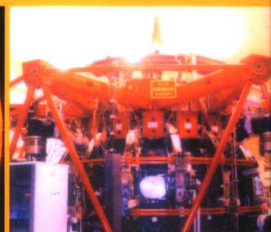
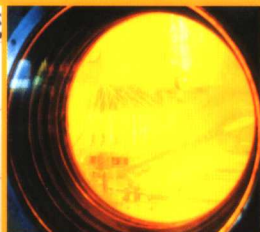


21世纪可持续能源丛书

核能开发与应用

马栩泉 编著

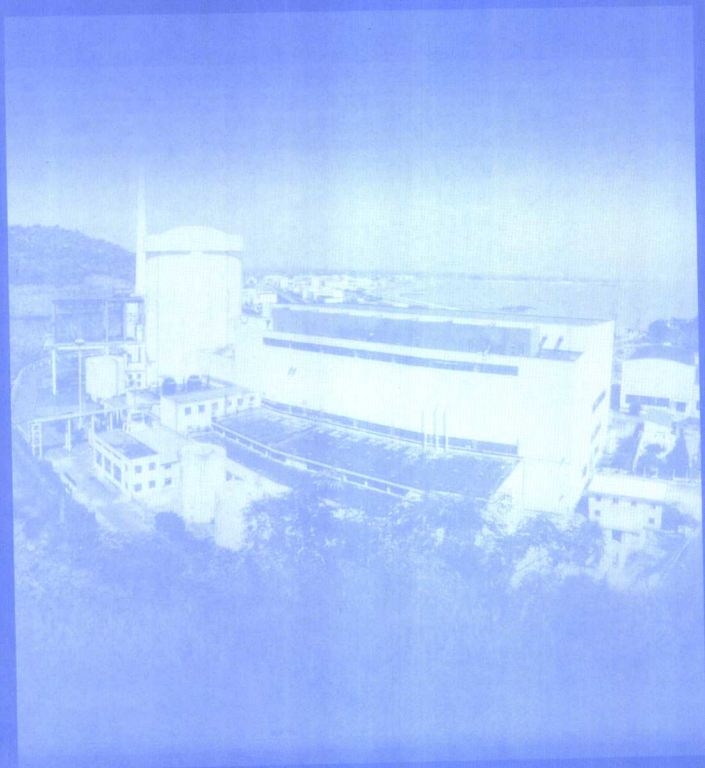


化学工业出版社

21世纪可持续能源丛书

核能开发与应用

马树泉 编著



化学工业出版社

· 北 京 ·

(京)新登字 039 号

图书在版编目(CIP)数据

核能开发与应用/马栩泉编著. —北京:化学工业出版社, 2005.1
(21 世纪可持续能源丛书)
ISBN 7-5025-5681-8

I. 核… II. 马… III. ①核能-能源开发②核能-综合利用 IV. TL

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 065780 号

21 世纪可持续能源丛书

核能开发与应用

马栩泉 编著

责任编辑: 陈志良

责任校对: 顾淑云 战河红

封面设计: 于 兵

*

化学工业出版社出版发行

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

发行电话: (010) 64982530

<http://www.cip.com.cn>

*

新华书店北京发行所经销

管庄永鑫印刷有限责任公司印刷

三河市东柳装订厂装订

开本 720mm×1000mm 1/16 印张 27 彩插 4 字数 476 千字

2005 年 1 月第 1 版 2005 年 1 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-5681-8/TK·2

定 价: 58.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

序

能源是人类社会存在与发展的物质基础。过去 200 多年，建立在煤炭、石油、天然气等化石燃料基础上的能源体系极大地推动了人类社会的发展。然而，人们在物质生活和精神生活不断提高的同时，也越来越感悟到大规模使用化石燃料所带来的严重后果：资源日益枯竭，环境不断恶化，还诱发了不少国与国之间、地区之间的政治经济纠纷，甚至冲突和战争。因此，人类必须寻求一种新的、清洁、安全、可靠的可持续能源系统。

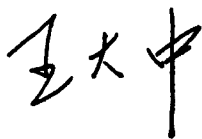
我国经济正在快速持续发展，但又面临着有限的化石燃料资源和更高的环境保护要求的严峻挑战。坚持节能优先，提高能源效率；优化能源结构，以煤为主多元化发展；加强环境保护，开展煤清洁化利用；采取综合措施，保障能源安全；依靠科技进步，开发利用新能源和可再生能源等，是我国长期的能源发展战略，也是我国建立可持续能源系统最主要的政策措施。

