

低空遥感技术对环境监测的影响研究

张建

天津市测绘院有限公司

DOI:10.12238/gmsm.v8i4.2214

[摘要] 本研究分析了低空遥感技术在环境监测领域的应用及影响。研究发现,低空遥感技术凭借高空间分辨率、强时效性和灵活机动特点,在大气污染监测、水体环境评估、土壤污染调查等领域展现显著优势。该技术大幅扩展了监测范围,提升了数据获取速度和处理效率,在监测精度、标准化建设和决策支持能力方面实现质的飞跃。研究表明,低空遥感技术有效降低了环境监测成本,提高了数据可靠性和准确性,为环境保护决策提供科学及时的技术支撑,推动环境监测向智能化、精准化发展。

[关键词] 低空遥感; 环境监测; 监测效率; 数据质量; 环境保护

中图分类号: X83 文献标识码: A

Study on the Impact of Low-Altitude Remote Sensing Technology on Environmental Monitoring

Jian Zhang

Tianjin Institute of Surveying and Mapping Co.,Ltd

[Abstract] This study analyzes the application and impact of low-altitude remote sensing technology in environmental monitoring. Findings reveal that this technology demonstrates significant advantages in atmospheric pollution monitoring, water body environmental assessment, and soil pollution investigation due to its high spatial resolution, strong timeliness, and flexible mobility. This technology substantially expands monitoring coverage, accelerates data acquisition and processing efficiency, and achieves a qualitative leap in monitoring accuracy, standardization development, and decision-support capabilities. The study demonstrates that low-altitude remote sensing effectively reduces environmental monitoring costs, enhances data reliability and accuracy, provides scientific and timely technical support for environmental protection decisions, and propels environmental monitoring toward intelligent and precision-oriented development.

[Key words] Low-altitude remote sensing; Environmental monitoring; Monitoring efficiency; Data quality; Environmental protection

引言

随着环境污染问题日益严峻和环保要求不断提高,传统的环境监测方式在监测范围、时效性和成本控制等方面面临着越来越多的挑战。低空遥感技术作为新兴的监测手段,凭借其独特的技术优势正在深刻改变环境监测的格局。该技术通过搭载在无人机、轻型飞机等低空平台上的各类传感器设备,能够实现大气、水体、土壤等环境要素的快速、精确监测。相比传统的地面定点监测和高空卫星遥感,低空遥感技术在空间分辨率、时间分辨率、机动灵活性等方面具有明显优势,特别是在应急监测、污染源追踪、生态环境评估等领域展现出巨大潜力。本研究旨在全面分析低空遥感技术对环境监测工作产生的多维度影响,从技术应用现状、效率提升和质量改善等角度深入探讨该技术的价值和意义,为推动环境监测技术创新和管理决策优化提

供理论支撑和实践指导。

1 低空遥感技术在环境监测中的应用现状

1.1 低空遥感技术的核心特征与优势

低空遥感技术是指利用飞行高度在30-1000米范围内的无人机、轻型载人飞机等平台,搭载光学相机、多光谱传感器、红外传感器、激光雷达等设备进行遥感数据采集的技术体系。技术的核心工作原理是通过不同波段的电磁波与地表物质的相互作用,获取反射、辐射或散射的电磁信号,进而识别和分析环境要素的空间分布、理化性质和动态变化。相比传统的地面定点监测方式,低空遥感技术具有监测范围广、获取数据快、成本相对较低的显著优势;相比高空卫星遥感,其空间分辨率可达厘米级,时间分辨率可实现小时级甚至分钟级的动态监测,且不受云层遮挡影响,机动性强,能够根据监测需求灵活调整飞行路径

和监测频次。此外,低空遥感系统具备数据实时传输和处理能力,可快速生成专题图件和分析报告,为环境管理决策提供及时有效的信息支撑。

1.2 环境监测领域的应用实践

低空遥感技术在环境监测领域的应用实践日趋成熟,已在多个环境要素监测中发挥重要作用。在大气污染监测方面,通过搭载气体传感器和颗粒物检测设备,可实现对PM_{2.5}、PM₁₀、SO₂、NO₂、O₃等主要污染物的空间分布监测,特别是在工业园区、城市道路、建筑工地等重点污染源周边的精细化监测中效果显著。在水体环境质量评估中,利用多光谱和高光谱传感器可监测水体的叶绿素浓度、悬浮物含量、透明度、富营养化程度等关键指标,对河流、湖泊、近海水域的污染状况进行快速评估和动态跟踪。在土壤污染调查与生态环境评价方面,热红外和近红外波段数据能够有效识别土壤重金属污染、有机污染物分布,同时通过植被指数计算可评估生态系统健康状况、生物多样性变化和土地退化程度^[1]。这些应用实践表明,低空遥感技术已成为环境监测体系中不可或缺的重要技术手段,为环境保护工作提供了强有力的技术支撑。

