

# 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-10

联 培 项 目 名 称： 北方热泵采暖机械防冻设计及强  
度仿真研究

联 培 单 位： 美的集团家用空调事业部

项 目 负 责 人： 王鹏

联 系 电 话： 13923261089

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(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-MDKT-10	项目名称	北方热泵采暖机械防冻设计及强度仿真研究
联培课题方向	北方热泵采暖机械防冻设计及强度仿真研究		
所需研究生专业方向	机械设计、材料、自动化等专业		
需求人数	1		
岗位要求	<div>1. 专业知识与软件技能</div> <div>核心专业基础：扎实掌握机械原理、机械制图、机械结构、机械加工工艺、材料性能。</div> <div>必备软件工具：熟练运用二维和三维设计软件，如 SolidWorks、AutoCAD、UG/NX、Pro/E，并熟悉 Ansys 等分析软件。</div> <div>2. 个人素质与软技能</div> <div>沟通与协作：沟通表达能力强，性格阳光积极。</div> <div>责任心与踏实肯干：愿意从一线或基础工作做起，动手能力强。</div> <div>学习与解决问题能力：具备主动思考、运用知识解决实际问题的能力。</div> <div>3. 大学英语四级（CET-4）及以上</div>		
项目简介			
<div>一、项目背景：</div> <p>在“双碳”与北方清洁取暖政策推动下，空气源/水/地源热泵成为散煤/天然气替代主力供暖技术。我国寒冷/严寒地区冬季极端低温可达-25℃~-40℃，热泵水路、换热器、管路与阀件在断电停机、低温静置、骤冷工况下易结冰膨胀，引发壳体胀裂、管路泄漏、换热器失效，造成设备报废与供暖中断。当前行业多依赖电控防冻、防冻液、伴热等被动/辅助措施，机械结构防冻冗余不足、极端工况强度校核缺失、结冰膨胀载荷仿真精度不足，导致可靠性与寿命难以满足极寒与长寿命要求。本课题以机械结构防冻为核心，结合强度仿真与试验验证，形成安全、可靠、低成本的防冻结构方案，支撑热泵在极寒地区规模化应用。</p>			

二、研究现状：

国内以电控防冻、防冻液、电辅热、热气除霜/防冻为主，头部企业推出多模式智能防冻与低温增焓机型，但机械结构抗冻与强度仿真仍为短板；结冰膨胀力学机理研究不充分，换热器/管路/阀体多为经验设计，缺乏多场耦合仿真与失效阈值量化；强度仿真多简化载荷，未考虑冰膨胀、温度应力、循环载荷耦合，与实际失效偏差大；国外侧重抑霜/除霜与系统控制，机械抗冻结构与强度验证公开成果少，高寒地区专用化设计不足。总体上，机械防冻结构创新、多物理场强度仿真、极端工况验证体系尚未成熟，是行业共性技术瓶颈。

三、关键性问题或技术：

关键科学/技术问题

- 1. 低温静置/断电停机下，水路局部滞留区结冰膨胀力学行为与失效边界
- 2. 冰膨胀—温度应力—流体压力耦合下，关键部件强度与疲劳寿命预测
- 3. 机械防冻结构（泄压、导流、排空、弹性补偿）与强度的协同优化
- 4. 仿真模型与试验对标，极端工况可靠性验证方法

核心技术

- 1. 机械防冻结构技术：自适应泄压阀、防冻流道、分区排空、弹性补偿结构、低滞留腔体设计
- 2. 多场耦合强度仿真：冰膨胀载荷建模、热-结构-流体耦合仿真、疲劳与断裂校核
- 3. 极限工况验证技术：低温环境箱结冰-胀裂-循环试验、失效阈值与寿命标定
- 4. 轻量化高可靠集成：结构防冻+强度冗余+成本优化一体化设计

四、预期目标：

1. 技术目标

- 提出 2~3 种机械防冻结构方案，实现-40℃极端低温无电控/无防冻液可靠防冻
- 建立热泵关键部件（换热器、管路、阀体、泵壳）结冰膨胀强度仿真模型，仿真精度误差≤10%
- 形成设计规范与仿真流程，关键部件抗冻循环寿命≥5000 次，满足 15 年设计寿命

