

辑

生命起源的 七条线索

〔英〕A·G·凯恩斯·史密斯 著



中国对外翻译出版公司

脱氧核糖核酸及核糖核酸的组成单位

脱氧核糖核酸由四种核苷酸分子合成。下面所表示的是在其中一种核苷酸分子中原子相互连结的方式：

上图所示的核苷酸分子可被看作由两半组成：一半是“字母段”（在右边用粗线条和粗体印刷字母表示），另一半则为“连接段”（位于图的左边）。这四种脱氧核糖核酸核苷酸的连接段全都相同，但其字母段却不同。它们的字母段或者是上图所示的腺嘌呤（A），或者是下图中所示的鸟嘌呤（G），或胸腺嘧啶（T），或胞核嘧啶（C）。

要合成一条脱氧核糖核酸链，核苷酸单位连接段中的磷原子（左上角）必须与其它核苷酸单位的氧原子（左下角）相连接。实际上水分子必须被挤出，分成两部分：氢氧根 OH 离开顶部，H（氢原子）则离开底部，就像图中所示那样。（这是为了使适当的按扣处于释放状态。）

在实践中，除非先给核苷酸单位“上发条”或者使它们具有易感性，否则，它们无法以这种方式相互连接在一起。给核苷酸单位“上发条”或使其具有易感性可通过用别的东西取代氢氧根 OH 来实现。这种取代 OH 的东西是一短串附加的磷原子和氧原子，这种东西的分裂比 OH 要容易得多。下图所示则是四种具有易感性的脱氧核糖核酸核苷酸的结构：

组成核糖核酸的四种核苷酸与脱氧核糖核酸核苷酸之间的区别仅在于它们的连接段有些许不同（核糖核酸核苷酸的连接段中多一个氧原子）以及脱氧核糖核酸核苷酸中的胸腺嘧啶在核糖核酸核苷酸中少了 CH_3 ，被称作尿嘧啶（U）。

蛋白质组成单位

下图所示是 20 种蛋白质氨基酸中的三种：

氨基酸也像核苷酸一样，可被看作由连接段（氨基酸单位的连接段相当小）与字母段（种类繁多）组成。氨基酸单位相互连接的方式也类似，其连接的正式程序也要求将水分子分裂成 OH 和 H（就像上图所示那样）。同样，在实际中只有当氨基酸单位先具有易感性之后连接才能进行，但使氨基酸具有易感性的过程在这种情况下要更为复杂。

高岭石晶体层

后边的图所代表的是高岭石晶体中的一个晶体层的很小一部分（约相当于这个晶体层的一百万分之一）。一个高岭石晶体由成千上万个晶体层组成（即使这样一个高岭石晶体仍需放大 100 倍才能为肉眼所视）。

为了使读者了解这个晶体层的结构，图中的原子的大小显得比它们之间的距离要小得多。图中的线条表示共价键。这个晶体层由五个不同层次的原

子组成（不包括氢原子）。最上层为氢氧根族（每个氧原子上附着一个氢原子）。这些氢氧根族在图中用粗线条画成的靶心表示。往下一层为铝原子（用很小的白圈表示），在这一层下边则是由简单的氧原子（用较大的白圈表示）和另一些氢氧根组成的混合原子层。再往下则是硅原子层（硅原子用很小的黑圆表示），硅原子下边则又是一层纯氧原子（用画得较淡的白圈表示）。

如果观察细致，你会发现一个硅原子周围总是有四个氧原子，而一个铝原子则总是被六个氧原子包围。因此，可以认为硅原子在晶体中占据四面格位，铝原子占据六面格位，如果你再仔细观察一下，你还会发现，铝原子的晶格中只有三分之二是满格，三分之一为空穴（空穴之一在图中用虚线表示），所有空穴与硅原子和空穴下的氧原子组成的六角形底衬晶格处于同一角度。如果此时你的眼睛还没有形成严重的内斜视，那么，你就会发现，这个方向角在时钟上表示为“1点整”。它同样可以被画成“5点整”或“9点整”。方向是哪一种并不十分重要，最重要的是这种复杂的原子分布图具有方向。这是高岭石晶体层中一个不太明显的非对称现象，我在本书中将这种现象称作高岭石层形结构中的“箭头”。这种箭头所指可以是三个不同方向中的一个。

高岭石层形结构可用下表概述：

层次

1	氢氧根
2（六面场地）	铝原子与空场地（2：1）
3	氧原子与氢氧根（2：1）
4（四面场地）	硅原子
5	氧原子

上表所概述的实际上是一个侧面图。高岭石晶体中各层之间的结合牢固。一种特大的辅助力作用于顶层的氢氧根与底层的氧原子之间，将它们紧紧地拉在一起。

（完美的）白云母晶体层

白云母层形结构侧面图：

层次

1	氧原子
2（四面场地）	硅原子与铝原子（3：1）
3	氧原子与氢氧根（2：1）
4（六面场地）	铝原子与空场地（2：1）
5	氧原子与氢氧根（2：1）
6（四面场地）	硅原子与铝原子（3：1）
7	氧原子

正如我们在本书的正文中讨论过的那样，在上表所示的白云母层形结构中，铝原子取代硅原子占据四面格位，从而使这种晶体层带有大量负电荷。一个云母晶体由一叠这样的晶体层组成，各层之间由一层（带正电荷的）钾离子将其紧紧拉在一起。

粘土晶体组成单位

粘土矿物从很稀的溶液中生成。这种溶液的组成单位总是包括硅酸：

上图将图中的氢原子略去后可用下图表示：

这些组成单位可连接起来，并在连接过程中将水分子挤出：

这种连接容易形成，同样也容易拆开。这意味着连接过程具有可逆性。然而，在这种过程中形成及断开的键却是强有力的共价键。在这些似乎矛盾的陈述的后面还隐藏着一个秘密。这就是交换。如果一个牢固的键可以通过水分子的适当增减换成另一个键，那么这种键的性质实际上相当不稳定。然而，一旦这些键脱离与水的接触并被晶体深深包藏其中，它们就不再容易形成或断裂而变得比较稳定。

