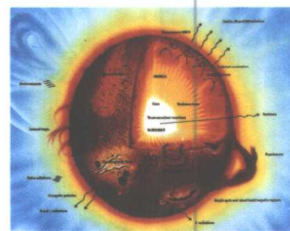
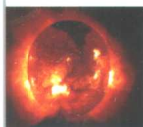
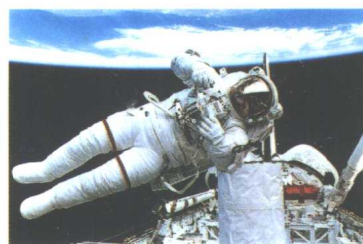
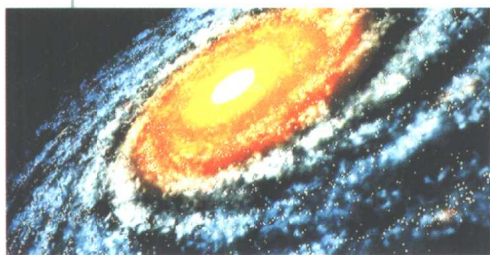


【关于这个时空最权威的指南】

# 大宇宙百科全书

## COMPANION TO THE COSMOS

[英] 约翰·格里宾 / 著  
黄磷 / 译

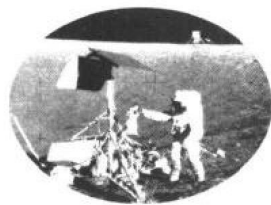


海南出版社

# 大宇宙百科全书

关于这个时空最权威的指南

[英] 约翰·格里宾 / 著  
黄 磷 / 译



海南出版社

## Companion to The Cosmos

by John & Gribbin

Copyright © 1996 by John & Gribbin

中文简体字版权 © 2001 海南出版社

本书由 Orion Publishing Group Ltd. 授权出版

版权所有 不得翻印

版权合同登记号: 图字: 30-2001-42 号

图书在版编目 (CIP) 数据

大宇宙百科全书 / (英) 约翰·格里宾 (Gribbin, J.) 著;

黄磷译。-海口: 海南出版社, 2001.5

书名原文: Companion to The Cosmos

ISBN 7-5443-0145-1

I 大... II. ①约 ... ②黄... III. 宇宙学-普及读物

IV. P 51-49

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2001) 第 026880 号

大宇宙百科全书

作者: (英) 约翰·格里宾 著

译者: 黄磷

责任编辑: 刘德军

海南出版社 出版发行

地址: 海口市金盘开发区建设三横路 2 号

邮编: 570216

电话: 0898-66812776

E-mail: hnbook@263.net

经销: 全国新华书店经销

印刷: 北京忠信诚胶印厂印刷

出版日期: 2001 年 8 月第 1 版 2001 年 8 月第 1 次印刷

开本: 880 × 1230 毫米 1/32

印张: 21

字数: 565 千字

印数: 8000 册

书号: ISBN7-5443-0145-1/P·1

定价: 39.80 元

# 译者前言

黄 磷

(北京天文台)

本书作者约翰·格里宾是一位卓有成就的理论天体物理学家，同时也是著作极丰的科普作家。他写了 30 多本科普书和科幻小说（近一半是独自著述），内容涉及时间和空间、黑洞和白洞、宇宙的起源、地球和气候、生命和科学家传记等等。他的书多次在英美获奖，很多已翻译成其他语种，其中不乏畅销书。

他于 1996 年出版的新著《大宇宙百科全书》，是一部独特而优秀的以介绍现代宇宙学为重点的天文科普作品。其独特之处在于其形式——词典式结构。全书正文部分 1100 多个条目，约 35 万字，将人类对宇宙的认识，从古代充满智慧的猜想，到今天基于观测事实的科学结论，一览无余呈现在读者面前。开篇的导言相当全面系统地陈述了当前学科状况，是阅读正文前不可不读的向导。由于重点条目——如大爆炸、黑洞、暴涨、核合成、暗物质、背景辐射、奥伯斯佯谬、超新星、太阳中微子问题、脉冲双星、时间之箭、基本粒子、基本力、量子理论……等等——都自成独立短文，所以你对某个问题特别感兴趣，你就能够找到有关条目，读到对于该问题的当前认识的详细介绍。行文中用单下划线标示条目间的交叉引用，能使你毫不费力查到与本条目有直接关联的其他条目，获得更多的相关知识。

