

水文水资源管理及其在水利工程中的应用要点

郭 斌 周煜恒

黄河水利委员会天水水文水资源勘测局 甘肃天水 741020

摘 要：水文水资源管理是保障水资源可持续利用的重要手段，在水利工程建设与运行过程中发挥着关键作用。本文探讨了水文水资源管理的基本概念及重要性，并从水资源调度、水质保护、水利工程优化及应急管理等方面分析其具体应用。通过对某水利工程案例的剖析，总结了水文水资源管理在实际工程中的实施要点，以期为未来的水利工程建设提供参考。

关键词：水资源；水利工程；水调度；应用

一、水文水资源管理的理论框架与战略意义

水文水资源管理是指通过水文监测、调度、保护等手段，对水资源进行合理配置和优化利用，以实现水资源的可持续发展。其核心目标是平衡水资源供需关系，提高水资源利用率，并保障水生态环境安全。在水利工程建设与管理过程中，水文水资源管理的作用不可忽视，它既涉及水资源的优化配置，也涵盖了水污染防治、水土保持和防洪抗旱等多方面内容。科学的水资源管理能够有效减少水资源浪费，提高工程调度效率，确保水利设施的长期稳定运行。

二、分析水文水资源管理及其在水利工程的具体应用

1. 多目标优化在水资源调度中的应用

水资源调度是水资源管理的核心任务，旨在时空维度上优化配置水资源，满足农业、工业、生态和生活用水需求。通过实时水文监测、遥感技术和物联网系统采集流域水量、降水和土壤墒情等数据，结合水文模型和智能算法建立动态调度体系。现代调度系统运用大数据分析和机器学习预测水资源供需变化，提前应对干旱或洪涝风险。5G通信技术提升了数据传输效率，支持快速决策响应。未来，人工智能驱动的智能水务系统将实现全流域自动化调度，包括水库泄洪调控、供水系统优化和精准灌溉等功能。在气候变化背景下，构建智能化的水资源调度体系对保障供水安全、提升用水效率具有重要意义。

2. 水文水资源技术方法在水利工程中的应用

水文水资源技术体系以多维度协同调控为核心，通过融合感知、模拟与优化技术，支撑水利工程实现水循环全过程的科学管控。在水质保护领域，关键技术体系

由污染防控、水质提升和生态恢复三大技术模块构成，通过工程化技术组合实现水环境质量长效维护。其中，前端防控技术通过空间阻隔与污染拦截技术构建立体防护体系。生态隔离屏障技术结合植被过滤带与渗透性材料，实现面源污染物的梯度截留；智能截污装置集成流量感知与自适应调控单元，动态拦截初期雨水及突发污染。过程防控技术重点采用分布式处理设施，例如模块化预处理单元与生物滞留系统联用，实现污染物迁移路径中的分级消减；物化协同处理技术通过多级工艺组合提升水质净化效率。混凝-吸附耦合装置强化悬浮物与溶解性污染物的同步去除；膜分离技术结合反冲洗优化算法，构建跨膜压差自适应控制系统，保障处理系统持续稳定运行。针对特征污染物，催化氧化反应器与电化学处理单元可形成定制化处理链条，实现有机物、重金属等污染物的靶向去除。

3. 水利工程水环境保护的应用技术体系

水体自净能力强化技术通过生态工法重塑水环境。复合人工湿地系统设计多介质填料层与挺水-沉水植物组合，构建碳氮磷协同去除的生物代谢网络；生物膜载体技术利用仿生结构材料提升微生物群落丰度，加速水体污染物降解过程。针对受损水生态系统，生态护岸技术与水下森林构建技术协同作用，通过基质改良与生物种群调控逐步恢复水体生态功能；水利工程中部署的智能感知网络集成多光谱传感、声学监测等新型探测技术，构建水质参数时空连续感知矩阵。基于水动力-水质耦合模型的预测系统，结合机器学习算法动态优化处理工艺参数，实现污染负荷波动下的快速响应。生态补水智能决策系统通过水源-河道-受水区联动分析，自动生成水量水质双控调度方案，保障水环境系统的动态平衡；

面向极端气候的水质保障技术重点开发暴雨径流协同控制体系。绿色基础设施技术通过透水铺装、雨水花园等低影响开发设施，构建地表-地下协同滞蓄系统；弹性处理装置采用可扩展式设计，应对流量水质突变工况。针对咸潮上溯等特殊问题，动态屏障技术通过密度流调控与淡水帷幕形成技术，建立水质异常波动隔离机制。

