

第一推动丛书  
物理系列

【珍藏本】

03

# THE ELEGANT UNIVERSE



## 宇宙的琴弦

[美] 布赖恩·格林 / 著

Brian Greene

毕业于哈佛大学，在牛津大学获博士学位，曾是那儿的Rhodes学者。

1990年，他来到康奈尔大学物理系，1995年被聘为教授，

1996年到哥伦比亚大学任物理学和数学教授

他曾在20多个国家和地区开过普及和专业课程

被公认在超弦理论中有过许多开拓性的贡献

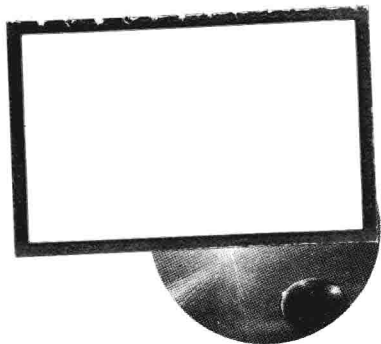
他现在住纽约绮色佳。

李泳/译



第一推动

CS 湖南科学技术出版社



The Elegant Universe

# 宇宙的琴弦

[美]布赖恩·格林/著 李泳/译



**第一推动**

CS

湖南科学技术出版社

*The Elegant Universe*

Copyright © 1999 by Brian R. Greene.

Chinese Translation Copyright © 2007 Hunan Science & Technology Press.

Published through arrangement with Brockman, Inc.

**ALL RIGHTS RESERVED**

湖南科学技术出版社通过美国 **Brockman** 公司独家获得本书中文简体版中国大陆出版发行权。本书根据 **Vintage** 公司 1999 年版本译出。

著作权合同登记号：18-2006-031

## 为 B·格林《宇宙的琴弦》喝彩

令人耳目一新的发现源源不断……在物理学家为大众写作的伟大传统中，《宇宙的琴弦》树起一面不倒的旗帜。

George Johnson, 纽约时报书评

《宇宙的琴弦》不可不读……霍金为黑洞所做的事情，格林在弦上都做了。

纽约

他写得那么清晰，那么有活力；他以自己的天才，把抽象的物理学原理写活了，也常常把人写乐了。他用别人渴望已久的激情，描绘了超弦理论的纯真，因为那美丽令人动心。

芝加哥论坛报

一本思想性很强的书……《宇宙的琴弦》清晰而迷人地展示了弦理论。它既是个人的故事，也是一场伟大理性运动的故事。

科学美国人

弦理论是自 S·霍金关注黑洞以来出现的最有激情的思想……格林用人人都懂的语言解释了弦。

旧金山纪事

格林做了件了不起的事情，用生活的语言解释了弦理论的思想。它明白如话地说明了那个理论对时空结构的非凡洞察。

新科学家

一本出类拔萃的书。格林为我们多彩的生活带来了一片引人入胜的天地。

自然

B·格林的杰作，是霍金弹起的旋律中的最后(可惜!)一个音符，最美的一个!

伦敦晨星报

非专业的语言，没有一点儿数学，多得惊人的材料……格林清晰简明地写了一部现代科学探险……恐怕没有哪个读者不会被他的激情和兴奋所感动。

费城调查者

太吸引人了……一部辉煌的作品……没有一个方程，人人都能看懂，格林写的谈弦的书，解释了为什么弦会在献身者们中间激起那么大的激情……它让我们能在家中感觉那个抽象得吓人的弦世界，使我们认识到应该认真来看待它。

星期日电讯(伦敦)

格林在用知识、智慧和惊人的鉴别能力写作。

Alan Lightman(《爱因斯坦之梦》作者)，哈佛杂志

他的比喻常常使那些原本艰深的概念变得美妙而活泼。《宇宙的琴弦》是一本值得一读的书……爱因斯坦也会满意的。

发现杂志

B·格林让复杂可怕的弦理论走近了每一个人。他凭着惊人的天才，用寻常的语言描绘了可怜的人类感觉以外的维度里可能发生着的事情。

出版者周刊

自《时间简史》的空前成功以来，还没有一本科学读物引起如此的轰动。

星期日时报(伦敦)

B·格林以他动人的文字把外行的人们带到了物理学的前沿。

基督教科学箴言报

一篇来自宇宙学和物理学前沿的(没有方程的)精彩报道。

美国科学家

格林善于阐释最富挑战的科学思想，他的充满洞察的解释会令每一个人耳目一新。

天文学杂志

《宇宙的琴弦》已成为科学解释的经典巨著……弦理论将最终影响我们对美本身的认识。

纽约时报

格林把弦理论带给了广大的读者，揭示了它的含义。那是他穿行在现代物理学的历史和复杂里创造的业绩。

科学新闻

## 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，即使是缓慢而艰难地进步，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做了艰苦卓绝的奋斗，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。科学是超越宗教差别的，超越民族差别的，超越党派差别的，超越文化和地域的差别的，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，其目的就是为了传播科学的精神，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，为中国的进步做一点推动。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

