

# 新时期水库规范化运维管理工作实践与探索

王江华

邢台市水库事务中心 河北 邢台 054106

**摘要:** 水库规范化运维管理对于保障工程安全与发挥综合效益具有重要意义。本文从调度运行、大坝巡检、制度构建及信息化应用四个层面展开论述,探讨新时期水库运维管理的实践路径。洪水调度规则的完善、兴利与生态调度的统筹、渗流监测数据的研判以及岗位责任制度的落实,构成规范化管理的核心内容。数字孪生、大数据分析 with 智能传感等技术手段的引入,为运维效率提升提供了新动能。多项管理措施与技术手段协同配合,有助于推动水库运维向精细化、智能化方向持续迈进。

**关键词:** 水库运维;规范化管理;安全监测;制度体系;智能化技术

引言: 水库承担防洪、供水、灌溉与发电等多重功能,运维管理水平直接关系下游安全与水资源配置效率。新时期气候变化带来极端水文事件增多、工程老化导致隐患上升、信息化技术快速迭代等多重压力,传统经验型管理模式已难以满足精细化管控需求。推动运维管理向规范化、标准化与智能化方向转型,既是水利行业高质量发展的内在要求,也是保障水库工程长久安全运行的现实需要。

## 1 水库运行调度规范化管理

### 1.1 洪水调度运行规则的完善与执行

洪水调度运行规则是水库抵御洪涝灾害的技术基石,规则的完善需紧密结合流域水文特征与工程调蓄能力。调度人员根据所在流域暴雨产汇流规律,将不同重现期洪水对应的泄洪流量过程与库水位变化关系纳入操作规程,使各级洪水均有清晰的调度路径可循<sup>[1]</sup>。规则执行要求调度指令从下达到反馈形成完整闭环,接到水情预报后须在规定时间内完成闸门启闭操作并如实记录。调洪演算采用动态库容法,依据实时入库流量持续修正下泄流量,确保库水位始终控制在设计洪水位以下。

### 1.2 兴利调度与生态调度的统筹安排

兴利调度服务于供水、灌溉与发电等用水需求,生态调度则着力维持下游河道最小生态基流与鱼类繁殖期水温条件,二者在库容分配上存在天然张力。统筹安排的关键在于构建多目标优化调度模型,将生活用水保证率、灌溉供水可靠性、发电出力稳定性与生态流量满足度纳入统一目标函数,通过权衡计算得出各时段最优下泄方案。枯水期优先保障下游河道不低于最小生态流量,丰水期则在满足生态基流前提下尽可能蓄水以备旱季调用。鱼类繁殖期需人为制造人工洪峰,通过短时增大下泄流量刺激鱼类产卵,该操作须在不影响防洪安全

与供水安全前提下实施。

### 1.3 水位控制与库容管理的精细化操作

水位控制是水库调度最为直观的操作手段,精细化操作要求将库水位划分为死水位、正常蓄水位、汛限水位与校核洪水位4个控制层级,每一层级均设定明确的进出库条件与操作权限。正常运行期库水位维持在正常蓄水位附近小幅波动,日均变幅控制在数十厘米以内,避免水位频繁大幅升降对坝体与库岸稳定造成不利影响。汛限水位的动态调整依据中长期天气预报结果,在主汛期来临前将库水位预降至汛限水位以下,腾出防洪库容接纳可能到来的暴雨洪水。

### 1.4 多库联合调度与上下游协调机制

流域内多座水库串联或并联分布,单一水库的调度行为直接影响上下游水库的来水条件与防洪压力,建立多库联合调度机制十分必要。联合调度以流域为单元,将干支流各水库的调蓄能力、控制流域面积与坝址洪水特征纳入统一调度框架,通过上游水库拦蓄削减洪峰、中游水库错峰调节、下游水库配合泄洪的梯级配合方式,将流域整体防洪标准提升至单库调度难以达到的水平。上下游协调机制以水情信息共享为基础,上游水库在泄洪前须提前向下游通报泄洪流量与起止时间,下游水库据此调整闸门开度与发电流量,避免因信息滞后导致下游河道水位突涨。

## 2 大坝与挡水建筑物日常巡检与养护

### 2.1 坝体表面与内部结构的定期巡查

坝体表面巡查是发现大坝外部病害最直接的手段,巡查人员沿坝顶、上下游坝坡及坝脚依次排查,重点关注坝面有无裂缝、塌陷、滑坡或动物洞穴等异常迹象。内部结构巡查借助钻孔摄像、超声波探伤等技术手段,对坝体混凝土或土石料的密实度、有无空洞或软弱夹层

进行探测。巡查频次依据季节变化与大坝等级确定,汛期加密至每日1次,非汛期可降为每周1至2次。所有巡查发现的问题须当场记录并拍照存档,对新出现的裂缝需标注长度、宽度与走向,便于后续对比分析裂缝是否持续发展。坝顶路面、防浪墙与排水沟的完好程度直接影响雨水能否顺畅排出,因此坝面附属设施的检查不可遗漏<sup>[2]</sup>。内部结构检测数据与历次检测结果进行纵向对比,一旦发现坝体内部出现异常变化趋势,须立即上报并启动专项复核程序。

