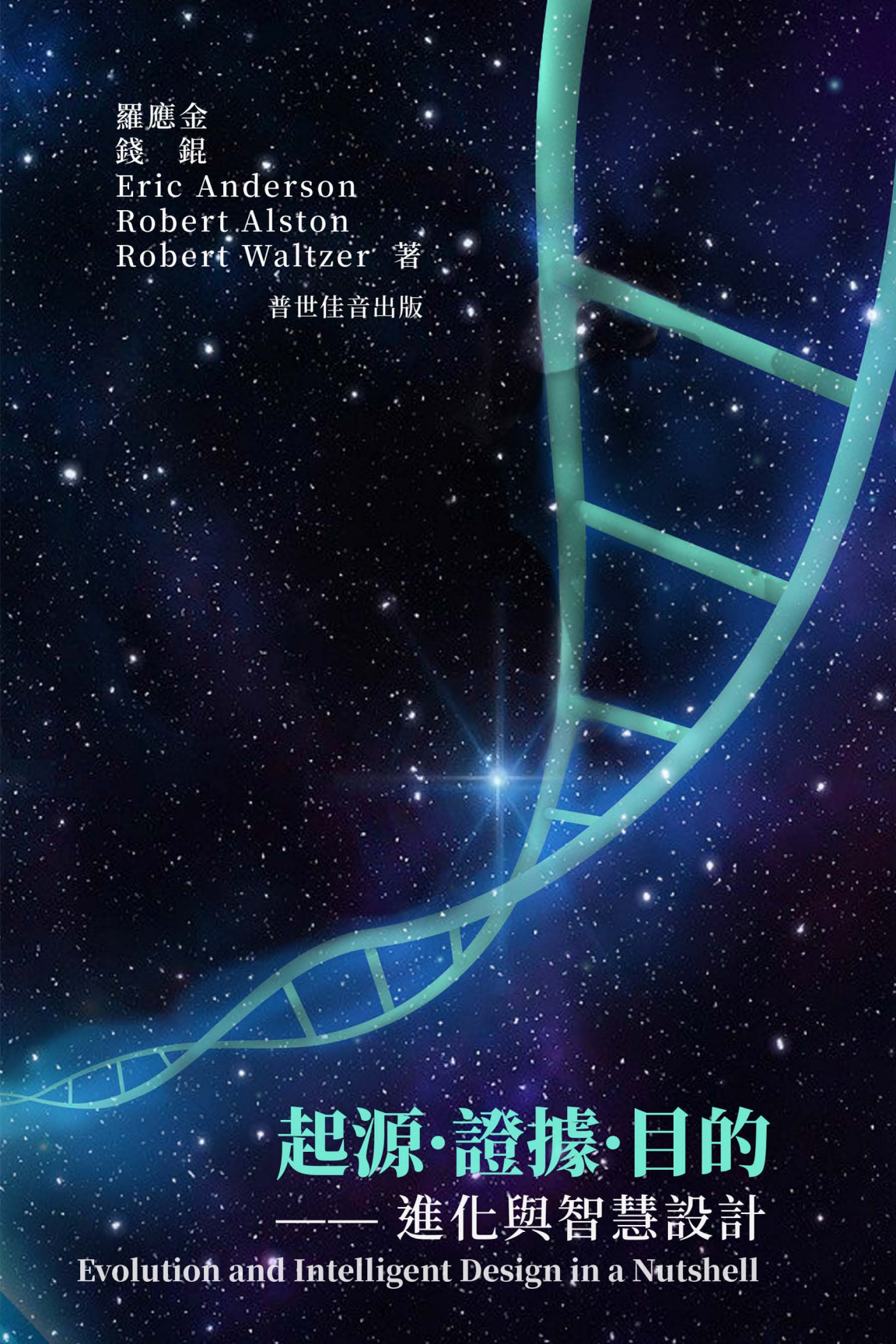




羅應金  
錢 鋨

Eric Anderson  
Robert Alston  
Robert Waltzer 著

普世佳音出版

# 起源·證據·目的

—— 進化與智慧設計

Evolution and Intelligent Design in a Nutshell



# 起源・證據・目的

## ——進化與智慧設計

EVOLUTION AND INTELLIGENT DESIGN IN A NUTSHELL

羅應金 ( Thomas Y. Lo )

錢錕 ( Paul K. Chien )

艾瑞克・安德森 ( Eric Anderson )

羅伯特・敖世彤 ( Robert Alston )

羅伯特・華爾澤 ( Robert Waltzer )



普世佳音 © 出版

# 起源・證據・目的

## ——進化與智慧設計

作者：羅應金 錢 鋁

艾瑞克・安德森 羅伯特・敖世彤 羅伯特・華爾澤

翻譯：熊漢生 解世煌 徐志信 潘柏滔 唐理明 錢 鋁

策劃：安 平 羅應金

編輯：吳俊德 慕 溪

設計：春花燦爛

普世佳音新媒體傳播機構2021年9月第1次印刷

本著作歸作者版權所有，供大眾教育之用，非賣品。

© 2021 by the authors. All rights reserved.

For educational purposes only. Not for sale.

Originally published in the U.S.A.

*Evolution and Intelligent Design in a Nutshell*

by Thomas Lo, Paul Chien, Eric Anderson, Robert Alston, Robert Waltzer

Published by Discovery Institute (May 20, 2020)

### **Chinese edition:**

*Translator:* Hansen Hsiung, James Chieh, Zhi-Xin Xu,

Pattle Pan, Liming Tang, Paul Chien

*Planner:* Jerry An, Thomas Lo

*Editor:* Chun Te Wu, Luke Liu

*Cover:* Chunhua Liu

*Administration:* Heather Haveman, Jackson Tong

First published September 2021

Published by ReFrame Ministries

1700 28th Street SE, Grand Rapids, MI 49508 USA

G. P. O. Box 12058, Hong Kong

E-mail: [chinese@reframeministries.org](mailto:chinese@reframeministries.org)

ISBN: 978-1-956268-03-4

Printed in the United States of America



# 簡介

生命和宇宙真的只是一個意外？難道那些奇妙的自然規律都並無意義？

為什麼中國澄江的「寒武紀寶庫」，會讓達爾文無法解釋的「謎中之謎」更難自圓其說？

為什麼製造一台自我複製功能的3D打印機的過程，可以啟發我們認識了解生命的起源？

從最微小的細胞，到最遙遠的星球，再到時空和能量綻放的「宇宙大爆炸」，本書根據天文學、宇宙學、化學、生物學和古生物學的最新發現，為您展示科學證據如何表明一個關於「起源」的不同的故事。

## 推薦語

資料詳實，論證有力，而且通俗易懂。作者以深厚的生物學和工程學背景，撰寫了這本「智慧設計」入門。若你想要幫助那些拒絕相信上帝存在的人，這本書從概念和證據上都很有說服力，是一個優秀的資源。

——J. Warner Wallace

基督教世界觀科爾森中心高級研究員

《Forensic Faith》作者

這本書為「智慧設計」辯論提供了準確而有趣的簡介，特別是從其宗教含義之外來理解「智慧設計」。我熱烈推薦本書給那些注重客觀數據的讀者。

——潘柏滔博士

美國芝加哥惠頓學院榮休生物學教授

# 目次

|                   |     |
|-------------------|-----|
| 前言                | 1   |
| 致謝                | 11  |
| 第一章               |     |
| 大爆炸和精調的宇宙         | 13  |
| 第二章               |     |
| 資訊和生命起源           | 33  |
| 第三章               |     |
| 一個能自我建造工廠的工廠的工廠…… | 63  |
| 第四章               |     |
| 不可簡化的複雜性與進化       | 89  |
| 第五章               |     |
| 生命的爆發：寒武紀大爆炸      | 127 |
| 章節附註              | 154 |
| 圖片來源              | 169 |
| 進深學習參考資料          | 172 |
| 作者簡歷              | 173 |
| 出版後記              | 174 |



# 前言

羅應金 ( Thomas Y. Lo )

我們從哪裡來？生命如何產生？宇宙有個開始嗎？它又是如何演變成現在的模樣？長期以來我一直糾結於這些問題。雖然我愛上了科學，卻不知道近代的科學發現早已對這些古老的謎團有了新的啟示。

我出生于中國南京，四兄弟姊妹中排行老三。兩歲時，我們全家搬到台灣，在台北度過了我的童年和青少年。我的母親是家庭主婦，後來學了會計，在一所私立女子中學工作貼補家用。我父親是位嚴厲的軍官，他把軍隊裡的規矩和標準帶回家裡。家庭生活因此充滿了戰兢和壓力，沒人敢違逆父親或讓他失望。當我十歲時，父母接受了基督教，父親的態度從此軟化了許多，家裡的氣氛也完全改觀，這是我們全家最融洽的時光。

12歲那年，我參加了教會為期一周的退修會。當時有一百多人參加，年齡從11歲到82歲不等，包括大學生、年輕的專業人士和退休人員。最後一天晚上，全體會眾經歷了一次難忘的屬靈體驗，因此我最終決定受洗。然而，儘管我覺得我在生命中經歷了一次真正的屬靈體驗，甚至可說是一個神蹟，但我仍然對《聖經》中記載的神蹟奇事持懷疑態度。它們似乎太神

奇、太偉大，與我的生活經歷太不一樣。它們是真的嗎？如果《舊約》和《新約》中的事件不是基於客觀的科學證據，它們怎可信呢？

當我進入青少年期以後，我的懷疑與日俱增。學校同學取笑我的信仰，老師也對基督教表達不屑的批評，讓我感到不安。

上大學後，這種持續不斷的內心壓力使我離開了信仰，外表上我還是個基督徒，但心裡卻沒有堅定的信念。當時我住在家裡，還得與家人去教會，在學校也參加基督徒團契。但內心的掙扎使我生命中沒有喜樂。

於此同時，我被一些大問題所困擾：人生的意義何在？我為什麼存在？我人生該做什麼？我沉浸在存在主義和佛教的文學作品中。在找不到滿意的答案下，我有時會陷入沮喪和憂鬱。我對意義和目的的追尋並沒有停止，但我開始在精神和宗教領域之外去尋找答案。沒過多久，我就找到了。

或者說，我以為我找到了。

當我在大學三年級學習近代物理時，教授描述了在原子中的電子、質子和中子是如何運作的，我立刻被吸引住。他所描述的極小基本粒子在原子中的運轉，與浩瀚宇宙中無數銀河系的運轉相似，<sup>1</sup>更使我著迷。

在找到了對科學和工程的熱愛後，我就把那些大問題放在一邊。但近幾年來，當我開始學習天文、地質、遺傳學和科學歷史時，我又重新回到了大問題上。

的確，是科學使我回到了大問題上，這次心中卻十分踏



實。在我上大學近代物理課的三十五年前，愛因斯坦正在努力堅持他對靜態和永恆宇宙（一個不是「被創造」而是一直存在的宇宙）的信念。但在瞭解一些新的證據，包括愛德溫·哈勃（Edwin Hubble）和其他天文學家所發現的遙遠星系的「多普勒似紅移」（Doppler-like redshift）現象後，他感到需要調整自己的觀點。

1931年1月，哈勃邀請愛因斯坦到加州威爾遜山的天文台，觀看紅移現象。這次活動中最著名的照片，是愛因斯坦通過當時世界上最大的100吋胡克望遠鏡（Hooker Telescope）觀察紅移。<sup>2</sup>在這張著名的照片中，愛因斯坦凝視著遙遠的天空，而哈勃就站在他身後，一臉嚴肅的表情，手裡拿著煙斗。與其說這是一次實際的科學觀測，不如說是一次媒體的拍照機會。但這張照片既代表了宇宙膨脹的現實，也代表了愛因斯坦願意接受證據，並追隨證據的指向，即使證據挑戰了他過去的觀點。

飛離我們越來越遠的星系造成的紅移現象，意味著宇宙有一個開始的時刻——就是現在眾所周知的「大爆炸」。它似乎在告訴我們一個戲劇性的創世事件，為什麼當時我的大學課本，沒有強調這重大的發現和其意義？特別是它顛覆了傳統科學界對永恆宇宙的認知！這些在課堂上都沒提到過。我不禁自問，如果我早知道這個從無到有（*ex nihilo*）的宇宙學證據，我過去對人生大問題的掙扎，是否就不會那麼痛苦？

在發現宇宙確實有一個開端之後，接著一系列物理學、化學和天文學的發現，又證實了物理學和化學的定律和常數是極其精準——如此宇宙中的生命才有可能存在——其精確的程度似乎在告訴我們生命的發生是有目的的。

諾貝爾獎得主天文學家，阿諾·彭齊亞斯（Arno Penzias）這樣說：「天文學將我們引向一個獨特的事件，就是宇宙從無到有的創造，並具有非常微妙的平衡，提供了讓生命存在的確切條件。」<sup>3</sup>

雖然今天這些發現比三、四十年前更廣為人知，但許多人仍然不知道其中的細節或其潛在的意義。即使教科書提到了大爆炸或宇宙的精調，也往往是以一種粗略而片面的敘述，淡化了其重要性。似乎教科書的作者並不希望為讀者打開知識之門，並讓人登堂入室。這很不幸，因為屋內有非凡的證據，充滿了關於我們起源的暗示，以及關於在生命起源之前、宇宙時空之外，可能存在的「東西」。在下一章，我們將進入屋內，一睹為快。

## 資訊和生命起源

在20世紀，當物理學家和宇宙學家揭開一些宇宙的奧秘時，其他領域的科學家也在忙於弄清「資訊」之謎，及其對生物起源的含義。這是一個橫跨生物化學和電腦科學的故事。

1948年，在第一台真空管電腦誕生的五年後，約翰·巴丁（John Bardeen）、威廉·肖克利（William Shockley）和沃爾特·布拉坦（Walter Brattain）三位物理學家共同發明了電晶體（transistor）。同年，克勞德·坤農（Claude Shannon）發表了「通訊數學理論」，<sup>4</sup>成為後來資訊理論（Information Theory）的理論基礎。坤農還引入了「比特」（bit）一詞，作為計算和通訊的資訊基本單位。這兩項成就促進了電子工業進入數

位時代。然而這些科學家並沒想到他們導入的數位時代，有一天會幫助我們瞭解生物系統，並為我在大學時就想知道的一個關鍵問題：生命的起源，提供寶貴的見解。

1952年，倫敦皇家學院的羅莎琳德·佛蘭克林（Rosalind Franklin）用X光結晶繞射技術對去氧核糖核酸（DNA）的結構，進行了突破性的研究。根據她的成果，詹姆斯·沃森（James Watson）和法蘭西斯·克里克（Francis Crick）進一步發現DNA的形狀像一個扭曲的梯子，即著名的雙螺旋結構。

除了螺旋結構外，沃森和克里克還提出四種核苷酸分子——簡寫為A、T、C、G——其中A-T和C-G是成對的存在於DNA分子中。沃森和克里克認為這種優雅的化學結構是DNA的「可能複製機制」，<sup>5</sup>冗長的DNA分子中含有無數可能的A-T和C-G序列，可以攜帶遺傳信息。事實證明，沃森和克里克的這兩點推測都是正確的，他們的發現成為我們對每一種生物體認知的轉捩點。

進一步的研究證實，細胞中的DNA和其他分子相互的反應，不是隨機的，而是有目的的，就好像微電腦執行機器指令。細胞甚至有能力修復被外力破壞的DNA，類似於軟體程式中的「糾錯演算法」（error correction algorithm）。

DNA結構與細胞資訊處理和修復系統的發現，完全改變了我們對生命起源的理解。隨著宇宙大爆炸，品質和能量出現了。然而，在沒有遺傳信息或數位代碼的情況下，生命是如何被構建出來的？這問題從此困擾著生命起源的研究。本書第二和第三章將探討這題目，並對不同的解釋做比較。

## 進化和不可簡化的複雜性

接著是有關生物起源的問題。就是當第一個生命體（活有機體）形成後，我們周遭其他生命形態又是如何出現的呢？

我所學到的標準答案是，這一切都是盲目進化的，歷經數十億年，由無數次微小的偶然變異產生的。查爾斯·達爾文（Charles Darwin）和阿爾弗雷德·羅素·華萊士（Alfred Russel Wallace），在大約160年前提出自然選擇的進化理論，並在下一個世紀納入了現代遺傳學後持續發展。

這個理論的含義對我來說很明顯：人類不是精心計畫的終極產品。我們的存在不是為了任何目的。宇宙好像打了個嗝兒就產生了我們；生命若有任何意義必須我們自己去製造。

那時我不知道有很多關於進化論的知識是不正確的，許多重要的資訊在課堂上也被忽略。舉例來說，沒有人提及華萊士（和達爾文共同提出隨機變異和自然選擇進化論的學者）。他堅持認為物種產生也必需透過「某些創造的智能」。對華萊士來說，隨機變異和自然選擇的盲目過程，不足以將類人猿進化成擁有獨特的語言、理性和藝術才能的人類。<sup>6</sup>華萊士不是基督徒或相信《聖經》的人，所以很顯然，他沒有試圖把科學塞進《創世記》去解讀。<sup>7</sup>事實上，他是純粹出於檢視科學的證據而得出這個結論的。

另一件事課本上沒有提到的，是19世紀德國動物學家恩斯特·海克爾（Ernst Haeckel）經典胚胎圖的真相。海克爾的胚胎圖長期以來是高中生物和大學課本的主流資訊，意在證明人

類是從類似魚的生物進化而來。這樣的說法被使用了近150年。但事實證明，他的胚胎圖是不準確的，<sup>8</sup>甚至是造假的！<sup>9</sup>這在我上高中和大學時，科學家們就已經知道了，但這事實卻被忽略。現在終於有一些學術界的研討來糾正這事，<sup>10</sup>但教科書還要多久才能完全反映真相，尚待觀察。

面對錯誤如此明顯的案例，為什麼科學教育的改革卻是如此困難？現代版本的達爾文進化論，成了解釋生命史上所有物種如何出現的主流範式，任何似乎挑戰這一範式的研究都會面臨阻力。不過，好消息是知名的生物學家們，現在願意討論，並對進化論作必要的修訂。例如，維也納大學理論生物學系主任歌德·慕勒（Gerd Müller）博士最近指出，各科學領域的新發現促使對進化論作必要的大幅修正。<sup>11</sup>

另有一些科學家甚至更進一步地挑戰進化論。二十多年前，我碰巧在美國公共電視台（PBS）看到了一場科學辯論。當我聽到有資歷的科學家挑戰傳統的進化論時，我非常驚訝，他們不是根據《聖經》或宗教論點，而是根據科學證據。其中一位特別引用了分子生物學的證據來挑戰進化論，他提出「有目的的智慧設計」支持物種起源。後來我學習到細菌鞭毛，是一個長鞭狀的奈米馬達，供許多種類的細菌在水環境中活動。生物界中有這樣奇妙的機械微型技術，又有許多相互聯繫和相互依存的組件，<sup>12</sup>另人歎為觀止。

突變/選擇機制或任何純盲目、無意識的過程，可以構造出如此工程上的奇觀？第四章會討論這一點。同時也探討現代進化論面臨的一個更基本的挑戰：如何解釋物種變異的來源？

## 生物大爆炸

關於生命的起源，除了研究DNA和分子機器（如細菌鞭毛）之外，化石的記錄（包括最讓人驚訝的寒武紀化石層）也在研究範圍內。這個古老的地層見證了「生物大爆炸」，即主要的動物群體相對突然地出現。最引人注目的，是這些動物群體彼此都是非常獨特的。在化石記錄中，除了一些極為遠古的海綿之類的動物，它們之間沒有相關的祖先。好像這些奇異的海洋動物群，突然憑空冒了出來。

查理斯·達爾文本人在160年前就承認「寒武紀大爆炸」是他的理論無法解釋的一個謎，而這謎至今仍無解答。生物教科書上是怎麼說的呢？對這挑戰，不是一筆帶過，就是完全不提。有的科學家推測是寒武紀那段時間海水突然變暖，加快了變異速度和進化過程。有人說，是岩漿通過海洋裂縫爆發，帶來了大量的營養物質，導致新物種的產生。也有人說大氣中氧氣的增加起了重要的作用。也有人堅持認為，新動物形態的大爆發是化石記錄不完整的表象。然而，這些觀點都沒有提供充分的解釋，科學家之間也沒有達成共識。

大約三十年前在一個大學裡，我有機會學習到更多「寒武紀大爆炸」的知識。我印象最深的，是那位教授在講座中討論了在中國雲南發現的寒武紀化石，這一非凡的化石發現更突顯了「寒武紀大爆炸」的神秘。

我很幸運，最近我聯繫上三十年前那位海洋生物學家，他就是錢錕博士。在第五章中，他分享了他本人考察寒武紀兩個主要化石遺址的經歷，並說明了為什麼他認為寒武紀大爆炸的

最好解釋，不是盲目的進化，而是有目的的設計。

## 初學者指南

本書主要是針對宇宙和生命起源的問題，提供讀者一個簡短而實用的介紹。然而這個問題也一直是學術界熱門的辯論題目之一。因此，每位作者都提供了章節附註（endnotes）和參考文獻，其中不僅有學術的研究，也有YouTube視頻和其他資源，希望對初學者繼續探討有所幫助。部份資料也列在書後的〈進深學習參考資料〉中。

有三個名詞在起源辯論中特別容易引起困擾，讓我在這裡簡單解釋一下。

**唯物主義：**在起源科學的背景下，唯物主義的觀點是一切存在的東西，都是物質和能量。在科學和哲學的領域中，唯物主義者不是喜愛豪宅或跑車的人。唯物主義者是指，那些認為萬物都是由能量和物質粒子的純物質性作用產生的，並且可以完全這樣解釋的人。唯物主義者當中也存在著差異，但目前我們只需要瞭解唯物主義的世界觀是基於純物質和能量的運作——沒有任何計畫、指導或智能干預——就足夠解釋宇宙，以及第一個生命和所有生物體的出現。本書的目的是在探討，最新的科學研究是否支持這種世界觀？

**創造論：**在一般文化中，包括新聞媒體在內，創造論通常指的是對《聖經》第一卷《創世記》中描述的創世過程的辯護。創造論通常也根據《創世記》中的大洪水，來解釋地質

學和化石記錄。創造論捍衛了《聖經》的權威性，並依照《聖經》的描述來理解科學資料和發現。本書不是支持或反駁創造論，也不是為任何宗教經典背書，而是闡述目前已知的科學事實。雖然我們不討論創造論，但對讀者來說，瞭解這個術語的含義，以及它與唯物主義和智慧設計的不同之處，是很重要的。

智慧設計：智慧設計理論認為，宇宙和生物的某些特徵最好由一個智能的原因來解釋，而不是由純粹無導向的自然過程來解釋。廣義的說，智慧設計是一門檢測設計特性的科學，專注於識別由智能者為某一目的而安排的結構。設計檢測的方法經常應用在考古學、法醫學、欺詐檢測和物理學等不同的領域。

智慧設計可能與一種或多種宗教觀點相容，但它本身並不是一種宗教論點。智慧設計僅依據科學證據，如DNA中的資訊內容，生物體中功能整合的分子機器，或精調的物理和化學定律及常數等科學發現做闡述。



# 致謝

在2017年7月的一次科學研討會上，我提議編寫一本易於大眾閱讀的書，包含有關宇宙生命起源的科學知識，探索一些令人振奮的最新發現，希望可以啟發有關起源問題的對話，也可以補足一般教科書的欠缺。結果很快得到了三位與會者和另一位朋友的支持。他們是電機工程師羅伯特·敖世彤（Robert Alston），軟體工程主管和設計理論家艾瑞克·安德森（Eric Anderson），生物學教授羅伯特·華爾澤（Robert Waltzer）和海洋生物學教授錢鋨（Paul K. Chien）。在書中他們分別深入淺出地闡明了起源科學領域中不同的議題，我甚為欽佩，也非常感激。

我也特別感謝共同編輯兼特約作者艾瑞克·安德森和共同編輯喬納森·魏特（Jonathan Witt），他們的經驗和持續的努力使本書英文版得以順利通過美國華盛頓州的發現學會（Discovery Institute）出版，並很快被亞馬遜（Amazon）選為宇宙學和生物學類的暢銷書。（英文版的說明可諮詢以下網站：<http://www.evolutionandid.com>）

不久後，我開始著手中文翻譯的計畫，得到了熊漢生博士、解世煌博士、徐志信醫師、潘柏滔教授、唐理明醫師和錢鋨教授（也是特約作者之一）的大力幫助。他們分別翻譯了從

前言到第五章的內容。他們本身是生物學、醫學、化學和工程學方面的專家、學者和教授，並且在翻譯、寫作和出版上有豐富的經驗。

同時還要感謝吳俊德先生協助編校、安德森先生提供英文原稿。沒有他們的專業和熱心的幫助，這計畫絕對無法如願達成；當然還有普世佳音出版社的支持與鼓勵，專業與效率；還有春花女士活潑而新穎的設計。任何一本書都需要花費無數的時間和多次草稿的修訂。感謝許多不願留名默默付出的同事以及審閱內容、排版和校對的志工。若有任何錯誤完全由我個人負責。

最後，我要感謝我的家人在這項工作中對我的支持；還有您，親愛的讀者，願意與我們一起踏上這趟信仰與科學的探索之旅。

# 第一章

## 大爆炸和精調的宇宙

羅伯特·救世形 (Robert Alston)

你是否曾經想知道，物理學家如何解釋宇宙的起源？

長期以來的回答是：「宇宙沒有起源，因為它向來是存在的。」但後來發生了一件有趣的事，讓近代科學家發現我們的宇宙並不是一直存在的，它是在138億年前出現的。<sup>1</sup>讓我慢慢告訴你，我們是怎麼知道這件事的。

自從望遠鏡發明以來，人類就一直窺視著夜空深處，看到了以前我們不知曉的宇宙奇觀。望遠鏡越先進，我們看得就越遠，看到的也越多。我們越看越遠，所看到的就越像：不是星星就是氣體雲。似乎永遠也看不完。這再次證實了許多科學家的觀點，即宇宙是無限大、無限古老的。在19世紀與20世紀之交，這是天文學的傳統智慧。<sup>2</sup>

然而在1915年，德國物理學家阿爾伯特·愛因斯坦（Albert Einstein），用他的廣義相對論改變了這一切。在得到他的計算結果後（我得補充一下，他是用鉛筆和紙做計算），他注意到一些奇怪的事情。計算結果表明，宇宙要麼膨脹，要麼收縮；<sup>3</sup>愛因斯坦認為這一定是個錯誤。愛因斯坦和當時的同事一樣，確信宇宙是靜態且永恆的。但是，如果宇宙是膨脹的，它就不會是靜態的，並且他很難理解一個膨脹的宇宙怎麼會永遠膨脹？所以，他做了一個任何優秀的物理學家都會做的事。他修改了他的方程式！愛因斯坦在方程式中加了一個數字——一個「常數」——如此就可以解決他的問題：拯救靜態、永恆的宇宙模式。

看來問題似乎解決了，但愛因斯坦後來承認這個修改是他一生中的「最大錯誤」。

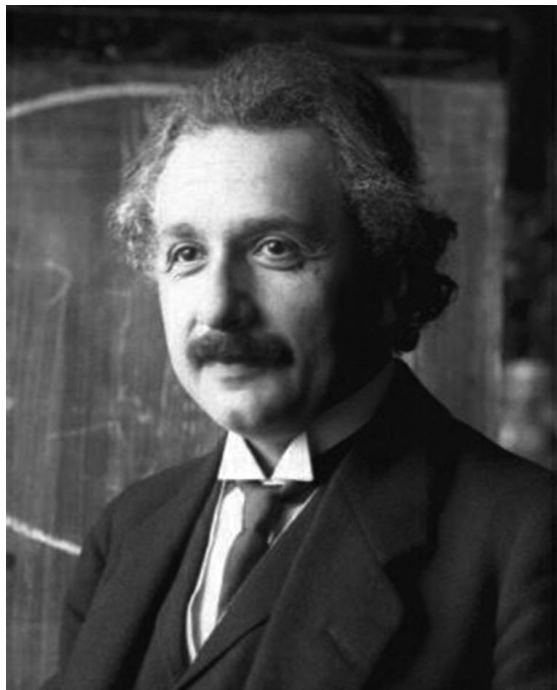


圖1.1. 阿爾伯特・愛因斯坦

## 麻煩的哈勃

1923年，在加利福尼亞州的威爾遜山天文台，愛德溫・哈勃（Edwin Hubble）正在用當時世界上最大的望遠鏡觀測星雲，這是一個平凡的例行工作。通過望遠鏡觀察那些看起來浩瀚而模糊的天體，他發現了其中一些天體實際上是星系。同時，這一發現也表明了我們的銀河系也是一個星系——我們不是整個可觀測的宇宙，只是宇宙眾多星系中的一個而已。

如果這還不夠神奇的話，幾年後，他注意到這些星系發出的光有一個更為奇特的現象。一個離我們越遠的星系，它的光就越偏向紅色。這告訴他，這些星系正在遠離我們，而且它們離我們越遠，移動的速度就越快。他發現宇宙似乎在膨脹，事實上也的確是如此。

當愛因斯坦得知這一消息後，他前往加州親眼目睹了這個現象。他所看到的一切迫使他抹去方程式中所加的常數，承認事實上宇宙正在膨脹。

但對他的思維來說，這發現不僅僅是奇怪而已。因為宇宙膨脹的想法有其深遠的含意。想像一下，我們在電視上看宇宙，像看DVD一樣，可以快進快退。如果我們一直高速倒帶，會是什麼樣呢？如果宇宙是隨著時間的推移而膨脹，正如哈勃所意識到的那樣，那麼當我們把宇宙的電影倒帶回去，就會看到宇宙和其中所有的物質和能量開始收縮。直到最後宇宙會收縮到一個無限小的點，小到我們無法看到它。超過這個點，我們所知道的時間就不存在——物理學家稱之為「奇點」。

再想像一下，讓我們停止倒帶，再按下播放鍵。起初我們在螢幕上什麼也看不到，只是一片漆黑。突然間，從那個無窮小的點上，我們看到了一個燦爛的閃光！物質和能量傾瀉而出，不斷膨脹，直到形成我們今天所認識的宇宙。在宇宙誕生時所發出的這個燦爛的閃光、火花，這個物質和能量所開的花，被稱之為「大爆炸」。

比利時羅馬天主教神父和物理學家，喬治·勒梅特爾（Georges Lemaître），是第一個提出這理論的人，他的理論類似於今天的大爆炸模型：<sup>4</sup>這個模型指出宇宙有一個明確的開



始。勒梅特爾寫了下面一段話：「世界的演化可以比作剛剛結束的煙花表演：一些紅色殘渣、灰燼和煙霧。站在冷卻的灰燼上，我們看到許多的恆星慢慢褪色，讓我們可以想像到世界起源時的輝煌。」<sup>5</sup>

但是當時很多人都不認同宇宙有起源的觀念，有些人甚至感到厭惡。英國著名的天文學和物理學家亞瑟·艾丁頓（Arthur Eddington）說：「從哲學上講，自然界目前的秩序有一個開端的概念，是令人反感的。」<sup>6</sup>請注意，艾丁頓並沒有說科學不好，也沒有說這些新的科學發現令人厭惡。他只是被這些發現的哲學含義所困擾。

事實上，正是該理論的反對者，弗雷德·霍伊爾爵士（Sir Fred Hoyle）為勒梅特爾的理論取了名字，他在一次電台廣播中嘲諷地稱其為「這個大爆炸的想法」。<sup>7</sup>多年來，為了擺脫這個宇宙的「明確開端」，人們提出了許多理論，並展開了一場論戰。直到20世紀60年代，一個戲劇性的發現停止了論戰，只留下一個勝利者。

## 宇宙靜態噪音

光子是一束電磁能量。當你打開電燈開關時，燈泡就會向外發射一束光子。燈泡發射的光子，其頻率範圍大部分是人類用眼睛可以感知的，使你可以看到房間裡的一切。其他光子則存在於人眼看不到的頻率範圍內，但看不到的東西並不意味它們不存在。

1964年5月20日，在新澤西州霍姆德爾的貝爾實驗室，羅伯特・威爾遜（Robert Wilson）和奧爾諾・彭齊亞斯（Arno Penzias）探測到來自宇宙的資訊。它以靜態噪音的形式出現，而且來自四面八方。他們盡了一切努力消除所有可能的噪音源，包括清除無線電天線中的鴿子糞便。但噪音仍然存在。

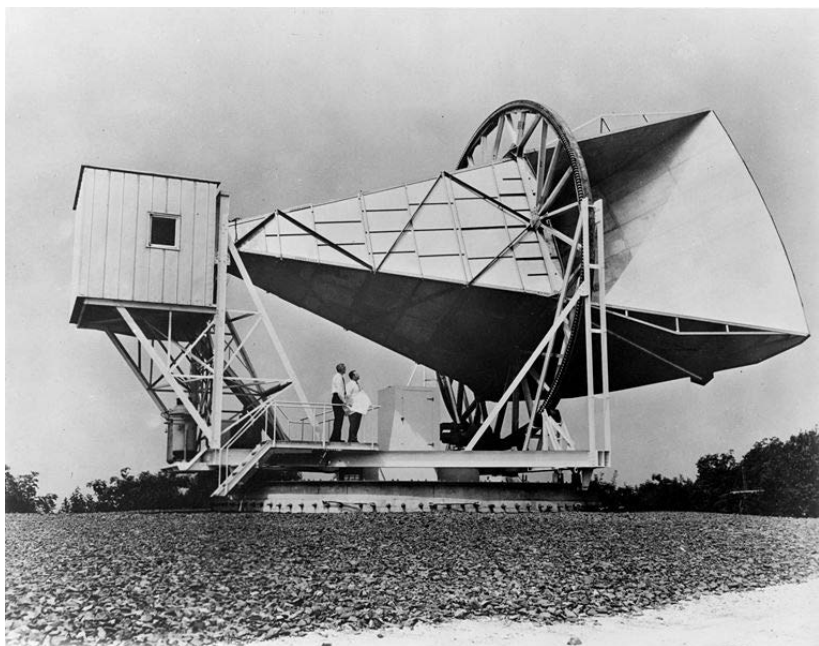


圖1.2. 貝爾實驗室的15米霍姆德爾「角形狀」天線，無線電天文學家羅伯特・威爾遜和奧爾諾・彭齊亞斯用這個天線發現了宇宙微波背景輻射。

彭齊亞斯後來說：「直到我們窮盡了所有對噪音起源可能的解釋，才意識到我們碰上了一件大事」。<sup>8</sup>

他們發現的是彌漫在整個宇宙中的光子，光子只有一個可能的起源，即大爆炸。這些光子被稱為宇宙微波背景輻射。

有人可能記得你們的祖父母有一台老式電視機，當沒有正



確的調整到某個頻道時，螢幕上會顯示像雪花一般的畫面，那就是靜態噪音。約有多達1%的噪音是大爆炸的光子造成的。<sup>9</sup>在每立方釐米的空間中至少有300個這樣的光子通過。<sup>10</sup>

威爾遜和彭齊亞斯的發現證實了大爆炸理論，並贏得了諾貝爾物理學獎。他們發現的背景輻射，被認為正是大爆炸後不久所出現的光子。<sup>11</sup>在宇宙的早期階段，宇宙的大小只有現在的一億分之一，而且溫度極高，接近3億度。因電子和質子高速碰撞而迅速分裂，所以無法形成氫原子。因此，行進中的光子會像光在霧中散射一樣，被電子散射開，而不會行進得更遠。宇宙大爆炸後38萬年才冷卻到足以形成氫原子，從而釋放了光子得以直線傳播。

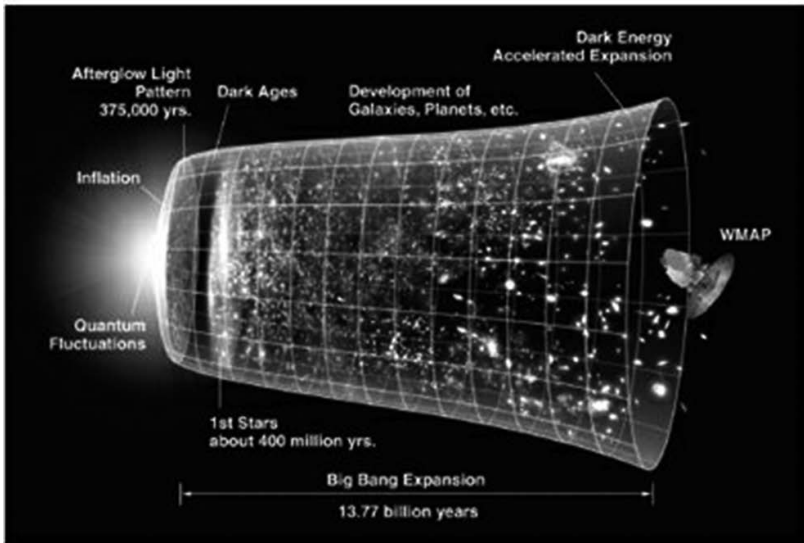


圖1.3. 宇宙在其數十億年歷史中發展和膨脹的圖示。

請注意圖中最左邊的宇宙微波背景輻射圖像（Afterglow Light Pattern），發生於宇宙開始後不久。

宇宙微波背景輻射是當時光子密度的寫照，是電子與質子

結合形成氫氣後，光子在宇宙中的分佈圖。<sup>12</sup>有時它被稱為宇宙羅塞塔石\*（Cosmic Rosetta Stone），它的特徵提供了我們許多關於宇宙起源最早階段的線索。<sup>13</sup>在此之前宇宙體積較小，密度較大，因而溫度較高，這時光子只能以均勻分佈狀態存在。<sup>14</sup>

