

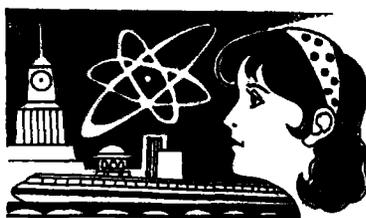
# 核能的和平利用及前景

岳 生

(中国核工业总公司办公厅 北京 100822)

杨 晓 东

(中国核工业总公司国营八一二厂技术处 四川 610002)



全面禁止核试验条约的谈判,由于印度拒绝签字而陷入僵局.经过新闻传媒的宣传,“核”又触发了人们的敏感神经.一时间使“核”问题成为了人们关注的焦点.各界舆论众说纷纭,使人们对核能的和平利用产生了众多的质疑.

爱因斯坦建立了质能方程,哈恩发现了原子核裂变,拉开了人类认识和利用原子能的序幕.经过众多科学巨匠的努力,世界上第一颗原子弹于1945年诞生了.这既是人类科技史上的一块里程碑,也是人类进入核能时代的开始.然而,研制者的初始目的是服务于战争,这样使核能的第一次利用就打上了残酷的战争烙印.

广岛和长崎的两颗原子弹,为世界反法西斯战争划上了一个句号,同时也引起了众多科学家的抗议.冷战期间,核装备一直是超级大国进行军备竞赛的重要指标.随着冷战的结束,世界格局由两极转为多极,和平与发展已成为世界的主题.原子核能也由制造杀人武器逐渐成为造福人类的巨大能源.

这里,笔者想从自己的工作出发,谈谈人类和平利用核能的技术现状及应用前景.

## 一、核电产生及利用现状

\*\*\*\*\*

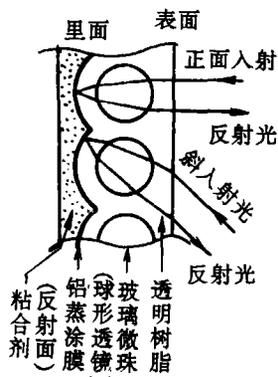


图 3

还可用于塑料制品镀金属时的前处理、搪瓷制品上釉的前处理。(3)填充材料 在用模具成型制品的原料中填充玻璃微珠后,由于球体无方向性、易滚动,它们能到达模具的细部,使

1951年美国首次在爱达荷国家反应堆试验中心进行了核反应堆发电的尝试,发出了100千瓦的核能电力,为人类和平利用核能迈出了第一步.此后不久,1954年6月,原苏联在莫斯科近郊粤布宁斯克建成了世界上第一座向工业电网送电的核电站,但功率只有5000kW.1961年7月,美国建成了第一座商用核电站——杨基核电站.该核电站功率近300MW,发电成本降至9.2美厘/度,显示出核电站强大生命力.今天,一些经济发达的国家,由于经济的高速发展与能源供应的矛盾日趋突出,同时,传统的能源工业造成的环境污染及温室效应严重威胁人类生存环境,因此,不仅缺乏常规能源的国家如法国、日本、意大利等发展核电站,而且常规能源煤、石油、水电等非常丰富的国家如美国、加拿大等也在大力发展核电站.截止1995年全世界运转的核电站总数达438座.其中美国运转的核电站总数达109座,核发电量创下6730亿千瓦小时的最高记录,在美国电力生产中核电比例达22.5%.法国核发电量比前年增长4.9%,达3580亿千瓦小时,运行中的56座核电站发电量占全国总发电量

填充率得到提高.再者,玻璃微珠成型时收缩率小,因而可得到匀质成型件.可用于生产高精密度制品.(4)保温材料 空心玻璃微珠质轻、导热系数低可用于生产轻质保温材料,在宇航技术、潜艇技术、生活供暖方面均有较高应用价值.由于这一应用,火力发电厂的“废物”——粉煤灰可得到利用.其他应用还有:作为金属工件的研磨介质、过滤材料、日用装饰等.

