

Research and Application of Power Consumption Reduction Technology in Heat Exchange Station of Central Heating System

Zhiwei Yang

CHN Energy Ningxia Heating Co., Ltd., Yinchuan, Ningxia, 756300, China

Abstract

Urban centralized heating systems must evolve toward energy efficiency, environmental sustainability, and operational excellence to meet contemporary demands, with long-distance heat exchange systems for large temperature differentials emerging as a dominant trend. As critical nodes in heat transfer and distribution, heat exchange stations directly determine heating system performance. The persistently high electricity consumption at these stations remains a pressing challenge in centralized heating. This paper examines operational characteristics of long-distance heat exchange stations, analyzes current electricity consumption reduction strategies, and evaluates their implementation through a case study of Yinchuan City. The findings provide actionable insights for optimizing energy management in urban heating infrastructure.

Keywords

large temperature difference; long-distance centralized heating; heat exchange station; power consumption reduction technology; operation optimization

集中供热系统中换热站降电耗技术研究及应用

杨智维

国能宁夏供热有限公司, 中国 · 宁夏 银川 756300

摘 要

城市集中供热需要朝着节能、环保、高效的方向发展, 才能契合时代发展需求, 而大温差长距离集中供热的主流趋势也越来越明显。换热站是集中供热系统的热量转换和传输的重要节点, 直接影响供热效益。而换热站电耗占比居高不下也正是当前集中供热需要迫切解决的问题。文章结合大温差长距离集中供热站运行特点, 着重分析和探讨了换热站降电耗的现状问题与优化策略, 并结合银川市具体案例展开换热站降电耗策略的应用与效果分析, 以供参考。

关键词

大温差; 长距离集中供热; 换热站; 降电耗技术; 运行优化

1 引言

中国银川等地的大温差长距离集中供热系统的建设, 在扩大回水温差、降低管网热损失、利用城市原有供热管网实现扩大供热半径等方面取得显著成效。而在这一供热技术中, 换热站作为城区换热的核心枢纽, 高、低温水、二次网水等的热交换都需要在换热站中完成, 同时还肩负着压力调节与供热流量分配的重任, 因此在实际运行过程中往往需要消耗大量的电能, 严重制约供热系统的节能效益^[1]。加强对集中供热系统中换热站降低电耗技术的应用探索, 不断优化设备、系统运行模式, 对于推动集中供热的绿色低碳节能转型, 提高集中供热的经济效益有着十分重要的现实意义。

【作者简介】杨智维(1995-), 男, 中国宁夏隆德人, 硕士, 助理工程师, 从事机械研究。

2 集中供热系统中换热站降电耗的核心技术应用

2.1 动力设备优化技术

在集中供热系统中换热站的运行需要依靠各种动力设备的驱动, 而整个过程需要消耗大量电能, 因此想要降低电耗, 提高系统的运行效率, 需要从优化动力设备性能着手。针对循环水泵、补水泵等核心转动设备实施优化技术成为换热站降低电耗技术应用的核心。在优化设备选型方面, 需要采用高效节能型水泵全面替换老旧、低效的动力设备, 取代传统的定速工频运行水泵, 使用先进的融合了变频技术的水泵, 进而能够结合换热站实际运行负荷、供回水温差、供热流量需求等对水泵频率进行动态调整, 降低设备的额定转速运行时长, 能够有效节约电能。特别是将这一技术用于热负荷波动较大的环节、时段, 取得的降电耗效果更为明显。在

设备改造升级方面,针对离心水泵设备等进行技术改造,包括优化密封结构、更换高效叶轮等以此达到降低设备运行机械损耗的目的,提高单位电耗下设备的运行效率。

2.2 换热效率提升技术

在换热效率不足的状态下,集中供热系统的换热站动力设备需要长时间处于高负荷运行状态,方可满足供热换热需求,如此电耗则会显著增加,因此着手提高换热效率也是降低集中供热系统换热站电耗的重要技术途径。在优化换热器选型和布置方面,结合大温差长距离集中供热系统的具体换热需求对大温差吸收式热泵机组、板式换热器等高效换热器进行合理选择,充分发挥此类换热器的高效能、小体积、小阻力的优势,提高换热站的换热效率,降低换热过程电能损耗。同时选用高 NTU 板式换热器并对换热器结构设计进行优化,通过尽可能地提高冷热介质的接触率,避免换热死角,从而实现换热效果最大化。在加强换热设备清洗与维护方面,需要定期做好吸收式热泵机组内部换热管检查清洗、板式换热器板片结垢、腐蚀穿孔等故障检查处理,确保换热设备与介质之间的无阻力接触,有效降低设备电耗。其中换热设备的定期清洗普遍采用化学与物理清洗相结合的方式,全面去除设备中的杂质与结垢,尽可能地保持设备的最佳换热性能,以较低的电耗维持设备较高的换热效率^[3]。

