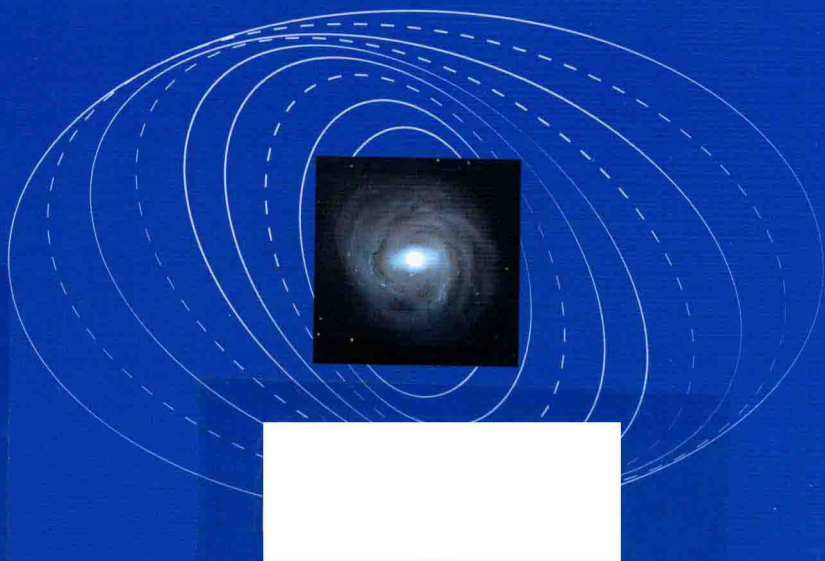




宇宙进化史

EPIC OF EVOLUTION: SEVEN AGES OF THE COSMOS

[美] 埃里克·简森 著 熊 况 译



上海科学技术文献出版社
Shanghai Scientific and Technological Literature Press



宇宙进化史

EPIC OF EVOLUTION: SEVEN AGES OF THE COSMOS

[美] 埃里克·简森 著 熊 况 译



上海科学技术文献出版社
Shanghai Scientific and Technological Literature Press

图书在版编目 (CIP) 数据

宇宙进化史 / (美) 简森著; 熊况译. —上海: 上海科学技术文献出版社, 2016.6

(合众科学译丛)

书名原文: EPIC OF EVOLUTION: SEVEN AGES OF THE COSMOS

ISBN 978-7-5439-6999-5

I. ① 宇… II. ① 简…② 熊… III. ① 宇宙—进化—历史—普及读物 IV. ① P159.3-49

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 057357 号

Epic of Evolution

by Eric Chaisson

Copyright © 2005 by Columbia University Press

Copyright in the Chinese language translation (Simplified character rights only) ©

2016 Shanghai Scientific & Technological Literature Press

All Rights Reserved

版权所有·翻印必究

图字: 09-2015-350

责任编辑: 张 树

封面设计: 许 菲

丛书名: 合众科学译丛

书 名: 宇宙进化史

[美] 埃里克·简森 著 熊 况 译

出版发行: 上海科学技术文献出版社

地 址: 上海市长乐路 746 号

邮政编码: 200040

经 销: 全国新华书店

印 刷: 上海中华商务联合印刷有限公司

开 本: 650×900 1/16

印 张: 34.5

字 数: 400 000

版 次: 2016 年 7 月第 1 版 2016 年 7 月第 1 次印刷

书 号: ISBN 978-7-5439-6999-5

定 价: 58.00 元

<http://www.sstlp.com>

前言

万物皆流，无物长驻。

——赫拉克利特，25 个世纪前古希腊哲学家

在意识启蒙之初，我们的祖先，无论男女，都认识到了两种事物的存在——一是他们自身，二是他们周围的环境。他们开始思考自己究竟是谁、来自何处。他们还渴望了解夜空中那点点的星光、四周的植物、动物、空气、陆地和海洋，并且开始思索自身的来源和归宿。但是在几千年前，这些基本的思考都被摆在了次要的位置，因为当时最为重要的谜团似乎已被解开，答案是：地球是整个宇宙的恒久不变的中心。毕竟，太阳、月亮以及所有恒星看起来的确都是在围绕着地球运转。在所知有限的情况下，人们便会很自然地认为自身和自身的家园具有特殊的地位。从这种“中心感”当中，他们能获得一种安全、至少是满足的感觉——人们相信，宇宙的起源、发展以及命运是由某种超越自然的事物所控制的。

