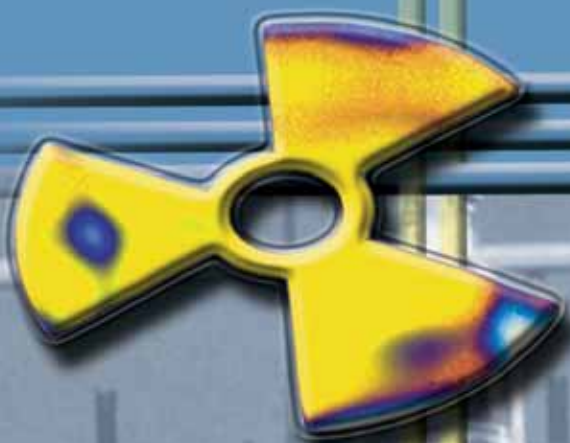




IAEA

国际原子能机构

减少工业源的危险



密封放射源

引言

2000年11月，一名工作人员在法国一座核电厂上班时触发了辐射探测器报警。由于担心这名工作人员是在电厂受到了某种程度的污染，于是对他作了一次彻底的污染检查。检查结果不仅在法国，而且在全世界都引起了关注。这名工作人员本身并没有受到污染，而是发现他的手表表链有几个金属带具有放射性。进一步分析表明，表链上的钢销被痕量钴-60污染，钴-60是钴的一种放射性同位素。

手表是从其组装地香港进口的。后来查明这种污染源来自中国一家提供表链销钢的小工厂。据认为，该厂因疏忽将辐射治疗癌症患者时使用的一种远距放射治疗头装置作为废金属进行了熔化。在法国，手表是通过一家大型跨国百货公司销售的，因此，人们担心这些手表也可能进入了欧洲、亚洲和南美洲市场。幸运的是，由世界各地核监管当局所作的调查并没有发现任何类似的手表在销售。但是，要不是在法国核电厂探测到这样一块受污染的手表，很多人就可能受到低剂量辐射的照射。在中国这家工厂查获的100千克受污染的钢材就绝不可能被发现，而且有可能已经被用于制造其他消费品。

密封放射源广泛用于医学、工业和农业。这些源按设计要求使用时能够带来广泛的利益。但当这些源丢失或落入未经培训的使用者手中，所造成的后果可能同样影响深远、不幸甚至是致命的。如何能够防范丢失和事故呢？

如何能够在受污染材料流入消费者手中或制成其他产品之前探测出这种材料呢？

在大多数国家，产生辐射的放射性物质和活动都要受到管制。要求利用密封放射源的工作人员不仅要有适当的授权，而且还要接受必要的培训并在使用源时对处理可能产生的意外情况提供支持。尽管采取了这些措施，但事故仍在不断发生。国际原子能机构（原子能机构）已收到因超剂量辐射照射所致严重伤害或威胁生命的伤害的报告。

原子能机构在有关改进密封源安全的许多活动中一直在调查自 20 世纪 80 年代以来重大事故发生的根源，并发表了调查结果，以便他人能够引以为戒。今天，对没有得到安全贮存的源可能被盗和用作放射性散布装置的可能性的关切与日俱增。为了改进安全和保安，需要使用户和决策者掌握有关资料，因为他们的行为和决策能够从根本上防止密封源的丢失。

建立国家废物管理组织有助于对源进行收集、处理和通过在设施中贮存使之处于安全状态直至可进行处置。希望这本小册子能够为工业环境中源的用户提供这方面的资料，从而减少因密封放射源所致的事故和伤害。

吸取的经验教训

以下只不过是最近 20 年内发生的事故中的少数几起案例，这些事故的原因是疏于实施良好实践、人为失误或缺乏知识导致的重伤和死

亡。对这些事故的根源进行审查，表明存在一个令人担忧的相似之处。

摩洛哥的死亡事故 1984 年在摩洛哥，一个铯放射照相源脱离连线而没有回到屏蔽容器之后发生了一起导致 8 人死亡的严重事故。脱线的源最后落到地上，被一名路过者捡起并带回家中。尽管照射装置本身标有三叶形国际辐射符号，但这枚微型源由于太小而没有做警告标记。在几个月内，这个人的几名家庭成员和亲戚受到照射并相继死亡。临床诊断是“肺出血”。只是在这个家庭最后一名成员死亡后，才怀疑辐射是致因。

