

水库运行管理及水资源调度的有效方法

章香保 付韶华

江西省南昌市赣抚尾间水利枢纽管理中心 江西 南昌 330009

摘要: 水库运行管理关乎工程稳定性与水资源高效利用。本文围绕水库运行管理的基础工作, 涵盖工程设施维护、监测、巡检及制度建设等方面展开论述。阐述水资源调度基本原则、常规与动态调度方法, 探讨运行管理与调度的协同策略, 包括多目标协同模型构建、流程协同优化及跨部门协同管理机制。介绍智能化监测技术与新型调度技术研发应用, 为提升水库运行管理与水资源调度水平提供参考。

关键词: 水库运行管理; 水资源调度; 协同策略; 技术创新

引言: 水库作为重要的水利工程, 在防洪、供水、发电、灌溉及生态保护等方面发挥着关键作用。随着社会发展与气候变化影响加剧, 水库运行管理面临新挑战, 水资源调度需求也日益复杂。有效开展水库运行管理, 科学实施水资源调度, 对于保障流域水安全、促进水资源可持续利用意义重大。深入探讨水库运行管理及水资源调度的有效方法, 成为当前水利领域亟待解决的重要课题。

1 水库运行管理的基础工作

1.1 水库工程设施的维护与监测

大坝安全监测是水库工程设施维护核心, 关乎工程运行稳定性, 也是流域防洪与水资源高效利用保障。变形监测聚焦表面与内部位移指标, 用专业设备捕捉大坝在受力、温度及水文条件影响下的形态改变, 为结构安全评估与隐患排查提供精准数据。例如, 100米高的大坝, 表面位移监测精度要达1毫米内, 内部位移达2毫米内^[1]。渗流监测跟踪浸润线与渗流量, 研判渗流场特征, 防范渗流侵蚀致大坝防渗体系失效, 筑牢安全底线, 一般渗流量监测精度达0.1升/秒。应力应变监测针对大坝关键部位, 掌握受力状态与力学响应, 识别潜在风险。闸门与启闭设备维护要定期检查保养, 做好润滑、防腐, 及时换老化部件, 校准启闭精度, 确保设备精准可靠运行。如启闭设备启闭5000次后, 要全面检查保养。输水建筑物维护兼顾渠道与隧洞清淤、防渗, 定期检查结构稳定性, 修复破损部位, 保障输水系统通畅, 避免漏水及结构失稳影响工程功能, 渠道清淤深度一般超0.5米。

1.2 水库工程设施的日常巡检与隐患排查

监测站点布局要结合流域水文、地形及管理需求科学规划, 合理布设雨量、水位、流量站, 形成覆盖关键区域与节点的监测网络, 确保数据代表性与完整性。如1000平方公里流域, 雨量站不少于10个, 水位站不少于5

个, 流量站不少于3个。水质监测点选取兼顾水源地、输水节点及生态敏感水域, 明确核心监测项目, 把控水体质量。数据采集与传输依托自动化设备, 搭建稳定的数据传输与存储系统, 保障数据留存共享, 为调度决策提供支撑。水文气象预报是水库科学调度依据, 短期降雨预报预判未来3-72小时降雨情况, 为汛期洪水防控预案提供参考。洪水预报预测入库洪水过程, 推算洪水演进规律, 支撑防洪调度与泄洪方案制定。干旱预警基于长期降水、径流及供需平衡分析发布, 预判干旱风险, 为水资源配置与应急供水提供指引。

1.3 水库水文气象监测与预报

日常巡检是工程设施维护补充, 聚焦常规监测盲区与关键部位, 构建全方位维护格局。巡检遵循标准化流程, 明确频次、范围与要点, 对大坝坝肩、坝脚等重点区域细致排查, 发现细微隐患。如大坝坝肩每周巡检2次, 溢洪道每周3次。隐患排查分级分类管理, 建立台账, 明确整改时限与责任主体, 一般隐患立即处置, 重大隐患采取临时措施并专项整治, 形成闭环管理机制。同时结合季节优化巡检重点, 汛期强化防洪设施巡检, 枯水期聚焦输水建筑物及防渗体系隐患排查, 衔接维护与监测工作, 筑牢安全防线。

1.4 水库运行管理规章制度建设

岗位责任制是水库运行管理规章制度核心, 明确各岗位职责权限, 厘清管理流程权责, 构建分工有序、责任到人的格局, 保障工作规范落地。操作规程结合工程实际与技术标准, 细化水库调度与设备启闭操作规范, 制定可落地指引, 规避人为失误引发风险与故障。应急预案体系针对性构建完善, 防洪应急预案聚焦汛期洪水防控、工程调度及人员转移, 明确响应流程与措施。供水危机应急预案侧重水资源短缺时供需调节、水源置换及应急供水保障。水质污染应急预案明确污染溯源、处

