

贝页  
ENRICH YOUR LIFE

科学家中的桂冠诗人  
莱特曼宇宙三部曲

[美] 艾伦·莱特曼 著  
Alan Lightman  
吴峰峰 译

P R O B -

A B L E

I M P O S -

S I B I L I -

T I E S

宇宙  
的无限  
与  
虚无

现代物理学提出：空间是否可以被分割成越来越小的单位，直至无限小？空间是否会延伸到越来越大的区域，直至无穷大？

哲学问道：虚无和无限的本质是什么？无限中的人意味着什么？

莱特曼回答：原子内部包含着一个无限小的宇宙，而在我们的望远镜之外，存在着一个无限大的宇宙。在这想象的两端之间，是我们人类，脆弱而短暂，紧紧擦着眼前那一小部分现实的一角……

上架建议：科普 文学

ISBN 978-7-5496-4018-8



定价：65.00元



贝页图书  
微信公众号

# 宇宙的无限与虚无

PROBABLE IMPOSSIBILITIES

Alan Lightman

[美]艾伦·莱特曼 著

吴峰峰 译

## 图书在版编目 (CIP) 数据

宇宙的无限与虚无 / (美) 艾伦·莱特曼

(Alan Lightman) 著; 吴峰峰译. — 上海: 文汇出版社, 2023.6

ISBN 978-7-5496-4018-8

I. ①宇… II. ①艾… ②吴… III. ①随笔—作品集—美国—现代 IV. ①I712.65

中国国家版本馆 CIP 数据核字 (2023) 第 075847 号

Copyright © 2021 by Alan Lightman

All rights reserved. This translation of PROBABLE IMPOSSIBILITIES is published by arrangement with Bardon-Chinese Media Agency.

本书简体中文专有翻译出版权由 Gelfman Schneider ICM Partners 经博达著作权代理有限公司授予上海阅薇图书有限公司。未经许可, 不得以任何手段或形式复制或抄袭本书内容。

上海市版权局著作权合同登记号: 图字 09-2023-0399

## 宇宙的无限与虚无

Yuzhou De Wuxian Yu Xuwu

作者 / [美] 艾伦·莱特曼

译者 / 吴峰峰

责任编辑 / 戴 铮

装帧设计 / 汤惟惟

出版发行 / **文匯**出版社

上海市威海路 755 号

(邮政编码: 200041)

印刷装订 / 上海中华印刷有限公司

(上海市青浦区汇金路 889 号)

版 次 / 2023 年 6 月第 1 版

印 次 / 2023 年 6 月第 1 次印刷

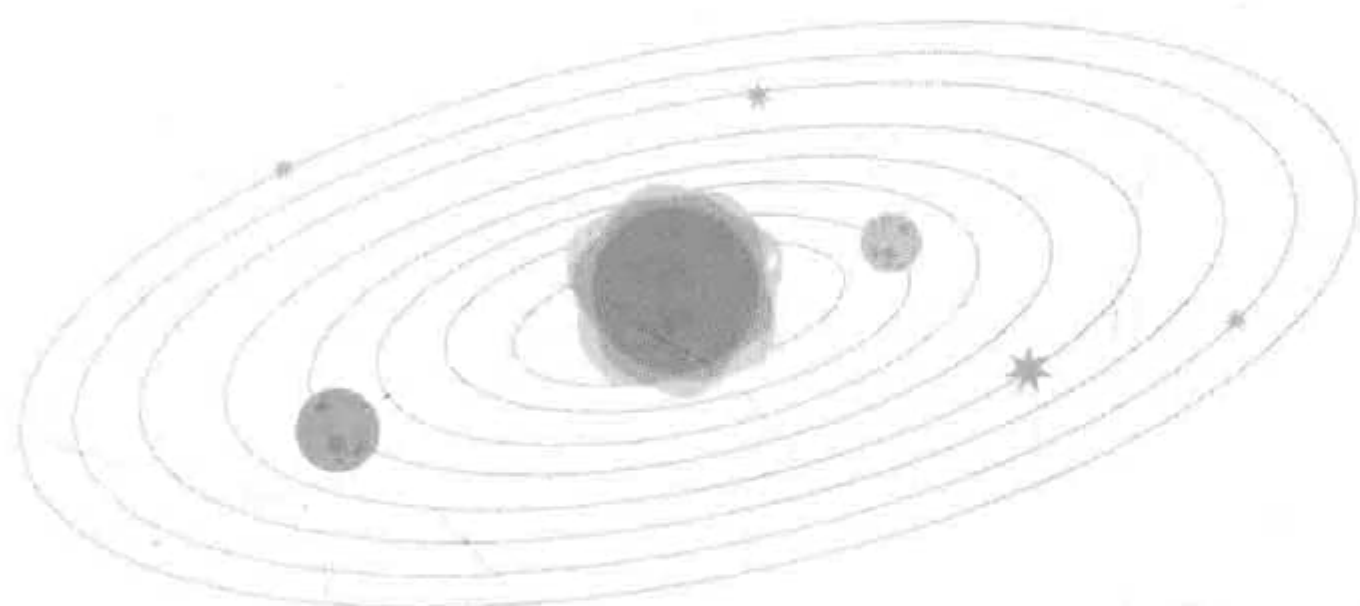
开 本 / 889 毫米 × 1194 毫米 1/32

字 数 / 120 千字

印 张 / 7.5

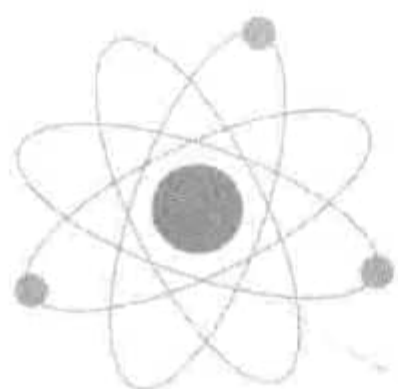
书 号 / ISBN 978-7-5496-4018-8

定 价 / 65.00 元



## 目 录

可能的不可能	1
虚无与无限之间	4
<b>虚 无</b>	
大爆炸之前是什么?	25
虚 无	43
原 子	58
现代的普罗米修斯	71



## 思想

1000亿	101
微笑	104
注意力的剖析	110
永生	117
童年的幽灵房	126
为无序辩护	133
神迹	148
自然中的孤独家园	163
生命特殊吗?	169

## 无限

宇宙生物中心主义	179
知晓无限的男人	197

注释	224
----	-----

## 可能的不可能

我下面要给你们讲的事，几无可能，却是事实。你是从你母亲体内的一粒小小的种子成长起来的，而她也来自她母亲体内的一粒小小的种子。以此类推，层层追溯，穿越昏暗的时间长廊，直到10万年前，在非洲大陆的某个洞穴中，我们会看见一个坐在火堆旁的女人。她不知道什么是城市，也不知道汽车、电为何物。但如果我们沿着时间线，追寻她繁衍后代的踪迹，最终，我们又会回到你这里。倘若从10万年前的女性祖先到如今的你，每一代人都在同一张羊皮卷上按下指印，那么这张羊皮卷上留下的指印将多达数千枚。

如果这个故事听起来似乎并没有不可思议，或者至少没有那么难以理解的话，我们不妨回溯到更早之前。根据现代技

术对从动物化石中提取的DNA（脱氧核糖核酸）的分析，你的那位祖先是更原始的生物的后代，而那些生物的起源则还要早，可溯源到在原始海洋里蠕动和旋转的单细胞生物体。这些最早的生命是在数十亿次无生命分子的随机碰撞中偶然形成的，它们能够繁衍出更多的同类，并从汹涌的大海中汲取能量。此前的地球，只有古老的空气——甲烷、氨气、水蒸气和氮气——吹过沸腾的火山。再往前，这些气体还在原始的太阳系星云中旋转、凝结。

再讲最后一个故事。除了氢原子和氦原子，你体内的每一个原子，都是在很久之前的恒星中形成的，在其爆炸时被抛射到太空——经过漫长的时间，它们散落到地球的空气、土壤和海洋中，并最终融进你的身体。我们是怎么知道这些的呢？“大爆炸理论”（The Big Bang Theory）有着证据支持。该理论认为，我们的宇宙一开始处于一种密度和温度都极高的状态，此后一直在膨胀和冷却。在 $t=0$ <sup>①</sup>之后的第一个瞬间，宇

---

① “ $t=0$ ”为宇宙学概念，指宇宙大爆炸前宇宙存在的形式，也称“时间的奇点”。在此之前，所有目前已知的物理定律都不适用。——译者注（如无特殊说明，本书脚注均为译者注）

宙因温度太高，以致原子无法再聚集在一起。在最初的3分钟里，宇宙快速冷却，最简单的原子核——氢原子和氦原子此时得以形成，但由于其扩散、稀释得太快，无法形成碳、氧、氮等构成我们身体的所有其他原子。根据核物理学家的说法，这些原子的形成发生在数亿年之后，那时，在引力的作用下，大量气体聚集在一起，形成恒星。这些恒星中心的温度和密度再一次升高，引发了核反应，将原有的氢原子和氦原子融合成人体的构成所需的其他原子。其中一些恒星会爆炸，向太空播撒新炼成的原子。通过望远镜，我们看到了爆炸的恒星，分析了其碎片的化学成分，并由此证实了大爆炸理论。如果你能将自己体内的原子一一标记，并对其追根溯源，那么你会发现，除了氢原子和氦原子，所有原子都源自某颗恒星。我们相信这个故事，就像我们相信地球大陆原本是连在一起的一样。

还有一样东西，不是那么确定，但它有着令人信服的计算的支持，它就是“无限性”，即无限大和无限小。原子内部包含着一个无限小的宇宙，而在我们的望远镜之外，存在着一个无限大的宇宙。在这想象的两端之间，是我们人类，脆弱而短暂，紧紧攥着眼前那一小部分现实的一角。

## 虚无与无限之间

一般来说，大多数人的一生，都在离家不超过800公里的范围内活动。在对物质世界进行的有限的探索过程中，我们记录了对身边事物的记忆和体验——人、房屋、树木、当地的河流与湖泊、鸟儿鸣叫的声音以及云朵——所有这些都通过眼睛和耳朵汇集到我们的大脑中。然而，试想一下我们能够想象的东西——以《荷马史诗》中尤利西斯的航海经历为例。有一次，尤利西斯和他的船员们被身高9米的独眼巨人抓住。独眼巨人先是吃掉了两名船员，再将其余人关进洞穴，留着将来享用。尤利西斯逃跑后，又回到海上，他把自己绑在船的桅杆上，以此来抵抗塞壬的召唤。塞壬是人首鸟身的女妖，她那美妙的歌声会引诱过路的船员走向触礁的厄

运。再来看看达利的名画《记忆的永恒》(*The Persistence of Memory*)，画里的时钟如橡胶一般耷拉在树枝和桌子上，就像在太阳下融化的比萨。此外，马长出了翅膀，河里流淌着黄金，木偶有了生命……在我们的脑海中，我们能够将在琐碎经验中看到的事物结合起来，创造出未曾见过甚至根本不存在的壮丽幻景。

艺术中的想象力为人熟知，科学中的想象力则不然，但其想象之大胆、应验之频繁，令人惊叹不已。麦克斯韦(*James Clerk Maxwell*)<sup>①</sup>根据自己的方程组的逻辑线索，想象出穿梭于空间的电磁能量波——肉眼不可见的X射线和无线电波。爱因斯坦曾设想，相对于彼此而运动的时钟并不以相同的速率走时，尽管这种近乎荒谬的现象从未被观察到过。(要想观察到它，需要敏感度极高的仪器，或接近光速的相对速度。)

古希腊人假设出了看不见的原子，它们极其微小，肉

---

<sup>①</sup> 麦克斯韦(1831—1879)，英国物理学家、数学家。他提出的著名的表达电磁基本定律的“麦克斯韦方程组”将电学、磁学和光学统一起来，是科学史上最伟大的理论之一。

眼无法看见，不可毁灭，也不可分割，是组成物质世界的基本材料——这是想象力的又一次飞跃。2000年后，一位名叫布莱兹·帕斯卡（Blaise Pascal）的法国人想象得更加深邃。帕斯卡是数学家、物理学家、发明家、散文家和神学家，他推测了无限小和无限大的事物的存在。他在《思想录》（*Pensées*）中写道：

整个这座可见的世界只不过是大自然广阔怀抱中一个难以觉察的痕迹……我们尽管把我们的概念膨胀到超乎一切可能想像的空间之外，但比起事情[宇宙]的真相来也不过成其为一些原子而已。它就是一个球，处处都是球心，没有哪里是球面……一个人在无限之中又是什么呢？但是为了给他展示同样可惊可讶的另一幅壮观，让他能探讨一下他所认识的最细微的东西吧。让我们给他一枚身躯微小而其各个部分还要更加微小无比的寄生虫吧，……并且把这些最后的东西再加以分割，让他竭尽这类概念之能事，并把他所可能达到的最后的东西当作

我们现在讨论的对象；他或许会想，这就是自然界中极端的微小了吧。可是我要让他看到这里面仍然是无底的……谁能不赞叹我们的躯体呢？它在宇宙中本来是不可察觉的……而与我们所不可能到达的那种虚无相形之下却竟然一下子成了一个巨灵、一个世界，或者不如说成了一个全体！凡是这样在思考着自己的人，都会对自己感到恐惧，并且当他思考到自己是维系在大自然所赋给他在无限与虚无这两个无底洞之间的一块质量之内时，他将会对这些奇迹的景象感到战栗的……〔他〕所由之而出的那种虚无以及他所被吞没于其中的那种无限，这二者都同等地是无法窥测的。<sup>1①</sup>

就在帕斯卡写下这段非凡的文字之时，世界上第一台粗糙的望远镜才刚被发明出来，而且最远只能观测到太阳。

---

① 引自帕斯卡：《思想录：论宗教和其他主题的思想》，何兆武译，商务印书馆，1985。

值得一提的是，那时还没人知道那悬挂着恒星的水晶“天球”<sup>①</sup>究竟有多大。帕斯卡在巴黎郊区一个寒冷而又昏暗的房子里工作，那时的人们还认为，强制放血可以治病，装满药箱的是水银和砒霜，火和电是神秘无比的东西；但此时的帕斯卡正想象着无限。

吸引帕斯卡想象的不只有物质的无限，他还关注着我们人类该如何在这个世界中定位自己。被困在自然赋予的身体里的人类，维系在“无限与虚无这两个无底洞之间”。在几十年后的牛顿的著作中，人们没有发现这种对于人类存在的思考和诗意。帕斯卡着实是独一无二的，他既是一名人文主义者，又是一位科学家——在《人没有上帝是可悲的》（“The Misery of Man Without God”）等文章中，这位虔诚的宗教信徒深入探讨了人性。帕斯卡是一个出生在法国上层社会的世俗之人，也是巴黎各类沙龙的座上宾——

---

① “天球”（又被称作“恒星天”）是“地心说”中的假想概念，地心说学者认为地球是宇宙中心，所有星球围绕地球运行。从内向外依次有月球、水星、金星、太阳、火星、木星和土星。除此之外，是镶嵌着所有恒星的透明天球“恒星天”，再外面，是推动所有天体运动的“原动天”。

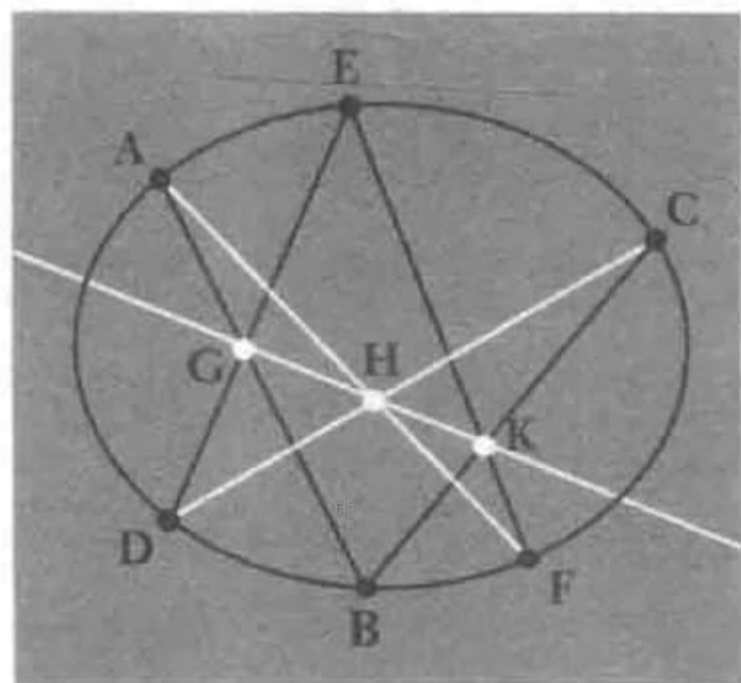
同时，他也是一位对射影几何学做出过重大贡献的数学家，还是设计了第一台机械计算机的发明家及概率论的先驱。压力单位和一种计算机编程语言以他的名字命名。人们不禁会将他与文艺复兴时期的另一位博学大师达·芬奇相比较。不过，即便是达·芬奇，也没有考虑过无限的问题。

有一幅著名的帕斯卡肖像<sup>2</sup>，出自与他同一时代的画家菲利普·德尚佩涅（Philippe de Champaigne）之手，画中的帕斯卡大约35岁（帕斯卡在39岁时去世），粉红色的脸颊让他的皮肤更显苍白病态，些许精致的胡须和鬓发，突出的贵族式的鼻子，深色的卷发垂至肩膀，胸前披着一件如绣花帷幔的绿色外衣，里面是浆得硬挺的白色衣领，此外还有帕斯卡脸上模糊的、近乎痛苦的微笑，仿佛他在沉思着没有上帝的人的可悲，努力在这个充满罪恶的世界里尽其所能。

帕斯卡出生在法国奥弗涅地区克莱蒙费朗的一个富裕又虔诚的家庭。父亲在政府工作，是一名税收官。年轻的帕斯卡在数学和机械方面展现出了不凡的天赋。在他十几岁时，为了帮助父亲计算税款，他开始着手制造机械计算器。在造出50余台原型机之后，年轻的帕斯卡成功地制造

了一台成品机器，如今被称为“帕斯卡计算器”（又称“滚轮式加法器”）。这个小机器外观看起来像一个铜制鞋盒，上面有6个显示数字的窗口，每个窗口下方都有一个带辐条的金属拨盘。如果要输入数字，你可以将笔插入辐条之间以转动拨盘，直到拨盘上方相应的窗口出现你想要的数字。接下来，在下一个拨盘上输入另一个数字，在传动装置的作用下，两个数字之和就会出现在另一个窗口中。

16岁时，年轻的帕斯卡在石板地上用炭笔画图，自学了几何。不久后，他便发现了如今被称为“帕斯卡定理”的东西：如果在圆锥曲线（平面与圆锥体相交形成的曲线）上任意选取6个点，并以任意顺序用线段连接起来，形成一个六边形，六边形的三对对边形成的三个交点（左图中的G、H和K点）均位于同一条直线上。



H和K点）均位于同一条直线上。我不知道帕斯卡定理有什么实际用途，不过它一直被宣传为一条伟大的定理，在国际奥林匹克数学竞赛中被拿给世界上

最聪明的高中生们去验证。

帕斯卡很可能是在研究一个全新的数学领域——射影几何学——时，形成了对“无限”这一概念的理解。射影几何学研究的是图形的射影性质，即当图形被投影到其他表面时（譬如物体在地板上的影子），其性质保持不变。在射影几何学中，有一个概念叫作“无穷远点”，举个例子，在透视图中，想象有一条狭窄的街道，其两侧无限延伸，直到两条平行线看起来相交，这时便出现了“无穷远点”。虽然它并不存在于物理世界中（当然也不存在于帕斯卡对物理世界的认识中），但它可以被想象。

1650年，帕斯卡的父亲去世，帕斯卡继承了一大笔钱，继续与最上流的社会人士往来，因为这才与他的财富相称。有一段时间，他曾拥有一辆配着6匹马的马车。生活在时髦的社交圈，参加巴黎的各式沙龙，帕斯卡是一个世俗之人。与此矛盾的是，他还与奉行禁欲主义的“詹森教派”<sup>①</sup>扯上

---

<sup>①</sup> 17世纪天主教教派之一，信奉詹森的神学主张，认为人性由于原罪而败坏，人若没有上帝恩宠便为肉欲所摆布而不能行善避恶。它主张虔诚地严守教会法规，被当时的主流教派视为异端。

了干系，该教派的名称来自伊普雷斯主教科内利斯·詹森（Cornelius Jansen）。詹森教徒和清教徒一样需要严守教会法规，痴迷于原罪、人的堕落和宿命论。T. S. 艾略特曾这样描述帕斯卡：“他是禁欲者中的世俗人，也是世俗人中的禁欲者；他有着世俗主义的认知，也有着禁欲主义的热情，二者在他身上融为一体。”<sup>3</sup>

除了科学成就，帕斯卡为人所知的还有他那颇具影响力却未能完稿的《思想录》，这是一部关于神学和哲学的片段集，在这本书中，帕斯卡经常对当时的知识分子做出尖锐的调侃。帕斯卡一生多病，于1662年8月去世，很可能是死于胃癌。在晚年，他评论道：“疾病是基督徒的自然状态……一个小时的病痛是比世间所有哲学家加在一起还要好的老师。”<sup>4</sup>

帕斯卡最令我感兴趣的地方，是他对无限的想象——无限小和无限大——以及对人类徘徊于两个无法企及的领域之间的状态的描绘。诚然，从圣奥古斯丁开始，基督教的宗教思想家们就论述过上帝的无限力量。但是，没有任何证据表明有哪种物质能够哪怕远远地接近极其大或极其

小。显然，在精神方面，帕斯卡在想象的世界里沿着那条狭窄的街道不断前行。如今的科学家们也是如此。随着物理学界和天文学界迎来新发现（这些发现甚至连帕斯卡都无法想象），人们开始明白，大与小都存在着惊人的极限。这种极限不是由测量设备精度不够造成的一般性束缚，而是因时间和空间的性质导致的根本性束缚。

我们首先了解一下“大”。倘若存在着一个巨神，凝视着宇宙，外太空在其眼中就如同一片浩瀚的黑暗之海，它的大部分是空的，其间点缀着一些发光的岛屿——星系。平均而言，每个星系，就像我们的银河系，包含约1000亿颗恒星，其总体积大约是一颗恒星的1万亿倍。实际上，天文学家已经测量到的距离达到了几十万个星系的直径，这是现实中已知的最远区域。而太空延伸的距离远不止于此，但我们永远无法观测到了，其中的原因十分迷人。早在20世纪20年代，我们就用大型望远镜观测到宇宙正在膨胀，星系正在远离彼此，就像一只正在膨胀的气球上的点。如果把这幅景象倒序播放，宇宙中的物质急速聚集在一块，直到定格在一个确定的时间，即大约140亿

年前。那时，所有的物质都被塞入一个密度和温度都高到令人难以想象的区域，这就是所谓“宇宙大爆炸”的开始。也许宇宙没有尽头，但我们无法看到一定距离以外的东西，因为自大爆炸以来，还没有足够的时间能让光抵达这里。就好像我们身处一座巨大的黑暗宫殿之中，天花板上的灯都没亮，忽然之间灯被打开了（大爆炸）。在最初的瞬间，我们只能看见离我们最近的灯，而远处吊灯的光线还没有进入我们的视线。随着时间的流逝，我们会看到宫殿里越来越远的地方。但在任何时候，总会有一片我们还看不到的区域。因此，在追寻帕斯卡的“无限大”的过程中，我们触碰到了有限的宇宙年龄和有限的光速所带来的极限。

现在，再来看看无限小。就像宏观宇宙一样，原子内部的大部分空间是空的。在每个原子的中心，都有一个被称为“原子核”的小块，电子围绕着原子核运行。相较于原子核，电子的质量几乎可以忽略不计，电子的运行轨道与原子核之间的距离是原子核直径的10万倍。下面我们再来探索一下更小的。原子核是可分割的，它由更小的粒子

组成，即质子和中子，而质子和中子也是由更小的粒子组成的，我们称之为“夸克”。1969年，人们用巨型粒子加速器测量了夸克的大小，一个夸克大约是一个原子的1亿分之一。

夸克是最小的极限吗？它是自然界最小的物质吗？如果帕斯卡还在世的话，他肯定会说不是。他会想象着把夸克切成两半，再把得到的两个部分一分为二，再一分为二，无限地分割下去。如果我们按照帕斯卡的想法去做，最终会触碰到另一个极限。在此过程中的某一节点，我们会发现引力物理学和量子物理在此结下不忠的姻缘。爱因斯坦的广义相对论所描述的引力物理学告诉我们，空间和时间的几何形状受到质量和能量的影响。也就是说，像太阳这样质量大的物体会让空间弯曲，就像保龄球在蹦床上会下沉，使床面弯曲一样。并且，质量还会让时间的流逝变慢，越靠近质量大的物体，时间流逝得越慢。

这段不忠婚姻中的另一方是量子物理。量子物理也是在20世纪20年代发展起来的，它描述的是在亚原子领域，粒子具有不稳定、不确定的特性，并且似乎可以同时存在

于多个地方。虽然现在还没有完善的“量子引力理论”<sup>①</sup>，但可以预见的是，量子物理和引力物理学的结合所涵盖的领域会有多么广阔。亚原子尺度极其微小，又被称为“普朗克长度”，以量子力学先驱、物理学家马克斯·普朗克（Max Planck）的名字命名。普朗克长度为 $10^{-33}$ 厘米，一个夸克是其10亿亿倍。我们换个方式来直观地展现正在讨论的无限小的尺度：普朗克长度与原子核的大小比例，跟原子核与罗得岛州<sup>②</sup>的比例差不多。现实中竟存在如此微小的元素，这不由得令人震惊，无法用语言来形容。

由于量子物理不稳定、不确定的特性（海森堡不确定性原理，Heisenberg Uncertainty Principle），在普朗克长度的维度上，时间和空间是无序变幻的，任何两点之间的距离每时每刻都在剧烈变动，时间随机地加速和减速，甚至可能

---

① 量子引力是理论物理学界最令人瞩目的课题之一，理论物理学家们提出过许多相关理论，如弦理论、圈量子引力论、扭量理论等，但目前所有这些都处在发展阶段，还没有哪个理论能够称得上是完善的“量子引力理论”。

② 罗得岛州位于美国东部沿海，是美国面积最小的州，面积约为3144平方公里。

倒退和快进。在这里，时间和空间超越了我们的常规认识，不再有任何意义。我们在宏观世界所看到的房屋树木，感受到的平稳的时间和空间，只是普朗克长度上极端的攒动和混乱达到平衡后的结果，就像从300米的高地俯瞰海滩，无法看清上面的一粒粒沙。

因此，如果我们向帕斯卡致敬，去探索无限小，坚持不懈地一次次对分空间，一旦踏入变幻不定的普朗克领域，“空间”就不再有意义。什么是无限小？我们不但没能得到问题的答案，还否定了用以提出问题的词语的意义。空间已经被一个古老的玻璃吹制者吹得太薄，薄到融进虚无。普朗克的世界是一个幽灵般的世界，是一个没有“时间”和“空间”的世界。正如帕斯卡所说的那样，我们发现自己处在虚无和无限这两个无底洞之间。在帕斯卡时期的两个半世纪后，在科学的引导下，我们发现了可观察到的最小和最大事物的极限。

对今天的科学家，特别是物理学家来说，他们的想象已经远远超过了实验可以证实的程度。物理学家们设想，自然界最小的元素不是电子那样的粒子，而是极其微小的

一维能量“弦”，其大小要用普朗克长度来衡量，若想探索它，恐怕得造一个比地球还大的粒子加速器才行。物理学家们还猜想可能存在着无数个其他宇宙，但这些宇宙永远不会和我们的宇宙产生联系，因此也就无从证实。宇宙学家们就我们宇宙的起源进行了理论研究。时间和空间是从大爆炸开始的吗，还是在那之前就存在于某种量子迷雾中了？虽然有各种各样的理论来回答这些问题，但我们不太可能知道哪种理论是正确的，前提是其中真的有正确的理论。总之，我们已经为帕斯卡的两个“无限”丰富了许多细节，以更先进的想象力点缀了他的想象，但我们仍处在假设的阶段，而不是确定的领域，我们可能还要在这个阶段停留很久，也许是无限久。伟大的科学哲学家卡尔·波普尔（Karl Popper）曾说，无法被证伪的命题就不是科学的命题，也就是说，除非有谁能够做一场实验来证明它是错的。在历史上的任何特定时刻，我们所认可的科学理论和观点，都是没有被证伪的。如果我们永远无法验证无限大和无限小，那它们可能从来就不是科学的命题。但是，它们肯定会充满活力地存在于想象的领域。

最后，我们来回看帕斯卡在《思想录》中是如何从物理、哲学和心理层面围绕人类来描述无限的。帕斯卡本可以简单地阐述说，宇宙延伸至无限，可能是无限小，也可能是无限大。但他没有这样做，而是以人来衡量宇宙的尺度。首先，与无限大相比：“一个人在无限之中又是什么呢？”然后与无限小相比：“谁能不赞叹我们的躯体呢？它在宇宙中本来是不可察觉的……而与我们所不可能到达的那种虚无〔极度渺小〕相形之下却竟然一下子成了一个巨灵、一个世界，或者不如说成了一个全体！”人类有着“大自然所赋给他在无限与虚无这两个无底洞之间的一块质量”。

凭借对事物大小的认识，现在的我们可以很具体地指出人类在宇宙层级中所处的位置。人体要对半分多少次，才能达到原子的大小？<sup>5</sup>答案是33次（人们直到20世纪才知道这一答案）。反过来想，人体的体积要翻多少番，才能和一颗标准的恒星一样大呢？就以太阳（那是帕斯卡所知道的最大的物体）为目标吧，答案是30番。因此，从指数大小来看，人体的体积接近于太阳和原子体积的中间

值——当然，原子不是无限小，太阳也不是无限大，不过在自然中，前者是微不足道的东西，而后者则堪称庞然巨物。因此，尽管帕斯卡没有我们今天所拥有的宇宙定量知识，但他说，我们人类至少在物理层面介于大与小之间，确实是有道理的。

更有趣的或许是《思想录》中的心理学甚至神学的色彩。“凡是这样在思考着自己的人，都会对自己感到恐惧……将会对这些奇迹的景象感到战栗的……[他]所由之而出的那种虚无以及他所被吞没于其中的那种无限，这二者都同等地是无法窥测的。”如上所述，即使身处那个时代和地域<sup>①</sup>，帕斯卡仍是位极度虔诚的信徒。毫无疑问，帕斯卡在这些句子中所描绘的，是人类在“上帝的神圣感官”<sup>②</sup>中的渺小和有限。而他文章中提到的“虚无”，也许是指

---

① 帕斯卡生活在欧洲思想解放文化运动接连兴起的时代，前有文艺复兴的洗礼，后有宗教改革和启蒙运动方兴未艾，天主教会人们对人们的思想控制有所松动。

② “上帝的神圣感官”，简单来说就是指“空间”，该说法来源于牛顿的《光学》一书。书中提出了一种作为上帝感官的空间理论，认为空间是上帝在生灵面前展现自己的方式，是神圣心灵存在的结果。

“神创”——人类与整个宇宙的创造。人类无法了解虚无与无限的真相，只有上帝才可以，这种观念使我想起了弥尔顿的《失乐园》中的一段话，《失乐园》出版于帕斯卡去世的5年后。在书中，亚当询问拉斐尔关于天体运动的问题，拉斐尔一开始含糊其词，然后说道：“伟大的建筑师/精明地将其余部分隐藏起来/不想让人或者天使知道/不泄露他的秘密/他们浏览了那些秘密/必将大为赞叹。”<sup>6</sup>

显然，人类的认知是存在边界的。但我不认同帕斯卡所说的，人类应对还不理解的事物感到恐惧，对无限大或无限小感到恐惧。在探索无限的大与小的过程中，固然会遇到根本性束缚，我们在上文中讨论过这一点；但是，我们要因此在面对深渊的凝视时而感到“战栗”吗？我们要因为没有能力理解这些事情而哀叹吗？爱因斯坦曾写道：“我们所能拥有的最美好的体验是对奥秘的体验。它是坚守在真正的艺术和真正的科学的摇篮上的基本情感。”<sup>7</sup>我认为爱因斯坦所说的“奥秘”，并不是指可怕的事物或者超自然的东西。我相信他说的是已知与未知的边界。站在这条边界上是一种令人振奋的体验，一种深刻的人类体验——关于

人类的头脑所理解的和尚未理解的事物的体验。已知和未知之间的边界并不是静态的，它会随着我们的新认知和新理解而扩展。500年前，我们还不明白热和电的本质。100年前，我们还不清楚生物体繁衍下一代的指令机制。已知和未知之间的边界不断变换，另一边即是“奥秘”。“奥秘”吸引着我們，刺激着我們，驱使着我們，困扰着我們。新的科学和新的艺术也由此出现。





## 大爆炸之前是什么？

1931年2月11日，星期三，在加利福尼亚州帕萨迪纳附近的威尔逊山天文台舒适的图书馆里，阿尔伯特·爱因斯坦与一小群美国科学家交谈了一个多小时。<sup>8</sup>正是在这场主题为宇宙学的谈话中，爱因斯坦做出了科学史上最具影响力的声明之一。他的相对论和引力理论早已得到证实，诺贝尔奖收入囊中也已有十年，此时的爱因斯坦已经是世界上最著名的科学家。（两个月前，他所乘的船只在纽约靠岸，他在日记中这样写道：“摄影记者们像饥饿的狼群般朝我扑过来。”<sup>9</sup>）

