



宇宙起源

李杰信◎著

THE ORIGIN OF
THE UNIVERSE

宇

宙

李杰信 / 著

起

On the Origin
of the Universe

源

科学普及出版社

· 北京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

宇宙起源 / 李杰信著. —北京: 科学普及出版社, 2015.5

ISBN 978-7-110-08910-1

I. ①宇… II. ①李… III. ①宇宙—起源—普及读物 IV. ①P159.3-49

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 015815 号

著作权合同登记号: 01-2014-8035

本书简体中文版由台湾大学出版中心授权科学普及出版社独家出版, 未经出版者许可不得以任何方式抄袭、复制或节录任何部分。

出版人 苏青
责任编辑 单亭 崔家岭
装帧设计 中文天地
责任校对 王勤杰
责任印制 张建农



出版发行 科学普及出版社
地 址 北京市海淀区中关村南大街16号
邮 编 100081
发行电话 010-62173865
传 真 010-62179148
网 址 <http://www.cspbooks.com.cn>

开 本 787mm × 1092mm 1/16
字 数 180千字
印 数 1-5000册
印 张 12
版 次 2015年5月第1版
印 次 2015年5月第1次印刷
印 刷 北京盛通印刷股份有限公司
书 号 ISBN 978-7-110-08910-1 / P·161
定 价 49.00元

(凡购买本社图书, 如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责调换)

推荐序

——人类探索宇宙起源奥秘的交响乐章

人类自古就对斗转星移、莽莽苍穹充满敬畏和遐想，关于创世和人类起源的神话与传说不绝于人类古文明史。“天地四方谓之宇，古往今来谓之宙”，是中国古代哲人对宇宙朴素而智慧的认知，使汉语中“宇宙”这个词汇置空间时间于一体，喻空间和时间为无限，形象而精妙。中国古代《道德经》的“一生二，二生三，三生万物”之说，或许为破除形而上概念，接受能量和质量转换，从能量产生基本粒子到形成宇宙、星系和行星、生物和人类的宇宙进化观念提前做了舆论准备。

在漫长的岁月里，人类从未停止过对宇宙奥秘的探索，甚至为科学真理而献身。16世纪，波兰科学家哥白尼提出“日心说”，意大利科学家布鲁诺提出太阳仅是太阳系中心而非宇宙中心，都是科学思想的重大进步，因触犯或颠覆了神学观念被迫害甚至处死。当然在那个时代，要科学地解答宇宙起源问题还不具备充分的条件。

只是到了现代，在人类建立了以相对论、量子论为基础的近代物理学大厦，形成了宏观和微观统一、量子 and 连续性统一的科学自然观以及发展了包括空间观测在内的空前精密观测能力之后，经过艰苦的理论探索和大量的实测研究，理论和观测相互激荡，互为支撑，宇宙学才在最近二三十年中逐渐成为一门得到观测事实有力支持的精密科

学。宇宙起源演化科学理论的主流是大爆炸宇宙学和爆炸后发生在极短瞬间的暴胀理论。宇宙大爆炸学说之奇特，在开始时超乎一般人常识，令人不可思议，好在现代神学已失去了对科学的禁锢，科学自有其强大的逻辑力量，使宇宙起源的科学得以发展，使人类对宇宙起源演化的认识发生了革命性的变化。

李杰信先生的力作《宇宙起源》是关于当代宇宙学及其最新进展的科普著作，这是现代基础科学中带有根本性、最新但又最深奥难懂的一门学问。即使在科学界，研究和完全懂得宇宙学的科学家是极少数人。因此我相信，能够并敢于用通俗道理阐释这门艰涩学问的人凤毛麟角，这不仅需要科学专业的深厚功底，还需要融会贯通的深入理解、丰富多彩的形象思维和贴近生活的精彩表述。杰信先生做到了，这是最让我钦佩的。

我是杰信先生这本书先期“科普”的读者之一，愿与其他读者分享我的心得。我本人虽从事与空间科学相关的工作，但没有专门学习和研究过宇宙论。记得20世纪80年代，我的一位勤于阅读思考，已经从政的老友知道我在中科院高能所宇宙射线研究室工作，向我了解宇宙大爆炸问题，我的回答肯定无法使他满意。后来听过一些宇宙学方面的报告，了解一些梗概，但实际上还是似是而非。

