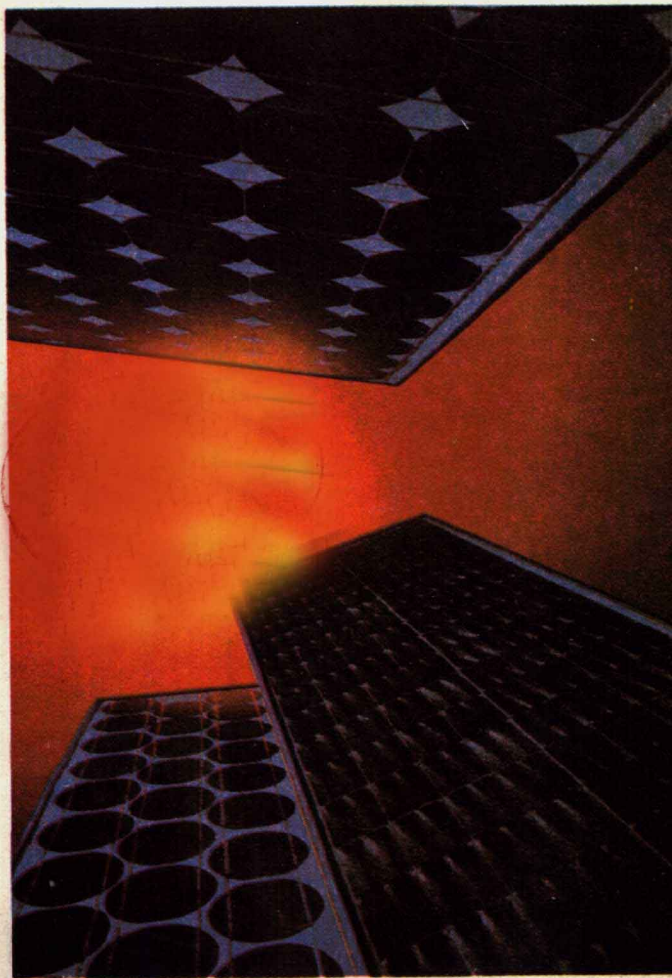
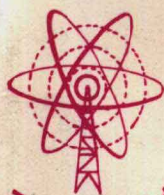


新能源知识

中央人民广播电台科技组 编
科学普及出版社编辑部



TK 01/2

科学广播

新能源知识

中央人民广播电台科技组 编
科学普及出版社编辑部

科学普及出版社

内 容 提 要

在能源紧张的当今世界里，人类怎样迎接新技术革命的挑战呢？这就要人类去开发新能源。本书广泛地介绍了包括太阳能、生物能、风能、海洋能及核能诸方面的知识。是新能源知识的荟萃。

本书通俗易懂、深入浅出。适合具有初、高中文化水平的读者阅读。是一本很好的科学普及读物。

科 学 广 播

新 能 源 知 识

中央人民广播电台科技组
科学普及出版社编辑部 编

责任编辑：宋守今

封面设计：王序德

*

科学普及出版社出版(北京海淀区白石桥路32号)

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

中国科学院印刷厂印刷

*

开本：787×1092毫米 1/32 印张：3 字数：64千字

1987年5月第一版 1987年5月第一次印刷

印数：1—4,100册 定价：0.60元

统一书号：15051·1216 本社书号：1374

目 录

1. 新技术革命中的能源…………… 姜圣阶 (1)
2. 能源的后起之秀——核能…………… 姜圣阶 (5)
3. 用过的核燃料的后处理…………… 姜圣阶 (10)
4. 清洁而经济的能源——核能供热…………… 吕应中 (14)
5. 大力开发利用太阳能…………… 贡光禹 (19)
6. 太阳电池的今天和明天…………… 张德仁 (24)
7. 巨大的潮汐资源…………… 贡光禹 (29)
8. 前途光明的地热能…………… 贡光禹 (33)
9. 大有发展前途的风能…………… 贡光禹 (38)
10. 绿色的能源——生物能…………… 胥俊章 (43)
11. 生物能的气化和应用…………… 彭芳春 (47)
12. 向植物要石油…………… 黄志杰 (51)
13. 把煤变成气…………… 吴永宽 (55)
14. 煤的液化…………… 吴永宽 (59)
15. 煤的合理利用大有可为…………… 戴和武 吴永宽 (63)
16. 发展中的新能源——氢能…………… 张书义 (68)
17. 大有发展前途的一种发电装置——燃料电
池…………… 贡光禹 (72)
18. 直接发电新技术——磁流体发电…………… 贡光禹 (76)
19. 燃气和蒸气联合循环发电…………… 贡光禹 (80)
20. 回收低温热能的新技术——热泵和热管… 贡光禹 (84)
21. 新能源的未来…………… 王庆一 (88)

