

双龙湖水库现代化运行管理矩阵建设探析

刘向辉, 杨慧迪, 谭文亮

(庆云县水利局, 山东 庆云 253700)

【摘要】文章以德州市庆云县双龙湖水库为研究对象, 阐述其现代化运行管理矩阵的建设路径与实践成效。围绕“四全、四制(治)、四预、四管”核心框架, 综合运用无人机巡检、机器人探测、AI 识别等技术, 构建了集全域感知、智能预警与协同决策于一体的一体化平台。实践表明, 该矩阵有效提升了水库管理效能与安全水平, 运维成本降低 40%, 隐患处置率达到 100%, 形成了可复制、可推广的“庆云样板”, 为平原地区小型水库的现代化管理提供了重要参考。

【关键词】庆云县; 双龙湖水库; 水库管理; 矩阵建设

【中图分类号】TV697

【文献标志码】A

【文章编号】1009-6159(2026)-09-0013-03

Exploration on the Construction of Modern Operation and Management Matrix for Shuang Longhu Reservoir

LIU Xianghui, YANG Huidi, TAN Wenliang

(Water Resources Bureau of Qingyun County, Qingyun, Shandong 253700, China)

Abstract: This paper takes Shuang Longhu Reservoir in Qingyun County, Dezhou City as the research object, and systematically expounds the construction approaches and practical achievements of its modern operation and management matrix. Centering on the core framework of "Four Comprehensive Aspects, Four Regulation Systems, Four Pre-warning Mechanisms and Four Management Modes", an integrated platform featuring full-domain perception, intelligent early warning and collaborative decision-making is established by adopting UAV inspection, drone detection, AI intelligent identification and other technologies. Practice proves that the matrix effectively improves reservoir management efficiency and safety level, cuts operation and maintenance costs by 40%, and achieves a 100% rate of hidden danger disposal. A replicable and promotable "Qingyun Model" has been formed, which provides an important reference for the modern management of small reservoirs in plain areas of China.

Key words: Qingyun County; Shuang Longhu Reservoir; Reservoir management; Matrix construction

双龙湖水库位于德州市庆云县尚堂镇, 2016 年建成蓄水, 总库容 990 万 m^3 , 是以城乡供水为主的小(1)型平原水库。水库由庆云县水库运行维护中心负责管理, 2019 年通过省级标准化管理验收, 2021 年安全鉴定为一类坝。作为庆云县“双水源、一管网”供水格局的重要组成部分, 其安全运行直接关系到 34 万城乡居民的饮水安全。

1 水库矩阵建设内容

1.1 “四全”管理, 构建全域感知体系

1) 全覆盖监管体系。升级水库数字信息平台, 集成水库概况、注册登记、建设档案、运行记

录、报废规划等全生命周期动态数字档案, 实现“一库一档”电子化管理。整合接入视频监控(全景+重点部位)、雨水情自动测报、大坝安全监测(变形、渗压等)、水质在线监测(12 项指标)、出入库流量计量、微型气象站、自动蒸发站等感知设备, 数据 100% 实时上传平台。补充建设 AI 摄像头、无人机自动机场、入库雷达流量计、入库河道水质监测站、水下机器人等设施, 构建“视频监控+物联感知+无人机巡+人工补”的立体监测网络, 消除监测盲区。

收稿日期: 2026-01-10

作者简介: 刘向辉(1972—), 男, 高级工程师

2)全要素精准掌握。校核并动态更新水库正常蓄水位淹没范围、溃坝影响区内的村庄、人口、关键基础设施等要素信息,建立详尽的“影响要素-责任人-联系方式”关联数据库。通过无人机倾斜摄影、BIM 等技术,高精度采集生产库区、坝体、泵站及上下游河道 DEM、DOM 数据,构建三维数字孪生底座,为空间关系分析和预演提供支撑。实时汇聚并统计分析库水位、降雨量、蒸发量、水质参数(浊度、PH、溶解氧、氨氮等)、大坝变形渗流、机电设备运行状态等核心运行数据。

