



中国科协科普专项资助

“十一五”国家重点图书出版规划项目

海洋地学科普丛书



HAIDI
TANSUO ZHI LU

海底探索之路

何起祥 许靖华 编著



海洋出版社



中国科协科普专项资助

“十一五”国家重点图书出版规划项目
海洋地学科普丛书

海底探索之路

HAIDI TANSUO ZHI LU

何起祥 许靖华 编著



海洋出版社

2012年·北京

图书在版编目(CIP)数据

海底探索之路 / 何起祥, 许靖华编著. —北京:
海洋出版社, 2012.1

(海洋地学科普丛书)

ISBN 978-7-5027-8123-1

I. ①海… II. ①何… ②许… III. ①海底—普及读
物 IV. ①P737.2-49

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第201658号

海洋出版社 出版发行

<http://www.oceanpress.com.cn>

(100081 北京市海淀区大慧寺路8号)

北京画中画印刷有限公司印刷 新华书店发行所经销

2012年1月第1版 2012年1月北京第1次印刷

开本: 787mm × 1092mm 1/16 印张: 16.75

字数: 233千字 定价: 38.00 元

发行部: 62132549 邮购部: 68038093 图书中心: 62100038

海洋版图书印、装错误可随时退换

《海洋地学科普丛书》编委会

主任委员：秦蕴珊

副主任委员：张训华 杨绥华 彭轩明 刘守全 何起祥

委员：（按姓氏笔画）

丁 东 印 萍 石亚平 李培英 刘锡清

李广雪 李铁钢 邬象隆 周永青 赵松龄

徐家声 莫 杰 潘克厚 蔡乾忠

序

海洋，这是人们既熟悉又陌生的地方。在已知的行星中，目前只发现地球上
有海洋，有人类；也许，正是有了海洋才有了生命，有了人类。从这点上说，海洋是生命的源泉。生命之源的水有 97% 存在于海洋之中，人类生存的地球表面约 71% 是海洋，29% 为陆地，有些陆地还是从当年的沧海演变而来。地球上发生的一切自然现象几乎都与海洋有关，可见，海洋在整个世界占据着非常重要的地位。然而，人们对海洋的了解远不如陆地：什么是海？什么是洋？它是怎样形成的？又是怎样发展着，变化着，影响整个世界……对我，对许多人来说，海洋是一个巨大迷宫！

带着人们对海洋的向往，考虑到人们对海洋知识和海洋科学的渴望，海洋出版社和国土资源部青岛海洋地质研究所共同策划，诚请青岛海洋科学与技术国家实验室、中国海洋大学、中国科学院海洋研究所和国家海洋局第一海洋研究所的多位著名专家学者，撰写了这套“海洋地学科普丛书”。丛书共分五册，全面系统地介绍了海岸、海岛、海洋，海底世界，海洋矿产，海洋资源，海洋灾害，海洋对气候环境的巨大调节作用以及中国的海洋和海洋事业。读起来不仅能增长海洋方面的科学知识，了解海洋的奥秘，为我们伟大祖国不仅有 960 万平方千米的辽阔陆地，还有约 300 万平方千米主张管辖海域而感到自豪；还能找到身临海洋境地的感觉，舒展海一样的豪情，洋一样的胸怀，受益匪浅。

我不是搞海洋的，本无资格为此套丛书作序，但在去南、北极考察的过程中深受大海的熏陶和洗礼，海洋的魅力深深地吸引着我。这次受出版社和朋友之邀，只好勉为其难，先科普一下自己，再成此序；说是序，不如说是读后感。我诚心感谢海洋出版社和丛书作者，给我这样一个受科普长知识

的机会，更要以一个先睹为快的读者身份感谢海洋出版社、青岛海洋地质研究所以及丛书作者为民众出了一套好书，做了一件好事。科学普及是每位科学家和科学工作者义不容辞的社会责任。科学越普及，民众的科学素养越高，我们的民族，我们的国家，才能越进步，越昌盛。我衷心祝愿我们的科学工作者为民众创作出更多更好的科普作品。预祝“海洋地学科普丛书”早日面世。

中国科学院地质与地球物理研究所研究员
中国科学院院士
中国科普作家协会理事长

Handwritten signature in black ink, reading '刘兴' (Liu Xing).

