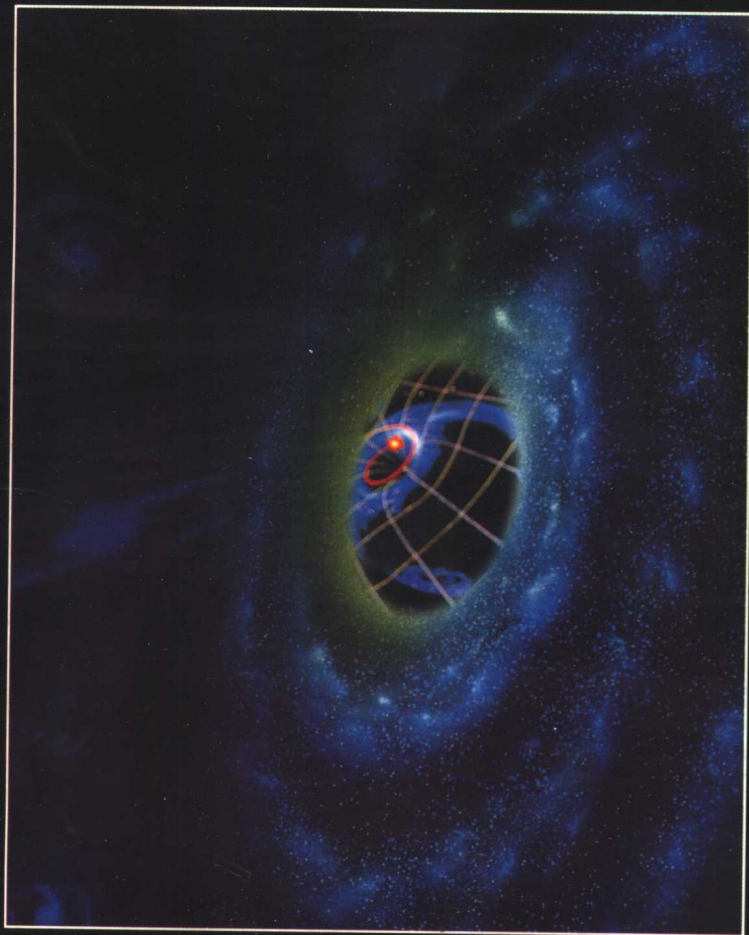


第一推动丛书

黑洞与时间弯曲

爱因斯坦的幽灵



【美】基普·S·索恩 著 S·霍金 序

李泳 译



■【美】基普·S·索恩 著 S·霍金 序 ■李泳 译 ■湖南科技

黑洞与时间弯曲

——爱因斯坦的幽灵

●《第一推动丛书》第二辑 ●《第一推动丛书》第二辑 ●

Copyright © 1994 by Kip S. Thorne. Simplified Chinese Characters edition arranged with Harold Ober Associates, Inc. through BigApple Tuttle - Mori Agency, Inc.

All Rights Reserved.

湖南科学技术出版社经由大苹果版权代理公司获得此书中文简体版中国大陆地区出版发行权。

版权所有 侵权必究

著作权合同登记号：18-98-019

《第一推动丛书》第二辑

黑洞与时间弯曲

——爱因斯坦的幽灵

著 者：基普·S·索恩

序 者：S·霍金

译 者：李 沐

责任编辑：吴 炜 颜 汨

出版发行：湖南科学技术出版社

社 址：长沙市展览馆路 66 号

<http://www.hnstp.com>

邮购联系：本社直销科 0731-4441720

印 刷：湖南省新华印刷三厂

(印装质量问题请直接与本厂联系)

厂 址：长沙市韶山路 158 号

邮 编：410004

经 销：湖南省新华书店

出版日期：2000 年 4 月第 1 版第 1 次

开 本：850mm×1168mm 1/32

印 张：19

插 页：4

字 数：495000

印 数：1~10180

书 号：ISBN 7-5357-2695-X/N·47

定 价：30.00 元

(版权所有·翻印必究)