我们的祖先做了许多深入、细致的思考，但是他们所做的也仅限于此。那个时期是逻辑思考的巅峰时期，而经验实证的地位则要低得多。不过，他们所做的努力，依旧启动了神话、宗教、哲学领域的发展。直到几百年前，地球中心论的地位及人们对超自然力的信仰终于有了些许动摇。在文艺复兴时期，人们开始带着更具批判性的眼光来看待自身及宇宙，并且意识到，单单就自然中的问题进行思考是不够的，他们还需要对自然进行观察。于是，实验成为人



们探寻过程中的中心环节。任何观点都必须在经过实验测试，得到数据证实后，才能被视为有效；而那些未能得到实验证明的观点则会遭到淘汰。“科学方法”由此诞生——它是有史以来，促进自然科学发展的最为有力的工具，而现代科学时代也在此时拉开了序幕。

今天，科学方法已然成为全世界所有自然科学家手中的工具。一般来说，科学方法包括以下步骤：首先，对研究对象进行观察，搜集数据；接着提出观点，对数据进行解释；最后通过客观实验来证明该观点是否正确。已被实验证实的观点在经过筛选、收集之后，将会被传播出去；而那些未能得到实验证实的观点则被淘汰——这有点类似于本书将提到的那些演化过程中的事件。就这样，通过对各种观点的不断选择和修改，科学家们才得以将真理和谬误区分开来，我们也才得以汲取到更为准确的、对现实世界的描述。当然，这并不是说科学一定可以揭示出真理——无论这真理是什么——科学只是帮助我们一步步地接近真理。

尽管我们一直强调客观性，但在某些情况下，客观性却阻碍了现代科学的发展。因为，科学工作者通常都具有强烈的热情和个人价值感，但是，在长时间的反复观察中，客观性会渐渐地凸显出来，并将控制我们，最终使得结论完全不为任何实验者、机构或任何一种文化的观点所影响。正如理性的调查方法能够帮助我们描述自然现象一样，科学方法能够帮助我们达到一个对于宇宙的本质、内容及运转的较为客观的共识。

今天的我们仍旧在循着先辈们的路径向前探索，也仍旧在问着同样基本的问题：我们究竟是谁？我们从何而来？万事万物又从何而来？所幸，在现代科技的惠泽下，今天的探询工作有了许多精妙的工具，我们可以借助天文望远镜来更好地观察恒星和星系构成的

宏观宇宙，可以通过显微镜来看清细胞和分子组成的微观世界，还能够利用离子加速器来探索原子核及夸克构成的次原子领域。有了无人驾驶的宇航船，我们便能采集到从地球上无法观察到的信息；有了功能强大的计算机，我们便能有条不紊地处理庞大的数据流、有待确认的观点以及各种科学实验。

我们生活在技术的时代——这是一个科学技术得到前所未有飞速发展的时代。尽管科技很可能将我们打败甚至替代，但它也在帮助我们不断地了解自身以及那广袤无垠的宇宙。

文艺复兴时期以来，人类取得的最为显著的科学发现便是：地球并不是宇宙的中央，也并不具有任何特殊地位。利用科学方法，人们发现自己居住的星球在宇宙中并无任何独特之处。大量研究，尤其是近几十年中的研究表明，我们所处的这叫地球的石块，不过是宇宙中一颗平淡无奇的行星，它围绕着一颗名叫太阳的恒星运转着，只是那一片叫做银河的星群中无数星星里的一颗。而银河，也只不过是散布在广袤穹宇中的无数星系里的一支。

而现在，刚刚迈入新千年的我们，在现代科学的帮助下，正描绘着一幅壮丽的图画。我们逐渐认识到了各种事物——小到夸克和微生物，大到类星体和人类思想——之间的联系，并且正试着破解宇宙演变的历程，即宇宙历史上，由射线、物质、生命组成的群体所发生的一系列的、各种各样的变化。这些变化影响了广阔无垠的宇宙空间，跨越了无法估量的时间长度，因为有了它们，我们的星系、恒星、行星以及我们自身，才能够诞生。

可以肯定的是，大自然中变化无处不在。有些变化十分微妙，比如每天的太阳光照，或者地球上陆地的漂移。而有些变化则要剧烈得多，如巨大的恒星发生毁灭性的超新星爆炸，或者大片陆地因

