

WARPED PASSAGES

UNRAVELING THE MYSTERIES
OF THE UNIVERSE'S
HIDDEN DIMENSIONS

向爱因斯坦宣战的理论

丽莎·兰道尔 风靡世界之作

弯曲的旅行

隐秘的宇宙之维

[美] 丽莎·兰道尔◎著 窦旭霞◎译 李泳◎审校

LISA
RANDALL



浙江人民出版社
ZHEJIANG PEOPLE'S PUBLISHING HOUSE

WARPED PASSAGES

UNRAVELING THE MYSTERIES
OF THE UNIVERSE'S

弯曲的旅行

隐秘的宇宙之维

[美] 丽莎·兰道尔 (Lisa Randall) ◎著 窦旭霞◎译 李泳◎审校

图书在版编目(CIP)数据

弯曲的旅行/(美)兰道尔著;窦旭霞译. —杭州:浙江人民出版社, 2016.10

ISBN 978-7-213-07565-0

I. ①弯… II. ①兰… ②窦… III. ①宇宙学—普及读物 IV. P159-49

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第193257号

上架指导:科普读物/宇宙天文

版权所有,侵权必究

本书法律顾问 北京市盈科律师事务所 崔爽律师
张雅琴律师

浙江省版权局
著作权合同登记章
图字:11-2016-369号

弯曲的旅行

[美] 丽莎·兰道尔 著

窦旭霞 译

出版发行:浙江人民出版社(杭州体育场路347号 邮编 310006)

市场部电话:(0571) 85061682 85176516

集团网址:浙江出版联合集团 <http://www.zjcb.com>

责任编辑:朱丽芳

责任校对:张志疆 俞建英

印刷:北京富达印务有限公司

开本:720 mm × 965 mm 1/16 印张:31.25

字数:413千字 插页:3

版次:2016年10月第1版 印次:2016年10月第1次印刷

书号:ISBN 978-7-213-07565-0

定价:89.90元

如发现印装质量问题,影响阅读,请与市场部联系调换。

SCIENTIFIC SENSE SERIES
湛庐文化“科学素养”专家委员会
寄语

科学伴光与电前行，引领你我展翅翱翔

欧阳自远

天体化学与地球化学家，中国月球探测工程首任首席科学家，中国科学院院士，
发展中国家科学院院士，国际宇航科学院院士

当雷电第一次掠过富兰克林的风筝到达他的指尖；
当电流第一次流入爱迪生的钨丝电灯照亮整个房间；
当我们第一次从显微镜下观察到美丽的生命；
当我们第一次将望远镜指向苍茫闪耀的星空；
当我们第一次登上月球回望自己的蓝色星球；
当我们第一次用史上最大型的实验装置 LHC 对撞出“上帝粒子”；

.....

回溯科学的整个历程，今时今日的我们，仍旧激情澎湃。

对科学家来说，几个世纪的求索，注定是一条充斥着寂寥、抗争、坚持与荣耀的道路：

我们走过迷茫与谬误，才踟蹰地进入欢呼雀跃的人群；
我们历经挑战与质疑，才渐渐寻获万物的部分答案；
我们失败过、落魄过，才在偶然的一瞬体会到峰回路转的惊喜。

在这泰山般的宇宙中，我们注定如愚公般地“挖山不止”。所以，

不是每一刻，我们都在获得新发现。

但是，我们继续。

不是每一秒，我们都能洞悉万物的本质。

但是，我们继续。

我们日日夜夜地战斗在科学的第一线，在你们日常所不熟悉的粒子世界与茫茫大宇宙中上下求索。但是我们越来越发现，虽这一切与你们相距甚远，但却息息相关。所以，今时今日，我们愿把自己的所知、所感、所想、所为，传递给你们。

我们必须这样做。

所以，我们成立了这个“科学素养”专家委员会。我们有的来自中国科学院国家天文台，有的来自中国科学院高能物理研究所，有的来自国内物理学界知名学府清华大学、北京师范大学与中山大学，有的来自大洋彼岸的顶尖名校加州理工学院。我们汇集到一起，只愿把最前沿的科学成果传递给你们，将科学家真实的科研世界展现在你们面前。

