

# 城市供热系统智能化改造与运营优化策略研究

杨广顺

博山区供热保障服务中心 山东淄博 255200

**【摘要】**城市集中供热系统是保障民生需求、支撑城市平稳运行的重要基础设施，传统供热运行模式长期存在调控响应滞后、能源损耗偏高、热源供给与用户需求匹配度不足、运维管理方式粗放等突出问题，已经难以适配现代城市对供热系统绿色低碳、高效稳定、均衡可控的核心需求。智能化改造是破解传统供热痛点、推动行业转型升级的核心路径，依托物联网感知、人工智能算法等新一代信息技术，能够实现供热全流程设备状态实时监测、运行参数智能调控、运维管理精细化落地，全面优化系统运行效能。本文围绕城市供热系统智能化建设与运营优化展开研究，先系统梳理供热系统基本运行逻辑与现代绿色发展核心要求，再深入剖析智能化改造的核心技术路径与智能算法应用逻辑，详细阐述集中供热智能控制系统的软硬件架构设计思路，结合行业实际提出可落地的运营优化策略，为城市供热系统提质降耗、智能化升级落地实施提供理论参考与实践指引，助力供热行业实现绿色低碳与高效运营协同发展。

**【关键词】**城市集中供热；智能化改造；物联网监测；人工智能调控；系统架构；运营优化

Research on Intelligent Transformation and Operational Optimization Strategies for Urban Heating Systems

Yang Guangshun

BoShan District Heating Guarantee Service Center, Zibo, Shandong 255200

**【Abstract】** Urban centralized heating systems serve as critical infrastructure for meeting public needs and ensuring urban stability. Traditional heating operation models have long faced challenges including delayed regulatory responses, high energy consumption, mismatched heat supply-demand relationships, and inefficient maintenance management, making them inadequate for modern cities' core requirements of green, low-carbon, efficient, stable, and controllable heating systems. Intelligent transformation represents the key pathway to addressing these traditional heating pain points and driving industry upgrading. Leveraging next-generation technologies such as IoT sensing and AI algorithms, this approach enables real-time monitoring of equipment status throughout the heating process, intelligent regulation of operational parameters, and refined maintenance management, thereby optimizing system performance comprehensively. This study focuses on intelligent construction and operational optimization of urban heating systems. It first systematically examines the fundamental operational logic of heating systems and core requirements for modern green development, then analyzes core technological pathways and intelligent algorithm application logic for intelligent transformation. Detailed design concepts for software/hardware architectures of centralized heating smart control systems are presented, followed by actionable operational optimization strategies tailored to industry practices. The research provides theoretical references and practical guidance for enhancing energy efficiency, implementing intelligent upgrades, and achieving coordinated development between green sustainability and operational efficiency in the heating sector.

**【Key words】** Urban centralized heating; intelligent transformation; IoT monitoring; AI regulation; system architecture; operational optimization

随着城镇化进程持续推进，城市建成区范围不断扩大，集中供热覆盖区域与服务用户数量逐年递增，公众对供热服务的稳定性、均衡性以及节能环保水平提出了更高标准。传统供热系统高度依赖人工巡检、经验式参数调控，热源生产、管网输送、终端换热、用户用热各环节数据相互割裂，无法形成联动管控机制，更不能根据室外气象变化、用户用热负荷波动实现供热参数动态调整，实际运行中极易出现局部区域供热过量、部分区域供热不足、能源无端浪费、管网故障响应不及时等问题，与双碳目标下城市供热绿色低碳、高效

集约的发展导向存在明显差距。依托智能化技术对传统供热系统进行全链条、全方位改造，打通各环节数据壁垒，构建数据驱动的自动监测、智能调控、精细运维体系，能够有效提升供热运行效率、降低能源消耗、保障终端供热质量，从根本上破解传统供热模式的固有短板，推动城市供热行业向智能化、绿色化、集约化方向转型，对于保障民生需求、实现生态环保与行业可持续发展具有重要的工程实践价值与民生意义。