合成粘土晶体所需的其它物质单位包括水合金属离子。这是一些带正电荷的金属离子，其周围通常有六个水分子。如果先不去理睬这种金属离子所带的电荷，那么，这种离子的结构可用下图表示：

这些水合金属离子同样能够以一种可逆方式相互连接，从而合成较大的结合牢固的结构，如图所示：

或者，硅酸单位可能与水合金属离子相连接，如图所示：

粘土晶体的组成单位不断相互连接，已形成的连接又不断地断裂。这种连接和断裂过程为找到一种特别稳定的结合方式提供了可能。这种特别稳定的结构一旦形成就会继续存在下去。（这是任何一种结晶过程均具有的典型特征。）高岭石和云母类晶体层所代表的就是这样一些特别稳定的结构。一个粘土晶体的自行合成需经过无数次连接和断裂，即使是最小的粘土晶体也是如此。

前言

“奇怪呀，华生，非常奇怪！”

面对一个看来棘手的难题，应当从何下手？是循着笛卡尔^①倡导的方法入手呢，还是应该按照福尔摩斯探索的方式行事？是否应该从容易理解的部分入手，逐步深入，即如笛卡尔所说的那样，“从最简单、最浅显易懂处开始，由简入繁，由浅入深，一点一点地积累，最后弄通最复杂的部分？”笛卡尔倡导的方法听起来不错，在整体上说，现代科学接受了他的忠告。然而，这种有条不紊、逐步深入的方法并非时时都能奏效。按照这种方法走出的最初几步有时可能将你引入迷途，令你茫然不知身置何处。因此，有时候你需要的不是笛卡尔的忠告而是福尔摩斯的指点。

你知道，福尔摩斯在探查一个案件时首先不是去搜集那些明显的线索而是积极地寻找出案件中那些似乎不可理解的特征，福尔摩斯将它们称之为“奇怪的”特征。这些特征可以为你指示路径，告诉你所要处理的是何种类型的问题。假如你能想象在门窗紧闭的情况下谋杀究竟会如何发生，或者假如你能推断到底是为了什么窃贼竟然将铃弄响，将自己暴露在房间之内，那么，整个案件也许就已被你侦破。

我以为生命的起源就是一个福尔摩斯式问题，这就是说，如果我们能够推断出生命究竟会是怎样开始的，那么我们就可以确定，至少可以大体上确定，生命实际上是如何发源的。

本书用了大量篇幅寻找出有关地球上生命的起源一案中的难点，并使之尽可能裸露。这样做不是为了说明这一问题的难度从而放弃尝试并说“瞧，这一切简直不可能解答”。完全不是出于这样的目的。难点找出后，不管是对是错，我们都将假定地球上生命的形成确实起自于“自然的原因”。我们寻找难点是为了尽可能看清楚问题的实质，以便找到解决问题的关键所在。

《生命起源的七条线索》一书源自于一个念头，即把我写的一本名为《遗传接替》的书改写成以一般读者为对象的科普读物的想法。这本科普读物只用了少量的技术名词和图表，其篇幅也比原书要短得多，且书中不附录引用资料的出处。既然有关生命起源的问题不管怎样说都是一个需要用侦探方式解决的问题，因此我想用写侦探故事的风格来写这本新书必将有趣得很。如果你愿意，你可将此书当做侦探故事来读，在读的过程中尝试对故事的离奇结局做一预测，结局将从第10章左右开始出现。

此外，在阅读此书过程中还有大量的其它方面的问题供你思考。例如，真正的难点是什么？哪些是主要嫌疑者？哪些是为转移注意力而加上的不相干的东西？什么是最佳线索？（或者说作者认为它们是什么？）我在书中选择了七条最佳线索，这些线索撒在故事发展的不同阶段。在本书最后一章，这些线索均将全部予以明确列举。

我决定在书中不附录所引资料的出处是因为：1.一般读者对何人何时做了何事不会特别感兴趣；2.行家对此早已通晓；3.我已写过一本相同内容的书，书中附录有大量的引文出处和参考资料。鉴此，本书对名人显要只在有关各处简单地提了一提。对于一般读者，我仅需要强调的是，书中决非所有

^① 笛卡尔（1596—1650），法国哲学家、自然科学家、解析几何学的奠基人。

概念均为创新思想，即使是那些带点创新意味的概念也是从原来的概念发展而来；书中的知识背景总使人想要推究我们的出身，这些知识背景全部以他人的多次试验和观察所获的结果为依据。还有，概念的形成、发展或推陈出新均为多年来与同事和朋友无数次商讨的结果。

在这里，我要特别感谢那些通过阅读此书原稿以及同我展开讨论，从而对此书的形成给予了积极帮助的人们。他们包括保罗·布拉特曼，科林·布朗，罗杰·布伊克，杰克·科恩，约翰·弗里尔，萨利·吉布森，海曼·哈特曼，凯尔文·泰勒以及我的妻子多萝西·安妮和我的儿子亚当。此外，我还要感谢珍妮特·麦金太尔和我的女儿萨拉，她们通过各种电子手段将此书原稿变成了打印件。

格拉厄姆·凯恩斯-史密斯
1984 年春于格拉斯哥

“科学与人译丛”出版说明

英国著名科学专栏作家布赖恩·阿普尔亚德在其《理解现在——科学与现代人的灵魂》一书中有这样一段话：

“1609年，加利莱奥·伽利略使用一架望远镜观看月亮。这一时刻，对世界的意义如此重大，以至人们将它与耶稣的诞生相提并论。因为，就像在伯利恒，自这一时刻，人类生活中的不可能成为可能。”

