

环境补救

放射性污染场地的清理战略和技术

W. EBERHARD FALCK

近几年,为使环境更清洁和更安全需采取的行动已经提到社会和政治议程。它们包括对那些给人类及周围环境造成放射学危险的受污染场地进行补救的措施。

放射学危险可能来自各种核活动或非核活动。其中包括:

- 核或放射学事故;
- 核武器生产和试验;
- 差的放射性废物管理和处置活动;
- 涉及放射性物质的工业制造;
- 导致天然存在的放射性物质(NORM)浓度增高的常规采矿和水冶以及其他生产工艺过程,例如:石油和天然气生产。

IAEA 已为补救受放射性污染的场地建立一项综合计划。该计划整理和传播:有关受污染场地的知识;这些场地的适当表征方法;其潜在在环境和放射学影响的评估

结果;以及按国际建议的安全准则对其进行清理的适用方法。其总体目标是使世界上资源有限、技术欠发达的地区在消除或排除辐射照射方面,能够集中精力并选择适当战略。为了包括核动力在内的可持续能源发展,使核燃料循环形成“封闭回路”的意图是一个重要方面。

此类活动涉及许多互相关联的因素,包括法律和体制框架,占主导地位的社会经济条件,以及在固定和有限的预算资源内平衡技术性能和降低风险的必要性。关键方面是:补救项目的总体效率尤其重要,而不仅仅是实体补救工作本身的效果。

公众对补救过程及其结果的种种认识在项目制定中至关重要,因为它们总是影响战略和技术决定。相对于不同时间的资源可获得性进行的费用—效益评估有着决

定性影响。补救的基本理由和动机也许带有经济性质,如为了将来利用土地,或出于道德考虑,也需要包括在评估中。

补救活动决定的影响因素 放射学相关污染场地补救的正当性,一般要在IAEA和国际放射防护委员会(ICRP)制定的导则和标准的基础上加以判定。在此框架内,可获得大量的技术方案,从“什么也不做”方案到完全移除污染物,这取决于受污染的程度。

适当考虑影响环境补救项目结果的所有因素,可在给定的知识基础上找到既满足社会目标又增加项目本身价值的最佳解决办法。评估可用技术及其适用性——以及考虑技术选择中影响决策过程的变量和因素——的正

Falck 先生是 IAEA 核燃料循环和废物管理处废物技术科职员。

IAEA 环境补救文件和活动

安全	管理	数据库	技术	专题
《过去活动和事故污染地区的清理》—安全要求文件, 编写中	《影响环境恢复战略制订的因素》 TECDOC-1032	《环境恢复信息资源指南》 TECDOC-841	《放射性污染场地的补救技术》 TECDOD-1086	《铀水冶尾矿长期稳定和隔离技术》 TECDOC 编写中
《采矿和水冶放射性废物管理》—安全导则, 编写中	《为补救目的对受放射性污染场地的表征》 TECDGC-1017	《放射性污染场地指南》 TECDOC 编写中	《地下水补救技术方案》 TECDOC-1088	《NORM 造成的环境污染及相应消除措施》 TECDOC 编写中
《为确保铀/钍开采和水冶中的残留物放射安全而进行的监测和监督》—安全报告, 编写中	《补救场地的达标监测》 TECDOC-1118	《场地恢复成本》 TECDOC 编写中	《环境恢复中使用的场地表征方法》 TECDOC-1148	有害物质和放射性物质污染场地的补救 TECDOC 计划中
	《影响环境恢复活动的因素》 TECDOC 编写中		低水平放射性污染场地的补救 TECDOC 计划中	

用楷体表示的 IAEA 出版物可从 IAEA 会议与文件服务处获得。电子信箱:sales_publications@iaea.org。亦请查“WorldAtom”网站([http://www.iaea.org/programmes /ne/nefw/nefwpubl. htm](http://www.iaea.org/programmes/ne/nefw/nefwpubl.htm))。

规方法将增加透明度,从而增大所有干系人接受其结果的可能性。该过程也是确保最先进的质量管理和质量保证程序不可或缺的。这样做的结果是,所选择的技术和战略从纯技术角度看并不一定是最佳的,而且考虑了社会和经济因素。

