水土保持动态监测技术应用探析

胡鹏飞
浙江中冶勘测设计有限公司 310009

【摘 要】水土保持动态监测是落实生产建设项目水土流失防控、方案落地核查及工程验收评估的核心技术手段，贯穿水土保持方案编制、施工全过程监管、竣工验收及后期运维的全生命周期。在水土保持监管向精细化、数字化转型的行业背景下，传统人工定点监测模式存在数据更新滞后、空间覆盖范围有限、实时性不足等缺陷，难以满足当前水土保持常态化、动态化、精准化的监管工作需求。本文立足生产建设项目水土保持方案编制、现场动态监测、竣工核查验收三大核心应用场景，系统构建“天空地一体化”水土保持动态监测技术体系，重点阐述卫星遥感监测、无人机航测、地面定点实时监测、信息化智能监测等核心技术的应用优势与实操要点。结合项目全周期落地实践，梳理现阶段动态监测工作中存在的技术适配性不足、多源数据融合程度低、监测成果落地实效性差等突出问题，并针对性提出优化应用对策。研究成果可为生产建设项目水土保持动态监测实施、方案编制优化、验收提质增效提供实操参考，助力水土保持行业朝着数字化、标准化、精细化方向高质量发展。

【关键词】水土保持；动态监测；遥感技术；无人机监测；方案编制；验收核查

Analysis of Dynamic Monitoring Technology Applications in Soil and Water Conservation

Hu Pengfei
Zhejiang Zhongye Survey and Design Co., Ltd. 310009

【Abstract】Dynamic monitoring of soil and water conservation serves as the core technical tool for implementing erosion control measures in construction projects, verifying project implementation plans, and evaluating engineering acceptance. It spans the entire lifecycle—from development of conservation plans and construction supervision to final acceptance and post-construction maintenance. Amid the industry's shift toward refined and digitalized regulation, traditional manual monitoring methods suffer from outdated data updates, limited spatial coverage, and insufficient real-time performance, failing to meet modern demands for routine, dynamic, and precise oversight. This study systematically develops an integrated "space-air-ground" monitoring framework tailored to three key application scenarios: plan formulation, on-site monitoring, and project acceptance verification. It highlights the advantages and practical applications of core technologies including satellite remote sensing, drone aerial surveys, ground-based real-time monitoring, and intelligent data analytics. Through case studies across project cycles, the research identifies challenges such as inadequate technological compatibility, poor multi-source data integration, and suboptimal outcome implementation, proposing targeted optimization strategies. The findings provide actionable insights for enhancing dynamic monitoring effectiveness, refining conservation plans, and improving project quality, thereby advancing the soil and water conservation sector toward digitalization, standardization, and precision-driven development.

【Key words】Soil and water conservation; Dynamic monitoring; Remote sensing technology; UAV monitoring; Plan development; Acceptance verification

一、引言

水土保持是生态文明建设的基础性工程，也是生产建设项目生态环境管控的关键核心内容。国内现阶段生产建设项目数量庞大、布局分散，工程开挖、土方堆存、土地占用等人为扰动行为，极易引发人为水土流失问题，对区域生态环境质量、水土资源动态平衡造成不利影响。水土保持动态监测作为精准掌握区域水土流失现状、预判流失风险、验证治理成效的关键技术手段，是水土保持方案编制的数据基础、施工过程监管的重要支撑、竣工验收评价的核心依据以及后期运维管控的重要环节，全面覆盖项目建设全生命周期。

二、水土保持动态监测核心应用场景

水土保持动态监测相较于传统静态监测，核心优势在于可实时追踪项目现场扰动变化、动态更新水土流失基础数据、精准量化评估治理成效，能够适配生产建设项目水土保持全流程工作，核心应用场景主要分为三类。

第一，水土保持方案编制应用场景。方案科学编制需依托精准的区域地形参数、植被覆盖状况、土壤侵蚀现状、扰动风险等级等基础数据。动态监测技术可提前采集项目区域本底生态环境数据，精准研判施工阶段水土流失增量风险，为方案中防治分区划分、工程措施与植物措施布设、水土流失预测核算、防治目标设定提供真实、精准的数据支撑，彻底改善传统方案依靠经验估值、数据笼统模糊的弊端，显著提升水土保持方案编制的科学性与针对性。

