

# 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：表面与结构改性无机功能材料

所属技术领域：化工、冶金与材料

工程中心主任：韩高荣

工程中心联系人/联系电话：陈宗平/13067907032

依托单位名称：浙江大学

2025 年 3 月 19 日填报

## 一、技术攻关与创新情况

表面与结构改性无机功能材料教育部工程研究中心韩高荣教授长期从事新型玻璃材料的科学研究、工程技术以及教学工作，带领团队面向国民经济主战场和行业重大需求，取得了从基础理论到工程技术的系统性创新成果，在8.5代TFT-LCD浮法玻璃基板关键技术及应用研究上取得新突破，建成8.5代TFT-LCD浮法玻璃基板示范线，攻克工艺生产的控制难题，实现高质量、高性能、高世代液晶玻璃基板的稳定生产。6月24日上午，国家科学技术奖励大会在北京隆重举行，韩高荣教授为第二完成人的项目“高世代TFT-LCD超薄浮法玻璃基板关键技术与装备”荣获2023年度国家技术发明奖二等奖。

工程研究中心叶志镇院士团队在浙大温州研究院建成国际先进锌溴液流储能电池中试产线，研制出凝聚五大核心自主知识产权的锌溴液流电堆产品，并成功并网浙江省首个锌溴液流示范项目。研发团队已在关键材料、前沿技术、产品创新及产能布局等方面取得重大成果。以模块化、集成化、易拓展设计理念自主研发的全新结构的国内最大锌溴液流电池系统，适用于电网侧、发电侧及工商业等各类长时储能应用场景。电池模块由20个电堆单元、电解液、管路泵阀系统、热管理系统、电池管理系统等组成，容量高达100kWh，电压范围40-60V，电流范围0-400A，系统转化效率高达76%。电池模块集电解液配方、微孔膜制备、双极板制备、一体化封装及系统集成控制等五大核心技术于一体，解决了锌枝晶、锌死晶、液漏及溴腐蚀等难题，实现高容量、高效能、高密封、高集成、高扩展的模块化产品。“100kWh锌溴液流电池模块”、“100kWh锌溴液流电池模块生产技术”两项科技成果顺利通过省级鉴定，产品性能及技术水平达到国际领先水平，获得专家一致认可。基于该电池模块实现800kWh锌溴液流电池储能示范工程在温州国家大学科技园并网并圆满验收。工程研究中心杨德仁院士团队联合晶科能源针对TOPCon型晶体硅太阳能电池的大尺寸化技术缺乏、产业集成难度大这一国际难题，从大直径n型硅单晶的杂质调控、TOPCon器件性能提高及其组件功率提升三个方面进行了全链条原创性探索，创立了大尺寸高效TOPCon太阳能电池的低成本产业化成套技术体系，并在国际上率先实现大规模生产，出货量45 GW，行业排名世界第一，产品在国家重大工程和全球20多个国家得到应用。

工程研究中心杨辉教授团队牵头完成的“基于溶胶-凝胶技术的高性能防护功能涂层材料开发及应用”项目获得2023年浙江省科学技术一等奖。该成果突破溶胶分子多位点交联固化、多相跨尺度协同增强等关键技术，建立了具有自主知识产权的金属防护功能涂层材料新体系，开发出高性能防护功能涂层材料专用成套涂装技术，实现对金属制品高效高质量规模化涂装。项目打破国外长期技术垄断，显著增强涂层抗腐蚀介质渗透能力和界面结合强度，整体技术处国际领先水平，成功应用于航空航天、海上风电、新能源汽车、环保等领域，提升了我国高性能金属防腐自主可控能力，支撑了我国“航天强国”、“海洋强国”、“质量强国”等国家战略，经济社会效益显著。