4. 气候变化背景下的水资源韧性技术

通过气候预测模型动态分析降水与蒸发变化趋势，结合遥感数据与自适应闸门控制技术，实现极端天气下水库库容的动态调节；开发多源数据融合算法，集成农业用水监测、能源消耗与可再生能源预测信息，利用分布式优化方法生成低能耗灌溉方案，例如耦合光伏发电与精准灌溉系统以降低能源依赖；构建气象水文耦合模型，融合多维度监测数据与高性能计算技术，模拟洪水风险概率分布，为分洪设施自动化调控提供决策支持；研发高渗透性工程材料与生态防蒸发涂层，结合生态友好型结构设计优化河道水动力条件，提升城市雨水渗透效率与水体自修复能力。

5. 水权数字化与资源配置技术

水权数字化与资源配置技术通过集成物联网、区块链与智能算法，构建了多层次水资源管理体系。在权属管理方面，基于区块链架构实现去中心化水权确权，通过智能感知设备与遥感数据协同验证用水量，采用隐私保护技术确保用户敏感信息的安全存储与交易可追溯性，支持水权交易的透明化与自动化执行。动态水价调控系统结合水库实时状态、用户用水特征及气象预测信息，构建价格信号与节水设备的联动模型，当水资源供需关系变化时，通过自适应算法动态调整定价策略，并触发工业设备节水模式切换，促进用水效率持续优化。虚拟水流通平台整合资源消耗评估模型与智能路径规划技术，建立多目标优化框架分析产品运输网络的水足迹分布，生成兼顾经济性与节水效益的物流方案，有效降低实体水资源调运需求。区域水资源协同平台则聚合地下水监测、再生水产能及管网运行数据，应用时空数据分析技术识别供需缺口，结合水力模型模拟不同调水路径的输配效果，为跨区域应急调水决策提供量化支持。该体系通过技术创新实现了水权流转、市场调节与工程调度的深度协同，为水资源集约化利用提供了系统化解决方案。

6. 人工智能与水务系统深度集成

水利工程智能化管理通过构建多维度数字孪生系统实现全面升级。该系统整合三维建模技术、地表形变监

测数据与地下水动态模型，建立了从地表设施到地下结构的多层次数字映射平台。通过实时融合卫星遥感、传感器网络与仿真模型数据，系统可动态评估大坝、渠道等关键设施的结构稳定性，自动识别位移异常或渗流风险，并生成针对性维护方案。在管网运维领域，部署声波、振动、光谱等多模态传感网络，结合深度学习算法解析不同材质管道的泄漏特征差异，实现管网漏损的精确定位与水量损失动态估算，显著提升检漏效率。

7. 非常规水资源智能化开发技术

非常规水资源的开发与利用是缓解水资源短缺的重要途径，涵盖海水淡化、再生水处理、微咸水利用等领域。通过反渗透膜材料优化与能量回收装置集成，提升海水淡化系统的能效比，例如采用压力延迟渗透技术回收浓盐水余压能量，降低能耗30%以上；再生水处理中引入高级氧化-生物膜耦合工艺，结合在线水质光谱监测技术动态调整药剂投加量，实现污染物高效去除与处理成本优化。微咸水利用领域开发基于物联网的盐度自适应灌溉系统，通过土壤电导率传感器实时监测盐分迁移，结合作物耐盐阈值模型动态调整灌溉策略，避免土壤次生盐渍化。此外，基于云平台的分布式非常规水源协同调度系统可整合区域海水淡化厂、污水处理站及雨水收集设施产能数据，利用混合整数规划算法生成多水源联合配置方案，最大限度替代传统淡水资源。

8. 数字孪生与区块链融合的水务系统

数字孪生技术与区块链的深度融合为智慧水务提供了新的技术范式。构建流域级数字孪生底座，集成LiDAR地形扫描、无人机多光谱成像与地下水位传感网络数据，实现地表-地下水文过程的全息可视化仿真，通过强化学习算法训练闸坝群联合调度策略，例如在模拟环境中预演南水北调工程不同输水方案对沿线生态水位的影响。区块链技术应用用于水务数据安全共享，设计基于智能合约的水质监测数据交易机制，确保环保部门、供水企业及第三方检测机构间的数据可信流通与溯源；在跨行政区水资源调配中，通过联盟链构建去中心化协商平台，自动执行水量分配协议并记录不可篡改的交易账本。同时，开发孪生-区块链协同的应急响应系统，当监测到突发污染事件时，数字孪生平台快速模拟污染扩散路径，区块链自动触发上下游闸门联动关停指令，并加密传输应急预案至相关管理机构。

三、水利工程中水资源管理的核心作用与实践路径

1. 防洪与抗旱管理

防洪与抗旱管理是水文水资源管理的重要组成部分，

主要通过水文监测、预测和调度来降低自然灾害的影响。现代防洪抗旱管理依赖于实时水文数据、遥感监测和数学模型模拟，能够提前预警极端水文事件，并制定合理的调控方案。科学的防洪抗旱管理不仅能够减少灾害损失，还能提高水资源的利用效率，增强水利工程的韧性。

