



# 技术汇编

青岛科技大学  
枣庄融合创新发展中心  
2023年5月22日

# Contents.

目录

- 第一篇 新材料、新能源方向
- 第二篇 化学化工方向
- 第三篇 智能制造方向



# 第一篇 新材料、新能源方向



# 目录 / CONTENT

■ 01 纳米陶瓷

■ 02 辐射制冷材料

■ 03 纳米抗菌除臭材料

■ 04 纳米功能材料

■ 05 纳米电催化材料

■ 06 电化学储能材料

■ 07 LED太阳模拟器



01

PART 01

## 纳米陶瓷

- 先进陶瓷精密部件的制造技术
- 陶瓷板材的柔性制造技术
- 高耐碱耐盐环氧涂料的研究
- 纳米陶瓷涂料的研究

## ■ 学术带头人

# 王志义

---

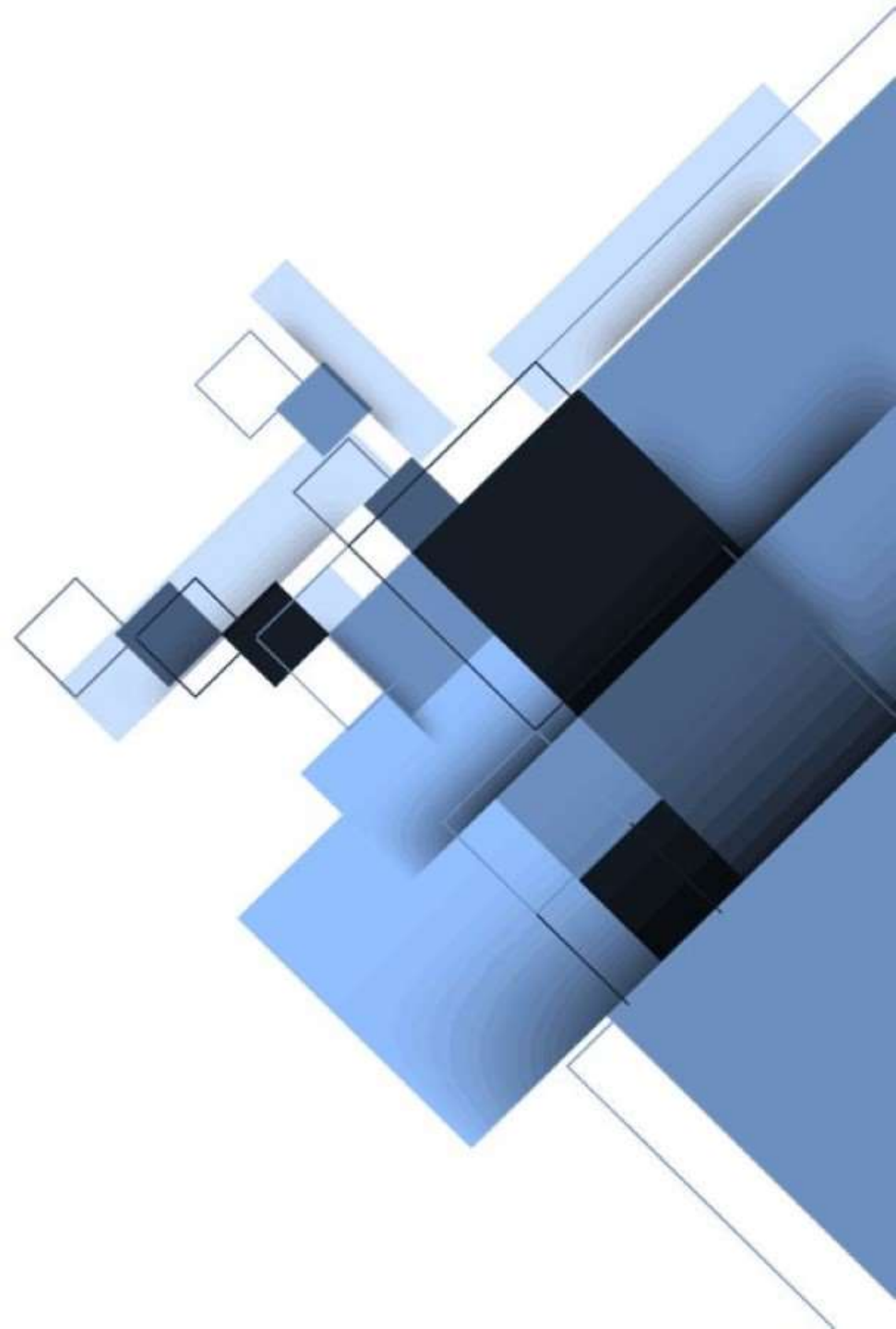
- 博士，教授，青岛科技大学材料硕士生导师。
- 荣获国家技术发明二等奖1项（首位），山东省科技进步一等奖2项（一、四位）。参与国家自然科学基金2项。
- 享受国务院特殊津贴；中国青年科技奖；山东省有突出贡献的中青年专家；青岛市专业技术拔尖人才。





# 先进陶瓷精密部件的制造技术

Advanced ceramic precision parts manufacturing technology



# 1 项目背景及市场需求



团队成员深入企业调研

山东钢铁集团  
中国石化齐鲁石化公司  
山东能源淄博矿业集团有限公司  
.....

## 极限工况，现有材料易造成巨大损失！

### 高温工况

- ◆ 钢铁行业
- ◆ 航空航天行业
- ◆ 化工行业
- ◆ .....

钢水连铸机塞棒固定机构：铸铁螺栓**高温疲劳**需要每天更换，每次都需要**停机至少一个小时**，以宝武钢铁集团2018年产量6700万吨推断，更换螺栓造成产量减产**至少280万吨**。

### 高腐蚀工况

- ◆ 化学化工行业
- ◆ 污水处理行业
- ◆ 石油化工行业
- ◆ .....

2018年化工行业因其**高温高腐蚀工况**中，化工管道阀门**泄漏**产生的生产事故达176起，造成人员**伤亡223人**。

### 高磨损工况

- ◆ 矿产行业
- ◆ 造纸行业
- ◆ 洗煤行业
- ◆ .....

水力旋流器因在煤泥分选方面发挥重要作用，但因为旋流器**局部磨损不均匀**，使沉砂产量增大，浓度降低，严重影响水力旋流器的**分离效率**，使分级效率**下降15~51%不等**。

先进陶瓷材料替代金属和高分子材料十分迫切

# 1 项目背景及市场需求

## 先进陶瓷材料应用行业广泛 市场潜力无限

### 煤矿行业



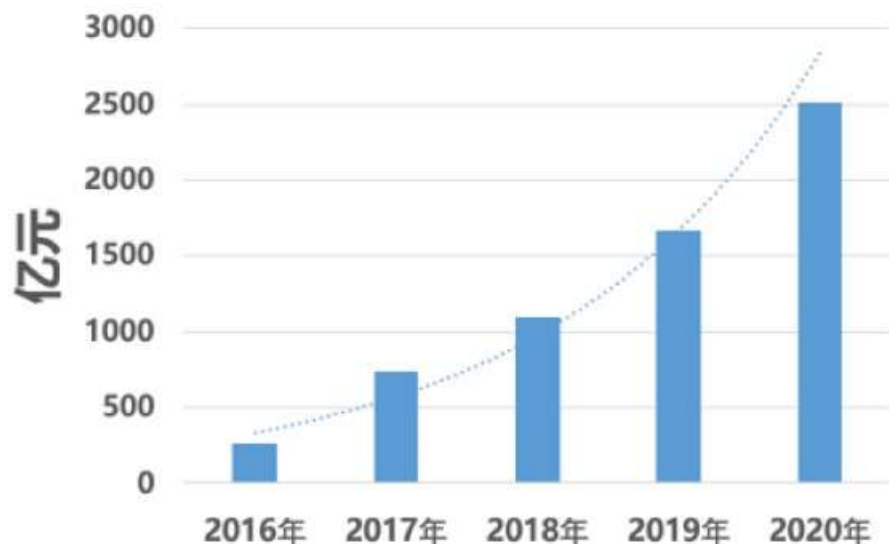
### 钢铁行业



### 石油化工行业

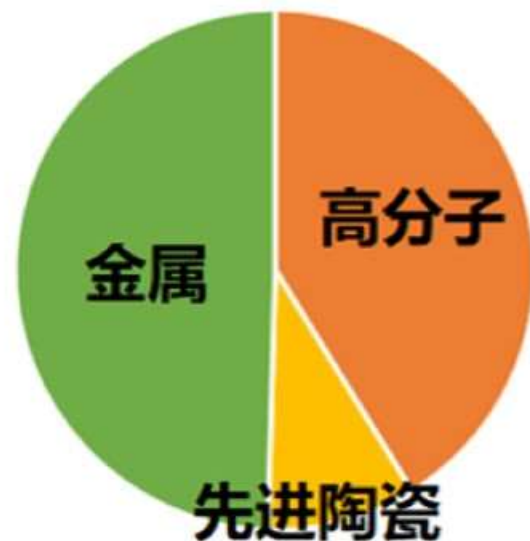


### 航空航天行业



- ◆ 自2016年陶瓷材料行业市场规模**大增**
- ◆ 2019年市场规模达到**1670亿元**

中国陶瓷行业市场规模 (来源: 中国报告大厅)



2019年相应**产品**市场占比 (来源: 中国产业信息)

先进陶瓷器件产量有限, 发展缓慢

◆ 先进陶瓷材料在高温、高腐蚀、高磨损工况具有不可替代的优势

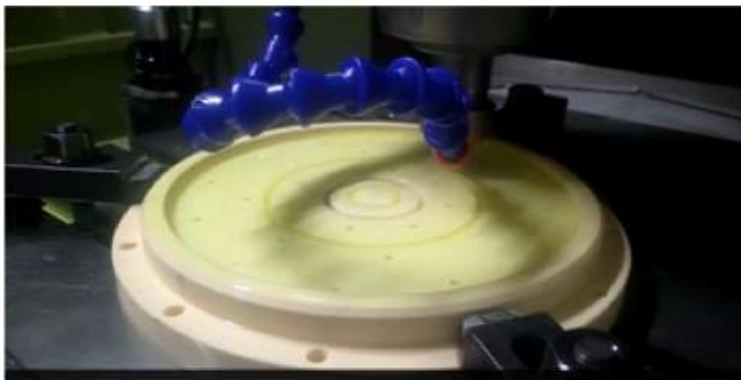
	先进陶瓷材料	金属材料	高分子材料
耐热温度/°C	室温~2500	室温~1000 (空气)	室温~400
耐腐蚀性	★★★★★	★	★★★★
耐磨性	★★★★★	★★	★
抗弯强度/MPa	≥250	3~10	6~10
硬度/HV	3000-5000	淬火钢500-800	≤20
可塑性	强脆性	常温塑性	低温塑性
<b>可加工性</b>	★	★★★★★	★★★★★

先进陶瓷从材料到器件有着难以逾越的鸿沟。

### 3 行业痛点

## 从材料到器件之间存在难以逾越的鸿沟

	冷加工方式	冷加工成本比例	冷加工周期比例
金属制品	切削为主	1	1小时
高分子制品	无	0	0
先进陶瓷制品	磨料加工为主	10	6天



目前先进陶瓷  
制品加工工艺

原料混合

细磨

成型

烧结

冷加工

实现从材料到制品的突破，是行业急需解决的技术难题

## 4 解决方案与核心技术

解决方案

### ● 高强塑性生坯

目的：解决了陶瓷可加工性差的根本问题

### ● 生坯机加工

目的：提供陶瓷部件高精度。

### ● 低变形烧结

目的：保证烧后产品的高精度。

核心技术

- ◆ 高强高致密性室温塑性坯体
- ◆ 生坯强度达到50-60MPa, 达到软钢程度

- ◆ 设计程序严格控制放尺率
- ◆ 干法加工
- ◆ 普通刀具即能加工

- ◆ 自主知识产权合成熔剂组成, 获得低烧成变形度。

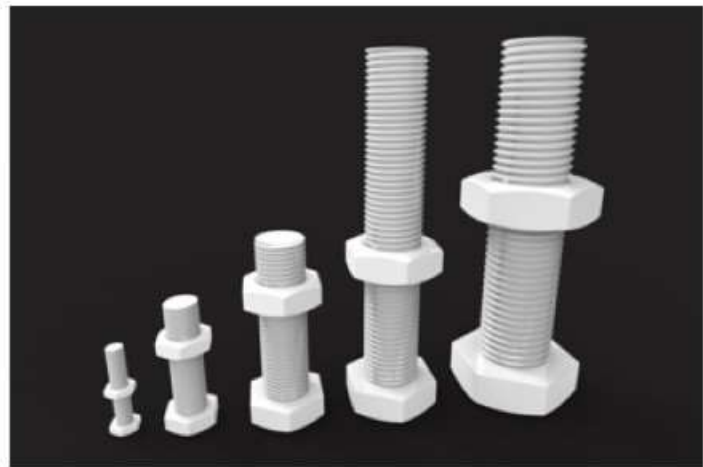
技术优势

- 1、首次实现先进陶瓷由硬脆性加工到类金属塑性加工
- 2、重塑先进陶瓷生产工艺路线
- 3、与金属制品同台竞争, 且优势显著

自主知识产权先进陶瓷精密加工技术, 解决先进陶瓷材料可加工性差的行业痛点。



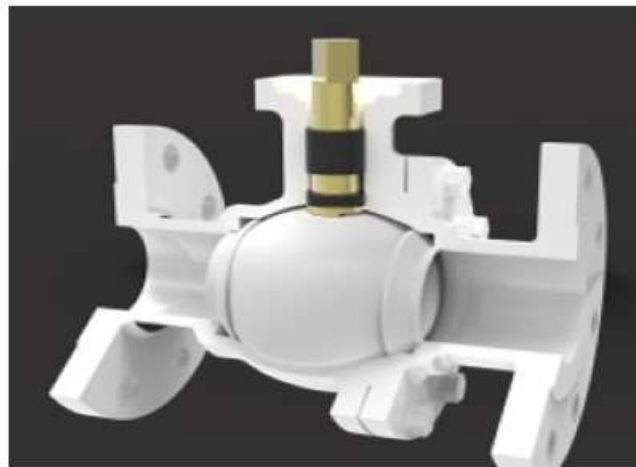
#### 1 耐高温陶瓷螺栓



**应用：**钢水连铸过程中塞棒控制系统

**创新：**高使用寿命，完美精密螺纹

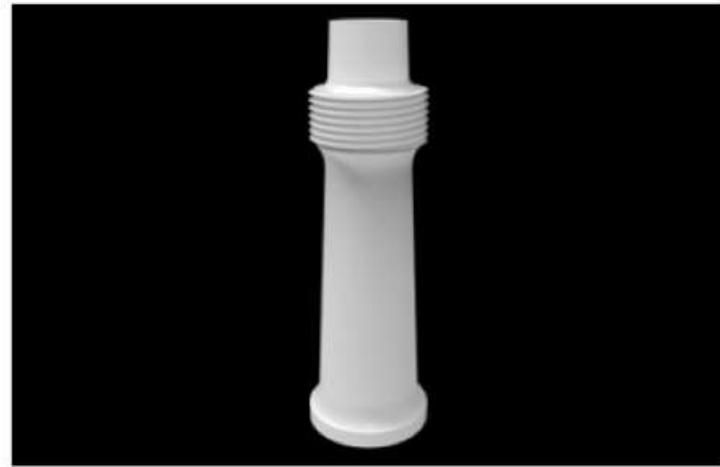
#### 2 耐腐蚀全陶瓷阀门



**应用：**高温高腐蚀的化工管道

**创新：**高使用寿命，完整的金属阀门形状和精密的螺纹

#### 3 耐磨全陶瓷旋流器



**应用：**高温高耐磨除砂分离

**创新：**高使用寿命，重现金属旋流器的复杂结构和精密螺纹链接

打开先进陶瓷精密器件的市场大门

铸铁螺栓



钢铁行业存在刚需  
全国钢铁企业**565**家

2019年中国紧固件  
市场规模到达近**1580**亿元

金属阀门



化工行业存在刚需  
全国化工厂**23513**家

2019年国内工业阀门  
市场规模到达近**2945**亿元

金属旋流器

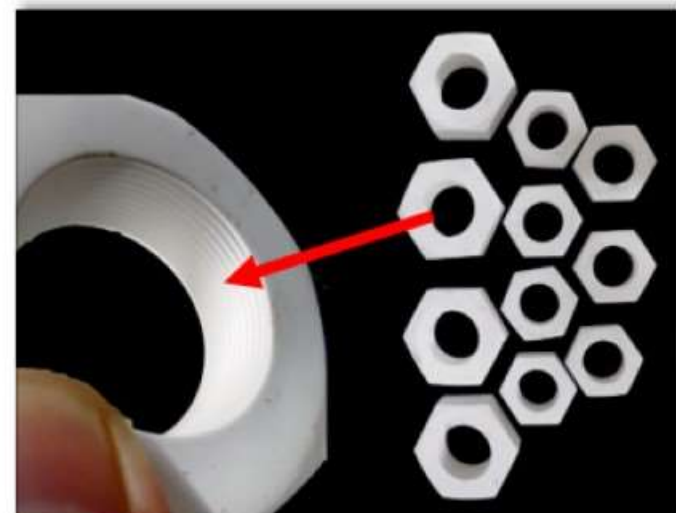


造纸行业存在刚需  
全国造纸企业**6642**家

2019年国内工业分离设备  
市场规模达到**1620**亿元

三类产品的市场需求巨大

名称		现有技术	本技术
耐高温螺栓	材质	铸铁	全陶瓷
	使用寿命	1天	7-10天
	使用温度	1000°C	1600°C
	产品精密度	*****	*****
耐腐蚀化工管道阀门	材质	内贴陶瓷片	全陶瓷
	使用寿命	1-2年	5-7年
	是否易发生泄漏	易	难
	产品精密度	**	*****
耐磨旋流器	材质	内贴陶瓷片	全陶瓷
	使用寿命	1-2年	5-7年
	贴片是否脱落	易脱落	不脱落
	产品精密度	**	*****



### 产品优势

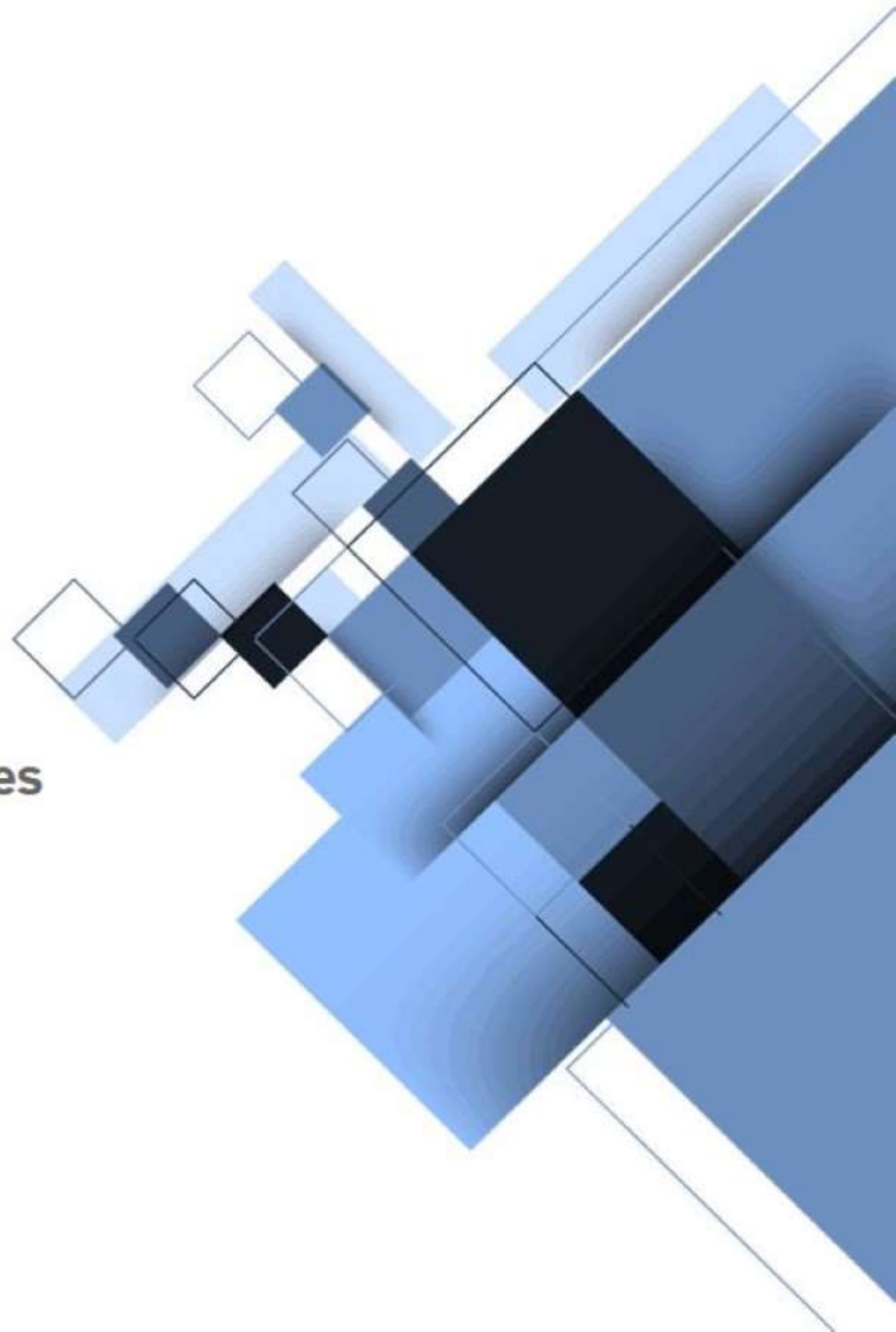
- ◆ 使用温度提高至**1600°C**
- ◆ 产品精密度提高**3倍**
- ◆ 使用寿命延长至**5-7倍**

