

水文与水质管理系统在水利工程管理中的应用

王宇佳

赤峰水文水资源分中心 内蒙古 赤峰 024000

摘要：在现代水利工程的发展脉络中，水文和水质管理已然跻身于关键性的位置。水文水质管理系统，这一供水安全的守护者，主要能够在现场巡查、数据采集、水库集蓄水量以及设定死库容等各个环节发挥其职能，通过科学有效的运用，有望为水利工程的设计建造及后期维护提供坚实的理论支持。如果我们能善用这种现代化的管理模式来强化水文水质监管的话，那么这不仅攸关本地居民的生活生产用水安全，更将深远地影响到整个供排水体系的稳定运作，因而对于保障广大民众的饮用水安全来说，其重要性不言而喻。

关键词：水文与水质管理系统；水利工程；管理

水资源是人类生存之本，而水利工程作为水资源有效调度、利用的关键手段，其建设进程中需要根据水文和水质工作进行精准管理。面对数字化环境的新要求，传统水文与水质管理方式亟待创新升级^[1]。

1 水文与水质管理系统如何促进水资源合理利用与保护

1.1 动态监测与精准调控。实时数据支撑供需平衡。系统通过超声波、雷达、多普勒流速仪等设备实时监测水位、流量及水质参数（如pH值、溶解氧、重金属含量），结合历史数据分析水资源时空分布特征，预测供需矛盾并优化调度方案。跨区域水资源协同调配。基于数字孪生技术构建流域三维模型，模拟不同情景下的水资源分配效果，实现跨区域联调联控。

1.2 污染防控与生态修复。污染溯源与快速响应。水质监测模块实时追踪氨氮、化学需氧量等污染物指标，结合多目标模型分析污染扩散路径，辅助快速定位污染源并启动应急处理措施。例如，工业废水处理中通过在线监测设备降低90%违规排放风险^[2]。生态保护与修复支持。长期水质数据积累为湿地修复、地下水回补等工程提供依据。如青海省通过河湖生态修复工程提升水环境自净能力，华北地区实施地下水管理条例后超采区水位显著回升。

1.3 技术赋能与智能决策。智能分析与预测预警。利用物联网和大数据技术整合气象、地质等多源信息，构建“预报—预警—预演—预案”全链条管理模型。节水技术推广与效率提升。监测数据为农业滴灌、工业循环水系统等节水技术应用提供量化依据，农业滴灌可提升30%用水效率，工业循环水系统减少40%取水量。

1.4 制度保障与协同管理。水资源刚性约束机制。结合监测数据实施取水许可审批、阶梯水价等制度，严控

用水总量。公众参与与教育引导。系统生成的可视化报表与污染事件案例用于公众宣传教育，提升节水意识。

2 水文与水质管理系统如何提高水利工程管理的科学性

2.1 数据整合与决策支持。多源数据融合提升决策精度。系统整合水文、气象、地质及工程运行数据，构建动态数据库，支持水利工程全生命周期管理。例如，通过传感器实时采集水位、流量和水质参数（如氨氮、溶解氧），结合历史数据预测供需矛盾，优化水库调度及灌溉计划。智能算法可将多源异构数据转化为可视化图表，辅助管理人员快速识别风险点（如大坝渗漏、水质恶化）并制定应对策略^[3]。数字孪生技术强化模拟能力。基于三维建模构建流域或工程的数字孪生体，模拟极端天气、污染扩散等场景，验证工程方案的可行性和安全性。福建溪源溪防洪工程通过智能模型实现泄洪量精准调控，降低洪灾损失达35%。

2.2 动态监测与风险防控。实时预警降低灾害影响。水文监测模块通过雷达、超声波设备实时追踪降雨量及河道水位，结合机器学习预测洪水峰值与干旱周期。水质监测网络可快速定位污染源，结合应急处理模型生成拦截方案，减少污染扩散范围。工程安全评估自动化。系统持续监测大坝位移、渗压等关键参数，通过AI模型评估结构稳定性，自动生成维护建议。2025年启动的水库项目引入实时应力分析技术，工程寿命预期延长20%。

2.3 资源优化与效能提升。精准调配实现节水增效。结合水文数据制定阶梯式供水策略，农业灌溉效率提升30%（如滴灌技术推广）；工业循环水系统通过水质动态监测减少40%取水量。生态修复与可持续发展。长期水质数据支持生态流量核定，保障河流自净能力。地下水超采区通过回补工程实现水位回升，结合《地下水管理条例

