

美的集团家用空调事业部

研究生联合培养项目需求表

联 培 项 目 编 号： FSNEU-2026-MDKT-8

联 培 项 目 名 称： 空气源热泵系统辐射对流耦合
末端研发

联 培 单 位： 美的集团家用空调事业部

项 目 负 责 人： 黄招彬

联 系 电 话： 15902037125

单 位 负 责 人： 江海昊

联 系 电 话： 15573261025

填表说明

- 1、 本表由联合培养基地填写，务必保证信息全面准确。
- 2、 联合培养基地每年 3 月前将本表交于东北大学佛山研究生创新学院，用于本年度接收联合培养研究生。
- 3、 一份需求表只能填写一个项目，且需求表上交后原则上不允许取消或更改。
- 4、 联培项目编号为：东北大学佛山研究生创新学院简称佛山研究生创新学院，简称代码-FSNEU、年份-202X、基地名称简称代码-XXX(广州海格通信集团股份有限公司简称海格通信，简称代码 HGTX)、本基地本年度项目序号 X X，例如：FSNEU-2026-HGTX-1。
- 5、 各栏目内容可续页。

东北大学佛山研究生创新学院联培基地项目需求表

项目编号	FSNEU-2026-MDKT-8	项目名称	空气源热泵系统辐射对流耦合末端研发
联培课题方向	<p>针对空气源热泵系统在低温环境下的末端散热优化需求，本课题聚焦辐射对流耦合末端技术的研发，重点解决热泵出水温度与能效的协同关系。</p> <p>热泵出水温度直接影响辐射供暖的热效率，较高温度可提升室内热舒适性，但需平衡系统能效，避免因过度加热导致能耗增加。同时，对比传统壁挂炉用暖气片，辐射对流耦合末端在热舒适性上具有显著优势，其散热均匀性优于暖气片的局部对流模式，能减少室内温度梯度，提升整体能效。传统暖气片依赖高温水循环，易造成局部过热和空气干燥，而辐射对流耦合末端通过优化热传递路径，实现更稳定的供暖效果。</p> <p>本研究旨在开发一种集成化末端方案，兼顾热泵出水温度的适应性调节与辐射对流耦合的高效散热，为系统能效优化提供技术支撑。</p>		
所需研究生学科方向	控制工程/计算机技术/暖通空调/制冷/机械工程		
需求人数	1		
岗位要求	<p>1、对空气源热泵有浓厚的兴趣，有一定的基础知识；</p> <p>2、具有建模仿真分析能力；</p> <p>3、具有一定的电气或机械专业背景；</p> <p>4、具有良好的英文文献检索与总结分析能力；</p> <p>5、具有良好的个人工作责任感和团队协作能力。</p>		

项目简介

一、项目背景：

空气源热泵系统作为清洁能源技术，在冬季供暖中面临末端散热效率与舒适性的双重挑战。传统壁挂炉用暖气片依赖高温水循环驱动强制对流，易造成室内温度分布不均、空气干燥及局部过热问题，尤其在低温环境或间歇供暖场景下，其热惯性大、响应慢的缺点更为突出。

辐射对流耦合末端通过整合辐射与对流换热机制，可显著提升热舒适性，但需解决热泵出水温度与系统能效的协同优化问题。随着建筑节能标准提升 and 用户对舒适性需求的增长，研发高效、适应性强的耦合末端成为推动空气源热泵普及的关键。

本课题旨在系统分析热泵出水温度对能效的影响，对比传统暖气片的局限性，提出辐射对流耦合末端的差异化设计方案，为低温环境下的系统优化提供理论支撑。

二、研究现状：

当前末端技术主要分为三类：传统壁挂炉暖气片、纯辐射末端（如地板辐射）及辐射对流耦合末端。

传统暖气片在空气源热泵系统中应用广泛，但其高温运行特性（通常需 60°C 以上水温）导致热损失增加，且对流模式易引发室内空气扰动，造成“头热脚冷”现象。

纯辐射末端（如地暖）通过低温辐射（ $30\text{--}35^{\circ}\text{C}$ ）实现均匀散热，能效较高，但启动阶段升温慢，不适用于频繁启停场景。

辐射对流耦合末端结合两者优势，例如采用平板热管结构，通过相变换热降低热惯性，实现快速响应与稳态舒适性的平衡。

现有研究多聚焦单一末端优化，缺乏对多场景（如超低环温与一般低温）的适应性分析，导致实际应用中方案选择缺乏针对性。

三、关键性问题或技术：

热泵出水温度与能效的协同优化：热泵出水温度直接影响辐射供暖效率，较高温度可提升室内热舒适性，但需避免因过度加热导致能耗显著增加。例如，在稳态供暖阶段，出水温度过高可能降低热泵机组能效比，而启动阶段则需快速升温以减少热损失。

