

分布式供热热控系统的构建与运行策略

曹永景

大唐鲁北发电有限责任公司, 山东滨州, 251900;

摘要: 分布式供热热控系统的构建是提高供热效率、优化能源配置的核心支撑, 它的构建和运行质量直接决定供热服务的稳定性和经济性。本文以分布式供热热控系统的核心构建逻辑和高效运行目标为依托, 从系统架构设计、感知网络搭建、控制模块部署三个方面论述构建要点, 结合负荷预测驱动、全网平衡调控、安全防护保障三大运行方向制定策略。通过物联网、人工智能等技术同热控逻辑深度融合的途径, 使系统对供热需求做出准确的反应, 并且达到高效利用能源的目的, 给分布式供热系统的智能化升级提供理论及实践上的借鉴。

关键词: 分布式; 供热热控系统; 运行策略

DOI: 10.69979/3060-8767.26.04.018

引言

在能源转型、智能化发展的大背景下, 由于分布式供热模式具有能源适配性好、供热范围灵活等特点, 因此成为供热领域的重要发展方向。热控系统是分布式供热的“神经中枢”, 起着参数监测、指令调度、工况优化的作用, 合理构建并科学运行热控系统, 可以解决传统供热供需失衡、能效低下的问题。本文主要研究分布式供热热控系统的关键要素与运行优化方法, 对热控系统搭建的结构、模块之间的协同配合、控制策略的实施等内部逻辑进行梳理, 力求形成符合分布式供热特征的热控系统架构和运行方案, 提高供热系统的智能化程度以及持久运行的能力。

1 分布式供热热控系统的构建基础与核心架构设计

1.1 构建基础的核心要素梳理

分布式供热热控系统创建要以供热场景的差异需求为出发点, 把热源特性、管网布局、用户分布等基础要素融合起来, 形成具有较强适应性的构建框架。热源端能量输出特性决定热控系统调节阈值和响应速度, 根据分布式热源分散性特点确定热量采集和传输的控制标准; 管网拓扑结构影响热控信号的传输路径和调控效率, 根据管网分支分布规律来规划控制节点布设密度; 用户端用热需求差异需要热控系统分层调控, 分析各个区域、不同类型用户的用热特征来设定个性化的控制目标^[1]。这些基础要素的有机整合, 给热控系统架构设计和模块部署赋予了关键依照, 保证系统创建同分布式供热的运行机理高度契合。

1.2 核心架构的分层设计逻辑

分布式供热热控系统采用的是“云端调度、边缘控

制、现场执行”的三层架构设计, 从而达到全局统筹和局部响应全链条的调控。云端调度层具有全局决策的作用, 它把大数据分析以及 AI 算法模块融合起来, 从而完成供热负荷预测、运行工况优化、跨区域调度协调等主要任务, 而且创建起可视化监控平台, 从而达成对系统运行状况的实时掌控, 边缘控制层担当着云端和现场之间的枢纽角色, 它接收云端发出的指令, 然后把这些指令转变成局部的控制策略, 对单个换热站, 管网分支等局部单元实施精确的调控, 以此减轻云端的计算负担和信号传输的延迟, 现场执行层是由各种执行设备和感知终端构成的, 它承担着对温度, 压力等参数的实时采集以及阀门开度, 泵组频率的精确调节, 从而形成一个“感知-决策-执行”的闭环控制链路。三层架构依靠数据交互协议的标准化设计, 达成各个层级之间的协同联动, 保证系统调控指令可以快速准确地执行^[2]。

2 分布式供热热控系统的感知网络与控制模块构建

2.1 感知网络的精准搭建路径

感知网络是分布式供热热控系统实现精准调控的基础支撑, 它的建立要以全参数覆盖、全区域延伸为目标, 根据分布式供热的分散性来规划感知节点的布置和网络的构建。在热源端、管网关键节点、用户入户端等关键部位, 根据不同的工况布设高精度传感设备, 热源出口及各级换热站安装耐高温高压管段式超声波流量计, 配合高精度温度、压力传感器, 实现供回水流量、温度、管网压力等主要参数的 7×24 小时不间断采集, 准确捕捉热量输送过程中细微的变化, 在用户入户端安装室温采集终端, 实时反馈室内热环境状态^[3]。对于偏远地区或者复杂管网路段, 采用无线传感技术克服地理条件的限制, 采用工业级 LoRa 无线模块配合特制温度

胶囊传感器,将温度胶囊传感器放置于管网补偿器、阀门井等重要隐蔽处,不需要大面积开挖即可完成监测布置,利用分布式光纤传感系统对长输管线的振动、温度异常进行监测,形成全方位的感知末梢网络。感知网络采取的是有线和无线混合组网的方式,核心区域利用光纤网络搭建骨干传输链路,保证大量的感知数据传输稳定且延迟低,边缘区域依靠工业级无线路由器搭建VPN加密数据传输隧道,达成感知数据和控制指令的双向安全传输,抵御外部干扰。为了提高网络的可靠性,采用感知节点冗余布置的方式形成多条数据采集链路,依靠动态拓扑优化算法,实时改变网络节点的通信路径,当某个节点出现故障的时候,自动切换到备用链路,保证复杂供热工况下感知网络的连续运行,给热控系统精准决策提供全面、可靠的数据支持^[4]。

