

# 机电安装工程暖通空调新技术及发展趋势

朱立东<sup>1</sup>, 管仁刚<sup>2</sup>

(1. 日照市建设工程施工图审查中心, 山东 日照 276800;

2. 日照兴业房地产开发有限公司, 山东 日照 276800)

**摘要** 随着建筑节能要求的提高和智能化技术的快速发展, 暖通空调(HVAC)系统在机电安装工程中的应用正经历深刻变革。本文从智能化技术、节能环保技术以及系统集成优化三个方面, 分析了当前暖通空调领域的新技术特点, 探讨了其在实际工程中的应用案例, 并基于行业政策与市场需求, 预测了未来发展的趋势, 指出智能化控制、可再生能源耦合系统及全生命周期低碳设计将成为机电安装行业的核心发展方向, 以期为相关人员提供借鉴。

**关键词** 暖通空调; 机电安装; 智能化技术; 节能环保; 区域能源系统

中图分类号: TU83

文献标志码: A

DOI: 10.3969/j.issn.2097-3365.2025.25.022

## 0 引言

暖通空调系统作为现代建筑中能耗占比最高的机电设备(约占建筑总能耗的40%~60%), 其技术创新直接关系到建筑能效水平与碳排放强度。在“双碳”目标驱动下, 传统以化石能源为主的暖通空调系统面临能效提升、污染控制及运行成本优化的多重挑战。与此同时, 物联网、大数据、人工智能等新兴技术的渗透, 为暖通空调系统的设计、安装与运维提供了全新的解决方案<sup>[1]</sup>。本文通过梳理当前暖通空调领域的先进技术, 结合工程实践案例, 揭示其技术原理与应用价值, 并展望未来发展趋势, 旨在为机电安装工程的绿色转型提供理论参考。

## 1 机电安装工程暖通空调新技术发展现状

近年来, 暖通空调(HVAC)技术通过智能化、绿色化与模块化的深度融合, 显著提升了机电安装工程的效率与可持续性。

### 1.1 智能化控制技术

#### 1.1.1 建筑信息模型(BIM)协同设计

BIM技术通过三维可视化设计平台, 实现了暖通系统与建筑结构、给排水、电气等专业的协同优化。设计阶段利用BIM模型进行管道布局模拟, 可提前发现并解决多专业交叉施工中的空间冲突问题。例如: 上海某超高层建筑项目中, 通过BIM技术虚拟碰撞检测, 大幅减少暖通管道与电气桥架的施工返工, 显著缩短工期并降低材料浪费。

#### 1.1.2 物联网(IoT)与云平台

基于物联网的传感器网络可实时采集室内外温湿度、设备能耗及运行状态等数据, 结合云端平台的智

能算法实现动态调控。典型应用如格力“零碳源”空调系统, 通过云平台对压缩机运行频率的优化控制, 在保证室内舒适度的同时显著降低能耗<sup>[2]</sup>。

#### 1.1.3 人工智能预测控制

机器学习算法通过分析历史气象数据、建筑使用模式及人员流动规律, 可精准预测未来时段的热负荷需求, 并提前调整设备运行策略。某大型商业综合体的实践表明, AI控制技术通过动态匹配空调输出功率与实际需求, 有效降低系统冗余能耗, 同时延长设备使用寿命。

### 1.2 节能环保技术

#### 1.2.1 高效热回收技术

热回收技术的本质在于打破传统暖通系统“排风即废能”的固有模式, 通过能量梯级利用提升整体能效。全热交换器通过特殊材质膜实现显热(温度)与潜热(湿度)的双向传递, 而溶液除湿技术则利用盐溶液吸湿放热的特性, 进一步强化能量回收效率。二者协同形成“先回收后处理”的节能链路: 夏季高温高湿排风经全热交换器预冷除湿后, 再通过溶液除湿深度处理, 使新风负荷降低<sup>[3]</sup>。

#### 1.2.2 变频与磁悬浮技术

变频技术通过电力电子器件调整压缩机电机输入频率, 实现制冷量与实际需求的动态匹配, 其核心优势在于突破传统机组“启停式”调节的能效瓶颈。以磁悬浮轴承为代表的无油技术, 则通过电磁力实现转子悬浮, 彻底消除机械摩擦损耗, 使机组在10%~100%负荷范围内均能保持高效运行。值得关注的是, 磁悬浮技术的低振动特性使其在精密实验室、半导体工厂等场景具备独特优势, 未来或将成为高端工业空调的标配。

### 1.2.3 可再生能源耦合系统

地源热泵与光伏技术的耦合标志着暖通空调从“能源消费者”向“产消者”转型。地源热泵利用地下土壤全年温度稳定的特性，冬季提取地热作为热源，夏季将余热回灌地下，形成季节性储能；光伏系统则通过建筑立面 BIPV（光伏建筑一体化）与屋顶阵列的协同布局，最大化清洁电力产出。例如：河北省雄安新区示范项目通过智能微网控制器实时优化能源流向：光伏富余电力优先供给热泵，其次存入储能电池，最后反向售电至电网<sup>[4]</sup>。这种“自发自用+余电交易”模式降低了用能成本，通过参与碳交易市场创造额外收益，为区域零碳建筑群建设提供可复制范式。

