

云维股份密封放射源辐射环境影响与安全评价

喻亦林, 马艳芳

中图分类号: X591 文献标识码: B 文章编号: 1004-714X(2007)03-0339-03

【摘要】目的 评价工业用密封放射源对放射环境的影响和放射源使用安全。方法 通过对放射源屏蔽防护及使用场地的监测, 判定放射源防护性能, 推测可能对环境及相关人员的影响; 通过对放射源防护措施及管理制度, 评价放射源使用安全。结果 公司在用放射源安装满足工艺需求, 符合辐射防护规定, 管理规范。结论 含密封源仪表动用正当可行, 放射源使用安全可靠。

1 概述

1.1 项目简介 云维股份公司是云南省重要的有机化工生产基地, 具有年产电石 8.5 万 t、醋酸乙烯 5.8 万 t、聚乙烯醇 2.5 万 t、冶金焦 3 万 t、电极糊 0.6 万 t、水泥 40 万 t、粘合剂 1 万 t、纯碱和氯化铵各 18 万 t 的生产能力。公司电石分厂使用了 26 台含原料位测量仪, 公司联碱分厂使用了 4 台含源液位测量仪。

根据国家有关建设项目和密封放射源管理之规定, 对使用 IV 类密封源的项目(设备)应编制《放射环境影响报告表》, 申办《辐射安全许可证》。受云维股份公司委托, 我站对公司在用 30 枚 IV 类密封源及其装置进行辐射环境影响专项评价。

1.2 评价依据 ①《中华人民共和国放射性污染防治法》。②《中华人民共和国环境影响评价法》。③《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》(国务院令 第 449 号)。④《建设项目环境保护管理条例》(国务院令 第 253 号)。⑤《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》, 国家环境保护总局令 第 31 号。

1.3 评价标准 ① GB18871-2002《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》。② GBZ137-2002《含密封源仪表的卫生防护监测规范》。③ GBZ135-2002《密封 γ 放射源容器卫生防护标准》。④ GBZ125-2002《含密封源仪表的卫生防护标准》。⑤ GB/T14583-93《环境地表 γ 辐射剂量率测定规范》。⑥ GB1215-89《核辐射环境质量评价一般规定》。⑦ HJ/T101-1995《辐射环境保护管理导则 核技术应用项目环境影响报告书(表)的内容和格式》。

作者单位: 云南省辐射环境监管站, 云南 昆明 650034
作者简介: 喻亦林(1963~), 男, 高级工程师, 从事辐射环境保护工作。

枚。其中三家涉源较多的单位是: 北京大学医学部(57 枚)、北京大学(49 枚)、中国科学院生物物理研究所(32 枚)。北京大学医学部计划 2007 年 3 月退役完毕, 中国科学院生物物理研究所也将处理放射源列入计划中, 资金均已到位, 正在按计划处理中。

3.4 放射性同位素运输调查 经调查北京市有 5 家非密封源生产、销售单位。他们分别为奥运场馆及配套设施周边 10 家涉源单位提供非密封放射性同位素, 种类有 ¹²⁵I、¹³¹I、^{99m}Tc、¹⁸F、³²P 等共 26 种, 每日最大操作量 4.995×10² Bq(135 Ci)。上述 5 家单位共有送货车辆 11 辆, 每周运输 20 次。

4 奥运会监管对策探讨

4.1 成立以市政府指导下的奥运辐射管理工作办公室 由北京市环保局、北京市公安局、北京市卫生局、反恐办公室组成联合办公室, 负责奥运期间辐射安全管理和辐射事故应急, 确保北京市辐射环境安全。

4.2 制定辐射管理法规 《放射性污染防治法》和 449 号令实施后, 国家环保总局出台《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》, 也有一些省份出台了相关的法律法规。但北京市在辐射管理上没有实施细则。我市又是一个放射源的大户, 生

1.4 管理限值

1.4.1 密封源及仪表的防护 根据《含密封源仪表的卫生防护标准》第 4.8 条的规定, 对检测仪表, 在不同场所使用时, 应满足表 1 的要求。

表 1 检测仪表的使用场所和相应的泄漏射线控制量

检测仪表的使用场所	距边界外下列距离处的剂量当量率 H 控制值 (μSv/h)	
	5 m	100 m
对人员的活动范围无限制	H<2.5	H<0.25
在距源容器的 1 m 区域内很少有人停留	2.5≤H<25	0.25≤H<2.5
在距源容器外表面 3 m 的区域内不可能有人进入, 或放射工作场所划出了监督区和非限制区	25≤H<250	2.5≤H<25
只能在特定的放射工作场所使用, 并按控制区、监督区、非限制区分区管理	250≤H<1000	25≤H<100

