

某实验室外照射个人剂量盲样比对结果分析

蔡菁婷

摘要: [目的] 通过个人剂量盲样比对检验参比实验室个人剂量监测系统整体技术水平。[方法] 按照《全国放射工作人员个人剂量监测系统比对方案》,某实验室 2010 年至 2012 年连续 3 次参加由中国疾病预防控制中心辐射防护与核医学安全所组织的全国外照射个人剂量监测盲样比对。[结果] 2010 年比对实际测量值与约定真值的相对偏差在 $\pm 18\%$ 以内; 2011 年和 2012 年单项性能和综合性能均在 $\pm 10\%$ 以内, 3 次盲样比对结果均符合国家相关标准要求。[结论] 该实验室个人剂量监测系统整体技术水平符合国家相关标准要求。

关键词: 个人剂量; 盲样比对; 质量控制; 结果分析

Blind Sample Measurements of Personal External Exposure Dose in a Laboratory CAI Jing-ting
(Physical and Chemical Test Department, Zhabei District Center for Disease Control and Prevention, Shanghai 200072, China) • The author declares she has no actual or potential competing financial interests.

Abstract: [Objective] To assess the overall technical level of personal dose monitoring system of a laboratory through random blind sample comparison of personal doses. [Methods] According to the *National Comparison Protocol for Personal Dose Monitoring System for Radiation Emission Staff*, blind samples of personal external exposure doses were collected from radiation emission workers of a laboratory attending three batches of the yearly blind sample examination organized by the National Institute for Radiological Protection, China Center for Disease Control and Prevention from 2010 to 2012. [Results] The relative deviation of the measured values from conventional true values lied within $\pm 18\%$ in 2010. Both single unit determination and comprehensive determination lied within $\pm 10\%$ in 2011 and 2012. The comparison results were qualified. [Conclusion] The overall technical level of personal dose monitoring system in the laboratory meets the requirements of relevant national standards.

Key Words: personal dose; blind sample comparison; quality control; analysis of results

我国大陆从 1985 年 12 月 1 日起, 实行放射工作人员个人剂量监测制度, 并逐渐在全国 31 个省、自治区、直辖市得到开展^[1]。放射工作人员个人剂量监测是职业健康监护的重要内容, 是诊断职业性放射性疾病的必备条件之一, 同时也为辐射防护三原则中个人剂量限值提供重要技术支撑。因此, 做好个人剂量监测的质量控制至关重要, 而个人剂量监测系统比对是全面质量控制的一个重要方式^[2]。中国疾病预防控制中心辐射防护与核医学安全所每年组织全国个人剂量监测系统盲样比对, 有效地促进和提高了个人剂量监测技术水平和测量准确度, 特别是通过比对来检验和了解参比实验室的整体技术水平是否符合 GBZ 128—2002《职业性外照射个人监测规范》^[3]的要求。本实验室于 2010 年至 2012 年连续 3 次参加由中国疾病预防控制中心辐射防护与核医学安全所组织的全国外照射个人剂量监测盲样比对, 本文报道其比对结果。

1 仪器与方法

1.1 仪器

RGD-3B 型热释光剂量仪(北京防化研究院第二研究所);

DOI: 10.13213/j.cnki.jeom.2014.0091

[作者简介] 蔡菁婷(1983—), 女, 学士, 技师; 研究方向: 理化检验与放射个人剂量监测; E-mail: cjt_830419@163.com

[作者单位] 闸北区疾病预防控制中心理化检验科, 上海 200072

2000B 型远红外精密退火炉和 TLD400 型剂量盒(北京康科洛电子有限公司); GR-200A 型 LiF(Mg, Cu, P) $\phi 4.5 \text{ mm} \times 0.8 \text{ mm}$ 圆片探测器(北京华恒鑫达科技发展有限公司)。

1.2 方法

1.2.1 热释光剂量探测器筛选 取 500 片 GR-200A 型 LiF(Mg, Cu, P) 圆片探测器, 在 2000B 型远红外精密退火炉中 240°C 退火 10 min, 快速冷却后, 送至上海市计量测试技术研究院电离辐射计量研究室, 用 ^{137}Cs 标准参考辐射源照射 1 mSv 的剂量, 在 RGD-3B 型热释光剂量仪按分散性 $<5\%$ 的要求筛选探测器。

