

Research on the Thermal Balance Control Strategy and Engineering Application of HVAC System

Tong Wang

Datang Jilin Power Generation Co., Ltd., Changchun, Jilin, 130000, China

Abstract

The thermal balance control strategy of HVAC systems is of great significance for improving system efficiency, energy conservation, and emission reduction. The study proposed specific optimization measures through the analysis of existing HVAC system control strategies, and verified the effectiveness of these strategies through simulation models. In engineering practice, the improved thermal balance control strategy was applied, and the energy-saving effects before and after application were compared and analyzed, demonstrating the practical application value and future development potential of the optimization strategy. The study focuses on analyzing the principles and applications of thermal balance control strategies in HVAC systems. Through a combination of theoretical analysis and simulation experiments, the effectiveness and application effects of different control strategies are explored, aiming to provide scientific reference and support for engineering practice.

Keywords

HVAC system; thermal balance control; strategy optimization; simulation analysis

暖通系统热力平衡控制策略与工程应用研究

王彤

大唐吉林发电有限公司热力分公司, 中国·吉林 长春 130000

摘要

暖通系统的热力平衡控制策略对于提高系统效率、节能减排具有重要意义。研究通过对现有暖通系统控制策略的分析提出了具体的优化措施,并通过仿真模型验证了这些策略的有效性。在工程实践中,应用改进后的热力平衡控制策略,对比分析了应用前后的节能效果,展示了优化策略的实际应用价值和未来发展潜力。研究着重分析了暖通系统中热力平衡控制策略的原理和应用,通过理论分析与仿真实验相结合的方法,探讨了不同控制策略的效能和应用效果,旨在为工程实践提供科学的参考和支持。

关键词

暖通系统; 热力平衡控制; 策略优化; 仿真分析

1 引言

随着能源危机和环境保护问题的日益突出,建筑暖通系统的能效问题也引起了广泛的关注。热力平衡控制策略作为提高系统能效的关键技术,可以有效降低能源消耗和运行成本。

2 暖通系统热力平衡控制策略

2.1 控制策略概述

暖通系统的热力平衡控制策略关键在于不仅可以优化能量分配和减少能源浪费,还可以确保系统在维持室内环境舒适度的同时能效最大化。同时还可以通过精确控制供热和制冷设备运行状态,并根据室内外环境变化动态调整系统

参数,实现能量流动的有效调节。该策略依靠温度传感器、流量计、压力传感器等实时采集数据,中央控制单元处理数据后自动调节能量输出,保持热平衡。例如,若室内某区域热量升高系统会适当减少供热或增加供冷量,保证环境稳定。同时,控制策略也注重系统的节能效果与经济性,选择高能源利用率的设备和技术,并考虑建筑特性以实现最佳匹配^[1]。

2.2 常见热力平衡控制策略

在暖通系统中热力平衡的实现依赖于多种控制策略的有效运用,其中包括比例控制、积分控制、微分控制(PID控制)以及现代智能控制策略如模糊逻辑控制和神经网络控制。常见的热力平衡控制策略主要针对调节系统中的水流量和风量,通过调整供热与供冷的动态平衡来响应室内外温差变化。例如在变风量空调系统中,通过调节风机速度来控制送风量以适应不同区域或不同时间段的冷热需求。此外,

【作者简介】王彤(2000-),男,中国吉林白城人,本科,从事热力暖通研究。

利用变频泵在水系统中根据实际负载自动调节水流速可以显著提高能效和舒适度。通过在系统中安装温度、湿度和压力传感器可以实时监控系统状态和环境变化，数据通过控制器分析处理后调整各执行元件，如电动调节阀、风机和泵的操作状态，从而可以实现精准控制。这种基于传感器反馈的动态调节策略不仅优化了能源分配，减少了不必要的能耗，同时还可以根据预设的舒适参数保持室内环境的稳定。随着技术的不断发展，更多先进的算法和模型也被引入到控制系统中，例如采用模糊逻辑控制可以处理模糊不清的输入信息，使系统在面对复杂多变的实际环境时也更加稳定和有效。

