

智慧建筑暖通空调系统智能化控制研究

张晓娅

四川大学华西天府医院

DOI: 10.12238/ems.v7i3.12186

[摘要] 本文围绕暖通空调系统智能化控制技术展开研究。首先阐述其在系统中的应用, 历经从基础定值到智能控制阶段, 提升了运行效率与节能能力, 接着介绍多种控制技术, 如模型预测、数据驱动学习、自适应和混合控制技术, 论述了物理、灰箱、黑箱建模方法及离线、在线仿真技术。还探讨了传感器与执行器、控制器设计及性能评价。应用方案设计采用分层架构, 涵盖感知、传输、平台和应用层, 涉及远程监控、设备调试等内容, 指出智能调控技术在能源优化管理中成效显著, 能节能、提升舒适度并实现智能化管理, 推动暖通空调系统向高效、智能方向发展。

[关键词] 智慧建筑; 暖通空调系统; 智能化控制

引言

随着科技的飞速发展和人们对建筑环境舒适度、能源效率要求的不断提高, 智慧建筑已成为未来建筑发展的必然趋势。作为智慧建筑的重要组成部分, 暖通空调系统(HVAC)的智能化控制对于提升建筑能效、优化室内环境质量、降低运营成本具有重要意义, 传统的暖通空调系统控制方式往往存在能耗高、调节滞后、难以满足个性化需求等问题。而智能化控制技术, 依托物联网、大数据、人工智能等先进技术, 能够实现对暖通空调系统的实时监测、精准控制和优化运行, 有效解决传统控制方式的弊端^[1]。本研究旨在探索智慧建筑暖通空调系统智能化控制的关键技术和方法, 构建高效、节能、舒适的室内环境调控体系。

1 暖通空调系统智能化控制技术

1.1 智能化控制在暖通空调系统

随着科技的持续进步与创新, 智能化控制技术已在暖通空调系统中得到了广泛应用, 成为该系统未来发展的重要指引, 该技术经历了从基础定值控制到高精度PID控制的逐步升级, 并最终迈向了以人工智能为核心的智能控制阶段。系列的技术演变, 不仅标志着技术层面的巨大突破, 也极大地提升了系统的运行效率, 并显著增强了其节能降耗的能力。在确保室内环境维持适宜舒适度的同时, 智能化控制技术使暖通空调系统变得更加环保、节能, 为人们的生活空间带来了智能化、绿色化、高效化的深刻变革, 推动了生活品质的全面提升。

1.2 暖通空调系统智能化控制技术的多样化分类与特点

1.2.1 模型预测控制技术

该技术建立在精确的系统模型之上, 通过实时预测与调整, 以实现最优化的控制效果, 将理论预测与实际运行数据紧密结合, 对未来系统状态进行准确预估, 并据此提前做出调整, 确保控制的精准与高效。

1.2.2 数据驱动学习控制技术

该技术充分利用历史运行数据作为学习资源, 借助先进的机器学习算法对控制器进行深度优化训练, 系统通过学习历史数据中的规律与模式, 能够更灵活地适应各种复杂的运行情境, 从而显著提高整体控制效能^[2]。

1.2.3 自适应控制技术

该技术赋予系统根据室内外环境变化自动调整运行参数的能力, 旨在实现高效节能与稳定运行, 强调系统的灵活应变与高度适应性, 确保在各种极端或变化的条件下, 系统都能保持最佳运行状态, 提供稳定且高效的暖通空调服务。

1.2.4 混合控制技术

该技术融合了多种先进控制策略的优势, 如模型预测控制、数据驱动学习控制和自适应控制等, 旨在实现更为卓越且全面的控制效果, 通过综合运用多种策略, 充分发挥各自的长处与优势, 从而全面提升系统的整体性能与稳定性。

2 暖通空调系统建模与仿真

2.1 暖通空调系统建模方法

2.1.1 物理建模

该方法以热力学与流体力学原理为核心依据, 对暖通空调系统内部的物理过程展开全面且细致的剖析与描述, 进而构建起基于理论的系统模型。在物理建模过程中, 需深入考量系统内的热量传递、流体流动等诸多物理现象, 运用相关的物理定律和方程, 精确推导系统各部分之间的相互关系, 其建立在严谨科学理论基础之上, 物理逻辑清晰明确, 能够准确反映系统的本质特性。

