

# 美的集团楼宇科技事业部

## 研究生联合培养项目需求表

联 培 项 目 编 号： FSNEU-2026-MDLY-5

联 培 项 目 名 称： 下一代制冷系统动态能效技术

联 培 单 位： 美的集团楼宇科技事业部

项 目 负 责 人： 李冬冬

联 系 电 话： 13702440496

单 位 负 责 人： 闵本艳

联 系 电 话： 15587488108

东北大学佛山研究生创新学院

## 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(美的集团中央研究院简称美的中研院，简称代码 MDZYY)、本基地本年度项目序号 X X，例如：  
FSNEU-2026-MDZYY-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-MDLY-5	项目名称	下一代制冷系统动态能效技术
联培课题方向	下一代制冷系统动态能效技术研究，包括： 1、制冷系统能力能效可视化性能及优化； 2、基于热平衡模型的房间模型的设计及优化； 3、基于房间负荷的空调能力模型预测与控制； 4、基于变工况环境的风机变频模型预测及控制； 5、基于变流量工况下的最佳阀开度控制模型； 6、基于非稳态运行模式的节能控制		
所需研究生专业方向	工程热物理、制冷及低温工程、传热、热能与动力工程、自动化		
需求人数	1		
岗位要求	1、熟悉制冷（热泵）系统循环原理； 2、学习过工程热力学、传热学、流体力学等课程； 3、具备一定的传热、系统仿真经验； 4、具备一定的系统测试与数据分析能力； 5、对控制自动化原理有一定了解。		
项 目 简 介			
<p>一、项目背景：</p> <p>国家“碳达峰、碳中和”目标要求工业、建筑等重点领域加快能效提升。建筑碳排占能源碳排 48.3%，运行过程则占 21.7%（引自中国建筑能耗与碳排放研究报告 2021），其中空调能耗占建筑能耗 40%以上（引自公共建筑能耗检测与节能分析），其动态能效优化是落实《国家电网“碳达峰、碳中和”行动方案》中能源消费电气化、高效化的关键环节。</p> <p>根据《蒙特利尔议定书基加利修正案》规定，我国二代制冷剂作为非原料的产量和消费量已于 2013 年被冻结，2025 年配额削减 67.5%，2030-2040 年配额削减 97.5%，保留 2.5%的维修量，2040 年以后将完全淘汰。2025 年 4 月，生态环境部等五部门联合印发《中国履行〈关于消耗臭氧层物质的蒙特利尔议定书〉国家方案（2025—2030</p>			

年)》，标志着我国履约正式进入含氢氯氟烃 (HCFCs) 淘汰和氢氟碳化物 (HFCs) 削减双线管控的关键阶段。该方案明确要求：多联式空调（热泵）机组自 2027 年 1 月 1 日起禁止使用 HCFCs 制冷剂；家电行业自 2029 年 1 月 1 日起，禁止生产用于国内销售的充注全球升温潜能 (GWP) 值大于 750 制冷剂的家用空调（家用多联式空调（热泵）机组除外）；自 2026 年 1 月 1 日起，禁止生产以 HFCs 为制冷剂的家用电冰箱和冷柜产品。

二、研究现状：

传统空调系统制冷剂碳排高，能效标准沿用静态化评价，距离深度节能减碳仍有很大差距，主要存在五大问题。1) 制冷剂替代带来的能效挑战：随着 R410A 等传统制冷剂被逐步淘汰，R32、R290 等新型环保制冷剂的应用对系统设计和控制策略提出了新的要求。新型制冷剂的热力学特性与传统制冷剂有显著差异，需要重新优化系统匹配和控制算法，否则可能导致系统能效下降 10%-20%；2) 多室内机协同控制失衡，室内环境参数波动剧烈：现有多联机系统普遍存在“压缩机频振”现象。当多个室内机同时向同一台室外机请求不同容量时，压缩机频繁升降频，能耗急剧增加。实测数据显示，这种频繁启停导致的额外能耗可达系统总能耗的 15%-25%；由于各室内机独立控温，缺乏协同，导致不同区域之间存在 2-4℃ 的温度差异。传统 ON/OFF 控制方式造成室温波动幅度达 ±1.5℃，远超 ±0.5℃ 的舒适标准；3) 回油控制策略能效低下：传统多联机为保证压缩机回油，需定期进入强制回油模式（约每 30 分钟一次，持续 5-8 分钟），此期间系统能效比 (EER) 下降至正常值的 30% 以下，造成显著的周期性能源浪费；4) 系统冷媒泄露和人工冷媒反复充注造成不必要的碳排：传统空调系统缺乏对冷媒泄露的及时感知能力，人工售后充注冷媒由于经验和制冷剂种类及管长复杂性导致充注效果不佳等诸多问题；5) 系统缺乏整体优化能力：现有多联机系统仅能实现单室内机-室外机间的简单联动，缺乏对整个建筑热环境的全局感知和优化能力。各室内机“各自为战”，无法根据人员分布、日照变化等因素进行动态负荷分配。

