中华放射医学与防护杂志
Chinese Journal of Radiological Medicine and Protection



2018年IAEA亚太地区外照射个人剂量监测比对结果分析

卫晓峰， 侯雪莉， 曹勤剑， 于轶凡， 赵原， 赵青， 刘立业

引用本文:
卫晓峰, 侯雪莉, 曹勤剑, 等. 2018年IAEA亚太地区外照射个人剂量监测比对结果分析[J]. 中华放射医学与防护杂志, 2020, 40(12): 956-961.

在线阅读 View online: https://doi.org/10.3760/cma.j.issn.0254-5098.2020.12.011

您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

2017年全国外照射个人剂量监测能力考核不确定度评定分析

An analysis of uncertainty assessment of external individual dose monitoring in 2017 in China

中华放射医学与防护杂志. 2018, 38(9): 700-704 https://doi.org/10.3760/cma.j.issn.0254-5098.2018.09.012

2017年全国外照射个人剂量监测能力考核结果与分析

Comparison and analysis of intercomparison results of national external irradiation individual dose monitoring in 2017

中华放射医学与防护杂志. 2018, 38(9): 696-699 https://doi.org/10.3760/cma.j.issn.0254-5098.2018.09.011

CTLD-J4000型能量鉴别式个人剂量计的剂量学实验研究

Experimental study of dosimetry for CTLD-J4000 energy differential type personal dosimeter

中华放射医学与防护杂志. 2018, 38(5): 374-378 https://doi.org/10.3760/cma.j.issn.0254-5098.2018.05.010

2016年全国外照射个人剂量监测能力考核结果与分析

Comparison and analysis of the intercomparison results of nationwide external exposure personal dose monitoring in 2016

中华放射医学与防护杂志. 2017, 37(5): 381-383 https://doi.org/10.3760/cma.j.issn.0254-5098.2017.05.012

2012-2014年河南省油田测井放射工作人员个人剂量结果分析

中华放射医学与防护杂志. 2015, 35(11): 864-866 https://doi.org/10.3760/cma.j.issn.0254-5098.2015.11.016

· 辐射剂量 ·

2018 年 IAEA 亚太地区外照射个人剂量监测比对结果分析

卫晓峰 侯雪莉 曹勤剑 于轶凡 赵原 赵青 刘立业
中国辐射防护研究院保健物理所，太原 030006
通信作者：刘立业，Email：liuliye@cirp.org.cn

【摘要】 **目的** 了解亚太地区外照射个人剂量监测水平，分析监测工作中存在的问题，提高个人剂量监测能力、完善质量管理体系。**方法** 阐述国际原子能机构（IAEA）亚太地区外照射个人剂量监测比对方法，对于各照射组分别从相对误差、负相对误差比例、变异系数和固有误差 4 个方面分析了比对结果，对于总体结果从各照射情景及各参与者响应值 R 的分布情况进行分析，结合标准、技术导则对存在的问题及改进建议进行讨论。**结果** 共有 22 个国家的 30 个个人剂量监测机构参加了本次比对。所有测量结果的响应值 R 在 0.67~1.50 范围内，平均值为 0.96±0.16（1σ）；4 个照射组测量值的整体相对误差分别 15.5%、16.4%、19.1%和 16.6%；各照射组 R 的中位数与平均值相近且均接近于 1.0，整体上 R 的分布偏向于 1.0 以下；24 家参与者响应分布偏向 1.0 以下的有 15 家，占总数的 62.5%。**结论** 所有参加机构均达到了本次比对要求，但在剂量系统校准、质量控制及不确定度分析方面存在一定问题。建议可通过加强量值溯源和检定校准的多样性、了解现场使用场景和优化剂量计性能、系统科学评估不确定度来提高个人剂量监测机构外照射剂量监测能力和质量管理水平。

【关键词】 外照射剂量； 个人剂量监测； 剂量计； 比对
DOI：10.3760/cma.j.issn.0254-5098.2020.12.011

Analysis of IAEA individual monitoring intercomparison for external radiation exposure in Asia and the Pacific region in 2018

