

# 基于水库泵站改造工程设计及施工要点分析

王超

陕西秦海检测科技有限公司 陕西 咸阳 712000

**摘要：**随着水利工程技术的持续进步与水资源管理需求的日益增长，水库泵站改造工程成为提升水资源调配能力、保障供水安全的关键举措。本文聚焦于水库泵站改造工程设计及施工要点分析，深入剖析改造工程中涉及的结构优化、设备更新、电气自动化升级等设计关键环节，以及施工过程中的质量控制、安全管理、进度把控等要点，旨在为水库泵站改造工程提供科学、全面的指导，确保改造工程顺利实施并达到预期目标。

**关键词：**水库泵站；改造工程设计；施工要点

引言：水库泵站作为水利工程体系中的关键枢纽，承担着水资源调配、防洪减灾等重要功能。然而，随着使用年限的增加，部分泵站设备老化、效率低下，难以满足现代水资源管理需求。因此，对水库泵站进行改造升级势在必行。本文旨在深入探讨水库泵站改造工程的设计思路与施工要点，通过分析改造过程中的关键技术环节与实施难点，为提升泵站运行效率、保障供水安全提供科学指导与参考。

## 1 水库泵站改造工程设计要点

### 1.1 设计原则与目标

(1) 设计原则：严格遵循安全性、经济性、可持续性三大核心原则。安全性聚焦泵站运行全生命周期，保障结构稳定、设备可靠及防洪抗旱应急能力；经济性统筹改造投入与长期运维成本，通过优化方案实现投资效益最大化；可持续性兼顾生态保护与资源高效利用，减少工程对周边环境的影响，适配长远水利发展需求。(2) 改造目标：以效率提升为核心，实现泵组运行效率提高10%-15%；强化节能降耗，通过设备升级与智能调控降低单位能耗20%以上；推进智能化升级，构建全流程自动化管控体系，提升运行调度精准度与故障处置效率。

### 1.2 水力性能优化设计

(1) 泵站流量与扬程匹配分析：结合水库实际供水需求、灌溉面积及防洪标准，精准核算不同工况下的流量与扬程参数，避免“大马拉小车”或工况偏离导致的效率损耗，确保机组运行在最优工况区间。(2) 水力模型优化：针对老旧泵组叶轮磨损、导叶体流道不合理等问题，进行结构改进，优化流道曲线与叶片角度，减少水力损失；采用高效水力模型，提升流体动能转化效率。(3) 数值模拟与CFD技术应用：运用计算流体力学(CFD)技术开展数值模拟，仿真流道内流体流动状态，预判涡流、气蚀等问题，为水力部件优化设计提供

数据支撑，保障优化方案的科学性与可行性<sup>[1]</sup>。

### 1.3 机电设备改造设计

(1) 泵组选型与配置优化：依据水力性能参数，选用高效节能型泵组，替换老旧低效设备；优化泵组台数配置，实现多工况下的灵活启停与联合运行，提升系统整体可靠性。(2) 电机与变频器升级：采用高效异步电机或永磁同步电机，搭配高精度变频器，实现电机转速无级调节，适配流量扬程的动态变化；提升电机能效等级，降低空载损耗与运行噪音。(3) 辅助设备改造：对阀门、管道等辅助设备进行全面检修或更换，选用耐磨、耐腐蚀材质，优化管道走向与连接方式，减少沿程水头损失；升级阀门控制装置，实现自动化启闭与精准调控。

### 1.4 自动化与智能化设计

(1) SCADA系统集成：构建集数据采集、实时监控、集中控制于一体的SCADA系统，整合泵组运行参数、水位、压力等各类数据，实现对泵站全系统的集中管控。(2) 远程监控与故障诊断技术：部署高清摄像头、智能传感器等设备，实现泵站运行状态远程可视化监控；运用大数据分析 with 智能算法，建立故障诊断模型，提前预警设备异常，缩短故障排查与修复时间。(3) 智能调度与能效管理系统：结合气象、水文数据，构建智能调度模型，实现供水、灌溉等需求的精准预测与动态调度；搭建能效管理平台，实时监测能耗数据，优化运行策略，最大化节能效益<sup>[2]</sup>。

### 1.5 结构安全与耐久性设计

(1) 泵站建筑结构加固：对泵房、机房等主体结构进行安全检测，针对裂缝、沉降等问题，采用碳纤维加固、混凝土置换等技术提升结构承载能力；修复破损构件，保障结构稳定性。(2) 抗震、防洪设计标准提升：严格按照最新抗震规范升级抗震措施，增设抗震支座、

加固节点连接；提高防洪设计标准，优化挡水、排水设施，提升泵站抵御极端洪水的能力。（3）材料耐腐蚀性改进：选用高强度、耐腐蚀的新型材料替换老旧构件，对金属部件进行防腐涂层处理；优化排水通风系统，减少潮湿环境对结构和设备的侵蚀，延长工程使用寿命。

