



「美」尼尔·德格拉斯·泰森 「美」唐纳德·戈德史密斯——著

140 亿年宇宙演化全史

100 RIGIDS

UNREAD



NEIL DEGRASSE TYSON



DONALD GOLDSMITH

阳曦——译 郑捷——审



FOURTEEN BILLION YEARS OF COSMIC EVOLUTION



140

ORIGINS

亿年宇宙演化全史

FOURTEEN BILLION YEARS OF COSMIC EVOLUTION

《给忙碌者的天体物理学》扩容增强版 NEIL DEGRASSE TYSON DONALD GOLDSMITH

〔美〕尼尔·德格拉斯·泰森 〔美〕唐纳德·戈德史密斯——著 阳曦——译 郑捷——审



140 亿年宇宙演化全史

〔美〕尼尔·德格拉斯·泰森
〔美〕唐纳德·戈德史密斯 著
阳曦 译

图书在版编目(CIP)数据

140 亿年宇宙演化全史 / (美) 尼尔·德格拉斯·泰森, (美) 唐纳德·戈德史密斯著; 阳曦译. —北京: 北京联合出版公司, 2019.8
ISBN 978-7-5596-3248-7

I. ① 1… II. ①尼… ②唐… ③阳… III. ①宇宙—普及读物 IV. ① P159-49

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2019) 第 092157 号

Origins
Fourteen Billion Years of Cosmic Evolution

by Neil deGrasse Tyson & Donald Goldsmith

Copyright © 2004 by Neil deGrasse Tyson and Donald Goldsmith
All rights reserved
Simplified Chinese translation copyright © 2019 by United Sky (Beijing) New Media Co., Ltd.
All rights reserved

北京市版权局著作权合同登记号 图字: 01-2019-3347 号

选题策划 联合天际·边建强
责任编辑 管 文
审 校 郑 捷
特约编辑 兔形目
美术编辑 小圆子
封面设计 左左工作室

未 读 | 探索家

出 版 北京联合出版公司
北京市西城区德外大街 83 号楼 9 层 100088
发 行 北京联合天畅文化传播公司
印 刷 嘉业印刷(天津)有限公司
经 销 新华书店
字 数 214 千字
开 本 710 毫米 × 1000 毫米 1/16 18 印张
版 次 2019 年 8 月第 1 版 2019 年 8 月第 1 次印刷
I S B N 978-7-5596-3248-7
定 价 68.00 元



关注未读好书



未读 CLUB
会员服务平台

本书若有质量问题, 请与本公司图书销售中心联系调换
电话: (010) 52435752 (010) 64258472-800

未经许可, 不得以任何方式
复制或抄袭本书部分或全部内容
版权所有, 侵权必究

献给仰望星空的人

和那些还不知道为什么应该仰望星空的人。

前言 思考科学的起源和起源的科学

科学知识的一些新综合学科正在不断发展壮大。近年来，天体物理学已经不再是宇宙起源相关问题唯一的答案来源。随着天体化学、天体生物学、天体粒子物理学等新兴学科的涌现，天体物理学家发现，学科的交叉与融合能为他们带来莫大的益处。我们到底从哪里来？要回答这一问题，我们需要调用多门学科的知识，研究者审视宇宙运作机制的视角也会因此达到前所未有的广度和深度。

在本书中，我们向读者介绍了这些新的综合学科；由此，我们不仅讨论了宇宙的起源，还谈到了最大的物质结构的起源、点亮宇宙的恒星的起源、生命摇篮行星的起源，以及生命在某颗或多颗行星上的起源。

人类对起源问题特别感兴趣，这背后既有理性方面的原因，也有情感方面的原因。若是不知道某样东西的来源，我们很难理解它的本质，而在我们听说过的所有故事中，那些讲述“我们从哪里来”的故事总能引起我们最深的共鸣。

演化将自我中心的思考方式刻进了我们的骨头里，再加上百万年来在地球上的生活经验，在重述大多数起源故事的时候，我们自然会特别注意与自己息息相关的事件和现象。但是，对宇宙的认识越深入，我们就越清楚地发现：我们生活的星球不过是宇宙中的一粒尘埃。整个宇宙有数百亿个星系，银河系只