Wei Xiaofeng, Hou Xueli, Cao Qinjian, Yu Yifan, Zhao Yuan, Zhao Qing, Liu Liye
Department of Health Physics, China Institute for Radiation Protection, Taiyuan 030006, China
Corresponding author: Liu Liye, Email: liuliye@cirp.org.cn

【**Abstract**】 **Objective** To acertain the monitoring level for individual external radiation exposure in the Asia-Pacific region, analyze the problems existing in individual monitoring, raise the capability of individual monitoring, and improve the quality management system. **Methods** The inter-comparison result were analyzed for each of exposure scenarios in terms of relative error, negative relative error ratio, coefficient of variation, and intrinsic error. The overall result were analyzed with respect to the distribution of R for each exposure scenario and each participant. As a result , discussions were made of the problems and advises by referency to the relevant standards and technical guidelines. **Results** Totally 30 individual monitoring services from 21 countries participated in this regional intercomparison. The response R of all measurement result is in the range of 0.67−1.50, with an average value of 0.96±0.16 (1σ). The relative errors of the overall measurement values for four exposure scenarios were 15.5%, 16.4%, 19.1%, and 16.6% respectively. The median of R for each exposure scenario is close to the average, up to 1.0. There are 15 participants with a response distribution bias of less than 1.0, accounting for 62.5% of the total. **Conclusions** All the participants provided results that were within the acceptable limits. However, there are some problems in the calibration, quality control and uncertainty analysis. Capability of individual monitoring and quality management should be further improved through a combination of strengthening the traceability of the value and the diversity of verification and calibration, being aware of exposure scenarios and optimizing performance of dosimeter, and evaluating uncertainty scientifically.

【**Key words**】 External exposure dose; Individual dose monitoring; Dosimeter; Intercomparison
DOI：10.3760/cma.j.issn.0254-5098.2020.12.011

2016 年，国际原子能机构（IAEA）启动了针对亚太地区的技术合作项目 RAS/9/80，旨在新基本安全标准下进一步提高本地区各国的职业照射辐射防护能力。在此项目框架下，IAEA 在 2018 年发起组织了针对亚太地区的外照射个人剂量监测比对活动，主要目的在于评估个人剂量监测机构的外照射剂量监测能力，同时帮助各机构进一步提升测量的准确性和服务水平，改善实验室的质量管理体系。共有包括日本、澳大利亚、新加坡、马来西亚、中国等 22 个国家的 30 家个人剂量监测机构参加，基本都是国家级的监管部门或研究机构。使用了包括热释光剂量计（TLD）、光致发光剂量计（OSL）、胶片剂量计及电荷存储剂量计在内的 4 种类型的个人剂量计。本研究对此次国际比对数据结果进行统计与分析，了解亚太地区外照射个人剂量监测水平，发现个人剂量监测中存在的问题，为进一步提高我国外照射个人剂量监测能力提供参考与建议。

材料与方法

1. 照射方式：在澳大利亚初级标准电离辐射实验室对所有剂量计进行照射。参考量为个人剂量当量 H_p（10）。每个参与者提供 5 组每组 5 个共 25 个剂量计，4 组为比对照射组，另外 1 组为本底组，用于扣除环境本底和运输本底。4 个照射组的受照剂量、射线能量和照射角度有所区别，同时这也是本次比对的鉴别项。具体照射信息如表 1 所示。^{137}Cs 组剂量计在尺寸为 30 cm×30 cm×15 cm 的实心 PMMA 材质平板模型上进行照射，X 射线组在 30 cm×30 cm×15 cm 的水模体上进行照射，按照国际辐射单位和测量委员会（ICRU）47 号报告和国际标准化组织 ISO 4037-3 标准所规定的照射方法进行照射[1-2]。

表 1 本次比对的 4 种照射情况

Table 1 Basic information on exposure scenarios

序号	射线类型	参考辐射	照射角度	H_p（10）（mSv）	相对扩展不确定度（%，k=2）
1	γ	^{137}Cs	0°	3.18	6
2	γ	^{137}Cs	20°	3.21	6
3	X	70 kVp+4 mm Al	0°	5.44	6
4	X	70 kVp+4 mm Al	20°	5.34	6

