

大模型赋能的供热系统数智化运营模式与关键技术研究

姚玄 朱钦琛 王泽泽 路亮亮

石家庄华电供热集团有限公司, 河北 石家庄 050000

[摘要]为解决传统供热系统运营中存在的工单处理效率低、信息孤岛严重、人力成本高、服务质量参差不齐等痛点, 本篇文章以石家庄华电供热集团数智化转型实践为依托, 提出一种大模型赋能的供热系统数智化运营模式。文章构建了“数智融合一体化基座+三维应用体系”的总体架构, 重点阐述了大模型优化部署、多模态数据治理、智能调度算法等关键技术的创新应用。通过实际项目验证表明, 该模式可实现工单处理效率提升40%以上, 客户满意度达90%, AI机器人自主处理话务量占比超20%, 可有效推动供热企业从“经验驱动”向“数据驱动”转型, 为城市民生服务类基础设施的数智化升级提供参考。

[关键词]大模型赋能; 供热系统; 数智化运营

DOI: 10.33142/sca.v8i10.18288

中图分类号: F49

文献标识码: A

Research on the Digital Operation Mode and Key Technologies of Heating Systems Empowered by Large Models

YAO Xuan, ZHU Qinchen, WANG Zeze, LU Liangliang

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

Abstract: In order to solve the pain points of low work order processing efficiency, serious information silos, high labor costs, and uneven service quality in the operation of traditional heating systems, this article proposes a large-scale model empowered digital operation mode for heating systems based on the digital transformation practice of Shijiazhuang Huadian Heating Group. The article constructs the overall architecture of "integrated base of data intelligence fusion+3D application system", focusing on innovative applications of key technologies such as large model optimization deployment, multimodal data governance, and intelligent scheduling algorithms. Through practical project verification, it has been shown that this model can achieve a work order processing efficiency improvement of over 40%, customer satisfaction of 90%, and AI robots autonomously processing over 20% of traffic volume. It can effectively promote the transformation of heating enterprises from "experience driven" to "data-driven", and provide reference for the digital upgrading of urban livelihood service infrastructure.

Keywords: big model empowerment; heating system; digital operation

引言

在大数据、人工智能技术快速发展的背景下, 大模型凭借其强大的自然语言理解、多模态数据处理和复杂任务推理能力, 为供热系统运营模式革新提供了核心支撑。与传统信息化建设不同, 大模型赋能的数智化转型强调“技术-业务-数据”的深度融合, 其在构建统一的智能化基座的过程中打破信息孤岛, 实现从用户交互、工单调度到管理决策的全流程优化。遗憾的是, 目前供热行业的数智化应用仍处于初级阶段, 存在技术与业务适配不足、数据价值挖掘不充分、智能化水平有限等问题。因此, 基于实际业务需求构建适配供热行业的数智化运营模式, 研发关键核心技术, 已成为解决行业痛点、提升服务质量的迫切需求。

1 大模型赋能的供热系统数智化运营模式构建

1.1 模式总体架构

基于“数据驱动、技术赋能、业务协同”的设计理念, 构建“1+3”数智化运营模式, 即1个数智融合一体化基座和3大应用体系。该架构以全栈式国产化软硬件为基础, 利用大模型技术与供热业务深度融合, 实现“提高管理效率、提升服务质量、优化用户体验”的核心目标^[1]。

数智融合一体化基座作为技术支撑核心, 包含五大核心组件: 供热AI大模型底座提供私有化、高性能的模型推理服务; 供热数据中枢平台实现“源-网-站-户”全链条数据的汇聚与治理; 供热智能算法引擎聚焦图像识别、OCR等多模态智能处理; 供热知识库整合行业专业知识与业务数据;

