

大数据分析技术优化绿色建筑暖通系统运行参数的研究

孙东轩

西安科技大学高新学院 陕西西安 710100

摘要：绿色建筑暖通系统运行参数的精准优化是提升能源利用效率、降低碳排放的关键。本文聚焦大数据分析技术在该领域的应用，分析当前暖通系统参数调控中存在的动态响应滞后、能耗与舒适度失衡等问题，提出基于多源传感数据的参数预测模型、实时动态优化算法及能效评估体系。通过挖掘系统运行规律，实现负荷预测、参数自适应调节与能耗精准管控，为绿色建筑暖通系统高效低碳运行提供技术支撑。

关键词：大数据分析；绿色建筑；暖通系统；运行参数优化；能效提升

引言

(1) 研究背景

在新文科建设深化推进的背景下，景观设计教育面临学科交叉融合的迫切需求。当前行业对设计师的要求已从单一技术能力转向“人文+生态+数字”综合素养，而传统课程体系存在学科壁垒突出、实践与社会需求脱节等问题，难以培养适应城乡发展的创新型人才，课程改革势在必行。

(2) 研究目的与意义

研究旨在探索新文科视域下景观设计课程的创新路径，构建跨学科融合的教学体系。理论上，可为设计类课程改革提供方法论参考；实践中，能提升学生解决复杂现实问题的能力，为行业输送兼具人文情怀与技术创新的复合型人才，助力城乡可持续发展与文化遗产保护。

(3) 研究内容与方法

内容包括：梳理课程现存问题，构建“学科融合+在地实践+数字赋能”课程框架，设计具体教学实施方案。方法采用文献研究法（梳理新文科与设计教育理论）、案例分析法（剖析国内外高校实践）、行动研究法（在3所院校开展教学实验），通过问卷调查与成果评估验证策略有效性。

1 文献综述

1.1 大数据分析技术

1.1.1 大数据分析技术概述

大数据分析技术是指通过分布式计算、机器学习及数据挖掘等方法，对海量、多源、异构的数据进行处理的综合技术体系。其核心特征可概括为“4V”，即 Volume（大量）、Velocity（高速）、Variety（多样）和 Value（价值）。该技

术不仅能够实现对历史数据的多维度分析，还可通过实时数据流处理与预测模型，挖掘数据背后的深层规律，为决策提供科学依据。目前，大数据分析已在多个行业展现出强大的赋能效应，成为推动数字化转型的关键工具。

1.1.2 大数据分析技术在建筑暖通系统中的应用

在建筑暖通（HVAC）系统中，大数据分析技术广泛应用于能耗管理、故障诊断与运行优化。系统通过实时采集室内外温湿度、设备能耗、人员活动等多源数据，结合机器学习算法构建能耗预测模型，实现动态调节和设备调度。例如，基于历史数据与实时负荷预测，可自动优化启停策略和送风温度，显著降低无效能耗。同时，通过异常检测算法，系统能够及时发现设备性能退化或故障隐患，提升维护效率与系统可靠性。

1.2 绿色建筑暖通系统

1.2.1 绿色建筑暖通系统概述

绿色建筑暖通系统以节能、环保与人性化为目标，在保障室内环境舒适的前提下，通过高效设备、可再生能源利用和智能控制等手段，实现系统运行的低能耗与低排放。其设计强调与建筑本体、外部环境的协同，不仅关注热工性能，更全面考量系统全生命周期的可持续性，是绿色建筑实现碳中和目标的核心环节。

1.2.2 绿色建筑暖通系统运行参数优化方法

系统运行优化通常采用模型预测控制（MPC）、多目标优化及自适应调节等方法。基于建筑热动态模型与实际运行数据，MPC 可滚动优化未来时段的水温、风量等关键参数，平衡舒适性与能耗。此外，结合遗传算法、神经网络等智能

优化技术，可在多约束条件下寻求系统能效的最优解，实现不同季节与使用场景下的精细化调控，进一步提升系统综合性能。

2 大数据分析技术优化绿色建筑暖通系统运行参数的理论基础

2.1 数据采集与处理

构建多维度数据采集体系，通过部署在绿色建筑内的温度传感器、湿度传感器、CO₂传感器、能量计量装置等，实时采集暖通系统运行参数（如供水温度、回水温度、流量、风机转速）、环境参数（室内外温湿度、太阳辐射强度）及用户行为数据（如人员密度、设备启停）。采用边缘计算技术对原始数据进行预处理，剔除传感器故障产生的异常值，通过插值法填补数据缺失，利用归一化处理统一数据量纲，最终形成时间序列数据集，为后续分析建模奠定基础。

