

BLACK HOLE

How an Idea Abandoned by Newtonians
Hated by Einstein, and Gambled on by Hawking Became Loved

黑洞简史

从史瓦西奇点到引力波
霍金痴迷、爱因斯坦拒绝、
牛顿错过的伟大发现

[美] 玛西亚·芭楚莎 著

Marcia Bartusiak

杨泓 孙红贵 译



湖南科学技术出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

黑洞简史/[美] 玛西亚·芭楚莎著;杨泓,孙红贵译.-长沙:湖南科学技术出版社, 2016.9

ISBN 978-7-5357-8985-3

I . ①黑… II . ①玛… ②杨… ③孙… III . ①黑洞—简史 IV . ① P145.8

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 172871 号

Black Hole: How an Idea Abandoned by Newtonians, Hated by Einstein, and Gambled on by Hawking Became Loved by Marcia Bartusiak

Copyright © 2015 by Marcia Bartusiak

Simplified Chinese edition copyright © 2016 by **Grand China Publishing House**

Published by arrangement with Lippincott Massie McQuilkin through The Grayhawk Agency.

本书中文简体字版通过 **Grand China Publishing House (中资出版社)** 授权湖南科学技术出版社在中国大陆地区出版并独家发行。未经出版者书面许可, 本书的任何部分不得以任何方式抄袭、节录或翻印。

HEIDONG JIANSHI

黑洞简史

著 者: [美] 玛西亚·芭楚莎

译 者: 杨 泓 孙红贵

策 划: 中资海派

执行策划: 黄 河 桂 林

责任编辑: 汤伟武

特约编辑: 阮小雁 梁桂芳

出版发行: 湖南科学技术出版社

社 址: 长沙市湘雅路 276 号

<http://www.hnstp.com>

湖南科学技术出版社天猫旗舰店网址:

<http://hnkjcs.tmall.com>

印 刷: 深圳市东亚彩色印刷包装有限公司

厂 址: 深圳市龙华新区大浪街道英泰路联华工业区 B 栋 4 楼

邮 编: 523923

版 次: 2018 年 9 月第 1 版第 8 次

开 本: 787mm × 1092mm 1/16

印 张: 16.5

字 数: 164000

书 号: ISBN 978-7-5357-8985-3

定 价: 39.80 元

(版权所有·翻印必究)

致中国读者信



To my readers in China
and fellow friends of
astronomy,

I hope you enjoy this
fascinating history of
the strangest object
in the universe.

My best wishes to you all.

Marcia Bartusiak

致亲爱的中国读者和中国的天文学同侪们：

我的新书讲述了宇宙中最奇异的天体走过的令人着迷的历程，
希望你们能喜欢。

向你们致以最美好的祝愿，

玛西亚·芭楚莎

权威推荐

《华尔街日报》

你不需要博士文凭，也能享受这本讲述黑洞如何从古怪理论变为必备常识的曲折历程的书……这是一个很美丽的案例研究，叙述了科学观点如何通过灵感、思索以及最终的观察而得以成长。

