

城市环境中的电磁辐射监测与评估研究

卢晓莉

乌鲁木齐星辰汇峰环保科技有限公司, 中国·新疆 乌鲁木齐 830002

摘要: 本文以城市环境电磁辐射为研究对象, 梳理了包含监测原理、技术应用及网络优化的监测技术体系, 构建了涵盖评估指标、暴露模型与风险评估的评估方法体系, 从法规、技术、管理、科普四方面提出管控策略, 同时剖析了现有监测技术的局限性, 探讨了新兴技术的应用前景及监测评估的智能化发展趋势, 为城市电磁辐射的精细化管控提供理论与实践参考。

关键词: 城市环境; 电磁辐射; 监测技术

Research on Electromagnetic Radiation Monitoring and Assessment in Urban Environment

Lu Xiaoli

Urumqi Xingchen Huifeng Environmental Protection Technology Co., Ltd., China Xinjiang Urumqi 830002

Abstract: This study focuses on urban environmental electromagnetic radiation, systematically outlining a monitoring technology framework encompassing detection principles, technical applications, and network optimization. It establishes an evaluation methodology integrating assessment indicators, exposure modeling, and risk assessment systems. Control strategies are proposed from four dimensions: regulatory frameworks, technological solutions, management practices, and public education initiatives. The research also analyzes limitations of existing monitoring technologies while exploring application prospects of emerging technologies and intelligent trends in monitoring evaluation. These findings provide theoretical and practical references for refined management of urban electromagnetic radiation.

Keywords: Urban environment; Electromagnetic radiation; Monitoring technology

0 引言

当前城市各类电磁辐射源持续增多, 电磁环境复杂性提升, 而现有电磁辐射监测评估存在技术短板、布局不合理等问题, 管控体系也有待优化。基于此, 本文围绕城市电磁辐射监测、评估与管控展开研究, 分析其发展挑战与方向, 为相关环境管理工作提供科学依据。

1 城市电磁辐射监测技术

1.1 电磁辐射监测原理

城市电磁辐射监测技术的核心根基在于科学的监测原理与适配的仪器设备, 其监测工作依托电磁场基本理论展开, 以电场强度、磁场强度、功率密度为核心监测指标, 严格遵循辐射环境保护相关导则与计量标准, 采用定点测量、移动扫测等合规方法开展检测, 精准捕捉城市环境中的电磁辐射参数; 常用监测设备中, 电磁辐射检测仪(场强仪)凭借便携易用、宽频适配的特性, 成为城市现场快速筛查、常规巡检的主力设备, 频谱分析仪则具备频段解析、源项甄别能力, 可针对复杂电磁环境开展深度监测, 两类设备功能互补, 全面覆盖城市电磁辐射基础检测与精

准溯源的需求^[1]。

1.2 监测技术的选择与应用

城市电磁辐射监测技术的落地应用, 需紧扣场景特征做好技术选型与模式适配, 监测仪器需满足高灵敏度、强抗干扰性、量程适配性的核心性能要求, 要结合居民区、交通枢纽、通信基站、高压输变电设施等不同城市场景的辐射特点, 匹配对应精度与频段的监测设备, 避免仪器选型与实际监测需求脱节; 同时要合理区分实时监测与定期监测模式, 实时监测依托连续采集装置, 适用于学校、医院等辐射敏感区域, 能动态捕捉辐射波动、把控即时风险, 定期监测则适用于城市全域常态化管控, 按规范周期开展抽样检测, 兼顾监测效率与全域覆盖性, 需结合城市管控重点灵活选用监测模式^[2]。

1.3 监测网络的建立与优化

城市电磁辐射监测网络的构建与优化, 是实现全域化、系统化监测的关键, 监测网络布局需遵循科学性、均衡性原则, 结合城市功能分区、典型辐射源分布特征合理布设监测点位, 既要重点覆盖辐射敏感区域与高风险源周

边,也要兼顾城市常规区域,有效规避监测盲区与点位冗余问题;数据采集与传输环节需契合实时性、稳定性、安全性的技术要求,依托物联网、无线通信技术实现监测数据的高效上传与同步汇总,配套仪器校准、数据校验机制保障采集精度,同时结合城市建设发展、辐射源动态更迭持续优化网络架构,提升监测网络的覆盖效能与数据可靠性,为后续电磁辐射评估工作筑牢数据基础。如下图所示。



