

## 裁军和核能的和平利用



随着世界主要军事大国采取措施裁减其核武库,在核弹头拆卸回收核材料的管理和潜在利用方面正在产生若干重要的问题。这些问题之一是,在回收的钚和高浓铀因贮存或用于民用核动力部门而被转移的情况下,国际原子能机构可能起怎样的作用。从下面的摘录中,可看出当前国际分析家和观察家的一些见解。

在今后二十年内,人们将从核武器和核反应堆乏燃料中回收非常大量的钚和高浓铀(HEU)。如果目前的后处理计划得到实施,到2000年人们将分离出215吨左右的钚,而在之后的十年里还将分离出235吨钚。假若核武器拆卸按预期计划进行,人们还可以回收150吨钚和500吨武器级铀。这些吨数将使今日已经很大的核材料库存量变得更大。当前,对于这些前所未有的核材料流,还没有明确管理战略。这不足为奇,至少从武器拆卸方面说,人们未曾想过这些战略……

“从核武器中拆出的和从美国和俄罗斯拥有的巨大战略储备取出的HEU,将对核燃料市场产生最大的影响。……预定被拆卸的核弹头中的HEU,将转化为可供全世界轻水堆约2年之用的浓缩铀燃料,并使销售它的政府增加几十亿美元的收入(这笔钱将有助于支付核武器拆卸的费用)。HEU在燃料价格、天然铀和贫化铀需求量方面的影响将取决于许多因素。预期的结果是,浓缩铀供应的这种‘意想不到的增多’,将使燃料价格在未来许多年中都不会显著高于目前的低的水平。

“HEU虽然有一个现成的市场,但它仍有一些安全问题。在从核弹头中拆出HEU(和钚),把它从武器级材料转化为核反应堆级核材料,把它从一个场地运向一个场地,以及根据有关美国购买俄罗斯大部分HEU库存的1992年协定进行美俄间运输等过程中,都需要进行严格的监督

和实物保护,以防止HEU被盗或被转用。

“铀市场不大可能或不大愿意在短短一两年内吸收这样大量的浓缩铀。不过,看来重要的是,应在消耗之前把HEU稀释成低浓铀,以便武器级材料数量能够迅速减少。同样地,所有从军事计划中取出的HEU存货和处于稀释过程中的HEU存货都应接受IAEA安全保障。

“减少钚的存量将困难得多。与钚相关的放射性危害会使含钚混合氧化物(MOX)燃料元件制造成本大大增加。此外,钚的应用会降低动力堆的燃料效率,因为使用常规浓缩铀燃料可以达到更深的燃耗。如此大量经稀释的HEU进入市场,将使人更难认为燃烧钚是合理的,无论从商业上看还是从供应可靠性上看都是如此。即使按照目前的后处理计划进行下去,欧洲和日本的MOX制造设施的规模也显得过小,结果是后处理厂回收的钚中的很大一部分不得不在仓库里。

“尽管从核武器中拆出的核材料将含有较少的在放射学上令人烦恼的钚同位素,并因而比较容易处理,但同样会引起上述种种问题。另外,俄罗斯和美国在钚的回用方面都没有很多商业经验。

“由此可见,产生的钚如果不能被大量地吸收,其中很大一部分势必被视为废物。迄今,指导核领域内许多研究与开发计划的假设一直是:钚是有益的东西。结果是,人们几乎没花精力,去开发可用来处置已被分离的钚的技术。最近人们提出了各种方案,其中包括用专门设计的核反应堆烧钚,用地下核爆炸的方法把钚封隔在岩层里,把钚与高放废物混合起来,以及把钚送到太空。这些方案在技术、经济和环境上是否适宜,都没有接受严格的研究和试验。所以,人们将需要实施一个具体的国际研究开发计划,以寻求一些不同于贮存的可接受的解决办法。

“HEU库存的管理虽不会是简单的,

但钚却会引起有一些特殊的问题。HEU 的主要库存只是美俄两个国家的财产。与此相反,美、俄、英法、德、日等六国将各自拥有数十吨分离的钚,而若干别的国家将建立较小的钚库存。还有许多国家,包括核武器国家和非武器国家因而很可能即将建立起大的钚库存。

“由于上述这些原因,有必要重新考虑 70 年代提出的那些有关建立国际钚贮存计划的建议。在机构《规约》的第十二条 A 款第 5 项中,已预见可将钚(和 HEU)置于机构郑重保管之下的可能性。至少,必须自动地将武器与武器生产系统以外的所有的已被分离的钚(无论其处于何处),置于机构的安全保障之下。”——斯德哥尔摩国际和平研究所(SIPRI)、牛津大学出版社 1993 年版《1992 年世界钚和高浓缩铀库存》作者 David Albright 先生、Frans Berkhout 先生和 Willian Walker 先生。

