

## 日本的核能及其燃料循环：实现闭式循环

将回收的钚作为一种再生能源加以利用是日本核动力战略的中心环节

日本 80%以上能源资源靠进口, 目前正在积极发展核动力的商业应用。在过去的几年中, 核动力已经成为日本进一步减少其能源进口, 和建立更加安全可靠的能源基础以满足预计需求的战略的核心。

促使日本积极发展核能的另一重要因素是环境保护。人们对不排放与“温室效应”和地球变暖有关的污染物的核能发电, 寄予很大希望, 认为它将在环境保护方面起重要作用。

为下一个 10 年, 日本政府已制定了若干旨在建立本国独特的核燃料循环的计划。建造中的新的核设施包括为该国核电厂生产所需各种类型燃料的铀浓缩厂和后

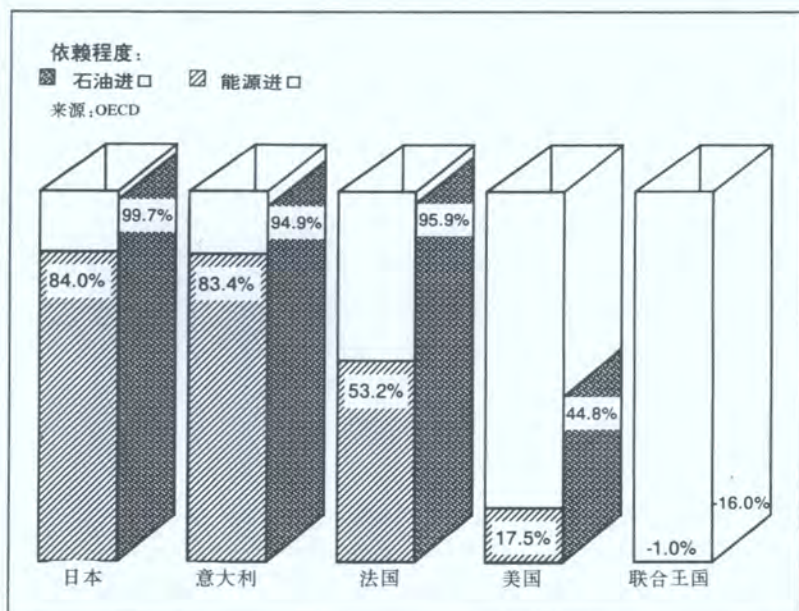
处理厂。本文从与日本燃料循环研究和开发有关的主要活动的角度, 评述该国的核政策和核计划。\*

### 核燃料回用战略

核能发电在日本已站稳脚跟, 截至 1992 年年底, 运行中的核电机组有 42 套, 提供的电功率总计在 33000 兆瓦(MW)以上。(见图。)建造中的机组有 12 套。1991 年, 核电在日本总发电量中占约 27%。

轻水堆(LWR)是主要的核发电堆型, 并在今后一段时间内仍将如此。在将来, 将把钚作为燃料回用于 LWR 中。这样, 钚的回用将在日本的核发电系统中起重要作用。同时, 为了使高效利用铀资源的快中子增殖堆(FBR)实现商业化, 所要求的技术与基础设施也能得以发展。因此, 在日本的方案中, FBR 正在作为未来核发电的主要反应堆而发展, 而且被认为是利用钚燃料的主要反应堆。此外, 为了加强全面的回用计划, 将把钚回用于燃料利用方面适应性强的先进热堆(ATR)中。

部分国家对石油和能源进口的依赖



\* 本文是根据数篇文献撰写的, 其中包括日本原子能委员会(AEC)1992年10月发表的“核能白皮书”; AEC核燃料回用顾问委员会1991年8月的论文“日本的核燃料回用”, 以及日本外务省1992年11月发表的文章“钚: 一种再生能源”。

实施未来回用计划所需的铀将主要由日本六所村后处理厂提供。这座后处理厂(计划在下世纪初投入运行)是实施 FBR 计划所必不可少的,而且是提供 LWR 和 ATR 回用铀所必需的。从日本现有的东海村后处理厂回收的铀将主要用于 FBR 和 ATR 的研究开发工作。现与外国签订的后处理服务合同仅是一种过渡措施。

