



爱因斯坦 与 量子理论

THE QUEST OF THE VALIANT SWABIAN

这是一本优秀的科普读物，耶鲁大学物理系教授道格拉斯·斯通用一种熟练而巧妙的方法概括了复杂的想法，即使是普通读者也能理解。

——*Physics World*（《物理世界》）

道格拉斯·斯通（A. Douglas Stone）著
伍义生 译

 机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

爱因斯坦与量子理论

[美] A. 道格拉斯·斯通 (A. Douglas Stone) 著
伍义生 译



机械工业出版社

Einstein and the Quantum.
Copyright © 2013 by Princeton University Press.
Simplified Chinese edition Copyright © 2019 by China Machine Press.
This edition published by arrangement with Princeton University Press
through Bardon-Chinese Media Agency.

All rights reserved.

本书简体中文版由普林斯顿大学出版社授权机械工业出版社在中华人民共和国境内地区（不包括香港、澳门特别行政区及台湾地区）出版与发行。未经许可之出口，视为违反著作权法，将受法律之制裁。

北京市版权局著作权合同登记 图字：01-2018-2230 号。

图书在版编目（CIP）数据

爱因斯坦与量子理论/(美) A. 道格拉斯·斯通 (A. Douglas Stone)
著; 伍义生译. —北京: 机械工业出版社, 2019. 4

书名原文: Einstein and the Quantum: The Quest of the Valiant Swabian
ISBN 978-7-111-62408-0

I. ①爱… II. ①A…②伍… III. ①量子论—普及读物 IV. ①O413-49

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2019) 第 060568 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑: 徐 强 责任编辑: 徐 强

责任校对: 王明欣 封面设计: 鞠 杨

责任印制: 孙 炜

保定市中国画美凯印刷有限公司印刷

2019 年 5 月第 1 版第 1 次印刷

169mm × 239mm · 17 印张 · 326 千字

标准书号: ISBN 978-7-111-62408-0

定价: 59.00 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换

电话服务

网络服务

服务咨询热线: 010-88361066

机工官网: www.cmpbook.com

读者购书热线: 010-68326294

机工官博: weibo.com/cmp1952

金书网: www.golden-book.com

封面无防伪标均为盗版

教育服务网: www.cmpedu.com

权威推荐

通常人们认为爱因斯坦对物理学的主要贡献是相对论。但道格拉斯·斯通在这本学术性的、通俗易懂的书中令人信服地论证了爱因斯坦对量子理论发展所产生的深远影响。他以活泼、迷人和令人愉快的散文形式，明确地阐述了这个课题的确切发展历史。他让我们生动地了解到爱因斯坦的天才渗透到 20 世纪科学这一最令人惊叹的发展过程中。

——布赖恩·格林 (Brian Greene), *The Elegant Universe* (《优雅的宇宙》) 的作者

道格拉斯·斯通以他清晰而迷人的风格写出了科学史上最有趣的一个故事。尽管爱因斯坦后来不大喜欢量子理论，但斯通阐明了爱因斯坦在量子理论发展中所起的决定性作用。这是一个揭示爱因斯坦的天才和创造力本质的精彩故事。道格拉斯·斯通是讲述这个故事最恰如其分的人。我能听到爱因斯坦在期待中发出的轻盈笑声。

——沃尔特·艾萨克森 (Walter Isaacson), *Einstein: His Life and Universe* (《爱因斯坦：生命的全部》) 和 *Steve Jobs* (《史蒂夫·乔布斯传》) 的作者

道格拉斯·斯通是一生都在使用量子理论探索引人注目的新现象的物理学家。现在他把他娴熟的写作技巧转向思考爱因斯坦和量子理论。他发现的并使人们能够广泛理解的爱因斯坦丰富多彩的思想，不是有关相对论，不是他与玻尔（Bohr）的争论，而是他100多年前对量子世界的洞察深度，现在道格拉斯·斯通将这一切生动而深入地向我们娓娓道来。这是一本美妙的书，生动、引人入胜，并且有着非凡的物理直觉。

——彼得·加里森（Peter Galison），*Einstein's Clocks, Poincaré's Maps*（《爱因斯坦的钟表，庞加莱图》）的作者

马克斯·玻恩（Max Born）说：“爱因斯坦毫无疑问地参与了波动力学的建立，没有任何借口可以反驳它。”道格拉斯·斯通在这本内容丰富和引人入胜的书中，发现和揭示了在这整个主题中爱因斯坦留下的印记。

——理查德·L·加温（Richard L. Garwin），物理学家，恩利克·费米奖和国家科学奖章获得者

这本书里有很多非常好的内容。我非常喜欢它。没有其他的书能像这本书这样通俗易懂地概括了爱因斯坦在量子力学中的贡献。

——丹尼尔·F·斯太尔（Daniel F. Styer），*Relativity for the Questioning Mind*（《质疑心灵的相对论》）的作者

