

提升泵房自动运行中变频调速技术的节能效能分析及优化策略

李爱珍

杭州锦冠科技有限公司

DOI:10.12238/etd.v6i4.15458

[摘要] 泵房自动化运行期间,普遍采用变频调速技术,以此提高系统功效、降低能源消耗。然而当前变频调速应用中,还存在变频器参数设置不合理、电机与泵匹配度不高、实时监控优化不足等问题,阻碍了节能成效的全面彰显。基于此,本文对泵房自动运行中应用变频调速技术的意义做了分析。分析了变频调速应用过程中存在的各类问题,之后从改进变频器参数设置的状态、合理搭配电机和泵的规格、建立实时监控优化的途径等方面,提出增强节能成效的优化手段,为泵房自动化节能运行提供参考。

[关键词] 泵房; 自动运行; 变频调速; 节能效能; 优化策略

中图分类号: TE08 文献标识码: A

Energy saving efficiency analysis and optimization strategy of variable frequency speed regulation technology in improving the automatic operation of pump rooms

Aizhen Li

Hangzhou Jinguan Technology Co., Ltd

[Abstract] During the automation operation of pump rooms, frequency conversion speed regulation technology is commonly used to improve system efficiency and reduce energy consumption. However, there are still problems in the current application of frequency conversion speed regulation, such as unreasonable parameter settings of frequency converters, low matching between motors and pumps, and insufficient real-time monitoring optimization, which hinder the comprehensive manifestation of energy-saving effects. This article analyzes the significance of applying frequency conversion speed regulation technology in the automatic operation of pump rooms. Analyzed various problems in the application process of variable frequency speed regulation, and then proposed optimization methods to enhance energy-saving effectiveness from the aspects of improving the parameter setting status of the variable frequency converter, reasonably matching the specifications of the motor and pump, and establishing real-time monitoring optimization methods, providing reference for the automatic energy-saving operation of the pump room.

[Key words] pump room; Automatic operation; Variable frequency speed regulation; Energy efficiency; optimization strategy

引言

因技术、管理等方面存在局限,变频调速在泵房自动运行中的应用成效未达预期。因此节能功用需进一步挖掘提升,优化变频调速技术施展,增强泵房系统功效,成为业界聚焦重点,本文拟对泵房自动运行变频调速应用现状加以分析,研讨提升其节能效益的优化手段,为泵房自动化节能调控提供决策借鉴^[1]。

1 泵房自动运行中应用变频调速技术的意义

1.1 提高泵房系统运行效率

变频调速技术能结合系统实际面临的需求,实时对电机转速加以调节,促使泵始终高效运行,与以往传统的阀门节流调节相比,变频调速可令泵的运行点进一步接近最佳工况点,大幅增

强泵的运行功效。泵效率的提升带动着泵房系统整体运行效率提升,采用变频调速,泵开启软启动模式,明显降低了管路压力的瞬间跃升,实现系统运行进一步平稳,进而提升了供水质量与管网安全度。

1.2 降低能源消耗与运行成本

就工业能耗而言,泵房能耗占比不小,推进泵房节能工作,对掌控整体能耗、降低生产成本意义非凡,变频调速借助对泵运行工况的优化,可在符合生产需求之际最大幅度降低能耗。采用变频调速技术,可使泵房系统的能耗降低15%-30%,能耗下降直接削减了电费开支,由此切实把控住泵房的运营成本,为企业创造出更具规模的经济收益。

1.3 延长设备使用寿命

传统阀门调节模式造成泵频繁地启停, 短时间内冲击强度高, 极易引起水锤现象, 造成泵及管路磨损老化加速, 损害设备使用年限, 依靠变频调速, 泵实现了平滑的启动运行, 切实降低了管路压力的波动幅度。减轻了泵与管路的磨损, 有效延长了设备的使用寿命, 因使用寿命延长, 设备检修及更新的频次进一步降低, 减少了对应维护成本支出, 变频调速于设备寿命延长、检修费用降低方面, 效益显著^[2]。

