

基于大数据分析的供热通风系统运行优化研究

李文强¹ 李晓毅²

1. 青岛市建筑设计研究院集团股份有限公司, 山东 青岛 266000

2. 青岛腾远设计事务所有限公司, 山东 青岛 266000

[摘要]近年来, 基于大数据分析的技术为解决供热通风系统提供了新思路。通过实时数据采集和智能算法分析, 能够优化能源调度和需求响应, 提高系统能效并减少浪费。文中研究了大数据分析在供热通风系统中的应用, 探讨了数据采集、存储、处理、挖掘及智能控制等关键技术, 并提出了优化措施, 旨在提高系统节能效果并改善舒适性。研究结果表明, 基于大数据的优化方法能显著提升系统性能, 有助于推动绿色建筑和智慧城市发展。

[关键词]大数据; 供热通风系统; 系统运行; 优化策略

DOI: 10.33142/ec.v8i3.15678

中图分类号: U231.5

文献标识码: A

Research on Optimization of Heating and Ventilation System Operation Based on Big Data Analysis

LI Wenqiang¹, LI Xiaoyi²

1. Qingdao Architectural Design Institute Group Co., Ltd., Qingdao, Shandong, 266000, China

2. Qingdao Tengyuan Design Firm Co., Ltd., Qingdao, Shandong, 266000, China

Abstract: In recent years, technologies based on big data analysis have provided new ideas for solving heating and ventilation systems. Through real-time data collection and intelligent algorithm analysis, energy scheduling and demand response can be optimized, system energy efficiency can be improved, and waste can be reduced. The article studies the application of big data analysis in heating and ventilation systems, explores key technologies such as data acquisition, storage, processing, mining, and intelligent control, and proposes optimization measures aimed at improving system energy efficiency and comfort. The research results indicate that optimization methods based on big data can significantly improve system performance and help promote the development of green buildings and smart cities.

Keywords: big data; heating and ventilation system; system operation; optimization strategy

引言

随着城市化进程的加快, 建筑能耗问题日益突出, 尤其是供热通风系统的能效问题, 已被视为智慧城市建设中的关键课题。供热通风系统不仅直接关系到建筑内部的舒适度与空气质量, 且占据了建筑能源消耗的较大份额。传统供热通风系统通常依赖固定的控制策略, 未能充分考虑外部环境变化与内部需求波动, 导致了能源浪费与运行效率低下, 且缺乏灵活性与自适应能力。为应对这一挑战, 基于大数据分析的供热通风系统优化研究应运而生。大数据技术的广泛应用使得系统能够实时感知环境的变化, 并根据实际情况动态调整运行状态。通过智能化、精确化的控制手段, 系统的运行效率与能源利用率得以提升。大量传感器数据的高效处理与挖掘, 不仅被大数据分析技术所实现, 还能通过机器学习与数据挖掘技术实现对系统状态的智能预测与优化调度。由此, 为节能降耗、提升舒适度提供了新的解决思路。本文将深入探讨基于大数据分析的供热通风系统优化方法, 重点分析数据采集、存储与处理技术, 探索智能控制与自适应调节策略的实施, 并提出负荷预测与供热优化调度等优化措施, 旨在为智能建筑及绿色能源管理提供科学的技术支持与理论依据。

1 大数据分析在供热通风优化中的应用价值

大数据分析在供热通风系统优化中的应用价值, 主要体现在提升系统运行效率、降低能源消耗、优化调控策略及提高用户舒适度等多个层面。通过实时采集、存储、处理与分析运行过程中产生的海量数据, 系统的运行状态能够被精确识别, 负荷变化趋势能够被预测, 并在此基础上及时调整供热通风参数, 确保供热量与实际需求的匹配, 从而有效减少能源浪费。通过数据挖掘与机器学习算法优化的模型, 能够识别出影响系统能效的关键因素, 进而制定出更为精准的优化策略, 智能化的设备运行水平得以提升。此外, 故障诊断与预警方面, 大数据技术的应用也发挥了重要作用, 通过异常数据的检测, 潜在故障能够被提前识别, 从而降低设备损坏风险, 减少维护成本, 同时增强了系统的安全性与可靠性。结合物联网与云计算技术, 大数据分析使得供热通风系统实现了远程监控与智能调控, 提升了运行管理的效率与精准度, 从而为智慧建筑及节能减排目标的达成提供了坚实的技术支撑。

