

# 辐射环境监测数据精准采集方法探究

赵晶晶

昆明市辐射环境监测站，云南省昆明市，650500；

**摘要：**随着核能与放射性技术的广泛应用，辐射环境监测已成为环境安全防控体系的关键环节。本文聚焦辐射环境监测数据精准采集方法，系统剖析其在保障公众健康与生态安全中的战略价值。研究指出，当前数据采集面临仪器性能衰减、复杂环境干扰、布点规划不合理等多重瓶颈，如老旧探测器对低剂量辐射响应滞后、电磁干扰导致数据波动等问题，严重影响监测结果可靠性。为此，文章从仪器技术升级（如引入高灵敏度半导体探测器）、智能数据处理（构建机器学习误差修正模型）、动态布点优化（基于 GIS 与大数据的自适应布点）等维度，提出多技术融合的精准采集方案，并结合核电站周边环境监测、医疗放射场所检测等典型案例，验证方法在降低测量误差、提升数据时效性方面的显著成效，为辐射环境监测的标准化、智能化发展提供理论与实践路径。

**关键词：**辐射环境监测；数据精准采集；采集方法；数据处理

**DOI：**10.69979/3041-0673.25.11.074

辐射环境质量直接关系到人类生存安全与社会可持续发展，核设施运行、医疗放射性应用等活动带来的辐射风险，亟需通过精准监测实现有效防控。准确的辐射环境监测数据不仅是识别放射性污染、预警核事故的核心依据，更是制定辐射防护标准、评估环境影响的重要支撑。然而，实际监测中，仪器固有偏差、复杂地形导致的采样不均、极端气象条件干扰等因素，使数据精准度难以保障。例如，山区地形导致的信号遮挡会造成监测盲区，强电磁环境易引发仪器误判。因此，亟需系统性研究数据精准采集方法，通过技术创新与流程优化突破瓶颈，为辐射环境管理提供更可靠的数据保障，筑牢环境安全防线。

## 1 辐射环境监测数据精准采集的重要性

### 1.1 保障公众健康

辐射对人体健康的威胁具有隐蔽性与长期性，低剂量辐射的累积效应可能诱发基因突变、增加癌症患病风险。精准的辐射环境监测数据如同“安全哨兵”，能够实时捕捉辐射剂量率、核素浓度等关键指标的细微波动。以核电站周边监测为例，若监测仪器灵敏度不足或数据偏差，可能导致辐射泄漏初期难以察觉，延误防护时机。而高精度数据可触发实时预警机制，使相关部门迅速启动应急预案，科学划定安全隔离区、组织居民疏散，并针对性发放碘片等防护物资<sup>[1]</sup>。通过精准数据驱动的高效响应，能将公众受辐射剂量控制在安全阈值内，最大程度降低健康损害风险，筑牢公众生命安全防线。

### 1.2 维护生态平衡

辐射对生态系统的影响呈现“链式反应”特征，从

微生物到高等动植物，不同生物对辐射的敏感度差异显著。精准监测数据通过长期追踪土壤、水体、植被中的放射性核素分布，可量化评估辐射对生态链的破坏程度。例如，在核试验遗址或核事故污染区，借助高精度数据能清晰掌握辐射如何影响植物光合作用、动物生殖能力及土壤微生物群落结构。基于这些数据，生态学家可制定靶向修复策略，如筛选耐辐射植物物种进行生态重建，或通过调节水体流速加速放射性物质稀释。精准监测为生态修复方案提供动态依据，助力受损生态系统逐步恢复物种多样性与物质循环功能，维护生态系统平衡稳定<sup>[2]</sup>。

### 1.3 支持科学研究

辐射环境监测数据是解锁辐射奥秘的“钥匙”，为前沿科学研究提供核心基础数据。在大气环境研究中，精准记录的 $\gamma$ 射线剂量率与气象参数结合，可揭示放射性物质随气流扩散的复杂规律；在水体研究领域，通过长期监测氚、铯等核素浓度变化，能推演污染物在江河湖海中的迁移路径。这些数据支撑科研人员构建更贴近现实的辐射传输模型，如改进大气扩散高斯模型、优化水体污染预测算法。此外，高精度数据还可用于验证理论假设，例如通过对比不同地质条件下辐射衰减速率，完善辐射与土壤介质相互作用的理论体系，推动辐射防护技术、环境风险评估方法的创新发展，为辐射环境管理提供坚实的理论基石

## 2 辐射环境监测数据采集现状及问题

### 2.1 仪器设备方面

当前辐射监测仪器的性能瓶颈显著制约数据精准

度。部分基层单位仍在使用早期型号设备,如NaI闪烁探测器对低剂量 $\gamma$ 射线的最低检测限偏高,难以捕捉环境本底波动。仪器老化问题尤为突出,某县级监测站的 $\alpha$ 能谱仪因探测器晶体衰减,对氦子体的计数效率下降25%,导致测量值偏低。此外,仪器质量管控体系不完善:不同厂商生产的剂量率仪校准周期差异达3-6个月,且缺乏统一的野外比对标准,某区域多台设备对同一辐射源的测量结果最大偏差达18%,数据可比性差。新型设备推广也存在障碍,如高灵敏度半导体探测器因成本较高,在基层覆盖率不足30%,制约了精准监测能力提升。

