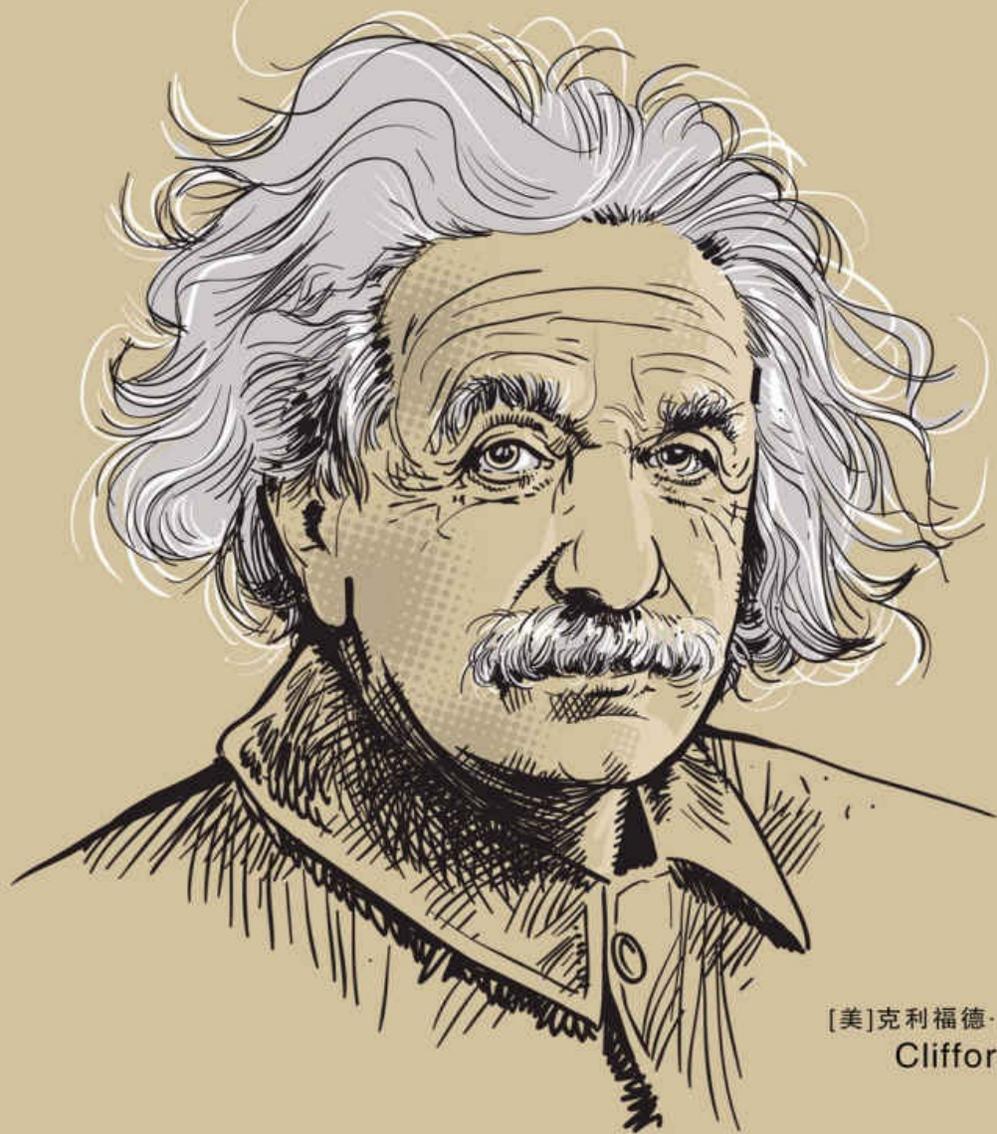


一本能轻松读懂的相对论简史

# 爱因斯坦 还是对的呢？

黑洞，引力波以及验证  
爱因斯坦伟大创造的探索



[美]克利福德·威尔 [美]尼古拉斯·尤尼斯 著  
Clifford M. Will Nicolás Yunes  
刘丰源 译

## Is Einstein Still Right?

Black Holes, Gravitational Waves,  
and The Quest to Verify Einstein's  
Greatest Creation

