

中国科学院宁波材料技术与工程研究所



NIMTE

2024

中国科学院
宁波材料技术与工程研究所
年度报告

2024 年度报告



中国科学院宁波材料技术与工程研究所

地址: 浙江省宁波市镇海区中官西路1219号 邮编: 315201

电话: 0574-86685563 传真: 0574-87910728

网址: www.nimte.ac.cn

2024年度报告

中国科学院宁波材料技术与工程研究所

CONTENTS 目录

01 概述

A1	宗旨与定位	02
A2	所长致辞	03
A3	组织架构	04

02 研究领域

B1	海洋关键材料全国重点实验室	06
B2	磁性材料与器件重点实验室	09
B3	高分子与复合材料实验室	11
B4	氢能与储能材料技术实验室	13
B5	光电信息材料与器件实验室	15
B6	先进诊疗材料与技术实验室	16
B7	先进核能材料实验室	18
B8	机器人与智能制造装备技术实验室	19
B9	激光极端制造研究中心	20
B10	原子尺度与微纳制造实验室	21
B11	特种飞行器系统工程研究中心	22
B12	前沿交叉科学研究中心	23

03 科研进展

C1	突破深海通道防护技术，研发百年耐久性防护材料	25
C2	研发螺旋桨仿生蒙皮材料，助力超大型油轮节能增效	26
C3	突破传感器高精度低能耗技术及深海耐高压设计，开发出 6000 米级原位腐蚀损伤监测实验舱	28
C4	突破常规稀土钕铁硼永磁环表磁极限，开发出人工心脏磁悬浮电机用高表磁类 Halbach 磁路结构永磁环	29
C5	通过增强磁性材料和初始磁各向异性和模量分布衬底设计，获得拉伸下性能稳定的磁性材料和磁传感器	30
C6	克服塑性性与软磁性能相互制约的难题，开发出可变形的软磁纤维	31
C7	创新性突破高耐热聚酯制备关键技术，实现 2000 吨 / 年生产示范	32
C8	突破非粮生物质转化技术，实现 5 - 羟甲基糠醛（HMF）大规模生产	33
C9	突破硫化物固体电解质技术，年产吨级中试线投产运行	34
C10	发现月壤有望大量产水方法，提出月球水资源原位开采与利用新策略	35
C11	n-i-p 钙钛矿 / 晶硅叠层太阳电池技术取得新进展，显著提升电池性能	37
C12	突破氮化物氢杂质研究，掌握微观行为规律和机理	39
C13	突破高效柔性钙钛矿太阳能电池技术，大幅提升电池性能	40
C14	突破爆轰极端燃烧热防护关键技术，基于主动气膜冷却的旋转爆轰燃烧室 10 分钟长时点火取得成功	42
C15	突破关键制备技术，成功制备碳化硅纤维	43

04 对外合作与交流

D1 瞄准企业关键共性技术需求，持续加强头部企业合作	45
D2 紧扣市场前沿应用导向，推动高质量成果转化项目落地	46
D3 抢抓专利盘活试点单位契机，全面提升专利运营转化效能	48

05 人力资源

E1 多措并举精准引才，构建人才引进系统工程	50
E2 自主培养倾心育才，积蓄人才干部源头活水	51
E3 健全机制真心重才，优化人才政策创新生态	52
E4 用情服务诚心留才，持续增强员工归属感	52

06 研究生教育

F1 科教融合工作扎实推进	54
F2 招生工作取得重要突破	55
F3 导师队伍建设持续加强	55
F4 研究生培养质量成效显著	56
F5 研究生大思政体系持续完善	56
F6 首次属地化集中教学顺利开展	57
F7 科教产融合育人模式深入实施	57

07 规划与发展

G1 正式获批“海洋关键材料全国重点实验室”	59
G2 优化科研组织模式，集聚优势力量形成高能级平台	60
G3 工程化验证与示范平台建设快速推进，保障国家重大任务实施	60

08 附录

H1 2024 年大事记	62
H2 2015-2024 年论文发表情况	70
H3 2015-2024 年竞争性经费获得情况	70
H4 2015-2024 年专利申请及授权情况	70



概述



宗旨与定位

宗旨

致力科技创新，引领产业发展

定位

料要成材，材要成器，器要好用

所风

求真务实，永不言弃

愿景

成为知识的源泉，技术的摇篮，产业的引擎

核心价值观

协同创新，追求卓越

使命

前瞻技术研究，提供原创与竞争性技术
系统集成研究，提供成套与系统性技术
工程化验证研究，提供规模产业化技术
人才培养、技术服务，支撑全社会创新

所长致辞



王立平 所长

2024 年是全面贯彻
落实党的二十大精神的关键之年，也是宁波材料所建所 20 周年，宁波材料所深入贯彻落实二十届三中全会、“科技三会”、中国科学院 2024 年度工作会议及夏季党组扩大会议精神，按照中国科学院党组“3+5”年决策部署和“聚焦布局、重塑队伍、提升效能”的总体思路，以抢占科技制高点为核心任务，以建设世界一流新材料研究机构为目标，凝心聚力谋发展，夯实基础上台阶，重点工作取得新突破，在通往高质量发展的道路上迈出了坚实一步。

这一年，我们锐意推进增量改革，全面聚集整合资源，抢占科技制高点动力拉满。凝练形成“材料+”的“3+6”优势和特色研究方向；整合聚集优势力量夯实高能级平台，科研组织模式优化到位；海洋关键材料国家级重点实验室建设取得重要进展，建制化科研优势逐渐凸显；编制《面向 2030 年世界一流新材料研究机构建设方案暨中长期发展规划》并获批通过，迈向世界一流之路豁然开朗；抢占科技制高点所长专项基金优化布局，人才、平台、任务一体化配置见实效；前湾工程化验证与示范园区南区顺利封顶，为国家重大战略任务实施保驾护航；实施服务国家战略行动计划成效喜人，全年竞争性经费增长 47%。

这一年，我们传承弘扬科学家精神，聚力攻关勇攀高峰，科技创新硕果累累。新增 3 种关键材料型号配套，15 种关键材料与器件为航天、航空、海洋等领域重要型号提供支撑；材料科学首次进入 ESI 排名全球前 1‰，无疲劳铁电材料成果等 2 篇论文登上 Science，月球水资源原位开采与利用策略为月球基地建设提供新思路；导隔热组件集成性解决方案填补空白，螺旋桨仿生

减阻涂层为“双碳”战略提供硬核助力，长效防护材料、全海深腐蚀损伤原位动态监测技术为深中通道、深海采矿等大国工程破解腐蚀难题，一体式类 Halbach 薄壁磁环让人工心脏跳得更稳，30 至 120 微米非晶丝实现量产，磁性应变传感器为机器人装上一双“灵巧手”，5-羟甲基糠醛（HMF）全混流连续生产关键技术达到国际领先水平。

这一年，我们坚持使命驱动精准引才，重塑人才评价体系，人才队伍创新活力倍增。引培顶尖和领军人才 6 人次、优秀青年人才 19 人次，入选国家级领军和青年人才数量连续三年每年保持两位数增长，潜心致研的创新生态蔚然成势，人才队伍建设全面提质。弦歌不辍，新秀可盼，研究生连续 5 年获得中国科学院院长特别奖，4 名研究生获得中国科学院院长奖、朱李月华优秀博士生奖。

这一年，我们强强联手深入行业，守正创新优势互补，赋能产业发展再创佳绩。与 8 家央国企、30 多家领军企业达成合作，生物基衍生物合成工艺等 8 项重大成果实现转移转化，专利运营数量为上年 2.6 倍，入选中国科学院知识产权存量专利盘活十家试点单位之一，连续 10 年专利授权量位居科研机构前十、成果转化率位居中国科学院前十，以技术保障国家产业链供应链安全、培育发展新质生产力。

水击三千，自当乘风破浪；山高路远，更需扬鞭奋进。新的一年，宁波材料所将锚定建设“世界一流新材料研究机构”的目标，坚持“一体两翼”的发展思路，服务国家战略，赋能产业发展，保持定力、抢抓机遇、破立并举，以稳促进、乘势而上，忠诚干、务实干、担当干、创新干、团结干、干净干，为加快抢占科技制高点、推动高水平科技自立自强、推进中国式现代化再立新功！

组织架构



研究领域

海洋关键材料全国重点实验室

面向国家海洋工程与高技术装备对关键使役材料的重大需求，聚焦复杂海洋环境与材料相互作用的重大学术问题，发展海洋关键材料的创制方法与变革性技术，系统解决海洋关键材料的自主可控问题，打造全球海洋材料创新策源地和人才高地，支撑我国南海、深海、极地等海洋战略布局。研究方向：复杂海洋环境材料强耦合损伤理论、海洋长效防腐与绿色防污材料、海洋结构与功能一体化复合材料、海洋前沿功能材料创制。

主要科研人员



薛群基 中国工程院院士
海洋材料、防腐耐磨及功能薄膜与涂层、防污减阻材料



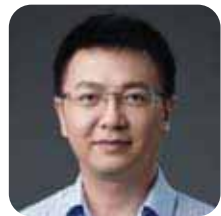
西村一仁 日本工程院院士
先进金刚石材料及其高端应用



程玉峰 加拿大皇家科学院院士
加拿大工程院院士
能源管道腐蚀与安全



王立平 研究员
苛刻环境材料耦合损伤与延寿



蒲吉斌 研究员
苛刻环境功能防护涂层



汪爱英 研究员
PVD 表面防护涂层与功能改性



常可可 研究员
苛刻环境材料设计



黄政仁 研究员
先进结构陶瓷材料



江南 研究员
金刚石及碳基导热材料



陈涛 研究员
仿生智能高分子材料



宋振纶 研究员
先进金属材料及防护



刘小青 研究员
低碳化功能复合材料



柯培玲 研究员
涉海环境防护材料研究与评价



茅东升 研究员
纳米复合工程材料



曾志翔 研究员
减阻降噪与低黏附材料



张涛 研究员
有机二维聚合物材料



吴海波 研究员
先进结构陶瓷及其复合材料



毛飞雄 研究员
海洋环境损伤智能监测



林正得 研究员
电子封装热管理材料



许赓 研究员
材料加工与组织控制



李金龙 研究员
材料损伤及涂层防护



赵文杰 研究员
防腐耐磨涂层界面工程



王永欣 研究员
材料强化与防护



李赫 研究员
机械密封材料与应用



路伟 研究员
荧光高分子凝胶



秦学智 研究员
高强耐蚀特种合金



邓丽芬 正高级工程师
金刚石及其复合材料



杜玉洁 正高级工程师
航空航天特种装备设计



薛晨 正高级工程师
碳-金属导热复合材料



易剑 正高级工程师
金刚石制备及应用



陆卫中 正高级工程师
重防腐涂层技术



赵海超 研究员
功能树脂及其防护涂层



虞锦洪 博士 研究员
导热复合材料



杨丽景 研究员
海洋环境腐蚀与防护



王跃忠 研究员
金刚石红外光学材料



王振玉 研究员
海洋环境使役 PVD 涂层



肖鹏 研究员
柔性薄膜传感材料与器件



刘丰华 研究员
轻质高强与多功能融合
复合材料



王蕾 研究员
多功能化有机无机
海洋防护材料



尹恺阳 研究员
仿生多孔材料



王刚 研究员
超浸润海洋减阻材料



赵伟伟 研究员
聚合物基功能复合材料

磁性材料与器件重点实验室

针对国家在新能源、节能减排和新一代信息技术领域对磁性材料和器件的重大需求，着力开展新型高性能的稀土磁性功能材料、非晶磁性功能材料、柔性磁电功能材料、低维磁性功能材料的研究。当前研究重点包括低 / 无重稀土永磁材料、高丰度高矫顽力稀土永磁材料、新一代纳米稀土永磁材料、磁制冷材料、高频稀土软磁材料及其应用、非晶合金非平衡亚稳特征调控、高饱和磁感非晶软磁材料及其应用和柔 / 弹性磁电功能材料与器件的理论计算、性能调控及可穿戴应用。

主要科研人员



沈保根 中国科学院院士
磁性物理学和磁性材料



李卫 中国工程院院士
先进稀土永磁材料
关键技术及其产业化



李润伟 研究员
柔性 / 弹性磁电
功能材料与器件



闫阿儒 研究员
先进稀土永磁材料
关键技术及其产业化



刘宜伟 研究员
弹性敏感材料及
可穿戴器件



霍军涛 研究员
非晶磁制冷材料



李国伟 研究员
磁性材料多场化学效应



王军强 研究员
非晶合金材料



满其奎 研究员
非晶磁性材料及其应用



黎嘉威 研究员
非晶磁性材料及其应用



张健 研究员
纳米永磁薄膜和永磁颗粒



朱小健 研究员
类脑智能材料与器件



尚杰 研究员

柔性敏感材料与传感器



陈仁杰 研究员

稀土永磁材料及其关键技术



汪志明 研究员

磁性薄膜的制备与物性调控



张岩 研究员

非晶及纳米晶磁性材料与器件



陈斌 研究员

柔性磁电功能材料与器件



高萌 研究员

非晶态材料和非平衡态热力学



郭帅 研究员

钕铁硼永磁材料及其制备技术



刘壮 研究员

钕钴永磁材料关键技术



谢亚丽 研究员

柔性磁性材料和磁传感器



宋丽建 研究员

非晶态材料非平衡特征



巫远招 研究员

弹性力敏材料与应力应变传感器



夏卫星 正高级工程师

磁性材料结构和表征



门贺 正高级工程师

软磁非晶合金产业化应用技术



丁勇 正高级工程师

稀土永磁材料



孙颖莉 正高级工程师

稀土永磁材料



张洪瑞 研究员

低维拓扑磁性材料与器件

高分子与复合材料实验室

面向国家航空航天复合材料领域、可持续发展和双碳战略对特种高分子与复合材料的重大和迫切需求，聚焦生物基呋喃二酸聚酯、耐高温树脂基复合材料、高强高模碳纤维等的科学技术问题，推进呋喃二甲酸及衍生物的高效合成与高效催化聚合、高性能发泡片材、纤维和分离膜材料的制备与应用验证，耐高温基体树脂的分子设计与聚合新方法，高强高模碳纤维的石墨微晶可控增长，复合材料结构设计与制备的原始和技术创新，贯通全链条技术，实现生物基新材料规模化制备工艺包在汽车、电子、能源等领域的应用，耐高温树脂基复合材料和高强高模碳纤维在国家重大航空航天领域的应用，力争达到国内第一全球领先，满足国家发展对上述材料的战略需求和国民经济需求。研究方向：生物基聚酯、耐高温树脂及其复合材料、高强高模碳纤维材料。

主要科研人员



王震 研究员

高性能高分子材料



汪龙 研究员

聚合物发泡技术



王静刚 正高级工程师

生物基高性能聚酯



郑文革 研究员

聚合物发泡与加工技术



朱锦 研究员

生物基高分子材料



姚强 研究员

有机磷合成、无卤阻燃剂开发及应用



余海斌 研究员

生物基高分子涂料粘合剂、密封剂和弹性体技术



方省众 研究员

特种高分子材料



陈 鹏 研究员

高分子材料加工工艺



张 建 研究员

非金属催化、生物质转化



刘 富 研究员

聚合物微孔膜材料



张 浩 研究员

金属 / 复合材料增材制造



邱文丰 研究员

极端环境高分子工程材料



张永刚 正高级工程师

高性能碳纤维及其复合材料



阎敬灵 研究员

高性能高分子材料



黄其忠 正高级工程师

功能复合材料及结构设计



孟祥胜 正高级工程师

热固性聚酰亚胺树脂及其复合材料



吴 飞 正高级工程师

聚合物发泡与加工技术



汤兆宾 正高级工程师

高性能聚酰胺聚合与改性技术



陈国飞 研究员

透明聚酰亚胺



陈 景 研究员

生物基聚氨酯及功能复合材料



陈 珣 研究员

高性能纤维材料



湛春林 研究员

纳米材料制备与能源催化应用



高 洁 研究员

高性能功能分离膜



刘 斐 研究员

生物基高性能聚酯及弹性体



那海宁 研究员

环境友好材料



庞永艳 研究员

高分子材料先进加工材料



沈 斌 研究员

功能性聚合物复合材料和发泡材料



王雪飞 研究员

碳纤维材料



王建强 研究员

聚合物分离膜



张业新 研究员

电热耦合环境催化

氢能材料与储能材料技术实验室

面向氢能与储能材料面临的重大挑战，构建基于材料界面和微结构精细调控的全生命周期设计理论，揭示材料的结构稳定性和高效性的内在构效关系，创建提高材料结构性能的调控新理论，提出电池材料延寿性策略，突破现有储能材料和技术的安全性和稳定性极限，提高关键催化材料的催化效率和使用寿命，系统解决关键材料技术的自主可控问题。研究方向：绿色制氢技术、氢能与脱碳化工技术、燃料电池技术、可持续安全储能技术。

