

基于大模型的多源数据融合供热系统数智化决策方法研究

闫虹 陈旭卯 秦鹏 刘文韬

石家庄华电供热集团有限公司, 河北 石家庄 050000

[摘要]供热系统作为关乎国计民生的关键城市基础设施, 保证其稳定且高效运行, 不仅可以提升居民生活质量, 减少因供热问题而引发的社会问题, 更能提高整体能源利用效率, 实现节能减排目标。但传统供热系统在运行中普遍存在信息孤岛、数据利用效率低以及质量监管差等问题, 制约其智能化升级与精细化调控。针对上述瓶颈, 本篇文章以多源数据融合为切入点, 构建基于大模型的数智化决策框架, 并以石家庄华电供热集团为例, 详细阐述由数智融合一体化基座和供热管理智能化应用能力体系组成的综合架构, 为传统公用事业的数智化升级提供了可复用的方法论与实践路径, 以供参考。

[关键词]多源数据融合; 供热系统; 数智化决策; 智慧供热; 智能调度

DOI: 10.33142/sca.v8i10.18289

中图分类号: TP393

文献标识码: A

Research on the Digital Decision Making Method of Multi-source Data Fusion Heating System Based on Large Model

YAN Hong, CHEN Xumao, QIN Peng, LIU Wentao

Shijiazhuang Huadian Heating Group Co., Ltd., Shijiazhuang, Hebei, 050000, China

Abstract: As a key urban infrastructure related to national economy and people's livelihood, ensuring the stable and efficient operation of the heating system can not only improve residents' quality of life and reduce social problems caused by heating issues, but also improve overall energy utilization efficiency and achieve energy-saving and emission reduction goals. However, traditional heating systems commonly suffer from problems such as information silos, low data utilization efficiency, and poor quality supervision during operation, which constrain their intelligent upgrading and refined regulation. In response to the above bottlenecks, this article takes multi-source data fusion as the starting point to construct a digital decision-making framework based on large models. Taking Shijiazhuang Huadian Heating Group as an example, it elaborates in detail on the comprehensive architecture composed of the integrated base of digital intelligence fusion and the intelligent application capability system of heating management, providing a reusable methodology and practical path for the digital upgrading of traditional public utilities for reference.

Keywords: multi-source data fusion; heating system; digitized decision-making; smart heating; intelligent dispatching

引言

随着城市化进程的加速, 城市供热需求持续增长, 系统复杂度明显提升, 难以通过传统手段实现对供热系统全链条的精准感知与高效协同, 无法有效应对多变的负荷需求与外部环境干扰, 极易在实际供热时出现质检与回访无法全覆盖等诸多现实问题, 导致供热服务质量参差不齐, 影响服务质量与客户满意度提升。而将大模型通用能力与供热这一垂直行业的特定场景深度融合, 构建具备行业认知的专用智能体, 一方面能够充分理解供热系统的运行机理与业务逻辑, 另一方面可实现对热源、管网、换热站及用户端的全要素协同优化, 提升系统运行效率与供热品质, 实现供热系统从被动响应到主动预警, 从经验驱动到数据

驱动为数智化转型。由此本文以石家庄华电供热集团为实践案例, 依托多源数据融合与大模型技术, 构建数据-模型-服务的一体化的数智化决策体系, 为供热系统全生命周期管理提供智能化支撑。

1 集团概述

石家庄华电供热集团作为华北地区规模领先的集中供热企业, 承担着市区 1.01 亿 m^2 建筑的冬季供热保障任务。一次管网长度达 852 公里, 直接服务人口约 300 万, 热力销售与管网运营规模约占市区总量的 65%。公司业务范围贯穿供热全产业链, 核心涵盖热源生产、输配管网运营、用户服务与热能销售。在供暖季期间, 公司年均处理的话务量, 工单量及用户数据均达到百万级别, 面对庞