例》实施后生态恢复面积扩大15%。

2.4 制度创新与技术融合。刚性约束与智能管理结合。系统输出的用水量、污染排放数据为取水许可审批、阶梯水价制度提供量化依据。例如,2农村供水工程整治中,通过县域统管平台实现60%区域专业化运维,水费收缴率提升至92%。技术创新驱动管理升级。BIM技术、物联网与区块链应用于工程全流程,实现设计协同、施工透明化及验收可追溯。水网工程通过智能合约自动执行资源调度指令,管理成本降低18%。水文与水质管理系统通过数据驱动的动态监测、智能模型的风险预判、资源优化配置及技术创新应用,将水利工程管理从经验主导转向科学决策。未来需进一步深化数字孪生与人工智能融合,构建“感知—分析—响应”闭环体系,推动水利工程迈向精细化、生态化治理。

3 水文与水质管理系统的基本功能

3.1 水文动态监测。水位与流量实时追踪。系统利用雷达、超声波传感器及浮子式水位计,实时采集河道、水库的水位数据,同步监测流速流量,为防洪调度和灌溉计划提供基础支撑。降雨量与泥沙含量监测。集成雨量计、泥沙传感器等设备,量化流域降水强度和泥沙输移量,支持侵蚀风险预警及水利工程维护决策。

3.2 水质分析与污染防控。多参数水质检测。通过溶解氧、氨氮、pH值等传感器实时监测水质指标,识别重金属污染、富营养化等风险。市江库联网工程通过高频次监测将水源污染风险降低80%。污染溯源与应急响应。结合AI模型分析污染扩散路径,15分钟内生成拦截方案(如关闭排污口或启用应急处理设施),污染扩散半径减少70%。

3.3 灾害预警与应急管理。洪水与干旱预警。基于历史水文数据和气象预测模型,提前48小时发布洪水峰值预警,或通过土壤湿度监测触发干旱应急调度指令。例如,灌区跨区域联调模型在2024年减少农业损失12亿元。突发水污染事件处置水质异常时触发多级报警机制(短信、APP推送等),并联动应急监测站点快速锁定污染源。

3.4 数据整合与智能决策。多源数据融合分析。整合气象、地质、工程运行数据,构建可视化平台辅助决策,优化水资源配置方案(如阶梯供水、生态补水)。数字孪生与场景模拟。通过三维建模技术构建流域数字孪生体,模拟泄洪、污染扩散等场景,验证工程方案可行性。

3.5 工程管理与生态保护。工程安全监测。实时采集大坝渗压、位移数据,通过AI模型评估结构健康状态,

延长工程寿命(如水库预期寿命提升20%)。生态流量核定与修复。基于长期监测数据制定最小生态流量标准,保障河流自净能力,地下水超采区通过回补工程恢复生态面积15%。

3.6 远程控制与系统运维。自动化巡检与维护。采用太阳能供电和物联网技术实现设备全天候运行,远程触发维护指令,降低人工成本。数据统一管理与发布。建立标准化数据库,支持监测报告自动生成、水质公报发布及公众信息查询。

4 水文与水质管理系统面临的挑战

水文与水质管理系统在应对复杂水环境问题时面临多重挑战,需从技术、管理及环境变化等多维度突破,具体挑战如下:

4.1 数据整合与共享难题。多源异构数据融合困难。系统需整合水质、水文气象、供水管网等多领域数据,但数据分散于不同部门且格式标准不统一,形成信息孤岛,影响决策效率。例如,水务行业需建立统一的数据交换协议,但跨层级协作机制尚未完善。数据质量与实时性不足。气象、地形等因素可能导致水文监测数据精度波动,如降雨量传感器受极端天气干扰时误差增大,影响洪水预测可靠性。此外,海量数据的实时处理对算力和存储资源提出更高要求。

4.2 技术创新与应用落地障碍。技术融合与复合型人才短缺。物联网、人工智能等技术需与水文业务深度结合,但既懂水利又精通信息技术的复合型人才匮乏,导致智能水表、污染预测模型等成果转化率较低。数字孪生与模型验证成本高。构建流域数字孪生体需三维建模、实时数据同步及高性能计算支持,中小型水利工程因资金限制难以全面推广。例如,水库富营养化模型需长期观测数据支撑,但监测站点覆盖不足。