不是每个人都能成为大人物，但是每个人都可以因为科学而成为圈子中最有趣的人。

不是每个人都能够成就恢弘伟业，但是每个人都可以成为孩子眼中最博学的父亲、母亲。

不是每个人都能身兼历史的重任，但是每个人都可以去了解自身被赋予的最伟大的天赋与奇迹。

科学是我们探求真理的向导，也是你们与下一代进步的天梯。

科学，将给予你们无限的未来。这是科学沉淀几个世纪以来，对人类最伟大的回馈。也是我们，这些科学共同体里的成员，今时今日想要告诉你们的故事。

我们期待，

每一个人都因这套书系，成为有趣而博学的人，成为明灯般指引着孩子前行的父母，成为了解自己、了解物质、生命和宇宙的智者。

同时，我们也期待，

更多的科学家加入我们的队伍，为中国的科普事业共同贡献力量。

同时，我们真诚地祝愿，

科技创新与科学普及双翼齐飞！中华必将腾飞！

刘阳书

SCIENTIFIC SENSE SERIES

湛庐文化“科学素养”书系
专家委员会

主席

欧阳自远 天体化学与地球化学家，中国月球探测工程首任首席科学家，中国科学院院士，发展中国家科学院院士，国际宇航科学院院士

委员

(按拼音排序)

陈学雷 国家杰出青年科学基金获得者，国家天文台研究员及宇宙暗物质与暗能量研究团组首席科学家

陈雁北 加州理工学院物理学教授

苟利军 中国科学院国家天文台研究员，中国科学院大学教授

李 森 著名理论物理学家，中山大学教授，中山大学天文与空间科学研究院院长、物理与天文学院行政负责人

王 青 清华大学物理系高能物理核物理研究所所长，中国物理学会高能物理分会常务理事

张双南 中国科学院高能物理研究所研究员和粒子天体物理中心主任，中国科学院粒子天体物理重点实验室主任，中国科学院国家天文台兼职研究员和空间科学研究部首席科学家

朱 进 北京天文馆馆长，《天文爱好者》杂志主编

朱宗宏 北京师范大学天文系教授、博士生导师，教育部“长江学者”特聘教授，北京天文学会理事长

重磅赞誉

WARPED PASSAGES

韩 涛

著名理论物理学家，美国匹兹堡大学物理天文系杰出教授
匹兹堡大学粒子物理、天体物理及宇宙学中心主任

人类真的生活在一个具有多维空间的膜宇宙之上吗？暗物质真的是毁灭“地球霸主”恐龙的“幕后黑手”？发现了“上帝粒子”希格斯玻色子的大型强子对撞机，以及未来的超级对撞机，会为这些玄妙的问题提供深刻的答案吗？听天才理论物理学家丽莎·兰道尔教授用妙趣横生的案例、通俗易懂的语言，对科学求索的真相与未来娓娓道来，让人欲罢不能。这是时下科学研究前沿最振聋发聩的声音！振奋人心，启迪心智！

张双南

中国科学院高能物理研究所和国家天文台双聘研究员
中国科学院粒子天体物理重点实验室主任

我们还没有探测到暗物质，但恐龙的灭绝竟然是暗物质造成的？兰道尔“宇宙三部曲”将告诉读者，想理解地球和人类的现在、历史与未来，我们必须搞清楚物质最深层次的结构和宇宙最大尺度的规律！唉，我真为其他想写类似主题的作家们担心，再写出这么出色的书恐怕很难了。

陈学雷

国家杰出青年科学基金获得者
国家天文台研究员及宇宙暗物质与暗能量研究团组首席科学家

兰道尔教授先后在麻省理工学院、普林斯顿大学、哈佛大学这几所世界最著名的大学担任理论物理学教授，并一直开展着最前沿的科学研究。在这套科普书中，兰道尔教授介绍了物理学家们是如何研究、探索宇宙之

谜的。她并不满足于仅仅介绍那些已经被广泛接受的科学知识，而是着重展示科学家们现在正在进行的猜想和探索，使读者真切地欣赏到科学研究的丰富多彩和趣味，体验科学家们在构造假说、探索未知、获得新发现时所体验到的激情。我相信，想了解科学探索前沿的读者一定会享受阅读这套书带来的乐趣。

