

智能控制技术在现代暖通空调系统中的应用研究

石洋

152128*****1212

摘要: 现代暖通空调系统是建筑能源消耗的核心,其运行效率与调控精度直接影响能源利用与人居舒适度。智能控制技术的发展为该系统优化提供了新路径,解决了传统控制响应滞后、调节僵化的问题。本文结合现代建筑对暖通空调系统的多元需求,阐述智能控制技术的应用价值,梳理模糊控制、神经网络控制等主流技术的特性与适配场景。分析技术在负荷预测、参数优化及故障诊断中的应用方式,剖析技术融合、成本控制等应用难题并提出建议。研究可为智能控制技术与暖通空调系统的深度融合提供参考,推动系统向高效、智能、节能方向发展。

关键词: 智能控制技术;暖通空调系统;负荷预测;参数优化;故障诊断

DOI: 10.64216/3104-9680.25.02.030

引言

随着“双碳”目标推进与建筑智能化发展,传统暖通空调系统高能耗、低适配的问题愈发突出。传统PID控制难以应对建筑内人员流动、环境变化等动态干扰,常出现“过冷过热”情况,既浪费能源又影响使用体验。智能控制技术具备强大的非线性处理、自学习与自适应能力,能精准捕捉系统运行状态变化,实现动态优化调控。在此背景下,研究智能控制技术在现代暖通空调系统中的应用路径,对降低建筑能耗、提升系统运行稳定性具有重要现实意义,可为相关实践提供有力支撑。

1 智能控制与暖通空调系统的适配性

1.1 暖通空调系统运行与需求

现代暖通空调系统普遍呈现多变量、强耦合的运行特性,在运行过程中需要同时满足温度、湿度、空气质量等多方面的控制目标。建筑功能的多元化发展,进一步增加了控制需求的复杂性。办公建筑对系统的响应速度要求较高,商业综合体则更注重调控精度的稳定性,而住宅建筑对能耗控制有更严格的标准,不同场景的需求差异十分明显。同时,能源节约与环保政策的推进,使得系统控制不仅要保证运行效果,还必须兼顾运行效率与碳排放水平,形成多目标协同的控制要求。

1.2 智能控制技术核心优势

与传统控制技术相比,智能控制技术最突出的优势在于具备强大的自学习能力。它能够通过对系统历史运行数据的持续分析,不断优化控制策略,使控制效果逐步提升。其抗干扰能力也十分显著,面对外界环境温度、湿度的变化,以及系统内部参数的波动,

都能快速做出调整,确保系统稳定运行。此外,智能控制技术的分布式控制特性,可实现对暖通空调系统各子模块的独立调控,避免某一区域过度耗能而其他区域调控不足的问题,减少局部能源浪费。

1.3 技术适配逻辑与基础

智能控制技术与暖通空调系统的有效适配,以系统运行数据的实时、全面采集为基础。通过在系统各关键节点部署传感设备,构建全方位的数据感知网络,确保能够捕捉到温度、压力、流量等各类核心参数。其核心逻辑是将模糊的系统控制目标,转化为可量化的参数指标,再利用智能算法建立参数与控制指令之间的动态关联模型。同时,通信技术与物联网平台的支撑至关重要,它们确保了数据传输的实时性与控制指令的高效执行,为技术适配提供坚实保障。

2 主流智能控制技术类型

2.1 模糊控制技术特性

模糊控制技术以模糊数学理论为核心,其最大特点是能够对无法建立精确数学模型的复杂系统进行有效控制。在暖通空调系统中,温度偏差、湿度偏差等很多参数常处于模糊状态,难以用固定精确数值描述,模糊控制技术可通过预设的模糊规则库,将这些模糊信息转化为可执行的控制逻辑并快速输出指令。在负荷波动频繁的场景中,比如商场的工作日与周末、白天与夜晚的人流差异,其无需精确建模的特性展现出显著优势,能根据实时工况灵活调整风机转速、水阀开度等控制策略,使控制过程更加高效,避免传统控制因参数固定导致的僵化问题,提升系统对动态环境的适应能力。

2.2 神经网络控制价值

神经网络控制技术通过模拟人体神经网络的结构与工作原理，具备强大的非线性映射能力和自学习功能。在暖通空调系统应用中，它先对大量系统运行数据进行训练学习，涵盖不同季节环境温度、不同时段负荷状态下的参数变化与控制效果反馈。通过反复迭代学习，该技术能精准捕捉负荷变化与环境因素的关联规律，进而提前调整冷热源输出功率、风机转速等控制参数。其在系统动态特性建模方面的优势，有效提升控制指令的前瞻性与准确性，大幅减少系统响应滞后问题，避免传统控制“被动调节”导致的能源损耗。