2.2 控制模块的协同部署方案

控制模块的布置要遵照“功能细分,协同联动”的准则,依照分布式供热的运行需求来划分核心控制单元并达成有机整合,塑造起覆盖热源,管网,用户全部环节的调控体系。核心控制单元分为热源调节模块、管网平衡模块、用户温控模块三大部分,热源调节模块将负荷预测数据与热源输出特性相结合,采用PLC+变频器的PID闭环控制方式,实时调节锅炉燃烧效率或者热泵运行频率,使热源供热量动态精细化调节,保证热源输出与实时供热需求动态匹配,避免能源浪费;管网平衡模块根据感知网络传输的各分支管网流量、压力数据,建立水力工况分析模型,准确识别管网失衡节点及失衡程度,通过控制电动动态平衡阀的开度实现流量的自适应分配,同时针对长距离输送管网的降温问题,联动热力站二次侧调节单元进行补温调控,从根本上解决局部区域过热或欠热的失衡难题;用户温控模块依靠分户计量和室温反馈数据,采用通断时间面积法或者变频调控技术,实现分户或者分区的精准温控,用户可以利用线控器自主设定温度阈值,系统根据设定需求自动切换运行模式,兼顾用热舒适度和节能目标。各个控制模块都装有嵌入式PLC控制器作为本地控制核心,具有独立的工况判断和调控执行能力,在网络中断等极端情况下可以保持基础运行,同时通过标准化工业通信协议接入边缘控制层,接受全局调度指令的统一协调,形成“本地自主响应+全局协同优化”的双级控制模式^[5]。为了保证协同效率,创建模块之间数据交互共享机制,热源调节模块的输出参数实时同步到管网平衡模块上作为调节依据,用户温控模块的需求反馈又反过来修正热源调节策略,使各个模块之间可以动态联动,保证系统在复杂供热工况下稳定高效地运行。

3 分布式供热热控系统的负荷预测驱动运行策略

3.1 负荷预测模型的构建与应用

负荷预测是分布式供热热控系统高效运行的前提,核心就是建立融合多影响因素的预测模型,实现对供热负荷的准确预判。预测模型以历史用热数据为依托,把室外气象参数、用户用热特征、建筑围护结构特性等各方面的影响因素融合起来,用深度学习算法训练出动态预测模型。在模型应用时,对室外温度、风速、日照等气象数据实施实时采集,并且将用户用热行为的实时监测结果融合进去,进而对预测模型展开动态修正,从而改善负荷预测的精确度。依据负荷预测结果,热控系统提前调整热源输出、管网流量等运行参数,实现供热资源的前瞻性配置,避免因为供热滞后造成的能源浪费或者用热不足的问题,为系统的节能运行打下基础^[6]。

3.2 预测驱动的分级调控逻辑

根据负荷预测结果来创建分级控制逻辑,让热控系统对不同的负荷工况做出准确的反应。根据供热负荷把供热负荷分为基础负荷、波动负荷、峰值负荷三类,针对不同的负荷等级采用不同的调控策略,在基础负荷阶段使用稳态调节模式,保持热源输出与管网运行处于稳定状态,满足基本用热需求,在波动负荷阶段使用动态调节模式,根据负荷波动幅度及时改变热源输出功率和管网阀门开度,迅速适应负荷变化,在峰值负荷阶段使用协同调节模式,整合各个分布式热源的输出能力,优化管网流量分配路径,保证峰值负荷下的供热稳定性。分级调控逻辑依靠云端调度层统一决策、边缘控制层实时执行,把负荷预测结果同系统运行融合起来,从而改善系统对负荷变化的反应速度和匹配程度。

4 分布式供热热控系统的全网平衡与安全保障运行策略

4.1 全网平衡的动态调控路径

全网平衡调控是提高分布式供热热控系统运行效率的重要环节,主要就是通过动态调节来实现供热系统各个区域、各个环节的热力、水力平衡。根据感知网络所采集到的管网各个分支的流量、压力、温度等参数来建立全网平衡分析模型,实时发现管网中存在失衡的节点以及失衡的程度。针对近端用户与远端用户之间水力失衡问题,利用动态平衡阀的精确调节改善管网流量分配,保证各个区域用户供热量的均衡,根据用户端室温监测数据,对管网末端用户的供热参数进行有针对性的调整,解决局部区域冷热不均问题^[7]。建立全网平衡的动态反馈机制,把调控效果实时反馈给控制模块,通过