阿普尔亚德据此将科学划分为伽利略之前的科学，或称“智慧”，以及从1609年开始的现代科学。前一科学建立在推理基础上，后一科学建立在观察与实验基础上。经过如此划分，我们习以为常的科学，竟然只有400年的历史。

但人类就在这400年内经历了飞速发展。

我们有了蒸汽机，有了轮船，有了电话、电报，有了飞机、火箭，有了电视、电脑、互联网络，我们还有重力场理论、元素周期表、量子力学、相对论乃至被称为“自然中最基本物体”的超弦。工业革命、农业革命、信息革命使人类的社会生活发生了前人难以想象的变化。

人类改造了自然，也改造了人类自己。回顾这一切，人类完全有理由感到自豪。因为，人类就像上帝，也有自己的“创世纪”。人说，要有科学，就有了科学。科学是好的，它行之有效。

然而，“创世纪”中写道“到第七日，上帝造物的工已经完毕，就在第七日歇了他一切的工，安息了”。而人类的工却没有完毕，400年后的今天仍然不能安息。

就像有光必有影，人在发现、发明、创造、拥有上述一切的同时，还得到了原子弹、氢弹、核泄漏、酸雨、温室效应、臭氧层空洞乃至伴随科学技术而来的种种风险。

人类曾以为已找到了通往自由王国的必由之路，他将乘着科学的飞船，摆脱一切束缚，重新确立自己在宇宙中的位置。但在科学爆炸的二十世纪，人类终于开始反思：

科学行之有效，但它是否就是真理？

为此，我们编辑了这套《科学与人译丛》，陆续分辑推出。其中，有对信息崇拜的批判，有对生命起源的求索，有对技术所导致风险的分析，有对世界最新科学动态和研究方向的展望。数学家用对策论证明，完全的民主实际上并无可能；物理学家提出全新的超弦理论，试图统一描述所有的力、物质的所有基本粒子和时空，继量子力学和相对论之后，成为“第三次物理学革命的重要标志”……《译丛》汇集了物理学家、数学家、生物学家、天文学家、哲学家、人类学家、伦理学家……自本世纪后半期、尤其是在本世纪末打通自然科学与社会科学之间的隔膜，对科学这一决定人类命运的工具的深刻思索。通过这套丛书，我们期望读者可以对科学的现状、科学的未来、科学的正面与负面效应，有一个较为全面的了解，更好地认识科学、掌握科学、利用科学。

中国对外翻译出版公司

1997年2月

第一章 询问

“福尔摩斯先生，你看这个谜有解开的希望吗？”她问道，问话中带有一丝严厉的口吻。

“哦，这个谜！”他回应着，思绪开始回到现实中来。“是的，这是一个非常复杂、深奥难解的案件。否认这一点是荒谬的。不过，我可以向您保证，我会调查此事，而且如果有所发现，我会让您知道。”

“你找到线索了吗？”

“您已经为我提供了七条。当然我必须对这些线索进行检验，然后才能对它们的价值做出评价。”

“你怀疑某个人吗？”

“我怀疑我自己。”

“什么！”

“我怀疑我会过快地得出结论。”

“进化”是生物学中一个基本概念。无论报界对有关“进化”概念引起的争论如何报道，实际上，生物学家并没有在这个问题上苦苦纠缠。人们对进化如何发生以及进化有多快等问题也许还在争论，但进化已实际发生这一点几乎已无人再提出争议。目前地球上形形色色的生物均从一个共同的祖先进化而来。这种观点的可靠性不是由单一论证所确定而是由生物学家的日常经验所证明。生物学家做了无数次细致的和一般的观察，所得结果均与这种观点相符合。生物学家对生命的相关性进行全面审视的过程把生物学变成了一门连贯的学科。生物学完全成为了一门研究进化因果的学问。在这个意义上，有关生命起源的问题首先是一个有关进化起源的问题。

用这种呆板的方式叙述问题并非要否定有关地球上生命的起源这一问题的深奥和复杂性。有关这一问题的线索很多，远不止福尔摩斯所掌握的七条。然而这些线索并不是和问题直接相关，而那些最为明显的又不一定是最重要的。因此，我们将对其中许多线索进行推理检验，找出并剔除一些不相干的线索，同时避免过快地形成结论。这样一来，七条显得特别有用的线索就将呈现出来，这些线索所提出的有关生命的起源的全部观点也将公之于众。

在我们能够真正开始对这一问题进行探讨之前，一些词汇所表达的概念必须先弄清楚。首先我们来看看“生命”这个词。

我从词典里查到，生命是介于出生与死亡之间的阶段。但是，这种释义却不是我想要讨论的。本书也像《地球上的生命》一书一样，所要讨论的是作为一种现象的生命。生命是一种特性，为人、霉菌和金盏花所共有，这是一种相当模糊的特性，虽然在多数情况下显而易见，但遗憾的是，要给它做一限定却又特别困难。

我倾向于认为“生命”这个词具有模糊且不能限定的性质，但它总是以某种方式包容了一个笼统的概念。柯尔律治给“生命”下了这样的定义：“我以为生命是……一个整体，这个整体是各个部分存在的先决条件。”我们有关生物的印象来自于生物具有的内在的独创性以及按照一定目的设计和组合起来的外表。我们可以把生物看作是一种自然发生的机制。我们还知道一个生物的目的是生存、竞争和繁衍。

必须承认，柯尔律治想要寻找的是某种比机制更具想象力的东西，即某

种特别神奇的聚合力，或者说生命的某种本性，某种使生物区别于非生物的本质的魔力。这就是我们所说的生机论。生机论是一种已被正式宣布过时的理论。然而一些受人尊敬的科学家，其中大部分为物理学家，似乎仍然认为“生命”不止是一种机制。他们将寻找一种意义深远的区分生物与非生物的分界线。不管怎么说，有一种假设很具诱惑力。这种假设说，如果生命实际上不是源自某种超自然的东西，那么它至少应该是源自某种发生概率极低的非常事件，即从死到生的飞跃，这样一来，有关生命的起源就附上了魔力的痕迹。