CIS

湖南科学技术出版社

## 版权信息

---

爱因斯坦还是对的吗？

著者：[美]克利福德·威尔 [美]尼古拉斯·尤尼斯

译者：刘丰源

出版人：潘晓山

责任编辑：杨波

ISBN：9787571020521



# 目 录

---

[版权信息](#)

[前言](#)

[致谢](#)

[译者序](#)

[第一章 绝妙之夏](#)

[第二章 时间的褶皱](#)

[第三章 光耀引力](#)

[第四章 引力跳扭摆舞吗？](#)

[第五章 检验相对论的天界灯塔](#)

[第六章 如何用黑洞检验广义相对论](#)

[第七章 终于探测到引力波了！](#)

[第八章 引力波告诉了我们什么？](#)

[第九章 引力波科学的宏亮未来](#)

[第十章 对话](#)

[人名翻译对照](#)

# 前言

1915年，距今一个多世纪以前，阿尔伯特·爱因斯坦在11月里连续做了四场周三的报告，向普鲁士科学院介绍了他研究8年的引力理论。在座的德国科学家听众里，受触动、感到振奋的占少数，大多数人被搞糊涂了，还有一些公开表示反对。而在德国科学界以外，爱因斯坦的报告基本上没什么影响力。此时第一次世界大战进行正酣，除了瑞士、荷兰等少数几个中立国，德国基本上隔绝于世界其他国家。夜以继日的辛苦计算，再加上战时柏林定额的食物配给以及其他匮乏，让爱因斯坦身心俱疲。他回到了自己的办公室，继续埋头耕耘他那相对来说默默无闻的新理论。

但仅仅过了4年，在英国天文学家们宣布爱因斯坦关于光线近日引力偏折的预言正确之后<sup>[1]</sup>，国际头条就把爱因斯坦宣扬成了牛顿的接班人，一位预言了奇异的全新宇宙的先知。这个宇宙被可变的时间和弯曲的空间所支配，描述它的繁难数学在世界上也只有屈指可数的几个人能掌握。一夜之间，爱因斯坦成了一位科学巨星。他总体来说享受这种身份，但偶尔也感到厌弃。然而，他那名叫广义相对论的思维产物却迅速被缺少实用意义、匮乏实验支持以及太过深奥的名声给拖累得衰颓了<sup>[2]</sup>。很快，在物理学的体系中，广义相对论变成了比补丁强不了多少的存在。

然而到了2015年——广义相对论一百周年诞辰时，爱因斯坦的理论已经在物理学的圣殿中找到了自己名正言顺的位置。它的预言已经被验证了一遍又一遍，有时精确度简直匪夷所思。在大学的书架上，广义相对论的课本并列在量子力学、固体物理、天文学公认的经典旁边；开设

广义相对论课程，也成了物理学院培养本科和研究生的常规举措。从高能物理、天文学到宇宙学，广义相对论已经被广泛应用在若干领域。像霍金这样的当代科学巨星，在《星际穿越》和《生活大爆炸》（*The Big Bang Theory*）等电视剧里详细地讲解弯曲时空。就连汽车导航和寻找遗失的智能手机都要依赖广义相对论，因为在GPS这样的全球性定位系统里，必须要考虑时间的变动。

2015年9月14号，百岁广义相对论头上又加冕了一顶皇冠。在这一天，人们探测到了离地球100万光年外一对黑洞并合产生的引力波。爱因斯坦在1916年首次预言了这种波，在20世纪30年代又短暂地怀疑过它的真实性，认为永远不能在现实中探测到它。探测结果于2016年2月在新闻发布会上公布，证实了爱因斯坦是正确的，并成为和百年前同样轰动的世界级头条。更重要的是，它为天文研究开辟了一条新的道路：人们不仅能用眼睛观察宇宙，还能“聆听”宇宙。除此之外，它也打开了用黑洞、中子星和引力波来检验爱因斯坦理论的大门。

