



中国科协科普专项资助



走近核科学技术

中国核学会组织编写

罗上庚 编著



原子能出版社



走近核科学技术

中国核学会组织编写

罗上庚 编著

原子能出版社

图书在版编目(CIP)数据

走近核科学技术 / 中国核学会组织编写; 罗上庚编著. —北京: 原子能出版社, 2004.11

ISBN 7-5022-3321-0

I. 走... II. ①中...②罗... III. 核技术—青少年读物 IV. TL-49

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 116318 号

内容简介

本书由中国核学会组织编写, 中国原子能科学研究院罗上庚研究员执笔, 并经多位权威人士审读。从科普的角度深入浅出地介绍了核科学技术知识, 图文并茂地带领读者走进核科学技术奇幻神秘的世界, 使人们看到了核科学技术绚丽多彩的今天, 给他们展示了核科技光辉灿烂的明天。是目前市场上为数不多的核领域科普书籍之一。

通过阅读此书, 将使更多的人尤其是在建有核电站的周边地区公众, 增长核科学技术知识, 理解和支持核事业。适合广大青少年及喜爱核科学的人士阅读。

走近核科学技术

出版发行 原子能出版社 (北京市海淀区阜成路 43 号 100037)

责任编辑 傅真

美术编辑 谢凤华 黎碗平 白云

责任校对 冯莲凤

责任印制 丁怀兰 刘芳燕

印刷 保定市印刷厂

经销 全国新华书店

开本 787 mm × 1092 mm 1/16

字数 200 千字

印张 13.25

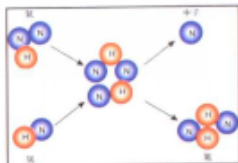
版次 2005 年 1 月第 1 版 2005 年 4 月第 2 次印刷

书号 ISBN 7-5022-3321-0

印数 4001—7000 定价: 50.00 元

版权所有 侵权必究 出版社网址: <http://www.aep.com.cn>

核科学技术的迅速发展和应用 是 20 世纪人类取得的重大成就



核科学技术的迅速发展和应用是20世纪人类取得的重大成就。1919年，科学家卢瑟福用 α 粒子轰击氮核打出质子，首次实现了人工核反应；1932年，英国物理学家查德威克发现中子，使人们对原子核的组成建立了正确的认识，也为人工改变原子核提供了有效手段；1934年，卢瑟福和澳大利亚物理学家奥利芬特、奥地利化学家哈尔特克首次发现了核聚变反应；1938年，德国化学家哈恩等人发现了铀核的裂变现象；1939年，法国物理学家约里奥-居里等人通过实验发现了铀裂变的链式反应；1942年，以费米为首的一批科学家在美国建成世界第一座“人工核反应堆”，实现了可控、自持的铀核裂变链式反应；1945年，美国爆炸了世界第一颗原子弹；1954年，苏联建成了世界第一座试验核电站；1955年，美国建造了世界第一艘核潜艇；1972年，英国科学家杭斯菲尔德在美国科学家科马克研究成果的基础上研制出第一台医用X-CT……。核科学技术方面的一系列重大发现、发明和发展，极大地提高了人们认识世界、改造世界的能力，对军事、经济、社会生活等许多领域产生了革命性的影响，生动鲜明地体现了科学技术第一生产力的重要作用。

新中国成立后，党中央高瞻远瞩，在我国科技经济基础都还十分薄弱的情况下，深刻把握世界发展趋势，果断作出了大力发展核科技与核工业的战略决策。在党和政府的集中统一领导下，我国核科学技术突飞猛进，依靠自己的力量以较快的速度相继研制成功原子弹、氢弹、核潜艇，随后又基本掌握了核电站的自主设计建造技术，在以放射性同位素与辐射技术为代表的核

AD 271 / 06

技术应用方面也取得了较大成绩,同时,还建立了比较完整的核科研与核工业体系。核科技专业队伍从建国初期的寥寥数人,发展到数万人之众。在核科学技术这个新兴领域迅速跨到世界前列,为提高我国国际地位、保障国家安全、促进经济发展、带动国家科学技术整体水平的提高做出了重要贡献。当然,我们也清醒地看到自己存在的很多不足,尤其是民用核技术的产业化工作,起步较晚,发展较慢,与世界发达国家存在较大差距,在为经济建设服务、造福人民方面还没有发挥出应有的作用。