本书简明、清晰、透彻……爱因斯坦在量子理论方面所做贡献的广度和深度变得非常明显……值得一读。书中表明，爱因斯坦著作中所包含的内容甚至比大多数量子物理学家所知道的还要多。道格拉斯·斯通说爱因斯坦的工作值得获四个诺贝尔奖，他的说法听起来是合理的，这也是对本书成就的衡量。

——格雷厄姆·法米罗（Graham Farmelo），*Nature*（《自然》）

道格拉斯·斯通在这本有许多关于爱因斯坦个人故事所渲染的非常生动的历史分析中令人信服地说明，虽然这位偶像科学家拒绝量子理论作为微观物理的最后理论，但量子理论的核心概念，包括波粒二象性、不确定性和一致性的意义确是爱因斯坦提出的。

——迈克尔·贝里 (Michael Berry) 爵士, *Times Higher Education* (《泰晤士高等教育》)

道格拉斯·斯通写了一本引人入胜的书，讲述了爱因斯坦对早期量子理论的贡献。他令人信服地说明，爱因斯坦的大部分工作是在1905~1925年这20年所做的，其贡献被历史性地低估了，量子理论的最初发展应该归功于爱因斯坦本人，而不是普朗克 (Planck) 或玻尔……这本书妙极了。

——保罗·爱德华兹 (Paul Edwards), *Australian Physics* (《澳大利亚物理学》)

这是一本我毫不犹豫会推荐的好书……各个高校图书馆都应像每个公共图书馆系统那样尽可能多地获取这本书。它是送给物理学家或者科学迷们的极好礼物。

——约翰·杜普斯 (John Dupuis), 一位科学馆员的自白

物理学史上只有几本书我可以尽情地推荐给学者型的历史学家以及对他们的学科历史感兴趣的物理学家。由于道格拉斯·斯通的广泛研究和写作能力，《爱因斯坦与量子理论》确实是其中的一本好书。

——迈克尔·赖尔登 (Michael Riordan), 物理学史论坛

这是本引人入胜的书……用新的视角以及引用不为人知的来自爱因斯坦和他同行们的引证，使通常的历史变得鲜活。任何对此课题有兴趣的人，从学者到普通人，都可以阅读和享受这本书。

——Choice (《选择》)

《爱因斯坦与量子理论》将成为热力学、现代物理或科学史本科课程的优秀课外读物。道格拉斯·斯通用一种熟练而巧妙的方法概括了复杂的想法，即使是学科“小白”也能理解。

——*Physics World* (《物理世界》)

一本出色的五星级的书……如果你真的想要感受一下量子理论从何而来……读读此书非常值得。

——*Popular Science* (《大众科学》)

道格拉斯·斯通是个有才华的作家。他用犀利、干净、讽刺的散文形式将一套复杂的物理转换成直观的图像，并进行清晰的推理……甚至外行的读者也能掌握爱因斯坦开创性的建议和他所面对的理论问题的基本特征。在我看来，这是道格拉斯·斯通著作最令人赞叹的地方。

——罗伯托·拉利 (Roberto Lalli), *Metascience* (《元科学》)

译者序

经典物理的两大支柱是牛顿力学和麦克斯韦电磁波理论，现代物理的两大支柱是量子理论和爱因斯坦的相对论。人们通常认为爱因斯坦的主要贡献是相对论，而量子理论则属于另一批科学家，如普朗克、玻尔、薛定谔、海森堡等。

作者在他的研究工作中发现，量子理论的开创人实际上应该是爱因斯坦，许多量子理论的革命性概念都是爱因斯坦最先提出的。因此作者在书中用了大量篇幅介绍爱因斯坦在量子理论方面所做的大量工作和突出贡献。爱因斯坦自己也说他在量子理论上所花费的精力是相对论的 100 倍。

1905 年爱因斯坦提出光量子理论，指出光波实际上是一系列的粒子，称为光子，光有时像波相互干扰，有时像粒子与物质交换能量。他最先提出了波粒二象性，又是第一个试图建立一个新的电子和力学理论来将它们结合起来的人。爱因斯坦还提出了固体比热的量子理论、光电效应理论，他还通过光量子研究辐射，通过比热研究原子力学。他还提出了量子理论的许多概念性支柱，如自发发射、辐射能的空间量子性质，他以完美的量子形式推导普朗克定律，提出光量子的“鬼场”概念来解释光粒子表现的与波相关的干涉性。另外，他还发现了新的数学工具——拓扑不变性，提出了量子混沌理论。

