

集中供热系统的水力平衡调节与节能措施分析

黄熙

(太原市热力集团有限责任公司, 山西 太原 030001)

摘要: 随着现阶段我国现代化城市发展进程的不断加快, 在我国北方地区, 城市集中供热的规模亦在不断扩大, 由于城市供热网络系统规模的扩大, 其系统水力平衡调节难度亦在不断增加, 水力失衡问题逐渐成为集中供热系统中的主要问题之一。在集中供热系统中, 水力失衡其主要是指工业网络在实际运行的过程中, 供热用户的流量与其所需流量存在一定的差异, 高低温水管系统的水力失衡是当前集中供热网络作为明显的问题, 水力失衡问题的产生不仅会对用户的供热体验造成一定的影响, 同时会对现有能源造成严重的损耗。主要以北方城区某热力站的供热系统为例, 重点对集中供热系统的水力平衡调节与节能措施进行探究。

关键词: 集中供热系统; 水力平衡调节; 节能措施

随着城市集中供热系统规模的不断扩展, 对资源、能源的消耗亦在不断增加, 采取合理的节能措施, 加强对水力平衡的调节不仅能够有效提高集中供热质量, 同时能够有效提高资源的利用率, 降低城市集中供热对资源、能源的消耗, 将绿色节能发展理念全面落实到我国城市供热体系发展当中。因此, 我国城市集中供热部门亦在逐渐提高对水力平衡调节的重视, 结合城市供热的实际需求, 对行之有效的节能措施进行深入的研究, 在保障供热质量的前提下, 争取最大限度实现对资源能源配置的优化, 全面提升其利用率, 在降低供热系统资源能源成本的同时, 促进我国供热领域能够更好地顺应时代的发展。

1 集中供热水力失调概述

集中供热系统是供热部门向社会大众提供热量取暖的重要媒介, 是保障城市大众在冬季室内能够达到舒适温度的重要途径。供热水力失调不仅会影响社会大众的用热体验, 同时会严重造成的资源的浪费, 增加企业的供热成本, 然而影响集中供热系统供热效果的因素相对较多, 外界环境的温度变化, 用户对温度的需求都有可能导致其工作效果不佳。在集中供热系统中, 供热用水通过循环泵被输送至换热站, 由换热站在根据各个支路的用热需求, 通过控制其流量来合理分配热量, 以此来保障各个支路上用户的用热需求, 然而在供热网络中, 由于各个支路的路程长短不一, 水所承受的阻力亦不尽相同, 路程越长, 水受到的阻力越大, 需要加大流量来保障供热支路末梢的流量, 水压过小将对导致其流量较小, 无法达到温度需求, 而水压过大, 则会导致流量超额, 造成能源的浪费。水力失衡调节其主要是针对各个支路的实际供热需求, 通过对流量的科学控制, 来实现水力平衡, 既能够实现能源的节约, 同时能够有效满足用户的用热体验。供热系统水力失调主要分为一下两种。

1.1 静态水力失调

静态水力失调其主要是指各个支路的水流量分配

不合理, 进而导致一些水流量过大的支路存在流量超额现象, 造成浪费, 同时在总流量固定的情况下, 该支路的流量存在超额, 将占用其他支路的流量, 进而导致其他供热支路的流量过小, 尤其是对于支路末梢, 压力大幅度减小, 将会对用户的用热体验造成一定的影响, 供热流量分给不均匀, 导致不同支路用户用热体验不同, 影响供热的整体质效。

1.2 动态水力失调

动态水力失调其主要是指在对某一支路的水流量进行调整的过程中, 整个供热系统的压力分布都会随之改变, 进而导致其他支路的水流量发生相应的改变, 最终造成供热系统整体压力的问紊乱。例如: 当对某支路用户加大水流量时, 将会同步减少其他支路的水流量, 进而导致水力失衡现象的发生。因此, 对于该种由用户用水量的改变所导致的水力失调, 被称之为动态水力失调。

