

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.v8i5.20226

[摘要] 河道是水资源的重要载体,也是生态系统的关键组成部分,对于人类社会的生存和发展意义重大。河道边坡受水流冲刷、地质变化、极端天气等因素影响,导致滑坡、坍塌等地质灾害,不仅会破坏河道生态环境、影响水资源调配,更会直接威胁沿岸群众的生命财产安全。然而,现阶段河道管理严重依赖人工巡查,存在管理碎片化、巡查效率低下、信息获取滞后等弊端,无法满足当前河道安全防控、生态保护与高效管理的实际需求,难以有效防范各类河道地质灾害与安全隐患。本文探讨了传感器,卫星遥感与无人机等先进技术在河道管理中的应用路径与实践价值,旨在破解传统人工巡查的诸多弊端,构建高效、精准、全面的河道管理体系,打破传统河道管理的时空限制,实现了从“被动应对”向“主动防控”、从“碎片化管理”向“一体化管控”的转变,为河道安全保障、生态保护与科学管理提供新的思路,助力推动河道管理工作向智能化、精细化、高效化方向升级。

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]。卫星遥感技术以其宏观监测优势,可实现大范围流域河道的全覆盖监测,通过搭载特定波段传感器,精准反演河道水面面积、水体温度、浑浊度、叶绿素a含量等关键参数,其监测范围广、空间连续性强、不受复杂地理条件限制的特点,能够实现对同一监测区域的周期性重复观测,为分析河道水文水环境的长期演化趋势、识别区域尺度变化规律提供了高效技术手段。无人机监测则凭借其高灵活性、高机动性的技术特质,可精准切入河道弯道、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,通过搭载高清可见光摄像头、多光谱传感器、热红外传感器等设备,获取高空间分辨率的河道影像数据与精细化监测参数,能够实现河道水质污染点位的精准定位、污染程度的定量评估,以及水生生物栖息地的精细化调查与动态跟踪。卫星遥感与无人机监测技术的协同应用,构建了“宏观覆盖—微观精准”的立体化河道监测体系,进一步丰富了河道监测的技术手段,提升了监测工作的全面性与精准度,对推动河道监测技术的革新与流域水生态环境精细化管理具有重要作用。

4. 河道监测面临的挑战与未来发展趋势

4.1 面临的挑战

监测数据的质量与整合:不同监测设备和方法获取的数据在精度、准确性以及时间分辨率等方面存在差异,这给数据的质量控制和整合带来了极大困难。此外,由于缺乏统一的数据标准和规范,不同部门、地区之间的数据共享和交换

也面临重重障碍,导致数据无法得到充分有效的利用,难以形成全面、系统的河道监测信息体系。

监测设备的维护与更新:河道监测设备长期暴露在复杂的自然环境中,容易受到腐蚀、损坏以及生物附着等因素的影响,导致设备性能下降、测量精度降低。而且随着科技的不断进步,新型监测技术和设备不断涌现,现有设备需要及时更新换代以满足日益增长的监测需求。然而,设备维护和更新需要投入大量的资金和技术力量,这对于一些资金相对短缺的地区来说是一个巨大的挑战。

复杂环境下的监测与适配:一些河道所处环境极为复杂,如山区河道地形起伏大、水流湍急,城市河道周边干扰源众多等,这些复杂环境给监测工作带来了诸多风险与困难。在这些区域,传统监测方法和设备往往难以有效发挥作用,而新型监测技术的应用也面临适应性问题,需要进一步研发和改进适用于复杂环境的监测技术和设备。

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。通过构建智能化监测体系,利用智能算法对海量监测数据进行实时分析和处理,能够自动识别河道的异常变化,并及时发出预警信息。同时,智能化系统还能对河道未来的变化趋势进行精准预测,为决策提供更加科学、准确的依据。

未来将更加注重多学科的交叉融合。通过整合不同学科的知识和技术,开展综合监测,能够全面、深入地了解河道生态系统的结构和功能以及各要素之间的相互关系,为河道生态系统的保护和修复提供更具针对性和综合性的方案。

5. 结论

河道监测是水资源精细化管理与水生态环境系统保护的基础性、战略性工作,是维系河道生态系统健康稳定、保障区域社会经济与生态环境协同可持续发展的关键支撑,在流域水安全保障、水生态修复及生态文明建设中发挥着不可替代的重要作用。当前,我国河道监测工作虽已形成初步的监测体系,但在实际开展过程中仍面临诸多现实瓶颈:监测数据多源异构导致的质量整合难度较大、监测设备长期运行后的维护升级滞后于技术发展需求、复杂水文气象环境及特殊河段,监测精度难以保障等问题,在一定程度上制约了河道监测效能的充分发挥。然而,随着信息技术、传感器技术、大数据技术的持续迭代升级,以及水文科学、环境科学、计算机科学等多学科的深度交叉融合,未来河道监测领域将逐步向智能化、综合化、高精度、实时化方向稳步推进。智能

化监测设备的规模化应用、多源监测数据的协同融合分析、监测体系的系统化完善,将为全面、深入解析河道生态系统的结构特征与动态演化规律,实现河道生态系统的科学化管控、精准化保护提供更为坚实的技术支撑与保障。因此,持续加大河道监测关键技术的研发与创新力度,不断优化监测网络布局、完善监测体系建设、提升监测数据的精准度与利用率,对于推动流域生态文明建设提质增效、保障可持续发展战略顺利实施具有深远的影响,同时也为流域水资源可持续利用与水生态环境高质量发展提供重要的学术支撑与实践指导,具有重要的学术意义和实际应用价值。

[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”(sgyh2024-150)。