《华盛顿邮报》

《黑洞简史》是一本闪耀着光芒的佳作……这本充满智慧的书最有趣的地方之一，就是看历史上的物理学家们如何各显神通地否认、鄙视黑洞理论，啪啪啪地打脸。

《科克斯书评》

这是一本上乘的科学著作，与那些令人生厌的科学

人物传记不同，芭楚莎摒弃了乏味的人物事件和让人无法喘息的语言，撰写了这本十分有趣而隽永的书。

《出版商周刊》

芭楚莎对科学理论生动简明的叙述以及对科学家背后人格之深刻洞察，让这本书娱乐性和严谨性兼备。一本难得的佳作。

《新科学家》

爱因斯坦把宇宙彻底弄乱后，又拼命想要在里面寻找某种秩序，这个讽刺的事实并没有困住芭楚莎。这本笔触轻盈、富有趣味性的著作中包含了大量学问。

《科学新闻》

《黑洞简史》非常生动，风趣、幽默的个人风格非常强烈，更清晰地记录了许多大事件背后的科学历程。芭楚莎不愧为一名备受赞誉的科普作家。

《空间评论》

芭楚莎详细地讲述了黑洞兴起的故事……为我们带来一段清晰而完整的历史……从18世纪对质量大到光都无法逃逸的星球的沉思，到今天对真正存在的黑洞的研究，都囊括其中。

《旁观者》

生动有趣……如果你想知道过去一百年里黑洞概念经历了怎样戏剧性的变化，就翻开这本书吧。黑洞从表面上的数学谬误变成了迄今为止我们所知道的最奇怪、奇特的物体。

《科学美国人》

芭楚莎的书追溯了黑洞在科学史上经历的曲折历史……其中包含了很多历史上著名物理学家的趣闻逸事。

《展望杂志》

这是一部分析肇肌分理、解释入木三分的黑洞简史。

《泰晤士高等教育》

生动有趣的作品……绝不用担心阅读时会感到枯燥。芭楚莎出色地记录了人类理解黑洞的曲折历程，从牛顿到爱因斯坦，再到今天我们尝试将引力扩展到量子领域的努力。

《论坛杂志》

若换成别的科普作家来写这个题材，或许要费尽心思才能把它写得有趣一些，但芭楚莎做起来却举重若轻。除了对硬科学外，芭楚莎对科学历史和人物研究也颇下功夫。哪怕患有最严重的科学恐惧症的读者，也能从这本书中得到满意而愉悦的阅读体验。

《经济学人》

芭楚莎以生花妙笔为科学体制本身画像，揭示了它的潜在规范以及塑造其演变路径的人物个性……讲述了一个尚待继续展开的理念的背景故事。

《文学评论》

对一段精彩历史可靠而且可读性很强的记述。

《普通读者》

一本妙笔生花的好书，非常注重历史细节，出人意料地展现了大量记叙详尽的档案资料，精彩绝伦地叙述了黑洞与广义相对论的历史。

《牛津人书评》

《黑洞简史》全面展示了黑洞的发现史和相关科学原理不断发展的过程，玛西亚·芭楚莎以奇异新颖、富有个人特色的风格，阐述了宇宙中最狂暴的天体与事件，强力推荐阅读。

亚当·里斯 2011年诺贝尔物理学奖得主

一本引人入胜，带来烧脑快感的读物……芭楚莎为读者提供了最前沿的视角，让读者观看世界上最出色的科学家们如何挑战宇宙中最奇怪的天体——黑洞。

沃尔特·艾萨克森 《乔布斯传》(*Steve Jobs*)、《本杰明·富兰克林传》(*Benjamin Franklin*) 及《爱因斯坦传》(*Einstein*) 作者

玛西亚·芭楚莎为我们带来了一场奇妙的黑洞之旅，展示了这个概念的美和神秘，以及许多大科学家，包括爱因斯坦和霍金，都为之感受到的好奇或者痴迷。

达娃·索贝尔 《经度》(*Longitude*) 作者

天文学家花费了五十年工夫，将黑洞从一个可笑的概念变成每个星系当中最重要的核心存在，玛西亚·芭楚莎在本书中也完成了同样的壮举。这是一本让人无法抵抗的作品。

雷·贾亚瓦哈纳 《中微子猎人》(*Neutrino Hunters*) 作者

一本迷人而又权威的作品。从概念猜想到无可逃避的现实，黑洞永远是那么不可思议。芭楚莎讲述了一个离奇曲折、充满好奇、智力碾压和孤注一掷的精彩故事。

阿兰·莱特曼 《爱因斯坦的梦》(*Dreams and The Accidental Universe*) 作者

芭楚莎的新书研究透辟，文笔优美，充满对科学事业本质的深刻洞察——黑洞迷会爱死这本书的。

目 录

前 言 黑洞之美 1

第 1 章 经典黑洞

引力使光无法逃逸 1

如果没有人类对自然怀有的永远童心——那种强烈的好奇心与探索精神，就不可能有发现并认识黑洞的辉煌旅程。根据牛顿奠定的经典力学，即使是微如草芥的物体都对其他物体有引力作用，质量越大引力就越强。那么，假若一颗恒星的质量足够大，其引力是否会大到连发出的光（粒子）都无法逃逸？既然光无法到达地球，人类又怎能观察到它？……

