

# 瑞典：政策和许可证审批

## 项目现状与新管理体制

Alf Larsson, Kjell Andersson 和 Stig Wingefors

在瑞典，如在其它具有大规模核电计划的国家中一样，放射性废物管理与核能发电的组织结构，以及电力公司与政府机构间的责任分工密切相关。

瑞典的核电是由沿海四个厂址的12座核电站发出的。议会根据1980年公民投票结果作出的决定——核电计划应限于12座核电站，它们最晚应在2010年停止运行，虽然对核废物数量有影响，但对适当的废物处理计划的实施没有大的影响。

### 反应堆厂址和斯图兹维克 (Studsvik)

根据瑞典的核活动法，核废物的管理和最终处置是废物产生者的责任（见附框中立法和管理机构的评论）。用核动力来发电的各个电力公司，都有责任管理和最终处置发电过程中产生的放射性废物。

然而，对于其它类型的放射性废物（例如，来自医院和实验室的放射性废物），在辐射防护法修改前，情况还不完全清楚。斯图兹维克能源技术公司作为医院和研究实验室的一个服务单位，收费后负责照料他们的放射性废物。实际上，以后他们也承担最终处置的长期责任。另一方面，公司不承担核电厂低放废物焚烧灰的处置。

低中放废物（LILW）的调整和中间贮存，在反应堆厂址进行。在斯图兹维克研究中心设有同样的处理系统。调整中使用沥青固化法和水泥固化法。

三个反应堆厂址对低中放废物都设有地面中间贮存设施。在一个厂址（奥斯卡斯哈门），一个中放废物中间贮存库已在岩石中凿成。在斯图兹维克，一个在岩石中凿成的中寿命放射性废物中间贮存设施最近已经投入使用。

### 立法和管理体制

根据瑞典核活动法（它于1984年生效，代替了1956年的瑞典原子能法），核废物的产生者承担管理和最终处置责任。为了拥有和运行核电站，所有者必须执行一项研究和开发计划，其内容必须每隔两年向政府报告一次。国家乏核燃料委员会承担评论这些计划，并从核安全当局得到评论意见的重要任务。

核活动法规定有关核动力生产和放射性废物管理的安全事项。瑞典核电检查局的责任是，监督处理裂变物质和放射性废物的组织执行法律和有关法规的条款。

目前正在修改1958年生效的辐射防护法。这个法主要用于使工作人员和一般公众免受各种类型辐射的危害。该法涉及来自处理放射性物质的辐射，以及来自发射X射线和γ射线的设备的辐射。也涉及到应用其它发射电磁波的设备的安全问题。国家辐射防护研究所监督该法的实施。

国家乏核燃料委员会向政府提出有关废物管理的费用。该委员会提出应在核电生产成本上附加一笔费用，然后电力公司必须将这笔费用转变成政府的专门基金。这笔基金用于现在和将来处理高放废物和乏燃料，以及核动力堆的退役。

这里不可能分析那些负责解决各种废物管理问题的安全主管部门之间的关系。显然，这些主管部门是根据不同的法律建立的，但为了协调一致的解决安全方面的所有问题，必须紧密合作。这种紧密的合作关系，对日常工作有着许多实际的影响。尽管这些主管部门是合作的，但是电力公司肯定知道它们都是独立的机构。

最近，政府决心进一步强调安全主管部门和国家乏核燃料委员会在长期废物管理计划上合作的重要性。成立了一个核废物专门咨询委员会，其成员包括来自三个主管部门的人员，以及一些大学和其它非核机构的科学家。

Larsson, Andersson 和 Wingefors 三位先生都是瑞典核电检查局（斯德哥尔摩）的工作人员。



通过国家和国际合作，瑞典正在进行最终处置高放废物的研究，场址勘探可能进行到1990年。（来源：SKB）

## 处理设施

1974年，一些运行和建造核电站的电力公司组成了一个专业公司——瑞典核燃料供应公司。作为一个主要任务，公司负责管理核燃料循环的那些可以从一致行动中获得利益的部分。公司的一个重要职责，是管理乏燃料和放射性废物。在公司刚成立时，注意力曾主要放在乏燃料的后处理。