2. 判断标准：本次比对的判断标准为测量值是否处于可接受准确度范围之内。参考 IAEA Safety Standards No. GSG-7[3] 和国际放射防护委员会（ICRP）35 号出版物[4]，可接受准确度区间上限 D_{UL} 和下限 D_{LL} 分别如式（1）和式（2）所示。

$$D_{UL} = 1.5H_1\left(1 + \frac{H_0}{2H_0 + H_1}\right) \quad (1)$$

$$D_{LL} = \frac{H_1}{1.5}\left(1 - \frac{2H_0}{H_0 + H_1}\right) \quad (2)$$

式中，H_1 为照射参考剂量，mSv；H_0 为需要测量的最小剂量，mSv。在实际情况下，H_0 通常为记录水平，如式（3）所示。

$$H_0 = L\left(\frac{T}{12}\right) \quad (3)$$

式中，L 为 1 mSv 或者为 10%的年剂量限值，mSv。本比对中 L 取 1 mSv，监测周期 T 为 1 个月，因此，H_0 为 0.08 mSv。结合表 1，可计算出 4 个照射情况下的判断标准。

3. 统计学处理：采用 SPSS 20.0 软件进行统计处理。测量值以 $\bar{x} \pm s$ 表示，以百分比形式对相对误差、占比、变异系数等指标进行描述。组内数据符合正态分布，采用单一样本 t 检验对各参与者测量结果是否存在固有误差进行分析。$P<0.05$ 为差异有统计学意义。

结　果

1. ^{137}Cs 平行束 0°入射结果：最终有 24 家参与者报送了测量结果。表 2 显示了各参与者的比对结果。从表 2 中可以看出，所有参与者的剂量测量值均在可接受准确度区间之内；与参考值相对误差的绝对值为 0.1%～28.2%；相对误差为负的有 12 家，占报送结果参与者一半的比例，且负相对误差整体偏大，最大达到了-27.8%；为消除负相对误差的影响，说明同一照射条件下的整组（将所有参与比对者作为一个整体）水平，引入整体相对误差 θ_T（式 4），本照射组的整体相对误差为 15.5%；组内各家剂量计的变异系数为 0.1%～14.0%；测量结果存在固有误差的共有 17 家，占比 70.8%。

$$\theta_T = \sqrt[2]{\left(\sum_{n=1}^{24}\theta_n\right)/24} \quad (4)$$

式中，参与者相对误差 θ_n 为每个参与者的相对误差，共有 24 个报送数据的参与者。

2. ^{137}Cs 平行束 20°入射结果：所有参与者的剂量测量值均在可接受准确度区间之内；与参考值相对误差的绝对值为 0.4%～30.6%，整体相对误差 θ_T 为 16.4%；相对误差为负的有 15 家，负相

