

2018 年全国外照射个人剂量监测能力考核结果与分析

陈飞^{1,2}, 郭文², 胡爱英², 丁艳秋², 张璇², 王晨², 佟林全¹

1. 国家卫生健康委职业安全卫生研究中心, 北京 102308; 2. 中国疾病预防控制中心辐射防护与核安全医学所

摘要: **目的** 为了维护广大放射工作人员身体健康, 提高全国个人剂量监测水平和能力。 **方法** 根据考核方案, 组织 2018 年全国个人剂量检测单位进行考核, 通过分析考核结果, 发现并解决技术服务机构个人剂量监测工作存在的问题。 **结果** 参加本次个人剂量能力考核的放射卫生服务机构为 345 家, 其中优秀单位 90 家, 优秀率为 26.1%, 合格单位(含优秀)322 家, 合格率 93.3%; 不合格单位 23 家, 不合格率为 6.7%。 **结论** 通过多年组织考核, 全国个人剂量监测能力持续保持在较高水平。大多数参加考核的单位都能够按照考核方案较好的完成监测能力的考核工作。小部分单位的考核结果与参考值偏离较大, 检测报告书写不够规范。不合格单位需要在检测中定期做好质量控制, 加强工作人员的培训, 进一步提高监测工作的规范性和测量结果的准确度。

关键词: 个人剂量监测; 能力考核; 质量控制; 外照射

中图分类号: X591 文献标识码: A 文章编号: 1004-714X(2020)02-0178-04

Result discussion of the nationwide ability assessment for personal external exposure dose monitoring in 2018

CHEN Fei^{1,2}, GUO Wen², HU Aiyang², DING Yanqiu², ZHANG Xuan², WANG Chen², TONG Linquan¹

1. National Center for Occupational Safety and Health, NHC, Beijing 102308 China;

2. National Institute for Radiological Protection, China CDC

Abstract: **Objective** To ensure the health and safety of radiation exposure workers and improve personal dose monitoring capability of the national radiological health service institutions. **Methods** The assessment plan was formulated and conducted. The assessment results were analyzed, in order to find out and solve the problems existing in the personal dose monitoring of service institutions. **Results** There were 345 effective institutions participating in this personal dose ability assessment, of which 322 were qualified (including excellent ones), so the passing rate was 93.3%. There were 90 excellent institutions, and the excellent rate was 26.1%; There were 23 unqualified institutions, and the unqualified rate was 6.7%. **Conclusion** Through years of assessment, the national personal dose monitoring capability has remained at a high level. Most of the institutions participating in the assessment were able to complete the assessment of monitoring competence in accordance with the assessment plan. A small number of participating institutions' assessment results deviated greatly from the reference values. Some test reports were not standardized. It is necessary for these institutions to do quality control in the work, strengthen the training of staff, and further improve the standardization of monitoring work and the accuracy of measurement results.

Key words: Personal Dose Monitoring; Ability Assessment; Quality Control; External Exposure

Corresponding author: TONG Linquan, E-mail: tlqzyzx@163.com

外照射个人剂量监测是放射工作人员职业健康监护的一项重要内容, 也是诊断职业放射性疾病、维护放射工作人员身体健康的重要技术手段。近年来, 医疗、工业等放射性工作场所个人剂量监测受到越来越多的关注^[1-7]。为了贯彻《放射工作人员职业健康管理方法》, 提高全国个人剂量监测与健康监护管理水平, 国家卫生健康委多年来一直委托中国疾病预防控制中心辐射防护与核安全医学所组织开展全国外照

射个人剂量监测能力考核工作。组织考核不仅能够规范全国放射工作人员职业性外照射个人剂量监测, 还可以提高放射卫生技术服务机构个人剂量监测能力和水平。2018 年报名参加考核的监测机构共有 345 家, 包括各级疾病预防控制中心、职业病防治院(所)、科研院所、医疗机构、大专院校、核工业、军队及民营技术机构等。本文对 2018 年考核过程中发现的问题进行分析并对考核结果进行讨论。