1.3 水力失调现象判定

在集中供热系统中, 出现一下现象将可以判定其水力分配不均衡。首先各个支路之间的水力失衡, 在同一支路上的用户, 距离循环泵越近的用户, 其家中温度越高, 甚至部分居民家中温度出现过高现象, 需要采取开窗降温来维持室内温度的舒适, 而在支路末梢的居民, 由于距离循环泵相对较远, 其室内温度过低, 无法达到舒适温度。其次是整个供热系统一直都处于大流量小温差的环境下运行, 对于资源能源的消耗过大, 其供热效果收效甚微。出现上述情况, 将可以判定存在水力失调问题。

2 热力站供热系统概述

该热力站的一次侧、二次侧供热系统主要是采用板式换热器来实现热交换。二次侧一共分布三个支路, 支路的回水通过相应的集水器进行混合之后, 在借助循环泵将其输送至板式换热器中, 对其进行再次加热, 从板式换热器流出的热水通过相应的分水器输送至三个支路上, 实现对分布在各个支路上的建筑提

供热量。供热站供热范围建筑类型信息如表 1。

表 1 热力站供热系统范围内建筑信息

站点 编号	建筑物 类型	供暖末端 类型	分户 状态	供热面积 / m ²
1	住宅	散热器	已分户	72311
2	住宅	散热器	已分户	281690
3	住宅	散热器	已分户	200708
4	住宅	散热器	已分户	167059
5	住宅	散热器	已分户	167332
6	住宅	散热器	已分户	238103

3 水力平衡调节前供热状况

3.1 热力站供热状况

在热力站的二级供热网中一共分布 15 条支路，本次研究主要选取其中 6 条支路为例，采用超声波流量测量仪器对所选取的 6 条支路的流量进行精准测量，并采用相应的温度采集仪器对六条支路上的建筑室温进行检测，在开展水力平衡调节之前的供热状况如表 2。

表 2 热力站供热状况

站点 编号	供热面积 / m ²	支路流量 / kg · h ⁻¹	单位面积流量 / kg · (m ² · h) ⁻¹	室温 / °C
1	72311	40550	0.56	22.5
2	281690	46380	0.16	24.4
3	200708	377000	1.88	23.6
4	167059	273000	1.63	25.5
5	167332	273000	1.63	24.2
6	238103	273000	1.15	21.4
平均值	-	-	1.17	23.6

3.2 衡量水力平衡失调因素分析

通过对热力站的供热状况的分析，二级供热网络节能潜力与管网水力是失调程度具有密切的关系，为了能够实现对当前管网水力失调的主要原因进行全面的分析，通过对平均水力失调度和水力离散度的计算，实现对其水力失调情况进行精准计算，分析导致水力失调的主要因素。水力失调值计算公式如公式(1)。

$$X_{ave} = (V_m - V_g) / V_g \quad (1)$$

在该公式中： X_{ave} 表示建筑的平均水力失调度，单位为%；

V_m 表示建筑的各个支路的平均流量，单位为 kg/h；

V_g 表示建筑的目标流量，单位为 kg/h。

对水力离散度的计算公式如公式(2)。

$$\lambda = \sqrt{\frac{1}{N} \times \sum_{i=1}^N \left(\frac{V_{mi}}{V_{ave}} - 1 \right)^2} \quad (2)$$

在该公式中， λ 表示该供热系统中建筑的水力离散度；

V_{mi} 表示任意一支路的实际流量，单位为 kg/h；

V_{ave} 表示全部支路的平均流量，单位为 kg/h；

N 表示该供热系统中的之路数量。

通过对 X_{ave} 与 λ 两个参数的计算，能够全面了解当前热网系统中的水力失调情况，根据相关标准， X_{ave} 保持在 ± 0.1 之间， λ 保持在 0.5 一下，处于水力平衡状态，超出其标准值则表示该热网中存在水力失衡问题。因此，根据上述公式计算，该热力站的 $X_{ave} = (1.17 - 0.85) / 0.85 = 0.38$ ， $\lambda = 0.531$ 。由此可见，当前热力站的平均水力失调度相对较高，可以采用降低热管里的实际流量来实现对其水力的调节。

