

铀采矿和水冶：环境恢复问题评估

IAEA 正在为解决中、东欧和新独立国家中的问题提供援助

Giorgio
Gnugnoli,
Michele Laraia
和
Peter Stegnar

随着中、东欧(CEE)政治上的改变和从前苏联分化出来的一些新独立国家(NIS)的出现,人们已对这些国家的环境状况有了相当多的了解。这些国家为完成基于定额的生产率目标,一直推行粗放的工业化并大量消耗该地区的自然资源。在许多地方,人们在这个过程中常常忽视环境保持和保护。

政治上的变化使一些放射性污染场所陆续公开。政治上的变化也创造了一些条件。在这些条件下,这些国家变得易于接受一些先前它们与之隔绝的国家提供的合作。

虽然对环境恢复的需要不限于 CEE 和 NIS 地区,但该地区与众不同的几个特点可能会带来额外的困难。例如,倘若发现一些铀生产设施需要采取某种形式的补救措施,CEE 和 NIS 生产中心的规模和位置会给恢复工作造成一些潜在麻烦。与那些在边远地区开发矿产的国家(如美国)或产生少量废物的国家不同,CEE 国家和 NIS 面临着因两个显而易见的原因造成的较大的后勤困难。首先,累积的放射性废物量非常大以致不能以一种合理的费用清除掉。其次,较安全的可替代处置场所不是没有就是不实用。

80 年代和 90 年代初期间,由于铀需求量的下降和总供应量的增加,许多较老的铀矿山被关闭。由此引起的低的铀价格和提供满足社会在环境保护和放射防护方面的更高的期望所需额外措施的费用,使许多低品位铀矿山的铀生产变得无利可图。此外,这

种经济上的考虑已使场地恢复的实施工作变得更加困难。

虽然这些矿山和水冶厂在铀需求和价格回升时有些可能重新运营,但许多将永远停产和需要退役/关闭。由于这种状况在较短期内逐渐形成,因此在 CEE 国家和 NIS 受污染地区的补救甚至是保护方面投入的资源并不多。

使放射性污染风险增加的因素有:

- 长久的运营时间,造成较大污染风险;
- 较高的矿石品位,可增大矿渣造成的辐射剂量率;
- 自然气候条件(如风雨),显著地增强放射性物质的分散和污染;和
- 国家资源有限,仅能对环境恢复作极为有限的资源投入。

遗憾的是,大多数 CEE 国家和 NIS 都受这些因素影响。本文简要介绍在这些国家规划和实施环境恢复项目方面存在的一些典型问题。

基本状况和问题

虽然对 CEE 和 NIS 地区的许多国家来说,某些政治的、经济的和基础设施的条件相同,但也存在若干大的差别。一般说来,可按基本环境恢复状况将这些国家分为三类:

- 铀工业发展有限、有少量采矿/水冶废物、几乎没有受污染场所的国家(例如波兰);
- 铀工业较发达、有几个铀矿山/水冶

Gnugnoli 先生和 Stegnar 先生是 IAEA 核安全司职员;Laraia 先生是核能司职员。



厂和资源受过适度冲击的国家(例如罗马尼亚);和

- 铀工业很发达、有许多铀矿山/水冶厂和资源受过严重冲击的国家(例如捷克共和国)。

在 CEE 和 NIS, 与过去实践有关的典型问题有: 氡的释放; 地下水污染; 污染迫近居民; 缺少用于环境恢复的资源; 处置地点/替代场所的可获得性; 缺乏环境恢复方面的法规或监管基础设施; 尾矿在建筑中的误用或移用; 缺乏负责的运营者; 以及废物存量大和散布广。

在有些情况下, 地下水污染是如此严重以致主要的饮用水源受到放射学污染和化学污染的威胁。CEE 国家的另一典型情况是, 铀生产场所邻近居民中心。这种邻近有时导致把某些废岩和尾矿料用于建筑目的。这样建成的构筑物是室内氡的恒定来源, 氡是最重要的放射性危害之一。

上图: 匈牙利佩奇铀采冶场地的“堆浸”矿石堆和废岩(来源: Mecsekore Mining, Hungary) 右图: 保加利亚布霍沃采冶场地附近亚纳村一条被污染的沟渠。



该地区环境恢复的具体问题

场地鉴定。对于环境恢复项目来说, CEE 国家放射性污染场地的定位和表征, 可能是最困难的问题。可用的资料非但不全而且多少有些可疑。环境恢复项目的一个先决条件必定是与特定放射性污染场地有关的资料来源的可获得性; 不然, 投入到这个过程的努力和资源都将是无结果的。

与政治变化有关的组织问题。在许多 CEE 国家和 NIS 中, 旧的监管框架正在被改变以反映新独立的或彻底改造过的政治体制。包括制定新的法律和法规在内的这样一些框架, 已在规划中或刚刚变成现实。在有些国家, 已有的法律将必然被修改以适应变化了的形势。由于这样一些变化在发生和新职责中一些模糊部分需要解决, 所以将会会有一个过渡时期。这种状况可能使环境恢复方面的决策变得复杂。

