

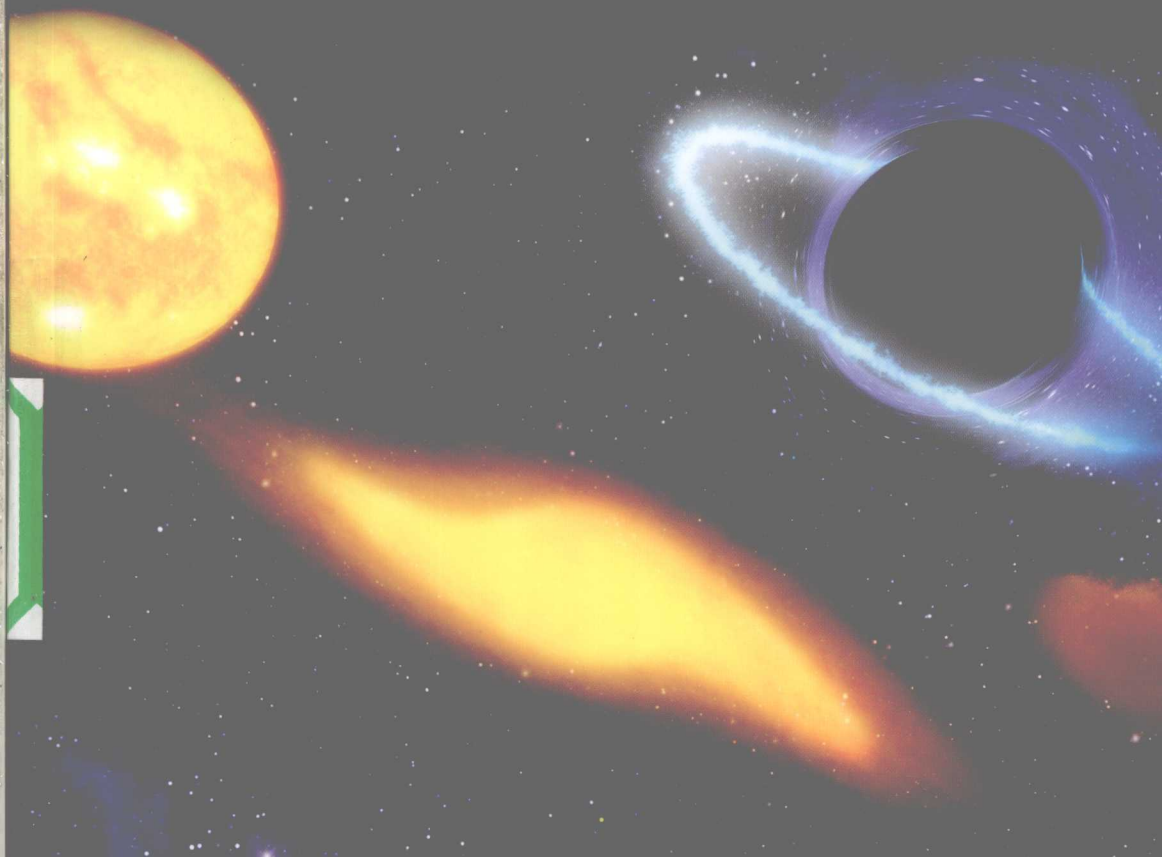
# 宇宙的 起源与归宿

## 听霍金讲万物之理

THE THEORY OF EVERYTHING

The Origin and Fate of the Universe

[英国]斯蒂芬·霍金 (Stephen W. Hawking) 著 赵君亮 译



# 宇宙的 起源与归宿

听霍金讲万物之理

**THE THEORY OF EVERYTHING**

The Origin and Fate of the Universe

[英国]斯蒂芬·霍金 (Stephen W. Hawking) 著 赵君亮 译

凤凰出版传媒集团

译林出版社

**图书在版编目(CIP)数据**

宇宙的起源与归宿: 听霍金讲万物之理/(英)霍金(Hawking, S. W.)著;  
赵君亮译. —南京: 译林出版社, 2009.8

书名原文: The Theory of Everything: The Origin and Fate of the Universe  
ISBN 978-7-5447-0990-3

I. 宇... II. ①霍... ②赵... III. 宇宙学 IV. P159

中国版本图书馆CIP数据核字(2009)第123772号

The Theory of Everything: The Origin and Fate of the Universe

by Stephen William Hawking

Copyright © 2005 by Phoenix Books

First published under the title The Cambridge Lectures: Life works

Copyright © 1996 by Dove Audio, Inc.

