

# 数字化均衡供热降本增效关键技术研究

王虎林 魏子杰

合水县西华供热有限公司 甘肃庆阳 745400

**摘要：**数字化技术深度渗透是破解供热系统均衡缺失、能耗高企困境的核心路径，核心要义落脚于数字化感知、调控及协同优化实现供热全流程精准适配，兼顾均衡供热与提质降耗双重诉求，阐释数字化均衡供热技术内核，剖析热量分配、运行调控等环节核心症结，探寻数字化感知网络搭建、动态负荷预测调控、多热源协同优化等关键技术应用机理，明晰各技术在强化供热均衡性、削减能耗与运营成本中的效能，相关研究证实数字化关键技术集成运用可切实改善供热系统运行态势，为供热行业高质量发展筑牢技术根基。

**关键词：**数字化均衡供热；降本增效；供热调控技术；感知网络；协同优化

## 一、数字化供热系统感知网络构建

### （一）供热管网多参数感知节点部署

供热管网多参数感知节点部署构成数字化均衡供热的基础前提，核心目标指向管网全链路关键参数的实时精准采集，需结合管网布局特征与热力传输规律，于主干管、分支管、换热站及用户端等关键区位，科学布设温度、压力、流量等多类型感知节点，感知节点需具备抗低温、抗干扰的环境适配能力，同步保障数据传输的稳定与时效，节点的合理化布局可全面捕捉管网内热量传输的动态演变，精准锚定热量堆积或供应不足的关键路段，为后续均衡调控提供全面可靠的基础数据支撑，填补传统供热系统感知盲区诱发的调控滞后弊病，让整个感知环节的效能与供热系统的运行需求形成高度契合。

### （二）感知数据传输与预处理技术应用

感知数据传输与预处理技术构成数字化供热系统高效运行的关键环节，直接作用于调控决策的精准程度，数据传输需选用兼具可靠与经济属性的传输协议，融合有线与无线传输方式的双重优势，搭建全覆盖、低延迟的传输网络，保障感知节点采集的海量数据实时上传至管控中心。数据预处理环节需针对采集数据内混杂的噪声、冗余与异常值，运用滤波、数据清洗、归一化等技术手段加以处置，剔除无效数据干扰，提升数据质量，依托数据融合技术整合不同节点、不同类型的感知数据，形成全面映射供热系统运行状态的数据集，为后续负荷

预测与调控决策输送高质量的数据保障。

### （三）感知系统运维与校准机制建立

感知系统运维与校准机制的搭建成感知数据长期可靠的重要支撑，需打造全生命周期的管控体系，运维工作需依托数字化管理平台，对感知节点、传输设备的运行状态实施实时监测，及时察觉设备故障、传输中断等问题并推进维修更换操作，保障感知网络的连续运转，校准机制需结合供热系统的运行周期与环境变动，定期对感知节点的测量精度开展校验与调整<sup>[1]</sup>。借助标准参数比对修正测量偏差，规避设备精度下降引发的数据失真问题，搭建运维与校准的标准化流程，规范操作准则与技术要求，让感知系统持续稳定释放作用价值。

## 二、供热系统动态负荷预测与调控技术

### （一）动态负荷预测模型构建基础

动态负荷预测模型构建基础围绕影响供热负荷的多元因素开展系统分析，明确负荷变化的核心驱动因子，需综合考量室外环境温度、湿度、风力等气象参数，建筑围护结构热工性能、用户用热习惯等建筑与用户特性，以及历史供热负荷数据等关键信息，通过挖掘这些因素与供热负荷之间的关联规律，确定模型的输入参数与核心变量，为模型搭建提供理论与数据支撑，结合供热系统的运行特征，划分差异化的预测时段，针对短期、中期负荷变化规律的不同特质，选择适配的模型构建思路，让预测结果能够精准对接不同运行阶段的调控需求，提升模型的实用价值与适配能力。

### （二）数字化动态负荷预测实现路径

数字化动态负荷预测实现路径以数据驱动作为核心

**课题项目：**合水县县级科技计划资助《数字化均衡供热降本增效关键技术研究项目》（序号 QY-HS-2023A-02）

导向，整合多源数据资源开展预测分析，依托前期搭建的感知网络与数据传输预处理体系，获取海量的实时运行数据与历史数据，通过数据挖掘技术提取负荷变化的特征规律，采用先进的数字化分析方法，搭建动态负荷预测模型，实现对不同时段供热负荷的精准预测，预测过程中需结合实时气象数据、用户用热反馈等动态信息对预测结果实施动态修正，提升预测精度，搭建预测结果可视化平台，直观呈现负荷预测曲线与变化趋势，为调控决策提供清晰的参考依据，实现预测与调控的高效衔接。