先进陶瓷精密部件产品各项性能遥遥领先



# 陶瓷板材的柔性制造技术

Flexible manufacturing technology of ceramic plates



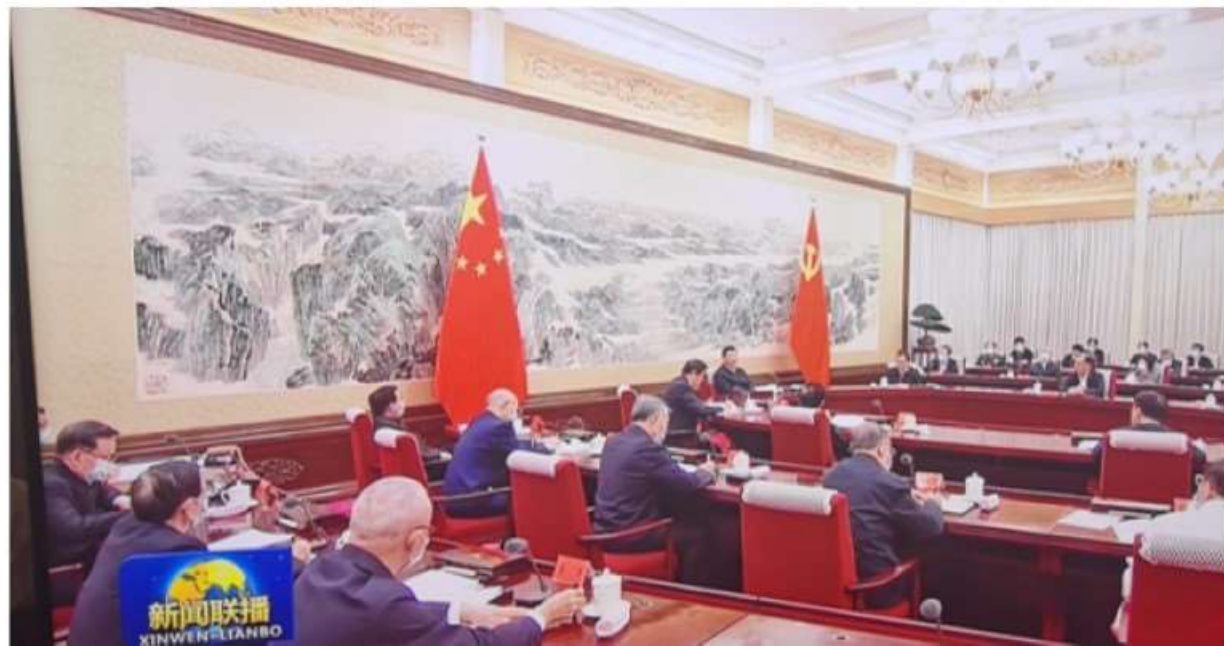
# 项目背景及市场需求

Project background and market demand



## ● 陶瓷艺术板材

- ✓ 大型化：2 x 6m, 2 x 10m, 室内画廊、室外环艺；
- ✓ 超薄化、免贴，薄至2mm, 室内背景墙；
- ✓ 浮雕画；
- ✓ 艺术装饰多样化：釉中、釉下，各种装饰技法；
- ✓ 多次烧结与装饰。

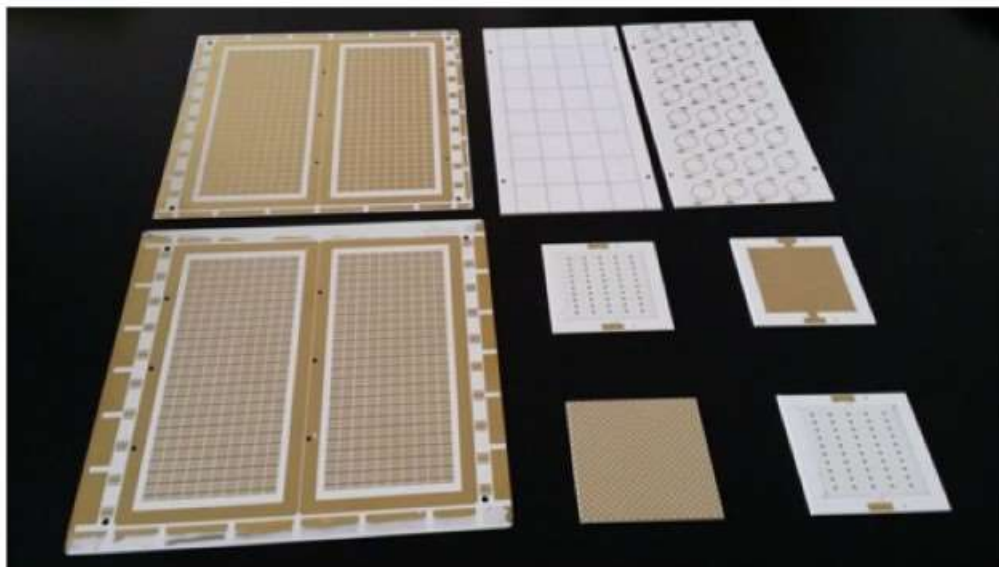
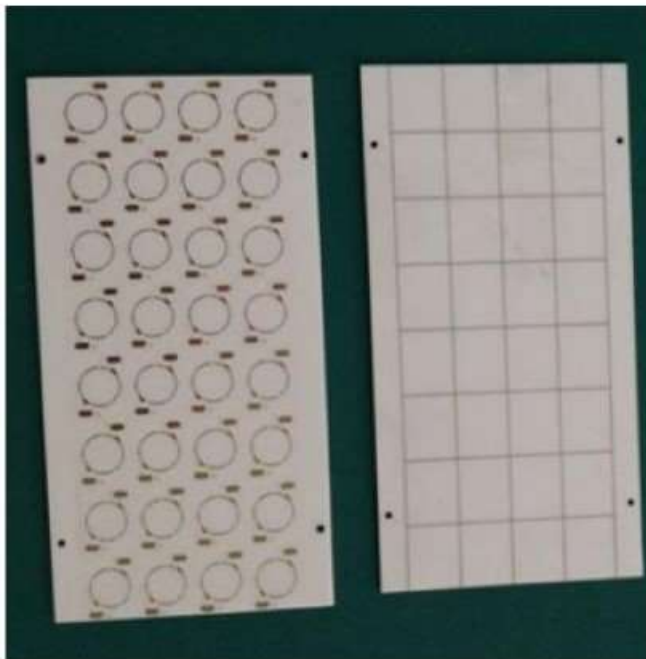


# 项目背景及市场需求

Project background and market demand

## ● 工业陶瓷板材

- ✓ 大型化：2 x 6m及以上，无缝粘接
- ✓ 耐腐蚀
- ✓ 耐磨
- ✓ 化学瓷板材、耐酸板材
- ✓ 发泡陶瓷板材
- ✓ 防静电地板
- ✓ 陶瓷基板





# 陶瓷板材成型现状

Current situation of ceramic sheet forming



## 干压成型

01

易于实现自动化，所以在工业生产中得到较大的应用。

02

在成型过程中，常会因为径向、轴向的压力分布不均而引起坯体的分层、开裂、密度不均等现象。

03

大型板材压机及生产线投资极大。

04

制备最大尺寸：  
1.2×2.4m



## 流延成型

01

设备简单、可连续操作、生产效率高、自动化水平高、工艺稳定、坯体性能均一等。

02

有机物含量很高，收缩很大，达25-50%，易翘曲、变形，用于小尺寸陶瓷基板的制造



## 注浆成型

01

工艺成本低，过程简单，易于操作和控制。

02

成型形状粗糙，注浆时间较长，坯体密度、强度较低。

03

易翘曲、变形，制备最大尺寸：1.0×1.0m



# 技术核心及效果

Technical core and effect

## 柔性坯体的制备

采用塑性挤制成型和干燥一体生产线，制备柔性坯体，可以卷曲成辊



## 无粘土塑性泥团的制备

有机粘合剂与陶瓷粉料精心组合、混练形成可塑性泥团（有机-无机杂化），柔性坯体的基础



## 柔性烧成

烧成过程中坯体柔性变形，完全贴紧底板，形成平面或浮雕效果。

## 超大型、特异型、超薄板材的制备

从原理上可以制备无限长度、3-4m宽度、超薄1-2mm、异型的各种板材。



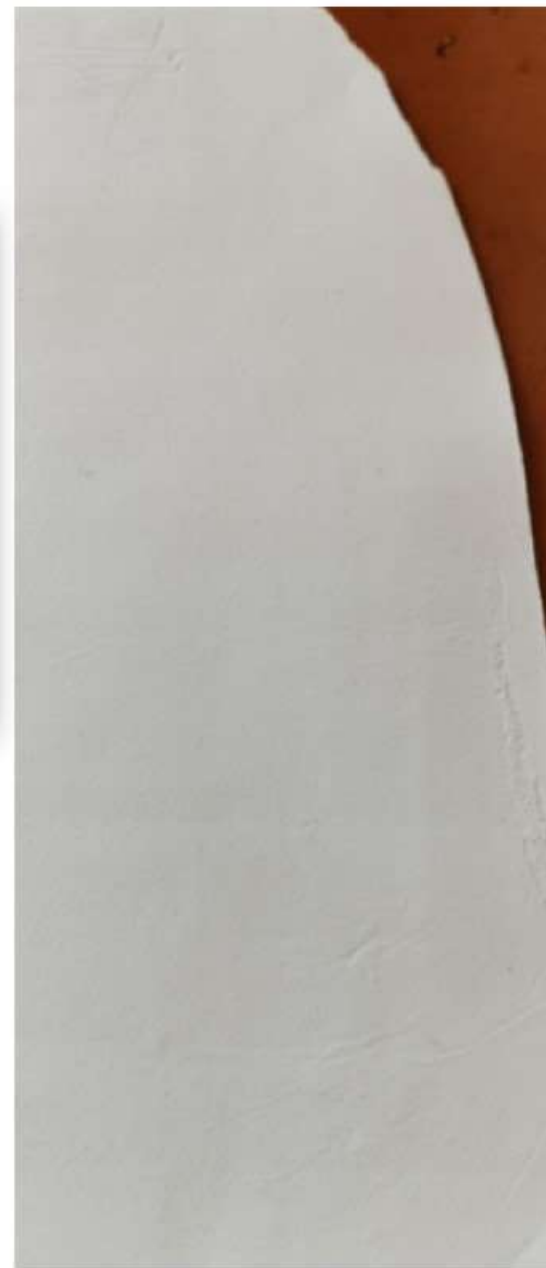
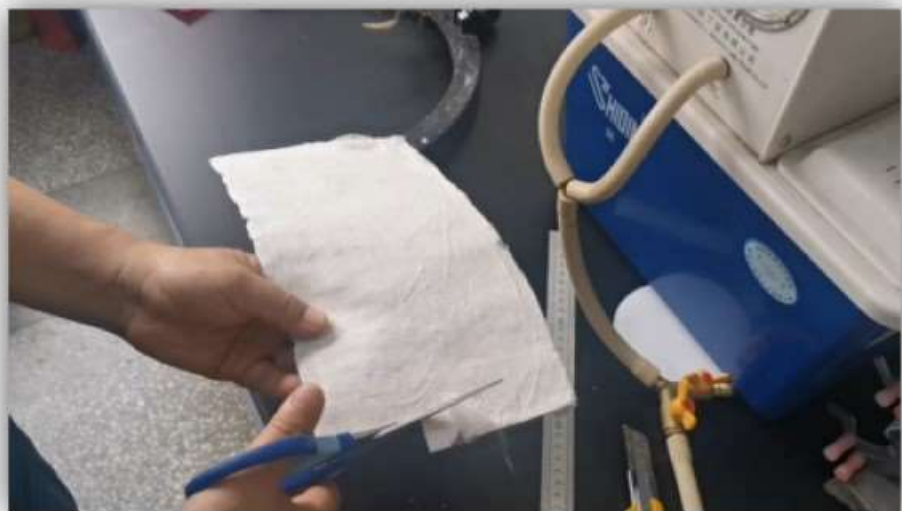
## 柔性制造技术



## 技术核心及效果

Technical core and effect

以骨质瓷废瓷为原料，制造大型、特异型、超薄型陶瓷板面（2\*4m、4\*6m、厚度0.2-1.0cm）。





# 高耐碱、耐盐环氧涂料的研究

Study on solvent-free epoxy coatings with high alkali resistance



# 项目背景及市场需求

Project background and market demand



重防腐涂  
料在海洋  
环境应用  
广泛





## 项目背景及市场需求

Project background and market demand

- **传统重防腐涂料** 往往含有重金属及有机溶剂，在使用过程中有机溶剂大量挥发，造成环境严重污染。
- **无溶剂超厚膜型涂料** 具有无空气污染、安全无毒等优点，可替代目前广泛使用的溶剂型涂料，具有很大的经济效益和社会效益。
- **无溶剂环氧涂料** 因其环保无污染、优异的物理性能及耐蚀特性成为重防腐涂料发展的一个重要的方向。
- 对于无溶剂环氧涂料的研究多集中于环氧树脂的改性，但是对于涂料中占比近50%的无机填料研究甚少，其在防腐中的作用没有得到应有的重视！



# 技术核心及效果

Technical core and effect

核心技术是采用合成新型无机填料替代传统颜填料。

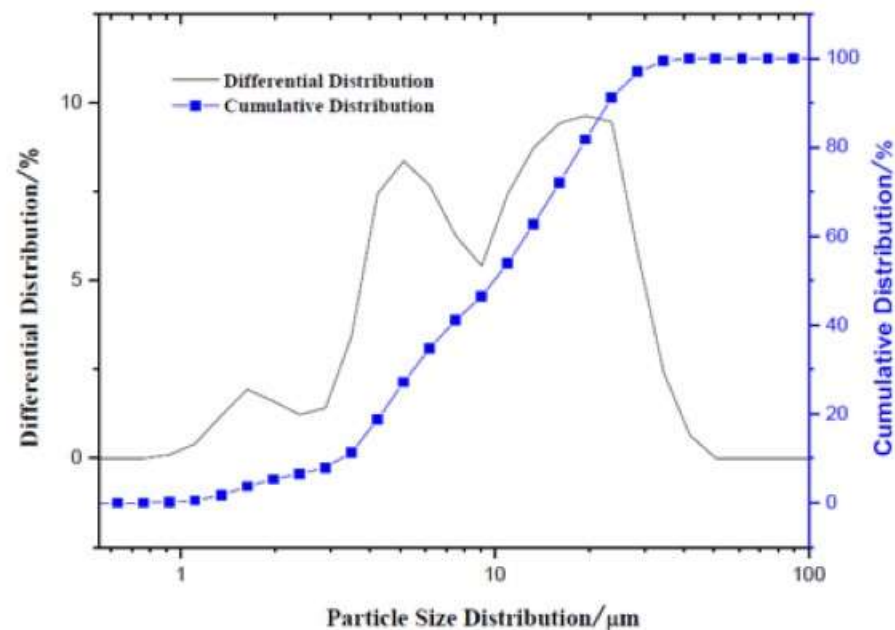


图 3-1 粒径分布图

Fig. 3-1 Particle size distribution map



# 技术核心及效果

Technical core and effect

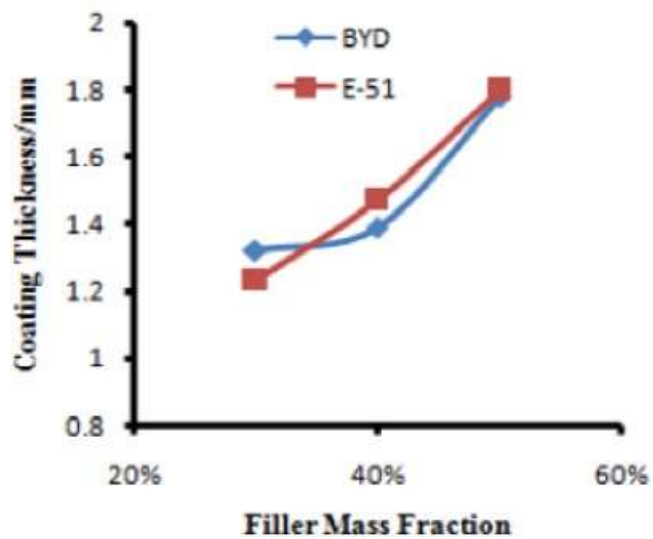


图 3-4 涂料的厚度

Fig. 3-4 Coating thickness



图 3-6 普通铁板底板对涂层抗冲击韧性的影响

Fig. Influence of iron sheet on impact toughness of coatings



图 3-8 铁板镀锌对涂层抗冲击韧性的影响

Fig. 3-8 Effect of impact toughness of galvanized iron coating



## 技术核心及效果

Technical core and effect

### 耐盐、耐碱实验结果：

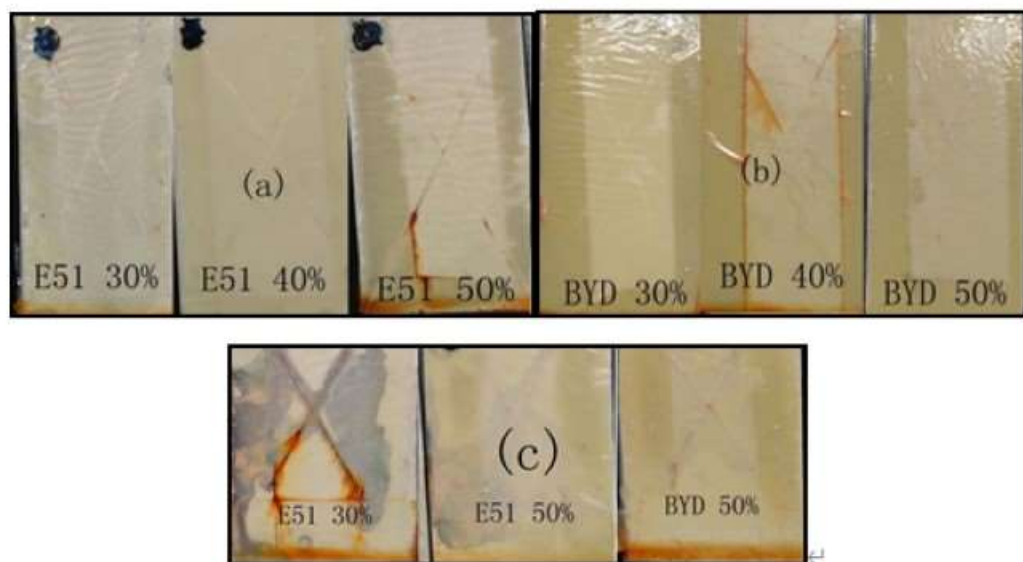
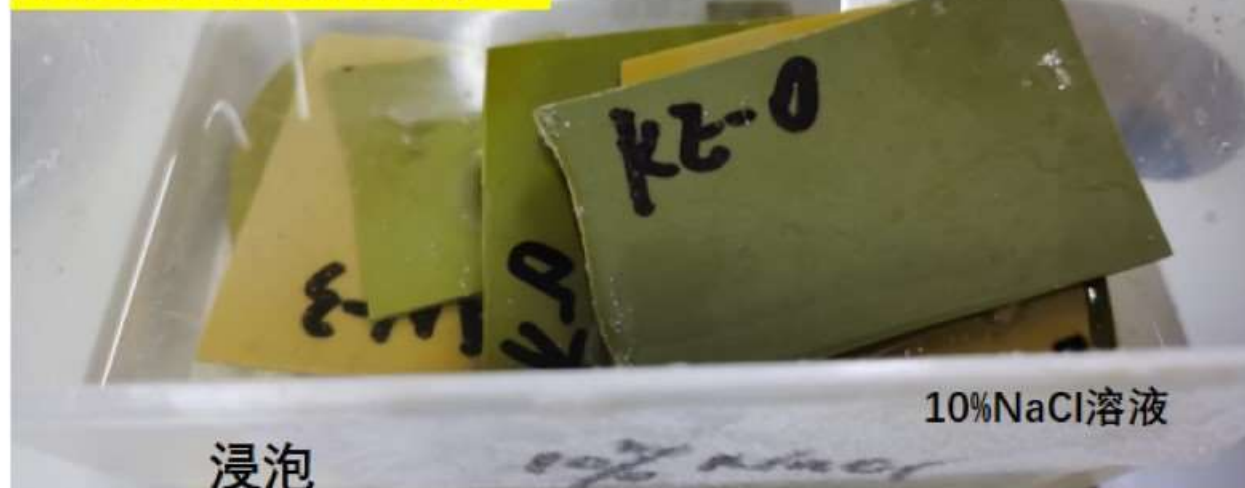


