

个人剂量监测的质量保证措施及参加 2006年比对结果

郭子军, 姚小丽

中图分类号: R144 文献标识码: B 文章编号: 1004-714X(2007)03-0296-02

【摘要】 目的 实施个人剂量监测的质量保证措施。方法 参加 2006年全国个人剂量监测盲样比对。结果 测量结果与约定真值的偏差在 3%以内。结论 为了确保个人剂量监测数据的可靠性, 重视个人剂量监测实验室的能力建设、建立完善的质量体系是从事个人剂量监测必须重视的问题。

【关键词】 个人剂量监测; 质量保证; 外照射; 比对

职业性照射个人剂量数据是进行职业健康评价的基础, 是采取辐射防护措施、改善辐射监控措施、提高辐射防护计划效能的重要依据, 同时也是流行病学调查、辐射危害研究和医学处置的基础数据。另一方面, 个人剂量数据的特殊性表现在个人剂量数据是具有一定法律效力的个人职业信息。先进国家对个人剂量档案均进行严格的系统的管理。通过这种手段, 主管部门可以从宏观上准确把握职业照射的总体情况, 便于分析和统计; 从职业诉讼的角度看, 由主管部门认可的个人剂量管理机构给出的剂量证明, 其客观性也容易被人们接受。

目前, 我国多数放射性单位均花费了一定的人力、物力从事个人剂量监测和管理的工作, 如何保证积累的这些大量数据的可靠性和可比性, 如何更好地利用这些数据向主管部门提供职业照射的总体情况和个人剂量的总体趋势, 提出合适的建议供主管部门决策, 是从事个人剂量监测和管理的工作人员的使命。我国个人剂量监测单位众多、各监测单位监测数量较少, 手动测量居多, 因此个人剂量监测的质量保证问题尤其值得关注。

作者单位: 中国辐射防护研究所, 山西 太原 030006
作者简介: 郭子军 (1966~), 男, 副研究员, 从事个人剂量管理工作。

个人剂量监测的质量保证是一项系统工程, 涉及到多方面的工作。虽然技术上有核心和重点, 但作为实验室的质量能力建设, 实际上质量保证涉及到了从数据记录、文件管理到具体技术措施等多方面的规范化操作和管理。核工业个人剂量中心作为中核集团授权的核工业个人剂量监测管理服务机构, 近几年尤其重视实验室的质量建设, 在这些方面取得了一些经验。

1 个人剂量监测的质量保证措施

1.1 实验室质量建设

1.1.1 实验室基本规范 个人剂量监测实验室的基本要求, 应做到干燥、洁净、通风、温度、光线、专用、剂量计整备与监测分离等, 应编制实验室管理规定。就我国目前的状况而言, 不少监测实验室尚不具备这些条件或对此类问题缺乏足够的重视。其结果, 某些条件的影响将足以引入不可控制的测量误差。有条件的单位完全可以参照国际标准《检测和校准实验室能力的通用要求》规范本实验室的建设^[1]。

1.1.2 仪器设备 仪器设备是进行个人剂量监测的基础, 但仪器设备不是购置回来并对测量人员经过简单的培训后就可

物体时降低 1 个数量级; 而左右两侧及正后方各测量点的剂量虽然也有所降低, 但相对不明显。

2.3 不同 kV 值时探伤作业场所剂量分布 X 射线探伤机窗口放置 10 mm 厚钢板作为被探伤物体, 固定 X 射线管电流为 5 mA, 变化管电压 kV 值。测量得探伤作业现场剂量率情况见表 3。

表 3 不同 kV 条件下探伤工作场所
辐射场剂量当量率 (mSv·h⁻¹)¹⁾

kV 值	正前方距离 (m)								
	5	10	15	20	25	30	35	40	50
240	8.86	1.76	0.65	0.29	0.18	0.12	0.081	0.063	0.053
190	3.98	0.79	0.30	0.15	0.095	0.056	0.041	0.035	0.018
150	1.58	0.34	0.16	0.084	0.049	0.036	0.023	0.018	0.008

注: 1) 以 10 mm 钢板模型探伤实物遮挡探伤机照射窗口。
各测量点剂量率变化趋势都是随着 kV 值的降低而明显降低; 当管电压从 240 kV 降低至 150 kV 时, X 射线探伤机正前方的剂量控制区域边界距离从 60 m 减少至 30 m 左右。

3 讨论

(1) X 射线探伤机周围辐射场的剂量分布很不均匀, 等距离线上不同方向测量点的剂量率相差悬殊, 正前方与正后方相比相差 2~3 个数量级。一般情况下, 探伤机窗口的正前方及两侧偏高。在进行移动式 X 射线探伤作业时, 现场操作者应避免开这些剂量偏高的方向。