新技术革命中的能源

姜圣阶

在历史上,人类社会已经经历了三个能源时期,就是柴草时期、煤炭时期和石油时期。在以柴草为主的能源时期,生产力的水平很低。到了十八世纪,第一次工业革命带来了工业的大发展,煤炭逐步代替了柴草,社会生产力有了大幅度的增长。本世纪五十年代,以石油为主的能源时期来临了,不少国家依靠它实现了现代化。

但是,煤炭、石油、天然气等常规能源越用越少。人类将拿什么能源去迎接新技术革命的挑战呢?这就要靠新的能源。目前,世界各国都十分重视新能源的研究、开发和利用,把它看成是新技术革命的一大支柱。

在迎接新技术革命的挑战中,需要研究的问题很多。拿能源来说,新技术群当中提出了新能源这个概念。所谓新能源,就是指可供人类开发和利用的,正处在研究和开发阶段的能源。象太阳能、地热能、生物能、风能、海洋能,都属于新能源。在新能源里还应当包括核能。现在广泛使用的核电站是第一代——热中子堆核电站。它只能利用铀资源的1—2%。这只不过是裂变能利用的初级阶段。第二代是快中子增殖堆。它正处在工业验证阶段。由于它能增殖核燃料,也就是它在运行当中还能产生出核燃料,所以它可以把铀资源的利用率提高五十倍到六十倍。因此,推广快堆核电站才是跨入了裂变能利用的高级阶段。第三代是聚变堆,目前正处在研究探索当中。

能源是发展生产和提高人民生活水平的物质基础，是经济建设的食粮。因此，世界各国对能源的开发十分重视，采用各种模式对能源的需求进行预测。比如，据有权威的国际应用系统分析研究所的预测，到2000年，世界人口将达到近60亿，每年所消耗的能量巨大，其中，石油占35%，天然气占18.6%，煤炭占29.4%，核能占10.2%，水电占5%，太阳能占0.06%，其他能源占0.1%多。到2030年，世界人口将增长到75亿到80亿，每年所消耗的能量比2000年增长一倍左右。那时候的能源构成将是，石油所占的比重大大减少，只占19.1%，天然气占17%，煤炭占33.5%，核能所占的比重将翻一番，占到22.6%，水电占4%，太阳能占1.3%，其他能源占2.1%。从这些预测的数字可以看出，在未来能源的需求当中，除了煤炭以外，核能将占第二位，起着举足轻重的作用。

下面简单说说各种新能源的现状和发展趋势。

首先，说太阳能。太阳能是理想的持久性能源。据估算，地球每年从太阳获得的总能量可以达到60亿亿千瓦小时。比目前世界上各种能源所产生的能量的总和还要大两万倍。太阳真是一个源源不断地向人类提供清洁能源的巨大宝库。但是，地球表面上的太阳能的密度很低，最高的，每平方米才只有0.1万千瓦。因此，为了聚集大量的太阳能，就需要很大很大的面积，况且，还得受地理条件、环境、季节和昼夜变化的影响。再加上目前大规模收集太阳能和转换、储存的技术都不太成熟，这就给太阳能的开发、利用带来一定的困难。

近些年来，由于能源需要量猛增，现有的能源又短缺，因此人们开始重视太阳能的开发和利用。许多国家都在加紧研究和实验。

目前，太阳能室内取暖和供热水等，已经开始推广和应用。关于用热电转换系统发电的研究，美国已经建成了1万

千瓦级中央塔式聚集太阳辐射热发电站。日本完成了0.1万千瓦线聚焦太阳辐射热发电站的研制工作。据有人估计,太阳能热电转换系统发电,材料消耗比常规火电站高出十倍多。在2030年以前,不可能广泛应用。太阳能发电的另一种办法是采用光电转换系统,用太阳能电池,把太阳能直接转换成电能。这种电能目前价格还比较贵,只用在人造卫星和宇宙飞行器上。但是,随着新技术革命的到来,人们将加紧对单晶硅、非晶硅、多晶硅等新材料的研制工作,利用太阳能的步伐也会加快。现在美国还在研制太阳能空间卫星发电站,就是把携带太阳能发电装置的卫星发射到太空去,所发的电能以微波的形式送到地面上来,供给人类使用。这虽说很理想,但是研制和应用的投入都是相当可观的。太阳能的大规模应用,据估计要在下一个世纪的五十年代。

