

城市集中供热管网热平衡调节技术探讨

李光裕

(深圳信隆环境有限公司, 广东 深圳 518000)

摘要 我国城市化进程的加速和人们对生活质量要求的提高, 使城市集中供热系统的重要性日益凸显, 而实现供热管网的热平衡调节, 不仅能够提高供热效率、降低能源消耗, 还能为用户提供更加舒适的室内温度环境。本文详细阐述了热平衡调节的重要性、影响因素、常用技术方法以及未来发展趋势, 旨在为城市集中供热系统的优化运行提供参考。

关键词 城市集中供热; 供热管网; 热平衡调节技术

中图分类号: TU995

文献标志码: A

文章编号: 2097-3365(2024)12-0004-03

城市集中供热作为一种高效、环保的能源供应方式, 在现代城市中得到了广泛应用。然而, 由于供热管网的复杂性以及用户需求的多样性, 如何实现供热管网的热平衡成为一个关键问题。热平衡调节不当不仅会导致能源浪费, 还可能影响用户的舒适度。因此, 深入研究城市集中供热管网热平衡调节技术具有重要的现实意义。

1 热平衡调节的重要性

城市集中供热管网的热平衡调节意义重大。实现热平衡调节能显著提高能源利用效率。在供热过程中, 若管网热平衡不佳, 会出现部分区域热量过剩而部分区域热量不足的情况^[1]。热平衡调节可有力保障用户舒适度。不同用户对室内温度要求各异, 且同一用户在不同时段需求也可能不同。只有实现热平衡, 才能根据用户实际情况精确控制供热量, 为用户营造稳定、舒适的室内温度环境, 提升用户的生活品质^[2]。

2 城市供热管网换热站类型说明

城市供热管网由统一的市政热水管网供应热水, 本例为热电厂热电联供热水。供热管网示意图如图1所示。

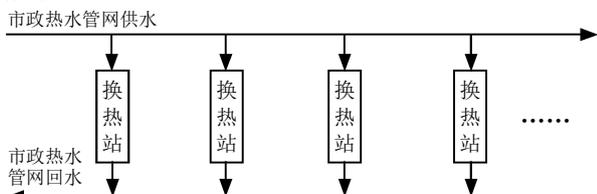


图1 供热管网示意图

针对简化的模型, 根据散热器内、外的传热公式以及散热器内、外热量平衡, 可得出以下公式:

室内温度: $T_c = 0.5 * (T_m + T_r) - 0.5 * E_s / B$

$$E_c = B * (T_m + T_r - 2 * T_{csp})$$

其中, E_c 为需要的换热量, 由计算得出; E_s 为提供的换热量, 直接由热量计测量; Q 为供水水流量, 单位为 m^3/s ; B 为换热系数, 在一段时间内为恒值; C_p 为水换热比, $4.2 kJ/(kg * ^\circ C)$; ρ 为水密度, $1000 kg/m^3$; T_{csp} 为室内温度设定值, 单位为 $^\circ C$; T_m 为送水温度或混水温度, 单位为 $^\circ C$; T_r 为回水温度, 单位为 $^\circ C$ 。

实现路径如下: 测出换热系数 B , 在一定时间内认为一个供热单元的简化换热模型 B 值不变。只要测出提供的换热量及供回水温度及室内平均温度即可得出 B 值: $B = E_s / (T_m + T_r - 2 * T_c)$ 。

根据公式 $T_c = 0.5 * (T_m + T_r) - 0.5 * E_s / B$, 实时测量供、回水温度、流量以及所测量的 B 值代入, 即可求出平均室内温度, 该值与设定的室内温度进行比较控制, 从而调节所供应的热量大小。

3 换热站能量平衡法的基本原理

终端用户为一个个散热器组成, 把每个换热站的所有终端用户简化为一个整体的散热器建立模型, 如图2所示。

针对简化的模型根据散热器内、外的传热公式, 以及散热器内、外热量平衡, 得出以下三个基本公式:

需要的换热量: $E_c =$ 由计算得出

提供的换热量: $E_s =$ 直接由热量计测量

室内温度: $T_c = 0.5 * (T_m + T_r) - 0.5 * \frac{E_s}{B}$

实现路径: 测出换热系数 B , 在一定时间内认为一个供热单元的简化换热模型 B 值不变。只要测出提供的换热量及供回水温度及室内平均温度即可以得出 B 值:

