

智慧水利背景下河湖信息化管理研究

章朦霞

台州市综合水利设施调控中心 浙江 台州 318000

摘要: 本文立足于智慧水利的发展契机,深入探讨河湖信息化管理的理论框架与实践路径。文章首先剖析了传统监管模式存在的信息孤岛、响应滞后、人力依赖度高等痛点,并阐述了河湖智慧化管理的时代必要性与政策驱动力。其次,系统构建了以“天空地一体化”感知网络为前端、以多维度数据底板为核心、以AI智能识别为引擎、以闭环处置流程为保障的河湖智慧管理体系框架。在此基础上,通过对典型案例的深入分析,总结了其在提升监管效能、优化资源配置方面的显著成效与可推广经验,同时也指出了当前实践中存在的技术融合壁垒、体制机制障碍及数据安全风险等主要挑战。最后,本文针对性地提出了深化技术协同创新、完善制度标准体系、筑牢数据安全防线等发展对策,旨在为推动河湖治理体系和治理能力现代化提供兼具理论深度与实践价值的参考。

关键词: 智慧水利;河湖监管;数字赋能;天空地一体化;人工智能

引言

河湖作为水资源重要载体与生态系统关键部分,其健康关乎国家水安全、生态安全及经济社会可持续发展。长期以来,我国河湖管理挑战重重,传统监管模式依赖人工巡查,成本高、效率低,存在时空盲区,难以实现水域动态监控;信息传递滞后,导致“四乱”问题积重难返;部门间数据壁垒形成“信息孤岛”,跨部门协同治理困难,整体监管效能大打折扣。新时代,国家对河湖治理要求更高,全面推行河湖长制更需高效、精准、智能的技术支撑体系保障运行。同时,新一代信息技术发展催生新质生产力,为破解传统河湖管理困境带来机遇。国家层面加快智慧水利建设,构建数字孪生流域,水利部出台意见提升河湖监管现代化水平,浙江省率先探索“数字河湖”建设。在此背景下,利用数字技术赋能河湖管理,构建现代化治理体系成为紧迫且重要的课题。本研究旨在梳理智慧水利背景下河湖信息化管理理念、架构与路径,剖析典型实践,提炼经验模式,丰富相关交叉领域研究,为构建中国特色河湖智慧治理体系提供参考。

1 河湖智慧管理体系框架

面对传统管理模式的局限性,河湖智慧管理体系应运而生。该体系并非简单地将信息技术叠加于现有流程之上,而是以系统性思维重构整个河湖监管的逻辑与范式,其核心目标是实现从“被动响应”向“主动预警”、从“经验判断”向“数据决策”、从“碎片管理”向“系统治理”的根本性转变。

1.1 核心理念

河湖智慧管理体系的核心理念是构建一个贯通“前

端感知—平台归集—信息应用”全过程的一体化监测感知体系。这一体系追求三个关键目标:(1)全域覆盖:打破物理空间限制,实现对辖区内所有河湖水域、岸线及重点区域的无死角、无盲区监控。(2)动态感知:变静态、周期性的检查为7×24小时不间断的实时、准实时监测,捕捉河湖状态的细微变化。(3)智能闭环:建立从问题自动识别、任务精准派发、过程高效处置到结果在线审核与归档的全流程自动化闭环管理机制,确保每一个问题都能得到及时、有效的解决^[1]。这一理念的本质,是通过数字技术的深度融合,将河湖这一复杂的自然-社会复合系统进行数字化映射,形成一个与物理世界同步演进的“数字孪生河湖”,从而为科学决策和精准治理提供强大的“智慧大脑”。

1.2 系统架构

为实现上述核心理念,河湖智慧管理体系的系统架构可分为四个相互关联、层层递进的层次。

1.2.1 第一层:天空地一体化的前端感知网络

这是整个体系的“感官”系统,负责采集海量、多源、异构的原始数据。(1)天基遥感:利用高分辨率卫星影像,定期获取大范围、宏观尺度的河湖水域面积、水质指数(如叶绿素a、悬浮物浓度)、岸线变化等信息。其优势在于覆盖范围广、历史数据丰富,适用于长期趋势分析和大尺度问题筛查。(2)空基无人机:搭载高清摄像头、多光谱或热成像传感器的无人机,可按需对特定河段、敏感区域或疑似问题点进行灵活、快速、高精度的抵近侦察。它弥补了卫星更新频率低和地面视角受限的不足,特别适合应急响应和精细化核查。(3)地基视频监控与物联网设备:在河道关键节点、重要闸