1.4.2 剂量限制

1.4.2.1 职业照射 根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》第 4.3.2.1 条的规定, 任何工作人员的年职业照射不超过由审管部门决定的连续 5 年平均有效剂量 20 mSv, 本项目取其四分之一即 5 mSv 作为职业照射个人受照剂量约束值。

1.4.2.2 公众照射 根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》第 B1.2 条的规定, 实践使公众中有关键人群组的成员所受到的平均剂量估计值不应超过年有效剂量 1 mSv, 本项目取其四分之一即 0.25 mSv 作为公众照射个人受照剂量约束值。

1.5 评价范围 按照《核技术应用项目环境影响报告书(表)

产、销售、使用放射源单位位居全国前列, 为规范奥运期间辐射环境管理, 制定放射源安全管理的相关法规和标准。

4.3 建立奥运辐射安全管理系统 对奥运场馆周边辐射环境进行监测, 开展辐射监测应急系统实施研究, 利用放射源数据库, 通过无线传输和 HDA 准确查找技术, 建立有效的安全防范机制, 通过信息平台进行管理, 确保奥运会安全。

4.4 开展培训工作, 加强合作 发挥大学科研培训的优势, 开展辐射防护培训。在奥运场馆中涉及到六个大学的场馆, 可以利用大学辐射防护的力量, 利用大学的实验室, 为做好应急工作服务。

4.5 摸清废旧源底数, 强制收贮 由环保局和公安局联合下发通知, 开展废旧放射源的申报登记, 摸清底数, 要各单位制定送贮计划, 在 2007 年底前实施, 否则将实施强制收贮。

4.6 停止存在安全隐患的辐射活动 2006 年北京市发生三起丢源事故(事件), 为确保奥运期间辐射环境安全, 停止一切移动使用放射源活动, 加强放射源库的保安设施, 防止再次发生丢源事故。

4.7 应急演练 开展应急演练, 加大监督执法力度, 发挥区县监督管理优势, 确保奥运期间辐射环境安全。

(收稿日期: 2007-03-26)

的内容和格式》的规定, 本评价以放射源使用点为中心, 取 0.5 km 的半径范围为评价区域。

2 污染源分析

2.1 污染因子

2.1.1 钴-60放射源 ⁶⁰Co 是一种应用广泛的人工 γ 放射源, 由堆照 ⁵⁹Co 靶生产。⁶⁰Co 源的污染因子是能量为 1.332 MeV 和 1.173 MeV 的 γ 射线。⁶⁰Co 性能参数见表 2

表 2 ⁶⁰Co 性能参数

核素	衰期类型	半衰期	主要的 γ 辐射		毒性	生产方式
			能量 (MeV)	强度 %		
⁶⁰ Co	β	5.273 ^a	1.332	99.98	高毒	⁶⁰ Co(n, γ)
			1.173	99.85		

2.1.2 铯-137放射源 ¹³⁷Cs 是从核燃料后处理的高放废液中获得核裂变的产物。¹³⁷Cs 是 β 放射性核素, 半衰期 30.18 a。¹³⁷Cs \rightarrow 衰变生成的子体核素 ^{137m}Ba 的半衰期 2.6 min, 同质异能跃迁到基态 ¹³⁷Ba 并放出 0.661 MeV 能量的 γ 辐射。即污染因子是能量为 0.661 MeV 的 γ 射线。¹³⁷Cs 性能参数见表 3

表 3 ¹³⁷Cs 性能参数

核素	半衰期	β 粒子最大能量 (MeV) 及分支比 (%)	β 粒子平均能量 MeV	伴随辐射 γ 能量 MeV	毒性	生产方式
¹³⁷ Cs	30.18 a	1.176 (6.5)	0.272	0.661	中毒	裂变产物
		0.514 (93.5)	0.174	(85.3%)		

2.2 正常工况

2.2.1 正常生产 放射源装在铅罐内, 铅罐安装在料仓某一位置, 侧面有准直孔。工作时, 准直孔打开, γ 射线从准直孔射出, 穿过料仓到达接收器。主控室根据探头信号强弱给出料满或料空信号, 从而实现自动实时监控的目的。对环境的影响主要来自贮源容器的射线泄漏和射线穿过料仓后的贯穿辐射及散射。