环境恢复工作的资金筹措。世界银行和欧洲复兴开发银行等许多外部机构, 以及一些个别国家和欧洲联盟等国家集团, 正在对环境恢复提供支持。然而, 可能存在缺乏协调的情况而使这些项目之间发生重复, 导致可用资金得不到有效应用。此外, 这些国家财政资源的有效配置和分配也可能证明是困难的。

可用于管理补救计划所产生的废物和残留物的基础设施。为了有效地管理清理计划产生的残留物和废物, 各国需要有废物管理基础设施/设备来处理、贮存和安全地处置在环境恢复中产生的任何放射性废物。在许多 CEE 国家和 NIS, 以往是地区性地协调核燃料循环的各个环节。在大多数国家, 仅有部分这类基础设施保留下来。在没有可实际使用的放射性废物处置设施的条件下, 清理工作就可能受到限制。

CEE 国家和 NIS 间日益增大的差异。对于这些地区, 大型协调项目可能要比采取单个的国家计划更经济和有益。然而, 现在的趋向是, 这些国家将走不同的道路, 因为它们目前的经济和政治目标的性质并不一致。按照环境恢复中有效使用资源的总目标, 这

是没有好处的。地域接近、类似的政治体制和相同的废物类型, 客观上要求这些国家进行合作和采用类似的技术与经验。

公众态度。环境恢复项目的另一个问题, 是政府、科学界和公众对放射性废物问题的看法。由于这些地区近 50 年来一直普遍利用被放射性污染的物质和在管理这类物质时采用过时的办法, 直到现在公众几乎没有追索权, 只能认可放射性废物在他们周围的存在。在许多情况下, 公众甚至不知道这些物质是如此地靠近他们的住房。这种状况似乎正在改变, 因为这些国家的人民已逐渐认识到了与这种废物有关的危害。

受污染场地的解决办法

在许多方面, 处理采冶设施作业产生的污染和释放所用的战略, 类似于过去实践中所采用的战略。例如, 要表征侵蚀引起的场外污染, 并在可行的场合, 将污染物挖掘出来并送返原场地。某些实践和战略如果在作业期间实施, 就能大大减少设施关闭时的环境恢复工作量。

采冶的现行战略。现行的运作采用一些与整体隔离和掩埋战略并举的作法, 这提供了一种比较安全和比较有效的处置方法。这些废物管理实践包括: 用水和/或化学稳定剂喷洒矿堆和尾料滩; 在碎矿和拌矿场所使用集尘室; 在 U_3O_8 干燥和封装场所同时使用湿式除尘器和集尘室; 在采矿岩洞壁上涂浆; 向尾矿液体中添加中和剂和实施地下矿山通风。

尾矿场和废石堆。常规矿山和水冶厂的现行废物管理战略, 由掩埋、回填矿井和深/浅湖处置构成。这些类型的处置战略, 可通过如下的额外环境保护措施得到很大加强:

- 用土壤/岩石填充料回填矿井;
- 使用矿井隔墙;
- 化学中和;
- 使用液态废物池衬里;
- 采用分级沟槽处置系统;
- 泵送地下水; 和
- 采用漏流/渗流收集和处理系统。

非常规采矿作业。在许多情况下,由于矿产资源的性质特殊,不可能容易地或经济地采用常规的采矿和(或)水冶方法提炼。有些工业方法可用来提炼资源,而且不会带来与常规矿石加工有关的费用和其它负担。这类方法通常称做非常规采矿方法或水冶方法。与常规采冶方法对比,这类作业往往是在采掘矿石不经济或不可行的场合进行的较小规模作业。主要的非常规采冶方法有原地浸出(溶液采矿)、堆浸和副产品回收。如果这类较小规模的相对经济的设施得以适当地维持和运营,CEE 国家和 NIS 便可维持一定的 U_3O_8 生产水平,而不会有大的地表废水池带来的负担和危害。

一些 CEE 国家,如捷克共和国和保加利亚,一直采用原地开采和常规水冶并举的方法。匈牙利一直应用堆浸方法。副产品回收的原则是利用现有工业工艺,通过转换工艺物流(甚至是废物流)用作另外的提炼工艺。例如吉尔吉斯斯坦(卡拉巴尔特)的前铀采冶设施就将被转用金的回收。虽然堆浸和副产品回收是相当独立的和可控制的运营战略,但原地浸出却要求有更精心管理的作业顺序,以便获得成功而不污染可用蓄水层。