对误差最大值为-30.6%；组内剂量计的变异系数在 0.1%～11.6%之间；测量结果存在固有误差的共有 19 家，占总报送参与者比例为 79.2%（表 2）。

表 2 ^{137}Cs 比对结果统计

Table 2 Summary of ^{137}Cs intercomparison results

参与者	0°（n=5）				20°（n=5）			
	测量值（mSv）	相对误差（%）	变异系数（%）	固有误差	测量值（mSv）	相对误差（%）	变异系数（%）	固有误差
1	3.70±0.15[a]	16.2	4.1	√	3.60±0.08[a]	12.0	2.1	√
2	3.19±0.05	0.3	1.5	×	3.20±0.04	-0.4	1.2	×
3	3.25±0.13	2.2	4.0	×	2.92±0.18[a]	-9.2	6.0	√
4	2.78±0.16[a]	-12.6	5.9	√	2.78±0.11[a]	-13.4	3.9	√
5	3.54±0.05[a]	11.3	1.5	√	3.48±0.04[a]	8.4	1.3	√
6	3.03±0.06[a]	-4.7	2.0	√	2.99±0.14[a]	-7.0	4.7	√
7	2.80±0.07[a]	-11.9	2.5	√	2.82±0.04[a]	-12.1	1.6	√
8	2.39±0.12[a]	-24.8	4.8	√	2.32±0.01[a]	-27.8	0.6	√
9	3.25±0.17	2.3	5.2	×	3.25±0.17	1.2	5.1	×
10	3.21±0.07	0.9	2.2	×	3.30±0.12	2.8	3.8	×
11	4.08±0.01[a]	28.2	0.1	√	4.08±0.01[a]	27.2	0.1	√
12	3.43±0.08[a]	8.0	2.4	√	3.56±0.16[a]	10.9	4.5	√
13	2.52±0.14	-20.6	5.5	√	2.52±0.26[a]	-21.6	10.2	√
14	3.12±0.11	-1.8	3.4	×	3.09±0.10	-3.9	3.3	×
15	2.30±0.32[a]	-27.8	14.0	√	2.23±0.09[a]	-30.6	4.1	√
16	2.44±0.09[a]	-23.3	3.7	√	2.42±0.08[a]	-24.6	3.5	√
17	3.60±0.05[a]	13.3	1.4	√	3.61±0.05[a]	12.5	1.5	√
19	3.18±0.03	0.1	1.1	×	3.19±0.02[a]	-0.7	0.6	√
20	2.49±0.09[a]	-21.8	3.6	√	2.47±0.29[a]	-23.2	11.6	√
21	3.28±0.10	3.3	3.0	×	3.45±0.06[a]	7.4	1.8	√
22	2.82±0.26[a]	-11.3	9.3	√	2.72±0.18[a]	-15.3	6.4	√
23	3.43±0.10[a]	7.8	3.0	√	3.40±0.17	5.9	5.1	×
28	2.35±0.08[a]	-26.0	3.5	√	2.30±0.03[a]	-28.3	1.3	√
29	2.65±0.03[a]	-16.7	1.1	√	2.69±0.02[a]	-16.3	0.6	√

注：[a]t=0～0.99，P<0.05，为有固有误差。√代表存在固有误差，×代表不存在固有误差

表 3 X 射线比对结果统计

Table 3 Summary of X-ray intercomparison results

参与者	0°（n=5）				20°（n=5）			
	测量值（mSv）	相对误差（%）	变异系数（%）	固有误差	测量值（mSv）	相对误差（%）	变异系数（%）	固有误差
1	4.86±0.08[a]	-10.6	1.7	√	4.78±0.12[a]	-10.4	2.6	√
2	5.01±0.17[a]	-7.9	3.3	√	5.13±0.13[a]	-3.9	2.6	√
3	5.09±0.26[a]	-6.5	5.2	√	4.86±0.33[a]	-9.0	6.8	√
4	5.94±0.19[a]	9.2	3.3	√	5.80±0.12[a]	8.6	2.1	√
5	4.16±0.13[a]	-23.5	3.2	√	4.12±0.13[a]	-22.8	3.2	√
6	6.50±0.14[a]	19.4	2.2	√	6.36±0.13[a]	19.2	2.0	√
7	6.72±0.19[a]	23.5	2.9	√	6.66±0.11[a]	24.7	1.7	√
8	3.64±0.09[a]	-33.2	2.6	√	3.74±0.13[a]	-29.9	3.5	√
9	4.73±0.65	-13.1	13.8	×	4.42±0.09[a]	-17.2	2.1	√
10	4.86±0.05[a]	-10.7	1.0	√	4.69±0.14[a]	-12.1	3.0	√
11	5.37±0.11	-1.3	2.0	×	5.42±0.10	1.4	1.9	×
12	8.15±0.72[a]	49.8	8.9	√	5.86±0.13[a]	9.7	2.2	√
13	5.44±0.35[a]	0.0	6.4	√	5.49±0.34	2.8	6.2	×
14	4.57±0.18[a]	-16.0	3.9	√	4.63±0.15[a]	-13.4	3.3	√
15	4.65±0.33[a]	-14.5	7.2	√	4.76±0.30[a]	-10.8	6.3	√
16	5.08±0.19[a]	-6.6	3.8	√	5.02±0.16[a]	-6.0	3.3	√
17	3.77±0.10[a]	-30.7	2.7	√	3.69±0.12[a]	-31.0	3.2	√
19	6.77±0.07[a]	24.5	1.1	√	6.71±0.07[a]	25.6	1.1	√
20	5.23±0.41	-3.9	7.9	×	5.10±0.28	-4.5	5.4	×
21	4.64±0.14[a]	-14.8	3.0	√	4.73±0.36[a]	-11.4	7.7	√
22	6.26±0.57[a]	15.1	9.1	√	6.83±0.82[a]	28.0	12.0	√
23	5.58±0.14	2.5	2.4	×	5.70±0.23[a]	6.8	4.0	√
28	4.88±0.11[a]	-10.2	2.3	√	4.89±0.09[a]	-8.5	1.8	√
29	4.29±0.09[a]	-21.2	2.2	√	4.30±0.11[a]	-19.4	2.6	√

