

城镇集中供热管网水力平衡调节技术分析

许传明

融创华北发展集团有限公司 天津 300300

【摘要】：城镇集中供热系统运行过程中，管网水力失衡问题普遍存在，直接影响供热质量与能源利用效率。围绕集中供热管网水力平衡调节这一核心问题，本文分析当前供热管网运行中压力分配不均、冷热不平衡及调控效率低等现象，探讨水力平衡调节技术在管网优化中的应用路径。通过阐述静态与动态水力平衡调节原理及其技术特点，结合管网调控措施与运行管理方法，提出优化供热系统运行效率与稳定性的技术思路，为提升城镇集中供热系统节能性与供热均衡性提供参考。

【关键词】：集中供热管网；水力平衡；调节技术；供热效率；系统优化

DOI:10.12417/2811-0722.26.04.047

引言

城镇集中供热作为城市基础公共服务的重要组成部分，其运行效率与供热质量直接关系到居民生活水平与能源利用状况。在实际运行中，由于管网结构复杂、用户分布差异以及调控方式不完善，供热系统往往出现近端过热、远端不热等水力失衡现象，严重影响供热稳定性与能源利用效率。水力平衡调节技术的应用为解决供热系统运行不均衡问题提供了重要技术手段。系统分析集中供热管网水力失衡产生的原因，并探讨有效的调节技术，对提升供热系统运行管理水平具有重要意义。

1 城镇集中供热管网水力失衡问题分析

城镇集中供热系统通常由热源、一次管网、换热站及二次管网等多个部分构成，其运行状态高度依赖管网内部水力分配的合理性。在实际供热运行中，由于管网结构复杂、管道长度差异明显以及用户分布不均等因素，系统内部容易出现水力分配不均现象。当循环水在管网中的流量、压力分布无法满足设计工况时，局部区域便会产生供热不均的问题，例如近端用户供热过剩而远端用户供热不足。该类现象在老旧供热系统中尤为明显，不仅降低了供热服务质量，还会增加系统能耗，导致热能利用效率下降。

管网水力失衡问题的产生与系统设计、设备选型以及运行调控方式密切相关。在部分城镇集中供热系统建设过程中，由于早期规划缺乏精细化水力计算，管径配置与阻力分配难以完全匹配实际运行需求。随着城市规模不断扩大，新增用户接入、管网延伸以及建筑结构变化，使原有的水力平衡状态被打破，管网阻力分布逐渐发生变化^[1]。当循环泵运行参数与实际管网阻力不匹配时，部分支路流量会出现过大或过小的情况，导致热媒输配过程失去稳定性。部分供热系统在运行过程中缺乏精细化调节设备，调控手段仍以经验操作为主，难以实现对系统流量和压力的精确控制。

在供热运行实践中，水力失衡还会对系统安全性和设备运行寿命产生影响。循环泵长期处于偏离设计工况的运行状态，

会增加电能消耗并加剧设备磨损；部分管段流速过高容易引发管道振动、噪声及局部腐蚀问题，而流速过低则可能造成热量传输效率下降和管道沉积物积累。换热站调控能力不足时，难以通过调节阀门实现精细化流量分配，导致热负荷调节滞后，影响整体供热稳定性。由此可见，水力失衡不仅是供热质量问题，更是影响集中供热系统运行效率与能源利用水平的重要因素。系统分析管网水力失衡的形成机制，为后续水力平衡调节技术的应用提供了必要的理论基础。

2 集中供热管网水力平衡调节技术原理

集中供热管网水力平衡调节技术的核心在于通过对系统流量与压力分布进行合理控制，使各支路管段能够按照设计工况获得相对稳定且均衡的循环水流量，从而保证热媒在整个供热系统中的均匀输配。供热管网在运行过程中形成完整的闭式循环系统，循环水在管道中流动时会受到沿程阻力和局部阻力的共同影响，不同管段由于长度、管径以及设备配置差异，会产生不同程度的水力损失。水力平衡调节技术通过对系统阻力特性进行分析，并借助调节阀门、平衡阀及控制装置等设备，对管网各支路的流量进行合理分配，使循环水在管网中形成稳定的水力状态，确保各用户端换热设备能够获得满足热负荷需求的水量。

在技术实现过程中，水力平衡调节通常依托供热管网的水力计算模型进行分析。通过建立管网水力模型，可以计算各节点压力、支路流量以及管道阻力系数，从而判断系统内部流量分配是否符合设计要求^[2]。当某些支路出现流量偏大或偏小时，通过调节平衡阀开度或改变局部阻力系数，使系统水力分布逐步趋于合理。供热管网调节过程中还需要结合循环泵性能曲线与系统阻力特性曲线进行综合分析，以确保循环泵运行点处于高效工作区间。通过这种方式，可以在不改变整体管网结构的前提下，实现系统流量分配的动态优化，使各换热站及用户终端获得稳定的热媒供给。

