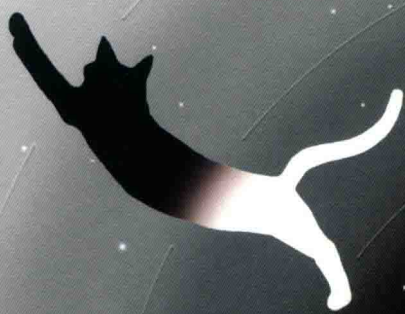
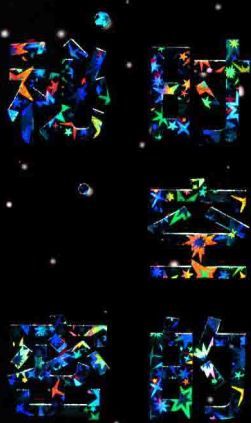
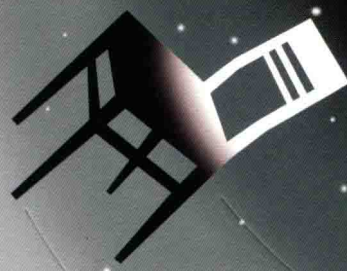


[荷] 霍弗特·席林 (Govert Schilling) 著 胡旻晨 译

跟爱因斯坦聊聊广义相对论，
跟霍金谈谈黑洞视界，
跟索恩一起聆听时空蓝调，
以及你的椅子、
猫和苹果派



Ripples in Spacetime



大爆炸、黑洞、引力波，
一部宇宙探索的大历史

Einstein, Gravitational Waves,
and the Future of Astronomy

[荷] 霍弗特·席林 (Govert Schilling) 著 胡旻晨 译

秘 时
Ripples in Spacetime 空
密 的

大爆炸、黑洞、引力波，
一部宇宙探索的大历史

Einstein, Gravitational Waves,
and the Future of Astronomy

图书在版编目 (CIP) 数据

时空的秘密 / (荷) 霍弗特 · 席林著 ; 胡兔晨译

— 北京 : 中信出版社 , 2018.8

书名原文 : Ripples in Spacetime: Einstein,

Gravitational Waves, and the Future of Astronomy

ISBN 978-7-5086-9062-9

I . ①时… II . ①霍… ②胡… III . ①天文学—普及
读物 IV . ① P1-49

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 122345 号

RIPPLES IN SPACETIME: EINSTEIN, GRAVITATIONAL WAVES, AND THE FUTURE OF ASTRONOMY (FORMERLY:
SURFING SPACETIME) by GOVERT SCHILLING

Copyright © Govert Schilling 2017

This edition arranged with The Science Factory and Louisa Pritchard Associates
through BIG APPLE AGENCY, INC., LABUAN, MALAYSIA.

Simplified Chinese edition copyright © 2018 CITIC Press Corporation

All rights reserved.

本书仅限中国大陆地区发行销售

时空的秘密

著 者 : [荷] 霍弗特 · 席林

译 者 : 胡兔晨

出版发行 : 中信出版集团股份有限公司

(北京市朝阳区惠新东街甲 4 号富盛大厦 2 座 邮编 100029)

承 印 者 : 三河市西华印务有限公司

开 本 : 787mm × 1092mm 1/16

印 张 : 18 字 数 : 278 千字

版 次 : 2018 年 8 月第 1 版

印 次 : 2018 年 8 月第 1 次印刷

京权图字 : 01-2018-2260

广告经营许可证 : 京朝工商广字第 8087 号

书 号 : ISBN 978-7-5086-9062-9

定 价 : 65.00 元

版权所有 · 侵权必究

如有印刷、装订问题, 本公司负责调换。

服务热线 : 400-600-8099

投稿邮箱 : author@citicpub.com

序言

爱因斯坦在科学的殿堂中地位独特，且当之无愧。他对时间和空间的洞见彻底改变了我们对引力和宇宙的理解。每个人都能认出海报和 T 恤上那位和善而又蓬头垢面的智者。不过，爱因斯坦最出色的工作是在他年轻的时候完成的。年仅 30 岁时，他便享有国际声誉。1919 年 5 月 29 日，发生了一场日食。由天文学家阿瑟·爱丁顿（Arthur Eddington）带领的团队观测了日食期间太阳附近的恒星。观测数据表明，这些恒星偏离了它们原有的位置，其发出的光线在太阳引力场的作用下发生弯曲。这验证了爱因斯坦的重要预言。当该结果被汇报给伦敦的英国皇家学会时，全世界的媒体都对这一新闻进行了报道。“天空中所有的光都是弯曲的，爱因斯坦理论取得巨大成功”成为《纽约时报》最醒目的头条。

