

# 教育部工程研究中心年度报告

(2024年1月——2024年12月)

工程中心名称：太阳能发电和制冷

所属技术领域：能源与矿业

工程中心主任：王如竹

工程中心联系人/联系电话：代彦军/13621714776

依托单位名称：上海交通大学

2025 年 3 月 20 日填报

## 一、技术攻关与创新情况

2024年工程中心在CO<sub>2</sub>捕集吸附材料与工艺，直接空气捕集、高温蒸汽热泵、空气取水，热化学制氢，湿度能源，规模化储热、超低温空气源热泵等方面有突破性成果。

2024年技术攻关成果有：

(1)、CO<sub>2</sub>捕集吸附材料与工艺：低硅铝比LTA沸石在碳捕集领域潜力显著，但其传统硅源（商用LUDOX/矿物硅酸盐）存在高污染缺陷。上海交通大学王丽伟团队创新性地利用生物质灰烬（含52.53% SiO<sub>2</sub>）作为绿色替代硅源，通过高温熔融-无模板水热法成功制备魔方状LTA沸石。该工艺突破生物质灰硅提取瓶颈：熔融态提升氢氧根浓度和流动性，强化反应动力学特性，促进硅元素高效提取，同时创造强碱性环境驱动LTA晶体定向生长。所得材料展现出优异性能——在1 bar、298K条件下实现2.97 mmol/g的CO<sub>2</sub>吸附量，CO<sub>2</sub>/N<sub>2</sub>选择性达255.1。相较于传统工艺，该方法利用生物质废弃物兼具环境友好（低碳排放）与经济性（储量丰富）优势，有效解决了硅源污染与提取效率低双重难题，为绿色碳捕集材料开发提供了新范式。

(2)、直接空气捕集：提出了胺基官能团原位嫁接方法，实现了直接空气捕集（DAC）吸附剂在极稀条件下CO<sub>2</sub>吸附速率和低温再生特性上的突破。通过国内企业合作，完善了50公斤级胺基功能化纳米水滑石高性能吸附剂的合成工艺。开发了CO<sub>2</sub>和H<sub>2</sub>O的共吸附机理模型，可准确预测DAC条件下宽温度（25~75 °C）和湿度（0~15.9 mbar）范围内吸附行为。基于3D打印直写成型技术构建了通用性蜂

窝成型方法，获得90%的有效吸附剂负载。和日东电工集团国际合作，形成了基于负压蒸汽再生的公斤级成型DAC吸附剂测试平台设计方案。此外，构建了一套直接空气捕集制绿色甲醇的系统模型，明确了复合系统的热集成设计原则和技术经济可行性。

(3)、防冰/霜的光热超疏水表面：冰霜的积累对交通和能源基础设施的高效运行构成了重大威胁。尽管光热超疏水表面已成为除冰的有效方案，但金属基底的高导热性造成了大量的热量损失，限制了光热表面的效率。本文通过静电纺丝在绝热的钛纳米管层表面构建了粗糙的TiN的微六边形网络结构。这种光热超疏水结构在1个太阳光强照射下，通过高太阳能吸收、等离子体共振和增强的热隔离效果，实现了75.3 °C的温升。即使在0.35个太阳光强下，也展现出卓越的防冰和防霜性能。此设计为交通运输、能源系统及其他关键基础设施提供了重要的应用潜力。

(4)、热化学制氢：搭建太阳能高温实验平台，包括28kW高倍聚光太阳能模拟器，焦点处直径 6 cm范围内聚光比可达3000，为各类太阳能热化学过程提供了实验条件。在太阳能化学链制氢材料方面，开发了网状氧化铈多孔陶瓷制备方法，材料具有多级有序的大孔-介孔结构，且机械强度高、化学稳定性好。创新性地将太阳能化学链制氢与生物质气化过程相结合，显著降低材料的还原温度，开发了太阳能生物质化学链气化技术，在800°C分流股制备合成气和高纯度氢气，阐明了气体组分调控规律，经过实验验证，太阳能化学链生物质气化系统产氢率可达25.7 mmol H<sub>2</sub> / g生物质，处于国际领先水平。

(5)、温室高效灌溉水回收：太阳能驱动的吸湿性水凝胶装置

，可高效回收温室中植物蒸腾与土壤蒸发水分，实现水资源循环利用。该材料具备3.38 g/g的高吸水性，在自然光照下快速释放水分，单株取水量达87.1克，每平方米1890.6克，节水率达44.9%，且不影响植物光合作用与生长。研究通过材料科学、能源与农学交叉优化，解决了温室高湿度环境下的水回收难题，为干旱地区及离网农业提供了可持续节水方案。未来将结合精准灌溉等技术扩展应用规模，推动农业水资源高效管理，此次成果进一步彰显学科协作在应对全球水危机中的关键作用。

