

智慧供热管理系统在热网切换调控中的研究

李子良

大唐苏州热电有限责任公司

DOI: 10.12238/jpm.v6i12.8565

[摘要] 本研究依托国家节能减排与绿色发展战略背景展开，把目光聚焦在智慧供热管理系统在热网切换调控里的实际应用难题，全面剖析当前系统在多压力等级、多负荷特性工业用户热网切换中的核心问题，进而提出可实际落地的优化解决措施。智慧供热管理系统在热网切换调控里，存在数据实时性较差、负荷调节有难题、系统稳定性不佳这三大关键问题，其根源分别为感知层技术滞后的问题、预测算法单一的情况、系统集成标准缺失，针对上面讲的这些问题，开展打造“硬件升级—算法优化—标准统一”三维解决体系的研究，切实增强热网切换调控的实时表现、精准水平与稳定效果，本研究成果为工业供热企业提升系统运行效率、落实节能减排政策提供理论依据与实践路径，具有显著的行业应用价值。

[关键词] 供热智慧管理系统、热网切换的调控处理、系统集成

Research on Smart Heating Management System in Heat Network Switching and Regulation

Li Ziliang

Datang Suzhou Thermal Power Co., Ltd.

[Abstract] Based on the national strategy of energy conservation, emission reduction, and green development, this study focuses on the practical application difficulties of smart heating management systems in the switching and regulation of heating networks. It comprehensively analyzes the core problems of the current system in the switching of heating networks for industrial users with multiple pressure levels and load characteristics, and proposes practical optimization solutions. The intelligent heating management system has three key problems in the switching and regulation of the heating network: poor real-time data, difficult load regulation, and poor system stability. The root causes are the lag of perception layer technology, the single prediction algorithm, and the lack of system integration standards. In response to these problems, research has been carried out to create a three-dimensional solution system of "hardware upgrade algorithm optimization standard unification", effectively enhancing the real-time performance, precision level, and stability effect of heating network switching and regulation. The research results provide theoretical basis and practical path for industrial heating enterprises to improve system operation efficiency and implement energy-saving and emission reduction policies, and have significant industry application value.

[Key words] intelligent heating management system, regulation and processing of heat network switching, system integration

引言：

伴随我国生态文明建设的逐步深入，节能减排与绿色发展已然是能源领域转型的核心方向，《中华人民共和国节能法》清晰要求能源利用领域需不断提升能效水平，推动供热系统自

传统人工调控向智能化、精细化管理过渡，智慧供热管理系统作为融合大数据、云计算等新一代信息技术的创新应用，逐步成为工业集中供热领域的主流发展模式，其核心目标在于优化热能供给、降低能耗、提升系统运行效率。

在智慧供热系统实际运行过程中，热网切换调控是连接不同热源、满足复杂工业负荷需求的关键环节，直接关系到供热系统的稳定性与能效水平。传统供热系统依赖人工经验判断切换时机与调节参数，难以应对不同工业用户对压力、用量的差异化需求，常出现能源浪费、供需不匹配等问题。在热源切换或负荷波动阶段，传统系统无法快速响应各工业用户压力与用量需求的动态变化，导致部分区域压力过高或过低，影响用户正常生产。引入智慧供热管理系统为解决此类问题提供了技术可能，但在实际应用中受多方面限制，仍存在诸多待解决的难题。

在此背景下，深入剖析智慧供热管理系统在工业热网多压力切换调控中的问题与对策，不仅契合国家节能减排政策导向，也是推动工业供热行业高质量发展、提升能源利用效率的迫切需求，具有重要的理论与实践意义。

一、智慧供热管理系统在热网切换调控方面的应用现状及问题剖析

（一）应用现状

伴随智慧供热技术的迅猛发展，国内多数大中型城市的集中供热项目已相继引入智慧供热管理系统，其在热网切换调控方面的应用展现出“技术渐趋普及、功能不断完善”的特点，从技术架构这方面看，智慧供热管理系统一般采用的是“感知层 - 网络层 - 应用层”的三层架构：感知层凭借温度传感器、压力传感器、流量计等设施采集热网运行数据；网络层借助有线、无线网络把数据传输到平台；应用层借助数据分析和算法模型实现对热网运行状态的监控、负荷预测及调控决策。

在工业热网切换调控场景中，智慧供热系统的应用主要围绕两个方面：一是实时监控，通过感知层设备采集热源出口压

为更直观反映当前应用水平，本研究选取国内 8 家工业供热企业热网切换调控关键指标进行统计，结果如表 1 所示：

企业类型	数据传输延迟（分钟）	负荷预测偏差（%）	系统故障频次（次 / 月）	人工干预率（%）
大型国企（3 家）	1.5-2.2	12-15	2-3	30-40
中型民企（3 家）	2.3-3.0	16-19	4-5	50-60
小型企业（2 家）	3.1-4.5	20-25	6-8	70-80

