



来自大约 40 个国家的专家，参加了 1987 年 9 月 28 日至 10 月 2 日在维也纳召开的国际原子能机构核动力实绩和安全性国际会议。会议期间，苏联代表团在 9 月 30 日就该国核动力计划方面的问题举行了一次记者招待会。出席招待会的苏联官员包括（右端起）：N. Lukonin 先生，A. Petrosyants 先生，V. Malyshev 先生，A. Abagyan 和 L. Ilyin 先生。（来源：Katholitzky, IAEA）

核动力的实绩和安全性

国际原子能机构国际会议要点

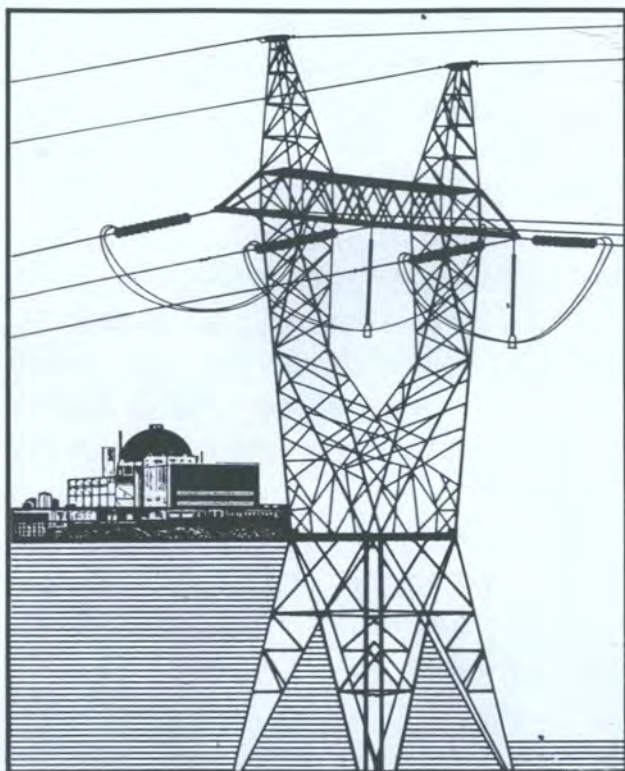
L.L.Bennett, J.Fischer 和 A.Nechaev

在国际原子能机构 (IAEA) 召开的核动力实绩和安全性国际会议上, 谈到了许多技术和经济问题, 其中包括各国和国际上为改进核动力厂的实绩和安全性而作出的努力。这次会议在维也纳举行, 于 1987 年 10 月初结束。*

IAEA 总干事汉斯·布利克斯在会议开幕词中指出, 这次会议是标志核能发展进程中各个重要里程碑的一系列会议中的最近一次。在这一系列的会议中, 包括四次日内瓦会议 (其中后两次会议的有些项目是由 IAEA 负责的), 1977 年召开的萨尔茨堡核动力及其燃料循环会议, 以及 1982 年召开的维也纳核动力经验交流会议。每次会议都标志着核动力发展中的一个重要阶段, 使许多国家的情报资料得以汇集起来, 并总结出共同的经验。最近这次会议同样被证明是适

Bennett 先生是机构核动力处经济研究科科长。Fischer 先生是核安全处职员。Nechaev 先生是核燃料循环处核材料和燃料循环技术科科长。

* 这次会议于 1987 年 9 月 28 日至 10 月 2 日在维也纳举行, 有 40 个国家和 12 个国际组织的约 500 位专家参加。会上宣读并讨论了 26 个国家和 6 个国际组织的近 200 篇论文。这次会议的论文汇编可向 IAEA 订购。



时和重要的: 会议提供了有核动力计划国家的最新经验和下一步目标的全貌; 并提供了某些国家在上一年中实施的重新评价其核动力计划 (有时还是比较痛苦的) 方面的情报资料。

核动力的发展

对能源和核动力的需求

W.Kenneth Davis 先生在闭幕会议上的总结发言中说, 他坚信能源 (包括电力) 是经济增长和社会进步的基本条件之一, 而不是经济增长的结果。Davis 先生是 Bechtel 集团公司的顾问, 曾任美国能源部副部长。

Davis 先生的结论是, 对核动力的需求显然与对电力的需求有关, 也与该国有多少种发电方案可供选择有关。对电力的需求一般是与对能源的总需求有关的, 但正如会上宣读的几篇论文所说明的那样, 前者并不与后者成正比。电力需求的增长速度通常大大超过能源需求的增长速度。其结果是, 几乎所有国家用

