

当用个人受到的风险表达时其基础是完全相同的。

第5条原则（剂量上限）。该条原则要求，对于“缓慢”过程来说，人群中假想受照量最大的个人组所受到的预计年辐射剂量，应低于这个“剂量上限”（总剂量限值中分给正在考虑的这个源即该废物处置库的那部分剂量值）。

第6条原则（风险上限）。该条原则适用于前条原则未包括的破坏性事件。它要求给未来的个人因处置库的存在而受到的风险确定一个限值。这里的“风险”是指个人或其子孙后代可能受到健康影响的概率。它等于某一事件引起辐射照射的概率和该种照射产生健康影响的概率之乘积。

这个风险限值是以第5条原则中的剂量上限所蕴涵的风险限值为基础的。例如，ICRP目前推荐的适用于公众成员的总剂量限值为1毫希沃特每年，其含义是若按寿命期平均，有严重健康影响的年平均风险约为十万分之一每年。风险上限是此值的若干分之一，由各国主管部门规定。

第7条原则（附加的辐射安全）。当用规定剂量上限和风险上限的做法来保证个人的安全水平达到要求值时，建议按可合理做到的尽可能低（ALARA）原则控制总照射量。

技术准则

技术准则是对基本安全原则之补充。这些技术准则为各国遵守这些安全原则提供实用方法方面的指南。其中比较重要的是，在选择地下处置场址时，用设置多重屏障的办法实现废物隔离、相应地选择场址地质特征，以及考虑天然矿产资源等方面的要求。

结语

IAEA的这份报告列出了一套国际上商定的供设计HLW地下处置库用的原则和准则。

在现阶段，鉴于HLW处置库的开发工作已进行到一定的程度，并认识到成员国在技术方法上有差别，所以这份报告的目标是使各国的设计在基本原理方面趋于一致。

拟定这些安全原则和技术准则，旨在为随后制定更加详细和定量的实施标准奠定通用的基础，其中的有些标准也许需要制定成实际上只适用于个别场址。

自然生态系统的保护： 废物处置实践的辐射影响

最近已作了几次复审性的

研究和评价

Gordon Linsley

在涉及向环境排放放射性物质的管理活动方面，首要任务是确保个人和全体居民得到保护。一般认为，只要做到了这一点，则其他各种非人类物种便自然而然受到保护，尽管这些物种中的个体未必都得到了保护。* 在几乎所有情况下，人们都认为有必要将辐照剂量限制到低水平，以确保其他生物受到的辐射剂量也将是小的，而且低于可能发生生态变化的水平。** 这些假设在30年核动力活动中一直没有受到严重的诘难。然而，这个问题是经常讨论的，而且最近它已成为多次复审研究和评价的对象。

本文将探讨对人类和非人类生物体的三种可能的辐照情景（或情况）。（见附图。）

情况A。人们的普遍看法是，非人类物种将得到充分保护，初看起来，这种看法，对于将放射性核素排放到接近于人类居住地地带的生物圈中的实践来说似乎是合理的。在这些地区，环境浓度一般被保持在很

Linsley先生是IAEA核燃料循环和废物管理处高级工作人员。

* *Recommendations of the International Commission on Radiological Protection*, ICRP Publication 26 (1977).