我更倾向于赞同一种相反的看法。目前持这种看法的人已居多数。这就是假定达尔文创立的驱魔说可以继续用于对生命起源的探讨。

达尔文劝说我们相信，生物具有的似乎带有目的性的结构通常可以，也许总是可以，归结于自然选择作用的结果。假设你拥有某种具有繁衍同类能力的生物；假设这种生物繁衍的后代有时会出现一些不规则的变异；假设这种变异可以遗传；假设其中某些变异可给物主带来好处；假设在这些具有繁衍能力的实体之间存在竞争，即假设繁衍的后代过多因而不是所有的后代皆能存活到本身也具有繁衍后代能力的时候；那么，这些实体繁衍后代的能力就会有所改善。在这样的环境中，大自然起的是选择物种的作用，物种因此不能不对自身加以改善。

由此可见，自然选择比“适者生存”的涵义要广，它的涵义还包括前面提到的那些假设。然而，自然选择仅仅是进化机制的一个组成部分。任何试图解释生物的多样性和复杂性的理论都必须同时将已由已变化的和正起变化的环境形成的已变化的和变化之中的挑战考虑进去。作为物种的培育者和物种竞争的裁判，大自然在选择应授予头奖的物种时总是不断改变主意。天择的不断变化所形成的压力是大自然具有的创造力的一个重要部分。

尽管如此，自然选择仍然是进化的一个关键性因素，是一个必不可少的条件。离开自然选择，生物甚至无法适应已经给定的环境，更不用说去适应新的环境。离开自然选择，有关生命形成的整个过程根本就不可能开始。如此说来，我们把那种我们称之为“生命”的生物内在的独创性放在进化中去讨论就显得比较容易。这就是说，生命是进化的产物。

既然如此，生命就不是某种会突然出现的绝对的属性，生命应是在进化初期以渐进方式出现；在最初符合前面提到的那些假设情况的最初的进化实体和后来的进化实体之间并没有严格的分界线。没有谁会去关心这两者之间究竟有什么区别。当你能够弄明白进化过程中发生的事情时，你就会对区分最初的进化实体和后来的进化实体失去兴趣。就像我在前文所说的那样，“生命”是一个模糊概念。我们最好还是停留于此。

然而且慢。你也许会说，按照这种解释，“生命”岂不是不需要由生物来产生了吗？

是的。进化所需的是自然选择，而自然选择所需的则是符合前面提及的那些假设情况的东西。用于这种解释的法则中没有任何法则说明自然选择所需的东西必须是“有生命的”东西。现在，我们形成了一个奇特的看法，之所以如此是因为我们知道的所有能够进化的东西都已经进化。

至此，我们所要探讨的问题应从何入手这一点已再清楚不过：如果我们想要弄清楚生命的起源，弄清楚生命会怎样逐渐出现，我们首先必须弄清楚进化的起源。我们首先必须找到那些能够进化但尚未进化的东西。如果这样

的东西在进化最初开始时确实存在，那么类似的东西现在也应该仍能找到或能被造出。

能够在进化的范畴内予以确定的另一个词叫有机物。有机物是进化的参与者。为论述方便起见，讲得更具体一点就是，有机物是进化的必要条件。我们刚才讨论的那些最早能够进化的东西在当时不会是“活的”，但它们却仍然会是有机物。

在对进化发生的方式以及有机物如何繁衍和如何将其本身特征传给后代的方式有了一个基本的了解之后，有关生命起源这一问题中最难弄清楚的难点原则上看起来似乎已经解决。至本世纪中叶，一些生物化学家和其他科学工作者就已感觉到，某些在显微镜下呈现为无特定结构的松散一团的细菌和比它们更小的分子集结体之间可能仅有一道小小的裂口，后者可能就是最早进入进化的有机物。

在 50 年代初期，人们对有关生命起源的研究充满了乐观。当时科学家突然发现了遗传的分子基础。此外，人们对地球的原始环境的研究得出的占主导地位的看法表明有关这种分子系统的组成部分在当时曾无处不在。早期地球上的大气层据认为与目前木星上的大气层相似，主要也是由氢、甲烷和氨等气体组成。事实证明，目前在所有有机物中发现的某些氨基酸用这些气体很容易就可以合成。既然合成了这种氨基酸，总会有机会合成其它氨基酸，而且在这个过程中说不定还可以发现某些可能会减少合成所需运气的特殊效应。

这种乐观主义可见于许多基础学课本。有时，人们甚至对生命的起源这一问题也产生了某种厌倦，好像这一问题之所以难解完全是因为视野模糊不清，即现在难以弄清楚发生在远古时期的事件的细节。

如果这一问题果真变成这样，那未免就太遗憾了。幸而没有。有关生命的起源这个问题依然是桩疑案（即舍洛克·福尔摩斯很感兴趣的那类案子）。例如，进化究竟会以何种方式发生，我们非但说不出很多方式，似乎连一种方式也说不清楚。这桩疑案的独特特征存在于根据我们的知识所能设想的最简单的有机物与地球据理而论能够生成的这种有机物的组成部分之间的裂口之中。现在这道裂口可以看得更清楚了。这是一道鸿沟。

三个主要事实

至此，有关生命的起源这桩疑案中的一个最为明显突出的事实已为读者所知：

事实一：地球上存在生命

地球上存在各种形态的生命，这一点已是显而易见。然而，生命呈现的千形百态从生物化学上说多多少少都是属于一种表面现象，这一点却不是那么明显了。假如你能借助高倍放大镜来观察，你就会发现，地球上的生命实际上只有一种。所有有机物的中央系统均由同样一组微型部件，即由同样一组小分子构造而成。于是，我们又得到了一个事实。