## 2.2 渗流监测与渗压数据分析研判

渗流监测是判断大坝安全状态的关键技术手段,监测内容涵盖坝体浸润线位置、渗流量大小与渗透压力分布。坝体内埋设的渗压计按固定周期采集数据,采集频率在汛期可达每小时1次,非汛期适当放宽至每日1至2次。渗压数据的分析研判需将实测值与设计值、历史值进行三方对比,若某一测点渗压持续升高且超过设计允许值,需结合上下游水位变化判断渗流场是否发生异常调整。渗流量的突增往往预示着坝体或坝基存在集中渗流通道,须引起高度警觉。数据分析采用趋势外推与回归分析相结合的方法,对渗压变化速率进行量化评估,为大坝安全状况判断提供定量依据。监测数据异常时需加密观测频次并组织技术人员现场复核,排除仪器故障后确认是否存在真实渗流异常。

## 2.3 坝基与绕坝渗流的跟踪观测

坝基渗流直接关系大坝抗滑稳定安全,跟踪观测重点布设在坝基帷幕灌浆幕体下游与坝基排水廊道内。绕坝渗流指库水经两岸岩土体绕过坝肩渗入下游的水流,这一渗流路径隐蔽且不易察觉,需在两岸山体布设渗压观测孔与量水堰进行长期监测。跟踪观测要求建立完整的时间序列数据库,每一测点的数据均标注采集时间与对应库水位,便于分析渗流量与库水位之间的响应关系。当绕坝渗流量随库水位升高而呈非线性增长时,说明两岸岩土体中可能存在新的渗流通道,需及时开展补充勘探。坝基扬压力的大小影响坝体有效重力,扬压力过高将降低大坝抗滑安全系数,因此坝基排水系统的通畅性检查须纳入日常养护范围。

## 2.4 泄洪设施与输水建筑物的维护保养

泄洪设施包括溢洪道、泄洪洞与非常溢洪道,输水建筑物涵盖放水涵管、引水隧洞与导流底孔,这些设施在非汛期处于待用状态,但长期闲置容易出现锈蚀、淤积与混凝土碳化等问题。维护保养工作从清除溢洪道内的淤积泥沙与杂物开始,检查消力池、海漫与护坦有无冲刷破坏,对磨损严重的混凝土表面进行修补处理。输

水隧洞与涵管内壁定期进行清淤作业,防止过流断面缩小影响输水能力。闸门、启闭机与钢丝绳等金属构件需按期涂抹防腐油脂,开展启闭试验以验证动作灵活性与密封性能。所有维护保养操作均形成书面记录,记录内容包含维修部位、更换材料与完工日期,为设施全生命周期管理积累基础资料。

## 3 水库标准化运维制度体系构建

### 3.1 岗位责任制度与操作规程的制定

岗位责任制度的制定须将水库运维涉及的每一项工作落实到具体人员,明确大坝监测、机电维护、水文调度等岗位的职责范围与工作标准<sup>[3]</sup>。操作规程的编制以设备运行特性与工程技术要求为依据,对启闭机操作、闸门运行、发电机组启停等关键环节制定分步操作指引,使操作人员在执行任务时有据可依。岗位责任与操作规程经管理层审批后下发至各班组,要求运维人员熟记规程内容并在实际操作中严格遵守。制度文本随设备更新与工艺变化定期修订,确保规程内容与现场实际保持一致,避免出现制度与操作脱节的情形。

### 3.2 巡查检查制度与记录台账的规范

巡查检查制度须对巡查路线、巡查频次、检查内容与问题上报流程作出明确规定,使日常巡查工作有章可循。记录台账的规范化要求每一次巡查均须填写书面记录,内容涵盖巡查时间、天气状况、检查部位、发现问题与处理措施等要素。台账采用统一格式,由专人负责收集整理与归档保存,便于后续查阅与追溯。检查中发现的隐患须在台账中标注处理状态,已整改项注明完成日期与责任人,未整改项注明计划处理时间,形成从发现到销号的完整管理链条。

### 3.3 维修养护计划与经费保障机制

维修养护计划按年度编制,将大坝维护、机电检修、金属结构防腐等项目纳入计划管理,明确每一项目的实施时间、工作内容与所需材料。经费保障机制要求运维单位根据年度维修计划测算资金需求,将日常养护经费与大修经费分别列入年度预算,确保维修工作不因资金短缺而延误。经费使用须建立审批与核销流程,大宗材料采购与外委维修项目需经集体研究决定,日常小额支出由班组负责人审批。经费执行情况按季度通报,年终对计划完成率与资金使用效率进行总结分析,为下一年度计划编制提供数据支撑。