其次,说说快中子增殖堆。有人认为,太阳能和核能将成为未来最主要的两种能源。然而,从上面所说的能源需求预测来看,太阳能在2030年只占1.3%,而快中子增殖堆发电却占13.6%。因此,在弥补2030年的能源青黄不接中,快中子增殖堆将起很重要的作用。在上千年内,人类完全可以靠快堆发电,为人类提供便宜的能源。它将由裂变能过渡到聚变能不可少的桥梁。这是因为,到那个时候,石油、煤炭、天然气等常规能源已经逐渐供不应求,热堆核电站的余力也有快到头了的缘故。但是,也有人认为,聚变和裂变混合反应堆将是裂变核电站过渡到聚变核电站比较切实可行的重要阶段,这是应该引起重视的一个问题。

第三,说受控聚变堆。人工控制的聚变反应将为人类提供无穷无尽的能源,因为它的原料丰富,光海洋里储藏的氘,也就是通常说的重氢,就足够人类用上100亿年。据说,美国普林斯顿大学的受控聚变环流装置,1986年到1987年,可以

完成科学可行性的实验验证。到本世纪末，可望建成由国际原子能机构创议的示范工程试验堆。到下个世纪，可望建成一个示范性电站来验证它的工程可行性。当然，作为广泛应用的能源电站，还要解决它的经济竞争力。预计把它应用在工业上将是下一个世纪的三十年代到四十年代的事情。

第四，关于生物能的利用。生物能包括沼气、能源植物和薪炭林等许多方面。目前，这些都有不同程度的进展或是应用。在现有技术的基础上，应该加强生物能的研究和发展工作，使它完善化，部分解决农村能源问题。据测算，我国农户，如果有70%用上沼气的話，那就可以把本来要烧掉的庄稼秸秆节省下来用到田里做肥料，解决了有机肥料的问题。

另外，地热能、潮汐能、风能、波浪能等，也是值得研究和开发的新能源。尽管它们受地理条件的限制，但是可以起到一定的补充作用。

从能源预测和能源科学技术发展趋势来看，本世纪内，世界上的能源仍然以传统的煤炭、石油、天然气等化石燃料为主，但是，石油的比重将会逐步减少，煤炭的比重将有所回升，逐步向多能源结构过渡。

总之，我们要密切重视世界能源技术发展的动向，多学习国外已有的成果，引进适合国情的能源新技术，以便保证四化建设的顺利发展。

能源的后起之秀——核能

姜圣阶

早在 1938 年法国科学家哈恩等人,在利用中子轰击金属铀的原子核的时候,就发现铀的原子核分裂成两个质量差不多的新原子核,同时放出很大的能量和两、三个中子。人们把这种现象叫做原子核裂变,把原子核裂变放出来的能量叫做裂变能。在发现核裂变现象以后的第四年,也就是 1942 年,费米等科学家建成了第一座利用核裂变能的装置,这就是所说的原子核反应堆。原子核反应堆的用处很多。从能源角度来说。原子核反应堆可以为潜艇、大型舰船和破冰船等提供动力,也可以用来发电和供热。用来发电的叫核电站;用来供热的叫核供热站;又发电、又供热的叫核热电站。

从 1954 年苏联建成第一座核电站以来,核电站发展得很快,到 1984 年底,全世界已经有 322 座核电站在运行,总装机容量是 2.29 亿千瓦。所发出的电占世界发电量的 13%。

核电站之所以发展得这么快,是因为它有许多优点。

第一,它是有效的替代能源 我们知道,目前世界能源的 70~80%是由煤、石油和天然气来提供的。可是,煤、石油和天然气又是宝贵的化工原料,把它们作为燃料烧掉,实在可惜。而铀对人类有益的用途只有一个,就是作为核反应堆的燃料。据探测,世界上的铀资源有 500 多万吨。我们知道,铀的裂变能是很大的,一公斤铀裂变所放出来的能量相当于 2500 吨煤或者 2000 吨石油燃烧放出来的能量。核电站把这

