2025 年第 4 卷第 4 期
https://jer.oajrc.org/

水库调度优化模型在提高水资源利用效率中的应用

罗 松

铁兴建设管理集团有限公司恩施州分公司 湖北恩施

【摘要】在水资源供需矛盾尖锐的当下，提升利用效率迫在眉睫。水库调度优化模型综合考量来水不确定性、用水多元需求，以数学规划构建目标函数，运用智能算法求解最优策略。通过多源数据实时监测，动态调整调度方案。实例应用显示，其在农业节水增产、工业稳供提效、生活优质供水、生态涵养水源等领域成效斐然，切实减少弃水，增强供水保障，全方位提升水资源综合效益。

【关键词】水库调度；水资源利用；优化模型；智能算法；综合效益

【收稿日期】2025 年 3 月 5 日 【出刊日期】2025 年 4 月 6 日 【DOI】10.12208/j.jer.20250167

Application of reservoir scheduling optimization model in improving water resources utilization efficiency

Song Luo

Tiexing Construction Management Group Co., Ltd., Enshi Branch, Enshi, Hubei

【**Abstract**】In the face of acute water resource supply and demand contradictions, improving utilization efficiency is imperative. The reservoir scheduling optimization model comprehensively considers the uncertainty of incoming water and diverse water demands, constructing a target function through mathematical programming and employing intelligent algorithms to solve for optimal strategies. Through real-time monitoring of multi-source data, the scheduling plan is dynamically adjusted. Case studies show that it has achieved remarkable results in agricultural water conservation and increased production, stable industrial supply with improved efficiency, high-quality domestic water supply, and ecological water source conservation. It effectively reduces water wastage, enhances water supply security, and comprehensively improves the overall benefits of water resources.

【**Keywords**】Reservoir scheduling; Water resources utilization; Optimization model; Intelligent algorithm; Comprehensive benefit

引言

全球发展进程中，水资源的重要性愈发凸显。人口膨胀、工业化加速，农业现代化推进，各领域对水的渴望与日俱增。水库作为水资源调控关键节点，传统调度弊端尽显。农业春灌时缺水、工业高峰停产、生态湿地干涸等问题频发，根源在于未能统筹协调。一方面，气候变化搅乱来水规律；另一方面，用水结构复杂多样。开展水库调度优化模型探索，就是要打破僵局，精准配置水资源，满足各方需求，守护发展根基。

1 洞察传统调度短板

传统水库调度长期受困于复杂的难题之中。在来水预测方面，精准度严重不足。全球气候变暖的趋势不断加剧，致使降水模式陷入紊乱状态，极端天气事件频繁发生，时而暴雨倾盆，时而久旱不雨。与此流域下垫面因人类活动而产生的变化，如大规模的城市化建设、森林砍伐以及农田开垦等，深刻影响了径流的形成过程[1]。以往所依赖的统计预测方法，多基于历史数据的规律总结，面对如此复杂多变的新情况，显得力不从心，难以准确捕捉到实际来水的动态。这直接导致了水库调度计划与现实的来水情况严重脱节。

用水需求协调方面存在极大的无力感。农业灌溉具有显著的季节性特征，在农作物生长的关键时期，如春季播种、夏季作物快速生长阶段，用水需求集中且量大。工业生产则截然不同，不同的工业类型对用水有着各自独特的要求，多数工业生产需要水流持续稳定，以保证生产流程的连续性，且对水质的要求也因行业而

作者简介：罗松（1982）男，汉族，湖北恩施，工程师，大专，研究方向为水利。

异，例如电子工业对水质的纯净度要求极高[2]。居民生活用水同样复杂，白天时段，尤其是早晨洗漱、晚上做饭及沐浴等时段，用水量急剧攀升，而夜间则相对减少，并且居民对饮用水水质的要求始终保持在高标准。生态用水更是遵循着自然的节律，在不同的季节、不同的生态系统中，需要维持特定的水量、水位以及水流条件，以保障河流、湖泊、湿地等生态系统的稳定与健康。