Copyright licensed by Waterside Productions, Inc. arranged with

Andrew Nurnberg Associates International Limited

Simplified Chinese edition copyright © 2009 by Yilin Press

All rights reserved

著作权合同登记号 图字: 10-2009-061 号

书 名 宇宙的起源与归宿: 听霍金讲万物之理

作 者 [英国]斯蒂芬·霍金

译 者 赵君亮

责任编辑 陈 叶

原文出版 Phoenix Books, 200.

出版发行 凤凰出版传媒集团

译林出版社(南京市湖南路1号 210009)

电子信箱 yilin@yilin.com

网 址 <http://www.yilin.com>

集团网址 凤凰出版传媒网 <http://www.ppm.cn>

印 刷 常熟市华通印刷有限公司

开 本 718×1000 毫米 1/16

印 张 13.75

插 页 2

字 数 121 千

版 次 2009年8月第1版 2009年8月第1次印刷

书 号 ISBN 978-7-5447-0990-3

定 价 25.00 元

译林版图书若有印装错误可向承印厂调换

## 译者前言

斯蒂芬·W.霍金1942年1月8日出生于英国牛津,这一天恰好是伽利略逝世三百周年忌日。他曾先后毕业于牛津大学和剑桥大学,1965年获剑桥大学哲学博士学位。在学生时期的1963年,二十一岁的霍金被诊断患有肌肉萎缩症,即卢伽雷氏症,自此他便终日与轮椅为伴。1985年后更因丧失语言能力,与人交流只能通过语音合成器来完成,为合成一小时录音演讲往往需要准备十天时间。尽管身残如此,霍金依然头脑清晰而又聪慧,在量子力学、宇宙学,特别是有关黑洞的研究中取得了一系列辉煌的成就,被人们誉为世界上最杰出的天才之一,现今在世的最伟大科学家,当代的爱因斯坦。他获得过多项荣誉及奖励,如1974年当选为英国皇家学会最年轻会员,1974—1975年成为美国加州理工学院费尔柴尔德讲座功勋学者,1978年荣获世界理论物理研究最高奖——阿尔伯特·爱因斯坦奖,1989年获得英国的爵士荣誉称号。

霍金在他长达四十余年的科学生涯中建树颇多。他与彭罗斯一起,在广义相对论框架内证明了著名的奇点定理,为此两人共同获得1988年沃尔夫物理奖。霍金对黑洞的关注长达十余年之久,他证明了黑洞的面积定理,并发现黑洞会像黑体一样发出辐射,而辐射的温度与黑洞质量成反比,这就是今日人所共知的“霍金辐射”。

霍金不仅是一位罕见的杰出科学家,而且是一位广受人们欢迎的科普学者。他深信科学理论进展的一般性原理应该能为广大公众所理解,他的演讲在国际上享有盛誉,他的足迹遍布世界各地,其中包括曾多次来中国讲演。在霍

金的诸多科普著作中,最有名的当推《时间简史》。该书已被译成四十余种文字,出版数超过一千万册。霍金试图通过自己的书籍和通俗演讲,把自己的科学思想与全世界各阶层人士进行广泛的交流。

本书是霍金的又一力作,全书由七次相对独立但又互相紧密联系的讲座集结而成。作者力图通过这一系列讲座,用尽可能通俗的语言,深入浅出地阐明人类迄今所探知的宇宙演化史的基本轮廓,以及相关理论的基本原理。读者通过阅读本书,可以初步认知宇宙从形成、演变直至可能的最终归宿之全过程,以及这一过程之所以发生的物理机制。

书中涉及了现代物理学的诸多领域,如宇宙的大爆炸起源,黑洞的特性,以及时空本质等,为此作者就讲座次序及其相关内容做了精心安排。在宇宙学方面,从介绍两千多年前亚里士多德时代人们对地球的朦胧认识,到今天颇为深奥的大爆炸宇宙论和暴胀理论。在引力理论方面,从早期的牛顿引力论到爱因斯坦广义相对论,进而融入现代量子理论,甚至还简要叙述了有关弦理论的种种趣事。黑洞性质的阐述无疑是本书的重点之一,为此作者特意安排了整整两讲的篇幅,并穿插若干富于想象力的精彩描述,使人阅后难以忘怀。在讨论了宇宙的起源与归宿之后,最后一讲的内容回归到本书的标题——“万物之理”,即如何寻求一种统一理论,以能囊括所有的局部性物理学相互作用,而这正是现代物理学尚未解决的若干极其重要问题之一。作者认为一旦做到这一点,我们将会真正理解宇宙以及人类在宇宙中所处的地位。

