



理解科学丛书·徐一鸿科普著作

FEARFUL
The Search
for Beauty in Modern Physics **SYMMETRY**

可畏的对称

探寻现代物理学的美丽

(修订版)

[美] 徐一鸿◎著 张礼◎译

你想知道上帝是如何创作这个世界的吗？

不是指这个或那个现象，

这个或那个元素的能谱这种细节。

我们要知道的是他的思想。

清华大学出版社



01490622S

04-49

31-2 科学丛书

FEARFUL
The Search
for Beauty in Modern Physics SYMMETRY

可畏的对称

探寻现代物理学的美丽

(修订版)

[美] 徐一鸿◎著 张礼◎译



北航

C1693596

清华大学出版社
北京

04-49

31-2

A. ZEE

FEARFUL SYMMETRY

EISBN: 0-691-00946-5

Copyright © 1999 by Anthony Zee.

All Rights Reserved.

本中文简体字翻译版由作者授权清华大学出版社出版发行。未经出版者预先书面许可,不得以任何方式复制或发行本书的任何部分。

北京市版权局著作权合同登记号 图字: 01-2013-7329

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话: 010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

可畏的对称: 探寻现代物理学的美丽/(美)徐一鸿著;张礼译. —修订版. —北京: 清华大学出版社, 2013

(理解科学丛书)

ISBN 978-7-302-33168-1

I. ①可… II. ①徐… ②张… III. ①对称—普及读物 IV. ①O411.1-49

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 159295 号

责任编辑: 朱红莲

封面设计: 蔡小波

责任校对: 王淑云

责任印制: 宋 林

出版发行: 清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址: 北京清华大学学研大厦 A 座 邮 编: 100084

社 总 机: 010-62770175

邮 购: 010-62786544

投稿与读者服务: 010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质量反馈: 010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 刷 者: 三河市君旺印装厂

装 订 者: 三河市新茂装订有限公司

经 销: 全国新华书店

开 本: 165mm×240mm 印 张: 21 字 数: 304 千字

版 次: 2005 年 4 月第 1 版 2013 年 11 月第 2 版 印 次: 2013 年 11 月第 1 次印刷

定 价: 45.00 元

产品编号: 050490-01

设计世界的原则,将现代物理学的整体架构呈现给读者。正是此书使我明白了科学的灵魂在于追求自然之美。在这一点上,科学与艺术是相近的,但她们追求的层次不同,手段也不同。艺术靠感官直觉体验自然(包括社会)的表观的美、形象的美;而科学则靠抽象思维(主要是数学)体验自然(包括社会)的本质的美、抽象的美。有趣的是,不论抽象的美还是形象的美都讲究平衡与对称。事实上,对称已成为现代科学(尤其是物理学)的基本美学原则之一,因为对称意味着不变,不变意味着规律,而在千变万化的自然现象中揭示不变的东西(规律)正是科学的本质追求。从这种意义上讲,对称是可畏的,更是可爱的。

作为硕果仅存的上古文明,五千年来中华文明一直以开放的姿态对待其他文明。两千年前,我们向佛教文化学习,大大提升了本土文化的内涵。今天,我们又要向科学文化学习。可以预见,两种文化融合之时,就是中华文明重光之际。历史将证明,《可畏的对称》一书中译本的出版将为此做出重要贡献。

张红雨

2006年6月28日于山东理工大学

对称的概念普遍地存在人类的文化中。在自然世界的运作里,对称亦以许多不同的姿色展现自己。对称,这个概念简单到幼儿即能了解与使用,但其精神又微妙地融入最深奥又成功的物理理论,形成描述自然界如何运作的中心概念。因此,对称是一种既明显又深奥的议题。

对称应用在许多不同的领域。有些相当实用,例如应用于工程学,或是飞机左右对称的设计,或是桥梁建筑对称的设计,甚至普及于家具的设计,以满足人体工学的需要。另一方面,对称的其他用途很显然地是纯粹从审美的观点考虑,并且成为许多艺术创作的重心,在许多伟大的艺术作品中可见其宏伟壮丽的底蕴。在绘画、雕塑,或在音乐、文学作品中,对称已成为实际可量的准则。

在数学领域里,对称的概念不仅是订立深奥理论的出发点,更提供博大精深的洞见。在结晶学或是化学领域里,对称亦扮演关键性的角色。毋庸置疑地,在生物上的作用,对

称亦占有重要的地位。在植物和动物世界的王国里,对称概念亦以不同的方式贡献于有机体是如何有效地运作。

举例来说,左右对称几乎普遍地存在于动物世界。然而,此普遍性虽然偶尔受到违反,像是蜗牛壳扭转的螺旋形状看似不符合对称概念,但事实上我们发现了另一种更深奥的对称。虽不明显,但蜗牛壳在其行走转动的过程中展现对称,主因是受之于转动时一致性的扩展或收缩。