于发电的一次能源所占的比例都在增加。发展中国家能源和电力需求的增长速度（与经济增长情况有关）比发达国家高得多。因此，当能源价格提高时，就会引起严重的财政问题。H.J.Laue 教授代表世界能源大会的发言支持这些观点。

IAEA 提供的一篇论文指出，到本世纪末，预计发展中国家的核电装机容量将增加一倍以上，相当于核电装机容量增加 40 吉瓦（电）。同一个时期内，预料工业化国家的核电装机容量增加 65%，即增加 170 吉瓦（电）。这就是说，在将于 2000 年以前开始发挥作用的全部新的核电装机容量中，发展中国家将占 25%。

尽管有这些成就，但在可预见的将来，发展中国家核电装机容量在世界核电装机容量中的份额仍然比较小。因此，2000 年前，发展中国家的大部分电力需求量，仍将靠常规发电厂和水电站满足。

经济性

核电装机容量今后能否增长，主要取决于核电与其他可替代能源相比的经济性。在不少国家里，进一步开发水电既不经济也不现实，用石油和天然气发电又比较贵，太阳能或风能等其他能源在经济上做出很大贡献的可能性极小。这样就只剩下煤或核能可供选择了——不少国家虽有煤或有可能进口煤，但价格未必有利。来自印度和中国的论文介绍了他们的研究结果。他们认为，以煤电为主大规模扩大发电能力所需的总投资，要比以核电为主的高。

从上述这些意见来看，大家一致的看法是：在世界上大多数地区，除了可以长期在当地以有利价格买到煤的地区外，建造和运营管理都比较好的核动力厂，将继续可以与大型燃煤骨干电厂竞争。有一点特别重要，即核动力厂一旦建成，它们的发电成本就比较稳定，几乎不受通货膨胀的影响。

保持极好的记录

布利克斯博士在开幕词中说：“我认为，我们必须承认，只有全世界的核动力厂在运行实绩和安全性方面保持极好的记录，才能帮助克服公众的恐惧心理。这种因对辐射现象不熟悉而产生的恐惧心理，已因发生了多次核事故而加剧。只是解释任何工业活动（包括能源生产）都会有某种危害是不够的。我们必

须让核动力厂的安全标准规定得比任何其他工矿企业的更高。这一点已为各地的核动力工业界所认识，并成为工业界和政府部门的各项计划的基础。”

布利克斯又说：“幸运的是，安全性和良好的经济性总是互通的。使核动力厂顺利、可靠地运行是有利可图的。”

他还指出，自 1977 年核动力及其燃料循环会议以来，核动力厂的运行实绩一直在提高。1977 年，向 IAEA 动力堆情报系统（PRIS）报告的 137 套核动力机组的平均能量可利用因子仅为 64.7%；1982 年，即 1977 年以后又一次大型会议召开时，核动力机组数已增加到 200 套，但其平均可利用因子仍保持在 65% 左右——这是曾引起人们关注的一个数字。到 1986 年（有完整数据的最近一年），列入 PRIS 的 288 套核动力堆机组的平均可利用因子已提高到 70.4%。更值得注意的是，这些核动力机组中的 55% 的能量利用率已达到 75% 或更高。事实上，1984 年以来，约 40% 的机组年年报道其可利用因子在 80% 以上。

这些数据清楚地表明，人们可以通过国际会议和其他途径，通过改进情报资料的交换办法和重视所能实现的各项标准化等办法，吸取经验教训。

90 年代的目标

降低费用。一些报告指出，通过扩大核动力厂设备的标准化，能使前段费用（指建成投产前的费用）减少 35%。还可以从缩短建造周期着手，进一步减少与时间有关的费用。

除法国核工业有明确的发展方向外，还有一些国家有准备进一步采取标准化政策的明显迹象，如德意志联邦共和国的成批建造（Convoy）概念，以及包含在美国能源部和电力研究所的先进轻水堆计划中的未来标准化计划。

根据 Convoy 概念，与 70 年代后期开工的非标准化电厂相比，80 年代前期开工的电厂所需的工程工时数可减少 38% 左右。如果将全部设备标准化（与电厂厂址有关的部件除外），那么概念设计一完成，就可以拿出全部工程文件的 70%，开工前可以完成全部工程设计工作的 90%。这就可使电力公司在费用概算、进度预估以及实现电厂的经济目标方面更有把握。另外，土建构件的预制和预装配范围的扩大，以及项目管理和工作管理程序的计算机化，也可使费

用降至最低，建造周期明显缩短。

提高运行实绩。延长运行周期以提高电厂可利用率是核工业界的中心目标。人们正在开发先进的堆芯设计概念，目的在于延长燃料组件在堆内的停留时间。（本文最后一节介绍会议讨论核燃料循环的情况，从中可得到有关这一课题的更详细信息）。

