

工业给排水泵站自动化控制改造方案设计

吕占涛

中国电子系统工程第四建设有限公司, 河北 石家庄 050000

[摘要]工业给排水系统是工业生产的核心基础设施, 泵站运行效率与控制精度直接影响工业生产的连续性、经济性及环保性。针对传统工业给排水泵站问题, 文章结合工业给排水泵站的运行特性与工艺要求以“精准控制、高效节能、智能运维”为目标, 围绕取水系统、加压供水系统、排水及污水提升系统的工艺优化方向展开设计研究。研究结果显示工业给排水泵站自动化控制改造方案可提升泵站的高效化与稳定性, 降低成本, 为相为同类泵站的改造提供技术支持。

[关键词]工业给排水泵站; 自动化控制; 工艺适配; 系统优化; 泵站改造

DOI: 10.33142/sca.v8i11.18685 中图分类号: TU991 文献标识码: A

Design of Automation Control Transformation Scheme for Industrial Water Supply and Drainage Pump Station

LYU Zhantao

The Fourth Construction Co., Ltd. of China Electronics System Engineering, Shijiazhuang, Hebei, 050000, China

Abstract: The industrial water supply and drainage system is the core infrastructure of industrial production, and the operational efficiency and control accuracy of pump stations directly affect the continuity, economy, and environmental protection of industrial production. In response to the problems of traditional industrial water supply and drainage pump stations, this article combines the operational characteristics and process requirements of industrial water supply and drainage pump stations with the goal of "precise control, high efficiency and energy saving, intelligent operation and maintenance", and conducts design research on the process optimization of water intake systems, pressurized water supply systems, drainage and sewage lifting systems. The research results show that the automation control transformation scheme for industrial water supply and drainage pump stations can improve the efficiency and stability of pump stations, reduce costs, and provide technical support for the transformation of similar pump stations.

Keywords: industrial water supply and drainage pump station; automated control; process adaptation; system optimization; pump station renovation

引言

工业生产中, 给排水系统主要负责生产用水的供给、循环水冷却以及生产废水的排放, 泵站是其核心动力, 运行状态对工业生产的正常开展有着直接的影响^[1]。传统泵站多人工值守、手动调节, 存在控制精度低, 导致供排水失衡、响应滞后, 甚至引发设备故障或系统异常、能耗高, 造成电能浪费、运维成本高且故障排查不及时、可靠性不足、监测预警缺失等弊端^[2]。伴随着工业自动化技术的高速发展, 传统泵站控制模式难满足现代工业需求。开展工业给排水泵站自动化改造, 构建智能控制体系, 实现精准调控、节能优化与智能运维, 是工业基础设施升级的重要方向, 可提升精度与速度、保障系统稳定、降低成本、减少人力, 还能缩短故障处理时间, 保障设备安全运行。

1 工业给排水泵站自动化控制相关技术基础

1.1 PLC 控制技术

在工业给排水系统的构建中 PLC 以其高可靠性、编程灵活、易于维护等优点^[3], 成为实现排水系统远程监控与控制的关键技术。PLC 设备通过其内置的程序逻辑和

算法, 能够实现对排水系统中各种设备和过程的精确控制。此外, PLC 设备通过集成传感器、执行器等外部设备, 实现了对排水泵站运行状态的实时监测与精确控制。在排水泵站中, PLC 可以采集水位、流量、压力等关键参数, 并根据预设的控制策略对这些参数进行处理与判断, 降低了人工操作的误差与风险。

1.2 变频调速技术

变频调速技术的基本原理是利用变频器对电动机输入电源频率和电压进行连续调节, 实现电动机转速的平滑变化, 以满足泵站系统对不同流量和压力条件下的动态运行需求^[4]。根据交流电动机转速公式 $n=60f(1-s)/p$ (其中 n 为电动机转速, f 为供电频率, s 为转差率, p 为磁极对数), 改变供电频率能改变其转速。变频调速技术调速范围广、精度高、节能显著等, 是工业泵组节能改造关键技术。工业给排水泵站中, 泵组流量、扬程等与转速关系紧密, 以往, 泵站中泵组多采用工频运行, 主要通过节流阀调节流量, 能量损耗比较大。采用变频调速技术, 可按实际需求动态调节泵组转速, 在确保泵组在最佳工作状态运行的前

提下降低功率消耗,减少启动时的冲击电流,延长设备使用周期。

1.3 传感器检测技术

传感器检测技术是实现泵站自动化控制的基础,依托实时、自动化、高精度的数据采集与分析能力,不仅实现了泵站运行过程中的各类关键参数的采集,而且可以诊断与预警,为控制决策提供数据支撑^[5]。工业给排水泵站需检测液位、压力、流量、水质及设备状态等参数。不同参数选用不同传感器:检测液位采用具有测量范围广、精度高、抗干扰能力强的超声波液位计等;压力检测用压力变送器,将压力信号转换为标准的4~20mA模拟信号输出;流量检测用电磁、涡街流量计;设备状态的检测主要采用振动传感器、温度传感器、电流传感器等,以便对设备运行的状态进行实时监测。传感器信号经预处理后传至PLC或数据采集模块,供后续控制调节和状态监测使用。