爱因斯坦于 1915 年提出的广义相对论，是纯粹理性思考和深彻领悟的结果。其影响对地球上的我们来说是很微小的。现代导航系统对时钟的轻微调节会用到爱因斯坦的理论，而对于发射和追踪空间探测器来说，牛顿的理论就够用了。

相比之下，爱因斯坦将空间和时间联结起来的想法——“空间告诉物质如何运动，物质告诉空间如何弯曲”——对很多宇宙学现象都至关重要。但我们很难检验这个理论，它的影响距离我们太遥远了。因此，在提出后将近半个世纪的时间里，广义相对论一直被主流物理学拒之门外。不过，20 世纪 60 年代以来，有关开创宇宙膨胀学说的“大爆炸理论”以及黑洞的证据越来越多，而这二者都是爱因斯坦的关键性预言。

2016 年 2 月，在著名的英国皇家学会会议对这次日食考察的报道

约 100 年后，另一份声明进一步证实了爱因斯坦的理论，这一次是在美国华盛顿特区的新闻俱乐部。LIGO（激光干涉引力波天文台，Laser Interferometer Gravitational-Wave Observatory）探测到引力波的存在，这正是霍弗特·席林这本书的主题。他有一个绝妙的故事要讲，其跨度超越一个世纪。

爱因斯坦大胆地设想引力源自空间的弯曲。当受到引力作用的物体改变自己的形状时，它们在空间中激起了阵阵涟漪。当这些涟漪经过地球时，我们的局部空间随之发生“抖动”：被拉伸和挤压。但是这种效应非常微弱，因为引力是一个弱作用力。日常物品间的引力拉伸程度极其微小。如果你挥动两个哑铃，你也会发射出引力波，但仅具有无穷小的能量。即使是行星围绕恒星的运动，或者是一对恒星的相互绕转，它们所发射出的引力波都达不到可探测水平。

天文学家认为，LIGO 可以探测到的源一定比普通恒星和行星具有更强大的引力。最好的选择就是涉及黑洞的事件。我们知道黑洞的存在已经将近 50 年了，大部分黑洞都是比太阳重 20 倍以上的恒星的残骸。这些恒星明亮地燃烧，在它们爆炸的死亡剧痛中（这是由超新星发出的信号），它们的内部坍塌成一个黑洞。组成这颗恒星的物质与宇宙的其他部分隔绝，在空间中留下一个引力的印记。

两个黑洞在形成一个双黑洞系统的过程中，它们将会逐渐地旋进在一起。随着它们不断地靠近，周围的空间越发扭曲，直到它们合并成一个自旋的黑洞。这个黑洞搅动着空间并发出“鸣叫”，产生更多的波动，直至平静下来成为一个孤独的、静止的黑洞。正是这声“啾啾”——空间摆动加速和增强直到黑洞合并，然后渐渐消失——能够被 LIGO 探测到。这些“灾难”在我们星系中发生的概率小于每百万年一次，但却能够产生可被 LIGO 探测到的信号，即使它发生在距地球 10 亿光年那么远的地方——数百万个星系都比它要近。要探测到最佳信号事件需要灵敏度极高当然也极为昂贵的仪器。在 LIGO 探测器中，强激光束沿着 4 公里长的真空管前行，再被管道末

