

钚的管理问题

扩大全球合作范围

NOBORU OI

九十年代的全球发展,给国际社会带来一个新的和令人担心的问题:民用和军用核计划产生的钚的累积量日益增加。这种状况是由于一系列发展造成的。它们包括冷战的结束——特别是为拆解核武器和把曾用于弹头的多余钚转入民用部门而采取的若干措施——以及影响核工业的一些变化,特别是可将钚作为燃料来烧的快堆的商业化的推迟。面对这些发展及其他发展,新的现实正在影响钚的安全、有效的管理,为此许多国家正在制订相应的政策和计划。

截至1997年底,全世界贮存的动力堆乏燃料估计超过130 000吨,其中约含1000吨钚。另有民用后处理作业产生的170吨分离钚贮存在库中。源于被拆解弹头的不再用于国防目的的钚有约100吨,根据安排将从俄罗斯和美国军用部门撤出。

双重的的问题是:钚既是宝贵的能源(一般说来,1克钚相当于约1吨石油)又是

全球担心的材料,因为钚有潜在的健康危害,并可能用来制造核武器。本文将从较长远的观点在全球合作和IAEA本身作用(它根据成员国的利益不断发展变化)的范畴内有选择地讨论民用核计划中钚管理问题的若干方面。本文引用一些国际论坛包括1997年6月举行的国际核燃料循环和反应堆战略学术会议的讨论结果。(见第7页有关文章。)本文不涉及钚管理的不扩散方面,包括IAEA的被普遍接受的核保障和核查活动。

现状与趋势

民用计划产生的钚。钚是核反应堆运行期间在反应堆燃料中生成的一种元素。它可以被分离、贮存,随后用于核反应堆燃料再循环中。(插一句,钚用于生产能量并不是新鲜事。每座以铀作燃料的热堆所生产的电力的约40%,是由铀燃烧期间累积的钚同位素的裂变产生的。)

1997年全世界有443座动力堆在运行,总电功率约为350吉瓦电。所有这些动力堆都产生钚;例如,轻水堆的乏燃料约含1%的钚。

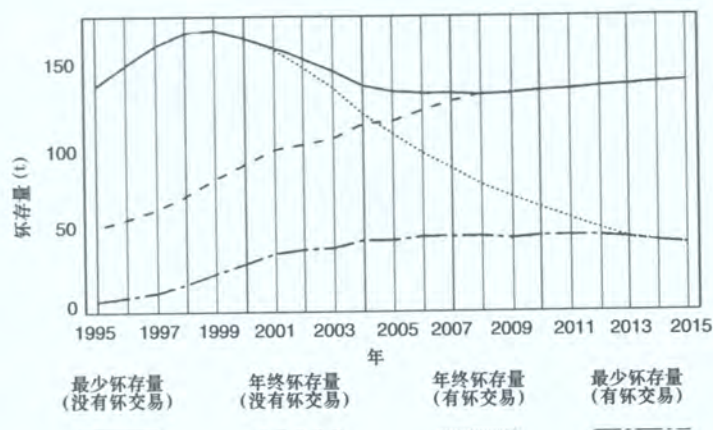
IAEA估计,1997年全世界核动力堆卸出约10 500吨乏燃料;其中含约75吨钚。估计在2010年以前,全世界乏燃料的年产量将大致保持在这个水平上。预计全世界核动力堆乏燃料中钚的累积量到2010年将增加到约1700吨。

估计1997年动力堆卸出的乏燃料只有约30%即约3000吨被后处理。后处理厂分离出24吨钚,其中9吨钚主要用来制造铀-钚混合氧化物燃料(MOX)用于轻水堆中。钚的分离与使用间的不平衡已造成已分离民用钚的累积存量在1997年底达到约170吨。

IAEA对钚存量的预测

Oi先生是IAEA核能司高级职员。

预计的世界民用分离钚存量



表明,民用钚的分离率和使用率在今后几年内将达到平衡,这是由于混合氧化物燃料生产能力不断增加,到2000年将达到每年360吨重金属(tHM)。在那以后,钚存量预计会略有减少,将稳定在130吨左右。尽管作了不少努力来减少已分离民用钚的现有存量,但全世界这类钚的存量还相当多。(见图。)

指定不再用于国防目的的钚。除上述民用钚外,正在从拆解的核弹头回收若干钚。根据《START-I 条约》和《START-II 条约》,今后十年内美国和俄罗斯将有数千枚核弹头要退役。因此,预计美国和俄罗斯各方将从军用计划中撤出至少50吨钚。

钚的管理

钚的管理问题涉及已分离的钚和乏燃料中所含的钚。由于钚既可用作能源来源又可用来制造核武器,因此引起许多问题。美国科学院已建议,把前军用钚转变成一种具有强放射性的形式(“乏燃料标准”),以防被盗和被夺取。然而,这类建议只适用于相当短的时期。由于放射性核素发生衰变,强放射性提供的保护将在200年内消失。如果将乏燃料埋藏在地质岩层中,就可能被视