2011年3月 北京

前言

“上天、入地、下海”是人类向大自然三个极限的挑战。要想在这个挑战中占据主动并赢得胜利，就必须通过学习了解自然，依靠现代科学与技术揭示自然的奥秘，从而掌握自然规律，为人类社会和经济发展服务。人们可以通过实践的直接感知获得知识，也可以通过书籍等传媒的间接感知获得知识。而后一种途径获得的信息是大量的。这就是人们常说的读万卷书，行万里路。

占地球表面积 71% 的海洋，不仅能供应人类生存所需要的生物资源，而且能够供应社会经济发展所需要的矿物资源，它同时又是一个巨大的气候调节器。古人早就知道海洋的渔盐之利和舟楫之便。随着经济的发达和社会的进步，海洋在政治、经济、军事、环境和气候等方面的重大作用越来越为人们所感知。中华民族要自立于世界民族之林，就必须把中国建设成海洋强国。这就要使更多的人认识海洋，了解海洋。作为海洋科学和地球科学的一个组成部分，海洋地学就是研究地球及其表面海洋的科学。它所涉猎的科学问题不仅有下海的，也有入地的，甚至有上天的。因此，关注海洋就是一件天经地义的事。而这种关注不应当仅仅是科学家的事，更应当是人民大众的事。这就是海洋出版社和国土资源部青岛海洋地质研究所共同策划编辑出版这套“海洋地学科普丛书”的初衷。

2008 年 10 月 15 日，海洋出版社和国土资源部青岛海洋地质研究所在青岛联合主持召开了海洋地学科普丛书编写专家座谈会。来自青岛海洋科学与技术国家实验室、中国科学院海洋研究所、国家海洋局第一海洋研究所和中国海洋大学的近 20 位科学家参加了座谈会。这次座谈会取得高度共识，认为做好科学普及工作是科学家的重要责任，应当尽快编辑出版海洋地学方面的科普读物，向社会大众宣传和普及海洋地质方面的科学知识，增强大众的海洋意识，使更多的人关心海洋、爱护海洋。应当让社会大众都知道，我们

的国土不仅有 960 万平方千米的陆地国土，而且有近 300 万平方千米的主张管辖海域。2009 年 1 月 8 日，以中国科学院院士秦蕴珊研究员为主任委员的“海洋地学科普丛书”编委会成立，同时成立了编委会办公室，确定了海洋地学科普丛书五个分册的作者，明确了这套丛书的定位、编写内容和要求、时间进度、经费筹措等事宜。此后，又召开了三次编委会会议和两次各分册作者工作会议，讨论和解决编写工作中诸如知识产权界定和科普读物编写方法等问题。

历时两年多的批阅删改、反复推敲，“海洋地学科普丛书”五个分册陆续脱稿，付梓印刷出版。这就是由何起祥和许靖华编著、秦蕴珊研究员主审的第一分册《海底探索之路》，由丁东编著、李广雪教授主审的第二分册《海底景观之奇》，由莫杰、蔡乾忠和姚长新编著、刘守全研究员主审的第三分册《海洋矿产之源》，由赵松龄和王珍岩编著、夏东兴研究员主审的第四分册《海陆沧桑之变》以及由徐家声（海岸部分）和刘锡清（海岛部分）编著、中国海洋学会科普部全开建主任和韩春瑞副研究员主审的第五分册《海洋世界之窗》。中国科普作家协会理事长、中国科学院院士刘嘉麒亲自执笔为这套丛书作序，令作者和编委会成员倍感欢欣。

在编写的过程中，大家深切体会到，由于专业和写作水平的限制，编写科普读物要比编写专业著作更困难。这套丛书定位为高级科普读物，不仅它的读者群会因此受到一定的限制，而且写作的分寸更难拿捏；因而我们深知还存在很多问题和不足，希望能得到科普专家和同行及读者的批评指教。尽管如此，我们依然把丛书的问世看成众多海洋地学工作者为建设海洋强国鼓与呼的强烈社会责任感的表现。如果因此而使更多的人关注海洋，了解海洋，那就实现了我们编写这套丛书的初衷和期望，并把它看成是对我们工作的肯定和褒奖。我们真诚地希望与全国的海洋科学工作者一起努力，为把伟大的祖国建设成海洋强国而不懈奋斗。

《海洋地学科普丛书》编辑委员会

2011 年 7 月 6 日

CONTENTS

目次

第一章 海洋的起源

02/ 混沌初开

09/ 话说地球

17/ 海洋起源

第二章 “水火之争”