本书有关于爱因斯坦百余年前的发现——广义相对论，内容侧重于实验和观测。广义相对论是一项非常漂亮的理论。爱因斯坦依据优美、简洁、优雅的美学标准，得出了它的最终形式。到了最后，尽管爱因斯坦仍然赞许实验检验的作用，但在内心深处他其实已经认定了，既然这项理论如此优美，它必然是正确的。然而，正如伟大的美国物理学家理查德·费曼（Richard Feynman）<sup>[3]</sup>所说：“你的理论正确与否，和它形式多漂亮无关，和你多聪明也无关。只要和实验不一致，它就是错的。”

在这本书里，我们将会讲述广义相对论如何通过了每一项实验的检验。这张答卷完美得几乎令人难以置信，但在广义相对论出现之前，1687年牛顿发表的引力理论也曾经交出过同样完美的答卷。我们没有理由认定广义相对论就是引力理论的最终形态。在目前的观测中，存在着一些异常效应，有些干脆和爱因斯坦的理论相悖，这说明我们已经到了

需要新理论的时候了。例如1998年发现的宇宙加速（而非减速）膨胀，就是一个令人挠头的异常现象。一些人正努力寻找广义相对论的替代理论，以解释这种异常。因此，为了知道广义相对论是否会被取代，或者会在什么情况下、以什么方式被取代，我们必须继续检验广义相对论。特别是要在陌生的新竞技场里挑战它，例如在黑洞附近或者以引力波的形式。

本书的两位作者是从事理论研究的广义相对论学家，但是我们两个都花费了职业生涯中的很大一部分精力，研究如何利用实验和观测来证实或证伪广义相对论。的确，我们不亲自做实验和观测；如果我俩太靠近仪器设备，实验物理学家同事们会提心吊胆。然而，我们花了很多的时间和他们讨论、合作，掌握了他们所做的事，也明白了观测和实验如何检验广义相对论。在本书中，你将认识一些绝顶聪明的人，他们设计实验，建造仪器设备，分析得到的数据。其中有些人单打独斗，团队很小；也有一些是大型团队的一员，合作者包括数千名科学家、工程师、技术人员。为了查明爱因斯坦是否仍然正确，他们是真正做实事的人。

# 致谢

我们感激许多朋友和同事，他们阅读了本书的某些部分，并给我们寄来批评、指正和建议。他们是：布鲁斯·艾伦（Bruce Allen），伊姆雷·巴托斯（Imre Bartos），皮特·本德尔（Peter Bender），唐纳德·布伦斯（Donald Bruns），亚历山大·卡迪纳斯-埃文达诺（Alejandro Cárdenas-Avendano），卡特雷纳·查兹欧南诺（Katerina Chatziioannou），伊尼亚齐奥·丘富里尼（Ignazio Ciufolini），卡斯滕·丹茨曼（Karsten Danzmann），谢普德·杜勒曼（Sheperd Doeleman），菲利普·伊顿（Philip Eaton），吉姆·霍夫（Jim Hough），科尔·米勒（Cole Miller），詹妮·梅耶（Jenny Meyer），保罗·弗雷尔（Paolo Freire），雷恩哈德·根泽尔（Reinhard Genzel），拉梅什·纳拉扬（Ramesh Narayan），豪尔赫·普林（Jorge Pullin），杰西卡·瑞雷（Jessica Raley），大卫·莱兹（David Reitze），伯纳德·舒茨（Bernard Schutz）和诺伯特·韦克斯（Norbert Wex）。如仍有任何错误或遗漏，我们负全部责任。

作者克利福德·威尔（Clifford Will）感谢佛罗里达大学的支持，还有2018年和2019年撰写本书时巴黎天体物理研究所在居留期间的招待。他同样感谢美国国家自然科学基金的多项拨款支持。作者尼古拉斯·尤尼斯（Nicholas Yunes）感谢蒙大拿州立大学和伊利诺伊大学厄巴纳—香槟分校的支持，还有2019年撰写本书时，科维理理论物理研究所在工作坊期间的招待。他同样感谢美国国家自然科学基金和美国国家航空航天局的多项拨款支持。