可以说,本书就人类认识宇宙的历史和现状,向读者展现了一次逐步深入的探索式“旅行”。实际上,在这一认识过程中,必然涉及相当深奥的物理学和天文学理论,然而在全书中仅有一处出现简单公式(即 $E=MC^2$ ),由此足见作者不仅是一代科学大师,而且还是向公众传播科学知识和科学方法的巧匠。尽管个别章节对一些读者来说尚有一定难度,但这并不会影响读者对作者总体思想的认知和把握。如有读者感到此类难点,尽可跳过无妨,重要的是了解宇宙

如何诞生和演化的历程,以及所涉及的一些重要理论之基本概念。

囿于译者各方面的学识水平,译文的错误和疏漏之处在所难免,还望读者不吝赐教为盼。

赵君亮

2009年5月13日

# 引言

我想尝试通过这一系列讲座，来阐明我们所认识的宇宙史之基本轮廓，从大爆炸到黑洞。在第一讲中我将简要回顾过去年代中有关宇宙的若干观念，以及如何取得目前的宇宙图像。您也许可以把这称为宇宙史的历史。

在第二讲中我要说明的问题是，如何从牛顿和爱因斯坦的两种引力理论推断，宇宙不可能是静态的；它只能处于膨胀或收缩之中，两者必居其一。接下来的推论是，在100亿到200亿年之前的某个时间，宇宙的密度为无穷大。这一时刻称为大爆炸，宇宙应该由此诞生。

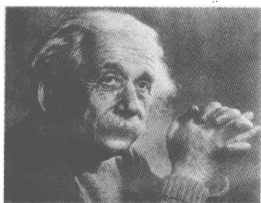
第三讲的内容与黑洞有关。当一颗大质量恒星，或者质量更大的天体，在自引力作用下发生坍缩<sup>①</sup>，便可以形成黑洞。根据爱因斯坦的广义相对论<sup>②</sup>，如果有人愚不可及，一步跌入黑洞，那就会一去不返，永远消失。他们绝不可能再度从黑洞中逃逸出来。相反，对这样的人来说经历会是非常痛苦的，等待着他们的是最终到达一个奇点。但是，广义相对论是一种经典理论——这就是说，它没有考虑到量子力学的测不准原理<sup>③</sup>。

在第四讲中我将要阐明量子力学如何允许能量从

① 坍缩：在满足一定的前提下，天体会在自引力作用下向内收缩，直至达到新的平衡态，这一过程称为坍缩。如星云经坍缩而形成恒星，恒星坍缩成白矮星等。（本书所有边注均为译者所加）

② 广义相对论：研究物质在空间和时间中如何进行引力相互作用的理论，与牛顿引力理论完全不同，由美国物理学家爱因斯坦于1915年完成。

③ 测不准原理：量子力学的一条重要原理，说明微观客体的坐标和动量不可能同时具有确定的值，由德国物理学家海森伯于1927年提出，又称“测不准关系”。



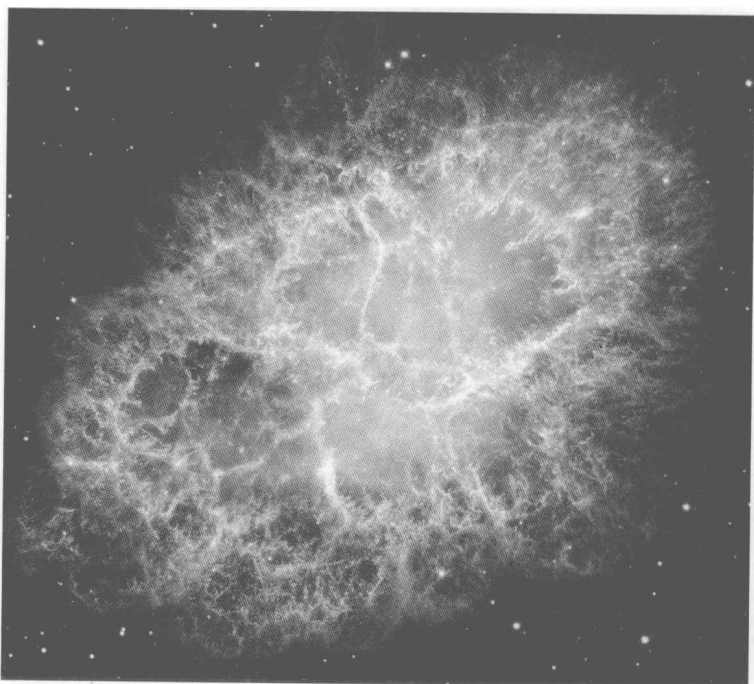
阿尔伯特·爱因斯坦  
(1879—1955)