大爆炸理論贏得了科學上的論戰，並很快成為家喻戶曉的術語。但隨著望遠鏡的不斷進步，我們得到更多的科學發現，支持大爆炸理論的證據也越來越多。

## 回顧過去的錄影

你知道你能夠回顧過去嗎？我不是說在記憶中回想你的過去，或者看你過去的照片。我是說，你實際上有能力觀看過去正在發生的事情，而不是現在的。

看看窗外。如果你看到太陽（請不要直視它，會傷害你的視力），你看到的不是現在的太陽，而是大約8分鐘前的太陽。如果看到的是月亮，你看到的也不是現在的月亮，而是1.3秒前的它。

或者在下個天氣晴朗的夜晚，你可以試試尋找從地球上能看到的，最亮的恆星：天狼星（Sirius）。如果你能看到天狼星，請記得它不是現在的天狼星，而是8.6年以前的天狼星。

這是真的，雖然光傳播得非常快，但它不是無限快。它以每秒186,000英里的速度在真空的空間中移動。這意味著光子從

---

\*羅塞塔石是指1799年發現的一些黑色玄武岩石塊，上面刻有文字，提供了解讀埃及象形文字的線索。——譯注

我們的主恆星——太陽——開始起跑，需要超過8分鐘才能到達地球。天狼星則遠得多，它與地球的距離，大約是太陽與地球距離的50萬倍！這樣一來，雖然光速極快，仍需要整整8.6年的時間才能到達地球。

一光年是指光在一年內能走過的距離。這就意味著，如果一顆在1000光年之外的恆星恰好在1000年前的下周爆炸了（通俗的天文成語是「變成了超新星」），那我們將在下周的夜空中首次目睹這一壯觀的天體事件。

在一年中合適的時間，又是在鄉郊野外的晴朗夜晚，你可以用肉眼看到仙女座星系（Andromeda Galaxy）。這個看起來像是一顆朦朧的恆星，其實是整個星系的中心凸起部分，距離地球大約250萬光年。所以當你看到它的時候，你看到的是那個星系250萬年前的視訊訊號。

有了現在的大型望遠鏡，我們可以看向更遠的宇宙，比仙女座星系還要遠，仙女座只是離我們最近的一個大型螺旋星系。我們甚至可以看到數十億光年外的天體。我們越深入太空，就越往後看到過去。最終看到部份早期的宇宙，例如正在演化中的「嬰兒」星系。這些觀測結果也符合以大爆炸理論的解釋。

所有這些發現，給任何想排除宇宙有「創造者」的人帶來了麻煩。被稱為卡拉姆（Kalam）宇宙論的論證，對此提供了部分理由。

## 卡拉姆宇宙論證

由哲學家威廉·萊恩·克雷格（William Lane Craig）推廣的卡拉姆宇宙論，<sup>15</sup>有兩個前提和一個結論：

凡是開始存在的東西都有起因。

宇宙曾開始存在。

因此，宇宙是有起因的。

第一個前提是真的嗎？「凡是開始存在的東西都有起因」？捫心自問，你見過任何東西無中生有嗎？沒有。在這個問題上，科學和常識早已達成一致的結論——凡是開始存在的東西，必然有一個起因。

第二個前提呢？「宇宙曾開始存在」。

我們在以上論述中看到，科學發現是如何打消了宇宙是無限古老的想法。有了愛因斯坦的廣義相對論，有了勒梅特爾和哈勃提供的見解和觀測，有了宇宙微波背景輻射的發現，再加上其他證據，我們可以合理地得出宇宙曾開始存在的結論。正如著名宇宙學家亞歷山大·維倫金（Alexander Vilenkin）所言：「現在有了證據，宇宙學家再也不能躲在過去永恆宇宙的說法後面。逃無可逃：他們必須面對宇宙有開始的問題。」<sup>16</sup>而值得注意的是，維倫金並不信奉宗教，他一直在尋找方法避免宇宙大爆炸的神學意義。值得稱讚的是，他拒絕否認宇宙起源確鑿的證據。

既然卡拉姆宇宙論證的兩個前提是正確的，我們就可以放心地結論：「因此，宇宙是有起因的。」

那麼，我們如何能推斷出它的起因，又是什麼使宇宙產生的呢？請記住，當宇宙開始時，宇宙的空間和時間也應運而生。因為這些也是我們宇宙結構的一部分，正如愛因斯坦的廣義相對論所證明的那樣。所以，無論是什麼導致宇宙的開始，都必須超越我們的宇宙，存在於宇宙的時間、物質和空間的極限之外。當然，它的力量也必須足夠強大，才能引起整個浩瀚宇宙的開始。

除了上述之外，宇宙的開始似乎還需要另一種重要的能力：精調的能力。

## 願原力與你同在<sup>\*</sup>

你曾經在森林裡漫步過嗎？如果有，你會發現自己被一種只有樹木才能帶來的寧靜所包圍。鳥兒可能在唱歌，松鼠可能在亂竄。在森林中可以感覺如此寧靜，似乎大自然很輕鬆地讓這一切發生。但是你周圍浩瀚的生命正由物理法則支撐著，這些法則又是經過極其精確地調整。物理法則的精確程度到了一個地步，若有些微的變化，哪怕是一點點變化，你和你周圍的生命都不可能存在。

大約138億年前，隨著宇宙的誕生，不僅有了物質和能量，還有了一套非凡的定律，支配著萬物的運行。這些定律、常數和初始條件是如此微妙地平衡，以至於極小的變化都會給生命帶來災難性的後果。也就是說，它們似乎被精準地調整到，正好允許生命的存在。這一認識重塑了科學家對宇宙的看法。<sup>17</sup>

---

<sup>\*</sup>星際大戰影集中的祝福語。——譯注

宇宙由四種基本力支配：引力、電磁力、強核力和弱核力。<sup>18</sup> 從極大的到極小的尺度，這些力量互相支配著物體的動向，而每一種力量的強度似乎都經過精細的校準，使宇宙中可以有生命存在。

例如，如果萬有引力的基本力量稍強一些，恆星就會燃燒得更熱，發射出更多的殺傷性X射線和伽馬射線光子，使像地球這樣的行星表面無法居住。恆星也會燃燒得更快。宇宙學家傑蘭特·路易士（Geraint Lewis）和盧克·巴恩斯（Luke Barnes）解釋說：「典型的恆星會在幾年內燃燒殆盡，而不是幾百億年」，這意味著我們的太陽會過快地燃燒，遠遠在生命出現並在地球上實現多樣化之前，就已經燃燒殆盡。<sup>19</sup>

如果引力稍弱一點呢？路易士和巴恩斯指出，恆星可能根本不會變成超新星，即使有一顆恆星變成了超新星，並「將物質擴散到星際空間，它主要能產生的是矽和鐵等重元素，而不是支持生命的氧氣和碳。」<sup>20</sup>沒有碳和氧氣，就沒有生命。

電磁力也是經過精調的。路易士和巴恩斯描述了弗雷德·亞當斯（Fred Adams）的一個複雜計算，綜合考慮了重力和電磁力的設定值。當計算結果繪製在雙軸圖上時，顯示只有極小的一個三角形區域可以有穩定的恆星存在，猶如浩瀚海洋中的一條小舟。「在這個恆星分析圖中」《幸運宇宙》（*A Fortunate Universe*）一書的作者解釋道：「穩定恆星存在的區域只占整個圖形面積中的 $10^{35}$ 分之一。」<sup>21</sup>換句話說，穩定恆星的存在只有萬億倍的萬億倍的千億倍分之一的機會。我們確實很幸運。

或者考慮強核力，路易士和巴恩斯又指出：「如果我們將

強核力的強度向上增加0.4%，恆星會產生豐富的碳，但無法產生氧。」如果我們朝另一個方向走呢？「將強核力的強度降低0.4%，就會產生相反的效果：所有的碳都會迅速轉化為氧，為宇宙提供充足的水，但卻缺乏碳。」<sup>22</sup>

以上對碳的關注不是武斷的，也不是因為不願意去想像其他生命形態的可能性。在所有生命所必需的資訊處理過程中，似乎沒有其他元素能夠取代碳，作為核心元素。由於電磁力和強核力的配合，使精確的能階\*（energy levels）存在，以致氦原子能夠融合在一起，形成同位素「鈹-8」，然後形成碳。如果這些能階不一致，粒子在形成碳原子之前就會飛散。

弗雷德·霍伊爾（Fred Hoyle）預測了這種碳共振的精調，在他的預測被證明是正確之後，他說，「從常識來看，這事實表明了一個超級智者在物理學、化學和生物學上做了手腳，而且在自然界中沒有值得一提的盲目力量可以解釋。對我而言，根據事實計算出的資料使這結論幾乎不容置疑。」<sup>23</sup> 霍伊爾並不相信宗教，也長期抵制宇宙有開始的證據。那麼很明顯的，是科學證據導致他發表了上述言論，而不是基於宗教信仰。

以上只是對自然界的幾種基本力量如何經過精調使宇宙中的生命得以存在的簡單說明。

---

\*每種元素的原子結構都有不同的能階，代表其中電子的能量。——譯注

## 高爾夫球宇宙是宜居的宇宙

另外還有一些因素也必須經過精調才能讓生命存在：宇宙大爆炸時的質地或紋理（texture）。這聽來很詭異但卻事實如此。

想像你正拿著一個乒乓球。你要仔細注意球的光滑度。再想像你拿著一個表面凹凸不平的高爾夫球。最後再想像你拿的是一塊表面粗糙，形狀不均的石頭。宇宙在誕生之初，它的質地類似於高爾夫球，而不是乒乓球或鋸齒狀的石頭。也就是說，它不像乒乓球那樣極其光滑，也不像鋸齒狀的石頭那樣不均勻。而是比較一致，但又有一定的變化，類似於凹凸不平的高爾夫球表面。

這是一件好事。我們的高爾夫球宇宙就像那位金髮姑娘喝的小熊的粥——恰到好處。<sup>\*</sup>如果早期宇宙質地的凹陷深度，超過某個狹窄的界限，就會出現許多巨大的引力區。使星系匯聚到一起，導致致命的碰撞和爆炸，生命無法存在。或者，如果宇宙的質地像乒乓球一樣光滑，那麼引力就會太小，無法及時形成星系和行星，因此也就沒有生命。容許生命存在的誤差幅度非常窄。宇宙中要想有生命，其均勻程度不能太大，也不能太小，必須精調於非常狹窄的範圍內。<sup>24</sup>

---

<sup>\*</sup>英國19世紀童話，三隻熊和一個金髮姑娘（Goldilocks）的故事。金髮姑娘喝了熊媽為熊寶煮的粥，溫度恰恰好，喝完就去睡了。——譯注



## 宇宙中最好的飲料

讓我們談談比較切身的精調的例子：水。你身體的大部分都是水。地球表面的大部分都被水覆蓋。水對你來說可能很普通，但它實際上是宇宙中最不尋常的化合物之一。水的許多不尋常的特性對生命至關重要，所以它是一個非凡的生命精調的故事。著名作家和生物化學家邁克爾·丹唐（Michael Denton）對於水在許多方面獨特的適合於生命，作了以下的總結：

這神奇的流體以絕對驚人的各種方式配合地球上的生命。它配合起初原行星盤\*（protoplanetary discs）的形成，也配合行星的形成、海洋的形成，並隨後存留在地球上。

水對於水文回圈、地殼回圈和人體的溫度調節，有著獨特的功能。水的特性在大洋流的形成中也起著關鍵作用，同時將海洋中重要的營養物質環流到各處。這些洋流的回圈更關鍵性的調節全球溫度，及控制大氣中二氧化碳的濃度。

水能夠特別有效地溶解岩石中的礦物質，它強大的溶解能力可將養份透過血液和海洋回圈輸送。它在凍結時的擴張和其他特殊的熱力性質，使高緯度地區得以保存大量的水。

---

\*原行星盤乃年輕的恆星在周圍的行星尚未成型之前，由濃密的氣體和星塵（star dust）高速環繞，如一光碟。其外環含有水蒸氣。——譯注

水也能提供質子流（proton flow），在細胞能量（cellular energy）的產生和轉換上扮演獨特和關鍵的角色。水對光若不透明，光合作用就不可能。<sup>25</sup>

有人可能會說，這些都能理解，但水是不可避免、必會出現的，不是嗎？宇宙大爆炸之後，不同的基本粒子以眾多不同的方式結合，即使物理化學的定律和常數稍有不同，不是一定會有像水這樣的化合物產生嗎？不，其實不是的。再考慮一下自然界的基本力量，如果對其中的某些力量做哪怕是一點點的調整，你就得不到氧氣。甚至在恆星之外也得不到比氫和氦更重的元素，除非這些基本力量被精調。而且從氫和氦這樣簡單的元素中，你也無法得到任何類似水的東西，除非這些基本力量被精調。

即使一個基本力強度稍有不同的宇宙，可以產生一個版本的H<sub>2</sub>O，比如把強核力、弱核力或電磁力稍做改變，它會發生怎樣關鍵的變化呢？水的一種或多種獨特的、對生命至關重要的特性，很可能就會被改變，破壞了生命的組成。

## 精調 +

我們很容易找到許多例證來寫一整本書，證明這個宇宙是經過精密的調整，使生命可以存在。有許多書正是為這目的寫的。<sup>26</sup>以上的內容只是最簡短的例證。但是，即使簡短易明也讓人忍不住要問：是什麼導致宇宙如此巧妙的被精調？

如果你是一名太空探險家，在登陸火星後，發現了一條隧

道通往地下室的氣候控制系統，有幾十個滑動控制把手，每個把手都設置在正確的位置上，讓你在房間內一次可以生活幾天——正確的溫度、合適的空氣成份、正確的氣壓等——你必會合理地做出結論：這些控制把手是為你這樣的生物而特意精調的。宇宙的定律和常數被精調到遠比這更準確的程度，才能容許生命的存在。

當然，精調本身並不足以使生命成為可能，就像火星上假想的地下室本身不足夠一樣。除了宇宙的許多精調參數外，生命還需要一系列其他的精調參數，這些參數都存在於宇宙的一個特殊地點上，就是我們的地球。這種多層次的精調表明了生命的起源是有規劃和目的的。正如已故著名的普林斯頓理論物理學家弗里曼·戴森（Freeman Dyson）說的：「我越是考察宇宙，研究它的架構和細節，就發現越多的證據顯示，這宇宙必定已經知道我們將要出現。」<sup>27</sup>

## 多重宇宙的混淆

還有許多其他公認的精調例子，<sup>28</sup>也同樣被廣泛接受，連反對智慧設計的學者也接受這些例子。從我們在本章中所討論的內容，包括在剃刀邊緣上平衡的引力、電磁力和強核力之間的微妙關係，宇宙大爆炸時的質地，以及水的各種驚人的特性，我們可以瞭解到宇宙中生命存在所必須的精密參數，絕不可能是碰巧出現的。然而，儘管有許多規劃和目的的證據，有些人仍然認為我們出現在這裡全是偶然，就甬談機率是多少了。

如果遇到成功的概率對你不利的情况，你會怎麼做才能保

證成功？你會如何提高對你有利的可能性？面對宇宙參數精調的現實，再加上一個非凡的、適合生命生存的地球，一些科學家試圖修改這個等式，證明我們的宇宙和適合生存的環境基本上是不可避免的。他們的做法是主張多個宇宙的存在，或是通常所說的「多重宇宙」。

多重宇宙的假說是，在我們的宇宙之外還有許多宇宙，每個宇宙的精調方式不同。因此，例如在某個宇宙中的引力強度可能比我們的大十倍；在另一個宇宙的引力可能弱很多，還有其他的各種參數也是如此。如果這些宇宙的數量是天文數字般的多，甚至是無限多，那麼至少有一個可能擁有所有正確的生命參數，而我們只是碰巧特別幸運地身處其中。<sup>29</sup>事實上，我們應該期待自己正在這樣的宇宙中，否則就不會知道自己這麼好運了。不知何故，這一群科學家成功地將低概率、精調的宇宙翻轉為高度可能的宇宙。他們真的做到了嗎？

首先要注意的是，沒有任何可檢驗的、經驗性的證據，表明多重宇宙真的存在。即使這些宇宙確實存在，我們又怎能知道呢？沒有已知的方法可以確定這些宇宙是否存在，因為我們僅能觀察到已知宇宙中的事物。因此，多重宇宙只是一個假設性的想法。一位有影響力的理論物理學家，把多重宇宙這種概念比作童話中的小妖精和獨角獸。<sup>30</sup>

此外，我們必須考慮是什麼在創造這大量的宇宙；一定會有某種產生宇宙的機制。多重宇宙最常見的概念被稱為「景觀多重宇宙」（Landscape Multiverse），是弦理論（String Theory）與永恆膨脹的結合。<sup>31</sup>景觀多重宇宙認為，由某種宇宙生成景觀或機制產生了無限多的島宇宙（island universe），其中

每個宇宙島都包含了不同更高層次的物理定律和常數。<sup>32</sup>唯一的問題是，這個「宇宙生成景觀」（universe-generating landscape）本身同樣需要精調。<sup>33</sup>他們只是把精調這個問題從我們可觀測的宇宙轉移到一個無法觀測和假想的多重宇宙上。

在《多重宇宙簡史》中，物理學家保羅·大衛斯（Paul Davies）就多重宇宙假說發表了如下看法：

我們怎麼能認真對待這種，以多重宇宙的想法來解釋大自然對生命友善的本質？我認為不太可能。首先，如何測試其他宇宙的存在？可以肯定的是，所有的宇宙學家都承認，宇宙中的某些區域是我們望遠鏡無法觸及的。但是無限多宇宙的想法在無法觀測的情況下，其可信度就更為有限了。當一個人陷入多重宇宙的思考時，他的想法就越來越需要用信心接受，越來越少能被科學驗證。

因此，這種極端的多重宇宙解釋讓人聯想到神學的討論。事實上，援引無限多、看不見的宇宙，來解釋我們確實看得到的宇宙中不尋常的特徵，與援引一個看不見的造物主來解釋一樣，是隨意性的。多重宇宙理論可以用科學的語言來裝扮，但本質上，它同樣需要信心的跳躍（leap of faith）。<sup>34</sup>

我認為大衛斯的觀點部分正確，但部分錯誤。多重宇宙的假說的確是隨意性的，是一種缺乏觀察證據的信心跳躍。但另一種假設呢？一位物質、能量、空間、時間和宇宙精調定律的設計和製造者？為什麼這位製造者可以這樣做？經驗告訴我們

只有一種原因，它有能力、有目的的以一種複雜的方式，定制和安排各組件，那就是「智能」。你我也是一直在這樣做：生產軟體代碼和汽車、飛機、無人機和衛星、咖啡器和電腦等等，還可以繼續舉例。而我們從來沒有發現除了智能之外，還有任何其他的原因可以做到這些。宇宙大爆炸時的精調就是這樣一個例子，這是為了實現某個目的而量身定制和安排各組件。那麼，推斷宇宙的精調是出於一個創造性的智能，就不是隨意性的了。它是依據最佳解釋作的推斷，是歷史科學中一種以檢驗和證實的推理模式。

## 輪到你了

1. 為什麼愛因斯坦改變了他的方程式？
2. 為什麼他最終稱這是他一生中最大的錯誤？
3. 誰是愛德文・哈勃？他在美國加州的威爾遜山天文台發現了什麼？
4. 如果引力比我們現在的強一點，宇宙會發生什麼？如果弱一點又會怎樣？
5. 為什麼科學家認為宇宙是經過精調以支援生命的存在？
6. 我們精調的宇宙之空間、時間、物質和能量都是有開始的。某種東西促使了宇宙的出現。關於這個宇宙創造事件的起因，我們可以推論出哪些特性？
7. 多重宇宙的概念如何解釋精調的現象？多重宇宙的解釋又有什麼問題？



## 第二章

### 資訊和生命起源

艾瑞克・安德森（Eric Anderson）

在上一章中，我們看到了20世紀一系列科學的發現，如何與永恆宇宙的思維強烈地衝突。我們的宇宙有個開始，在某個時間點，地球上的生命也有個開始。這是怎麼發生的？是否有任何理由認為它是有計劃和目的的？還是純粹的巧合——某個宇宙彩票的幸運結果？

在「星際迷航：下一代」影集的最後一集中，那位幾乎無所不能的Q神為船長皮卡德（Captain Picard）提供了見證地球生命起源的獨特機會。皮卡德船長突然發現自己站在一片混亂的景觀中，到處都是熔岩流和火山。地球是黑暗而不祥的，完全沒有生命。當皮卡德從驟然的時空飛躍中振作起來觀察周圍的環境時，Q神興奮地指著火山口附近的一灘油膩的化學物質。<sup>1</sup>

「來這裡」，Q神說。「讓我帶你看一些東西。看到這個了嗎？這就是你。」

皮卡德船長對Q神表示懷疑。

「我是說真的！就在這裡」，Q神堅決地說，並凝視著那灘化學污泥：「生命將首次在這個星球上形成。一組氨基酸將結合成第一個蛋白質，就是你們所謂生命的構成基礎（building block of life）」。

然後，Q神對人類不屑地嘲笑說：「奇怪，不是嗎？你們所瞭解的一切，你們的整個文明，都起始於這個黏糊糊的小池塘。」



「星際迷航」中的Q神和太空船企業號船長皮卡德之間，這種令人難忘的對話當然是虛構的。但是它或多或少準確地反映了當前大學教科書和科學論文中的一個想法：如果條件恰到好處，那麼非生命分子將成為生命的基礎，最終會成為生命本身。在地球早期的某個時刻，情況恰到最佳條件。瞧！它就發生了。然後，從最初的簡單生命形態，演變為我們現在地球上能找到的所有生命，包括我們。我們就是那古老的化學湯中第一個卑微生物的後代。

但是這個說法是否經得起仔細審查？對這種「從粘性物到人」的方案，最新的科學提供了什麼證據？

在這裡，我們專注於該故事的第一部分。也就是說目前的主張是，生命最初是通過純自然的過程出現的，沒有任何智能的指導、干預或創造性行為。也就是說，非生命分子本身，通過物理和化學定律，及分子的隨機分佈和化學反應，共同構成了生命的基礎構件，並最終形成生命本身。這就是所謂的生命自生論（abiogenesis）。

這是一項科學主張，我們可以對它進行仔細的審查、測試和分析。當然，我們不能像Q神和皮卡德船長那樣，穿越時空去目睹地球生命的起源。因此，我們永遠無法通過直接觀察來證實這種說法：通過純天然過程，非生命化學物質變成了有機化學物質，並最終變成了早期地球上的生物體。

請注意，無論是生命起源研究、古生物學、考古學還是法醫學，我們調查任何有關遠古歷史事件的具體能力都是有限的。但是，我們可以根據現在擁有的知識和經驗來審查，並依據當前的線索推斷過去事件發生的起因。對於生命起源，研究

學者可以嘗試在實驗室中模擬早期的地球環境。可以用不同的化學成分嘗試多種可能產生有機物質的情況。也可以利用我們的化學和物理知識來確定，實際上需要什麼樣的反應才能產生像Q神所說的「第一個蛋白質」。我們可以觀察當今存在的、最簡單的「自我繁殖有機體」的最低要求，並就是否可能產生更簡單的生命形態進行具體的評估。我們可以分析純自然的生命起源所面臨的許多挑戰，並就其可能性得出合理的結論。

## 注意假設

在研究生命自生論之前，我們需要注意一件事。除了生命自生論的科學觀點以及支持該觀點的任何證據外，還有一種觀念或假設隱藏在生命自生論背後。簡而言之，這假設就是：即使我們目前對生命起源的理解是不準確和不完整，但必須有某種純粹的自然過程產生第一個生命。既使在我們查看證據之前，這也必須是真的。唯一需要探討的只是那個自然過程到底是什麼。

最重要的是，必須意識到這背後假設的存在，而且根據其本質來識別它，發現它無處不在。如果我們想理解生命在沒有智能的指導下如何盲目地出現，如果我們想看看實體證據可能告訴我們什麼，那麼我們就應該拋棄以上的假設。若堅持這一假設的同時，還希望調查生命是否首先通過「純自然無指導」的過程出現。這就好比試圖調查一場火災是否是縱火事件，但又拒絕考慮是縱火的可能性。

這個觀點似乎很明顯，幾乎沒有必要提出，但是許多生命

起源科學家確實堅持只考慮，第一生命的起源是出於非指導性自然的原因，並且在受到相反證據的挑戰時，堅持不考慮其他不是純自然的原因：因為他們認為那不是科學。儘管他們堅持認為自己只是在遵循證據，沒有任何保留，但實際上，他們在考慮證據之前就拒絕了其它可能的解釋。



圖2.1. 藝術家想像下的原始地球經隕石碰擊的景觀，  
圖像前沿是無生命跡象的化學濃湯。

我們最好是先問自己，這些證據表明了什麼？不是用選擇性的事實來支持一個哲學立場。我們應該盡力用全面、廣泛的證據，根據該主題現有的最新、最好的科學，來認真客觀地分析。這樣分析的結果，對於生命的起源又是怎樣解釋的呢？

## 生命自發？

從巴比倫帝國到宏偉的中國和印度文明，再到古希臘文

化，不分地域、文明的哲學家 and 自然觀察者，都在探討生物的起源。怎麼蛆看來似乎是自發出現在屍體中，蠕蟲自發出現於河灘淤泥，甚至老鼠好像也是自發出現在小麥桶中？由於缺乏高放大倍數的顯微鏡和其他先進的檢測設備，而且也缺乏我們今天已認為是理所當然，又有悠久傳統以實驗為基礎的科學方法，早期的觀察者只能猜測：某些生物似乎是自發出現的。

這並不完全是瘋狂的看法。一些簡單的觀察甚至似乎支持這種想法：只要有合適的條件（例如屍體、泥土或穀物），加上合適的天氣和溫度，再隨著時間的推移，你遲早會觀察到蛆、蠕蟲和老鼠。從這樣的觀察，導致生物在適當的條件下會自發產生的結論，是很容易理解的。因此，幾個世紀以來，這種生物自然產生的想法被接受為多種生物起源的答案。

即使在發明了顯微鏡之後，這個想法仍然存在，但是它的時代已經接近尾聲了。

儘管不是唯一的批評家，大家一致認為法國著名的微生物學家路易士・巴斯德（Louis Pasteur，1822-1895年）通過他謹慎的實驗方法，為生物自發的觀念帶來致命的一擊。當許多科學家仍然接受生物自發的想法時，巴斯德用無菌的容器和液體進行了幾次實驗，證明在謹慎仔細的實驗過程下，沒有出現活生物體。後來巴斯德引用這些實驗的結論說：「生物自發理論永遠不會從這個簡單實驗的致命打擊中恢復。如果沒有與子代相似的父代，沒有任何情況可以證實微生物會自然地進入世界。」<sup>2</sup>

馬克沁・施瓦茲（Maxime Schwartz）在《應用微生物學雜誌》上對巴斯德的實驗提出了以下的反思：

通過極其仔細的實驗方法，他證明了預先滅菌的培養基中微生物的出現，總是可以由外界進入的細菌來解釋。因此，他成功地否定了生物自發理論的任何實驗基礎。

從哲學的角度來看，其影響是巨大的。生命的開始顯然不是可預測的現象，可以在任何可發酵的培養基中隨時發生的。從此確立了生命起源問題的前提，直到如今。<sup>3</sup>

換句話說，如果像巴斯德所表明的那樣，生物體通常僅來自於其他生物體，那麼第一個生物體又從何而來？

## 實質比名義重要

回顧過去，我們可能會認為自己的前輩們愚昧無知。他們怎麼會相信生物自發論這麼多個世紀？畢竟，今天的每個小孩都知道，老鼠不是來自小麥，蠕蟲不是來自泥土，蛆也不是來自腐爛的肉。相反的，這些生物來自像他們一樣的母體。我們為已經成就的巨大科學進步感到自豪，特別是在過去的幾百年中，但是我們很難明白，怎麼會有人不理解，這些現在認為是理所當然的事情。

但是，如果我們不提蛆、蠕蟲和老鼠等具體例子，而是更廣泛地研究生物自發產生的基本原理，那麼我們就不得不承認，應該謙虛一些。就像我們的前輩在生物自發的議題上犯了錯誤一樣，今天關於生命自生論的主張是否也需要仔細的審視？

當然，今天的生命自生支持者不相信生物自發的產生，就

像我們很早以前瞭解的那樣。儘管巴斯德和其他研究人員已經徹底否認，我們今天在周圍觀察到的活生物體，是由非生物體而來的概念。但是生命本身又是如何開始的呢？第一個生物體又是如何產生的？即使生命不能輕易且經常自發地出現，在非常特殊的條件下，或許它可能會發生？或許至少一次？現代生命自生的故事，將生命的形成從非生命而來的說法，推向遙遠的過去，在非常幸運的一次事件中發生。但這故事的核心原則仍然未變：如果條件恰當，非生命物質便可以變成活生命體。

## 進入達爾文的溫暖小池塘

1859年，就是路易士·巴斯德（Louis Pasteur）在一次科學會議上推翻了生物自發論這一想法的前五年。另一個歐洲人查理斯·達爾文（Charles Darwin）發表了他的艱巨著作，成為生物學上的一個里程碑，即《物種起源》。

達爾文的書並未試圖論及生命的起源，他只是假設一個或多個原始的自我繁殖生物，並從那裡建立了進化論。在以後的版本中，他確實提到「創造者」是最早的一種或多種生物的可能來源，但他顯然對最初的生物的起源抱有純自然主義的希望。即使巴斯德證明不是生命自發產生了我們周圍的一切，達爾文私下卻仍提供了一個不涉及創造的生命起源的解釋。

「到底該如何解釋巴斯德的實驗中，為何沒有生物體產生？」達爾文在1871年的一封信中問他的朋友約瑟夫·胡克（Joseph Hooker）。達爾文繼續推測說：「一般人認為，所有可能產生第一個生物體的條件，現今都已經存在了。但假若我

們想像在一個充滿各種氮和磷酸鹽的溫暖小池塘中，加上光、熱、電等，蛋白質化合物即開始形成，可以進行更複雜的變化……」\*

但達爾文也立即承認，在當前的自然環境中，這種「蛋白質化合物」將「立即被吞噬或吸收」。但是也許並不總是這樣吧？他想，也許在早期地球環境中，生物還沒有出現之前，某種蛋白質化合物就可以生存並繼續進化。正如達爾文所建議的那樣，「繼續更加複雜的變化」。<sup>4</sup>

請注意，達爾文並沒有提議生命可以輕易地由非生命物質引起，或者這個過程經常發生。相反地他在問，如果在適當的條件下，是否非生命化學物質會導致早期「生命前身」的出現？如果是這樣，那該「生命前身」最終會不會導致一個活有機體（living organism）的產生？

達爾文並不是獨自在思考，化學物質會以無序的形式混合在一起，而形成活有機體的可能性。在隨後的幾十年中，學術界花費了大量的精力試圖將這一理念具體化，並提供實驗的支援。

## 有人知道化學湯是什麼嗎？

1920年代初，著名的俄羅斯生物化學家亞歷山大·奧帕林（Alexander Oparin）提出：「生命是通過一系列生物化學步驟，在地球上起源的。」奧帕林認為，簡單的有機分子可以在

---

\*因為目前在所有適合生命的條件都具備的情況下，仍然觀察不到生命自發的現象，所以達爾文才有以上的推測。——譯注



早期地球包含甲烷、氨、氫和水蒸氣的大氣層中形成。與我們現在的大氣層不同，其中的氧氣不存在或份量極少，因此環境中的化學物質不容易被氧化破壞（這種缺氧的氣層被稱為還原氣層）。奧帕林推測，當這些簡單的有機分子在這樣的環境下形成後，它們偶爾會進一步形成更複雜的分子，發展出新的特性，最終變成活有機體。<sup>5</sup>

此後不久，英國遺傳學家霍爾丹（J. B. S. Haldane）提出：「地球早期的原始海洋就像『熱稀湯』（hot dilute soup），在其中可以形成簡單的有機化合物。」<sup>6</sup>像歐帕林和達爾文以前一樣，霍爾丹認為簡單的化合物會與其他化合物發生反應，形成更複雜的化合物，然後進一步形成活細胞的成分，最終形成活有機體。

儘管他們的想法最初被許多科學家否定了，但歐帕林和霍爾丹的建議，通過一種「化學進化」在地球上開始生命，這樣的說法逐漸被重視。有些科學家仍然持懷疑態度，但對許多人來說，這種看法遲早會成為主流，只是時間問題。畢竟，如果達爾文已經表明，我們地球上所有奇妙、複雜和多樣的生命型態，都可以從第一個簡單的生物進化而來。而且僅需要通過隨機變化和自然選擇的過程，無需任何指導智能。那麼也許第一個活有機體，也可以解釋為純天然過程的結果。也許大自然本身就是創造者——以最簡單的化學元素作生命的基礎，最終形成生命本身。

這種可能性繼續誘導當今的生物化學家。儘管理論聽起來不錯，但仍需要有力的實驗證據。讓我們來看斯坦利·米勒（Stanley Miller）和哈樂德·尤里（Harold Urey）怎麼說。



## 個人旅程

當我第一次瞭解芝加哥大學的斯坦利·米勒和哈樂德·尤里進行的著名實驗時，<sup>7</sup>令我印象深刻。因為我聽到由簡單的化合物加上少許電力就可形成氨基酸。現代生命自生論（abiogenesis）的支持者也告訴我們，這些氨基酸可以聚在一起形成簡單的蛋白質，再進一步形成較複雜的有機分子，最終形成生命。正如Q神告訴皮卡德船長的那樣，也正如達爾文所推測的那樣。

這是真的嗎？與其隨意接受被告知的結果，我決定自己去尋找答案。當我更多地瞭解生命的起源，以及關於無引導的化學反應能產生原始活有機體的可能性的激烈辯論時。我不明白，既然米勒（Miller）和尤里（Urey）已經表明了生命，或者至少是生命的基礎，可以從純自然過程中產生，為什麼仍然有如此多的爭論？

畢竟，傑出的科學家喬治·蓋洛德·辛普森（George Gaylord Simpson）整整六十年前曾指出：「在最近一次芝加哥舉行的會議上，諮詢了一個國際知名的專家小組。所有的人都認為用實驗手段來產生生命的日子即在眉睫。」<sup>8</sup>因此，如果將近70年前，米勒和尤里已取得如此重大的突破，又如果在下一個十年之交，即1960年，專家們再次充滿信心肯定地說，對生命純自然起源的確認指日可待。那在幾十年後的今天還有什麼要爭論的呢？

我不知道是否這樣持續的辯論，是因為某些人認為自然主義起源的故事，與他們對「有目的的創造」這種個人宗教或哲

學觀點相抵觸而引起的。也許研究學者已經在數十年前達成協議，而宗教人士只是不願意面對科學事實。然而，當我研究該主題時，我發現許多科學家和批評米勒-尤里實驗的作者提出的問題，不是基於任何宗教觀點，而是基於科學。正如其中一位叫丁肯揚（Dean Kenyon）的學者（他曾是生命自然起源的主要支持者），他與其它作者共同撰寫了一部重要的生命起源教科書《生物化學預定論》（*Biochemical Predestination*）。<sup>9</sup>

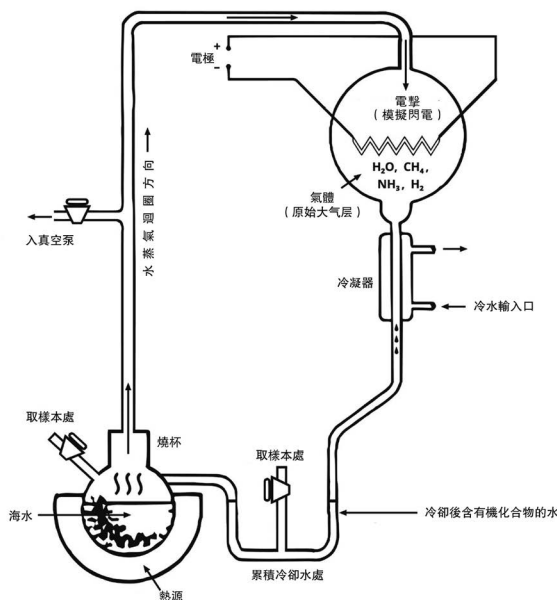


圖2.2 著名的米勒-尤里實驗的設備示意圖

我本人對生命自生（abiogenesis）的說法並沒有任何哲學或宗教上的立場，但我覺得這個說法很有些可疑。而且我越研究它，就越覺得可疑。

可以肯定的是，米勒（Miller）和尤里（Urey）在1950年代初期，他們處於研究的最前沿，依據最新的科學，設計了一個非常巧妙的實驗。通過他們的辛勤工作和不懈的努力，使我

們瞭解到有關非生命化學物質的運作，以及某些有機化合物如何形成的重要知識。但是，當我進一步考察時，發現的是：具有標誌性的米勒-尤里（Miller-Urey）實驗被堅定地認為是「解釋純自然生命起源」的里程碑，這種想法主要是由其他人推動的，而非米勒和尤里本人。而且這想法是錯誤的。

此後的幾十年中，米勒-尤里實驗幾乎在所有方面都受到了挑戰。它教了我們一些有趣的東西，但是它遠遠沒有複製一個隨機的化學進化過程，或是地球早期可能有利生命的環境。從實驗中使用的還原性氣體，<sup>10</sup>到恰好適度的能量，<sup>11</sup>再到將過程中的化學物質仔細的與不利的化學干擾隔開，<sup>12</sup>最後到過程中必需的保護性環境。凡細心的觀察者都會質疑米勒-尤里的結果，對早期地球生命起源的瞭解有無實際的價值。<sup>13</sup>然而，在許多高中和大學教科書中仍在吹捧米勒-尤里實驗，認為證明地球早期生命所必需的化學物質的形成，不再是個嚴重問題，而且已經大部分得到解決。<sup>14</sup>沒有比這離事實更遠。