虽然《大宇宙百科全书》讲述的是最最深奥的宇宙起源和演化问题，但作者用明白易懂的语言表达复杂事物的非凡才能，将

---

使读者感到仿佛被带到了宇宙创生的那一刻，似乎亲眼目睹了在那短促得难以想像的最初瞬间，宇宙是如何因量子涨落从‘空无一物’之中诞生，而后再如何经历约 150 亿年的演化而成为今天的样子。作者无疑是最令人难以理解的暴涨概念和大爆炸理论的坚定拥护者，但他在本书中不止于单纯宣扬这些理论，而是同时向读者展现了截止本书出版时的 1990 年代中期获取的大量支持这些理论的观测事实。在这些事实面前，任何对大爆炸抱有理性怀疑的人，都不得不承认大爆炸是值得尊敬的科学而非凭空臆造。至少在目前，大爆炸是对宇宙创生的最合理的说明。

当前宇宙学中更带根本性的问题是，大爆炸‘之前’发生过什么？我们身处其中的宇宙‘之外’还有宇宙吗？泡宇宙概念对此做出了有限的回答：我们的宇宙是从另一个暴涨时空区生长出来的，它不过是更大的宇宙物质海洋中的一个泡；而海洋中还有其他的泡。这一概念虽然仅是一种理论推测，但它的诱人之处是可能解决时空边界问题。关于宇宙学的这些以及其他激动人心问题的最新研究进展，本书都有极其精彩的论述。正是基于这一点，书中明确提出了‘大宇宙’一词，用来代表将一切宇宙（包括我们的宇宙）包容在内的超级宇宙。

要理解暴涨式大爆炸宇宙创生模式，必须将自己从常规思维桎梏中解放出来。宇宙创生时的极端条件，远非我们对当前宇宙的观测和在地球上的经验所揭示的能够比拟。我们应该习惯于谈论难以想像的高温度和高密度，以及在难以想像的极其短促的时间内发生的过程。

因此，阅读本书的最有效方法是，首先解放思想，展开想像的翅膀，准备好去理解极端条件下物质的行为。然后，详细阅读导言，了解宇宙起源和演化的基本图景以及存在的问题。在此基础上，从你特别感兴趣的某个问题入手，由正文的有关条目开始，沿着文中提示的交叉引用，逐步达到对该问题的全面的了解。正如有些书评所说，‘如果你想知道，你就能在这里找到答案。’译者在翻译过程中深感此言不谬。

本书并非无所不包的天文学大全，但对物质宇宙中的各类天体（包括流星和陨星、行星和卫星、太阳系、各类恒星和星团、各类星系、星系团和超星系团）、天文学和物理学的很多基本概念，以及对宇宙研究做出重大贡献的科学家、研究机构、著名的地面和空间实验等，都辟有专门条目，总数超过 1000 条。这个数字说明，作者在突出宇宙学的大前提下，相当全面地介绍了有关的天文知识，使读者基本上不用查阅他书，就能畅通无阻理解全书内容。在这个意义上，将本书视为一部‘天文小百科’亦不为过。

本书英文原版有很多疏漏性错误，译者尽可能做了改正，重要的还加了脚注给以说明。然而译者才疏学浅，未发现的原版错误和译文的不足在所难免，诚恳欢迎读者指正。如果这本中译本能够引起我国读者对宇宙的真正关心和兴趣，并进而推动一部分青年学子投身于宇宙探索，那将是译者最高的愿望和最大的快乐。