进入新世纪后,国际风云不断变幻、科学技术迅猛发展,然而,从世界范围来看,无论是军用方面还是民用方面,核科学技术仍然是关系到国家和民族根本利益的战略高新技术,世界各国仍在不断寻求核科学技术的发展。在我国全面建设小康社会的进程中,核科学技术是符合全面、协调、可持续发展要求的高新技术,党和国家非常重视,专门制定了加大核电建设力度的发展规划,并且决定组织实施民用非动力核技术高技术产业化专项。核能、核技术不但在国家安全、经济建设方面发挥着重要作用,而且还将越来越走近我们的生活。我国核科学技术正在迎来一个新的发展机遇期。

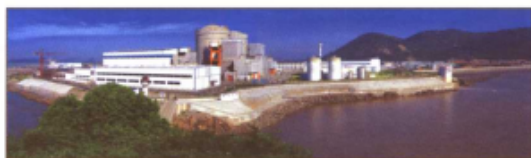
2004年是我国第一颗原子弹爆炸成功40周年,也是我国正式加入国际原子能机构20周年。2005年初,我们还将隆重纪念中国核工业创建50周年。为了让大家能够更多地了解和熟悉核科学技术,中国核学会邀请中国原子能科学研究院的罗上庚研究员,执笔撰写了《走近核科学技术》这本科普读物。这本书图文并茂、语言生动、通俗易懂,深入浅出地系统介绍了核科学技术知识,在人们面前展示了一幅幅绚丽多彩的画卷。我相信,会有更多的人逐步消除核的神秘感,克服不必要的“恐核”心理,能够科学而理性地认识和了解核科学技术。这本书还向广大青少年朋友介绍了核科技领域一大批世界著名的诺贝尔奖得主,介绍了我国核科技领域11位“两弹一星”功勋奖章获得者;希望大家在了解和学习大量知识的同时也能获得有益的人生启迪,为中华民族的伟大复兴和人类科学技术事业发展奉献自己的聪明才智!

作为核科学技术战线上的一名老兵,我衷心希望广大青少年朋友热爱核科学技术,有志于核科学技术,献身核科学技术!

朱光亚

2004年10月15日

认识和了解核科学技术 纪念中国核工业创建 50 周年



40 年前中国第一颗原子弹爆炸成功，打破了西方国家的核垄断，确立了我国核大国的地位。40 年后的今天，核科学技术已不再仅用于国防，它已渗透到国民经济的各个领域：核能发电、工业探伤、辐照育种、材料改性、放射性诊断和治疗等等。随着核科学技术应用的发展，公众和媒体也对“什么是核科学？”、“核技术应用的安全性如何？”、“对环境 and 人类健康有什么影响？”、“切尔诺贝利核电站事故能否重演？”等等问题产生了兴趣。部分公众由于不了解核科学，再加上一些不恰当的宣传和误导，给核科学技术蒙上了一层神秘的面纱，甚至有人把核电站视为原子弹，谈核色变。

为了回答公众提出的这些问题，普及核科学技术知识，同时也为了纪念我国第一颗原子弹爆炸 40 周年、中国核工业创建 50 周年，中国核学会组织编写了科普书籍《走近核科学技术》。该书共分七篇：第一篇讲述了核能的来源及应用、核电站及核安全；第二篇主要介绍了核武器，即核科学技术在军事方面的应用；第三篇主要介绍了核能的动力应用；第四篇和第五篇则着重讲述了同位素和核能技术在

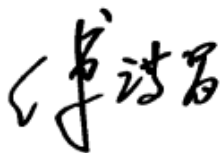
工业、农业、医学、食品保鲜等领域中的广泛应用；第六篇对核燃料的生产和利用过程做了基本的介绍；第七篇对公众普遍关心的核废物安全和核辐射安全做了详细的回答。本书力求做到深入浅出、比喻形象、通俗易懂，使公众通过阅读能对核科学及其应用有一个正确的、科学的认识，消除人们对核的神秘感，克服不必要的恐核心理。

《走近核科学技术》也是中国核学会贯彻落实《中华人民共和国科普法》的一项举措，通过宣传核科学技术知识，倡导科学方法，传播科学思想，弘扬科学精神。该书作为核科普读物，可供普通公众阅读，也可作为科普工作者的宣传材料。

写一本好的科普读物并非易事。该书一定存在许多不足之处，望广大读者能提出宝贵意见，以便修订再版时加以修改。

本书由罗上庚研究员执笔，朱光亚院士欣然为本书做了序。中国核学会科普咨询和教育工作委员会主任钱绍钧院士、中国核工业集团公司汪兆富和张伟星同志、海军核安全局杨光同志、原子能出版社李盈安同志都对本书进行了仔细的阅读，并提出了许多宝贵意见，在此一并表示衷心的感谢。

中国核学会

A stylized handwritten signature in black ink, likely belonging to Chen Shaojun, the president of the China Nuclear Society mentioned in the text.