這甚至不是生命自生論問題的一半。

## 化學燒瓶中的一閃

即使我們接受對米勒-尤里實驗結果的錯誤解讀為正確，我們也不能結論說它是自然生命起源的可行途徑。這是因為在經過精心控制、設計和智能指導的實驗下，距離產生一個簡單的活有機體的目標仍然是遙不可及。

整個生命自生的故事還有很多其他問題，千頭萬緒。但研

究學者至少已經確定了，與生命自生論有關的十幾個嚴重問題。其中大多數（也可以是任何一個），都可推翻生命自生的想法。若放在一起，它們就構成了自然主義生命起源故事的毀滅性批判。1982年，有機化學家和分子生物學家凱恩斯·史密斯（A. G. Cairns-Smith）對典型的「生命起源」模擬實驗，提出了一些反對意見。<sup>15</sup>此後不久，化學家查理斯·薩克斯頓（Charles Thaxton），地球化學家羅傑·奧爾森（Roger Olsen）和材料科學家沃爾特·布拉德雷（Walter Bradley）對許多生命起源的建議和推測提出了嚴格的批評。他們提到「化學起源論的危機」，並觀察到「目前通過原始大氣層和海洋的無方向的能量流，完全無法充分解釋一個有難以置信複雜性的『簡單生命系統』，是如何產生的，並且這些解釋可能是錯的。」他們繼續結論說：「到底原始地球上的簡單化學物質，是否會自然而然地進化（或組織起來）成為第一個生命？這是值得懷疑的。」<sup>16</sup>

自那時以來，情況沒有改善。並且恰恰相反。從不同途徑研究的結果，對生命自生的想法產生了更多的問題和挑戰。研究生命自生論的一些說法，經常遭到其他生命起源研究學者的否定，然而這些學者提出的其它建議，卻也是同樣的不充分。

2019年發表的一篇論文，對多個可能的生命起源地點做了研究。包括達爾文的「溫暖小池塘」（即溫泉）、外太空以及（時下流行的建議）深海熱液噴口（hydrothermal vents）。研究學者得出的結論是，這些地點均不能滿足生命自生的要求，因此提出了「由天然核反應驅動」的間歇泉（geyser）系統。<sup>17</sup>在最近有關生命起源研究的評論文章中，天體生物學和理論物

理學家莎拉·沃克（Sara Walker）讚揚了迄今為止在生命起源研究方面的成就，但她承認「我們還無法回答生命如何首次出現的問題。」

沃克堅信地球上的第一生命是自然發生的，但在研究了許多解決生命起源問題的嘗試之後，她得出的結論是：「可能需要……創新的方法」。並希望有一個「新物理理論」，可以幫助縮小差距。沃克（Walker）評論說，瞭解生命是如何由純自然原因產生的任務，可能與「統一廣義相對論和量子理論」一樣困難，她並認為解決起源之謎的時刻，可能發生在「當我們偶然很幸運地發現了對生命新的基本認識」時的那一刻。<sup>18</sup>

因此，當發人深省的現實被理解後，對米勒-尤里實驗的興奮也就不再。在本章的其餘部分和下一章中，我們將評論現代生命自生故事中的兩個關鍵問題：對生物資訊的需求和自我複製的挑戰。

## 請提供更多資訊

1980年代初是電腦世界令人激動的時期。就在幾年前，史蒂夫·約伯斯（Steve Jobs），史蒂夫·沃茲尼亞克（Steve Wozniak）和羅納德·韋恩（Ronald Wayne）成立了蘋果電腦公司，掀起了價格適中的個人電腦的革命。這種革命開始進入業餘愛好者、電腦俱樂部和一些家庭中。隨著1977年Apple II的推出，Apple的知名度激增。其他幾家製造商也開始直接向消費者開發和銷售電腦，這些公司的名字包括Altair、Texas Instruments、TRS-80、Sinclair、Atari、Commodore等。

我父親是工程師出身，並且對個人電腦這新領域興趣濃厚。在家庭預算允許的情況下，他在一個星期六的清晨將我和我的三個兄弟裝上了車，開了八個小時去參加一個電腦博覽會。在那裡我們仔細研究了這新領域中，許多令人大開眼界的產品。無視一天的疲憊，在整個回程中我們興奮不停地談論所看到的一切新技術。

儘管我父親是一個節儉的人，但他事先做了研究，並決心將來之不易的資金用於一台可以使用數年的高品質機器上。於是他仔細分析了各種系統的優缺點以及成本和收益（這樣的細節，只有工程師才能體會），他選擇了當時可以找到比較好與Apple II相容的系統之一。在我母親最終同意把它當作那年耶誕節所有人的禮物後，他拿出皮夾，預付了金額不小的訂單。

回顧過去，我必須對這第一台電腦感到好笑，該電腦的價格要比當今許多高端電玩系統都貴很多。當我們在幾周後的耶誕節前夕終於收到新電腦時，幾乎等不及到耶誕節早晨才打開來安裝。它具備所有各式各樣的功能！高達64K的RAM（不是當時大多數Apple II隨附的48K）、5.25英寸的軟碟機、五個視頻遊戲、十個空白軟碟、一個簡單的操縱桿，以及所有當中最好的，一個大的CRT彩色顯示器！（我們絕不會接受一個單色的綠色顯示器！）

在幾個月內，我們增購了一個點矩陣印表機和第二個驅動器。現在我們有兩個——再數一下，兩個！——5.25英寸軟碟機，這使電腦可以操作更高級的文書處理軟體，還可以更輕鬆地複製磁片。

儘管我們一家人甚至沒有電視，但我們很快成為朋友和熟

人羨慕的對象。在附近的鄰舍中我們是第一家擁有個人電腦的。突然，我們的車庫（以前被當作家庭娛樂區），成了無數週末和深夜的社區電玩遊樂場，因為我們一家四兄弟和我們的朋友都擠在那台低解析度彩色顯示器周圍，不停玩著令人著迷的早期8位元電腦遊戲。令我父母感到不安的是，我的睡眠習慣變得越來越糟，伴著這個電腦從下午到晚上，然後是深夜，甚至到清晨。

但這不是僅僅遊戲而已。父親的工程背景培養了我們一種嚮往，即不單要使用這項技術，還要瞭解其運作方式。

我購買了有關Apple作業系統的手冊，並細讀了數小時其中的資訊。我學習到如何「駭入」電腦遊戲並更改某些遊戲參數和螢幕顯示。這本身並不是一件特別有價值的事情，但是在此過程中，我學到了有關檔案系統、磁片磁區、資料存儲程式和電腦其他內部運作的寶貴知識。

我還教自己用BASIC（Apple II使用的簡單整數語言）程式設計，並開始編寫自己的程式，最後還做了一些早期資料庫的工作。不久，我開始深入學習COBOL和Fortran語言，甚至花了幾個夏天的時間在一台舊的Burroughs電腦上進程式設計，用的是十六進位元數位指令——那可是一件冗長乏味的工作！最終，我開始構建自己的電腦。

回顧這段成長時期，無論是在電腦行業還是在我自己的生活中，我都非常感激我能有機會，以微不足道的方式在自己一個小角落裡，親眼目睹和親身接觸到，電腦和資訊技術即將對世界產生的巨大變革。這經歷最大的收穫也許就是認識到資訊才是關鍵。不是金屬、塑膠、電線或磁片。不錯，這些都很重

要，但重點是資訊。它為達成特定的目的確定了實體組件的安排，又以代碼和程式使精心佈置的組件運作栩栩如生。每個電玩遊戲，每個資料庫，每個軟碟磁區，每個功能的核心始終都是同一件事：資訊。

在複雜功能系統的世界中，資訊為王。這與生命的起源有什麼關係呢？事實證明，有一種重要的數位資訊形態，遠早於電腦就已經出現了。資訊是它的核心，它就是生命。

## 一串去氧核糖核酸走進酒吧.....

這個故事在科學界是眾所周知的，幾乎是個傳奇。1953年2月的一個星期六，英國科學家法蘭西斯·克里克（Francis Crick）和他的美國研究夥伴詹姆斯·沃森（James Watson）走進英格蘭劍橋的The Eagle酒吧，宣佈他們「發現了生命的秘密」！

19

沃森和克里克的誇張可以諒解。畢竟，他們在羅莎琳德·佛蘭克林（Rosalind Franklin）和莫里斯·威爾金斯（Maurice Wilkins）的重要協助下，發現了有機大分子去氧核糖核酸（DNA）的結構，它正是生命的核心。

確定這個重要分子的三維螺旋結構已經是很大的成就了，但沃森和克里克同時發現，DNA扭曲階梯上的核苷酸配對也提示了「遺傳物質的一種可能的複製機制」。<sup>20</sup>也就是說，DNA的結構可能有助於一代又一代地複製遺傳信息。結果證明他們的推測完全正確。



1953年3月19日，克里克（Crick）給他12歲的兒子邁克爾（Michael）寫了一封手信，保存了歷史深刻的一瞥。<sup>21</sup>雖然他的兒子還不算青少年，克里克卻將DNA的結構說得很仔細：

我親愛的邁克爾，

吉姆·沃森（Jim Watson）和我或許完成了一個最重要的發現。我們為去氧核糖核酸的結構建立了一個模型（請仔細閱讀），簡稱為D.N.A.……

現在就我們所知，在一個鏈上，一個鹼基可以以任何順序排列，但是如果它們的順序固定了，那麼另一條鏈上的順序也就固定了。例如，假設第一條鏈為A-T-C-A-G-T-T，那麼第二條鏈必須為T-A-G-T-C-A-A。

克里克繼續指出，兩條DNA鏈的這種互補配對不僅闡明了DNA具有承載資訊的特性，而且也包含後來被稱為「遺傳密碼」資訊，而且還暗示了潛在的複製機制：

它就像一個代碼。如果給你一組字母，你可以寫下其他字母。

現在我們相信D.N.A.是一個代碼。也就是說，鹼基的順序（字母）使一個基因與另一個基因不同（就像一頁文字的印刷內容與另一頁不同）……

換句話說，我們認為已經找到了生命來自生命的基本複製機制……你可以理解我們非常興奮。我們必須在一天左右的時間內致信《自然》期刊（*Nature*）。請仔細閱

讀和瞭解這封信。當你回家時，我會展示DNA模型給你看。

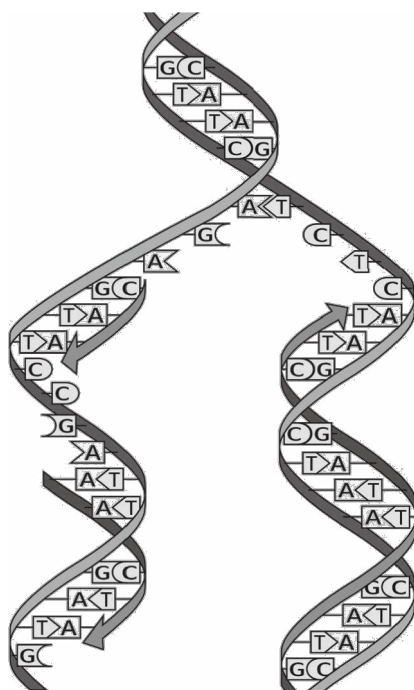


圖2.3. 去氧核糖核酸（DNA）結構，顯示核苷酸的鹼基配對A/T（adenine and thymine）及C/G（cytosine and guanine），以及雙鏈螺旋結構分離複製的過程。

當我仔細思考克里克的這封信，並想像克里克和沃森發現DNA結構時可能的景況，他們對這發現所蘊含的意義有深入的見解令我印象深刻。因為他們不僅認識到DNA的結構，而且認識到代碼的存在。克里克向兒子解釋了資訊的關鍵作用，以及「生命源自生命」的方式。

僅僅幾年後的1957年，克里克做了一次演講，概述了他所謂的「序列假說」。<sup>22</sup>次年，他發表了一篇題為《蛋白質合成》的論文。<sup>23</sup>除了其他細節外，他提出DNA片段的「特異性」（本質上是指該DNA片段中包含的資訊），是由鹼基分子或鹼

基的序列或順序決定的。換句話說，存儲資訊的不僅是DNA鹼基的物理結構或化學組成，而是這些鹼基的排列。

就像您在本書中閱讀的中文字一樣，傳達資訊的是字的順序，而不是墨水的顏色或所用紙張的類型。

至少在這方面，克里克的序列假設是完全正確的。沃森和克里克的研究成果是科學史上一項非凡的成就。科學哲學家史蒂芬·邁爾（Stephen Meyer）指出：「沃森和克里克的發現將永遠改變我們對生命本質的理解……在19世紀末，大多數生物學家認為生命完全是由物質和能量組成。但是在沃森和克里克之後，生物學家開始認識到第三種基本素質在生物中的重要性：資訊。」<sup>24</sup>

## 生命的語言

自從1953年那個決定性的日子以來，解釋生命起源的問題已越來越多地被視為是解釋生物資訊起源的問題。生命中的資訊從何而來？六十多年後，即使科學家們試圖更多地從分子基礎來理解生命，他們仍然在問這個問題。

現在很清楚，有機生命和奈米技術、分子機器、資訊處理系統，當然，也與DNA息息相關。隨著越來越複雜的顯微鏡，我們可以越來越清楚地看到一個精心策劃的過程，包括4位元數位代碼、存儲、檢索和翻譯機制、演算協議（computation protocol）以及一個高功能、資訊密集系統擁有的各種特色。

這樣的系統最初是如何產生的？正如我們在本章開始時所

說，我們並沒有看到第一個活有機體出現在地球早期，並且沒有《星際迷航》影集中的Q神，可以奢侈地把我們送到地球早期去見證它。但是，是否有線索可以幫助我們確定這些生命系統的起源呢？

關於功能整合、資訊豐富的系統（如我們在整個生物界中所發現的），我們至少知道兩件事。這兩件事可以幫助我們對此類系統的起源，做出合理的結論。

首先，從自然主義的角度沒有任何證據可以證明，大量新穎的資訊會自然產生。科學家從來沒有觀察到這樣的情況，一次都沒有。而且沒有一項理論成功且詳細地說明，資訊如何可能發生。此外，並不是科學家們已經提出一些極具可能性（但尚未證實），或已經有一些不錯的自然主義的解釋，只不過需要繼續的調整或更多的研究或更多的資金即可。儘管可以使用自然過程來解釋許多觀察的結果，但是當我們面對功能整合、資訊豐富的系統時，情況就完全不同了。我們並不是好像最近才開始尋找解釋，或我們已經很接近了，只需要稍加努力或再多一點時間即可。數以千計的研究學者已經透過數十萬小時的努力，花了數十億美元的經費，進行了數代科學家的廣泛搜索，都沒有成功。從未發現任何可靠的自然過程，可以產生資訊豐富的系統。

著名的合成有機化學家詹姆士·圖爾（James Tour），分析了他認為最近最有前途的生命起源研究（OOL）工作。作為一名經驗豐富的研究學者，他發表了700多篇研究論文和130多項專利，他善於看穿樂觀的炒作，特別針對在現實世界中組裝功能分子系統異常困難的這一點。在2019年的一篇重要文

章中，圖爾對許多生命起源論文中缺乏對該領域狀況的坦誠表示失望，他問道：「為什麼不承認我們還不能解釋的事情：例如將原材料轉移到生命所需的分子中；生命密碼的起源；任何生命系統中存在的組合複雜性；以及細胞元件精確且非一般常規的組裝？」這是一廂情願，或是天真，或者可能兩者都是！「我已經與OOL研究學者討論了這些問題，」他又說：「令我驚訝的是，他們沒有意識到構建分子困難之嚴重性。」<sup>25</sup>

其實，情況比這更讓人絕望。

越來越明顯的是，類似隨機和自然律的過程不僅不能建立資訊豐富的系統，而實際上會破壞資訊。從總體上講，這些自然過程隨著時間過去，必然會導致資訊的損失。這是一個廣為人知，經反復實地觀察建立的原則。從數學分析和資訊理論的原則上也可以明白。這同時也經過實驗的證明。

從這些不同的觀察中得出的結論很清楚：類似自然律驅動的過程或無序偶發的過程，根本沒有辦法產生嶄新的資訊豐富的系統，如我們在生物界所看到的一切。根據目前的理解，我們有充分的理由認為，永遠不會找到對這類系統的純自然解釋。

事實上，具有諷刺意味的是，有機體已經擁有不少複雜的系統，包括校對和糾錯機制，專門用來對抗具有破壞資訊趨勢的自然律和隨機性。這些複雜的校對和糾錯系統的起源，也需要解釋說明。若倒過來說是由自然法則和隨機變異，先產生了這些資訊豐富的系統，那是完全顛倒事實的。

其次，第二件我們知道的是：只有一種原因有能力可以產生這種功能整合、資訊豐富的系統。那就是智能（intelli-

gence)。

範例比比皆是。在我們周圍有桌形電腦、智慧手機、雲端伺服器、智慧電視、網路應用程式、介面設備等等。所有這些功能整合的系統（全球數十億個），以及其中包含的資訊是通過「目標導向」的過程完成的：準備、計畫、收集需求、選擇材料、創建原型、制定互連協議等等。換句話說，它們是透過有目的的設計過程，通過思維來實現的。沒有一件是由純自然的原因造成的。

甚至更簡單的資訊豐富的例子，如一本書或一個Instagram帖子，所有這些都可以追溯到一個智能的來源。

正如邁爾（Meyer）指出的那樣：「我們一致的經驗證實，無論是刻出來的象形文字，寫在書上的文字，以無線電訊號編碼的資訊，還是在類比實驗中產生的特定資訊，總是來源於智能和思想，而不是純物質性的……。的確，每次我們找到特定的資訊，並且瞭解該資訊應該是如何的產生時，我們總會發現它是源自于智能。」<sup>26</sup>

而且要注意，這個結論並非基於無知、憑空猜測或缺乏知識，而是基於我們在分子生物學和其他領域學到和觀察到的結果，是我們清楚理解的。這個結論是根據我們定期、反復和一致的經驗和觀察得出來的。

## 是誰幹的？

在地球上首次形成生命時，沒有科學家在旁邊。沒有博

客、記者、照像機或視頻博客來記錄這事件，或向我們報導有關生命如何開始的「及時新聞」。來自《星際迷航》的Q神也不能帶我們回到主賽事的前排座位。生命的起源是一個歷史事件，發生在遠久以前，超出了我們目睹的可能。因此，與所有歷史科學一樣，唯一的方案是收集線索，考慮相互對立的各種解釋，並仔細確定哪個解釋最能充分的滿足所有的線索。

舉個例子。假設你最近從外州搬到華盛頓州東部，在後院種花時，發現在土表面以下一點的地方有一層白色粉末物質。稍後又發現整個區域都可以找到同樣一層的粉末。你很快想到一些可能的原因。一次洪水？一家鎮上很久以前關閉的工廠，曾災難性地、大量流出污染物？一座火山？這些原因中的每一個都會影響廣大的地區，且會影響該區域的地質狀況。但是，你很快就會意識到，只有一種解釋可以說明這現象是如何產生的。一場大洪水可能會在廣闊的區域上沉積一層淤泥，但不會是灰燼。工業災難也無法造成如此大量的粉狀物質。另外，工業災難不會產生火山灰，請了化學家的朋友進行一些測試後，就確定了它真的是火山灰。因此，你可以從證據中得出合理的推論：白色粉末狀的灰燼是由火山爆發產生的。<sup>27</sup>

請注意，即使你從未聽說或目睹在1980年春天——那個命中註定的星期日早晨——聖海倫斯火山（Mount St. Helens）爆發的一刻。但經過仔細的推理和分析，便可以從實物證據中得出合理的推斷並得到正確的結論。的確當時火山噴發出巨量的灰塵，最終擴散到加拿大境內。

當我們考慮生命起源時，我們就像是一位科學家，在沒有親自看到火山爆發的情況下，檢查灰燼的沉積物。由於我們沒

能觀察到生命起源的一刻，我們無法重播該事件的視頻說：「有，就是這樣發生的。」但這並不意味我們只能憑空猜測，或者是舉雙手表示放棄。相反的，我們可以查看線索和證據，並根據自己的經驗得出合理的結論——科學哲學家稱此為最佳解釋的推斷。

就生命的起源而言，需要解釋的不是火山灰，而是第一個活細胞中存在的資訊。其實原因很清楚，只要我們願意考慮接受。多年來提出的所有自然主義的解釋，都無法說明在最簡單的單細胞生物中看到的資訊豐富的系統。事實上，自然的過程會隨著時間的推移而降低資訊的品質，而不是創造新的資訊。因此，我們可以合理地得出結論，這些解釋都不能被科學哲學家稱為是「真正的原因」，因為它們都沒有能力產生我們在分子生物學中觀察到的資訊量。但是，我們確實知道一個原因，它能經常產生大量資訊，並反復產生複雜、功能整合、資訊豐富的系統，像我們在活細胞中發現的那樣；這原因就是智能。與自然主義的解釋不同，創意智能可以是真正的、充分的原因，因為它能夠產生這種密集資訊的效果。

因此，即使是最簡單的生物，我們也可以從生命起源和資訊豐富的系統兩方面，得出明確合理的結論（即最佳解釋的推斷）：它們是在智能主導下產生的。

## 逐漸褪色的劇本

自然主義生命自生論的一些支持者，試圖通過解釋DNA中的資訊來反駁以上的論點。本質上，他們採用了兩種策略試圖



抹殺資訊。

首先，有些人試圖解釋DNA中實際上不存在資訊，用來淡化DNA中資訊豐富的事實。他們認為，我們或許以為DNA中存在資訊，但實際上並不存在。我們只是對DNA施加自己的偏見和期望，而實際上它與其他分子沒兩樣。我們所謂的「資訊」，只是我們用來瞭解DNA分子的組成和它運作的方式而已。

如果你覺得這個論點奇怪，你並不孤單。當沃森和克里克發現DNA的結構，並認識到互補鹼基配對和複製機制時，他們並沒有對分子結構施加自己的期望和偏見。他們是在發現現實世界中實際存在的東西，這些東西早在他們出生之前，早在他們將注意力轉向細胞世界之前，就已存在。他們當然沒有宗教偏見趨使他們看到細胞中的資訊，因為兩個人都不是虔誠的教徒。他們都希望有一天能找到一種純唯物主義生命起源的解釋，而且克里克甚至認為地球上的第一個生命是從外太空傳播來的，起源於某個遙遠的星球。這個想法只是將問題推到另一個星球上，而且它還增加了額外的困難。即在有害的宇宙射線侵襲下，讓微生命體安全地通過億萬英里的寒冷空間。但是克里克寧可提出這樣的解釋，這就表明他不是一個急於承認地球上生命的起源是出於有目的的設計。但不論如何，他和沃森都承認細胞裡有極豐富的資訊和多種資訊處理系統。

隨後許多的發現更證實，並且加深了這種理解。因此，幾十年來人們已經知道DNA中存在資訊——是真實的、可觀察的、編碼的、功能性的資訊。已有許多開創成功的公司專門來檢索、研究和分析DNA中的資訊。大學生物學系和某些電腦學

系都開設了課程，向下一代的科學家傳授有關DNA資訊的知識。近年來，出現了稱為「生物資訊學」的研究領域，致力於研究生物系統，尤其是DNA系統中的資訊。

其他反對生物系統中的資訊是出於設計的人，則採取了恰恰相反的策略，認為萬物皆有資訊。該論點背後的假設是，宇宙中所有的物質，不管是岩石、粒子、恆星和星系，都包含資訊。他們認為，DNA當然包含資訊，但是其他所有的也是如此，所以DNA沒什麼獨特之處。就是如此，沒可討論的，你們走吧。

比如，曾和我辯論過的一個人認為，DNA只是一個分子，就像其他任何一個分子一樣。DNA沒有比一杯鹽水更有趣，因為如他所說，DNA和鹽水兩者都擁有資訊。

這也是無稽之談。即使是一個孩子也能很容易理解。我們在DNA中發現的東西，和一杯鹽水或漂浮在宇宙中無生命的物質粒子，有天壤之別！<sup>28</sup>這就像一本書中的字母是有意義的排列著，但若是一頁又一頁的隨機字元（好像粒子無規則地漂浮在宇宙中）或（像鹽水）一頁又一頁相對簡單重複的字母如aabbccdd, aabbccdd, aabbccdd，這之間的區別是很明顯的。

與這些非生物的實例相反，在DNA中發現的既不是簡單的重複模式，也不是核苷酸的隨機組合。反而是DNA包含高度設定的功能資訊，直接以數位形式儲存，並通過遺傳密碼表達。

在細胞中發現的資訊起初是如何產生的呢？這問題始終存在。但任何忽略、掩飾、否認或淡化生物資訊存在的嘗試，都是空洞反智的，只表明了或許是一些欠客觀的科學討論影響了他們的看法。

## 回到原點

如今，隨著過去幾十年來對DNA和遺傳密碼理解的大幅進展，以及在細胞中發現了各種巧妙的分子機器，我們比以往任何時候都更有能力回答本章開頭的問題：生命是如何開始的？我們今天積累的證據表明：一個有計劃、有目的、精心設計的生命起源是最佳的解釋。

有許多生命起源研究學者拒絕這個結論，但他們主要是教條式地堅持認為，科學家必須只能接受用純自然主義、無意識的過程來解釋生命的起源。他們說生命是通過一系列漫長無指導的化學相互作用，在早期地球上產生的，這說法沒有比我們過去的前輩，對生物自發產生的那種猜測更準確。實際上，這是更不確實的，因為現代唯物主義者不再有無知的藉口。人們曾以為生命經常會從非生命物質中出現，現在我們知道不是那樣。而且不比達爾文的時代，當時科學家們認為微觀生命是相當簡單的。現在我們瞭解，即使是最簡單的細胞，也是個資訊處理和工程複雜性的奇蹟。

儘管達爾文對第一個細胞有創意性的猜想，儘管有歐帕林和霍爾丹的理論，也有米勒和尤里的精心實驗，儘管隨後幾十年的發現——很大程度上正是由於那些發現——現在比以往任何時候都更加清楚，要產生第一個活細胞，必須具有時間和盲目的物質變化過程以外的因素，才有可能。

當我們擺脫過去模糊的想法和推測，並查驗什麼才是組裝一個活有機體——一個複雜的，功能性的，資訊豐富的有機體——的條件，答案很明確。最初的生命不是個化學巧合或宇

宙彩票的幸運抽獎。相反，生命的發生是有目的、有計劃，是精心安排的。

它是設計的。

## 輪到你了

1. 科學家如何調查和推測，那些他們永遠無法直接觀察到的歷史事件，例如地球上第一個生命的起源？
2. 為什麼認為生命一定是在「沒有任何智能指導或干預」的情況下，由純自然過程開始的這種假設，是一種哲學假設而不是科學假設？
3. 與其假設生命一定是由純自然過程產生的，我們可以考慮哪些證據來確定這一點是否屬實？或生命是否需要一種創造性的智能？
4. 米勒-尤里實驗是否表明生命可以通過自然原因，出現在早期地球上？它到底表明了什麼？
5. DNA包含哪些成分，使其與非生命物質如此不同？
6. 即使最簡單的細胞也充滿了資訊，是哪種原因有能力產生新資訊？

## 第三章

### 一個能自我建造工廠的工廠.....

艾瑞克·安德森（Eric Anderson）

諾

貝爾獎得主，哈佛大學生命起源研究者傑克・索斯塔克（Jack Szostak）曾說：「在實驗室裡，我們對於研究如何經化學作用產生早期地球上的早期生物很感興趣……需要找到一種可以自我增長和分裂的東西，最重要的是它能顯示達爾文的進化機制。」<sup>1</sup>

另一位著名的生命起源研究者，吉羅德・喬伊絲（Gerald F. Joyce），也說了同樣的話。被問到有關化學物質在早期地球上，有可能凝聚形成「可以自我複製」的東西這樣的構想時，喬伊絲回答說：「這就是我們和其他人感興趣的地方，因為你知道，這是生命起源的臨界點：化學在此之前，生物學在此之後。」<sup>2</sup>

因此，自我複製不僅是生命起源需要解決的眾多問題之一。對許多主要的生命起源研究學者來說，弄清楚產生自我複製體的途徑其實是最主要的挑戰，如同聖杯（the Holy Grail）。\*他們認為只要明白純自然的自我複製過程，其他就都沒問題了。

儘管有些人誇張了對自我複製機制研究的結果，但這聖杯仍是研究界不能逃避的挑戰。

---

\*聖杯在這裡代表一個極有價值，卻非常困難達成的目標。——譯注



## 道金斯的奇蹟分子（Miracle Molecule）

幾年前，我碰巧在車上打開了收音機，聽到就快結束的一個公共廣播講座。受訪者是擔任牛津大學普及科學教授十多年、著名的無神論進化生物學家理查·道金斯（Richard Dawkins）。主持人向他提出的一個問題令我迅速伸手調整音量鈕，調高收音機的音量。

「我們離瞭解生命的起源還有多遠？」主持人問道。

我天真地以為道金斯會承認生命自生論（abiogenesis）的許多困難，承認這是一個廣泛的開放性問題，並承認還沒有任何可行的生命自然發生的方案，我以為他也會和許多支持進化論者的聲明一樣，認為生命的起源是一個獨立於生物進化的問題。也就是說，我以為他會承認，生命的起源仍然面臨許多公認的困難，但會強調至少在第一個生命產生後，生物進化論仍舊足夠解釋一切演化的現象，這樣可以減少對唯物主義觀點的負面影響。

令我驚訝的是，道金斯相當輕描淡寫地回答說，我們對生命是如何開始的已有很好的瞭解。他承認的確有些挑戰，但是目前已知道大致是如何發生的，他暗示，我們基本上是在填補細節。

我曾經仔細的研讀了有關生命起源的研究，並瞭解生命自生論的許多尖銳困難的問題。令我震驚的是，一個頂著「普及科學教授」頭銜的學者，竟不負責任地在公共場合向成千上萬的聽眾宣稱：我們對生命的開始已有了很好的瞭解。

道金斯為什麼要發表這樣的聲明？是他故意的誤導聽眾關於科學的目前狀況？還是他不知道生命自生論的許多問題？他真的相信他所說的嗎？

在接下來的幾天裡進一步分析這問題時，我意識到道金斯的想法可能源於這樣的觀念：生命的起源——至少在最初的開始——是個相對簡單的事件。請注意，不一定是個常見的事件或容易重複的事件，但是個相對簡單的事件。

在他的《自私基因》一書中，道金斯描繪了一幅畫面。十分類似於達爾文在1871年給約瑟夫·胡克（Joseph Hooker）信中的聲明（引用在上一章中）。「我們現在知道大型有機分子會因持續的時間不足而不能凝聚：它們會很快地被細菌或其他生物吸收和破壞，」道金斯寫道：「但細菌和其他的生物，包括我們都是很晚出現的，在最初的時候（早期地球上），大型有機分子可能在濃湯中不會被破壞。」<sup>3,4</sup>

在這假設的早期地球環境下，道金斯繼續提出生命起源關鍵的第一步：「一個非常特殊的分子，在某個情況下偶然形成：我們稱它為複製器。它不一定是最大或最複雜的分子，但它具有非凡的特性能複製自己。」<sup>5</sup>

這種假想的自我複製分子對唯物主義的「創造故事」，是至關重要的。此故事有兩方面，首先如眾所周知，一個完整的有機體靠機率偶然產生是不可能，也永遠不會發生的。所以，比較簡單或單純的自我複製分子，經過機緣巧合地產生會有較大的可能性。第二，一旦自我複製分子出現後，達爾文式的進化可以發揮作用，借由非凡的隨機突變力量，經過物競天擇的機制，最終使簡單自我複製分子轉變成一個實際的有機體。



至少故事是這樣說的。

道金斯認為，這種「特別出色的分子」是很容易想像得到的。他對這非凡分子其餘的描述，基本上是一個在頭腦裡想像的簡單實驗。比如這分子是如何運作、複製，如何在水中與其他分子「競爭」，等等。這些想法從化學的角度來看是不切實際的。

但一般生命起源研究學者並不滿意僅憑想像而已。他們在過去幾十年中付出了很多值得稱讚的努力，試圖在實驗室中創造自我複製分子，又將學習到的應用於生命起源問題上。他們已經完成一些出色的研究工作，偶爾發表一些有趣的研究結果，但是沒有人能造出一個這樣自我複製的分子。

可以肯定的是，已經有數篇論文發表和新聞報導，宣稱研究學者已經創造了這樣或那樣的自我複製分子。但這些都是誤導，且不確實的消息。如果真的有人發現或創造了一個自我複製分子，他們必定是保密得很好。

請記住，儘管經過數十年的研究和大量的財務支出，仍不能產生這種自我複製分子。失敗的原因並不是因為缺乏時間、精力和資金。原因是在更根本的問題上。

## 一團半流質的秘密

在上一章中曾提到，達爾文時代有一種想法，認為微生物很簡單，每種微生物都是一小團「半流質的原生質」。<sup>6</sup>達爾文將有機體（organism）視為一個，由這些簡單的細胞組成的柔

性集合體。由於當時的普遍科學理論尚未成熟，他和那時代的人對遺傳學也一無所知，達爾文不曉得遺傳資訊的處理、傳遞和回饋，細胞運作的機制，生物新陳代謝的整合系統，分子各部分之間複雜的協調程式，和維繫最簡單的細胞需要的許多其它條件。

達爾文在《物種起源》中將有機體描述為「塑膠」。<sup>7</sup>他指的不是今天用來製造兒童玩具的材料，他認為有機體具有柔性，並且可以很容易被自然選擇和淘汰過程塑造成任何形態。從這個角度看，下一個結論即是：要增加更多的細胞單元，或繼續改變有機體的形態，也應該是相對簡單的過程。

然而，隨著1800年代後期對細胞結構累積的知識，對細胞系統、蛋白質和新陳代謝過程的發現，1950年代對DNA結構的解密，以及一直到現在陸續不斷的對生物複雜性更深入的認識，使我們越來越清楚細胞一點也不簡單。連最單純的有機體，都複雜得超過以前我們對有機體的一切想像。不只是複雜，乃是複雜且有序的通過四位數元碼來協調資訊的存儲，檢索和轉換的機制、錯誤糾正的演算法（error-correction algorithm）、功能整合系統（functionally integrated systems）和分子機器（molecular machines）。這些媲美奈米技術的奇蹟，使人類尚待努力創新的一切都顯得微不足道！

由於這些發現，越來越明顯的結論是：任何有機體，甚至是相對簡單的單細胞生物，都不可能因為一時的巧合出現在早期地球上。

但是，如果生命不可能一次偶然地出現，那麼經過一系列的步驟或許就有可能。若生命來源的問題可以分解成許多更簡

單的步驟，不就有可能了嗎？

基於這種根深柢固的思想，生命自生論的支持者忙不迭地提出了一個又一個的假說，試圖說明生命來源的過程。從較簡單的一系列步驟開始，或許能帶來期望的下一步。換言之，許多生命起源研究學者不是試圖解釋「第一個簡單的單細胞生物」如何偶然地產生，而是專注於確認最早階段的生命，它起初的功能或特徵是什麼。如上一章所述，資訊存儲和處理似乎是所有有機體的核心。所以也許生命是從DNA開始。其他研究學者則指出，生命的開始需要一種方法獲得能量來使細胞運作，所以也許新陳代謝的原始形式是生命起源的關鍵。還有其他研究學者認為有機體需要一種方法來保護自己，免受周圍環境的破壞，並保護起初的化學反應不受干擾。所以也許最早的有機體必需具有保護功能的殼或氣泡，即某種早期的細胞膜。

然而最有希望的一種想法是，發現了一些RNA分子可以充當酶，幫助催化細胞中的化學反應。由於RNA類似DNA，也可以存儲資訊。因此RNA在生命起源的故事中似乎非常適合扮演不只一個角色，而是同時兩個角色：存儲資訊和催化細胞中的化學反應。因此，有人建議，生命起源可以從RNA分子開始。

這些構想和其他的觀點繼續在發展，並定期在熱門新聞網站和著名的科學期刊上以新聞稿或論文形式發表。任何特定的研究途徑都有其重要性，不過我們可以肯定地說在生命起源研究學者中，當今最顯著的觀點，基本上是道金斯在《自私基因》中的概述：生命從一個能自我複製的分子開始。

## 達爾文進化論一路到底

與達爾文時代的科學比較下，儘管目前對生命進化的觀點更注重有機體的複雜性和資訊豐富的特性，但是仍然非常依賴於達爾文很久以前就提出的兩個假設：「首先，如果我們從一個簡單的個體開始，最終將經歷品質和數量的變化，使它變成另外一種有機體；肯定最終也會轉變成為我們今天在生物界中所看到的一切。第二，有機體的形態很有彈性，可以隨著時間的推移經歷無數的變化，也能夠凝聚這些無數且必需的變化，而不中斷或遺漏任何步驟。」

基於這兩個基本假設，生命起源研究學者認為，如果在地球早期能夠找到自我複製的分子，然後由達爾文的突變和自然選擇接管，最終產生第一個活有機體。那麼第一個活有機體當然會繼續產生我們在自然界中所看到的一切……。

不要誤解，一個自我複製分子按照進化機制，能否轉變成為一個活有機體，並產生我們所看到的各種生物系統，這本身就具有嚴重的疑問（在本章的後面以及本書的後續篇章中我們會繼續探討）。但是這種擁有近乎神秘創造力量的「自然選擇」，已經是許多研究學者對進化機制根深柢固的想法，他們似乎相信，在自然選擇的魔杖之下「一切皆有可能」。換句話說，並不是實際上有充分的證據表明，自我複製分子可以轉變成複雜的生命。而是只要加入自然選擇的概念，這種想法對許多人來說就比較可信。

