

宇宙

李傑信／著

On the Origin
of the Universe

起源

宇宙

李傑信／著

起源

On the Origin
of the Universe

國家圖書館出版品預行編目 (CIP) 資料

宇宙起源 / 李傑信 著. -- 初版. -- 臺北市 :

臺大出版中心出版 : 臺大發行, 2013.07

面 ; 公分

ISBN 978-986-03-7288-5 (平裝)

1. 宇宙 2. 通俗作品

323.9

102012470

宇宙起源 On the Origin of the Universe
作者 李傑信

總 監 執行編輯 文字編輯 美術編輯 封面設計	項 潔 吳育燐 黃資喻、歐陽達 陳宛琳 蕭伊寂
發 行 者 發 行 所 出 版 者 印 製 出版年月 版 次 定 價	楊泮池 國立臺灣大學 國立臺灣大學出版中心 卡樂彩色製版印刷有限公司 2013 年 7 月 初版 新臺幣 300 元整
展 售 處	國立臺灣大學出版中心 臺北市 10617 羅斯福路四段 1 號 電話 : (02)2365-9286 傳真 : (02)2363-6905 臺北市 10087 思源街 18 號澄思樓 1 樓 電話 : (02)3366-3991~3 轉 18 傳真 : (02)3366-9986 http://www.press.ntu.edu.tw E-mail : ntuprs@ntu.edu.tw 國家書店松江門市 臺北市 10485 松江路 209 號 1 樓 電話 : (02)2518-0207 國家網路書店 http://www.govbooks.com.tw

ISBN : 978-986-03-7288-5

GPN : 1010201275

著作權所有 · 翻印必究

■ 推薦序——人人好奇的宇宙起源

臺大物理系教授 高涌泉

在當今各式各樣的科學之中，宇宙學是一門相當奇特的學問——它既是人類對於自然最古老的探索，卻同時也是最嶄新的科學。它的古早性從以下的一個例子即可知：在西藏傳承的古代印度佛典裡，有十四個沒有答案的問題，稱為「十四無記」，這些問題包括了「自我和宇宙是永恆的嗎？」、「自我和宇宙是變易的嗎？」、「自我和宇宙既是永恆又是變易的嗎？」、「自我和宇宙有起點嗎？」、「自我和宇宙沒有起點嗎？」、「自我和宇宙既有起點，又沒有起點嗎？」等，每個大問題都牽涉宇宙，所以自古以來，人類對於宇宙究竟怎麼一回事即充滿好奇。

但是古人萬萬沒想到的是，在這些他們認定永遠找不到答案的問題當中，居然有一部分在 20 世紀出現了解答。例如，我們已經知道宇宙誕生於約 137 億年前，所以宇宙的確有個起點，而且是變易的！古人其實有非常好的理由相信我們回答不了「十四無記」——起碼在涉及宇宙的部分，這理由就是我們不可能讓時間倒流而回到過去，因此便不可能了解宇宙最初是怎麼開始的。既然科學家宣稱找到了答案，那麼他們一定尋到了不可思議的方法，讓他們即使在沒有時光機的情況下，也能夠有信心地推論出 137 億年前——那個連銀河系還都不存在的時候——所發生的事。

我相信沒有人不好奇科學家到底怎麼能夠回答宇宙有無起點的問題，大家必定想知道究竟是那些人、在什麼時候、發現了什麼現象，使得科學福爾摩斯們得以拼湊出宇宙完整的圖像。這趟尋求宇宙起源的科學之旅其實高潮迭起，有很多出人意料之外的轉折，有各式各樣有趣的人物參與，其中有無名的英雄，也有無意遇上寶藏的幸運兒，他們的故事一般大眾會感興趣也聽得懂，講述這些故事就是本書的主旨。

作者李傑信博士任職於美國航太總署（NASA），這個機構資助了許多關鍵的宇宙探索活動，著名的例子之一就是「宇宙背景探測器」（COBE）太空實驗計畫，這個探測器（衛星）所蒐集到關於宇宙微波背景輻射的數據，讓其兩位計畫主持人斯穆特（George Smoot）與馬瑟（John Mather）獲得 2006 年諾貝爾物理獎。李博士因為工作關係，對於斯穆特與馬瑟兩人的研究歷程，有第一手的了解，他將不少外人所不知的故事（例如第七章「黑臉白臉」一節）寫進書中，成了這本《宇宙起源》最重要的特色。

