

TURING 图灵新知

生命是什么

What
Is
Life

王立铭——著



中国工信出版集团



人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

What Is Life

生命是什么

王立铭——著

人民邮电出版社

北京

图书在版编目 (C I P) 数据

生命是什么 / 王立铭著. -- 北京 : 人民邮电出版社, 2018. 11 (2019. 1 重印)
(图灵新知)
ISBN 978-7-115-49563-1

I. ①生… II. ①王… III. ①生命科学—普及读物
IV. ①Q1-0

中国版本图书馆CIP数据核字(2018)第229037号

内 容 提 要

本书通过生动的文笔和有趣有料的生物学故事, 揭开了生命科学神秘的面纱, 不仅生动地解读了生命的定义及奥秘, 而且详细地追溯了生命的起源和演化, 展现了人类探索生命奥秘的伟大历程, 讲述了科学家在揭示生命奥秘过程中的重要发现。阅读本书, 有助于读者重新认识生命的过去、现在和未来, 更好地认识地球生命以及其他智慧生命。

本书生动有趣, 适合对生物学感兴趣的各层次读者阅读。

-
- ◆ 著 王立铭
责任编辑 张霞
责任印制 周昇亮
 - ◆ 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>
北京市雅迪彩色印刷有限公司印刷
 - ◆ 开本: 880×1230 1/32
印张: 9.25
字数: 203千字 2018年11月第1版
印数: 5 001-7 500册 2019年1月北京第2次印刷
-

定价: 69.00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: 京东工商广登字 20170147号

本书献给我亲爱的妻子沈玥。

推荐序一

2016年雨果奖得主、《北京折叠》作者 郝景芳

我对生命问题一直有着强烈的好奇和兴趣。

本科学的是物理，因而一直被生命问题所困扰：在完备的物理规律世界中，生命到底是如何产生的？物理大厦之美，让所有学生心醉神迷，然而按照物理大厦四大力学，全宇宙都是遵照力和场的规律建构出来的，从条件推导结局。那么问题就来了：在这样的物理大厦中，生命是如何产生的？生命是完全遵照物理定律生成的吗？生命也可以从条件直接推导出结局吗？

这些问题，是人类世界的本质问题。它们一点都不新，甚至是人类几个最古老的问题。从远古人类刚刚诞生文明智慧的时候，就有思想者不断询问：丰富多变智慧的生命，是如何从冷冰冰的自然界中产生的？

这个问题驱动着神话、宗教、哲学和科学的发展。生命显然是某种不可思议的神奇现象，而为了解释这种不可思议，人类创造了上帝，创造了女娲，创造了宇宙中不灭轮回的灵魂，也创造出了现代基因科学。

而即便如此，几千年过去，人类仍然没能完全解释生命问题。

从一方面讲，从17世纪开始盛行的机械决定论声称：没什么神奇的，一切都是物理，我们能算出太阳星辰和齿轮杠杆，早晚有一天我们也能算出生命密码。然而三百多年过去，我们仍然不能从物理定律里算出生命的发展历程。从另一方面讲，我们人类在茫茫宇宙中，至今还没找到其他生命证据。哪怕从理论上讲，在同样的物理条件下，生命应该在宇宙中绽放开花无数次的，但我们仍然没听到任何来自宇宙的声音。

这意味着什么呢？很有可能，即使生命的密码完全能从物理定律中计算推导而出，也是某种非常难以理解的小概率事件。生命涌现于物理化学，但生命不等于物理化学。生命大厦完全由原子分子砖头组建而成，然而搭砖头的方式仍然超出人的理解范围。

立铭这本书，写出了生命多个层面的神奇之处。他按照生命的发生顺序，清清楚楚地写出了几个层面的谜题。

首先是生命的材料。在宇宙的电闪雷鸣中，制造小小的氨基酸并不难，但是最初的氨基酸如何组装成由几百万个原子组成、功能复杂的巨型蛋白质分子和DNA，仍然是充满神秘的事。