图 3-10 不同涂层划痕试样盐雾实验 1200h 后对比结果图

Fig. 3-10 Scheme of the difference coating scribing after 120h salt spray test

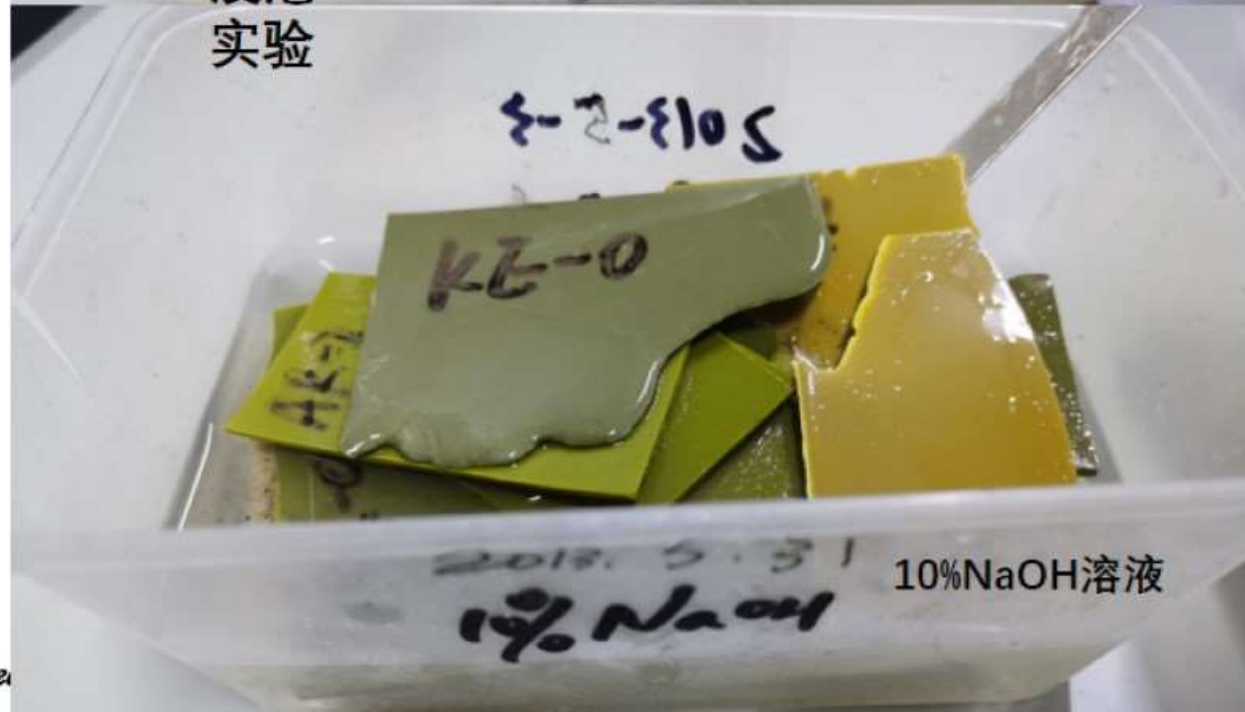
### 盐雾试验

2013.5.31-至今，10年：  
10%NaOH和10% NaCl  
溶液中浸泡：无变色、  
无起泡、无翘曲等现象



10%NaCl溶液

浸泡  
实验

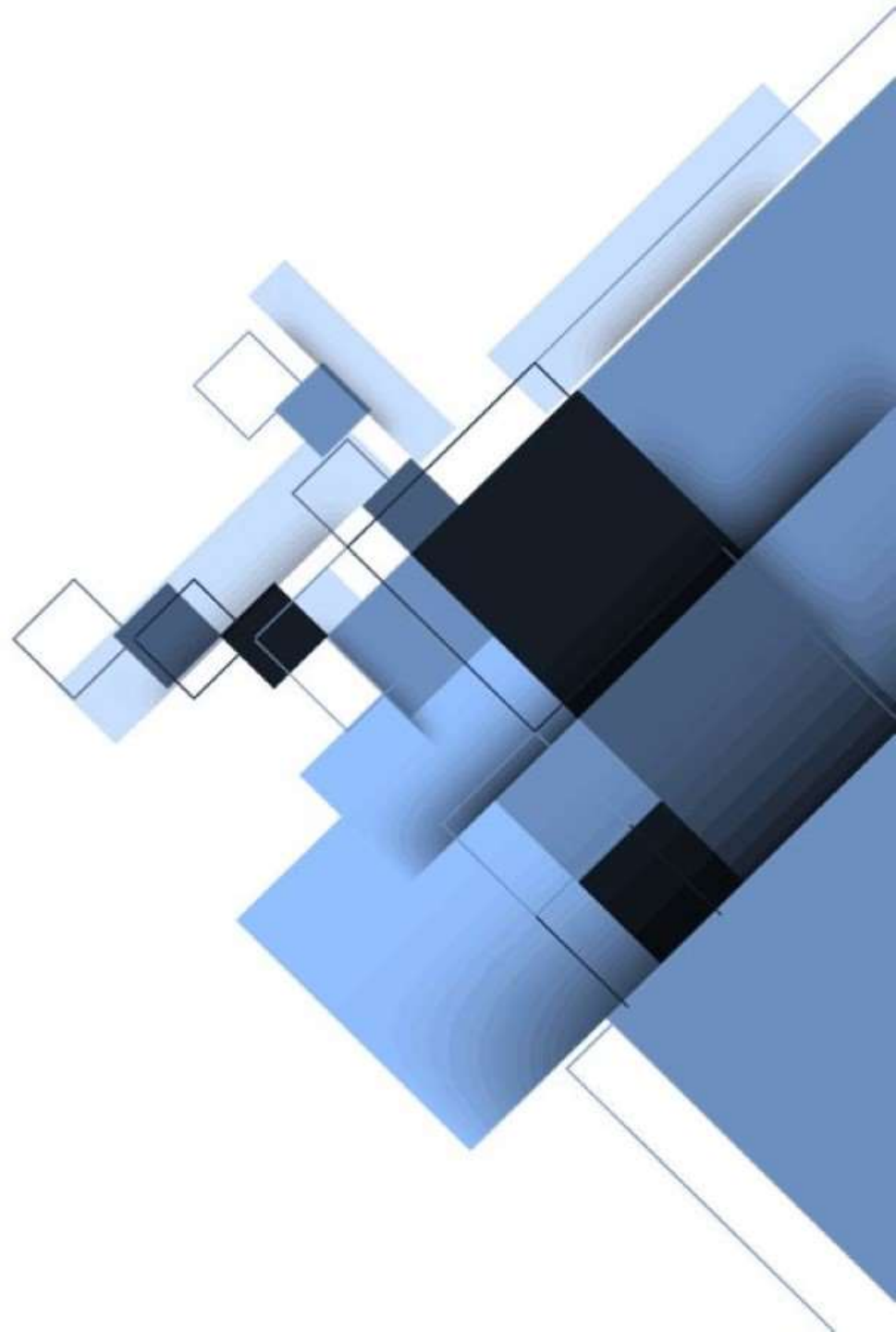


10%NaOH溶液



# 纳米陶瓷涂料的研究

Study on inorganic nano ceramic coatings



# 项目背景及市场需求

Project background and market demand



- 风电能源在高原、寒冷、山脊、山顶的资源尤为丰富，有着巨大的开发价值。
- 但是这些地方海拔高、湿度大、温度低，很容易引起叶片的结冰。
- 叶片气动性能受结冰影响，一方面会导致叶片过载、叶片荷载分布不均，进而造成持续产出的风能受到较大的影响，另一方面，当叶片在旋转过程中，极易出现冰块脱落引起的运营事故。

知乎 @航空新材料



# 技术核心及效果

Technical core and effect

- 以纳米无机溶胶为成膜物质；
- 高耐候性、耐腐蚀性；
- 高疏水性；
- 导电性良好。

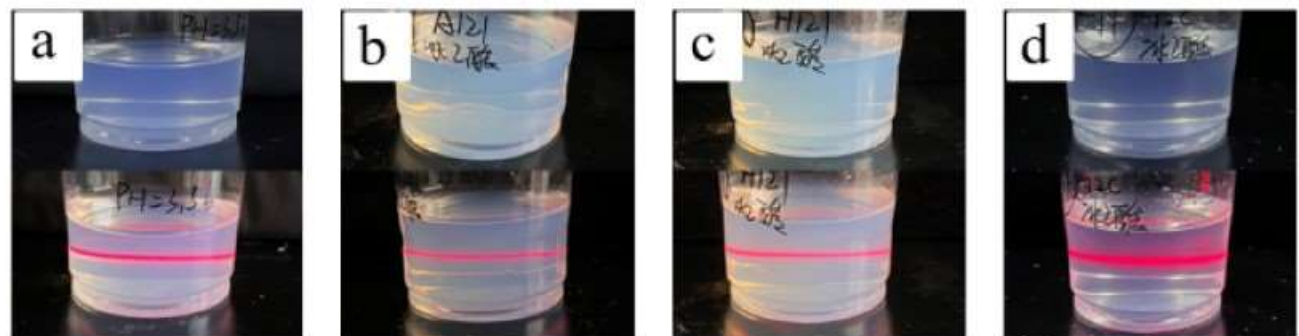


图 3-2 不同种类纳米陶瓷涂料的外观及丁达尔效应图

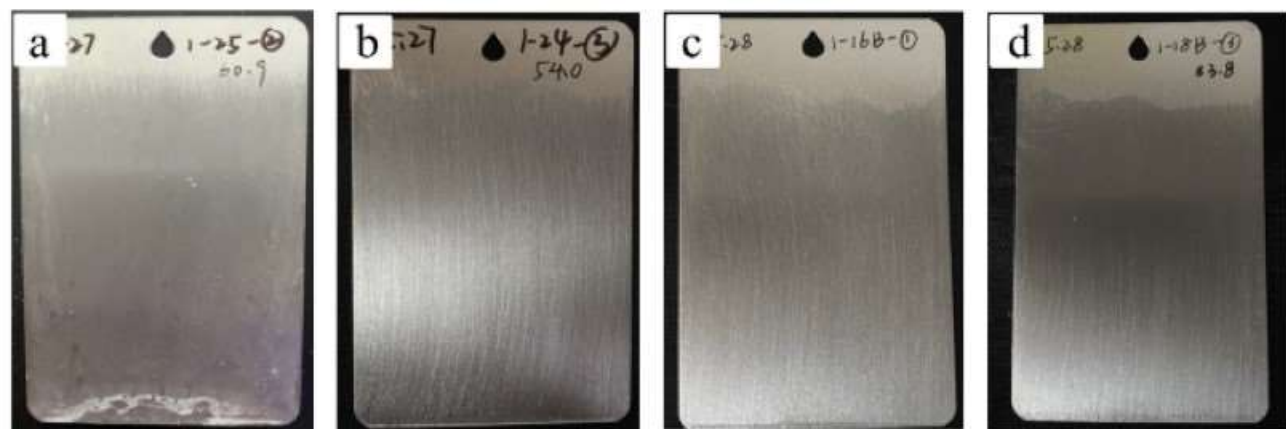


图 3-4 无机纳米涂层外观图（马口铁基板）



# 技术核心及效果

Technical core and effect

表 3-6 涂膜附着力测试等级表

Tab. 3-6 Coating film adhesion test grade table

溶胶系列	编号	附着力等级
DY-12C	D-A0	0 级
	D-A0.5	0 级
	D-A1	0 级
	D-A2	0 级
	D-A3	0 级
QTZ-P121-2	P-A0	0 级
	P-A0.5	0 级
	P-A1	0 级
	P-A2	0 级
	P-A3	0 级
QTZ-P121-2+HAC	PH-A0	0 级
	PH-A0.5	0 级
	PH-A1	0 级
	PH-A2	0 级
	PH-A3	0 级
QTZ-A121+HAC	AH-A0	2 级
QTZ-H121+HAC	HH-A0	0 级

表 3-7 涂膜铅笔硬度等级表

Tab. 3-7 Coating pencil hardness scale

溶胶系列	编号	铅笔硬度
DY-12C	D-A0	6 H
	D-A0.5	6 H
	D-A1	6 H
	D-A2	6 H
	D-A3	6 H
QTZ-P121-2	P-A0	6 H
	P-A0.5	6 H
	P-A1	6 H
	P-A2	6 H
	P-A3	6 H
QTZ-P121-2+HAC	PH-A0	6 H
	PH-A0.5	6 H
	PH-A1	6 H
	PH-A2	6 H
	PH-A3	6 H
QTZ-A121+HAC	AH-A0	6 H
QTZ-H121+HAC	HH-A0	6 H



# 技术核心及效果

Technical core and effect

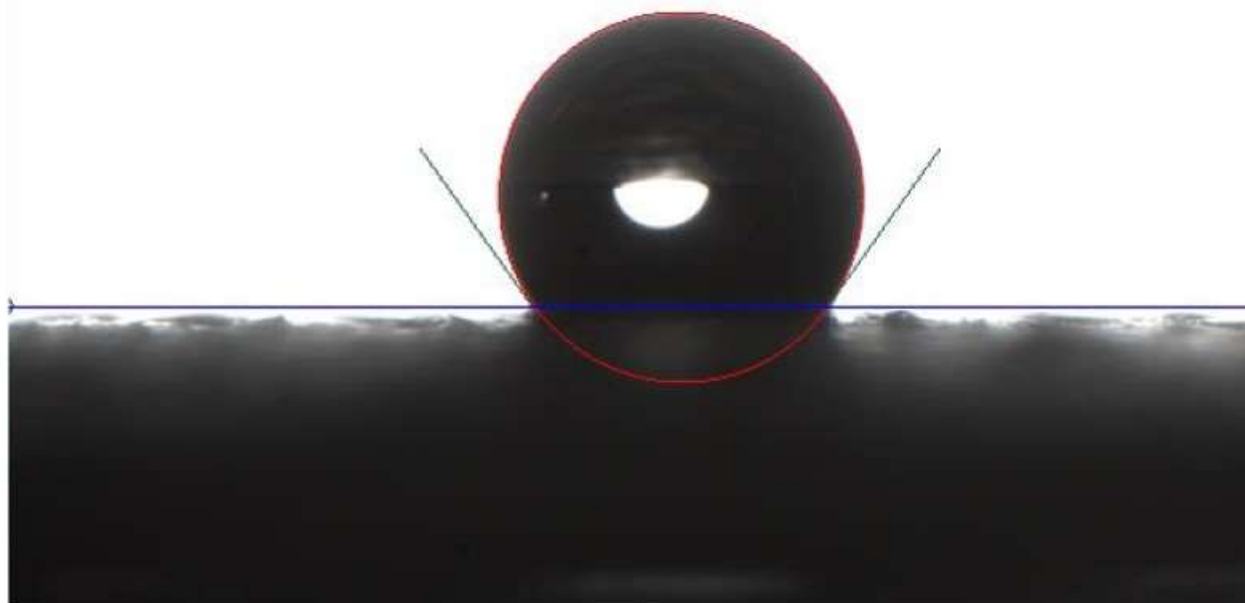
## ● 膜层表面电阻测试

20-35  $\Omega\cdot\text{cm}$

## ● 膜层接触角测试

L:125.890 R:125.150

CA: 125.520





02

PART 02

## 辐射制冷材料

## ■ 学术带头人

### 朱海涛

- 博士，教授，青岛科技大学材料博士生导师。
- 获得山东省自然科学奖、山东省环境科技奖、青岛市科技进步奖等多项奖励。发明专利10余项。
- 近年来主持国家自然科学基金、山东省自然基金、青岛市科技计划以及国家电网、康普顿等企业委托课题十余项，经费总额800余万元。





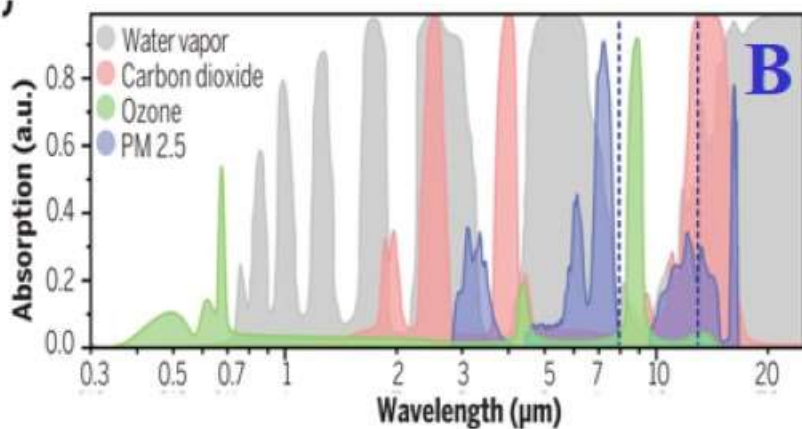
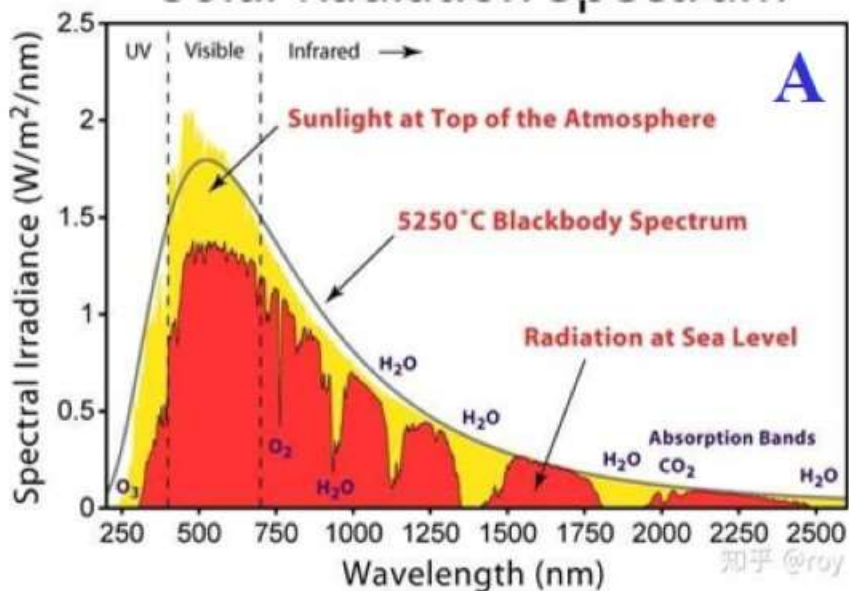
## 1. 辐射制冷原理



太阳辐射导致建筑物、汽车高温，空调制冷消耗大量电能。



# 1. 辐射制冷原理



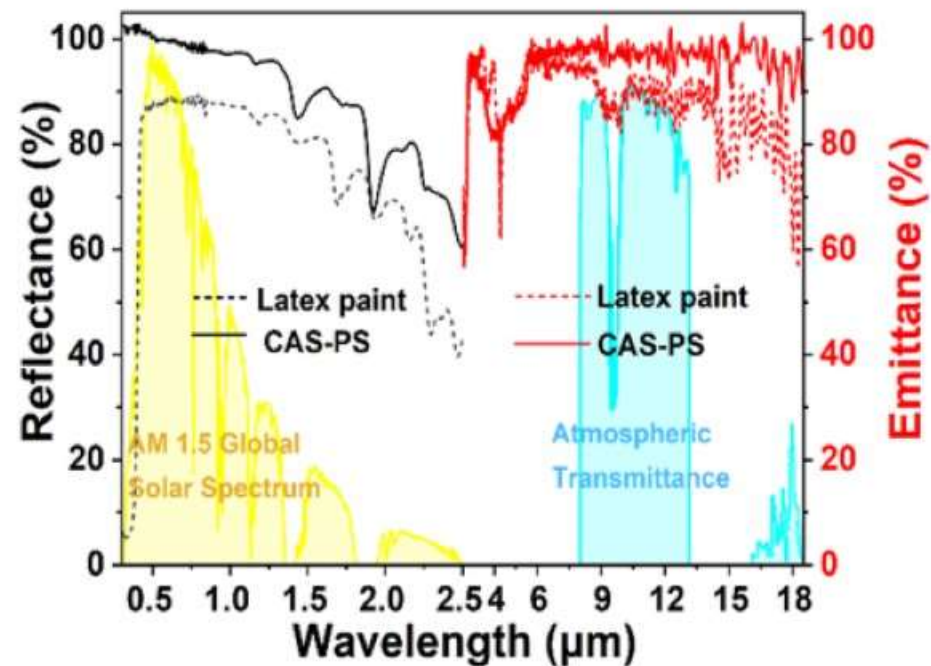
- A) 太阳光  $0.25-2.5\mu m$ , 可见、近红外;  
B) 大气层在  $8-13\mu m$  有窗口, 地表物体的能量 (约  $300K$ ) 可通过辐射传递到外太空 ( $3K$ )。