朱 进 北京天文馆馆长

在兰道尔教授的笔下，额外维度、暗物质、暗能量、对撞机，这些科学家的“烧脑伙伴”也变得平易近人起来。这套科普书系通俗易懂，与晦涩无缘，揭示了即使是门外汉都读得懂的宇宙真相。

苟利军 中国科学院国家天文台研究员，中国科学院大学教授 “第十一届文津奖”获奖图书《星际穿越》译者

几千年来，人类一直在试图回答“宇宙是什么”这一古老问题。现代天文观测和研究揭示，宇宙包含了时空和普通物质以及很多神秘“角色”。作为世界知名的粒子物理学家，哈佛大学物理系教授丽莎·兰道尔在她的这套系列丛书中，以其渊博的知识、广阔的视野、通俗的语言，以及丰富有趣的事例，给我们讲述了宇宙的基本组成和包含万物的时空，非常值得一读。作者大胆推断，地球上恐龙的灭绝与银河系中的某种暗物质有关。如果能够被证实，将颠覆我们对宇宙神秘物质的现有认识。

吴 岩 科幻作家，北京师范大学教授

简明扼要，通俗易懂，内容独创。地球人非读不可！

万维钢（同人于野） 科学作家，畅销书《万万没想到》作者 “得到”App《万维钢·精英日课》专栏作家

过去几十年来，理论物理学中最酷的话题已经从量子力学、相对论和黑洞变成了超弦、希格斯粒子和暗物质。如果说，黑洞让人着迷、量子力学让人困惑、相对论让人脑洞大开，那这些新概念则更难让人理解！不过一旦你理解了，就会获得更大的智力愉悦感。物理学家一直致力于在不用公式的情况下让公众理解物理学，丽莎·兰道尔正是这项事业的新晋翘楚。她用一贯的机智语言告诉我们，这一代的物理学正在发生什么。

郝景芳 2016年雨果奖获得者,《北京折叠》作者

在这个信息爆炸的时代,我们收到的碎片化信息太多,反而难以获得真知。碎片化文章看得再多,也不如读一本真正的好书,尤其是深入浅出、结构恢弘的好书。兰道尔“宇宙三部曲”就是难得一见的、视野辽阔的好书,每一本都选择了令人好奇的话题:宇宙结构、宇宙历史、宇宙物质,并且还与恐龙灭绝这样有趣的话题相结合,更加吸引人,让人读起来手不释卷。而最为难得的是,兰道尔的文笔简洁、优美,你在书中找不到像一般物理学科普图书那种艰深晦涩的语句。她用小说一样的文笔娓娓道来,让你理解人类对宇宙最全面的认知。

史蒂芬·平克 著名认知心理学家,科普作家
畅销书《心智探奇》《思想本质》《语言本能》作者

兰道尔说:“在物理界,有几个人从一开始就理解我们,而且相信我们是正确的。令我们感到无比幸运的是,史蒂芬·霍金就是其中一位。”兰道尔在《弯曲的旅行》一书中重在唤起读者的好奇心,而不是讲述专业知识。她耐心地引领读者从简单的直觉经验出发,穿越当代物理学的主要概念,直达令人兴奋的科学最前沿。

马丁·里斯爵士 英国皇家学会会长,剑桥大学天文学家,宇宙学大师

《弯曲的旅行》作者兰道尔可以说是最为杰出的宇宙学家之一。她告诉我们,在咫尺之外可能还有另外一个宇宙,可惜我们看不到它,实际上我们被束缚在了三维空间——这实在是太吸引人了!

