

核技术应用项目 X、 γ 射线防护监测与评价

苏超丽, 廖彤

广东省环境辐射监测中心 广东 广州 510300

摘要: 目的 在核技术应用项目 X、 γ 射线防护监测工作中, 应选择合适的检测点、检测仪器和检测方法。方法 严格依据国家标准规定的方法, 对规定的检测点, 用符合防护要求与计量检定的仪器检测。结果 结合工作中的实际情况, 针对防护监测与评价中存在的问题, 以及解决问题要点进行分析讨论。结论 只要检测结果低于国家防护标准规定的辐射水平 ($2.5 \mu\text{C}/\text{h}$), 则核技术应用项目的辐射防护符合国家防护标准, 工作人员与公众成员的健康与安全是有充分保障的。

关键词: X、 γ 射线防护; 检测与评价; 防护标准

中图分类号: TL75+1 文献标识码: B 文章编号: 1004-714X(2015)01-043-02

DOI:10.13491/j.cnki.issn.1004-714x.2015.01.017

核技术应用项目包括: 医用辐射应用中医用 X 射线诊断, 介入放射学, 临床核医学和放射治疗; 非医用辐射应用中工业 X、 γ 射线探伤与现场检查, 含密封源仪器仪表, X 射线衍射仪和荧光分析仪等。按国家环境影响评价法的规定, 核技术应用项目应编制环境影响评价表(书), 然后由审管部门委托有资质的单位对核技术应用项目进行辐射防护安全验收, 确保核技术应用项目运行给工作人员与公众成员带来的辐射剂量不仅要低于国家辐射防护标准规定的年剂量限值, 而且还要按防护与安全的最优化要求, 低于审管部门认可的项目年剂量约束值, 真正做到核技术应用项目的运行能趋利避害, 使工作人员与公众成员的受照剂量保持在可合理达到的尽量低水平的目的。

这就要求有资质的环境辐射监测单位, 按审管部门的委托对核技术应用项目的环境辐射水平和工作人员与公众成员的受照剂量进行现场检测与评价。

1 存在的问题

笔者在多年从事环境辐射监测与评价实践中, 感到还有不少检测单位与检测人员对现场检测并不完全按现有国家标准要求, 而按各自不同的看法与想法在做。如: 对项目检测点的选择、使用的检测仪器、检测结果的表示、使用的评价方法与标准等。有的甚至影响到核技术应用项目的正常使用乃至部分工作人员不敢开展正常工作。为此, 笔者试图用对相关国家防护标准的理解, 仅就 X、 γ 射线工作环境辐射防护检测与

评价谈谈自己的看法。

2 解决问题的方法

2.1 检测点的确定 对核技术应用项目 X、 γ 射线防护检测与评价, 首先应确定对项目的监测点。基于对核技术应用项目中的辐射源都近似地看作点源, 其辐射剂量率的衰减接近与距离的平方成反比, 加上对辐射源的辐射室周围使用了适当的固定式屏蔽防护, 所以国家防护标准 GBZ 130、GBZ 165、GBZ 180、GBZ 126、GBZ 117、GBZ 132、GBZ 115 中都明确规定, 对核技术应用项目产生的 X、 γ 射线的防护检测点基本是相同的, 即确定在产生 X、 γ 射线室(机房)屏蔽墙、门、窗外 0.3 m 处。按项目工作现场的实际, 把检测点选在墙外 0.3 m 约 1 m 高处, 每面墙左、中、右选 3 个检测点; 防护门外 0.3 m 约 1 m 高处左、中、右选 3 个检测点(左、右最好选在正对墙与门缝隙处); 观察窗选左、中、右选 3 个检测点(左、右最好选在窗与墙缝隙处), 或在人员活动较多的地方。

2.2 检测仪器 首先要考虑检测仪器的能量响应, 仪器探测灵敏度与入射辐射能量的依赖关系, 应选择能量响应系数接近 1 的仪器。因各种仪器探头都有一定的壁厚, 有的仪器只适用于测量能谱 0.3 ~ 2 MeV 的 γ 射线, 而有的可探测 10 ~ 100 MeV 的 X、 γ 射线; 还应当注意连续能谱的 X 射线现场的实际。其次是仪器测量的上、下剂量范围是否符合待测现场的实际; 再者是仪器测量读数建立的时间。若要测量瞬间辐射场的剂量率, 必须选用响应速度快或可利用仪器的剂量档测量累积剂量才能符合检测的要求。最后还要考虑仪

器的稳定性,一般工况下在 $5^{\circ}\text{C} \sim 20^{\circ}\text{C}$ 温度范围内,变化 20°C 时仪器读数误差应小于 $\pm 5\%$;两次校正之间灵敏度不应大于 $\pm 5\%$,测量的方向性误差不应大于 $\pm 5\%$ 。仪器零点漂移要小,且可在辐射场内调零。