持续优化调节参数来维持全网平衡状态,提高系统的供热效率。

4.2 全流程安全保障体系构建

安全保障体系要覆盖系统运行的全过程,从数据安全、设备安全、工况安全三个方面制定保障策略,保证分布式供热热控系统的稳定可靠运行。数据安全方面,采用数据加密传输技术来保证感知数据和控制指令的安全传输,通过IP和MAC地址绑定、接口权限管控等方式防止非法数据接入,保证系统数据的完整性和安全性,设备安全方面,部署设备状态监测模块实时监测传感器、阀门、泵组等主要设备的运行状态,建立故障预警机制,对设备异常状态及时发出报警并触发应急调控指令,防止设备故障造成系统停运,工况安全方面,设置供热参数的安全阈值范围,当系统运行参数超出阈值时,自动启动应急调节程序,通过热源降载、管网泄压等方式恢复系统正常工况,建立应急备用机制,保证极端工况下基本的供热需求^[8]。

5 分布式供热热控系统的技术融合与运行优化路径

5.1 前沿技术的融合应用模式

推动物联网、人工智能、数字孪生等前沿技术同分布式供热热控系统深度融合,创建智能化、精细化的运行模式。物联网技术给系统提供全流程的感知和传输支持,实现供热参数的实时采集以及设备的远程控制;人工智能技术通过优化预测模型和调控算法,提高系统的决策精度和响应速度,实现从经验调控到智能调控的转变;数字孪生技术通过建立热控系统的虚拟映射模型,对系统运行工况进行模拟分析,对调控方案进行预演验证,降低实际调控风险。依靠技术融合来形成“感知-分析-决策-执行-反馈”的全链条智能化运行链路,提高系统的运行效率和自适应能力^[9]。

5.2 全生命周期的运行优化策略

按照系统全生命周期的运行要求,建立“建设、运行、维护”一体化的优化策略,保证分布式供热热控系统的长期高效运行。建设阶段按照构建标准进行架构设计、模块部署,保证系统硬件、软件的匹配性,在运行阶段建立运行数据的常态化分析机制,对系统运行参数、调控效果、能耗数据进行持续分析,优化调控策略、运行参数,在维护阶段制定定期维护计划,对感知节点、控制设备、传输网络等核心组件进行检修、校准,建立系统升级机制,根据技术发展、供热需求变化对系统软件、硬件进行迭代优化。对系统全生命周期的运行进行

优化,从而达到提高系统运行效率、降低系统运行成本的目的^[10]。

6 结语

分布式供热热控系统创建及运行要以供热需求精准响应、能源高效利用为主要目的,依靠科学的架构设计、精准的感知网络搭建、协同的控制模块部署,构建出符合分布式供热特点的系统体系。依靠负荷预测驱动的分级调控、全网平衡的动态调控、全流程的安全保障这三个主要策略,加上前沿技术的融合应用以及全生命周期的运行优化,从而达到系统智能化、精细化运行的目的。本文提出的构建要点与运行策略,给分布式供热热控系统赋予了清晰的实践途径,今后还要继续探究技术融合创新及实际场景适配性方面的问题,不断改善系统的运行稳定性和能效水平,推进分布式供热领域的高质量发展。

参考文献

- [1]本刊.《分布式供冷供热输配技术规程》第三次工作会议召开[J].暖通空调,2022,52(09):128.
- [2]朱应杰,王海超, EsaTeppo, KatjaGranlund, 余力. 分布式蓄热器在供热系统中的应用及容量优化[J]. 制冷与空调(四川),2022,36(04):578-583.
- [3]王东红,张国栋,陈正鹏,张帅,莫金会. 二次网分布式供热输配系统应用[A]2022 供热工程建设与高效运行研讨会论文集[C]. 中国市政工程华北设计研究总院有限公司、《煤气与热力》杂志社有限公司、中国建设科技集团股份有限公司、《煤气与热力》杂志社有限公司,2022:9.
- [4]王佳豪. 基于移动通信的集中供热分布式控制系统设计[D]. 大连理工大学,2022.
- [5]张宇桐. 考虑楼宇不同供热模式的区域电-热综合能源系统分布式协调优化调度[D]. 东北电力大学,2022.
- [6]朱应杰. 基于分布式蓄热的供热系统二次网优化运行研究[D]. 大连理工大学,2022.
- [7]袁丁,薛贵军,张红梅. 分布式供热管网中异常数据识别算法设计[J]. 计算机仿真,2022,39(05):494-498.
- [8]汤永军. 并联供热系统分布式优化算法研究[D]. 中国石油大学(华东),2022.
- [9]庞华宇. 动力分布式多级泵输配系统特性及工程应用研究[D]. 西南科技大学,2022.
- [10]赵晋云. 分布式和集中式循环供热系统水力与节能分析[J]. 区域供热,2022,(02):30-34+53.