中国科学院北京天文台（2001 年正式改组并入国家天文台）的资深研究员邹振隆教授仔细阅读了中译本的初稿，提出了许多宝贵意见，纠正了一些错误，使译文增色不少。在此对他表示深深的感谢。当然，他不应对仍然可能存在的任何错误负责。

## 导言

# 我们来自何方？

宇宙是如何诞生的？它怎样成为现在这个样子？为什么它是我们人类这种生命形态的合适栖息所？这些关系我们起源的历史激起了每个人的好奇心。‘我们来自何方？’这个问题是人类可能提出来的最深奥的问题，而对此问题能够给予大致完整的回答，应该说是人类思维的最伟大成就。

我们所有关于宇宙万物的知识实际上来源于研究电磁辐射——光、射电波<sup>①</sup>、X射线和其他形态的辐射，所有这些辐射都以300,000公里每秒的光速传播。虽然这个速率很高，但宇宙本身很大，致使光和其他形态的电磁辐射需要经历很长时间才能从其他恒星和星系到达我们这里。即使是一颗近邻恒星，它的光在到达地球之前也要旅行好几年，所以我们看到的这颗星是它几年前光线离开它时的样子。在宇宙的更远处，我们可以探测到星系和类星体的光，这些天体是如此遥远，它们的光在奔向我们的空间旅途上要度过几百万、几亿，有些甚至是几十亿年的时光，我们看到的是这些天体在如此久远以前、当宇宙相应地比较年轻时的样子。

观测受到的限制是这些遥远天体的光到达我们这里时非常微

---

<sup>①</sup> 天体发射的无线电波的天文学名称。通过射电波研究天体的学科叫做射电天文学。——译注

---

弱，只有用威力强大的望远镜和高灵敏的电子探测器才能分析它。但观测使我们在空间上扩大视野的同时，确实在时间上让我们回溯到过去，从而能看到宇宙过去的样子，得出有关宇宙曾经如何演化的概念。这是观测的巨大优点，它在很大程度上弥补了上述限制。整个宇宙学最关键的发现是，我们看到的我们周围的宇宙确实是在演化着——现在的宇宙不同于它的过去，它必定是在某个确定的时刻起源的。但是，实际上，要得出这些结论，你既不需要大望远镜，也用不着高灵敏电子探测器——你需要的全部东西，是用你自己的一双眼睛看到的证据。

最基本的天文观察现象是日夜交替。虽然这一现象的重要性要到 18 世纪才被人们意识到，虽然到了 19 世纪才对它做出解释，而且这一解释直到 20 世纪 80 年代才被广泛理解，但单是这个观察现象就足以说明，宇宙是在过去某个确定时刻起源的，宇宙并不总是我们今天看到的这个样子。

根本问题起因于夜天空的昏暗——一个昏暗的宇宙怎么会充满了明亮的恒星呢？这个问题现在称为奥伯斯佯谬，是以德国天文学家海因里希·威廉·奥伯斯（Heinrich Wilhelm Olbers）命名的，尽管实际上奥伯斯并非第一个深刻思考这个困难问题的人。简单地说，这个问题令人困惑之处是，如果宇宙是无穷大的，即在所有方向都延伸无穷远，而且如果宇宙的每个区域平均说来与我们生活其中的区域相似，那么在我们观察的每个方向，我们的视线都应该与一颗恒星的表面相交。夜天空的每个点都应该是明亮的！

现在我们知道，恒星聚集成类似我们自己的银河系那样的星系——宇宙之岛。每个宇宙岛可以包含数千亿颗恒星；但上述‘佯谬’可以很容易地重新加以表述来适应这种情形。我们也知道，即使宇宙并非无穷大，它也肯定足够大，使得这个难题同样令人困惑——如果我们今天看到的星系在宇宙中处处永久存在的话。



难题的解决是直截了当的，但却要求人们在对宇宙的看法上来一次革命。答案很简单：恒星和星系并非永远存在——愿意的话也可以说，从宇宙诞生以来，还没有足够的时间把光线洒满恒星和恒星之间的全部昏暗空间。单单是夜天空的昏暗就足以告诉我们，宇宙有其确定的开端。