2.3 运行优化控制技术

运行优化控制在换热降电耗中的应用主要是基于对集中供热系统换热站运行参数的精准调控,维持供热系统运行的动态平衡状态,避免换热站设备运行处于无效的电耗状态,实现对换热站设备运行参数的智能监控与调整。智能化调控是换热站运行优化控制技术应用的核心,将换热站内供热管网和设备的温度、压力、流量、电耗等运行参数监测功能整合至智能监控平台中,完成运行数据实时采集与监控分析,准确把握系统运行规律,识别异常耗电情况并进行妥善处理。在智能监控平台动态负荷调节策略下,以室外环境温度、供热负荷需求为调节依据,对换热站内供热管网回水温差、供水温度、循环流量、运行压力等参数进行动态调整,有效避免了供热不足、供热过剩而引发的电能浪费问题。在遇到室外环境温度上升时对供水温度、循环流量进行适当控制,使设备以低负荷状态运行;反之则适当提高设备运行参数来保障供热质量,以此来有效降低无效的电能消耗^[4]。

3 银川市换热站电耗现状及问题分析

3.1 设备配置与全生命周期管理不到位

从换热站电耗构成看,循环泵、补水泵附属电机是主要的耗电单元,但在公司部分换热站建设与改造过程中,设备选型仍存在“按经验定容量、按目录选型号”的倾向,未能紧扣实际热负荷区间、管网阻力与供热季环境温度波动开展工况匹配,导致选型水泵的扬程与流量偏大、机组长期处于低效率区运行,电耗被结构性抬高。安装环节对水泵与

电机同轴度、水泵基础找平、阀门、过滤器等管网附属设备阻力与管路局部损失等细节控制不严,会进一步放大水力阻力,甚至诱发水泵或电机产生振动、磨损、泄漏等缺陷,使电耗随运行时间逐步上升。

3.2 运行策略与过程管控偏粗放

银川供热季初寒期、严寒期、末寒期温差较大,同时昼夜温差偏大,导致所需热负荷变化较快,换热站运行应随室外环境温度、用户室内温度与支路需求动态调整,但部分站点仍采用相对固定的泵频、阀位与压差设定,未形成基于负荷波动的差异化运行方案,造成低负荷时过流量输送、高负荷时又靠“提泵提压”补偿,电耗随之波动并出现不必要的峰值。电耗统计与分时分析机制不完善时,管理人员难以把握“哪个时段、哪类工况、哪台设备”贡献了异常电耗,优化只能停留在笼统降频或限流,效果不稳定。

4 大温差长距离集中供热系统换热站降电耗技术应用的优化措施

4.1 加强设备管理

针对换热站的降电耗优化管理,需要建立健全的、覆盖全生命周期的设备管理机制,对设备从选型、安装,到运行、维护,以及最后的报废环节,实施全过程的流程管控。在选型阶段应结合换热站运行实况严格落实高效节能要求,禁止盲目选型。设备的安装需严格把控安装精度,规范施工,奠定低电耗运行的重要基础。在运行阶段需做好设备运行工况的定期监测,完善设备运行台账管理,为后续设备维护提供翔实的参数数据依据。设备的维护管理需做到常态化,合理确定设备的检修周期,做好设备故障与性能衰减的及时排查,尽可能地维持设备运行的高效状态,延长设备寿命。

4.2 强化运行管控

基于完善的运行管理制度实施差异化换热站运行管控方案,确保运行参数与当前季节、热负荷需求等高度契合,彻底扭转固定工况运行而产生的电耗浪费。在运行参数监测分析方面,需加强智能化监测技术应用,建立起完善的电耗统计分析机制,直观显示出不同时段、工况的电耗情况,准确把握优化电耗的潜力环节,实施针对性地优化运行策略。除此之外,需要重视系统的平衡调控,尽量避免管网出现水力失调而引发的电耗增加,维持供热系统的平衡运行^[5]。

5 案例分析

5.1 案例概况

本文选取银川市某老旧小区换热站作为研究对象,对比分析了该小区换热站降电耗改造前后的电耗值。该老旧换热站供热面积为 8 万 m²,设备服役达 10 余年,站内水泵设备采用工频运行方式,水力失调问题严重,2023-2024 采暖期单位面积电耗 1.18kWh/m²。通过应用本文研究的组合节能技术开展降电耗改造项目,改造后实现数据远传同步接入公司智慧供热管控平台。

5.2 技术方案

5.2.1 设备侧改造与运行工况重构

老旧换热站降电耗改造的首要工作是把水泵从长期变频运行转到按需供给的运行方式。实施时先复核确认用户侧在不同室外环境温度、建筑保温等情况下所需目标流量与供回水压差，再据此确定循环泵与补水泵的配置边界，避免继续沿用偏保守的扬程与流量。改造完成后，现场调试以最不利环路为控制约束，逐步下调泵速并同步核对末端压差与室温，直到形成满足末端供热且泵速最低的稳定点。运行管理中将水泵电流、水泵出口压差、回水温度波动作为日常判断指标，一旦出现泵速上调但末端仍偏冷的情况，优先排查过滤器堵塞、换热器压降异常与阀位偏移，避免以简单加大流量作为常态处置。

