

水利工程中泵站水闸洪涝排水与止水问题探究

浦荣辉

江苏盐城水利建设有限公司 江苏 盐城 215200

摘要: 随着工业及社会发展对水利工程依赖加深, 泵站水闸在洪涝排水与止水方面的问题愈发关键。本文剖析了泵站水闸在洪涝排水效率、止水系统失效及自动化控制监测等方面存在的问题, 从高效能设备设计、耐久性材料工艺、结构稳定性增强、智能化监控体系及运维模式创新等维度, 提出针对性优化策略, 以提升水利工程中泵站水闸的运行效能与可靠性。

关键词: 水利工程; 泵站水闸; 洪涝排水; 止水技术; 问题优化

引言

在水利工程体系中, 泵站与水闸是至关重要的水资源调控设施, 承担着洪涝排水与止水等关键任务。当前泵站水闸在运行过程中, 面临着洪涝排水效率不足、止水系统易失效以及自动化控制与监测存在短板等诸多问题。深入剖析这些问题并探寻有效的优化策略, 对于提升水利工程效能、保障水资源合理利用以及维护区域安全稳定具有深远意义。

1 水利工程中泵站水闸的重要性

水利工程中, 泵站与水闸是水资源调控体系核心设施, 重要性体现在对自然水循环的人工干预与精细管理。泵站凭借机械动力主动提升和输送水体, 克服地理高程限制, 将水源引至难以自然覆盖区域, 拓展水资源空间分配范围, 保障不同地域用水可靠均衡。其运行依赖针对特定扬程与流量选型的水泵机组, 系统设计融合水力学与机械工程专业知识。水闸通过阻断与疏导河道或渠道, 直接控制水位、流量及蓄泄关系, 结构稳定性与闸门启闭灵活性是维持水道安全与功能的关键, 水力设计需精确考量流态变化及冲刷淤积效应。二者协同运作构建联合调控模式, 泵站定向转移水体, 水闸控制进水与维持水位, 增强水利系统应对水文波动能力, 干旱时增强补给, 丰水时拦蓄资源, 平滑天然来水不确定性, 缓解旱涝压力。从生态视角, 二者模拟自然水文节律, 为湿地与水生生物栖息地创造适宜水位与流量条件, 支持生态系统健康稳定。随着气候变化影响加剧与社会用水需求演进, 泵站与水闸的前瞻性规划与新技术融合, 如智能监测与自适应调度, 愈发关键, 持续优化对维系水资源安全、促进人水和谐共处具有不可替代的深远价值^[1]。

2 水利工程中泵站水闸洪涝排水与止水存在的问题

2.1 洪涝排水效率不足的成因

(1) 设计方面: 部分泵站采用的传统水文计算依据基

于历史气象资料平均值, 对近年极端强降雨预见性差, 导致排水能力规划偏低, 水泵选型与管道口径难以匹配超大流量需求, 遇超标准暴雨易超负荷, 难以及时排涝。(2) 设备老化上: 泵站核心排水设备长期运行后性能衰退, 水泵部件受高速水流及泥沙冲刷磨损汽蚀, 水力效率下降; 电机绝缘老化、轴承磨损, 运行效率降低且故障风险增加, 电气控制系统可靠性不足, 实际排水能力常低于设计值, 甚至完全丧失功能。(3) 维护管理上: 排水系统高效运行依赖专业维护, 但清污机常因杂物卡塞失效, 导致格栅堵塞、过水断面减小; 管道淤泥沙石沉积, 管径缩小、水阻增加; 阀门缺乏润滑启闭不灵, 这些维护缺失使系统无法保持最佳状态, 局部问题引发连锁反应, 整体排水效率低下。

2.2 止水系统失效的典型表现

(1) 材料老化与施工质量问题: 橡胶止水带与沥青嵌缝材料长期处于复杂环境, 物理化学性能劣化, 橡胶硬化脆化、失去弹性, 沥青软化流淌或冷脆开裂; 施工时若止水带安装位置不准、固定不牢, 混凝土浇筑中发生位移扭曲, 接缝填充不密实, 会导致止水结构早期损坏、密封失效。(2) 不均匀沉降影响: 水闸不同部位因基础地质与荷载分布差异, 可能产生不均匀沉降, 如闸室主体沉降量大, 两侧翼墙沉降量小; 沉降差异在结构连接处产生相对位移与应力集中, 当超过止水构件适应能力, 止水片会被拉伸扭曲甚至撕裂, 失去止水作用, 渗水流还会淘刷闸基土体形成空洞, 威胁水闸稳定。(3) 外部环境条件作用: 温度变化使混凝土结构热胀冷缩, 对止水带产生疲劳应力, 导致材料损伤与界面脱开; 水体化学成分具腐蚀性, 会腐蚀金属止水片, 降低其力学性能; 寒冷地区冻融循环, 渗入缝隙水分结冰膨胀, 会加剧止水结构与混凝土剥离, 加速止水系统性能衰退^[2]。