（6）、空气取水：提出了基于自然阳光和辐射致冷耦合驱动的全天空气产水策略，开发出一种全新的混合空气取水设备，集成了白天辐射冷却增强的吸附式空气取水和夜间辐射冷却驱动的空气直接凝结式取水。引入透射型辐射冷却薄膜到一体化的空气取水装置中，通过逐层组装实现在同一物理占地面积下的太阳能收集和辐射冷却。并通过夜间辐射冷却额外收集露水，使得这种全新的混合式空气取水器展现出高达3.6 L/m<sup>2</sup>的日产水能力。该工作克服了传统吸附式空气取水设备的能量利用效率低的缺点，实现了节能高效的水生产，为高效空气取水器件的设计构建提供新的思路。

## 二、成果转化与行业贡献

### （一）总体情况

工程中心经过产学研的不断推进和深化，在彩色光伏、高温热泵供热产业新方向、太阳能光伏光热、太阳能工业热能应用、建筑结合太阳能与热泵创新应用方面取得了显著的经济效益。创新太阳能与制冷新产品，对接国家产业发展需求，形成技术-产品-产业核心组

带，促进产业发展。2024年中心在行业关键技术方面发挥了引领和技术攻关作用，持续发展的诺通科技企业，致力于提供低碳、绿色的分布式工业蒸汽和综合能源系统解决方案，在新疆和宁波完成产业化的方案落地；新成立的空气制水的爱摩威尔企业采用基于制冷和吸附的大气制水技术以及净水技术，将空气中的水分转化为洁净、安全、健康的饮用水，形成全环境大气制水产品和解决方案，实现饮用水的低能耗、分布式、便捷性获取，助力人类可持续发展。并加速推进在家电和能源行业与企业的联合研发中心和实验室的建设。工程技术成果有：直接空气捕集、太阳能光伏光热复合系统、热泵耦合相变储热供暖、吸附式空气取水、太阳能热电联供、自主薄膜型LNG围护系统研制、兆瓦级高温热泵蒸汽压缩系统。

## **（二）工程化案例**

典型案例一：

技术成果名称：热湿管理调控

关键技术及水平：

集成高效节能热泵转轮除湿技术；低再生温度、高吸附量的转轮除湿热湿响应新材料；工业深度除湿系统节能控制软件开发；锂电池生产工序局部湿度控制技术。

技术成果工程化、产业化、技术转移/转化模式和过程：

上海交通大学自2003年起开展固体吸附除湿相关研究，在转轮除湿、除湿换热器及除湿热泵领域形成了创新的研究成果，在工业除湿、家用/商用空调方面积累了丰富的工程经验。江苏嘉盛环境设备制造有限公司是工业除湿、空气处理领域的领先企业，除湿产品广

泛应用于宁德时代、中创新航等锂电产线，在除湿技术装备方面有着雄厚的实力。2024年，上海交通大学与江苏嘉盛环境设备制造有限公司联合成立“热湿管理调控联合研究中心”，双方合作进一步攻关以锂电、半导体等为代表的精密制造领域的深度除湿技术，双方在系统节能设计、新材料开发及智能控制等方面合作研发，改进现有技术，推广新型装备。

成果转化的经济效益以及对行业技术发展和竞争能力提升作用：

全球超过70%的锂电池在中国生产，而除湿能耗在整条锂电产线中占比最大（约40%）。2020年以后，快速发展的锂电技术使得以往依赖进口转轮除湿技术难以满足我国锂电市场多样化的发展需求。团队通过材料、装备及系统联合研发，实施多级低温再生除湿转轮成套装备，将锂电产线除湿能耗降低30%以上，单个锂电生产工厂年节约电费超过千万元，产品广泛应用于宁德时代、中创新航等企业锂电生产线，产品在工业除湿市场占有率超过40%。

典型案例二：

技术成果名称：百吨级直接空气碳捕集装备

关键技术及水平：

高吸附容量、快速吸附动力学以及长稳定性的高性能吸附剂；热量深度回收、热质高效利用的新型吸附解吸热力循环；流动结构拓扑优化、流动压降低的超高通量吸附器。

技术成果工程化、产业化、技术转移/转化模式和过程：

百吨级直接空气碳捕集装备在工艺和系统的设计上充分考虑模块化设计，通过吸附单元和处理单元的工艺分离和撬装化设计，不仅便于现场吊装与堆叠，还能够实现不同目标规模的快速堆叠，具有高