现代集中供热系统在水力平衡调节方面逐渐引入自动化控制技术与智能调节设备，使水力平衡调控更加精细化。通过安装差压控制阀、动态平衡阀以及流量调节装置，可以根据系

统压力变化自动调整管网流量分配,实现对不同运行工况的适应。当外界气温变化或用户热负荷发生波动时,调节装置能够实时修正系统压力与流量,使供热管网始终保持相对稳定的水力状态。配合供热监控平台与数据采集系统,对管网运行参数进行实时监测,可以及时发现水力异常并进行调控,提高系统整体运行的可靠性与节能水平。通过合理运用水力平衡调节技术,集中供热管网能够在复杂运行环境下保持稳定、高效的运行状态。

3 静态与动态水力平衡调节技术应用

静态水力平衡调节技术在集中供热管网运行中具有基础性作用,其主要依靠人工设定阀门开度与管网阻力分配来实现系统流量的均衡配置。在供热系统调试阶段,通过对管网进行水力计算与现场测试,确定各支路设计流量,并利用静态平衡阀对管网阻力进行调节,使不同管段的循环水流量达到预定范围^[3]。静态平衡阀通过改变阀门局部阻力系数,对管道流量进行限制,从而使近端支路流量得到有效控制,保证远端用户能够获得充足的循环水量。在管网结构相对稳定、负荷变化较小的供热系统中,该技术能够较好地维持系统运行的基本平衡状态,同时具有设备结构简单、维护成本较低等特点,因此在传统集中供热系统中得到较为广泛的应用。

随着城市供热规模不断扩大以及热负荷变化日益复杂,单纯依靠静态水力平衡调节已难以满足现代供热系统运行需求。动态水力平衡调节技术逐渐被引入集中供热管网,通过自动调节装置实现对系统压力与流量的实时控制。动态平衡阀能够根据系统压差变化自动调整阀门开度,使通过管道的流量保持在设定范围内。当部分用户用热量发生变化或管网运行工况出现波动时,动态调节装置能够迅速作出响应,避免局部区域流量过大或过小的问题。差压控制阀与流量控制阀在供热系统中的应用,使管网在不同负荷条件下仍能够保持稳定的水力分布,提高系统整体运行的可靠性。

在实际供热运行中,静态调节与动态调节往往需要结合使用,以形成更加完善的水力平衡控制体系。供热系统建设初期通常通过静态平衡阀对管网进行基础调节,为系统建立合理的水力分配结构,而在运行阶段则依托动态调节设备对系统进行实时控制,以适应季节变化与用户热负荷波动。通过两种技术的协同应用,可以有效改善管网流量分配不均的问题,减少循环泵无效能耗,并提升换热站调控效率。配合供热监测系统对流量、压力及温度参数进行持续监控,可以及时发现水力失衡趋势并进行调整,使集中供热管网始终保持稳定高效的运行状态,从而进一步提高供热系统整体运行的可靠性与稳定性。

4 城镇供热管网水力平衡调节实施措施

城镇集中供热管网水力平衡调节的实施需要以系统化的技术管理为基础,通过对供热管网结构、运行参数以及用户热

负荷情况进行全面分析,建立科学的调节体系。供热系统运行前应开展完整的水力计算与现场测试,对管网各节点压力、管段流量以及管道阻力损失进行测定,并结合设计参数确定合理的流量分配方案。在此基础上,对管网关键位置安装平衡阀、调节阀以及测压装置,使各支路具备可调控条件。通过对近端与远端用户管段阻力进行合理配置,可以有效控制循环水在管网中的分配比例,减少局部流量过大的现象,从而为整个供热系统建立稳定的水力分配基础。

供热管网运行阶段需要通过精细化调控手段维持系统水力稳定状态。换热站作为连接一次管网与二次管网的重要节点,其调控能力直接影响水力平衡效果。在运行过程中,可通过安装差压控制阀、流量调节阀以及动态平衡阀等设备,对系统压差进行自动控制,使各支路在不同运行工况下仍能保持相对稳定的流量^[4]。应结合循环泵运行特性,对泵组启停方式及运行频率进行合理调整,避免循环泵长期处于高能耗运行区间。通过调节循环泵频率、控制系统压差以及优化阀门开度,可以在保证供热质量的同时降低系统运行能耗,使供热管网在复杂负荷条件下依然保持稳定运行。