## 二、成果转化与行业贡献

### 1. 总体情况

工程研究中心韩高荣教授在8.5代TFT-LCD浮法玻璃基板关键技术及应用研究上取得突破，相关成果荣获2023年度国家技术发明奖二等奖；工程研究中心叶志镇院士团队在浙大温州研究院建成国际先进锌溴液流储能电池中试产线，研制出凝聚五大核心自主知识产权的锌溴液流电堆产品，并成功并网浙江省首个锌溴液流示范项目，基于该电池模块实现800kWh锌溴液流电池储能示范工程在温州国家大学科技园并网并圆满验收；工程研究中心杨德仁院士团队联合晶科能源针对TOPCon型晶体硅太阳能电池的大尺寸化技术缺乏、产业集成难度大这一国际难题，从大直径n型硅单晶的杂质调控、TOPCon器件性能提高及其组件功率提升三个方面进行了全链条原创性探索，创立了大尺寸高效TOPCon太阳能电池的低成本产业化成套技术体系，并在国际上率先实现大规模生产，出货量45GW，行业排名世界第一，产品在国家重大工程和全球20多个国家得到应用；此外工程研究中心杨辉教授团队牵头完成的“基于溶胶-凝胶技术的高性能防护功能涂层材料开发及应用”项目获得2023年浙江省科学技术一等奖，提升了我国高性能金属防腐自主可控能力，支撑了我国“航天强国”、“海洋强国”、“质量强国”等国家战略，经济社会效益显著。

### 2. 工程化案例

#### 1、大尺寸高效TOPCon太阳能电池的低成本产业化成套技术体系

利用晶体硅太阳能电池进行光伏发电是一种重要的可再生能源利用形式，其技术发展面临的挑战是“高效率、低成本”。浙江大学硅及先进半导体材料全国重点实验室杨德仁院士团队联合晶科能源针对TOPCon型晶体硅太阳能电池的大尺寸化技术缺乏、产业集成难度大这一国际难题，从大直径n型硅单晶的杂质调控、TOPCon器件性能提高及其组件功率提升三个方面进行了全链条原创性探索，创立了大尺寸高效TOPCon太阳能电池的低成本产业化成套技术体系，并在国际上率先实现大规模生产，出货量45GW，行业排名世界第一，产品在国家重大工程和全球20多个国家得到应用。项目关键技术在全行业得到推广，引领光伏产业进入TOPCon时代，推动了国际光伏产业的升级换代。

#### 2、800kWh锌溴液流电池储能示范工程

工程研究中心叶志镇院士团队在浙大温州研究院建成国际先进锌溴液流储能电池中试产线，研制出凝聚五大核心自主知识产权的锌溴液流电堆产品，并成功并网浙江省首个锌溴液流示范项目。研发团队已在关键材料、前沿技术、产品创新及产能布局等方面取得重大成果。以模块化、集成化、易拓展设计理念自主研发的全新结构的国内最大锌溴液流电池系

统，适用于电网侧、发电侧及工商业等各类长时储能应用场景。电池模块由20个电堆单元、电解液、管路泵阀系统、热管理系统、电池管理系统等组成，容量高达100kWh，电压范围40–60V，电流范围0–400A，系统转化效率高达76%。电池模块集电解液配方、微孔膜制备、双极板制备、一体化封装及系统集成控制等五大核心技术于一体，解决了锌枝晶、锌死晶、液漏及溴腐蚀等难题，实现高容量、高效能、高密封、高集成、高扩展的模块化产品。“100kWh锌溴液流电池模块”、“100kWh锌溴液流电池模块生产技术”两项科技成果顺利通过省级鉴定，产品性能及技术水平达到国际领先水平，获得专家一致认可。基于该电池模块实现800kWh锌溴液流电池储能示范工程在温州国家大学科技园并网并圆满验收。