** *Radionuclide Release into the Environment: Assessment of Doses to Man*, ICRP Publication 29 (1978).

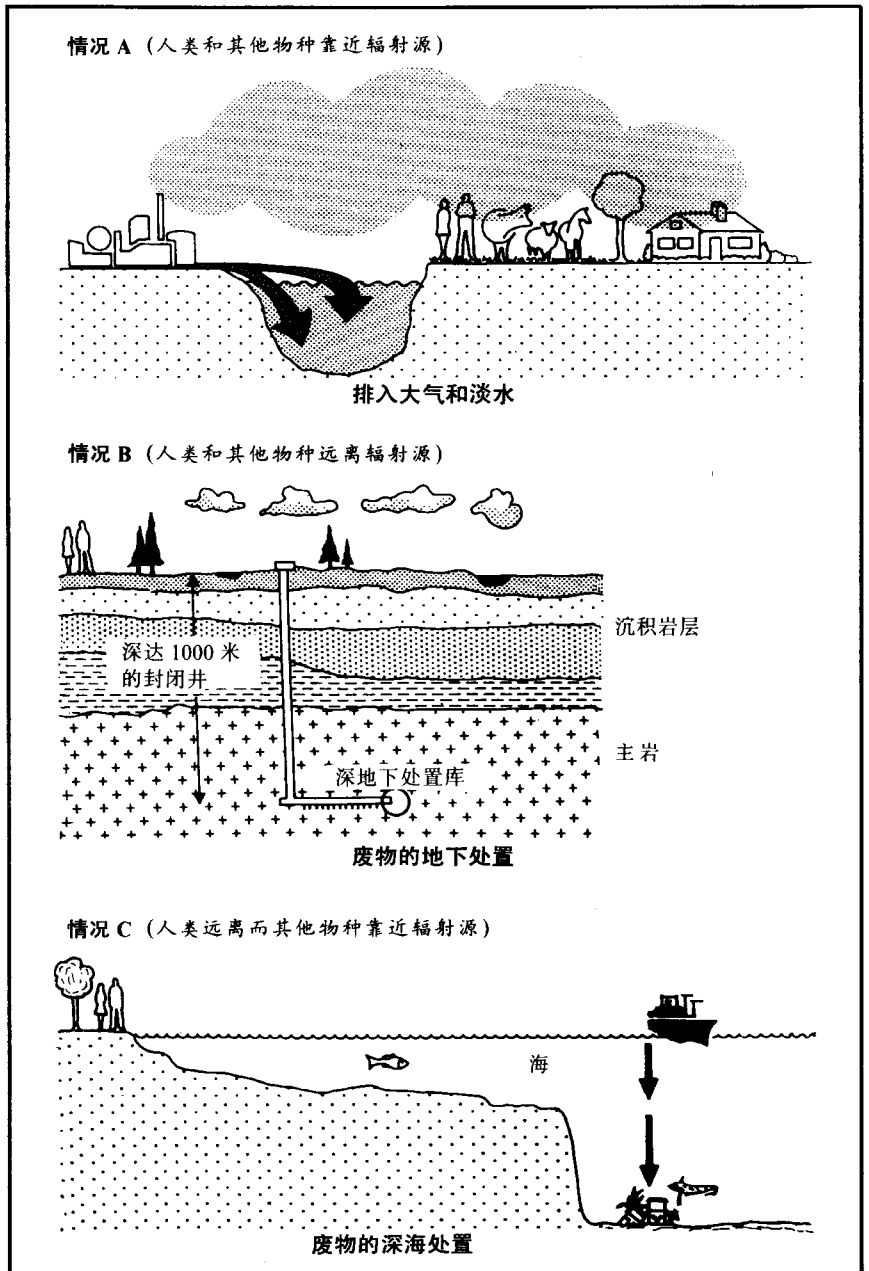
低水平，以便使人类受到的辐射剂量远远低于剂量限值。然而，当我们考虑到植物和动物对辐射的敏感度有明显的差异，而且它们也许比生活在同一环境中的人类受到更高的辐射剂量时，那么看来对这个问题进行更为详尽的研究是有道理的。由于存在许多从土壤到植物的转移过程，产生较高的辐射剂量是可能的。这些过程可能导致放射性核素累积于某些植物和动物中。较高的剂量也可能由某些动物的特殊食性引起，这些食性导致某种核素摄入量增加。在某些情况下，植物和某些动物更为接近分散在土壤和水中的核素，因而可能使它们受到的外照射剂量比居住在同一环境中的人类高。

情况 B. 如果在深地质建造中处置固体放射性废物，那么这种处置基本上是在非生物（无生命）环境中进行的。人们用一系列不可渗透的屏障包围废物，来防止放射性核素迁移和返回到人类。近地表处置设施的情况是不同的，因为许多设施位于高等动植物易接触到的环境。

情况 C. 在深海处置桶装低放废物的情况下，也许更有必要对有关非人类生物的保护问题进行探讨。因为倾废地点很深，返回到人类的距离很长，结果深海生物受到的辐射剂量可能很大，而人类受到的剂量则保持在容许水平。

显然，就情况 C 而言，自然界生物群所受影响的风险要比人类的高。然而，这里应当指出的是，在考虑对人类和其他物种的风险时，我们（作为人类）所用的方法有着根本差别。当考虑对人类的风险时，我们重视的是个人，因为每个人都被认为是宝贵的和重要的。相反，我们许多人通常是把大多数其他物种，作为群体而不是一些可识别的个体来考虑和重视的。

