

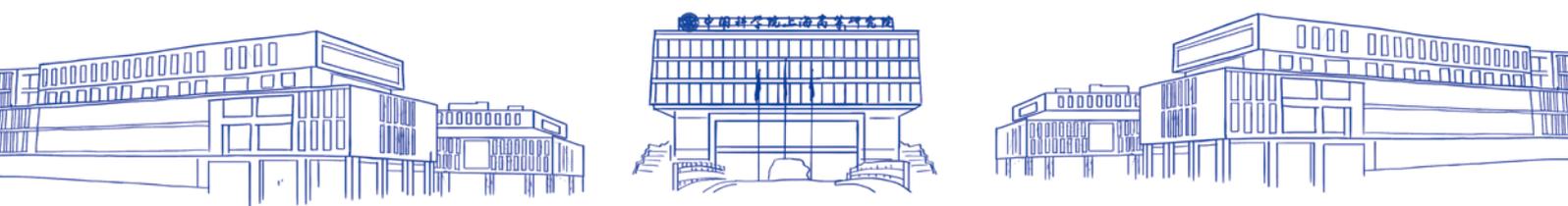
中国科学院上海高等研究院  
SHANGHAI ADVANCED RESEARCH INSTITUTE, CAS

源头突破 链动无限  
*Frontier And Future*

2026  
技术与创新成果  
推介手册  
TECHNOLOGY &  
INNOVATION ACHIEVEMENTS



源头突破 链动无限  
Frontier And Future



2026

技术与创新成果  
推介手册

TECHNOLOGY & INNOVATION ACHIEVEMENTS

中国科学院上海高等研究院  
SHANGHAI ADVANCED RESEARCH INSTITUTE, CAS

# 目录 /

# CONTENTS



## 01

### P01 能源领域

- P03 大规模甲烷二氧化碳干重整制备合成气技术
- P04 二氧化碳加氢制绿色甲醇技术
- P05 CO<sub>2</sub> 加氢制高值化学品及交通运输燃料技术
- P06 二氧化碳捕集 - 甲烷化一体化
- P07 AI 赋能的微电网智能管理系统
- P08 微藻耦合碳捕获与废水处理联产微藻生物肥技术
- P09 合成微生物菌群驱动有机固废厌氧发酵产甲烷技术
- P10 风光发电耦合的电解水制氢系统柔性运行策略
- P11 碱性电解水制氢电极
- P12 SARI-CAS 碳同化反演系统
- P13 双碳大数据系统
- P14 天地一体化碳排放立体监测与核算系统
- P15 有机液体储氢技术



## 02

### P17 新材料

- P19 合成气制  $\alpha$ - 烯烃关键技术开发
- P20 合成气制高碳醇关键技术开发
- P21 全系列茂金属 PAO 基础油制备技术
- P22 烷基萘基础油绿色合成技术
- P23 无灰环保多功能润滑油防锈添加剂
- P24 烷基硫代氨基甲酸酯类润滑添加剂
- P25 三嗪衍生物类有机摩擦改进剂
- P26 无人直升机传动系统润滑油
- P27 15 号合成烃耐燃航空液压油
- P28 耐高温长寿命齿轮润滑油
- P29 高压压齿轮润滑油
- P30 高性能碳分子筛吸附剂及低能耗变压吸附捕集 CO<sub>2</sub>
- P31 固相合成颗粒电石技术集群
- P32 无催化、钙循环的石灰氮 - 双氰胺绿色新工艺
- P33 非金属催化剂催化乙炔氢氯化
- P34 超级导电炭黑：高性价比工业通用导电剂
- P35 毫米波 (FR2/Ka) 宽频高效电磁屏蔽碳基材料
- P36 碳钢、铝合金防腐蚀技术
- P37 面向多应用场景的氧化物陶瓷增材制造技术



## 03

### P39 高端装备领域

- P41 10MWth 氢气轮机发电系统
- P42 超导三次谐波腔模组
- P43 双模型 1.3GHz 9-cell 超导腔
- P44 X 射线自由电子激光装置束流信号处理器
- P45 大型加速器控制技术
- P46 磁性诱晶抗垢除硬除氟降水处理装备及技术
- P47 低能耗纳米气泡技术与装备及产业化
- P48 城市污泥减量化技术及装备
- P49 电子芯片级超高浓度臭氧水技术与装备及产业化
- P50 同步辐射大腔体压机高温高压实验平台
- P51 同步辐射工程材料及工件表征实验平台
- P52 高密度微结构模块化反应器强化绿色甲醇合成
- P53 超重力二氧化碳捕获
- P54 AI 辅助的装备数智化
- P55 高分辨软 X 射线共振非弹性散射谱仪
- P56 液氮冷却子午压弯劳厄双晶单色器



04

### P57 新一代信息技术领域

- P59 智能激光农业增产系统
- P60 多光谱成像增强处理器
- P61 垂直领域大模型 / 智能体平台
- P62 空天地协同多源遥感大数据智能处理与应用
- P63 无源无线测温传感器
- P64 卫星数据管理应用平台及展示系统
- P65 基于 AI 的异物异常状态识别系统
- P66 基于 AI 与激光扫描的输送带撕裂检测系统
- P67 三维扫描激光雷达
- P68 基于多模态数据融合三维目标识别与重建



05

### P69 生物医药领域

- P71 基于直线加速器的医用同位素生产装置
- P72 紧凑直线质子治疗装置
- P73 质子氦粒子治疗装置
- P74 基于晶体结构的筛药平台
- P75 甾体药物关键中间体微生物转化合成技术
- P76 内源功能酶外溢表达的益生菌开发
- P77 低嘌呤啤酒制备的关键生物技术
- P78 夏秋季武夷山岩茶苦涩味生物调节关键技术
- P79 白羽肉鸡下脚料高附加值营养蛋白肽的关键技术开发与应用
- P80 Swordfish 自动样品更换系统
- P81 生物大分子晶体衍射仪
- P82 X 射线术中放疗电子直线加速管
- P83 高亲和力纳米抗体技术开发
- P84 高通量蛋白质制备和性能表征平台
- P85 基于 mRNA-LNP 技术的 ( 细胞 ) 免疫治疗产品开发指南
- P86 基于生物大分子晶体的化合物库筛选
- P87 激光诱导羟基自由基蛋白质印迹装置
- P88 脂质体脂膜结构的测定 X 射线小角散射检测方法
- P89 洗护产品去油脂率测试方法



06

### P90 国家重大科技基础设施服务产业核心技术



P03	大规模甲烷二氧化碳干重整制备合成气技术	张 军
P04	二氧化碳加氢制绿色甲醇技术	王 慧
P05	CO <sub>2</sub> 加氢制高值化学品及交通运输燃料技术	高 鹏
P06	二氧化碳捕集 - 甲烷化一体化	孙楠楠
P07	AI 赋能的微电网智能管理系统	刘立庄
P08	微藻耦合碳捕获与废水处理联产微藻生物肥技术	唐 涛
P09	合成微生物菌群驱动有机固废厌氧发酵产甲烷技术	刘 莉
P10	风光发电耦合的电解水制氢系统柔性运行策略	陈倩倩
P11	碱性电解水制氢电极	张 洁
P12	SARI-CAS 碳同化反演系统	顾倩荣
P13	双碳大数据系统	顾倩荣
P14	天地一体化碳排放立体监测与核算系统	魏 崇
P15	有机液体储氢技术	陈新庆

# 01

## 能源领域

# 大规模甲烷二氧化碳干重整 制备合成气技术

## 成果介绍

甲烷干重整技术意义重大，兼具环境与经济效益，是减缓全球变暖的直接手段，可用于处理天然气、沼气、焦炉气以及富含甲烷、二氧化碳等碳、氢资源的工业尾气。制备的低  $H_2/CO$  比合成气是理想的化工原料，自 1928 年起便受到广泛关注，但大多仍处于实验室或中试前期，工业化存在挑战。

其核心难题是  $CH_4$  与  $CO_2$  分子惰性强，需要高效催化剂。贵金属催化剂活性好但成本高；Ni 基催化剂活性高却易积碳失活，且催化剂还面临烧结等失活问题，高效抗积碳催化剂与适配反应器是大规模应用关键。

国内外近百年来的研究聚焦于高活性、稳定性催化剂，目前，中国科学院上海高等研究院具有多项自主专利。上海高等研究院 2017 年建成国际首套万方级 / 每小时工业示范装置；2021 年联合潞安等成立高潞公司，意在推广该技术的全球化应用，现已有两项万方级商业化项目落地，每年可实现减排数万吨！

项目负责人

张军

职称

研究员

联系方式

13681685661

所属领域

新能源

技术成熟度

规模化应用 (TRL9)

现有知识产权情况

发明专利

实用新型专利

合作意向

技术开发

技术许可



图 2. 二氧化碳甲烷重整技术获第 17 届工业博览会的银奖

图 1. 全球首个万方级二氧化碳甲烷重整合成气装置

# 二氧化碳加氢制绿色甲醇技术

## 成果介绍

二氧化碳加氢制甲醇是将氢气通过二氧化碳媒介催化转化为可大宗使用的液体燃料和化学品，不仅能实现二氧化碳资源化利用，而且有助于解决可再生能源的存储问题。然而由于二氧化碳的化学惰性，将其高效催化转化为甲醇仍极具挑战。在先导专项支持下开展了二氧化碳加氢直接制甲醇关键技术的研究，开发出具有自主知识产权的、国际先进的新型高效催化剂及其生产技术，历经小试、公斤级到吨级制备，形成催化剂吨级制备工艺；建设和运行了千吨级二氧化碳加氢制甲醇工业中试装置，并通过了石化联合会组织的现场 72h 考核和技术评估会，专家组一致该项目率先建成了全球最大规模二氧化碳加氢制甲醇工业试验装置，对于我国二氧化碳资源化利用、减少温室气体排放具有重要意义。该项目形成的二氧化碳加氢制甲醇催化剂生产技术，一方面可助力实现合成气制甲醇催化剂的国产化，另一方面可进一步提高二氧化碳转化能力、降低碳排放量。从经济性分析，采用新型高效二氧化碳加氢制甲醇催化剂替代进口催化剂，催化剂成本可减少 4 万元 / 立方米。从产能与能耗分析，新型催化剂可提高二氧化碳转化率，装置产能预计可提高 2% 左右。同时编制了 10 万吨 / 年二氧化碳加氢制甲醇工艺包，完成了二氧化碳加氢制甲醇能效、碳效及经济性分析，为构建洁净能源新体系提供核心技术。



项目负责人

王慧

职称

研究员

联系方式

13917459728

所属领域

新材料

新能源

技术成熟度

产业化示范 (TRL8)

现有知识产权情况

发明专利

合作意向

技术开发

技术转让

技术许可

# CO<sub>2</sub> 加氢制高值化学品及 交通运输燃料技术

## 成果介绍

基于可再生能源获得的绿色氢气，将 CO<sub>2</sub> 加氢转化为化学品与燃料是我国实现碳中和的重要手段，也是国际研究热点。中国科学院上海高等研究院高鹏研究员团队长期致力于 CO<sub>2</sub> 加氢高效催化剂设计与反应机理研究，成功创制出一系列具有工业应用前景的 CO<sub>2</sub> 加氢制甲醇、多碳醇、低碳烯烃、长链  $\alpha$ - 烯烃、芳烃、汽油及航空煤油等高附加值产品的高性能催化体系，构建了 CO<sub>2</sub> 加氢定向转化技术平台。相关创新成果发表于 Nature Chemistry、Science Advances、Chem、Angewandte Chemie International Edition 等国际高水平期刊。团队通过原位表征与理论计算，系统阐明了氧化铟表面氧缺陷位上 CO<sub>2</sub> 加氢反应机制，研制了具有丰富氧缺陷的纳米限域结构铜基复合催化剂。同时，系统揭示了金属氧化物 / 金属碳化物与分子筛性质以及组分间相互作用对耦合反应行为的影响规律与机制，创制了一系列 CO<sub>2</sub> 加氢制烯烃与轻质芳烃的高性能耦合催化剂。此外，调控了活性位的距离与分子筛耦合转化路径，创制了氧化铟 / ZSM-5 催化剂，在全球范围内首次实现 CO<sub>2</sub> 加氢一步合成高异构含量汽油馏分，构筑了具有适中链增长能力的钴铁合金结构 240° C 实现 CO<sub>2</sub> 加氢直接合成航煤馏分，完成 CO<sub>2</sub> 加氢制汽油中试验证，正推进年产千吨级 CO<sub>2</sub> 加氢制航煤工业中试。

项目负责人

高鹏

职称

研究员

联系方式

15821297152

所属领域

新能源

技术成熟度

中试阶段 (TRL6-TRL7)

现有知识产权情况

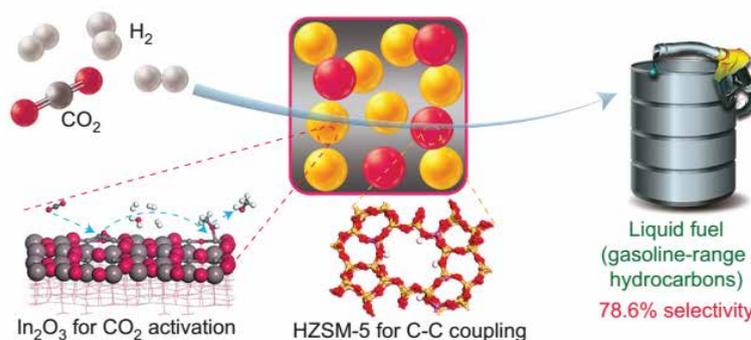
发明专利

实用新型专利

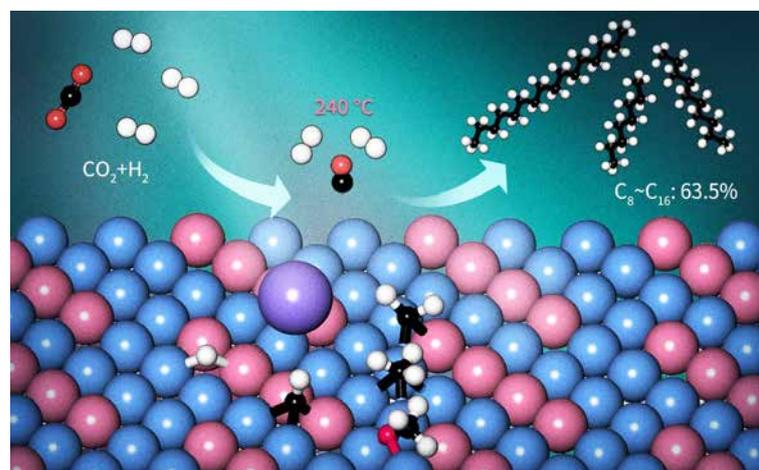
合作意向

技术开发

技术转让



氧化铟 / ZSM-5 催化 CO<sub>2</sub> 加氢一步合成汽油



CoFe 合金催化 CO<sub>2</sub> 加氢合成航煤馏分

# 二氧化碳捕集 - 甲烷化一体化

## 成果介绍

碳捕集、利用和封存 (CCUS) 是唯一能够实现化石能源大规模低碳利用的技术途径, 然而现有 CCUS 技术的实施成本仍然非常高, 这是造成 CCUS 技术推广难度大、难以实现大规模应用的关键原因。CO<sub>2</sub> 捕集 - 转化一体化技术是一种在 CCUS 自身框架内发展出的集成型 CCUS 技术, 在该集成过程中, CO<sub>2</sub> 捕集后无需经过耗能耗时的解吸或脱附过程, 从而大幅降低 CCUS 全产业链的整体能耗, 可以说, CO<sub>2</sub> 捕集及其转化的一体化是一种全新的高效、低能耗 CO<sub>2</sub> 减排技术。

本成果提出了在微观上实现 CO<sub>2</sub> 捕集和转化过程能量集成的策略, 形成了 CO<sub>2</sub> 捕集 - 甲烷化一体化的全新 CCUS 解决方案, 完成了可行性验证。在此基础上, 本成果形成了双功能材料吨级生产技术, 完成 20 万方 / 年 CO<sub>2</sub> 捕集 - 甲烷化一体化示范装置的建设 and 运行, 为煤基工业过程提供可行的减排方案, 为我国能源安全和产业链供应链安全提供支撑, 推动碳达峰碳中和战略目标与社会经济发展重大需求的同向同行、协力并进。



共沉淀 → 洗涤 → 烘干 → 焙烧 → 成型 → 产品

双功能材料吨级生产技术



示范装置照片

项目负责人

孙楠楠

职称

研究员

联系方式

Email: sunnn@sari.ac.cn  
15800688730

所属领域

新能源

其他 (CCUS)

技术成熟度

中试阶段 (TRL6-TRL7)

现有知识产权情况

发明专利

合作意向

技术开发

技术许可

# AI 赋能的微电网智能管理系统

项目负责人

刘立庄

职称

正高级工程师

联系方式

13918703198

所属领域

新能源

技术成熟度

小试阶段 (TRL5)

现有知识产权情况

软件著作权

合作意向

技术开发

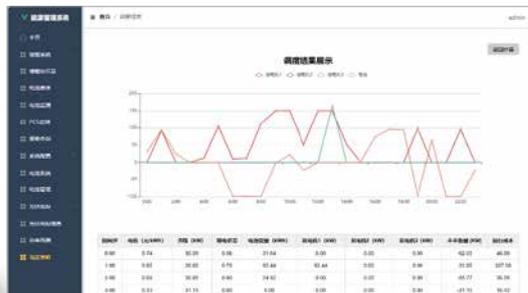
技术转让

## 成果介绍

本项目围绕分布式光伏与高比例可再生能源消纳需求，构建了面向微网场景的 AI 赋能智慧钠电能源管理系统。系统实现储能、电源与负荷的协同优化控制，完成了从关键储能单元研发、智能 BMS、负荷预测到 AI 调度的全链条技术突破，并建成 100kWh 钠离子储能示范系统，为分布式能源友好接入和高比例绿电消纳提供了可复制的工程化方案。

项目的核心成果体现在：

1. 新型储能载体：采用钠离子电池作为储能载体，具备  $-40^{\circ}\text{C}$  -  $80^{\circ}\text{C}$  宽温性运行能力、支持 2C-10C 的高倍率充放电、循环次数超过 8000 次 ( $\text{SOH} \geq 80\%$ )，并实现 10C 放电温升小于  $20^{\circ}\text{C}$ ，是储能技术的未来。
2. 智能 BMS 电池管理系统，支持单体和电池组电压、电流、温度精准监测，集成 AI 电量预测与主动均衡控制，预测精度达到 90% 以上。
3. 能源与负荷预测：基于 Informer 时序模型构建光伏出力与负荷预测模型，关键指标  $\text{RMSE} < 5\%$ ，为系统优化调度提供高可信度输入。
4. AI 优化调度引擎：基于深度强化学习实现经济性与绿电最大消纳的协同优化，通过功率不平衡惩罚机制增强系统稳定性，降本 50%-10%。
5. 全景监控与验证平台：建成可视化平台，实现储能 SOC、光伏出力与负荷功率等关键指标的实时监控，支撑示范运行与策略验证。



# 微藻耦合碳捕获与废水处理 联产微藻生物肥技术

## 成果介绍

针对废气 / 废水处理，开发微藻耦合碳捕获与废水处理联产微藻生物肥技术，在实现废气 / 废水净化的同时，获得高附加值微藻生物肥，实现资源化利用。团队开发了藻株适应性进化技术，提高了藻株在多场景下应用潜力，获得多株具有自主知识产权的高性能藻株。在华能集团完成国内首套燃煤电厂微藻烟气碳捕获中试示范，相关成果入选《2024 年山东省绿色低碳技术成果目录》。在全国等多个区域完成 5000 亩微藻生物肥大田作物利用示范，在减少化肥用量的同时，提高作物产量，相关示范项目入选《中国二氧化碳捕集利用与封存年度报告（2023）》。与企业合作开发系列微藻功能性肥料，并建成年产 2 万吨微藻肥工厂，应用面积 50 万亩，获得了上海青年创新创业大赛二等奖。开发“微藻固碳 - 矿坑原水利用 - 矿山生态修复”三位一体原创性技术，在国家能源集团建立国内首套矿山微藻固碳系统，完成 5 万平生态修复示范，植物促生在 20% 以上，相关技术成果受到自然资源部关注和报道。



项目负责人

唐涛

职称

研究员

联系方式

Email:  
tangt@sari.ac.cn  
18217582732

所属领域

其他 (CCUS)

技术成熟度

规模化应用 (TRL9)

现有知识产权情况

发明专利

合作意向

技术开发

技术转让

技术许可

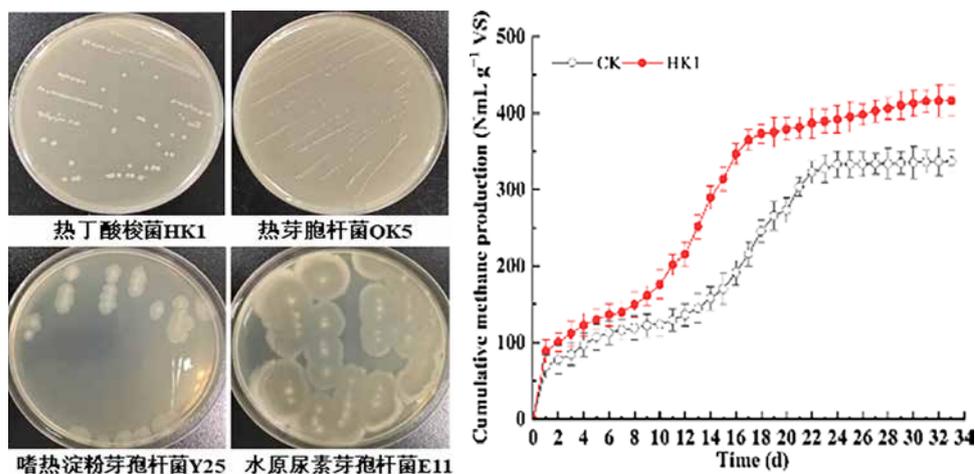
# 合成微生物菌群驱动有机固废厌氧发酵产甲烷技术

## 成果介绍

利用合成生物学技术将城乡有机固废高效转化为绿色甲烷或氢气等能源产品，既能实现有机固废的处理处置，又能实现能源的多元互补，是我国实施双碳战略目标的有效路径之一。

依托国家重点研发计划、上海市科委等项目，自主筛选获得了多株高效厌氧功能微生物，并构建合成微生物菌群，开发了合成微生物菌群驱动有机固废多组份协同厌氧发酵产甲烷技术，使甲烷产率提高 10%-50%，有机物转化率达到 70% 以上。大大提高产气率和有机物转化率，并缩短反应时间，增强系统稳定性，降低成本。该技术具有使用方便、低碳环保等优势。生产的绿色甲烷，可进一步提纯制生物天然气，或化学催化制绿色甲醇或航空燃油，有效降低碳排放。

该技术获授权发明专利 10 余项，具备从菌种生产到厌氧发酵工艺等成套技术解决方案和完整知识产权。经查新和专家评价，达到国际先进水平，并获 2022 年中国循环经济协会科技进步二等奖。可在从事餐厨垃圾、作物秸秆、畜禽粪污等有机固废处理和绿色燃料生产的能源、环保、农业企业应用。



项目负责人

刘莉

职称

研究员

联系方式

Email:  
liul@sari.ac.cn

18221092366

所属领域

新能源

技术成熟度

中试阶段 (TRL6-TRL7)

现有知识产权情况

发明专利

合作意向

技术开发

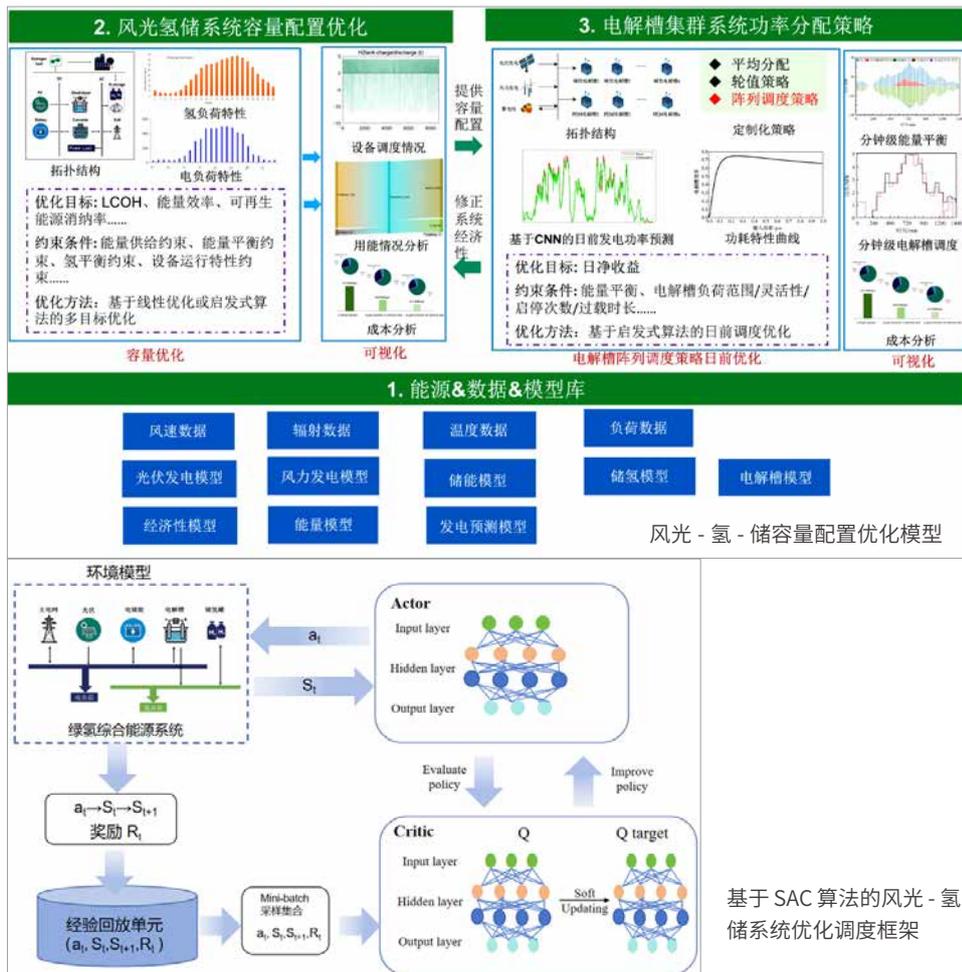
技术转让

技术许可

# 风光发电耦合的电解水制氢系统柔性运行策略

## 成果介绍

通过构建碱性电解制氢系统严格机理的动态模型，阐明了温度 - 压力 - 碱液流量对小室电压、氧中氢浓度的耦合作用机理，明确了影响碱性电解槽低负荷安全运行的关键因素，形成了压力与碱液流量协同控制的宽负荷运行策略，实现了系统负荷边界从基准情景的 46% 进一步扩展至 7.15%；在此基础上，以全年 8760 小时的风光资源数据为基准，开发了风光 - 氢 - 储系统容量配置优化和系统边界统一的技术 - 经济 - 环境影响评估模型，模型集成了风光发电、电化学储能、储氢及电解槽等典型设备计算模块，基于经济性、能效及可靠性等单目标 / 多目标的容量配置优化模块和系统技术 - 经济性 - 全生命周期碳排放评估模块，可实现风光 - 氢 - 储系统设计、优化和评估的完整需求；为了进一步降低系统的运行成本，开发了基于深度强化学习的优化调度模型，以最小化运行成本为目标，设计了基于 SAC (Soft Actor-Critic) 算法的智能体调度框架，实现了日运行成本同比下降约 5%，可再生能源利用率同比提高 8% 以上的优化效果。



项目负责人

陈倩倩

职称

副研究员

联系方式

15121039173

所属领域

新能源

技术成熟度

中试阶段 (TRL6-TRL7)

合作意向

技术开发

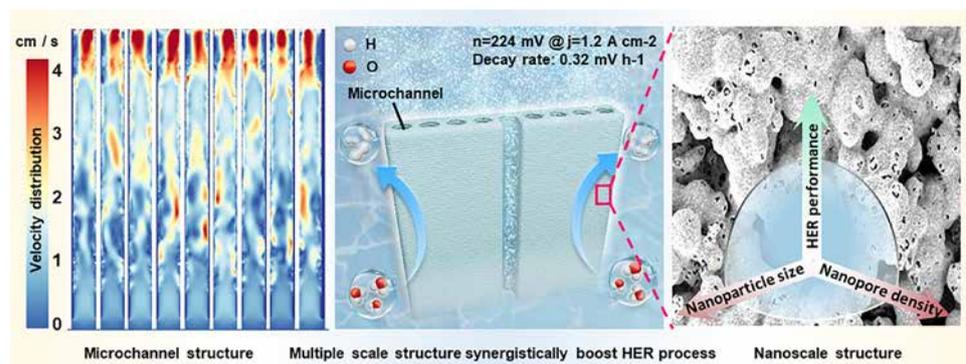
# 碱性电解水制氢电极

## 成果介绍

碱性电解水制氢目前仍存在效率低、电流密度不够高的问题，急需开发高活性和高稳定性非贵金属析氢电极以满足日益增长的绿氢需求。

团队开发了基于电沉积技术的三元合金镍基电极，兼具优异的析氢、析氧催化性能，并具有卓越的催化稳定性。其在  $3000 \text{ A/m}^2$  电流密度下，其析氢过电位仅为  $127 \text{ mV}$  ( $30\text{wt}\% \text{ KOH}$ ,  $80^\circ\text{C}$ ) 和  $158 \text{ mV}$  ( $1\text{M KOH}$ ,  $25^\circ\text{C}$ )。