然后他讲出生命生成中最难的一环：秩序生成。化学反应总是趋向于均衡态，热力系统总是趋向于无秩序，而生物恰恰起始于非均衡态和秩序的生成。秩序是如何从无秩序中自发出现的？如果说自我复制的分子是一切的关键，那么第一个自我复制的分子又是怎么生成的？

之后他又讲了生命中匪夷所思的地方：即便吸收能量的蛋白质、自我复制的核酸和完整的细胞膜都可以产生，但这些东西是怎样神奇般地组装到一

起的？把一大把零件扔在地上，它们是不会凑到一起变成汽车的，那么生命的部件又是怎样合成的？

最后，即使是细胞和生命机体真的克服了这一系列深渊困境，也仍然难以解决最困难的科学问题：所有这些由原子分子组成的蛋白质和核酸，凑到一起之后，怎么就神奇地产生了我们人类的感觉、意识和智慧？我们已经能在工厂里造出更复杂的原子分子机器，但是它们为什么只是被动的机器，而不是智慧生命？

所有这些问题，都扣人心弦。一层层展开，如探秘小说不断逼近结局，让人欲罢不能。从微观世界到大脑中的宇宙，书里抛出一个又一个大问题，在追寻答案的过程中，一重答案又引出另一重问题，逻辑清楚又充满悬念，人类的生命科学史就在讲述中壮丽展开。

我很喜欢立铭的文笔，科学理性，但又充满个性化的思考，带着温暖的智者之光。他对分子生物学和遗传进化的学识积累非常深厚，科学实验和故事信手拈来。而更难得的是，他对人类的哲学历程也理解得十分透彻，在不多的篇幅中，把自古哲人对于生命和人类意识的争论，写得深入浅出，引人思考。

所有的这些书写，都是为了引起我们对生命的反思。我们生于幸运，幸存于幸运，在一系列不同寻常的小概率事件和大浪淘沙般的消亡中，我们作为一种结构复杂的多细胞智慧生命，竟然从无中生有，并幸存至今，不能不说是一件神奇的事。人类对生命研究越多，就越会发现我们生命的神秘。在珍惜得来不易的命运之外，我们更应敬畏宇宙自然的神奇宽广和无限可能。

愿你享受这段阅读之旅！

推荐序二

北京大学讲席教授 饶毅

这是一本让普通读者理解我们到底是谁、从何而来、将向何处去的好书。

本书从演化的视角透视生命的本质，将人类在演化历史中的角色比喻成“看客”和“产品”，随着现代科学技术的发展，我们将逐渐从被动变为主动，操起“上帝的手术刀”，改变演化方向，取代自然选择。

为了让一般的读者了解复杂的生物科学，作者从科学家在外太空探索生命的尝试引入，再回归到地球生命本身，通过科学史的叙事方式带领读者探讨生命的起源和驱动力。

在书中，作者将生命的驱动力分为物质、能量、自我复制、细胞、细胞间的分工五大元素，将生命的智慧分为感觉、学习、社交、自我意识和自由意志五大元素，以唯物论和还原论的哲学思维，生动地展现了生命史是与环境永不停息的奋斗史，始终体现着“物竞天择，适者生存”的演化规律。

为了应对环境“永恒的变化”，分工与合作体现在方方面面。在生命起源初期，某些分子身兼数职，例如最初的 ATP 合成酶兼具制造能量和运输物质的功能，RNA 性质的“核酶”兼具 DNA 和蛋白质的作用。在细胞膜为生命与外界建立起“分离之墙”后，逐渐地，细胞内有了细胞器分工，个体内有了组织间分工，生命有了性别分化和群体分工……这些无不体现了生命以留下后代为目的的分工互利。而语言作为信息交流共享的基础，本质上也是社会分工精细化、利己利他利群体的产物。

在环境的压迫和驱使下，生命逐渐演化出了感觉系统，拥有了和地球环境交流互动的本钱。生命从被动演化一步步走向主动选择：从黑暗到感光，从刺激 - 反射引起的被动、无记忆、简单的膝跳反射，到“巴甫洛夫的狗”的学习记忆和经验；从个别物种获得的自我意识，到对自由意志是否存在的探讨……