1.2.2 参比剂量计准备 按照《全国放射工作人员个人剂量监测系统对比方案》(以下简称“对比方案”), 准备 n 组个人剂量计, 2010 年为 5 组, 其中第 1~3 组为盲样, 第 4 组为跟随本底, 第 5 组为备用剂量计; 2011 年和 2012 年都为 7 组, 其中第 1~5 组为盲样, 第 6 组为跟随本底, 第 7 组为备用剂量计。对比剂量计在规定时间内以特快专递的方式邮寄给组织者。

1.2.3 参比剂量计照射条件 盲样在国家一级剂量标准实验室照射。剂量计在体模上照射, 照射角度为 0° 。采用内 $30 \text{ cm} \times 30 \text{ cm} \times 15 \text{ cm}$ 的 ISO 充水组织等效板模。2010 年 3 组盲样采用 X 射线照射规范(符合 ISO 光子窄谱规范)照射参比剂量计; 2011 年 5 组盲样中有 3 组采用 X 射线(窄谱系列)参考辐射照射, 有 2 组采用 γ 射线选取 ^{60}Co 参考辐射照射; 2012 年 5 组盲样中有 2 组采用 X 射线参考辐射照射, 有 3 组采用 γ 射线参考

辐射照射。

1.2.4 参比剂量计刻度 刻度剂量计与比对剂量计用的是同批次的圆片探测器,送至上海市计量测试技术研究院电离辐射计量研究室进行刻度。

1.2.5 刻度因子选择 2010年的X射线使用的刻度因子系数为1.4083 μSv/发光值;2011年的X射线使用的刻度因子系数为1.5454 μSv/发光值,γ射线使用的刻度因子系数为1.3881 μSv/发光值;2012年,由于比对未告知所用射线品种,所使用刻度因子系数为X射线和γ射线刻度因子的平均值1.437 μSv/发光值。

1.3 检测依据

根据GBZ 128—2002《职业性外照射个人剂量监测规范》^[3]和GBZ 207—2008《外照射个人剂量系统性能检验规范》^[4]进行检测。

2 结果

2.1 2010年盲样比对结果

根据比对方案,2010年的判定标准是依据JJG 593—2006《个人与环境监测用X、γ辐射热释光剂量测量(装置)系统检定规程》^[5]的要求。对于单组盲样的判定,测量值与参考值的相对偏差(%)=[(测量值-参考值)/参考值]×100。相对偏差不大于30%单组判定合格;3组比对结果中,若有1组未达到相对偏差要求,则综合性评定为不合格。盲样比对结果(表1)显示,2010年3组比对相对偏差分别为0.20%、-16.30%、-17.80%,均小于30%,判定比对结果合格。

表1 2010年热释光个人剂量盲样比对结果

组号	测量值(mSv)	约定真值(mSv)	相对偏差(%)
1	0.601	0.60	0.20
2	0.251	0.30	-16.30
3	1.890	2.30	-17.80

2.2 2011年和2012年盲样比对结果

2011年和2012年判定标准是依据GBZ 207—2008《外照射个人剂量系统性能检验规范》^[4]的要求。①单组性能判定标准:单组性能 P_i =[(测量值-参考值)/参考值]×100%,当 $|P_i| \leq 0.4$ (40%)时,则判定单组性能合格。②综合性能判定标准:A,综合判定指标: $B=\bar{P}=(1/5)\sum_{i=1}^5 P_i$;B,综合标准偏差: $S=\sqrt{\sum_{i=1}^5 (P_i-\bar{P})^2/4}$ 。若满足 $|B|+S \leq L$ (式中允许水平L取值为40%)时,则判定个人剂量系统对该类型的综合性能检验合格。单组性能或综合性能判定中只要有一种不合格,则判定该个人剂量系统性能不合格。

由表2可见,2011年5组比对盲样单组性能 $|P_i|$ 的值最大为8.00%,最小值为0.53%, $|B|+S$ 为5.6%;2012年5组比对盲样单组性能 $|P_i|$ 的值最大为9.30%,最小值为0.30%, $|B|+S$ 为8.0%。均小于 $|P_i| \leq 0.4$ (40%)和综合性能判定允许水平L的判定水平,判定比对结果合格。本实验室3次参加全国外照射个人剂量监测盲样比对结果,均符合国家相关标准要求。