苹果树下开启的伟大时代 3

哈雷彗星的现身说法 7

只要是成对出现的恒星，必然彼此靠近 9

米歇尔设想的极限情形 14

如何“看”见不可见的恒星？ 15

第 2 章 相对时空

物质告诉时空如何弯曲 17

经典力学在低速情形时如鱼得水、运用自如，但若将其应用于接

近光速的极端情形时，出现了和电磁理论不可调和的巨大矛盾。如何协调两大理论？一位年轻德国学生仅凭单纯的头脑中的思考，便引发了一场理论风暴，从根本上挑战着数百年来根深蒂固的经典力学，颠覆了人类对于时间和空间的普通认知与理解……

经典力学与电磁理论不协调？ 19

宇宙飞船上的时间要比地球上的慢？ 22

广义相对论首胜：水星轨道额外进动 43 角秒 29

行星围绕太阳转，其实是陷入太阳制造的时空凹陷？ 31

第3章 奇异之点

密度无穷大，体积却为零 39

爱因斯坦的广义相对论方程并不精准，史瓦西适时提出的几何模型令爱因斯坦大喜过望，但与此同时，一块奇异的区域显现了——在这里，任何东西，无论是信号、光线还是物质，都无法逃逸，时空在此成为一个无底洞……

让相对论熠熠生辉 41

史瓦西奇点 44

令一切物理定律崩溃的地方 46

襁褓期的黑洞 49

第4章 恒星危机

不可避免的引力坍塌 51

白矮星的发现不过是惊人的恒星革命的前奏，一旦电子简并压与来自恒星内部的引力之间的平衡被打破，恒星又将如何演化？年轻的钱德拉计算出了白矮星的质量极限，而一旦超过这个极

限，恒星的坍塌将不可阻挡。这种大胆的言论以相当直率的方式抛出，招致一位顶级物理学家的无情嘲讽，一场力量悬殊的对决就此开启。

天狼星的摇晃 53

白矮星的质量上限为 1.4 个太阳? 61

超过钱德拉塞卡极限又如何? 62

好一个“星级玩笑” 65

准备好“买入”黑洞了吗? 69

第 5 章 致密星体

新星大爆发宣告了中子星的诞生 71

利用人类新发现的小小粒子——中子，一对奇特的搭档解释了宇宙中辉煌的新星和超新星大爆发现象，并预见性地提出了中子星的概念。但是，如此致密的星体真的存在吗？中子星理论为何成为黑洞研究的重要转折点？

新星大爆发 73

恒星核将被挤压为半径极小而密度极大的中子裸球? 75

不同质量恒星的聚变链 79

物质会被压缩得如此致密吗? 81

第 6 章 永久跌落

恒星将会无限制地持续收缩 83

中子星并非致密星体的终结点：一旦超过某一质量，恒星会无限制地坍塌下去。一旦恒星坍塌到足够小，宇宙中再无任何力量可以阻止引力创造出黑洞——恒星将会从时空中消失。这个概念实

在太过惊世骇俗，以至于连爱因斯坦都拒绝相信黑洞的存在。

研究恒星能够避免被捕吗？ 85

奥本海默：中子星也有质量极限 88

恒星坍缩，奇点再现 94

爱因斯坦不相信黑洞 98

普林斯顿的老傻瓜 100

第 7 章 恒星结局

坍缩的结果是形成黑洞 105

物理学家采用先进的计算机和数学技术，终于成功模拟出恒星濒临死亡时向内聚爆的过程，证实坍缩的结果就是形成黑洞。赤裸裸的实验结果，令最初执意要铲除“奇点”这一宇宙怪物的惠勒也不得不完全倒戈，成为黑洞学说的最大拥趸，更由此开启了黑洞研究的黄金时代。