电石分厂二号电石炉 13 个料仓配 26 台料位测量仪, 使用的都是 IV 类 ¹³⁷Cs 密封源; 公司联碱分厂在碳化塔高炉上, 安装的 4 台液位测量仪, 使用了 IV 类 ⁶⁰Co 密封源 3 枚, IV 类 ¹³⁷Cs 密封源 1 枚。伴随主要 γ 辐射能量是 1.332、1.173 和 0.661 MeV。

正常工况, 对环境的污染为 γ 射线(离子流)污染。

2.2.2 维修保养 装置维护由公司专职人员进行, 操作员经培训, 持有效上岗证, 掌握辐射防护基本要领, 了解放射源基本参数及防护知识。对放射源进行清扫、维护时, 携 γ 辐射监测仪, 带个人剂量仪, 按操作规程, 配防护用品, 严格执行《电离辐射防护与放射源安全基本标准》及辐射防护剂量约束值。

设备故障时的维修委托有资质的单位和专业人员进行。

2.3 事故工况

2.3.1 脱落 设备或仪表检修时, 因操作不慎, 放射源从屏蔽铅罐脱出。由于密封源烧结于搪瓷化的不锈钢片内, 一般不会对周围环境产生弥散性污染, 但对近距离的操作人员会产生较强的辐射照射。

2.3.2 被盗 放射源因故从机器上拆下来, 或放射源容器保管不善, 发生放射源被盗或丢失事故。按《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》规定, IV 类放射源丢失、被盗、失控属一般辐射事故。

发生辐射安全事故, 公司启动辐射事故应急响应预案, 采取应急处理措施, 并向当地环境保护部门、公安部门、卫生部门报告。

3 监测与防护

3.1 监测计划 根据《放射性同位素与射线装置安全许可管

理办法》, 公司已配备 γ 辐射监测仪、个人剂量报警仪及辐射防护用品, 定期或不定期对涉源仪表及四周进行检查, 接受环保部门的监督。监测及检查编入《放射性同位素与射线装置安全和防护状况年度评估报告》, 上报当地环保部门。

具体监测要求: ① 监测项目: γ 射线空气吸收剂量率; ② 监测频度: 每年至少一次; ③ 监测范围: 放射源及仪表周围。

3.2 污染防治措施

(1) 股份公司使用密封放射源容器外有牢固的标牌, 清晰地标明了: ① 符合 GB18871—2002 规定的电离辐射标志; ② 全国统一的放射源编码; ③ 制造厂家、出厂日期、产品型号和系列号; ④ 核素的化学符号和质量数、密封源的活度及测量日期。

(2) 用于支持和容纳密封源的部件既能牢固、可靠地固定密封源, 又便于源的装卸。

(3) 源容器符合 GB14052 规定的漏射线剂量当量率、源间耐力及抗火能力等项安全性能要求。

(4) 源容器有隐式组装结构, 有需专用工具才能组装、拆卸源容器的部件。

(5) 源闸在“开—关”锁定位有状态指示。源窗立体角未超出无屏蔽体探测器或探测器外的辐射角, 穿过探测器或其屏蔽体的漏射线满足表 1 的要求。

(6) 源容器对电离辐射的屏蔽设计符合优化原则, 透过源容器外表面的漏射线满足规定的剂量限值, 达到“可以合理做到的尽可能低的辐射水平”。

(7) 建立了放射源管理档案与质量保证体系。

3.3 培植和保护企业的安全文化素养 按照《电离辐射防护与放射源安全基本标准》中关于“营运管理”及环境保护的要求, 公司对从事辐射工作的人员进行法规和放射性基础知识培训, 掌握辐射防护最优化原则, 定期对职工进行安全教育。培植和保护良好的安全文化素养, 减少人为因素导致人员意外事故的发生。

4 放射环境影响分析

4.1 运行期对环境的影响 为客观评价公司在用含密封源仪表场地辐射环境水平, 项目评价组, 按《含密封源仪表的卫生防护监测规范》和《环境地表 γ 辐射剂量率测定规范》, 对公司在用 30 枚放射源使用场地及周围环境进行了 γ 辐射剂量率监测。

4.1.1 电石分厂小料仓 公司电石分厂电石炉小料仓室, 环形布置着 12 个料仓, 料仓直径 1 m, 仓壁材料为碳钢, 壁厚 6 mm, 每个料仓都安装了上下 2 套料位计, 上料位高 2.9 m, 下料位高 1.4 m。小料仓 24 台料位测量仪用 24 枚 IV 类 ¹³⁷Cs 放射源, 源强在 1.11~1.29 GBq 之间, 安装位置相对较近, 四周的泄漏射线或散射射线存在相互叠加情况。