实现辐射制冷关键:

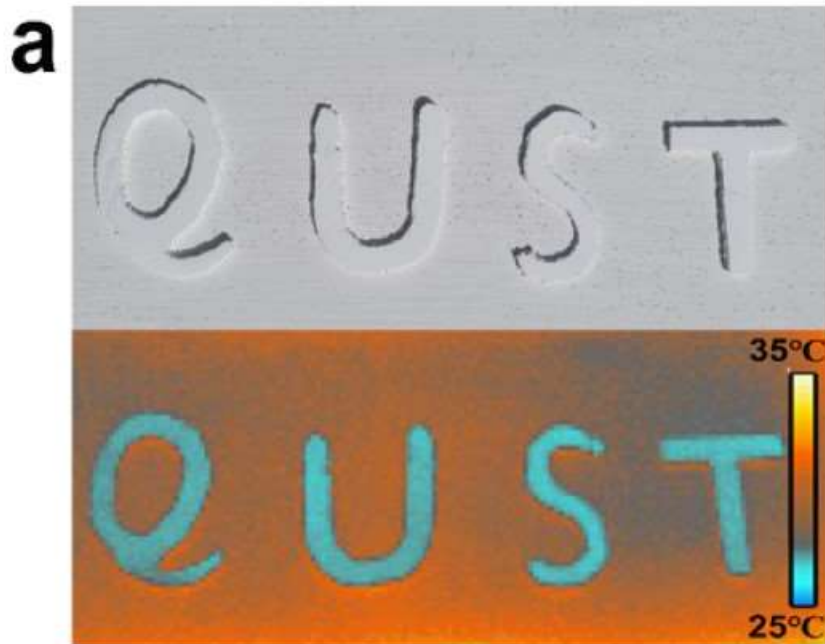
- 1) 对太阳光较高的反射, 吸收的热少;
- 2) 在  $8-13\mu m$  发射率尽可能高。
- 3) 发射热量 > 吸收热, 低于环境温度。

## 2. 辐射制冷涂料

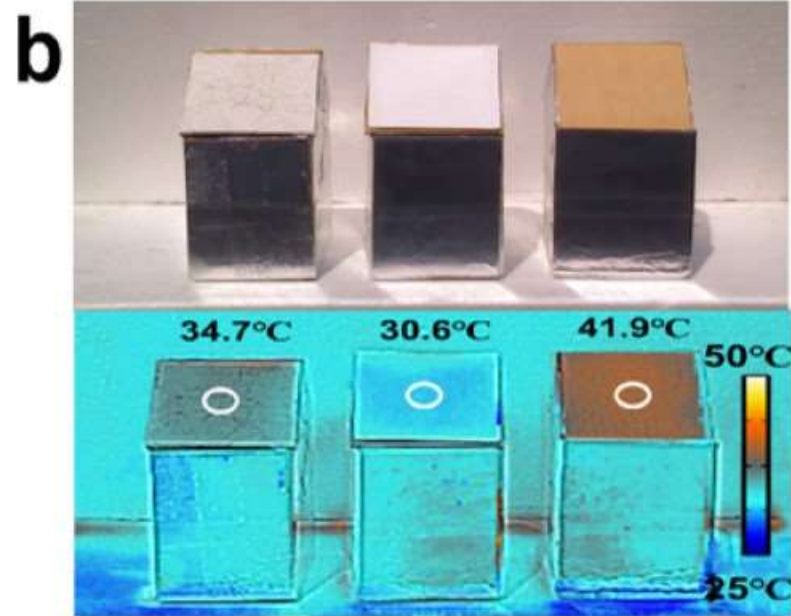


辐射制冷涂料，太阳光反射率97%，大气窗口发射率97%。

## 2. 辐射制冷涂料



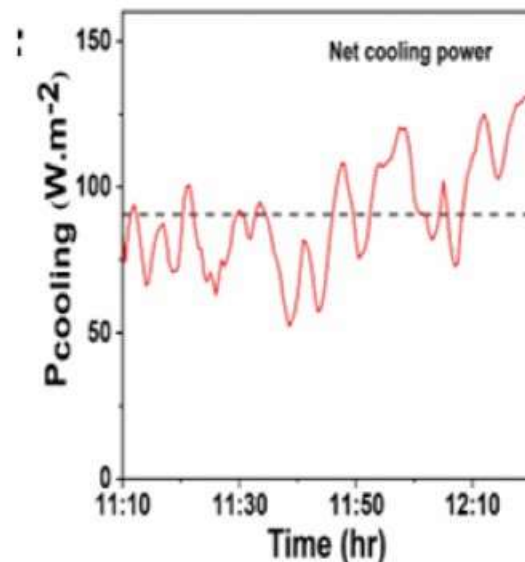
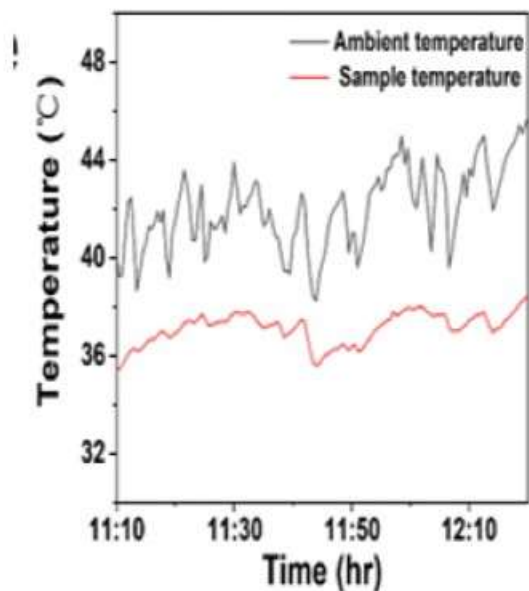
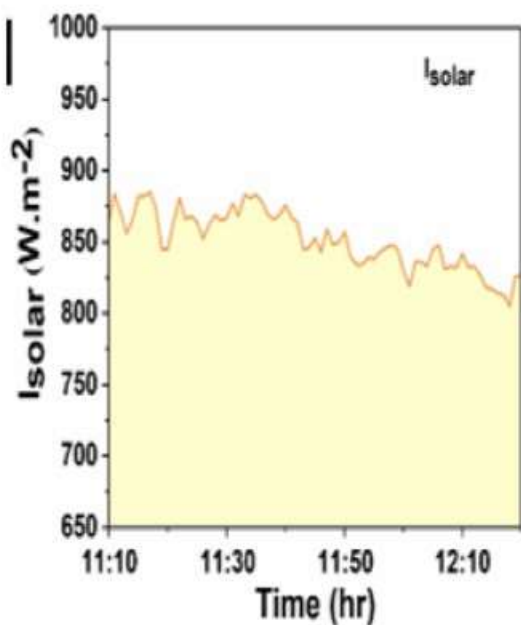
太阳照射下，辐射制冷涂料制成的QUST字母比商品高反射涂料低6-8°C



太阳照射下，有辐射制冷涂料的房顶（中）30.6°C，比无涂料的（右）低11°C，比商品涂料（左）低4°C



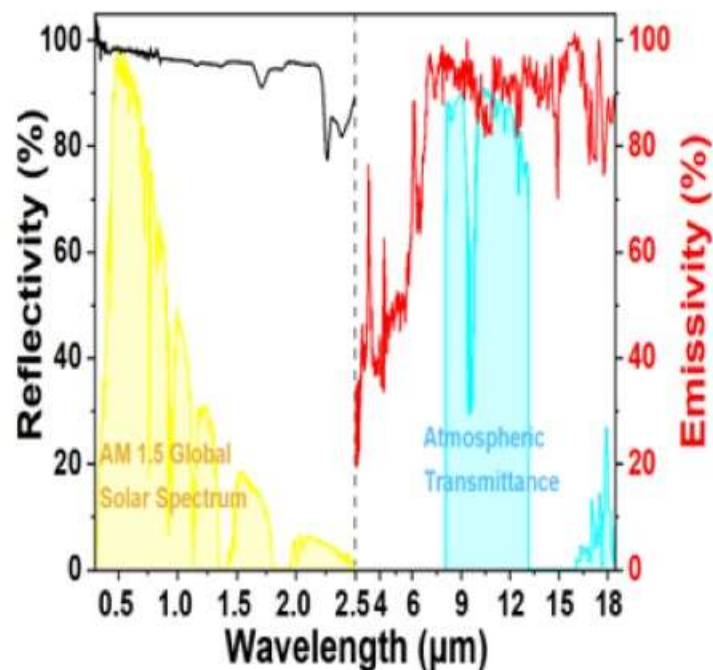
## 2. 辐射制冷涂料



在8月初青岛的正午，太阳辐射强度为 $850\text{W}/\text{m}^2$ ，辐射制冷涂料表面温度比周围环境温度低 $6\text{-}8^{\circ}\text{C}$ ，平均辐射制冷功率达到 $94\text{W}/\text{m}^2$ 。



### 3. 辐射制冷薄膜



辐射制冷纤维薄膜，太阳光反射率98%，大气窗口发射率92%。  
薄膜类似布料，柔软、强度高、可裁剪，可大批量生产。



## 4. 辐射制冷材料的应用

- 1) 建筑物房顶及外表面;
- 2) 工业厂房及临时建筑屋顶;
- 3) 机场廊桥;
- 4) 石化企业油气存储罐体;
- 5) 太阳能电池组件冷却;
- 6) 汽车遮阳棚、防晒伞具。



03

PART 03

## 纳米抗菌 除臭材料

- 银、铜纳米团簇基抗菌添加剂的设计与研发

## ■ 学术带头人

### 袁勋

---

- 博士，教授，青岛科技大学材料博士生导师。
- 泰山学者青年专家。
- 新加坡生物工程与纳米技术研究院博士后、研究科学家。



# 1、团队成员介绍



## 刘勇 副教授/博士

- ◆ 2007-2011, 内蒙古师范大学 材料化学专业 学士
- ◆ 2011-2016, 华东师范大学 材料与光电子 博士

### 工作经历

- ◆ 2016-2018, 美国 Texas Tech University 博士后
- ◆ 2018-至今, 青岛科技大学副教授、硕导



## 朱海光 副教授/博士

- ◆ 2009-2013, 江苏理工学院 应用化学 学士
- ◆ 2013-2018, 苏州大学 应用化学 博士
- ◆ 2016-2017, 新加坡国立大学 应用化学 联培

### 工作经历

- ◆ 2018-至今, 青岛科技大学副教授、硕导

## 2、承担主要项目

### 国家级项目

- ◆ 国家自然科学基金面上项目：基于点击化学构筑贵金属纳米团簇的多级结构及其光学性质研究（22071127），63万，2021-2024年
- ◆ 国家自然科学基金青年基金：基于Flow-through流场的双离子嵌入型电容去离子及其动力学调控研究（52009057），24万，2021-2023年
- ◆ 国家自然科学基金青年基金：具有温敏性与光热转换性双功能智能化的雾水收集材料构建及其应用研究（21908121），25万，2020-2022年

### 省及市厅级项目

- ◆ 泰山学者人才工程专项：贵金属纳米团簇（tsqn201812074），100万，2019-2023年
- ◆ 山东省省属高校优秀青年基金：贵金属纳米团簇的合成、表界面控制及应用（ZR2019YQ07），30万，2019-2022年
- ◆ 山东省自然科学基金青年项目：基于Flow-through电极的双离子嵌入型电容去离子及其脱盐动力学调控机制（ZR2020QB178），15万，2020-2023年
- ◆ 青岛市青年人才应用基础专项：高效银团簇基抗菌剂的设计合成及其对超级细菌的杀菌应用（18-2-2-58-jch），10万，2018-2020年

### 3、团队专长

## 为什么要开发纳米抗菌材料？

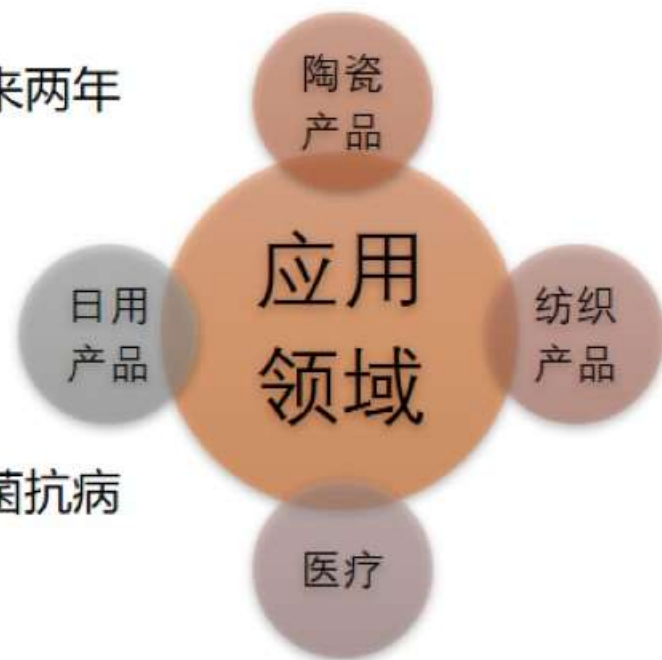
### 市场分析

#### 1 抗菌市场规模巨大

- 根据中国抗菌协会的预测，国内的抗菌市场规模未来两年达**2200亿**
- 涉及纺织品、日用品、家电、建材及医疗等领域。

#### 2 抗菌意识的提高及健康保障需求

- 突如其来的疫情爆发，让无数人深刻地意识到了抗菌抗病毒的重要性。
- 抗菌成为保障人类健康的基本需求



### 3、团队专长

#### 项目产品



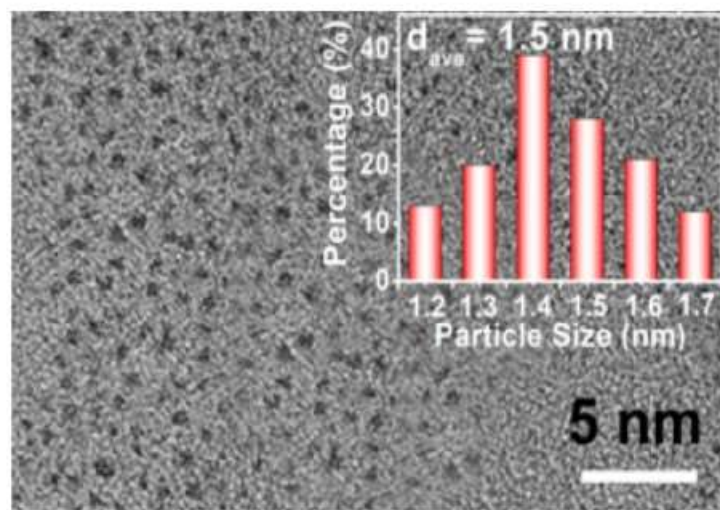
新型纳米团簇抗菌除臭材料

- **国内首创**集抗菌和除臭功能银、铜团簇材料
- 抗菌率高达**99.99%**，除臭率高达**99.7%**。
- 广谱抗菌性
- 生物安全性高，对海拉细胞存活率高达**90%**
- 成本低，用量少，低至**0.08%添加量**
- 可适用范围广

### 3、团队专长

#### 核心技术：超小尺寸的抗菌团簇（硫醇配位，化学成键）

采用生物相容性良好的硫醇分子配位，化学成键方法，合成尺寸小于2 nm，化学稳定性好的纳米团簇，这也是目前市场上尺寸最小的抗菌剂。



新型铜团簇透射电镜图

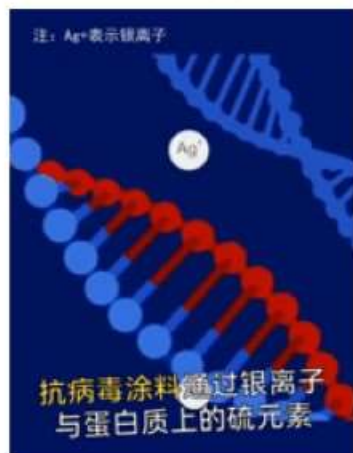
#### 优势

- 抗菌、除臭率更高
- 广谱抗菌
- 生物安全性高
- 成本更低，用量更少（0.08%量）
- 可适用范围广

### 3、团队专长

#### 技术原理（银、铜团簇诱导活性氧生成）

传统抗菌剂



通过金属离子释放，然后经细菌内吞，破坏细菌新陈代谢，导致细菌死亡。

缺点：持续时间短，无法分解臭味分子

新型铜团簇抗菌除臭剂



团簇诱导活性氧生成，氧化细菌细胞膜，破坏细胞结构，造成细菌死亡。氧化分解臭味分子，实现除臭。

优点：持续时间长。

### 3、团队专长

#### 第二部分：核心技术

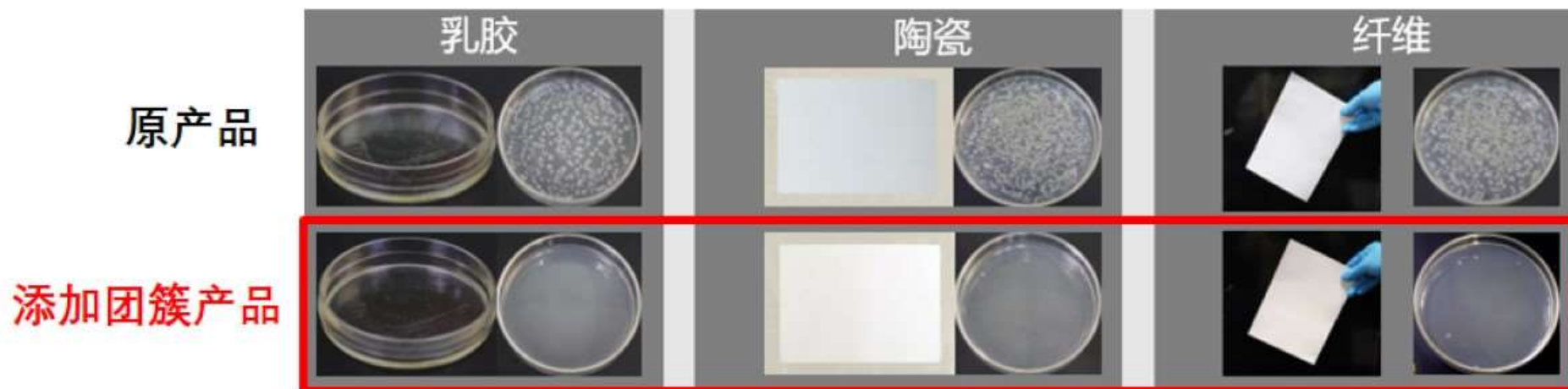
技术原理 (用量少, 成本低)

产品		尺寸 (纳米)	用量 (%)	抗菌率 (%)	除臭率 (%)	售价 (元/Kg)	成本 (元/Kg)
竞品一	银基抗菌剂	7-25	0.1-3	97.99	96.5	500-980	300-450
竞品二	锌基抗菌剂	50000-90000	0.2-3	95.99	95.5	420-500	350-400
竞品三	铜基抗菌剂	5-120	1-5	94.99	94.5	280-480	150-280
<b>新型铜团簇抗菌剂</b>		<b>1.5</b>	<b>0.08-0.5</b>	<b>99.99</b>	<b>99.7</b>	<b>120-240</b>	<b>60-120</b>