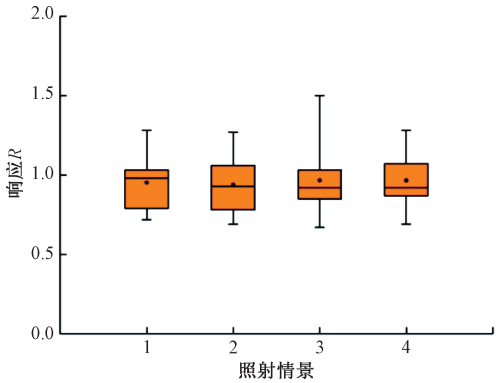
注：[a]t=0～0.99，P<0.05，为有固有误差。√代表存在固有误差，×代表不存在固有误差

3. X 射线 0°入射比对结果：所有参与者的剂量测量值均在可接受准确度区间之内；与参考值相对误差的绝对值为 0～49.8%，整体相对误差 θ_T 为 19.1%；相对误差为负的有 16 家，占报送结果参与者的 2/3，负相对误差最大值为－33.2%；组内剂量计的变异系数为 1.0%～13.8%；测量结果存在固有误差的共有 20 家，占总报送参与者比例为 83.3%。注意到 12 号参与者测量值与照射剂量的相对误差达到了 49.8%，而其他照射情景下的相对误差在 10%左右，推测在本次测量中出现了粗大误差。详见表 3。

4. X 射线 20°入射比对结果：24 家参与者的测量值均在可接受准确度范围之内；与参考值相对误差的绝对值为 1.4%～31.0%，整体相对误差 θ_T 为 16.6%；相对误差为负的有 15 家，负相对误差最大值为－31.0%；组内剂量计的变异系数为 1.1%～12.0%；测量结果存在固有误差的共有 21 家，占比 87.5%。详见表 3。

5. 整体结果：图 1 用箱型图描绘了各照射情景下响应值 R（测量值与参考值的比值）的分布情况，横框线从下到上分别代表最小值、25%分位数、中位数、75%分位数及最大值，“＊”代表平均值。结果表明所有 R 的平均值为 0.96±0.16（1σ）；各照射情景下 R 的分布较为接近，分布在 0.69～1.28 之间，70 kVp+4 mm Al 0°最大值稍有高出；各组中位数与平均值相近且均接近于 1，但整体上 R 的分布偏向 1.0 以下；各照射情景下 R 离散程度较小。

图 2 用箱型图描绘了各参与者响应 R 的分布情况，横框线分别代表各照射情景下的响应值 R，圆点代表平均值。从图中能更为直观的看出各参与者响应 R 的分散程度与偏向。24 家参与者响应 R 的标准差≤0.1、0.1～0.2 和>0.2 的分别有 9、11 和 4 家，分布偏向 1.0 以下的有 15 家，占总数的 62.5%。