### 3、基于溶胶-凝胶技术的高性能防护功能涂层材料开发及应用

工程研究中心杨辉教授团队牵头完成的“基于溶胶-凝胶技术的高性能防护功能涂层材料开发及应用”项目获得2023年浙江省科学技术一等奖。该成果突破溶胶分子多位点交联固化、多相跨尺度协同增强等关键技术，建立了具有自主知识产权的金属防护功能涂层材料新体系，开发出高性能防护功能涂层材料专用成套涂装技术，实现对金属制品高效高质量规模化涂装。项目打破国外长期技术垄断，显著增强涂层抗腐蚀介质渗透能力和界面结合强度，整体技术处国际领先水平，成功应用于航空航天、海上风电、新能源汽车、环保等领域，提升了我国高性能金属防腐自主可控能力，支撑了我国“航天强国”、“海洋强国”、“质量强国”等国家战略，经济社会效益显著。

## 3. 行业服务情况

在教育部工程中心的有力推动下，我校科研团队通过深化校企协同创新机制，与中欣晶圆、威海蓝星玻璃股份有限公司、中国玻璃控股有限公司等共建联合研发平台，形成了产学研深度融合的发展格局。相关合作已取得系列突破性进展：

1. 联合中欣晶圆研究开发具有自主知识产权的高端石英坩埚制造技术，打破国外技术垄断，填补国内技术空白。开发高效精准的杂质分离技术，建立从原料到成品全流程精准控制技术体系，为实现半导体级石英坩埚的高质量合成奠定坚实基础。全面评估石英坩埚的纯度、强度、表面光洁度及结构稳定性，为石英坩埚的性能优化提供有力的数据支持，推动石英坩埚性能评估技术的进步和发展。
2. 联合中国玻璃控股有限公司及威海蓝星玻璃股份有限公司开发中国特色的铂金流道超薄浮法工艺，集成高效熔化澄清均化和超薄浮法成形技术，突破了美国康宁公司溢流工艺和日本旭硝子公司真空脱泡的专利壁垒，形成具有中国特色“高效熔化澄清、精密浮法成形”的高世代液晶玻璃基板生产技术路线。

## 三、学科发展与人才培养

### 1. 支撑学科发展情况

本中心立足产业痛点，以跨学科技术积淀为根基，聚焦工程技术创新价值链构建，系统推进基础研究与产业应用双轮驱动。通过整合材料微结构解析、先进硅基材料开发、绿色建筑功能材料创新及复合体系设计等核心研究矩阵，实现三大领域突破：在半导体级硅材料制备领域形成自主知识产权体系；构建建筑围护材料节能增效技术标准；开发高性能复合材料成型工艺。相关成果已转化应用于半导体显示、光伏新能源、绿色建材等战略性新兴产业，助力产业链价值跃升。

韩高荣教授带领团队在8.5代TFT-LCD浮法玻璃基板关键技术及应用研究上取得新突破，建成8.5代TFT-LCD浮法玻璃基板示范线，并以此荣获2023年度国家技术发明奖二等奖。工程研究中心杨辉教授团队牵头完成的“基于溶胶-凝胶技术的高性能防护功能涂层材料开发及应用”项目获得2023年浙江省科学技术一等奖。项目打破国外长期技术垄断，显著增强涂层抗腐蚀介质渗透能力和界面结合强度，整体技术处国际领先水平，成功应用于航空航天、海上风电、新能源汽车、环保等领域，提升了我国高性能金属防腐自主可控能力，支撑了我国“航天强国”、“海洋强国”、“质量强国”等国家战略，经济社会效益显著。

## 2. 人才培养情况

中心现有50名固定研究人员，其中37人为高级职称、具有博士学位者37人。中心现有中国科学院院士2人、浙江省特级专家5名、教育部长江学者特聘教授2名，国家杰青6人。