2.1.2 灰箱建模

此方法融合了物理建模精确性与数据驱动方法灵活性的折中式建模策略。在面对部分信息已知、部分信息未知的复杂系统时, 灰箱建模充分发挥其独特优势, 首先依据已有的物理知识和原理构建初步的物理模型, 然后借助大量的经验数据以及先进的统计分析方法, 对该物理模型进行针对性的补充和修正。通过这种方式, 灰箱建模能够更全面、准确地描述系统的实际运行情况, 弥补了单纯物理建模在面对复杂现实情况时的不足, 从而获得与实际系统更为契合的模型描述。

2.1.3 黑箱建模

与前两种建模方法不同, 黑箱建模采取了一种更为抽象、侧重于数据驱动的途径, 完全聚焦于系统的输入与输出数据, 而不关注系统内部的具体结构和运行机制。在黑箱建模过程中, 主要借助机器学习、神经网络等先进技术手段, 从海量的输入输出数据中挖掘和提炼出系统的行为模式与内在规律, 在处理高度复杂和非线性的系统时展现出强大的优势,

尤其适用于那些缺乏详细物理知识或物理过程难以精确描述的系统^[3]。

2.2 暖通空调系统仿真技术

2.2.1 离线仿真

作为一种独立于实际系统实时运行的模拟技术, 离线仿真为工程师提供了一个安全、灵活的研究与测试环境。在离线仿真过程中, 无需对实际运行的系统造成任何干扰, 工程师可以依据不同的研究目的和需求, 自由设定各种运行场景和参数组合, 深入探究系统在不同条件下的行为表现。高度的灵活性使得离线仿真成为系统设计阶段的重要工具, 在系统设计初期, 通过离线仿真模拟不同的设计方案, 以提前评估系统的性能指标, 预见潜在的问题, 如能耗过高、温度控制不稳定等。

2.2.2 在线仿真

与离线仿真不同, 在线仿真紧密结合实际系统的运行过

程, 与实际系统同步运行, 具备实时监控和控制功能。在实际系统运行过程中, 在线仿真能够实时采集系统的各种运行数据, 如温度、压力、流量等, 并根据预设的模型和算法对这些数据进行分析处理。一旦发现系统运行状态出现异常或偏离最优值, 在线仿真可以立即发出警报, 并为工程师提供相应的调整建议, 通过在线仿真, 工程师能够及时、准确地掌握系统的运行状况, 对系统进行实时优化和调整, 确保系统始终处于最佳运行状态。

3 暖通空调系统智能化控制技术研究

3.1 暖通空调系统传感器与执行器

3.1.1 暖通空调监测与调节技术

智能控制系统能够实时监测建筑内外的温度、湿度、人员密度等参数, 并根据这些数据自动调整供暖、制冷或通风模式, 以维持舒适的室内环境, 使得暖通空调系统能够更加精准地满足用户需求, 同时减少能源浪费。