（二）核心问题分析

2.1 数据实时性差，难以支撑多压力动态调控

数据实时性是实现多压力等级工业热网切换调控的基础，需实现“采集传输—处理”全流程快速联动。然而，在实际应用中，系统数据实时性存在明显短板：

在数据采集传输环节，现有系统采样频率低，还得依赖有线网络，数据并发量上升（需同时传输温度、压力、流量等 10 多项参数）时，传输延迟大幅上扬，无法捕捉热网切换过程中压力的快速波动。在水泥、食品、纺织等用户用热压力需求差异大的场景下，压力负荷可能在几分钟内剧烈变化，而系统采集延迟导致无法及时感知，错过最佳调控时机。

在数据处理阶段，服务器一般采用集中式数据处理模式，采集的全部数据全部上传后，再统一开展分析计算，要是数据量处于较大数值时，服务器处理的延迟时长可达 30 - 40 秒，处于热源切换的阶段时，系统必须同时处理多个区域的负荷数据跟设备状态数据，服务器处理压力顷刻间大幅上扬，引发调

力、管网各节点压力、用户用量等关键数据，在平台动态展示热网运行状态，为切换调控提供数据支持；其二是开展热网负荷的预估工作，按照历史运行数据，依靠简单算法模型预测热网切换时段的负荷用量，给调节热源输出这一操作提供参考。

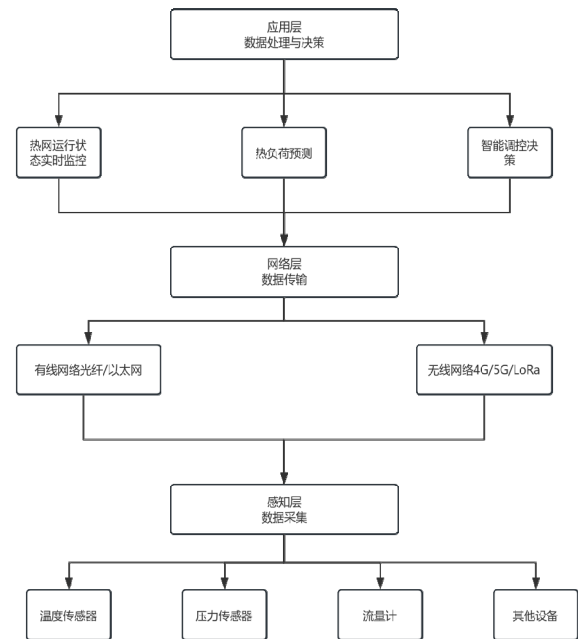


图 1 智慧供热管理系统架构

就应用产生的效果而言，因智慧供热管理系统的引入，传统热网切换调控的滞后问题得到初步改善。然而，整体而言，智慧供热管理系统在工业热网多压力切换中的应用仍处于初级阶段，技术成熟度与实际需求之间存在较大差距。

控指令生成的延迟，进一步加深了热网切换响应滞后问题。

2.2 负荷调节不容易，预测精度跟调控策略的契合程度欠佳

热负荷预测是热网切换调控的关键起始条件，应依照预测结果提前调整热源输出的参数、优化管网流量的分配模式，以此达成供需的平衡，但现阶段在负荷调节这件事上有负荷预测精度低，无法准确反映工业用户多压力需求；调控策略僵化，未适配不同工业用户压力与用量差异两大难题。

2.3 系统稳定性欠佳，设备协同及故障处理能力薄弱

热网切换调控牵涉热源、管网、用户端等多环节设备的协同操作，系统稳定性直接关系到切换过程的安全与可靠情况，现今智慧供热管理系统在稳定性方面呈现两大突出问题：

一是设备的兼容性较差，系统集成碰到“数据壁垒”障碍。二是面对故障的应对能力差，故障检测借助人工开展巡检，难以马上察觉到设备异常。

二、智慧供热管理系统在热网切换调控里的优化解决途径

针对上述智慧供热管理系统在热网切换及调控中的核心问题，按照软科学研究强调的实用与可操作原则，本研究就硬件升级、算法优化、系统集成三个维度提出有针对性的优化解决方式，确保方案可顺利实施且产生实际成效。