2004年11月30日

目 录

序

前言

第一篇 能源骄子——核电

第一章 巨大的核能

1. 1 千克铀-235 相当于 2 700 吨标准煤 1
2. 巨大核能从何而来 2
3. 请爱因斯坦来做解释 3

第二章 神奇的核岛

1. 不冒烟的锅炉 5
2. 控制棒指挥核裂变反应 6
3. 让中子跑慢点 6

第三章 多重屏障体系——不让放射性物质泄漏出去

1. 精心制作的核燃料元件 7
2. 固若金汤的压力容器 8
3. 铜墙铁壁的安全壳 8

第四章 原子弹爆炸绝不会在这里发生

1. 啤酒点不着火 9
2. 中子按计划生育 9
3. 链式反应受人控制 10

第五章 三里岛事件和切尔诺贝利事故的真相

1. 三里岛事件无人伤亡 11
2. 切尔诺贝利事故有了论断 11

第六章 核电发展有着广阔前景

1. 人们需要清洁能源 12
2. 海水淡化解决缺水 14
3. 用核能制氢 15
4. 核电发展势不可挡 16

第七章 聚变能取之不尽用之不竭

1. 核燃料能用多久 18
2. 快中子堆的发展会快起来 18
3. 实现核聚变发电不会太远 19

第二篇 武库霸主——核武器

第一章 威力无比的核武器

1. 核武器为什么有这么大威力 21
2. 什么是梯恩梯 (TNT) 当量 22
3. 核武器与常规武器有什么区别 22

第二章 揭开原子弹的秘密

1. “小男孩”和“胖子”坠地惊世 23
2. 揭开原子弹的神秘面纱 23
3. 蘑菇云是怎样形成的 24
4. 原子弹的破坏杀伤作用有哪些 25

第三章 威力更大的氢弹

1. 比太阳更亮的火球 27
2. 笨重的氘氚弹 27
3. 小型化的氘化锂弹 28
4. 威力更大的三相弹 28

第四章 小而悍的中子弹

1. 为了实战需要发展中子弹 29
2. 中子弹是增强辐射弹 29
3. 对付坦克和堡垒里面敌人的核武器 29

第五章 第三代核武器是什么

1. 核武器发展与时俱进 30
2. 什么是特殊性能核武器 30
3. 贫铀弹不是核武器 31
4. 定向能武器将成为新秀 31

第六章 核武器趣闻

1. 你知道第一次核爆炸时间和核试验次数吗 32
2. 多少铀或钚可以造一颗原子弹 34
3. 核武器品种有多少 35
4. 核爆炸也可以和平利用吗 37

第七章 孕育中的新型核武器

1. 神速的粒子束武器 38
2. 奇妙的同质异能素武器 38

3. “不可思议”的反物质武器	38
4. 在实验室里进行核试验	39
第三篇 动力之最——核动力	
第一章 海上巨无霸——核航母	
1. 海上活动机场——航空母舰	41
2. 核航母威力显赫	43
3. 核航母新装竞发	43
第二章 强大隐蔽杀手——核潜艇	
1. 核潜艇为什么备受青睐	45
2. 弹道导弹核潜艇	47
3. 攻击型核潜艇	47
4. 核巡洋舰和核驱逐舰——海上战斗主力	48
第三章 核动力商船	
1. 核动力破冰船的作用不可低估	50
2. 核动力商船也做了大贡献	50
第四章 核动力火箭	
1. 核热火箭	53
2. 核电火箭	53
3. 光子火箭	54
第五章 核动力卫星	
1. 放射性同位素空间电源	56
2. 空间反应堆电源	57
第六章 太空飞行	
1. 到太空去为什么如此诱人	58
2. 太空有多远	59
3. 用什么工具到太空去	60
第四篇 功效奇特的辐射发生器	
第一章 制造射线和粒子束的机器——加速器	
1. “炼金术士”的梦想实现了	62
2. 加速器大家族	62
3. 离子注入机是什么	64