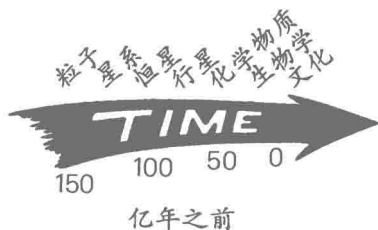


火山或地震而发生断层。无论我们是通过望远镜去探索宏观自然，还是通过加速器去了解微观自然，抑或只是用肉眼去观察周围的世界，我们都能看到变化的发生。

于是，我们为这无所不在的变化取了一个更好听的名字——宇宙演变，这一概念涵盖了演变的各个方面：无论是粒子、恒星演变，行星演变，星系演变，化学演变，生物演变，抑或是文化演变。

如今，对宇宙的统一看法已逐渐形成——宇宙万物，包括具有感知力的人类，都处于与时间密切相关的变化当中。变化——某事物形式、本质或内容的改变——时刻伴随着万物的起源、演变以及命运，不论该物体是否具有生命。从大片星系到一小朵雪花，从恒星、行星到生命本身，我们都能从中发掘出一种贯穿所有自然科学的内在模式——沿着变幻纷呈的宇宙中万物的形成、结构和运行的“时间轴”，这一席卷一切的观点已得到了普遍认同。

古希腊的赫拉克利特说得好：万物都在演变，惟有变化不变。除开一些细节上的谬误，这句话应该称得上是人类做出的最为精辟的结论。而在大约 25 个世纪之后的今天，科学家们正在不断地发现此类细节——其结果既富有创见又具备统一性，甚至称得上是令人惊奇。我们如今不仅明白了无数恒星是如何形成、如何消亡、如何产生组成世界的物质，还了解到生命的产生是物质演变的自然结果。如今，我们可以充满把握地将以下所有过程用知识纽带联系起来：原始能量演变为基本粒子、粒子演变为原子、原子再演变为恒星与星系、恒星演变为基本元素、基本元素演变为组成生命体的分子、分子再演变为生命本身、生命演变为智慧生命、智慧生命演变为能创造文化和技术文明的生命。



一种总揽全局的，沿着时间轴发展的视角。

* * *

若要回答“我们究竟是谁”这样一个基本的问题，我们还得往远古时代追溯——一直追溯到几十年前我们的诞生日之前、几百年前的文艺复兴时期之前、千万年前人类文明诞生之前、几百万年前我们的先祖出现在森林中之前，甚至要从 10 亿年前，地球上出现多细胞生物时再往前追溯，一直追回到距离现在几百亿年的那个时候。

为了能在宇宙演变的背景中理解人类的古老来源，我们必须把眼界拓宽，将思路放宽，去看一看很久很久之前，世界是什么样子。例如，我们回到 50 亿年前，那时候地球上还没有生命，事实上连地球都不存在，太阳、月亮、太阳系也都不存在，这些天体尚处于形成时期，它们还只是围绕着更古老的恒星星系边缘旋转的一些星云，而那些更为古老的恒星，已经以各种形式存在了很久。

如今，现代科学已将多种学科结合起来——其中有物理学、天文学、地质学、化学、生物学、人类学等等——并试图通过学科交叉的方法解决两个最基本的问题：物质及生命的起源。假如我们能破解宇宙演变中的一系列事件，很可能也能够弄清楚我们究竟是谁，尤其是生命如何在地球上出现的问题，甚至能够了解生命体是如何占领地球、生成语言、创造文化、发展科学、探索宇宙乃至研

究自身的，虽然做到这一点看来很不可思议。

作为有感知的人类，我们正将目光投向赋予我们生命的宇宙，所读到的，是一个自然的故事，一个宇宙的故事，一个有关人类起源的、内容丰富的、持续进行的故事，它是一首现代科学领域的造物史诗——一部在目前阶段人人都可将它当作真理来相信的史诗。

* * *

本书将涉及以下主题：空间与时间、物质与生命以及将它们融合在一起的各种能量转换。在这里我们将讨论关于宇宙、地球以及我们自身的问题。我们也将在此总结现代科学对一些古老哲学问题的解答，如：我们究竟是谁？我们从何而来？何时诞生？我们周围的万物——空气、陆地、海洋、星辰——从何而来？世间一切物质的秩序、形态、结构特点等特征又从何而来？而我们作为智慧生命，如何与宇宙间其他事物联系在一起？这些问题总的来说就是：我们的起源与归宿分别是什么？地球、太阳乃至宇宙的起源与归宿是什么？

