

## 智能控制技术在暖通系统中的应用对能效的影响分析

林继浩

国家能源集团置业有限公司, 北京 100010

**[摘要]** 在全球能源资源紧张和环境保护要求日益严峻的背景下, 提升能源利用效率已成为各行各业的重要任务。暖通空调 (HVAC) 系统作为建筑能源消耗的主要来源之一, 其能效水平直接影响到建筑的整体能源消耗和运行成本。传统的暖通系统往往面临着能效低、控制精度不足、维护困难等问题, 迫切需要新的技术手段来提高系统的运行效率和节能效果。此文探讨智能控制技术在暖通系统中的应用, 分析其在提升系统能效方面的具体影响, 并提出相应的策略和建议, 以为暖通系统的节能优化和绿色发展提供参考。

**[关键词]** 智能控制; 暖通; 能效

DOI: 10.33142/sca.v7i10.13664

中图分类号: TU855

文献标识码: A

### Analysis of the Impact of Intelligent Control Technology on Energy Efficiency in HVAC Systems

LIN Jihao

CHN Energy Group Real Estate Co., Ltd., Beijing, 100010, China

**Abstract:** Against the backdrop of global energy resource scarcity and increasingly stringent environmental protection requirements, improving energy utilization efficiency has become an important task for all industries. As one of the main sources of building energy consumption, the energy efficiency level of HVAC systems directly affects the overall energy consumption and operating costs of buildings. Traditional HVAC systems often face problems such as low energy efficiency, insufficient control accuracy, and difficult maintenance. There is an urgent need for new technological means to improve the operational efficiency and energy-saving effect of the system. This article explores the application of intelligent control technology in HVAC systems, analyzes its specific impact on improving system energy efficiency, and proposes corresponding strategies and suggestions, in order to provide reference for energy-saving optimization and green development of HVAC systems.

**Keywords:** intelligent control; HVAC systems; energy efficiency

#### 引言

暖通空调 (HVAC) 系统在现代建筑中扮演着至关重要的角色, 负责提供舒适的室内环境。然而, 随着建筑规模的扩大和能源成本的上升, 传统暖通系统的能效问题日益突出。传统系统往往缺乏精确的温度调节和实时能耗监测, 导致能源的浪费和运营成本的增加。与此同时, 全球对节能减排的关注日益加剧, 建筑行业面临着更严格的能效标准和环保要求。随着技术的不断进步和应用场景的扩展, 智能控制技术正在成为推动建筑节能和环境保护的重要力量。

#### 1 智能控制技术的定义和分类

智能控制技术主要通过模拟人类智能行为, 结合先进的算法和模型, 对复杂系统进行精确控制, 从而提高系统的性能和效率。智能控制技术不仅涵盖了对系统的基本操作, 还涉及到对系统行为的预测、优化和自适应调整。智能控制技术可以分为以下几类: ①人工神经网络 (ANN): 人工神经网络是一种模仿人脑神经元结构和功能的计算模型。它通过多层神经元节点的连接和信息处理, 进行模式识别、分类和预测。在控制系统中, ANN 能够处理复杂的非线性问题, 适用于需要高精度预测和调整的场合。②模糊控制: 模糊控制是一种基于模糊逻辑的控制方法, 它

通过定义模糊规则来处理系统中的不确定性和模糊性。模糊控制能够处理环境变化和系统参数的模糊性, 适合于那些传统控制方法难以应用的复杂系统。③专家系统: 专家系统是一种模拟人类专家知识和决策过程的系统。它通过建立知识库和推理机制, 对系统进行决策支持和控制。专家系统在处理复杂问题和做出专业决策时表现出较强的优势, 能够有效集成各种控制策略。④遗传算法: 遗传算法是一种基于自然选择和遗传学原理的优化算法。它通过模拟生物进化过程中的优胜劣汰机制, 搜索最优控制方案。遗传算法适用于复杂的优化问题, 能够在大规模问题中找到近似最优解。⑤模糊神经网络 (FNN): 模糊神经网络结合了模糊逻辑和神经网络的优点, 能够处理复杂和不确定的系统控制问题。它通过模糊化的输入和神经网络的学习能力, 实现对系统的自适应控制和优化。⑥自适应控制: 自适应控制技术能够根据系统的实时反馈自动调整控制策略。它通过监测系统的变化, 动态调整控制参数, 确保系统在不同运行条件下的最佳性能。

