

DOI: 10.13491/j.issn.1004-714X.2021.02.012

· 辐射安全/论著 ·

一起外照射个人剂量异常情况的调查

张芳娣, 杨铭

中核陕西铀浓缩有限公司, 陕西 汉中 723014

摘要: **目的** 通过对某单位出现外照射个人剂量监测结果异常的岗位的现场剂量水平以及辐射来源进行调查, 调查工作人员实际所受到的外照射个人剂量。**方法** 用 BH3103A 便携式 X、 γ 辐射剂量率测量仪对工作现场存放容器表面剂量率进行测量, 调查辐射来源; 在外照射个人剂量异常岗位工作现场放置热释光个人剂量计一个月后, 用 RGD3 型热释光剂量仪对剂量计进行测量, 并结合工作人员在现场的有效工作时间, 推算该岗位工作人员实际所受外照射个人剂量。**结果** 辐射水平最高的是装过原料的空容器, 其次是装满原料的容器; 空容器表面剂量率普遍大于满容器; 用时间加权的方法计算出该岗位人员可能接受的剂量水平为 2.32 mSv。**结论** 本次出现工作人员异常的个人剂量计的监测结果不是本人真实的受照剂量, 应当剔除, 以估算的名义剂量 2.32 mSv 代替其本季度的受照剂量。

关键词: 辐射水平; 外照射个人剂量; 剂量水平; 名义剂量

中图分类号: X591 文献标识码: A 文章编号: 1004-714X(2021)02-0177-03

An investigation of abnormal personal doses of external exposure

ZHANG Fangdi, YANG Ming

CNNC Shaanxi Uranium Enrichment Co., Ltd. Shaanxi, Hanzhong 723014 China

Abstract: **Objective** A case of abnormal personal doses of external exposure was reported in this paper. According to the investigation of the dose rates of the radiation sources and the workplace, the actual dose was estimated correctly. **Methods** The radiation level of storage containers at work site was measured by BH3103A portable X and γ radiation dosimeter. The thermoluminescence personal dosimeter was placed in the work site for a month, then it was measured with the RGD3 dosimeter to estimate the dose rate at the work site. The actual personal dose of external exposure was calculated based on the dose rate and the effective working time of the staff in the field. **Results** The location with highest dose rate was the empty containers which had been filled with raw materials. The second was a container filled with ingredients. The dose rate on the surface of empty container is generally higher than that of full container. The time weighted method was used to calculate the possible dose which was 2.32 mSv for this position. **Conclusion** The personal dose measured by the personal dosimeter was found to be erroneous, and it should be recorded with the revised dose of 2.32 mSv.

Keywords: Radiation Levels; Personal Dose of External Exposure; Dose Levels; Notional Dose

Corresponding author: YANG Ming, E-mail: diyake@163.com

某单位在生产过程中, 现场操作人员受到一定程度的 γ 射线造成的外照射。该单位为现场工作人员配备了热释光个人剂量计, 每季度发放、回收一次, 收集后进行监测。某季度外照射个人剂量监测结果显示, 某岗位 23 人中, 有 6 人的外照射个人剂量异常, 最小的为 5.2 mSv, 最高的为 13.2 mSv, 明显偏高, 超过了 5 mSv 调查水平^[1], 超过了该单位 5 mSv/年的管理目标值, 据此推算全年 4 个季度的剂量总和甚至可能会超过 20 mSv/年^[2]的基本剂量限值。工作人员确实受到了这么高的照射吗? 辐射来源是什么? 因此, 对该岗位工作现场剂量水平及所接触的辐射源进行了

调查, 以判定 6 人受照剂量的真实性。

1 材料与方法

1.1 调查对象 同一岗位 23 人中 6 人同一季度的个人剂量同时超过了调查水平, 按照 GBZ 128—2019 附录 C.4 的要求进行了调查, 初步排除了佩戴期间个人剂量计曾经被打开、个人剂量计曾经被水泡、曾经佩戴个人剂量计接受过放射性检查或扶持接受放射性检查的受检者、曾经维修含源装置等因素^[1]。通过现场调查, 正常佩戴期间工作量较以前没有显著增加。因此, 最可能的因素是 6 人有意将个人剂量计留