就电厂的可利用率而言，轻水堆用于换料、维护和检修的计划停役时间约占整个不可利用率的70%；因此，缩短这些时间是相当重要的。到目前为止，在缩短电厂计划停役总时间方面取得的成绩一直较好，平均停役时间从1982年的70天减少到目前的41天；但在停役管理方面仍有进一步改进的余地。

为了更有效地利用计划停役时间，核工业界正在探索从关键路径去掉某些停役活动的方法，以便使更多的工作能够同时进行。例如，采用专用的压力容器喷嘴，就可在反应堆保持淹没状态的情况下排空回路，因而可使压力容器、一回路泵和蒸汽发生器同时进行测试和检查。还可以采用专用机械手和研制新的辅助设备，以减少维修所需的时间和维修人员的辐射照射量。

稳定办理许可证的办法。解决标准化工作方面的审批问题和建立稳定的管理制度，是核工业界90年代的重要目标。这些工作的目的在于把稳定性和可预测性引入办理工厂许可证的过程，从而排除目前这一过程的随意性。在某些国家里，人们仍然认为，目前管理方面的多变性给投资者带来的风险过大，使电力公司尽管看到核电厂的安全性、可靠性或经济上的优越性，也不愿对新核电厂进行投资。美国目前正在提出一些变通办法，有可能把颁发建造和运行许可证、核准工厂的初步设计和最终设计并成一步，并实施以10年期限为参照基础的工厂设计合格许可证制度。到90年代中期，应使电力公司有条件选择附有设计合格证的工厂方案，并把它与预先核准过的厂址组合起来，以便经过管理部门时间不长的审查就能获得建造和运行合一的许可证。

核动力安全

几乎所有有核动力厂的国家，都已对照切尔诺贝利事故仔细地分析了他们自己核动力厂的安全性，结论是其他类型的动力堆不会发生切尔诺贝利

RBMK反应堆上发生过的那类事故。尽管如此，核动力安全问题，特别RBMK堆的安全问题仍然是70多篇会议论文的中心议题。

严重事故

人们对苏联发表的几篇关于切尔诺贝利事故发生后所采取措施及事故对健康影响的论文，十分感兴趣。（参看本期有关该题目的文章。）这些论文更新了IAEA于1986年召开的事故后讨论会期间苏联提供的资料。论文报道了封闭切尔诺贝利4号堆的经验，并指出封闭后的第一年内没有出现什么问题。论文中提到的温度下降和放射性物质释放量减少，清楚地表明情况是稳定的。

反应性控制问题（这是RBMK堆特有的）的处理办法，是安全专家们特别感兴趣的。从苏联发表的论文看来，在改造电厂控制系统和停堆系统方面，苏联政府的想法（如以前在IAEA于1986年召开的事故后讨论会期间所表示过的那些想法）已稍有改变。控制棒的插入速度已加快（加快到约1.7倍）。控制棒的数量、控制棒与挤水器在堆芯内的位置，以及监测能力都已作了变动。下一步的修改正在研究中。另一个重要变动是在所有RBMK堆中逐渐采用浓缩度为2.4%的燃料，同时让大量控制棒留在堆芯内，以便减小反应性空穴系数。由于采取了许多措施，虽然空穴系数仍是正值，而且在经济上免不了要受到一些损失，但各种安全特性却大大改善了。对所讨论的这一问题，加拿大的一篇论文全面介绍了坎杜堆很久以前就采用的一些安全装置，这些装置即使在空穴快速增加的情况下，也能保证反应堆安全运行。

有几篇论文论及切尔诺贝利事故后的放射学情况。苏联报道了切尔诺贝利事故产生的落下灰的测量和评估结果。

有一个值可以作为基本数据引用：预料切尔诺贝利事故在50年间给苏联居民造成的集体剂量负担将小于330 000人·希沃特。按全体居民平均，这相当于50年间天然本底照射量的2%。（参看本期有关文章。）

其他论文涉及辐射给苏联工农业生产带来的后果，以及切尔诺贝利事故对西欧，特别是对欧洲共同体（EC）各国产生的环境后果。有一篇文章估计，EC居民的剂量负担约为80 000人·希沃特。文章还估计，在切尔诺贝利事故影响最大的一些国家里，