1.4 SCADA 监控技术

SCADA是以计算机为基础的自动化监测技术,能够实现各类数据的自动化采集以及相应设备的测量和控制,并根据采集到的数据信号完成诊断以及报警等一系列操作^[6]。将SCADA技术应用于电力、水利、石油、化工等工业领域运行监控平台设计中,可以利用该技术的完整信息采集与决策优势。工业给排水泵站自动化控制中,SCADA系统是监控层核心设备,能实时监测运行参数并以图形化、数字化展示;存储分析数据生成报表;设置参数阈值,超限或故障时声光报警并记录;支持远程控制泵组启停、转速调节及阀门开关;还可提升给排水系统运行管理的效率。

2 工业给排水泵站运行现状与改造需求分析

多数老旧工业给排水泵站仍用人工控制模式,存在诸多问题,主要靠人工经验判断启停泵组和调阀门,主观性强、精度低,难以及时调节参数,易致供用水不匹配,且人工响应滞后,突发故障难及时处理。需专人值守,人工成本高,设备维护靠定期检修,缺乏实时监测和预警,维修成本高且影响生产,运行数据人工记录易出错。泵组工频固定转速运行,靠节流阀调流量,能耗偏高,经济性差;此外,传统工业给排水泵站间通信差,数据难共享,无法集中监控和统一调度,影响系统运行效率,且设备运行安全性和可靠性难保障。

3 工业给排水泵站核心系统自动化改造的给排水工艺设计

3.1 取水泵站自动化改造的工艺设计

在工业原水供应体系中取水泵站核心功能是从水源地涵盖江河、湖泊以及地下水等抽取原水,输送至后续水处理系统。传统取水泵站主要采用固定泵组的运行模式,这种模式在实际运行中逐渐暴露出诸多局限性,难以适配水源水位波动,同时,原水水质也会因污染源排放、周边

环境变化等情况出现动态改变,易导致取水不足,影响工业生产的正常用水供应,增加能源浪费。自动化改造工艺设计核心是精准调控取水流量与水质,保障后续水处理系统稳定运行。工艺优化上,首先结合实际工况完善取水头部的设计,针对水位波动,主要采用自动化监测系统采集相关数据,结合取水头部的淹没深度,对取水头部的安装高度、结构形式进行合理的优化调整,必要时采用可升降式取水头部设计,借助自动化驱动装置对取水头部高度进行动态调节,稳定获取优质原水。同时,在取水头部科学配置自动反冲洗装置,依托先进的自动化控制系统根据进水压力差数据判断滤网的堵塞状况,定时或不定时启动反冲洗程序,强劲的反冲洗水流有利于清除滤网截留的杂质,提升取水系统的运行稳定性与可靠性。

对泵组运行的工艺逻辑进行合理的优化,以后续水处理系统的进水流量需求为依据,借助先进的自动化系统,对水处理系统进水池的液位进行实时、高精度的监测,结合水源水位与取水管道的水力特性制定泵组的智能启停与变频调速逻辑。同时,紧密结合原水水质浊度、pH值等监测数据,一旦监测到原水浊度超出标准范围自动启动前置预处理装置(如格栅、沉砂池)对原水进行初步净化处理,并调整泵组运行流量,确保进入水处理系统的原水水质完全符合既定的工艺要求。在取水管道的关键节点科学布设压力传感器、电动阀门、流量传感器,通过自动化系统对管道内的水流状态实施全方位、实时性的精准监测,一旦系统检测到管道堵塞,第一时间触发报警机制,自动化系统将依据预设逻辑自动调整泵组运行参数。同时,在管道系统中设置泄压阀与回流管,保障其水力稳定性。

3.2 加压供水泵站自动化改造的工艺设计

加压供水泵站在整个工业生产用水供水系统中的作用主要是把处理后达到标准的生产用水加压到一定的压力送到生产用水设施及车间使用。工业生产用水具有流量变化大、用水点多而散等特点,并且对水压的要求非常高。传统的加压泵站在供水过程中采用的是固定压力供水的方式不能根据实际情况调节供水的压力及流量大小,在使用中不仅会因为水压过小或者过大而影响到产品的生产质量,同时还会产生大量的能源损耗。

工艺上,在考虑用水量的基础上,制定动态供水工艺逻辑。利用自动化系统对各车间用水流量、用水压力等重要参数实时准确地采集,结合生产计划来完善动态供水曲线。采用变频调速技术和配合恒压供水控制逻辑,通过对压力传感器的压力数据及时反馈和监测, PID控制器依据压力偏差,经过智能化运算快速、精确控制水泵转速,使系统出水压力稳定在给定值附近。

进行泵组选型及组合工艺的优化,根据生产用水的水量水压需求,结合水泵性能曲线,利用科学方法以及精确计算来选取合适的泵机组型号与台数,“一拖一”形式确

保供水的连续稳定。另外，在用水压力变化比较大的车间区域采用了分区供水工艺的设计理念。自动化系统能够实时感知各区域的水压需求，控制各分区的加压泵组与减压阀，实现不同区域的精准供水，避免了传统统一供水模式下部分区域水压不足影响生产，同时也避免因水压过高造成能源浪费的问题。

