

IAEA/SSDL2009 年放疗剂量水平 TLD 国际比对

姜庆寰,程金生,郭朝晖,刘 雅,刘立明,王晓刊

中图分类号: TL818 文献标识码: B 文章编号: 1004 - 714X(2011) 01 - 0062 - 02

【摘要】 目的 参加国际原子能机构(IAEA)组织的二级标准剂量学实验室(SSDL)比对 ,是为了保证⁶⁰Co 放疗水平国家二级标准剂量校准的准确可靠 ,检验(SSDL)放疗标准的准确度和工作人员的技术与国际技术标准的一致性。方法 将 IAEA 邮寄来的 TLD 按 IAEA 规定的条件进行照射并给出其吸收剂量 ,然后将照射后的 TLD 连同相应的数据表格一起寄往 IAEA 剂量学实验室 ,IAEA 剂量学实验室 对 TLD 测量评价 ,给出比对的偏差。结果 本次⁶⁰Co 比对的偏差最大为 1.8% 。结论 按照 IAEA 要求 ,该项比对的最大允许偏差为 ±3.5% ,所以此次比对结果是符合要求的。

【关键词】 二级剂量标准; 热释光; 吸收剂量; 国际比对

为改善世界范围内电离辐射剂量测量的一致性和准确度 ,促进电离辐射在医学领域的安全有效应用 ,国际原子能机构和世界卫生组织(IAEA/WHO)在发展中国家建立了次级标准剂量学实验室(SSDLs)。中国疾病预防控制中心辐射安全所(原卫生部工业卫生实验所) 国家二级标准剂量学实验室(SSDL)是根据卫生部 1984 年(84)卫防字第 51 号文的批准加入世界卫生组织 ,国际原子能机构次级标准剂量学实验室网(IAEA/WHO SSDLs) ,成为 SSDL 成员实验室 ,目的是为了进一步提高医用辐射剂量测量的可靠性和准确度。这些 SSDLs 在初级测量标准和电离室辐射的使用者之间 ,通过向后者提供 SSDLs 的次级剂量标准校准及给予技术指导和帮助建立起联系的桥梁。对广大用户的剂量仪表提供校准服务和技术支持 ,以提高剂量仪器的准确度。本所 SSDL 在 WHO 和 IAEA 的多项技术援助合作项目的支持下 ,建立了多项不同剂量标准 ,⁶⁰Co γ 射线国家二级标准实验室就是其中的一项。自 1989 年以来 ,为了保证剂量校准的准确可靠 ,实验室参加了多项国际比对工作 ,包括仪器现场比对 ,邮寄 TLD 比对和邮寄电离室比对 ,通过这些比对 ,检验了标准仪器的准确度和工作人员的技术水平。2009 年⁶⁰Co γ 射线国家二级标准实验室参加了 IAEA 组织的 SSDL - TLD 比对 ,本文介绍这次比对的方法与结果。

1 材料与方法

作者单位: 中国疾控中心辐射防护与核安全医学所 ,北京 100088
作者简介: 姜庆寰(1970 ~) ,男 ,北京市人 ,副主任技师 ,从事辐射剂量学研究工作。

表 3 深圳市与其他 44 城市管网水样中总 α 总 β 放射性			
项目	深圳市	其他 44 个城市	P 值
样品数(个)	69	53	
总 α (Bq/L) ¹⁾	0.02 ± 0.01	0.02 ± 0.02	0.7312
总 β (Bq/L) ¹⁾	0.15 ± 0.14	0.06 ± 0.03	<0.001
残渣量(mg/L) ¹⁾	86.91 ± 36.13	192.87 ± 62.29	<0.001

注: 1) 表中残渣量、总 α 及总 β 值均为均值 ± 标准差。

3 讨论

深圳市的自来水厂管网水总 β 放射性活度高于其他 44 城市的平均值 ,并有统计学意义($P < 0.001$) ,总 α 放射性活度相比无统计学意义($P > 0.05$)。根据国家标准《生活饮用水卫生标准》(GB5749 - 2006)^[2] 中要求 ,生活饮用水中总 α 总 β 放射性指标的限值分别为 0.5 Bq/L 和 1.0 Bq/L ,本次检测的 45 个城市的自来水厂管网水总 α 总 β 结果均符合国家饮用水卫生标准。