### 1.3 绿色施工与模块化安装

#### 1.3.1 预制化与装配式技术

模块化施工的核心在于“制造替代建造”的理念转变。基于 BIM 的管道预制系统可将施工误差控制在毫米级，工厂预制的消声风管、一体化泵组等模块，通过二维码标识实现现场“拼积木式”安装。随着机器人焊接、3D 扫描验收等技术的普及，预制化技术正从管道组件向整体机房单元扩展，形成覆盖设计—生产—施工的全流程工业化体系。

#### 1.3.2 低 GWP 制冷剂应用

随着《蒙特利尔议定书》基加利修正案的实施，环保型制冷剂（如 R32、CO<sub>2</sub>）逐步替代传统高全球变暖潜能值（GWP）制冷剂，成为行业转型的重要方向。CO<sub>2</sub> 制冷剂因其无毒、不可燃特性，在超市冷链系统中率先应用；R32 则凭借较高的单位容积制冷量，成为家用空调的优选介质。值得关注的是，海尔研发的 R290（GWP=3）天然工质空调已通过欧盟 A2L 安全认证，在西班牙市场试点应用中实现“零臭氧破坏潜值（ODP）”与“超低 GWP”双重目标，为 HCFCs（氢氯氟烃）淘汰提供了中国方案。这些技术的推广有效降低了暖通系统的全生命周期碳排放。

## 2 暖通空调新技术应用中的关键挑战

尽管暖通空调新技术在节能降碳与智能化方面展现出显著优势，但其实际推广仍面临技术、经济与人才层面的多重挑战。

### 2.1 初始投资与回报周期矛盾

高效节能设备与智能化控制系统的引入，显著提高了暖通空调系统的初期建设成本。相较于传统方案，新型设备的采购费用、智能传感器的部署成本及定制化控制软件的开发投入，使整体投资增幅显著。例如：

磁悬浮冷水机组、光伏耦合系统等技术的应用需额外配置专用电力接口与储能装置，进一步推高初期预算<sup>[5]</sup>。

为化解矛盾，行业需要强化全生命周期成本分析（LCCA）方法的应用。通过量化设备折旧、能源费用、碳排放成本等长期收益，证明新技术的综合经济性。此外，政府可通过财政补贴、税收优惠等政策工具降低初期投资门槛，并探索“能源费用托管”等商业模式，将技术升级成本转化为长期运营收益的分摊，从而提升市场接受度。

### 2.2 多系统协同控制复杂度高

现代暖通空调系统与光伏发电、储能装置及建筑自动化系统的深度融合，对跨系统协同控制提出更高要求。首先，不同厂商设备的数据协议差异导致信息孤岛问题。例如：暖通设备的 Modbus 协议与光伏逆变器的 CAN 总线协议难以直接兼容，需额外部署协议转换网关，增加系统复杂度与故障风险。其次，多能源耦合场景下的控制逻辑优化面临技术瓶颈。如何动态平衡光伏发电量、储能充放电状态与空调负荷需求，需依赖高精度算法与实时数据处理能力。当前多数项目仍依赖人工经验设定控制策略，难以充分发挥系统协同潜力。

解决该问题需从标准化与智能化两方面入手。一方面，推动行业制定统一的通信协议标准（如基于 BACnet 扩展的跨系统接口规范），减少异构设备集成难度；另一方面，开发自适应优化算法，利用数字孪生技术构建虚拟控制系统，通过仿真模拟验证不同工况下的最优控制策略，降低实际调试风险。

### 2.3 运维人员技能缺口

智能化暖通系统的普及对运维团队能力提出全新要求。传统运维人员多专注于机械维修与基础电气知识，而新型系统需掌握数据分析、AI 诊断及跨平台设备管理能力。例如：物联网云平台的海量运行数据需通过可视化工具解读，以识别能效异常点；机器学习模型预测的设备故障需结合机理知识进行二次验证。当前行业普遍存在“重设备轻人才”倾向，企业培训体系滞后，高校专业课程亦未及时融入智能化运维教学内容，导致复合型人才供给不足。

为填补技能缺口，需构建“产学研用”协同培养机制。职业院校可增设智能建筑运维专业，开设 BIM 运维、数据分析等课程；企业应建立阶梯式技能认证体系，将 AI 工具使用能力纳入考核标准；行业协会可组织跨领域技术交流，促进暖通工程师与 IT 专家的知识融合。此外，开发低代码运维管理平台，通过图形