4.3 环境变化与生态压力加剧。极端气候与水文波动。全球气候变化导致洪旱灾害频发,如某湖近年水位波动加剧,传统水文模型难以精准预测极端事件风险。水体污染与生态修复难度大。水库富营养化、工业废水违规排放等问题突出,氮磷输入控制与生态流量核定缺乏动态调控手段。例如,湖面临藻类异常增殖风险,需高频次监测与快速响应技术支持。

4.4 制度约束与区域发展失衡。跨区域协作机制不健全。水资源调配涉及多行政区利益博弈,如长江流域上下游生态补偿机制尚未成熟,影响污染联防联控效果。城乡数字化鸿沟显著。欠发达地区受限于资金与技术,难以承担智能监测设备部署成本,导致城乡水务管理效能差异扩大。例如,西部农村地区水质监测覆盖率仅为

东部城市的60%。

4.5 安全与隐私保护风险。网络安全威胁升级。水务系统接入互联网后面临数据泄露风险，如远程监控平台遭攻击可能引发供水管网瘫痪。隐私合规挑战。用户用水量、污染排放等敏感数据需脱敏处理，但现有加密技术与访问控制体系尚未完全适配水务场景。当前水文与水质管理系统需突破数据壁垒、技术转化瓶颈及环境变化压力，同时完善跨区域协作机制与安全防护体系。未来应聚焦标准化数据平台建设、复合型人才培养及适应性技术创新，以应对气候变化与资源约束的双重挑战。

5 水文与水质管理系统在水利工程中的具体应用

水文与水质管理系统通过集成多维数据与智能技术，在水利工程中形成多场景应用闭环，具体应用场景如下：

5.1 水文实时监测与灾害预警。水位与流量动态追踪。系统通过雷达、超声波设备实时采集水位、流速及降雨量数据，结合历史水文模型预测洪峰时间与淹没范围。例如，北溪水闸通过整合135处监测设备，实现洪水预警响应效率提升50%。干旱周期预测与应急调度。结合气象站数据与土壤湿度传感器，分析流域干旱风险，动态调整水库放水量。灌区通过跨区域联调模型，在2024年极端干早期减少农业损失约12亿元。

5.2 水质动态监测与污染应急处理。污染物溯源与快速拦截。在线监测氨氮、化学需氧量等指标，结合AI模型追踪污染扩散路径。例如，工业废水违规排放事件中，系统可15分钟内生成拦截方案，污染扩散半径减少70%。水源地安全防护。在饮用水源地布设多参数水质传感器，实时监测重金属、微生物等指标，保障供水安全。市江库联网工程通过水质数据预警，降低水源污染风险达80%。

5.3 防洪调度与水资源优化配置。数字孪生与泄洪调控。构建流域三维模型模拟泄洪场景，优化闸门开启时

序与泄洪量。溪源溪工程通过数字孪生技术实现防洪损失降低35%。农业节水与工业循环水管理。结合土壤墒情数据制定滴灌计划，农业用水效率提升30%；工业冷却水系统通过水质反馈调节循环频率，取水量减少40%。

5.4 水库安全与生态流量管理。大坝结构健康监测。实时采集大坝渗压、位移数据，通过AI模型评估结构稳定性。林海水库项目引入应力分析技术后，工程寿命预期延长20%。生态流量核定与修复。基于长期水质数据核定最小生态流量，保障河流自净能力。华北地下水超采区通过回补工程恢复生态面积15%。

5.5 工程全生命周期管理。设计阶段风险预判。BIM技术整合地质勘探数据，优化水利工程选址与结构设计。运维阶段智能决策。区块链技术记录设备维护历史，智能合约自动触发巡检指令，吉林水网工程管理成本降低18%。水文与水质管理系统在灾害预警、污染防控、资源调配、生态保护及工程运维等场景中实现深度应用，推动水利工程从“经验驱动”向“数据驱动”转型。未来需强化数字孪生与AI融合，构建“感知—调控—反馈”的动态管理体系，应对复杂水环境挑战。

总之，在当今全球经济发展的大环境下，水资源的合理运用至关重要。研究发现，使用水文与水质管理系统，有助于及时发出水利工程险情警报、辅助决策制定以及收集、整合相关信息。同样，此系统的融入还可以提升工作人员对水利工程经济效益的理解。

参考文献

- [1]陈东彬.水利工程施工中水文与水质管理系统的应用研究.2022.
- [2]李宏宇.水文与水质管理系统在水利工程管理中的应用探讨.2023.
- [3]张海平.关于水文与水质管理系统在水利工程管理中的应用探讨.2023.