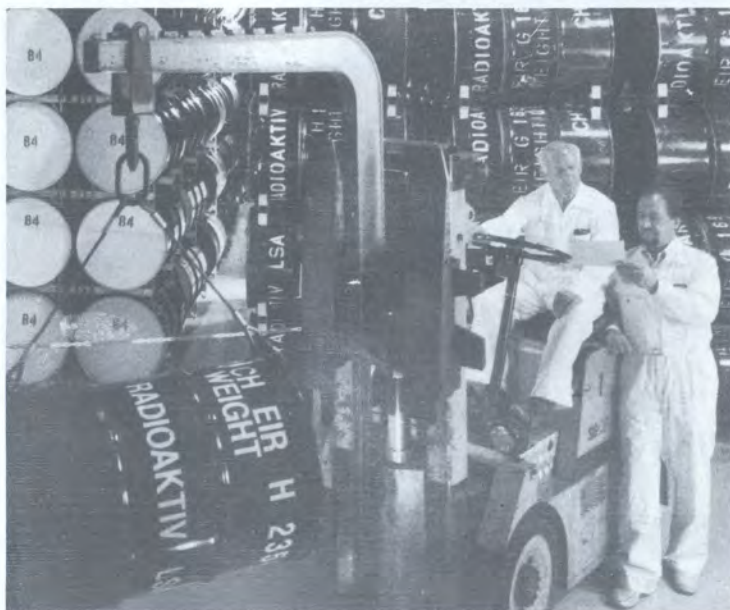


高放废物的地质处置就是用多重屏障把废物与人类环境安全地隔离开。目前有许多国家正在地下实验室进行这项研究。(来源: SKB, ANDRA)

美国的一座低放废物贮存库。(来源: USDOE)



在瑞士的反应堆研究所, 就地贮存了一些低放废物。(来源: UNIPEDA)

世界放射性废物管理综述

关于趋势和发展的最新资料

朱家骆和 C. Y. Chan

原子能的应用，已有 40 多年的历史，因而可以算作一种成熟的技术。不过，原子能的应用不只是给人类带来许多好处，而且还带来了一些忧虑。在过去的 30 年中，使科学家、政府和公众最为关注的问题，莫过于“核废物”（放射性废物）及其处置问题。在许多国家中，核动力的应用前景，取决于废物管理和处置方面能否找到一些可接受的解决办法。

国际原子能机构（IAEA）的 113 个成员国中，几乎每个国家都产生一些放射性废物。这些废物的形态和特性各异，举例来说，它们分别来自核电生产、核燃料循环活动、工业应用，以及研究中心和医院中开展的有关工作。实际上，核电生产和核的其他应用产生的废物，其数量大大小于其他的技术或工业部门（如燃煤电厂）产生的废物，但人们特别感到担心的是，某些放射性废物能够千百万年地威胁人类和环境。

朱先生是 IAEA 核燃料循环和废物管理处处长，Chan 女士是该处工作人员。

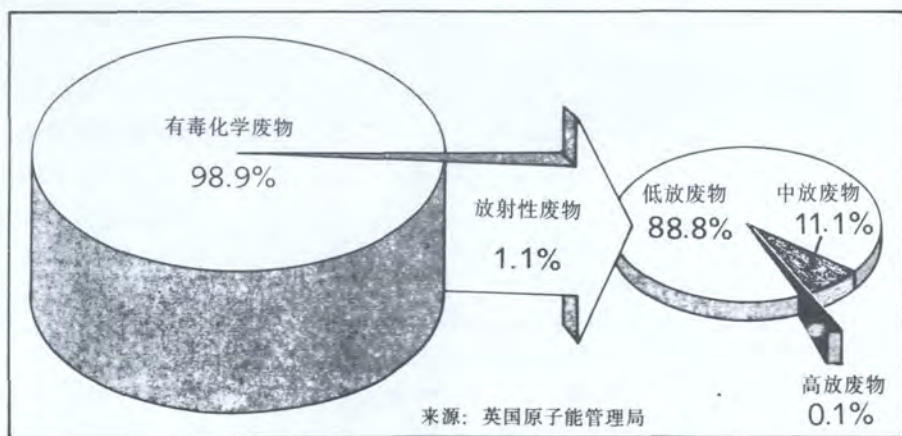
本文概述了各国在放射性废物的管理和处置方面的动向和战略，以及国际上正在这一方面合作进行的工作。这里所谈到的看法，主要是与民用核动力计划有关的情况。

动向和战略

当许多国家酝酿、规划和实施管理各种类型放射性废物的本国计划时，在处理方法和战略方面往往遇到一些类似的问题，也有某些比较明显的趋势。归纳起来有以下几点：

- 目前的工作重点是在示范工作上，即要证明所有的放射性废物，哪怕是放射性水平最高的废物，都能够被安全地与人类和环境隔离，隔离的时间要有多长可以有多长。有核动力的大多数国家，在研究、开发和示范安全地管理放射性废物的技术方案方面，都有许多计划。这方面的许多具体项目的目的，是证明确实存在着多种可以长期安全地处置这些废物的方法。这些发展和不断进行的研究之所以重要，其理由如下：它们将检验废物的管理和处置方面的最新设计思