2024年度，中心毕业博士生28人、硕士生35人。目前，工程中心队伍状态稳定，人才培养质量不断提高。

## 3. 研究队伍建设情况

无

# 四、开放与运行管理

## 1. 主管部门、依托单位支持情况

中心依托单位浙江大学，为中心在各方面提供了强有力的支持。浙江大学制定了一系列的科研基地管理办法，包括指导意见、管理细则、分类考核制度等，规范各类科研基地的日程运行管理。此外，浙江大学还出台了《浙江大学公用房管理办法》（浙大发房〔2014〕14号）等政策，为各类科研基地的科研场所提供保障；出台了《浙江大学博士研究生招生指标分配方案(试行)》（浙大研院〔2014〕25号）等政策，为科研基地高层次人才的招生名额给予支持；出台了《浙江大学仪器设备资产管理办法》（浙大发设〔2015〕1号）等政策，给予实验室开放共享好的大型仪器设备维修费补助。在学校政策的基础上，中心也出台了自己的系列管理文件，在日常运行中严格执行相关规定。2024年度，依托单位浙江大学为中心提供相对集中的科研场所5000平米。同时，每年安排专项经费支持中心日常运行

，用于材料购置、学术交流等。在人才引进方面，浙江大学也提供了优越的薪资待遇、住房保障等，吸引青年才俊加盟。本年度中心依托浙江大学在读硕士研究生 88名，博士研究生56名。同时，通过校内科研、人才计划，给与中心年轻教师专项经费支持。中心还注重开放交流，与浙大宁波科创中心、浙大杭州国际科创中心、浙大温州研究院及太阳能、锂电池、建筑节能等相关企业均有合作交流，同时也为合作交流的临时人员提供了工作场地和科研仪器等工作条件。

## 2. 仪器设备开放共享情况

2024年，工程中心相关实验室继续采取积极措施提高仪器的使用效率，除少数专用设备外，大部分的仪器设备已纳入浙江省、浙江大学、杭州市以及宁波科创中心等共享管理平台。本年度对仪器管理操作人员的职责提出了相应的更高要求，各共享的仪器设备分别制定针对了不同使用者的各种优惠政策，提高了机时率，这对提高中心的学术水平和影响起到了一定的积极作用。65台套大型仪器设备的使用率一般在65%以上，XRD、SEM、XPS等多台仪器的使用率继续保持超高的服务机时测试质量提升，同时新增的AFM、3D打印机等设备开始科研服务，公共平台设备的运行总体状况良好。

## 3. 学风建设情况

工程中心始终秉持党建引领与科技创新双轮驱动的发展理念，系统构建了政治素养与专业能力协同提升的育人体系。深入学习和贯彻党的二十大精神，始终坚持以邓小平理论、“三个代表”重要思想、科学发展观和习近平新时代中国特色社会主义思想为指导。通过建立“理论学习-实践锤炼-产业服务”三维培养机制，中心人员依托党支部常态化开展线上线下融合式学习，组织党史专题研讨、科研政策解析及廉政警示教育等主题活动20余场次，切实将爱党报国信念转化为科技攻关动能。在能力建设方面，中心聚焦国家“双碳”战略目标，组建了涵盖功能玻璃、光伏材料、建筑节能等领域的5支交叉创新团队，通过设立“揭榜挂帅”技术攻坚项目、搭建校企联合实训平台等举措。

## 4. 技术委员会工作情况

2024年11月15号，工程中心由技术委员会主任邹志刚院士召集，中心主任韩高荣教授主持，召开了技术委员会会议，与中心学术骨干、青年教师、学生代表等一起探讨中心建设与发展情况。工程研究中心针对我国多个行业的重大需求，紧密围绕“半导体硅材料缺陷工程”、“表面镀膜技术”、“溶胶凝胶改性技术”、“原位复合结构调控技术”、“LED显示材料与技术”五大方向开展工作，实现了一系列国际领先或国际先进的重要技术突破，在行业内得到了广泛的应用，取得了重大的经济、社会和生态效益。相关技术成果获得国家技术发明二等奖1项、省科学技术一等奖1项，为我国相关行业的发展和转型升级做出了突出贡献。工程研究中心形成了梯队合理的高水平创新团队，突破了半导体硅材

料缺陷工程、浮法玻璃表面镀膜、光伏用单晶硅铸造、硅负极原位复合调控、照明与显示LED镀膜等关键核心技术，促进了相关产业的发展，支撑了浙大材料科学与工程学科成为国内双一流建设学科和国际一流学科。并计划增加投入，力争新的突破，加大海内外人才引进力度，进一步扩展中心内部人才培养与上升通道。这次重要会议为中心2025年的布局和发展指明了方向。

