



科学文化工程
公民科学素养系列

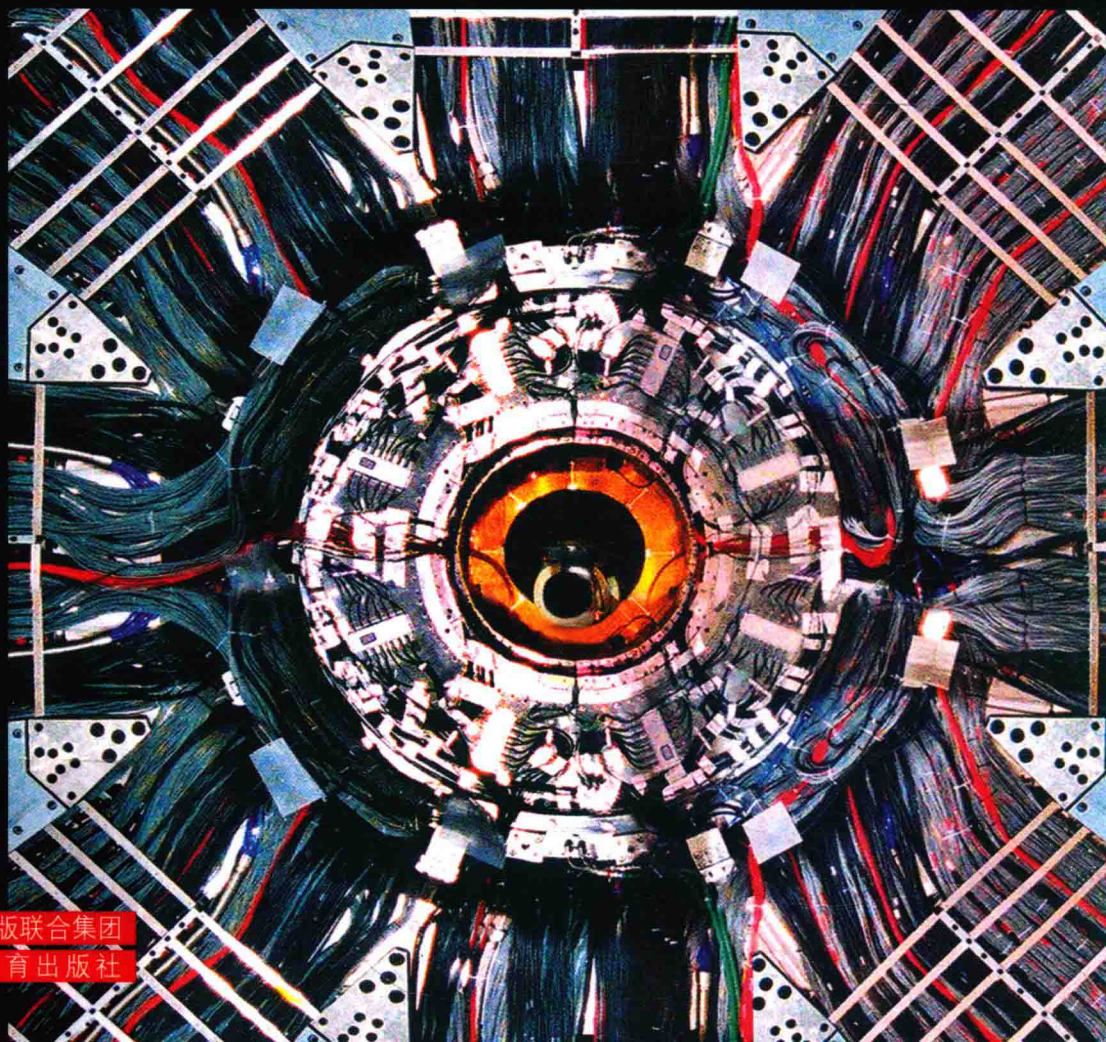
中国大科学装置出版工程

探索微世界

王贻芳 主编

——北京正负电子对撞机

Exploring the Microscopic World
— Beijing Electron Positron Collider



科学出版联合集团
高等教育出版社

中国大科学装置出版工程



探索微世界

——北京正负电子对撞机

Exploring the Microscopic World
— Beijing Electron Positron Collider

王贻芳 主编



浙江出版联合集团
浙江教育出版社·杭州

图书在版编目(CIP)数据

探索微世界：北京正负电子对撞机 / 王贻芳主编. — 杭州：浙江教育出版社，2015. 12 (2016. 10 重印)
中国大科学装置出版工程
ISBN 978-7-5536-4037-2