主要科研人员



王宇楠 研究员

质子交换膜燃料电池关键材料研发与应用



姚霞银 研究员

固态电池关键材料与技术



陈 亮 研究员

气体分离、催化制氢材料的设计和开发



尹宏峰 研究员

纳米催化剂及应用、有机燃料催化重整和工业催化



况永波 研究员

能源催化化学、
光电催化材料与技术

官万兵 研究员

固体氧化物电池
设计与应用

夏永高 研究员

储能电池及其关键材料



陆之毅 研究员

碱性海水电解制氢
技术、环境催化

谢银君 研究员

有机合成、有机物储氢
和聚合物催化氢解

张亚杰 研究员

咪喏类生物基化学品



田爽 正高级工程师

锂离子电池及其应用技术



高洁 正高级工程师

废旧动力电池回收
综合利用

万红利 研究员

全固态电池关键材料
与界面设计

吴巍 研究员

中温电化学合成、
功能陶瓷制备与循环

李桦 研究员

质子交换膜燃料电池



张秋菊 研究员

氢能吸附分离材料的
结构设计和理论计算

何佩雷 研究员

纳米材料合成与催化



王建新 研究员

固体氧化物电池
工程化技术

杨钧 研究员

固体氧化物电池多燃料发
电与电解催化技术

朱良柱 研究员

质子导体与金属支撑固
体氧化物燃料电池技术

王刚 研究员

多离子电化学储能
材料及器件

林贻超 研究员

电解制氢相关催化材料



吴敬华 研究员

固态锂电池关键材料
制备与界面改性

光电信息材料与器件实验室

面向国家“双碳”目标的重大战略需求和半导体芯片“卡脖子”问题，聚焦光伏、显示和半导体的核心材料与器件的关键技术，建立光伏、显示及半导体领域的材料与装备研发、器件设计与制备、系统集成与应用的高能级平台，打造高效率太阳电池开发和发光材料及高端光学薄膜制备技术链，实现宽禁带半导体材料外延与器件国产化替代，形成重大标志性成果，支撑光电产业健康发展及国家重大战略应用，成为国家光电信息技术的重要研发基地。研究方向：晶硅/钙钛矿多元体系光伏材料与器件、光学薄膜及高端显示材料与器件、宽禁带半导体材料与器件。

主要科研人员



叶继春 研究员

晶体硅太阳能电池及
宽禁带半导体

葛子义 研究员

有机和钙钛矿太阳能电池、
有机发光显示技术 (OLED)

宋伟杰 研究员

柔性光电材料与器件、
柔性传感器件

向超宇 研究员

光电材料研究与制备



刘畅 研究员

钙钛矿材料、
钙钛矿光伏器件

郭炜 研究员

氮化物宽禁带半导体
材料与器件

章婷 研究员

纳米光电薄膜与器件



杨晔 研究员

光电功能薄膜材料与器件



李 佳 研究员

透明导电薄膜及器件



曾俞衡 研究员

钝化接触晶硅电池、
钙钛矿 / 晶硅叠层电池



张文瑞 研究员

宽禁带半导体、微电子
器件、功能氧化物



杨孟锦 研究员

有机无机卤素钙钛矿在光
伏和其他光电器件的应用



肖传晓 研究员

半导体物理、失效分析、
微观表征



刘 权 研究员

透明有机光伏、
近红外有机光电探测器



彭瑞祥 研究员

有机光电材料与器件

先进诊疗材料与技术实验室

围绕生物医学诊疗材料与生物体的相互作用机制及性能调控等共性科学问题，以健康产业重大需求为牵引，强化基础研究，推进多学科交叉融合，从诊疗材料的结构性能调控、生物体作用机制和技术开发应用全链条研究。深入开展诊疗材料新原理、新方法的研究，突破精准诊疗关键材料、技术与装备，提升重大疾病精准诊疗材料与技术自主创新能力，支撑我国生命健康产业的高质量发展。研究方向：先进诊疗材料、先进诊疗技术、先进诊疗装备。

主要科研人员



吴爱国 研究员

生物医学成像探针材料及
其相关检测仪器设备



赵一天 研究员

医学图像处理、
计算机视觉和人工智能



李 娟 研究员

基于肿瘤新靶点的
分子探针与药物设计



李 辉 研究员

生物医学光学影像
技术装备



李 华 研究员

材料表面技术



左国坤 研究员

智能医学与康复工程



郑建萍 研究员

基因诊断原材料与药物递送
载体



张建涛 研究员

人类老龄化疾病相关的
药物制剂和技术



郭明全 研究员

天然 / 海洋生物医药
诊疗材料研发



王 荣 研究员

生物功能高分子水凝胶、
组织床上修复材料



张若愚 研究员

聚氨酯与医疗器械



王 冰 研究员

有机光功能材料诊疗



施长城 研究员

神经生理检测及分析技术



刘 奕 研究员

植介入器械表面改性
材料及技术



林 杰 研究员

设计和制备高性能
SERS 生物探针



司张勇 研究员

抗菌高分子材料及其制剂技
术的开发与应用



张 炯 研究员

医学人工智能

先进核能材料实验室

面向国家核能战略重大需求，以数据驱动高安全核能材料的设计与应用示范研究为特色，重点围绕高安全材料的材料设计、制造工程与示范应用等基础理论与关键技术方面开展研究与突破，打造国家高安全核能材料研发中心。主要聚焦于两个重大攻关任务：耐辐照层状材料编辑，发展材料结构基因编辑手段，颠覆已有 MAX 相和 MXene 材料体系，面向特种应用创制非 / 范德华力层状材料，使我国在该材料领域处于国际一流方阵；高安全 SiC_f/SiC 复合材料包壳的高精密制造与考核，关键性能达到院先导专项考核指标，有力支撑加速器驱动核能系统的发展。研究方向：数据驱动的高安全核能材料设计、高安全核能材料关键制造技术、高安全核能材料示范应用。

主要科研人员



柴之芳 中国科学院院士

新能源与高温熔盐
化学技术



都时禹 研究员

材料结构和性能的理论
计算模拟



李寅生 研究员

硅基非氧化物陶瓷及
复合材料



黄庆 研究员

极端环境能源材料的
开发与应用



周小兵 研究员

极端环境用连接密封材料



梁坤 研究员

新型层状材料的
创制与应用



何流 正高级工程师

陶瓷先驱体及纤维制备
技术和有机硅材料



林文文 研究员

电辐射探测材料



宋育杰 研究员

特种有机硅与
聚合物先驱体



徐剑 研究员

碳化硅基复合材料工艺
制备过程仿真



葛芳芳 研究员

极端热介质腐蚀防护技术



李勉 研究员

层状材料结构化学

机器人与智能制造装备技术实验室

面向国家对机器人与智能制造装备的高质量发展需求，聚焦高效精密驱动、多模态智能感知、结构轻量化、系统集成与控制等关键技术，重点开展人形机器人、机器人化智能制造装备与深海高效推进器研发及应用，抢占本领域科技制高点。研究方向：高效精密驱动技术、多模态智能感知技术、结构轻量化技术、系统集成与控制技术。

主要科研人员



杨桂林 研究员

精密运动系统、先进机器人
及智能制造装备技术



张驰 研究员

精密驱动与控制、高性能
永磁电机及先进机器人



方灶军 研究员

机器人智能感知与控制



蒋俊 研究员

光电热能量转换
材料与器件



祝颖丹 研究员

复合材料设计、
制备和装备技术



肖江剑 研究员

目标跟踪与识别、
三维场景建模与增强现实



陈思鲁 研究员

高速高精运动系统
建模与控制



陈庆盈 研究员

机电系统集成
与机器人设计



刘国强 研究员

热输运理论计算
与材料设计



吴洁华 正高级工程师

热电器件及系统的
设计与研制



陈进华 研究员

特种电机及其控制



谈小建 研究员

高性能热电材料



刘永福 研究员

稀土发光材料

激光极端制造研究中心

以难加工材料 / 结构高效精密加工的重大需求为导向，致力于变革性激光制造相关的光子 - 物质作用基础研究和工程化应用创新研究，重点开展难加工材料千瓦飞秒激光高效精密加工和多能场复合脉冲激光加工技术研究，并部署复杂异质结构激光增材制造、高性能材料激光制备等前沿基础研究，形成成套工艺和自主装备，实现工程应用示范，并拓展应用于国民经济关键领域，逐步完善激光极端制造的材料去除新机理、加工工艺新方法、激光机床加工新装备的技术创新体系，抢占难加工材料激光制造科技制高点，带动激光制造产业链技术进步，促进激光极端制造新质生产力发展，将中心打造成具有原始创新能力的国内一流、国际先进高水平研究机构，为我国高端制造走向极端化、智能化、绿色化做贡献。

主要科研人员



李琳 英国皇家工程院院士

超高功率飞秒激光加工



张文武 研究员

多能场融合智能制造
精益创新方法论

韦超 正高级工程师

多材料增材制造、难加工
材料激光复合加工

刘涛 研究员

新能源材料的激光制备



郭伟 研究员

超精密激光微纳加工及跨尺
度激光并行制造

杨涛 正高级工程师

激光智能焊接及过程控
制、激光加工数字孪生

陈晓晓 研究员

多能量场复合数字化制造
理论、工艺及系统

原子尺度与微纳制造实验室

面向国家信息与能源等产业重大需求，聚焦纳米材料的原子尺度制造、先进微纳制造等关键技术，重点开展器件、电路、芯片和系统的研发，抢占纳米材料精确制造技术的科技制高点，促进材料 / 纳米科学与工程学科的发展。目前重点开展的研究方向有：原子尺度制造与器件、薄膜材料与微纳制造器件、纳米材料与微纳制造器件。

主要科研人员



曹鸿涛 研究员

半导体薄膜、光学薄膜和
器件应用

曹彦伟 研究员

量子材料与器件



李勇 研究员

纳米复合涂层及
复合材料制备和应用

刘兆平 研究员

石墨烯和锂电池



诸葛飞 研究员

用于 A.I. 的忆阻型
类脑器件

孙爱华 研究员

微纳功能粉体的可控制备、
表面修饰、成型与应用

周旭峰 研究员

石墨烯研究



郭建军 研究员

三维微纳制造与集成



程昱川 研究员

微纳流体与化学机械抛光



张洪亮 研究员

电致变色器件和
柔性电子学

梁凌燕 研究员

新型氧化物半导体
电子 / 光电子器件

姚雄 研究员

薄膜材料的分子束外延
制备及其物性

**刘风光** 研究员

纳米薄膜的缺陷调控及
界面耦合效应

特种飞行器系统工程研究中心

以海上空天信息装备、濒海垂直起降无人机两方面的国家战略任务需求为背景，紧密结合浙江省建设海洋强省、宁波市建设海洋中心城市和发展海洋材料产业的区域特色，开展海空天跨域飞行器集成创新、先进空天材料与制造技术集成应用和飞行器前沿交叉技术研究，打造海空天飞行器系统集成特色专业、分布式推进等专用试验基础设施、质量管理体系完善的飞行器前沿技术验证及新型飞行器研试能力，推动相关产业发展，打造国家级特种飞行器工程研究中心。研究方向：长航时 / 大载重濒海垂直起降无人机设计与集成技术，长航时平流层无人机机 / 箭、机 / 机一体化设计与集成技术，高功质比混合多电能源系统集成设计与验证技术。

主要科研人员

**陈新民** 研究员

飞行器设计与系统工程

**王继强** 研究员

航空混合动力系统控制
主动振动与噪声控制

**邱国廷** 正高级工程师

电气综合控制与优化

**徐 茂** 高级工程师

旋翼飞行器设计
与控制技术

**张 秋** 高级工程师

飞行器环控系统设计与热管理技术研究
航空混合动力系统设计与验证

**张宝岭** 高级工程师

涡电混合动力
系统研究

**陈崇斌** 高级工程师

飞行器机构设计
及控制技术

**刘中臣** 高级工程师

空气动力学实验技术

前沿交叉科学研究中心

聚焦“AI+ 新材料”方向，面向“使役环境下材料多尺度模拟与性能设计”这一重大应用需求和材料共性基础科学难题，融合多学科的知识与手段，综合运用“人工智能+”研究方法，发展计算机及多因素耦合效应的多尺度算法与软件，揭示“材料+环境”耦合中的新科学，建立面向使役环境的材料数据库，构建智能研发平台以实现数据驱动的新材料创制；加强与所内外的学术技术交流，促进开展具重大应用背景的、挑战性、基础性、前瞻性、交叉性的合作研究；采取“小核心、大协作”的开放模式，探索人才政策创新，促进人才培养，着力打造高层次人才引进与培养的摇篮；在“极端条件下材料使役行为多尺度模拟与性能预测”学科方向形成优势特色，达到世界一流水平；在人工智能辅助新材料创制方面发挥关键作用，引领数据驱动极端材料设计领域发展。建成国内一流、世界知名的材料服役行为基础科学研究中心。研究方向：多因素耦合场下材料跨尺度计算方法与软件、材料使役性能多尺度模拟与预测模型、材料智能数据平台与数据驱动新材料创制。

主要科研人员

**管鹏飞** 研究员

AI+ 计算方法与材料设计

**黄良锋** 研究员

先进使役材料计算与设计

**田子奇** 研究员

气体分离、转化材料的
理论设计与模拟

**汪德高** 研究员

光催化研究

**胡本林** 研究员

弹性铁电材料与器件

MAIN SCIENTIFIC RESEARCH PROGRESS

主要科研进展

突破深海通道防护技术，研发百年耐久性防护材料

2024年6月30日，深圳至中山跨海通道（简称“深中通道”）正式通车试运营。海洋关键材料全国重点实验室联合宁波科鑫腐蚀控制工程有限公司，研发出大尺寸高强度钢护筒及其表面高耐久性防护涂层一体化制造技术，为深中通道工程提供了可满足百年服役寿命的综合防护解决方案。

这座粤港澳大湾区核心枢纽工程集“桥、岛、隧、水下互通”于一体，全长约24公里。由于深中通道面临频发的台风、高盐高湿的苛刻环境、复杂的海底情况等，是当前世界上综合建设难度最高的跨海集群工程之一。

由于钢筋混凝土存在缝隙或空隙，采用钢筋混凝土的海洋工程设施在服役过程中会受到盐水或酸雨等侵蚀，引起钢筋混凝土的钢筋锈蚀。锈蚀产生的氧化铁皮体积膨胀几十倍，会导致混凝土开裂、保护层剥落，使钢筋直接暴露在大氣、水及其腐蚀介质中，腐蚀速度加快。海洋工程设施往往未达到设计使用年限便提前遭到破坏，甚至产生灾难性事故。而钢护筒面临沿海环境高温高盐、饱和氧气、强紫外线、潮湿海风、浪花拍打和泥沙冲蚀等因素耦合损伤环境下严重的损伤问题。因此，钢筋和钢护筒性能的稳定性直接关系到海洋工程设施的服役寿命。

