

投诉数据驱动的热网调控策略优化

吴东俊

北京市热力集团有限责任公司，北京市，100028；

摘要：本文根据供热系统运行中累积起来的用户投诉数据，提出以问题为导向的热网智能调控优化方法。挖掘投诉信息中时空分布规律、问题类型特征、严重程度等关键信息，找到供热系统运行瓶颈、薄弱环节。建立投诉数据同管网运行参数的动态关联模型，创建起依靠实时反馈的调控参数自适应修正机制。实际使用表明，可以有效地找到管网水力失调的地段，大大改善供热服务的质量，减少用户的投诉。研究成果给城市集中供热系统精细化管理、智能化升级赋予了切实可行的技术方案，对于推进供热行业由经验驱动向数据驱动转变有着重要的实践意义。

关键词：供热投诉；热网调控；数据驱动；运行优化

DOI：10.64216/3080-1508.26.02.082

城市集中供热属于我国北方地区冬季重要的基础民生服务，它的运行状况好坏直接关系到广大人民群众的生活品质和社会满意度。目前大多数供热企业热网调节仍采用传统的依靠人工经验判断、定期巡检的方式，该模式对于用户的实际感受存在明显的滞后性，不能满足现代城市对供热服务质量不断改善的要求。用户投诉数据属于供热服务质量的直接体现，其中蕴含着诸多系统运行状况的信息以及用户需求的特征，是改进供热调控策略的宝贵资源。怎样把分散的投诉信息转变成系统的调控依据，创建起快速反应，精确调节的热网运行体系，已经成为供热企业改进运营效率和服务水平的重要突破口。本文从分析投诉数据的价值特征出发，建立起一个数据驱动的智能控制体系，给供热系统的精细化管理带来一种新的思路和方法。

1 投诉数据特征与价值分析

1.1 投诉数据的构成要素

供热投诉数据有时间、空间、问题分类、严重等级等主要属性。时间信息记录投诉发生的时间段以及持续时间，可以发现供热问题的周期性规律。空间数据包含换热站管辖范围、具体的楼栋和单元信息，给管网故障定位提供地理参考。问题类型包含温度异常、设备故障等各方面内容，直接体现系统运行的不足之处。根据影响范围、紧急程度来分级，以这个分级作为依据来确定处理优先次序。多元化的投诉渠道形成起完整的收集信息的网络，保证问题及时被发现并作出回应，给供热系统的改进提供数据支持^[1]。

1.2 投诉数据与运行工况的关联性

投诉数据和热网运行参数存在明显相关性，可以利

用数据分析建立对应模型。区域投诉集中一般伴随着供回水参数异常或者流量分配不均。供热初期的投诉主要是由于系统排气、阀门调节等问题造成的，中期由于水力失调而产生。通过历史数据进行分析可以找到关键参数阈值，建立起预警机制。不同的建筑特性用户对供热响应的差异表现在投诉数据上，给差异化调控提供依据。在处理的过程中积累起来的反馈信息可以组成一个经验库，用来支持运行策略的不断改进，提高系统的调节精度和效率。

1.3 数据质量控制方法

保证投诉数据质量要建立系统的控制流程。制定标准化的录入规范，统一分类和描述的标准，减少人为的误差。识别重复投诉，避免数据重复。建立校验机制审核异常记录，去掉无效信息。定时清洗数据，修正偏差，补充缺失。推进与地理信息系统对接，做到空间准确定位。经过全流程的质量把控，保证数据可以真实地反映系统的状况，给管理决策给予可信的依循，助力供热系统安全稳定地运转。

2 基于投诉数据的问题识别机制

2.1 投诉热点区域识别技术

采用空间聚类的方法对投诉数据的空间分布进行分析，找到高投诉密度区。单位面积投诉频次时空阈值统计，问题聚集区热力图。高投诉密度一般代表有系统的供热缺陷，应该优先介入调查。对比不同时段热力图可以追踪问题变化趋势，评价调控效果。将投诉热点与管网拓扑叠加，就可以判断出问题产生的原因是热源不足、主干管输配受限、末端分配失调^[2]。结合换热站运行参数，进一步判断是否由于处于管网末端、设备老

化等原因造成供热不均，以实现精准定位、定向调控。

2.2 投诉类型与系统故障的对应关系

建立投诉类型和系统故障的对应关系，可以找到问题的根本所在。室温低多与热源出力不足、流量小、保温失效有关，局部过热多因阀门故障或水力失调造成热量过供，暖气不热多因气堵、堵塞、阀门未开，漏水直接指向管道破损或设备老化。总结历史投诉形成故障诊断知识库，用运行参数异常特征交叉验证，提高诊断准确性，指导现场人员快速响应，大大缩短故障处置时间。