4 水力平衡调节过程

4.1 选择调节参数

针对该热力站二级网的水力平衡调节工作的开展，首先应当根据其实际情况合理选择调节参数。其调节的主要目标是最大限度减少供热范围内建筑室内温度的差异，然而由于影响建筑室内温度的因素相对较多，单纯的以室温作为调节依据缺乏一定的不确定性。因此，在本次水力平衡调节中，所选择的调节参数为方位内建筑单位面积流量为调节目标。

4.2 调节方法

针对该热力站存在的水力平衡调节问题，主要选择流量系数法对各支路的流量进行调节，在调节开展之前，首先各个支路应当根据其支路供热范围内的供热末端类型，建筑的功能类型等各方面的信息进行明确，并计算相应的单位面积流量值，然后根据其相关标准，计算出所需调节的目标流量^[1]。通过当前流量与目标流量之间的差值，合理制定水力平衡调节方案，根据其方案对其流量进行针对性调整，最大限度保障调节后的流量值能够达到目标流量值。

4.3 调节步骤

在其流量调节过程中，首先根据热力站所给出的目标区域的平面图，对目标网络中各个支路的实际情况进行全面的了解，并形成相应的初期材料，根据材料中的数据信息，对每个支路当前流量值进行精准计算，确定其平均水力失调度以及水力离散度，然后根据其水力失衡情况合理制定相应的流量调试方案，并按照其方案，有序对各支路流量进行有序调节^[2]。在完成初次流量调节工作之后，需要再次对其平均水力失调度以及水力离散度进行精准计算，通过调节后的数据与表标准数据进行对比分析，确定其符合相关标准之后。方可完成水力平衡调节工作，反之如果误差过大，将需要对其再次计算调整，直至其完成符合相关标准。

5 调节前后对比分析

通过采用上述调节方法对该热力站的二级网的 6 条支路进行调节之后，各支路在经过流量调节之后，

其单位面积流量、室温等各方面都得到了明显的改善，其具体信息如表3。

表3 调节后热力站供热状况

站点 编号	供热面积 / m^2	支路流量 / $kg \cdot h^{-1}$	单位面积流量 / $kg \cdot (m^2 \cdot h)^{-1}$	室温 / $^{\circ}C$
1	72311	38325	0.53	22.5
2	281690	42254	0.15	24.4
3	200708	220779	1.1	23.6
4	167059	168730	1.01	25.5
5	167332	169005	1.01	24.2
6	238103	200007	0.84	21.4
平均值	-	-	0.77	23.6

借助公式（1）和公式（2）对平均水力失调度以及水力离散度进行再次计算，其计算结果为 $X_{ave} = (0.77 - 0.85) / 0.85 = -0.1$ 、 $\lambda = 0.434$ 。根据计算结果显示，经过对水量的调节之后，平均水力失调度从调节前的0.38降低至-0.1，满足 ± 0.1 的标准值，水力离散度从调节前的0.531降低至0.434，满足低于0.5的标准值。各个支路建筑的平均室温保持不变，满足供热需求。在保障建筑室温不变的情况下，通过对不同区域流量的合理分配，在满足区域建筑供热需求的同时，有效实现节能目标，提高资源、能源利用率。由此可见，通过对目标热力站的水力平衡调节，能够有效实现在不改变用户室温的情况下，通过调节流量来实现节能目标。