本文将评述机构和一些国家最近完成的和正在进



行的有关废物处置的辐射影响的研究。必须强调，这些研究探讨的是受控制的放射性废物处置实践所能提供的环境保护，而不是事故性放射性核素排放或不受控制的废物处置可能给环境带来的影响。

评价方法

这里所指的一些主要研究中采用的基本评价方法如下：(a) 复审有关电离辐射对自然界生物影响的的数据；(b) 确定对各种植物和动物群体不会产生有害影响的最低辐射剂量和（或）剂量率；(c) 在根据对

人的防护标准控制的放射性核素释放的情况下计算植物和动物所受到的辐射剂量和（或）剂量率；和（d）比较（b）和（c）两步中的剂量和剂量率，以便确定是否根据人类辐射防护标准，给植物和动物群体提供充分的保护。

情况 A: 向大气和地表水体排放

由 IAEA 发起的一项研究 * 即将完成，这项研究主要评价放射性核素向大气和水（淡水）环境受控制排放对各种植物和动物的影响。在对可得到的有关辐射对陆地和淡水生态系统的影响的文献进行审查的基础上，得出的结论是，陆上生态系统的物种受到不大于 1 毫戈瑞/日 (mGy d^{-1})，淡水生态系统物种受到不大于 10 mGy d^{-1} 的长期辐照剂量率，不大可能对其群体产生测得出的有害影响。关于水环境的这一结论，曾在机构以前做过的其他一些研究和美国最近完成的一项研究中得出过。 **

在 IAEA 发起的这项最新研究中，用一些简化的和保守的计算方法，估算了放射性核素受控排放的结果可能给陆地和淡水生物带来的最大辐照剂量率。为了估价各种受控排放的这种影响，对排放率作了这样的规定：大多数受照射的个人所受辐射剂量相当于社会成员的年剂量限值（1 毫希沃特/年）。由于应用可合理做到的最低水平（ALARA）原则来降低辐射照射，向环境的实际排放情况一般仅仅是这些限值的一小部分。由于计算中（在关于排放率的假设和剂量评价方法学这两方面）都采取了这种充分重视的方针，所得出的植物和动物受到的辐射剂量的计算值，都在受控排放可能造成的剂量范围的上端。

* *Effects of Ionizing Radiation on Plants and Animals at Levels Implied by Current Radiation Protection Standards*, Draft Report.

** *Effects of Ionizing Radiation on Aquatic Organisms and Ecosystems*, IAEA Technical Reports Series No. 172, Vienna (1976); *Assessing the Impact of Deep Sea Disposal of Low Level Radioactive Waste on Living Marine Resources*, IAEA Technical Reports Series No. 288, Vienna (1988); *Effects of Ionizing Radiation on Aquatic Organisms*, US National Council on Radiation Protection and Measurements, Draft Report.

受控排放使植物和动物受到的估计剂量，低于对各种群体预计会产生有害影响的水平。此外，对于大多数可想象的排放情况来说，在动物或植物总的群体中，仅有一小部分似乎有可能接受这些估计剂量。

然而，应该强调，可供使用的有关辐射对各种非人类物种影响的数据是有限的，因此选用这些评价结果时必需谨慎，因为它们也许不适用于所有可想象的情况。

为回答核电站释放的气体放射性核素会对树木和森林产生怎样的影响而进行的一项独立研究表明，这种辐射剂量可能仅为由天然本底辐射产生的剂量的很小部分。 *

情况 B: 放射性废物的深地下处置

放射性废物深地下处置的目的，是将这些废物与人类所处环境隔离开。天然屏障由深部的地质层提供，废物本身由一系列人造屏障隔离。这些人造屏障包括废物固化体或废物基体，后者可能是玻璃那样的不溶物质；废物容器（高放废物容器或许打算用上几千年）和用来阻断水的侵入并阻碍放射性核素迁移的外围缓冲物质（一般为粘土）迁移。如果最终发生了放射性核素的迁移，那也是将来很远的事；达到生物圈的任何放射性都处于很低水平，这是由于放射性衰变，以及地下水运移过程中发生的稀释作用和地面的滞留作用。导致放射性水平高到足以对人或植物和动物造成危害的可能性是非常小的。

放射性废物的近地表处置

陆地环境中的近地表处置是许多国家对于短寿命低、中放废物优先选择的方案。近地表处置比深地质层处置提供的隔离程度要低，对于某些类型的浅地下处置场地来说，处置的废物有被植物和动物侵入的可能性。无包装废物简单壕沟处置的早期经验表明，在某些场合，例如由于选择地点不当或排水系统不畅壕沟被淹时，放射性核素可能横向扩散到处置沟区域

* *Betrachtungen zur Strahlenexposition von Baumen durch natürliche und künstliche Strahlenquellen*, by W. Jacobi, and H. G. Paretzke, GSF-Bericht 5/86 (1986).