供热智能体平台提供可视化流程编排与应用构建能力。三大应用体系分别面向用户侧、运营侧、管理侧，形成覆盖客户服务、内部协同、精细管理的全场景智能化应用。

1.2 基座层核心支撑体系

1.2.1 多模型兼容的 AI 大模型底座

采用私有化部署模式，基于 SGLang 推理框架构建高性能推理引擎，兼容 Qwen3 32B、bge-large-zh v1.5、bge-reranker-large 等主流模型，利用模型量化、显存优化等技术，实现低延迟、高吞吐的推理服务。性能指标达到：输入长度 6k 时 $TPS \geq 77.82$ ，输出长度 14k 时 $TPS \geq 143.08$ ；8 并发下首 token 时延 $\leq 655ms$ ，非首 token 时延 $\leq 100ms$ ，满足实时交互类业务需求。同时，构建统一 API 网关，支持 OpenAI API、vllm 等标准化接口协议，利用 bcrypt 哈希算法与 tiktoken 技术实现安全认证与调用计量^[2]，保障服务的可追溯性与安全性。

1.2.2 全链条数据治理中枢

围绕“源-网-站-户”业务流程，构建覆盖多数据源的统一数据中枢平台。依靠数据源管理模块支持 MySQL、PostgreSQL、Hive 等 10 余种数据库类型的接入，实现数据实时同步（秒级）、离线同步与整库同步功能；数据治理模块建立词根管理、数据字典、数据质量监控等机制，从准确性、一致性、及时性三个维度保障数据质量；数据仓库提供 100T+ 存储容量，支持 4T 历史数据与每年 1T 增量数据的分布式存储，构建空置房稽核、热费回收等专题数据模型，为上层应用提供高质量数据支撑。

1.2.3 行业适配的智能算法引擎

整合传统图像处理（SIFT/SURF 特征匹配）与深度学习技术，构建复合型智能算法引擎。针对供热场景特殊需求，优化开关栓图像质检算法，实现重复图像识别准确率 $\geq 85\%$ 、翻拍图像检测准确率 $\geq 85\%$ ；优化身份证关键字段识别算法，姓名、身份证号等核心信息识别率 $\geq 90\%$ ，有效解决巡检作弊、实名认证效率低等问题。算法引擎支持 JPG/PNG 等格式图像输入，分辨率 $\geq 300 \times 300$ 时即可达到最优性能，API 调用成功率稳定在 99% 以上。

1.3 应用层三维服务体系

1.3.1 用户侧：智慧服务大厅

以“线下业务全线上化”为目标，构建包含优化类与新增类功能的智能服务大厅。优化类功能涵盖线上缴费、在线报停、恢复供热、报修申请等核心业务，支持多套房绑定、电子发票开具、维修进度查询等便捷操作；新增补贴审批、余额提现、电子发卡等功能，利用实名认证、电子签名、短信验证等机制保障业务合规性。

特别设计适老化模式，采用放大字体、简化界面、优化操作路径等方式，同步开通“一键呼叫供暖管家”专属通道，配备手持一体机的服务人员可实现 15min 响应、30min 上门，解决老年用户“不会用、不敢用”线上平台的痛点。同时，整合 960577 统一供热服务专线，实现“一号通办”，用户可利用语音、文字、视频等多渠道发起诉求，系统自动关联用户房产信息、缴费记录、历史维修数据，实现诉求“免重复填报”，进一步提升服务便捷度。

1.3.2 运营侧：智能协同平台

构建智能工单调度平台，整合客服工单、缺陷工单、接断管工单等 6 类业务工单，实现“一平台受理、多来源归集”。创新引入工单优先级分级机制，基于用户类型（孤寡老人、残疾人等特殊群体标记为优先级 1）、故障紧急程度（管道爆裂等安全隐患标记为优先级 1，温度不达标标记为优先级 3）、诉求影响范围（整栋楼停暖标记为优先级 2）建立三维分级模型，优先级 1 工单响应时限压缩至 15min，优先级 2 工单响应时限压缩至 30min。

用好智能填单功能，基于大模型分析通话录音转写文本，自动提取来电类型、客户诉求、故障地址等关键信息，实现工单预填写；智能派单算法结合维修人员技能标签、区域分布、当前工作负荷等因素，同时关联换热站“一站一责任人”制度^[3]，确保工单精准派送至最优处置人员，减少跨区域调度成本；工单查重功能基于用户卡号、工单类型、故障位置等多维度数据，有效避免重复派单。同时，构建智能客服系统，包含 30 个智能语音服务专席与文本服务专席，覆盖供热缴费咨询、报停流程查询、故障报修引导等 20 类高频场景，实现 7×24h 不间断服务，大幅缓解供暖季人工坐席压力。