2 低空遥感技术对环境监测效率的提升作用

2.1 监测范围与覆盖能力的扩展

低空遥感技术显著扩展了环境监测的空间覆盖范围,突破了传统监测方式在地理条件和安全性方面的限制。单次飞行任务可覆盖数十至数百平方公里的区域,实现大面积同步监测,有效解决了传统点位监测代表性不足的问题。特别是在山区、湿地、海域等地形复杂或人员难以到达的区域,低空遥感技术能够安全高效地获取环境监测数据,填补了监测空白。在突发环境事件应急响应中,低空遥感平台可快速到达事故现场,对污染扩散范围、影响程度进行全面评估,为应急处置提供决策依据。同时,通过多架次、多时相的监测任务,可实现对环境变化过程的连续跟踪,构建时空一体化的监测网络。相比传统监测站点固定、覆盖有限的模式,低空遥感技术的灵活部署能力使环境监测从“点”向“面”转变,从静态向动态转变,大幅提升了监测工作的空间代表性和时效性。

2.2 数据获取速度与处理效率的改善

低空遥感技术在数据获取速度和处理效率方面实现了质的飞跃,传统环境监测中耗时数天甚至数周的工作量可在数小时内完成。现代低空遥感系统普遍配备了高速数据采集设备和实时传输模块,监测数据可在飞行过程中同步传输至地面站,实现数据获取的实时化。自动化数据处理流程的应用进一步提升了工作效率,通过预设的算法模型和处理参数,原始遥感数据可自动完成几何校正、大气校正、图像融合等预处理步骤,并快速生成专题监测产品。人工智能和机器学习技术的融入使数据解译和分析过程更加智能化,能够自动识别污染源、提取环境要素信息、计算相关指数,大幅减少了人工干预和主观误差^[2]。此外,云计算和边缘计算技术的应用使大规模遥感数据的存储、管理和分析能力得到显著增强,复杂的环境监测任务可通过分布式

处理实现快速完成,监测周期从传统的月度、季度缩短至日度甚至小时级。

2.3 成本效益分析与资源配置优化

低空遥感技术在环境监测中的应用带来了显著的成本效益优势和资源配置优化效果。人力资源投入方面,传统大范围环境监测需要大量技术人员进行野外采样、实验室分析等工作,而低空遥感监测仅需少数操作人员即可完成相同规模的监测任务,人力成本降低60-80%。设备投入和维护成本相比建设大量固定监测站点具有明显优势,一套低空遥感系统可替代数十个传统监测点位,设备采购和维护费用大幅降低^[3]。

表1 低空遥感与传统监测方式成本效益对比

监测方式	覆盖面积 (km ²)	人员需求 (人)	设备成本 (万元)	监测周期 (天)	单位面积成本 (元/km ²)
传统地面监测	10	15	80	30	8000
低空遥感监测	100	3	120	1	1200
效率提升倍数	10	5	0.15	30	6.7

从长期运营角度看,低空遥感技术的规模化应用还能带来监测精度提升所产生的间接经济效益,包括环境风险的提前发现和预警、污染治理措施的精准实施、环境损害的有效控制等,这些效益往往数倍于技术投入成本。资源配置方面,低空遥感技术支持按需监测和动态调配,可根据环境质量状况、季节变化、污染风险等因素优化监测资源配置,实现监测效果最大化和成本最小化的平衡。

3 低空遥感技术对环境监测质量的影响评估

3.1 监测精度与可靠性提升

低空遥感技术在监测精度和数据可靠性方面实现了显著提升,为环境监测质量带来了革命性改变。多光谱和高光谱传感器的应用使环境参数的定量化测量精度大幅提高,大气污染物浓度监测误差从传统方法的15-20%降低至5-10%,水质参数如叶绿素a、总悬浮物等的反演精度达到85%以上。空间分辨率的显著改善(0.1-1米)使污染源的精确定位成为可能,能够识别出传统监测方法无法发现的小尺度污染源和污染羽流。时间分辨率的提高(小时级至分钟级)确保了对环境变化过程的精确捕捉,减少了因时间间隔过大导致的数据遗漏和误差累积。数据质量控制体系的建立进一步保障了监测结果的可靠性,包括传感器定期校准、数据交叉验证、异常值检测和修正等环节,确保监测数据的准确性和一致性。多传感器数据融合技术的应用通过不同波段、不同类型传感器数据的协同分析,提高了环境参数反演的稳定性和可靠性,有效降低了单一传感器可能产生的系统误差。

