

水利技术创新与水利管理能力提升策略探讨

邱一峰 姚献武

缙云县水利水电建设管理有限公司 浙江 丽水 321400

【摘要】：水资源约束加剧与工程运行复杂性提升，对水利管理提出更高要求。传统管理方式在数据获取滞后、调度响应迟缓及风险识别不足等方面存在明显局限。依托水利技术创新，构建数字化监测体系、智能调度模型与协同管理平台，实现多源数据融合与动态决策支撑。经实践验证，工程运行稳定性增强，水资源配置效率提高，风险预警能力明显提升，管理精细化水平持续优化。

【关键词】：水利技术创新；水利管理能力；智能调度；数字化监测；风险预警

DOI:10.12417/2705-0998.26.11.067

引言

水资源开发利用进入高强度阶段，工程体系规模不断扩大，运行环境呈现多变量耦合特征。传统依赖经验与分散调度的管理方式难以适应实时性与精细化要求，水情变化、工程安全与资源配置之间的协调难度持续增加。新一代信息技术在水利领域的深度应用，为管理模式重构提供了技术基础，监测感知、数据分析与智能决策逐步形成联动体系。技术手段与管理机制的融合成为提升整体效能的关键路径，需要在系统架构、运行逻辑与执行方式层面进行统筹优化，以支撑复杂条件下的高效调控与安全运行。

1 水利工程运行环境复杂性演进与管理需求变化

1.1 水资源时空分布不均加剧调控压力

水资源在空间上呈现区域差异显著的格局，流域间水量分布不均，水源与用水需求错位现象突出，导致跨区域调配需求持续增强。时间维度上，降水集中度高且年际波动明显，枯丰期差异扩大，蓄水与供水之间的平衡难度上升。多水源联合调度过程中，不同水库、河道及地下水系统之间的响应机制存在差异，调控过程需要兼顾供水安全、生态需求与防洪目标，形成多目标耦合约束。调度精度与响应速度直接影响水资源利用效率，对实时监测与动态优化提出更高要求。

1.2 工程系统规模扩展带来的协同难度

水利工程体系逐步由单一设施向多类型、多层次网络结构演变，涵盖水库、泵站、渠道及调蓄工程等多种单元，运行关系更加复杂^[1]。不同工程之间在水位控制、流量调节及运行时序方面存在强关联性，一旦调度不协调，易引发系统性运行偏差。管理层级分散导致信息传递链条延长，数据共享与统一调度难以高效实现。工程设备类型多样，运行状态差异明显，对统一控制策略形成制约，协同调度需要在多约束条件下实现整体优化，对管理体系提出系统化整合要求。

1.3 极端气候影响下运行安全约束强化

极端降雨、高温干旱等气候事件频发，使水利工程运行环境的不确定性显著增加，水情变化呈现突发性与强波动特征。

洪水过程峰值流量增大且持续时间延长，对防洪调度能力形成更高压力，水库调蓄空间需在安全与效益之间动态平衡。干旱条件下水源补给不足，供水系统稳定性面临考验，调度策略需强化风险冗余设计。气候变化引起的多因素叠加效应，使工程结构安全、运行稳定与应急响应能力成为核心约束条件，对监测预警与快速调控提出更严格要求。

2 传统管理模式运行调控滞后问题解析

2.1 监测数据获取周期长制约决策效率

水利运行监测长期依赖人工巡检与分散采集方式，数据更新频率低且存在时间滞后，难以反映水情与工况的实时变化。多源数据在采集、传输与汇总环节缺乏统一标准，信息处理周期延长，导致调度决策建立在非实时数据基础之上。监测节点覆盖不均，关键断面与重要设施的数据连续性不足，影响整体态势判断的准确性。数据链条断裂使动态分析能力受限，难以支撑高频调控需求，决策响应速度与工程运行节奏之间出现明显偏差。

2.2 调度方式依赖经验导致响应偏差

传统调度主要依托既有运行经验与固定规则进行控制，缺乏对复杂水情变化的系统建模与动态修正能力^[2]。在多目标调度场景下，经验判断难以兼顾供水、防洪与生态需求之间的约束关系，易出现调控侧重点偏移。调度过程对实时数据依赖程度较低，参数调整滞后，导致响应过程缺乏精细化支撑。不同区域与工程之间的运行特性差异未能纳入统一分析框架，调度策略适配性不足，进而影响整体系统运行的协调性与稳定性。