作者简介: 陈飞 (1983—), 男, 安徽太和人, 副研究员, 从事放射卫生工作。E-mail: chenf_irm@126.com

通讯作者: 佟林全, E-mail: tlqzyzx@163.com

1 材料与方法

1.1 盲样准备 2018 年全国外照射个人剂量监测能力考核要求参加考核机构准备 7 组个人剂量计, 每组剂量计为 3 个, 并在剂量计上清楚标明单位名称和样品组号。样品组号统一按照“X-Y”标记, X 代表组号, 用 1~7 标记, Y 代表组内剂量计编号, 用 A、B、C 标记, 例如“3-B”代表第 3 组 B 剂量计。组织机构要求参加考核单位分 3 个批次提交盲样, 并为各单位分配考核代码。

1.2 盲样照射 2018 年度全国个人剂量监测能力考核依据《外照射个人剂量系统性能检测规范》(GBZ 207—2016)^[8], 照射类型为 II 类, 即 X 和 γ 射线。选择考核的目标量为个人剂量当量 $H_p(10)$ 。依据《外照射个人剂量系统性能检测规范》(GBZ 207—2016)第 5 条规定, 考核剂量计在 ISO-4037 标准推荐的平板注水标准体模上照射, 该体模由 PMMA 材料制成, 尺寸为 30 cm × 30 cm × 15 cm。考核剂量计中的 3 组在 ^{137}Cs 辐射场中照射, 2 组使用 100 kV 的 X 射线(平均能量 83 keV)照射。3 个批次盲样按照 6 个方案照射。

1.3 结果判定 组织机构在收到所有参加考核单位的结果报告后, 参照《外照射个人剂量系统性能检测规范》(GBZ 207—2016)对参加考核单位所提高的考核报告进行判定, 具体判定方法如下:

1.3.1 单组性能检验 单组判定指标计算公式为:

$$P_i = [H_R(d)_i - H_P(d)_i] / H_P(d)_i \quad (1)$$

式中, P_i 为单组判定指标; $H_R(d)_i$ 为参加考核机构提交的第 i 组剂量计的个人剂量当量值, 单位 mSv; $H_P(d)_i$ 为第 i 组剂量计的个人剂量当量参考值, 单位 mSv。

当 $|P_i| \leq L$ 时, 则判定该类型的第 i 照射组的单组性能为合格; 如同一类型单组性能检验不合格的组数 ≥ 2 时, 则判定个人剂量系统对该类型的单组性能检验不合格。其中, L 为允许水平, L 的取值为 0.30。

1.3.2 综合性能检验 综合判定指标 B 的计算公式为:

$$B = \bar{P} = (1/5) \sum_{i=1}^5 P_i \quad (2)$$

综合标准偏差 S 计算公式为:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^5 (P_i - \bar{P})^2}{4}} \quad (3)$$

如满足下式时, 则判定个人剂量系统对该类型的综合性能检验为合格。

$$B^2 + S^2 \leq L^2 \quad (4)$$

式中, 允许水平 L 的取值为 0.30。

1.3.3 合格判定 单组性能检验和综合性能检验同时合格的个人剂量监测系统性能判定为合格。

1.3.4 不合格判定 单组性能和综合性能判定中, 只要有一种不合格则该个人剂量系统性能不合格。参加考核的机构收到已照射的盲样剂量计后, 未按考核进度要求提交结果报告且未提供相关证明文件, 视为不合格。

1.3.5 优秀判定 合格得 60 分, 同时满足 $|P_i| \leq L$ 和 $B^2 + S^2 \leq L^2$ (L 取 0.10) 两个条件得 70 分, 对检测报告评分(分值 10 分), 共 80 分方可参与优秀评比, 进行质量控制分值(Q 值)评定, Q 值评定分值为 20 分。Q 值评定 ≥ 15 , 即总分 ≥ 95 分的单位为优秀。Q 值评定主要考查溯源证明文件是否有效、原始记录是否完整、数据处理是否正确、不确定度评定是否准确等等, Q 值评定对数据溯源性、报告规范性、数据表达的合理性等等提出了更高的要求。未按进度提供考核报告的机构, 不能参加优秀评比。