置在放射性工作现场。因此,选择工作场所的辐射来源和剂量水平作为调查对象,以确定工作人员的实际受照剂量水平。

1.1.1 辐射来源 对存放原料、精料、产品以及贫料 4 库房内主要的带料六氟化铀容器^[3]的场所剂量率进行调查,调查辐射来源。

1.1.2 工作现场剂量水平 对某岗位工作期间可能的活动场所:原料库房、精料库房、产品库房、贫料库房 4 个现场剂量水平进行调查^[3]。

1.1.3 监测布点^[4] 在对 4 个工作场所(库房)主要的带料容器辐射水平进行调查时,对场所内每种带料容器^[4]随机选 6 个同类容器,每个容器选取端头及筒体中央 2 个点,用直读式周围剂量当量率仪紧贴容器表面测其表面的剂量率。

在对原料库房、精料库房、产品库房、贫料库房 4 个现场剂量水平进行调查时,在每个场所分别选 3 个有代表性的点,每点放置 1 个 TLD 个人剂量计。为了尽早得出结论,放置满一个月后进行监测。每个测量点的个人剂量计设置位置为工作人员主要的工作位置,悬挂高度为距地面 1.4m 左右,尽量模拟工作人员的实际受照情况。

1.2 材料与仪器 调查过程中采用的两种仪表,一种是国产 RGD3 型热释光剂量仪,仪表测量范围为 0.01 μGy ~9.999 Gy。所用热释光材料为 JR-1152AlF(Mg,Ti)剂量片,规格为 5 mm × 15 mm × 1 mm,灵敏度为 1/IR⁶⁰Co,分散性 ≤ 10%。另一种是 BH3103A 便携式 X、 γ 辐射剂量率测量仪^[5],仪表测量范围为 0~9999 × 10⁻⁸ Sv/h。该仪表每年校准一次。

1.3 监测方法 在调查中,采用了 2 种方法,一种是用 BH3103A 便携式 X、 γ 辐射剂量率测量仪,紧贴容器表面测量工作现场存放容器的表面剂量率。另一种是在工作岗位放置个人剂量计,用 RGD3 型热释光剂量计进行测量,得到累计剂量^[6]。

1.4 质量保证 (1)人员:监测人员均进行过定期培训并取得了岗位合格证后上岗。

(2)监测仪器、材料的可靠性:RGD3 型热释光剂量仪的灵敏度每年校准一次。剂量计使用前都要对热释光剂量片进行退火和筛选,对于不合格的进行剔除。BH3103A 便携式 X、 γ 辐射剂量仪每年校准一次,确定仪表的校准系数。每次测量前都要用检验源进行检验,确定仪表工作正常。

(3)取样代表性:工作现场的监测点尽量选在工作人员活动频繁的位置,相同类型的容器或设备选同

一位置监测,在便于比较的同时确保样本具有代表性。

(4)数据处理:每个点连续测量 5 次,取其算术平均值作为该点的测量值,确保测量值准确可靠。

(5)复审:由专业技术人员对监测的全过程及监测结果进行复审,确保监测结果准确可靠。

2 结 果

BH3103A 便携式 X、 γ 辐射剂量仪紧贴容器表面测量的容器表面的剂量率见表 1。个人剂量计测量结果见表 2。

表 1 BH3103A 便携式 X、 γ 辐射剂量率仪测量结果

Table 1 Measuring results of BH3103A portable X and γ radiation dosimeter

库房	监测容器	容器状态	监测结果/($\mu\text{Sv} \cdot \text{h}^{-1}$)	
			范围	均值
精料库	精料容器	空容器	3.5~16.6	9.1
		满容器	4.5~7.5	5.9
		空容器(新)	0.091~0.33	0.182
产品库	产品容器	满容器	2.95~6.4	3.6
		满容器(带外包装)	0.75~6.4	2.90
原料库	原料容器	空容器	1.29~55	23
		满容器	8.9~15.9	12.7
贫料库	贫料容器	满容器	3.1~12.6	9.5