置及水质恢复流程,快速响应突发污染事件,降低影响,提升水库应对风险能力,保障工程运行秩序与功能高效发挥。如防洪应急预案中,人员转移响应时间控制在30分钟内。

2 水资源调度的基本原则与方法

2.1 调度基本原则

安全第一是水资源调度的首要准则,贯穿调度全过程且作为核心前提,需优先保障大坝运行稳定及下游区域防洪安全,筑牢水资源开发利用与工程运行的安全底线^[2]。一旦出现可能威胁大坝安全或下游防洪的隐患,必须立即调整调度计划,不惜牺牲部分经济效益来确保安全。统筹兼顾聚焦多目标协同,避免顾此失彼,科学合理则依托技术手段,三者共同构成调度工作的核心遵循。统筹兼顾要求平衡供水、发电、灌溉、生态等多元目标需求,规避单一目标过度倾斜导致流域整体效益受损,契合水资源多功能综合利用的行业核心要求。例如在干旱年份,要合理分配水资源,既保障居民生活用水,又兼顾农业灌溉和工业生产用水,避免因过度偏向某一目标而引发其他问题。科学合理调度以流域水资源总量评估结果和各行业用水需求预测为支撑,依托水文监测、水资源核算及供需平衡分析技术实施精准调控,符合水资源可持续利用的学术规范与实践导向。

2.2 常规调度方法

基于水位的调度围绕不同特征水位制定差异化策略,防洪限制水位用于约束汛期水库蓄水规模,防范洪水风险累积;正常蓄水位保障发电、供水等兴利目标高效实现;死水位界定水库最低蓄水界限,保障水库基本功能发挥,各项水位标准均依据流域防洪规划、水资源配置方案及工程设计标准确定。例如,某水库防洪限制水位为100米,正常蓄水位为120米,死水位为80米。基于流量和时间的调度则分别聚焦过程管控与时段适配,三类方法互补,构建常规调度的完整体系。基于流量的调度兼顾下游各行业用水保障与河道生态基流维系,通过流量动态监测数据精准调控下泄水量,在满足生产生活用水需求的同时,维持河道生态系统完整性与稳定性。一般要求河道生态基流不低于5立方米/秒。基于时间的调度充分考量用水需求的季节性波动特征,结合农业灌溉关键期、枯水期等时段差异制定针对性计划,适配流域水文循环的季节性变化规律,保障调度方案与实际需求精准匹配。

2.3 动态调度方法

实时调度依赖水文气象实时监测数据与用水需求动态反馈,依托物联网、大数据及遥感监测技术捕捉水

量、水位、降雨等核心要素变化,快速调整调度方案以应对突发水文事件或用水需求波动,提升调度时效性与适配性。比如在遇到突发的强降雨时,实时监测系统能迅速将数据反馈,调度人员可立即根据数据调整水库的下泄流量,防止洪水漫坝等事故的发生。自适应调度侧重长期优化适配,二者结合突破传统静态模式局限,适配复杂多变的水文情势。自适应调度以流域水资源调度模型为核心支撑,整合历史水文数据、用水统计资料与实时监测反馈信息,通过算法迭代优化调度参数与策略,不断提升方案对复杂水文情势、气候变化及用水结构调整的适配能力。两项方法相互补充,契合现代水资源调度精准化、智能化的发展方向,已在流域水资源管理实践中广泛应用并经实践验证可行。例如,实时调度中,响应时间需控制在10分钟以内。

3 水库运行管理与水资源调度的协同策略

3.1 多目标协同调度模型构建

目标函数确定需统筹供水保障率、发电效益、生态健康等核心维度,构建多维度综合评价体系,兼顾各目标优先级与流域整体效益最大化,符合水资源多功能协同利用的学术导向。约束条件锚定实操边界,求解方法适配场景需求,三者支撑模型科学落地、高效运行^[3]。约束条件设置需贴合工程实际与管理要求,涵盖水库库容上下限约束、下游河道生态基流与用水流量约束、工程设备运行能力边界约束,同时衔接水文情势波动与政策调控要求,确保模型可行性与实操性。模型求解方法以优化算法为核心支撑,线性规划适用于目标与约束呈线性关系的调度场景,非线性规划适配复杂非线性约束条件,动态规划可应对时序性调度问题,各类算法按需选用以提升模型求解精度与效率。

3.2 运行管理与调度的流程协同优化

流程协同聚焦水库运行管理各环节与水资源调度的深度融合,打通管理与调度的衔接壁垒,实现数据互通、动作同步、责任共担。以数据同步为基础,以反馈机制为支撑,以时序衔接为保障,构建闭环高效的协同流程。将工程设施监测数据、水文气象预报结果同步接入调度决策体系,作为调度方案制定的核心依据,同时将调度指令分解为具体管理任务,落实到各岗位、各环节,数据同步时间不超过5分钟。建立调度方案执行反馈机制,实时跟踪工程设施运行状态、水量调配效果,及时将异常情况反馈至调度部门,快速调整调度策略,反馈响应时间不超过15分钟。优化管理与调度的时序衔接,汛期提前10天完成工程设施检修与应急准备,为防洪调度提供保障;枯水期强化水资源消耗监测与供需分

