

发展中国家的放射性废物管理

IAEA 为满足需求和解决问题开创了一些新活动

K. T. Thomas、W. Baehr 和 G. R. Plumb

几乎所有的国际原子能机构 (IAEA) 成员国都产生某些类型的放射性废物。

目前, 对大多数发展中国家来说, 核动力厂放射性废物的管理还不是一个主要问题。世界发展中地区国家的核电装机容量只占世界核电装机容量的 7% 左右。1988 年初, 亚洲、拉丁美洲和地中海地区的 7 个发展中国家拥有的运行中核动力机组为 24 套。然而, 在今后的岁月中, 随着发展中国家在建核电机组的陆续交付运行, 核电将成为一个愈来愈大的放射性废物来源。

当前, 与发展中国家关系最大的是从医疗中心、研究机构、工业设施、采矿作业以及研究堆中产生的核废物的管理问题。在有些国家中, 由于此类废物管理得好, 因而避免了严重事故的发生。而在墨西哥 (1962 年)、阿尔及利亚 (1978 年)、摩洛哥 (1984 年) 及巴西 (1987 年), 由于辐射源管理不善, 导致了公众死亡事故。

因此, 本机构在废物管理方面的活动, 一直把如何管好放射性物质应用过程中产生的废物作为向发展中成员国提供咨询的重点。机构正在通过核燃料循环和废物管理处的活动、技术援助计划以及废物管理咨询计划 (WAMAP, 一项跨区域的技术合作项目), 全面地开展这项工作。

机构的技术合作司在废物管理项目方面承担了大量的工作, 包括审定需要援助的国家、编排优先次序, 确定每个项目的范围以及确保这些项目的有效实施。

这些活动的目的, 是帮助这些国家建立所需的专业队伍, 以便在放射性废物安全管理方面实现自力更生。下面具体介绍机构为达到上述目的而采取的措施。

技术合作项目

自 1976 年以来, 放射性废物管理方面的合作项目共有 35 个, 涉及 22 个国家。目前, 15 个国家通过总共 22 个项目接受不同形式的技术援助。(见附表。) 接受废物管理方面技术援助的国家数目, 预计将随着发展中成员国实施本国计划活动的增多而进一步增加。

为了使这些项目能成功地得到实施, 机构总是努力使它们同当事国的计划、需求和战略联系起来。IAEA 在评估请求援助的提案时, 不仅考虑其中的技术方面, 而且还考虑其他一些方面。这有助于确保被授予的项目能满足当事国在建立全套放射性废物安全管理系统方面的各项基本要求。

协调研究计划

机构的协调研究计划 (CRP) 涉及放射性废物管理方面普遍感兴趣的和比较重要的一些具体的研究与开发课题, 参加者的范围很广, 既有发达成员国又有发展中成员国, 因此, CRP 是一种能够向发展中国家转移技术资料和数据的良好形式。

目前, 执行中的和已计划的 CRP 计划有 8 个, 它们涉及废物管理领域内的不同课题。有关放射性废物陆地浅埋的放射性核素迁移、核设施的去污和退役、中低放固化废物体和桶装废物的评价, 以及无机吸附剂在废物管理中的应用等 CRP, 对发展中国家都是特别有用的。

Thomas、Baehr 和 Plumb 先生都是 IAEA 核燃料循环和废物管理处的工作人员。

特 写

向成员国提供的放射性废物管理方面的技术援助

| | 项目官员形式 的专家援助 | 就专家选派 提供咨询 | 就设备采购 提供咨询 | 进修金/ 科学访问金 |
|-------|-----------------|---------------|---------------|---------------|
| 阿尔及利亚 | X | X | X | X |
| 孟加拉国 | X | X | X | X |
| 保加利亚 | X | X | X | X |
| 智利 | X | X | X | X |
| 中国 | X | X | X | X |
| 喀麦隆 | X | X | | X |
| 埃及 | X | X | X | X |
| 印度尼西亚 | X | X | X | X |
| 大韩民国 | X | X | X | X |
| 秘鲁 | X | X | X | X |
| 菲律宾 | X | X | X | X |
| 葡萄牙 | X | X | | |
| 叙利亚 | X | X | X | X |
| 泰国 | X | X | X | X |
| 土耳其 | X | X | X | X |