(2) 根据 GBZ117—2002《工业 X 射线探伤卫生防护标准》^[1] 及 GBZ150—2002《工业 X 射线探伤卫生防护监测规范》^[2], 移动式 X 射线探伤机的控制器与 X 射线管头的连接电

缆不得短于 20 m。如以此 20 m 距离作为探伤操作人员的剂量控制区边界, 则只能将控制器放置于探伤机窗口的正后方 (见表 1)。其他方向 20 m 距离测量点的剂量率都大于控制区边界限值 40 μSv·h⁻¹。在现场探伤作业时, X 射线探伤机窗口正后方 15 m 以外的剂量率即低于 31 μSv·h⁻¹ (见表 2)。因此, 探伤操作者应在此方向 15 m 以外操作控制器进行探伤作业。

(3) 加强 X 射线探伤作业现场的防护管理, 经常给探伤作业人员进行辐射防护知识培训, 帮助其建立正确的安全防护观念, 建立安全规章制度, 并严格执行, 是做好 X 射线探伤现场安全防护的首要条件。广东省每年都要发生几起人员误进入剂量控制区, 发生误照射的事故; 或探伤作业人员放置照相底片时误开机发生误照射的事故。其原因都是因为现场探伤作业人员对控制区的边界距离短乏了解或糊涂不清, 从而未设置控制区边界线; 或者没有严格执行操作规程所引起。因此, 移动式探伤机在每次现场作业时, 都要在现场划分剂量控制区和管理区。控制区的划分以剂量率 40 μSv·h⁻¹ 处为边界线, 以探伤作业时现场剂量率分布数据 (见表 2) 显示, 以探伤机窗口正前方 60 m 左右前 45° 方向 30 m 左右侧 90° 方向 20 m 正后方 15 m 的范围作为控制区, 在其边界上悬挂清晰可见的“禁止进入 X 射线区”标牌, 探伤作业人员应在其边界外操作, 否则必须采取防护措施或计算好可接受剂量才能入内。管理区划分以剂量率 4 μSv·h⁻¹ 处为边界线, 无关人员不得进入管理区。

参考文献:

[1] GBZ117—2002 工业 X 射线探伤卫生防护标准 [S].
[2] GBZ150—2002 工业 X 射线探伤卫生防护监测规范 [S].
(收稿日期: 2007-02-28)

以使用了,要给出令人信服的剂量测量数据,需要在测量之前完成必要的测试和熟悉工作。第一,仪器设备购置,选择技术先进、生产稳定、信誉优良、售后服务完善的产品。第二,新购置的产品或重要部件经过检修的产品,应做或重新做仪器设备的性能、检定实验,了解或验证对测量结果有影响的仪器设备的性能参数,如剂量计和测读设备的探测限、剂量线性范围、能量响应、角响应、测量的重复性、稳定性、测读参数、残留剂量、退火温度、冷却要求等,确信这些参数均在可以接受的范围内或选择最佳工作点。如果存在问题,应询问厂家解决,务求全面了解仪器的工作性能。第三,对操作人员进行培训,要求测量人员必须熟练使用仪器后才可以从事测量工作;第四,建立仪器运行质控图,比如灵敏度、本底等的质量控制图,在每次测量前、测量中或者定期检查仪器的计数,确保仪器在质控范围内运行。发现超出质控范围现象及时调整并记录。第五,建立起仪器设备从出厂合格证、产品使用说明书、产品型式检验证书、历年检定证书、性能检验记录、最佳工作参数实验记录、维修记录、质量控制记录等在内的仪器设备的全部档案资料,这些资料对于说明测量过程的质量控制有重要意义。

1.1.3 操作程序化、规范化 实验室应编制完善的仪器操作规范和实验室其他作业规程。热释光测量,因为测量、退火、冷却等过程的不一致或不均匀足以影响元件的分散性或重复性,会给测量结果带来不可控制的误差。实验室应根据厂商的推荐,结合本实验室的性能实验,建立一套本实验室采用的测量操作规范,详细规定各个步骤的具体方法、时间要求、使用工具要求、放置要求、冷却要求、操作注意事项等内容。作为职业守则务求测量人员熟悉。

1.2 个人剂量监测的质量保证措施

1.2.1 量值传递 量值传递即剂量计的刻度问题是个人剂量监测质量保证措施的核心。剂量量值传递应在有资格的国家计量部门进行,参考辐射源应能溯源到国家基准,能给出刻度因子等的不确定度值。有关对照射野、剂量计与源的距离、散射、剂量均匀性、体膜等的要求应符合有关标准^[2,3]。

1.2.2 仪器仪表定期检定 获得质量认证的单位定期检定仪器仪表是一项强制性规定。但未经过质量体系认证的监测单位,应特别注意热释光剂量器具的定期检定。我们了解的现实情况是不少监测单位检定周期往往超出计量检定部门规定的有效期限仍在使用,或经过维修后不能及时送去检定。认为仪器虽超出检定周期但仍能正常使用而不送去检定的思想,实际上是质量意识薄弱和对所测的个人剂量数据的重要性缺乏认识的反映,是本部门不具备监测个人剂量数据条件的集中体现。当然,剂量器具检定也存在一些问题,检定方式通常只是个人剂量监测单位定期向计量部门寄送几组剂量计,不能对整机性能进行检定,检定是不完善的。