该联合团队研制了二维纳米材料增强高耐久性熔融结合环氧涂层钢筋技术，在工程设计阶段采用自身有防腐能力的钢筋，将传统的被动维修改变为主动防范。环氧钢筋涂层具有干缩小、延性大以及优异的可弯性、涂层附着性及粘结强度等特点，可以有效抵抗除冰剂、盐、海水、酸雨、化学品以及混凝土助剂对钢筋的腐蚀，使钢筋抗腐蚀寿命延长。该团队研发的大尺寸高强度钢护筒及其表面高耐久性防护涂层一体化制造技术拥有抗腐蚀性和耐久性能好、热膨胀系数与混凝土相近等优点，突破了海洋工程用钢护筒耐磨耐划伤效果差、维修成本高等技术瓶颈，满足了现代海工结构向大尺寸、重载、高强与在恶劣条件下工作的发展需求，解决了防止塌孔避免影响施工进度及安全的工程技术难题。

深中大桥的钢护筒、承台和墩身结构采用联合研发的高耐久性熔融结合环氧防腐涂层和环氧钢筋材料，其中钢护筒1529根（最小外径 $\Phi 1020 \times 10$ mm，最大外径 $\Phi 3344 \times 22$ mm），内防腐面积162973平方米，外防腐面积237830平方米，环氧钢筋2万吨。这提升了相关结构的防腐和耐磨等性能，为深中通道工程提供了可满足百年服役寿命的综合防护解决方案。



工人在现场编织环氧涂层钢筋



大尺寸高强度钢护筒及其表面高耐久性防护涂层制造

研发螺旋桨仿生蒙皮材料，助力超大型油轮节能增效

2024 年，首艘安装仿生蒙皮螺旋桨的 30 万吨级超大型油轮（VLCC），顺利靠泊在泉州港码头，完成了 3 个航次的原油运输任务。航行时长近 200 天，里程逾 3.5 万海里，航线往返于中国沿海和中东各大港口。螺旋桨表面敷设仿生蒙皮后，实船油耗数据显示下降约 2%，预计在材料生命周期（2.5 年）内，可实现平均约 1.5% 的综合节能效率。按此计算，一艘 VLCC 每年可节约燃油 300 吨以上（直接经济效益高达 100 万元以上），减少 CO₂ 排放量 900 吨以上。该船用仿生柔性减阻材料在实船应用前取得了中国船级社产品认证，满足控制船舶有害防污底系统国际公约（AFS 公约）要求。这是国际上首次将仿生柔性减阻材料应用于 30 万吨 VLCC 轮，完成了多航次、长航时、多海域的节能数据收集。

航运业是全球经济活动的重要支柱，目前

超 90% 的全球贸易通过海运完成。然而，海运也消耗着大量能源，并且已成为温室气体排放的重要来源之一。据国际能源机构（IEA）的数据显示，海运业的能源消耗量在全球能源消耗总量中占比约为 9%，排放的 CO₂ 量占全球 CO₂ 排放总量的 3%。因此，突破大型船舶的节能减排关键技术，引领全球海洋运输业绿色变革，对国家实现“双碳”目标具有重要意义。

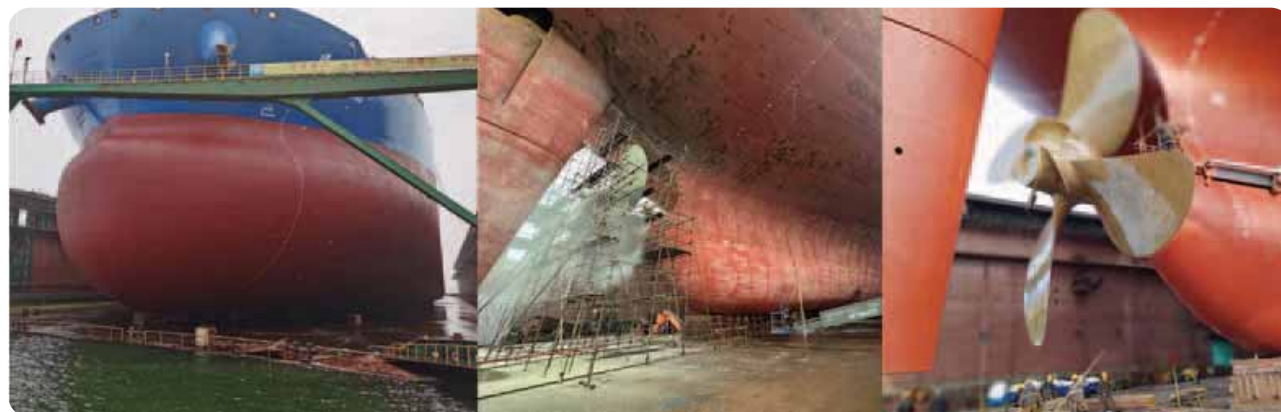
船舶航行过程中，其能源消耗主要用于驱动螺旋桨产生推力，从而克服船体与水之间的阻力，推进船舶前进。在薛群基院士的布局下，宁波材料所海洋关键材料全国重点实验室王立平研究员和曾志翔研究员带领研究团队较早开展了表界面仿生滑移材料与海洋航体减阻方面的研究工作。“船用仿生蒙皮减阻节能技术”是宁波材料所海洋关键材料全国重点实验室与中远海运能源运输股份有限公司（以下简称中

远海能）联合开展的科研项目。仿生蒙皮，即参照海豚皮的物理和化学特性，通过人工合成方法，制备出的具有类似海豚皮特征的人造材料。项目研究人员巧妙地将具有仿海豚皮特征的蒙皮材料应用于巨型油轮的螺旋桨表面，以提高螺旋桨推进效率（有效推进功率 / 轴输出功率）。巨型油轮螺旋桨效率随载货量和航速变化而变化，通常为 60%-70% 之间。船用发动机在驱动螺旋桨旋转的时候，能耗的约 70% 转化为推力，约 15% 消耗于螺旋桨剪切水做功，剩余约 15% 则消耗于螺旋桨反推力对水做功。

众所周知，海豚、鲨鱼等海洋生物在海里游动时具有极低的阻力，主要由于其表面的微结构、柔弹性和表面粘液分泌特性。海豚表皮在水流作用下，形成微结构，产生微涡流，将水流与表皮的滑动摩擦转变为滚动摩擦；结合表皮粘液的润滑特性，有效降低水流的湍流动能，降低水与表皮之间的剪切力。对于人造的仿生减阻材料而言，表面微结构和柔弹性易于实现，但要模仿海豚表皮长期粘液分泌的特性，则相对比较困难，“类液态”材料有效解决了

这一问题。所谓“类液态”材料，即在固体有机物分子内部接枝了高度柔性分子刷从而表现出一定液体特征的材料。由于所接枝分子链具有类似流体的高度动态特性，能自由旋转与运动，所以各种液体在这种材料的表面粘附力低且易滑移。“类液态”材料既能保持固体材料的强度，又能达到类似于“粘液”的滑移特征。仿生蒙皮由研究团队研制的具有“类液态”特征的动态界面材料与具有 0.1-0.2 毫米尺寸微结构的柔性材料耦合而成，敷设于螺旋桨表面，能够降低螺旋桨与水之间的剪切力，并减少反推力对水的做功，进而提高了螺旋桨效率，降低了能耗。

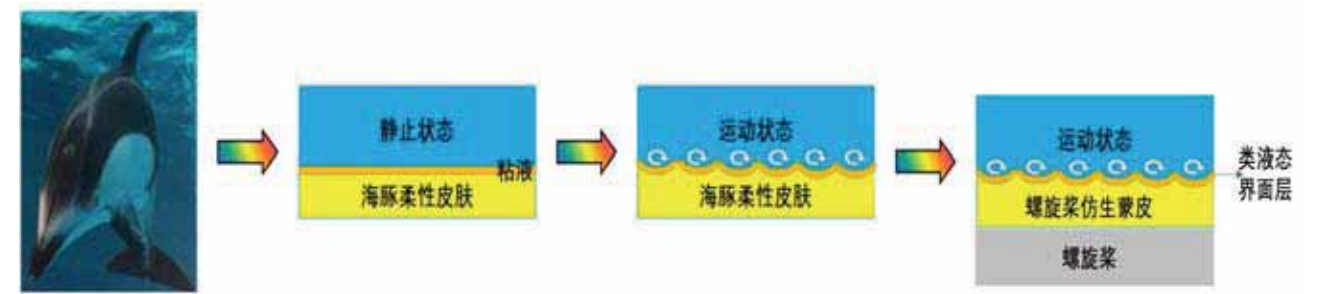
鉴于船用仿生柔性减阻材料在实船上取得的良好节能减排效果，中远海能与宁波材料所紧密合作，有计划将该减阻材料推广至中远海能旗下的 100 余艘油轮船队，可为中远海能带来显著的经济效益并降低 CO₂ 排放量。未来，船用仿生柔性减阻材料将向远洋及内河运输等全行业推广应用，必将促进营运船舶的绿色化、低碳化发展，为实现人与自然和谐共生添砖加瓦。



超大型油轮进船坞

螺旋桨蒙皮敷设过程

仿生蒙皮螺旋桨



海豚皮肤与螺旋桨仿生蒙皮示意图

突破传感器高精度低能耗技术及深海耐高压设计， 开发出 6000 米级原位腐蚀损伤监测实验舱

金属结构长期服役时面临腐蚀缺陷带来的力学结构失稳等致命性风险。目前国内针对深海极端环境关键材料超长期在深海服役过程表面环境、结构演替等的原位监测技术薄弱、数据匮乏，难以对深海工程材料数年以上的力学 - 电化学 - 微生物等强耦合损伤开展快速评价及寿命预测。

苛刻环境材料耦合损伤与延寿团队在研发海洋工程材料原位立体监测装置的基础上，与中国科学院深海科学与工程研究所深海探测团队紧密合作，突破了传感器高精度、低能耗技术及深海耐高压设计，开发出国内首套 6000 米级原位腐蚀损伤监测实验舱，该实验舱可实现深海环境因子及材料损伤状态数据多维实时采集、高效融合处理，并可结合深度神经网络与电化学模型最优化拟合，快速分析材料损伤演变过程，为深海材料服役状态监测及损伤快速评价提供创新解决方案，为深海长驻型装备选

材设计、安全服役、运维保障提供重要依据。实验舱于近日搭载于深海基站成功完成功能验证实海试验，未来将进一步开展长周期深海原位试验工作。

研究团队长期针对我国海洋新材料跨海域环境适应性考核数据匮乏、新材料服役性能与实验模拟数据严重不匹配等关键技术难题，率先建成了“国家海洋局海洋工程材料服役评估评价平台”，先后布局东海、南海等跨海域海洋材料试验台站，累积了超过 8 年的环境考核数据。本次实海试验的成功意味着团队在针对深海领域的海洋材料试验台站建设方面迈出了重要一步，对完善我国在东海、南海以及深海等苛刻海洋环境下材料强耦合损伤失效数据体系，借助物联监测和 AI 辅助大数据技术支撑深海材料与装备服役寿命的可靠评估等具有重要意义。



实验舱搭载于深海基站



深海原位腐蚀损伤监测实验舱成功海试

突破常规稀土钕铁硼永磁环表磁极限， 开发出人工心脏磁悬浮电机用高表磁类 Halbach 磁路结构永磁环

稀土永磁电机具有非常高的能量转换效率，这主要得益于稀土永磁材料高的磁能积在空间提供强的气隙磁场。然而，稀土永磁材料尤其是钕铁硼永磁材料的磁能积已经提升至接近理论极限，很难再有重大突破。目前通常是以永磁块体拼接的方式改变永磁体的空间排布，构建空间磁场的拓扑结构的方式，实现磁场的单边聚磁，大幅提高电机的气隙磁场以达到提高永磁电机功率密度、转矩以及电机小型化的目的。然而，采用拼接磁环的方式存在材料加工困难，装配难度高、磁致退磁的风险等问题。

研究团队利用钕铁硼纳米晶粒在力的作用下产生织构取向的特点，创新模具设计方案，调控纳米晶钕铁硼材料在磁环制备过程中的受力方向和应变程度，使得一体式磁环内径取向织构和复杂取向织构共存，且沿圆周周期性分布的特点；同时结合复杂取向一体式磁环的

材料结构特点设计相应的充磁方案，首次实现了具有磁场拓扑结构的类 Halbach 一体式薄壁磁环，并已在某款人工心脏用磁悬浮电机中装机验证。经过分析表明，一体式磁环装机后内部表磁超过 500 mT，外部表磁低于 200 mT，实现了单边聚磁。在保持内部表磁性能优于 N50 牌号的烧结磁体拼接而成的磁环表磁的同时，较低的外部表磁则确保电机磁悬浮部件的稳定运行。同时，采用一体式磁环使得原材料成本降低 78%，检测工时成本降低 96%，装配工时成本降低 90%，大幅降低了该款磁悬浮电机的核心部件成本，为推动该款产品成功上市具有积极意义。同时，该款钕铁硼环形磁体的成功开发，为利用热压 - 热变形技术开发机器人无框力矩电机和空心杯电机用稀土永磁材料提供了新的开发思路，有望进一步推动热变形钕铁硼磁体的市场化应用。



类 Halbach 一体式磁环磁极分布图；

搭载一体式磁环人工心脏用电机转子

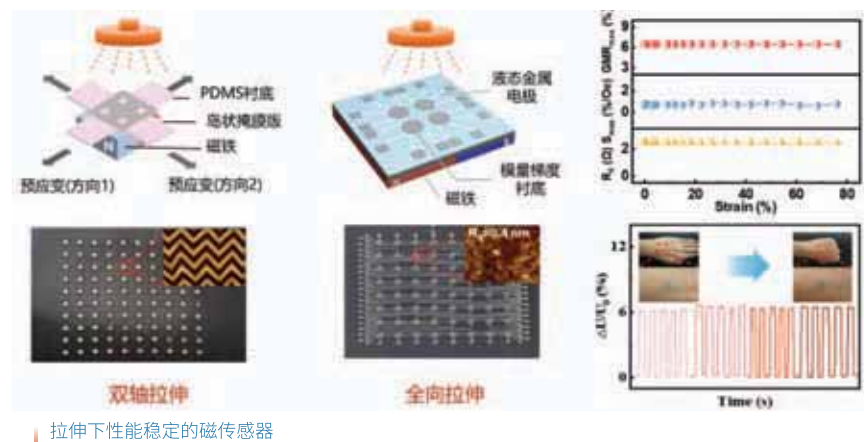
人工心脏用磁悬浮电机示意图

通过增强磁性材料和初始磁各向异性和模量分布衬底设计，获得拉伸下性能稳定的磁性材料和磁传感器

柔性磁传感器兼具大形变能力和非接触传感的特点，在可穿戴电子、仿生机器人等新兴领域具有广泛应用前景。目前，相对于实际可穿戴应用需求，传统磁性材料和磁传感器的形变能力不足、大形变下传感性能不稳定，限制其在人机交互和健康医疗等领域的实际应用。

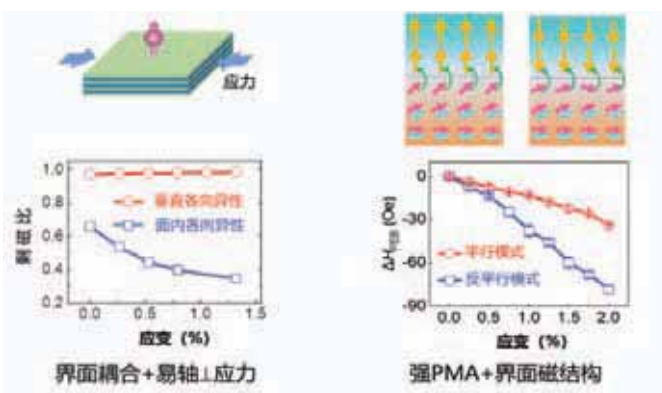
柔性磁电功能材料与器件团队在前期研究基础上，基于应力调控磁各向异性规律，率先发展出应力下磁性能稳定的柔性薄膜。进一步，为抑制应变下垂直交换偏置场的变化，发现结晶度较差时薄膜具有更低的应变传递效率，这有利于提高薄膜的应变稳定性；同时还发现当铁磁层磁矩取向与交换偏置钉扎方向平行时，拉伸应变诱导的锻炼效应被抑制，从而极大提升应变下交换偏置场的稳定性。最终，获得了在拉伸应变下具有优异稳定性的交换偏置多层膜，有助于合理设计用于柔性电子器件的先进自旋电子器件，使其在机械变形的情况下也能保持性能稳定。相关结果发表在 *Adv. Funct. Mater.* 2409844 (2024) 等。