个人第一年间因这次事故而接受的平均剂量为几百微希沃特。

虽然压水堆 (PWR) 或沸水堆 (BWP) 不必因切尔诺贝利事故而改动安全设备,但在去年一年中,对严重事故的讨论已受到了更多的重视,许多论文都谈到了这一情况。代表 IAEA 国际核安全咨询组 (INSAG) 的一篇发言,得出的结论是,事故管理是减少风险的有效途径,另一个重要目标必须选在保护安全壳的功能上。尽管与这两个课题有关的研究工作在切尔诺贝利事故以前就开始了,但自从该事故发生以来,一些国家很快就作出了安全壳通风问题需经正式审批的决定,看来这并非纯粹的巧合。

虽然有核动力厂的国家没有全都发表意见,但似乎已可看出,对于事故假设、验收标准和安全壳进行必要的修改等问题的看法并不一致,因而解决办法也不同。举例来说,瑞典和意大利采用了一条新的验收标准,即引入了事故后土地最终利用的概念。这就导致了规定堆芯内积存的铯和碘的最大释放率为 0.1% 这一目标。人们正在讨论按受控方式给安全壳通风的各种方法,让轻水堆采用某种带通风的安全壳的呼声相当强烈。设计基准事故 (DBA) 的传统定义目前正在逐步放弃或修改。

安全评价

人们曾以概率方法为基础,把很多注意力放在与安全目标有关的各种问题上。除了改进概率分析精度用的定量方法以外,在术语和判别标准方面还有一些需要澄清和取得一致意见的基本问题,有些文章对一些问题作了比较深入的剖析,但没有提出解决办法。个人和社会的(集体的)危害(例如死亡率、低剂量效应、土地可利用性和财产损失)方面的相关参数应如何合并并加以限制,仍然是个争论得很厉害的问题,要取得国际上比较一致的处理办法还要花许多年。在未来的一段时间内,在做出(设计基准事故方面的)决定时,将继续以确定论的工程判断(其中包括某些概率论的判断)为基础,以定量的概率分析为辅。有一篇综述性文章持较乐观的见解,至少在安全系统这一级更正式地使用概率风险判据方面是如此。文章还评价了概率安全分析 (PSA) 的其他优点;例如,使用这种方法有可能对硬件行为的统计变化所产生的不确定性作出评估。确定论方法就没有这种可能。

在讨论安全目标时,一种意见是要对各种风险进行比较。有一篇文章谈到了非核有害工业中处理安全问题的办法,并指出重大事故差不多都具有政治意义,因为利害关系对不同的人群是不等的。许可证发放者有义务向公众证明其判别标准是合理的,以保持公众对核电的信任。该文作者清楚地说明了他的看法,即“假定公众作为一个整体能够接受风险方面的教育的想法,是一个很大的错误”,为了以适当的方式将这种风险告诉人民,还要求工业界和政府管理机构进行巨大的努力。另一个障碍是,安全性不是一个容易度量的量,而且数字上相等的风险在不同的工业部门也许意味着不同的事物。在英国,塞士威尔-B 压水堆的公开调查再次加强了这样的结论:对公众来说,不仅工厂必须是安全的,而且必须让这种信息通俗化,使他们易于理解。另有几篇文章谈到了与公众对话的问题。文章指出,澄清核动力风险的一个先决条件是经常提供真实的和客观的情报资料。但是,由于这种情报资料是要通过各种新闻媒介传到公众手里的,所以难免走样。

供安全分析用的概率方法,原则上是一种能帮助安全决策者的现成的方法。这些方法用得很广,特别是用于在设计阶段发现薄弱环节,和确保实现均衡的防御战略方面。主要结果的不确定性较大,难以作为一种绝对数字使用。现在正在对两个主要方面进行认真的调查研究,标准的计算方法能揭示方法学方面的细微差别及这些差别对最终结果的影响:人为差错和有共同起因的故障是难以模拟的,对它们的处理需要经验、一个一个情况地进行系统分析以及进一步的研究。正在探索的一种方法是对实际的运行经验进行大量的系统分析。这要求对操纵员在各种工况下的行为进行更深入的了解,然后也许能调整模拟方程中的参数。现在已有一些国家的和运行的反馈系统。这些系统的工作对象不尽相同:有的收集大量情报资料供统计评价用,有的只收集和评价选出的少量事故报告,以便总结出值得吸取的经验教训。IAEA 和经济合作与发展组织核能机构的事故报告系统 (IRS) 属于后一种情况。有一篇文章一一列举了可以从与重大事件无关的性能下降中吸取的经验教训,这也是一种反馈。有一个事例(1984 年法国比热伊-5 号堆的仪器仪表和控制设备断电)验证了能否预测某些事件的问题;它还提供了如何防止这一情况再次发生的反馈信息。诸如欧洲共同体委员会 (CEC) 等国际团体,可以在为收集运行反馈信息及将反馈信息用于制作概