2 泵房自动运行中变频调速技术应用中存在的问题

2.1 变频器参数设置不合理导致节能效果不佳

关键因素——变频器参数设置, 影响着变频调速节能效果, 不少泵房在变频调速应用初期, 存在变频器参数设置不合理的问题, 变频调速的节能优势未被充分挖掘, 集中表现为: PID参数整定欠佳, 引起系统动态响应性能差, 能耗不但未减, 反而变频器最低运行频率设置偏高。导致电机长期处于低效工作区域, 引起能源耗费; 变频器载波频率的选择有偏差, 开关引发的损耗规模偏大, 设备出现高度发热现象, 引起系统效率下降, 参数设定呈现出的负面情形, 造成泵房变频节能潜力未得到有效挖掘。

2.2 电机与泵的匹配性差影响系统效率

电机和泵构成了泵房系统的核心装置, 二者匹配度好坏, 对系统运行效率与节能效果产生直接作用, 泵房普遍面临电机与泵适配不佳的难题, 阻碍了变频调速效能的施展, 电机与泵的额定参数未达匹配状态, 诸如电机功率过高或过低, 造成泵长期脱离最佳效率点工作。系统效率较差; 另一方面而言, 电机与泵的速度跨度、效率曲线契合度不佳, 泵无法借助变频调速始终在高效区间稳定运行, 节能成果未达预期, 产生这些问题的原因, 主要为设计选型时对电机与泵的协调匹配考虑不足, 缺少以全生命周期为视角的系统优化理念。

2.3 缺乏实时监控与优化调整机制

在变频调速系统投入运转后, 需搭建实时监控及优化调节的机制, 按照工况的变化做动态优化, 不断优化节能的实际效果, 但现阶段多数泵房在这方面存在一定的欠缺: 一是监测设施缺乏完备性, 运行数据采集滞后。对优化控制的时效性造成影响; 其次是缺少系统的节能评估指标, 对节能效果进行量化评价存在障碍, 优化方案针对性不够明确; 三是缺失持续改进的管理模式, 仅关注系统早期调试达成合格标准, 未深入挖掘节能潜力, 这些问题的显现, 抑制了变频调速节能效能的持续上扬^[3]。

3 提升泵房自动运行中变频调速技术节能效能的优化策略

3.1 优化变频器参数设置以提高节能效果

增进变频调速节能功效, 首要任务是对变频器参数设置做优化, 恰当设置PID参数, 可采用临界比例整定方法、阶跃响应曲线方法等, 采用现场试验与理论计算相融合的途径, 实现PID参数符合系统快速与稳定性能需求, 应使系统迅速到达既定值, 且不产生超调振荡现象, 杜绝系统频繁启动停止, 合理设置变频器的频率范围, 变频器最低运行频率的设置需比电机临界转速稍

高, 防止电机长时间处于低效运转范围, 通常可把最低频率设置到额定频率的50%左右范围, 而最高频率, 应稍低于电机额定转速, 以此降低高频时的损耗。一般可把最高频率调整为额定频率的95%以上, 合理选定载波频率, 电机损耗以及系统电磁噪音受变频器载波频率的影响制约, 若系统要求达成, 载波频率最好是尽量降低数值, 以达成开关损耗降低, 提升系统功效, 就常见的泵房系统而言, 可以把载波频率选定在2~5kHz这个范围, 变频器也需具备休眠、过程PID以及多泵控制等功能, 可进一步增强系统节能方面的成效。