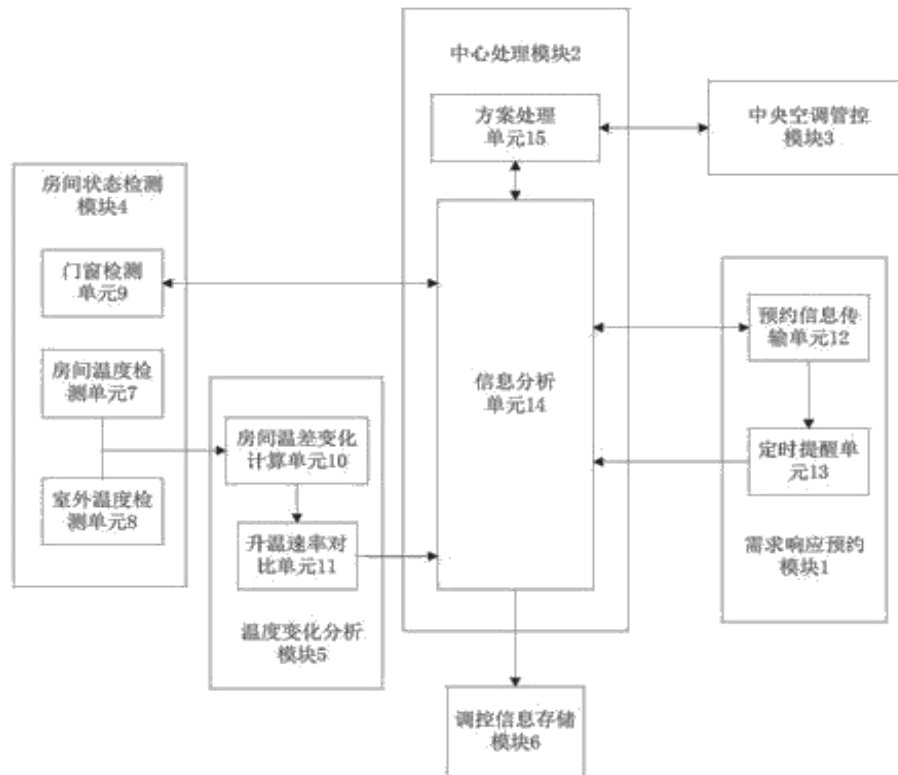


图1 暖通空调监测与调节流程图

3.1.2 暖通空调系统传感器技术

传感技术在暖通空调行业中扮演着至关重要的角色, 负责实时监测室内外的温度、湿度及空气质量等关键参数, 并持续追踪系统运行状态。科技进步推动现代传感技术向高精度、微型化及智能化方向迈进, 为暖通空调系统的安全稳定运行及高效能源管理奠定了坚实的数据基础^[4]。

3.1.3 暖通空调系统执行器技术

在暖通空调系统中, 执行器作为执行预设控制策略的关键组件, 主要负责精确调控阀门开度及风机转速。当代执行器技术为满足控制指令的精准执行, 对系统的响应速度、控制精度及可靠性提出了更为严苛的要求, 以确保系统运行的顺畅与高效。

3.2 暖通空调系统控制器设计

3.2.1 暖通空调系统控制器设计方法

暖通空调系统控制器的设计是一个跨学科的研究领域, 融合了传统控制理论、现代控制方法及智能控制策略。传统的PID控制以其简单稳定的特点, 在工业控制领域得到了广泛应用。然而, 随着技术的进步, 一种基于状态空间的优化控制方法应运而生, 以应对更复杂、更精确的控制需求。此外, 结合模糊逻辑、神经网络及遗传算法等先进技术, 提出了一种自适应、自学习的控制策略, 该策略展现出强大的鲁棒性, 能有效解决不确定性、非线性等复杂问题, 显著提升控制效率与准确性。

3.2.2 暖通空调系统控制器性能评价

在暖通空调系统中,对控制器性能的全面评估是确保系统高效稳定运行的关键。评估过程需综合考虑系统的稳定性、响应速度、控制精度及抗干扰能力。通过对控制器综合性能的深入分析,可以不断优化控制策略,提升系统的智能化水平及整体性能,对于实现节能减排及环境保护目标具有重要意义。

4暖通空调系统智能化控制技术应用方案设计

4.1 分层架构设计

4.1.1 感知层

感知层是智能化控制系统的基础,负责实时获取环境参数,如温度、湿度、空气质量等,并将其转化为电信号或数字信号^[5]。该层配备高精度传感器与执行器,传感器如同“感官”,捕捉室内环境细微变化;执行器则作为“行动者”,根据上层指令调节阀门开度和风机转速,维持室内环境稳定。

4.1.2 传输层

传输层利用物联网技术,构建稳定的数据传输通道,确保感知层采集的数据安全、高效地传输至平台层。通过标准化的通信协议和接口,整合不同类型传感器和执行器的数据,为后续处理和分析奠定基础。

4.1.3 平台层

平台层基于 Internet/Intranet 搭建数据中心和服务端,负责存储和处理海量数据。服务器利用先进的数据挖掘算法和模型,挖掘数据潜在规律和趋势,为应用层提供决策依据。