许多年来，爱因斯坦就像他的前辈亚里士多德和牛顿一样，坚信宇宙是一座宏伟而不朽的大教堂，永远保持着

原本的样子，时间从无限的过去延伸到无限的未来，并不会带来什么变化。一位俄罗斯物理学家<sup>10</sup>提出了进化宇宙论，爱因斯坦对此予以否定，认为其在形式上虽然正确，但没有任何物理学上的意义。当某位杰出的比利时科学家在1927年提出宇宙像一个膨胀的气球一样正在扩张时，爱因斯坦对此直呼“可恶”<sup>11</sup>。

然而，摆在这位伟大的物理学家面前的，是望远镜最近发现的证据——星系正在飞离我们。也许对他来说更有说服力的是，他的静态宇宙数学模型被证明就像一支立着的铅笔，轻轻碰一下，它就倒了。在到达帕萨迪纳时，爱因斯坦就准备好承认宇宙是处于不断变化中的。面对周围穿着西装打着领带的人，他操着浓重的德国口音说道，观察到的星系运动“像锤子一样砸碎了我原有的构想”<sup>12</sup>。说着还朝下砸了砸拳头以加重语气。而从这堆碎片中崛起的是大爆炸宇宙论：宇宙并不是静止且永恒不变的；相反，它“开始”于大约140亿年前，此后便一直在膨胀。根据目前的数据，我们的宇宙会永远膨胀下去。

加州理工学院物理学教授肖恩·卡罗尔（Sean Carroll）

是一名大爆炸宇宙学者。不仅如此，他也是自称“量子宇宙学家”的一小群物理学家之一。他想知道在大爆炸开始的那一瞬间发生了什么，甚至在那之前又发生了什么。卡罗尔和其他量子宇宙学家认为，大爆炸不仅创造了宇宙，也许连时间本身也是随着大爆炸而来的。这些理论物理学家们在纸上研究着大爆炸之前是什么（如果有的话），时间是否有起点，以及我们为什么能从过去推测出未来。这是物理学的基础问题，好比笛卡尔追寻自身存在的证据，而这些问题直到最近才被认真地提出来。它们与帕斯卡的见解不无联系——我们和宇宙是从“虚无”中诞生的。据现代宇宙学家称，整个可观测宇宙的尺寸曾一度是极其微小的。因此，帕斯卡关于无限小的想法，他所说的“虚无”，可能与我们的起源有关。

量子宇宙论是一门推测性的科学。首先，宇宙的诞生是一场只此一次的演出，而我们并没有在场观看。更重要的是，要想探寻宇宙的开端，就必须了解物质和能量在极大密度状态下的引力现象，也就是我们在《虚无与无限之间》中讲到的“量子引力”。物理学家们认为，在这一量子

时代<sup>13</sup>，我们如今看到的整个宇宙比一个原子还小得多——大约是一个原子的1亿亿亿分之一（前提是宇宙确实经历了一个膨胀时代）。其温度接近10亿亿亿亿度，时间和空间如沸水一般汹涌。当然，其中的情形是难以想象的。但理论物理学家尝试着以笔、纸还有数学计算来推演它。在这一密度无法估量的小点中，我们认知中的时间以某种未知的方式诞生了。又或者，时间也许早已存在，只是从那里开始有了方向，指向未来。

物理学家希望在未来50年左右的时间里，弦理论或其他新的理论将能够可靠地解释量子引力，包括解释宇宙是如何开始的。在那之前，包括霍金、安德烈·林德（Andrei Linde）和亚历山大·维连金（Alexander Vilenkin）在内的一些最具深度影响力的物理学家就不同的假设展开了辩论，每种假说都有着大量的计算支撑。但这是一个狭窄的领域，胆小勿入。卡罗尔这样向我解释它的魅力：“高风险，高收益。”<sup>14</sup>然后，我们就一头扎进了这一奇幻的兔子洞。

当我通过网络联系到肖恩·卡罗尔时，他穿着连帽衫和牛仔裤，正舒服地坐在洛杉矶家中的书房里。而我则待

在家里一间并不舒适的客房中，我的家位于马萨诸塞州康科德市——毗邻着星系般浩瀚的海洋。在谈到他最喜欢的话题时，卡罗尔表现得非常轻松。他当时49岁，有着结实的胸膛和一头红发，脸颊和下巴有些赘肉，眼睛里闪烁着顽皮的学生气。他既是一位能言善辩的科学讲解人，也是受人尊敬的物理学家。他写过一些科学论文，文章都有着像《如果时间真的存在呢？》（“What If Time Really Exists?”）<sup>15</sup>之类的标题，也出版过《从永恒到此刻：追寻时间的终极奥秘》（*From Eternity to Here: The Quest for the Ultimate Theory of Time*）等畅销书。在书中，他会引用巴门尼德（Parmenides of Elea）和赫拉克利特（Heraclitus）等古希腊哲学家的话。

卡罗尔痴迷于宇宙的相对均匀性和秩序。“秩序”一词在物理学中有着明确的含义，它是可以被量化的。相较于有序，宇宙更可能是无序的，就像一副扑克牌，一旦洗过之后，更可能出现的是杂乱的排序，而不是按数字和花色整齐地排列。同样地，物理学家们推测，考虑到可观测宇宙中的物质数量，宇宙可能比实际看起来的更加无序和不均匀。更

确切地说，可观测宇宙中有大约1000亿个星系，当把其放到足够大的空间去观察时，这些星系就像从远处看到的卵石滩一样均匀，看起来相差无几。但是，物理学家们表示，相同的物质更有可能集中在为数不多的超大型星系或大型星系团中，甚至集中在某个大质量黑洞中，类似于海滩上所有的沙子都汇集在几块硅石里。

从可观测宇宙表现出的不可思议的均匀性来推测，宇宙大爆炸的中心附近区域的环境应该是异常有序的。我们尚未理解为何如此，但确实有这种可能。卡罗尔对于自己的宇宙观向来是直言不讳的，他告诉我：“我坚信宇宙初期的低熵〔即高度有序和均匀〕环境是一个谜题，是整个宇宙学界本应更认真对待的问题。正因存在着这种认知不足，我们才能有获得新突破的机会。”<sup>16</sup>以卡罗尔为代表的部分物理学家认为，秩序与“时间箭头”（又称“时间之箭”）息息相关。从有序走向无序的运动方向，便是时间前进的方向。例如，在电影里，一个高脚玻璃杯从桌上掉下来摔碎了，我们会觉得这很正常，可如果我们看到的是散落的玻璃碎片从地上跃起，组合成一个完整的玻璃杯，完好无损

地待在桌子的边缘，我们便会认为电影是在倒放。同样地，随着时间推移，干净的房间没人收拾会落满灰尘，而不是变得更加整洁。我们所说的“未来”是越来越混乱的，而“过去”则是越来越有序的。我们能够轻易地区分这两者，说明我们这个世界有一个明确的时间方向。（只有理论物理学家才会思考这种事情。）宇宙也是如此。恒星散发出热和光，慢慢消耗掉它们的核燃料，最后变成冰冷的灰烬漂浮在太空中。但相反的事情绝不会发生。

让我们回到宇宙不寻常的有序性上来。卡罗尔与麻省理工学院的宇宙学先驱阿兰·古斯（Alan Guth）<sup>①</sup>合作，提出了一个尚未发表的理论，名为“双向时间”（Two-Headed Time）理论。该理论认为，时间是永远存在的。但与亚里士多德、牛顿和爱因斯坦等人的静态宇宙模型不同的是，在这一理论中，宇宙会随着时间而改变。并且，宇宙的演变在时间上是对称的，大爆炸之前的宇宙演变与大爆炸之

---

<sup>①</sup> 阿兰·古斯（1947—），美国理论物理学家、宇宙学家，麻省理工学院教授，创立了宇宙学中的暴胀模型。

后的宇宙演变几乎是呈镜像的。直到大约140亿年前，宇宙一直处于收缩阶段。在大爆炸发生的那一刻，宇宙收缩到最小尺寸，之后便开始膨胀，就像会翻着跟头下楼梯的弹簧玩具一样，在碰撞时被压缩到最小，然后又会上弹回更大的尺寸。一些其他的量子宇宙学家也提出了相关模型。不过，由于在量子物理中，量子会不可避免地随机波动，所以在他们的模型中，收缩阶段的宇宙不会完全是膨胀阶段的宇宙的镜像，因此，在收缩宇宙中，可能不会存在一位名叫阿兰·古斯的物理学家。但这两种阶段的宇宙会极其相似。

关于有序和无序的科学，众所周知的一点是，在其他条件相同的情况下，空间越大则无序性越高，本质上是因为物体可以分散的地方更多。同理，空间越小则有序性越高。由此可见，在卡罗尔-古斯的科学图景中，宇宙的有序性在大爆炸那一刻达到顶峰，之前和之后都在向无序状态演变。回顾一下上文：从有序走向无序的运动方向，便是时间前进的方向。因此，“未来”在时间的两个方向上都指向远离大爆炸的那一端。对于一个生活在收缩阶段的宇宙

的人来说，宇宙大爆炸也发生在过去，和我们一样。他死亡之时的宇宙比他出生之时的宇宙的年龄要大，我们也是如此。

如果把时间看作一条长长的路，而大爆炸是这条路上的一个坑，坑里有一块路牌指示着去往未来的方向，你会发现，路牌有两个箭头，分别指向相反的方向。“双向时间”因此得名。而在坑中心、夹在两个相反方向的箭头之间的区域，时间没有明确的方向性，时间在此是混沌的。上文中的高脚杯和房间的故事，还有另一个亚原子版本，在这一版本中，碎片从地上跃起组成一个高脚杯与高脚杯摔碎在地上一样常见；无人打扫的房间既可能变得越来越脏乱，也可能变得越来越整洁。如果亚原子生物存在的话，无论它们看见这两幕情形中的哪一幕都不会觉得奇怪。

这是科学幻想吗？也许是，也许不是。无论对错，这些想法本身就意义深远。卡罗尔说：“我之所以能记住过去而不是记住将来，终极原因竟与宇宙大爆炸那一刻的状态有关，当理解这一点时，这种顿悟令我震惊。”

另一种主流的观点是，大爆炸之前不存在宇宙和时间。

时间是伴随大爆炸出现的。这一假说的支持者认为，宇宙实际上是从虚无中产生的，它源自一个极其微小（普朗克长度）但有确切体积的小点，并在此后一直扩张。这在量子物理中是有可能的。不过在那个时候，时间还不存在。在宇宙处于最小尺寸之前，不存在任何时间，因为根本不存在“之前”这个概念。同样地，也不存在“创造”宇宙一说，因为“创造”一词本身就意味着存在时间上的先后。正如霍金所描述的：“宇宙既没有被创造，也没有被毁灭，它只是‘存在’。”<sup>17</sup>霍金所说的这种“存在”，或者说“无时间状态下的存在”，以我们人类有限的经验是完全无法理解的。我们甚至找不出语言来形容它，因为我们说的每一句话几乎都包含着“前”与“后”的概念。

乌克兰科学家亚历山大·维连金是最早提出宇宙可能来自虚无的量子宇宙学家之一。1976年，20多岁的他来到美国攻读博士学位，现在的他是近波士顿市的塔夫茨大学的物理学教授。7月炎热的一天，我去他的新办公室拜访他，他穿着凉鞋和一件宽松的黑色衬衫。从他办公室唯一的一扇窗户望出去，是街对面一幢沉闷的砖房。“我以前那个办

公室的视野更好。”他告诉我。<sup>18</sup>一箱箱刚拆开的书散落在地板上，书架上还有一个他女儿送给他的爱因斯坦玩偶。

在来美国之前，维连金在苏联申请了博士学位，但是录取资格被取消了，可能是因为克格勃（KGB）<sup>①</sup>的审查。于是，他开始在这一家动物园里当看守员，这给了他足够的时间去思考宇宙学的问题。来到美国后，维连金获得的是生物物理学博士学位，而不是宇宙学。“我在业余时间研究宇宙学，”他说，“那时的宇宙学还是一个很冷门的研究领域。”维连金是一个严肃的人，不像很多物理学家那样爱开玩笑，他对待 $t=0$ 的研究极其认真。“宇宙从量子隧穿（quantum tunneling）中诞生不需要任何条件，”他说，“不过那时应该已经存在物理定律了。”我们简要地聊了一下当时间和空间都尚不存在时，“那时”意味着什么，物理定律又是如何到达“那时”的。在论及这点时，维连金喜欢引用圣奥古斯丁的话。圣奥古斯丁经常被问及上帝在创造宇宙

---

① 苏联的情报机构，全称为“苏联国家安全委员会”，与美国中央情报局、英国军情六处和以色列摩萨德并称“世界四大情报机构”。

之前在做什么。在《忏悔录》(Confessions)中，他回答道，由于上帝是在创造宇宙的同时创造的时间，所以根本没有“之前”也没有“那时”。虔诚的天主教徒帕斯卡应该会同意圣奥古斯丁的观点，他所说的“虚无”，不仅指无限小，也指上帝在虚无中创造万物。

维连金所说的“量子隧穿”指的是量子物理中的一种幽灵般的现象，在这种现象中，物体可以完成一些奇妙的壮举，比如穿过一座山，突然出现在另一边，而无须越过山顶。这种让人费解的能力已经在实验室里得到了证实，因为亚原子粒子似乎可以同时出现在多个地方。量子隧穿常见于微小的原子世界，但在人类的眼中完全可以忽略不计，这也是为什么这种现象在我们看来如此荒谬。但在宇宙还处于量子时代，即无限接近 $t=0$ 之时，整个宇宙只有一个亚原子粒子那般大。因此，在人类永远无法理解的量子迷雾的可能性中，整个宇宙可能在某个“瞬间”从事物起源之处出现了。（我给“瞬间”两个字加上了引号，是因为那时根本不存在时间；我刚刚反应过来，在上一句话里我又用了“那时”……）

整个宇宙就像一个亚原子粒子，存在于魔幻的量子世界中，这是什么意思？任职于加利福尼亚大学圣芭芭拉分校的著名量子宇宙学家詹姆斯·哈特尔（James Hartle）与霍金一起开发了世界上最细致的宇宙模型之一，用以描绘大爆炸伊始处于量子状态的宇宙。在哈特尔和霍金的方程式中，时间是不存在的，作为替代，他们利用量子物理来推测初生宇宙可能具备的某些特征。

尽管哈特尔是世界级量子理论方面的专家，但他也承认自己对量子物理是否能应用于整个宇宙而感到困惑。“这对我来说是个谜，”他告诉我，“当宇宙只有一种状态时，我们还要量子物理干什么？”<sup>19</sup>也就是说，当我们的宇宙只存在一种条件时，为什么还会有其他条件下的可能性？那些潜在的条件是否真的存在于其他宇宙的某个地方？

量子宇宙学家并非没有意识到他们的研究在哲学和神学领域引起的巨大反响。正如霍金在他的《时间简史》中所说的，许多人相信，上帝在制定宇宙按照固定的自然法则演变的同时，也负责在一开始给时钟拧上发条并决定其如何运转。霍金的理论提出了一种推测“早期”宇宙概貌的方法，

这种方法不依赖于“初始条件”、边界或者其他任何宇宙之外的东西，从而为宇宙是如何启动的提供了一种可能的解释。在这一方法中，只需用到量子物理的冰冷法则就完全足够。“那么，造物主在哪里呢？”霍金问道。<sup>20</sup>物理学家劳伦斯·克劳斯（Lawrence Krauss）也得出了类似的结论，他写了一本书，名为《无中生有的宇宙》（*A Universe from Nothing*），并在书中声称，量子宇宙论的进步表明，上帝与之毫不相干。

人们会想当然地认为，大部分量子宇宙学家和大多数科学家一样都是无神论者。但唐·佩奇（Don Page）显然是个例外，他既是阿尔伯塔大学的前沿量子宇宙学家，也是一位福音派基督徒，还是一位计算大师。我和他是加州理工学院物理系的博士生同学，那时，每当遇到复杂的物理难题，他就会不声不响地掏出纤细的圆珠笔，然后一头钻进数学的密林中，写下一个又一个潦草的方程式，直到得出答案。虽然他与霍金合作完成了一些重要的论文，但他们在关于上帝的问题上产生了分歧。佩奇最近对我说：“作为一名基督徒，我相信在宇宙之外有着一个创造出宇宙及一切事物的存在。上帝才是真正的造物主。整个宇宙都出自上帝之手。”<sup>21</sup>

而在肖恩·卡罗尔的博客（《荒谬的宇宙》，*The Preposterous Universe*）的客座专栏中，佩奇的言论听起来就像科学家和有神论者在同时发声。“有人可能会认为，上帝存在的假说会使宇宙相关的理论变得更复杂，但事实并非如此，因为上帝或许比宇宙更简单，以上帝为出发点展开研究，会比单纯研究宇宙更可能得到简单的解释。”<sup>22</sup>

值得注意的是，大多数量子宇宙学家不相信宇宙的诞生是由什么东西导致的。正如维连金对我说的那样，量子物理可以推导出一个不需要起因的宇宙——就像其展现了原子内的电子是如何毫无缘由地改变轨道一样。量子世界中不存在明确的因果关系，只存在可能性。卡罗尔是这样解释的：“在日常生活中，我们会谈论前因后果。但我们不必将这种思维应用到整个宇宙之中。‘宇宙就是如此’，我觉得这样说没有任何不妥。”<sup>23</sup>

这种没有缘由的事件或状态，与科学长期以来形成的理念背道而驰。几个世纪以来，科学一直在尝试着将所有的事件解释为先前事件的逻辑结果。佩奇则认为，宇宙起源之时（无论是在时间混沌的“双向时间”模型里，还是在

“无中生有”模型中)的起因和结果没有明确的区别。佩奇和一些物理学家们认为,如果因果关系在宇宙起源之时的量子迷雾中消融了,那我们生活的世界里的因果关系还可靠吗?虽然如今的世界与大爆炸在时间上相隔久远,但二者肯定同属于一个现实之中。“因果关系不是宇宙的基本法则,”佩奇说道,“它只是我们从经验中总结出来的粗略的概念。”<sup>24</sup>绝对的因果关系可能只是一种错觉,是我们的大脑和科学用以理解世界的一种方式。

我们似乎遭受了猛烈一击。因果关系这块基石之上出现裂缝,会给哲学、宗教、伦理学等诸多其他领域带来震动。如果没有绝对的因果关系,那我们人类该如何做决定呢?先前的事件和条件,与突然的冲动,甚至是无因可循的行为之间又是什么关系呢?责任制呢?做决定是微妙而又复杂的心理过程,倘若前因后果只是一种模糊的关系,而我们又不知道它的触发临界点在哪里,那我们的决定将因为没有确切的依据而显得脆弱不堪。

量子宇宙论引导我们去思考存在的根本,去问出那些我们很少会想到的问题。我们大多数人的目标,是在不过

百年或者更短的一生中，在一幢小小的房子里创造舒适的生活。我们吃饭，睡觉，工作，付账单，有爱人和孩子。有些人建设城市或者创造艺术。但在享受奢华的心灵自由的同时，还有更重要的事情值得关注——仰望天空。空间会永远延伸直至无限吗？又或者，其实它是有限的，但没有边界或边缘，就像球体的表面？这两个问题的答案都令人不安，且难以理解。我们的太阳和地球从何处而来？我们又从哪里来？很快，我们便会意识到自己对周遭世界的经验是多么有限。我们以介于原子和恒星之间的身躯所看到和感受到的，不过只是波谱的一小段，现实的一角。

20世纪40年代，美国心理学家亚伯拉罕·马斯洛（Abraham Maslow）提出了“人类心理需求层次”的概念：最底层是最原始、最迫切的需求，最高层则是底层需求得到满足的幸运者们的最崇高、最卓越的需求。金字塔的最底部是满足生存条件的物质需求，如食物和水。往上是对安全的需求。再往上是爱和归属，然后是自尊，最后自我实现的需求。马斯洛所提出的需求的最高层次是充分发掘自身，成为最好的自己。我认为，金字塔的顶端之上还应再加一层：想

象与探索——想象新的可能性的需求，超越自己，进而探索周遭世界的需求。这种需求不正是驱动马可·波罗、达·伽马和爱因斯坦取得成就的动力之一吗？我们不仅要满足自身对物质生存条件、人际关系或发掘自我价值的需求，更要认知、理解我们身处的这个陌生宇宙，探索量子宇宙学家们提出的那些真正重大的问题的答案。这一切是如何开始的？答案远远超脱于我们的生活，远远超脱于我们的社区、国家、地球，甚至太阳系。宇宙是怎么诞生的？能够提出这样的问题对人类来说是一种奢侈，但又何尝不是一种需求。

## 虚 无

没有只能换来没有。<sup>25</sup>

——威廉·莎士比亚，《李尔王》（1606）

[他]所由之而出的那种虚无以及他所被吞没于其中的那种无限，这二者都同等地是无法窥测的。<sup>26</sup>

——布莱兹·帕斯卡，“人没有上帝是可悲的”，

《思想录》（1670）

……“以太”的引用将被证明是多余的，因为按照此处所要阐明的见解，绝对静止的空间[这一条件]并非必要。<sup>27</sup>

——阿尔伯特·爱因斯坦，《论动体的电动力学》（1905）

多年来，我们一直在努力地探索这个陌生而又奇妙的宇宙，在此过程中，几乎没有什么概念比“虚无”更加丰富。正如亚里士多德曾经说过的，想要了解某样东西是什么，必须先了解它不是什么。古希腊人说，要了解物质，必须先了解“空”（void），也就是“无物质”。公元前5世纪的留伯基（Leucippus）<sup>①</sup>认为，没有“空”就不会有运动，因为正是“空”为物质的运动提供了条件和场所。据佛教所言，要了解“自我”（ego），须先了解“空虚”的无我状态，即“空性”（śūnyatā）。要理解社会的文明效应，就必须理解人在脱离社会状态下的行为，正如威廉·戈尔丁（William Golding）在他的小说《蝇王》（*Lord of the Flies*）中所深入探讨的那样。<sup>②</sup>

那我就按照亚里士多德的方法，来说说“虚无”它不

---

① 留基伯（约公元前500—前440），古希腊唯物主义哲学家，是率先提出原子论（万物由原子构成）的哲学家。

② 威廉·戈尔丁（1911—1993），英国小说家，诗人，诺贝尔文学奖获得者。《蝇王》是其第一本小说，讲述了一群因战争流落荒岛的孩子在脱离了文明社会的秩序和理性的条件下开始自相残杀的故事。

是什么。<sup>28</sup>它不是某种特指或绝对的状态。在不同的语境中，虚无有着不同的含义。从生命的角度看，虚无可能意指死亡；对于物理学家来说，虚无可能是物质和能量的完全缺失（稍后我们就会知道，这是不可能的），甚至连时间和空间也不存在；对于陷入爱河的人来说，爱人的离开就意味着虚无；于父母而言，虚无可能指孩子不在身边；对于像帕斯卡这样的哲学家或神学家来说，虚无意味着无限小，意味着只有上帝才能窥见的没有时间和空间的领域；而李尔王对他女儿考迪利娅说的“没有只能换来没有”（Nothing will come of nothing.），意思则是如果考迪利娅不向父亲表达自己无尽的爱，那么她从父亲的王国中所分得的财富将比那两个阿谀谄媚的姐姐要少得多。前一个“没有”是指考迪利娅的沉默，这与两位姐姐滔滔不绝的献媚形成鲜明对比，而第二个“没有”指的是与姐姐们富丽堂皇的宫殿相比，考迪利娅只能住进她那间简陋的屋舍。当然，这些“虚无”的反面，为虚无本身的含义留出了很大的空间，可以有许多种解释。

我自己对虚无最深切的体会，不是出现在我划分自己

的王国或思考量子物理中不存在三维空间的时候，而是来自我9岁那年的一次奇妙体验。那是一个星期日的下午，在位于田纳西州孟菲斯的家中，我独自站在卧室里，望着窗外空荡荡的街道，远处传来微弱的火车驶过的声音，恍惚间，我感觉自己正从身体之外看着自己。在那短暂的瞬间，我仿佛看到了自己的生命，乃至整个地球的生命，都不过是时间深渊中短暂的一瞬，在我存在之前，时间没有尽头，在我存在过后也是如此。在那短暂的瞬间，我还感受到了无限的空间。我好似离开了身体，也没有了思想，漂浮于浩瀚无垠的太空，太阳系，甚至银河系早就被抛在了后面，只见太空在我眼前一直、一直、一直延伸。我觉得自己是浩瀚宇宙中的一粒微尘，是微不足道的一个小点，宇宙对我、对任何卑微地存在着的小点毫不关心。宇宙就是如此。那时，我觉得在我年幼时经历的一切，欢愉也好、悲伤也罢，以及在那之后将要经历的一切，在宇宙的宏伟安排里都毫无意义。那是一种既解脱又可怕的领悟。然后，那一刻结束了，我回到了自己的身体中。

这段奇妙的幻觉只持续了1分钟左右。从那以后我再没

有过如此体验。虽然虚无似乎应该将包括意识在内的一切排除在外，但那次的童年经历确实有意识的参与，不过那不是在我脑中1000克重的灰质里存在着的寻常的意识，它有所不同。我不信宗教，也不相信超自然现象。我知道自己的思想一刻也未曾离开过身体。但有那么一会儿，我确实体会到某种深度的缺失，那是周遭熟悉的环境和我们为锚定生活而创造的思想的缺失。这也是一种虚无。或许和帕斯卡的虚无不同，这是一种个人体验的虚无。

虽然在不同的条件下，虚无可能会有不同的含义，但我想强调的是，一个显而易见的事实：无论是哪种含义，都涉及与我们所知的物质或者条件的比较。也就是说，虚无是一个相对的概念。我们无法想象出任何与我们赖以生存的物质、思想以及环境不相关的东西。比如，如果不参照快乐，悲伤就没有意义；贫穷是根据最低的收入和生活标准来定义的；饱腹感是相对于空腹的感觉才有的。在自然界中，许多现象的产生都由环境差异所致。飞机能够在空中飞行，是因为机翼上方的气压与机翼下方的气压不同。倘若机翼上下方的气压相同，无论数值几何，飞机都飞不起

来。蒸汽机是利用蒸汽锅炉和周围材料之间的温度差异来驱动的。假设各处温度相同，那么蒸汽机也就无法工作。一个人是高，是重，还是聪明？与什么相比为高？又较之何物而聪明？绝对值是没有意义的。同样地，“无”只在与“有”相比较时才有意义。

我第一次在科学的物质世界中认识虚无，得追溯到我还 在加州理工学院攻读理论物理学博士学位的时候。读博的第二年，我选修了一门名叫“量子场论”（Quantum Field Theory）的艰深课程，主要内容是讲解空间是如何被“能量场”填满的。引力有能量场，电、磁等也都有能量场。我们所认为的“物质”，不过是基础能量场的激发态。重要的一点是，根据量子物理定律，这些能量场处于持续攒动的状态——完全静止的能量场是不存在的——这种攒动状态会导致像电子和光子这样的亚原子粒子短暂地出现，然后马上消失，即使那片区域没有任何固定存在的物质。物理学家将太空中能量最低的区域称为“真空”（vacuum）。但是真空中不可能不存在能量场，因为能量场必然会渗透到所有空间。而能量场又在不断地攒动，从而产生物质，虽

然它们存在的时间非常短。因此，现代物理学中的“真空”，和古希腊人所说的“空”并不相同。“空”根本不存在。（帕斯卡所说的“真空”可能更接近于物理学家们所说的概念。）宇宙中每1立方厘米的空间，实际上都是一个喧闹的马戏团，无论它看起来多么空空如也，在亚原子粒子的尺度上，能量场在攒动，还有粒子于其中忽隐忽现。因此，在物质层面上，不存在虚无这回事。

值得注意的是，“真空”的活跃性质已经在实验中被观察到了。20世纪20年代，物理学家发现电子（携带电荷的最小亚原子粒子）像小陀螺一样在不停旋转。跟普通的陀螺不一样的是，每一个电子的自旋量是相同的。电荷会产生磁性，所以，所有的电子除了是“小陀螺”，还是相同的微小磁铁。就像陀螺的自转轴，当与重力方向不完全重合时，就会沿垂直方向产生进动（缓慢旋转）现象，电子在相对于磁场方向倾斜时也会发生进动。这一进动率是可以精确测得的，并且，其数值大小由电子的磁场强度所决定。现在我们再来看看量子真空。如果空间里什么也没有，那么电子的磁场强度可以精确地预测为1个单位。但根据量子物理

理论，真空中的电场会不断地产生一种被称为“光子”的无质量粒子，而光子会与所有带电粒子相互作用并改变它们的性质。这些幽灵般的光子从真空中冒出来，在享受完大约100亿亿分之一秒的生命后就会再次消失。在存在的短暂时间里，它们会与电子发生碰撞，从而轻微地改变电子的磁场强度。改变的强度在实验中测得的数值为1.001 159 652 21。相比之下，根据量子真空理论中复杂的、高度数学化的方程预测（我读博时的量子场论课本里有对此的详细说明），电子的磁场强度的数值应该是1.001 159 652 46——难以置信地验证了量子真空的理论。能如此深入地了解虚无的空间，这是人类智力的胜利。

早在我们了解量子真空之前，空间和虚无的概念就已经在现代物理中扮演着重要的角色。19世纪中期的研究发现，光是一种行进中的电磁能量波，而传统观念认为，所有的波，如声波和水波等，都需要介质来传递。如果房间里没有空气，就听不到别人说话；如果将湖里的水抽干，也就无法产生水波。而“以太”就是人们假想中的传播光的介质。因为我们能够看到遥远的恒星所发出的光，所以太

空中肯定充满着以太。因此，不存在所谓虚无的空间，空间都被以太填满了。

1887年，两名美国物理学家进行了物理学中最著名的实验之一，他们在如今的俄亥俄州克利夫兰的凯斯西储大学试图测量地球在以太中的运动。他们的实验失败了。更确切地说，他们没有检测到以太产生的任何影响。1905年，一位名叫阿尔伯特·爱因斯坦的26岁专利局职员提出，以太并不存在。他猜想，与其他所有已知的波不同，光是在真空中传播的。这一切都发生在量子物理诞生之前。

年轻的爱因斯坦之所以否认以太的存在，而支持真空，是因为他有一个更深层次的假设：宇宙中不存在绝对静止的情况。没有绝对的静止，也就没有绝对的运动。你不能说火车正以每小时80公里的绝对速度行驶，你只能说火车相对于另一个物体以每小时80公里的速度行驶，比如火车站。只有两个物体之间的相对运动才有意义。爱因斯坦否认以太存在的原因在于，以太在宇宙中形成了一个绝对静止的参照系。如果以太这种物质填满了太空，那么就可以判定物体（相对于以太）是否处于绝对静止状态，就像我

们可以确定湖里的船相对于水是静止的还是运动的。因此，通过爱因斯坦的研究，物质的空虚或虚无的概念与宇宙中不存在绝对静止联系了起来。总结一下，一开始，人们认为以太充满空间，然后爱因斯坦抹去了以太，留下了真空。接下来，其他物理学家又在真空中填入了量子能量场，但是量子能量场并不能成为绝对静止的参照系，因为它们不是静态的物质。爱因斯坦的相对论原理仍然成立。

传奇物理学家理查德·费曼（Richard Feynman）是量子场论的先驱之一，他是加州理工学院的教授，也是我的论文指导委员会成员之一。20世纪40年代末，费曼与他人共同发展了真空中的电子和幽灵般的光子如何相互作用的理论。在该年代早期，年轻气盛的费曼还参与过曼哈顿计划<sup>①</sup>。到了20世纪70年代初，我在加州理工学院认识他时，他已经成熟了一些，但仍准备着在某个瞬间颠覆公众的普遍认知。他每天都只穿白色衬衫，他说这是因为白衬衫更

---

<sup>①</sup> 曼哈顿计划为美国陆军部于1942年6月至1945年7月间实施的利用核裂变反应来研制原子弹的计划。

容易与不同颜色的裤子搭配，而且他也讨厌把时间花在捋饬衣服上。此外，他还很厌恶哲学。尽管他很聪明，但看待物质世界的方式常常很直接，不屑于去思考纯粹的假设和主观推测的东西。他可以就量子真空的活动大谈几个小时，也确实这样做了，但不会在虚无的哲学或神学思考上浪费一分钟。和费曼相处的经历教会了我一件事，一个人尽可以成为伟大的科学家而不必关心“为什么？”这类问题——这些问题超出了科学可证明的范围。不过，费曼确实明白思想可以影响现实。1974年，我从加州理工学院毕业，他在我毕业典礼上发表的讲话透露出了这一点。那是5月底炎热的一天，典礼当然是在户外举行的，我们毕业生都戴着博士帽，穿着礼袍，热得满头大汗。在演讲中，费曼提出，在发表任何科学成果之前，我们应该考虑到所有可能出错的情况。“首要原则，”他说，“就是你不能欺骗你自己——自己是最容易被欺骗的人。”<sup>29</sup>

在沃卓斯基姐妹导演的里程碑式的电影《黑客帝国》（1999）中，观众一开始被带入剧情，后来才意识到剧中人物所经历的现实——街上的行人、建筑、餐馆和夜店以及

整个城市——都是幻觉，是由一台主计算机在人类大脑中播放的虚假影像。而真正现实中的地球残破、荒凉，人类被囚禁在叶片般的容器中，被抽走生命能量为机器提供动力。我想说的是，我们生活中所说的现实，大部分也是一种幻觉，或者至少是一种主要由我们的感觉塑造的对现实的认知。

首先，我们拥有自己的意识。我在后面的《永生》中会讲到，宏伟而强大的意识体验并不是某种脱离于物质世界的超凡品质，而是一种由我们神经元内部和神经元之间的数以万亿次的电活动和化学活动所引起的感觉。

我们人为建立的制度也是如此。我们自认为我们的艺术和文化、道德准则和法律是宏伟而永恒的存在。我们赋予这些制度一种远远超出我们自身的权威。但我想说，实际上，所有这些都是我们以思想构建的。若非我们个人和集体赋予它们以现实，它们根本就不存在于现实中。