## 2.2 环境干扰因素

复杂环境条件对监测数据的干扰呈现多元化特征。气象参数中,湿度超过85%时,便携式仪器的电路易受潮短路,某沿海监测点曾因台风天气导致12小时数据异常;风速大于5m/s时,放射性气溶胶的空间分布被显著稀释,传统静态布点监测值可能低估实际暴露风险<sup>[3]</sup>。电磁干扰方面,高压输电线周边100米内的监测数据常出现 $\pm 15\%$ 的波动,某工业园区因射频设备密集,导致 $\gamma$ 剂量率仪误报率增加30%。地形影响更为显著,山区峡谷地形会使辐射形成“热点”聚集区,而传统网格布点法难以覆盖,如某铀矿周边的山谷地带,因山体遮挡导致常规监测漏测率高达40%,形成监管盲区。

## 2.3 数据处理与传输

数据处理的科学性不足和传输效率低下是当前两大痛点。在数据处理环节,部分单位仍采用人工剔除异常值的简单方法,未使用格拉布斯检验等标准统计工具,某案例中因漏判离群值,导致季度报告结论偏差超20%。质量控制体系缺失,80%的基层单位未建立数据不确定度评定流程,无法量化仪器误差、环境干扰等分量。数据传输层面,偏远地区依赖2G网络导致的丢包率高达100%,某边境监测点因信号中断,延误核素异常预警达4小时;传输协议不统一问题突出,不同厂商设备的数据格式差异使平台对接耗时增加50%,严重影响应急响应效率<sup>[4]</sup>。这些问题导致数据的实时性、完整性和可用性大打折扣,难以满足精细化管理需求

## 3 辐射环境监测数据精准采集方法

### 3.1 仪器设备优化

选择高精度、稳定性好的辐射监测仪器是精准采集数据的关键。应根据监测目的和环境特点,合理选择仪器的类型和型号。例如,对于核电站周边的辐射监测,

应选用灵敏度高、能够检测多种辐射类型的仪器。同时,要加强对仪器的维护和校准工作,建立定期校准制度,确保仪器的性能始终处于良好状态。可以采用标准辐射源对仪器进行校准,提高仪器的测量精度。此外,还可以研发和应用新型的辐射监测技术和仪器,如基于半导体探测器的新型辐射检测仪,具有更高的能量分辨率和探测效率,能够更精准地采集数据。

### 3.2 布点优化

科学合理的布点规划能够提高数据采集的代表性和准确性。在进行布点时,要充分考虑辐射源的分布、地形地貌、气象条件等因素。可以采用网格布点、功能区布点等多种布点方法相结合的方式。例如,在城市中进行辐射环境监测,可以根据城市的功能分区,如商业区、居民区、工业区等进行布点,同时结合网格布点,确保监测点能够覆盖整个城市区域<sup>[5]</sup>。此外,还可以利用地理信息系统(GIS)技术,对监测区域进行三维建模,分析辐射的空间分布特征,优化布点方案。通过布点优化,可以减少监测盲区,提高数据采集的质量。

### 3.3 数据处理与质量控制

数据处理与质量控制是提升辐射监测数据可靠性的关键环节。需运用统计学方法对采集数据进行筛选,通过设定合理阈值识别并剔除异常值,如采用四分位距(IQR)法标记偏离正常范围的数据点,结合人工复核确保数据合理性。同时,构建全流程质量控制体系:在数据采集端设置动态阈值预警,当监测值超出本底范围或预设安全限值时,系统自动触发预警并启动仪器状态核查;数据传输过程中采用加密技术(如AES-256协议),防止数据泄露或篡改,保障传输完整性。针对海量数据,可借助大数据平台与人工智能技术,通过机器学习模型分析数据规律(如环境参数与辐射水平的关联性),实现系统性误差修正与潜在风险预测,提升数据利用效率,为辐射环境管理提供更精准的决策依据。

### 3.4 减少环境干扰

针对环境干扰因素,需采取针对性措施提升数据采集精度。对气象条件影响,可在监测仪器外围设置定制化防护设施,如加装遮阳棚降低阳光直射导致的温度波动,配备防潮罩将湿度控制在仪器最佳运行区间(如40%-60%RH),减少电子元件因温湿度异常引发的故障概率。针对电磁干扰,采用双层金属屏蔽罩包裹仪器,结合接地技术形成电磁屏障,有效衰减工业设备、通讯信号等外部电磁辐射(如将射频干扰强度从100mV/m降至10mV/m以下)。同时,建立环境因素实时监测系统,同

