

“三供一业”分离移交中供热二级网平衡调控和智能调控技术分析

侯俊杰

石嘴山市星瀚市政产业（集团）有限公司

DOI:10.12238/etd.v6i6.16779

[摘要] 本文聚焦于“三供一业”分离移交中的供热二级管网平衡调控与智能调控技术。自2012年起，国务院国资委、财政部在多地开展国有企业职工家属区“三供一业”改造，石嘴山市于2019年推进此项工作以改善小区供热效果。改造后的系统需重新进行水力调节，本文以某小区改造工程为背景，阐述通过智能调控实现管网平衡，减小水力失调度，保障用户用热需求。研究表明，智能调控技术可有效解决老旧小区供热二级管网水力失调问题，实现节能降耗与均匀供热。

[关键词] 供热；智能调控；水力失调；管网平衡；三供一业

中图分类号：TU995.3 文献标识码：A

Analysis of Balance Regulation and Intelligent Regulation Technology in the Secondary Heating Network during the Separation and Transfer of "Three Supplies and One Industry"

Junjie Hou

Shizuishan Xinghan Municipal Industry (Group) Co., Ltd.

[Abstract] This paper focuses on the balance regulation and intelligent control technology of secondary heating networks in the separation and transfer of "three supplies and one industry." Since 2012, the State-owned Assets Supervision and Administration Commission of the State Council and the Ministry of Finance have carried out the "three supplies and one industry" renovation in the residential areas of state-owned enterprises across multiple regions. In 2019, Shizuishan City advanced this initiative to improve district heating efficiency. The renovated system requires re-adjustment of hydraulic balance. Against the backdrop of a specific community renovation project, this paper elaborates on how intelligent regulation achieves pipeline network balance, reduces hydraulic imbalance, and ensures residents' heating needs. The study demonstrates that intelligent regulation technology can effectively address hydraulic imbalance issues in secondary heating networks of older communities, achieving energy conservation, consumption reduction, and uniform heating.

[Key words] Heating; Intelligent Control; Hydraulic Disorder; Pipe Network Balance; Three Supplies and One Industry

1 引言

当前，节能降耗已成为推动我国供热行业可持续发展的关键环节。供热企业在保障供热品质的同时，也亟需控制运行成本，而有效应对因水力失调造成的过量供热现象，是实现这一目标的核心所在。在“三供一业”涉及的居民小区中，多数为建成年代较早的住宅，其供热系统普遍存在设计落后、建设标准不高以及管网在改造过程中出现老化、堵塞等情况，造成各楼栋及单元之间的热媒流量分配不均，二次管网的实际输送量与实际热需求存在显著偏差。此外，许多移交的供热系统因历史原因缺乏完

善的调控设施，二次网缺少科学的调节机制，运行管理多依赖人工经验进行手动调整，调节过程耗时长、效果不稳定，难以达成理想的水力平衡状态。因此，针对“三供一业”分离移交背景下，开展供热二级管网的平衡优化与智能化调控技术研究，具有重要的应用价值和现实意义。

2 “三供一业”供热改造背景与现状

2.1 改造背景

自2012年起，国务院国资委、财政部先后在10个省市区对国有企业的职工家属区开展了“三供一业”改造。这一政策的推

行旨在改善国有企业职工家属区的基础设施条件，提高居民的生活质量。2019年，石嘴山市积极响应国家政策，全面开展国有企业“三供一业”供热分离移交工作，致力于改善小区的供热效果，让居民享受到更加舒适、稳定的供热服务。

2.2 改造现状

以某热力站“三供一业”改造后的小区为例，该小区共有28栋楼、106个单元，热力站所带供热面积达6.70万平方米，且地暖系统和暖气片系统混合运行。在改造前，小区的供热系统存在严重问题，各楼栋及单元之间流量分配不均，导致近端用户室内温度偏高，远端用户温度偏低，居民的用热需求无法得到有效满足^[1]。在改造实施阶段，通过加装楼栋控制阀、单元级远传智能水力平衡阀以及用户端远传智能锁闭阀等关键调节装置，为实现系统智能化运行奠定了硬件基础。改造竣工后，小区内各单元的平衡阀与用户阀门投入正式运行，结合人工操作与楼栋阀门开度的协同调节，对二次管网、单元分支及终端用户实施分层级调控，循序渐进地实现整个供热管网的水力平衡。

3 水力失调问题及影响

3.1 水力失调的定义

在供热系统中，热用户实际流量偏离其理论需求流量的现象称为水力失调。该失调的严重程度可借助公式 $x=Vs/Vg$ 进行量化，其中 x 表示水力失调度， V_s 为用户实际获得的流量(kg/h)， V_g 为其设计所需的理论流量(kg/h)。当 $x=1$ 时，表示系统处于水力平衡状态；当 $x>1$ 时，说明实际流量大于理论需求流量，用户室内温度可能会偏高；当 $x<1$ 时，则表示实际流量小于理论需求流量，用户室内温度可能会偏低。