是其中之一，我们的地球所围绕运行的太阳，也只是银河系边缘一颗再普通不过的恒星。我们在宇宙中的卑微地位激发了人类天性中强烈的防御机制。很多人不知不觉变成了动画片里的那种角色。他们仰望灿烂的星空，然后告诉同伴：“当我看着这些星星的时候，它们的微不足道令我感慨。”

纵观历史，不同的文化各有自己的创世神话。这些故事解释了宇宙的力量如何塑造我们的命运，这有助于我们对抗自感卑微的痛苦心理。虽然这些起源故事通常有一个宏大的开篇，但故事的情节很快就会转移到地面上；宇宙和宇宙中所有物质的诞生、地球生命的起源等常被一笔带过，接下来的长篇大论只讲述人类历史的种种细节和社会冲突，仿佛整个世界是以我们为中心创造出来的。

几乎所有的创世神话都有一个默认的前提：宇宙的运行有其基本规则。而这些规则，至少从理论上说，会在我们对周围世界的审慎观察中显露。古希腊哲学家甚至将这样的前提升华到了崇高的地步，他们坚称，我们人类有能力感知自然运作的机制，透过现象看到事物的本质，并从中提炼出主宰万事万物的基本真理。他们还坚称，揭开这样的真理非常困难——这倒是可以理解的。早在 2300 年前，希腊哲学家柏拉图就将求知者比作洞穴里的囚徒，他们看不到背后的东西，只能靠洞壁上的投影来推测真理的面貌。这个著名的比喻深刻地反映了人类的无知。

柏拉图的比喻不仅精妙地总结了人类为理解宇宙付出的努力，还强调了这一点：我们天生容易相信某些能被我们模糊感觉到的神秘实体在主宰着宇宙，我们最多只能学到一部分属于它们的知识。从柏拉图到释迦牟尼，从假想的宇宙创造者到电影《黑客帝国》里的“矩阵”，人们总是深深相信，宇宙由某种更高级的力量主宰着，真正的主宰者可以一眼看穿表象，看透万物的本质。

从 500 年前开始，一种理解自然的新方法渐渐成形。新技术和新技术带来的发现孕育了新的态度，今天的我们称之为“科学”。纸质书在欧洲的流通，

加上水路和陆路交通的改善，让人与人的交流和沟通变得更加快捷高效，所以人们才能以远超往昔的速度学习别人的理论，彼此砥砺切磋。从 16 世纪到 17 世纪，高效的讨论催生了一种获取知识的新方法，它的核心原则在于，要想最有效地理解宇宙，首先人们必须仔细观测，然后尝试提出一些基本的通用理论，试着解释这一系列的观测结果。

另一个概念也促成了科学的诞生。科学依赖于有理有据的怀疑精神，也就是说，科学总是需要人们有条理地提出质疑。很少有人愿意质疑自己的结论，所以要鼓励科学的怀疑精神，我们必须奖励那些敢于质疑他人的人。这种做法或许有悖人性——不是因为它号召大家质疑别人的想法，而是因为，只要你能证明另一位科学家的结论错了，你就能得到鼓励和奖赏。对其他科学家来说，这位纠正了同行错误的人，或者以严密的理由对同行的结论提出质疑的人，他做的事情十分高尚，就像禅宗大师用一记耳光唤醒了在冥想中走火入魔的新手，只不过这些互相纠正的科学家通常是平等的，这里没有师徒。通过奖赏发现他人错误的科学家——人类天性如此，挑别人的错比挑自己的错简单得多——科学家群体建立了一套能够自我纠正的强大系统。科学家不会放过证伪同行理论的机会，却也支持彼此为拓展人类知识所做出的尝试，他们由此创造出了用于理解自然最有效、最高效的工具。科学因此成为一种共同追求，然而科学家绝不是一个惺惺相惜、互吹互擂的团体，他们也不应该是。