## 1 城市供热系统基本构成与发展要求

### 1.1 供热系统运行基本逻辑

城市集中供热系统遵循能量转换与传输的基础原理,构建起热源生产、管网输送、终端换热、用户散热四大核心模块协同运行的完整闭环,是保障城镇居民冬季采暖、满足公共建筑与居民生活用热需求的关键基础设施。系统运行过程中,热源厂通过能源转换设备,将煤炭、天然气、电能等一次能源转化为热能,生产出符合供热标准的高温热水或蒸汽,再依托大直径长输供热主管网实现热能的远距离输送,全程严控热能损耗,保障热能输送效率;管网输送的热媒抵达各区域换热站后,通过专用换热设备完成一次网与二次网的热量交换,调整二次网供水参数适配小区供热需求,再经由小区分支管网将热能输送至终端用户,最终通过用户端暖气片、地暖等散热设备完成热能释放,满足用热需求。这一完整运行链条中,热源出力精准调控、管网流量与压力稳定维持、换热站参数动态适配,是维系整个系统平稳高效运行的核心要点,四大模块相互关联、环环相扣,任一环节运行参数出现偏差,都会打破系统整体供需平衡,直接影响终端供热质量与系统整体运行效率。传统供热模式大多依托人工经验设定固定运行参数,缺少动态调节的响应机制与联动逻辑,面对室外气温波动、用户用热负荷变化等外部因素,无法及时做出适配性调整,往往出现热源供给与实际需求严重不匹配的情况,既造成大量能源无谓浪费,也难以保障终端供热的均衡性与稳定性,整体运行效率始终处于较低水平。

### 1.2 现代供热系统绿色低碳发展要求

现阶段城市供热行业正逐步脱离传统粗放式运行模式,全面朝着绿色低碳、高效节能、稳定可控、精细运维的方向转型,对系统建设、运行管控与后期运维提出了更为严格、全面的标准要求。行业发展的核心要求之一,是严控能源消耗与碳排放水平,优先推广清洁能源与可再生能源供热技术,优化传统化石能源利用效率,逐步降低高碳能源消耗占比,切实契合国家低碳环保政策与双碳目标推进的整体要求。在运行管控层面,核心要求是实现供热供需动态精准适配,系统能够实时感知室外气象条件、用户实际用热需求变化,灵活调整供热强度与核心运行参数,既要避免过量供热导致的能源损耗,也要杜绝供热不足影响居民正常生活与建筑使用需求。同时,现代供热系统需具备完善的全流程运维管控与风险预警能力,降低对人工巡检的过度依赖,提前识别并处置管网跑冒滴漏、设备故障等隐患问题,推动供热管理从被动故障处置向主动风险防控转变,最终实现民生保障与生态保护的协同发展,达成行业长期可持续运营的核心目标。

## 2 供热系统智能化改造核心技术

### 2.1 物联网技术支撑的设备全程监控

物联网技术是实现供热系统智能化的底层支撑,为全流

程数据采集、设备状态管控提供基础保障,通过在热源、管网、换热站、用户端全节点布设全域感知设备,搭建覆盖供热全链条的一体化监测网络,彻底颠覆传统人工巡检的粗放管控模式。在热源厂内部,针对性布设温度、压力、能耗及燃烧效率监测传感器,实时采集热源机组运行状态、能源消耗、热媒输出参数等全方位数据,精准掌握热源生产端的运行工况,为热源出力调控提供数据支撑;在主干输热管网与小区分支管网沿线,安装压力变送器、流量计、泄漏监测及温度传感设备,全程追踪管网热媒输送状态,及时捕捉管网堵塞、渗漏、温度异常等隐性问题,做到隐患早发现、早处置;在各区域换热站及用户终端,布设室温采集、智能阀门控制、压差监测设备,全面收集终端换热参数与用户实际用热数据,打通终端需求与前端供给的数据通道。各类感知设备实时采集现场运行数据,通过稳定通信网络同步上传至管控平台,彻底打通各环节数据孤岛,实现设备运行状态24小时不间断在线监测,不仅大幅提升故障发现的及时性与精准度,更能为后续智能调控提供全面、真实、连续的数据支撑,推动设备管理从粗放式向精细化、数字化转型。

