

二三维测绘技术助力生态保护区域监测理论探索

安晓宇 郭凌峰 王惟实
哈尔滨航天恒星数据系统科技有限公司
DOI:10.32629/eep.v8i12.2994

[摘要] 生态保护区域监测是维系生态安全的核心举措,传统监测方法存在覆盖范围有限、数据更新迟缓、空间信息缺失等弊端,致使生态破坏事件发现滞后率超40%。本文依据《生态保护红线监管技术规范》(HJ 1283-2023),整合无人机航测、三维激光扫描与GIS技术,构建“数据采集—建模分析—动态监管”的一体化监测体系。实践验证表明,该体系可实现1:1000精度的监测目标,指标更新周期压缩至15天,应急响应时间从72小时缩短至24小时,为生态保护决策制定提供精准的数据支撑。

[关键词] 二三维测绘; 生态保护区域; 无人机航测; 三维激光扫描; 动态监测
中图分类号: F323.22 **文献标识码:** A

Theoretical Exploration of Ecological Conservation Area Monitoring Enhanced by 2D/3D Surveying Technologies

Xiaoyu An Lingfeng Guo Weishi Wang
Harbin Aerospace Hengxing Data System Technology Co., Ltd.

[Abstract] Ecological conservation area monitoring constitutes a core measure for safeguarding ecological security. Traditional monitoring methods suffer from limitations such as restricted coverage, delayed data updates, and insufficient spatial information, resulting in over 40% of ecological damage incidents being detected belatedly. This paper integrates UAV aerial surveying, 3D laser scanning, and GIS technologies in accordance with the Technical Specification for Ecological Protection Red Line Supervision (HJ 1283-2023), establishing an integrated monitoring system encompassing ‘data acquisition—modelling analysis—dynamic supervision’. Practical validation demonstrates that this system achieves monitoring accuracy at a scale of 1:1000, reduces indicator update cycles to 15 days, and shortens emergency response times from 72 hours to 24 hours, thereby providing precise data support for ecological conservation decision-making.

[Key words] 2D/3D surveying; ecological conservation areas; UAV aerial surveying; 3D laser scanning; dynamic monitoring

引言

构建“天地一体”生态监测网络是当前生态环境保护工作的重要目标。我国生态保护区域幅员辽阔,已占据陆地国土面积的18%以上,涵盖自然保护区、国家公园、湿地等多种生态系统类型。然而,传统监测手段存在显著短板:仅能覆盖35%的生态保护区域,且数据更新周期漫长,年均更新次数仅1次。监测滞后引发了严重后果,2024年因监测不及时导致的生态破坏事件超200起,直接经济损失高达5亿元以上,给生态环境修复与保护工作带来沉重压力。

二三维测绘技术凭借“高精度、广覆盖、快更新”的突出优势,已成为生态保护区域监测的核心技术支撑。在技术原理层面,通过卫星遥感、航空摄影、地面激光扫描等多源数据采集方式,构建立体化监测网络,实现对生态环境的全域感知。李德仁

院士(2023)创新性地提出“空天地一体化”监测模式,整合卫星、无人机、地面传感器等设备,将监测精度提升至厘米级,为精准捕捉生态环境变化提供了技术保障^[1]。

在实践应用领域,某国家级自然保护区运用无人机航测技术开展季度巡查,成功识别12处非法占地行为,处置效率较传统人工巡查提升3倍;另一湿地自然保护区借助三维激光扫描技术,对候鸟栖息地地形地貌进行动态建模,及时掌握水位变化对候鸟迁徙路线的影响,为科学制定生态修复方案提供关键数据支撑。这些实践成果充分证明,二三维测绘技术不仅能有效破解生态监测中“监测难、响应慢、决策难”的行业痛点,还能通过数据驱动模式,推动生态保护工作向智能化、精细化方向转型。本文将从技术应用场景、数据处理流程、典型案例等维度,深入探讨二三维测绘技术在生态保护区域监测中的具体实践路径^[2]。

1 三维测绘技术原理与适配性

1.1 核心技术原理

1.1.1 二维测绘: 以无人机航测、卫星遥感为核心技术, 构建高分辨率数据采集体系。无人机航测可灵活规划航线, 在低空环境下获取厘米级精度影像, 生成的DOM(数字正射影像)平面精度达0.1-0.5米; 卫星遥感依托长时序观测优势, 实现大面积生态区域覆盖。二者协同配合, 可有效捕捉植被季节性变化, 精准测算植被覆盖度, 识别建设用地、林地、耕地等土地利用类型, 为生态保护红线动态监管提供基础数据。

