



13-49

能源宝库的明珠

核能发电浅谈

里天 高至 编著

原子能出版社

能源宝库的明珠

核能发电浅谈

里天 高至 编著

原子能出版社出版

(北京2108信箱)

北京通县曙光印刷厂印刷

*

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

☆

开本 $787 \times 1092 \frac{1}{32}$ ·印张 $3 \frac{7}{8}$ ·字数83千字

1981年6月第一版·1981年6月第一次印刷

印数001—2,700 统一书号: 15175·325

定价: 0.42元

内 容 简 介

本书从与人类生活密切相关的能源和发电谈起，通俗而贴切地向读者介绍了原子能知识；着重讲解了微小的原子怎样成为能量的“巨人”，怎样释放和利用原子能，核电站有什么独特的优越性，放射性元素如何多才多艺和大显身手，以及原子能应用的诱人前景。本书还就人们普遍关心的核电站的安全性和放射性污染问题，作了比较全面的、客观的分析。

目 录

序.....	(1)
划时代的火种.....	(2)
实现四个现代化的原动力.....	(5)
能量世界的明星.....	(9)
能源宝库的明珠.....	(15)
微小的原子怎样成为能量“巨人”？	(22)
唤醒“原子巨人”	(29)
中子的“传宗接代”	(38)
让中子放慢脚步.....	(43)
特殊的锅炉.....	(47)
奇异的“燃烧”	(49)
“吞食”中子的棒.....	(54)
热量的“载运者”	(56)
各有千秋的几种反应堆.....	(58)
愈烧愈多.....	(70)
燃烧石头和燃烧海水.....	(72)
从一吨铀矿石里生产一公斤天然铀.....	(74)
捕捉铀-235的天罗地网.....	(77)
异常精制的燃料元件.....	(81)
从“烧”过的燃料中提取燃料.....	(86)
反应堆会象原子弹那样爆炸吗？	(88)
层层设防.....	(93)

事故记录.....	(96)
怎样理解安全性?	(99)
不比其他能源危险.....	(102)
射线并不可怕.....	(104)
相当每周吸一口烟的剂量.....	(107)
禁闭放射性废物.....	(111)
进一步提高经济性.....	(112)
光辉前景.....	(115)

序

第一颗原子弹的爆炸，使原子能一鸣惊人。从此，在人们的记忆里，原子能便与巨大的破坏性和杀伤性联系在一起了。原子能首先用于战争这一举世皆知的历史事实，似乎影响了它的声誉，以致使人们对原子能的和平利用也存有戒心，对以利用原子能的装置——核反应堆为主要设备的核电站更是众说纷纭。在一些不太熟悉原子能利用的人们中间，常常议论着：反应堆会象原子弹那样爆炸吗？核电站对周围环境的影响到底有多大？它在解决能源问题上究竟能给人类带来多大好处？原子能应用的前景究竟是广阔还是暗淡，等等。

道听途说、以讹传讹，往往使人偏离真情。科学知识能打开人们心灵之窗。只有沿着科学知识的脉络，才能找到正确认识的道路。本书从基础知识入手，通俗地介绍原子能，并客观地评价核电站。它从与人类生活密切相关的能源和发电谈起，着重讲解微小的原子怎样成为能量的“巨人”，怎样释放和利用这种比化学能大千百万倍的原子能，核电站有什么独特的优越性，放射性元素在各个领域是怎样的多才多艺和大显身手，以及原子能应用的诱人前景。

本书还就人们普遍关心的核电站的安全性和放射性污染问题作了比较全面的、客观的分析。它将有助于读者消除误解和疑虑，正确认识这种新能源，进一步了解原子能这个新

兴科学技术领域内的基本知识，扩大视野，洞察和掌握科学技术发展的未来。

划时代的火种

人类为了生存和发展，就要和自然作斗争，不断地从事生产活动。人类的任何生产活动都需要能量。在很长的历史时期内，人们曾不得不依靠自身肌肉的力量来做工。古代埃及帝王为了建造金字塔，曾驱使十多万奴隶，费时二、三十年。为了挖掘从尼罗河到红海的一条运河，竟丧失了十二万人的生命。在我国古代建造的万里长城脚下，不知埋葬着多少劳动人民的尸骨！在每一座雄伟的古代建筑的基石下面，不知有多少劳动人民的冤魂！历史的长河汹涌澎湃，时代的车轮滚滚向前。在与大自然搏斗的漫长征途中，人们逐渐地懂得：要发展生产，首先必须开发能源，把自己从繁重的体力劳动中解放出来。否则，在征服自然的斗争中就不能取得胜利。