1977年“条件法”生效后，显然需要更加强调废物管理\*。当时，成立了一个专业公司——KBS（核燃料安全公司）。最初，KBS同瑞典核燃料供应公司仅有形式上的联系，后来，成为后者的一个组成部分。这个变化现已反映在它的名称上，最近它改名为瑞典核燃料和废物管理公司（SKB）。公司的财源完全来自它的各个所有者。有关乏燃料管理和退役工作的开支，由来自核电成本附加费用的一笔专用基金支付。SKB实际上承担了与核电厂外的放射性废物和乏燃料有关的所有工作。

## 基础研究

最初，SKB虽曾开展两项研究（KBS-1和KBS-2），

但是，仅第一项与规定反应堆所有者必须使放射性废物得到安全管理的1977年法律的条款有关。

当时，电力公司在SKB中的代表选择了与法国高杰马公司\*签订后处理巴尔塞贝克-2和林哈尔斯-3两座反应堆的乏燃料的合同。后来，还就新的反应堆签订了一些补充合同。结果，后处理合同涉及的乏燃料量相当于，直到2010年整个核规划预期卸出的乏燃料的10%左右。

政府曾将KBS-1（高放废物管理的基础研究）研究报告分送国内外许多组织，征求意见。瑞典安全当局提出的意见被认为是特别重要的。（12座反应堆的核电规划就是根据这些意见和1980年的公民投票结果制订出来的。）虽然还没有为后处理产生的玻璃固化高放废物（HLW）专门选定一个处置库址，但是已经断定，这种形式的废物是能够安全地处置于瑞典基岩中的。

作为第二步，SKB还进行了一项不经后处理直接处置乏燃料的研究（KBS-2）。不过，人们并未将这项研究与将投入运行的新反应堆的乏燃料处置问题联系起来。KBS-2研究报告也曾分送瑞典和国外的许多组织征求意见。

关于乏燃料直接处置的第三项研究（KBS-3）的报告中，含有最后两座反应堆福斯马克-3和奥斯卡斯哈门-3，为按照核活动法取得它们的运行许可证所必需的基础材料。就这项研究来说，与早期的研究相比较，SKB在现场研究、实验室研究和理论工作方面都取得了许多新的成果。KBS-3研究报告也得到了瑞典和国外的许多组织的评论，其中瑞典核电检查局（以下简称检查局）提出了最全面的意见。\*\*由于SKB的大量工作和各方面对此提出了肯定的意见，政府同意，法律要求已被满足，两座反应堆可以在1984年投入运行。

## 乏燃料设施

在初期阶段就已认识到，不管乏燃料是后处理还是直接处置，都需要贮存来自瑞典不同反应堆厂址的大量乏燃料。由于这个原因，当时SKB的一个主要任

\* 高杰马（Cogéma）即核材料总公司。

\*\* 见 *review of KBS-3, Plan for Handling and Final Storage of Unreprocessed Spent Nuclear Fuel*, DS I 1984:17, Ministry of Industry, Stockholm (1984); *Fuelling Licenses for Forsmark-3 and Oskarshamn-3* (in Swedish), DS I 1984:19, Ministry of Industry, Stockholm (1984); *Review of Final Storage of Spent Nuclear Fuel - KBS-3*, Technical Report SKI 84:5, Swedish Nuclear Power Inspectorate, Stockholm (February 1984); *Comments on Final Storage of Spent Nuclear Fuel - KBS-3*, Technical Report SKI 84:4, Swedish Nuclear Power Inspectorate, Stockholm (February 1984).

\* 根据该法，反应堆所有者必须表明，其放射性废物和乏燃料能够得到“完全安全”的管理。对此作一点说明可能有一些意义，即议会委员会对该法律做过这样的说明：对“完全安全”不应作严刑峻法主义的解释。

务是取得一个被称为克拉布（CLAB）的乏燃料中间贮存设施的建造许可证。SKB 为此在靠近奥斯卡斯哈门核电厂的地方选择了一个场址。安全当局提出肯定意见以后，政府批准了 SKB 建造和使用这个设施的许可证申请。

CLAB 设施已在1985年投入使用。它由一地面接收站和几个供乏燃料地下贮存之用的水池组成。水池在凿出的岩洞中，其最薄的覆盖岩层约为25米。设施容量为3000吨乏燃料，它可以很容易地扩大到9000吨或超过瑞典现行核计划的需要。