當然，除了第一手的故事與歷史敘事之外，本書對於相關的天文與物理知識也有生動的說明，所以適合作為宇宙學入門書。一本很棒的科普書會讓讀者在閱讀之後，對於主題產生更高的興趣，進而想去尋找更詳細、更清楚精確的相關科學書籍來閱讀，李傑信博士的《宇宙起源》有成為這樣一本書的潛力。

2013 年 7 月 2 日

■ 推薦序——終極關懷

作家 劉大任

傑信傳來他的新著《宇宙起源》，要我寫篇序。坦白說，我覺得很惶恐。雖然一直關心他多年努力不懈的科普工作，但我對他的專業，基本是個門外漢，能說什麼呢？

但傑信，就是希望見到非物理專業的觀點！

那就勉為其難吧。

忽然想到三年前寫過一篇文章《兩種文化觀》，也許從這裡切入。

1959年5月，英國小說家斯諾（C. P. Snow，不是寫《西行漫記》的那位斯諾）在劍橋大學演講，提出了一個新觀點，發人深省，題目是〈兩種文化觀和科學革命〉。他認為，西方知識界嚴重兩極分化，一個集團叫做「科學家」，另一個集團，他稱為「文學學者」。兩個集團相互排斥，你瞧不起我，我也看不起你。

「兩種文化觀」在過去半個世紀成為針對西方知識界提出的嚴重警告，顯然涉及教育上過分強調「專業化」。大學教育分工過細，物理博士不讀莎士比亞，文學博士連基本物理觀念都搞不清楚。一個社會，出現這種文化現象，有什麼危險？小自個人生活態度，家庭和人際關係，大至公眾價值和國家理想，都可能出現僵硬和偏枯。

歐美先進國家，早在四、五十年前開始自覺審查，檢討得失，至今仍未妥善解決，而我們所屬的東亞，包括近三十年勇猛崛起的大陸，自從跳上經濟發展的快車，幾乎完全沒有任何懷疑，除了創造財富，其他多不考慮。主政者滿腦子都是「建設」，社會風氣崇尚「務實」，年輕的，一代又一代，當然只能相信「掌握數理化，走遍天下都不怕！」

經濟快車有沒有翻車的危險？這個問題，考慮的人不多。

傑信和我，都是在「快車」出發前後那段時間，接受臺灣的制式教育，培養出來的「產品」。出國後，眼界開闊，才有自修成才的機會。現在，他的專業水平已經是世界一流，成為美國太空總署的「主要科學家」。我有幸通過自覺努力，避開了文學學院式教育，摸索出一條生路。這些年來，我們經常見面，不但「言不及義」，而且通過交流，逐漸形成一種「互補式」的友誼。我聽他講天文物理，他也常問我有關文學藝術的問題。終於，彼此都養成習慣，我開始讀些科學，他做得更澈底，每次開長途，必聽語音書，往往一大本一大本的文學經典，華盛頓、紐約跑上幾次，《白鯨記》、《戰爭與和平》……，都收入囊中。

本來都是標準的「兩種文化觀」產品，即所謂的「單面人」，幸好「心有不甘」，才有自救機會。

天文物理也好，文學藝術也好，表面看來，南轅北轍，但卻在某個地方相通。什麼地方呢？簡單說，就是「人類的終極關懷」。

我來自何處？走向何方？宇宙緣何而起？它有沒有目的？這一

類看似無解的問題，其實是最終溝通不同專業的祕密渠道。

1976年，我在聯合國環境規劃署服務。這是龐大的聯合國系統中，總部設在黑非洲的第一個機構。赤道附近待了三年，交過一些非洲朋友。基本上，可以這麼說，不論出身哪個部族，都各有一套盤古開天闢地的神話傳說。篇幅所限，我只介紹一個康巴族的故事。

人類的第一對夫妻是恩蓋·穆隆古（Ngai Mulungu，即「全能神」）和恩蓋·姆瓦團吉·瓦·恩扎（Ngai Mwatungi wa nzaa，即「分指神」）合力從地洞中拉出來的。人本來是不死的，穆隆古神派變色龍送信，變色龍慢吞吞一路鬼混，等牠到達，另一名信差織布鳥早已飛到，傳達了死亡訊息。人從此有了死亡。但康巴族相信，死亡不代表完全消失，因為人的生殖繁衍抵消了一部分死亡，此外，人死並非絕滅，他進入「艾姆」（aimu）精神世界，持續死生相續。那個持續死生相續的世界，叫做「亞亞亞尼」（yayayani）。