2 大数据技术在供热通风系统中的应用

2.1 数据采集与传感器技术

数据采集与传感器技术在供热通风系统中的应用, 直

接影响大数据分析的准确性与可靠性。关键在于建立高效的数据感知网络,从而全面监控系统运行状态并实现精细化管理。涉及温度、湿度、压力、风速、流量、空气质量及能源消耗等多个重要参数的供热通风系统,这些数据的精确获取依赖于多种高精度传感器的协同工作,如半导体温湿度传感器、电容式压力传感器、超声波流量计及红外气体传感器等。数据采集系统不仅需满足高灵敏度、低误差及强抗干扰性的技术要求,还应与物联网架构结合,通过有线或无线通信技术(如 LoRa、NB-IoT、Wi-Fi、5G)实现数据的远程传输与实时监控。在复杂的建筑环境中,传感器的布局与安装需考虑气流分布、热辐射及设备运行干扰等因素,以确保数据采集的稳定性与代表性。此外,智能传感器的应用使得数据采集由传统的周期性采集转变为自适应动态采集模式^[1]。此模式不仅能实时调整采集频率与优化数据传输策略,还能利用嵌入式 AI 算法进行边缘计算,提前进行异常检测、噪声过滤与初步分析,从而减少数据冗余并提升数据处理效率。

2.2 数据存储与处理技术

数据存储与处理技术在供热通风系统中的应用,构成了实现大数据高效优化调控的核心环节。关键在于搭建稳定、高效且可扩展的数据管理体系,以支持实时监控、历史数据分析与智能优化等多重需求。供热通风系统的数据来源广泛,涵盖温度、湿度、风速、流量、压力、能耗与空气质量等多个维度。具有高维度、高时效性与强动态变化特点的这些数据,且因设备分布广泛及采样频率差异,呈现出多源异构的复杂性。为了有效存储与管理这些庞大的数据量,分布式数据库(如 Hadoop HDFS、Apache Cassandra)与云存储技术通常被采用。通过数据分片与负载均衡等机制,存储的可靠性与可扩展性得以提升。在数据处理过程中,流式计算与批处理模式的结合尤为关键。实时监控与异常检测适用于流式计算(如 Apache Kafka、Apache Flink),确保数据低延迟处理;而长期趋势分析与优化建模则适合批处理(如 Apache Spark、MapReduce)。在数据清洗与预处理阶段,数据去噪、缺失值填补、数据归一化等算法被利用,以提升数据质量,避免传感器误差与通信延迟对分析结果的干扰。此外,随着边缘计算技术的成熟,部分数据处理任务可以在智能传感器或边缘服务器上完成,从而减轻云端计算压力并提高响应速度。

2.3 数据挖掘与分析方法

数据挖掘与分析方法在供热通风系统优化中的应用,构成了大数据技术的核心环节,其主要价值体现在对复杂、多源数据的深度解析、模式识别与智能预测,从而支持系统的精细化管理与优化控制。涉及温湿度、风速、压力、流量、能耗与空气质量等多维数据的供热通风系统,常常具有非线性、高维度与强时序性等特点,要求采用多种数据挖掘方法进行综合分析。在特征提取与模式识别方面,

聚类分析(如 K-Means、DBSCAN)有助于识别不同运行状态下的设备工作模式,而关联规则挖掘(如 Apriori、FP-Growth)可揭示不同参数间的隐含关系,从而优化供热通风策略。对于负荷预测与系统优化,时间序列分析(如 ARIMA、LSTM)能够准确预测未来供热需求变化趋势,提升调度精度,降低能源浪费。此外,数据冗余可通过主成分分析(PCA)与因子分析等降维技术减少,从而提高计算效率。在智能控制方面,机器学习与深度学习算法(如随机森林、支持向量机、深度神经网络)可构建自适应优化模型,实现对多种环境条件下供热通风系统的智能调节。同时,异常检测算法(如孤立森林、局部异常因子 LOF)可用于识别潜在故障,提升设备维护的预测性与精准性。结合实时流式计算(如 Apache Flink、Kafka Streams),不仅能实现供热通风系统的动态优化,大数据分析还可通过强化学习等技术持续优化控制策略,使系统的运行更加智能、高效,且节能。