1.1 材料 使用本实验室⁶⁰Co γ 射线照射装置 ,该照射装置是一台山东新华医疗股份有限公司厂生产的 FCC - 7000A⁶⁰Co 远距离治疗机。治疗水平的二级标准仪器为 ,PTW - UNIDOS 标准级剂量计仪 ,标准电离室为 0.6 ml 的 PTW 30013 型电离室。比对前该标准仪器已经过国家剂量科学研究所的检定 ,性能指标完全符合要求。此次比对当中所用到的工作级剂量仪为 PTW - UNIDOS 工作级剂量仪和 0.6 ml PTW 30001 型电离室 ,使用前用标准仪器对该仪器进行了现场校准。参考点剂量是用 30 cm × 30 cm × 30 cm 标准水模测得 ,TLD 照射支架为 IAEA 提供的专用支架。TLD 元件由 IAEA 统一提供 ,每个比对盒有 4 个 TLD 元件 ,其中 3 个用于照射 ,另一个带白色标记的用于扣除邮寄和保存过程中的本底剂量。

1.2 比对方法 IAEA 剂量实验室将比对用的热释光剂量计(TLD)和 TLD 照射支架和数据表邮寄到本实验室 ,并在 IAEA 规定的时间间隔内进行照射 ,要求 TLD 的照射剂量为 2Gy 左右。照射前 ,SSDL 先用工作级标准剂量仪测量⁶⁰Co γ 射线在源皮距为 SSD = 80 cm ,照射野为 10 cm × 10 cm ,校准参考深度为水下 5 cm 处的照射量率 ,根据剂量率计算出照射 2Gy 所需的时间。然后把 TLD 照射支架放入专用照射水模 ,加水至刚好和支架顶端平 ,并按照计算出的照射时间对每一个 TLD 进行照射。然后给出 TLD 受照的吸收剂量值 D_{SSDL} ,并逐项填好 IAEA 提供的数据表格^[1] ,在 TLD 照后一周之内把 TLD 和数据表一并寄回 IAEA 标准剂量学实验室。IAEA 实验室通过测量 TLD 给出其吸收剂量测量值 D_{IAEA} ,并给出比对结果的偏差。比对结果合格的条件: 在 ±3.5% 以内 ,如超过此值需重新进行

本次对 45 个城市的自来水厂管网水样检测结论为: ①45 个城市管网水样总 α 总 β 放射性均低于国家标准限值 ,在正常较低水平范围波动; ②45 个城市管网水样检测结果总 α 总 β 放射性在全国 1970 ~ 1987 年^[3] 和 1972 ~ 1997 年监测数据^[4] 无明显差别 ,证明这些城市样品自 1997 年以来未发现受到放射性污染。

(本工作得到刘祖森主任的悉心指导 ,谨此致谢!)

参考文献:

[1] GB5479 - 2006 ,生活饮用水卫生标准[S].
[2] GB/T5750.13 - 2006 ,生活饮用水标准检验方法: 放射性指标[S].
[3] 朱昌寿主编 ,中国环境放射性水平及卫生评价 ,北京: 人民卫生出版社 ,1992: 41 - 42.
[4] 中国放射性污染监测系统 ,监测数据报(1992 - 1997) [P]. 2003 6 31. (收稿日期: 2010 - 08 - 10)

某处理厂赤泥及赤泥水泥放射性水平调查

刁 垒^{1,2} 周剑良¹ 陈 凌² 刘福东²

中图分类号: X837 文献标识码: B 文章编号: 1004 - 714X(2011) 01 - 0063 - 02

【摘要】 目的 调查山东某赤泥处理厂赤泥及赤泥水泥的放射性水平。方法 用 GH102A X - γ 剂量率仪测量 γ 外照射剂量率,用 HPGe 低本底 γ 谱仪测量水泥及其原料的放射性比活度。结果 赤泥堆坝顶部截面 γ 外照射剂量率平均值为 0.15μGy · h⁻¹,压滤车间的 γ 外照射剂量率平均值为 0.12μGy · h⁻¹,办公室的 γ 外照射剂量率平均值为 0.08μGy · h⁻¹。用赤泥作为熟料原料的 A 水泥厂的 P. 042.5 水泥内、外照射指数分别为 I_{Ra} = 0.38 和 I_r = 0.47, P. C32.5 水泥的内、外照射指数分别为 I_{Ra} = 0.27 和 I_r = 0.37。结论 工人所受的外照射剂量率接近本底水平; A 水泥厂的 P. 042.5 水泥、P. C32.5 水泥的内外照射指数均符合国家标准,适量赤泥作为水泥原材料对水泥的放射性水平影响不大。

【关键词】 赤泥; γ 外照射剂量率; 放射性比活度

赤泥是氧化铝生产过程中的主要废物,因含有大量氧化铁而呈现红色,故称为赤泥。随着铝工业的发展,赤泥的排放量日益增加,目前全球每年排放赤泥约 5 000 万 t,我国每年排放约 500 万 t^[1]。一般平均每生产 1 t 氧化铝,就附带排放 1.0 t ~ 2.0 t 的赤泥^[2]。作为工业废物的赤泥具有放射性和强碱性两个特点,赤泥的大量堆积既占用了大量土地又严重污染环境。工业矿渣中放射性核素含量要比天然建筑材料中放射性核素含量高许多,工业矿渣作为建筑材料更容易造成公众室内