爱因斯坦在生命的最后 30 年里一直在寻找所谓的统一理论——一个能在单独的包罗万象的协和的框架下描绘自然力的理论。激励爱因斯坦的不是我们常想的那些与科学事业相关的东西，例如，为了解释这样或那样的实验数据。实际上，驱使他的是一种热忱的信念：对宇宙的最深刻认识将揭示一个最大的宇宙奇迹，那就是，它所依赖的基本原理是那么简单而有力。爱因斯坦渴望以前所未有的清晰来表现宇宙的活动，让每一个人都敬畏它那美妙动人的旋律。

爱因斯坦从未实现他的梦，主要原因是那底牌还没看清楚：那时，自然力和物质的许多基本特征我们还不知道，或者知之甚少。但在过去的半个世纪，每一代新生物理学家——经历无数的曲折，走过数不清的死胡同——都不断在前辈的基础上添砖加瓦，构筑起越来越完整的宇宙行为知识体系。当年，爱因斯坦满怀热情追求统一理论，却空手归来；如今，物理学家相信他们终于发现了一个框架，能把这些知识缝合成一个无缝的整体——一个单一的理论，一个原则上能描述一切现象的理论，这就是超弦理论，我们这本书的主题。

我写《宇宙的琴弦》，是为了把物理学研究前沿的惊人发现带给广大的读者，特别是那些没有经过数学和物理学训练的人。在



过去的几年里，我开过一些超弦理论的普及演讲，发现很多人都渴望了解当代研究说了哪些关于宇宙定律的东西，那些定律如何要求重建一个不朽的宇宙概念，在对终极理论追求的背后，藏着哪些挑战。这本书解释了爱因斯坦、海森伯以来的主要物理学成就，描述了那些发现是如何在我们时代的科学突破中四处开花结果的，我希望这能丰富读者的知识和满足读者的好奇。

我也希望《宇宙的琴弦》能令那些有一定科学修养的读者感兴趣，对自然科学的学生和老师来说，我希望这本书不但能具体提供一些现代物理学的基本材料，如狭义相对论、广义相对论和量子力学；同时也能把从四面八方走来寻求统一理论的研究者们动人的兴奋和激动传给大家。对于热心的科普读者，我向他们解释了近10年来我们在认识宇宙的过程中获得的振奋人心的进展；对于其他学科领域的同事，我希望这本书能给他们一种忠实而平静的感觉，使人了解为什么弦理论家会那么津津乐道追求终极自然理论的那么一点点进步。

超弦理论撒开了一张大网。它是一个深广的主题，融合着许多重要的物理学发现。这个理论统一了大与小的定律，大到统领宇宙的尽头，小到深入物质的核心。我们能通过许多不同的道路走近它。我选择的是我们不断演化着的空间和时间的认识，我认为这是一条特别扣人心弦的发展道路，它扫荡旧观念，引来了许多迷人的新发现。爱因斯坦向世界证明空间和时间在以一种陌生的令人惊讶的方式活动着。如今，前沿的研究已经通过许多卷缩在宇宙纤维里的隐藏维度把他的发现综合进量子宇宙——那些维度的复杂几何很可能是打开某些空前幽深的问题的钥匙。我们将看到，尽管有些概念令人难以捉摸，还是可以通过实际的类比来把握它们。理解了这些思想，一个惊人的革命性的宇宙图景将展现在面前。

贯穿全书，我都紧扣科学，同时也常常通过类比和比喻，让

读者对科学家如何达到当今的宇宙概念有一个直观的认识。尽管我避开了专业术语和数学方程，但因为涉及的新概念太多，为了完全跟上概念的发展，读者可能还得不时停下来，想想这儿，想想那儿。第四篇的几章（集中谈最新进展）比其他部分更抽象；我会小心地先警告读者，内容结构也经过了适当安排，以便读者可以匆匆浏览或者跳过它们，而不会对全书的逻辑有太大的影响。为便于读者记住正文里引进的概念，我编了一个科学词汇表。当然，马虎的读者可能会完全跳过书后的注释，但认真的读者会在注释中看到正文的一些观点被扩充了，简化的思想也更清晰了，经过数学训练的人还能在那儿发现一些更富专业情趣的东西。