不过,在用怎样的方法正式纳入所有这些因素方面,人们的想法有很大分歧。所使用的方法从简单地依赖专家意见,定性排列,到复杂的、定量的多变选择评估。定量评估通常要求一个共同的标准,并把非数字属性转换

成数字类型,以便于比较。对于可接受的转换方法存在大量争论,主要原因是通常不可避免地要把道德价值“货币化”。

影响环境补救技术选择的决策过程的因素是 IAEA 项目的重点,在计划出版的一份技术文件中,将概要介绍可能的方法和概念。

污染场地问题的界定
尽管是一项巨大的工程,IAEA 仍在设法建立一个《世界放射性污染场地指南》(DRCS)。DRCS 旨在成为一个通过国际互联网收集和传播此类信息的主要载体。除

有关受放射性污染场地的数量基础数据外,DRCS 还将依靠成员国的贡献来提供有关所采取的补救措施的信息。

界定“污染”是由什么构成的,仍然是编制这种指南的主要障碍。由于各国立法迥然不同,很难统一界定什么是“受污染的”。

除基于浓度/放射性活度数据或剂量率的科学界定外,可能会做出出于管理目的的界定或分类,在这种场合要考虑社会、经济和政治等广泛因素。将一个场地列入国际指南中可能有多种不可忽视的含意,这也是成员

国有时不情愿的原因。因此，为使 DRCS 进一步发展，采取了这样一种机制，即只把成员国正式提供信息的场地列入指南。

该指南的目的不仅是单列出受污染的场地，而且要作为适当补救措施的一个信息源。它还可以作为在国家一级采取类似行动的行为榜样。

提倡高效低费的方法

IAEA 成员国在受放射性污染场地的补救方面的经验和知识水平参差不齐。环境补救领域在过去十年发展迅猛，因此，传播有关适宜的、高效的和经济的清理方法显得尤为重要。

由于放射性核素造成的环境污染的原因和形式多样，因此技术解决方法也不尽相同。每种受污染的环境介质都要求有其自己的解决方法。恰如其分地说，IAEA 已经处理的是受污染的土壤和地下水问题，并监测是否与专门技术文件中的预定标准和所接受的残留物污染水平相符（见第 21 页方框）。

对于明确界定为受到相对较高浓度水平污染的场地，补救方法现在已经相当成熟。而对分散的和相对水平较低的污染的清理和补救，考虑到诸如成本及对环境最小的额外干扰等因素，

支持保加利亚的行动

许多中东欧国家有规模各异和重要程度不同的铀矿开采活动。尽管许多国家的活动仅限于勘探性采掘，但保加利亚的矿石质量和储量使它建了几个矿厂和两个水冶厂。但受政治波动和铀市场价格下滑的影响，20 世纪 90 年代中期，保加利亚放弃铀矿的开采和水冶。IAEA 已通过一个技术合作项目帮助保加利亚主管部门建立辐射监测基础设施，并为采矿和水冶厂的退役和环境补救提供建议。大部分工作集中在布霍沃的几个尾矿池。它们不稳定并且向下方的洪泛平原排放污染物。培训和建议包括就具体课题（如流出物的处理）派遣专家工作组，以及组织了一个为期两周的铀矿开采和水冶风险评估方法讲习班。学员不仅有来自负责部、局的工作人员，还有来自主管实际补救行动的以前矿业公司的工作人员。IAEA 的支助和培训有助于该国主管部门更好地理解和使用根据 CEC PHARE 计划等一揽子计划所提供的援助。现正在执行的大多数实际补救工作得到 CEC PHARE 计划的支持。



照片：(上)1995 年布霍沃现场的采矿废渣堆。(下)1995 年在布霍沃现场建设的吸附设施。

应用德国的经验教训

直至1990年,前东德一直是世界的一个主要铀供应者和第二大生产者。前苏联解体和德国统一后,做出停止维斯穆特公司所有开采活动的政治决定。自IAEA向发展中国家提供技术援助以来,机构的技术合作项目就受益于德国在关闭、退役和补救维斯穆特公司旗下许多采矿和水冶厂方面的经验。例如,维斯穆特公司派人员参加IAEA的专家组服务,并接受来自IAEA有类似问题成员国的学员。因此,IAEA的计划有助于传播从补救大量的露天矿山和深矿井以及从采矿和水冶残留物处置设施中获得的知识和经验。



