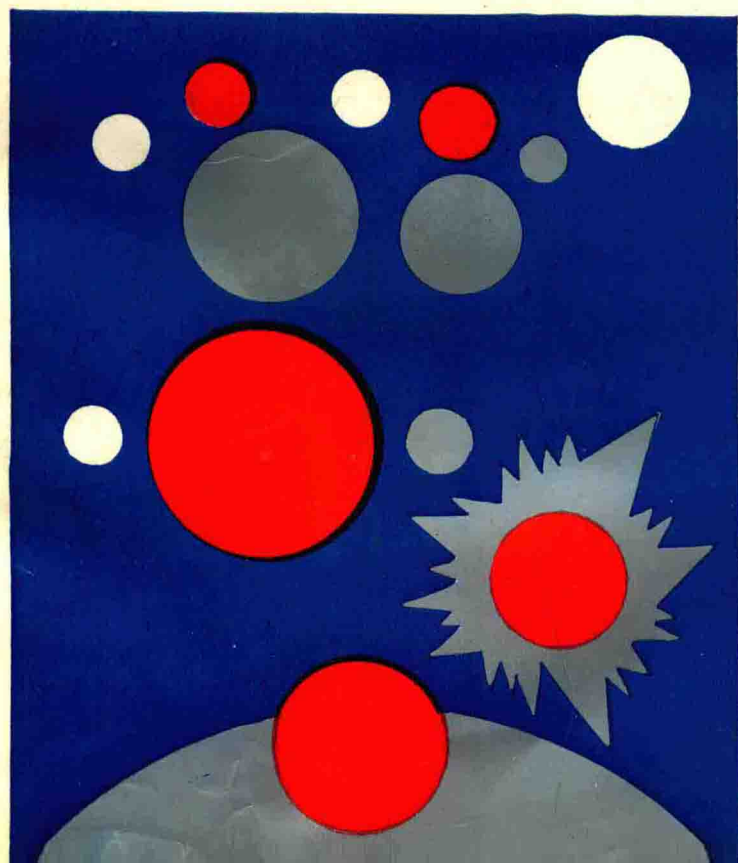


时间简史

——从大爆炸到黑洞

[英] S·W·霍金 著 李青 白晶 译



时间简史

——从大爆炸到黑洞

[英] S·W·霍金 著 李尚 白晶 译



时 间 简 史

——从大爆炸到黑洞

[英] S·W·霍金 著

李 青 白 晶 译

陕西科学技术出版社

时 间 简 史

——从大爆炸到黑洞

〔英〕S·W·霍金著

李 青 白 晶 译

陕西科学技术出版社出版发行

（西安北大街131号）

长安县印刷厂印刷

787×1092毫米 32开本 5.875印张 12.4万字

1991年4月第1版 1991年4月第1次印刷

印数：1—1500

ISBN 7—5369—0970—5/P·16

定 价：4.00元

序 言

我们平淡无奇地消磨着岁月，对周围的世界一无所知。人们很少去思考使生命得以成活的阳光是如何产生的？把我们系缚于大地而不致被抛入苍穹的万有引力又是产生于何处？为什么人类是由原子组成，而原子的稳定性又成为人类存在的基础。很少有人会花很多时间去思考为什么自然是这样；宇宙是从何而来，或者是一直就在这里存在着；是否会有一天时间会反向运行，结果会超前于原因；人类的认识是否有一个最终的极限；只有儿童是例外（他们对世界的了解还不至于少到使他们提不出重要问题的程度）。甚至是儿童，我见到过一些这样的孩子，会要求知道黑洞是什么样的；什么是物质的最小成分；为什么我们可以记住过去而记不住未来；如果宇宙出于混沌，为什么今天会明显的显示出秩序；为什么会有一个宇宙。

在我们的社会里，父母和老师常常是一耸肩作为对大多数这些问题的回答，要么就是严厉的重申宗教的训戒。有些人对这些问题的讨论感到极不舒服，因为它们如此生动的显示出人类知识的限度。

