

【自然·人·哲学】丛书

STEPHEN W · HAWKING

A BRIEF HISTORY OF TIME



# 时间史之谜

【美】斯蒂芬·霍金著 张星岩 刘建华译

——FROM THE BIG BANG

上海人民出版社

TO BLACK HOLES



自然·人·哲学

# 时 间 史 之 谜

从大爆炸到黑洞

[美]斯蒂芬·霍金 著  
张星岩 刘建华 译

上海人民出版社

Stephen W. Hawking  
A BRIEF HISTORY OF TIME  
Bantam edition Published 1989  
据班坦出版社 1989 年英文版译出

责任编辑 高志仁  
封面装帧 姜明路

自然·人·哲学

时间史之謎

从大爆炸到黑洞

[美]斯蒂芬·霍金 著

张星岩 刘建华 译

上海人民出版社出版、发行

(上海绍兴路 54 号)

新华书店上海发行所经销 常熟市新华印刷厂印刷

开本 787×960 1/32 印张 6.75 插页 2 字数 111,000

1991 年 7 月第 1 版 1991 年 7 月第 1 次印刷

印数 1—7,000

ISBN 7—208—01130—3/B·146

定价 2.50 元

## 导 言

---

我们几乎是在对世界毫不理解的情况下度过每时每刻。我们极少关心产生使生命成为可能的太阳光的超自然力量，极少关心使我们如胶似漆地紧附。要不然的话，会让我们旋入空间的地球的引力，或极少关心我们由其制成并基本上依赖其稳定的原子。除了孩子（他们还不太懂，不能提出重要的问题）外，我们中很少有人花大量时间，想知道为什么自然界是现在这个样子；宇宙来自何方或它是否总是在这儿；时间是否会有朝一日倒回去，而结果先于原因；或者人的知识最终是否有界限。甚至孩子也想知道黑洞看上去象什么；最小的物质是什么；为什么我们记住过去，而不是将来；如果说当初是混沌状态的话，现在显然是有序状态，这究竟是怎么回事；以及为什么存在一个宇宙。我就见过一些这样的孩子。

在我们的社会里，父母和教师用一耸肩或诉诸于模糊地回想起的宗教戒律的办法，来回答其中的绝大多数问题，现在依然司空见惯。有些人因这样的问题而感到很不自在，因为它们非常清楚地暴露了人的认识的局限性。

但是哲学和科学大多为这样的询问所驱动。越来越多的成年人愿意回答此类问题，偶而他们也得到一些惊人的答案。与原子和恒星保持等距离，我们在不断扩大我们的探索范围，以便把最小和最大都包括在内。

1974年春，大约在“海盗一号”宇宙飞船在火星登陆前两年，我在英国参加了一次由伦敦皇家学会发起的，探讨如何寻找地球外生命问题的会议。在喝咖啡的休息时间里，我注意到在邻近的大厅里正在举行规模大得多的会议，出于好奇我进去了。我很快认识到，我正目睹一次古老的仪式，皇家学会新成员的授职仪式。皇家学会是地球上最古老的学者组织之一。在前面一排上，一个坐在轮椅上的年轻人正在非常缓慢地，在一本前几页上有伊萨克·牛顿签名的书上，写上他的名字。当他终于写完时，响起了激动人心的欢呼声。斯蒂芬·霍金甚至在那时也是一个传奇人物。

霍金现在是剑桥大学卢卡斯数学教授，这个职位曾由两位著名的极大和极小探索者牛顿和狄拉克担任过。他们是他们的好继承人。霍金这第一

本为非专业人员写的书，为一般读者提供了多种形式的报酬。同这本书涉及面很广的内容一样令人感兴趣的是，它使读者能瞥见其作者的思维活动。本书清楚易懂地展示了物理学、天文学、宇宙学和胆量的新领域。

这还是一本关于上帝……或许关于上帝不存在的书。上帝这个词在本书中到处可见。霍金着手寻求回答爱因斯坦著名的上帝是否在创造宇宙方面有任何选择问题的答案。正如霍金明确指出的，他试图理解上帝的思想。这使他的努力所得出的结论越加出人意料之外，至少到目前为止是如此：一个没有空间边缘、没有时间起点或终点，以及没有上帝可做事情的宇宙。

**卡尔·萨根**

纽约州的科内尔大学

# 目 录

|                    |     |
|--------------------|-----|
| 导 言.....           | 1   |
| 1. 我们对宇宙的生动描述..... | 1   |
| 2. 空间与时间.....      | 18  |
| 3. 膨胀中的宇宙.....     | 45  |
| 4. 测不准原理.....      | 67  |
| 5. 基本粒子和自然力.....   | 78  |
| 6. 黑洞.....         | 99  |
| 7. 黑洞并不那末黑.....    | 121 |
| 8. 宇宙的起源和命运.....   | 138 |
| 9. 时间箭头.....       | 171 |
| 10. 物理学的统一.....    | 184 |
| 11. 结论.....        | 203 |