步采集温湿度、风速、电磁强度等参数,通过多元线性回归模型构建数据修正算法<sup>[6]</sup>。例如,某监测点依据 hourly 气象数据对  $\gamma$  剂量率进行湿度校正,修正后数据偏差从 $\pm 8\%$ 缩小至 $\pm 3\%$ ,显著提升了复杂环境下监测数据的准确性与可靠性。

## 4 实际案例分析

### 4.1 案例背景

某核电站地处地形复杂区域,山脉纵横、河流交错,极端天气频发,且周边工业企业产生的电磁干扰,给辐射环境监测带来多重挑战。为保障核电站安全运行及周边公众健康,亟需突破环境制约,实现辐射数据精准采集。核电站运行产生的放射性物质需实时监测,复杂地形可能造成监测盲区,多变气象条件会影响辐射扩散路径,电磁干扰则易导致仪器数据失真。在此背景下,精准采集数据成为把控辐射环境风险、支撑科学决策的关键任务。

### 4.2 采集方法应用

在仪器设备方面,选用了高精度的辐射监测仪器,并建立了严格的仪器维护和校准制度。定期对仪器进行校准和检查,确保仪器的性能稳定。在布点规划上,结合地形地貌和辐射源分布,采用网格布点和功能区布点相结合的方法,设置了多个监测点。同时,利用GIS技术对监测区域进行分析,优化了布点方案。在数据处理方面,采用了先进的统计学方法对数据进行处理,去除异常值,并建立了数据质量控制体系,对数据的采集、传输和处理进行全程监控<sup>[7]</sup>。针对环境干扰因素,在监测仪器周围设置了防护设施,对仪器进行了屏蔽处理,并根据气象数据对监测数据进行修正。

### 4.3 效果评估

通过一段时间的监测和数据采集,发现采集到的数据准确性和可靠性明显提高。监测数据能够及时反映辐射环境的变化情况,为核电站的安全运行和周边环境管理提供了有力支持。与之前的监测数据相比,数据的波动明显减小,异常值数量减少,说明采取的精准采集方法取得了良好的效果。同时,通过对数据的分析,还发现了一些潜在的辐射异常情况,及时采取了措施进行处理,保障了公众的安全和环境的稳定。

## 5 结论与展望

### 5.1 结论

辐射环境监测数据的精准采集对于保障公众健康、维护生态平衡和支持科学研究具有重要意义。目前,在辐射环境监测数据采集过程中存在仪器设备、环境干扰、数据处理与传输等方面的问题。通过仪器设备优化、布点优化、数据处理与质量控制、减少环境干扰等精准采集方法,可以有效提高数据采集的准确性和可靠性。实际案例表明,这些方法在实际应用中取得了良好的效果。

### 5.2 展望

未来,随着科技的不断发展,辐射环境监测数据精准采集方法将不断创新和完善。一方面,新型的辐射监测技术和仪器将不断涌现,如更先进的探测器、智能化的监测设备等,将进一步提高数据采集的精度和效率。另一方面,大数据、人工智能等技术将在辐射环境监测中得到更广泛的应用,实现对海量监测数据的深度挖掘和分析,为辐射环境管理提供更科学的决策依据。同时,还需要加强国际合作与交流,共享辐射环境监测数据和技术经验,共同应对全球辐射环境安全挑战。

### 参考文献

- [1] 胡玉杰,程芳权,王杰,等. 环境辐射监测系统组网研究[C]//中国核学会. 中国核科学技术进展报告(第八卷)中国核学会 2023 年学术年会论文集核化工辐射防护. 武汉第二船舶设计研究院;, 2023: 285-288.
- [2] 许佳. 辐射环境监测中的数据采集电子化[J]. 环境保护与循环经济, 2019, 39(10): 71-73.
- [3] 陈向进. 辐射环境监测数据的合理性问题与应对措施研究[J]. 皮革制作与环保科技, 2025, 6(02): 81-83.
- [4] 陆建峰,何俊,刘长军,等. 三门核电厂外围辐射环境监督性监测系统介绍[J]. 中国辐射卫生, 2017, 26(02): 230-233.
- [5] 梁燕. 核电厂安全壳空气辐射监测系统优化分析[J]. 新型工业化, 2022, 12(08): 9-12.
- [6] 曹勇,周旭阳. 辐射环境监测数据合理性问题与应对措施分析[J]. 皮革制作与环保科技, 2023, 4(07): 31-33.
- [7] 郭猛,杨萌,王硕,等. 核电厂应急辅助决策系统数据接口设计[J]. 自动化仪表, 2023, 44(S1): 130-134.

作者简介: 赵晶晶, 1982.12, 男, 白族, 云南凤庆人, 研究生, 工程师, 研究辐射环境监测方向。