作者以物质为基础，以实验为依据，将这些与认知相关的重要事件和科学发现通过关键的例子展示给大家，让读者通过追寻智慧的思绪和案例，展开一场思想旅行，从中收获生物学思维方式，用生物演化的视角重新理解生命。另外，书中的案例都来自原始的研究论文，严格遵循科学研究的规范，并附有相关的参考文献，方便读者有据可查。

为了帮助读者理解，书中使用了大量生动的比喻。例如将生命比喻为“大厦”，将能量比喻为“生命大厦建筑师”，将能量差比喻为“水坝”；在起源的先后问题上，多次用“鸡”和“蛋”做比喻；把需要能量而秩序化的生命比喻为“以负熵为生”；在分析自我复制时，将“中心法则”中的

RNA 比喻为“二郎神的第三只眼睛”；将记忆的赫布定律形象地比喻为“单身派对定律”。这大大提高了本书的趣味性和可读性。

本书与薛定谔的经典著作《生命是什么》同名，希望读者能在现代科学技术发展的背景下，真正地理解生命究竟是什么。

推荐序三

德国癌症研究中心终身研究员 刘海坤

王立铭是科普界的明星，也是国内少有的可以在科普与科研间自由切换的优秀青年科学家。

我之前读过立铭的两本精彩大作（《吃货的生物学修养：脂肪、糖和代谢病的科学传奇》和《上帝的手术刀：基因编辑简史》），后来知道他在用心打造一本新著，再后来读到他的精彩的新书书稿的后记，更加心急难耐。万幸近日从立铭处得到样书，遂一气读完，就是这本《生命是什么》。

生命是什么？如果是对“生命”这个概念的解释，那么这可能是我们能想象的最难回答的问题之一，学术界也没有统一的答案。但如果这是个开放性的问题，那就可以在很多有趣的维度上进行解释并充分演绎了。立铭便是从多个维度中提取出最重要而又互相承接的维度，并以层层递进的方式进行解析的。本书的主题明显比立铭前两部书更宏大而深刻，所以我称之为“野心”之作。

生命是什么？立铭在开篇并没有尝试直接回答这个问题，而是把视角

转离地球，瞄向太空。他首先提出了一个令全人类都感到好奇的问题：外星生命是否存在？然后讲了几个精彩的科学故事，例如，非常有说服力的“费米悖论”，令人遐想的“戴森球”，以及可以推算外星生命概率的“德雷克公式”，杰出的人类一直尝试用理性去想象外星生命存在的模式。而寻找外星生命的一个前提是我们要有能力分辨什么是生命，这也是困扰美国国家航空航天局寻找外星生命的科学家的一个主要问题。这个问题自然而然地引出了本书的创作主旨——生命是什么？

生命科学的尺度跨越了纳米到宏大的地球生态系统，宏大繁复，包罗万象。想要从中提炼出生命的基本特质并书写出来，是极具挑战性的。不过幸好我们有贯穿生命科学的第一原则：进化论。立铭选择了生命的演化作为轴线，在其妙笔之下，一出跌宕起伏、惊险刺激的几十亿年的大冒险戏剧就此拉开序幕。他先从科学产生之前古代哲学家对生命本质的探讨谈起，之后科学家登上舞台，一个个精彩的科学故事展现了人类不断从多维度接近、理解并尝试解析生命本质的曲折过程。再后他把镜头迅速推进到著名的米勒-尤里实验，该实验令人惊奇地证明了生命起源的基本分子（如氨基酸）可以在实验室模拟的古代地球环境里快速产生。这基本解决了生命原材料的来源问题，随之引申出当代科学三大重要问题之一：生命的起源问题。

在漫长的宇宙历史中，最神奇的事件之一莫过于生命的诞生。在前进化论时代，大多数人类甚至认为地球上生命的多姿多彩是神迹存在的最好证明。正如物理学家对理解宇宙起源的“大爆炸”充满了无穷的向往和想象，生物学家对理解生命诞生这一从无到有的重要时刻也抱有同样的情感。虽然

