

开发有史以来第一个安全处置乏燃料的设施

文/Nathalie Mikhailova

“社会接受度关系到对执行者、监管者和决策者的信任。必须建立和维护这种信任。”

—芬兰辐射和核安全局核废物监管和安全保障部主任Jussi Heinonen

在芬兰和瑞典几十年致力于实施处置战略，以及在瑞典设计的基础上合作开发安全处置方案后，首个乏燃料深层地质处置库正在芬兰奥尔基洛托进行建造。瑞典和其他国家一起也在共同努力建设这种设施。

乏燃料从核动力堆中卸出后，在几十年内继续产生大量热量。因此，它被放置在水池或干式贮存设施中进行冷却。贮存池和容器确保乏燃料保持完整性，不释放任何辐射或放射性物质，从而保护人和环境免受照射。然而，乏燃料在数千年中仍然具有强放射性，因此需要隔离数十万年。

乏燃料一旦热量衰变掉，便被宣布为废物，必须进行处置。处置乏燃料的一种方法是将其埋在地面以下几百米深的专设设施中，即深层地质处置设施中。目的是将乏燃料封装在坚固的密封容器中，并通过掩埋将其隔离，以控制其放射性。此类设施由坑道或洞室系统组成，建于地质上适合确保被埋材料长期安全性的场址（见第15页科学栏）。

芬兰正在建造的设施基于“KBS-3”处置概念，由瑞典核燃料和废物管理公司（SKB公司）与负责乏燃料处置的芬兰核废物管理专家组织（波西瓦公司）密切合作开发。KBS-3方法包括将乏燃料封装在耐腐蚀的铜质容器中，然后将容器埋在地下500米深处处置库坑道的膨胀性粘土中。

“我们两国不仅选择直接处置乏燃料，而且芬兰和瑞典也有类似的

反应堆，这意味着我们有类似的乏燃料。扩大各种研发活动的直接合作对我们双方都有意义，”SKB高级顾问Magnus Westerlind说。“例如，作为一个联合研发项目，我们基本上完成了与铜质容器有关的所有工作。”

两个国家在20世纪70年代末和80年代初的政府决定促使出台了要求核废物产生者也要负责废物管理的政策。在芬兰，1996年以前，洛维萨核电厂的乏燃料先是运到苏联，后来又运到俄罗斯进行后处理。1978年芬兰政府为奥尔基洛托核电厂颁发运行许可证时，要求许可证持有者制定废物管理计划，包括乏燃料的管理计划，而这些废物必须在芬兰处置。

在瑞典，电厂业主们在20世纪70年代末聚在一起组建了SKB公司，旨在共同管理乏燃料。这引发了开发处置概念的研发活动，最终产生了KBS-3方法。1983年，这一概念被选定为一种合适的废物处置方式，此后得到了进一步发展。实施这一概念的场址定下来后，建造计划正在进行。

“在实际实施处置策略的实践中，一个重要的环节是每三年进行一次的评审过程，”Westerlind说。“作为这个过程的一部分，邀请了大学、政府机构、非政府组织和市政当局等多方代表对我们的策略进行评述。这不仅对我们计划的技术审查做出了重大贡献，而且对确保计划符合瑞典的政策也作出了重大贡献。”此外，为了获得和保持公众对乏燃料处置设施选址和建造接受，我们已经开展了大量的

工作，并且还在进行中，他补充说。

在芬兰建造有史以来第一座处置设施

在建造处置设施开始之前，负责实施该概念的公司需要获得建造许可证。在芬兰，该许可证于2015年颁发，这是世界上首次获得地质处置设施的建造许可证。

该场址是经过几年对许多潜在场址进行筛选后选定的。在根据地质资料对该国的陆块进行勘察后，波西瓦公司通过场址专门研究（包括钻探）继续进行场址表征，以找到地质上合适的环境。在此过程中，波西瓦公司还开始与几个市政当局就设施托管问题进行讨论。

“社会接受度和社会因素在选址方面起着至关重要的作用，”芬兰辐射和核安全局（STUK）核废物监管和保障部主任Jussi Heinonen说。“社会接受度关系到对执行者、监管者和决策者的信任。必须建立和维护这种信任。”

波西瓦公司正在建造位于地下400多米深处的昂卡罗处置设施，并将很快开始挖掘处置隧道。处置过程计划于2024年开始。



在其他国家的进展

2011年，SKB公司提交了其在斯德哥尔摩以北150公里的福斯马克建造处置设施的许可证申请，瑞典辐射安全局和土地与环境法院对该申请进行了审查。此后，这两家主管机构向政府提交了审查意见，以供对许可证做出最终决定。

不只是芬兰和瑞典两国在这一领域取得了进展。在法国，放射性废物管理机构Andra目前正在准备许可证申请。在加拿大和瑞士，国家废物管理机构正在通过场址表征调查合适的场址。

在芬兰奥尔基洛托正在建造的昂卡罗乏燃料处置设施由一个坑道专设系统组成。昂卡罗处置设施还用于表征主岩，以支持安全论证研究。（图/波西瓦公司）

科学 深层地质处置设施

经深入研究，已经确定各种岩石类型作为隔离放射性废物深层地质处置设施主岩的适宜性。这些处置设施建在几百米深处的合适地质构造中，设计用于包容高放废物达数十万年。

深层地质处置设施的一个重要特性是它们提供非能动性安全，这意味着一旦处置设施被关闭，就不需要采取任何进一步的人为行动。

在地下几百米处建造这些处置设施，其深度可有效地将废物与潜在的地表扰动隔离数十万年，涉及将废物安置在非动态环境中，而不是条件往往不太稳定、更加动态的近地表地质环境中。