但是这种询问促使了很多哲学和科学的发展。越来越多的成年人开始热衷于提出这一类问题，他们经常会得到一些令人惊异的答案。在等同意义下考虑原子和星体，我们便可将我们的探究视野扩展到既包含了微观又概括了宏观的领域。

1974年春天，大约是海盗号飞船在火星登陆两年之前，我在英国出席一个由伦敦皇家科学院主持的有关如何研究地

球之外生命的会议。在咖啡厅休息时间，我注意到在相邻的大厅里正在举行一个更大的会议，我出于好奇就走了进去。我立刻意识到我正在目睹一个古老的仪式，英国皇家学会正在为接受新会员举行授职仪式。英国皇家学会是地球上最古老的学术组织。在前排一个坐着轮椅的年青人很缓慢地在一个簿子上签上了他的名字，在这簿子的最早的页数上有着艾萨克·牛顿的签名。在他完成签名之后，响起了一阵热烈的掌声，那时斯蒂芬·霍金已是一名奇传式的人物。

霍金现任剑桥大学鲁卡森数学教授，这是牛顿曾任的职位，以后由迪拉克担任，他们是宏观与微观世界研究领域令人钦佩的先驱。霍金是他们的称职的接班人。霍金的这本第一部为非专业人员所著之作，荣获了很多项通俗读物奖。另外，该书为我们提供了一睹作者理念思维方式的机会，作者之思维方式，如同该书之包罗万象的内容，丰富而有趣味。在此书中清楚地展现了物理学，天文学，宇宙学和勇气等前沿之开发。

这也是一本有关上帝的书……或者也许是有关上帝不存在的书。上帝这个词在书中彼彼皆是，霍金根据人们的要求，开始着手回答爱因斯坦提出的著名问题：上帝在创造宇宙的过程中是否具有选择性。正如霍金明确指出的他在试图理解上帝的意识。这种努力迄今为止，得出了完全出人预料的结论：宇宙在空间上无边无际，在时间上亦无始无终，因此，创世者是无事可做的。

——卡尔·塞根 (Carl Sagan)

康耐尔大学

伊萨卡，纽约

目 录

1. 我们宇宙的图象.....	(1)
2. 空间与时间.....	(15)
3. 膨胀着的宇宙.....	(37)
4. 测不准原理.....	(56)
5. 基本粒子和自然作用力.....	(65)
6. 黑洞	(83)
7. 黑洞并不黑.....	(102)
8. 宇宙的起源.....	(117)
9. 时间的指向.....	(144)
10. 物理学的统一.....	(154)

阿尔伯特·爱因斯坦

伽利略

艾萨克·牛顿

1. 我们宇宙的图像

一位著名的科学家（据说是乃·罗素）曾经作过一个关于天文学的公开演讲。他对地球是怎样围绕着太阳运行，而太阳又是怎样围绕着由无数星体组成的巨大的银河系运行进行了描述。在演讲结束时，坐在房间后排的一位老妇人站起来说道：“你给我们讲的这一套全是胡说八道。这个世界实际上是一块平板，而这块平板是坐落在一只巨大的乌龟背上的。”这位科学家傲慢地一笑，说道：“那么乌龟是站在什么上面呢？”。“你非常聪明，青年人，非常聪明，”老妇人说道，“乌龟站在乌龟背上呗，从上到下全都是乌龟！”

多数人认为我们的宇宙是由无数只乌龟组成的乌龟之塔十分荒唐，但是为什么我们会自以为我们对世界的认识是更高明的呢？我们对宇宙到底知道些什么，怎样知道的？宇宙起始于何处，又将走向何方。宇宙有没有一个起始，如果有的话，在其之后发生了什么？时间具有什么性质，时间是否会走到尽时？就某些方面而言，新技术的巨大发展促使了物理学最近的突破。这使得一些长期留存的问题得到了回答。也许有一天这些答案对我们来说，就如同地球围绕太阳旋转一样是显而易见的，或者如同乌龟之塔一样荒诞无稽。只有时间（无论时间是什么）才能验证。