27/ 霍顿和维尔纳

34/ 莱伊尔、达尔文和居维叶

第三章 “地槽论”的兴衰

43/ 地槽故事

51/ 大陆漂移

第四章 山雨欲来

62/ 百舸争流

69/ 大洋中脊

78/ 梦断莫霍

85/ 冰期寻踪

第五章 革命风云

101/ 海底扩张

104/ 海底“斑马线”

115/ “格洛玛·挑战者”号

124/ 验证扩张

第六章 板块构造

133/ 海沟与俯冲带

143/ 转换断层

148/ 夏威夷“热点”

155/ 边缘海

162/ 板块构造

第七章 古海荒漠

176/ 特提斯与地中海

182/ “米辛尼亚事件”

191/ 古海洋学

第八章 海洋与生命

198/ 生命起源

200/ 寒武纪生命大爆发

208/ 祸从天降

225/ 深海伊甸园

第九章 东亚季风

232/ 南海钻探

236/ 东亚季风

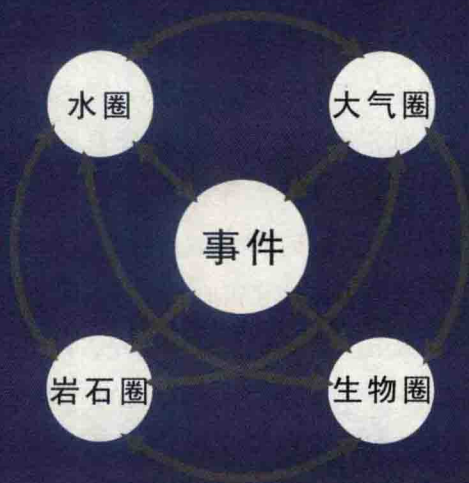
242/ 东风浩荡

254/ 结语

1

第一章

海洋的起源



□ 混沌初开

人类的先民终于站立起来了！他们走出莽莽苍苍的丛林，看到日月经天，江河行地，鹰击长空，鱼翔浅底，禁不住要问，如此壮丽的大千世界，究竟从何而来？

我们的祖先将这个多彩多姿而又充满谜团的大千世界称为“宇宙”。“宇”的意思是无边无际的空间；“宙”的意思是无穷无尽的时间。“宇宙”之意，就是时空无限。不仅它的规模无可比拟，对它的探索也是没有穷尽的。

从人类文明的萌芽时期就开始出现各种各样有关宇宙成因的故事。中国古代就有盘古开天辟地和女娲炼石补天的传说。据说天地之初，宇宙原是混沌一片，巨人盘古被困其中。为了争取自由，他以拔山之力挥动巨斧，向着那茫茫无际的黑暗用力劈砍，终于将这一片混沌劈为两半。上浮者日升一丈为天；下沉者日厚一丈为地。从此有了天地的分野。

但是，初始的天并不是那么齐整完美的。有一位“风”姓的古代“天子”（就是我们常称的女娲氏或者“娲皇”），忽发奇想，炼五色石补天，我们才有了现在像穹庐一样笼盖四野的蓝天白云。

中华大地是古文明的摇篮。除了坊间的传说，中国古代文献中对于宇宙和地球的起源问题，也有许多古朴的观察和充满哲理的讨论。老子无疑是其中最杰出的一位。他说，“有物混成，先天地生，寂兮寥兮，独立不改，周行而不殆，可以为天地母。吾不知其名，强字之曰道”。又说，“道生一，一生二，二生三，三生万物。万物负阴而抱阳，冲气以为和”。他用“道”来概括天地以前的物质存在，包含朴素的唯物主义。

