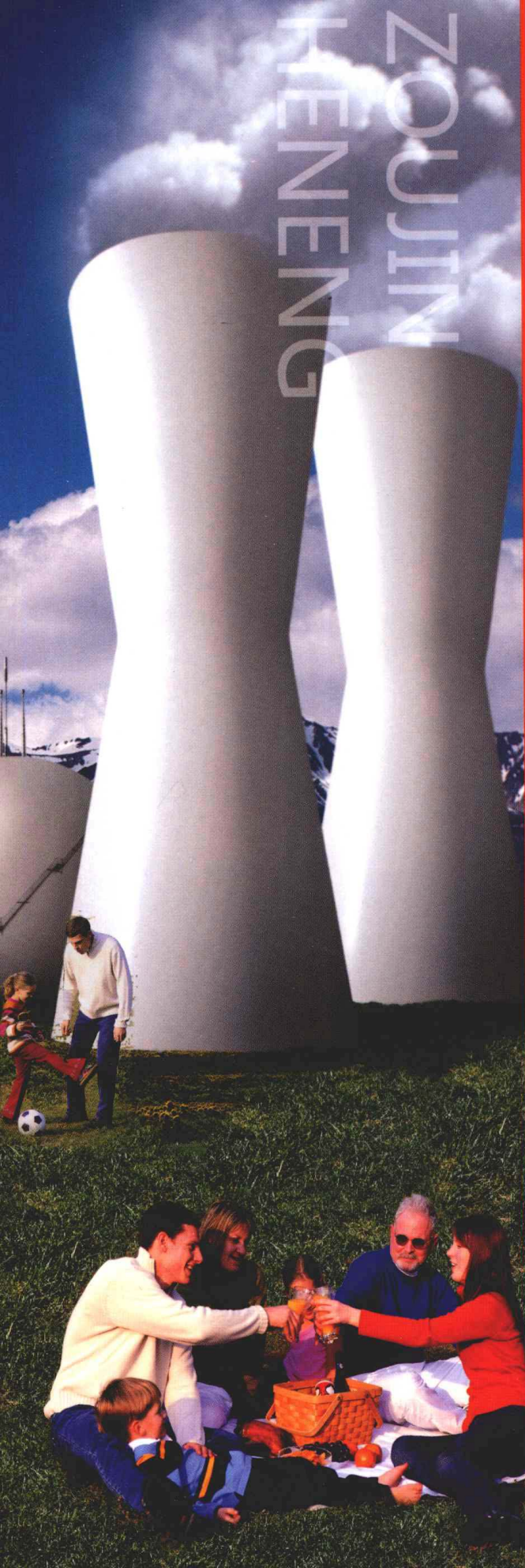




ZOUJIN
XINENG

走近 核能

新能源丛书

话说

HUASHUO
XINENGYUAN
CONGSHU

李代广 编



化学工业出版社

话说

HUASHUO
XINENGYUAN
CONGSHU

新能源丛书



走近 核能

李代广 编



化学工业出版社

· 北京 ·

本书是《话说新能源丛书》之一，面向广大喜欢科普图书的读者朋友。

《走近核能》从独特的视角切入，以通俗易懂的语言阐述了核能的基本知识，演绎了核能的发展史，用生动的表达方式描绘了核能的知识，力求使朋友们了解神秘的核能，走近核能。特别是希望能使广大青少年朋友有兴趣在书中了解原子核的微观世界、核反应堆、核辐射、核能的奥秘等内容。

本书图文并茂，特别适合喜欢科普图书的朋友和新能源行业人士阅读。

图书在版编目(CIP)数据

走近核能/李代广编. —北京：化学工业出版社，
2009.6

(话说新能源丛书)

