

供热系统热网水力平衡调节分析

黄璐¹ 于明川² 唐昊³ 张宁⁴ 耿莹⁵

1.2.3.5. 联美智慧能源科技(沈阳)有限公司 辽宁 沈阳 110000

4. 沈阳新北热电有限责任公司 辽宁 沈阳 110000

摘要: 本文深入分析了供热系统热网水力平衡调节问题。阐述了供热系统的基本原理、分类与组成,探讨了水力学基本原理在其中的应用。剖析了热网水力失衡的原因,包括设计不合理、施工质量问题及运行管理不善。详细介绍了热网水力平衡调节的多种方法,如手动调节、自动调节及其他调节方式。

关键词: 供热系统; 热网; 水力平衡调节

引言: 随着人们对冬季舒适生活环境需求的不断提高,供热系统的重要性日益凸显。热网水力平衡是确保供热系统稳定运行和高效供热的关键因素。然而,在实际运行中,热网常常面临水力失衡问题,影响供热质量和能源利用效率。

1 供热系统概述

1.1 供热系统的基本原理

供热系统是为了满足人们在冬季对室内温暖环境的需求而设置的一套设施。其基本原理是通过某种热源将热量产生出来,然后通过热媒(通常是水或蒸汽)将热量输送到需要供暖的建筑物内,再通过散热设备(如散热器、地暖等)将热量散发到室内空气中,从而提高室内温度。在供热系统中,热源是提供热量的源头,可以是锅炉房燃烧煤炭、天然气等燃料产生的热能,也可以是热电厂利用蒸汽轮机发电后的余热,还可以是地热能、太阳能等可再生能源。热媒在热源处被加热后,通过管道输送到各个建筑物内。在建筑物内,热媒通过散热设备与室内空气进行热交换,释放出热量,使室内温度升高。冷却后的热媒再通过管道回流到热源处,重新被加热,如此循环往复。

1.2 供热系统的分类和组成

1.2.1 供热系统的分类

1.2.1.1 按热源分类

(1) 锅炉房供热系统: 以锅炉房为热源,通过燃烧燃料产生热能,将热水或蒸汽输送到建筑物内进行供暖。(2) 热电厂供热系统: 利用热电厂发电后的余热进行供热,具有能源利用效率高、供热范围广等优点。(3) 地源热泵供热系统: 利用地下土壤、地下水等作为热源,通过热泵技术将热量提取出来进行供热,具有环保、节能等优点^[1]。

1.2.1.2 按热媒分类

(1) 热水供热系统: 以热水为热媒,通过管道将热水输送到建筑物内进行供暖。热水供热系统具有供热稳定、舒适性好等优点。(2) 蒸汽供热系统: 以蒸汽为热媒,通过管道将蒸汽输送到建筑物内进行供暖。蒸汽供热系统具有供热温度高、传热效率高等优点。

1.2.2 供热系统的组成

1.2.2.1 热源

(1) 锅炉房: 包括锅炉、燃烧设备、水处理设备等。(2) 热电厂: 包括蒸汽轮机、发电机、余热回收设备等。(3) 地源热泵: 包括热泵机组、地理管换热器等。

1.2.2.2 热网

(1) 供热管道: 包括供水管和回水管,用于输送热媒。(2) 阀门: 用于控制热媒的流量和流向。(3) 补偿器: 用于补偿管道的热胀冷缩。

1.2.2.3 换热站

(1) 换热器: 用于将热媒的热量传递给二次热媒(通常是热水)。(2) 循环水泵: 用于驱动二次热媒在换热站和建筑物内循环流动。(3) 定压装置: 用于维持二次热媒的压力稳定。

1.2.2.4 室内供暖系统

(1) 散热设备: 如散热器、地暖等,用于将热量散发到室内空气中。(2) 管道: 用于连接散热设备和换热站。(3) 控制设备: 如温控阀、调节阀等,用于控制室内温度。

1.3 热网的作用和结构

热网是供热系统的重要组成部分,其作用是将热源产生的热量输送到各个建筑物内。热网主要由供热管道、阀门、补偿器等组成。

(1) 供热管道: 供热管道是热网的主体部分,用于输送热媒。供热管道一般采用钢管或塑料管,根据热媒的温度和压力选择不同的材质和规格。供热管道的敷设

方式有架空敷设、地沟敷设和直埋敷设等。(2) 阀门: 阀门是热网中的控制设备, 用于控制热媒的流量和流向。阀门的种类有截止阀、闸阀、蝶阀等, 根据不同的使用场合选择不同的阀门类型。(3) 补偿器: 补偿器是热网中的补偿设备, 用于补偿管道的热胀冷缩。补偿器的种类有波纹管补偿器、套筒补偿器、球形补偿器等, 根据管道的长度、温度和压力选择不同的补偿器类型。