度的可工程化能力。包括高性能吸附剂与高通量吸附器在内的核心配套组件研发都已通过大批量生产制造的验证，能够满足规模化生产的要求。且装备后端应用能与绿色甲醇、绿色航空燃料等场景进行快速灵活的耦合链接，为绿色碳源提供商业化供给。通过产学研合作的模式，2023年以来，上海交通大学与中能建（上海）成套工程有限公司紧密合作，利用上海交通大学的材料、热力循环等基础研究优势与中能建的成套工程设计制造能力结合，实现百吨级直接空气捕集装置的技术突破和落地运行。装备具有完全自主产权，展示了较高的技术可行性和经济性，为技术转移与商业化提供了有效保障。

成果转化的经济效益以及对行业技术发展和竞争能力提升：

通过采用百吨级直接空气捕集装备的多项核心技术，可实现直接空气捕集效率的有效提升，使得直接空气捕集成本大幅下降，提升了技术的经济性。特别是在绿色碳源需求广泛的绿色燃料合成和碳交易市场中，装备有效推动了直接空气捕集技术的市场经济性，同时带动了相关产业链的发展。该百吨级直接空气捕集装备的工程研制填补了我国在超大吨位高浓度工业级DAC工程装备领域的空白。通过自主知识产权的技术研发和产业化应用，提升了我国在绿色燃料和碳中和领域的技术竞争力和市场话语权，为能源行业的绿色转型提供了重要的装备支持，具有高度的市场推动性能和核心竞争能力。

典型案例三：

技术成果名称：空气源大温升复叠热泵蒸汽系统

关键技术及水平：

该系统将常温水高效加热至80度中温或者甚至被加热到90-120度。国际首创空气源大温升复叠热泵蒸汽发生系统，最高输出温度可达到150℃，制热性能系数达到1.85，电耗仅为电锅炉的一半。

技术成果工程化、产业化、技术转移/转化模式和过程：

基于十三五国家重点研发计划研发成果，采用技术成果作价入股，成立产业化公司推进了空气源高温热泵的工程化推广应用。

成果转化的经济效益以及对行业技术发展和竞争能力提升作用：

以分布式供能实现显著的节能减排效果：蒸汽运输中的管路沿程阻力损失降低至2%以下，减少二氧化碳排放5813吨，减少二氧化硫排放53.67吨，减少氮氧化物排放165.46吨，减少粉尘排放22.36吨，与原先的统一管道蒸汽供应相比，最高减少50%使用成本。

### **（三）行业服务情况**

2024年度，与华奕新能源科技股份有限公司、中石油深圳新能源研究院、上海椿本商贸有限公司、美的集团、中国电力工程顾问集团西南电力设计院有限公司、山东力诺瑞特新能源有限公司、大唐环境产业集团股份有限公司等47家企业开展技术服务、咨询和开发工作，2024年新增项目技术开发合同、咨询和服务合同54项，2024年新增技术开发/服务合同经费超过4228万元。

（1）、与华奕新能源科技合作，与新疆华奕新能源公司合作，面向高温高湿工况下间接蒸发冷却冷水机组能够无压缩机实现所需供冷的基本需求，进行基于液冷数据中心余热的多级吸收制冷与极端天气下间接蒸发冷却塔前端吸收除湿等研究。多级吸收制冷是一种通过多级串联吸附制冷循环，利用中低温余热驱动冷量输出的制冷技



术。该技术可将废热转化为冷量，实现“废热制冷-冷却服务器”的闭环，大幅降低数据中心PUE（能源使用效率），将推动数据中心从“能耗黑洞”升级为“智慧能源枢纽”，在算力爆发与双碳目标的双重挑战下占据关键地位。