## 2 水库泵站改造工程施工要点

### 2.1 施工准备与现场管理

（1）施工组织设计：结合工程规模与改造需求，编制专项施工组织设计，明确施工人员分工，配备专业技术团队与熟练作业人员；精准调配拆除机械、吊装设备、焊接工具等施工机具，确保设备性能完好；制定分阶段进度计划，细化各工序时间节点，预留验收与整改缓冲期，保障工程按期推进。（2）现场勘查与风险评估：全面勘查施工区域地形地貌、地下管线分布及周边水文地质条件，排查老旧结构坍塌、管线破损等潜在风险；建立风险评估台账，针对高风险工序制定专项防控方案，明确应急处置流程与责任人<sup>[3]</sup>。（3）临时设施布置与安全措施：合理布置临时办公区、材料堆场、设备检修区，划分危险作业隔离带；搭建临时供电、供水系统，配备应急发电设备；设置安全警示标识，落实防火、防滑、防坠落等防护措施，配备足额消防器材与急救物资。

### 2.2 关键施工技术

（1）旧设备拆除与新设备安装技术：采用分段拆解、精准吊装的方式拆除老旧泵组与电机，避免对主体结构造成损伤；新设备安装前进行基础放线校准，严格控制设备水平度与同轴度，采用专用工具进行精确定位，确保连接牢固、运转顺畅。（2）泵站基础处理与防渗施工：对泵站基础进行清淤、夯实处理，采用混凝土浇筑加固薄弱区域；选用优质防渗材料，优化防渗层铺设工艺，重点处理基础与墙体、管道接口等渗漏关键部位，确保防渗性能达标。（3）管道焊接与密封技术：焊接前对管道接口进行除锈、坡口处理，采用氩弧焊打底、手工电弧焊填充的工艺，保障焊缝饱满、无气孔裂纹；选用适配的密封材料，严格按规范进行接口密封处理，完工后进行压力试验，杜绝渗漏。（4）电气系统调试与接地保护：电气安装完成后，开展绝缘测试、回路通断检测等调试工作；规范设置接地装置，确保接地电阻符合标准，防范雷击与电气故障引发的安全事故，保障系统稳定运行。

### 2.3 施工质量控制

（1）材料验收与试验检测：建立严格的材料进场验收制度，核查材料合格证、检测报告，对钢材、水泥、

防渗材料等关键材料抽样送检；对焊接试件、混凝土试块等进行现场试验，确保材料与构件质量符合设计要求。（2）隐蔽工程验收流程：隐蔽工程施工完成后，施工单位自检合格方可提交验收申请；联合建设、监理、设计单位开展现场验收，详细记录验收数据，验收合格并签署文件后，方可进入下道工序，杜绝隐蔽工程质量隐患。（3）质量通病防治：针对气蚀问题，优化泵组安装精度与流道清洁度；采取加装减振垫、优化设备平衡等措施防治振动；加强接口密封与防渗层施工管控，杜绝渗漏，确保工程质量稳定<sup>[4]</sup>。

### 2.4 施工安全与环保措施

（1）高空作业与有限空间作业安全规范：高空作业人员必须佩戴安全带、搭设安全防护棚；有限空间作业前进行通风换气与气体检测，配备专职监护人员与应急救援设备，严格执行“先检测、后作业”原则。（2）施工废水与噪声控制：设置沉淀池处理施工废水，达标后排放；选用低噪声施工设备，合理安排作业时间，避免夜间施工扰民，对高噪声设备采取隔音降噪措施。（3）生态保护与恢复措施：施工过程中减少植被破坏，妥善处置施工废弃物；工程完工后及时清理施工场地，对破坏的植被进行补种恢复，保护周边生态环境。

## 3 水库泵站改造工程案例分析

### 3.1 案例背景介绍

（1）项目概况：本项目位于西北地区某中型灌溉型水库，泵站始建于20世纪90年代，设计总流量约30m<sup>3</sup>/s，装机容量4台套，总功率约2000kW，主要承担周边近10万亩农田灌溉及2万左右人口生活供水任务。改造前存在诸多共性问题：泵组长期运行后老化严重，运行效率仅55%-60%，能耗居高不下；受区域水质含沙量影响，水力部件磨损、气蚀现象突出，故障频发；缺乏自动化管控设施，依赖人工现场操作，调度响应滞后；冬季低温冻害频发，导致管道、阀门易破损，严重影响供水稳定性。（2）改造目标与预期效果：核心目标为提升运行效率、降低能耗、增强供水可靠性。预期将泵组运行效率提升至75%以上，单位供水能耗显著降低；构建自动化监控系统，实现远程调度与故障预警；强化设备及管路抗冻、抗磨损能力，延长使用寿命；保障灌溉与生活用水稳定供应，适配西北地区水资源高效利用需求。