2 水力学基本原理

水力学基本原理在供热系统热网中起着关键作用。在热网中, 水作为热媒进行流动和热量传递。(1) 水力学的一个重要原理是连续性原理。这意味着在不可压缩流体的稳定流动中, 流过任意两个截面的流量是相等的。对于供热系统热网, 这确保了水在整个管网中的流动是连续的, 不会出现突然中断或流量突变的情况。

(2) 伯努利方程描述了流体在流动过程中的能量关系, 包括压力能、动能和势能。在供热系统热网中, 水在管道中的流动会涉及到这三种能量的相互转化。比如, 当水在高位具有较大的势能, 随着水流向低位, 势能逐渐转化为动能和压力能。这个原理对于理解热网中不同位置的水压和水流速度的变化非常重要, 有助于优化热网的运行和调节。(3) 达西-韦斯巴赫公式用于计算管道中的沿程水头损失。在热网中, 水在管道内流动时会由于摩擦等原因产生能量损失, 沿程水头损失的大小与管道的长度、直径、粗糙度以及水的流速等因素有关。准确计算沿程水头损失可以帮助确定热网中水泵所需的扬程, 确保水能够顺利地在热网中循环流动, 实现高效的供热。

3 热网水力失衡的原因分析

3.1 设计不合理

(1) 管道管径选择不当

在热网设计阶段, 管道管径的合理选择至关重要。如果管径过小, 会对热网的流量产生严重限制。当热媒流经管径过小的管道时, 由于流通截面狭窄, 流体的流速会加快, 阻力也会相应增大。这不仅会使部分用户流量不足, 导致供热效果不佳, 还可能引起管道内压力过高, 增加管道破裂的风险。例如, 在一些老旧小区供热改造中, 由于最初设计时对未来供热需求估计不足, 选择了较小管径的管道, 随着用户数量的增加和供热负荷的增大, 就出现了明显的流量不足问题, 居民家中温度难以达到舒适标准。

而管径过大同样会带来诸多问题。一方面, 会大幅增加投资成本, 包括管道材料费用、安装费用等。另一方面, 过大的管径可能导致流量过大, 热媒在管道内的流速降低, 不利于热量的快速传递^[2]。同时过大的流量也

可能造成能源浪费, 因为需要更多的热量来加热这些过度流动的热媒。

(2) 管网布局不合理

管网中过多的弯头、阀门等阻力元件会显著增加管网的阻力。弯头会使流体的流向发生改变, 从而产生局部阻力, 阀门在调节流量的同时也会带来一定的阻力。这些阻力的累积会导致管网中压力分布不均, 进而影响流量分配。例如, 在一些复杂的管网系统中, 由于设计时为了满足不同区域的连接需求, 设置了过多的弯头和阀门, 使得热媒在流动过程中阻力过大, 部分区域的流量明显减少。管网的分支过多或过长也会对流量分配产生不良影响。分支过多会使热媒在分配过程中难以均衡, 容易出现某些分支流量过大, 而另一些分支流量不足的情况。而分支过长则会增加热媒在管道中的流动距离, 导致沿程阻力增大, 末端用户的流量和压力降低。

3.2 施工质量问题

(1) 管道安装不规范

在管道安装过程中, 若不严格按照规范操作, 会给热网的运行带来严重隐患。管道的坡度不符合要求是常见的问题之一。如果管道坡度设置不当, 可能会导致热媒在管道内流动不畅, 甚至出现局部积水的情况。积水会增加管道的阻力, 影响流量分配, 同时也可能引起管道腐蚀, 缩短管道的使用寿命。

管道连接处密封不严也是一个重要问题。密封不严会导致热媒泄漏, 不仅造成能源浪费, 还会降低管道内的压力, 影响流量。而且泄漏的热媒可能会对周围环境造成破坏, 甚至引发安全事故。

(2) 设备安装错误

供热系统中的设备安装错误同样会导致水力失衡。水泵作为热网中的关键设备, 其安装位置不合理会严重影响流量和压力分布。如果水泵安装位置过高, 可能会导致吸入口压力不足, 产生气蚀现象, 影响水泵的性能和寿命; 如果安装位置过低, 又可能会使出口压力过高, 增加管道的负担。

阀门的开启度不正确也会影响流量分配。阀门开启度过大或过小都会打破热网的水力平衡。开启度过大可能会使部分区域流量过大, 而开启度过小则会限制流量, 导致用户供热不足。