析,支撑调度方案精准落地,通过全流程协同提升水库运行与调度的整体效能。

3.3 跨部门协同管理机制

信息共享平台建设是跨部门协同的核心基础,需整合气象、水利、环保等多部门监测数据与管理资源,搭建统一高效的数据交互载体,实现数据实时互通、规范存储与精准调用,为协同决策提供数据支撑,数据存储容量不少于100TB。会议制度与联动机制互补,分别破解日常分歧与突发问题,筑牢跨部门协同根基。联合调度会议制度需常态化落实,通过定期会商梳理调度过程中出现的利益冲突与执行难题,凝聚部门共识并形成统一调度意见,规避单一部门决策导致的调度失衡,联合调度会议每15天召开一次^[4]。应急联动机制需聚焦突发水文事件、水质污染等场景,明确各部门职责边界与响应流程,强化部门间快速联动与资源调配,保障水库工程安全、供水稳定及水资源合理利用,筑牢流域水安全防线,应急响应时间不超过1小时。

4 水库运行管理与水资源调度的技术创新

4.1 智能化监测技术应用

智能化监测技术打破了传统监测的时空限制与人工依赖,构建起“感知-传输-分析-决策”全链条闭环体系。通过多技术协同赋能,实现对水库工程及流域水文情势的全方位、高精度、实时化监测,为后续调度决策提供坚实的数据支撑,筑牢智能化管理的基础。物联网技术作为智能化监测的核心支撑,通过部署各类感知终端覆盖水库工程设施关键部位与水文气象监测节点,实现大坝变形、渗流、水位、雨量等要素的实时感知与高效传输,搭建全链条监测链路提升数据获取时效性。大数据与人工智能深度赋能,实现数据增值与决策优化,构建智能化监测与决策体系。大数据分析技术针对海量监测数据开展深度挖掘与关联分析,梳理数据背后隐藏的水文情势演变规律、工程运行状态变化特征,为调度决策提供数据驱动的科学依据。人工智能算法融入调度管理全流程,依托机器学习、深度学习等技术优化调度模型参数设置,提升水文气象预测精度与调度方案适配性,契合现代水利管理智能化发展趋势,构建数字孪生工程管理、调度平台。

4.2 新型调度技术研发

新型调度技术研发聚焦调度效率提升与风险防控强化,结合云端算力与虚实融合技术,打造多元化、智能化调度工具。既解决传统调度算力不足、模拟场景单一的问题,又通过沉浸式培训提升人员能力,形成技术赋能与人才支撑双向发力的良好格局。云计算调度平台依托云端算力与分布式存储能力构建一体化调度系统,打破传统调度模式的算力限制与数据壁垒,实现调度方案的快速生成、多场景模拟及效果评估,提升调度决策效率与科学性。虚实融合技术强化人才培育,二者分别赋能调度决策与实操能力,推动技术落地见效^[5]。虚拟现实与增强现实技术深度融合水库调度模拟与人员培训场景,构建可视化虚拟调度环境,还原复杂水文工况与突发应急场景。通过沉浸式实操训练提升调度人员对复杂场景的研判能力、方案执行能力及应急处置水平,降低人为操作风险,为水库安全高效运行提供人才与技术保障,推动调度管理从经验驱动向技术驱动转型。

结束语

水库运行管理与水资源调度紧密相连、相辅相成。通过加强基础工作、遵循调度原则、运用科学方法、构建协同策略以及推动技术创新,可显著提升水库运行管理的规范化、精细化与智能化水平,实现水资源的高效配置与合理利用。这不仅保障水库工程安全稳定运行,还能满足社会各行业用水需求,维护流域生态平衡,为水利事业高质量发展奠定坚实基础,推动水资源管理迈向新台阶。

参考文献

- [1]丁得瑾.水库运行管理及调度常见问题分析[J].农业灾害研究,2024,14(9):265-267.
- [2]王娟,龙俊安.电站水库运行管理及调度常见问题探析[J].水电站机电技术,2023,46(4):126-128.
- [3]古丽尼沙汗·沙比提.水库大坝运行管理及调度常见问题分析[J].水电水利,2024,8(2):84-86.
- [4]张志国,高力强.中小型水库运行管理技术的研究[J].水上安全,2025(11):43-45.
- [5]蔡金贝.水利工程水库运行调度的智能化方法与实践[J].水上安全,2025(5):193-195.