

# 某新建钴-60 辐照中心放射防护检测 results 分析

孟斌<sup>1,2</sup> 宋钢<sup>2</sup> 陈英民<sup>2</sup> 陈跃<sup>2</sup> 李贞<sup>2</sup> 李全太<sup>2</sup> 李杰<sup>1</sup>

1. 山东大学, 山东 济南 250014; 2. 山东省医学科学院放射医学研究所

**摘要:** 目的 检测某新建钴-60 辐照室周围工作场所放射性水平, 保障放射工作人员和周围公众的健康安全。方法 用 6150AD6/H 型辐射剂量当量率仪进行现场检测, 用 GMX 40P4-76 型高纯锗  $\gamma$  谱仪和 BL-4 型低本底  $\alpha$ 、 $\beta$  测量仪检测分析贮源井水放射性水平, 通过检测结果估算放射工作人员和公众受照剂量, 依据管理目标值对结果进行评价。结果 该辐照中心选址与布局均合理, 辐照室二楼周围剂量当量率水平高于当地天然辐射本底水平, 所检测的其他工作场所周围剂量当量率水平均在当地天然辐射本底水平范围内。贮源井水钴-60 活度浓度和总  $\beta$  放射性水平均低于本实验室  $\gamma$  能谱仪和低本底  $\alpha$ 、 $\beta$  测量装置的探测下限。在辐照装置正常运行状态下, 放射工作人员和公众估算的受照剂量均低于年剂量管理目标值。结论 该辐照中心在正常运行状态下, 其对放射工作人员和公众的健康影响在可接受的范围内, 不会造成额外的健康损害。辐照中心在运行过程中应定期进行安全检查和检测, 保证辐照装置的安全运行。

**关键词:** 新建钴-60 辐照中心; 放射防护; 周围剂量当量率

中图分类号: TL75<sup>+</sup>2 文献标识码: B 文章编号: 1004-714X(2015)01-077-02

DOI:10.13491/j.cnki.issn.1004-714x.2015.01.033

辐照加工技术因其耗能低、冷加工、无添加等优势, 广泛应用于消毒灭菌、食品保鲜、农业育种、辐照改性等领域, 并产生了巨大的经济效益。辐照加工较好地为人所用的前提是辐照装置的安全运行, 由于辐照加工应用装源活度大, 而电离辐射本身又不易察觉, 因此辐照装置运行事故后果较严重。笔者通过对某新建钴-60  $\gamma$  辐照中心进行放射性检测, 以发现该中心可能存在的辐射安全隐患, 保障辐照中心的安全运行。

## 1 材料与方法

**1.1 研究对象** 该辐照中心放射源为钴-60, 双板源架, 模块式结构, 每板尺寸 1860 mm(宽)  $\times$  1990 mm(高), 辐照中心目前装源活度为  $4.07 \times 10^{16}$  Bq(110 万 Ci), 设计装源活度为  $1.48 \times 10^{17}$  Bq(400 万 Ci), 源棒尺寸为 11.1 mm(直径)  $\times$  451.5 mm(长), 活度为  $3.7 \times 10^{14}$  Bq(1 万 Ci) 左右。辐照中心总建筑面积 10 442.81 m<sup>2</sup>, 辐照厂房建筑面积 7411.62 m<sup>2</sup>, 综合楼建筑面积 2480.16 m<sup>2</sup>, 门卫及辅助用房建筑面积 142.7 m<sup>2</sup>。

**1.2 仪器** 天然辐射环境检测和屏蔽设施外辐射水平检测使用 6150AD6/H 型辐射剂量当量率仪; 贮源井水钴-60 放射性活度浓度检测用 GMX 40P4-76 型高纯锗  $\gamma$  谱仪; 贮源井水总  $\beta$  放射性检测用 BL-4 型

低本底  $\alpha$ 、 $\beta$  测量仪。

**1.3 管理目标** 依据《 $\gamma$  辐照装置的辐射防护与安全规范》(GB 10252-2009)<sup>[1]</sup>、《水池贮源型  $\gamma$  辐照装置设计安全准则》(GB 17279-1998)<sup>[2]</sup> 和《 $\gamma$  辐照装置设计建造和使用规范》(GB 17568-2008)<sup>[3]</sup>, 放射工作人员个人年有效剂量限值为 5 mSv/a; 公众个人年有效剂量限值为 0.1 mSv/a; 屏蔽设施外 30 cm 处周围剂量当量率控制值为 1  $\mu$ Sv/h; 贮源井的水所含钴-60 放射性活度浓度不大于 10 Bq/L。