### （三）基于负荷预测的精准调控策略

基于负荷预测的精准调控策略以负荷预测结果作为核心依据，实现供热系统热量供应的动态匹配，根据预测的负荷变化趋势，制定差异化的调控方案，针对不同区域、不同时间段的负荷需求，精准调整热源输出功率、管网流量分配与换热站运行参数，采用闭环调控模式，将调控后的供热效果通过感知系统实时反馈，与预测负荷实施比对，及时修正调控参数，保障热量供应与实际需求精准匹配<sup>[2]</sup>。针对极端天气、突发负荷变化等特殊状况，制定应急调控预案，通过快速响应机制调整供热系统运行状态，保障供热稳定性，有效规避热量供应过剩或不足的问题，提升供热均衡性的同时降低能源消耗。

## 三、多热源协同优化运行技术

### （一）多热源供热系统拓扑结构优化

多热源供热系统拓扑结构优化聚焦系统整体布局的合理架构，调整热源与管网的连接模式、管网延伸走向，提升系统供热效率与均衡水准，结合供热区域的地理区位排布、热负荷分布特质，梳理现有拓扑结构潜藏的瓶颈症结，诸如热源间协同联动阻滞、管网传输阻力偏高之类弊病，运用数字化建模技术搭建系统拓扑模型，仿真不同拓扑结构下的热量传输效率与压力分布态势，筛选最优拓扑优化方案，优化进程中兼顾系统的可靠性能与经济收益，确保优化后的拓扑结构适配不同负荷场景下的运行诉求，为多热源协同运转筑牢结构根基。

### （二）数字化多热源负荷分配机制

数字化多热源负荷分配机制依托数字化平台达成各热源出力的科学调配，核心落点于依据热源特性、供热成本与负荷需求，制定最优负荷分配方案，借助数字化手段实时监测各热源的运行态势、出力潜能与能耗指标，结合动态负荷预测成果，搭建负荷分配优化模型，模型需统筹考量热源的经济属性、环保效益与稳定性能，优

先调度高效低耗热源，合理划分各热源的供热负荷，规避单一热源过载运转或低效运行现象，建立负荷分配的动态调适机制，依据实时运行数据与负荷波动状况，及时优化分配方案，保障多热源运行的协同效应与经济价值。

### （三）热源与管网协同调控技术

热源与管网协同调控技术旨在达成热源出力与管网传输的精准适配，提升整个供热系统的运行效能，依托数字化管控平台整合热源运行数据与管网感知信息，搭建热源-管网协同调控模型，明确两者之间的联动关联<sup>[3]</sup>。依据管网内的热量传输状态与用户端用热诉求，精准调适热源的输出参数，同步优化管网阀门开度、循环泵频率等运行指标，削减管网内的热量损耗与压力损失，有效化解热源与管网运行不同步的症结，提升供热系统的整体均衡性能，降低系统整体能耗规模，达成降本增效的核心目标。

## 四、数字化供热系统能效提升技术

### （一）供热系统余热回收与再利用技术

供热系统余热回收与再利用技术构成提升能效的关键路径，借助数字化手段精准捕捉系统内的余热资源，完成能源的梯级利用，针对供热系统中锅炉排烟、管网散热、换热站排水等环节生成的余热，布设专用感知设备监测余热的温度、流量等参数，测算余热回收潜力。结合余热资源特性与供热系统运行诉求，选用适配的余热回收设备与工艺，将回收的余热投入预热补水、提升用户端供热量等环节，依托数字化管控平台实时追踪余热回收与再利用过程的运行态势，调适设备运行参数，保障余热回收效率处于最优区间，缩减能源无谓损耗，让每一份可回收的余热资源都能转化为提升供热效能的有效助力，切实推动系统能效迈上新台阶。

### （二）变频调速与节能设备集成应用

变频调速与节能设备集成应用依托数字化调控达成设备运行状态的优化，降低设备能耗规模，在供热系统的循环泵、补水泵、风机等关键设备上推广运用变频技术，结合感知系统采集的管网压力、流量等数据，通过数字化控制器实时调适设备的运行频率，使设备输出功率与系统运行需求精准契合，规避设备长期处于额定负荷运行诱发的能源浪费，同步整合高效换热器、保温材料等节能设备与材料<sup>[4]</sup>。借助数字化建模分析不同设备集成应用的节能成效，优化设备组合方案，让各类节能设备与技术形成协同效应，进一步拔高供热系统的整体能效水平，实现设备能耗与供热需求的动态平衡，为系

