

探索新能源

北京未来新世纪教育科学发展中心
编

探索未知

新疆青少年出版社
喀什维吾尔文出版社

探索未知

探索新能源

北京未来新世纪教育科学发展中心 编

新疆青少年出版社
喀什维吾尔文出版社

图书在版编目(CIP)数据

探索未知/王卫国主编. —乌鲁木齐:新疆青少年出版社;喀什:喀什维吾尔文出版社, 2006. 8

ISBN 7-5373-1464-0

I. 探... II. 王... III. 自然科学—青少年读物 IV. N49

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 097778 号

探索未知

探索新能源

北京未来新世纪教育科学发展中心 编

新疆青少年出版社 出版
喀什维吾尔文出版社

(乌鲁木齐市胜利路 100 号 邮编:830001)

北京市朝教印刷厂印刷

开本:787mm×1092mm 32 开

印张:300 字数:3600 千

2006 年 8 月第 1 版 2006 年 8 月第 1 次印刷

印数:1-3000

ISBN 7-5373-1464-0 总定价:840.00 元(共 100 册)

如有印装质量问题请直接同承印厂调换

前 言

在半年之前，本编辑部曾推出过一套科普丛书，叫做《科学目击者》，读者反应良好。然而，区区一部丛书怎能将各种科学新知囊括其中？所未涉及者仍多。编辑部的同仁们也有余兴未尽之意，于是就有了这套《探索未知》丛书。

《科学目击者》和《探索未知》可以说是姊妹关系，也可以说是父子关系。说它们是姊妹，是因为它们在方向设定、内容选择上不分彼此，同是孕育于科学，同为中国基础科普而诞生。说它们是父子，则是从它们的出版过程考虑的。《科学目击者》的出版为我们编辑本套丛书提供了丰富的经验，让我们能够更好的把握读者们的需求与兴趣，得以将一套更为优秀的丛书呈献给读者。从这个层面上讲，《科学目击者》的出版成就了《探索未知》的诞生。

如果说《科学目击者》只是我们的第一个试验品，那么《探索未知》就是第一个正式成品了。它文字精彩，选

题科学,内容上囊括了数学、物理、化学、地理以及生物五个部分的科学知识,涵盖面广,深度适中。对于对科学新知有着浓厚兴趣的读者来说,在这里将找到最为满意的答复。

有了《科学目击者》的成功经验,让我们得以取其优、去其短,一直朝着尽善尽美的目标而努力。但如此繁杂的知识门类,让我们实感知识面的狭窄,实非少数几人所能完成。我们在编稿之时,尽可能地多汲取众多专家学者的意见。然而,百密尚有一疏,纰漏难免,如果给读者您的阅读带来不便,敬请批评指正。

编 者

目 录

核 能.....	1
核能概况.....	1
核裂变燃料和裂变能的释放.....	2
原子弹.....	4
核聚变燃料和聚变能的释放.....	6
氢弹和中子弹.....	8
核裂变反应堆.....	9
核动力和核能发电	11
我国的核能发电	14
核能供热和核动力的应用	16
核辐射和同位素的利用	17
核电科技工程的展望	20

氢 能	24
氢能的制取	26
氢的存储与运输	36
氢的应用及展望	39
海洋能	42
海洋能简介	42
海洋能类型	46
我国的海洋能资源	56
世界海洋能发展现状	64
海洋能发展预测	67
地热能	71
地热能简介	71
地球的内部构造	74
地热能的来源	77
地热流体的性质	82
我国地热能发展现状	85
我国地热能发展预测	88



核 能

核能概况

原子核由统称为核子的质子和中子所组成。质子带一个正电荷,中子不带电荷。原子核内的质子数就是原子核的电荷数,也叫原子序数(Z),原子核的核子数就是该核的质量数(A)。 Z 相同而 A 不相同的各种核称为同位素核。原子核内的中子数目与质子数目满足一定比值时,这类原子核是稳定核。质子过多或中子过多的核都是不稳定核或放射性核,它们会自发地以发射不同射线的方式释放出能量而转变为稳定核,此现象称为核衰变。

用中子、质子、氘核(含一个质子和一个中子)或其他更重的核轰击一种原子核,均可能发生核反应而产生另



探索未知

一种原子核,同时常会释放出巨大能量。核衰变与核反应过程中放出的能量统称为核能。

一个质量数较大的重原子核(如铀、钚核等)分裂成两个较轻的原子核(称裂变碎片或裂变产物核)称为裂变反应,此时释放的核能称为裂变能。两个质量数很小的核(如 H-2 与 H-3 核或称氘核与氚核)聚合为一个较重的核(如氦核)称为聚变,此时释放的核能称为聚变能。1000 克铀原子核全部裂变,可释放出 8.19×10^{13} 焦耳的裂变能,相当于 2.7×10^6 千克标准煤的燃烧热,1000 克轻原子核的聚变能更是此值的 3 倍。