从水库自身运营的角度审视，管理层面的滞后问题极为突出。水库内部的诸多设备，由于长期处于运行状态且缺乏及时有效的更新维护，普遍存在老化现象，这不仅影响了设备的正常运行效率，还增加了设备故障的风险。监测手段也相对落后，多依赖传统的人工观测与简单的仪器设备，数据采集频率低、准确性差，且信息传递与更新迟缓，无法实时反映水库的真实运行状况。更为关键的是，上下游水库之间缺乏有效的联动机制，各自为政，未能充分发挥水库集群在水资源调配方面的协同优势。在洪水期，各个水库为了确保自身安全，往往采取较为保守的策略，过度弃水，造成了水资源的极大浪费。

2 雕琢优化模型架构

构建水库调度优化模型，其核心要点在于对目标函数进行精细入微的雕琢。模型以实现水资源综合利用效益最大化为终极追求，这一目标涵盖了多个重要维度。在农业灌溉方面，通过精准的水量调配，确保农作物在各个生长阶段都能获得适宜的水分供应，从而保障粮食产能的稳定与提升。在工业供水领域，依据不同工业企业的用水特性，提供稳定可靠的水源，助力工业经济实现增值与可持续发展[3]。生态供水层面，致力于维持生态系统的生物多样性，为各类动植物提供适宜的栖息与繁衍环境。为了将这些复杂的目标转化为可量化、可操作的数学模型，需要依据经济学原理，对不同用水领域的经济效益进行合理评估，同时结合生态学原理，充分考量生态系统服务功能的价值。

模型的求解过程离不开前沿智能算法的强力加持。遗传算法作为一种经典的智能算法，其原理是模拟自然界中的生物进化过程。在模型求解之初，先对初始种群进行编码，每个个体代表一种可能的水库调度方案。随后，依据目标函数所确定的适应度标准，对种群中的个体进行筛选，适应度高的个体有更大的概率被保留并参与后续的遗传操作[4]。交叉操作模拟生物的交配过程，将两个优良个体的基因进行组合，产生新的个体，以期望获得更优的调度方案。变异操作则是对个体的基因进行随机的微小改变，以增加种群的多样性，避免算法陷入局部最优解。通过不断地迭代，种群中的个体逐渐向最优解靠近。

模型的可靠性与实用性需要通过实践验证。为此，选择典型流域水库群作为实践平台。在数据收集阶段，全面系统地收集该流域的水文、气象以及用水历史数据，这些数据涵盖了多年来的降水、径流、气温、蒸发等水文气象信息，以及各行业、各部门的用水记录。将收集到的数据按照不同的时间尺度进行划分，如日、月、季等，以便更细致地模拟不同时段的水库调度情况。在模拟过程中，运用构建好的优化模型对水库的运行进行仿真，通过与传统调度方式下的实际运行结果进行复盘对比，能够直观地展现出优化模型的显著优势。

3 见证实践落地硕果

在农业灌溉领域，优化模型展现出了卓越的应用价值。农作物在不同的生育阶段，对水分的需求特性差异显著。小麦在拔节孕穗期，植株生长迅速，新陈代谢旺盛，对水分的需求量急剧增加，此时充足的水分供应是保证小麦穗粒数和粒重的关键。水稻在分蘖抽穗期，同样需要大量的水分来维持植株的生理活动和幼穗的分化发育[5]。优化模型借助先进的土壤墒情监测技术，实时获取土壤中的水分含量信息，并结合不同作物在各个生育阶段的需水规律，精准地制定灌溉计划。在关键需水期，模型确保为农作物足量供水，满足其生长需求，而在其他时段，则通过科学合理的调控，适当控制灌溉水量，避免因过度灌溉导致水资源浪费以及土壤养分流失等问题，同时也有效防止了因灌溉不足引发的干旱胁迫。

在工业战线，优化模型能够巧妙地适配多样的生产流程进行水资源调配。不同的工业产业对用水有着各自独特的要求。以电子芯片制造为例，其生产过程对水质的要求近乎苛刻，水中的微粒杂质、水温的微小波动都可能对芯片的质量产生严重影响，导致产品次品率上升[6]。化工产业则通常用水量大，且对水质的酸碱性、硬度等指标有特定要求，以保证化学反应的顺利进行和生产设备的正常运行。优化模型深入分析各产业的用水特性，通过错峰供水的方式，合理分配不同时段的供水量，避免了因集中用水导致的水压不足或水质不稳定等问题。

在生活供水板块，优化模型为保障居民用水无忧发挥了关键作用。居民生活用水在一天之中存在明显的高峰和低谷时段。在高峰用水时段，如早晨 7-9 点和晚上 6-9 点，居民集中进行洗漱、做饭、沐浴等活动，用水量急剧增加。优化模型通过提前对用水需求进