（2）、与大唐环境产业集团合作，建立耦合固体除湿热泵的PVT冷热电联产系统，制热量达20kW以上，辅助除湿新风量200-300m<sup>3</sup>/h，系统的热力COP相比传统空气源热泵系统提高50%以上。运用理论分析、模型计算等研究方法，研究耦合固体除湿热泵的PVT冷热电联产系统构建方案，建立系统理论模型。运用数据分析、仿真模拟、优化计算等方法，分析耦合固体除湿热泵的PVT冷热电联产系统性能，获得主要部件的最优的结构参数和运行参数。建立耦合固体除湿热泵的PVT冷热电联产系统实验台，获得PVT热泵与除湿热泵的匹配耦合规律，试制样机，并进行实验验证。建设耦合固体除湿热泵的PVT冷热电联产系统试验应用，对比理论研究结果和实测结果，建立相关成果的综合实验试验平台。拟建设耦合固体除湿热泵的PVT冷热电联产系统试验项目一个，制热量达20kW以上，辅助除湿新风量200-300L/h，系统的热力COP相比传统空气源热泵系统提高50%以上。研究典型场景下多种余热、热泵、多形式储热储冷装置等能量转换和储存特性。

（3）、与中国电力工程顾问集团合作，设计基于超导热管的太阳能电热联供组件，克服光伏组件热斑衰减难题；耦合热泵技术并提出系统运行控制策略，实现稳定供热、电力充分消纳、降低弃光率的同时，满足用户端电热需求。

（4）、与中石油深圳新能源研究院合作：开发了兆瓦级高温热泵

蒸汽系统，用于的油田稠油热采供热场景。通过攻克热泵技术供应高温热的难度大、效率低、容量小的技术难题，在高温热泵循环系统设计、热泵工质优选、换热强化、压缩机稳定性改进、系统控制优化等方面取得全面突破，研发形成国内首套150℃以上兆瓦级超高温蒸汽热泵机组。减少天然气消耗，实现热能的清洁替代和用热的节能降碳，通过在油田稠油热采、工业园区高温蒸汽等场景进行示范，支撑公司油田生产用能替代，引领未来高温热泵在石化行业、工业园区用热领域的应用。

（5）、与山东力诺瑞特新能源有限公司合作：为满足东北、内蒙古等地极寒地区的供暖需求，开发-40℃低温环境中可稳定运行的空气源热泵（单级循环）机组技术。针对极端环境温度导致的压缩机吸气压力不足、排气温度过高等瓶颈问题，采用喷射器结合喷气增焓、喷气冷却的创新技术方案，提高压缩机吸气压力、降低排气温度，实现空气源热泵机组在-40℃低温环境中出水35℃并稳定运行的目标。

（6）、与上海椿本商贸有限公司合作：研发设计负压蒸汽辅助吹扫的直接空气捕集（DAC）实验样机，旨在为深入理解蒸汽辅助吹扫技术提供优化的工艺配置参数（风速、吸附时间、蒸汽流量、解吸时间、解吸压力、解吸温度），从而降低能耗。负压蒸汽辅助吹扫技术是一种高效的气体净化与再生方法，广泛应用于DAC、气体分离等领域。其核心原理是在负压环境（低压条件）下，利用饱和水蒸气作为吹扫介质，通过汽-固传质作用解吸吸附材料表面吸附的目标组分（如CO<sub>2</sub>）。负压降低气体体积流量，减少了吹扫气体用量，同时蒸汽的潜热可提供再生能量，从而显著降低能耗。蒸汽

的强穿透性与吸附剂孔隙结构的协同作用，可快速解吸吸附质，极大的提高了再生效率。除此之外，蒸汽可源自工业余热或可再生能源，循环利用减少碳排放，吹扫气体经过气液分离器后，蒸汽冷凝为液态水，能得到高纯CO<sub>2</sub>富集气体从而可直接封存或进一步利用。该技术尤其适用于直接空气捕集系统，为工业脱碳与资源化提供了低成本解决方案。负压蒸汽辅助吹扫技术通过创新性地整合负压操作与蒸汽再生机制，解决了DAC高能耗、低效率的核心痛点，为直接空气捕集的规模化应用提供了可行性。

(7)、与美的集团合作，针对热泵供暖系统的储能设备性能优化，提出了一种基于定型相变材料的解决方案。通过创新性地采用P(MMA-co-IBMA)共聚物封装和膨胀石墨二次封装技术，提升了材料的防水性能和力学性能，制备了球型相变储热单元，实现了定型相变材料与水直接接触换热，解决了传统相变换热器成本高、热阻大的问题。实验表明，该单元相变焓值达132J/g，热导率超过1.499 W/(m·K)，且在相变温度下仍具有优异的机械性能。基于此，设计并搭建了填充床相变换热器试验台，验证了其储热量可达12.68 kWh，放热平均功率达78 kW，同时制造成本降低46.67%。该技术为提升建筑用电需求响应能力和可再生能源利用率提供了高效、经济的储能解决方案。