2.4 机器学习与智能优化算法

机器学习与智能优化算法在供热通风系统中的应用,作为提升系统运行效率、节能降耗与智能调控的重要技术手段,其关键在于基于历史与实时数据构建自适应模型,从而实现供热通风系统的精准预测、动态优化与智能控制。面对多变量耦合、负荷波动及非线性特征时,传统的规则基控制方法常显得力不从心,而通过数据驱动的方式,机器学习算法能够自动识别系统运行规律,并不断优化调控策略。负荷预测、能耗分析及环境参数优化可通过监督学习算法(如随机森林、支持向量机、梯度提升树)实现,帮助精准匹配供需;运行状态识别、故障检测与能耗模式分类则可通过无监督学习方法(如 K-Means、DBSCAN)进行,为智能调度与预测性维护提供支持。深度学习模型(如长短期记忆网络 LSTM、卷积神经网络 CNN)擅长处理高维时序数据,能够通过分析历史数据预测未来的负荷需求与空气质量变化趋势,从而优化供热通风策略。此外,通过持续试探与优化,强化学习(如深度 Q 网络 DQN、Proximal Policy Optimization PPO)能够实现系统的自适应调节,使其在不同环境条件下自动调整风速、温度、供热功率等关键参数,从而达到节能与舒适度的最佳平衡。供热通风系统参数的优化可通过智能优化算法(如遗传算法 GA、粒子群优化 PSO、蚁群优化 ACO)进行,提升设备的运行效率,降低能耗损失^[2]。随着边缘计算与联邦学习的广泛应用,机器学习模型的训练与部署可以在本地端与云端协同完成,从而实现低延迟、高效能的智能优化。

3 基于大数据分析的供热通风系统优化方法

3.1 运行状态实时监控与预测

运行状态的实时监控与预测,作为大数据分析优化供热通风系统的关键环节,其核心目标是通过高精度的传感器网络与数据分析技术,构建精准的系统状态感知与智能

预测机制,以实现设备的高效运行与能耗优化。供热通风系统涉及多维数据,如温湿度、风速、流量、压力、能耗及空气质量等,这些数据通过物联网传感器实时采集,并通过无线通信(如 NB-IoT、5G)或有线网络传输至数据处理中心。在此过程中,保证了数据能够在毫秒级别内完成清洗、去噪及异常检测的是流式计算技术(如 Apache Flink、Kafka Streams)。结合时间序列分析(如 ARIMA、LSTM),准确预测系统的运行趋势能够实现,负荷变化、环境波动及潜在故障可提前识别。基于机器学习的状态分类算法(如随机森林、支持向量机 SVM)则实现了对系统运行状态的智能判断,进而支持故障预警与精准调控。此外,能够融合多源异构数据、进一步提升预测精度的是深度学习模型(如 Transformer、CNN-LSTM),从而优化供热通风系统的调节策略。在实时监控的基础上,强化学习算法(如深度 Q 网络 DQN、PPO)进一步优化系统的运行参数,使设备根据环境变化动态调整供热量、风速、换气频率等关键指标,确保在提高舒适性的同时,也能实现节能目标。

3.2 负荷预测与供热优化调度

负荷预测与供热优化调度是实现供热通风系统高效运行的核心技术。通过准确的负荷预测,未来供热需求的变化可以提前掌握,从而合理安排资源,避免能源浪费或系统超负荷运行。负荷预测通常结合历史数据分析与实时监测数据,通过时间序列分析(如 ARIMA、LSTM)及机器学习模型(如支持向量机、随机森林)进行短期与中期热负荷需求的预测,进而识别季节性变化、昼夜温差、天气变化等因素对供热需求的影响。考虑到供热系统的复杂性与非线性特征,时序数据中的长短期依赖关系,能够由深度学习模型(如 LSTM、GRU)处理,从而提供更加精准的预测结果。在此基础上,供热优化调度则通过智能优化算法(如粒子群优化、遗传算法、蚁群优化)实现能源分配与设备调度的最优化,确保系统在满足需求的同时尽可能降低能源消耗,避免设备频繁启停。根据实时负荷变化,智能调度系统能够动态调整供热源、循环泵与风机的运行状态,同时在不同需求条件下优化系统工作模式,如集中供热与分布式供热的切换、电锅炉与热泵的协同运行等。此外,故障诊断与预测性维护通过优化调度得以实现,系统潜在问题可提前识别并进行相应调整,从而减少故障发生率与停机时间。