注：1. ^{137}Cs，0°；2. ^{137}Cs，20°；3. 70 kVp+4 mm Al，0°；4. 70 kVp+4 mm Al，20°

图 1　每种照射情景下响应值 R 的箱型图

Figure 1　Box plot of distribution of R values for each exposure scenario

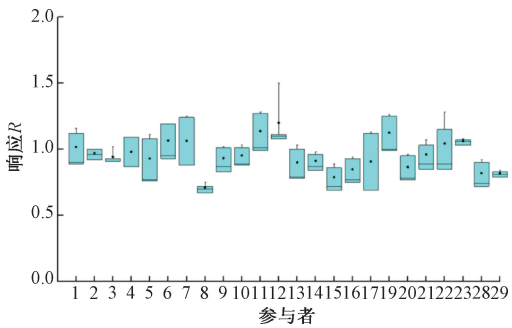


图 2　各参与者响应 R 的箱型图

Figure 2　Box plot of distribution of R values for each participant

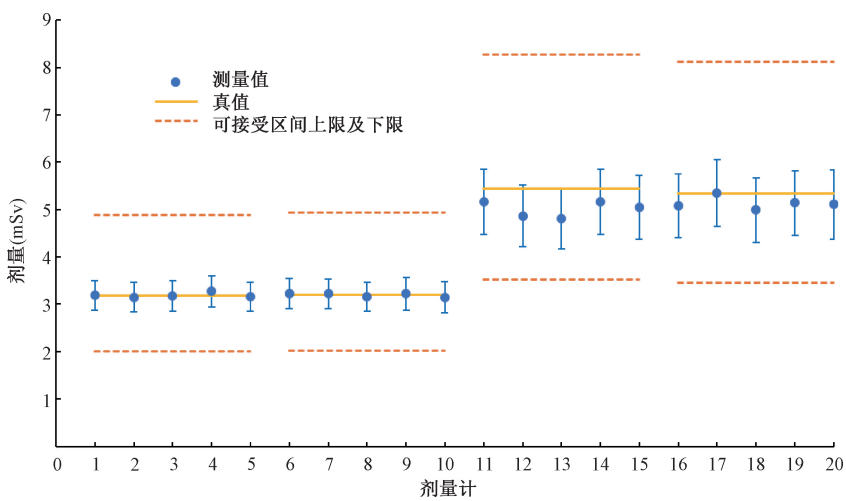


图 3　中国辐射防护研究院比对结果

Figure 3　The intercomparison results from China Institute for Radiation Protection

6. 中国辐射防护研究院（中辐院）比对结果：图 3 显示了中国辐射防护研究院的比对结果。4 个照射组剂量测量值与真实值的相对误差分别为 0.3%、−0.4%、−7.9%和−3.9%，均在可接受区间之内，达到了本次比对要求。参考 GBZ 207-2016《外照射个人剂量系统性能检验规范》[6]计算了整体偏离 B 和偏离标准差 S 分别为−3.0%和 0.037 6，满足 GBZ 207-2016 中对于个人剂量系统综合检验的要求。

讨　论

比对是提高剂量监测水平、完善质量管理体系的重要手段。在国际上，定期参加比对活动也是某些监管机构授权个人剂量监测技术服务机构资质的一项基本要求[3,7]。IAEA、欧洲剂量学组、中国疾病预防控制中心辐射防护与核安全医学所、中国核工业集团等均多次开展了个人剂量监测比对活动。通过比对，有助于发现个人剂量监测过程中设备、人员、流程、管理等方面的问题，补齐相应短板，最终达到提高个人剂量监测能力的目的。

本次 IAEA 亚太地区外照射个人剂量监测比对，主要对外照射剂量测量系统的线性响应、能量响应和角度响应 3 个方面进行了考察。从比对结果上看，所有参加机构均达到了比对要求。响应 R 不 0.67~1.50，平均值为 0.96±0.16（1σ）。4 个照射条件下 R 的分布较为接近。有 62.5%的参与者响应 R 分布偏向 1.0 之下，表明存在低估受照剂量的情况。需要特别注意 R 的分布呈现偏态尤其是整体全部在 1.0 一侧的情况，说明测量存在一定的固有误差。有 6 家参与者出现 3 次以上剂量计的变异系数超过 5%的情况，说明在剂量计质量控制方面有待改进。另外通过单一样本 t 检验的方式证实了超过 7 成参与者的测量结果存在固有误差，X 射线组存在固有误差的比例超过^{137}Cs 组。各参与者^{137}Cs 平行束 0°入射和 20°入射两组的相对误差及剂量计一致性结果较为接近，主要是由于^{137}Cs 能量较高，0°和 20°入射对结果的影响较小。