我们无法排除生命起源于外星的可能性，但理解并尝试重构生命诞生的原始过程是很多科学家一生的追寻。

对于这部分内容，立铭首先提出了产生生命的物理先决条件——能量。薛定谔（立铭的偶像之一，物理学黄金时代的代表，量子力学奠基人之一）在1944年出版的影响深远的科普名著《生命是什么》里提到，由热力学第二定律推论，在一个封闭系统中，熵只会增加，即变得无序。而生命是高度有序的系统，所以生命应以负熵为生，需要能量的摄入来维持稳定而有序的存在^①。这一推论显示出生命的基本法则不违背物理基本法则。实际上，我们目前已知的所有生命的基本法则都不违背物理或化学基本法则，不过，迄今未止还没有物理学理论能够把对生命的解释包含其中。以此为引，立铭请出了他非常喜欢而且在书中不吝言辞赞美的ATP及其合成酶。这一部分写得非常精彩，是本书的高潮部分之一。我不敢在此剧透，强烈推荐读者自己阅读体验。

解决了能量问题之后，想象力丰富的立铭随即把一个个精彩的理性科学发现与其浪漫的想象力结合在一起，构想出了生命诞生之初的“前生命”形式的几个可能版本（从1.0到4.0），蛋白、DNA和RNA轮番登上舞台。他尝试从各个角度探讨生命起源的可能途径。这部分内容展现了立铭作为著名科普作家的写作功力。生命诞生前的时刻对科学家来说都是神秘和晦涩的，立铭通过丰富的想象力把各种可能性转变为一幕幕精彩的文字影像。

所有上述准备都是为了生命诞生的这一刻。这是一个可以自我复制生

^① 薛定谔后来修改过“负熵”这个概念，感兴趣的读者可以进一步阅读相关文献。

命分子和个体的生命单位，一个活着的细胞。这应该是一个有能力把遗传信息传递到几十亿年之后的细胞，一个有能力转动进化之轮的细胞^①。可以说，生命的诞生标志就是第一个细胞的诞生。在这个环节，立铭强调了细胞膜的产生是关键的一步，因为这是把酶、遗传物质和其他生命必需的分子聚集在同一空间的关键。我个人认为，对第一个细胞的多种想象是立铭可以进一步加以发挥的地方，可能因为篇幅原因，立铭并没有在此进一步打开其想象力的闸门。而随之而来的细胞的分工即多细胞生命的出现则打开了生命爆发的闸门，这直接导致了更为复杂的生命以及具有高等智慧的人类的出现。立铭称之为“君临地球”。

虽然进化本身并非是从低级到高级的，但复杂生命的产生却是长期进化的结果。而在漫长的生命进化史中，最杰出的产物非人类的大脑莫属。作为神经科学家的立铭在书的后半部分为读者展示了大脑的功能（感知、学习记忆和社交），并讨论了在哲学上都极有难度的抽象概念：自我意识和自由意志。这部分为我们呈现了一幕幕精彩而又真实的科学故事，从视觉的神经解码，到语言的生物基础，再到多重人格和人工智能，为我们展示了一个已经非常精彩而在未来会更加精彩纷呈的科学世界。

科学研究在带来新知的同时总是带来新的未知，生命科学的未知遍布各个领域。曾经被生命科学吸引的物理学天才费曼戏言，在生物学领域，随便一个问题，我们都没有答案；而在物理学领域，则要花相当多的时间才能

① 细胞学说是第一个真正把所有生命都包含在内的学说，它的诞生时间（1839年）远远早于发现DNA遗传物质的时间（1944年）。

找到没有被解决的重要问题。这一现状并没有太多改变，立铭最后讨论的生命科学的已知和未知也会让读者浮想联翩，我想这部分对于有抱负的下一代科学家会有相当大的吸引力。所以，读完本书，你可能没有找到“生命是什么”这个问题的答案，但你对“生命是什么”的理解一定会有质的提升，而且可能会发现，理解生命可能并不需要急着回答“生命是什么”这个问题。

