

农田水利灌溉中的泵站改造技术研究

陈明杰

沭阳县塘沟水利站 江苏 宿迁 223600

摘要：本文针对农田灌溉泵站区别于工业、城市给排水泵站的特殊运行特性，系统梳理传统泵站现存的机电设
备老化能耗偏高、管路与土建结构输水损耗严重、控制模式落后适配性不足三类核心技术问题，围绕机电设备优化、
管路与土建结构改造、智能调控系统升级三大核心改造技术，结合前期勘测匹配、施工工艺管控、后期调试优化全流
程关键实施要点，形成一套适配农田灌溉场景的泵站提质改造技术体系，可为灌区泵站节能增效、提升精细化供水保
障能力提供标准化技术支撑。

关键词：农田水利；灌溉泵站；泵站改造；设备优化；节水技术

引言：农田灌溉泵站是灌区供水体系的核心基础设施，直接决定区域农业灌溉的供水保障能力与水资源利用效率。当前国内大量建成年限较早的农田灌溉泵站，受当年技术标准、建设条件与运维水平限制，长期运行后普遍出现性能衰减、能耗攀升、供水适配性不足等问题，已无法适配现阶段精细化农业灌溉与节水农业的发展要求。本文结合农田泵站季节性、变负荷、野外运维条件有限的独有运行特性，系统梳理全链条改造技术与实施管控要点，为同类灌区泵站改造工程提供可落地的技术参考。

1 农田灌溉泵站运行特性与改造核心原则

1.1 农田灌溉泵站运行特性

农田灌溉泵站区别于工业、城市给排水泵站，具备鲜明的季节性、间歇性、负荷波动大的运行特性。首先，泵站运行周期与农耕灌溉周期高度绑定，仅在作物播种、生长、抗旱等关键时段集中运行，非灌溉时段长期停机闲置，设备启停频次高，易造成设备机械结构损耗。其次，农田灌溉供水负荷动态波动明显，不同作物、不同生长阶段、不同天气条件下的灌溉需水量差异较大，泵站提水流量、扬程需要频繁调整，对设备适配性与调控灵活性要求较高。同时，农田泵站多处于露天野外环境，设备长期受潮湿、风沙、温差变化等自然因素影响，电机、管路、控制柜等设施易出现锈蚀、老化、受潮故障，整体运行稳定性较差，且野外泵站运维条件有限，故障排查与维修难度相对较高^[1]。

1.2 泵站改造核心原则

农田水利灌溉泵站改造以提质增效、节水降耗、稳定可靠、适配性强为核心原则。一是高效节能原则，通过设

备升级、结构优化、系统调控改造，降低泵站单位提水能耗，减少输水损耗与无效能源消耗，提升水资源与电力资源利用率。二是适配性原则，改造方案充分贴合农田灌溉动态需水特性，适配季节性、间歇性、变负荷运行模式，提升泵站流量、扬程的可调性，匹配不同农田灌溉场景的供水需求。三是稳定耐用原则，针对野外恶劣运行环境，优化设备防护性能与土建结构强度，提升泵站整体抗损耗、抗老化能力，降低设备故障频次，延长设施使用寿命。四是简约运维原则，简化泵站设备结构与控制逻辑，优化设施布局，降低后期日常运维、检修与故障处置难度，适配农田泵站轻量化运维需求。

2 传统农田灌溉泵站现存主要技术问题

2.1 机电设备性能老化，运行能耗偏高

多数传统农田灌溉泵站配套机电设备安装年限较长，水泵、电机核心设备长期服役，机械磨损与内部部件老化问题突出。老旧水泵的叶轮、泵壳受长期水流与泥沙磨蚀，磨损情况严重，内部水流通道表面光滑度大幅下降，水力损耗持续增大，水泵额定提水效率出现大幅衰减，实际出水流量与初始设计参数偏差超出规范允许范围。配套电机多为传统低效机型，能量转换效率偏低，在空载、轻载运行状态下能源浪费问题显著。同时电机散热结构与绝缘性能随运行年限逐步退化，长期连续运行易出现绕组过热、运行功耗异常激增等隐患^[2]。

2.2 管路与土建结构缺陷，输水损耗严重

传统泵站输水管道、进出水土建结构普遍存在老化破损、设计不合理等问题，造成严重的水资源损耗与水力损失。输水管道长期使用后出现管壁锈蚀、接口松动、管道老化开裂等问题，输水过程中渗漏、滴漏现象

频发,大量灌溉水资源在输送途中损耗,降低灌溉供水利用率。同时,早期管道铺设工艺简陋,管路布局不合理,弯头、变径配件过多,水流阻力较大,水力沿程损耗与局部损耗偏高,降低泵站有效输水扬程与流量。进出水池、泵房土建结构长期受水流冲刷、泥沙淤积、冻融侵蚀,出现池壁破损、底板塌陷、淤积堵塞等问题,导致进水水流不稳定,水泵吸水条件变差,极易出现气蚀、抽空等故障,进一步影响泵站整体运行效率。