在给水管网中对各个重要设施进行科学规划及准确布置，根据管网的实际构造情况以及取水量的需求状况，在管网分流管的关键位置安装流量变送器、电动阀门调节器、压力变送器，实时监控各个分流管中的水流情况并确定各个部位的压力值，借助于自动控制系统，采用先进算法及控制方式精确控制管网中各处水量配比；在管道最高点安装自动排气阀将管道中的气体排出以防止气阻产生，在管道最低点安装排污阀按设定时间进行定期排水，从根本上保证供水水质。并根据用水量的昼夜变化情况、水源供给的可靠程度和系统经济性的最优确定储水设备(清水池、稳压罐)容积和布设位置。采用自动检测设备采集蓄水池内水位信息进行联动控制，水泵启停由蓄水池内水位来决定。

3.3 排水及污水提升泵站自动化改造的工艺设计

排水/污水提升泵站主要用于收集提升生产废水和生活污水，避免废水积水对生产和环境造成影响。由于工业废水水量不稳定，水质复杂，具有强腐蚀性等特点，在原有的泵站中，采用人工监控、手动启动等方式，存在废水漫溢、机泵损毁、冲击污水处理装置等情况发生。为保证废水收集、提升、输送过程稳定可靠，进行了自动化升级改造。保证排水、污水处理正常。工艺优化首先应完善废水收集及预处理工艺，借助自动化系统实时监测各废水收集池液位，依生产废水排放规律制定泵组智能启停逻辑。在收集池入口设自动格栅，由自动化系统定时启动除污，防管道堵塞与泵组磨损；针对含腐蚀性物质的废水，收集池和管道用耐腐蚀材料，自动化系统实时监测 pH 值等腐蚀指标，超标时自动启动中和装置降腐蚀性，保护设备管道。

以废水的流量、扬程与污染物特性为依据，合理选择污水提升泵的类型，在泵组的运行模式上采用“多泵并联、智能调控”的创新模式。通过自动化系统能够实时、精准地监测提升管道内的流量与压力数据，结合污水处理系统的实时进水负荷情况对泵组的运行参数进行合理调整。在提升管道系统中设置回流管与应急排放口，当污水处理系统出现短暂故障或进水负荷波动时，自动化系统能够通过

自动切换至应急排放模式将污水精准输送至预先设置的应急储存设施中，这一系列设计能够避免环境污染。

此外，工业污水在收集与提升过程中极易容易产生恶臭气体，不仅会对环境造成严重影响，而且会增加腐蚀性，对泵站导管的使用周期造成严重影响，不利于系统的稳定性运行。基于此种情况，通过在泵站内设置自动通风装置，同时基于工况的实际情况，安装先进的除臭设备，通过智能化系统对站内的恶臭气体浓度进行实时、精准监测，一旦监测到恶臭气体浓度超过预设的安全标准自动启动通风与除臭装置；在泵站设备的选型阶段充分考虑防腐需求，对于与废水直接接触的泵体、管道等部件采用耐腐蚀材料与涂层，并在设备的关键部位安装腐蚀监测传感器，通过自动化系统定期监测设备的腐蚀状态，一旦发现设备存在腐蚀隐患及时发出维护预警，确保泵站系统的长期稳定运行。

4 结论

本文研究对给排水工艺实际需求所开展的自动化改造设计进行了深入的探究，在此次自动化改造设计过程中，通过引用自动化控制技术，先进的传感器技术以及智能算法有效解决传统泵站运行中存在的响应滞后、调节精准度不高等问题，是同时通过对泵组的运行参数进行优化，可实现能耗降低的目标。未来，随着智慧水务技术的发展，工业给排水泵站自动化改造进更加高效、精准、智能的运行管理。

[参考文献]

- [1]董晓鹏.PLC 自动监测控制排水系统在采区水泵房的应用[J].自动化应用,2023,64(11):57-58.
 - [2]赵仲伟.城市排水泵站管护信息化系统设计[D].石家庄:河北科技大学,2022.
 - [3]王营博,许同乐,陈康.DCS 系统在水厂远程监控中的应用[J].自动化仪表,2016,37(1):52-56.
 - [4]王新,刘玉刚.变频调速技术在火电厂引风机中的应用研究[J].仪器仪表用户,2025,32(4):85-87.
 - [5]胡林期.变频调速技术在大变幅特征水位取水泵站的应用[J].企业科技与发展,2011,11(14):82-84.
 - [6]张博春,王长征,尹丰.SCADA 与 DCS 一体化监控技术分析[J].石油化工自动化,2023,59(2):7-10.
- 作者简介：吕占涛（1985.3—），毕业院校：西北大学，所学专业：环境工程，当前就职单位：中国电子系统工程第四建设有限公司，职务：给排水工程师，职称级别：中级工程师。