2.3 专家系统与融合控制

专家系统是将暖通空调领域的专业知识与资深工程师的实践经验整合，形成结构化知识体系，通过逻辑推理机制为系统运行提供科学决策支持。当系统出现“局部温湿度失衡”等复杂问题时，专家系统能模拟专业人员思维，结合设备运行年限、环境参数等综合分析判断。融合控制技术则是结合多种智能控制技术优势，实现 $1+1>2$ 的效果，例如将模糊控制的动态灵活性与神经网络控制的精准预测能力结合，在大型综合体中可同时满足不同区域的差异化需求，进一步提升系统控制性能，适配现代暖通空调的复杂工况。

3 智能控制技术应用场景

3.1 负荷智能预测与调控

智能控制技术在负荷预测与调控方面的应用，主要通过整合多维度数据实现精准决策。这些数据不仅包括建筑内外环境温度、湿度、光照等实时数据，还涵盖历史负荷变化数据、节假日人流规律及建筑使用功能调整信息。利用神经网络、多元回归分析等算法模型，对这些数据进行降噪处理与特征提取，实现对暖通空调系统负荷的短期与长期预测。基于预测结果，系统可提前 1-2 小时调整冷热源输出功率、风机转速、水泵流量等核心参数，避免负荷突变时系统因响应滞后导致的能源浪费，使系统运行更具针对性，显著提升能源利用效率。

3.2 运行参数动态优化

在暖通空调系统运行过程中，智能控制技术通过分布在室内各区域及设备节点的各类传感器，实时采集室内温度、湿度、CO₂ 浓度及压缩机、风机等设备的运行参数。将这些数据通过物联网传输至控制中心后，由遗传算法、粒子群优化等智能算法进行分析，

不断优化送风温度、送风速度、水流量等关键参数。针对不同时段、不同区域的环境需求，系统可实现参数自适应调节，比如办公建筑工作时段自动提升新风量至 $30\text{m}^3/\text{人}\cdot\text{h}$ 以保证空气质量，夜间无人时段则降低风机频率与供水温度，在满足舒适度标准的同时最大化节约能源，实现双目标平衡。

3.3 故障智能诊断与预警

智能控制技术在设备故障诊断与预警方面，通过对暖通空调设备运行参数的高频次实时监测实现全面管控。系统先基于设备出厂标准与历史运行数据，建立各部件正常运行的参数阈值模型，明确压缩机排气温度、换热器温差等参数的合理波动范围。当监测到某一参数超出阈值时，系统立即启动诊断程序，通过对比历史故障案例库与实时参数变化曲线，快速定位故障部位并分析原因，如将“水泵电流异常”与“轴承磨损”等故障关联匹配。

4 技术应用的问题与挑战

4.1 技术融合与兼容性问题

当前在暖通空调系统中应用智能控制技术，面临的首要问题是技术融合与系统兼容性。现有部分暖通空调系统设备使用年限较长，不仅存在老化导致的性能衰减问题，且不同品牌、不同型号的设备接口标准缺乏统一规范。这直接导致智能控制技术与原有系统的融合难度大幅增加，不同设备之间的数据传输协议存在明显差异，极易形成“数据孤岛”，使智能控制算法无法获取全面、统一的运行数据，进而严重影响整体调控效果的稳定性。智能控制模块的现代化控制逻辑与系统原有传统控制逻辑常存在冲突，这种冲突不仅体现在参数设置上，还涉及运行机制差异，极大制约了技术应用的深度与广度。

4.2 数据采集与安全隐患

数据采集的精准性直接决定智能控制的效果，而实际应用中存在诸多复杂因素影响数据质量。传感器的安装位置若过于集中或偏离关键监测点，可能导致采集的参数无法真实反映系统运行状态；环境中的电磁干扰、温度剧烈变化以及粉尘积累等，也容易导致数据出现偏差或失真，进而影响算法决策的准确性，甚至引发系统误操作。同时，随着物联网技术的深度应用，系统数据需在多设备、多平台间传输与存储交互，这就面临着网络黑客攻击、数据非法窃取与泄露等安全隐患。尤其在商业建筑中，暖通空调系统数据