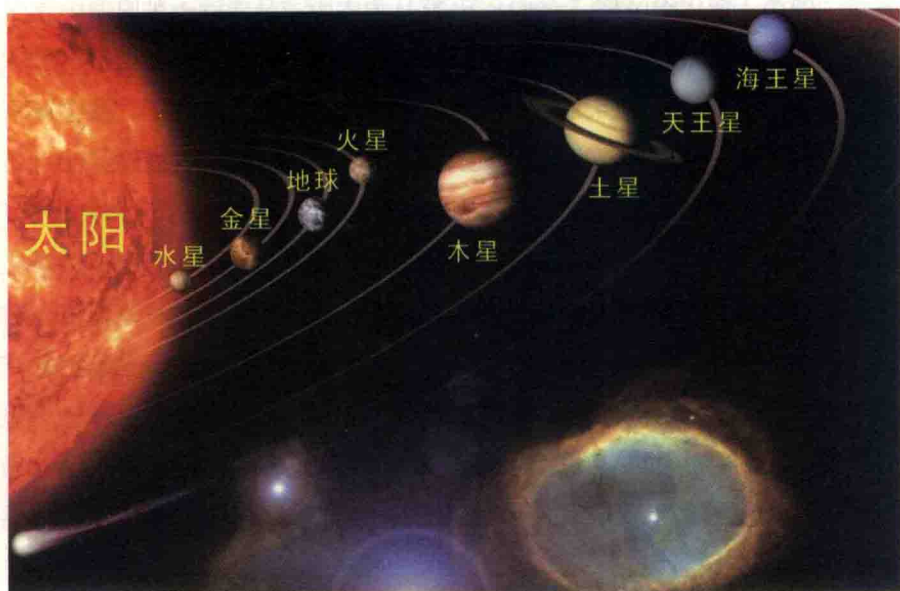
西方早期的宇宙成因观都是以地球为中心的，史称“地心说”。比较完整地提出“地心说”的学者是古希腊的欧多克斯，后经亚里士多德、托勒密进一步发展，成为统治一时的一种科学假说。在教会主宰一切的年代，“地心说”符合宗教的需要，深得教会的支持和保护。凡是不符合于“地心说”的言论和行动，一律被视为异端。1543年，波兰天文学家哥白尼在临终时

发表了他的《天体运行论》，提出了以太阳为中心、地球围绕太阳转动的思想，史称“日心说”。哥白尼之所以选择临终之际发表这一科学著作，纯是为了逃避宗教迫害，可见用心良苦。“日心说”问世后，被教会斥为大逆不道的异端邪说，但是得到了大批具有科学良心和正义感的科学家的拥护和支持。为了捍卫这一学说，意大利思想家布鲁诺惨遭火刑；意大利科学家伽利略因此也被宗教法庭判处终身监禁。这些事实彰显了真理的伟大，暴露了宗教统治的残酷。那是人类历史上黑暗的年代。

时间是推动历史前进的火车头。欧洲的文艺复兴结束了宗教对科学的干扰和统治，人类对宇宙成因的认识也有了一次又一次大的飞跃。

宇宙包含着数不尽的大小星系。银河系是其中之一。而太阳系又是银河系的一员。在漫无边际的宇宙内，太阳系真好比沧海一粟，其实是十分渺小的。

太阳是一颗恒星。周围有八大行星沿着各自的轨道围绕太阳运行。在行星周围，还有一些更小的星体围绕着它们转动。这些小的星体称为卫星。月亮就是地球的一颗卫星。



太阳系家族

太阳系中星体与星体之间的运动学和几何学关系是非常有规律的。比如:太阳系的星球,包括太阳在内,都无例外地处于转动状态;行星除了自转,还要围绕太阳公转;每一颗行星的公转都有一个近圆形的轨道;所有行星的轨道几乎都处在垂直于太阳自转轴的同一个平面内,那就是天文学家所说的黄道面,其公转方向与太阳的自转方向一致;行星的自转轴与其黄道面垂直;太阳自转方向、行星自转方向及行星围绕太阳公转的方向,三者近乎一致。行星轨道与太阳的距离,也是有规律的。如果我们按照行星与太阳之间的距离排序,那么,某行星与太阳的距离大致是前一颗行星与太阳的距离的两倍。行星可以分为两类。内行星或类地行星与地球的性质比较相近,都是石质的,体积较小;外行星或类木行星的性质与木星比较相似,都是气质的,体积较大。除了八大行星外,太阳系还有许多小行星,如阿波罗小行星,艾莫尔小行星和艾登小行星等。它们的情况更加复杂。关于太阳系的形成,有着各种各样的假说。但是,不管是哪一种假说,都必须能够解释上面所说的运动学和几何学的规律性。