戴维·格罗斯 诺贝尔物理学奖得主

作为一位杰出的探索额外维度的先驱,兰道尔不仅讲述了自己的探索历程,而且驾轻就熟地描述了粒子物理学早期发展的广阔领地。正是它们,引出了更多维度的假说。

推荐序 1

WARPED PASSAGES

看不见的第五维

韩 涛

美国匹兹堡大学物理天文系杰出教授

匹兹堡粒子物理、天体物理与宇宙学中心主任

人类对自然现象的好奇心驱使着我们探索时间和空间（时空）的奥秘。时空是物质存在的形式，可是时空本身到底以什么形式展现、如何确切地描述，却是古今中外物理学家、数学家以及哲学家们煞费苦心研究的问题。自从科学诞生以来，对于时空性质的研究就几乎成了永久的课题。

本书作者丽莎·兰道尔现任教于哈佛大学。她曾是普林斯顿大学物理系的第一位终身女性教授，也是哈佛大学、麻省理工学院的第一位理论物理系的终身女性教授。从事高能理论物理研究工作近 30 年来，兰道尔获得了多项开创性的重要成果，是当前最有影响力的理论物理学家之一。她和拉曼·桑卓姆（Raman Sundrum）十几年前提出的额外维度模型，与另一个大额外维度理论一起，产生了划时代的意义。现在，兰道尔仍然活跃在科学前沿，致力于基本粒子理论和宇宙学的研究。

作为对额外维度理论的最新进展有开创性贡献的物理学家之一，兰道尔相信额外维度的存在。可不管这些卷曲的额外维度有多大，都是我

们肉眼所看不见的！那么，我们如何从实验中确认它们的存在呢？幸运的是，这种理论很可能在我们目前及未来的实验中留下了蛛丝马迹。现在，设在日内瓦欧洲核子研究中心（CERN）的大型强子对撞机（LHC）已经投入运行，而它也是迄今国际上最大的科学实验装置。

LHC 可以使高能质子对撞，产生高能反应。然后，能量转变成质量，产生新的粒子。一种被称作卡鲁扎-克莱因的粒子就是额外维度理论预言的确证，也是 LHC 实验中希望发现的。如果 LHC 中的高能反应有幸达到强引力的范畴，那么还可能产生高维黑洞！

与许多高能物理学家一起，兰道尔也积极投身于 LHC 实验的研究，她近来关于卡鲁扎-克莱因粒子及高维黑洞现象的理论预言，都对 LHC 实验具有指导意义。高能物理领域热切期待着革命性的新发现！这种额外维度理论甚至对早期宇宙暴胀理论，以及暗物质的来源都会提供一种新视角。

从目前的观测看来，我们生活在一个均匀的、各向同性的三维空间加一维时间，即四维时空中，还没有实验证据揭示三维空间外的“额外维度”的存在。然而，自 20 世纪初以来就有理论物理学家提出额外维度存在的可能性。这些额外维度不像我们周围的三维空间那样延伸，而是卷曲到小得看不见。有希望统一引力与量子力学的弦理论，恰恰要求额外维度的存在。这个观点引起了物理学家及数学家的极大兴趣，甚至被认为是物理学领域的一次革命！传统的弦理论认为，我们生活的三维空间只不过是一个更高维空间中的一部分，但现代弦理论指出，额外维度可以微小到永远无法被观测的程度，即接近所谓的“普朗克长度”，约 10^{-33} 厘米。如果真是这样，额外维度的存在与否，似乎对我们的可观测世界也没有什么作用，因此其存在很难由实验来证实或证伪。

但是，理论物理学研究的最新结果改变了物理学家对额外维度的认识。其实，额外维度可以很大，有的甚至可以延伸到无穷大！它们可以

不是平坦的，而是变形的、卷曲的。这种观点来源于爱因斯坦广义相对论中的一个概念。**物质能量对时间和空间的制约导致了这些异常性质的出现。**更引起物理学家重视的是，这些新理论还有其他方面的意义和应用。比如，与我们周围的核力和电磁力相比，引力如此之微弱。这种卷曲空间的新理论可以解释这个长期以来的困惑：在严重卷曲的空间里，引力可以在某些区域里表现得很强，而在其他区域里表现得很弱。进而，这种卷曲的额外维度理论还可以帮助理解弱核力得以稳定存在的事实。