4.1.4 应用层

应用层围绕用户需求,开发用户界面和应用程序,提供实时监控、数据分析和远程控制功能,用户可直观获取系统运行状态,评估系统运行状况,并进行远程操作。

4.2 远程监控平台与控制

远程监控平台采用 WebAccess 组态软件和可编程计算机控制器(PCC),实现数据采集和控制逻辑。WebAccess 提供直观图形化界面,降低系统开发难度;PCC 确保数据采集准确性和控制指令精确执行。控制策略融合现代和智能控制理论,实现空调系统自动调节,满足舒适度要求,降低能源消耗。

4.3 智能化控制系统实施与调试

4.3.1 设备配置与参数设定

依据建筑需求,精心挑选并配置传感器和执行器,设定精确控制参数,确保设备准确响应指令,实现系统稳定运行。

4.3.2 传感器安装与校准

严格遵循安装规范,确保传感器位置准确反映被测参数。采用高精度校准设备和标准方法进行全面校准,确保数据准确性和一致性,利用物联网技术实时监测数据传输,确保数据及时、准确传输至平台层。

4.3.3 执行器调试与优化

结合现代和智能控制理论,对执行器调节动作进行细致调试和优化。采用先进控制算法,根据室内环境参数变化实时调整执行器动作,提升系统调控能力和整体性能。

4.3.4 用户界面开发与测试

开发直观易用的用户界面,提供实时数据显示、历史数据查询和远程控制功能,进行详尽交互测试,收集用户反馈,优化界面设计,确保用户流畅、便捷使用各项功能。

4.3.5 网络安全措施与测试

实施全面网络安全措施,从网络架构设计、设备访问控制到数据加密传输等多个层面进行安全防护。进行系统安全性和可靠性测试,模拟网络攻击和故障场景,检验安全防护能力和容错能力,确保系统稳定可靠运行。

5智能调控技术在能源优化与管理中的成效

引入智能调控技术后,暖通空调系统显著提升了能源利用与管理的效率,带来了诸多显著优势。

5.1 显著的节能效果

借助智能温控及能耗监控功能,暖通空调系统能够精准地减少能源浪费,通过合理调节采暖与制冷设定温度,实现节能降耗的目标。智能调控技术能够确保系统在满足用户需求的同时,避免不必要的能源消耗,从而达到节约能源的目的。

5.2 提升室内舒适度体验

智能调节系统能够根据用户的使用习惯和需求,提供个性化的调节方案,显著提升室内的舒适度。同时,智能化的故障诊断功能能够迅速发现并解决问题,确保系统稳定可靠运行,进一步提升了用户的舒适度体验。

5.3 实现智能化管理

该系统能够实时监控电网运行状态、用电情况等信息,并进行有效的节能管理,此外,暖通空调系统还支持通过手机 APP 进行远程监控与管理,不仅提升了管理的便捷性,还进一步促进了节能降耗目标的实现。

6结论

综上所述,暖通空调系统智能化控制技术意义重大。从控制技术的多元发展,到系统建模与仿真的深入探索,再到具体应用方案的精心设计,以及在能源优化管理中取得的成效,都展现出其广阔前景。未来,随着技术持续创新,智能化控制技术将不断完善,为暖通空调系统带来更高的能效、更优的舒适度和更智能的管理,推动行业迈向新高度,为人们创造更优质的室内环境。

【参考文献】

- [1] 张海松,章轩,刘澜,等.基于 AI Brain 的暖通系统优化控制研究[J].制冷,2024,43(1):52-55.
- [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(6):74-76.
- [3] 王帅,王瑞欣.智慧城市中绿色建筑及暖通空调设计研究[J].中国地名,2024(6):0001-0003.
- [4] 叶小刚,袁彬彬,钱波,等.建筑暖通空调的节能及优化处理研究[J].智能建筑与智慧城市,2021(9):117-118.
- [5] 张刚,郭子豪,师伟凯.智慧校园建设背景下建筑设备集成管理平台研究[J].智能城市,2020(020):006.

作者简介:张晓娅,1988年8月26日,女,重庆万州,汉族,本科,工程师,四川大学华西天府医院,研究方向:从事暖通工程管理。