端的镜子反射回来。通过分析激光束，我们便有可能测量出镜子间距离的改变，它随着空间的膨胀和收缩而交替地增长和缩短。这个振动的振幅非常之小，约为 0.000 000 000 000 1 厘米——是一个单原子尺寸的几百万分之一。LIGO 项目有两台大约相距 3 000 公里远的相似的探测器，一台在华盛顿州，另一台在路易斯安那州。单台探测器会记录下微地震事件、驶过的车辆等。为了排除这些假信号，实验人员仅关注同时出现在两台探测器中的信号事件。

许多年来，LIGO 没有探测到任何东西。但是科学家们对它进行了改进，并使之于 2015 年 9 月再次上线。历经几十年的挫败，这一探索成功了：它探测到了来自 10 亿光年外的双黑洞合并所发出的那声“啾啾”，这开启了一个全新的科学领域——探测空间自身的动力学。

遗憾的是，令人兴奋的科学主张被误解和夸大是众所周知的，而这本书将讲述这一领域中的这些主张。我自认为是一个很难被说服的怀疑论者，然而 LIGO 项目团队所宣布的内容——高水准科学家和工程师们数十年努力的成果——是极有说服力的，我期望这一次的理论能够完全令人信服。

这次探测的的确确是一项重大突破，它和 2012 年引起巨大轰动的希格斯粒子的发现一样，是这个年代最伟大的发现之一。希格斯粒子是粒子物理标准模型的拱顶石，发展了数十年。同样，引力波——空间结构的轻微振动——是爱因斯坦广义相对论的至关重要且独特的结果之一。

彼得·希格斯（Peter Higgs）在 55 年前预言了希格斯粒子的存在，但是对该粒子的探测及性能的确认必须等待技术的进步。这需要一台巨大的机器——位于日内瓦的大型强子对撞机（Large Hadron Collider，简称 LHC）。引力波被预言得甚至更早，但对它的探测却一再推迟，因为这项探索需要检测的效应非常难以捉摸，同样需要规模巨大且精度超高的仪器。

除提供了对爱因斯坦理论的全新的辩护外，这些探测结果也加深了我们对恒星和星系的理解。黑洞和大质量恒星方面的天文学证据是有限的，以至于我们很难预测有多少事件处在可探测范围之内。悲观主义者认为，这些事

件太过罕见，以至于改进过的新 LIGO 探测器在至少一两年之内也探测不到什么。但是实验者们遇到了运气极佳的“开门红”，他们看上去发现了一种新型的天文学，它揭示了空间自身的而非其间所弥漫的物质的动力学。位于欧洲、印度和日本的其他探测器也是引力波探测项目的一部分，另外，还有一些向太空发射探测器的计划。

但是太多的科学家都试图回避解释他们的想法和发现，认为它们神秘且晦涩。的确，专业的科学家们使用数学语言表达观点，可这对于很多人来说简直是一门“外语”。不过，那些关键性的想法却能够被一些技巧娴熟的作家用简单的语言表达出来。霍弗特·席林就是其中很优秀的一位，他在这本书中超越了自己。他所讲述的故事跨越了一个多世纪。这本书用清晰、有趣的语言解释了其中的关键性概念，并将其置于历史背景之中。他还描述了其间形形色色的人物。有的人有点儿强迫症，但这没什么好奇怪的——这种执念的确是任何人在一项可能没有回报的实验挑战上付出数年甚至数十年努力的前提。而且，这份努力是由团队中数百位专家的协作支撑起来的。霍弗特·席林向我们讲述了这些为了实现超凡精确性而奋斗几十年的科学家和工程师们激烈的争辩、遭遇的挫折，以及惊人的技术成就。这群人如何成功地揭露了时间和空间本质的线索。这是一个精彩的故事，动听且扣人心弦。

马丁·里斯 (Martin Rees)

剑桥大学天文系荣休教授、前英国皇家学会主席

前言

在旋涡星系的“郊外”，有颗绕着一颗黄矮星运转的小小行星。它在大约 33 亿年前由尘埃和鹅卵石积聚而成。来自外太空的有机化合物降落到这颗蓝色行星温暖的海洋中，排列成自我复制的分子。到目前为止，这片水域布满了单细胞生命体。过不了多久，生命便会找到办法扎根于这颗行星贫瘠的大陆。