另外，团队开发了镍粉直接成型电极技术，该一体化镍基电极具有卓越的析氢催化性能和高稳定性。在  $12000 \text{ A/m}^2$  电流密度下，其析氢过电位仅  $224 \text{ mV}$ ，显著超越铂碳催化剂和文献报道的绝大多数先进催化剂。该电极在  $150000 \text{ A/m}^2$  超高电流密度下，具有超过 400 小时的工作稳定性。



项目负责人

张洁

职称

研究员

联系方式

15618055365

所属领域

新能源

技术成熟度

小试阶段 (TRL5)

现有知识产权情况

发明专利

合作意向

技术开发

技术转让

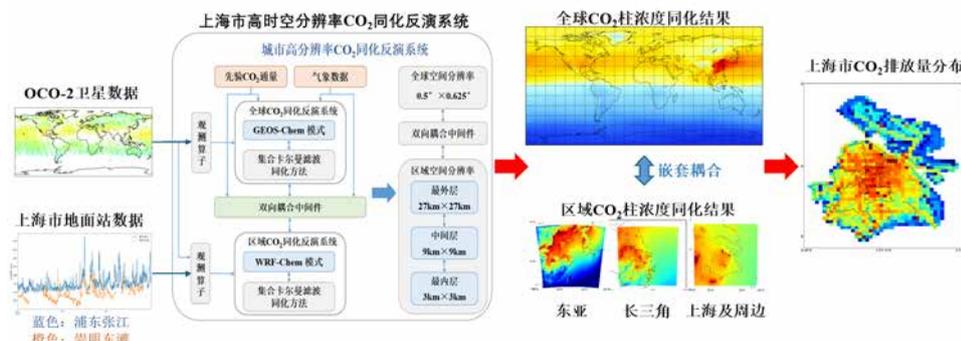
技术许可

# SARI-CAS 碳同化反演系统

## 成果介绍

基于大气输送模式和数据同化方法研发的 SARI-CAS 高时空分辨率碳同化反演系统，通过利用卫星、地面等多种手段观测的 CO<sub>2</sub> 浓度数据，可以实现对全球、区域、城市等多种尺度范围的 CO<sub>2</sub> 浓度同化和通量反演，即可以通过观测手段估算一个地区的 CO<sub>2</sub> 排放量，通过与排放清单对比，为该地区的碳减排措施成效评估和碳盘点提供支撑。该系统至 2023 年起在上海市环境监测中心的超算平台上一直运行至今。

### SARI-CAS碳同化反演系统在上海市的应用



“碳排放大数据系统”获“第十九届中国国际工业博览会”金奖（2017年），主要完成人：王茂华等。



“碳排放大数据系统”获“第十九届中国国际工业博览会”金奖

“超大城市碳监测评估体系构建关键技术研究”获环境保护科学技术科技进步二等奖（2024年），主要完成人：王茂华等。



超大城市碳监测评估体系构建关键技术研究和应用示范获 2024 年环境保护科学技术科技进步二等奖

项目负责人  
顾倩荣

职称  
高级工程师

联系方式  
17717619974

所属领域  
其他（环境）

技术成熟度  
小试阶段（TRL5）

现有知识产权情况  
发明专利  
软件著作权

合作意向  
技术开发

# 双碳大数据系统

项目负责人

顾倩荣

职称

高级工程师

联系方式

17717619974

所属领域

其他(环境)

技术成熟度

小试阶段(TRL5)

现有知识产权情况

发明专利

软件著作权

合作意向

技术开发

## 成果介绍

利用大数据的技术和理念，以卫星和地面监测、排放清单、能源经济社会等数据为基础，构建全球天地一体化的碳排放数据分析及展示系统。该系统打破数据孤岛，分享数据的价值，可为国家和各级政府部门、企业及科研机构、提供一个碳排放相关的数据分析和展示平台，旨在推动党中央碳达峰、碳中和战略实施，服务应对气候变化行动、低碳生态文明建设，低碳科技成果转移转化，促进低碳产业发展和经济结构调整与转型升级，带动低碳技术创新创业发展的示范应用。成果获得国家发改委、科技部、中国科学院、基金委、上海市科委等重大项目连续支持。



“碳排放大数据系统”部分界面



“碳排放大数据系统”获“第十九届中国国际工业博览会”金奖

# 天地一体化碳排放立体监测与核算系统

## 成果介绍

“天地一体化碳排放立体监测与核算系统”利用卫星和地基遥感监测、固定点长期监测、车辆移动走航监测、无人机垂直监测以及含氟气体、碳同位素等离线样品采集测试等技术手段，开展城市、园区和排放源等典型区域二氧化碳、甲烷等温室气体监测，获得其时间变化趋势和空间分布特征。

同时，综合利用走航监测、无人机监测和地基柱浓度遥感监测数据，在煤矿、油田等能源开采领域以及垃圾填埋场、污水处理厂等典型碳排放园区开展综合监测实验，建立甲烷和二氧化碳通量反演模型，反演典型排放源碳排放通量。



“碳排放大数据系统”获“第十九届中国国际工业博览会”金奖

项目负责人

魏崇

职称

副研究员

联系方式

17317219129

所属领域

其他（环境监测）

技术成熟度

小试阶段（TRL5）

现有知识产权情况

软件著作权

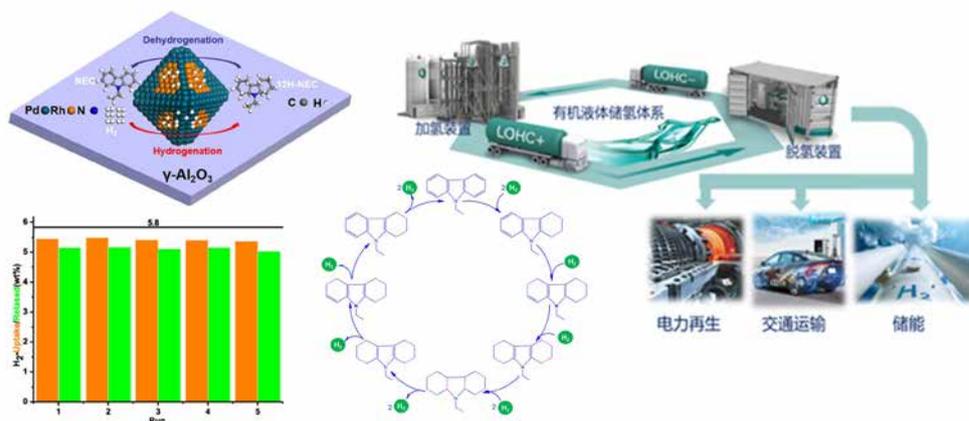
合作意向

技术开发

# 有机液体储氢技术

## 成果介绍

有机液体 (LOHC) 储氢技术具有储氢容量大, 应用安全、高效环保, 可实现远距离储存和运输等优点得到了广泛关注。但要开发一种高效可重复使用的单一催化剂以连续吸收和释放 LOHC 中的氢气, 仍然是一个巨大的挑战。针对此问题, “碳排放核算与碳捕集利用封存团队”报道了一种新型的低成本的高效可重复使用的双金属纳米粒子 (NPs) 多孔材料催化剂, 利用其双金属纳米粒子的协同效应, 有效促进了有机液体的加氢的脱氢, 成功可逆地进行了多次高储氢量的加氢和脱氢的循环。所制备的催化剂对于有机液体的加氢吸收量为 5.7 wt%, 对于脱氢的氢释放量为 5.7 wt%。加氢脱氢温度都低于 180 摄氏度。且催化剂稳定性高, 可进行多次循环。而且此催化剂易于放大生产。



有机液体储氢性能及应用示意图

项目负责人

陈新庆

职称

研究员

联系方式

Email:  
chenxq@sari.ac.cn  
13918045486

所属领域

新能源

技术成熟度

实验室原型阶段 (TRL4)

现有知识产权情况

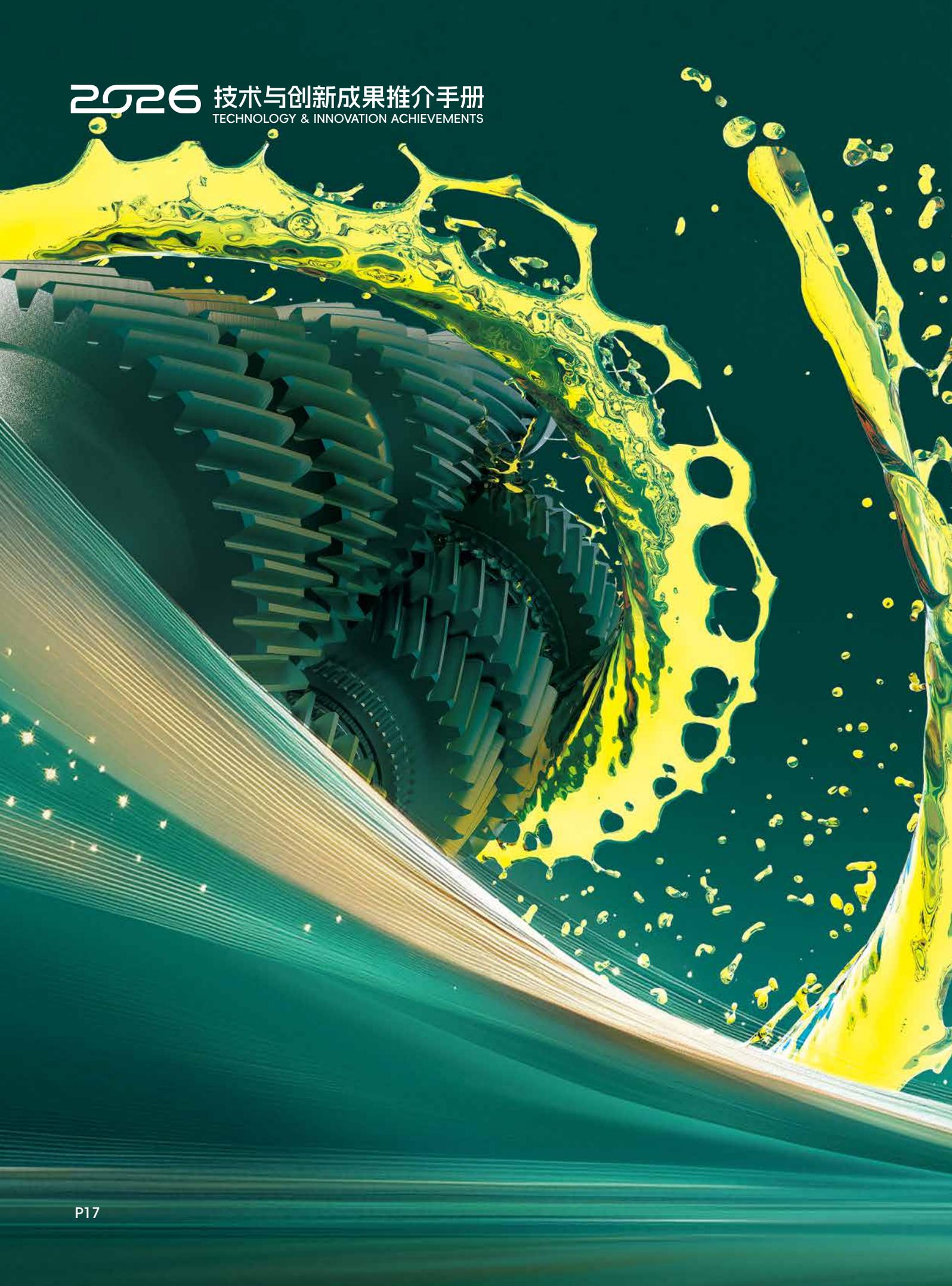
发明专利

合作意向

技术开发

技术转让

技术许可



- |     |                                    |     |
|-----|------------------------------------|-----|
| P19 | 合成气制 $\alpha$ - 烯烃关键技术开发           | 钟良枢 |
| P20 | 合成气制高碳醇关键技术开发                      | 钟良枢 |
| P21 | 全系列茂金属 PAO 基础油制备技术                 | 李久盛 |
| P22 | 烷基萘基础油绿色合成技术                       | 李久盛 |
| P23 | 无灰环保多功能润滑油防锈添加剂                    | 李久盛 |
| P24 | 烷基硫代氨基甲酸酯类润滑添加剂                    | 李久盛 |
| P25 | 三嗪衍生物类有机摩擦改进剂                      | 李久盛 |
| P26 | 无人直升机传动系统润滑油                       | 李久盛 |
| P27 | 15 号合成烃耐燃航空液压油                     | 李久盛 |
| P28 | 耐高温长寿命齿轮润滑油                        | 李久盛 |
| P29 | 高级压齿轮润滑油                           | 李久盛 |
| P30 | 高性能碳分子筛吸附剂及低能耗变压吸附捕集 $\text{CO}_2$ | 孙楠楠 |
| P31 | 固相合成颗粒电石技术集群                       | 赵 虹 |
| P32 | 无催化、钙循环的石灰氮 - 双氰胺绿色新工艺             | 赵 虹 |
| P33 | 非金属催化剂催化乙炔氢氯化                      | 赵 虹 |
| P34 | 超级导电炭黑：高性价比工业通用导电剂                 | 赵 虹 |
| P35 | 毫米波 (FR2/Ka) 宽频高效电磁屏蔽碳基材料          | 赵 虹 |
| P36 | 碳钢、铝合金防腐蚀技术                        | 杨庆峰 |
| P37 | 面向多应用场景的氧化物陶瓷增材制造技术                | 王 刚 |



新材料

# 合成气制 $\alpha$ - 烯烃关键技术开发

项目负责人

钟良枢

职称

研究员

联系方式

Email:  
zhongls@sari.ac.cn

所属领域

新材料

技术成熟度

中试阶段 (TRL6-TRL7)

现有知识产权情况

发明专利

合作意向

技术开发

技术转让

技术许可

## 成果介绍

烯烃是现代化学工业的关键原料和中间体，目前我国烯烃供应严重依赖进口。除石油路线外，利用合成气转化非石油含碳资源制烯烃具有重要意义。绿色碳科学团队开发的合成气直接制烯烃技术，在同类催化体系中实现了最低的 C1 副产物和最高的烯烃选择性，目前，该技术已完成超过 1000 小时的工业单管试验验证。围绕该技术，团队已在 Nature 等期刊发表论文 130 余篇，获授权专利 15 项，成果入选上海市 2016 年十大科技进展及国家自然科学基金委 2016 年十大基础研究进展，并获得科技部国家重点研发计划、基金委重大研究计划等项目支持。

中国化工信息中心评估认为：与国内外文献比较，未见其他相同报道，具有新颖性。中国石油和化学工业联合会认定该成果创新性强，工业单管试验总体达到国际领先水平。上海高等研究院以“高碳效合成气制  $\alpha$ - 烯烃关键技术研发与产业应用”项目，荣获第二届“中知路”长三角高价值专利运营大赛金奖。目前，团队已完成万吨级工艺包编制，正加快推进工业化进程。

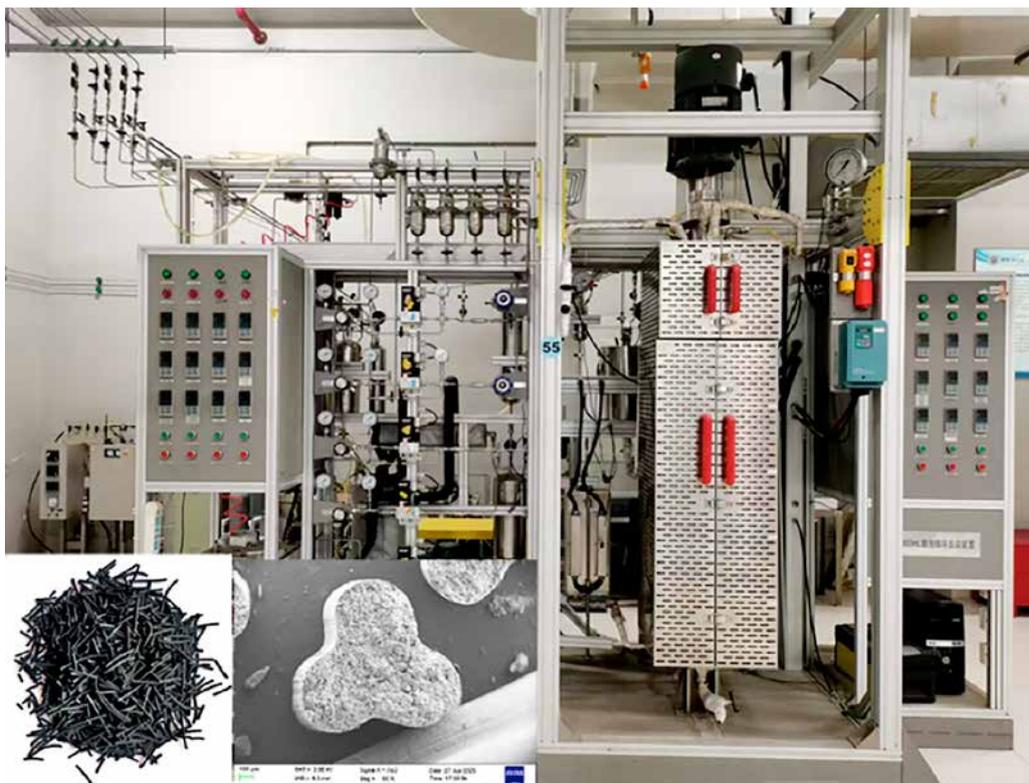


# 合成气制高碳醇关键技术开发

## 成果介绍

高碳醇在能源与化工领域具有重要的应用价值。基于我国缺油、少气、富煤的资源特点，开发合成气直接制高碳醇技术具有重要意义。绿色碳科学团队开发了合成气制高碳醇的系列新催化体系，实现超低碳排放的合成气直接制高碳醇技术创新，在 CO 单程转化率  $\geq 30\%$  时，高碳醇选择性  $\geq 65\%$ ，醇烯化学品总产物选择性  $\geq 80\%$ ，CO<sub>2</sub> 和 CH<sub>4</sub> 副产物选择性  $< 5\%$ ，在优化条件下醇类产品的单程收率接近 40%，技术指标居国际领先。为推进工业应用，高研院在高性能纳米催化剂创制与工程放大方面取得关键突破，成功实现了催化剂公斤级制备、三叶草结构颗粒成型及百毫升级工业单管试验。该技术路线实现了超低 CO<sub>2</sub> 排放的合成气直接制高碳醇。综合性能指标经文献对比，达到国际领先水平。

该研究先后获得国家自然科学基金委、科技部等项目支持。在 Angew 等高水平期刊发表相关论文 100 余篇。团队前期联合中国科学院山西煤化所、国家能源集团等单位，完成了国家重点研发计划“合成气高效合成醇类化学品关键技术”项目。



项目负责人

钟良枢

职称

研究员

联系方式

Email:  
zhongls@sari.ac.cn

所属领域

新材料

技术成熟度

小试阶段 (TRL5)

现有知识产权情况

发明专利

合作意向

技术开发

技术转让

技术许可

# 全系列茂金属 PAO 基础油制备技术

## 成果介绍

本成果基于自主研发的茂金属化合物为核心催化剂，以煤制油副产品中的长链  $\alpha$ - 烯烃为原料，可生产润滑行业急需的全粘度范围 PAO 基础油 (mPAO)。目前已和企业合作针对低粘度 mPAO 基础油建成国内首套低粘度茂金属聚  $\alpha$ - 烯烃 (mPAO) 基础油中试装置，装置设计产能 3000 吨 / 年，于 2021 年度完成了中试生产试验。中试试验中茂金属催化剂具有超高的催化活性 (不小于 60Kg/g) 和优异的选择性， $\alpha$ - 烯烃原料转化率大于 98%，得到的中试产品符合指标要求，部分性能赶超同类进口产品。该技术打破了国外公司对低粘度 PAO 基础油的垄断，填补了国内空白，对我国润滑油行业摆脱国外原料依赖，满足高端润滑油品，尤其是高端装备用油的需求具有重要意义。目前团队正在进一步开展中高粘度 mPAO 基础油的规模制备技术开发。

项目负责人

李久盛

职称

研究员

联系方式

021-20608040

所属领域

新材料

技术成熟度

中试阶段 (TRL6-TRL7)

现有知识产权情况

发明专利

合作意向

技术开发

技术转让

技术许可



# 烷基萘基础油绿色合成技术

## 成果介绍

聚焦高端润滑油基础油国产化与绿色升级需求，本成果成功开发高性能烷基萘基础油绿色合成技术。核心创新在于自主优化分子筛催化剂—通过精准调控酸比例与微孔-介孔协同孔道结构，常压下实现混合长链烯烃（C10-C18）转化率 > 97%，5号烷基萘中单烷基萘选择性达90%以上；催化剂具备高活性、易分离、可循环特性（3次循环后活性保持率 > 92%），显著降低废弃物排放，契合绿色化工理念。

实验室合成5号和12号烷基萘产品性能优异：其中5号烷基萘和12号烷基萘黏温性分别达到86和118优于竞品，其他数值跟竞品的品质相当。同时5号烷基萘的起始氧化温度最优为253.9°C，适配各类润滑油配方需求。

团队已完成5号和12号烷基萘公斤级规模验证，熟练掌握小试合成工艺。下一步将联合泸天化集团开展百吨级中试验证，重点根据不同产业需求，生产吨级烷基萘产品，同时为千吨级产业装置提供数据支撑，推动高端润滑油基础油国产化替代与行业绿色升级。

试验编号	运动粘度 (40°C), cSt	运动粘度 (100°C), cSt	粘度 指数	总酸值 mgKOH/g	倾点 °C	闪点 °C	水含量 ppm	色度	苯胺点°C
5号烷基萘	31.15	5.092	86	0	-33	228	180.9	1.0	43.8
对标产品-1	27.94	4.661	71	0.01	-36	250	177.8	<1.5	42.8
12号烷基萘	98.32	12.30	118	0	-33	232	44.8	<1.0	93.4
对标产品-2	112.4	12.89	108	0	-36	252	74.6	2.0	90.4



项目负责人

李久盛

职称

研究员

联系方式

021-20608040

所属领域

新材料

技术成熟度

小试阶段 (TRL5)

现有知识产权情况

发明专利

合作意向

技术开发

# 无灰环保多功能润滑油防锈添加剂

## 成果介绍

本成果通过油溶性聚醚的丁二酸酐单酯化精准改性，成功开发出新型无灰环保多功能润滑油——聚醚羧酸衍生物（OSPSPA）。该添加剂突破传统单功能添加剂局限，实现防锈、减摩抗磨、极压性能的协同集成，防锈效果优于T746，减摩抗磨性能超越T307、TCP等传统剂，且能显著提升基础油抗承载能力，同时具备优异热稳定性与界面优化能力。其核心技术亮点在于构建了阳极控制型自修复防锈机理，通过在金属表面形成物理吸附钝化膜抑制腐蚀，技术创新性与综合性能优势显著，为高端润滑油添加剂研发提供了新的技术路径。

项目负责人

李久盛

职称

研究员

联系方式

021-20608040

所属领域

新材料

技术成熟度

小试阶段 (TRL5)

现有知识产权情况

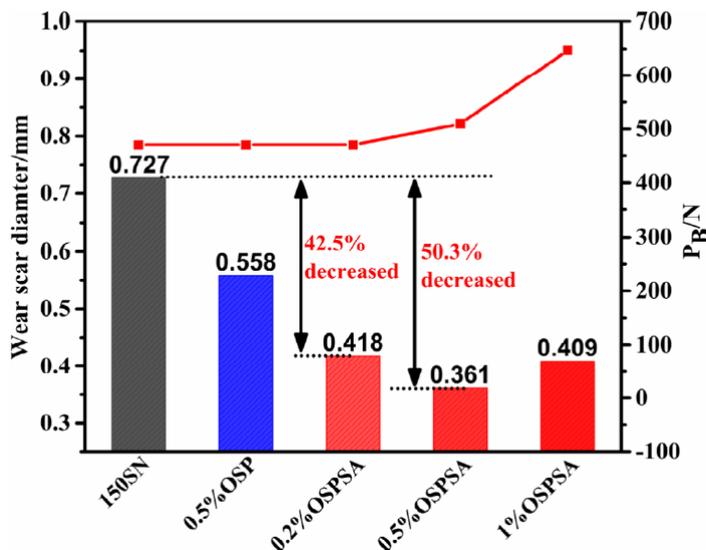
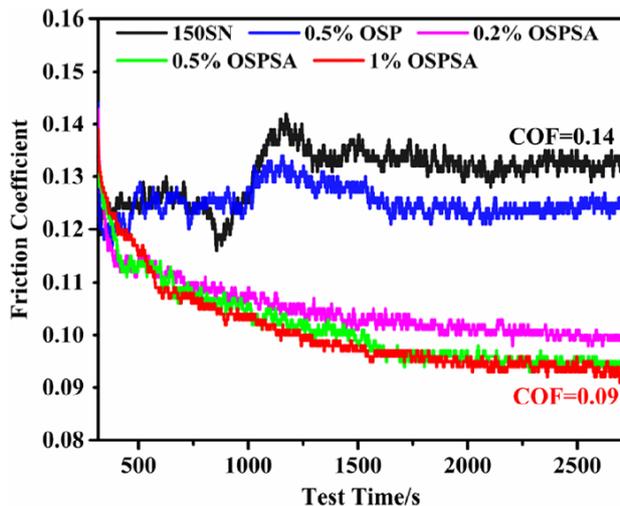
发明专利

合作意向

技术开发

技术转让

技术许可

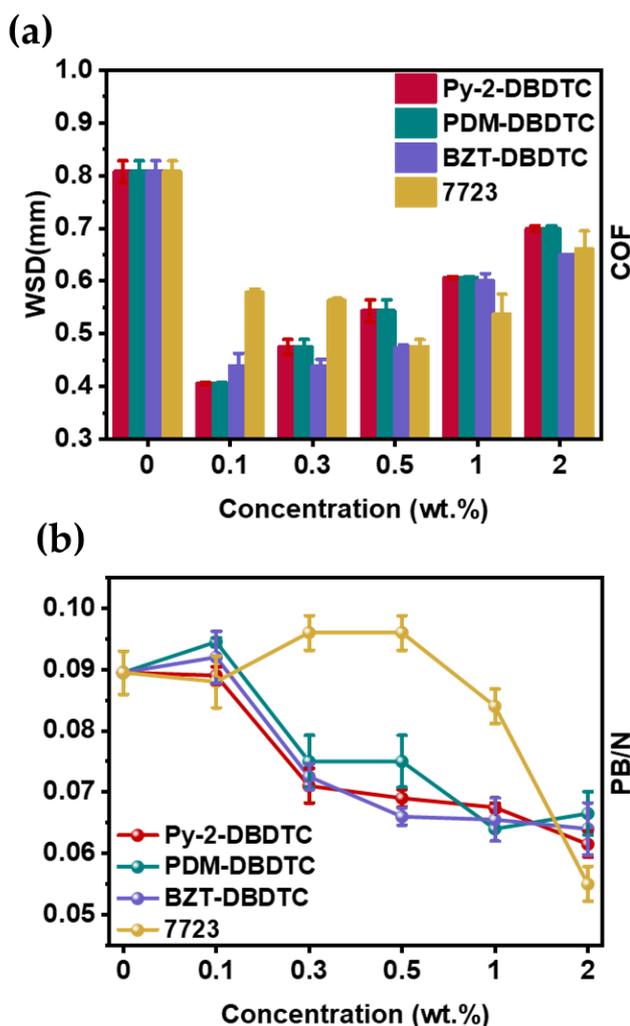


# 烷基硫代氨基甲酸酯类润滑添加剂

## 成果介绍

本成果成功开发一系列新型无灰无磷含氮杂环二烷基二硫氨基甲酸酯衍生物添加剂，集成减摩、抗磨、抗氧、极压等多功能特性。核心性能及优势如下：以含氮杂环或聚醚修饰二烷基二硫代氨基甲酸酯为分子架构，均具备优异热稳定性与抗氧化性；相比基础油，极压性能提升 $\geq 116.33\%$ ，磨损率减小 $58.32\%$ ，且 $150^\circ\text{C}$ 高温下可保持高效减摩效果。

本成果采用氮/硫杂环修饰架构，具备“多功能集成、多工况适配、环境友好（无灰无磷）”等优势，相较于进口同类型添加剂性能更突出。目前已明确其构效关系与作用机理，为多功能润滑油添加剂的分子设计与工业应用提供了关键指导。



项目负责人

李久盛

职称

研究员

联系方式

021-20608040

所属领域

新材料

技术成熟度

小试阶段 (TRL5)

现有知识产权情况

发明专利

合作意向

技术开发

技术转让

技术许可

## 三嗪衍生物类有机摩擦改进剂

### 成果介绍

本成果基于氮、氧原子孤对电子与金属表面空 d 轨道的配位化学机制，成功制备了以富氮三嗪环为极性核心、长链醇酯为多支链的三嗪衍生物有机摩擦改进剂。通过吸附 + 摩擦化学反应形成碳基润滑膜，在宽温域下保持稳定润滑效果。伴随汽车工业的高速发展，成果可作为低粘度发动机油的核心功能组分，为其性能升级提供关键支撑。