照片:哈默堡海德(Hammerberghalde)废矿堆的补救。(上)1960年情景。(中)1993年情景。(下)1997年情景。(来源:维斯穆特公司)。

仍是一个挑战。

同样的考虑适用于采取了其他补救措施后进一步降低残留污染的情况,因为大多数技术的效率是随残留污染按指数律下降的。可能的答案是采取低强度、低技术,

从而低成本的解决办法。即将出台的有关此课题的技术文件将整理和评述有关适宜的技术和战略(如植物和生物补救或监控下的自然衰减)的信息和实绩数据。该文件将探讨这些技术的适用性

和适宜性以及它们的先决条件。

许多场地同时遭受常规有害污染及放射性污染。一般来讲,此类情形包括某些以前的工业场所(如作为副产品和残留物中的

NORM),民用和军用相关核研究机构(如工艺溶剂),采矿和水冶场地(如重金属和砷)及以前的低放废物处置活动(如联合处置有害废物和低放废物)。具体的环境问题主要源自各种污染物的相互作用以及不同的化学性质和行为,如重金属和放射性核素,它们都是在现有条件下适用于补救的。

一种给定的补救技术可能会对一种污染物的现场固定或排除起作用,但同时也可能导致另一种污染物活跃起来。补救行动造成的废物混合会带来额外的技术和管理问题。要么必须找到一条适用于各种污染物并满足适用于它们的法律要求的处置路线,要么必须把各种污染物相互分离。

这些问题将在即将开始的旨在为相关污染物案例做示范并描述所采取的补救行动的IAEA项目中得以解决。将对这些案例进行分析,以鉴定制约因素和过程。还将开发一个程序,帮助识别构成潜在问题的污染物混合,并为解决这些问题提供指导。

援助成员国的努力

IAEA以各种形式援助其成员国为评估放射性污染问题并清理此类场所所做的努力。20世纪90年代初,

IAEA就发起了一个涉及中东欧大多数国家、旨在评价辐射有关环境问题的大小和程度的地区技术合作项目。这项工作有助于查明有问题的地区,并更好地理解各国的需求。

有两大问题区过去一直是,而且现在仍是引人注目的焦点,即受切尔诺贝利事故影响的土地,以及受铀矿开采和水冶影响的土地。

对成员国的直接援助一般是通过技术合作项目提供的。例如,通过派专家组、组织培训班以及提供监测和分析设备在解决铀矿开采的遗留问题上给捷克共和国、斯洛文尼亚和保加利亚提供了援助(见第22页方框)。正在通过一个新项目给葡萄牙提供类似援助。

成员国还参与把研究类似问题的研究人员聚在一起的协调研究计划(CRP)。最近刚刚完成一个关于场址表征方法的CRP,并在2000年启动了一个有关铀水冶尾矿稳定技术的新的CRP。

在矿厂或水冶厂附近建地表蓄收设施,是处置铀水冶尾矿的常见方法。此类蓄收设施通常利用下凹地形随意安排。其结果是没有或很少有人去关心尾矿与环境的隔离问题。这些尾矿的危害来自于长寿命放射性核

素和其他有害成份(如重金属和砷)的残留物。

地质力学方面,如堆坡、围堤和挡坝的稳定性是标准的工程问题,大多数成员国为此在有关的建筑或采矿条例里做出明文规定。但环境和放射学影响常常被忽视。典型的环境问题有氡的散发和污染物向地表和地下水的浸滤。根据把环境影响保持长期最小的目标,CRP的任务是帮助获得下述概念和技术解决方法:使尾矿在长时段里更稳定;使蓄收的物质和工程结构在长时段里更牢固;使经常性维护需求降到最小;以及技术和经济上都可行。

合作网 IAEA环境补救活动的成果已在各种技术文件中公布,在大大小小的国际会议中展示。这些活动尤其强调那些一般来讲资源更匮乏、通常几乎没有什么经验解决旧的政治和管理体制下遗留问题的欠发达成员国的需求。

通过研究和技术合作项目把世界各地的专家聚集在一起的努力,促进了知识交流,从而确保了适当的战略和技术的执行。同样重要的是,知识传播可以帮助发展中国家更好地理解并严格地评价捐助机构和政府提供的援助。 □