

新能源丛书



一枝独秀的

核能



YI ZHI DU XIU DE
HE NENG

楼仁兴 李方正 / 编著

吉林出版集团有限责任公司



XIN NENG YUAN
新能源丛书
CONG SHU

一枝独秀的 核能

楼仁兴 李方正 编著

图书在版编目 (CIP) 数据

一枝独秀的核能 / 楼仁兴, 李方正编著. -- 长春 :
吉林出版集团有限责任公司, 2013.6

(新能源)

ISBN 978-7-5534-1961-9

I. ①—… II. ①楼… ②李… III. ①核能—普及读
物 IV. ①TL-49

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第123449号

一枝独秀的核能

编 著 楼仁兴 李方正
策 划 刘 野
责任编辑 祖 航 李 娇
封面设计 孙浩瀚
开 本 710mm×1000mm 1/16
字 数 105千字
印 张 8
版 次 2013年8月 第1版
印 次 2013年8月 第2次印刷

出 版 吉林出版集团有限责任公司
发 行 吉林出版集团有限责任公司
地 址 长春市人民大街4646号
邮编: 130021
电 话 总编办: 0431-88029858
发行科: 0431-88029836
邮 箱 SXWH00110@163.com
印 刷 北京海德伟业印务有限公司

书 号 ISBN 978-7-5534-1961-9

定 价 23.80元

版权所有 翻印必究

前 言

能源是国民经济和社会发展的重要物质基础，对经济持续快速健康发展和人民生活的改善起着十分重要的促进与保障作用。随着人类生产生活大量消耗能源，人类的生存面临着严峻的挑战：全球人口数量的增加和人类生活质量的不断提高；能源需求的大幅增加与化石能源的日益减少；能源的开发应用与生态环境的保护等。现今在化石能源出现危机、逐渐枯竭的时候，人们便把目光聚集到那些分散的、可再生的新能源上，此外还包括一些非常规能源和常规化石能源的深度开发。这套《新能源丛书》是在李方正教授主编的《新能源》的基础上，通过收集、总结国内外新能源开发的新技术及常规化石能源的深度开发技术等资料编著而成。

本套书以翔实材料，全面展示了新能源的种类和特点。本套书共分为十一册，分别介绍了永世长存的太阳能、青春焕发的风能、多彩风姿的海洋能、无处不有的生物质能、热情奔放的地热能、一枝独秀的核能、不可或缺的电能和能源家族中的新秀——氢和锂能。同时，也介绍了传统的化石能源的新近概况，特别是埋藏量巨大的煤炭的地位和用煤的新技术，以及多功能的石油、天然气和油页岩的新用途和开发问题。全书通俗易懂，文字活泼，是一本普及性大众科普读物。

《新能源丛书》的出版，对普及新能源及可再生能源知识，构建资源

节约型的和谐社会具有一定的指导意义。《新能源丛书》适合于政府部门能源领域的管理人员、技术人员以及普通读者阅读参考。

在本书的编写过程中，编者所在学院的领导给予了大力支持和帮助，吉林大学的聂辉、陶高强、张勇、李赫等人也为本书的编写工作付出了很多努力，在此致以衷心的感谢。

鉴于编者水平有限，成书时间仓促，书中错误和不妥之处在所难免，热切希望广大读者批评、指正，以便进一步修改和完善。

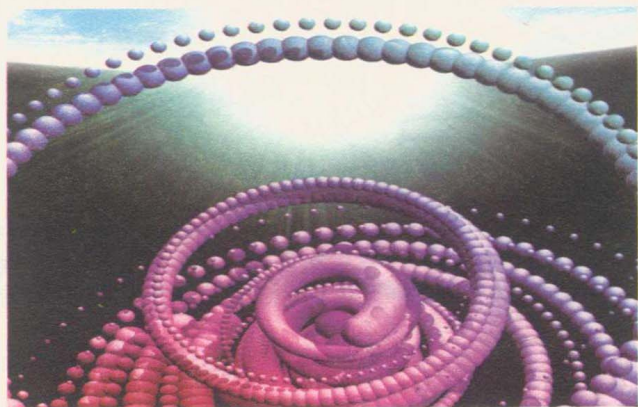
目录

CONTENTS

一枝独秀的核能



01. 打开原子核 / 1
02. 原子核的组成 / 3
03. 原子核的大小与质量 / 5
04. 核能、核电、核电站 / 7
05. 中国核科学家的贡献 (一) / 9
06. 中国核科学家的贡献 (二) / 11
07. 中国核能的开发 / 13
08. 中国的核工业 / 15
09. 初识核反应 / 17
10. 科学史上的一项重大发现 / 19
11. 打开大门, 开辟通途 / 21
12. 如何获得原子能 / 23
13. 核反应堆 / 25
14. 核燃料元件 / 27
15. 如何控制反应速度 / 29