今年5月，杰信先生来我供职的中科院空间应用中心做了一场精彩的宇宙起源科普报告。会后与杰信先生交谈，他拿出刚出版不久的《宇宙起源》繁体中文版送给我，我稍有时间后开始阅读，一开卷就被深深地吸引住了。一天多的时间，我沉浸在专注、思索和兴奋之中。

这本书把人类对宇宙起源的历史认知及缺失、相关理论发展演进的内容背景、重大科学发现的来龙去脉、宇宙演化重要阶段的物理原理、宇宙起源关键问题的科学解释，一部分一部分地展开，用生动形象的比喻，请你入门，用鞭辟入里的分析，让你理解，再汇集起来，

使你能够对宇宙起源有整体性的了解。这本书回答了许多使我疑惑的问题，使我在过去零散模糊知识的基础上，开始形成一幅较完整的宇宙起源演化物理图像。我阅读后给杰信先生发邮件说：“我极为喜爱你的大作，我得到的是惊喜，感受到你思考的深度和广度，被其中许多激动人心的描述感染，这是我看到过的最好的高水平科普著作。”有读者担心，他没有相对论和粒子物理学的基本知识，能不能对宇宙起源也有些了解，我可以说：能！杰信先生在书中对物理、天文的许多基础性知识也不吝笔墨，做了深入浅出、通俗易懂的介绍，只要你有兴趣，你就可以从书中收获你所期望的。

这本书还有一个十分突出的特点，就是让你对科学探索重大事件有一种身临其境的感觉。杰信先生长期在美国国家航空航天局（National Aeronautics and Space Administration, NASA）任职，亲身经历或就近了解发生在他身边的一幕幕历史画卷，在他妙笔之下成为生动有趣的故事：最早用地面无线电天线发现宇宙背景辐射之偶然中的必然；20世纪80年代NASA宇宙背景测量卫星COBE的蹉跎命运和轰动成就；此前和之后在同一领域开展的U-2飞机和南极科学气球飞行实验及其鲜为人知的功绩；还有宇宙暴胀理论的创造者古斯（Alan Guth）深夜两点的“伟大发现”灵感等。你可以和他一起感受到探索的艰辛，成功的秘籍，发人深省的思考，更感觉科学探索的过程充满跌宕起伏、波澜壮阔，就像一首绚丽的交响乐章。

这本书也会让你悟出这样的道理：科学进步，既有理论思维的巨大力量，也必须建立在科学实验观测数据的基础之上；有时理论为实验观测指引方向，有时新的观测事实推动理论发展，理论最终需要得到观测事实的支持，这就是现代科学之道。

宇宙起源奥秘的探索远没有完结。随着宇宙起源科学研究的进展，新的问题又摆在眼前，宇宙中还有95%是我们不了解的暗物质、暗能

量，既挑战了现代物理学底线，又可能反过来对现有宇宙起源学说提出问题。由此可见，人类对于科学真理的探索 and 认识永无止境，已经获得的认知只是后来进步和深化研究的基础，不是绝对真理，也没有绝对真理。宇宙起源的学说必将有进一步的发展。

我与杰信先生的认识，源于 20 世纪 90 年代中国开展载人航天工程之初。杰信先生当时是 NASA 科学办公室的主管，他热心联络利用航天飞机 GAS 容器（Gat away special）开展中美合作。1996 年，我作为载人航天工程应用系统总设计师访问美国 NASA 时，第一次见到杰信先生，他给我的印象是热心、睿智而又有条理。2005 年神舟六号飞船发射成功后，中央电视台做专访节目，我作为嘉宾，在直播中主持人连线了杰信先生，这样我们在一个特殊场合，隔大洋互致问候。惭愧的是过去我对杰信先生的专业造诣和涉猎领域了解甚少。《宇宙起源》这本书以及《天外天——人类和黑暗宇宙的故事》《我们是火星人的吗？》《生命的起始点》《追寻蓝色星球》《别让地球再挨撞》等一系列著作直指最基本的科学之谜，使他成为具备链接科学前沿和大众知识的不凡功力，又是著作颇丰的著名科普作家。