培训班和参观考察

发展中国家的许多科学家，曾在一些先进国家受过放射性废物管理方面的培训，这种培训也是该国技术合作项目的一部分。此外，机构还不断举办这方面的一国、区域和跨区域培训班。从1976年到1989年，机构已在放射性废物管理方面举办了1期一国培训班、2期区域培训班和8期跨区域培训班，并组织了多次参观考察，从而使来自60个国家的206名参加者受益。最近一期废物管理跨区域培训班是1988年9—10月在德意志联邦共和国卡尔斯鲁厄举办的。

为满足发展中国家在固定废辐射源的实践知识方面对“动手”培训的需求，目前正在为计划于1989年以后举办的几期区域培训班进行筹划。

放射性废物管理咨询计划 (WAMAP)

1986年后，IAEA决定开创一项咨询计划，扩大它在废物管理方面的活动，以便向发展中成员国提供更多的援助。目前，WAMAP（废物管理咨询计划的缩写）正在通过以下几方面的活动帮助发展中国家：评估发展中国家在废物管理及相关方面的需求，审查执行中的和已制订的计划，估计可利用的专业队伍和人力、实验室、设备以及维修设施等。

由废物管理方面不同学科的专家组成的工作组，不断地应邀访问成员国，全面地了解该成员国在废物

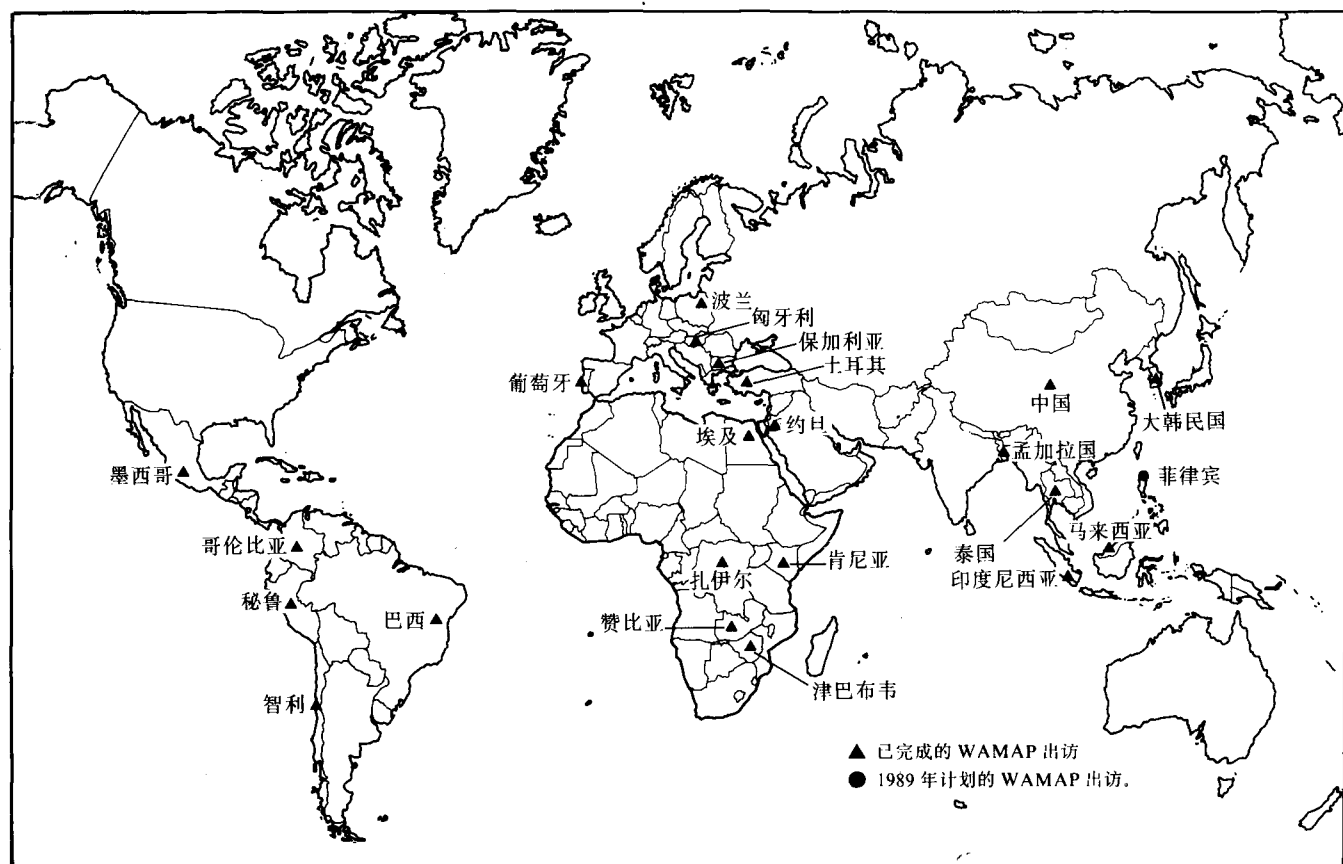
管理方面的需求、实践、规章和研究机构。工作组将根据该国的政策、计划和财政状况，直接帮助具体制订和实施管理中有关废物的隔离、处理、形态调整、贮存和处置的方案、规划及方法。工作组并就如何稳妥地推进被访国家中的放射性废物管理工作提供具体建议。