3)全天候智能管控。利用 AI 视频智能识别技术,24 h 自动监测预警水面漂浮物、非法钓鱼、烟火、人员入侵等异常情况。部署坝体裂缝、管涌等工程险情 AI 识别模型,结合变形、渗压监测数据,实现大坝安全性态全天候智能评估与预警。并且,建立无人机定时自主巡检机制,配备热成像功能,可快速发现坝体隐患、非法活动及环境问题。

4)全周期闭环管理。依托平台实现从问题发现(AI/人工/无人机)、上报(APP)、派单、处置、跟踪、验收、统计分析的全流程电子化管理。建立覆盖规划设计、建设施工、运行维护、除险加固、效益评估直至报废处置的全生命周期数字档案链,确保质量安全可追溯、管理决策有依据。

1.2 “四制(治)”体系,创新管理体制

1)体制优化,权责清晰。在矩阵建设领导小组和工作专班统筹下,明确双龙湖水库运行维护中心为管理主体,压实直接责任。严格落实小型水库管理权责,明晰县政府、主管部门、管理单位三级职责界面。

2)机制创新,管养提效。推行“管养分离+”模式。与专业苗木公司签订库区滩地绿化种植与长期养护协议,由其投资并负责达到绿化率标准及日常维护、杂草清理,显著节省管护经费约 40%,提升库区生态环境。将大坝除草、机电设备维修保养等专业性强的工作,外包给具备资质的第三方机构,确保养护专业化。

3)法治保障,规范运行。系统梳理并严格执行《水库大坝安全管理条例》及配套法规、规章。对照标准化管理要求,修订完善水库调度规程、应急预案、巡视检查、维修保养等内部规章制度,确保各项工作有章可循、有规可依。

4)责任压实,监管到位。及时公布并动态更新水库大坝安全责任人及防汛“三个责任人”(行政、技术、巡查),实现 100%全覆盖培训。利用矩阵平台“履职智能抽查”功能,结合降雨预报,自动触发对责任人到岗履职情况的在线抽查(含定位、视频通话),确保责任链条时刻紧绷。严格执行 24 h 值班、日常巡查和特殊天气加密巡查制度,建立隐患排查台账并限期整改。

1.3 “四预”能力,强化风险防控

1)预报精准化。接入气象网格预报及临近河道水情信息。建设库区微型气象站、自动蒸发站,结合在线水质、雨水情数据,提升本地化短临预报能力。利用入库雷达流量计实时掌握引水动态。

2)预警智能化。一是安全预警。AI 视频识别异常行为、工程险情;大坝安全监测数据超阈值自动报警;GNSS 变形监测实时预警。二是水质预警。在线监测 12 项指标,实现异常实时报警;结合人工采样与模型预演,对引水期间可能发生的水质污染事件进行预警。三是调度预警。设定水库最低、最高水位警戒线,根据实时水情和预报,自动计算可供水天数或需提前预泄(蓄)水量。

3)预演实战化。一是水质扩散预演。针对引黄下游水质波动特点,构建水质扩散模型。一旦监测到入库河道或库内水质异常,可快速预演污染物扩散范围、速度和浓度变化,为动态调整引水、蓄水策略或启动应急预案提供决策支持,保障供水安全。二是溃坝洪水预演,基于高精度数字孪生场景和全要素影响区数据,模拟不同溃坝点、溃口尺寸下的洪水演进过程。精准预测洪水到达下游重要目标时间、淹没深度及可能损失,为优化应急预案、精准组织转移避险提供科学依据。三是供蓄水调度预演。结合“调蓄控”理念,在平台中预演不同水源(黄河水、雨洪资源)、不同需求场景下的水库水量调度方案,评估效益与风险,优化决策。

4)预案实用化。基于预演结果和风险分析,及时修订完善水库调度运用计划、防汛抢险应急预案、供水安全保障预案、水质污染突发事件应急预案等。强化预案数字化管理,关键步骤、响应流程、责任人信息嵌入平台,实现一键触发、快速响应。定期开展多科目、实战化应急演练,检验预案有效性,提升应急处置能力。

1.4 “四管”工作,夯实安全基础

1) 隐患排查动态清零。依托常态化巡查及时发现隐患,建立隐患台账,明确治理责任、措施和时限,实现闭环管理。平台清晰标识隐患状态(待处理、处理中、已闭环),辅助资源精准投放。针对排查出的隐患及时进行维修养护,确保工程运行安全。