5.2.2 二次网阻力治理与水力平衡校核

电耗下降能否稳定，取决于二次网阻力是否可控以及各支路是否按设计分配流量。治理过程以减少无效阻力为主线，先通过分段冲洗、过滤器清理与局部锈蚀管段更换等方式以恢复供热介质输送能力，再对各分支建立可量化的平衡目标。调节时不以单点阀门开度为依据，而以各立管、分区的压差与回水温度响应作为判据，逐支路整定到位，形成近端不过量、远端不欠量的分配格局。

5.2.3 供水温度曲线与压力控制的联动整定

在不引入信息化或算法类内容的前提下，换热站内设备参数调节的关键是把室外环境温度变化情况转化为可执行的供水温度与循环压差设定值。实施中应先确定供热边界条件，包括目标室内温度、末端最小压差与允许的供回水温差范围，再根据历史运行数据拟定初始曲线。曲线落地后必须通过一到两周的连续观测进行校准，重点关注回暖阶段是否存在供水温度下调滞后导致的过供，以及降温阶段是否存在供水温度上调不足造成的末端偏冷。压力控制与温度控制需要同步修正，温度曲线下调后应允许泵速随之下调，否则会出现温度降低但流量仍偏高的无效耗电。

5.3 应用效果分析

基于2024至2025年采暖期的运行记录、现场核查结果及电表抄见数据对比，老旧换热站完成系统治理与设备改造后，运行电耗呈现更稳定的月度特征，供热高负荷阶段的耗电峰值明显回落。根据当地国网公司、供热公司共计三块电表统计口径汇总结果统计，发现2023至2024采暖季合计用电为645,751.2 kWh，2024至2025采暖季合计用电为225,580.2 kWh，减少420,171.0 kWh，降幅约65.1%。其中12月至2月为主要节电贡献期，2023至2024采暖季对应月合计用电分别为160,566.6 kWh、143,169.6 kWh、135,180.6 kWh，2024至2025采暖季同月分别为40,167.0 kWh、39,883.2 kWh、35,847.0 kWh，降幅稳定在72%至75%区间。详见表1。结合现场运行核查，二次网近远端温差与压差分布更趋均

衡，末端保障由依赖整体抬升流量转为依靠分区均衡与必要压差维持，室内温度稳定性提升，投销量同步下降。单位面积电耗仍按采暖季统计口径对比，改造前为1.18 kWh/m²，改造后为0.89 kWh/m²。在经济性核算方面，若按综合电价0.65至0.85元/kWh估算，本采暖季节电对应电费节约约27.31万至35.71万元。按电网排放系数0.55至0.65 kgCO₂/kWh估算，节电对应减排约231.09至273.11吨CO₂。详见表2。

表1 两采暖季分月合计电量对比（三表合计，kWh）

月份	2023-2024 采暖季	2024-2025 采暖季	变化量	降幅
11月	114,493.8	70,302.6	-44,191.2	38.6%
12月	160,566.6	40,167.0	-120,399.6	75.0%
1月	143,169.6	39,883.2	-103,286.4	72.1%
2月	135,180.6	35,847.0	-99,333.6	73.5%
3月	92,340.6	39,380.4	-52,960.2	57.4%
合计	645,751.2	225,580.2	-420,171.0	65.1%

表2 电费与减排估算参数与结果

项目	参数/结果	低值	高值
节电量(kWh)	三表合计口径	420,171.0	420,171.0
综合电价(元/kWh)	区间假设	0.65	0.85
电费节约(元)	节电量 × 电价	273,111.2	357,145.4
电费节约(万元)	折算	27.31	35.71
排放系数(kgCO ₂ /kWh)	区间假设	0.55	0.65
减排量(吨CO ₂)	节电量 × 系数 ÷ 1000	231.09	273.11

6 结语

综述可知，在集中供热系统中，相关单位、人员需要准确把握换热站降电耗运行的动力设备优化、换热效率提升、运行优化控制三大核心技术的应用要点，并从设备管理、运行管控等方面着手，构建全方位的降电耗体系，为集中供热的高质量发展提供保障。

参考文献

- [1] 李节. 换热站节能降耗中存在的问题与解决途径[J]. 现代盐化工, 2024, 51(1):115-117.
- [2] 卢大山. 集中供热系统换热站运行节能研究[J]. 幸福生活指南, 2020.
- [3] 黄杰. 换热站运行电耗控制方法与策略分析[C]//2022供热工程建设与高效运行研讨会. 中国土木工程学会; 中国市政工程华北设计研究总院; 《煤气与热力》杂志社; 中国建设科技集团, 2022.
- [4] 鞠颂. 北方寒冷地区集中供热节能改造控制系统运行研究[D]. 沈阳建筑大学, 2019.
- [5] 王洋. 热电联产集中供热关键环节能耗及节能措施分析[D]. 山东建筑大学, 2011.