本书主要面向对大自然存在广泛兴趣的读者，尽可能地用浅显易懂的语言，解释当代科学的理论，同时又不乏准确性和前沿性。但必须事先向读者们说明的是，对于一些基本的问题，我们至今还没有得出明确的答案，科学家们即便携手合作，也总是难以解开那些伟大而高深的谜团。毕竟只是在近几十年，我们才拥有足够的科技水平，来将这些问题由哲学领域引入科学领域。

研究者们意识到，我们拥有的知识并没有明确的边界，而是朝着边缘渐渐变得稀薄。科学前沿的研究就像是迷雾中的战争，每一个步骤的进行并不是实时可见的，我们总是在主观猜测的迷雾

散去，客观事实渐渐浮出水面之后，才能获得对某问题的清晰认识。之所以这样说是因为今天的科学领域日新月异，新的信息层出不穷，这就要求我们必须采用学科交叉的办法，对这些信息加以研究，就好比，仅在不到 100 年之前，我们还不知道星星为什么会发光，宇宙是依照怎样的遗传法则，才繁衍出如此多的星系，我们甚至不知道宇宙是否具有一个确切的起源。还有一个原因是，科学作为一种“进展中的事业”，总是包含着许多个人因素，于是在有效、正确的观点当中，往往夹杂着许多错误的开端，偶尔甚至会有一些荒谬的逻辑。一个比较准确的说法是，对于某些最基本的问题，我们的答案相当于一幅铅笔草图，许多细节还有待描画。



有感知力的生物……如今正在反过来思考宇宙中那些曾经赋予我们生命的物质。



在本书中，我们将用描述和演示的方法，来探究自然和宇宙的本质。贯穿本书的一个科学观点是，组成我们身体的原子与整个宇宙是相关联的。我们还将对一些宇宙演变的现时表现进行阐释——这便是宇宙生物学、宇宙起源学，它们是全新的科学哲学——正是通过这些表现，星系、恒星、行星及生命才得以在各种变化中诞生，这些变化可能是渐进性的，也可能是阶段性的；可能是生成性的，也可能是发展性的。我们对于作为人类自身的看法，以及对于我们在宇宙中地位的看法，都深深地受到了这两门学科的影响，因此，本书试图将宇宙生物学与宇宙起源学的基本部分结合起来。

总而言之，本书提供了最为广阔的视角，供读者探究宇宙这幅最为壮阔的图画。它试图通过最顶级的科学知识，来解释一些最为基本的问题——也许这些问题并不是与 21 世纪最为相关或最为实用的问题，但它们却都是非常基础的。我们对于包罗万物的宇宙，对于这无与伦比的广袤图景已经形成了一些认识，并渴望在最大范围内了解射线、物质、生命的本质和运行。在探寻自然的过程中，我们还发现，科学家们正处在一个新时代的开端。

我著于 25 年前的另一部作品——《宇宙的开端：物质与生命的起源》，是本书的原始版本。我于 20 世纪 70 年代在哈佛大学参与了一门跨学科课程的建设，那本书便是基于该学科而著成，并受到学生和公众的普遍欢迎，甚至得到了同仁们的普遍认可，尽管该书的语言十分通俗，却仍然赢得了几项文学奖项。但是，在该书出版至今的几十年中，科学界发生了许多的变化，全世界的研究者们获得了大量的新的观察数据，对于宇宙演变的许多方面也得出了更多理论创见，虽然总的知识框架没有变，却多出了许多细节知识。

今天，天文学家们已经建立起早期宇宙的以及古老星系的模

型，但是仍然未能解开一些最为神秘的宇宙谜团。生物学家们进一步认识了生命进化的速度及节奏，并再次肯定了新达尔文主义，却仍然对自然选择之外的一些变化机制存在争议。环境学家们在控制地球生态方面已取得了巨大进步，却仍旧无法预知气候变化的长期逆转趋势。化学家们对生命起源所需的条件有了更精确的认识；地理学家们描绘出了精确的地球内部结构图，以辅助比较行星学的研究；而人类学家们则搜集了大量的远古人骨、手工制品，来揭示人类的过去——但是，这些极为细致的信息处处都存在问题。