对于在宇宙诞生于一次大爆炸的思想教导下的当代人来说，这个回答看来是显而易见的。但是，对奥伯斯佯谬的认真讨论要到宇宙膨胀发现几十年之后才出现，这个事实却标示这一思想具有何等的革命性。是宇宙膨胀的发现迫使天文学家放弃了宇宙永恒不变的概念，并开始思考宇宙自身的演化问题。

宇宙膨胀是在 1920 年代末，当美国天文学家埃德温·哈勃 (Edwin Hubble) 及其同事确立了星系正在彼此分开的观测事实，而被发现的。现代宇宙学实际上是随着这一发现而发端的，而从发现宇宙膨胀到本书发表，经历了几乎正好整整一代人的一生，就是俗话所称‘古稀之年’的 70 岁。70 年前，宇宙永恒不变的思想曾经是‘显而易见’的科学真理，它是那样地无可怀疑，以致当阿尔伯特·爱因斯坦 (Albert Einstein) 开始发展其广义相对论并发现最简单形式的方程式要求宇宙膨胀时，他给方程式增加了一个附加项以维持宇宙静止。后来爱因斯坦把这说成是他科学生涯中‘最大的失误’。

从所有这些得出的教训，并不是我们比 70 年前的天文学家更为聪明和深具洞察力；而是，如果连爱因斯坦都犯下那样的宇宙学失误，我们就更应该小心，不要根据表面现象认为我们对宇宙已经知道得很多了。我们看来显而易见和经验的東西，再过 70 来年就可能像宇宙永恒不变的概念那样成为过时的笑柄。但这并不是说，我们不应该认真看待当前有关宇宙及其起源的认识。恒星和星系以及宇宙的结构今天已经了解得很清楚了，问题是能将我们对宇宙的正确理解推广到宇宙的多大范围（以及在时间上能回溯多远），而推测将在何处（以及在何时）开始起主要作用。这

---

个界线应该是在很久很久以前、在比我们能够猜想的远为极端的条件之下。

如果星系正在互相离开，那就必然意味着它们以前彼此靠得比较近。关于膨胀宇宙的很重要的一点是，星系并不像炸弹爆炸后的碎片那样在空间穿行，而是空间本身在伸展而带动了星系（这就是广义相对论的预言，但一开始曾被爱因斯坦拒绝接受）。很久以前，在现在已经成为星系的东西之间是没有空间的，星系必定是彼此重叠的；在那之前，在现在已经成为恒星的东西之间是没有空间的，恒星必定彼此接触；而在那之前，一定出现过原子之间没有空间的时期，原子彼此融合在一起。

天文学家对恒星和星系了解很多，物理学家对原子也了解很多，天体物理学家能够毫不困难地描述物质和辐射浓汤的性状，它是如此浓密，以致其中个别原子彼此并合，原子的外层电子已被驱逐，暴露出了原子心脏部分的核。这样一种由核子和电子混合成的浓汤，加上辐射，称为等离子体。但这还不是我们对极端条件下的物质和辐射的全面理解的极限。确实，在粒子加速器实验室（如日内瓦欧洲核子研究中心或芝加哥费密实验室）进行的实验，提供了洞察原子核自身以及构成原子核的质子和中子的行为的线索。物理学家告诉我们——并以令人信服的证据支持他们的宣告——他们甚至懂得了物质致密到核子本身都紧靠在一起并且分裂成它们的组成部分时的极端条件下，物质、空间、时间和能量的表现。

物理学家还做出了更加大胆的宣告，说他们懂得了比这还远为极端的条件下将会发生的事情，不过这些宣告并非总是得到可靠证据的支持。到这一步，推测开始在他们的宇宙学思想中起作用了，这种作用开始时是适度的，随着他们考虑更加极端的条件而变得重要起来。我们了解原子核、质子和中子，因为所有这些事物存在于今天的宇宙之中，并能在各种不同类型的实验中直接加以研究。所以，当物理学家宣称他们真的能告诉我们整个宇宙