2) 安全体检常态化。规范开展日常巡视检查、定期监测检测(大坝、机电设备)、年度详查及专项排查。利用 GNSS、渗压计、视频监控、AI 等自动化手段,大幅提升“体检”效率和精度。建立大坝健康状态分析模块,基于历史监测数据设定不同水位下的安全阈值区间,实时评估坝体状况。

3) 维修养护专业化长效化。落实常态化维修养护经费保障。依托“管养分离+”机制,引入专业力量,提升养护质量。重点加强白蚁等害堤动物防治、机电设备维护保养。利用平台对维修养护计划、执行过程、验收结果进行全过程管理。

4) 安全保障全方位。一是划界确权创新突破。庆云县不动产登记中心优化流程,创新采用“国有+集体混合登记”模式,按水域和工程用地范围划分宗地,在不动产权证上同时记载国有土地使用权及地上构(建)筑物所有权信息,为庆云县水利局颁发“一本登”不动产证,有效厘清产权,为依法管理奠定坚实基础。二是强化依法监管。运用视频监控、无人机巡查等手段,配合多部门联合执法,严厉打击危害水库安全的违法行为(侵占、排污、破坏工程设施等)。

2 特色亮点

2.1 “一平台”统管,打造全域感知智慧中枢

建成高度集成的“双龙湖水库运行管理矩阵平台”。该平台以 GIS 底图和数字孪生场景为底座,深度融合了工程基础数据库、实时监测数据流、AI 识别模型库、业务知识库及预演决策模块。打造“河湖管理驾驶舱”,提供形象直观、可提取分析的一站式可视化界面,实现对水库运行状态“一屏统览”、风险隐患“一网管控”、调度决策“一链协同”,显著提升了管理的整体性、协同性和智慧化水平。

2.2 “一模式”增效,创新“管养分离+”资源优化

成功实践滩地绿化养护外包、机电维修专业

外包等模式,特别是与苗木公司的创新合作,实现了库区生态效益与经济效益双赢,大幅降低运维成本。该模式为小型水库破解“缺钱、缺人、缺技术”难题提供了可复制的解决方案。

2.3 “一预演”保安,构建预演双体系

水质扩散预警预演针对引黄水库水质不稳定痛点,构建“在线监测+人工采样+模型预演”体系,实现对突发性水质污染的快速模拟与影响评估,支撑精准调度决策,有力保障了饮用水源安全。该体系双龙湖水库在“四预”领域最具特色的创新。溃坝洪水数字预演基于全要素数据和精细孪生场景,实现溃坝洪水演进过程的可视化、量化预演,极大提升了应急预案的针对性和避险转移的精准性。

2.4 “一登记”破冰,发展混合产权确权登记路径

成功实践水库水域及工程用地“国有+集体土地混合登记、一本产权证确权”模式,清晰界定产权边界,有效解决了历史遗留的权属不明确问题,为水库依法管理、资产盘活扫清了制度障碍,是全省水库产权制度改革的破冰之举。

2.5 “一巡查”转型,构建立体巡查网

深度融合人工巡查、AI 视频监控、无人机自主巡检(含热成像)、水下机器人探查等多种手段,实现从传统单一“人巡”向“天空地水”立体化、智能化巡查的根本性转变。巡查 APP 实现全流程电子化管理,大幅提升效率与质量。

2.6 “一调度”优化,赋能“供蓄调”智能决策

结合平原饮用水库功能,深度应用信息化手段于供水、蓄水核心环节。在供水保障方面实时监控水情与需求,预警可供水天数,确保调度前置。在蓄水优化方面实时感知引水河道水位、水质,预演水质变化,支撑泵站、闸门智能联调,实现安全、经济蓄水。借鉴“调蓄控”理念,提升多水源(黄河水、雨洪水)协同调度能力。

3 应用成效

3.1 管理效能提升

一是决策科学化。基于全景数据感知和模型预演的决策支持,彻底改变了依赖经验的粗放模式,调度指令、应急响应更加精准高效。二是流程高效化。全流程电子化闭环管理(巡查、维修、隐患处理等),信息传递速度提升 70%,(下转第 26 页)