### 3、团队专长

- 自主研发的新型团簇基抗菌添加剂可广泛应用于各种材料。如橡胶、塑料、陶瓷、纤维、涂料等

抗菌率高达99.99%

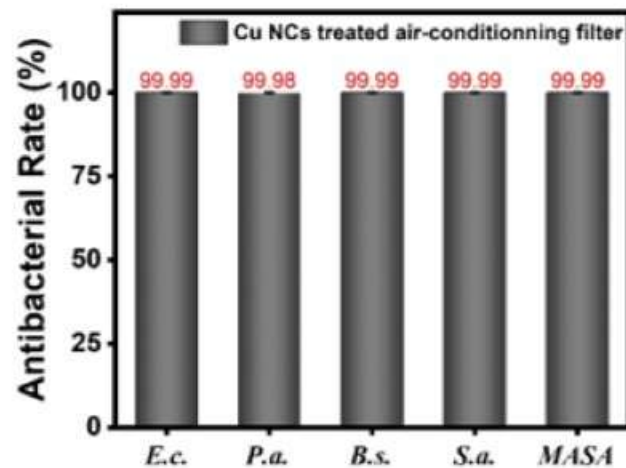


### 3、团队专长

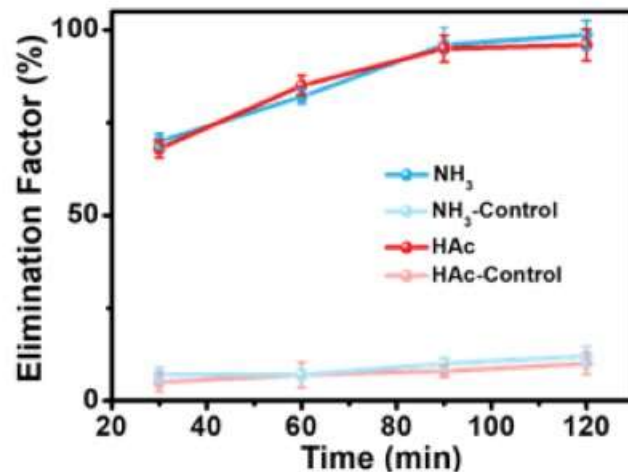
#### 第三部分：抗菌产品



抗菌除臭滤芯



对各种细菌抗菌率



对氨气、乙酸的除臭率

### 3、团队专长

#### 抗菌团簇专利



#### 获奖证书及医学组织任职





# 04

PART 04

## 纳米功能材料

- SiC纳米线的量产化制备及应用
- 纳米ZnO(ZnS)的量产化制备及应用
- 疾病标志物的检测

## ■ 学术带头人

# 李镇江

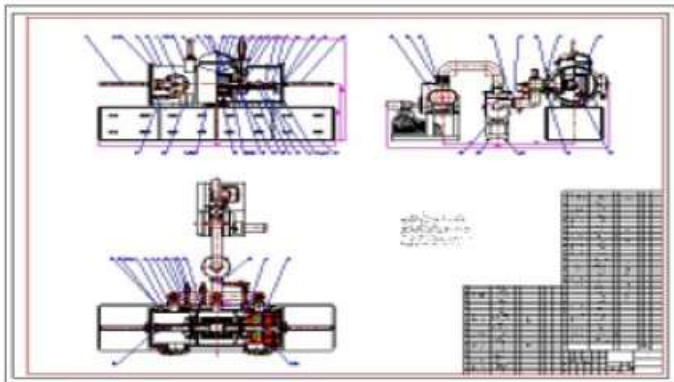
---

- 博士，教授，青岛科技大学材料博士生导师。
- 山东省泰山学者特聘专家、山东省突贡专家、山东省教学名师、青岛市拔尖人才、省十大优秀教师。
- 兼任中国仪表材料学会理事，中国晶体学会粉末衍射专业委员会委员、中国能源学会专家委员会委员，美国化学学会会员。

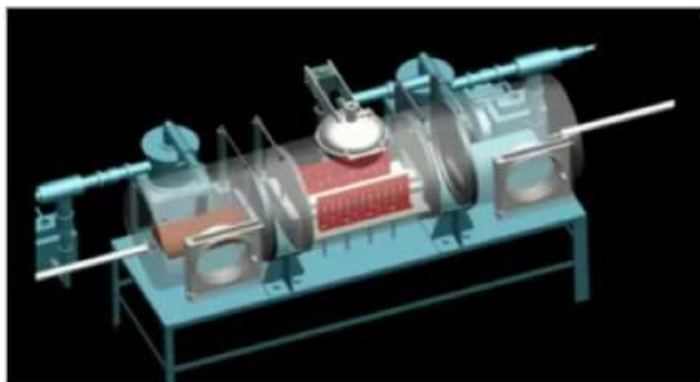


# 一、SiC纳米线的量产化制备及应用

## 1.1 SiC纳米线的量产化制备



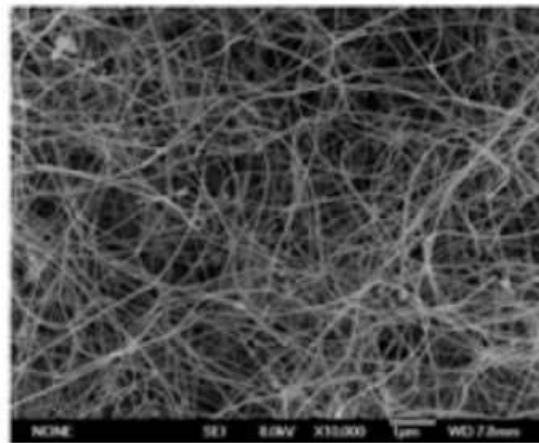
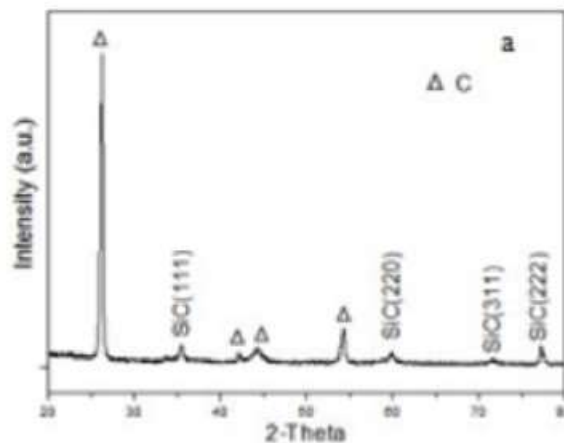
自主设计开发的连续式纳米材料可控气氛炉



连续式纳米材料可控气氛炉及获批发明专利



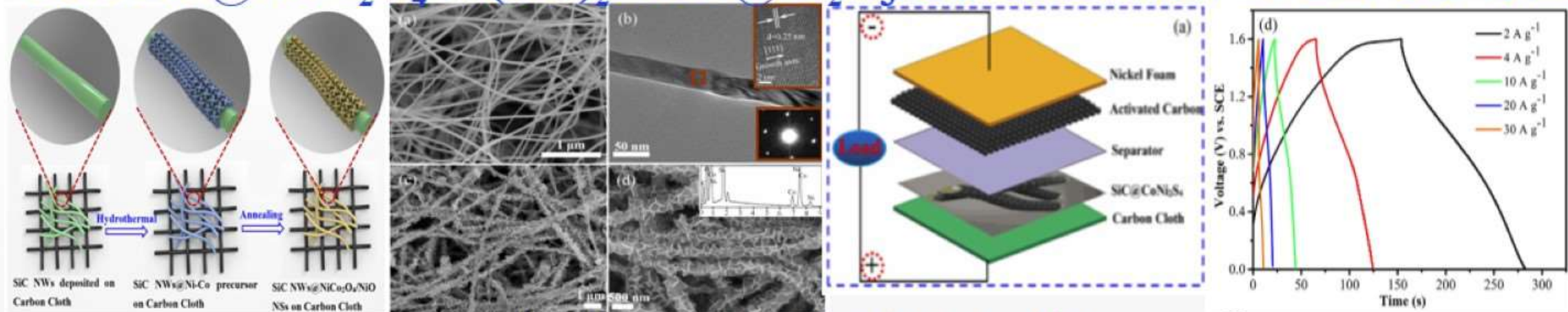
在石墨基片上制备出的超长薄膜状SiC纳米线



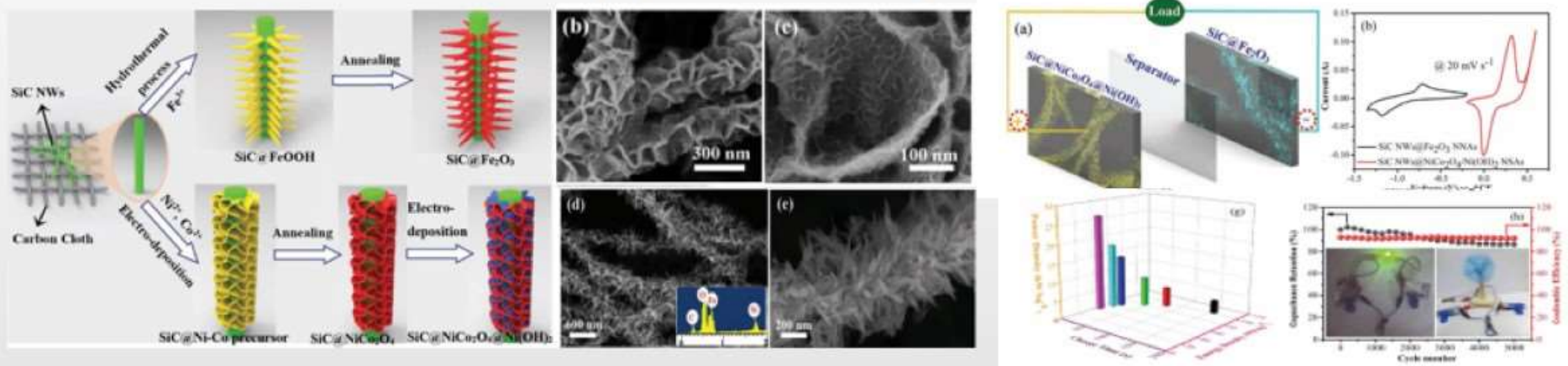
实验室条件下生产出的高品质SiC纳米线的XRD图谱，SEM照片及单炉宏观产量照片

# 1.2 SiC纳米线基复合材料在超级电容器中的应用

## 1.2.1 SiC@NiCo<sub>2</sub>O<sub>4</sub>/Ni(OH)<sub>2</sub>及SiC@Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>复合电极的制备及超级电容特性



SiC@NiCo<sub>2</sub>O<sub>4</sub>复合电极及其超级电容特性



SiC@NiCo<sub>2</sub>O<sub>4</sub>/Ni(OH)<sub>2</sub>及SiC@Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>复合电极及其超级电容特性

制备的电极材料分别作为正负极表现出较高的质量比电容 ( $721 \text{ F}\cdot\text{g}^{-1}$ 和 $2580 \text{ F}\cdot\text{g}^{-1}$ ) 及良好的倍率性; 组装出的非对称超级电容器的最大能量密度达 $104 \text{ Wh kg}^{-1}$ 。

## 1.2.2 N/P共掺杂石墨烯纳米管@过渡金属磷化物复合电极的制备及超级电容特性

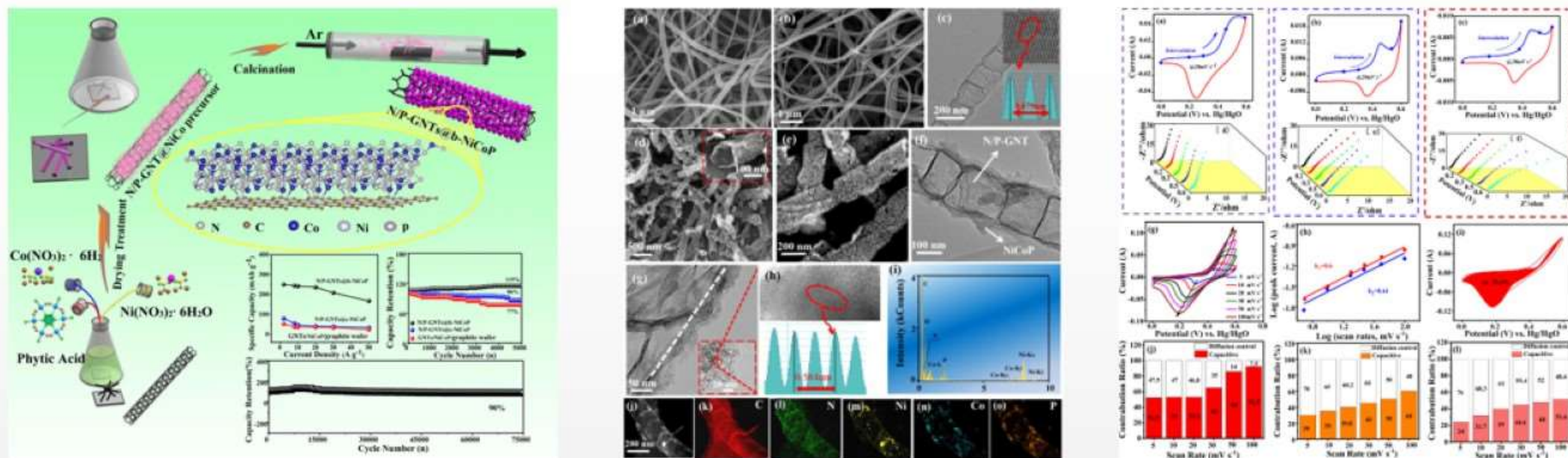
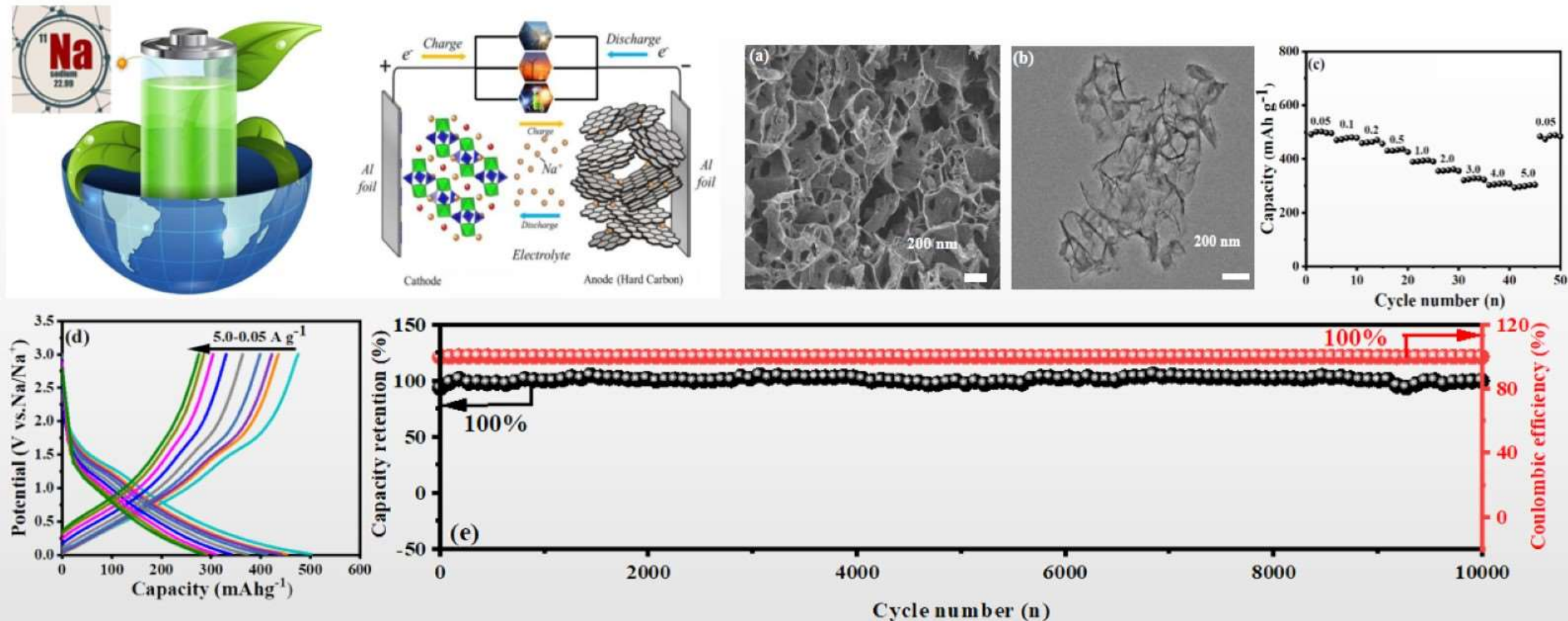


图1 N/P-GNTs@b-NiCoP、N/P-GNTs@c-NiCoP和GNTs/NiCoP的制备过程示意图、测试表征与电化学性能

构建了系列均匀键合在N/P共掺杂石墨烯纳米管上的新型过渡金属磷化物正、负纳米结构；N/P-GNTs@b-NiCoP正极在 $2 \text{ A g}^{-1}$ 时拥有 $250 \text{ mAh g}^{-1}$ 的高比容量，在 $50 \text{ A g}^{-1}$ 时拥有 $166 \text{ mAh g}^{-1}$ ；N/P-GNTs@b- $\text{Fe}_2\text{NiP}$ 和N/P-GNTs@b- $\text{FeCoP}$ 负极在 $50 \text{ A g}^{-1}$ 时为 $63.6$ 、 $73.6 \text{ mAh g}^{-1}$ ；它们都能在75000次循环后呈现出90%以上的容量保持率。

## 1.2.3 SnSe/SnP钠离子电池负极材料的制备及储钠性能



构建了系列SnSe/SnP钠电负极材料，其在 $0.05 \text{ A g}^{-1}$ 时 $500 \text{ mAh g}^{-1}$ 的比容量，在 $5 \text{ A g}^{-1}$ 时拥有 $300 \text{ mAh g}^{-1}$ 的比容量，呈现优异的倍率特性；在经过10000次循环后容量几乎保持不变。

# 1.3 SiC纳米线基复合材料在电磁屏蔽领域中的应用

## 1.3.1 SiC@SiO<sub>2</sub>复合材料的制备及其吸波特性的研究

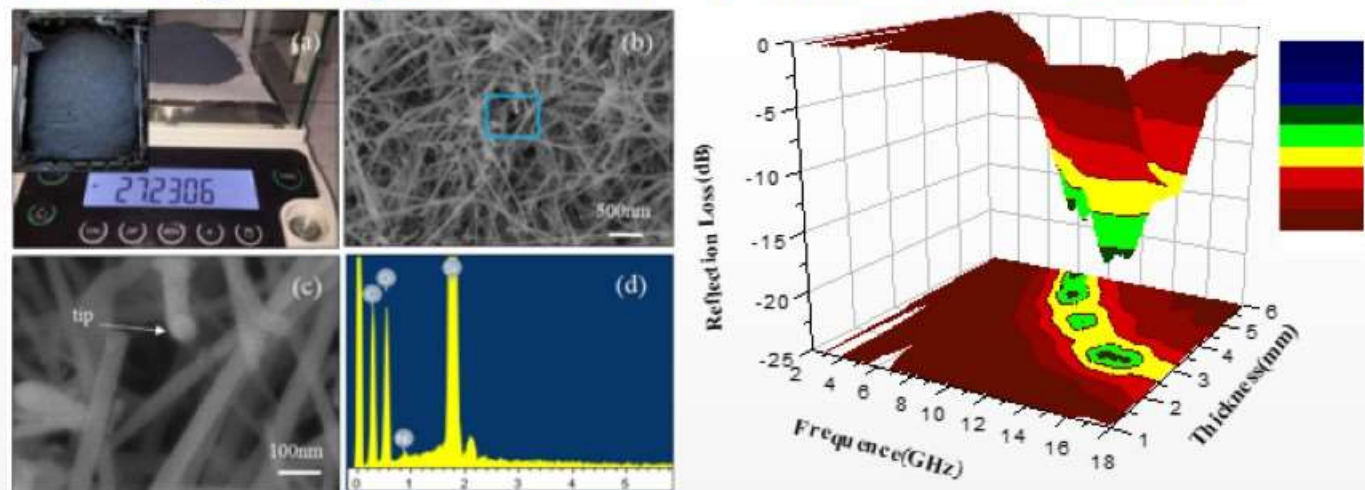


图1 SiC@SiO<sub>2</sub>纳米线的宏观照片、SEM照片、EDS图谱及2~18GHz范围内的反射损耗图

5.5 mm厚度时，SiC@SiO<sub>2</sub>纳米线在4.6 GHz处获得RL<sub>min</sub>值-22.9 dB

在1.5mm厚度时，有效吸收带宽4.4 GHz；在2.0mm厚度时，RL<sub>min</sub>数值-24.11dB

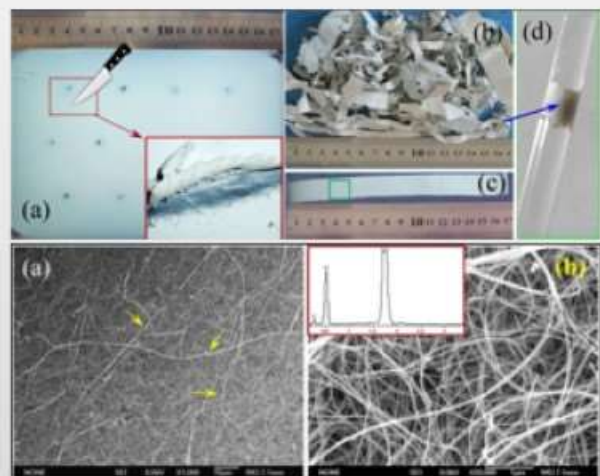


图2 超长SiC@SiO<sub>2</sub>纳米线的宏观照片、SEM照片与反射损耗

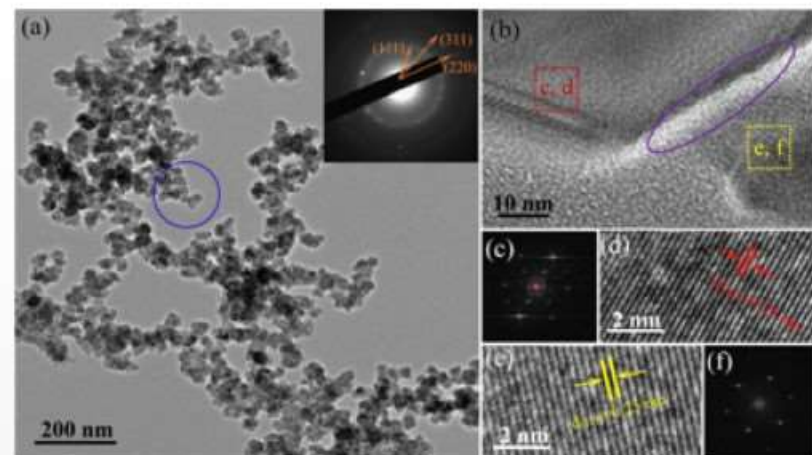
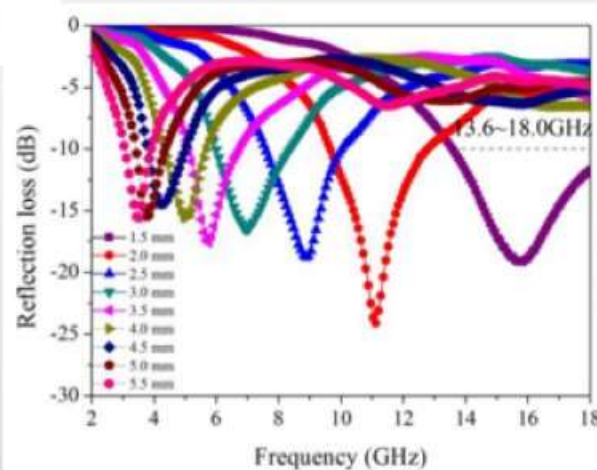