### 3.4 应急管理预案与演练的常态化开展

应急管理预案针对溃坝、超标准洪水、设备突发故障等情形编制,明确应急响应等级、指挥体系、处置流程与物资调配方案。预案经专家评审后报上级主管部门

备案,并在库区醒目位置张贴应急疏散路线与联系电话<sup>[4]</sup>。演练工作按年度计划定期组织,演练内容涵盖防汛抢险、人员转移、设备抢修等科目,演练结束后召开总结会议,对暴露出的薄弱环节制定改进措施。通过反复演练使运维人员熟悉应急流程与各自职责,提升突发事件处置的反应速度与协作能力,将预案从纸面落到实处。

#### 4 信息化智能化运维手段的应用

##### 4.1 水库数字孪生与三维可视化管理

数字孪生技术依托高精度地形测量与工程建模,在虚拟空间中构建与实体水库高度一致的三维数字模型。该模型将大坝结构、溢洪道、输水隧洞等工程构件按真实尺度还原,运维人员通过三维可视化界面即可直观查看任意部位的运行状态与空间关系。三维可视化管理使隐蔽工程的内部结构以透明化方式呈现,坝体内部的渗流场分布、钢筋应力状态等不可直接观测的信息均可在数字模型上叠加显示。调度人员借助三维场景进行洪水演进推演,直观判断不同泄洪方案对下游河道的影响范围,为调度决策提供形象化支撑。数字孪生模型随工程改造与设备更新持续迭代,始终保持与实体水库的一致性。

##### 4.2 大数据分析在运行调度中的应用

大数据分析技术将水库历年水文观测资料、气象预报数据与调度运行记录进行整合挖掘,从中提取入库流量变化规律与库水位响应特征。机器学习算法对历史洪水过程进行训练,建立来水预报与最优泄洪方案之间的映射关系,使调度人员在接到水文预报后能快速获取推荐调度方案。大数据分析还可对机组运行效率、供水保证率等指标进行多维度统计,发现运维管理中的薄弱环节。气象数据与水文数据的关联分析有助于提前预判枯水期来水趋势,为兴利调度提供更长的预见期。数据分析成果以图表形式嵌入调度系统界面,供值班人员在制定调度计划时直接调用。

##### 4.3 智能传感与无人巡检技术的推广

智能传感技术在水库运维中的应用日趋广泛,分布式光纤传感沿坝体表面布设,可连续监测坝体应变与温度场变化,传感精度达到微应变级别。无人巡检技术利用无人机搭载高清相机与红外热像仪,对坝顶、坝坡及溢洪道等人员难以到达的部位进行空中巡查,红外热像仪可快速识别坝体渗漏点与保温层脱落区域。水下机器

人对输水隧洞与消力池进行水下探测,获取混凝土表面剥落与淤积厚度等信息<sup>[5]</sup>。智能传感与无人巡检技术的结合大幅降低了人工巡查的劳动强度与安全风险,巡检数据自动上传至管理平台,实现从人工判读向智能识别的转变。

##### 4.4 运维管理平台的集成与数据共享

运维管理平台将大坝监测、水文调度、机电管理、视频监控等子系统集成于统一界面,打破各系统之间的数据壁垒。平台采用标准化数据接口,各子系统的监测数据实时汇聚至中心数据库,运维人员在一个平台上即可调取任意子系统的运行信息。数据共享机制使水文部门的来水预报、气象部门的降雨预测与工程管理部门的库容信息实现互联互通,各业务部门在调度会商中直接调用平台数据,避免信息传递过程中的延时与失真。平台设置分级权限管理,不同岗位人员仅能查看与操作授权范围内的数据与功能,保障数据安全。平台运行日志自动记录每一次数据查询与指令下达,为运维管理追溯提供完整的电子档案。

#### 结束语

水库规范化运维管理是一项涵盖调度运行、工程养护、制度建设与技术赋能的系统工程。运行调度的精细化操作与多库联合机制为水库安全运行提供了主线保障,大坝巡检与渗流监测为工程本体安全筑牢了技术屏障,标准化制度体系使各项运维工作有章可循、有据可依,信息化智能化手段则为传统管理模式注入了新动能。四个维度相互支撑、协同推进,共同推动水库运维管理向更高水平迈进。

#### 参考文献

- [1]周维平.浅析小型水库工程实施与运维信息化系统建设[J].治淮,2023(5):81-82.
- [2]付超.中小型水库智慧运维管理平台解决方案[J].中国水利,2021(20):26-29.
- [3]王海燕.小型水利工程"建管运维"现状、存在问题与应对策略[J].宁夏农林科技,2025,66(11):9-12,26.
- [4]黄志刚,张廷强,周泽江,等.广西小型水库安全监测运维管理体系设计[J].电脑采购,2025(29):103-105.
- [5]曾樱.水库运维中的除险加固工程管理系统研究[J].水利科学与寒区工程,2023,6(12):121-124.