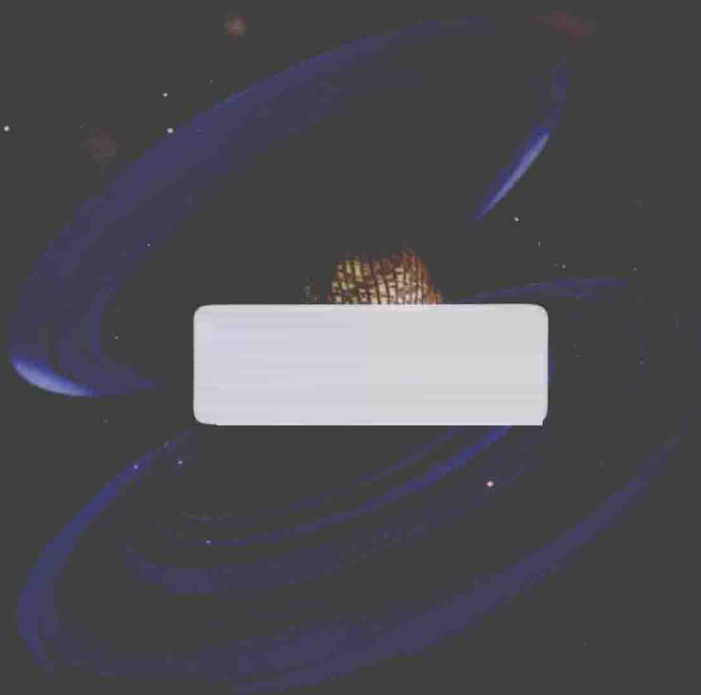


STEPHEN
HAWKING

【插图本】

宇宙简史

〔英〕斯蒂芬·霍金/著



张玉纲 译

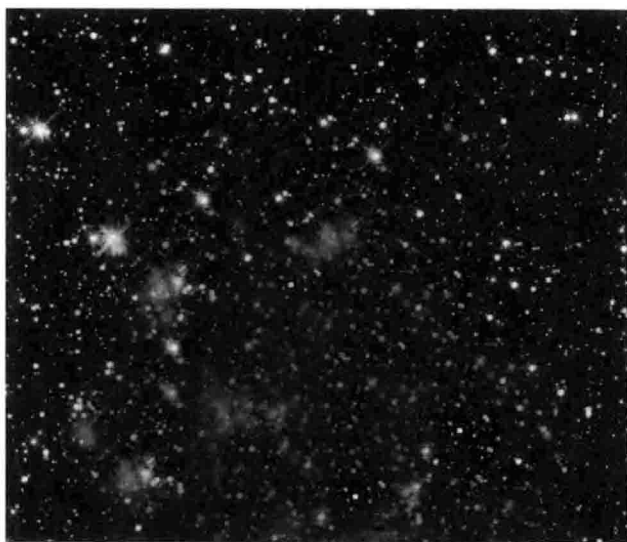
- 关于宇宙的构想 ● 膨胀着的宇宙 ● 黑洞 ● 黑洞不太黑
- 宇宙的起源与归宿 ● 时间的方向 ● 万有理论

STEPHEN
HAWKING

[插图本]

宇宙简史

[英] 斯蒂芬·霍金 著



- 关于宇宙的构想
- 膨胀着的宇宙
- 黑洞
- 黑洞不太黑
- 宇宙的起源与归宿
- 时间的方向
- 万有理论



湖南少年儿童出版社

HUNAN JUVENILE & CHILDREN'S PUBLISHING HOUSE

图书在版编目 (CIP) 数据

宇宙简史:插图本 / (英) 霍金著; 张玉纲译.
—长沙: 湖南少年儿童出版社, 2014. 5

ISBN 978-7-5358-7684-3

I. ①字… II. ①霍… ②张… III. ①宇宙—普及读物
IV. ①P159-49

中国版本图书馆CIP数据核字 (2014) 第053934号

Copyright © 2003 by New Millennium Press. Text first published
under the title The Cambridge Lectures: Life Works Copyright ©
1996 by Dove Audio, Inc.

策划编辑: 吴双英
责任编辑: 周 霞 钟小艳
质量总监: 郑 瑾
装帧设计: 多米诺设计·咨询 吴颖辉

出版人: 胡 坚
出版发行: 湖南少年儿童出版社
地址: 湖南长沙市晚报大道89号 邮编: 410016
电话: 0731-82196340 (销售部) 82196313 (总编室)
传真: 0731-82199308 (销售部) 82196330 (综合管理部)

经销: 新华书店
常年法律顾问: 北京市长安律师事务所长沙分所 张晓军律师
印制: 深圳当纳利印刷有限公司
开本: 787mm×1092mm 1/16
印张: 6.5
版次: 2014年5月第1版
印次: 2014年5月第1次印刷
定价: 29.80元

