

高放废物处置的安全标准

国际商定的安全原则与技术准则即将发表

Gordon Linsley 和 Ivan Vovk

在核反应堆运行中产生的高放废物 (HLW)，强度大，寿命长，因而必须把它们与生物圈隔离极长的时期。不管它们是留在辐照过的燃料中，还是用物理或化学的处理方法从辐照过的燃料中分离出来，都必须作这种隔离处理。深地质处置是将 HLW 与人类环境永久隔离的一种手段，目前正在被所有需要处置 HLW 的国家采用。(见本期有关文章：《放射性废物处置技术现状》)。

如同对待其他有可能给人类带来危害的工业设施的规划那样，对于供 HLW 最终处置用的地下处置库设计，也有必要拟定安全准则或安全目标。在任何拟议中的设计被认可之前，均应先证明它们能够满足上述的安全准则或安全目标。

保护人类免受电离辐射危害的准则已经很完善。但 HLW 的处置却提出了一些在通常的辐射防护标准(如本机构的《辐射防护基本安全标准》)* 中未论及的问题。这些问题均与 HLW 处置库的两个专有特性有关，即必须提供保护的时间很长和公众成员所受到的辐射照射剂量的不确定性。

制定现有辐射防护原则时，所考虑的一直是在所关心的时限内，保护辐射工作人员和公众中受辐照成员免受假定处于受控状态下的辐射源的伤害。而在放射性废物处置库的情况下，必须考虑今后很长很长时

期内公众成员的保护问题。时间之长已不再能认为那时该处置库仍将处于人类的任何形式控制之下。根据设计，将利用一系列专设的和天然的屏障(多重屏障系统)将放射性废物与生物圈隔离，所以，绝不会发生 HLW 处置库引起辐射照射问题。在今后很长的时期内，也许在该处置库封闭以后几万年或几十万年时，由于废物体及其屏障系统的自然毁坏并经过缓慢的迁移，某些放射性核素有可能进入生物圈。还可设想，钻探时意外钻入废物库或由于地震而使处置库遭到破坏之类的某些异常事件，也可能使放射性核素释放。由于在选定处置库场址时已考虑到能确保这一类事件的发生几率极小，所以此类事件被认为是极不可能的。尽管如此，显然还需要制定一些据以判断此类事件显著性的准则。

安全原则与技术准则

最近几年，这些问题一直是辐射防护专家和废物管理专家们讨论与争论的问题，由此逐渐形成了可供设计 HLW 处置库时考虑的安全基本原理。1984 年，经济合作与发展组织核能机构 (NEA/OECD) 的一份“专家报告”，提出了若干建议，内容涉及将辐射防护原则推广到处理放射性废物处置中的特殊问题。紧接着，国际放射防护委员会 (ICRP) 于 1985 年出版了一本出版物，表示赞同核能机构专家组的建议，并进一步作了阐述。* 这个课题也是国际原子能机构 (IAEA) 专家组一直在考虑的课题。IAEA 的两个顾问组和地下处置技术审查委员会 (TRCUD) 审查过上述的那些建议，最后给 IAEA 的所有成员国送去了一份报告草案以征求

Linsley 和 Vovk 先生是国际原子能机构核燃料循环与废物管理处高级职员。

* *Basic Safety Standards for Radiation Protection, Safety Series No. 9, 1982 Edition*, jointly sponsored by the IAEA, ILO, NEA (OECD), WHO, IAEA, Vienna (1982).