3.2 二级管网水力失调的表现及影响

二级管网最常见的问题是近端、远端用户受热不均。近端用户由于距离热源较近，管道阻力较小，实际流量往往大于理论需求流量，导致室内温度偏高；而远端用户则因距离热源较远，管道阻力较大，实际流量小于理论需求流量，室内温度偏低。无有效调控阀门时，传统调节多依赖提升二级网运行参数来满足末端室温标准。若一级网参数不变，增大循环泵流量虽可缓解二级网水力失调，但会推高循环泵功率，扰动二级网运行状态。此时近端已达标住户因缺乏调控手段，室温易超标，住户常通过开窗散热，造成过量供热与能源浪费。

4 水力失调的调控方式

4.1 传统调控方式

4.1.1 提高水泵扬程

通过增加水泵的扬程，可以提高整个供热系统的压力，使水流能够更好地克服管道阻力，到达远端用户。然而，这种方法虽然在一定程度上可以改善水力失调问题，但会增加水泵的能耗，提高运行成本。同时，过高的压力还可能对管道和设备造成损坏，缩短其使用寿命。

4.1.2 运用调节阀、平衡阀、软密封闸阀

“三供一业”改造所涉及的住宅小区多兴建于上世纪90年代，当时调控技术较为有限，设计上常依赖管径优化与同程系统

布局等方式实现静态水力平衡。在实际运行中，也可结合现有供热管网结构，采用调节阀、静态平衡阀及温度控制阀等装置进行调节。供热系统中常见闸阀和截止阀的应用，但当闸阀开启度超过50%后，其流量基本不再随开度变化，调节线性度较差^[2]。软密封闸阀通过橡胶等弹性材料包覆的闸板垂直升降，利用弹性体受压变形实现严密封闭，适用于无剧烈磨损、常温常压且要求零泄漏的流体管道开关操作。静态平衡阀为单次手动设定型阀门，不具备依据系统工况自动调整阻力的能力。工程实践中，通常根据经验预设各分支管路平衡阀的开度，以在特定运行条件下初步达成水力均衡；后续则结合室外气温变化与历史运行数据，对热源站实施自动或人工调控，从而实现单元立管温度的升降管理。

4.2 智能平衡调控系统

在安装静态平衡阀的前提下，可引入智能化平衡调控系统进行动态优化，有效缓解管网水力失衡现象，“三供一业”改造工程正采用此类技术方案。该系统通过在单元立管处加装具备远程传输功能的智能水力调节阀，实现运行数据的实时在线采集与远程监控^[3]。根据预设控制逻辑，智能水力平衡阀能够自动调整阀门开度，迅速精准地应对供热系统中动态变化的水力工况，消除因人工调节不准确引发的热量分配偏差，为实现按需供热、提升能源利用效率提供技术支撑。

5 远程智能调控系统

5.1 系统架构及运行机制

智能供热调控系统由多模块协同运作，核心设备涵盖住户智能调控阀、分布式温度监测面板及单元级水力平衡阀。中央调度平台集成分户计量控制、热力云服务器集群、智能管理平台与监控界面，实现数据采集、多维分析、实时监控及管网调节的全维度优化。在“三供一业”改造中，智能阀内置高精度回水传感器，数据经有线网络传输至楼栋节点，再无线上传中央中心。以热力站为单元，基于回水温度动态设定目标值，平衡算法自动比对偏差并生成阀门调节指令。虽需少量人工确认，但显著减少干预强度，推动按需供热落地。通过管网水力平衡优化，有效缓解失配现象，实现系统能耗显著下降。

6 案例剖析

6.1 区域概况

选取某供电局热力站实施“三供一业”改造后的住宅区作为调控实验点。该区域由28栋住宅楼构成，总计106个单元，供热覆盖面积6.7万平方米。其中8栋建筑采用地面辐射采暖系统，20栋建筑配置散热器供暖系统。热力站采用统一运行机制，可同步满足两类供暖系统需求。站内分集水器配置3条分支管路：1条DN200管路专供地面辐射采暖区域，2条DN250管路负责散热器供暖区域。

6.2 调控策略实施

6.2.1 初始配置调整

改造前，28栋建筑均采用上供下回单管串联供热方式。改造后，基于水力计算结果，热力站分集水器DN200管路阀门维持全

开状态; 散热器区域的单元立管焊接球阀全部开启; 地面辐射采暖区域的单元立管焊接球阀设置为近端20%开度、远端80%开度。每户远传智能锁闭阀的开度设定标准为: 1~3层60%, 4~5层70%, 顶层100%。