6 集中供热系统化水力平衡调节和节能措施分析

6.1 加强对水力平衡控制

集中供热重要是以热力站为核心，在其供热范围内布置一定的数量的换热站构建相应的供热网，由换热站来负责其所供热区域的建筑取暖需求^[3]。水力失调情况，会导致实际的设计流量和供热流量都存在一定的偏差，为后期供热系统带来诸多不利影响。因此，为了能够最大限度规避水力失衡问题的出现，首先作为热力站应当根据不同范围换热站所负责区域用热需求，合理进行热量分配，同时应当充分利用当前先进的实时监测技术、智能调节技术等，实现水力平衡调节的智能化发展，对其供热管网的流量数据进行实时监测，并根据其具体用热需求，对其流量进行科学调节，在保障供热区域用户用热需求的前提下，最大限度实现流量分配的合理性，进而实现节能目标，避免水力失调问题的出现。

6.2 加强水力平衡调节自动化建设

随着我国当前现代化科学技术水平的整体提升，想要切实实现通过水力平衡调节来达到节能目标，不仅需要采用科学的调节方案对其进行调节，同时还需要加强热力站以及换热站的基础设施建设，确保各个换热站以及热力站的基础设施能够满足现代水力平衡调节的精度需求，以此来实现对水力平衡的有效调

节，达到节能的目的^[4]。因此，热力站应当积极引进自动化处理技术以及智能化调节设备，借助现代化信息技术手段，构建信息化水力平衡调节管理平台，通过设备终端的感应系统所反馈的流量实时信息，借助信息技术手段强大的计算功能，实现对各个换热站以及各个支路流量的实时监测与合理控制，最大限度保障水力平衡，提升自身的水力平衡调节能力水平，为社会大众提供良好的供热服务^[5]。

6.3 加强对供热系统各个单元的有效调控

在整个供热系统运行过程中，加强对各个级别的供热管网以及各个主路、支路、供暖末端的有效调节，是确保供热系统水力平衡的重要保障。并且其调节频率主要取决于与热源的距离，离热源越近其调节频率越低，反之则调节频率越高。然而在其供热网络系统建设过程中，由于其管路连接的不合理、调节人员的误操作调节力度不当等多种因素都有可能导致水力平衡失调的现象出现，进而造成资源与能源的损耗^[6]。

7 结语

总而言之，集中供热是当前我国北方城市居民的制主要供热方式，集中供热系统水力失衡，将会导致大量的热量被损耗，不仅会在一定程度上造成资源与能源的过度消耗，同时严重影响城市的供暖服务质效。因此，在集中供热网络建设过程中，首先作为相关供热部门应当提高对水力平衡调节的重视，充分认识到水力平衡调节的在节能方面的积极作用，加强供热网络各个终端节点的基础设施建设，全面推进水力平衡智能化调节技术的落实，对供热网络系统各个节点进行科学调节，不仅能够充分保障供热质量，同时能够实现节能目标，为供热网络的稳定运行提供保障。

参考文献：

[1]李德,魏翔,辛凯. 城市集中供热系统的二级网水力平衡调节分析[J]. 电站系统工程,2022,38(02):61-63.
[2]马跃. 自动化系统在燃气锅炉集中供热及水力平衡节能技术上的应用探析[J]. 中国设备工程,2022(01):33-34.
[3]侯俊杰. 论集中供热系统的水力平衡调节与节能措施[J]. 设备管理与维修,2020(23):156-157
[4]王立超,王强,张磊. 浅析集中供热系统二级网水力平衡调节[J]. 区域供热,2019(03):85-91.
[5]冯帅. 提高集中供热系统水力平衡节能效率技术应用研究[J]. 山西建筑,2018,44(11):215-216.
[6]周璇,刘国强,王晓佩,等. 基于动态水力平衡的集中供热系统二次管网节能优化调节方法研究[J]. 中南大学学报(自然科学版), 2019,50(01):220-233.

收稿日期:2022-7-14

作者简介:黄熙(1988-),男,福建安溪人,本科,工程师,主要从事供暖热网运行调度工作。

(责任编辑:高峰)