面临这样一个能源发展的形势，化学工业出版社组织了一批知名学者和专家，撰写了这套《21 世纪可持续能源丛书》是非常及时和必要的。

这套丛书共有 11 册，以每一个能源品种为一册，内容十分广泛、丰富和充实，包括资源评价，新的工艺技术特性介绍，开发应用中的经济性和环境影响，还涉及到推广应用和产业化发展中的政策和机制等。可以说，在我国能源领域中，这套丛书在深度和广度上都达到了较高的学术水平和实用价值，不仅为能源工作者提供了丰富的能源科学技术方面的专业知识、信息和综合分析的政策工具，而且也能使广大读者更好地了解当今世界正在走向一个可持续发展的、与环境友好的能源新时代，因此值得一读。

我们期待本丛书的出版发行，在探索和建立我国可持续能源体系的进程中作出应有的贡献。

中国科学院院士



2004 年 7 月 8 日

前言

我第一次接触核能，只是孩童时代的远远一瞥。那是 1947 年我正上小学二年级之时，初冬的一天祖母带我去天津旧城区西北角亲戚家，路过一个“小人书”（连环画册）摊，从老板作为出租书目贴在纸版上密密麻麻的“小人书”封皮上，《原子弹秘密》一下子跃入我的眼帘，画面是一张降落伞带着一颗大炸弹悬在空中往下投掷。好奇心驱使我很想坐在书摊上仔细翻看它，但家境的贫寒使我连一本“小人书”都租看不起，书的内容也就不得而知。

1954 年夏，苏联建成了世界第一座试验核电站——奥勃灵斯克核电站，作为社会主义国家的重大成果，报纸进行了大力宣传。当时我是天津一中的初二学生，从这些报道中我知道了核电站是个非常“尖端”的、造福于人类的好东西。这座核电站的外景照片，也深深地刻印在我的脑海中。

一年之后，1955 年暮春，我又看了一部介绍核技术的苏联科教影片。影片中有这样一个镜头：一位漂亮的小姑娘总是扭着头不肯让人看她，这是怎么回事？当她突然转过头来，人们看清了，原来她的脑门上长了一个黑色的大瘤。科学家们决定用钴-60 放出的 γ 射线给她治疗，过一段时间终于将这个瘤子杀死除掉，使她有了一个真正漂亮的脸蛋。这时影片中充满柔情的男声解说响起：“亲爱的小姑娘，当你将来长大后，可别忘了在原子时代的黎明时期科学家带给你的恩惠。”50 年以后，这句解说词还响在我的耳边。

几件往事，恰恰涉及到核能与核技术的一些主要方面。

1958 年，我考入清华大学工程物理系。从此，就与核能结下了不解之缘。大学时期，认真地学习掌握了与我的专业——放射化工（人工）即核燃料后处

理有关的基础知识和专业知识。毕业后，参加了本专业的科研与教学工作。从1991年起，与中国核学会的同志一起，举办了多次全国中学生核科技夏令营和海峡两岸大学生核科技夏令营，接待过许多来清华大学核研院参观的各行各业的来宾，向他们介绍核研院在核能技术等方面的研究成果，带他们参观核研院的许多核设施，并应邀在北京、上海、天津、浙江、四川等地的不少单位作过《核能及其应用》科普讲座。许多听众的反映使我深受感动。天津市南开中学一位初一学生在夏令营总结中写道：“听着马教授那清晰、细致、流畅的讲解，我仿佛置身于核能知识富丽堂皇的殿堂。这次讲座使我第一次对核能有了比较深刻和清晰的认识，使我觉得应该掌握这门科学。”

多年来，由于种种原因和机遇，我曾经到过不少核科研与核工业单位，包括本书核燃料与核燃料循环一章中提到的我国核燃料循环工业的主要工厂、研究院和设计院，包括本书核能的和平应用一章中提到的我国的许多反应堆和核电站，以及接触过本书第4章核能的军事应用中涉及到的我国的一些重大成果，并有幸见过王淦昌、彭桓武、汪德熙、曹本熹、姜圣阶、周光召等老一辈的核科学家。来到遍布祖国大江南北的这些气势恢弘的核基地，目睹我国在核能领域取得的一系列举世瞩目的伟大成就，使我由衷地对我国核能事业创业者感到钦佩和崇敬。当回顾起他们那惊天地泣鬼神的创业史的时候，这种钦佩和崇敬之情就更加强烈。正是由这些平凡而伟大的人组成的核能创业大军，在既漫长而又短暂、既轰轰烈烈而又无声无息的奋斗史中，为祖国赢来了骄傲和辉煌。人是要有一点精神的，他们体现的就是我们中华民族的豪气和灵魂。在王淦昌先生生前的最后几年，我曾不止一次地听王老讲过：落后就要挨打，腐败就要亡国。这简单的话语中蕴含着太深的含意。