些铀资源充分利用起来,可以解决常规能源的不足。

第二, 燃料的运输量小 一座 100 万千瓦的火电站, 每年要烧掉标准煤 250 万吨左右, 而同样容量的核电站每年消耗的核燃料要少得多, 按 3% 左右的浓缩铀计算, 大约只需要 30 吨。由于核燃料的运输量小, 这样核电站就可以建在最需要电的工业区附近。

第三, 发电成本低 核电站的基本建设投资是高一些, 一般是同等火电站的一倍半到两倍。不过, 它所用的核燃料的费用要比煤便宜得多, 运行维修费用也比火电站少。因此综合来看, 核电站的发电成本比火电站要低一些, 目前, 大约低 20~50%。

第四, 安全和对环境污染小 从第一座核电站建成到现在, 已经 30 年了。在这 30 年里, 还没发生过核辐射所造成的人身伤亡事故。对环境的污染, 核电站也比火电站小得多。大家知道, 火电站的“肚子”里存不住东西, 它不断地向大气里排放大量的二氧化硫和氧化氮等有害物质, 同时, 煤里头的少量铀、钍和镭等放射性物质, 也会随着烟尘飘落到火电站的周围。污染周围的环境。而核电站设置了层层屏障, 把“脏”东西都藏在“肚子”里, 基本上不排放污染环境的物质, 就是放射性污染也比烧煤电站小得多。据统计, 核电站正常运行的时候, 一年给居民带来的放射性影响, 还不到一次 X 光透视所受的剂量。

正是因为核电站有这么多的优点, 所以, 不管是工业发达的国家, 还是发展中的国家, 都在积极地发展核电站。目前, 全世界已经有 33 个国家和地区, 正在建造或者计划建造核电站。预计到 1990 年, 全世界运行的核电站将要增加到 537 座, 装机容量可以达到 4.2 亿千瓦。

在目前已经建成的核电站当中, 它们用的反应堆都是第

一代核反应堆。这种核反应堆里装的核燃料是含3%左右铀-235的低浓缩铀。用速度比较慢的中子来轰击铀-235,使它发生裂变。这种中子叫做热中子。可是,铀-235裂变放出来的中子的速度都比较快,是快中子,因此,在反应堆里就要用慢化剂把它们的速度变慢,成为可以使铀-235发生裂变的“炮弹”。人们把这种利用热中子来轰击铀-235,使它发生链式裂变反应的核反应堆,叫做热中子反应堆。

由于热中子只能使铀-235发生裂变,而铀-235在天然铀当中只占0.7%左右,这样,在天然铀中占98%以上的铀-238就不能利用,只好当作废料存放起来,这是很大的浪费。为了解决这个问题,近十几年来,又出现了一种新型的核反应堆。这种新型的核反应堆用的核燃料是钚-239,反应堆里不用装慢化剂,它是靠钚-239裂变产生的快中子来维持链式裂变反应。这种新型的核反应堆有这样的特点,就是钚-239发生裂变反应放出来的快中子,会被装在反应区周围的铀-238吸收,又变成钚-239,就是说,它一边“烧”掉钚-239,又一边使铀-238转变成新的钚-239,而且新产生的钚-239比烧掉的还多,所以人们把这种新型的核反应堆叫做快中子增殖堆。据统计,有了快中子增殖堆以后,铀资源的利用率可以提高50倍到60倍。目前,全世界已经建成19座快中子增殖堆,其中运行的有11座。正在建造的还有六座。据统计,到2000年,世界上将建成50座大型快中子增殖堆;到2030年,利用快中子增殖堆的核电站发出来的电,将约占世界总能源的13.6%左右。要是加上热中子核电站发出来的电。那么,在世界总能源中,裂变能将要占22.6%,这样,裂变能就一跃成为第二位能源。可以说,在50年内外,核裂变能是弥补常规能源不足的一种最现实的新能源。

为了从根本上解决能源问题,近一、二十年来,人们还在

探索利用比较轻的原子核聚合到一起所放出来的能量。这种能量叫聚变能。原子核的聚变能比裂变能要大十倍左右；同时，核聚变的主要燃料，也就是重氢，它的来源丰富，光在海水里储存的氘的总量，大约就有 20 万亿吨。这么多的氘进行核聚变所放出来的能量，足够人类用上千千万万年。问题是这种核聚变反应需要在上亿度的高温条件下进行。这么高的温度，任何容器都要熔化了。目前，许多国家的科技工作者都在研究如何实现控制核聚变的方法。有人预计，在本世纪末可能会实现受控的核聚变，在二十一世纪中期受控核聚变可能进入实用阶段。