此外，团队基于结构设计，率先获得了可双轴乃至可全向拉伸的自旋阀磁传感器阵列。



拉伸下性能稳定的磁传感器

通过设计十字结构衬底和双轴预拉伸模具，制备了可双轴拉伸的自旋阀器件，获得的器件在预拉伸范围电阻、灵敏度和磁电阻值等参数均保持稳定；通过设计模量梯度衬底，将自旋阀器件生长在模量大的区域，将应力释放到模量较小的区域中，以此来提高自旋阀器件的各向拉伸性。获得的器件在单轴、双轴以及全向拉伸下，自旋阀器件均能保持电阻、磁电阻、灵敏度等性能保持稳定；同时，团队将器件贴附于人体手腕和膝盖等处，在人体进行相关运动时，器件仍能保持稳定的传感性能，为柔性自旋阀器件的应用打下了坚实基础，相关结果发表于 *IEEE Magn. Lett.*, 15, 4100105 (2024)，部分结果已投稿 *ACS Nano*。



应力下磁各向异性稳定的磁性薄膜

克服塑性与软磁性能相互制约的难题，开发出可变形的软磁纤维

高性能软磁合金纤维在能量转换、传输和储存中起着至关重要的作用。传统的非晶合金纤维具有优异的软磁性能，但几乎没有拉伸塑性。高技术装备、多功能复合材料、柔性电子等领域对在长期服役过程中能够承受拉伸、扭转和剪切载荷的高性能软磁纤维提出迫切需求。这些纤维不仅需要优异的软磁性能，还要有微米尺度的直径、高的抗拉强度和塑性。高熵合金因其独特的成分和结构，有望突破软磁与力学性能相互制约的瓶颈。但现有的高熵合金纤维通常使用拉拔工艺制备，存在工艺复杂、能耗高、直径大（毫米级）、无磁性等问题。长期以来，制备兼具优异软磁性能与力学性能的高熵合金纤维仍面临诸多挑战。

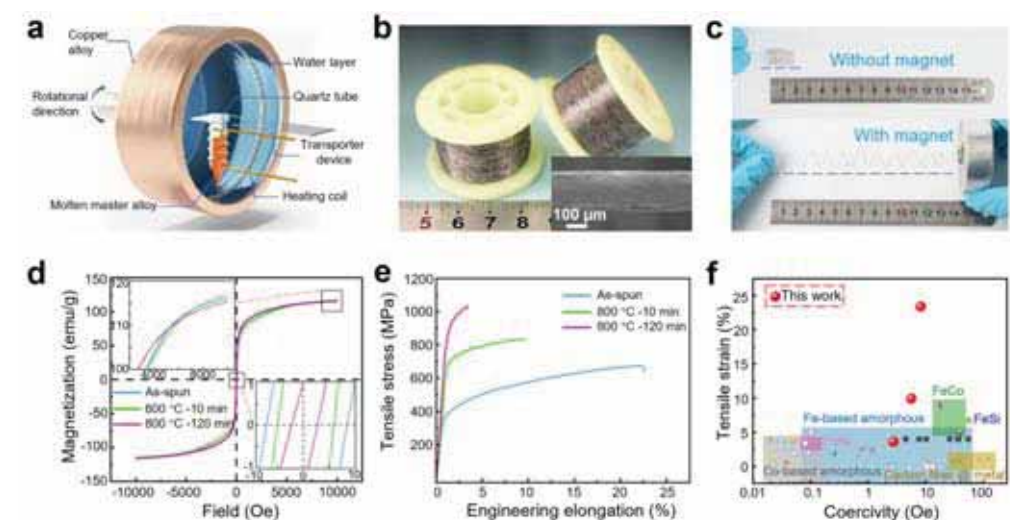
为解决上述问题，磁性材料应用技术研究与中国矿业大学的研究人员通过内圆水纺丝技术，一步法制备出直径200微米以下的高熵软磁合金纤维。该淬态软磁合金纤维在23 %

延伸率下具有674 MPa的抗拉强度，矫顽力为8.1 Oe、饱和磁化强度为116 emu/g、居里温度为770 K。通过调控L1₂相共格纳米晶的析出，还可以进一步优化该纤维的强度和矫顽力。这项工作为制备高性能软磁合金纤维提供了新思路，突破了软磁合金纤维塑性低的瓶颈，对推动高熵合金的新应用具有重要意义。

相关结果以“A one-step fabrication of soft-magnetic high entropy alloy fiber with excellent strength and flexibility”为题发表在 *Nature Communications* (DOI: 10.1038/s41467-024-54984-7)。入选顶刊综述【*Nat. Rev. Mater.* 10 (2024) 2】的研究亮点，被评价为“克服了机械强度与软磁性能之间的权衡关系…即便在多维变形和高温环境下，该纤维所兼具的力学性能和磁学性能，也能大规模生产和更广泛的应用。”

磁性材料应用技术研究针对我国高端软磁纤维长期被“卡脖子”的局面，开发出一

系列自主知识产权的低矫顽力非晶和高熵合金，及多台套非晶丝制造装备及配套工艺，已用于介入性医疗、无损检测、高技术装备等。本工作将进一步推动软磁纤维在结构功能一体化的新兴领域的应用。



高熵软磁合金纤维的制备、形貌和性能

创新性突破高耐热聚酯制备关键技术，实现 2000 吨 / 年生产示范

高玻璃化转变温度抗冲击透明聚酯在厨电产品、包装等领域有着广泛应用，但目前主要被美国伊士曼和韩国 SK 集团垄断，严重依赖于国外进口。因此，开发高玻璃化转变温度抗冲击透明聚酯材料对于保障相关产业供应链安全，提高我国聚酯产业技术水平具有重要意义。

为了实现完全独立知识产权的高耐热共聚酯的开发，通过将多环芳烃转化为高反应活性单体，从而得到刚性芳环和柔性基团并存的高反应活性二元醇，然后与二元酸和二元醇等熔融缩聚制备得到新型高玻璃化转变温度聚酯，耐热达到 120℃ 以上，同时具有优异的抗冲击性能、耐溶剂性和透明性，满足奶瓶、水杯、厨电产品、饮料包装、薄膜、电器等领域应用需求。在实

验室聚合工艺研究的基础上，通过对聚合催化剂、聚合工艺、聚合装置和控制工艺的详细研究，建立聚合基础数据及工艺包，然后进行放大工艺模拟和实验，形成千吨级高耐热抗冲击透明聚酯聚合的关键技术工艺包。确定不同等级耐热抗冲击透明聚酯在熔融状态下的流变性、熔体粘度、熔体强度、热稳定性参数等，实现薄膜及厚壁容器加工应用的关键技术。

在催化剂的优选复配、聚合动力学和反应器模型的研究基础上，对刚性二元醇单体和高耐热共聚酯的关键制备技术进行系统研究和评价，完成 2000 吨 / 年的生产示范和高耐热聚酯在薄膜、容器等产品方向的应用示范，为实现进口替代奠定技术和产业化基础。



高耐热抗冲击透明聚酯产品



高耐热抗冲击透明聚酯 2000 吨 / 年生产装置

突破非粮生物质转化技术，实现 5-羟甲基糠醛（HMF）大规模生产

以非粮生物质规模化制备的果糖或葡萄糖为原料，催化脱水得到关键中间体 5-羟甲基糠醛（HMF），再通过氧化、加氢、醚化、胺化等反应可以获得多种重要的呋喃类衍生化学品。自 1895 年 HMF 分子合成方法被首次报道，百余年来全球科研人员一直致力于开发 HMF 合成工艺，却仍未完成工业性试验及连续生产，主要原因是该合成工艺的副反应繁杂，在酸性、碱性溶液或高温下发生不可逆降解，高温下会产生大量胡敏素和焦糖副产物，本质上属于多因素多水平多路径且相互叠加的复杂巨系统问题。

非金属催化团队十余年来一直致力于 HMF 及其衍生物的基础研究和技术创新，开发的“5-羟甲基糠醛连续生产关键技术”于 2024 年 4 月通过了中国石油和化学工业联合会组织的科技成果鉴定，张涛院士领衔的专家组一致认为：

该成果技术指标先进，连续生产工艺实现全流程自动化操作，达到了国际领先水平。该技术开发出水助溶果糖新体系，解决了高浓度果糖难溶解、呋喃构型难保持的难题，实现了反应段、分离段的集散控制系统，溶剂可循环套用；发明了果糖高效脱水催化剂，解决了全混流连续生产关键技术的难题，实现了果糖高效脱水合成 HMF；建立了快速淬灭、快速分离的活泼产物提取新技术，解决了 HMF 易自发降解、萃取效率低的技术难题。2024 年 11 月，团队孵化企业浙江糖能科技有限公司在舟山市岱山县举行了全球首条 HMF 万吨产线奠基仪式，该产线的建成将彻底改变我国 HMF 产品的进口贸易格局，直接加速下游生物基呋喃新材料产品的开发，为农林剩余生物质资源利用提供新颖路径，同时为分子结构特征相似的糖类催化转化提供有益借鉴。

在 HMF 规模化应用方面，2024 年 9 月团队在农业部组织的科技成果评价会上汇报了“新型饲料添加剂 5-羟甲基糠醛”技术进展，长期饲喂 HMF 可以有效提高蛋鸡的产蛋率，促进饲料高效转化，减少动物体损伤、氧化应激的发生。专家组一致认为：该成果达到了国际先进水平。



院士专家在生产基地现场考察

突破硫化物固体电解质技术，年产吨级中试线投产运行

全固态电池是一种变革性电池技术，其使用固态电解质代替传统锂离子电池中的液态电解液，有望实现更高的能量密度、更好的安全性和更长的循环寿命，已受到了全球学术界和工业界的高度关注，并成为下一代储能技术的竞争焦点，预测在 2027 年实现全固态电池小批量生产、2030 年实现全固态电池产品化技术突破，有望引领新一轮的技术变革与产业新生态。其中，固体电解质材料是全固态电池的核心，其不仅需具备较高的离子导电率，还必须在化学 / 电化学方面具有良好的稳定性。

固态二次电池团队长期从事全固态电池关键材料与技术研究，在国内率先研制系列室温电导率超有机电解液的硫化物固体电解质材料，包括室温电导率超过 20 mS/cm 硫化物固体电解质块体以及室温电导率超过 10 mS/cm 硫化物固体电解质粉体材料，并行国际最先进水平；在化学 / 电化学稳定性方面，首次提出从反应全过程出发，通过控制硫化物电解质表面对水的吸附以及体相抑制 PS_4^{3-} 基团的反应，满足 $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ 干燥间使用要求；此外，为了提升正极层活性物质的占比达到商用锂离子电池的水平，发展了液固混合法，研制了纳米尺寸硫化物固体电解质。相关工作发表在 *Advanced Materials* 等期刊，并授权 10 余项发明专利，其中三项申报国际专利。

基于多年的研究基础，建成一条装备、技术自主可控的年产吨级硫化物固体电解质中试生产线，可兼容多种类型的硫化物固体电解质材料。生产的硫化物固体电解质材料综合性能指标优异、批次稳定，满足全固态电池研制需求，

为国家相关重大项目的实施提供了强有力的支撑。相信通过硫化物固体电解质关键材料的不断创新和技术突破，全固态电池有望在未来的能源领域占据重要地位，满足电动汽车、大规模储能以及深海、深蓝、深空、深地等国家战略领域对高安全性储能器件的迫切需求，推动能源技术的革命性发展。



硫化物固体电解质生产线



硫化物固体电解质材料

发现月壤有望大量产水方法，提出月球水资源原位开采与利用新策略

8 月 22 日，非晶合金磁电功能特性研究团队联合中国科学院物理研究所、航天五院钱学森实验室、松山湖材料实验室、哈尔滨工业大学和南京大学等科研团队在国际学术期刊《创新》(*The Innovation*) 在线发表了题为“月球钛铁矿与内源性氢反应产生大量水 (*Massive Water Production from Lunar Ilmenite through Reaction with Endogenous Hydrogen*) ”的研究文章 (DOI: <https://doi.org/10.1016/j.xinn.2024.100690>)。该成果通过研究嫦娥五号月壤不同矿物中的氢含量，提出一种全新的基于高温氧化还原反应生产水的方法，将为未来月球科研站及空间站的建设提供重要的设计依据。

水是建设月球科研站及未来月球星际旅行，保障人类生存的关键资源。因此，探寻水资源是月球探测的首要任务之一。科学家之前主要关注月球上自然态水的分布情况。Apollo、Luna 和嫦娥五号探月任务前期研究结果表明在月球南极和北极，以及常年阴影区可能存在自

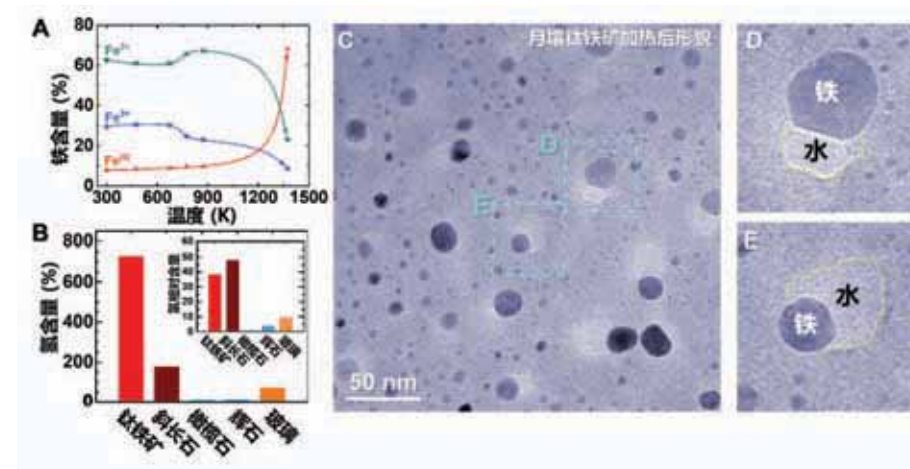
然态的冰。带回的月壤研究表明，月壤玻璃、斜长石、橄榄石和辉石等多种月壤矿物中含有少量水。但这些矿物中的含水量仅在 0.0001%-0.02% 之间，含量极其稀少，难以在月球原位提取利用。因此，研究探测新的月球水资源及其开采策略，无疑是未来探月工程的重点内容。

经过 3 年的不懈努力，科研人员发现，月壤矿物由于太阳风亿万年的辐照储存了大量氢。在加热至高温后，氢将与矿物中的铁氧化物发生氧化还原反应，生成单质铁和大量水。当温度升高至 1200K 以上，月壤将会熔化，反应生成的水将以水蒸气的方式释放出来。

经高分辨电子显微镜、电子能量损失谱、热重、磁性、元素价态、元素成分等多种实验检测技术分析，研究团队确认 1 克月壤大约可以产生 51-76 毫克水（即 5.1%-7.6%）。以此计算，1 吨月壤将可以产生 100 多瓶 500 毫升的瓶装水，基本可以满足 50 人一天的饮水量。

科研团队进一步研究了不同月球矿物的氢含量区别。在五种月壤主要矿物中，钛铁

矿 ($FeTiO_3$) 含氢量最高，其次是斜长石和月壤玻璃，钛铁矿的含氢量大约是斜长石的 3.5 倍，是月壤玻璃的 10 倍。电子显微镜下的原位加热实验也证明，月壤钛铁矿加热后将同步生成大量单质铁和水蒸气，而其他含铁



月壤加热过程中水和单质铁的形成过程以及各种主要矿物的含水量对比

月壤矿物加热后生成了少量铁单质和气泡，地球上的同种矿物加热后则不会生成单质铁和气泡。这进一步证明了月壤矿物中固溶的氢是产生水的关键。

为了阐明月壤钛铁矿为什么能够储存如此大量的氢，科研团队通过高分辨电子显微镜实验，研究发现月壤钛铁矿相比地球上的同种矿物存在明显的晶格膨胀。结合第一性原理计算模拟，月壤钛铁矿由于其独特的晶体结构，在晶格方向存在亚纳米孔道，这种纳米孔道可以吸附并储存大量来自太阳风氢原子。当每个 FeTiO_3 分子可以吸附4个氢原子时，模拟得到的晶格膨胀结果与实验数据相吻合。