### 低中放废物的处置

核电厂运行中产生的放射性废物和来自斯图兹维克同类废物，将处置于目前正在福斯马克厂址附近建造的一座处置库（SFR）中。这座库的建造和使用许可证申请书，已于1982年3月24日提交给瑞典政府。1983年4月，检查局在给政府的一份报告中建议，在某些条件得到满足后，可以发给许可证。瑞典政府于1983年6月22日发出许可证，建造工作在1983年秋开始。根据计划，处置库将在1988年投入使用。

SFR 建在距海岸线1000米的地方，覆盖岩层至少有50米厚。计划容纳100000立方米废物，相当于瑞典的现行核计划产生的量。<sup>\*</sup>（最大容许放射性活度含量为 $10^{16}$ 贝可勒耳，其中大部分将封闭在50米高的混凝土贮存仓中，仓的周围填有砂-膨润土混合物。）

检查局已接到初步安全报告，并已送交瑞典的辐射防护研究所征求意见。检查局的注意力集中于安全问题（特别是放射性核素的释放），而研究所则对放射性物质在生物圈的扩散及放射学后果进行评价。检查局提出的主要问题有：场址的可接受性，废物的装卸安全和长期稳定性，水文地质学，岩石力学，工程的和天然的屏障的长期稳定性，操作安全和安全分析。<sup>\*\*</sup>

在检查局密切配合下，SKB 现正在开展一项与建



瑞典的乏燃料集中贮存设施（CLAB）。（来源：SKB）

造工作有关的研究工作。目前特别有意义的是，应在这项研究工作中取得对这个已建成的设施，进行仔细的安全评价所需的所有资料。在这方面，最重要的自然是处置库及其周围的水文地质条件。

工业界以及一些主管当局也在制定针对不同废物形式的质量保证和验收准则。将产生一份安全文件来描述每种废物类型，并给出关于从产生点到处置库的废物管理操作的全面说明<sup>\*</sup>。其目的在于详细说明如何才能符合主管当局将制订的一般准则和定性标准。为了完成这一任务，检查局和国家辐射防护研究所已组成一个小型联合工作组。对于这一工作来说，包含有关每个废物包装所有资料的数据库形式的废物记录是重要的。这个数据库，将由核废物的所有产生者不断更新。

在奥斯卡斯哈门核电厂，大部分低放废物打算用浅层土地埋藏的方法来处置。在福斯马克，对低放废物的处置也有一些类似的计划。在这些情况下，处置许可证将由研究所直接发出，因为从原理上说，在这种废物和生物圈之间不存在任何工程的和天然的屏障。然而，依照核活动法，检查局仍将对埋藏场址进行监督。

### 乏燃料和高放废物的最终处置

与低中放废物的处置相比，最终处置乏燃料和高

<sup>\*</sup> 见 *Licensing of Final Repository for Reactor Waste - SFR-1*, Technical Report SKI 84:2, Swedish Nuclear Power Inspectorate, Stockholm (July 1984), and "Aspects on the Licensing of a Final Repository for Reactor Waste", by A. Larsson and S. Wingefors, presented at Jülich conference 54 (June 1985).

<sup>\*\*</sup> 见 "Swedish Programme for Quality Assurance of Reactor Waste", by H. Forsström, presented at Jülich conference 54 (June 1985).

<sup>\*\*\*</sup> Regarding handling safety and stability, see *Long-Term Properties of Bituminized Waste Products*, Nordic Liaison Committee for Atomic Energy (October 1985).

<sup>\*</sup> 见 "Assessment of Properties of Swedish Reactor Waste", by R. Sjöblom, J.P. Aittola, K. Brodén, K. Andersson, and S. Wingefors, *Radioactive Waste Management*, proceedings of the 1983 international conference in Seattle, USA, Vol. 2, IAEA STI/PUB/649 (1984).