化界面简化数据分析流程，可降低技术应用门槛，缓解短期人才压力。

### 3 暖通空调新技术未来发展趋势预测

暖通空调技术的革新将持续围绕“智能化、低碳化、人本化”三大主线展开。在双碳战略、数字技术突破与健康需求升级的驱动下，未来五年行业将呈现以下五大发展方向。

#### 3.1 智能化向“自主决策”发展

数字孪生技术与边缘计算的深度融合，将推动暖通系统从“智能调控”迈向“自主决策”。通过构建与物理设备同步更新的虚拟孪生模型，系统可实时模拟不同工况下的运行状态，结合历史数据与机器学习算法，实现故障预判与策略自优化。例如：当传感器检测到某区域送风量异常时，系统可自动调用孪生模型模拟故障影响范围，并生成包含设备检修建议、备用回路切换方案的多级响应策略，大幅缩短故障停机时间。边缘计算技术的引入进一步降低了对云端算力的依赖。

#### 3.2 “光储直柔”系统深度整合

光伏发电、储能装置、直流柔性配电与柔性负荷调控技术的协同发展，将重构暖通空调的能源供给模式。传统交流配电系统中，光伏逆变与空调变频带来的多重电能转换损耗可占系统总能耗的8%~12%。而“光储直柔”系统通过直流母线直接连接光伏板、储能电池与直流变频空调，减少交直流转换环节，使能源利用效率提升15%以上。该技术的核心价值在于构建建筑级微能源网络。

#### 3.3 区域能源系统规模化应用

城市级区域能源系统通过整合工业余热、地热能与可再生能源，实现冷热能源的大规模集约化供应。相较于单体建筑分散式供能，区域系统可利用不同用户的负荷时空差异进行错峰调配。例如：商业综合体日间冷负荷高峰与住宅区夜间供暖需求形成互补，系统通过蓄冷罐与管网优化实现能源跨时空转移，整体能效提升20%~30%。广州大学城区域供冷项目的成功经验表明，此类系统的规模化需突破两大技术瓶颈：一是低损耗输配技术，采用大温差供水与高效保温管道降低输送能耗；二是智能调度平台，通过AI算法预测区域负荷变化并优化机组启停组合。未来，随着城市更新与新区建设加速，区域能源系统将成为降低市政基础设施碳排放的关键抓手。

#### 3.4 低碳材料与循环设计普及

暖通空调的全生命周期减碳需求将驱动材料科学与循环经济模式的创新。可拆卸式管道连接技术采用

卡箍替代传统焊接，使管道组件可在建筑改造中快速拆解并重复利用，减少90%以上的施工废料。生物基保温材料（如菌丝体泡沫、秸秆纤维板）凭借可再生特性与低隐含碳优势，逐步替代石油基聚氨酯材料，其导热系数可达 $0.022\text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ ，性能媲美传统材料。循环设计理念还体现在设备模块化升级中。例如：采用标准化接口的空调主机允许在技术迭代时仅更换压缩机或控制模块，而非整机报废。此类设计延长设备使用寿命，同时降低原材料开采与制造环节的碳足迹。

#### 3.5 健康导向的空气品质控制

在用户对室内空气安全的关注从“温湿度舒适”转向“微生物与污染物防控”的背景下，紫外线-C (UV-C) 光催化净化模块可通过破坏病毒DNA/RNA结构实现99.9%的病原体灭活，且无需更换滤网，成为医院、学校的优选技术。PM2.5与CO<sub>2</sub>浓度监测系统则从“单点采样”升级为“网格化传感”，结合CFD模拟优化气流组织，确保污染物快速排出。未来，空气品质控制将进一步与人体生理指标联动。例如：智能穿戴设备实时监测用户心率变异性(HRV)与皮肤电信号，通过AI算法推算个体热舒适偏好，并动态调整送风参数。此类人因工程技术的引入，标志着暖通系统从“环境调节”向“健康赋能”的范式转变。

## 4 结束语

暖通空调技术的创新已从单一设备能效提升转向系统级智能化、低碳化重构。未来，机电安装工程需以“数字赋能”与“双碳战略”为核心导向，通过BIM+IoT技术融合、可再生能源系统集成及标准化施工体系构建，实现暖通空调系统在能效、经济性与可持续性上的协同突破。建议行业主体加大研发投入，完善技术标准体系，并探索基于能源合同的商业模式创新，以加速新技术产业化落地。

### 参考文献：

- [1] 陈志坚. 浅谈机电安装工程暖通空调新技术及发展趋势[J]. 中国建筑金属结构, 2020(12):110-111.
- [2] 张原. 机电安装工程暖通空调新技术及发展趋势探索[J]. 建材与装饰, 2020(34):228-229.
- [3] 张旭明. 关于机电安装工程中暖通空调的安装探讨[J]. 大众标准化, 2020(16):184-185.
- [4] 刘志轩. 探究机电安装工程暖通空调新技术及发展趋势[J]. 绿色环保建材, 2020(02):236.
- [5] 朱航宇. 机电安装工程暖通空调新技术及其发展研究[J]. 住宅与房地产, 2021(09):93-94.