几个世纪以来，佛教徒一直都明白这一点，它在佛教中的“空性”和“无常”概念中也早有体现。我们赋予他人和人为制度以一种超然的、非物质的、长久的品质，这不

过是一种虚妄，就像《黑客帝国》中由计算机生成的世界一样。当然，我们人类确实取得了一些在自己看来可谓非凡的成就。我们有可以精准预测未来的科学理论，创造了我们认为美妙且有意义的绘画、音乐和文学，有一整套法律和社会规范体系。但是这些东西一旦脱离于我们思想之外，其本身不存在任何内在价值。可我们的思想又只是原子的集合，注定会分解和消散，对我们每个人来说，这意味着所有的意识和思想就此终结。从这个意义上说，我们和我们的制度都在向虚无靠拢。

那么，这种发人深省的想法给我们带来了什么样的启示呢？既然现实只是暂时的、自我构建的，那么我们该如何生活？是作为个人去生活，还是作为社会群体去生活？在接近个人体验的虚无时，我仔细思考过这些问题，并得出了一些初步的结论来指导自己的生活。每个人都必须自己去思考这些深刻的问题，因为它们没有正确的答案。我认为，若是作为社会群体去生活，我们必须认识到，我们有强大的力量能将法律和其他制度塑造成我们理想中的样子。没有外部权威，也没有外部约束。唯一能够制约我们

的就是想象力。所以，我们应该开阔思维，花些时间去思考我们是谁，我们想成为什么样的人。

至于作为个人去生活，在实现能将思想上传至电脑之前，我们都只能被束缚在身体和大脑之中。我们不得不接受自己的精神状态，无论它是好是坏，是快乐的还是痛苦的。不管我们如何看待现实，快乐和痛苦都无可避免，因为我们能够感知。笛卡尔有句名言：“我思故我在。”我们也可以说：“我感故我在。”我所说的快乐或者痛苦并不仅仅指身体上的，而是如古代伊壁鸠鲁主义者所想的那样，包含了所有形式：思维的、艺术的、道德的、哲学的等等。这些就是我们身体和思想的现实，是内在的现实。所以我的观点就是：何不这样，最大化我的快乐，最小化我的痛苦。因此，我尝试美味的食物，供养我的家庭，创造美好的事物，帮助那些没有我幸运的人，因为这些能给我带来快乐。同时，我尽量不去做让自己痛苦的事，避免过枯燥的生活，避免放纵自己，避免伤害他人。这就是我应该有的生活方式。许多比我深刻得多的思想家——其中最著名的当数英国哲学家边沁（Jeremy Bentham）——也通过截然不同的方

式得出了相同的结论。

我所感和所知的是，时间洪流中的此刻，我就在这里。我不是虚空的一部分，不是量子真空的波动。尽管我知道有一天我的原子会消散在土壤和空气中，我将不复存在，但我现在还活着。我正在感受此刻。我能看到我的手放在写字台上。我能感受到从窗户透进来的阳光的温暖。向外望去，我能看到一条松柏丛生的小路直通大海。

## 原 子

古希腊人可能是最先设想出物质最小单位——原子——的人，他们称其为“atomos”，意为“不可分割的”。原子不仅不可分割，也不可摧毁。哲学家德谟克利特（Democritus）和卢克莱修（Lucretius）说，原子保护我们免受神明随心所欲的处置，因为原子不能被创造也不能被毁灭，即使神明拿它也没有办法。牛顿也赞扬原子，不过他将原子看作上帝的杰作，而不是用来抵抗上帝的武器。牛顿比任何前人都更了解自然的逻辑，他写道：“我认为似乎这是很可能的，上帝最初用实心的、有质量的、坚硬的、不可穿透的和可运动的粒子构造物质……它们坚硬到绝不可能磨损和破碎。没有什么普通的力量能分割上帝在初创

万物时亲自造出的原子。”<sup>30</sup>事实上，原子是物质世界的根本同一性。它们的完美在于其不可分割性，在于其完整性和不可摧毁性。

原子还将世界统一了起来，因为不论是树叶还是人体，都是由相同的原子构成的。将树叶和人体拆开，我们会发现一样的氢原子、氧原子、碳原子及其他元素。有了原子，我们就有了物质现实的基础。在此基础上，我们就可以构建系统，组织和建设世界的其他部分。卢克莱修说过，令人愉悦的物质由圆而光滑的原子构成，而苦涩的物质由钩状而多刺的原子构成。<sup>31</sup>有了原子，我们就可以对不同物质组成的特定比例制定规则，就像19世纪初英国化学家约翰·道尔顿（John Dalton）所做的那样。二氧化碳由一个碳原子和两个氧原子结合而成，绝不会由一个碳原子和一个半氧原子结合而成，因为原子不可分割。有了原子，我们就可以预测化学元素的性质，19世纪中期的门捷列夫就是这么做的。

原子的存在，还能让我们避免如帕斯卡所想象的那样，落入无限小的无底洞。在古希腊人看来，当我们变得和原子一样小之时，这种下落就停止了。有原子为我们托底，我们

是安全的。我们可以从原子层面开始，重建世界的其他部分。

尽管有关原子的猜想持续了几千年，但直到1905年，即“爱因斯坦奇迹年”，人们才知道原子的大小。爱因斯坦当时的研究内容，除了相对论和光的粒子性质，还包括悬浮在液体中的微粒会无规则地抖动，即“布朗运动”。这是以植物学家罗伯特·布朗（Robert Brown）的名字命名的，他在1827年首次描述了悬浮在水中的花粉会无规则地运动。爱因斯坦推断，这种运动一定是由花粉与水分子的碰撞而引起的。通过计算一粒花粉与水分子碰撞的频率和力度，并将其与观察到的运动进行比较，便能够估计出水分子的大小和质量，从而估算出组成水分子的氢原子和氧原子的大小和质量。

美国物理联合会（AIP）运营的一个网站很有意思，你可以在上面听到汤姆孙（Joseph John Thomson）亲口谈论他在1897年发现电子的情形。<sup>32</sup> 电子的发现是对原子的第一次冲击。这段音频录制于1934年，那时的汤姆孙已经78岁了，他多年来一直在剑桥大学卡文迪许实验室担任物理学教授。录音中夹杂着噼里啪啦的静电噪声，但他说话的内

容可以清楚地听到：“它是如此之小，小到其质量只是氢原子质量微不足道的一小部分，乍看之下，还有什么东西能比它更不现实呢？”确实不现实！但是否现实此时已经无关紧要了。因为我们谈论的是一场思想上的革命，是对“统一性和不可分割性”这座宫殿的一次轰炸。从汤姆孙当时的一张照片可以看到，照片上的他是位极其严肃的绅士，谢顶，戴着眼镜，留着浓密的海象胡子，双手紧握，白色衣领平整挺括，他毫无畏惧地盯着镜头，仿佛在直视2000多年的历史，不带一丝歉意。“它迟早会来的，”他的眼神似乎在说，“所以振作起来吧，像个成年人一样去接受它。”

汤姆孙通过测量带电粒子在电场和磁场的作用下偏转的路径从而发现了电子。要进行这一实验，首先必须要用真空泵抽出玻璃管中的空气，以使得粒子在管中的移动轨迹不受空气分子的干扰。说起真空泵，我肃然起敬。当我还是一名学生时，在与实验物理学的短暂接触中，我上手用过它。当真空泵正常工作时，一开始会发出粗糙刺耳的声音，就像火车头发出的突突声，接着又会咔咔作响，音调越来越高，当达到良好的真空度时，便会在一阵平稳的

嗡嗡声中结束。如果达不到完全真空，那它发出的声音就会一直停留在火车头那一段。

根据带电粒子在真空状态中的路径偏转量，便可以得出带电粒子的电荷量和质量的比值，即比荷。在以前的实验中，汤姆孙和其他物理学家已经清楚氢原子的特定比荷，而氢原子是所有原子中质量最轻的。汤姆孙发现，这些其他粒子，即电子——他称之为“微粒”（*corpuscle*），可以通过加热一块金属来获得——的比荷大约是氢原子的1800倍。假设电荷量相同，那也就意味着氢原子的质量是电子质量的1800倍。显然，这种“微粒”与原子相比真的非常小（虽然如上文所述，原子的大小直到1905年才为人所知）。原子并不是最小的物质单位。

当汤姆孙在英国发现电子时，在法国，贝克勒耳（*Antoine Henri Becquerel*）和居里夫人即将发现原子裂变，也就是居里夫人所说的“放射性”（*radioactivity*）。贝克勒耳一开始认为，新近观察到的铀发出的神秘辐射，即所谓“X射线”，是其吸收了太阳光线的结果。若是如此，那么这种“X射线”同样也能使它附近的照相底片感光。1896年2月26日，

贝克勒耳进行了实验，不过那天的巴黎是阴天，他的铀没有吸收到任何强光。可他一时心血来潮，还是决定冲洗底片。令他惊讶的是，这些底片被强烈曝光，这表明铀本身会释放某种辐射，而不需要由太阳提供能量。贝克勒耳后来又进行了实验，结果表明这些辐射实际上是某种带电粒子，因为它们会受到磁场的影响而偏转路径，如同汤姆孙的电子一样。在贝克勒耳的发现之后，居里夫人对铀射线做了进一步的研究，发现铀原子会向外抛射出很小的碎片。一年之后，居里夫人发现另一种元素镭同样会进行原子裂变。不可分割的原子到头来竟是可以被分割的。宇宙的基底已经坍塌。

面对这些令人不安的进展，历史学家亨利·亚当斯（Henry Adams）在1903年做出如下回应：

历史在新秩序中揭开了自己的面纱，过去人类意识的行为方式就像一只年幼的珍珠贝，为适应环境，它隐藏着自己的宇宙，直至长成完整的珍珠母贝壳，并由此展现它完美的概念……它牺牲了数百万生命获得了这种统一性，并理所当然

地认为那是件艺术品。

“一尊神，一条法则，一个元素”[亚当斯引用了诗人丁尼生的诗句]。

到了1900年，科学突然抬起头来否认了……科学界的人绝对是睡着了，不然在1898年居里夫人把那枚被她称为“镭”的抽象炸弹扔到他们桌上时，他们就应该像受惊的狗一样吓得从椅子上跳起来。<sup>33</sup>

发现了新的微粒之后，汤姆孙教授提出了后来被称为“葡萄干布丁”的原子结构模型：一个均匀地分布着正电荷的球形“布丁”，其中散布着带负电荷的电子。带正电荷的“布丁”需要和带负电荷的电子达到平衡，因为大多数原子是电中性的。

15年后，出生于新西兰的伟大物理学家欧内斯特·卢瑟福（Ernest Rutherford）<sup>①</sup>和他的助手们发现，原子根本就

---

① 欧内斯特·卢瑟福（1871—1937），英国著名物理学家，原子核物理学之父。最先提出放射性半衰期的概念，证实放射性涉及从一种元素到另一种元素的嬗变，获1908年诺贝尔化学奖。

不是个布丁。它更像一个桃子。在它的中心有一个坚硬的核，其中包含着所有正电荷和几乎原子的全部质量。而这个坚硬的核中的新粒子被称为“质子”和“中子”。质子带正电荷，中子不带电荷。原子像桃子的这一结论，是在卢瑟福用亚原子粒子轰击原子薄膜后得出的。某些粒子在撞击薄膜后，以很大的角度偏离了轨道，仿佛是撞上了原子内部的一个硬物。如果原子结构像布丁那样的话，偏转的角度应该很小才对。“这是我这辈子遇到过的最不可思议的事，”卢瑟福低沉地说，“这就像是你朝着一张纸巾发射了一枚38厘米长的炮弹，而炮弹还会反弹回来击中你一样，令人难以置信。”<sup>34</sup>原子中心的硬核，即原子核，其大小是整个原子的十万分之一。打个比方，如果一个原子像波士顿红袜队主场芬威球场<sup>①</sup>那么大，那么其密集的中心核就只有一粒芥菜籽的大小，而电子则在外层的看台上优雅地绕着轨道运行。事实上，除了几乎没有重量的电子构成的薄雾，原子体积的99.999 999 999 999 9%都是空的。因为我们和其

---

① 始建于1912年，可容纳近4万名观众。

他物体都是由原子构成的，所以我们的身体也基本上都是空的，这是事实。这种巨大的空虚也许是分割不可分割事物所带来的最令人不安的结果。

最终，由卢瑟福所发现的位于原子中心的质子和中子，由更小的粒子——夸克组成。

我们是在无休止地下坠吗？在我们的周围是否存在着无限大和无限小，就如帕斯卡所相信的那样？这种感觉令人不悦。我想起了埃舍尔的画作《升与降》（*Ascending and Descending*），画里描绘了一群穿着斗篷的人在中世纪城堡里的呈四边形的楼梯上行走。这幅画令人不安的特点是，通过透视技巧，画中的一拨人总是在沿着一个不断上升的楼梯向上走，但当他们走完一圈之后，又会回到开始的地方。这是一个没有起点和终点的楼梯，一个不通往任何地方的楼梯。

1960年，埃舍尔完成了画作《升与降》，也正是在这一时期，在新建成的“原子粉碎机”<sup>①</sup>和来自太空的高能辐射

---

① “原子粉碎机”即粒子加速器的通俗说法。

中，物理学家们发现了数百种新的亚原子粒子。于是，基本粒子和力的研究领域陷入了一片混乱。除了电子、质子和中子，现在还有德尔塔粒子（ $\Delta$  粒子）、拉姆达粒子（ $\Lambda$  粒子）、西格玛粒子（ $\Sigma$  粒子）、柯西粒子（ $\Xi$  粒子）、欧米伽粒子（ $\Omega$  粒子），以及  $\Pi$  介子（Pion）、K 介子（kaon）和  $\rho$  介子（Rho）等。当希腊字母被用完后，困惑的物理学家们只好用拉丁字母命名。其中一些亚原子粒子的寿命，从它产生到消失的那一刻，总时长仅有  $10^{-21}$  秒，也就是 0.000 000 000 000 000 001 秒。在此之前，即便是神圣的原子破裂了，也仍有规矩可循。那时只有电子、质子和中子；但现在，在这个满是咆哮声的动物园里，好像没有基本粒子，在无限的螺旋式的下落中看不见底，也没有任何组织原则。

直到 20 世纪 60 年代末，夸克的发现才令这场坠落得以暂时停歇。数百种新粒子中的每一个粒子，都可以被理解为 6 种基本夸克的特定组合。夸克为这个混乱的“亚原子粒子动物园”提供了新的组织体系。夸克是新的质子和中子，它们又组成了新的“原子”。我曾问过夸克的发现者之一，物理学家杰里·弗里德曼（Jerry Friedman），是否认为夸克

就是终点以及物质的最小单位。“可能吧。”他回答道，并且阐释了个中理由。不过，他又稍显犹豫，“我可能会感到惊讶，”他笑着说，“科学永远都有惊喜。”<sup>35</sup>科学中的惊喜可以是好事，也可以是坏事。

古希腊哲人们提出过一种骇人的世界观，即“芝诺悖论”（Zeno's Paradox）。假设你要走5米穿过一个房间。在你走完这5米的距离之前，你必须先走完它的一半，也就是2.5米。而在走过这2.5米之前，你必须先走完这段距离的一半，即1.25米。想要走过这1.25米……如此循环下去。这些哲学家不断地将空间对半分，分成越来越小的维度，无穷无尽，就像后世的帕斯卡那样。不可分与可分形成对立。这种智力操练的最终结论是，你无法穿过房间。甚至，你连1厘米都无法移动。你被一个形而上学的谜题困住了，被困在无限小之中。

当科学家和数学家们谈起无限时，他们通常想象的是系列越来越大的空间和数字。但是，无限也可以朝另一个方向发展。作为一名物理学家而非哲学家，杰里·弗里德曼对此抱有更大的期望。他认为夸克可能就是这一方向

的终点。

有些物理学家可不同意。在过去的40年里，物理学家们提出，存在比夸克小得多的物体，它就是“弦”。弦不是像电子那样的点状粒子，而是极度微小的一维能量。它们的大小要以普朗克长度来衡量，引力和量子物理在此结合（参见《虚无与无限之间》）。弦的一个重要特性是它们占据了九维或十维的空间，而不是我们熟悉的三维空间。在宏观世界中，我们无法意识到额外的维度，因为它们被卷曲成极小的环，这种感觉就像从很远的地方观察花园里一条（三维的）水管，看起来就是一条（一维的）线。

弦理论最初是作为强核力的理论被提出来的。但在近几年，它被设想为量子引力理论的一部分，量子引力理论就是爱因斯坦的引力理论（广义相对论）与量子物理理论的结合。目前，没人知道如何验证弦理论，甚至没人知道弦理论是否可验证——因为弦实在是太小了。尽管弦理论作为数学结构是如此美妙，而且事实上，该理论可能是通向量子引力理论的唯一途径，但一些物理学家已经放弃了该理论，一方面因为它可能不可验证，另一方面，事实证

明弦理论存在着非常多不同的版本，每一种都会得到不同的结果，对应着可能会产生不同的宇宙，每一种宇宙又都存在着不同的特质。在这种情况下，我们所在的宇宙就只是随机生成的一个，是掷骰子的结果——这与物理学家们长期以来的期望背道而驰。他们期望的是，我们的宇宙必须是在少数几条“第一原理”的指导之下发展成现在这样的，不存在其他可能，就像填字游戏只有唯一的解一样。

不论弦是否真的存在，我们都清楚，空间和时间在普朗克长度下都失去了意义，这一点我们在《虚无与无限之间》中已经讲过。我们找不到比普朗克长度更小的“粒子”，也无法在普朗克长度之下再去分割空间。<sup>36</sup>从提出原子的设想到测量原子的尺寸就花了2000年的时间。1899年，马克斯·普朗克将他新发现的量子常数、光速以及牛顿的引力常数结合起来，得出了独特的普朗克长度。那我们还要再花2000年来验证弦的存在吗？

## 现代的普罗米修斯

“我出生于日内瓦，我的家族是那个共和国的名门望族。”<sup>37</sup>在玛丽·雪莱（Mary Shelley）<sup>①</sup>的著名小说中，维克多·弗兰肯斯坦的回忆是这样开始的。大学时，在一场雷暴中，年轻的维克多看到一棵挺拔的老橡树上冒出了一束火焰。从那以后，他迷上了科学，并着手研究电学、生物学、化学和新兴的流电学。多年以后，维克多回忆说：“特别吸引我注意的是人体构造。其实我对任何有生命的动物都怀有强烈的兴趣。我常常问自己这样一个问题——生命的起源究

---

① 玛丽·雪莱（1797—1851），英国著名小说家，被誉为“科幻小说之母”。1818年创作了文学史上第一部科幻小说《弗兰肯斯坦》（即《科学怪人》）。

竟是怎样的？这是一个大胆的问题，一直被认为是个不解之谜。”<sup>38</sup>在没日没夜的艰苦实验之后，维克多成功地发现了如何让无生命的东西复活。几乎在第一时间，他决定不满足于单纯地探索生命的奥秘，而是要创造出一个人，一个拥有错综复杂的纤维、肌肉、血管以及大脑的人。

维克多探明的生命的奥秘究竟是什么呢？几个世纪以来，人类都困惑于此。是什么让一群五花八门、大杂烩般的分子组合成有生命的细胞，让它们搏动、蠕动，在周围环境中觅食然后不断繁衍的？我们每个人都是从我们父母体内的细胞中成长而来的，而他们也来自自己父母体内，一代又一代，在昏暗的时间长廊中不断循环。我们将这种令人震惊的繁衍视作理所当然。但是它又是如何开始的呢？当然，这一开端，连同地球上生命的起源乃至宇宙中生命的起源，都与宇宙本身的起源有着相似的意义，它们都产生于生出所有物质和能量的虚无。

伟大的生物学家路易斯·巴斯德（Louis Pasteur）<sup>①</sup>曾

---

<sup>①</sup> 路易斯·巴斯德（1822—1895），法国微生物学家、化学家，近代微生物学的奠基人。

言，“生命只能来自生命”（*Omne vivum ex vivo*）<sup>39</sup>。然而，现代生物学家几乎都不相信原始地球——一个在远古恒星的大锅中刚被煮好的滚烫的化学元素球——在初期存在生命。那生命是如何开始的呢？它是无数原子碰撞的必然结果吗？与地球有着相似条件的其他星球也会出现生命吗？又或者它的诞生是一个独特事件，只会发生一次？物理学、化学和生物学能否就这些问题给出明确的答案？

除了这些关于生命起源的深刻的科学问题，还有关于生命的“物质性”等哲学和神学问题。将手指放到显微镜下，你能看到细胞。例如，红细胞看起来就像红色的浅凹圆盘。用高倍显微镜观察它，你会看到微小的六边形结构，那是血红蛋白分子。用更高倍率的显微镜能看到氧原子和氢原子形成的错综复杂的丝状结构，碳原子和氮原子簇拥在铁原子周围。这就是我们的本质吗？这就是我们的全部吗？

近代以来的生物学家们就生命问题分成了两个阵营。

一方是“机械论者”，他们认为生命体只是由无数原子和分子、微观齿轮和杠杆、化学物质和电流组成的——所

有这些都受化学、物理和生物定律的支配。在他们看来，生命起源就是原子、简单分子以及原始地球可用能量的构造和反应。另一方是“活力论者”，他们称生命有一种特殊的品质——一种非物质的、精神的、超然的力量——能够使一堆杂乱无章的组织 and 化学物质产生生命的律动。这种超然的力量是物质分析所解释不了的。有人称之为“灵魂”，古希腊人称其为“普纽玛”（pneuma），意思是“气息”或“风”。犹太教、基督教和伊斯兰教都认为灵魂的气息只能由上帝赐予。

现代生物学家是机械论者。事实上，合成生物学就是一个聚焦于制造和操控生命系统的组成部件的跨学科领域，该领域的发展，一定程度上得益于20世纪50年代初DNA结构的发现和分子生物学的建立。一部分合成生物学家对微生物的DNA进行重新编程，以生产药物、电池和新型工程设备；也有一部分合成生物学家想要探求生命在地球上是如何开始的；还有一部分合成生物学家试图从先前的生物体，或者完全没有生命的物质中，创造出新的生命形式。

这是一个还很年轻的领域。20世纪50年代，化学家

们再现了原始地球大气的混合气体，并在其中放电（模拟闪电），从而产生氨基酸，即蛋白质的基本组成部分。<sup>40</sup>首个合成细胞出现于20世纪50年代末60年代初。<sup>41</sup>20世纪70年代初，又出现了两种不同生物基因拼接在一起的混合基因。<sup>42</sup>到了2010年，人类首次以化学合成法合成了一整套基因组，并将其注射到宿主细胞中。<sup>43</sup>虽然这些成就都很重要，但是距离用无生命物质创造出生命还差得很远。不过，鉴于科学发展的势头以及相关科学家的毅力，实现这一目标只是时间问题。第一个从无到有的、人造的生命形式，几乎可以确定会是一个单一基因的单细胞生物，比细菌简单得多，但这也将会是一个重大的进步。

如此结果，证明了机械论观点获得了最终胜利。然而，人类可能只是一堆物质性的原子和分子的这一观念，深深困扰着我们中的许多人。抛开神学方面的考虑不谈，人格、思想和感情、自我意识及“我是怎样的人”的感觉是如此强烈，如此独一无二且难以解释，以至于人们无法接受这些感觉是完全植根于物质性的原子和分子之中的。我们和其他生物只是物质，这似乎不可能。然而，这却是那些正

着手从无生命物质中创造生命的合成生物学家们眼中的公理。

如果他们成功地创造了生命，又将重新引发许多深刻的问题。同时，于无生命物质中创造出生命的能力，可能代表着终极的自由。这并不意味着我们就摆脱了自然法则的束缚，而是不再受限于宇宙的法令，即“生命只能来自生命”这条牢不可破的锁链。我们不再无知而盲目。大多数生命是没有意识的，即便是有知觉的有机体，也不知道它们那精致的身体从何而来。童年的某个时刻，我们意识到自己是有意识、会思考的生命，是与周围的世界不一样的存在。但是，我们不记得自己出生时的事，也不记得在那之前的事。在我们的皮肤之下，每时每刻都发生着数万亿次的化学或电活动，我们只能感知到其中极小的部分。我们不知道自己的生命——或任何其他生命——的奇迹是如何以及为什么发生的。我们只能接受被给予的东西。如果合成生物学家成功地从非生命中创造出生命，我们将成为宇宙中一种罕见的物质，不仅了解自身，还了解自身存在的秘密。

世界上第一个从无到有的人造活细胞，很可能会出自杰克·绍斯塔克（Jack Szostak）的实验室。绍斯塔克是哈佛医学院的遗传学教授，也是麻省总医院的化学和化学生物学教授。他出生于20世纪50年代初，正是罗莎琳德·富兰克林（Rosalind Franklin）、弗朗西斯·克里克（Francis Crick）以及詹姆斯·沃森（James Watson）在DNA方面取得重大发现之时。绍斯塔克的父亲是加拿大皇家空军的一名航空工程师，常被派驻到各地。在成长过程中，绍斯塔克跟着父亲辗转于加拿大和德国的多个城市。说起早年对科学的迷恋，绍斯塔克将其归功于自己的父母，父亲为他建造了一个地下实验室。“我在那儿做的实验常会用到非常危险的化学品，而这些化学品都是母亲从她工作的地方带回来的。”绍斯塔克回忆道。<sup>44</sup>他在很小的时候就决定成为一名学者，这也是受了父亲的影响。“我父亲对自己的工作颇有抱怨，对他的上司和下属都很不满。这使我向往学术生活，因为它更平等。我从不觉得自己在为哪个老板工作，也不觉得自己手下管着员工，我们是致力于了解周遭世界的志同道合的同事。”<sup>45</sup>

1968年，15岁的绍斯塔克进入麦吉尔大学学习。在一个暑期项目中，他来到位于缅因州海岸边的山沙岛的杰克逊实验室，在那里，他对小老鼠的甲状腺激素进行了分析，并由此开始接触生物学。20世纪70年代初，绍斯塔克进入康奈尔大学攻读博士学位，研究酵母细胞的DNA。在接下来的15年时间里，随着研究的不断深入和扩展，最终，绍斯塔克发现了酵母染色体——实际上是所有染色体——脆弱的末端是如何由被称为“端粒”（telomere）的分子所保护的，他也因此与伊丽莎白·布莱克本（Elizabeth Blackburn）和卡罗尔·格雷德（Carol Greider）共同获得了2009年诺贝尔生理学或医学奖。

到了20世纪80年代中后期，绍斯塔克觉得酵母生物学领域变得越来越拥挤了。他回忆说：“我越来越觉得，自己在酵母方面的研究工作变得失去了意义，因为不管我做了什么实验，都会在几个月或者最多几年内不可避免地被其他人复制。”<sup>46</sup>从职业生涯一开始，绍斯塔克就避免与其他科学家直接竞争。因此，在他30多岁的时候，随着获得诺贝尔奖的研究工作的完成，他开始将注意力转移到RNA（核

糖核酸)上,这是一种与DNA非常相似的分子,被认为是推动原始生命进化的物质。也就是从那时开始,绍斯塔克和他的研究团队一直走在从无生命物质中创造生命的前沿。他们的一些主要成就包括用简单的化学物质造出了细胞膜,并演示了这些细胞膜如何在简单的化学和物理过程中生长和分裂,以及初步了解了原始的细胞膜内的RNA是如何复制的。

关于某一细微物质是否为“活体”的判断标准,生物学家们尚未完全达成一致。一般来说,“活体”需要有某种包围膜(绍斯塔克称其为“隔室”)将生物体与外界分隔开,并将最核心的分子聚集在彼此附近;还要有利用能源的能力、生长能力、繁殖能力和进化能力。在2001年刊登于顶尖科学杂志《自然》上的一篇论文中,绍斯塔克和他的同事们确定了判断物质是否为“活体”的4个重要因素:一是要有隔室;二是要有如RNA或DNA这样的可复制的嵌入分子;三是要有复制的手段;四是可复制分子和隔室的壁膜之间要存在某种相互作用,以便它们可以互相帮助,对达尔文进化论中的驱动力做出回应。<sup>47</sup>与其他合成生物

学家不同，绍斯塔克希望从零开始，只使用存在于原始地球简单分子，即他所说的“生命起源前”的分子，来创造一个活细胞。相比之下，其他大多数实验团队都是利用从现有生命形式中提取的复杂分子来进行这项研究的，而那些复杂分子在数亿年的自然选择和进化过程中早已得到改善。

虽然雄心勃勃、受人瞩目，但绍斯塔克对自己的成就却异常谦虚。在2009年诺贝尔奖获奖者的自述中，绍斯塔克写道：“虽然我作为一名科学家在一定程度上取得了成功，但我无法确切地说出成功的原因。”<sup>48</sup>他也非常慷慨于与他人分享荣誉和赞美。“科学世界的乐趣之一就是有一群充满善意的人，他们非常乐意通过传授技术以及讨论问题来帮助学生和同事。”<sup>49</sup>他提到了自己带的第二个博士生安德鲁·默里（Andrew Murray），“他是一个才华横溢、精力充沛的学生，与他谈论任何实验都很有趣。”<sup>50</sup>关于他的另一个学生，他回忆道：“我有幸‘继承’了哈佛大学化学家杰里米·诺尔斯（Jeremy Knowles）的一个博士生乔恩·洛尔施（Jon Lorsch），他转到我的实验室，并在核酶筛选和机械

酶学方面做出了出色的工作。”<sup>51</sup>在哈佛医学院一个看起来相当普通的房间里，摆放着绍斯塔克和他的学生们的一张照片，20个年轻人面带微笑，有的站着，有的半跪着，大多数人都穿着牛仔裤，绍斯塔克教授就站在这个幸福的大家庭中间。从他谦逊的站姿来看，绍斯塔克也是他们中的一员。

2019年7月，我去绍斯塔克教授的办公室和实验室拜访了他。他的办公室在麻省总医院的理查德·B. 辛奇斯研究中心四楼，里面勉强能容纳一张小沙发、一张小办公桌，一张堆满论文和资料的小桌子，还有一个书架，上面摆着生物学书籍和装订成册的学生论文。我见到他时，他穿着一件汗渍斑斑的蓝色亚麻衬衫，一条皱巴巴的卡其裤松垮地从腰间垂下。他头发稀疏，戴着眼镜，讲话声很柔和，以至于听起来像是有些犹豫。当谈到工作时，他总是充满激情，但不会有丝毫夸张或自以为是。“人们总是纠结于如何定义生命，”他对我说，“这对我们没有帮助。我关心从简单到复杂的过程和途径。在这一过程中的某个节点人们划下界线，认定其为‘活体’——不同的人会把这条界线

划在不同的地方。如果它能开始自主进化，我就会称其为活体。”<sup>52</sup>进化和自然选择是强大的驱动力。绍斯塔克指出，所有的生物分子都会经历自然突变，其中有些是积极的，有些是消极的。只要有合适的化学环境，进化就会自然地发生。“如果你发现某一元素很有希望能进化成生命，那最大的问题就是如何促使它复制……如果有人弄清楚了（生命在地球上是如何开始的），它一定是一堆简单的东西。”他拍了拍自己的头做出恍然大悟的手势。“这一切都发生在原始地球上。不可能有多复杂。”

2003年，绍斯塔克和他的同事们证实，有一种名为“蒙脱石”（montmorillonite）的常见黏土矿物，它由火山灰堆积而成，如今多用于制作猫砂。它能够在原始地球上只存在简单分子的条件，加速生命所需的细胞“隔室”的形成。<sup>53</sup>蒙脱石似乎是一种不同寻常的催化剂。人们已经知道，它可以助力RNA分子的构成。现在，绍斯塔克和他的同事们又发现，脂肪酸在与这种黏土接触时会结合到一起形成膜。这些膜会自动闭合并组装成充满液体的小囊，即“隔室”，其中可能包含像RNA或DNA这样的可复制分子。此外，由于这种

黏土的存在，那些微小的囊体能够通过吸收其他脂肪酸而自行生长。显然，这种黏土的表面具有特殊的几何和化学特性，可以促进这些反应的发生。另外，绍斯塔克和他的同事还发现，如果让这些微小的囊体通过带有细孔的物质，就会导致它们分裂，从某种意义上来说，这就是“繁殖”。因此，他已经演示了一个细胞“隔室”的诞生、生长和繁殖的过程。

绍斯塔克的论文在《科学》杂志上发表后，立即引发了新闻界的广泛讨论。例如，《纽约时报》就为此发表了一篇题为《生命是如何开始的？》（“How Did Life Begin?”）的文章。<sup>54</sup>《科学美国人》（*Scientific American*）也刊登了题为《黏土或促进了最早细胞的形成》（“Clay Could Have Encouraged First Cells to Form”）的文章。<sup>55</sup>

关于这一发现，绍斯塔克还给我讲了个故事。在被新闻媒体报道后，他收到了大量来自宗教激进主义者<sup>①</sup>的电子邮件，邮件里称，他们很高兴绍斯塔克证明了上帝可以用

---

① 宗教激进主义者推崇传统的宗教信仰，接受《圣经》中的所有事件（包括其中的预言、道德法则甚至宇宙的来源）的真实性，并反对进化论观点。

泥土创造生命，就像圣书中提到的那样。对于这种略显讽刺的事，他只能微笑着说：“我自己并不信教。当我们获得成功时，我希望这一成果最终能影响文化领域。生命的创造是完全自然的，我们不需要借助任何神迹或超自然的东西……我不明白的是，宗教人士怎么就能说出，他们知道上帝是如何做到的。”