古怪金融家资助的反重力研究 107

惠勒：教授相对论是为了了解敌方？ 111

阻止恒星末日 115

殊途同归——黑洞与冻结星 119

将黑洞视界上发生的事视觉化 123

黑洞无毛 125

最后一个逃生出口 128

第 8 章 宇宙之音

以崭新的方式发现宇宙 131

一位普通的贝尔实验室职员，无意间听到了来自宇宙深处的声音，这对天文学来说意味着什么？科学家终于找到射电星对应的发

光体，甚至获得了其光谱，但却为何难以破解令人费解的光谱背后的语言？类星体能在极小的区域内，喷涌出相当于太阳十亿倍的能量，这种巨大能量的来源究竟是什么？

詹斯基：第一位窃听宇宙声音的人 133

射电星的巨大不明能量源 137

“红移”破译奇特光谱玄机 138

只需一秒，便可为整个地球供电数亿亿年？ 141

第9章 唯一类型

对于黑洞精确且唯一的描述 145

一次由相对论学者组织的会议，无意间开启了相对论与天文学的大融合，这将为黑洞研究带来怎样的转机？在这次历史性的会议上，关于黑洞的重大发现未能获得任何关注和影响，反映着天文学家怎样的心理？年轻的物理学家克尔，如何描述具有旋转特性的黑洞？黑洞这个引人入胜的词语是如何登堂入室，化身为庄重天文学术语的？

相对论与天文学的大融合 147

超大质量黑洞正是类星体的巨大能量源 150

GPS：广义相对论在日常生活中的首次应用 154

克尔度规：描述旋转物体周围的时空 157

黑洞的唯一类型 161

谁将黑洞这一词语引入天文学？ 163

第10章 黑洞旅行

如果你穿越视界进入黑洞 169

黑洞研究的热潮终于来临，大众对黑洞的热情也终于得以释放。

如果有一款“黑洞垃圾处理器”，它的吸尘效果一定无与伦比，因为黑洞会把什么东西都吸得一干二净。但想象一下自己会永远年轻且得到永生，就更是一件神奇的事……会实现吗？呃，在黑洞上，能得到某种程度的实现。

科学家大迁徙 171

越过视界的奇异旅程 173

在视界的边缘上，你会永远年轻 175

第 11 章 寻找黑洞

局势明朗到足以让霍金低头认输 177

黑洞理论已相当成熟，但如何才能找到宇宙中真实存在的黑洞？巧妙借助登月计划，贾科尼发现了宇宙 X 射线放射源，而其辐射体是否一定是黑洞？在宇宙狩猎中，天鹅座 X-1 因何“罪证”被定为“宇宙头号黑洞嫌疑犯”？黑洞，宇宙的终极统治者，在整个宇宙包括银河系中，将怎样肆意妄为？