$$B = \frac{E_s}{T_m + T_r - 2 * T_c}$$

根据公式 $T_c = 0.5 * (T_m + T_r) - 0.5 * E_s / B$, 只要实时测

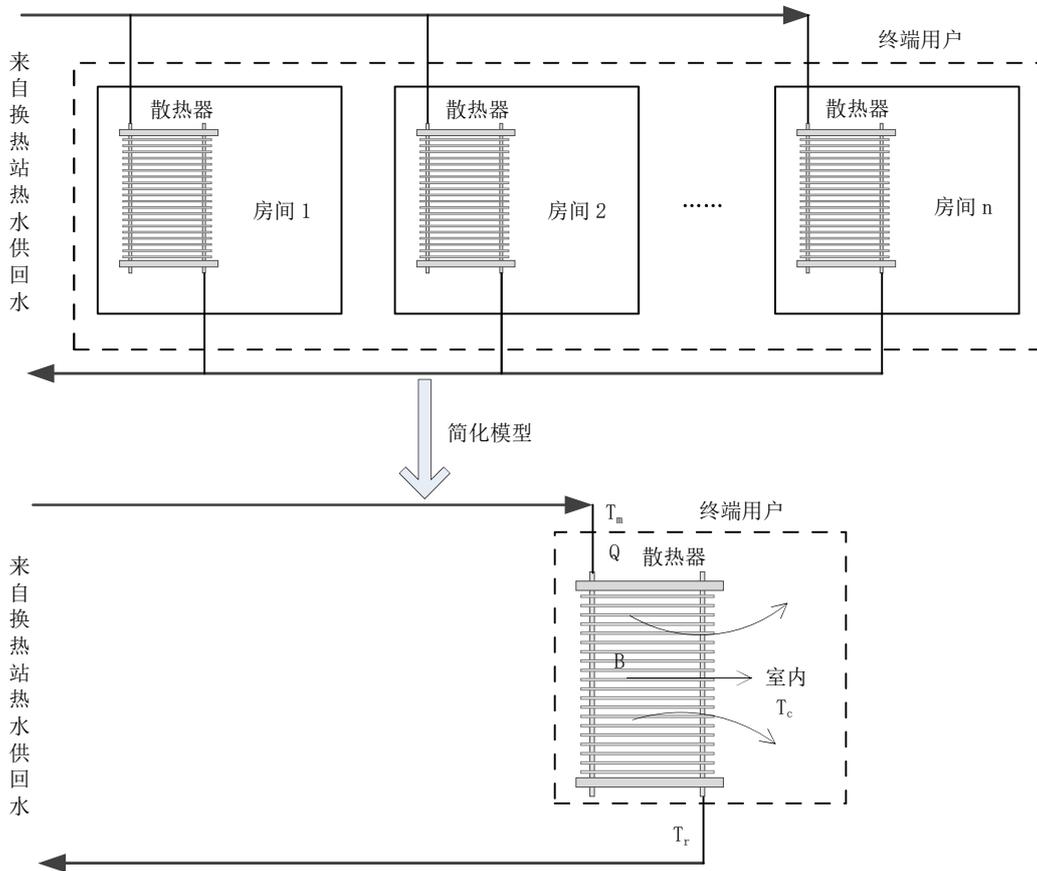


图 2 散热器模型

量出供、回水温度、流量以及所测量的 B 值代进去，即可以求出平均室内温度，该值与设定的室内温度进行比较控制即可以调节所供应的热量大小。

4 常用热平衡调节技术方法

4.1 变频调速技术

变频调速技术通过调节水泵的转速来控制供水流量，实现按需供热。该技术能够根据用户热负荷的变化实时调整供水流量，减少不必要的能源浪费，提高供热效率。变频调速技术还能降低水泵的运行噪声和振动，延长设备使用寿命。其原理可表示为： $Q=nxf(Q_{max})$ ，其中 Q 为供水流量；n 为水泵转速；f 为与水泵特性相关的函数； Q_{max} 为水泵的最大流量。

4.2 气候补偿技术

气候补偿技术根据室外气候条件和用户室内温度需求自动调节供水温度。该技术通过安装室外温度传感器和室内温度传感器，实时监测室外温度和室内温度的变化，并根据预设的算法计算出最佳的供水温度。

这样既能满足用户的舒适度需求，又能节省能源。其计算公式为： $T_{supply}=f(T_{outdoor}, T_{set})$ ，其中 T_{supply} 为供水温度； $T_{outdoor}$ 为室外温度； T_{set} 为室内温度设定值；f 为根据气候补偿算法确定的函数。

4.3 分时分区控制技术

分时分区控制技术将供热管网划分为不同的区域或时段进行独立控制。根据不同区域或时段的热负荷需求，设置不同的供水温度和流量参数。该技术能够实现对用户需求的精准响应，减少热量浪费，提高供热系统的整体效率。