三、关键性问题或技术：

研发面向空调系统的动态能效关键技术，实现硬件升级和软件算法创新。

（一）硬件系统研发任务

1. 环保制冷剂适配系统开发：

研发适用于环保制冷剂 R290、R32、R454B、R454C 低 GWP 值制冷剂的高效变频压缩机共 4 款，并解决高压比泄露及低压比过压缩的宽域变频压缩机，较常规压缩机，压缩机部分负荷能效提升 50%以上。

**2. 带油位传感器的压缩机开发：**

研发 1 款自带油位传感器的变频压缩机，其能效比和可靠性均不低于常规款，且其传感器实时感知动态油位准确率 90%以上。

**3. 新型可变分流换热器与电机、节能装置开发：**

研发 1 款制冷和制热分流通解耦的外换热器，其制冷和制热的管损最大压降不超过 100kPa，且制冷和制热单体能效较常规提升 20%以上；将阀芯步数控制精度从现有的 500 步提升至 3000 步以上，实现更精确的冷媒流量调节。

**（二）软件系统研发任务**

**1. 环保制冷剂自适应控制策略及超低算力分布-自律动态能效优化控制策略：**

研发针对制冷剂的特有控制算法。研发分布-自律动态能效优化控制架构，解耦系统关键功率部件能效优化动态控制，通过虚拟负荷需求高精度预测负荷，构建内机模型实现内机群个性化风量、蒸发/冷凝温度、内机阀开度自律寻优，构建外风机模型实现外风机-压缩机功率协同自律，构建压缩机模型实现系统蒸发/冷凝温度决策，压缩机频率和外机节流阀开度自律寻优。

**2. 系统智能回油控制策略：**

研发基于油品状态监测的自适应回油算法，回油能耗降低 50%。

**3. 空调系统虚拟传感器技术：**

研发一套基于空调系统自带传感器参数的系统能力实时计算算法；研发建筑热工特性识别技术；研发一套传感器损坏后仍然正常运行控制算法；研发冷媒自动充注功能算法，彻底消除人工和管径带来的偏差影响。

**4. 基于 AI 数据驱动的冷媒故障诊断技术：**

研发以系统关键特征异常监测为基础，结合故障归因逻辑实现故障诊断的技术。

**四、预期目标：**

**1. 系统能效提升：**多联机系统全年动态性能系数（DAPF）从现行的 2.0 提升至 5.0 以上。

**2. 温度控制精度：**室内温度控制精度从±1.5℃提升至±0.5℃，不同区域间温差控制

在 0.5℃以内，舒适度显著提升。
3. 响应性能改善：系统响应时间从分钟级缩短至秒级，负荷变化后系统调整时间≤30秒，动态调节能力大幅增强。
4. 预测精度目标：系统实时能力准确率达到 90%以上，故障诊断准确率>95%，误报率<5%。
5. 环保制冷剂适配目标：开发完全兼容 R290、R32 等低 GWP 制冷剂的系统平台，制冷剂 GWP 值≤750，满足 2029 年后的法规要求

项目 负责人 项目 经历		
起止时间	项目名称	主要内容
2017-2019	商用热泵产品开发	研发商用热泵系列产品开发
2019-2020	欧洲三管制多联机产品开发	研发欧洲三管制多联机
2020-2022	下一代多联机功能架构	研发下一代多联机功能架构
2022-2024	下一代热泵智能算法	研发下一代热泵智能算法
2024-至今	下一代制冷系统动态能效技术	研发下一代制冷系统要素技术及控制

工 作 计 划 安 排（2026. 7-2028. 4）			
序号	起止时间	阶段内容	工作量估计（天）
1	2026.07-2026.07	熟悉多联机、焓差室、性能测试验证及现有控制算法了解与熟悉工作环境	20
2	2026.08-2026.09	主要动态控制算法调研，在已有样机上开展性能测试评估	45
3	2026.10-2026.12	基于现有样机性能评估结论进行课题分解，包括从单体部件设计值及实测值的差异	60
4	2027.01-2027.02	基于上述差异进行机理分析，从设计及控制两方面进行归因	40
5	2027.03-2027.05	基于归因技术点进行立子项研究分析，其中压缩机重点关注输出报告	60

6	2027.06-2027.08	确定系统控制架构及技术方案	60
7	2027.09-2027.10	技术模块 1 开发及验证	40
8	2027.11-2027.12	技术模块 2 开发及验证	40
9	2028.01-2028.02	技术模块 3 开发及验证	40
10	2028.03-2028.04	控制软件化及测试验证	40