### 3.2 设计方案实施

（1）水力优化与设备选型细节：结合西北地区水质含沙量较高的区域特点，采用抗磨损水力模型，优化叶轮叶片弧度与流道结构，减少泥沙磨损；选型4台高效节能型离心泵站替换原有老旧设备，配套永磁同步电机

提升能效；管道选用耐低温、抗腐蚀材质，接口采用防冻密封工艺。（2）自动化系统配置与功能实现：集成SCADA自动化监控系统，部署水位、流量、压力等各类智能传感器若干，实时采集关键运行数据；配置远程操控终端，实现泵组启停、阀门调节远程控制；搭建故障诊断模块，通过数据比对预判气蚀、电机过热等常见问题，发出预警并推送处置方案。

### 3.3 施工过程管理

（1）关键节点施工方法：旧设备拆除采用“分段拆解+精准吊装”工艺，避免损伤泵房主体结构；基础处理针对西北地区冻胀问题，增设隔冻层并采用高强混凝土浇筑；管道安装后严格开展水压试验与防冻测试，确保低温环境下密封可靠。（2）进度控制与成本优化：制定“冬歇期前置施工”计划，避开低温严寒时段对施工的影响；采用“旧料回收复用”模式，对可利用管道、阀门进行专业翻新处理；实行分阶段验收制度，及时整改质量问题，避免返工浪费，最终成本较预算有所节约。

### 3.4 改造效果评估

（1）运行效率提升数据对比：改造后泵组平均运行效率达78%，较改造前提升18-23个百分点；设备运行负荷更趋合理，供水保障率从改造前的85%提升至98%以上。（2）节能减排效益分析：年耗电量较改造前显著下降，年节约电费超20万元，相应减少二氧化碳排放；设备故障停机时间从年均35天缩短至5天以内，运维成本大幅降低。（3）用户反馈与社会效益：周边农户灌溉用水保障稳定，作物亩产提升10%-15%；生活供水水压稳定、水质达标，群众满意度达95%以上；项目践行水资源高效利用理念，为西北地区老旧泵站改造提供了可复制的实践经验，助力节水型社会建设。

## 4 水库泵站改造工程中的难点与对策

### 4.1 技术难点分析

（1）老旧设备兼容性问题：老旧泵站设备型号繁杂、技术参数不统一，部分设备已停产，新购设备与原有基础、管道接口及控制系统难以精准匹配，易出现衔接间隙、控制信号冲突等问题，影响改造效果。（2）施工与运行交叉干扰：多数泵站改造需在保障基本供水、灌溉功能前提下进行，施工区域与运行区域交叉重叠，

旧设备拆除、新设备安装等作业易干扰正常运行，存在供水中断风险。（3）数据采集与系统集成困难：原有泵站缺乏规范数据采集设施，不同设备数据格式不统一；新搭建的自动化系统需整合历史数据与实时数据，存在数据接口不兼容、集成逻辑复杂等问题，影响智能化功能实现。

### 4.2 对策与建议

（1）模块化设计与标准化施工：采用模块化设计理念，定制适配性强的设备组件，预留标准化接口；施工前精准测绘原有设备参数，制定专项衔接方案，确保新老设备兼容匹配，提升施工规范性与效率。（2）分阶段改造与动态调试：按“先备用、后主力”原则分阶段实施改造，优先改造备用设备形成临时供水能力；改造过程中开展动态调试，实时优化设备参数与运行策略，最大限度降低施工对运行的干扰。（3）多方协同管理机制：建立设计、施工、设备厂家、运维单位多方协同小组，明确责任分工；提前梳理数据标准，统一数据接口规范，由专业团队负责系统集成调试，保障数据传输顺畅与功能稳定。

### 结束语

水库泵站改造工程是提升水资源利用效率、保障供水安全的重要举措。通过对改造工程设计要点的精准把握，如合理规划布局、选用先进设备等，以及施工要点的严格把控，包括质量监管、安全保障等，可确保改造工程顺利推进。本次分析为同类工程提供了有益参考，未来还需不断探索新技术、新方法，持续优化改造方案，以更好地适应不断变化的水资源管理需求，推动水利事业的高质量发展。

### 参考文献

- [1] 韦莹莹.安徽五河县三铺湖排涝泵站工程出水池设计浅析[J].陕西水利,2024,(07):150-152.
- [2] 李会兴.泵站工程设计中几个问题的探讨[J].海河水利,2024,(02):49-52.
- [3] 李斌斌.泵站工程设计优化策略探究[J].建筑理论,2025,(07):67-69.
- [4] 周稳.水利工程泵站建设管理实例分析[J].建筑理论,2022,(06):90-91.