表 2 TLD 个人剂量计测量结果

Table 2 Measuring results of TLD dosimeters

调查场所	放置位置	放置时间/d	剂量计测量值/mSv
精料库	2S 容器存储柜旁	31	0.39
产品库	电子磅	31	0.33
原料库	电子磅	31	3.45
贫料库	电子磅	31	2.73

2.1 BH3103A 便携式 X、 γ 辐射剂量率仪测量结果 由表 1 可以看出,在测量的各类容器中,剂量率水平最高的是装过原料的空容器^[6],其次是装满原料的容器。原料空容器表面剂量率最高可达 55 $\mu\text{Sv} \cdot \text{h}^{-1}$,低于运输容器货包表面剂量率不超过 2 000 $\mu\text{Sv} \cdot \text{h}^{-1}$ 的限值^[7]。最低的是产品空容器,基本处在本底水平。

2.2 TLD 个人剂量计测量结果 由表 2 可以看出,剂量计测量值最高的是原料库,其次是贫料库,然后是精料库和产品库。

2.3 工作人员可能接受的剂量水平 TLD 个人剂量计放置的 31 d 中,合计悬挂了 744 h。根据对成品、原

料管理岗位工作人员在现场最大有效工作时间的调查, 全年 250 个有效工作日, 每天有效工作时间 4 h, 合计 1000 h/年。工作人员每天在精料库、产品库、原料库、贫料库各停留 1 h。用时间加权的方法计算出工作人员可能接受的剂量水平为 2.32 mSv/年^[8], 低于该单位 5 mSv/年的管理目标值。

3 讨 论

3.1 TLD 与容器表面处剂量率监测结果差异较大的原因讨论 表 1 由便携式 X、 γ 辐射剂量仪测得容器表面剂量率最大为 55 $\mu\text{Sv} \cdot \text{h}^{-1}$ 。表 2 中, 由 TLD 个人剂量计的监测结果最大值 3.45 mSv 推算工作场所剂量率最大为 4.64 $\mu\text{Sv} \cdot \text{h}^{-1}$ 。TLD 记录的个人剂量当量率明显小于容器表面处的剂量率。TLD 个人剂量计测量的是工作场所剂量水平, 据此估算工作人员可能接受的剂量。便携式 X、 γ 辐射剂量仪紧贴容器表面测量容器的表面剂量率, 目的是找到工作场所的辐射来源。个人剂量计放置位置模拟工作人员的受照情况, 与容器距离 > 50 cm, 因此测量结果远低于容器表面剂量率。

3.2 库房内主要辐射源的分析 工作人员所接触的各类容器中, 剂量率水平最高的是装过原料的空容器。凡是剂量率水平较高的容器所在的工作场所, 现场的剂量水平均较高。也就是说, 原料空容器及满容器、贫料满容器、精料空容器是其所在库房内的主要辐射源。表 1 中各类容器表面剂量率水平监测结果, 普遍呈现空容器大于满容器。主要原因是容器内的物料的屏蔽自吸收作用造成的。因此, 在工作中应对工作人员加强辐射防护知识培训, 应特别注意加强对空容器的防护, 加强操作技能熟练程度的培训^[9], 减少工作人员与剂量率水平较高的容器的接触时间, 减少在工作场所不必要的停留时间, 降低个人受照剂量。

3.3 个人剂量计监测结果异常者的真实受照分析 根据放置在工作位置的个人剂量计测量结果, 推算出工作人员可能接受的名义剂量为 2.32 mSv, 低于 5 mSv 的调查水平。因此, 可以确定, 本次出现 6 名工作人员异常的个人剂量计的监测结果不是本人真实的受照剂量^[10] 因而应当剔除, 以估算的名义剂量 2.32 mSv 代替其本季度的受照剂量。

