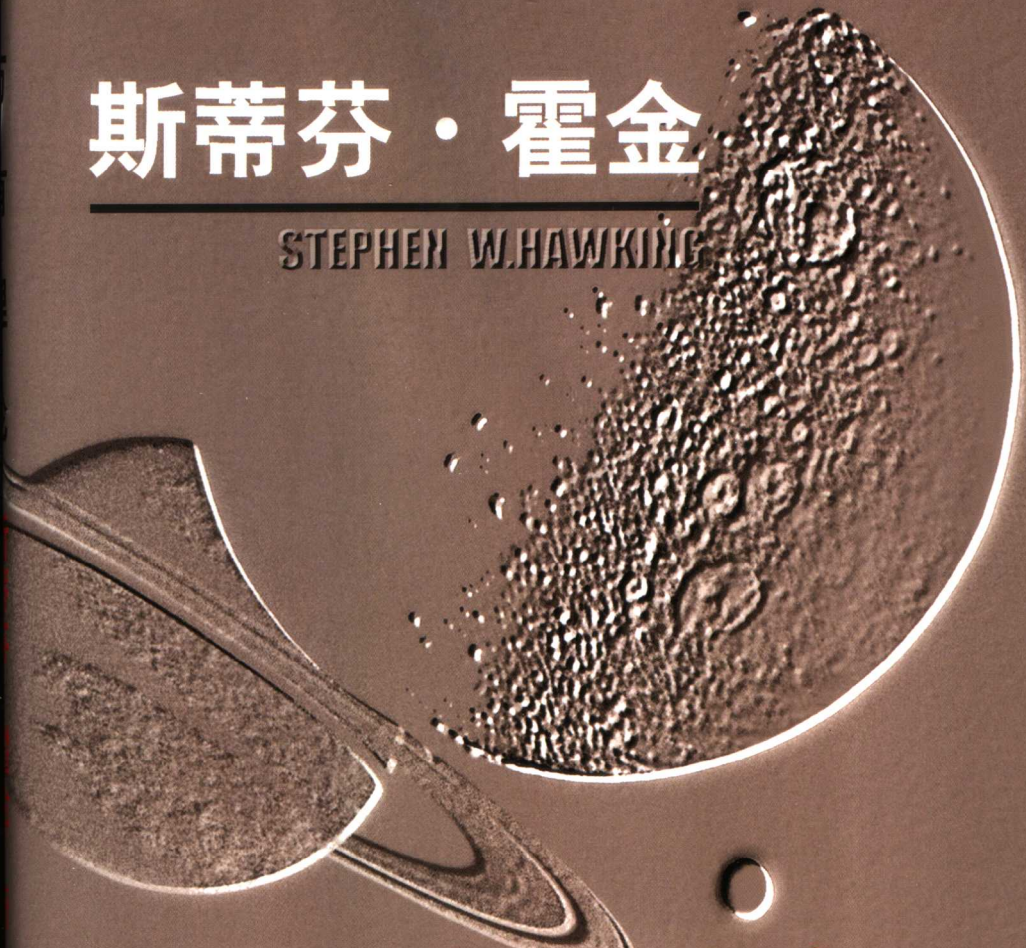




斯蒂芬·霍金

STEPHEN W. HAWKING

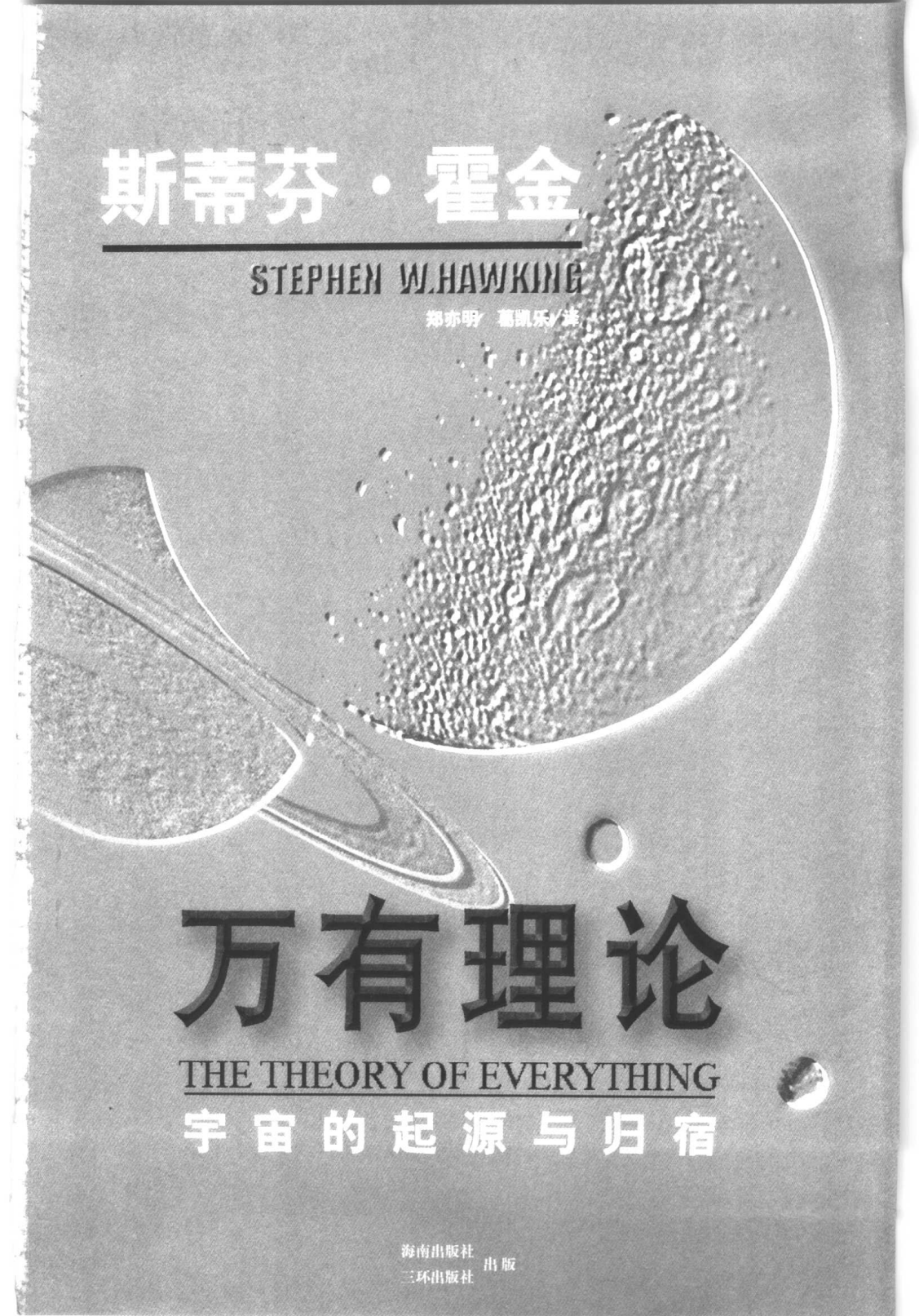
万有理论

THE THEORY OF EVERYTHING

宇宙的起源与归宿

海南出版社 出版
三环出版社

附 霍金
演讲盘一张



斯蒂芬·霍金

STEPHEN W. HAWKING

郑亦明 葛凯乐 译

万有理论

THE THEORY OF EVERYTHING

宇宙的起源与归宿

海南出版社 出版
三环出版社

Copyright © 2002 by New Millennium Press

First published under the title "*The Cambridge Lectures; Life Works*"

Copyright © 1996 by Dove Audio, Inc.

目 录

开场白

1

[第一讲]

关于宇宙的构想

5

[第二讲]

膨胀着的宇宙

17

[第三讲]

黑洞

37

[第四讲]

黑洞不太黑

57

[第五讲]

宇宙的起源与归宿

75

[第六讲]