裂变能和聚变能，总括起来叫做核能。它是能源的后起之秀。大力发展核能是世界能源发展的总趋势。从我国能源的情况来看，我们也要十分重视核能的发展。当前，我们要适当地发展第一代核电站。大家知道，我国的煤炭和水力资源是很丰富的，可是，我国的人口已经 10 亿多，按人口平均，每人拥有的能源并不多，同时，我国的能源分布也不均匀，60% 以上的煤炭资源在华北，70% 以上的水力资源在西南，而工业发达和人口集中的沿海地区却缺少能源。这样就形成了北煤南运，西电东送的局面，也造成了交通运输紧张。影响了生产的发展。再就是，我国也具备发展核能的基本条件，具有研制核电站的能力，所以，在沿海地区建设大型核电站是缓和这些地区能源紧张的一个重要途径，也是改变我国的能源结构和保证 50 年内外的能源供应的一件大事。目前，我国自己设计的 30 万千瓦的核电站正在浙江秦山建设，广东核电站的前期工程已经动工。在建设第一代核电站的同时，我们还应当加强快中子增殖堆的研究工作，为下个世纪建造新一代的核电站做好技术准备。受控核聚变是能源发展的长远方向之一。对于受控核聚变的试验研究工作，我们应当采取国际交

流和合作跟国内科研相结合的方针。这样，在二十一世纪我国的核能就能有比较大的发展，满足各方面对能源日益增长的需要。

用过的核燃料的后处理

姜圣阶

核能是一种很有发展前途的新能源。到 1984 年底,全世界 26 个国家和地区正在运行的核电站就有 322 座(堆),总装机容量是 2.29 亿瓦。全世界核发电量占总发电量的 13%。预计到 1990 年,全世界核电站将增加到 537 座,总装机量翻一番,达到四亿两千千瓦。为了适应四化建设的需要,我国的核电站建设也开始起步,到本世纪末,将会有一批压水堆核电站投入运行。

上面说过,压水堆核电站用的燃料是低浓度铀,这种铀燃料里铀-235 的含量只有 3.2%,其余的几乎都是铀-238。我们知道,不论是烧煤的电站还是烧重油的电站,煤和重油里头的可以燃烧的东西大都被烧掉了,而核电站却不能把核燃料全烧尽。铀只烧掉 4.5%,还剩下 95.5% 的铀留在用过的燃料里。一座 100 万千瓦的压水堆核电站大约要装 80 吨低浓度铀。每年得把其中的三分之一换掉。也就是说,每年得把 27 吨左右用过的核燃料从反应堆里卸出来,再装上 27 吨左右的低浓度铀。替换出来的用过的核燃料数量很大,又有很强的放射性,并且还含有许多宝贵的可以利用的东西,因此对它进行妥善的处理和处置成为世界各国十分关心的重要问题。

处理用过的压水堆核燃料的过程,大致可以分为四个环节:就是运输、中间贮存、后处理和强放射性废物的最终处置。

从压水堆里卸出来的用过的核燃料不能马上运走，得放在专门的冷却池里冷却，使它里头的放射性减弱。经过很长一段时期以后，就用汽车或者火车把它运往后处理工厂。这就是处理用过的核燃料的第一个环节——运输。

后处理工厂里都设有专门的大水池子；把运来的用过的核燃料放在池内。存放很长一段时间，这就是中间贮存。

所谓后处理，就是用化学的方法先把用过的核燃料里头的铀和钚跟其他东西分开，然后再把铀跟钚分开，供给反应堆继续使用。最后再把分离出来的强放射性废物烧成固体的玻璃块或者直接固化，使它达到安全处置的条件。

对于这三个环节的安全性，人们并不会产生怀疑，因为国际上已经有了长时间的实践经验。比如，许多国家已经在海洋上和陆地上运输过大量的核燃料，没有发生过任何事故。压水堆用过的核燃料元件在水池子里的中间贮存也积累了 20 多年的丰富经验，实践证明，它也是安全可靠的，并且正在发展新的干法中间贮存工艺。关于后处理，目前世界上已经有几个国家掌握了用溶剂萃取的分离技术。这方面，我国也有了 10 多年的经验。只要是厂址选择得好，采用严密的安全防护措施，提高管理和操作水平，就不会污染环境。