核能虽然已经获得了巨大的发展，但至今仍然是一种年轻的新能源，然而它却有着很不平常的经历。可以说，几乎任何一种能源都没有像核能这样地毁誉参半，跌宕起伏。它有着辉煌过去，有着停滞的近期，也一定会有灿烂的未来。20世纪末，核能还处于空前的低潮，但当新世纪的钟声敲响不久，它就迎来了复苏的曙光。

这是因为核能是从化石燃料向未来能源过渡的不可或缺的重要能源，人类社会的可持续发展离不开它。但是，要实现这个过渡，必须认真地解决研发更安全、更经济的先进反应堆，研发高放废液处理和最终处置的先进技术，以及研发防止核扩散的技术。当把这几个影响核能未来发展的关键问题解决之后，此种新能源必将焕发出勃勃生机。这正是摆在每一个核能工作者面前的历史重任。

人们往往对核能存在着这样那样的误解甚至“谈核色变”，是因为核能与

放射性密不可分，是因为核能具有有可能在瞬间释放出巨大能量这样一种特性。然而任何一种能源，任何一种科学技术都是一柄“双刃剑”，既有优点又有缺点。任何事物都是一分为二的，事在人为。科技工作者的任务就是要想方设法发挥其优点，克服其缺点。核能工作者对于核能理应如此。当然，我们说核能是不可或缺的替代能源，并不是说它是惟一的替代能源。替代能源是多种多样的，特别是可再生能源。对待能源与对待其他事物一样，应该取长补短，切合实际，兼收并蓄。

人们对核能存在着误解甚至“谈核色变”，也与一些媒体的误导以及一些不适当的宣传有关。这就向核能工作者提出了对核能进行恰如其分的宣传和科普的任务。因此，当我的挚友、化学工业出版社陈志良编审提出编写本书的任务时，我明知这是一件十分艰苦的工作，但责无旁贷，还是愉快地接受了。好在近十几年来在搞核能科普的过程中积累了一定的资料，增加了一些见识，并得到了许多同行的教诲、启发和帮助。我很同意出版社对本书的定位：它不是面向青少年的文笔生动活泼但内容相对浅些的科普读物，而是面向非本专业的科技人员、管理人员以及具有一定文化水平的公众的核能普及读物，因而应以尽量提供更多的、正确的信息见长。我以此为指导，并尽力而为之。此外，还注意除了介绍原理、应用等科技知识外，再适当地介绍一些历史发展、思维方法和精神等人文内容，因为科技与人文是相互融合、相互促进、密不可分的。

科技和人文一样，有历史继承性和创新发展性。我从列在和未列在书末的许多参考文献里，从那些相识的和不相识的前辈和同行那里吸取了许多宝贵的知识，谨向他们致以诚挚的敬意。

我上初中的很长一段时间，曾经对天文学产生过浓厚的兴趣，那时曾不止一次地读过前苏联著名科普作家别莱利曼的《趣味天文学》，书的序言开头一句话是：“天文学是一门幸福的科学。”现在我想，核科学也是一门幸福的科学，因为就如浩瀚无边的茫茫宇宙一样，在原子核的微观世界，也有着无穷的奥秘需要我们不断去探索，而在核能与核技术领域，更有着无限发展前景的新技术需要我们去研发，这一切，都将会大大造福于人类，这一切，也需要一代代有志于核能与核技术的人们去付出不懈的努力。

在本书的编写过程中，得到了我的老师、清华大学核研院朱永贍院士，我的同事、清华大学核研院吴宗鑫、张作义、徐景明、徐元辉、吕应运、孟昭利、顾树华、金子英、焦荣洲、宋崇立、吴秋林、奚树人、刘原中、曲静原、周志伟诸位教授及王建一工程师，和我的挚友、新华社高级记者王呈选、中国核学会高级工程师耿庆云、科技日报前副总编辑王直华，以及清华大学科技史暨古文献研究所游战洪副教授、清华大学核研院刘豫春女士和其他许多朋友的