英国每年产生 400 多万立方米的有毒废物，放射性废物只占其中的 1.1%。在这个不大的百分数中，大部分是低放废物。



放射性废物术语

出于安全与技术方面的考虑,各种形式的核废物通常按其放射性水平的高低、热含量的大小和潜在的危险程度分类。IAEA已经确定了描述放射性废物的技术特征的定义,这些定义能适用于许多国家的放射性废物管理工作。然而,就一般的用途而言,某些重要的术语只要用比较简单的语言叙述和解释一下,就可以了解到它们的基本含意:

●**半衰期**。这个术语系指任何给定的放射性核素失去其一半放射性所用的时间。放射性很强、又有一定数量的大多数裂变产物,其半衰期约为30年或不足30年,铯-137就是一例。碘-129之类的几种裂变产物,其半衰期以千年计。为了便于比较,顺便提一下,天然铀的半衰期约为45亿年,或者说与地球的年龄相仿。

●**短寿命和长寿命废物**。这两个术语实际是指所含放射性元素的半衰期的长短。半衰期长于近30年的元素一般称之为长寿命放射性元素。

●**低放废物 (LLW)**是指所含长寿命放射性核素的量可以忽略不计的放射性废物。它们来源于工业、医学、科学研究等部门的和平核活动,以及核动力的运行,可以包括包装好的被放射性污染的手套、

废工作服、玻璃、小工具、纸张和过滤材料等。

●**中放废物 (ILW)**是指含有的放射性和热含量水平比高放废物低,但在搬运和运输期间仍然必须加屏蔽的放射性废物。此类废物也许会包括反应堆运行中用过的树脂或结成块的化学淤渣,以及设备的零部件或金属碎屑等。正在使用商业性的工业化流程处理和固定这种废物:地表构筑物处置或浅地层埋藏是广泛使用的处置方法。一些国家已经或计划在陆地或海底岩层中建造浅地层处置库。

●**高放废物 (HLW)**是在核动力堆乏燃料的后处理过程中产生的。后处理可回收可供再次使用的铀与钚。这些废物含有多种超铀元素和一些放射性很强、发热和长寿命的裂变产物。液态HLW一直有效地贮存在一些存放在专门建造的设施内的罐中。这些废物需要处理和固化,然后才能作最终处置和与生物圈隔离。未经后处理的乏燃料也可以看成高放废物。

●**含 α 废物**(也称超铀废物、钚污染废物或 α 废物)包括被足够多的发射 α 的长寿命核素污染因而不容许在浅地层埋藏场地上处置的废物,这种废物主要是在乏燃料后处理和混合氧化物燃料制造过程中产生的,可以按处理HLW的类似方式处置。

环境评价

按照1986年切尔诺贝利事故后讨论会的建议,IAEA设立了一个国际性研究项目,旨在利用现在已得到的有关切尔诺贝利事故造成的放射性落下灰的环境数据。这个叫作“确证模型预测值”(VAMP)的项目,试图利用这个“天然实验室”来确证环境方面的迁移模型。这些模型可用于评价核燃料循环各组成部分的放射学影响。20多个成员国的许多研究机构的专家,被分成四个工作组开展工作,并吸收欧洲共同体委员会(CEC)作为共同发起组织。VAMP预计要持续到1992年。

IAEA还参加了类似的国际研究项目,即瑞典国家辐射防护研究所(SSl)于1986年开辟的“生物圈模型的确证研究”(BIOMOVs)项目。这项研究始于切尔诺贝利事故之前,主要是检验放射性核素及其他示踪剂物质的生态转移和生物累积模型。为了研究切尔诺贝利事故后的数据,该项研究已改变了原来的进度表,现在准备持续到1991年。——核燃料循环和废物管理处 S. Hossain。

想和各种方案;它们将产生更多的有助于改进计算机数学模型的试验数据,这些模型是供对可能的地质处置环境进行安全分析和评价用的;另外,它们将通过解析模型的建立与确证,以及实验室的研究,帮助评估废物处置库长期可靠地保护公众健康的能力。从对一些天然的放射性环境所进行的研究中,正在获得处置后废物长期行为方面的附加证据,其中包括对特殊铀矿体内的放射性核素的行为所做的研究,这样的铀矿体已在地壳中存在和不受干扰地沉睡了数百万年。

●**一些国家正在建造或规划商业规模后处理设施和玻璃固化设施**。在有核动力的国家中,将近一半已有规划或正在实施乏燃料后处理计划。法国和联合王国拥有商用后处理能力已有近10年的历史。不过,到90年代初期,正在建造后处理厂的其他一些国家,大多将拥有可以运行的设施。