I. ①探… II. ①王… III. ①正负电子对撞—对撞机—中国 IV. ①O572.32

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第317788号

策 划 周 俊 莫晓虹

责任编辑 江 雷

责任校对 陈云霞

美术编辑 曾国兴

责任印务 陈 沁

中国大科学装置出版工程

探索微世界——北京正负电子对撞机

TANSUO WEISHIJIE

——BEIJING ZHENGFU DIANJI DUIZHUANGJI

主 编 王贻芳

出版发行 浙江教育出版社

(杭州市天目山路40号 邮编:310013)

图文制作 杭州兴邦电子印务有限公司

印 刷 杭州富春印务有限公司

开 本 710mm×1000mm 1/16

成品尺寸 170mm×230mm

印 张 18

插 页 2

字 数 362 000

版 次 2015年12月第1版

印 次 2016年10月第2次印刷

标准书号 ISBN 978-7-5536-4037-2

定 价 45.00 元

联系电话:0571-85170300-80928

e-mail: zjjy@zjcb.com 网址:www.zjeph.com

本书编委会

主 编:王贻芳

编 委:陈和生 李卫国 张 闯 阎永廉

罗小安 邢志忠 魏 龙 陈 刚

编写人员:钟元元 赵洪明 蒙 巍 王晨芳

郝 芬 郭 静

总 序

新一轮科技革命正蓬勃兴起，能否洞察科技发展的未来趋势，能否把握科技创新带来的发展机遇，将直接影响国家的兴衰。21 世纪，中国面对重大发展机遇，正处在实施创新驱动发展战略、建设创新型国家、全面建成小康社会的关键时期和攻坚阶段。

在 2016 年 5 月 30 日召开的全国科技创新大会、两院院士大会、中国科协第九次全国代表大会上，习近平总书记强调，科技创新、科学普及是实现国家创新发展的两翼，要把科学普及放在与科技创新同等重要的位置。习近平总书记“两翼”之喻表明，科技创新和科学普及需要协同发展，将科学普及贯穿于国家创新体系之中，对创新驱动发展战略具有重大实践意义。当代科学普及更加重视公众的体验性参与。“公众”包括各方面社会群体，除科研机构 and 部门外，政府和企业中的决策及管理者、媒体工作者、各类创业者、科技成果用户等都在其中。任何一个群体的科学素质相对落后，都将成为创新驱动发展的“短板”。补齐“短板”，对于提升人力资源质量，推动“大众创业、万众创新”，助力创新型国家建设和全面建成

小康社会，具有重要的战略意义。

科技工作者是科学技术知识的主要创造者，肩负着科学普及的使命与责任。作为国家战略科技力量，中国科学院始终把科学普及当作自己的重要使命，将其置于与科技创新同等重要的位置，并作为“率先行动”计划的重要举措。中国科学院拥有丰富的高端科技资源，包括以院士为代表的高水平专家队伍，以大科学工程为代表的高水平科研设施和成果，以国家科研科普基地为代表的高水平科普基地等。依托这些资源，中国科学院组织实施“高端科研资源科普化”计划，通过将科研资源转化为科普设施、科普产品、科普人才，普惠亿万公众。同时，中国科学院启动了“科学与中国”科学教育计划，力图将“高端科研资源科普化”的成果有效地服务于面向公众的科学教育，更有效地促进科教融合。

科学普及既要求传播科学知识、科学方法和科学精神，提高全民科学素养，又要求营造科学文化氛围，让科技创新引领社会持续健康发展。基于此，中国科学院联合浙江教育出版社启动了中国科学院“科学文化工程”——以中国科学院研究成果与专家团队为依托，以全面提升中国公民科学文化素养、服务科教兴国战略为目标的大型科学文化传播工程。按照受众不同，该工程分为“青少年科学教育”与“公民科学素养”两大系列，分别面向青少年群体和广大社会公众。

“青少年科学教育”系列，旨在以前沿科学研究成果为基础，打造代表国家水平、服务我国青少年科学教育的系列出版物，激发青少年学习科学的兴趣，帮助青少年了解基本的科研方法，引导青少年形成理性的科学思维。

“公民科学素养”系列，旨在帮助公民理解基本科学观点、理解科学方法、理解科学的社会意义，鼓励公民积极参与科学事务，从而不断提高公民自觉运用科学指导生产和生活的能力，进而促进效率提升与社会和谐。

未来一段时间内，中国科学院“科学文化工程”各系列图书将陆续面世。希望这些图书能够获得广大读者的接纳和认可，也希望通过中国科学院广大科技工作者的通力协作，使更多钱学森、华罗庚、陈景润、蒋筑英式的“科学偶像”为公众所熟悉，使求真精神、理性思维和科学道德得以充分弘扬，使科技工作者敢于探索、勇于创新的精神薪火永传。