1.4 质量控制 组织单位在盲样照射前对标准辐射场进行条件实验, 验证辐射场性能。盲样照射期间每批照射样品都使用跟随本底剂量计进行质量控制。

2 结果

2.1 综合能力考核结果 2018 年全国参加考核的 357 家检测机构中, 344 家提交了结果报告, 12 家未提交结果报告, 其中 11 家提供了中止证明文件, 1 个未知样品。评定结果为 322 家合格(含优秀), 23 家不合格。根据方案对具备评优条件的单位进行了评分, 评定结果是 90 个优秀。参加考核的单位中省级疾病预防控制中心和职业病防治院所共 28 家, 地市级疾病预防控制中心和职防院所共 123 家, 第三方检测服务公司共 120 家, 其他单位共 74 家, 分别占参加考核机构总数的 8.1%、35.7%、34.8%、21.4%。提交探测器信息的单位中, 绝大多数使用 LiF(Mg, Cu, P) 圆片探测器, 占总数的 98.5%, 仅有 2 家单位使用 $\text{Al}_2\text{O}_3\text{:C}$ 探测器, 占总数的 0.6%, 使用 $\text{Al}_2\text{O}_3\text{:C}$ 探测器的两家公司有 1 家考核不合格, 没有单位使用粉末探测器。未来很长一段时间, 使用 LiF(Mg, Cu, P) 圆片探测器的单位依然会占据主导, $\text{Al}_2\text{O}_3\text{:C}$ 探测器因为仪器和

探测元件本身成本偏高,使用率暂时不会有大幅度提高。在 23 家不合格单位中,仅有 5 家单组性能判定为满足标准要求,其余 17 家单组性能判定和综合性能判定均未满足标准要求,1 家未提供考核报告或中止申请。

表 1 提供了 2015—2018 年度全国外照射个人剂量监测能力考核结果。由表 1 可以看出,近四年参加全国外照射个人剂量监测能力考核的单位数量逐年增加,增长率分别为 18.3%、18.4% 和 21.9%。其中,2018 年增加的幅度最大,比上一年增加了 21.9%,而 2016 年和 2017 年参加考核的单位分别比上一年增加 18.3% 和 18.4%。2018 年全国外照射个人剂量监测能力考核合格率为 93.3%,虽然比上一年提高 5.3 个百分点,但是与 2015 年和 2016 年的合格率基本持平。相应地,2018 年不合格率比上一年下降了 5.3 个百分点。2015—2018 年,参加考核单位的优秀率也逐年提高,2018 年优秀率大幅度提高,比上一年增长了 10.2 个百分点。考核结果为优秀的 90 家单位中,各级疾病预防控制中心和职防院所占 53 家,第三方检测服务公司有 27 家,其它单位 10 家,在优秀单位中的比例分别为 58.9%、30% 和 11.1%。考核结果不合格的 23 家单位中,省级以下疾病预防控制中心和职防院所有 8 家,第三方检测公司有 13 家,其他单位 2 家,分别占 56.5%、34.7% 和 11.1%。

表 1 2015—2018 年全国外照射个人剂量能力考核结果

年份	单位数	合格		不合格		优秀	
		数量	合格率/%	数量	不合格率/%	数量	优秀率/%
2015 ^[9]	202	185	91.6	17	8.4	14	6.9
2016 ^[10]	239	227	95.0	12	5.0	30	12.6
2017 ^[11]	283	249	88.0	34	12.0	45	15.9
2018	345	322	93.3	23	6.7	90	26.1