因此，今天許多傑出的生命起源研究學者認為，生命的起源本質上只是獲得一個自我複製分子的問題。一旦一個自我複

製分子在朦朧的地球早期場景中出現，達爾文進化的力量就可以接管，然後……一切都有可能。

大衛·霍寧（David Horning）和傑拉德·喬伊絲（Gerald Joyce），在討論生命起源研究的一篇論文中也是如此說：「第一個生命比任何現有生命都簡單得多，這是生命起源研究認為理所當然的……在某個時刻，一個在原始地球上出現的分子，透過化學物質獲得了自我複製的能力。這事一旦發生，達爾文式的進化機制就可以接管。」<sup>8</sup>

有了這個即定的假設，自我複製分子在生命的戲劇性歷史中，就扮演了核心角色：自我複製成為整個生命自生故事的關鍵。

多年來，大多數對生命自生論的批評，都集中在地球初期的原始濃湯中產生生命的困難度：如具有還原性的大氣層、能源的需求、形成生命所必需的聚合物（polymers）、核苷酸或氨基酸必需在正確的時間和地點存在、具有編碼和大量資訊的分子的出現、分子能隨機以正確的順序連接的可能性近乎零……等等，不一而足。

但是，在自我複製本身的問題上，生命起源研究花的時間少得多。而且大多數對生命自生論的批評者也基本上忽略了這個問題，或似乎不加思索地接受了「自我複製就是邁向第一個生命過程中的第一步」這種想法。

進化論支持者，數十年來對生命自生論面臨的挑戰不知如何面對。的確，許多人拒絕參與辯論，認為生命的起源是與進化完全不同的課題，不必由進化論支持者解決。因為進化是在有了第一個生命以後才開始的。但是生命自生論面臨的巨大挑

戰，迫使其支持者回到他們認為是最強大的創造力上：達爾文進化式的自然選擇，作用於自我複製體的變異而形成第一個細胞。並透過達爾文進化可以解決如何產生最初的活有機體（living organism）的難題，其中包括如何產生新陳代謝、細胞系統以及異常複雜的精確編碼、高功能的數位資訊等等的挑戰。

因此，達爾文進化論不但不是和生命起源的故事無關，反而被視為生命起源的核心——這正是最後的努力，為要防止生命自生論旗幟下的許多理論迅速被瓦解。這標誌著唯物主義者的起源故事，在基礎上發生了重大轉變。

確實，早期的研究學者，如奧勃寧（Oparin），哈丹（Haldane）和其他生命自生論的支持者，有時描述生命起源的過程為某種化學「進化」。化學進化過程和達爾文進化論兩者之間的任何關聯，一直被認為充其量是微不足道的。而且多年來許多科學家和理論家明確地拒絕將達爾文進化論，應用於第一個活有機體存在之前，劃清生命起源與生命進化問題之間的界線。<sup>9</sup>

如今已不再是這樣。在當前的思想模式下，生命自生從無導向的化學反應開始，偶然地導致一個簡單自我複製子（self-replicator），例如某種自我複製分子（self-replicating molecule）的產生。生命自生論支持者認為自然選擇機制會介入，幫助這初生的分子獲得更多特徵，最終導致第一個活有機體。然後從這個活有機體開始，演化成我們今天看到的所有多樣和複雜的生物。

因此，與其先擁有一個活有機體，然後賦予它額外的自我複製能力，唯物的生命自生論決定把自我複製作為第一個能

力。自我複製因此成為始祖生物最初形成的特徵，也是產生所有其他後續特徵和功能的源頭。

## 三樣不可少的……實際上，四樣

地球早期的化學單元要達到什麼程度，才可能有自我複製的能力？這是個不小的挑戰。有些人指出晶體、自我催化反應，甚至RNA連接酶分子都是一些代表。<sup>10</sup>但是，儘管它們具有有趣的化學和結構特質，實際上這些都不能自我複製。

許多研究學者經考慮認為，真正自我複製的化學實體（甚至是最簡單的），可能需要有這三個核心要求：（1）它必須能夠在自然條件下形成，無需實驗室技術人員的幫助。（2）它必須能夠從環境中獲得特定的原子或小分子，通過定位和排序來自身複製。而不是透過事先精心設計的某部分，與先前準備好自我的另一部分之間，以催化的反應促成的：好像近年來在許多實驗室中進行的實驗一樣。（3）它必須很穩定，不會很快被分解破壞，也不會因干擾的化學交叉反應而陷入困境。這樣才可能在早期地球的現實世界——「原始湯」——中生存。

此外，如果分子要啟動一個達爾文式的突變和自然選擇，它必須首先具備突變的能力。同時在突變過程中，它也要能保留可以忠實複製變異後自我的能力。

根據許多生命起源研究學者，在過去幾十年中進行的廣泛研究，我們有充分的理由如此結論：單靠一個自我複製分子無法達到上述的要求。<sup>11</sup>以上只是幾個條件的摘要清單，一份涵蓋

所有條件的清單將填滿許多頁面。<sup>12</sup>

生命起源研究面臨的挑戰，是自我複製一個自我複製器，依次繼續可以自我複製另一個自我複製器。以此類推，相當於一台可以自我複製的電腦，複製的副本可以不斷自我複製。實際上不僅僅是個靜態的電腦，更是一個功能齊全的機器人。

有些人可能認為電腦病毒或其他電腦軟體，可以自我複製，但此類程式無法在任何實質意義上自我複製。軟體程式僅可在經過精心設計且功能強大的電腦硬體上存在和運作，電腦本身當然不會在此過程中被複製。此外，電腦都需要有一個作業系統（Operating System），以及數個層次的其他軟體，如驅動程式、編譯器、介面程式、中介軟體（middleware）等才可以工作。對於所謂的「自我複製」電腦程式，最多只能說：「一個經過精心設計，功能整合的軟硬體系統，可以在機器上複製一部分軟體的副本。」沒錯，聽來很有趣，但基本上與當前的問題無關。

真正的自我複製是一項更加艱巨的任務。一旦我們考慮到要在實體三維空間的現實世界，建構一個可以自我複製的機器，我們所要面對的挑戰就很明顯了。

可以列印3D印表機的3D印表機？

為了幫助我們瞭解自我複製的含義，我們暫且不談細胞中令人眼花繚亂的複雜性。我們只先考慮用現有的技術建造一個最簡單自我複製器，看看會涉及到些什麼。

在科幻故事和電影中，從大型強力「終結者」式機器人到小型致命的奈米機器人，設計自我複製器的能力一直是個熱門的話題。雖然是科幻小說，但它會一直如此嗎？



現在已經有些3D印表機，可以在三維空間中製造某些本身用的零件。這是人類歷史上第一次能夠開始具體地夢想，如何在漫長而艱難的挑戰中踏出第一步，來創造一台能自我複製的機器。這樣的壯舉有可能嗎？聽起來很棒，甚至很瘋狂，然而這奇幻的想法正在推動著一些引人入勝的研究。我們在這想法所學到的，將直接幫助我們瞭解，在生命的歷史過程中產生第一個自我複製體的最低要求。

首先，為新入行的朋友介紹一下3D列印的背景。

幾年前，我開始對3D列印感興趣，並密切關注該行業的發展。近來該技術的價格，已經便宜到足以讓3D印表機進入業餘和技術愛好者的領域。一般消費型層次中受歡迎的印表機包括MakerBot、FlashForge、Creality3D和其它等等。

在撰寫本文時，3D印表機的範圍從幾百美元的個人印表機，僅能以單一材料製作簡單的3D印刷品，到價值數千美元，具50微米以下的解析度，且可用多種材料列印的高端專業印表機。另外也有幾種不同的3D列印技術包括：材料擠壓成型（material extrusion）[最常用和常見的技術在消費型和專業型印表機上]、粉末床熔融（powder bed fusion）、紫外線合成（photopolymerization）、超聲波融合（ultrasound additive）、列印材料射出（material jetting）、電子束熱熔（electron beam melting）等等。

幾年前，我們當地的圖書館獲得了一筆撥款，允許市民預約3D印表機使用時間來學習列印技術，我趁此機會設計和列印了一個5x5x5立方體（是個超大型魔方Rubik's cube）的簡單支架。



圖3.1. 作者在早期材料擠壓成型印表機上設計的，3D立體列印支架。

這是一項令人興奮的爆炸性技術，有望改變設計和原型製作技術的格局，甚至改變製造生產的過程。許多有前瞻遠見的工程師和專業行家參與開發，其中最搶眼的莫過於RepRap計畫，這是一個開放資源（open source）項目，讓參與者共同創建一個「可以自我複製的3D印表機」。<sup>13</sup>許多人參與了該項目，推動了大量的開發工作，並取得了重大進展。RepRap印表機可以列印出許多自身使用的零件，且在合理的公差範圍內，使業餘愛好者可以使用這些零件組裝新的印表機。

然而，正如任何的開創性新技術一樣，過分期待未來潛在的突破，往往導致對現實狀況錯誤的評估。例如，RepRap網站吹捧這台機器是「人類第一台通用自我複製的機器」。基於進化論的思維，且忽略了製造RepRap所投入的大量工程設計，早期的一台RepRap印表機甚至被命名為「達爾文」。

另一款有趣的印表機，是由Kickstarter支援的BI V2.0。<sup>14</sup>它在2013年底受到了極大的關注，不勝枚舉的頭條新聞都宣傳它為「世界上第一台自我複製的3D印表機」！這不僅僅是令人興奮的馬路消息，連官網也吹捧BI V2.0為「具有自我複製能力的

高精度3D印表機」。<sup>15</sup>

對傾向凡說必信的人，看到像RepRap或BI V2.0這樣的項目就會想：「哇噠！我們有會自我複製的機器了！」但是仔細觀察後，我們會發現其實RepRap或BI V2.0都不能自我複製。

理論上不能，實際上也不能。

差遠了。

連「差不多」都談不上。

別誤會我的意思。我非常喜歡這項技術。我一直緊密關注RepRap的發展，並認為這是一個絕妙的構想，也是一個出色的開放資源項目。我甚至考慮在BI V2.0 Kickstarter項目剛開始時，捐款支持它。但儘管已付出巨大的努力，要開發一個真正能自我複製的機器仍遙遙無期。

## 尋找近似的方案

許多使用者在網上分享了RepRap印表機零件的照片，這些零件的確可以用ABS等硬塑膠材料列印出來。<sup>16</sup>但是只要對列印過程作粗略的分析，就能明白印表機本身實際上是不能自行複製這些零件的。

首先，必須為印表機設置正確的參數和程式設計，並輸入擠壓成型材料。零件列印後，又必須小心翼翼地從列印床上卸下，作品質檢驗，在許多情況下還需要清洗或打磨才能使用。所以即使它可以列印許多數量的零件，也不是整個故事。

重點是，無論有或沒有人為的參與，許多其他零件是無法用印表機印出來的。例如結構支架、螺釘、銅線、橡膠傳動帶、精密不銹鋼擠壓成型噴嘴、列印床、加熱元件、夾具和紮帶以及列印材料輸入器（filament feeder）。\*

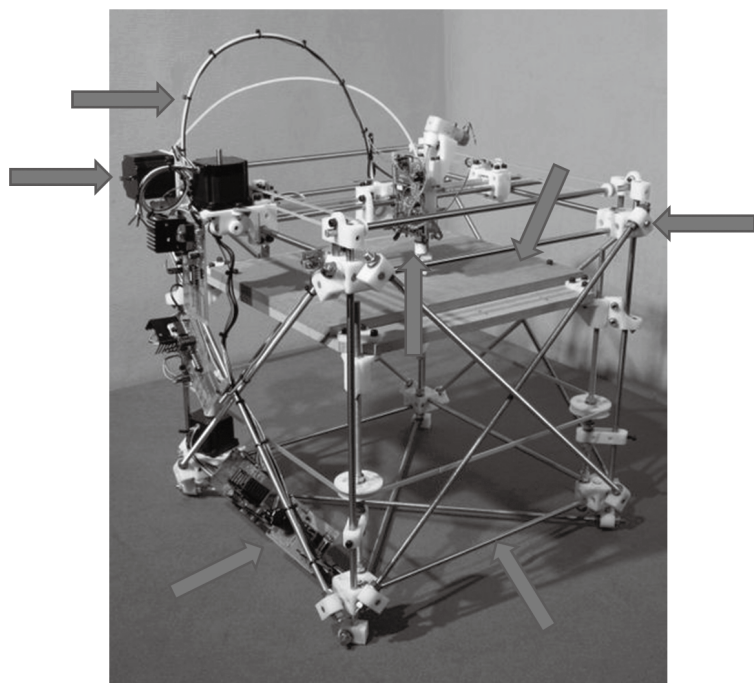


圖3.2. RepRap印表機

箭頭僅指向無法在印表機上複製的，許多零件中的一部分。

更困難的是，印表機的運作需要電路板、SD卡閱讀器、電纜、控制開關和電動馬達，等等。

印表機根本無法生產上述這些組件。

---

\*一般印表機用的塑膠是事先擠壓成型為1釐米直徑的塑膠線（filament），塑膠線經過印表機的加熱元件融熔後，從不銹鋼擠壓成型噴嘴送入列印床。然後經由事先設計的軟體程式列印出成品，如圖3.1中3D魔方的支架。但上文所提之零件皆非塑膠材料。——譯注

而且情況比所有這些問題還要更糟。

譬如說，電動馬達本身就是一種精密機械，需要許多元件，按照嚴格的公差製造。並且馬達要正確組裝後，才可以發揮功能。即使是簡單的電動馬達也要包括外殼、軸支架、轉子、定子、端子、磁鐵、銅繞組、一些潤滑劑或軸承還有電線接頭。

更令人咋舌的是，印刷電路板是現代工程的一個奇蹟，需要熱固性樹脂層壓材料（thermoset resin laminate materials）、電池、電阻器、電晶體、電容器、電感器、二極體、開關等所有的元件——這些都是按照極精確的公差製造的。

最後，印表機要真正實現自我複製，就必須要能夠使用多種材料。用塑膠配上合適的噴嘴和加熱元件來列印是一回事，要用多種材料來列印完全是另一回事。若一個印表機真正能自我複製，必需除了塑膠外也可以使用其它多種材料，如鋁、不銹鋼、銅、橡膠、銀、金、錫和玻璃纖維來列印。它還需要具備安全處理氯化鋅、鹽酸、樹脂層壓板和蝕刻化學品（etching chemicals）的能力。

這只是一部分自我複製印表機缺少的要素。

當然，精明的工程師和設計師總是可以找到方法替代不同的材料，以減少零組件和材料的總數。為此，一些有創意的工程師設計了新型的RepRap，可以使用塑膠代替鋼支架和橡膠帶。這是聰明的設計，但請記住，這類變通辦法的應用是有限的。以上只是一個非常局部的描述，進一步的分析將發現，一個真正的自我複製印表機需要具備更多的零組件和材料。

這裡的重點不是要挑剔RepRap。我曾說過，我是RepRap粉絲。我的目的是要讓讀者瞭解，建造自我複製機器所涉及的挑戰和問題的規模。不論我們分析哪一型的印表機，或哪一份的零組件清單。我們都會發現，即使是建構一台相對較小的機器，能夠生產所有自己的零組件，也是一項工程上令人震撼的挑戰。這個挑戰遠遠超出了我們最聰明的頭腦和最優秀的工程師，所能克服的範圍。

## 全部組裝起來

如果希望製造出一台真正的自我複製機，那麼除了複製零組件之外還必須能掌握另一個過程。即使我們的印表機能出色地以「亞微米」的精度列印多種材料，並列印結構中的每個零組件（目前這仍是一個遙遠的夢想），它仍然無法自行組裝。要真正做到自我複製，還需要能將這些零組件組裝成一個3D實體機器。

為此，這印表機必需具備精密控制的自動組裝系統。例如，它需要一個裝配臂（assembly arm）來拾取列印件，分析其完整性和品質，將它旋轉到恰當的角度，然後放到正確的位置。實際上，這需要許多個裝配臂和機制。

而且，一旦我們加入了新的裝配臂及許多附屬的零組件，這一整套新的零組件就必須納入印表機的設計，列印和組裝。它還需要額外的電腦軟體，而這些軟體及數位資訊絕不是非常簡單的。實際上，為了考慮這些額外的零組件和機制，整個印表機需要大幅的重新設計。

更麻煩的是，每當加入一個新的零組件或一個額外的機制，以協助自我複製的過程，這個新的零組件或機制也必須被複製。因此我們需要額外的指令集（instruction sets），重新考慮機器的結構佈局，以及新零組件或機制相關的額外資訊：如何製造？如何組裝？如何運作？

每次我們增加一個重要的新元件，或者用唯物主義進化論的白話來說，每當新生的有機體進化出新的功能時。新的功能不僅需要小心翼翼地融入到整體中，而且需要新的指令集來實現和複製該新功能所需的元件。

此外，若不做重大的重新設計，如何能使一個印表機完成自我組裝？請記住，印表機佔用一個三維空間。最好的辦法就是在它旁邊12至24英寸左右組合一個印表機副本。因此，任何組裝機制都必須能夠伸到框架之外——在機身外面運作——才能複製本身。這又引出了另一個挑戰。

## 內部作業

3D印表機在一個乾淨的工作桌面上，沒有其他干擾時，可能可以在自身外面組裝一個副本。但不幸的是，這種方法在流體和含水的生物環境中是完全行不通的。因此，細胞使用了一種巧妙的方法。它在自身內部建構一個副本，利用自己的細胞膜保護內部複製的環境。然後通過原本和副本之間的細胞膜向內伸展，最終結合密封並將原本和副本分開。

這種在細胞膜內運作的方式，讓細胞可靠地自我複製，同



時防避在環境中與其他化學物和分子，產生破壞性干擾的反應。它還可以防止細胞的成分在水環境中漂失。

例如，一個細菌的母細胞會膨脹，並且忠實地複製其內部元件（包括去氧核糖核酸DNA）。當細胞的成分被等量地分開到細胞兩邊末端之後，細胞的中央就被一個新的細胞壁隔開並封閉——由新產生的細胞膜材料和隔膜將兩半分割。細胞壁完全密封後，原本和副本便分開成兩個子細胞。

將這細胞的複製過程，和假設的自我複製3D印表機來比較。基本上印表機是一個立方體的結構，需要先擴展自己的框架到包含兩個印表機大小的空間，在其受保護的空間中建構和組裝新的零組件。然後在兩個相同的印表機之間重建兩堵牆，以便將完成的印表機副本移放到環境中。這專案若能實現的話確實是個了不起的工程壯舉！

最後，一個真正能自主的自我複製器，還必須能夠搜尋和獲取新的材料，用來打造新的零組件，並利用環境中可用的材料產生自己的動力。它不能依靠外來的電源，也不能借外力輸入列印材料。而且若要長期超過數代成功地複製，還需擁有眾多回饋和品質控制機制，以及校正錯誤的功能，等等。

對建造一個真正的自我複製機器來說，以上只是非常局部的敘述。當我們仔細思考這些細節時——不幸的是，生命自生論熱衷者經常忽略這些思考——我們就明白這問題的嚴重性。當我們希望知道這樣的工程壯舉是否可能時，我們就不該忽略必須面對的重大事實：建構一台能自我複製的3D印表機，列印並組裝所有的零組件成為另一台自我複製的3D印表機，並成功地完成無數代的複製副本，將是一個令人讚歎的創新設計。而



這是每一個最簡單自我複製細胞，都能做到的。

## 通緝：紫色獨角獸分子\*

雖然宏觀世界的3D印表機，和微觀世界的細胞之間存在重要的差異。但從上述對在宏觀世界中創建一個自我複製機器的簡單介紹，可以讓我們瞭解一個自我複製分子要存活，必須具備的種種能力。例如，分子需要能正確的識別、定位和定向各部位的基礎模組（building blocks），然後將它們連結在一起。在液體環境中，如果不能獲取能量資源，就無法組裝模組。分子還需要擁有其他多種能力，其中之一是要能偵測在複製中的分子有否出錯，以防止重要的資訊不會在陸續的複製中流失。<sup>17</sup>

透過以上的思考，不免令人懷疑一個單獨的分子（無論它多大和複雜），是否能完成自我複製的任務？首先，它缺少一個保護自己免受周圍環境化學物質沖擊，和不可避免的干擾交叉反應的細胞壁。如果這分子真能擁有自我複製機制所有必要的功能，它必須具備比現有任何有機分子「幾何級數倍」的複雜程度。而且提出「紫色獨角獸分子」的目的，是給盲目的自然力量提供一個潛在合理的途徑，來起動生命。那麼眼前的問題就不是一個智能者（intelligent agent）能否組裝出如此非凡的假想分子，而是無意識的自然力量能否在達爾文的隨機變化和自然選擇過程之前，以某種方式先產生了這奇蹟分子。因為請記住，達爾文的物競天擇機制只有在能自我複製的生物實體出

---

\*「紫色獨角獸」代表極少有，又具備非常特殊技巧和經驗的人物，幾乎是夢幻故事中才會出現的。「紫色獨角獸分子」即代表本章前述的「奇蹟分子」。——譯注

現後，才能開始。

到底需要什麼樣的超級分子？即不是DNA也不是RNA，畢竟它們本身都沒有自我複製的全套功能。若要能複製，它們都需要彼此，而且都需要和其它蛋白質分子同時存在於細胞之內。

細胞是什麼？它是一個奈米技術的傑作，遠超過人類曾經製造過的任何東西。遺傳學家邁克爾·丹唐（Michael Denton）將其描述為：「一個具有無與倫比的複雜性和適應性的物體。」丹唐建議我們想像一下，將細胞不斷地放大來看其中所有組件之間的協調運作：

我們將目睹的是一個巨大的自動化工廠，比一個現代化的城市還大，能執行幾乎與地球上人類所有的製造活動一樣多的特殊功能。但是，這一家工廠有一樣技能是人類最先進的機器都無法比擬的，它能夠在短短的幾個小時內複製它的整個結構。能見證這樣的一幕……將是個令人敬畏和激動的場面。<sup>18</sup>

若明白真正能自我複製的3D印表機必需具備的技術條件，以上所述就不致令人感到驚訝了。當觀察細胞的自我複製時，我們可以開始問：「這需要什麼樣的技術？什麼樣的功能才可能達成自我複製的任務？」答案將會冗長到令人咋舌。細胞複雜的程度非凡，令人驚歎。

研究學者試圖通過有條不紊地去除蛋白質，觀察細胞是否繼續運作，來確定一個活細胞的最低要求。以一個相對簡單的寄生蟲為例，其生存完全倚靠宿主。研究學者確定了300多種必

需的蛋白質。<sup>19</sup>另一個團隊研究最小和最簡單的一種獨立生存的細菌，估計所需的蛋白質數量是這兩倍。<sup>20</sup>即使我們採用較小的估算，一個簡單自我複製細胞也需要至少300多種不同的分子，更不用提DNA分子和它包含的遺傳指令了。所以單一的分子要能執行如此複雜的自我複製任務，是不可思議的。<sup>21</sup>

那些癡迷於自我複製分子有可能是自然產生的人，必然忽略了上述所有的仔細分析。他們必然忽略了現實，即自我複製分子不是漫長的進化之路開始時的簡單的啟動點，而是一個極其精密、複雜和特定的工程程序的終點。而且他們也不得不忽略另一個事實，即是在每次自我複製的過程中，若是獲得了新的生物特徵，或添加了某些物質來輔助自我複製，自我複製過程的本身就必須重新設計來配合這些添加物。同時也包括添加的新元件和自我複製新元件，所需要的軟體指令和數位資訊。<sup>22</sup>這個事實在進化論文獻中很少被討論或認知，不僅令人對物質主義的生命起源說產生懷疑，也顯示出隨後生物進化過程基本概念上的問題。

自我複製是生命起源的起點，這個觀點不僅值得懷疑，也不僅是無數生命自生（abiogenesis）故事中的另一個問題。它不僅使生命起源的機率更為不可能，它還完全與物理，化學和工程的現實截然相反。

那麼，為什麼許多生命起源研究學者仍然認定，像自我複製分子這樣的紫色獨角獸是生命的起源？遺憾的是，生命自生論的驅動是基於理論，而不是基於證據。這就是為什麼理查·道金斯可以自信地在他的書《自私基因》中說：「複製自己的分子在想像中乍看並不難，只需發生一次。」<sup>23</sup>不錯，想像

一下。該理論只需要一些想像力和很大的運氣就行。

這就是為什麼今天的生命起源研究，將大量精力集中在尋找這種不可捉摸的自我複製分子上。對唯物主義生命起源的堅持，加上對自然選擇具無限力量的信念，導致唯物主義者得出的結論不僅沒有證據支援，而且與我們在周圍環境中觀察到的物理、化學和工程現實完全相反。也就是說，從工程的角度，和通過對最簡單自我複製細菌的觀察，我們發現每個細菌都具備奇蹟似的工程複雜性，和唯物主義生命起源的故事背道而馳。

與唯物主義生命自生論相反的是，自我複製不是生命開始的特徵，也不是一個單分子具備的基本特性。相反地，它是一個無可比擬的特徵，是生物世界中最耀眼的高科技結晶。所有累積的證據強有力的證明：自我複製是一個經過高度複雜、多維整合、深思熟慮的計畫，和精心控制的工程程序的結果。

最後，生命自生的故事不僅不完整，尚待填補許多細節。而且把自我複製作為生命自生的第一步，基本是錯誤的觀念。這觀念既與證據相反，又與我們在現實世界中的經驗相背，需要被拋棄。

## 輪到你了

1. 什麼是生命自生？
2. 達爾文式的進化認為，生命從一個簡單自我複製分子開始，而不是從一個活有機體。這說法的吸引力是什麼？
3. 根據生命自生研究學者的說法，達爾文進化論與生命起源有關嗎？有何關聯？
4. 我們距離創建一個有真正自主性的自我複製機器有多遠？還有哪些餘下的挑戰？
5. 自然界隨機產生相對簡單且能自我複製的分子，這想法有什麼問題？



# 第四章

## 不可簡化的複雜性與進化

羅伯特·華爾澤（Robert Waltzer）



您可能已經聽說過，進化是個事實。對這種說法最合理的回應不是「是」或「不是」，而是應該問，「進化是什麼意思？」那是因為進化一詞可以有很多不同的涵義。它可以指地球上曾經存在過的植物和動物，隨著時間推移而產生的變化。它也可以指物種內比較小的變化。它甚至可以說是早期形態的物種，發展成為完全不同的新物種的變化。它也可以指所有在地球上的生物，都有個共同祖先。

更具體地說，它可以指一種「理論」，即經過自然選擇與數百萬代隨機的微小變異，可以解釋所有生命的多樣性和它們的起源。這一理論最初是由查理斯·達爾文（Charles Darwin）和阿爾弗雷德·羅素·華萊士（Alfred Russel Wallace）在19世紀提出的，並進一步在隨後的160年中繼續發展和修正。<sup>1</sup>最後，這個詞還可能指的是這一理論的延伸版本，其中涉及到自然選擇/變異機制，還有其他的自然機制。

因此，「進化」這一詞可以有許多不同的意義。意識到這點可以幫助我們在討論進化論時，避免一些在對話時經常產生的困惑，並裝備我們可以更有效地評估進化論正反兩方的主張。為此，讓我們先簡單介紹一些最常見的術語的涵義：隨時間變化、共同祖先、自然選擇、微進化和廣進化。



## 隨時間變化

不同的地質歷史時期，存在著不同形態的動植物，這說法無庸置疑。譬如，我們看一下貓科（Felidae），有些貓科物種滅絕了，不存在於現今，例如Smilodon（俗稱「劍齒虎」）。其它有一些物種則是後來出現的，不存在於過去。所以在整個地質歷史中，貓科的成員並不總是一樣的。這種隨著時間的變化，通常是用「進化」一詞來描述。請注意，這些隨著時間的變化，本身並沒有說明是「什麼」推動了這種變化。也沒有說其生命史上某些生命形態（或所有不同的生命形態），都有共同的祖先。地球上的生命形態隨著時間的推移而變化，是很合理的主張，很少有人會質疑這點。

## 共同祖先

一般普遍認為貓類——包括獅子、黑豹、家貓以及其間的所有貓科動物——都有一個共同的祖先。然而，大多數達爾文的追隨者將這種聯繫擴展到所有物種，他們認為地球上所有的生物都源於一個共同祖先；<sup>2</sup>這個觀念被稱為「生物普遍共同祖先」。這並不是達爾文的新主意，但是在達爾文和華萊士提出他們的進化論之後，這想法就變得更有分量了。<sup>3</sup>所以有時有人提到「進化」一詞時，他/她們的意思是所有生命都源於一個共同的祖先。（但是，請注意，人們可以肯定共同祖先，但無需贊同共同祖先是通過「哪樣特殊的機制」進化，而產生各類不同的物種。例如，有人可能認為該過程是有智能引導的。）

## 自然選擇

在自然界，物種之間經常會競爭有限的資源。一個物種的某些成員在競爭過程中若產生一些有利的變異，就能使它們更善於獲取資源，以致更利於生存和繁殖。因此，具備有益變化者較有可能，將其有益的變化傳遞給後代。因此，有益的變化就被存留下來，並過濾掉有害的變化；這就是「自然選擇」的概念。

正如達爾文所指出的，當變異幫助一種生物生存和繁殖時，這種變異（稱為選擇性優勢）就較有可能傳給後代，並最終在種群中成為常態。

假想當氣候變化，導致樹皮中可吃的昆蟲數量增加時，某鳥種中凡是鳥喙比較長的，就比其它的同類更容易啄出這些蟲子。同時該氣候變化也使種子數量減少，而啄開堅果食用種子需要有較短、較結實的喙。因此該鳥類種群的鳥喙，在自然氣候條件下會起變化。那些鳥喙長的鳥，適合從樹皮中獲取生物，因此在新的氣候條件下更有可能生存和繁殖。這樣，平均來說，下一代的鳥喙可能會比上一代更長一些。如果氣候狀況持續下去，該過程將重複進行，從而導致這種鳥類的喙平均更加長一些。

反之，乾旱環境中的種子特別堅硬，鳥類生活在其中最適合有短而粗壯的喙。若氣候長期乾旱，則對鳥喙短的鳥有利。這是生物學教科書中最經常提到的，自然選擇和隨機變異互相作用的例子之一。它很圓滿地說明了自然選擇導致進化的基本理念。

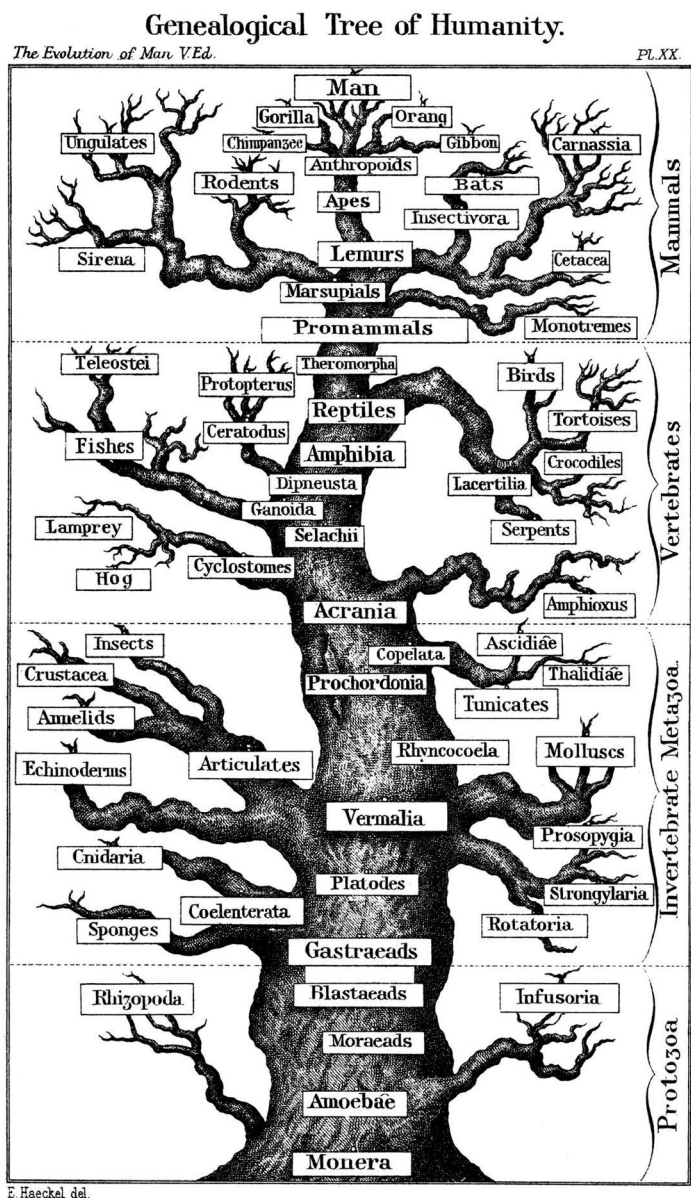


圖4.1. 19世紀德國自然學家恩斯特·海克尔（Ernst Haeckel）製作的「生命樹圖案，說明所有的物種和族群都從一個共同祖先產生。但一直以來這類圖案的製作多少都含有猜測的成分，而且在進化理論學家中，更是對何物種該放在生命樹的何位置上，有眾多不同的意見。

但是請注意，這種變化是輕微的，並且喙的大小傾向於在固定範圍內起伏。因此，儘管該例子是最常用於說明自然選擇的範例之一，但很難以這個說法證明隨機變異和自然選擇，可以使較早的動物形態，進化為另一種全新的動物形態。<sup>4</sup>

## 微進化和廣進化

微進化是指相對輕微的變化，就像上面提到的，地雀鳥喙大小的變化方式。或者在風大的島上又沒有掠食者的威脅下，某些鳥類因而失去飛行能力；這些都是微進化。至於廣進化，就意味著由進化導致的變化，可以從根本上產生全新的生物結構和生命形態。例如在生命歷史上動物原本沒有翅膀，然後在某個時刻通過進化，翅膀出現了！如果進化過程產生了鳥的翅膀，那就是廣進化。

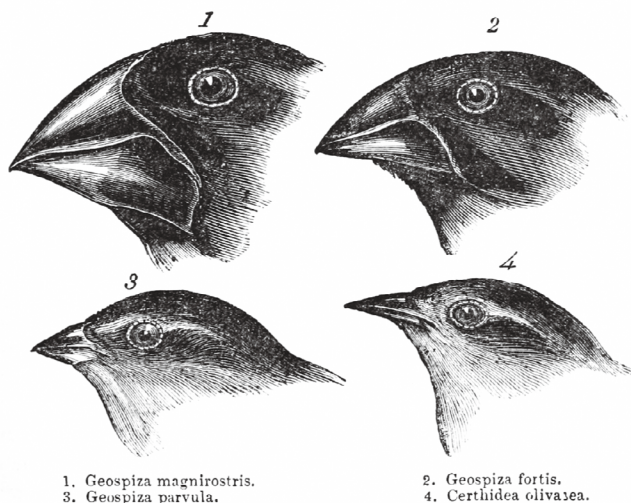


圖 4.2. 圖示南美洲加拉帕戈斯（Galápagos）地雀。短而粗碩的鳥喙易食硬殼種子，長鳥喙易深入樹皮覓食昆蟲和其它微小的有機體。

據說昆蟲學家尤里·菲力浦申科（Yuri Philiptschenko），在1927年的一份德文著作中，構想了德語的「微進化」和「廣進化」兩個術語。<sup>5</sup>頗具影響力的俄裔美籍進化生物學家希歐多爾西斯·杜布贊斯基（Theodosius Dobzhansky），在其1937年的著作《遺傳學與物種起源》中，將此二術語引入了英語世界。他在那裡評論說：「我們不得不在目前的知識水準上，勉強地在廣進化和微進化的機制之間，放上一個等號。」<sup>6</sup>

為什麼勉強？因為正如杜布贊斯基承認的那樣，儘管我們可以直接觀察和構建產生微進化的實驗，但我們卻無法觀察到（或以實驗產生）廣進化。即使在杜布贊斯基寫下這話八十多年後的今天，對廣進化的所有觀察與實驗，仍然很快碰壁。即使是繁殖迅速且數量眾多的微生物，可以經過數千萬代產生數百萬個突變，但我們仍然只能在它們身上觀察到微進化。

那麼，什麼「迫使」杜布贊斯基把微進化和廣進化劃上等號？似乎這是他對廣進化概念的承諾，同時又坦承廣進化缺乏直接觀察的證據。也就是說，他想證明生命的整體多樣性的產生，不需要比微進化更高的任何機制。這是因為他無法觀察或以實驗產生廣進化，因此決定退而求其次，先示範微進化，然後將其等同廣進化。

當然，杜布贊斯基和其他進化理論家可以自由地將兩者等同起來，但是我們其餘的人也可以自由地指出其關鍵的區別——杜布贊斯基本人也指出這二者不相同。確實，理性促使我們承認這最重要的區別，即二者不是一回事，這是明確思考此問題的關鍵。

難道純機率、不受指引的微進化，累積之後會導致顯著的

廣進化嗎？例如，它們會導致第一批海洋動物、第一批恐龍或第一批哺乳類動物的崛起嗎？他們會在蝙蝠中產生聲納嗎？若不先承認微進化與廣進化之間的明顯區別，我們甚至無法理性地面對這個問題。

## 模糊概念（一詞多義）的警告

模糊概念或偷換概念，是在辯論中途更改單詞含義的邏輯謬誤。例如以下的辯論：「每當陽光明媚時（sunny），街道就會乾燥。哈里特（Harriet）性格開朗（sunny）。因此，每當哈里特這條狗外出時，街道都是乾燥的。」前一句的「sunny」一詞意味著陽光明媚；後一句的「sunny」意味著樂觀開朗。

