老生常谈,但培养孩子的好奇心确实很重要。好奇心使我们成为了接手这个星球的最有趣的动物,也是唯一能保护它的动物。

非常感谢同济大学的汪品先教授和他的同事们邀请我来上海讲授基于本书的一个“短期课程”。此行非常愉快,我很高兴能有机会在一个由来自中国各地的学生和教

2 师组成的充满热情的班级中讨论这本书中的观点。此次上海之行非常有趣,感谢汪教授为我安排了如此美妙的经历。我很高兴自己能够说,我们不仅仅是同行,更是朋友。

在造访中国的几次经历中,我的中国同行们在地球系统如何工作方面的认知深度总是令我印象深刻,不过更重要的是如何使这些知识能够更广泛地传播。

我也衷心地感谢肖湘教授和他的同事们翻译这本书。这无疑是一个爱心之举,不仅远远超出了我对与中国学生和学者进行交流的期望,更惠及了那些对科学阅读感兴趣的人们。

我期待听到我的中国读者们的反馈,并希望在未来几年内再次访问中国。

保罗·法尔科夫斯基

新泽西州,普林斯顿

2017年11月21日

——生活是由历史上的一系列偶然、意外和机遇所导致的结果。我从小生长在纽约哈勒姆区边缘的一个城市住宅项目区。当我大约9岁时,我的母亲和同一建筑中的一对青年夫妇成为了朋友,他们那时候是哥伦比亚大学的研究生,就住在我们家楼下。

比尔·科汉(Bill Cohan)和他的妻子米丽娅姆(Miriam)研究生物学,并在家中饲养了几缸热带鱼。他们看起来是一对非常棒的夫妻,我母亲还经常向他们提一些他们其实并不需要的建议。无论如何,他们那时还没有孩子,在我母亲将我介绍给他们之后,他们邀请我去参观他们家的水族箱,从此我就入迷了。

我们认识几个星期后,比尔和米丽娅姆送给了我一个小水族箱。我开始养孔雀鱼和丽藻(*Nitella*,一种绿藻),并观察怀孕的雌鱼如何将鱼卵产在绿藻床上。我开始阅读一切我能找到的关于热带鱼的资料并对它们(也可以说是对鱼类)日益着迷。我不知不觉地走上了成为生物学家的道路——这都起因于我好事多嘴的母亲与一对研究生夫妇在电梯里的相遇。

随着时间流逝,我省下绝大部分的零用钱和我做小工得到的钱买了更多更大的水族箱,并从著名的水族馆股份公司(Aquarium Stock Company)购买了来自国外的昂贵的鱼。这家公司当年占据了下曼哈顿位于沃伦街和默里街之间的一整个城市街区。这里是能够让那些痴迷于热带鱼的人满意的地方。

大约在同一时期,我父亲从美国自然博物馆给我买了一台小显微镜。事实上数年间,我们几乎每个周六都会去那儿参观。这架显微镜的花费对我父亲来说是一大笔钱,而且几乎肯定超出了预算,但我有相当长一段时间是如此

地渴望得到它,这是一件改变了我人生的生日礼物。我知道博物馆得为显微镜之类的东西收费,但如果博物馆能将显微镜分发给来参观的孩子们,那可真是太棒了。

我父亲的礼物让我能够看到并探索肉眼无法看见的、在水族箱中运动的奇妙微生物。尽管显微图像的质量在今天看来并不是很高,但它带我进入了一个以前无法想象的世界。这些微生物是无与伦比的。

通过显微镜镜筒,我夜以继日地关注着超现实的显微世界,这个世界以我的个体经验来说是那么陌生,但它就在我眼前。我能够看到微生物吞噬更小的颗粒,看到单细胞生物的分裂,看到有些微生物在游泳而有些在“散步”。那时,我不明白这些生物是如何运动、如何捕食以及如何生存的。