4. 加速器用途广泛	65
5. 加速器发展前程似锦	66
第二章 全天候服务的辐射装置	
1. 藏在迷宫深井中的钴源装置	67
2. 生产中子的装置——中子发生器	68
第三章 杀菌消毒、食品保鲜效果好	
1. γ 射线消毒彻底	69
2. 电子杀菌安全	70
3. 让粮食不受虫蛀	71
4. 让土豆、洋葱、大蒜不长芽	71
5. 辐照食品放心吃	72
第四章 诊治疾病有奇效	
1. 远程治疗和近程治疗	74
2. 放疗效果越来越好	76
3. 不出血的伽玛刀	77
第五章 探伤安检赛神探	
1. 反恐、反走私和安检显身手	78
2. 探伤检漏准又灵	79
3. 爆炸物探测有新招	80
第六章 辐射加工建奇功	
1. 辐射改性本领大	81
2. 辐照电缆品质好	83
3. 辐照产品高性能化和多样化	83
4. 辐射固化和硫化功效高	84
第七章 治废消害有法宝	
1. 废气变得干净了	85
2. 废水得到再利用	86
3. 污泥也变成宝	86
4. 害虫绝育断了代	87
第八章 辐射育种显高招	
1. γ 辐射和电子育种立功劳	88

2. 重离子育种前景灿烂	90
3. 航天育种是新招	90
第五篇 业绩非凡的放射性同位素	
第一章 同位素治病功绩高	
1. 同位素诊病又治病	91
2. “母牛”当了医生的“助手”	93
第二章 标记化合物功能无限	
1. 示踪剂工业用途多	94
2. 示踪剂科学研究应用广	95
第三章 考古找宝本领大	
1. 碳-14 测年为耶稣裹尸布揭秘	96
2. 找水有了好帮手	97
3. 探矿效果好	97
第四章 站岗放哨保平安	
1. 遇火灾就报警	98
2. 静电和雷击不担心	99
第五章 原子电池长寿又可靠	
1. 什么是原子电池	100
2. 长寿电源	101
3. 微型电源	102
第六章 夜光灯永放光芒	
1. 夜光表	102
2. 永久发光粉	102
3. 不灭的灯	103
第七章 核仪表多才多艺	
1. 原理类同，构思各异	104
2. 用途广泛，前景无量	104
第八章 核分析方法超级灵敏	
1. 中子活化分析	106
2. 瞬发中子活化分析	107

3. 加速器质谱分析	107
4. 放射免疫分析	108
第六篇 核燃料——核动力之本	
第一章 沙里淘金提铀	
1. “分散元素”——铀	109
2. 地浸办法好	110
3. 从矿浆里制取精产品	110
第二章 铀-235 的富集	
1. 利用分子扩散的气体扩散法	111
2. 利用质量差别的气体离心法	112
3. 利用光谱差别的激光法	112
第三章 核燃料元件制造	
1. 核燃料元件种类繁多	113
2. 核燃料元件标准高	114
3. 核燃料元件反复受考验	114
第四章 从乏燃料中提取铀和钚	
1. 乏燃料不是“核废料”	115
2. 后处理可把铀、钚分离出来再利用	116
3. 闭路循环和“一次通过”式	116
第五章 轻核燃料的制备	
1. 氢家三兄弟 品性有差异	118
2. 反应堆产氘和重水提氚	118
3. 怎样制备氘化锂-6	119
4. 向月球索取核燃料氦-3	120
第七篇 放射性废物能够安全处置 核辐射可以有效防护	
第一章 废气废液净化后才排放	
1. 废气处理办法好	122
2. 废液处理方法多	123
3. 排放控制严又紧	124
第二章 固体废物减容和固化	
1. 压缩减容	124

2. 焚烧减容	125
3. 固化封固	126
第三章 用多重屏障将放射性核素隔离	
1. 把低中放废物禁锢三五百年	126
2. 马王堆千年古尸的启迪	128
3. 把“老虎”关进铁笼和禁锢在“地牢”里	128
4. 奥克洛天然反应堆对安全处置可作证	130
第四章 分离—嬗变开拓新办法	
1. 锦囊妙计——分离嬗变	131
2. 发展高科技实现分离和嬗变	132
第五章 辐射处处存在	
1. 人类生活在辐射的环境中	133
2. 习以为常的医疗照射	134
3. 核电站带来的辐射不到天然辐射的百分之一	135
第六章 辐射可以灵敏和准确地探测	
1. 辐射有灵敏可靠的仪表探测	136
2. 随身携带剂量计	137
3. 遇到险情就会报警	137
第七章 避免和减轻照射有可靠的安全防护措施	
1. 外照射可阻挡	139
2. 内照射有设防	139
3. 辐射防护执行三原则	140
第八章 辐射防护受到最大重视	
1. 辐射对人体有哪些伤害	141
2. 坚持严格控制 强调安全第一	142
3. 辐射防护实行法制管理	143
附录一 原子能大事记	
	145
附录二 介绍几位核领域的诺贝尔奖得主	
1. 发现放射性的贝可勒尔	149
2. 发现电子的汤姆逊	150