(8)、与南京恒标斯瑞冷冻机械制造有限公司合作，开展风冷式冷水机组在环境温度+50~-30℃的工况下全年稳定运行的设计开发工作，提出了采用压差耦合排气温度的风机变频智能指控策略，确保了高温极端条件下机组的可靠运行，根据负荷动态调节压缩机转速与膨胀阀开度，高温时提升流量散热，低温时降低流量防低压保

护；并探讨在沙尘冰雪等恶劣环境中冷水机组运行的可维护性，实现全天候多工况下，冷水机组的高效可靠运行。

### 三、学科发展与人才培养

#### （一）支撑学科发展情况

工程中心依托上海交大动力工程及工程热物理一级学科，制冷与低温工程二级学科（国家重点学科），在充分利用学科优势的同时也为学科建设起到了良好的支撑作用，包括：

（1）工程中心2024年改造原有热动大楼实验室，面积增加约300m<sup>2</sup>，电，水，环境等各方面的硬件设施得到了极大的提高。所有用的众多实验场地和实验平台，均全部面向学科内学生包含本科生和研究生进行开放，使得学生在课程以外能将所学知识与实际能源系统和工程案例进行有机融合和斜街，促进学生从理论到实践的融合贯通。目前工程中心承担了众多基础课程例如工程热力学I、II（中英文）的实验课程，同时还是专业实验类课程的指定试验场地。

（2）工程中心团队中老师特别是青年教师积极投身于教学特别是本科生教学工作中，2024年徐震原、吴静怡等的《双碳战略目标下能源动力类“5动”创新人才培养模式探索与实践》获得本科生教学特等奖；徐震原等的《五系并举、四合相融，构建图学课程教学生态新范式》获本科生教学二等奖；王如竹、吴静怡等的《交叉融合，多维塑造，文化引领，培养制冷低温业顶天立地的拔尖创新人才》获研究生教学特等奖，陆紫生等的《“全员性、全要素、全时域、全过程”的安全教育体系建设探索与实践》获研究生教学二等

奖。

(3) 为了实现国际一流的学科建设，工程中心负责人王如竹教授创建了ITEWA (Innovative Team for Energy, Water & Air) 研究团队，旨在聚焦前沿科学问题，关注能源转换与效率、水及空气处理等领域的基础科学技术。通过学科交叉分别从材料、器件和系统层面提出整体解决方案，从而推动相关技术领域快速地取得突破性进展。目前的研究方向包括：高效无霜空气源热泵技术、规模化太阳能空气取水技术、太阳能湿泵（空调）墙、超高储热密度蓄能技术、MOF能源材料及水合盐复合吸附剂的合成及表征技术、仿生热湿调控技术等。目前工程中心已在国际顶级期刊发文多篇，2024年在交叉学科领域发表高影响因子文章30篇。

(4) 工程中心注重国际化学科平台的建设和学生国际化视野的培养，与新加坡国立大学合作双博士学位计划，与挪威科技大学开展双硕士，双博士学位计划；工程中心还与新加坡国立大学和美国MIT建立了青年教师合作培养关系。每年会在CSC国家留学基金委、上海交通大学研究生院资助下到这几个大学进行合作。

## **(二) 人才培养情况**

太阳能发电和制冷教育部工程研究中心实体拥有强大的科研与创新实力，现有教授12名，研究员4名，副教授9名，助理教授2名，助理22名，高级工程师1名，工程师4名，85%以上的人员拥有博士学位，副教授和讲师都是年轻化的队伍。团队人员涉及的学科领域齐全，包括制冷与低温工程、建筑环境与设备工程、太阳能工程、太阳能光伏工程、自动控制工程等。形成了以教职员工为核心，以博

士研究生和硕士研究生为科研创新团队。团队紧跟市场发展需要，以能源与环境等重要支柱产业为发展先导，积极与国内外企业合作，在人材培养、研究开发和基地建设方面发奋努力，取得了一系列成果，使其总体水平处于国内领先，部分处于国际先进。2024年新增硕士研究生50人，博士研究生13人，毕业的硕士研究生43人，毕业的博士研究生13人，新进站的博士后2人。2024年徐震原、吴静怡等的《双碳战略目标下能源动力类“5动”创新人才培养模式探索与实践》获得本科生教学特等奖；徐震原等的《五系并举、四合相融，构建图学课程教学生态新范式》获本科生教学二等奖；王如竹、吴静怡等的《交叉融合，多维塑造，文化引领，培养制冷低温业顶天立地的拔尖创新人才》获研究生教学特等奖，陆紫生等的《“全员性、全要素、全时域、全过程”的安全教育体系建设探索与实践》获研究生教学二等奖。徐震原晋升为教授。