2.3 风险识别能力不足引发隐患积累

风险识别体系以事后分析与静态评估为主，缺乏连续监测与动态预判机制，对潜在异常变化的敏感度较低。运行过程中产生的异常信号未能及时转化为预警信息，隐患在积累过程中难以及时暴露。多源风险因素之间的关联关系未被有效识别，复合风险演化路径缺乏系统分析，增加了突发事件发生的不确定性。预警模型与实际运行条件之间存在偏差，导致识别结果准确性不足，难以形成有效的风险防控闭环，制约整体安全管理。

理水平提升。

3 基于技术创新的水利管理体系重构路径

3.1 多源感知技术构建实时监测网络

多源感知体系以感知节点全面布设为基础,通过水位、流量、降雨量、土壤含水率及设备运行状态等多维参数的同步采集,实现对水利工程运行状态的连续化记录。传感设备采用分层布控方式,在关键断面、控制节点及薄弱区域形成高密度监测网格,确保数据覆盖的完整性与连续性。数据传输环节依托无线通信与专用网络融合机制,构建低延迟、高可靠的数据通道,使监测信息能够实时汇聚至中心平台。数据标准体系通过统一编码规则与接口协议实现多源异构数据的规范化接入,消除信息孤岛问题。监测数据在进入处理层后,通过边缘计算对异常值进行初步筛选与校正,降低噪声干扰对后续分析的影响。数据存储采用分布式架构,支持海量历史数据的长期积累,为趋势分析与模型训练提供基础支撑。监测网络与调度系统形成联动机制,实现数据驱动的动态感知与即时反馈,为管理体系提供高精度、强时效的数据基础。

3.2 智能算法支撑精细化调度决策

精细化调度以多模型融合算法为核心,通过水文预测模型、调度优化模型与风险评估模型的协同运行,形成面向复杂约束条件的决策支持体系。水文预测模块基于历史数据与实时监测信息进行动态更新,实现对来水过程与水位变化的滚动预报,提高调度前瞻性^[3]。优化算法在多目标函数框架下,对供水保障、防洪安全与生态需求进行权重分配,通过迭代计算寻求最优调度路径。约束条件涵盖库容限制、泄量控制及下游承载能力等多维因素,使决策结果具备可执行性。算法运行过程中引入自学习机制,对历史调度结果进行反馈修正,持续提升模型精度与适配能力。决策输出通过可视化界面呈现关键参数变化趋势与调度方案对比,辅助管理系统进行快速判定。调度过程实现由经验驱动向数据驱动转变,响应速度与精度同步提升,形成闭环优化的动态决策模式。

3.3 平台化架构实现跨系统协同联动

平台化架构以统一技术底座为支撑,将监测、调度、运行与管理等功能模块进行集成,构建覆盖全流程的协同管理体系。系统通过服务化组件设计,将数据采集、分析处理与控制执行进行模块化封装,实现功能的灵活调用与扩展。数据中台作为核心枢纽,对多源数据进行集中管理与共享分发,打通各业务系统之间的信息壁垒。业务协同机制通过流程引擎进行统一调度,使不同部门与工程单元在同一平台上实现任务联动与状态同步。权限管理与安全控制体系确保数据访问的规范性与系统运行的稳定性。平台通过标准接口对接外部系统,实现跨区域与跨层级的信息交互,提升整体调度协调能力。运行过程中形成数据采集、分析决策与执行反馈的闭环结构,使各系统

之间保持高效联动状态,推动管理模式由分散运行向集中协同转变。

4 关键技术应用对管理效能的支撑机制

4.1 数据融合提升水资源配置精准度

多源数据融合以统一数据标准为基础,对水文、水资源、工程运行及气象信息进行整合处理,形成完整的数据链条。融合过程通过数据清洗、校正与一致性检验,提高原始数据的准确性与可用性,使不同来源信息具备可比性。空间维度上,将流域分区、水源分布与用水需求进行叠加分析,实现供需关系的精细刻画;时间维度上,通过连续数据序列识别变化趋势与周期特征,支撑动态调控决策。融合结果为调度模型提供高质量输入,使水量分配能够兼顾多区域、多用途需求,避免资源配置偏差。数据融合还强化信息共享机制,减少重复采集与信息孤岛现象,提高整体管理效率。基于融合数据构建的分析体系,使水资源调配过程由粗放分配转向精细控制,配置精度显著提升。