和这些在某一领域内所取得的成就同样重要的，是近 10 年内，学科交叉的特点在科学界越来越显著，那些专业性极强的研究者们如今也与其他领域的同仁进行交流——如天文学家与恒星学家，宇宙学家与粒子物理学家，生物学家与数学家，神经学家与计算机科学家。现在，“跨领域思考”的地位越来越高，各学科之间早就不该存在隔阂。而且，许多领域的研究方法正由简化主义转变为消除隔阂主义，多学科交叉在 21 世纪可谓前景无限。我们正在进入一个学科结合的时代，联合统一的趋势又一次冲到了前列。

说完这些，现在要谈谈我所要达到的“统一”，这涉及一切“窗外能看到的”、自然中的事物——主要是我们周围的世界中能够观察到的事物，如原子、恒星、行星以及动物。我并没有发现任何支持宇宙连线、十一维空间或是多重宇宙的证据，此外，我也不认为人类主义的推理有任何可取之处，人类主义较弱势的原理——有感知的生命从宇宙中诞生——只不过是宇宙演变作用的另一种说法，而较为强势的原理——宇宙是为了人类而诞生——就像是目的论的演绎。比起通过“天意”或“多元宇宙”来解释一些物理常量的无声的价值（如光的速度、电子的能量等），我更倾向于等到科

学足够成熟的时候，我们能够自然地理解这些自然界看似精妙的变化。这有点类似于数学，当人们研究 π 值的时候，谁能够预先想到，圆的周长与直径的比值竟然是3.14159……这样一个奇怪的无穷循环数，而不是3、3.1或其他更加干脆一点的数字？而如今，我们已经拥有了足够的数学知识，了解到这不过是一条几何计算定理，一个标准的圆形并没有什么神秘的——当然，它的组成是非常精妙的，不然就成不了圆了。正是因为 π 具有这种特殊的价值，一个圆才能由无数的优美弧线组成。同样的道理，正因为物理常量拥有其特定的价值，自然界的规则系统，包括生命，才能够存在。

令人欣慰的是，我在《宇宙开端》一书中所提出的“变化无处不在”的观点至今并没有发生多少改变。要说有什么改变，那就是如今的宇宙演变学受到了非平衡热动力学的极大推动，这是一门前沿性学科，描述能量流在开放的复杂结构内的运动——这些复杂结构可能是星系、恒星、行星或生命。可以肯定地说，我们在二十多年前搭建的那个骨架上增添了不少新鲜肌肉。

为了使本书趋于完美，我们做了大量的修改、更新和扩充工作。在保留原著的讨论范畴、时间顺序以及通俗易懂的文字风格的前提下，我作了如下改动：

- 完全删除了原书中讨论科学理论的部分，用最新的理论代替它们，通过最新的科学发现，来更好地解释宇宙演变历程。
- 解释重要观点时，在原书中铅笔草图的基础上，增加了两百多张照片，以便为这些观点提供更多客观证据。
- 重新组织了原书中讨论化学及生物演变的部分，扩大了这些部分的篇幅，并加入了最新的科学发现。



- 增加了关键词索引，以帮助读者更好地探索这一范围广、跨学科、涉及多个科学领域的学科。

为了本书中所探讨的宇宙演变历程清晰易读，我没有引用当下任何专家的观点；若是引用现阶段在该领域进行研究的学者们的观点，本书一直强调的概念清晰度将受到影响。毕竟，比起通过引用各位学者的观点来增加本书的权威性，描绘出本学科的总体结构更为重要。我们姑且可以说，本书中的所有叙述，是建立在人类各个科学领域的科学家们获得的成果上的，这些成果为我横跨各个领域撰写本书提供了很大的帮助。