### 2.2 人工智能驱动的系统优化调控

人工智能技术依托物联网采集的海量多维度运行数据,构建适配供热系统非线性、动态化运行特点的智能调控模型,彻底摆脱传统经验式调控的局限性,实现供热运行的精准化、自动化、智能化管控。通过整合历史供热运行数据、实时现场监测数据、室外气象数据及用户负荷变化数据,智能模型能够深度挖掘供热参数与各类影响因素的内在关联规律,提前预测不同时段、不同气象条件下的整体用热负荷,进而动态优化热源出力、供水温度、阀门开度、管网流量等核心运行参数,实现前端热源供给与终端用户用热需求的高度匹配。这种数据驱动的调控模式,能够提前响应外部环境与用户需求变化,避免滞后调整引发的供热失衡、能源浪费问题,形成数据采集、分析研判、指令下达、执行反馈的完整闭环调控机制,全面提升系统运行效率与终端供热质量。

#### 2.2.1 神经网络算法应用

神经网络算法具备强大的非线性数据拟合与趋势预测能力,能够完美适配供热系统多因素耦合、运行状态动态波动的特点,通过海量历史运行数据完成模型训练与参数优化,逐步提升供热负荷预测的精准度与可靠性。该算法可综合考量室外温度、湿度、光照强度、昼夜时段、工作日与节假日差异、建筑保温特性等多重影响因素,精准拟合各类因素与供热负荷之间的量化关联关系,摒弃传统单一参数调控的弊端,输出适配当前实时工况的最优供水温度、流量等调控参数。在系统实际运行过程中,算法可实时对接现场监测数据,自主调整预测模型与调控方案,有效应对供热系统运行的波动性与不确定性,大幅减少人工干预频次,实现供热参数的自适应动态调整,既保障终端供热均衡稳定,又能有效降低系统整体能耗,实现供热质量与节能降耗的双重目标。

#### 2.2.2 强化学习算法应用

强化学习算法以系统高效运行、能耗最低化为核心优化目标,具备自主学习、迭代优化的核心特性,无需过度依赖大量历史数据,可通过与供热系统实时运行环境的持续交互,逐步优化调控策略,适配复杂多变的供热场景。算法运行过程中,持续感知系统实时运行状态,接收调控效果反馈数据,不断修正调控指令,逐步摸索出兼顾供热质量、能耗控制、设备使用寿命的最优运行方案,尤其适配地质条件复杂、管网布局繁琐、用户负荷波动大的城市供热场景。面对管网阻力突变、用户用热需求骤变、气象条件突发变化等突发情况,强化学习算法可快速做出响应,实时调整调控策略,保障系统始终处于高效运行区间,实现长期稳定的节能降耗,推动供热系统调控从人工辅助向自主智能升级。