3.3 智能控制与自适应调节策略

智能控制与自适应调节策略在基于大数据分析的供热通风系统中,作为实现高效节能与精准舒适的重要手段,起着至关重要的作用。通过集成先进的传感器技术、数据分析以及机器学习算法,环境变化与系统状态的实时监控能够由智能控制系统实现,并根据需求动态调整设备运行参数,如温度、湿度、风速与空气流量,从而确保系统始

终保持最佳运行状态,无论在不同气候条件下,或是室内需求波动时。依托大数据中的历史运行数据、实时监测数据及气象预测信息,自适应调节策略得以实现,结合深度学习与强化学习等技术,调节规则能够自动优化,进而实现系统的智能管理^[3]。通过对多源数据的分析,系统能够根据季节变化与天气条件自动调整供热模式,从而采用最优的能源分配方案。例如,历史气温变化与室内温度反馈的分析,使系统在寒冷的冬季自动调节热量输出;而在温暖季节,能耗得以减少,或是转向可再生能源供热,从而提升能源使用效率。同时,建筑物的热负荷变化与实际使用情况,能够促使智能控制系统动态调整风机与空调设备的工作状态,从而避免设备的无效运行与能源浪费。此外,随着运行数据的积累,系统具备自我学习能力,不断优化调节策略,使其更好地适应环境变化、负荷波动及用户需求的变化,确保既能满足舒适性需求,又能有效降低能源消耗。

3.4 节能降耗优化措施

节能降耗优化措施在供热通风系统中的作用至关重要,其主要目标是最大限度地减少能源消耗,同时满足用户的舒适性需求,通过先进的大数据分析与智能控制技术实现。外部环境(如气温、湿度、风速)与建筑内部的温度、空气质量等关键参数能够通过系统的实时监控进行追踪,运用大数据模型对负荷需求进行预测,从而实现精准的能源调度,避免不必要的能源浪费。在负荷预测与实时调节的支持下,供热通风设备能够在最佳工况下运行,能耗过度现象在高负荷时段得以减少。设备运行模式与工况的调整,能够通过智能控制与自适应调节策略来降低能耗。例如,在需求较低的时段,风机转速可以调低,或部分设备被切换至低能耗模式,从而达到节能效果。同时,结合热回收技术(如热回收通风系统 HRV 及热泵技术),建筑内外的温差能够被有效利用,将废热或自然资源回收并加以利用,减少供热与通风系统对外部能源的依赖^[4]。在这一过程中,数据挖掘与优化算法起到了关键作用。智能算法通过分析历史数据与实时学习,不断优化调节策略,确保系统能够在各种环境条件下始终实现最佳的能效表现。最后,分布式能源系统与可再生能源(如太阳能、地热能等)与传统能源的协同运行,不仅能够进一步提高能源利用效率,还能减少对传统能源的依赖,推动供热通风系统向绿色转型。

4 结语

本文研究了基于大数据分析的供热通风系统运行优化方法,探讨了数据采集、处理、分析和智能控制等关键技术,并提出了相关的优化策略。随着大数据技术的不断发展,供热通风系统的运行优化正朝着更加智能化、精细化的方向发展。通过实时监控和智能调度,能够有效提高系统能效,减少能源消耗,同时保障建筑内部的舒适性。

尽管目前这一技术尚处于应用探索阶段,但随着技术的成熟和相关应用场景的增加,基于大数据的供热通风系统优化必将成为未来建筑节能和绿色发展的重要组成部分。未来的研究应继续关注多源数据的整合与处理、智能算法的进一步优化以及系统的综合集成,以实现更高效、更可持续的供热通风管理,为绿色建筑与智慧城市建设做出积极贡献。

[参考文献]

- [1]林周勇,柯一鸿,王少聪,等.浅谈智慧供热系统的关键技术问题[J].高科技与产业化,2024,30(10):34-36.
[2]王泽海.关于智慧供热技术在大型供热管网中的应用

探讨[J].建材发展导向,2024,22(10):115-118.

[3]彭俊灵,邓敏.大数据分析在供热系统监测领域的应用[J].煤气与热力,2024,44(3):33-35.

[4]白鹤,杨亚龙,范文强.大数据分析在供热运行监测和节能领域的应用[J].区域供热,2020(3):130-134.

作者简介:李文强(1991.7—),男,学历:硕士研究生,毕业院校:青岛理工大学,所学专业:供热、供燃气、通风及空调工程,目前职称:工程师;李晓毅(1995.3—),男,学历:本科,毕业院校:山东科技大学,所学专业:建筑环境与能源应用工程,目前职称:工程师。