

建筑供热通风与空调工程节能技术的创新及数字化运用

彭寿水

深圳汇昌建设工程有限公司，广东深圳，518000；

摘要：建筑供热通风与空调工程 HVAC 节能技术的数字化、创新化发展，是现代建筑工程中提高能效、降低能耗、推动绿色化、可持续发展的关键方向。建筑供热通风与空调 HVAC 系统是建筑能耗的主要来源，利用智能化技术、数字化技术手段进行处理，联合数字孪生以及人工智能等多种技术手段进行动态处理，构建技术+数据双驱动节能体系，具有一定实践价值。

关键词：建筑节能；HVAC 系统；数字化技术；可再生能源；数字孪生；人工智能

DOI：10.69979/3029-2727.25.09.025

根据统计，建筑运行能耗为全球总能耗的 30%以上。而随着高效热泵、辐射供冷、自然冷源利用等多种技术手段的应用，可以有效提高能源利用综合效率。而利用 BIM、物联网以及人工智能等多种数字化手段进行处理，则可以实现智能化感知与综合性调控。

1 项目概述

项目为某大型商业综合体，其中建筑面积为 12 万 m²，主要包括购物中心、写字楼、酒店等建筑结构。原有系统空调系统能耗占建筑总能耗的 45%。设备老化，其中冷水机组 COP 仅 3.2；而国标一级能效要求≥5.0。此通风系统无热量回收，其中，冬季排风热损失达 30%。通过人工调控，则会导致冷热不均等问题，部分区域温度波动±3℃。

此外，传统空调系统在运行过程中需要消耗大量电力，间接增加了发电厂的碳排放；另一方面，使用制冷剂的空调系统也可能会泄漏温室气体，对环境造成直接的污染。

2 建筑供热通风与空调工程节能技术的创新及数字化关键技术手段

2.1 节能技术创新发展方向

2.1.1 高效热泵与热回收技术

超低温空气源热泵技术，主要就是利用喷气增焓 E VI 技术进行处理，可以有效提升低温工况缓解中的制热效率。在室外温度不足-20℃的时候，利用压缩机中间喷射气态冷媒，则可以有效提高循环工质的流量，有效减少压缩比。通过此种技术进行处理，可以有效师的能

效比可以维持在 2.0 以上。

2.1.2 工业余热回收技术

通过吸收式热泵或者热管技术手段，则可以将温度为 30~80℃的低品位的废热处理为高品位热能，温度保持在 50~90℃左右。可以有效实现工业废热到建筑供热的优化转换处理，其综合能效可以提高 40%~60%左右。而利用 PCM 箱变蓄热材料，通过石蜡、盐水合物等相关材料进行处理，则可以充分其利用 150~300 kJ/kg 的相变潜热，实现在电力低谷阶段的储热、储冷需求，在高峰时段则可以充分的释放处理，达到削峰填谷的目的。

2.1.3 自然冷源与被动式设计

利用信封自由冷却技术进行处理，可以利用智能风阀连接新风，实现直接降温操作，减少了机械制冷等时机需求。而通过辐射供冷、供暖等系统，充分利用楼板或者墙面辐射板进行处理，实现低温差的传热操作，有效减少了风机能耗等问题。

2.1.4 可再生能源整合

利用地源热泵技术与太阳能互补操作，在夏天可以利用地埋管进行散热，而冬天则主要就是通过地源热泵进行操作，在光伏板的支持下可以实现驱动热泵，实现能源的自给优化。同时，可以利用建筑光伏一体化技术进行处理，光伏幕墙发电可以直接驱动变频空调记住，构建一个光-储-空的闭环管理系统，充分减少了电网依赖。

2.2 数字化技术

2.2.1 智能化设备升级

利用磁悬浮离心机等设备进行处理，可以通过无油

润滑设计减少系统的摩擦损耗等问题，对制冷量等进行优化调控，综合 COP 达到了 6.0 以上。基于变频驱动技术进行处理，可以根据符合动态调节风机、水泵转速等技术手段进行优化，在部分负荷下可以节能 30~50% 左右。