与此同时，在这个辽阔宇宙的另一端，两颗超大质量的恒星以超新星爆发的方式结束了它们短暂的一生。这起灾难性的爆炸事件遗留下一对紧密环绕的黑洞，每个黑洞的质量都比那颗与它们相距遥远的黄矮星大数十倍。引力将敢于靠近的气体和尘埃拉入黑洞，并且弯曲了附近光线的路径。没有任何东西可以逃离这些宇宙深渊强劲的引力拉扯。

双黑洞的相互绕转形成了阵阵波动，时空中的小小涟漪以光速向外传播。这些波带走了能量，使得两个黑洞不断地靠近。最终，它们以每秒几百次的速度环绕着彼此，速度为光速的一半。时空被拉伸和挤压着，这些微小的扰动逐渐形成了大的波动。接着，在最终的纯能量爆发中，两个黑洞相撞并合二为一。场面复归于平静，而最后的那股强大的波涛却如同海啸一般蔓延到了太空之中。

这对双黑洞死亡的哭声传播 13 亿年后，来到我们的旋涡星系——银河系的郊外。那时，它们的振幅已经极大地减弱了。它们仍旧在拉扯着前进路上的一切物质，却没有人注意到。在这颗蓝色行星上，蕨类植物和树木覆盖着它的表面；小行星的撞击导致这里的巨型爬行动物灭绝，而哺乳动物中的一支演化成一种充满好奇心的双腿生物。

穿过银河系的外围，这些来自遥远黑洞合并的引力波仅花了大约 10 万年就到达了太阳和地球附近。当它们以每秒 30 万公里的速度向地球奔跑时，这里的人们开始探索自己身处的宇宙。他们研磨望远镜的镜片，借此发现新的行星和卫星，并绘制出银河系的图景。

在这些引力波抵达地球的 100 年前，它们已历经了这场 13 亿年光速旅行的 99.999 99%，一位名叫阿尔伯特·爱因斯坦（Albert Einstein）的 26 岁的科学家预言了它们存在的可能性。半个世纪之后，人们才开始认真地探测引力波。终于，在 21 世纪早期，探测器变得足够灵敏。就在启动探测器的几天之后，它们记录下了这些微小的振动，其振幅远小于一个原子核的尺寸。

2015 年 9 月 14 日，星期一，世界时 09:50:45，天文学家终于发现了来自遥远星系中黑洞碰撞的一个引力信号，爱因斯坦的百年预言得到证实。

引力波的第一次直接探测被誉为新世纪最伟大的科学发现之一，而且当之无愧。随着设备的灵敏度不断提高，进一步的探测将为天文学家提供一种全新的方式来研究这个强大的宇宙，而物理学家也有可能最终揭开时空的奥秘。

在高新 LIGO 探测器开始运行的几年前，我首次考虑写这本书。我想，如果第一次探测到引力波刚好发生在我完成手稿之时，岂不是很棒？那样的话，这本书就可以在信息发布不久后出版，并附上带有新结果的尾章。

然而，科学的进展比我预想的要快。几乎没有人想到，高新 LIGO 探测器会在运行伊始就赢得大奖。因此，我大部分的调研和全部的撰写工作都不得不在这个巨大的发现之后进行。现在这本书终于完成了，我对这个时机感到满意——这个发现如今是故事的一部分，而非事后的补充。

引力波天文学的历史我已经介绍过了。然而，在这本书中，这仅仅是故事的一半。《时空的秘密》关注更多的是科学的进程，关于发现的方式、今日发生的事件，以及对未来的憧憬——当引力波研究成为天文学的成熟领域时的景象。在那个难忘的星期一被科学家们探测到的引力波信号——GW150914，不仅是长达一个世纪的追寻成果，也是开启全新宇宙探索篇章的起点。