## 1. 我们对宇宙的生动描述

一位有名的科学家（有人说他是伯特兰德·拉塞尔）有一次举办关于天文学的大学讲座。他描述了地球如何环绕太阳运行，以及太阳又如何环绕称作我们的星系的一大堆恒星的中心运行。在讲座结束时，一位身材矮小的老妇人从房间的后面座位上站起来说：“你所讲的全是废话。地球实际上是一只巨大的乌龟背上驮着的一块平板。”科学家脸上露出高傲的笑容，回答说：“乌龟站在什么上面？”“你非常聪明，年轻人，非常聪明，”老妇人说。“但是，它站在一连串的乌龟上面！”

绝大多数人会发现，将我们的宇宙描述成一座无限高的乌龟塔是相当滑稽可笑的，但是我们为什么认为自己了解得更清楚呢？我们对宇宙了解些什么？我们又是如何了解的呢？宇宙来自何方，又往何处去？宇宙有没有开端，有的话，在那



之前又是什么状况?时间的本质是什么?它会终止吗?物理学上的最新突破,其中部分是由于奇异的新技术的出现而使之成为可能,为这些长期存在的难题中的一些提供了答案。对我们来说,这些答案似乎总有一天会象地球环绕太阳运行一样显而易见,或者也许会象乌龟塔一样滑稽可笑。只有时间(不管它到时会是怎么样)能作证。

早在公元前 340 年,希腊哲学家亚里士多德就在他的《论天》一书中,提出两个很好的论据,证明地球是圆球而不是平板。首先,他认识到月蚀是由于地球来到太阳和月亮中间而产生的。地球在月亮上的影子总是圆的,这只有在地球是球形时才会如此。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,除非月蚀总是发生在太阳正好在这圆盘中心的下面时。其次,希腊人从旅行中得知,北极星在天空中的位置,从南方地区看要比从北方地区看更低些(由于北极星在北极上空,它象似正好在北极的观测者头顶上,但对从赤道观测的人来说,它象似恰好位于地平线上)。亚里士多德甚至根据北极星在埃及和希腊的视位不同,估计绕地球一圈的距离是40万古希腊长度单位。现在无法确切知道一个古希腊长度单位有多长,也许约 200 码,这个数字使亚里士多德的估计约等于目前公认的长度的两倍。希腊人甚至提出第三个论据证明地球必定是圆的,因为其

他还会有什么原因使人们首先看到船帆出现在地平线上,然后再看到船身?

亚里士多德认为,地球是静止的,而太阳、月亮、行星和恒星则在地球周围的圆形轨道上运行。他之所以相信这一点,因为他出于不可思议的原因感到地球是宇宙的中心,而圆周运动是最完美的运行方式。公元2世纪,托勒密根据这个思想创造了一个完整的宇宙论模型。地球位于中心,四周有8个球面层层围住,球面上分别载有月亮、太阳、恒星和当时所知的5个行星,即水星、金星、火星、木星和土星(图1.1)。为了说明行星在天空中已被观测到的、相当复杂的路径,它们本身又在从属于各自球面的小轨道上运行,最外层球面上载有所谓的恒星,它们相互之间总是相对地待在同一位置上;但却在天空中一起旋转。最后一层球面的外面是什么,这一点从来就没有搞得十分清楚,但是它肯定不是人类所能观测到的宇宙的一部分。

托勒密模型为预言天空中的天体位置提供了精确得合情合理的体系。但是,为了正确地预言这些位置,托勒密不得不作出一种假设,即月亮沿着一条有时使它同地球的距离比其他时候短一半的路径运行。而这意味着月亮有时应该显得比其他时候大一倍!托勒密认识到这个缺陷,但是,尽管如此,他的模型被广泛地、虽然不是普遍地接