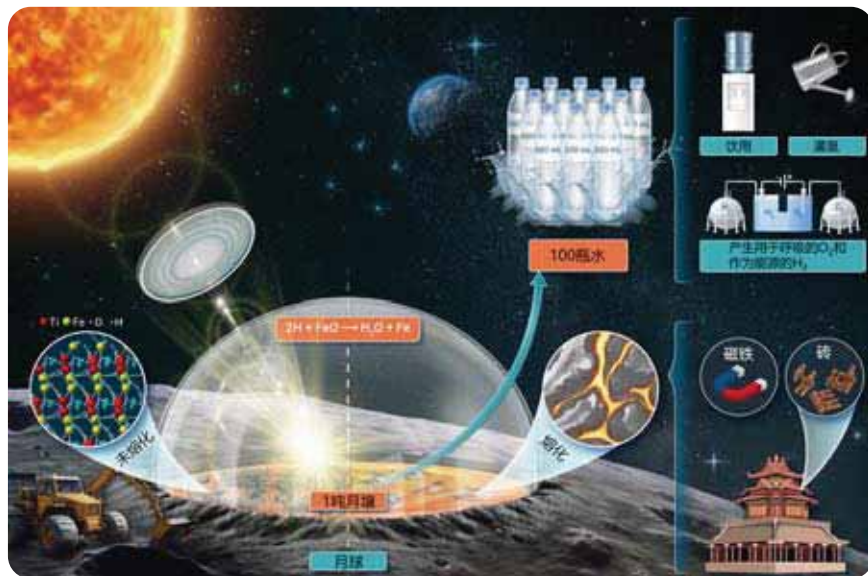
实验还发现，原位电子辐照可以降低氢与铁氧化物的反应温度。在1.5-2 nA和300 kV电子束的辐射下，水的生成温度可以从873K以上降低至473K。这个结果可以解释前人发现的氢元素在月球上分布随着纬度的变化规律：赤道位置由于受太阳风辐照最强，而太阳风中

含有大量电子，使得其中的氢更多被还原成水蒸气挥发出来；高纬度受太阳风电子辐照影响较小，可以保留更多的氢。

基于以上研究结果，科研团队提出一种具有可行性的月球水资源原位开采与利用策略：

(1) 首先通过凹面镜或菲涅尔透镜聚焦太阳光加热月壤至熔融。加热过程中，月壤将会与太阳风中注入的氢反应生成水、单质铁和陶瓷玻璃。(2) 产生的水蒸气被冷凝成水，并被收集储存在水箱中，可以满足月球上人类与各种动植物的饮水需要。(3) 通过电解水可以产生氧气和氢气，氧气可以供人类呼吸，氢气可以作为能源使用。(4) 铁可以用于制造永磁和软磁材料，为电力电子器件提供原材料，也可以用作建筑材料。(5) 熔融的月壤也可以制作成具有榫卯结构的陶瓷玻璃砖块，用于建造月球基地建筑。该策略将为未来月球科研站以及空间站建设提供重要的设计依据，并有望在后续的嫦娥探月任务中发射验证性设备以完成进一步确认。

宁波材料所霍军涛研究员、王军强研究员和物理所白海洋研究员为通讯作者，宁波材料所博士生陈霄和杨世玉、陈国新博士、许巍副研究员为论文的共同第一作者，宁波材料所为第一完成单位与第一通讯单位。合作单位包括物理所、松山湖材料实验室、航天五院钱学森实验室、哈尔滨工业大学和南京大学等。



通过加热月壤收集月球水的原位开采与利用策略示意图

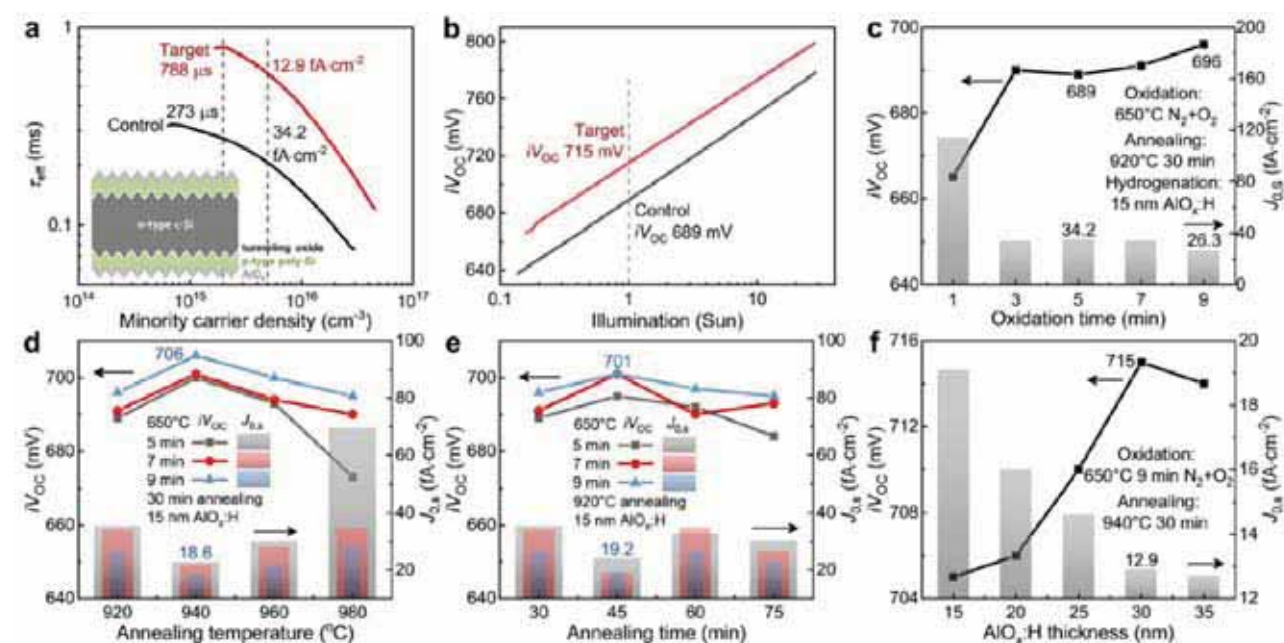
n-i-p 钙钛矿 / 晶硅叠层太阳能电池技术取得新进展，显著提升电池性能

钙钛矿 / 晶硅叠层太阳能电池具有开发面向效率大于30%光伏组件的潜力，是当前光伏领域研究的热点和重点。隧穿氧化层钝化接触（TOPCon）硅太阳能电池是一种极具竞争力的晶体硅电池技术，是当前产业的主流技术，兼具高效率、成本效益和大规模生产等优势。光伏产业十分关注如何开发基于TOPCon底电池的高效钙钛矿 / 晶硅叠层电池技术。

高质量的双面TOPCon底电池需要在n型TOPCon电子收集端和p型TOPCon空穴收集端同时实现良好的表面钝化。然而，在绒面上，基于掺硼多晶硅的钝化接触结构（p型TOPCon结构）的钝化质量不佳，导致了底电池的开路电压（ V_{oc} ）显著下降，严重制约了基于TOPCon

底电池的叠层电池效率提升。

近期，硅基太阳能及宽禁带半导体团队在叶继春研究员的带领下，联合浙江大学余学功教授团队，在自然子刊 *Nature Communications* (2024, 15, 8453) 发表题为“Highly passivated TOPCon bottom cells for perovskite/silicon tandem solar cells”的研究论文（论文链接：<http://doi.org/10.1038/s41467-024-52309-2>），系统研究了在绒面上p型TOPCon钝化质量的提升及其在高效叠层电池中的应用。宁波材料所2024届博士生丁泽韬、浙江大学2024届博士生阚晨霞为共同第一作者，宁波材料所叶继春研究员和曾俞衡研究员、浙江大学余学功教授为论文共同通讯作者。



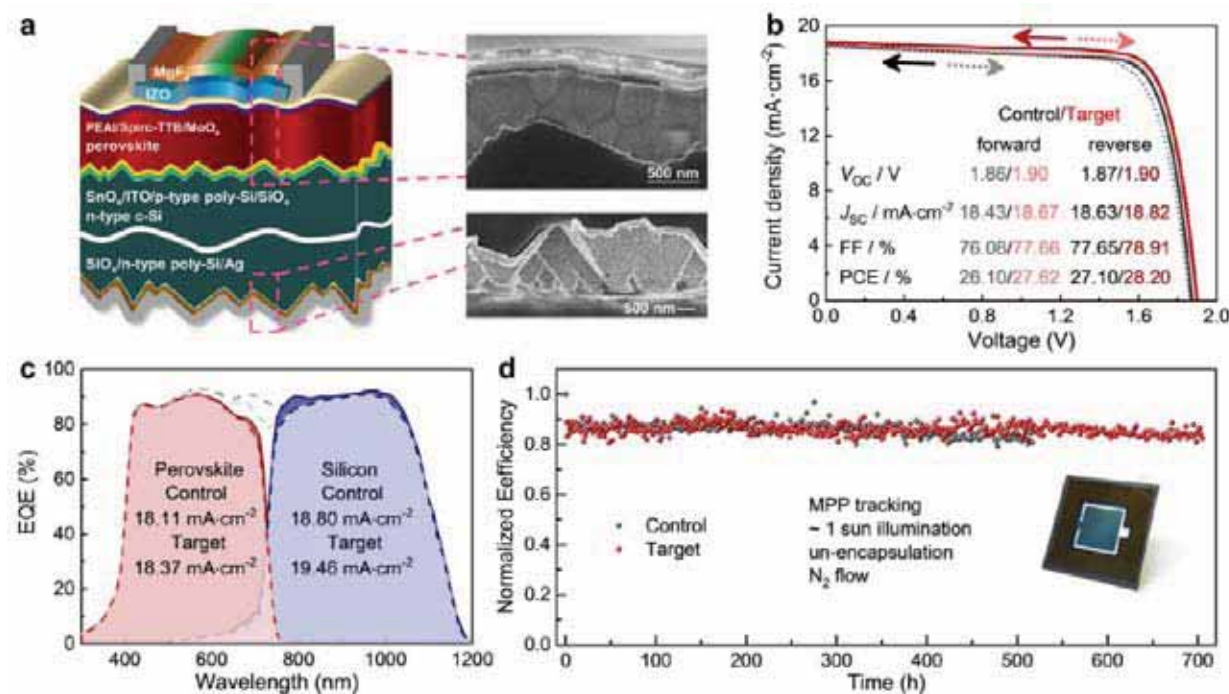
p型TOPCon在绒面结构上钝化质量的提升

该工作的创新点及重要性在于，通过改善绒面氧化硅的完整性、优化硼扩散曲线、提升氧化铝注氢质量等策略，显著提升了 p 型 TOPCon 的钝化质量。具体来说，常规的双面对称寿命片的单面饱和电流密度 ($J_{0,s}$) 和隐含开路电压 (iV_{oc}) 分别是 34.2 fA/cm² 和 689 mV；优化后的 p 型 TOPCon，寿命片的 $J_{0,s}$ 和 iV_{oc} 分别为 12.9 fA/cm² 和 715 mV；双绒面 TOPCon 底电池的开路电压从 690 mV 大幅提升至 710 mV。该工作目前所获 TOPCon 底电池相关技术指标处于行业内先进水平。

进一步，团队将该 TOPCon 底电池与钙钛

矿顶电池集成，成功制备出 n-i-p 型正式钙钛矿/硅两端叠层太阳电池 (1 cm²)，获得超过 1.9 V 的开路电压和 28.20% 的效率（认证效率为 27.3%），显示出该体系具有开发高效叠层电池及组件的潜力。

本研究得到了国家自然科学基金 (61974178、U23A20354、62025403、62304201)、浙江省重点研发项目 (2021C01006、2024C01055)、宁波市重点研发项目 (2022Z114)，及中科研和、晶科能源、阿特斯阳光电力、海南钧达新能源等公司与宁波材料所共建工程中心等的支持。



正式钙钛矿 / 晶硅叠层太阳电池器件结构及其性能参数

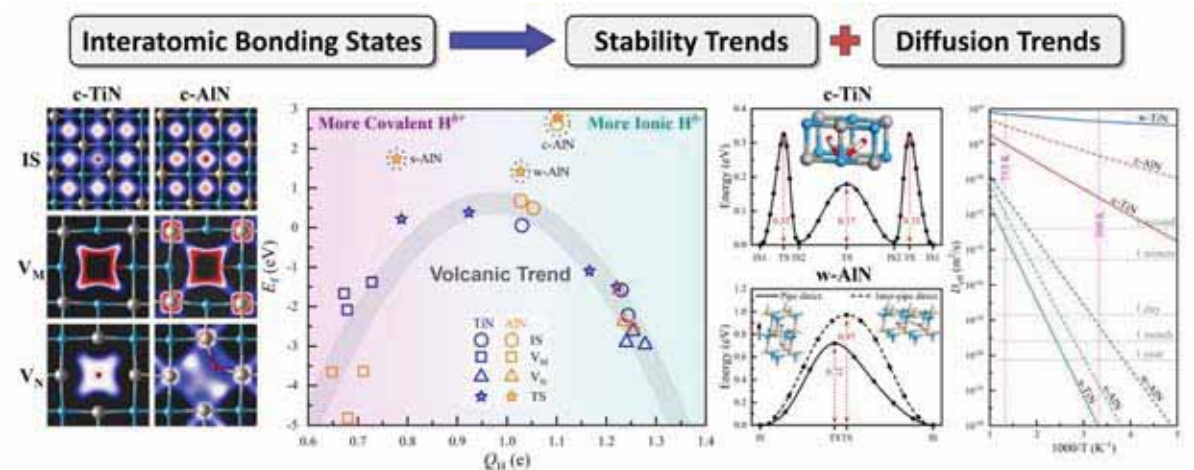
突破氮化物氢杂质研究，掌握微观行为规律和机理

氮化物涂层具有致密的晶格结构、较高的结构 / 化学稳定性和优异的力学性能，能在许多重要服役环境（海洋、辐照、核电、催化、半导体）中为金属部件和微型器件提供有效保护，在保护过程中会广泛涉及到环境氢杂质和涂层的相互作用过程。因此，研究氢杂质在涂层中的微观运动规律和机理对于科学研究和工程应用而言非常重要。

海洋关键材料全国重点实验室、前沿交叉科学研究中心黄良锋研究员带领团队探究了氢杂质在典型氮化物涂层（TiN 和 AlN）中复杂多变的稳定性规律和运动行为，成功为其构建了统一性的机理解释。研究人员利用第一性原理计算方法，系统研究了氢杂质在 TiN 和 AlN 晶格间隙和空位中的稳定性和扩散行为，创新性地发现氢杂质稳定性和其电子数之间呈现“火山曲线”的依赖关系，以此统一了氢杂质在氮

化物中的成键机理、稳定性规律和动力学行为；扩展研究了氢杂质在多种氮化物晶界结构中的稳定性和扩散规律，进一步验证了所发现的成键机理和“火山曲线”依赖关系具备普遍适用性。

本工作不仅统一了氮化物涂层中氢杂质复杂多变行为背后的微观机理，也为相关涂层设计准则提供了底层原理依据。该项研究成果以“Chemical-bonding and lattice-deformation mechanisms unifying the stability and diffusion trends of hydrogen in TiN and AlN polymorphs”为题，发表在国际冶金领域顶级期刊《材料学报》上 (*Acta Materialia* 2024, 281, 120447)。本论文的第一作者为 2021 级硕士生何钦生（宁波大学联合培养），通讯作者为黄良锋研究员。该研究成果获国家自然科学基金委联合基金项目 (U21A20127) 和面上项目 (22272192) 的支持。