6.2.2 一级管网平衡调整

在试点区域底层部署实时温控监测网络, 同步开展散热器供热效率评估。通过智能调控平台进行参数优化, 将地面辐射采暖系统的回水目标温度设定值较散热器供暖系统降低3℃。针对全部楼宇单元实施全域水力平衡优化, 依托自动化控制系统实现单元级流量精准调控。一级平衡调节稳定后, 完成热力站二级管网流量检测, 并对各楼栋首尾单元的顶层与底层开展温度实测及用户反馈调查。实测数据表明: DN150支管回水温度为24℃, 两条DN250支管回水温度分别为30℃与31℃。系统分析显示, 散热器供暖回水目标温度设定值31.47℃, 地面辐射采暖系统设定值28.47℃; 实际平均回水温度31.09℃, 系统失调度3.6%, 提示调控策略需进一步完善。楼栋差异化表现显著: 16栋散热器供暖单元回水温度范围29.9℃~31.9℃, 8栋地面辐射采暖单元温度波动区间达24.4℃~31.2℃, 单元间温差较大。重点问题集中于17~21号楼, 尽管智能水力平衡阀开度已调至95%, 单元回水温度仍不达标, 部分住户反馈末端1~2组散热器供热不足。该类问题在顶层及底层楼栋均有零星出现, 且靠近热源的楼栋运行稳定性明显优于远端区域。

6.2.3 二级管网平衡优化

依据首轮全网平衡调试数据及用户测温反馈, 判定小区二级管网水力平衡未达标。随即启动第二轮调节: 将各楼栋远传智能锁闭阀开度统一调整至最大值100%。经二级平衡稳定后, 实施分层流量控制——1~3层阀门开度设定为66%(对应流量87%), 4~5层开度69%(流量91%), 顶层6层开度80%(流量100%)。此时系统参数显示: 暖气片系统回水目标温度32.3℃, 地暖系统目标温度29.3℃; 经平衡软件校验, 暖气系统实际回水目标温度32.3℃, 地暖系统修正为31.77℃, 各单元平均回水温度31.77℃, 失调度优化至1.89%, 较首轮3.6%显著降低。具体楼栋运行数据: 22栋暖气片系统单元回水温度区间30.8~33.1℃, 8栋地暖系统单元温度范围28.2~33℃。全系统42栋楼智能水力平衡阀开度呈现梯度分布: 最大开度68%, 最小30%(主要集中于地暖系统单元); 15%单元开度40%~50%, 35%单元50%~60%, 10%单元60%~70%, 表明50栋楼单元间已基本实现水力平衡。针对首轮测

温异常的10户用户复检: 7户末端供热问题已解决, 剩余3户存在局部不热现象, 经排查确认为户内自管段问题, 与公共管网无关。本次调节后系统失调度控制在2%以内, 近远端楼栋温差缩小, 顶层底层温差稳定在±1℃范围内, 用户末端散热效果整体改善。

6.3 热力站参数调节对比

在热力站初始运行阶段, 循环泵设定工作频率为42Hz, 对应系统循环水量为365m³/h。经首轮平衡调节后, 系统循环水量显著提升, 站内供回水压差同步增大, 反映出调节前各阀门开度存在差异, 为保障末端用户循环流量, 系统长期处于非平衡运行状态。在保持循环泵42Hz运行频率的条件下, 完成两轮平衡调节后, 系统循环水量较首轮调节后有所降低, 但供回水压差进一步增大, 系统整体运行工况得到优化。为落实节能降耗目标, 后续将循环泵频率调整至31Hz, 实测系统循环水量降至278m³/h即可满足运行需求。当前循环泵以31Hz工况稳定运行, 在保障供热效果的同时, 有效实现了能源节约与能耗降低的双重目标^[4]。

7 结语

在“三供一业”改造基础上, 引入远程智能调控系统管理二级管网, 能有效规避人工手动调节引发的热平衡差异问题。通过某热力站改造小区试点调控, 失调度从3.6%降至1.89%, 验证了智能调控技术对老旧小区供热二级管网水力失调问题的解决能力, 同时实现节能降耗与均匀供热。但目前因远传智能锁闭阀未完全纳入全网平衡, 调节精度仍存在局限。二级网平衡是动态调整过程, 需在完成一级调节后开展用户回访, 关注回水温度及户内末端暖气片温度。智能化虽能降低人工负荷, 但仍需配合人工巡检实现精准调控。未来需持续优化智能调控系统, 提升设备精度与可靠性, 强化人机协同, 完善供热二级管网平衡及智能调控技术体系, 推动供热行业高质量发展。

参考文献

- [1]王蕊,李轶亮.“三供一业”供水分离移交改造项目供水管道方案分析[J].陕西水利,2024,(01):115~117.
- [2]许晓红,王国伟.“三供一业”供热分离移交改造问题及对策[J].山西建筑,2021,47(01):174~176.
- [3]朵银川.企业积极推进“三供一业”分离移交的实践及策略[J].企业改革与管理,2020,(10):217~218.
- [4]张宣.“三供一业”分离移交改造工作经验总结与应用[J].城市建筑空间,2022,29(S1):411~412.