

# MLS 法在某废源治理项目安全风险评价中的应用

贺欢<sup>1</sup>, 孙莹莹<sup>2</sup>, 王龙<sup>2</sup>

1. 中国核工业集团公司安全环保部, 北京 100822; 2. 中核清原环境技术工程有限责任公司

**摘要:** **目的** 为探索 MLS 法应用于放射源治理项目安全风险评价的适宜性。**方法** 以宁夏某农业研究所钴照室废源治理项目为例, 应用 MSL 法对放射源治理工程施工现场进行风险评价。**结果** 通过对电离辐射伤害、放射性物质泄漏、物体打击、机械伤害、高温伤害和火灾六个危险因素的打分计算, 得出放射源治理工程施工现场的风险等级, 给出风险控制建议, 并且在项目安全风险防范中得到应用。**结论** MLS 方法是一种适用于放射源治理项目的安全风险评价方法。

**关键词:** MLS; 放射源治理工程; 风险评价

**Application of MIS Method in Safety Risk Assessment of Waste Source Control Project.** HE Huan, SUN Ying - ying, WANG Long. 1. Department of Safety and Environmentl protection. CNNC, Beijing 100822 China; 2. CNNC Everclean. CO. LTD.

**Abstract:** **Objective** The purpose of this paper is to explore the suitability of the MLS method for safety risk assessment of radioactive source control projects. **Methods** Take a case of a radioactive waste control project of cobalt radiation chamber at an agricultural research institute in NingXia, MSL method is used for risk assessment at construction site of the radioactive source control projects. **Results** By scoring and calculating the six risk factors: object strikes mechanical injury, heat injury, fire, ionizing radiation damage and leakage of radioactive material, obtain the risk rating of construction site of the radioactive source control projects, give advices to risk control, and applied in the project safety risk prevention. **Conclusion** Therefore, this paper concludes that the MLS method is a suitable safety risk assessment method for radioactive source control projects.

**Key words:** MLS; Radioactive Source Control Projects; Risk Assessment

中图分类号: R145 文献标识码: B 文章编号: 1004 - 714X(2017)02 - 0206 - 04

我国核工业创建发展 40 多年来, 从国外引进和国内生产了数以万计的密封放射源<sup>[1]</sup>。随着放射源在工业、农业和科研领域的利用, 核技术利用单位产生了大量的废放射源, 废源分布在核工业地质、矿冶、科技、核燃料等系统的 80 多个单位<sup>[2]</sup>。废放射源治理项目是核技术利用单位进行废物处理、场地恢复、

风险消除的重要环节, 治理过程包括核查、回取、分类、重新包装、封装、运输至集中贮存库等过程。废放射源治理项目现场工作期间由于废源信息不健全、存放混乱、包装破损、封装锈蚀以及场地条件有限等原因产生了多种潜在危险因素, 给作业人员的安全造成隐患。有必要对现场施工作业进行风险分析, 进而采取合适的防护措施, 确保核与辐射安全和工业安全。本文以宁夏省某农业研究所废源治理项目现场为研

**作者简介:** 贺欢(1983 - ), 女, 吉林四平人, 硕士, 工程师, 从事安全环保工作。

年有效剂量也属于正常本底地区水平<sup>[5]</sup>。

## 参考文献

- [1] 许家昂, 李全太, 陈英民, 等. 海阳核电厂周边地区食品中放射性核素调查[J]. 中国辐射卫生, 2011, 20(4): 387 - 389.
- [2] 国家技术监督局. GB/T 16145 - 1995. 生物样品中放射性核素的  $\gamma$  能谱分析方法[S]. 北京: 中国标准出版社, 1996.
- [3] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局. GB/T 11713 - 2015 高纯锗  $\gamma$  能谱分析通用方法[S]. 北京: 中国标准出版社, 2016.
- [4] 张秀莲, 贺良国, 董强, 等. 乐山市食品中放射性核素含量及其

所致居民有效待积剂量当量[J]. 职业卫生与病伤, 2008, 23(6): 335 - 338.

- [5] 张景源, 诸洪达, 韩佩珍, 等. 我国食品放射性含量及其所致居民内照射剂量估算[J]. 中华放射医学与防护杂志, 1988, 8(1): 35.
- [6] 中华人民共和国卫生部. GB1 4882 - 1994 食品中放射性物质限制浓度标准[S]. 北京: 中国标准出版社, 1994.
- [7] 李立明, 饶克勤, 孔灵芝, 等. 中国居民 2002 年营养与健康状况调查[J]. 中华流行病学杂志, 2005, 26(7): 478 - 484.
- [8] UNSCEAR, 2000. Sources and Effects of Ionizing Radiation[R]. United Nations, New York, 2000.