采用三嗪衍生物靶向设计架构，具备环保性优、高温性能稳、适配宽工况等优势。相比传统添加剂：既解决了含金属 / 硫磷组分的环保短板，又攻克了高温高剪切下的性能衰减问题，可精准匹配先进发动机的润滑需求。目前已明确三嗪衍生物有机摩擦改进剂的构效关系与作用机理，优势结构（如 Dodec-EG-CC）与商用添加剂对比展现出多接触模式下的减摩优势，具备快速产业化的技术基础。

项目负责人

李久盛

职称

研究员

联系方式

021-20608040

所属领域

新材料

技术成熟度

小试阶段 (TRL5)

现有知识产权情况

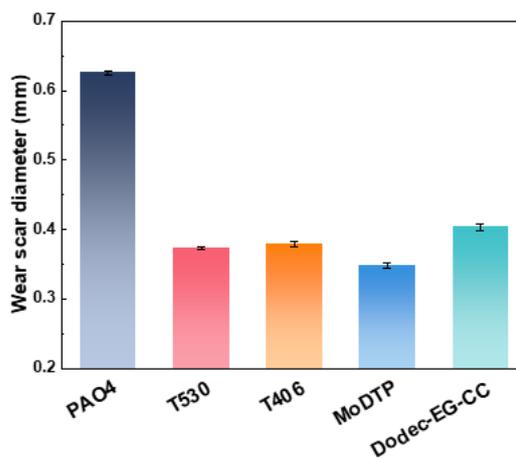
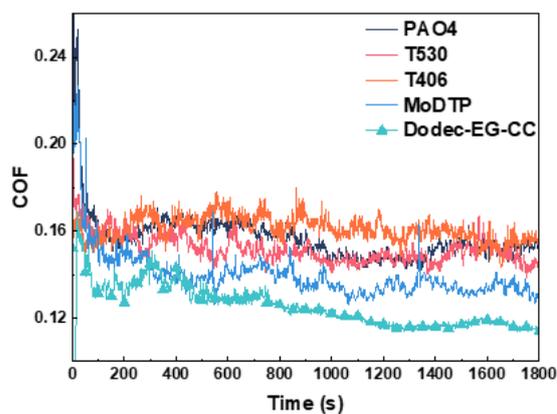
发明专利

合作意向

技术开发

技术转让

技术许可



# 无人直升机传动系统润滑油

## 成果介绍

系列无人直升机传动系统润滑油主要采用了国产低粘度茂金属 PAO 基础油、煤基合成基础油，并对国产润滑油添加剂组分配比进行了科学合理的设计。油品具有低温流动性好、高极压、抗磨保护突出、换油周期长等特点，适用于起飞重量为 500kg 级的无人直升机传动系统。当前已实际应用超 400 飞行小时。



项目负责人

李久盛

职称

研究员

联系方式

021-20608040

所属领域

新材料

技术成熟度

产业化示范 (TRL8)

现有知识产权情况

发明专利

合作意向

技术开发

技术转让

技术许可

## 15 号合成烃耐燃航空液压油

项目负责人

李久盛

职称

研究员

联系方式

021-20608040

所属领域

新材料

技术成熟度

产业化示范 (TRL8)

现有知识产权情况

其他 (技术秘密)

合作意向

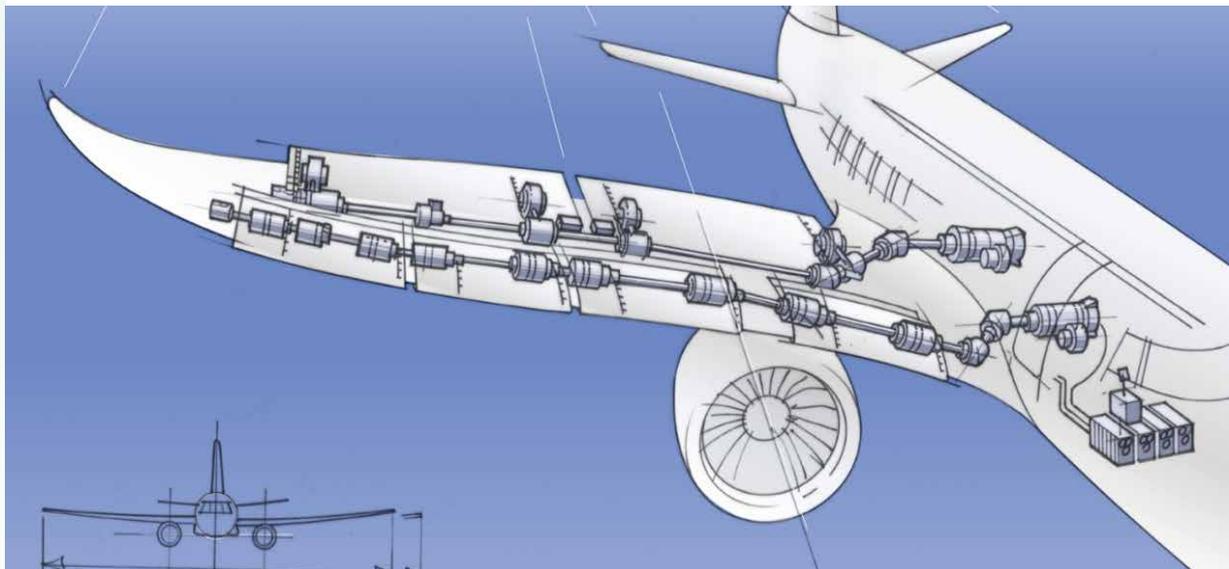
技术开发

技术转让

技术许可

### 成果介绍

基于知识产权的低粘度茂金属 PAO4 基础油及自主添加剂配方，开发了国产型 15 号合成烃航空耐燃液压油，符合 GJB 5311A-2015 和 MIL-PRF-83282D 规范要求。油品具备高闪点、燃点和自燃点等特点，同时蒸发损失和火焰传播速度较低。其使用温度为  $-60^{\circ}\text{C}$  到  $205^{\circ}\text{C}$  (短时)。可应用于飞机等装备上的自动导航装置、减震器，空气压缩机齿轮箱、制动器、襟翼控制装置、液压伺服控制系统和其他使用合成密封材料的液压系统。



# 耐高温长寿命齿轮润滑油

## 成果介绍

耐高温长寿命齿轮润滑油具有优异的耐高温和长寿命性能、低油泥和成胶倾向、高承载能力和优异的铜片腐蚀抑制等特点，在耐热抗氧、极压抗磨、减摩等方面均超越了进口相关油品。该油品可应用于蜗轮蜗杆减速箱、高温下运行的齿轮箱和轴承、工况严苛的离心机、铁路交流电牵引车和喷油螺杆式压缩机等。

## 耐高温长寿命工业齿轮油

材 质	基础油	PAO和烷基萘基础油
	添加剂	自主添加剂技术
主要参数	40°C运动粘度	32-1000 cSt
	粘度指数	>160
	倾点	<-40°C
	四球无卡咬负荷	>1000N
	旋转氧弹时间	>3000min
	抗接触疲劳能力	强
应用领域	在齿轮和蜗轮蜗杆传动、空气压缩机、轴承等高温或永久润滑领域替代进口产品	

项目负责人

李久盛

职称

研究员

联系方式

18016095071

所属领域

新材料

技术成熟度

小试阶段 (TRL5)

现有知识产权情况

发明专利

合作意向

技术开发

技术转让

技术许可

# 高压齿轮润滑油

## 成果介绍

高压齿轮润滑油在耐热抗氧、极压抗磨、减摩等方面均超越了进口油品。油品适用于各种冲击载荷或重负荷工业齿轮设备、减速机的润滑，特别适用于风力发电、冶金、矿山等行业中对油品极压性能具有较高要求的齿轮系统润滑，也可适用于齿式联轴器等交变载荷工况。

### 高压齿轮润滑油

材 质	基础油	PAO和合成脂基础油
	添加剂	自主添加剂技术
主要参数	40°C运动粘度	32 - 1500 cSt
	粘度指数	>160
	倾点	<-40°C
	四球无卡咬负荷	>1500N
	FZG失效级	大于14级
	Timken OK负荷	大于75 lbs
	抗接触疲劳能力	较强
应用领域	高负载、高冲击和高交变载荷的苛刻工况齿轮箱	

项目负责人

李久盛

职称

研究员

联系方式

18016095071

所属领域

新材料

技术成熟度

小试阶段 (TRL5)

现有知识产权情况

发明专利

合作意向

技术开发

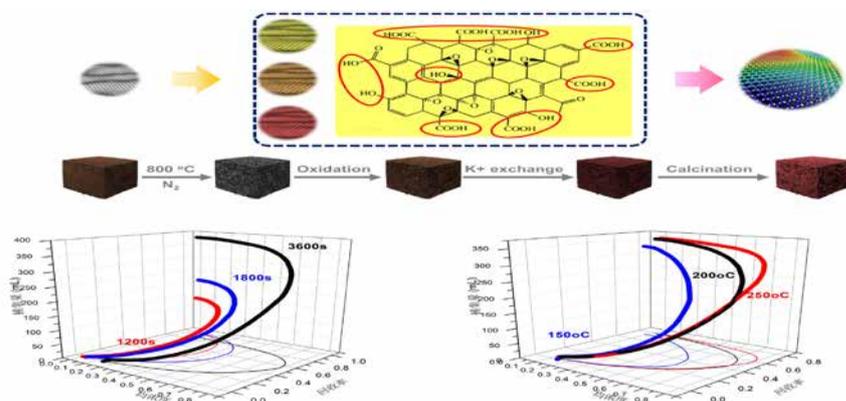
技术转让

技术许可

# 高性能碳分子筛吸附剂及低能耗变压吸附捕集 CO<sub>2</sub>

## 成果介绍

围绕工业烟气中低浓度二氧化碳高效吸附捕集，形成了系列高效碳分子筛吸附剂材料设计与改性、规模制备与成型、工艺过程控制与优化、新型塔器件创制与集成等系列关键核心技术。在材料方面，构建了具有特定微孔构成和表面吸附位的“新一代”杂原子掺杂碳基吸附剂，并在实验室系统完成了材料的批量化扩制、成型及百吨级碳捕集小试。在工艺方面，建立了针对低浓度二氧化碳的新型“低压吸附+真空再生+快速循环”的吸脱附工艺过程和控制技术，大幅提升了传统吸附捕集过程的时效性和能效性。在塔器件方面则设计了具有快速吸脱附速率的移动床捕集装置和多塔联动变温变压吸附装置。实验结果表明，上述吸附剂和工艺技术能有效降低碳捕集成本 20% 以上，碳捕集能耗 < 2.0 GJ/t。



**综合性能提升20%以上**



**工业示范现场**

项目负责人

孙楠楠

职称

研究员

联系方式

15800688730

所属领域

新材料

技术成熟度

中试阶段 (TRL6-TRL7)

现有知识产权情况

发明专利

合作意向

技术开发

技术转让

技术许可

# 固相合成颗粒电石技术集群

项目负责人

赵虹

职称

研究员

联系方式

15801925460

所属领域

其他 (资源与环境)

技术成熟度

中试阶段 (TRL6-TRL7)

现有知识产权情况

发明专利

合作意向

技术开发

技术转让

技术许可

## 成果介绍

本成果面向我国 4200 万吨 / 年电石存量产能的技术升级与绿色转型需求，构建了以固相合成颗粒电石技术为核心的“固定碳 - 电石 - 乙炔”技术集群。开发的固相合成颗粒电石联产 CO 核心新技术 (1 吨电石联产 1.2 吨左右 CO)，首次实现低温、低能耗、低排放、低成本生产高活性电石，不仅实现近零排放和电石渣循环利用，电石成本同时降低 15-20%，进一步提升了乙炔化工的技术竞争力，推动电石乙炔向 C<sub>2</sub> 化学平台升级。目前全面完成了小试实验，正在进行中试试验验证。

### 电弧炉液相电石



- ◆ 反应温度: 2200-2400°C
- ◆ 反应时间: 2-4小时
- ◆ 原料要求: 高, 利用率80%
- ◆ 产物形貌: 1-2吨/坨
- ◆ 发气量: 265-295L/kg
- ◆ 电石活性: 低
- ◆ 联产CO: 1吨电石联产0.3吨CO
- ◆ 电石渣回用: 难

### 固相合成颗粒电石



- ◆ 反应温度: 1800-1850°C
- ◆ 反应时间: 1-1.5小时
- ◆ 原料要求: 低, 利用率100%
- ◆ 产物形貌: 1cm小颗粒
- ◆ 发气量: 300-330 L/kg
- ◆ 电石活性: 高, 直接干法发气
- ◆ 联产CO: 1吨电石联产1.2吨CO
- ◆ 电石渣回用: 回用70%

## 攻克低温高效反应难题，实现能耗与成本双降

技术优势：

多原料来源适配：支持煤、生物质、天然气等多种碳源路径，以及石灰石、电石渣等多种钙源路径，原料适配性高、路径灵活度高；

产业链融合延伸：吸收消化 CO<sub>2</sub>、联产乙炔和 CO，为 C<sub>1</sub> 化工、C<sub>2</sub> 化工和氯碱化工三者的融合发展提供了技术基础；

资源循环与低碳转型：实现电石渣近零排放与循环利用，电石成本降低 15-20%，乙炔综合成本与乙烯持平。

# 无催化、钙循环的石灰氮 - 双氰胺绿色新工艺

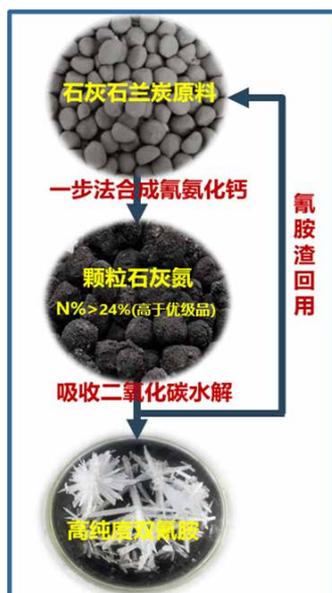
## 成果介绍

本成果针对我国石灰氮 - 氰胺特色产业面临的原料处理复杂、产品纯度不高及含氟废渣污染等关键问题，首创无催化钙循环合成颗粒石灰氮 - 双氰胺绿色新工艺，目前已经完成了全面小试工作，正在进行中试建设。

### 技术突破：

- ① 源头替代：以碳酸钙和兰炭为原料一步法合成氰氨化钙，建立无萤石催化剂的钙循环新工艺路线；
- ② 品质提升：石灰氮有效氮 $\geq 24\%$ 、残余  $\text{CaC}_2$  极低，为制备高品质双氰胺奠定基础；
- ③ 闭环减排：工艺目标实现氰胺渣资源化率 $\geq 70\%$ 与  $\text{CO}_2$  就地利用，最终形成“零含氟废渣”的可审计闭环体系。

应用价值：以侧线改造→整线替代为路径，优先在宁夏、内蒙古、青海等产能集聚区示范，面向电子材料、高端树脂固化剂、农业抑制剂等高附加值领域，提供“更高品质、零含氟渣、可持续”的产业升级全套方案。



项目负责人

赵虹

职称

研究员

联系方式

Email: zhaoh@sari.ac.cn  
15801925460

所属领域

新材料

新能源

其他 (资源与环境)

技术成熟度

中试阶段 (TRL6-TRL7)

现有知识产权情况

发明专利

合作意向

技术转让

技术许可

其他 (增资共开发)

# 非金属催化剂催化乙炔氢氯化

## 成果介绍

课题组开发的“姜钟法”无汞催化合成氯乙烯新技术完成了 20 万吨工业示范。在此基础上，开发的新一代非金属催化剂较第一代钡基催化剂性能有大幅提升。新催化剂单独用于乙炔氢氯化反应，在 200°C、乙炔气相空速  $60\text{h}^{-1}$  时，乙炔转化率可达 95% 以上，氯乙烯选择性 99%。单独用于二氯乙烷裂解反应，在 260°C、液相空速  $0.2\text{h}^{-1}$  时二氯乙烷转化率达到 80%，氯乙烯选择性 99%。新催化剂在乙炔二氯乙烷耦合制备氯乙烯反应中，乙炔和二氯乙烷的单程转化率较第一代“姜钟法”分别提升了 5-10%。

项目负责人

赵虹

职称

研究员

联系方式

Email:  
zhaoh@sari.ac.cn

15801925460

所属领域

新材料

其他 (资源与环境)

技术成熟度

小试阶段 (TRL5)

现有知识产权情况

发明专利

合作意向

技术开发

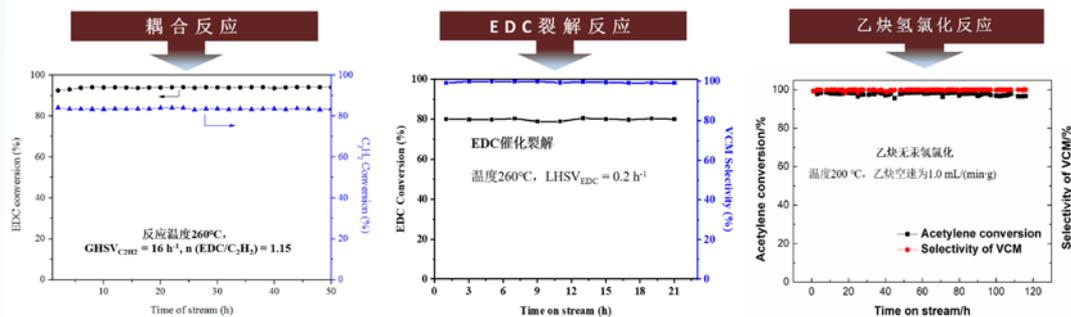
技术转让

技术许可

其他 (增资共开发)



20 万吨 / 年姜钟法示范工程



# 超级导电炭黑： 高性价比工业通用导电剂

## 成果介绍

本成果通过精准调控炭黑的微观结构，构建高效三维导电网络，使其电导率超越传统导电炭黑（如 SP、乙炔黑）10 倍以上，达到中高端导电剂水平，从而实现“以炭黑的价格，获得碳纳米管的导电性能”。该产品成功填补了传统炭黑与昂贵碳纳米管之间的性能空白，并以极致的成本效益，为工业领域提供可靠的导电、防静电解决方案。目前，实验室能制备出公斤级的样品材料，寻求工业化应用伙伴。

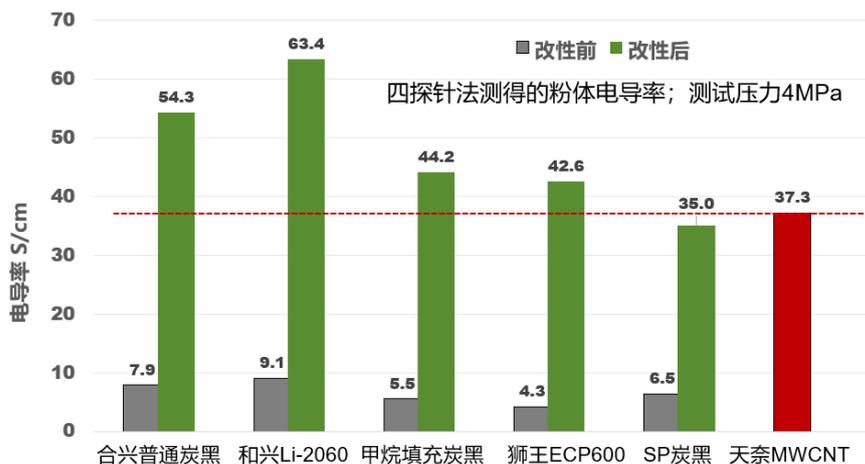
### 产品核心优势：

1. 高导电性：电导率是传统导电炭黑（如 SP、乙炔黑、科琴黑）的数倍以上，达到碳纳米管导电水平。
2. 卓越性价比：目标价格 50-80 元 / 公斤，性能比肩昂贵的多壁碳纳米管，成本不到其 1/5，实现“炭黑价格，碳管性能”。
3. 易加工性与普适性：与塑料、橡胶、涂料等高分子基体相容性好，分散性优异，不改变客户现有生产工艺；且稳定性好，赋予制品持久的导电 / 防静电功能，性能稳定，耐候性好。

### 应用价值：

本技术为下游工业客户提供了一种颠覆性的降本增效方案：

1. 对于塑料制品企业：可开发永久性抗静电塑料（如工程管道、电子器件托盘 / 周转箱），替代易老化、效果不稳定的表面喷涂抗静电剂，提升产品可靠性和等级，同时控制成本。
2. 对于橡胶制品企业：可制造高性能导电橡胶（如矿山输送带、易燃品输送软管），将静电及时导出，从根本上杜绝因静电累积引发的燃爆风险，保障安全生产。
3. 对于涂料与地坪企业：可配制耐久性优异的导静电地坪涂料，用于电子厂房、化工厂、加油站等需要严格静电防护的场所，提供长效、稳定的安全保障。也可以与铝、铁等金属等复合，提高其导电性。



项目负责人

赵虹

职称

研究员

联系方式

Email:  
zhaoh@sari.ac.cn  
15801925460

所属领域

高端装备  
新材料

技术成熟度

小试阶段 (TRL5):

现有知识产权情况

发明专利

合作意向

技术开发  
技术转让  
技术许可

# 毫米波 (FR2/Ka) 宽频高效 电磁屏蔽碳基材料

## 成果介绍

毫米波 (FR2/Ka) 频段是未来 5G/6G 通信、高精度雷达、航天通信及电子对抗的核心频段，对屏蔽材料性能要求极为苛刻。通过独特的微观结构设计创新，我们成功开发了以导电-极化耦合导致的介电损耗为主的宽频高性能碳基电磁屏蔽材料。该材料在 18-40 GHz (更高的频率没有测试) 的宽频范围内，屏蔽效能 (SE) 稳定保持在 56 dB 及以上，典型的功率分配为  $R \approx 0.87-0.95$ 、 $T \approx 10^{-7}$ 、 $A \approx 0.08-0.13$ ，能有效屏蔽 99.9997% 的电磁波干扰，表明该材料在关键的 18-40 GHz 毫米波频段的屏蔽性能已经过第三方检测成功解决了高频下连续宽屏电磁屏蔽的技术挑战。目前实验室能稳定制备公斤级样品材料。下图是典型样品的电磁屏蔽性能图 (石蜡: 样品质量比为 2:1 混合后制样、经波导法矢量网络分析仪测量)。

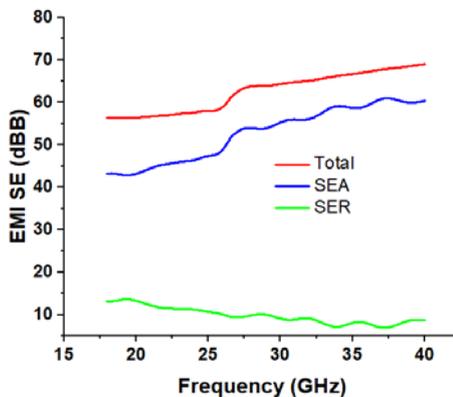
### 产品核心优势:

1. 抢占高频制高点: 性能验证集中于 18-40 GHz 及以上毫米波频段，可以服务于卫星互联网、毫米波雷达、第六代移动通信 (6G) 及高端国防装备等前沿领域。
2. 高性能保障: 在该频段内展现出的优异屏蔽效能，能为上述系统提供关键电磁防护，保障其在复杂电磁环境下的信号完整性和运行可靠性。

### 应用价值:

本材料为即将爆发的毫米波应用时代提供了关键的“安全屏障”:

1. 对于 6G 通信与卫星互联网: 在制造毫米波基站天线罩、低轨卫星通信系统内部屏蔽组件等方面有潜力，防止高频信号自扰与外部干扰。
2. 对于自动驾驶与雷达系统: 可为高精度车载雷达、军事侦查雷达的核心收发模块提供屏蔽，确保探测精度与可靠性。
3. 对于高端装备: 在毫米波导引头、电子战系统中的应用至关重要，直接提升装备在复杂电磁环境下的生存与突防能力。
4. 核心价值: 为客户提供面向未来的高频电磁屏蔽解决方案，使其产品在下一代通信、感知和国防科技竞争中占据先机。



备注: 为抢占毫米波材料这一战略前沿，形成技术领先优势，期望获得以下支持:

1. 目前毫米波 (FR2/Ka) 频段的电磁屏蔽测试机构极少，希望能协助对接低轨卫星星座建设单位、核心雷达研究所、领先的 6G 技术研发团队，开展针对毫米波应用的材料评测与联合攻关。
2. 希望能协助对接对空天信息、下一代通信、国防科技有长期布局的产业基金或战略投资者。

项目负责人

赵虹

职称

研究员

联系方式

Email:  
zhaoh@sari.ac.cn

15801925460

所属领域

新一代信息技术

高端装备

新材料

技术成熟度

小试阶段 (TRL5)

现有知识产权情况

发明专利

合作意向

技术开发

技术转让

技术许可

# 碳钢、铝合金防腐蚀技术

## 成果介绍

碳钢和铝合金在装备制造、化工管线、海洋工程和交通运输等领域应用广泛，但长期处于含氯、含酸及硬水环境中，易发生电化学腐蚀与垢层沉积，导致失效与能耗增加。

针对上述痛点，我们开发了兼具防腐与防垢功能的新型表面处理工艺。该工艺通过构建致密屏蔽层与低表面能功能层的协同结构，显著降低氧 / 氯离子渗透与阴极反应速率，并抑制碳酸盐、硫酸盐等晶核黏附与生长。经处理的碳钢在 3.5% NaCl、70 °C 下连续浸泡 10 天仍未见红锈与点蚀扩展；处理的铝合金经 CASS 盐雾 144 h 无腐蚀点，折算等效于 NSS 1152 h，同时保持优异抗垢性。工艺具备良好附着与耐磨性，可在复杂几何件上均匀覆盖；流程温和、可规模化实施，适用于换热器、冷却回路、船用构件、工业构件及城市供水设施的寿命提升与维保降本。

### ▶ 碳钢工件防腐处理



### ▶ 3.5% 的 NaCl 溶液，70 度烘箱内



项目负责人

杨庆峰

职称

研究员

联系方式

Email:  
yangqf@sari.ac.cn  
13816776094

所属领域

新材料

技术成熟度

小试阶段 (TRL5)

现有知识产权情况

发明专利

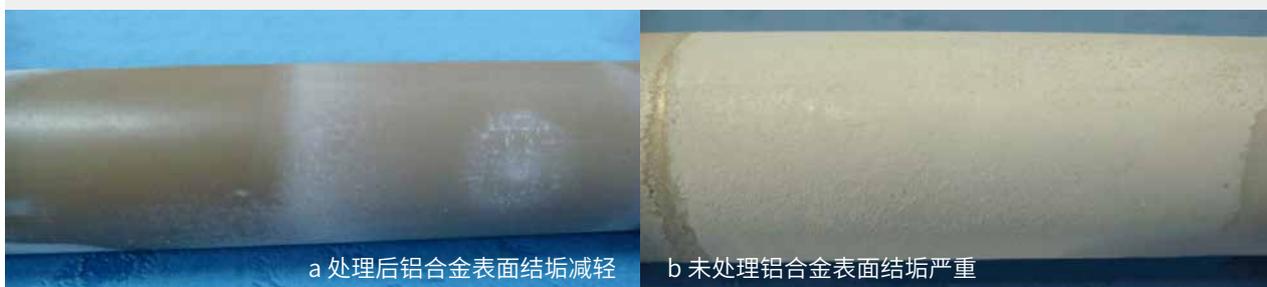
合作意向

技术开发

技术转让

技术许可

## 海水盐度下加速结垢 7 天对比图



a 处理后铝合金表面结垢减轻

b 未处理铝合金表面结垢严重

# 面向多应用场景的氧化物陶瓷增材制造技术

## 成果介绍

本成果突破多场景应用氧化物陶瓷增材制造核心技术，实现多领域关键构件精准制备。

在核物理中子成像领域，攻克氧化钆材料精准制备技术，凭借增材制造的高精度控形与灵活结构优势，解决传统工艺成型困难、精度不高、成分不均等难题，为中子成像探测提供性能稳定的核心材料支撑。

数字驱动热催化领域，创新整体式多级孔催化剂设计与跨尺度控形控性制备技术，以数字模型为核心，精准调控孔道结构与成分分布，提升催化效率与稳定性，助力催化过程智能化升级。

光催化领域，突破透明二氧化硅陶瓷制备关键技术，可实现任意结构透明石英构件一体化成型，解决传统工艺难以兼顾结构复杂性与透光性的痛点，为光催化反应装置小型化、高效化、定制化提供新路径，应用前景广阔。

