

智能控制在暖通空调系统中的应用与效果分析

汪和俊

上海建工一建集团有限公司 上海 200000

摘要：本文聚焦智能控制在暖通空调系统中的应用与效果。阐述暖通空调系统组成、工作原理及控制要求，解析智能控制技术通过数据采集、模型建立、智能决策与控制执行的应用原理。探讨其在温度湿度控制、空气质量优化、节能降耗、故障诊断维护等方面的具体应用，分析表明该技术可降低系统能耗15%-30%，显著提升舒适度与经济效益，为暖通空调系统智能化升级提供理论与实践参考。

关键词：智能控制技术；暖通空调系统；应用；效果分析

1 暖通空调系统概述

1.1 暖通空调系统的组成与工作原理

暖通空调（Heating,VentilationandAirConditioning，简称HVAC）系统作为现代建筑环境调控的核心设施，其功能在于为室内创造舒适、健康且适宜的热湿环境与空气质量。该系统主要由热源与冷源设备、空气处理设备、能量输送与分配系统、控制与调节装置四大核心部分组成。热源设备负责提供热量，常见的有锅炉、热泵机组等。以锅炉为例，通过燃烧天然气、煤炭等燃料，将化学能转化为热能，加热循环水或蒸汽，为建筑供暖。冷源设备则用于制冷，其中蒸气压缩式制冷机组最为普遍，其工作原理基于逆卡诺循环。压缩机将低温低压的制冷剂气体压缩成高温高压气体，随后进入冷凝器，在冷凝器中制冷剂将热量释放给外界环境，冷凝为高压液体；高压液体经过节流装置降压降温后，进入蒸发器，在蒸发器中吸收室内空气的热量，蒸发为低压气体，再次被压缩机吸入，如此循环往复，实现制冷效果^[1]。空气处理设备包括空气过滤器、加热器、冷却器、加湿器、除湿器等，用于对室外新风和室内回风进行过滤、加热、冷却、加湿、除湿等处理，以满足室内环境要求。能量输送与分配系统主要由风机、水泵、管道等构成，风机负责输送空气，水泵则用于输送冷热水，将经过处理的空气和冷热水输送到各个房间。控制与调节装置则用于监测和控制整个系统的运行参数，确保系统稳定、高效运行。

1.2 暖通空调系统的控制要求

暖通空调系统的控制旨在实现室内环境参数的精准调节、系统的高效稳定运行以及节能降耗的目标。从环境参数控制角度来看，室内温度、湿度、空气质量等指标必须满足人体舒适与健康需求。例如，一般办公场所温度需控制在22℃-26℃，相对湿度保持在40%-60%，

同时要保证室内空气中污染物浓度符合国家标准。在系统运行稳定性方面，控制要求确保各设备协调工作，避免因设备故障或参数波动导致系统停机或性能下降。例如，当冷源设备制冷量变化时，空气处理设备和能量输送系统需同步调整，维持系统平衡。节能降耗也是暖通空调系统控制的关键要求。通过优化控制策略，合理调节设备运行状态，减少能源浪费，降低运行成本，同时响应绿色建筑和可持续发展的理念。

2 智能控制在暖通空调系统中的应用原理

智能控制技术是基于人工智能、自动控制理论、计算机技术等多学科融合的先进控制方法，其在暖通空调系统中的应用原理主要围绕数据采集、模型建立、智能决策与控制执行四个环节展开。首先，通过各类传感器，如温度传感器、湿度传感器、空气质量传感器、流量传感器等，实时采集暖通空调系统运行过程中的各种参数，包括室内外环境参数、设备运行状态参数等，形成庞大的运行数据集。接着，利用机器学习、神经网络等算法，对采集到的数据进行分析处理，建立暖通空调系统的运行模型。这些模型能够模拟系统在不同工况下的运行特性，预测系统响应。在智能决策环节，将实际采集数据与设定的目标参数进行对比，结合建立的系统模型，通过专家系统、模糊控制、遗传算法等智能控制策略，自动生成最优的控制方案最后，将智能决策生成的控制指令传输给执行机构，如风机变频器、电动调节阀、压缩机控制器等，实现对暖通空调系统设备的精准控制，从而达到优化系统运行的目的。