监测结果表明, 放射源处于“开”的位置, 放射源表面(除主束向) γ 辐射剂量率在 0.43~37.48 μ Gy/h 之间, 有 8 枚放射源侧向存在大于 25 μ Gy/h 的测量值; 距源 1 m 处 γ 辐射剂量率在 0.22~2.60 μ Gy/h 之间, 仅 1 枚放射源侧向 1 m 处 γ 辐射剂量率大于 2.5 μ Gy/h; 料仓外围探头位 γ 辐射剂量率在 0.12~2.12 μ Gy/h 之间, 小于 2.5 μ Gy/h; 料仓外侧仓壁 γ 辐射剂量率在 0.05~1.41 μ Gy/h 之间。

由此, 电石炉小料仓周围, 距源 1 m 的范围内, 存在高于 GBE123—2002 规定的辐射几率区域, 应控制工作人员的停留, 限制无关人员的进出。对照《含密封源仪表的卫生防护标准》属“在距源容器的 1 m 区域内很少有人停留”的范围。料仓外围可不受此限制。

4.1.2 电石分厂粉料仓 公司电石分厂电石炉粉料仓直径 1 m, 仓壁材料为碳钢, 壁厚 6 mm, 上料位高 3.2 m, 下料位高 1.7

料位计用 2枚Ⅳ类¹³⁷Cs放射源, 源强为 1 22和 1 29GBq。

监测结果表明, 放射源处于“开”的位置, 放射源表面(除主束向)γ辐射剂量率在 0.94~8.80μGy/h之间, 源下 1m γ辐射剂量率小于 0.87μGy/h, 距源 3m γ辐射剂量率小于 0.1μGy/h。因安装位置相对较高, 属于“在距源密器外表面 3m 的区域内不可能有人进入的使用场所对人员的活动范围无需限制”。

4.1.3 联碱分厂 联碱分厂 1#~4 碳化塔一字并排, 塔仓直径 1.2m, 仓壁材料为碳钢, 壁厚 6mm。1#~3 碳化塔用 3枚Ⅳ类⁶⁰Co放射源, 源强分别为 6.9GBq、7.4GBq 和 7.7GBq。4 碳化塔用 1枚Ⅳ类¹³⁷Cs放射源, 源强 3.77GBq。因工艺需要, 放射源安装位高 21m, 人员不易到达, 现场监测时, 仅能达安装位上方 1m 的护廊。

监测结果表明, 3 碳化塔放射源上方 γ辐射剂量率 32μGy/h, 1#、2 和 4 碳化塔放射源上方 γ辐射剂量率小于 25μGy/h。4 枚源上方 1m 处 γ辐射剂量率小于 2.5μGy/h。由此, 在正常生产状况下, 无需限制工作人员的活动范围。

4.2 对仪表维护、检修人员的影响

(1) 按公司管理制度, 巡视员、安全保卫人员每天要对生产线进行巡视, 在靠近放射源的时候可能会受到附加的辐射照射。但巡视一般在距源 1m 以外, 停留 3~5m, 由此带来的附加剂量能满足对公众受照剂量约束值。

(2) 仪表维护人员, 需定期对仪表(放射源和探头)进行维护和清扫。离源较近时, 可能受到源的照射, 产生附加剂量。若工作人员每周对公司 30 套含源设备进行 1 次例行维护, 每次至各装置表面(主射束外)工作 5m, 则全年因仪表维护可能带来的个人局部附加辐射剂量可达 1.56~2.82mSv, 满足对职业照射人员受照剂量约束值。

(3) 仪器设备的维修及保养, 由同属云维集团公司的云维电业公司负责。专业技术人员的检修过程应符合 GBZ125 和 GB14052 规定。

4.3 服务期满后辐射环境影响分析 当放射源使用达到一定年限, 源强衰减到不再适用时, 退役放射源将按约定返回原生产厂方。退役放射源一旦移交, 放射源将不再存在, 对辐射环境的影响也随之消除。

4.4 辐射事故对环境的影响 辐射事故可能有两种情形: ① 设备或仪表检修时的脱落; ② 管理不善导致的被盗。公司使用的密封源属Ⅳ类放射源, 可能发生的辐射事故定性为一般辐射事故。

设备或仪表检修时, 因操作不当, 造成放射源从包装容器中脱落, 成为裸源。此情形一般不会对周围环境产生弥散性污染, 对近距离的操作人员会产生较强的辐射照射。发生该类事故, 公司将启动应急预案, 进行应急处理, 不会对外环境产生辐射影响。