核裂变燃料和裂变能的释放

裂变燃料是能发生裂变反应并释放出巨大核能的物质,主要指易被低能中子作用而裂变的核素铀-235、钚-239和铀-233,后二者是分别由天然的铀-238 和钍-232 在核反应堆中用中子照射并经两次 β 衰变而生成的。天然铀广泛分布在岩石和海水中,但含量很低,铀矿石中含铀则可达 1%~4%,但铀矿不多。天然铀含有



三个同位素,铀-238 占 99.28%,铀-235 占 0.714%,铀-234 占 0.00548%,其中铀-235 在低能中子作用下主要发生裂变反应,同时放出 2~3 个中子——裂变中子,和 γ 射线,而产生铀-236 俘获反应的比例不到 15%。入射中子的能量越低,引发铀-235 核裂变的机率越大,即铀-235 的裂变截面越大。铀-238 在低能中子作用下只发生俘获反应而生成铀-239,只有快中子才能使它发生裂变。

一个铀-235 原子核发生裂变时平均放出 2.5 个中子(钚-239 可达 3 个中子),一部分中子飞出核燃料,一部分消耗于该核燃料中的(包括杂质的)各种俘获反应,还有一部分可引发另外的铀-235 核裂变,如果最后的这一部分达到一个中子,则此核燃料中就可持续进行链式裂变反应,不断地释放出核能,此时称倍增系数(K)等于 1。当 $K < 1$ 时裂变反应次数将逐渐减少而最终停止,当 K 大于 1 时裂变反应次数将增加,单位时间内释放的能量也越来越多。显然,为了使一个核燃料系统中的 K 值能够达到 1 或大于 1,核燃料必须有很高的纯度和一定的质量。在一定条件下能够实现自持的链式裂变反应所需的核裂变燃料

的最小质量称为临界质量。利用链式裂变反应原理释放裂变能的核裂变反应堆和原子弹,其中的裂变燃料的总装量均大于(或能改变条件使大于)临界质量。

在核裂变反应堆中要求平稳地、持续地释放能量,因而必须用吸收中子能力很强的物质做成的控制棒来控制核裂变燃料系统中的链式裂变反应过程,使该系统的 $K=1$ 。在原子弹中,平时要确保核裂变燃料处于次临界状态(即 $K \leq 1$),不释放能量,而在需要爆炸时设法使裂变燃料迅速变为深超临界状态,并适时提供中子进行“点火”,通过快速增殖的链式裂变反应(过程约 1 微秒,增殖几十代),达到瞬间释放巨大的能量。

原子弹

原子弹又称裂变弹,是利用高浓铀-235(丰度大于 90%)或钚等易裂变重核的裂变反应在瞬间释放出巨大核能产生爆炸作用并有大规模杀伤破坏效应的武器,它是核武器中最基本的一个品种。有两种方法将平时处于次临界状态的裂变燃料在瞬间达到超临界状态。枪法,



是将两块分散放置且均低于临界质量的裂变燃料,在化学炸药爆炸的高压力推动下迅速拼合为一体而达超临界状态。美国于1945年8月6日投到广岛的原子弹(代号“小男孩”)就是一颗总量约50千克浓缩铀-235(丰度高于90%)的枪法铀弹。该弹重4.1吨(1吨=10³千克,下同),爆炸威力不足2万吨TNT当量。枪法中核裂变燃料的利用效率(燃耗)很低(约2%),故此法不常用,而多用内爆法。内爆法是用球壳形的化学炸药爆炸产生的内聚冲击波和高压,将球壳内原处于松散的、次临界状态的裂变燃料迅速压缩,急剧提升其密度,使之达到超临界状态。此法所需核裂变燃料少,且燃耗较高。美国1945年8月9日投到长崎的原子弹(代号“胖子”)就是这种类型的钚弹,重4.5吨,威力约2万吨TNT当量,即在爆炸时裂变了约1000克钚。

浓缩铀-235是从铀-238占绝大部分的天然铀中分离出来的,由于它们的性质极为相似,所以无论是电磁法,气体扩散法,离心法,激光法,或是化学交换法,分离过程都是极为复杂的,是核工业发展中经久不衰的研究课题。钚在核反应堆中由铀-238生成后,要经过核化



探索未知

工厂的“后处理”从“乏燃料”中提取出来，这种强放射性物料的化工提取过程也是高技术密集型的生产工艺。

核聚变燃料和聚变能的释放

聚变燃料有氘、氚、锂-6 和氘化锂-6 等。氘是氢的稳定同位素，天然水中氘的丰度为 0.015%，就全球而言，其存量极其巨大，可谓取之不尽，用之不竭。为了使之与占 99.985% 的氢分离，可用电解、蒸馏或化学交换等方法制取。氚是氢的放射性同位素，半衰期为 12.33 年，系用金属锂-6 或其合金在核反应堆中经中子反应而生成。天然锂中锂-7 的丰度为 92.5%，锂-6 只占 7.5%，通常经过汞齐法将锂-6 浓缩到 90% 以上。