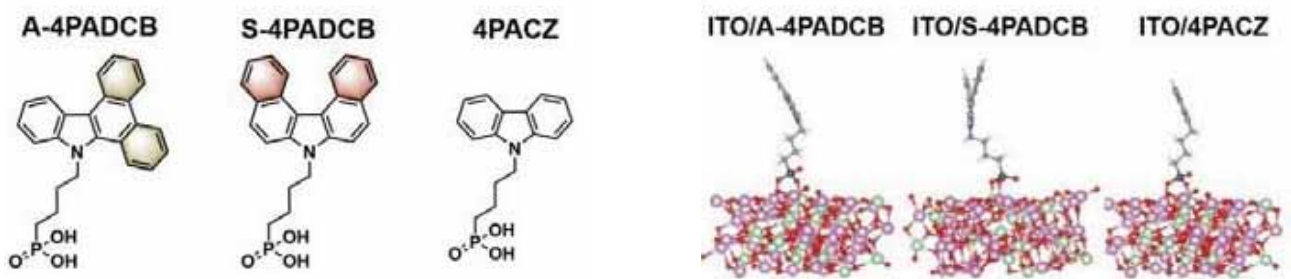
氮化物涂层中多种微观结构上氢杂质的成键机理、稳定性和运动规律的统一性理解

突破高效柔性钙钛矿太阳能电池技术，大幅提升电池性能

柔性钙钛矿太阳能电池 (f-PSCs) 由于其其在柔性光伏领域中的潜在应用而引起了广泛关注。其优点包括固有的灵活性、良好的可加工性、轻量级结构、适用于大面积制备和高性能。目前，小面积 f-PSCs 已经取得了超过 24% 的认证光电转换效率 (PCE)，但由于钙钛矿与柔性掩埋衬底之间的接触不良，钙钛矿在柔性衬底上的生长仍然是一个关键难题，严重影响了器件在室外条件下的效率、稳定性和延展性。

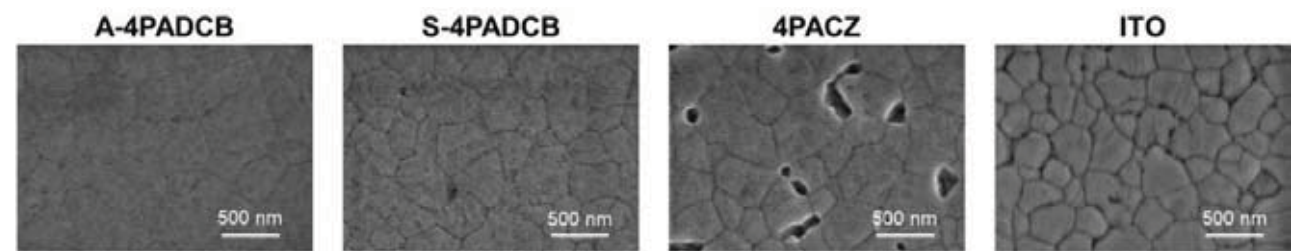
为解决这一问题，前期有机光电材料与器

件团队在葛子义研究员的带领下通过薄膜形貌调控、新型二维钙钛矿材料设计和载流子传输层修饰 (Joule 2024, 8, 1120; Adv. Mater. 2024, 36, 2401537; Adv. Mater. 2024, 36, 2400852; Angew. Chem. Int. Ed. 2024, 63, e202403610; Angew. Chem. Int. Ed. 2024, e202316898; Adv. Mater. 2024, 36, 2309998; Adv. Mater. 2024, 36, 2309208; Energy Environ. Sci. 2023, 16, 5423; Adv. Mater. 2023, 35, 2302752; Angew. Chem. Int. Ed. 2023, 62, e2022175; Energy



A-4PADCBC、S-4PADCBC 和 4PACZ 的分子结构

DFT 计算得到的 SAMs 在 ITO 上锚定的模拟侧视图

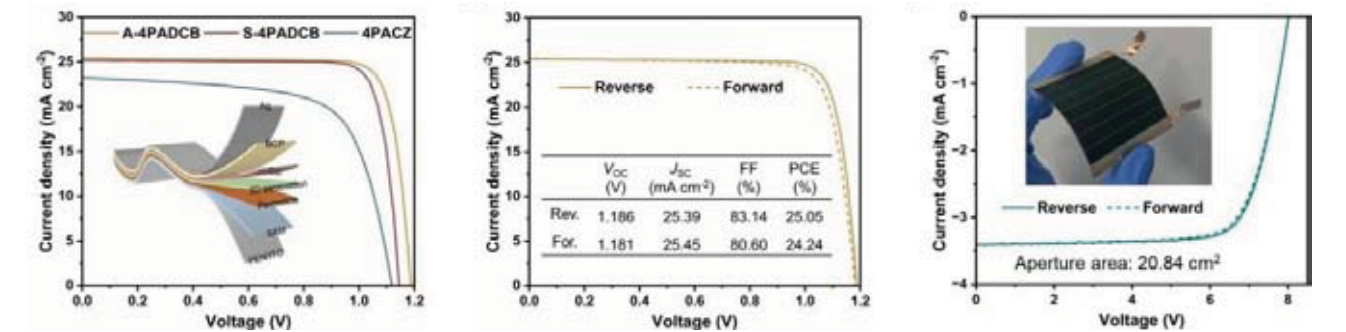


不同界面或裸 ITO 上钙钛矿薄膜埋底界面的 SEM 图像

Environ. Sci. 2022, 15, 3630) 等手段，大幅提升了刚性和柔性钙钛矿太阳能电池的效率和稳定性。近日，针对柔性钙钛矿太阳能电池界面缺陷多和机械柔韧性差的问题，该团队设计并合成了一种非对称 π 扩展的自组装单分子 (SAM) (A-4PADCBC)。作为倒置 f-PSCs 的埋底空穴传输界面，它在 ITO 上具有最佳的覆盖，并增强了与钙钛矿的界面接触。这种设计加速了空穴的提取，抑制了界面非辐射复合，降低了缺陷密度。其偏离中心的偶极子取向的不对称结构有利于调节末端苯环与表面法线之间的倾斜角，从而促进上层钙钛矿层的生长。将 A-4PADCBC 应用于 f-PSCs，小面积柔性器件 PCE 高达 25.05%，孔径面积为 20.84 cm^2 的柔性钙钛矿太阳能组件 (f-PSM) 的 PCE 为 20.64% (认证为 19.51%)，是目前公开报道的柔性钙钛矿太阳能电池的最高效率之一。此外，基于 A-4PADCBC 的 f-PSCs 表现出良好的热稳定

性、光运行稳定性和弯曲稳定性。因此，本研究结果强调了掩埋基底大取向角的重要性，并为钙钛矿太阳能电池的界面改性提供了有效的分子调控策略。

相关成果以“Large Orientation Angle Buried Substrate Enables Efficient Flexible Perovskite Solar Cells and Modules”为题发表于 Advanced Materials 期刊上 (<https://doi.org/10.1002/adma.202407032>)。宁波材料所博士生童欣雨为该论文的第一作者，宁波材料所葛子义研究员和谢莉莎博士后、暨南大学麦耀华教授和吴绍航副研究员为该论文的通讯作者。该研究得到国家杰出青年基金 (21925506)、国家自然科学基金 (U21A20331、81903743、22209192、62275251)、浙江省自然科学基金 (LY24F040002)、浙江省尖兵领雁计划 (2024C01091) 和中国博士后科学基金 (2022M713242) 的支持。



f-PSCs 的最佳 J-V 曲线及器件结构图

基于 A-4PADC 的冠军 f-PSC 的 J-V 曲线

基于 A-4PADCBC 的孔径面积为 20.84 cm^2 的冠军 f-PSM 的 J-V 曲线

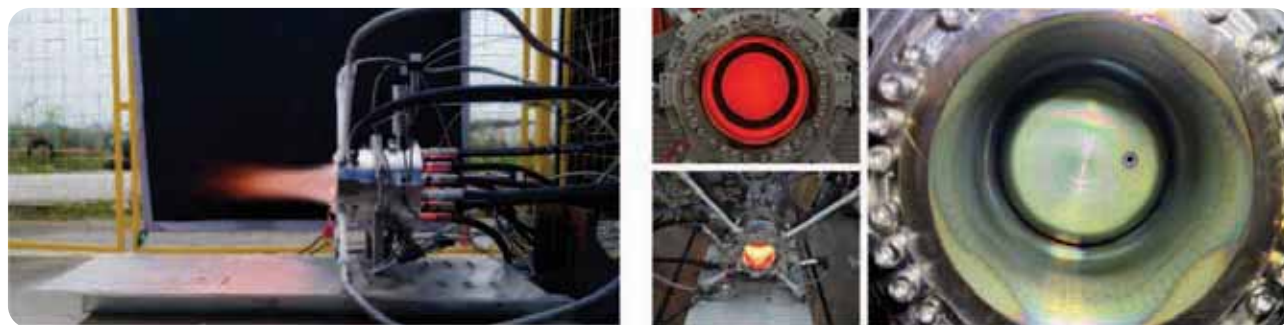
突破爆轰极端燃烧热防护关键技术， 基于主动气膜冷却的旋转爆轰燃烧室 10 分钟长时点火取得成功

旋转爆轰发动机（Rotating Detonation Engine, RDE）是基于爆轰燃烧的新型动力装置，在能源与动力领域具有广泛的应用前景，具有自增压、结构简单、热效率高、释热快等突出优势，是航空航天领域的国际竞争热点。爆轰是化学反应与激波耦合的极端燃烧现象，爆轰发动机内流场是高温、高压的极端苛刻环境，旋转爆轰燃烧室的内外壁面等热端部件需要承受高频的激波载荷和热冲击，结构强度和可靠性面临较大挑战。

激光与智能能量场制造工程团队针对航空发动机热端部件防护技术开展了系统性研究，在先进气膜冷却技术领域取得重要突破。针对旋转爆轰发动机热防护需求，团队开展了基于主动气膜冷却的旋转爆轰发动机燃烧室热防护技术研究。2024 年 1 月 13 日，团队在试验中成功点火起爆带有气膜冷却系统的旋转爆轰发

动机，证明了该技术的可行性。2025 年 1 月 17 日，团队采用改进的冲击气膜冷却热防护结构，实现了 10 分钟的旋转爆轰长时热点火。

实验采用团队自主研发的带有气膜冷却系统的旋转爆轰发动机原理样机（Long-running RDE, LRDE），燃烧室结构、气膜孔设计基于全尺寸高精度仿真进行了多次优化迭代。实验中，点火起爆后旋转爆轰燃烧室的外壁面温度约在 100 秒后达到热平衡状态，旋转爆轰燃烧室持续稳定工作 10 分钟，直至燃料系统关断。实验结果表明，气膜射流在燃烧室壁面形成有效保护，熄火后燃烧室结构完整，无破坏、无烧蚀。研究对于提高旋转爆轰发动机长时间工作稳定性、推进工程化应用、实现可重复使用具有重要意义。



带有主动气膜热防护系统的旋转爆轰燃烧室长时点火实验成功

突破关键制备技术，成功制备碳化硅纤维

碳化硅纤维具有低密度、高强度、高模量以及优异的耐高温、抗氧化、耐辐照和耐腐蚀等性能，在航空、航天、核工业等领域具有极其重要的应用价值。随着核能技术的快速发展，对高安全结构材料的需求日益增加。碳化硅纤维增强碳化硅复合材料因其低中子毒性、耐中子辐照和耐高温氧化等特性，成为先进核能系统重要的候选结构材料。

先驱体转化法是目前制备细直径连续碳化硅纤维的主流方法，其包括先驱体合成、纺丝、不熔化和烧成等关键步骤。然而，由于其工艺流程复杂、影响因素众多，碳化硅纤维的研制面临着重重考验。

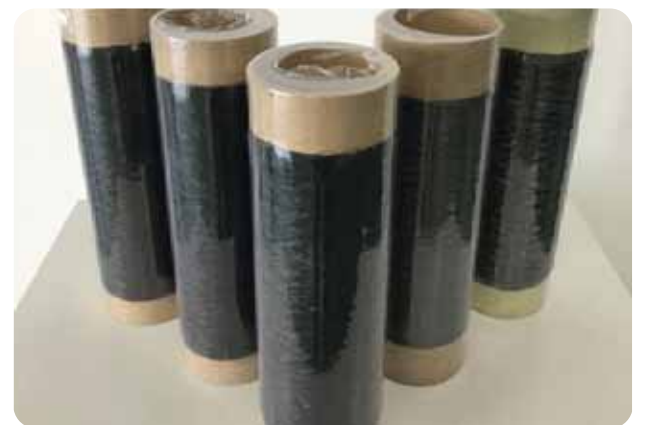
先进核能材料实验室自 2014 年起开始碳化硅纤维研究工作，一边搭建研发平台，一边开

展技术攻关，克服重重困难，历经上千次实验，终于在 2024 年取得显著进展。突破了空气不熔化和电子束辐照交联关键设备与工艺技术，成功研制了第一代和第二代碳化硅纤维，其拉伸强度突破 3 GPa，并实现了氧含量的有效调控。在此基础上，团队进一步解决了高温转化过程中的缺陷控制难题，成功制备出第三代碳化硅纤维，其拉伸强度达到 2 GPa，拉伸模量 ≥ 350 GPa，氧含量 $\leq 0.5\%$ 。

研究团队下一步将聚焦于优化制备工艺与提升制备效率，致力于实现高性能碳化硅纤维的批量稳定制备，同步开展复合材料制备与性能研究，从而为满足先进核能系统对高安全结构材料的迫切需求奠定坚实基础，助力我国核能技术的进一步发展。



前湾园区的电子加速器



宁波材料所研制的高性能碳化硅纤维

签约协议

生物基疏水二甲酸酯合成与应用关键技术 共建绿色功能材料创新实验室 绿色低维材料工程技术中心 新型稀土记忆高性能磁性材料产业化 高性能聚酰亚胺材料产业化



FOREIGN COOPERATION AND EXCHANGE

对外合作与交流

2024 年，宁波材料所坚持使命导向定位，着力贯通科技制高点与产业的融合点，大力推动落实《面向 2030 年世界一流新材料科研机构建设方案暨中长期发展规划》要求，肩负着科技成果转化赋能新质生产力的重要使命。通过共建创新联合体、整建制推动合作等方式，主动出击组织实验室和科研团队与央国企、行业领军以及宁波市头部企业对接互动，建立合作。

瞄准企业关键共性技术需求 持续加强头部企业合作

宁波材料所面向国家战略和产业发展需求，探索共建创新联合体模式，建立了贴近需求端的研发反馈机制，围绕海洋关键材料与应用技术、磁电功能材料与器件、特种高分子与复合材料三个主攻方向开展对接，全年新增四技合作项目 186 项。

宁波材料所与中国石化旗下重点骨干炼化

工企业中国石油化工股份有限公司镇海炼化分公司共建绿色功能材料创新实验室。围绕化工新材料科技前沿和发展趋势，创新实验室将在项目合作、人才培养、平台建设、成果转化等方面开展深度合作，推动产业链、创新链、人才链、价值链深度融合，为宁波石化产业转型升级和化工新材料产业高质量发展提供支撑。



镇海炼化签约仪式

宁波材料所与国内 ICT 头部企业共建创新实验室。经过一年的组织策划，牵头整合团队力量，以实验室维度深度对接产业需求，将双方合作从自由对接的项目合作提升至项目群合作的新高度。创新实验室作为技术高效迭代反馈的研发平台，为 ICT 行业发展提供新材料支撑。

宁波材料所统筹推进与生物基头部企业安徽

丰原集团开展整建制生物基高分子合作，签订战略合作协议，共建生物基材料系列产品开发平台，围绕“双碳”目标，组织相关实验室整建制参与围绕 PLA 下游应用的材料需求的合作，一期启动新型二维材料聚乳酸纳米复合材料研发、高强高韧聚乳酸开发等 6 个项目。



安徽丰原签约仪式



中国稀土集团签约仪式

紧扣市场前沿应用导向 推动高质量成果转化项目落地

通过产业合作与联合攻关，加速科技成果在企业的转化应用，推动科技成果转化为现实生产力。2024 年，实现 8 项重大成果转移转化。

与中国稀土集团开展产业化合作，推动高丰度 Y 基稀土永磁相关技术转让，工程化中试

技术的推广将有利于解决我国稀土资源的平衡利用；开展超高牌号钕铁硼技术揭榜挂帅，解决行业难题；持续扩大合作影响力，推动与企业申报共建国家稀土技术创新中心。

与位列全国制造业 500 强的宁波市广博集

团携手开展转化合作，围绕硅碳负极材料下游应用，着力改进电池应用开发环节，全力攻克材料循环稳定性关键共性问题，提升产品性能和市场竞争力；相关技术投入应用后，在消费电子领域、新能源领域等高能源需求方面拥有广阔的应用前景。