为是潜在的“钚矿”。这意味着,若干年以后,便可开采和提取所埋藏的钚。

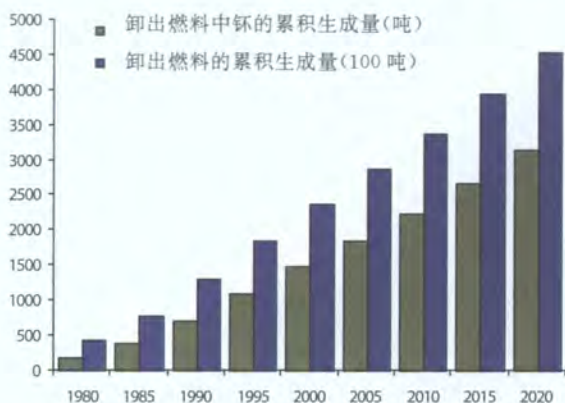
燃烧多余的钚。目前,钚被制成MOX燃料用于轻水堆,还有少量用于发展快中子增殖堆。现在,5个国家(法国、德国、瑞士、比利时、日本)的22座动力堆使用MOX燃料,预计到2000年使用MOX燃料的动力堆将增加到36—48座。使用MOX燃料可减少已分离钚的存量,并被认为是下世纪后半期快堆可能大规模使用钚之前的临时措施。众所周知,在轻水堆中多次再循环会使钚降质,这就限制再循环的次数为2至3次。不过,这种降质的钚还可用作快堆的燃料。如果没有快堆,乏MOX燃料仍将被置于最

终处置库或贮存设施中。

钚作为能源来源被广泛使用可能还需要几十年才会成为现实。快堆的商业化已被推迟。主要原因是经济性和核扩散方面的担心。目前正在设计或建造的任何快堆,其经济性都不如轻水堆。后者得益于相当丰富的廉价铀。虽然使用快堆可以有效地实现可持续的核能生产,但预计它在2030年以前还不会被引入竞争的电力市场(在2030年占预计的核能容量的约1%—2%)。这个预测可能还是乐观的。不能排除其他能源与快堆竞争的可能性。即使这样,乏燃料和钚的管理问题将依然存在。

有烧掉多余钚的其他办法吗?正在研究加速器驱动的在惰性基质中燃烧钚的系

卸出燃料的和卸出燃料中钚的累积生成量



统和使用钚燃烧钚的方法。但是这些技术还处于早期开发阶段。

国防部门撤出的钚的处置。为解决国防部门撤出的钚的处置问题,美国和俄罗斯均已采取措施。1997年1月美国决定采取“双轨”战略,即把大部分钚用作轻水堆的MOX燃料,其余部分钚作固定化处理。俄罗斯没有正式宣布它的政策,但强调使用钚作为反应堆的燃料。曾经用于武器中的钚的非军事化和处置问题原先基本上是美国和俄罗斯双边关注的事,现在已成为国际社会所面临的最重要的新现实之一。解决这个问题需要有政治愿望、足够的资金和有效的国际合作。

值得指出的是,处置50吨钚从技术上讲可在20—

40年内完成。因此,这一数量的前军用钚并没有改变核社会所面临的与钚有关的所有问题的性质。不过应该强调,国防部门撤出的钚的处置是向裁军迈进的一大步,应最优先进行。

乏燃料贮存。对于来自民用计划的钚,合乎逻辑的办法是长期贮存乏燃料,或把它处置在地质岩层中。这对后处理方案同样适用,因为MOX乏燃料再循环两次或三次之后也终将被贮存或地质处置。

乏燃料和分离钚的长期贮存是相当成熟的技术,没有大的技术问题。乏燃料的地质处置技术还有待论证。到目前为止,任何国家都没有发放处置场许可证。

大量乏燃料能相当容易地贮存起来。与现代工业正

在产生的其他类型废物相比,乏燃料要少和致密得多。乏燃料比化石燃料电厂的废物更容易与环境隔离开,后者大部分排入大气。乏燃料在化学上是内在稳定的,而且贮存的热状况会由于裂变产物的衰变随着时间的推移而改善。

有两个实例可以说明,乏燃料贮存所需的空间是很适中的。一个是瑞典的“CLAB”设施,它是一个长120米、宽20米、深27米的水池系统,位于一个地下岩洞中,能贮存5000吨乏燃料,1985年投入使用,到1997年已贮存2600吨沸水堆和压水堆乏燃料。

另一个是干法贮存的例子,地点在加拿大的莱普罗角核电站。1991年以来那里的100个筒仓已贮存1026吨坎杜堆乏燃料。筒仓都是直径为3.07米、长为6.1米的混凝土罐。尤其是对于经过一段长时间的水下贮存后再进行长期贮存来说,干法贮存可能是一种更可取的方法,因为它操作和维护方便并且具有固有的安全性。乏燃料干法贮存已经有将近20年的成功经验。干法贮存系统可以是混凝土罐、有钢衬的混凝土贮存容器以及贮存窖。干法贮存虽是比湿法贮存后起的技术,但已成熟。采用干法贮存的乏燃料数量