调查确定，如果在放射照相后进行辐射测量来确认这个源是否已正确回到充分屏蔽的位置，则这起事故本来是可以避免的。

西班牙的污染事故 1998 年 5 月，位于西班牙洛斯巴里奥斯的一个不锈钢厂将一个未被察觉的铯-137 源投入阿切里诺克斯电熔炉里熔化。结果，蒸气被一个过滤系统捕集，导致业已收集的 270 吨粉尘受到污染。这些粉尘作为例行维护工作的一部分被送往两个工厂进行处理。其中一个工厂接收了 150 吨，这些粉尘随后被用于湿地稳定工艺，结果导致受污染物总量增加到 500 吨，同时也污染了这块湿地。6 月初，大门口的一台监测器对运送粉尘后返回的一辆空卡车发出报警，从而使这起事件初露端倪。几天后，在法国南部和意大利北部也探测到铯-137 水平偏高。

虽然这起事件的放射学后果很小，只有 6 个人受到轻度铯-137 污染，但经济、政治和社会后果是严重的。用于净化和废物贮存以及受影响公司停业所涉及的总费用估计超过 2500 万美元。

这起事故的根本原因是对铯源失去控制以及这家钢厂在接收废金属时没有从中发现这个丢失的源。

秘鲁的重伤事故 1999 年 2 月在秘鲁亚南戈水电站，工人们正在检修一段管道。在检修工作行将结束时，一台 γ 射线照相装置在无人照料的情况下留在了工地上，该装置被锁在管道内的连线上而非导向管上。在当天的某个时候，铯源从这台装置上脱落下来。一名焊工捡起了这个无屏蔽的源，把它放在短裤后面的口袋里，然后回到家中。到发现这个源丢失时，已过去了 9 个小时，这名焊工和他的妻子已受到辐射照射。对直接接触这个源的焊工造成了最严重的伤害，导致一条腿截肢和长期住院治疗。

调查确定，事故的根源是对工地用源没有进行充分的监督和缺乏对负责放射照相装置的人员进行培训。焊工没有意识到辐射危害，而且还发现这台源装置的设计允许使用普通的螺丝刀就能对锁定装置进行拆卸，因此能轻而易举地将源挪走。在本案例中，这个源从装置上脱落的原因直到最后也没能确定。

密封放射源的常见工业应用

原子能机构已经收到有关密封放射源工业应用事故的大量报告。工业源用途广泛，并且常常是在移动式设备中使用。

放射源最常见的工业应用之一是 γ 放射照相，用于对天然气管道和给水管道焊点进行非破坏性检验。在 γ 放射照相中，源被放在一个屏蔽装置中，通过导向管送至管道内的准直仪。从源（通常是铯-137）发射出来的受控辐射线束透过焊缝显影到照相胶片上。产生的射线照片将显示焊缝的所有缺陷。



工业放射照相源。这种类型的源曾于 20 世纪 30 年代和 40 年代在美国用于检查焊缝和金属铸件。

照片来源和版权，1999 年：橡树岭联合大学。

密封放射源也用于各种便携式测量仪。核测量仪可用于测量密度、厚度或湿度，或用于鉴别材料，所有这些都基于源发出的辐射与所研究的材料如何相互作用。这些测量仪均利用屏蔽容器中的源发出辐射，然后至少通过一台探测器对辐射进行测量。这类测量仪通常用于检查道路施工的均匀度和测井。测井涉及根据地下建造对测井源发出的辐射作出的反应对地下建造（如潜在油田或水源等）的性质进行表征。



γ 发射工业放射照相源用于拍摄厚金属射线照片和穿透受限部位。软管顶部的小型

金属盒器可盛放1.1—3.7太贝可（30—100居里）的铯-137或钴-60。

照片来源和版权，1999年：橡树岭联合大学。

防止源的丢失

尽管适当的培训和经验能够减少在使用密封放射源时发生辐射照射的危险，但在工业应用方面发生的绝大多数严重事故都是由于丢失源或源被盗所造成的。

工业 γ 放射照相源由于可移动而且在控制较松的环境中使用，因而存在丢失的危险。对设备进行适当维护以及良好的操作实践和程序能够从根本上减少源丢失的危险。当源成为废源时，就应立即移交废物运营者或返还制造商。