就在我们交谈时，绍斯塔克教授的几个学生和同事正在办公室外的实验室里安静地忙碌着。目前，他的研究团队共有16人，由博士和博士后组成。十几个长长的架子占据了实验室的大部分空间，上面摆满了各种瓶子和化学品。架子下面是工作台，在其中一张工作台上，放着一台电脑显示屏，一本打开的笔记本和一支笔。墙上和柜子上还贴着几张便利贴。这间大实验室外还有几个较小的房间，有的摆放着光谱仪（用以检测粒子的质量与其电荷量的比值，以便识别）和离心机；有的房间里是用密封罩隔离出来的无氧区，用来模拟原始地球的无氧大气；还有的房间里放着一台用来测量分子结构的精密的核磁共振（NMR）仪。当我目瞪口呆地盯着核磁共振仪时，绍斯塔克说他想再有一

台这样的机器，当其中一台暂停工作时，还有另一台可作为备用。

和许多其他研究生命起源的生物学家一样，绍斯塔克也认同一种被称为“RNA世界”的观点。这一概念最早由生物学家和生物物理学家亚历山大·里奇（Alexander Rich）于1962年提出，他认为原始地球的第一个可复制的分子不是DNA，而是RNA。这两个分子在化学上是表亲，但在某些方面存在差异。在现代细胞中，大部分DNA分子是双螺旋结构，而RNA则一般是单链结构；它们的4个遗传密码字母中有一个不相同；构成二者的糖分子也存在差异。（DNA中的糖分子来源于RNA中更简单的糖分子，这也是许多生物学家认为RNA更早出现的另一个原因。）虽然RNA和DNA都为生物体的繁殖储存信息，但RNA在细胞中还担负着其他职责：负责读取DNA分子上的遗传信息，然后将这些信息传递给细胞的另一部分，即负责生成蛋白质的部分。

20世纪80年代初，生物学家托马斯·切赫（Thomas Cech）和西德尼·奥特曼（Sidney Altman）分别证明，

RNA并不单单是被动的信息传递者，它还可以催化反应，并且独立进行自我复制，这让“RNA世界”的假说得到了极大的推动。这一发现解决了长期以来存在的“鸡和蛋”的问题：DNA的产生需要某些蛋白质的参与，而合成这些蛋白质又需要DNA的参与。RNA可以同时做到这两点：为细胞储存遗传信息，同时自我复制。RNA既可以是地图的载体，也可以是地图的制作者。

RNA因其单链结构而更易受到外界化学元素的侵袭从而分解，不如DNA稳定。随着时间的推移，在生物进化过程中，DNA取代了RNA成为遗传信息的主要携带者。但在“RNA世界”的观点看来，在最开始，RNA或许才是进行自我复制的主要分子。

绍斯塔克认为，原始细胞的内部不会太复杂，只需要RNA和其他一些简单的化学物质作为基础构建材料。这种构建的过程尚不清楚，这也是理解如何从非生命中创造生命的一个主要障碍。绍斯塔克说：“在我看来，当务之急是要弄清楚早期促使RNA复制的化学过程。”<sup>56</sup>换句话说，就是携带着细胞构建蓝图的复制分子究竟是如何实现自我复

制的。据绍斯塔克说，利用酶这种蛋白质（催化剂）和其他经过数百万年进化而发展起来的复杂分子来复制RNA是很简单的。但是他正试图重现的是，在原始地球只存在简单分子的情况下，RNA是如何实现的自我复制。“我们离成功还有一段路要走：到目前为止，我们只能复制一小段RNA以生成长度有限的互补链，还无法循环复制，也就是还不能对RNA的复制品进行再复制。我们的目标是在原始细胞内实现RNA的无限复制，因为在我们看来，倘若能够在复制小囊（隔室）内复制RNA，也许就可以得到一个符合达尔文进化论的进化体系。”<sup>57</sup>

对地球上生命起源的研究，以及实验室中从非生命中创造生命的相关尝试，引发了各种各样的哲学、神学、伦理和社会问题。其中许多问题在科学小说、学术界、宗教会议及机构中都被预见。但随着绍斯塔克等合成生物学家的成功，这些问题再次受到人们的关注。

电视剧《星际迷航：下一代》的一集中，指挥官“数据”（Data）折断了自己的手臂，看到了手腕上裸露出的乱糟糟的电线和计算机芯片。虽然“数据”是一台机器，但观众

已经把他当成人类来看待。他看起来像人，对其他角色表现出同情和友善，能够明辨是非。断掉手臂这一幕让我们感到不安，并不是因为“数据”受了伤，而是因为我们突然看到了他身体的内部机械构造。他存在的秘密就这样被公之于众。他复杂的肢体动作和思想、细腻微妙的情感，以及一个生命体看似无穷的奥秘，都被简化成流动在这些裸露电线中的电流，简化成计算机零部件中0和1的特定模式。我们感到被冒犯，觉得这违反了事物的自然秩序。

在如今这个科技飞速发展的时代——我们能够将话语和影像通过计算机传送到遥远的地方，拥有能够改善视力和听力的设备，以及能够改变自身思想和性格的药物，所有这些都是人类制造出来的——“自然”与“非自然”之间的界限已变得模糊。有人可能会说，既然我们人类是属于“自然的”，人类的大脑和能力也是“自然”进化的成果，那么我们制造的任何东西都可以被称作“自然的”。但有的人对此则不以为然。杰克·绍斯塔克实验室里创造的生物体与在岩石下潮湿的土壤中发现的生物体，二者之间存在区别吗？如果存在的话，那这个区别又是什么呢？

迈卡·格林斯坦（Micah Greenstein）是田纳西州孟菲斯市的一位杰出的拉比<sup>①</sup>，他直言，实验室创造出的生物是没有灵魂的。“灵魂是所有生物体内的生命力量，无法被量化。”他说，“它是所有生命形式的活力特征。狗有灵魂。它们会呼喊，会像人类一样表达怜悯与爱。人类的灵魂被赋予了善待其他生命以及地球的能力。我相信，即使人类真的创造出了生命，也无法将我所说的这种灵魂注入‘原型人类’或‘原型狗’的体内。我们称灵魂为**人格**，称之为每个人的独特标志。在一篇优美的米德拉什<sup>②</sup>中，格林斯坦谈到了硬币制造者和上帝之间的区别。硬币制造者会在每个谢克尔<sup>③</sup>上打上相同的标记，它们是完全一样的。上帝为每个人注入‘灵魂’，所有人都有着相同的精神天赋，但没有哪两个人是完全相同的。每个人都有着独一无二的印记。”<sup>58</sup>

有神论者们担心，人类创造生命这一行为似乎僭越了

---

① 拉比（rabbi），犹太教学者或教师，尤指犹太教律法研究者或传授者，通常是犹太教领袖人物。

② 米德拉什（midrash），犹太教中解释和讲解《圣经·旧约》的布道书卷。

③ 谢克尔（shekel），古希伯来的金质或银质钱币。

上帝，侵犯了本应由上帝独享的领土和知识。这种担忧由来已久。在弥尔顿的《失乐园》（成书于1667年，即开启了现代科学源头的牛顿时代）中，当亚当向天使拉斐尔询问天体力学的问题时，拉斐尔给出了一些模糊的暗示，他告诉亚当，“伟大的建筑师/精明地将其余部分隐藏了起来/不想让人或天使知道/不泄露他的秘密/他们浏览了那些秘密/必将大为赞叹。”<sup>59</sup>1996年，英国胚胎学家伊恩·维尔穆特（Ian Wilmut）博士从成年绵羊体内提取细胞，克隆出一只名为“多莉”的小绵羊，这无疑是科学上的成功，但伦理和神学的警钟却响彻全球。“多莉”的创造被《纽约时报》描述为“撬开了当代最禁忌同时也是最诱人的一扇大门。”<sup>60</sup>克隆是一个复杂的问题，人们必须区分治疗性克隆（治疗疾病）与生殖性克隆（生产新生物体）。在克隆人类的问题上，绝大多数宗教团体都表示坚决反对或持高度怀疑态度。即便只是克隆了一只绵羊，当这一成果被宣告后，不少人还是感到不安。多篇文章的标题都带着“扮演上帝”的字眼。盖洛

普<sup>①</sup>的一项调查结果显示，即使在今天，仍有66%的美国人认为克隆动物“在道德上是错误的”，31%的美国人则表示其“在道德上可以接受”。<sup>61</sup>

露丝·法登（Ruth Faden）是约翰斯·霍普金斯大学的生物医学伦理学教授，也是该校伯曼生物伦理学研究所的创始人，她从“道德地位”的角度阐述了人造生命的问题。一个生命实体的“道德地位”决定了它的权利和价值，也规定了在对待它时我们人类应尽的道德义务。20世纪有过一场关于堕胎以及胎儿是否拥有道德地位的争议，“道德地位”一词也是在这时候流行起来的。法登教授专门与我探讨了合成生物学有关的问题，她说：“生命是如何形成的重要吗？当然，对于科学来说，这很重要。但对于被创造出的生命本身呢？我们应该将它和在岩石下发现的生命区别对待吗？对一些人来说，在伦理领域，有机实体和无机实体之间有一条明确的分界线。生命体有价值，而无机物没有。道德地位问题存在着巨大争议。”<sup>62</sup>她表示，对于信教的人

---

① 盖洛普（Gallup）为美国知名的民意测验和商业调查咨询公司。

来说，“我们可能重新定义了生命的火花最初是在何处闪耀的”。她补充道：“对于非宗教人士来说，灵魂并不重要，重要的是感知。”也就是说，判定某一生命体是否享有一定的道德地位，应依据其是否具有感觉和意识。感觉和自我意识不是那么容易能确定的，但无论怎么划分，在未来的某个时刻，生物学家很可能能够创造出有感知能力的生命体。

至少对于《星际迷航》的创作者和编剧来说，指挥官“数据”是享有道德地位的。那维克多·弗兰肯斯坦创造出来的生命有道德地位吗？拥有学习和交流能力的计算机呢？依照格林斯坦拉比的想法，这些东西都没有灵魂。但其中一些是有感知能力的，无论“感知”一词被如何定义。20世纪八九十年代帮助柬埔寨重建僧伽的佛教僧人约·霍·克马莱（Yos Hut Khemacaro）曾告诉我，佛教徒并不相信灵魂之说，他们会接纳人造的生命形式，并且认同它们的“道德、价值和尊严，只要我们在它们身上看到与‘自然’生命相同的特征”。<sup>63</sup>

部分学者将合成生物学置于（技术总体呈指数级高速

发展，并需要对其进行约束的）社会发展大背景下进行观察。社会和政治倡导者、伯克利大学遗传学与社会中心前主任理查德·哈耶斯（Richard Hayes）说：“我们正处在或者非常接近于人类历史的一个转折点。不管是这种新型技术还是那种特殊应用，都不再仅仅是利与弊的问题。我觉得我们应该深吸一口气，往后退一大步，给自己时间和空间，从社会、政治和技术的维度，全方位地评估一下我们所处的位置，以及我们如何走到了这里，又想要去往哪里。我们需要划定界线。倘若我们允许科学家去创造一个单细胞，而它能够，比方说，非常有效地吸收空气中的二氧化碳，那何不允许科学家创造一个双细胞的生命体来提高吸收效率，或者创造出拥有200或2000个细胞的生命体来清理海洋污染物呢？为什么不能允许创造拥有某些人类认知能力的鱼形或鼠形生命体，训练它们以用于多种目的呢？如果这也可以的话，那么为何不允许创造人类和猿类的杂交物种，以使其执行更有用的任务呢？”<sup>64</sup>

当然，这其中还涉及安全问题。20世纪70年代初，斯坦福大学的保罗·伯格（Paul Berg）将SV40病毒的DNA与

普通大肠杆菌的DNA进行重组，得出一种新的DNA杂交环。伯格计划将这种人造的重组DNA重新插进大肠杆菌中。但他终止了这一实验，因为人们担心这会创造出一种自然界中从未出现过的新生物体，并可能引发不可预测的后果。当时，美国国家科学院组建了一个委员会，来考察DNA重组研究的安全性问题。1974年，在该委员会发表报告之后，科学家们呼吁，在明确风险之前，暂停全球范围内某些种类的DNA重组研究。委员会在报告中提出：“一些人工重组DNA分子或被证明存在生物危险性。”<sup>65</sup>在40多年后的今天，随着指导方针的落实，DNA重组技术在研发新型疫苗、蛋白质治疗（如人工胰岛素）、血液凝固因子和基因治疗方面发挥了巨大作用。

更近的一次安全事件发生于2010年，当时，J. 克雷格·文特尔（J. Craig Venter）及其同事制造了一组基因，这些基因是现有细菌基因的变体，随后，文特尔将其植入一种自身DNA已被移除的细菌中，让合成基因接管了该细菌。这一成就惊动了奥巴马领导下的总统调查委员会。在这份题为《合成生物学和新兴技术的伦理学问题》（“The Ethics

of Synthetic Biology and Emerging Technologies” ) 的报告中，委员会写道：“文特尔研究所的研究及合成生物学学科，正处于生物学和遗传学长期研究发展新方向的早期阶段。去年5月 [文特尔的成就] 的宣布，虽然在许多方面有着非凡的意义，但无论从科学还是从道德角度来说，都不意味着创造了生命……为了人类和环境的福祉，委员会认为，不管是在能够确定和降低所有风险之前，暂缓合成生物学的研究，还是不顾可能的风险，任由‘科学自由生长’，都是不谨慎的决定……因此，委员会提出一个折衷的办法——建立一个持续的、谨慎的警戒系统，时刻仔细监测、识别以及降低潜在的或者已然出现的危害。”<sup>66</sup>

1981年，伟大的理论物理学家理查德·费曼在去世的前几年，接受了BBC电视节目《地平线》( *Horizon* ) 的采访，当被问及关于诺贝尔奖的问题时，他回答：“瑞典学院里的某人觉得哪项工作足够崇高，就决定授予这个奖，我觉得这没有任何意义——我早已获奖。奖品就是发现时的乐趣，发现时的兴奋，以及见证它 [我的工作] 有用武之地，这些才是实实在在的……”<sup>67</sup> 杰克·绍斯塔克也有一个诺贝尔奖，

并且他十分清楚自己的研究在神学、伦理学和哲学方面的影响。此外，他也意识到合成生物学在医学和商业领域的广阔前景。（20世纪90年代，他和两位同事一起创立了一家生物技术公司，生产新型蛋白质。他回忆道：“尽管这家公司在商业上并不成功，但这是一次非常有趣且受教良多的经历。”<sup>68</sup>）但驱使着绍斯塔克和其他从事基础研究的科学家们的——让他们在实验室和办公室工作到深夜，无心思考其他问题，有时甚至忽视了家人和朋友——正是费曼所说的“发现时的乐趣”。我们这颗星球上的生命是如何开始的？第一个自我繁殖的细胞是什么样子的？我们如何从非生物物质中创造出一个生物，从无生命物质中创造出一个蠕动的、生长的、能进化和繁殖的生命？没有什么问题比这更深刻了。但不仅是因为问题深刻，驱动科学家们的动力是发现事物的原始乐趣，以及作为第一个了解自然中某些方面的人所享有的无可比拟的兴奋。

当绍斯塔克教授和我谈论他的研究时，尽管他的声音很平静，但我仍能感受到他的热情。在自传中，他是这样描述自己制造原始自我复制分子（他称之为“改良核酸”或

“遗传聚合物”）的工作的：“看到实验室里的人开发出新的合成改良核酸的方式，这令我十分兴奋，但等待模板导向聚合实验结果的过程是令人煎熬的。从我们目前的研究情况看，还不清楚是否会有多种方法来解决遗传聚合物的化学繁殖问题，可能解决方法只有一个，也可能一个都没有，但无论如何，这种探索令人兴奋。”

绍斯塔克在科学中享受的乐趣与费曼有一个重要的不同之处。作为一名理论物理学家，费曼独自开展工作。相比之下，绍斯塔克和如今大多数生物学家都是合作研究，周围有一个由博士、博士后及其他同事组成的团队。这是一项社交性更强的事业，而这种陪伴为绍斯塔克和其他高级生命们带来了额外的乐趣。当我对绍斯塔克教授的采访接近尾声时，他对过去10年进行了总结：“我最喜欢做的事是与其他同事、学生和博士后交流。拥有一个实验室最大的好处之一，就是能够帮助年轻人成长。”



MI

ND



思想



## 1000亿

我们大脑中神经元的数量，差不多等于一个星系所有恒星数量的总和：1000亿。每每想到这点，我都震撼不已。神经元组成了我们的意识结构以及思想，恒星组成了巨神眼中发光的宇宙物质。也许我不该过分强调这一巧合。不过，它仍会令我们想到自己在宇宙中所处的位置，就如哥白尼和达尔文曾提醒并且指正我们的位置一样。

我们不仅是宇宙中的物质，更是产自恒星的精密物质。我们体内的每一颗原子，都是在恒星的核反应熔炉中锻造出来的，之后随着这些恒星的爆炸被抛向太空，经过几百万年的旋转凝结而形成行星，然后变成单细胞生物，并最终成为人类。我们的的确确就是宇宙的一部分。人们普

遍认为宇宙中存在两种物质——一种是无生命的物质，如岩石、水、行星和恒星；另一种是有生命的物质，它们被赋予了一些超自然的、超凡的品质。可事实上，宇宙只有一种物质，那就是原子。岩石、水、空气、树木，及其人类，所有这一切都是由相同的原子构成的。

尽管如此，我们的知觉、喜爱或憎恨的情感、自我意识和自我反思、记忆，以及那些画家、哲学家和科学家的微妙感受，所有这一切仅是一堆原子结合的结果，这怎能不令人震惊？这怎么可能呢？英国哲学家柯林·麦金（Colin McGinn）认为，我们永远无法理解意识，因为我们永远无法走出自己的思维去分析意识。我们必然会被困在1000克重的湿润的灰质中，带着这种限制去思考和感知。<sup>69</sup>无论麦金是对是错，我们必须承认，任何关于物理宇宙的讨论，都是以我们的感知、语言以及我们建造的仪器为基础的。任何对世界的体验，都离不开记忆以及记忆的动态多变。我们人类的思想必然是我们所描述的现实的一部分。不论我们研究什么，动物、植物、核反应、细胞分裂、DNA、行星、恒星，我们自身必然会参与其中，因为我们无法跳

出自己的思维进行思考。因此，科学家和数学家帕斯卡在思考宇宙中的无限小和无限大时把人类囊括了进去，也就顺理成章了。不过，正如我之前所说的，我们不应该惧怕这种无限。相反，我们应该拥抱它。我们是其中的一部分。

许多年前，我第一次带我2岁的女儿去看海。我把车停在离海还有一段距离的地方，下车时我们还看不到海面，然后我们穿过一片宽阔的沙地，上面有低矮的沙丘、螃蟹壳，还有笛鸽在那里跑了又停，停了又跑。最后，我们翻过一座沙丘。大海就在眼前，绵延不绝，直到与天空融为一体。那是我女儿第一次领略到无限。有一瞬间，她的表情凝固了。随后，又绽放出灿烂的笑容。

## 微笑

三月的一个星期六。男人慢慢醒来，伸手摸了摸窗玻璃。气温回升了，可以不用穿保暖内衣了。他伸了个懒腰，然后穿好衣服出门晨跑。回来后，他洗了个澡，炒了份鸡蛋当早餐，然后就坐在沙发上读起了《E. B. 怀特随笔》(*Essays of E. B. White*)<sup>①</sup>。中午时分，他骑上自行车去书店。在那里待了几个小时，绕着书架左翻右翻。之后踩上自行车往回骑，穿过小镇，经过家门，直奔湖边而去。

同一天早晨，女人醒来，起身径直来到画架前，拿起

---

<sup>①</sup> E. B. 怀特(1899—1985)，美国当代著名散文家、评论家，代表作品有《精灵鼠小弟》《夏洛的网》与《吹小号的天鹅》。

蜡笔继续完成她的画作。一个小时后，她对画面的光线效果很满意，于是放下画笔去吃早餐。她麻利地穿好衣服，走进附近的一家商店，给浴室选了扇百叶窗。在商店里她遇到了几个朋友，和他们一起吃了午饭。之后，她想一个人待着，就开车来到了湖边。现在，男人和女人站在木码头上，望着湖面，凝视着水面上的波纹。他们还没有注意到对方。

男人转过身来。于是一系列事件开始向他传递女人存在的信息。女人的身体反射出的光瞬间以每秒10万亿个光粒子的速率进入他的瞳孔。<sup>70</sup>光线穿过瞳孔后，接着又会穿过一个椭圆形的晶状体，然后再穿过填满眼球的果冻状透明物质，最后到达视网膜，并被视网膜中上亿个视杆细胞和视锥细胞所接收。<sup>71</sup>

处于强光反射路径上的细胞能接收到大量的光，而阴影反射路径上的细胞接收到的光就非常少。例如，女人的嘴唇正在太阳下闪闪发光，将高强度的光反射进男人的视网膜中心偏东北方向的一小片细胞上，而女人的嘴唇边缘相对较暗，所以相应地，在男人的视网膜上，中心偏东北

那一小片细胞附近的细胞所接收到的光就少得多。

每个光粒子在眼睛里遇到视黄醛分子后就结束了它的旅程，视黄醛分子由20个碳原子、28个氢原子和1个氧原子组成。<sup>72</sup>在休眠状态下，每个视黄醛分子都附着在一个蛋白质分子上，并且其第11个和第15个碳原子之间发生扭转。当接收到光线后——就像现在，每秒大约有3亿亿个视黄醛分子受到光粒子的刺激——视黄醛分子便延伸其结构并与蛋白质分子分离。经历过中间几个步骤后，它又会再次扭转过来，等待新的光粒子的到来。而从男人望向女人的那一瞬间到现在，还不到千分之一秒。

视黄醛分子的活动，会触发神经细胞（或神经元）做出反应。先是眼睛，而后传入大脑。<sup>73</sup>例如，一个神经元刚刚开始活动。它表面的蛋白质分子会突然改变形状，阻止周围体液中带正电的钠原子的流动。这种带电原子的流动变化会引起细胞内的电压的变化。在不到2.54厘米的距离内，这种电信号会传递到神经元末端，促使特定分子得以释放，这些分子会移动0.000 025 4厘米的距离，到达下一个神经元，完成信息的传递。

女人的双手放在身体的两侧，脑袋倾斜了5.5度，她的头发刚好及肩。这些信息以及其他更多的信息，都被男人眼中各种神经元的电脉冲精确编码了。

又过了若干千分之一秒，电信号到达神经节神经元，这些神经节神经元聚集在眼睛后面的视神经中，将其接收到的信息带到大脑，确切地说是将电脉冲传送到初级视觉皮层。初级视觉皮层是一个层叠的组织，厚度约为0.254厘米，面积为12.903 2平方厘米，总共有6层，包含了1亿个神经元。第四层首先接收信息，并进行初步的分析，然后将这些信息传递给其他层的神经元。在每一个阶段，每个神经元都会收到来自其他1000多个神经元的信号，并对其进行整合——其中一部分信号会相互抵消——然后再将整合结果传送给其他1000多个神经元。

大约30秒后，在几百万亿反射的光粒子进入男人的眼睛并被处理完毕后，女人向他打了声招呼。在那一瞬间，她声带中的空气分子被挤压到一块，然后分开，再挤压，像弹簧那样传入男人的耳朵。声音从女人的声带传入男人的耳朵大约花了1/50秒（两人相距6米多）。<sup>74</sup>

振动的空气迅速传至他双耳中的鼓膜。鼓膜是一片椭圆形的薄膜，直径约为0.8厘米，在耳道中呈55度角倾斜。<sup>75</sup>鼓膜会因空气的震荡开始振动，并且带动3块细小的骨骼一起振动。小骨骼的振动又会引起耳蜗（形状如有两圈半螺旋纹的蜗牛壳）中液体的波动。

声音就是在耳蜗里完成破译的。耳蜗内有一层非常薄的膜，它会随着液体的波动而起伏，在这层基底膜上有着粗细不同的丝状物，犹如竖琴上的弦。远处传来的女人打招呼的声音，就在这琴弦上弹奏着。她的声音从低音开始，在末尾时逐渐升高。耳蜗内的丝状物对此做出精确反应，先是较粗的丝开始振动，然后是较细的丝。最后，数以万计的丝状物共同将它们特殊颤动传给听觉神经。

女人打招呼的声音，以电的形式，沿着听觉神经奔向男人的大脑，穿过丘脑，到达大脑皮层的一个专门区域，进行进一步处理。最后，大脑上千亿个神经元中的大部分，都会参与计算刚刚传入的视觉和听觉数据。钠离子通道和钾离子通道不断打开、关闭。电流沿着神经元纤维加速流动。分子流向一个又一个神经末端。

所有这些过程都是已知的。而我们不知道的是，为什么大约一分钟后，男人微笑着走到了女人的面前。

## 注意力的剖析

每时每刻，我们的大脑都要受到来自内部和外部的信息轰炸。每秒光双眼就要向大脑传递上千亿个信号。双耳接收到的声音信息也如雪崩般铺天盖地。大脑内部还有思想碎片，有些是有意识的，有些是无意识的，它们沿着神经元四处游荡。这些信息大多是随机的，无意义的。要保持头脑清醒，我们就必须要忽略掉其中的大部分。但显然不能忽略全部。我们的大脑是如何选择有用信息的呢？我们为什么会注意到烟雾报警器的警报声，而忽略了水龙头滴水的声音？我们是如何意识到某种刺激，甚至意识到“意识”本身的？

几十年来，心理学家、哲学家和科学家们提出过多种

思维的认知模型，针对人们关注事物的过程展开辩论。但根据现代科学家的观点，“思维”并不是非物质的或者脱离于身体之外的。所有关于思维的疑问，最终都必须通过对物理细胞的研究来获得答案，通过大脑中上千亿个神经元的详细运作来解释。在这一层面上，问题就又变成了：神经元是如何向彼此和认知指挥中心发出信号，并传递出“我有重要的事情要说”这一信息的？

在我去神经科学家罗伯特·德西蒙（Robert Desimone）的办公室拜访他时，他对我说：“几年前，我们还满足于了解在不同的刺激下大脑的哪些区域会有反应。但现在，我们想知道其背后的机制。”<sup>76</sup>德西蒙是麻省理工学院麦戈文脑科学研究所的主任。当时60多岁的他看起来很年轻，身材匀称，穿着蓝色细条纹休闲衬衫，头发只有些许灰白。他整洁的办公室里有一个书架，上面摆着一张他两个孩子的照片，墙上挂着一幅名为“神经花园”的大水彩画，描绘了一片纠缠在一起的神经元森林，它们细长的轴突和树突像肥沃土壤中的树根一样向下卷绕。

在2014年发表于《科学》杂志上的一篇文章中，德西

蒙和他的同事丹尼尔·巴尔德奥夫（Daniel Baldauf）报道了一项实验，揭示了注意力的物理机制。<sup>77</sup> 研究人员准备了两种图像，一种是人脸，一种是房屋，并向受试者连续且快速地出示这两种图，就像电影中略过的一帧帧画面一样，并要求他们专注于观察人脸而忽略房屋（或者相反）。这些图像以不同的频率闪动——每2/3秒出现一张新的人脸图像，每1/2秒出现一张新的房屋图像。与此同时，使用脑磁图技术（MEG）和功能性磁共振成像（fMRI）来监测受试者大脑的电活动频率，以此来确定在处理不同图像时，具体是大脑的哪个部分在工作。

科学家们发现，即使这两组图像以几近重叠的方式呈现在眼前，但它们依然是由大脑不同的部位来处理的：处理人脸图像的，是颞叶表面的一个特定区域，专门负责识别人脸；而处理房屋图像的，是邻近的一组独立神经元，专门负责识别位置。

最重要的是，德西蒙和巴尔德奥夫发现，这两个区域的神经元的表现存在差异。当研究人员告知受试者只关注人脸而忽略房屋时，负责识别人脸的区域同时被激活，就

像一群人在齐声吟唱；而负责识别房屋位置的神经元则像一群人在唱着不同步的歌，每个人随机地从歌曲的任意部分插进来各唱各的。而当受试者只关注房屋而忽略人脸时，这两个区域的情况就会反过来。此外，大脑的另一部分，额叶中一处弹珠大小的被称为“额下联合皮层”的区域，似乎扮演着协调指挥的角色，因为这一区域总是稍早于另外两个区域发射信号。显然，我们所谓“关注”在细胞层面的反映，就是一群神经元的同步放电，这些神经元发出的有节奏的电活动的音量，要超出大量神经元群制造的背景噪声。或者如德西蒙所描述的：“这种同步的吟唱，使相关的信息能够更有效地被大脑其他区域‘听到’。”

20多年前，恩斯特·尼布尔（Ernst Niebur）和克里斯托弗·科赫（Christof Koch）首次猜测了注意力和神经元同步性之间的联系。2001年，德西蒙成为第一批用详细案例证明这一点的科学家之一。作为该领域的先锋，德西蒙也提到了其他几位领军人物，如索尔克生物研究所的约翰·雷诺兹（John Reynolds），他综合利用物理学、神经生理学和神经计算建模，来研究同时出现在视野中的物体（如网格

中同时出现几处高光格子)是如何争夺大脑的注意力的。同时,普林斯顿大学的扎比内·卡斯特纳(Sabine Kastner)最近开始比较人类和猴子在视觉任务中的注意力表现。哥伦比亚大学的迈克尔·戈德堡(Michael Goldberg)最近发现,在注意力集中的过程中,大脑中一处叫作“侧顶叶区”的特殊区域会对视觉信号和认知信号进行“总结”。德西蒙已为神经科学领这一不断发展的领域培养了超过35名人才。

我问德西蒙,神经元合唱团的指挥者,即额下联合皮层,为什么可以知道应该注意哪个特定的刺激。在德西蒙的实验中,他要求受试者将注意力集中在人脸或房屋上,但如果出现意外的刺激,比如一头咆哮的狮子或暗恋的对象突然出现,那情况会如何呢?“我们目前也不清楚这个问题的答案。”德西蒙说。那么一团嘈杂的声音又是如何做到同步的?它们是否仅通过内部沟通就能做到这一点,还是需要一位外部的“导演”来协调?听到我的第二个问题,德西蒙突然笑得跟个孩子一样,随后,他从包里掏出6个小型节拍器。他把一块木板架在横着的两个空柠檬汽水罐身上,

再把节拍器并排立在木板上。然后，他拨动节拍器，此时的它们彼此不同步。可几分钟后，所有的节拍器都在同步地滴答作响。它们完全通过木板的振动来进行沟通，并达到彼此同步的状态，没有借助任何外部的东西。当然，神经元之间的沟通方法有所不同，每个神经元都会放射出数百条如树根状的细丝，以此来传递化学信息。德西蒙的节拍器实验表明，一些神经元可以在没有外部指挥的情况下自行进入同步状态。但是，哪些神经元过程是自我组织的，哪些需要更高层次的认知指导，这个问题还没有得到答案。

在我的拜访即将结束时，我向德西蒙询问了“意识”这一看似奇特的体验，在我看来，这也是人类存在中最深刻、最令人不安的方面。一团由血液、骨骼和胶状组织组成的绵软物质，怎么就能变成有知觉的生物呢？它又是怎样意识到自己与周围环境的不同，如何发展出“自性”（self）、“自我”和“我”这些观念的？德西蒙毫不犹豫地回答说，“意识”这一问题被过分神秘化了。“随着我们对大脑的详细机制了解得越多，”他说，“‘什么是意识？’这种问题将变得无用且抽象，最终会不再被人提起。”在德西蒙看来，意

识只是用以概括心理参与体验的一个模糊指代，我们正一步步地根据单个神经元的电和化学活动对其进行剖析。他抛出一个比喻。想象我们看见一辆疾驰的汽车，有人可能会问：驱动这辆汽车的东西是什么？但当他了解了汽车的发动机、火花塞点燃汽油的过程以及汽缸和齿轮的运动后，他就不会再问这个问题了。

我是一名科学家，也是个唯物主义者，即便如此，在走出德西蒙的办公室时，我却感到莫名地失落。尽管我无法道出确切原因，可我总不愿见到我的思想、我的情绪、我的自我意识沦为神经元发出的电刺激。

我宁愿我的存在，至少有一部分是神秘的。

## 永生

8月初，我躺在吊床上，思考着死亡。100年后，我已经不在了，但眼前这片云杉和雪松仍会有一部分在这里，风吹过它们时，听起来仍像远处的瀑布。土地的曲线也不会改变。我漫步的小径可能还在，不过应该会有新的植被覆盖其上。海岸边的岩石和岩架，包括那条我很喜欢的、形状像某种大型动物关节背的岩架也都还在。有时，我会坐在那处岩架上，想着它会不会也记得我。甚至我的房子可能也还在，或者至少混凝土基柱在咸湿的空气中慢慢瓦解。但最终，当然，即便脚下这片土地也会转移、变换、溶解。物质世界中没有什么永恒。一切都在改变和消逝。

换言之，我认为生与死之间的界限可能并没有那么明显。我开始相信，死亡是逐渐发生的，是意识消失的过程。

让我来解释一下。从科学的角度来看，我们是由原子这一物质组成的，而且仅由这一种物质组成。确切地说，人类平均由约 $7 \times 10^{27}$ 个原子（7000亿亿亿个原子）组成，其中，65%为氧原子，18%为碳原子，10%为氢原子，还有3%的氮原子，1.4%的钙原子，1.1%的磷原子以及其他零散的54种化学元素。我们所有的组织、肌肉和器官都是由这些原子组成的。而且，根据科学论点，除此之外再无其他。在外星智慧生命的眼中，我们每个人似乎都是一个原子的集合体，嗡嗡地发出各种电能和化学能。可以确定的是，这是一种特殊的原子集合体，毕竟石头可不能像人一样活动。但是我们所体验到的如意识和思想等精神感觉，据科学所说，都是神经元之间纯粹物质的电和化学相互作用的结果，而神经元也不过是原子的组合体。当我们死后，这种特殊的集合体便会瓦解，原子仍旧存在，只是分散在各处。