率分析用的模型方面,以及在把科学家们组织起来共同努力研究这些问题等方面,起牵线搭桥作用。

安全评价(不限于概率论方法)还有一个问题:它不可能提供明确的数学证据,以证明对可能导致事故工况的全部事件顺序中的每一步,已经一个不漏地进行了考虑。大多数作者强调有必要把概率论方法和确定论方法谨慎地结合起来。倾向于“元子论地”看待工厂(“整体是各部分之和”)的确定论法,必须用能够提供较综合性结果(“整体大于各部分之和”)的概率论法加以平衡。

安全技术

除了上述的把核动力厂看作一架复杂的机器,然后研究其整体安全性的基础研究和理论研究外,有关核动力厂设计和运行的具体课题的许多研究工作也在进行中。

人们尽管普遍承认核动力生产已进入成熟阶段,但也认识到成熟的孪生兄弟是工厂的老化。近些年来,这方面的问题已受到越来越多的关注,到90年代将变得更为重要。(参看本期有关文章。)

人的因素因三里岛和切尔诺贝利两起事故而受到人们更多的关注。分析、建立模型和利用运行反馈,只是事情的一个侧面。另一个侧面,是要与控制设备和仪器仪表、计算机化的操纵员辅助设备打交道,改进情报系统,改进培训和操作程序。这个领域曾在IAEA关于核工业中人-机衔接国际大会(1988年,东京)上全面地论述过,正在越来越受到重视。

在一次以“90年代的运行安全”为论题的小组讨论会上,提出了一些使人感兴趣的论点。与会者表示坚信,未来工厂的安全概念将不会发生革命性的变化;但将越来越重视开发非能动或固有安全的设施,这些设施将根据具体情况逐步进入运行中的工厂。与会者把操纵员辅助设备、经改进的人-机衔接设备、自动化控制设备和操纵员培训等方面正在取得的进步,看成比较重要的发展趋势中的一些实例。

国际合作

在讨论国际合作的全体会议上,苏联再次强调了它对核安全领域的国际合作感兴趣,这种国际合作已被一些国际法和国际协定所扩充。会议还提到,去年取得的最重要成就之一,是快速缔结了《及早通报核

事故公约》和《核事故或辐射紧急情况援助公约》。会议还提到各国有一些预警系统(利用电子在线监测设备)正在运行或正在研制。对于不用在线监测设备的场合,可以认为,交换情报的双边协定(如正在实施的捷克斯洛伐克和奥地利之间的双边协定)是值得仿效的典范。在运行安全方面,人们提到,机构的事故报告系统是一种极重要的国际纽带,并认为它有能力逐步提高信誉和提高开诚布公地交换情报的级别。

核燃料循环

鉴于核燃料循环是核动力实绩和安全性的一个不可分割的部分,所以该次会议期间宣读的论文中约有三分之一涉及到这方面的课题是不足为奇的。但正如P. Jelinek-Fink先生在他的总结发言中所指出的那样,虽然这些论文是非常有意义的,但并没有从原理上提出任何新的见解。这个事实是核燃料循环工业已经成熟的自然结果。

核燃料循环前段

IAEA和NEA/OECD的联合研究清楚地表明,也许可以把目前铀工业的有利形势称为“亚稳态”状态。虽然已知的低成本类铀资源足以满足2000年以前预计的铀需求量,但中央计划经济区域以外国家(WOCA)运营中的和将建成的铀矿山和水冶厂,大约从90年代起将明显地不能满足产品需求。这种供应缺口(大约相当于目前的全部铀库存量)将从1990年起急剧增加,到2000年时,每年缺口可能超过26000吨铀,即年需求量的44%。如果仅仅靠现有的和将建成的生产单位,2000年以前的累积缺额可能达到130000吨铀。因此,必然会得出这样的结论:必须建设一批新的生产单位,并在90年代初期到中期投产。建设这些铀矿山和水冶厂所需的基本投资,1995年约为12亿美元,2000年约为18亿美元。只有投入的资本会得到较大的利润时(这只有提高铀价才能做到),才会有人进行如此大规模的投资。但对电价来说,所设想的铀价上涨,预计会部分地被浓缩费用的降低和反应堆内燃料管理的改善所补偿。

全世界的浓缩服务主要由四家提供:美国能源部、欧洲气体扩散公司、苏联原子能出口公司(以上

三家均采用气体扩散工艺)以及铀浓缩公司(它采用离心分离工艺)。根据 IAEA 和 NEA/OECD 公布的资料, WOCA 每年的浓缩服务需求量可能从 1985 年的约 24 兆分离功单位(MSWU)增加到 1995 年的约 38 MSWU 和 2000 年的 46 MSWU。现有浓缩能力对满足 1995 年前的需求是绰绰有余的。鉴于铀浓缩公司计划扩大浓缩能力, 巴西、日本、南非等国家也已安排增加各自的浓缩能力, 预计浓缩服务方面至少在再往后的五年中不会有什么困难。