WAMAP工作组依靠IAEA在过去30年间积累的情报资料和专门知识，于1987年开始出访。迄今，已组织了22次出访，另外还有一次预定于1989年年底前完成。（见第34页附图。）这说明许多国家都对WAMAP感兴趣。

WAMAP工作组已经列出了需要各国加以注意的若干问题，目的在于使它们能稳妥地实施其废物管理计划。各国不仅应对安全管理放射性废物的必要性有一个正确的认识，而且还必须依据最新的实践和标准制订一体化的短期和长期的废物管理方针和规划。为此，除了要有情报交流手段和必要的经费外，还需要有必要的立法、基础设施和经过培训的工作人员。必须对照安全标准对废物管理进行合理的安全评价。废物处置工作，尤其是处置库合理选址方面的工作，是面临这一问题国家需要加以重视的另一个方面。被访问的所有国家都已诚恳地接受了WAMAP的建议。

WAMAP工作组的这些结论清楚地表明，对于废物管理的需求，各国应该在国家一级给予应有的注意。例如，在开始实施涉及放射性同位素（例如在

WAMAP 工作组出访过的国家



IAEA 依照其废物管理咨询计划应邀向成员国派遣专家工作组，作为其安全和咨询服务的一个组成部分。

医院和工业部门中应用放射性同位素) 的计划之前，必须在国家一级对废物管理需求进行规划。在帮助成员国建立废物管理专业队伍方面，本机构只是提供咨询服务和一定的技术援助，各国的问题必须由自己解决。

管好核应用废物的倡议

辐射源的应用，从镭的应用开始算起，已有数十年的历史。现在，辐射源已在研究、医学、工业和农业诸领域获得了广泛的应用。比较重要的几种同位素是钴-60、铯-137、镭-226、铀-192、镅-241、铯-90 及钷-238。所有这些辐射源在度过了它们的使用期后都成了放射性废物。

由于放射性物质在工业、医学和其他领域中的应用已比较普遍，发达国家与发展中国家都在用，只是规模不同罢了，因而废源的管理问题是 IAEA 的所有成员国中都存在的。当然，工业化国家通常都已建立了相应的管理性基础设施，设立了一些管理和检查机构，使发生问题的机会减到了最小。

关于发展中国家现有废源的数量与类型，没有全

面而可靠的资料。某些国家自己有没有这样的资料也令人怀疑。尽管如此，有人估计，发展中国家中贮存的镭为 250—500 克。镭用于治癌，始于本世纪初，目前正在被其他同位素所取代。

如上所述，最近几年，一些成员国中因废密封源管理不善而发生了一些事故，造成一些公众伤亡。1988 年，IAEA 总干事在给成员国的一份情况通报中曾提请各国注意，除非在废辐射源的安全管理和处置方面进行适当的控制，否则就有可能造成严重的伤害。如果废密封源管理不善或丢失在公众活动场所，其后果一般都是严重的。辐射源一般都封装得极好，外面是小盒，里面装有数量不大的特定同位素，如果小盒被破坏，人员受到辐射照射的危险性大大增加。内装的放射性物质一旦扩散出来，可以使人身受到广泛的外污染和内污染。