第二，项目施工全过程动态监管场景。生产建设项目普遍施工周期长、现场扰动范围动态变化，土方开挖、临时堆土、原生植被破坏等施工行为，随时可能诱发水土流失隐患。依托动态监测技术可实时追踪项目扰动边界变化、地表植被覆盖动态、水土保持措施落实情况，及时排查裸土裸露、排水系统不畅、堆土防护措施缺失等各类风险隐患，为施工期水土流失精准管控提供实时数据依据，实现各类隐患“早发现、早预警、早处置”的管控目标。

第三，水土保持验收核查应用场景。在项目竣工验收阶段，利用全过程动态监测数据，可系统对比项目施工前后区域生态环境变化、水土流失治理成效、防治措施完好性与有效性，精准核算治理达标率、植被恢复率、土壤侵蚀模数等核心验收指标，为水土保持设施自主验收、行政部门核查监管提供真实有效的数据支撑，保障验收核查工作客观规范、精准高效。

三、主流水土保持动态监测技术及实操应用

当前水土保持行业已形成成熟的“天空地一体化”动态监测技术体系，各类技术优势互补、各有侧重，可适配不同工作场景，在方案编制、过程监测、验收核查工作中发挥核心支撑作用，各类技术具体实操应用如下。

3.1 卫星遥感动态监测技术

卫星遥感监测适用于大范围、长周期的区域性水土保持动态排查工作，依托 Sentinel-2 卫星、国产高分系列卫星影像数据，可实现大范围生产建设项目扰动情况的常态化动态监测。在方案编制前期，该技术可精准提取项目区域植被覆盖度、土地利用类型、地形坡度、本底土壤侵蚀强度等基础生态数据，精准划定水土流失重点防治区域，优化水土保持方案整体防治布局。在日常监管阶段，通过多期卫星影像时序对比分析，动态监测项目占地扰动范围、植被损毁与恢复状况、临时扰动区域增减变化，快速识别违规扰动、超范围施工等违法违规问题。该技术具备覆盖范围广、无需人工进场、可批量排查的优势，是区域水土保持宏观监管、方案基础数据采集的核心技术手段。

3.2 无人机航测动态监测技术

无人机航测是当前生产建设项目精细化动态监测的核心技术，主要适配中小范围、高精度的现场监测场景，有效弥补卫星遥感分辨率不足、影像获取时效性受限的短板。通过无人机低空航测作业，可快速采集项目现场高清影像、构建三维地形模型，精准测算现场扰动面积、堆土方量、裸露土地范围，直观核查挡土墙、排水沟、植草复绿等各类水土保持措施的布设情况与完好状态。施工期可通过定期航测，动态对比施工现场工况变化，形成可视化、可追溯的监测成果；验收阶段依托高精度三维模型，精准核算各类水土保持治理指标，为验收报告编制、现场核查工作提供直观、精准的数据支撑。该技术操作灵活便捷、监测精度高、时效性强，广泛应用于基建、矿山、道路等各类生产建设项目的水土保持动态监测工作。

3.3 地面物联网实时动态监测技术

地面物联网监测属于定点式全天候动态监测技术，主要针对项目重点水土流失区域布设智能监测设备，实现监测数据自动采集、实时传输、持续更新。通过在重点区域布设雨量计、土壤墒情传感器、泥沙监测仪、坡面径流监测设备，可全天候自动监测区域降雨量、坡面径流量、土壤侵蚀量、泥沙流失量等核心监测指标，实时捕捉降雨工况下水土流失的动态变化规律。该技术能够获取高频次、连续性的实测数据，可为水土保持方案水土流失预测参数校准、施工期流失风险预判、治理成效量化评估提供精准实测依据，有效解决传统人工监测数据离散、难以捕捉极端降雨工况水土流失数据的行业难题。

四、动态监测技术应用现存问题

结合水土保持方案编制、现场监测、验收核查的一线工作实践来看，当前动态监测技术落地应用仍存在诸多短板，制约了水土保持行业精细化、数字化发展进程。其一，技术适配性不足。部分项目存在“重设备采购、轻实操应用”的问题，盲目选用高精度监测设备，未结合项目建设规模、扰动特征、施工工况制定针对性监测方案，造成监测数据冗余、