ISBN 978-7-122-05058-8

I. 走… II. 李… III. 核能—普及读物 IV. TL-49

中国版本图书馆CIP数据核字(2009)第036822号

责任编辑：戴燕红 郑宇印

装帧设计：王晓宇

责任校对：周梦华

出版发行：化学工业出版社（北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011）

印 装：大厂聚鑫印刷有限责任公司

720mm×1000mm 1/16 印张7³/₄ 字数97千字 2009年6月北京第1版第1次印刷

购书咨询：010-64518888（传真：010-64519686） 售后服务：010-64518899

网 址：<http://www.cip.com.cn>

凡购买本书，如有缺损质量问题，本社销售中心负责调换。

定 价：25.00元

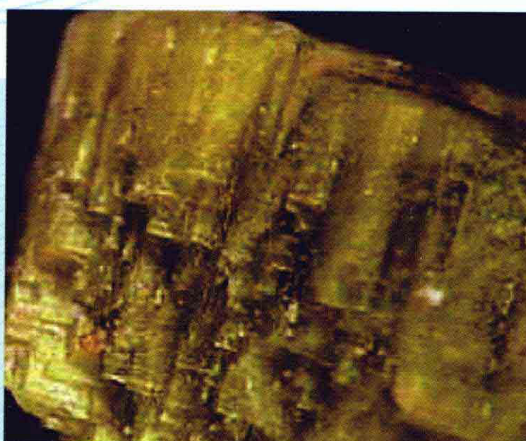
版权所有 违者必究



核动力航空母舰



大亚湾核电站



铀矿石



日本柏崎沸水堆发电厂



压水堆核电站内景

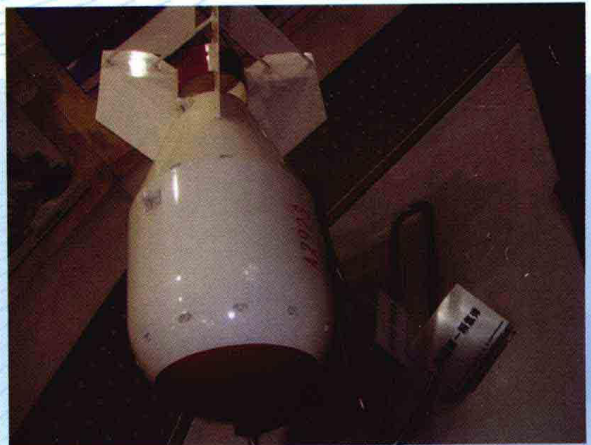




重水核电站



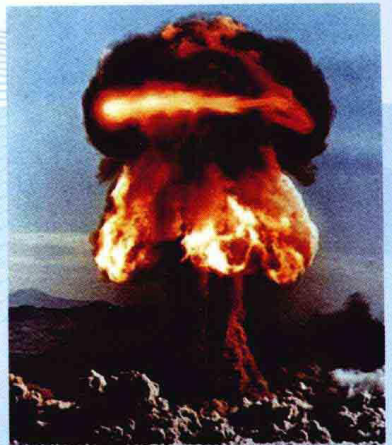
我国第一颗原子弹（模型）



我国第一颗氢弹（模型）



我国自行研制的核潜艇



中子弹爆炸

前言

FOREWORDS

核能是 20 世纪出现的一种新能源。在第二次世界大战中的一个普通日子——1942 年 12 月 2 日，世界上第一个核反应堆运行成功，从此，这个日子成为人类跨入原子时代的标志性时刻，从这时起，人类开始掌握了一种全新的能源——核能。

核能是通过原子核反应而释放出的巨大能量，它是一种清洁能源。利用核能既不产生烟尘，也不产生二氧化碳等有害气体。因此从有效地减排“温室气体”、保护地球环境和缓解化石能源危机的角度讲，核能是未来能源中一个重要的角色。

对大多数朋友来说，核能是非常神秘的。本书从独特的视角切入，以通俗易懂的语言阐述了核能的基本知识，演绎了核能的发展史，用生动的表达方式描绘了核能的全部，力求使朋友们了解核能，走近核能；特别是希望让广大青少年朋友能有兴趣探索原子核的微观世界，探索核能的奥秘，使核能造福世界，这需要一代又一代有志于核能、核技术研究的人们不懈地努力。这也是本书宣传核能的意义所在。