鉴于废密封源问题的重要性，机构已提出了一些新任务。具体地说，计划做以下两件事：

- 审议和估计与成员国内老的医用镭源有关的放射学问题和处置问题的大小与性质，并估计一下机构在这一方面应起的作用；

WAMAP 的基本情况

自 1987 年起, 依照机构废物管理咨询计划 (WAMAP) 派遣的专家工作组已出访过 22 个国家。总计有来自 8 个成员国的和机构的 24 位专家参加了出访。被访问国家的核活动水平不尽相同: 11 个国家有研究堆或相关的研究中心和计划; 7 个国家有运行中的或正在建造的核动力厂, 或核燃料循环设施; 6 个国家有铀计划或独居石计划; 以及 6 个国家有放射性同位素应用。所有这些国家都诚恳地接受了 WAMAP 的建议。

根据出访中的了解, 找出了一些带有普遍性的问题:

- 没有认识到集中管理和明确分清管理部门与经营部门职责的好处;
- 没有以一体化方式规划本国的废物管理计划;
- 许多国家没有建立所需的法制;
- 工作人员需要培训、扩大编制和给予鼓励;

● 安全概念没有按系统工程的方式付诸实践; 许多国家没有用于对废物管理进行安全分析或评价的安全准则、或需要进行这种分析和评价的意识, 或没有废物管理方面的质量控制;

● 对大多数国家来说, 废辐射源是个大问题;

● 缺少与其他国家的情报交流;

● 经费严重不足, 致使废物管理处于次要地位; IAEA 的资助成了许多国家进行研究和开发以及改进废物管理实践的主要经费来源;

● 大多数国家缺乏现有废物和今后废物产生量预测值方面的资料;

● 处置库选址计划没有系统地进行;

● 去污和退役需求是被忽略的领域;

● 公众认可问题在越来越多的国家里正在暴露出来, 对其影响估计不足;

● 为改进废物管理, IAEA 的援助是需要的, 也是这些国家所盼望的。

● 考虑把废辐射源的资料纳入目前正在建立的废物管理数据库, 作为机构在废物管理领域所从事活动的补充。

机构早已编写了一本有关废密封源的装卸、形态调整和处置的技术手册, 目的是向那些只是从事放射性同位素在医学、研究和工业中应用的国家提供简单明了的建议。该手册提供了密封源的特性、立法、责任制、管理方案以及形态调整等方面的资料。(见描述管理流程的附图。)

除了编制指南性的文件外, IAEA 在废密封源管理方面的援助还包括拍摄辅助性的录相片、开办培训班、具体地帮助设计处置系统, 以及专家出访。

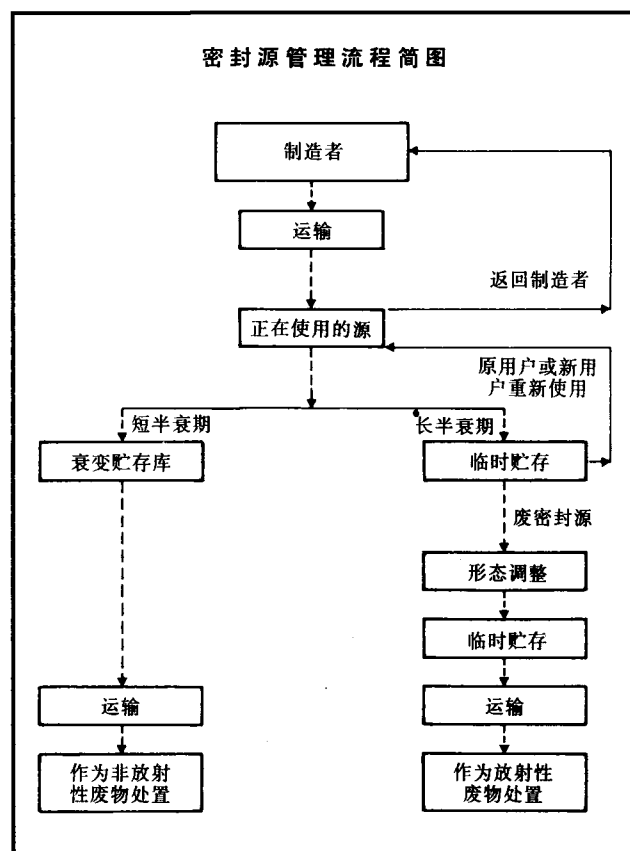
● **培训计划。** 已提出倡议, 举办几期有关这方面的区域和跨区域培训班。与此同时, 在有关废物管理和辐射防护的一般性课程的讲稿中, 已增加了废密封源方面的紧急建议。1990 年, 拟在一个非洲国家举办一期有关废辐射源管理的区域培训班。