2.3 自动化控制与监测的短板

(1) 数据采集不全面: 部分已建泵站传感器配置不足, 前池进水渠道等关键位置未安装液位传感器, 或安装数量少、布局不合理, 难以准确掌握全域水位变化; 流速流量传感器缺失, 使管理人员无法量化评估实际过流能力和水泵运行效率。雨量监测站覆盖密度低、数据传输延迟, 影响对降雨强度和趋势的及时判断; 缺乏这些关键实时数据, 排水决策多依赖经验或滞后的人工巡查信息, 导致排水响应迟缓, 错过最佳排水时机。(2) 智能化程度低: 许多泵站水闸群运行管理高度依赖人工操作与经验判断, 操作人员根据有限水位信息和个人经验决定水泵启停、运行时长以及水闸开启高度和组合方式, 难以应对复杂多变的强降雨过程。同时, 因缺乏集成水文预报模型与实时监测数据的智能调度系统, 无法根据降雨预报和实时汇流情况动态调整运行策略, 实现泵站间及泵站与水闸的协同最优运行, 导致现有排水设施潜力未充分发挥, 影响区域防洪排涝综合效能。

3 水利工程中泵站水闸洪涝排水与止水问题优化策略

3.1 高效能设备与系统设计优化

(1) 泵站水泵选型与性能提升策略: 水泵选型需综合考虑扬程、流量及效率曲线特性, 优先选用高效区宽广的型号; 性能提升可通过叶轮型线优化降低水力损失, 采用计算流体动力学方法分析内部流场, 改进导叶与蜗壳匹配度。对于多泵并联系统, 应研究转速调节与台数控制的协同策略, 使系统始终运行在最佳工况点。密封结构的改进可选用机械密封与填料密封复合形式, 降低容积损失; 轴承座设计应考虑散热与对中要求, 延长使用寿命。(2) 水闸启闭设备优化及自动化控制设计: 启闭设备应研究钢丝绳卷扬与液压式系统的适用条件, 优化减速器传动比配置, 自动化控制需构建行程检测与力矩保护的双重保障机制, 采用绝对值编码器实现开度精确测量。控制系统应集成变频调速功能, 实现启闭过程的平滑控制, 远程监控模块需配备双重通信接口, 确保数据传输可靠性; 设备结构应优化滑轮组布置形式, 降低钢丝绳偏角, 延长使用寿命。(3) 排水系统整体布局与流量匹配优化: 系统布局需建立管网水力模型, 分析不同工况下的压力分布; 主干管与支管管径配比应经过水力计算验证, 避免局部涡流产生。流量匹配可通过设置调节水池实现时空再分配, 采用前馈-反馈复合控制策略动态调整泵组运行, 管道连接处应采用流线型渐扩渐缩设计, 减小局部阻力损失; 系统整体应保留适量冗余能力, 应对突发工况需求^[3]。

3.2 耐久性材料与施工工艺改进

(1) 止水材料性能研究与优选应用: 系统研究橡胶、

聚氨酯及复合材料的耐老化特性, 通过加速老化试验获取材料寿命曲线, 优选时应考虑材料与介质的相容性, 重点关注氯离子渗透系数与抗生物腐蚀能力。新型止水带结构设计宜采用多腔室形式, 提升适应变形的能力; 接缝密封材料应具有自愈合特性, 在微小损伤时保持密封完整性。(2) 混凝土材料抗侵蚀与抗冻性能提升工艺: 通过掺入硅灰及粉煤灰改善孔结构分布, 降低连通孔隙率, 骨料级配优化应严格控制针片状颗粒含量, 提升堆积密度。抗侵蚀外加剂选择需针对具体环境介质, 形成多重防护体系, 养护工艺推行带模保湿与自动喷淋相结合的方式, 确保水化反应充分进行; 表面防护可采用浸渍结晶技术, 形成永久性防水层。(3) 施工工艺精细化管控与质量保障措施: 建立全工序工艺参数控制标准, 重点监控振捣间距与持续时间。钢筋安装推行定位卡具标准化作业, 保证保护层厚度合格率; 模板体系优选钢框复合面板, 确保接缝严密、刚度充足; 质量检验引入三维激光扫描技术, 实现构件尺寸数字化验收; 关键工序实施影像记录追溯制度, 形成可查证的质量档案。

