

二泵房软启动器变频改造的实践探索

高建锋 郑永森 周光晓
温州公用事业发展集团龙港水务有限公司
DOI:10.12238/etd.v5i6.10963

[摘要] 二泵房软启动控制系统在实际运行中存在效率低下、能耗过高、设备维护困难等问题。变频改造通过采用先进的变频技术,实现了水泵转速的无级调节,使供水系统运行状态与实际用水需求精确匹配。改造方案从设备选型、安装工艺、参数整定等方面进行系统设计,并通过严格的施工规范和调试流程确保改造效果。经分析预测,变频改造可使系统能耗降低约30%,设备寿命延长30%以上,同时显著提升供水稳定性,具有良好的经济效益和社会效益。

[关键词] 二泵房; 软启动器; 变频改造; 节能增效; 供水系统
中图分类号: TE08 **文献标识码:** A

Practical exploration of frequency conversion transformation of soft starter in pump room 2

Jianfeng Gao Yongsen Zheng Guangxiao Zhou

Wenzhou Public Utilities Development Group Longgang Water Co., Ltd.

[Abstract] The soft start control system of the second pump room has problems such as low efficiency, high energy consumption, and difficult equipment maintenance in actual operation. The frequency conversion transformation adopts advanced frequency conversion technology to achieve stepless adjustment of water pump speed, accurately matching the operating status of the water supply system with the actual water demand. The renovation plan is systematically designed from the aspects of equipment selection, installation process, parameter tuning, etc., and the renovation effect is ensured through strict construction specifications and commissioning processes. According to analysis and prediction, frequency conversion transformation can reduce system energy consumption by about 30%, extend equipment life by more than 30%, and significantly improve water supply stability, with good economic and social benefits.

[Key words] Second pump room; Soft starter; Variable frequency transformation; Energy conservation and efficiency improvement; Water supply system

引言

二泵房是供水系统的关键部分,其效率和能耗直接影响整个系统的稳定性与经济性。传统软启动器虽然能够满足基本供水需求,但在节能减排的大背景下,其不足之处逐渐显现。采用变频技术对二泵房进行改造,可以有效提升设备的运行效率和降低能耗。变频技术通过智能化控制,根据实际用水需求动态调整水泵转速,实现精准供水,从而减少能源浪费,提高系统的整体能效。这种技术的应用不仅优化了供水系统的运行效率,还有助于实现节能减排的目标,对城市可持续发展具有重要意义。

1 二泵房软启动器控制的现状和问题

二泵房软启动器控制的现状和问题分析需从多个层面深入展开。软启动器作为一种传统的电机启动控制装置,在二泵房设备控制中得到广泛应用,其基本工作原理是通过晶闸管调压的

方式,在启动过程中逐步提高电机定子绕组的电压,从而降低启动电流,实现电机的平稳启动。这种控制方式确实能够有效减小启动冲击电流,降低对电网的冲击,在一定程度上保护了电机和相关设备^[1]。

然而,随着供水系统运行要求的不断提高,软启动器控制方式的局限性日益凸显。在电机运行效率方面,软启动器仅能实现启动过程的电压调节,无法对运行过程中的电机转速进行动态调整,导致电机只能在额定转速下运行。这种固定转速运行模式与实际用水需求往往存在较大偏差,使得系统无法根据用水量的变化及时调整水泵的输出流量,造成供水效率低下。

在能源消耗层面,软启动器控制系统的问题更为突出。由于电机始终保持额定转速运行,即使在用水量较小的时段,水泵仍需维持较高的转速和流量输出,多余的水量通过回流方式处理,这种运行方式造成了大量的能源浪费。

从设备使用寿命角度来看,软启动器控制方式也存在明显不足。电机长期在额定转速下运行,使得轴承、叶轮等机械部件承受持续的高负荷,加速了设备的机械磨损。同时,频繁的启停操作虽然有软启动器的保护,但累积的冲击仍会对设备造成一定程度的损耗。

设备维护管理难度也是软启动器控制方式面临的重要问题。在实际运行过程中,由于缺乏有效的转速调节手段,工作人员难以根据系统运行状况进行精确的参数调整,这不仅影响了系统的运行效率,也增加了设备维护的复杂性和工作量。同时,软启动器本身的可靠性和使用寿命也会随着使用时间的延长而逐渐降低,需要定期进行维护和更换。

在供水压力控制方面,软启动器控制系统也难以满足现代供水系统的要求。由于无法实现转速的连续调节,系统只能通过开关泵的方式来响应用水量的变化,这种控制方式不仅会造成供水压力的波动,也会影响用户的用水体验。