在本书的最后一部分，兰道尔提出了一个让读者感到惊讶的问题：究竟什么是维度？“确定一个点所需要的独立坐标数就是维度”，不是吗？其实答案要比想象的复杂得多！物理现象都是由物质间的相互作用所决定的。如果存在很强的相互作用，那么维度的概念就会变得更加复杂。十几年来，理论物理学的最新进展表明，一个四维的强相互作用理论可以等效于一个高维的引力理论，即所谓的对偶性。在这种情况下，维度的概念不再明确。其实，弦理论学家早就发现了另外一个对偶性，称作T对偶。**在弦理论里，卷曲空间的极小体积和极大体积产生的物理结果是一样的，这使得维度的含义再次变得模糊起来。**这些属性实在太玄妙了！兰道尔以及许多顶尖的物理学家都认为，时间和空间一定还有更为基本的描述。

本书以艾克和阿西娜兄妹俩的对话开始引入维度，每一章都会以他们的梦境、经历或故事来代入主题，别有一番风味。本书语言轻松易懂，且图文并茂。书中多处以有趣的例子、图画和故事来描述与比喻深刻的理论：从在婴儿床里爬行时感受到的维度，到不粘锅中准晶体的高维结构，再到以浇花时水的流量比喻力的强度，又到用漏斗的形状来比喻卷曲的额外维度，等等，既生动又贴切，极具可读性。而且该书的翻译严谨，语言通俗，适合于对现代前沿科学有兴趣的广大国内读者。

时空的性质的高能物理和宇宙学中最重要研究主题，那么额外维度真的存在吗？这样引人入胜的想法到底会不会得到实验观测的肯定呢？读者们还是自己从这本妙趣横生的书中寻找答案吧！

推荐序 2

WARPED PASSAGES

发现的激情

陈学雷

国家杰出青年科学基金获得者

国家天文台研究员及宇宙暗物质与暗能量研究团组首席科学家

拿到这套书的样章，让我想起 20 多年前（1993 年），我作为一名物理学研究生，参加了由李政道先生创办的中国高等科学技术中心组织的一个国际物理学会议。会议日程上列出的报告中有几位大名鼎鼎的学者，他们的名字，我们在粒子物理学教科书中早已熟悉。但当时还有一个我不很熟悉的名字“Lisa Randall”，而且在日程中排在十分显著的位置。会议开始后，我见到了她：一位面容美丽、身材苗条的女子。她看上去似乎比我大不了几岁，却十分高冷。而且，我听说她酷爱攀岩。然而在会议中，无论是演讲、问答还是讨论，她都显得学识渊博、机敏睿智、充满自信，与那些年龄、资历都老得多的学者辩论时，完全不落下风，成为会议的中心人物之一。这完全打破了我那时对女性物理学家的错误刻板印象。诚然，我从小遇到过很多成绩比我更优秀的女同学，但也许是因为女孩子们的谦让、文静和不好争辩，总让我怀疑她们不过是我更用功、更擅长作业和考试而已。对于她们是否能深刻地思索或者作出创造性的发现，我内心总有一点儿怀疑。在物理学发展史上，女性物理学家，特别是理论物理学家，也确实屈指可数。然而，站在我面前的就

是一位活生生的杰出的女性物理学家，这证明之前我错了。当然，自那之后，我有幸遇到过很多优秀的女性物理学家，其中也包括丽莎·兰道尔教授的一位中国女弟子苏淑芳博士。她们都向我证明了，女性在物理学或者其他科学研究中，完全可以取得毫不逊色于男性的成就。

兰道尔教授先后在麻省理工学院、普林斯顿大学、哈佛大学这几所世界最著名的大学担任理论物理学教授，并一直在进行着最前沿的科学研究。她有许多卓越的成就，其中最著名的是她与桑卓姆合作提出的“额外维度”模型。在这个模型中，我们所熟知的三维空间只是高维空间中的“膜”（参见《弯曲的旅行》一书）。兰道尔教授的这套科普书系，介绍了物理学家是如何研究、探索宇宙之谜的。《叩响天堂之门》一书不仅介绍了大型强子对撞机所进行的研究的意义，也用科学的道理和事实，澄清了人们对科学的各种误解；《弯曲的旅行》一书，重点是对高维空间的探索；《暗物质与恐龙》一书则介绍了作者提出的一种特别的暗物质模型，并就此提出了一个关于恐龙灭绝的有趣假说，借此又阐述了从宇宙起源到暗物质、从太阳系演化到恐龙等多方面的知识。这三部著作的共同特点是，作者并不满足于仅仅介绍那些已经被广泛接受的科学知识，而是着重展示科学家现在正在进行的猜想和探索，当然也清楚地说明了哪些仍仅仅是猜想和假说。这些猜想也许未必都正确，其中许多可能也会被未来的实验和观测所否定。但是，对这些内容的介绍更可以使读者真切地欣赏到科学研究的丰富多彩和趣味，体验到科学家们在构造假说、探索未知、获得新发现时所体验的激情。