通过阅读从第125街的公共图书馆借来的书,我开始研究微生物世界。这家图书馆有一个引人注目的木制帆船模型,就放置在令人印象深刻的、通往一楼的楼梯上。要到放有科学书籍的成人阅读区,我需要穿过放有这架帆船模型的区域。在帆船与科学书籍之间,我可以不受哈勒姆区的限制而进入梦幻的科学世界。我越来越对非洲、南美洲感兴趣,我的热带鱼来自这些地方,同时图书馆中少数几本书中的素描可以帮助我识别这些微生物。

依靠我的显微镜和从图书馆借来的书,我开始理解草履虫如何利用纤毛运动以及变形虫如何在覆盖水族箱底部的细砾石上滑动。我发现一些微生物会被光吸引,而另外一些不会。一些微生物需要光来“谋生”而另外一些则需要添加有机物。我开始培养我从中央公园湖泊水体和河滨大道水洼收集得来的样本中的微生物。我尝试像微生物一样思考,这对于一个孩子来说不是很难,即使只是在他的想象当中。

当鱼在水族箱中繁育的时候,我可以研究它们那透明的卵中胚胎的发育。通过我的显微镜,我可以看到不同形状的藻类在水族箱壁上生长,以及蜗牛如何刮掉藻类并吃掉它们。当我扰动砾石或者搬动水族箱中的石块时,我可以在显微镜载玻片上看到所有的碎屑和几乎辨认不出的最

小的微生物运动,这些微生物被称为细菌。那个时候我真的不知道这些细菌是什么或者它们与水族箱中的植物和动物有什么关系。

我母亲一直纠结于食物毒性,她不断警告我:如果我喝了水族箱中的水,我就会因为其中的病菌而生病。我不知道病菌是什么,但我知道它们是不好的。我母亲强迫我在重排水族箱中的石头或者取样后洗手。我当然不想喝我的鱼生活于其中的水,但我确实对我可能由此染病感到疑惑。

水族箱中的鱼并没有因为病菌而生病,几乎可以确信,它们喝的是水族箱中的水。我真的会因为喝了水族箱中的水而生病吗?我不敢尝试——但这些水来自我们公寓浴室的水龙头。我每天都喝从水龙头中流出来的水。但是如果我直接用水龙头流出来的水去养鱼,它们就会死掉。我知道鱼不能忍受从水龙头直接流出来的水中的氯离子,它们要在带有细菌和微小型生物的水中生存。我能够喝带有氯离子,但几乎可以肯定,如果喝来自水族箱的水,我就会生病。带有氯离子,水对人而言是安全的、可以饮用的,而我的鱼如果暴露在杀死了病菌的含氯离子的水环境中就会死掉,我怎么会生活在这样一个世界?这好没道理!

微小的生命既是好人也是坏蛋,这对一个9岁的小孩来说是一个难以理解的矛盾。病菌使我母亲如此恐惧,但对于我的水族箱却是必需的!我开始意识到病菌就是微生物。在那个时代,没有人知道在我们所有人的肠道中都有大量的微生物,它们对于我们生存的重要性就和水族箱中的细菌对鱼的生存的必要性是一样的。

即使还谈不上痴迷,我对微生物世界也是越来越感兴趣。我为此花费了无数小时,经常研究到深夜,一边在显微镜下看着从我的水族箱中取出的样品,一边戴着耳机用我的晶体管收音机听着WABC电台主持人布鲁西表哥(Cousin Brucie)播放的20世纪60年代的流行单曲。

在好几年中,我的生活完全被水族箱、显微镜以及水族箱中的微生物所吸引。但大约13岁时,我的兴趣范围扩大了。我开始对另外一个看不见的世界,即电磁辐射着迷,虽然那个时候我并不是这么叫它的,我称之为