像今天的原子核那样致密时发生的事情，并且告诉我们宇宙怎样从这种热而致密的状态（大爆炸本身）演变成我们今天所见的星系、恒星、行星和人类的集合体时，人们表示相信就并非过于脱离现实了。确实，很多物理学家会认为，我们的眼光如此短浅，我们声称对宇宙的真正正确理解‘只’是从宇宙具有核子密度的时期延续到今天，这在 20 世纪 90 年代后半段，是过于谨慎保守了。很好；不过在这个话题上还是保守一点好。那么，什么时候整个宇宙处于这样一种致密高温状态呢？什么时候发生了大爆炸呢？

如果我们想像将宇宙的当前膨胀进行‘回绕’，那就意味着我们所知的宇宙中的一切——空间、时间、物质和能量——是在大约 150 亿年前从一个密度无穷大而体积为零的点（奇点）显露出来的。确切的时间未知，因为宇宙膨胀的细节是难以测量和解释的。但这并不重要。重要的是，膨胀表明，大约略早于或略迟于 150 亿年前存在过超密状态，这种超密状态在极端条件下看来是从一个奇点起始的。所有这些都得到了广义相对论方程式的支持——但没有人相信实际发生的情况与这一模一样；量子物理学效应在接近奇点时应该居于统治地位，并且保证这个假想的数学点通过某种叫做量子测不准的过程而实际上被抹掉。

在靠近奇点的地方究竟发生了什么事以及量子过程如何导致了大爆炸，这个问题是当前宇宙学思考中的最重大问题之一，而为了回答这个问题所做的尝试则构成了今天宇宙学中的大量研究的基础。但我们不必马上操心这些事。现在我们感兴趣的那些条件，比如我们从日常事物物理性质得到的完全坚实可靠的知识仍然能够应用的最早时刻和地点，是在奇点代表的时刻——有时叫做‘创造时刻’或‘宇宙创生’——之后万分之一秒（0.0001 秒）的时候发生的。天体物理学家觉得已掌握了所涉及的科学的全部，因而完全自信地谈论最初万分之一秒后发生的每件事；描述宇宙随后的演化时所遗留下来的不确定性不过是我们对宇宙的

---

观察不完美，以及我们应用已知物理定律描述复杂系统的能力不完美的结果。在那之前，返回到创造时刻为止的那段时间仍然部分地是一个谜，这不仅仅是因为我们应用物理定律的能力不完美，而且也因为我们并不确切知道在那种极端条件下运行的物理定律是什么。

但是，按照日常标准，存在于创造时刻之后万分之一秒时的条件是足够极端的了。在那时，宇宙的密度是  $10^{14}$  克每立方厘米（水密度的 100 万亿倍），温度是绝对零度之上 1 万亿度（ $10^{12}$  K，对于如此大的数值，它基本上等于  $10^{12}$  °C），而宇宙是由一个热辐射的火球组成。

在这样的极端条件下，单个的粒子（如质子、中子和电子）很难独立存在。火球辐射的单个光子（‘光的粒子’）在那样高的温度下携带着极大的能量，以致它们能够按照爱因斯坦的著名公式  $E = mc^2$ ，以能量换取质量，将它们自己转化为粒子对。由这种方式生成的一对粒子几乎总是由一个常见的粒子（比如质子）和一个与它对应的反物质粒子（在所举例子中为反质子）所组成。当一个粒子与一个等价的反粒子相遇时，这一对粒子就湮灭，并以辐射的形式交还构成它们的能量。在大爆炸中，辐射不断地转化为物质，物质也不断地转化为辐射，形成一种沸腾动荡的活动场面。