這個神話故事，我們很容易理解，它對現實世界和人類前途最關心卻無解的重大事件，通過想像，做出了符合人類思維邏輯的解釋。最讓我們感到特別的是「分指神」，這是其他部族原始神話中少見的，突出了康巴族對人之所以異於其他生物的敏銳觀察。手指分開才有可能完美掌握工具。

康巴族和其他民族有關人類和宇宙起源的神話故事告訴我們兩個事實。

第一，世界上，不論哪個民族，不論地域，不論文明發展程度，終極關懷是共同的。

第二，在有關「終極關懷」的知識追求中，有一個從無到有，從簡單到複雜，從玄想到可驗證的明顯發展軌跡。簡單說，就是人類知識從神話傳說、巫術、宗教、哲學到科學的發展過程。

傑信費盡心血給我們寫的這本《宇宙起源》，可以說，就是當代最尖端科學研究對人類原始終極關懷的概要圖說，而且是運用最平常的科普語言提供給我們這些門外漢的最新《福音書》。

我知道，真正深入堂奧的天文物理宇宙理論，根本就是數學，是我們無法企及的天書。傑信這本書，不但嘉惠像我這樣「心有不甘」的門外漢，對於有志於天文物理的初高中和大學青年，更是掌握當代最新信息的系統學習材料。

我早就談過，中文文化環境裏，非常需要像卡爾·塞根（Carl Sagan, 1934-1996）這樣既通達尖端又能以通俗語言著書立說的科普家。這個夢想，看來將印證在傑信身上，他至今已推出六本書，還在整理更多資料。

我們繼續期待。

2013年5月2日

■ 自序

李傑信

起源類的知識，我最喜愛。

1999年，寫完《追尋藍色星球》，地球生命的起源，引起了強烈的好奇。火星個頭小、散熱快，極可能比地球搶先達到生命起源條件；生命在火星成形後，乘坐頻繁出發的隕石列車，抵達地球，播種生命，這是目前無法排除的可能模式。《我們是火星人的？》寫出我的看法：地球生命的起源，可能和火星有密切關連。再往深層追究下去，火星肯定也不是宇宙生命的發源地。《生命的起始點》一書，將寶押在生命可能起源於一條單股的核糖核酸RNA分子上。只要條件湊齊了，RNA分子在宇宙中任何時間任何地點都可能發生。如果發生的地點在地球，那可能是42億年前的事。

生命起源的來龍去脈當然無比重要，但它只是宇宙在萬事俱備、只欠東風情況下的一個錦上添花的現象。想想看，不管是RNA也好，DNA也罷，它的分子中肯定要有質子、中子（甚或夸克）和電子等基本材料。問完了生命化學分子怎麼來的這個問題後，我們還得追問下去，宇宙中這些基本建材質子、中子和電子等是怎麼來的呢？

追尋質子、中子和電子等物質的起源，在概念上，就是追尋宇宙的起源。

其實我們仰望星空，看到的都是物質的宇宙。幾千年來，人類看著這本深邃的天書，天問不息，辛勤探究。

但人類恆久看到的卻是一個靜止的宇宙。天穹中點點繁星，都似乎堅固不動，人類只好接受宇宙是永恆存在的，它就是已經連續在那，如今如往昔，不需出生地，更不需出生日（no where, no when）。

20世紀初期，人類終於看到了，宇宙竟然是膨脹的。膨脹的宇宙往回看，它的體積應是一路縮回去。縮到最後，體積就小到不能再小，那一天就該是宇宙的生日、宇宙的起始點。

膨脹的宇宙，石破天驚，給人類帶來了對宇宙起源的追尋。

宇宙雖然浩瀚無邊，但內涵並不複雜，遠比一個小螢火蟲簡單得多。所以，追尋宇宙起源，人類目前所掌握的物理知識，還能挺一陣子。

從物質來追尋宇宙的起源，是正面仰攻，本是最自然不過的線索，就像用人類骨骼化石去追尋人類起源一樣直接。阿爾佛 1948 年的論文就是以這個思維出發，去追尋週期表上化學元素的起源。1977 年，溫伯格寫出了膾炙人口的《最初三分鐘》，為宇宙物質起源定下了精確的時間表。

