

科技成果登记项目信息表

成果名称:	基于AI算法的智慧节能多联机关键技术研究与应用
登记日期:	2025-10-29
完成单位:	TCL空调器（中山）有限公司,广东TCL智能暖通设备有限公司,上海理工大学
完成人员:	陈绍林,熊军,宋培刚,代文杰,郑韶生,曹勋,陈妃味,高旭,韩华,陈龙,王亮,杜泽锋,伊伟奇,余李辉,项卫琴,聂鹏飞,胡作平,王庆磊,林嘉华,张吉征,陈厚照,刘德毅,袁文昭,郑悦,张宏宇,陈开东,黄康康,黄杏桦,廖明明,朱松伟,胡建强,张晋溥,刘关,梁勇超,林森荣,江姗姗,陈显京,张治强,唐小龙
研究起止日期:	2024-01-15至2025-02-20
主要应用行业:	制造业
高新技术领域:	新能源与节能
评价单位:	中国轻工业联合会
评价日期:	2025-08-11
成果简介:	<p>1、应用领域</p> <p>本项目主要针对舒适、节能要求而研发的基于AI算法的智慧节能多联机关键技术和产品，解决了室内机降温存在超调现象、室外机能力输出和室内机降温不匹配导致的能耗增加和室温波动问题，以及空调系统冷媒泄漏诊断精度低导致能力降低、能耗增加，同时创新提出热管散热器，解决元器件发热集中问题；该节能技术以全时域控温为中枢，协同冷媒泄漏诊断平台和热管理系统技术，构建了完整的节能技术生态体系。</p> <p>2、技术原理</p> <p>本项目技术方案及产业应用品主要解决以下3个问题：</p> <p>1)全时域温控能力调节精度有限：建筑蓄热不可计量、空间负荷分布不均、室内热扰等问题造成建筑负荷辨识精度有限。</p> <p>2)故障诊断精度有限、故障辨识差：跨工况存在特征漂移、系统参数非线性耦、环境变量耦合，造成诊断误差高。</p> <p>3)制冷剂散热能耗高、凝露风险：全密闭电控盒散热难，元器件发热集中，传统制冷剂散热系统增加了系统能耗。</p> <p>为此，本项目通过以下技术手段解决上述技术问题：</p> <p>首先针对建筑热惰性和动态能力需求调节精度不足问题，把降温过程分为不同阶段，细化温度调节；启动阶段创新提出了建筑负荷时滞补偿模型和空间异质多因子负荷模型提高建筑负荷辨识能力，实现需求侧与系统侧深度协同，节能17.4%；动态调温阶段创新提出L-M时域预测控制策略，通过室温反馈预测室温变化趋势，动态调节能力输出，解决室温波动问题；稳态运行阶段创新提出了三级寻优控制策略，结合线控器毫米波雷达的预测控温，实现系统节能19%；采用多阶段协同能力输出优化控制技术，实现全时域节能25.7%。</p> <p>同时创新开发了基于深度学习和专家知识的制冷剂泄漏量智能诊断平台，故障辨识强，跨工况诊断误差为10%，提前诊断制冷剂量，减少系统低效运行，节能达10%。为了实现电控集成化，高效解决电发热集中问题，创新提出基于高效变频控制与热管理的节能技术，通过无电解电容应用和高导热、零功耗热管技术的散热结构，减少系统额外能源损耗，节能3%。</p>

实验测试对比，应用新策略，启动频率降低**20%**，调温阶段达温次数平均减少**60%**，新策略实现温度波动在 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ ，全时域平均节能**25.7%**。

基于深度学习和专家知识的制冷剂泄漏量智能诊断平台，基于 **EWMA** 虚拟冷媒传感器，初始冷媒计算平均误差仅 **4.6%**，虚拟传感器技术与智能模型结合，平均误差进一步降至 **2.5%**。

同时建立了不同温度下自检模式和诊断模型，提高了在故障并发的耦合问题，综合诊断误差率为**5%**，高阶智能算法冷媒泄漏诊断平台部署于云端，经 **TCL** 暖通运维 **APP** 提示售后维修人员及时处理。

项目围绕多联机空调系统全运行过程进行节能优化，在启动阶段，充分考虑了前期建筑蓄热量、部分空间开启情况、确定初始开机启动频率；在动态调温阶段，基于 **L-M**算法实时动态调节系统输出能力，缓解系统超调，同时基于**AI+PID**联合调节策略，实现达温后动态调节，进一步抑制了系统波动，提升系统能效。稳态运行阶段，通过三级寻优及毫米波雷达控温调节，实现负荷波动的前馈调节，提升了系统的稳定性，并通过渐进调温模型，进一步实现了系统运行的行为节能。

同时，对于冷媒泄露故障开发智能诊断平台，实现冷媒泄露量化分析与脏堵识别，确保系统始终处于最佳运行状态；高效热管理技术从减少电控系统自身发热量着手，搭配高效热管散热器，全工况的高效散热，实现系统高效节能运行。

本项目取得的主要成果包括：

1) 申请专利**31**件，发明专利授权**15**件，实用新型授权**6**件，正在审理：**10**件

2) 发表论文**15**篇

提升了企业自身科技水平的同时，提升了品牌的满意度，积极参与交流及分享。