因此, 从现在起到本世纪末, 浓缩服务的供应不成问题。当前的问题是, 因浓缩能力过剩, 市场竞争激烈, 供应者有一个如何把握好市场的问题。瞻望 2000 年以后的形势时, 必须注意现有某些气体扩散厂需要更换的问题。根据绝大多数人的看法, 气体扩散法不能当作未来浓缩工业的基本工艺。这意味着, 铀同位素分离替代方法的大量研究与发展工作, 应在 90 年代内完成。

所有主要供应者提供的文章非常清楚地反映了世界浓缩活动方面的两种主要趋势: (1) 渴望通过各种途径在浓缩市场中求得一个稳定的地位; (2) 开发先进工艺, 以便能更经济地生产浓缩铀, 以及充分满足日益增多的要求和诸如后处理铀再浓缩等新的需求。

在先进浓缩工艺方面, 原子蒸气激光同位素分离(AVLIS)法的开发工作, 受到法国、德意志联邦共和国、日本、荷兰、联合王国和美国的极大关注。虽然难以确切预言 AVLIS 将在何时、何国得到工业应用, 但是蓬勃的研究与发展工作使人们有理由预测, 这种新的浓缩工艺将对核燃料循环前段的形势产生积极的影响, 并可能改变主要供应者在世界浓缩市场中所占地位的次序。

反应堆燃料元件的设计、性能和利用率

尽管在采用铀氧化物燃料的水冷核动力厂的运行方面取得了实际经验, 现有的燃料利用方案也取得了良好的实绩, 但在改进反应堆燃料元件的设计、性能、可靠性和利用率等方面的研究与发展工作仍在继续进行, 目的在于使核能更具有竞争性。

一般地说, 一座 1000 MWe 核动力厂的容量因子从 70 % 增加到 75 % 所多发的电, 若以燃油电力价格计, 每年可节省 500 万美元。如果从核燃料方面

设法节省同样数量的钱, 则应将铀费用降低 40 %, 或将浓缩费用降低 35 %, 或将核燃料组件制造费用降低 75 %。

会议期间报道的评估结果表明, 先进的燃料管理方案(包括加深燃耗、低泄漏装料法和燃料组件的重新配置等)可以使轻水堆的铀消耗量降低约 20 %, 使浓缩需求量降低 10—14 %。重水堆(坎杜型)利用稍加浓铀, 与利用天然铀燃料相比, 可使燃料循环总费用降低 25—50 %。因此, 人们可以得出结论: 反应堆燃料工艺和燃料利用领域在提高核动力相对于常规能源的经济优越性方面, 还有很大的潜力。

在讨论反应堆燃料改进的主要趋势时, 还需要提及及其他一些重要任务, 其中包括负荷跟踪运行、延长燃料循环周期和通过改变栅格形状提高水/燃料比。据报道, 换料周期由 2 年改成 3 年是非常合理的。燃料设计方面的其他改进同有关方面的进一步技术改进有关。

与钚返回热堆有关的开发工作, 已在一些欧洲国家、日本和阿根廷中稳步进行。虽然还需要做进一步的研究工作, 但正如所报道的那样, 混合氧化物(MOX)工艺已相当成熟, 可立即投入工业规模使用。在欧洲, 由法国核材料总公司和比利时核子公司创建的 Commax 联合企业, 已形成市场供应能力。该联合企业由下列单位作后盾: 法杰马公司(设计单位), 比利时核子公司(德塞尔, 1988 年起年产 35 吨)、法国原子能委员会(卡达拉希, 1989 年起年产 15 吨)和法国核材料总公司(马库尔的默洛克斯厂, 1995 年起年产 100 吨)的生产制造厂。研究与发展计划的目的是, 在于确定轻水堆燃料循环实际采用 MOX 燃料的各种现实可能性。

核燃料循环后段

核燃料循环后段是核工业界关心的中心问题, 这不仅因为它对铀需求量有影响(后处理和燃料返回可使天然铀需求量最多减少 40 %), 而且还因为仍有一些重要的政治、环境、社会经济和技术问题需要解决。要找到各国都能接受的简单解决办法是不可能的。但在当前有理由断言, 后处理是一种成熟的技术, 而乏燃料的直接处置至今仍未作过验证。欧洲和日本在 MOX 燃料元件的制造、运输和引起辐射照射, 以及铀的再浓缩和在热堆中的应用方面, 已取得