我在写这本书的过程中得到过许多人的帮助，我要感谢他们。David Steinhardt 以极大的耐心阅读了原稿，以编辑的眼光慷慨地提出了很好的建议，并给了我极大的鼓励。David Morrison, Ken Vineberg, Raphael Kasper, Nicholas Boles, Steven Carlip, Arthur Greenspoon, David Mermin, Michael Popowits 和 Shani Offen 认真读了原稿，具体谈了读后的感觉，提出了令本书大为增色的意见。另外还有不少朋友也读过全部原稿，并提出了建议和鼓励，他们是 Paul Aspinwall, Persis Drell, Michael Duff, Kurt Gottfried, Joshua Greene, Teddy Jefferson, Marc Kamionkowski, Yakov Kanter, Andras Kovacs, David Lee, Megan McEwen, Nari Mistry, Hasan Padamsee, Ronen Plesser, Massimo Poratti, Fred Sherry, Lars Straeter, Steven Strogatz, Andrew Strominger, Henry Tye, Cumrun Vafa 和 Gabriele Veneziano。我要特别感谢 Raphael Gunner，他在本书写作初期曾提出过很有远见的批评，使它在整体上能有现在的样子；我还要特别感谢 Robert Malley，从本书的思考到落笔，他总是在一直激励着我。另外，Steven Weinberg 和 Sidney Coleman 也给了我重要的指导和帮助。我很高兴与下列朋友进行过有益的交流：Carol



Archer, Vicky Cassel, Anne Coyle, Michael Duncan, Jane Forman, Wendy Greene, Erik Jendresen, Gary Kass, Shiva Kumar, Robert Mawhinney, Pam Morehouse, Pierre Ramond, Amanda Salles 和 Eero Simoncelli。我感谢 Costas Efthimiou 帮我核对事实, 寻找资料, 还把我的说明正文的草图绘成线条图, 而 Tom Rockwell 又凭他神圣的艺术家的眼光将那些图重新创作出来。我也感谢 Andrew Hanson 和 Jim Sethna, 他们曾帮助我准备几幅特殊的图件。

感谢 Howard Georgi, Sheldon Glashow, Michael Green, John Schwarz, John Wheeler, Edward Witten, 当然还有 Andrew Strominger, Cumrun Vafa 和 Gabriele Veneziano, 他们同意我借用和比较他们各人对不同问题的观点。

我也乐意感谢 W. W. Norton 出版公司的两位编辑, 感谢 Angela Von der Lippe 透彻的眼光和珍贵的建议, 感谢 Traci Nagle 对细节的敏锐和认真的态度。我还要感谢我的著作代理人 John Brockman 和 Katinka Matson, 他们一直以专家的眼光指引着本书从开篇走到出版。

我做理论物理研究快 20 年了, 要感谢国家科学基金委员会 (NSF)、Alfred P. Sloan 基金会和美国能源部的大力支持。我自己的研究主要是超弦理论对我们时空概念的影响, 这大概也没有什么可奇怪的; 在后面的几章, 我谈了一些我有幸参与的发现。尽管我希望读者能够喜欢读这些“内线”材料, 但我也意识到他们可能会过高估计我在超弦理论发展中所扮演的角色。所以我借这个机会来感谢全世界成千的物理学家, 感谢他们为追寻宇宙终极理论所做的贡献。由于所选主题的原因, 也因为篇幅的限制, 还有很多人的工作没能在书里提到, 我向所有那些作者说声抱歉。

最后, 我衷心感谢 Ellen Archer 坚定不移的爱与支持, 没有她, 这本书是不可能写出来的。

B·格林

# 目 录

> 序 .....	1
> 第一篇 知识的边缘 .....	1
第 1 章 同一根弦 .....	3
> 第二篇 空间、时间和量子的困境 .....	23
第 2 章 空间、时间和观众的眼睛 .....	25
第 3 章 卷曲与波澜 .....	54
第 4 章 奇异的微观世界 .....	86
第 5 章 渴望新理论：广义相对论与量子力学 .....	117
> 第三篇 宇宙交响曲 .....	133
第 6 章 万物都是音乐：超弦理论的基础 .....	135
第 7 章 超弦的“超” .....	166
第 8 章 看不见的维 .....	185
第 9 章 证据：实验信号 .....	211
> 第四篇 弦理论与时空结构 .....	231
第 10 章 量子几何 .....	233
第 11 章 空间结构的破裂 .....	264



FIRST MOVER

## 第一推动

第 12 章 超越弦：寻找 M 理论 .....	283
第 13 章 从弦 / M 理论看黑洞 .....	320
第 14 章 宇宙学的沉思 .....	345
》第五篇 21 世纪的统一 .....	371
第 15 章 远望 .....	373
》科学名词解释 .....	389
》推荐读物 .....	399
》主题索引 .....	401
》人名索引 .....	422
》译后记 .....	426
》重印后记 .....	430

The Elegant **Universe**

第一篇  
知识的边缘