时间的方向

99

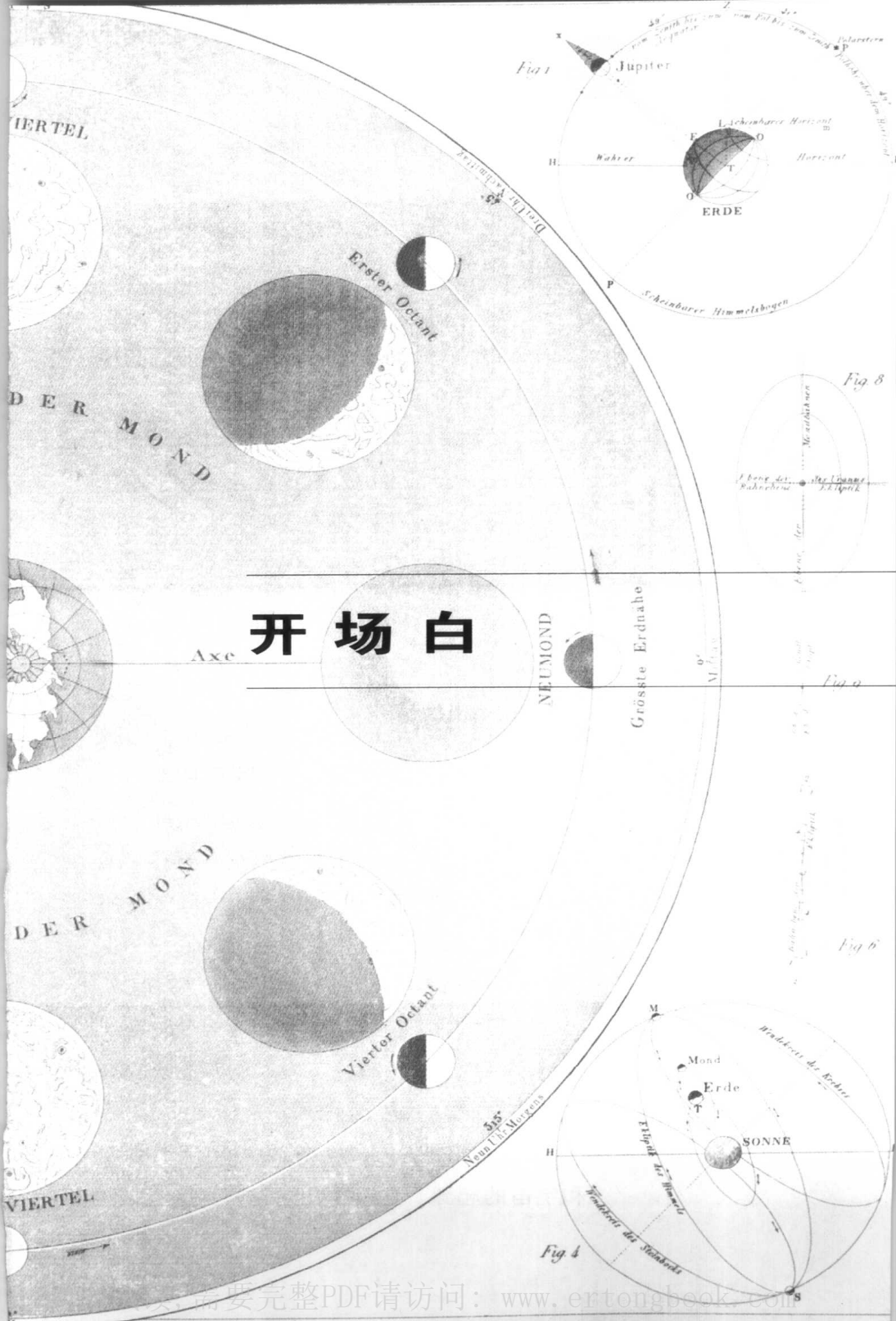
[第七讲]

万有理论

113

后 记

129



开场白

在这个系列讲座里,我将试图勾勒出我们心目中的宇宙历史——从大爆炸到黑洞。在第一讲里,我将简要地回顾过去关于宇宙的构想,并说明我们是如何得到目前的图像的。这或许可以称之为宇宙史的历史。

第二讲将解释牛顿和爱因斯坦的两种引力理论怎样会都得出这样的结论——宇宙不可能是静态的,它不得不或是膨胀,或是收缩。而这又意味着,在前100亿年到前200亿年之间,必定有某一时刻,那时宇宙的密度为无穷大。

第三讲将谈谈黑洞。黑洞是当某个巨大的星球,或者更大的天体,受其自身引力吸引而自行塌缩时形成的。根据爱因斯坦的广义相对论,任何蠢得掉进黑洞的傻瓜都会永远消失。他们将无法再逃出黑洞。而有关他们的历史,则将到达一个奇点,一个痛苦的终点。不过,广义相对论是经典理论——也就是说,它不考虑量子力学的不确定原理。

