

河道生态修复工程中监测技术的应用分析

牛坤阳 吴鲁豫 刁艳萍 寇天宇 栾好琦 马浴原 杜帜潜 杜玮霖

山东农业工程学院 山东济南 250100

DOI:10.32629/ems.v8i6.20600

[摘 要] 河流是地表水资源的载体,是生态系统中不可缺少的一部分,对人类生产、生活存在不可忽视的影响。在地质变化和极端天气的影响下,滑坡、崩溃等地质灾害时常发生,直接威胁沿岸群众的生命财产安全。然而,当前主流的河道管理依赖传统模式下的人工检查,效率低下、信息获取滞后、巡检作业风险高等问题日益突出。现有模式难以应对河道环境保护、地质灾害隐患排查等工作对信息时效性、准确性的需求。本文探讨了传感器、卫星遥感和无人机等先进技术在河道管理中的应用和价值,提出了建立精准、高效河道信息采集体系的方法,从而打破传统模式下的时空限制,推动河道管控从被动应对向主动防控的转变,为河道生态保护与安全保障提供智能化的解决方案。

1. 引言

河道作为水资源的核心载体,承担着水资源调配、防洪排涝、生态涵养等重要功能,是维系流域生态平衡、保障区域经济社会可持续发展的关键纽带。然而,受水流长期冲刷、地质条件动态变化、极端天气等多重自然^[1]与人为因素^[2]叠加影响,河道边坡滑坡、坍塌等地质灾害时有发生,不仅破坏河道生态系统完整性、影响水资源合理利用,更直接威胁沿岸群众生命财产安全与基础设施稳定,凸显了河道安全管理的紧迫性与重要性,持续、精准且全面的河道监测至关重要^[3]。

2. 河道监测的指标

2.1 水位监测

水位作为河道水文监测体系中基础且核心的关键参数,其动态变化直接表征着河道水体高程的时空演化特征,对流域防洪减灾预警、水资源优化配置、内河航运安全保障等流域水生态环境治理与水资源管理核心工作,具有不可替代的意义与价值^[4]。基于水位参数的长期连续监测,结合历史水位序列数据的深度挖掘与系统分析,可精准揭示河道水位的动态演变规律,明确不同季节、不同水文年际尺度下水位波动的特征差异与驱动机制,为防洪工程的科学化设计、洪水应急预案的精细化编制以及流域水资源的集约化调控提供坚实的理论支撑与数据依据,对提升流域水安全保障能力、促进水资源可持续利用具有重要的学术价值与实践指导意义。

2.2 流量监测

流量监测是河道水文监测体系的核心组成部分,其核心内涵为对单位时间内流经河道指定断面的水体体积进行精准量化测定,是开展流域水资源管理、水生态保护及水利工程

调度的基础前提^[5]。精准获取河道流量时空分布特征与动态演变规律,不仅能够为流域水资源优化配置与用水调度规划提供科学依据,更可有效保障工业生产、农业灌溉及城乡生活等各类用水部门的合理用水需求,推动水资源利用效率的提升。在跨流域调水这类重大水利工程中,流量监测所获取的连续、可靠数据,是调度方案制定、调度过程调控及调度效果评估的关键支撑,能够为不同区域间水资源的高效流转、合理分配提供精准的数据支撑,确保调水工程实现效益最大化。与此同时,流量数据作为评估河道生态基流满足程度的核心指标,其精准度直接影响生态需水评估结果的科学性,可为河道生态系统完整性保护、水生态功能修复及生态平衡维持提供有力的技术支撑与理论依据,对推动流域水资源可持续利用与水生态环境高质量发展具有重要的学术意义和实际应用价值。

2.3 水质监测

河道水质状况是维系流域水生态系统完整性、保障周边居民生命健康与生活品质的前提,其优劣直接决定流域水资源的利用价值,对区域生态环境安全与社会经济可持续发展产生深远影响。水质监测涵盖理化指标、营养盐指标、重金属指标及有机污染物指标等多个类别,其中酸碱度、溶解氧、氨氮、重金属含量及各类挥发性、半挥发性有机污染物是最为核心且常用的监测指标。通过对上述指标实施定期监测与实时在线监测相结合的方式,可精准捕捉河道水质的时空动态变化特征,科学判定水质污染的发生与否、污染等级及污染类型,为污染溯源与防控提供精准的数据支撑^[6]。当监测发现水质出现异常波动时,相关管理部门可基于监测数据快速锁定污染源头、明确污染扩散范围,进而采取针对性的污