利益冲突 本研究由署名作者按以下贡献声明独立开展, 排名无争议。文章不涉及任何利益冲突

作者贡献声明 张芳娣负责个人剂量异常情况调查研究对象, 提出个人剂量, 设计研究思路及研究方案, 对监测数据进行整理、分析, 撰写论文、修订论文、审核论文; 杨铭负责实验数据收集、监测, 文献整理, 参与起草论文

参考文献

- [1] 国家卫生健康委员会. GBZ 128—2019 职业性外照射个人剂量监测规范[S]. 北京: 中国标准出版社, 2019.
National Health Commission of the People's Republic of China. GBZ 128—2019 Specification for monitoring personal dose for occupational external exposure[S]. Beijing: Standard press of China, 2019.
- [2] 国家质量监督检验检疫总局. GB 18871—2002 电离辐射防护与辐射源安全基本标准[S]. 北京: 中国标准出版社, 2003.
General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine of the People's Republic of China. GB 18871—2002 Basic standards for protection against ionizing radiation and for the safety of radiation sources[S]. Beijing: Standards Press of China, 2003.
- [3] 江丽红, 李鹏, 李小鹏, 等. 河北省部分核医学工作场所的放射防护现状调查与分析[J]. 中国辐射卫生, 2020, 29 (2): 157-161, 165. DOI: 10.13491/j.issn.1004-714X.2020.02.015.
Jiang LH, Li P, Li XP, et al. Investigation and analysis on current situation of radiation protection in some nuclear medicine in Hebei Province[J]. Chin J Radiol Health, 2020, 29 (2): 157-161, 165. DOI: 10.13491/j.issn.1004-714X.2020.02.015.
- [4] 张芳娣, 顾杰兵. 铀浓缩厂物料容器辐射水平调查研究[J]. 核安全, 2017, 16 (1): 21-25. DOI: 10.16432/j.cnki.1672-5360.2017.01.005.
Zhang FD, Gu JB. Investigation on the radiation levels of the material containers in the uranium enrichment plant[J]. Nucl Saf, 2017, 16 (1): 21-25. DOI: 10.16432/j.cnki.1672-5360.2017.01.005.
- [5] 国防科学技术工业委员会. EJ/T 623—2005 铀加工与核燃料制造设施的照射监测规定[S]. 北京: 国防科学技术工业委员会, 2005.
Commission of Science technology and Industry for National Defense. EJ/T 623 —2005 regulation for monitoring of Occupational for uranium processing and fuel fabrication facilities[S]. Beijing: Commission of Science Technology and Industry for National Defense, 2005.
- [6] 美国能源部橡树岭工厂. 六氟化铀实用操作手册[M]. 北京: 原子能出版社, 1995.
U. S. Department of Energy Oak Ridge Plant. Uranium Hexafluoride: A manual of good handing practices[M]. Beijing: Atomic Energy Press, 1995.

(下转第 184 页)