2.3 控制策略优化方法

有效的优化手段其中就包括实施先进的控制算法、增强系统的自适应能力以及集成新兴技术以提升总体性能。例如，模型预测控制（MPC）技术能够基于预测模型，提前对系统输出进行计算与调整，优化控制过程中的能源分配和设备操作，以期达到更为精细的温度与湿度控制。此外，实施自适应控制系统，可根据环境变化和系统性能实时调整控制参数从而适应外部条件的波动，确保系统在不同运行条件下都能保持最佳效率。随着物联网技术的应用，通过云计算平台进行数据分析和处理，可以实现系统的远程监控和故障诊断，更能强化系统的智能化管理。其通过对系统运行数据的深入分析，可以识别潜在的能效改进点，制定针对性的节能措施，从而助力实现能源的最优配置。

3 暖通系统热力平衡控制策略仿真

3.1 仿真模型建立

在构建仿真模型时通常采用基于物理法则的方法来模拟热传递和流体动力学过程，确保模型可以精确地反映实际

系统的动态行为。具体来说这一过程就包括对暖通系统的各个组成部分，如热交换器、风机、管道和控制阀等进行详细建模，并整合环境影响因素，如室外温度变化、日照强度和内部热负荷等（如图 1 所示）。

通过使用计算流体力学（CFD）和热力学模拟软件，如 ANSYS 或 SIMULINK，模型可以在不同操作条件下进行仿真，以预测系统在不同负荷和环境设置下的响应。此外高级仿真还包括对控制策略如 PID、模糊逻辑或基于 AI 的控制算法的实现，评估其对系统效能的影响。这种综合仿真不仅帮助优化系统设计、减少能耗，还能在系统设计初期阶段发现潜在的问题为系统的优化调整和能效提升提供科学依据^[2]。

3.2 仿真结果分析

仿真结果分析主要侧重于评估各种控制策略对系统能效和热力平衡的影响。主要通过比较不同控制策略下的系统运行参数，如温度、压力和流量等，可以明确各策略的优劣为系统优化提供数据支持。特别是在考虑环境温度变化、用户热负荷需求变动等实际操作条件下，仿真结果能够直观展示控制策略调整前后的性能变化。仿真优化策略则基于以上分析结果，对控制系统进行参数调整和算法优化来提高系统的热效率和响应速度。例如，通过调整 PID 控制器的参数可以减少系统的超调和稳态误差，提高控制精度。采用先进的控制算法如模糊控制或神经网络控制，能够在处理复杂系统和多变量控制中展现更好的性能。为更直观地说明仿真过程中各项参数的变化及其对系统性能的影响，如表 1 所示，在不同控制策略下主要运行参数的对比结果，可以看出采用模糊控制策略明显提高了温度调整的精度和系统的响应速度，同时还能降低能耗，也证明了优化控制策略的有效性和仿真模型的应用价值。

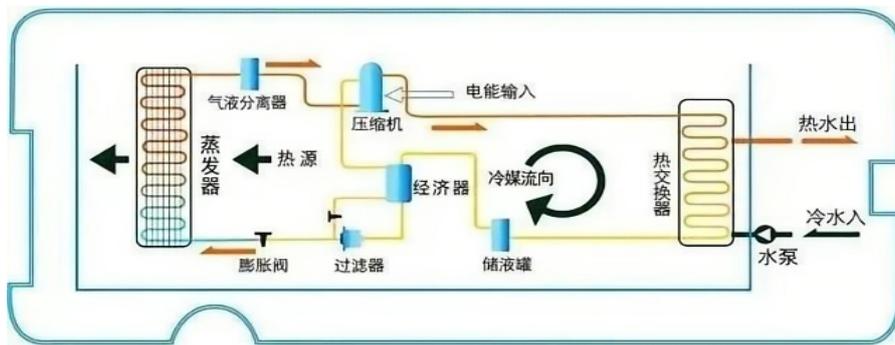


图 1 暖通系统——“两联供”工作原理图

表 1 不同控制策略下暖通系统主要运行参数对比

控制策略	温度调整精度	响应时间	能耗
基线控制策略	± 1.0° C	15 min	100%
PID 控制优化	± 0.5° C	10 min	95%
模糊控制应用	± 0.3° C	5 min	90%