了不少经验。换句话说, 闭合的核燃料循环是一个客观事实, 易裂变材料的后处理和返回应用的范围在今后几年将大大扩大。

中国、法国、德意志联邦共和国、日本、联合王国和苏联等国, 打算继续后处理乏燃料, 或后处理厂一经建成便开始后处理。他们还打算将 MOX 燃料元件用于热堆, 并最终用于快中子增殖堆。在这些国家中, 经济性看来是采取后处理的一个主要因素, 尤其是因为他们已投入了大量资金 (例如, 法国已投资 500 亿法郎)。这些国家还认为, 把高放废物从大量乏燃料中分离出来的做法是有利于废物处置的。

其他一些国家, 如加拿大、西班牙、瑞典和美国, 正在探索乏燃料的长期贮存办法, 他们把长期贮存作为深地质层直接处置前的一个必要步骤。在美国, 这种贮存工作 (直到这批乏燃料在可监测和可回收的贮存场投入使用之后被美国能源部接收为止) 由电力公司负责。因此, 象过去一样, 虽然这两种主要方案在核燃料循环后段都占重要地位, 但两者之间有明显来回变动的趋势。象美国等国, 前几年坚决支持一次通过式燃料循环, 目前则奉行一种比较灵活的政策, 即原则上不排除接受在将来进行后处理的策略的可能性。

许多国家已经作出废物管理方面的决策, 90 年代应该是验证和执行的时期。正如许多国家 (美国、法国和德意志联邦共和国等) 发表的数据所显示的那样, 在放射性废物管理方面已有了多年的经验, 已经掌握了执行本国计划和政策所需的技术。

美国有一项按《1982 年国家废物政策法 (修改本)》(NWPA) 修改过的内容明确的计划, 该计划规定了乏燃料和高放废物处置的具体目标。到 2000 年, 预计从美国 100 多座核动力厂卸出的乏燃料中所含铀的总量将达到约 40 000 吨。NWPA 规定, 在 90 年代内, 必须完成第一个处置库的场地特性鉴定、筛选和设计, 并开始建造。采取后处理方案的国家, 也已经确定了重要目标。法国打算不久将建在阿格总厂的两座高放废物玻璃固化设施投入使用。每个设施将能每小时生产 90 千克硼硅玻璃—废物块, 足以固化阿格后处理厂产生的高放废物。德意志联邦共和国计划从 90 年代开始进行乏燃料的商业规模后处理。后处理产生的高放废物, 将用设在比利时莫尔的帕梅拉玻璃固化厂验证过的技术进行固化。

确定标准、开发安全特性方法学及场址勘测工

作, 是成功地选择、鉴定和建造放射性废物最终地质处置库不可缺少的重要活动, 最近十年已在这些方面做了大量工作。还有许多工作, 将继续进行到 90 年代。但是, 那些正在考虑高放废物地质处置的国家现在认识到, 必须把技术方面的问题同公众对这种方案的理解和接受程度, 以及决策活动联系起来。90 年代在废物处置方面要解决的真正任务, 是如何把各种技术 / 工艺活动, 成功地纳入适应和满足法律和公众要求的过程之中。

关于中低放废物的处理和处置, Jelinek-Fink 先生在其总结发言中正确地指出, 这种工艺显然已被看作常规工艺, 因而许多国家在这次会上根本没有提到它。他说, 新的研究与发展工作仍在进行, 其目的只是改进这些技术和使它们用起来更为经济。然而, 中低放废物处置方面的战略问题, 选择处置场址的标准, 以及对所选出场址的许可证审批问题, 在大多数国家里都没有最终解决。

在苏联, 在中央处置库或地区处置库建成以前, 处理过的废物临时贮存在现场。人们把地质屏障作为防止放射性外泄的主要屏障。在捷克斯洛伐克, 打算以 200 升桶装废物的形式把废物存入地区浅层地下处置库, 进行最终处置。该国正在进行地质调查, 以确定地下处置的可能性。美国有 3 个废物掩埋场正在使用。根据《低放废物政策法》(1980 年) 及其 1985 年的修改本规定的法定义务, 各州负责处置其州界内产生的废物。现在看来, 也许不可能在 1990 年实现批准若干新的掩埋场地的目标。1978 年以前, 德意志联邦共和国的低放废物一直贮存在阿塞盐矿。自那以后, 总共产生了约 25 000 桶调整过的废物, 并贮存在现场。预计每年还会产生 5000 桶。如果办理许可证的手续进展顺利, 预期康拉德 (Konrad) 最终处置场 (以前是个铁矿) 将于 1992 年开始使用。欧洲共同体主要致力于, 促进废物处理与质量保证、辐射防护和环境保护等方面的研究与发展工作。今后, 它将致力于为处理和贮存放射性废物建立一个“国际市场”, 目的是为废物的处理、运输和处置确定可比较的和可靠的技术条件, 并使最终处置库的经营更为经济。