某化工厂泵房完成对变频器参数的优化后, 对PID参数做调整, 比例系数设为0.6, 积分时间设为0.2s, 微分时间设为0.05s, 再经现场调试实施细微调校, 令系统面对阶跃扰动的响应时间减至10s以内, 将超调量把控在小于5%的界限, 满足系统控制性能既定要求。同时把变频器最低运行频率从30Hz调整到25Hz, 把最高频率由50Hz变更至48Hz, 把载波频率从8kHz调低到4kHz, 在实际运行中, 就平均状况, 泵房系统效率提高5%, 每年实现30万kWh电力的节省, 节能成果十分突出, 该泵房合理借助了变频器的休眠机能, 若系统连续1小时负荷低于20%, 自动进入休眠, 每日可减少待机损耗200kWh; 凭借过程PID实现泵出口压力自动恒定, 压力波动率从 $\pm 0.2\text{MPa}$ 减少到 $\pm 0.05\text{MPa}$, 采用了多泵变频控制策略, 把原来3台泵同时运行的模式优化为1台变频泵加2台工频泵运行, 其综合效率提升幅度达10%, 经由对变频器参数、功能实施全面优化, 泵房系统节能效果与控制性能实现大幅跃升^[4]。

3.2 合理匹配电机与泵型号以提升系统效率

为使变频调速节能的效能得到充分施展, 设计阶段应落实好电机和泵的选型契合工作, 电机额定功率应当与泵的功率需求相契合, 实现提高电机运行效率这一目标。选择电机时, 可依照泵在各工况当中的效率曲线, 选择匹配较高效率的电机, 若电机功率超出合适大小, 泵长期在低功率区间作业, 电机效率将大幅缩水; 若电机功率达不到要求, 可能难以满足泵在高负荷工况方面的要求, 电机功率需比泵在主要工况的输入功率稍大一点, 电机和泵的速度范畴、效率特点应实现相互匹配, 促使泵在变频调速期间始终维持在高效工作区。于电机选择阶段, 应当保证其在泵的常用速度区间当中效率较高, 在泵的额定转速临近处实现最高效率, 电机最高效率的范围应当尽可能跟泵的高效范围重合, 为实现系统的最高效率, 电机最高转速要高于泵既定的额定转速, 为使泵高速时性能充分发挥; 电机最低转速应低于泵的临界转速, 从而契合泵低速运行时的工况要求, 就已有的系统而言, 应全面考量电机与泵是否匹配, 可针对电机或泵进行更换, 或限制其调速范围, 达成二者的完美匹配。

以某市自来水公司的泵房为例, 最早选用的泵型为XA250-315, 搭配的电机, 功率为185千瓦, 评估后发现, 该泵实际运行的工况跟设计值偏差较大, 多数时段是低流量的工作情形, 原配电机功率过大, 背离实际需求, 引发系统效率欠佳, 为实现匹配的优化, 先采集泵房各工况下流量、扬程、功率等数据, 接着进行

分析, 绘就泵的综合效率曲线图形, 常用工况时原泵的流量为 $100200\text{m}^3/\text{h}$, 其高效流量区间为 $260\text{--}320\text{m}^3/\text{h}$, 泵长久在低效的工作区间运行。采用流量范围更宽的XA200-250泵来替换, 该泵高效区覆盖八成以上运行工况, 依照泵的效率曲线情形, 采用了功率达 132kW 的YE2系列高效电机, 泵的常用转速为 $1400\text{--}1500\text{rpm}$ 时, 电机效率达94%以上, 电机可实现的最高转速是 1800rpm , 较泵额定转速 1750rpm 略高; 电机最低转速为 700rpm , 未达到泵 800rpm 的临界转速, 经由泵型的更换和高效电机的匹配, 泵及电机的速度范围、效率特质达成了良好的匹配状态, 系统效率从原本的70%提升至82%, 实现了12%的综合节能比率, 合理匹配电机与泵型号, 为提高泵房系统效率的关键行动。