早在公元前340年，希腊哲学家亚里士多德便能够在他的《论天体》一书中提出二条有力的论点以论证地球是圆的

而不是扁平的。第一：他认为月食是由于地球运行至太阳与月球之间而导致的。因为地球投在月球上的影子总是圆的，唯一的可能性是地球本身便是圆的。假如地球是一个扁的圆盘的话，它的投影将会变长成椭圆形。否则的话每当月蚀时，太阳只有恰好处在圆盘的正中心，才能使地球的影子呈圆形。第二：希腊人从他们的旅行经验中认识到，当他们在南部观看北极星时，北极星在天空的位置要比他们在北部地区观看时显得偏低（因为北极星处于北极极点的上空。对于站在极点上的观看者，它恰好位于观看者的正上方。但是对于站在赤道上的观看者，它却处在水平线上）。亚里士多德根据从埃及观测到的北极星的位置和从希腊观测到的两者的不同，估算了地球的周长。他的计算结果是400000视距尺。我们现在不知道一视距尺到底是多长，只知道一视距尺曾经大概是183米左右。按照这个估计，亚里士多德所计算的地球周长比我们目前所接受的数据大约要长一倍。希腊甚至还提出了第三个论点以论证地球是圆形的。否则的话我们为什么总先看见船帆从天际行来而后才能看见船体呢？

亚里士多德认为地球是静止的，而太阳、月亮、行星和恒星以圆形的轨道绕着地球旋转。他这样认为是因为出于某种神秘的原因他感到地球应是宇宙的中心，而圆周运动是最完美的运动形式。在公元第3世纪，托勒密（Ptolemy）根据这一思想精心制做了一个完整的宇宙模型。地球位于中心，周围环绕着八层球壳分别携带着太阳、恒星，以及水星、金星、火星、木星和土星五个行星（图1.1）。为了解释所观测到的相当复杂的行星在空中的运动轨迹，每个行星要沿着一个较小圆环运行，而圆环又镶在相应的球壳上。最外层

的球壳携带着所谓的恒星。他们处在固定的位置，彼此之间是相互关联的，并一同在天空中旋转。至于对在最外层球

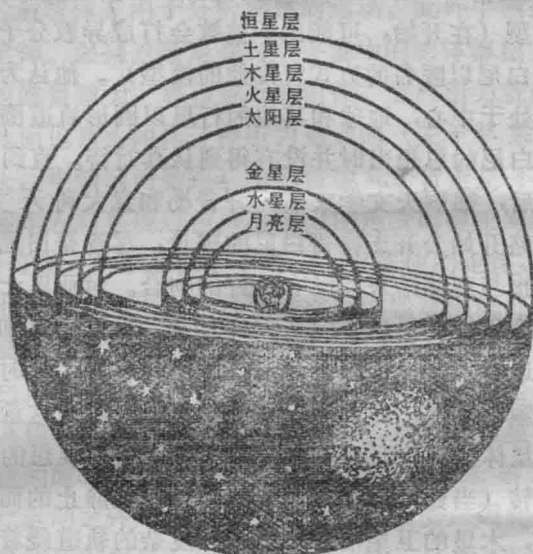


图 1.1

壳之外还有什么，从来没有得到过明确的解释，但是肯定不是人类可观测到的宇宙。

托勒密的模型为预测星体在天空的位置提供了一个合理的准确的系统。但是为了正确的预报这些位置，托勒密不得不假设月亮的运行轨道有时候离地球要比其他时候近一倍。这意味着月亮有时候看上去要比其他时候大一倍。托勒密也意识到这个缺陷，不过他的模型尽管没有全面的被接受，一般来说仍被接受了。基督教教会采用它作为宇宙的图像，它

