

水利工程管理中的水资源优化配置策略研究

杨根深

新疆水利水电勘测设计研究院有限责任公司 新疆 乌鲁木齐 830000

摘要: 水资源优化配置通过动态调控水量分配,提升水利工程运行效率与生态基流稳定性,实现区域用水需求与供给动态平衡。研究分析现有水量分配模式的技术局限性、区域供需矛盾空间特征及传统策略对生态流量影响,构建基于动态模拟的水量-水质联合优化模型、跨区域调水智能调度算法等核心策略,推动管理从“经验驱动”向“数据智能”转型,提升水资源利用效率与系统可持续性,为区域可持续发展提供技术支撑。

关键词: 水资源优化配置; 动态模拟模型; 智能调度算法; 农业节水灌溉

引言

水资源供需矛盾加剧背景下,优化配置成为水利工程管理核心议题,研究旨在突破传统配置模式局限,实现经济、生态、社会多目标动态平衡。文章首先阐述优化配置重要性,随后分析现状特征与技术瓶颈,最终构建包括动态模拟模型、智能调度算法、农业节水集成方法等在内的策略体系,为水资源高效利用提供创新路径。

1 水资源优化配置在水利工程管理中的重要性

水资源优化配置通过精准调控水量分配,提升水利工程运行效率,实现区域用水需求与供给动态平衡。其核心价值在于保障生态基流稳定,维护河流生态系统健康,促进水生生物多样性恢复,避免过度取水导致水体自净能力下降;优化配置能延长水利设施使用寿命,减少水量分配不合理引发的结构损耗,降低维护成本;科学调度平衡农业、工业、生活用水比例,避免季节性缺水与洪涝灾害交替,提升水资源综合利用效益。技术层面借助智能监测与模型预测,实现水量精准计算与实时调整,增强水利工程应对突发水情能力,推动水资源从“粗放利用”向“精细管理”转型,为区域可持续发展提供稳定支撑,形成人与自然和谐共生的水资源利用新格局^[1]。

2 水利工程管理中的水资源配置现状分析

2.1 现有水量分配模式的技术特征与局限性

现有水量分配模式的技术特征体现在依赖历史用水数据构建固定配额体系,通过经验规则进行季节性或年度调节,缺乏对实时水文数据的动态响应能力;数据采集多采用人工巡查结合传统传感器,数据更新周期长且精度有限,难以精准反映水量时空变化特征。模型算法以线性假设为主,难以模拟复杂水循环过程及多变量耦合效应,导致水量预测与实际需求存在偏差;分配方

案调整需经过多轮人工审核,周期长且灵活性不足,难以快速应对极端气候事件或突发用水需求,易引发区域性缺水或弃水现象。此外,模式设计侧重单一用水部门需求,忽视农业、工业、生活用水间的协同效应,导致水资源利用效率低下;在技术层面缺乏智能决策支持系统,分配过程透明度不足,难以实现多方监督与持续优化。这些特征与局限性共同制约了水资源配置的科学与可持续性,需通过技术创新实现从“经验驱动”向“数据驱动”的转型,提升水量分配的精准性与适应性。

2.2 区域性水资源供需矛盾的空间分布特征

区域性水资源供需矛盾空间分布呈现多维差异,山区地形高差显著,降水径流快速汇流易形成短期洪峰,但存储设施不足导致丰枯水期调控能力薄弱,常现“雨涝—旱旱”极端转换;平原地区地势平缓,降水渗透性强而存储有限,农业灌溉需水集中期易与工业、生活用水叠加,加剧局部供水压力。季节降水波动放大空间矛盾,雨季集中区域因排水滞后易发内涝,旱季则因蓄水不足导致短缺;农业需水季节性强、单耗高,工业需持续稳定供水且水质严苛,生活用水需全天候保障,三者需求时空错位易引发区域失衡。河流上下游水量分配不均问题突出,上游过度取水可能导致下游断流、湿地退化,下游过度取水可能影响流域水循环,间接加剧上游来水调配压力、生态基流萎缩。配置需要综合地理特性、季节变化、多部门需求及生态影响,实现空间维度动态平衡与可持续利用。

2.3 传统配置策略对生态流量的影响评估

传统配置策略以经济用水需求为核心导向,生态流量常被视为可压缩的“次级需求”,导致水量分配中生态目标被系统性弱化。此类策略多采用固定阈值法或比例分割法确定生态流量,忽视河流自然水文节律的动态变化特性,造成生态流量与实际生态需求的时空错