2.2.2 BIM 与数字孪生

基于 BIM 模拟建筑热功性能，对设备选型与管路布局等进行优化处理。而基于 HVAC 系统则可以构建数字

孪生体，重点分析设备的状态，了解其变化特征与趋势。

2.2.3 物联网与大数据智能化分析

通过设置温湿度 PM2.5 等不同功能的智能化传感器，可以有效对室内环境的精准化调控处理。而基于能耗诊断平台进行处理，可以通过大数据等对异常能耗进行智能化分析。其中，区块链与能源管理应用如表 1 所示。

表 1. 区块链与能源管理应用

应用场景	技术平台	核心功能	效益指标
分布式能源交易	Ethereum 智能合约	余热/光伏电力 P2P 交易	能源利用率提升 30%
碳足迹追踪	IBM Blockchain Platform	全生命周期碳排放记录	碳核算效率提升 50%

2.2.4 人工智能与预测控制

通过 LSTM 神经网络技术可以实现对 24 小时范围的冷热负荷变化的精准预测，根据实际装快帮设备的启停计划。而基于动态优化算法，通过 RL 强化学习技术，对送风参数等进行智能化调控，充分提高了运行能效。

3 建筑供热通风与空调工程节能技术的创新及数字化运用设计要点

在空调工程中其主要就是通过人工智能技术、物联网以及模糊控制理论等多种现代化技术手段，实现对建筑室内缓解的精准化控制与智能化处理，通过对温度变化、湿度变化以及空气质量的动态优化处理，达到精准

控制的目的。

3.1 智能化空调工程节能技术

3.1.1 变频驱动节能机制

应用传统的定频水泵或者风机设备，主要就是通过固定的转速进行运行，在系统达到负荷降低的时候，利用阀门或者风阀节等对流量进行调控处理，这样则会导致出现大量的能源浪费等诸多问题。而变频器利用调节点击输入频率的方式进行处理，可以直接的优化转速，保障流量与转速之间成正比，其中功率与转速立方也为正比。其中，在应用主要就是通过 BIM 技术与数字孪生进行动态处理，其主要应用技术以及功能如表 2 所示。

表 2. BIM 与数字孪生应用

技术应用	工具/平台	功能	效益指标
设计优化	Autodesk Revit + EnergyPlus	管道冲突检测、能耗模拟	工期缩短 15%
运维孪生	Siemens MindSphere	实时设备状态监控+故障预测	运维成本降低 20%

3.1.2 PID 闭环控制

变频器与压力、温度传感器可以构成闭环管理系统。例如，在空调水系统处理中，如果在末端负荷降低的时候，回水的温度升高，则传感器反馈信号传递到变频器中，可以有效降低水泵的转速，这样则会减少供水量，保障其温差的恒定性，避免系统在运行中出现了大流量小温差等低效工况。

3.2 设备类型

3.2.1 变频器的类型

水泵主要应用矢量控制型变频器，例如 ABB ACS880 等类型。此类型的设备可以支持转矩自适应，充分满足突然的负荷变化。风机变频主要应用西门子 G120 等通用型变频器，通过集成 EMC 滤波器进行处理，可以有效降低谐波对电网产生的干扰性影响。

3.2.2 参数设置

通过设置最低频率的限制，保障其 $\geq 25\text{Hz}$ ，这样可以避免电机过热等问题；而设定加速/减速时间为 10^3

0秒左右，可以有效避免出现水锤效应。

3.2.3 传感器与联动控制

通过非分散红外 NDIR 原理传感器等进行处理，其精度 $\pm 50\text{ppm}$ ，其安装密度为每 500 m^2 左右一个，主要对人流密集区进行集中监测。利用新风机组联动管理，当 CO_2 浓度 $>800\text{ppm}$ 时，则可以同承口新风阀的开度。在应用中变频器要根据比例适当的增加风机转速，保障换气次数符合ASHRAE 62.1 的技术标准。

3.3 实时策略与系统集成

在 HVAC 系统的创新化应用与数字化设计中，实时策略与系统集成，可以实现动态优化，做到多个设备的协同管理。在处理中主要就是利用实时性数据采集、智能化算法决策与跨系统的联动控制，可以提高系统运行的安全性、稳定性。实现动态优化与多设备协同的核心环节。通过实时数据采集、智能算法决策、跨系统联动控制，可显著提升能效并保障运行稳定性。以下从设计原则、技术架构、关键实施步骤及实际应用案例四个方面展开详细论述。