国家潜力的开发

日本动力堆和核燃料开发事业团(PNC)与日本原子能研究所(JAERI),在涉及本国核燃料循环的研究与开发活动中一直起着重要作用。在核燃料转化和制造方面,工作主要放在鼓励和支持有着相当经验的私营企业的工业化方面。

在六所村厂区,日本核燃料有限公司(JNFL)已接过工业化工作。该公司是由日本核燃料工业公司(JNFI)和日本核燃料服务公司(JNFS)于1992年合并而成。这两家公司过去一直从事铀浓缩、轻水堆乏燃料后处理,以及低放废物处置的私营工业化工作。

1992年3月,日本六所村铀浓缩厂开始部分运营。同年12月,放射性废物处置



文殊原型快中子增殖堆(来源:PNC)

设施开业。日本原子能委员会(AEC)和核安全委员会(NSC)已批准了乏燃料后处理业务的申请。此外,一个将贮存返回的玻璃固化废物的高放废物管理设施,于1992年4月获准营建,并于同年5月开始建造。预计该设施将于1994财政年度开始投入使用。

### 铀浓缩

PNC一直是国内铀浓缩领域研究与开发工作的主要推动者。从1979年9月至1990年3月,它曾在人形岬经营一个铀浓缩中间厂。目前PNC正在运行一座原型铀浓缩厂(中间厂后继者),它的生产能力是200吨SWU。\*

关于商业铀浓缩,一座工厂在1988年8月获得政府批准,并于同年10月开始建造。该厂已于1992年3月开始部分运行,其年生产能力为150吨SWU,预计到2000年它的年生产能力将达1500吨SWU。

有关铀浓缩技术的研究与开发工作也正在进行中。例如,PNC公司正与私营公司合作建造一种采用新的高性能离心机的试验性级联设施。这种离心机用了一些新材料。此外,铀浓缩的激光和化学工艺也得到了研究与开发。它们是包括处于工程试验阶段的AVLIS(原子蒸气激光同位素分离)法和MLSIS(分子激光同位素分离)法。按照AEC的铀浓缩顾问委员会于1992年8月发表的一份报告,有关论证性工程项目的决定,可望在本世纪末作出。

关于气体离心法,该报告指出,六所村铀浓缩厂将在下世纪初需要这种先进的离心机。除六所村铀浓缩厂外,日本铀浓缩业务扩大的范围与时间安排仍然是一个有待讨论的问题,而且要考虑日本和海外的有关趋势。

\* 分离功单位即将天然铀中铀-235浓缩所需的功的单位。例如,当尾料浓度为0.25%时,从天然铀(0.7%  $U^{235}$ )生产1吨4%浓缩铀(4%  $U^{235}$ )约需5.8吨SWU。

### 乏燃料的后处理

在开发LWR乏燃料后处理技术方面,PNC的东海村后处理厂在1977年9月进行了使用实际放射性材料的热试运行,并在克服初期的困难后一直顺利地运行着。迄今,它已后处理了680吨以上的乏燃料。

根据合同,日本的乏燃料也在联合王国和法国的后处理厂进行后处理。已有含4700多吨铀的LWR乏燃料被送到那些后处理工厂。此外,还有含1100多吨的气冷堆乏燃料已送往联合王国进行后处理。

为满足预计的未来国内对后处理的需求,日本将主要依赖东海村后处理厂和将由日本核燃料有限公司运营的六所村后处理厂。那些超过国内后处理能力的乏燃料将被适当贮存和管理直到后处理为止。六所村后处理厂的建造已于1993年4月开始,计划到2000年开始投入运行;它的年处理能力将达到800吨铀。

### 放射性废物管理

核电厂产生的低放废物中,气态废物和一部分液态废物是在适当处理后被排放的。这种处理包括过滤和蒸发等。放射性废物的放射性水平一旦降到法律规定的释放水平以下,就被排入大气或海洋。至于固体和其他液体废物,正在采取措施将其减容,通过固化和焚烧对它们作适当处理,然后将其安全地贮存在各核设施场地。截至1991年3月底,约有480000桶废物(每桶200升)被贮存在核电厂场地。