76%，而且去年出口核电达 700 亿千瓦小时。核电已成为法国第六大出口产品。日本，由于其常规能源资源短缺，对核电的开发大为重视，目前运转中的 51 座核电站，供应全国 28% 的电力总需求，而且日本有关部门计划到 2000 年将核电量提高 33%。

## 二、核电的优越性

核电迅速发展，是由核电自身的优越性决定的。

核电是浓集、清洁、安全和经济的能源。首先，核能是高度浓集的能源，核电站可建立在最需要用电的地方，不受燃料运输的限制。1 公斤铀裂变产生的热量相当于 1 公斤标准煤燃烧后产生热量的 270 万倍。因此，核电站特别适合于缺乏常规能源而又急需用电的地区，如我国的东南、华南地区。核能是后备储量最丰富的能源，铀在地球上的储量相当丰富，等于有机燃料储量的 20 倍。

核能是清洁的能源，有利于保护环境。目前，世界上 80% 的电力来自烧煤或烧油的火力发电站，燃烧后的烟气排放到大气中严重污染环境。相同规模的火电站释放出的放射性比核电站大几倍。煤燃烧后排放的一氧化碳、二氧化碳、硫化氢和苯并芘，容易形成酸性雨，使土壤酸化，水源酸度上升，对植物及水产资源造成有害影响，破坏生态平衡，苯并芘还是一种强致癌物质。一个成年人每天要呼吸约 14 公斤的空气，火电站污染造成的死亡几率是相同规模核电站的 400 倍。同时大气中二氧化碳浓度增加还导致大气层的“温室效应”。另外，煤和石油又是重要的化工原料，大量烧掉十分不利于化学工业的发展，是十分可惜的浪费。

核能又是安全的能源。经过几十年的发展和完善，核电站已成为最安全的部门之一。我国核工业 30 多年的安全记录就是良好的佐证。一座反应堆运行一年称为一堆年。三里岛事故之前，全世界商用核电站已运行了 1400 堆年。三里岛事故后到 1986 年又安全运行 2000 堆年以上。三里岛事故是鉴于设计、管理、操作与设备的缺陷交织在一起而造成的十分罕见的事故。

只要其中任何一个环节的问题得到排除，就不可能出现这样的后果。事故后果也没有舆论宣传的那样严重，事故中主要安全系统全都自动投入，有专家认为这从反面证实了核电站的安全性。1986 年 4 月苏联切尔诺贝利核电站又出现了重大事故，专家们认为原苏联核电站特别是早期的，安全设施较差，没有安全壳。而事故的直接原因是由于在进行某一试验时违反操作规程，导致信号指示和控制系统没有起作用。如今国际原子能机构和各国的国家安全部门都建立了一系列的安全法规和准则，对核电站的安全进行了严格的管理。

特别指出的是，我国 1989 年 11 月建成的由清华大学核研院设计的 5 兆瓦低温核供热反应堆，是世界上第一座投入运行的核供热堆，也是世界上第一堆采用新型水力驱动燃料控制棒系统的核反应堆。这种反应堆设计有压力壳和安全壳，具有双重安全屏障，安全可靠，已运行 5 个冬季，未发现任何事故。据监测，5 兆瓦低温堆向大气中排放出的放射性物质所造成的危害，只相当于吸一支香烟所造成的危害的 1/400，放射性污染是极其微小的。

核能也是经济的能源。世界上已运行核电站的经验证明，尽管它的造价比火电站高 30—50%，但由于燃料费和运输费较低，它的发电成本仍比火电约低 30%，而且随着核电站的技术不断完善和提高，成本还将继续降低。日本能源经济研究所预测，至 2010 年日本的核电成本为 8.9 日元/千瓦小时，而煤电和油电成本分别为 10.45 日元/千瓦小时和 13.06 日元/千瓦小时。因此，有专家们预计，在未来的城市集中供热工程中，逐步采用低温核供热技术是必然趋势。

## 三、核反应堆与核电站

能维持可控自持核裂变链式反应的装置称为核反应堆。

原子能工业是在第二次世界大战期间发展起来的。当时全力制造核武器以满足军事需要。50 年代以来，原子能用于和平事业有了飞速发展，所以核反应堆类型和数量增多。按照核反应堆的用途分类，大体可分为下列几类：