后人发展的量子理论都受到爱因斯坦的启发和影响。例如，薛定

谔的巅峰之作波动方程是建立在爱因斯坦和德布罗意洞察力的基础上。海森堡用矩阵力学建立了一种新的量子力学，后来在爱因斯坦的启发下提出不确定性原理。玻色-爱因斯坦凝聚现象成为现代凝聚态物理学的基础。爱因斯坦提到的量子理论暗示了“远距离幽灵行为”，这种现在被称为“纠缠”的效应形成了量子信息科学的基础，这也是爱因斯坦的一个重大贡献。

综上所述，说爱因斯坦是量子理论的鼻祖、量子理论的开创者一点也不过分。再加上爱因斯坦相对论领域的工作，作者说爱因斯坦应该得四个诺贝尔奖也令人信服。

作者是以传记的方式，通过生动的故事来讲解爱因斯坦是怎样提出他的创造性思想的，读起来活泼生动，让感兴趣的读者不仅知晓了结果，还了解了思维的过程，包括成功的和不成功的。对于有志于从事科学研究工作的青年人，学习大科学家的这些思维过程是十分重要的。

科学知识是一代又一代科学家积累起来的，共同创造的。每一位科学家都离不开前人的努力以及同代科学家的切磋和讨论。作者在介绍爱因斯坦工作的同时，也介绍了历代和同代科学家的工作。从牛顿、库仑、法拉第、麦克斯韦、普朗克，到玻耳兹曼、洛伦兹、玻尔、薛定谔、海森堡等，可以让读者看到自牛顿以来物理学的发展轨迹，使这本书成为一本很生动的物理学史的教科书。

此外，为了讲清爱因斯坦的思想，作者还对几乎所有的物理学定律做了通俗易懂的讲解，如牛顿定律、库仑定律、法拉第的电磁定律、麦克斯韦电磁波理论、玻耳兹曼和洛伦兹的气体分子动力学、辐射定律、热力学三大定律、玻尔的电子量子轨道模型等等，所以这本书又是一本学习物理学基本理论的好书。

从这本书中我们可以了解到众多科学家为人类科学的发展所做的努力，学习他们的优秀品质，例如，麦克斯韦建立了经典电动力学，成为经典物理学的第二大支柱，他建立了完美的电磁波方程，有人赞美这是上帝的杰作，像蒙娜丽莎肖像一样完美。当有人说到他没有为此得到应有的奖励时，他平静地回答：“我唯一的愿望就是按照上帝的意愿服务我们这一代人，然后平静地离去。”物理学家瑞利鼓励青年人从事科研工作，他说科学是一个巨大的海洋，凡有志从事这项工作的人都能在这个海洋里找到研究课题并取得成功。爱因斯坦本人也是这样，多年来人们轻视了他在量子理论方面所做的贡献，但他并不

在意，他一心想搞清的是科学的根本规律，用他自己的话说，想知道上帝的心，他生命的后三十年全身心致力于建立描述自然的统一理论，虽然没有完成。

在爱因斯坦诞辰 140 周年之际，让我们重温被人们忽视的爱因斯坦在量子理论方面所做的贡献是对爱因斯坦最好的纪念。

由于译者水平有限，翻译不当之处还请读者批评指正。

伍义生

2019 年 3 月 10 日于北京

科学是已经存在的、已经完成的重要东西，是我们人类所知道的最客观的与个人无关的东西。科学是作为一个目标应运而生的东西，然而，科学同样是主观的，有心理条件的，就像其他人所做的努力一样。

阿尔伯特·爱因斯坦，1932年

序言

这本书从一个特定的角度对量子理论的发明（或发现）进行了历史性的叙述，重点是阐述从1905年开始到1926年结束时阿尔伯特·爱因斯坦的贡献，在那时现代理论的基本形态已经形成了。我希望读者了解爱因斯坦在科学上被低估的一个方面，即他在量子理论发展成最终的可以接受的形式中所起的开创性作用。在马丁·克莱恩（Martin Klein）、T. S. 库恩（T. S. Kuhn）等人工作的基础上，我发表的论文阐述了这样一个观点：相比普朗克、玻尔和海森堡，爱因斯坦更应该被看作是在人类文明进程中推动智力进步的奠基人之一。在我看来，爱因斯坦的作用因为两个原因被低估了，一是公众可以理解的重点放在了他对相对论的突出贡献上；二是他最终拒绝将量子理论作为一个完整的“真正”的哲学基础理论。

本书的目标主要是进行历史性和传记性的描述，对量子理论引发的一些有趣的哲学问题我只做了简短的描述，如在自然中涉及的不确定性的基本问题、“幽灵般的超距作用”以及纠缠等。我之所以这样做首先是因为已有很多书专门写了这些话题，其次我希望这本书不要太厚，同时也为了让感兴趣的但非专业读者也能“消化”。由于后面的一个原因，我略去了基本量子理论中对一些话题的讨论（如自旋、费米统计，以及狄拉克在量子理论中的主要作用），因为这些内容都不涉及爱因斯坦。这不是一本有关量子理论起源历史的包罗万象