受。基督教把它视作符合基督《圣经》要求的宇宙形象，因为它有个大优点：在恒星球面外面为天堂和地狱留出了大量空间。

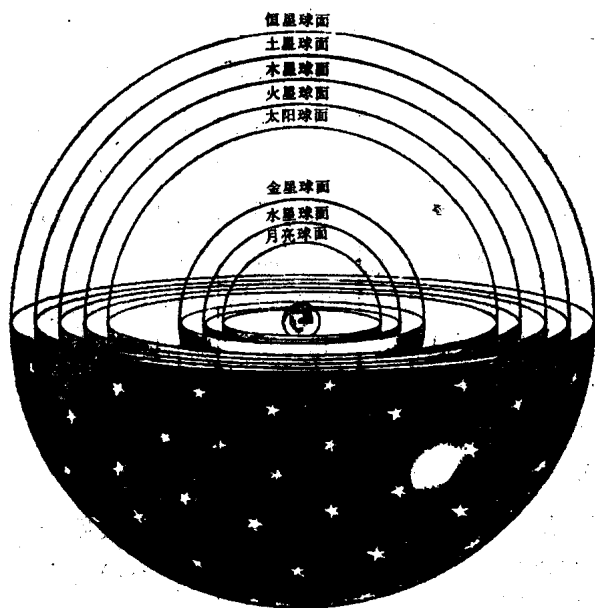


图1-1

然而，一个更为简单的模型于1514年由一位波兰牧师尼古拉斯·科珀尼卡斯提了出来（最初，也许因为害怕被他的教会视作异教徒，科珀尼卡斯只能隐名匿姓地传播他的模型）。他的思想是太阳静止地位于中心，而地球和行星在太阳周围的圆形轨道上运行。过了将近100年，这个思想才得到认真对待。当时两位天文学家——德国人约

约翰内斯·开普勒和意大利人加利莱奥·伽利略——开始公开支持科珀尼卡斯的理论，尽管它预言的轨道同观测到的不完全一致。给予亚里士多德/托勒密理论致命的打击发生在1609年。那一年，伽利略开始用刚发明不久的望远镜观测夜空。在看木星时，伽利略发现有若干环绕它运行的小卫星或月亮陪伴着它。这包含的意思是，宇宙中的一切不是象亚里士多德和托勒密所想的，一定都得直接环绕地球运行（当然，仍有可能相信地球静止地位于宇宙的中心，而木星的卫星在地球周围极其复杂的轨道上运行，看上去象是它们环绕木星运行。然而，科珀尼卡斯的理论简单得多）。与此同时，约翰内斯·开普勒修改了科珀尼卡斯的理论，提出行星不是在圆形轨道上，而是在椭圆形轨道上运行（椭圆是拉长的圆）。这种预言终于同观测结果一致了。

就开普勒来说，椭圆形轨道仅仅是一种特定的假设，而且是使人颇为反感的假设，因为椭圆形比起圆形来显然不那么完美。椭圆形轨道完全符合观测结果这一点几乎是碰巧发现的，因此他无法将它们同他的行星因磁力作用而环绕太阳运行的思想一致起来。一直到很久以后才有人提出了一种解释。1687年，伊萨克·牛顿爵士发表了《自然哲学的数学原理》。这也许是物理学上发表过的最重要的著作。牛顿在这本书里不仅提出了物体

如何在空间和时间中运动的理论，而且发展了分析这些运动所需的复杂的数学。此外，牛顿假设了万有引力定律。按此定律，宇宙中的所有物体都因一种力而相互吸引，物体越是大而重，相互之间的距离越是接近，这种力就越强。正是这种力使物体掉落地面（牛顿因苹果掉在头上而产生灵感的故事几乎可以肯定是不足凭信的。他自己的说法是，引力的想法产生于他坐着“沉思”的时候，并“由一只苹果的落下而引起的”）。牛顿又进一步指出，按照他的定律，引力造成月亮沿一条环绕地球的椭圆形轨道运行，并造成地球和行星沿环绕太阳的椭圆形轨道运行。

科珀尼卡斯模型摆脱了托勒密地球以及伴随它们的宇宙有自然边界的思想。由于“恒星”除了因地球自转而造成在天空中转动外，似乎并不改变它们的位置，所以很自然会假定恒星是象我们的太阳一样的物体，但是要远得多。

牛顿认识到，按照他的引力理论，恒星应该相互吸引，因此它们似乎不会保持一种基本上不动的状态。它们会不会同时都落到同一点上呢？在1691年给当时另一个最主要的思想家理查德·本特利的一封信里，牛顿论证说，如果在有限的空域里只分布着数量有限的恒星，这种现象确实会发生。但是，他又推想说，另一方面，如果在无限的空域里或多或少均匀地分布着数量无限的恒星，这

种现象就不会发生，因为它们没有一个中心点可降落。

这个论点是你谈论无限时很容易会犯的错误的一个例子。在无边无际的宇宙中，每个点都能被视作中心，因为每个点的周围都有数量无限的恒星。正确方法是考虑恒星全都集聚在一块的有限空域情况，然后提出在这个空域外加上更多大致分布均匀的恒星时会出现什么变化的问题。这一点一直到很久以后才认识到。按照牛顿的定律，增加的恒星一般来说对原先的恒星没有任何影响，因此，恒星象原先一样迅速集聚在一起。我们愿加多少恒星就加多少，但是它们总还是集聚在一起。我们现在知道，要制作一个无限的宇宙静态模型是不可能的，因为宇宙中的引力一直在起作用。

