

基于5G技术及智能阀的供热系统应用实践

成 曦

中通服咨询设计研究院有限公司 江苏 南京 210019

摘要: 在当今5G高速发展的信息化时代,供热系统的智能化改造是必然趋势。本文以新疆某县城的供热系统改造,利用5G技术和智能阀的结合,介绍供热系统的改造方案。通过对改造小区采暖期的实地调研,论证改造方案的有效性,为相似工程提供参考经验。

关键词: 5G; 低时延; 智能阀; 热量平衡; 节能降碳

引言:新疆冬季漫长,采暖期较长,尤其是北疆地区采暖期约6个月。以往热力公司都使用静态平衡阀,调节水流的大小,进而实现二次管网中的水力趋向平衡。这样不但造成部分区域水力调节失衡,也造成实际效果和设计预想情况差距很大。因此,普遍采用“大流量、小温差”^[1]的办法,扩大二次热网的管径,提高循环泵的水流量,并在系统末端加装加压泵,从而保证末端用户的供热需求。但是牺牲了供热效率,导致电能和热能的大量浪费。在国家“双碳”战略的大背景下,作为能耗大户的供热系统如何实现水力调节的智能化和敏捷化,实现节能降碳,势在必行。本文在该县城供热现状及特点深入调研的基础上,结合智能阀控制技术及5G通信技术,开展5G智能供热一体化应用,实现节能效果。

1 供热系统存在的问题

新疆某县城年平均气温为5.3℃,年平均风速为3.6米/秒。采用集中供热形式,由于二次管网存在水力失调,即流量不能按照热力负荷的需求合理分配,造成靠近换热站的近端用户流量大,室温高,远端用户流量小,热量低的情况。为了解决这种冷热不均的问题,通过配置智能阀,以楼栋或单元为单位调节整条管网的水流量,达到热量平衡的效果。智能阀的优势是通过监控中心的远程控制就能实现这一目标。总体的目标方向即是,基于集中式的控制管理,实现供热的智能化运行。实时进行整网运行监控,通过智能分析、节能运行,确保供热安全。

2 智能化控制方案

基于智慧热网平台的二网楼栋智能阀系统,满足调节管控、室温远程监测、消除水力失调等针对性创新设计的智能管控系统。实现“实时调节水力平衡,温度自主调控,供热采集数据远传,远程设定温度上限”,并构建“智慧热网”数据信息系统和智能调控系统。采用二网楼栋智能阀系统的技术方案,实施的具体内容包括:

①每个楼栋或单元入口安装楼栋智能阀,可进行楼

栋/单元的水力调节,带回水温度传感器,能够采集楼栋回水温度。②在低、中、高楼层的用户家中,安装室温采集器,及时获得采暖用户的室内温度数据。③在楼栋统一安装信息采集集中器,经过数据远传集抄,下发控制命令。④在热力公司数据管理中心安装上位机管理软件,并建立数据远传系统,实现远传集抄及远程控制功能。

分户安装的室温采集装置能够测量热用户的室内采暖温度并能够通过采集集中器上传到数据管理中心,热力公司管理人员可实时了解和查询热用户的采暖状态,上传频率数据中心可设置,并且数据中心可查阅各热用户的室温历史记录。

各楼栋安装的智能阀,能够通过监控中心的计算机远程控制阀门的开度,同时采集楼栋回水温度。数据中心管理软件具有智能分析、故障排查、远程管理等功能,便于供热管理,并能够实现对用户室温的采集、控制,实现对采暖状态的实时监控。

2.1 智能阀设计

供热系统通过二次管网中的水流循环,完成热量的传递。热力管网将热水送到千家万户,有公共建筑或居民住宅,各个热用户的使用需求也会有所不同,需要的热量也不尽相同。另外,不同用户距离热源的距离不同,每一段落的管径大小不同,会产生水力调节不平衡的问题,造成一部分的采暖用户,管网中的实际流量与设计要求流量出现偏差。为了解决复杂的供热网管系统的热量平衡问题,从而设计智能阀门,克服目前供热领域中普遍存在的水力失调问题。每个智能阀门均可独立调节控制,并不会对其他阀门产生影响。每个阀门都可以按照热用户的需求,匹配适当的热量到用户,通过整个管网的热量平衡达到节能的目的。保证各管路的热流量按照用户需求合理分配后,为进一步提升节能效果,彻底摆脱传统的顶压供水变频技术。经过升入考量,还增加了智能变频技术,使得水泵的频率与管路的

阻力协同变化。与此同时还结合了物联网和EAOC（能效分析与运行优化控制）技术，通过二者的结合，把每个智能阀门点位变成一个通用的物联网结点。通过阀门控制可实时采集消耗的能量数据以及管道内的流动数据并发送到控制中心，协助管理人员分析供热系统的节能量，从而对系统进行再优化。