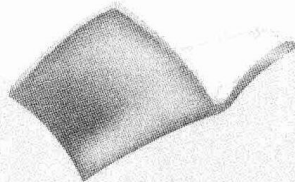
在本书的编写过程中，参考引用了一些文献资料，在此向文献作者致以诚挚的谢意！

由于编者水平有限，书中不足之处在所难免，恳请读者批评指正。

编者

2009 年 3 月

话说  新能源丛书
HUASHUO XINNENGYUAN CONGSHU



目录

CONTENTS

第一章 威力巨大的核能

什么是核能	2
核能的特点	4

第二章 核能发现的历史

原子观点的起源和发展	8
化学元素的分类	12
神秘的射线	14
镭的发现	16
“鳄鱼”卢瑟福	18
原子核的奥秘	21
核能横空出世	23
“小男孩”毁灭一座城市	27
潜力巨大的核能	29

第三章 魔力之源——核反应堆

核电厂的心脏——核反应堆	34
核反应堆的家族成员	35

核反应堆的用途与运行	40
反应堆固有的安全性	42
谁启动了 20 亿年前的核反应堆	44

第四章 核燃料与核燃料循环

引爆核能的核燃料	48
异常贵重的铀	49
核废料的处理利用	53

第五章 高能量的核电站

核电站并不神秘	58
压水堆核电站	60
沸水堆核电站	67
重水堆核电站	69

第六章 核安全与辐射防护

使用核能很安全	74
坚固的安全壳	75
核电站的安全措施	77
切尔诺贝利核事故	79
核电站的辐射问题	81
辐射防护原则及安全剂量限值	84

第七章 核能的未来发展

核电发展的三部曲	88
第四代先进核能系统	89
理想的能源方式——核聚变	90
快中子增殖反应堆	97
聚变裂变混合堆	98

第八章 我国核能发展状况

我国核能发展历程	104
我国的核电站	108
中国核能发展前景诱人	111

附录	112
----------	-----

参考文献	113
------------	-----

什么是核能

我们生活在一个异彩纷呈的世界，这个世界是物质的。在这个物质构成的世界中，存在许许多多的奥秘。随着人类在科学技术方面的不断进步，人类不断揭开这些奥秘，不断把这些科技成果转化为生产力，为人类的生产和生活服务，核能的发现和应用就是人类近代最重要的发现之一。在这以前的漫长岁月中，尽管人类对原子有过粗浅的认识，但是没有人能够认识到核能这种能量的存在，巨大的能量没有被发现，也没有被利用，核能一直在沉睡。直到近代，核能才被人类发现，进入到人类的生活，也在一定程度上改变了人类社会的命运。

曾经有一个圣杯的故事：一个牧人在希拉山洞发现了一只不知哪代神仙用过的酒杯。当善良的人使用它时，那里就流出琼浆玉液，盛出许多美味佳肴；一旦落到恶人手里，它就会对这恶人吐出乌黑的毒汁和蓝色的火焰。多少年来，科学技术在人们心目中就是这样一个圣杯，人们相信它只会造福于人类，不会贻害于人。核能的发现，给人们带来源源不断的清洁能源的同时，也为人类贡献了原子弹等核武器。但是，这并不是核能的过错，核能掌握在爱好和平人们的手中，实现核能的和平利用，为人类谋福利，人类的明天会更加美好。

我们知道，宇宙中所有的物质，包括动物、植物、岩石、水和我们的身体，都是由微小的颗粒——原子所组成。它们是那样的微小，甚至使用高倍数的光学显微镜也无法看见。每种物质都包含着数以亿计的原子。宇宙中所有的物体都是由原子组成的，这有点像英语是由 26 个字母组成的。

原子由原子核和原子核外的电子组成，原子核又由质子和中子两种最主要的“基本粒子”构成。如果拿原子和小孩玩的玻璃球比较，就好像拿玻璃球与月亮相比一样。原子很小，原子核则更小，如果把原子比作一个足球场那么大，原子核的大小则只相当于放在足球场正中央的一粒细沙。由于核内存在核力，带正电荷的质子不会受静电的影响而飞散，核力把核子凝聚成原子核。一般来说，在核力的作用下，大多数元素是稳定的，但在某些重原子核中，由于核力的控制能力弱，元素难以稳定，比如铀就是这样。铀核是自然界中最大的核家族，核内质子数多，自身不稳定，倾向于分裂。铀核在分裂过程中释放出巨大能量。