黑洞中逸出，黑洞并非人们所描绘的那样黑不可知。

第五讲的主题涉及把量子力学的一些观念用于大爆炸和宇宙起源。由此引出的重要概念是，时空可以在范围上是有限的，但没有边际，或者说它是无界的。这有点像地球的表面，不过还得增加两维。

第六讲中所要讨论的问题是，尽管物理学定律就时间上来说是对称的，但这种新的、有关宇宙边界的设想，也许可以用来解释过去和未来为什么会有霄壤之别。

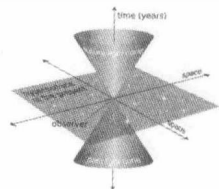
最后，第七讲中我要阐述的是，人们如何尽力寻求一种统一理论，以能囊括量子力学、引力以及物理学中的其他所有相互作用。一旦做到这一点，我们将会真正理解宇宙以及我们在宇宙中的地位。



大质量恒星坍缩后形成的蟹状星云



# 目录



引言 / 1

第**1**讲 有关宇宙的若干观念 / 1

第**2**讲 膨胀的宇宙 / 11

第**3**讲 黑洞 / 29

第**4**讲 黑洞并非黑不可知 / 47

第**5**讲 宇宙的起源与归宿 / 63

第**6**讲 时间的方向 / 83

第**7**讲 万物之理 / 95

名词对照表 / 109

英文原文 / 115

# 第1讲

## 有关宇宙的若干观念

早在公元前340年,亚里士多德在他的《天论》(*On the Heavens*)一书中,就己能提出两个令人信服的论据,从而证明地球是一个圆球,而不是一个扁平的盘。首先,他领悟到月食的成因是由于地球运行到了太阳和月球之间。地球投射在月球上的影子始终是圆形的,这一观测事实只有当地球为球形时才能出现。如果地球是一个扁平的圆盘,那么除非月食发生之际太阳总是正射到盘的中心,否则地球的影子必然会拉长而成为椭圆形。

第二,希腊人在他们的迁居过程中早就知晓,南方看到的北极星在天空中的位置,要比北部地区所看到的位置来得低。根据埃及和希腊两地所见北极星视位置的差异,亚里士多德甚至估计出了地球的周长为40万斯达地<sup>①</sup>。1斯达地的准确长度无人知晓,不过很可能约合200码。如是,亚里士多德的估值约为目前所采用值的两倍。

此外,希腊人还提出了地球必然为球形的第三个理由:为什么船舶出现在地平线上时,人们先看到的是船帆,然后才看到船身?亚里士多德认为地球是静止不动的,而太阳、月球、行星以及恒星都沿着圆形轨道绕地球运动。他深信,鉴于某些神秘莫测的理由,地球位于宇宙



亚里士多德(前384—前322)

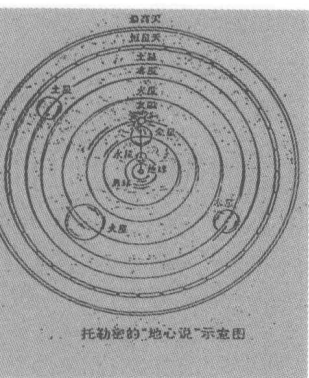
<sup>①</sup> 斯达地(Stadium)系古希腊长度单位,约等于185米。

的中心，而圆运动是最完美的。

① 原文为“公元1世纪”，有误。托勒密于公元140年在《天文学大成》一书中完整地提出了他的地心说。认为地球位于宇宙的中心且静止不动，而其他所有天体都绕着地球转动。