3.3 运行管理不善

(1) 供热参数调整不当

在供热系统运行过程中, 供热参数的合理调整是保证水力平衡的关键。供回水温度、压力等参数设置不合理会直接影响流量分配。如果供回水温度过高或过低,

会改变热媒的物理性质，影响其在管道内的流动特性。例如，温度过高可能会使热媒的粘度降低，流速加快，导致部分区域流量过大；温度过低则可能使热媒的粘度增大，流速减慢，造成流量不足。

压力参数的设置同样重要。如果供水压力过高，可能会使热网中的流量过大，超出设计范围，而回水压力过低则会影响热媒的回流，导致部分区域供热不足。

(2) 设备维护不及时

供热系统中的设备如果维护不及时，很容易出现故障，进而影响流量分配。水泵叶轮磨损是常见的问题之一。随着运行时间的增加，水泵叶轮会逐渐磨损，导致水泵的性能下降，流量和扬程降低。阀门堵塞也会增加管网的阻力，导致流量分配不均。热网中的杂质、水垢等可能会堵塞阀门，使阀门的开启度受到限制，影响热媒的流量。

4 热网水力平衡调节的方法

4.1 手动调节

4.1.1 调节原理

手动调节是通过人工调整阀门的开启度，改变管道的阻力，从而实现流量分配的调整。手动调节需要根据经验和实际情况进行判断，逐步调整阀门的开启度，直到各个用户的流量达到设计要求。

4.1.2 调节步骤

(1) 先要确定调节的目标，即各个用户的流量分配比例。一般来说，可以根据用户的建筑面积、热负荷等因素来确定流量分配比例。(2) 使用流量计等测量工具，测量各个用户的实际流量。(3) 根据测量结果，逐步调整阀门的开启度，使各个用户的流量逐渐接近设计要求。在调整过程中，需要注意观察各个用户的流量变化情况，避免出现过度调整的情况。(4) 在调整过程中，需要反复测量各个用户的流量，直到流量分配达到设计要求。同时，还需要注意观察供热系统的运行情况，确保系统稳定运行。

4.1.3 优缺点

手动调节的优点是操作简单，成本低。缺点是调节精度不高，需要耗费大量的时间和人力，而且调节效果容易受到人为因素的影响。

4.2 自动调节

4.2.1 调节原理

自动调节是通过安装在管道上的自动调节阀，根据流量、压力等参数的变化，自动调整阀门的开启度，实现流量分配的调整。自动调节阀可以根据预设的程序进行自动调节，也可以通过远程控制进行调节。

4.2.2 调节步骤

(1) 安装自动调节阀：在热网中安装自动调节阀，并将其与控制系统连接。(2) 设置调节参数：根据热网的实际情况，设置自动调节阀的调节参数，如流量、压力等。(3) 启动自动调节系统：启动自动调节系统，让自动调节阀根据预设的参数进行自动调节。在调节过程中，可以通过监控系统实时观察各个用户的流量变化情况，以便及时调整调节参数。(4) 定期维护和校准：定期对自动调节阀进行维护和校准，确保其正常运行。同时，还需要对控制系统进行检查和维护，确保其稳定性和可靠性。

4.2.3 优缺点

自动调节的优点是调节精度高，速度快，可以实现远程控制，节省人力和时间。缺点是成本高，需要专业的技术人员进行安装和维护。

4.3 其他调节方法

4.3.1 分布式变频调节

在热网中安装多个变频泵，可根据各个用户的实际需求动态调整泵的转速。当部分用户需热量增加时，相应区域的变频泵提高转速，增大流量；反之则降低转速。这种调节方式能实现按需供热，避免能源浪费，极大地提高了能源利用效率^[1]。例如在大型住宅小区中，不同时段不同区域的供热需求差异较大，分布式变频调节可精准满足各区域需求，使整个热网的流量分配更加合理。

4.3.2 自力式流量控制阀调节

自力式流量控制阀无需外部动力，仅依靠自身压力差自动调节流量。当热网中某区域流量过大或过小时，该阀门会自动调整开度，使流量趋于稳定。它能有效解决热网水力失衡问题，提高供热系统的稳定性和可靠性。在实际应用中，安装自力式流量控制阀后，可减少人工干预，降低运行成本，同时确保各个用户都能获得稳定的供热流量，提升用户的供热体验。

结束语：热网水力平衡调节对于供热系统的稳定运行和高效节能至关重要。通过对供热系统的全面分析，我们明确了水力失衡的原因，并掌握了多种调节方法。在实际应用中，应根据具体情况选择合适的调节方式，不断优化供热系统。

参考文献

- [1]李明.供热系统节能技术浅析[J].能源与节能,2022(9):59-61.
- [2]黄熙.集中供热系统的水力平衡调节与节能措施分析[J].建材发展导向,2022,20(19):196-198.
- [3]唐志伟,卢涛,石英.城市供热管网系统蓄热研究与优化[J].区域供热,2022(6):63-77.