图3 SiC@SiO<sub>2</sub>纳米颗粒的TEM、HRTEM照片及相应的傅里叶变换图谱

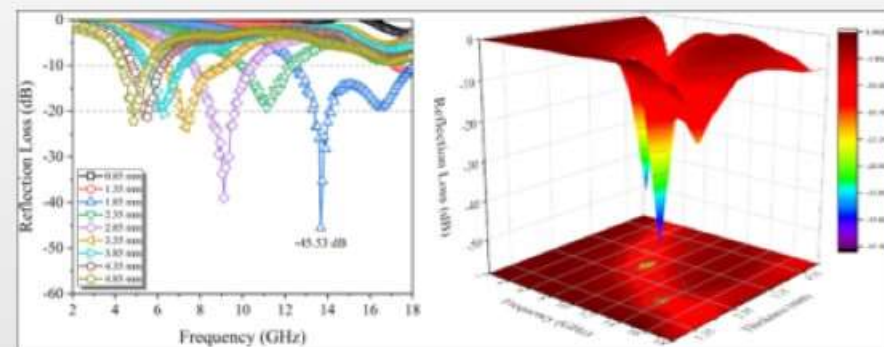
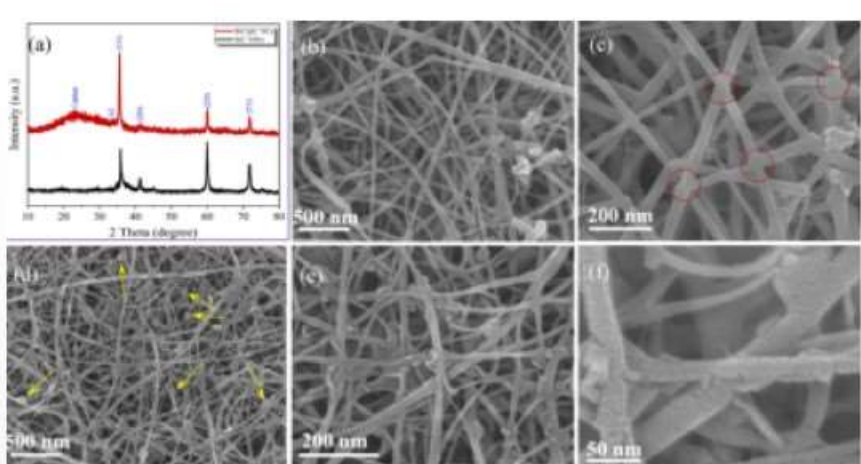


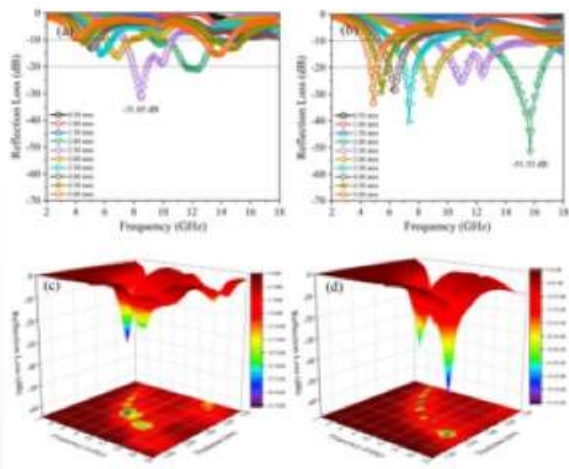
图4 不同厚度下SiC@SiO<sub>2</sub>纳米颗粒的反射损耗的二维(a)与三维图(b)

在1.85mm厚度时，最大有效吸收带宽5.52 GHz，其RL<sub>min</sub>数值-45.53 dB

# 1.3.2 SiC@X (X=C, Fe<sub>3</sub>Si, MnO<sub>2</sub>/PPY) 复合材料的制备及其吸波特性和

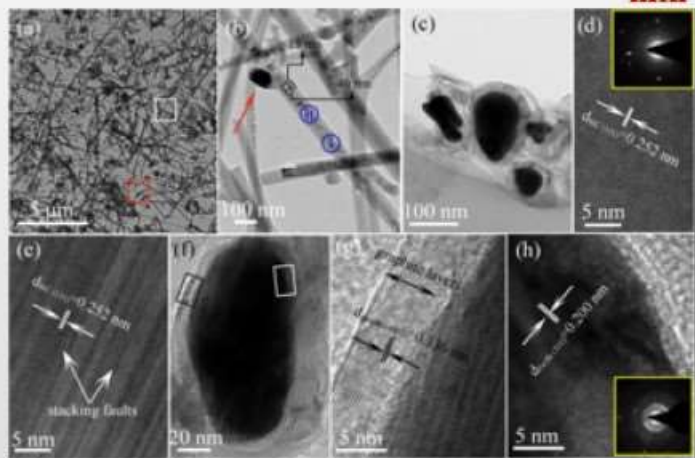
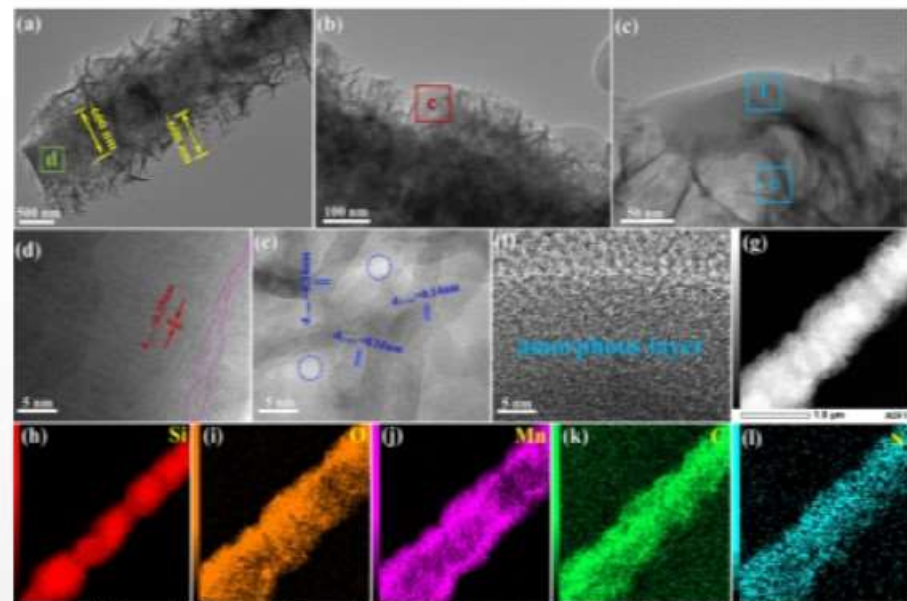


图纯SiC纳米线与网状SiC@C纳米线的XRD图谱、SEM照片

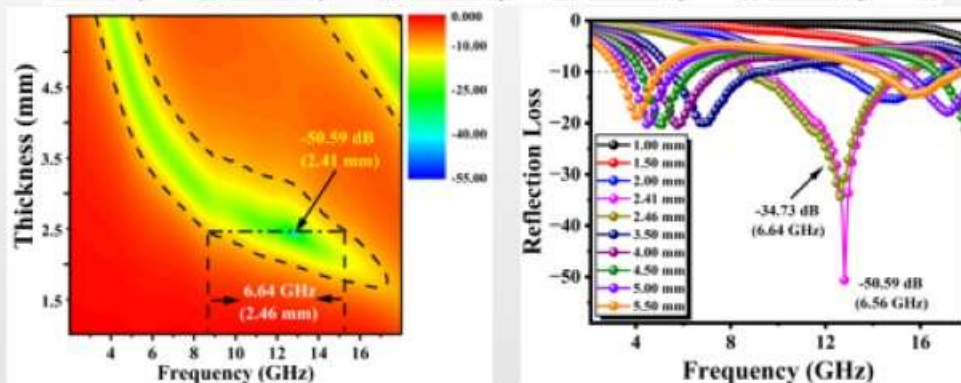
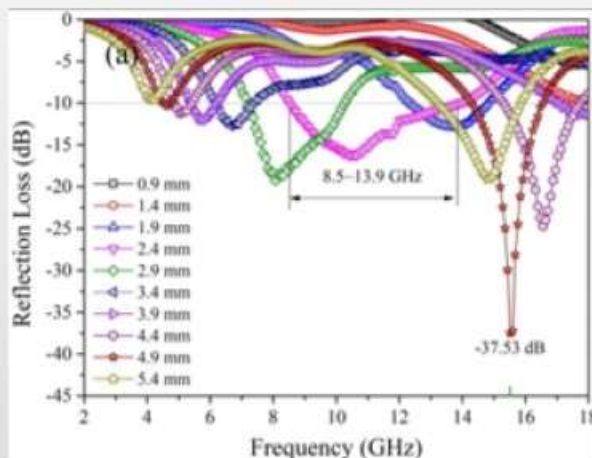


SiC纳米线与SiC@C纳米线的反射损耗的结果

SiC@C纳米线在2.05mm厚度时，有效吸收带宽7.2 GHz，  
RL<sub>min</sub>数值-51.53dB



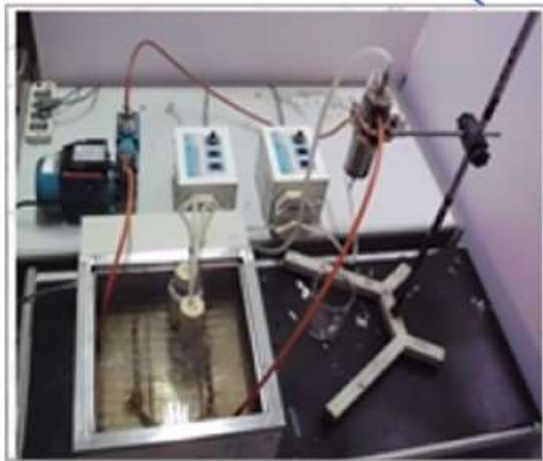
Fe<sub>3</sub>Si/SiC@SiO<sub>2</sub>纳米复合材料的TEM、HRTEM照片、SAED图谱及反射损耗结果



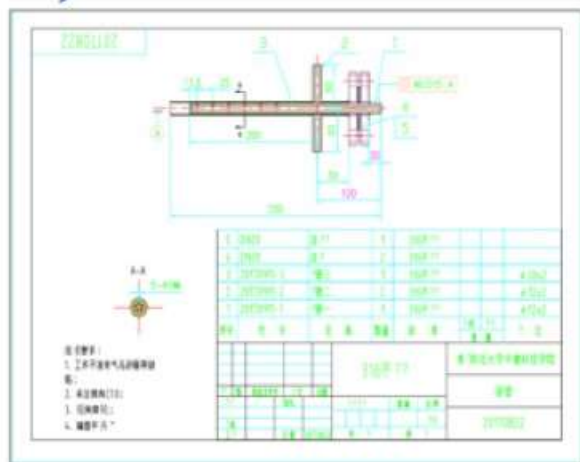
SiC@MnO<sub>2</sub>@PPy纳米复合材料的TEM、HRTEM照片、mapping图谱及反射损耗结果在2.41 mm厚度时，具有RL<sub>min</sub>数值-50.59 dB；在2.46 mm厚度时，吸收带宽6.64 GHz

# 二、纳米ZnO(ZnS)的量产化制备及应用

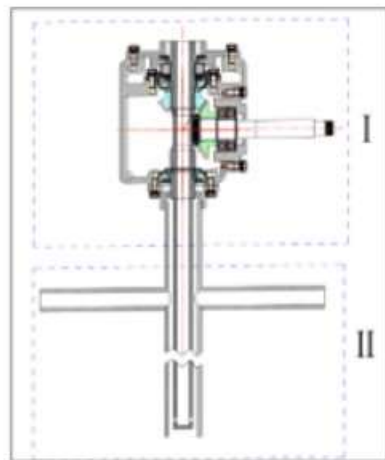
## 2.1 纳米ZnO(ZnS)及其复合材料的量产化制备



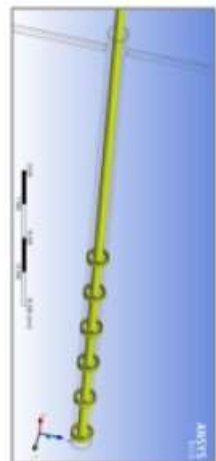
传统撞击流设备



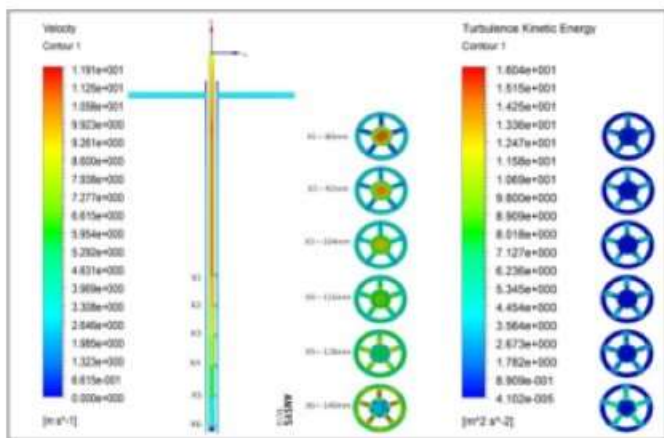
同轴撞击流设备设计图



反应器总装图



流域模型图



同轴撞击流设备内部流  
体场、湍动能云图



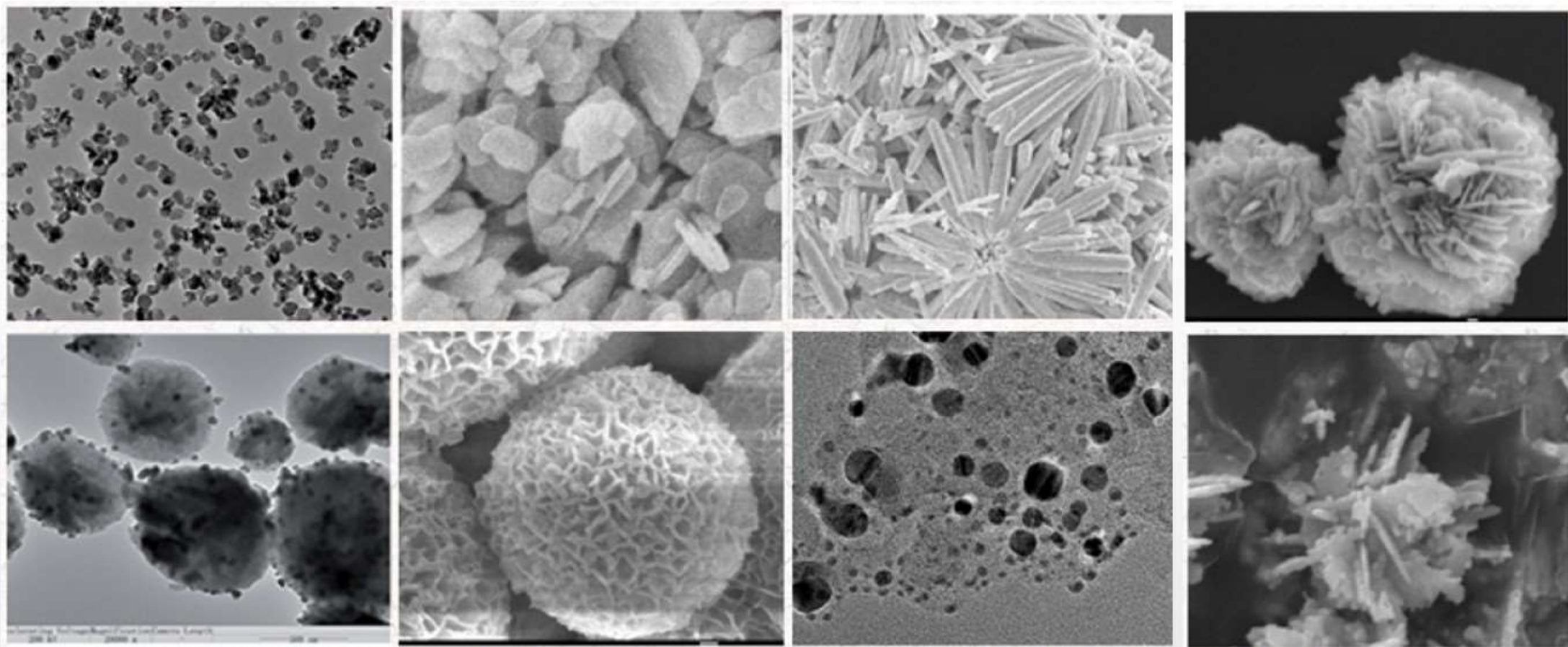
改进设备实体照片



纳米ZnO(ZnS)实验室已获批相关发明专利  
单日产量公斤级



## 上述液相法连续生产出的优质ZnO(ZnS)及其复合纳米材料

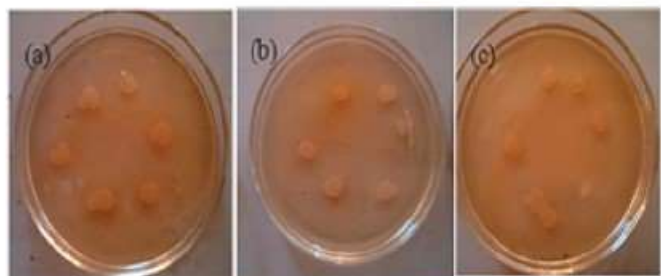


液相法连续化生产得到的ZnO(ZnS)及其复合纳米材料SEM、TEM照片

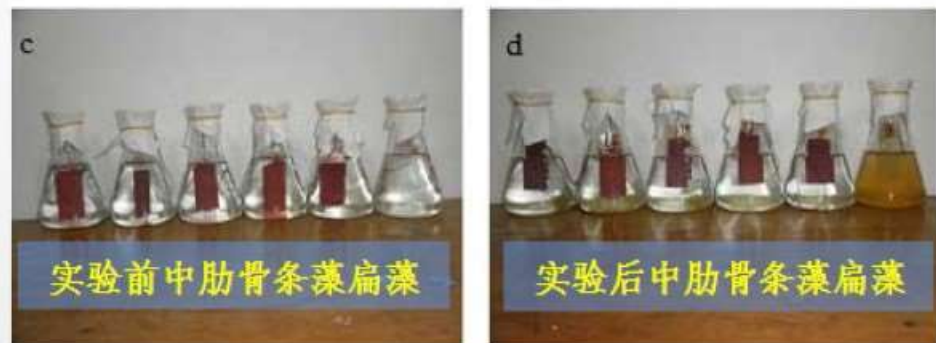
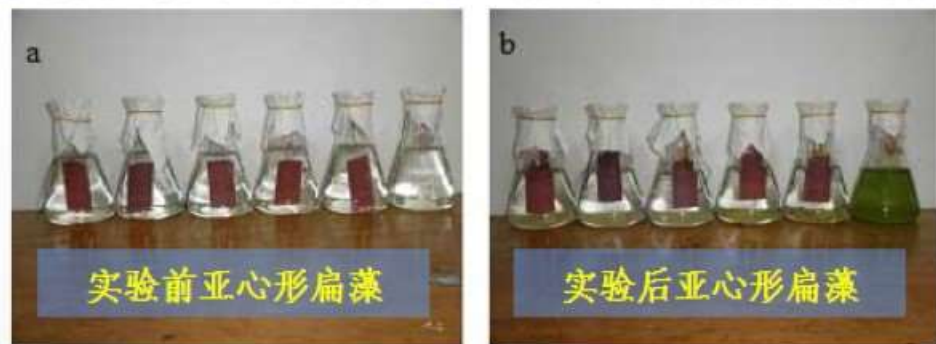
基于自主开发的液相法纳米材料连续生产设备，实现了高分散性、尺寸均匀、结构稳定、性能优异的ZnO(ZnS)及其复合纳米材料的连续化生产