比对。计算偏差的公式为:

$$DEV(\%) = (D_{SSDL} - D_{IAEA}) / D_{IAEA} \times 100$$

根据 IAEA TRS - 277 号报告规定,电离室测量有效点位于电离室几何中心向射线入射方向前移 0.6r, r 为电离室空腔内半径, 0.6 ml PTW 30001 型电离室 r = 0.315 cm,所以测量时把电离室的几何中心置于水下 5.19 cm 处。

1.3 水中吸收剂量的计算方法 根据 IAEA TRS - 277 报告^[3],计算⁶⁰Coγ 射线在水中的吸收剂量分为两个步骤: 第一步: 要确定电离室空腔中空气吸收剂量因子,其计算公式为:

$$N_D = N_K (1 - g) k_{at} k_m$$

因在我国现行量值传递体系中,给出的是照射量校准因子 N_x,而且使用照射量的单位是 R/div,而不是国际单位制单位 C/kg。因此 N_x 和 N_K 的数值关系为:

$$N_K = 2.58 \times 10^{-4} N_x \frac{w}{e} \frac{1}{1 - g}$$

式中 N_x 的单位是 C/(kg · div), div 是仪器的读数分度单位。W/e 为在空气中每产生一个离子对形成一个单位电子电荷所消耗的平均能量,单位是 J/C (焦耳每库仑) $\frac{w}{e} = 33.97 J/C$; g 的意义同前,对⁶⁰Coγ 射线 g = 0.003。

第二步: 是计算水模体中电离室测量有效点 P_{eff} 深度处吸收剂量 Dw(P_{eff}),其公式为:

$$D_w(P_{eff}) = N_D \cdot M \cdot S_{w,air} \cdot P_u \cdot P_{cel}$$

式中 N_D 的意义同前; M 为经大气温度,气压修正后的仪器读数; S_{w,air} 为水空气阻止本领比,对于⁶⁰Co γ 射线 S_{w,air} = 1.133; P_u 为扰动修正因子,校正电离室物质非水物质等效性,对于⁶⁰Co γ 射线 P_u = 0.993; P_{cel} 为电离室中心收集极空气等效不完全的校正因子, P_{cel} = 1.000。

2 结果

根据 IAEA 的规定,相对偏差在 ± 3.5% 以内的为合格,超出的需要重新进行比对。此次,用山东新华医疗器械股份有限公司生产的 FCC - 7000A 型⁶⁰Coγ 射线照射装置对编号为

DL0954 当中的 3 组 TLD 分别进行照射,SSDL 照射值 D_{SSDL} (Gy) 均为: 2.02,IAEA 测量值 D_{IAEA} (Gy) 分别为: 2.00; 2.00; 1.95,平均值为: 1.98 (Gy),用文中计算偏差的公式求得相对偏差(%) 为: 1.8。IAEA 标准剂量学实验室通过测量给出了 TLD 吸收剂量值 D_{IAEA},并给出 D_{SSDL} 的偏差,比对结果相对偏差符合 IAEA 的相对偏差在 ± 3.5% 以内的要求条件。因此,本所参加的此次 IAEA 组织的⁶⁰Co γ 射线国际比对的结果是合格的。

3 讨论

在仪器现场比对,邮寄 TLD 比对和邮寄电离室比对三项当中,TLD 比对方法是一种简单、易行、费用较低可多次进行的方法,多年来被 IAEA 在世界范围内广泛用于二级标准剂量学实验室⁶⁰Coγ 射线放疗剂量标准的核查。但是由于其本身的分散性会存在较大的偏差,因此,TLD 比对的结果只作为 IAEA 对 SSDL 一种质量核查手段,偏差不超过 ± 3.5% 就没有问题。从结果可知,通过此次比对,证明了本所⁶⁰Co γ 射线标准所使用的测量方法和照射技术是正确的。同时也证明了本所标准仪器的准确度和工作人员的技术水平。

参考文献:

[1] 郭朝晖,程金生,彭建亮. 2005 年放疗水平二级剂量标准的 TLD 国际比对 [J]. 中华放射医学与防护杂志, 2007, 27: 181 - 182.

[2] 程金生,安晶刚,刘立明,等. 2002 年⁶⁰Co 放疗标准的 IAEA - SSDL TLD 国际比对 [J]. 中华放射医学与防护杂志, 2003, 23: 50 - 51.

[3] IAEA. TRS No. 277. Absorbed dose determination in photon and electron beams [P]. An International Code of Practice. Second Edition. Vienna: IAEA, 1997.

[4] IAEA. DMRP - 9810 TLD postal dose quality audit service for external radiotherapy [P], 1998.