中国科学院院长、党组书记



2016年7月17日

前言

1988年10月16日，这是一个值得永远纪念的日子，中国的第一台高能加速器——北京正负电子对撞机的正负电子束首次对撞成功。这不是一个普通的科学实验，它被誉为我国继“两弹一星”后，在高科技领域的又一项重大突破性成就。

从那时起，北京正负电子对撞机引起了无数人的关注。尽管它自建成后一直对社会开放，但对于没有机会亲自看一看这个“大家伙”的人来说，总是有点神秘。本书旨在揭开北京正负电子对撞机的神秘面纱，介绍中国建设北京正负电子对撞机的原因，北京正负电子对撞机的结构、工作原理以及利用它所取得的一系列重要成果。

人类对宇宙之大和物质之小等本源问题的思考，最初也许纯粹源于好奇心，但正是对这些问题不断质疑和解答，引起了人类对世界认知的根本变化，推动了现代科学的创立和发展。世上万物的构成、浩瀚宇宙的演化、生命的起源与进化，这些人类最想解开的基本谜题都与微观世界的奥秘相关，粒子对撞机就是科学家用来探索微观粒子世界的利器。

北京正负电子对撞机着眼于国际粒子物理研究的竞争热点之一——“ τ -粲能区”。对撞机由注入器、输运线、储存环等几大部分组成，它的“神眼”是由多种类型的子探测器组成的北京谱仪。20多年来，北京谱仪实验组先后取得多项重大研究成果，奠定了北京正负电子对撞机在国际高能物理领域的重要地位，成为国际上“ τ -粲能区”物理研究的领跑者。

北京正负电子对撞机还做到了“一机两用”，其同步辐射光源对社会开放，成为我国凝聚态物理、材料科学、化学、生命科学、资源环境及微电子等交叉学科开展科学研究的重要基地，取得了大量具有重大经济、社会效益的成果。

北京正负电子对撞机在建造与运行过程中，催生了一大批新技术、新工艺和新发明，被广泛应用于农业、林业、采矿业、制造业、卫生、信息等国民经济领域。与对撞机相关的多项先进技术已经与人们的日常生活密不可分。

北京正负电子对撞机完成历史使命之后将如何发展？中国科学家已经有了自己的目标。

感谢中国科学院高能物理研究所实验物理中心、加速器中心、多学科研究中心的一线科研人员对本书编写工作给予的支持；感谢秦庆研究员审校书稿；感谢杨云、刘捷为本书绘制了部分插图，提供了部分图片；感谢

浙江教育出版社的编辑在本书策划到定稿的过程中提出宝贵意见。相信本书的出版将使读者了解中国第一个有代表性的大科学装置，并对它的成就留下深刻的印象。

中国科学院高能物理研究所所长

王贻芳

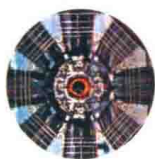
2015年9月

第一章 微观世界究竟有多小 1

- 1 阴极射线之谜 5
- 2 揭开原子的秘密 8
- 3 发现首个反物质粒子 11
- 4 走进夸克世界 15
- 5 粲夸克和 τ 轻子 17
- 6 粒子物理标准模型 20

第二章 研究微观世界的利器 25

- 1 粒子加速器呼之欲出 27
- 2 第一台直线加速器 28
- 3 直流高压加速获得突破 30
- 4 回旋加速的灵感 33
- 5 奇妙的自动稳相 36
- 6 从弱聚焦到强聚焦 39
- 7 我怎么没想到对撞呢 42
- 8 云雾室再现云中美景 47
- 9 气泡室是喝啤酒得到的启发吗 50
- 10 由正比计数管到多丝正比室 54
- 11 从“单眼”到“复眼”，大型谱仪诞生 59
- 12 追梦没有尽头 61



第三章 北京正负电子对撞机的渊源与发展 63

- 1 别了，杜布纳 65
- 2 “七下八上”坎坷起步 69
- 3 建设 τ -粲正负电子对撞机 74
- 4 看高一点，看远一点 76
- 5 中国高能物理新时代到来 78
- 6 北京谱仪实验崭露头角 82
- 7 探寻粲物理能区的“金矿” 84
- 8 从“单环麻花轨道”到“双环轨道交叉对撞” 88
- 9 挑战对撞机建设的难度极限 90
- 10 建成世界先进的双环对撞机 92

第四章 北京正负电子对撞机结构探秘 97

- 1 巨大的“羽毛球拍” 99
- 2 发射电子的“枪” 101
- 3 电子“变脸”成正电子 103
- 4 骑在波峰上加速 105
- 5 能量从何而来 108
- 6 正负电子分道扬镳 111
- 7 光速粒子的跑道 113
- 8 分工明确的磁铁“兄弟” 114
- 9 两个大型“加油站” 118
- 10 令人好奇的“真空” 121
- 11 比极冷还冷的低温 125
- 12 束测“特种部队” 130
- 13 每秒相撞一亿次 133
- 14 指挥中心在哪里 134
- 15 对撞机安全吗 138