X 射线 0°和 20°入射两组的相对误差及剂量计一致性结果同样较为接近，但 X 射线组的相对误差与^{137}Cs 组结果相比有变大的趋势。究其原因，一方面是由于本次照射使用的 X 射线较为特殊，平均能量约 34 keV，并非国际标准化组织（ISO）或国标中推荐的参考辐射场，此射束的平均能量、谱形、分辨率等不同于推荐的参考辐射场，与各参与者校准时的参考辐射场不同，因此造成在校准上存在一定的固有误差；另一方面是由于在此能量附近正好是剂量计能响曲线的拐点[9,13]，剂量计响应受射线能量的影响较为明显。

我国目前有约 60 万放射工作人员，主要从事医疗、核燃料循环、工业及其他行业。外照射剂量监测是获取个人职业照射剂量、评价外照射风险、优化辐射防护的重要手段。结合本次比对出现的问题和我国现状，为进一步做好外照射个人剂量监测工作，建议持续不断地做好以下 3 个方面的工作。①刻度问题。刻度是将剂量计读数转化为最终受照剂量的关键因素。本次比对反映出刻度方面的两个问题。首先是量值的可追溯性，大部分参与者的量值可溯源到初级或次级标准电离辐射实验室，而有 3 个参与者的量值可追溯性存在问题[5]。其次是辐射束的选择，大多数参与者只使用了强贯穿辐射进行校准，而只有少部分参与者在强弱贯穿辐射场中均进行了校准。建议在实际工作中使用多种辐射束对剂量计进行测试，通过相对响应对剂量计结果进行校正。②测量不确定度。测量不确定度的评估是量化测量准确性的基础。可以使用统计分析法评定 A 类评定不确定度，如剂量元件灵敏度、读出器本底、读出器光收集稳定性等；而 B 类评定不确定度是利用非统计分析方法确定的，是基于经验或其他信息的科学判断，如剂量计能量和角度依赖性、响应的非线性、信号衰退、光照影响等。③剂量计的能量响应和角度响应。剂量元件性能、剂量计结构形状、外壳材料组织等效性等因素是引起剂量计能响和角响变化的主要因素。建议在实际工作中需要注意两个问题，首先是剂量计的能响和角响性能是否满足标准要求，其次是要了解剂量计现场使用环境，如能量、能谱、方向、位置、防护等，根据现场使用环境对个人剂量结果进行评价与修正，这对于受照风险高、作业辐射环境复杂的人群尤为重要。

利益冲突　无

作者贡献声明　卫晓峰、侯雪莉、曹勤剑负责论文设计、数据整理分析、论文撰写和修改；于轶凡、赵原、赵青负责数据处理、资料分析；刘立业负责论文选题与审阅

参　考　文　献

[1] International Commission on Radiation Units and Measurements. ICRU report 47. Measurement of dose equivalents from external

photon and electron radiations [R]. Maryland: ICRU, 1992.

[2] International Organization for Standardization. ISO 4037-3 X and gamma reference radiation for calibrating dosemeters and doserate meters and for determining their response as a function of photon energy—part 3: calibration of area and personal dosemeters and the measurement of their response as a function of energy and angle of incidence [S]. Switzerland: ISO, 1999.

[3] International Atomic Energy Agency, International Labour Office. IAEA safety standards series No. GSG-7. Occupational radiation protection [R]. Vienna: IAEA, 2018.

[4] International Commission on Radiological Protection. ICRP publication 35. General principles of monitoring for radiation protection of workers [R]. Oxford: Pergamon Press, 1982.