托勒密 (100—170)



托勒密的“地心说”

公元2世纪<sup>①</sup>，经托勒密的精心推敲，形成了一种完整的宇宙模型。地球位于中心，它的周围有八个天球，分别承载了月球、太阳、恒星以及当时所知道的五颗行星，即水星、金星、火星、木星和土星。这些行星分别在一些较小的圆轨道上运动，而这些小圆圈又各自附于上面提到的那些天球上，由此来说明所观测到的行星在天空中的复杂运动路径。位于最外面那个天球上的则是一些所谓固定不动的恒星，它们之间的相对位置始终保持不变，同时又作为一个整体在天空中转动。至于在最外面的天球之外又是什么，则从来没有被搞清楚过，但这肯定不是人类可观测的宇宙的组成部分。

托勒密的模型提供了一种颇为合理的精确系统，它可以用来预测诸天体在天空中的位置。但是，为了正确地预测这些位置，托勒密不得不设定月球运动的路径距地球时近时远，最近时的月地距离只是其他时候的一半。这意味着有时候月球看上去会比通常所看到的大上一倍。托勒密本人知道这是一个问题，但尽管有这个缺陷，他的模型在当时为大多数人所接受，虽然并非人人都予以认可。基督教教会接纳了托勒密的模型以作为宇宙的图像，因为它与《圣经》的记载相符。该模型的一大好处是，它在恒星球之外为天堂和地狱留下了广阔的空间。

然而，波兰教士尼古拉·哥白尼在1514年提出了一种更为简单的模型。最初，哥白尼因担心会被指控为异端之说，便采用匿名方式发表了他的模型。哥白尼的思想是，

## 宇宙的起源与归宿

听寒金讲万物之理 / 2

太阳位于中心且静止不动，地球和其他行星都绕着太阳在圆轨道上运动。对哥白尼来说可悲的是，差不多在一个世纪之后人们才认真地接受了他的思想。其时，有两位天文学家，德国人约翰内斯·开普勒<sup>①</sup>和意大利人加利莱奥·伽利略——开始公开支持哥白尼的理论，尽管事实上该理论所预言的行星运动轨道与观测结果并不完全相符。亚里士多德—托勒密理论的消亡始于1609年。在那一年，伽利略开始用望远镜观测夜空，当时望远镜才刚发明不久<sup>②</sup>。

伽利略在观测木星时，发现它的周围有几颗小的卫星（或者说月亮）在绕着木星作轨道运动。这说明所有天体并非如亚里士多德和托勒密所认为的那样都必然直接绕着地球运动。当然，仍然可以相信地球位于宇宙中心且静止不动，不过这时要使木星的月亮看上去表现为在绕木星运动，那么它们绕地球运动的路径必然极其复杂。然而，哥白尼理论就要简单得多了。

在同一时期，开普勒对哥白尼理论作了修正，他认为行星运动的轨道不是圆，而是椭圆。这么一来，理论预期与实测结果最终完全相符了。就开普勒而言，椭圆轨道只是一种特定的假设，而且是一种颇不受人欢迎的假设，因为在那时的人看来椭圆显然不如圆来得完美。开普勒发现椭圆轨道与观测结果很好地相符带有某种偶然性，他当时认为由于磁力的作用才使得行星绕太阳运动，而椭圆轨道与这种观念是无法调和的。

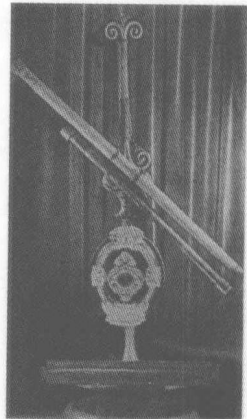
只是到了多年后的1687年，牛顿才对此给出了解释，

① 开普勒行星运动定律：17世纪初由德国天文学家开普勒提出，共有三条：所有行星的运行轨道都是椭圆，太阳位于椭圆的一个焦点上；行星与太阳的连线在相等的时间内扫过的面积相等；行星公转运动周期的平方与行星公转轨道半长轴的立方成正比。



开普勒 (1571—1630)

② 望远镜的发明：1608年荷兰眼镜制造商利伯希在一次偶然机会中发明了望远镜，翌年，伽利略在得知此消息后亲手制作了望远镜并用于观测天体，做出了一系列重大发现，从而开辟了天文观测的新纪元。