总 序

科学，特别是自然科学，最重要的目标之一，就是追寻科学本身的原动力，或曰追寻其第一推动。同时，科学的这种追求精神本身，又成为社会发展和人类进步的一种最基本的推动。

科学总是寻求发现和了解客观世界的新现象，研究和掌握新规律，总是在不懈地追求真理。科学是认真的、严谨的、实事求是的，同时，科学又是创造的。科学的最基本态度之一就是疑问，科学的最基本精神之一就是批判。

的确，科学活动，特别是自然科学活动，比较起其他的人类活动来，其最基本特征就是不断进步。哪怕在其他方面倒退的时候，科学却总是进步着，即使是缓慢而艰难的进步。这表明，自然科学活动中包含着人类的

最进步因素。

正是在这个意义上，科学堪称为人类进步的“第一推动”。

科学教育，特别是自然科学的教育，是提高人们素质的重要因素，是现代教育的一个核心。科学教育不仅使人获得生活和工作所需的知识和技能，更重要的是使人获得科学思想、科学精神、科学态度以及科学方法的熏陶和培养，使人获得非生物本能的智慧，获得非与生俱来的灵魂。可以这样说，没有科学的“教育”，只是培养信仰，而不是教育。没有受过科学教育的人，只能称为受过训练，而非受过教育。

正是在这个意义上，科学堪称为使人进化为现代人的“第一推动”。

近百年来，无数仁人智士意识到，强国富民再造中国离不开科学技术，他们为摆脱愚昧与无知作了艰苦卓绝的奋斗，中国的科学先贤们代代相传，不遗余力地为中国的进步献身于科学启蒙运动，以图完成国人的强国梦。然而应该说，这个目标远未达到。今日的中国需要新的科学启蒙，需要现代科学教育。只有全社会的人具备较高的科学素质，以科学的精神和思想、科学的态度和方法作为探讨和解决各类问题的共同基础和出发点，社会才能更好地向前发展和进步。因此，中国的进步离不开科学，是毋庸置疑的。

正是在这个意义上，似乎可以说，科学已被公认是中国进步所必不可少的推动。

然而，这并不意味着，科学的精神也同样地被公认

和接受。虽然，科学已渗透到社会的各个领域和层面，科学的价值和地位也更高了。但是，毋庸讳言，在一定的范围内，或某些特定时候，人们只是承认“科学是有用的”，只停留在对科学所带来的后果的接受和承认，而不是对科学的原动力，科学的精神的接受和承认。此种现象的存在也是不能忽视的。

科学的精神之一，是它自身就是自身的“第一推动”。也就是说，科学活动在原则上是不隶属于服务于神学的，不隶属于服务于儒学的，科学活动在原则上也不隶属于服务于任何哲学的。科学是超越宗教差别的，超越民族差别的，超越党派差别的，超越文化的地域差别的，科学是普适的、独立的，它自身就是自身的主宰。

湖南科学技术出版社精选了一批关于科学思想和科学精神的世界名著，请有关学者译成中文出版，其目的就是传播科学的精神，科学的思想，特别是自然科学的精神和思想，从而起到倡导科学精神，推动科技发展，对全民进行新的科学启蒙和科学教育的作用，为中国的进步作一点推动。丛书定名为《第一推动》，当然并非说其中每一册都是第一推动，但是可以肯定，蕴含在每一册中的科学的内容、观点、思想和精神，都会使你或多或少地更接近第一推动，或多或少地发现，自身如何成为自身的主宰。

《第一推动》丛书编委会

序

这本书讲的是我们在空间和时间观念上的革命及其重要结果，有些结果现在还不明朗。它也是一个迷人的故事，作者曾亲历过为认识黑洞这一也许是宇宙间最神秘事物的奋斗和成功。

过去人们常想，地球表面显然是平直的，它要么无限延伸，要么存在着边界，如果谁愚蠢地走得太远，他准会落下去。麦哲伦（Magellan）和其他环球旅行者的安全返回，令人们相信地球表面是弯曲的，自我封闭为一个球面；但人们仍然想当然地以为，这个球存在于欧几里得几何法则意义上的平直空间，即平行线永不相交的空间。然而，1915年，爱因斯坦提出一个理论，把空间和时间结合为一种叫“时空”的东西，它不是平直的，而是被其中的物质和能量弯曲（或卷曲）了。在我

