

基层辐射监测质量控制关键点分析

赵晶晶

昆明市辐射环境监测站

DOI:10.12238/eep.v8i3.2602

[摘要] 随着核能利用与放射性技术的广泛应用,基层辐射监测成为保障环境安全的关键防线。本文围绕基层辐射监测质量控制展开研究,首先阐明基层辐射监测在环境安全防护、公众健康保障中的重要地位,强调其作为辐射监测体系根基的战略意义。继而深入剖析质量控制的核心环节,涵盖监测方案科学制定、仪器设备全周期管理、人员专业能力培养、数据处理规范化及报告审核严格化等维度。针对各环节存在的技术短板、管理漏洞等问题,提出优化监测流程、更新设备配置、强化人员培训等系统化解决方案,旨在提升基层辐射监测精准度与可靠性,筑牢辐射环境安全屏障,为基层辐射监测工作的标准化、高效化开展提供理论与实践指引。

[关键词] 基层辐射监测; 质量控制; 关键点; 措施

中图分类号: X83 **文献标识码:** A

Analysis of Key Points for Quality Control of Grassroots Radiation Monitoring

Jingjing Zhao

Kunming Radiation Environment Monitoring Station

[Abstract] With the widespread use of nuclear energy and radioactive technology, grassroots radiation monitoring has become a key defense line to ensure environmental safety. This article focuses on the quality control of grassroots radiation monitoring. Firstly, it clarifies the important position of grassroots radiation monitoring in environmental safety protection and public health protection, emphasizing its strategic significance as the foundation of the radiation monitoring system. Subsequently, an in-depth analysis of the core aspects of quality control is conducted, covering dimensions such as scientific development of monitoring plans, full cycle management of instruments and equipment, professional competence training of personnel, standardization of data processing, and strict report review. Aiming at the technical shortcomings and management loopholes in various links, systematic solutions such as optimizing monitoring processes, updating equipment configurations, and strengthening personnel training are proposed to improve the accuracy and reliability of grassroots radiation monitoring, build a solid barrier for radiation environment safety, and provide theoretical and practical guidance for the standardized and efficient development of grassroots radiation monitoring work.

[Key words] grassroots radiation monitoring; Quality Control; Key points; measure

辐射监测作为环境安全管理的重要手段,在防范放射性污染、保障公众健康方面发挥着不可替代的作用。基层辐射监测作为辐射监测体系的“神经末梢”,直接面向各类辐射源与环境介质,其监测数据的准确性与可靠性,是政府科学决策、应急响应的重要依据。然而,当前基层辐射监测面临多重挑战:部分地区监测设备因长期使用出现性能衰减,难以满足高精度测量需求;技术人员缺乏系统培训,对新型监测技术掌握不足;数据处理流程不规范,易导致信息失真。这些问题严重制约监测质量提升,亟需通过精准识别质量控制关键点、制定针对性改进措施,

推动基层辐射监测能力全面升级,为生态环境安全与公众健康保驾护航。

1 基层辐射监测质量控制概述

1.1 基层辐射监测的重要性

基层辐射监测是辐射环境管理体系的关键基石,作为直面各类辐射源的前沿阵地,其通过构建覆盖大气、水体、土壤等环境介质的立体化监测网络,持续收集并分析辐射剂量率、放射性核素浓度等核心数据,为环境监管部门绘制出动态、精准的辖区辐射环境图谱。在核技术广泛应用的背景下,基层监测可第一时

间捕捉核电站周边放射性物质扩散、医疗放射设备异常泄漏等风险信号,依托快速响应机制启动应急处置,将辐射危害扼杀在萌芽状态,切实守护公众生命健康与生态环境安全底线^[1]。此外,长期积累的监测数据为辐射防护标准修订、重大项目环境影响评价提供量化依据,推动辐射环境管理从经验驱动向数据驱动转型,加速行业科学化、规范化进程。

1.2 质量控制对基层辐射监测的意义

质量控制贯穿基层辐射监测全流程,是保障数据真实性、准确性与可靠性的核心屏障。通过建立涵盖仪器校准、样本采集、数据处理等环节的标准化操作规范,有效降低因设备偏差、人为失误导致的测量误差,确保监测数据真实反映辐射环境实际状况。高质量数据不仅为政府精准评估区域辐射风险、制定分级防控策略提供决策支撑,更在核设施退役、放射性污染治理等重大项目中发挥关键作用。同时,质量控制体系的完善倒逼监测人员持续提升专业素养,通过定期技术培训、实验室间比对等机制,推动形成规范操作、严谨治学的行业风气,为基层辐射监测事业的可持续发展注入持久动力。

2 基层辐射监测质量控制关键点

2.1 监测方案制定

监测方案是基层辐射监测的行动纲领,其科学性直接决定监测效能。制定时需构建“目标-区域-技术”三位一体框架:先明确核心目的,常规环境质量评估需覆盖大气、水体、土壤等全介质^[2];针对核技术单位,则追踪污染源周边特征核素。其次,依据监测区域地理特征、人口密度和产业布局,运用网格布点或定向布点法,确保高风险区域与敏感目标全覆盖。最后,根据辐射源性质选择适配技术,如用便携式 γ 剂量率仪快速筛查,搭配高纯锗探测器定性分析核素,并设定合理监测频率,常规监测每月1次,应急响应实时监测,以此实现监测资源的优化配置。