此,科学管理与应用放射卫生相关技术标准对“健康中国战略”的实施及打造“人类卫生健康共同体”具有重要的现实意义。

利益冲突 本研究由署名作者按以下贡献声明独立开展,排名无争议。文章不涉及任何利益冲突

作者贡献声明 姚竹负责文献调研、分析数据及撰写论文;贾天娇负责汇总数据;张伟负责论文框架设计及审核论文

参考文献

- [1] 中华人民共和国卫生部. 卫生部关于印发《放射卫生技术服务机构管理办法》等文件的通知(卫监督发〔2012〕25号)[Z]. 2012-04-12.
- Ministry of Health of PRC. Notice of the Ministry of Health on printing and distributing the management measures for radiological health technical service institutions and other documents[Z]. 2012-04-12.
- [2] 谢俊祥, 张琳. 质子/重离子放射治疗技术及应用[J]. 中国医疗器械信息, 2017, 23 (1): 1-4, 35. DOI: 10.15971/j.cnki.cmdi.2017.01.001.
- Xie JX, Zhang L. The application of proton/heavy ion radiotherapy techniques[J]. China Med Device Inf, 2017, 23 (1): 1-4, 35. DOI: 10.15971/j.cnki.cmdi.2017.01.001.
- [3] 郑荣寿, 孙可欣, 张思维, 等. 2015年中国恶性肿瘤流行情况分析[J]. 中华肿瘤杂志, 2019, 41 (1): 19-28. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0253-3766.2019.01.008.
- Zheng RS, Sun KX, Zhang SW, et al. Report of cancer epidemiology in China, 2015[J]. Chin J Oncol, 2019, 41 (1): 19-28. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0253-3766.2019.01.008.
- [4] 牛亚婷, 苏垠平, 梁婧, 等. 全国医疗照射频度估算方法研究[J]. 中华放射医学与防护杂志, 2019, 39 (5): 325-330. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-5098.2019.05.002.
- Niu YT, Su YP, Liang J, et al. Study on estimation of medical exposure frequency in China[J]. Chin J Radiol Med Prot, 2019, 39 (5): 325-330. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-5098.2019.05.002.
- [5] 赵锡鹏, 刘晓惠, 刘建香, 等. 全国放射工作人员2015年职业健康监测结果分析[J]. 中国职业医学, 2017, 44 (4): 473-477.
- Zhao XP, Liu XH, Liu JX, et al. Analysis on occupational health surveillance results of national radiation workers in 2015[J]. China Occup Med, 2017, 44 (4): 473-477.
- [6] 中国核工业建设集团公司党组. 打造核电“走出去”的国家名片[J]. 求是, 2017 (1): 54-56.
- The Party Group of China Nuclear Engineering&Construction Group Corporation Limited. Building a national business card for nuclear power "going global"[J]. QIUSHI, 2017 (1): 54-56.
- (收稿日期:2020-11-05)
- ~~~~~
- (上接第 179 页)
- [7] 生态环境部, 国家市场监督管理总局. GB 11806—2019 放射性物品安全运输规程[S]. 北京: 中国环境出版社, 2019.
- Ministry of Ecology and Environment, State Administration for Market Regulation. GB 11806—2019 Regulations for the safe transport of radioactive material[S]. Beijing: Standards Press of China, 2019.
- [8] 张伟佳, 张雨, 师依婷, 等. 2016—2017年介入放射学工作人员职业性外照射个人剂量水平调查分析[J]. 中国辐射卫生, 2019, 28 (1): 55-58. DOI: 10.13491/j.issn.1004-714X.2019.01.015.
- Zhang WW, Zhang Y, Shi YT, et al. Investigation and analysis of individual dose level of occupational external exposure of interventional radiology workers from 2016 to 2017[J]. Chin J Radiol Health, 2019, 28 (1): 55-58. DOI: 10.13491/j.issn.1004-714X.2019.01.015.
- [9] 程晋鹏, 黄丽芳, 郑雪婷, 等. 2015—2017年惠州市个人剂量异常情况的调查[J]. 中国辐射卫生, 2019, 28 (2): 116-119. DOI: 10.13491/j.issn.1004-714X.2019.02.002.
- Cheng JP, Huang LF, Zheng XT, et al. Investigation of abnormal individual dose from 2015 to 2017 in Huizhou City[J]. Chin J Radiol Health, 2019, 28 (2): 116-119. DOI: 10.13491/j.issn.1004-714X.2019.02.002.
- [10] 张圆圆, 陈岩, 师振祥, 等. 石家庄市2016年放射工作人员外照射个人剂量监测结果[J]. 中国辐射卫生, 2018, 27 (5): 486-489. DOI: 10.13491/j.issn.1004-714X.2018.05.018.
- Zhang YY, Chen Y, Shi ZX, et al. Monitoring results of the external individual dose of radiation workers in Shijiazhuang in 2016[J]. Chin J Radiol Health, 2018, 27 (5): 486-489. DOI: 10.13491/j.issn.1004-714X.2018.05.018.
- (收稿日期:2020-10-21)