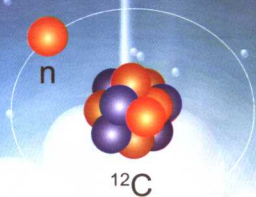
3. 杰出女科学家玛丽·居里	151
4. 居里夫人的丈夫皮埃尔·居里	153
5. 20 世纪杰出的科学家爱因斯坦	155
6. 第一个实现人工核反应的卢瑟福	157
7. “康普顿效应”发现人——康普顿	158
8. 发现中子的查德威克	160
9. 实现核反应生产人工放射性核素的伊伦·约里奥-居里 ..	162
10. 发现核裂变现象的哈恩	164
11. 提出核结构理论的玻尔	165
12. 实现自持链式反应的费米	167
13. 发现 10 个超铀核素的西博格	169
14. 推翻宇称守恒定律的华裔学者杨振宁	171
15. 另一位推翻宇称守恒定律的华裔学者李政道	173
16. 发现 J 粒子的华裔学者丁肇中	175

附录三 荣获“两弹一星功勋奖章”的核科技功臣 176

(以姓氏笔画为序)

于 敏 王淦昌 邓稼先 朱光亚 吴自良 陈能宽
周光召 钱三强 郭永怀 程开甲 彭桓武

参考书目 197



第一篇

能源骄子——核电

什么是核电站？巨大的核能从何而来？秦山、大亚湾核电站为什么这样干净和漂亮，从来没见过“咕嘟咕嘟”冒黑烟？核电站会不会发生像原子弹那样的爆炸？切尔诺贝利事故会不会再发生？核电站为什么是安全、清洁、经济的能源？核电具备可持续发展条件吗？这许许多多问题，你可能很想弄个明白，读完这一篇你就会得到满意的回答。

第一章 巨大的核能

太阳能来源于核聚变反应，核电站能量来源于核裂变反应，化石燃料（煤、石油、天然气）燃烧能量来源于化学反应。

1. 1 千克铀-235 相当于 2 700 吨标准煤

燃烧煤是碳的氧化反应，一个碳原子与一个氧分子结合生成一个二氧化碳分子，释放出能量（ E ），这个能量小得很，只有 4.1 电子伏。燃烧 1 千克标准煤可释放出 7 000 多千卡* 热量。



煤、石油、天然气燃烧，都是释放化学能。化学能是原子重新组合及其电子重新分配的结果，原子核本身并没有发生变化（见图 1-1）。

* 1 千卡 = 2.6×10^{22} 电子伏 = 4 187 焦耳。

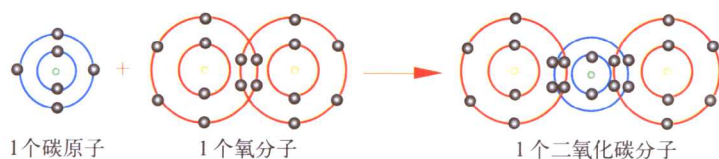


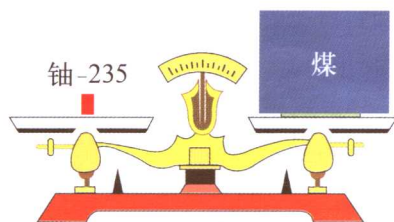
图 1-1 煤燃烧仅改变了原子组合和电子配置

核电站中发生的是铀核裂变反应，一个铀核裂变释放的能量约为 200 兆电子伏。

因为 235 克铀中含有 6.023×10^{23} 个（阿伏加德罗常数）原子核，1 克铀中含 2.56×10^{21} 个原子核，所以说，1 克铀-235 释放的能量可达到 5.12×10^{23} 兆电子伏。

燃烧	1 千克铀-235 放出热量	19 600 000 000 千卡；
燃烧	1 千克标准煤放出热量	7 000 千卡；
燃烧	1 升重油放出热量	9 900 千卡；
燃烧	1 立方米天然气放出热量	9 800 千卡。

不难算出，1 千克铀-235 裂变放出的热量相当于燃烧约 2 700 吨标准煤（图 1-2）。同一质量下，核能比化学能大几百万倍。

图 1-2 1 千克铀-235 裂变放出的热量
相当于 2 700 吨标准煤

2. 巨大核能从何而来

我们知道，自然界中物质都是由原子组成的。原子是由位于中心位置带正电荷的原子核和围绕原子核旋转带负电的电子构成的。而原子核又是由质子和中子组成的。质子和中子是由被称为“夸克”的更小粒子组成的，夸克又是由更小