2.2 仪器设备管理

仪器设备的稳定性是保障数据精准性的硬件根基,需构建全生命周期管理体系。采购时严格执行“技术参数+供应商资质”双审核标准,优先选择通过CNAS认证、具备自动校准功能的新一代智能型辐射监测仪。建立“一设备一档案”,详细记录每12个月的计量检定、每周标准源核查及探测器温湿度控制等维护日志。对低本底 α β 测量仪等关键设备实施预防性维护,定期更换易损部件。对使用超8年且示值误差超 $\pm 15\%$ 的设备,及时报废更新。此外,借助设备管理信息系统,实时监控设备状态,对校准到期、故障等情况自动预警,确保设备始终处于最佳运行状态。

2.3 人员能力提升

监测人员的专业水平是质量控制的核心,需构建“分层培养+多维考核+持续创新”机制。新入职人员接受3个月“理论筑基+实操带教”培训,掌握仪器操作等基础技能;中级技术人员定期参与无人机辐射巡测等前沿技术培训,通过案例模拟提升复杂场景应对能力;技术骨干参与国家级项目与国际交流,推动技术创新。以季度理论考试、年度实操比武和客户满意度调查构建考核体系,并与绩效、职称挂钩。设立“创新工作室”,鼓励

研发数据处理工具,形成“以考促学、以赛促练、以创促升”生态,打造复合型监测队伍。

2.4 数据处理与报告审核

数据处理与报告审核是质量控制的最终关口,需构建“标准化流程+智能化工具+责任追溯”体系。数据处理严格遵循《辐射环境监测数据质量控制规范》,运用格拉布斯检验法剔除异常值,借不确定度评定模型量化误差,通过同比、环比等趋势分析挖掘环境风险。报告编制采用模板化管理,统一数据图表、结论表述格式。审核实行“三级负责制”,监测人员自查数据,审核人员复核方法,技术负责人终审结论,并利用区块链存证修改记录^[3]。同时建立质量追溯档案,全程记录采样到签发流程,确保数据异常时可精准追责,为环境管理决策筑牢数据信任基石。

3 基层辐射监测质量控制现存问题

3.1 监测方案不合理

部分基层监测机构在制定监测方案时,对监测区域的地质构造、辐射源分布等基础信息调研不足,导致监测点位布设缺乏代表性。例如,在工业园区周边未针对重点污染源加密布点,或在居民区忽略室内外辐射差异,难以全面反映区域辐射环境特征。监测项目与频率设定常依赖经验而非科学论证,如对低风险区域过度监测,却遗漏核技术利用单位的关键参数检测。此外,方案更新滞后于辐射源变化(如新建通讯基站、医疗放射设备)和技术发展(如无人机监测应用),导致监测工作与实际需求脱节,数据无法为监管决策提供有效支撑。

3.2 仪器设备管理不善

基层监测机构普遍面临仪器设备老化问题,部分计数管、电离室等核心部件使用年限超10年,性能稳定性下降,测量误差超出标准限值。设备校准与期间核查流程不规范,存在未按规定周期送检、校准记录缺失等问题,甚至使用未经计量认证的设备开展监测^[4]。管理制度漏洞导致设备借用登记混乱、精密仪器搬运损坏频发,部分基层站点因设备故障停机率高达20%,严重影响监测时效性。例如,某县级监测站因 γ 能谱仪长期未维护,在应急监测中未能及时发现放射性异常,延误了污染处置最佳时机。

3.3 人员专业素养不足

基层监测队伍中,具备辐射防护、核物理专业背景的人员占比不足30%,多数人员通过短期培训上岗,对《辐射环境监测技术规范》等标准理解停留在表面,操作中常出现采样深度不足、仪器布放方位错误等问题。数据记录时随意修改原始值、漏填环境参数(如温度、湿度)等现象普遍,某案例中监测人员因未记录采样时的雨雪天气,导致后续数据修正偏差超过15%。此外,基层单位受编制限制,人员流动频繁,新入职人员需6-12个月才能独立完成全流程监测,期间因操作不熟练导致的误测率较高。

3.4 数据处理与报告审核不严格

数据处理环节中,部分人员未掌握格拉布斯准则、狄克逊检验等异常值剔除方法,直接采用算术平均法处理明显偏离群体的数据点;对测量不确定度的计算简化流程,忽略仪器误差、环

境干扰等分量,导致结果可信度降低^[5]。报告审核存在“形式化”问题,审核人员未核对原始记录与报告结论的一致性,曾出现监测值超标却未在报告中预警的情况。某基层机构提交的季度报告中,将“放射性核素活度浓度”单位错误标注为“Sv/h”,暴露出审核流程的技术性漏洞,严重影响监测工作的权威性。