统节能降耗提供坚实的技术支撑。

### （三）数字化能效监测与评估体系

数字化能效监测与评估体系构成保障供热系统高效运行的重要支撑，通过全流程的数据监测与分析，精准把控系统能效水平，依托感知网络与数据传输系统，实时采集供热系统的能源消耗、热量输出、设备运行状态等多维度数据，搭建覆盖全系统的能效监测数据库，运用数字化分析方法构建能效评估指标体系，从热源效率、管网传输效率、用户端用热效率等多个维度评判系统运行能效，通过能效评估及时定位系统运行中的能效短板。为后续的能效优化指明精准方向，推动供热系统持续提升能效水准，削减运营成本，让能效提升工作有数据可依、有方向可循，助力供热系统实现长期稳定的高效运行。

## 五、数字化均衡供热技术实践应用保障

### （一）数字化管控平台构建与完善

数字化管控平台构建与完善是数字化均衡供热技术落地应用的核心支撑，需整合感知、调控、协同等全流程功能模块，实现对供热系统的一体化管控，平台需具备数据集成分析、动态监测预警、调控指令下发、运行状态可视化等核心功能，能够整合来自感知网络、各热源、换热站的多源数据，通过数据挖掘与分析为调控决策提供可靠支撑。同步根据供热系统的运行需求与技术发展趋势，持续优化平台功能，提升平台的稳定性、兼容性与智能化水平，确保平台能够适配不同技术集成应用的需求，为数字化技术的全面落地提供坚实的平台保障，让平台成为串联各项数字化技术、统筹系统运行的中枢神经。

### （二）技术标准与规范体系建设

技术标准与规范体系建设是保障数字化均衡供热技术规范运行的重要基础，需围绕技术应用全流程制定统一的标准规范，针对数字化感知节点的选型、部署、校准，数据传输的协议、安全，调控技术的实施流程，设备集成的技术要求等关键环节，划定明确的技术标准，同步建立技术应用的质量评估与验收规范，明确各技术应用的效果评价指标与验收流程，确保技术应用符合设计要求与运行需求。标准规范体系的建设可规范技术应用行为，提升技术应用的一致性与可靠性，推动数字化均衡供热技术的规模化推广，让技术应用在标准化框架内有序开展，避免因标准缺失导致的技术应用乱象。

### （三）技术适配与运行风险防控

技术适配与运行风险防控旨在保障数字化均衡供热技术与现有供热系统的有效融合，降低运行风险，在技术应用前，开展全面的系统调研与评估，结合现有供热系统的设备状况、管网布局、运行模式等，制定个性化的技术适配方案，确保引入的数字化技术与现有系统兼容匹配<sup>[5]</sup>。针对技术应用过程中可能出现的数据传输中断、调控失灵、设备故障等风险，建立全面的风险监测与预警机制，通过数字化平台实时监测系统运行状态，及时发现风险隐患并触发预警，同步制定风险应对预案，明确应对流程与处置措施，确保风险发生时能够快速响应、有效处置，保障供热系统稳定运行，为数字化技术的安全落地保驾护航。

### 结语

本研究围绕数字化均衡供热降本增效关键技术展开系统探究，明确数字化技术在供热系统优化中的核心作用，梳理感知网络构建、动态调控、多热源协同、能效提升及实践保障等关键技术路径，数字化技术的集成应用可有效破解供热系统均衡性不足、能耗过高的难题，为降本增效提供可靠技术支撑，未来需持续推动数字化技术与供热行业深度融合，不断优化技术体系与应用模式，助力供热行业实现高质量、可持续发展。

### 参考文献

- [1] 顾瑞恺. 基于物联网技术的供需互动智慧供热系统[J]. 大众标准化, 2025, (18): 157-159.
- [2] 武雁奇, 赵秉文, 郑振海, 等. 数据挖掘技术在集中供热调控方式识别中的应用研究[J]. 节能技术, 2025, 43(05): 400-404+436.
- [3] 解伟鹏, 杜权臻, 李航, 等. 基于能耗精准调控技术的卷烟厂多热源联合供热系统应用[J]. 节能, 2025, 44(04): 88-92.
- [4] 王延敏, 李志伟, 刘俊杰, 等. 基于室温监测反馈的集中供热按需调控技术研究[J]. 暖通空调, 2024, 54(10): 44-51.
- [5] 郭向阳, 王桓. 基于物联网技术的智能供热系统平衡调控方法研究[J]. 智能物联技术, 2024, 56(03): 153-156.