γ 放射照相法

- 按照制造商的建议对设备特别是机械运动部件进行适当维护，以减少源不能缩回到屏蔽位置的可能性。

- 定期对曲柄问题、连线扭结迹象或软导线联接问题进行检查。

- 按照制造商的使用说明进行例行维护。
- 在使用源时始终携带测量仪。测量仪在每次使用之前都要对其进行检验，以确保工作正常并定期对其进行保养。
- 源在停用期间应存放在一个安全的贮存设施内。将钥匙与源装置分开存放。
- 离开工作现场之前对源装置进行检查，以确定容器已经锁定。用测量仪进行监测，确认源已处于屏蔽位置。
- 切不可在运输源容器时将钥匙插在锁定装置上。
- 只能在设有屏障和警告标志以及屏蔽已就位的控制区使用放射源。在照射期间使用测量仪对控制区进行监测。
- 在很少或没有其他工作人员在控制区时（午休、下班后等）使用源。在进行辐射照射作业前应通知管理人员和工作人员。
- 不再使用的源在可能的情况下应返还供应商或移交本国的国家废物运营者。

工业放射照相事故通常是由于放射照相师或其他合格的操作人员没有进行适当的辐射测量所致。放射照相师只有通过正确使用测量仪才能知道源所处的实际位置和预防事故。

进行适当测量

放射照相师在从贮存设施取出装置时可使用测量仪进行初始测量，以确认源没有裸露。这样做也可提供与以后的测量结果进行比较的基准。应当对任何异常读数进行调查。

放射照相师在作业期间应观察测量仪在源裸露时的工作情况。辐射强度的急剧增加应看作是源从屏蔽容器中露出。当源通过导向管时，辐射强度应平稳下降。

核测量仪与测井

- 源不用时应进行安全贮存。

- 保持贮存设施中源的完整记录。

- 对所有源进行定期实物盘存。

- 根据制造商的使用说明维护和保养所有放射源。特别是因苛刻的使用工况，应当对设备进行定期检查，以确保源上的标签仍然清晰可见。

- 在源使用前和使用后应对其进行适当的测量，包括对贮存场址周围、运输车辆和源使用现场进行测量。

- 用测量仪进行适当测量以查找丢失的源。

- 在测井中，最大可能的事故是将源遗失在井下。在源遗失的情况下，应做出适当的努力利用远程手段把源从井中取回，并且应通知负责的监管当局做出安全评定。在回取期间应小心谨慎，不要损坏源。在回

取后，应对现场进行污染监测。应将已损坏的源送交废物运营者进行长期管理。

■ 采取措施尽量减少源在贮存和运输期间被盗的危险。



应急规划

密封放射源的所有用户都应制定一项对源的损坏、丢失或被盗等紧急情况的应急计划。该计划应详细指定处理紧急情况的负责人、必须联系的人员和必要时如何获得外部援助。

废物管理

对废密封放射源如果不加以妥善贮存、整備或适当处置，它本身就是一个随时可能发生的故事。当源不再有用时，应对其进行永久处置，不要存放在用户的工作场所。保存旧源以防万一（作为正在使用源的备用源等）并不是一个好的做法。这些源可能被遗忘、丢失或被盗。

临时贮存在下述情况下是可以接受的：设施能够安全防范丢失或盗窃；对源进行适当整備以便改进其屏蔽和稳定性；以及对临时贮存的源进行适当记录和定期实物盘存。鉴于这种源有可能被盗窃并用于不当目的，必须确保良好的安全。

当源不再有任何用途时，应通知负责的监管当局，并通过以下任一方法做好管理安排：

- 可能时，将源返还制造商进行处置；
- 将源运给废物运营者。

结 论

防止密封放射源事故的最有效手段是养成减少源丢失可能性的工作习惯。使用源的专业人员有责任在他们与放射源打交道的每时每刻都能采取必要的步骤保护公众、环境和自己免遭事故的严重后果。不再使用的源应当尽快移交国家废物运营者。



封面照片：戴热释光剂量计徽章的工业放射照相师
(将热释光材料装入一个专用托盒)。

欲了解密封放射源或一般辐射的更多情况，请您与当地的监管当局联系。国际原子能机构网站 (<http://www.iaea.org>) 也提供有关信息。

编辑：麦克·肯奇 (原子能机构辐射、运输和废物安全处)

设计和版式：戴斯纳-库普夫 (原子能机构新闻处)



新闻处

Wagramer Strasse 5, P.O. Box 100
A-1400 Vienna, Austria

电话：(+43 1) 2600 21270/21275

传真：(+43 1) 2600 29610

电子信箱：info@iaea.org

www.iaea.org

国际原子能机构 2005 年 9 月在奥地利印制

IAEA/PI/A.82/05-09495