但是，随着宇宙火球的膨胀和冷却，火球中的个别光子拥有的能量越来越少。很快，它们就不再有足够的能量来制造质子和中子了。如果由辐射到物质 - 反物质对的转化一直是精确的，那就应该意味着，冷却下来的宇宙应该含有完全相同数量的质子和反质子，也有完全相同数量的中子和反中子。在那样的极端条件下，用不了多久，每个粒子都该碰上它的反粒子伴侣而湮灭，给冷却的宇宙留下来的除辐射外没有任何东西。但是，由于物理定律的微小不平衡 [其重要性在 1960 年代首先被苏联物理学家安德列·萨哈罗夫 (Andrei Sakharov) 正确认识]，在这一过程的结尾，

竟有少量多余的我们由之构成的那种物质存留下来——宇宙火球剩餘辐射中每 10 亿个光子会多出一个普通粒子。我们今天看到的宇宙中所有东西就是用大爆炸火球中通过这种方式加工出来的十亿分之一的粒子（质子 + 中子）制造的。

到创造时刻之后百分之一秒的时候，事情稍稍平静些了。温度下降到开氏 1,000 亿度 ( $10^{11}$  K)，质子和中子尽管仍然受到它们游泳其中的浓密光子海洋的冲击，却不再能够从辐射中生产出来了。开始时，中子的数目与质子的数目相等，但与质子不同的是，中子是不稳定的粒子，每个中子（通过叫做放射衰变的过程）自发地放出一个电子而把自己变成质子。今天，这个过程与宇宙年龄不到一秒钟时宇宙中的变化相比是缓慢的。平均说来，一个孤立的中子将需要经历十多分钟才会发生这种衰变。但是，中子在宇宙火球中受到的冲击将助长这种变化。所以，当宇宙的温度降到开氏 300 亿度 ( $3 \times 10^{10}$  K) 时，正好是在创造时刻之后  $1/10$  秒，中子对质子的比就从 50:50 降到了 38:62。到宇宙冷却到开氏 100 亿度 ( $10^{10}$  K)、即创造时刻之后 1.1 秒时，密度降到了水密度的 38 万倍，此时每 76 个质子才会有 24 个中子。但是，和我们大多数人一样，当宇宙变老时，它也变得行动迟缓，变化也不那么敏捷了。终于，早期宇宙中快速变化的步伐减慢到了可用几秒而不是几分之一秒的时间来量度的程度。

13.8 秒钟以后，温度降到开氏 30 亿度，连续冲击中子的能量相应减少，中子转变成质子的速率也就急剧降低。此时宇宙中每 83 个质子仍然有 17 个中子；当一个单独的质子与一个单独的中子临时粘在一起，在它们被碰撞分开之前，火球中就偶尔形成了同位素氘（重氢）的核。正好在创造时刻之后 3 分零 2 秒钟时，整个宇宙的温度降到了只有开氏 10 亿度，这大约是今天太阳中心部分温度（约开氏 1,500 万度）的 70 倍，而每 86 个质子仍有 14 个中子。到这时，宇宙已经很老了，中子的自然衰变开始起重要作用。虽然一个自由中子的平均寿命长于 10 分钟，但相对于平均

---

寿命而言，有些中子存活时间稍长，有些则衰变较快。从现在起，每过 100 秒钟，10 个剩余的自由中子中就有 1 个自发地转变为质子。但是中子逃脱了被消灭的命运，因为正是在宇宙进入其生命刚刚超过 3 分钟的这个时刻，条件已经宽松到中子开始与质子结合而形成稳定的核，开始时是氘，然后是氦。核子相互之间以及与其他粒子之间仍在发生碰撞，但这时温度如此低，以致这些碰撞的能量已不足以打碎核子。留存下来的中子（每 87 个质子有大约 13 个中子）几乎立刻就被禁锢在氦-4 核内，每个氦-4 核含有两个中子和两个质子。转变成氦的中子和质子的总质量的份额正好是中子数目份额的两倍，即 26%，而这个过程到创造时刻之后 3 分 46 秒钟时就完成了。