可能关联建筑运营信息，如何通过技术手段保障数据安全，防止恶意篡改与非法访问。

4.3 成本控制与性价比平衡

智能控制技术的应用需要较高的前期投入成本，这一现实问题成为制约其大规模推广的重要因素。成本构成较为复杂，主要包括高精度传感器、智能控制器、物联网传输平台等硬件设备的购置与专业安装调试费用，以及定制化软件系统的开发、后期升级与运维服务费用。对于既有建筑的暖通空调系统改造而言，除了上述成本，还需要承担原有老旧设备的拆除、管线改造等额外费用，叠加后的高额改造成本显著降低了业主的技术应用积极性。如何在保证智能控制技术应用效果不打折扣的前提下，通过技术优化与模式创新有效控制前期投入成本，实现技术落地的高性价比平衡，是推动技术广泛普及的关键所在。

5 技术发展路径与建议

5.1 构建技术融合标准体系

为从根源上解决技术融合与兼容性问题，相关行业协会与政府主管部门应牵头加快制定统一的技术融合标准体系。该体系需明确智能控制技术与暖通空调系统融合过程中的设备接口物理规范、数据传输协议格式及系统兼容性能指标，为全行业技术应用提供统一且具有权威性的依据。同时，应积极鼓励设备生产企业与智能技术研发企业开展深度战略合作，联合开发具备通用接口与自适应能力的智能控制模块，从产品层面降低技术融合难度。此外，建立行业共享的技术数据库，全面整合各类系统运行数据、故障案例与技术应用经验，为技术融合提供丰富的数据支撑与实践参考。

5.2 强化数据安全与采集能力

针对数据采集精准性与安全保障问题，需从技术与管理两方面构建双重保障体系。一方面要强化数据安全保障能力，加大数据安全技术研发投入，采用数据加密传输、严格的分级访问权限控制、定期异地数据备份等多重防护手段，构建全方位、无死角的数据安全保障体系，从传输、存储到使用全流程防止数据被恶意篡改与非法访问。另一方面要系统提升数据采集的精准性，组织专业技术人员优化传感器布局方案，结合红外传感、无线传感与有线传感等多种技术优势，扩大数据采集的覆盖面与监测密度。同时建立实时数据质量校验机制，通过算法筛选与人工复核相结合的

方式，及时剔除异常数据，确保算法分析基于真实可靠的数据基础。

5.3 优化成本与推广机制

在成本控制与市场推广方面，需构建“技术降本+政策激励+示范引领”的多元体系。首先通过推动智能控制设备规模化生产，发挥规模效应降低制造成本，同时鼓励企业加大核心技术研发投入，重点开发低成本、高性能的国产化核心部件，逐步减少对进口设备的依赖，从产业链源头控制成本。政府部门可出台针对性的补贴政策与税收减免等激励措施，对主动应用智能控制技术的企业与业主给予直接资金支持，有效降低其技术应用的前期成本压力。同时，选择办公建筑、商业综合体、住宅等不同类型建筑建立技术示范工程，全面总结应用经验与效益数据，通过行业专题会议、权威媒体案例报道等方式广泛推广，切实提升市场对智能控制技术的认知度、认可度与接受度。

6 结论

智能控制技术为现代暖通空调系统的优化升级提供了有效解决方案，其与暖通空调系统的融合发展是建筑节能与智能化发展的必然趋势。本文研究表明，模糊控制、神经网络控制等智能控制技术，凭借各自的特性在暖通空调系统中展现出良好的应用前景，在负荷预测、参数优化、故障诊断等场景中能够有效提升系统运行效率与稳定性。同时，技术应用过程中面临的技术融合、数据安全、成本控制等问题，需要通过构建标准体系、强化安全保障、优化成本结构等措施加以解决。未来，随着技术的不断发展与推广，智能控制技术将与暖通空调系统实现更深层次的融合，推动建筑能源利用水平迈向新高度，为“双碳”目标的实现提供有力支撑。

参考文献

- [1] 赵頔. 节能技术在暖通空调设计中的应用[J]. 工程建设与设计, 2024, (17): 64-66.
- [2] 邓敬莲. 智慧建筑暖通空调系统智能化控制研究[J]. 设备管理与维修, 2024, (06): 74-76.
- [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, (02): 76-78.
- [4] 张升. 多源暖通空调通风联合智能施工控制技术[J]. 中国建设信息化, 2022, (22): 56-58.
- [5] 郭燕飞. 基于光电传感器的暖通空调温湿度智能控制技术[J]. 传感技术学报, 2022, 35(09): 1293-1298.