3 智能控制在暖通空调系统中的应用

3.1 温度与湿度控制

在温度与湿度控制方面，智能控制技术发挥着至关重要的作用。传统的温度控制多依赖简单的开关控制或比例控制，这类控制方式往往难以实现精准调节，导致

室内温度频繁波动,不仅影响人体舒适度,还造成能源浪费。智能控制技术打破了这一局限,通过构建高精度的室内温度预测模型,将室外气象条件(如温度、日照强度)、室内人员数量、设备散热等多元因素纳入分析体系。以神经网络算法为例,其能对海量历史温度数据及相关影响因素进行深度学习,准确预测未来时段的室内温度变化趋势。当预测到温度即将升高时,系统便提前启动制冷设备,并根据预测数据精准调节制冷量,确保室内温度始终平稳维持在设定值附近。在湿度控制领域,智能控制同样优势显著。系统借助高精度湿度传感器实时监测室内湿度,一旦检测到湿度偏离设定范围,便立即依据当前湿度状况和变化趋势做出响应。模糊控制算法在此过程中发挥关键作用,其可根据湿度偏差和变化率的不同程度,制定精细化的控制策略,精确调节加湿器或除湿器的运行强度,既避免过度加湿导致的潮湿滋生霉菌,又防止过度除湿造成的空气干燥不适,同时有效降低能耗,实现舒适度与节能的双重目标^[2]。

3.2 空气质量优化

智能控制技术在空气质量优化上的应用,为提升室内空气品质提供了强有力的支持。系统通过部署PM2.5传感器、CO₂传感器、VOC传感器等多种监测设备,对室内空气中的各类污染物浓度进行24小时不间断实时监测。当CO₂传感器检测到浓度升高时,意味着室内人员密度增加、空气流通不足,此时智能控制系统会自动加大新风量,引入更多新鲜空气,快速稀释室内污染物浓度,保障氧气供应。针对PM2.5等颗粒物污染,智能控制系统能够根据实时检测数据,动态调整空气过滤器的运行模式和更换周期。在PM2.5浓度较高时,系统会自动加强过滤器的净化能力,提升过滤效率;同时结合过滤器的使用时长和阻力变化数据,运用智能算法精准判断过滤器是否需要更换,在确保空气过滤效果的同时,避免不必要的耗材浪费。此外,面对挥发性有机化合物(VOC)污染,智能控制系统可与活性炭吸附装置、光催化氧化设备等空气净化设备实现智能联动,一旦检测到VOC浓度超标,便自动开启净化功能,高效降低VOC浓度,全方位保障室内空气质量。

3.3 节能与降耗

节能降耗是智能控制技术在暖通空调系统应用中的核心目标之一。通过对系统运行数据的深度挖掘与分析,结合先进的优化控制策略,智能控制系统能够显著提升能源利用效率。一方面,系统具备敏锐感知负荷变化的能力,可根据不同时段的实际需求动态调节设备运行参数。例如,在夜间或人员稀少时段,智能控制系统

会自动降低空调设备的运行功率,精准减少冷热量供应,避免设备在低负荷状态下仍维持满功率运行造成的能源浪费。另一方面,智能控制系统运用遗传算法、粒子群算法等智能算法,建立详细的设备能耗模型。通过对不同设备组合在各种工况下的能耗情况进行模拟分析,系统能够智能筛选出能耗最低的设备运行方案。在部分负荷工况下,优先启用能效较高的小型制冷机组,取代大型机组低效率运行,大幅降低能耗。智能控制系统还可与太阳能、地热能等可再生能源系统进行有机整合,实现多种能源的协同互补与综合利用,进一步挖掘节能潜力,推动暖通空调系统向绿色低碳方向发展。

3.4 故障诊断与维护

智能控制技术为暖通空调系统的故障诊断与维护带来了革命性变革。在传统模式下,暖通空调系统的故障诊断多依赖人工巡检与经验判断,不仅效率低下,而且难以在故障萌芽阶段及时察觉,往往导致设备故障扩大化,造成巨大的经济损失和使用不便。而智能控制技术凭借先进的传感器网络与智能算法,彻底改变了这一局面。系统通过在压缩机、风机、水泵等关键设备上部署高精度的温度、压力、电流、振动等传感器,构建起全方位的实时监测体系。这些传感器如同敏锐的“感知神经元”,能够以毫秒级的响应速度,持续采集设备运行过程中的海量参数数据。随后,系统运用故障树分析、支持向量机、神经网络等专业故障诊断算法,对这些数据进行深度挖掘与分析。一旦设备运行参数出现异常波动或偏离正常范围,智能控制系统凭借强大的数据分析能力,能够在极短时间内迅速识别故障类型,准确定位故障发生位置。在故障诊断的基础上,智能控制系统还具备强大的预测分析能力。它基于设备历史运行数据和当前状态参数,利用机器学习算法中的时间序列分析、深度学习等技术,构建出精准的设备故障预测模型。这些模型能够预测设备潜在故障的发展趋势,提前数天甚至数周发出维护预警信息。以某医院的暖通空调系统为例,系统通过分析水泵的流量、压力等参数的变化趋势,提前7天预测到水泵叶轮可能出现磨损故障,维护人员及时进行预防性维护,避免了因水泵故障导致的手术室环境失控^[3]。另外,系统完整记录故障发生的全过程数据,包括故障前后的参数变化、设备运行状态、控制指令执行情况等,形成详细的故障档案。这些档案为维护人员提供了详实的故障分析资料,维修人员可以借助大数据分析工具,快速定位故障原因,制定最优维修方案,大幅提高故障修复效率,显著降低维护成本。通过智能控制技术,暖通空调系统的平均故障修复时间缩短