3.3 建立实时监控与优化调整机制以动态优化

变频调速节能成果的持续上扬, 依赖实时监控及优化调整机制的形成, 其中采用先进的传感监测控制技术, 实时采集泵房的压力、流量、功率等主要参数, 采用工业以太网、现场总线等通信渠道达成数据的高速传输和集中处置, 为控制的优化给予可靠支撑。应搭建一个针对泵房节能监控的平台, 做到数据的可视化呈现及远程取用, 利于迅速察觉问题, 引导实施优化决策, 建立起节能评估相关指标体系, 全面权衡能耗、效能、费用等要素, 按周期对节能效果进行评定, 可借鉴国家标准GB/T13469-2013《用能单位能量计量审计技术通则》的相关内容, 选取诸如单位产品电耗、系统效率、节能率、年节电量等指标, 结合泵房当下实际, 设置各指标的基准值及目标值, 采用量化指标考核变频节能成效。用泵房单位供水电耗数值为例, 能对变频改造前后数值的变化进行对比, 明确节能贡献的具体数值; 以系统效率做分析, 可把实测效率跟额定效率进行比较, 探寻差距根源, 查找系统薄弱环节; 借助年节电量和节能率作分析, 可估算变频调速的经济成效, 提升节能改造方案质量。采用定期化评估, 稳步增进节能的整体水平, 三是构建长效改进体系, 把节能优化举措纳入泵房日常管理体系, 构建“监测—评估—优化—复核”闭环控制体系, 能借鉴PDCA循环概念, 凭借Plan(制订节能规划)、Do(实施节能手段)、Check(检视节能效益)、Act(改进完善策略)的螺旋式攀升进程, 在各个循环里提炼经验, 助力泵房节能工作持续进阶。

某电厂循环水泵房搭建起“监测—评估—优化—复核”的闭环管理体系, 持续拓展变频节能改造成效边界, 首先通过在线监测装置, 开展实时采集泵房压力、流量、功率、电量等关键参数的

操作, 制作日、月、年不同阶段的能耗报表, 为节能决策提供数据支持, 二是形成了囊括单位发电煤耗、循环水系统工作效率、节电比率、年节约标准煤数量等的节能评估指标体系, 按月针对系统节能效果开展考核评估, 三是把节能管理植入泵房标准化工作流程里, 以“规划编制—措施落地—考核实现—优化发展”四个环节为路径, 搭建PDCA封闭管理体系, 持续深入挖掘节能潜力。以优化阶段而言, 依靠能耗数据展开分析, 观测到2号循环水泵出现低效运转现象, 迅速对变频器控制策略做出调整, 规避了能量的无谓损耗; 进入考核阶段, 将节能效益跟运行人员绩效相挂钩, 激发了节能积极性, 构建人人参与、持续革新的良好局面, 采用“四位一体”的精细管理策略, 循环水泵房系统效率从初始的78%提升到85%水平, 一年时间节约了2400吨标煤, 实现了明显的能源、环境以及经济上的效益。

4 结语

变频调速技术在实现泵房自动化节能运行上潜力巨大, 但存在参数调配、设备匹配、监控升级等方面的缺陷问题, 阻碍了节能成效的全面彰显。针对这些问题, 可从实行变频器参数的优化、达成电机泵型号的匹配、建立起监控优化机制等方面做起, 持续优化泵房变频节能水平, 实现泵房运行节能效益增长。这要求设计、运维、管理等多方协同动作, 要求先进技术与管理机制创新整合, 通过不懈努力, 变频调速必将成为达成泵房节能增效的有效手段, 帮助泵房实现安全、高效、绿色的运营^[5]。

【参考文献】

- [1] 崔喜财. 建筑暖通空调的节能及优化处理[J]. 中国科技纵横, 2025, (06): 22-24.
- [2] 奚培荣. 青草沙水库增压泵站变频调速系统的设计与实现[D]. 上海市: 上海交通大学, 2016.
- [3] 付建华. 发电厂循环水泵变频调速系统节能研究及应用[D]. 北京市: 华北电力大学, 2014.
- [4] 杨昭. 带式输送机节能调速及功率平衡控制技术研究[D]. 山西省: 太原科技大学, 2024.
- [5] 骆子健, 余超强, 张文博. 水厂变频调速泵电气控制策略的优化与节能效果研究[J]. 自动化应用, 2025, 66(07): 288-291.

作者简介:

李爱珍(1982--), 女, 汉族, 浙江杭州人, 助工, 研究方向: 工程技术。