核能是原子核能的简称，人们习惯上又称之为原子能，其实，原子核能是原子核裂变产生的能量，并非是原子分裂产生的能量。在天然放射性现象被发现后，人们就意识到原子核内蕴藏着巨大能量，但一直没有找到开发利用的途径。20 世纪 30 年代末，科学家发现，用中子轰击铀原子核，一个入射中子能使一个铀核分裂成两块具有中等质量数的碎片，同时释放大量能量和两三个中子；这两三个中子又能引起其他铀核分裂，产生更多的中子，分裂更多的铀核。这样形成的自持链式反应可在瞬间把铀全部分裂，释放出巨大的能量。据测定，一个铀核在分裂的过程中释放的裂变能是一个碳原子释放的化学能的 5000 万倍。一个铀-235 核分裂变能为 2 亿电子伏特，也就是说，只有火柴盒大小的 1 千克铀释放出来的能量就相当于 2500 吨标准煤蕴藏的能量。

另一种是轻核的聚变，也就是两个轻原子核（如氢的同位素氘）聚合成为一个较重的核，从而释放出巨大的能量。理论和实践都已经证明，轻核聚变释放的能量远远大于重核聚变释放出的能量。1 千克氘相当于 1 万吨标准煤，一个碳原子燃烧生成一个二氧化碳分子释放出的化学能仅为 4.1 电子伏特。以相同质量的反应物的释

核能问世之后，首先被应用到了军事领域，如原子弹和核潜艇等。和平利用核能的主要途径就是利用核能发电。今天，核能已经走入我们的生活，人类已经在利用核能所发的电力了。在一些国家，核能成为主要的电力能源。在法国，核电甚至占到75%以上。

核能不仅是一种高效经济的能源，而且也是一种清洁、安全的能源。核电站在任何情况下都不会发生核爆炸。核燃料虽然被称为“燃料”，却并不能燃烧。它既不消耗氧气，又不产生二氧化碳等有害物质。虽然核电站反应堆内存在大量的放射性物质，但是现代核电站的设计采用多重保护、多道屏障、纵深设防的原则，可以有效地防止放射性事故的发生。

核能不仅可以用来发电，还可以用于供热，可以作为火箭、宇宙飞船、人造卫星等动力能源。由于核动力不需要空气助燃，它还可以作为地下、水中和太空缺乏空气环境下的特殊动力，将是人类开发海底资源的理想动力。

核能的特点

与任何事物一样，核能也有其特点。我们了解核能，有必要先了解核能的特点，我们首先来看核能的优点，核能的优点主要体现在四个方面。

第一，在目前所有的能源形式中，核能能量密集，功率最高。这一特点决定了它的运输量小，可以减缓交通运输压力。

第二，在能量储存方面，核能比太阳能、风能等其他新能源更容易储存。核燃料的储存占用空间有限，相反，烧重油或烧煤设备需庞大的储存罐或大面积的场地。

第三，核能比较清洁，不会产生二氧化碳。世界上大量有机燃

料燃烧后排出的二氧化硫、二氧化碳、氧化亚氮等气体不仅直接危害人体健康和农作物生长，还导致酸雨和大气层的“温室效应”，破坏生态平衡。比较起来，核电站就没有这些危害。我们面临的情况是，既要发展经济，又要保护环境，减少温室气体排放，发展核能几乎被认为兼顾发展经济和减少温室气体排放的唯一途径，从而有效地削减主要污染物排放量，改善当地的环境空气质量。

第四，核电比火电“经济”。电厂每度电的成本是由建造折旧费、燃料费和运行费这三部分组成，主要是建造折旧费和燃料费。核电厂由于特别重视安全和质量，建造费高于火电厂，一般要高出30%~50%，但燃料费则比火电厂低得多。据测算，火电厂的燃料费约占发电成本的40%~60%，而核电厂的燃料费则只占20%~30%。经验证明，核电厂的发电成本要比火电厂低15%~50%。在美、法等国，核电价格已经具备很强的竞争力。核电经济性还表现在发电成本非常稳定，对燃料价格波动不敏感，因此，核电能够平抑能源价格波动，保障能源供应安全。