4 提高基层辐射监测质量控制的措施

4.1 优化监测方案

开展基层辐射监测,需以充分的区域调研为基础优化监测方案。应结合辐射环境特点,如工业放射性污染源分布、医疗放射设备使用情况等,科学设置监测点位,确保覆盖重点区域与敏感场所。依据辐射源变化及历史监测数据反馈,动态调整监测项目与频率,对高风险区域加密监测,对低风险区域合理减少频次^[6]。同时,建立季度评估、年度修订的动态更新机制,引入地理信息系统(GIS)技术,将监测数据与区域环境信息可视化整合,持续优化方案设计,确保监测工作精准对接环境管理需求,提升数据有效性与决策支撑价值。

4.2 加强仪器设备管理

为保障监测数据准确性,需强化仪器设备全生命周期管理。一方面,加大资金投入,优先更换性能衰减严重、超期服役的关键设备,逐步构建涵盖 α 、 β 、 γ 射线检测的现代化监测设备体系。另一方面,制定详细的校准维护计划,严格按照国家标准(如JJG478-2016、JJG393-2018)执行设备检定,定期开展期间核查并留存记录。完善设备台账管理制度,实现从采购、使用到报废的全流程数字化追踪;针对设备使用人员开展专项培训,内容涵盖操作规范、故障排查与日常维护技巧,提升设备使用效能与寿命,降低因设备问题导致的监测误差风险。

4.3 提升人员专业素养

打造高素质监测队伍是质量控制的核心。需制定分层分类培训计划,针对新入职人员开展基础理论与操作规范培训,对骨干人员进行前沿技术与管理能力提升。定期邀请行业专家开展专题讲座,解读最新监测标准与技术规范;组织实地实操演练与典型案例分析会,强化人员对复杂场景的应对能力^[7]。建立“培训-考核-反馈”闭环机制,将考核结果与绩效、晋升挂钩,并设立技术能手、创新标兵等奖项,激发人员学习热情。同时,鼓励人员参与行业学术交流与技能竞赛,促进知识共享与经验互鉴,全面提升队伍专业素养与创新能力。

4.4 严格数据处理与报告审核

保障监测数据质量,需严格把控数据处理与报告审核环节。开展专项培训,使监测人员熟练掌握异常值剔除、不确定度评定等数据处理方法,强化误差分析与修正能力。建立数据质量追溯制度,利用信息化平台对采样、分析、计算等全流程操作进行留痕管理,确保数据可溯源。明确报告审核流程与审核人员职责,

实行“双人双审”制度,初审重点核查数据完整性与逻辑性,复审聚焦结论准确性与合规性。引入交叉审核与专家评审机制,对重要监测报告进行多维度复核,杜绝数据错误与结论偏差,确保监测报告真实、准确、可靠,为辐射环境管理提供坚实的数据支撑。

5 结论与展望

5.1 结论

基层辐射监测质量控制是一项系统工程,涉及监测方案制定、仪器设备管理、人员能力提升、数据处理与报告审核等多个关键点。目前基层辐射监测质量控制存在监测方案不合理、仪器设备管理不善、人员专业素养不足、数据处理与报告审核不严格等问题。通过优化监测方案、加强仪器设备管理、提升人员专业素养、严格数据处理与报告审核等措施,可以有效提高基层辐射监测质量,保障辐射环境安全。

5.2 展望

随着辐射环境管理要求的不断提高和监测技术的快速发展,基层辐射监测质量控制将面临新的挑战 and 机遇。未来,应进一步加强基层辐射监测技术研究,引入先进的监测设备和方法,提高监测自动化和智能化水平。加强基层监测机构与上级部门和科研单位的合作与交流,共享资源和技术,提升基层辐射监测整体水平。同时,加强公众辐射防护知识宣传教育,提高公众对辐射监测工作的认识和支持。

【参考文献】

- [1]徐云凤.辐射环境监测的实践与思考[J].科技传播,2016,8(08):40+53.
- [2]陈人帝.辐射环境监测中水样采集的质量控制及其实施[J].资源节约与环保,2023,(11):48-52.
- [3]常猛,刘婷,孙学智,等.中国辐射环境监测法规标准问题分析[J].中国环境监测,2023,39(S1):110-116.
- [4]赵顺平.辐射环境监测技术发展的观察、展望与建议[J].世界环境,2024,(05):32-35.
- [5]刁春娜,弓泽业.辐射环境影响评价中的辐射环境监测分析[J].环境与发展,2019,31(11):132+134.
- [6]时劲松,冯江平,王珍华,等.基于LOF算法的核辐射自动监测系统设计与实现[J].核电子学与探测技术,2024,44(02):303-310.
- [7]牛焜.如何提升辐射监测水平,保障辐射环境质量安全[J].化工管理,2020,(29):84-85.

作者简介:

赵晶晶(1982--),男,白族,云南凤庆人,研究生,工程师,研究辐射环境监测方向。