意见。在 1989 年 9 月的 IAEA 理事会会议上，该报告被正式批准作为机构的“安全标准”出版，题为《高放废物地下处置的安全原则与技术准则》。^{**}

在辐射防护方面，机构的这份文件与 NEA 和 ICRP 的文件基本一致，但机构文件还包含了在技术上如何实施这些安全原则的附加导则。这份新“安全标准”的最显著特点也许在于，通过单个专家和成员国主管部门的广泛审议与协商，它首次反映了国际上关于应采取何种途径确保 HLW 地下处置安全性的共同意见。

对于可能会给后代带来的问题曾给予特别的注意，这是正在制定的放射性废物处置政策的一个重要特点。然而，应当认识到，在对工农业中其它许多活动产生的非放射性废物进行处置时，也必须考虑对后代和环境的保护。许多化学废物经过化学方法的处理有可能变为无害的，但不同于放射性废物（其潜在危害随时间而减少）的是，某些类型的化学废物永远是有毒的。

下列各节将介绍这份新的机构“安全标准”的要点。

安全原则

HLW 地下处置的两个主要目的是：使 HLW 与人类环境长时期隔离，而且不要依靠后代去维护这个处置系统的完整性，或不致因这种处置库的存在而给他们带来明显的约束（后代责任）；以及遵照国际商定的现行辐射防护原则确保对人类和环境的长期放射防护（辐射安全）。

为达到上述的两个目的，已经正式提出了如下的一些安全原则：

• **后代责任。**第 1 条原则（后代负担）要求，与放射性废物处置相关的行政、社会和经济负担，均由直接得益于核能利用的各代人承担。但承认处置时机的选定，应适当考虑各种技术的与社会经济的因

素，例如，临时贮存期间的冷却能提供技术方面的好处，以及在乏燃料的情况下有可能从燃料中回收有用组分等。

第 2 条原则（安全管理与体制无关）说，后代不必采取任何旨在保护自己免受废物处置影响的行动。

第 3 条原则（今后影响）说，废物处置库在未来对人类健康和对环境的风险，应不大于现在可接受的水平。

第 4 条原则（超越国界考虑）说，当 HLW 处置可能使处置国国境以外的居民受到辐射照射时，为受影响国居民所提供的辐射防护，应不低于为造成放射性释出的国家的居民所提供的辐射防护，并应与国际标准相一致。

• **辐射安全。**虽然废物处置库的目的是把放射性废物与人类隔离，但承认存在着一些能在相当久远的将来，或以相当低的概率导致放射性核素释出的机制。在对处置库进行安全分析时，这些因素必须予以考虑；因此，必须有一些放射学和风险方面的准则，以便可以对照这些准则判断此种安全分析的结果。

放射性核素从处置场所释出的机制并非对所有环境来说都是相同的，但一般说来，其主要原因可能是经形态调整过的废物及其容器被水侵蚀，随后放射性核素靠地下水的流动转移和扩散，并受到一些再聚集过程的影响。此处把这些机制看成“缓慢”的释放过程，因为它们所产生的辐射照射量的时空分布图通常是可合理地预测的。

可以认为，缓慢的释放过程包括了影响这种处置的所有渐变过程，不管是与处置库的建造、运行和封闭有联系的过程，还是与侵蚀、垂直运动等可预测的自然现象有联系的过程。地下水流动情况的变化可以是这些始发事件的一种后果。

还可能发生的另一些过程并不是缓慢的，而是以突发事件的形式出现的，它们也许会给处置库及其环境造成破坏性的影响。地震和地质构造现象之类的过程会改变水流情况，因而可能是在某些地质建造中进行处置时必须加以考虑的重要因素；未来的钻探与矿石开采之类的人类活动，也可能对某些处置库产生直接或间接的影响。在某些情况下，破坏性过程也许会支配着对处置活动进行安全评价的整个过程。

第 5 条和第 6 条原则分别适用于缓慢释放过程和破坏性过程。但应认识到，这两条原则是有联系的，

* “Long-Term Radiation Protection Objectives for Radioactive Waste Disposal”, NEA Experts Report, NEA/OECD, Paris (1984), and “Radiation Protection Principles for the Disposal of Solid Radioactive Waste”, ICRP publication 46, *Annals of the ICRP*, Vol. 15, No. 4, Pergamon Press, Oxford (1985).

** 将以 IAEA Safety Series No. 99 (1989) 的名义发表。