4.4 热量表计量技术

热量表计量技术通过在用户端安装热量表来实时监测用户的用热量。该技术能够准确反映用户的实际用热情况，为供热系统的热平衡调节提供数据支持^[3]。

4.5 智能化控制系统

智能化控制系统是城市集中供热系统热平衡调节的高级阶段。该系统集成了多种传感器、控制器和执行机构，能够实现对供热管网的全面监测和智能控制。

通过数据分析、模型预测和智能算法的应用，智能化控制系统能够自动调整供热参数，确保供热管网的热平衡和用户的舒适度需求得到满足。

5 城市集中供热管网热平衡调节面临的问题

5.1 水力失调现象严重

城市集中供热管网因其庞大的规模与复杂的结构，常面临水力失调的挑战。这一现象的产生，根源在于管网设计的多样性与用户热负荷的非均匀性。不同区域、不同建筑的用热需求各异，加之循环泵性能差异、管道阻力分布不均等因素，使得供热流体在管网中的流动难以达到理想的均衡状态。水力失调可以用以下公式表示： $\Delta P=S*Q^2$ ，其中 ΔP 为管网的压力损失； S 为管道的阻力系数； Q 为流量。

5.2 能源消耗大，能效低

传统热平衡调节策略往往倾向于采用“大流量、小温差”的供暖模式，以期通过增加循环水流量来提升供热效果。然而，这种做法虽能在一定程度上改善局部供热不足的问题，但却不可避免地造成了能源的极大浪费^[4]。能源消耗与能效的关系可以用以下公式表示：

$E=\frac{P*t}{\eta}$ ，其中 E 为能源消耗； P 为功率； t 为时间； η 为能效。

5.3 监控系统不完善，调节不精确

现有监控系统对管网运行数据的采集、传输与处理能力有限，难以实现对管网状态的全面、实时监控。由于缺乏对用户热负荷变化规律的深入研究与精准预测，使得调节措施往往滞后于实际需求变化，难以达到理想的调节效果^[5]。

6 城市集中供热管网热平衡调节技术的解决方案

6.1 加强管网设计优化

为解决水力失调问题并提升系统能效水平，需从管网设计阶段进行根本性优化^[6]。根据用户热负荷需求，科学合理地确定管材与管径规格，选择导热性能好、阻力小的管材，并根据实际热负荷情况选择合适的管径，确保供热效果和能效。推广采用间接供热方式，将用户网络与主网络分离，通过换热器进行热量交换，这样可以有效地避免用户网络对主网络的影响，提高供热系统的稳定性和可靠性。通过这些措施的实施，可以有效改善管网水力工况，提高供热效率，降低能耗水平。

6.2 引入先进的调节技术

应积极引入基于物联网的智能调节系统，实现对管网运行数据的实时监测与分析。利用大数据技术对

用户热负荷变化规律进行深入研究与精准预测，根据历史数据和实时数据，分析用户的热负荷变化趋势，预测未来的热负荷需求，从而为调节工作提供科学依据。还可考虑采用动态水力平衡阀技术，该技术能够根据管网的压力变化自动调节阀门开度，保持管网的水力平衡，提高供热效果。换热站智能控制技术也是一种有效的先进技术手段，它可以根据用户的需求和管网的运行情况，自动调节换热站的运行参数，实现精准供热，进一步提高供热管网的调节精度与响应速度。

6.3 完善监控系统，提高调节精度

建立完善的监控系统是实现城市集中供热管网精确调节的重要基础^[7]。建立健全的数据分析机制，通过对管网运行数据的深入挖掘与分析，揭示其内在规律，发现潜在问题，并及时进行预警和处理；还应加强对管网泄漏、保温性能等方面的监测与管理，定期对管网进行巡检，及时发现并解决管网泄漏问题，确保管网的安全运行；对管网的保温性能进行监测，及时发现保温层破损等问题，并进行修复，以减少能源消耗与浪费。通过完善监控系统，可以提高供热管网的调节精度，实现精准供热，提高用户满意度，同时降低能源消耗，实现节能减排的目标。

7 结束语

城市集中供热管网热平衡调节技术是提高供热效率、提升用户舒适度、降低运行成本的关键。通过对影响热平衡的因素进行分析，采用合适的热平衡调节技术方法，并结合实际应用案例，可以有效地实现供热管网的热平衡。未来，随着智能化、节能高效和个性化服务等发展趋势的不断推进，热平衡调节技术将不断创新和完善，为城市集中供热系统的可持续发展提供有力支持。

参考文献：

- [1] 张皓. 探讨城市集中供热管网的优化设计[J]. 科技资讯, 2024(02):91-93.
- [2] 董玉峰, 蔡晨钰, 钟巍. 城市集中供热管网调控滞后特性的研究[J]. 暖通空调, 2024(06):112-118.
- [3] 同 [1].
- [4] 同 [2].
- [5] 张毅. 城市集中供热管网热平衡调节技术研究[J]. 中国新技术新产品, 2023(01):94-96.
- [6] 张莉. 探讨城市集中供热管网的优化设计[J]. 中文科技期刊数据库(文摘版)工程技术, 2022(05):55-57.
- [7] 程伟. 现代城市集中供热管网节能优化控制策略研究[J]. 河南建材, 2022(12):41-43.