目录
contents

序 言 I

前 言 V

第 1 章 关于时空的开胃菜 001

第 2 章 “相对” 而言 018

第 3 章 检验爱因斯坦 035

第 4 章 波之论与棒之争 052

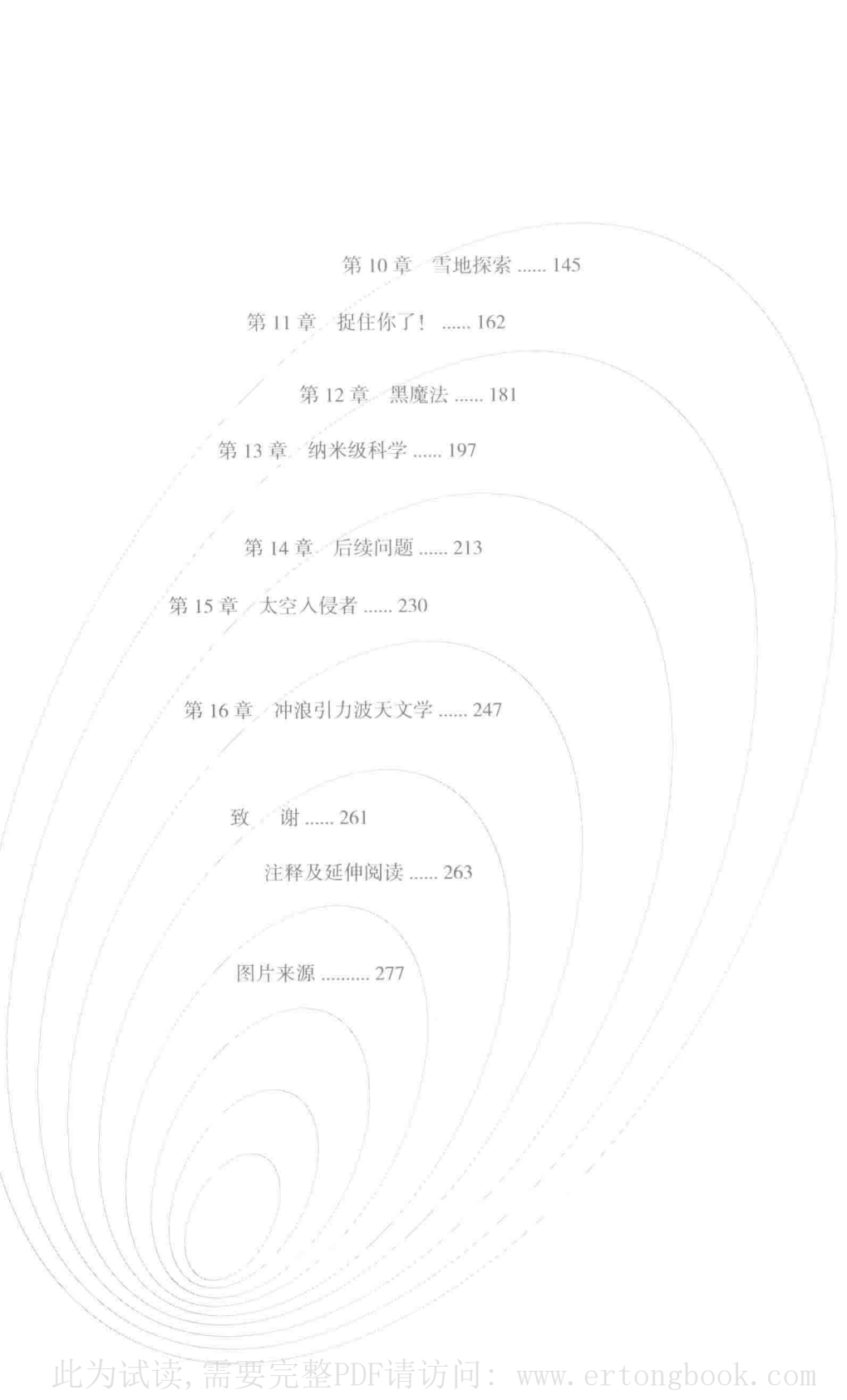
第 5 章 恒星的生命 067

第 6 章 精密的时钟 081

第 7 章 激光探索 097

第 8 章 通向完美之路 111

第 9 章 创世故事 130



第 10 章 雪地探索	145
第 11 章 捉住你了!	162
第 12 章 黑魔法	181
第 13 章 纳米级科学	197
第 14 章 后续问题	213
第 15 章 太空入侵者	230
第 16 章 冲浪引力波天文学	247
致 谢	261
注释及延伸阅读	263
图片来源	277