智能控制调节阀的结构设计思路采用O型球阀+异形配流盘。O型球阀阀体内部安装有中间通孔的球体，球体上开有一个直径与管道直径相等的通孔，全开时为无阻阀，流通能力大，流体进入阀门没有方向性^[2]。球体可在密封座中，旋转，在管路方向两侧各有一个环状的弹性体来实现密封（或者接触面打磨密封）。通过旋转球体90°，即可改变通孔的方向，从而实现球阀的开关。

O型球阀的基础上增加了一个具有一定形状的挡片即带挡片O型球阀。由于挡片的存在使此类电动球阀的调节性能趋于线性，调节性能提高，但是由于此挡片的存在减小了阀门全开时的流通面积，对阀门的流量有所影响。

2.2 建设智慧供热监管服务平台

部署企业级智慧供热监控平台后通过基于大数据分析的全网优化控制策略形成热源与热网联动的智能调控系统通过反馈控制，形成从热用户、二网、热力站、一次网、热源的反向调节控制过程，以用户室温监测为基础的采暖需求达标分析，自动反馈调控，精准供热，节能降耗。既不欠供、也不超供、按需供热、反馈控制。从而达到热源节能的目的。

（1）以热用户的室温为目标的热力站自动运行策略。公共建筑和居民住宅，由于滞后特性及室温变化规律不同，它的采暖峰值存在差异，因此换热站的调节控制和优化手段也会有差异。同时，除了充分考虑考虑室外平均温度的换算外，还应考虑白天黑夜不同时段人体的温度感知差异，室内温度控制目标的要求（恒温、阶段性温度变化）等因素，使用优化回归计算方法，制定系统的闭环控制流程。若要制定准确的换热站优化控制策略参数，应从以下三方面着手。一是以满足预定室内采暖温度为总体目标，二是以室内环境温度达标时的建筑热耗为控制计算目标，三是考虑分时段供水温度的差异性。

（2）以楼栋热力入口的回水温度一致性的二网智能平衡调控策略。依托多年供热管理经验，引入人工智能，借助AI算法，根据室温采集和小区内楼栋回水温度监测，实现一键智能调节远控智能调节阀开度，经过自动调控，实现二网水力与热力平衡目标。

（3）热用户供热效果的可视化展示。各机组下设置典型热用户室内温度的测试点，实现换热站可以按照采

集到的室温为目标进行自动运行调节。不仅实现对供热区域供热效果可视化监管，而且通过对典型热用户的室温数据分类统计，可显示室温曲线和图标统计结果。通过室温的离散程度，指导人工调节，使该机组达到水力及热力平衡效果。

2.3 自控系统升级改造

对热力站进行自控升级改造，完善增加热力站智能化设备，根据二网不同流量控制水泵频率变化，节约电耗。

（1）增大管网供回水温差。在整个热力网络的水力调节平衡基础上，对二次管网供回水温差进行调节，逐步提高温差，减小二次侧循环泵流量，使循环泵工作频率降低来实现所有热力站系统节电。

（2）分时间段启停。企业级智慧供热监控平台中，可以批量设置循环泵分时启动功能，在采暖初末期，室外温度回升，白天由于太阳辐射等气候条件因素室内温度在某些时间段满足采暖需求，根据建筑物的保温性能，对循环泵进行分时启停控制，不仅减少了开窗散热的热能浪费的情况，更达到了循环泵的节电目的。

2.4 5G通信技术应用

5G作为第五代通信技术，与4G网络相比，主要有三大应用场景：高可靠性和低时延业务（URLLC）、大规模物联网业务（mMTC）、大流量移动宽带业务（eMBB）^[3]。在工业自动化、远程医疗、远程教育都有广泛的应用。本文研究如何利用5G技术和智能阀技术相结合，调节二次管网热量的平衡，从而达到节约能耗的作用。

应用的室温采集装置，数据传输方式均采用5G网络。产品型号分为插座型、开关型两个系列，标准86盒安装，针对用户已有的插座安装，可以直接进行替代，简单方便、适用性强。

分楼栋安装的采集集中器通过M-BUS总线与各楼栋安装的智能阀建立通讯连接，并通过5G无线网络向上位机传输数据，实现各户耗热量实时抄录功能。并且在采集集中器本地存储历史纪录。楼栋智能阀单独安装应用时，采用5G网络进行数据远传，无需经过采集集中器，直接上传至数据中心管理软件。

3 应用效果

3.1 能耗分析

目前全县共有1个供热公司，热源位于供热公司内，负责全县40个小区，共计601栋楼的集中供热，全县范围共有换热站31个，其中包括新区11个换热站（11个站都在北区），其中9个站已在用，2个站未建好；老城区共计20个换热站投入使用，其中老城区南部共有14个，北区共有6个。

