

# 水库群联合调度中水资源优化配置与风险防控机制

闫莉莉

建昌县水利事务服务中心

DOI:10.32629/hwr.v9i12.6701

**[摘要]** 水库群联合调度是实现水资源科学配置、确保区域水安全的核心方法。本文针对水库群联合调度中的水资源优化配置与风险防控机制进行探讨,说明了联合调度的理论支撑与现实作用,剖析了优化配置的主要方式与风险要素,且从整体化视角构建了风险防控机制。通过多目标协同配合、动态管控与智能化决策举措,能增强水资源利用成效,有力应对水文不确定性、工程风险以及社会经济压力,为区域水资源可持续管理提供借鉴。

**[关键词]** 水库群联合调度; 水资源配置; 风险防控; 优化模型; 协同管理

中图分类号: TV62 文献标识码: A

## Optimization of Water Resource Allocation and Risk Prevention Mechanism in Joint Dispatch of Reservoir Groups

Lili Yan

Jianchang County Water Resources Affairs Service Center

**[Abstract]** Joint regulation of reservoir groups is the core method to achieve scientific allocation of water resources and ensure regional water security. This article explores the optimal allocation of water resources and risk prevention mechanisms in the joint operation of reservoir groups. It explains the theoretical support and practical role of joint operation, analyzes the main ways and risk factors of optimized allocation, and constructs a risk prevention and control system from a holistic perspective. Through multi-objective collaborative cooperation, dynamic control, and intelligent decision-making measures, the effectiveness of water resource utilization can be enhanced, and hydrological uncertainty, engineering risks, and socio-economic pressures can be effectively addressed, providing reference for sustainable management of regional water resources.

**[Key words]** joint operation of reservoir groups; Water resource allocation; Risk prevention and control; Optimize the model; Collaborative Management

### 引言

伴随全球气候变迁与经济社会迅猛发展,水资源供需的矛盾愈发凸显,单一水库的调度方式已难以契合复杂的水资源管理要求,水库群联合调度借助统筹多库运转,达成水资源在时空维度上的重新调配,成为增强区域水资源承载能力、抵御干旱与洪涝灾害的关键方式。联合调度面临多目标冲突、水文不确定性、工程结构安全以及生态保护等诸多挑战,要统筹做好优化配置与风险防控工作,本文意在全面探究水库群联合调度中水资源优化配置的关键方法,同时构建风险防范机制,期望为实践给予理论依据。

#### 1 水库群联合调度中水资源优化配置的核心方法

##### 1.1 多目标协同优化模型构建

水资源合理调配要兼顾灌溉、供水、发电、生态等多元目标,建立多目标协同优化模型是实现综合效益最大化的核心要

点,该模型把水量平衡方程、水库水位上下限限制、输配水工程施工容量等物理条件当作基础架构,借助设定不同目标的权重系数或者运用Pareto前沿求解方法,在经济效益(像发电收入、供水收益)、社会效益(像粮食安全、生活用水保障)和生态效益(像河道基流维持、水质改善)之间探寻动态平衡。能够借助动态规划来应对多阶段决策难题,也可采用遗传算法、粒子群算法等智能优化方法,在长期调度中明确水库群的蓄放水策略,在短期调度期间精确细化每日每时段的水量分配,进而顺应丰枯季节的变化以及区域间的差异,实现水资源在时空上的优化配置。该模型尚需引入风险分析模块,考量不同来水情形下的系统稳定性,为应对不确定性给出决策参考。

##### 1.2 时空尺度动态调控策略

水库群联合调度务必要全面考量水文循环与用水需求在时空方面的高度变异性,所以要构建多层次、自适应性的动态调控

策略<sup>[1]</sup>,从时间范畴来讲,系统应当融合中长期气候预测、短期气象预报以及实时水文监测数据,采用滚动优化与反馈纠偏机制,按固定时段(如月、旬、周)更新调度策略,以减小预报偏差引发的调度风险。在空间范畴中,应根据水库群拓扑结构与河道水力关系,借助库容补偿调节(运用上游水库调节能力填补下游水库短板)、水流联合调度等途径,统筹上下游水库的蓄水、泄水时机与流量,达成流域整体水资源的协同运用,策略要具备应急应对能力,在干旱时期启动约束性供水预案,维持重点区域基本用水;在汛期以保障防洪安全为基础,实时调整蓄泄策略,在增益与减灾之间实现平衡,这种弹性调节机制极大提升了水资源系统抵御气候多变性与极端事件的能力。