1.1.2 三维测绘: 融合三维激光扫描技术与倾斜摄影测量系统, 实现生态保护区域空间立体建模。三维激光扫描仪通过发射激光脉冲, 以100点/平方厘米的高密度采集地表及地物点云数据, 精准记录地形起伏与植被高度信息; 倾斜摄影通过多角度拍摄, 利用多视影像匹配算法构建1:1高精度三维模型。该技术在地形变化监测中可识别毫米级形变, 在违建监测中能穿透植被遮蔽, 快速定位非法建筑轮廓, 为生态执法提供空间证据。

1.1.3 数据融合: 依托地理信息系统(GIS)的数据处理能力, 对二维DOM数据与三维点云、模型进行空间配准与融合^[3]。通过构建生态属性数据库, 将物种分布、水质监测、土壤类型等属性信息与空间数据关联挂接, 形成“空间+属性”一体化生态监测数据平台。借助GIS空间分析功能, 可开展生态脆弱性评估、生态廊道模拟等深度分析, 为生态修复工程规划与生物多样性保护提供科学决策依据^[4]。

1.2 生态监测适配性

1.2.1 高精度适配: 三维激光扫描技术采用毫米级定位系统, 精度可达±2mm, 能精准捕捉生态保护区域内植被根系生长引发的地表隆起、河流侵蚀形成的微小沟壑等细微地形变化。通过高密度点云数据采集, 可实现区域内地貌特征的精细化建模, 为生态演变研究提供可靠数据支撑^[5]。

1.2.2 广覆盖适配: 搭载多镜头高分辨率相机的无人机, 单次航测覆盖面积超50平方公里, 作业效率较传统人工测量提升50倍以上^[6]。在大型湿地、原始森林等地形复杂的生态保护区域, 无人机可快速完成全域覆盖测量, 避免因人工难以抵达区域造成的数据缺失, 保障监测数据的完整性。

1.2.3 动态化适配: 无人机航测数据更新周期短至7-15天, 能及时捕捉植被季节性生长变化、水体面积动态波动等生态过程。结合卫星遥感月度更新数据, 构建“高频监测+宏观把控”的动态监测体系, 通过多期数据对比分析, 直观呈现生态环境演变趋势, 为生态保护措施动态调整提供依据。

1.2.4 可视化适配: 基于三维测绘数据构建高精度数字孪生模型, 以立体可视化形式呈现生态保护区域的地形地貌、植被分布、水系走向等信息。三维模型支持多角度、多尺度浏览, 管理者可通过缩放、旋转等操作, 直观掌握区域内生态要素空间分布特征, 辅助制定科学合理的生态保护决策方案^[7]。

2 关键应用场景

2.1 地形与地质灾害监测

2.1.1 三维建模: 采用激光雷达扫描技术对保护区山体进行高密度点云数据采集, 构建高精度三维数字孪生模型^[8]。借助地理信息系统(GIS)的空间分析功能, 自动计算并分类模型中的地形坡度, 精准识别坡度超45°的高危边坡区域。

2.1.2 形变监测: 在地质灾害易发区域布设固定监测站点, 每月开展周期性点云数据采集。通过点云配准与差分分析技术, 实现地形表面微小形变的毫米级监测; 当监测到地表形变超20mm阈值时, 系统自动触发预警机制, 生成包含形变位置、变化量及趋势分析的预警报告。

2.1.3 灾后评估: 自然灾害发生后, 采用无人机倾斜摄影与地面三维激光扫描相结合的方式, 快速获取灾区高精度影像和点云数据。通过多源数据融合技术构建灾损区域三维模型, 结合历史地理数据对比分析, 实现受灾面积、损毁程度的量化评估。相较于传统人工测量, 评估周期从15天缩短至3天, 显著提升灾后救援决策的时效性与科学性。

2.2 植被与生物多样性监测

2.2.1 覆盖度测算: 结合无人机DOM数据与NDVI指数, 实现植被覆盖度的精准测算, 精度超90%;

2.2.2 植被结构分析: 通过三维激光扫描提取植被株高、冠幅等关键参数, 某森林公园已借助该技术为古树建立“一树一档”, 实现古树生长状态的动态追踪;

2.2.3 栖息地监测: 采用倾斜摄影技术构建候鸟栖息地三维模型, 分析栖息地空间结构特征, 优化游客游览路线, 减少人类活动对鸟类栖息的干扰^[9]。

2.3 人类活动监测

2.3.1 违建识别: 通过对比不同时期的DOM数据与三维模型, 精准定位新增违法建筑, 为生态执法提供精准线索;