2.3 控制模式落后,灌溉适配性不足

传统农田灌溉泵站多采用人工手动控制模式,自动化、智能化水平极低,整体调控精度与灵活性不足。泵站启停、流量调节完全依靠人工操作,无法根据农田实时需水量、水位变化动态调整运行参数,灌溉供水精度不足,易出现过量供水、供水不足的问题,难以适配精细化农田灌溉需求。同时,传统泵站无完善的运行监测体系,无法实时采集设备运行电流、电压、温度、流量、水位等核心数据,设备潜在故障无法提前预判,多在故障发生后被动检修,易造成灌溉供水中断。此外,泵站无智能保护机制,过载、缺相、气蚀、超压等异常工况无法自动预警停机,设备损坏风险较高,运行安全性与稳定性较差。

3 农田灌溉泵站核心改造技术

3.1 机电设备优化改造技术

机电设备优化改造是农田灌溉泵站提质降耗的核心环节,改造工作围绕设备迭代更新、参数精准匹配、运行性能升级三个核心方向系统实施。(1)针对运行效率不达标老旧低效水泵,选用适配农田灌溉大流量、中低扬程工况的高效节能离心泵、轴流泵完成替换,同步优化水泵叶轮型线与内部流道结构,降低内部水力损耗,提升水泵额定水力效率与抗气蚀性能,避免长期运行出现叶轮剥蚀损坏问题。(2)结合灌区灌溉系统实际的扬程、流量需求,对水泵与配套电机的额定参数进行精准校核匹配,摒弃传统设计中参数冗余过大的大型设备,实现设备运行工况与灌溉需求精准适配,从根源上杜绝机组长期轻载低效运行的问题。(3)同步替换老旧低效电机,采用一级能效高效节能异步电机,提升电机能量转换效率,降低电机自身的铜损、铁损与空载损耗。对设备传动结构进行优化调整,更换老化联轴器、磨损超限轴承等易损部件,降低机械传动损耗。同时为野外运行的机电设备增设散热、防尘、防潮防护结构,适配灌区露天运行环境,全面提升设备运行稳定性与使用寿命^[3]。

3.2 管路与土建结构改造技术

管路优化与土建结构修缮改造是农田灌溉泵站降低输水损耗、改善取水输水工况的核心支撑技术。(1)针对服役年限较长、锈蚀破损严重的老旧输水管道,全面更换为耐磨、耐腐蚀、密封性能优异的新型管材,从材料层面提升管道整体密闭性与长期耐用性,避免管材本体渗漏造成的水量损失。对管路系统整体布局进行系统性优化,精简冗余的弯头、变径等阻力配件,合理调整管路铺设坡度与走向,最大程度削减水流局部阻力与沿程阻力,有效降低输水过程中的水力损耗。对所有管道接口进行专项密封加固,采用柔性密封连接工艺,抵消管道热胀冷缩、地基不均匀沉降带来的位移影响,杜绝接口位置出现渗漏问题。(2)在土建结构改造层面,彻底清理进出水池内常年淤积的泥沙,修复池壁、底板的开裂破损结构,对水流冲刷形成的破损区域做防渗与加固处理,规整水池内部流态形态,保障进水流平稳均匀,避免出现漩涡、偏流等不良流态。同步优化泵房的通风、排水、防渗构造,改善泵房内部运行环境,避免积水、高湿环境对机电设备造成腐蚀损坏,为泵站长期稳定运行提供可靠的基础结构保障。

3.3 智能调控系统改造技术

智能调控系统改造依托自动化与智能化技术重构泵站控制体系,是实现泵站精准、高效、稳定运行的核心技术手段。(1)改造过程中全面摒弃传统人工手动操控的粗放模式,搭建全链路泵站自动化调控系统,在取水口、进出水池、输水干管、机电设备关键节点分别配置流量传感器、水位传感器、压力传感器、振动与温度监测单元,实时采集水池水位、输水流量、管道压力、设备运行工况等核心参数,实现泵站全流程运行状态的全天候动态监测与数据溯源。(2)为机组配套加装适配灌溉工况的变频调控装置,根据不同时段农田灌溉需水量、水源水位动态变化,闭环调节水泵运行转速与出水流量,实现按需精准供水,从根源上解决传统泵站固定工况运行、供需适配性差的问题,大幅降低机组变负荷运行的无效能耗。(3)同步配套搭建设备过载、缺相、绕组超温、水泵气蚀、管道超压等多维度故障自动保护模块,当设备运行参数超出安全阈值时,系统自动触发声光报警与联锁停机动作,避免故障扩大造成设备不可逆损毁。通过智能调控改造,最终实现泵站运行自动化、供水精准化、故障预警智能化,全面适配当前精细化农田灌溉的作业需求^[4]。