2.3 投诉时序特征挖掘

对投诉数据进行时间序列分析，能发现供热系统运行的周期规律以及突发事件的特点。供暖初期投诉增多通常是由于系统调试不充分造成的，中期的波动一般是由外部温度变化和负荷调节引起的，末期主要是设备的老化和问题累积所导致。早晚双峰分布与用户在家时段一致，周末投诉量上升反映出居家时间延长后对供热敏感度增加。极端天气下投诉激增暴露系统抗扰能力欠缺。经过识别出这些时序模式之后，就可以预估高发时间段并加以预防性调节，进而优化系统的适应力和服务品质。

3 投诉驱动的调控策略构建

3.1 分区差异化调控方法

按照投诉分布特点实行分区调控，根据不同区域的供热需求来确定不同的参数。投诉率高的区域适当提高供水温度或增大流量，改善供热强度。投诉少并且存在过热反馈的区域，减少供热参数，防止能源浪费。对建筑保温性能差、热负荷大的老旧小区，设置较高的供热标准。对于新建的节能建筑，其所需的供热参数较低。通过换热站二次网的独立调节来实现各个辖区的精细化管理。根据各换热站投诉反馈调整主干管网流量分配，调节管网水力工况。分区调控既要考虑整体平衡，也要考虑局部优化，不能解决一处问题而引发其他区域的新问题，通过不断调整达到全网协调运行。

3.2 动态参数修正机制

创建起投诉反馈同调控参数的动态响应联系，从而达成对运行参数的及时调整。以投诉量的阈值作为控制触发条件，当某个区域投诉量达到一定的数值时，就执行参数调节程序。根据投诉类型来确定调整的方向，温度不足类投诉触发升温指令，过热类投诉触发降温指令。调整幅度参照历史经验数据库，根据当前气象条件、建筑特性等各方面因素来计算。参数调整之后继续观察此

区域的投诉变化情况并作出评价。投诉量下降到正常水平就固化调整参数，效果不明显就加大调整幅度或者转入现场排查流程。动态修正机制把问题的响应周期变短，由过去的处理变成现在的控制，供热服务更主动灵活。

3.3 多目标协同优化策略

供热调控要用户满意度、能源消耗、系统安全等众多目标之间求得协调。以投诉最少为最终目的，热耗指标和设备运行稳定并重。建立多目标优化模型，设定各个目标的权重系数，求解帕累托最优解集。在满足用户基本需求的基础上，寻找能耗最低的运行方案。避免盲目提高供热参数造成的能源浪费，用精准的调控来达到节能和服务质量的双赢。考虑到设备的承载能力限制，防止过度调节造成设备超负荷运行以及安全隐患。根据气象预报信息综合考虑，提前对供热曲线进行调整，减少滞后调整造成的投诉波动。多目标协同优化体现出系统思维，促使供热管理由单一指标追求转变为综合效益的提高^[3]。

4 投诉数据驱动的智能调控系统

4.1 数据采集与处理平台架构

建立集成的数据采集平台，把投诉信息、运行参数、气象数据等统一收集起来。投诉端采用热线、APP、微信等多种渠道接入，并且会自动录入到系统数据库当中。SCADA系统实时采集换热站供回水温度、压力、流量等运行参数。气象站接口获得室外温度、风速、湿度等环境信息。数据处理层做异构数据的格式转换、时间对齐、空间匹配，建立统一的数据模型。清洗模块通过过滤、补全缺失值等方式来保证数据质量。数据仓库按主题存放历史数据，可以做许多查询和分析。计算引擎包括数据挖掘、统计分析、模型训练等模块，为上层应用提供决策支持。平台为分布式架构，可以处理海量数据、高并发响应。

4.2 智能诊断与决策支持功能

智能诊断模块依靠机器学习算法，自动识别投诉数据中出现的异常模式。利用训练分类模型实现投诉类型的自动标注和问题严重程度的评价。聚类算法找出隐藏的投诉关联关系，找出共性问题和特殊情况。关联规则挖掘发现投诉和运行参数的因果关系，形成故障诊断规则库。根据诊断结果来给出调整的方案。方案库里面有标准调控流程和参数的推荐值，依照当下工况实施个性化调整。对不同的方案的预期效果进行评价，计算投诉下降率、能耗变化量等指标，为调度人员决策提供依据。对复杂问题系统给出多个备选方案供人工选择，记