技术整体适配多场景氧化物陶瓷制备需求，彰显增材制造技术在特种陶瓷领域的应用潜力。

项目负责人

王刚

职称

高级工程师

联系方式

Email:  
wangg\_g@sari.ac.cn  
13662196466

所属领域

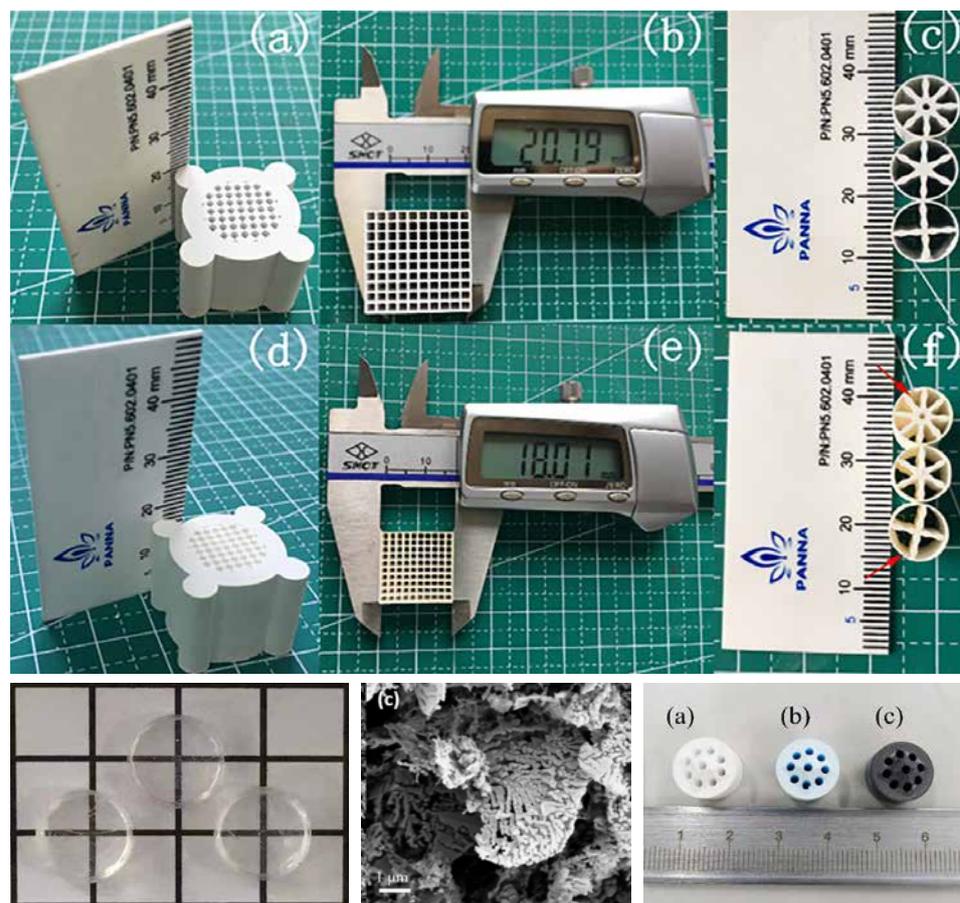
新材料

技术成熟度

中试阶段 (TRL6-TRL7)

合作意向

技术开发





P41	10MWth 氦气轮机发电系统	张靖煊
P42	超导三次谐波腔模组	侯洪涛
P43	双模型 1.3GHz 9-cell 超导腔	侯洪涛
P44	X 射线自由电子激光装置束流信号处理器	赖龙伟
P45	大型加速器控制技术	缪海峰
P46	磁性诱晶抗垢除硬除氟降浊水处理装备及技术	杨庆峰
P47	低能耗纳米气泡技术与装备及产业化	杨庆峰
P48	城市污泥减量化技术及装备	杨庆峰
P49	电子芯片级超高浓度臭氧水技术与装备及产业化	杨庆峰
P50	同步辐射大腔体压机高温高压实验平台	杨 科
P51	同步辐射工程材料及工件表征实验平台	杨 科
P52	高密度微结构模块化反应器强化绿色甲醇合成	唐志永
P53	超重力二氧化碳捕获	唐志永
P54	AI 辅助的装备数智化	唐志永
P55	高分辨软 X 射线共振非弹性散射谱仪	黄耀波
P56	液氮冷却子午压弯劳厄双晶单色器	董朝晖

# 03

高端装备领域

# 10MWth 氦气轮机发电系统

项目负责人

张靖焯

职称

副研究员

联系方式

Email:  
Zhangjx@sari.ac.cn

所属领域

高端装备

技术成熟度

小试阶段 (TRL5)

现有知识产权情况

发明专利

合作意向

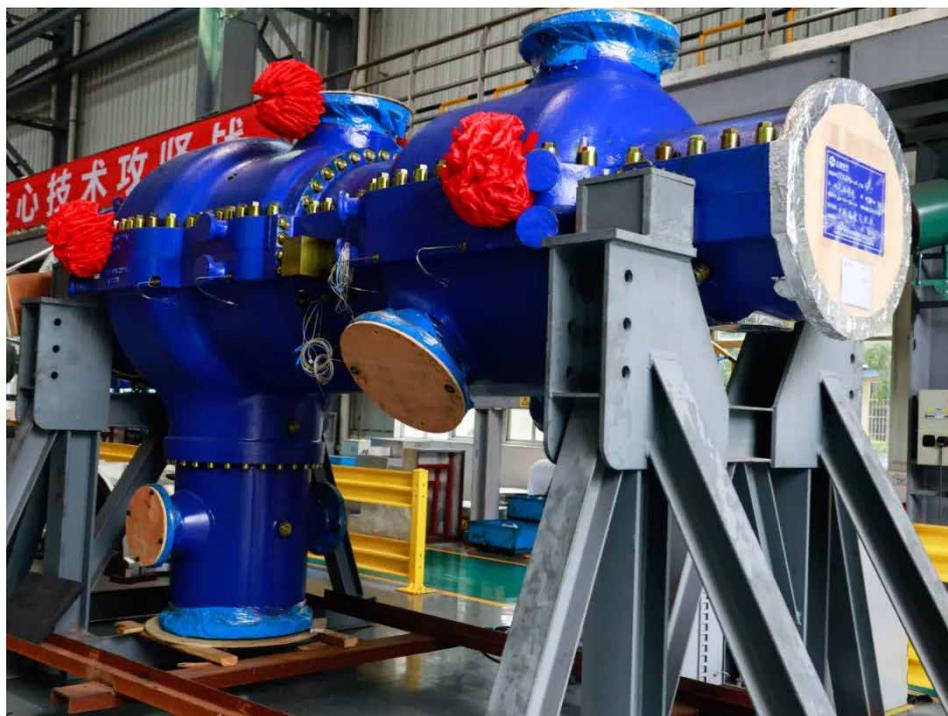
技术开发

技术转让

技术许可

## 成果介绍

面向四代高温核能及三代太阳能光热发电领域，以氦气为工质，采用闭式布雷顿循环实现高效热功转换，具有系统简单、热效率高、安全性高、环境适用性强等优点。掌握氦气轮机发电系统核心部件研发和测试、系统运行控制等关键技术目前已经完成 10MWth 氦气轮机发电系统研制工作，该机组工作转速 13500rpm，由高低压压气机、透平、回热器、预冷器、间冷器及辅机系统组成，透平前温 627°C，发电效率 > 30%，已完成初步机械结构及系统冷态测试。可用于四代核能、三代太阳能光热以及工业高温余热回收。



# 超导三次谐波腔模组

## 成果介绍

团队在国内率先研制成功一台超导三次谐波腔模组，可用于拉伸同步辐射光源束团长度、提高束流寿命和改善束流品质，已在中能同步辐射光源上首次实现了具有 20 mA 超高单束团流强的混合填充模式。

其中，超导三次谐波腔采用创新设计的 2-cell 腔结合梅花形束管传输高次模的结构。国内首次研制了热收缩工艺的高次模吸收器；获得了大带宽常温工作的调谐器结构设计与制造技术。

它是我国首次在大光源用户装置上成功应用自主研制的超导腔模组，达到同类设备的国际先进水平；具有完整自主知识产权，关键材料、加工、集成全部实现国产化；当前国际上唯一在线运行的 1.5GHz 纯铌超导谐波腔模组。

该模组除在上海光源应用之外，已推广到英国钻石光源和巴西光源。



项目负责人

侯洪涛

职称

正高级工程师

联系方式

Email:  
houht@sari.ac.cn

13817229159

所属领域

高端装备

技术成熟度

规模化应用 (TRL9)

合作意向

技术开发

## 双馈型 1.3GHz 9-cell 超导腔

项目负责人

侯洪涛

职称

正高级工程师

联系方式

Email:  
houht@sari.ac.cn

13817229159

所属领域

高端装备

技术成熟度

规模化应用 (TRL9)

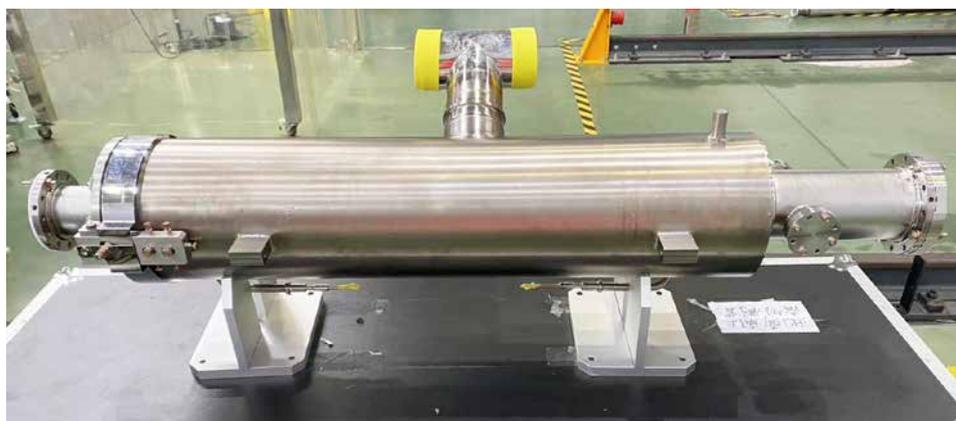
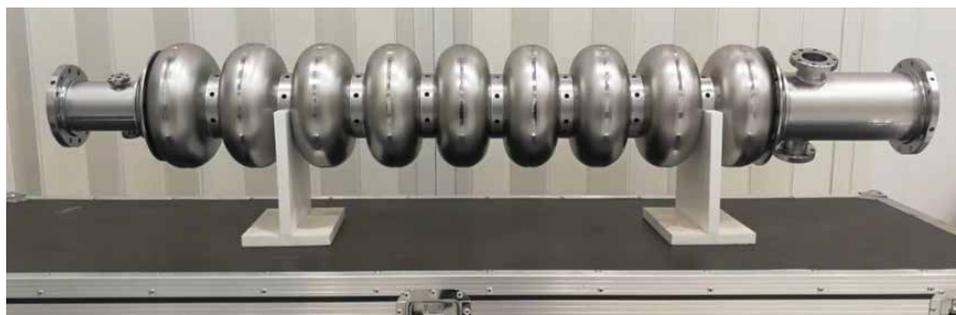
合作意向

技术开发

### 成果介绍

在国内率先研制成功一台双馈型 1.3GHz 9-cell 超导腔，采用对称双输入耦合器结构，经液氦温区测试验证其加速梯度与品质因数（Q0 值）均达到设计指标后，成功安装至 SHINE 注入器段。相比标准结构的 1.3GHz 9-cell 腔，该腔为完全的轴对称结构，采用了扩大束管方案传输高次模，应用对称布局的两个同轴型输入耦合器，消除了结构不对称带来的束流发射度的恶化，它有效降低了低能段 RF kick 对束流发射度的影响，将发射度增长量降低 50% 以上，最终实现了注入器发射度小于  $0.5 \text{ mm} \cdot \text{mrad}$  的调试目标。为后续加速器的高效稳定运行奠定基础。

- 谐振频率：1300.2 +/- 0.1 MHz @ 2.0 K
- 场平坦度 field flatness  $\geq 90\%$  (dressed cavity)
- 无载品质因数  $Q_0 > 1.5 \times 10^{10}$  @  $E_{acc} = 12 \text{ MV/m}$ ,  $E_{acc\_max} \geq 19 \text{ MV/m}$
- 同轴度 straightness  $\leq 0.4 \text{ mm}$
- 漏率 Leakrate  $\leq 1 \times 10^{-10} \text{ mbar l/s}$



# X 射线自由电子激光装置束流信号处理器

## 成果介绍

在大型科学装置与尖端工业应用领域，成功研发了一系列高性能束流信号处理器，突破了多项关键核心技术，实现了高端加速器电子学的自主化与产品化。

### 核心成果与技术突破：

- 国内首台 XFEL 束流信号处理器：采用模块化硬件架构，攻克了超快信号同步高速采样电路设计与高精度幅相提取算法，为同类超快过程诊断设备奠定了技术基础。
- 高重频通用束流信号处理器：国内首次成功研制并实现批量应用，集成白兔精密定时系统，解决了高速数据实时传输与处理瓶颈，可稳定完成 1MHz 高重频束流信号的同步处理。
- 国际首创的 C 波段腔式探头射频直采处理器：摒弃传统复杂下变频架构，大幅减少模拟器件数量，显著降低了系统成本与复杂度，提升了设备可靠性与可维护性。

该系列产品性能优异、运行稳定，已在国内多个重大科技基础设施（如 SXFEL、SHINE、大连相干光源、合肥先进光源等）及国际项目（巴西光源）中实现批量应用，成功填补了国内空白。经中国核学会鉴定，该技术达到国际先进水平，其中 C 波段射频直采方案属国际首创。这标志着我国在高性能束流诊断设备领域已具备自主研制与批量供货能力，不仅能满足大科学装置的迫切需求，也为未来在半导体检测、高端医疗设备及先进工业激光等领域的产业拓展奠定了坚实基础。



项目负责人

赖龙伟

职称

研究员

联系方式

13601879532

所属领域

高端装备

技术成熟度

规模化应用 (TRL9)

现有知识产权情况

发明专利

合作意向

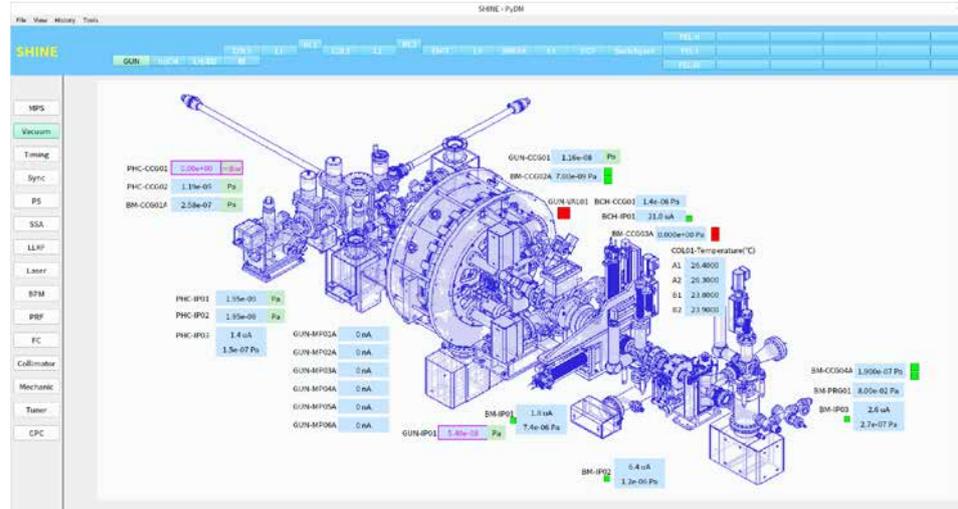
技术开发

# 大型加速器控制技术

## 成果介绍

国内最早系统研究、规模应用 EPICS 的单位之一，成功研制上海同步辐射光源（SSRF）、软 X 射线自由电子激光装置（SXFEL）、硬 X 射线自由电子激光装置（SHINE）等多个国家重大科技基础设施控制系统，相关技术推广应用于大连相干光源（DCLS）、巴西直线加速器（SIRIUS）等项目。在 EPICS 开发平台、上层应用软件、高精度时钟同步、分布式实时控制、数据采集与联锁保护等方面具备深厚积累，整体技术水平达到国内领先、国际一流水平。系统实现了对加速器装置全类型设备的集成控制，为装置调试与运行提供稳定平台，满足科研和工程人员在设备监控、数据获取与分析等方面的需求。关键性能指标优异：高精度时钟抖动小于 10ps，快联锁信号响应时间小于 10 $\mu$ s。相关成果包括学术论文 85 篇，软件著作权 4 项，专利 4 项，并于 2021 年成功主办控制领域顶级国际会议 ICALEPCS，彰显了在该领域的国际影响力。

## 大型分布式控制系统



项目负责人

缪海峰

职称

正高级工程师

联系方式

13391267372

所属领域

高端装备

技术成熟度

规模化应用 (TRL9)

现有知识产权情况

实用新型专利

软件著作权

其他 (论文)

合作意向

技术开发

# 磁性诱晶抗垢除硬除氟降浊水处理装备及技术

## 成果介绍

为提高水的利用率以达到节水减排的目的，同时为防止换热器结垢，工业用水常常需要补充低硬度水或其他来源的脱除硬度的水，或者直接将循环水的硬度进行脱除。因此创新性的高效水硬度脱除技术具有广阔的市场前景。

我们开发的创新技术 -- 磁性诱晶抗垢同步除硬、除氟、降浊水处理装备及技术，利用开发的特异性磁性诱晶材料的亲和力强，使水中的垢质污染物优先沉积在磁性诱晶材料上，脱除硬度和氟后的产水可重新进行利用，以达到节水减排的目的。

我们已在某煤化工企业落地首个工程：反渗透浓水与反冲洗水合计处理规模 3600 m<sup>3</sup>/d（撬装），系统稳定运行 2.5 年，年节水费约 370 万元，展示出优良的稳定性与经济性。

该技术可与中水回用、循环冷却水、RO 浓水减量及零排放协同应用，适配多行业除硬抗垢与除氟降浊需求。



- 某煤化工企业反渗透浓水除硬降法系统（RO 进水为自来水）
- 处理水量 3600m<sup>3</sup>/ 天，包含浓水及反冲洗水（撬装设备）
- 处理后的水回用至箱环冷却水系统

**首个工程已稳定运行 2.5 年，每年节省水费 370 万元**

项目负责人

杨庆峰

职称

研究员

联系方式

Email:  
yangqf@sari.ac.cn

13816776094

所属领域

高端装备

其他（环保节能减排）

技术成熟度

规模化应用 (TRL9)

现有知识产权情况

发明专利

合作意向

技术开发

技术转让

技术许可

# 低能耗纳米气泡技术与装备及产业化

## 成果介绍

在水中稳定产生大量纳米气泡本身是高能耗过程，传统文丘里、溶气泵与空化法均存在显著的能量损失与效率瓶颈。为此，我们提出基于“静压力平衡”原理的低能耗制备技术：通过模块化溶气腔与微界面整流通道耦合，显著降低气液传质边界层阻力，大幅提升溶气速率；同时取消高频加压-减压循环，避免节流与释压损耗，使综合能耗较传统方案降低约90%。在常温常压下即可一次获得透明出水，溶解氧 DO 稳定达 70-100 mg/L，气泡粒径分布窄、寿命长、稳定性高。基于该技术制造的装备已在多家博物馆用于出水文物的低损脱盐处理中，传质效率提升 1 倍以上，已连续稳定运行 1.5 年，维护简便、噪声低。

该工艺适用于污水深度处理、微污染水体修复、海水淡化预处理、河道富氧治理、自来水净化与达标排放、水产密集养殖增氧、水华抑制、黑臭水体整治以及盐分快速脱除等场景，具备广泛工程化前景。



广东南海一号博物馆

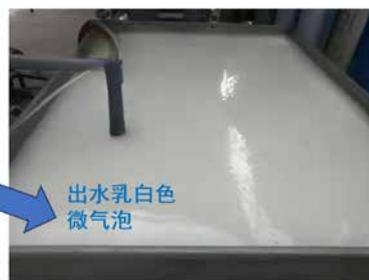
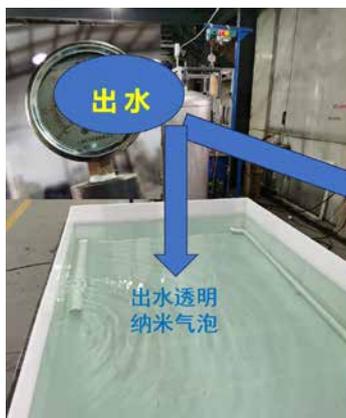


海南南海博物馆



上海博物馆

本项目纳米气泡设备已应用于博物馆出水文物脱盐



该技术已工程应用于文物脱盐  
并已稳定运行1.5年

项目负责人

杨庆峰

职称

研究员

联系方式

Email:  
yangqf@sari.ac.cn  
13816776094

所属领域

高端装备

技术成熟度

产业化示范 (TRL8)

现有知识产权情况

发明专利

合作意向

技术开发

技术转让

技术许可

# 城市污泥减量化技术及装备

## 成果介绍

活性污泥法是国内外应用最广的生物处理工艺，但伴随产生的大量剩余污泥使处理处置费用高昂，常占污水厂投资与运行成本的 25%-65%，成为制约行业发展的瓶颈。

本项目基于“溶胞隐性生长”原理，利用高浓度气体溶解与瞬时释气的爆破效应，并借助纳米催化原位生成  $\cdot\text{OH}$ ，定向破坏污泥菌体细胞壁膜，使胞内基质及时释放并被微生物再利用，从源头减少新生污泥量。工艺由高压溶气反应器、气泡释压单元与催化模块构成，可与现有  $\text{A}^2/\text{O}$ 、 $\text{AO}$ 、 $\text{SBR}$  等流程无缝耦合，占地小、无人值守。技术见效快：1 小时内可观察到污泥减量；效率高：有机污泥降解率  $\geq 70\%$ ；绿色安全：不外加药剂、无二次污染、臭味显著降低，并有助于提升污泥脱水性、降低后端处置负荷。某食品厂中试显示，减泥约 70% 每年可节省处置费用约 66 万元，具备显著的经济与环境效益，适用于城市污泥及食品、造纸、医药等行业的减量化升级改造。



城市污泥减量化装备

项目负责人

杨庆峰

职称

研究员

联系方式

Email:  
yangqf@sari.ac.cn  
13816776094

所属领域

高端装备

其他 ( 环保节能减排 )

技术成熟度

中试阶段 (TRL6-TRL7)

现有知识产权情况

发明专利

合作意向

技术开发

技术转让

技术许可

# 电子芯片级超高浓度臭氧水技术与装备及产业化

## 成果介绍

高浓度臭氧水设备作为芯片制造不可缺少的工具之一，目前为国外垄断，面临进口限制，国产替代需求大。

清洗是贯穿半导体芯片产业链的重要工艺环节，避免杂质影响芯片良率和芯片产品性能，去除有机物、金属、颗粒、光刻胶等。高浓度臭氧水是一种强氧化剂，相对于化学药液具有无损伤清洗、清洗效果好、成本低、效率高、安全环保等优点，应用于电子芯片清洗领域具有明显的优势，目前应用的臭氧水浓度为 80mg/L 左右。

我们自主研发的高浓度臭氧水技术，采用独创的臭氧气体等温压缩、水膜瞬时发生、压力释放软减压等核心技术，在普通臭氧气体浓度下获得浓度 100mg/L 以上的高浓度臭氧水，打破国外对半导体臭氧水清洗设备方面的垄断，成本降为同类产品的 1/3，可广泛用于半导体芯片方面的清洗。

项目负责人

杨庆峰

职称

研究员

联系方式

Email:  
yangqf@sari.ac.cn

13816776094

所属领域

高端装备

技术成熟度

中试阶段(TRL6-TRL7)

现有知识产权情况

发明专利

合作意向

技术开发

技术转让

技术许可



第一代产品



第二代产品

采用低浓度气体制备超高浓度臭氧水 $\geq 100\text{mg/L}$

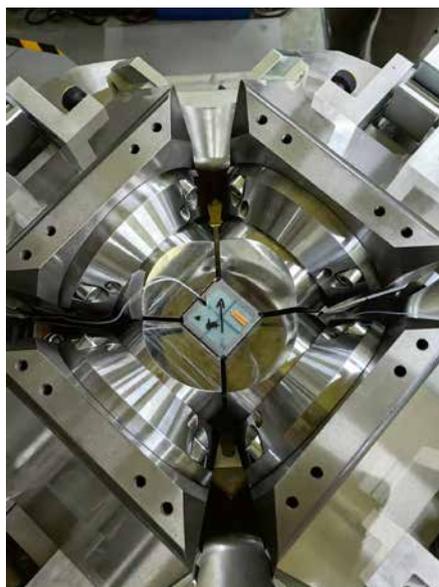
# 同步辐射大腔体压机高温高压实验平台

## 成果介绍

上海光源 BL12SW 超硬多功能线大压机高压实验站是我国首个同步辐射与大腔体压机相结合的高压实验平台。该平台通过模拟地球内部及类地行星的极端高温高压环境，为材料在极端条件下的结构演变与物性研究提供了原位、实时的高精度观测能力。

自 2024 年面向用户开放以来，该实验站已成功开展高压相变、高压成像、物性测量与超高压实验技术开发等多项实验任务，并取得一系列具有代表性的技术成果。目前平台已实现最高 45 GPa 的超高压条件，并在国际先进水平上完成对钙长石、含水斜硅镁石等典型地幔矿物的声速测量，尤其突破了下地幔温压条件（30-40 GPa，1500 K）下的超声波测量技术，为相关地质与行星科学问题的解决提供了关键数据支撑。

在产业化服务方面，该实验站积极支持国产大压机核心部件（如碳化钨压砧、烧结金刚石压砧等）的研发与性能验证，提供原位测试与技术评估服务，助力高压实验装备的自主化与性能提升。该平台的建成与运行，标志着我国在极端条件科学研究与相关高端装备开发方面，已具备系统性、开放性的技术支撑能力，为材料设计、资源勘探、先进制造等领域的创新研究提供了重要平台基础。



项目负责人

杨科

职称

研究员

联系方式

021-20302670

所属领域

高端装备

技术成熟度

产业化示范 (TRL8)

合作意向

技术开发

# 同步辐射工程材料及工件表征实验平台

项目负责人

杨科

职称

研究员

联系方式

021-20302670

所属领域

高端装备

技术成熟度

中试阶段 (TRL6-TRL7)

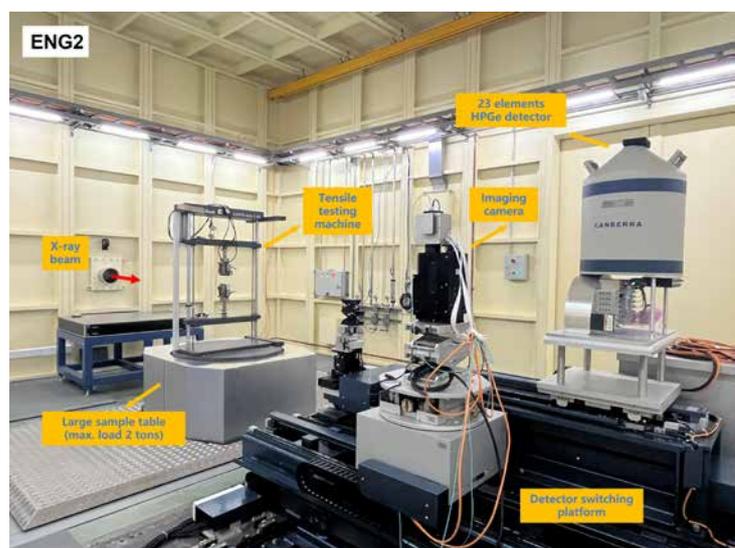
合作意向

技术开发

## 成果介绍

上海光源超硬多功能线站（简称“超硬线”）作为上海光源二期工程的核心实验平台，是国内首个专注于高能 X 射线工程应用与产业服务的同步辐射线站，致力于为高端制造、新材料、重大装备等产业领域提供关键实验支撑。超硬线具备 30-160 keV 单色光与 30-300 keV 白光实验能力，可覆盖从材料微观结构分析到大型构件宏观性能评估的广泛研究需求。其光斑尺寸在几十微米至百毫米范围内连续可调，能够灵活适配不同类型样品与实验场景。线站设有两个专业化工程材料实验站：一站聚焦小型样品原位实验，兼容多种小型原位装置；另一站专为大型工件及大型原位设备设计，配备高负载、高精度样品台，为大尺寸构件实验提供稳定支持。

在实验方法上，超硬线集成高能衍射、高能 CT、大视场成像及白光动态快速成像等多种先进技术，形成覆盖从微观结构到宏观性能的全方位分析能力。尤为关键的是，其超高能量 X 射线可穿透厘米级金属样品，突破传统同步辐射对金属材料与大型工件内部观测的技术局限，首次将同步辐射研究能力从材料尺度拓展至实际工件级别。该线站的建成与投用，为我国在航空发动机、核电装备、轨道交通等关键领域的大型金属构件内部结构分析、服役行为研究与寿命评估提供了不可替代的平台支撑，标志着我国在工程材料同步辐射技术方面已具备系统化、产业化的服务能力。

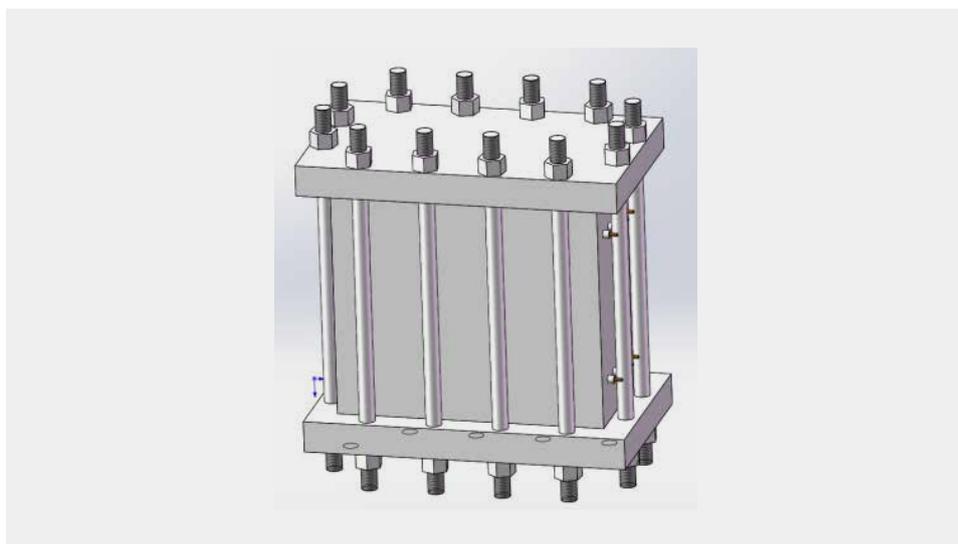


# 高密度微结构模块化反应器 强化绿色甲醇合成

## 成果介绍

在全球能源转型背景下，传统固定床二氧化碳加氢制甲醇反应器存在热质传递失衡、规模适配性差、动态响应和负荷适应性不足等问题。本团队开发的高密度微结构模块化反应器能够与可再生能源高度适配，具有以下优势：