4 农田灌溉泵站改造实施关键技术要点

4.1 前期工况精准勘测与参数匹配

前期工况精准勘测与参数匹配是农田灌溉泵站改造

落地的核心前置环节,为后续改造方案的科学设计提供全维度精准数据支撑。(1)改造实施前需完成全覆盖现场勘测与工况溯源分析,系统采集泵站水源水位多年动态变化区间、灌区实际灌溉供水扬程、不同作物生育期需水流量、现有管路走向与敷设年限、泵房及进出水池土建结构完损状态等基础工况数据,精准统计老旧机电设备的历史运行参数、单位提水能耗数据、高频故障类型及各环节损耗占比。(2)结合农田灌溉实际运行工况,针对性核算最优设备匹配参数、管路通径规格与智能调控逻辑,杜绝脱离实际工况的盲目设备升级与结构改造。充分考虑农田泵站季节性强、变负荷运行占比高的特性,兼顾设备满负荷、轻负荷、间歇运行等多种典型工况,保障改造后的设备与全系统能够适配不同灌溉场景,实现全工况区间的高效稳定运行。

4.2 改造施工工艺标准化管控

改造施工工艺标准化管控是农田灌溉泵站改造落地后实现设计性能的核心过程保障,需在全施工流程严格把控各环节工艺质量,保障改造工程整体效果达标。(1)机电设备拆装、更换、安装全过程严格遵循对应设备的行业安装技术标准,采用百分表精准校准水泵与电机的同轴度偏差,规范设备基础固定、动力回路接线、安全接地的施工工艺,从安装源头避免同轴度超标造成的设备异常振动、噪音增大、无效能耗升高等遗留问题。(2)管路改造施工中,严格把控管道铺设坡度偏差、接口密封处理、支吊架固定的施工质量,所有改造管段完成后按规范开展水压试验检测,彻底杜绝管路渗漏、输水压力不足等运行隐患。土建结构修缮、防渗、加固施工中,规范基面凿毛处理、防渗材料铺设、结构养护的全流程工艺,保障土建结构强度与防渗性能满足设计要求。同步做好新旧设备、新旧管路的衔接适配处理,避免改造衔接部位出现结构隐患与性能缺陷,保障泵站全系统整体运行协调性。

4.3 改造后系统调试与性能优化

改造施工全部完成后,需开展分阶段全方位系统调试与性能优化,确保泵站各项技术性能指标完全达到设

计要求。(1)严格按照规范流程依次开展机电设备单机试运行、全系统联动试运行,全程连续检测设备运行噪音、振动烈度、绕组与轴承温度、单位提水能耗等核心指标,逐一核查设备各工况下的运行稳定性,排查安装遗留的异常问题。(2)对智能调控系统、各类传感监测设备、变频调速装置进行专项精准调试,逐点校准监测数据采集精度,迭代优化闭环调控参数,保障系统数据采集误差控制在允许范围内、调控响应动作灵敏、各类故障联锁保护功能触发有效。对改造后的输水管路开展全段水压试验与通水检测,彻底排查隐蔽渗漏点,校准管路输水阻力特性。结合灌区实际灌溉工况,反复调试泵站流量、扬程调控区间,优化多机组协同运行配比,确定不同负荷下的最优运行模式,最大限度提升泵站节水降耗效果与长期供水稳定性^[5]。

结束语

农田灌溉泵站改造并非单一设备的简单升级,而是覆盖机电系统、输水结构、调控体系的系统性技术优化工程。改造全过程需始终紧扣农田灌溉的实际工况特性,严格遵循高效节能、适配性强、稳定耐用、简约运维的核心原则,避免脱离灌区实际需求的过度改造。通过全流程标准化的技术管控,改造后的泵站可在全工况区间实现高效稳定运行,在降低提水能耗与输水损耗的同时,大幅提升灌区供水保障能力,为农业节水增产与灌区水利设施长效运行提供坚实的技术支撑。

参考文献

- [1] 温项菲.农田水利灌溉中的节水灌溉技术创新研究[J].工程与技术应用,2026,2(4):45-47.
- [2] 郭金鹏.节水灌溉技术在农田水利建设中的应用研究[J].黑龙江粮食,2026,(5):67-69.
- [3] 李明.节水灌溉技术在农田水利工程中的应用研究[J].水上安全,2026,(6):97-99.
- [4] 牛金红.智能节水灌溉技术在农田水利工程中的应用探究[J].农机市场,2026,(7):98-100.
- [5] 杨晓艳,孙国恩.高效节水灌溉技术在农田水利工程中的应用分析[J].农村实用技术,2026,(6):52-53.