目录

开场白 /1

第1讲
关于宇宙的构想 /3

第2讲
膨胀着的宇宙 /12

第3讲
黑洞 /28

第4讲
黑洞不太黑 /44

第5讲
宇宙的起源与归宿 /58

第6讲
时间的方向 /77

第7讲
万有理论 /87

鸣谢 /100

· ————— 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为什么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 200 亿年到前 100 亿年之间，必定有某一时刻，那时宇宙的密度为无穷大，这就产生了所谓的大爆炸。它可能就是宇宙的开端。

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（塌陷并紧缩）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，它没有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：时空可能在范围上有限，但没有边缘。这或许类似于地球表面，但它多了两维。

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1讲

关于宇宙的构想

远

在公元前 340 年，亚里士多德（Aristotle）^①在他的著作《天论》（On the Heavens）中就已经提出两个有力的论据，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，它的影子就会被拉长而成椭圆形，这样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之差，得出地球周长的估计值为 40 万斯特迪亚。斯特迪亚是古希腊的长度单位，它所相当的确切长度现在已经无从得知，只知道它大约合 200 码^②。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^③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、

① 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”。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，因而有名言：“我爱我师，但我更爱真理。”

② 1 码大约等于 0.304 米。

③ 现在测得的地球周长为 40076.5938 千米。



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。

④托勒密，约公元100—170，古希腊/埃及著名天文学家、地理学家和数学家。他的地心说统治了欧洲天文界乃至思想界达1400年之久。

他的构想在公元1世纪被托勒密（Ptolemy）^④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。这些行星各自沿其所在天球上较小的圆形轨道运行，这样才能解释观测到的它们在天空中相当复杂的轨迹。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，则始终没能说清楚，但那肯定不是人类可观测的宇宙的一部分。

托勒密的模型，为预测天体在天空中的位置，提供了一个相当精确的系统。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，波兰僧侣尼古拉·哥白尼（Nicholas



Copernicus) ⑤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) ⑥和意大利的伽利列奥·伽利略 (Galileo Galilei) ⑦——开始公开支持哥白尼理论, 虽然它预测的轨道与观测到的不完全相符。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测夜空。

当伽利略观测木星时, 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, 并非如亚里士多德和托勒密所设想的那样, 所有天体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, 但他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, 而是沿椭圆轨道运行。这样, 预测终于与观测吻合了。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

⑤ 哥白尼, 1473—1543, 伟大的波兰天文学家, 日心说的创立者, 近代天文学的奠基人。

⑥ 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”。

⑦ 伽利略, 1564—1642, 意大利伟大的物理学家和天文学家。他以系统的实验和观察推翻了以亚里士多德为代表的、纯思辨的传统的自然观, 开创了以实验事实为根据并具有严密逻辑体系的近代科学。因此, 他被称为“近代科学之父”。



个相当讨厌的假设。虽然椭圆轨道与观测非常一致，但他无法将这个近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)^⑧ 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，则其引力越强。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没有改变。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。

⑧ 牛顿，1642—1727，伟大的英国物理学家和数学家。少年时期的牛顿体弱多病，有些迟钝。1661 年，他进入剑桥大学三一学院学习，成绩平平。而 1665 年夏，伦敦鼠疫，牛顿暂避伍耳索普乡下的 18 个月竟为牛顿一生的重大发现奠定了坚实基础。牛顿是有史以来最伟大的科学巨匠之一，其成就遍及物理学、数学、天体力学的各个领域。他于 1687 年发表了《自然哲学的数学原理》这一里程碑式的巨著，表述了被称为牛顿三定律的经典力学基本定律和万有引力定律，从而建立了经典力学的公理体系。



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）^⑨的信中指出，如果只有有限多颗恒星的话，这种情况确实会发生。但是他推断，另一方面，如果有无限多颗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。

⑨ 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颗恒星。直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影响，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，或者是在过去的某个有限时间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在膨胀的看法。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被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。

(见插图 1)

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）^⑩名下。实际上，牛顿的许多同代人都曾经提出过这个问题，而且奥伯斯 1823 年发表的文章，还不是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，我们的几乎每一条视

⑩ 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。



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。（见插图 2）

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，星际的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，感觉到必须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）^①在他的著作《上帝之城》（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

① 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。



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过我们现在。

圣奥古斯丁根据《圣经·创世记》认为，公元前大约 5000 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 10000 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。他们已经考虑过更早时提出的关于渐进的观点。对此，他们的回答是，周期性的洪水或其他灾难一次又一次地使人类倒退回文明的起点。