2.2 检测报告评分情况统计 根据考核方案,实验分得到 70 分的单位有条件进行检测报告得分评定,检测报告评分总分为 10 分。根据优秀评判标准,本次能力考核实验分得到 70 分的机构共有 144 家。组织机构按照检测报告的评分标准对 144 家单位进行评分,检测报告的评分标准侧重两个方面,一是报告信息的完整性,占 8 分,主要考察检测报告中是否包括签发人、签发日期、检测单位名称、客户名称、单位印章、唯一性标识、页码、检测依据、检测仪器、报告

编号、最低可探测水平(MDL)、检测项目等要素。144 家参加考核机构检测报告得 10 分的有 92 家,占参评机构的 63.9%;9.0~9.5 分的机构有 46 家,占 31.9%;9.0 分以下的 6 家,占 4.2%。检测报告满分的 92 家单位参与 20 分的 Q 值评定。未得 10 分的单位扣分原因主要集中在 $H_p(10)$ 、扩展因子 k 书写不规范,无 MDL,无签发人,无测量仪器及仪器编号,无单位盖章,无监测项目、无探测器元件、检测依据无效等等。

2.3 Q 值评定情况 按照 Q 值评分标准对检测报告得 10 分的 92 家机构开展 Q 分值评定,Q 值满分 20 分,评分项目包括溯源证明文件 2 分、原始记录完整性 6 分、数据处理 4 分、原始记录书写 2 分、不确定度分量 1 分、合成方法或公式 2 分、结果表述规范 2 分、符号规范 1 分。表 2 给出了各 Q 值分段的机构数量。由表 2 可知,Q 值满分的机构有 10 家,占有参与 Q 值评分机构的 10.8%;绝大多数单位 Q 值介于 18.0~19.0 和 19.0~20 两个分段,机构数量分别为 34 家和 26 家,分别占有参与 Q 值评分机构的 37.0% 和 28.3%。另外,Q 分值介于 17.0~18.0 的机构有 14 家,介于 16.0~17.0 的机构有 5 家,介于 15.0~16.0 的机构有 1 家。也有 1 家机构 Q 值低于 15 分,遗憾失去了优秀资格。Q 值未满分的机构扣分原因主要集中在缺少不确定度一致性分量的分析和符号表达错误或不规范,有些因为缺少 MDL、检测依据、页码等等。

表 2 Q 值各分段分布

Q 值分段	机构数量	百分比/%
20	10	10.8
$19.0 \leq Q < 20$	26	28.3
$18.0 \leq Q < 19.0$	34	37.0
$17.0 \leq Q < 18.0$	14	15.2
$16.0 \leq Q < 17.0$	5	5.4
$15.0 \leq Q < 16.0$	1	1.1
$0 < Q < 15.0$	1	1.1

3 讨论

2018 年全国个人剂量监测能力考核参加机构创历史新高,有效参加的数量达到 345 家,获得优秀的机构有 90 家,优秀率 26.1%,同样创历史新高。合格率 93.3% 比上一年提高 5.3 个百分点,基本与 2015

年和 2016 年的合格率持平。分析 2018 年考核机构未及格的原因主要在于,考核前没有预先开展质量控制,测量系统的刻度因子误差较大,未按要求提交考核报告,溯源文件无效,未使用能量鉴别式剂量计,或者不清楚能量鉴别式剂量计各窗口滤片的功能,计算时使用错误的公式,探测器未经选片导致离散型过大等。随着检测机构不断提高对个人剂量监测工作的重视,加强技术人员的培训,工作过程中定期进行个人剂量监测的质量控制,按照考核方案,不断完善检测报告、Q 值评分要求,合格率和优秀率会稳步提高。

考核评分的第二项重点考察了检测报告的完整性和规范性。出具规范、完整的检测报告是每个有资质的技术服务机构应该具备的能力,一些检测机构依然存在报告信息不全、符号书写不规范、无单位印章、无仪器编号、无签发人等问题,体现了质量管理工作的漏洞。检测机构按照严格按照 GBZ 128—2019《职业性外照射个人监测规范》^[12]的要求,完善检测报告的格式和内容。出具报告时校核人、审核人和签发人同时做好审查核对工作。