研究生代表性成果：博士生张辰获得2023年首批国家自然科学基金青年学生基础研究项目，博士生郑珊瑜获得2023年国家自然科学基金青年学生基础研究项目；邵昭博士获2024年度国家自然科学基金青年学生基础研究项目；博士生吕昊天获得2024年全国能源动力类专业百篇优秀本科毕业论文（设计）并获2024届校优异学士学位论文。2024年全国大学生节能减排大赛大奖中获得三等奖两个。与国内外科研机构和企业开展联合培养情况：由上海交通大学机动学院主办的2024年第六届可持续能源国际暑期学校开营。“可持续能源”国际暑期学校在上海交通大学、日本早稻田大学、韩国高丽大学、德国汉堡-哈尔堡工业大学、美国马里兰大学轮流主办，旨在促进中日韩德美大学在可持续能源领域的交流与合作。本次会议

有日本早稻田大学、韩国高丽大学、德国汉堡-哈尔堡工业大学等19名留学生以及工程中心的王如竹教授和徐震原教授以及学生参与了这次活动。工程中心还建立了长期与新加坡国立大学和挪威科技大学的联合培养计划。

### **（三）研究队伍建设情况**

人才引进情况：工程中心在依托单位的重视和支持下，不断加强人才的引进，为工程中心的发展起到关键的推动作用。人才队伍建设呈现不断壮大，方向多样化，结构优化的良好态势。2024年引进副教授2人，博士后2人。助理教授：陈栋宇，主要研究方向：相变储能；能源系统智能控制；能源系统网络安全；多场CFD模拟。许嘉兴，助理教授，主要研究方向：吸附空气取水材料与器件；高密度吸附储热与热管理技术。博士后：毕杨，2024年新进博士后，主要研究方向：洁净室空气品质与热舒适研究；太阳能辅助中深层跨季节储热研究。冯耀辉，2024年新进博士后，主要研究方向：吸附式空气取水与热湿调控。徐震原，晋升为教授，2023年青年长江。主要研究方向为太阳能和余热高效利用。

2024年度国家资助博士后研究人员计划的有周鑫晨、高金彤、冯耀辉、魏子清、李强。2024年上海市“超级博士后”激励计划资助的有周鑫晨、高金彤、冯耀辉、姜佳彤、魏子清、李强。2023爱思唯尔“中国高被引学者”榜单正式发布，工程中心主任和骨干王如竹、吴静怡、代彦军、丁国良、王丽伟、张鹏、翟晓强、马涛8位老师入选最具全球影响力的中国高被引学者。徐震原等的《双碳战略目标下能源动力类“5动”创新人才培养模式探索与实践》获得本

科生教学特等奖；徐震原等的《五系并举、四合相融，构建图学课程教学生态新范式》获本科生教学二等奖；徐震原、杨光等的《交叉融合，多维塑造，文化引领，培养制冷低温业顶天立地的拔尖创新人才》获研究生教学特等奖；陆紫生等的《“全员性、全要素、全时域、全过程”的安全教育体系建设探索与实践》获研究生教学二等奖。姜佳彤等的绿色工业蒸汽--大温升空气源高温热泵高效蒸汽发生技术上海市博士后创新创业大赛创业组银奖；李强等的新一代面向芯片热管理的电卡制冷系统的上海市博士后创新创业大赛创新组银奖。工程中心在人才培养方面形成了以骨干人才为领头人，中青年人才为核心力量，以博士研究生和硕士研究生为科研创新团队。

## **四、开放与运行管理**

### **（一）主管部门、依托单位支持情况**

太阳能发电及制冷教育部工程研究中心依托上海交通大学机械与动力工程学院制冷与低温工程研究所。科研院每年提供工程中心科研经费，2024年提供150万元用于设备，材料购置等，并提供1500m<sup>2</sup>中意绿色能源实验室和超过2000 m<sup>2</sup>机械与动力工程学院热动大楼部分面积用于固定的科研场所。2024年学院和系所以对原有热动大楼实验室进行改造，面积增加300m<sup>2</sup>，电，水，环境等各方面的硬件设施得到了极大的提高。建设校级开放共享系统，为中心的科研提供了极大的帮助。