### 不扩散问题与机会

由于钚这种可用来制造武器的核材料越来越容易获得,其应用的经济合理性愈来愈小,加之能源供应可靠性上没有问题,以及人们对核扩散的继续担心,使得在如何对待钚的形势方面产生了一些大的问题。从核武器拆卸中获得的越来越多的高浓缩铀虽也引起了一些类似的问题,不过一般认为它们虽非毫无麻烦,却是易于解决的。一下子抛出大量的经过掺合的铀虽然会扰乱铀市场并会对浓缩服务合同的签订产生严重的影响,但这应该是易于解决和不会助长扩散的,而且事实上这会通过产生一个可用来确保能源供应的资源,帮助解决扩散问题。

“钚的形势则不同于 HEU。商业级钚尽管效率不高而且也许更不便于使用和危险,但它们仍有扩散问题……

“库存钚被广泛地看作一个必须加以避免的‘有吸引力的麻烦事情’。反对利用

钚的人们一致认为,全国性地贮存分离的钚是最不妥当的解决办法。有些人提出,适宜办法是将钚留在乏燃料中。另一些人则认为,最好是在核反应堆中烧钚,因而至少是得到其能源效益。钚的应用或处置仍是一个未解决的问题,它为许多与安全、保安和环境后果有关的困难所困扰。至少在政治上,这些困难是不容易解决的。

“人们之所以要急切地解决这个问题,是因为已从核弹头中拆卸的大约 200 吨钚即将进入库存。此外,还将有约 80 吨已分离的反应堆级钚进入库存。如果目前的计划得到实施,则法国、英国和日本的民用后处理计划到本世纪末,将使分离钚的库存量增加一倍多。这么多的钚,在一个有着许多不确定性、不稳定性和不安全性的主权国家的世界中,是令人忧虑的。

“有的人或许想把这些问题区分开来,即用一种办法处理。有的人或许想一古脑儿地处理钚问题……

“我的看法是,我们现在就应该全面地解决钚的管理问题。美国和俄罗斯有一个关键性的重要机会:通过把从核弹头中拆出的易裂变材料置于国际控制之下来促进核不扩散事业。这两个国家应该认真考虑承诺把这种材料全部用于和平目的或处置掉的问题;他们应该就制定一个接受国际核查的贮存协定达成一致意见并且实施它。核查的目的是在于确认,所有从核弹头中拆出的易裂变材料都已被放入库中,并且仍在那里(直到其被取出用于和平目的或被处置掉),而且是接受国际原子能机构安全保障的。

“美国和俄罗斯若能把他们全部退役核弹头材料交予国际核查和控制体制,便会一举证明国际贮存和检查的可行性,并为处理世界各地所有实际上不处于民用范围的易裂变材料,包括核武器国家的民用易裂变材料,开创一个有影响力的先例。与此同时,美国和俄罗斯若能允许对

## 见 解

其易裂变材料进行史无前例的新的视察和控制,他们便会使这样一种论点失去依据:不扩散体制是歧视性的体制,因为它对核武器国家和非核武器国家使用不同的标准。这种贮存协定将开放供所有国家参加,而其目的则将是把所有任何来源的和任何国家的钚都纳入核查体系。应该要求一切在自己领土上有已分离的钚或管辖有钚的国家和别的核武器国家起而仿效。但是,走这条路的决定应该首先由美国和俄罗斯做出,而不是在一切别的潜在当事方都同意之后做出。核武器国家的这种行动将是一个强大的推动力。核查体系外的易裂变材料总有一天会被看成是不合法性的,而单是这一点便会对未参加国产生意义深远的影响”——美国康奈尔大学行政管理学教授兼和平研究规划副主任 Lawrence Scheinman 博士。上文摘自其发表在由东海大学、普林斯顿大学和美国科学家联合于 1993 年 3 月在东京主办的“核裁军与不扩散——国际行动问题国际研讨会”上的论文《国际政治变化和与核裁军有关的决定对核不扩散的影响》。

### 国际视察和核查

可用来加强对来自拆卸的核弹头的易裂变材料进行控制的一种方案是,将这种材料登记入册,以便由 IAEA 进行定期的安全保障视察。作为 IAEA 成员国的俄罗斯,从核弹头拆出高浓铀并使其进入民用部门时,应立即向 IAEA 报告这种高浓铀的量及所在位置。(IAEA 不对军用核材料进行安全保障)。IAEA 按照它和成员国签订的安全保障协定,掌握所申报的核材料的增减情况与所申报核设施的材料收支情况。一旦该材料脱离军事用途,IAEA 便可将其置于安全保障之下,不管最后为贮存或销售选择什么安全保障方案。IAEA 的安全保障可以补充其他的旨在把核材料转用危险减至最小的双边和或多边核

查措施。然而到目前为止,还未对拆卸过程实施核查措施,从核弹头拆下的核材料也未得到安全保障。”—— Zachary Davis 先生、Marc Humphries 先生、Carl Behrens 先生、Mark Holt 先生和 Warren Donnelly 先生。上文摘自 1992 年 10 月由美国国会图书馆国会研究部提出的报告《化利剑为能源:冷战后的核武器材料》。

核弹头的消除涉及一连串相关的步骤,包括使其失去战斗力、加标记、运输、贮存、拆卸和高浓铀与钚的处置。现有的苏联年拆卸能力为 1500—4500 枚核弹头,而美国的年拆卸能力则为 1200—4000 枚核弹头。但是在全国经济和政治巨变的情况下,俄罗斯拆卸核弹头的能力如同其他工业一样,可能远低于理论潜力。