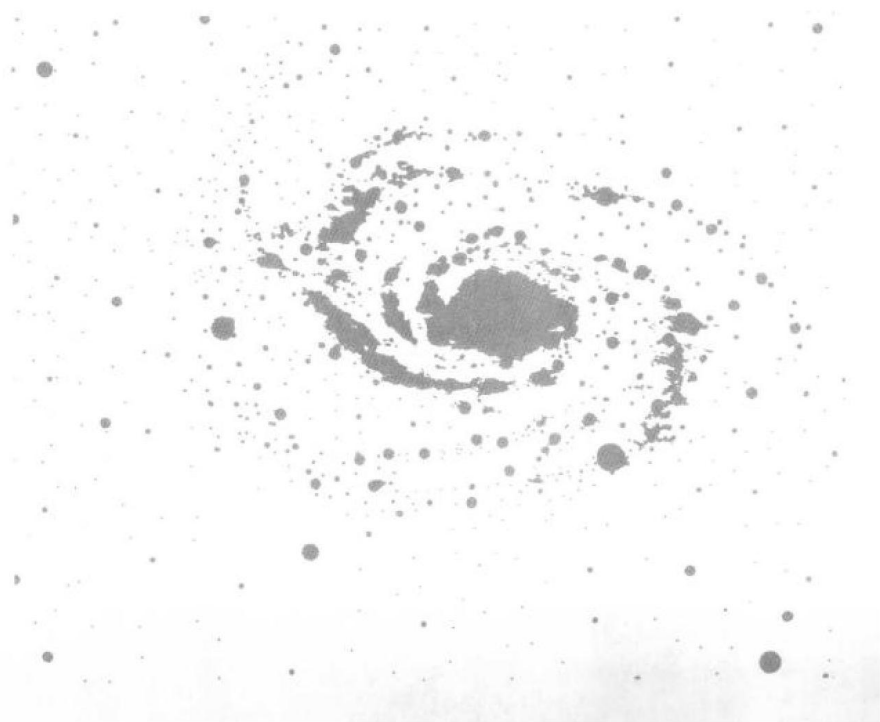
第四讲将讲述量子力学如何允许能量从黑洞泄漏出来。黑洞并不像人们所描绘的那样黑。

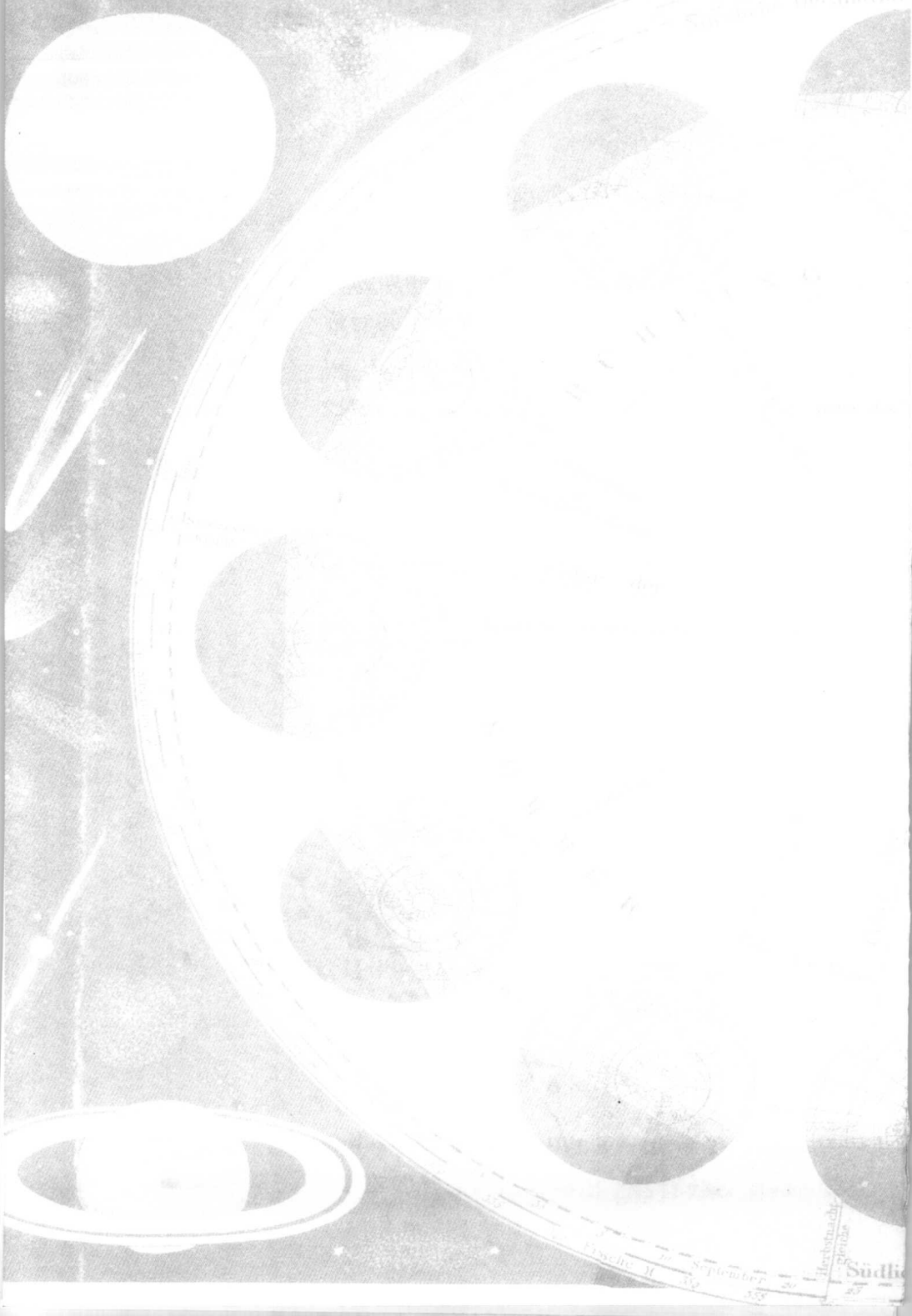
第五讲将把量子力学思想应用于大爆炸和宇宙的起源。这就得出了这样的设想:时

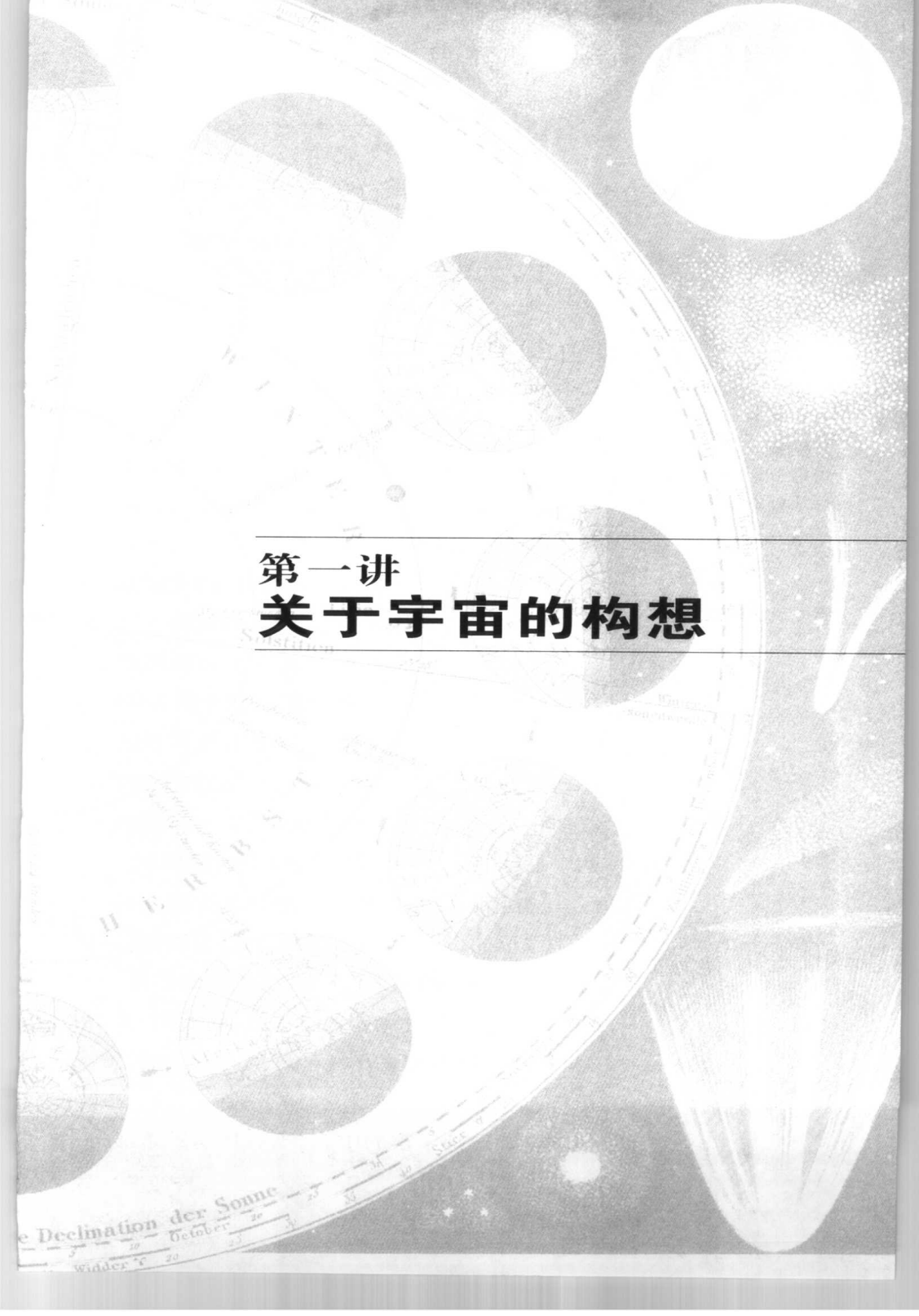
空可能在广延上有限,但没有边缘。这或许类似于地球表面,但它的维数大于二。

第六讲将说明这个新的边界条件如何能解释这个问题:尽管物理学定律是时间对称的,但过去与未来为什么如此大不相同?

最后,第七讲将讲述我们正如何试图找寻一种统一的理论,它能把量子力学、引力以及物理学中其他所有相互作用都包容在内。如果我们做到了这一点,我们就真正理解了宇宙以及我们在其中的位置。







第一讲 关于宇宙的构想

亚里士多德，公元前 384~前 322，希腊哲学家、逻辑学家和科学家，被誉为“最博学的人物”。他的思想对西方文化的根本倾向以至内容有重大影响。曾师从柏拉图，但构筑了与之不同的哲学体系，因此而有名言：“我爱我师，但我更爱真理。”