**1.4 质量控制** 本调查所用仪器每年均由计量检定部门定期检定, 并在有效期内使用; 检测内容和程序均按国家有关标准进行; 检测人员均具有相关专业技术职称, 熟悉相关国家标准内容、检测内容及工作程序, 能熟练操作仪器并独立进行操作, 可以确保检测结果的完整性和准确性。

## 2 结果

**2.1 选址与布局** 该辐照中心位于经济开发区内, 周围居民较少。辐射环境本底检测结果显示厂区空地 (135  $\pm$  26) nSv/h, 厂区外中心道路为 (141  $\pm$  23) nSv/h。根据《山东省环境天然放射性水平调查研究报告》, 检测结果均处于当地室外天然辐射本底剂量率范围内 (72.0 ~ 159.4 nSv/h), 未受到人工放射性核素污染。

作者简介: 孟斌, 男, 副研究员, 从事核医学与放射医学研究工作。  
通讯作者: 李杰, 教授, 博士生导师。

辐照厂房位于厂区中南部,辐照室采用反向双“U”形迷道布局,中部为贮源水井;西侧货物迷道外北端为控制室,再向南依次为叉车充电间、配电室、水处理间、备品备件间、维修间;货物迷道出、入口的北侧为装卸工作台;辐照室的东、西两侧外均为货物堆放区,南侧为院内道路。室顶上方为空压机房和排风机房。

该辐照中心进行分区管理,以出入口控制门为界分为控制区和监督区。

**2.2 屏蔽设施的防护效果** 该辐照室使用比重为  $2.35 \text{ t/m}^3$  的混凝土作为屏蔽材料,辐照室顶厚  $1.95 \text{ m}$ ,北墙厚  $2.15 \text{ m}$ ,东墙厚  $2.25 \text{ m}$ ,西墙厚  $2.20 \text{ m}$ ,南墙厚  $1.9 \text{ m}$ ;人员进出的迷道墙内墙  $1.4 \text{ m}$ ,外墙  $1.3 \text{ m}$ ;货物通行的迷道墙内墙  $1.3 \text{ m}$ ,外墙  $1.3 \text{ m}$ 。源水井为长  $4 \text{ m}$ ,宽  $3.35 \text{ m}$ ,深  $7.5 \text{ m}$ ,井壁与井底均使用混凝土加固,井壁厚为  $1.5 \text{ m}$ ,井底厚为  $1 \text{ m}$ ,水井覆面板为厚  $3 \text{ mm}$  的无缝不锈钢板,井内为去离子水。水井防护水层厚度(源板对称中心离水面)为不小于  $5.64 \text{ m}$ 。外照射检测布点及检测结果见表 1。由表 1 可知,辐照工作场所周围辐射剂量当量率与当地天然辐射本底水平基本一致,扣除本底辐射剂量当量率后,只有二层房间具有额外辐射剂量,如果按照最大装源活度进行估算,最大附加辐射剂量当量率为  $0.3 \mu\text{Sv/h}$ 。

采集储源井水  $25 \text{ L}$ ,在实验室使用高纯锗  $\gamma$  谱仪进行钴-60 检测,使用低本底  $\alpha$ 、 $\beta$  测量装置进行总  $\beta$  放射性水平测量。储源井水中钴-60 活度浓度低于探测下限,总  $\beta$  检测结果低于探测下限。

**2.3 个人剂量估算** 本辐照中心目前有放射工作人

员 9 人,其中经理 1 人,值班主任 2 人,技术人员 1 人,维修人员 1 人,生产运行人员 4 人。辐照中心提供的工作负荷为每天工作  $8 \text{ h}$ ,每年工作  $200 \text{ d}$ ,放射工作人员按照四班三倒的工作制度,以保证周工作时间为  $40 \text{ h}$ 。计算辐照工作人员的年受照剂量见表 2。其中剂量率换算为增源至预计最大活度时的周围剂量当量率(扣除本底  $0.13 \mu\text{Sv/h}$ ),根据《用于光子外照射放射防护的剂量转换系数》(GBZ/T 144-2002)<sup>[4]</sup>,空间某点的  $H^*(10)$  值可作为位于该处的人体所受有效剂量的近似值。由表 2 可见,个人剂量估算结果低于年剂量管理目标值。