借探月之名，行黑洞之实 179

天鹅座 X-1：宇宙头号黑洞嫌疑犯 184

霍金不光彩的赌约 187

形状奇特的宇宙射流是如何产生的？ 188

能量如何逃出黑洞？ 191

命中注定的邂逅 193

第 12 章 黑洞本质

不同尺度下的黑洞会有完全不同的特征 195

从热力学角度看，贝肯斯坦认为黑洞的熵值不应为零，对此霍金却不愿苟同。而此前关于黑洞的所有描述中，量子力学并未被考

虑在内。从原子角度看，黑洞会是什么样子？黑洞的本质究竟是什么？关于黑洞仍有许多疑团，等待着一个“大一统理论”给出终极答案。

以量子力学重塑引力理论 197

霍金：黑洞视界只增不减 199

从“黑洞有熵”到“霍金辐射” 201

黑洞会蒸发吗？会爆炸吗？ 204

基于量子力学的黑洞 206

物理学上的终极问题 208

结 语 引力波探测与黑洞 210

黑洞大事记 218

译后记 黑洞研究的全景图 228

玛西亚·芭楚莎访谈录 232

黑洞之美

前言

黑洞这个概念是如此诱人，它将探索未知的兴奋感与对潜在危险的恐惧感巧妙结合，令人难以自拔。想象一段接近黑洞边缘的旅程，就好比靠近尼亚加拉大瀑布的悬崖边，注视着眼前近乎垂直、骤然跌落的汹涌湍流，危险近在咫尺，但我们仍能安之若素地欣赏眼前美景，因为我们知道，有坚固的栅栏保护着我们。那么，将视线扩展到整个现实世界中，我们也深知，我们是安全的——谢天谢地，离地球最近的黑洞也远在数百光年之外，所以我们能高枕无忧而不无心跳地间接体验着这暗黑天体带来的神秘刺激感。

黑洞是鸡尾酒会上所有天体物理学家都最有可能被问及的天体，理由很简单：它离奇古怪，神秘莫测。正如知名黑洞专家、加州理工学院的理论物理学家基普·索恩所写的：“很多人认为，像独角兽和恶魔一样，黑洞似乎更应当出现在科幻小说或古代神话里，而不是真实的宇宙中。”

得克萨斯大学天体物理学家 J. 克雷格·惠勒甚至将黑洞称为一种文化意象：“几乎所有人都知道黑洞的象征意义：张开血盆大口吞噬一切的怪兽，任何东西都难逃其魔掌。”

和人们对“外星人”的看法一样，曾几何时，“黑洞”概念荒诞无稽，纯属奇谈怪论，而现在则家喻户晓。仅是让物理学家接受这个概念，就花费了数十年的时光。像人们喜欢引用的一句格言所说：所有真理的成长都要经历三个阶段，首先是遭到无情的嘲笑，然后是承受激烈的反对，最终被当成理所当然欣然接受。黑洞理论的发展无意间成为这句格言的最好诠释。

正是黑洞，迫使天文学家和物理学家们开始认真对待爱因斯坦最令人瞩目的成就——相对论，并将之推上巅峰。而在此之前有那么一段时期，相对论经历了令人绝望的低谷。爱因斯坦曾被《时代》杂志誉为“20 世纪风云人物”，然而，这样的殊荣对于 20 世纪中叶的科学界很难想象。在那个时代，世界上极少有大学开设广义相对论课程，因为物理学家认为广义相对论无法进行实际应用。最优秀、最聪慧的物理学家大多涌向了物理学的其他领域。英国科学家 1919 年在非洲的日全食观测结果成功地证实了爱因斯坦的广义相对论，随即掀起了讨论广义相对论的热潮。但在此之后，这位因之获得极大声誉的理论物理学家关于引力的新见解被大大忽略了。对于低速环境下的日常生活和普通星体的运动，艾萨克·牛顿的引力理论已给出了很好的解释，那么，何必要关注广义相对论对其微不足道的修正呢？这种修正又有什么作用呢？“爱因斯坦的预测对牛顿理论的修正是如此微小，”一位批评家指出，“我不知道为何要因此大惊小怪。”过了一段时间，爱因斯坦完善后的引力理论成为鸡肋似乎已是定局。到 1955 年爱因斯坦去世前，广义相对论研究几乎

到了门可罗雀的地步，只有屈指可数的几位物理学家依然为此奋战。在爱因斯坦去世那一年，作为爱因斯坦的亲密老友，诺贝尔物理学奖得主马克斯·玻恩在一次会议上坦承：“广义相对论对我来说就像一件精美的艺术品，我只是站在远处，欣赏并艳羡着它的美。”