值得特别说明的是大脑。科学认为，大脑是自我意识

的来源地，是记忆储存之所，那难以捉摸的“自我”和“我性”（I-ness）也形成于大脑之中。德西蒙等神经科学家对大脑进行了非常详细的研究，成果颇丰，但仍然有许多未知。不过大脑的物质性是毋庸置疑的。有充足的证据表明，信息的处理和储存是由被称为“神经元”的脑细胞完成的。普通人的大脑中约有1000亿个神经元，每个神经元通过长长的细丝与其他1000到10 000个神经元相连。这些神经元的电和化学成分基本上都已被掌握清楚了。

尽管我们已知大脑本质上是物质的，但意识的感觉——“自我”与“我性”——是如此强大和令人信服，是我们存在的根本，却又如此难以描述，以至于我们赋予自己和其他人以某种神秘的品质，某种宏伟的、非物质的本质，远非其他非生物的原子集合体所能及。有人说，这种神秘的东西就是灵魂。也有人说，它是“自性”。还有人说，它是意识。

我们无法通过科学去讨论人们通常所理解的灵魂。但意识及与之密切相关的自我则不然。人们感受到的意识和自我，难道不是由无数个神经元连接，无数次电流和化学

元素的流动而引起的幻觉吗？如果你不喜欢“幻觉”这个词，大可以用“知觉”来代替。你可以说，神经元中某些电流和化学元素的流动所引起的精神知觉，我们冠之以“自我”之名。这种感觉植根于物质性的大脑之中。我在此强调大脑的物质性，没有任何贬低它的意思。人类大脑充满着各种天马行空的想象，可以进行自我反省和思考，也正因如此我们才是最高级别的物种。但我还是得说，它完全是由原子和分子组成的。如果外星智慧生命详细检查一个人类，他/她/它会发现，人体内是流动着的，当电流经过神经细胞时，钠离子通道和钾离子通道不断开合，乙酰胆碱分子在突触之间移动。但他/她/它无法在人体内找到“我”。我认为，“我”和“意识”是我们为所有这些电流和化学元素流动所产生的感觉起的名字。

如果有人从我的脑子里把神经元一个一个地拆下来，我可能首先会失去一些运动技能，然后是记忆，接下来可能是遣词造句的能力、识别面孔的能力、判断方位的能力……这取决于他从哪部分开始拆。在这个过程中，我将变得越来越糊涂。与我的“自我”和“自性”有关的一切都

会慢慢地陷入混乱的泥淖之中，逐渐消失不见。穿着蓝色和绿色消毒大褂的医生，将拆下来的神经元一个个地丢到金属碗中。每一个都是一粒小小的灰色的胶状小团，连着轴突和树突。它们很软，所以丢在碗里的时候，你一点声音也听不到。

同样，穿着蓝色和绿色大褂的医生也可以通过从零开始构建大脑来创造意识，每次一个神经元，精细地安排神经元之间的连接。医生可能会将一些神经元连接到一个设备上，以监测它们在一起时的电活动。一个又一个神经元，被一次又一次地连接起来。起初，你只能感觉到噪声。但也许在某一时刻，突然发生了变化，出现了一串连贯的信号，也许是德西蒙的节拍器同步摆动时的声音，大致翻译过来就是：“呀，有什么东西在捣乱。”

如果我们把死亡设想为虚无，我们就无法想象它。但是如果我们把死亡设想为意识的完全丧失（理解身体是物质原子的排列的人会支持这种看法），那么我们会随着意识的消退和溶解而逐渐接近死亡。生与死之间也就不再有绝对的界限了。

神经科学家安东尼奥·达马西奥（Antonio Damasio）提出，意识具有不同的层次。<sup>78</sup>最低层次为“原我”（protoself），拥有“原我”的有机体能够执行生存的最基本过程，但再无其他能力。阿米巴虫就属于此类。这一层次的有机体与意识没有什么关系。几乎可以肯定的是，阿米巴虫的神经元还远远够不到产生思想和意识所需的最低数量。接下来是“核心意识”，它是自我意识以及在当下进行思考和推理的能力，但不包括几分钟前的记忆。拥有“核心意识”的生物体，远比阿米巴虫高级得多，它可能会对周围的世界以及自己在这个世界所处的位置有所了解，但这种了解仅存在于当下这几分钟之内。一些患有脑部疾病的人就只有核心意识，他们不能形成超过几分钟的新记忆，不记得过去发生了什么，只在极少数的时刻能想起来一些。大部分时间里，他们无法回忆起过去的人际关系或他们爱过的人和爱过他们的人。他们无法为未来打算，被困在了当下。

意识的最高层次是“扩展意识”，是所有健康的人都拥有的意识。有了扩展意识，我们既可以生活在当下，也能够记住过去的大部分生活。我们可以记住基于过去经验而

形成的世界观，也能记住这些经验带给我们的价值体系，我们可以记住自己喜欢什么，不喜欢什么，去过哪里，遇见过谁。正如大多数心理学家所理解的那样，自我同一性的形成可能需要扩展意识——也就是长期记忆——的参与。这些都是复杂的问题，还没有被完全理解。

人类大脑的缓慢分解，无论是由我想象中的穿着大褂的医生动手，还是由神经疾病引起的大脑退化所致，都可能令大脑从扩展意识跌落到核心意识，再到原我。或者，这一过程可能并不会如此有序，也可能这里失去一块扩展意识，那里又丢了一点核心意识，直到最后只剩下原我。无论过程如何，一个人都是从拥有完整意识开始，以类似阿米巴虫的存在结束，只能凭借生物学家们对“活着”一词的定义来判断他们仍然活着。以完整的生命开始，以死亡或相当于死亡结束。这一过程可以逐渐发生，所以人们可能能够意识到自己的意识正在日渐丧失。

早期痴呆症患者的亲身描述，能最好地帮助我们掌握以这种方式接近死亡的知识。痴呆症早期，大脑还有足够的理解能力去理解和表达正在发生的事情。到了后期阶段，意

识已经衰退、消失于混乱的深渊。在这片中间地带的某个地方，自我意识溶解不见了。这是一个严峻的课题。

我的一些至亲之人就经历过不同形式的痴呆症。我们中的许多人不会以这种令人沮丧的方式死去，我自己也不愿意去想它。但是意识以及意识的丧失，与我今天对生与死之间界限的思考相关。对于不相信来生的人来说，意识是一个有趣的主题。在唯物主义者眼中，一个原子集合体曾经拥有一个排列有序且正常运作的神经元网络，而现在这个神经网络不在了，我们给这种情况起了个名字，叫“死亡”。

从科学的角度来看，除了上述内容，我无法相信其他的东西。但我对这幅图景并不满意，正如我不满意德西蒙对意识的解释一样。在我的脑海中，我仍然可以看到我的母亲像生前那样在跳波萨诺瓦舞，跟随着节拍欢快地摇摆。我还能听到我父亲讲他的笑话。我常常想，我死去的母亲和父亲，他们现在在哪里？我知道唯物主义对此的解释，但这并不能缓解我对他们的思念，我也无法接受他们已经不在了这一事实。

我有件事要坦白。虽然我相信自己只是一个原子的集合体，相信我的意识正随着一个个神经元的消逝而消逝，但我仍然对意识抱有幻想。我会接受这种错觉。100年后，甚至1000年后，我体内的一些原子仍将留在这里，留在我躺着的地方，对此，我十分欣慰。未来，这些原子不知道自己是从哪里来的，可它们曾经是我的一部分。有些曾组成了我脑袋里关于母亲跳波萨诺瓦舞的记忆；有些曾是我住过的第一间公寓里的酸臭味的记忆；有些曾经是我的手的一部分。如果此刻我可以给我身体中的每一个原子贴上标签，在每一个原子上印上我的社会保障号码，那么在接下来的1000年里，不管它们如何在空气中飘浮、与土壤混合、成为某种花草或树木的一部分、在海洋中溶解然后再次漂浮到空中，它们都有迹可循。有些无疑将成为其他人——某个具体的人——的一部分。有些将成为其他生命的一部分，其他记忆的一部分。或许这也是一种永生。

## 童年的幽灵房

银色的飞机在空中飞行，鸟瞰地面，下面布满了房屋和道路的微缩模型，科学的奇迹让我看到了这一切。继母亲后，我的父亲也离世了，从那时起，所有事情仿佛都透着些许奇怪，似梦非梦。我正飞回孟菲斯，那是我童年生活过的地方，此行是去处理父亲的后事，最后再看一眼我们住过的房子。

我坐在帕尼拉面包餐厅的餐桌旁。午饭后，我要开着那辆租来的车去樱桃圈西路。我原本希望我的兄弟们能一起回来，但他们不想再看到老房子。几个月前，我们已经把房子卖了出去。我望向窗外的白杨大道，想起街对面曾有一家名叫“欧曼屋”的小餐馆。在学校舞会和派对结束后

的深夜，我和高中时期的朋友们常会去那里吃熏洋葱汉堡、杂烩土豆和黑底馅饼。

时间到了。我开着那辆租来的车出发了。上次回到这个家还是两年前，那时候父亲还在家里等着我。他待在房间里，坐在轮椅上。即使当时已经四月份了，他也还穿着暖和的毛衣和柔软的居家拖鞋，腿上放着一本摊开的书。我开着车拐进樱桃圈西路，驶过一排熟悉的房屋。时值春天，花开正盛。但有些不太对劲，房子不在了。房子原来的位置出现了一个洞。我在车道上缓慢挪动，把车停好。我感觉很糟糕，恍惚间觉得我好像已经不在自己的身体里了。我的身体像是那遥远、寒冷的月亮。这里原本有一栋两层楼的房子，有粉色的砖墙、白色的门廊柱和天窗。可现在，我透过空旷的空气能直接看到另一边的灌木丛和树木。眼前的地上只有一片新草。连一块砖头、一处残骸碎片都看不到。

我慢慢地下了车，胃像打结了一样，紧张地绕着那片本该矗立着我们房子的草地走了一圈。这块地太小了。我盯着车道，目光随着它蜿蜒到街上，那条曲折的街道旁长

着挺拔的木兰，我和兄弟们曾拿着花园的水管围着它追逐嬉戏。我盯着周边的房子和草地后面的栅栏，心想着是不是自己搞错了。

我往后退了一步，眨了眨眼睛。但这里只有沉默、死寂的空气，可这儿原来是一栋房子，也曾是生活在此处的生命的小小宇宙。厨房里木制餐桌上的炸鸡和土豆泥，衣柜里的衣服和抽屉，栗色灯光下的家庭作业，我和兄弟们玩的警匪游戏，父亲在早晨刮胡子、在晚上看电视。我试着将房子和其中的一切放回原处，厨房、卧室、衣橱，父亲在练习吉他，母亲在长镜前穿衣。我试着在意念里将它们变成实体。曾几何时，它们就在这里。

某位粗心的神明剪断了我生命的丝带，将我过去的60多年与我剩余的生命一分为二。过去的那一段已经落进黑暗的永恒之中，或者消失于虚无。直到这一刻之前，我一直确信过去仍然存在，它在琐事的空隙里，在照片里，在书里，在我的身体曾经到过的地方。我试着在脑海中让时间倒流。我走到一朵凌乱的杜鹃花旁，在这个空旷的角落，在我脚下的位置，我曾被噩梦惊醒，然后钻进哥哥的被窝

躺在他的身边。我们的床相隔2米，房间里有一张靠墙的书桌，一个衣橱，地板上有一块白色的羊毛地毯。在房间不远处，我曾帮父亲把船桨抱出来，我们准备去湖上游玩。二楼有个小房间，只有一个吊着的灯泡用来照明，房间里有一张桃木桌，上面摆着皮革包覆着的书籍，母亲常坐在那里用左斜体写信。我眼前浮现了她穿着浴袍坐在书桌前的样子，双腿在椅子下紧张地抖动着。

我努力回想自己今天早上是从哪里过来的——另一个城市，另一个房子，还有我的妻子，以及在我打包简单的行李时她说的话。我试着回想她的脸庞、她的头发，还有她身上穿的衣服。我试着回想我们昨天晚餐吃了什么。破碎的图像在我脑海中掠过，还夹杂着零散的话语。神经科学家说，记忆并不单纯像录像机那样回放，而是收集各处的神经元片段，然后拼接，是游移的气味、无规则的视觉碎片，以及半透明的感受叠加在一起。这一切都存在于特定分子的电流涌动。神经科学家还说，人脑中无数个神经元之间的联系会随着时间的推移而改变。果真如此的话，意味着宇宙会在我们的头脑中不停地变换、再变换。

我的记忆错乱了。我希望我的兄弟们都在这里。我想见到那些在我生命中出现过的人，和那段被剪掉的丝带。我们需要相互印证一下各自的记忆。他们也曾生活在这所房子里，但他们有自己的大脑，他们有自己的无数个神经元，神经元之间又有着变幻莫测的联系。有些哲学家说，我们对于自己头脑之外的世界一无所知，我们只能了解自己头脑中那些飘忽不定的东西，那个在悠长而曲折的记忆走廊里，在房门半掩的辽阔的精神房间里，在想象力的吊灯下喋喋不休的幽灵。

如果你的记忆和眼前3米外的景象不匹配，那它们哪一个是真的？椅子。气味。兄弟。你真正熟悉的是什么？你如何证明今天早上打开的抽屉和昨天晚上关上的是同一个？数十亿的神经元编造出了它们的故事。

记得在我12岁那年，父亲想要量身定做一件衬衫。裁缝来到家里，和父亲在一楼中间的一间卧室里碰面。那间卧室离我现在站的地方大约有3米。父亲那时应该是41岁，身材瘦小，五官俊秀。裁缝的软尺在我父亲的脖子上绕了一圈，他们像老朋友一样随意交谈，一起大笑。我竭力想

听清确切的字句。我以前从未见过这个裁缝，但他和我父亲的关系十分融洽，这使我感到平静。一位友善的裁缝来到家中给父亲量尺寸，为他做一件新衬衫的那个世界是可信的。眼前的世界依然可信吗？我现在就站在这里。我现在就站在曾经的地方。在等待，在倾听。

这一切都是我的想象。甚至包括我自己。确切地说，是“自性”拥有的感觉，超出了原子和分子的集合，也超出了神经元的刺激。所有化学和电流的颤动，产生了意识的幻觉。爱默生写道：“梦幻把我们交给梦幻，而幻觉是永无止境的。”<sup>79</sup>此时此刻，我的身体离开了我。物理学家说时间是相对的。在这里，在这个曾经是一栋房子的空间里，时间也已经消解。我被时间欺骗了，也被时间打败了。

一辆园林绿化车朝这里驶来。它停了下来，车上下来了两个人，带着几把铲子、几株植物和几袋肥料。其中一个人不解地看了我一眼，似乎在问我为什么会在这里，他没有理我，开始撒肥料，挖土。或许我根本不在这里。我看着他们，想象着能将他们看透，就像我能看透原本是房子的那片空气一样。

他们不知道这里曾经的样子，只是继续自顾自地挖土、栽种植物。在他们眼中，这里只是一片空地。他们的神经元与我不同，他们有自己的记忆柜。也许此时此刻，他们想到的是自己的花园和庭院，自己去过的地方，女朋友或妻子。不知道明天我还会不会记得这两个人。在接下来的几天里，我可能会记得他们现在的样子，穿着牛仔裤和靴子，戴着墨镜和手套，其中一个还抽着烟。但这个画面会变得越来越模糊，直至消失，就像曾经在这里的房子一样——它是从前的一部分，如今已不复存在了。

我回到了几个小时前待过的餐厅。这里的一切都和我记忆中的一样。在笔记本电脑上打字的人。燃气壁炉里的蓝色火焰。口袋里的一张纸提醒我明天就要飞离这里。我从前认识的一个人坐在桌旁，我应该没有认错。“大卫。”我喊了他一句。他好像没有听见。

## 为无序辩护

在印度南嘉寺（Namgyal monastery）有一种仪式，佛教僧侣会在仪式中创作图样精美复杂的彩色沙画曼荼罗。<sup>80</sup>每一幅曼荼罗的直径达3米，需要耗时数周才能完成。作画期间，几个身着橘色长袍的僧侣弓着身子跪在一个平台上，刮擦金属小瓶。沙子从小瓶的细孔中挤出，一次只有几粒，落入由粉笔准确勾勒好的位置。慢慢地、一点点地，古老的图案便绘制成了。等到大功告成，僧侣们念上一段经，停留一小会儿，然后5分钟内把沙画全部抹掉。

虽然我没有亲眼看到过这个仪式，但我在东南亚旅游时见过不少曼荼罗。在佛教里，曼荼罗的创造和毁灭象征尘世的无常。这一仪式也让我想起有序和无序在世界核心

处的玄妙的共生关系。

有些出人意料的是，无序不只存在于大自然，更是大自然的养料。行星、恒星、生命，甚至时间之箭都依赖着无序。我们人类也一样，尤其是当我们把随机性、新奇性、自发性、自由意志和不可预测性等概念与无序捆绑在一起的时候。或许我们可以把这些概念都归类于超自然。与无序对立的有序，则与系统、规律、理性、模式、可预测性等概念相关。虽说这两个概念集的关系不像黄昏与黎明那样对应，但它们也有许多共通之处。

从现代美学中就能看出，我们本能地被有序和无序同时吸引着。我们喜欢事物具有对称性与有规律可循的模式，但我们也渴望着些许的不对称。英国艺术史家恩斯特·冈布里奇（Ernst Gombrich）认为，虽然人类在内心深处偏爱着有序，但绝对有序的艺术却很无趣。“不管我们如何去分析规则结构和不规则结构之间的差异，”他在出版于1979年的《秩序感》（*The Sense of Order*）一书中写道，“最终我们必须能够说明审美体验方面的一个最基本的事实，即审美快感来自对某种介于乏味和杂乱之间的图案的观赏。”<sup>81</sup>

当太多有序的事物摆在面前，我们就不再感兴趣。而太多的无序，也无法让人感兴趣。我妻子是个画家，她习惯在画布的一角抹上一道色彩来打破平衡，好让作品更吸引人。可见，我们的视觉偏好介于乏味与困惑之间，介于可预测性和新鲜感之间。

对于有序与无序的联结，人类总是很矛盾的。我们有时倾向于有序，有时又会被无序吸引。我们尊重原则、规律和秩序。我们探求事物背后的成因，讲究逻辑上的论据。我们追求可预测性。不过，并非每时每刻都是如此。总有一些时候，我们也看重自发性、不可预测性、新奇性和不受束缚的个人自由。我们喜爱西方古典音乐的严谨结构，也喜欢爵士乐自由的节奏和即兴的韵律。我们被雪花的对称感吸引，也迷恋着天上云朵捉摸不定的形状。我们喜爱纯种动物的规律性特征，同时也赞叹“混血儿”的美丽。我们会尊敬那些循规蹈矩、秉公正直的人，但我们也同样尊重打破常规的生活方式，并颂扬自己的那些狂放不羁、出人意料的行为。我们人类真是奇怪而又矛盾的生物。而我们的宇宙也同样奇怪。

从科学与艺术的对立中，我们也可以看到有序与无序之间的创造性张力。公元前250年，阿基米德提出了浮力原理：任何浸没在液体中的物体，不管是完全浸入还是部分浸入，都会受到一个向上的作用力，且这个作用力与排开液体的重量相等。<sup>82</sup>作为史上最早的量化自然定律之一，它预示着科学时代的到来。这条定律也可以表述成，当排开液体的重量等于物体的重量时，放入液体中的物体便停止下沉。为了证明这一简洁的定律，阿基米德想必曾经一遍又一遍地实验，探究不同形状、体积的物体浸入各种不同液体（如水和汞等）后产生的影响。（彼时古希腊的集市上已经有天平了，用来给小麦、咸鱼、玻璃、铜块和银块称重。）

显然，质量与力构成的物理世界是符合逻辑的，是理性的，是可量化和可预测的。然而在阿基米德时代的两个世纪以前，苏格拉底——这个身材矮壮，长着蒜头鼻和鱼泡眼的不停游荡的智者，柏拉图等人口中的“比起人类更像萨提尔”的人<sup>83</sup>——却颂扬疯癫的创造力：“那个灵魂没有被灵感击中过的人，来到神庙前，以为可以靠艺术的帮

助人殿。我说他和他的诗都不准进来。与疯人相较，理智的人永远无法望其项背。”<sup>84</sup>我们经常把创造力与标新立异、惊奇以及心理学家和神经科学家所谓发散性思维联系在一起，发散性思维指的是一种用自发和无序的方式探索解决问题途径的能力。与之相对的聚合性思维，则用更符合逻辑、更有序或按部就班的方式解决问题。法国数学家庞加莱（Henri Poincaré）就曾在1910年称，他某项数学发现的过程，就是在两种思维方式之间的来回切换：

有那么15天，我竭尽全力想证明，不存在其他与我所谓富克斯函数相似的〔数学〕函数。那时候我特别无知。我每天坐在写字台前，待上一两个小时，尝试了各种组合却一无所获。有一天晚上，我打破了生活规律，喝了杯黑咖啡然后失眠了。想法源源不断地涌出来。我感觉它们在不停碰撞，直到环环相扣，换句话说就是产生了稳定的组合。到了第二天早上……<sup>85</sup>

毋庸置疑，是发散和聚合两种思维方式协同作用，点燃了我们的部分创造力。

自苏格拉底颂扬疯癫诗人后的2000年里，都没有人详细阐述过无序在自然中的关键作用，这一任务后来落到了德国物理学家鲁道夫·克劳修斯（Rudolf Clausius）头上。1822年，克劳修斯生于波美拉尼亚（一个被德国和波兰分占的地区），在柏林大学接受教育。<sup>86</sup>或许是受其严谨的父亲的影响，克劳修斯过着很有原则的生活。1888年去世时，他的兄弟罗伯特这样回忆：“他最明显的性格特点就是真诚和精确，任何程度的夸张都违背他的本性。”<sup>87</sup>

和爱因斯坦一样，克劳修斯也是一位理论物理学家——换言之，他的所有成就，包括他在无序问题上的开创性成果，都是由纸笔演算的数学的功绩。1850年，克劳修斯成为柏林皇家炮兵与工程学院的物理学教授。同年，他发表了关于无序的伟大论文《论热的动力》（“On the Moving Force of Heat”）。<sup>88</sup>在文中，克劳修斯表明，物理世界的变化与从有序到无序的必然运动息息相关。若是没有向无序运动的潜能，宇宙的万事万物就永远不会变化，就

像被紧紧固定好的一排多米诺骨牌，或一幅被锁在保险箱里的佛教曼荼罗，南嘉寺僧侣的扫帚永远碰不到它。克劳修斯论文的标题出现了“热”这个词，因为人们经常把无序的增加与从高温物体向低温物体的热传导联系起来——但这个概念其实更宽泛。在后来的一篇论文中，克劳修斯创造了“熵”（entropy）这一术语，来量化无序的程度。这个词由希腊语里意为“在里面”的έν（en），和意为“转变”的τροπή（tropē）构成。于是，熵增与宇宙的转变、运动和变化联系了起来。无序越多，熵就越大。《论热的动力》的最后两句话这样写道：

1. 宇宙的能量是恒定的。
2. 宇宙的熵趋向于最大值。

有序不可避免地屈服于无序，熵不断增加直至无法再增加。正是这一运动推动着世界运作。干净的房间蒙上灰尘。庙宇缓缓坍塌。我们慢慢变老，骨头变得脆弱易碎。恒星终会燃尽，将它们的热能尽数释放到寒冷的宇宙

中——然而在这一过程中，它们为周围的行星带去了温暖和生命。无序的无情增长是我们赖以生存的养料。

就像我在《大爆炸之前是什么？》里讨论过的，甚至连时间之箭这样基本的事实都是由有序到无序的运动支配的。因为随着我们向未来进发，一切都从有序变得无序，甚至可以说时间流逝的方向就是无序的增加。事实上，如果没有这些变化，我们根本没法分辨这一刻和下一刻。也就不存在时钟，鸟儿也不会飞，树叶不会划过空气从树上掉下来，万物更不会呼吸。宇宙会是一张绝对永恒静止的照片。

为什么是“有”而不是“无”？（这类问题让物理学家和哲学家夜不能寐。）这一深奥问题的答案也是无序。为什么会存在任何形式的物质，而不仅仅是纯粹的能量？从科学角度看，这一问题与反粒子的存在有关。科学家于1931年预测反粒子，并于1932年发现了它们。每一个亚原子粒子，比如电子，都有一个反粒子孪生兄弟——除电荷相反和某些其他性质的差异外都一模一样。至于这对兄弟中的哪一个叫“粒子”，哪一个叫“反粒子”，只是约定俗成罢了，就像“南极”和“北极”。当粒子与反粒子相遇，它们将彼此

摧毁，除了纯粹的能量什么都不剩。

假如在宇宙诞生之初，粒子与反粒子的数量相等，就能推断出在这样一个完全对称的宇宙中，一切物质早在几十亿年前就应该被彻底摧毁了，只剩下纯粹的能量。没有恒星，没有行星，没有人类……一切有形的物质都不存在。那我们又为什么在这儿？为什么所有粒子没有和它们的反粒子兄弟一起消失呢？

这一让物理学家头疼的难题，在1964年终于有了答案。通过当时的一系列极为精密的实验，人们发现粒子和反粒子的行为方式并不完全相同。二者与其他粒子相互作用的方式会表现出细微的不对称性<sup>89</sup>，所以在宇宙创生之初，产生与摧毁的粒子和反粒子数量其实不等。在大批粒子与它们的反粒子携手湮灭后，一些粒子会留下来，就像在舞会上落单找不到舞伴的男孩，孤独地坐在长凳上。这些被剩下的粒子以及使之成为可能的不对称性，便是我们存在的原因。

无序不只存在于物质如何构成自身的细枝末节里，在生命本身的深层结构中也有无序的踪迹。无序在生物学中

的最著名的例子，或许是基因的“洗牌”——有时是通过基因突变，有时则是病毒及其他生物体的基因转移。借由这些随机过程，生物体得以尝试不同的身体构造，而这些身体结构是在很多情况下不可能出现的。这些基因轮盘的旋转可不是安排好的，它们的结果也无法提前知晓。假如没有“洗牌”，生物就会局限于少量死板的设计。很多生物会灭绝，因为它们无法适应环境条件的变化，地球的生物多样性也会大大减少。

生物学中另一种与无序有关的著名过程叫作“扩散”。扩散指的是不平整的物质或能量团会被原子和分子的随机碰撞“抹平”。我们可以自己实验一下，比如把一桶热水倒进装着冷水的浴缸里。一开始，浴缸中心会形成一块高温区域，周围则是凉的。然而热水很快与冷水混合，直到温度均匀分布。这就是扩散。借用克劳修斯的话来说，扩散不消耗任何能量，但它能增加无序——在这个例子中，无序就是混合热量——从而引发转换和变化。如果没有分子的随机碰撞，扩散就不会发生。热水和冷水就会各自占据浴缸的一边，互不相干。

扩散也是将维持生命的物质运输到全身的一种关键机制。以氧气这种制造能量时不可或缺的气体为例，我们每一次吸气，都在肺里聚集了高浓度的氧气。遍布肺部的微小血管的含氧量则相对较低，这使得我们赖以生存的气体从肺里“扩散”到血液中。这种定向运动其实是由随机碰撞导致的，因为后者趋向于将氧气分子从高浓度区域运输到低浓度区域。如果没有这些随机的“敲敲打打”和“横冲直撞”，肺里的氧气就会被困在原地，体内的细胞也就会因窒息而死。

可是这些微观领域的例子，包括克劳修斯关于熵的深刻洞见，都没能解释人类为何同时着迷于有序和无序——我们既尊敬老实体面的人，又爱特立独行者。我们的灵魂深处似乎有某种原始的冲动，早在克劳修斯或苏格拉底之前的远古时代就已印刻下来。或许这种对矛盾属性的接纳，赋予了我们数百万年前的祖先一种适应性优势。从演化的角度来看，有序意味着可预测性、模式和可重复性，它们都使得我们能够做出准确预测。当我们想知道猎物什么时候会穿过树林，庄稼应该什么时候种下的时候，预测就很

重要了。显然，预测对我们的生活非常有帮助。与此同时，惊喜、机遇和新奇能给我们带来的好处，或许更出人意料。如果我们过得太安稳，就无法应对变化，比如在一条我们走过上千遍而从未遭遇意外的路上，突然出现一只大老虎。而且因为害怕偏离我们熟悉的日常，我们也不愿冒险了。这样就不难理解为什么我们演化得既渴望可预测的事物，又渴望不可预测的事物。

如果对新奇事物的渴望给我们的祖先带来了生存优势，那么我们应该能在基因中找到证据。研究人员最近发现了一种叫作DRD4-7R的（等位）变异基因，它还有个令人耳目一新的名字：“漫游癖基因”<sup>90</sup>。大约20%的人拥有这种基因，它似乎与人们喜爱探索和冒险的癖性有关。我们希望部落的大部分成员待在家里、循规蹈矩、脚踏实地，这当然没错。但我们也需要一小部分人踏上危机四伏的征程，寻觅新的猎场和意外的机遇。“有证据表明，与追求新奇、冲动等性格特征相关的那些等位基因，也与风险投资行为相关，”<sup>91</sup>新加坡国立大学心理学教授、DRD4-7R研究的领导者之一理查德·保罗·埃布斯泰因（Richard Paul Ebstein）

说，“有这种基因的人似乎更倾向于冒险。”不过，其他生物学家也正确地指出，不太可能是某个单一基因控制了冒险和追求新奇等性状，更有可能是一组基因协同作用的结果。

既然有序和无序都明显对人类有益，我们有必要反思一下自己总把事物分成极端对立的两极的倾向，至少在西方是这样；而且我们还预设了价值的高低，掺杂了默认的偏好——高产和懒惰、理性和非理性、热和冷、光滑和粗糙、白和黑。或许我们其实应该把这些对立看作一种有益的平衡。

中国人自古以来就明白这个道理，比如古时候儒家<sup>①</sup>就有“阴阳”的概念：所有事物都是作为不可分割的矛盾对立面而存在的。“阴”与女性、黑暗、北面、衰老、柔弱、寒冷联系在一起；而“阳”则代表男性、光明、南面、年轻、强硬和温暖。阴阳的标志是两个纠缠着的漩涡，一黑一白，大小相等，两个漩涡中间都包含着对方颜色的一个

---

<sup>①</sup>“阴阳”为中国古代哲学的复杂思想，并非单由儒家提出。此为作者原作的错误，现予以更正。

圆点——这意味着阴阳和谐共生，没有哪个能主宰另一个。与之相反，典型的西方思维则是试图通过将一切都一分为二，从而简化这个令人困惑的世界。这种思维方式在某个阶段是有效的，可当我们凑近观察潜伏在表象背后的复杂性时，二分法就行不通了。如果我们最终得以站在更高的维度，就能重新找到简单与和谐。宇宙歌唱着有序，但也歌唱着无序。我们人类寻求可预测性，但我们也渴望新事物。或许，帕斯卡的“虚无”与“无限”也是阴阳平衡的一部分。

今天的工作行将结束。我正在听安东·布鲁克纳（Anton Bruckner）的《第九交响曲》，这位奥地利作曲家从1887年开始创作这首作品。<sup>92</sup>交响曲的开场渐次展开主题。而第二乐章谐谑曲听上去很邪恶，好像隐瞒着什么黑暗的秘密。第三乐章慢板中的几段则深深吸引了我。在一段连绵不绝的悦耳弦乐（也许预示着即将揭示秘密）后，声音变得越来越不和谐，音量也越来越大，直到我们听到雷鸣般的号声，粗粝而刺耳，接着是无数撞击声，就像海浪奋力拍打海岸。然后，是一段寂静无声。弦乐再次渐起，宁

静而抒情。悦耳和刺耳不断交替，直到乐章结束。我不禁想到，如果没有与不和谐的片段紧挨在一起，和谐的那几段还会听起来那么美吗？没有黑暗做伴的明亮，没有粗糙做伴的光滑，以及失去了表面上无序之物做伴的有序还会美丽吗？当然还有布鲁克纳自己，和我们所有人一样不过是诞生于偶然——细胞在这个不可思议的世界里随机碰撞，带来了不可思议的生命。

## 神迹

“摩西向海伸杖。耶和华便用大东风，使海水一夜退去，水便分开，海就成了干地。以色列人下到海中走干地，水在他们左右做了墙垣。”

《出埃及记》( *Exodus* ) 中的这段话，描绘了《圣经》中最著名的神迹之一。古往今来，在世上的任何一片海洋中，风从来都没能创造一个供人类行走的通道。用科学的话来说，要达成如此奇观，需要高度定向的柱状风以飓风的强度持续吹动，只有在20世纪的人造风洞中，才能小规模地制造出这种现象。但早在3000年前，红海的海水就分开了。它是由摩西指示上帝完成的。这是一个“神迹”，与自然法则相悖，是“超自然”事件，除非求助于神的干预，否则无

法解释。

2013年哈里斯民意调查显示，在接受调查的美国人中，有74%的人相信上帝，72%的人相信神迹。<sup>93</sup>神迹通常与上帝或其他神灵相关，它们不仅出现在犹太教和基督教中，世界上所有的主要宗教都有神迹的传说。伊斯兰教有穆罕默德指月两半；在印度教中，圣人吉纳内德瓦（Saint Jnanadeva）<sup>①</sup>在被告知自己没有资格背诵吠陀经时，把手放在一头水牛身上，水牛就开始吟诵吠陀经文；大多数佛教徒认为，所有的生物都会经历死亡和重生的轮回，在穿过各种非物质领域后，重生进新的肉体中。

神迹，顾名思义，存在于科学之外，与物理世界的理性图景互不相容。然而，即使在这个科学和技术高度发达的社会，大多数人从手机、汽车以及其他科学产品中获益，但依然有很大一部分人相信神迹。可是，大部分人对此并没有过深入思考。我一个伯母确信，她死去的父亲每隔几个月就会

---

① 吉纳内德瓦，也译为甘内胥瓦拉或者格涅殊哇，是印度历史上著名的圣人和伟大的诗人，著有《甘内胥瓦吏》和《不朽的体验》等。

去她家和她说话，她买了一台录音机——科学的产物——来记录他的声音。（从那以后，鬼魂就再没有来访过了。）

神迹来自想象的、梦幻的、欲望的世界，而科学来自实用的、富有逻辑的、秩序井然的世界。我一直对人们能够同时生活于这两个截然不同的世界充满好奇。显然，它们都反映了我们内心深处的一些重要的东西。

人类历史上长期存在着看似违背自然的神迹，不过与此同时，我们也在追求将自然条理化，并将其属性纳入自然法则。自然法则通常以数学的形式来表述。最重要的例子就是牛顿的万有引力定律：当两个物体中的其中一个质量增加1倍时，两个物体之间的引力就会增加1倍；当两个物体之间的距离减半时，引力就会增加4倍。（数学公式为 $F=Gm_1 m_2 /d^2$ ）这是牛顿为了解释行星的轨道而推导出的一个规则，它可以用来预测宇宙中任何一处的物质是如何在引力的作用下相互影响的。根据牛顿的定律可以推导出：由于月球的体积约为地球的1/4，质量约为地球的1/100，所以你在月球上的重量大约只是你在地球上的重量的1/6。（这一事实并没有出现在我看过的节食的书。）

另一个例子，你可以自己测试一下：让一个重物从约1.2米高的地方掉落到地板上，并且记下它坠落的时间。应该是0.5秒左右。再将高度调整为2.4米，对应的时间约为0.7秒。4.8米则是大约1秒。不断调整高度重复这一过程，你会发现，高度每增加4倍，时间刚好翻倍，这是伽利略在17世纪发现的定律（数学公式为 $t = \text{常数} \times \sqrt{h}$ ）。有了这个定律，你就可以预测物体从任何高度坠落的时间。你已经亲眼见证了自然界的规律性。

为什么自然应该是有定律的？你可以想象一个这样的宇宙，其中的事件随机发生，没有任何依据，也不存在任何规律。一辆手推车可能突然飘浮在空中。白天可能变成了黑夜，然后毫无征兆地又变回白天。在这样的宇宙中，科学家们当然都会失业。他们不仅依赖于自然的规律性与逻辑性，而且大多数科学家认为非理性和非数学的宇宙不可能存在。毫无疑问，自然界的规律，尤其是我们发现这些规律的能力——从阿基米德到牛顿再到爱因斯坦——给我们人类带来了一种权威感，一种舒适感、安全感，以及一种控制感。

抛开科学家们的个人意愿，自然法则已经被证明能够

发挥巨大作用。有规律和可预测的季节周期为农业的发展提供了条件。材料属性的同一使工业得以发展。当接触牛痘病毒后，T细胞以及其他抗体会源源不断地产生，使得天花这一人类历史上最强大的杀手之一得以根除。

除了这些实际应用，科学还能够高度准确地解释和预测自然界中更深奥的现象。例如，17世纪牛顿万有引力定律所预测的水星轨道旋转角度，与实际情况略有偏差。这一偏差为每世纪约0.012度，是由爱因斯坦的现代引力理论，即广义相对论成功计算出来的。

终于，科学家和广大民众如今都相信，这些定律是能够为人类所发现的。但这一信念并不一贯如此。几个世纪以来，人们都认为包括自然如何运行在内的许多知识只为上帝所知晓，超越了人类的理解范围。不管一个人是否相信上帝，现代科学的巨大成功已经向这种观点发出了挑战。从某种意义上说，科学的成功，我们人类事业的成功，使我们有底气宣告自然是有矩可循的。

上述的这些进步，导致了所谓“科学的核心要义”的出现：物质宇宙中的所有属性和事件都受定律的支配，而

这些定律在宇宙中的任何时间和地点都是正确的。科学家们并没有明确地讨论这一说法，它还只是一个假设。在我还是物理学博士生时，我的论文导师也从未提过它，但这一观念始终暗藏在他自己的研究工作以及他对学生的指导过程之中。作为一名物理学家，我最初的研究课题之一是关于星系中心的炽热的气体运动。当气体的温度足够高时，极大的热能能够产生电子及其反粒子。在研究早期，我不得不引用解释物质是如何从能量中诞生的公式，也就是爱因斯坦著名的 $E=mc^2$ 。这一公式已经在全球的许多实验室中得到证实。在计算的过程中，我从未怀疑过这一公式适用于数百万光年外的遥远星系。

哲学家们就“自然法则”究竟是自然的表现还是自然的必然性展开了辩论，后者是指自然必须无例外遵守的定律。科学的核心要义，以及大多数科学家的观点是，定律是必然的。

.....