能源，就是指可以向人们提供能量的自然资源。在已被认识的自然资源中，煤、石油、天然气、风力、水力、原子能等，都是能源。

人类利用能源的历史是从火的利用开始的。一些古老的民族，把提供火的自然力人格化，传颂着许多美丽动人的神话。

传说我国古代有一位英雄，他听说在遥远的天边有一个

“夜明国”，这个国家日夜通明，温暖如春。于是他就历尽艰险，来到这天涯海角探索奥秘，寻本求源。他看到的是一幅惊人的景象：许多大鸟用坚硬的嘴不停地啄食一棵大树上的虫子，正是这撞击发出的耀眼光辉，使这个国家永放光明。这位英雄带着这个秘密回到了自己的国家，教会了人民钻燧取火。人们把他叫燧人氏。当然，真正发现火的并不是燧人氏，而是受到大自然启示的劳动人民。

远在五十万年以前，我们的祖先北京猿人就已经学会了使用火。那时，他们用火取暖，烧食物，照明，恫吓野兽。火的利用，是人类在认识能源的漫长旅程中迈出的关键一步。随着生产力的不断提高，能源的开发利用也越来越广泛。人们注意到汹涌澎湃的洪水，奔腾呼啸，势不可当，它冲毁庄稼、卷走房舍，于是想到利用水的力量推动石磨碾米、磨面；看到狂风拔起大树、飞沙走石，从而想到借风力扬起风帆，驾驶木船，漂洋过海。水力、风力就这样成了供人类使用的一种能源。经过极其漫长的生产实践，到了十八世纪中叶，随着资本主义工业的迅速兴起，蒸汽机出现了。这是人类让水和火这一对互不相容的对头结下姻缘，使它们的“骄子”——水蒸气大显身手，它推动了蒸汽机的运转，从而带来了一场工业大革命。蒸汽机的发明和煤的开发利用，使人类进入了蒸汽时代，这是人类能源史上一个重要的里程碑。近百年来，随着发电机和远距离输电的诞生，人们开始广泛利用电能。于是，人类社会又进入了电气时代。

人们平时使用的电能，并非自然界天然存在的能源。它是从其他能源转变来的。凡是自然界存在的，例如草木燃料、化石燃料（煤、石油、天然气）、水力、风力、海洋能（海洋

热能和海洋动能)、太阳能、地热能、潮汐能等等都称为“一次能源”;而从“一次能源”转变来的电能、汽油、柴油、焦炭、煤气、氢气等等则叫做“二次能源”。

在一般能源中,地热能是地球内部的热能,潮汐能是由于月球和太阳与地球之间的引力而形成的海水交替往复涨落的动能;除这两种能量以外,地球上的能源归根到底都是由太阳能形成的。是太阳,从海洋蒸发水分,造成千尺瀑布,汇成万里江河,不间断地供给我们无穷无尽的水力资源。是太阳,促成了大气层冷暖空气的对流,才有了风力。煤、石油、天然气,都是亿万年前动植物埋藏于地下形成的,而那些动植物贮藏的能量是由太阳供给的。

本世纪四十年代,在人类历史上又完成了一项重大发现,人类发现了一种崭新的火种——原子之火,从此第一次掌握了一种来自太阳以外的巨大能量——原子能(核能)。它是能源宝库中一颗灿烂的明珠,是能源队伍中一支新的主力军。原子能的应用,标志着人类进入了一个新的时代——原子时代。现代科学技术,以原子能利用、电子计算机和空间科学技术的发展为主要标志,正在进行着一场更加伟大的革命。可以预言,这场革命必将产生“链式反应”。不久的将来,将会有更多的新能源为人类所掌握。科学技术的发展是无止境的,也许,一个基本粒子*时代、“反物质”**时代会展现在人类的面前。

* 基本粒子一般指比原子核还小的粒子,包括中子、质子、电子、光子等等。目前发现的基本粒子已有百余种。研究表明,基本粒子仍有复杂的结构,而且结构层次愈深,其粒子的结合能愈大(愈牢固)。既然原子核发生裂变或聚变时能放出巨大能量,人们推想基本粒子发生某种变化时会放出更大的能量。因此