图1 层级式架构流程图

2 城市电磁辐射评估方法

2.1 电磁辐射评估指标

城市电磁辐射评估的落地实施,离不开科学完备的评估指标体系与权威合规的安全标准支撑,电磁场强度、频率分布、曝光时间是贯穿评估全过程的核心指标,其中电磁场强度是衡量环境辐射水平的基础量化指标,直接反映辐射强弱程度,频率分布则能精准区分工频电力设施、射频通信基站等不同类型辐射源的频段特征,便于针对性开展源项分析,曝光时间则结合城市人群日常出行、居住、工作的时空规律,细化不同群体的实际辐射接触时长,三类指标相互联动、多维互补,全面刻画城市环境电磁辐射的真实暴露特征;评估工作需严格对标国内外现行电磁辐射安全标准与限值要求,既要遵循我国针对公众暴露的相关环保导则、卫生标准,也要参考国际权威机构的通用限值,同时结合居民区、校园、医院等敏感区域与工业、交通枢纽等普通区域的功能差异,划定分级管控阈值,为辐射水平合规性判定提供严谨、统一的标尺,保障评估结果的科学性与公信力。

2.2 电磁辐射暴露评估模型

电磁辐射暴露评估模型是实现人群辐射暴露水平精准量化的核心技术手段,适配城市复杂环境的评估模型主要分为空间分布导向与人群活动导向两大类,且两类模型在实际应用中可互补融合,基于空间分布的暴露评估模型

依托监测网络采集的海量场强数据,结合 GIS 空间分析技术,通过空间插值、梯度拟合等手段,还原城市全域电磁辐射的空间分布格局,既能精准定位高辐射集聚区域,也能清晰呈现辐射强度的空间递变规律,适用于城市宏观辐射态势的整体研判;基于人口分布与活动模式的评估模型则更贴合公众实际暴露场景,不仅整合城市人口密度、年龄结构等基础数据,还结合不同功能区的人群活动轨迹、滞留时长、出行规律等参数,修正单纯空间分析脱离实际生活场景的偏差,精准测算不同区域、不同群体的综合辐射暴露剂量,让暴露评估从单纯的环境数据监测,转向贴合公众真实接触状态的精细化研判^[9]。

2.3 电磁辐射风险评估

电磁辐射风险评估是衔接监测数据、暴露分析与管控决策的关键环节,实操中多采用定量评估与定性评估相结合的综合研判方法,兼顾数据精准性与场景全面性,定量评估依托实测辐射数据、人群暴露剂量与安全限值的量化比对,通过数值运算、等级赋值等方式,直观划定辐射风险等级,明确超标风险、潜在风险的具体范围,定性评估则结合辐射源类型、分布密度、周边敏感区覆盖情况、辐射传播衰减特性等因素,综合研判非量化的潜在隐患,弥补单一量化评估的局限性;针对电磁辐射暴露的健康风险分析,需秉持严谨客观的科研态度,立足现有权威流行病学研究、毒理学试验结论,区分不同频段、不同剂量辐射的暴露差异,严格区分职业暴露与公众暴露的风险等级,既不片面夸大低剂量环境辐射的健康危害,也不忽视高辐射区域的潜在风险,客观梳理城市环境电磁辐射的健康风险特征,为后续风险防控、优化管控措施提供科学的理论依据。

3 城市电磁辐射管理与控制策略

3.1 电磁辐射控制法规与标准

健全的电磁辐射控制法规与标准是城市辐射管控工作的根本遵循,也是实现规范化、法治化管理的核心前提,国内外均围绕电磁辐射防控搭建了层级分明的法规政策体系,国外依托权威科研机构与环保组织出台通用性管控准则,侧重公众健康保护与辐射源全流程监管,我国则结合国情制定了环境保护、卫生健康等领域的专项法规与部门规章,明确辐射管控的权责边界与管控要求;城市层面需立足自身发展规模、功能布局与辐射源分布特点,在遵循国家上位标准的基础上,细化适配本地的电磁辐射管控标准,针对敏感区域、重点辐射源制定更严苛的管控细则,同时强化标准执行力度,联动环保、工信、住建等多部门

表1 传统电磁辐射监测技术局限性表

核心局限	具体表现	主要影响
数据与布局缺陷	信号干扰致数据失真；布点不均、存在监测盲区	无法真实反映全域辐射状况
溯源定位困难	多源信号耦合干扰，传统设备难以甄别来源	制约监测评估精准性

落实监管职责，杜绝标准落地流于形式，筑牢城市电磁辐射管控的制度防线^[4]。

3.2 电磁辐射控制技术

科学先进的电磁辐射控制技术是降低城市环境辐射水平、削减辐射隐患的关键抓手，主要从源头管控与传播阻断两大维度发力，辐射源隔离与屏蔽技术是现阶段城市辐射防控的常用手段，针对通信基站、高压输变电设施等典型辐射源，通过适配的屏蔽材料、物理隔离装置阻隔辐射传播路径，减少周边区域辐射泄漏，兼顾防控效果与设施正常运行；电磁辐射低功率传输技术的推广应用则聚焦源头减控，依托技术升级优化辐射源设备性能，在保障设施功能正常发挥的前提下，降低设备运行的辐射发射功率，从根源上减少电磁辐射产生量，适配城市居民区、校园等敏感区域的辐射防控需求。