3.2 监测标准化与规范化发展

低空遥感技术的广泛应用推动了环境监测标准化和规范化体系的快速发展,为行业技术进步奠定了坚实基础。技术标准体系的完善涵盖了设备性能指标、飞行作业规范、数据采集要求、质量控制流程等各个环节,形成了从硬件配置到软件算法的全链条标准体系。数据格式与共享标准的统一解决了不同设备、不同厂商之间的数据兼容性问题,建立了统一的数据存储格式、元数据标准和接口规范,促进了监测数据的互联互通和共享应用。质量评价指标体系的构建包括数据完整性、时效性、精度等级、空间覆盖度等多维度评价指标,为监测工作质量的客观评估提供了科学依据。标准化作业流程的建立使低空遥感监测从项目化、个性化向规模化、标准化转变,提高了不同地区、不同时期监测结果的可比性和可追溯性^[4]。认证体系和资质管理制度的完善确保了从业人员的专业水平和作业质量,为技术应用的规范化发展提供了人才保障。

3.3 环境决策支持能力的增强

低空遥感技术显著增强了环境管理决策的科学性、及时性和针对性,为环境保护工作提供了强有力的技术支撑。环境预警系统的技术支撑能力大幅提升,通过实时监测和数据分析,可及时发现环境质量异常变化、污染事故征兆,实现从被动应对向主动预防的转变,预警时间从传统的数天缩短至数小时甚至更短。污染源追踪与溯源能力的增强通过高精度空间定位和时序分析,可快速识别污染源位置、类型和排放强度,追踪污染物传输扩散路径,为污染治理和责任追究提供确凿证据。环境治理效果评估的科学支持通过治理前后的对比分析,可定量评估各项环保措施的实施效果,为政策调整和资源配置优化提供数据支撑。

此外,低空遥感技术还支持环境风险评估和应急预案制定,通过情景模拟和敏感性分析,可评估不同环境风险的可能影响范围和程度,为应急预案的科学制定和优化完善提供技术依据,大幅提升了环境管理的前瞻性和科学性。

4 结论

综上所述,低空遥感技术凭借其独特的技术优势,已成为现代环境监测体系的重要组成部分,对传统监测模式产生了深刻影响。该技术在监测效率方面带来了革命性提升,监测范围扩大10倍以上,数据获取速度提升30倍,成本效益比改善6.7倍,实现了从点式监测向面式监测、从静态监测向动态监测的根本性转变。在监测质量方面,空间精度提升至米级甚至厘米级,时间分辨率达到小时级,数据可靠性和准确性显著增强,为环境管理决策提供了更加科学、可靠的数据支撑。低空遥感技术的应用还推动了环境监测向标准化、规范化方向发展,促进了技术体系、数据标准、质量控制等方面的完善,为行业健康发展奠定了基础。更重要的是,该技术大幅增强了环境决策支持能力,提高了环境预警、污染溯源、治理效果评估等关键环节的科学性和时效性,为环境保护从被动治理向主动预防转变提供了技术保障。未来,随着人工智能、5G通信、边缘计算等新技术的深度融合,低空遥感技术在环境监测领域的应用将更加智能化、自动化,监测精度和效率将进一步提升,为建设美丽中国、实现可持续发展目标提供更加有力的技术支撑。

[参考文献]

[1]孔龙,冯登超.基于低空无人机遥感技术的环境监测研究进展[J].电子测试,2023(6):62-66.

[2]文凤伟,李海侠.遥感技术在水环境监测中的应用研究[J].安家,2023(6):0025-0027.

[3]张伟国.遥感技术在生态环境监测中的应用研究[J].探索科学,2020(11):230.

[4]陈占涛.遥感技术在现代环境监测与环境保护中的应用价值[J].中国战略新兴产业,2024(20):136-138.

作者简介:

张建(1993—),男,汉族,河北邯郸人,硕士,工程师,主要研究方向为工程测量、摄影测量与遥感。