在这里我要祝贺杰信先生，祝贺《宇宙起源》简体中文版的出版发行，推荐具备高中以上知识基础且有兴趣的读者、科学工作者和科技管理者阅读这本书，它对你肯定有所裨益。

甄廷东

中国科学院院士

2014 年 12 月

自序

起源类的知识，我最喜爱。

1999年，写完《追寻蓝色星球》，地球生命的起源，引起了我强烈的好奇。火星个头小、散热快，极可能比地球抢先达到生命起源条件；生命在火星成形后，乘坐频繁出发的陨石列车，抵达地球，播种生命，这是目前无法排除的可能模式。《我们是火星人？》写出我的看法：地球生命的起源，可能和火星有密切关联。再往深层追究下去，火星肯定也不是宇宙生命的发源地。《生命的起始点》一书，将宝押在生命可能起源于一条单股的核糖核酸 RNA 分子上。只要条件凑齐了，RNA 分子在宇宙中任何时间、任何地点都可能发生。如果发生的地点在地球，那可能是 42 亿年前的事。

生命起源的来龙去脉当然无比重要，但它只是宇宙在万事俱备、只欠东风情况下的一个锦上添花的现象。想想看，不管是 RNA 也好，DNA 也罢，它的分子中肯定要有质子、中子（甚或夸克）和电子等基本材料。问完了生命化学分子怎么来的这个问题后，我们还得追问下去，宇宙中这些基本建材质子、中子和电子等是怎么来的呢？

追寻质子、中子和电子等物质的起源，在概念上，就是追寻宇宙的起源。

其实我们仰望星空，看到的都是物质的宇宙。几千年来，人类看着这本深邃的天书，天问不息，辛勤探究。

但人类恒久看到的却是一个静止的宇宙。天穹中点点繁星，都似乎坚固不动，人类只好接受宇宙是永恒存在的，它就是已经连续在那儿，如今如往昔，不需出生地，更不需生日（no where, no when）。

20 世纪初期，人类终于看到了，宇宙竟然是膨胀的。膨胀的宇宙往回看，它的体积应是一路缩回去。缩到最后，体积就小到不能再小，那一天就应该是宇宙的生日、宇宙的起始点。

膨胀的宇宙，石破天惊，给人类带来了对宇宙起源的追寻。

宇宙虽然浩瀚无边，但内涵并不复杂，远比一个小萤火虫简单得多。所以，追寻宇宙起源，以人类目前所掌握的物理知识，还能挺一阵子。

从物质来追寻宇宙的起源，是正面仰攻，本是最自然不过的线索，就像用人类骨骼化石去追寻人类起源一样直接。阿尔佛（Ralph Alpher, 1921—2007）1948 年的论文就是从这个思维出发，去追寻周期表上化学元素的起源的。1977 年，温伯格（Steven Weinberg, 1933—）写出了脍炙人口的《最初三分钟》（*The First Three Minutes*），为宇宙物质起源定下了精确的时间表。

但人类很难预料得到，在这条路上追到底，竟然只找到了宇宙的 5%，其他 95% 仍旧深藏在重重的黑幕之后，不在我们能看得到的线索之内。

这是一个令人类震撼的迷惑。

看来沿物质线索追寻宇宙起源的这条路走起来并不顺畅。1965 年，宇宙电磁微波首次是人类文明的舞台上出现。不错，这个电磁微波记录的是宇宙在大爆炸后 37.6 万年时的天空影像，在时间上，的确比温伯格的最初三分钟要晚了许多。但电磁微波出身于宇宙原始等离子体火球，是大爆炸宇宙从第一时间就配备的记录仪器，如影随形，同步

实况录下了宇宙大爆炸中每个动作，可追溯宇宙起源时间到 1000 亿亿亿亿分之一秒，即 10^{-35} 秒。

宇宙电磁微波中含有宇宙的超均匀、不均匀、平直和更多的讯息。尤其是微波的不均匀和平直特性，竟然呼唤出了宇宙暗能量部分和宇宙组成物质的成分比例。

所以，追寻宇宙起源，如果只以我们能看到的物质为主要线索，所得到的讯息只能在宇宙 5% 的成分中打转，和以宇宙电磁微波为线索比较，讯息量的落差有如天上地下。

知道宇宙中含有 27% 的暗物质 (dark matter) 和 68% 的暗能量 (dark energy) 后，人类不但没变得比以前聪明，反而更加迷惑了。

但至少现代人类已经能够肯定，我们能看得到的仅仅是宇宙的 5%，这是 20 世纪人类一项伟大的成就。

宇宙在 138 亿年前的那个生日，太难理解。138 亿年的宇宙太年轻，在那之前，宇宙藏到哪里去了？

“生也有涯，知也无涯”，庄子两千多年前的名言，至今仍然好用。老子更上一层楼，点出“绝学无忧”。两位先圣可能怕人类对知识追求到走火入魔，良莠不齐，小则造成自身精劳神疲，大则导致祸国殃民。