● **实际援助。** 为了帮助人们能尽快地有个了解, 曾紧急地制成了一部录相片, 对废密封源典型的形态调整和固定作了示范。然而, 现在看来, 直接的动手示教对许多国家来说是不可缺少的, 因此 WAMAP 工作组和特别工作组形成的专家援助正在考虑之中。

IAEA 提供的援助, 是用帮助建立管理系统和安全地操作、贮存及处置废密封源的技术能力的办法,

来促进各成员国自立。在供应辐射源的工业化国家的合作下, 终于找到了另一种解决废源方面的许多问题的办法。一般说来, 今后供应的源可在报废后按事先

密封源管理流程简图



商定的协议返回给供应者。不过，尽管作了这些努力，发展中国家的许多老源仍将需要妥善管理和处置，因而自立政策仍是必不可少的。

实用的解决办法和指导性意见

在经常性的放射性废物安全操作方面，发展中国家眼下普遍面临的问题与工业化国家面临的问题有所不同，因而它们的近期需求也是不同的。其原因是，它们的核动力计划规模较小或者说才刚刚起步，经验比较少，全面的工业和管理基础设施往往没有牢固地建立起来。还有许多发展中国家还根本没有核动力计划，但这些国家在工业、医学、研究和其他领域内的放射性同位素应用却在产生废物。

目前，IAEA 计划的重点，主要是从事提供咨询、培训专家，以及把工业化国家中成熟的实践和技术转移到发展中国家等方面的活动。为满足成员国的需求和反映这一领域的工作现状，机构还不断地对放射性废物管理方面的活动进行评议。

鉴于机构负有给全球提供指导性意见的广泛责任，它对发展中国家的需求尤为重视。机构到目前为止所做的工作对所有国家都是有益的。然而，现在日益感到，除了发表报告外，IAEA 的活动还应当满足各成员国，尤其是发展中国家在实施废物管理的计划和项目方面对实用解决办法的需求。IAEA 在最近 3 年中开创的某些新活动，就是为了满足这一需求。

技术手册

IAEA 已出版了若干种涉及放射性废物管理各个方面的技术手册，都是专门针对发展中国家的需求的。另一些手册正在编写之中。这些手册涉及的课题如下：

- 废密封源的操作、形态调整和处置；
- 放射性废物的减容和隔离；
- 未经处理但经形态调整的废物临时贮存让其衰变；
- 固体放射性废物的操作、处理和形态调整；
- 带放射性的动物尸体和生物体的处理与形态调整；
- 放射性排出流的处理与调整；
- 放射性有机液体的处理与调整；
- 研究堆用过的废离子交换树脂的处理和形态调整；
- 废物的集中加工和贮存设施的设计。



在芬兰洛维萨核电厂，用水压机压实某几种放射性废物。
(来源：芬兰 YJT)

发电量相同的燃煤电厂与核动力厂的比较

| | 燃煤电厂 | 核动力厂 |
|--------------|--------------------------|------------------------|
| 每年需要的燃料 | 3 000 000 m ³ | 3 m ³ |
| 产生的废物 | 400 000 m ³ | 1 000 m ³ * |
| 所产生废物中的有毒金属量 | 3 000 m ³ | 1 m ³ |

来源：Nuclear Power and Fuel Cycle: Status and Trends, IAEA (1989)。

* 包括燃料制造和后处理期间产生的废物。