正开始大大增加。到1997年底,世界8个国家已用干法贮存约3600吨乏燃料(约占世界贮存总量的3%)。

过去,乏燃料贮存一直被看作是乏燃料管理中的一个中间步骤。但是,这种观念将不得不改变,因为长期贮存几十年将成为必要的措施。

总而言之,当今核燃料循环问题似乎归结为考虑利用混合氧化物燃料(对于着手后处理的国家而言)和分离钚,和预计在地质处置库中长期贮存/处置乏燃料。由于一些钚是从军用部门撤出的,除上述这些考虑外还应考虑其直接处置问题。

国际背景

90年代初以来,国际社会愈来愈关注与钚有关的问题。

■ 1992—1993年,国际原子能机构举行两次会议,讨论与民用计划所产生的分离钚的累积有关的种种问题。在这方面,提及了80年中期以来销声匿迹的国际钚贮存概念。随后几年,9个国家(比利时、中国、法国、德国、日本、俄罗斯、瑞士、联合王国和美国)组成的独立于IAEA的工作组开展了有关钚管理问题的讨论。该工作组最近制订出国际钚管理



导则(1998年3月作为INF-CIRC/549发表)。该导则规定这9国政府已决定适用于和平核活动中钚管理的政策。为了增加钚管理的透明度和增进公众了解,这9国同意不定期发表声明,阐明其核动力和燃料循环的国家战略、管理国家所拥有的钚的一般计划。此外,这9国还承诺发表接受导则约束的钚拥有量的年度报表。

■ 1994年,在核能机构主持下建立了一个特别专家组,研究与钚管理有关的广泛的技术问题。1997年5月发表的报告涵盖了民用钚管理的各种技术方案。该专家组的成员来自15个国家和3个国际组织,包括核能机构、IAEA和欧洲委员会。

■ 1995年,《不扩散核武器条约》审议和延长会议

要求增加民用钚管理的透明度,包括库存量及其与国家核燃料循环的关系。主要的会议委员会之一还要求继续对钚管理和库存钚使用的政策方案,包括在IAEA存放的方案和地区燃料循环中心的各种方案进行国际审查。

■ 1996年,莫斯科核安全首脑会议的参加者也强调全球合作的重要性。他们承认核武器用易裂变材料的安全管理的主要责任在于生产和拥有这些材料的那些国家,并“欢迎其他国家和国际组织提供适当的援助”。

■ 1996年下半年,继莫斯科首脑会议之后,在巴黎举行了“关于指定不再用于

照片:钚含量约为5%的混合氧化物燃料芯块。(来源:Cogema)

国防目的的武器用易裂变材料安全和有效管理的国际专家会议”。IAEA 和 10 个国家及欧洲委员会的代表参加了此次会议。这是第一次在国际论坛讨论当代双边钚问题的会议。IAEA 借此机会介绍了有关国际钚管理的经验和专门知识。

■ 1996 年 9 月,在 IAEA 大会期间,美国、俄罗斯和 IAEA 就国防部门移出的核材料的核查问题提出所谓的“三边倡议”。三方同意联合探讨与这类材料核查有关的技术、法律和资金问题。

■ 1997 年 6 月 IAEA 举办的“国际核燃料循环和反应堆战略:适应新现实学术会议”从全球角度审议了一些重大问题和发展情况。这次会议的任务是为决策者和公众,提供对各种燃料循环和反应堆战略特别是钚的生产、使用和处置战略的科学评价。

■ 1997 年,一些国家采纳国际乏燃料安全管理准则。1997 年 9 月 IAEA 大会期间,《放射性废物管理安全和乏燃料管理安全联合公约》开放供签署。

IAEA 的作用。IAEA 在这一领域中的作用随着成员国的利益而不断发展变化。除进行其核保障和核查活动外,机构已有的和计划开展的与民用钚管理有关的活动包括:

■ 作为信息交流论坛。这要求提供公正的看法,以便对核燃料循环的各个重要环节取得共识;定期发表估计的世界钚存量;通过定期的客观报道和研究报告,支持为增加透明度所作的种种努力,以增加公众的信任;以及促进必要的研究与发展工作,包括快堆方面可能的国际合作,以便对减少钚存量作出贡献。

■ 帮助各国建立钚和乏

燃料安全处理所需的基础设施。例如,IAEA 已出版有关动力堆乏燃料安全贮存的《安全导则》,最近准备出版有关钚安全处理和贮存的《安全性报告》。

■ 做出必要的国际安排。这包括开展旨在从安全和保安角度探索国际钚管理或贮存的可能性的活动,以及做出旨在促进地区合作和国际合作寻找钚和乏燃料管理问题的经济有效的解决办法的安排。

作为 IAEA 1997 年核燃料循环学术会议的结果,1998 年建立了国际核燃料循环方案工作组,以维持各国间就该领域重要问题的对话。人们打算使该工作组成为讨论合作任务的主要论坛。合作任务包括 IAEA 在乏燃料和钚的处置方面的作用,动力堆和研究堆乏燃料的国际贮存,以及国际钚管理。 □