表 1 辐照工作场所外照射周围剂量当量率检测结果<sup>1)</sup>

位置	检测结果( $\mu\text{Sv/h}$ )
人员入口	0.16 ~ 0.18
控制台	0.14 ~ 0.16
货物入口	0.14 ~ 0.15
货物出口	0.15 ~ 0.16
移动电视入口	0.15 ~ 0.17
叉车充电间	0.15 ~ 0.16
水处理间	0.15 ~ 0.16
备品、备件间	0.15 ~ 0.17
维修车间	0.17 ~ 0.18
东墙外,货物堆放区	0.16 ~ 0.17
南墙外	0.17 ~ 0.18
迷路东墙外,货物堆放区	0.16 ~ 0.17
水井表面	0.14 ~ 0.15
二层提升机间	0.23 ~ 0.24
二层风机房	0.21 ~ 0.23

注:1) 上述检测数值未扣除当地天然辐射本底值。

表 2 辐照室相关区域人员的年剂量估算结果

场所描述	场所性质	周围剂量当量率		年工作 时间( $\text{h}$ )	居留 因子	年剂量估算值 ( $\mu\text{Sv/a}$ )
		现场测量( $\mu\text{Sv/h}$ )	换算到最大装源活度( $\mu\text{Sv/h}$ )			
提升间	工作人员场所	0.11	0.396	1 600	1/10	59.04
操作室	工作人员场所	0.03	0.108	1 600	1	172.80
辐照室东墙	公众场所	0.04	0.144	1 600	1/20	11.52
辐照室南墙	公众场所	0.05	0.180	1 600	1/20	14.40

### 3 讨论

随着辐照加工产业在我国的蓬勃发展,其在食品加工、农产品病虫害防治、化工产品改性等方面的应用广泛,由于食品加工、农产品病虫害防治与人类的生活息息相关,因此有关辐照加工对食品安全、营养成分的改变和杀菌效果方面的研究也较多<sup>[5-7]</sup>。但是,辐照加工较好地为人所用的前提是确保辐照装置的安全运行,辐照加工应用装源活度大,而电离辐射

本身又不易察觉,纵观历史上国内外发生的辐照装置运行事故,其后果令人触目惊心。因此,辐照加工企业加强对装置安全性能定期自我评估,加强对安全连锁装置和防护监测设备的检修维护,加强对工作人员的培训,提高安全意识和业务水平都是保障安全运行的关键环节。

本研究检测了钴-60 源在正常工作状态下,辐照室外相关区域的周围剂量当量率水平,检测结果显示除了辐照室二层的提升机间和风机房周围剂量当量

# 2013 年<sup>60</sup>Co 放疗标准的 IAEA/WHO 国际比对结果及分析

刘立明 郭朝晖 姜庆寰 刘雅 程金生

中国疾病预防控制中心辐射防护与核安全医学所 辐射防护与核应急中国疾病预防控制中心重点实验室 北京 100088

**摘要:** 目的 通过参加 IAEA 的 SSDL 剂量 TLD 比对 检查 SSDL 实验室量值传递的准确性。方法 对 IAEA 邮寄来的 TLD 剂量计进行照射 2Gy 左右 IAEA 对照射的剂量进行评价后给出 SSDL 的比对偏差。结果 2013 年比对的结果为 -1.9%。结论 根据 IAEA 的规定 比对的最大偏差为  $\pm 3.5\%$  比对结果合格。