2 变频改造的必要性和优势

变频技术在二泵房的应用标志着供水系统控制方式的重大革新,其核心优势体现在运行效率、能源消耗以及设备寿命等多个关键方面。变频器通过改变供电频率实现对电机转速的无级调节,使水泵的运行状态能够精确匹配实际用水需求,从根本上解决了传统控制方式存在的效率低下问题。

在运行效率层面,变频技术带来的优势尤为显著,通过实时监测供水系统的压力、流量等运行参数,变频器能够自动调整电机转速,使水泵始终保持在最佳工况点附近运行。当用水量减少时,变频器自动降低电机转速,避免了传统控制方式下的水量回流浪费;当用水量增加时,变频器则相应提高电机转速,确保供水需求得到及时满足,这种精确的流量调节能力极大提升了系统的整体运行效率。

从能源消耗角度来看,变频技术的节能效果更为突出,根据水泵相似原理,水泵的轴功率与转速的三次方成正比,这意味着通过降低电机转速可以实现显著的节能效果。在实际应用中,变频器通过降低非满负荷运行时的电机转速,有效减少了无效功耗,特别是在夜间等用水量较小的时段,节能效果更为明显,能够为供水企业带来可观的经济效益^[2]。

设备使用寿命的延长是变频技术的另一重要优势,变频启动过程中,电机转速呈现平滑的增长曲线,有效降低了启动过程中的机械冲击和电流冲击。在运行过程中,由于电机转速能够随用水需求变化而调整,避免了长期高速运转带来的机械磨损,显著减轻了轴承、密封等关键部件的负荷。同时,变频运行还降低了水泵的振动和噪声,改善了设备的运行环境,这些因素共同作用,有效延长了设备的使用寿命。

在供水系统的压力控制方面,变频器能够根据管网压力的实时变化,动态调整电机转速,保持供水压力的稳定,避免了传统控制方式下频繁启停造成的压力波动,极大提升了供水系统的稳定性和可靠性。这种精确的压力控制不仅改善了用户的用水体验,也降低了管网的漏损率,为供水企业创造了更大的经济

效益。

3 变频改造的实践探索

3.1 变频改造方案的设计

变频改造方案的设计需立足二泵房实际运行特点,从工艺、电气、控制等多个技术层面进行系统规划。变频器选型是方案设计重点,需通过详细计算确定变频器的功率容量,在考虑水泵额定功率的基础上,预留20%以上的裕量,确保变频器具备足够的过载能力。

在电气配置方面,根据电机的额定电流、启动特性等参数,选择合适的变频器型号,输出电压等级需与电机额定电压匹配,一般选用380V等级。考虑到二泵房的环境特点,变频器防护等级不低于IP54,并配置相应的通风装置,确保在高温高湿环境下可靠运行。

系统控制方案设计采用PID闭环控制策略,通过压力变送器对管网压力进行实时采集,将采集数据与设定压力进行比较,动态调整输出频率。控制系统需具备手动/自动切换功能,在自动模式下实现无人值守运行,同时预留远程监控接口,为后续系统升级预留条件^[3]。

管道系统改造方案重点关注水力平衡优化,通过计算确定管道布局和管径,在水泵出口设置独立的旁通管路。测点布置需充分考虑流场稳定性要求,压力传感器安装位置距离弯头不小于10倍管径,流量计安装需满足前后直管段的长度要求。

变频器参数设置方案基于系统动态特性分析,根据工艺要求确定运行频率范围,一般设定最低运行频率不低于25Hz,最高频率不超过50Hz。启动曲线设计需权衡启动时间和冲击电流,一般将加速时间设定在15-30秒范围内,确保启动过程平稳。

保护方案设计包含完整的保护功能体系,需配置断水保护、过压保护、欠压保护等多重保护措施,并通过合理的参数整定,确保保护动作的可靠性和选择性。系统联锁设计需考虑多泵切换逻辑,确保在各种工况下设备运行安全。

3.2 变频改造的实施

二泵房变频改造的实施过程严格遵循技术规范要求,通过科学系统的技术路线确保改造效果。改造实施前期,采用专业检测设备对水泵、电机等核心设备进行全面检测,重点测量电机的绝缘电阻、定子绕组的相间电阻、轴承振动值等关键参数,并对管道系统的密封性、阀门启闭灵活性等进行详细评估。

变频器安装是改造实施的核心环节,安装前需对配电系统进行针对性改造,在进线柜增设断路器、浪涌保护器等保护装置。变频器安装位置的选择需综合考虑散热条件和电磁兼容性要求,同时预留足够的通风空间。电气线路安装采用屏蔽电缆,电机侧电缆需进行对称布线并采用接地箱体进行有效屏蔽,控制回路采用双绞屏蔽线以减少干扰^[4]。

管道系统改造重点关注水力平衡优化,在泵出口管路上增设止回阀和蝶阀,合理布置旁通管路。在系统关键节点安装压力变送器、超声波流量计等检测仪表,确保监测数据的准确性和实