收稿日期: 2017 - 01 - 10 修回日期: 2017 - 03 - 30

究对象,进行放射性工作现场风险评价。

## 1 项目概况

宁夏省某农业研究所钴照室是建成于上世纪 70 年代,辐照装置为静态堆码式,主要设施包括辐照室、迷道、仪器室、库房、等,至退役前使用近 30 年。由于建设年代较早、装置自动化程度低、自动安全连锁系统存在隐患、没有设计安装水处理系统,已不满足现今法律法规要求的安全运行的基本条件。从 1980 年该辐照室首次装源使用至今,总计使用<sup>60</sup>Co 放射源 25 枚,活度约 11 100 Ci 左右,属于放射源分类的 I 类放射源。这些废放射源现贮存在水井中,长期被水浸泡,项目源项调查阶段对该贮源井中水质分析,<sup>60</sup>Co 的含量约为 1.7 Bq/L,表明井中浸泡的钴源可能出现一定程度的泄漏。为确保施工期间人员安全和避免对环境造成污染,在开展项目现场施工前,项目组对整个作业过程进行了风险评价。

## 2 MLS 评价法

MLS 评价法是由中国地质大学马春博士设计,是一种改进型的半定量风险评价方法,以危险因素的控制和监测措施、危险发生的概率和发生后造成的事故后果严重程度来评价风险的大小。

MLS 评价方法充分考虑了待评价的固定设施区域内或者某一特定过程中的各种危险因素,及由其造成的事故后果严重程度;除了考虑了危险源固有危险属性外,还反映对事故监测与控制措施的实施程度;

对事故后果的严重程度计算考虑了事故造成的总影响,包括人员伤亡、财产损失、环境污染、职业病的总影响;客观反映了风险产生的真实后果:包括一次性的直接事故后果和长期性的事故影响。MLS 评价方法与其他方法相比较,考虑到职业病、环境破坏风险,在风险后果评价方面更贴近实际,易于操作,比较适合对工程项目进行风险评价。

MLS 评价法的评价方程式为:

$$R = \sum_{i=1}^n M_i L_i (S_{i1} + S_{i2} + S_{i3} + S_{i4}) \quad (1)$$

式中, $R$  为危险源的评价结果,即风险,量纲为 1; $n$  为危险因素的个数; $M_i$  是指对第  $i$  个危险因素的控制与监测措施; $L_i$  为作业区域的第  $i$  种危险因素发生事故的频率; $S_{i1}$  为第  $i$  种危险因素发生事故所造成的可能的一次性人员伤亡损失; $S_{i2}$  为第  $i$  种危险因素的存在所带来的职业病损失( $S_{i2}$  即使不发生事故时也存在,按一年内用于该职业的治疗费计算); $S_{i3}$  为第  $i$  种危险因素诱发的事造成的财产损失; $S_{i4}$  为第  $i$  种危险因素诱发的环境累积污染及一次性事故的环境破坏所造成的损失<sup>[3]</sup>。

## 3 MLS 的各项取值

### 3.1 事故发生频率 $L$

$$\text{其算法为: } L = \frac{365}{\text{事故平均发生间隔(天)}} \quad (2)$$

表 1  $L$  取值

$L$	暴露于危险环境或发生险情的频率	$L$	暴露于危险环境或发生险情的频率
365	约每天 1 次	2	约半年 1 次
52	约每周 1 次	1	约一年 1 次
12	约一个月 1 次	1/n	n 年发生 1 次

### 3.2 控制与可监测状态 $M$

$$\text{其算法为: } M = M_1 + M_2 \quad (3)$$

### 3.3 事故的可能后果:严重度 $S$

其算法为:

$$S = \frac{\text{所有损失(万元)}}{10(\text{万元})} = \frac{S_1 + S_2 + S_3 + S_4}{10} \quad (4)$$

即折算单位为 10 万元一个单位

上式中, $S_1$  为事故造成的人员伤亡; $S_2$  为无论事

故发生与否,一年内在评价单元内的工作人员因职业病所产生经济费用的总和; $S_3$  为事故发生后造成的实际财产损失; $S_4$  为环境治理所需的费用(包括事故一次性的损失和累计的环境污染治理年度费用)。