环境恢复的现行战略

过去的铀和钍采冶实践所污染的场地的恢复方法,非常类似于目前矿山和水冶厂关闭时通常所选择的恢复工作方法。通常恢复范围和程度是复杂的,因为这些设施造成的影响通常只是在许多年之后才变得明显。实际上,危害是比较隐伏的或长期的。恢复工作涉及下述的一个或多个方面:

一般土地工程。所涉及的典型移土设备有反向挖土机、推土机和铲土机。不过,由于被污染的土壤和岩石有放射性,还需要对人员和设备进行监测,以及对设备和工作区进行去污。

受污染材料的去污。在有些情况下,过去作业后的残留物在场外一直被用于建筑目的。这种做法的后果是造成这类放射性废

物在原本未受到如此污染的构筑物 and 陆地中的扩散。与核设施本身不同,在这些场外的房地产处,所能进行的恢复工作的程度是有限的。在这种情况下,可能需要更大的监管灵活性。例如,建设一条铁路线所利用的废岩可能需要就地处理,因为挖除和重建可能带来其他更具破坏性的后果。

水污染。地下水和地表水资源的恢复是一个更大的技术问题。由于恢复深部蓄水层需要很高的费用,人们不得不把更多地依赖自然恢复作为去污总战略的一部分。CEE 和 NIS 地区的一些国家面临着水体污染的问题。其余国家处在确定这种污染程度的调查阶段。

虽然完全依靠那些较昂贵的技术中的某些技术可能超出个别国家的资源的承受能力,但涉及自然恢复和有效水处理(如离子交换)的综合战略可能是值得探讨的。在许多情况下,这在源项终止时会给人们带来直接的好处。对未被覆盖的废岩堆和其它放射性物质,应尽可能快地加以隔离和稳定。雨水可与这类废物作用产生额外的污染问题(如来自废岩的酸性液体)。

任一恢复战略的重要一面是要利用部分恢复带来的好处;当(例如通过添加象碳酸钙一样简单的中和剂调节 pH)使蓄水层或水体恢复到一种较好的状态能使其自然属性得以复原时,自然恢复(或者说一种较简单的恢复方法)便可得到大大增强。

监测在环境恢复中的作用。为了充分表征环境恢复问题的程度和度量任一恢复战略的进展,有必要采用一种有效的、可靠的和成熟的监测方法。最后,为了证明是否已成功地完成了环境恢复,也需要使用这样一种监测方法。

IAEA 在铀采冶方面的计划

IAEA 在其废物管理计划方面主要有三种机制:

- 拟定文件以帮助各国实施本国的国家计划;
- 为技术信息交流提供论坛或场所;

● 促进在核材料和平应用方面对发展中国家的技术合作和援助。

IAEA 最近在该计划下着手开展了一些活动,下面介绍两个实例。

IAEA 的一项侧重于放射性废物标准 (RADWASS) 的计划包括发布铀采冶方面的指导性意见,其中含有一份有关设施和环境恢复的的安全标准。

IAEA 还支持了有关 CEE 环境恢复的地区技术合作项目。大部分工作集中在表征废物的类型和程度,以及规划进行清理的实施战略上。为了提供有关污染问题的第一手见解,1993—1994 年在一些 CEE 国家举行了一系列讨论会。在这些讨论会中,谈到了废物场地的表征、恢复规划的制定,以及恢复计划的实施和所需的技术。虽然所讨论的废物场地类型包括铀矿山和水冶厂,但该项目并不只限于采冶污染(例如把切尔诺贝利也包括在内)。一些有着放射性废物场地复原和补救经验的国家,也参与了这个项目。在可能的程度上,确定了那些负责各场地监测和清理的实体。如果不确定一个可依赖的或负责任的实体,那么任何恢复工作的开创、实施和完成都将是值得怀疑的。

这个技术合作项目现已进入 1995—

1996 年阶段,要开展的工作是,制定采冶污染场地恢复的工作计划。1996 年以后有关工作将移交国家一级,以便将重点放在这些类型设施的一些因场地而异的方面。IAEA 最近在 TECDOC-865 的文件中发表了这些讨论会的结果。

继续存在的艰巨任务

随着 CEE 国家和 NIS 逐步进入全球经济,它们面临着参与包括铀加工业在内的这个特殊工业部门中的竞争的艰巨任务。虽然这些国家中的有些国家仍拥有大量的天然铀矿藏,但他们仍需处理陈旧的废物管理实践遗留下来的问题,这已使他们背负了大量尾矿、废岩和其它工业废物存量的负担。

国际社会承认这种状况并已通过多种途径向这些国家提供了援助。IAEA 一直在其技术合作计划框架内参与援助活动。在此过程中,IAEA 正在使这种援助与国际上认可的准则和标准联系起来。这样做的目的是,确保铀采冶工业中的未来资源开发及有关过去遗留的污染场地的环境恢复工作,能以一种不致重复过去错误的方式进行。 □



乌兹别克斯坦乌奇库杜克的铀露天矿开采
(来源: C. Bergman, IAEA)