表 3. 数据类型与采集设备

数据类型	采集设备	更新频率	典型用途
环境参数	温湿度/ CO_2 传感器	10秒~1分钟	新风量调节
设备状态	变频器/机组控制器	1秒~10秒	故障诊断、能效计算
能耗数据	智能电表（Modbus 协议）	15分钟~1小时	分项计量、成本分析
外部数据	气象 API（如 OpenWeather）	1小时	负荷预测

3.3.3 通讯协议选择

在系统中，主要应用BACnet/IP、MQTT等协议。其中BACnet/IP主要就是在楼宇设备，如空调机组、风机盘管的互联管理中应用，可以有效支持点对点通讯处理。

MQTT为轻量级协议，其主要可以满足物联网传感器数据传输等实际需求。而OPC UA则可以满足工业级协议需求，充分保障冷水机组、变频器等相关设备数据安

3.3.1 实时策略设计原则

策略的制定必须要符合建筑结构的负荷变化需求。例如，天气波动等等，其中控制周期 ≤ 1 分钟。通过多目标协同化管理，可以实现平衡节能、舒适度，继而延长设备的应用寿命；基于智能化技术手段可以避免频繁启停导致压缩机磨损等问题。而基于天气预报、历史数据等技术手段可以提前调控设备的运行状态，实现预测性的感知与处理。通过容错机制则可以在设备出现故障时，实现自动切换，应用备用策略对其进行动态优化。

3.3.2 实时数据采集与通讯架构

实时数据采集与通讯架构主要利用传感器网络等技术手段，对室内外的环境参数进行感知，了解温度、湿度以及空气质量等时机变化。通过中央控制系统处理数据信息，对HVAC系统进行动态调整。例如，系统通过监测了解室内温差较大，则可以自动调节供暖或者制冷等设备的输出，避免出现过度加热或者冷却等问题，有效减少了能源浪费等问题。在系统中，其主要数据源分类如表3所示。

全性，实现交互性管理。

3.4 系统集成技术方案

边缘层主要通过利用工业网关的方式进行本地的实时性控制，其中延迟 $<100\text{ms}$ 。云端则利用AWS IoT Core上传数据，其主要的功能就是训练负荷预测模型，并且根据实际状态下发更新参数信息。其中，系统集成技术方案与应用场景如表4所示。

表 4. 系统集成技术与功能实现

协同场景	技术组合	功能实现
多能互补调控	地源热泵+光伏+BIM孪生	动态匹配能源供需，可再生能源利用率提升30%

协同场景	技术组合	功能实现
负荷-设备联动	AI 预测+变频群控+IoT 传感器	按需调节设备出力，部分负荷节能 40%
故障诊断与自愈	数字孪生+AI 分析	预测设备故障并自动切换备用机组，停机时间减少 60%

4 总结

建筑供热通风与空调工程节能技术的创新及数字化运用，在项目实践中主要就是通过“数据驱动决策、跨域协同优化”实现了 HVAC 系统从“被动响应”到“主动调控”的智能化操作。合理应用此种技术不断，可以实现智能化处理。今后，数字孪生与 5G 边缘计算，可进一步实现建筑供热通风、空调工程的“秒级策略迭代”处理，合理应用多种现代化技术手段，通过 HVAC 系统可以进入到“智控”时代。而建筑 HVAC 节能技术，在高效热泵、辐射供冷等创新技术手段的支持下，融合 BIM、AI、区块链等现代化技术手段，构建数字化系统，可以实现全链条节能的智能化操作。今后，要综合建筑结构的实际需求，全面推动技术标准化、跨系统协同化操作，进而充分推动建筑行业的低碳化、智能化发展。

参考文献

- [1] 丁兰. 建筑供热通风与空调工程节能技术的创新及数字化应用探讨[J]. 中国设备工程, 2025, (08): 224-26.
- [2] 张瑞林. 浅析供热通风与空调工程施工技术[J]. 建材发展导向, 2025, 23(05): 133-135.
- [3] 郑斌斌. 探究供热通风与空调工程的施工技术要点与节能控制措施[J]. 中国高新科技, 2024, (01): 158-160.
- [4] 马海龙, 侯昌鑫. 探究供热通风与空调工程的施工技术要点与节能控制措施[J]. 新疆有色金属, 2023, 46(05): 94-95.

作者简介：彭寿水（1980-08-），男，汉族，江西省九江市人，大专，研究方向：建筑工程。