60%，设备使用寿命延长20%以上，为系统的长期稳定运行提供了坚实保障。

4 智能控制技术在暖通空调系统中的效果分析

4.1 能效提升效果

智能控制技术在暖通空调系统中的应用显著提升了系统能效。大量实际案例表明，采用智能控制后，暖通空调系统的能耗可降低15%-30%。这一成效源于对系统运行参数的精准调节和设备的优化控制。传统暖通空调系统多采用固定运行模式，无法根据实际需求灵活调整，导致能源浪费严重。而智能控制系统通过温度、湿度、流量等传感器实时采集数据，运用机器学习算法建立动态模型，预测负荷变化，从而提前调整设备运行参数。例如，在某大型商业建筑中，应用智能控制系统后，制冷机组的能效比（EER）提高了18%，全年空调系统能耗降低了22%。该系统能根据室外温度、室内人员密度等因素，自动调节制冷机组的运行台数和压缩机频率，避免设备在低负荷下低效运行。智能控制系统还可优化设备的启停策略，减少不必要的启停次数。因为设备启动瞬间往往需要消耗大量电能，频繁启停不仅增加能耗，还会缩短设备寿命。通过智能控制，使设备始终运行在高效区间，实现能源的高效利用。

4.2 舒适度改善效果

在舒适度改善方面，智能控制技术实现了室内环境参数的精准调节，有效提升了用户的舒适体验。传统空调系统由于控制方式简单，容易出现温度波动大、湿度控制不精准等问题。而智能控制系统通过实时监测室内外环境参数，结合人员活动规律，动态调节空调设备运行。以办公场所为例，应用智能控制系统后，室内温度波动范围从传统系统的 $\pm 2^{\circ}\text{C}$ 缩小至 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度波动范围从 $\pm 15\%$ 缩小至 $\pm 5\%$ 。系统能根据人员上下班时间、室外天气变化，提前调整空调运行状态，保持室内温湿度稳定。同时，智能控制系统还能优化空气质量，实时监测 CO_2 、 $\text{PM}_{2.5}$ 等污染物浓度，自动调节新风量和净化设备运行，减少因空气质量问题导致的头晕、乏力等不适症

状，为人员创造了更加舒适、健康的工作环境。

4.3 经济效益分析

从经济效益角度来看，智能控制技术的应用为暖通空调系统带来了显著的成本节约。一方面，能源消耗的降低直接减少了运行成本。以一座建筑面积为5万平方米的写字楼为例，采用智能控制系统后，每年可节省电费约30万元。这是因为智能控制能根据实际负荷优化设备运行，避免能源浪费^[4]。另一方面，故障诊断与维护功能延长了设备使用寿命，减少了设备维修和更换成本。智能控制系统通过实时监测设备运行参数，利用大数据分析和故障诊断算法，能够提前发现设备潜在故障，如压缩机磨损、管道泄漏等，并及时发出预警。通过预防性维护，降低设备突发故障的概率，减少因设备故障导致的停机损失和高额维修费用。智能控制技术还能提高建筑的市场竞争力。具备智能空调系统的建筑，因舒适度高、能耗低，更受租户和购房者青睐，能够提升建筑的租金收益和房产价值，为业主带来间接的经济效益。

结束语

智能控制技术的应用为暖通空调系统带来了能效提升、舒适度改善和成本降低的显著成效，推动建筑环境调控的智能化发展。随着人工智能、物联网等技术的不断进步，智能控制技术将在暖通空调领域实现更深度的融合与创新。未来，其在优化能源利用、提升用户体验、适应复杂环境等方面将展现更大潜力，助力暖通空调系统向更高效、智能、绿色的方向持续迈进。

参考文献

- [1]钱骏辉.智能城市背景下提高建筑暖通空调能效措施分析[J].新城建科技,2024,33(07):43-45.
- [2]何振宇.暖通空调系统能耗监控与节能管理策略[J].新城建科技,2024,33(05):25-27.
- [3]郭燕飞,张亚南.基于PMV的暖通空调智能监控系统设计[J].建材技术与应用,2024,(01):51-54.
- [4]王涛,张丽.智能控制技术在暖通空调系统中的应用研究[J].建筑科学,2023(10):45-50.