配——丰水期可能因过度取水导致基流不足，枯水期则可能因调水不足引发河床裸露。具体实施中，过度取水行为直接减少河流基流量，削弱水体自净能力，破坏水生生物栖息地完整性；季节性调水不足则可能导致湿地萎缩、河岸植被退化，削弱生态系统服务功能。此外，传统策略缺乏动态监测与实时调整机制，难以应对气候变化引发的降水模式改变，长期累积效应可能加剧生态系统退化风险。这种配置方式虽满足短期经济用水需求，却牺牲了水生态的长期健康与可持续性，需通过技术创新实现从“单一目标”向“多目标协同”的转型，构建更具适应性的生态流量动态保障体系^[2]。

2.4 多目标协同配置中的技术瓶颈识别

多目标协同配置面临的技术瓶颈主要体现在数据整合、模型算法与系统协同维度。数据层面，不同部门采集的水文、生态、用水需求数据存在标准差异，实时共享机制缺失导致数据碎片化，难以形成统一决策基础；模型算法层面，多目标优化模型需兼顾经济、生态、社会等多重目标，但当前模型多采用简化假设，难以精准模拟复杂水循环过程及多变量耦合效应，计算效率与精度难以平衡；在实时监测层面，传统传感器布设密度不足且更新周期长，难以捕捉水量、水质、生态指标的动态变化，反馈调整滞后易引发配置方案失效。系统协同层面，供水、排水、生态保护等子系统缺乏统一调度平台，信息孤岛现象严重，难以实现跨部门协同优化。这些瓶颈制约了多目标协同配置的精准性与适应性，需通过数据标准化、模型创新、物联网监测及跨平台集成等技术路径突破，推动水资源配置从“单一目标优先”向“多目标均衡”转型，提升水资源管理的科学性与可持续性^[3]。

3 水资源优化配置的核心策略构建

3.1 基于动态模拟的水量—水质联合优化模型

基于动态模拟的水量—水质联合优化模型以多源异构数据融合为核心，整合气象、水文、土壤、用水需求及水质监测数据，通过标准化处理消除部门间数据壁垒，构建统一决策数据集。模型采用非线性动力学算法模拟复杂水循环过程，结合流体力学与生态动力学原理，精准刻画水量与水质的时空演变规律，实现经济用水、生态基流与水质达标的动态平衡；实时监测网络采用物联网传感器阵列布设，实现水量、水质、生态指标的分钟级更新，反馈机制支持配置方案的实时调整。算法层面引入机器学习优化模型参数，通过历史场景数据训练提升对极端气候事件的预测精度，结合遗传算法、粒子群优化等智能算法实现多目标协同优化；模型验证

通过历史场景回溯与极端情景压力测试，模拟丰水期、枯水期、突发污染事件等场景，评估配置方案的鲁棒性与适应性。该模型突破传统单目标优化局限，推动水资源配置从“静态配额”向“动态协同”转型，提升水资源管理的精准性与可持续性，为复杂水网下的水资源高效配置提供技术支撑，同时避免单一目标导致的配置失衡，增强系统对气候变化的适应能力^[4]。

3.2 跨区域调水工程的智能调度算法设计

跨区域调水工程智能调度算法设计以多源数据融合与动态优化为核心，整合实时水文监测、气象预报、管道压力及用水需求数据，通过标准化处理消除数据壁垒，构建统一决策数据集。算法采用非线性优化模型结合机器学习算法，如神经网络与强化学习，训练历史场景数据以优化调水路径与时间节点，提升对极端气候事件的响应速度与预测精度；实时监测网络采用高精度传感器阵列布设，实现水量、水质、管道压力及生态指标的分钟级更新，反馈机制支持调度方案的动态调整。多目标协同模块通过遗传算法、粒子群优化等智能算法，兼顾调水成本、生态流量保障、用户需求平衡及系统安全性，实现跨区域水量分配的帕累托最优解。系统架构采用云平台与边缘计算结合模式，提升数据处理效率与决策响应速度，避免单一节点故障导致的系统瘫痪，该设计突破传统固定配额限制，推动调度从“经验驱动”向“数据智能”转型，增强跨区域调水工程的适应性与可持续性，同时通过动态模拟验证配置方案在丰枯水期、突发污染事件中的鲁棒性，为复杂水网下的水资源高效配置提供精准技术支撑，提升水资源利用效率与系统运行的长期稳定性。