站、排污口、易发“四乱”区域等布设高清视频监控探头,结合水位计、水质多参数传感器、流量计等物联网设备,实现对水情、水质、人员活动、船只通行等情况的连续、实时监控。这是最贴近现场、最能反映即时状态的感知手段。

1.2.2 第二层:多维度集成的河湖管理数据底板

这是体系的“记忆”与“知识库”。来自天空地三端的海量数据,连同已有的河湖划界成果、水利工程信息、污染源清单、历史案件记录、河湖长名录等业务数据,在此层进行汇聚、清洗、融合与标准化处理。通过建立统一的空间基准和数据模型,构建起一个包含“静态属性+动态感知+业务管理”于一体的三维可视化河湖数据底板^[2]。这个底板不仅是数据的存储中心,更是后续所有智能分析和应用服务的基础。

1.2.3 第三层:AI驱动的智能识别与分析引擎

这是体系的“大脑”和“神经中枢”。依托数据底板,运用深度学习、计算机视觉等人工智能技术,研发专门针对河湖问题的智能识别算法。例如,通过训练卷积神经网络(CNN),系统可以自动从视频流或无人机影像中识别出非法采砂、违章建筑、水面漂浮物、非法排污、违规垂钓等典型“四乱”行为。同时,结合水文、气象等多源数据,还可以进行水质异常预警、洪水淹没模拟、生态健康评估等更深层的分析研判,将原始数据转化为有价值的决策信息。

1.2.4 第四层:“识别-派发-处置-审核-归档”全自动化闭环机制

这是体系的“执行”与“反馈”系统。当AI引擎识别出问题后,系统会自动生成包含问题类型、位置坐标、现场图片/视频证据等信息的工单,并依据预设规则(如属地管理、职责分工)精准派发给相应的基层河湖长、网格员或执法部门。处置人员通过移动端APP接收任务、上传处置过程和结果照片。上级管理部门或系统可在线审核处置效果,确认无误后完成归档。整个流程透明、可追溯、可考核,极大地提升了问题处置的效率和规范性。

2 实践案例分析与启示

理论框架的生命力在于实践。近年来,以江浙沪为代表的东部发达地区,依托其雄厚的经济基础和先进的数字技术,率先开展了河湖信息化管理的探索,并取得了显著成效。

2.1 案例一:绍兴市越城区“数字河湖”平台

越城区作为浙江省“数字河湖”试点,构建了覆盖全区所有镇街的智慧监管体系。其核心亮点在于深度整

合了“雪亮工程”的公共视频资源,并新增部署了数百个具备AI分析能力的专用河道监控点。平台上线后,实现了对全区主要河道“四乱”问题的7×24小时自动巡检。据统计,系统平均每月可自动识别并推送各类问题线索300余条,问题发现效率较人工巡查提升了近10倍。尤为突出的是,该平台与基层治理“四平台”无缝对接,问题工单可直接流转至对应的网格员,形成了“平台吹哨、网格报到”的高效联动机制。一位基层河长表示:“过去靠两条腿跑断了也看不全,现在手机上就能看到问题、接收任务,处置起来心里有底,效率高多了。”

2.2 案例二:宁波市江北区“云上巡河”系统

江北区则另辟蹊径,将无人机巡检作为其智慧河湖体系的核心抓手。该区组建了专业的无人机飞手队伍,并开发了配套的智能航线规划与AI识别软件。系统可根据预设周期或突发事件,自动规划最优飞行路径,对指定河段进行巡航。回传的影像数据经AI模型自动分析后,生成详细的“体检报告”,精确标注问题位置与类型。这种模式尤其适用于地形复杂、交通不便的山区河道以及需要大范围快速筛查的场景。江北区的实践表明,无人机+AI的组合拳,不仅大幅降低了人工巡河的安全风险和劳动强度,而且其高精度、高效率的特点,为河湖的精细化、专业化管理提供了强大支撑。

2.3 成效与启示

通过对上述案例的分析,可以总结出以下几点共性经验与启示:(1)顶层设计至关重要:成功的智慧河湖项目都离不开强有力的政府主导和跨部门的协同推进。必须打破部门壁垒,实现数据、资源、力量的有效整合。(2)技术选型需因地制宜:没有放之四海而皆准的方案。城市建成区可侧重视频监控的利旧与AI升级,而广大农村或山区则可能更依赖无人机和遥感技术。应根据本地河湖特点、财政能力和管理需求,选择最合适的技术组合^[3]。(3)业务流程再造是关键:技术只是工具,真正的变革在于业务流程的重塑。必须将信息化系统深度嵌入到现有的河湖长制工作流程中,实现线上线下的无缝融合,否则极易造成“两张皮”现象。(4)基层赋能是落脚点:智慧系统的最终用户是广大的基层河长和一线工作人员。系统设计必须简洁、易用、实用,切实为他们减负增效,才能获得广泛认同和持久生命力。当然,这些先行地区的实践也暴露出一些共性不足,如部分AI识别算法的准确率仍有待提高,特别是在复杂天气或光照条件下;不同技术手段(如视频与无人机)采集的数据尚未完全实现时空对齐与深度融合;以及系统运维的长效保障机制尚不健全等。