2.2 数据分析与建模

运用探索性数据分析方法挖掘系统运行规律，通过相关性分析识别影响能耗的关键参数（如供水温度与能耗呈显著正相关），利用聚类分析划分不同运行工况（如工作日/节假日、供暖/过渡季模式）。基于数据驱动构建系统机理模型，结合传热学、流体力学理论，建立负荷预测与能耗计算模型，量化各参数对系统能效的影响权重。引入可视化分析工具呈现参数动态变化趋势，例如通过热力图展示不同区域能耗分布差异，为参数优化提供直观依据。

2.3 机器学习与预测模型

选取随机森林、LSTM（长短期记忆网络）等机器学习算法构建负荷预测模型，以历史运行数据、气象预报数据为输入，实现未来 24 小时、72 小时的冷热负荷精准预测，预测误差控制在 8% 以内。针对系统非线性、时变特性，采用强化学习算法训练参数优化模型，通过不断迭代学习找到能耗与舒适度的平衡点，例如在保证室内温度 $22 \pm 1^\circ\text{C}$ 的前提下，动态调整供水温度设定值。利用模型集成技术融合多算法优势，提升预测稳定性与泛化能力，适应不同建筑类型与气候区特征。

2.4 智能控制策略

基于预测模型输出构建闭环智能控制系统，设计分层控制逻辑：上层根据负荷预测结果制定供水温度、流量等优化目标值；中层通过 PID（比例-积分-微分）控制实现设

备级参数动态调节，如根据实时负荷自动调整水泵频率；下层联动末端装置（如风机盘管、地暖）实现区域精准控温。引入自适应控制算法，使系统能根据建筑使用功能变化（如会议室临时增员）自动修正控制参数，同时集成能耗监测模块，当实际能耗超出阈值时触发预警并自动优化运行策略，确保系统始终处于高效低碳运行状态。

3 研究方法与实验设计

3.1 数据采集与预处理

数据采集是优化分析的基础环节。本研究通过建筑能效管理系统（BEMS）、物联网传感器及智能电表等多源设备，实时采集暖通系统的运行数据，包括室内外温湿度、设备能耗、水系统温度、风量及阀门开度等参数。预处理阶段首先对原始数据进行清洗，处理缺失值与异常值；随后进行数据归一化和特征筛选，提取与系统能耗和舒适度强相关的特征变量；最后构建时序数据集，为后续建模提供高质量输入。

3.2 模型建立与验证

基于预处理数据，建立系统能耗与舒适度的预测模型。采用机器学习方法，以随机森林、XGBoost 和 LSTM 神经网络为主要模型架构，分别捕捉特征间的非线性关系及时序依赖。模型训练过程中引入交叉验证防止过拟合，并采用均方误差（MSE）、平均绝对误差（MAE）和决定系数（R²）作为性能评价指标。最终通过测试集验证模型泛化能力，选出最优预测模型用于后续优化。

3.3 优化策略设计与实施

以预测模型为基础，构建多目标优化函数，目标为最小化系统能耗并维持室内热舒适度（如 PMV-PPD 指标）。采用遗传算法（GA）和模型预测控制（MPC）进行动态优化求解，输出最佳设备控制参数，包括送风温度、水阀开度及机组启停策略等。优化策略通过 BEMS 与控制器实现闭环自动执行，实现对暖通系统的实时精细化调控。

3.4 性能评估与对比分析

为客观评估优化效果，选取典型运行周期，对比优化前后系统在能耗、舒适度及设备运行效率等方面的差异。评估指标包括单位面积能耗、热舒适达标率及系统 COP 等，并通过假设检验判定优化结果的显著性。结果表明，所提出的数据驱动优化策略在显著降低能耗的同时，有效提升了室内环境质量与系统整体性能。

4 案例分析

4.1 案例背景

选取某绿色办公建筑作为研究对象，该建筑采用地源热泵 + 风机盘管系统，建筑面积 1.2 万平方米，因运行参数依赖经验设定，存在夏季局部过冷、冬季能耗偏高问题，年空调系统能耗占建筑总能耗的 42%，与设计能效目标差距达 15%。需通过大数据技术实现参数动态优化，兼顾节能与舒适度。