伽利略的折射望远镜

那一年牛顿发表了他的名著《自然哲学的数学原理》。这本书也许是物理科学领域迄今为止所出版的一部最为重要的著作，书中牛顿不仅提出了描述物体在空间和时间中运动规律的理论，而且还推导出了分析这类运动所需要的数学公式。不仅如此，牛顿还提出了万有引力定律。这条定律指出，宇宙中的每一个物体都会受到其他所有物体的吸引，物体的质量越大，物体间的距离越近，引力就越强。正是因为这种作用力的存在，才使得物体会落到地面上来。关于一个苹果掉到牛顿头上的故事似乎并不足以信。牛顿本人提到过的仅仅是，关于引力的思想是他处于沉思冥想之际，由一个苹果的掉落而引发的。



存在第一推动力吗？

① 晚年的牛顿在研究行星为什么会围绕太阳运转时，由于信奉上帝，认为除了有引力的作用外，还有一个“切线力”，该“切线力”只能是来自上帝的“第一推动力”。

牛顿进一步证明，根据他的定律，由于引力的作用使月球沿着椭圆轨道绕地球运动，也使得地球和其他行星遵循椭圆形路径绕太阳运动。<sup>①</sup>哥白尼的模型抛弃了托勒密的天球体系，同时也抛弃了宇宙有一个天然的边界的观念。恒星不会因地球绕太阳的运转而改变它们的相对位置。由此自然可以推知，恒星是一些与我们的太阳类似、但距离要遥远得多的天体。上述推论会引起一个问题。牛顿意识到根据他的引力理论，恒星应该彼此互相吸引；因此，它们似乎不可能保持基本上无运动的状态。那么，所有这些恒星最终会统统落到某一点上吗？

牛顿在1691年写给当时另一位权威思想家理查德·本特利的一封信中指出，如果仅有有限数目的恒星，上述情况确实是会发生的。但是另一方面，他又推断说，如果恒星的个数为无穷大，且又大致均匀地分布在无限大的

空间内,那么这种情况就不会出现,因为这时对恒星来说就不存在任何使之内落、集聚的中心点。这种推论是人们谈论关于无限的问题时可能遭遇的陷阱的一个例子。

在一个无限的宇宙中,每一个点都可以被视为中心,因为在每一点处朝各个方向看去都会有无穷多颗恒星。只是在多年之后人们才领悟到,认识这一问题的正确途径是,应该考虑的是一种有限的空间,其中的恒星都会彼此内落并集聚。现在我们要问,如果在上述有限区域的外围加上一些恒星,且它们大体上为均匀分布,那么情况会有哪些变化?根据牛顿定律,后来补充的恒星与原来的那些恒星毫无区别,因而它们也会接连不断地内落。这样的恒星可以想增加多少就增加多少而不受限制,但它们会始终保持不断地自行坍缩。现在我们知道了,不可能构筑一个静态的无限宇宙模型,在其中引力永远是一种吸引力。

在20世纪之前从未有人提出过宇宙正处于膨胀或收缩之中,这耐人寻味地反映了当时的主流思潮。当时为人们普遍接受的概念是,宇宙要么从来就以一种不变的状态永恒存在,要么它是在过去某个确定的时刻被创生出来,而且宇宙诞生时的状态与今天所观测到的样子大体上是一样的。形成这种观念的部分原因也许在于,人们倾向于相信永恒的真理,以及从下述想法中所得到的些许安慰:尽管他们会慢慢地老去,直至死亡,但宇宙是永恒不变的。

即使有人意识到牛顿引力理论表明宇宙不可能是静

态的，他们也不会去思考并提出宇宙也许正处于膨胀之中。相反，他们尝试去修正引力理论，办法是在很大的距离上使引力变为斥力。这种做法不会对预测行星的运动产生显著影响。但是，它可以使无限分布的恒星保持平衡状态：近距离恒星间的引力被来自远距离恒星的斥力相抵消。

然而，我们现在认为这种平衡态是不稳定的。如果某一天区内的恒星哪怕只是彼此间稍稍靠近一点儿，它们之间的吸引力就会增强，并超过斥力的作用。这意味着那些恒星便会继续彼此内落、集聚。另一方面，要是恒星之间的距离略有增大，斥力就会占上风，结果使恒星进一步互相远离。