以外, 进入下部土壤中, 并在某些情况下, 进入当地的河流和地下水中。* 在现代的近地表处置设施中, 植物、动物和人类侵入的危险性已明显减小, 因为废物已被封装并贮存在混凝土屏障中。由于封装及选址和处置库设计合理, 放射性核素从废物向外迁移的可能性已减小。

在 IAEA 的这项最新研究中, 已对侵入近地表处置库的植物和动物受到的辐射剂量进行了计算。在计算中假设, 该处置库的放射性含量是根据对人类辐射剂量的限制原则已预先加以控制的。虽然一般认为, 在某些较老的处置场地中, 存在的放射性核素浓度也许比所考虑的要高, 但得到的结论与向大气和淡水受控排放的结论相似。然而, 就那些以封装形式贮存废物的现代专设处置场地而言, 对植物和动物的任何影响, 在空间上都是很局部的, 因而, 可以预料, 任何动物或植物群体, 其中只有一小部分受到来自这种源的辐射照射。

情况 C: 海洋处置

机构最近发表了一份关于倾倒在包装低放废物对深海海洋生物的影响的报告, 并在《IAEA 通报》上作了报道。** 简单地说, 这份报告指出, 一方面由于一些海洋生物生活在极其接近假设的倾倒地, 而人群是与其隔离的, 因此这些海洋生物也许受到较大的辐射剂量, 而人受到的剂量仍是很低的。如果按 IAEA 关于《伦敦倾废公约》的现行规定以最大排放率来倾倒桶装低放废物, 那么对环境产生某种

* *Shallow land burial of low-level radioactive wastes in the USA*, IAEA-SM-243/152 (1980).

** A. Hagen, 《深海处置: 保护鱼类……和人类》, 《国际原子能机构通报》中文版第 30 卷第 4 期, 1988 年。该文是根据 IAEA 的一份技术报告 [*Assessing the Impact of Deep Sea Disposal of Low-Level Radioactive Waste on Living Marine Resources*, Technical Reports Series No. 288 (1988)] 编写的。

影响看来是有可能的。* 这是机构在今后修订有关海洋倾废活动导则时必须考虑的因素之一。但必须强调, 经 1983 年《伦敦倾废公约》成员国同意自愿暂停倾废之前, 在北大西洋上发生的那些倾废活动的速度只是现行规定允许值的几分之一。核能机构已在一份报告中作出结论说, 过去的倾废活动不会产生可觉察的环境损害。**

结论

这些研究给予国际放射防护委员会所作的关于非人类生物群体辐射保护的假设以全面支持。

在人生活于其他受照射生物附近的场合下, 有关各种生物辐射敏感度的现有数据证明, 对人类的防护措施也将对其他各种生物的保护有效。不过, 这方面的数据库还很不完整, 而且许多植物和动物群体的辐射敏感度还从未被研究过。*** 此外, 由于其他类型的环境污染物存在而产生的协同效应问题尚未得到很好的解决。因此, 上述的结论还不足够可靠, 不可据之而不去考虑可能对植物和动物群体带来的辐射影响。

有些特殊情况是, 人类较之其他各种非人类物种可以远离放射性核素释放点, 因而对植物和动物群体的保护必须予以单独考虑。

* *Definition and Recommendations for the Convention on the Prevention of Marine Pollution by Dumping Wastes and Other Matter 1972, 1986 Edition*, IAEA Safety Series No. 78 Vienna (1986).

** "Review of the Continued Suitability of the Dumping Site for Radioactive Waste in the North-East Atlantic", Nuclear Energy Agency of the Organisation for Economic Co-operation and Development, Paris (1985).

*** "Environmental Monitoring for Radionuclides in Marine Ecosystems: Are Species Other Than Man Protected Adequately?" by P. M. Thompson, *Journal of Environmental Radioactivity* 7 (1988) 275-283.