### 1.3 智能化决策支持系统应用

深度融合的现代信息技术为水资源优化配置提供了强大助力,通过整合遥感监测数据,可以打造一个“监测-预报-模拟-优化”一体化的智能化决策支持系统,该系统可实现水文气象信息的全时段感知、供需态势的多层面预测、不同调度策略的情景推演与效益测评,最终借助优化算法产出推荐配置方案。系统还配置了可视化的人机交互界面,以图表、地图等形式直观展现水资源态势、调度方案对比和潜在风险,极大提高了调度决策的效率与科学性。系统通过流程公开化与方案可追踪,强化了决策环节的公信力与管理协同,让管理者能够更从容地处理水资源调配中的多目标矛盾与复杂多变的情况。

## 2 水库群联合调度面临的主要风险因素

### 2.1 水文气象不确定性风险

降水、径流等关键水文要素的随机波动与不稳定性是水资源调配面临的根本性难题,这种波动直接导致水库入库水量无法精准把控,进而影响灌溉、发电、供水等综合调度目标的实现,全球气候的变迁加剧了这种复杂性,体现为极端干旱和洪水现象出现的频次、强度皆有所提升,导致历史水文规律的参考价值下降。在长期调度作业中,持续的干旱现象有可能导致水库群蓄水量长时间无法恢复,进而诱发区域性供水危机;突然降临的强降水或许会使水库遭遇超出限制蓄水所产生的巨大防洪压力。若调度决策过分倚重确定性预报,而实际预报的精准度存在局限,所制定的用水规划或防洪策略很容易与现实情况脱节,进而造成生活与工业供水匮乏、农业产量减少,或者由于防洪库容预留不够而对下游安全构成威胁。为化解该风险,现代调度应主动引入概率预报技术,评估未来来水的不确定性区间,并在此基础上开展风险分析与稳健优化,在调度模型中明确考量最不利情形,进而制定出能适应多种可能性的弹性调度措施,从而提高系统应对水文气象不确定性的抗干扰能力与稳定性。

### 2.2 工程结构与运行安全风险

水库群联合调度的顺利实施高度依靠大坝、溢洪道、闸门、输水隧洞和泵站等一系列水利工程处于安全稳定运行状态,这些工程结构的劣化均有可能引发严重的链式安全风险。单一水库由于工程故障出现溃坝或者被迫进行非计划的大流量泄洪,会直接危及下游串联水库的安全,引发级联灾害;关键输水设施

出现故障可能会导致计划供水彻底中断,危及城市生命线。即便未出现结构性损坏,监测设备的差错或通信系统的延误会导致调度中心无法了解真实状况,致使调度指令和执行效果产生偏差<sup>[2]</sup>,有必要打造贯穿工程全生命周期的风险管控体系,包括定期的安全检测鉴定与健康状态诊断、及时的结构加固操作与设备更新改造、全天24小时不间断的自动化安全监测网络。同时,针对各类潜在的工程紧急情况制定详实的应急应对方案,定期开展演练,确保在突发状况下能够迅速反应、妥善处理,从物理基础方面保障调度系统的安全性与稳定性。

### 2.3 社会经济与生态协调风险

水资源分配实际上是在复杂社会经济系统与脆弱生态系统之间探寻平衡的决策进程,潜藏着多维度的协调隐患,在流域内部空间中,上游与下游、不同行政区划、农业、工业、生活和发电等行业范畴之间存在着剧烈的用水竞争现象。若分配方案没有充分考量公平性与可接受性,很容易引发区域冲突与社会动荡。从生态层面考量,过度聚焦发电效益或许会使水库长时间保持高水位运转,扰乱河流自然水文节律;而保障供水与灌溉极有可能大量侵占生态基流,引发下游河道干涸、湿地退化、水生生物栖息场所丧失以及生物多样性降低等不可逆转的生态破坏。外界的社会经济形势变动,如国家或地方水资源政策的调整、人口空间布局的改变、产业结构的优化升级、新兴产业的兴起等,均会动态地改变水资源需求的格局与优先级,使基于历史数据拟定的长期调度方案存在失效的风险。水资源调配不是刻板的规划,应当具备极高的灵活性、调适性与包容性,这需要调度决策流程构建全面的多利益相关方磋商机制,把生态需水当作硬性约束融入模型,同时采用适应性管理框架体系,使调度策略能够根据政策、社会需求与生态反馈的响应情况进行动态调节和持续完善。