#### 2 智能控制技术在暖通系统中的应用

智能控制技术在暖通空调 (HVAC) 系统中的应用越来越广泛, 通过结合人工智能 (AI) 算法, 能够在设备、系

统和建筑三个层面实现节能优化控制<sup>[1]</sup>。虽然传统的工程控制方法在市场上仍占据主导地位，但 AI 技术的发展为暖通系统提供了新的解决方案，特别是在能效优化和节能方面。图一展示了 AI 节能的框架。

### 2.1 神经网络算法

神经网络(ANN)通过模拟人类大脑的认知过程，将大量互相关联的信息进行分析和整合，最终实现复杂系统的控制。在暖通系统中，ANN 广泛应用于供暖、通风和制冷系统，ANN 能够对风系统和水系统的末端进行精确控制，例如风机和水泵的进出水流量控制，通过这些控制可以显著提高系统的运行效率。通过仿真运行和模拟，ANN 能够对暖通系统的需量和负荷进行预测，从而实现预防性的调整和优化。结合反向控制功能，ANN 能够对各可变参数进行实时调节，确保系统在不同工况下均能达到最佳节能效果。

### 2.2 模糊控制

模糊控制是一种基于模糊逻辑的控制方法，通过建立模糊关系来提高问题解决的准确性。在暖通系统中，模糊控制能够实现机电设备的变频和变速调节，提高设备的运行效率和节能效果。模糊控制将水系统和风系统的各类监测要素与环境冷热负荷进行关联分析，实现基于逻辑判断的变风量、变流量和变温差控制。总之，模糊控制通过对环境参数和系统负荷进行模糊化处理，使得控制系统能够在复杂和不确定的环境中做出合理的响应，确保暖通系统的稳定运行和高效节能。

### 2.3 专家模式

专家模式是一种模拟人类专家的知识和推理方法，解决复杂问题的技术。在暖通系统的节能控制中，专家模式通过将不同的控制方法和技术进行系统集成，专家模式能够综合考虑各个影响因素，对控制策略进行优化。专家模式能够根据系统运行情况，主动寻找最优控制方案，从而实现最佳节能效果。专家模式通过对专家经验的高效利用，使得系统能够快速适应不同的运行条件，提升整体运行效率。

### 2.4 遗传算法

遗传算法通过模拟生物进化过程中的优胜劣汰原则，选择出解决问题的最优方案。在暖通系统的节能控制中，遗传算法能够在众多控制方案中，选择出最优的控制策略，确保系统在各种环境条件下均能以最佳方式运行。通过对控制参数的不断调整和优化，遗传算法能够提高系统的稳定性和节能效果。

### 2.5 综合应用

智能控制技术在暖通系统中的应用，不仅能够提高系统的运行效率和节能效果，还能够实现智能化的管理和控制。例如，通过将楼宇自控系统和数字能效平台相结合，利用 AI 节能算法，能够实现设备、系统和建筑三个层面的节能优化<sup>[2]</sup>。部分场景下，节能率甚至可以达到 35%，这对于提升建筑能效和实现零碳建筑具有重要意义。

总之，智能控制技术在暖通系统中的应用前景广阔，随着 AI 技术的不断发展，其在节能优化方面的潜力将进一步得到释放。智能控制技术不仅能够自动化单调任务，还能够完成复杂和困难的任务，为管理人员和业主提供了巨大的便利和竞争优势。同时，从社会层面来看，智能控制技术的应用有助于实现个体建筑的零碳目标，甚至在区域范围内实现整体的碳中和。

## 3 智能控制技术对暖通系统能效的影响

### 3.1 能效的定义和评价指标

能效(Energy Efficiency)是指在特定应用或系统中，所消耗的能源与完成所需工作的比率。它衡量了能源使用的有效性和经济性，是评估系统性能和优化能源使用的关键指标。提高能效不仅有助于降低能源消耗和运营成本，还能减少对环境的影响。