事实二：所有已知生物本质上相同

但是，引起烦恼的却是另一个事实，即

事实三：所有已知生物均非常复杂

用于建造有机物中央系统的微型部件中有些本身就是非常简单的分子。

事实也许如此。然而，这些非常简单的分子却以一种既高度复杂而又组织得十分得法的方式开展协作。这种协作也许可以解释为一种进化的产物而不去加以深究（任何东西在开始进化时与进化后相比自然要简单得多）。但真正的烦恼却已出现，这是因为这种高度复杂性的很大一部分为有机物的活动方式所必需。我们所讨论的生命是一种“高技术”。即使在那些关键的微型部件中，有些部件也决不是轻而易举就能制造出来的。我们将在后文继续讨论第三个事实带来的困惑。

时间与环境问题

地球已存在 45 亿年，这个说法是相当可靠的。有关许多古老岩石的年代的说法也同样可靠。这些岩石在很久以前就已存在。在格陵兰岛就有存在了 38 亿年的古老岩石。然而要给这些古老岩石中最早出现的生命迹象标明（或确定）年代却非易事。尽管如此，目前已有证据可有力地证明，至少在 28 亿年以前地球上就已有某种微生物存在。这是一个比较保守的估计。多数专家都说目前已有相当多的证据表明在 35 亿年以前地球上即已有生命存在，少数专家则认为地球上的生命出现的时间比这还要早，可追溯至 38 亿年以前。

在这些证据中，最为直接的证据包括两个方面。其一：在许多古老岩石、包括已存在 35 亿年之久的澳洲岩石中，均存在有非常奇巧的大型结构物，这种结构物与现今由大量微生物形成的叠层岩极为相似。其二：在古老岩石中还发现有些东西看上去像是由微生物本身形成的化石。

追溯地球生命起源的年代，最早可能出现生命的日期是由地球本身的年龄确定的，然而从月球以及其它星球上获得的证据却表明地球在大约 40 亿年前曾被巨大的陨星体撞击。因此，地球上的生命最早出现的年代应是 40 亿年而不是 45 亿年以前。前文提及的“28 亿年前”那个比较保守的估计有可能随着新的证据的发现而向前推移。因此，两者之间的差距将会缩小。但在目前阶段，我们可以赞同生命起源于 45 亿年（或晚一些）至 28 亿年（或早一些）这一时间范围。

当地球上开始出现生命时，当时的环境会是怎样？有关这一点，我们获得的最有力的证据来自格陵兰岩石。格陵兰岩石已存在 38 亿年之久，这个年代正好在我们得到的关于生命起源的时间范围之内。岩石本身所描绘的地球的环境与现在的情况并没有截然的不同。这种岩石曾作为沉积物沉于水底之中，由此可以推测当时地球上也有陆地，这样才可能有陆上物质沉于水中，形成沉积物。格陵兰岩石中含有碳酸盐，由此也可以推测，当时地球上的大气层中含有二氧化碳。此外，这种岩石中还有含铁的沉积物，这种沉积物通常只有当空气中没有游离氧或游离氧极少时方能形成。还有，早期的大气中还有氮；也像现在一样，氮也是当时大气中的主要成分，这是一种带普遍性的推论。

有一种观点认为早期地球上的大气层就像目前木星的大气层一样充满了甲烷、氨等气体。但这种说法从古老的岩石中却找不出证据。因此，无论在地质学家还是在地质化学家或天文学家中，目前这种观点已没有多少人赞同。

最后，让我们大致地看看在对有关生命的起源这桩疑案的探索上存在的四种态度。这四种态度各走极端，但都倾向于说明同一点，即继续探索没有

意义。

规律被打破了吗？

在已知与未知之间插入奇迹，以此作为桥梁沟通未知世界，这就是所谓奇迹论。这是一种徒劳无功的方法。一些最终可以解释的问题刚开始时却常常显得令人困惑。1000 年前又有谁能想到，人类会认识原子的大小，会发现地球的年龄？舍洛克·福尔摩斯探查的案件总是使可怜的华生医生困惑不已，就像一场精彩的魔术表演也会使我们全都迷惑一样。如果认为对某种现象无法做出符合自然规律的解释因此就必须寻找一种超自然的解释，那么，这种看法未免贻笑大方。鉴于过去许多科学上的难解之谜现在均已一一解开，因此对某些现在无法做出自然解释的现象不去推测其自然原因必须有非常清楚的理由。所以我们还是不要说规律已被打破。

发生了反常事件？

我们已在前面提及这种看法。这种看法认为，假如宇宙在时间和空间均是无限的，那么，任何有限概率的事件都会发生（且会发生无数次）。按照这个推理，地球上最早的有机物的出现很可能是一种偶然现象。除了地球以外，宇宙中其它地方尚未发现有生命，这一点可用来作为支撑这种看法的佐证。这种看法是奇迹论的另一种表述，只不过这种表述的方式比奇迹论要科学一些，因而受到尊重。但它也和奇迹论一样，按照这种看法去探索生命的起源也不会有结果。如果生命可以在没有反常事件的情况下出现，那么，这正是生命会借以出现的方式。

是上帝预做的安排？

有关生命的起源，还有一种观点。这种观点由布兰登·卡特创立，被称作“人类的原则”。这种观点认为，我们一定是在一个能够产生生命、使我们的存在成为可能的星系。因此我们目前所处的银河系很可能是从无数个星系中挑选出来的奇特的星系。或者有人也许会说，这是上帝特意造出来的。按照这种观点，大自然的法则和恒量以及银河系的最初状态实际上都是为了能够产生有意识的生命而预做的安排。也许是这样吧。但是这种观点也和前面提到的反常事件论一样，它同样无法为我们的探索提供一条摆脱困境的出路。因此，无论我们所处的星系会是如何的超自然，我们应该寻找那种生命借以产生的最有可能的方式。