3.3 电磁辐射控制管理体系

完善的电磁辐射控制管理体系是提升管控效率、实现全域动态管控的重要保障，核心在于搭建一体化的电磁辐射监控与管理平台，整合监测网络数据、辐射源台账、监管执法信息等多维度资源，依托大数据、物联网技术实现辐射数据实时分析、异常预警、溯源追查，打破部门间数据壁垒，推动管控工作从被动处置转向主动预判；同时推进城市电磁辐射监测结果的公共信息化建设，依托政务平台、官方公众号等渠道，依规公开合规的监测数据与评估结论，保障公众的知情权与监督权。

3.4 电磁辐射公众教育与科普

开展针对性的电磁辐射公众教育与科普工作，是化解公众认知误区、保障管控政策落地的重要支撑，当前部分公众对电磁辐射存在过度恐慌或认知缺位的问题，亟须通过科普宣传纠正片面认知，既要普及电磁辐射的基本原理、安全限值与实际危害边界，也要讲解科学的防范方式，帮助公众树立理性、客观的辐射认知，提升自我防范意识；城市需常态化开展多元科普活动与政策宣传，结合校园宣讲、社区科普、线上科普专栏等多种形式，用通俗易懂的内容解读辐射管控政策与防控知识^[5]。

4 城市电磁辐射监测与评估的挑战与发展方向

4.1 现有监测技术的局限性

当前城市电磁辐射监测与评估，受传统监测技术局

限，面临两大核心难题。一方面，城市复杂构筑物易干扰电磁信号，造成监测数据失真，加之传统定点布点存在盲区、布局不均，无法精准反映全域辐射水平；另一方面，城市多类辐射源密集叠加、信号耦合，传统设备难以快速定位溯源，直接降低了监测与评估的精准度。具体如表 1 所示。

传统监测技术的短板，直接影响数据可靠性，成为城市电磁辐射管控与评估的主要技术瓶颈。

4.2 新兴技术的应用前景

新兴技术的迭代升级为城市电磁辐射监测与评估突破瓶颈提供了可行路径，同时也带来了适配新场景的全新挑战，5G 网络与物联网的全面普及，使得城市射频辐射源数量激增、频段覆盖更宽泛，高密度基站布局、海量联网设备运行加剧了电磁环境的复杂性，对监测的频段适配性、实时性提出了更高要求；而无线传感网络与大数据分析技术的深度融合，恰好能针对性破解传统监测的痛点，依托分布式无线传感节点实现城市全域无死角的密集监测，打破定点监测的空间局限，再通过大数据技术整合海量监测数据，完成数据清洗、特征提取与规律分析，提升数据处理效率。

4.3 持续监测与评估的未来发展趋势

城市电磁辐射监测与评估的未来发展将朝着智能化、精准化方向纵深推进，受城市智能化、电气化转型的影响，智能家居、新能源汽车、轨道交通等电气化设备大规模普及，城市电磁辐射的来源、强度与分布格局持续动态变化，辐射环境的复杂性与多变性不断提升，倒逼监测与评估工作向常态化、动态化转型；人工智能与机器学习技术的融入则成为核心发展趋势，通过算法模型优化辐射暴露评估流程，实现辐射数据的智能研判、风险等级的自动划分，还能基于历史数据与实时监测数据预测辐射变化趋势，辅助精准定位潜在高风险区域。

5 结语

综上所述，本文梳理了城市电磁辐射的监测技术、评估方法和管控策略，明确了当前监测评估工作的技术瓶颈，也指出智能化、精准化是其核心发展趋势。后续需持续升级监测评估技术，完善动态管控机制，加强公众科普，才能在保障城市发展的同时，筑牢电磁环境安全防线，助力

城市生态环境治理。

参考文献:

[1] 彭宝山, 方珍珠, 康忠全等. 基于钻孔电磁辐射的巨厚煤层开采围岩应力表征[J]. 工矿自动化, 2026, 52(01): 30-38.

[2] 许广华. 辐射环境监测数据的合理性及其应对策略研究[J]. 皮革制作与环保科技, 2026, 7(02):58-60.

[3] 范方辉, 朱艺婷, 林远等. “十五五”期间加强电磁辐射污染防治的目标指标和思路举措研究[J]. 核安全, 2025, 24(06):59-65.

[4] 陈阳鹏. 高纯锗探测器在环境 γ 辐射剂量率连续监测中的性能评估分析[J]. 皮革制作与环保科技, 2025, 6(24): 47-49.

[5] 张旭云, 开丽比努尔·卡地. 试论城市环境中的电磁辐射监测与评估[J]. 皮革制作与环保科技, 2025, 6(19): 73-75.

作者简介: 卢晓莉 (1989.12-), 女, 汉族, 河南省周口市, 硕士, 工程师, 研究方向: 主要从事生态环保方面研究。