表2 2011年和2012年热释光个人剂量盲样比对结果

年份	组号	测量值(mSv)	约定真值(mSv)	单组性能 P_i (%)	综合性能(%)
2011年	1	0.407	0.40	1.75	5.6
	2	1.360	1.30	4.62	
	3	0.644	0.70	-8.00	
	4	0.294	0.30	-2.00	
	5	3.780	3.80	-0.53	
2012年	1	0.417	0.40	4.20	8.0
	2	0.702	0.70	0.30	
	3	0.319	0.30	6.30	
	4	1.530	1.40	9.30	
	5	0.704	0.70	0.60	

3 讨论

参加全国外照射个人剂量监测盲样比对的目的是总结经验,对发现的问题及时纠正,从而提高全国外照射个人剂量监测质量,保证该项工作稳定发展和提高^[6]。按照职业性外照射个人监测规范GBZ 128—2002对剂量测定技术要求(在良好的实验室条件下,辐射场的测定在95%置信度时达到约10%的准确度通常是可能),本实验室3次参加全国外照射个人剂量监测盲样比对结果显示,尽管均符合国家相关标准要求,但是2010年的3组盲样中有2组相对偏差大于10%,仍略显偏大。归纳起来有以下诸方面,值得总结与探讨。

3.1 重视热释光探测器的选择

热释光探测器的分散度对测量准确度影响最大,为保证测量的准确度,在探测器使用前必须进行筛选,选择能响好、灵敏度高、离散度小的探测器。通过对热释光探测器严格筛选,剔除分散度较大的探测器,减小热释光探测器的分散性,分散性的选择最好能由原来的<5%改为更为严谨的<3%,将可大幅提高测量数据的准确度。

3.2 保持热释光剂量仪的稳定性

在热释光测量时应保证测量系统测读仪器的稳定可靠。仪器预热时间要足够(40min左右),电压稳定后,灵敏度微调到预设值上,并随时观察,如有变化,即时调整,始终使仪器处在稳定状态下工作,只有保持仪器的稳定,测量结果才能可靠。

3.3 注重仪器的维护和保养

为防止探测器污染,必须保持接触探测器的器件清洁,避免引起假读数。加热盘和剂量仪滤光片在操作或存放过程中易受到污染,一旦加热盘受到污染将会影响测量元件与加热盘的良好热接触;剂量仪滤光片受到污染时,会造成滤光片光透射系数降低而影响读出器的稳定性,所以要定期用酒精棉纱擦拭滤光片和加热盘,消除污染物质对热释光读出的影响,确保测量结果准确可靠。

3.4 尽可能准备足够的平行样数目

在满足测量要求的基础上尽可能准备足够的平行样数量,减少误差。2010年每组准备5个平行探测器,2011年和2012年每组准备15个平行探测器,由于增加了平行样的数目,2011年和2012比2010年相对偏差明显减小。

3.5 提高操作人员素质

个人剂量监测是一项系统性非常强的工作,其监测水平的

高低不但与探测器的选择和测读仪器有关,还与操作人员的素质和操作技能密切相关。操作人员应加强学习,积极参与比对和能力考核,不断提高整体素质和操作技能,抓好质量控制的每一个环节,确保实验室测量结果的准确可靠。另外还值得注意的是,2012 年由于比对方案中未告知射线的品种和能量,单项性能均为正误差,存在系统误差,因此在今后的比对工作中可购入鉴别式热释光个人剂量计,熟习相关性能,分出各个盲样组的射线品种和相关能量,提高检测能力。

·作者声明本文无实际或潜在的利益冲突。

参考文献:

- [1] 于海涛,牛昊巍,孙全富,等.全国个人监测机构的现状分析[J].中华放射医学与防护杂志,2010,30(4):466-468.