1.3.3 管理侧：数据驱动决策

建设统一报表平台与领导驾驶舱，实现运营数据的可视化展示与深度分析。统一报表平台支持热费类、生产类、经营类等 40 余种报表的分钟级生成，涵盖日度监控、周度跟踪、月度管控等多时间粒度，支持多维度筛选与导出功能；数据应用分析平台利用工单分析、热点分析、智能报告生成等功能，挖掘高频问题、重点区域等运营洞察；领导驾驶舱整合 GIS 地图与实时数据，展示热费回收进展、生产负荷执行情况、服务效能等核心指标，辅助管理层精准决策。

2 关键技术创新与实现

2.1 供热领域大模型优化技术

2.1.1 私有化部署与推理优化

针对供热行业数据安全需求，采用“模型量化+显存管理”的双重优化策略。依托 INT8 量化技术将模型参数

精度降低,在保证推理精度损失 $\leq 3\%$ 的前提下,减少40%的显存占用;采用动态显存分配机制,支持单个推理单元同时运行多个模型,提升硬件资源利用率。以及,基于负载均衡算法实现服务水平扩展,当话务量峰值来临时,自动增加计算节点,保障系统稳定性。

2.1.2 行业知识增强与检索优化

构建覆盖供热业务的智能知识库,整合行业规程文件、设备操作手册、故障处置案例、政策法规等多类型资源,涵盖PDF、Word、Excel等多格式文档共计10.4万条数据,其中高频问题库1.8万条,依托智能文本分段、实体识别、关系抽取技术生成高质量向量表示,确保常见业务场景知识覆盖率达到80%。考虑到供热行业专业术语多、场景特殊性强的特点,采用“领域语料预训练+增量微调”的优化策略,补充3万条供热专属语料(如“水力失调”“气候补偿”“二网平衡”等专业术语标注数据),使模型行业语义理解准确率提升15%。

采用“语义向量检索+关键词检索”的混合检索模式,结合重排序机制与查询扩展技术,例如用户咨询“报停流程”时,系统自动生成“报停条件”“所需材料”“办理时限”“线上办理入口”等关联子问题,实现多路并行检索,避免知识遗漏。同时,建立知识库动态更新机制,每周同步新增工单中的典型问题与处置方案^[4],每月联合供热专家开展知识校验,确保知识库时效性与准确性。

2.2 多模态数据治理与融合技术

2.2.1 异构数据集成技术

基于CDC技术实现业务系统数据的实时同步,支持秒级数据更新,保障工单处理、客服交互等实时业务的数据时效性。针对非结构化数据(如话务录音、巡检图片),依托虚拟表技术将Hdfs、Kafka等数据源映射为结构化表,实现非结构化数据的统一管理。此外,建立数据血缘追踪机制,清晰展示数据流转路径,保障数据可追溯。

2.2.2 数据质量保障技术

构建“稽核-告警-整改”的全流程数据质量保障体系。预设唯一性、空值校验、重复值校验等10余种质量指标,根据质量大盘实时监控数据质量状况;针对异常数据触发分级告警,支持邮件、短信等多渠道通知;建立数据质量整改闭环,跟踪整改进度并记录整改结果,确保数据质量持续提升。采用该技术之后,用户基础数据准确率和工单数据一致性均得到提升。

2.3 智能调度与服务优化技术

2.3.1 工单智能调度算法

基于多目标优化理论,构建融合“技能匹配度、区

域距离、工作负荷”的派单算法。将维修人员技能划分为管道维修、电气检修、换热站调试、温控阀校准等8类标签,通过余弦相似度计算技能匹配度,匹配误差率 $\leq 5\%$;结合GIS地图实时路况数据,计算维修人员与故障地点的最短路径;基于历史工单处理时长、当前未办结工单数量构建工作负荷评估模型,动态调整派单权重,避免人员过载。