和人类发展过程中的所有尝试一样，科学方法在实际运作中也没有理论上那么顺畅。并不是所有科学家都会充分地怀疑同行。总有人希望在位高权重的科学家面前多露露脸，有时候也有人会被知识以外的因素左右，这都会影响科学的自我纠正能力。不过从长期来看，错误早晚会得到纠正，因为总有别的科学家会发现它，为了自己的职业前途着想，他们肯定会对此大肆宣扬。只有那些经受了其他科学家的质疑和攻击仍屹立不倒的结论才有资格成为科学“定律”，人们会将它们纳入对现实的有效描述。不过科学家深知，也许未来某天

我们又会发现，这些定律其实是某个更宏大、更深刻的真理的一部分。

不过，证明彼此的谬误并不是科学家的主要工作。用略微不同的观测结果来验证种种不完善的假设，这才是他们花费大部分精力去做的正经事。然而每隔一段时间，某个重要理论就会出现一个意义重大的新观点，或者突然冒出来一整套新的观测结果，科学家又会提出一系列新假设来解释这些结果（这种情况在技术进步的年代更常见）。在某个伟大的时刻，某个新解释（或许还有新的观测结果）彻底改变了我们对自然的看法，这样的事情不绝于史，未来也必将再次发生。科学的进步由两类人推动：那些设法获取更好的数据，并根据数据小心推理的人，还有那些冒着极高的风险挑战已被广泛接受的结论的人——当然，一旦成功，他们也将得到极高的收益。

怀疑主义是科学精神的核心，但人类的心智天生倾向于逃避冲突，蜷缩在看似永恒的真理带来的安全幻境中。如果科学的方法不过是对宇宙的另一种诠释，那它永远不会激起太大的波澜，但科学之所以能够大获成功，是因为它真的管用。如果你乘坐一架根据科学规则（这些规则经受了数不清的试图证明其谬误的考验）制造的飞机，那么你安全到达目的地的概率远大于乘坐基于吠陀占星术规则制造的飞机。

纵观近代史，看到科学成功地解释了自然现象，人们的反应不外乎四种。首先，一小部分人真心实意地认为科学是我们理解自然的最好办法，他们不打算寻求其他诠释宇宙的方式。第二种人比第一种人多得多，他们对待科学的策略是无视，这些人觉得科学无趣、晦涩或者不符合人类天性〔这些人看起电视来如饥似渴，他们从不会停下来思考，电视的图像和声音来自何方，更不会想到“魔法”（magic）和“机器”（machine）这两个词系出同源〕。第三种人也是少数派，他们意识到了科学与自己珍视的信念之间的冲突，所以他们积极地想要证伪那些冒犯或触怒自己的科学结论。不过这样的人对科学基本一窍不通，不信的话，你可以问他们：“你觉得什么样的证据才能让你相信自己

是错的？”1611年，面对现代科学结出的第一批硕果，诗人约翰·多恩（John Donne）写下了一首《世界的剖析：第一周年》（*The Anatomy of the World: The First Anniversary*）来表达自己的震撼。直到21世纪的今天，这些反科学分子还能体会到多恩当时的感受：

而新的哲学令人生疑，
火元素已被扑灭，
太阳迷失了，大地也不见踪影，谁的智慧
也无法带领他去找它们。
有人直率地承认，这个世界完蛋了，
在行星中，在苍穹中，
他们正在探寻那么多新的东西；他们看到，这个（世界）
再次崩塌成原子。
万物粉碎，所有连贯性消失……

第四种人倒是为数不少，他们一方面接受科学对自然的解释，但从另一方面来说，他们依然相信，宇宙的主宰是一种我们无法完全理解的超自然的存在。哲学家巴鲁赫·斯宾诺莎（Baruch Spinoza）搭建了自然与超自然之间最强有力的桥梁，他拒绝承认自然和神有界限，并坚持认为宇宙既是自然的，也是神性的。其他传统宗教的徒子徒孙倒是常常强调二者之间的分野，他们更愿意从心理上划分自然和超自然掌管的领域，通过这种方法来调和二者。