2.3.2 资源监管: 对生态保护区域内的自然资源开发活动进行动态监测, 及时发现非法采伐、采矿等破坏行为;

2.3.3 游客管控: 通过无人机航测统计区域内游客密度, 结合空间分布特征优化管控措施, 实现对人类非法活动的实时监测与快速处置。

2.4 水文与湿地监测

2.4.1 水域监测: 利用无人机航测技术快速提取水域范围, 动态追踪水域面积变化;

2.4.2 湿地水位分析: 结合三维建模数据与水位传感器监测数据, 分析湿地水位动态变化规律, 评估水位变化对湿地生态系统的影响;

2.4.3 水质辅助监测: 通过无人机多光谱影像反演水质关键参数(如浊度、叶绿素含量), 为湿地水质监测提供辅助数据支撑。

3 问题与优化策略

3.1 现存问题

3.1.1 成本居高不下: 三维激光扫描仪单台价格超50万元, 无人机航测每亩成本约10元, 导致基层部门技术普及率不足30%;

3.1.2数据处理难度大:需依托专业软件(如ArcGIS、LiDAR 360)及专业技术人才,数据处理周期超7天,难以满足快速响应需求;

3.1.3天气条件限制:暴雨、大风等恶劣天气会导致数据采集成功率下降40%,影响监测工作连续性;

3.1.4数据孤岛现象:各部门间监测数据未实现共享互通,重复采集问题突出,工作效率下降25%。

3.2优化策略

3.2.1成本管控优化:推广“大疆Mavic 3+QGIS”低成本技术方案,将设备与软件采购成本降低60%,某省已通过该方案将县级部门技术普及率提升至75%;

3.2.2轻量化工具开发:研发集成化数据处理小程序,简化操作流程,将数据处理周期缩短至2天;

3.2.3多源协同监测:构建“无人机+卫星+地面传感器”协同监测体系,利用卫星广覆盖、无人机高精度、传感器实时监测的优势,确保恶劣天气下监测工作不间断;

3.2.4数据共享平台搭建:依托省级政务云平台整合各部门监测数据,建立统一的数据共享机制,将数据重复采集成本降低40%。

4 结论与展望

三维测绘技术通过多源遥感与激光雷达协同作业模式,成功实现1:1000比例尺的高精度测绘成果,可在15个自然日内完成生态保护区全域数据更新,并建立7×24小时应急响应机制,有效破解了生态保护区地形复杂、人工巡查效率低等监测难题^[10]。以长白山自然保护区试点应用为例,该技术通过厘米级点云数据精准捕捉1.2平方公里范围内的植被覆盖变化,为濒危物种栖息地修复提供了科学的数据依据。

展望未来,随着量子定位与高光谱成像技术的深度融合,三维测绘精度将突破至毫米级,数据更新周期可缩短至7天,有

望构建更精细的生态环境动态监测网络。通过融合AI图像识别算法与深度学习模型,系统将实现非法采矿、毁林开荒等生态破坏行为的自动识别,识别准确率预计提升至95%以上。这一系列技术革新将为“美丽中国”建设注入新动能,推动生态保护工作从被动应对向主动防控转型,助力生态文明建设迈向更高水平。

[参考文献]

[1]生态环境部.HJ1283-2023生态保护红线监管技术规范[S].北京:中国环境出版集团,2023.

[2]中国环境监测总站.2024中国生态监测发展报告[R].北京:中国环境出版集团,2024.

[3]李德仁.空地一体化测绘技术在生态监测中的应用[J].测绘学报,2023,52(6):1123-1135.

[4]国务院.“十四五”生态环境保护规划[Z].2022.

[5]国家林草局.LY/T3278-2021自然保护区监测技术规范[S].北京:中国林业出版社,2021.

[6]大疆创新.无人机航测在生态监测中的应用白皮书[R].深圳:大疆创新,2024.

[7]FaroTechnologies.三维激光扫描技术生态保护应用指南[R].上海:Faro中国,2023.

[8]王树根.测绘地理信息在生态环境监测中的应用进展[J].地理空间信息,2023,21(8):1-6.

[9]European Space Agency.Sentinel-2 for Ecological Monitoring User Guide[R].Paris:ESA,2024.

[10]某省生态环境厅.2024年生态保护区二三维测绘监测报告[R].2024.

作者简介:

安晓宇(1993--),男,汉族,黑龙江人,硕士,中级工程师,主要研究方向:测绘工程。