在现代基础物理,我们发现在对称和非对称之间有着最微妙的互动关系。20 世纪的物理学,对称在自然界的基本作用力中扮演着独特的角色,有时置于核心,有时却捉摸不透地违反定律。对称的一些想法是相当简单且易于掌握的,而另一些则复杂到难以理解。但我深信这样的复杂,应不足以成为阻挡一般大众了解对称概念的借口。这些概念与想法经常展现出一种宏伟壮丽的美感。但这些概念若要以浅显易懂的方式向一般读者介绍说明,又要使其不被一些玄妙的语辞轰扰并仍能保持昂然的兴致,实非易事!而徐一鸿教授(A. Zee)成就了这项艰困的任务,他这本经典之作《可畏的对称》,正以圆熟的思考及写作方式,如副标题所述地,带领读者探寻现代物理之美。

基础物理是门困难的学科。其中对称在此领域所扮演的关键性角色实在是很微妙!基于这个原因,使它经常受阻于无法对大众作充分或更俱深度且令人满意的解释。在艺术的领域里或在建筑学和工程学上,引用对称的特质通常并不那么困难,像是简单地利用一张图片,就能将对称的概念表述地淋漓尽致。又如对生物的描述,或是在书本中阐述水晶物质的自然美感,在此提出对称概念的说明可以说是相对地轻而易举。另外在许多作品中,阐述纯几何学或是纯数学的对称形式,因易于亲近与可见,使得仅有简单数学背景的读者们即可理解。但对于基础物理来说,阐述对称的角色显得特别困难,主因是角色本身经常性地呈现抽象状态,又与依赖量子力学非直觉又令人混淆不清的基本原则息息相关。

对于量子物理学本身的需要,事实上并不容易理解。这是很微妙的,同时它对于深蕴在自然界运作时,不为人类所能理解的微妙意义有特别的重要性。直到对称和量子力学想法结合后,才巧妙地点出这微妙的精义,并对于我们理

解自然界的基本作用力发挥关键性的突破。

我所说的这些主要在于彰显徐一鸿教授在此书所担负的重任,并为他撰写此书的宏伟成就感到万分钦佩。他为我们精辟地解说对称与美是如何结合的。藉由强调对称在自然界运作下如何呈现美感,而非让我们陷入数学细节的泥沼中,此外更进一步地说明在目前进展中所面临技术上及更深入的难题。

故事尚未结束,许多谜团及明显的矛盾仍然存在。当然,这也是它令人着迷而激起我们更想了解它的进展,并且认真地带领更多读者进入这前所未见的美妙世界。徐一鸿教授(A. Zee)的这本著作无疑地提供了绝佳的指南!

罗杰·彭罗斯(Roger Penrose)

于 2006 年 10 月

注: 彭罗斯爵士,牛津大学荣誉教授,是当代最杰出的理论物理学家及世界畅销书的作家之一。与史蒂芬·霍金(Stephen Hawking)共同发表诸多重要的研究与著作。

决定写《可畏的对称》这本书，我感到很高兴。在1984年访问得克萨斯大学期间，和杰出的物理学家斯梯夫·温伯格(Steve Weinberg)谈话时，他的秘书送来的邮件中恰好有关于他第二本科普著作的评论，我们的谈话自然转到写科普书的问题。此前，曾有几位物理学家鼓励我写一本关于量子场论的教科书。温伯格则不仅鼓励我写一本科普书，还把我介绍给他的出版人，并提出了有价值的建议。几个月之后，我就在纽约和温伯格的出版人共进午餐。我带来书中的一个样章，是关于守恒定律的。这一章开始的第一句就是“没有免费的午餐”。出版人笑了，并说“有”。从那时开始，不同的出版人、编辑和代理人请我去共进午餐或晚餐，我再次意识到，真是没有免费的午餐。好奇的读者可以在第8章中见到这句话，虽然它不再是该章的开头。

我为写了《可畏的对称》这本书而高兴，因为我收到了喜欢这本书的读者的热情信件(甚至礼物)，因为我看到了使我

感到温暖的书评,因为我听到了在国会图书馆发行的为盲人听的录音带中一位职业演员朗读我的书,还因为我看到我的书被译成几种文字,但最使我高兴的是这本书能使我偶尔可以离开物理学界。我被邀请到各种有趣的地方去作关于对称性的演讲,例如到孟买的国家表演艺术中心,在那里我体会到了古典印度舞蹈的对称性。我还被邀请到柏林艺术学院参加关于种族主义的国际讨论会。(种族主义和对称性有什么关系我就不清楚了。)《可畏的对称》这本书开始了我的写作生涯。从这本书的原稿中撤下来的一部分后来成了我第二本科普书《老人的玩具》的核心部分。不久我还发现《可畏的对称》书中的部分内容被摘引到一本关于写作的大学教科书中,我还被邀请去一个关于创造性写作的讨论班作演讲。