第1章

关于时空的开胃菜

乔·库珀穿上了他的 NASA（National Aeronautics and Space Administration，美国国家航空航天局）宇航服，并戴上了宇航帽。为了防止发射时发生意外，他需要氧气的保护。技术人员帮助他迈进宇宙飞船，坐在高耸的火箭顶上。通过收音机，他听到倒计时的声音，感受到肾上腺素在自己的静脉中流淌。库珀从来就不是胆小鬼，但坐在柱体结构的顶端被发射到太空里，难免让他有些紧张。

很快，库珀和他的三位宇航员同事就上路了。一切都很顺利。在飞船的小小窗户外面，蓝色的天空被黑色的虚空所取代。发动机停止运作，失重开始了。现在，他们要做的就是追上以高于每秒 8 公里的速度环绕着地球的巨型宇宙飞船，然后与其对接。这听起来好像不难。

这仿佛一次通往装载着俄罗斯联盟号火箭的国际空间站（International Space Station，简称 ISS）的常规旅行。跟以往一样……或者，真的是这样吗？你不可能听说过一个叫乔·库珀的 NASA 宇航员，库珀也不可能有一位机组同事。每个宇航员都可以告诉你，联盟号其实小到不可能装下 4 个人，即使三个人也会很拥挤。

接下来请听听这个故事的后半部分：他们所对接的宇宙飞船叫作永恒号（Endurance），它和国际空间站长得一点也不像。最后，宇航员们驾驶永恒号飞船去了土星，他们从一个虫洞消失，紧接着出现在另一个星系里，绕着一个叫作“卡冈都亚”（Gargantua）的巨型黑洞转动，还拜访了外星人的行星。库珀甚至掉进了高维空间。很明显，出事儿了。

这一电影脚本来自 2014 年的好莱坞大片《星际穿越》（*Interstellar*）^[1]，由克里斯托弗·诺兰执导，马修·麦康纳饰演宇航员库珀。如果你是一个狂热的太空迷，你也许知道乔·库珀这个名字。而且，你可能已经看过很多遍《星际穿越》了，这部电影真的很精彩。

令《星际穿越》从众多科幻电影中脱颖而出的因素之一是它的监制阵容：乔丹·戈德堡（代表作是《蝙蝠侠》《盗梦空间》），杰克·迈尔斯（代表作是《荒野猎人》），托马斯·塔尔（代表作是《侏罗纪世界》），以及加州理工学院理论物理费曼讲席教授基普·索恩（Kip Thorne）（已荣誉退休）。要知道，几乎没几个理论物理学家会兼职做一部电影的制片人。

如果科学家参与到一部科幻电影的制作中，会怎么样呢？你或许会期待这部电影能呈现出正确的科学。它做到了，而且做得不错。索恩帮助创作了故事大纲。他向电影编剧、导演、视觉效果团队和演员们介绍了天文学和广义相对论的相关知识，他甚至为电影中的约翰·布兰德教授（由迈克尔·凯恩饰演）写下了黑板上的公式。遗憾的是，索恩没有在电影中客串角色。不过，其中有个机器人名叫 KIPP，很明显是因他而得名。

几乎没有人比基普·索恩更有能力担任一部关于黑洞的电影的科学顾问了。如果说有什么人理解时空的古怪性质，那非他莫属。1990 年，索恩在与他的英国同人及好友史蒂芬·霍金（Stephen Hawking）的一场长达 15 年的赌约中获胜（奖品是男性杂志 *Penthouse* 一年的订阅），赌约的内容是一个名为天鹅座 X-1 的天文 X 射线源的真实性质。索恩 1994 年出版的著作《黑洞与时间弯曲》（*Black Holes and Time Warps*）成为年度畅销书。