事实上，爱因斯坦的理论超越其身处的时代几十年，仅仅凭借思索，他便能构建出引力模型，而实际的实验测量只能远远地在后追赶。直到天文学家用先进的科技手段获得了宇宙中令人惊讶的新发现，科学家们才再一次且以更加审慎的态度看待爱因斯坦的引力观。观测者们于1963年首次发现类星体——在遥远而年轻的星系中心，类星体喷射出相当于太阳辐射万亿倍的能量。类星体距地球非常遥远，而4年后，在近得多的太空中，观测人员偶然间发现了第一颗脉冲星——一种快速旋转、发出断断续续的射电哗哗声的恒星。与此同时，卫星搭载的探测器在不同角度上皆探测到来自宇宙的强大的X射线流和 γ 射线流。所有这些崭新的、令人眼花缭乱的信号表明，那些坍缩星体，比如中子星和黑洞，其毁灭性的引力和令人晕眩的旋转使其成为无与伦比的宇宙发动机。随着对新天体的监测不断展开，曾经静谧无声的宇宙向人类展开了它生动的一面——这似乎是属于爱因斯坦的宇宙，在相对论之光的照耀下，到处都是巨无霸级的能量源。

天体物理学家终于发现并欣赏到了广义相对论更深层次的美，尤其当他们将其应用于黑洞研究时。获得1983年诺贝尔物理学奖的苏布拉马尼扬·钱德拉塞卡说：“它们（黑洞）是宇宙中存在的最完美的宏观物体。”黑洞为所有物理学家带来了他们在理论研究中梦寐以求的东西：简洁与优美。“美是真理的光辉。”钱德拉塞卡在诺奖演讲中如是说。

广义相对论研究曾经是一潭死水，如今则风生水起。无论在理论还

是实践上，广义相对论大放异彩。黑洞不再是荒诞不经的怪物，而是宇宙的重要组件。在每个发育完全的星系中心，似乎都存在着超大质量的黑洞，而星系的命运很可能就掌握在它们手里。现代观测望远镜已大幅拉近了我们和位于我们银河系中心的那个巨大黑洞的距离，人类很快就能一睹其风采。同时，配备有全新设计的高精尖装置的天文台随时待命，探测宇宙空间中不同黑洞相撞时释放出来的于时空中发出低沉隆隆声的引力波^①。曾任美国物理学会主席的约翰·阿奇博尔德·惠勒在他的自传中写道：“当我们意识到宇宙有多么奇怪的时候，我们将首次了解它有多么简单。”

从18世纪80年代诞生关于黑洞的初步猜测，到20世纪下半叶大量观测证据的出现证实黑洞的存在，黑洞概念的确立花费了人类两个世纪多的时间。在这期间的大部分时间里，宇宙中存在着这种奇怪天体的想法要么被无情地忽视，要么遭受到强烈的批判。黑洞研究者们永不言弃的坚韧和呐喊才使得科学界最终承认黑洞的存在。

现在看来，物理学界曾经如此顽固，拒不接受黑洞概念的行径着实令人费解。黑洞理论的设想其实相当简单：它有惊人的质量，并且在旋转。在某种程度上，它与电子或夸克这样的基本物质没有区别。然而，物理学家抗拒的也许是黑洞的终极本质：所有物质聚集于一个点内。一颗恒星竟落得如此结局，物理学家们无法接受这样的事实。显然，个中原因更多来自于哲学而非自然科学。有个观念根深蒂固：自然界不会也绝无可能如此疯狂。值得庆幸的是，在过去半个多世纪里，毕竟有一些物理学家，尽管屈指可数，仍然逆流而行，不管黑洞理论在别人看来疯

^① 2016年2月11日，LIGO（激光干涉引力波天文台）科学合作组织的专家向全世界宣布，LIGO首次直接探测到了引力波。

狂与否，都竭力推动着黑洞研究向前迈进。在广义相对论诞生 100 周年之际，这本书讲述了在接受该理论的过程中那些令人沮丧的、足智多谋的、令人振奋的以及（有时）又是幽默风趣的故事。本书不是关于黑洞的解剖学，也不是天文学或理论物理前沿研究成果的汇展，而是一项辉煌理论精彩无比、意义深刻的发展史。