3 主要面临的挑战

3.1 技术融合的挑战

当前,天空地各感知手段相对独立,数据格式、时空基准、更新频率各异,形成了新的“数据烟囱”。如何实现多源异构数据的深度融合与协同分析,是提升系统整体智能水平的关键瓶颈。此外,AI模型的泛化能力不足,针对某一区域训练的模型在另一区域可能表现不佳,需要大量标注数据进行重新训练,成本高昂。

3.2 体制机制的挑战

智慧河湖建设涉及水利、生态环境、自然资源、住建、农业农村等多个部门,但目前缺乏强有力的统筹协调机制和统一的标准规范。各部门数据共享意愿不强,权责边界模糊,导致“九龙治水”的局面在数字空间依然存在。同时,基层人员的数字素养参差不齐,对新技术的接受度和应用能力有待提升。

3.3 数据安全的挑战

河湖智慧管理系统汇聚了大量敏感的地理空间信息、基础设施数据和个人隐私信息(如视频监控),一旦发生数据泄露、篡改或系统被攻击,不仅会威胁国家安全,也可能引发严重的社会问题。如何在开放共享与安全可控之间取得平衡,是必须正视的重大课题。

4 发展对策

针对以上挑战,本文提出以下发展对策:

4.1 深化技术协同创新,打造一体化智能平台

应大力推动“天空地水工”一体化监测技术的研发与集成,建立统一的数据接入、处理和分析标准。鼓励产学研合作,攻关小样本、自适应的AI算法,提升模型的鲁棒性和泛化能力。积极探索数字孪生、元宇宙等前沿技术在河湖管理中的应用场景,构建更加逼真、更具预测能力的虚拟河湖。

4.2 完善制度标准体系,破除体制机制壁垒

建议由省级或国家级层面牵头,制定河湖信息化管理的顶层设计指南和技术标准体系,明确各部门的职责分工和数据共享目录。将智慧河湖系统的应用成效纳入河湖长制的考核评价体系,形成强有力的激励约束机制^[4]。同时,加强对基层人员的常态化培训,培养既懂水

利业务又懂数字技术的复合型人才队伍。

4.3 筑牢数据安全防线,构建可信数字生态

必须将网络安全和数据安全贯穿于智慧河湖系统规划、建设、运行的全生命周期。建立健全数据分级分类保护制度,对核心数据实行严格管控。采用区块链、联邦学习等隐私计算技术,在保障数据安全的前提下实现跨部门的价值挖掘。定期开展网络安全攻防演练,提升系统的抗风险能力。

5 结语

本文研究表明,构建一个以“天空地一体化”感知为眼、以多维数据底板为基、以AI智能分析为脑、以闭环处置流程为手的河湖智慧管理体系,是破解传统监管难题、提升治理效能的有效路径。江浙沪等地的先行先试,已经初步验证了这一路径的可行性与优越性,其积累的宝贵经验值得在全国范围内借鉴推广。然而,我们必须清醒地认识到,河湖信息化管理绝非一蹴而就的技术工程,而是一场深刻的系统性变革。它既需要持续的技术迭代与创新,更需要配套的体制机制改革和制度保障。未来,我们应坚持问题导向和目标导向相结合,以更大的决心打破壁垒,以更实的举措推动融合,以更高的标准确保安全,不断深化数字技术与河湖业务的双向赋能。唯有如此,才能真正释放数字红利,让每一条河流都成为造福人民的幸福河,让每一个湖泊都成为人与自然和谐共生的美丽家园,为全面推进中国式现代化贡献坚实的水利力量。

参考文献

- [1]加快推进河湖管理保护信息化建设守护河湖健康生命[J].河北水利,2024,(09):13+15.
- [2]孙洪林,蒋新新.利用信息化技术提升河湖库智慧化管理水平[C]//中国水利学会,西安理工大学.2024中国水利学术大会论文集(第一分册).水利部信息中心;水利部南京水利水文自动化研究所,2024:13-18.
- [3]罗三强,朱瑾,赵涛,等.信息化技术在河湖管理系统中的应用[J].电子技术,2024,53(02):399-401.
- [4]丰景春,王龙宝,王山东,等.河(湖)长制信息化管理理论与实务[M].中国水利水电出版社:201903:257.