3.3 仿真优化策略

在进行仿真优化时涉及的关键技术包括控制算法的选择、参数的精确调整及其对环境变化的适应性分析。通过采用多目标优化技术不仅可以实现温度、湿度等环境因素的精确控制，还能在保证系统响应速度的前提下最大限度地减少能源消耗和操作成本。此外，还应该要考虑到暖通系统的复杂性和多变性，需要采用智能算法如遗传算法、粒子群优化等进行系统参数的全局优化，成为提升系统稳定性和效率的有效途径。优化过程中应该重点关注系统的稳态行为和动态响应，确保在各种工作条件下系统都能维持最优的热力平衡状态。通过对控制策略进行仿真验证可以准确预测系统在实际运行中可能遇到的问题，并提前制定相应的解决方案，这对于系统的实际应用和长期运行起着至关重要的作用^[1]。

4 暖通系统热力平衡控制策略工程应用

4.1 工程案例介绍

在暖通系统热力平衡控制策略的实际工程应用中，具体的案例是一座大型办公建筑的暖通系统，该系统设计时采用了先进的热力平衡控制策略，目标就是实现能效最大化同时保持室内环境的舒适度。在此工程中设计团队首先对建筑的热负荷进行了详细分析，包括热损失、人员活动产生的热量、设备运行时的热输出等多个因素。基于这些数据应用了一种综合控制策略，该策略综合使用了温度传感器、湿度传感器以及CO₂传感器，通过实时数据监控确保系统精准响应室内外的温度变化。控制系统利用模糊逻辑控制器对各种输入进行处理，智能调节空调系统的制冷和供热量，以响应快速变化的室内热负荷。此外，通过与建筑物管理系统的集成，该暖通系统能够进行高效的能源管理，实现能源使用的优化并减少浪费。系统实施后的数据显示与传统暖通控制系统相比，新系统在保持室内温度和湿度在预定范围内的同时节能效果显著，能耗降低了约30%。

4.2 工程应用效果分析

在暖通系统热力平衡控制策略工程应用的效果分析中，通过对比实施新策略前后的能耗数据，凸显了控制策略的有效性。数据收集涵盖了全年运行期间的详细能耗记录，其中包括温度、湿度、CO₂浓度以及能耗总量。分析结果表明采用热力平衡控制策略后，系统能够有效降低能耗并改善室内环境质量。系统通过实时数据反馈调整供热和制冷输出，以适应内外环境变化，从而减少能量浪费。此外，控制系统的优化使能耗在最低负荷时期自动降低，反映出高效的能源管理和调度能力。如图2所示，实施热力平衡控制策略后，供暖和空调系统的能耗均显著下降，总能耗节约达30%。这

一显著的能效提升归功于系统对各种环境参数进行精确控制和对运行状态的实时调整。此外通过对供暖和空调系统独立控制后，也实现了更为精细的能源管理，同时也避免了不必要的能耗，进一步提升了系统的运行效率。



图2 暖通系统控制策略实施前后能耗对比

4.3 工程应用前景展望

随着技术的进步和对建筑可持续性需求的增加，集成更高级的控制算法和数据分析技术将是趋势。通过利用人工智能和机器学习技术可以进一步优化暖通系统的响应速度和精度，可以实现更高效的能源利用和成本效益。此外，也可以结合可再生能源技术和创新材料，如相变材料的应用，将能够有效提升系统的环境适应能力和能源自给自足率。这些进步更是预示着暖通系统热力平衡控制策略将在实现建筑业可持续发展目标中扮演更加关键的角色。

5 结语

暖通系统热力平衡控制策略的有效性已在实践中得到验证，其对能效的显著提升和环境质量的改善展示了该策略的重要性。通过集成先进的控制技术和智能算法，系统可以更精确地响应环境变化，实现能源的最优化管理。未来随着技术的进一步发展和新材料的应用，预计这些控制策略将更广泛地应用于建筑行业，不仅可以推动建筑能效向更高标准迈进，同时为建筑行业的可持续发展做出巨大的实质性贡献。

参考文献

- [1] 方新民. 智能技术在暖通系统效能与能源控制中的应用[J]. 集成电路应用, 2024, 41(2): 234-235.
- [2] 施向阳. 可持续能源在建筑暖通系统中的应用研究[J]. 房地产世界, 2024(1): 167-169.
- [3] 张国强. 新形势下有色金属业暖通设计和供热系统及供热分析[J]. 世界有色金属, 2021(12): 184-185.