### 3 供热智能控制系统软硬件设计

#### 3.1 系统硬件组成与布设

供热智能控制系统硬件采用分层架构设计,以感知层、传输层、控制层为核心架构,搭建稳定可靠、适配性强的硬件支撑体系,全面适配供热现场潮湿、温差大、工况复杂的运行环境。感知层作为系统数据采集核心,由各类高精度、高稳定性传感设备组成,涵盖温度传感器、压力传感器、流量传感器、泄漏监测模块、室温采集器、能耗计量表计等设备,全方位覆盖热源厂、供热管网、换热站、用户端各个关键节点,确保运行数据采集无死角、数据传输精准无误,为系统管控提供真实有效的原始数据支撑。传输层兼顾有线与无线通信方式,结合现场布设条件与传输需求合理选型,保障监测数据与调控指令稳定、高效传输,避免数据延迟或丢失,确保现场数据能够实时上传至管控平台,平台调控指令能够快速下达至现场执行设备,保证数据传输与指令响应的及时性。控制层主要由智能阀门控制器、变频调控模块、换热站智能控制柜、热源机组调控设备等组成,精准接收管控平台下发的调控指令,自动完成阀门开度调节、热源机组变频、换热参数调整等操作,实现系统运行参数的自动化、精准化调控。硬件选型重点考量稳定性、耐用性与环境适配性,能够适应地下管网潮湿、室外场站温差大、长期连续运行等复杂工况,保障硬件设备长期稳定运行,减少设备故障与维修频次,降低后期运维成本。

#### 参考文献

- [1]魏聪颖.新能源与传统能源耦合在城市供热系统中的优化应用[J].科技视界, 2025, 15(21): 84-86.
- [2]彭良德,郭百泉,周永阳,等.城市供热系统的智能化控制分析[J].集成电路应用, 2022, 39(05): 66-68.
- [3]李光明,赵立强,高远谋.城市供热监控与智能化管理系统的设计与实现[J].信息通信, 2016, (09): 58-60.
- [4]刘臻杰.探究城市供热网的智能化控制与管理[J].新型工业化, 2021, 11(08): 93-94.
- [5]孟瑜,赵彤,王亚杰,等.城市集中供热智能化与智能热网的构建思考[J].科技创新导报, 2021, 18(07): 21-23.

#### 3.2 系统软件功能与平台搭建

系统软件以智能管控平台为核心载体,集成多模块核心功能,实现供热系统全流程一体化、可视化管控,操作界面简洁直观,功能设置全面适配实际运维管理需求。平台具备强大的数据整合与深度分析功能,对采集的海量实时数据、历史运行数据进行分类存储、统计分析与深度挖掘,自动生成运行报表、能耗分析报告、负荷趋势预测等数据成果,为日常运营管理、调控决策优化提供详实可靠的数据支撑。核心智能调控模块嵌入神经网络、强化学习等先进算法,依据实时数据分析结果,自动生成最优调控方案并下达执行指令,实现无人值守式全自动调控,无需人工频繁干预,大幅提升调控精准度与响应速度。平台内置故障预警与报警功能,通过数据对比、趋势分析、阈值监测,精准识别管网泄漏、设备异常、参数超标、能耗异常等问题,第一时间发出预警提示,精准定位故障位置与隐患根源,辅助运维人员快速处置,缩小故障影响范围。同时配套移动端管理端口,运维人员可通过移动设备远程查看设备运行状态、接收预警信息、下达临时调控指令,打破时空限制,提升运维响应速度与管理便捷性,实现远程管控与现场运维的高效协同。

### 4 结束语

城市供热系统智能化改造是行业转型升级的必然趋势,也是实现绿色低碳、高效运营的核心路径,依托物联网、人工智能等核心技术,能够彻底改变传统供热粗放调控、人工管理的固有模式,实现供热全流程实时监测、智能调控与精细化运维。从供热系统基本运行逻辑与绿色发展核心要求出发,搭建完善的全域智能监控体系,运用先进人工智能算法优化系统调控策略,搭配适配性强、稳定性高的软硬件系统,可有效提升供热运行效率、降低能源消耗、保障终端供热均衡,完全契合现代城市绿色低碳发展与民生保障核心需求。供热行业需结合不同城市工程实际场景,稳步推进智能化改造落地实施,持续优化运营管理模式,不断完善智能调控体系与运维机制,推动城市供热系统朝着高效、节能、稳定、智能的方向持续发展,切实发挥供热工程的民生保障价值与生态环保效益,助力城市建设与供热行业高质量发展。