一枝独秀的核能

- 16. 反应堆的工作原理 / 31
- 17. 天然核反应堆之谜 / 33
- 18. 解开天然核反应堆之谜 / 35
- 19. 原子能实验的故事 / 37
- 20. 原子弹 / 39
- 21. 第一颗原子弹试爆 / 41
- 22. 曼哈顿工程 / 43
- 23. 中国第一颗原子弹爆炸成功 / 45
- 24. 核燃料铀的发现史 / 47
- 25. 核燃料铀的冷落史 / 49
- 26. 寻找铀矿石 / 51
- 27. 开采铀矿 / 53
- 28. 铀提取 / 55
- 29. 海水含铀丰富 / 57
- 30. 海水提取铀技术 / 59



一枝独秀
的核能

- 31. 天然铀的浓缩 (一) / 61
- 32. 天然铀的浓缩 (二) / 63
- 33. 钚-239的生产 (一) / 65
- 34. 钚-239的生产 (二) / 67
- 35. 什么是裂变反应 / 69
- 36. 原子反应堆的结构 (一) / 71
- 37. 原子反应堆的结构 (二) / 73
- 38. 核反应堆的类型 / 75
- 39. 压水型反应堆 (一) / 77
- 40. 压水型反应堆 (二) / 79
- 41. 核供热反应堆 / 81
- 42. 高温核供热反应堆 / 83
- 43. 中温核供热反应堆 / 85
- 44. 低温核供热反应堆 / 87
- 45. 核电站 / 89



一枝独秀的核能

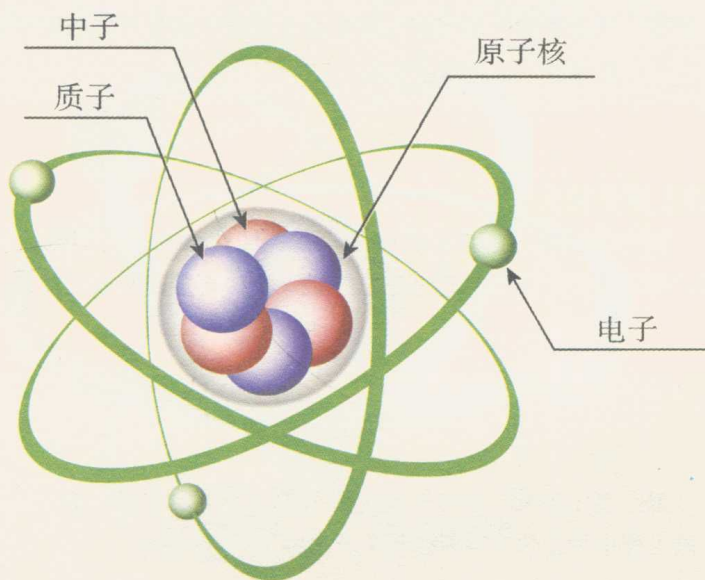
- 46. 核电站的组成 / 91
- 47. 核电站的类型 / 93
- 48. 核电站发展迅速 / 95
- 49. 核电站发展三阶段 / 97
- 50. 秦山核电站巡礼（一） / 99
- 51. 秦山核电站巡礼（二） / 101
- 52. 有效的替代能源 / 103
- 53. 核能的优点 / 105
- 54. 核电站安全屏障（一） / 107
- 55. 核电站安全屏障（二） / 109
- 56. 核电站不会发生核爆炸 / 111
- 57. 核燃料的后处理 / 113
- 58. 强放射性废物的处理 / 115
- 59. 用过的核燃料的再利用（一） / 117
- 60. 用过的核燃料的再利用（二） / 119

01

打开原子核

学过化学的人都知道，自然界所有的物质都是由数不清的分子构成的。例如，一滴水里就包含 1.5×10^{21} 个水分子。那么，这个水分子有多大呢？如果将水分子与乒乓球相比，就好像将乒乓球与地球相比一样，相差十分悬殊。

分子又由原子构成。例如，水分子（ H_2O ）就是由两个氢原子和一个氧原子构成的。原子比分子更小，通常用一种极小的单位——埃来



原子结构示意图



衡量。一般原子的直径在1埃（1埃为 1×10^{-10} 米）到4埃之间，几千万个原子排成队也不过1厘米长。

那么，原子是不是“物质的始原”，不能再分了呢？不是。19世纪末到20世纪初，一系列的科学实验进一步揭开了原子内部的秘密。1896年，法国物理学家贝克勒尔在研究荧光物质时，无意中发现一种含铀的矿物会自发地放出一种看不见的且穿透能力很强的射线。后来经过居里夫人等人的研究，才知道像铀这一类的原子在放出几种看不见的射线以后，会变成另一种元素的原子。