在以上关于宇宙创生的描述中出现的具体数字并非信手拈来，而是将广义相对论（它告诉我们宇宙膨胀和冷却有多快）与地面实验得到的关于粒子（如中子和质子）及原子核性状的已知事实相结合推算出来的。这种结合造就了宇宙学的所谓‘标准模型’，它的伟大功绩之一就是预言了宇宙中最早形成的每颗恒星（这些恒星是我们今天看到的最年老的恒星）的 26% 的质量应该取氦的形态。这与用光谱学方法观测到的老年恒星中氦的实际数量准确符合。标准模型的另一个伟大预言是，宇宙应该充满了火球遗留下来的大量辐射。当创造时刻之后不到 4 分钟氦开始形成的时候，这一辐射的温度约为开氏 10 亿度，到 150 亿年以后的今天应该已经逐渐冷却到 3K 以下（正好低于  $-270^{\circ}\text{C}$ ）。1960 年代发现的宇宙微波背景辐射准确地与大爆炸理论的预言相符。因此，将宇宙的标准大爆炸模型看成现代科学皇冠上的宝石之一，是一点也不奇怪的。

膨胀的宇宙中一旦形成了氦，导致形成星系、恒星、行星和人类的那些过程看来就不可避免地开始了。这些过程的某些细节仍然不太清楚，这部分是由于它们代表着越来越复杂的现象——

宇宙学的最不可思议的方面之一就是，我们对大爆炸火球了解得很多，是因为这是一个按照我们了解得非常透彻的详细物理定律运转的很简单的场所，它涉及很少几种简单的粒子如质子、中子和电子。一旦你要同原子核打交道，你就要研究更复杂的事物；原子本身按照化学的规律相互作用，产生另一层次的复杂性；而生命本身则又涉及极端复杂的化学现象，以及原子和分子的某些复杂构造物（如人类）与它们的实际环境相互作用的方式。对于越来越复杂的系统，我们了解得越来越少。

直到今天的宇宙历史中不确定性的另一来源关系到宇宙中的暗物质的数量 and 本质。显然，宇宙中并非所有东西都取我们能用望远镜看见的明亮恒星的形态。确实，有可靠的证据说明，产生于宇宙火球的暗物质比质子和中子这种形成恒星、星系、行星和人类的核物质多数十倍。这种暗物质的影响可以从它对可见物质施加的引力看出来。没有暗物质，核物质应该已经随着宇宙的膨胀而扩散得更加稀薄，根本不可能聚集起来形成恒星和星系；多亏暗物质的引力的影响，我们才得以存在。

概括地说，关于我们如何来到这里的历史可以从大爆炸之后大约 30 万年的时候谈起。在那个时候，宇宙仍然是一团滚热的浓汤，其温度大约是 5,000K，这比今天太阳表面的温度稍低。宇宙的核物质主要是穿行于电子和暗物质海洋中的个别质子（氢原子核）和氦核。直到这个时刻之前，任何试图抓住一或两个电子以形成一个原子的核，都会很快与一个高能光子碰撞，后者将把它的电子剥去。由于每个核带有正电荷，每个电子带有负电荷，而光子又喜欢同带电粒子相互作用，这就意味着宇宙充满了与光子相互作用的带电粒子，从而使宇宙不透明。光子传播不了多远就会与带电粒子相遇、反弹从而走出一条古怪的曲折之路，就像疯狂的宇宙弹子机中的球一样。

然后，从宇宙学标准来看十分突然地，随着温度的降低，光子不再具备足够的能量来破坏试图形成的原子。每个质子俘获一

---

个电子，每个氦核俘获两个电子，于是所有带电粒子被禁锢在电中性的原子之中。不再有带电粒子使光子反弹，光子便基本不受阻碍地通过原子周围的空间，仿佛一夜工夫宇宙就变得透明了。正是大爆炸后几十万年的那个时候的辐射，静悄悄地在透明空间中流动至今，这就是我们今天探测到的背景辐射。