无论属于哪个阵营，至少谁也不会怀疑，现在是我们学习宇宙新知识的大好时机。那么我们不妨踏上探索宇宙起源的冒险征途，像侦探一样根据现场留下的证据来推测犯罪事实。我们邀请你一起寻找宇宙的线索——探索这些线索隐藏的意义——或许我们终将发现，宇宙的一部分如何演化成了我们自己。

序曲 有史以来最伟大的故事

这个世界业已运转多年，所有动作

早已设定妥当。

从那以后，一切如常运转。

——卢克莱修（Lucretius）

大约 140 亿年前，在那时间的开端，已知宇宙中所有的空间、物质和能量都挤在针尖大的一个小点里。然后宇宙突然变得灼热滚烫，描述宇宙的基本力开始浮现，那是一种单一的力。宇宙温度高达 10^{30} 摄氏度，这时候它刚刚诞生了 10^{-43} 秒。在这样的时刻，我们所有关于物质和空间的理论都失去了意义。在这个统一的力场里，能量激荡，黑洞诞生然后消失，随后再次成形。在这样极端的条件下，根据公认的物理学推论，时间和空间的结构发生了严重的弯曲，时空咕噜噜地形成了多孔的海绵状结构。在这个阶段，谁也分不清哪些现象遵循阿尔伯特·爱因斯坦（Albert Einstein）的广义相对论（现代引力理论），哪些又符合量子理论（对微观物质的描述）。

随着宇宙继续膨胀冷却，引力开始和其他力分离。又过了没多久，强核力和电弱力分道扬镳，与此同时，海量的能量向外释放，宇宙的体积也因此极短的时间内膨胀了 10^{50} 倍。这个被称为“暴胀时期”（epoch of inflation）的阶段抹平了宇宙中的物质和能量，从此以后，宇宙相邻部分的密度差降低到了十万分之一以下。

接下来，宇宙的膨胀进入了经过实验室验证的物理学范畴。宇宙的温度依然很高，足以让光子自发地将能量转化为物质 - 反物质粒子对，紧接着这样的粒子对又会彼此湮灭，将能量返还给光子。出于某些未知的原因，之前基本力

分离的时候，物质和反物质的对称性被“打破”了，结果宇宙中的物质比反物质多出来了一点。这样轻微的不平衡对宇宙未来的演化至关重要：每诞生 10 亿个反物质粒子，相应地就会出现 10 亿零 1 个物质粒子。

随着宇宙进一步冷却，电弱力又分裂成了电磁力和弱核力，我们熟悉的四种基本力就此成形。这一大锅“光子汤”的能量继续降低，现在，光子不能继续自发生成物质 - 反物质粒子对了，残存的粒子对迅速湮灭，最后留下一个这样的宇宙：每 10 亿个光子产生 1 个普通的物质粒子——没有反物质。如果没有这种不平衡的情况，那么持续膨胀的宇宙里除了光以外不会有其他任何东西，更别提什么天体物理学家了。在大约 3 分钟的时间里，物质粒子变成了质子和中子，大量质子和中子又进一步结合成最简单的原子核。与此同时，自由运动的电子让光子不停地来回散射，创造出一大锅不透明的物质和能量汤。

等到宇宙的温度降低到几千 K（开氏度）以下（这还是比较比鼓风炉热得多），某些运动速度太慢的自由电子开始被流动的原子核捕获，形成氢、氦、锂的完整原子，这是三种最轻的元素。现在宇宙（第一次）变成了透明的，可见光和我们今天观察到的宇宙微波背景辐射（它们也是自由飞翔的光子）开始展露身形。创世之初的 10 亿年里，宇宙继续膨胀冷却，物质在引力作用下聚集形成星系。仅仅在我们可见的宇宙范围内，就有 1000 亿个星系聚集成形，每个星系都包含着几千亿颗恒星，热核反应就发生在恒星核内部。如果一颗恒星的质量能达到太阳的 10 倍左右，那么它的压力和温度就足以达到临界值，恒星核内就会开始生成数十种比氢更重的元素，其中包括组成行星和生命的关键元素。很长一段时间里，这些元素都会被困在恒星内部，无法发挥作用。不过，等到大质量恒星死亡以后，富含各种化学元素的恒星核物质就会通过爆炸散落到整个星系中。