是外界所为？

也许生命并非从地球开始，而是源自于从其它地方来到地球的某种种子。

曾获诺贝尔化学奖的瑞典化学家阿雷尼乌斯在本世纪初曾做过这样的推测：光波产生的压力可能会将孢子从一个星系推向另一个星系。此外，有人也曾推测陨星可能是孢子做星际旅行的载体，这样，埋在陨星中的孢子在旅

途中方可能免遭辐射的毁灭性打击。

还有一些实际问题需要回答，例如孢子在经过这样的旅行之后事实上是否还能生存下来，以及它们是否能够找到一个适合它们继续生存下去的地点，等等。此外，这种观点还有一个缺陷，即它转移了我们所要讨论的问题。我们至少知道生命可以在地球上生存和繁衍，凭此而论，作为一个想象中的生命起源之地，地球似乎并不比其它任何地方逊色。

往近说，霍伊尔与威克拉马辛格曾经推测：在广阔无垠的星际空间，那里的环境也许格外适合生命的产生。星际空间中也许到处是孢子，这些孢子从未在任何星球上存在过。尽管如此，这些生于太空的有机物却也许能够侵染像地球这样的星球。这种推测认为太空也许是进化最早产生的更为适合的地点，这样一来话题则扯得更远。而且，这种解释一点也不清楚。此外，在太空中进化而来的有机物在一个星球表面所具有的完全不同的环境中如何能够生存下来，这一点也不清楚。还有一种观点认为，彗星或陨星也许是进化起源之地。这种看法也同样既具有诱惑力，也充满了暗礁。

英国生物物理学家克里克和奥热尔却考虑过另一种观点，即所谓有生源说。按照这种观点，也许我们本身就是某些其它高等生物所做的一个研究项目的产物；也许在遥远的过去某个时期，这些高等生物曾特意在地球播下了种子。这种观点同样将问题转移了，因为这样一来，所要讨论的问题就变成：这些高等生物又是怎样进化而来的？

裁 决

目前我无法否定以下各种可能性：地球上的生命可能源自于奇迹，或反常事件或外部侵染。我赞同这样一种看法：即 50 年代设想生命起源答案时的那种错误把握，会再次出现在某些回答有机物活动方式问题的注释里。要解答有关生命的起源这一问题还需寻找其它线索，一些奇特的线索。

在目前这个时候，对前文提到的那些推测，要说出哪些比较合理而哪些则显得离谱确实比较困难。目前，我们需要找出探索的方向。假如我们想认真探查下去，我们就必须排除一些路径。因此，我对这一调查所做的结论可以被看作仅仅是一种比较实际的观点，至少在现阶段可以这样认为。我的结论是：生命在 30 亿年至 40 亿年前因自然原因在地球上产生。在现阶段，这种结论是一种非常陈腐的观点。尽管如此，有关生命起源这桩疑案中的那些奇特特征，即横在进化开始与未开始之间的那道鸿沟，却将引导我们最终得出一种与一般常见的观点完全不同的看法。

“当然，如果莫蒂默的推测正确，如果我们正在对付的是一些不受大自然的一般规律管束的力量，我们的调查也就到头了。不过，在证明这一假设之前，我们决心先对其它所有假设一一求证。”

第二章 信息，信息

“什么是这一连串事件的开端？这根缠成一团的线的终端就在那里。”

一根线将我们与我们最早的祖先——一些存在于原始地球但尚未有生命的有机物，连在了一起。毫无疑问，这是一根头绪不清的线。然而，这根线究竟是什么东西？在有机物演替过程中这种连接的性质又是什么？

所有有机物本身都有一个仓库，用来存储被称之为遗传信息的东西。遗传信息是一组指令，用来规范和此种有机物具有共同表型的一类有机物的构造和生存。我将把有机物的遗传信息库称作该有机物的图书馆。例如，人的图书馆中的藏书由一组有关构造和功能指南的手册组成，这组手册相当于一个 100 万页的合订本。比较简单的有机物，例如细菌，其“图书馆”容纳的信息量要小得多，例如说，只相当于 1000 来个书页。但即使如此，那也仍然是一本分量不轻的手册。

这种比喻意义上的书本中每一页都密密麻麻地印满了符号，这些符号总共只有四种。我们可以假设这些符号是 ABCD 四种字母，这些字母一行接一行、一页接一页印在书中。但是，这些字母的排列次序却看不出有多少道理。诚然，没有明显的次序则为一种符号序列可能在传递某种信息提供了可能性。有人推测某些“图书馆”，例如人的“图书馆”中的符号只要稍加编辑，这种符号的排列方式也许就传递了某种信息。尽管这一点仍然只是一种猜想，但另一种看法却已无人提出疑问，即如果不是大部分至少也有许多字母排列方式确实包含了某种信息。这些信息中有许多已被破译。

一种肉眼可见的有机物好比一座大房子，里面分隔成许多小隔间，这些小隔间就叫做细胞。构成有机物的细胞通常种类繁多，其功能也各自不同。我们的身体由皮肤、骨头、血、神经等材料组成，这些材料每一种都是由一些各具特性的细胞所构成。

在这种多细胞有机物中，其“图书馆”又位于何处？

答案是无处不在。除了少数例外情况，在多细胞有机物中，每一个细胞都有一整套“图书馆”藏书。当这种有机物生长时，其细胞数目成倍增长。在这个过程中，有机物的中央“图书馆”中的全部藏书就不断地被新的细胞复制下来。