古往今来，人类对于自然的认识是复杂的、不断发展的。地球上的每一种文化，都包含着“自然母亲”的观念。在古希腊，“盖亚”（Gaia）就是自然的化身。古罗马人称其

为地母“特拉玛特”(Terra Mater)。在古代的美索不达米亚地区，她的名字叫女神“宁桑”(Ninsun)。印度人称其为地母神“伽耶特黎”(Gayatri)。在泰国，她的名字是大地女神“帕湄托拉尼”(Phra Mae Thorani)。在毛利语里，她叫地母“帕普托努库”(Papatuanuku)。在古代社会，自然被人格化了，她可以是愤怒的、想要复仇的，也可以是慈爱的、冷漠的。许多宗教传统至今仍将各种神灵与自然联系在一起。在印度教中，散布于自然界的神明多达3.3亿个。这些神明当然不受科学规律或者任何其他规律的约束。在这样的世界观中，理性与非理性、可预测与不可预测、俗世与神迹之间的界限是模糊的。

即使是在起源于犹太-基督教<sup>①</sup>的信仰和传统中，这些界限也仍然是模糊的，否则如何解释美国人在高速公路上以每小时近100公里的速度行驶时，会转动方向盘以对方向稍做修正呢？超过2/3的美国公众相信神迹，此时的他们又

---

<sup>①</sup> 犹太教和基督教有着历史渊源，二者都是信奉“一神论”的宗教，犹太教崇拜的神是耶和华，而基督教信仰的是上帝。

转而相信科学了吗？由于我本人既生活在科学的世界（作为物理学家），也生活在艺术的世界（作为小说家），所以关于这种明显的矛盾和模糊不清是如何发生以及为何发生的，我想说说自己的看法。

神迹只有在与非神迹的、平凡的、寻常的自然现象做对比时，才能显出其意义。现代世界有能控制室内气候的建筑物，有沥青路面、人造草皮，还有能让我们与千里之外的朋友视频通话的电脑和iPhone，身处这样的世界，大多数人似乎并不能清晰地区分何为“自然”，何为“非自然”。我们对自然世界的观察几乎都需要通过人造设备这一媒介。即使在科学领域，天文学家们也不再直接用望远镜去观察太空，而是通过一种名为CCD探测器的数字设备收集图像，然后在计算机屏幕上对其进行观察。

近年来，环保运动的兴起在一定程度上提高了人们对自然的认识。阿尔·戈尔（Al Gore）<sup>①</sup>在他的《濒临失衡的

---

<sup>①</sup> 阿尔·戈尔（1948—），美国政治家，在写作《濒临失衡的地球》（1992）时还是美国参议员，后于1993—2001年任美国副总统。

地球》( *Earth in the Balance* ) 一书中写道：“我们与地球的关系并不和谐，部分原因在于我们沉迷于消耗越来越多的地球资源，这种不和谐现已表现为连续的危机，而每一次危机都标志着文明世界与自然世界冲突的危害性在加剧。”<sup>94</sup> 不过，环保意识也没能改变人与自然脱节的状况。大多数人依然生活在城市里，看不到夜幕中的点点繁星。人们在冬天给房子供暖，在夏天给房子降温，让自己免受四季交替的影响。

但是在我看来，我们的头脑之所以能够同时接受神迹和非神迹，还有一种更令人信服的解释。那就是，许多人自觉或不自觉地相信，有某种精神宇宙与物质宇宙并存。而神迹，便在这两种不同存在形式的相互影响之下产生。

如此划分会出现两个例外。第一个是“泛神论”( *pantheism* )，这是17世纪的巴鲁赫·斯宾诺莎( *Baruch Spinoza* )大力提倡的一种哲学。在泛神论中，物质宇宙和精神宇宙并不分离，只存在一个宇宙。自然就是上帝的化身。自然没有边界，自然就是一切。在这种情况下，所谓自然的科学定律只描述了自然的一部分，而另一部分，则

是科学所无法描述和预测的神迹。另一个例外是“自然神论”（deism），在这种观念中，精神宇宙与物质宇宙泾渭分明，但上帝绝不会干涉物质宇宙。两个宇宙没有交集。上帝在让物质宇宙运转起来之后便置身事外。因此，在自然神论中，神迹不可能发生。自然神论在启蒙运动中声名鹊起，它为人们提供了一种调和宗教信仰与现代科学的方法。

此外，还有一种更具挑战性的世界观：精神宇宙和物理宇宙各行其道，但会不时地相互接触，从而引发神迹。这打破了两个宇宙间原本基于自然法则的界限。在这种观点中，精神宇宙中的存在和事件有时会跨界出现在物质宇宙中。显著的例子有摩西分海、耶稣复活，以及穆罕默德指月两半。而在世俗世界里，我们中的许多人都声称自己在日常生活中经历过“小”神迹，如对前世的记忆，或者对未来发生的事情早有预感，或者袜子总会无缘无故地进入多维空间。

甚至有部分科学家也相信两个宇宙间的这种互动。哈佛大学天文学及科学史荣誉教授欧文·金格里奇（Owen Gingerich）对我说：“我相信，我们的物质宇宙是以某种方

式被包裹在一个更广阔、更深层的精神宇宙之中，在这个精神宇宙中，神迹是可以发生的。如果这个世界不是由定律主导的，那我们就无法提前计划或者做出任何决定。科学图景中的世界固然重要，但科学并不能解释所有事情。”<sup>95</sup>我估计大约有3%到5%的科学家会同意金格里奇的观点。这样的科学家显然是少数，他们相信，科学和自然的规律性在大多数时候是正确无疑的，但与此同时，上帝偶尔也会干预物质世界，并以一种科学无法分析的方式行事。

我认为，对精神宇宙的信仰，在很大程度上源于人类对意义的渴望，这里面不仅包含了个人生活的意义，还有整个宇宙的意义。虽然科学在秩序、理性和控制等方面为人类提供了心理安慰，但它没有为人类阐明意义。诸如“我为什么在这里？”“我人生的意义是什么？”“我置身于这个陌生宇宙的意义是什么？”等哲学问题，以及“在战争中杀死敌人是对是错？”“为了养活家人而偷窃是对的吗？”等道德问题，科学是无法回答的。可这些问题对我们的心理和情感生活至关重要。我们转而在精神宇宙中求索这些问题的答案，与短暂平凡的生命不同，这是一片包含着永恒

真理和指引的领域，是一处拥有某种永恒存在的领域。在这里，没有所谓逻辑、理性或者规律。

精神宇宙里可能存在着上帝，也可能没有上帝。但它通常都与宗教相关。哈佛大学哲学家、心理学家威廉·詹姆斯（William James）在他里程碑式的著作《宗教经验之种种：人性之研究》（*The Varieties of Religious Experience: A Study in Human Nature*, 1902）一书中，从最广泛的意义上将宗教特性解释为“‘有个不可见的秩序，并且我们的至善就在于将我们自己调整到与这个秩序相和谐’这一信仰”。<sup>96</sup>詹姆斯的宗教概念中提到的“秩序”，有助于我们理解何为“意义”。秩序一定是不可见的，因为我们在充满人类事务的世界中，已经见过太多混乱的、难以凭理性理解的东西。设想中的秩序给人带来慰藉和安全感，并且暗示着宇宙存在着某种目的。秩序源自物质宇宙之外，它来自精神宇宙。略显矛盾的是，对信徒来说，这一看不见的秩序有时会违反自然的秩序法则，从而造成神迹。

我承认，我是不相信神迹的。有时我也纳闷，为什么这种怀疑的感觉总是如此强烈，甚至从很小的时候就有了。

在一定程度上，我想这是由我从证明物质世界充满规律中得到满足所致。我记得在十二三岁时，我做过很多科学实验，其中一个是把钓鱼用的坠子绑在细线一端做成一个摆。我制作了不同长度的摆，用秒表记录它们摆动的时间。我曾在《大众科学》( *Popular Science* ) 还是哪本书里看到过，摆的周期——完成一次摆动所需的时间——与绳子长度的平方根成正比。我亲自验证了这个公式，并根据这个公式来预测另一个摆的周期，甚至在我做出新的摆之前，就已经知道它的摆动周期了。太神奇了，我想，这个简单的公式在我家里，在我朋友家里，在任何地方都能一次次地被印证。与我的兄弟、父母的喜怒无常和不可预测的行为相比，大自然还是可靠得多。

随着年龄的增长，我学到了越来越多自然法则的相关知识，对科学家的工作也越来越了解，我没有看到过任何精神世界存在的证据。现在似乎仍然如此，我们在物理世界中所经历的一切都可以用可重复的、普适的自然法则来解释。当然，我们还没有一套完整的自然法则，但我同大多数科学家一样，相信这样一套完整的法则是存在的。科

学的历史就是一部不断发现自然法则的历史。

与此同时，如果说有另一种现实存在于物质宇宙之外，并且可以随意进入我们这个时空，在我看来这绝不可能，因为我从没有见过任何其存在的证据。我们形成自己的世界观，须以自己或者信任之人的经验为基础。在这方面，我一直相信“奥卡姆剃刀”理论：面对解释同一事件的各种猜想，我会选择其中最简单的那一种（也就是需要最少假设的那一种）开始验证，直到它被证明是错误的。倘若物质世界中的事件都可以用自然法则来解释，为什么要引入超越自然的因素呢？在我看来，摩西分海以及其他传说没有相关文献作为佐证，也就无法证实。更何况，它们与我眼中的现实相违背。而我眼中的现实，来源于自身认识自然过程中无数次大大小小的经验，从童年时期的实验到对物理学的研究探索，再到我的日常生活。

综上所述，我仍然认为自己是一个有灵性的人。我说的灵性，是相信比自己更伟大的事物，欣赏美，遵守某些道德行为准则（如黄金法则）。灵性并不要求相信神迹。

每个夏天，我都会和我的妻子在缅因州的一个小岛上

度假，远离所有的城市。夜晚，天空很暗。有时，风平息了，潮汐沉寂，海水平静，我能看见水面上闪烁着无数的点点星光，随着海水的波动轻轻起伏、荡漾。尽管我十分清楚其中的科学原理，但我仍对这一切感到敬畏并为之深深着迷。在我眼中，这已经是神迹了。

## 自然中的孤独家园

2014年，美国阿肯色州和其他几个州遭受了龙卷风的侵袭，无数房屋毁于一旦，造成数十人死亡。同年，华盛顿州发生严重泥石流，大自然再次向世人展示了其不可思议的力量。当然，这种情况我们并不陌生。2004年发生于印度洋的地震和海啸，夺走了印度尼西亚和其他国家超过25万人的生命。2005年的卡特里娜飓风，造成至少1800人死亡和近1000亿美元的财产损失。2011年的日本海啸，致18 000多人被淹死。以及最近，2020年5月，在我修改本章时，整个世界正笼罩在新型冠状病毒狂飙的瘟疫之下。

每当灾难发生，我们都为逝去的生命感到悲痛，那些无辜的人本来在床上睡着，在田地里劳作，或者坐在办公

桌前工作，却毫无征兆地被淹死，被碾压，或被感染疾病。我们迁怒于科学家和决策者，责怪他们没有预见到即将到来的灾难，或者即使得到了预警，也没能保护我们。在悲痛和愤怒之外，还有一种更微妙的情绪。我们感受到了背叛——来自自然的背叛。难道我们不是自然的一部分吗？我们不是生于自然，靠自然中的食物喂养，接受太阳的温暖吗？难道我们不喜欢走在草地上，赤脚坐在海边吗？面对爱默生和华兹华斯无比深情地描述过的风、水和土地，还有特纳和康斯特布尔画笔下宁静而宏伟的景象，难道我们不会感到与它们有一种深刻的精神联系吗？大自然母亲怎么能这样对待我们，这样对待她的孩子？

虽然我们自觉与大自然的关系十分亲密也很和谐，但所有的证据都表明，大自然对我们丝毫不关心。龙卷风、飓风、洪水、地震、火山爆发、流行病随时随地在发生，完全不会考虑生存于其中的人类居民。

我还记得自己初次亲眼见证大自然无与伦比的力量时的情形。我和妻子租了一艘小帆船，打算前往希腊群岛度假两周。从比雷埃夫斯港出发后，我们沿着海岸线一路向

南，航行了大约五六公里才靠岸。用双筒望远镜朝岸上看去，只有远处反光的房子以及建筑物的边角依稀可辨。然后，我们行驶到了苏尼翁角的顶端处，接着便向西转向，朝伊兹拉岛驶去。几个小时后，陆地已经看不到了，其他船只也没了踪影。环顾四周，目光所及之处只有水，向四面八方延伸，直到与天空融为一体。一开始我感觉很兴奋，尔后便只觉得恐惧。因为那时正值夏季，爱琴海上随时可能刮起一种名为“美尔丹”的干燥而又猛烈的风，它可能会在晴空万里时毫无征兆地出现，并在几分钟内掀起巨浪扑向你。不知哪一刻，水墙和狂风就会无端地从地平线上冲出，向我们的小船袭来，将我和我的妻子吞没。而我知道，没有什么慈悲的神明或者海洋的意志会护佑我们。在浩瀚的大海中，我们就像一块漂流到此的浮萍。我想起了我认识的一个人，有一天他沿着阿拉斯加的海岸散步，突然就被一个巨浪卷走了。

我相信，我们在大自然中享受的舒适是一种幻觉。诚然，我们是大自然的一部分，但大自然在乎我们吗？即使地球上有地震和风暴，但这些还远无法反映大自然的力量。

在宇宙的许多其他地方，温度、大气和重力等条件比地球要极端得多，非常不适合生命生存。例如，水星表面的温度最高达427℃。海王星的温度为-218℃。天王星上的风速超过每小时900公里。有些死亡恒星的密度极高，以至于在其表面上，一枚硬币都能重10万吨以上。在过去的10年里，我们在太阳系外发现了1000多颗行星，其中许多行星的环境与地球截然不同。有一颗星球显然完全被水覆盖，大气中有厚厚的蒸汽。还有一颗星球绕其中心恒星公转一周仅需9个小时（它的一年还不及地球上的一日长）。

在所有有记载的历史中，人类对自然的态度是矛盾的。在古代，我们塑造了令人敬畏和恐惧的自然之神。巴比伦与亚述神话中的风暴之神阿达德，为庄稼送去雨水，但也给陆地和海洋带来了破坏与死亡。火神伏尔甘，既创造又毁灭，有时被人利用以消灭敌人。中国人的思想，尤其是道家思想主张人应该顺应自然以求得道德和身体的健康。在一些神话传说中，人类与自然过于接近，以至于经常被变成其他动物甚至无生命的物质。在阿兹特克神话中，双生火山波波卡特佩特和伊斯塔茨华特尔本是一对人类恋人，

后来被神变成了山。而与此相反的另一方面则是，自然不断被赋予人类的品质。华兹华斯写道：“自然从不背离热爱她的人。”自然母亲哺育和安抚着人类的观念，存在于地球上的每一种文化中。在20世纪和21世纪，一些环保主义者声称，整个地球是一个单一的生态系统，一个叫作“盖亚”的“超级有机体”。

我想说的是，我们一直在欺骗自己。事实上，自然是无意识的。它既不是朋友也不是敌人，既不怀恶意也没有善意。

自然没有目的，只是单纯地存在。我们会觉得自然很美好或者很可怕，但这些感觉都是人类构建出来的。作为有思想的生物，我们很难接受自然是完完全全无意识的。我们觉得自己与自然紧密联系。殊不知，这只是一厢情愿，完全不对等。因为另一方根本没有思想意识。而正是这种无意识，加之其不可思议的力量，令我在希腊航行时害怕不已。

2014年，联合国政府间气候变化专门委员会的报告记录了由人类导致的温室气体和全球变暖正在造成的破坏，

天气模式变化，海平面上升，干旱和风暴，还有对人类居住条件及农业的威胁。<sup>97</sup>读到这份报告时，我们要关心的不应该是如何保护地球。以自然的能力，人类是奈何不了它的，何况，它不在乎100年后人类是否还存在。我们应该关心的是如何保护自己。因为我们只能指望自己。

## 生命特殊吗？

2009年3月6日晚10点49分（根据当地历法和时间），一枚载有科学探测器的火箭以煤油和液氧为动力飞往太空。它来自一颗G型恒星的第三个行星，这颗G型恒星位于一个叫银河系的星系，距离其中心25 000光年，而银河系本身位于室女星系团的外围。火箭发射当晚，天空晴朗，没有降水，也没有风，绝对温标温度为292度<sup>①</sup>。当地的智慧生命为发射热烈欢呼。负责此次发射的政府机构是美国国家航空航天局，发射后不久，该机构就在全球计算机网络中写道：“我们的团队无比兴奋于能为全人类做出有意义的贡献，

---

<sup>①</sup> 绝对温标0度=-273.15℃，绝对温标292度=18.85℃。

‘开普勒’将帮助我们了解地球是不是独一无二的，以及是否有其他类似的星球存在。”

以上这段记述，可能出自某个智慧生命，而它所生存的星球正是“开普勒”搜寻的目标。开普勒探测器以文艺复兴时期的天文学家开普勒的名字命名，专门用来探测太阳系外的宜居行星。所谓“宜居”，就是指不能离中心恒星太近，否则水会蒸发；也不能太远，不然水会冻结。大多数生物学家认为，虽然地外生命的存在形式也许与地球上的生命相去甚远，但是液态水是所有生命存在的先决条件。开普勒在银河系中考察了约15万个类太阳系恒星系统，发现了1000多个类地行星。虽然这颗卫星已停止运行，但其所搜集到的海量数据仍在被分析着。几个世纪以来，人类一直在推测宇宙中其他地方存在生命，乃至普遍存在生命。如今，历史上第一次，我们终于可以开始回答这个深刻的问题了。

依据开普勒的探测结果，可以推断出约有10%的恒星携有一颗宜居行星，这是一个很大的比例。仅银河系就有1000亿颗恒星，更不用说其他那么多星系了，所以极有可能存在着许多其他有生命的太阳系。从这个角度来看，生

命在宇宙中是普遍存在的。

然而，从另一个更宏大的角度来看，生命在宇宙中是罕见的。这是一种参考了所有物质比例的视角，包括有生命的物质和无生命的物质。即便（由开普勒探测器所确定的）所有的宜居行星上都存在生命，宇宙的所有物质中以生命形式存在的比例也是非常小的。以地球上生命物质（即所谓生物圈）占地球总物质的比例为参考，假设其他所有宜居行星生命物质比例都是如此，我估计宇宙中所有生命物质约占宇宙总物质的100亿亿分之一。<sup>99</sup>形象一点来说，如果戈壁沙漠代表宇宙的所有物质，那么生命物质仅是其中的几粒沙。我们应该如何看待生命的这种极端稀有性呢？

正如我在前几个章节中所讲的那样，纵观历史，我们大多数人都认为人类和其他生命形式有着一些特殊的、非物质的本质，这些本质不为无生命物质所有，并且遵循着与无生命物质不同的运作原理。公元前8世纪，古埃及皇室官员库塔姆瓦（Kuttamuwa）建造了一座重达360公斤的纪念碑，以供奉他不朽的灵魂，他还要求朋友们在他肉身故去后在那里设宴，以纪念他死后的生活。11世纪的波斯

博学家阿维森纳（Avicenna）认为，哪怕在一切外部感官输入都切断的情况下，我们也能够进行思考，保有自我意识，既然如此，我们的体内一定存在着某种非物质的灵魂。这些都是活力论的观点。

现代生物学对活力论发起了挑战。1828年，德国化学家弗里德里希·维勒（Friedrich Wöhler）用无机化学物合成了有机物尿素。尿素是许多生物体内新陈代谢的副产品，在维勒之前，人们认为尿素与生命体有着独特的联系。到了19世纪晚期，德国生理学家马克斯·鲁布纳（Max Rubner）证明，人类在运动、呼吸和其他形式的活动中消耗的能量，正好等于所消耗的食物中含有的能量。也就是说，不存在任何隐藏的、非物质的能量来源为人类提供动力。近年来，即便蛋白质、激素、脑细胞和基因的结构已经被拆解到了原子层面，仍没有发现非物质存在的迹象。

然而，对美国公众的民意调查显示，3/4的人相信生命在死后仍以某种形式存在。<sup>100</sup>这当然也是活力论的一种观念。如果我们的身体和大脑只由物质原子构成，那么，正如卢克莱修在2000年前所写的那样，当这些原子在人死后

消散时，生命便不复存在。

矛盾的是，如果我们能放弃这样一种信念，即我们的身体和大脑蕴含着某种超验的、非物质的本质，如果我们能接受自身是完全由物质构成的这种想法，那么我们就获得一种新的特殊性：我们是特殊的物质。它足以取代活力论所赋予我们的特殊性。这种特殊并不在于构成我们的原子有多特殊，也不是因为我们体内有某种非物质的东西，而是因为我们的原子以一种特殊的方式排列，从而产生了生命和意识。我们人类生活在这颗星球上，总是为人生的短暂和肉体凡胎的限制而苦恼烦忧，但是我们很少思考活着本身是一件多么不可思议的事。在宇宙间那不计其数的原子和分子中，有极其稀少的一部分按特殊的排列构成了生命物质，而我们有幸成为其中之一。我们是那100亿亿分之一。我们是沙漠中的一粒沙。

.....

在塞缪尔·贝克特的《等待戈多》中，两个流浪汉被置于一座既无明确时间也无明确地点的极简抽象的舞台上，无休止地等待着神秘的戈多，刻画出了我们对存在之意义的困惑。

爱斯特拉贡：“我们昨天做什么了？”

弗拉第米尔：“我们昨天做什么了？”

爱斯特拉贡：“是啊。”

弗拉第米尔：“我的天……（愤怒地）只要你在这，就什么也没法确定。”

当然，有些问题是没有答案的。

但是，如果我们能跳出惯性思维，如果我们的宇宙观能够有所超越，达到真正让人深思费解的层次，就能发现另一种看待存在的方式。我们不仅是有生命的物质，更是有意识的物质，我们拥有如此特殊的地位，成了宇宙的“观察者”。我们对自己和周围的宇宙都有独特的感知。我们能够观察，能够记录。我们是宇宙评论自己的唯一机制。其他的，沙漠中其余的所有沙粒，都是无声又无生命的物质。

当然，宇宙不需要评论自己。完全没有生命物质的宇宙也可以顺畅地运转——它能无意识地遵循能量守恒、因果关系和其他物理学或生物学定律。宇宙根本不需要思想，也不需要任何生命物质。（诚然，在近来许多物理学家支持

的“多元宇宙”假说中，绝大多数的宇宙里是完全没有生命的。)但在笔者看来，一个没有评论的宇宙是一个没有意义的宇宙。人们会说一帘瀑布或一座山是美的，此言何意？“美”这一概念，以及所有价值和意义的概念，都需要观察者才能成立。如果没有意识进行观察，瀑布便只是瀑布，山也只是山。正是我们这些有意识的物质——所有物质形式中最稀有的物质——才能审视、记录面前这一整个宇宙的存在，才能宣称这些存在之存在。

我意识到，上述这段评论存在着一定的循环论证。这是因为，“意义”也许只有在思想和智慧存在的背景下才有意义。如果思想不存在，那么意义也不存在。然而，事实是，我们的确存在。而且我们有思想，有自己的想法。物理学家们或许会构想数十亿个没有行星、恒星或生命物质的自洽宇宙，但我们不应该忽视我们自己的平凡宇宙和我们自身存在的事实。纵使我曾说过，我们的身体和大脑只不过是原子和分子这些物质，但我们已经创造了属于我们自己的意义之宇宙。我们建立社会。我们创造价值。我们构筑城市。我们发展科学和艺术。自人类记下历史的第一

笔以来，我们一直在这么做。

正如我在《1000亿》中提到的，英国哲学家柯林·麦金认为，我们不可能理解意识现象，因为我们无法跳出自己的思维去讨论它。我们不可避免地被困在神经网络中，而我们试图分析的正是这张网络产生的神秘体验。同样地，我认为我们被禁锢在自己的意义之宇宙中。我们无法想象一个没有意义的宇宙。我们不一定是在谈论某种宏大的宇宙意义，或是某种由神赋予的神圣意义，甚或是某种长存、永恒的意义。我们谈论的是简单、具体的意义，它们也许只是寻常点滴、转瞬即逝的事件，比如湖面上一闪而过的波光，或是一个孩子的出生。无论是好是坏，意义是我们存在于这个世界的方式的一部分。

鉴于我们已然存在，我们的宇宙必定有意义，不论它宏大还是渺小。虽然我还不曾遇见过地球之外的广袤宇宙中的其他生命，但我相信它们都拥有智慧，若非如此，我会很惊讶。我还相信，这些智慧生命和人类一样发展科学和艺术，并试图审视、记录这一整个宇宙的存在，若非如此，我会更加惊讶。我们与这些生命体所共有的，不是活力论那神秘、超验的本质，而是生命本身这一罕见至极的事实。

N

FI

NI

TY

无限



## 宇宙生物中心主义

已故的杰出理论物理学家弗里曼·戴森（Freeman Dyson）在1979年曾沉迷于一个无比大胆的科学想象：在极其遥远的未来，宇宙和智慧生命的命运将会如何？这里所说的未来，不是几十万年之后，那时的地球将进入下一个冰河期；甚至也不只是几十亿年之后，那时的太阳会膨胀，变成一颗“红巨星”并吞噬地球。我们这里谈论的未来，是指数百万亿年后，太空中的所有恒星都已燃烧殆尽，行星也会在流浪恒星的引力影响下被拽离轨道，甚至被带到更远的地方。令人稍感惊讶的是，戴森写道：“如果不将智慧生命的活动考虑在内，那就不可能对宇宙的遥远未来进行详细的预测。”他接着描述了智慧生命在这个严峻的未来生

存下来的一个可能方案——将意识和记忆从血肉之躯转移到大型粒子结构中去，如漂浮的星云。为了生存，这些“智慧结构”必须进入长时间的休眠，即使在活动期间，也要对日益减少的能量精打细算。

戴森那篇名为《无尽的时间：开放宇宙中的物理学与生物学》（“Time Without End: Physics and Biology in an Open Universe”）的论文中，包含了大量的数学计算。<sup>101</sup>他并没有意识到他的预测是不确定的，因此他引用了另一位伟大的理论物理学家史蒂文·温伯格（Steven Weinberg）的一段话<sup>102</sup>：“我们的错误并不在于我们太把已有的理论当回事，而在于我们并没有对它们给予足够的重视。”<sup>103</sup>温伯格在此前不久出版了一本书，名为《最初的三分钟》（*The First Three Minutes*），书中讨论的是时间的开端，而戴森的文章想要探索的，是时间的尽头。

戴森于2020年2月去世，享年96岁。他腼腆，瘦小，像精灵一般。他出生于英国，父亲是一位作曲家，母亲是律师。在很小的时候，戴森就展现出了很高的数学天赋。他的姐姐爱丽丝还记得，弟弟身边总是堆着各种百科全书

和写满计算公式的稿纸。<sup>104</sup>第二次世界大战期间，不到20岁的戴森被英国皇家空军轰炸机司令部招募，为其计算轰炸机理想的编队模式。他曾在剑桥大学三一学院学习数学，但无心攻读博士。1947年，戴森移居美国，几年后，他在著名的普林斯顿高等研究院担任永久职位。许多物理学家都认为，戴森理应同享1965年的诺贝尔奖，因为他在光与物质如何相互作用方面的研究工作中，同时兼顾了量子物理和爱因斯坦的相对论。

戴森的头脑里总有各种天马行空的想象。20世纪50年代末，他领导了“猎户座计划”，提出可以在飞船尾部引爆原子弹来为其提供前进动力。几年后，也就是1960年，他又想出了一个现在被称为“戴森球”的东西，在他的描述中，先进文明可以在恒星周围建起一个收集光能的球体，以获得恒星绝大部分的能量输出。“戴森树”则是一种基因工程植物，可以在彗星表面的真空环境下生存，不断为人类提供适宜居住的大气环境。

戴森关于智慧生命在无限远的未来继续生存的想法，被称为“戴森的永恒智慧”。他的许多关于未来的创新畅想

十分有趣并极富争议，也有可能毫无用处，常常能为科幻小说作家提供灵感。

面对所有这些关于宇宙的沉思，人们自然而然会想到的问题是：这些思考只是为了满足智力乐趣，还是能为处于21世纪的地球上的我们带来一些关于自身的重要信息？哥白尼关于太阳，而非地球，才是我们这个星系的中心的想法，在哲学上和神学上对今时今日的我们产生了深远的影响。与之类似的是，近期发现有相当多的恒星都携有距离合适且有液态水的行星，可供人类居住。

在其诞生后的20年时间里，“戴森的永恒智慧”伴随着人们不同程度的兴趣得以逐渐流传开来。然而，1998年的一项新的科学发现撼动了这一切。天文学家发现，宇宙并没有像戴森所假设的那样，以半个多世纪以来人们所接受的那种缓慢的速度膨胀。相反，宇宙正在加速膨胀。也就是说，随着时间的推移，星系飞离彼此的速度会呈指数级增长。其结果就是，在1000亿年后，地球以及附近的星系将永远地与宇宙的其他部分隔绝，就像掉进了黑洞。光、能量或其他任何东西都无法到达地球。（那时我们的太阳早