放废物的SKB计划仍处于初始阶段。对处置库选址和打算采用的方法,都尚未作出有约束力的决定。的确,政府对许多反应堆发放许可证是以下述事实为依据的,即KBS-1和KBS-3两项研究表明,核废物可用报告中描述的那些方法,安全地得到调整和最终处置。然而,这并不意味着最终将选择这些方法。一般说来,也许可以研究出一些更好的方法。国家乏核燃料委员会的责任之一,是设法使有关科研单位研究出一些替代处置方法,并就这些方法在瑞典条件下的可用性对它们进行比较。

为了获得福斯马克-3和奥斯卡斯哈门-3运行许可证,有关电力公司(以SKB作为它们的代表)还应向政府提交一份关于最终处置的研究和发展计划。这些电力公司提交了这样的计划。作为第一步,在大约1990年以前将对一些可能的库址进行勘探。然后筛选一次,将库址数减少到两个或三个。将对这些库址的性质进行详细研究,包括最后钻一口探井和挖掘一些实验坑道。最后选定库址的审批申请书,预计在2000年前后提交检查局。

此外,SKB还提出了一个研究计划概要,作为总的发展计划的补充。检查局在对总的发展计划提出的意见中,提到还应在许多方面进一步开展研究和发展工作,才能证明所选处置库址能够达到安全要求。提到的方面有处置库址的水文学条件、地质学条件以及热力学的、力学的和化学的条件。例如,地下水和放射性核素在破碎岩石中的运动情况可以认为是库址特性研究中的一个特别重要方面。另外,对不同效应之间的组合(例如热机效应对地下水流动的影响)的潜在重要性,也应该进一步研究。

对检查局来说,为了完成它在预期的许可证审批程序中的任务,重要的是制订它自己的研究计划。性能评价工具的开发和评价是这一研究计划的关键组成部分,因为只有做好这些工作才能获得满意的置信

度。

这就是检查局倡议实施两个国际合作项目,INTRACOIN(岩石圈远场放射性核素迁移模型)和HYDROCOIN(地下水中放射性核素迁移模型)的主要原因\*。在这些项目中,将对性能分析中所用的一些有关岩石圈核素迁移和地下水流动的模型,进行验证、确认和灵敏度分析。检查局意见是,在岩石圈迁移模型的确认方面,需要开展一些系统而全面的工作,而这些工作最好是通过国际合作来完成。

为了给与SKB计划有关的管理导则和将来的决定准备必要条件,检查局已决定开始一项研究,它的目的是对SKB的最终处置方案进行全面的安全分析。这项一般性的并不针对一具体处置场址的研究,还将对检查局的废物管理研究计划提供确定优先项目的手段。

#### 任务、合作和意见一致

现在瑞典已把它的核废物管理和处置计划的很大部分付诸实施,余留下来的领域主要是乏燃料和高放废物的最终处置。因处置放射性废物于地质建造中的安全问题是复杂的,并且涉及许多不同的技术领域和方法学,因此国际合作是必不可少的。

长期以来,瑞典的政策一直是主要通过国际原子能机构和经济合作与发展组织的核能机构(OECD/NEA),对全球合作做出贡献。这方面的实例有,斯特里帕(Stripa)试验设施(SK B为主管参与者),INTRACOIN和HYDROCOIN(检查局为主管参与者)以及BIOMOV,后者是一个涉及生物圈中核素迁移和扩散等效应的项目(国家辐射防护研究所为协调者)。

放射性废物最终处置安全评价这个迅速发展的领域,对安全当局来说,确实是一个繁重的任务,它需要经验和手段来处理请求审批的申请书。同时,必须认识到人力和资金都是有限的。在瑞典,检查局、国家辐射防护研究所和国家乏核燃料委员会都有一定资金来进行他们自己的安全研究,这些研究必须有效地使用资金,并常常与瑞典和国外的其它组织合作。

使人们在放射性废物处置的一些主要安全问题上达到科学的一致意见,是瑞典安全当局大部分工作的目标。在这方面,他们清楚地意识到,国际组织特别是国际原子能机构和核能机构,在争取政治家、科学家和一般公众谅解方面起着重要作用。

\* 对于这两个项目的基本情况请参看 INTRACOIN, *Final Report Level 1 (1984)*, INTRACOIN, *Final Report Levels 2 and 3 (1986)*, and HYDROCOIN *Progress Reports No. 1-2 (1985)*, Swedish Nuclear Power Inspectorate, Stockholm. 以及 "Prospects of Model Validation Against Field/Laboratory Observations", by K. Andersson, presented at Nuclear Energy Agency second workshop on Systems Performance Assessment for Radioactive Waste Disposal, Paris (October 1985).