- [2] 秦永春,余宁乐,杨小勇,等.2009 年参加全国个人剂量比对结果分析[J].中国辐射卫生,2011,20(4):425-426.
- [3] 中华人民共和国卫生部.GBZ 128—2002 职业性外照射个人监测规范[S].北京:法律出版社,2002.
- [4] 中华人民共和国卫生部.GBZ 207—2008 外照射个人剂量系统性能检验规范[S].北京:人民卫生出版社,2008.
- [5] 国家质量监督检验检疫总局.JJG 593—2006 个人与环境监测用 X、 γ 辐射热释光剂量测量(装置)系统检定规程[S].北京:中国计量出版社,2006.
- [6] 胡爱英,徐辉,袁龙.全国外照射个人剂量计比对分析[J].中华放射医学与防护杂志,2007,27(4):387-389.

(收稿日期:2013-09-03)

(英文编辑:汪源;编辑:洪琪;校对:郑轻舟)

(上接第 399 页)

- occupational exposure in a PET/CT facility[J].Radiat Prot Dosimetry, 2011,147(1-2):247-249.
- [4] International Atomic Energy Agency. Radiation protection in newer medical imaging techniques: PET/CT[M].Vienna: International Atomic Energy Agency, 2008.
- [5] MADSEN MT, ANDERSON JA, HALAMA JR, et al. AAPM Task Group 108: PET and PET/CT shielding requirements[J].Med Phys, 2006,33(1):4-15.

- [6] ELACHOT M, De WIT TC, De JONG HW. The influence of self-absorption on PET and PET/CT shielding requirements[J].Med Phys, 2010,37(6):2999-3007.
- [7] ARCHER BR, THORNBYS JI, BUSHONG SC. Diagnostic X-ray shielding design based on an empirical model of photon attenuation[J].Health Phys, 1983,44(5):507-517.

(收稿日期:2013-10-24)

(英文编辑:汪源;编辑:张晶;校对:洪琪)

【精彩预告】

上海市某区饮用水中三卤甲烷和卤乙酸含量分析及其健康风险评价

郝莉鹏,孙乔,刘晓琳,陆娟,詹铭,于娟,黄云彪

为了解上海饮用水中消毒副产物三卤甲烷和卤乙酸含量及其对人群潜在的健康风险,研究人员选取上海某区 5 家水厂出厂水,于 2012 年的 3、5 和 6 月份,2013 年的 3、5 和 8 月份以及 2014 年的 2 月份采集水样共 28 份,分别检测三卤甲烷和卤乙酸含量,结合风险评价模型对人群通过饮水途径暴露于三卤甲烷和卤乙酸进行健康风险评价。结果显示,出厂水消毒副产物检出浓度最高者为 D 水厂丰水期的氯仿($15.0\mu\text{g/L}$);最低者为 B 水厂枯水期的二氯乙酸(未检出);5 家水厂中氯仿浓度丰水期>枯水期,二溴一氯甲烷和溴仿浓度丰水期<枯水期;5 家水厂二氯乙酸和三氯乙酸浓度范围分别为未检出~ $5.00\mu\text{g/L}$ 和 $0.55\sim 8.25\mu\text{g/L}$,其中三氯乙酸浓度在丰水期略高于枯水期而二氯乙酸含量变化不大。经口致癌风险中二溴一氯甲烷居首位(最高为 2.90×10^{-5}),最低为氯仿(5.30×10^{-7})。除丰水期溴仿(风险范围 $5.30\times 10^{-7}\sim 1.10\times 10^{-6}$),五水厂两时期的二溴一氯甲烷、一溴二氯甲烷、二氯乙酸和三氯乙酸致癌风险范围在 $2.00\times 10^{-6}\sim 2.90\times 10^{-5}$,高于美国环境保护署给出的可接受最低致癌风险(10^{-6})。非致癌风险氯仿最高,其次为枯水期的二氯乙酸。经口致癌和非致癌风险均表现为时期和性别差异:枯水期>丰水期(5 家水厂氯仿和 B 水厂二氯乙酸和三氯乙酸的非致癌风险表现丰水期>枯水期),女性>男性。由此认为 5 家水厂饮用水中二溴一氯甲烷和一溴二氯甲烷的致癌风险最高,氯仿和二氯乙酸非致癌风险最高,且枯水期大于丰水期,在改善饮用水加工工艺时应重视长期暴露于饮用水中消毒副产物引起的潜在健康风险,并针对枯水期和丰水期的差异进行工艺调整,降低水中消毒副产物对人群的健康危害。

此文将于近期刊出,敬请关注!