录实际执行的结果来持续优化推荐模型。智能诊断决策支持功能提高问题处理效率，减小人工经验的依赖性，使调控工作趋于标准化、智能化。

4.3 闭环管理与效果评价体系

当用户投诉信息录入系统以后，平台会根据不同的责任部门生成工单并派发给相关部门，同时设置处理时限并且实时跟踪进度。现场工作人员用移动终端实时上传处理方法和维修结果，系统会同时记录相关的调控参数的调整情况。工单处理完毕之后客服人员会回访用户，搜集满意度评价来评判问题是否得到完全解决。创建以投诉重复发生率为标准，包含平均处理时间、用户满意度评分等多维的绩效评价指标体系，用以客观地衡量调控工作实际成效。通过对投诉驱动调控策略实施前后关键数据的差异，可以科学地验证该种管理方法的有效性。定时形成分析报告，总结典型事例，提炼优良做法，不断改良调控策略库。

5 实践应用与效果分析

5.1 典型案例分析

某供热企业的运营管理过程中发现某个区域的投诉较多，经由投诉数据进行问题定位分析。该区域的投诉主要是高层用户投诉室温不够高。调取运行数据可知，该片区的换热站二次网供水温度正常，但供回水压差偏小，流量不足。现场排查发现该处管网有局部阻力大的情况，部分楼栋的调节阀门开度不足。根据诊断结果制定专项调控方案，增大换热站循环泵频率，增大系统流量，逐栋调节楼栋阀门开度，调节流量。调控实施一周之后，该区域投诉量明显减少，用户满意度明显提高。经由投诉数据加以精确分析，迅速找到系统脆弱之处，实行精准调控，防止盲目加大整体供热参数引发的能源浪费，体现出投诉驱动调控方法的实际意义。

5.2 调控效果量化评估

对投诉驱动调控策略实施前后的数据进行对比分析，量化评价调控效果。从统计分析来看，在实行调控策略之后，供暖期的平均投诉数量显著降低，投诉高峰期的波动情况也得到改善。投诉处理的平均时长缩短，问题解决的比率提高。用户满意度调查结果发现，供热服务满意度评分上升。能耗数据分析可知，在投诉量下降的同时，单位面积热耗也保持不变，部分区域实现了精准调控从而达到节能效果。系统运行稳定性提高、设备故障率下降，非计划性停运事件减少。借助多方面的量化指标来评定，证明投诉驱动调控策略在改进服务质量，改良资源调配，保证系统安全等各方面所取得的总

体效益，给方法的广泛使用赋予数据支撑^[4]。

5.3 持续改进方向

为了使投诉驱动调控方法得以更进一步的应用，必须在各个方面不断加以完善。应该扩展数据采集的维度，将建筑能耗、用户行为等多元化的信息纳入其中，提高分析的全面性。着力提高智能算法的诊断能力，使用深度学习等技术处理复杂工况。健全人机协同决策机制，用自动化判断和人工经验相结合的方式来提高特殊情况下的处理水平。建立调控策略的动态演进机制，依靠年度运行数据不断改进模型。加强同其它城市基础设施系统的数据交流，探讨多能源联合调控。推进用户侧智能化改造，依靠室内温控设备达成精准的需求感知，促使供热服务朝着个性化、精细化的方向发展。

6 结论与展望

6.1 结论

本文建立以用户投诉数据为基础的热网调控优化体系，从运行参数与投诉信息的时空分布特征之间的内在联系入手，建立从问题识别到调控决策的闭环方法。实践证明，该策略可以有效地找出管网水力失调、热力分配不均等系统毛病，做到准确调节、及时应对，大幅度减少用户的投诉率，改善供热服务品质。研究成果为供热系统从经验驱动向数据驱动的智能化转型提供了可行路径，具有重要的工程应用价值。

6.2 展望

未来研究可以将多源数据融合起来，用人工智能和物联网技术来提高系统感知和决策的智能化程度。应强化跨系统协同优化，探究与电力、燃气等能源系统之间的联动调控。推进用户侧精细化监测、个性化服务，达成供热系统自适应优化及节能增效的目的。依靠不断的创新，投诉数据驱动的调控方式将在城市供热系统绿色、高效的运行中发挥更大的作用。

参考文献

- [1] 蔡雨阳, 史时苗, 施莉莉. 数据驱动提升健康城市治理研究 [J]. 中国城镇化研究, 2024, (02): 226-267.
- [2] 贾发现. 数据驱动的间断性服务过程质量动态监测方法研究 [D]. 华北水利水电大学, 2022.
- [3] 马亮. 数据驱动与以民为本的政府绩效管理——基于北京市“接诉即办”的案例研究 [J]. 新视野, 2021, (02): 50-55+120.
- [4] 王美玲. 物联网和大数据驱动下的智慧监管体系建设研究 [J]. 信息系统工程, 2020, (12): 47-48.