以上实验说明，元素原子的内部一定还有复杂的结构，即使旧的结构破坏了，新的结构也会形成，于是就生成了新的原子。

(1) 分子

分子是在游离状态下单质或化合物能够独立存在的最小质点，而原子是参加化学反应的最小质点。分子是由原子组成的，单质分子由相同元素的原子组成，化合物分子由不同元素的原子组成。化学变化的实质就是不同物质的分子中各种原子进行重新结合。

(2) 荧光物质

荧光物质是一类具有特殊光学性能的化合物，它们能吸收特定频率的光，并发射出低频率（较长波长）的荧光，释放所吸收的能量。

(3) 射线

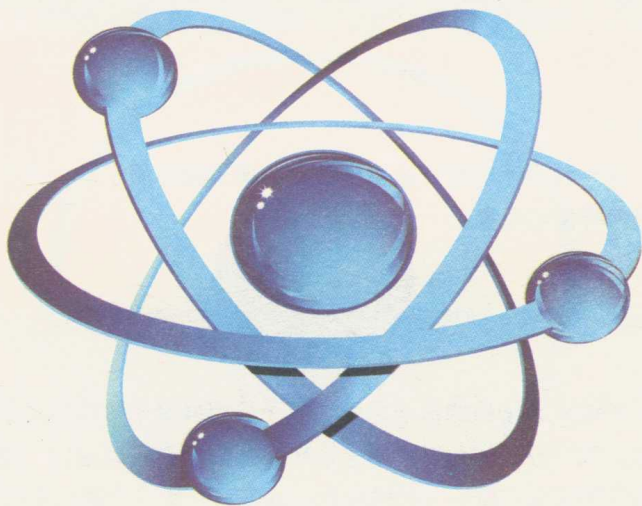
射线是由各种放射性核素发射出的具有特定能量的粒子或光子束流。反应堆工程中常见的有 γ 射线和中子射线。

02 | 原子核的组成

人们通过对阴极射线的研究，发现了一种比原子更小的带负电荷的粒子——电子。不论用哪一种金属作实验材料，都能发射电子。这说明，电子确实是任何一种元素原子的组成成分。

人们用高速粒子轰击金属薄片，发现原子原来并不是一个质量均匀的小球，而是中心有一个密实的核，原子的绝大部分质量都集中在这个核里，这个核叫作原子核。

原子核同整个原子相比就更小了，其直径不到原子直径的万分之



原子由质子和中子组成



一。如果把原子核想象成一个西瓜，那么整个原子则是一个体育馆那样大的庞然大物。

如此说来，一个原子可以分为两部分：中心部分是一个密实的原子核，带正电荷；原子核的周围是带负电荷的电子，绕核旋转。这种“电子泡沫”几乎占据了原子的全部体积，但质量却只占整个原子质量的几万分之一或几十万分之一。

1932年，人们进一步发现，小得微不足道的原子核里还有更小的粒子——带正电荷的质子和不带电荷的中子。正是由于这个原因，原子核里的质子数与原子核外的电子数相等，正负电量相消，所以原子对外不表现出电性。

(1) 阴极射线

阴极射线是从低压气体放电管阴极发出的电子在电场加速下形成的电子流。阴极可以是冷的，也可以是热的，电子通过外加电场的场致发射、残存气体中正离子的轰击或热电子发射过程从阴极射出。

(2) 质子

质子是一种带正电荷的亚原子粒子，原子核中质子数目决定其化学性质和它属于何种化学元素。

(3) 中子

中子是组成原子核的核子之一。中子是组成原子核构成化学元素不可缺少的成分，虽然原子的化学性质是由核内的质子数目确定的，但是如果如果没有中子，由于带正电荷质子间的排斥力，就不可能构成除氢之外的其他元素。