2. 农业灌溉与水资源合理配置

农业用水是水资源消耗的重要部分，合理的农业灌溉管理对水资源的可持续利用具有重要意义。现代农业灌溉采用高效节水灌溉技术，如滴灌、喷灌等，同时结合水文监测数据，优化灌溉方案，提高水资源利用效率。合理的水资源配置不仅能够保障农作物的稳定生长，还能减少地下水的过度开采，维护水资源生态平衡。

3. 生态环境保护与水资源管理

水资源管理在生态环境保护中发挥着重要作用，合理的水资源调配能够维护河流、湖泊和湿地的生态功能。生态流量管理是水资源管理中的关键措施之一，旨在确保水生生态系统的健康稳定。此外，通过水体修复工程和生态补水措施，可以改善受损水体的水质和生态环境，提升水资源的可持续性。

四、水利工程案例分析

某水利工程通过构建基于云计算的数据驱动型水利工程管理体系，实现了水资源的智能化调控与优化配置。工程部署了数据采集系统，依托30个自动水文监测站，采用雷达水位计、多普勒流速仪等设备，实现对库区水位、流量、降雨量等关键参数的分钟级采集。采集数据实时上传至云服务器系统，并通过水利工程管理应用系统进行智能分析和调度优化。在管理端，系统通过计算机终端和移动终端，实现对已建和在建水利工程的精细化管理。其中，已建水利工程管理模块和在建水利工程管理模块协同运行，结合信息查询模块和信息更新模块，确保工程数据的及时性和准确性。基于多目标优化算法，系统综合气象预报、来水预测和用水需求，智能制定水库调度方案，使供水保证率提升至95%以上。在水质保护方面，系统集成12个在线监测点的水质预警模块，结合生态护岸、人工湿地等修复措施，确保水体质量稳定达到Ⅱ类标准。此外，工程配备了基于物联网的水位预警平台和智能调蓄设施，在2022年汛期成功将洪水损失降低60%。本工程的成功实践表明，云计算与大数据技术在水利工程管理中的深度应用，是提升水资源利用

效率和灾害防控能力的有效手段，为类似工程提供了重要的参考经验，如图1所示。

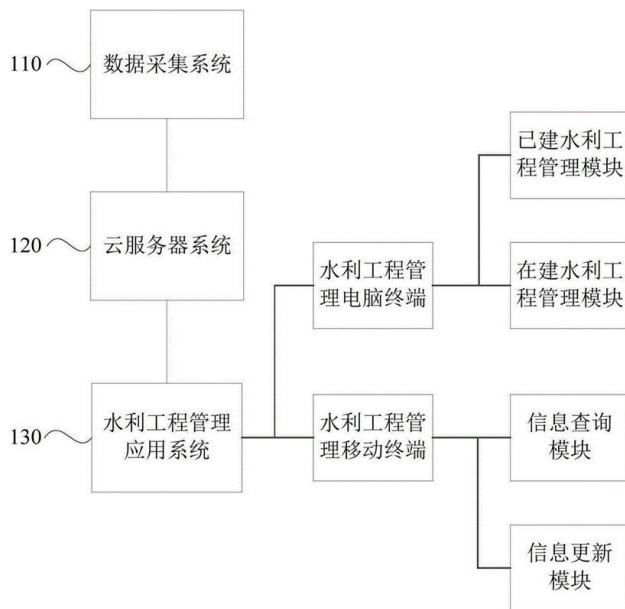


图1 基于云计算的水利工程管理系统架构

结束语

水文水资源管理是保障水资源可持续利用和水利工程高效运行的重要手段。通过合理的水资源调度、水质保护、工程优化及应急管理，能够提高水资源利用效率，减少水环境污染，并增强水利工程的适应能力。本文结合某水利工程案例分析了水文水资源管理的具体实施效果，为未来水利工程建设与管理提供了理论支撑。未来，随着技术的进步和管理模式的创新，水文水资源管理将在水利工程中发挥更加重要的作用，助力水资源的可持续发展。

参考文献

[1] 刘凤睿. 水文水资源管理及其在水利工程中的应用要点[C]// 中国智慧工程研究会. 2024工程技术与施工管理交流会论文集(上). 黄委会山东水文水资源局利津水文站, 2024: 457-458.

[2] 许红梅. 水文水资源管理及其在水利工程中的应用[J]. 农业灾害研究, 2024, 14(04): 296-298.

[3] 富雪艳. 水利工程施工中的水文水资源标准化管理[J]. 城市建设理论研究(电子版), 2025, (07): 211-213.