为了改进玻璃固化技术(把放射性废物固定到玻璃或玻璃状基体物质中的技术),一些国家已经建造或计划建造小规模的中工厂,来确证现有的技术。

现在已有几座全尺寸的玻璃固化工厂在运行，另有一些正处于规划或建造阶段。澳大利亚核科学与技术组织 (ANSTO)，最近已开始把它的小规模合成岩示范工厂与一个较大的工厂连成一体，在这个较大的工厂中，将开发和研究另外的煅烧方法。

● **大多数拥有核动力计划的国家，正在开发高放废物 (HLW) 深部地质处置设施所需的技术。**影响核废物管理的因素，与该国的政策和涉足核燃料循环各个阶段的深度有关。但现在国际上有一种共同的想法，即高放废物和 (或) 乏核燃料的深部地质处置，是眼下最可取的处置方案，这是有技术依据的。但有些国家的计划仍在继续研究其他的处置方案，例如浅海床处置。(见附表。)

● **一些国家继续在为低放废物 (LLW) 和中放废物 (ILW) 开发更加有效和效率更高的处理、形态调整和处置技术。**开发目标包括，废物产生的当时和产生以后减小体积的新工艺和新技术 (如焚烧和压实)。此外，各种固化方法的研究，正在受到更多的注意。过去，某些 LLW 稍加或不加处理和 (或) 形态调整，就处置掉了。为了消除 LLW 处置对环境的不利影响，一些国家正在修订它的处置计划和改进实施办法。

● **许多国家已经制定了专门为核废物管理和处置计划，以及为核动力厂退役筹措资金的办法。**这些办法包括向核电生产者 (或放射性废物生产者)，按发电量的千瓦小时数收取少量的钱，用于支付开发、运行和关闭处置工程现时所需和预期所需的费用。因为发电量很大，预计这些不大的分摊额，就能为本国的核废物管理和处置计划筹集到充足的资金。从绝对数字看，总的预计费用可以变化很大，主要取决于该国核动力和燃料循环计划的规模和要求。这部分费用与所生产的电力的总价值相比是很小的。根据报告给 IAEA 和经济合作与发展组织核能机构 (NEA/OECD) 的研究结果，这些费用一般将占核电总生产成本的 2—6%。

● **在未来的岁月中，核能的持续发展和必须拆除的旧反应堆的退役，将使发展中国家和工业化国家中的放射性废物量，逐步有所增加。**根据报告给 IAEA 的资料，截至 1989 年 10 月，世界上 31 个国家正在运行和在建的核动力堆共有 531 座。在 67 个国家中，正在运行、在建或已有规划的研究堆有 356 座。在 1988 年年底，处于停机状态的反应堆有 239 座。此外，在 17 个国家中，有将近 100 座核设施已

合成岩

在澳大利亚卢卡斯高地的一个实验工厂中，科学家们正在试验一种用于固定高放废物的新产品，称为“合成岩” (Synroc)。这种合成岩的配方中包括三种钛酸盐矿石和少量的金属合金。实验工厂的运营将提供等于或接近全尺寸地制造合成岩的实践经验，不过使用的是非放射性物质，目前没有在澳大利亚建造放射性合成岩工厂的打算。该工厂还将为准备处理放射性废物的工厂的设计提供资料，并允许对放射性合成岩的制造成本进行初步估算。

合成岩战略是以某些天然矿石已经在极端的地质环境下存在了数百万年这一认识为依据的。所有的岩石都含有少量的放射性元素，如铀、钍和钾等，这些元素以稀薄的固溶体形式分布在共存矿物中间。有许多矿石，如锆石和长石，已证实它们有能力把少量放射性元素“锁住”几千年。在合成岩中，放射性废物元素很可能会以固溶体的形式在其主矿石的晶体结构中被固定下来。*

在合成岩的开发和试验方面，澳大利亚正在与联合王国、日本和意大利进行合作。联合王国已制造出含有高放废物的合成岩小样品；日本也打算开展类似的工作，它早就生产出了合成岩样品。加拿大、德意志联邦共和国和美国的一些实验室，也一直在研究合成岩的性质和行为特性。在澳大利亚，研究与发展合成岩的主要参加单位是澳大利亚核科学与技术组织 (ANSTO) 和澳大利亚国立大学 (ANU)。合成岩的概念是由 ANU 的 A. E. Ringwood 教授及其同事于 70 年代共同提出的。

作为其本国活动的一个组成部分，ANU 已经制备了含有放射性铀和钍的合成岩，并检测过它的性质。ANU 的研究人员已对某些天然生成的矿石作过地质学、结晶学和同位素学方面的研究，这些矿石已在地质年代中受到较大的累积辐射剂量，并滞留了一定数量的放射性元素。ANSTO 已制备出了含有锕系元素的合成岩和含有裂变产物 (这些裂变产物是卢卡斯高地研究堆生产医用同位素时生成的副产品) 的合成岩，并用这些合成岩做了浸出试验。这些杰出的研究成果已有报道。合成岩还在研究堆中用快中子辐照过。据 ANSTO 报道，在长达 6 个月的试验期间，这种合成岩经受住了模拟高放废物被封隔十万年的考验，没有发生任何明显的物理损伤或失去抗浸出能力的现象。

* "Synroc", by A. E. Ringwood and S. E. Kesson, *Radioactive Waste Forms for the Future*, Elsevier Science Publishers B. V. (1988).