2.3 检测与评价

2.3.1 检测方法 为保证检测结果能准确反映核技术应用项目辐射现场的真实情况,必须使射线装置或密封源在正常运行的最高技术条件下(如管电压、管电流、照射野面积等)进行。对核技术应用项目辐射现场检测的目的,在于能反映项目工作人员身体主要受照敏感器官或组织可能受到的照射,所以必须依照已颁布实施的国家防护标准规定的方法,从辐射防护偏保守角度制定的对屏蔽体外 0.3 m 处进行检测,以满足“机房外的人员可能受到的照射年有效剂量小于 0.25 mSv (相应的周有效剂量小于 $5\text{ }\mu\text{Sv}$)。距机房外表面 0.3 m 处空气比释动能率 $< 2.5\text{ }\mu\text{Gy/h}$ ”^[1],并用作对检测结果评价的依据。

检测时对每一个检测点应重复读数 $7 \sim 9$ 次,记录后计算出平均值,作为该检测点的检测结果。为更准确表示检测结果,还应按对项目的检测要求的置信度计算出标准差,用平均值加减标准差表示检测结果。

至于对感兴趣的,但不是国家防护标准规定的检测点的检测结果可用作项目辐射防护的参考,但只能以国家标准规定的机房外 0.3 m 处的结果为依据。

2.3.2 现场检测 核技术应用项目的现场检测,现在所使用的仪器都是在电子平衡条件下进行的,所测量的比释动能与吸收剂量在韧致辐射可以忽略时的数值之差“对于 ^{60}Co 的 γ 射线在水一类的等效材料中,吸收剂量与比释动能相差约 0.5% ,即使 40 MV 的 X 射线与光子能量相当的 γ 射线也不大于 10% ”^[2],所以“在辐射领域所关心的能量范围内,当比释动能是由造成电子平衡条件的辐射测量仪器测定的时候,对于 X、 γ 光子或中子都可以近似地认为吸收剂量同比释动能数值上是相等的”^[3]。可认为从检测仪器上读数由 Gy 与 Sv 的转换,在数值上 $\text{Gy} = \text{Sv}$,可为我们在检测中用比释动能的结果估算有效剂量。

在项目的现场检测中,有的检测仪器是以吸收剂量率或吸收剂量刻度的,其读数为 $\mu\text{Gy/h}$ 或 mGy/h 。由于 X、 γ 射线的辐射权重因子都等于 1。所以对 X、 γ 射线在数值上吸收剂量率也等于组织的当量剂量率,如 2 mGy/h 其相对应的当量剂量率也为 2 mSv/h 。

2.3.3 评价 用现场检测获得的比释动能率、吸收剂量率,或剂量当量率与国家防护标准规定的限值 $2.5\text{ }\mu\text{Gy/h}$ 比较,小于国家标准规定的 $2.5\text{ }\mu\text{Gy/h}$ 的核技术应用项目的辐射防护都是满足国家防护要求的。可按国家防护标准规定的职业照射年剂量限值,或审管部门认可的年剂量约束值,除以该项目工作人员在实际操作中接触射线的时间,得出受照剂量当量率(mSv/h)或比释动能率($\mu\text{Gy/h}$),对于间断照射工作人员,可按实际受照射时间乘以安全系数;对于连续照射(或多人轮换)则可以按每天工作 8 h ,每周工作 5 天,每年工作 50 周共 2000 h ,或除以多人的分数,再用现场实际测量的剂量率水平与的剂量当量率或比释动能率相比较。若前者小于后者,可认为工作人员的受照剂量满足国家防护标准的剂量限值;若前者大于后者,则可认为有可能超过国家防护标准的剂量限值。从防护的现实出发,必须强调从防护与安全的最优化考虑,用此方法导出的剂量当量率不是使用职业照射剂量限值 20 mSv/a ,而应该用年剂量约束值不超过 5 mSv/a 为导出的依据。也可热释光个人剂量计(TLD)监测工作人员在核技术应用项目运行中的受照累积剂量,并用此结果与上述方法检测、评价的剂量相比较。可以肯定的是用上述现场检测与评价的受照剂量将比热释光个人剂量计(TLD)大,表示在正常工况的工作负荷下,工作人员受照的辐射水平小于 $2.5\text{ }\mu\text{Gy/h}$,其年剂量也是低于年剂量约束值的,可佐证上述检测、评价的保守性与可行性。

3 结论

综上所述,只要检测人员在防护检测中,严格依据国家标准规定的方法,对规定的检测点,用符合防护要求与计量检定的仪器检测。只要检测结果低于国家防护标准规定的辐射水平低于 $2.5\text{ }\mu\text{Gy/h}$,则核技术应用项目的辐射防护符合国家防护标准,工作人员与公众成员的健康与安全也是有充分保障的。

参考文献

- [1] 中华人民共和国主席令第七十七号 中华人民共和国环境影响评价法[S]. 北京:法律出版社 2003.
- [2] 中华人民共和国卫生部. GBZ 165-2012 X 射线计算机断层摄影放射防护要求[S]. 北京:中国标准出版社 2012.
- [3] 赵兰才,张丹峰. 放射防护实用手册[M]. 济南:济南出版社, 2009.