## 2.2 纳米ZnO(ZnS)及其复合材料的应用

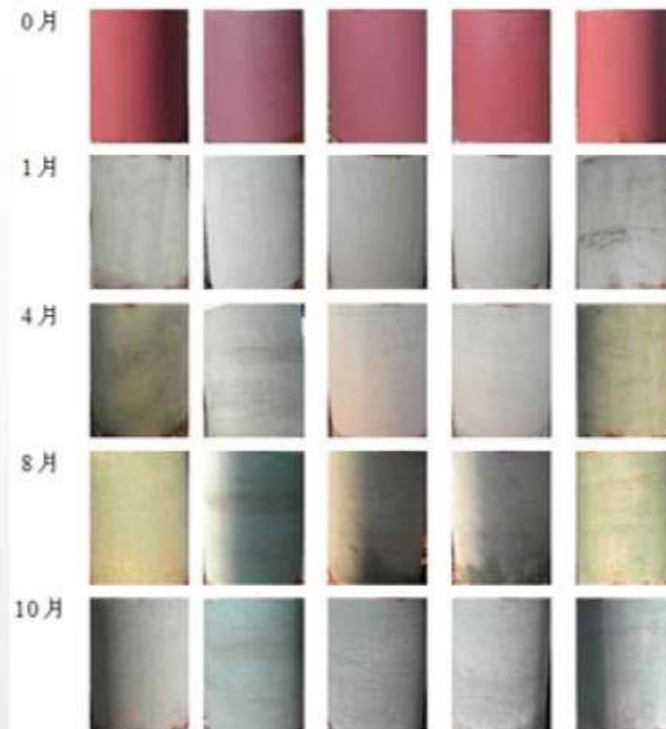
### 2.2.1 优质ZnO(ZnS)及其复合纳米材料的光催化及抗菌抗藻性能实测结果



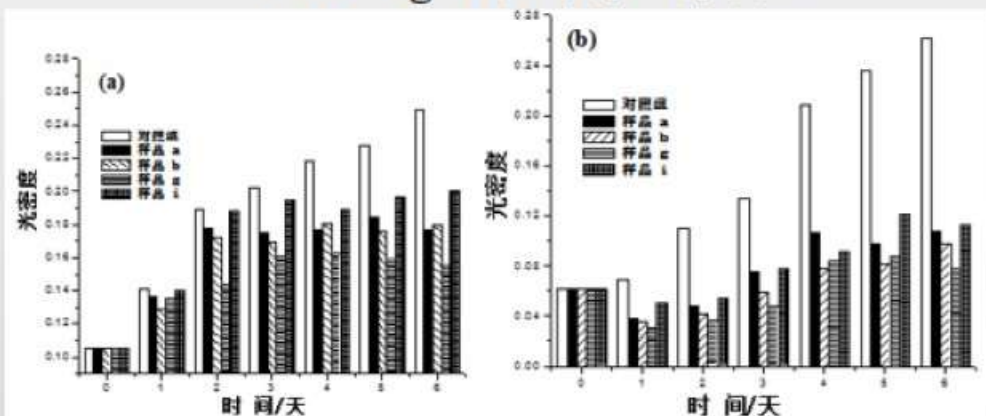
ZnO/Ag纳米材料抗菌实验



ZnO/Ag纳米材料抗藻实验



ZnO/Ag光催化降解有机物实验

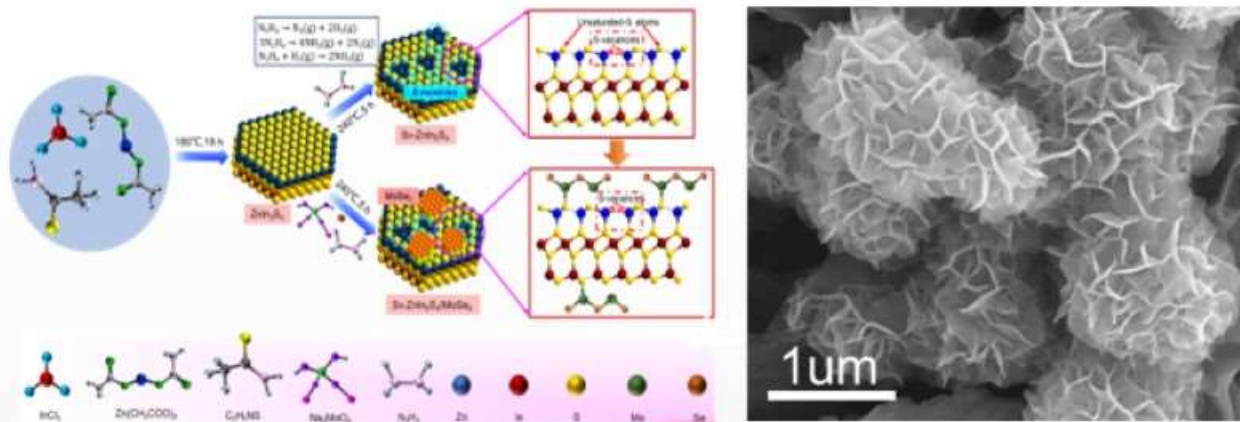


不同产物对藻生长抑制作用的对比

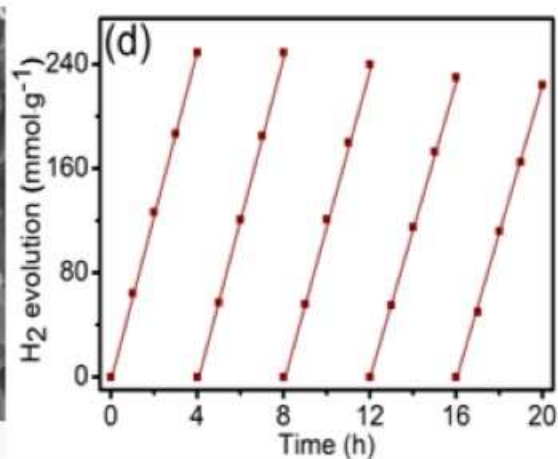


改性防污漆实测实验

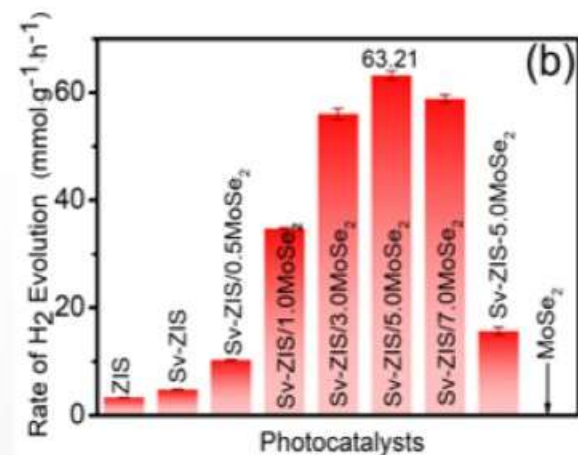
## 2.2.2 ZnS基复合材料的制备及其光催化制氢性能



$S_V$ - $ZnIn_2S_4/MoSe_2$ 的制备工艺流程微观形貌照片

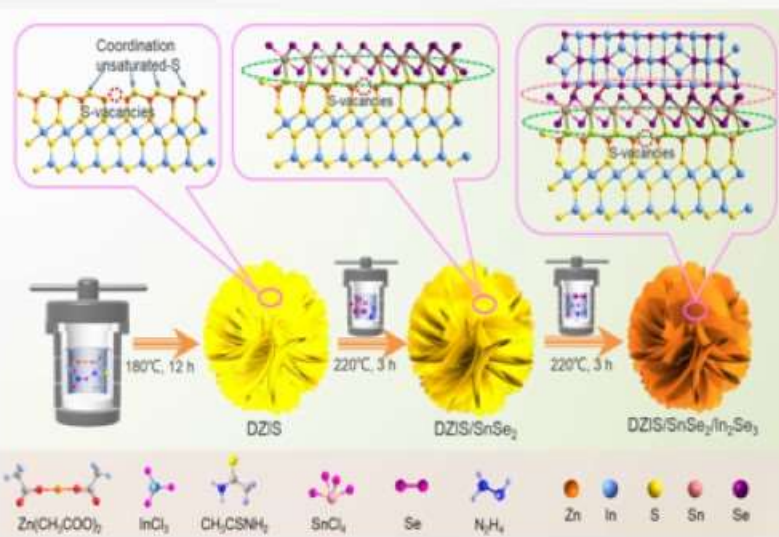


$S_V$ - $ZnIn_2S_4/MoSe_2$ 的循环稳定性



$S_V$ - $ZnIn_2S_4/MoSe_2$ 的产氢速率

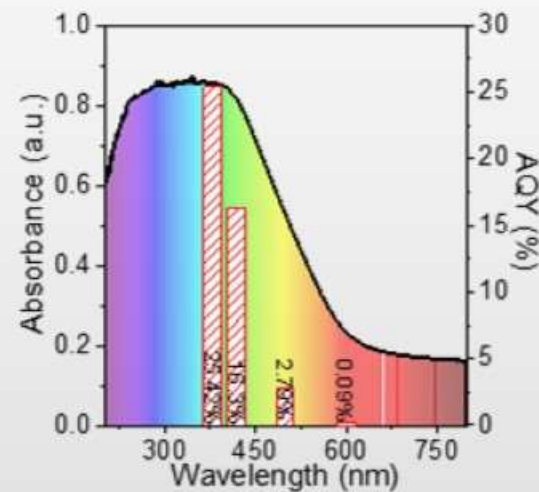
63.21 mmol·g<sup>-1</sup>·h<sup>-1</sup>



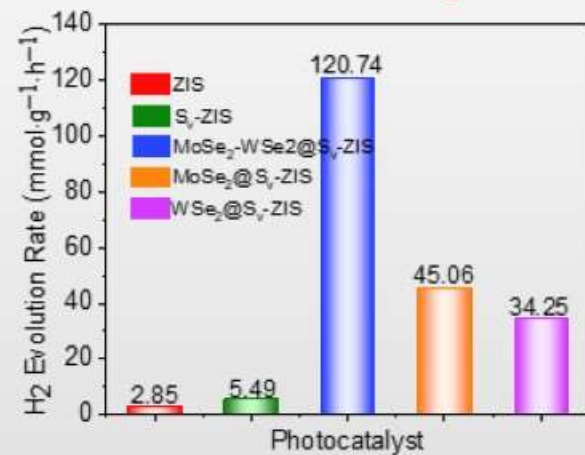
$ZnIn_2S_4/SnSe_2/In_2Se_3$ 的制备工艺程



光解水制氢机理



$MoSe_2-WSe_2@ZnIn_2S_4$ 的AQE  
16.3% (420 nm)

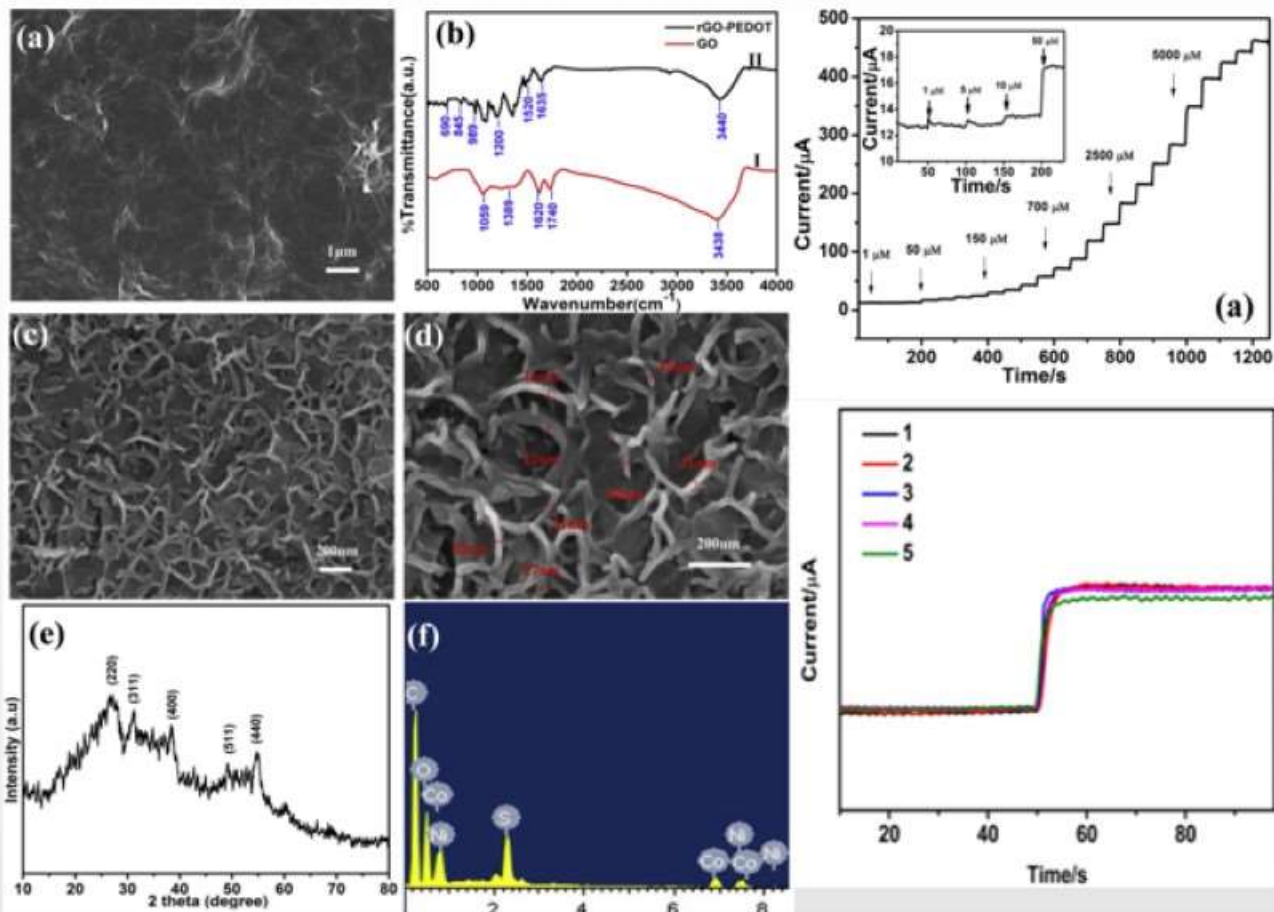


$ZnIn_2S_4@MoSe_2-WSe_2$ 的产氢速率

120.74 mmol·g<sup>-1</sup>·h<sup>-1</sup>

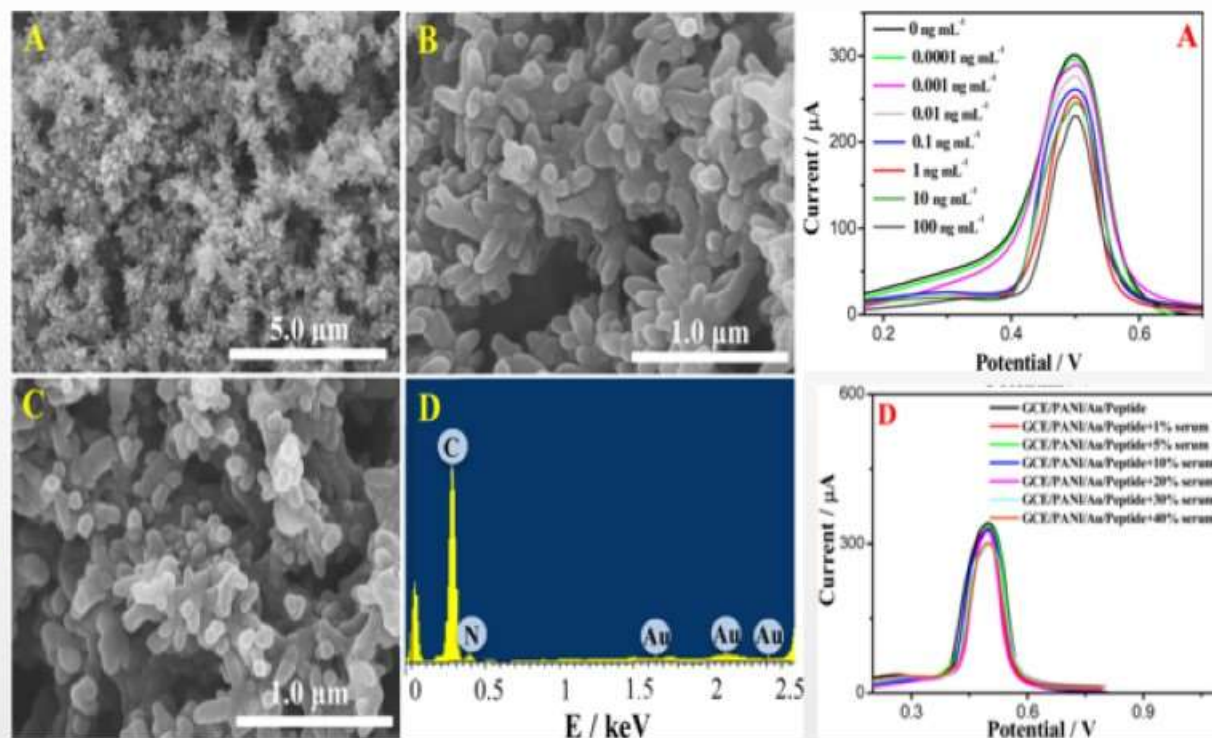
# 三、疾病标志物检测

## 3.1 Ni/Co硫化物基生物传感器的制备及其葡萄糖和PSA检测性能



$(\text{Ni-Co})_3\text{S}_4/\text{rGO-PEDOT}/\text{GCE}$  的表征及葡萄糖检测性能

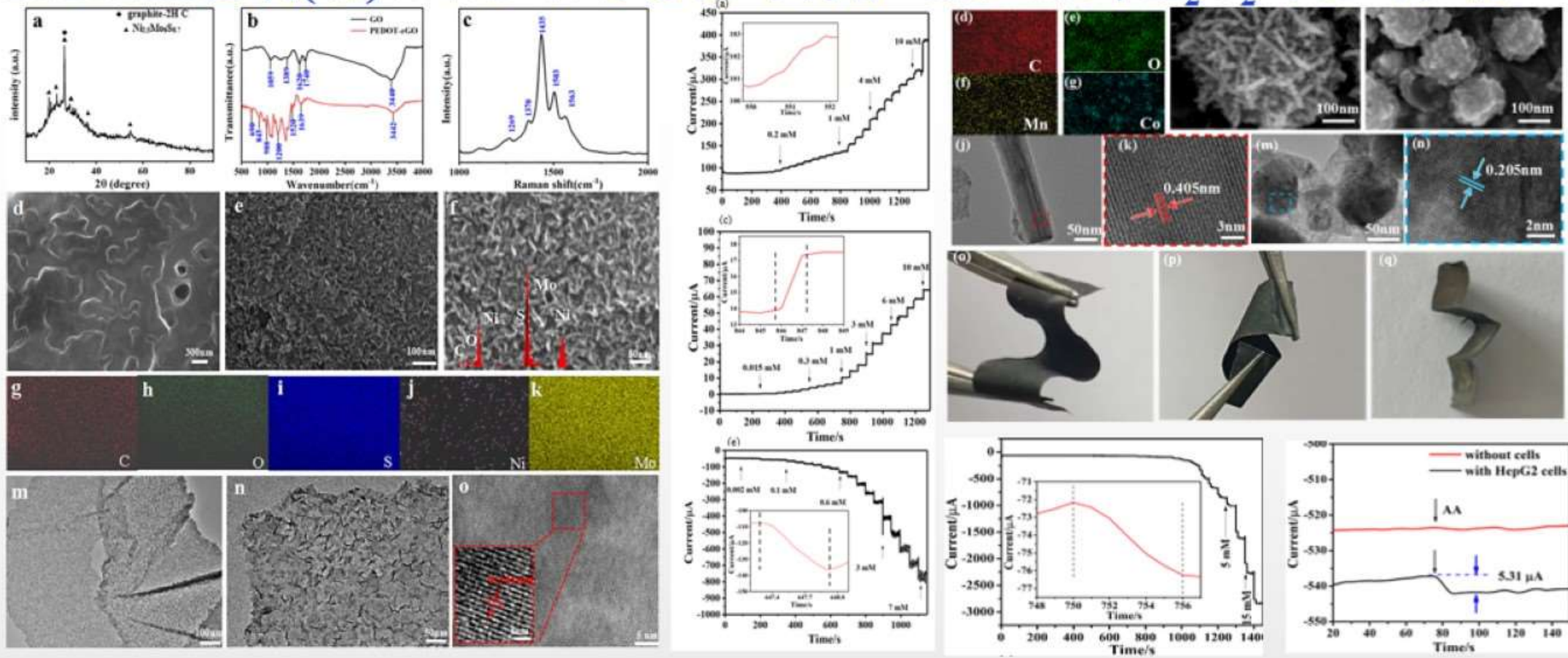
该传感器对葡萄糖的检测范围为  $1 \mu\text{M}$ - $5.0 \text{ mM}$ , 检测限为  $0.503 \mu\text{M}$ 。