特 写

中低放废物的处理和处置方针

	处 理 方 针	处 置 类 型
		(实际的和 / 或拟采用的)
阿根廷	部分焚烧	陆地浅埋
比利时	整理、包装和贮存	处置库
巴西	整理、包装和贮存; 部分焚烧	陆地浅埋或海岸设施埋藏
保加利亚	整理 / 不整理、包装和贮存	地表处置 / 填埋洼地
加拿大	整理 / 不整理、包装和贮存	陆地浅埋; 处置库
中国	整理 / 不整理、包装和贮存; 部分焚烧	陆地浅埋
古巴	整理、包装和贮存; 部分焚烧	地表处置 / 填埋洼地
捷克斯洛伐克	整理、包装和贮存; 部分焚烧	陆地浅埋; 处置库
芬兰	整理、包装和贮存	处置库
法国	整理、包装和贮存; 部分焚烧	陆地浅埋; 地表处置 / 填埋洼地
德意志民主共和国	不整理、包装和贮存; 装桶后埋藏	处置库
德意志联邦共和国	整理、包装和贮存; 部分焚烧	处置库
匈牙利	整理、包装和贮存	陆地浅埋
印度	整理、包装和贮存; 部分焚烧	地表处置 / 填埋洼地
意大利	不整理、包装和贮存	陆地浅埋
日本	整理、包装和贮存	陆地浅埋; 海床处置研究
大韩民国	整理、包装和贮存	陆地浅埋; 处置库
荷兰	整理、包装和贮存; 部分焚烧	处置库
罗马尼亚	整理、包装和贮存; 部分焚烧	
西班牙	整理、包装和贮存	陆地浅埋
瑞典	整理、包装和贮存; 装桶后埋藏	海岸设施埋藏
瑞士	整理、包装和贮存; 部分焚烧	处置库
联合王国	整理、包装和贮存; 部分焚烧	陆地浅埋; 处置库; 海床处置研究
美国	整理 / 不整理、包装和贮存; 部分焚烧	陆地浅埋; 地表处置 / 填埋洼地
苏联	整理、包装和贮存; 部分焚烧	地表处置 / 填埋洼地
南斯拉夫		处置库; 地表处置 / 填埋洼地

高放废物 / 乏燃料处置的研究和发展计划

	场址勘查	场址选择	地 下 研 究 实 验 室		处置库的启用 (预计)
			建 造	勘 查	
阿根廷	■				
比利时	■	■	■	■	
巴西	■				
加拿大	■		■	■	> 2020
中国	■				
芬兰	■				
法国	■	■			2009
德意志联邦共和国	■	■	■	■	> 2000
印度	■		■	■	
日本	■	■			> 2020
荷兰	■				
西班牙	■				2005-2010
瑞典	■	■			> 2020
瑞士	■	■	■	■	> 2020
联合王国	■				
美国	■	■	■		2003
苏联	■				

注: 保加利亚、古巴、捷克斯洛伐克、德意志民主共和国、匈牙利、波兰和罗马尼亚的乏燃料要返回外国的燃料供应者。

特 写

一些国家的高放废物和（或）乏燃料处置规划

	地质处置	岩石类型	后 处 理		最终的废物形态
			国 内	国 外	
阿根廷	■	花岗岩	■		玻璃块
比利时	■	粘土		■	玻璃块
保加利亚				■	
加拿大	■	花岗岩			罐装乏燃料
中国	■		■		玻璃块
古巴				■	
捷克斯洛伐克				■	
芬兰	■	花岗岩		■	玻璃块
法国	■	粘土, 盐岩, 花岗岩, 片岩	■	■	玻璃块
德意志民主共和国				■	
德意志联邦共和国	■	盐岩		■	玻璃块
匈牙利				■	
印度	■	花岗岩	■		玻璃块
意大利	■	粘土或晶质体		■	玻璃块
日本	■	花岗岩, 片岩, 凝灰岩	(1992) ■	■	玻璃块
荷兰	■	盐岩, 粘土		■	玻璃块
波兰				■	
罗马尼亚				■	
西班牙	■	盐岩, 粘土, 晶质体		■	玻璃块和罐装乏燃料
瑞典	■	花岗岩			罐装乏燃料
瑞士	■	花岗岩, 沉积岩		■	玻璃块和罐装乏燃料
联合王国	■		■	■	玻璃块
美国	■	凝灰岩			罐装乏燃料
苏联	■	盐岩, 晶质体	■	■	玻璃块