实现四个现代化的原动力

在现代生产中，无论是在钢花飞溅的炼钢厂还是在机器轰鸣的制造车间，无论是在连绵的矿山还是在高耸入云的钻机旁，任何机器设备的开动和运转都离不开能源。在广大农村，不管是拖拉机、联合收割机，还是脱粒机、水泵以及其他各种农业机械，也离不开能源。在国防建设上，翱翔在祖国蓝天的飞机，游弋在万里海疆的快艇，各种运载火箭，没有一样能离得开能源。在现代化生产中，能源供应不足将会给生产带来重大损失；即使是瞬时中断，机器设备也会停止运转，先进的运输工具也将寸步难行，甚至会造成极其严重的后果。

至于在日常生活中，人们也无时无刻不在与能源打交道。当你打开电灯，当你收听广播，当你观看电视节目时，你就消耗着能量。平时人们烧水、做饭，冬季取暖，夏季降温都需要能源。

没有能源，就没有生产；没有生产，人类就无法生活。

人们期望，对基本粒子的研究会开拓出更新更巨大的能源领域。

★★ 反物质一般指由反粒子构成的物质。反粒子是正电子、反质子、反中子、反中微子等基本粒子的总称。一般说，反粒子具有与其相对应的粒子相同的质量；如果有电荷，则其电量相等，极性相反。粒子与它的反粒子相遇时，二者同时“湮灭”（即消失），其质量很可能全部转化为光能。不难想象，假如物质与它对应的反物质相遇时，二者也会同时“湮灭”，伴随产生的将会是最大的能量，在能源领域将有可能发生更重大的突破。

能源的开发和利用，对人类社会的发展起着巨大的推动作用。古往今来，能源科学技术的每一次重大突破，都引起了生产技术的革命，有力地推动了生产力的发展和人类社会的进步。目前在世界上，每人平均消耗的能量已成为衡量一个国家生产水平和生活水平的重要标志。

我国的生产技术水平与世界技术先进国家相比还存在很大的差距，平均每人消耗的能量很低，而且能源的有效利用也存在许多问题。能源是实现四个现代化必不可少的重要物质基础，也是提高人民生活水平的重要保障。所以，我国已把能源科学技术这一影响全局的综合性科学领域列为研究的重点。

我国的能源资源比较丰富。特别是煤炭贮量是世界上贮量较多的国家之一，居第三位，据初步估计有6000亿吨。石油探明贮量为150亿吨。天然气的贮量也相当可观。此外还有居世界之冠的水力资源，理论蕴藏量有58000万千瓦。如果可能开发的水力资源按百分之六十计算，也有三亿多千瓦。我国土地辽阔、地形复杂，有许多地方尚未进行详细的地质调查。随着科研工作的开展和技术水平的提高，将会发现更多的能源资源。

在能源资源相当丰富的这块土地上，我国劳动人民曾在认识能源、利用能源的历史上，为人类作出了不可磨灭的贡献，创造了光辉灿烂的古代文明。早在战国时期，我国人民就已经开始使用煤来炼铁，锻造兵器，制造农具，熔铸钟鼎。我国利用煤的历史，比号称用煤较早的英国，还要早一千五百多年。使用石油和天然气，也有着悠久的历史，早在公元前一世纪西汉时期就开始了。《后汉书》记载说，石漆

（即石油）“燃之极明”。西晋初年，左思的诗句“火井沉荧于幽泉，高焰飞煽于天垂”，就是描写利用天然气煮盐的景象的。对于水力资源的利用，我国也曾走在世界的前列。远在一千七百年以前，我国劳动人民就在河流沿岸创建了用水力驱动的水碓、水磨等。但是后来，由于长期的封建统治，科学技术和经济没有得到发展，能源开发也处于十分落后的状态。

解放以来，随着国民经济的发展，能源资源的开采量增长幅度很大，与解放初期相比增加了二十多倍。旧中国煤炭年产量最多只有6000多万吨，现在年产量已比解放初期增加了十五倍。我国的石油，在旧中国四十多年中，总产量不到300万吨，现在石油产量已达10600多万吨。

可是我国的能源发展还远远不能适应国民经济发展的需要。今后随着四个现代化的逐步实现，对能源的需求势必越来越大。从世界各国的情况来看，能源消费的增长与国民经济产值增长的比例大体上是1:1。结合我国的具体情况，两者之间的比例也差不多是1:1。所以，为了实现四个现代化，大力开发各种能源是当前刻不容缓的任务。

我国的能源资源虽很丰富，但由于我国人口众多，按人口平均计算并不十分富裕。例如，我国可利用的水力资源虽有3亿千瓦，但按人口平均，每人每年只能分摊到2700千瓦·小时，比美国（3600千瓦·小时）、苏联（4200千瓦·小时）、加拿大（22000千瓦·小时）等国都少。煤炭贮量虽有6000亿吨，但按人口平均，每人只能分摊到600多吨，较美国（13000吨）、苏联（22000吨）、加拿大（4500吨）等国差得很远。