能效的基本定义可以用以下公式表示：

$$\text{能效} = \frac{\text{完成的工作量}}{\text{消耗的能源量}} \quad (1)$$

在暖通空调(HVAC)系统中，能效指的是单位能源消耗所提供的加热或制冷效果。能效越高，表示系统在相同能源消耗下能够提供更多的服务或完成更多的工作。

常见的能效评价指标：

①能源利用效率(EER, Energy Efficiency Ratio)：

EER 是制冷设备在标准工况下的制冷能力与其功率消耗的比率，主要用于评价空调和制冷设备的能效。EER 值越高，表示设备的能效越好。计算公式为：

$$\text{EER} = \frac{\text{制冷能力(BTU/h)}}{\text{功率消耗(W)}} \quad (2)$$

②季节性能因数(SEER, Seasonal Energy Efficiency Ratio)：

SEER 是空调系统在整个制冷季节的总制冷量与总能耗的比率，反映空调系统在实际使用条件下的能效表现，SEER 值越高，表示系统的能效越高。

计算公式为：

$$\text{SEER} = \frac{\text{总制冷量(BTU)}}{\text{总能耗(Wh)}} \quad (3)$$

③能源星级评分(Energy Star Rating)：

能源星级评分是由政府或认证机构根据设备的能效标准进行评定的，帮助消费者识别高效能产品，促进节能减排。评分体系依据设备在能效测试中的表现。

④性能系数(COP, Coefficient of Performance)：

COP 是制热设备的制热量与其功率消耗的比率，用于评价热泵和供暖系统的能效，COP 值越高，表示系统的效率越高。计算公式为：

$$\text{COP} = \frac{\text{制热量(kW)}}{\text{功率消耗(kW)}} \quad (4)$$

⑤年均能效比 (Annual Energy Efficiency Ratio, AEER):

AEER 是设备在一年的使用过程中, 提供的总服务量与总能耗的比率, 用于综合评价设备在全年的能效表现, 适用于需要考虑季节性变化的系统。

### 3.2 智能控制技术在提高能效方面的优势

智能控制技术通过利用先进的算法和实时数据分析, 显著提升了系统的能效。其主要优势包括: 智能控制技术能够实时监测系统运行状态和能源消耗, 使得系统能够在各种工况下保持最佳运行状态, 避免了能源的浪费。例如, 通过智能传感器监测室内外温度和湿度, 系统可以精确调节加热或制冷输出, 确保能效最大化。智能控制系统采用先进的控制算法, 如人工神经网络 (ANN) 和模糊控制, 能够精确控制系统的各个部分, 减少了过度加热或制冷的情况, 提高了能源使用效率。智能控制技术可以根据需求预测调整设备运行, 避免了能源的过度消耗。智能控制系统通过分析历史数据和实时信息, 能够预测未来的能源需求并进行负荷调整。例如, 通过预测冷负荷和热负荷, 系统可以提前调整制冷或供暖设备的运行状态, 避免了峰值负荷下的能源浪费。智能控制技术能够实时监测设备运行状况, 发现潜在故障并进行预警。智能控制系统可以整合建筑内的多个子系统 (如供暖、通风、空调系统) 进行综合能源管理。通过系统间的数据共享和协调控制, 能够实现能源的优化配置。例如, 通过将暖通系统与建筑自动化系统相结合, 智能控制技术可以在确保舒适度的同时, 实现建筑整体的节能。智能控制技术具有自学习和自适应能力, 能够根据环境变化和系统运行情况自动调整控制策略。

### 3.3 智能控制技术对暖通系统能效的具体影响

#### 3.3.1 温度调节效率

智能控制技术通过集成高精度的传感器和实时数据采集系统, 将数据传输至控制系统进行分析。基于这些数据, 智能控制系统能够准确调整暖通设备的运行状态。例如, 当室内温度略微偏离设定值时, 智能控制系统会立即调节空调的冷却或加热输出, 确保室内温度始终保持在舒适范围内。智能控制系统利用历史数据和机器学习算法, 通过分析天气预报、历史用能数据以及用户的行为模式, 系统可以提前调整设备的运行模式。例如, 在预期气温骤降的情况下, 系统可以提前启动供暖设备, 以便在用户回家时室内已经达到舒适温度。智能控制技术能够根据实时环境变化和用户的实际需求自适应调整温度设置。例如, 在人员较少或无人使用的房间, 系统会自动降低温度设定, 从而减少能量消耗。同时, 系统会根据房间的实际使用情况和热负荷进行动态调整, 确保能源使用的最大效率。