们邻近，时空几乎是平直的，在正常情况下不会出现曲率带来的差异。但在宇宙更远的地方，时空弯曲的某些结果比爱因斯坦认识的更加惊人。一个结果是，恒星可能在自身引力作用下坍缩，使周围空间弯曲从而将自己同宇宙其他部分分裂开来。爱因斯坦本人不相信会发生这样的坍缩，但大多数人都证明了，这是他的理论所不可避免的结果。

那些人如何证明这个结果，如何发现坍缩在空间留下的黑洞的奇异性质，正是本书的主题。这是一部活的科学发现的历史，作者是发现的参与者，这很像 DNA 结构，它使我们认识了遗传密码的发现者沃森（James Watson）写的《双螺旋》。不过，与 DNA 不同的是，这里没有能指导探索者的实验结果，倒是黑洞理论早就建立起来了，那时还没有任何它们确实存在的观测证据。我不知道科学中还有没有别的例子，一个伟大的推论是完全依靠思想的基础而成功提出的。它说明了爱因斯坦理论的巨大威力和深远意义。

我们还有许多未知的事情。例如，落进黑洞的物体和信息会发生什么？它们会在宇宙其他地方或在另一个宇宙重新出现吗？我们能让空间和时间充分卷曲而回到过去吗？这些是我们为了认识宇宙而正在追寻的一部分问题，也许真有人能从未来回到现在，把答案告诉我们。

S·霍金

前 言

本书是在严格的物理学原理基础上写的，并结合了高度的想象。作者试图超越人们目前的牢固知识而进入一个与我们地球的日常生活全然不同的物理世界。他的主要目的是考察黑洞的里里外外——黑洞质量大，引力场强，实物粒子和光都不可能像平常离开太阳那样从它逃逸出来。观测者从远处靠近这样的黑洞会遭遇哪些事情，是根据广义相对论在“强引力”作用下还没有经过检验的预言而描述的；超出这个范围进入所谓黑洞“视界”区域的悬想，则是靠一种特别的勇气，实际上就是特别的狂想，这在索恩和他的国际伙伴中是很多的，而且他们乐此不疲。这令人想起一位知名物理学家的妙语：“宇宙学家多犯错误，但少有怀疑。”读这本书的人应怀着两个目标：学一些我们物理宇宙中的尽管奇异但

却真实的可靠事实；欣赏那些我们还不那么有把握的奇思妙想。

作为开场白，我首先应该指出，爱因斯坦的广义相对论这一思辨科学的最伟大创造，不过是在四分之三世纪前才建立的。20年代初，它解释了水星运动与牛顿引力理论预言的偏离，后来又解释了哈勃（Hubble）和他的同事们在威尔逊山天文台观测到的遥远星云的红移。两次胜利以后，它沉默了几年，那时，多数物理学家的注意力都转向了量子物理学的诠释，转向了核物理、高能粒子物理和观测宇宙学的进步。

黑洞的概念在牛顿引力理论发现后不久，就以思辨方式提出来了。后来发现，通过适当修正，黑洞概念在相对论里也能找到自然的地位，不过，这需要将基方程的解外推到极强的引力场——爱因斯坦当时认为这样的外推过程是可疑的。然而，钱德拉塞卡（Chandrasekhar）在1930年指出，根据相对论，质量超过某一临界值（即所谓钱德拉塞卡极限）的星体在耗尽高温的核能源后，将坍缩成为我们现在所说的黑洞。大约在30年代后期，茨维基（Zwicky）、奥本海默（Oppenheimer）和他的同事分别推广了这一工作。他们证明，存在一个质量范围，在此范围内的星体不会坍缩成黑洞，而将形成一种由致密的中子堆积构成的状态，即所谓的中子星。不论哪种情况，星体核能耗尽时的内部挤压都会伴随一个相对短时间的巨大能量喷发，喷发的结果，就是我们在遥远星云和银河系中偶尔会看到的光亮的超新星。