[5] International Atomic Energy Agency. Joint IAEA/ARPANSA regional intercomparison exercise on individual monitoring for external exposure 2018 [R]. Vienna: IAEA, 2019.

[6] 国家卫生和计划生育委员会. GBZ 207-2016 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, 2016.
National Health and Family Planning Commission of PRC. GBZ 207-2016 Testing criteria of personnel dosimetry performance for external exposure [S]. Beijing: People's Medical Publishing House, 2016.

[7] International Atomic Energy Agency, European Commission, Food and Agriculture Organization of the United Nations, et al. IAEA safety standards series No. GSR part 3. Radiation protection and safety of radiation sources: International basic safety standards [R]. Vienna: IAEA, 2014.

[8] Deutsches Institut für Normung e. V. DIN 6809-5 Klinische dosimetrie - teil 5: anwendung von röntgenstrahlen mit röhrenspannungen von 100 bis 400 kV in der strahlentherapie [S]. Berlin: Deutsches Institut für Normung e. V, 1996.

[9] Gad Shani. Radiation dosimetry [M]. Washington, DC: CRC Press, 2000.

[10] 孙全富, 牛昊巍, 李小娟. 我国放射工作人员职业健康管理的几个问题[J]. 中华放射医学与防护杂志, 2014, 34 (3): 161-163. DOI: 10.3760/cma. j. issn. 0254-5098.2014.03.001.
Sun QF, Niu HW, Li XJ. Several issues on occupational health management of radiation workers in China [J]. Chin J Radiol Med Prot, 2014, 34 (3): 161-163. DOI: 10.3760/cma. j. issn. 0254-5098.2014.03.001.

[11] 李小亮, 孙全富. 我国放射工作人员职业健康管理现状与问题[J]. 职业卫生与病伤, 2019, 34 (6): 327-330.
Li XL, Sun QF. Occupational health management status and problems in radiation workers in China [J]. Occupat Health Damage, 2019, 34 (6): 327-330.

[12] 国家卫生健康委员会. GBZ 128-2019 职业性外照射个人监测规范 [S]. 北京: 人民卫生出版社, 2019.
National Health Commission of the People's Republic of China. GBZ 128-2019 Specifications for individual monitoring of occupational external exposure [S]. Beijing: People's Medical Publishing House (PMPH), 2019.

[13] Nunn AA, Davis SD, Micka JA, et al. LiF: Mg, Ti TLD response as a function of photon energy for moderately filtered X-ray spectra in the range of 20 - 250 kVp relative to Co-60 [J]. Med Phys, 2008, 35 (5): 1859-1860. DOI: 10.1118/1.2898137.

[14] 国家质量监督检验检疫总局. JJF 1001-2011 通用计量术语及定义 [S]. 北京: 中国质检出版社, 2012.
General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine of the People's Republic of China. JJF 1001-2011 General terms in metrology and their definitions [S]. Beijing: China Quality and Standards Publishing and Media Co. Ltd., 2012.

(收稿日期: 2020-05-07)

· 读者 · 作者 · 编者 ·

本刊开设“在国外发表的 SCI 论文介绍”栏目

近年来许多报道国内优秀科研成果的论文首先投向国外, 特别是被美国科学引文索引 (SCI) 收录的高水平国际期刊上, 虽然有助于促进国际间的学术交流, 让世界更好地了解中国, 但所导致的直接后果是中国科学家的许多优秀科研成果不能为本国的同行首先获悉, 也使国内的科技期刊在学术水平和国际化方面陷入极大的困境。

为了将这些高质量、有影响的论文介绍给国内的广大读者, 《中华放射医学与防护杂志》已开设“在国外发表的 SCI 论文介绍”栏目, 目的是使国内更多的读者共享我国的科研成果和了解相关学科的进展。

具体要求: 国内作者在国外 SCI 期刊中已经发表的优秀论文, 其主要作者可撰写 1 000 字左右的大摘要, 用第三人称介绍研究背景、主要方法和结果, 说明参加人员情况, 最后给出首次发表的文献处 (包括刊名、年、卷、页), 所载期刊的影响因子。

(本刊编辑部)