

# 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-7

联 培 项 目 名 称： 空气源热泵系统变频水泵设计与  
控制技术

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-7	项目名称	空气源热泵系统变频水泵设计与控制技术
联培课题方向	<p>空气源热泵系统中，变频水泵的能耗占系统总耗电量的显著比例，其运行效率直接影响整体节能效果。研究需聚焦于变频水泵的变流量控制技术，通过动态调节水泵转速匹配末端负荷变化，避免传统定速水泵在部分负荷下的能量浪费。</p> <p>重点包括：分析变频水泵在不同流量工况下的耗电量占比，探究其与热泵机组协同运行的节能潜力；开发基于压差或温度反馈的智能控制策略，实现按需调速；评估变流量控制对系统稳定性和噪音的影响。</p> <p>目标是通过优化水泵设计与控制，降低运行能耗，提升热泵系统在供暖或制冷场景下的整体能效。</p>		
所需研究生学科方向	控制工程/计算机技术/软件工程/人工智能/暖通空调/制冷/机械工程		
需求人数	2		
岗位要求	<div>1，对空气源热泵与变频水泵有浓厚的兴趣，有一定的基础知识；</div> <div>2，具有数学建模与仿真分析能力，熟悉至少一种仿真软件；</div> <div>3，具有一定的控制科学基础（例如自动控制理论、智能控制等）；</div> <div>4，具有良好的英文文献检索与总结分析能力；</div> <div>5，具有良好的个人工作责任感和团队协作能力。</div>		
项目简介			
<div>一、项目背景：</div> <p>在全球能源转型与低碳化发展的背景下，空气源热泵（ASHP）系统凭借其高效利用环境热能的特性，成为建筑供暖、制冷及热水供应领域的关键技术。系统通过变频水泵实现工质循环，其运行稳定性与能效直接影响整体性能。</p>			

传统定频水泵存在能耗高、流量调节不精准等问题，易导致系统效率下降和水力失衡。变频水泵技术通过动态调节转速，可显著提升能效比（COP），适应负荷变化，减少能源浪费。

当前，随着智能控制技术的发展，变频水泵在 ASHP 系统中的应用已从单一调速向全系统优化演进，但设计复杂性、控制精度及能效协同仍面临挑战。本研究旨在通过创新设计与智能控制，解决变频水泵在 ASHP 系统中的关键技术瓶颈，推动系统向高效、可靠与智能化方向升级，为建筑能源系统提供技术支撑。

## 二、研究现状：

### 1. 变频水泵设计技术

变频水泵采用涡旋或离心式结构，通过变频器调节电机转速，实现流量与压力的动态匹配。当前设计聚焦于材料优化与结构轻量化，例如采用高效永磁电机和耐腐蚀合金，提升水泵在低温环境下的可靠性。模块化设计趋势显著，支持多场景集成，但针对 ASHP 系统的特殊工况（如低温高湿环境），水泵的抗冻性与密封性仍需强化。

### 2. 变频控制技术

变频控制基于物联网与 AI 算法，实现水泵转速的实时调节。主流方法包括自适应控制和模糊逻辑，通过传感器监测系统参数（如水温、压力），动态调整频率以维持水力平衡。例如，某品牌“云控”系统通过预测负荷变化，减少水泵启停次数，显著降低能耗。然而，控制策略的鲁棒性不足，易受环境干扰，导致流量波动。

### 3. 水流量检测技术

水流量检测依赖电磁式或超声波传感器，实现非侵入式测量。电磁传感器通过磁场变化计算流速，精度较高，但易受水质影响；超声波技术适用于复杂管路，但成本相对较高。集成化趋势明显，传感器与控制器联动，支持远程监控，但实时性与抗干扰能力需进一步提升。

### 4. 能效检测与系统优化

能效评估采用综合性能系数（COP）指标，结合实验测试与仿真模型。变频水泵通过优化水流量分配，减少输送能耗，例如在部分负荷工况下，动态降低转速以维持高效运行。系统能效最优控制通过多目标优化算法，平衡室内温度稳定性与除霜效率，但多源数据融合（如气象、用户行为）的复杂性尚未完全解决。

三、关键性问题或技术：

- 1，水泵设计与工况适配性：ASHP 系统在低温环境下易结霜，水泵需具备抗冻结构（如内置加热元件），但现有设计在极端温度下的可靠性不足，导致效率衰减。
- 2，变频控制精度与稳定性：控制算法对负荷突变的响应延迟，易引发水流量超调或欠调，影响系统能效。例如，快速变温工况下，转速调节滞后可能造成水力失衡。
- 3，水流量检测的实时性与鲁棒性：传感器在高湿或杂质较多的环境中易失效，数据传输延迟影响控制决策，需开发抗干扰型检测装置。
- 4，系统能效协同优化：变频水泵与热泵主机、末端设备的匹配问题突出，例如水流量分配不均会导致主机效率下降。多变量优化（如温度、流量、压力）缺乏高效算法支持。

四、预期目标：

- 设计创新：开发抗冻型变频水泵结构，采用复合材料与智能温控模块，提升低温工况下的运行稳定性，目标将极端环境故障率降低 50%以上。
- 控制策略优化：构建基于数据驱动的自适应控制模型，融合 AI 预测算法，实现水泵转速的毫秒级响应，减少流量波动，提升系统能效比（COP）15%以上。
- 检测技术升级：研制高精度、抗干扰水流量传感器，误差控制在±1%以内，满足复杂水质环境需求。
- 系统能效最大化：建立多目标优化框架，协同水泵、主机与末端设备，通过动态调节水流量与温度，实现全年综合能效提升 20%，降低运行成本。最终，形成一套可推广的变频水泵设计与控制技术体系，为空气源热泵系统的高效应用提供理论依据与实践方案。
- 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：发表学术论文 1 篇，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，包括空气源热泵与变频水泵相关的专利论文等。	90
2	2026. 10-2027. 1	变频水泵优化设计与水泵变频控制优化研究。	120
3	2027. 2-2027. 5	变频水泵的流量检测技术创新。	105
4	2027. 6-2027. 9	空气源热泵系统的水泵变流量控制方案研发。	90
5	2027. 10-2027. 12	实验验证控制方法，并进行产品转化。	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