**关键词:** 国际原子能机构; 国际比对; 热释光

中图分类号: R815.5 文献标识码: B 文章编号: 1004-714X(2015)01-079-02

DOI:10.13491/j.cnki.issn.1004-714x.2015.01.034

为提高我国的放射治疗剂量测量的准确度的水平,中国疾病预防控制中心辐射防护与核安全医学所从 1989 年开始,参加国际原子能机构(IAEA)和世界卫生组织(WHO)组织的二级标准剂量学实验室(简称 SSDL)的邮寄热释光剂量计(TLD)国际比对<sup>[1]</sup>。从 1991 年开始,要求采用 IAEA 的 277 号报告《光子和电子束吸收剂量测定》<sup>[2]</sup>的水中吸收剂量测定方法。该 TLD 比对的最大允许偏差为  $\pm 3.5\%$ 。本文介绍的是实验室 2013 年比对的方法和结果。

## 1 材料和方法

### 1.1 比对的标准和材料 本实验室的<sup>60</sup>Co 射线放射

基金项目: 卫生行业科研专项(201002009)  
作者简介: 刘立明 从事辐射防护工作。  
通讯作者: 程金生 E-mail: chengjs3393@163.com

率高于环境本底水平外,其他辐照工作场所周围辐射剂量当量率均处于当地天然辐射本底水平范围内。该辐照中心目前装源活度为  $4.07 \times 10^{16}$  Bq (110 万 Ci),设计最大装源活度为  $1.48 \times 10^{17}$  Bq(400 万 Ci),将检测数据换算为最大装源活度下的周围剂量当量率,估算正常情况下放射工作人员的年有效剂量最大值为 172.8  $\mu$ Sv/a,公众年有效剂量最大值为 11.52  $\mu$ Sv/a。该单位已经委托有资质的个人剂量监测中心进行个人剂量监测,结果显示放射工作人员一个监测周期实际个人剂量最大值为 0.021 mSv,均低于 GB 10252-2009 的要求(工作人员 5 mSv/a,公众 0.1 mSv/a)。说明辐照中心在正常运行情况下,不会对工作人员和周围公众造成附加照射,对人体造成的健康损害在可接受范围内。

治疗二级剂量标准于 1991 年建立,并同年通过国家技术监督局的考核认证,照射装置是山东新华医疗器械有限公司生产的 FCC-7000 <sup>60</sup>Co 远距离治疗机,剂量仪是 PTW-UNIDOS 主机和 0.6 cm<sup>3</sup> 的 PTW 30001 Farmer 电离室,每次比对前,剂量仪送中国计量科学研究院进行检定。测量用标准水模、IAEA 提供的专用照射支架以及照射用 TLD 元件。

**1.2 比对方法** 根据 IAEA 的要求,比对时照射的热释光剂量计由 IAEA 统一邮寄到实验室。比对要求在 IAEA 规定的时间内进行照射,照射剂量为 2 Gy 左右。照射条件:<sup>60</sup>Co 远距离治疗机的标准源皮距(SSD)为 80 cm;使用 10 cm × 10 cm 的射野;测量深度为水下 5 cm;根据报告的要求 0.6cc 电离室在水中的校准点位于电离室几何中心向射线入射方向前移 0.6 r<sub>r</sub> 为石墨电离室的空腔内半径 PTW 30001 Farmer

## 参考文献

- [1] 国家质量监督检验检疫总局. GB 10252-2009  $\gamma$  辐照装置的辐射防护与安全规范[S]. 北京: 中国标准出版社. 2009.
- [2] 国家技术监督局. GB 17279-1998 水池贮源型  $\gamma$  辐照装置设计安全准则[S]. 北京: 中国标准出版社. 1998.
- [3] 国家质量监督检验检疫总局. GB 17568-2008  $\gamma$  辐照装置设计建造和使用规范[S]. 北京: 中国标准出版社. 2008.
- [4] 中华人民共和国卫生部. GBZ/T 144-2002 用于光子外照射放射防护的剂量转换系数[S]. 北京: 法律出版社, 2002.
- [5] 罗莉. <sup>60</sup>Co  $\gamma$  辐照对保健食品品质影响的实验研究[D]. 西安: 第四军医大学. 2007.
- [6] 王炳奎, 吴庆, 熊立东. 食品辐照对食品品质的影响及其安全性[J]. 食品科技, 2010, 35(4): 307-309.
- [7] 汪昌保, 赵永富, 王志东, 等. 干制海产品辐照杀菌工艺剂量的确定[J]. 江苏农业科学, 2010(5): 391-392.

收稿日期: 2014-10-174 修回日期: 2014-12-10