<div>2. 产品/样机目标</div> <div><div>• 完成防冻结构样件与整机试制，通过低温结冰强度与可靠性型式试验</div><div>• 故障率较传统方案降低 80%，极寒地区适应性显著提升</div></div> <div>3. 成果目标</div> <div><div>• 发表论文 1~2 篇，申请发明专利 1~2 项，形成设计/仿真/验证标准流程 1 套</div><div>• 支撑产品升级与项目落地，满足煤改电、高寒建筑、工业采暖等场景需求</div></div>		
项目 负责人 项目 经历		
起止时间	项目名称	主要内容
2025.8~至今	美的牌北方采暖真暖系列 16-24KW 项目	在一代产品基础上提升产品性能、能效、功能，提高产品市场竞争力（因属在开发重点产品，关键技术信息暂不透露）
2024.12~2025.7	美的牌北方采暖真省系列 8-23KW 项目	1、一级能效(制热 35 度出水)，全直流变频，采用直流变频双转子压缩机和直流风扇电机；2、采用高效水氟换热器和铜管翅片式换热器；3、喷气增焓技术，可实现最低-35° C 低温制热；4、温度-15℃及以上，机器出水温度不衰减；4、高水温：最高 60° C 出水温度适合各种末端，智能水温控制精确至 0.5℃，环温-35~35° C，出水温度 25~60° C；5、智能化霜技术，精准判断化霜时机，减少水温波动，提升舒适性；6、六重防冻：三维预警防冻（水温、水流、冷媒压力）、水泵启停防冻、压缩机运行防冻、底盘融冰防冻、压缩机辅热防冻、除霜防冻组合为六重防冻技术；7、可实现高达 4 台机组的自由组合，若模块组合中的一台机组出现故障，其他机组也可以正常运行，使用更放心；8、低电压启动技术；9、OTA 远程在线升级检测，接入家中监控系统，可获取机组运行参数，远程在线诊断

2024.6~2025.2	天水地水两联供产品开发（20-33.5KW）	<p>应对别墅及大平层用户空调+采暖的需求，满足空调冷暖舒适性要求高的中高端市场；</p> <p>1. 安全可靠；1) 漏水提示：外机搭配水压传感监测+补水阀（补水阀通过线控器控制，用户确认后补水）+内机电动球阀联动，结合智能判断逻辑，判断漏水端、并保障预警，减少系统漏水的泡顶风险；2) 多重防冻保护，安心过冬；2、多模块搭配实现系统化联动；1)可搭配家中模块产品，新风机、中央加湿器、智能面板、空气魔方等；2) 与壁挂炉联动，实现双擎速热、智能混动功能（水路混动）；3、预留技术功能，未来可接入辐射空调，包括新风能源一体机。</p>
2023.8~2024.3	北方采暖空气能热泵采暖机开发(14-18KW)	<p>1、制冷、制热一级能效，全直流变频，采用直流变频双转子压缩机和直流风扇电机；2、采用高效水氟换热器和铜管翅片式换热器；3、连续喷气增焓技术，可实现最低-35° C 低温制热，高温制冷环温不低于 50° C；4、高水温：最高 60° C 出水温度适合各种末端，智能水温控制精确至 0.5℃，环温及出水温度在制冷制热下，温度分别为制热：环温-35~35° C，出水温度 25~60° C；制冷：环温 10~50° C，出水温度 5~25° C；5、智能化霜技术，精准判断化霜时机，减少水温波动，提升舒适性；6、8 重防冻：换热器防冻、强制运行防冻、水泵启停防冻、水流开关防冻、低压开关、底盘融冰、压缩机加热、除霜防冻组合为八重防冻技术；11、低电压启动技术；12、OTA 远程在线升级；14、温度-20℃及以上，机器出水温度不衰减；15、配无源联动接口；16、在线检测，接入家中监控系统，可获取机组运行参数，远程在线诊断。</p>