近些年来，一些在灵修上有突破的朋友，对知识的追求，已适可而止。他们指出，在灵修的道路上，爱因斯坦和弗洛伊德，只得 499 分。相比起来，甘地和特蕾莎修女，700 分。耶稣和佛祖，1000 分。

分数多少，是估计个体对其他生灵影响的能量。每增加 1 分，能量增加十倍。芸芸众生，一辈子能增加 5 分，已不枉过客匆匆的一生。

从灵修的角度来看，伟大的科学家们被挡在 500 分以下，对人类影响能量望尘莫及于特蕾莎修女，是因为他们对逻辑推理能力的“自恋的虚荣” (vanity of self-admiration)。



我相信灵修的程度，只达到人是有灵性的地步，但自己认为灵性是随着肉身生，跟着肉身亡，没有前生来世，更无轮回。

不知道会不会有那么一天，我也选择了关上知识的大门，开始追求灵性上的进修。但在现在这一刻，我清楚地知道，我和知识的尘缘未了，仍然与它魂魄相依。

李杰信

导 读

五百年前，人类还为地球是不是宇宙的中心争论不休。通过对火星轨道的观测，尤其开始使用犀利的望远镜后，太阳是我们宇宙中心的事实，终于尘埃落定。望远镜也像魔镜一样，打开人类的视野，直直伸向几近无穷的苍穹。

人类看到的满天繁星，都是静止不动的，但万有引力却是无远弗届，本应造成天体互动连连，甚或互撞崩盘。而天庭，看起来则是万古静止坚固，纹丝不动，真是令人费解。即使相对论下的宇宙，本质上是运动不息，但在静止宇宙的紧箍咒下，仍得使用数学手段，把运动下的天体紧紧按住，以期达到在表面上看来，还是静止宇宙的假象。

1929年，人类发现宇宙竟然是膨胀的。膨胀的宇宙，解决了静止宇宙的迷惑。宇宙在膨胀，就不会马上崩盘，令人类安心了。但是，膨胀宇宙牵引出来的，却是一个更大的迷惑。

膨胀的宇宙，朝昨天的方向往回看，宇宙的体积应是愈来愈小，终有一天回至小到不能再小的地步，那天就应该是宇宙的生日，宇宙起源的时刻。

先不谈有生日的宇宙有多难理解，尤其是宇宙生日的前一天，宇宙躲到哪里的大问题。

就先想象目前这么一个大块头的宇宙，被压缩到体积小不能再小的地步，它所处的温度环境，应是在一个极高能量的状态。在这样一个难以想象的高能环境，宇宙在生日那天，应会来个霹雳或一般

称为的大爆炸。

高能物理学家推论，宇宙大爆炸的过程中，宇宙中的物质，应遵从物理定律，依序出现。更重要的，宇宙大爆炸一定会留下一些电磁波的蛛丝马迹。人类在 1965 年，终于听到了宇宙大爆炸后残留下来的微弱的宇宙婴啼。婴啼在微波频道范围，以漫山遍野架势，覆盖了我们 930 亿光年大小的宇宙。

通过更多的仔细观测，发现这个宇宙电磁微波，以强度变化比万分之一还小的超均匀分布，遍布于我们宇宙的每个角落。这个超均匀分布，给人类带来深沉的困惑。

以现在宇宙年龄约一百多亿年估计，在目前 930 亿光年大小的宇宙，这些电磁微波已无可能在过去接触沟通过。过去没有接触沟通，就不可能有今天的超均匀，这是人类熟悉的因果逻辑关系。

暂时把困惑放在一旁，且说依理推论。这个超均匀分布的宇宙电磁微波，肯定携带着宇宙起源时的一份绝密文件。从表面现象来看，这个超均匀分布的电磁微波像是黑体辐射。人类对黑体辐射知之甚详。如果宇宙电磁微波果真是黑体辐射，那人类至少可以开始和这个既陌生又似曾相识的超均匀宇宙微波打交道。

科学家经由卫星观测，确定了宇宙电磁微波是由黑体辐射而来。这一信息向人类提供了一幅珍贵的寻宝图。黑体辐射的电磁微波数据肯定了宇宙出身于一个原始等离子体球的解说。物理学家对等离子体物理也知之甚详，原始等离子体球的丰富物理内涵，也应在超均匀的宇宙微波中留下雪泥鸿爪。这些物理内涵，能向人类提供更多的宇宙起源讯息，如超均匀中的不均匀部分，还有宇宙平直的几何特性等。这些在宇宙起源时就留下的胎记，甚至还可能存在于凝聚以后的宇宙之中。