与《圣经》是相符合的。因为在镶有恒星的球层之外还有很多空间，这对解释天堂与地狱具有极大的优越性。

在1514年，一位波兰牧师尼古拉斯·哥白尼提出了一个简单的模型（在开始，可能出于被教会打成异教分子的恐惧心理，哥白尼以匿名的方式宣传他的模型）。他认为太阳是静止的并处于中心，地球和其他的行星以圆形轨道围绕太阳旋转。哥白尼的思想当时并没有得到认真对待。直到将近一个世纪之后，德国天文学家丁·开普勒和意大利天文学家伽·伽利略开始公开支持哥白尼的理论，尽管哥白尼的理论所做的预报与观测结果并没有很好的吻合。对亚里士多德及托勒密理论所做的最后否定是在1609年。在这一年伽利略开始用他新近发现的望远镜观测夜空。当他观看木星时，他发现有好几颗小卫星，即月亮，在绕着木星旋转。这意味着不是所有的星体都要按照亚里士多德和托勒密所推想的那样绕着地球旋转（当然，我仍然可以认为地球是静止的而位于宇宙的中心，木星的卫星沿着一条极其复杂的轨道绕着地球旋转，使得它表面上看起来在沿着木星旋转。然而哥白尼的理论要简洁的多。）。在那同时，丁·开普勒修改了哥白尼的理论，建议行星沿着一条椭圆轨道而不是圆形轨道旋转的（椭圆是一个拉长的圆）。预报与观测终于相互一致了。

对于开普勒来说，椭圆轨道仅仅是一个特定的假设，是一个非常不协调的假设，因为椭圆显然不如圆完美。由于意外的发现椭圆轨道与观测结果十分符合，这与他所认为的行星是由于磁引力的作用而绕太阳旋转的想法不能自圆其说。直到1687年，牛顿爵士出版了他的《自然哲学的数学原理》一书，才对这一现象做出了合理的解释。这本书大概是在物

理学领域所出版的书中最重要的一本著作。牛顿在他的书中不仅提出了物体在时间与空间中运动的理论，而且发展了一套复杂的数学体系用于分析物体的运动。此外牛顿提出了万有引力定律。根据这条定律每个宇宙中的物体都相互吸引。当物体的质量越大，靠得越近的时候，这种引力就越强。物体落向地面也是由同样一种引力造成的（关于苹果落在牛顿的头上，牛顿因而受到启发的传说几乎肯定是不足凭信的。牛顿本人只是说过他产生引力的想法时他正坐着沉思默想，而刚巧有一个苹果掉了下来。）。根据他的定律，牛顿继而证明了由于引力的作用使月亮沿着椭圆轨道围绕地球运行，地球和其他行星沿着椭圆轨道围绕太阳运行的理论。

哥白尼的学说一并淘汰了托勒密的地球为中心的天体模型以及其所意味着的宇宙的自然边界。由于“恒星”在天空中绕地球的旋转可以由地球绕其轴自转运动来解释，“恒星”除此运动之外，在空中的位置并不改变，因此，我们可以很自然的认为恒星与我们的太阳一样，只不过距离我们极其遥远而已。

牛顿根据他的引力理论认识到星体之间是相互吸引的，因而它们不可能维持一种静止的状态。那么它们将不会由于吸引而汇聚到某一点上吗？在1691年写给当时的另一位科学先驱理查德·本特利的一封信中，牛顿论证道：在只有有限个星体分布在有限的空间中的情况下，这种情形的确是可能发生的。然而在有无限个星体或多或少的均匀地分布在无限的空间中的情况下，牛顿认为此时宇宙不含有某一点为其中心，因而也不可能造成星体汇聚一点的情形。

这种论证是人们在讨论无限空间问题时常犯的错误。我

们可以认为在无限的宇宙中，在任何一点的周围都存在着无数个星体，因而可以把任何一点看作是宇宙的中心。对此问题的正确理解是在很久以后人们才认识到。我们首先考虑有限的情况，这时星体会相互吸引而汇聚。然后我们考虑在此汇聚区之外再加入更多的星体并使它们大概均匀地分布在汇聚区的周围，这时情况会怎么样。根据牛顿的理论这些外加的星体从平均的角度来看将无异于以前的星体，因此它们也将以同样的速度汇聚。我们可以加入任意多的星体，但是它们总是要坍缩到一起。我们因此而知道在总是存在着引力的情况下，无限的静止的宇宙模型是不可能存在的。