大力支持和热情帮助，谨向他们致以衷心的感谢。

限于水平，限于时间，书中不妥或错误之处在所难免，恳请读者批评指正。

本书付梓之际，恰逢我国核事业创建 50 周年。回顾 50 年令人难忘的岁月，心潮久久不能平静。谨以赤诚之情、绵薄之力，将本书奉献给祖国核事业的开拓者、奋斗者和后继者。衷心地祝愿祖国核事业的明天繁花似锦，灿烂辉煌。

马棚泉

2004 年 5 月于清华园



图1 中国的铀同位素分离厂扩散机群

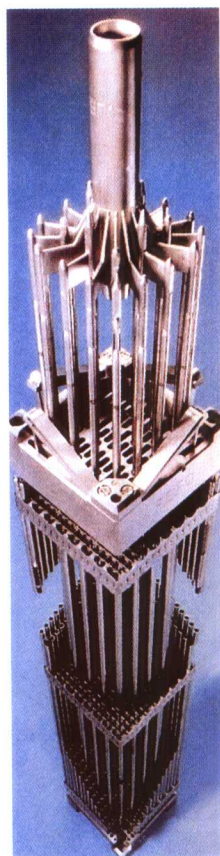


图2 中国生产的核电站燃料元件

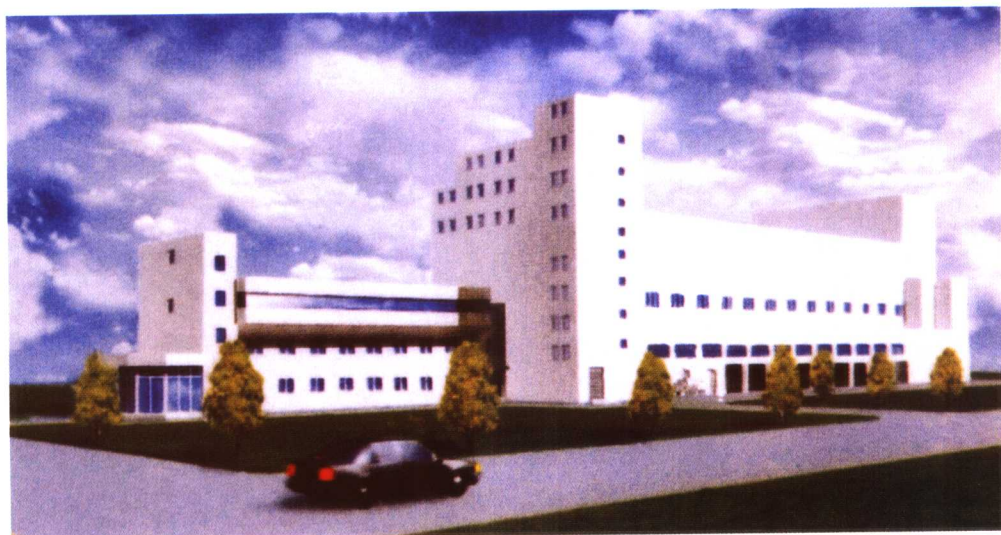


图3 中国动力堆核燃料后处理中试厂设计图



图4 美国第一次原子弹爆炸试验



图5 中国第一颗原子弹爆炸的蘑菇云



图6 中国第一颗氢弹爆炸的蘑菇云

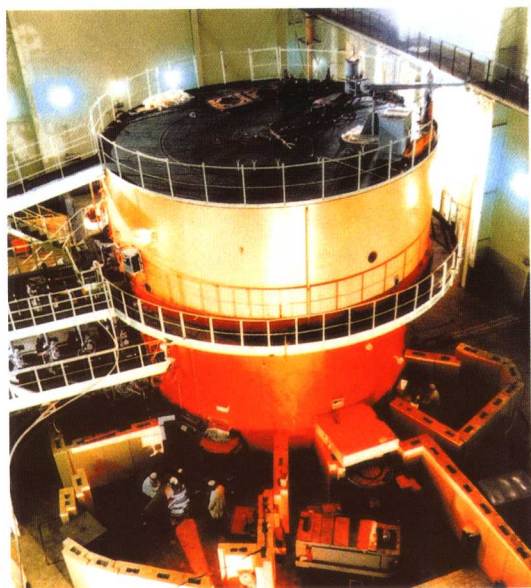


图7 中国第一座核反应堆——重水型研究堆



图8 清华大学屏蔽试验反应堆

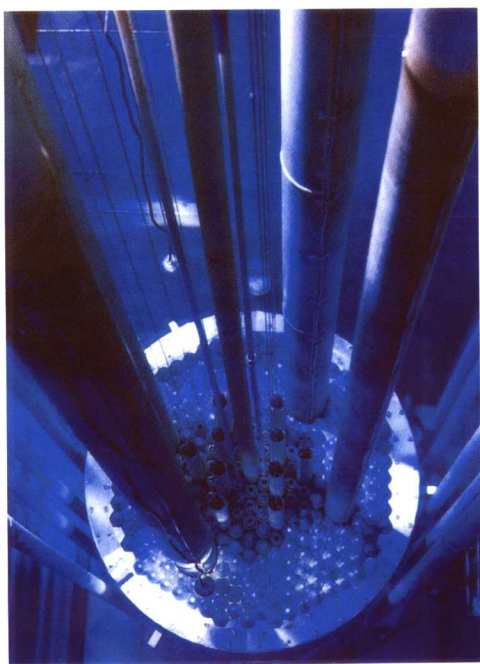


图9 中国核动力研究设计院建成的高通量工程实验堆堆芯



图10 中国核动力研究设计院建成的铀—氢化锆脉冲反应堆



图 11 中国的生产堆远眺