1. 反应效率和放大能力突破：该反应器传质传热效率高，比表面积高达  $104\text{-}106\text{ m}^2/\text{m}^3$ ，远超传统反应器 ( $<1000\text{ m}^2/\text{m}^3$ )。采用微米级催化剂在近等温条件 ( $\pm 5^\circ\text{C}$  以内) 下进行  $\text{CO}_2$  加氢反应，强化传质传热过程，提高反应效率，单位催化剂产率更高 ( $\geq 1.5\text{ kg/L}\cdot\text{h}$ )，针对 5 万吨甲醇装置规模，该反应器相较于传统固定床反应器产能提 200%。同时，装置占地面积更小，催化剂寿命更长；
2. 动态响应与负荷适应性提升：其爬坡速率是传统器的 10 倍，可在分钟级内完成启停或负荷调节；
3. 系统集成化：其模块化特征可与  $\text{CO}_2$  捕集、电解制氢、储能等系统高度集成，占地仅传统设备 1/5。



项目负责人

唐志永

职称

正高级工程师

联系方式

13916786948

所属领域

高端装备

技术成熟度

中试阶段 (TRL6-TRL7)

现有知识产权情况

发明专利

合作意向

技术开发

技术转让

技术许可

# 超重力二氧化碳捕获

## 成果介绍

项目负责人

唐志永

职称

正高级工程师

联系方式

13916786948

所属领域

高端装备

技术成熟度

中试阶段(TRL6-TRL7)

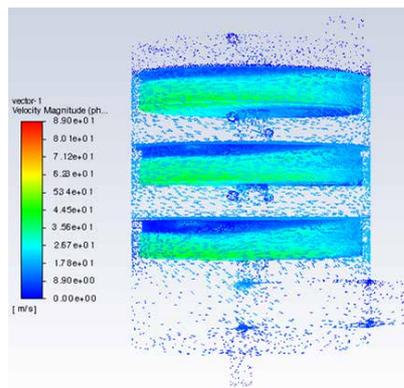
合作意向

技术开发

团队通过逆向工程成功开发的超重力二氧化碳捕获技术，已获得中国船级社（CCS）、意大利船级社（RINA）、美国船级社（ABS）和挪威船级社（DNV）等多家国际权威机构的原理认证书，标志着其技术成熟度与可靠性获业界广泛认可。该技术的核心优势在于利用高速旋转产生的强离心力极大强化气液传质过程，其体积传质系数较传统塔设备高 1-3 个数量级，使系统体积和质量仅为传统方案的百分之几，具有显著的高效性与紧凑性。

在 150m<sup>3</sup>/h 规模试验中，系统在液气比 0.67:1 的条件下，二氧化碳吸收率稳定在 93% 以上，捕集纯度超过 99.6%，能耗较传统技术降低约 50%。同类技术在中石油格木工业试验中，二氧化碳捕集率持续超过 90%，产品纯度达 99% 以上，运行成本下降 30%，验证了其在多种工业场景下的高效性、稳定性与经济性。

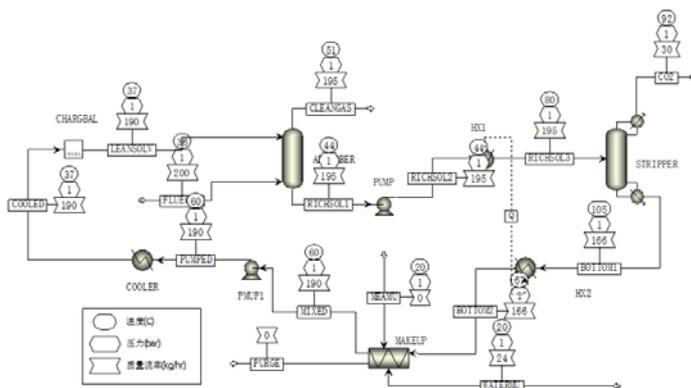
该技术不仅为航运业提供了关键的碳减排方案，其高效、紧凑、低能耗的特点也为其向电力、化工、钢铁等高排放行业推广奠定了坚实基础。通过将捕集的二氧化碳用于生产低碳甲醇等产品，形成了“捕集 - 利用 - 循环”的绿色闭环，拓展了技术的价值链和应用前景。



超重力设备结构优化模拟及传质过程仿真



超重力碳捕集系统 150m<sup>3</sup>/h 小型装置与测试平台



超重力 CO<sub>2</sub> 捕获系统流程

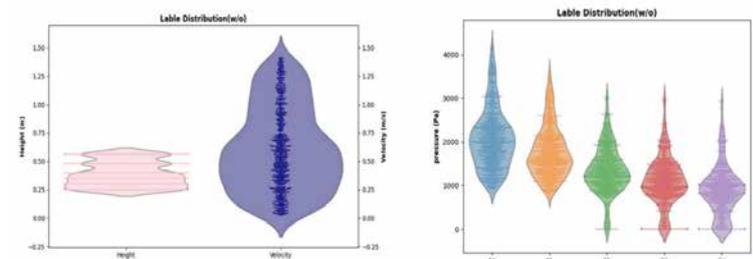
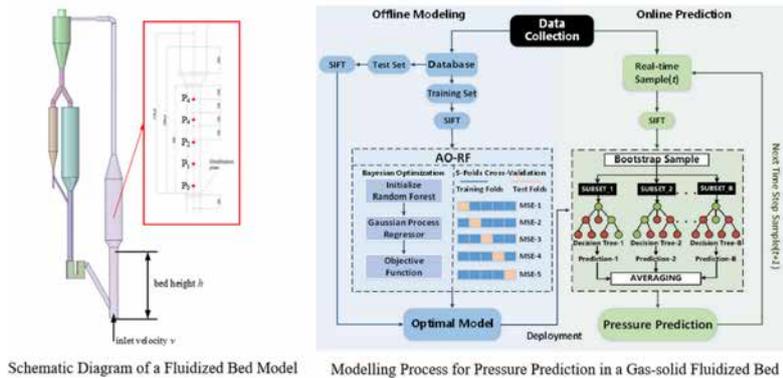
# AI 辅助的装备数智化

## 成果介绍

团队在气固流态化数智化研究中取得重要进展，开发了基于尺度不变特征变换（SIFT）和自适应优化随机森林（AO-RF）算法的工业流化床轴向压力预测模型，该成果已发表于工程技术领域 Top 期刊《Powder Technology》。研究通过大型冷模实验与多相流测试获取数据，利用 SIFT 模块实现特征数据的固定分布映射，解决了数据不匹配问题；AO-RF 算法则通过贝叶斯超参数优化与鲁棒集成技术，有效处理了有限样本和多尺度数据间的复杂非线性关系，显著提升了轴向压力预测的精度与泛化能力。实验验证表明，该模型具有优异的预测性能，并已成功集成至气固流态化数字孪生平台（中国科学院先导课题“设备-园区耦合的系统优化介尺度模拟软件”）。

此项工作致力于攻克大规模流态化过程的模拟可视化、分析与仿真集成技术，为构建“机理仿真 + 运行大数据”双驱动数字孪生系统提供了关键支撑。其核心目标是发展以介尺度模型为核心的多尺度模拟与全局优化方法，并开发相应软件模块，以优化工艺流程与装备设计。针对化工、冶金等行业中流程孤立、资源能源利用率低等问题，团队还发展了多过程物质循环耦合优化算法，旨在优化跨行业的物质、能量、信息及碳排放等要素配置。

该研究成果为催化裂化、甲醇制烯烃（MTO）、生物质气化、水泥炉窑等工业气固流态化过程提供了精准预测与优化控制的基础，有效推动了流程工业向绿色化、智能化方向转型。



Swarm Plot Demonstrating the Distribution of Original Features (left) and Labels (right)



项目负责人  
**唐志永**

职称  
**正高级工程师**

联系方式  
**13916786948**

所属领域  
**高端装备**

技术成熟度  
**小试阶段 (TRL5)**

现有知识产权情况  
**软件著作权**

合作意向  
**技术开发  
技术转让  
技术许可**

# 高分辨软 X 射线共振非弹性散射谱仪

## 成果介绍

项目负责人

黄耀波

职称

正高级工程师

联系方式

18601703201

所属领域

高端装备

技术成熟度

小试阶段 (TRL5)

现有知识产权情况

发明专利实质审查中

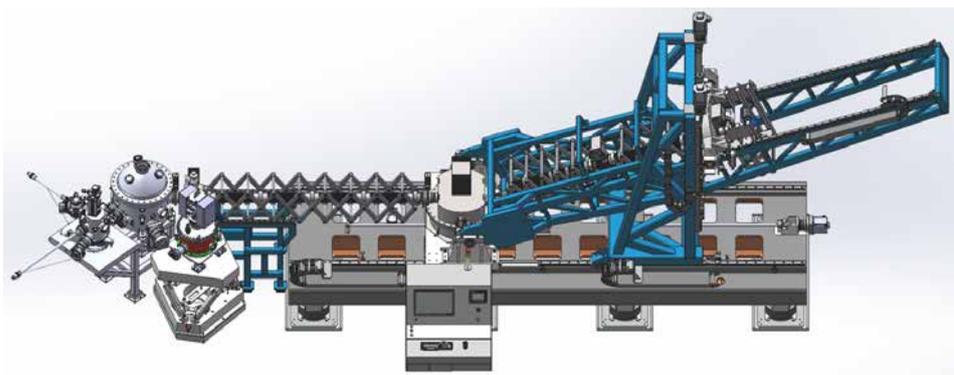
合作意向

技术开发

基于上海光源线站工程，成功研制了国内首套高分辨率软 X 射线共振非弹性散射 (RIXS) 谱仪。该谱仪创新性地引入主动减震与激光反馈温漂补偿技术，在开放实验环境下实现了与“低振动独立地基 + 恒温棚屋”方案相当的系统稳定性，有效解决了高精度谱仪在通用实验条件下面临的振动与温漂控制难题。

该技术成果无需建设专用地基和恒温棚屋，显著降低了建设与运维成本，为高性能 RIXS 谱仪的研制与推广提供了全新路径。自 2016 年 11 月启动研制，至 2023 年 1 月通过中国科学院组织的专家验收，所有性能指标均优于设计目标。国家验收意见认定该设备“实现自主研发，完成进口替代，整体达到国际先进水平”。

本 RIXS 谱仪具备良好的产业化基础与推广潜力，可广泛应用于凝聚态物理、材料科学、化学催化等前沿领域的高精度软 X 射线谱学测量，为国内科研机构与高科技企业提供自主可控、性能可靠的高端光谱学实验平台，助力我国先进光源配套装备的自主化与产业升级。



# 液氮冷却子午压弯劳厄双晶单色器

## 成果介绍

液氮冷却子午压弯劳厄双晶单色器作为二期超硬多功能线站的核心关键设备，是上海光源自主研发的标志性关键技术之一，其技术性能与应用成果均处于行业领先水平。

该单色器的晶体采用劳厄模式精准布置，并通过液氮冷却系统实现高效热管理；晶体本体采用工字型一体切割工艺，配合压电驱动技术顶推晶体一侧，可动态调节晶体压弯状态，灵活满足不同能量带宽的使用需求。尤为关键的是，其首次创新采用沿光轴移动的 beamstop 设计，结合真空环境内的超长直线运动机构，成功实现 29.7-162.7 keV 的能区覆盖，该范围为目前国际同类单色器中最宽。

作为国内首台该类型设备，该单色器成功填补国内高能 X 射线单色器领域的技术空白。与国外同类产品相比，其不仅能量范围最宽、热负载承受能力最高，且能量分辨率与国际先进水平相当，整体技术达到国际领先水准。在实际应用中，已在超硬线连续稳定工作两年以上，实现零故障运行。

在产业化推广方面，该单色器技术成果已成功转化为实际订单，上海光源凭借该技术方案承接了北方光源高能线站的设备研制任务，标志着该技术已具备对外输出与服务国家大科学装置的能力，为未来在材料科学、高端装备检测等领域的进一步技术辐射与产业合作奠定了坚实基础。



项目负责人

董朝晖

职称

副研究员

联系方式

Email:  
dongzh@sari.ac.cn

所属领域

高端装备

技术成熟度

产业化示范 (TRL8)

合作意向

技术开发



P59	智能激光农业增产系统	刘立庄
P60	多光谱成像增强处理器	刘立庄
P61	垂直领域大模型 / 智能体平台	黄俊
P62	空天地协同多源遥感大数据智能处理与应用	井怡
P63	无源无线测温传感器	梅年松
P64	卫星数据管理应用平台及展示系统	顾倩荣
P65	基于 AI 的异物异常状态识别系统	吴波
P66	基于 AI 与激光扫描的输送带撕裂检测系统	吴波
P67	三维扫描激光雷达	吴波
P68	基于多模态数据融合三维目标识别与重建	吴波

04

新一代  
信息技术领域

# 智能激光农业增产系统

项目负责人

刘立庄

职称

正高级工程师

联系方式

13918703198

所属领域

新一代信息技术

其他(农业科技)

技术成熟度

产业化示范(TRL8)

现有知识产权情况

发明专利

合作意向

技术开发

技术许可

技术转让

## 成果介绍

“温光水肥气”作为农业生产五个基本要素，其中温光水肥气四个要素我国已经发展到近乎极限，唯独光的突破会有极大发展空间，是现代农业的未来方向。设施农业中补光已经经历了从钠灯到LED光源的升级，作为第三代光源技术采用先进半导体激光芯片，光谱精准高效，可大幅提升植物光合作用效率，促进植物优质生长。激光具有能耗低、照射面积大、寿命长，规模应用带来成本的下降。

面向市场和产业升级需求，研发智能激光农业增产系统，在已有的植物激光灯系列产品基础上，结合人工智能模型技术，对植物状态数据和环境数据进行分析，建立植物生长模型；基于该模型计算出精确补光量和补光策略，利用人工智能技术实现植物按需精准补光，系统自动发出指令完成智能调控，构建最佳生长环境，确保植物增产提质，典型作物增产10-20%以上。

智能激光农业增产系统可广泛应用于育苗、设施大棚、植物工厂种植等现代农业领域。水稻通过集约化工厂式育秧，提升秧苗素质，增高20%，增重25%，分蘖增20%，实现增产10%；番茄、辣椒、茄子、西瓜、甜瓜、烟草等育苗，出苗时株高和茎粗增加50%，缩短育苗周期3-5天；高端经济作物草莓、番茄，提前7-14天坐果、转色，增产20-30%，口感好，提前2-3周上市；植物工厂应用光能耗降低47.22%。

## 助力主粮水稻增产 > 20%

**成果：** 缓苗快(0-2天)，增产显著，品质好。

**效果：** 缩短育秧周期、根茎粗壮，抗逆性强，生长快，对水肥环境有利因子极度敏感。

年份	试验地点	增产比例%
2021	国信柳河	27.3
2022	北大荒食哈阳	7.7
晚稻	首农双河研究所	18
	吉林水稻所镇贵	11.21
	绿腾农业湖州	15
2023	江西农大上高	9.5
早稻	台州农科院	9.06
	金华	18.93
	温州农科院	32
晚稻	江西农大上高	20.1
	中国水稻所富阳	12-22
	温岭雨优1640	13.9
	温岭雨优1540	12
	湘湖实验室诸暨	7
制种	吉林水稻所镇贵	12.6
	江西种业协会海南广陵	27.5
平均		16.77



稻苗增高20%

株高增20%，分蘖增20%，增产显著！



稻苗增重25%

水稻长势好，无烂根

开展为期18-30天的水稻育苗补光实验，移栽后正常种植增产11-27%

草莓植物工厂(高端经济作物)			
配置	6*LED	2*LD+4*LED	2*LD+3*LED
单组功耗	144W	112W	76W
能耗比	/	-22.2%	-47.2%
10月23日数据			
11月13日数据			

生产能耗低，花期、果期显著提前



裂果少，转色快、口感好！增产20-30%，糖度提升1-2度

结果分析：

- 番茄花期提前7-10天。
- 番茄数量增多23.17%
- 品质提升，可溶性糖显著增加，可溶性蛋白增加18.75%
- 裂果率低

第三方测试报告

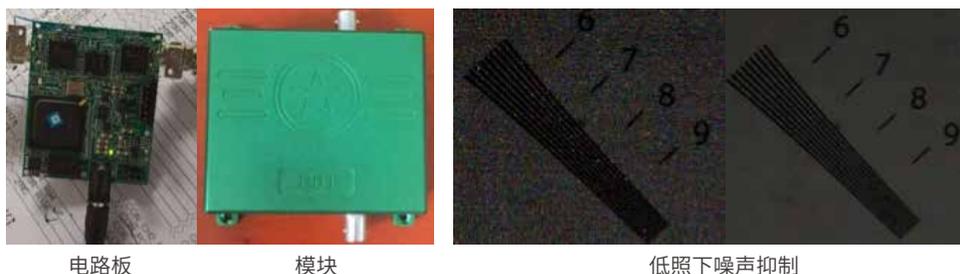
项目	对照组	激光组
1. 裂果率	15.2%	8.5%
2. 可溶性糖	12.5%	15.8%
3. 可溶性蛋白	10.1%	12.0%
4. 产量	100%	123.17%

# 多光谱成像增强处理器

## 成果介绍

本项目面向边海防、内河航道等地区雾、雨、霾等恶劣气象频发、能见度低、弱小目标难以持续观测等现实需求，突破可见光、微光与红外多模态成像在透雾增强、宽动态抑制及图像质量提升方面的关键技术，研制出适用于全天候复杂环境的多光谱成像增强处理器。

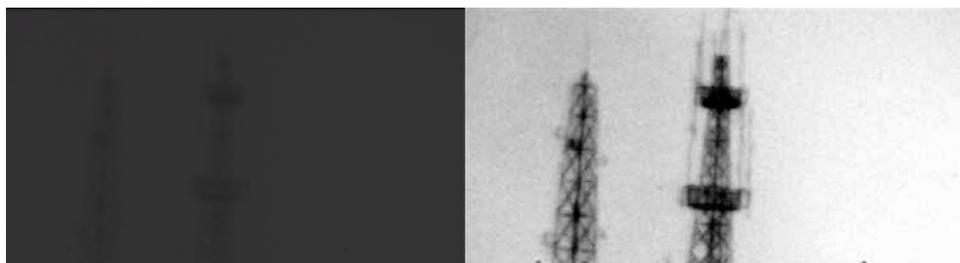
项目形成的多光谱成像增强处理器具有以下显著优势：一是弱小目标探测能力提高，通过多尺度增强和背景抑制技术，在远距离、低对比度条件下强化目标显著性，空间探测提升0.5-1倍；二是细节清晰度与对比度增强，针对逆光、阴影、夜间等场景，采用宽动态处理与结构细节恢复算法显著改善成像质量，实现夜晚0.04Lux条件下，目标清晰可见；三是强透雾能力，融合成像物理机理与数据驱动的深度学习方法，提升成像质量和能见度，浓雾下目标清晰度提升3dB，透雾探测距离增加20%以上；四是宽光谱响应范围，支持可见光、微光、近/短红外，降低系统集成难度；五是支持嵌入基于AI的实时目标检测识别，实现目标识别、跟踪、定位及自动预警能力。



电路板

模块

低照下噪声抑制



阴天 4.5 公里近红外增强成像实际效果



透雾霾实测结果

项目负责人

刘立庄

职称

正高级工程师

联系方式

13918703198

所属领域

新一代信息技术

技术成熟度

产业化示范 (TRL8)

现有知识产权情况

发明专利

合作意向

技术开发

技术转让

# 垂直领域大模型 / 智能体平台

## 成果介绍

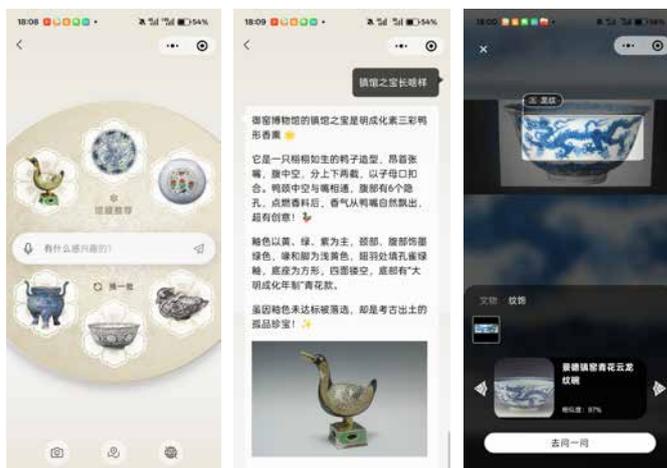
针对通用大模型在行业场景中存在的知识缺乏、幻觉严重、定制困难和数据安全等问题，研发了可支撑多场景应用的大模型 / 智能体平台，围绕“数据处理 - 知识组织 - 智能应用”形成完整技术链条，支撑数据库管理、智能问答、AI 搜索等核心智能体应用。

在知识库管理方面，平台支持从 Word、PDF 等非结构化文档中智能解析文本、表格、图片等多模态信息，自动构建高度结构化的行业知识图谱，实现知识高效管理与动态更新。在应用搭建方面，自研基于知识图谱的检索增强生成技术（KG-RAG），实现精准可信赖、来源可追溯的多模态内容生成。并且提供可视化的提示词工程、算法配置与一键发布能力，显著降低行业定制化门槛。在 AI 搜索方面，结合互联网信息与本地私有知识库，提供多源知识融合的智能检索服务。平台可应用于文博、工业、能源等不同行业。

该平台已支撑智能助手的研发，可根据行业需求快速搭建专属智能体。例如，基于文博大模型的导览智能助手已在多家大型博物馆与文旅机构完成验证应用，显著提升了观众的参观游览体验。



▲ 图 1 大模型应用平台



◀ 图 2 导览智能助手

项目负责人

黄俊

职称

研究员

联系方式

Email:  
huangj@sari.ac.cn

所属领域

新一代信息技术

技术成熟度

产业化示范 (TRL8)

现有知识产权情况

发明专利

合作意向

技术开发

# 空天地协同多源遥感大数据智能处理与应用

## 成果介绍

本成果构建了完整技术体系，具备多源数据汇聚、数据处理加工与产品服务全链条能力。

在数据资源方面，引接了国家数据专线并整合自然资源部等多系列高分民用卫星及长光、四维等商用卫星资源，实现长三角地区唯一遥感数据全覆盖单位，接入卫星资源 250 余颗，累计遥感数据量达到 PB 级，可实现长三角区域 0.5 米高分遥感数据季度级覆盖、上海市域实现月度高频覆盖。

在人工智能算法方面，建设了 300 万个图斑的遥感地物分类数据集并形成了典型区域地形沉降雷达遥感监测产品及农业地块智能化视觉识别产品，能够实现算法在典型场景中的快速响应，为多源遥感数据赋能，实现遥感数据 + 算法的深度融合。

在应用示范方面，通过高光谱设备升级与多模态数据智能融合，构建了自主可控的空天地一体化的多模态信息感知模型，研发了面向飞机、船舶、城市安全风险源等特定目标精准识别的数据产品；通过“卫星 + 无人机 + 无人船 + 深度学习算法 + 定量模型 + 数据挖掘”各类监测手段全面融合，实现流域水体质量监测、环境要素信息监测、排口信息监测、问题焦点锁定，实现流域水环境数字孪生示范建设。

项目负责人  
**井怡**

职称  
**高级工程师**

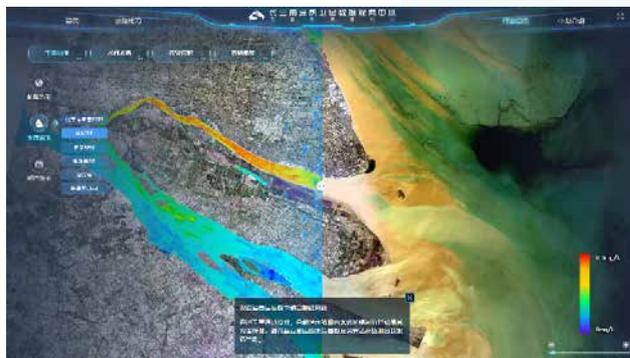
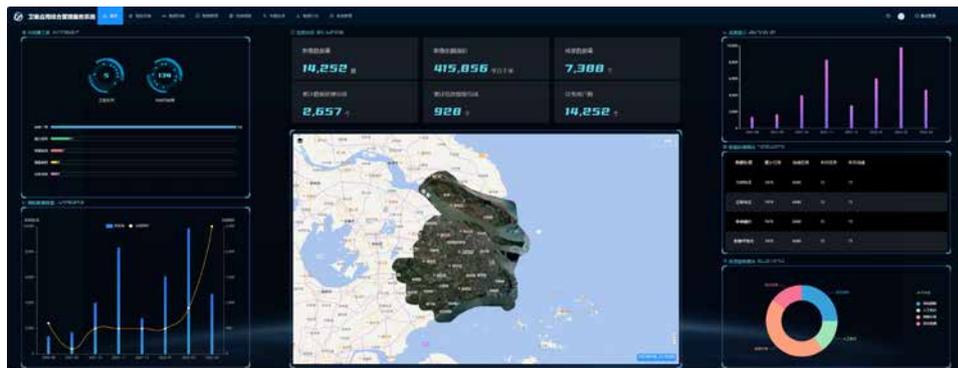
联系方式  
**13817742566**

所属领域  
**新一代信息技术**

技术成熟度  
**小试阶段 (TRL5)**

现有知识产权情况  
**发明专利**

合作意向  
**技术开发**



# 无源无线测温传感器

项目负责人

梅年松

职称

副研究员

联系方式

18116366056

所属领域

新一代信息技术

技术成熟度

小试阶段 (TRL5)

现有知识产权情况

发明专利

合作意向

技术开发

## 成果介绍

在电力系统运行中，温度是反映设备健康状态的核心指标，母线接头、电缆终端、开关柜触点等关键部位的过热故障，是引发电网停运、设备烧毁甚至火灾事故的主要诱因之一（据国家电网统计，电力系统故障中约 30% 由设备过热引发，热故障占比超 60%）。无源电力测温技术凭借“无外接电源、免布线、抗干扰强”的核心优势，成为解决传统测温痛点、保障电力系统安全稳定运行的关键技术。

核心技术：

- 1、环境微能量捕获与管理技术
- 2、低功耗通信技术
- 3、低功耗计算电路系统技术



图 1 传感器



图 2 现场安装图

# 卫星数据管理应用平台及展示系统

## 成果介绍

“卫星数据管理应用平台及展示系统”利用大数据的理念和手段，以多源卫星以及地面时空数据等为基础，以2016年底“一箭四星”的卫星地面应用为示范，构建全球天地一体化的卫星运行管理及数据管理应用平台，实现高水平的卫星数据科学研究及应用服务，发挥卫星数据最大的社会和经济效益。

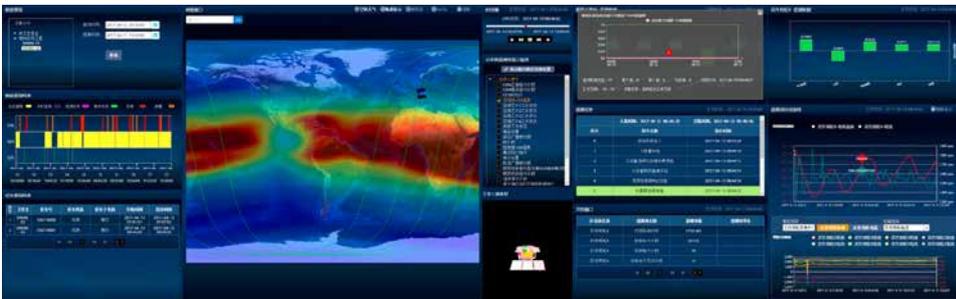
集成了卫星数据接收、卫星数据产品生产和数据应用服务等功能，实现卫星数据自动化入库、卫星数据的高效管理、初级数据产品自动化生产、卫星数据产品信息发布和交互服务的链条化生产管理功能。做到对数据从产生到应用的各个环节都实现自主、可控、可溯源。在此基础上建立的可视化系统，可以对卫星在轨姿态推演和运行管理、卫星数据分析、卫星数据产品进行可视化展示，充分表现数据的宏观态势以及微观变化。



卫星数据产品应用系统



卫星观测任务规划系统



卫星状态遥测数据分析系统

项目负责人

顾倩荣

职称

高级工程师

联系方式

17717619974

所属领域

其他(信息技术)

技术成熟度

小试阶段 (TRL5)

现有知识产权情况

软件著作权

合作意向

技术开发

# 基于 AI 的异物异常状态识别系统

项目负责人

吴波

职称

正高级工程师

联系方式

15800676562

所属领域

新一代信息技术

技术成熟度

小试阶段 (TRL5)