在本书中，我们将介绍一些“思维实验”，或者讲解一些有观察者参

与的情况。我们有时用“他”、有时用“她”来指代，而没有做“他或她”或者“他们或她们”这样性别上的模糊处理。这并不意味着我们排除了观察者或者科学家是变性者或者非二元性别者的可能。事实上，作为物理学家，我们强烈意识到我们的职业还需要更多努力，才能在性别、性别认同、种族、民族以及残障方面达到更大的多样性，我们也愿尽力做好自己个人的部分。我们希望这种使用人称代词的方式能使得本书变得易读且有趣，与此同时仍然鼓励包容性。

# 译者序

## 广义相对论之虹

人类第一次宣布探测到引力波，是一个隆冬。那时我过着封闭的寄宿高中生活，在阅读学校下发的作文素材时，一条头版标题攫住了我的目光。这个瞬间，班级里的嘈杂声似乎凝止了，我目不转睛地盯着这个标题：

“重大发现，LIGO首次探测到了引力波。”

在毫无觉察之间，我经历了半世纪以来广义相对论最高光的时刻。世界上总有那么一些东西，极其难懂又高不可攀。和无数中国孩子一样，我从小听惯了爱因斯坦半真半假的奇闻逸事。电影里，只有通晓多门语言的神童和身残志坚的人才对高深的理论如鱼得水，而那些看起来和我的生活十分遥远。

他的广义相对论，仿佛早已镶嵌进了这个世界的基本框架。很多书里的口吻似乎都确定无疑：百年不遇的伟大理论已经建好，屹立不倒。种种稀奇的效应，尽管还未被完全验证，却如同西洋镜里的画片——若是你觉得有异议，一定是你太“土老冒”。

尽管从小总是大言不惭说自己想做个科学家，但诚实讲，我不知道这个世界还有什么留给我发挥。高考的重压下，我在桌肚里偷偷看一本旧版天文教材。书中讲述着琳琅满目的天文现象，而关于引力波只有寥寥数语：“类似探测还从来没有成功过。”

那则关于引力波的报道让我意识到，这宇宙中不确定的东西仍然多如繁星。三年之后，我在天文系的课堂上听老师讲解天体力学。那是天体在引力作用下无休止的复杂运动，广义相对论在其中扮演着不可小觑的角色。随后，我收到导师发来的讨论邮件。在他的办公室里，我看到了即将发表的人类首张黑洞照片。小小的光影之间，是检验广义相对论的前沿阵地。

后来我读到一篇关于相对论致密天体的论文，其中引用莱昂纳德·科恩的歌词：“万物皆有裂隙，光芒得以进入。”我研究生涯的“裂隙时刻”，或多或少都和广义相对论的实验有关。而广义相对论本身也同样有裂隙，正因为这些裂隙存在，我们才得以看到一个接一个实验透露的光芒。

在我现在工作的天体物理领域，广义相对论几乎无孔不入。那些星系的炽热心脏——活动星系核——表现出的许多特征，都需要依赖广义相对论解释。遥远宇宙的空间膨胀，也可用广义相对论推导出的公式描述。广义相对论不再是难以捕捉的鬼火，而是认识这个世界最基本的常识和底色。在这个如此依赖广义相对论的世界，了解一些真实世界语境下的广义相对论，也变得越来越必要。

这就是为什么我在翻译的过程中越来越欣赏这本书。它不用那种故作夸张的语气鼓吹广义相对论中那些抽象的概念，反而尽量将其平实道来，如同描摹邻家院落的瓜果蔬菜。更为关键的是，书中还指出这些设想的关键在何处，以及我们该如何去分辨。这就是实验——理论与现实关联的地方。

事实上，广义相对论充满了异议。科学家也常常在工作中犯错，在职场上挣扎，与不同身份的人痛苦地打着交道。在检验伟大的理论之时，有时候相当接地气：在飞过我家乡上空的飞机，也许正搭载着测量引力红移的钟表。或者一个简单的实心大铜球或者粗铝柱，就能与时空

欢迎访问：电子书学习和下载网站 (<https://www.shgis.com>)

文档名称：《爱因斯坦还是对的呢? 》克利福德·威尔 & 尼古拉斯·尤尼斯 著.pdf

请登录 <https://shgis.com/post/2716.html> 下载完整文档。

手机端请扫码查看：