染治理与管控措施,有效遏制污染扩散,保障河道水质安全,维系流域水生态系统的动态平衡。

2.4 水生态监测

水生态监测是全面掌握河道生态系统结构完整性与功能稳定性的技术路径,其目标是厘清河道内生物群落的组成结构、分布特征及功能发挥状况,为流域水生态保护与修复提供科学依据^[7]。不同类群水生生物对生存环境具有特定的适应性阈值,其种群结构与生存状态可作为表征河道生态系统健康状况的敏感指示因子,能够直观反映河道生态系统的受损程度与恢复状况。此外,水生态监测还涵盖河道底质理化性质、水生植物群落分布、水体水文情势等相关内容,可深入揭示河道生态系统的结构特征与功能机制,科学评估生态系统的完整性、稳定性及自我修复能力。水生态监测为河道水生态修复方案的制定、生态保护措施的优化提供精准的理论支撑与技术指导,对推动流域水生态环境高质量发展、实现水资源与生态环境协同可持续利用具有重要意义。

3. 河道监测的方法与技术

3.1 传统监测方法

人工实地观测:这是较为基础的监测方式,工作人员需定期前往河道监测点,利用专业测量工具如水准仪测量水位,使用流速仪测定流速等。同时,采集水样并带回实验室,运用化学分析方法对水质指标进行检测。这种方法的优点是操作相对简单,对设备要求不高,能够在一定程度上获取较为准确的数据。然而,其缺点也十分明显,不仅耗费大量的人力、物力和时间,而且监测频率有限,难以实现对河道的实时、连续监测,并且监测结果容易受到人为因素的干扰,导致数据准确性存在一定偏差。

固定站点监测:在河道沿线的关键位置设立固定监测站点,安装水位计、流量计等监测设备。这些设备能够自动采集水位、流量等数据,并通过有线传输方式将数据传输至监测中心。固定站点监测在一定程度上提高监测的自动化水平和数据采集的连续性,相比人工实地观测效率有所提升。但该方法的监测范围受站点布局限制,存在监测盲区,而且设备维护成本较高,若设备出现故障,可能导致数据缺失。

3.2 现代监测技术

传感器技术:基于传感器技术的河道监测现代化体系日益完善,各类高性能传感器的研发与应用,对河道监测体系的智能化、精准化发展产生深远的影响,显著提升了流域水文水环境监测的效率与质量^[8]。不同类型传感器依据其工作

原理实现针对性监测,例如压力式水位传感器通过精准感知水体静压力,结合流体静力学原理完成水位参数的定量计算,具备测量精度高、响应速率快、环境适应性强等技术优势;超声波流量计依托超声波在水体中的传播时差、多普勒效应等特性实现流量参数的非接触式测定,可有效规避传统接触式测量对水流流态的干扰,提升流量监测数据的真实性与可靠性;水质传感器则实现了多参数同步实时在线监测,其中溶解氧(DO)传感器、pH传感器、氨氮传感器等主流设备,能够快速捕捉水质参数的动态变化,精准获取河道水体理化特征信息。传感器技术的规模化应用,推动河道监测模式从传统人工间断监测向智能化连续监测转型,实现了监测过程的便捷化、监测数据的实时化与监测结果的精准化,为及时捕捉河道水文水环境动态变化、开展风险预警提供了坚实的数据支撑。

卫星遥感与无人机监测:卫星遥感与无人机监测技术作为现代河道监测的重要补充,凭借其独特的技术优势,有效弥补了传统监测方法在监测范围、空间分辨率及复杂区域可达性上的短板,为河道监测提供了宏观与微观相结合的全新技术路径^[9]。卫星遥感技术可实现大范围河道的全覆盖检测,通过遥感平台搭载的可见光、多光谱或高光谱相机采集宏观场景数据。利用定量遥感技术,反演河道水体面积、温度、浑浊度、植被归一化指数等参数,为河道巡检与调查提供大范围的数据支撑。卫星遥感具备监测范围广,空间连续性强,不受地表地理条件限制等优点,通过计算卫星重访周期可实现同一监测区域的多次重复观测,为河道水文环境演化与生态环境监测等长周期研究工作提供高效的技术手段。无人机监测则具备高机动性,高时效性与精准巡航的特性,可在河道弯道、浅滩、岸边植被密集区等传统监测设备难以抵达的复杂区域采取低空巡检作业,获取超高分辨率的河道影像数据与精细化监测参数,从而实现动植物监测、河流漂浮物监测、污染物监测等精细化调查任务。卫星与无人机协同工作,构成了空天一体化的监测体系,提升了监测工作的全面性与准确性,是推动河道智能化管理的强力引擎。

4. 河道监测面临的挑战与未来发展趋势

4.1 面临的挑战

监测数据质量参差不齐:数据获取依托传感器,而不同类型的传感器在精度、分辨率等方面存在明显差异,为数据整合带来了极大的困难。除此之外,不同部门、地区之间缺乏统一的数据规范与标准,政务数据共享困难重重,难以充