行精准预测，在高峰时段来临前，合理安排水库的蓄水和供水计划，确保有足够的水量储备来应对用水高峰。在供水过程中，依据实时的用水流量监测数据，动态调整供水压力和流量分配，平抑供需波动，避免出现水压不足或停水现象。

4 憧憬未来发展蓝图

展望未来，水库调度优化模型将紧密搭乘科技发展的快车，实现跨越式的加速前行。随着全球气候变化的加剧，极端天气事件愈发频繁，对水资源的时空分布产生了深远影响。在此背景下，借助卫星遥感技术的强大观测能力，能够实时、大范围地获取地球表面的水文信息，如水体面积、水位变化、土壤湿度等[7]。结合超级计算机的超强运算能力，模型对长期水文趋势的预测将达到前所未有的高度。通过对大量历史数据和实时观测数据的深度分析与模拟，模型能够提前数年准确预判水文变化趋势，为水库调度提供前瞻性的决策依据，提前布局应对策略，如在丰水期提前加大蓄水力度，为未来可能出现的干旱期储备水源；在干旱期来临前，合理调整用水分配方案，优先保障生活和生态用水等，从而筑牢供水安全的坚固防线，有效应对气候变化带来的水资源挑战。

人工智能技术将持续为水库调度优化模型赋能，推动其“学习”能力不断进阶。模型将具备更强大的实时感知水情变化的能力，通过在水库周边部署的各类传感器，如水位传感器、流量传感器、水质传感器等，实时收集水情数据，并利用人工智能算法对这些数据进行快速分析与处理。一旦监测到水情发生变化，模型能够迅速做出自主决策，即时对水库调度方案进行优化调整[8]。在遇到突发暴雨时，模型能够瞬间启动应急预案，根据降雨强度、流域汇流情况等信息，精准计算出合理的泄洪流量和时机，确保水库安全运行的最大程度减少下游洪涝灾害损失。

未来，水库调度优化模型还将与智慧城市、海绵城市建设深度融合。在智慧城市框架下，模型能够与城市的给排水系统实现无缝对接，根据城市不同区域的用水需求变化，实时调整供水方案，优化供水网络的运行效率，降低供水能耗。模型还能与污水处理系统协同工作，将经过处理后的中水合理回用于城市景观、道路冲洗等非饮用领域，实现水资源的循环利用闭环，提高水资源的综合利用效率。

5 结语

水资源的高效利用是人类社会发展的关键支撑，水库调度优化模型已开启变革之旅。展望未来，科技进步将让模型愈发智能，精准适配复杂多变的用水需求。气候变化挑战下，模型将勇挑大梁，保障供水稳定。民众的深度参与，会促使水资源管理更加科学、公平。各方携手奋进，定能让水资源发挥最大潜能，滋养大地、繁荣生态，开创水资源可持续利用的辉煌未来。

参考文献

[1] 郭敏.基于嵌套模型的水库优化调度方案[J].水利科技与经济,2025,31(03):111-114.

[2] 罗世友,罗晓伟,孙美晨,等.水库调度的研究热点与演进脉络分析[J].水利规划与设计,2025,(04):76-81.

[3] 任明磊,张俊彬,宁亚伟,等.水库防洪优化调度 SA-POA 算法研究与应用[J].中国防汛抗旱,2025,35(03):4-8.

[4] 宁亚伟,任明磊,张俊彬,等.优化求解器在水库防洪调度中的应用研究[J].中国防汛抗旱,2025,35(03):15-20.

[5] 任明磊,张琪,赵丽平,等.考虑洪水预报信息的水库群防洪联合优化调度研究与应用[J].中国防汛抗旱,2025,35(03): 9-14+20.

[6] 苑希民,刘广,王秀杰,等.基于改进遗传算法的水库防洪优化调度应用研究[J].中国防汛抗旱,2025,35(02):13-18.

[7] 李勇.基于动态规划的水库优化调度模型构建与性能测试[J].中国新技术新产品,2025,(03):89-91.

[8] 何啸.水库水文变化对洪水频率与强度的影响研究[J].珠江水运,2025,(01):47-49.

版权声明：©2025 作者与开放获取期刊研究中心(OAJRC)所有。本文章按照知识共享署名许可条款发表。
https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/