捍衛進化論的論點，常訴諸於模稜兩可的模糊概念，因為進化論一詞可以指多個不同的意義。例如，有人說進化是事實，他的意思是，偶然的遺傳突變經過自然選擇已經產生了廣進化——即生命歷史中產生新結構和新形態的進化。假設他後來又引用育種員如何培育不同種類的狗（通過人工選擇所進行的微進化），來證明他所說的進化。那麼，他首先說進化是通過自然選擇進行廣進化，但隨後用的進化則是通過人工選擇所進行的微進化。進化論者以兩種不同的方式在他們的論點中使用同一個術語，讓它看起來好像含義沒有改變，或者至少沒有顯著改變。這就是模糊概念謬誤的例子。

但我們還必須理解，那些模糊「進化」一詞的人可能並不是出於有意；他們可能沒有意識到自己在模糊議題。但這並不意味著我們必須跟著他們走。相反地，下次再有人堅持有關



「進化」的說法時，請按「暫停」鍵，並詢問他所說的確切含義。並且，如果他指出了進化的證據，就問自己，這證據是在證明哪種進化（如果有的話）？它是否充分確認了一個完整的、未經指導的，從微生物到人類這樣的進化？它是否對該論點有幫助但不確定？還是他提供的證據完全不對題？如果是這樣，還需要什麼（如果有的話）才能確實證明一個完整的進化論？

## 一個對立的解釋

在評估現代進化論的主張時，一個合理的目標是盡可能理性地進行研究，並應該追隨證據不論它引向何方。模糊「進化」一詞不能幫助我們實現這目標。它只會使思考迷茫和混亂，而我們要的是清晰的洞察力。那麼，我們如何才能以證據為導向，合理地探討真相呢？生物起源科學是一門歷史性科學，而歷史性科學已經發展出一種公認的法則，正是以證據為引導來理性地思考和研究。

歷史性科學的研究，是以目前客觀所具備的線索，來解開關於過去難解的奧秘。在歷史性科學中，研究學者針對過去的某一事件或一組線索，比較對它們各種不同的解釋。有時有兩個或多個解釋似乎都足以說明所討論的事件。假如可以找到一個決定性打破僵局（tie-breaking）的線索，那麼某一種解釋就可以取代其他解釋。如果不是這樣，卻貿然宣稱某一種解釋為「真理」而排斥其他解釋，那就不對了。

以法醫學（Forensics）為例，法醫學是用於研究犯罪現

場。例如一名男子被發現死在家中，法醫到現場，要求調查並確定死亡原因。他死於某種自然疾病？被謀殺？自殺？或意外？該男子被發現死在他家的浴缸中，並有重擊頭後部的證據。其中一名調查員得出結論，該男子滑倒，其頭部撞向了浴缸的側面。該調查員理論道，一個人不太能用力地擊打自己的後腦勺自殺。所以他宣佈，這顯然不是自殺，而是意外死亡。

但是另一位調查員指出，這名男子可能被其他人打擊了後腦勺；也許這不是意外。第一位調查員再指出頭部後側的打擊，並表示該打擊與他的意外跌倒理論完全一致。他說，可以結案了。但當第二位調查員皺起眉頭表示不同的想法時，第一位調查員指責他那是為了聳人聽聞，以戲劇性的謀殺為其解釋。第一調查員進一步指出，沒有證據表明有人強行進入屋內。如果每起衛生間意外事故都歸因於一個神秘的兇手，那麼陰謀論將沒完沒了。不，他將堅持寫報告指明這是一個簡單的意外。房主滑倒、撞到頭、死了。故事結束。

法醫專家可以這樣做嗎？當然不能。他還沒有給謀殺假說足夠的考慮。相反，他應該承認此外還有另一種解釋，並且這不是一個一目了然的案例。我們需要進一步的證據，以確定誰最接近真相。

第一位調查員提到沒有強行闖入的跡象，那很好，但那遠不是決定性的觀察。這個死者有可能被朋友或家人謀殺，也可能他前門忘了上鎖。第一位調查員不應急於做出判斷，而應更加仔細地搜索現場，以獲取更多可能打破僵局的線索，來得到真正決定性的證據。如果他這樣做，他可能在走廊間找到一個



錫合金書擋（pewter bookend），\*上面有最近用漂白劑清洗過的痕跡，而另一個書擋則沒有。書擋的形狀也與死者頭後部的傷口相吻合。如果第一個調查員堅持他的結論的話，這重要的線索就會被完全忽略了。

起源生物學中也有一種情形與上述虛構的情況相同。各種物種在遺傳學上，都能觀察到他們之間的相似性。例如，有一組基因在身體發育時參與安排身體的結構；這些稱之為Hox基因。我們可以看到物種中的Hox基因在絕然不同的生物，如果蠅、章魚和人類中，都可以找到其相似性。進化理論學家就依此斷言，共同祖先就是這些遺傳相似性的解釋。也就是說，相似的基因可以說是從共同祖先傳給了這些後代，不同形式的物種都擁有這些共同基因。好吧，那是遺傳相似性可能的一種解釋，但這並不是唯一的解釋。

就好像軟體設計師在設計新軟體時，在不同的場合重複使用某些程式碼一樣。或像汽車設計師設計新車，重複使用四輪兩軸的原理。生物的設計師也可能在不同物種之間，重複使用某些遺傳密碼；這也是一個可能的解釋。

電腦科學家溫斯頓·埃韋特（Winston Ewert）認為，論到各種基因組的相似性和差異性的模式，與我們在軟體設計師的工作中所見到軟體模組的相似性和差異性雷同。即使他們在構建軟體程式時加入新元素，或將現有模組重新安排，也會在不同的情況下重複使用一些軟體模組。埃韋特（Ewert）認為，像這種相似性和差異性的模式更符合有目的性的設計原則，也正是透過了遺傳程式（genetic program）的編碼使生物界中的生

---

\*這是用金屬鑄造，特殊設計，左右兩具，有相當重量的書擋。——譯注

物形態多樣化。<sup>7</sup>

不幸的是，一些進化理論家就像上面的第一位調查員一樣，認為另一個說法是為了嘩眾取寵，而將謀殺假說排除在外。然後他簡單地重申，意外跌倒死亡的解釋，與受害者頭部後側的打擊相吻合。同樣，這些進化理論學家堅持認為，有目的性設計的推測「不是科學」，且認為經由無指導的進化推論出：「共同祖先是遺傳相似性的唯一解釋」這個結果，根本不必再多討論。

## 廢品DNA或廢品辯論？

幸運的是，其他一些進化理論學家的論點比這要稍好一些。他們認為達爾文主義所說，有機體通過不斷反復且盲目的進化過程，將會產生大量的遺傳廢品，而我們的基因組中充斥著廢品DNA。他們說，這正是進化論所預期的，要是生命是智能的產物，就不應是這樣。

法蘭西斯·柯林斯（Francis Collins）和卡爾·吉伯森（Karl Giberson）提供了一個有關合成維生素C的基因的例子。他們寫道：「靈長類（包括人類）的飲食中都需要維生素C，否則他們將患上一種稱為壞血病的疾病。」又說：「怎麼回事？人類基因組只有可以合成維生素C該酶基因的退化拷貝，這個『破裂的』基因丟失了一半以上的編碼序列。要宣稱人類基因組是上帝獨立創造的，而不是由一個共同祖先後代遺傳的，意味著上帝將一條破碎的DNA插入了我們的基因組中。這是非常不合理的。」<sup>8</sup>這樣一個斷裂的基因稱之為「假基因」

（pseudogene）。

但是，對此說法是有解釋的。遺傳錯誤很容易來自長期的退化。「無誤的原始設計」可能在傳代的過程，承擔了突變的錯誤。儘管複製過程非常精確，甚至包含一個極其複雜的錯誤校正系統，但它並非完全沒有錯誤，因此錯誤可能會在基因組的某些部分中累積。

而且，由於黑猩猩和人類在結構和功能上都相似（畢竟它們都是靈長類動物），因此它們在相似位置具有相似的遺傳序列也就不足為奇。該基因在人類世系中不再起作用的事實，並不能成為人類與黑猩猩有共同祖先的證據，也不能成為不是基於共同設計的證據。

此外，所謂的假基因對維生素C的生產不起作用的事實，並不意味著它不具有任何功能。它可能仍具有一些，尚未發現的功能。而達爾文主義的範式並不鼓勵進一步探求此基因，和許多其他尚未確定的基因之功能。

還有一個問題：「為什麼其餘未突變的部分還是完整的？」如果該基因完全無用，為什麼其餘的部分沒有進一步突變，或從基因組中被淘汰呢？我猜想它不發生突變或消失，是因為可能對個體有害，從而降低了個體的生存機會；因為該基因可能具有功能。因此，保留了未突變的部分，起到了一些尚不確定但必需的功能。

最後，如果柯林斯，吉伯森和其他人講的進化論述是真實的話。那麼我們應該期望從「缺乏合成維生素C能力」的各類動物之間，更廣泛的系統發育（phylogenetic）關係模式來證實。但情況恰恰相反。正如塞巴斯蒂安·帕迪亞蒂（Sebastian

J. Padayatty）和馬克・萊文（Mark Levine）在《口腔疾病》雜誌上所寫的那樣，許多「缺乏維生素C合成能力的動物」彼此之間，沒有任何系統發育的親緣關係。這意味著許多獨立、非遺傳的突變可以導致相同的表型（phenotype），而且沒有顯而易見共同環境的影響。迄今為止，對於維生素C合成能力的明顯隨機喪失，從進化論的角度尚無令人滿意的解釋。<sup>9</sup>

至於基因組中的極大部分，被進化理論學家認為是進化過程留下的「廢品DNA」，但有些研究的成果卻似乎支持設計論的假設，多過於盲目進化的假設。設計理論家們數年前就曾預測，許多進化論支持者所認定為「廢品」的DNA，將會被發現它們具有重要的功能，<sup>10</sup>而且這預測已被證明是正確的。不但如此，每年科學家們都發現更多證據，證明這種所謂的廢品具有前所未有的功能。

安・高格（Ann Gauger），奧拉・霍斯耶（Ola Hössjer）和科林・里維斯（Colin Reeves）表示：「假基因在科學文獻中並未受到太多關注，因為它們被認為是『廢品』。」但他們說，這種情況正在改變。他們寫道：「在對假基因進行了仔細研究之後，常常發現它們是有功能的，並且以某些非標準的方式……部分的原因是假基因可能僅在特定的發育階段，才在特定組織中有活性，因而使其功能難以鑒定。儘管如此，該領域的研究學者相信繼續進行的研究將會發現更多功能性的證據。」<sup>11</sup>

## 達爾文的證偽測驗

除了遺傳相似性和差異性問題外，還有其他打破僵局的潛在線索也值得考慮。這些證據可能指向創造性智能的工作，而不指向盲目進化。接下來，讓我們看看其中證據之一，達爾文主義者是如何回應的，我們對他們的看法又以為如何。

達爾文在《物種起源》中提供了一種方法，可以檢驗甚至證偽（falsify）他的進化論。他寫道：「如果能夠證明存在著的任何複雜的器官，而這些器官不能通過大量的、連續的、微小的修正而逐漸形成的話，那麼我的理論就徹底崩潰。」<sup>12</sup>\*隨著高功率顯微鏡和嶄新觀察技術的發展，我們現在知道許多生物結構的分子層面，有可能作為證偽達爾文理論的證據。在過去的幾十年中，已經發現了許多微小複雜的生物結構，通常稱之為分子機器。里海大學（Lehigh University）生物化學教授邁克爾·貝希（Michael Behe）辯稱，其中至少有一部分不可能像達爾文所設想的那樣，是通過進化產生，因此就可以證偽達爾文主義。他建議對分子機器的起源更好的解釋，是有目的的設計；設計智能造成了它們。

貝希理論的核心是「不可簡化的複雜性」。他將不可簡化的複雜性定義為「由數件相互匹配且相互作用的部分，組成的單個系統。如去除其中任何一個部分，都會導致該系統完全停止運作。」<sup>13</sup>如果此類分子機器存在，他們如何能從「一次只邁出一微小步」的進化中產生？因為在所有重要部分都到位之

---

\*眼睛內部有多種完全不同的細胞組織，必須同時到場，同時進化完成才能有功能。這是極不可能的。因此，達爾文認為眼睛最初是不存在的。但這又與化石證據不符。見第五章寒武紀海洋動物化石中的眼睛。——譯注

前，它是無法工作和存在。分子生物學已經發現了幾種不可簡化的複雜性分子機器，這些奈米技術的奇蹟是不可能像達爾文及其繼承者所設想的，以無計畫、雜亂隨機地的漸進方式發展出來。

## 不可簡化的複雜性

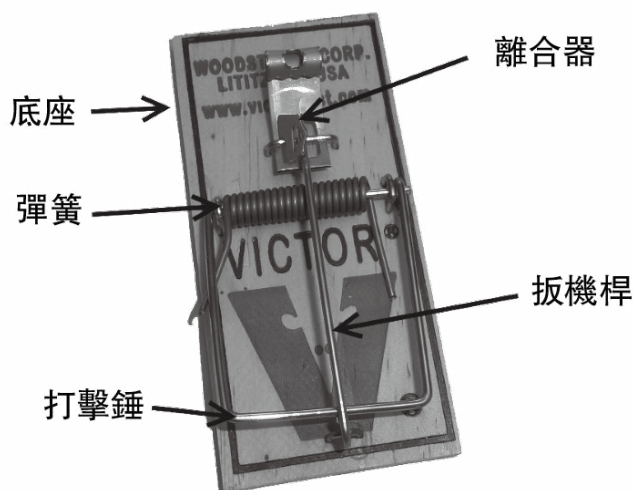


圖 4.3. 用捕鼠器作不可簡化的複雜性的範例

為了掌握「不可簡化的複雜性」，我們可以設想一台熟悉的機器，即普通的老鼠夾。就機器而言，它是相對簡單，但正如貝希所指出的，它仍然需要「幾個匹配得很好相互作用的零組件」，<sup>14</sup>才能正常工作。如果拆除「打擊錘」，則老鼠不會被夾住。如果沒有「扳機桿」來扳住打擊錘，則老鼠夾將一直處於關閉狀態，不會捕獲任何東西。只要刪除這些關鍵部分其中一個，就不再是個有功能的老鼠夾。這就是貝希不可簡化的複雜性的含義。

## 能幹的小引擎

現在讓我們從相對簡單的捕鼠器轉移目光，看看生物學的例子。貝希在他的《達爾文的黑匣子》一書中列舉了幾個例子，<sup>15</sup>其中包括人類凝血系統和眼睛的感光機制。但是，讓我們專注看他那最著名的例子：一個微型馬達，它在某些方面甚至比「Formula 1」\*大賽中獲勝的跑車引擎更耀眼。

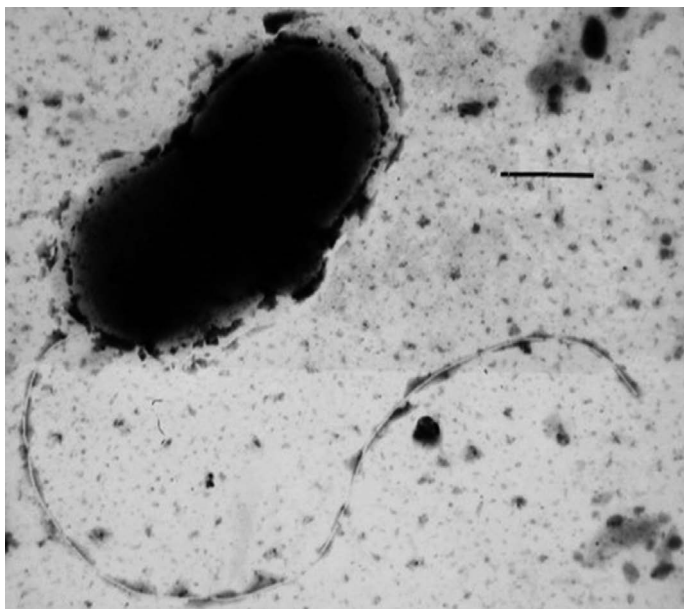


圖 4.4. 電子顯微鏡下的細菌。

橢圓型結構是細菌母體，細長的尾狀體即為鞭毛。

在電子顯微鏡下，細菌鞭毛是一條長鞭狀的尾巴，從豆形細菌母體中伸出（圖4.4）。但不僅僅如此而已，現在我們知道，這種鞭毛有著馬達的作用。它每分鐘旋轉數千次，好像一

---

\*Formula 1是國際跑車大賽之一。——譯注



個推進器在水中推動船隻那樣使細菌活動。

類似於人造機器，鞭毛馬達的零組件具有連接到轉子的驅動軸，該轉子在定子內旋轉並由軸套錨固。但是與船用馬達不同，它是以氫離子而不是汽油為燃料。

生物學家應用先進的電子顯微鏡，不僅能夠看到鞭毛，而且能夠瞭解這種非凡的奈米機器的微小組件。我們可以在下面的示意圖中看到其中的一些（圖4.5）。請記住，實際鞭毛比這個簡化圖紙所展示的要精密得多！

那麼細菌鞭毛與進化理論有什麼關係？如果現代達爾文主義是真的話，那麼按照達爾文的理論，這種非凡的奈米機器必須經過「無數次、連續、微小的修改」進化出來。並且進化過程不涉及任何智能，只能由一系列微小的隨機突變，經過數千或數百萬代自然選擇的篩選，逐漸發展而來。

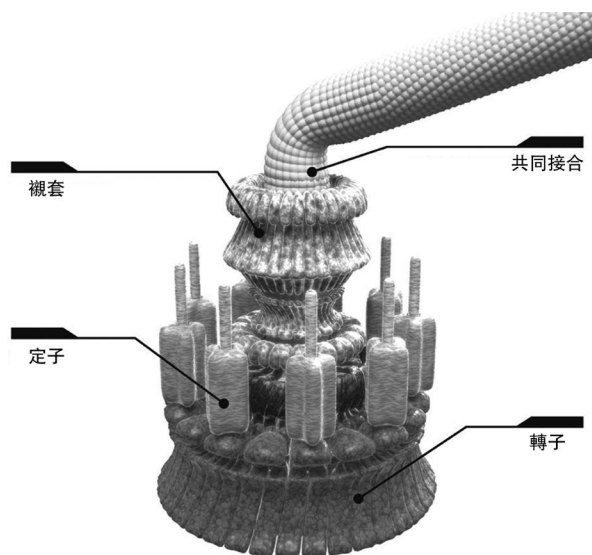


圖 4.5. 圖示細菌鞭毛馬達的主要零組件

過程中每個突變步驟都必須很小，因為產生一次巨大改進性的突變之機率太微小了。（這是新達爾文主義者的標準觀點\*）我們永遠都不可能將一盒Scrabble拼字遊戲的字母隨意扔到玩板上，並期望它們整齊地，拼出完整、互鎖的英文單詞。因此我們也不能指望隨機遺傳突變，會使DNA突然一次排列出細菌鞭毛的正確編碼。不，要想有可能，就必須以極微小的變化，步步為營。

此外，進化路徑上的每個微小的步驟都必須具有功能，藉以提供選擇性優勢才能傳遞給下一代。一個突變後來被證明為有用，這本身是沒有意義的，因為進化不會預先知道將來；進化是盲目的。因此，進化論家理查·道金斯稱之為「盲人鐘錶製造師」，並以之為他的書名。這個過程本身並不會看向未來，而自言自語道：「我想，細菌有一條可以推動它的尾巴不是很方便嗎？我認為，經過多代的努力，我將找到並組裝幾十種不同的，非常專業的零組件，促成一個時髦的馬達。」不，進化不會看向未來，也不會思想。

DNA中有時會有一個小小的隨機突變，這突變要麼對該有機體有所幫助，要麼無濟於事。它要麼傳給下一代，要麼不傳給下一代。是否某一天某一個突變與各種其他可能的突變組合在一起，成為一個有用的元件，這都與進化過程無關。進化過程不在乎未來，唯一重要的是，新突變是否產生了有利於個體在「當時」存活和繁殖的功能。除此以外，進化過程對其他事物都是盲目的。

因此，從簡單的祖先到裝備齊全的鞭毛馬達，進化需要一

---

\*依達爾文的理論，不能有大躍進的突變，即所謂的Saltation。但是有學者卻提議第一隻鳥是從恐龍卵中突變孵化出來的。這是一種大躍進的突變。——譯注

系列微小且具有功能的步驟，才能建造細菌鞭毛。但我們找不到這樣的途徑，反而有證據表明，整個結構以及所有的元件都必須同時在場和到位，才能推動細菌母體。就好比老鼠夾的例子，如果只有某些個基本部分，則不能作為鞭毛用。假如其中一個元件（或多個元件）無效或遺失，整個鞭毛就會停止運轉。又如果所有元件都存在且都狀態良好，但卻安裝不正確，那麼鞭毛也無法工作，它只會消耗細菌母體中寶貴的資源，從而降低它存活的可能性。

當然，細菌鞭毛確實在起著作用。但這種技術奇蹟是如何產生的？現代進化論的支持者試圖提供一個故事，講述如何經過一系列幸運的巧合演變出這樣的系統。有一種他們提出的想法是所謂的「共擇」（co-option）。也就是說，自然界在創造細菌鞭毛的過程中，「共擇」了較簡單的分子機器。認真地說，這確是一個創意，然而即使從原理上來講，它也面臨著嚴重的缺陷。較簡單的機器上的零組件，仍舊必須進行重新加工，才能在細菌鞭毛中發揮到新作用，並且必須以某種方式全部安裝到位。正如一位機械巧匠必須重新加工，並仔細組裝從舊割草機拆下的零組件，才能製造出一輛卡丁車（go-kart，小電動車）一樣。

進化論者提出了一種可能，他們認為某一種分子機器（一種稱為III型（type III）分泌系統（TTSS）的針狀複合物\*），是細菌鞭毛的前身。TTSS是否有助於鋪平通往細菌鞭毛的進化途徑？這個說法有幾個問題，正如斯科特·明尼希（Scott Minnich）和史蒂芬·邁爾（Stephen Meyer）所解釋的那樣：

---

\*指鼠疫桿菌中向人體注射毒劑的奈米針頭。——譯注

根據本文提出的一些發現，這種論點似乎只有表面粗淺的合理性。首先，若以TTSS來做解釋，它只會產生更多複雜的問題。如本文所示，擁有多個TTSS時它們會互相干擾。二者如果不隔離，則會失去一個或兩個系統都失去。此外，鞭毛馬達中的其他三十種蛋白質（不存在TTSS中）是該馬達所獨有的，而且在任何其他生物系統中均未發現過。那麼，這三十種蛋白質從何「共擇」而來？退一萬步來說，即使所有用於製造鞭毛馬達的蛋白質元件，在生物的進化過程中都能以某種方式在場，這些元件仍需要按照「正確的時間和次序」出現，以進行組裝，類似於汽車在工廠中的組裝方式。然而，為了編排鞭毛馬達各部分的裝配次序，該細菌尚需要一個複雜的遺傳指令系統，及許多其他蛋白質機器在準確的時間執行這些裝配的指令。可以說，這個系統本身也是不可簡化且複雜的。不論如何，「共擇」這論點其實是默認了，以試圖要解釋的機制已存在為其前提——就是功能上相互依賴的蛋白質系統。最後一點，從基因序列的系統進化分析來看，鞭毛運動蛋白是首先出現的，而泵蛋白\*出現在其後。換句話說，如果有那麼一回事的話，那泵應該是從馬達演變而來的，而非泵在馬達之先。<sup>16</sup>

回到細菌鞭毛的起源問題，到目前為止，還沒有人能針對這上述的觀察提出合理的一步一步的進化過程，連一個也沒有。因此，正如貝希所指出的，達爾文的理論通不過達爾文自己提出的證偽檢驗。

---

\*泵蛋白是指上述的毒針。——譯注

細菌鞭毛並不是唯一的例子，還有許多複雜的系統，沒有人曾解釋它們是如何通過一系列細微的、連續的改良，進化而來。即使是大略近似的說明都沒有。確實如此，沒有任何一個進化論學者能為任何不可簡化的複雜生物系統，提供詳細、可執行的進化途徑。

假設性的故事，又缺乏證據和細節是不夠的。現代進化論無法解釋我們在生物學中非常重要的觀察，在沒有合理解釋此類系統如何通過純自然機制逐步進化的情況下，進化論實際上不能通過達爾文所提出，最基本的證偽測試。

## 我們身體中不可簡化的複雜系統

讓我們從微小的生物機器，轉移到人體中大型不可簡化的複雜系統，其中之一是將血液和氧氣輸送到身體組織的系統。此類工作需要協調多個「有非常精細規格的結構」和子系統，才能順利運作。我們需要心臟和一系列的血管，構成心血管系統。我們還需要呼吸系統，包括肺、氣管和肌肉，將空氣引入人體。心血管系統的許多基本組件必須安置於正確的部位，以使該系統正常工作。並且為了使氧氣吸收到組織中，它也必須與呼吸系統進行精確的配合。就如舞者間美妙又複雜的舞步，而這呼吸系統的各基本組件也需要安裝到位。

實際上，還有許多其他子系統必須與之配合使用，但是在這裡，我們僅將重點關注以下兩個系統。它們至關重要，因為身體中的細胞需要氧氣以保持存活和運作。<sup>17</sup>

呼吸系統包含肺和氣管以及重要的肌肉，包括橫隔膜。當

橫隔膜收縮時，空氣通過氣管被吸入肺部。肺、氣管和肌肉都必須協同工作，以使呼吸系統正常運轉。然而，僅僅空氣進入肺部，但氧氣無法進入血液，那也是無效的。因此，在呼吸系統和心血管系統之間需要一個精密建構的介面，以連接此二互相依賴的系統。

肺中接收空氣的葡萄狀微小囊，稱為肺泡或肺泡囊。這些囊周圍的微血管稱為肺毛細血管。當血液抵達進入肺部時，其氧氣含量低且顏色呈紫紅色。吸收氧氣後，血液變成鮮紅色。

肺泡囊和毛細血管共同形成的介面，使氧氣從呼吸道進入血液。肺泡壁和毛細血管壁必須彼此靠近，並且泡壁和管壁都必須異常的薄，才能使氧氣有效地滲透過去。而且必須有足夠數量的肺泡和毛細血管以供足夠量的氧氣透過。所有這些都必須非常精確地被建構，才能起到作用。

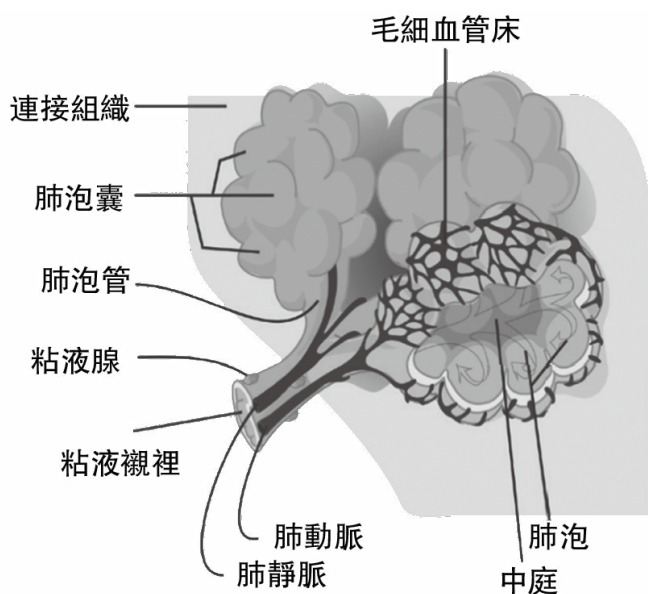


圖 4.6. 肺泡囊和肺毛細血管的示意圖

## 負擔氧氣輸送的猛獸

然而，即使擁有完整的心血管系統、完整的呼吸系統以及它們之間的完整介面，仍然不會有足夠的氧氣輸送到組織中。為什麼不能呢？這是因為氧氣在血液（無紅血球的血漿）中的溶解度非常低，因此血漿無法吸收和運輸足夠的氧氣來維持生命。為了向細胞輸送足夠的氧氣，我們需要將近50倍的溶解度。

這是一個具有挑戰性的生物工程問題。解決此問題有哪些選擇？一種選擇是擴大每個系統以吸收和攜帶更多的氧氣。不幸的是，這將產生一個新的問題，因為每個部分都必須增大很多倍。心臟會比胸部大。肺會更大。那麼所有的血管和氣道將置於何處？人體沒有足夠的空間來容納它。因此，系統擴大不是選項。需要有一種方法使血液中的氧氣溶解量增加五十倍，而又不會顯著增大心臟、肺和血管的體積。最聰明的化學家也會被這個問題難倒。

那麼如何解決這問題？答案在一個叫做血紅蛋白的分子！

血紅蛋白是一種蛋白質，與所有蛋白質一樣，它同樣是用二十個氨基酸字母編碼出來的。用語言來類比會更有啟發性，但也必需先說明一下。氨基酸無法像人類語言那樣通過象徵的方式來表達，但它非常類似一個複雜機器中具精確規格的零組件。它們形同一個軟體或一篇文章，其中「字母」的選擇和順序是至關重要的。

就像本段的文字是經過精確選擇排列的，用來介紹有關血紅蛋白的種種，同樣血紅蛋白的四個鏈中也一樣，精確地排



列了各種氨基酸（四條鏈中包含574個氨基酸），以使血紅蛋白分子具有恰切的形狀和功能。<sup>\*</sup>血紅蛋白與其他千百種蛋白質類似，有一個極其複雜且驚人的構造，經過精調以執行關鍵功能。一個血紅蛋白分子可以結合四個氧分子，並在機體組織需要的位置和時間釋放它們。一個紅細胞（紅血球）中可有多達2.8億個血紅蛋白分子。<sup>18</sup>每公升血液中約有5萬億個紅血球，而成年人體內平均約有5公升血液。通過將四個氧分子與每個血紅蛋白分子結合，紅血球中又具有如此多的血紅蛋白分子，血液中又具有如此之多的紅血球，才能夠為人體組織提供足夠的氧氣以維持生命。<sup>19</sup>

至於蛋白質，請記住，它對氨基酸序列錯誤的容忍度通常是非常有限的，隨機突變通常會導致功能降低或喪失。確實，越來越多的實驗室證據表明，高度複雜的氨基酸序列的折疊編碼（以成為具功能的形狀）只能忍受極些微的改變，再多，該蛋白質就喪失功能。例如，《分子生物學雜誌》上的一項研究提出了這樣的例子：若要隨機產生一個長度僅為153個氨基酸的蛋白質，且具有恰好正確的序列並折疊執行特定的功能，其機率約為10的77次方分之一，<sup>20</sup>寫成分數的話，分子是1，分母是1跟著77個零。（以下還有更多例子。）

## 以上的總結

心血管系統好像一個出色的管弦樂團，各樂器間有完美奇

---

<sup>\*</sup>蛋白質的功能取決於其條鏈折疊後的形狀，而其折疊的方式和最後的形狀取決於氨基酸的排列。——譯注

妙的協調，但不同之處是，樂團若缺少一種樂器，演奏效果只會減色而已。但若心血管系統少了一個子系統，它就會完全停止工作。我們需要所有的子系統都在場，都在工作，而且全部都經過精心協調，才能使人體的各部位都能獲取足夠的氧氣。

從來沒有人能夠詳細說明，心血管系統是如何通過盲目的自然力量，逐漸進化產生。即使一個功能齊全的心血管系統，能夠以某種方式進化產生，\*這仍然是不夠的。請記住達爾文提出的挑戰：「如果能夠證明任何複雜的器官，無法通過無數次、連續、輕微的修改而形成，那麼我的理論將徹底崩潰。」這挑戰不但適用於單個器官，也同樣適用於相互依賴的器官系統，這類系統若沒有各部器官相互的配合就無法生存和發揮作用。就如向我們體內的細胞提供氧氣的系統，必須包括心血管子系統及其所有重要的組成部分、呼吸子系統及其所有重要的組成部分，還有它們之間精確構造的介面，以及具有特殊粘接特性的血紅蛋白分子，才能攜帶足夠數量的氧分子。

這些系統和子系統沒有一個是可有可無的。如果不同時具備所有這些系統組件，我們就無法存活。因此，自然界不能一次只進化出少數幾個組件或子系統，然後等無數代，等到其他組件和子系統不斷演化來配合成一完整的系統。大自然甚至等不及僅一代的時間。生死存亡在此一舉。在這種情況下，進化的步驟必須是巨大創造性的飛躍，而不是微小的步伐。就好比將拼字遊戲字母扔到桌上，可以奇蹟般地拼出一系列互鎖的英語單詞，進而這些單詞組合後，可以得到一齣包含多幕劇的精美劇本。\*\*

\*如進化論者聲稱「這是進化的事實」。——譯注

\*\*達爾文進化論無法解釋「不可簡化的複雜性」，除非在進化過程中有大幅度、奇蹟式的變化，和該理論相悖。——譯注

當然，生物界內的心血管/呼吸系統，不像人體的那樣複雜，但是它們仍具有自己的內部結構，並且依然沒有人能夠從這些相對簡單的系統（以人類工程標準看仍舊是不可想像的複雜），提供詳細的功能性進化途徑，以一步一步地產生心血管/呼吸系統。

## 中性進化

面對不可簡化的複雜性的挑戰，進化論者提出了其他方案（除了上面討論的「共擇」方案之外），來解釋這種複雜系統如何以無指導的偶然過程產生。例如，有人認為「中性進化」可能有助於解釋新的生物功能的起源。簡而言之，中性進化是基於以下觀察結果：DNA中的某些突變既無害又無益，那是中性的，這些突變似乎對生物沒有重大影響。結果，自然選擇既不會淘汰也不會選擇這些中性突變。支持者聲稱，這些突變可能會繼續累增，直到後來某個時候它們碰巧幸運的結合在一起，從而對有機體產生積極的幫助。

最受歡迎的建議之一是，也許某個基因經過複製後，其中一個拷貝通過隨機中性突變來做「實驗」，而另一個拷貝則保持了原來有機體生存所需的功能。假設做「實驗」的副本最終取得了較複雜的功能，那麼另一個拷貝就可以被淘汰了。<sup>21</sup>這當然是一個有趣的想法，但是已經發現了如下的一些問題：

1. 任何循序漸進的方案都是完全假想的，缺乏支援逐步進化出新系統的證據。
2. 中性進化避免了給定DNA序列，必須在每個變異步驟

中都要有作用的困難。<sup>\*</sup>但它要付出昂貴的代價，因為此過程必須在「沒有自然選擇以保留有益變異」的情況下建立。在中性進化中，沒有任何機制可以鎖定某些突變，使它們完成構建相關系統或子系統所需的基因序列。請記住，據本理論假設，在大多數情況下中性進化都不會考慮是否適應的因素，尤其是對可能有用的突變。因此，中性的進化放棄了自然選擇，而聽任於隨機取捨，即靠運氣。然而，要構建整個生物學中發現的各種不可簡化的複雜系統，運氣是一個最差的選項。隨著序列中所需單元數的增加，偶然發生的可能性就相對幾何級數的減少。要等該序列增長到可以進行編碼產生一個功能系統，這是絕無可能的。因此，儘管中性突變隨著時間的推移可能積累在有機體中的DNA內，但這些中性突變仍舊無法解釋，新的和複雜精密的有機體特性是如何產生的。

3. 有機體要嘗試一些不能立即產生效益的突變，要付上很高的能源成本的。有證據顯示，某些有機體會使那些沒有適應性/選擇性優勢的基因迅速失活。<sup>22</sup>

## 像一個鼬鼠

進化論的支持者可能會退一步認為，進化論對此或彼不同場景的解釋雖然可能有各別的缺點。但他們至少知道DNA中隨機單點突變，可以在基因和蛋白質的層面，做出令人訝異的事

---

<sup>\*</sup>意即在此情況下，不需要有選擇優勢。——譯注

情。如果真是這樣，那麼進化肯定可以逐漸積累新的功能遺傳密碼，進而產生新功能、新特徵、新器官、新物種，甚至是整個新的個體構造。現在就讓我們考慮一下這說法的前半部分，如果現代進化論可以在任何地方都起作用，那麼它就應該在基因和個別的蛋白質最基礎的層面上起作用。

在分子生物學的領域內，有許多不同種類的基因和許多不同種類的蛋白質。簡而言之，暫時不考慮RNA，讓我們假設一個基因是一段DNA，可以編碼一種給定的蛋白質。<sup>23</sup>DNA中的資訊含量基於DNA中四個字母（鹼基）的排列，這些字母被其他分子固定在適當的位置上，並組織成稱為雙螺旋的特殊螺旋中。DNA中鹼基的排列方式，相當於本書的句子和段落中字母的排列方式。所不同的是，在英語中是二十六個字母，而在DNA中則是四個字母，通常縮寫為A、T、G和C。在這兩種情況下，正是這些字母的特定順序給予了含義或功能。僅將所有的DNA字母堆砌在一起是不足夠的，必須使它們按照特定的功能序列排列，就好像句子的字母必須具有某種特定的順序才能產生意義一樣。

DNA中至關重要的的資訊是什麼？它確定了蛋白質中氨基酸序列的安排，這在前面已經稍稍討論過。再說，蛋白質合成中使用了二十種不同的氨基酸。又如前述蛋白質與DNA的關係是：DNA中四個字母不同的排列，決定了二十種氨基酸字母的編碼。例如，上述具有574個氨基酸的血紅蛋白分子，必須有正確的氨基酸字母並以正確的順序排列，才能正確折疊並正常運作。正確的氨基酸被安置於正確序列中取決於基因中的資訊，而基因中的資訊基於四個DNA字母（A、T、G和C）的正確排列順序。