是由核反应堆、一回路系统、二回路系统及其他辅助系统组成。核反应堆是核电站动力装置的重要设备,同时,由于反应堆内进行的是裂变反应,因此它又是放射性的发源地。一回路系统由反应堆、主循环泵、稳压器、蒸汽发生器和相应的管道、阀门及其他辅助设备所组成,它形成一个密闭的循环回路,将核裂变所释放的热量以水蒸汽形式带出。二回路系统是将蒸汽的热能转化为电能的装置,并在停机或事故情况下,保证核蒸汽系统的冷却。辅助系统的主要作用是保证反应堆和回路系统能正常运行,为一些重大事故提供必要的安全保护及防止放射性物质扩散的措施。

我国的原子能科学技术,虽然起步晚,但经过 30 多年的努力,已具有雄厚的基础。60 年代以来,我国成功地爆炸了原子弹、氢弹和研制成核潜艇。至今,原子能开发利用技术已达到一定的水平,它为核电的建设打下了良好的基础。1991 年 12 月 15 日,我国自行设计的秦山核电站一期工程 30 万千瓦压水堆机组并网发电成功。1993 年底,广东大亚湾核电站已经成功运行。1995 年,秦山核电站发电 22 亿千瓦时,大亚湾核电站已超额完成了 100 亿千瓦时的发电任务,这样,我国在 1995 年核发电已达到 122 亿千瓦时。

#### 四、压水堆棒形核燃料元件

核反应堆堆芯结构是反应堆的核心构件,在这里实现核裂变反应,核能转化为热能;同时它又是强放射源。堆芯由核燃料组件、控制棒组件等组成。现代压水反应堆的燃料是采用低浓铀(铀-235 的浓度度约为 2—4%)作核燃料。

核燃料元件制造的第一大工艺过程是在化工车间里生产为满足一定性能要求的二氧化铀粉末。我国目前采用技术上较成熟的 ADU(重铀酸铵)法制取二氧化铀粉末。主要过程是将六氟化铀汽化,经水解生产成氟化铀酰( $UO_2F_2$ ),在通有氨水的沉淀槽转化为 ADU 粉末,经氢气还原为二氧化铀。第二大工艺过程是将二氧化铀粉末压制成粗块,经烧结、磨削成一定性能要求、一定尺寸和规格的圆柱形二氧化铀芯块。在经装配车间把二氧化铀芯块和长棒形空锆管

装配成核燃料元件棒,并且棒内充入一定量的氦气,两端密封;然后,按一定的排列方式排列成正方形或六角形的栅阵,中间用几层弹簧夹型的定位格架将元件棒夹紧,上下两端固定骨架构件上下管座,构成棒束型的燃料元件。

我国具有核元件的自行设计和制造能力,1994 年,我国核工业总公司国营八一二厂成功地从法国杰马公司引进了大型核燃料元件生产线。秦山的首炉燃料、首炉换料和大亚湾核电站的首炉换料大部分由该厂生产。从它们运行的数据来看,国产元件质量是可靠的。

#### 五、新科技及前景展望

人们对核电站使用的担心集中在核安全问题上,如:核燃料的放射性,运行中的核事故,以及核废料处理等。1979 美国的三里岛核事故与 1986 年原苏联切尔诺贝利事故导致一些人对核电的恐惧心理,给和平利用核能蒙上阴影,经专家事后分析,三里岛事故和切尔诺贝利事故都在很大程度上是人为因素造成的。核能技术发展至今,已进入成熟阶段,尤其采用快中子增殖反应堆,既可提高核电站的安全系数,又较少产生核废料,而且所产生核废料较容易处理。此外,这种反应堆还可少量处置老式反应堆产生的核废料,在燃烧过程中销毁老式反应堆产生核废料中放射性的钚及锕系元素。有关专家认为,此种反应堆具有很高的运行可靠性和安全性,并是目前销毁部分核废料的最佳方法。目前,国际核能界正致力发展快中子增殖堆(简称快堆),此种反应堆运行时,一方面消耗核燃料,产生热能而发电,另一方面产生新的核燃料钚,并且产出大于消耗,这样,天然铀的单位消耗降低到原来的  $1/5—1/10$ ,并保持核能的经济性;同时最主要是依靠核燃料、冷却剂,放射性废物及核工艺的其他组份所固有的基本物理化学性能和规律来消除事故,这将是人类“第二个核时代”的主要内涵。

目前世界上尚有 14 个国家在修建 38 座核电站。这一事实表明,随着世界“能源危机”的加剧,生态环境的进一步恶化,利用清洁、安全的核能将是人类不可回避的课题。