已燃烧殆尽，时间点大约在距今100亿年之后。)我们将被困在一个尺寸有限的牢笼之内——相较地球来说很大，但放之宇宙来看很小——戴森所设想的“智慧结构”也就不可能越来越大，无法储存越来越多的信息。那时的夜空将会漆黑一片，太空变得越来越冷，所有剩余的可用能量也将枯竭。也许在那之后再过几千亿年，就是生命的终结——不只对于像我们这样的生命，甚至不只是戴森所设想的“智慧结构”那种形式的生命，而是一切的生命。这种结局不只发生在地球附近，而是会发生在宇宙的任何地方。宇宙仍会继续运行下去，直到永远，但“生命时代”终会过去。我认为，这一结果及其意义，可能比戴森的永恒智慧更加深刻。

在《生命特殊吗？》中，我讨论了生命物质在宇宙所有物质中的稀有性。要理解“生命时代”的珍贵，就必须先对宇宙中巨大的距离和时间尺度有一定的概念。日常生活很少能令人感受到自己在宇宙中的位置，但日食能为此提供小小的线索。和许多美国民众一样，我也见证了2017年8月的那次日全食。那时，正好我的女儿和女婿带着他们的孩子们来

缅因州海边看望我和我的妻子，虽说家里位置不是很好，但预计也能看到58%的日偏食。不过就在日食前几天，我们才意识到根本没有观看的装备，所以打电话四处打听哪里有可观看日食的眼镜卖。可附近所有的商店都卖光了。最后，我妻子找到了一个名叫“柴那”（China）的小镇上的一家图书馆，离我们住的地方大概一个半小时的车程，那里还有很多存货。接电话的女人说她们马上就要关门了，但她会把眼镜放在图书馆门口的一个冷藏箱里，旁边还会放上一块“量需取用”的牌子。我妻子去拿了眼镜。

与此同时，我那4岁的外孙女感觉到有什么大事要发生，便问我什么是日食。我拿出几块水果，一个代表地球，一个代表月亮，还有一个是太阳，我把它们放在她面前，用水果月亮遮住了水果太阳。她问：“你能在电脑上给我看看吗？”

她爸爸觉得用水果模拟、在电脑上看或者直接的观看体验都不妥，于是去厨房拿来一个滤盆，在露台上对着太阳投射出无数个月牙状的小光斑。

日食发生时，周围暗了下来，动物们开始表现得很奇怪。鸟儿的叫声听起来不太正常。松鼠蹦蹦跳跳的动作也不自

然——至少在我们看来是这样。帝王蝴蝶扑扇着翅膀，在花园里的细香葱周围上下翻飞，像是陷入了恍惚。看了半个小时日食也就满足了，我们放下眼镜和滤盆，继续一天的生活。

但我们有了一些深刻的认识。有那么一瞬间，我们意识到自己在宇宙中的位置，意识到宇宙万物的本质，意识到月球是一个围绕地球运行的大圆球，而地球是绕着太阳公转、同时还在自转的另一个球。此外，还有浩瀚的太空，无论我们是否注意到，那里时刻上演着壮丽的景象。

我的外孙女问我，太阳离我们有多远。这个问题我用苹果和橘子可说不清楚。于是我便回答，如果你乘坐一辆高速列车前往太阳，假设列车每小时跑320公里，那它得跑大概50年。她点了点头。

搭乘同一趟列车到达离太阳最近的恒星，需要大约1500万年。牛顿手持羽毛笔，蘸着橡树瘿<sup>①</sup>制成的墨水，潦草地写下如蛛网般密密麻麻的计算过程，然后成功地计算出了这一

---

① 牛顿时期所用的墨水，主要成分是没食子酸与硫化亚铁，没食子酸取自发酵的橡树瘿（一种蚜虫寄生于橡树中形成的球状物），再溶入亚铁盐做成墨水。

距离。（只有像牛顿那样非凡的人，才能完成这样的计算，并且使得这一成果在其一众成就当中显得几乎微不足道。）牛顿思忖着，如果恒星是与我们的太阳相似的物体，那么太阳需要离我们多远才能让自身发出的光看起来像最近的恒星那样微弱呢？这种计算的困难之处在于，该如何比较太阳的亮度与恒星的亮度。在17世纪中期，牛顿可没有电子光电池可用。不过，他十分清楚，在一年中的某些时刻，土星的亮度看起来就像一颗明亮的恒星，但它的光亮是反射的太阳光。只要计算出土星截获太阳光线的比例，牛顿就能得到他的答案：太阳系外最近的恒星距离我们约有30万亿公里。这一计算过程记录在牛顿的巨著《自然哲学的数学原理》中，只有短短的一页，标题为“论恒星的距离”。

为了表现如此之远，甚至更远的距离，天文学家们使用了一种叫作“光年”的距离单位，即光在一年内所传播的距离。用这一单位来表达的话，距离我们最近的系外恒星（半人马座阿尔法星）大约在5光年之外。也就是说，从那颗恒星发出的光线以每秒30万公里的速度穿过太空，需要5年的时间才能到达地球。

牛顿估算出的这一距离，远超此前历史上人类对距离的想象极限——远远大于地球的周长或日地间的距离（古希腊人曾估算过这两个数字）。就好比住在辛辛那提的蚁穴中的一只蚂蚁试图想象其与旧金山之间的距离。

但从天文学角度来讲，我们才刚刚开始。在黑暗且晴朗的夜里抬头看，我们可以看到头顶上那一条美丽的白色丝带。那就是我们所在的星系——银河系，一个由大约1000亿颗恒星组成的群落。如何测量银河系的大小呢？在牛顿之后的近250年的时间里，没有人知道答案。直到1912年，双耳几乎失聪的哈佛大学天文台天文学家亨丽爱塔·勒维特（Henrietta Leavitt）想出了一种全新的方法来确定遥远恒星的距离。某些恒星的亮度，会随时间呈周期性变化（即“光变周期”），这类恒星被称为“造父变星”。勒维特发现，造父变星的光变周期与其本征光度<sup>①</sup>（瓦数）有关，光度越高则光变周期越长。测得某颗造父变星的光变

---

① 一颗明亮的遥远恒星的光度可能小于附近的一颗昏暗的恒星的光度，因此在天文学中，以“本征光度”指代一颗恒星本身的明亮程度（即排除其他干扰，如气体、星际尘埃、附近其他恒星所发出的光等）。

周期时长，便可知它的本征光度。然后，将其本征光度与其在夜空中的亮度做对比，便可推测出它离我们有多远，就好比在夜晚有一辆汽车正向你驶来，如果你知道这辆车的前照灯瓦数，就可以估测出它离你有多远。造父变星分布在宇宙各处，就像太空高速公路上的宇宙距离指示牌。勒维特常被人称作“勒维特小姐”，她的一生默默无闻，没有得到任何荣誉或认可，天文学界之外几乎无人知晓她。

20世纪20年代，正是利用了勒维特的研究成果，天文学家们才能测量出银河系这根白丝带的大小，我们现在才能知道它的直径为10万光年。当时，人们还就其他天文现象展开了激烈的争辩，比如望远镜中的那些微弱的、云雾状的光斑是我们银河系的一部分，还是其他什么东西？通过确认这些星云中的造父变星，天文学家埃德温·哈勃（Edwin Hubble）确认了其中许多都是完整的星系。距离最近的一个大星系叫“仙女星座”，离我们有几百万光年。平均而言，每个星系与其邻近星系间的间隔，约为10至20个星系的直径。

这幅深远太空的图景，是由约2米高的生物绘制的，他们在众多星系之一的一个外围星球上思考着宇宙。1926年

1月22日,《纽约时报》以“天文学家观测到的另一个宇宙”为题,对哈勃的发现只发表了简短而平淡的评论:

多年来,天文学家们一直在猜测,夜幕上的各种云雾状的物体是属于我们这个宇宙,还是自成一体的“岛屿”宇宙,与我们之间的距离不可估量……埃德温·哈勃博士发表于《天体物理学杂志》上的一项研究,给出了另一个宇宙确实存在的证据。他发现,这个星系虽然完全位于地球的星系系统之外,距离我们有70万光年[这个数字比实际要小,但仍然比银河系大得多],但它与我们的星系在许多方面都存在相似性。

相较于空间,人类在时间跨度上的想象更加丰富。古印度教认为,提婆<sup>①</sup>的寿命约为100提婆年,每一提婆年相

---

① 提婆,古印度神话中的群神统称,“提婆”意为“神”“天界者”,共有三十三位。相传,他们分居三界(天界、空界、地界),每界十一位。

当于地球上的360年，所以每位提婆的寿命为36 000岁。而创造之神梵天<sup>①</sup>生命中的一天是提婆寿命长度的10万倍，约40亿地球年，这一漫长的时间单位被称为一“劫”<sup>②</sup>。显然，这些不断增长的时间长度是在完全不顾任何物理现实的情况下，通过将之前的时间不断乘以若干个10而得来的。

印度教相信宇宙运行是循环往复的，相信整个宇宙的生命周期约为100梵天年（梵天的寿命），即约300万亿地球年。巧合的是，这一数字与所有恒星燃烧殆尽所需的时间很接近。

佛教徒也用“劫”来作为宇宙时间的单位，但佛陀不愿揭示“劫”对人类来说是多少年。<sup>105</sup>不过他给出了一个生动的例子。假设你有一座大山，高2.5万米，宽2.5万米，如果你每隔100年拿丝绸拂拭一次，那么在一个劫期结束之前，这座山会被完全磨光（目前这一推测尚未得到验证）。

---

① 梵天，印度教的创造之神，又名造书天、婆罗贺摩天，也是梵文字母的创制者。与毗湿奴、湿婆并称“三主神”。

② 劫，古印度传说世界经历若干年就会毁灭一次，重新再生，这一周期被称为“一劫”。

20世纪20年代，科学家们第一次科学地、相对准确地确定了大尺度的时间。当时，地质学家利用铀及其他放射性元素的衰变率，估算出地球的历史约有几十亿年。接着，在20世纪三四十年代，在认识到太阳和其他所有恒星的能量都来自其中心的核聚变之后，天文学家和物理学家们推测出了太阳的年龄：约50亿年。

1929年，埃德温·哈勃再次分析了加州威尔逊山天文台巨型望远镜的数据，并于其中发现了宇宙正在膨胀的证据，这可能是有史以来最重要的宇宙发现。根据大爆炸模型和近些年对宇宙的观察，人们预计宇宙将永远膨胀，温度会越来越低，密度也会越来越小。正是在这样的背景下，戴森开始思考生命如何能够在遥远的未来存活，甚至永远存活下去。

现在，无论是从空间还是时间上来看，都是时候重新思考生命的稀有性了。古罗马诗人卢克莱修是最早（约公元前50年）提出地球之外存在生命的人之一。在他的伟大著作《物性论》（*On the Nature of Things*）中，卢克莱修支持纯粹的唯物主义宇宙观，以对抗神的超自然力量。他写

道：“我们无论如何不能以为只有我们的地和天曾被创造出来……没有什么是它的种类中独一份的，是单独地和唯一地长大起来的……因此必须承认在别的地方存在着其他的世界，其他不同的人类和野兽的种族。”<sup>106</sup>

在《生命特殊吗？》中我们说过，根据开普勒探测器的最新发现，我们可以估测，宇宙中所有生命物质约占宇宙总物质的100亿亿分之一。从空间上来说，生命的确十分稀有。而宇宙正在加速膨胀这一发现，则使得生命从时间的角度看也显得十分罕见。换句话说，在宇宙漫长的历史中，生命只在其中短暂的一段时间内存在。当然，所谓“短暂”只是相对的。让我详细说明一下。生命和其他复杂结构的组成，离不开碳、氧和氮等较大的原子。（甚至未来可能被视为拥有生命的计算机，也需要硅这种重元素。）而像氢和氦这种小原子，因缺少足够的结构成分而无法组成太多物质。大量证据表明，较大的原子是在恒星的核聚变反应中产生的。而第一批恒星大约在宇宙诞生10亿年后才能出现，因为巨大的气态星云需要缓慢地聚集、凝合，才能最终形成恒星。因此，“生命时代”开始于宇宙大爆炸后10亿年左

右。而另一方面，生命可能在宇宙诞生1万亿年后就不复存在了。

从10亿年到1万亿年，我们该如何看待生命时代的这一跨度？在处理如此大的数字及其范围时，可以用10的次方来思考。1万亿是10亿的 $10^3$ 倍。我们该拿什么来与之比较呢？无限肯定不行，没有什么能和宇宙无限膨胀的持续时间相提并论。我们可以将其与人类认知中物质发生质变的最长时间进行比较。那将是在遥远的未来，生命时代已经结束了很久，宇宙中的所有物质在一个叫作“质子衰变”的过程中解体。据估计，那个时代距离现在大约10亿亿亿年（ $10^{33}$ 年）。在那之后，宇宙将渐渐堕入虚无，再也不会发生任何可以想象得到的变化。

我们所认知的宇宙中最早的时间，是宇宙大爆炸后的约100亿亿亿亿亿分之一秒（ $10^{-42}$ 秒），这个时间是普朗克时间（ $10^{-43}$ 秒）的10倍。从认知的最早时间到最后的时刻（即所有物质瓦解之时），大约经过 $10^{82}$ 年。总之，在科学家们的理解中，不断演变的宇宙大约持续 $10^{82}$ 年，而生命时代只约占其 $1/10^{70}$ 。

显然，生命在宇宙中只是昙花一现，是宇宙伸展出的浩瀚时空中的一瞬。我们该如何看待这一事实？对于笔者来说，意识到生命的稀有性，让我感觉自己与其他生物有着某种从未感受过的、无法言说的联系。也许这主要是一种认知上的联系，但并非仅此而已。同为宇宙沙漠中的珍贵沙粒，共存于宇宙有限时空里相对短暂的生命时代之中，让我们和其他生命的联结显得更为紧密。尽管我可能无法接触或了解到地球以外的生命，但我也是罕有且独特的生命之一，且不会再有第二次机会。几乎可以肯定的是，在无垠的宇宙中还存在着其他有思想的生命，他们有自己的天文学家、物理学家和生物学家（还有画家和作家），他们也会得出同样的结论。我们可能永远不会有交流，但我们都意识到，自身的存在是罕见的，生命之间的联结是珍贵的。我们之间的联结体现在我们同为宇宙中的“观察者”。不过，仅仅是时间和空间上的稀有性，就足以令彼此达成这种联结。这是一种难以理解的伟大思想。但需重申的是，构成我们身体的原子来自恒星——这一认知得到了科学界的一致同意——也同样难以理解。

20世纪初，出生于阿尔萨斯的哲学家、博学家阿尔伯特·施韦泽（Albert Schweitzer）提出了一个名为“Ehrfurcht vor dem Leben”的概念，翻译过来就是“敬畏生命”。根据其自传记载，1915年的一天，40岁的施韦泽在非洲的一条河上旅行时，忽然看见阳光照得水面闪闪发光，远处是热带森林，一群河马正在河岸上晒太阳。那一刻，他感受到了对生命的敬畏。<sup>107</sup>后来，施韦泽是这样说的：“我是一个希望生存在其他希望生存的生命中的生命。”<sup>108</sup>

施韦泽的“敬畏生命”是当代“生物中心主义”的概念基础，是一种将伦理价值和联系延伸到所有生物的哲学观点，这里所说的生物显然不仅仅是人类。这种观点并不新鲜。包括佛教在内的古代宗教和哲学，早已有过类似观点。如今，生物多样性、环境保护和动物权利等方面的倡导者，常会引用生物中心主义这一概念。

开普勒探测器在过去几年中的发现，几乎可以确定宇宙的其他地方肯定存在着生命。（鉴于宜居行星的数量难以想象，地球以外没有生命就好比100万片干燥的森林从来没有发生过火灾一样。）开普勒探测器的发现，加上我们在此

讨论的生命在时空中的稀有性，才有了我所说的“宇宙生物中心主义”这一概念。我的意思是，生命之稀有、之珍贵，令宇宙中的所有生物形成了一种密切的联系。其他地外生物有着怎样的想法，怎样的价值观和原则，我们无从得知也无法想象。但是，置身这茫茫宇宙中，同为生命，彼此间应该有着共同之处。那这共同之处究竟是什么呢？“生命”的一般定义是：有着将我们自己与周围环境分开的能力，利用能源的能力，生长、繁殖、进化的能力。而我认为，在宇宙短暂的“生命时代”中，我们“有意识”的生命之间应该有着更多共同之处——见证和反思生命存在的奇观的能力。生命奇观是神秘的、欢乐的、悲痛的、颤抖的、雄伟的、困惑的、滑稽的、生长的、不可预测和可预测的、狂热的、美丽的、残酷的、神圣的、破坏的、令人振奋的。在所有生命都消失后，宇宙仍将在很长一段时期内冷酷地、无情地、坚定地继续向前。但在这短短的 $1/10^{70}$ 中，我们已经存在过，看见过，感受过，活过。

## 知晓无限的男人

在豪尔赫·路易斯·博尔赫斯（Jorge Luis Borges）的小说《沙之书》（*Book of Sand*）中，一位神秘的陌生人敲响了故事主人公的门，拿出一本圣经想要卖给他。这本圣经是他从印度的一个村庄得到的，显然已经有很多人翻阅过。陌生人说，卖给自己这本书的是一个目不识丁的乡下人，那人说书叫《沙之书》。“因为这本书像沙一样，无始无终。”翻开书本，主人公发现书页皱皱巴巴的，排版也很混乱，每一页书角上都有无序排列的阿拉伯数字。陌生人让主人公试着找到书的第一页，但这是不可能的。无论主人公如何贴近书本开头去翻，在封面和他的手之间总还有好几页，“仿佛它们是从书里冒出来的”。陌生人接着又让主人

公找到书的结尾。又是白费劲。“这不可能。”主人公说。“不可能，但却是事实，”陌生人说道，“这本书的页码是无穷尽的。没有首页，也没有末页。”陌生人停顿了一下，开始思考。“如果空间是无限的，我们就处在空间的任何一点。如果时间是无限的，我们就处在时间的任何一点。”（细心的读者们请注意：我们不可能处在时间的任何一点上。因为生命只存在于宇宙历史中一个相对较短的时期，该内容在《宇宙生物中心主义》中已经讨论过。）

千百年来，对无限的思考令人类着迷，也让人类困惑。对数学家来说，无限是一个智力游戏场，“1”可以是无限个分数之和；对天文学家来说，他们思考的问题是太空是否一直在延伸、延伸、延伸，直至无限。如果真是如此，正如大多数宇宙学家现在所相信的那样，那么将会出现无数个不确定的结果。例如，我们每个人在宇宙中都会有无数个副本。因为，即便是概率微乎其微的事件——如某一特定个体原子排列方式的构成——在无限次的试验之中，其结果也是无限的。无限乘以任何数字（0除外）都等于无限。

无限不可测量，或者至少不可能以寻常概念的尺度去

测量。将无限一分两半，每一半依然是无限。如果一位疲惫的旅客来到一家客满但有无限个房间的旅店，他完全不必担心能否入住。只需将1号房的客人移到2号房，2号房的客人移至3号房，以此类推，无穷无尽。在这个过程中，之前的所有旅客都安顿好了，而1号房可以腾出来给新的旅客。无限大的酒店总是有空房的。<sup>109</sup>

我们可以利用无限来玩思维游戏，但我们无法让无限视觉化。相比之下，我们能够在头脑中想象出“飞马”的模样。因为我们见过马，也见过鸟，所以我们可以脑海给马插上翅膀，让它飞上天。而对于无限，可就不行了。无限的不可视觉化的特性是它神秘性的一部分。

第一个有记载的关于无限的概念，似乎出现在公元前600年左右，由古希腊哲学家阿那克西曼德（Anaximander）提出，他引用了“阿派朗”（apeiron）一词，意为“无界限”或“无止境”。<sup>110</sup>在阿那克西曼德的理念中，虽然无限本身并不是物质实体，但天和地以及其中的一切物质，都从无限中来。其他古希腊哲学家认为，无限是负面的，甚至是邪恶的，因为在他们看来，一个事物无法被衡量，是这个

事物本身的缺陷所致——无限且不可衡量的“1”除外。大约与阿那克西曼德同一时期的中国人，则用了“无极”一词，意为“无界限”，还有“无穷”，意思是“没有尽头”，并且他们相信无限与虚无是十分接近的。<sup>111</sup>（帕斯卡关于虚无与无限的有趣观点，详见《虚无与无限之间》。）在中国人的思想中，“有”和“无”如同“阴”与“阳”，二者相辅相成——因此，无限和虚无的联系十分紧密。几个世纪后，亚里士多德提出，无限实际上并不存在。不过他承认一些东西具有潜在的无限性。<sup>112</sup>整数就是一个例子，任何数字总可以通过加1来得到一个更大的数。只要有耐心，这个过程就可以继续下去，但你永远不可能达到无穷大。

其实，无限有许多耐人寻味的特性，其中之一就是，你无法由此及彼。无限不是有限的简单叠加。它似乎有着完全不同的本质，尽管它的一部分看起来是有限的，比如大的数字，或者大的空间。无限本身是一个独立的存在。我们所看到的和所经历的一切，都有限、有界、有形。无限则不然。正因如此，圣奥古斯丁、斯宾诺莎和其他神学思想家将无限与上帝联系起来：上帝的无限权力，上帝的

无限知识，上帝的无处不在。<sup>113</sup>圣托马斯·阿奎纳（St. Thomas Aquinas）<sup>①</sup>说：“上帝无处不在，存于万物之中，因为祂是无穷且无限的。”

而在非物质的宗教领域之外，物理学家们相信，物质世界中可能也存在无限的事物。但这种想法永远无法得到证实，因为从有限推及无限是不可能的。

大多数人在孩童时期对无限已有了初步的认识，譬如当我们第一次仰望夜空，或航行在看不见陆地的海洋中，只能看见海面在不断延伸，直到与地平线相接。但这些只不过是无限的一缕微光，放在亚里士多德所言的整数的潜在无限性中，这才不过数到几千而已。我们对这些景象深感折服，但它们离无限还很远。

无限这个概念，时至今日仍然充满争议且自相矛盾，

---

① 圣托马斯·阿奎纳（约1225—1274），中世纪神学家和哲学家。是“自然神学”最早的提倡者之一。在其著作《神学大全》（*Summa Theologiae*）中，他提出了五种证明上帝存在的逻辑论证：第一推动者论、第一因论、终极必然性论、最高等级论、目的因论。他认为上帝无处不在，无形且无限。

引起了国际社会以及学术界的激烈讨论。物理力量是否有无限强？物理空间能否跨过一个又一个星系而无限延伸？无穷大的整数和无穷大的数字之间，是否存在另一个无穷？2013年5月，一个由科学家和数学家组成的小组相聚于纽约，探讨与无限相关的深奥谜题。加州大学伯克利分校的数学家威廉·休·伍丁（William Hugh Woodin）这样说：“这有点像，在数学的小岛上，我们已经建好了坚实的地基，然而周围是一片未开拓的荒野。那里即是无限。”<sup>114</sup>

安德烈·林德可能是这个星球上对空间无限性的想象最为大胆的人。林德是理论物理学家、斯坦福大学教授，他的工作只需用到铅笔和纸。他在莫斯科出生长大，并在列别捷夫物理研究所获得了物理学博士学位，如今已年过70。他的父母都是物理学家，妻子是物理学家雷娜塔·卡洛什（Renata Kallosh），她也是斯坦福大学的教授。1990年，林德和卡洛什移居美国，并就职于他们目前的岗位。

20世纪80年代初，林德提出了一个关于宇宙起源的基本理论。<sup>115</sup>他的理论被称为“永恒混沌暴胀理论”（eternal chaotic inflation），它修正了麻省理工学院物理学家阿兰·古

斯于1981年提出的理论<sup>116</sup>，而古斯的理论本身又是对1927年大爆炸模型的修正。林德的理论认为，宇宙在其初生时经历了一段快速膨胀的时期，比标准的大爆炸模型要快得多。在极短的若干分之一秒内，宇宙从比原子还小的空间区域，“暴胀”到足以包含我们今天看到的一切物质和能量的尺寸。古斯在他的论文中对暴胀理论进行了大量的阐述，而林德的理论则更进一步。他提出，我们所在的宇宙必然是数量庞大的宇宙中的一个。这些宇宙处在无尽的创造链中，每个宇宙都在不断地、随机地产生新的宇宙，如此直至无限。其中一些宇宙，或许还包括我们所在的这个宇宙，应该是无限的。就我们这个宇宙而言，快速膨胀的时期应该在宇宙诞生0.000 000 000 000 000 000 000 000 000 000 000 01秒的时候就结束了。

人们很容易将这种科学猜想当作科学幻想，但科学家的奇思妙想往往能够照进现实。放在200年前，谁能想到我们能够破译生命诞生的微观化学密码，并且能像洗牌一样对其进行重新编码呢？谁又能想到，现在已经有了能够在太空中传输图片和声音的小盒子？林德的理论有着严谨的

数学方程作支撑，此外，古斯-林德暴胀理论的一些重要预测也已经被实验证实（其中不包括无限的存在）。

在科学界，林德是公认的第一梯队的物理学家。他已经获得了除诺贝尔奖外的物理学界的大部分重要奖项，其中包括：由国际理论物理中心颁发的“狄拉克奖”〔与古斯和保罗·史坦哈特（Paul Steinhardt）共享〕；“格鲁伯宇宙学奖”（与古斯共享）；德国“洪堡奖”；由卡弗里基金会和挪威科学院颁发的“卡弗里奖”〔与古斯和阿列克谢·斯塔罗宾斯基（Alexei Starobinsky）共享〕；巴黎天体物理研究所奖章；以及2012年首届基础物理学奖，该奖项奖金为每人300万美元，是诺贝尔奖奖金的两倍多。

林德并不妄自菲薄。我第一次见他是在1987年，也就是他发表暴胀理论中最重要的内容的几年后，他这样向我介绍他的发现：“我很明白古斯想做什么。但我不明白它〔膨胀〕是如何产生的，因为我们已经发现〔古斯的原始理论中〕存在着很强的不均匀性〔这与观测结果相互矛盾〕。我只是觉得，上帝不可能不利用这么好的机会来简化祂的工作，即创造宇宙……我与瓦列里·鲁巴科夫（Valery

Rubakov) [在电话中] 讨论过类似的问题……我当时正坐在浴室里，因为我的妻子和孩子们都已经睡着了……当一切变得清晰明了后，我非常兴奋。我来到妻子身边，叫醒她，对她说，“我似乎知道宇宙是如何起源的了。”<sup>117</sup>

最近，我到林德位于加州斯坦福的家中拜访了他，想了解一下他理论的最新进展，以及它对我们世界观的影响。林德和他的妻子住在一个绿树成荫的社区，这里有蜿蜒的街道、热带花园和建在山上的房子。他穿着休闲，黑色羊毛衫，黑色T恤，黑色裤子，黑色凉鞋和黑色袜子，这一切与他雪白的头发形成了鲜明的对比。他的英语很好，带着浓重的俄罗斯口音。我们坐在他的餐桌旁。墙上挂着一个时钟，一张托斯卡纳地图，架子上摆着彩绘陶瓷罐。他的妻子准备了一顿美味的午餐，有意大利饺子和沙拉。

首先，我问林德是否相信空间上的无限真的存在。林德回答道：“你认为恐龙真的存在过吗？”他停顿了一下，继续说道：“一切事物的运作都表明，空间的无限性是存在的。”<sup>118</sup>

林德在措辞上很谨慎。他将我们不可知的现实与我们对现实的模型与推断分得很清楚。他对哲学一直有着浓厚的兴趣。

他记得曾和高中同学就科学与艺术有过一场辩论。林德在年少时曾有过一个哲学想法，即“感觉”是一种实在的客体，直到现在他也没有完全抛却这一想法。少年林德的理论是，当两个人以口头或非口头方式交流时，他们分享着共同的感觉客体。然而，在科学课上，他了解到，爱因斯坦的相对论规定任何交流的速度都不可能超过光速。于是他决定，先好好学习物理学，避免再犯这种“错误”。

我询问林德教授关于无限的看法，以及是否试图将其可视化。他说：“无论你走得有多远，你都还可以走得更远。”然后他指着花园的方向说道：“没有围栏能挡住你。”一周前，麻省理工学院的理论物理学家罗伯特·贾菲（Robert Jaffe）告诉我，他觉得“较之无限的概念，随之而来的虚无的概念才更加令人不安”。林德说，在一个无限大的宇宙中，他不会因为在外太空有许多自己的副本而感到特别困扰。然而，他也承认，“如果这些副本有着和我一样的思想，那将具有深远的意义”。

阿那克西曼德的无限概念是抽象的，不能合理地与物理空间联系起来。事实上，虽然早期的希腊哲学家没有表

述过宇宙具体有多大，可他们认为宇宙的大小是有限的，有一个外部边界。其中最具代表性的就是亚里士多德，他认为，地球位于一组同心球体的中心，由此向外分别分布着月亮、水星、金星、太阳、火星、木星和土星。土星再往外则是“固定恒星的球层”，所有恒星都像球形圣诞树上的灯泡一样附着在这个球层上。而在这个恒星球层之外，是最后一个也是最外部的球层，即“原动天”，也称“第一动力”，由上帝的手指转动。16世纪，哥白尼将太阳置于太阳系的中心，几乎把之前这一切都颠覆了。但这位波兰科学家并没有推翻有限宇宙的观念，永不熄灭的恒星仍然悬挂在外层的球层上。

第一个具体提出宇宙有着无限空间这一假设的人，似乎是16世纪英国数学家和天文学家托马斯·迪格斯(Thomas Digges)。1576年，迪格斯出版了他已故父亲所著的天文年鉴《永恒的预言》(*A Prognostication Everlasting*)的修订版。由于老迪格斯早已离世，他的儿子便擅自在书后增加了一个附录，题为“毕达哥拉斯学派对天体的描述近期因哥白尼而恢复了生机，并通过了几何学的论证”。在

附录中，迪格斯打破了恒星的固有格局。他所画的天体图以发出耀眼光芒的太阳为中心，周围是一圈一圈的行星“轨道”。在这一区域之外，恒星延伸到页面的边缘，它们分布在四面八方，宇宙看起来无边无际。

不过在一件事情上，迪格斯与哥白尼和亚里士多德达成了一致，即宇宙总体上处于静止状态，就像一座宏伟而不朽的大教堂。从无限的过去到无限的未来，它一直存在，并将永远存在。自迪格斯之后，这一认知又默默地持续了300年。甚至阿尔伯特·爱因斯坦在1917年根据他的新引力理论提出的宇宙学模型所描绘的也是一个静态和永恒的宇宙。

然后大爆炸理论出现了。1927年，一位比利时神父和物理学家乔治·勒梅特（Georges Lemaître）提出，先前观测到的星系正朝宇宙深处运动，这意味着宇宙正在膨胀。两年后，哈勃证实了勒梅特的理论，他发现其他星系飞离我们的速度与它们的距离成正比，就好像所有的星系都是画在膨胀气球上的点。从任何一个点（星系）来看，所有其他的点似乎都在远离它。没有哪个点是中心。

通过测量今天宇宙膨胀的速度，我们可以估计出宇宙

“开始”的时间大约在140亿年前。从那一刻起，宇宙一直在膨胀、稀释和冷却。需要注意的是，把宇宙比作气球只是一种比喻。与气球不同的是，宇宙是可以无限膨胀的。天文学家所说的宇宙在膨胀，是指任何两个星系之间的距离都在随着时间的推移而增加。

大爆炸模型不仅仅是一个想法。它是一套详细的方程式，描述了自 $t=0$ 以来宇宙是如何演化的，并对其中的细节进行了量化，如宇宙在每个时间点上的平均密度和温度等。这个模型得到了一些证据的支持。例如，通过膨胀速率计算出的宇宙年龄与通过恒星天体物理学计算出来的最古老恒星的年龄大致相近。再比如，大爆炸模型预测，宇宙中应该充斥着大量的、从外太空的各个方向涌来的无线电波，它产生于宇宙诞生约30万年后，目前这种无线电波的温度大约为 $-270^{\circ}\text{C}$ 。这种预言中的无线电波洪流，被称为“宇宙背景辐射”，于1965年被发现。另外，还有其他一些预测也相继被证实，比如观测到的最轻的化学元素的比例。大爆炸理论并没有说宇宙气球开始膨胀之前空间和时间是否存在，这一深奥的问题留给了林德和其他人。（见《大爆炸之

前是什么？》)

林德在20世纪60年代末就听说过大爆炸模型，当时他还在莫斯科一所大学里学习物理学。然而，与阿兰·古斯一样，他一开始学的不是宇宙学，而是粒子物理学。粒子物理学家研究的是最微观尺度的自然，而宇宙学家研究最宏大尺度的自然。这两个物理学的分支似乎没有什么干系。但是到了20世纪70年代初，林德开始对某些发生在极端高温下的现象感兴趣，这种高温远远超出了实验室所能创造的温度，只可能存在于宇宙初期的极热环境中。林德在描述他当时的一个理论（还未成熟的暴胀理论）时表示：“乍一看，这个理论似乎太过奇异。我们在1972年发展出这一理论，但之后的两年时间里没人相信它。人们听到之后只会大笑……”<sup>119</sup>但在1974年，一些美国物理学家证实了该理论的主要结论。

前期先是受人质疑，后来往往又被接受。在林德的职业生涯中，这似乎已经成为一种模式。在谈话中，我们说到了科学界对待科学理论——尤其是那些特立独行的理论——时的态度。林德这样描述他所称的一种强烈的“社会

学”效应：科学家的歧视和偏见，他们的社会地位，以及科学事业中固有的谨慎态度。林德本人不是一个谨慎的人。他的同事形容他随口就能说出很多想法，有些是对的，有些是错的。他还是一个极度自信的人，在他的讲座或文章受到大众欢迎时，他会表现出较强的表演欲。