考虑到供热系统“热源-管网-换热站-用户”全链条的惯性与滞后性,算法新增热负荷关联因子,结合实时气象数据、换热站运行参数、用户室温反馈,预判故障影响范围与处置难度,比如低温天气下的温度不达标工单,自动增加处置人员配置优先级,确保处置效率。

2.3.2 多模态智能质检技术

整合语音、文本等多模态数据,构建覆盖客服通话与工单的全量质检模型。语音质检模型实现情绪波动检测、服务话术流畅性、敏感词识别等功能;工单质检模型针对填单准确性、内容合规性、错别字等进行校验。采用大模型对质检结果进行深度分析,自动归纳高频问题与服务短板^[5],输出优化建议,使质检覆盖率从传统的30%提升至100%,人工质检成本降低60%。

3 应用实践与效果

3.1 项目实施概况

该数智化运营模式在石家庄华电供热集团全面落地,覆盖1.01亿m²供热面积、300万服务人口,接入852公里一次管网的运营数据。项目部署超融合服务器、算力服务器、高性能分析服务器等国产化硬件设备,搭载自主研发的数智化运营系统,实现与现有收费系统、稽查系统、客服系统的无缝对接,保障业务连续性。

3.2 关键指标提升效果

3.2.1 运营效率提升

数智化运营后,工单处理效率显著提升:智能填单功能使工单录入时间从平均5min缩短至1min,填单错误率从15%降至2%;智能派单算法减少30%的重复派单,工单平均办结时长从4h压缩至2.4h;AI机器人自主处理话务量占比达22%,日均处理话务196通,有效缓解了人工坐席压力。

3.2.2 服务质量优化

在运营效率得到提升的同时,客户满意度也获得大幅提升:通过7×24h智能客服、100%工单回访等功能,客户满意度从82%提升至90%;二次投诉率从12%降至3.5%;业务线上办理率达85%,实现“零跑腿”服务,用户办理业务平均时长从30min缩短至5min。

3.2.3 管理水平升级

最后,数据驱动决策能力也得到增强。统一报表平台支持 40 余种报表的分钟级生成,决策响应时间从 3d 缩短至 4h; 利用热点分析功能精准识别重点服务小区与高频诉求,使资源投入效率提升 25%; 全量质检实现服务问题早发现、早整改,服务合规率达 99.8%。

3.3 技术创新价值

该项目的成功实施验证了大模型在供热行业的适配性与有效性,其技术创新价值主要体现在三个方面:一是构建了全栈国产化的数智化基座,保障系统自主可控;二是形成了“数据-模型-应用”的闭环体系,实现了技术与业务的深度融合;三是研发了一系列行业专属算法,解决了供热场景特殊痛点。项目相关技术已形成多项知识产权,为供热行业数智化转型提供了可复制的技术方案。

4 结束语

综上所述,本文提出的大模型赋能供热系统数智化运营模式,有效解决了传统供热运营中的效率低、服务差、管理难等痛点,可显著提升运营效率、服务质量与管理水平,为民生服务类基础设施的数智化升级提供了实践范例。未来应推进模型持续迭代,结合更多供热场景数据训练行

业大模型,提升复杂业务的处理能力;也可以整合物联网、区块链等技术,实现设备状态实时监控、热费结算透明化等新功能。不过,任何技术都是一把双刃剑。一定要密切关注数据安全与隐私保护,持续完善等保二级合规体系,确保数智化转型安全可控。

[参考文献]

- [1] 唐勇. AI 大模型赋能制造业全链路数智化转型[J]. 信息工程, 2025(5):79-82.
- [2] 集中供热议题监督小组. 科技赋能集中供热[J]. 北京观察, 2023(10):38-39.
- [3] 宋美元. 智慧供热技术的应用与思考[J]. 信息技术时代, 2025(7):15.
- [4] 张航, 龚征旗. 数智化转型赋能企业可持续发展——兼论企业韧性的作用[J]. 工信财经科技, 2025(1):41-57.
- [5] 宋慧欣. 能源行业数智化转型正当时[J]. 自动化博览, 2023, 40(9):100-103.

作者简介: 姚玄 (1972.8—), 男, 河北经贸大学, 国际经济与贸易, 石家庄华电供热集团有限公司, 副总经济师, 高级工程师。