这些研究在第二次世界大战时中断了，然而在 50 年代和 60 年代，科学家们又怀着新的兴趣和热情回到了它的实验和理论的前沿，取得了三大进展。第一，从核物理和高能物理研究获得的知识在宇宙学理论中找到了自然的位置，支持了通常所说的宇宙形成的“大爆炸”理论。现在，许多证据都支持这样的观点：我们的宇宙是从一点由紧密堆积的粒子所形成的原初热汤（一般称它为“火球”）膨胀而来的。这一原初事件大约发生在 100 到 200 亿年前。对这个假说最戏剧性的支持也许是发现了出现在原初爆炸后期的波的退化遗迹。

第二，我们确实观测到了奥本海默小组预言的中子星，它们的行为也与理论预言的一样。这使我们完全相信，超新星是经历了“最后的引力坍缩”（大概可以这么说）的恒星。如果说中子星能存在于某一确定的质量范围，那么也有理由认为黑洞是质量更大的恒星的产物，不过我们承认，大量的观测证据都将是间接的；事实上，这类间接的证据现在已经很多了。

最后，广义相对论的有效性还得到了另外几方面证据的支持。它们包括太阳系中航天器和行星轨道的高精度测量和某些星系对外来光线的“透镜”作用。最近又发现了大质量双星系运动的能量损失，可能是它们发射引力波的结果，这是相对论的一个重要预言。这些发现，使我们敢于相信广义相对论在黑洞附近的那些未经证实的预言，也为我们洞开了更广阔的想象空间。

几年前，联邦基金会（Commonwealth Fund）在 M.E.Mathoney 主席提议下，决定资助一项图书计划，

邀请在不同领域工作的科学家们为受过教育的普通读者介绍他们的工作。索恩教授是其中的一位，很高兴本计划将他的书作为这一系列出版物的第九本。

推荐本书的联邦基金图书计划咨询委员会由下列成员组成：Lewis Thomas，医学博士，主任；Alexander G. Bearn，医学博士，副主任；Lynn Margulis，哲学博士；Maclyn McCarty，医学博士；Lady Medawar，Berton Roueche，Frederick Seiz，哲学博士；Otto Westphal，医学博士，出版者代表是 W.W.Norton & Company, Inc. 的副主席兼编辑，Edwin Barber。

Frederick Seitz

目 录

序.....	(1)
前言.....	(1)
导引.....	(1)
这本书讲什么，怎么读？	
序幕：黑洞之旅.....	(4)
读者在一个科幻故事里遭遇黑洞，和我们在 90 年代所能认识的关于它们的一切奇异性质	
1. 空间和时间的相对论	(39)
爱因斯坦推翻了牛顿的绝对空间和绝对时间的概念	
2. 空间和时间的卷曲	(69)
赫尔曼·闵可夫斯基统一了空间和时间，而爱因斯坦使它们发生卷曲	
3. 黑洞，发现与拒绝	(103)
爱因斯坦的卷曲时空定律预言了黑洞，爱因斯坦拒绝了这个预言	

4. 白矮星之谜 (121)
爱丁顿和钱德拉塞卡为大质量星体的死亡而争论；它们死亡时一定会收缩而产生黑洞吗？量子力学能拯救它们吗？
5. 坍缩是必然的 (144)
即使我们认为在所有力中最强的核力也顶不住引力的挤压
6. 坍缩成什么？ (188)
所有的理论物理学家都挡不住一个结论：坍缩产生黑洞
7. 黄金年代 (234)
黑洞被发现会自转和脉动，它贮藏能量，也释放能量，而且没有毛
8. 寻找 (274)
在天空寻找黑洞的方法提出来了，追寻了，也（大概）成功了
9. 意外发现 (296)
天文学家先前没有料到，现在被迫承认，在星系的中心，可能存在着比太阳重 100 万倍的黑洞
10. 曲率波 (329)
引力波把黑洞碰撞的交响曲带给地球，物理学家设计出仪器来寻找那些波，倾听它们的音乐
11. 实在是什么？ (367)
时空，在星期天弯曲，在星期一平直；视界，在星期天是真空，在星期一是电荷；而实验，在星期天和星期一都是一样的
12. 黑洞蒸发 (381)
视界裹在慢慢消失的辐射和热粒子的大气里，黑洞在收缩然后爆炸
13. 洞里 (416)
同爱因斯坦场方程搏斗的物理学家寻找黑洞里的秘密：一条通向其他宇宙的道路？一个无限潮汐引力的奇点？是空间和时间的终结，还是量子泡沫的源泉？
14. 虫洞和时间机器 (450)
为了洞察物理学定律，作者问：高度发达的文明能在超空间凿开虫洞做快速星际旅行并从时间机器回到过去吗？