但人類很難預料得到，在這條路上追到底，竟然只找到了宇宙的 4%，其他 96% 竟然深藏在重重的黑幕之後，不在我們能看得到的線索之內。

這是一個令人類震撼的迷惑。

看來沿物質線索追尋宇宙起源的這條路，走起來並不順暢。1965年，宇宙電磁微波首次在人類文明的舞臺上出現。不錯，這個電磁微波記錄的是宇宙在大霹靂後 37.6 萬年時的天空影像，在時間上，的確比溫伯格的最初三分鐘要晚了許多。但電磁微波出身於宇宙原始電漿火球，是大霹靂宇宙從第一時間就配備的記錄儀器，如影隨形，同步實況錄下了宇宙大霹靂中每個動作，可追溯到宇宙起源時間到一千億億億億分之一秒，即 10^{-35} 秒。

宇宙電磁微波中含有宇宙的超均勻、不均勻、平直和更多的訊息在內。尤其是微波的不均勻和平直特性，竟然呼喚出了宇宙暗能量部分和宇宙組成物質的成分比例。

所以，追尋宇宙起源，如果只以我們能看到的一般物質為主要線索，所得到的訊息只能在宇宙 4% 的成分中打轉，和以宇宙電磁微波為線索比較，訊息量的落差有如天上地下。

知道宇宙中含有 23% 的暗物質和 73% 的暗能量後，人類不但沒變得比以前聰明，反而更加迷惑了。

但至少現代人類已經能夠肯定，我們能看得到的僅僅是宇宙的 4%，這是 20 世紀人類一項偉大的成就。

這本書寫的，就是現代人類先找到宇宙的 4%，再又深深跌入那 96% 未知的黑暗宇宙深淵的故事。

宇宙在 137 億年前的那個生日，太難理解。137 億年的宇宙太年輕，在那之前，宇宙藏到哪裡去了？

「生也有涯，知也無涯」，莊子二千多年前的名言，至今仍然好用。老子更上一層樓，點出「絕學無憂」。兩位先聖可能怕人類對知識追求到走火入魔，良莠不齊，小則造成自身精勞神疲，大則導致禍國殃民。

近些年來，一些在靈修上有突破的朋友，對知識的追求，已適可而止。他們指出，在靈修的道路上，愛因斯坦和佛洛伊德，只得 499 分。相比起來，甘地和德蕾莎修女，700 分。耶穌和佛祖，1,000 分。

分數多少，是估計個體對其他生靈影響的能量。每增加 1 分，能量增加 10 倍。芸芸眾生，一輩子能增加 5 分，已不枉過客匆匆的一生。

從靈修的角度來看，偉大的科學家們被擋在 500 分以下，對人類影響能量望塵莫及於德蕾莎修女，是因為他們對邏輯推理能力的「自戀的虛榮」(vanity of self-admiration)。

我相信靈修的程度，只達到人是有靈性的地步，但自己認為靈性是隨著肉身生，跟著肉身亡，沒有前生來世，更無輪迴。

不知道會不會有那麼一天，我也選擇了關上知識的大門，開始追求靈性上的進修。但在現在這一刻，我清楚地知道，我和知識的塵緣未了，仍然和它魂魄相依。

感謝我的同窗至友——哈佛大學的電磁物理專家蔡武陽(1942-)博士，在百忙之中，為本書做了一次關鍵性的技術校閱。

還有許多朋友為本書校讀潤色，在此不克一一致謝。

■ 導 讀

五百年前，人類還為地球是不是宇宙的中心爭論不休。通過對火星軌道的觀測，尤其開始使用犀利的望遠鏡後，太陽是我們宇宙中心的事實，終於塵埃落定。望遠鏡也像魔鏡一樣，打開人類的視野，直直伸向幾近無窮的蒼穹。

人類看到的滿天繁星，都是靜止不動的，但萬有引力卻是無遠弗屆，本應造成天體互動連連，甚或互撞崩盤。而天庭，看起來則是萬古靜止堅固，紋絲不動，真是令人費解。即使相對論下的宇宙，本質上是運動不息，但在靜止宇宙的緊箍咒下，仍得使用數學手段，把運動下的天體緊緊按住，以期達到在表面上看來，還是靜止宇宙的假象。

