



科学文化工程
公民科学素养系列

EXPLORING THE MICROSCOPIC WORLD

BEIJING ELECTRON POSITRON COLLIDER

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

王贻芳 主编

浙江出版联合集团

浙江教育出版社

国家出版基金项目
NATIONAL PUBLICATION FOUNDATION

中国大科学装置出版工程

EXPLORING THE
MICROSCOPIC WORLD

BEIJING ELECTRON
POSITRON COLLIDER

探索微世界

北京正负电子对撞机

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 (C I P) 数据

探索微世界 : 北京正负电子对撞机 / 王贻芳主编.
— 2版. — 杭州 : 浙江教育出版社, 2018.5
(中国大科学装置出版工程)
ISBN 978-7-5536-7309-7

I. ①探… II. ①王… III. ①正负电子对撞—对撞机
—中国 IV. ①0572.32

中国版本图书馆CIP数据核字(2018)第078707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 韩 波

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

ZHONGGUO DAKEXUE ZHUANGZHI CHUBAN GONGCHENG
TANSUO WEISHIJIE——BEIJING ZHENG FU DIANJI DUIZHUANGJI

王贻芳 主 编

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

印 张 18

插 页 2

字 数 362 000

版 次 2018年5月第2版

印 次 2018年5月第3次印刷

标准书号 ISBN 978-7-5536-7309-7

定 价 48.00元

联系电话 0571-85170300-80928

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

鄢 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

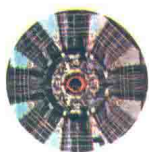
2015年9月

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

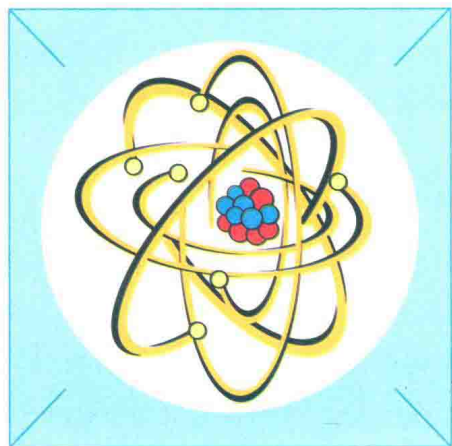


第九章 未来的高能对撞机 255

- 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

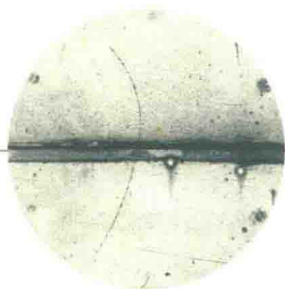
缩略语表 270



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。

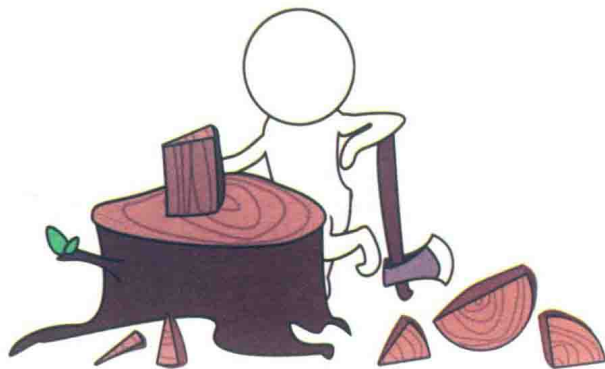


图 1-1 一根木头可以永远劈下去吗