放射源被盗、丢失或放射源失控, 公司应启动辐射事故应急响应预案, 采取应急处理措施, 并向当地环境保护部门、公安部门、卫生部门报告。此类事故发生, 属一般辐射事故, 在短时间内对人员的影响不致产生医学上的确定性效应。

5 辐射安全管理

5.1 设置辐射安全与环境保护管理机构 根据国家环保总局《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》及相关管理要求, 公司设立了辐射安全与环境保护管理机构, 有 3 名专业技术人员负责辐射安全与环境保护管理工作, 可确保放射源时刻处于安全状态。

5.2 建立与完善安全和防护管理规章制度 云维股份公司是云南省化工行业的国有大型骨干企业, 有规范的管理体系与严格的管理制度, 公司制定了《云南云维集团有限公司放射源仪

表管理制度》和《放射性同位素装置安全防护管理规定》。① 公司安全环保部是放射源的管理机构, 负责放射源的安全、环境保护管理以及外照射防护工作; ② 安全环保部及电仪公司负责放射源仪表的采购和报废回收的工作。放射性同位素在使用前, 向省环保局申请办理许可证, 领取许可证后方可从事许可范围内的放射工作; 改变许可内容或终止放射工作时, 向省环保局办理变更或注销手续。③ 公司负责对辐射工作人员进行有关法律、法规、规章、专业技术、安全防护和应急响应等培训, 要求持证上岗。④ 严格安全操作规程。凡涉及对放射源的操作, 都有明确的操作规程和防护要求, 并张贴于显眼的位置。⑤ 辐射工作场所设置电离辐射警告标志, 有“当心电离辐射”的中文注释。⑥ 规范安全检查制度。定期对涉源装置进行维护、保养, 对可能引起操作失灵的关键配件进行更换。建立放射源档案和台帐, 领取、使用、归还放射源做到检查、登记, 确保帐物相符。⑦ 安全环保部负责对放射源周围设立警示围栏和警示距离线等, 定期对放射源状况及周围环境进行检测, 限制在放射源周围的停留, 对异常情况及时报告。⑧ 集团公司{2006}89号文“关于印发《云南云维集团有限公司电、仪管理工作职责》的通知”要求确保放射源在安全监控下正常工作。

5.3 辐射事故报告与应急 公司使用的密封源属Ⅳ类放射源, 可能发生的辐射事故定性为一般辐射事故。发生辐射事故时, 公司立即启动辐射事故应急预案, 采取防范措施, 并在 2h 内填写《辐射事故初始报告表》, 向当地环境保护部门和公安部门报告。对此, 集团公司制定了《云维集团放射性环境污染事故应急处置预案》, 股份公司制定了《密封型放射装置事故处理预案》, 成立了以公司总经理为组长的放射性污染事故处置领导小组, 明确了应急机构的组成及职责分工, 分析了可能出现的放射性污染事故, 明确了应急人员的组织、培训、演练及应急和救助的装备、资金、物资准备; 规定了拟采取的应急处置措施; 规范了辐射事故调查、报告和处理程序。

6 小结

(1) 云维股份使用含密封源仪表的目的是为实现自动控制及提高产品质量的要求, 符合辐射防护“实践的正当性”原则。因此, 公司使用放射源的目的是正当可行的。

(2) 公司在用密封源及含源仪表符合《含密封源仪表的卫生防护标准》, 源及设备防护较好。

(3) 含源设备安装地点满足工艺需求, 符合辐射防护“距离防护”的要求。设备有关于放射源标牌, 有电离辐射警示标志。放射源随设备整体安装, 安全、稳当。

(4) 公司《云南云维集团有限公司放射源仪表管理制度》和《放射性同位素装置安全防护管理规定》制定了安全巡查规定和仪表操作规程等。

(5) 公司《云维集团放射性环境污染事故应急处置预案》和《密封型放射装置事故处理预案》制定了事故处理的组织机构和应急措施。

(6) 公司有 3 人参加了省环保部门组织的核安全与辐射环境管理培训, 持云南省环境保护局颁发的《辐射环境管理培训证书》, 配备了 X-γ 辐射监测仪和 X-γ 个人剂量报警仪, 能满足对放射源的维护、检修及事故状态下应急响应的需求。

云维股份公司用于生产自动控制含源射线装置, 符合辐射防护“实践的正当性”原则; 使用密封源符合 GBZ125—2002《含密封源仪表的卫生防护标准》; 正常工况下, 满足 GB18871—2002《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》中对职业照射及公众照射的要求; 有较完善的管理制度、应急预案和维护手段。因此, 云维股份公司密封放射源的使用正当可行。

(收稿日期: 2007—02—28; 修回日期: 2007—03—20)