现在测得的地球周长约为 40,076.5938 公里。

1 码大约等于 0.304 米。

远在公元前 340 年，亚里士多德（Aristotle）在他的著作《天论》（On the Heavens）中就已能提出两条有力的论据，以支持地球是圆球而不是平板的信念。第一，他认为月食是因地球运行到太阳与月亮之间而引起的。地球在月亮上的阴影总是圆的，这只有当地球呈球形时才有可能。

如果地球是一个扁平的圆盘，其影子就会被拉长而成椭圆形，除非月食总是当太阳在这圆盘中心的正上方时发生。第二，古希腊人已从旅行中得知，在南方看见的北极星在天空的位置，要比在北方看见的低些。亚里士多德甚至根据北极星在埃及和希腊的视位置之差，得出地球周长的估计值为 40 万古希腊长度单位。一个古希腊长度单位的确切长度现在已经无从得知，只知道它大约合 200 码。如果是这样的话，亚里士多德的这个估计值就大约是现在公认数值的两倍。

古希腊人还有第三个论据支持地球必定是球形的，那就是为什么人们首先看到出现在地平线上的船的帆，然后才看到船身？亚里士多德认为，地球是静止的，而太阳、月亮、行星和恒星都在环绕地球的圆形轨道上运行。他坚信这一点，因为出于神秘的原因，他觉得地球是宇宙的中心，而圆周运动是最

为完美的。

他的构想在公元 1 世纪被托勒密 (Ptolemy) 加工成为一个完整的宇宙模型。地球位于中心,环绕着它的是八个天球,它们承载着月亮、太阳、恒星和当时所知的五颗行星:水星、金星、火星、木星和土星。为了解释观察到的它们在天空中相当复杂的轨迹,这些行星是各自沿其所在天球上较小的圆形轨道运行的。最外面的天球上是所谓的不动的恒星,它们总是互相保持不变的相对位置,但它们一起在天空旋转。在最外面的天球之外有什么,这是永远搞不清楚的,但它肯定不是人类可观察的宇宙的一部分。

托勒密的模型,为预测天体在天空中的位置,提供了一个合理的精确系统。但是,为了准确预测它们的位置,托勒密不得不作出一个假设:月亮运行的轨道在某些时候与地球的距离,是其他时候的两倍。而这意味着,月亮有时候看起来要比通常看到的大两倍。托勒密明白这是一个缺陷,不过他的模型虽然不是无人非议,却毕竟为大多数人所接受。它也被天主教会采纳为与《圣经》相符的、对宇宙的描述。它最大的优点是,它把恒星天球之外的空间留给了天堂和地狱。