1992年12月,日本青森县六所村的低放废物(LLW)处置库开始运营。该设施的处置能力为200000桶,并可扩大到约300万桶。这些来自核电厂场地的废物桶是通过海路运到处置库的。

### 铀的利用

日本核动力堆利用铀的计划包括如下的项目:

**铀在 LWR 堆和 ATR 中的应用。**一些电力公司正在促进铀在轻水堆中的应用,并正在推行小规模论证计划。第一个实际规模论证项目将于本世纪 90 年代中期进行。据推测,混合氧化物燃料(MOX)的装料量将占压水堆和沸水堆(功率在 800 MWe 以上)堆芯装料总量的 25%。电力公司将逐渐增加论证项目,到本世纪末,估计约有 4 座 1000 MWe LWR 的 MOX 装料为堆芯总量的 1/3,然后到 2000 年后不久,装入 MOX 的反应堆数将达到约 12 座。

关于 ATR,PNC 一直在进行着开发工作,而且自 1977 年以来一直在成功地运行着普贤原型堆(电输出功率为 165 MWe)。日本电力开发公司正打算在大间建造一座 ATR 反应堆,其电输出功率为 606 MWe,计划在 2002 年启动。

**快中子增殖反应堆。**PNC 一直在顺利地运行着常阳试验堆(热功率为 100 MW),并不断为研制原型快堆累积技术数据和运行经验。在私营企业合作下,它已在敦贺建造了文殊原型快堆(电功率为 280 MW),计划该堆于 1994 年春达临界。

论证 FBR 的开发工作由日本原子力发电公司(JAPC)负责进行,现已完成了初步的概念设计研究。与 PNC 和日本电力公司的合作活动仍在继续。

**FBR 乏燃料后处理。**关于 FBR 乏燃料后处理技术,PNC 正在东海化学处理实验室进行全尺寸模型试验和搜集基本数据。PNC 还打算建造一座用于进行工程规模热试验的设施。所有的工作成果将用于中间工厂的施工计划。预计该中间工厂将在下世纪开始时投入使用。

**MOX 燃料制造。**自 MOX 燃料生产技术开发工作于 1966 年开展以来,日本已为普贤、常阳和文殊快堆生产了 123 多吨的 MOX 燃料。PNC 目前正计划为论证性 ATR 建造一座燃料生产设施。

考虑到轻水堆燃料回用计划和六所村后处理厂的需要,预计日本每年将需要制造约 100 吨商用 MOX 燃料。

## 核开发的透明度

正如过去 30 年所表明的,日本坚定地承担了核能和平利用的义务,并且密切与其他国家合作以防止核武器进一步扩散的全球努力作出了贡献。日本政府作此说明的目的,是为了就本国的核能计划提供尽可能的透明度,以便不引起国际上的担心。

为了确保日本的核燃料回用计划的透明度,日本 AEC 的核燃料回用顾问委员会于 1991 年 8 月公布了一份关于预测的铀的供需报告。该报告指出,到 2010 年前后,日本铀的累积需求量将在 80 吨至 90 吨之间。包括从海外后处理后运回的铀在内,预计约为 85 吨的累积供应足以满足需求。最后,据预料,铀的总的供应和需求将可以保持中长期的平衡。此外,日本严格坚持不拥有超过实施其核回用计划所需数量的铀库存的国家政策。

日本政府还强调严格遵守其不拥有、不生产和不允许其领土内有核武器的无核三原则。日本的原子能基本法明确地指出,核能的所有研究与开发及利用必须限于和平利用目的。根据这项基本政策,日本是《不扩散核武器条约》的签约国,并且已与国际原子能机构缔结了全面安全保障协定。而且,日本政府还积极支持改进和加强机构安全保障体系的工作。

关于铀的国际长距离运输,日本政府已重申其对履行双边和多边协定所规定的义务和责任的承诺。它将继续紧密地与有关国家一道工作,以便加深了解和合作,从而使人们充分认识到,对铀的运输采取严格的安全和实物保护措施是日本的国际责任。 □

更正:《通报》1993 年第 2 期第 51 页右栏第 25 行“分享殊联的环境联络者作用”应为“分享特殊的环境联络者作用”。