当原子形成时，它们已经聚集成巨大的物质流和膜，其密度高于平均值，并在宇宙中暗物质的引力作用下靠拢在一起。在以这种方式形成的巨大原子物质膜内部，尽管宇宙作为整体继续膨胀，大量的气体被引力拉到一起而形成围绕着原子物质空洞的膜。随着引力将气体聚集成更薄的膜，膜中形成了团块并依次收缩，破裂成更小的碎片，后者再依次收缩、碎裂（实际上并非真正一个接一个意义上的‘依次’；碎裂和坍缩在所有层次上都是同时进行的）。这样形成的最小碎片变成了居留在星系内部的恒星，星系则居留于超星系团内部的星系团之中。超星系团构成链条、纤维和膜状的发光物，使得可见物质像泡沫般随意分布在黯黑的宇宙空间中。

只有在好几代恒星以这种方式形成并走完其生命历程之后，才有可能形成太阳这样的恒星和地球这样的行星。首批恒星仅仅含有氢和氦。较重的元素，包括对我们所知的生命形态十分重要的碳、氧和氮的原子，是在恒星内部经由核聚变制造出来的，当首批恒星中的大质量、短寿命恒星在其生命完结时发生爆发时，这些元素就被扩散到年轻星系的巨大区域中。

太阳是在晚得多的仅仅大约 50 亿年前由这种恒星爆发的碎片形成的。诞生了太阳的特定坍缩气体云大概含有足够制造几百颗恒星的物质。当碎裂的云坍缩时，这些恒星就一起形成了，不过从那以后经过了它们各自的道路。那个云中的一个物质团块含有比现在的太阳稍多的质量，当团块在自身引力作用下坍缩时，大多数物质形成了一个热气体球，另一些则形成了围绕胚胎期恒星的物质环。年轻恒星的热量吹散了环中许多较轻的原子，留下一



个由微小尘粒构成的系统，尘粒逐渐粘到一起，聚集成团而形成行星。以后，由于生命出现并在至少一个这样的行星表面上进化，事情就涉及到地球物理学和生物学，而不是宇宙学和天体演化学了。

这个至今仍然困扰着许多天文学家的历史的最重要特征之一就是，虽然就我们所知的物理学定律来看这一切似乎合情合理，但物理学定律的运行方式只要有很小的改变，这一切就可能不会发生。这些定律曾经可能是不同的吗？例如，如果宇宙膨胀得稍稍慢一点，那么到它冷却到氦核得以形成时，就没有中子存留下来供制造氦核。如果膨胀稍稍快一点，就会存留大量中子，以致所有从大爆炸产生的核物质将取氦的形式，而根本不会有自由质子供制造氢。这两种情形都会使宇宙成为极为不同的场所。比方说，完全由氢构成的恒星将很快走完它的生命历程而迅速衰亡，大概没有足够的时间在任何围绕它的行星上进化出生命。

宇宙含有一些而非百分之百的氦，这个事实决定于引力和氦核形成所涉及的核力之间的平衡。引力决定了宇宙膨胀有多快，核力则决定了质子与中子结合生成氦核的速率。如果这种平衡稍有不同，我们就不会存在；所以，我们存在这个事实有助于搞清楚宇宙的某些性质和物理定律应该是怎样的。这是一个被称为人择理论或人择宇宙学的例子。这究竟是纯粹的老调重弹，抑或是能告诉我们关于宇宙运转方式的某些深刻而重要的东西，对此有过热烈的争论。

一个令人激动不已的可能性是也许存在另外的宇宙，那里的物理定律与我们的宇宙中的不同，而类似我们的生命形式不能存在。这使我们又回到了这样的问题：大爆炸之前、在宇宙存在的最初片刻、以及在创造时刻，曾经发生过什么？这是暴涨宇宙学的领域，是今天宇宙学中最重要、最引人注目的新发展。

大爆炸证据的搜寻工作于1992年春天结束，当时美国国家航空航天局（National Aeronautics and Space Administration，简称宇航