此外，在能源资源的开发上，还存在许许多多的具体问

题。比如煤炭，我国适于开采的煤炭资源大多集中在北方，所以一直存在北煤南运的问题。发展坑口电站虽能解决煤炭的繁重运输问题，但是坑口电站也并不是凡有煤的地方就能建立。在缺水的地方，有煤也发不出电来。而且远距离输电也有个技术经济比较问题。技术上是否可行，经济上是否合理，具体情况还要作具体分析。石油和天然气的产量虽有成百倍的增长，但我们还没有掌握足够的地质资料，在短期内大幅度增加石油、天然气的产量也是不现实的。况且这些化石燃料既是能源又是重要的工业原料。氮肥、塑料、合成纤维、合成橡胶等都是以煤、石油、天然气为原料制成的。我国著名的地质学家李四光生前曾语重心长地告诫人们：“……把地球在它表层给我们遗留下来的珍贵遗产——象煤这种由大量丰富多采的物质集中构成的原料，不管青红皂白，一概当作燃料烧掉，这是无可弥补的损失。我们的子孙会骂我们的”。所以，从现在起就应该尽量节省这些化石燃料，设法把它们替换下来，让它们在有机合成工业中发挥更大的作用。

从长远的观点看，水力资源在经济上是很合算的。水力可以不断再生，又没有污染。但是我国对水力资源的利用很不够，目前开发利用的数量只占可能开发的百分之五。其原因很多，主要是投资大、建设周期长，水力资源多集中在西南地区，那里交通不便，地质条件复杂，远离大工业区，远距离输电有许多困难。而在东北、华北、华东地区建设水电站又会淹没大片农田。有时还要解决泥沙淤积问题。

根据上述情况，我国在能源资源的开发和利用上，应开源节流，广开门路，因地制宜，综合发展。其中对新能源的研究和利用应抓紧进行。新能源中有太阳能、地热能、原子

能等等。

原子能的利用是人类发展史上一件划时代的大事。核电站对解决近期世界能源问题有重大现实意义，它在技术上比较成熟，在国外已有近二十年的历史。现在，不仅缺乏化石燃料的国家，如日本和西欧各国，靠核电站解决能源问题；就是拥有丰富煤炭、石油、天然气和水力资源的国家，如美国、苏联、加拿大、巴西等国，也准备大力发展核电站，以解决能源资源分布不均匀所造成的困难。瑞士、孟加拉等国家，以及盛产石油的伊朗也在发展核电站。

我国在研制核武器过程中，已探明有一定数量的铀资源，并已经造就一支核反应堆研究、设计队伍和配套协作工程技术队伍，积累了丰富的经验。核燃料工业、核反应堆的特种设备和材料制造工业，都有一定基础。因此，建设核电站的技术，没有什么在国内解决不了的难关。所以，且不可妄自菲薄，看不到自己的力量。只要坚持“自力更生为主，争取外援为辅”的正确方针，我国就一定能够依靠自己的力量设计出和建造起核电站。所以在开发新能源的时候，应把发展核电站放在优先地位。

能量世界的明星

《一千零一夜》书中有一个故事，说亚拉亨只要摩擦一盏神灯，就会有一个魔鬼出来供他驱使。神灯的故事完全是虚构的。可是在亚拉亨的身上却寄托了作者美好的幻想。自

从有了电，这种幻想变成了现实。今天，每个人都可以做亚拉亨，只要你一按电钮，电流就会为你做各种各样的工作。电能的应用，不但促进了生产过程的机械化，而且也促进了生产过程的自动化。近百年来科学的进步、生产的发展，与电的使用有着密切的关系。所以，人们称电能是现代科学技术的体现者、能量世界的明星。今天，电在工农业生产、交通运输和日常生活中的重要地位，已经是不言而喻的了。

1966年美国东北部地区和加拿大部分地区因电网故障，突然断电。据报道，当时除掉汽车的车灯之外夜间一片漆黑。电车无法行驶，成千上万的人被搁在半路无法回家。那些乘地铁的人则被关在地铁的地下道里。高层建筑的电梯悬在半空。医院里手术刚刚做了一半，就无法进行下去。电话、电报全部中断；电视、广播也停止了……。

电能之所以重要，除掉它是一种能源之外，还因为它具有许多特殊的优点：

1. 可以集中生产，又便于输送。电能从发电站产生之后，可以通过导线输送到几百公里甚至几千公里以外的地方。工矿企业可以远离能源产地。目前远距离输电有一个线路损耗问题。将来如果能找到常温超导材料^{*}，则可大大减少线路损耗。