分利用现有的历史数据,难以形成全面的时空数据体系。

监测设备维护难度大:监测设备在复杂的河道环境中,昼夜温差大,湿度变化剧烈,容易导致设备性能下降。河道中动物的活动与植物的生长,也会造成设备损坏。因此,设备维护和更新需要投入大量的资金和技术力量,是河道监测面临的重要挑战。

复杂环境导致监测难度大:当监测区域存在地形起伏较大,水流湍急的河道区域,复杂环境给监测工作带来极大的风险与困难。人工巡查的传统监测手段难以发挥作用,而新型监测技术的应用也面临适应性问题。需要进一步研究新型的方法与手段,实现复杂环境的常态化监测。

4.2 未来发展趋势

随着人工智能、大数据、云计算等技术的飞速发展,未来河道监测将朝着智能化方向迈进。通过构建空天地一体的立体化监测体系,利用人工智能方法对遥感数据与传感器数据的分析与处理,能够有效识别河道的异常情况,为应急防控与环境保护提供更加科学、准确的决策支持。

未来河道监测还会更加重视多学科协同。河道问题往往不是单一水文问题,也涉及生态修复、环境污染、岸坡稳定、土地利用和社会管理等因素。将水文学、环境科学、生态学、遥感科学、岩土工程和计算机技术结合起来,可以更全面地解释河道变化的原因,并提高监测结果的应用价值。对于生态修复工程而言,多学科综合监测能够同时关注水质改善、植被恢复、生境变化和工程结构稳定性,使修复效果评价从单一指标判断转向综合过程分析。

5. 结论

河道监测是水资源精细化管理与水生态系统保护的重要举措,是维持河流生态系统结构完整与功能稳定、支撑区域社会发展与生态保护协同并进的核心基础,在流域水安全防线构建、水生态损伤修复及生态文明整体布局中具备不可替代的核心价值。现阶段,国内河流水文监控虽已搭建起初步的工作框架,但在实际落地推进过程中仍存在多项现实阻碍,限制了河道监测效能充分发挥。与此同时,伴随信息通信技术、传感采集技术、遥感技术的不断更新迭代,以及水文研究、环境科学、信息工程等多领域的深度交叉渗透,未来河道监控领域将逐步朝着智慧化、系统化、高可靠性、动态化方向发展。持续强化河道监测核心技术的攻关与创新投入,

不断优化监测站点空间布局、健全监测工作体系、提升监测数据的可靠性与应用价值,对于促进流域生态文明建设提档升级、保障可持续发展规划有序落地具有重要的现实意义,同时也为流域水资源长效开发与水生态环境高水平发展提供关键的理论参考与实践依据,具备突出的研究价值与推广前景。

[参考文献]

[1]李强.关于生态水利在河道治理中的应用探讨[J].水土保持应用技术,2014,(06):30-31.

[2]吴丹子.城市河道近自然化研究[D].北京林业大学,2015.

[3]吴阿娜.河流健康评价:理论、方法与实践[D].华东师范大学,2008.

[4]吴文亮,余杰,俞娜飞.遥感测绘技术下平原河道淤积断面智能监测[J].北京测绘,2024,38(10):1470-1476. DOI:10.19580/j.cnki.1007-3000.2024.10.015.

[5]张国学,史东华,冯能操.基于H-ADCP的河道断面多层流速测量与流量计算[J].人民长江,2021,52(08):78-83+132. DOI:10.16232/j.cnki.1001-4179.2021.08.012.

[6]吴运敏,陈求稳,李静.模糊综合评价在小流域河道水质时空变化研究中的应用[J].环境科学学报,2011,31(06):1198-1205. DOI:10.13671/j.hjkxxb.2011.06.016.

[7]彭文启,刘晓波,王雨春,等.流域水环境与生态学研究回顾与展望[J].水利学报,2018,49(09):1055-1067. DOI:10.13243/j.cnki.slxb.20180651.

[8]张立功,于京波,刘明玮,等.新型防撞击传感器在河道监测设备保护方法[J].中国新技术新产品,2023,(02):18-20+55. DOI:10.13612/j.cnki.cntp.2023.02.022.

[9]庄宝庆,谢锡刚,朱海,等.无人机遥感监测技术在河道巡查污染监测中的应用研究[J].新型工业化,2021,11(08):252-253. DOI:10.19335/j.cnki.2095-6649.2021.8.116

作者简介:牛坤阳(2005—),女,山东邹平人,山东农业工程学院学生,研究方向:边坡生态防护。

基金项目:山东农业工程学院横向项目“高速公路隧道工程资料管理、超前地质预报及监控量测技术应用”(sgyhx2024-150)。