传统暖气片的局限性分析：传统壁挂炉暖气片用于空气源热泵时，存在三大缺点：一是高温运行加剧金属腐蚀，缩短设备寿命；二是对流模式造成室内温度梯度大，舒适性差；三是手动调节频繁，增加用户干预成本。

辐射对流耦合末端的差异化控制：设计需考虑辐射与对流换热的比例动态调整。启动过程中，优先强化对流换热以实现快速升温；稳态阶段，则侧重辐射换热以维持均匀温度分布。在超低环温场景（如 -30°C 以下），需增加辐射比例以减少空气流动损失；而在一般低温场景（如 -10°C 至 10°C ），则可平衡两者以优化能效。

多场景适应性设计：针对超低环温与一般低温环境，耦合末端需集成智能控制模块，例如基于温度反馈的动态调节机制，确保在极端条件下仍能维持热舒适性与系统稳定性。

四、预期目标：

技术目标：量化对比辐射对流耦合末端与传统暖气片在能效、舒适性及维护成本上的差异。例如，耦合末端在超低环温场景下可降低热损失约30%，而传统暖气片在频繁启停时能效下降显著。

应用目标：开发安装调试简便的集成末端，例如模块化辐射对流耦合装置，简化管道布局并降低用户操作复杂度。通过实验验证，在间歇供暖场景下，该方案可缩短升温时间50%以上，同时维持室内温度波动小于 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 。

行业目标：为系统设计提供标准化指南，推动辐射对流耦合末端在低温地区的普及，减少设备故障率并助力碳中和目标实现。通过本研究，预期形成一套可推广的技术框架，显著提升空气源热泵在复杂气候条件下的适应性和经济性。

项目目标：实现技术研究、平台开发与产品开发，预期销量达到10万套/年。

论文专利：申请发明专利1件。

项目负责人项目经历		
起止时间	项目名称	主要内容
2014.9-2016.6	变频空调电网适应性	变频空调在电网电压过高、过低、剧烈波动、谐波畸变情况下的抗扰度提升 2 倍，同时提升变频空调在低电压运行时制冷能力、实现 170V 制冷能力不衰减。
2016.6-2019.12	变频空调高转速压缩机设计与控制技术	通过压缩机设计和控制技术，将转子式变频压缩机转速提升 50%，从而减小压缩机排量，从而扩展变频空调的制冷能力范围、并实现变频压缩机小型化。
2018.1-2020.12	超高效率变频电控	通过变频电控的硬件创新、软件算法和与变频压缩机的协同控制，变频电控损耗降低 50%以上，实现行业最高的变频电控效率，超越大金、三菱电机等日本一线品牌。
2020.3-2022.10	家庭环境能源智慧管理系统	在智慧家庭层面，从清洁能源、热能回收、能源存储和能源管理算法四个方面，将光伏储能与热泵空调系统结合，实现家庭环境的舒适健康与家庭用能的节能低碳。
2022.10-2024.10	家庭 HVAC 环境系统全屋管理技术研发	家庭多联系统（小多联、地暖、中央新风和中央加湿等）进行全屋温度、湿度和空气质量调节，实现舒适健康与节能节费。
2022.10-2024.10	新风调湿与辐射冷暖舒适高效系统研发	研发了基于双核双级与热泵热回收的高效新风处理技术、基于可变再热与类桥式整流的多态新风控温调湿技术及新风调湿/辐射控温复合系统的温湿解耦与双变前馈控温技术，均达国际领先水平（中轻联科鉴字【2024】第 238 号）。
2024.11-至今	真享水科技产品研发	全屋±1℃衡温技术确保温度均匀，支持分区域独立控温，运行噪音低至 16 分贝，搭载 11 重防冻保护，兼容全屋智能系统，实现节能、静音、耐用与智能协同。

工 作 计 划 安 排			
序号	起止时间	阶段内容	工作量估计 (天)
1	2026. 7-2026. 9	课题调研，包括空气源热泵与辐射对流耦合末端技术相关的专利论文等。	90
2	2026. 10-2027. 1	辐射对流耦合末端技术方案研究。	120
3	2027. 2-2027. 5	实验验证辐射对流耦合末端方案有效性。	105
4	2027. 6-2027. 9	应用该辐射对流耦合末端方案的产品综合方案设计与评审。	90
5	2027. 10-2027. 12	应用该辐射对流耦合末端方案的产品试制、试产与投产鉴定。	90
6	2028. 1-2028. 4	专利申请与论文撰写，准备与完成项目课题答辩。	100