注：至今没有一个成员国最后选定处置高放废物或乏燃料用处置库库址。表中所列岩石类型是正在考虑和（或）将要进行库址特征研究的对象。保加利亚、古巴、捷克斯洛伐克、德意志民主共和国、匈牙利、波兰和罗马尼亚的乏燃料要返回外国的燃料供应者。

处于退役工作的不同阶段。

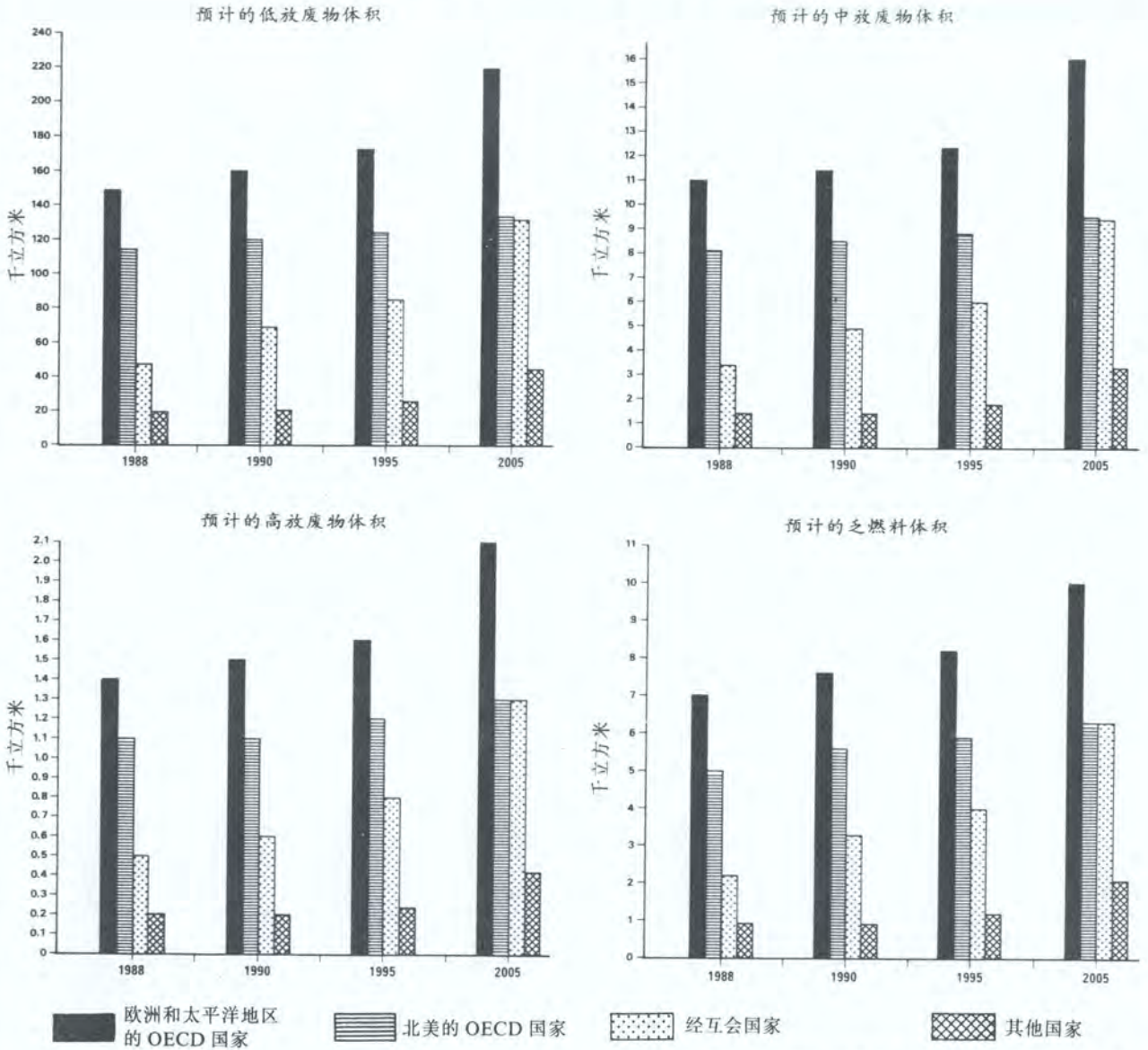
根据 NEA/OECD 和 IAEA 公布的最新核电装机容量数字进行的计算，人们已预测出了 1988、1990、1995 和 2005 年时的废物总量。（见第 10 页附图。）这些估计值，都是按核动力厂的平均寿命为 30 年（实际数字也许不同）计算的。

● **在放射性废物的日常安全处理和管理方面，发展中国家面临的问题不同于工业化国家，因而眼下的需要是不同的。**其中的一些原因是，它们的核动力计划不是处于早期阶段就是刚刚开始。所以，它们累积起来的经验较少，全面的工业基础设施和管理基础设施往往尚未建成。另有许多发展中国家虽然没有核动力计划，但在工业、医学、研究等领域中的放射性同位素应用所产生的废物必须加以管理。为了帮助发展中成员国解决它们在废物管理方面的具体需要，IAEA 用对技术项目、专家、培训和设备进行资助的