第五章 大型粒子探测器北京谱仪 141

- 1 火眼金睛辨粒子的北京谱仪 143
- 2 追踪粒子细小“脚印”的主漂移室 146
- 3 鉴别粒子的飞行时间探测器 151
- 4 精确测量粒子能量的电磁量能器 153
- 5 寻踪 μ 子的 μ 子鉴别器 156
- 6 强制带电粒子偏转的超导磁铁 158
- 7 筛选事例的触发判选系统 161
- 8 实时“拍照”的电子学系统 164
- 9 高速度大容量的计算中心 167



第六章 τ -粲能区高能物理研究 171

- 1 科学目标的选定 173
- 2 验证轻子普适性大显身手 174
- 3 R 值测量被誉为“北京革命” 178
- 4 新共振态激起巨大反响 182
- 5 引起轰动的四夸克态粒子 185

第七章 北京同步辐射光源 191

- 1 发现同步辐射的前前后后 193
- 2 同步辐射光源的飞跃发展 197
- 3 锐利的解剖刀 204
- 4 一个不寻常的决定 210
- 5 SARS 那个年代 212
- 6 探查高压下的世界 216
- 7 瓮安古化石和同步辐射 219
- 8 蜈蚣草的奥秘 222
- 9 一个世界顶级光源即将诞生在中国 225

第八章 高能物理与我们的生活 229

- 1 今天的科学，明天的技术 231
- 2 科学重器，惠泽四方 233
- 3 中国互联网的先行者 236
- 4 神奇而不神秘的超导技术 240
- 5 发现恶性肿瘤的“神探” 243
- 6 助力食品安全的利器 246
- 7 用“透视眼”还原历史真相 248
- 8 让“隐形杀手”无所遁形 250

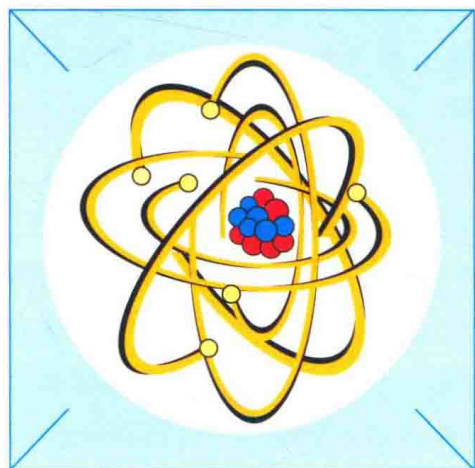
第九章 未来的高能对撞机 255

- 1 希格斯粒子 257
- 2 希格斯粒子的发现 260
- 3 粒子物理学的新时代 261
- 4 国际直线对撞机 262
- 5 未来环形正负电子对撞机及超级质子对撞机 264

结 语 268

缩略语表 270

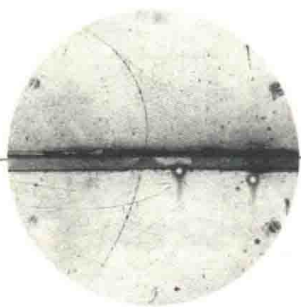




你做过这样一个实验吗？将一张纸对折后撕开，再将其中的一半对折撕开，一直重复上面的过程，直到纸小得无法再用手撕。这张纸究竟能被撕到多小呢？是不是可以借助现代化的工具一直“撕”下去？也就是说，我们的微观世界究竟有多小？



扫码看视频



科学家利用云室装置记录到人类发现的第一个反物质粒子——正电子。

世界到底有多大，又究竟有多小，一直是人们苦思冥想的问题。我国古代的思想家就曾提出“一尺之棰，日取其半，万世不竭”的命题。意思是一尺长的木棒，从中间将其分成两半，第二天再把其中的一半分成两半，每日重复，将可以无穷尽地分下去。这是人类对世界微观结构的早期思考。

我国春秋时期，人们把金、木、水、火、土五种元素称为“五行”，认为万事万物都是由它们构成的，并且五行之间既能互相转化，也会互相制约，即相生相克。例如，木生火（古人钻木取火，木可以生火），水则可以克火（火遇水熄灭）。五行之间的这种转化和制约关系，构成了物质的循环。与中国古代相似，大约3000年前，古代印度人认为地、水、火、风、空五种成分组合起来，组成宇宙万物。约2500年前，古希腊人认为土、气、水、火四种元素组成世间万物。后来，古希腊哲学家将这种物质由几种基本元素组成的思想进一步发展，认为世界是由一种微小的不可再分的物质粒子组成，他们将之称为“原子”，原子在希腊语中就是不可再分的意思。



图1-1 一根木头可以永远劈下去吗