剩下一个环节就是强放射性废物的最终处置，也就是用适当的方法把它跟人和生物长期隔离开，使人和生物不会受到放射性危害。

关于这个问题，多年来，世界各国曾经提出多种方案。有的主张把它埋到深地层里，有的主张把它埋到深海底里，也有的主张把它埋到地球北极的冰层底下，还有的主张把它送到太空里去。但是，目前看来，比较现实可行的办法是把它埋在深地层里。1980 年 10 月，美国能源部发表了《美国商业核废物最终处置的环境影响报告》，正式提出在深地层里建设核废

物贮存库的方案，并且决定建设第一个国家库投入使用。这就是说，强放射性废物的最终处置和治理已经进入了全面的工业化应用阶段。处置的办法是，先把强放射性废物固定在玻璃里，做成一块一块的固化块，再把这些固化块装到特制的封闭的容器里，放在地面库的竖井里暂时存放几十年，最后再把它埋到 500 米到 1000 米深的岩层里。

那么，这个办法保险不保险呢？

还是很保险的。因为有好几道“封锁线”把它跟地面上的人和生物隔着呢！

首先是三道工程屏障。第一道工程屏障是上面说的那些固化玻璃块，因为玻璃不会溶解在水里，所以这种固化玻璃块里的强放射性废物就跑不出来。第二道工程屏障是盛固化玻璃块的容器，它是用不锈钢或者钛合金等金属和合金做的，很耐腐蚀，不容易损坏。第三道工程屏障是压在它上头的那些粘土、润土等吸附能力很强的回填材料。据估计，这三道工程屏障至少在几千年时间里是不会失效的。再加上，除了这三道工程屏障以外，上面还有 500 米到 1000 米深的岩石层形成的最后一道天然地质屏障。这道“封锁线”的巨大的隔离能力得到了意外的证实。20 亿年以前，非洲加蓬奥克洛的地下曾经发生过大规模的铀裂变反应。这个“天然反应堆”持续运行了 60 万年。核裂变的碎片和超铀元素大都留在附近。这个发现有力地证明，合适的地质环境是完全可以使放射性物质长期地跟生物圈隔开的。况且，存放在地下的核废料的放射性比起“天然反应堆”的放射性来，还要小得多呢！因此，在深地层下处置核废料是安全可靠的。

对用过的核燃料进行后处理，不仅有重要的安全意义，而且有很大的经济价值。

那么，有哪些好处呢？

第一，可以回收没有烧尽的铀，合理地充分地利用铀资源。上面说过，一座 100 万千瓦的压水堆核电站，每年要卸出 27 吨用过的核燃料，其中没有烧掉的铀就有 25.8 吨，如果把它进行后处理以后再回收利用的话，就相当于每年少开采、加工、处理 2.5 万吨的天然铀矿石。并且还相应地减少开矿和加工过程里人们所受的放射性影响和减轻环境污染。

第二，可以回收大量的钚。在压水堆核反应堆里，一个快中子跟一个铀-238 相结合，就产生了新的放射性元素钚。它是快中子增殖堆的燃料。一座 100 万千瓦的压水堆核电站每年卸出的燃料可以回收 0.25 吨左右的钚。它既可以单独用来作快中子增殖堆核电站的燃料，又可以跟天然铀混合代替低浓度铀燃料，放在压水堆核电站里来使用。

第三，也可以从用过的核燃料里提取镅、锔、镅等超铀元素。镅、锔、镅在国民经济中都很有用。比如用镅-237 作原料生产的钚-238，可以用来制造核电池，供给航天、海洋和医疗等方面使用。锔-241 可以用在加工中子源、烟雾报警器、静电消除器等方面。目前这些产品，世界上都供不应求。

第四，从用过的核燃料里头还可以回收没有放射性的稀有气体氙和贵金属铑和钯等，补充天然资源的不足。

第五，由于提取出了钚和镅等长寿命的放射性元素，用过的核燃料的残余废物的放射性大大降低了，因此也就降低了安全贮存这些废物的技术难度。

我国幅员辽阔，有许多地质稳定而又人烟稀少的地区，比起某些领土狭小、人口稠密的国家来，更具有发展深地层处置核废料的有利条件。再加上我们已经有 10 多年处理用过的核燃料的经验，只要进一步抓紧技术开发和协作，在比较短的时间里，完全可以掌握它的全部技术。