大的用户量与复杂的系统结构,集团近年来为有效弥补传统管理模式下存在的诸多短板,持续推进信息化与工业化深度融合,构建源-网-站-户全链条协同,数据驱动决策的现代化智慧供热体系。通过建设统一的数智化运营平台,力求在保障供热安全可靠的基础上实现管理效率,服务品质与用户满意度的跨越式提升。

2 当前集团供热系统现状与挑战

2.1 数据体量大处理效率低下

作为民生保障型企业,所需处理的相关数据体量庞大,涵盖用户端、管网端、热源端及环境监测等多维度信息,日均新增数据量超千万条。若未能及时进行数据处理与价值挖掘,海量数据必将影响整体数据利用效率,导致决策滞后^[1]。从供热集团当前情况而言,在供暖季期间话务呼入量涉及用户基础数据约 60 万条、历史工单约 60 万条、话务录音文件超 100 万条。在高强度工作环境下,人工填写工单时常因对复杂业务条款不熟悉或政策信息更新滞后而导致录入困难与填单错误。错误信息经手传递至维修、调度等后续环节,不仅造成工单处理延迟与重复沟通,更可因缺乏有效的错误源头标记与过程追溯机制,使得问题根源难以定位,责任界定模糊。且大量重复、无效的沟通与修正工作不仅仅消耗一线人员大量精力,更可延长整体服务闭环周期,直接影响用户诉求的一次性解决率与最终体验。

2.2 数据孤岛严重监管能力不足

供热集团内部业务部门繁多,不仅有客户服务、管网调度、热源生产、运维检修等核心单元,还涉及财务计费、安全监管、物资管理等多个支撑系统。各系统协同配合,共同支撑着供热全链条运转,确保供热服务的连续性与稳定性。但就当前实际而言,集团各业务系统建设初期缺乏统一规划,数据孤岛现象较为典型,同一用户投诉问题在不同部门间因信息不互通而重复生成多条工单,导致维修人员频繁往返于同一地点处理相似问题,使得在造成资源浪费与效率损耗同时,也加剧用户的不满情绪,降低对服务的信任度。同时在质量管控方面,目前仍然依赖人工抽样进行工单与录音质检,虽具有一定的覆盖性,但面对海量业务数据,会导致人力严重不足,无法实现全量且精准的合规性与准确性检查,其潜在风险与改进机会难以被及时发现与系统性解决,继而为服务质量与公司管理埋下了隐患^[2]。

2.3 智能化应用薄弱数据价值释放受限

在当前业务场景中,智能化技术应用仍处于初级阶段,主要集中于基础的数据统计与报表生成,未能深化于数据

关联分析、趋势预测与智能决策支持,导致数据价值难以转化为实际业务动能。其较为常见的客服服务需求预测仍依赖经验判断,缺乏基于历史数据与外部环境因子的科学建模支持,难以准确预判寒潮期间话务高峰与故障高发区域,造成人员排班与应急资源调配滞后。内部运营管理缺乏智能调度与动态预警机制,设备运行状态以及用户用热行为的变化未能实现实时感知与关联分析,故障预警多依赖人工巡检或用户报修,响应滞后且覆盖面有限。另外缺乏对海量工单、通话录音等非结构化数据的深度挖掘与分析能力,无法自动生成用户画像,识别服务热点,更未能有效预测话务量或进行智能排班,继而导致实现服务优化与资源调配的精准化的目标遥不可及^[3]。

3 多源数据融合的数智化决策架构

遵照数据驱动和智能协同的建设理念,集团可将《中国华电集团有限公司智能供热系统建设实施方案》(2019)等一系列政策指导文件作为顶层设计依据,构建由数智融合一体化基座和供热管理智能化应用能力体系两部分组成的数智化决策架构,依托统一数据中台实现多源数据的汇聚与融合,为数据的深度治理与高效流通提供基础支撑^[4]。