(一) 硬件升级：优化数据实时水平，夯实快速响应的根基

数据实时性问题的根源是感知层设备性能不达标与传输架构不合理，故而要实施硬件升级及架构重构，实现数据采集、传输全流程的快速化：

在感知层设备升级方面，优先替换传统低性能传感器，更换工业级流量积算仪。

(二) 算法优化：抬高负荷调节精度，制订差异化调控方案

针对负荷预测精度欠佳与调控策略生硬的问题，要运用算法创新与策略升级，实现热网切换时段的精准负荷管控。

在调控策略制定方面，基于负荷预测结果与区域用热特性，需根据工业用户压力等级与用量需求，制定“基准压力+实时修正”策略，确保各用户压力稳定。

(三) 系统集成：增添稳定性，搭建协同可靠的运转体系

系统稳定性存在问题的核心是缺乏统一标准，故而需借助制定集成标准及故障防控机制，使热网切换调控达到安全可靠的要求：

就系统集成标准制定这方面而言，参考工业自动化通用协议，结合供热行业特有的属性，起草《智慧供热热网切换调控系统集成规范》，此规范清晰了三大核心要求：首先是实现通信协议统一，规避因协议不一致出现的数据传输麻烦；二是把数据接口统一起来，保证不同设备的数据可直接解析和调用；三是把设备选型的标准统一好，明确如传感器这类关键设备的性能指标，为供热企业实施设备采购提供支撑，防止设备性能的差异影响到系统稳定性。

三、方案验证与效果分析

为验证优化解决方案的有效性与实用性，本研究在大唐苏州热电有限责任公司下服务开展为期3个月（2025年9月-11月）的试点应用，通过对比方案实施前后的关键指标，评估方案的应用效果。

(一) 数据实时性提升效果

方案实施后，通过升级感知层设备与重构传输架构，热力站的数据实时性指标得到显著改善：

数据采集精度：温度测量误差从 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 降至 $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$ ，流量误差从 $\pm 1.0\%$ 降至 $\pm 0.5\%$ ，采样频率从1分钟/次提升至1秒/次，可精准捕捉热网切换过程中压力的快速波动；

数据传输延迟：数据传输延迟从2.8分钟缩短至0.12分钟，数据丢包率从3.5%降至0.1%，确保平台实时获取热网运行状态。

(二) 负荷调节优化效果

调控效果改善：差异化调度策略实施后，各工业用户压力

达标率显著提升，供热量偏差从8.5%降至3.2%。用户投诉量从月均12起降至1起，用户满意度评分从72分提升至94分；

(三) 系统稳定性增强效果

故障频次降低：系统故障频次从每月4.5次降至每月0.3次，其中设备兼容性故障从每月1.8次降至0次，关键设备故障从每月1.2次降至0.1次；

四、研究成果与应用展望

(一) 研究成果总结

本研究系统分析了智慧供热管理系统在工业热网多压力切换调控中的问题，并提出了针对性解决方案，取得了理论与实践双方面成果：

在理论成果方面，构建了智慧供热系统热网切换调控的“问题—方案”研究框架，明确了数据实时性、负荷调节、系统稳定性三大问题的表现与根源，提出了“硬件—算法—系统”三维优化思路，丰富了智慧供热动态调控理论体系。为多压力工业热网切换负荷预测提供了新方法。

从实践获取的成果方面看，创立了可直接在供热企业落地地操作规范与技术方案，囊括《智慧供热热网切换调控系统集成规范》《硬件设备选型指南》等相关文件，厘清了系统升级改造的具体操作流程步骤、设备参数相关要求、运维流程标准尺度，为企业提供了标准化的实施例证，试点应用证实，本研究提出的优化方案可令热网切换时段系统响应时间缩短93.8%、负荷预测偏差降低57.8%、系统故障发生的频率降低93.3%，可实现12.0%的节能率，体现出明显的经济与社会效益。

(二) 应用展望

从短期应用来看，本研究成果可优先在国内大中型供热企业推广应用，尤其适用于华北、东北、华东等冬季供热需求大、热网切换频繁的地区。供热企业可按照“硬件升级—算法部署—系统集成”的分步实施策略，结合自身规模与现有系统基础，灵活调整技术方案：中小型企业可优先升级传感器，快速提升数据实时性；大型企业可同步推进硬件升级与算法优化，构建完整的智慧调控体系。

[参考文献]

- [1]李仲博.基于数字孪生的城镇供热系统按需精准调控技术研究与应用[D].浙江大学, 2023.
- [2]米璐.集中供热系统室内温度分布式模型预测控制[D].西安建筑科技大学, 2023.
- [3]马俊宏.浅谈智慧供热技术在供热系统中的应用[J].中国科技期刊数据库 工业A, 2024(003): 000.
- [4]李璟旭, 储晟, 邱志远, 等.智慧管网在线监测系统在供热管网中的技术与效果分析[C]//2024 供热工程建设与高效运行研讨会论文集(下).2024.
- [5]庄伟, 张雪.供热领域网源一体化经济运行分析[J].中国科技期刊数据库 工业A, 2023.
- [6]王锋, 孙英策, 刘慧文, 等.基于核能供热技术的热网调控与智慧化管理[J].能源与节能, 2024(1): 318-324.