科學家們在上世紀破譯了遺傳密碼，使我們知道細胞如何獲取DNA中的資訊（鹼基序列），並將其轉換為蛋白質中的氨基酸序列。這個過程相當的複雜。<sup>24</sup>但就我們的目的而言，主要需知道的是這過程非常地精確。如果在DNA中插入了錯誤的鹼基，則該突變錯誤會以錯誤的氨基酸形式傳遞給蛋白質。就像一個單詞的拼寫錯誤一樣，基因突變會使蛋白質改變。蛋白質中錯誤的氨基酸可能會導致蛋白質折疊錯誤，無法正常工作或根本不工作。

讓我們思考一個人類語言的例子。用莎士比亞戲劇《哈姆雷特》中的簡單句子做例子：“Methinks it is like a weasel.”（我想它像一隻鼩鼠）。如果我們把最後一個單字錯寫成：“Methinks it is like a weakel.”這該怎麼辦？Weakel不是英語單字，這個句子不再具有意義，這就是失去了功能。同樣，我們知道突變通常會給生物帶來嚴重的問題。例如，研究學者已經確定了與果蠅繁殖有關的蛋白質突變，這種突變會導致正常功能的喪失，最終導致在蛹或幼蟲期就過早死亡。其中一些致命的結果就是由單點突變（DNA序列中單個核苷酸「字母」的變化），所引起的。<sup>25</sup>

這樣看來，錯誤似乎很明顯是不好的，對吧？奇怪的是，進化論的支持者認為，同樣這類的錯誤卻是進化過程中的原始材料。在最基本的層面上，他們認為這些錯誤可以導致蛋白質的改善。

現在，根據我們的日常經驗，我們可以得出結論，要建立像我們的氧氣傳輸那樣的系統，需要大量的創造力和前瞻遠見。然而，根據進化論的說法，這可都是由於在我們的DNA中發生了一系列「有用的突變事故」的結果。

這是一項非同尋常的宣稱。與其嗤之以鼻，我們要看看是否有任何決定性的證據有利於這說法。但事實證明，儘管數十年來全球眾多科學家獲得極其豐厚的研究經費，並付出孜孜不倦的努力，仍然找不到證據。到目前為止尚無詳細的路線圖來說明，基因突變如何能導致重大的改進和創新。也沒有循序漸進以致機體改進的報告。<sup>26</sup>在沒有此類證據的情況下，提出質疑是非常合理的。

現代進化論的支持者提出了一些蛋白質的例子，當它被破壞時，在獨特條件下會具有優勢。但是，已經發現的少數此類例子往往是雙刃劍。例如，蛋白質突變的錯誤可能會使有機體抵抗某些特定疾病，但也會使該蛋白質無法發揮它全部正常的功能。<sup>27</sup>

一位在英格蘭劍橋實驗室工作的研究者道格拉斯·阿克思（Douglas Axe）計算出，偶然產生153個氨基酸的某特定蛋白質的機率是 $10^{77}$ 分之一（即10之後77個零分之1）。要獲得如該長度的其他任何一種蛋白質功能序列，機率也不會太高，大約是 $10^{74}$ 分之1。對於那樣長度的每一種功能序列，都會伴隨著大量無意義的編排序列，<sup>28</sup>好比在無數的隨機編序的茫茫大海中泳游，希望能恰巧碰上一個「極其稀有且具功能」的蛋白質折疊編排序列。

由於隨機編序可能的數目是如此巨大，我們需要用一個比喻來幫助思考。我們的銀河系中大約有1000億顆恆星，等於約 $10^{67}$ 個原子。那麼，從銀河系所有原子中隨機盲目地選出某一個給定原子，其概率要比隨機碰上一個新的、有功能折疊的蛋白質還要高。<sup>29</sup>



此外，為了產生顯著的生物變化，進化必須偶然地發現許多的功能蛋白序列。而且，在極多數情況下，還需要多種相互配合的蛋白質，才能產生某種對自然選擇有利的生物功能。例如所有生物學中發現的許多蛋白質複合物和分子機器。因此，即使阿克斯根據實驗室的估計值高估了許多個數量級，但對達爾文進化論本質的挑戰仍然存在：在茫茫大海中無數不具功能的蛋白質，反復遇見上了具有功能和新結構的蛋白質，這機率是微乎其微的。

## 慣性思維

既然有如此確實的證據反對現代進化論，為什麼它的支持者仍然要堅持呢？當然，回答這個問題在很大程度上是猜測性的，即便任何兩位科學家，他們的想法也不大可能完全相同，更不用說所有進化論支持者的想法。但是廣泛地講，科學在本質上是一項道地的人類企業，人類的弱點也混雜在其中。歷史學家和科學哲學家已徹底證明，即使面對越來越多的相反證據，儘管是非常成功的科學家，也傾向於堅持他們長期以來所偏愛的理論。就像諺語說的那樣，科學往往是隨著每一次葬禮而一點點改變的。<sup>30\*</sup>在起源科學中尤其如此，我們經常需要推論一些無法在實驗室中複製觀察的歷史事件。尤有甚者，當某些支持進化論者以他們個人的世界觀（也就是沒有創造者，而且最終的現實無非就是物質和能量而已）為前提時，他們更是不容易接受上段所提的證據。

---

\*意思是新科學被接受需要很長的時間。——譯注

那麼面對如此眾多相反的證據，進化論學者如何合理化他們對該理論的支持？他們之中承認上述問題的人表示，他們還需要更多時間，但同時仍應該接受進化論，讓科學來尋找缺失的證據，不然的話，就是「放棄科學」。

他們會有這種想法是可以理解的，但是沒有人要求他們放棄科學。他們應當摒棄的是現代達爾文主義，或者更確切地說，就是依據純粹盲目的進化機制，可以產生所有多姿多彩不同物種的想法。應當拒絕讓錯誤的範式（paradigm）來取代證據。起源生物學應該盡其所能，繼續進行有前途的研究，包括進化機制可能和不可能完成的任務等。沒有理由去堅持一個已經被推論證明，完全不足以解釋生物新形態和新資訊起源的達爾文理論。

## 非共同祖先

回想一下，現代進化論認為生命始於一個單細胞生物，而單細胞又進化為其他新形態。依此類推，一直到我們周圍所有多樣化的生物形態出現為止。這個想法是透過一個逐步分支的生命樹（進化樹）來說明，但是哪些生命形態起源於哪些祖先？貓從何演化而來？熊和貓有近親關係嗎？還是遠親關係？烏龜從何而來？鯨呢？即使假定所有生物都有共同的祖先，關於特定物種在進化樹上的位置，仍然有成千上萬的問題。為了填補這些細節，科學家採用了活體和化石當佐證，並且在跨物種間尋找相似的特徵。用來比較的特徵可以是基因、生化或形態學上的。

他們還作了一個假設，即相似性通常都顯示出進化的血緣關係。然而我們可以對兩種獨立的生命體之間的相似性，是基於共同設計的可能性持開放態度。例如，在許多不同類型的車輛上都有車輪，這並不是因為從某一類型車會自然演變成另一類型車，而是因為車輪的設計在許多不同的景況下都是很有用的。但是現代達爾文主義者將設計的可能性排除在外，並堅持認為不同生命體之間的相似性，不能以共同設計作為可能的解釋之一。

需要澄清的是，進化論者並不假設物種之間的每個相似之處，都歸因於擁有該特徵的某個共同祖先。進化論者將一些例外的情況稱之為收斂進化（convergent evolution）。他們認為在某些情況下，進化過程在生命歷史中可以「多次發明相似的共同特徵」；例如，據他們認為魚和海豚類似的身體形態，是分別進化而來的。<sup>\*</sup>

但是一般來說，相似性被認為是共用了擁有該特徵的祖先造成的。粗略地說，兩個物種越相似，它們與共同祖先的年代就越接近。例如，山貓和非洲獅子的共同祖先，要比獅子和熊的共同祖先離我們現在更近。

但是用於構建進化樹的資料在本質上是不完整的，且隨解釋而不同。這本身並不是「無指導進化論共同祖先命題」的致命弱點。然而，有一點可能是致命的：使用不同的資料，可以構成完全不同且相互矛盾的進化樹。

當進化論者基於形式（形態學上的）對植物，動物和微生物構建進化樹時，結果與他們根據DNA序列的比較，所構建出

---

<sup>\*</sup>因為一個是魚類，一個是哺乳類。——譯注

的進化樹完全不同。即使是基於DNA序列所得到的各種進化樹，也經常相互衝突。由於我們的基因組極其龐大而複雜，為了容易處理，進化生物學家將注意力集中在基因組某一個特定區域，並在不同物種之間比較這部分。因此，遺傳進化樹A是基於基因組的某一部分。進化樹B基於另一部分。進化樹C又基於另一部分等等。每一段基因區域推導出不同的進化樹，並且這些樹往往彼此矛盾，嚴重分歧。

儘管許多進化論擁護者仍然希望找到一棵互相一致的進化樹，但現在看來是不太可能的了。這些進化樹不斷地增生，而不是開始匯聚到一棵真正的生命樹上。<sup>31</sup>僅以一個戲劇性的例子來說明這個問題，正如生物工程師瑪蒂·萊索拉（Matti Leisola）和約拿單·維托（Jonathan Witt）在書中所指出，有一篇2013年發表在著名《自然》期刊的論文中，突出顯示了問題的嚴重性。該論文作者比較了20種不同酵母中的1,070個基因，卻得到1,070種不同的進化樹。<sup>32</sup>

我們該如何理解不斷增加又互相衝突的進化樹？如果所有生命確實擁有一個共同的祖先，那麼就應該只有一棵真正的進化樹。在科學家試圖以更準確的手段，發現實際的進化分支歷史時，遇到某些衝突也是不足為奇的。但是如果進化論是正確的，我們就不該看到一個不斷擴大、互相衝突的進化樹林。如果那麼多不同形式的生物實際上與共同祖先無關，而是與共同的設計有關，那麼這種趨勢就更為合理。它們可以共用一些設計特徵，因為這對設計製造者的意圖來說是合理的。就像汽車、飛機和自行車等，它們共用許多共同特徵的設計，而不是盲目的演化出來。

順便提一下，請注意，我們不必採取極端唯我獨尊的立

場。智慧設計可以解釋我們在不同物種的生物體中發現的，許多重複出現的設計構想和題材，而共同祖先則可以解釋緊密相關物種（例如貓科）之間的共通性。也就是說，也許我們在地球上所發現的不同貓變種，實際上都來自單個貓的祖先。然而，要說所有生物都從一個共同的祖先，經過盲目的自然過程進化的？根據以上的資料比較，不得不令人懷疑。<sup>33</sup>

## 最後的思考

當我們思考生物體中所有的複雜結構時，不禁讓人覺得難以想像。其中不少結構都具有許多必不可少的組件，所有這些組件還必須同時存在並且各就各位，才能使系統正常運行。這就是所謂的不可簡化的複雜性。不僅如此，許多這樣的系統必須與其他不可簡化的複雜性系統協同工作，以使生物得以生存。那就是由多個不可簡化的複雜性系統組成的，一個不可簡化的複雜性系統。這些協調的系統不僅表明具備智能，而且其令人難以置信的複雜也顯示出其高度的設計天賦，遠遠超出現今最傑出的人類工程師團隊的水準。由這些明顯的證據可以得出結論：要以達爾文進化論所說的毫無指導的機制，產生以上某一個系統中的一小部分，都是不可能的；更不用說讓這些系統以完整且協調的形式運作！

有些人試圖提出假想的過程，如「共擇」或「中性進化」，或指出生物系統之間的某些相似性，反駁不可簡化的複雜性。但是這些說法，都沒能確定一個足以產生全新的生物體和資訊的原因。

其他的人則有意無意地忽略了以上這些問題。他們或說有某些其他的進化證據，或說進化論者最終是會解決問題的。當然，科學有時會發展緩慢，在它莊嚴的進程中是需要有耐心的。但是科學通常的進步是通過針對主流理論累積相反證據，直到尋找到更符合證據的替代解釋或理論。這是科學唯一合理的策略。

新達爾文主義（達爾文進化論的現代版本）支持者認為，自然選擇作用於偶然的基因突變，可以產生創造性的奇蹟。但是，隨機突變總體上是中性的（沒有明顯的影響），或具有破壞性的。唯一的例外是，某些破壞性突變確實會創造一些特別的優勢。聽來令人興奮，但這並不是盲目進化建立新穎生物形態和資訊的證據。這只進一步的表明了，在最佳狀態下，突變/選擇機制僅能產生輕微且退化性的變化，好比拆了轎車的頂部來當敞篷車用。

那些已經認識到突變/選擇機制局限性的進化論者，可能還是會堅持進化，這是因為他們認為自己看到了共同祖先的證據。但是，共同祖先作為進化論的證據，遠比許多人想像的還要弱。除非從一開始就排除共同設計的可能，否則在迥然不同的物種中的共同特徵，就不能只作為共同祖先的證據。可是達爾文提出的進化樹至今仍然令人難以捉摸、沒有定論，各種進化樹還在互相「爭奪王位」，許多都是相互矛盾的。

有人說主流科學家絕大多數都接受現代進化論。但是科學理論的真實與否不是由多數票來決定的。確實，科學史上散落著一地被現代科學家拋棄的理論，這些理論曾經一度被該領域的絕大多數科學家所接受。當時不贊成那些理論的科學家也不在少數，其中一些人也在備受推崇甚至享有盛譽的科學機構中工作或曾經

工作過，他們自己在科學成就方面也有傲人的記錄。<sup>34</sup>

鑒於現代進化理論正受到日益嚴峻的挑戰，也許這是時候將智慧設計放回到枱面上，並遵循以證據為追蹤導向的原則，研討「不可簡化的複雜性」以及「共同祖先」各種可能的解釋。這樣的策略可以提供更有效的途徑，幫助我們理解非凡的生物系統中，關於生命問題的中心。

## 輪到你了

1. 「進化」這個詞有多少不同的含義？
2. 達爾文承認哪些證據（如果屬實）會嚴重損壞他的理論？
3. 什麼是不可簡化的複雜性？非生物界的例子是什麼？生物/有機體有哪些可能的例子？
4. 即使我們擁有完整的心血管系統、完整的呼吸系統以及兩者之間的交接面，還需要採取什麼措施來確保給人體提供足夠的氧氣？
5. 現代達爾文主義的支持者，如何應對基於證據對該理論的批評？
6. 有哪些明顯的證據挑戰共同祖先的理論？



# 第五章

## 生命的爆發：寒武紀大爆炸

錢鎰（Paul K. Chien）

很多人都聽過「動物大爆發」或「寒武紀大爆炸」。  
很這些詞是指，大多數的動物門類在寒武紀初期（約5.3億年前），突然幾乎同時出現。很多讀者都是從《時代》雜誌1995年十二月份的封面首次接觸這種新概念。該封面的大字標題為「進化的大爆發」，副題說「新發現顯示，我們所認知的生物世界起源於一次生命瘋狂驚人的爆發，幾乎在一夜之間改變了整個地球。」

根據主流的理論，進化的過程應該是由緩慢逐漸的步驟，需要累積數百萬次的隨機突變，經過無數世代的中間環節才能完成。這種單調乏味的過程怎麼可以用「大爆發」、「大爆炸」和「生命瘋狂驚人的爆發」來形容？對很多外行人和進化論科學家來說，這些術語顯然與預期有很大的矛盾。

我讀了《時代》雜誌的報導之後不久，有一位朋友介紹我看《人民日報》海外版的兩篇文章。其中一篇的題為「向進化論挑戰的澄江化石」，報導了在中國雲南省澄江縣發現了大量震撼人心的寒武紀化石，其中使用了「寒武紀生命大爆發」的描述。文章所指都是海洋動物的化石，保存精美的程度驚人，聯合國教科文組織（UNESCO）<sup>1</sup>將首次發現的地點定為世界遺產之一。另一篇文章的結論認為，對這些海洋瑰寶深入的研究，可能會震驚傳統的進化論。

我個人來自中國，所以對此我有雙重興趣。還有，我研究和教授海洋生物學多年，而這些寒武紀的化石都是海洋動物。

所以不難想像我對這些化石多麼嚮往，若果有一天我能親自研究這些化石該有多好！

## 體型藍圖的寶藏

寒武紀大爆發顯示的一個特殊現象，特別是澄江的化石，包涵了非凡的動物多樣性。為了清楚解釋這個現象，我要從體型藍圖（Body Plan）的概念說起。

我在三藩市大學教授海洋生物學四十多年，現已榮休。我的學生最喜歡的野外實習，是到太平洋石岸的潮間帶觀察和採樣。當大退潮的時候，很多潮間帶的動物都曝露出來，學生可以親自觀察這些動物生活的地點，並觀察它們吃什麼？它們如何適應環境？如何繁殖？它們在那特殊的生態社區扮演著什麼角色等等。不過，在學習這些資料之前，學生必需先認辨這些動物和它們的科學命名：就是屬和種的雙名字。例如，加州最常見的寄生蟹的科學名為*Pagurus samuelis*。對一些學生來說，辨認這些動物和記住它的拉丁名有一定的難度。很多相似的動物很難分辨，特別是在野外，不能用顯微鏡或作解剖，也不方便使用檢索和參考書。但是大多數的學生一眼就可以認定這動物是屬於哪一個大類型，即使是第一次見到它。

為什麼？因為每一個大類型的動物都有它特殊的體型結構，而這些體型結構都明顯不同。既使學生從來沒見過某種動物，他們都可以認出該動物是屬於哪個門類。

用科學的說法，這些動物各有它特殊的體型藍圖，在分類學上屬於不同的動物「門」。門與門之間有很大的分別，只有

極少的中間型，甚至沒有。例如，蛤蚌和貽貝都屬於軟體動物門；蟹和蝦都納入節肢動物門；而我和學生看到的多數蟲類，都是環節動物門的成員。門是一個廣泛而基本的組別。再舉個例，所有的哺乳動物都屬於脊索動物門，同時魚類、兩棲動物、爬行動物、鳥類、海鞘和文昌「魚」也屬脊索動物門。它們彼此之間雖然有很多變異，但它們體型的結構都具有脊索或脊椎，所以與其他門的動物相距很遠。

動物界共有幾十個門，根據正統的進化理論，這些明顯不同的體型藍圖是透過一系列的漸變，經過無數世代累積而來。最初只有獨一的祖先物種屬於唯一的門，然後長期逐漸分化成兩個和更多的門。這個過程被理解為逐漸的、緩慢的，經過一個一個小的突變而成。

傳統的進化論宣稱，如今整個生物界所有的成員在開始的時候都是從單一的、一個假想的普遍共同祖先（universal common ancestor）而來。這共同祖先進化成兩個不同的物種，然後在時間的長河裡進化出更多新的生物種，有如一棵分叉的樹。

這類樹的模式在許多課本和博物館中屢見不鮮。樹的模式屬於所謂由下而上的思維：從一個物種進化出兩個種……然後才出現一個新的屬的生物。然後累積了很多不同的特徵成了一個新的科，最後由於不同的特徵增多了，就可以成立為一個全新的門。從下而上就是物種之間先有了小的差異，然後較大的差異，最後差異之大，足以形成完全不同的體型藍圖。

然而，《時代雜誌》、《人民日報》和其他的報刊所報導的化石記錄顯示的模式，卻跟逐漸分枝樹的模式完全不同。根據目前的估計，現存的33個後生動物門之中有20個門，包括27

個左右對稱的動物門中的17個門，都是在寒武紀的時代，在世界上很多地方突然出現的。因此，這現象被稱為「寒武紀大爆炸」或「動物大爆發」。

《人民日報》所描述的那盛產化石的澄江縣，在中國西南昆明市附近，交通很方便。我即時在想，如果有一天我能親自到化石現場，探究這個神秘的事件該有多好。若果真能如願，我必定要將真相告訴我的學生和朋友。

那可以說只是渺茫的一廂情願。我不認為中國政府會讓一個陌生美籍的外人，進入世界最珍貴的化石寶藏作研究。因此，我完全沒想到這個夢會實現，而且非常快實現。

## 趕到現場

還不到一個月的時間內，突然來了一個驚喜，我有幸被邀請組織一個國際學者團隊，到化石現場與研究這偉大發現的古生物學家團隊交流。原來這些專家都是屬於華東地區中國科學院南京古生物研究所的，與化石發現處有跨越全國從東到西的距離。雖然當時我已經在中國多地院校教授暑期課程好幾年，但讓我組織一個複雜的團隊去中國東部的南京，然後再到西部的澄江，會見一些從未謀面的科學家。這仍是很艱巨的任務。幸好有很多人慷慨的協助，並且得到中國學者和政府全面的支持和合作。我們聯繫好有關方面（大部份聯繫還是靠航空郵件），解決了所有財政的問題，取得各種必需的許可，辦好所有的手續。五個月內，我們就出發了。





圖5.1. 作者錢鋨在澄江縣帽天山前留影

我們的團隊成員包括加州大學柏克利分校的詹姆士·瓦倫丁（James Valentine）老教授，和香港中文大學傳播系主任梁偉賢教授。梁教授還說服了香港一位電影界名導演，和他的一個精練的攝影隊隨同錄影；我們是第一個到澄江現場錄影的境外電視攝影隊。攜帶專業攝影器材到國內拍片需要特殊許可，回想當年的經歷簡直就是一個神蹟，我真不知道一扇一扇的門怎麼會這樣順利且及時為我們打開。

我們的第一站先到南京中國科學院，受到古生所的所長熱烈地歡迎，並且拜訪了多位相關領域的科學家。我們又參觀了兩位領先研究工作者的實驗室，在那裡我們首次看到了最古老，而且是保存非常精美的海洋動物的化石，其中有很多動物門的代表。它們多數呈現了左右對稱的特徵，已有分化的肢體和消化道，還有複雜的腦部，包括發達的眼睛。瓦倫丁教授曾評論說，這些門和綱的動物的特徵，在寒武紀初次出現時都已發育成熟了。

這次訪問期間，中科院還安排了一整天的討論會。早晨，有主客專家的演講，包括互動討論的時間。下午，我們有很充裕的時間交換資訊和討論大爆炸的問題。我最感興趣的題目是：「什麼起因使這麼多不同體型結構的動物幾乎同時出現？」在場的專家似乎一致同意，如此大量的動物門沒有可尋的祖先，卻以爆發的姿態出現。這一現象與十九世紀達爾文所提出正統的模式衝突，也與二十世紀以來經過遺傳學和分子生物學更新的「新達爾文主義」衝突。

關於寒武紀大爆炸歷時有多長的意見似乎有分歧。一般文獻中引用的時段在兩到三千萬年，但有些中國學者認為大爆炸主要的歷程只有一到三百萬年而已（包括魚在內，在中國包涵了大多數動物門化石的黃色葉岩，並不是很厚）。也有其他人想用爆炸似乎並不太突然來解圍。無論如何，既使假設爆炸的時段長一點，從我們常人的角度看可能似乎是很長的時間，但在地質學來說，要產生那麼多新的動物門，肯定是個突發的現象。傳統的達爾文主義的故事顯然與化石的記錄相悖，急需新的思維和解釋。

一位上午作了報告的中國學者提出了一個常見的並仍在爭論中的想法，他認為當時海洋水中氧氣突然增多而引起動物的爆發。另外有人猜想，當時或稍前的時候，海洋累積了較多的養分，促使細菌和藻類的大量繁殖，為動物提供了食物而引起動物的發展。這類的解釋雖然有趣，但都聚焦於必要的條件（如氧和食物來源），並沒有提供突然爆發這麼多動物體型藍圖充分的起因。就像說因為鳥類在空氣中飛行，所以地球的大氣造成鳥類的出現。這類解釋在邏輯上和事實上都不合理。



一位來訪的學者建議另一類的解釋：我們可以比較不同動物組別的Hox基因。由於不同物種中發現了很相似的Hox基因，而這些基因是調控胚胎發育的。所以他提議，Hox基因若有微小的變異，就可能使動物很快發展出不同的體型藍圖了。對當時的古生物學家來說，這是很新穎的思維而且很有吸引力。但是首先，這些Hox基因究竟又從何來？稍後我們才知道Hox基因主要功能，是調控其它編碼蛋白質基因的「開」或「關」，或決定生物體結構生長的位置。它們並不傳遞體型藍圖所必需的遺傳信息。

有一位學者提議，進化可能是「機遇」與「必然」性合作的結果。一旦某個體型的藍圖偶然形成之後，它遇到不同的環境，就必然會在同一個藍圖之內擴展，產生很多不同的體形。例如，當節肢動物在寒武紀初次出現時，很多稍有差異的節肢物種馬上跟著出現了。可惜，節肢動物是唯一的例子；其他各門動物都沒有服從這個規律。而且，這一理論最多只能解釋門之內可能快速發展出多樣性，而非這麼多個門的動物原先是怎麼來的。

由古爾德（Stephen J. Gould）和艾左基（Niles Eldredge）所宣導的點斷平衡（Punctuated equilibrium）模式也被重提。這一模式認為，一般物種在化石記錄中都長期保持穩定不變，或呈現極小的變異。但既使稀有，仍可能有較大的變化在某些地點突然發生，在化石記錄中也沒有留下變化過程的痕跡。點斷平衡的理論是基於觀察化石記錄，發現物種是突然出現的，卻不能解釋如此多的體型藍圖，怎麼會在寒武紀極短的時間裡爆發出來。

因此，肖恩·卡羅爾（Sean B. Carroll），一位主流的、完全投入現代進化論的進化發生生物學家（evolutionary developmental biologist），曾充滿信心地說：「寒武紀時代動物多樣性的爆發，是生命歷史中一個最重要和最引人注目的奧秘。」他這句話是當他推薦一本較新的、關於寒武紀爆炸的書時說的。該書被廣泛認為是這一領域的基準，其中也強調由前寒武紀的海綿進入寒武紀世界戲劇性動物體型藍圖的爆發，是始終不解之謎。

在《寒武紀爆炸》一書中，作者道格拉斯·歐文（Douglas Erwin）和詹姆士·瓦倫丁（James Valentine）仍然致力於尋找對寒武紀大爆炸的純粹唯物的進化理論。但他們也堅持認為，生命史上的這獨一事件仍然帶有多項重要的「未解決的問題」。並且他們稱，從海綿到寒武紀眾多生物的轉變，是「後生動物在所有進化轉變中最神秘的一環」。<sup>2</sup>

這一觀點非常重要，克里斯多夫·羅伊（Christopher J. Lowe）在《科學》雜誌上發表對該書的書評中也強調說：「寒武紀大爆炸的大謎題，必定是進化生物學中最重要的未解之謎之一。」<sup>3</sup>

大家在座談會中提出了很多猜想，但並沒有真正的答案。中心的問題是：「什麼原因在很短的時間裡，引發了這麼多新的體型藍圖？」似乎沒有人有好的答案，使人感到沒有什麼進展。但我並沒因此失望，因為在這純粹的學術氣氛中，寒武紀的事件被公開的定性為獨一的「爆炸」，並且是對現代達爾文理論嚴峻的挑戰，這也是學術自由探討向前走的一大步。此外，我也深知澄江的研究才剛開始；還有很多要學的，還需要收集更多的資料。

## 澄江精美的寒武紀化石

南京會議的討論發人深省，對我來說那只是一個開場，我最期待的是親自到澄江的化石現場參觀，那裡可以說是全世界最佳的寒武紀化石產地。我並沒有失望。

南京會議結束，我們向澄江出發，由中國古生物學家陳均遠教授和他的同事陪同，其中有一位周女士，她是南京古生所受人尊敬的古生物學者之一。有一塊化石 *Misszhouia*，就是以她命名的。我們先乘飛機橫跨了南中國，來到西南部的昆明市。下了飛機我們團隊和行李擠進了一輛麵包車，經過了一些村莊，翻過了一個大山，大約兩小時後，我們來到座落在煙草田中間，澄江縣城的一個簡樸酒店。在城裡轉了一圈之後，我發現該酒店是附近最豪華的一家。

第二天清早，我們坐車翻越了一連串紅色的丘陵。顛簸的土路帶我們經過一座冒著煙的磷礦加工廠，在一個堆滿黃色石頭、平平無奇的小山坡前停下來，此地與附近很多的山坡沒有什麼分別。沒想到這就是動物化石偉大發現的現場，這是全世界多少古生物學家都想來朝看的地方！

我們魚貫從汽車裡爬出來，蹣跚地跨越一小段碎石堆，到了這不起眼的化石場。周小姐對這地方瞭若指掌，她熟練地揮動著地質錘，幾下就敲開了一塊平平無奇黃色的石頭。突然一隻保存精美的、像蝦一樣的動物化石出現在我們眼前！雖然這化石已經有五億多年的歷史，但我們可以清楚看到它的眼睛、觸角、甚至腿上的毛。難怪古生物學家侯先光教授曾經描述一塊澄江動物化石說：「像是在潤濕的泥岩表面活著的一樣。」<sup>4</sup>

我興奮地學周小姐的手法，在一小時內也找到了六塊化石。這地方似乎到處都是化石，只要你去找，一定可以找到同樣精美的古化石。

我想跟你分享一些精美化石的照片，除了第一次到澄江拍的之外，也有我和同事歷年來所拍的。

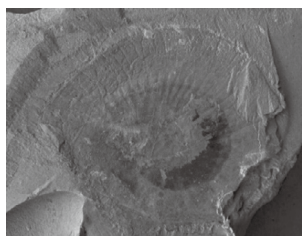


圖5.2. *Stellostomites* 是一盤狀軟體的動物，具有U字形的腸道（圖中間灰黑色的結構）。現代水母完全沒有腸道，屬於不同的動物門。

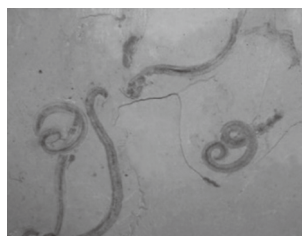


圖5.3. 圍繞著 *Stellostomites* 有眾多的三角形的動物是 *Hyoliths* 留下的外殼。近年研究顯示這兩物種都是濾食性的動物，與 *Phoronida* and *Brachiopoda* 等門成員較接近，而非水母和軟體動物。



圖5.4. 海蟲 *Maotianshania cylindrica* 環節動物門。

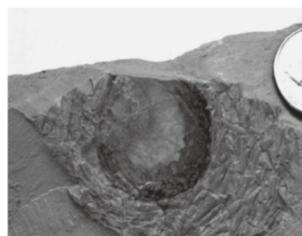


圖5.5. 節肢門的 *Leanchoililia* 在澄江和伯基斯葉岩中都可以找到。

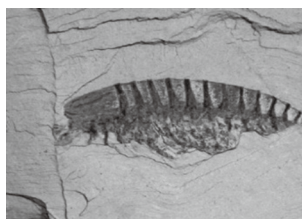


圖5.6. 帽天山葉岩中一隻保存完好的三頁蟲。

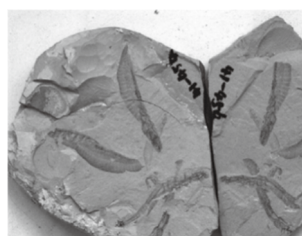


圖5.7. 1999年在澄江附近找到了幾百條脊索門的 *Haikouella*。

有一條特殊的化石魚，*Myllokunmingia fengjiao*，是舒德幹教授等發現的，並刊登在《自然》期刊上。<sup>5</sup>我有幸訪問舒教授的實驗室時，很高興看到他從保險箱中拿出這塊化石，讓我親自在光學顯微鏡下仔細檢視。

澄江遺址不是唯一見證寒武紀大爆炸的地方。例如，加拿大的伯吉斯葉岩（Burgess Shale，以下我還要再提有關那驚人的化石產地），也顯示了寒武紀突然出現大量新的動物門。在加拿大發現最出色的化石之一，是五億年前（中下寒武紀）的一條化石魚*Metaspriggina*。它已具備了一雙發育成熟的眼。毫無疑問，無脊椎動物的複眼和脊椎動物的照相機眼，在寒武紀早期就已經以完整的姿態出現了。<sup>6</sup>

## 由上而下vs.由下而上

第一次去中國考察化石之後幾年，我帶了一個香港的電視製作團隊，去訪問了西安市西北大學舒德幹教授\*和他的實驗室。他送給我們一幅他繪製的示意圖，比較了動物門類發展的傳統觀念，和他自己研究證實的結論。傳統的模式認為門類的數量應該與時遞增（圖5.8.左），從一個或少數門開始。但是，他的研究將這圖形顛倒過來了，他的研究顯示在寒武紀開始的時段，大量的動物門突然出現了，而且寒武紀動物門的數量隨著時間的推移，由於滅絕而減少（圖右）。這寒武紀化石所顯示的模式，對達爾文理論的衝擊不下於門類的突然出現。

---

\*後來被評為中科院院士。——譯注

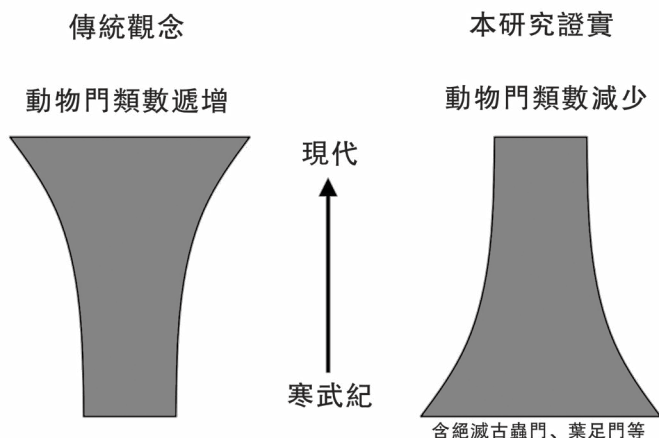


圖5.8. 根據舒教授給我的圖片重畫的示意圖。比較傳統進化論（左），與實在資料所顯示動物門隨時間推移增減的模式。其實自寒武紀動物門大量出現後，至今只有減少沒有增加（右）。

## 逃避硬邦邦的事實

1990年代，澄江化石和寒武紀大爆炸的資料還沒有受廣泛注意之前，三藩市的金門公園內有一個博物館，展示了一個「硬邦邦的證據牆」。原來在牆上掛了很多含化石的石塊，並且排列成一棵分枝的樹的形狀。也就是說，硬邦邦的化石證據支持達爾文所預言的，生命發展歷史像一棵分叉的進化樹。

可惜有一個大問題，那不是真的。

有一位受正式訓練的地質學家約翰·魏斯特（John Wiest-er），起了疑心；他是美洲科學家聯盟附屬的科學教育誠信委員會的成員。他檢驗了牆上所掛每塊化石的年齡，發現有很多化石不是按著年齡排列在適當的地質層中。有些更古老的化石被

放在年輕化石的層面中，而另一些年輕的化石卻被排在年老的地層中。整個化石的歷史，只有在扭曲事實的情況下，才能硬塞進這達爾文樹的模式裡。

在震驚之余魏斯特寫了一篇文章，名為「加州的騙局」。他說，如果那些化石按照實際年齡排列的話，它們會形成平行由下往上的直線模式。每一條線代表一個動物門，而且每條直線不相交，底部都接近5.5億年之前。<sup>7</sup>以日常用語來說，應該是一個「草坪」的模式，而非樹的模式。

魏斯特對化石分析的結論，得到古生物學家在澄江所發現的證據確鑿的支持。自從1995年開始，廣傳的中國化石資料證實了草坪模式而非樹模式。那些化石動物門都在同一地質層中突然出現，而且彼此之間並沒有進化聯繫。

當我知道這硬邦邦的證據牆的毛病後，我在想，為什麼博物館的管理人要設計一個與真實資料相悖的展覽？我們或許可以原諒博物館的負責人當時還不知道，中國寒武紀化石的大發現正開始震動了整個古生物學的世界。<sup>8</sup>但我又想，為什麼該展覽故意要歪曲那些化石的年齡，使它們看來好像達爾文分叉樹的思維是正確的呢？

在原本的證據牆上還有一系列有趣的展出，就是有多個放大鏡恰好放在那進化樹的每一個分叉的地方。但諷刺地，如果參觀者仔細去看一下，每個放大鏡下都是空無一物，無一例外。就是說，根據達爾文的理論，在每一個門和另一門分叉的地方應該有一個共同祖先，但是博物館沒有，也不能展出兩門類中間任何的共同祖先。理由很簡單，從來沒有人發現過任何共同祖先。