科研院出台一系列指导性文件，支撑中心的建设与运行；加强人才梯队建设，建立实验技术队伍，设立实验技术课题，促进创新能力



提升；建设专职科研队伍与科研团队，根据基地的实际科研需求进行编制核定和岗位设置，有效支撑了中心建设；加强中心建设，规范中心管理，注册中心纳入学校统一管理；加强交流培训，每年举行全校性的中心建设经验交流会；建立实验室安全队伍，开展安全教育与培训，强化实验室安全检查。学院鼓励支持大项目的研究生培养，能够在学院获得免费博士生培养招生名额。

## **（二）仪器设备开放共享情况**

2024年，工程研究中心新增设备575台，总价值1834万元，其中超过10万的设备有36台，包括同步热分析仪、焓差室、储能电池组、高温热泵机组、相变储冷装置、动态化学吸附分析仪、低温校准器、高速相机箱。太阳能发电及制冷教育部工程研究中心依托上海交大制冷与低温工程研究所30万以上的大型仪器设备有18台，包括导热系数仪2台，气体吸附仪3台，热重分析仪1台，量热仪1台、同步热分析2台，密度计1台，焓差室1台，低温制冷机1台，三维显微镜1台，同步热重分析仪1台，分光光度计1台、阳光模拟试验箱1台、3D打印机2台。18台仪器的使用状态良好。其中气体吸附仪，热重分析仪，同步热分析仪全年不间断运行，科研测试量大。导热系数仪，量热仪，显微镜是主要的对校外单位的测试仪器。

## **（三）学风建设情况**

工程中心依托单位为上海交通大学机械与动力工程学院制冷与低温工程研究所，按照工程中心与研究所一体化管理。工程中心建立了健全内部管理规章，包括组织机构与职责、技术委员会工作章程、管理委员会工作章程、工作人员日常管理条例、人事制度、仪器设

备运行管理规定、安全保卫规章制度、清洁卫生规章制度、财务管理办法等，这些制度有效的保证了中心各项工作规范、合理、有效的运行。

同时注重工程化开发设施和网络环境建设，提高设备使用效率，重视知识产权保护 and 学术道德建设，加强数据、资料、成果的真实性审核及存档工作。

加强实验室安全文化建设，注重利用微信公众号来发布信息，推送安全相关微信新闻，分享优秀实验室建设案例，统计和分析现有实验室问题及整改建议等，并鼓励师生参加学校的安全知识竞赛。

由东芝集团赞助的“交大冷暖”学术沙龙于2024年6月25日，聚焦上海交博士生曾子雅的博士论文答辩，并特邀国内外知名学者首尔大学Min Soo KIM教授、高丽大学Yong Tae KANG教授、南洋公学Charles Chun YANG教授、重庆大学朱恂教授担任评委。2024年8月8-10日，由上海交通大学和中国制冷学会主办的第13届全国制冷空调新技术研讨会在昆明召开，全国百余所高校的400余名专家参加。

#### **（四）技术委员会工作情况**

2025年3月15日，2024年度太阳能发电及制冷教育部工程研究中心技术委员会会议在上海交通大学机械与动力工程学院振华会议室召开。技术委员会主任、中国科学院院士宣益民教授及技术委员会全体委员，工程中心主任王如竹及全体骨干成员和相关师生参加会议。工程中心主任王如竹做2024年度工作汇报，包括人员与人才培养、科研项目及经费、科研成果及奖励、典型工程化案例、社会服务

与影响力、工程中心平台建设及2025年度工作重点七个方面对工程研究中心在2024年取得的成果进行总结，并结合上一年度技术委员会专家提出的建议以及相关文件精神，对工程研究中心下一步工作计划进行汇报。中心新进骨干成员陈栋宇助理教授从系统运行、控制、网络通信三个层面做了关于智慧建筑暖通空调（HVAC）系统的网络攻击模型和层级防御策略的报告。中心新进骨干成员许嘉兴助理教授从三个层次做了太阳能空气取水技术研究探索的报告，介绍了其在如何提高空气取水产水量、产水速率和能量效率等方面的研究探索。

委员们对工程中心2024年的工作进展给予了肯定，对下一年度的发展提出前瞻性要求，要求充分发挥工程研究中心的行业引领作用，更进一步扩大国际影响力，推进国际工程合作；强化传统研究方向和未来研究方向的内在联系和互相支撑；加强高水平技术骨干人才引进和与企业联合，增强对学生的吸引力；扩大学科的社会影响力，加强研究成果的产出与转化，使工程研究中心的作用得到更充分的发挥，为迎接教育部新一轮评估做好准备。