的书。

一些读者评论我遗漏了这个理论中的某些主题，主要是那些与纠缠有关的主题。基于以下的理由这是很容易理解的。由于量子信息物理学与量子计算理论的发展，从 20 世纪末开始我们对量子理论的理解发生了重大变化。这个令人兴奋的新的研究领域（我在某种程度上参与了这项工作）把纠缠放在了核心地位，爱因斯坦认为正是这个概念证明了这个理论有致命的缺陷。粗略地讲，纠缠就是两个或多个距离很远的分开的量子粒子可以瞬间相互影响，并且不能认为它们是存在于独立的状态。

公认的是，爱因斯坦是第一个鉴别量子理论中纠缠性质的人。随后这个想法通过爱因斯坦-波多尔斯基-罗森（Einstein Podolsky Rosen）的 EPR 思维实验变得更加具体。过去四十多年中进行的许多不同的实验只是证实了爱因斯坦所担心的：分离的量子粒子的行为正如他在 EPR 文章中所预测的那样。在 EPR 文章中预测的违反直觉的“EPR 对”现在被认为是量子信息的“源泉”。因此，爱因斯坦试图对这一理论提出质疑成为他对现实本质的最后一次革命性的见解，很有讽刺意味。所有这一切的发展都发生在 1926 年之后，并超出了本书的范围，但我认为它同样是非常有意义的。

A. 道格拉斯·斯通

2015 年 3 月

致谢

本书是我在阿斯彭和耶鲁大学做了几次公开演讲之后开始写的，内容是关于爱因斯坦、普朗克以及量子理论的起源。那时我已经清楚本书的大部分内容是感兴趣的外行和大多数相关物理学家都知之甚少的。虽然有几位杰出的科学史家，如 T. S. 库恩、马丁·克莱恩、亚伯拉罕·佩斯（Abraham Pais）和约翰·斯塔切尔（John Stachel），写了优秀但很技术的作品分析了爱因斯坦在量子理论方面所做的各项工作，但没有一本书能够让一般读者把所有这些内容合成一幅完整的图画。我试图用本书填补这个空白，使它成为一本有趣的读物。本书是在收集了阿尔伯特·爱因斯坦的论文和大量的有关量子理论产生的优秀史学文献的基础上写作的，另外也结合了一些爱因斯坦的传记。在此，特别要感谢阿尔布雷希特·佛辛（Albrecht Folsing）和沃尔特·艾萨克森最近提供的材料。当我选择不在书中的脚注中注明文献来源时，所有的这些引用都会放在本书后面的参考文献中。我同样要感谢阿斯彭物理中心的支持，这项工作的一部分是在这里做的。

我要感谢在此书写作早期阶段已故的马丁·克莱恩的鼓励以及沃尔特·艾萨克森的慷慨建议和帮助，对第一次写书的人来说这是非常重要的。我很感激我的编辑，感谢她批判性地阅读我的手稿和她有益的见解，还有底波拉·沙斯曼（Deborah Chasman）对改进我初稿所提出的重要建议。我还想要感谢普林斯顿大学出版社的萨曼莎·哈赛

(Samantha Hasey) 和埃里克·海尼 (Eric Henney) 在最后阶段为本书出版所做的准备工作。耶路撒冷希伯来大学阿尔伯特·爱因斯坦档案馆的芭芭拉·沃尔夫 (Barbara Wolff) 非常慷慨地给了我寻求的有关著作权方面的建议和经验。安迪·森普 (Andy Shimp) 帮助我在耶鲁大学的图书馆系统中检索并提取到了很难找到的项目。我的父亲艾伦·斯通 (Alan Stone) 和我的妻子玛丽·施瓦布·斯通 (Mary Schwab Stone) 及时阅读了这本著作, 给了我极大的帮助, 至少让我保持了对本书写作的热情。我的儿子威尔·斯通 (Will Stone) 在汇编手稿的最终版本时在他繁忙的新闻工作中抽出时间作为我的编辑助理也协助了我的工作。

这本书献给我的父亲艾伦，他给我以知识的启迪，也献给我的妻子玛丽，她给我以情感上的激励。

目录

权威推荐

译者序

序言

致谢

- 引言 相对论的 100 倍 //1
- 第 1 章 “绝望的行为” //5
- 第 2 章 无理的斯瓦比亚 //13
- 第 3 章 吉普赛生活 //19
- 第 4 章 两根智慧之柱 //24
- 第 5 章 造物主的完美工具 //32
- 第 6 章 比光还热 //39
- 第 7 章 难以计数 //46
- 第 8 章 那些奇妙的分子 //55
- 第 9 章 受到光的启发 //61
- 第 10 章 有趣的矛盾 //70