迈克米伦出版社使我的书脱销,我感到不高兴。此后我还知道了关于出版业的一些令人吃惊的统计。因此在得知普林斯顿大学出版社准备出《可畏的对称》新版时我感到高兴,尤其因为我是普林斯顿大学校友。我感谢物理学家莫夫·戈尔德伯格(Murph Goldberger)、戴夫·斯佩吉尔(Dave Spergel)和山姆·特瑞曼(Sam Treiman)对这个项目的鼓励,感谢我的编辑垂沃尔·李普康布(Trevor Lipcombe)和当娜·克让麦尔(Donna Kronemeyer)出色的工作。

感谢乔·波尔钦斯基(Joe Polchinski)和罗杰·设帕德(Roger Shepard)阅读我为普林斯顿大学版加的跋。我要再一次感谢所有读过部分或全部原书稿的物理学家:比尔·比阿莱克(Bill Bialek)、西德尼·科尔曼(Sidney Coleman)、莫瑞·盖尔曼(Murray Gell-Mann)、李政道、海因兹·佩格尔斯(Heinz Pagels)、斯梯夫·温伯格和弗兰克·威尔切克(Frank Wilczek)。最后我必须感谢格列青·徐(Gretchen Zee)多年来对我的支持和爱。

于圣巴巴拉(Santa Barbara)

1999年3月

在《可畏的对称》中，我希望讨论 20 世纪物理学的审美动机。比起解释近代物理学的现实内容来，我更希望传达给读者的是关于基础物理学得以运行的智能框架。

阿尔伯特·爱因斯坦曾说过：“我希望知道上帝是如何创造这个世界的。我对这样或那样的现象、这个或那个元素的能谱不感兴趣。我希望知道**他**^①的思想，其余都是细节。”

作为一个物理学家，我倾心于爱因斯坦的这种情感。大多数当代物理学家致力于解释特定的现象，这本是应该的，但同时有小部分爱因斯坦的精神后代却变得具有更高的目标。他们进入夜间的森林寻找自然界的基本设计，并以极端的自负宣称已经瞥见了它的一部分。

有两个伟大的原则引导着这个寻找：对称性和重正化。重正化是指不同特征长度的物理过程是如何相互联系的。

① 原著中，为与凡人的“他”区别，作者在提到上帝或神灵时用大写“他”表示，译文中用黑体“他”表示，以下同。——译注

虽然我也会谈到重正化,但我的着重点是对称性,并把它当做基础物理学家观察自然界的审美观点。

最近几年,人们对近代物理学的兴趣不断增长。对“新”物理学的展示不断涌现。现在许多人都知道有数亿的星系,每一个星系又含有数亿的星体。我们知道世界可以通过亚核粒子来理解,其中的多数只存活几亿分之一秒。听到这些,读者会感到吃惊和眼花缭乱。是的,近代物理的世界真是千奇百怪。带有希腊字母名称的粒子随着量子的音乐狂舞,毫不遵守经典物理的决定论。但最终读者会带着失望的心情走开,虽然这些事实确实很新奇,但它们也枯燥烦人。

这本书是为愿意透过事实思考的好奇求知的读者写的。在我的想像中有这样一位读者的形象:这是我在年轻时一度遇到过的某个人;从那时起,这个人成了一位建筑家,一位舞蹈家,一位股票中介人,一位生物学家,或者一位律师;这是一位对近代物理学的思维和审美框架感兴趣的人。

这不意味着本书对近代物理惊人的发现不作解释。相反,在进入近代物理的知识框架的讨论之前必须对它们进行解释。但我希望读者合上这本书时不仅是对一些惊人的事实了解并认同,而且能认识到,如果没有这个框架,事实就仅停留为事实。

我并不想给出一个详细并全面的物理学的对称性的历史。将一个主要的发展归功于少数人的描述不符合历史,应该予以坚决地拒绝。谈到粒子物理的某些发展时,杰出的物理学家谢利·格拉肖(Shelly Glashow)曾说过:“挂毯是许多工匠共同完成的。在完成的工作中你辨认不出某一个工匠的贡献,松的和错的线头被掩盖起来了。这就是粒子物理的图画……标准理论并不是从一个物理学家的头脑中充分发展出来的,甚至不是从三个人的头脑中^①发展出来的。它也是许多科学家,包括实验家和理论家,集体奋斗的结果。”但在一个科普著作中,不可避免地要简化历史,希望读者理解这一点。