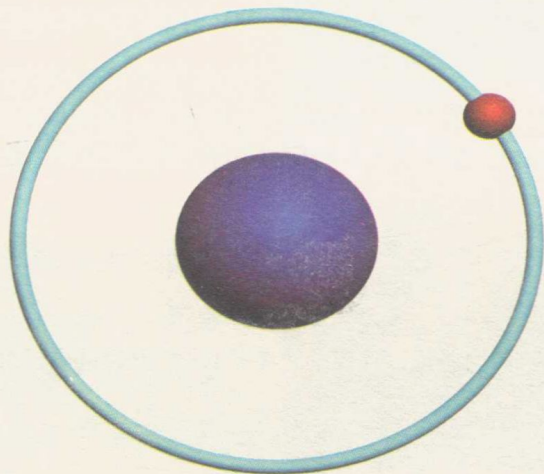


03 | 原子核的大小与质量

原子核的直径为 $1 \times 10^{-13} \sim 1 \times 10^{-12}$ 厘米，这个数值可以说是微不足道了。自然界中最轻的原子核只由一个质子组成，是氢的原子核；最重的原子核由94个质子和150个中子组成，即铀-244的原子核。人工合成的原子核的质子数现已达到116个。下面介绍几个具体的原子和原子核结构的例子。

氢（H）原子：由1个质子（即氢原子核）和一个绕它高速旋转的电子组成。

氦（He）原子：由2个质子、2个中子（组成氦原子核）和绕氦原



氢原子



子核高速旋转的2个电子组成。

氧(O)原子：由8个质子、8个中子(组成氧原子核)和绕氧原子核高速旋转的8个电子组成。

铀(U)原子：如铀-235，由92个质子、143个中子(组成铀原子核)和绕铀原子核高速旋转的92个电子组成。

原子核的质量不等于组成原子核的核子质量之和。组成原子核的质子和中子的质量之和与核原子的质量之差称为该核的质量亏损。核子结合成原子核时，这种质量上的减少，按照质能关系能释放出巨大的能量，这种能量称为原子核的结合能。简单的氦核结合能，大约等于2.225兆电子伏。可见原子核中蕴藏着巨大的能量，是一个能源宝库。

(1) 电子

电子是构成原子的基本粒子之一，质量极小，带负电，在原子中围绕原子核旋转。不同的原子拥有的电子数目不同，例如，每一个碳原子中含有6个电子，每一个氧原子中含有8个电子。能量高的离核较远，能量低的离核较近。通常把电子在离核远近不同的区域内运动称为电子的分层排布。

(2) 核子

核子是质子、反质子、中子和反中子的总称，是组成原子核的粒子。它由夸克和胶子组成，属于重子。利用核子可以制造核武器，威力巨大。

(3) 电子伏

电子伏是能量的单位，代表一个电子经过1伏特的电场加速后所获得的动能，缩写为 eV。



04 核能、核电、核电站

核能，又称为原子核能或原子能，是核燃料（铀、钍、钷等）经过反应所释放出来的能量。自然界所有物质都由分子组成，而分子又由原子构成。原子就像一个微型的太阳系，中心的“太阳”是原子核，带正电荷。电子围绕原子核转动，其转动速度十分惊人，每秒钟可绕核转100万亿圈。原子核里还有更微小的东西，即带正电的质子和不带电的中子。

原子核的结构状态发生变化（自身衰变或参与核反应所致）而释放出来的能量，就是核能。而原子核外面的电子所释放出来的能量，则是化学能。



建设中的核电站



核电，就是把原子核裂变反应中释放出来的巨大热能从回路系统带出，产生蒸汽，驱动汽轮发电机运转发电。利用核能发电的电站，称为核电站。

目前已建成运转的核电站，其基本工作原理是：核燃料（如铀-235）在反应堆内进行核裂变的链式反应，产生大量热量，由载热剂（水或气体）带出，在蒸汽发生器中把热量传给水，将水加热成蒸汽来驱动汽轮发电机发电。载热剂把热量传给水后，再用泵把它送回反应堆吸热，循环应用，不断地把反应堆中释放的原子核能引导出来。核电站中的反应堆和蒸汽发生器相当于火电站中的锅炉，所以有人把它称为“原子锅炉”。核电站的其他设备与火电站相同。

（1）核燃料

核燃料是在核反应堆中通过核裂变或核聚变产生实用核能的材料。重核的裂变和轻核的聚变是获得实用铀棒核能的两种主要方式。铀-235、铀-238和钚-239是能发生核裂变的核燃料，又称裂变核燃料。

（2）核裂变

核裂变是指由重的原子（主要是指铀或钚）分裂成较轻的原子的一种核反应形式。原子弹以及裂变核电站、核能发电厂的能量来源都是核裂变。

（3）链式反应

链式反应是核反应产物之一，又是引起同类核反应继续发生并逐代延续进行下去的过程。原子弹爆炸就是链式反应的过程，一个中子撞击铀核生成新的原子核，同时又放出多个中子继续撞击其他铀核，这样反应就越来越激烈，直到反应物耗尽。