图 12 世界第一艘核潜艇
——美国“鹦鹉螺”号



图 13 中国第一艘核潜艇



图 14 世界第一座试验核电站
——前苏联奥勃宁斯克核电站



图 15 世界第一座气冷堆核电站
——英国考尔德霍尔核电站



图 16 世界第一座压水堆核电站
——美国希平港核电站

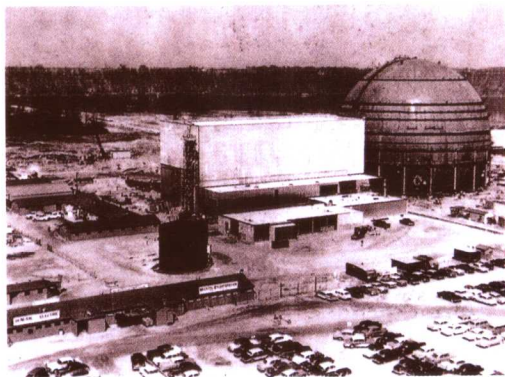


图 17 世界第一座沸水堆核电站
——美国德累斯顿核电站



图 18 中国大陆第一座核电站——秦山核电站



图 19 大亚湾核电站



图 20 秦山二期核电站



图 21 岭澳核电站



图 22 秦山三期核电站



图 23 田湾核电站

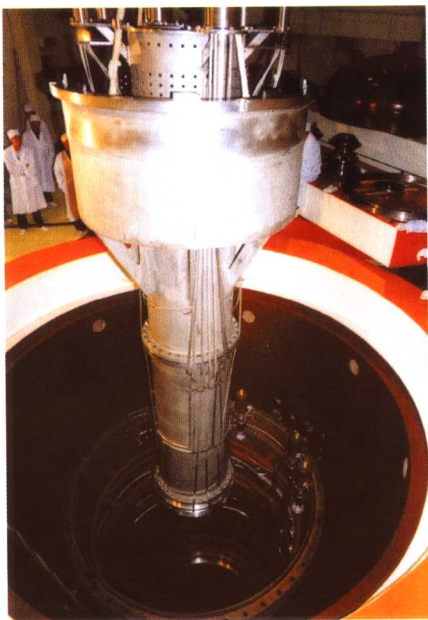


图 24 清华大学 5 兆瓦低温核
供热堆堆芯吊篮吊装



图 25 车载移动式钴-60 集装箱检测系统



图 26 钴-60 集装箱
CT 检测系统



图 27 安置在隧道中的
北京正负电子对
撞机储存环

图28 中国第一座高温气冷堆 HTR-10 控制室



图29 TRPO 流程微型离心萃取器台架热实验

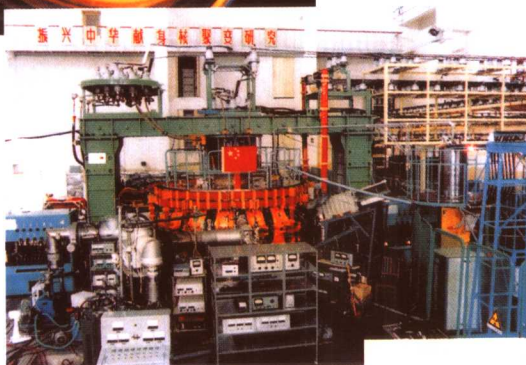


图30 中国环流器1号

图31 中国环流器2号A