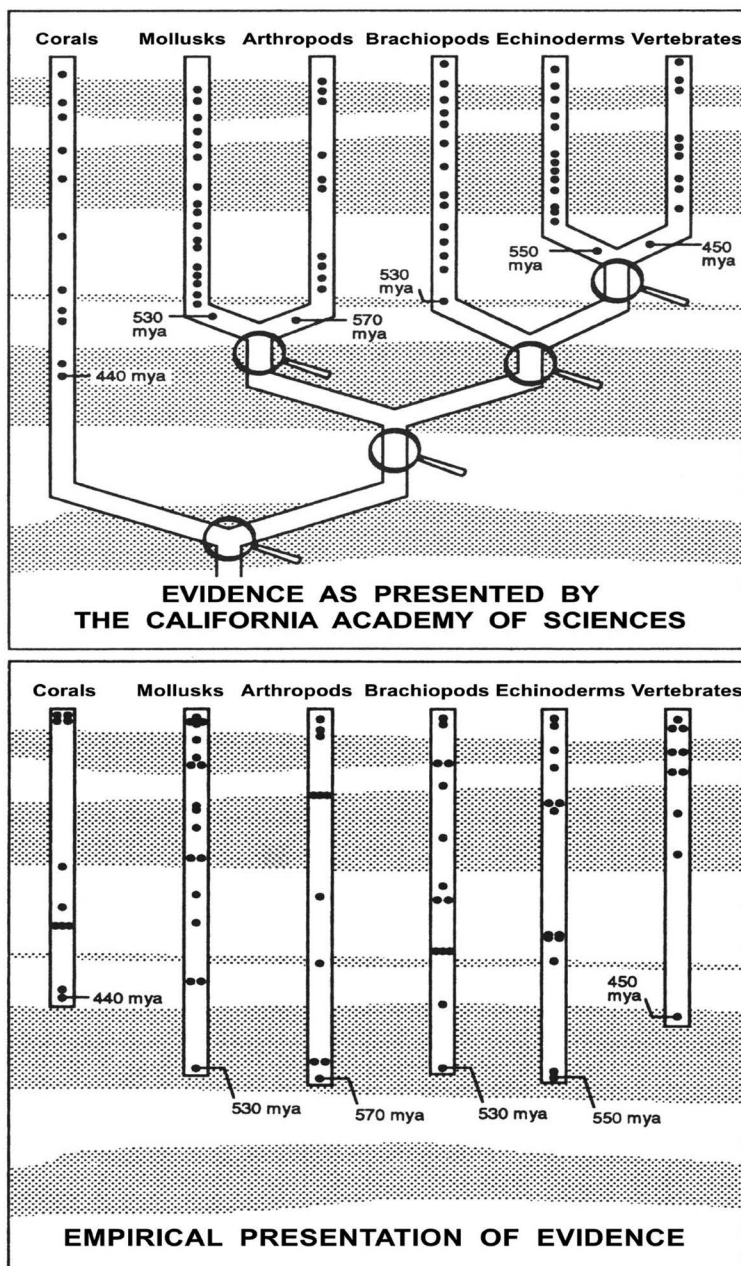


圖5.9. 硬邦邦證據牆的示意圖。上方代表三藩市科學博物館牆上所展示的，下方為根據化石真正的資料排列的。請注意下方圖中顯示各門都是突然出現，完全不像一分叉的樹。

如果參觀者沒有仔細觀察，這硬邦邦的證據牆看來很像有力的化石證據，支持達爾文的猜想。但從一雙有經驗的眼睛來看，這證據牆恰好在無意中顯示了化石記錄與達爾文理論衝突。

有幸，當該博物館經過大幅度的翻新和改建後，這化石牆消失了。不過，在另一面新牆上卻出現了稱為「生命在地球上的時間線」的展覽，它標示了從46億年前地球的形成、生命的出現，直到近代生命界所經過的主要事件。

重建開放後，我一連去了兩次，主要想看新博物館怎樣介紹寒武紀大爆炸，因為當時科學文獻中已有大量的報導。不幸，他們對這件二十世紀古生物學上最重大的發現隻字不提。博物館牆上描述的主要事件從6.5億年前，一跳就到了4.5億年前，完全跳過了5.3億年前的寒武紀大爆炸！我又在想，為什麼博物館要略過這項向達爾文主義挑戰的重要證據？我仍在懷疑，將來是否有一天這些證據會公開展示出來。



圖5.10. 加州科學院博物館展示「生命在地球的時間線」，但略過了20世紀生物學上最重要的發現：大約5.3億年前的寒武紀大爆炸。

## 北京國家自然歷史博物館

在地球的另一端的北京，我經歷了較積極的體驗。那是首次訪問澄江之後幾年，我參觀了北京的國家自然博物館。令我驚喜的是，我發現了一個很大的展廳，裡面展出的是「寒武紀生命大爆發」。可以看到一系列非常精美的澄江化石。在綜合資訊的圖表中博物館展示了一個草坪的模式，說明動物門自寒武紀早期的發展歷史，並非課本中標準的達爾文樹的模式。北京展出的圖更準確地代表了化石真正的記錄。

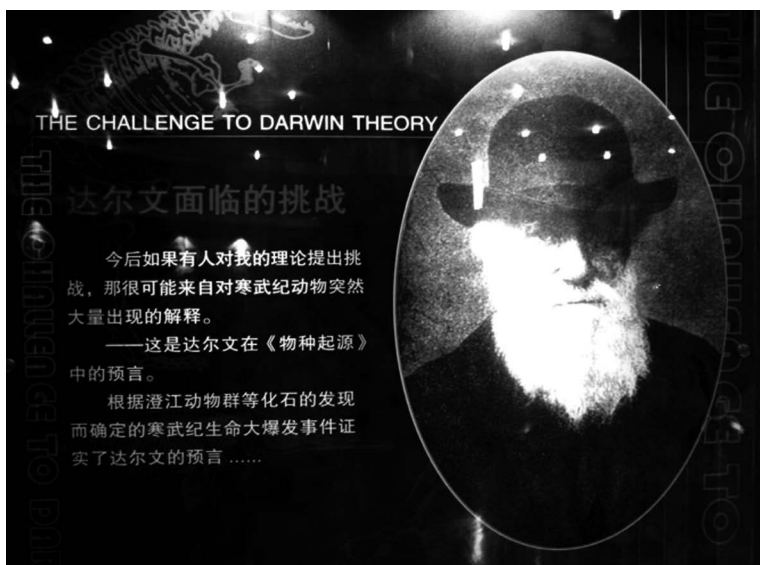


圖5.11. 北京國家自然博物館化石展覽廳中的一個面板，引用達爾文自己說的，寒武紀化石向他理論的挑戰。

在北京展出的圖中，多條垂直平行的黃線代表各動物門的發展史。這些門大部分的確是在寒武紀初期出現的，而這些黃線彼此平行不相交接，顯示它們從開始就沒有進化的關係。有

兩條黃色的直線代表海綿和軟體動物，稍為向下延伸到前寒武時代的晚期（說明海綿和軟體動物化石比其他門稍早出現）。而其他的門只有虛線穿越到前寒武，它們是否有更早的祖先是一個疑問。令人欣悅的是，北京展覽比三藩市的博物館所展示的準確得多。北京展示的是真實的資料，而非在面對相反證據的情況下仍然試圖堅持達爾文主義樹的模式。

北京展覽最引人注目的可能是結論的面板，其中引用了達爾文自己在《物種起源》一書中提出的關注。他認為寒武紀動物突然大量出現，可能是對他理論的挑戰。澄江動物群等化石的發現確定了寒武紀大爆炸的事實，也證實了達爾文自己的預言。

我很感謝多年前有難得的機會訪問澄江，得以親自在現場看到挑戰達爾文理論的化石。北京展覽給了我希望，或許有更多的人會開始學到化石記錄的真相。

反思這兩個不同博物館的體驗，我回想中國古生物學家陳均遠教授在美國一次演講後回答問題時，幽默地表達了在無神論主導的中國可以批判達爾文，但美國學界在眾多寒武紀海洋動物化石的證據下，卻仍然不能面對達爾文進化論的嚴重缺陷。<sup>9</sup>

## 鐵證如山

又過了幾年，是2000年初葉，我有幸參加了另一次討論寒武紀大爆炸的起因的會議。這次是在加拿大西南部的一個大山頂。

有幾位加拿大的地質學家和發現學會科學和文化組的研究工作者，共同邀請我一起去參加由專業導遊帶領的爬山項目。目的地是加拿大Yoho國家公園的Wapta山，參觀伯吉斯葉岩（Burgess Shale），那是西半球最著名的寒武紀化石產地。此地是美國史密森學會（Smithsonian Institute）秘書長，查里斯·沃爾克特（Charles Walcott），於1909年發現的，是我認識所有的中國古生物學家都嚮往的化石聖地。對我來說，這邀請是一生難得的機會，我毫不猶豫馬上答應了。

在七月份一個大晴天，我們眾人在那大山腰的一個小停車場集合，共花了四個多小時才爬到目的地。沿途我們需要常常休息，特別是最後的一段。有時小徑好像似筆直向上的（實際上不是，但是感覺就像這樣！），而且空氣稀薄。

終於，我爬到了伯吉斯葉岩發現處，站在化石場中間，我環顧四周冰雪覆蓋的山頂和對面山谷的冰川，我試想沃爾克特一個世紀以前和其他人在此工作的情景。

如今，來訪者是不允許采集任何化石的，甚至岩石的標本都不行，但我們可以在地上掀開過去研究人員留下散佈的碎石。我到處都可以找到，含有各種破碎的海洋無脊椎動物的石塊。其中有保存良好的節肢動物、蟲類、水母類和腕足動物等門類。大部分跟我在中國見到的相似，但也有少數特殊我未見過的物種。無論如何，兩地的動物化石都屬於相同的那些體型藍圖。

我們的專業導遊不是泛泛之輩，他擁有兩個相關領域的博士學位，他對沃爾克特以來的發現和研究歷史作了出色的介紹。最後，他打開了存放在現場的一個加了鎖的大鋼箱，拿出

了裡面珍藏的許多門類的化石代表，並一一作有趣的講解。他的總結，讚揚億萬年來進化的過程產生了如此豐富的寶藏，並說若無進化今天不會有我們人類。

在我們小組中最年輕的一位，是個十來歲的孩子，他問了一個很簡單的問題：「這麼多新的 DNA 是從哪裡來的？」意思是說，在這大爆發性的過程中，產生了這麼多的體型藍圖和各種動物，必須有相對多新的 DNA 指令。這麼多套的新 DNA 是怎麼爆出來的？

我們的導遊似乎從來沒有想過這問題，他猶豫了幾秒鐘，最後承認：「這是一個非常好的問題。」我想，可能他早就認定進化必然會產生這些新的 DNA，所以根本沒有去考慮它是怎麼來的。希望這好問的青年誠實的問題，可以讓我們的導遊在往後的幾天中好好想想。

## 寒武紀的泥沼

回想自從20多年前，我首次參觀了澄江化石遺址以來，我親自參與多次討論寒武紀大爆炸的始因，再加上科學文獻中讀到的一些討論。我深感在傳統的框架中的思維，並沒有多少新的進展。大多數人仍然陷於達爾文主義的泥沼中，雖然化石記錄顯示不同的機制。

有人嘗試跳出傳統的框架。2016年11月，許多傑出的生物學家和其他領域的科學家，出席了倫敦皇家學會主辦的會議。倫敦皇家學會是世界上最傑出的科學組織之一。討論的一個關



鍵領域是，人們對新達爾文主義對生物如何產生新物種的機制之解釋，日益感到不滿。

兩年之後，在奧地利薩爾茨堡（Salzburg）舉行的一次會議的通告中，更直接的批判新達爾文主義：「半個多世紀以來，人們認為新的遺傳信息主要是由隨機產生的錯誤（突變）事件而來……如今認識到，錯誤並不能解釋遺傳上的新穎性和複雜性。」<sup>10</sup>

進化論者對寒武紀大爆炸的解釋，除了現代純粹唯物的達爾文主義以外，還有什麼進展？情況有點絕望。近來有幾位不同領域的科學家聯手提議，寒武紀的動物和最初地球上第一個生命是從外太空來的。<sup>11</sup>這外星理論缺乏證據。我看，這類的建議骨子裡已承認了，現有的進化論不能解釋寒武紀的大爆炸。

與這些試圖為寒武紀大爆炸，提供純粹唯物主義解釋的建議相反，科學哲學家斯蒂芬·邁耶（Stephen Meyer）等人提出了智慧設計作為最佳解釋（the best explanation）。這個想法當然比傳統的進化模型更符合化石資料。<sup>12</sup>

## 前寒武的海綿胚胎

最後，我想跟你分享我研究地球早期一些特殊生命體的經過，和它對動物起源的啟示。

1960年代當我還是個研究生時，我學會使用電子顯微鏡的技術來研究活的動物組織結構。掌握了這些技術後，對應用在微小的化石標本上非常有利。



多年後，我跟中國不同地區的學者合作，發現在貴州省5.7億年前含磷的礦石中，有很多圓型的小球體化石，年代比寒武紀稍早一些。將石塊的標本鋸成半吋大小的薄片之後，粘在顯微鏡觀察用的玻璃片上，再小心將石片打磨到透明，我們就可以在光學顯微鏡下觀察礦石中的化石。

在這些薄石片中，我們找到很多小型化石。其中有些球狀體是藻類的細胞。它們很容易識別，因為有較厚的細胞壁，並和分裂後子細胞的細胞壁仍然附著在一起。但有許多其它球狀體像是海綿細胞和胚胎，有些還含海綿特有的針狀結構（沒有其他動物含海綿針）。海綿的卵和早期胚胎的直徑大概在0.6到0.7毫米之間。1999年，我們在昆明的一個學術會議上發表了我們的發現，這會議是由早期生命研究中心和中國科學院召開的。<sup>13</sup>

我掌握的掃描電子顯微鏡技術，在接著的研究中發揮了作用。我以更高的解析度拍攝了這些海綿卵和早期胚胎的照片，小心翼翼地敲開這些細胞之後，我用掃描電鏡觀察到細胞裡面的結構，如細胞核、卵黃顆粒等，是光學顯微鏡看不到的。2001年我和同事在加州大學伯克萊分校的一次會議，宣讀了另一篇用掃描電子顯微照片展示的論文，詳細介紹了我們的發現。<sup>14</sup>

當年我們工作的發現給我們帶來很多的驚喜，但多年之後回顧這一切，我發現更驚訝的是我們當時沒有觀察到的。我和同事當時搜遍了上千張光學顯微鏡的玻璃片，又用掃描電鏡拍了上千的前寒武紀化石標本，我們發現的只有海綿和藻類，沒有任何接近左右對稱的動物。卑微的海綿已經算是當時最高等

的動物了。甚至近來陡山沱/甕安化石中是否有海綿胚胎都仍有爭議。<sup>15</sup>

照我所知，中國有幾個實驗室的科學家和他們的學生也曾研究過前寒武紀的岩石，並贊同我們發現的是海綿卵和胚胎。也有人報告發現海綿成體的化石。有進化論者希望在其中發現更多的動物遺體，讓他們可宣稱為寒武動物的先驅。至今，化石拒絕提供這些研究學者希望得到的證據。更糟糕的是，進化理論需要有無數的中間環節，將海綿（或一些更早期的簡單生命型態）與寒武紀動物門連接起來。該理論需要有無數的過渡化石，可惜既使極少數幾個也沒有。

有人希望挽救進化論，聲稱在寒武紀之前或許曾有很多的動物祖先，只是前寒武時代的條件不利於保存那些化石而已，因此化石記錄中看不到那些先驅。可是，若當時的條件惡劣，為什麼又能保存柔軟嬌嫩的海綿卵和早期胚胎，而且還保存得極其良好，包括卵和胚胎中的細胞核呢？既然事實如此，為什麼至今還找不到寒武紀動物的祖先呢？

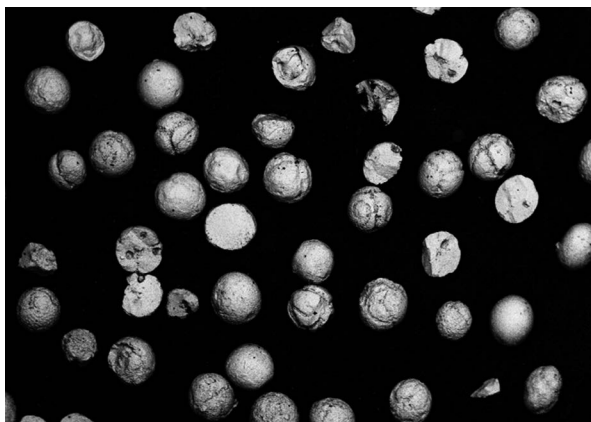


圖5.12. 掃描電子顯微鏡下，5.7億年前小球狀的海綿和藻類的化石。

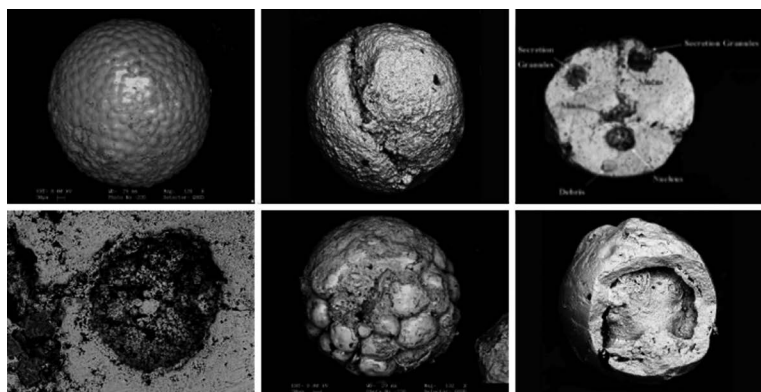


圖5.13. 左上：保存精美的海綿卵，外面包著完整的卵膜。

上中：兩個細胞的海綿胚胎，外膜除去。

右上：敲開的海綿胚胎，可見三個細胞的內涵。

下左：同上的胚胎放大並旋轉後，顯示其中一個細胞核的三維結構。

下中：胚胎中已有30多個細胞。

下右：發育較後的海綿胚胎化石。

就算如幾位前寒武紀化石專家所建議的，陡山沱/甕安化石中沒有海綿胚胎。那麼人們可能會再次試圖說，寒武紀爆炸只是化石記錄不完整的後果。但是，無論有沒有前寒武紀海綿胚胎，任何試圖將寒武紀爆炸視為幻想的嘗試，都面臨越來越多相反的證據。

正如德國古生物學家龔特·白克理（Günter Bechly）所指出的，<sup>16</sup>最近在外蒙古和中國發現了大量埃迪卡拉時代（Ediacaran）的化石。<sup>17</sup>那裡並沒有任何左右對稱的動物，只有藻類。那些石層可以保存軟體如海藻化石的事實，是很重要的資訊。因為那些地方的條件與布吉斯葉岩相同，是可以保存小型軟體有機體的，與寒武紀動物可能的祖先之特性相似。所以，若有這樣類似動物的話也應該可以保存下來。事實上，這些岩

石並沒有保存任何像似動物祖先的生物，這表示當時沒有這樣的動物。近來PNAS刊登了一篇論文，雖然它想淡化寒武紀大爆炸，但也承認了這些新出土的化石顯示，埃迪卡拉時代沒有動物，並不是因為它們不能保存，而是因為當時肯定還沒有動物。<sup>18</sup>

對於有些人將一些痕跡化石（trace fossils）解釋為前寒武可能有某些動物的存在，從而嘗試淡化寒武紀湧現大量驚人的新體型藍圖的看法，又當如果回應呢？邁爾說，「埃迪卡拉化石記錄遠遠不能作為解釋達爾文式生命歷史觀所必需有，大量不同的過渡中間體。寒武紀大爆炸證實，首次出現的動物代表了至少20個門和更多的亞門與綱，各組別都顯現了不同的體型藍圖。埃迪卡拉的體型，包括已知的痕跡化石，最多只能代表寒武紀中四個不同的體型藍圖。餘下絕大多數的寒武紀門類在前寒武的石層中都沒有明顯的祖先。」<sup>19</sup>還有，那些所謂的埃迪卡拉動物痕跡化石，最近被一項實驗否定了。原來所有這些痕跡都可以用攪動細菌墊（bacterial mats）複製出來。<sup>20</sup>

本章開始提到了邁爾和其他設計論者的看法。其實，寒武紀大爆炸這項歷史的事實，已經是研究寒武紀的古生物學家的共識。正如歐文（Erwin）和瓦倫丁（Valentine）強調的：「有幾方面的證據是與寒武紀大爆炸的事實吻合的。」<sup>21</sup>或如馬丁·謝弗（Marten Scheffer，荷蘭生態學家，斯賓諾莎獎得主，美國國家科學院院士）所說：「或許早期的岩石不適合保存化石。」但現在我們知道。「早期就有保存良好的化石，而且如今人們都接受寒武紀大爆炸是真實的。」<sup>22</sup>

## 聆聽遠古的耳語

達爾文知道化石記錄會是他理論面臨的嚴重難題。他希望將來的發現會反轉這情況，並佐證他預期的緩慢、逐漸、一步步的進化過程，並且將有完整的化石記錄，展示看來如分枝的樹，可惜，達爾文之後發現的化石記錄頑強地否定了他的預測。當我們知道的越多——包括中國和加拿大精彩的化石，見證了寒武紀大爆炸包涵了驚人的多樣性和突發性——達爾文理論就越來越站不住腳。

我們該如何面對這些發現呢？不應假裝達爾文的樹仍然健康，不應隱藏資料或只介紹片面的資訊給博物館的訪客，我們需要有勇氣接受化石記錄的真相，包括寒武紀時代爆發性呈現的大量動物門。然後，我們要順著證據，堅持追尋最佳的解釋。我建議你考慮最佳的解釋，就是可證實能快速地產生新生命形態和資訊唯一的始因。這始因是用從上而下的創造方式，正如我們在化石記錄中所看見的。那始因就是智能。

## 輪到你了

1. 本章作者去了哪裡考察寒武紀化石？
2. 為什麼科學家使用「寒武紀大爆炸」這樣的詞藻？動物在地球上要以什麼形態出現，才配得上稱為「爆炸」或「爆發」？
3. 寒武紀大爆炸有什麼特徵，使它挑戰達爾文的進化論？

4. 你認為三藩市的博物館為什麼要將部分化石放置在錯誤的時間點上，使它們看來像一棵樹的模式？
5. 北京博物館的展出和三藩市博物館的展出有什麼分別？
6. 比寒武紀大爆炸稍為早一點的岩石中，保存了大量柔軟、脆弱的藻類、海綿和海綿胚胎的化石，這些事實有什麼重要性？

## 章節附註

### 前言

1. The picture of electrons orbiting around the nucleus of the atom in the way planets orbit around a host star is best viewed as a useful stepping stone—both in the history of chemistry and for beginning chemistry students—rather than as a rigorous way of understanding the atom. Physicists and chemists now think of electrons as existing in a sort of “cloud” around the atom, where their location and motion are described by probabilistic considerations, quite different from Newtonian planetary mechanics.
2. Photograph, Einstein with Edwin Hubble and Walter Adams at Mt. Wilson Observatory, January 1931, California Institute of Technology Archives, (<http://archives-dc.library.caltech.edu/islandora/object/ct1%3A8407>).
3. Arno Penzias, “Creation Is Supported by All the Data So Far,” in *Cosmos, Bios, Theos*, eds. Henry Margenau and Roy Abraham Varghese (La Salle, IL: Open Court Press, 1992), 83.
4. Claude Shannon, “A Mathematical Theory of Communication,” *Bell System Technical Journal* 27 (1948): 379–423, 623–56. In the following year, this article was published in book form as Claude Shannon and Warren Weaver, *The Mathematical Theory of Communication* (Urbana: University of Illinois Press, 1949).
5. J. D. Watson and F. H. Crick, “Molecular Structure of Nucleic Acids: A Structure for Deoxyribose Nucleic Acid,” *Nature* 171 (1953): 737–8.
6. See Michael A. Flannery, *Nature’s Prophet: Alfred Russel Wallace and His Evolution from Natural Selection to Natural Theology* (Tuscaloosa, AL: University of Alabama Press, 2018), chap. 1 and 3.
7. Flannery, *Nature’s Prophet*, 113–19.
8. Stephen Jay Gould, “Abscheulich! (Atrocious!): Haeckel’s Distortions Did Not Help Darwin,” *Natural History* 109, no. 2 (March 2000): 42–9.
9. Elizabeth Pennisi, “Haeckel’s Embryos: Fraud Rediscovered,” *Science* 277, no. 5331 (September 5, 1997): 1435.
10. See Karen L. Wellner, “Lessons from Embryos: Haeckel’s Embryo Drawings, Evolution, and Secondary Biology Textbooks” (PhD diss., Arizona State University, 2014), [https://repository.asu.edu/attachments/134940/content/Wellner\\_asu\\_0010E\\_13836.pdf](https://repository.asu.edu/attachments/134940/content/Wellner_asu_0010E_13836.pdf). For a more in-depth exploration of the issue, see Jonathan Wells, *Icons of Evolution: Science or Myth? Why Much of What We Teach About Evolution Is Wrong* (Washington, DC: Regnery, 2000) and *Zombie Science: More Icons of Evolution* (Seattle: Discovery Institute Press, 2017). Wells’s website, <https://iconsofevolution.com>, also has short videos highlighting the persistent textbook problems.



11. Gerd B. Müller, “Why an Extended Evolutionary Synthesis is Necessary,” *Interface Focus* (August 18, 2017), (<https://doi.org/10.1098/rsfs.2017.0015>). It should be noted that Müller, while open to expanding modern evolutionary theory’s explanatory toolkit, hews to the dictates of methodological materialism.
12. See artist’s rendition of the bacterial flagellum and an electron micrograph of the flagellar motor at <https://classconnection.s3.amazonaws.com/114/flashcards/717114/jpg/flagella1318232583699.jpg>.

## 第一章 大爆炸和精調的宇宙

1. Cosmologists continue to refine their understanding of the age of the universe, and some recent findings suggest that the current estimate of 13.8 billion years may need to be revised. However, whether or not new studies and measurements end up changing our best estimate of the exact age of the universe, the key point, as discussed later in this chapter, is the fact that the universe is finite in age, and thus had a beginning.
2. Guillermo Gonzalez and Jay W. Richards, *The Privileged Planet: How Our Place in the Cosmos is Designed for Discovery* (Washington, DC: Regnery Publishing, 2004), 171.
3. Luke Mastin, “The Expanding Universe and Hubble’s Law,” *The Physics of the Universe*, accessed November 1, 2019, ([https://www.physicsoftheuniverse.com/topics\\_bigbang\\_expanding.html](https://www.physicsoftheuniverse.com/topics_bigbang_expanding.html)). Recent research has revived the cosmological constant, but its precise value does not make for a static universe, as Einstein had hoped. Evidence for an expanding universe is stronger than ever. Indeed, the expansion rate of the universe appears even to be accelerating. In any event, the key takeaway from Einstein’s experience is that his preconceptions and commitments led him to explain away, rather than follow, the evidence.
4. Luke Mastin, “Georges Lemaître (1894–1966),” *The Physics of the Universe*, accessed November 1, 2019, ([https://www.physicsoftheuniverse.com/scientists\\_lemaitre.html](https://www.physicsoftheuniverse.com/scientists_lemaitre.html)).
5. Georges Lemaître, quoted in George Gamow, *The Creation of the Universe* [1952] (New York: Dover, 2004), 51.
6. Arthur S. Eddington, “The End of the World: From the Standpoint of Mathematical Physics,” *Nature* 127 (March 21, 1931): 447–53, (<https://doi.org/10.1038/127447a0>).
7. Helge Kragh, “Big Bang: The Etymology of a Name,” *Astronomy & Geophysics* 54, no. 2 (April 1, 2013): 2.28–2.30, (<https://doi.org/10.1093/astrogeo/att035>).
8. Alaina G. Levine, “The Large Horn Antenna and the Discovery of Cosmic Microwave Background Radiation,” American Physical Society, 2009, (<https://>

[www.aps.org/programs/outreach/history/historicsites/penziaswilson.cfm](http://www.aps.org/programs/outreach/history/historicsites/penziaswilson.cfm)).

9. “Cosmic Background Radiation,” The Physics of the Universe, ([https://www.physicsoftheuniverse.com/topics\\_bigbang\\_background.html](https://www.physicsoftheuniverse.com/topics_bigbang_background.html)).
10. “Cosmic Background Radiation,” The Physics of the Universe, ([https://www.physicsoftheuniverse.com/topics\\_bigbang\\_background.html](https://www.physicsoftheuniverse.com/topics_bigbang_background.html)).
11. *A Short History of the Universe*, episode 3, “The Photon Epoch,” Highbrow Learning Inc., accessed November 1, 2019, (<https://gohighbrow.com/the-photon-epoch/>).
12. See a brief video about the Cosmic Microwave Background Radiation at Piled Higher and Deeper, “Cosmic Inflation Explained,” YouTube, video, 3:42, July 22, 2014, ([https://www.youtube.com/watch?v=\\_lIA2q1rISg](https://www.youtube.com/watch?v=_lIA2q1rISg)).
13. Martin White, “The Cosmic Rosetta Stone,” *Martin White* (personal web page), University of California Berkeley, Department of Astronomy, November 1997, accessed November 1, 2019, (<http://w.astro.berkeley.edu/~mwhite/rosetta/>).
14. Karl Tate, “Cosmic Microwave Background: Big Bang Relic Explained (Infographic),” Space.com, April 3, 2013, (<https://www.space.com/20330-cosmic-microwave-background-explained-infographic.html>).
15. William Lane Craig, “The *Kalam* Cosmological Argument,” Reasonable Faith, 2015, (<https://www.reasonablefaith.org/writings/popular-writings/existence-nature-of-god/the-kalam-cosmological-argument/>).
16. Alexander Vilenkin, *Many Worlds in One: The Search for Other Universes* (New York: Hill and Wang, 2006), 176. His analysis rules out various attempts to postulate a beginningless universe, including the idea that the universe has expanded and contracted eternally, in an endless series of Big Bangs and Big Crunches. As he and co-author Audrey Mithani concluded in a 2012 paper, “All the evidence we have says that the universe had a beginning.” Audrey Mithani and Alexander Vilenkin, “Did the Universe Have a Beginning?” arXiv.org, April 20, 2012, (<https://arxiv.org/pdf/1204.4658.pdf>). See also a *New Scientist* article about his conclusions by Lisa Grossman, “Why Physicists Can’t Avoid a Creation Event,” *New Scientist*, January 11, 2012, (<https://www.newscientist.com/article/mg21328474-400-why-physicists-cant-avoid-a-creation-event/>).
17. Anil Ananthaswamy, “Is the Universe Fine-Tuned for Life?,” *NOVA*, PBS Online, March 7, 2012, (<http://www.pbs.org/wgbh/nova/blogs/physics/2012/03/is-the-universe-fine-tuned-for-life/>).
18. Carl R. Nave, “Fundamental Forces,” HyperPhysics, accessed November 1, 2019, (<http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/Forces/funfor.html>).
19. Geraint F. Lewis and Luke A. Barnes, *A Fortunate Universe: Life in a Finely Tuned Cosmos* (Cambridge, UK: Cambridge University Press, 2016), 108. As they further explain, “If gravity were 1035 instead of 1040 times weaker than the strong force, then the window would close completely. Stable stars would

- not be possible at all” (109).
20. Lewis and Barnes, *A Fortunate Universe*, 108.
  21. Lewis and Barnes, *A Fortunate Universe*, 109–10.
  22. Lewis and Barnes, *A Fortunate Universe*, 118. They add a caveat in the next paragraph. Due to some complicating factors in calculating these hypothetical changes, “it may take a slightly higher percentage to totally eradicate carbon or oxygen from the universe.” The operative word here, though, is “slightly higher.” Even if this turns out to be the case, the degree of strong-force fine tuning for life will remain striking.
  23. Fred Hoyle, “The Universe: Past and Present Reflections,” *Annual Review of Astronomy and Astrophysics* (1982): 16.
  24. Martin Rees, *Just Six Numbers* (New York: Basic Books, 2000), 127.
  25. Discovery Science, “Water, Ultimate Giver of Life, Points to Intelligent Design,” YouTube, video, 8:05, October 17, 2017, (<https://www.youtube.com/watch?v=e2i0g1sL-X4>). For a deeper look, see Michael Denton, *The Wonder of Water: Water’s Profound Fitness for Life on Earth and Mankind* (Seattle, WA: Discovery Institute Press, 2017).
  26. For books on the fine-tuning of the universe, see Rees, *Just Six Numbers* and Lewis and Barnes, *A Fortunate Universe*.
  27. Freeman Dyson, *Disturbing the Universe* (New York: Basic Books, 1981), 250.
  28. See Lewis and Barnes, *A Fortunate Universe*. For a short online overview, see Jay W. Richards, “List of Fine-Tuning Parameters,” Discovery Institute Center for Science and Culture, January 14, 2015, (<https://www.discovery.org/m/securepdfs/2018/12/List-of-Fine-Tuning-Parameters-Jay-Richards.pdf>).
  29. Simon Friederich, “A New Fine-Tuning Argument for the Multiverse,” *Foundations of Physics* 49 (2019): 1012, (<https://doi.org/10.1007/s10701-019-00246-2>).
  30. See, for example, physicist Frank Tipler’s discussion in the online video segment, *Science Uprising: Fine Tuning*, 6:27, (<https://scienceuprising.com/fine-tuning/>).
  31. Friederich, “A New Fine-Tuning Argument for the Multiverse,” 1012.
  32. Friederich, “Fine-Tuning,” Stanford Encyclopedia of Philosophy, (<https://plato.stanford.edu/entries/fine-tuning/>).
  33. Robin Collins, “The Teleological Argument: An Exploration of the Fine-Tuning of the Universe,” *The Blackwell Companion to Natural Theology* [2009] (Chichester, UK: John Wiley & Sons, 2012), 264.
  34. Paul Davies, “A Brief History of the Multiverse,” *The New York Times*, April 12, 2003, (<https://www.nytimes.com/2003/04/12/opinion/a-brief-history-of->

the-multiverse.html).

## 第二章 資訊和生命起源

1. *Star Trek: The Next Generation*, season 7, episode 26, “All Good Things,” aired May 23, 1994. Excerpt at YouTube, video, 0:46, (<https://www.youtube.com/watch?v=YLyqTtrhUJE>).
2. B. Lee Ligon, “Biography: Louis Pasteur: A Controversial Figure in a Debate on Scientific Ethics,” *Seminars in Pediatric Infectious Diseases* 13, no. 2 (April 2002): 134–41, (<https://doi.org/10.1053/spid.2002.125138>).
3. Maxime Schwartz, “The Life and Works of Louis Pasteur,” *Journal of Applied Microbiology* 91 (October 2001): 598, (<https://sfamjournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1046/j.1365-2672.2001.01495.x>).
4. Darwin to J.D. Hooker, February 1, 1871, DCP LETT 7471, Darwin Correspondence Project, University of Cambridge, (<https://www.darwinproject.ac.uk/letter/DCP-LETT-7471.xml>). The historical context, as well as additional references in Darwin’s letter to Hooker, underscore that speculation about life arising from non-life was not just an isolated musing or offhand remark by Darwin, but was something being actively discussed in the larger scientific community at the time.
5. See for example, “Aleksandr Oparin,” *Encyclopedia Britannica*, April 17, 2019, accessed February 10, 2020, (<https://www.britannica.com/biography/Aleksandr-Oparin>).
6. J. B. S. Haldane, “The Origin of Life,” *The Rationalist Annual* 148 (1929): 3–10; reprinted in J. B. S. Haldane, *Science and Life: Essays of a Rationalist* (London: Pemberton, 1968).
7. Stanley L. Miller, “A Production of Amino Acids Under Possible Primitive Earth Conditions,” *Science* 117 (May 1953): 528–9.
8. George Gaylord Simpson, “The World into Which Darwin Led Us,” *Science* 131 (1960): 966–74.
9. Dean H. Kenyon and Gary Steinman, *Biochemical Predestination* (New York: McGraw-Hill, 1969).
10. See, for example, Sidney W. Fox and Klaus Dose, *Molecular Evolution and the Origin of Life*, rev. ed. (1972; repr., New York: Marcel Dekker, 1977), 43; Freeman Dyson, *Origins of Life*, 2nd ed. (Cambridge: Cambridge University Press, 1999), 33–34; and David C. Catling, “Comment on ‘A Hydrogen-Rich Early Earth Atmosphere,’” *Science* 311 (2006), author reply 38, (<https://doi.org/10.1126/science.1117827>).
11. See J. P. Ferris and D. E. Nicodem, “Ammonia: Did It Have a Role in Chemical Evolution?” in *The Origin of Life and Evolutionary Biochemistry*, eds. K. Dose, S. W. Fox, G. A. Deborin, and T. E. Pavlovskaya (New York:

- Plenum Press, 1974), 107; see also a discussion of energy factors impacting the hydrothermal vent hypothesis in J. Baz Jackson, “The ‘Origin-of-Life Reactor’ and Reduction of CO<sub>2</sub> by H<sub>2</sub> in Inorganic Precipitates,” *Journal of Molecular Evolution* 85, no. 1–2 (2017): 1–7, (<https://doi.org/10.1007/s00239-017-9805-9>).
12. Robert Shapiro, “Prebiotic Cytosine Synthesis: A Critical Analysis and Implications for the Origin of Life,” *PNAS* 96, no. 8 (April 1999): 4397–98.
13. See Fox and Dose, *Molecular Evolution and the Origin of Life*, 74–76; and Robert Shapiro, *Origins: A Skeptic’s Guide to the Creation of Life on Earth* (New York: Summit Books, 1986), 112.
14. In his book *Icons of Evolution: Science or Myth?* (Washington, DC: Regnery Publishing, 2000), biologist Jonathan Wells reviews in detail the persistence of textbooks overselling the significance of the Miller-Urey experiments. For an updated discussion, see Charles B. Thaxton et al., *The Mystery of Life’s Origin: The Continuing Controversy* (Seattle: Discovery Institute Press, 2020), chap. 16.
15. A. G. Cairns-Smith, *Genetic Takeover and the Mineral Origins of Life* (New York: Cambridge University Press, 1982).
16. Charles B. Thaxton, Walter L. Bradley, and Roger L. Olsen, *The Mystery of Life’s Origin* (New York: Philosophical Library, 1984).
17. Shigenori Maruyama et al., “Nine Requirements for the Origin of Earth’s Life: Not at the Hydrothermal Vent, but in a Nuclear Geyser System,” *Geoscience Frontiers* 10, no. 4 (2019): 1337–57, (<https://doi.org/10.1016/j.gsf.2018.09.011>).
18. Sara Imari Walker, “Origins of Life: A Problem for Physics, a Key Issues Review,” *Report on Progress in Physics* 80, no. 9 (August 2017), (<https://doi.org/10.1088/1361-6633/aa7804>).
19. Recounted by James D. Watson in *The Double Helix: A Personal Account of the Discovery of the Structure of DNA* (New York: Touchstone, 2001). See also Bill Mesler and H. James Cleaves II, *A Brief History of Creation: Science and the Search for the Origin of Life* (New York: W. W. Norton, 2016), 199–200.
20. James D. Watson and Francis H. C. Crick, “A Structure for Deoxyribose Nucleic Acid,” *Nature* 171 (April 1953): 737–38.
21. Jane J. Lee, “Read Francis Crick’s \$6 Million Letter to Son Describing DNA,” *National Geographic Society Newsroom*, National Geographic Society, April 11, 2013, (<https://blog.nationalgeographic.org/2013/04/11/read-francis-cricks-6-million-letter-to-son-describing-dna/>).
22. For a discussion of Crick’s remarkable 1957 lecture delivered at a symposium of the Society for Experimental Biology, at University College London, see Matthew Cobb, “60 Years Ago, Francis Crick Changed the Logic of Biology,” *PLOS Biology* 15, no. 9 (September 18, 2017): e2003243, (<https://journals>).

plos.org/plosbiology/article?id=10.1371/journal.pbio.2003243).