尾声·····	(488)
爱因斯坦遗产的过去和未来，几个重要角色的今天	
致谢·····	(493)
感谢曾影响过这本书的朋友们和同事们	
人物·····	(495)
在本书不同地方多次出现过的人物	
年表·····	(500)
关于事件、观点和发现的年表	
名词·····	(507)
定义和术语	
注释·····	(519)
我凭什么相信我说的？	
文献目录·····	(539)
主题索引·····	(554)
人名索引·····	(578)

导 引

这本书讲什么，怎么读？

30 年来，我一直在探索，为的是去认识爱因斯坦为后代留下的遗产——他的相对论和相对论关于宇宙的预言——去寻找相对论失败的地方，看它如何失败，会有什么来取代它。

在探索中，我穿过奇异事物的迷宫：黑洞、白矮星、中子星、奇点、引力波、虫洞、时间弯曲和时间机器；在探索中，我学会了认识论：什么让理论成为“好的”？什么样的“超原理”主宰着自然法则？为什么即使在技术还无力检验预言时，物理学家也会认为我们知道自以为知道的事情？在探索中，我明白了科学家的头脑是如何工作的，我看到了不同头脑之间的巨大差异（如霍金的与我的），我知道了为什么为了更真切地理解宇宙需要那么多不同类型的科学家以他们自己的工作方式工作。通过我们和遍布全球的几百名参与者的探索，我认识了科学的国际性特征，在不同社会中科学团体的组织形式以及科学与政治潮流的交织，特别像苏美之间的竞争。

我想在这本书里与非科学家和不同领域的科学家分享我的这些感

受。一条历史线索将相互关联的话题串在一起，那是我们为阐明爱因斯坦的精神遗产而奋斗的历史，也就是我们从遗产中发现那些奇异的黑洞、奇点、引力波、虫洞和时间弯曲的预言的历史。

书从序幕开始：我要讲一个科幻故事，它会很快把读者引向书中的物理学和天文学概念。有些读者可能会对故事感到沮丧，这些概念（黑洞和它的视界、虫洞、潮汐力、奇点和引力波）来得太快，几乎没有解释。我告诉大家，不要管它，好好看故事，留下一点儿印象。每个概念在正文中还会以更令人愉快的方式重新提出来。读过全书后，你可以再回来看序幕，慢慢体会它的专业趣味。

书的主体（第1章到第14章）与序幕有完全不同的风味。中心线索是历史的，在历史的线索中交织着别的东西。我会用几页篇幅来追溯历史，然后离开历史讲一些题外话，然后又回到历史中来。这样，读者可以看到不同的思想观念如何精美地交织在一起，它们来自物理学、天体物理学、科学哲学、科学社会学和政治学。

有些物理学东西可以粗略看过，书后的物理学词汇表可能有一点帮助。

科学是公共的事业，形成我们宇宙观念的思想不是来自哪一个人或者某几个人，而是来自许多人的共同奋斗。因此，书中出现了许多人物，为帮助读者记住那些多次出现的人，书后列了一个“人物表”，对他们作了简单的介绍。

科学研究同人生一样，不同的人可能在同时探索许多相同的问题，一时的顿悟可能是几十年前的某些思想带来的灵感，而那些思想在几十年间却被忽略了。为了让读者能对此有些感受，本书将在时间里跳跃，从60年代跳到30年代，然后又回到70年代的历史主流。对这样的时间旅行感到眼花的读者，可以看书后的历史年表。

我不求历史学家要求的完整、准确和公正。如果要求完整，多数读者会跟我一样厌倦地将书扔到一边；如果要求更准确，这本书就会堆满公式而成为难啃的专著；尽管我追求公正，但一定存在偏见。我和我要讲的东西关系太近了，我个人从60年代到今天都在亲历它的