在20世纪之前，从未有人提出过宇宙是在膨胀或是在收缩的看法。这是对当时思想气氛的一个有趣的反映。一般来说人们要么接受宇宙以一种不变的状态永恒的存在着，要么接受宇宙产生于过去的有限的时间内，多少有些与我们今天的观测吻合。部分的原因可能是由于人们倾向于相信存在着永恒的真理，以及人们对他们衰老死亡之后，宇宙将是不变的、永恒的想法感到一种心理上的满足。

即使那些人认识到牛顿的引力理论将导致一个非静止的宇宙，他们不但没有想到提出宇宙在膨胀的看法，反而试图来修改引力理论。他们提出在物体相距很远时，引力将被排斥力所取而代之。他们的观点不会明显地影响到对行星运动的预测，然而却使得一个无限的星体的分布仍保持一种平衡状态成为可能——邻近星体之间的相互引力被来自于远处星体的斥力所平衡。但是，现在我们认为这种平衡状态也是不稳定的：如果某个区域内的星体相距较近，那么它们之间的引力将强于斥力的作用，从而使得星体不断相互靠拢。与此

相反，如果星体之间相距稍远，斥力将起主要作用，驱使星体相距越来越远。

对于无限静止宇宙的另一种反对意见通常归咎于德国哲学家亨里奇·奥尔博斯 (Heinrich Olbers)，他在1823年提出的理论。事实上，在牛顿时代已有不少人提出这个问题，而奥尔博斯的文章也不是第一篇以某种似乎可行的论证来驳斥这个问题的论文，然而它却是第一篇引起广泛注意的文章。无限静止的宇宙存在的一个困难是几乎每一条视线都终止在某一星体的表面上。因此我们预期整个天空将会象太阳一样明亮，即使在夜间也将如此。奥尔博斯的反对意见认为来自遥远星体的光线将由于受到充斥在星体之间的物质的吸收而变得暗弱。但如果是这样的话，那些充斥在星体之间的物质将最终被加热，直至象星体一样明亮发光。为了避免对整个夜空如同太阳表面一样明亮的现象下结论，唯一的方法是假设星体并不是永恒的发着光，而是在过去的某个有限的时间内开始发光。在这种情况下，吸收介质可能还没有被加热，或者远处星体的光还没有到达我们这里。然而这又给我们带来另一问题：是什么首先造成星体发光？

当然在这之前，宇宙的起始早已被讨论过。根据若干早期宇宙论和犹太教、基督教、穆斯林教的传统认识，宇宙是起始于并不遥远的过去的某个有限时间之内。对这种起始的论点之一是要解释宇宙的存在感觉上认为有一个“初始原因”是必要的（在宇宙之中，人们总是认为一个事件是由早先发生的另一个事件所引起的，但是要以这种方式解释宇宙本身的存在除非宇宙也有一个起始）。另一种观点是由圣·奥古斯丁 (St. Augustine) 在他的《上帝的故事》一书中提

出的。他指出道：文明正在发展，我们知道是谁建立的这一伟绩，是谁发展的这一宏技。因此人类，或许宇宙，不可能已经存在了很久。圣·奥古斯丁所接受的宇宙的起源的日期是依据《创世纪》一书的记载，即公元前大约 5000 年（有趣的是这很接近一次冰期的结束日期，即公元前一万年左右）。考古学家认为那时正是人类文明的萌芽时期。

与之相反，亚里士多德以及大多数古希腊哲学家，并不赞同创造论的观点。因为在创造论中上帝的干预太过份了些，他们认为人类以及人类周围的世界既然已经存在，就将永远存在下去。对于古人所考虑到的如上所说的人类进步的问题，他们认为是由于周期性的水灾或其他灾害使得人类反复的回到文明的起始阶段。

关于宇宙在时间上是否有起始之点，在空间上是否有限这一问题，后来由哲学家伊曼纽尔·坎特(Immanuel Kant)在他 1781 年出版的不朽(和非常晦涩难懂)之作《纯理性的批判》一书中作了详细的研究。他认为这种问题是纯理性的自相矛盾(即自我相互不一致)，因为他感到相信宇宙有一起始这一命题与相信宇宙永恒的存在这一反命题具有同样强的说服力。他对这一命题的看法是如果宇宙没有起始，在任何一个事件之前都将有无穷长的时间，他认为这是不合理的。他对反命题的看法是如果宇宙有一个起始，那么在起始之前将存在着无穷长的时间，因此，为什么宇宙恰恰起始于某一特殊时刻。事实上，他对命题和反命题的看法是一样的。它们都是建立在一个隐含的假设之上，那就是无论宇宙是否永恒的存在，时间都可以向过去无限的延伸下去。我们将会看到，时间的概念在宇宙起始之前是无意义的。这一观点是圣