2016 年年初，索恩的名字再度传遍世界。2 月 11 日，科学家宣布第一次

直接探测到引力波。在宇宙深处，两个黑洞相互碰撞，合二为一，并向时空传送着涟漪。在历经十几亿光年的旅行之后，这些波于 2015 年 9 月 14 日到达地球。位于美国的两台巨大的 LIGO 探测器记录下了这个极为微小的振动。LIGO 是索恩和他的同事物理学家雷纳·韦斯（Rainer Weiss）和罗纳德·德雷弗（Ronald Drever）的智慧结晶。



没有人像电影里的主角那样靠近过黑洞，也没有人知道虫洞是否真的存在。如果没有那些超高灵敏度的仪器，引力波实在是弱到难以探测。空间弯曲，时间变慢这些都太过复杂，远远超出我们的日常经验。想真正理解这些现象，你需要掌握阿尔伯特·爱因斯坦的广义相对论。

有一件关于英国天文学家亚瑟·爱丁顿的著名逸事。在 20 世纪早期，爱丁顿是爱因斯坦新时空理论的主要宣传者之一，我们将在第 3 章与他再次见面。在一场公众讲座结束后，有位观众问他，“爱丁顿教授，世界上真的只有三个真正理解广义相对论的人吗？”爱丁顿想了一会儿，答道，“谁是那第三个人呢？”

当然，广义相对论并没有那么难理解。世界上有千千万万名理论物理学家理解广义相对论的基本原理。接着，新理论不断涌现，特别是在黑洞这一领域，量子效应变得很重要。比如，史蒂芬·霍金的黑洞蒸发理论，基普·索恩的虫洞捷径，赫拉德·特·霍夫特（Gerard't Hooft）的全息原理，还有莱昂纳特·萨斯坎德（Leonard Susskind）的火墙理论。

在此，我不会讲述那些细节。即便是世界上的聪明头脑继续发现新奇的理论（并不断地进行论证），广义相对论的全貌也无疑会超出他们的掌控。我在此给出的例子只是一些不太牵强的想法。《物理评论快报》（*Physical Review Letters*）杂志也发表了关于十一维时空、时间旅行以及多重宇宙的论文。你

还觉得《星际穿越》只是猜想吗？

或许这就是很多人对这类知识感兴趣的原因，尽管它们看起来没什么用处。竞选总统用不着知道黑洞，引力波探测也无法解决全球变暖。我们无须关心广义相对论就能活得潇潇洒洒。（有一个引人注目的例外，但我会留到第3章来讲。）尽管如此，它令我们激动而着迷，而且毫无疑问地激发了我们的想象力。也许这个理由就足够了。

此外，广义相对论向我们解释了世界是如何在最根本的层面上运转的。难道不正是对真理的追求，才把人类与其他动物区分开的吗？

坦诚地讲，几千年来，人类并不擅长理解这个世界。最早的农业社会出现在12 000年前的中东地区。当时，人们清楚地意识到太阳和月球的周期运动，看到了星星组成的图案，甚至注意到有几颗明亮的星星缓慢地在星座间移动。不过这就是他们了解的全部了。他们没有关于天体真实本源的线索，甚至没有了解的欲望。太阳、月球和行星被视为神灵，高于且超出他们的日常生活。

直到约2 500年前伟大的希腊哲学家时期，人类对宇宙的认知都没有发生太大的变化。其间经历了9 500年——几百代人——却始终没有什么显著的进步。如果我们把12 000年的历史压缩成只有24小时的一天，从午夜开始算起，到亚里士多德提出第一个宇宙模型——嵌套水晶球的时候，已经过了晚上7点了。我们的祖先当然也拥有智慧，归根结底，他们和我们同为智人，只不过对这些不够在意。

而古希腊人却十分在意这些。他们准确地推断出地球是一个圆球，甚至测定了它的周长，其精确度令人惊讶。（一些教科书依然告诉你克里斯托弗·哥伦布是第一个发现地球的真实形状的人，但那很明显是错的。）尽管古希腊人并不知道太阳、月球、行星或恒星是什么，但他们至少尝试去理解它们错综复杂的运动。

克罗狄斯·托勒密（Claudius Ptolemy）的“地心说”将这些认识推向高潮，他生活在大约19个世纪以前的埃及北部地区。（在从农业社会算起的24

小时的时间轴上，这大概是晚上8点10分。)正如“地心说”所暗示的一样，托勒密把地球置于世界的中心，太阳、月球和行星在地球周围，共处于一个复杂的二级轨道系统中。托勒密的世界观甚至解释了为什么行星看上去会不时地向后移动。