天文学史上有关太阳系起源的假说,大致可以分为“演化论”和“灾变论”两类。演化论又称“一元论”。它认为太阳系是由同一种原始物质在运动过程中形成的。1644年,法国哲学家和数学家R. 德斯卡迪斯提出了一种涡流理论。他说,宇宙之初,天空充满了呈涡旋运动的气体。就像旋风会使尘埃聚集一样,旋转的气体中也会形成一些大小不同的物质凝聚中心。有一个大的,还有一群小的,它们因旋转而凝聚,最终变成了太阳和行星。1755年,德国哲学家I. 康德在涡流理论的基础上,引入牛顿的万有引力定律来解释物质的凝聚,认为那种旋转的气体云就是星云。它一边旋转,一边在引力的作用下缩聚。旋转促进缩聚,缩聚加速旋转,星云逐渐变成了扁圆形。最后,星云的中心缩聚成为太阳,剩下的物质凝聚成为行星,就形成了我们现在看到的太阳系。行星公转方向就是星云旋转的方向。

法国天文学家和数学家M. P. S. 拉普拉斯在1796年提出的星云假说与康德的假说大同小异。太阳系起源于一个旋转着的尘埃云。万有引力使物质发生缩聚。缩聚使旋转速度加大,在星云边缘产生强大的离心力。当

离心力超过向心力时，星云就会甩出一个环状物。这样的过程重复了九次，一共甩出了九个环状物。最后，星云的中心凝聚成为太阳，而每一个环则凝聚成为一个行星。因为拉普拉斯的假说与康德的假说并无原则区别，后人把它们联系在一起，称之为“康德—拉普拉斯假说”。



康德的太阳系起源假说（1755）

康德—拉普拉斯假说流

行了差不多一百年。在18世纪末，质疑的声浪日高一日。引起“堤防”决口的最后一次冲击来自太阳系角动量的分布。反对者决心借助一个外来的星体来解释太阳系的成因，于是出现了“灾变论”或者“二元论”。

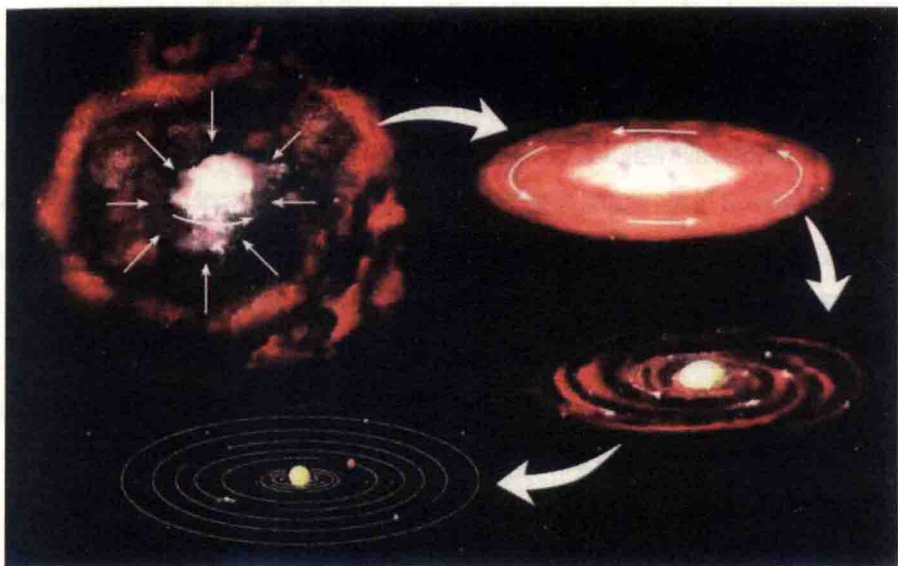
早在1745年，法国科学家C. 布丰就提出过一个具有灾变色彩的太阳系起源假说，比康德还要早10年。他说，在很久很久以前，有一个质量与太阳相近的彗星与太阳迎头相撞。撞下的大量太阳物质经过岁月的打磨，逐渐变成了行星。布丰的假说就像一幅科学漫画，很快被束之高阁。谁知到了20世纪初期，他的这一思想又复活了。

从1900年开始，美国地质学家T. C. 张伯伦和天文学家F. R. 莫尔顿连续发表文章，抨击康德—拉普拉斯假说。他们说，太阳系确是从一个旋转星云发展而成的。但是星云旋转的原因，不是物质的缩聚，而是来自星云近处擦肩而过的一颗行星。外星的潮汐力不仅引起了星云的旋转，而且还从太阳星云里拉出了大量的物质。这些物质一部分回落到太阳，一部分则留在外层空间继续旋转直到凝聚成为行星。这样的过程一共发生过五次。每次都造成两个尘埃潮。一个在靠近外来恒星的一侧，一个在相反的另一端。五次潮汐形成十个舌状的尘埃群，它们逐渐凝聚，形成所谓的“星子”。星子进一步聚集就成为行星和它们的卫星系。靠近外来恒星的一侧拉出的物