经历了七八十亿年的富集以后，在宇宙某个普通角落（室女座超星系团边缘）的普通星系（银河系）的普通区域（猎户座旋臂）里，一颗普通的恒星（太

阳)诞生了。孕育太阳的气团中含有丰富的重元素,足以形成几颗行星、几千颗小行星和几十亿颗彗星。在这个行星系形成的过程中,围绕太阳旋转的“母亲气团”开始分离出一团团密集的物质。几亿年的时光里,彗星和其他碎片常常高速撞击这些岩石行星崎岖的表面,留下沸腾的岩坑。随着太阳系中的自由物质不断减少,行星表面开始冷却,被我们称为地球的行星就这样诞生了,它所在的轨道正好可以允许大气层内存在液态的海洋。如果地球轨道离太阳更近一些,海洋就会被蒸发,而要是地球轨道离太阳再远一些,海洋就会结冰。无论是哪种情况,地球上都不可能演化出我们今天所知的生命。

在化学元素丰富的海洋里,出于某种我们尚不清楚的机制,刚刚出现的简单厌氧菌不知不觉地将地球上富含二氧化碳的大气转化成了氧气含量充足的空气,需氧生物开始形成、演化,最终统治了海洋和陆地。氧原子通常成对组成分子(氧气, O_2),不过在上层大气中,它们也会形成包含3个原子的分子(臭氧, O_3);臭氧能保护地球表面免遭紫外线光子的侵扰,这种微粒可能造成分子级的破坏。

生命之所以如此丰富多彩,是因为宇宙中富含碳元素,碳元素能组成的分子多不胜数,其中有简单的也有复杂的;碳基分子的种类比其他所有分子加起来还多。但生命又是脆弱的。地球经常遭到太阳系成形时期残余下来的大块天体的撞击,这本是司空见惯的事情,不过在生命诞生以后,地球上的生态系统却会因为这样的撞击而迎来浩劫。远的不说,就在6500万年前(如果地球是一位百岁老人,那么这件事距离现在还不足两年),一颗10万亿吨重的小行星击中了如今的尤卡坦半岛,地球上超过70%的陆生动植物群落就此灭绝,其中包括那个年代的陆地霸主——恐龙。这场生态灾难也带来了一个契机,身形更小、生存能力更强的哺乳动物很快填补了生态链的新空白。而在这些哺乳动物中,脑袋特别大的灵长目最终演化出了一个特殊的物种——智人(*Homo sapiens*)——极高的智力水平让他们得以发明科学的方法和工具,进而发展出

天体物理学，最终开始探索宇宙的起源和演化。

是的，这个宇宙的确有一个起点。是的，这个宇宙还在不断演化。是的，我们体内的每一个原子都可以追溯到大爆炸的那一刻，它们在大质量恒星的热核熔炉之中诞生。我们不光生活在这个宇宙中，我们还是这个宇宙的一部分，是它孕育了我们。你甚至可以说，虽然我们的地球不过是宇宙中一个小小的角落，但就是在这里，宇宙赋予了我们力量，让我们去探索它的起源和奥秘。现在，我们才刚刚开始。

目 录

前言	思考科学的起源和起源的科学	i
序曲	有史以来最伟大的故事	vii
卷一	宇宙的起源	001
第一章	开始的开始	003
第二章	反物质的重要性	014
第三章	要有光	019
第四章	要有暗	028
第五章	要有更多暗	039
第六章	一个宇宙还是多个宇宙	055
卷二	星系和宇宙结构的起源	063
第七章	发现星系	065
第八章	结构的起源	074
卷三	恒星的起源	091
第九章	尘归尘	093
第十章	元素动物园	108

卷四	行星的起源	119
第十一章	行星的青春年代	121
第十二章	行星之间	130
第十三章	无数这个世界：太阳系外的行星	138
卷五	生命的起源	153
第十四章	宇宙中的生命	155
第十五章	地球生命起源	161
第十六章	在太阳系中寻找生命	175
第十七章	在银河系中寻找生命	194
尾声	在宇宙中寻找我们自己	207
致谢		211
术语表		213

卷一

宇宙的起源