这是很好的尝试，可惜错了。但人们没有意识到它有什么不对，直到波兰天文学家尼古拉·哥白尼(Nicolaus Copernicus)发表了她的“日心说”，这中间经过了很长时间。日心说将太阳而非地球视为宇宙的中心，它诞生于1543年(在24小时的时间轴上刚过晚上11点)。在此之前的12000年的大部分时间里，对世界的理解是一个令人沮丧的缓慢过程。

在哥白尼提出“日心说”之后不久，认知世界的速度加快了。很多科学家发现大自然这本书是用数学语言写成的，正如意大利物理学家伽利略·伽利雷(Galileo Galilei)所说的那样。伽利略研究了物体的运动，证明亚里士多德理论的错误基于一系列的假设，他还使用数学公式来表述自己的发现。不久后，约翰尼斯·开普勒(Johannes Kepler)在德国提出了著名的行星运动定律。

这段历史和黑洞、引力波以及时空的奥秘有什么关系呢？关系很大。哥白尼、伽利略，还有开普勒，他们共同为艾萨克·牛顿(Isaac Newton)于1687年首次发表的万有引力定律打下了基础。而阿尔伯特·爱因斯坦的广义相对论——《星际穿越》背后的理论——则取代了牛顿理论。我们对世界的理解只有通过改善他人的工作才能实现。亚里士多德的水晶球和基普·索恩的虫洞是由一个理性思考和发现的大圆弧联系起来的。

另一个发生在17世纪早期的变革是工具的变革。荷兰的眼镜制造商汉斯·利伯希(Hans Lipperhey)发明了望远镜，随后这个新仪器被伽利略开发升级为天文望远镜。伽利略由此发现了月球上的环形山和山脉、太阳上的黑子、木星的卫星，以及银河系中不计其数的恒星。最终，更大的天文望远镜为我们带来了双星、小行星、星云和星系，当然还有黑洞。如果没有望远镜，天文学研究恐怕还处于婴儿阶段。^[2]



现在，让我们来一场虚拟的快速宇宙旅行，以确保我们对全局的理解是正确的。

地球是一颗行星，和其他 7 颗行星一样，围绕着太阳转动。4 颗靠近中心的行星（水星、金星、地球和火星）都非常小，由金属和岩石构成。而外面的 4 颗行星（木星、土星、天王星和海王星）则要大得多，主要由气体和冰构成。在火星和木星的轨道之间，是一条小行星带——太阳系诞生时所遗留的岩状物。在海王星之外，还有一条碎片带，主要是冰球和结冰的矮行星，冥王星是其中最大的一个。

在白天抬头望向天空看，你会看到一个巨大的非常耀眼的气体球状物——太阳。太阳系里的行星接收的所有光和热都来自太阳。在夜晚抬头望天，你则会看到千千万万个太阳——恒星。它们看起来很小，光线暗淡且寒冷，但那仅仅是因为它们离我们实在太遥远了。如果把太阳放到同样的距离上，你同样会看到一个光线微弱的小点。

在第 5 章，我会告诉你更多关于恒星的事。现在，你只需记住每个恒星都是一个太阳，它们中的大部分都可能有一个家族的行星来陪伴。事实上，在我写这本书的时候，人们已经发现了超过 3 000 颗系外行星。

很遗憾我们无法到那里一睹为快，至少在可预见的未来我们还做不到。即使是每秒可传播 30 万千米的光，也要花费 4.3 年才能从太阳飞到距其最近的恒星——比邻星（Proxima Centauri）。这就是为什么天文学家说比邻星距我们 4.3 光年（1 光年 = $300\,000 \times 60 \times 60 \times 24 \times 365.25$ 千米，约为 9.5 万亿千米）。

你有没有试过数清夜空中的星星？你的裸眼所能看到的只是其中的几千颗而已，而且能看到的星星的数量还取决于你那里的天空有多暗。它们中的