当大多数人都相信宇宙本质上是静态、不变的时候，关于宇宙是否有开端的问题实际上只是一个形而上学的或神学的问题。人们可以用以下任何一种方法来解释观测的结果：或者宇宙过去就一直存在着；或者它以看起来好像过去一直存在的样式，在某个有限的时刻开始运动。但是，埃德温·哈勃（Edwin Hubble）^⑫在 1929 年的里程碑式的观测发现，无论向哪里看，遥远的恒星都在快速地离我们而去。换句话说，宇宙在膨胀。这意味着在较早的时候星体可能靠得比较近。实际上，似乎在大约 100 亿年或 200 亿年前的某一时刻，它们恰好都在同一位置。

这个发现最终将宇宙开端的问题带进了科学的领域。

^⑫ 哈勃，1889—1953，美国天文学家。他发现了银河系外星系存在及宇宙不断膨胀，是银河外天文学的奠基人和提供宇宙膨胀实例证据的第一人。他于 1929 年发现宇宙膨胀的速率是一常数，被称为哈勃常数的速率就是星系的速度同距离的比值。



哈勃的观测提示我们，有一个可以称之为大爆炸的时刻，那时宇宙无限小，因此其密度无限大。如果有在此时之前发生的事件，那么它们对现在发生的一切没有影响。可以忽略它们的存在，因为它们不会有可观测到的后果。

由于更早的时间根本无法定义，因此在这个意义上可以说，时间的开端就是大爆炸。必须强调的是，时间的这个开端与以往所提及的那些开端完全不同。在一个不变的宇宙中，时间的开端必定是该宇宙之外的某个存在物所给定的。在这样的宇宙里，就物理学而言不需要一个开端。人们可以想象上帝在过去的任何时刻创造了宇宙。另一方面，如果宇宙在膨胀，那么就物理学而言，可能就有理由说，宇宙必定有一个开端。人们仍然可以相信，上帝在大爆炸的瞬间创造了宇宙。他甚至可能恰恰以使人看起来似乎发生过大爆炸的方式，在较晚的时刻创造了宇宙。但是，假设创世发生在大爆炸之前是没有意义的。膨胀着的宇宙并不排斥造物主，但它对造物主完成其使命的时间设定了限制。

第2讲

膨胀着的宇宙

我

们的太阳和近旁的恒星，都是称为银河星系的庞大恒星集合的一部分。很长时间以来，人们都以为它就是整个宇宙。只是到了1924年，美国天文学家埃德温·哈勃才证实，我们的银河星系并不是唯一的星系。实际上，还有其他许多星系，在它们之间是浩瀚的空荡荡的空间。为了证明这一点，他需要确定我们与其他星系的距离。通过观测当地球绕太阳转时，近旁的恒星的位置如何变化，我们可以确定它们的距离。但是其他星系不同于我们近旁的恒星，它们是如此遥远，以至它们看起来简直是固定不动的。因此，哈勃不得不用间接的方法来测量距离。

恒星的视亮度取决于两个因素：光度^⑬以及它们与我们的距离。对于近旁的恒星，我们既可以测得其视亮度，又可以测得它们的距离，于是我们可以求得它们的光度。反过来，如果我们已知其他星系中恒星的光度，我们就可以通过测定其视亮度而求得它们的距离。哈勃证明了，有几类恒星，当它们近得足以让我们测量时，它们的光度总是相同的。因此，如果我们在另一个星系中找到了这样的

⑬ 光度，天文学中指恒星或其他天体单位时间发出的辐射能量。视亮度，则为单位时间内到达观察者的单位面积辐射能量。视亮度 = 光度 / ($4\pi \times \text{距离}^2$)。



恒星，我们就可以认为它们也有相同的光度。于是我们就能够计算出与该星系的距离。如果能够在同一星系中找到若干个这样的恒星，而且我们的计算总是给出相同的距离，那就可以充分相信我们的结果。用这种方法，埃德温·哈勃算出了我们与九个不同星系的距离。（见插图 3）

现在我们知道，我们的银河系只是能够用现代望远镜看到的数千亿个星系中的一个，而每个星系本身都包含数千亿颗恒星。我们所在的星系在缓慢地旋转，其宽度大约为十万光年；在它的各个螺旋臂上的恒星，大约每一亿年绕其中心转一圈。我们的太阳只是一个普通的、中等大小的黄色恒星，靠近其中一个螺旋臂的外缘。在亚里士多德和托勒密的时代，我们以为地球是宇宙的中心，自那时以来，我们无疑已经取得了长足的进展。

恒星离我们太远，以至在我们看来它们只是一个个针尖大小的光点。我们无法确定它们的大小和形状。那么我们怎样才能区分不同类型的恒星呢？对于绝大多数恒星来说，我们能够观测的唯一准确的特征是它们发光的颜色。牛顿发现，如果太阳光通过一个棱镜，它就分解成它的成分的颜色——它的光谱，就像彩虹一样。把望远镜对准某个恒星或星系，同样可以观测到这个恒星或星系的光谱。不同的恒星有不同的光谱，但这些不同光谱的相对亮度总是恰好能与某一个炽热物体发出的光相同。这意味着我们