当一个细胞分裂成两个，而这两个新细胞将中央“图书馆”中的全部藏书予以复印时，这种藏书的确可在显微镜下看得比较清楚。就在细胞开始分裂前，一对一对的状似绳索的粗短线条式结构就会出现在显微镜中。这些两根一组的带子的一部似乎被夹在了一起。当细胞开始分裂时，这两根一组的带子也分成两根，分别走向分裂而成的两个新的细胞。这些带子每一根都是一本指令手册，“图书馆”中众多藏书中的一本。两根带于是同一本指令手册的复制品。很显然，这是一个进行相同分裂系统的全部内容。

人的“图书馆”中有 46 本这种状似带子的书籍。这种书籍叫做染色体。它们并非全属同一规格，其中一般规格的相当于两万页左右。

当然，染色体事实上并非那种由书页组成的书。把染色体比作一条纸带比把它比作一本书更为接近，这种纸带上密密麻麻地印着四种字母，这些字母排成了长长的一串。假如你能将人的染色体上的符号打印在一条纸带上，这条纸带将长达 150 公里。无论你怎么看，这都是一卷长书。（设想一下，

假如在刮风天阅读这样一卷书将会是怎样的感受……)

尽管染色体本身看起来也许是一种细长的东西，但它包含的信息带却仍要比它本身长很多很多。这种染色体中的信息带细得不能再细，它在染色体中卷了又卷，然而却一点也不乱，简直令人难以置信。这种很轻的信息带经常不断地受到周围分子的猛烈冲击，为抗住这种冲击，信息带必须排列整齐。(对细胞中那些微小成分来说，这种冲击犹如阵阵狂风。)

人是一个庞然大物。我们身体中的细胞有好几万亿个。我们的“图书馆”中的藏书复印件也差不多等于这个数目。每一个包含如此众多信息的细胞都享有一定的自主权。在比较大的有机物的组织结构中，细胞处在一个特别重要的地位。它的地位就类似于一个社会中的成员在这个社会中所具有的地位一样。我们可以把一个多细胞有机物看作是一个结构严谨的细胞社会。这样的有机物究竟是如何生成而又如何运转？关于这一点，我们仅有一个模糊的概念。尽管如此，我们至少可以知道，那种必须在细胞之间传递以维持细胞间协作的信息在原则上来说有可能相当简单，简单得就像那种“查阅某页，照指示行事”的信息指令一样。

非常荣幸，在我们考虑生命的起源这一问题时，有关细胞究竟怎样相互交流这一问题，我们大可不必去探究。然而，细胞的自主性质则是一个重要的概念。目前地球上的大部分有机物实际上都是单细胞有机物。这种有机物只有通过显微镜方可看到。那些我们倾向于看作是“地球上的生命”的东西则是一些用肉眼即可看到的有机物，这种有机物最初出现的时间离现在相对较近。就像前文曾指出的那样，单细胞有机物已在地球上生存了 28 亿年或更长时间，这一点可以得到有力的证明。然而，那种结构严谨的多细胞有机物的最初出现时间却要比单细胞有机物晚得多，似乎在七亿年以前才在地球上出现。

即使在单细胞有机物中，某些有机物的构造也要比另一些有机物复杂。最简单的独立生存的有机物就是细菌，我们对细菌知道得较多。人们想知道那些最早出现的有机物是不是可能和现在存在的细菌不一样，这是很自然的。因为我们毕竟知道进化的一般趋势是从简单向复杂发展。有鉴于此，对我们所知道的那些最简单的有机物做一次严格的审视不失为一种比较明智的态度。也许如此一来，我们就可以对我们理解中的那道鸿沟，即我们称之为“生命的起源问题”，做一个限定。

人们通常喜欢拿来讨论的一种生物叫做埃希氏大肠杆菌。这种细菌其实并非是最简单的，然而我们对它的了解却已相当多。美国生物学家沃森曾估计，这种细菌内发生的全部化学反应，我们大概已知其三分之一。这就相当多了。

大肠杆菌栖居在人的肠道之中，但如果能得到合适的营养物，它也能独立生存。只有某些细菌是寄生者。细菌正是在这方面区别于那些比它们更简单的“半有机物”，即病毒。病毒只能是寄生者，因此不可能会是生命的最初形态。

所谓“简单”只是相对而言。即使是病毒，它们也未必那么简单。至于大肠杆菌，无论以何种绝对标准判断，它都不简单，一点也不。

当然，根据我们的标准，大肠杆菌只是一种小生物。它只有千分之一毫米粗，五百分之一毫米长，自然算不上“庞然大物”。但如果从某一角度来看，它是庞大的。就其组成成分而言，它仍然是太庞大了。

大肠杆菌的“图书馆”大约相当于 1000 个书页，这说明了这种细菌构造的复杂性。假如我们把大肠杆菌的“图书馆”比作一卷印满了符号的纸带，这种类比也许更为贴切。这卷纸带伸展开来大约有 10 公里长。

此时，假如要说我们明白了有机物怎样活动，这也并不意味着我们弄清楚了有机物的“图书馆”中的大量信息是怎样传递出去的具体细节。就连埃希氏大肠杆菌的“图书馆”中那本书，我们也仅仅阅读和理解了其中一部分，更不用说我们人类的“图书馆”中所有那些书了。

是的。“图书馆”中的书读得越多，我们的理解才会越全面。目前，我们大体上了解机器为什么可以用我们所知道的有机物繁衍自身的方法复制自己。我们也知道这样的机器应该是一个什么样子。这证明了一个道理：即要造出这样的机器，无论用何种方法以及用何种材料，机器本身必须带有一个像信息带之类的东西。

请想一想：父母亲的一些特征为什么可以在子女身上重现？这种现象为什么会发生？这些特征为什么会一代一代不断地传下去，一直延续了千百万年？

比利继承了他父亲的眉毛。这句话的意思究竟是什么？比利的父亲对比利的形成所做的贡献是一个精子，但精子是没有眉毛的。因此，比利从他父亲那里继承的到底是什么东西？

这里需做两种区分。

首先，我们必须区分特征以及决定特征的东西。奥地利遗传学家孟德尔在 19 世纪 60 年代就曾认识到，对于人、猫或豌豆属植物，上一代必须传给下一代的不可能是实实在在的特征（例如人的身高和眉毛的形状，植物的花的颜色和其它特征等），而是一些实体，这些实体在有机物从最初的“种子”状态开始成长时可以某种方式把这些特征遗传下去。这些实体就叫做基因。