3.1 数智融合一体化基座

3.1.1 多源数据融合与治理中枢

依托数据中台构建多源数据融合与治理中枢,可实现供热系统内外部数据的统一接入、清洗、建模与共享,打通众多维度的数据壁垒,实现多源异构数据的深度融合与标准化处理。该平台可在统一时空基准下对集团内部数据资产进行集中管理以及全面盘点,识别核心业务数据要素,厘清数据权属与流转路径,建立覆盖数据全生命周期的质量管控机制。通过 MySQL、PostgreSQL、Kafka 等十余种数据源的实时与离线同步能力,实现供热管网运行数据、用户用热信息、气象环境参数及工单服务记录的高效汇聚与动态更新。并结合数据血缘分析与元数据管理,构建供热业务主题库与专题标签体系,支撑数据的快速检索与智能推荐。在此基础上数据仓库设计采用分层模型,以面向原始数据存储的 ODS 层、进行深度整合与加工的公共层以及服务于特定业务场景的专题数据层等为构成要素,有效解决数据关联性差和质量不一的问题。

3.1.2 领域知识增强的大模型底座

基于供热领域专业知识库,融合行业规范、设备参数、运行经验与历史案例,可发挥大模型在语义理解与推理决策上的优势,构建领域知识增强的大模型底座,以此提升系统对供热业务场景的深度理解与智能决策能力,优化系统对复杂工况的自适应调节能力。在私有化环境中部署大

模型,即可通过模型量化技术与分布式推理架构优化资源占用,保障高并发场景下的响应效率。结合知识图谱与向量数据库,实现对设备故障模式、用户诉求语义的精准匹配与推演,支持运维策略动态生成与多轮对话式交互^[5]。模型持续通过在线学习机制吸收新工单与运行数据,增强领域适应性,可确保精准识别用户用热需求变化与潜在故障风险,提升预测准确性与时效性。通过自然语言处理技术解析工单文本与客服记录,提取关键问题特征并映射至知识图谱节点,实现故障成因的智能归因与处置方案推荐。

3.1.3 面向业务场景的智能算法引擎

智能算法引擎是数智融合一体化基座中将通用 AI 能力转化为具体业务价值的核心组件,但并非单一模型而是针对供热业务特定问题所构建的复合型且多模态算法集。其设计遵循业务问题定义、多技术融合、工程化落地的路径,确保算法能力与业务规则深度咬合。以机器视觉与 OCR 技术建立自动及不可篡改的数字感官,并与业务规则及大模型协同,形成从感知、识别到决策校验的闭环,实现对特殊业务场景的智能识别与自动化处理。通过融合时序数据分析、图像识别与规则引擎,对供热系统中的异常工况、设备状态及用户行为进行多维度建模,支撑泄漏预警、能耗优化与服务质量评估等关键任务。算法引擎依托统一调度框架实现模型版本管理、在线 A/B 测试与灰度发布,保障迭代过程稳定可控。结合重复图像识别与翻拍图像识别模型,有效识别并过滤工单场景中的重复上报与伪造图像,提升数据真实性与处理效率。

3.2 供热管理智能化应用能力体系

3.2.1 面向用户的智能交互与服务

面向用户的智能交互与服务,其核心目标是构建一个以用户为中心的全天候响应智能服务生态。主要通过前端应用矩阵中的智能客服或智能服务大厅提供多模态交互入口,集成语音、文本、图像等多种输入方式,实现用户诉求的精准识别与快速响应。依托大模型驱动的自然语言理解能力,系统可准确解析用户关于室温异常以及室温调节、设备报修等多样化表述,实现意图识别与情感分析的深度融合,提供个性化应答策略。并结合用户历史行为与用热习惯,动态生成个性化的室温调节建议与节能方案,提升服务温度与用户满意度^[6]。例如集团在前端部署 30 个智能语音服务专席,用户来电先由 AI 接听,复杂问题无缝转接人工, AI 可实时分析通话内容并提取关键信息,自动填充工单字段,提升坐席处理效率 40% 以上。同时基于通话内容,利用大模型自动抽取关键实体与用户诉求,实现工单的智能预填单,大幅降低了坐席工作负荷与填单