23. Francis H. Crick, “On Protein Synthesis,” *Symposia of the Society for Experimental Biology* 12 (1958): 138–63.
24. Stephen C. Meyer, *Signature in the Cell: DNA and the Evidence for Intelligent Design* (New York: HarperOne, 2009), 84.
25. James Tour, “Time Out,” *Inference: International Review of Science* 4, no. 4 (July 2019), (<https://inference-review.com/article/time-out>).
26. Meyer, *Signature in the Cell*, 347.
27. Example drawn from Meyer, *Signature in the Cell*, 342. See also “In a Three-Way Radio Debate, Stephen Meyer Takes on a Chemist and a Biologist,” March 16, 2016, in *ID the Future*, podcast, MP3 audio, 27:55 (starting at 6:34), ([www.discovery.org/multimedia/audio/2016/03/in-a-three-way-radio-debate-stephen-meyer-takes-on-a-chemist-and-a-biologist/](http://www.discovery.org/multimedia/audio/2016/03/in-a-three-way-radio-debate-stephen-meyer-takes-on-a-chemist-and-a-biologist/)).
28. For an in-depth analysis of several incorrect arguments often put forward by opponents of intelligent design regarding information in biology, see my series of interviews at *ID the Future*, podcast, MP3 audio, ([www.discovery.org/multimedia/?s=eric+anderson](http://www.discovery.org/multimedia/?s=eric+anderson)).

### 第三章 一個能自我建造工廠的工廠的工廠……

1. Jack Szostak, “From Telomeres to the Origins of Life,” interview by Claudia Dreifus, A Conversation With, *New York Times*, October 17, 2011, (<https://www.nytimes.com/2011/10/18/science/18conversation.html>).
2. Gerald F. Joyce, “In Lab, Clues to How Life Began,” interview by Nell Greenfieldboyce, *All Things Considered* (transcript), NPR, January 8, 2009, (<https://www.npr.org/templates/story/story.php?storyId=99132608>).
3. Despite Dawkins’s optimistic suggestion that organic molecules would drift “unmolested” through the primordial soup, origin-of-life researchers now recognize that the twin problems of chemical breakdown and interfering cross-reactions pose massive difficulties for any abiogenesis scenario. Indeed, one of the key challenges for modern origin-of-life researchers is to find a way to isolate and protect the tender early molecules from the devastating effects of breakdown and interfering cross-reactions long enough for anything else interesting to happen on the road to life.
4. Richard Dawkins, *The Selfish Gene*, 30th anniversary ed. (New York: Oxford University Press, 2006), 15.
5. Dawkins, *The Selfish Gene*, 15.
6. In 1861, Max Schultze, a German microscopic anatomist, described the cell as “a blob of protoplasm, at the heart of which lies a nucleus...” Félix Dujardin, a French biologist and early pioneer in Protozoa research, referred to a “ubiquitous gelatinous substance” as a key cellular substance in common

- between animal and plant life. Both quoted in Mario A. Di Gregorio, *From Here to Eternity: Ernst Haeckel and Scientific Faith* (Göttingen, Germany: Vandenhoeck & Ruprecht, 2005), 67–68.
7. Charles Darwin, *The Origin of Species by Means of Natural Selection, or the Preservation of Favoured Races in the Struggle for Life* [1872], 6th ed. (New York: Mentor, 1958). Darwin makes over a half-dozen references to this “plastic” property of organisms in the *Origin*. His glossary defines “plastic” as “readily capable of change.”
8. Bradley J. Fikes, “Lab-Evolved Life Gets Closer in Scripps Research Study,” *The San Diego Union-Tribune*, August 15, 2016, (<https://www.sandiegouniontribune.com/business/biotech/sdut-rna-world-origin-life-2016aug15-story.html>). The article discusses a science paper by David P. Horning and Gerald F. Joyce, “Amplification of RNA by an RNA polymerase ribozyme,” *PNAS* 113, no. 35 (August 2016), (<https://doi.org/10.1073/pnas.1610103113>).
9. See, e.g., Theodosius Dobzhansky’s discussion of Gerhard Schramm’s “Synthesis of Nucleosides and Polynucleotides with Metaphosphate Esters” in S. W. Fox, ed., *The Origins of Prebiological Systems and of Their Molecular Matrices*, Proceedings of a Conference Conducted at Wakulla Springs, Florida on October 27–30, 1963 (New York: Academic Press, 1965), 309–10.
10. See, for example, Natasha Paul and Gerald F. Joyce, “A Self-Replicating Ligase Ribozyme,” *PNAS* 99, no. 20 (October 2002), (<https://doi.org/10.1073/pnas.202471099>).
11. Rice University synthetic organic chemist James Tour recently reviewed some of the challenges of building organic molecules and assembling a self-replicating molecular system, in “Time Out,” *Inference: International Review of Science* 4, no. 4 (July 2019), (<https://inference-review.com/article/time-out>). See also Tour’s lecture at the 2019 Dallas Science and Faith Conference, at Discovery Science, “James Tour: The Mystery of the Origin of Life,” YouTube, video, 58:01, March 18, 2019, (<https://www.youtube.com/watch?v=zU7Lww-sBPg&t=1644s>).
12. To further explore the minimal requirements of a self-replicating entity, see Arminius Mignea, “The Engineering of Life,” in *Engineering and the Ultimate: An Interdisciplinary Investigation of Order and Design in Nature and Craft*, eds. Jonathan Bartlett, Dominic Halsmer, and Mark R. Hall (Broken Arrow, OK: Blyth Institute Press, 2014), Part IV.
13. See “RepRap,” RepRap, September 22, 2019, accessed November 2, 2019, (<http://reprap.org/wiki/RepRap>). See also “RepRap Project,” Wikimedia Foundation, last modified January 5, 2020, 11:07, accessed February 18, 2020, ([https://en.wikipedia.org/wiki/RepRap\\_project](https://en.wikipedia.org/wiki/RepRap_project)).
14. Jean Le Bouthillier, “BI V2.0—A Self-Replicating, High Precision 3D Printer,” *Kickstarter*, Kickstarter, PBC, September 22, 2014, accessed November 2, 2019, (<https://www.kickstarter.com/projects/1784037324/bi-v20->



a-self-replicating-high-precision-3d-printe).

15. Several other 3D printing projects have also touted their “self-replicating” capabilities, including Dollo and Snappy.
16. A search for “reprint parts” in Google Images brings up many such examples.
17. Manfred Eigen, “Self-organization of Matter and the Evolution of Biological Macromolecules,” *Die Naturwissenschaften* 58, no. 10 (1971): 465–523, (<https://doi.org/10.1007/BF00623322>).
18. Michael J. Denton, *Evolution: A Theory in Crisis* (Chevy Chase, MD: Adler & Adler, 1986), 328–29.
19. John I. Glass et al., “Essential Genes of a Minimal Bacterium,” *PNAS* 103, no. 2 (2006): 425–30, (<https://doi.org/10.1073/pnas.0510013103>).
20. Stephen J. Giovannoni et al., “Genome Streamlining in a Cosmopolitan Oceanic Bacterium,” *Science* 309, no. 5738 (2005): 1242–45, (<https://doi.org/10.1126/science.1114057>). See also a discussion of efforts to build a minimal genome by the J. Craig Venter Institute at <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4879981/>.
21. Consider a minimal cell model discussed by In Vivo Veritas at [http://invivoveritasest.blogspot.com/2013/07/a-minimum-cell-model-and-origin-of-life\\_4.html](http://invivoveritasest.blogspot.com/2013/07/a-minimum-cell-model-and-origin-of-life_4.html).
22. This need not be an infinite regress. Based on what we see in biology, the self-replication process apparently can be engineered and the challenge can be overcome. But we do start to sense the scale of the problem.
23. Dawkins, *The Selfish Gene*, 15.

## 第四章 不可簡化的複雜性與進化

1. For Charles Darwin, there was no goal or purpose in this process; all variations were accidental. Wallace in the end differed in asserting a measure of purposiveness in evolution, as did Asa Gray and others since, but most evolutionary thought has followed Darwin.
2. Darwin himself was unsure whether there was just one original form of life, or a small number of forms (e.g., one ancestor for all plants, one for all animals, one for all fungi), but (at least until very recently) the common view among evolutionary theorists was that there was just one original form.
3. Darwin did not at first call the process of divergence from a common ancestor “evolution” but “descent with modification.”
4. For a discussion of some of the difficulties with traditional examples of natural selection, including the peppered moths and Darwin’s finches, see Jonathan Wells, *Icons of Evolution: Science or Myth?* (Washington, DC: Regnery Publishing, 2000). See also the companion website at <https://iconsofevolution>.

- com/icons-of-evolution/.
5. Yuri Philipstchenko, *Variabilität und Variation* (Berlin: Gebrüder Borntraeger Verlagsbuchhandlung, 1927).
6. Theodosius Dobzhansky, *Genetics and the Origin of Species* [1937] (New York: Columbia University Press, 1982), 12.
7. Winston Ewert, “The Dependency Graph of Life,” *BIO-Complexity* 2018, no. 3 (July 17, 2018): 1–27, (<https://bio-complexity.org/ojs/index.php/main/article/viewFile/BIO-C.2018.3/BIO-C.2018.3>).
8. Karl W. Giberson and Francis S. Collins, *The Language of Science and Faith: Straight Answers to Genuine Questions* (Downers Grove, IL: InterVarsity Press, 2011), 43.
9. S. J. Padayatty and M. Levine, “Vitamin C: The Known and the Unknown and Goldilocks,” *Oral Diseases* 22, no. 6 (September 2016): 483, (<https://doi.org/10.1111/odi.12446>).
10. See, for example, William A. Dembski, *The Design Revolution: Answering the Toughest Questions about Intelligent Design* (Downers Grove, IL: InterVarsity Press, 2004), 317; see also Jonathan Wells, *The Myth of Junk DNA* (Seattle: Discovery Institute, 2011).
11. Ann K. Gauger, Ola Hössjer, and Colin R. Reeves, “Evidence for Human Uniqueness,” in *Theistic Evolution: A Scientific, Philosophical, and Theological Critique*, eds. J.P. Moreland et al. (Wheaton, IL: Crossway, 2017), 497. [An internal citation was removed from the quotation.]
12. Charles Darwin, *The Origin of Species*, 6th ed. (London: John Murray, 1872), chap. 6, (<http://darwin-online.org.uk/content/frameset?itemID=F391&viewtype=image&pageseq=1>).
13. Michael Behe, *Darwin’s Black Box: The Biochemical Challenge to Evolution*, 10th anniversary ed. (New York: Free Press, 2006), 39.
14. Behe, *Darwin’s Black Box*, 39 (for the quoted phrase), 42–45 (for the discussion of the mousetrap’s parts and their interactions).
15. Behe, *Darwin’s Black Box*, 51–139.
16. Scott A. Minnich and Stephen C. Meyer, “Genetic Analysis of Coordinate Flagellar and Type III Regulatory Circuits in Pathogenic Bacteria,” *Design and Nature II*, eds. M. W. Collins and C. A. Brebbia (Southampton, UK: WIT Press, 2004), 302. See also the short online video, “Type Three Secretory System,” (<https://revolutionarybehe.com/category/bacterial-flagellum/>).
17. Some of these ideas are taken from the excellent interview with Dr. Howard Glicksman, “A Doctor Examines How the Body Meets Its Need for Oxygen,” September 27, 2017, in *ID the Future*, podcast, MP3 audio, 17:19, (<https://www.discovery.org/multimedia/audio/2017/09/a-doctor-examines-how-the-body-meets-its-need-for-oxygen/>).

18. Stuart Fox, *Human Physiology*, 15th ed. (New York: McGraw-Hill Education, 2018), 408.
19. According to one analysis, the size of each hemoglobin molecule is approximately 5 nm in diameter. See Harold P. Erickson, "Size and Shape of Protein Molecules at the Nanometer Level Determined by Sedimentation, Gel Filtration, and Electron Microscopy," *Biological Procedures Online* 11, no. 1, art. 32 (May 15, 2009): 35, (<https://biologicalproceduresonline.biomedcentral.com/track/pdf/10.1007/s12575-009-9008-x>).
20. Douglas Axe, "Estimating the Prevalence of Protein Sequences Adopting Functional Enzyme Folds," *Journal of Molecular Biology* 341 (2004): 1295–1315.
21. Bruce Alberts et al., *Molecular Biology of the Cell*, 6th ed. (New York: Garland Science, 2015), 16.
22. For more information on this evolutionary constraint, see Ann K. Gauger, Stephanie Ebnet, Pamela F. Fahey, and Ralph Seelke, "Reductive Evolution Can Prevent Populations from Taking Simple Adaptive Paths to High Fitness," *BIO-Complexity* 2010, no. 2 (January 2010): 1–9, (<http://dx.doi.org/10.5048/BIO-C.2010.2>).
23. To understand the reason behind the guarded language here, see Mark Gerstein et al., "What Is a Gene, Post-ENCODE?" *Genome Research* 17 (2007): 669–681, (<https://genome.cshlp.org/content/genome/17/6/669.full.html>), as well as Jonathan Wells, *Zombie Science: More Icons of Evolution* (Seattle: Discovery Institute Press, 2017), chap. 4.
24. For a simple explanation and an early animation of protein synthesis, watch *Unlocking the Mystery of Life*, directed by Lad Allen (La Mirada, CA: Illustra Media, 2003), DVD, chapter 10. This portion of the documentary is also available for viewing: Illustra Media, "Unlocking the Mystery of Life (Chapter 10 of 12)," YouTube, video, 4:27, December 9, 2008, (<https://www.youtube.com/watch?v=gdBjt6sdDfI>).
25. For a detailed discussion of several mutations in the flapwing protein (flw) and the impact on fruit fly reproduction, see Shinya Yamamoto et al., "Protein Phosphatase 1β Limits Ring Canal Constriction during *Drosophila* Germline Cyst Formation," *PLOS ONE* 8, no. 7 (July 25, 2013): e70502, (<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0070502>).
26. Michael Behe's follow-up to the bestselling *Darwin's Black Box* examined the experimental evidence and field observations to determine what Darwin's mutation-plus-selection mechanism could actually accomplish. He looked at microbes, since they have huge populations and rapid generational turnover, allowing evolutionary processes to try many millions of mutations over just a few years. From the results he extrapolated mathematically to even longer waiting times and still larger populations. From this work he showed that there are severe limits to the ability of the Darwinian mechanism to effect biological change. It can tinker but not innovate. It can break but not build anything

- fundamentally new. See Michael J. Behe, *The Edge of Evolution: The Search for the Limits of Darwinism* (New York: Free Press, 2007).
27. Behe has shown that the Darwinian mechanism is most effective as a destructive force, rather than as a creative one. Behe set forth a principle he calls “the first rule of adaptive evolution,” which, in essence, states that mutations that yield a net fitness gain are much more likely to be mutations that break or blunt a pre-existing function than ones that produce a new function. See Michael J. Behe, “Experimental Evolution, Loss-of-function Mutations, and ‘The First Rule of Adaptive Evolution,’” *The Quarterly Review of Biology* 85, no. 4 (December 2010): 419–45, ([https://www.lehigh.edu/~inbios/Faculty/Behe/PDF/QRB\\_paper.pdf](https://www.lehigh.edu/~inbios/Faculty/Behe/PDF/QRB_paper.pdf)). See also his recent book: Michael J. Behe, *Darwin Devolves: The New Science about DNA that Challenges Evolution* (New York: HarperCollins, 2019).
28. Douglas Axe, “Estimating the Prevalence of Protein Sequences Adopting Functional Enzyme Folds.” See also Douglas D. Axe, *Undeniable: How Biology Confirms Our Intuition That Life Is Designed* (New York: HarperOne, 2016), 57.
29. Some researchers think the unlikelihood of accidentally forming a protein is even higher than Axe’s calculations focused on amino acid sequences. Other factors also required for functional proteins include the free energy states of the amino acid combinations and the stability of the folded protein chain. Recent research hints at additional improbabilities similar to those calculated by Axe. See Brian Miller, “Thermodynamic Challenges to the Origin of Life,” in Charles B. Thaxton et al., *The Mystery of Life’s Origin: The Continuing Controversy* (Seattle: Discovery Institute Press, 2020), 359–74.
30. The original statement was: “A new scientific truth does not triumph by convincing its opponents and making them see the light, but rather because its opponents eventually die and a new generation grows up that is familiar with it.” From Max Planck, *Scientific Autobiography and Other Papers*, trans. Frank Gaynor (London: Williams & Norgate, 1950), 33–34. Others have taken Planck’s statement and modified it for brevity, as seen in Pierre Azoulay, Christian Fons-Rosen, and Joshua S. Graff Zivin, “Does Science Advance One Funeral at a Time?” *American Economic Review* 109, no. 8 (2019): 2889–2920. Similar ideas are presented in Thomas Kuhn, *The Structure of Scientific Revolutions*, 4th ed. (Chicago: University of Chicago Press, 2012).
31. See Stephen C. Meyer, *Darwin’s Doubt: The Explosive Origin of Animal Life and the Case for Intelligent Design* (New York: HarperOne, 2013), chap. 6.
32. Matti Leisola and Jonathan Witt, *Heretic: One Scientist’s Journey from Darwin to Design* (Seattle: Discovery Institute Press, 2018), 84. The paper referred to is Leonidas Salichos and Antonis Rokas, “Inferring Ancient Divergences Requires Genes with Strong Phylogenetic Signals,” *Nature* 497 (May 16, 2013): 327–31, (<https://doi.org/10.1038/nature12130>).
33. See Günter Bechly and Stephen C. Meyer, “The Fossil Record and Universal

Common Ancestry,” in *Theistic Evolution: A Scientific, Philosophical, and Theological Critique*, eds. J. P. Moreland et al. (Wheaton, IL: Crossway, 2017), 331–362.

34. “Listen: Dissent from Darwin List Tops 1,000—Now the Scientists Weigh In,” *Evolution News*, February 14, 2019, (<https://evolutionnews.org/2019/02/listen-dissent-from-darwin-list-tops-1000-scientists-weigh-in/>).

## 第五章 生命的爆發：寒武紀大爆炸

1. See “Chengjiang Fossil Site,” *World Heritage List*, UNESCO, accessed February 13, 2020, (<https://whc.unesco.org/en/list/1388/>).
2. See Douglas H. Erwin and James W. Valentine, *The Cambrian Explosion: The Construction of Animal Biodiversity* (Greenwood Village, CO: Roberts and Company, 2013), 330, 324.
3. Christopher J. Lowe, “What Led to Metazoa’s Big Bang?” *Science* 340, no. 6137 (2013): 1170–71, (<https://doi.org/10.1126/science.1237431>).
4. Xian-guang Hou et al., *The Cambrian Fossils of Chengjiang, China: The Flowering of Early Animal Life*, (Oxford: Blackwell, 2004), 13.
5. D. G. Shu et al., “Lower Cambrian Vertebrates from South China,” *Nature*, 402 (November 4, 1999): 42–46, (<https://doi.org/10.1038/46965>).
6. Simon Conway Morris and Jean-Bernard Caron, “A Primitive Fish from the Cambrian of North America,” *Nature* 512 (June 11, 2014): 419–22, (<https://doi.org/10.1038/nature13414>).
7. John L. Wiester, “Shell Games in California,” *Origins Research* 14, no. 2 (1992): 11.
8. Even before Chengjiang, other Cambrian fossil sites around the world, the Burgess Shale especially, already suggested the lawn model of an abrupt appearance of multiple phyla close together in time. But the Chengjiang fossil discoveries made that pattern all the plainer, and the fossils were so well preserved that they created an international sensation, causing the news about the Cambrian explosion to leap well beyond the specialized world of paleontology and evolutionary biology.
9. J. Y. Chen, quoted by Stephen C. Meyer in *Darwin’s Doubt: The Explosive Origin of Animal Life and the Case for Intelligent Design* (New York: HarperOne, 2013), 52.
10. See the announcement for the conference on *Evolution: Genetic Novelty/ Genomic Variations by RNA Networks and Viruses*, Salzburg, Austria, July 4–8, 2018, (<http://www.rna-networks.at/about/>).
11. Edward J. Steele et al., “Cause of Cambrian Explosion—Terrestrial or Cosmic?” *Progress in Biophysics and Molecular Biology* 136 (August 2018): 3–23, (<https://doi.org/10.1016/j.pbiomolbio.2018.03.004>). Consider

- also an interview critique with biologist Ann Gauger, “Octopuses from the Sky: Scientists Propose ‘Aliens Seeded Life on Earth,’” July 9, 2018, in *ID the Future*, podcast, MP3 audio, (<https://www.discovery.org/multimedia/?s=outer+space>).
12. For Stephen Meyer’s extended case on the matter, see *Darwin’s Doubt: The Explosive Origin of Animal Life and the Case for Intelligent Design* (New York: HarperOne, 2013) and *Debating Darwin’s Doubt: A Scientific Controversy That Can No Longer Be Denied*, ed. David Klinghoffer (Seattle: Discovery Institute Press, 2015). Other key intelligent design scholars and theorists include Douglas Axe, Michael Behe, William Dembski, Guillermo Gonzalez, Phillip Johnson, Paul Nelson, Jay Richards, and Jonathan Wells. See, for example, a partial list of prominent intelligent design scholars at “Fellows,” Discovery Institute Center for Science and Culture, ([www.discovery.org/id/about/fellows](http://www.discovery.org/id/about/fellows)).
  13. J. Y. Chen, C. W. Li, Paul Chien, G. Q. Zhou, and Feng Gao, “Weng’an Biota: Casting Light on the Precambrian World” (paper presentation, The Origin of Animal Body Plans and Their Fossil Records, Kunming, China, June 20–26, 1999).
  14. Paul Chien, J. Y. Chen, C. W. Li, and Frederick Leung, “SEM Observation of Precambrian Sponge Embryos from Southern China, Revealing Ultrastructures Including Yolk Granules, Secretion Granules, Cytoskeleton, and Nuclei,” (paper presented at the North American Paleontological Convention), University of California, Berkeley, June 26–July 1, 2001.
  15. John A. Cunningham et al., “The Weng’an Biota (Doushantuo Formation): An Ediacaran Window on Soft-bodied and Multicellular Microorganisms,” *Journal of the Geological Society* 174, no. 5 (2017): 793–802, (<https://doi.org/10.1144/jgs2016-142>); David J. Bottjer et al., “Comparative Taphonomy and Phylogenetic Signal of Phosphatized Weng’an and Kuanchuanpu Biotas,” *Precambrian Research*, (August 8, 2019), (<https://doi.org/10.1016/j.precamres.2019.105408>); Jonathan B. Antcliff et al., “Giving the Early Fossil Record of Sponges a Squeeze,” *Biological Reviews* 89, no. 4 (April 29, 2014), (<https://doi.org/10.1111/brv.12090>).
  16. Günter Bechly, “Alleged Refutation of the Cambrian Explosion Confirms Abruptness, Vindicates Meyer,” *Evolution News and Science Today*, Discovery Institute, May 29, 2018, (<https://evolutionnews.org/2018/05/alleged-refutation-of-the-cambrian-explosion-confirms-abruptness-vindicates-meyer/>).
  17. Stephen Q. Dornbos et al., “A New Burgess Shale-Type Deposit from the Ediacaran of Western Mongolia,” *Scientific Reports* 6 (2016): 23438; Xunlai Yuan et al., “An Early Ediacaran Assemblage of Macroscopic and Morphologically Differentiated Eukaryotes,” *Nature* 470 (2011): 390–3.
  18. Allison C. Daley et al., “Early Fossil Record of Euarthropoda and the Cambrian Explosion,” *PNAS* 115, no. 21 (2018): 5323–31.

19. Meyer, *Darwin's Doubt*, 85–6.
20. Giulio Mariotti et al., “Microbial Origin of Early Animal Trace Fossils,” *Journal of Sedimentary Research*, 86 (2016): 287–93.
21. Erwin and Valentine, *The Cambrian Explosion*, 6.
22. Marten Scheffer, *Critical Transitions in Nature and Society* (Princeton, NJ: Princeton University Press, 2009), 169–70.



## 圖片來源

### 大爆炸和精調的宇宙

**Figure 1.1.** Albert Einstein. Photograph by Ferdinand Shmutzer, 1921. Modified by Quibik, 2012, Wikimedia Commons. Public domain.

**Figure 1.2.** Holmdel horn antenna at Bell Labs. Photograph by NASA, 1962. Public domain.

**Figure 1.3.** Big Bang Expansion. “Timeline of the Universe.” Image by NASA/WMAP Science Team. Public domain.

### 資訊和生命起源

**Figure 2.1.** Primordial landscape. “Chemical Soups around Cool Stars.” Illustration by NASA/JPL-Caltech. Public domain.

**Figure 2.2.** Rendering of the setup used in the Miller-Urey experiment. Adapted by Brian Gage from various images, including image by Yassine Mrabet, 2008, Wikimedia Commons. CC BY-SA license.

**Figure 2.3.** DNA structure. “DNA Replication Split.” Image by Madeleine Price Ball (Madprime), 2013, Wikimedia Commons. CCO 1.0 license.

### 一個能自我建造工廠的工廠……

**Figure 3.1.** 3D printed cube stand. Photographs by Eric H. Anderson.

**Figure 3.2.** RepRap printer. Image by RepRap Project, 2007, Wikimedia Commons. CC BY-SA 3.0 license. Descriptive arrows added.

## 不可簡化的複雜性與進化

**Figure 4.1.** Tree of Life. “Genealogical Tree of Humanity.” Illustration by Ernst Haeckel, ca. 1877. Modified by Fuelbottle, 2007, Wikimedia Commons. Public domain.

**Figure 4.2.** Galapagos finches. Illustration by John Gould in Charles Darwin, *Journal of Researches into the Natural History and Geology of the Countries Visited during the Voyage of H. M. S. Beagle round the World* (London: John Murray, 1845), 379. Modified by Shyamal, Wikimedia Commons. Public domain.

**Figure 4.3.** Common mousetrap. Image by Eric H. Anderson.

**Figure 4.4.** Electron micrograph of a bacterium. Transmission electron micrograph by Graham Bradley, 2005, Wikimedia Commons. Public domain.

**Figure 4.5.** Bacterial flagellum. Illustration by Joseph Condeelis/Light Productions. Adapted by Brian Gage.

**Figure 4.6.** Alveolar sacs and pulmonary capillaries. Image by LadyofHats and Salman666, 2007, Wikimedia Commons. Public domain.

## 生命的爆發：寒武紀大爆炸

**Figure 5.1.** Paul K. Chien in front of Maotian Shan. Photograph by Illustra Media. Used with permission.

**Figures 5.2–5.3.** *Stellostomites* and Hyoliths. Photographs by Paul K. Chien.

**Figure 5.4.** *Maotianshania cylindrica*. Photograph by Illustra Media. Used with permission.

**Figures 5.5–5.6.** *Leanchoilia* and trilobite. Photograph by Illustra Media. Used with permission.

**Figure 5.7.** *Haikouella*. Photograph by Paul K. Chien.

**Figure 5.8.** Phyla graphic. Recreation by Eric H. Anderson, based on information provided by D. G. Shu to the author.

**Figure 5.9.** Graphical representation of the “Hard Facts Wall” and actual data. Image by Access Research Network. Used with permission.

**Figure 5.10.** California Academy of Sciences museum display of the “Timeline of Life on Earth.” Photograph by Paul K. Chien.

**Figure 5.11.** Panel from exhibit at the Beijing National Museum of Natural History. Photograph by Paul K. Chien.

**Figure 5.12.** Small round fossils. Photograph by Paul K. Chien.

**Figure 5.13.** Sponge egg images. Photographs by Paul K. Chien.

## 進深學習參考資料

1. *The Privileged Planet* by Guillermo Gonzalez and Jay Richards
2. *The Privileged Planet* film by Illustra Media
3. *A Fortunate Universe: Life in a Finely Tuned Cosmos* by Geraint Lewis and Luke Barnes
4. *Signature in the Cell* by Stephen Meyer
5. *The Mystery of Life's Origin: The Continuing Controversy* by Charles Thaxton et al.
6. Dallas Science and Faith Conference: “James Tour: The Mystery of the Origin of Life” at the Discovery Science YouTube channel
7. *Darwin's Black Box*, revised edition, by Michael Behe
8. “Secrets of the Cell” at michaelbehe.com
9. “Revolutionary”, “The Information Enigma”, and other origins videos at the Discovery Science YouTube channel
10. *Icons of Evolution* by Jonathan Wells
11. *Zombie Science* by Jonathan Wells, and iconsofevolution.com
12. *Darwin Devolves* by Michael Behe
13. *Darwin's Doubt* by Stephen Meyer
14. *Debating Darwin's Doubt*, ed. David Klinghoffer
15. *Darwin's Dilemma* by Illustra Media, a film exploring the Cambrian explosion as evidence for intelligent design. (A Chinese version was recently made available at the Illustra Media YouTube channel.)



羅應金博士 (Thomas Y. Lo)，一位專注於醫療和健身可穿戴技術研發的工程師和企業家。他是 Logos Care, Inc. 的總裁兼首席技術官，在伊利諾大學獲得電機工程博士學位。



錢錕博士 (Paul K. Chien)，三藩市大學的榮休教授，曾任該校生物系主任。他還曾在香港中文大學任教，為加州理工學院Kerckhoff海洋實驗室提供諮詢，並曾在加州聖克拉拉大學生物系擔任掃描電子顯微鏡分析師。錢先生曾與中國多個機構的同事，一起發表過論文。他在加州大學歐文分校獲得生物學博士學位。



艾瑞克·安德森 (Eric Anderson)，J. Reuben Clark法學院法學博士。他是企業家、軟體工程主管、設計理論家，也是「非共同祖先」進化論和智慧設計的特約作者。



羅伯特·敖世彤博士 (Robert Alston)，Picatinny Arsenal公司的電機工程師，曾任美國宇航局特別專案工程師。他在北卡羅來納州農業和技術大學獲得電機工程博士學位。



羅伯特·華爾澤博士 (Robert Waltzer)，密西西比州傑克遜市Belhaven大學生物系教授和系主任。他曾擔任密西西比科學院科學史和科學哲學組的聯合主席，並在俄亥俄州立大學獲得解剖學博士學位，主要研究神經解剖學。

## 出版後記

生命是如何開始的？宇宙是盲目產生的嗎？萬物都是自發進行的嗎？這些都是縈繞在很多人心間的終極之間。關於宇宙和生命的起源問題，科學常常凌駕於宗教，以科學主義的姿態做出了肯定的、不容辯駁的回答。這種傾向不僅發軔於抬高理性和科學的啟蒙運動，在21世紀的今天更是愈演愈烈。

很多人甚至斷言，大爆炸和進化論對此問題給出了科學的、官方的、一錘定音的解答：宇宙誕生於大約137億年前的一次大爆炸，一切都是自發產生於物質和能量，生命最初是由無機物變成有機物，然後從有機物自發形成最簡單的生命體，最後生命體由於突變和自然選擇經歷漫長的進化產生這樣一個紛繁複雜的生物圈……一切都是自發、隨機、無目的的。

真的如此嗎？這真的是大爆炸和現代進化論所回答的嗎？現代科學和證據真的完全支持這種信念嗎？這本《起源・證據・目的》並不盲信，它決定按著蘇格拉底的「跟隨證據的指向，去往它所引領的地方」的原則，不涉及宗教，單以純科學的視角來重新審視很多新近的證據，來小心地得出這樣一個結論：一個有計劃、有目的、精心設計的生命起源是最佳的解釋。最初的生命不是個化學巧合或宇宙彩票的幸運抽獎。相反，生命的發生是有目的、有計劃和精心安排的。

從天體物理學到海洋生物學，從大爆炸到微進化，從寒武紀生命大爆發到不可簡化的複雜性，這批科學家順著證據，堅持追尋最佳的解釋，為「智慧設計論」添上了濃墨重彩的一筆。

正是出於這種科學與信仰對話的精神，我們特意在《起源》之後推出此書，希望能進一步啟發讀者在忠於自身信仰的同時，認真考察科學中的普遍啟示，加深對神的敬畏和信心。《起源》澄清了存在已久的對科學本身、對進化內涵片面的認識和迷思，在聖經的啟示和大自然的啟示相容的原則下，開啟了科學與信仰的動態對話，指引讀者去以科學的眼光看宗教，以宗教的眼光看科學。

《起源·證據·目的》則致力於完全以客觀的證據作對話的基礎，而不涉及任何宗教經典或信仰。在起源和演化的問題上，它歸納列舉一系列最新的科學證據，確認生命和宇宙的起源和演化，不是自發，也非隨機，而是有前瞻、有計劃、有目的和精心設計的，這一切背後存在著極大的智慧。而這智慧的來源則屬於哲學和神學的範疇。

這兩本書在生物演化的議題上有非常不同的認知，但它們都秉承開放的態度，來促使讀者面對證據，不輕信武斷，也不盲目跟從，依照常識和天賦的理性來對這些複雜的問題做出進一步思考。而這種對待信仰和科學的開放而嚴謹的視角，正是我們作為出版者希望在華人群體中努力培養，共同成長的。

普世佳音

2021年7月

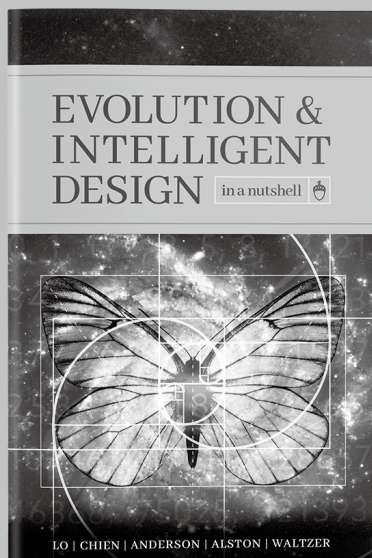


# EVOLUTION & INTELLIGENT DESIGN

in a nutshell



英文版於2020年5月出版  
成為Amazon相關類別暢銷書之一  
適合青年學生閱讀  
特別是華裔第二代和他們的朋友



[WWW.EVOLUTIONANDID.COM](http://WWW.EVOLUTIONANDID.COM)

網站提供更多有關智慧設計的資料  
供讀者做進一步的學習

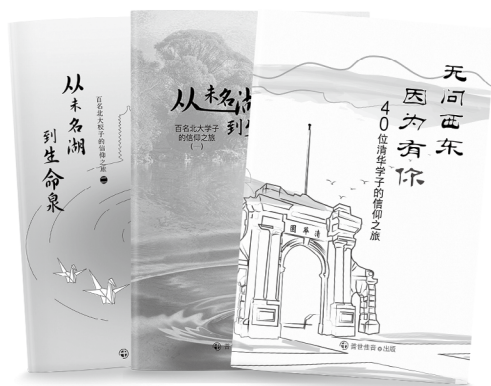
# 一代人 一代歌



針對新一代青年知識分子接受基督教的主要障礙和對基督教認識上的一些誤解，我們策劃編輯出版《遊子新歌》系列叢書，來幫助讀者認識基督教真理，歸向真神。該叢書希望以客觀的事實、嚴謹的態度和輕鬆的表達方式，闡述基督教與科學、與其他宗教、與中國文化和西方文明的關係，還原基督教入華的歷史並宣教士對中國現代文明的貢獻。



獲獎徵文系列



高校學子系列

訂購網址：<http://chinese-goodnews.org/youzixinge>



## 普世佳音 新媒體傳播機構

### 今日佳音 新媒體事工：

原創、精選優質內容，為當代基督徒提供生活、工作等各方面的屬靈幫助，促進世界觀和生活方式的更新。目前主要透過「佳音樂道」微信公號等各類社交媒體平台每天發佈。

### 因信說話 影音事工：

近年代表作品有紀念宗教改革 500 週年、和合本聖經 100 週年的動畫短片，美國當代基督教名家訪談《我在故我思》（2018）、大型書信朗讀節目《因信說話》（2020）等。

### 遊子新歌 出版事工：

針對新一代青年知識分子接受基督教的主要障礙和誤解，本叢書以客觀的事實、嚴謹的態度和輕鬆的表達方式，詳細闡述基督教與自然科學、社會科學、其他宗教、中西方文化的關係。陸續出版中。

### 每日箴言 靈修事工：

由資深牧師及聖經學者撰寫，翻譯為多種文字，在全世界廣播和出版發行。中文版已有 30 年出版歷史，現以文字、音頻和視頻等多種形式呈現，深受信徒喜愛。

### 話語論壇 研討事工：

為推動新媒體事工的發展和聯合，促進主內媒體機構間的合作，我們在中國、台灣、北美和其他華人聚居地區定期舉辦專業論壇和研討會，並將研討成果與眾機構和教會分享。

### 網絡宣教 培育事工：

透過比賽、獎學金、訓練營、合作等各種形式來發現、激勵、培育新媒體宣教士。並編寫錄製相關培訓課程，供神學院和教會主日學使用。