#### 3.3.2 系统运行优化

系统运行优化是指通过智能控制技术对暖通系统的各个组成部分进行协调和优化, 从而提高系统整体的能效

和运行效果。智能控制系统能够对暖通系统的各个子系统 (如供暖、通风、空调系统) 进行集成优化控制。通过综合分析各子系统的运行状态和能耗数据, 系统可以协调不同子系统的操作。例如, 当供暖系统运行时, 通风系统可以调整空气流量, 确保加热效果均匀分布, 而空调系统则可以在需要进行微调, 以优化整体系统的能效。这种集成优化不仅提升了系统的运行效率, 还减少了能源的浪费。智能控制系统能够对建筑物内的热负荷和冷负荷进行精确分配和优化<sup>[3]</sup>。例如, 通过实时监测不同房间的使用情况和热负荷, 系统能够动态调整供暖和制冷设备的运行状态, 避免某些区域的过度加热或制冷。智能控制技术能够优化设备的启动和停止时机。例如, 系统会根据设备的运行周期和能效特点, 选择最优的运行时机, 以减少设备的启动次数和空转时间。智能控制系统配备了故障检测和预警功能, 能够实时监测设备的运行状态, 发现潜在的故障或异常情况。一旦检测到异常, 系统会立即发出预警, 并采取相应的措施进行自我修复或调整运行模式。

#### 3.3.3 能耗监测与管理

智能控制系统配备了高精度的能耗监测设备, 能够实时监测每个设备和系统的能耗数据, 并将数据传输至中央控制系统进行分析。智能控制系统能够对能耗数据进行深入分析, 通过对这些数据的分析, 系统能够识别能效低下的环节, 并提出优化建议。例如, 系统可以发现某些设备的能耗异常, 提醒管理人员进行检修或调整。智能控制系统能够根据能耗监测和分析结果, 自动调整系统的运行模式, 实施节能策略。例如, 系统可以在电价高峰时段自动调整设备的运行状态, 降低能源消耗; 或者在需求低谷时段自动优化设备的运行模式, 提高能效。这种节能策略的实施能够有效减少能源消耗, 降低运营成本。智能控制系统能够分析用户的行为模式和需求, 调整系统的运行策略。例如, 系统可以根据用户的使用习惯和活动时间, 自动调整温度设定和设备运行状态。

## 4 提升暖通系统能效的策略

选择高效的设备和技术, 如变频驱动的风机和泵, 能够根据实际需求调节运行速度, 减少不必要的能耗。在系统设计阶段, 合理规划管道布局和风道系统, 以减少能量损失, 并选择高效的绝热材料, 进一步提升系统的整体能效。智能控制系统通过实时数据监测和分析, 能够精准调节系统的运行状态。例如, 通过传感器实时监测室内外温度、湿度和空气质量, 智能控制系统可以根据实际需求调整设备的运行模式, 实现精准的温度控制和负荷管理。定期对暖通设备进行维护和检修, 确保设备处于最佳运行状态。例如, 定期清洗空气过滤器和散热器, 检查系统的密封性, 维护设备的机械部件, 可以防止能效下降和故障发生。安装能耗监测设备和分析软件, 实时跟踪系统的能源使用情况, 能够识别出能效低下的环节。基于能耗数据分



析,系统可以生成详细的能效报告,提供改进建议。智能控制系统能够分析用户的使用习惯和需求,根据实际使用情况调整系统设置。例如,在人员较少的时间段,系统可以自动降低温度设定,以减少能源消耗。结合可再生能源和绿色技术也是提升暖通系统能效的重要方向。例如,安装太阳能热水器和地源热泵,可以减少对传统能源的依赖,降低能耗和碳排放。此外,利用节能建筑材料和绿色设计理念,优化建筑的热性能和能源使用效率,也是实现可持续发展的有效途径。

## 5 结语

智能控制技术在暖通系统中的应用,标志着暖通行业进入了一个全新的智能化和高效能时代。通过精准的温度

调节、系统运行优化和有效的能耗监测与管理,智能控制技术显著提升了暖通系统的能效,推动了能源的高效利用与成本的有效控制。未来的技术创新将带来更高效的控制算法和更加智能的管理系统,进一步提高暖通系统的能效。

### [参考文献]

- [1]胡跃涛.建筑节能中暖通空调节能系统的应用现状和技术优化措施[J].中国建筑装饰装修,2022(13):69-71.
- [2]苑雪.商业综合体的暖通空调节能设计探讨——以某商业新建项目为例[J].房地产世界,2023(1):94-96.
- [3]宋清弟.建筑暖通空调节能系统的应用现状及技术优化[J].中国高新科技,2024(2):76-78.

作者简介:林继浩(1984.3—),男,籍贯:河北衡水。