·奥古斯丁首先提出的。当人们问到：上帝在创造宇宙之前做些什么？奥古斯丁没有回答：上帝在为提这种问题的人准备着地狱。他只是说时间是上帝所创造的一个性质，在宇宙起始之前，时间是不存在的。

当多数人还在相信宇宙在本质上是静止的和不变的时候，关于宇宙是否有一起始时刻，实际上是一个形而上学的或神学的问题。无论人们是依据宇宙永恒存在的理论，亦或是依据宇宙起始于某一有限时间内，但其运动方式貌似永恒存在的理论，都可以同样圆满地解释所观测到的结果。但是在1929年，埃德温·哈博尔（Edwin Hubble）做了一次具有历史意义的观测。他观测到，不论我们从什么角度来看，远处的星系都是在很快地远离我们而去。换句话说就是宇宙在膨胀着。这意味着在早些时候，物体曾经是相互堆积在一起的，事实上，似乎是有过这样一个时刻大约在100到200亿年前，那时所有的星体恰好都处在同一个地方，因而那时宇宙的密度，也是无穷大的。这项发现终于将宇宙起源的问题带入了科学的领域。

哈博尔的观测认为有这样一个叫做大爆炸的时刻，那时的宇宙是无限的小并且无限的致密。在这种条件下，所有的科学定律，以致于所有对未来的预报能力都将崩溃。如果在那之前发生过什么事件，对我们的今天都不会有任何影响。因为没有观测性的结果我们也就可以忽略这些事件的存在。因此，我们可以说时间起始于宇宙大爆炸，也就是说在这之前的时间是没有被定义的。有一点必须强调的是这个起始时刻与以前所考虑的时间是截然不同的。对于不变的宇宙，时间的起始必须是由宇宙之外的智慧生物制定的；但对于这样

一个起始并没有物理上的要求。我们可以想象上帝在过去的任何一个时间内都可以创造我们的宇宙。与此相反，如果宇宙正在膨胀，就可能会有物理上的原因来解释为什么宇宙一定会有一个起始。人们仍然可以想象上帝在宇宙大爆炸的瞬间创造了宇宙，或者上帝在创造了宇宙之后使得宇宙看起来仿佛曾经有过一次大爆炸，但是假设宇宙是在大爆炸之前被创造出来的就毫无意义了。正在膨胀着的宇宙并没有排除创世者的存在，但是它却对创世者在什么时候做了这份创世的工作加了限制。

为了讨论宇宙的性质以及宇宙是否有一个起源或结束等问题，我们首先必须弄清楚什么是科学的理论。这里我将采用一种简单观点：科学理论只不过是一个宇宙的模型，或者宇宙的某一个限定部分的模型，或者一系列的定律，这些定律把模型中的某些量与我们所做的观测联系起来。科学的理论仅仅存在于我们的意识之中，而不具有任何其他现实性（不管这现实性意味着什么）。如果一个理论能满足于以下两点要求，便被认为是一个合理的理论：第一，这个理论必须能够根据一个标准模型来解释大量的观测结果，而这一模型是仅仅依赖于几个任意元素建立起来的；第二，这个理论必须能对未来观测的结果做出准确预报。举例来说，亚里士多德的关于所有的物体都是由四种元素土、气、火与水所组成，这个理论在其简洁程度上足以合格，但是它给不出任何确定的预报。与此相反，牛顿的引力理论是建立在更为简单的模型之上，它认为物体之间存在着相互吸引力，这个力与一个称为质量的量的大小成正比，与物体间的距离的平方成反比。然而这个理论以极高的精确度预报了太阳、月亮以及