办法提供技术援助。（见本期有关文章：《发展中国家的放射性废物管理》。）

● **在许多国家中，舆论已严重影响了放射性废物管理活动的进展，并且可以预见到，这种情况将会持续若干年。**虽然科学家和工程师们相信，现代的工艺技术能够确保核废物得到安全处置，但是公众却往往不那么相信。IAEA 总干事汉斯·布利克斯说过，“在许多国家中，需要做的是努力使拟采用的各种技术和它们的安全特性，更广泛地被人们所认识。显然，这种教育工作也许比一直在要求人们完成的工程方面的工作更为困难。”在过去的一二年中，国家的和国家的宣传和教育计划的数目已明显增多。许多单位正在寻找和开辟能够影响和教育公众的手段。IAEA 目前正在编写一本“IAEA 资料手册”，重点论述公众在废物管理和处置方面所担心的主要问题。这种资料手册将扼要地介绍某些国家是如何对待核废

预计核动力厂产生的废物体积



来源：核能机构 / 经济合作与发展组织，国际原子能机构。

物问题的，他们是如何与公众沟通信息的，政策是如何制订出来并加以实施的。其目的是就各种问题、公众的担心和可能的解决办法向各国提供一些参考性的意见。

● 各国家计划间和国际组织间的国际合作和交流，对有关各方依旧是重要的和有益的。随着各个组织认识到联合工作的重要性和益处，由国家组织与国际组织发起并在它们之间建立起来的合作研究、专门工作组和联合项目将会继续增加。象欧洲共同体委员会 (CEC)、IAEA 和 NEA / OECD 这样一些国际

组织，已经发起并且参加了与废物管理有关的各种技术方面的和环境方面的研究项目。诸如瑞典的斯特里帕项目这样一些联合研究，继续在为其参加者提供宝贵的资料和经验。这三个组织共同发起的几项新的环境倡议，已经有了计划或正在实施。

放射性废物管理战略

低放和中放废物。大多数国家战略都有对 LLW 和 ILW 进行处理和形态调整的内容。在过去几年中，许多国家计划都已建立了一些项目和研究课题，

以开发那些能够显著减少废物产生量和废物“产生后”减小体积的技术和工艺。经过处理和(或)形态调整的废物,通常装桶以后贮存或放置在专设的处置设施中(如贮存在浅地沟和混凝土沟中)。

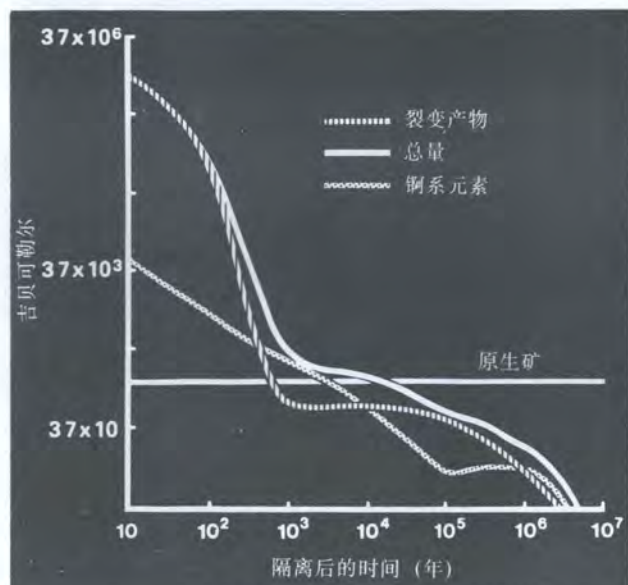
在一些国家中,LLW和ILW的处置库和浅地处置设施早已在运营。例如在德意志民主共和国,一个为其反应堆废物服务的处置库自1978年以来一直在运营。1988年,瑞典在福斯马克附近的波罗的海海底下建成了一个处置库(SFR)。其他一些国家也有一些供其LLW/ILW地上贮存或浅地处置用的设施。

乏燃料和HLW。起初,乏燃料被存放在反应堆厂房内专门建造的水池中,让大部分放射性在临时贮存期间衰变掉。后来,许多国家把乏燃料贮存在集中的中间贮存设施或后处理设施中。乏燃料在中间贮存设施中存留的时间长短,主要取决于该国的政策。乏燃料一般要贮存5—10年后才进行后处理。平均来说,HLW和(或)乏燃料,要贮存20—50年后才进行处置。从技术角度看,贮存期间的放射性衰变可以使对处置和操作的要求降低。这种衰变在最初若干年内是非常快的。(见附图。)

一些国家已经建造或将建造集中的乏燃料贮存设施(“离堆”设施或称AFR设施)。这样的设施在某些情况下是需要的,以便使后处理或处置之前的整个废物管理体系更加完整;当反应堆厂房内的中间贮存设施的贮存容量有限时也需要。一些国家的核动力厂正面临着严重的贮存问题。由IAEA和NEA/OECD完成的若干项研究曾作过估计,到2000年,世界各国轻水堆卸出的乏燃料累计将达到200000吨左右。*