### 五、下一年度工作计划

近四年以来，工程中心集中基础研究和校企研发平台力量，依托浙大宁波科创中心（韩高荣教授）推动镀膜技术转化与工程应用，依托浙大温州研究院（叶志镇院士）推动LED显示材料技术转化与工程应用，依托浙大杭州国际科创中心（杨德仁院士）推动碳化硅、氧化镓等宽禁带半导体单晶材料的研发及其功率器件的技术应用。 2025年度工程中心主要工作计划如下：

- (1) 设计先进制程半导体硅片用高纯石英坩埚，获得适合多次加料生长多根12英寸直拉单晶硅的高纯石英坩埚。
- (2) 通过优化玻璃成分设计与高温熔制工艺，研究高世代TFT基板玻璃的超薄化、高平整度及高机械强度制备技术，以满足下一代显示器件对高性能基板的需求。
- (3) 针对氮化镓、氧化镓、碳化硅等宽禁带半导体材料，重点研究其晶体生长、缺陷控制及器件工艺，开发高性能功率电子器件，推动其在新能源与5G通信领域的应用。
- (4) 基于绿色化学理念，开发具有自修复功能的环保型防腐涂层材料，研究其在不同环境下的耐腐蚀性能及长效防护机制，推动其在海洋工程与航空航天领域的应用。
- (5) 设计合成新型金属-有机框架（MOFs）材料，研究其荧光性能与目标分子的特异性识别机制，构建高灵敏度荧光传感系统，用于环境检测与生物医学领域。

### 六、问题与建议

工程中心流动研究人员减少，需要科研专属场地和科研专项经费的长期支持。

### 七、审核意见

（工程中心负责人、依托单位、主管单位审核并签章）

工程中心负责人审核意见：
经审核，确认以上填报内容真实有效。
工程研究中心主任：
年    月    日

依托单位审核意见:

情况属实，同意上报。

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	表面镀膜技术		学术带头人		韩高荣
	研究方向2	溶胶-凝胶改性技术		学术带头人		杨辉
	研究方向3	原位复合结构调控技术		学术带头人		钱国栋
	研究方向4	LED显示材料与技术		学术带头人		叶志镇
工程中心面积	5000.0 m <sup>2</sup>			当年新增面积		0.0 m <sup>2</sup>
固定人员	50 人			流动人员		33 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	2880.0万元	纵向经费	1050.0万元	横向经费	1830.0万元	
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	48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	0项	行业/地方标准	0项	
	以转让方式转化科技成果	合同项数	6项	其中专利转让	2项	
		合同金额	720.0万元	其中专利转让	250万元	
		当年到账金额	300.0万元	其中专利转让	250.0万元	
	以许可方式转化科技成果	合同项数	2项	其中专利许可	2项	
		合同金额	270.0万元	其中专利许可	270.0万元	

				当年到账金额	200.0万元	其中专利许可	200.0万元
		以作价投资方式 转化科技成果		合同项数	0项	其中专利作价	0项
				作价金额	0.0万元	其中专利作价	0.0万元
		产学研合作情况		技术开发、咨询 、服务项目合同 数	5项	技术开发、咨询 、服务项目合同 金额	1100.0万 元
当年服务情况		技术咨询		3次		培训服务	23人次
学科发 展与人才 培养	依托学科 (据实增删)	学科1	材料科学	学科2			学科3
	研究生 培养	在读博士	56人		在读硕士		88人
		当年毕业博士	28人		当年毕业硕士		35人
	学科建设 (当年情况)	承担本 科课程	640学时	承担研究生 课程	480学时	大专院校 教材	0部
研究队 伍建设	科技人才	教授	21人	副教授	7人	讲师	0人
	访问学者	国内		0人	国外	0人	
	博士后	本年度进站博士后		6人	本年度出站博士后		3人