然而,1514 年,一位波兰僧侣,尼古拉·

哥白尼 (Nicholas Copernicus), 提出了一个简单得多的模型。起初, 为了避免被指控为异端邪说, 哥白尼匿名发表了他的模型。他的构想是这样的: 太阳静止地居于中心, 地球和其他行星在环绕太阳的圆形轨道上运行。对哥白尼来说可悲的是, 几乎一个世纪之后, 他的构想才得到认真的对待。这时有两位天文学家——德国的约翰尼斯·开普勒 (Johannes Kepler) 和意大利的伽利列奥·伽利略 (Galileo Galilei) ——开始公开支持哥白尼理论, 虽然它预测的轨道与观察到的不完全相符。1609年, 亚里士多德-托勒密理论的末日降临了。这一年伽利略开始用刚刚发明的望远镜观察夜空。

当伽利略观察木星时, 他发现它被若干个小卫星, 或者说是它的月亮, 包围着, 它们环绕着它运转。这意味着, 万物并非如亚里士多德和托勒密所设想的那样, 都必须直接环绕地球运行。当然, 尽管看到的是木星的卫星绕着木星转, 但认为地球静止地居于宇宙中心, 而这些卫星沿着极其复杂的轨道绕地球运行, 仍然是可能的。不过, 哥白尼的理论要简单得多。

与此同时, 开普勒修正了哥白尼的理论, 他指出行星不是沿圆周轨道运行, 而是

开普勒, 1571~1630, 德国近代著名的天文学家、数学家、物理学家和哲学家。他以数学的和谐性探索宇宙, 提出被称为开普勒定律的行星运动三定律, 被后世的科学史家誉为“天上的立法者”。

沿椭圆轨道运行。这样,预测终于与观察吻合了。就开普勒而言,椭圆轨道只是一个特定的假设——而且由于椭圆显然不如圆完美,因此这是一个相当讨厌的假设。虽然椭圆轨道与观察非常一致,但他无法将这个几乎偶然的发现与他的行星被磁力驱使环绕太阳运行的思想统一起来。

很久以后,直到1687年,牛顿(Newton)出版了他的《自然哲学的数学原理》(Principia Mathematica Naturalis Causae),才给出了一种解释。这本书可能是迄今为止出版的最重要的一部自然科学著作。在书中,牛顿不仅提出了物体如何在空间和时间中运动的理论,而且推演出分析这些运动所需的数学。此外,牛顿还作为公设提出了万有引力定律。该定律指出,宇宙中每个物体都受到其他各个物体的吸引,物体的质量越大,互相越接近,其引力越强。这种引力与使得物体坠落到地上的力是同一种力。牛顿曾被苹果击中脑袋的故事多半是子虚乌有。牛顿自己一直只是说,引力的概念,是他处于沉思状态时,由于一个苹果落下而产生的。

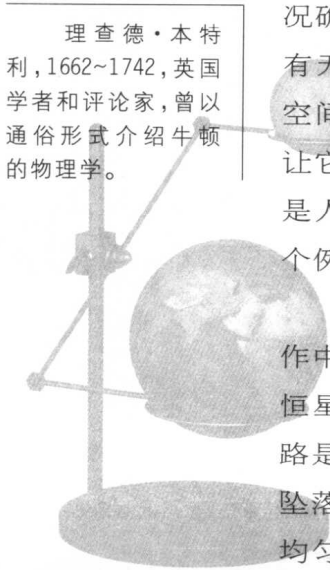
根据万有引力定律,牛顿进一步证明,引力使得月亮沿着椭圆轨道环绕地球运行,而且使得地球和各行星沿着椭圆轨道环绕

太阳运行。哥白尼模型摆脱了托勒密的天球,与此同时也抛弃了宇宙有固有边界的思想。当地球绕着太阳转时,那些不动的恒星的相对位置看起来不会改变。因此,很自然地会得出这样的假设:这些恒星是与我们的太阳类似、但遥远得多的星体。但是这就产生了一个难题。牛顿明白,按照他的引力理论,恒星必定会相互吸引,因此它们不可能基本保持不动。那么它们会不会在某一时刻都坠落到一起来呢?

牛顿在他 1691 年给当时的另一位思想领袖理查德·本特利(Richard Bentley)的信中指出,如果只有有限多个恒星的话,这种情况确实会发生。但是他推断,另一方面,如果有无限多个恒星大体均匀地分布在无限的空间,则这种情况就不会发生,因为不存在让它们坠落到一起的任何中心点。这个论据是人们在讨论无限时可能遇到的陷阱的一个例子。

理查德·本特利,1662~1742,英国学者和评论家,曾以通俗形式介绍牛顿的物理学。

在一个无限的宇宙中,每个点都可以当作中心,因为每个点的每一侧都有无限多个恒星。只有到许多年之后才明白,正确的思路是考虑有限的情况,这时恒星都往里相向坠落。接着再问,如果在这个区域之外大体均匀地添加更多的恒星,情况会如何变化?