由于原子核均带正电，当它们靠近时相互间存在很强的库伦斥力，即使是单电荷的氢或其同位素的核，在通常条件下也很难发生聚合，只有当原子核具备了足够的动能，才能克服库伦斥力彼此靠近，从而增加发生聚变反应的机率。在加速器或中子管中加速轻核再使之轰击其他轻核的靶子可以实现聚变反应，但加速轻核所投入的



能量远高于靶上聚变反应所释放的能量,核反应的规模也很小。大量释放核聚变能的可行方法是将聚变材料“加热”到很高的温度,使其原子核获得足够的动能。氘核和氚核在几百万 K 即能发生明显的聚变反应,即氘—氘聚变和氘—氚聚变反应,温度更高,则更有利于聚变反应的进行。最能引起兴趣的是氘—氚聚变产生氦-4 和中子的反应,速率快,释放的能量高。每次聚变放出的 17.6MeV 能量中有 14.1MeV 的能量为中子所带走,即生成的是高能中子。

但是,人工造成几百万 K 以上的高温是非常困难的。利用原子弹爆炸提供的条件,已实现了大规模的氢同位素的聚变反应,从而发明了氢弹。通过人工控制的持续的聚变反应建成聚变反应堆,实现聚变能的和平利用,是一种美好的理想。这种反应堆所用的燃料储量极为丰富,放射性废物少,安全性好。不过要实现这个理想,尚有很长的研究路程。



氢弹和中子弹

氢弹又称热核弹或热核武器，它是利用原子弹爆炸的能量作为“扳机”，将聚变燃料加热至几千万摄氏度以上，使之发生自持的聚变反应，在瞬间释放出巨大的能量。其威力在几十万至几千万吨 TNT 当量。

最初美国曾于 1952 年 11 月 1 日用液态的氘做燃料，做成一个重 65 吨的热核装置，虽然爆炸威力超过 1000 万吨 TNT 当量，但不实用。1953 年 8 月 1 日前苏联试验了用氘化锂-6 作热核装料的氢弹，重量小得多。氘化锂是固态化合物，化学性质相当稳定。尤其巧妙的是它的反应过程，首先将原来裂变反应堆中进行的锂-6 吸收中子造氦反应，直接“挪”到弹中进行，由扳机来的中子造出的氦立即与其近旁的氘进行核聚变反应；氘氘聚变产生的中子，或者很快与锂-6 反应造出氦来，或者引发外壳的铀-238 裂变既释放能量又产生近三个中子反回一部分来造氦；如此反复而一代一代的循环，使氘与锂-6 同步消耗而能达到很高的燃耗。每燃烧 1000 克氘



化锂-6 可释放 4~5 万吨 TNT 当量,由于氘化锂-6 没有临界质量的限制,可在弹中“无限制”地装入,从而使氢弹的威力大为提高。

反映氢弹水平的重要指标之一是比威力(威力与其重量之比)。

中子弹是以氘和氚为燃料、威力为千吨级 TNT 当量的小型氢弹,以中子剂量为主要杀伤因素,又称增强辐射弹。

我国已建立起一支精干、有效的核自卫力量。我国发展少量核武器,是在特定历史条件下被迫而为的,完全是为了防御,为了维护国家的独立、主权和领土完整,也是为了打破核大国的核垄断和核讹诈,防止核战争,最终消灭核武器。我国政府并一再宣布,承担不首先使用核武器的义务。1996 年 7 月 30 日又宣布暂停核试验,这是为了推动核裁军而采取的一项实际行动。

核裂变反应堆

核裂变反应堆,也称原子反应堆或核反应堆,是能使



核裂变的链式反应在人工控制下持续进行的装置。反应堆的核心部分是堆芯,堆芯由燃料组件和控制棒组件组成。燃料组件由若干根燃料元件按一定方式排列而成。根据反应堆的设计要求,燃料元件中的核裂变燃料可以是不同丰度的低浓铀或其化合物。元件的外表是用锆合金或其他耐热耐蚀的材料制成的密封外壳。控制棒由驱动机构进行升降,以控制链式反应的速率,达到开堆、停堆和调节反应堆功率的目的。反应堆中通常以水、重水、或石墨作为中子慢化剂,以水、重水或氦气为载热剂,分别组成所谓沸水堆,压水堆、重水堆、高温气冷堆等各种类型的反应堆。

核反应堆按用途或功能可以分为:以提供中子和 γ 射线进行科学研究为主要目的的研究堆;以制备钷、氚为主要目的的生产堆;以供热为主要目的的供热堆;以提供高压蒸汽或高温氦气为主要目的动力堆。有的堆可以兼有一种以上的用途。

由于反应堆的元件用的是低丰度的铀,又是分散布置且不可能像原子弹的装料那样能聚拢压紧,堆芯还有吸引中子能力很强的控制棒,所以反应堆不可能发生核