人们通常认为，对无限静态宇宙的另一个反诘是由德国哲学家海因里希·奥伯斯提出来的。事实上，与牛顿同时代的各行各业学者已经提出了这个问题，甚至奥伯斯1823年的文章也不是包含了对这一议题貌似合理的推论的第一篇。不过，这是最早受到人们广泛关注的一篇文章。困难之处在于，在一个无限静态的宇宙中，几乎每一条视线或者每一条边，都将终止于某颗恒星的表面。因此，人们应当看到整个天空会像太阳一样明亮，哪怕在夜晚也是如此。奥伯斯对此的解释是，来自遥远恒星的光线因受到行进路径上物质的吸收而减弱了。但是，如果情况确实如此，那么这类介质也会因受到加热而发光，并最终变得如恒星般明亮。

为了避免得出整个夜间天空会变得如太阳表面那样

明亮的结论,唯一的途径是假定恒星并非永远在发光,它们只是从过去某个确定的时刻起才开始发出光芒。在这种情况下,起吸收作用的介质也许迄今尚未得以充分加热,或者遥远恒星所发出的光线可能尚未到达我们这里。这就会引出另一个问题:是什么原因能使恒星在原初位置上开始发光?

## 宇宙之开端

诚然,有关宇宙之开端的讨论可谓是由来已久。在犹太教、基督教或伊斯兰教的早期传说中有若干种宇宙学,根据这类宇宙学,宇宙应始于过去某个有限而并不太遥远的时刻。之所以存在这样一个开端的一个理由是,感觉上必然要有一个造物主来解释宇宙的存在。

另一个论点由圣奥古斯丁在他的《上帝之城》(*The City of God*)一书中提出。圣奥古斯丁指出,文明的发展是渐进式的,而我们记住了是谁完成了这项业绩,又是谁开发出了那项技术。有鉴于此,人类——因而也许还有宇宙,就不可能已经存在了太长的时间。不然的话,今天人类文明的进展应当比我们现已取得的更为超前。

依据《创世记》一书所述,圣奥古斯丁所采用的宇宙创生之时约为公元前5000年。有意思的是,这一时间距最近一次冰河期结束之际不算太远,该冰期约终结于公元前10000年,而那时人类文明已经萌发了。另一方面,亚里士多德和大多数其他希腊哲学家并不喜欢创生的观念,



圣奥古斯丁 (354—430)



因为这掺入了太多的神授因素。所以，他们认为人类和人类周围的世界在过去和将来都是永恒存在的。他们已经考虑到了前面所提到的关于文明进展的论点，对此他们的辩答是，由于洪水和其他天灾的周期性出现，人类一次又一次地退回到文明的起端。

当大部分人对一个基本上处于静态、无变化的宇宙深信不疑之时，宇宙是否有一个开端的问题，实质上便成了某种玄学或神学问题。人们可以就两条不同的途径来说明所观测到的现象：或者宇宙永恒存在，或者它在某个有限时间内处于运动之中，而运动的方式恰好使宇宙看上去就像是永恒存在一样。但是在1929年，埃德温·哈勃<sup>①</sup>完成了一项划时代的观测，即无论你朝何处看，遥远的恒星<sup>②</sup>都在快速地远离我们而去。换言之，宇宙正在膨胀。这意味着在过去的某个时间，天体应该紧密地集聚在一起。

事实上，似乎在大约100亿或200亿年前的某个时间，所有这些天体都恰好位于相同的位置上。

这一发现最终把宇宙之开端的问题纳入了科学的范畴。哈勃的观测表明，曾经存在一个称之为大爆炸的时刻，那时宇宙为无限小，因而其密度必为无穷大。如果在这之前还曾出现过一些事件，那么这类事件也不会影响到现在所发生的一切。它们的存在可以忽略而不予考虑，因为它们不会产生任何观测效应。

人们可以说时间有一个起点，即大爆炸瞬间，这意味着在这之前的时间是完全不可定义的。应该强调的是，时间有起点之说与以前习以为常的观念大不相同。在一个

① 以天文学家哈勃为名的哈勃望远镜是世界上最大、图像最清晰的天文望远镜。1990年4月5日由美国“发现号”航天飞机送入太空，总重量约11.5吨，望远镜口径2.4米，造价20亿美元，是迄今取得科学成果最多的空间天文项目。

② 原文如此，这里恰当的用词应当是“星系”，而不是“恒星”。