核能存在优点的同时，也有一些不足，主要表现在。

第一，核电厂会产生高低阶放射性废料或者是使用过的核燃料，虽然所占空间不大，但因具有放射线，因此必须妥善处理。

第二，核电厂热效率较低，因而比一般化石燃料电厂向环境排放更多的废热，因此，核能电厂存在比较严重的热污染。

第三，核电厂投资成本太大，电力公司的财务风险较高。

最后，核电厂的反应器内有大量的放射性物质，如果发生事故，释放到外界环境，会危害周边生态环境及居民健康。

第二章

核能发现的历史



原子观点的起源和发展



墨翟

我们生活在一个物质世界里，不同的物质组成了这个世界。那么，物质又是由什么构成的呢？我们的祖先曾经对这个问题进行过深刻的思索。我国春秋时期墨家的代表人物墨翟曾提出过物质微粒说，他把构成物质的微粒称为“端”，“端”就是最小的不能再被分割的质点。

但是，战国时期道家学派的代表人物庄周却认为，物质是无限可分的。然而，这只是一种猜测，没有提出分割物质的具体方法。尽管如此，在那个年代，能够有这种思想，已经很难得了。

希腊哲学家留基伯首先提出了物质构成的原子学说，认为原子是最小的、不可分割的物质粒子。原子之间存在着虚空，无数原子自古以来就存在于虚空之中，既不能创生，也不能毁灭，它们在无限的虚空中不停地运动着，构成世间万物。古希腊伟大的唯物主义哲学家德谟克利特继承和发展了留基伯的原子论。他认为，万物的本原是原子和虚空。原子是不可再分的物质微粒，虚空是原子运动的场所。宇宙空间中除了原子和虚空之外什么都没有，原子一直存在于宇宙之中，它们不能被从无中创生，也不能被消灭，任何变化都是它们引起的结合和分离。实际上，古代的原子论并不是科学理论，它只不过是一种哲学上的推测而已。

后来，古罗马的原子论者卢克莱修（公元前 99 ~ 前 55 年）系统地阐明和发挥了古希腊后期原子论学说的代表人物伊壁鸠鲁（公

元前 341 年～前 270 年) 的学说, 他写的长诗《物性论》是古代原子论哲学的顶峰。

卢克莱修认为, 世界是由原子组成的, 是无限的, 始终处于不断的发展变化之中。虽然卢克莱修的原子学说仍然来自猜测, 但对后代物质来源的研究起了一定的指导作用。由此可见, 古代的原子论者的基本观点是: 一切物质都由最小粒子的原子组成, 原子是客观的、物质性的存在, 原子是不可分割的, 它是永恒地运动着的。那么, 原子是不是真的存在呢? 物质是不是真的由原子构成的呢? 一种原子能不能转化为另一种原子呢? 人类为了探索这些问题, 经过了很长的历史时期, 走过了极其漫长的道路。

虽然古人非常想揭开物质结构的奥秘, 但是限于当时的科技水平, 只能靠想象和思索探求, 尽管原子说是一种特别深刻的见解, 但是只是哲学上的猜想, 当时科学技术水平还没有达到相应的高度, 还没有条件用精密的实验来证实, 只能说是缺乏科学论证的一种猜测。

岁月悠悠, 在整个漫长的封建时代, 都没有人去证实德谟克利特的原子学说。一直到 18 世纪中叶, 罗蒙诺索夫才把原子观点复活起来。他的科学宇宙观的基础是微粒哲学。他认为微粒(分子)是由极小的粒子元素(原子)组成的。他创立了物质结构的原子-分子学说, 认为微粒(分子)由极小的粒子——(原子)所组成, 如果物质是由同一种粒子组成的, 它便是单质; 如果物质是由几种不同粒子组成的, 它们便是化合物, 物质的性质并不是偶然形成的, 它取决于组成物体微粒的性质。几十年过去了, 1808 年, 英国人道尔顿又对原子学说进一步加以总结。这个时代的原子论的基本内容是: a. 原子是组成物质的最小的微粒, 原子是不能再分的最小的微粒; b. 同种的原子在重量、大小以及其他性质上都相同; c. 一切原子时刻都处在不停地运动的状态。

18 ~ 19 世纪, 是原子学说的创立和发展阶段, 人们用原子学说解释了许多物理、化学现象。但是到了 19 世纪后期, 随着科学