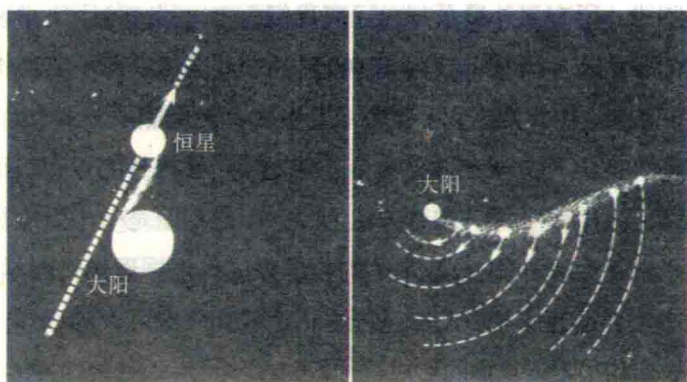
质多，离太阳也较远，形成外行星；相反的一侧甩出的物质少，离太阳也较近，形成内行星。卫星的形成过程与之大同小异。这就是“星子说”。它的核心是，除了星云物质本身外，还需要一个不期而遇的外来星体，因此称为“二元论”或者“灾变论”。

1917年，英国科学家詹姆斯·金斯和哈罗德·杰弗里斯对“星子说”进行了修正。他们设想，那个不速之客从太阳里拽出来的，不是一般的星际物质，而是一个雪茄状的灼热气流。“雪茄”的近太阳一端重返太阳，远端的物质则凝聚成为行星。最大的行星位于中间，向两端逐渐变小。杰弗里斯后来又放弃潮汐论，转而主张外星与太阳的碰撞。

提出“灾变论”或“二元论”的初衷，是为了解释太阳系角动量的异常分配。20世纪之初，有人提出可以用磁场相互作用或太阳风来解释太阳角动量偏小的原因，无须借助外星来解决这个科学难题。于是，“碰撞说”渐趋式微。1930年，H. N. 鲁塞尔用数学证明，碰撞不能为行星物质提供观察到的角动量，成为压断骆驼脊梁骨的最后一根稻草。待到40—50年代，“碰撞说”退出历史舞台。



拉普拉斯的太阳系起源假说（1796）



金斯和杰弗里斯的太阳系成因假说 (1917)

20 世纪 40 年代，天文学家们在星际介质中发现了不透明星云物质的“团块”或者“球状体”。密度很低，但足以在运动中发光。可能代表尘埃气体物质正在缓慢收缩，处于形成恒星的中途，因而称为“初星”。这一发现进一步激发了科学家的想象力。新的假说纷至沓来。美国天文学家 F. 惠普尔提出了“尘埃云假说”。奎佩尔又提出原始行星假说等，均曾风行一时，其中尤以奎佩尔的假说最为引人入胜。1951 年，奎佩尔著文指出，太阳系的形成，始于一个湍流强烈、规模巨大、密度不均匀的太阳星云。星云具有宇宙或太阳的成分，主要由氢、氦和少量较重的元素组成。其温度甚低，甚至可以在 -200°C 以下。由于尘埃之间的引力，星云开始收缩凝聚，湍流消失，发生旋转，并在赤道方向逐渐凸出，成为原始行星。原始行星也在旋转，其密度因旋转而逐渐增高，并在旋转加快的过程中形成卫星。其旋转方向也逐渐与它的公转方向取得一致。行星形成后，它们的物质开始重力分异。重者下沉，轻者上浮，出现圈层构造，形成以氢氦为主的大气圈。

人类对太阳系成因问题的认识，经历了否定之否定的曲折过程。时至今日，人类已经登月成功，而对太阳系的起源却依然争论不断。至于宇宙的成因，更是扑朔迷离。近年来，天文学界比较流行的“宇宙大爆炸”的假说是一种新的探索和尝试。

1929 年，天文学家哈勃发现，宇宙的年龄要比人们预想的大得多，而