2023.10~2024.8	美的家中 X 空间室内机(厨房)	服务于美的“全屋智慧空气解决方案”战略，满足“全空间”、“定制化”等全屋空气场景需求，针对厨房空间设计一款满足高效抗油烟、全空间适配、高性价比的厨房场景内机。 1、买得省，外机增配不扩容（领航者）；2、用时净，闲时防，全时抗油烟；3、大冷量快速降温；4、易安装，空间全适配
2024.5~2024.12	睿泉-R32 变频一级300L 分体式氟循环热水机	全变频一级能效，COP4.6；环保冷媒 R32，-20°制热（竞品-15° C）；双源速热，可覆盖南北不同区域气候需求；80° C 高水温杀菌，健康用水更安心；智联生活更便捷，WIFI 智控，且可实现远程升级 OTA，可接入美的智能线控器、10.1 寸中控大屏，实现全屋智能控制；E+蓝钻内胆，微通道换热器；独有多重安全防护（TP 阀、防电墙、漏保）

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	课题启动与前期筹备（2026.07—2026.09）	核心任务：明确技术指标、文献调研、方案审定、团队与资源就位 • 2026.07：参与实际项目开发过程，明确分工（结构设计、仿真分析、试验测试、成果管理）；确定研究路线与考核指标 • 2026.08：完成国内外热泵防冻技术、强度仿真标准、失效案例调研；梳理行业痛点与技术空白 • 2026.09：审定机械防冻设计方案、仿真分析方案、试验大纲；完成仿真软件（ANSYS/Abaqus）、试验设备、材料选型筹备 输出成果：开题报告、技术调研报告、研究方案、试验大纲、任务分工表	70

2	理论建模与基础仿真 (2026.10—2027.03)	<p>核心任务：结冰膨胀力学建模、关键部件强度仿真、边界条件与载荷标定</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 2026.10—11：建立水/防冻液结冰膨胀力学模型，确定低温冻胀载荷、温度场、约束条件</li> <li>• 2026.12—2027.01：完成换热器、水路模块、壳体等关键部件三维建模与网格划分</li> <li>• 2027.02—03：开展静强度、冻胀应力、模态、热-结构耦合仿真；识别应力集中、变形超限等薄弱点</li> </ul> <p>输出成果：力学模型、仿真基准模型、首轮强度仿真报告、薄弱点清单</p>	145
3	机械防冻结构设计仿真迭代 (2027.04—2027.09)	<p>核心任务：防冻结构创新设计、多方案仿真优选、结构参数优化</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 2027.04—05：设计机械式防冻结构（膨胀补偿、泄压结构、防冰堵流道、加强筋布局、低温适配材料）</li> <li>• 2027.06—07：开展多方案仿真对比（冻胀抵抗、应力分布、变形量、可靠性），确定最优设计方案</li> <li>• 2027.08—09：基于仿真结果结构参数优化，完成工程图设计与BOM编制</li> </ul> <p>输出成果：防冻结构设计图纸、仿真优化报告、工程BOM、设计验证规范</p>	150
4	样机试制与试验验证 (2027.10—2028.01)	<p>核心任务：样机加工、低温冻胀试验、强度验证、数据对标</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 2027.10—11：完成样机试制与装配；开展出厂检测与预试验</li> <li>• 2027.12：进行低温环境冻胀试验、压力循环试验、结构强度测试</li> <li>• 2028.01：试验数据与仿真结果对标；完成结构修正与可靠性验证</li> </ul> <p>输出成果：防冻样机、试验报告、仿真-试验对标分析报告、优化整改方案</p>	100



5	成果总结与 结题验收 (2028.02— 2028.04)	<p>核心任务：成果梳理、论文/专利/标准编制、验收材料准备、结题</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 2028.02：整理研究数据，撰写课题研究总报告</li> <li>• 2028.03：编制论文、专利、技术规范、产品设计指导书</li> <li>• 2028.04：完成验收材料汇编，组织结题评审</li> </ul> <p>输出成果：研究总报告、学术论文、发明专利、企业标准/设计规范、结题验收材料</p>	70
---	--	--	----