我相信，想了解科学探索前沿的读者一定会享受阅读这套书带来的乐趣。我也特别希望，这些书能鼓励那些喜爱科学、希望未来从事科学研究的女孩子们。

中文版序

WARPED PASSAGES

宇宙的故事

得知我的三本书将在中国出版，我感到十分兴奋。不论在理论物理学还是在实验物理学的舞台上，中国都在扮演着日益重要的角色。

我有一些优秀的中国学生以及博士后，而且我也发现，近年来在中国这片土地上，人们对我研究方向的兴趣正在不断增长。不仅如此，中国的实验物理学也在近期取得了一些重要成果。例如，在大亚湾中微子实验室中对最轻、最重中微子混合的振荡测量，其结果震惊了世人，而且它比人们的预期早了至少一年。现有的暗物质探测器，包括 PandaX 与 CDEX，标定了一些重要的能量范围，并且仍在不断探索，以揭示神秘的暗物质粒子的本质。展望未来，计划在中国建造的最大型的对撞机至关重要，它将成为国际主要的粒子物理学实验装置，并能够胜任探索超越已知领域的重任。

作为一位理论物理学家，我的研究领域涉猎甚广，小到物质的内部结构，大到宇宙、空间的本质。这些研究令人兴奋，然而又很难向他人解释清楚——在没有对应语境的情况下更难说清。这三本书给了我一次机会，不仅可以向世人解释我的研究，还可以同时解释作为我研究基础

的量子力学、相对论、粒子物理学与天体物理学等物理学知识。我将乐于讲述一些展现这些领域中研究前沿的宏大故事。

我在《叩响天堂之门》一书中解释了科学的本质。它强调了尺度的重要性，也即如何在基本粒子、原子、普通物质或是宇宙的尺度上思考科学问题。《叩响天堂之门》一书也探索了科学的发展历程、什么是“对”与“错”，以及创造力在科学发展中的意义。在这本书中，我还预测了大型强子对撞机（LHC）上的物理结果。大型强子对撞机是建造在日内瓦附近的大型加速器，能让高能质子对撞，以产生新的粒子与新的相互作用，它可以用来研究人类之前所不能及的更小尺度。这本书解释了大型强子对撞机如何运作，以及在这一实验中，科学家正在研究什么以及他们未来将要研究什么。

《弯曲的旅行》一书讲述了我对空间中可能存在的卷曲的额外维度的研究——额外维度是在我们容易观察到的三个维度（左-右、前-后、上-下）之外的某个维度。额外维度可能具有重要意义，它将解释基本粒子的质量，并为它们之间的相互作用引入新的理论可能性。这些卷曲也将容许空间具有一个无穷大的额外维度，它将与我们观测到的一切事物相容。为了讲述这个故事，我回顾了前沿研究中的量子力学、相对论、粒子物理学的基础（既有理论，也有实验），还回顾了弦理论。在这本书中，我会讲述我们是如何把所有研究领域联系在一起，我们是如何得到了这一切，以及我们已经走到了哪一步的大故事。

《暗物质与恐龙》一书，既向外审视宇宙的宏大图景，又向内一窥物质的内部结构。它解释了暗物质的本质及其在宇宙演化中扮演的角色——暗物质是宇宙中捉摸不定的物质，只与引力而不与光相互作用。《暗物质与恐龙》一书也强调了物质的基本性质与我们今日所见的地球、宇宙之间的联系。这本书的内容不仅涵盖了宇宙学，还涉及星系、太阳系和地球之间的相互作用，及其与周边环境的联系。在这一旅程中，我还将解释我对暗物质的新理念：暗物质可能包含了某个小组分，这个组分通过自身的媒介物质——光进行相互作用，而普通物质不与之相互作用。