Q 值评定主要考查三个部分,即溯源文件、原始记录 and 不确定度分析。强调溯源文件有效性、原始记录的完整性、数据处理的正确性和不确定度分析的全面性。多数监测机构存在不确定度分量缺失、报告信息不全等普遍问题,也存在个别合成公式错误、有效数字使用混乱的问题。结果报告表中不确定度的有效数字超过 2 位的单位仍然存在,部分单位对不确定度的合成与扩展还没有真正理解。监测机构可以参照 GBZ 207—2016《外照射个人剂量系统性能检验规范》附录部分对不确定度评定并对有效数字进行规范处理。

通过 2018 年全国个人剂量监测能力考核,进一步发现了考核机构在对外服务的过程中存在的问题。在考核结果为优秀的 90 家单位中,各级疾病预防控制中心和职防院所占 53 家,第三方检测服务公司有 27 家,均具有较高的比例。考核组织机构对部分不合格的单位调研时发现,未定期开展个人剂量监测质量控制,本年度刻度因子较上年偏离过大,是导

致考核结果偏离参考值的主要因素,建议在参加考核前夕使用离散度较小的片子到国家最高计量部门刻度,刻度过的片子用于全国个人剂量监测能力考核。随着民营企业的快速发展,越来越多的民营机构参加每年的个人剂量监测能力考核。组织机构必须要严把质量关,同时加强技术培训,才能确保全国个人剂量监测工作准确、规范、有序的开展。

参考文献

- [1] 邓君,王拓,范胜男,等. 2015 年我国医用放射工作人员职业外照射个人剂量水平与分析[J]. 中国辐射卫生, 2017, 26 (4): 398-400.
- [2] 桑军阳,谭维维,钟恩德,等. 2009—2017 年南通市某三甲综合医院介入放射工作人员个人剂量和工作场所监测结果分析[J]. 中国辐射卫生, 2019, 28 (3): 309-312.
- [3] 陈岩,张圆圆,张伟佳,等. 介入、核医学放射工作人员外照射个人剂量水平调查与分析[J]. 中国辐射卫生, 2018, 27 (1): 5-8.
- [4] 牛菲,闵楠,陈英民,等. 2012—2015 年山东省介入放射工作人员个人剂量监测结果分析[J]. 中国辐射卫生, 2016, 25 (6): 663-666.
- [5] 杨声,李红艳,闫庆倩. 2015—2017 年南京市部分放射工作人员个人剂量监测异常结果分析[J]. 中国辐射卫生, 2019, 28 (3): 245-247.
- [6] 王丽姣,肖文慧,卢瑛,等. OSL 剂量计参与 2017 年全国个人剂量监测比对结果及分析[J]. 中国辐射卫生, 2019, 28 (1): 52-54, 62.
- [7] 陈新伟,卿云花,郭进瑞,等. 福建省部分 PET/CT 放射工作人员职业受照剂量分析[J]. 中国辐射卫生, 2018, 27 (6): 531-532, 535.
- [8] 国家卫生与计划生育委员会. GBZ 207—2016 外照射个人剂量系统性能检测规范[S]. 北京: 中国标准出版社, 2016
- [9] 丁艳秋,郭文,胡爱英. 2015 年外照射个人剂量监测能力考核结果分析[J]. 中华放射医学与防护杂志, 2016, 36 (9): 698-700.
- [10] 丁艳秋,郭文,胡爱英,等. 2016 年全国外照射个人剂量监测能力考核结果与分析[J]. 中华放射医学与防护杂志, 2017, 37 (5): 381-383.
- [11] 丁艳秋,郭文,胡爱英. 2017 年全国外照射个人剂量监测能力考核结果与分析[J]. 中华放射医学与防护杂志, 2018, 38 (9): 696-699.
- [12] 国家卫生与计划生育委员会. GBZ 128—2019 职业性外照射个人监测规范[S]. 北京: 中国标准出版社, 2019

收稿日期: 2019-09-17 责任编辑: 赵婉兵