目前,世界上有9个国家正在运营或建造乏燃料后处理设施,11个国家正在或将要把乏燃料运往国外后处理。现在,约有一半拥有核动力厂的成员国计划对乏燃料进行后处理,以便把可返回使用的铀和钚与裂变产物分离开。

HLW的深地质处置——概念和原理。为什么要进行深地质处置呢?许多科学家的一致看法是,



高放废物的放射性随时间稳定下降,下降得最快的是头几百年。放射性水平最终将低于天然铀矿石的水平(乏燃料就来源于这种矿石)。本图所示为1吨燃料所产生的废物的放射性水平。

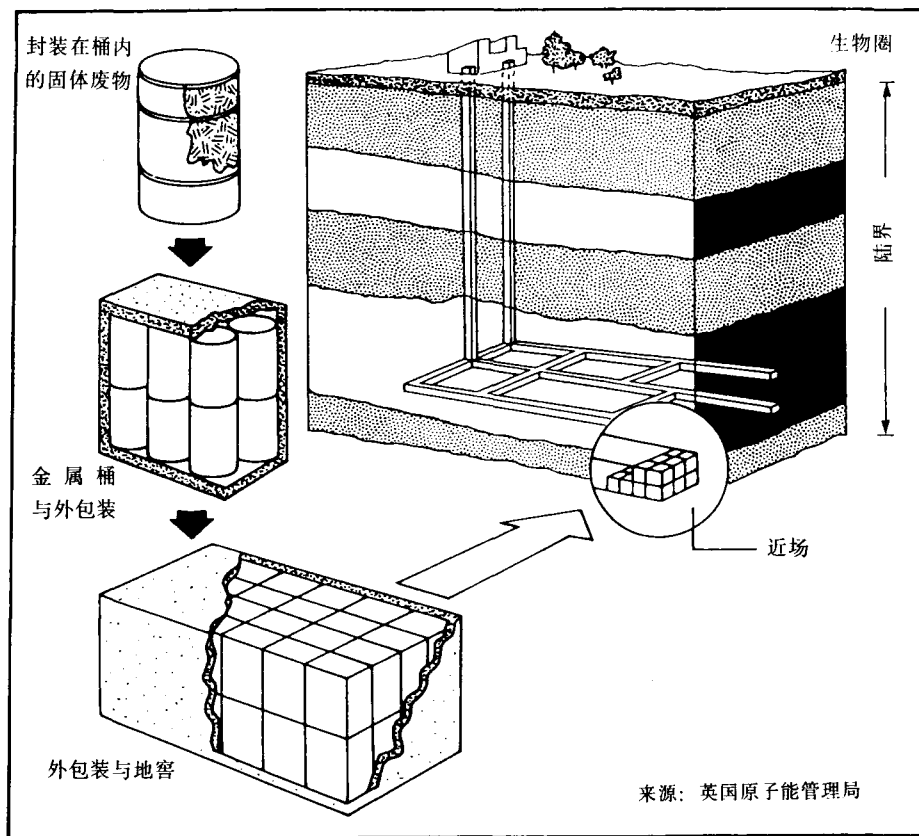
贝可勒尔是一种国际测量单位,用来表示放射性元素的自发衰变或蜕变并释放能量的速度。1贝可勒尔所对应的是每秒钟有一个原子发生衰变。有时也使用居里作单位,它是比贝可勒尔大的一个单位,1居里等于37吉贝可勒尔。

HLW的深地质处置是眼下可以利用的最可取的处置方案。他们还认为,地质处置的目标是把放射性废物与人类环境隔离相当长的一个时期并保持良好的状态,即使从长远的观点来看,处置库中的放射性核素在随后可能发生的任何释放,都不会导致不可接受的放射学风险。*

这个目标可通过设计多元系统来达到。在这种系统中,废物包装(废物固化体、密闭容器和外包装)、其他专设屏障、处置库,以及这种地质系统的具体特性(例如地质特性、水文地质特性),形成了阻止放射性核素释放和运输的多重屏障。把妥善包装的长寿命废物深深地质置于稳定的地质层中,便能确保在让放射性降到很低甚至可以忽略不计的放射性衰变过程中,废物仍能保持固定不动和被隔离的状态。人们普遍认为,必须把这一代人和未来若干代人的放射学风险限制到很低的水平,使之可与该国的和国际的

* Nuclear power and fuel cycle: Status and trends, Part C of the IAEA Yearbook 1989, Vienna (1989).

* In-situ research and investigation in OECD countries, NEA/OECD, Paris (1988).