根据牛顿定律,增加的恒星对于原来的恒星根本不会产生什么差别,因此这些恒星还是那样快地往里坠落。我们可以随心所欲地添加更多的恒星,但它们仍将一如既往地往里相向坠落。现在我们终于知道,不可能存在这样一个无限的静态宇宙模型,在其中引力始终是吸引的。

在 20 世纪以前,没有人曾提出过宇宙是膨胀或收缩的,这耐人寻味地反映着那时的主流思潮。过去普遍认为,宇宙或者是永远以一种不变的状态存在,或者是在远古的有限时间内被创造成大体上如同我们今天看到的模样。这可能部分是由于人们有信仰永恒真理的倾向,以及从“人有老死,宇宙永恒”的思想中他们得到了慰藉。

有些学者意识到,牛顿的引力理论表明宇宙不可能是静态的,但就连他们也不想提出宇宙可能是膨胀的看法。相反,他们试图将引力在极远距离处变成排斥力,以修正引力理论。这对于预测行星的运行没有明显的影响。但是,由于邻近恒星之间的吸引力来自较远恒星的排斥力所抵消,因此这种修正允许无限分布的恒星保持平衡状态。

不过,现在我们认为这种平衡应该是不稳定的。如果某一区域内的恒星互相之间稍

微靠拢一点,它们之间的吸引力就会变得更
强,从而超过排斥力。这就意味着这些恒星
会继续相向坠落。反过来,如果这些恒星互
相之间稍微离开远一点,则排斥力就会占上
风,从而使它们离得更远。

对于无限静态宇宙的另一种反对意见,
通常归于德国哲学家海因里希·奥伯斯
(Heinrich Olbers)名下。实际上,各种门派的
牛顿同时代人都曾经提出过这个问题,而且
奥伯斯 1823 年的文章还不是包含对这个问
题的似是而非的论辩的第一篇。不过,它是
第一篇得到广泛引用的文章。麻烦在于,在
一个无限的静态宇宙中,几乎每一条视线都
可能终止于某个恒星表面。因此可以想见,
即使在夜间,整个天空也会像太阳一样明
亮。奥伯斯的反辩是,从遥远恒星来的光线
会因被星际物质吸收而变暗。然而,如果确
实如此,那么星际物质最终也会加热到发出
像恒星一样明亮的光。

海因里希·奥
伯斯,1758~1840,德
国天文学家和医生。
他的问题“夜空为什
么黑暗?”被称为奥
伯斯悖论。

要避免整个夜空会像太阳表面一样明
亮的结论,唯一的途径可能是假设恒星并非
一直在发光,而只是在过去的某个有限时刻
开始发光。在这种情况下,吸收物质可能还
不曾被加热,或者从遥远恒星来的光线可能
还没有到达我们这里。而这就使我们面临这

样的问题：最初使恒星发光的是什么？

宇宙的开端

当然，对宇宙开端的讨论由来已久。根据犹太教、基督教、伊斯兰教教义中的古代宇宙论，宇宙起始于过去某个有限且不太久远的时刻。支持这样的开端的一个论据是，感觉到必需有一个第一推动才能解释宇宙的存在。

另一个论据是圣奥古斯丁（St. Augustine）在他的著作《上帝之都》（The City of God）中提出来的。他指出，文明是渐进的，我们都铭记着是谁完成的这项功绩，或者是谁开发的那种技术。因此，人类或许宇宙也如此，不可能有太过悠久的历史。因为不然的话，我们应该已经进步得远胜于我们现在。

圣奥古斯丁根据《圣经·创世记》认为，公元前大约 5,000 年是创造出宇宙的年代。有趣的是，这与最后一个冰期，公元前大约 10,000 年，相隔不远，而那正是文明发端的年代。另一方面，亚里士多德和其他大多数希腊哲学家不喜欢创世的思想，因为它太过看重神的干预。所以他们认为，人类及其周围的世界，不论过去或将来，永远存在。他们

圣奥古斯丁，354~430，罗马帝国神学家和思想家，北非的努米迪亚族黑人。后人称他为基督教两千年历史中最大的神学家——不仅在著述的数量上，而且在思想的深度上。其代表作《忏悔录》有中译本。