于圣巴巴拉

1986年4月

^① 指创立电弱相互作用统一理论的三个人,格拉肖就是其中之一,请参阅第13章。——译注

致谢
FEARFUL
SYMMETRY

我们的朋友金姆·比乐(Kim Beeler)、克利斯·格罗思贝克(Chris Groesbeck)、玛沙·瑞特曼和弗兰克·瑞特曼(Martha Retman and Frank Retman)、黛安·舒福德(Diane Shuford),分别是心理学家、主修文艺历史的学生、律师、建筑家,他们读过稿件的各个部分,保证本书是非专业读者可以读懂的。

两位杰出的同事海因兹·佩格尔斯和斯梯夫·温伯格都出版过关于物理学的科普著作,他们鼓励我实现了写一本关于对称性的科普书的理想。他们慷慨地就写作和出版问题的方方面面对我提出忠告,并把我介绍给他们在出版界的朋友。

我对李政道、海因兹·佩格尔斯和斯梯夫·温伯格阅读原稿并给予有帮助的和鼓励的意见深表谢意。我还要感谢西德尼·科尔曼和弗兰克·威尔切克阅读第12章,莫瑞·盖尔曼阅读第11章,比尔·比阿莱克阅读清样。

我很幸运有查理·莱文(Charles Levine)做我的编辑。他的建议和支持是不可缺少的。我需要鼓励时,他给予鼓励;我需要批评时,他不吝批评。我把他作为朋友看待。

我的文稿编辑凯瑟琳·肖(Catherine Shaw)工作得很出色,因为我费了将近两个月的时间修改稿件以满足她的所有要求。她会不时地说:“这里我不懂!”因此,这本书变得更清楚易懂了。书稿由编辑罗伯塔·弗洛斯特(Roberta Frost)进一步润色。

我还要感谢马丁·凯斯勒(Martin Kessler)在工作的前期给予了我有帮助的建议。

我从代理人约翰·布洛克曼(John Brockman)和卡廷卡·马特森(Katinka Matsen)的忠告中受益匪浅。

我很高兴由海伦·米尔斯(Helen Mills)担任书的设计负责人。她的兄弟罗伯特将在第12章中和我们见面。在他们的家庭中有着欣赏对称和平衡的氛围。

最后我要感谢德布拉·维特摩伊尔(Debra Witmoyer)、丽莎·洛佩兹(Lisa Lopez)、格雯·凯特荣(Gwen Catron)、凯蒂·多列姆斯(Katie Doremus)、卡伦·墨菲(Karen Murphy)和克列沙·瓦尔诺克(Kresha Warnock)打印稿子的不同部分。

绘图致谢

邦尼·布莱特(Bonnie Bright),图3.4,5.2,6.3,7.2,7.3,7.4,10.2,10.3,11.1,11.3,12.1,12.2,12.3,14.2,15.2

迈克尔·卡伦(Michael Cullen),图3.5,3.9,9.1,11.7,13.2,14.1,14.4
黄季军,图15.1

艾瑞克·均克尔(Eric Junker),图5.1,5.3,5.4

乔·卡尔(Joe Karl),图2.1,2.3,4.2

佩吉·罗伊斯特尔(Peggy Royster),图4.3,13.1

克拉拉·维斯(Clara Weis),图4.1

格列青·徐(Gretchen Zee),图2.2,7.1,9.2,10.1

目 录
FEARFUL
SYMMETRY

01 对称性与设计

- 1 美的寻求 // 003
- 2 对称性与单纯 // 008
- 3 镜子另一端的世界 // 020

02 爱因斯坦的遗产

- 4 时间与空间联姻 // 047
- 5 一个快乐的思想 // 069
- 6 对称性指挥设计 // 086

03 来到聚光灯下

- 7 作用量无处不在 // 095
- 8 女士和虎 // 104
- 9 学习去读这本伟大的书 // 112
- 10 对称性的凯旋之歌 // 121

04 了解他的思想

- 11 夜间森林中的八重路 // 137
- 12 艺术的复仇 // 164
- 13 最终设计问题 // 186
- 14 力的统一 // 202
- 15 傲气抬头 // 226
- 16 造物主的思想 // 243

跋 // 252

第9章附录 // 262

跋的附录 // 265

注记 // 283

索引 // 307

01

对称性与设计

Fearful

Symmetry

The search for Beauty in Modern Physics

我想知道上帝是如何创造这个世界的。
我对这个或那个现象,这个或那个元素的能谱
不感兴趣。

我要知道的是他的思想。其他都是细节。

——爱因斯坦