错误率。

3.2.2 面向运营的智能调度与协同

面向运营的智能调度与协同,是聚焦于运营流程优化与跨部门高效协同的核心支撑体系,通过构建智能工单调度引擎与资源匹配算法,实现工单自动派发、优先级动态调整与处置路径优化。结合地理位置信息与人员实时状态,系统可精准匹配最近且具备相应技能的运维人员,提升响应速度 30% 以上^[7]。并结合历史工单数据与天气、时段等外部因素,建立多维调度模型,动态预测服务需求热点,提前部署运维力量。通过大模型对工单内容进行语义理解与分类,自动识别紧急程度与影响范围,实现跨部门任务协同与资源联动调配。例如集团在寒潮预警期间,系统自动识别受影响区域的潜在故障风险,提前向运维团队推送预防性维护工单,基于用户地址、问题类型、维修员技能标签、实时位置及当前工作负载,通过多目标优化算法实现工单与维修员的最优匹配,减少调度环节的人工干预,缩短响应时间。并且系统具备工单智能查重功能,避免同一问题重复派单。通过预设规则,对即将超时或关键的工单进行自动预警与督办,确保工单在各个环节的顺畅流转与及时闭环。

3.2.3 面向管理的智能质检与决策

质量检查作为保障服务标准落地的关键环节,引入基于大模型的智能质检系统,能将通话录音、工单记录等多模态数据进行自动化分析,精准识别服务过程中的不规范用语、流程缺失及潜在风险点,覆盖率达 100% 远超传统人工抽检的 3% 水平。系统可自动评分并生成质检报告辅助管理人员精准定位培训需求,推动服务质量持续提升,且结合用户画像与历史服务数据构建服务效能评估模型,实现对服务人员的多维度绩效分析与能力图谱绘制,为管理决策提供数据支撑。亦可借助大模型对海量工单与用户反馈的深度挖掘,自动提炼高频问题与改进点,辅助优化服务流程与制度设计。同时从数据驱动决策角度分析,通过统一报表平台与领导驾驶舱,为管理人员提供了可视化的数据洞察。平台内置了热费回收、能源消耗、生产运行、客户服务等上百张定制化报表,支持从集团到基层的多层级、多维度数据钻取与分析,使管理决策从经验驱动转变为数据驱动,以此实现决策的科学化、精细化与前瞻性。

4 结语

综上所述,供热系统数智化转型不仅是技术革新,也是一种符合时代发展需求的管理模式变革,更是保障城市安全运行,提升民生福祉的重要举措。通过构建基于大模

型的多源数据融合与智能决策架构,可借助其强大的数据处理与推理能力,实现以往工作中无法完成的复杂决策任务,提升供热系统的全局优化与动态调控精度,整体提升能源利用效率与供热服务质量,切实为居民提供稳定且舒适的供热保障。

[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]高婷婷.智慧供热系统优化策略及能效提升研究[J].全面腐蚀控制,2025,39(9):50-52.
- [3]许娜,柳亚楠,王照波,等.天津市某集中供热系统智慧节能改造研究[J].建筑节能(中英文),2025,53(9):125-131.
- [4]王巍,任秀芳,董军宇.智慧供热工程中通信技术的综合应用研究[J].区域供热,2025(4):121-131.
- [5]杨勇.城市集中供热施工中智慧供热技术运用分析[J].城市建设理论研究(电子版),2025(21):112-114.
- [6]马宁.基于大数据分析的智慧供热系统优化策略[J].数字技术与应用,2025,43(7):229-231.
- [7]姜海洋,张庆,王秀玲.智慧供热系统的物联网集成与远程监控技术研究[J].智能建筑与智慧城市,2025(6):174-176.

作者简介: 闫虹(1979.10—),女,石家庄经济学院,法学专业,石家庄华电供热集团有限公司,供热稽查部主任,经济师。