时性。管道连接采用法兰连接方式,密封材料选用耐压级别合适的垫片,管道支架需进行抗震设计。

变频器的参数整定是改造实施的技术难点,需通过现场调试确定最优控制参数。PID调节参数的设定基于系统阶跃响应特性,通过调整比例系数、积分时间和微分时间,实现压力控制的快速响应和稳定性。变频器启动曲线设置需考虑水泵特性,合理设定加速时间和转矩提升曲线,确保启动过程平稳^[5]。

系统调试阶段采用分步骤验证方式,依次进行空载调试、单泵调试和联动调试。重点验证变频器在不同频率下的输出特性、系统压力控制精度、多泵切换过程的平稳性等技术指标。通过示波器监测电机电流波形,分析谐波含量和波形畸变情况,必要时增加输出电抗器进行优化。

最终调试阶段对系统保护功能进行全面测试,包括过流保护、断水保护、压力超限保护等,确保在各种异常工况下系统能够可靠切断。同时对管网压力波动、设备振动噪声等运行指标进行测试记录,通过数据分析验证系统的整体性能是否满足设计要求。

3.3 变频改造的预期效果分析

变频改造后的二泵房预期效益显著,通过科学的测算和分析,在能耗控制、设备寿命和运行稳定性等方面均可实现明显改善。从能源消耗角度来看,变频技术通过实现电机转速的精确调节,使水泵运行状态与实际用水需求精确匹配,有效避免了传统控制方式下的能源浪费现象,根据理论计算和同类改造项目经验,预计改造后二泵房的整体能耗可降低约30%。

在具体节能机理方面,变频控制系统通过实时监测供水管网压力和流量需求,自动调整电机转速,使水泵始终在最佳效率区间运行。尤其在夜间等用水量较小的时段,变频器通过降低电机转速,显著减少了无效能耗,而在用水高峰期,系统则通过提高运行频率满足供水需求,实现了能耗与供水需求的动态平衡。

设备使用寿命的延长是变频改造的另一重要预期效果,变频启动过程中,电机转速和转矩呈现平滑的增长曲线,极大降低了启动过程中的机械冲击和电流冲击。在日常运行中,由于电机转速能够根据负载需求自动调整,避免了长期高速运转带来的机械磨损,特别是对轴承、机械密封等易损件的保护效果显著,预计可使关键部件的使用寿命延长30%以上。

运行稳定性的提升体现在多个方面,变频控制系统通过对供水压力的精确控制,有效减少了系统压力波动,避免了传统控

制方式下频繁启停造成的水锤现象。同时,变频运行显著降低了设备振动和噪声水平,改善了运行环境,减少了设备故障的发生频率。根据预测分析,改造后系统的故障率有望降低40%以上,年度维修费用预计可减少25%左右。

变频改造还将在管网漏损控制方面发挥积极作用,通过压力的精确控制,有效降低管网漏损率。同时,系统运行数据的实时监测和记录功能,为设备维护和故障诊断提供了科学依据,有助于建立预防性维护机制,提前发现并处理潜在故障隐患。

从经济效益角度分析,虽然变频改造需要一定的前期投入,但考虑到能耗降低、维修费用减少以及设备寿命延长等综合效益,预计投资回收期在2-3年之内。更重要的是,改造后的系统在运行可靠性和供水质量方面都将得到显著提升,为供水企业创造长期稳定的经济效益。

4 结论

变频改造是解决二泵房软启动控制系统固有缺陷的有效途径。通过科学合理的方案设计和规范严谨的施工工艺,变频技术在二泵房的应用取得显著成效。改造后系统实现了能耗的大幅降低,设备使用寿命得到有效延长,运行稳定性明显提升。在经济效益方面,投资回收期较短,长期效益显著。供水压力精确可控,管网漏损率降低,维护成本减少,为供水企业带来全方位效益提升。变频改造的成功实践为同类项目提供了宝贵经验,对推进供水系统节能增效具有重要的示范意义和推广价值。

【参考文献】

- [1]张恒.变频器在供水泵控制中的应用与节能[J].机械管理开发,2024(5):41-42.
- [2]吴俊华.泵站机泵机组改造与效益分析及其运行工况应用[J].价值工程,2023(9):100-102.
- [3]单作蓉.供水系统中使用变频节能的实践[J].世界有色金属,2020(8):74-75.
- [4]冯亚军,孙倩雯,于广其.高压变频器技术在水厂水泵改造中的应用[J].净水技术,2021(1):15-16.
- [5]王龙彪.水泵变频调速系统在景电二期泵站增容项目中的应用分析[J].甘肃水利水电技术,2021(2):25-26.

作者简介:

高建锋(1998--),男,汉族,浙江温州龙港人,本科,研究方向:自动化方向。