在与宁波市企业合作方面，主动出击组织实验室和科研团队与宁波市头部企业对接互动、建立合作。2024 年与宁波市企业开展技术攻关 52 项。其中，与宁波轨道交通集团组建了城市轨道交通绿色低碳工程技术中心，与康强电子

联合攻关集成电路用超细铜丝，与宁港永磁共同带动轨道交通用驱动电机的转型升级。

在推动高质量成果转化战略咨询方面，组织策划“抢占科技制高点·赋能新质生产力”战略研讨会，并成立第二届技术转移转化咨询委员会。委员会由宁波市知名企业董事长、孵化企业创始人等 22 位专家组成，委员会的成立将有力保障宁波材料所肩负好中国科学院与宁波市合作“标杆典范”排头兵的重任，以科技创新支撑产业发展，保障双链安全，为宁波打造新材料科创高地作出应有的贡献。



第二届技术转移转化咨询委员会合影

抢抓专利盘活试点单位契机 全面提升专利运营转化效能

2024年2月，宁波材料所入选中国科学院存量专利盘活试点单位，抓住加快专利盘活运用的机会，出台《关于加快推进专利运用工作方案（2024-2025）》，以“盘活存量，做优增量”为指导思想，按照“保护一批、转让一批、开放许可一批、放弃一批”的具体举措要求，顺利完成了试点工作任务。提前完成全部3000余件存量专利分级分类及登记入库，全年新增200余件专利许可转让，全面提升专利运营转化效能。

宁波材料所遴选100件专利向宁波市企业进行免费专利许可。通过专利免费许可，降低

企业采用新技术的风险，形成科研与应用的良好互动，推动科技与产业的深度融合。免费许可活动获得浙江省委常委、宁波市委书记彭佳学的批示肯定，并获得社会各界广泛关注。

深入实施专利分析布局，通过高等级专利技术对标、高价值专利运营及培育，完成《钕铁硼废料回收及再生技术》《旋磁铁氧体技术》《非晶纳米晶软磁粉体》《减反膜专利技术》《爆轰发动机技术》《碳化硅陶瓷分离膜技术》《辐射交联聚乙烯技术》等7项专利分析报告，为下一代商用技术研发奠定基础，抢占技术布局先机。



部分专利分析报告

HUMAN RESOURCES 人力资源



2024 年，宁波材料所深入学习贯彻习近平总书记关于做好新时代干部人才教育工作的重要论述和对中国科学院的重要指示批示精神，紧紧围绕抢占科技制高点这一核心任务，在精准集聚创新人才方面下真功夫，在优化人才成长环境上集中发力，在创新人才发展体制机制上攻坚克难，持续推动人才优势向创新优势、发展优势转化，为加快抢占科技制高点提供坚强的人才支持和组织保障。

多措并举精准引才，构建人才引进系统工程

2024 年，宁波材料所进一步完善人才领导和工作机制，形成了党政协同、同向发力、广泛参与、共同推进的人才工作格局。坚持党管人才原则，成立人才工作领导小组，由党委书记担任组长，加强对研究所高水平人才队伍建设自上而下的顶层谋划。健全人才工作推进机制，成立人才工作小组，强化“人才、项目、资源”一体化配置统筹协调，相关部门密切配合，确保人才工作重大政策落实、重要工作推进、重点人才服务到位。

聚焦主攻方向和特色亮点领域，加强高精

尖缺人才的精准引进。修订并出台《新时期人才引进的实施办法》，加大对领域内知名专家和“高精尖缺”人才的吸引力度。成功引进海洋关键材料全国重点实验室、原子和近原子尺度制造、涉海极端耦合条件大科学装置以及 AI+ 新材料等重点布局领域的四位顶尖科学家和领军人才；立足全球视野，赴英国、新加坡、澳大利亚和香港等地，组织 30 余场宣讲和教授见面活动，近 500 位海外人才参与交流；持续深耕研究所人才品牌建设，组织第七届“材料+”世界青年学者学术论坛，围绕主攻方向和特色



亮点方向，从 300 余位报名候选人中定向邀请 90 余位国内外人才参加，不断夯实优秀青年人才储备库。

宁波材料所现有员工 950 余人，博士后 240 人，其中在所全职工作的两院院士和发达国

家院士 8 人、杰青 7 人，从海外引进高层次人才 400 余人。获得各类人才计划支持近 900 人次，其中国家级人才计划支持近 90 人次、省部级及以上人才计划支持近 400 人次。连续两年入选院人才工作先进单位。

自主培养倾心育才，积蓄人才干部源头活水

建立自主人才培养体系，强化通过成就事业来成就人才原则，致力于造就一流领军人才和团队，构筑人才“蓄水池”。制定并出台《所长基金人才培育专项》，实施以项目为牵引的育才机制。在定位上，中青年领军人才（培育 A 类）坚持“树立标杆”，青年拔尖人才（培育类 B 类）注重“培养潜力”，青年托举人才（培育 C 类）强调“留住青年”。2024 年，研究所遴选并支持了 A 类 2 人，B 类 4 人，C 类 10 人；优青入选 1 人，上海分院杰青入选 1 人。举办第二期青年科学家国情院情研修班，实验室负责人、

团队副组长、所长基金人才培育专项支持人员共 20 余人参加培训，通过沉浸式体验家国情怀，增强了责任感和使命感。

探索干部体系化建设，选优配强干部队伍，并加大年轻干部选拔培养力度。建立与资源统筹保障相匹配的管理体系与管理队伍，组织中层干部全员竞聘上岗，选拔 31 名管理支撑部门负责人到合适岗位，加大年轻干部使用力度，35 岁以下年轻干部占比增加 13%。掌握一批可近期关注干部和青年干部名单，建立了党政主要负责人与年轻干部的交流联系机制，通过组织“成



第二期青年人才国情院情研修班

长、关怀、责任” 青年人才座谈会，强化对年轻干部的关心与爱护。加大干部交流学习力度，探索复合型干部人才的培养路径，建立了科技岗位和管理相关岗位双向交流任职的机制。并推荐 2 名管理干部参加宁波市中青班学习，6 名优秀青年管理人员到院机关相关部门学习锻炼。

A 中青年领军人才

树标杆

培养目标:达到/超过国家杰青、国万领军等同层次人才水平

培养对象:在相关专业领域已取得突出创新性研究成果,展现良好创新能力和创造能力的正高级专业技术人员

B 青年拔尖人才

重培养

培养目标:达到/超过国家优青、国万青拔等同层次人才水平

培养对象:在相关专业领域崭露头角,具有良好培养潜力的优秀学术和技术骨干,年龄40周岁以下

C 青年托举人才

留青年

培养目标:旨在发掘和培养科技或技术领域的青年人才,帮助他们在创造力和创新力最旺盛的时期取得突破性成果

培养对象:青年副高、在站满2年/出站博士后中级人员年龄35周岁以下

建立自主培养人才体系

健全机制真心重才，优化人才政策创新生态

创新岗位管理和用人制度。对于承担重大任务的员工，优先纳入中国科学院特聘研究岗位，提供相对稳定的薪酬保障；持续优化年度岗位晋升工作，积极鼓励承担国家重大任务，强化科研成果的实际应用价值，2024 年有 6 人依据此项认定条件进入评审，其中 2 人通过，并出台专项任务在岗位晋升方面的支持政策，进行了有益探索；持续优化团队负责人聘期考核，在聘期目标方面取消文章与专利的数量要求。强化聘期考核

结果运用，1 人取消人才绩效津贴。

优化使命导向的人才激励、考核体系。根据国家和中国科学院党组关于深入推进考核评价体系改革等有关指导精神，结合研究所实际，制定出台《员工考核管理办法》，开展人才有序流动探索实践；修订《员工兼职管理办法》，引导员工将最主要精力聚焦到国家最紧迫的科技创新任务上；修订《管理人员年终绩效奖励办法》，强化年终考核结果回归荣誉属性。

用情服务诚心留才，持续增强员工归属感

通过一系列贴心举措，提升员工满意度和忠诚度，营造温馨和谐的工作氛围。包括但不限于改善办公环境、提供多元化福利、关注员工身心健康、加强员工关怀等，确保员工在研究所能够安心工作、舒心生活。2024 年协调区

教育局、学校等单位解决员工子女入托 27 人次、入学 53 人次。将特聘岗位人员纳入骨干专项体检范围，并提高 45 周岁及以上人员体检标准。全年组织材料所骨干专项体检和宁波市高层次人才体检共 142 人次，完成各类人才认定 141 人。



GRADUATE EDUCATION

研究生教育

2024 年宁波材料所贯彻落实中国科学院科教融合工作会议精神，结合研究所体制机制改革和 2030 规划目标，坚持培养德智体美劳全面发展的社会主义建设者和接班人的根本方针，积极推进国科大宁波材料工程学院的运行管理和研究生教育的高质量发展。

科教融合工作扎实推进

当前正值中国科学院科教融合 3.0 建设的关键时期，中国科学院对新时期强化校所合作交流、深化科教融合提出了新要求。为深入推进教育、科技、人才一体化的协同发展战略，宁波材料所积极开展与中国科学技术大学、哈尔滨工业大学、上海大学、宁波诺丁汉大学、宁波大学、浙江工业大学等重点合作高校的互

访交流，牵头举办 2024 年“科教融合 协同育人”工作研讨会暨建所 20 周年青年学者论坛，探索联合培养质量提升策略，助力拔尖创新人才培养，促成新一轮所校合作协议签署。同时，积极争取院人事局、国科大、省教育厅的政策支持，进一步夯实科教融合工作基础。



科教融合会议合影

招生工作取得重要突破

2024 年，宁波材料所多渠道拓展招生名额，满足研究所高质量发展阶段的人才需求。积极向教育部、中国科学院大学争取各类专项计划增招指标：依托工程硕博士改革专项计划，与华为、苏州实验室、松山湖实验室等头部企业、国家实验室建立合作招生；依托“国家卓越工程师学院”建设专项，与哈尔滨工业大学联合招收首批次 24 名合培生（23 名博士，1 名硕士），生源结构持续优化。举办 2024 年“梦启甬城，心动科苑”大学生暑期夏令营，吸引来自全国 56 所高校的 135 名同学参与，录取

推免生（含直博生）73 人，优秀生源率增幅 8.1%，生源质量持续提升。2024 年全年招收各类研究生 790 余人，在学研究生达 2300 人。



导师队伍建设持续加强

宁波材料所现有导师 434 人，其中全职导师 295 人（含全职博导 177 人，全职硕导 118 人），来自行业或企业的兼职导师 139 人。通过组织研究所导师重新聘任、师德师风自查，开展年度优秀导师评选，举办教师节庆祝大会，以及教师节慰问等多种形式积极营造尊师重教的浓厚氛围，进一步夯实导师育人职责。

黄庆、葛子义荣获 2024 年中国科学院优秀导师奖，14 名导师荣获 2024 年度宁波材料所优秀导师奖，15

名导师荣获 2024 年度冠名奖教金“教书育人奖”和“优秀辅导员奖”等荣誉。



2024 年教师节庆祝活动 - 优秀导师表彰

研究生培养质量成效显著

着力培养创新拔尖人才，博士研究生李升旭、汪水波、王敏力分别在 *Nature Chemistry*、*Nature Nanotechnology* 等知名期刊上发表论文；研究生在各级评奖评优中表现突出，1 名研究生荣获中国科学院优秀博士学位论文，4 名研究生荣获中国科学院院长奖学金，并连续第五年荣获中国科学院院长奖学金特别奖，148 人次获校级及以上荣誉。

2024 年研究生就业率超过 95%，留甬率、留浙率稳定提升，累计为社会输送毕业生超 4700 余人，为宁波市输送毕业生 1200 人。通过组织校友返校暨校友论坛等活动，凝聚校友力量，发挥校友与宁波材料所的桥梁纽带作用。



陈振宇 院长特别奖



2024 年度中国科学院优秀博士学位论文（丁浩明）

研究生大思政体系持续完善

建立研究所党委统一领导，党政办、研究生处、综合管理处等管理部门密切配合的大思政工作体系，齐抓共管学生党建、意识形态、培养质量、学工活动、安全心理等工作。强化思政引领的政治功能，成立研究生党总支及 8 个研究生党支部，与团支部、班级形成“党-团-班”一体化的工作格局，进一步提升研究生思政工作针对性、实效性。组织开展“两弹一星”精神宣讲会、积极承办国科大“青春之约”文艺汇演、“科苑杯”羽毛球联赛、科研诚信知

识竞赛等一系列培养学生科研和人文素养，促进身心健康的校园文化活动。研究生会荣获国科大 2024 年“优秀学生会组织”。



首次属地化集中教学顺利开展

以促进课程教学和科研工作融汇贯通为目标，与中国科学院大学积极沟通，获批开展首次体系化全年属地化集中教学，打造科教融合，产教融汇的特色课程体系。通过教研室研讨、外部师资聘任、课程培训、以赛促教等方式，克服课程体量大、教学师资短缺等压力，全年开设 65 门课程，保障 349 名研究生的课程需求。



浙江卫视黄小裕导演做客人文社科与艺术系列专题讲座

通过校院两级督导、教学检查，持续提升课程满意度（校级督导评价优良率 97%，学生满意度 90%）。依托融合教育教研室，打造《企业家系列讲座》、《人文社科系列讲座》等特色课程，拓展研究生的学科前沿视野。学院授课教师陈国新首次参加国科大青年教师教学基本功比赛，并荣获二等奖。



中哲集团杨和荣董事长作企业家系列专题讲座

科教产融合育人模式深入实施

以登峰学科为牵引，以教研室为单元，推动学科建设高质量发展。以教研室为单元，组织策划材料科学与工程一级学科申报宁波市登峰学科，答辩成绩排名第一。强化产教融合，组织科研团队与兴瑞科技、温州宏丰、中哲集团、宁波钢铁等头部企业开展产教融合对接交流会，推动学科-专业-产业一体化融合发展，做实宁波新材料卓越工程师研究生培养中心建设。

落实院市合作协议，积极争取宁波市教育局对国科大宁波材料工程学院的办学支持。积极争取教育捐赠项目，奖学奖教金项目再创新高。2024 年，年度冠名奖学金发放金额为 122.5 万，年度冠名奖教金发放金额为 78 万。



企业科研实践课程走进宁波钢铁



PLANNING AND DEVELOPMENT

规划与发展

正式获批“海洋关键材料全国重点实验室”

2024 年，由中国科学院宁波材料所牵头、中国科学院海洋研究所共建的海洋关键材料全国重点实验室正式获批。海洋关键材料全国重点实验室聚焦国家海洋战略和宁波市全球海洋中心城市建设的重大需求，布局了复杂海洋环境材料强耦合损伤理论、海洋长效防腐与绿色防污材料、海洋结构与功能一体化复合材料、海洋前沿功能材料创制四大研究方向。2023 年 12 月，中国科学院与宁波市在北京正式签署《中国科学院 宁波市人民政府深化战略合作协议》，

双方支持宁波材料所实施“双突破双倍增”计划，面向 2030 年打造世界一流新材料科研机构。此次全国重点实验室的获批，标志着宁波材料所完成了首个突破。下一步，宁波材料所将针对涉海极端条件下热 - 力 - 电化学等多因素耦合作用关键工程材料腐蚀损伤难评估、服役寿命难预测的问题，建设“涉海极端条件材料综合研究装置”重大科技基础设施，填补我国海洋工程材料性能研究领域的空白。