20世紀初，人類發現宇宙竟然是膨脹的。膨脹的宇宙，解決了靜止宇宙的迷惑。宇宙在膨脹，就不會馬上崩盤，令人類安心了。但是，膨脹宇宙牽引出來的，卻是一個更大的迷惑。

膨脹的宇宙，朝昨天的方向往回看，宇宙的體積應是愈來愈小，終有一天回至小到不能再小的地步，那天就該是宇宙的生日，宇宙起源的時刻。

先不談有生日的宇宙有多難理解，尤其是宇宙生日的前一天，宇宙躲到哪裡的大問題。

就先想像目前這麼一個大塊頭的宇宙，被壓縮到體積小到不能再小的地步，它所處的溫度環境，應是在一個極高能量的狀態。在

這樣一個難以想像的高能環境，宇宙在生日那天，應會來個大爆炸，或一般稱為的大霹靂。

高能物理學家推論，宇宙大霹靂的過程中，宇宙中的物質，應遵從物理定律，依序出現。更重要的，宇宙大霹靂一定會留下一些電磁波的蛛絲馬跡。人類在 1965 年，終於聽到了宇宙大霹靂後殘留下來的微弱的宇宙嬰啼。嬰啼在微波頻道範圍，以漫山遍野架勢，覆蓋了我們 930 億光年大小的宇宙。

更多的仔細觀測，發現這個宇宙電磁微波，以強度變化比萬分之一還小的超均勻分布，遍布於我們宇宙的每個角落。這個超均勻分布，給人類帶來深沉的困惑。

以現在宇宙年齡約一百多億年估計，在目前 930 億光年大小的宇宙，這些電磁微波已無可能在過去接觸溝通過。過去沒有接觸溝通，就不可能有今天的超均勻，這是人類熟悉的因果邏輯關係。

暫時把困惑放在一旁，且說依理推論。這個超均勻分布的宇宙電磁微波，肯定攜帶著宇宙起源時的一份極機密文件。從表面現象看來，這個超均勻分布的電磁微波像是黑體輻射。人類對黑體輻射知之甚詳。如果宇宙電磁微波果真是黑體輻射，那人類至少可以開始和這個既陌生但又似曾相識的超均勻宇宙微波打交道。

科學家經由衛星觀測，確定了宇宙電磁微波是由黑體輻射而來。這份資訊向人類提供了一幅珍貴的尋寶圖。黑體輻射的電磁微波數據肯定了宇宙出身於一個原始電漿球的解說。物理學家對電漿物理也知之甚詳，原始電漿球的豐富物理內涵，也應在超均勻的宇

宙微波中留下雪泥鴻爪。這些物理內涵，能向人類提供更多的宇宙起源訊息，如超均勻中的不均勻部分，還有宇宙平直的幾何特性等。這些在宇宙起源時就烙下的胎記，甚至還可能存在於凝聚以後的宇宙之中。

當然，以人類在宇宙中已經安全地、快樂地生存著的事實出發，人類也幾乎可以向宇宙直接索取電磁微波要有不均勻和平直的特質。

和電磁微波超均勻分布一樣，不均勻和平直的特性，也該是宇宙在起源時的大動作下，留下的無法湮沒的現場證據。宇宙本身的確也想以超均勻的假相，企圖湮沒這兩份證據，但人類鍥而不捨地追尋，終於將它們挖掘出來。

為了解這些宇宙電磁微波的超均勻、不均勻和平直的詭異現象，人類發明了理論，深深探入宇宙起源後的一千億億億億分之一秒（ 10^{-35} 秒）內，幾近目前物理的極限，才能獲得這些新觀測資料的合理解釋。

解釋好像是相當合理了，但又衍生出來了另一個更大的困惑：宇宙需要一般物質、暗物質和暗能量，各盡所能、同心協力，為平直的宇宙打拚。打拚不是壞事，但宇宙這個撲克老千，又發出了暗物質和暗能量兩張蓋住的黑色王牌，把人類又帶進了另一個更深的迷宮。

換句話說，以熟悉的物理定律，人類只能解釋 4% 的物質宇宙，其他 23% 的暗物質和 73% 的暗能量，不在人類所知的物理範