没有人认为宇宙在膨胀或收缩，这是对20世纪前总思潮的一种很有趣的见解。为人们普遍接受的是，宇宙永远处于不变的状态，或者说多多少少象我们今天所观测到的那样，它在过去某一有限时刻之前就已形成。在某种程度上，这也许是因为人们倾向于相信永恒的真理，以及在即使他们会变老和死亡，宇宙仍是永恒的和不变的想法中找到的安慰。

甚至那些认识到牛顿的引力理论表明宇宙不可能是静态的人，也没有想到要提出它可能在膨

胀的问题。相反，他们认为引力在相隔距离极远情况下是排斥的，想以此来修改这个理论。这种想法他们对行星运行的预言并无多大影响，但它允许恒星在无边无际的宇宙中保持均衡的分布状态——因为邻近恒星之间的引力为距离较远的恒星的斥力所平衡。然而，现在我们相信这样一种均衡状态是不稳定的：如果某个空域里的恒星相互稍许靠拢一点，它们之间的引力将会变强而大于斥力，以致恒星将继续相互靠拢。反过来，如果恒星相互离开一点，斥力将会占支配地位而驱使它们继续分离。

对无边无际的静态宇宙的另一种反对意见，人们通常认为是德国哲学家海因里希·奥尔贝斯提出的，他于1823年写了关于这种理论的文章。事实上，牛顿许多同时代的人已经提出这个问题，而且奥尔贝斯的文章甚至不是第一篇包含反对它的似乎有理的文章。然而，它是第一篇受到广泛注意的文章。难题是在无边无际的静态宇宙中，几乎每一条视线都将落在一颗恒星的表面上。因此，人们会期望整个天空象太阳一样明亮，甚至在晚上也是如此。奥尔贝斯的驳论是，远处恒星射来的光线，将由于介于其间的物体的吸收，而暗淡下来。然而，如果这种情况发生的话，介于其间的物体最后将发热，直至它同星球一样明亮为止。避免得出整个夜空象太阳表面一样明亮结论的唯一办法将

是,假定恒星不是永远发光的,而是在过去某个有限的时刻开始发光的。在那种情况下,吸收光线的物体可能还没有发热,或者远处恒星射出的光线可能还没有抵达我们这儿。这向我们提出了这样的问题:最初是什么引起恒星发光的。

当然,宇宙的开端问题早在这之前就已经在讨论了。根据早期的一些宇宙论和犹太/基督教/穆斯林传统,宇宙开始于过去一个有限的、不太遥远的时刻。说明这一开端的一个论点是,解释宇宙存在必须有“第一原因”的感觉(在宇宙中,你总是把一个事件解释成是更早发生的某个事件造成的,但是只有在宇宙有某个起点时,才能用这种方法解释它本身的存在)。另一个论点是圣奥古斯丁在他的《上帝城》一书中提出的。他指出,文明在发展,而且我们记得谁建立了这个功绩或发展了那项技术。因此,人根本不可能长期世故很深,宇宙也许也是如此。圣奥古斯丁接受了《创世记》一书中将公元前约5000年的一天作为宇宙开创日的说法(有趣的是,这个时间离公元前约10000年最后一个冰河时代的结束不太远,后者是考古学家告诉我们文明真正开始的时间)。

另一方面,亚里士多德和希腊其他绝大多数哲学家,不喜欢创世的想法,因为它带有太多的神干预的味道。所以,他们相信,人类及其周围的世界一直存在,并将永远存在下去。古人已经考虑



过上述有关进步的论点，并回答说水灾或其他灾难间歇发生，不断使人类回到文明的开端。

宇宙在时间上是否有个起点和在空间上是否有限等问题，哲学家伊曼纽尔·康德后来在他1781年出版的不朽(和非常难以理解的)著作《纯粹理性批判》中，进行了广泛而详尽的讨论。他称这些问题为纯粹理性的二律相悖(即矛盾)，因为他感到，既有相信正题，即宇宙有开端的有力论点，又有相信反题，即宇宙一直存在的同样有力的论点。他的正题论点是，如果宇宙没有开端，那么在任何事件之前都会有一段无限的时间，这一点他认为荒谬的。其反题论点是，如果宇宙有开端，在它之前会有一段无限的时间，那么为什么宇宙应该始于任何一个特定时刻呢？事实上，他的正题论点和反题论点实际上是同一论点。它们都基于他没有说出口的假定上：不管宇宙是否一直存在，时间可以一直往回追溯。正如我们后面要讲到的，时间的概念在宇宙开始之前毫无意义。这一点最早是圣奥古斯丁提出的。在被问到：上帝在创造宇宙之前干什么？圣奥古斯丁没有回答，他在为提出这样的问题的人准备地狱，而是说，时间是上帝创造的宇宙的一种性质，在宇宙开始之前时间并不存在。

在绝大多数人相信宇宙基本上是静止的、一成不变时，关于宇宙是否有开端的问题实际上是一个玄学或神学的问题。一个人可以根据宇宙一