当然，从人类在宇宙中已经安全地、快乐地生存着的事实出发，

人类也几乎可以向宇宙直接索取电磁微波要有不均匀和平直的特质。

与电磁微波超均匀分布一样，不均匀和平直的特性，也该是宇宙在起源时的大动作下，留下的无法淹没的现场证据。宇宙本身的确也想以超均匀的假相，企图湮没这两份证据，但人类锲而不舍地追寻，终于将它们挖掘出来。

为了理解这些宇宙电磁微波的超均匀、不均匀和平直的诡异现象，人类发明了理论，深深探入宇宙起源后的 1000 亿亿亿亿分之一秒（ 10^{-35} 秒）内，几近目前物理的极限，才能获得这些新观测资料的合理解释。

解释好像是相当合理了，但又衍生出来了另一个更大的困惑：宇宙需要一般物质、暗物质和暗能量，各尽所能、同心协力，为平直的宇宙打拼。打拼不是坏事，但宇宙这个扑克老干，又发出了暗物质和暗能量两张盖住的黑色王牌，把人类又带进了另一个更深的迷宫。

换句话说，以熟悉的物理定律，人类只能解释 5% 的物质宇宙，其他 27% 的暗物质和 68% 的暗能量，不在人类所知的物理范围之内。所以，目前的情况是，人类发掘出愈多的宇宙知识，对宇宙懂得的愈少。

本书以“静止的宇宙”为切入点，利用“宇宙膨胀了”一章，先将现代人类对宇宙起源的追寻，从头到尾简略地叙述一遍。从“宇宙有多大？”章起，开始细述宇宙起源的故事。人类的确被宇宙电磁微波“超均匀”的诡异现象震慑了。理解了“宇宙电磁微波”的来龙去脉后，人类先行以卫星观测数据，验证了宇宙电磁微波是从“黑体辐射”而来，的确出身于原始等离子体火球。在人类信心大增之余，接着就认准了宇宙在大爆炸起源时制造出来的超均匀电磁微波中，应有“不均匀”和“平直”的特性。这两个预测，终能如黑体辐射一样，以卫星观测数据证实。但这些崭新的宇宙知识，也牵引出了一个以暗能量



和暗物质为主要成分的“黑暗宇宙”，再次把人类圈入一个更深沉的困惑之中。

书中简单介绍了目前占主导地位的宇宙起源暴胀理论，并用它来解释宇宙电磁微波的超均匀、不均匀和平直的观测现象。暴胀理论解释这些宇宙中诡异的现象，易如反掌。但超高能量的暴胀理论，完美地解释了我们 930 亿光年大小宇宙中的诡异现象后，也顺手带出了一大片我们宇宙外的天外天宇宙。理论估计，这些天外天的宇宙数目几近无穷，我们可通过在理论上无所不在的宇宙重力波，与那些天外天的宇宙沟通。

这些观测数据加上理论推测对宇宙起源的叙述，只能回溯到宇宙大爆炸起动后的 1000 亿亿亿亿分之一秒（ 10^{-35} 秒）。宇宙起源的零时，人类物理目前无能力处理，作者仅以“何去何从”章，略表看法。

内文也描述了科学大师们的排除万难，锲而不舍的治学精神。天下成就无不劳而获，除了聪明才智之外，还需经历生命中的背水战役、绝地反攻、死而后生的拼搏，才能摘得人类智慧瑰宝的桂冠。

为了使读者能放松心情阅读，本书没有列出繁琐的延伸阅读参考数据，但提供了足够的关键词句，有心读者可轻易上网爬文深究。

目录

CONTENTS

i	推荐序——人类探索宇宙起源奥秘的交响乐章	顾逸东
v	自序	李杰信
ix	导 读	
001	第 一 章 静止的宇宙	
009	第 二 章 宇宙膨胀了	
021	第 三 章 宇宙有多大?	
027	第 四 章 超均匀	
033	第 五 章 宇宙电磁微波	
049	第 六 章 黑体辐射	
069	第 七 章 不均匀	
103	第 八 章 平 直	
127	第 九 章 黑暗的宇宙	
143	第 十 章 暴 胀	
157	第 十 一 章 何去何从	
163	后 记——神话国	
167	中文索引	
173	英文索引	



第一章
静止的宇宙