合作意向

技术开发

## 成果介绍

成功研发了一套基于人工智能的异物及异常状态智能识别系统，旨在解决传统人工巡检效率低下、易漏检、标准不一致等行业痛点。该系统取得了以下显著成果：

**核心技术突破：**系统深度融合了先进的计算机视觉与深度学习技术。通过大规模高质量数据训练，模型具备强大的特征提取与模式识别能力，能够精准识别在复杂背景、多变光照及部分遮挡下的各类异物及设备设施的异常状态。

**系统功能与优势：**系统实现了全天候、实时、非接触式的自动化监测。

**核心优势：**1. 高精度检测：异物与异常状态的识别准确率超过 95%，大幅降低了漏报与误报风险。2. 高效实时性：借助优化的边缘计算架构，系统响应延迟低于 100 毫秒，满足工业实时监控的严苛要求。

**应用价值与前景：**本系统已成功应用于电力巡检、智能制造及安防监控等多个关键领域。实践证明，系统为保障设备运行安全、提升生产效能与推动产业智能化升级提供了技术支撑，具有广阔的应用前景。



# 基于 AI 与激光扫描的输送带撕裂检测系统

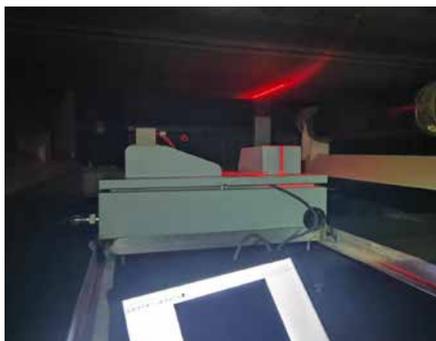
## 成果介绍

基于人工智能与线激光扫描进行输送带撕裂智能检测，可解决输送带早期撕裂难以发现、人工巡检风险高、停产损失大等行业难题。该系统取得了以下成果：

**核心技术融合：**将高精度线激光扫描与深度学习视觉分析相结合。当输送带出现纵向撕裂、划伤时，会导致皮带表面变形，从而致使激光线条发生扭曲、断裂或位移。训练的 AI 模型能够精准识别微小的激光形态异常。

**系统优势：**系统实现了非接触、全天候的在线自动检测。  
 1. **超高灵敏度：**可检测出毫米级的早期表面划伤与潜在撕裂风险。  
 2. **实时预警：**系统一旦检测到异常，立即触发声光报警并可联动停机，最大限度防止灾难性撕裂事故的发生。

**应用价值显著：**应用于输送带检测关键场景。实际应用表明，可将事故隐患发现时间大幅提前，有效避免了因撕裂扩大导致的输送带报废和生产中断，显著提升了生产安全性与运营效率。



**输送带撕裂智能检测软件** 全部启动 全部停止 解除报警 历史检测 历史报警 相机设置 监控抓图 退出系统

设备状态: 设备1 设备2 设备3 设备4 | 选择设备: 设备1 设备2 设备3 设备4 | 选择算法: 标准 AI | 单机启动 单机停止 相机除尘 光源除尘 离线分析

检测时间	检测结果	检测算法	设备号	设备IP	创建时间
2024-07-18 03:27:14.803854	正常	标准	3	169.254.190.140	2024-07-18 03:27:14.803854
2024-07-18 03:27:14.711254	正常	标准	2	169.254.190.79	2024-07-18 03:27:14.711254
2024-07-18 03:27:14.672283	正常	标准	1	169.254.190.249	2024-07-18 03:27:14.672283
2024-07-18 03:27:14.640253	正常	标准	4	169.254.190.81	2024-07-18 03:27:14.640253
2024-07-18 03:27:11.202789	正常	标准	1	169.254.190.249	2024-07-18 03:27:11.202789
2024-07-18 03:27:11.146979	正常	标准	2	169.254.190.79	2024-07-18 03:27:11.146979

设备ID	报警级别	报警类型	设备号	设备IP	创建时间
2024-07-18 03:27:20.046600	一般	输送带撕裂	3	169.254.190.140	2024-07-18 03:27:20.046600
2024-07-18 03:27:19.924787	一般	输送带撕裂	1	169.254.190.249	2024-07-18 03:27:19.924787
2024-07-18 03:27:19.919756	一般	输送带撕裂	2	169.254.190.79	2024-07-18 03:27:19.919756
2024-07-18 03:27:19.882750	一般	输送带撕裂	4	169.254.190.81	2024-07-18 03:27:19.882750
2024-07-18 03:27:19.221832	一般	输送带撕裂	2	169.254.190.79	2024-07-18 03:27:19.221832
2024-07-18 03:27:19.191866	一般	输送带撕裂	4	169.254.190.81	2024-07-18 03:27:19.191866

2024-07-18 15:27:24 设备2-停止检测  
 2024-07-18 15:27:24 设备3-停止检测  
 2024-07-18 15:27:24 设备4-停止检测

地址: 169.254.190.71 | ip1: 169.254.190.249 | ip2: 169.254.190.79 | ip3: 169.254.190.140 | ip4: 169.254.190.81 | 输送带高度: 0.8 | 输送带速度: 3.0

项目负责人  
**吴波**

职称  
**正高级工程师**

联系方式  
**15800676562**

所属领域  
**新一代信息技术**

技术成熟度  
**小试阶段 (TRL5)**

合作意向  
**技术开发**

# 三维扫描激光雷达

项目负责人

吴波

职称

正高级工程师

联系方式

15902179615

所属领域

新一代信息技术

技术成熟度

小试阶段 (TRL5)

合作意向

技术开发

## 成果介绍

### 概述：

三维扫描激光雷达能够实现  $360^{\circ} \times 270^{\circ}$  的激光点云数据采集，支持最小  $0.1^{\circ}$  角分辨率扫描，集成边缘计算平台，能够在边缘侧对扫描的点云数据进行预处理，如滤波、点云裁切等。通过边缘侧控制实现不同分辨率的点云扫描，支持点云数据的实时传输和完整三维点云的远程推送。本装置支持边云协同，能够通过云平台实现边缘计算模型的同步、更新和卸载。

### 产品特点：

轻便易携：整机重量  $<4\text{kg}$ ；

安装便捷：采用底盘固定方式，支持不同角度安装；

快速扫描：支持边缘计算和一键扫描， $0.1^{\circ}$  角分辨率扫描时间为 180s；

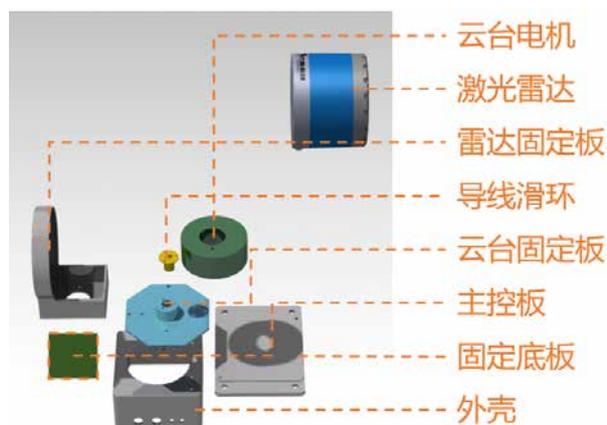
影像扩展：可接入全景相机，实现点云数据和全景数据融合；

操作简单：web 页面一键配置，简单便捷；

多源数据输出：可输出高质量点云、全景影像数据，形成多类型三维展示成果，满足后续数据导入第三方应用软件。

### 应用场景：

本装置适用于电力、矿山、基建等领域的三维扫描场景，能够实现快速三维建模和目标检测，具有良好的经济价值和应用推广价值。



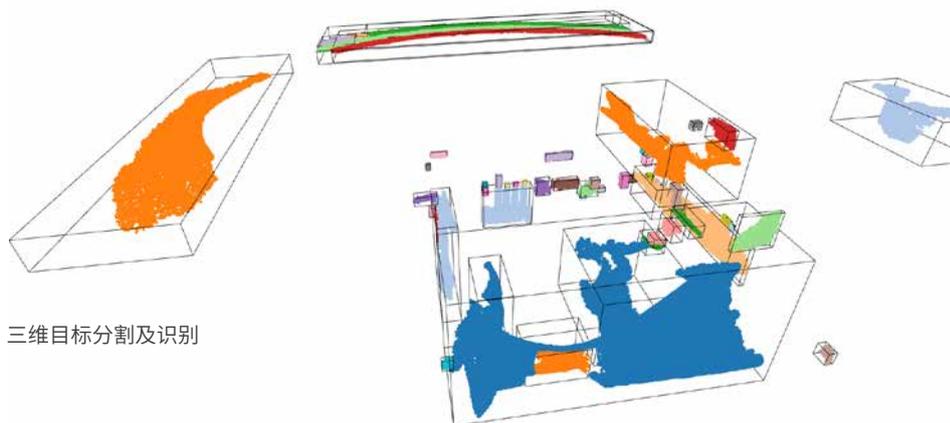
# 基于多模态数据融合三维目标识别与重建

## 成果介绍

针对复杂环境下三维目标识别与重建精度不足、实时性差、多源信息难以协同等问题，提出基于多模态数据融合的三维目标识别与重建关键技术。通过融合图像、深度、激光雷达点云、语义信息等多源异构数据，构建自适应融合算法与多层特征提取网络，实现对目标的高精度识别与高精度三维重建。

在三维目标识别方面，基于 Transformer 与图神经网络结合的多模态特征对齐机制，有效提升跨模态信息融合的精度与泛化能力；在三维重建方面，构建了基于多模态二维高斯三维重建框架，在二维高斯表面建模的基础上，利用点云的空间结构信息和频率分布对高斯基元进行初始化与动态调度，增强建模过程的结构感知，提高重建精度和效率。

本成果可广泛应用于智能制造、自动驾驶、数字孪生、文化遗产数字化、智能安防、医学影像处理等多个领域，为多场景三维信息智能感知与重构提供关键支撑技术。



三维目标分割及识别



三维重建

原图

重建后

项目负责人

吴波

职称

正高级工程师

联系方式

15902179615

所属领域

新一代信息技术

技术成熟度

实验室原型阶段 (TRL4)

合作意向

技术开发

2026 技术与创新成果推介手册  
TECHNOLOGY & INNOVATION ACHIEVEMENTS

- |     |                                   |     |
|-----|-----------------------------------|-----|
| P71 | 基于直线加速器的医用同位素生产装置                 | 方方程 |
| P72 | 紧凑直线质子治疗装置                        | 方方程 |
| P73 | 质子氦粒子治疗装置                         | 方方程 |
| P74 | 基于晶体结构的筛药平台                       | 汪启胜 |
| P75 | 甾体药物关键中间体微生物转化合成技术                | 张保国 |
| P76 | 内源功能酶外溢表达的益生菌开发                   | 孙俊松 |
| P77 | 低嘌呤啤酒制备的关键生物技术                    | 赵志军 |
| P78 | 夏秋季武夷山岩茶苦涩味生物调节关键技术               | 赵志军 |
| P79 | 白羽肉鸡下脚料高附加值营养蛋白肽的关键技术开发与应用        | 赵志军 |
| P80 | Swordfish 自动样品更换系统                | 汪启胜 |
| P81 | 生物大分子晶体衍射仪                        | 汪启胜 |
| P82 | X 射线术中放疗电子直线加速管                   | 王 平 |
| P83 | 高亲和力纳米抗体技术开发                      | 李 洁 |
| P84 | 高通量蛋白质制备和性能表征平台                   | 李 洁 |
| P85 | 基于 mRNA-LNP 技术的 ( 细胞 ) 免疫治疗产品开发指南 | 李 娜 |
| P86 | 基于生物大分子晶体的化合物库筛选                  | 秦文明 |
| P87 | 激光诱导羟基自由基蛋白质印迹装置                  | 李青润 |
| P88 | 脂质体脂膜结构的测定 X 射线小角散射检测方法           | 李怡雯 |
| P89 | 洗护产品去油脂率测试方法                      | 刘凤明 |



05

生物医药领域

# 基于直线加速器的 医用同位素生产装置

## 成果介绍

本成果创新采用高性能多粒子直线加速器，在一个集成化平台上实现多能量、多品种医用同位素的平台化生产。通过在不同位置分别引出 3-35 MeV 能量的多种粒子束流，精准轰击特定靶材，并结合先进的分离提纯工艺，可高效、高纯度地制备多种医用同位素。

系统配备双 ECR 离子源，能够灵活产生多种粒子；RFQ 与 IH-DTL 加速结构实现对不同粒子的宽范围能量加速，满足多种同位素生产的能量与束流要求。针对每一类同位素，我们通过精确计算，优化匹配靶材、粒子种类与能量参数，形成高纯度、高产出的最优生产方案。

如图 2 所示，该装置涵盖加速器区、靶站区及分离提纯区，布局科学合理。直线加速器采用模块化设计，具备突出的可扩展性与灵活性，可根据园区或企业具体需求进行定制化配置与后期升级，非常适合应用于现代化医疗同位素产业园及多品种同位素平台化生产场景。

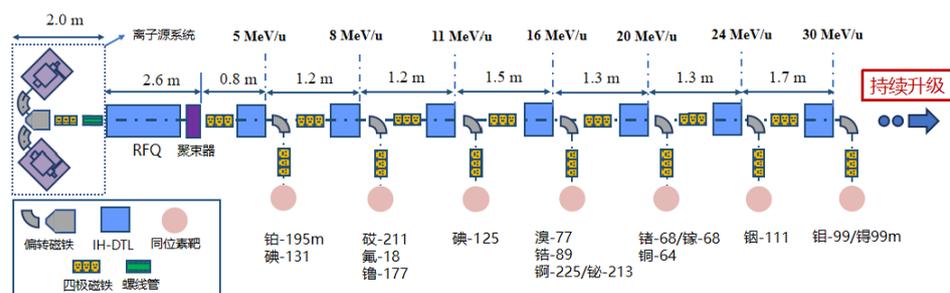


图 1 多粒子直线加速器示意图

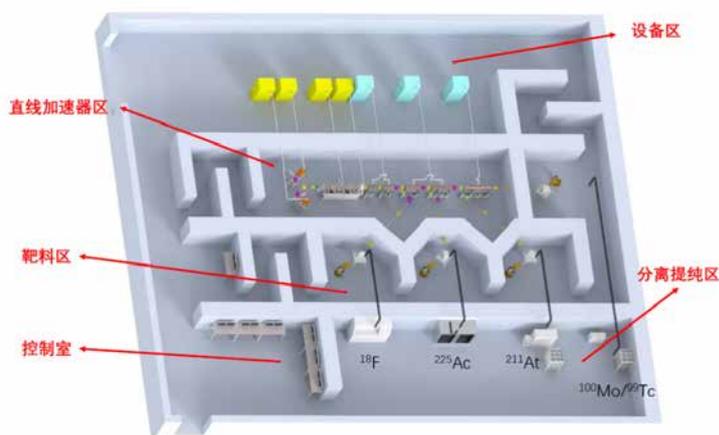


图 2 基于直线加速器的同位素生产装置概念设计

项目负责人

方方程

职称

研究员

联系方式

15601813263

所属领域

生物医药

技术成熟度

小试阶段 (TRL5)

现有知识产权情况

发明专利

合作意向

技术开发

技术许可

# 紧凑直线质子治疗装置

## 成果介绍

本成果成功研制基于全直线射频与微波加速技术的质子治疗系统，可将质子束流精准加速至 70-230 MeV 能量范围（结构示意图见图 1），全面满足不同深度肿瘤的治疗需求。

系统加速链路集成高频 RFQ、高频 IH-DTL、S 波段 SC-DTL 以及 S 波段高梯度驻波加速结构，整体长度控制在 20 米以内，具备优良的空间效率。其中，RFQ 与 IH-DTL 构成的高性能注入器，将质子从离子源稳定加速至约 8 MeV，为后续加速阶段提供高品质束流基础；S 波段 SC-DTL 作为中能加速段，在实现 70 MeV 能量提升的同时，兼具高稳定与低能耗特点；末级 S 波段高梯度驻波结构则支持能量灵活调节，可精准匹配不同临床场景的深度要求。

整机采用全直线架构（系统布局见图 2），具有集成度高、占地面积小、维护便捷等优势，非常适合在医院放疗中心进行部署。相比传统回旋加速器，本系统从根本上避免了能量降阶带来的效率损失，显著提升了剂量控制精度，并全面支持笔形束扫描等先进放疗技术，为精准放疗提供了可靠的硬件平台。目前装置已通过束流试验验证，各项关键性能指标均达到或优于设计目标，具备产业化推广条件。

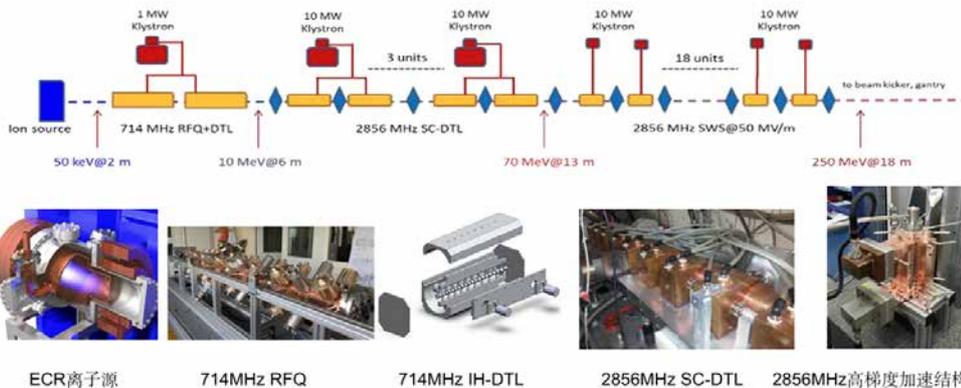


图 1 全直线质子加速器的束线设计以及关键射频与微波加速结构

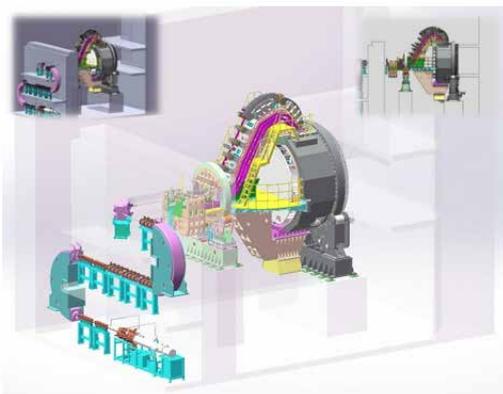


图 2 基于折叠直线的紧凑单治疗室的质子治疗装置

项目负责人

方方程

职称

研究员

联系方式

15601813263

所属领域

生物医药

技术成熟度

小试阶段 (TRL5)

现有知识产权情况

发明专利

合作意向

技术开发

技术许可

# 质子氦粒子治疗装置

项目负责人

方方程

职称

研究员

联系方式

15601813263

所属领域

生物医药

技术成熟度

小试阶段 (TRL5)

现有知识产权情况

发明专利

合作意向

技术开发

技术许可

## 成果介绍

本成果成功研制基于全直线射频与微波加速技术的质子治疗系统，可将质子束流精准加速至 70-230 MeV 能量范围（结构示意图见图 1），全面满足不同深度肿瘤的治疗需求。系统加速链路集成高频 RFQ、高频 IH-DTL、S 波段 SC-DTL 以及 S 波段高梯度驻波加速结构，整体长度控制在 20 米以内，具备优良的空间效率。其中，RFQ 与 IH-DTL 构成的高性能注入器，将质子从离子源稳定加速至约 8 MeV，为后续加速阶段提供高品质束流基础；S 波段 SC-DTL 作为中能加速段，在实现 70 MeV 能量提升的同时，兼具高稳定与低能耗特点；末级 S 波段高梯度驻波结构则支持能量灵活调节，可精准匹配不同临床场景的深度要求。

整机采用全直线架构（系统布局见图 2），具有集成度高、占地面积小、维护便捷等优势，非常适合在医院放疗中心进行部署。相比传统回旋加速器，本系统能够实现对深部、形态复杂肿瘤的精准杀伤，在有效提升治疗效果的同时，显著减少对周边正常组织的损伤，成功克服了传统放疗在特定疑难病例中的局限。目前，系统已攻克高稳定性离子源、紧凑型同步加速器及实时束流控制等系列核心技术，工程样机开发与关键验证已圆满完成，具备快速产业化的技术基础。

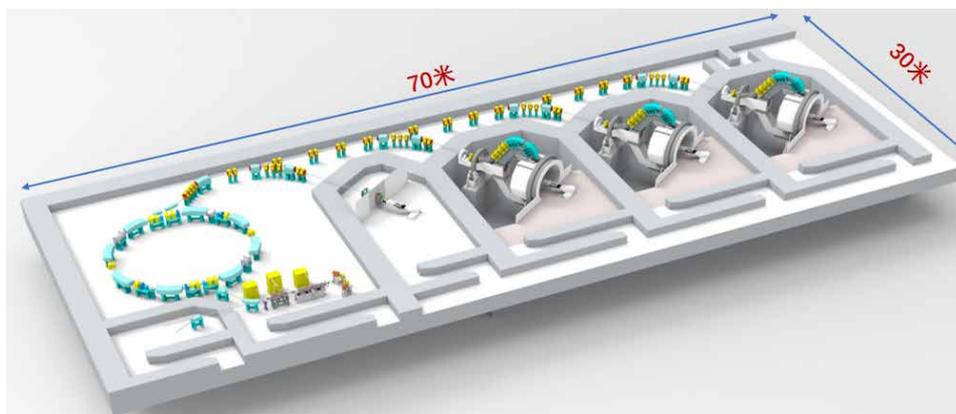


图 1 质子氦粒子一体机概念设计图

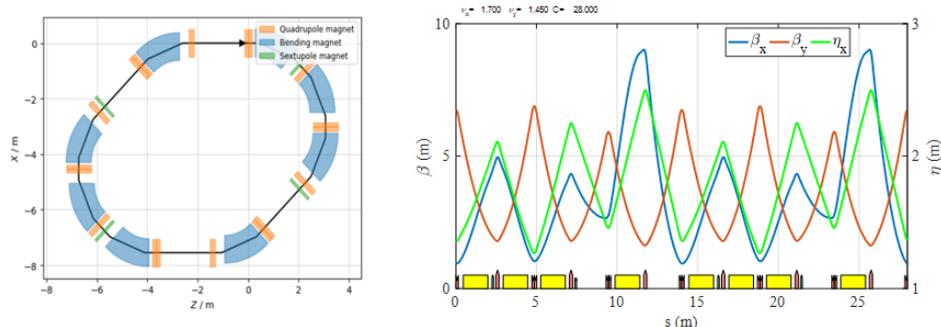


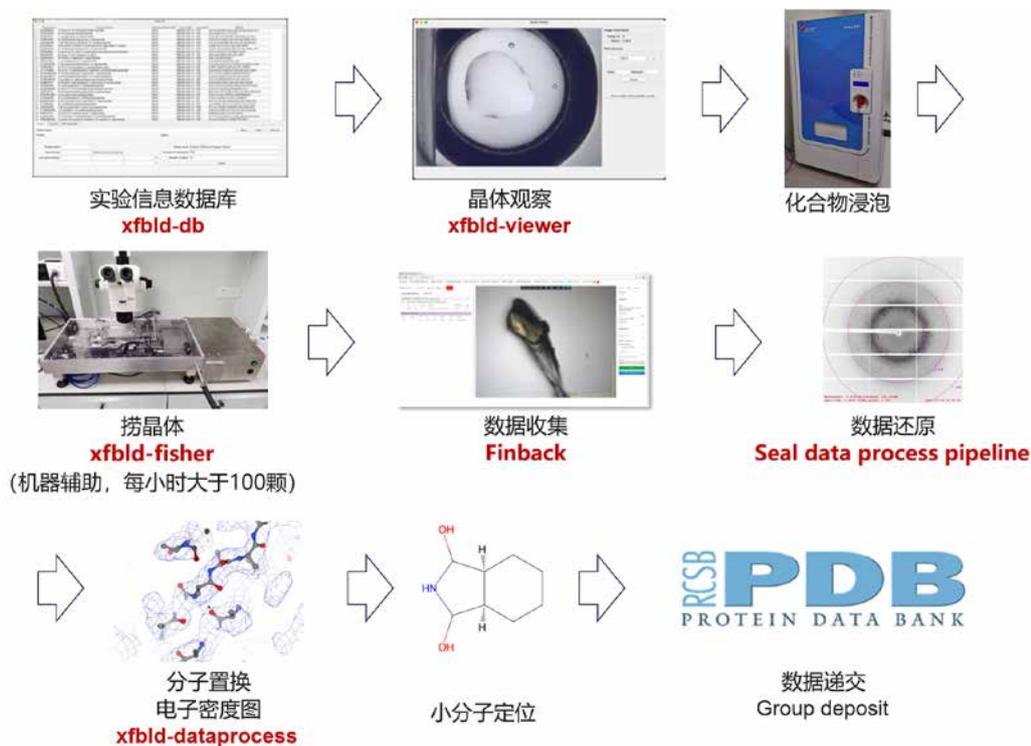
图 2 同步加速器 lattice 设计

# 基于晶体结构的筛药平台

## 成果介绍

上海光源生物大分子晶体学线站 (BL02U1)、P2 生物防护蛋白质晶体学线站 (BL10U2) 和高性能膜蛋白晶体学线站 (BL17UM) 是国内测定生物大分子晶体结构的重要实验平台, 能够提供高亮度、微聚焦的 X 射线, 并配备高精度衍射仪、大容量蛋白晶体换样器和快速探测器等先进技术装备。成功助力国内科学家在流感、寨卡和新冠等多种致病微生物传染机制研究中取得突破。同时积极为国内医药企业提供抗原 - 抗体复合物、蛋白质 - 多肽复合物和蛋白质 - 小分子复合物测试服务, 目前已有数十家国内医药企业利用上海光源开展了药物研究, 其中泽布替尼、国产 PD-1 单抗“信迪利单抗”及智飞重组蛋白新冠疫苗等相继获批上市, 实现从小分子、抗体到疫苗的全覆盖。

除此之外, 上海光源还积极开拓自身在药物研究领域的应用, 建立了 XFBLD 晶体学片段筛选平台。将药物靶点 - 片段化合物的复合物晶体制备、衍射数据收集与结构解析全线打通, 实现了覆盖全流程的高通量, 高度自动化的实验体系。



项目负责人

汪启胜

职称

正高级工程师

联系方式

Email:  
wangqs@sari.ac.cn

所属领域

生物医药

技术成熟度

规模化应用 (TRL9)

现有知识产权情况

软件著作权

合作意向

技术开发

# 甾体药物关键中间体微生物转化合成技术

项目负责人

张保国

职称

研究员

联系方式

15902138900

所属领域

生物医药

技术成熟度

产业化示范 (TRL8)

现有知识产权情况

发明专利

合作意向

技术开发

技术转让

技术许可

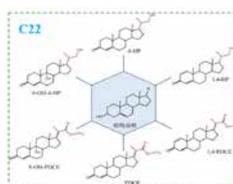
## 成果介绍

建立了具有自主知识产权的利用廉价植物甾醇生产多种 C19 和 C22 类关键甾体药物的绿色生物转化合成新工艺，研究成果覆盖我国甾体药物起始原料制造工业。主要研究成果包括：

(1) 针对分枝杆菌转化植物甾醇生产 C19 甾体药物中间体 (AD、ADD、和 9-OHAD) 技术，在工业生产菌种内鉴定了与 C19 甾体生成相关的甾醇摄入、甾核和侧链降解关键酶基因及其冗余同功酶基因，并率先建立了适于工业菌种开发的基于 CRISPR/cpf1 基因编辑技术，并首次对工业化菌株的植物甾醇代谢途径进行了代谢工程改造，获得了一系列高品质生产 AD、ADD、HIL 和 9 $\alpha$ -OHAD 的代谢工程菌株，收率比国内第一代菌株高 35% 以上，申请专利 4 项。

(2) 针对我国实现工业化生产的甾体药物中间体也仅局限于 AD、9 $\alpha$ -OHAD 等少数 C19 类中间体，导致下游甾体药物生产工艺落后，环保压力大等“卡脖子”问题，解析了分枝杆菌转化植物甾醇 C22 代谢路径，完善了微生物甾醇代谢网络并用于指导甾药中间体工业生产菌株的改造，并通过代谢工程技术开发成功一系列高品质生产 4-HP、9-OHHP、1,4-HP 和 9-OH-PDCE 等 C22 类甾体药物中间体。不同 C22 甾药中间体的应用将为黄体酮、胆固醇、熊去氧胆酸、维生素 D3 等高端甾体类药物绿色制造提供新型原料和中间体对我国甾体产业结构调整与国际竞争力提升具有重要意义。

### 建立了甾体药物关键中间体绿色生物智造研发平台



### 研究成果: 工业化 *M. fortuitum* 甾醇 C19 和 C22 代谢途径解析

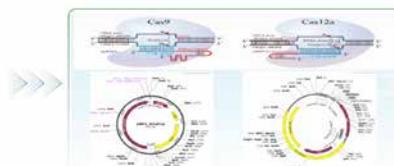
#### 分枝杆菌植物甾醇代谢关键酶基因库

解析了工业菌株植物甾醇代谢关键代谢途径，鉴定出多个甾醇摄入、甾核和侧链降解关键酶基因，为代谢工程改造菌株奠定基础。



#### 甾体行业工业化生产菌种基因编辑系统

- 建立了高效的基于 CRISPR/cpf1 基因敲除系统：敲除周期由 35 天减少到 7 天；
- 在多个分枝杆菌中建立了高效外源基因过表达系统：基因表达量提高 4 倍。