3.3 结构稳定性增强技术

(1) 泵站水闸基础加固与差异沉降控制技术: 根据地质勘察数据优化桩基布置形式, 采用变刚度调平设计理念。基础加固可研究微型桩群与注浆锚杆组合方案, 提升整体稳定性; 差异沉降控制需设置沉降观测点网络, 建立预警阈值体系; 软土地基处理可采用真空预压与堆载预压交替进行的方式, 加速固结进程, 基础防渗系统应形成垂直与水平相结合的封闭体系。(2) 结构抗震与抗风设计优化方法: 建立有限元模型进行动力时程分析, 优化结构质量分布与刚度配置。抗震构造细节加强节点区箍筋加密范围, 采用菱形布置形式, 抗风设计需考虑脉动风压的时空分布特性, 优化外部造型降低风振系数; 设备与结构连接处设置减震支座, 采用分级耗能设计理念; 重要部位增设约束构件, 形成多道防护体系。(3) 长期运行下结构疲劳损伤监测与修复: 布设应变传感器网络监测应力幅值变化, 建立累积损伤计算模型。疲劳敏感区域实施定期磁粉检测与超声探伤, 发现微裂纹及时处理, 修复工艺研究复合材料补强技术, 采用碳纤维布与基体协同受力方案; 重大损伤修复需进行局部应力重分布分析, 制定分级加载恢复方案, 建立结构健康评级体系, 指导维护决策^[4]。

3.4 智能化监控与应急响应体系

(1) 多参数实时监测传感器网络布局设计: 根据结构特征与水力条件优化测点布置, 形成立体监测网络, 传感器选型注重量程与精度匹配, 压力传感器应具备温度

自动补偿功能,网络拓扑采用环型与星型混合架构,确保单点故障不影响系统运行;数据采集模块配置信号调理电路,提升抗干扰能力;供电系统设计应考虑市电与太阳能互补模式。(2)基于数据挖掘的洪涝预警模型构建与应用:整合历史水文数据与实时监测信息,建立多变量关联分析模型;采用机器学习算法训练水位-流量关系曲线,动态修正模型参数;预警阈值设置分级管理机制,根据降雨强度与持续时间调整警戒级别,模型输出与控制系统直接交互,实现预警与响应的无缝衔接;定期用最新数据更新训练集,保持模型预测准确性。(3)应急响应预案数字化管理与快速启动机制:构建预案要素数据库,实现条件触发式自动匹配。指挥系统集成地理信息平台,实时显示资源分布状况;启动机制设置多级授权模式,确保紧急情况下快速响应。通信系统配备多路冗余通道,保障指令传输畅通,演练模式引入虚拟现实技术,提升实战应对能力。

3.5 运维模式创新与人员技能提升

(1)全生命周期运维管理模式探索与实践:建立设备健康档案系统,记录从安装调试到退役报废的全过程数据。维护计划基于设备状态评估结果动态调整,实现预测性维护,成本核算考虑初始投资与运行费用的平衡,追求生命周期成本最优化;退役评估制定科学判别标准,指导设备更新决策;知识管理系统积累运维经验,形成持续改进的良性循环。(2)远程运维技术支持平台搭建与运用:构建云端数据中心,实现多站点数据协同分析,专家系统嵌入故障诊断规则库,提供智能决策支持;在移动终端配备增强现实功能,辅助现场人员识别设备异常,视

频会商系统支持多方协同诊断,缩短问题处理时间;知识库实行版本管理,确保技术资料的准确性与时效性。(3)运维人员专业技能培训与考核体系完善:培训课程设置理论教学与实操训练相结合,重点强化故障分析能力。实训基地配置典型设备模型,模拟各种运行工况;考核标准细化技能等级要求,建立阶梯式能力认证体系,将培训效果评估引入实操考核与理论测试双重机制;继续教育制度规定定期复训要求,确保知识更新与技术进步同步^[5]。

结束语:综上所述,水利工程中泵站水闸在洪涝排水与止水方面存在的问题复杂多样,涉及设备性能、材料工艺、结构稳定、自动化控制及运维管理等多个层面。通过实施高效能设备优化、改进耐久性材料工艺、增强结构稳定性、构建智能化监控体系以及创新运维模式等策略,能够有效提升泵站水闸的运行效率与可靠性,为水利工程的稳定运行提供有力保障。

参考文献

- [1]邹连鑫.水利工程中泵站水闸洪涝排水与止水问题分析[J].中国水能及电气化,2021(8):49-52.
- [2]陈泽仪.水利工程中泵站水闸洪涝排水与止水问题分析[J].电脑爱好者(普及版)(电子刊),2021(7):619-620.
- [3]蒋金城,张成斌.水利工程止水带更换施工工艺探讨[J].科学技术创新,2020(09):106-107.
- [4]刘东.水利工程电排站防渗排水布置与施工技术[J].云南水力发电,2022,38(08):206-209.
- [5]徐玺坤.水利工程中水闸施工的技术要点[J].城市建设理论研究(电子版),2024,(12):214-216.