在城镇集中供热系统长期运行过程中,完善的监测与管理机制同样是实现水力平衡的重要保障。通过建立供热监控平台,对管网压力、流量、温度等关键运行参数进行实时采集与分析,可以及时发现水力分配异常情况。当某些区域出现供热不均或压差异常时,管理人员能够依据监测数据快速调整相关阀门或调节设备,实现系统动态优化。对老旧管网进行定期检测与维护,及时更换老化管道与失效阀门设备,可以减少管道阻力变化带来的影响。结合信息化管理技术与运行维护措施,能够不断提升供热管网调控水平,使城镇集中供热系统在安全性、稳定性以及节能效率方面得到持续改善。

5 水力平衡调节对供热系统运行效率的提升作用

水力平衡调节在城镇集中供热系统运行中具有重要意义,其直接作用体现在改善管网内部流量分配状态,从而提高整个供热系统的运行效率。当供热管网内部形成稳定且合理的水力分布时,循环水能够按照设计流量在各支路之间进行均衡分配,使换热站及终端用户获得与热负荷相匹配的热媒流量。供热系统在水力平衡状态下运行,能够有效避免近端过流与远端欠流现象,减少局部区域热量过剩或不足的问题,提升整体供热均匀性。管网压力分布趋于稳定后,系统内部阻力损失得到合理控制,循环水输送过程更加顺畅,为供热系统高效运行提供良好的水力条件。进一步来看,稳定的水力分配能够使供热系统各环节之间形成良好的协同关系,使热源、换热站以及终端用户之间的热量传递更加顺畅,从而整体提升供热系统的运行稳定性。

水力平衡调节还能够显著降低供热系统运行过程中的能源消耗。在水力失衡状态下,部分管段流量过大,会导致循环

泵扬程需求增加,从而提高电能消耗水平,同时也容易造成管网局部压差过高。通过合理配置平衡阀、差压控制装置以及动态调节设备,使系统压差维持在适宜范围内,循环泵能够在接近最佳工况点运行,泵组效率得到有效提升。均衡的流量分配能够使换热设备充分发挥换热能力,提高热能传递效率,减少热量在输送过程中的无效损失。供热系统在稳定水力条件下运行,不仅可以降低运行能耗,还能够提升热能利用率,增强系统整体节能效果。在实际供热运行中,通过对循环泵运行参数进行合理调节,并结合管网压差控制技术,可以进一步优化能源利用方式,使供热系统在满足用户需求的同时实现节能运行。

在实际供热运行管理中,水力平衡调节对系统长期稳定运行同样具有积极影响。合理的水力分布可以降低管道内部流速波动,减少管道振动、噪声以及局部冲蚀等问题,从而延长管网设备使用寿命。稳定的运行环境也有利于换热站控制系统进行精准调节,使室内供热温度更加稳定,提升用户舒适度。随

着智能化监测技术在供热系统中的应用,水力平衡调节可以结合实时运行数据进行持续优化,使供热系统在不同气候条件与负荷变化下保持稳定运行^[5]。供热管理部门通过对管网运行数据进行长期分析,可以不断完善水力调控策略,提高系统运行的精细化管理水平。通过不断优化水力平衡调节措施,集中供热系统不仅能够保障供热质量,还能够实现节能、安全与高效运行,为城镇供热基础设施的可持续发展提供重要支撑。

6 结语

水力平衡调节技术在城镇集中供热管网运行中具有重要作用,通过优化管网流量分配和压力控制,可以有效解决供热系统中存在的冷热不均问题。合理应用静态与动态水力平衡调节技术,不仅能够提升供热系统运行稳定性,还能降低能源消耗,提高热能利用效率。结合科学的运行管理与监测手段,持续完善供热管网调控措施,有助于推动城镇集中供热系统向高效、节能与稳定运行方向发展,为提升城市供热服务质量提供可靠技术支撑。

参考文献:

- [1] 韩力.城镇供热管网中长输管线的节能设计探究[J].建材发展导向,2025,23(06):19-21.
- [2] 韩宝成,张璐,徐晗.基于负荷预测的大型集中供热管网管径改造规划方法[J].暖通空调,2024,54(12):140-147.
- [3] 韩宝成,张璐,徐晗.基于负荷预测的大型集中供热管网管径改造规划[J/OL].暖通空调,1-11[2026-03-07].
- [4] 李鹏博.集中供热系统多支路热量按需调节方法研究[D].大连理工大学,2024.
- [5] 杨亮.节能技术在集中供热系统改造工程中的应用[J].江苏建材,2022,(03):104-106.