“使核查与核武器消除过程一起进行,并使前者成为后者的一个不可分割的部分是重要的。核查的目的是给人以适当的信心,即不存在欺骗行为和核弹头与易裂变材料是所申报的东西并在所申报的地方。定期核弹头核查视察,应由商定的裁减所涉国家和如国际原子能机构或非核武器国家这样的第三方的人员组成的双边或多边小组来实施。对于核弹头和核武器材料,也可建立国际控制体制或联合国控制体制。”——摘自《钚:核时代的致命黄金》中的“核弹头拆卸与钚处置”一节。该书著者为“国际医生防止核战争”的一个专门委员会和能源与环境研究所(美国马萨诸塞州坎布里奇)。

### 寻求共同的解决办法

核武器的世界存量约为 50000 枚核弹头,主要集中在美国和俄罗斯的武库中(部署的或储备的)。这些核弹头含有约 1000 吨 HEU 和 220 吨钚。核弹头中的每吨 HEU 或钚可以产生约为 1000 万吨梯恩梯的爆炸当量(取决于爆炸装置的转换

效率)。每吨稀释成反应堆级燃料或混合氧化物燃料且用于 1000 MWe 级核电厂的 HEU 或钚可发稍多于 1 堆年的电力。目前世界核电装机容量约为 33000 MWe。因此,如果我们一下子把世界核武库中所有铀和钚转为民用,这些材料可以提供的电力将稍多于全世界 4 年的核发电量。

“当然,不可能一下子销毁全部核武器,拆出的核材料也不可能全部进入市场。相反,被销毁的将只是全部核武器中的一部分,而各种类型的含有不同量 HEU 的核武器将在若干年中有选择地退役或拆卸。武器拆卸速率、拆卸的最后规模和易裂变材料的随后应用,都将取决于技术的、经济和政治的等多种因素。

“虽然美国和俄罗斯的核武器是由军事机构部署的,但是负责武器组装和拆卸工作的却是民用机构或准民用机构:在美国由能源部负责,在俄罗斯由原子能部负责。值得注意的是这两个机构也都涉入商业核燃料循环活动。

“美国能源部预计,美国的核武器拆卸将以每年约 2000 枚核弹头的速率进行。俄罗斯一些官员估计,俄罗斯的拆卸将为每年 1500—2000 枚核弹头。这都是在采用每日一班工作制的前提下估计的。这种工作制是拆卸速率的主要限制因素。美俄双方虽都有把拆卸速率提高两倍的能力,但似乎都不愿意这样做。

“若以上述速率拆卸,美国和俄罗斯每年将”各自“拆出”15—20 吨 HEU 和 5—8 吨武器级钚。拆出材料的准确数量取决于被拆核弹头的类型。

“实际上很可能发生的情况是,武器拆卸中得到的 HEU 和钚不是简单地增加世界市场供应,而是取代它的一部分。高浓铀可被看作一个处于浓缩服务形式的电力仓库。浓缩部分通常约占高浓铀价值的三分之二。对用电极多的气体扩散厂的所有者来说,掺合 HEU 可以替代大量的

昂贵电力。以这种方式利用 HEU 所避免的费用,也许大于这种材料经掺合后直接市场上出售所能卖到的价钱,在这种销售导致已疲软的市场发生价格进一步降低的情况下尤其是这样……武器级钚的最可能的处置方法是无限期贮存。但是在原则上,也可用高纯钚换取在其他情况可从乏燃料后处理中得到的质量较低的钚。这样做也许能为那些想使用混合氧化物燃料或增殖堆燃料的人节省大量的费用。

“既然来自武器拆卸和民用核计划的剩余钚的处置是大家关心的问题,我们便应该寻找一些能为每个人带来经济上、安全上和也许是政治上的利益的共同解决办法。为处理拆卸出来的钚虽已提出若干建议,但所有建议所涉及费用都很高,并且与 HEU 情况不同的是到目前为止尚没有促使人们安全地处理这个问题的积极的诱因……与此同时,大量已接受客观存安全保障的处于一种可贮存的变性形式(乏燃料)的钚,按计划将在最近建成的和已拟建的欧洲和日本的后处理厂中得到分离。这种情况向人们提出了一个艰巨的任务,即必须找到一个合理的而且也许是相互有利的解决办法。

“成为一个历史讽刺的是,诞生于早期武器计划但后来走了另一条演变道路的民用核技术,现在发现它的道路重新与核武器计划的道路交叉起来。我们必须设法确保民用核电持续发展,正如我们希望见到一个缓和的曙光洒向军备竞赛。为成功地做到这一点,需要那些占有最大份额的国家乐意重新考虑其经济的、安全的和规划的目标,并对这两个问题找出合作解决办法。”——美国马萨诸塞州理工学院国际研究中心资深成员 Thomas L. Neff 博士。上文摘自收入 1992 年 9 月由铀协会在伦敦举办的第 17 届国际学术会议的论文集《铀和核能 1992》中的论文“核武器拆出 HEU 和钚的处置”。