就中低放废物的深部地质处置而言，许多国家的战略要求采用类似于此处所示的多重屏障方法。

安全要求相一致。

预计在今后 10—15 年内，经形态调整过的高放废物和（或）乏燃料的最终处置，将能进行第一批商业示范工作。在这段时间内，将加强试验和分析研究工作，以提高对废物固化体长期行为的了解，改善废物的封隔性和选择更合适的处置场地。

地下研究场所。在比利时、加拿大、德意志联邦共和国、印度、瑞典、瑞士和美国的地下研究实验室中，科学家和工程师们正在对盐岩、粘土、晶质体和其他类型岩层中的一些场址，进行详细的调查研究。在有些试验设施中，人们已把一些活度很高的燃料元素放在洞室的钻孔里并准备存放不同的时间，以便证实已有的技术。几个国家正在规划或正在可能被选为处置库的场址上建造地下试验设施。在这些国家中，有的参加了 1978 年在斯特里帕矿开始进行的世界上第一个国际地下研究实验室项目。这个已进入其第三阶段第二年的斯特里帕项目，将继续进行场址调查研究技术、地球物理技术的开发，网络模型的建立，沟道效应和碎裂岩石的封固等方面的工作。*

类似物：天然实验室。预测 HLW 处置库安全性

时遇到的最奇特和科学上最棘手的问题之一，是要把短期的实验室数据用于较长的时间范围。研究天然类似物，也许是取得放射性核素在数万年内的迁移情况的累积效果的最好途径。

几个国家的和组织的国际组织已经参加了合作进行的天然类似物项目：科学家们正在研究澳大利亚北部地区阿利盖特河地带的一些铀矿床；在加拿大的萨斯喀彻温省北部地区，研究人员正在研究希卡湖铀矿床，他们对了解哪些因素影响放射性核素在围岩中的迁移过程，为什么该铀矿体能在一个充满地下水的比较开放的系统中保持了 13 亿年等方面的情况特别感兴趣；在巴西，人们正在对靠近波索斯·德卡尔达斯的一个钍矿进行详细的研究；在加蓬奥克洛铀矿这个天然实验室中，研究人员已经取得有关放射性废物长期贮存的宝贵资料。

LLW / ILW 的海洋处置。对于某些类型的废物来说，桶装固态低放废物的海洋处置是陆上处置的

* "Update on waste management policies and programmes", Nuclear Waste Bulletin No. 2, NEA / OECD, Paris (1988).

有关放射性废物国际交易的实施法规

鉴于人们对在发展中国家倾倒入毒废物一事的关注，1988年9月举行的IAEA大会第32届常会曾通过一项决议，要求制订一份有关放射性废物国际交易的实施法规。该实施法规的用意在于指导各国政府防止放射性废物的非法交易和倾倒入。

根据这个决议，1989年5月，IAEA在维也纳召开了专家组首次会议。这些专家代表20个成员国和3个国际组织。会议审议了若干基本原则，目的在于确保放射性废物的所有国际交易能在所有当事国表

示同意的情况下，按照各自的法律和法规，并遵照国际认可的安全标准行事；不得将放射性废物输出到不安全地管理与处置此类废物方面缺乏技术和（或）行政管理能力的任何国家；以及预定要过境运送的那些废物必须依照公认的国际规则 and 标准行事。

该实施法规草案将在定于1990年1月举行的该专家组的下次会议上定稿，并呈请IAEA理事会和1990年9月将要举行的大会批准。——核燃料循环和废物管理处 P. L. De.

一种替代方法。这种方法自1949年以来一直在研究，有几个国家过去还定期实施过，目前仍然是某些国家考虑的对象。不过，根据1972年签订的《防止倾倒入废物及其他物质污染海洋公约》（简称LDC或《伦敦倾废公约》），LDC缔约国同意非约束性地暂停放射性废物的海洋倾倒入，因为有一些问题有待解决。（见本期有关文章：《放射性废物海洋处置现状》。）

在LDC的范围内，IAEA已经规定了不宜在海洋倾倒入的HLW。它还就可以倾倒入的物质的数量和性质，向缔约国提出了推荐意见。这个技术规定要不断地加以审议，以反映辐射防护观点的变化、海洋模型制作技术方面的改进和我们在海洋处置对海洋生物的影响的认识方面的改进。这样的审议往往能使各种学科的国际专家聚集在一起，并能听到许多组织的各种观点。

前途

总的来说，为了准备、实施和证实安全而永久地处置放射性废物的解决办法，已用去和将继续用去大量时间。这一方面反映出眼前的这个任务在政治、经济和环境方面都对公众的健康和安全有着重要的意义，另一方面反映出此项技术的复杂性。不过，这些技术难题和问题本身，并不是拦路虎。现在国际上有一种共同的意见，认为可供放射性废物管理和处置的技术解决办法已有多种，并且都已能够进入示范阶段。为了能够继续前进，必须解决的是一些体制和社会政治方面的问题。所以，在制订一国的和国际的废物管理计划时，必须继续从一般的、技术的和体制方面的现有基础出发，并充分考虑他们的各种具体计划的需要。在各条战线上，国际合作定将并且必须继续是各国取得进展的有效而必不可少的手段。