好科普难写，兼具深度与高度的原创科普作品极少。我个人认为，立铭的作品是中文科普世界里凤毛麟角的存在。他对科学有独有的深刻解读方式，也有在科普世界里少见的写作视角。难能可贵的是，他在书里引用了该领域最新的科学进展和最精彩的科学故事。这本书的架构和逻辑在英文科普著作里也很少见，可见立铭对此做过仔细的推敲琢磨。好的科普书重要的作用不是科普知识点，因为知识早晚会变得陈旧，而是普及科学的思维和判断方式。这一点读者应能从立铭讲故事的字里行间体会到，他展现了精彩科学发现背后的内在逻辑，从推理到实验验证，*丝丝入扣*。

另外，从行文风格也可以看出立铭是具有人文情怀的作家，他的作品充满了积极对待未知世界的态度和坚信更好未来的信念。他这本书的风格让我想起了我最喜欢的法国科学大师和优秀的科普作家弗朗索瓦·雅各布（François Jacob，1965年因操纵子模型获诺贝尔生理学或医学奖）。他的科普著作《生命的逻辑》探讨的角度和思路与立铭这本书有交相辉映之处。

立铭这本书取名《生命是什么》，有向偶像薛定谔的《生命是什么》致敬之意。薛定谔的这部名著令人惊叹地影响和启发了分子生物学时代的许多科学名家，最出名的当属DNA双螺旋结构的发现者之一沃森。我想立铭花

如此多的心血打造这本同名著作的“野心”也在于此，他一定希望本书能够启发中国下一代科学家，使他们在青少年时代就能领略到真正的科学思维，吸引有志于科学的青少年踏上真正的科学之路。我至今记得自己在年轻时阅读薛定谔这本著作时对科学产生的懵懂而又向往的情愫。我相信立铭也做到了这一点，因为即使中年如我，在阅读本书的过程中，脑海里也不断产生新的问题：假设在宇宙中另存一个物理上一模一样的太阳系，那么在该太阳系里的地球上，能进化出和我们这个星球上一样的生命类型吗？人类出现在那里的概率是否可以通过德雷克公式推导出来？自称掌握了基因编辑这把“上帝的手术刀”的人类真的可以跳出自然选择吗？在生命产生初期，是否产生过不基于DNA传递遗传信息生命形式而被筛选掉了？最早产生的细胞里的基因组到底有多大？进化论是否是放之宇宙而皆准的生命法则？

对于立铭花两年时间打造的这本精品，这篇短短的推荐序无法揭示其全部的精彩。在此衷心推荐给各个领域的读者亲自阅读，希望您有自己的收获。当然，我尤其推荐给对科学感兴趣的青少年，我也会推荐给自己的后辈，我女儿就非常喜欢“戴森球”的故事。我想，作为科普作家的立铭一定不止一次想象过这样一天，一位中国科学家在斯德哥尔摩的领奖台上致获奖辞：“我踏上科学之路，是因为小时候读的一部王立铭教授的科学名著——《生命是什么》。”

推荐语

2015 年雨果奖得主、科幻作家、《三体》作者 刘慈欣

生命，如果不是因为其确实存在，本来可以很容易地证明其不可能存在。《生命是什么》正是讲述了这样一个大自然的奇迹。立铭用生动、诗意的笔触，带我们经历地球生命几十亿年史诗般的演化历程；通过对生命现象全景式的描述，让我们领略那令人难以置信的神奇。

本书吸引我的地方，首先是广阔的视角，从生命的起源到自我意识，从分子生物学到社会学，使读者对生命科学有了一个全景式的了解；其次是本书明晰而生动的叙述，真正把生命科学作为活的科学展现出来，让读者感受到了生命的神奇和诗意。

本书在带给我们不断的惊叹和感慨的同时，让我们重新认识生命世界，也重新认识我们自己。