至20世纪70年代初，尽管大爆炸模型取得了成功，但一些物理学家依然心有疑虑。例如，他们始终对一个问题困惑不解：无论朝哪个方向观察，宇宙无线电波的温度都十分均匀。这可能有两种解释：要么是在宇宙诞生时各处的温度就都相同；要么是初始时的所有不均匀都被及时抹平了，就像浴缸里的冷热水会通过热交换达到相同的温度一样。然而，热交换是需要时间的。根据宇宙大爆炸模型，宇宙无线电波产生于宇宙诞生后30万年，这30万年的时间不足以令浩瀚宇宙的各处来完成热量交换。因此，第二种解释是行不通的。而物理学家认为第一种解释也不可取，因为它把问题简单化了。“它本来是什么样，现在就是什么样。”物理学家们普遍厌恶这种论点。他们更愿意将物理宇宙中的一切解释为少数可计算的定律和原则的必然结果，

而非出现在初始条件下的“意外”，这超出了他们的计算能力范围。

古斯-林德暴胀理论不仅能够解释宇宙无线电波的难题，还能解决大爆炸模型中存在的其他问题。在宇宙初生、以惊人的速度膨胀之时，其空间极其微小，以至于其中的各个部分都会同质化，而后迅速膨胀到可以囊括今天整个可观测的宇宙的空间范围。所以，无论初始条件如何，膨胀都会产生一个温度均匀的宇宙。

最重要的是，暴胀理论解释了宇宙膨胀的原因，并给出了涉及各种能量和力的方程式。“标量场”是该理论的关键组成部分，也是宇宙早期极速膨胀的原因。大多数能量场，比如引力，是看不见的，但它们可以产生力。一些标量场会产生排斥性引力，这种力不会把物体拉到一起，而会把物体推离彼此。

本文所说的古斯-林德理论始于阿列克谢·斯塔罗宾斯基基于莫斯科所做的研究，是在1979年到1986年的几年时间里发展起来的。在此期间，这一理论出现了许多版本，各种各样的问题出现并得到了解决，并且不断有新的想法冒

出来，还有许多其他物理学家也参与其中。

林德的一个观点是，在早期宇宙中，由于量子效应，标量场能量会以不同量级持续地产生。量子物理的一个奇怪之处在于，能量和物质可以在短时间内突然凭空出现。如果你能用足够倍数的显微镜观察空间，你会发现它是不断波动的，幽灵般的粒子和能量在其中翻滚，一会儿出现，一会儿又消失。量子现象通常只能在原子这个微观世界里才能观察到，但在 $t=0$ 附近，整个可观测的宇宙比原子还要小。如果在早期宇宙的某一时刻，产生了足够多的标量场能量，那么它的排斥性引力效应会使空间迅速膨胀，从而产生整个宇宙。由于这样的量子波动会在任意的地点和时间发生（即林德的永恒混沌暴胀理论中的“混沌”），新的宇宙会不断形成。

事实上，根据林德的理论，我们不得不重新定义宇宙。如今的一些物理学家用“宇宙”一词来指代一个孤绝于无限未来的空间区域。这片空间可能在之前与宇宙的其他部分有联系，但之后这种联系便会断绝。根据爱因斯坦的理论，引力以令人费解的方式改变了空间的几何形状，因此可以

想象存在多个宇宙，每个宇宙的范围都是无限的。物理学家们预测，量子波动所创造的新宇宙具有多种特性：一些可能是无限的，另一些可能是有限的；一些可能有合适的条件来孕育出恒星、行星和生命，另一些可能只是一片荒漠，没有生命存在，只有未成形的亚原子粒子和能量；还有一些甚至可能与我们的宇宙有着不同的维度。如此来看，一个又一个新的宇宙不断诞生，每个宇宙都会经历一场大爆炸。我们所说的 $t=0$ 并不是全部宇宙时空的开端，而只是我们这个特定的宇宙的开始。在林德对现实的想象中，虽然我们宇宙中的一切都会消逝，但本身就数量庞大的宇宙群会不断地产生新的宇宙，这意味着一种永恒。

在一些论文中，林德将他永恒的混沌暴胀模型描述成一个由枝杈丛生的球茎组成的茂密树篱，每个球茎都是一个独立的宇宙，通过枝蔓与它的祖先和后代相连。而这一整片树篱才可以被称为“宇宙”，有时也被称为“多元宇宙”。看着林德描绘的这幅景象，再想到这上面的每个球茎都代表着一个完整的宇宙，有些宇宙也有着恒星、行星、城市、办公楼、树木、蚂蚁或类似蚂蚁的生物、日落，这

着实令人震惊不已。这幅图景高深莫测，本不可能为我们所见，然而人类的思想终究是冲破了这层想象力的藩篱。正如《沙之书》中那位贩卖圣经的人说的：“不可能，但却是事实。”

有人将林德的“宇宙地图”与巴比伦的“世界地图”<sup>120</sup>相比较，巴比伦的世界地图是人类绘制的最古老的地图之一，在如今伊拉克境内的一块石板上被发现，现藏于大英博物馆。在这张古老的、描绘出已知世界（约公元前600年）的地图中，巴比伦城坐落在南北流向的幼发拉底河上。地图上还用梵语标注出了乌拉尔图、苏萨、亚述和哈班等城市，还有一座山，以及包围着城市的环形海洋（标注为“苦河”）。最后，环形海洋的外围还伸出几根尖角，代表着那些未命名的、未知的外部区域。我们能否将这些未命名的尖角与林德宇宙地图中未命名的球茎放在一起比较？两者都远远超出了物理探索的范畴，都需要想象力的飞跃。不过，林德地图上的球茎只是某些数学方程式的逻辑结果。林德也承认，这些方程式同样属于人类想象力的产物，是对现实的模拟，而不是现实本身。林德的想法既具有远见

卓识，又立足于逻辑思维。尽管林德像所有理论物理学家那样精通数学，但他告诉我，他自己更依赖于直觉而不是技术，他更像史蒂夫·乔布斯，而不是史蒂夫·沃兹尼亚克（Steve Wozniak）<sup>①</sup>。

与静态的巴比伦世界地图不同，林德的宇宙地图体现出发展、变化和运动。随着时间的推移，每个宇宙都会衍生出另一个宇宙。印度教的宇宙观能够与此更好地对照，在印度教的宇宙观中，我们的宇宙是无限循环的宇宙之一。这种循环没有开始，也没有结束。《薄伽梵往世书》<sup>②</sup>（*Bhāgavata Purāṇa*）对此是这样描述的：

每个宇宙都有七层外壳——土、水、火、气、天、能量、假我——每外一层都比前一层大十倍。除此宇宙外，还有无数个宇宙，它们大到无限，但它们

---

① 史蒂夫·沃兹尼亚克（1950—），美国电脑工程师，曾与史蒂夫·乔布斯合伙创立苹果电脑。

② 《薄伽梵往世书》，又名《圣典博伽瓦谭》，印度古代著作，主要描述毗湿奴十次下凡救世的故事。

在移动，就像你体内的原子。因此你被称为无限。<sup>121</sup>

看着林德的地图，我并没有感觉到无限。相反，我觉得自己很渺小，很微不足道。就像那位推销圣经的人所说的一样，如果空间是无限的，那么我们在空间和时间上就毫不重要。倘若我们在空间上微不足道，在时间上毫不重要，我们短暂的生命是在一颗小小的星球上度过的，而这个小星球本身只是宇宙中无数颗星球之一，我们这个宇宙可能是无限大的，而它又只是林德的宇宙树篱上的一颗球茎，那么，我们所做的任何事情怎么可能有意义呢？可即便如此，作为这个深不可测的存在链的一部分，哪怕是很小的一部分，也可能产生一些伟大的东西。我们会死去，我们的太阳会燃烧成灰烬，我们的宇宙可能会在千亿年后变成一片黑暗而死寂的虚空。但是，根据林德的说法，其他宇宙正在不断地诞生，其中的一些肯定包含着生命，它们会重新创造出一些不可名状的珍贵的东西。

我们不太可能知道林德所说的无限宇宙是否真的存在。但科学家们正在积极检验古斯-林德暴胀理论的其余

部分。据林德所述，其中最为重要的难题之一就是探索一种叫作“B模偏振”（B-mode polarization）的现象。B模偏振是暴胀理论中预测的一种宇宙无线电波的轻微偏振。几年前，天文学家们误以为已经发现了这种现象，果真如此的话，那么林德和古斯很有可能凭此获得诺贝尔奖。2014年3月6日，星期四，这天早上，斯坦福大学天体物理学教授郭兆林敲开了林德的家门。与郭博士一同到来的还有一个摄制组。（斯坦福大学将这次拜访录影做成了视频，并于11天后将它上传到YouTube视频网站，获得了超过300万的点击量。<sup>122</sup>）林德和他的妻子在得知发现了“B模偏振”现象这一消息之后惊喜不已，妻子雷纳塔给了郭博士一个大大的拥抱。林德和郭博士在镜头的跟随下来到厨房开了一瓶香槟。视频里，我们能听到瓶塞弹出时“砰”的一声，能看到墙上的钟、托斯卡纳的地图和架子上的彩绘陶瓷罐。“这是大爆炸后其中10亿亿亿亿分之一秒内发生的事，”林德微笑着说道，“它终于来到了。”郭博士造访林德家11天之后，这一消息就登上了世界各地的新闻头条。《纽约时报》刊登了一篇题为《时空涟漪是宇宙大爆炸强有力的证

据》(“Space Ripples Reveal Big Bang’s Smoking Gun”)的文章<sup>123</sup>，来自约翰霍普金斯大学的宇宙学家马克·卡米恩科夫斯基(Marc Kamionkowski)称：“这是个巨大的发现，它带来的回报也会同样巨大。”而来自麻省理工学院的宇宙学家马克斯·泰格马克(Max Tegmark)则表示：“如果这是真的话，那它将作为科学史上最伟大的发现之一被载入史册。”但这一发现并非事实。确切地说，实验本身没有问题，但是实验结果被曲解了。后续分析显示，观察到的偏振效应很可能是由外太空的普通尘埃造成的，而不是由古斯-林德暴胀理论所预测的极其奇特的过程引起的。这一乌龙并没有对该理论造成影响，但确实说明还有更多的工作要做。

在智利北部阿塔卡马沙漠进行的“北极熊”实验以及在南极进行的“BICEP”等实验，都在对B模偏振做精确测量，这种测量能够区分银河系中的普通尘埃和早期宇宙的暴胀。这些实验都是国际合作，来自美国、英国、法国、日本和加拿大等国的十几个机构都参与其中。全球数千名理论和实验科学家，都在积极地检验暴胀理论并探究其结果。今天，几乎所有的宇宙学家都认同这一理论是描述宇宙最初

时刻的最佳假设。该理论必然会被认为是人类思想的胜利。

然而，安德烈·林德似乎并不满足于自己在当今世界的地位。他总觉得自己被忽视了。当谈到暴胀理论的历史时，他好像是在捍卫自己的理论而驳斥反对者和质疑者一样，仍然与古斯等人争抢是谁先行发现的，仍然充满了为自己辩护的强烈愿望。在我与他的交谈中，在他的评论文章和自传中，他把自己描绘成了一个英雄般的人，他发展了一种新的宇宙观，与怀疑者斗争。他纠正了别人的谬错和误解，而自己却常遭人误解。他喜欢讲斯蒂芬·霍金在莫斯科斯特恩伯格天文研究所做讲座时的故事。那是1981年10月，林德负责为俄罗斯观众翻译那场讲座的内容。当时，许多物理学家都在试图解决古斯的暴胀理论中的一个严重问题（极度不均匀性），其中也包括霍金。林德在那时候就已经提出了自己的暴胀理论，并对古斯的理论做了修正，不过尚未发表。在演讲过程中，霍金会咕哝几个并不连贯的词，为了便于理解，一个对他的讲话熟悉的学生会将其转述出来，然后再由林德翻译成俄语。在这个痛苦而缓慢的过程中，霍金宣称林德有一个好想法，但它是错误的。

而在接下来的半个小时里，霍金坐在他的轮椅上，开始不断解释林德为什么错了。与此同时，林德本人还必须得把霍金的话翻译给观众。讲座结束时，林德对观众说：“我已经翻译了霍金先生的话，但我不同意他的观点。”然后，他和霍金一起来到大楼的另一个房间，关上门，向霍金解释他的新理论的更多细节。据林德说，霍金最终不得不承认他是对的。林德回忆说，霍金“在那里坐了大约一个半小时，反复地絮叨着：‘你以前可没跟我说过这些。这事你之前并没有告诉过我。’”<sup>124</sup>

也许，林德身上的自负和逞强是建立其变幻莫测的宇宙理论不可或缺的特质。到目前为止，其他拥有同等智识水平但更加谨慎的科学家们，还没有这样的胆略来提出自己的理论。方程式本身不过就是方程式，它们必须通过人类的头脑加以想象和解释。这样的思维是独一无二的，它本身就是一个复杂的宇宙，充满无穷无尽、变化多端的奇思妙想和可能性。

林德告诉我：“一开始，我只是像个小孩子一样，不断地发现新东西。现在我感到责任重大。有成百上千的人在

研究暴胀理论，还要投入很多〔昂贵的〕实验来检验它。我觉得自己身负重任……我不愿意一辈子只做一个物理学家。我喜欢摄影。摄影让我能感受到自己另外一部分的大脑。有一些物理学之外的东西是无法测量的……摄影是我的艺术。你需要有自己的第一重心，然后是第二重心。在我60岁的时候，有人给了我一台相机。有了相机，就可以创造美。我可以拍出比我在博物馆里看到的更美好的东西。你看，我现在说话就像一个傲慢的美国人。我正在制作一些让我内心澎湃的图像，这里面既包括我自己拍摄的照片，也有用以阐释暴胀理论的计算机合成的图像。我是最先看见其中美的人之一。如果我没有物理学之外的那一部分的思维，我就无法创造出描绘宇宙起源的计算机图像。”

林德走到电脑前，迫不及待地给我展示他在Flickr网站上发布的数百张图片。“请坐。”他给我让出了靠近屏幕的位子。其中一张照片名为“梦之宫殿”，照片上是西班牙塞维利亚克鲁塞罗庭院的一个地下水池。他说，这个池塘是城堡主人为他的女性朋友建造的。画面中，一连串的石拱在诡异的橙色灯光下闪耀，俯伏在狭长的水池上，一个接

着一个，一直延伸到远处，直至消失。另一张名为“遮面”的照片，是一朵兰花的内部特写。花的外缘是一圈半透明的蓝色光晕，中央是一对黄色的心形花蕊，上面布满红色斑点，白红相间的花瓣从中舒展，再往外是淡绿色和黄色的花瓣。总之，它就像是一颗复杂的宝石，像无限之中飞溅出的小小的水花。

## 注 释

### 虚无与无限之间

1. Blaise Pascal, *Pensées* (Thoughts), translated by W. F. Trotter, Harvard Classics (New York: P. F. Collier & Son, 1909), vol. 48, pp. 27–28.
2. 马尔温·R. 奥康奈尔 (Marvin R. O'Connell) 曾为帕斯卡写过一本不错的传记, 就叫《布莱兹·帕斯卡》(Grand Rapids, MI: William B. Eerdmans, 1997)。
3. T. S. Eliot, *Selected Essays* (London: Faber and Faber, 1931), pp. 411–12.
4. 见 Will Durant, *The Story of Civilization: Our Oriental Heritage* (New York: Simon and Schuster, 1935), chapter 2。
5. 以指数来计算, 人体的尺寸正处于原子和恒星之间。一个原子大约  $10^{-8}$  厘米, 一个人大约  $10^2$  厘米, 而一颗恒星大约  $10^{11}$  厘米。
6. *Paradise Lost*, book 8, lines 71–75.
7. Albert Einstein, in “The World as I See It,” originally published in *Forum and Century* 84 (1931): 193–94. 另见 Albert Einstein, *Ideas and Opinions* (New York: Modern Library, 1994), p. 11。

## 大爆炸之前是什么？

8. 历史学家哈里·努斯鲍默 (Harry Nussbaumer) 在题为《爱因斯坦从静态宇宙到膨胀宇宙的转变》(“Einstein’s Conversion from His Static to an Expanding Universe”) 的文章中, 详细描述了爱因斯坦对非静态宇宙理论的态度, 并记录了爱因斯坦1931年2月11日的威尔逊山天文台之旅。文章刊载于 *European Physical Journal H* 39 (2014): 37–62。
9. Einstein’s diary entry of December 11, 1930 (*Albert Einstein Archives, Amerika-Reise 1930, Archivnummer 29–134*), translated *ibid.*, p. 44.
10. 这位俄罗斯的宇宙学家是亚历山大·弗里德曼 (Alexander Friedmann); 下文中的比利时科学家是乔治·勒梅特 (Georges Lemaître)。
11. 据乔治·勒梅特回忆, 在1927年的索尔维会议上, 爱因斯坦在与其谈话时有过如此表述, “Rencontres avec A. Einstein,” *Revue des Questions Scientifiques* 129 (1958)。
12. *New York Times*, February 12, 1931, p. 15.
13. 在量子时代, 典型的长度尺度是“普朗克长度”, 即  $10^{-33}$  厘米; 而典型的温度尺度则是“普朗克温度”, 即  $10^{32}$  度。
14. 2015年8月4日作者对卡罗尔的采访。
15. Sean Carroll, <http://arxiv.org/abs/0811.3772>.
16. 2015年9月17日作者对卡罗尔的采访。
17. Stephen Hawking, *A Brief History of Time* (New York: Bantam Books, 1988), p. 136.
18. 这段话及其他引用内容来自2015年7月7日作者对维连金的采访。
19. 2015年7月29日作者对哈特尔的采访。
20. Hawking, *Brief History of Time*, p. 141.

21. 2015年9月11日作者对佩奇的采访。
22. Don Page, “Guest Post: Don Page on God and Cosmology,” in Sean Carroll’s blog, *The Preposterous Universe*, March 20, 2015, <http://www.preposterousuniverse.com/blog/2015/03/20/guest-post-don-page-on-god-and-cosmology/>.
23. 2015年8月4日作者对卡罗尔的采访。
24. 2015年9月11日作者对佩奇的采访。

## 虚 无

25. *King Lear*, act I, scene 1.
26. Pascal, “The Misery of Man Without God,” *Pensées*, section 72.
27. Original paper in German in *Annalen der Physik* 17 (1905): 891–921, translated by W. Perrett and G. R. Jeffrey in *The Principle of Relativity* (New York: Dover, 1952).
28. *The Categories*, translated by H. P. Cooke (Cambridge, MA: Harvard University Press, 1980).
29. “Cargo Cult Science” (adapted from a 1974 Caltech commencement address), the last chapter in Richard Feynman, *Surely You’re Joking, Mr. Feynman!* (New York: Norton, 1985).

## 原 子

30. Isaac Newton, *Optics*, book III, part 1, translated by Andrew Motte and revised by Florian Cajori, in Encyclopaedia Britannica’s *Great Books of the Western World* (Chicago: University of Chicago Press, 1987), vol. 34, p. 541.
31. Paraphrase of Lucretius, *De Rerum Natura*, book 2, 398–407. 例如,

- 见 *De Rerum Natura*, translated by W. H. D. Rouse in *Loeb Classical Library* (Cambridge, MA: Harvard University Press, 1982), p. 127。
32. <http://history.aip.org/history/exhibits/electron/jjsound.htm>.
33. Henry Adams, "The Grammar of Science," in *The Education of Henry Adams* (1903; Boston: Houghton Mifflin, 1918), p. 458.
34. Ernest Rutherford in *Background to Modern Science*, ed. Joseph Needham and Walter Pagel (Cambridge: Cambridge University Press, 1938), p. 68.
35. 2004年5月28日作者对杰里·弗里德曼的采访。
36. 见 Lee Smolin, "Atoms of Space and Time," *Scientific American*, January 2004.

### 现代的普罗米修斯

37. Mary Shelley, *Frankenstein; or, The Modern Prometheus* (1818), chapter 1.
38. 同上, chapter 4。
39. René Dubos, *Louis Pasteur: Free Lance of Science* (Cambridge, MA: Da Capo Press, 1960), p. 187.
40. 指 1953 年的米勒-尤里实验 (Miller-Urey experiment)。
41. 指张明瑞 (Thomas Chang) 教授于 1956 年在麦克吉尔大学求学期间, 合成了世界上第一个人造血红细胞。
42. 20 世纪 70 年代初, 通过将两种不同生物体的基因拼接在一起, 首次创造了一种新的生命形式。此处指保罗·伯格及其同事在 1972 年的研究成果。
43. 指 J. 克雷格·文特尔 (J. Craig Venter) 及其同事在 2010 年的研究成果。
44. 2009 年绍斯塔克的诺贝尔得奖自传, 见网站: <https://www>.

nobelprize.org/prizes/medicine/2009/szostak/biographical/。

45. 同上。
46. 同上。
47. Jack W. Szostak, David P. Bartel, and P. Luigi Luisi, “Synthesizing Life,” *Nature* 408 (January 18, 2001): 387.
48. 绍斯塔克的诺贝尔得奖自传。
49. 同上。
50. 同上。
51. 同上。
52. 2019年7月17日，绍斯塔克在马萨诸塞州总医院接受作者采访。除另有说明外，绍斯塔克的其余引用均来自此次采访。
53. “Experimental Models of Primitive Cellular Compartments: Encapsulation, Growth, and Division,” *Science* 302 (October 24, 2003).
54. Nicholas Wade, “How Did Life Begin?” *New York Times*, November 11, 2003.
55. Sarah Graham, “Clay Could Have Encouraged First Cells to Form,” October 24, 2003, <https://www.scientificamerican.com/article/clay-could-have-encourage/>.
56. 2019年8月5日，绍斯塔克写给作者的电子邮件。
57. 同上。
58. 2019年5月24日，迈卡·格林斯坦写给作者的电子邮件。
59. Lines from *Paradise Lost*, book 8, lines 71–75.
60. Michael Specter with Gina Kolata, “After Decades of Missteps, How Cloning Succeeded,” *New York Times*, March 3, 1997.
61. <https://news.gallup.com/poll/6028/cloning.aspx>.
62. 2019年8月14日作者与露丝·法登的对话。
63. 2019年8月15日约·霍·克马莱写给作者的电子邮件。

64. 2019年8月10日理查德·哈耶斯写给作者的电子邮件。
65. Paul Berg et al., "Potential Biohazards of Recombinant DNA Molecules," *Science*, July 26, 1974.
66. Presidential Commission for the Study of Bioethical Issues, December 2010, <https://bioethicsarchive.georgetown.edu/pcsbi/synthetic-biology-report.html>.
67. Richard Feynman, *The Pleasure of Finding Things Out* (Cambridge, MA: Helix Books, 1999), p. 12.
68. 绍斯塔克的诺贝尔得奖自传。

## 1000 亿

69. 例如，见其著作 *The Mysterious Flame* (New York: Basic Books, 1999)。

## 微 笑

70. 我的计算过程如下：在漫反射的日光下，光的平均强度约为每秒每平方厘米 140 万尔格。取可见光光子的平均能量，即两个电子伏特（1 尔格 =  $6.24 \times 10^{11}$  电子伏特），这相当于每秒每平方厘米 40 亿亿光子。在强光下，瞳孔的面积约为 0.04 平方厘米，也意味着每秒钟有大约 3 亿亿光子进入男人的瞳孔。现在，假设女人的身体面积为 0.5 平方米（一个平均身形的女人），在 6 米的距离处，她身体的对向角约占男人视野总范围的 0.002。她所反射的光线的比例约为 20%。将以上比例相乘（ $0.002 \times 20\% \times 3$  亿亿）就得到了这一数字。
71. 眼睛的结构，包括视杆细胞和视锥细胞的大小见 chapter 13 of *Gray's Anatomy*。

72. 对视黄醛分子的讨论可见 Allen Kropf and Ruth Hubbard, "Molecular Isomers in Vision," *Scientific American*, June 1967。此处引用的每秒被光子击中的视黄醛分子的数量是指总数量，而不仅仅是从女人身上反射出的光子，该数字在本章的第一个注释中已经给出计算过程。
73. 关于视觉信息传递到大脑、神经元、视神经和视觉皮层的研究可见 David H. Hubel and Thorsten N. Wiesel, "Brain Mechanisms of Vision," *Scientific American*, September 1979。
74. 在正常情况下，声音在空气中的传播速度是 346 米 / 秒。
75. 耳朵的解剖结构见 chapter 13 of *Gray's Anatomy*。

### 注意力的剖析

76. 2014年9月17日，我在麻省理工学院德西蒙的办公室采访了他。
77. "Neural Mechanisms of Object-Based Attention," *Science* 344, no. 6182 (April 2014): 424–27.

### 永生

78. 例如，见 *The Feeling of What Happens: Body and Emotion in the Making of Consciousness* (New York: Harcourt, 1999)。

### 童年的幽灵房

79. Ralph Waldo Emerson, "Experience," in *Essays: Second Series* (1844).

## 为无序辩护

80. 见网站：<https://www.youtube.com/watch?v=dORgAH1qDF8>。
81. E. H. Gombrich, *The Sense of Order*, 2nd ed. (London: Phaidon, 1984), p. 9.
82. 阿基米德的浮力原理可见 *The Works of Archimedes*, edited by T. L. Heath (New York: Dover, 2002), p. 253。另见网站 [https://en.wikipedia.org/wiki/On\\_Floating\\_Bodies](https://en.wikipedia.org/wiki/On_Floating_Bodies), 以及 [https://www.stmarys-ca.edu/sites/default/files/attachments/files/On\\_Floating\\_Bodies.pdf](https://www.stmarys-ca.edu/sites/default/files/attachments/files/On_Floating_Bodies.pdf)。
83. 对苏格拉底的相貌描述可见 Plato's *Theaetetus* 143e, and *Symposium* 215a–c, 216c–d, 221d–e; Xenophon's *Symposium* 4.19, 5.5–7; and Aristophanes's *Clouds* 362。
84. *The Dialogues of Plato*, vol. 7, trans. Benjamin Jowett (Chicago: Britannica Great Books, 1987), p. 124.
85. Henri Poincaré, *The Foundations of Science*, trans. George Bruce Halsted (New York: Science Press, 1913), p. 387.
86. 关于克劳修斯的更多传记资料可见 *Complete Dictionary of Scientific Biography*, 26 vols. (New York: Charles Scribner's Sons)。另见下方附注。
87. “Obituary Notices” of the *Proceedings of the Royal Society of London*, vol. 48.
88. 克劳修斯 1850 年的论文《论热的动力》的英译版可见于 *A Source Book in Physics*, trans. William Francis Magie (Cambridge, MA: Harvard University Press, 1969), pp. 228–36。含德语单词“热”（Wärme）的作品原标题在其中也有提及。
89. 即理论物理学中所说的“宇称不守恒”定律。粒子与反粒子的不平衡可阅览：[https://en.wikipedia.org/wiki/CP\\_violation](https://en.wikipedia.org/wiki/CP_violation)。
90. 例如，见 Gavin Haines, “The ‘Wanderlust Gene’—Is It Real and Do

You Have It?" *The Telegraph*, August 3, 2017。

91. 同上。埃布斯泰因的其中一篇原创论文为 R. P. Ebstein et al., "Dopamine D4 Receptor (D4DR) Exon III Polymorphism Associated with the Human Personality Trait of Novelty Seeking," *Nature Genetics* 12 (1996): 78–80, doi: 10.1038/ng0196-78。
92. 我们可以在很多地方听到布鲁克纳的这首交响乐，比如网站：<https://www.youtube.com/watch?v=M4IUfuNV12c>。

## 神迹

93. <https://theharrispoll.com/new-york-n-y-december-16-2013-a-new-harris-poll-finds-that-while-a-strong-majority-74-of-u-s-adults-do-believe-in-god-this-belief-is-in-decline-when-compared-to-previous-years-as-just-over/>.
94. Al Gore, *Earth in the Balance* (Boston: Houghton Mifflin, 1992), p. 223.
95. 2011年7月7日金格里奇写给作者的电子邮件。
96. William James, *Varieties of Religious Experience* (1902). See Lecture 2, BiblioBazaar edition (2007), p. 60.

## 自然中的孤独家园

97. <https://www.ipcc.ch/report/ar5/wg2/>.

## 生命特殊吗？

98. "Kepler Mission Rockets to Space in Search of Other Earths," March 6, 2009, <https://science.nasa.gov/science-news/science-at->

nasa/2009/06mar\_keplerlaunch.

99. 关于生命物质所占比例，我的计算过程如下：地球上所有生命物质加起来的总质量为  $2 \times 10^{18}$  克。携有宜居行星的恒星，其平均质量约为太阳的 0.2 倍。所以，在一个典型的宜居星系中，生物质量与星系总质量的比例约为  $2.5 \times 10^{-15}$ 。而在太阳系及宇宙中，可见的总质能仅占约 0.05。（其余的是暗物质和暗能量。）1/10 的恒星都有宜居行星。将以上这些数字结合起来，可以得出一个大约为  $10^{-18}$  的比例。再将其与戈壁沙漠相比较，戈壁沙漠的面积约为 130 万平方公里，而一粒沙所占的面积约为  $2 \times 10^{-3}$  平方厘米。
100. 例如，见皮尤研究中心（Pew Research Center）2015 年的研究：<https://www.pewresearch.org/fact-tank/2015/11/10/most-americans-believe-in-heaven-and-hell/>。

### 宇宙生物中心主义

101. Freeman Dyson, "Time Without End: Physics and Biology in an Open Universe," *Review of Modern Physics* 51, no. 3 (July 1979): 447.
102. Steven Weinberg, *The First Three Minutes* (New York: Basic Books, 1977).
103. 同上, p. 131。
104. Ann Finkbeiner, "Freeman Dyson Turns 90," *The Last Word on Nothing* (blog), October 7, 2013, <https://www.lastwordonnothing.com/2013/10/07/freeman-dyson-turns-90/>
105. "Kalpa," *Chinese Buddhist Encyclopedia*, <http://www.chinabuddhismencyclopedia.com/en/index.php/Kalpa>.
106. Lucretius, *De Rerum Natura* (Cambridge, MA: Harvard University

Press, 1982), book II, lines 1055–57 and 1074–78.

107. 见 1952 年诺贝尔和平奖颁奖典礼, 网站: <https://www.nobelprize.org/prizes/peace/1952/ceremony-speech/>; 以及 Albert Schweitzer, *Out of My Life and Thought*, trans. C. T. Campion (New York: Holt, Reinhart, and Winston, 1949), p. 157。

108. 同上。

### 知晓无限的男人

109. 拥有无限房间的旅馆这一概念被称为“希尔伯特旅馆”, 最初是由德国数学家大卫·希尔伯特 (David Hilbert) 提出的, 用以展现无限的一些非直观性质。

110. 更多关于古希腊人的“无限”的想法可参考 Elizabeth Brient, *The Immanence of the Infinite: Hans Blumenberg and the Threshold to Modernity* (Washington, DC: Catholic University of America Press, 2002)。

111. 更多关于中国人的“无限”的概念可参考 Jiang Yi, “The Concept of Infinity and Chinese Thought,” *Journal of Chinese Philosophy* 35, no. 4 (December 2008): 561–70。

112. 亚里士多德关于潜在与实际的无限性的讨论可见其 *Physics*, book 3, chapter 6。

113. *Summa Theologiae*, I.7.1, translated by Fathers of the English Dominican Province (Benziger Brothers, 1947)。

114. Denise Chow, “No End in Sight: Debating the Existence of Infinity,” *Live Science*, June 3, 2013, <https://www.livescience.com/37077-infinity-existence-debate.html>。

115. 林德第一篇关于暴胀理论的论文见 A. D. Linde, “A New Inflationary Universe Scenario: A Possible Solution of the Horizon, Flatness,

- Homogeneity, Isotropy and Primordial Monopole Problems,” *Physics Letters B* 108, 389 (1982); “Chaotic Inflation,” *Physics Letters B* 129, 177 (1983); “Eternally Existing Self-reproducing Chaotic Inflationary Universe,” *Physics Letters B* 175, 395 (1986)。
116. 古斯关于暴胀理论的原创论文是《暴胀的宇宙：视界与平坦度问题的可能解》（“Inflationary Universes: A Possible Solution to the Horizon and Flatness Problems”）。注：“视界”问题即我后面讨论的宇宙背景辐射的均匀性问题。
117. 引自 1987 年 10 月 22 日于马萨诸塞州剑桥市对林德的访谈内容，刊载于 Alan Lightman and Roberta Brawer, *Origins: The Lives and Worlds of Modern Cosmologists* (Cambridge, MA: Harvard University Press, 1990), pp. 486–87。
118. 2019 年 7 月 10 日，我在林德位于加州斯坦福的家中对他进行了采访。本文所引用的所有的林德的表述都摘自这次采访。
119. 2014 年林德为卡夫利基金会（Kavli Foundation）撰写的自传。见网站：<http://kavliprize.org/sites/default/files/Andrei%20Linde%20autobiography.pdf>。
120. <https://www.ancient.eu/image/526/babylonian-map-of-the-world/>。  
另见网站：[https://en.wikipedia.org/wiki/Babylonian\\_Map\\_of\\_the\\_World](https://en.wikipedia.org/wiki/Babylonian_Map_of_the_World)。
121. Bhagavata Purana 6.16.37. 见网站：<https://prabhupadabooks.com/sb/6/16/37>。
122. [https://www.youtube.com/watch?v=ZlfIVEy\\_YOA](https://www.youtube.com/watch?v=ZlfIVEy_YOA)。
123. Dennis Overbye, “Space Ripples Reveal Big Bang’s Smoking Gun,” *New York Times*, March 17, 2014.
124. 1987 年 10 月 22 日作者对林德的采访，完整的采访内容参考如下网站：<https://www.aip.org/history-programs/niels-bohr-library/oral-histories/34321>。