6 为无线电波或者某些类似的名字。声音和图像是如何从离开我们公寓很远的发射站传送过来的？这简直不可想象。

我的父母是电子技术的反对者。他们对于我理解无线电收音机没有帮助,更不用说电视了。我们会一家人一起听收音机,但仅限于古典音乐(我父母不喜欢爵士乐和摇滚乐)。我们甚至没有电视机。我父亲认为电视机是时间偷窃者,与正常生活丝毫无关。我们家里差不多有数千本书,我父亲一直在读它们。他确保了我知道如何阅读文学经典。如果他还活着,我不清楚他会如何称呼因特网,也许会称它为“时间绑匪”吧。尽管他向我逐步灌输了对文学和文字的极大尊重,但当我在朋友的家里看到电视的时候,我开始期望了解声音和图像是如何不依赖导线在空中传播的。对我来说,声音和图像是可以变形的。我不能想象声音和图像是如何跨越空间在电视机上重新呈现出来的。但我当时可能隐约知道,布鲁西表哥在曼哈顿市区某个地方播放唱片而我可以在几英里*之外利用晶体管收音机收到,我开始学习这个魔术是如何发生的。

我从卡纳尔街的一个小商店购买了廉价的电子部件并组装了一台晶体管收音机。最强的信号来自770 AM WABC。事实上,它太强了,是我的晶体管收音机(它用无线电波产生的极小电场作为能量源)唯一能听到的频道。我可以用鳄鱼夹将晶体管收音机和发射天线连接起来,这样就可以用耳机自由地收听音乐了。布鲁西表哥是一个超级DJ,他高叫着推介下一首歌并告诉你哪一首更火爆。这实在太酷了——布鲁西成为我在清洁、整理水族箱中的石块时不断在我耳边吵闹的人。

当我长大一些,我在邻居那儿打零工,所赚的钱足够我为水族箱添置一些非常奇异的鱼。我同样从卡纳尔街那间奇妙的商店买了一些二手的和多余的电子元件。我成了一个非洲慈鲷迷,同时制造着放大器、无线电和一些简单的电子设备。通过培育并出售奇异的鱼给水族馆股份公司的艾尔弗雷德(Alfred),我学了一些简单的遗传学知识。我了解了电阻如

* 1英里约为1.6千米。——译者

何减缓电子的运动速度,电容器如何容纳电荷,电子管的工作原理以及如何通过建造无线电和小型发射机发送和接收不可见的无线电波。但在我的脑子里,第125街的帆船模型才是通向外面世界的灯塔。

直到20年后我才真正充分意识到,我们肉眼看不见的这些微生物是如何发展成全球规模的、由生物推动的电路,进而改变了我们的地球的。它们沉默地推动电子运动,但它们也是实实在在存在的,是地球生命真正的引擎。尽管在自然博物馆中无法展示它们,但正是它们创造了供我们呼吸的气体,转化了我们代谢的废物,让地球这样一个银河系中的小斑点变成了宜居的星球。

随着我成长,通过我父亲给我买的显微镜观察到的水族箱微生物世界变得对我越来越重要,但我还不知道确切的原因是什么。我花了几十年时间才明白,水族箱砾石上微生物的死亡与降解过程实际上就是我们地球上的微生物降解有机物并转化成为我汽车里的燃料的过程的缩微模型。在我做科研的过程中,我开始明白,我从小就制造的电子电路是生命的类似物,但它们是不完整的,有些东西缺失了。我意识到,我尚不理解细胞功能实现的关键机制。它们不是从无线电波中获得能量,而是从太阳发出的高能粒子中获得能量。更加令人费解的是,与无线电不一样的是,细胞并不是通过辐射源产生新的辐射那样生长和发育。细胞在不断地自组装和复制。细胞的复制是生命最重要的功能。

迄今,复制和代谢的矛盾依旧是理解生命如何在地球上进化最重要的难点之一。它需要对生命电路图有更好的理解。这两个世界还没有在我的头脑中联系到一起。老实说,在我的正规的求学生涯中,我并没有太关注这些肉眼不可见的领域。将生命的电路与生物的进化相联系不是我的高中老师和大学教授的愿景或者说使命,我必须自己弄明白。

我上了一所将生物课列为选修课的高中,生物并不是我的研究领域,我受的训练主要集中在数学、物理和化学。直到很久以后我才意识到,大学期间指定使用的生物课本大多忽视了微生物,仅仅把它们看作病原载体(病原菌)。如果涉及进化,则几乎全部集中在动物和植物。这些