2. 易于转换。电能可以十分方便地转换成其他形式的能量；如通过电动机可以转换成机械能，通过电解作用可以转换成化学能，接上灯泡可以转换成光能，借助电炉可以转

^{*} 某些金属在极低的温度下，其电阻率接近于零。用这样的金属传输电能，损耗极小。根据理论预计，将来会找到在常温下具有上述性能的金属，这种金属叫常温超导材料。

换成热能，按一下电铃就能转换成声能……。

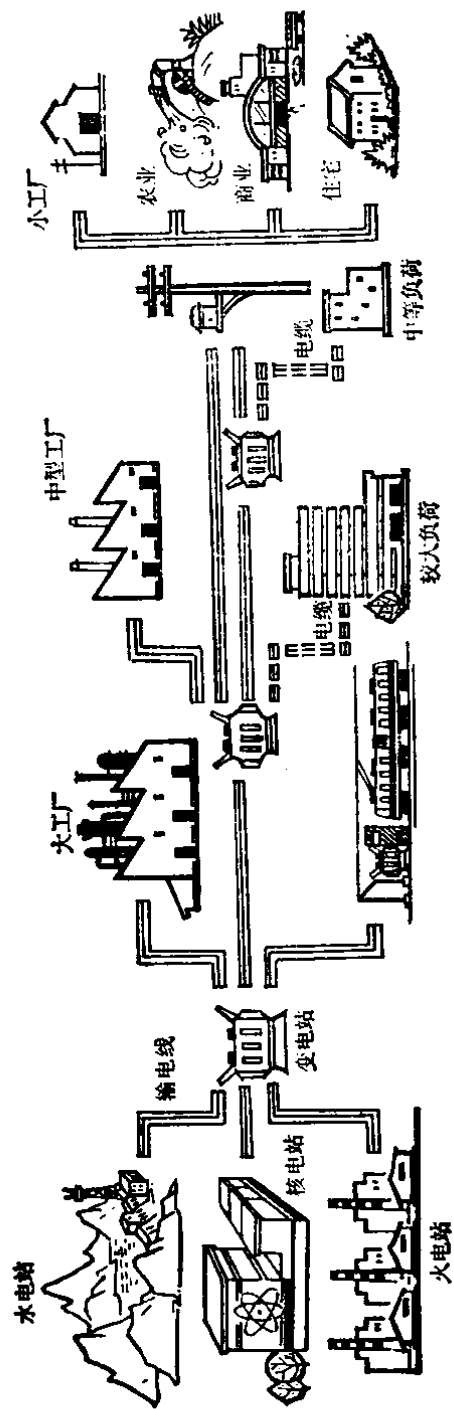
3. 便于分配。电能可以很方便地分配给千家万户。从煤矿的几千千瓦的电动卷扬机到理发店的只有几瓦的“电推子”都能使用，用多少来多少。

4. 传递迅速。电的传递速度达每秒30万公里。这是实现机械化、自动化、遥控操作以及远距离通讯的必要前提。

5. 使用简便。用电时，只需按一下电钮，随用随到，既方便又没有污染，大大改善了劳动条件。

前面说过，电作为一种能源，属于二次能源，是从其他自然能源转换来的。众所周知，实现这种转换的场所，就是发电站（厂）。1882年美国大发明家爱迪生在纽约建立了第一个发电站。

这里还有一段直流电和交流电之争的故事。因为那时人们只认识直流电，所以特意把发电机产生的交流电通过换向器变成直流电来使用。因此，爱迪生的电站是直流发电站。后来人们发现换向器对于发展高压直流电是一个很大的障碍，就提出了直接用交流电。这时爱迪生却极力反对。爱迪生出身贫贱，幼时当报童，由于刻苦钻研，勇于实践，先后有一千多项发明。当初他发明电灯时，煤气公司老板为了不使自己的煤气灯、煤油灯被淘汰而遭受损失，亲自去找爱迪生进行威胁利诱，企图让他放弃这项发明，高价买下他的专利权，以便封存起来。但爱迪生义正辞严地加以拒绝，在电的推广应用方面做出了很大贡献，成了权威人士。可是后来，爱迪生的地位变了，权力和利欲使他变得目光短浅，反过来又成为新生事物的压制者。他用交流电作表演，击死了一些猫、狗，把直流电比作平原上宁静的流水，把交流电比



各种类型的发电站发出强大电流，送往四面八方