3.3 农业节水灌溉技术的系统集成方法

农业节水灌溉技术系统集成以多维度技术融合与动态优化为核心，整合土壤湿度传感器、气象监测站、作物需水模型及智能控制模块，实现灌溉需求精准感知与实时反馈。数据层面通过标准化处理融合土壤墒情、气象预报、作物生长周期及地下水位数据，构建统一决策数据集，消除部门数据壁垒；在算法层面引入深度学习优化灌溉阈值，结合卷积神经网络与长短期记忆网络动态调整灌溉时间与水量，避免过度灌溉或供水不足。智能控制系统依托物联网平台实现远程操控与自动化管理，支持设备自动启停、水量精准调节及故障预警，提升操作效率与系统可靠性。系统采用模块化设计，各功能模块可独立运行或协同工作，支持按需扩展新传感器或算法模块，增强系统适应性与扩展性。实时监测网络通过高精度传感器阵列布设，实现土壤湿度、空气温湿

度、光照强度、地下水位等指标的分钟级更新，反馈机制支持灌溉方案动态调整与持续优化。该集成方法突破传统单点控制局限，推动灌溉从“经验驱动”向“数据智能”转型，提升水资源利用效率与农业生产可持续性，通过动态模拟验证极端天气下的鲁棒性，为节水灌溉提供精准技术支撑，增强系统对气候变化的适应能力^[5]。

3.4 多水源联合调度的风险评估与控制体系

多水源联合调度的风险评估与控制体系以动态风险识别与多维数据融合为基石，整合水文、气象、水质及用水需求数据构建统一评估数据集。风险识别模块运用非线性动力学算法模拟复杂水循环过程，结合流体力学与生态动力学原理，精准刻画水量、水质及生态指标时空演变规律，定位调水路径潜在风险点。评估层面引入机器学习优化模型，通过历史场景数据训练提升对极端气候事件、突发污染事件的预测精度，结合遗传算法、粒子群优化等智能算法实现多目标风险权衡。控制体系依托实时监测网络与动态反馈机制，利用高精度传感器阵列实现水量、水质、管道压力及生态指标分钟级更新，支撑调度方案实时调整与风险控制；系统协同模块采用云平台与边缘计算结合模式，提升数据处理效率与决策响应速度，规避单一节点故障引发的系统瘫痪风险。该体系突破传统静态评估局限，推动风险评估向“数据智能”转型，增强多水源联合调度的适应性与可持续性，通过动态模拟验证丰枯水期、突发污染事件中的鲁棒性，提升水资源利用效率与系统运行稳定性，为复杂水网下的水资源高效配置提供精准风险评估与控制技术支撑。

3.5 公众参与式水资源管理的实施路径

公众参与式水资源管理的实施路径以多维数据融合与智能交互平台为核心，整合社区用水行为、生态意识、需求偏好及环境反馈数据，构建统一参与数据集。技术层面采用区块链技术实现数据去中心化存储与透明共享，保障公众参与数据的真实性与可追溯性；智能交互

平台通过移动端应用、社区论坛及虚拟现实场景模拟，支持公众实时反馈用水需求、提出节水建议及参与决策过程，提升参与感与责任感。动态反馈机制基于机器学习算法分析公众参与数据，优化用水方案与调度策略，实现从“单向管理”向“双向协同”转型。参与路径设计注重社区自治与跨部门协作，通过模块化工具包支持不同社区定制化参与流程，增强系统适应性与扩展性。实时监测网络结合物联网传感器与社交媒体数据挖掘，捕捉公众用水习惯变化与潜在需求，支持方案动态调整。该路径突破传统单向管理局限，推动水资源管理从“相关部门主导”向“社会共治”转型，提升公众节水意识与系统可持续性，同时通过动态模拟验证参与路径在干旱、暴雨等极端天气下的适应性，为公众参与式水资源管理提供更具包容性与响应力的技术支撑，增强系统对多元需求的适应能力。

结束语：综上所述，通过系统分析水资源优化配置技术特征、现状瓶颈及核心策略，构建动态模拟模型、智能调度算法等创新方法，推动管理向数据智能转型。成果提升水量分配精准性与生态流量保障能力，增强跨区域调水工程适应性与公众参与度，为区域可持续发展提供稳定支撑，具有显著理论价值与实践意义，未来可进一步探索多源数据融合与智能算法优化方向。

参考文献

- [1]陈楚,谢坚.水利工程在水资源优化配置中的作用与管理策略[J].安家,2025(8):0286-0288.
- [2]徐蕾.水利工程中水资源优化调度与配置策略研究[J].水上安全,2025(11):92-94.
- [3]燕敬睿.水利工程信息化技术在水资源优化配置中的实践分析[J].信息产业报道,2025(6):0251-0253.
- [4]李银.水利工程设计中水资源优化配置技术的应用研究[J].水上安全,2025(13):76-78.
- [5]兰新全.水利水电工程中的水资源优化配置研究[J].水上安全,2025(16):181-183.