## 3 水库群联合调度中风险防控机制的构建

### 3.1 风险识别与评估体系完善

规范化的风险识别是施行有效风险管理的基石,这促使设立一个全面性、多维度的体系,其覆盖范畴应广泛包含自然方面(如极端降雨现象、地质条件的变动)、工程方面(如结构的老化情况、设备出现故障)、社会方面(如人口数量的增长、土地的开发与利用)以及管理方面(如制度的执行能力、应急的准备水平)等<sup>[3]</sup>。在实际开展过程中,要全面采用多种手段来排查所有潜在风险源,涵盖深度剖析历史灾害与事故资料、借助模型开展多种不利情形模拟,并且大量征求水文、地质、结构、管理等领域专家基于经验的判断,凭借这种多路径的鉴别,能够全面性地梳理出对水库安全造成威胁的关键风险因子。

基于风险源识别的基础之上,要进一步针对这些风险实施量化评估与等级划分,这一般需要运用概率风险分析手段,将风险事件的可能性与后果予以整合,计取风险值;或选用模糊综合评价等方式,应对那些信息不完整、难以精准量化的风险要素,运用量化测算,能够明晰各类风险的发生几率、潜在损耗以及其在整体风险图谱中的相对紧要性,进而合理地明确风险管控的

优先范围与资源投放要点。由于外部环境以及社会经济条件处于持续变化的进程中,风险本身并非静止不动,故而应当设立定期(如每三至五年)或触发型(如遭遇重大自然灾害后)的风险评估更新机制,通过不间断监测、数据采集与再次评估,保证风险认知与当下的实际情形相契合,进而动态调节风险管理策略,保证其及时性与精准性。

### 3.2 全过程动态监控与预警机制

凭借自动化监测网络,能够针对水库水位、流量的变化情况、工程结构的状态以及流域范围内的气象要素开展全时段、高精度的实时管控,通过搭建分级预警指标架构,为各类监测参数设置科学临界值,一旦数据触及预设情形,系统会自动生成精准的预警资讯<sup>[4]</sup>,基于这一状况,整合水文与工程安全分析模型,对风险发展走向实施动态模拟和预报,进而提前发出干旱、洪水或工程异常等专项预警。

为保证预警响应效果,系统借助多途径并行的通信机制,将预警信息马上推送至调度中心及相关应急指挥部门,这一流程为研讨判断和制定干预办法赢得了宝贵时机,切实助力了风险前期处置及调度决策,增强了整体应急管理的积极性和前瞻性。

### 3.3 多层次应急响应与协同治理

在应对规划预案范畴,要囊括从紧急应对到长期适应性改良的全进程办法,针对不同层级和样式的风险情境,详细明确水库调度方案的调整、工程应急抢险的技术途径以及社会力量的动员与组织方案<sup>[5]</sup>,通过搭建跨越部门、层级的协同治理架构,融合政府部门、专业管理组织、基层社区以及相关行业的资源与职能,并借助定期工作会议、统一数据共享平台和常态化联合实操等途径,真正提高各方在应急响应中的协同效能与行动节奏。

还应当聚焦于打造完备的风险共担与损失补偿机制,通过明确责任归属、设立专项赔偿基金或者引入保险模式等办法,

恰当平衡不同区域与群体在风险防控中的利益关系,这一机制有利于缓和因调度决策或者工程措施或许引发的冲突,强化社会应对干旱、洪水等风险时的整体抗压能力与系统恢复能力,为长期可持续的水安全治理筑牢制度根基。

## 4 总结

水库群协同调度是达成水资源合理配置与风险管控的系统工程。本文就优化配置方法、风险因素识别和防控机制构建三个维度展开探讨,点明多目标协同优化、动态调控与智能决策为提高配置效率的关键,水文的不确定性、工程安全性与社会经济间的矛盾构成主要风险源头;而健全风险评估、实时监测与应急协作是防控要点。在未来,要进一步实现先进技术与制度创新的整合,增强跨区域、多利益主体的协作,促使水库群调度朝着精细化、智能化与可持续的方向迈进,以此保障区域水安全与生态安全。

## [参考文献]

- [1]周建平,周兴波,杜效鹤,等.梯级水库群大坝风险防控设计研究[J].水力发电学报,2018,37(1):10.
- [2]阙子亿,王晓锋.梯级筑坝下小型山区河流水体碳氮磷的时空特征及富营养化风险[J].湖泊科学,2022,34(6):1949-1967.
- [3]曾小芳.PPP模式下水库群大坝建设风险防控与风险分担模型研究[J].水利天地,2020,003(003):121-124.
- [4]王浩,殷峻暹.梯级水库群全生命周期风险的评估与防控[J].科技纵览,2017(4):3.
- [5]苏磊.黄河凌汛监测与灾害防控关键技术研究及示范[J].治黄科技信息,2022(6):12-13.

## 作者简介:

闫莉莉(1982--),女,汉族,辽宁建昌人,本科,副高级职称,研究方向:水利工程建设或水库运行管理。