# 内源功能酶外溢表达的益生菌开发

## 成果介绍

本研究团队开发了一种能够高效表达外源功能蛋白的枯草芽孢杆菌系统，且可以将原本通常只在胞内表达的功能酶及其辅酶通过非特异提高细胞的通透性，外排至胞外，因此可以在胞外开展益生功效。

已开发并测试证明有效的功能菌株通过表达乙醇降解酶系，能够缓解饮酒后的不适症状，该类益生菌俗称“解酒菌”。

目前正在开发降低人体尿酸积累的功能益生菌，通过外溢表达尿酸前体代谢物 - 嘌呤，实现或缓解体内尿酸过高的症状。

项目负责人

孙俊松

职称

研究员

联系方式

Email: sunjs@sari.ac.cn

18802186720

所属领域

生物医药

技术成熟度

产业化示范 (TRL8)

现有知识产权情况

发明专利

合作意向

技术许可

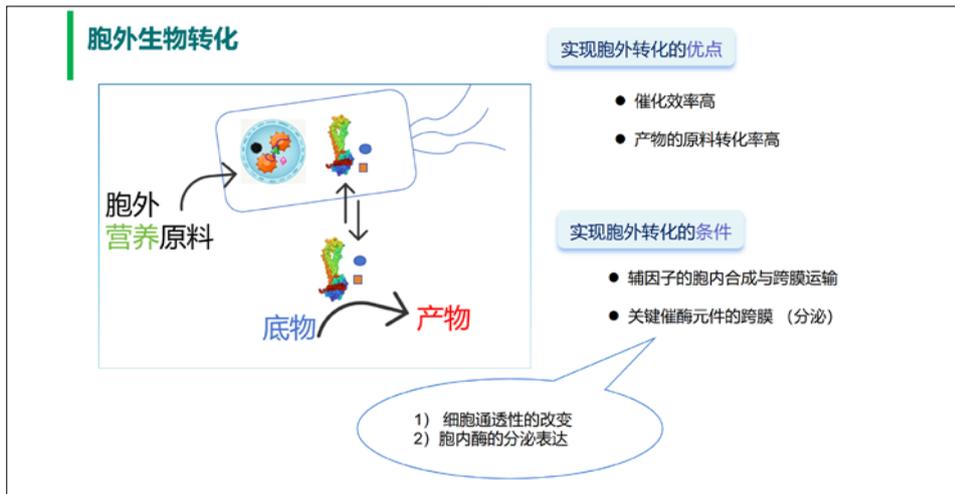


图 1 胞外生物转化体系的优势和对底盘菌株的要求

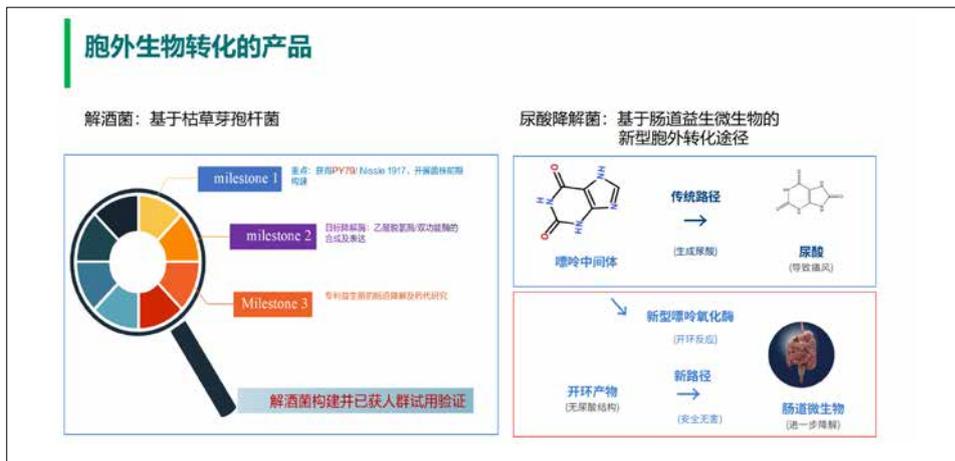


图 2 胞外生物转化体系结合肠道益生菌的开发示例：解酒菌及尿酸降解菌

# 低嘌呤啤酒制备的关键生物技术

## 成果介绍

项目负责人

赵志军

职称

副研究员

联系方式

18016286015

所属领域

生物医药

技术成熟度

中试阶段 (TRL6-TRL7)

现有知识产权情况

发明专利

合作意向

技术开发

技术转让

啤酒中嘌呤类物质含量多达 60-100 mg/L，加之啤酒单次饮用量大的特点，使得消费者体内的嘌呤易积累并转化为尿酸，从而引发痛风等系列病症。本技术建立一套啤酒专用嘌呤物质降解酶系统，首先利用嘌呤核苷磷酸化酶将麦芽中的嘌呤前体物质转化为腺嘌呤、鸟嘌呤、黄嘌呤及次黄嘌呤，再经过腺嘌呤脱氨酶、鸟嘌呤脱氨酶、黄嘌呤脱氢酶转化为尿酸，最终经过尿酸氧化酶转化为尿囊酸。添加酶制剂与啤酒糖化环节相结合，直接完成嘌呤物质的降解转化，提升啤酒营养品质。

### 技术成果形式包括：

1. 构建嘌呤物质生物转化降解酶系统，将啤酒中嘌呤物质含量降低 80% 以上，并在中试中达到这一关键技术指标。制定一套低嘌呤啤酒生产的企业产品技术标准。
2. 构建嘌呤核苷磷酸化酶、腺嘌呤脱氨酶、鸟嘌呤脱氨酶、黄嘌呤氧化还原酶和尿酸氧化酶的基因工程菌，申请核心发明专利 2 项。

**预期经济效益：**项目执行后，预计新增低嘌呤啤酒销售 10000 千升，累计实现销售收入 3000 万元，利润 250 万元，税收 300 万元。

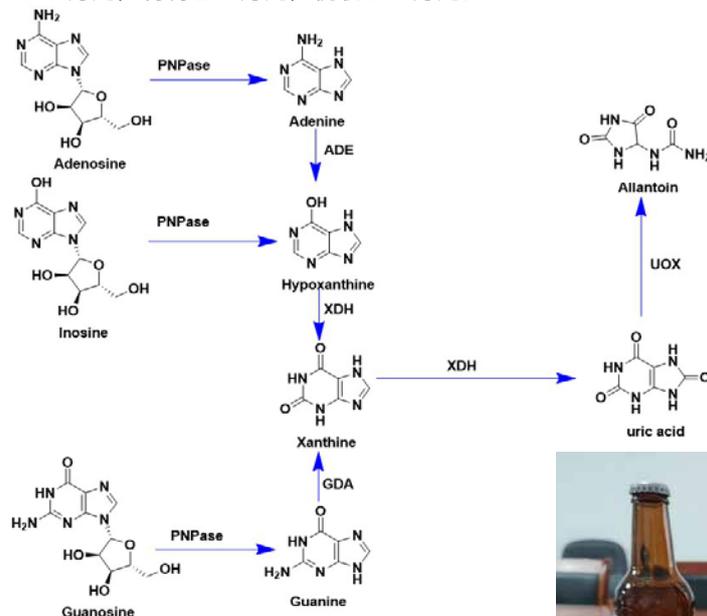


图 1 生物酶转化降解嘌呤物质代谢途径



图 2 低嘌呤啤酒样品

# 夏秋季武夷山岩茶苦涩味生物调节关键技术

## 成果介绍

茶叶采摘分四季。武夷山岩茶以春茶为佳，其芳香物质和维生素含量高，滋味鲜醇，品质与经济价值俱佳。而夏秋季岩茶因高温强光等逆境影响，酚类物质增多，氨基酸合成受抑，导致茶汤苦涩、香气平淡。因此目前夏秋季岩茶库存积压严重，多地甚至出现弃采现象。

本技术首次针对武夷山夏秋季岩茶苦涩味重的问题，筛选优化了专用茶多酚氧化酶，并通过异源表达与小试发酵实现其高效合成。最终，在岩茶加工车间完成了“夏秋季岩茶苦涩味生物调节技术”的中试示范，显著提升了夏秋季茶叶品质。

### 技术成果形式包括：

1. 成功构建可用于定向调节夏秋季岩茶苦涩味的多酚氧化酶基因工程菌 1 株；
2. 应用该工程菌，使夏秋季岩茶的苦涩味去除率达 80% 以上；
3. 申请核心发明专利 1 项，发明新型夏秋季岩茶、茶浓缩液、茶饮料三种新产品。

**预期经济效益：**夏秋季岩茶苦涩味较重，但产量巨大，运用生物酶定向提升品质技术后，预计每年将会新产生 1 亿元以上的经济价值。



酶处理后的茶叶浸提液



酶处理后的成品茶叶

项目负责人

赵志军

职称

副研究员

联系方式

18016286015

所属领域

其他 ( 生物技术 )

技术成熟度

中试阶段 (TRL6-TRL7)

现有知识产权情况

发明专利

合作意向

技术开发

技术转让

技术许可

# 白羽肉鸡下脚料高附加值营养蛋白肽的关键技术开发与应用

项目负责人

赵志军

职称

副研究员

联系方式

18016286015

所属领域

生物医药

技术成熟度

小试阶段 (TRL5)

现有知识产权情况

发明专利

合作意向

技术开发

技术转让

## 成果介绍

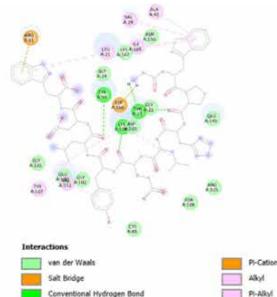
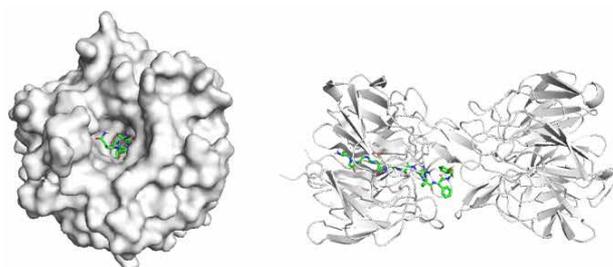
白羽肉鸡等禽类加工业是我国畜牧领域的支柱产业，其副产物鸡骨等下脚料产量巨大，鸡骨因其蛋白质含量较高，利用鸡骨生产生物活性肽对于提高鸡骨附加值具有重要意义。

本技术针对鸡骨蛋白的高值化转化瓶颈，首先通过对蛋白酶的筛选及酶解条件的优化，得到制备鸡骨抗氧化肽的最佳酶解工艺为：使用碱性蛋白酶，最佳条件下，ABTS 自由基清除率可达到 80.25%。通过体外抗氧化性、细胞实验与模拟计算，证实了所得鸡骨肽具有优异的抗氧化活性并阐明了其构效关系：ABTS 自由基清除能力、还原力和羟基自由基清除能力分别为 36.97 $\mu\text{mol/g}$ 、0.18 和 59.80%；在 200  $\mu\text{g/mL}$  肽浓度下，ROS 清除率可达到 30% 以上；主要活性位点为 Trp-6 的 O47。

### 技术形式包括：

1. 筛选水解最佳用酶并优化酶解条件；
2. 通过超滤、凝胶色谱和 RP-HPLC 分离纯化，筛选出抗氧化能力最强、细胞损伤修改能力最强的鸡骨肽组分；
3. 基于鸡骨肽开发的营养口服液。

该技术的应用将肉鸡加工副产物转化为高附加值的营养强化剂，预计可显著提升产业综合效益，为解决下脚料资源浪费与增值利用提供了创新路径。



# Swordfish 自动样品更换系统

## 成果介绍

Swordfish 蛋白晶体自动样品更换系统由上海光源晶体学组自主研制。该系统由三个主要部分组成：六维工业机械臂、大容量样品杜瓦和高稳定性样品夹具。其中，杜瓦可按需求设计为 300-592 个样品容量，样品夹具可在液氮环境下实现精准装卸。控制软件支持 EPICS 系统，易于整合；并提供图形操作界面，提升了操作便捷性。Swordfish 可在约 20 秒内完成一次样品更换，并通过条形码扫描实现样品信息自动记录与追踪。该系统专为 MX 实验设计，为高通量晶体筛选与结构解析提供了高效、智能的自动化解决方案。目前，Swordfish 已在上海光源 BL02U1 和 BL10U2 线站装备并稳定运行超三万小时，并已部署在北京高能同步辐射光源。

项目负责人

汪启胜

职称

正高级工程师

联系方式

Email:  
wangqs@sari.ac.cn

所属领域

生物医药

技术成熟度

小试阶段 (TRL5)

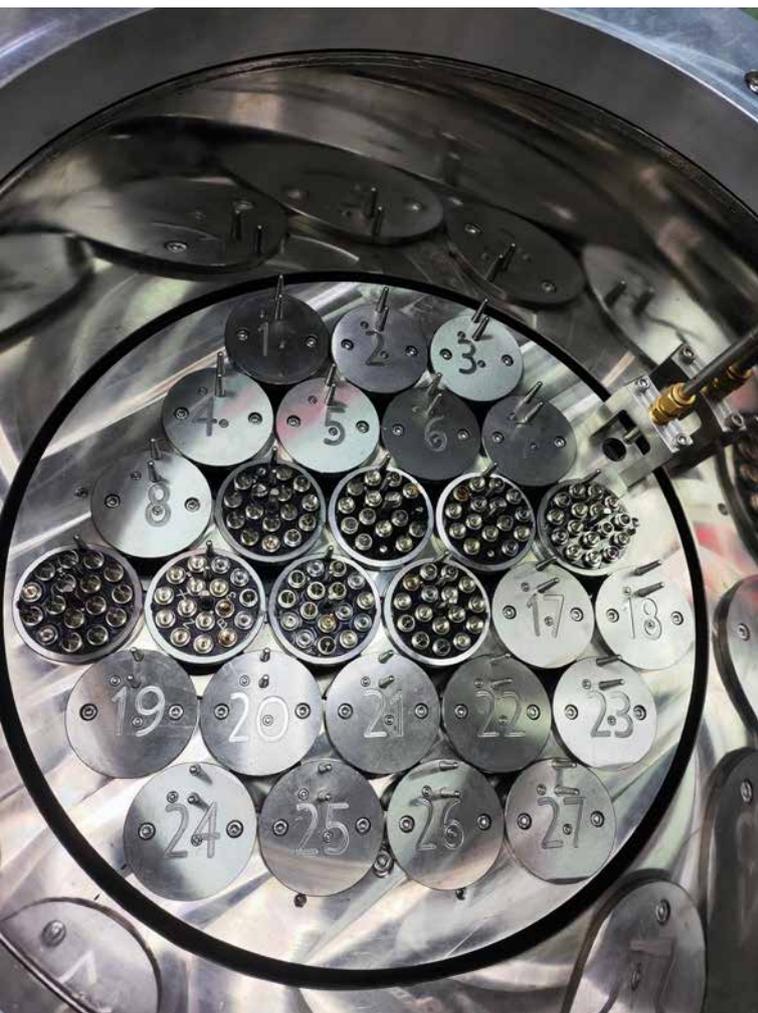
现有知识产权情况

实用新型专利

软件著作权

合作意向

技术开发



# 生物大分子晶体衍射仪

项目负责人

汪启胜

职称

正高级工程师

联系方式

Email:  
wangqs@sari.ac.cn

所属领域

生物医药

技术成熟度

小试阶段 (TRL5)

现有知识产权情况

发明专利

合作意向

技术开发

## 成果介绍

生物大分子晶体衍射仪由上海光源团队自主设计并集成, 历经两代产品迭代, 技术成熟度高。自 2017 年首台设备在上海光源 BL17U1 线站投入运行以来, 目前已升级至最新一代, 并成功部署于 BL02U1 及 BL10U2 等多条线站, 具备规模化推广的坚实基础。

该衍射仪在精度、功能与可靠性方面表现卓越, 关键指标 SOC 和样品显微分辨率均优于 1 微米, 全面支持包括 Gridscan 在内的多种先进数据收集方法。设备集成便捷, 完全兼容国际通用的 EPICS 控制系统; 工作效率突出, 样品显微镜全范围倍数切换仅需约 1 秒, 且与自动化样品换样器路径无干涉, 支持 7×24 小时连续稳定运行, 有效保障高通量数据采集需求。

该设备自投入应用以来, 已累计完成约 2-3 万套晶体衍射数据采集, 有力支撑用户发表 SCI 论文 1900 余篇, 其中包括 CNS 主刊论文 70 多篇, 已成为我国结构生物学研究、靶向药物开发等领域不可或缺的核心装备。未来, 该技术平台在推动新药创制、生物医药研发及相关高端科学仪器国产化方面, 具备广阔的产业化应用前景。



生物大分子晶体衍射仪

# X 射线术中放疗电子直线加速管

## 成果介绍

为突破国内 X 射线术中放疗设备关键部件的技术瓶颈，成功研制出一款专用于术中放疗的小型化电子直线加速管。该加速管采用 X 波段微波电子加速技术，将传统设备所需的 50 kV 高压降至 10 kV 以内，显著提升了设备的安全性与运行稳定性。其紧凑型结构设计高度契合术中放疗设备对空间与集成的严苛要求，为下一代国产放疗系统提供了核心技术支持。

在技术路径上，本加速管集成电子枪、微波功率源、隔离器、双加速腔、耦合腔及输入耦合器等关键组件，构建出完整的电子加速链路。电子由电子枪发射后，依次通过第一加速腔、耦合腔与第二加速腔，在微波功率驱动下实现高效加速，最终在出口处获得能量集中、稳定性高的 50 keV 电子束，满足术中放疗精准剂量的输出需求。

创新性地，本设计通过调节轴耦合结构中耦合腔的长度，实现对两加速腔间相位差的精确控制。该优化使得第一加速腔能够对电子束能谱进行预处理与整形，第二加速腔则专注于电子能量的进一步提升，最终在加速管出口处获得能谱分布更优的电子输出，为术中放疗的精准实施与剂量控制奠定了技术基础。

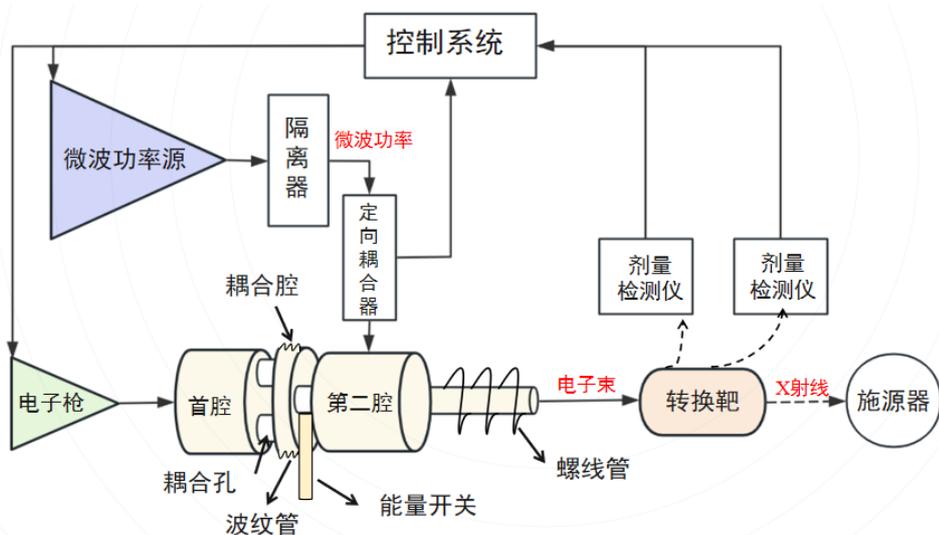


图 1

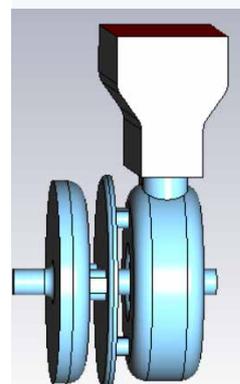


图 2

项目负责人

王平

职称

研究员

联系方式

15321761623

所属领域

生物医药

技术成熟度

中试阶段 (TRL6-TRL7)

现有知识产权情况

实用新型专利

合作意向

技术开发

技术转让

技术许可

# 高亲和力纳米抗体技术开发

## 成果介绍

纳米抗体作为一种新型抗体分子，凭借分子量小、特异性强、易改造等优势，逐渐成为科研界和产业界关注的焦点。国家蛋白质科学研究（上海）设施（NFPS）规模化蛋白质制备系统纳米抗体研发技术平台成功自主构建出百亿级纳米抗体合成文库并成功搭建了高效高亲和力纳米抗体筛选平台，能够实现水溶性蛋白和膜蛋白等多种类型靶点的筛选，同时能够完成多元化纳米抗体特异性和亲和力测试，包括 ELISA、BLI、SPR 和流式细胞分析等。成功打造了从抗原制备→文库构建→纳米抗体筛选→纳米抗体表达纯化→纳米抗体性质表征→多元化亲和力表征→亲和力成熟等全链条技术创新体系，提供了纳米抗体药物一站式筛选服务。

该平台还可进一步拓展至生物医药领域、诊断领域、工业酶调控等领域，例如解决传统抗体分子量过大、难以穿透或血脑屏障等问题；促进高特异性探针开发、活体成像试剂等开发；作为酶抑制剂调控工业酶的活性等。纳米抗体开发是连接基础科研与产业应用的关键桥梁，兼具科学创新意义与产业驱动价值。随着生物工程技术地发展，纳米抗体将在助力产业发展等方面展现出巨大的潜力。

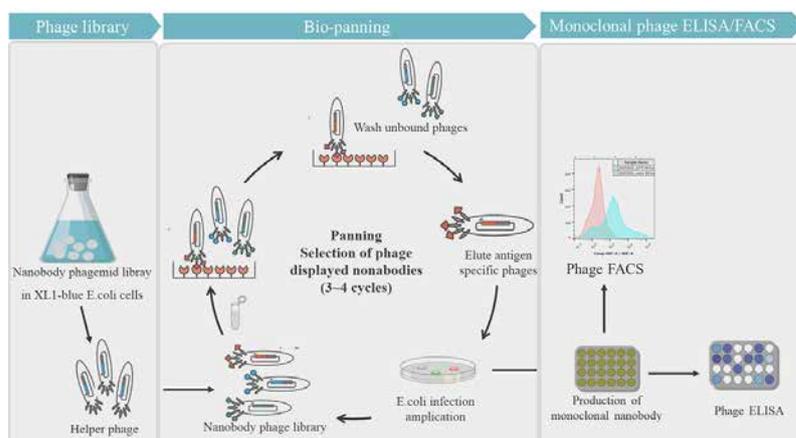


图 1：高亲和力纳米抗体平台开发主要技术环节

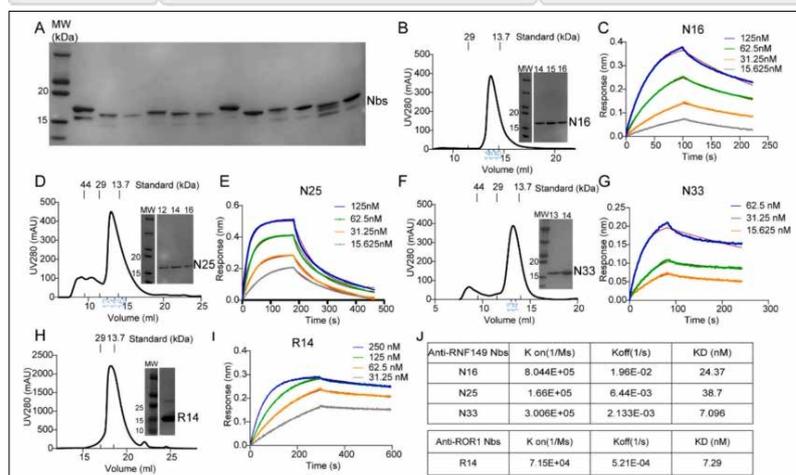


图 2：利用平台纳米抗体开发技术，成功筛选出 ROR1 高亲和力纳米抗体并利用 BLI 技术进行亲和力检测

项目负责人

李洁

职称

高级工程师

联系方式

Email:  
dbzlijie@sari.ac.cn

021-20778052

所属领域

生物医药

技术成熟度

实验室原型阶段 (TRL4)

合作意向

技术开发

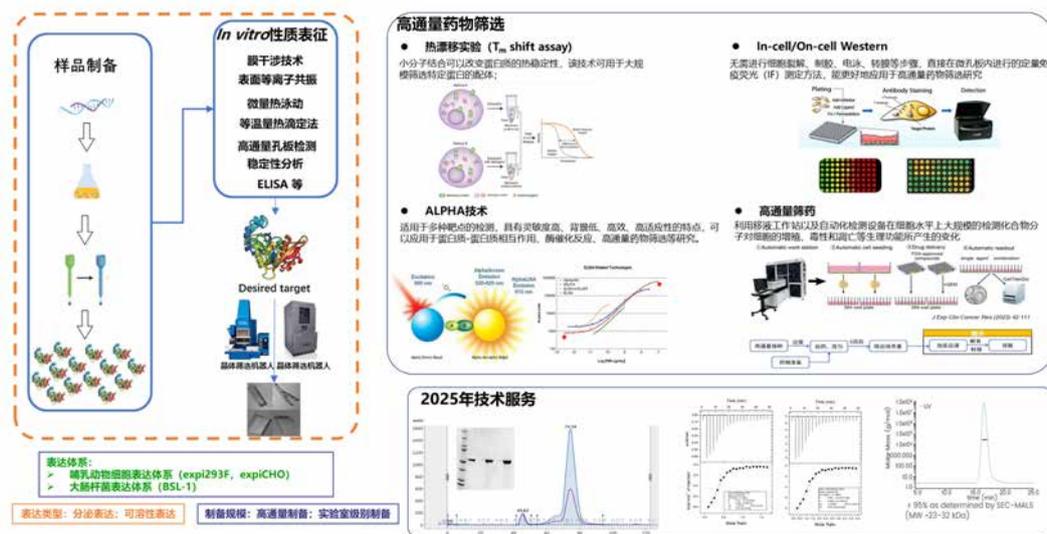
# 高通量蛋白质制备和性能表征平台

## 成果介绍

蛋白样品制备是打通生命科学基础研究与产业应用的关键枢纽，既是解析蛋白质结构、阐明分子调控机制以“解码生命”的核心前提，也是新药研发中靶点验证、候选药物筛选的重要起点。

依托自主开发的自动化技术平台，我们实现了蛋白样品制备全流程的高效、标准化与高通量运行：在质粒构建阶段，平台采用标准化模块显著提升了构建效率与准确率；在蛋白表达环节，平台兼容原核（如大肠杆菌）和真核（如 CHO、expi293）等多种表达体系，能够依据目标蛋白的结构特性与功能需求，快速适配表达策略，稳定获得高纯度、具备天然活性的蛋白样品，满足下游产业化应用的标准。

该平台还可进一步拓展至蛋白质功能开发与优化阶段，例如：开展高通量活性检测以筛选高性能酶突变体或抑制剂；针对药物靶点蛋白，构建规模化药物筛选体系，加速先导化合物发现。这些技术能力已广泛应用于生物制药、酶工程、合成生物学等产业领域，为企业及科研机构提供从蛋白原料到应用方案的全链条技术支持。



项目负责人

李洁

职称

高级工程师

联系方式

Email: dbzlijie@sari.ac.cn

021-20778052

所属领域

生物医药

技术成熟度

实验室原型阶段 (TRL4)

合作意向

技术开发

# 基于 mRNA-LNP 技术的 (细胞) 免疫治疗产品开发指南

## 成果介绍

针对核酸药物 mRNA 负载脂质纳米颗粒 (mRNA-LNP) 制剂体系, 项目团队创新性地建立了基于小角 X 射线散射 (SAXS) 的 LNP 纳米尺度微观结构解析方法, 首次实现了对 LNP 内部微观结构及其稳定性的可视化评估。该方法为 mRNA-LNP 药物在制备工艺优化、质量控制及递送效率提升中提供了关键的结构表征手段。依托中国食品药品企业质量安全促进会, 团队参与制定了团体标准《基于 mRNA-LNP 技术的 (细胞) 免疫治疗产品开发指南》, 项目由国家药品监督管理局疫苗及生物制品质量监测与评价重点实验室牵头, 联合全国 30 余家企事业单位共同完成。这是国内首个面向 mRNA-LNP 免疫治疗产品开发的通用标准, 对标国际生物医药产业前沿。该方法现已应用于 mRNA-LNP 核酸药物的处方优化与稳定性研究, 为企业实现制剂结构与功能的构效关联分析提供了可量化工具。在产业化应用中, 该技术可服务于新药研发、工艺放大及批次间一致性控制, 为脂质纳米药物的质量体系建设和国际注册申报提供重要的结构数据支撑, 推动我国生物制药领域向高标准化与智能化方向发展。

项目负责人

李娜

职称

正高级工程师

联系方式

13917255237

所属领域

生物医药

技术成熟度

实验室原型阶段 (TRL4)