## **五、下一年度工作计划**

2024年在技术研发方面：建成太阳能高效利用技术研发基地：研究新型太阳集热器，开发建筑结合太阳能热水、供暖和制冷空调新技术、新产品，研究太阳能工农业应用技术及系统，研究太阳光伏系统新技术、新工艺和新产品。为我国太阳能利用产业创新发展提供技术基础，促进太阳能技术进步与产业化实施。建设开放型制冷和储能实验室，承接国家和地方重大科研项目，提高太阳能建筑和工

农业应用、光伏和光热发电系统、空调制冷装置的技术水平，创造一批世界先进水平的科技成果，为引进消化吸收和跨越新一代太阳能和制冷技术提供技术依托。积极发展与国内外的合作，将中心建成培养中国和国际太阳能及制冷技术高级人才的摇篮和国际合作基地。

加强专利专有技术的产业化，针对彩色光伏板技术，形成与企业的合作，落实示范和与企业成果转化；以碳中和技术企业及政府园区合作为基础，孵化更多的产学研合作基地；在产学研合作基础上，加强技术难点攻关，引领行业技术革新和创新；空气源热泵锅炉成果已形成零星、小规模的应用，将进一步加快产业化，规模化应用；

2024年，进一步完善人才培养，引领学生在更高水平创新研究领域的发展，在高影响水平的杂志上发表30篇左右的文章，形成有特色的研究新方向和新的交叉领域的研究进展；进一步加强工程中心固定人才队伍和流动人才队伍的建设，增强团队力量，拓展团队的研究方向，深入研究目标。2024年，争取1-2项省部级一等奖/国家奖成果；努力新增1-2个国家级人才计划；为了进一步提升实验环境来适应当前的科研体量和科研新需求，工程中心大楼的中意绿色能源实验室改造升级。

## **六、问题与建议**

工程中心和上海交通大学制冷所一体化管理，专职人员和产业方面的专业人员在扩大，但是还是偏少，需要加快步伐，人才队伍结构需要进一步丰富，产业基地需要发展壮大。

## 七、审核意见

工程中心负责人审核意见：

同意

王汝介

工程研究中心主任：

年 月 日

依托单位审核意见：

已审核，同意提交。

依托单位：

(单位公章)

年 月 日



## 八、年度运行情况统计表

研究方向	研究方向1	太阳能光伏	学术带头人		沈文忠
	研究方向2	太阳能光热	学术带头人		代彦军
	研究方向3	热泵空调	学术带头人		王如竹
	研究方向4	分布式能源与储能	学术带头人		吴静怡
工程中心面积	3800.0 m <sup>2</sup>		当年新增面积		300.0 m <sup>2</sup>
固定人员	41 人		流动人员		11 人
获奖情况	国家级科技奖励	一等奖	0项	二等奖	1项
	省、部级科技奖励	一等奖	1项	二等奖	0项
当年项目到账总经费	6784.0万元	纵向经费	1641.0万元	横向经费	5143.0万元
当年知识产权与成果转化	专利等知识产权持有情况	有效专利	11项	其他知识产权	0项
	参与标准与规范制定情况	国际/国家标准	1项	行业/地方标准	1项
	以转让方式转化科技成果	合同项数	0项	其中专利转让	0项
		合同金额	0.0万元	其中专利转让	0万元
		当年到账金额	0.0万元	其中专利转让	0.0万元
	以许可方式转化科技成果	合同项数	0项	其中专利许可	0项
		合同金额	0.0万元	其中专利许可	0.0万元
		当年到账金额	0.0万元	其中专利许可	0.0万元

		以作价投资方式 转化科技成果		合同项数	2项	其中专利作价	2项
				作价金额	153.201万 元	其中专利作价	153.201万 元
		产学研合作情况		技术开发、咨询 、服务项目合同 数	54项	技术开发、咨询 、服务项目合同 金额	4228.0万 元
当年服务情况		技术咨询		86次		培训服务	232人次
学科发 展与人才 培养	依托学科 (据实增删)	学科1	热泵与空调	学科2	制冷工程	学科3	储能技术
	研究生 培养	在读博士	119人		在读硕士		109人
		当年毕业博士	19人		当年毕业硕士		48人
	学科建设 (当年情况)	承担本 科课程	1008学时	承担研究生 课程	484学时	大专院校 教材	2部
研究队 伍建设	科技人才	教授	16人	副教授	9人	讲师	2人
	访问学者	国内		0人	国外	0人	
	博士后	本年度进站博士后		2人	本年度出站博士后		0人