本次调研城南某老旧小区改造前后的数据, 进行统计分析, 详见能耗数据分析统计表。

表1 能耗数据分析统计表

| 指标项 | 2021年调研数据 | 2022年调研数据 |
|------------------------|-----------|-----------|
| 供热面积 (m ²) | 14503.65 | 14967.19 |
| 供热覆盖率 (%) | 71.68 | 73.90 |
| 采暖期室外温度 (°C) | -3.75 | -5.92 |
| 采暖期室内温度 (°C) | 23.28 | 22.59 |
| 耗热量(GJ) | 5732 | 4631 |
| 用电量 (kWh) | 21260 | 18177 |
| 用水量 (吨) | 722 | 483 |

$$Q_{2022}' = \frac{Q_{2022}}{Q_{2021}} \times Q_{2021} = \frac{\alpha FK[22.59 - (-5.92)]}{\alpha FK[23.28 - (-3.75)]} \times 5732 = 6045.99 \text{GJ} \quad (3)$$

因此, 同等条件下2022年采暖期开启智能阀后的耗热量差为:

$$\Delta Q = Q_{2022}' - Q_{2022} = 6045.99 - 4631 = 1414.99 \text{GJ} \quad (4)$$

小区的热能节约率为:

$$\eta_q = \frac{\Delta Q}{Q_{2022}'} = \frac{1414.99}{6045.99} = 23.4\% \quad (5)$$

b. 节电率

$$\eta_e = \frac{e_{w,z} - e_{t,z}}{e_{w,z}} \times 100\% = \frac{1.47 - 1.21}{1.47} \times 100\% = 17.69\% \quad (6)$$

式中: η_e 表示节电率; $e_{w,z}$ 未开启智能阀时的耗电量指标, kWh/(m²·a); 开启智能阀后的耗电量指标, kWh/(m²·a)。

c. 节水率

$$\eta_h = \frac{h_{w,z} - h_{t,z}}{h_{w,z}} \times 100\% = \frac{0.04976 - 0.0323}{0.04976} \times 100\% = 35\% \quad (7)$$

式中: η_h 表示节水率; 未开启智能阀时的耗电量指标, t/(m²·a); 开启智能阀后的耗电量指标, t/(m²·a)。

根据热源运行手抄记录数据分析热源的调控情况, 热源出口供回为0.48/0.31Mpa, 整个采暖季整网循环流量在1300m³/h~1600m³/h之间。二次网智能阀改造后, 小区的供热效果提升明显, 各项指标均得到优化, 节热率达到23.4%, 节电率约为17.69%, 节水率约为35%。由于不再需要大流量的方式解决热力失衡问题, 因此管路的压力减小, 安全性获得提升, 后期的维护减少。

3.2 经济效益分析

根据当地的热量价格45元/GJ, 电价0.49元/kWh, 工

为了对比智能阀的改造效果, 我们通过节热率、节电率、节水率^[4]三个指标进行分析。

a. 节热率

$$Q = \alpha FK(t_n - t_{w,n}) \quad (1)$$

式中: α 维护结构温差修正系数, 取1; F围护结构的面积, m²; K围护结构平均传热系数, GJ/(m²·°C); t_n 采暖期室内温度, °C; $t_{w,n}$ 采暖期室外温度, °C。

小区2021年采暖期的耗热量为:

$$Q_{2021} = \alpha FK[23.28 - (-3.75)] = 5732 \text{GJ} \quad (2)$$

未开启智能阀时, 原系统在2022年采暖期的耗热量为:

业用水价格1.5元/t, 计算各项费用。

a. 节热年收益

$$M = \Delta Q \times 45 = 1414.99 \times 45 = 63674.55 \text{元}; \quad (8)$$

b. 节电年收益

$$N = (e_{w,z} - e_{t,z}) \times 14967.19 \times 0.49 = 1843.42 \text{元}; \quad (9)$$

c. 节水年收益

$$O = (h_{w,z} - h_{t,z}) \times 14967.19 \times 1.5 = 392.00 \text{元}。 \quad (10)$$

该小区供热系统智能化改造后, 所产生的节热、节电、节水收益达到65909.97元/年。

结束语

实践证明, 利用5G网络低时延、高可靠的优势技术, 及时采集供热用户的室内温度, 对当前的系统运行进行判断分析, 通过远程调节智能阀门, 实现二网的智能平衡, 提供用户的供热质量。达到节约热量、水量、电量的目的。同时还提高了经济效益, 节约了投资, 助力国家“双碳”战略^[5], 引领绿色、环保、低碳的生活方式。

参考文献

- [1]李利新.供热系统智能控制节能改造技术应用[J].山西大同大学学报:自然科学版,2011,27(4):72-75.
- [2]张明,陈飞,郝小霖.基于楼栋智能阀的二次网平衡系统应用案例分析[J].区域供热,2022(2):62-66.
- [3]刘霞,姜元山,张光伟.5G和物联网技术应用发展综述[J].物联网技术,2022,12(5):60-61.
- [4]齐先博.一种基于智慧供热框架下的二次网智能控制调节阀[J].智能建筑与智慧城市,2020(2):64-66.
- [5]许洪,康志勇,林武隽,张渊.北京电信数据中心暖通节能技术和应用[J].长江信息通信,2022,35(4):189-192.