MSL 方法对各因素的变化相当敏感,特别是事故发生概率和事故损失两项,因此评价结果动态性更好,危险源危险程度档次也能拉得开,辨识度更高。

表 2  $M$  取值

$M$	监测措施指标( $M_1$ )	控制措施指标( $M_2$ )
5	未采取监测措施或被监测到的概率 < 10%	无任何控制措施
3	50% 以上的事故可被监测到	有减轻后果的应急措施,包括预警系统
1	事故 100% 能被监测到	采取了有效的控制措施



## 6 MLS 评价

电离辐射伤害:放射源治理工程现场的电离辐射伤害存在于放射源整備过程中与放射源近距离的长时间接触,特别是 I 类放射源的倒源、包装、封盖过程。在工程现场有较为充分的防护器具和辐射监测仪表,能够在一定程度上监测和控制风险。本文将超过国家剂量限制视为风险发生,在按照操作规程操作的情况下,此风险发生的概率极低。

放射性物质泄漏:放射性物质泄漏风险存在于放射源封装破损导致的液体或粉末源泄漏造成环境污染,其中最严重为的为镭源泄漏。对液体和粉末放射源均有严密的施工方案,要求施工人员严格按照操作规程进行施工,工程现场配备的监测仪表能够及时发现泄漏,现场人员能够及时使用防护器具进行防护,不会造成人员伤亡,但不可避免会造成局部环境的污染和产生环境治理的费用。

机械伤害:机械伤害风险存在于使用电镐、金属锯、剪刀、钳等工具造成的割伤、挤伤、刺伤。现场的控制措施包括施工前进行操作规程和安全教育、配发劳保手套等,风险基本得到控制,除轻伤以外不会造成其他严重后果。

高温伤害:高温伤害风险存在于封焊容器工序中使用电焊、氩弧焊等工具。由于现场操作此类工序为专业有资质人员,且配备必要的劳保用品,能够有效地控制风险,除轻伤以外不会造成其他严重后果。

火灾:火灾风险存在于焊接火花溅出或电路起火引发的局部火灾。由于施工现场安排有人员看守,配备灭火器材,且现场施工器具基本没有易燃品,所以火灾发生的频率较低,产生的后果严重性也较小。

物体打击:物体打击风险存在于工具、铅板铅块等小件重物搬移过程中跌落砸伤,工程现场的控制措施包括配备安全帽和防砸伤劳保鞋等,使风险得到有

效控制,除轻伤以外不会造成其他严重后果。

## 7 评价结果和控制建议

经对宁夏某农业研究所放射源治理工程施工现场的 6 个危险因素进行评价计算, $R = 1.507$ ,按照风险源评价分级标准,为三级风险源。6 个危险因素的 R 值分数都小于 1,且都处于有效监测和控制下。L 值最高为 0.2,事故发生率整体较低;M 值均为 2,说明该类项目整体安全控制较好;S 值差别较大,其中危险因素放射性物质泄漏由于风险发生时会造成不可避免的财产损失和环境治理费用,较其他危险因素高。放射源治理工程施工现场的总体风险控制状况较好。风险的监测和控制措施 M 值已降到最低,今后的风险控制方向应为降低 S 值(事故后果)。

在实际施工过程中按照风险分析的建议针对电离辐射伤害、放射性物质泄漏、机械伤害、高温伤害、火灾、物体打击六种风险进行了有针对性的预防措施和装备物资准备,并对贡献分值最高的放射性物质泄漏风险进行了专门的监测预防措施和应急准备。该项治理工程结束后个人累积受照剂量控制在  $0.02 \sim 0.3 \text{ mSv}$  范围内,现场经当地环保部门监测达到无限制开放水平。

## 参考文献

- [1] 从慧玲,张金涛,刘新河,等.我国核工业废放射源安全管理[J].辐射防护.2002.5.
- [2] 赵立华.核工业废放射源治理进展[J].辐射防护通讯.2001.12.
- [3] 罗云,樊运晓,马晓春.风险分析与安全评价[M].北京.化学工业出版社安全科学与工程出版中心.2004.
- [4] 中国标准化研究院.GB/T 13816-2009 生产过程危险和危害因素分类代码[S].中国标准出版社,2009.
- [5] 中华人民共和国劳动人事部.GB 6441-86 企业职工伤亡事故分类[S].北京:中国标准出版社,1986.

收稿日期:2016-11-20 修回日期:2017-03-17