4.2 模型预测强化运行风险预警能力

运行风险预警依托多类型预测模型的协同应用,通过对水情变化、工程状态及外部环境因素进行综合分析,实现风险的提前识别与量化评估。模型体系以历史运行数据为基础,通过参数校准与动态更新,提高对复杂变化过程的适应能力。预测结果能够反映关键指标的变化趋势及潜在异常信号,使隐性风险得到提前暴露。风险评估模型结合多维约束条件,对不同运行场景进行模拟分析,明确风险发生的概率与影响范围^[4]。预警信息通过分级机制进行发布,为调度决策提供明确依据。模型预测还通过持续反馈机制进行优化,使预警精度不断提高,降低误判与漏判风险。风险识别由静态判断转向动态演化分析,整体安全防控能力得到强化。

4.3 自动化控制优化工程运行稳定性

自动化控制系统以实时数据为输入,通过控制算法对闸门、泵站及调蓄设施进行精确调节,实现运行过程的连续稳定控制。控制逻辑基于预设规则与动态反馈相结合的方式,对水位、流量及压力等关键参数进行闭环调节,减少人为干预带来的不确定性。系统运行过程中,通过对设备状态的实时监测与故障诊断,实现异常情况的快速响应,避免局部问题扩散为系统性风险。控制策略能够根据运行条件变化自动调整执行参数,使工程在不同工况下保持稳定状态。自动化系统与调度平台联动,实现指令下达与执行反馈的同步,提高整体运行效率。设备运行过程由间断控制转向连续调节,稳定性与可靠性显著提升。

5 技术驱动下管理能力综合提升路径整合

5.1 管理流程标准化促进执行一致性

管理流程标准化以统一制度体系为核心,对水利工程运行、调度执行与信息处理等关键环节进行规范重构,通过流程分解与节点固化明确各项操作步骤与控制要求。流程设计基于业务逻辑与技术支撑条件,建立涵盖数据采集、分析处理与指令执行的全链条操作规范,使各环节之间形成清晰衔接关系。标准化过程中引入数字化手段,对操作过程进行系统固化与自动校验,减少人为差异带来的执行偏移。关键控制点通过量化指标进行约束,确保各类调控行为在统一规则下运行。流程运行状态实时记录并形成可追溯数据,为后续评估与优化提供依据。标准体系的持续更新机制保障流程与实际运行环境保持适配,使管理执行在不同区域与不同工况下保持一致性与稳定性。

5.2 决策机制优化提升调控科学性

决策机制优化以数据驱动为基础,构建多层次决策框架,将基础数据分析、模型计算结果与调度目标进行系统整合。决策过程由单一经验判断转向多维信息支撑,通过对关键指标进行量化分析,提高调控方案的科学性与合理性。决策路径设置明确的分析步骤与校核环节,对不同调度方案进行对比评估,形成最优选择依据。信息传递机制通过系统平台实现快速共享,使各管理层级能够在统一数据基础上进行判断,减少信息

偏差对决策结果的影响^[5]。决策执行与结果反馈形成联动关系,通过运行数据对决策效果进行验证与修正,使决策体系具备持续优化能力。机制运行强调规范化与动态调整相结合,确保调控策略能够适应复杂多变的运行环境。

5.3 运行反馈闭环强化持续改进能力

运行反馈闭环以全过程监测与结果评估为基础,将调度执行、运行状态与实际效果进行系统关联,形成完整的信息回流机制。反馈数据通过统一平台进行汇总分析,对执行偏差与运行异常进行识别,为管理调整提供依据。闭环结构在调度执行后及时启动评估流程,通过对关键指标变化情况进行对比分析,明确调控措施的有效性。反馈信息进入决策层后,对既有策略进行修正与优化,实现持续改进。闭环机制还通过数据积累构建长期分析模型,使管理优化从经验修正转向数据驱动。系统运行过程中,各环节之间保持动态联动,确保问题能够被及时发现并快速响应,管理能力在循环优化过程中不断提升。

6 结语

技术创新与管理机制深度融合,使水利系统在数据获取、调度决策与运行控制方面形成协同支撑体系。多源信息整合与智能分析持续强化资源配置精度,标准化流程与闭环反馈机制推动执行质量稳步提升,整体管理能力向精细化与高效化方向持续演进,工程运行稳定性与安全保障水平不断增强。

参考文献:

- [1] 梁剑权.水利技术创新与水利管理能力提升策略探讨[J].新发现,2025,(19):49-51.
- [2] 孙卫颖.水利技术创新与水利管理能力提升策略探讨[J].城市建设,2025,(5):31-33.
- [3] 黄宁龙.水利技术创新与水利管理能力提升策略[J].农村科学实验,2024,(17):65-67.
- [4] 高静.水利技术创新与水利管理能力提升探析[J].水上安全,2024,(4):160-162.
- [5] 李志菲.浅析以水利技术创新提高水利管理能力[J].城市建设理论研究(电子版),2022,(28):152-154.