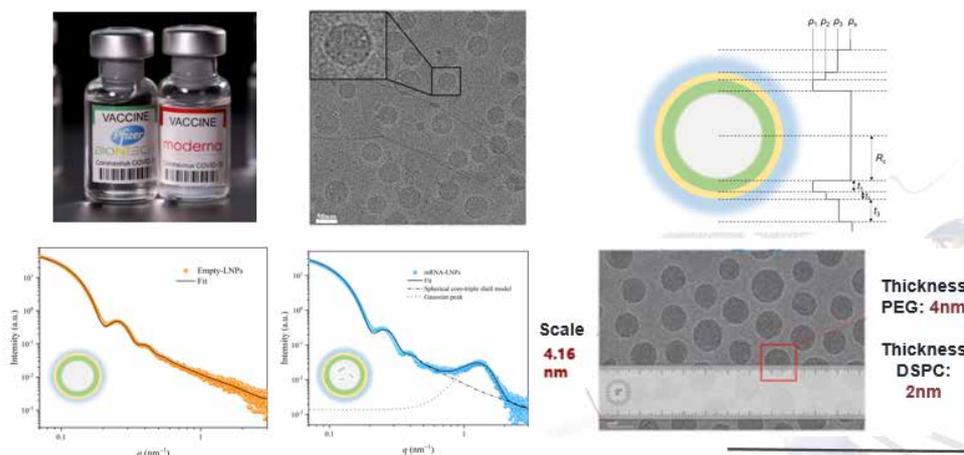
现有知识产权情况

发明专利

合作意向

技术开发

技术许可



# 基于生物大分子晶体的 化合物库筛选

## 成果介绍

片段库筛选 (Fragment-Based Drug Discovery, FBDD) 作为推动新药产业化应用的关键技术之一, 在降低研发成本、缩短开发周期方面展现出显著优势。目前, 基于该技术平台已成功推动 7 款药物获批上市, 并有约 40 个候选药物进入临床研究阶段, 充分体现了其在药物早期发现与转化应用中的重要作用。在产业化实践中, X 射线晶体衍射技术被广泛采纳为核心筛选工具, 凭借其高分辨率的结构解析能力, 能够精准探测蛋白质与片段分子间的弱相互作用, 为后续先导化合物的优化提供可靠的结构依据, 从而大幅提升药物研发的成功率与推进速度。

在面向产业转化的应用研究中, 我们已完成多个与疾病高度相关靶点蛋白的片段复合物结构解析, 涵盖 Pin1、PLPRO、MAGI2 等重要靶标。图 1 展示了 Pin1 靶点规模化片段筛选的整体流程, 共解析约 50 个复合物结构, 并识别出多个具有开发潜力的全新结合位点。图 2 进一步展示代表性化合物与 Pin1 的相互作用模式, 揭示其结合机制。值得关注的是, 研究中发现多个具有共价抑制活性的片段分子, 其抑制效果已通过酶活实验验证, 显示出良好的成药性与开发前景。相关成果已发表于国际知名药物化学期刊《European Journal of Medicinal Chemistry (EJMC)》, 为后续药物开发与产业转化提供了坚实的结构基础与实验支持。

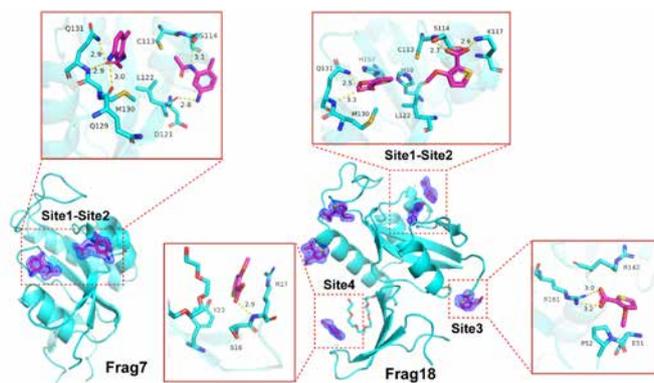


图 1: 基于 Pin1 晶体片段库筛选流程

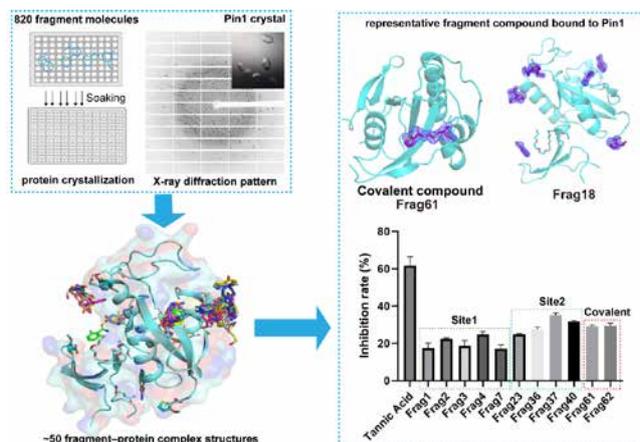


图 2: 部分代表性化合物与 Pin1 相互作用的详细信息

项目负责人

秦文明

职称

正高级工程师

联系方式

13564031426

所属领域

生物医药

技术成熟度

实验室原型阶段 (TRL4)

合作意向

技术开发

# 激光诱导羟基自由基蛋白质印迹装置

## 成果介绍

羟基自由基印迹质谱解析法是一种能够捕捉蛋白质在毫秒至亚毫秒时间尺度内动态结构变化与相互作用的关键技术。该方法依托羟基自由基的高反应活性，结合集成化的在线样本处理与递送系统，可实现对蛋白质、蛋白质复合物乃至复杂细胞体系的高时间分辨率结构分析。

在技术实现层面，本系统采用 KrF 准分子激光器，通过优化光路设计构建了激光诱导双氧水裂解产生活性自由基的稳定发生装置。系统整合多通道高速注射泵、温控反应模块及自动混合与淬灭单元，通过精确控制流体路径与反应时序，可在微秒级完成对目标蛋白质的高效标记，进而实现在肽段甚至氨基酸空间尺度上解析蛋白质的快速构象变化。

该技术平台目前已成功开发为激光诱导羟基自由基蛋白质标记系统，具备 20 纳秒级的极短曝光标记能力与 20 毫秒级的动态过程追踪性能。在产业化应用中，该系统可为抗体药物稳定性评价、蛋白相互作用机理研究、以及复杂生物制剂的高级结构动态分析提供强有力的工具，推动药物研发与生物制造过程中对蛋白质产品关键质量属性的深度表征与精准控制。

项目负责人

李青润

职称

副研究员

联系方式

Email:  
liqr@sari.ac.cn

所属领域

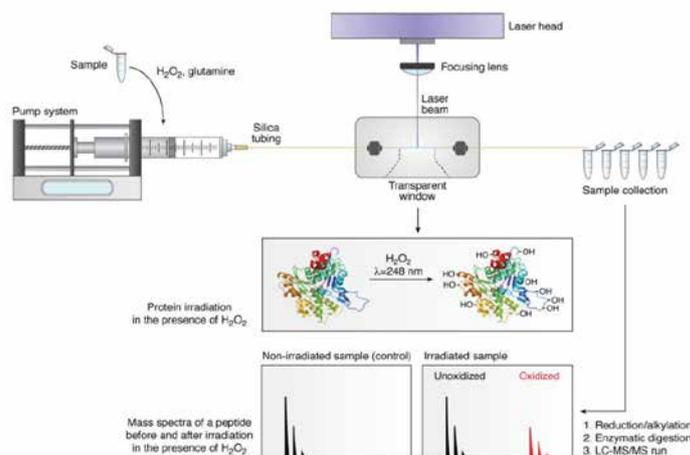
生物医药

技术成熟度

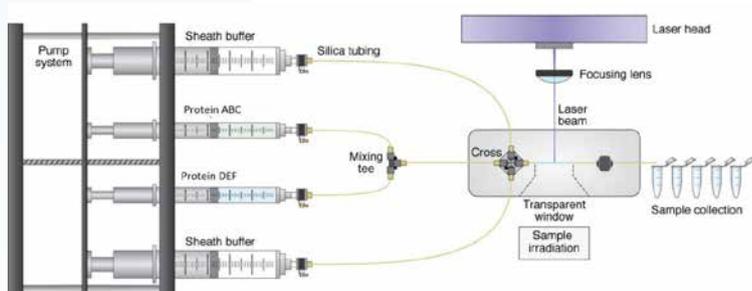
实验室原型阶段 (TRL4)

合作意向

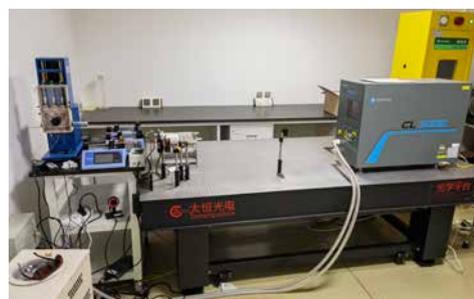
技术开发



1. 装置原理图



2. 时间尺度研究工作站原理示意图



3. 装置实物图

# 脂质体脂膜结构的测定 X 射线小角散射检测方法

## 成果介绍

针对脂质体及脂质纳米药物制剂体系，项目团队基于同步辐射小角 X 射线散射 (SAXS) 技术，建立了一套高精度脂质膜结构表征方法。该技术利用同步辐射光源的高亮度与高相干特性，可在溶液原位条件下实现纳米级结构信息的无损测定，精准解析脂质体双层膜厚度、层间距及结构有序性等关键参数。相比传统电镜或光散射方法，同步辐射 SAXS 能真实反映样品在生理条件下的结构状态，显著提升了脂质纳米药物质量评价的准确性与可靠性。该方法现已应用于靶向脂质体和长效递药系统等多类制剂的处方优化与稳定性研究，为企业实现制剂结构与功能的构效关联分析提供了可量化工具。在产业化应用中，该技术可服务于新药研发、工艺放大及批间一致性控制，为脂质纳米药物的质量体系建设和国际注册申报提供重要的结构数据支撑，推动我国生物制药领域向高标准化与智能化方向发展。

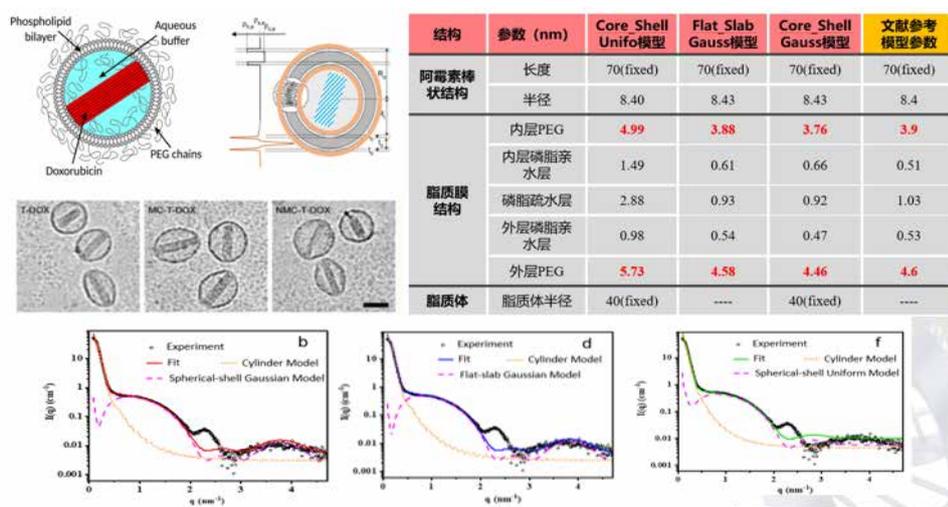


图. 基于同步辐射 SAXS 的脂质体脂膜微观结构表征

项目负责人

李怡雯

职称

高级工程师

联系方式

13651649159

所属领域

生物医药

技术成熟度

实验室原型阶段 (TRL4)

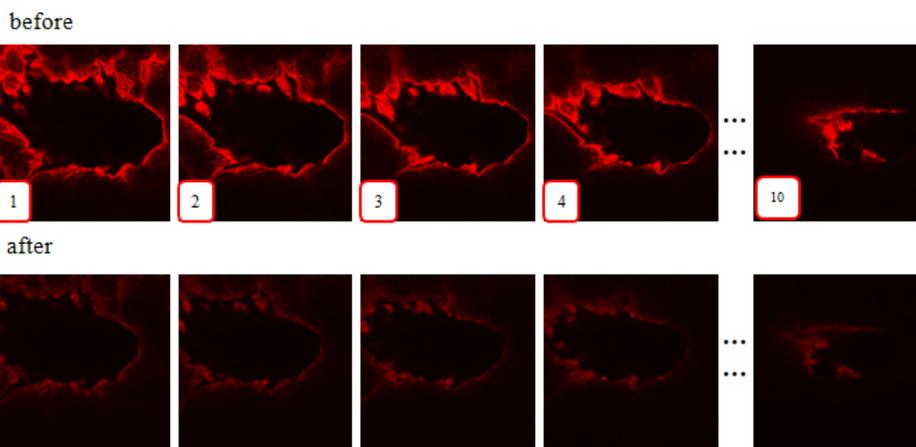
合作意向

技术开发

# 洗护产品去油脂率测试方法

## 成果介绍

本发明方法提供一种洗护产品去油脂能力的检测手段，所述检测方法包括：使用激光扫描共聚焦显微镜对洗护前后的头皮模型进行检测。本发明方法的技术方案不仅使得检测区固定化，同时还保证了洗护产品用量的稳定，极大提高了检测方法的准确性和可靠性；此外，该检测方法不仅能够检测洗护产品对于表层毛孔中油脂的去除率；还能检测毛孔中深层(0.01-250 $\mu\text{m}$ )油脂的去除率，以提供更加丰富和细致的洗护产品的去油指标，从而满足消费者对洗护产品的选择要求。本申请提供的洗发水去油脂能力的检测方法不仅能够检测洗发水对于头皮表层的去油脂能力，还可以实现检测洗发水对于头皮深层的去油脂能力。同时，该检测方法避免了现有技术中引入不同个体导致的个体生物学差异，保证了检测过程中的洗护产品用量、操作力度等其他对照参数更加统一可控，使得检测结果更加准确稳定。此外，本申请中提供的检测方法简单易操作。



图例：激光扫描共聚焦显微镜采集图像，  
样品处理前后猪皮毛孔各层（从表层到第10层）油脂分布情况

项目负责人

刘凤明

职称

工程师一级

联系方式

Email:  
liufm@sari.ac.cn

15021987858

所属领域

生物医药

技术成熟度

实验室原型阶段 (TRL4)

现有知识产权情况

发明专利已提交受理阶段

合作意向

技术开发

# 国家重大科技基础设施 服务产业核心技术

06

产业	细分领域	核心服务	具体可应用案例
生物医药	粒子治疗装置	<p><b>氦离子治疗装置：</b>针对特定肿瘤类型开发专用治疗模式和束流配送方案，定制化治疗系统交付，提供从规划设计、设备安装到临床调试的全链条“交钥匙”工程。</p>	<p><b>医院放疗中心部署</b> 为医院放疗中心提供一体化氦离子治疗解决方案，作为其提升尖端诊疗能力的核心装备，吸引周边省份患者，形成技术高地。</p>
		<p><b>紧凑型直线质子治疗装置：</b>为医疗机构提供质子中心建设规划、运营模式及技术可行性分析，提供标准化的紧凑型质子治疗装置，支持快速部署和系统集成。</p>	<p><b>医院放疗中心升级</b> 帮助现有医院放疗中心提升放疗水平，可在有限的空间内加装紧凑型质子治疗系统，实现普通放疗向尖端粒子治疗的跨越，服务于儿科、颅底等高难度病例。</p>
	核药生产装置	<p><b>医用同位素生产装置：</b>提供用于多种医用同位素生产的直线加速器装置及配套分离提纯工艺包。针对特定同位素（如 Lu-177, Ac-225）提供靶材设计、辐照方案和化学分离纯化的一体化工艺开发服务。</p>	<p><b>核药开发</b> 与全球领先的核药企业合作，利用该装置集中生产高需求的治疗性核素（如 Lu-177），供应其在国内及全球的放射性药物生产线。</p>
	药物研发	<p><b>基于细胞模型的高通量筛选技术：</b>以细胞水平的实验方法为基础，通过自动化操作系统、灵敏快速的检测系统和数据分析系统能够实现数千个反应同时测试和分析，可完成化合物库分装、铺细胞、细胞加药、孵育、细胞活力测试等实验</p>	<p><b>小分子药物开发</b> 通过蛋白质结构解析、药物设计及筛选，通过结构生物学手段，从大量候选化合物中快速筛选出与靶点结合最有效的先导化合物。</p>
		<p><b>药物相互作用分析：</b>利用 SPR、ITC、MST、质谱等实验方法对蛋白质与小分子化合物、多肽等之间相互作用进行分析，应用于药物的开发，药物先导化合物的发现等领域，是药物开发必备的生化分析检测手段。</p>	<p><b>抗体药物研发</b> 解析治疗性抗体的精细结构，特别是其与抗原结合的区域，指导抗体的人源化改造以降低免疫原性。</p>
		<p><b>生物药、蛋白质及复合物精细结构分析：</b>利用晶体学、冷冻电镜、核磁共振等实验方法开展结构生物分析。结构研究是药物发现和优化的重要手段，蛋白质设施拥有全面的蛋白质结构研究技术，可以应用于药物开发研究。</p>	<p><b>新型疫苗开发</b> 解析病毒表面关键蛋白的结构，揭示其免疫原性区域，指导设计更稳定、能激发更强免疫反应的疫苗抗原。</p>
	<p><b>激光诱导羟基自由基蛋白质印迹质谱技术：</b>可实现蛋白质结构中肽段至氨基酸水平毫秒级时间尺度的动态结构解析，并保持质谱技术的高灵敏度优势（ng 级别），大大降低对于样品量和纯度的要求。</p>	<p><b>抗新冠病毒药物设计</b> 疫情期间，科研用户利用大科学装置快速解析了新冠病毒主蛋白酶、RNA 聚合酶等多种关键药物靶点的原子结构，并揭示了候选小分子药物如何“锁住”这些靶点的活性中心。这些结构信息如同“作战地图”，为全球制药公司设计高效的特异性抗病毒药物提供了最关键的依据。</p>	

产业	细分领域	核心服务	具体可应用案例
生物医药	药物研发	<b>荧光显微和流式细胞分析技术：</b> 蛋白质设施具备高端的高精度荧光显微镜、激光共聚焦显微镜和流式细胞仪等设备，用于开展荧光显微分析和流式细胞分析实验。	
	药物剂型与递送系统	<b>制剂微观结构表征：</b> 分析药物在载体中的分布、载药量及释放机理。	<b>mRNA-LNP 疫苗递送系统分析</b> mRNA 疫苗的核心技术在于脂质纳米粒递送系统。利用小角 X 射线散射等技术，可以精确分析 LNP 内部脂质层的结构、mRNA 的包裹状态以及其粒径分布，这对于优化疫苗的稳定性、安全性和有效性至关重要。
	合成生物	<b>高通量定向进化技术：</b> 通过快速筛选大量突变体，加速蛋白质或酶的进化过程，从而获得具有优良特性的突变体	<b>工业酶定向进化应用</b> 如工业酶纤维二糖差向异构酶的高通量定向进化流程，可将工业废液乳清里的乳糖转化为高附加值的乳果糖。高通量定向进化能多任务并行处理、大幅缩短研发周期，广泛应用于工业酶的设计与改造、细胞工厂的构建、蛋白质工程、生物传感器开发等领域。
	材料鉴定分析	<b>同步辐射红外技术：</b> 同步辐射红外技术利用高亮度、宽波段的同步辐射光源，结合红外光谱分析，具有高分辨率、高灵敏度和非破坏性检测的优势。线站自主研制红外微流控系统、红外微流控芯片液体池、活细胞的 FTIR 分析、温控显微拉伸等多套装置，可对多种类型样品（粉末，薄膜，细胞，组织切片，液体等）进行高空间分辨的红外谱学显微以及时间分辨红外谱学研究。	<b>多领域材料与成分分析</b> 广泛应用于材料科学，用于纳米材料、半导体材料的化学组成和结构分析；在化学工业中，助力催化剂表征和反应机理研究；在生物医学领域，可用于生物分子结构分析、药物研发以及细胞与组织成像；在能源领域，助力新能源材料研究和电池性能优化；在环境科学中，检测污染物并评估环境修复材料效果。此外，它还用于文化遗产保护、食品质量检测等，为多个产业提供精准的化学分析和检测手段，推动技术创新和产业升级。
		<b>吸收谱学技术：</b> 利用同步辐射吸收谱学技术分析金属蛋白中的元素种类、价态和配位信息。	<b>金属蛋白结构与作用研究</b> 在金属蛋白质结构解析、药物 - 靶点相互作用、环境毒理等生命科学关键问题中有广泛的应用。
能源 (含新能源)	能源清洁利用	<b>多孔材料表征：</b> 精确测量催化剂、吸附剂等多孔材料的孔径分布和孔道结构。  <b>反应器内原位研究：</b> 在真实反应条件下，研究催化剂的动态结构变化和反应中间体。	<b>催化剂优化</b> 在能源反应过程中，催化剂的寿命和选择性至关重要。利用上海光源，可以在反应过程中监测分子筛催化剂的活性位点变化，指导催化剂的再生工艺和配方改进，提高目标产物收率。

产业	细分领域	核心服务	具体可应用案例
能源 (含新能源)	锂离子 / 下一代电池	<p><b>电极材料结构演化：</b>电池充放电过程中，实时观测正极 / 负极材料晶体结构变化、化学环境变化、相变、体积膨胀 / 收缩等。</p> <p><b>界面副反应研究：</b>分析电极与电解质界面形成的固态电解质界面膜的成分结构和稳定性。</p> <p><b>电池失效分析：</b>无损探测电池内部枝晶生长、电极破裂等故障。</p>	<p><b>高能量密度动力电池开发</b> 利用上海光源的原位 X 射线衍射和 X 射线三维成像技术，实时“观看”大容量硅基负极在循环过程中的结构破碎和体积变化，并通过谱学手段研究界面副反应。这些信息是设计缓冲结构、优化电解质配方以延长电池寿命的关键。</p>
	太阳能电池	<p><b>薄膜形貌与结晶性：</b>分析钙钛矿、有机光伏等薄膜的晶体质量、取向和相纯度。</p> <p><b>器件工作机制与降解：</b>研究器件性能与材料微观结构的构效关系，以及材料在光照、湿热等条件下微观结构演化与器件老化微观机制。</p>	<p><b>高效稳定钙钛矿太阳能电池</b> 通过掠入射 X 射线衍射，可以指导优化钙钛矿薄膜的结晶工艺，获得高结晶度和高择优取向的高质量薄膜。同时，可以分析光照下钙钛矿材料的降解微观机制，为设计稳定的材料与器件提供指导。</p>
新材料	高端合金与结构材料	<p><b>微观结构与缺陷分析：</b>精确测定材料的晶体结构、晶粒尺寸、相组成、位错等。</p> <p><b>原位性能研究：</b>在加热、拉伸等条件下，实时观察材料微观结构的演化，关联宏观性能。</p> <p><b>残余应力测量：</b>无损测量材料内部（尤其是焊接、加工区域）的三维应力分布。</p>	<p><b>航空发动机叶片研发</b> 叶片需要在高温高压下长期工作。利用上海光源的高能 X 射线衍射和成像技术，可以研究高温合金在模拟服役条件下的相变、蠕变行为和损伤机理，指导开发具有更优耐高温、抗疲劳性能的新一代叶片材料。</p>
	高分子与复合材料	<p><b>纳米 / 微米尺度成像：</b>观察填料在基体中的分散状态和界面结构。</p> <p><b>相分离与结晶行为：</b>研究高分子共混物或嵌段共聚物的微相分离结构及结晶动力学。</p>	<p><b>高性能碳纤维复合材料优化</b> 通过 X 射线散射和三维成像，可以清晰地观察到碳纤维在树脂基体中的排列、取向以及内部可能存在的孔隙和裂纹，从而优化复合材料的制备工艺，提升其强度、刚度和轻量化水平。</p>
	日化用品	<p><b>功效成分研究与开发：</b>解析活性成分（如美白、抗老成分）的精确三维分子结构，并与其生物活性（功效）建立关联，分析成分在不同配方环境（pH、温度、光照）下的化学稳定性与晶型转变。</p> <p><b>配方体系优化与稳定性研究：</b>研究配方在温度、时间等条件变化下的相分离、结晶、絮凝等过程，预测产品货架期。</p> <p><b>日化用品界面研究：</b>研究表面活性剂在气 - 液界面（如泡沫）和液 - 固界面（如清洁）形成的单分子膜结构；分析聚合物、调理剂等头发、皮肤表面的吸附形态与成膜结构。</p>	<p><b>高效美白成分开发</b> 利用同步辐射光源 X- 射线晶体衍射以及小角散射技术，解析天然植物提取物中美白功效分子的精确结构。通过分析该分子与酪氨酸酶（黑色素生成的关键酶）活性中心的相互作用模式，指导化学家对该天然分子进行结构修饰，设计出抑制效果更强、稳定性更高的新一代美白原料。</p>
高端装备	集成电路先进工艺开发与良率提升	<p><b>薄膜与界面分析：</b>对高介电常数栅介质、金属栅等纳米级薄膜进行晶体结构、元素化学态和界面反应分析。</p> <p><b>缺陷与杂质分析：</b>精准定位并识别导致芯片漏电或性能下降的微观缺陷和痕量杂质。</p>	<p><b>解决高 K 栅介质漏电难题</b> 在引入新型高 K 材料替代传统二氧化硅作为晶体管栅极时，易出现严重的漏电问题。利用上海光源的 X 射线吸收谱等技术，可以发现材料内部的缺陷态是漏电元凶，并通过工艺优化钝化这些缺陷，为先进制程的继续微缩扫清了障碍。</p>

产业	细分领域	核心服务	具体可应用案例
高端装备	集成电路三维先进封装	<p><b>封装应力测量：</b>无损、高空间分辨率地测量三维堆叠芯片内部因不同材料热膨胀系数失配引起的应力分布。</p> <p><b>互连与焊点质量分析：</b>通过高分辨率三维成像检测微凸点、硅通孔中的空洞、裂纹等缺陷。</p>	<p><b>芯片翘曲问题分析与解决</b> 在芯片 - 晶圆键合过程中，不同材料层之间的热应力会导致整个芯片翘曲，影响光刻和键合精度。利用上海光源的高能 X 射线衍射，可以精确绘制出封装结构内部的应力“地图”，指导工程师优化材料选择和工艺参数，有效控制翘曲，提升封装良率。</p>
	芯片材料与器件可靠性	<p><b>器件失效分析：</b>对失效芯片进行无损“解剖”，定位金属互连线电迁移、介质层击穿等故障点。</p> <p><b>原位与工况研究：</b>在通电、加热等模拟工作条件下，实时观察材料与器件的结构演化。</p>	<p><b>铜互连线电迁移研究</b> 随着芯片尺寸缩小，铜互连线中的电流密度急剧增大，导致铜原子在“电子风”作用下迁移，形成空洞（断路）或小丘（短路）。利用上海光源进行原位实验，可以实时观察电迁移的初始过程和机理，为设计更耐用的互连结构和阻挡层材料提供依据。</p>
	高端检测装备与核心部件	<p><b>提供基准测量方法：</b>为工业 CT、光谱仪等高端仪器提供标准样品和基准数据，用于校准和验证。</p> <p><b>原位无损智能鉴定：</b>为物种、产地、质量等提供快速智能识别设备和方法</p> <p><b>新原理与新器件验证：</b>为新型传感器、探测器的研发提供超高精度的测试平台。</p>	<p><b>工业 CT 性能验证与基准建立：</b> 利用上海光源的高单色、高相干 X 射线束，针对低密度对比度分辨率与定量密度测量精度开展极限性能评估，为高端工业 CT 在低密度材料检测（如聚合物、复合材料、生物样品）中的定量成像能力提供科研级基准数据，确保其性能达到国际先进水平。</p> <p><b>物种智能识别：</b> 海关物种种类的快速无损智能识别；高值木家具的材质无损鉴定；中药材真伪、质量鉴定</p>
	航空航天装备	<p><b>关键部件无损检测与寿命评估：</b>对涡轮叶片、复合材料构件等进行高分辨率三维 CT 扫描，发现内部缺陷。</p> <p><b>材料在极端环境下的行为：</b>研究材料在高温、高应力等极端条件下的性能演变。</p>	<p><b>航天复合材料构件缺陷检测</b> 对碳纤维复材卫星构件进行微米 CT 扫描，可以无损地检测出内部纤维的排布偏差、树脂富集区、以及微米尺度的孔隙和裂纹，确保构件在太空极端环境下的绝对可靠性。</p>
	精密制造与加工	<p><b>加工机理研究：</b>在微观尺度研究激光加工、超精密切削等过程的材料去除机理和表面损伤。</p> <p><b>残余应力调控：</b>测量关键零部件（如轴承、齿轮）在加工后的表面和亚表面应力状态，指导工艺优化以提升疲劳寿命。</p>	<p><b>激光增材制造（3D 打印）过程优化</b> 利用上海光源进行原位同步辐射 X 射线成像，可以实时监测金属 3D 打印过程中材料结构变化，包括熔池的动态、粉末飞溅及气孔的形成过程，直接为调整激光功率、扫描速度等参数提供依据，从而打印出完全致密无缺陷的零件。</p>
	文化	考古与文化遗产保护	<p><b>无损成分与结构分析：</b>分析文物材料的元素组成、物相、锈蚀产物等，无需取样。</p> <p><b>制作工艺研究：</b>揭示古代器物的制作技法、加工痕迹。</p> <p><b>病害机理研究：</b>分析文物劣化的原因，为保护修复提供方案。</p>



[www.sari.cas.cn](http://www.sari.cas.cn)

本手册由中国科学院上海高等研究院  
科技合作与知识产权处汇编

如需获得更多信息, 欢迎致电详询

—— 联系人 ——

常琳玮 18221221361

蒋 丹 18817862101

顾志良 13564647273