去污和退役

从系统观点看, 核设施的退役在核动力及其燃料循环的总体框图中占何种地位, 现在尚不清楚。然

而,退役无疑是必不可少的,而且是核事业中一个十分重要的部分。核设施的退役一般分三个阶段完成,会产生不能进一步利用的大量废料和设备。据估计,在今后25年,仅从经济合作与发展组织国家的核动力厂退役中产生的放射性废物,就将达到300万立方米。这些国家中有相当于200座1000MWe的反应堆,将在1996—2010年期间退役(平均每年退役14座反应堆)。除反应堆外的核燃料循环设施退役产生的废物量,预计占退役废物总量的4%以下。

正如会议所强调的那样,退役工作需要精心规划、估计费用并筹措资金。每座1100MWe压水堆和沸水堆的退役费用,分别为2.2亿美元和2.64亿美元。同时,退役也不得因财务问题而忽视健康危害。有必要精心制定统筹兼顾的退役标准,一些国家正在进行与此有关的研究工作。根据日本的核设施退役思想,建议先封存5—10年后再拆除。发展拆卸大型反应堆所需的技术,是日本原子能研究所(JAERI)的重点工作之一。尤其重要的是,要开发一种计算机数据采集系统,以帮助制定未来的退役计划。欧洲共同体的研究与发展工作,着重于大型工业的退役项目。英国报道了温斯克爾反应堆退役的进展情况,他们的工作重点是研制专用的遥控拆卸机械和机械手。苏联提出两篇关于封闭切尔诺贝利4号机组的论文,其中介绍了一些有关设备和去污实践的技术革新项目,这些特别适于在强放射性区域内长期使用。在切尔诺贝利取得的独一无二的经验,必将有助于未来应急计划中的技术和规划条款的拟订。

总之,去污工作和退役工作都在顺利地、安全地和经济地进行。但是,核技术的这一领域尚未达到工业成熟的阶段。90年代及其以后,相应的技术、经济和政治概念也许会得到迅速的发展。

更正

《国际原子能机构通报》(中文版)上期(第29卷第3期)第46页右栏下端“……不同场所”之后,应补加一行,其内容为:“和用不同仪器测得的结果进行比较,以便主管部门可”。另外,第41页左栏第1行“……发展中国家现代家畜体系……”应改为“……发展中国家对现代家畜体系……”。编者特此表示歉意。



瑞典福斯马克三机组核电厂中的两套机组。(来源: Naturfotograferna)

OSART 出访次数 (截至 1987 年 12 月)

国 家	动力堆 总数	出 访 次 数	堆 型	年 份
巴西	1	1	PWR	1985
加拿大	18	1	PTR	1987
芬兰	4	1	BWR	1986
法国	50	1	PWR	1985
德意志联邦共和国	21	3	BWR, PWR	1986, 1987
意大利	3	1	BWR	1987
大韩民国	7	2	PWR	1983, 1986
墨西哥	—	3	BWR	1986, 1987
荷兰	2	3	BWR, PWR	1986, 1987
巴基斯坦	1	1	PTR	1985
菲律宾	—	2	PWR	1984, 1985
西班牙	8	1	PWR	1987
瑞典	12	1	BWR	1986
美国	103	1	PWR	1987
南斯拉夫	1	1	PWR	1984

BWR = 沸水堆; PWR = 压水堆; PTR = 压力管式堆。

各国参加 OSART 小组的专家或科学考察员 (观察员) 的人数 (截至 1987 年 12 月)

阿根廷	3	日本	4
比利时	6	大韩民国	2+ 9SV
巴西	4+ 5SV	墨西哥	3SV
保加利亚	2SV	荷兰	2
加拿大	9	巴基斯坦	5SV
中国	2SV	菲律宾	2SV
古巴	3SV	葡萄牙	1SV
捷克斯洛伐克	2SV	罗马尼亚	2SV
芬兰	6	西班牙	6
法国	20	瑞典	12
德意志民主共和国	3	瑞士	4
德意志联邦共和国	17	联合王国	5
匈牙利	4SV	美国	19
印度	1	苏联	2+ 2SV
意大利	5	南斯拉夫	5+ 3SV

SV = 科学考察员 (观察员)