1.2.3 参加比对与考核 参加个人剂量监测比对或盲样考核是评价个人剂量监测实验室监测质量的重要手段。但另一方面,通过参加比对检查并发现个人剂量常规监测中还存在的问题,寻找解决办法,将获得的经验和教训应用到实际监测工作中,转化为规范化的监测技术,力求不断改进监测技术,提高监测水平,减少与先进实验室的差距,确保监测结果准确、可靠,则是参加比对的真正意义所在。韩国对个人剂量监测单位有一些强制性盲样考核规定,结果证明效果相当明显。

1.2.4 人员资质与培训 国内一些标准均对个人剂量监测人员的资格进行了规定。比如要求经过培训、考试合格等。实际上,我国并没有明确的个人剂量监测人员的准入资格。但今后可能会对个人剂量管理从业人员的学历、上岗有专门要求。

2 比对结果

我们实验室参加了中国疾病预防控制中心辐射安全所组织的 2006年全国个人剂量盲样比对。其结果与约定真值偏差

在 2.5% 以内。

2.1 比对安排 10枚常规监测用个人剂量计作为参比剂量计,其中 1枚为跟随本底,1枚备用,2枚用于 X射线照射,其余 6枚为 γ射线照射剂量计。剂量计编号后采用特快专递方式。邮寄盒外粘贴文字标签:“比对样品,不能照射”字样。比对照射在国家一级计量站进行。分别采用⁶⁰Co源 γ射线、80 kV窄束 X射线照射,比对剂量计在 ISO-4037推荐的平板注水体模上照射,量值为 HP(10)深部个人剂量当量(mSv),剂量值多组,避免参比单位互相比照定值。

2.2 比对测量 本实验室比对测量采用中国计量院检定合格的 RGD-3B型热释光剂量仪, F411型热释光精密退火炉,探测器与剂量盒均采用防化院生产的 LiF(Mg,Cu,P)圆片和 TLD469型剂量盒,盒内放置 4枚探测器。测量人员有岗位资质证书,测量和操作均严格按照本实验室的操作规程进行。

2.3 比对结果 6组盲样比对剂量计评定值与约定真值的偏差均小于±5%,平均相对偏差为±2.35%。比对结果符合国标 GBZ128-2002偏差的基本要求^[4],即在好的实验条件下,剂量测量的不确定度优于 10%,见表 1。本次比对暂未对 X射线照射剂量计进行评价。

表 1 比对结果			
序号	真值(mSv)	评定值(mSv)	相对偏差(%) ¹⁾
1	0.2	0.204	+2.00
2	0.5	0.477	-4.60
3	0.9	0.885	-1.67
4	2.6	2.610	+0.38
5	4.8	4.578	-4.62
6	4.8	4.840	+0.83

注:1)偏差=[(评定值-约定真值)/约定真值]×100%。

3 总结

本次比对的结果说明了我们在实验室建设方面的阶段性成绩,如何保持并不断改进监测质量,却是我们实验室与每个参比实验室努力的方向。

国外一些发达国家的个人剂量监测一般由得到授权的监测单位进行规模化测量,或者实行个人剂量监测的认证制度,后者以美国为代表。他们监测实验室的规模、监测条件和学术、管理水平不是多数国内实验室能相比较的,充分保障了监测的质量。我国今后可能会朝实施个人剂量监测的认证制度发展,同时规模化测量也将是个人剂量监测的发展方向。

计量和标准化实际上是个人剂量监测质量保证的两个基石,标准化是保证监测质量稳定可靠的重要手段。我国有条件或尚不具备条件的实验室,个人剂量监测实验室的质量保证计划应从这两个方面展开。

我国一些单位尽管进行了质量体系认证,但个人剂量监测认证同 ISO9000的质量体系认证还有很大的不同。我国个人剂量监测以各单位自主测量为主,监测单位众多,监测数量少,未经质量体系认证的单位也为数不少。这种监测模式在近期内看不出会有大的变化。因此,通过组织比对、盲样考核等具体质保措施确保个人剂量监测的水平,同时重视实验室的质量建设,可能仍将是今后一段时间内各个个人剂量监测实验是质量保证工作的重要内容。

参考文献:

[1] ISO/IEC17025 General requirements for the competence of testing and calibration laboratories[S].

[2] JJG593-89 个人监测用 X γ 辐射热释光剂量测量装置检定规程. 国家计量检定规程[S].

[3] GBZ128-2002 职业外照射个人剂量监测规范[S].