第二个区分就是物的继承与信息的继承之分。比利并不是像他可能有一天从父亲那里继承金表那样继承他父亲的眉毛。他继承的是一种秘诀，比方说比利家是生产糖果的，太妃糖是其主要产品，也许有朝一日比利会继承生产太妃糖的秘诀，继承眉毛也是同一个道理。在生物学上，上一代传给下一代的既有实实在在的物也有看不见摸不着的信息。信息的继承比物的继承要重要得多。只有信息才能一代一代传下去，延续亿万年之久。

物与信息区别实际上就是古已有之的“物质”与“方法”的区别。信息也许必须体现在某种物质之中，但却不等同于物质。这样的信息就是方法。它可以反复不断地复制，并且大体上说可以无限放大。一个信息经过了反复不断地复制再复制后还可以保存下来，但这种信息的载体却无一能够存留。

可以被复制的方法具有非同寻常的持久性，它比物质在某种意义上说要稳定得多。我们称之为贝多芬第五交响曲的那种复杂的抽象艺术不是轻而易举就能毁去的。假如你从报纸上看到这样的标题，如“大火烧毁了贝多芬第五交响曲第三乐章”或“著名交响曲的开头几节失窃”等，你会对这些报道的真实性产生怀疑。你的怀疑当然是有根据的，因为交响曲本身并不是一件东西，而这支交响曲的乐谱（意即指示如何表演的信息）却有很多，且这些乐谱如果有需要很容易就能复制。

通过不断地复制再复制而体现的持久性显然是有机物演替方式的一部分。有机物的繁衍本身即解释了有机物为何能够具有一种特别复杂的存在方式。对于其它任何实体来说，要想像有机物那样依靠其自身复杂的组成成分

之间那种复杂的相互依存的特性生存下去都是不可能的。某些东西或迟或早会遭受厄运，从而走向灭亡。一种方法如果仅仅是和一个具体的物质的东西联系在一起，这种方法当然很容易失传（《蒙娜丽莎》这幅巨作确实可以被火烧毁）。但对于具有复制自身能力的生物来说，这种危险却不存在。能够繁衍自身的生物其构造要想有多复杂即可以有多复杂。问题在于这种复杂性是否有利于后代的改善。这才是唯一的问题所在。至于有机物的这种复杂性如何形成则是另一回事。对有机物的复杂性是如何通过自然选择而形成这一问题，我们目前已开始有所了解，自然选择只适用于具有繁衍能力的生物。

同样，我们目前也开始能够明白有机物怎样繁衍。有机物通过复制那些详细说明其本身的信息，即那些代代相传的信息而繁衍。

然而，在一段比较短的时间内，信息却并非唯一的可继承的东西。除信息外还必须要有物，哪怕仅有那些装载信息的书或纸带；它们也是物。当然，实际上要继承的东西远不止这些。纸带上的信息需要有东西能够将其识别并照此行事。要完成这一任务显然还需要一定数量的自动设备。我们可以设想一下自动化工厂的运转情形，自动化工厂中的各种机器都必须由一个磁盘将指令传给它们，这种机器则将指令转化为具体行动。因此，只要指令恰当，遵照指令就可造出产品。尽管如此，我们还需想到，具有自动制造能力的机器设备可以造出另一种崭新的自动制造机械。而在这一过程中，原先的机器中至少有一台则连同信息一道传给了新一代产品。

由此可见，当一个细胞分裂时，随着分裂的不仅仅是载有指令的书籍。在分裂而成的两个新细胞中除了染色体外还有其它的物质。很明显，这种附加的物质必须包括识别信息的设备和制造设备。

但信息所处的至高无上的地位却没有改变。细胞中的一切，包括所有那些自动制造设备，都在“图书馆”中的某一处有记载。如果在新细胞形成之前，这些信息中的某些信息碰巧需要加以识别并转化为行动，这只是一个时机选择问题，对长期结果不会有什么影响。从长远来说，经过多代相传，能够存留的只有信息。所有具体的东西，每一个原子集合体，每一件设备，每一个水分子，甚至每一条装载信息的纸带，最后都将毁灭或丢弃。只有信息存留。信息是一种方法，一种特定的方法，因此，只有信息本身才能够存留下来，它们才可能成为复制品的复制品的复制品……。

请不要小看细菌这种低级生物。它同样具有繁衍能力，同样可以进化。大肠杆菌一定具有某种长期记忆的功能，记得怎样复制自己，这种记忆功能比其物质形态要长久得多。这就是说，一个大肠杆菌本身就像一个自动化工厂，工厂里的东西有的好比是控制磁带，有的则好比是自动化制造设备，而这些只不过是工厂的一部分。所有设备必须能被工厂容纳，即必须有场地；此外还必须将设备组合起来并供给其原料，而供这些设备加工的工件以及供给设备动力的能源等等都须由大肠杆菌细胞提供。此外，除了那些能够遵循指令工作的自动化设备外，还必须有另外一种设备，一种能够将指令重印的设备。这种设备好比是一台复印机或一个磁带复制器。然而，所有这一切却必须由制造机械根据被称之为“图书馆”的信息带提供的恰当的指令生产出来。

早在 40 多年前，美国数学家诺伊曼就为制造一种具有自行复制自身能力的机器奠定了设计原理，但时至今日尚无人实际造出这样一台机器，不过，这种状况却似乎没有给人们带来多少惊讶。我们可以设想一下：一个行动发