核心监测指标缺失，最终监测成果无法适配方案编制与竣工验收的实际需求。其二，多源数据融合度较低。遥感、无人机、地面物联网三类监测数据相互独立、壁垒明显，未建立统一的数据标准与融合体系，数据无法实现互补校验，难以全面、精准反映项目整体水土流失动态变化特征。其三，监测成果落地性薄弱。多数监测工作仅完成基础数据采集与报表统计工作，未结合项目现场实际优化水土保持防治措施，监测、治理、整改闭环机制不完善，存在“监测与现场治理脱节”的突出问题。其四，基层技术应用能力不足。部分一线从业人员对数字化、智能化监测技术掌握不熟练，存在影像解译、模型分析、成果优化能力薄弱等问题，无法充分发挥动态监测技术的精准赋能优势。

五、优化动态监测技术应用的实践策略

5.1 按需匹配差异化监测技术方案

结合不同项目的建设类型、扰动范围、施工工况及监管要求，制定差异化、定制化的动态监测方案，杜绝通用化、模板化的技术套用模式。小型零散建设项目以无人机常态化航测结合人工辅助巡查为主，兼顾监测成本与工作效率；大型基建、矿山等高扰动、高风险项目，采用“遥感宏观排查+无人机精细监测+地面物联网定点监测”的一体化监测模式，全方位、全维度捕捉水土流失动态变化。同时紧扣方案编制、施工过程监管、验收核查的差异化工作需求，针对性采集核心监测指标，保障监测成果精准适配各类行业工作场景。

5.2 构建多源数据融合应用体系

系统整合卫星遥感、无人机航测、地面物联网监测的多源数据，建立统一规范的数据标准与一体化分析体系，实现各类监测数据互补支撑、交叉校验。依托大数据智慧平台对时序监测数据进行汇总挖掘、深度分析，精准梳理项目水土流失变化规律、重点流失区域、风险高发时段，为水土保持方案措施优化、施工期精准治理、验收成效量化评估提供全面、精准的数据支撑，有效解决单一监测技术数据片面、精度不足、覆盖不全的问题。

5.3 建立监测–治理–验收闭环机制

强化动态监测成果的落地应用效能，打通监测、整改、治理、验收全流程闭环管理体系。将实时监测排查出的裸土扰动、防护缺失、径流冲刷等隐患问题及时反馈施工单位，督促限期完成整改修复；结合动态监测数据分析结果，优化水土保持防治措施布局与实施方案，提升水土流失治理的针对性与实效性；在方案编制与竣工验收阶段，全面运用项目全过程动态监测数据，提升方案编制的科学性与验收评价结果的真实性，彻底解决监测与现场实操脱节的行业痛点。

六、结论

水土保持动态监测技术是新时代水土保持精细化、数字化监管的核心支撑，全面贯穿水土保持方案编制、施工动态监管、竣工验收核查等全行业核心工作场景。相较于传统人工静态监测模式，天空地一体化动态监测体系具备时效性强、监测精度高、空间覆盖全、数据维度丰富等突出优势，可精准捕捉生产建设项目水土流失动态变化特征，为水保方案优化、现场隐患治理、验收成效评价提供坚实的数据支撑。当前行业动态监测技术应用仍存在技术适配性不足、多源数据融合度低、成果落地应用薄弱等问题。通过按需定制差异化监测方案、整合优化多源监测数据、构建全流程闭环应用机制、强化专业技术人才队伍建设，可有效提升动态监测技术的落地应用质量。未来，需持续推进数字化、智能化监测技术与水土保持行业工作的深度融合，推动监测工作从单纯“数据采集统计”向“实效赋能治理”转型，持续提升生产建设项目水土流失防控水平，为区域生态环境保护与水土资源可持续利用提供坚实保障。

参考文献

[1]王新星,李智广,杨胜天.卫星遥感与无人机遥感技术在生产建设项目水土保持监管中的应用[J].中国水土保持,2019(11):26–29.
[2]曹一鸣,季翠翠,裴向军.多模型耦合的流域水土流失监测方法研究[J].生态学报,2024,44(14):6037–6052.
[3]张磊,刘敏.水土保持动态监测技术体系构建与应用实践[J].水土保持研究,2023,30(02):189–194.
[4]李娟,王浩.智慧水土保持背景下多源监测数据融合应用研究[J].水利技术监督,2024(03):78–81.
[5]赵阳,陈亮.生产建设项目水土保持无人机精细化监测应用探析[J].水土保持通报,2022,42(05):176–181.
[6]徐晓铮,张会兰,安妮.多模型耦合的水土保持综合措施适宜性评价[J].生态学报,2026,46(02):805–821.