海洋关键材料全国重点实验室

优化科研组织模式 集聚优势力量形成高能级平台

2024 年，宁波材料所优化配置创新资源，优化科研组织和管理模式，加快团队整合，近 70 个团队最终整合为 12 个实验室 / 中心，形成“实验室 + 团队”的双轮驱动模式。随着海洋关键材料全国重点实验室成功获批，目前已建立以海洋关键材料全国重点实验室为核心的实验室 / 中心组织架构。此外，2 家省级重点实验室成功获批，5 家通过省科技厅组织的答辩，进入待认定序列。



高地

一流学科建设的重要抓手
科创高地的基座
谋划争取国家级平台的重要基础和必要条件

基盘

工程化验证与示范平台建设快速推进 保障国家重大任务实施

2023 年宁波材料所瞄准国家重要型号和重大工程“用得上”，强化“材料 + 制造”，贯通“新材料设计 - 工程化技术研发 - 工艺与装备系统集成”创新链，全力推进材料熟化和应用验证平台建设相关工作。前湾工程化验证与示范园区二期作为材料熟化和应用验证平台建设项目，总投资 12.36 亿元，总用地面积 13.54 公顷，总建筑面积 12 万平方米，分南区、北区两个板块启动建设。2024 年，前湾工程化验证与示范园区建设快速推进，二期项目南区已完成结构封顶，保障重要专项顺利推进和关键材料保供。



前湾工程化验证与示范园区施工现场



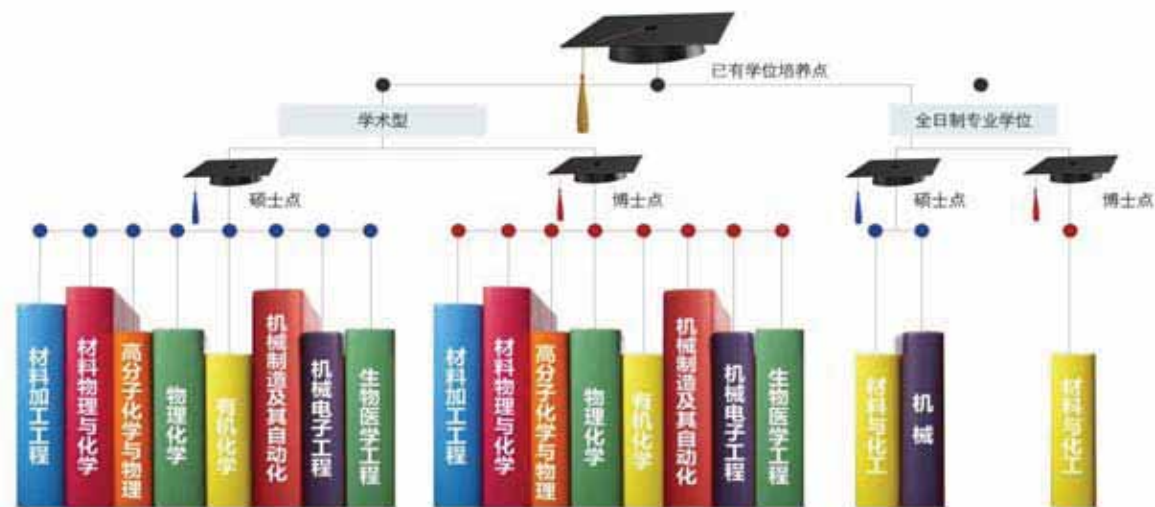
APPENDIX

附录

2024 年大事记

1 月

获批生物医学工程一级学科博士学位培养点，目前已拥有 4 个一级学科博士点、10 个研究生学位授予点。



3 月

3 月 25 日，第四届学术委员会成立大会暨第一次全体会议召开，杨桂林研究员任第四届学术委员会主任。



3 月 21 日至 25 日，王立平应邀参加第八届中法青年领导者论坛，并受到中共中央政治局委员、全国人大常委会副委员长李鸿忠接见。



3 月 29 日，柔性磁电功能材料与器件团队应邀在《科学》期刊发表了题为“一种更加生物友好的压电材料”的评述论文。



4 月

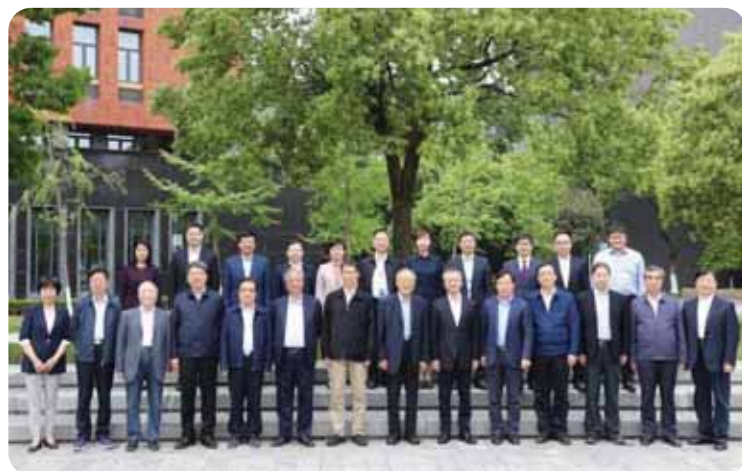
4 月 13 日，召开党员代表大会，选举产生第四届党委和纪委。



4月15日,召开“5-羟甲基糠醛的全混流连续生产关键技术”科技成果鉴定会,专家组一致认为:该成果达到国际领先水平。



4月20日,成立第二届战略咨询委员会,并召开面向2030年战略规划研讨会,材料及相关领域的近20位院士、专家为研究所发展献言建策。



4月20日,海洋关键材料重点实验室召开第一届学术委员会第一次会议。



4月28日,国家自然科学基金区域创新发展联合基金集成项目“超长寿命合金管材高强韧耐磨蚀一体化控形控性制造原理与方法研究”项目启动会暨实施方案论证会在所召开,该项目由宁波材料所牵头,其实施将助力宁波市新材料产业集群建设,提升我国核电核心部件的自主可控能力。



4月30日,祝颖丹研究员荣获“浙江省劳动模范”称号。



5月

5月27日,举办第一届激光极端制造国际学术会议暨第八届国际光子与激光工程学术会议。

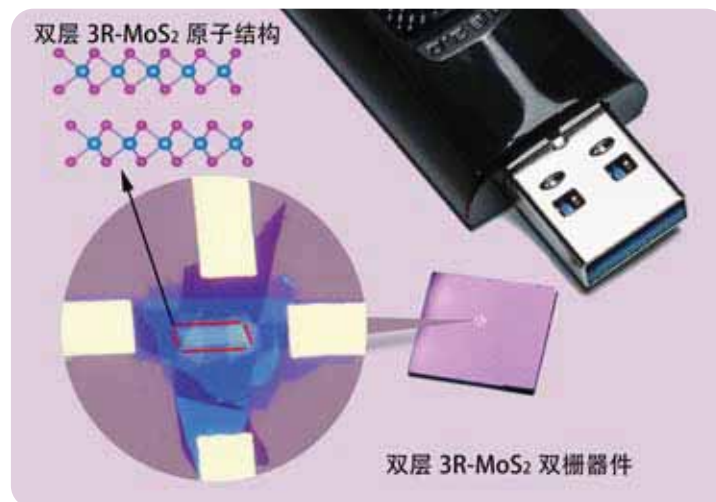


5月31日，召开科研管理体系调整宣布会暨抢占科技制高点研讨会，标志着宁波材料所完成科研、管理体系的调整，研究所在面向国家需求、成建制推动学科建设、增强原始创新能力、提高重大任务承建接力等方面迈出了坚实的一步。



6月

6月7日，柔性磁电功能材料与器件团队等在《科学》上发表了题为“Developing fatigue-resistant ferroelectrics using interlayer sliding switching”的研究文章，创制了一种无疲劳的铁电材料，为解决铁电材料的疲劳问题提供了全新途径。



6月22日，召开“抢占科技制高点·赋能新质生产力”战略研讨会，并成立第二届技术转移转化咨询委员会，王立平担任委员会主任。



7月

首艘安装仿生蒙皮螺旋桨的30万吨级超大型油轮完成3个航次的原油运输任务。数据显示，螺旋桨表面敷设了宁波材料所等研发的仿生蒙皮材料后，实船油耗数据显示下降约2%，按此计算，一艘超大型油轮每年可节约燃油300吨以上，直接经济效益高达100万元以上，减少二氧化碳排放量900吨以上。

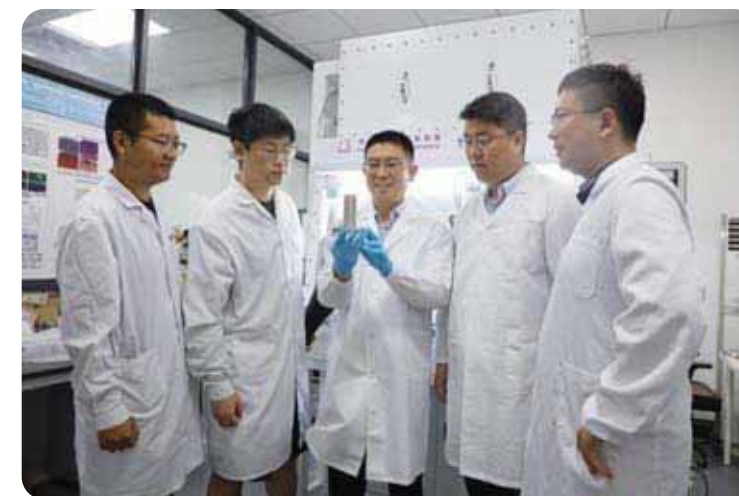


7月7日至10日，2024世界燃料电池大会在甬召开，来自13个国家氢能及燃料电池领域的专家、学者与产业界代表围绕氢能、燃料电池以及交叉学科作60余篇学术报告。



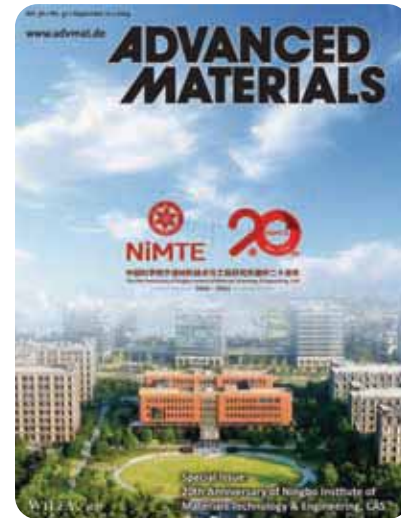
8月

8月22日，非晶合金磁电功能特性研究团队联合多个科研团队在国际学术期刊《创新》在线发表了题为“月球钛铁矿与内源性氢反应产生大量水”的研究文章，提出一种全新的基于高温氧化还原反应生产水的方法，有望为未来月球科研站及空间站的建设提供重要的设计依据。



9 月

9 月 14 日, *Advanced Materials* 宁波材料所专刊上线, 通过综述总结的形式展示了研究所近年来的高质量研究工作。



10 月

10 月 19 至 20 日, 举办第七届“材料与未来”世界青年学者论坛, 90 位海内外青年人才现场参会。



11 月

11 月 8 日至 9 日, 中国科学院学部“新材料+先进制造”科学与技术前沿论坛在甬举办, 国内新材料和先进制造领域的 29 位院士, 以及领军人才、青年学者等共 300 多人聚集一堂, 深入讨论最新研究进展, 凝练关键科学问题, 谋划未来学科发展, 助力人才成长。



11 月 8 日, “科学与中国”宁波行——“千名院士·千场科普”行动在甬开幕, 中国科学院段文晖院士、陈仙辉院士、陈春英院士作科普报告, 举办“科学与中国”之夜活动。

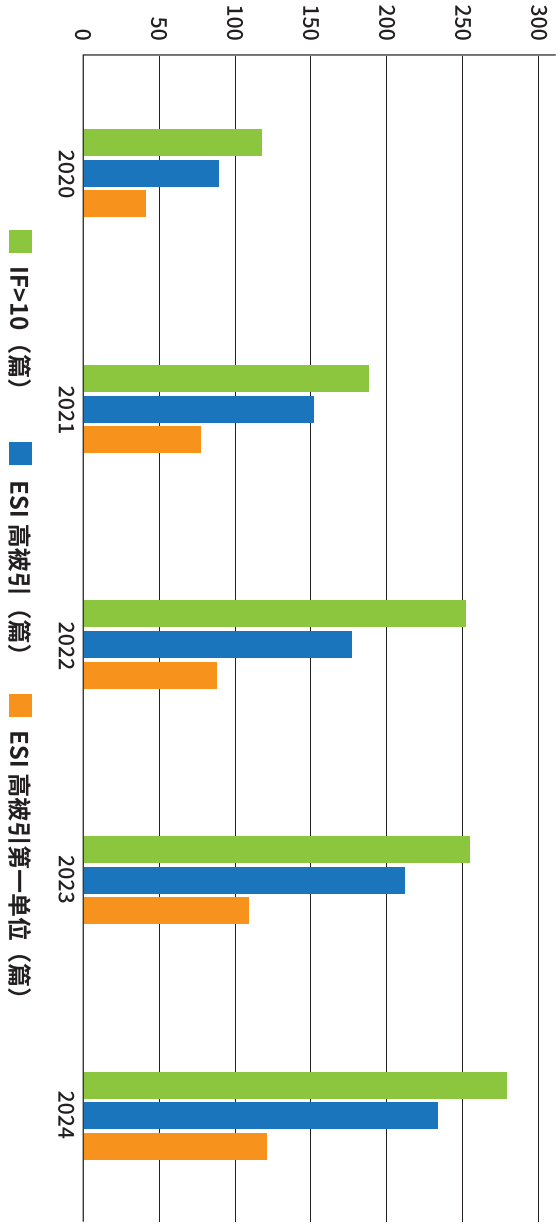


11 月 19 日至 22 日, 举办 2024 年第三届东钱湖交叉科学国际论坛, 10 位院士出席论坛, 促进了学科交叉领域的国际学术交流与合作。

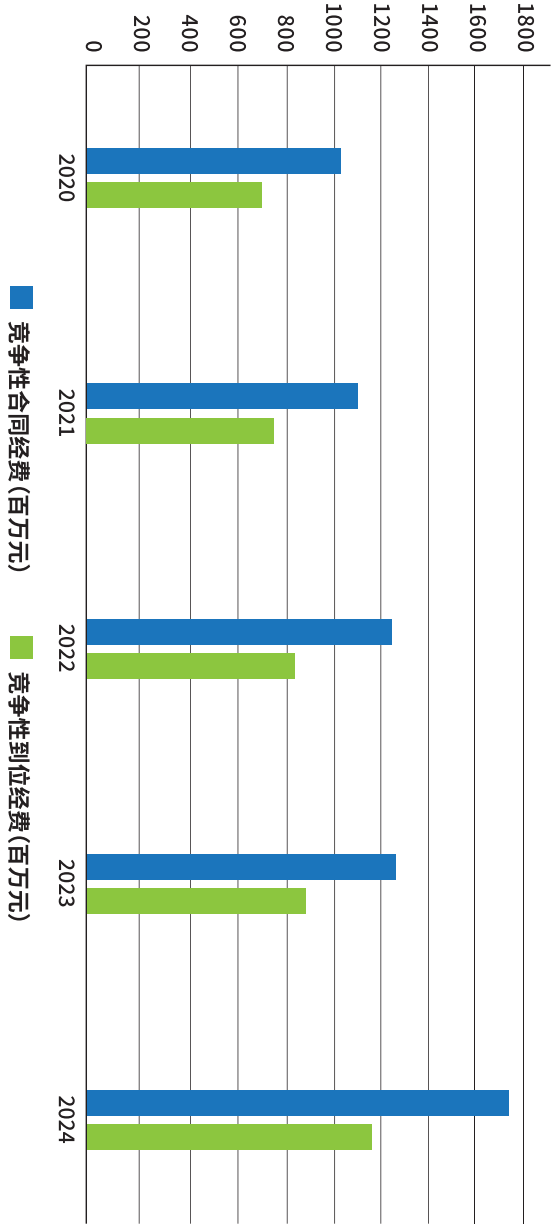


2020-2024 年论文发表情况

(材料科学首次进入 ESI 排名全球前 1%)



2020-2024 年竞争性经费获得情况



2020-2024 年专利申请及授权情况