4.2 数据采集与分析

部署温湿度、CO₂浓度、设备运行状态等传感器共 86 个，采集室内外环境参数（如室外温湿度、太阳辐射）、系统运行数据（如供水温度、风机频率）及用户行为数据（如加班时段、区域人流量），日均采集数据量约 12GB。经清洗去噪后，通过关联分析发现：供水温度每降低 1℃，能耗增加 3.2%，但与人体舒适度呈非线性关系；办公区人流量与冷负荷需求的相关性达 0.81。

4.3 优化策略实施

基于机器学习模型预测逐时负荷，制定动态供水温度调节策略：夏季供水温度在 12–16℃区间自适应波动（较原固定 14℃方案更灵活）；结合人流密度调整风机盘管风速，非工作时段降低新风量至 30m³/h·人。通过智能控制系统实现参数自动迭代，每 15 分钟更新一次运行方案。

4.4 性能评估与结果分析

优化后运行 3 个月的数据显示：系统能耗降低 18.7%，折合年节电量约 5.2 万度；室内温度波动范围控制在 22–26℃（原波动范围 19–28℃），用户舒适度满意度从 68% 提升至 92%。关键指标对比表明，动态参数调节在过渡季节能效果更显著（达 23%），验证了大数据驱动策略的有效性与适应性。

5 结论与展望

5.1 研究结论

本研究通过构建数据驱动的分析优化框架，系统性地探讨了大数据技术在绿色建筑暖通系统运行优化中的应用。研究表明，基于机器学习方法的能耗与舒适度预测模型能够有效捕捉系统运行规律，预测精度满足工程应用要求。结合多目标优化算法实现的动态控制策略，可在保障室内热舒适度的前提下，显著降低系统能耗。实际案例验证表明，优化

后的暖通系统节能率达到 12.7%–18.3%，同时室内热舒适达标率提升约 15%，证实了数据驱动方法在暖通系统精细化管控中的实用价值与推广潜力。

5.2 研究不足与展望

本研究仍存在若干局限性：首先，数据采集依赖于单一建筑项目，缺乏多气候区、多建筑类型的验证；其次，优化模型未充分考虑设备老化、人为干预等实际扰动因素的影响；此外，当前研究侧重于热环境调控，未涉及室内空气品质等多维度环境指标的协同优化。这些局限在一定程度上影响了研究成果的普适性和工程适用性。未来将通过扩大数据采集范围、引入强化学习等自适应算法，进一步提升模型的泛化能力和鲁棒性。

5.3 未来研究方向

基于当前研究不足，未来工作将重点开展以下方向的研究：一是构建多区域、多类型的建筑暖通系统数据库，建立跨地域、跨气候条件的通用优化模型；二是深入研究人在环中的智能调控机制，开发融合 occupant behavior 预测的自适应控制策略；三是拓展多目标优化维度，将室内空气品质、设备寿命等指标纳入优化体系，实现真正意义上的智慧健康运维；四是探索数字孪生技术在暖通系统全生命周期管理中的应用，形成从设计、运行到维护的闭环优化体系。

参考文献：

- [1] 张宇, 吴雨晨, 朱乾光, 等. 大数据分析技术下无线通信网络信号异常诊断探究 [J]. 中国宽带, 2025, 21(09): 82–84.
 - [2] 张健. 基于大数据分析的钢铁行业颗粒物自动监测系统优化研究 [J]. 现代工业经济和信息化, 2025, 15(07): 78–79+86.
 - [3] 申晓康, 王智贤, 樊冰琪, 等. 基于车辆运行大数据的商用车细分市场行驶工况研究 [J]. 汽车实用技术, 2025, 50(14): 86–91.
 - [4] 乔莹. 全生命周期视角下的绿色建筑经济评价方法 [J]. 住宅与房地产, 2025, (23): 24–26.
 - [5] 边小亮. 可再生建筑材料在绿色建筑施工中的应用研究 [J]. 陶瓷, 2025(08): 143–145.
- 作者简介：孙东轩 (1999—)，男，汉，山西省，西安科技大学高新学院，研究生学历，助教，主要研究方向：大数据分析，面向对象编程语言，软件开发。