许多同仁曾给予我帮助，让我得以对本书主要的论题形成更好的看法，并且搜集到更多有关宇宙演变的细节材料。他们中间有几位甚至影响到了我以何种方式教授、写作、研究这一概括性极高的学科。我尤其要感谢乔治·菲尔德教授及已故的哈洛·沙普莱教授，他们都是哈佛大学天文台的主任——我要感谢菲尔德教授在25年前，在我的职业生涯开始时，邀请我一同研究这门跨学科的科目；我要感谢沙普莱教授在半个多世纪之前，富有启发性地开辟了一条跨学科教学及研究的道路（即他所说的宇宙图像学）。我还要感谢我的妻子罗拉，是她徒手绘制了本书中的所有插图，将艺术引入深思的美感，与科学的精确性完美地结合在一起。需要感谢的还有迈克尔·哈斯克尔、罗宾·史密斯、弗雷德·斯皮尔以及一位不知名的修改者，他写出了一份详细的读书笔记，改进了本书的内容及写作风格。特别需要感谢的，是上一批选择了我的宇宙演变课程的近4000名学生，他们坚持着该学科的唯一前提——永远保持好奇心，让我在思考这一新世纪的主要世界观并形成自己的创见时受益匪浅。



目 录

前 言	001
序 章 宇宙学概论	001
第一章 粒子时代 转瞬即逝的简单体	059
第二章 星系时代 物质结构的层级	098
第三章 恒星时代 锻造元素的熔炉	166
第四章 行星时代 生命的栖息地	240
第五章 化学物质时代 物质加能量	309
第六章 生物学时代 复杂性持续	368
第七章 文化时代 从智力到技术	454
后 记 一个全新的时代	524

宇宙学概论



探索整个宇宙需要开阔的思维，而宇宙学的思想，则是最为开阔的思想。宇宙学是研究宇宙的结构、进化及归宿的学科——这里所说的宇宙，即所有已知或假设的，曾经出现、现在存在或即将到来的物体和现象的总和。在这里，我们试图要获得的是对于宇宙整体特征的把握：即宇宙中的物质和能量，宇宙的大小和范畴，可能还涉及宇宙的起源和命运。

我们在探索有关宇宙的问题时，总能获得广阔的视角，这是很自然的。和整个广袤的宇宙相比，包含其中的较小的事物，如行星和恒星——在某种程度上，甚至星系也一样——都显得渺小。对于宇宙学家来说，行星几乎不值一提，恒星只不过是一些点状的氢气吸收源，星系也不过是整个宇宙大环境中的细枝末节。在永恒面前，时间的重要性也大打折扣。和宇宙中发生的所有变化相比，人类领域内发生的变化是微不足道的。在宇宙这个大框架里，一千年的时间跨度根本不算什么，百万年的流逝也不过是在眨眼之间；相比宇宙演变的全部时间长度，10 亿年也仅仅是微小的一段。

为了更好地领会宇宙学的奥妙，我们必须打开视角，拓宽思



维，将整个宇宙及永恒装于脑海中。现在，正是需要进行广阔思维的时候。

在这起始阶段，我必须提醒大家：我们将经常性地用到几千、几百万、几十亿、甚至几兆这样的数字。这些数字不仅庞大，它们之间的差别也是非常巨大的，比如，1000 这个数字我们都很熟悉，假如每秒数一个数的话，要数到 1000 只需花费大约 15 分钟；相比之下，以同样的速度每天数上 16 个小时（剩下 8 小时作为休息时间），要数到 100 万居然需要两个多礼拜；若要以同样的速度数到 10 亿，则需要花费大约 50 年的时间，想想这个概念吧：一个人若要数到 10 亿，几乎需要数一辈子！

在这里，我们的思维将经常穿越几百万年、几十亿年的时间跨度；还将探讨由成百上千兆的原子、甚至由成百上千兆的星球组成的物体。因此，我们必须适应这些极为庞大的数目、极度宽广的空间范围以及巨大的时间跨度。尤其需要记住，100 万比 1000 要大得多，而 10 亿，则要大得多得多。

* * *

从地球上观察宇宙时，我们可以看到许许多多、形形色色的物体和现象：有五颜六色闪烁着的气态星云团，有不停释放能量的爆炸恒星，还有在太空深处旋转着的强大星系。在看不见月亮的漆黑夜晚，通过天文望远镜，你将能看到一幅由各种天体组成的壮丽的天文建筑图——它们就像一颗颗镶嵌在夜空中的宝石。这些天体不仅仅是极富艺术性和美感的杰作，它们中的每一个都是光的集合，正是这些光线为我们照亮了宇宙的许多方面。对于宇宙进化主义者来说，恒星、行星、星云、新星、星系，以及其他所有的天体都具有重要的意义，它们能帮助我们确定人类在整个宇宙中所处的地