基于 PANI/Au 的抗污染电化学适体传感器及 PSA 检测性能

该传感器对 PSA 的检测范围为  $0.0001$ - $100 \text{ ng mL}^{-1}$ , 检测限为  $0.085 \text{ ng mL}^{-1}$ 。

### 3.2 Ni/Mo/Mn基氧(硫)化物生物传感器的制备及癌细胞中H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>的检测性能



Ni<sub>2.5</sub>Mo<sub>6</sub>S<sub>6.7</sub>/PEDOT-rGO的表征及多功能检测性能

柔性MnO<sub>2</sub>-Co/rGO-CNT的表征及检测性能

制备的Ni<sub>2.5</sub>Mo<sub>6</sub>S<sub>6.7</sub>/PEDOT-rGO对葡萄糖、亚硝酸盐、过氧化氢的检测范围分别为0.001~15.000 mM、0.001~10.000 mM、0.010~7.000 mM。

制备的自支撑柔性MnO<sub>2</sub>-Co/rGO-CNT对H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>的检测范围为0.2 μM ~ 18.0 mM，检测限为66.7 nM、弯折100次以后性能几乎不变，可用于癌细胞释放的H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>检测。



05

PART 05

## 纳米电催化材料

- 燃料电池催化剂批量化技术
- 燃料电池低铂/非铂催化剂
- 海水电池及自驱动海水制氢
- 金属-空气电池催化剂制备技术

## ■ 学术带头人

# 姜鲁华

---

- 博士，教授，青岛科技大学材料博士生导师。
- 泰山学者特聘专家。
- 中科院百人计划，德国洪堡学者。
- 发表SCI论文180余篇，授权专利50余件；连续8年入选Elsevier能源/材料领域高被引中国学者。
- 获国家自然科学基金二等奖（3/5）、山东省自然科学学术创新奖、辽宁省自然科学二等奖、国防技术发明二等奖等多个奖项。

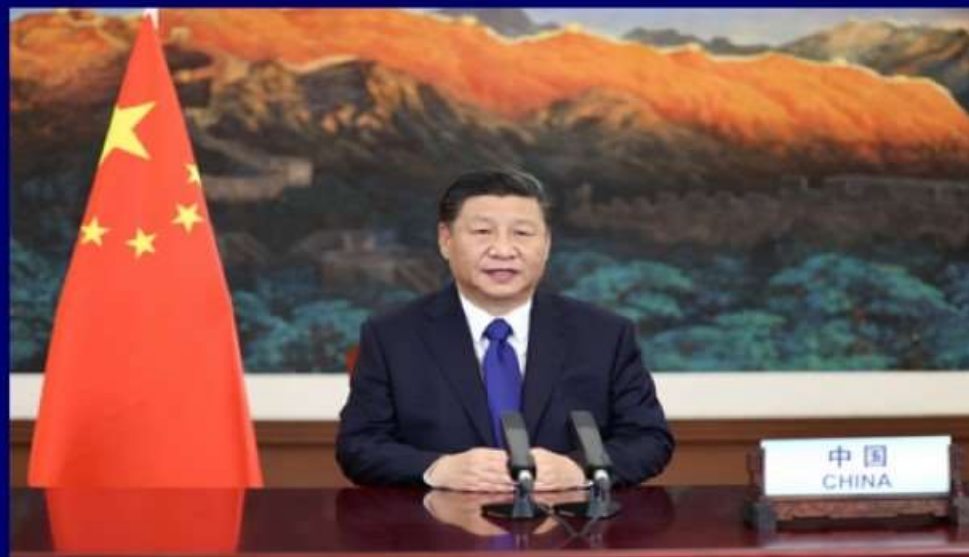


# 研究背景和研究方向

能源和环境是人类可持续发展的重大战略问题！



能源与环境问题

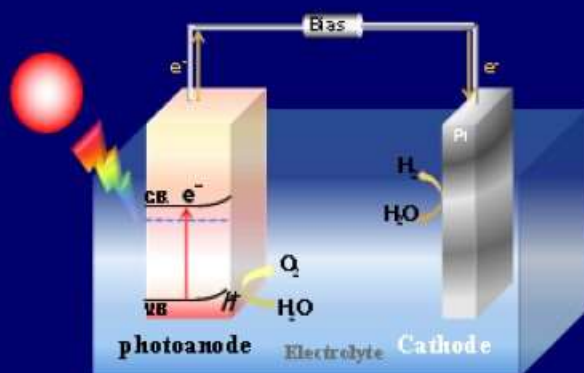


2020年9月, 联合国大会: 中国力争2030年前CO2排放达峰, 2060年前实现碳中和。

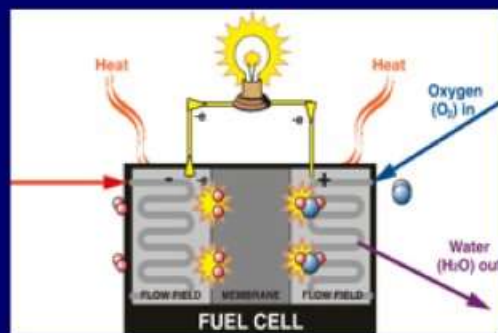
双碳计划

# 研究背景和研究方向

面向双碳目标，聚焦新型洁净能源，开发高性能低铂/非铂电催化剂



海水分解制氢

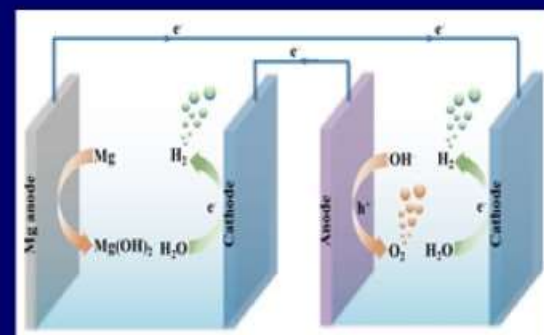


氢氧燃料电池

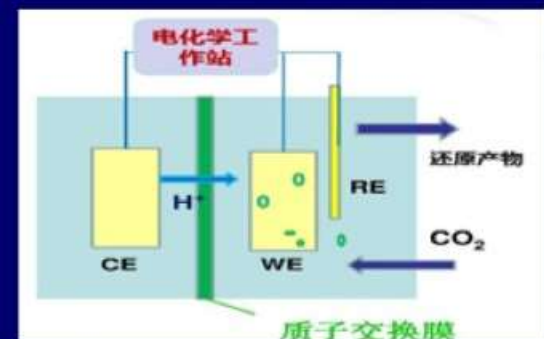
需求牵引



技术推动



自驱动海水制氢



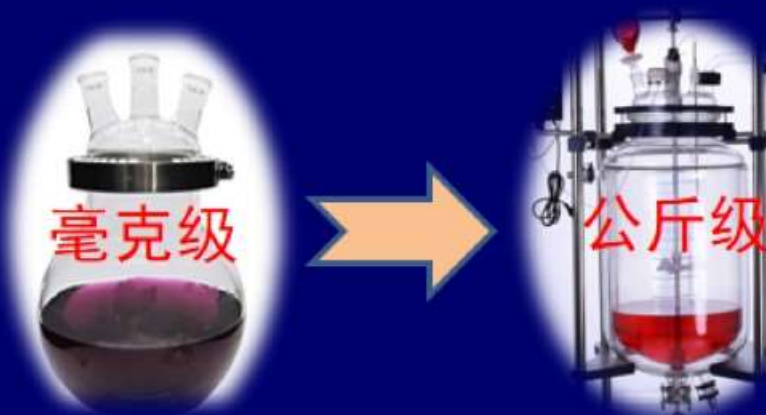
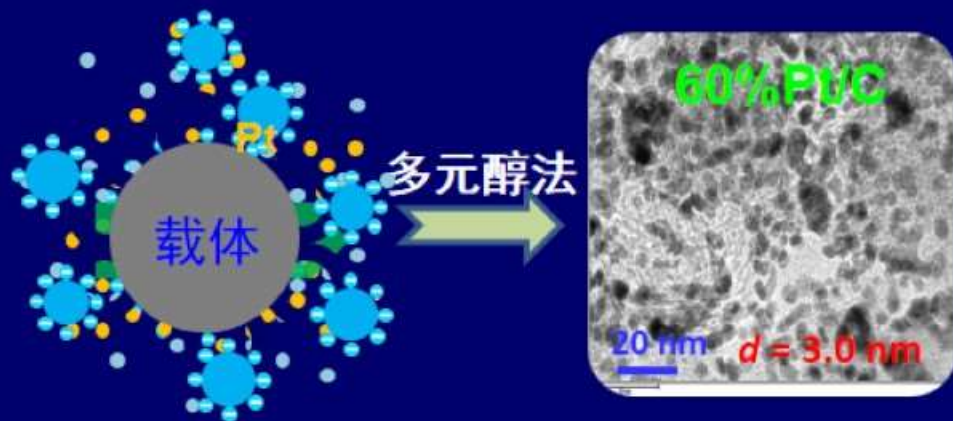
CO<sub>2</sub>电化学转化

# 一、燃料电池催化剂批量化技术

多元醇方法基础研究：方法创新、机理研究

- ① 乙二醇为还原剂控制液相成核速率
- ② 调节溶液浓度/过饱和度控制粒子生长过程
- ③ 调变表面荷电行为控制沉降速率与沉降量

实现高负载高分散燃料电池催化剂制备



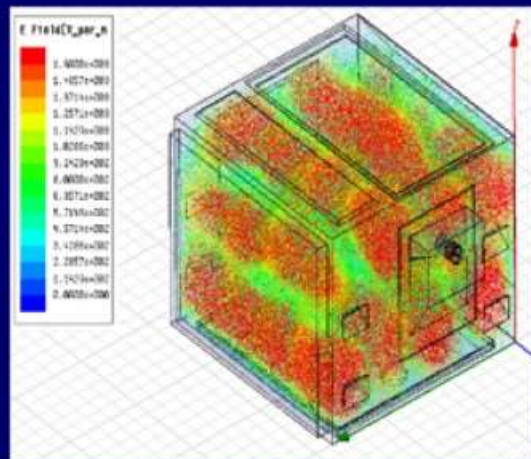
从基础研究到应用研究，突破卡脖子关键技术，实现从书架到货架的跨越！

# 一、燃料电池催化剂批量化技术

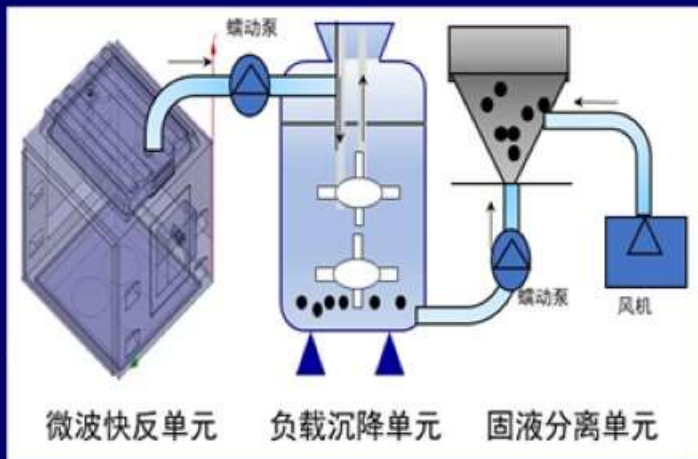
## 山东省重点研发计划（重大科技攻关）

低铂高性能车用质子交换膜燃料电池关键技术研究（2019JZZY020809）

- ◆ 开发了微波辅助液相成核-负载两步法制备工艺，解决了催化剂批量制备中传质传热不均导致成核不均、催化剂粒度分布广等放大难题，实现燃料电池高负载金属催化剂公斤级批量制备；催化剂部分性能指标优于进口同类产品。



微波反应器设计



催化剂批量制备流程图



催化剂样品

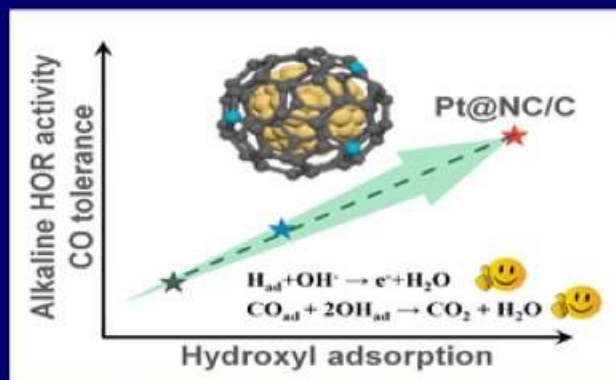
参数	进口产品	QUST产品
粒径(nm)	$3.0 \pm 1.6$	$2.5 \pm 0.8$
电化学面积(m <sup>2</sup> /g)	70	62.5
半波电位(vs. RHE)	0.84V	0.87V
5000循环衰减率	$\leq 15\text{mV}$	$\leq 10\text{mV}$

产品性能对比

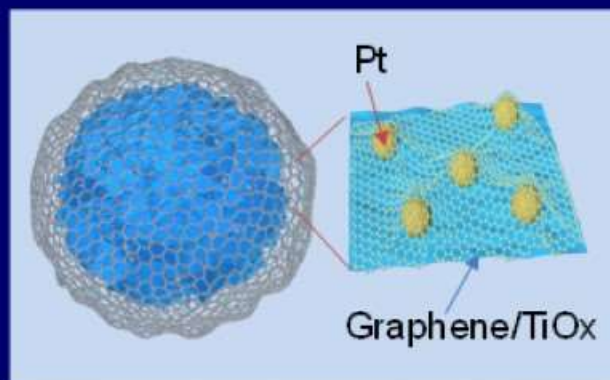
## 二、燃料电池低铂/非铂催化剂

**科学技术挑战:** 非铂/低铂催化剂在工况条件下组分流失、碳载体腐蚀, 导致稳定性差。

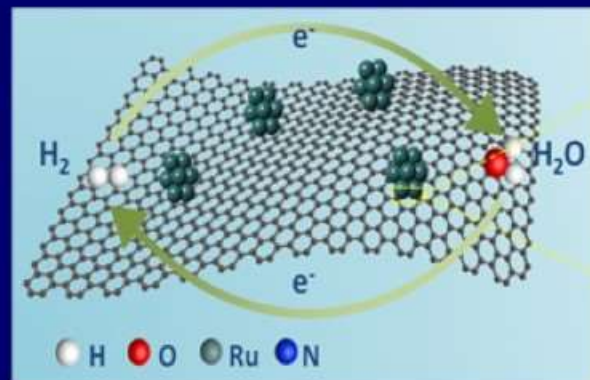
**关键技术:** 采用界面调控和活性中心配位环境调控策略, 提高催化活性和稳定性。



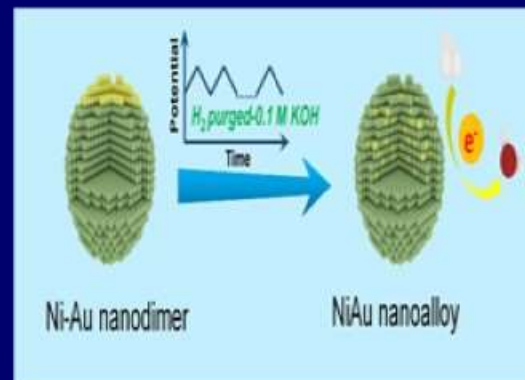
Appl Sur Sci, 2023, 614, 156131



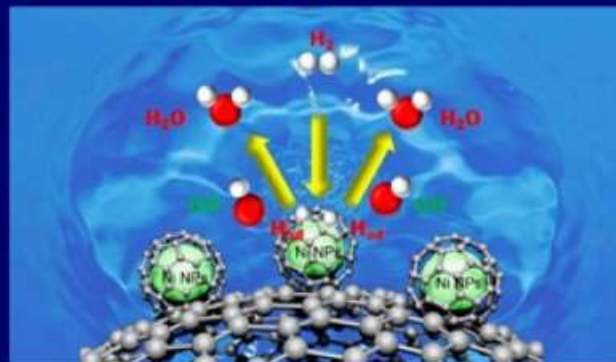
专利ZL202210802359.5



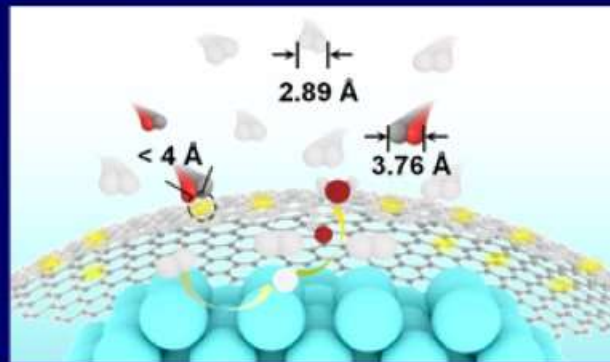
J Mater. Chem. A, 2021, 9, 22934



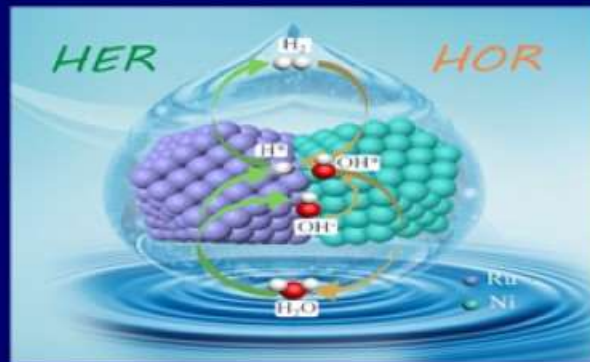
Chem. Eng. J., 2023, 464, 142692



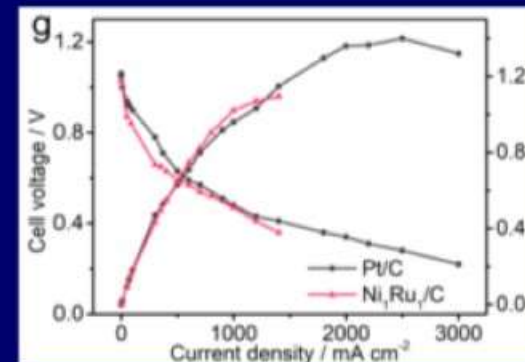
ACS Catalysis, 2021, 11, 7422-7428



Chem. Eng. J., 2023



Chem. Eng. J., 2023, 454, 139959



Chem. Eng. J., 2023, 454, 139959

## 二、燃料电池低铂/非铂催化剂

### 山东省自然科学基金重大基础研究

贵金属替代质子膜燃料电池关键科学问题与核心技术研究 (ZR2022ZD10)

关键材料

核心部件

电堆验证

应用示范

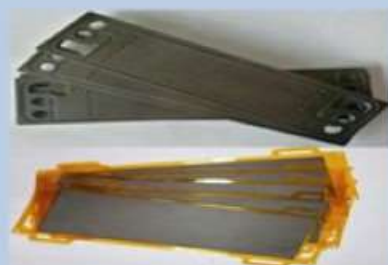
#### 材料基础

低铂电催化剂、膜单体、石墨复合材料等创新，解决关键科学问题



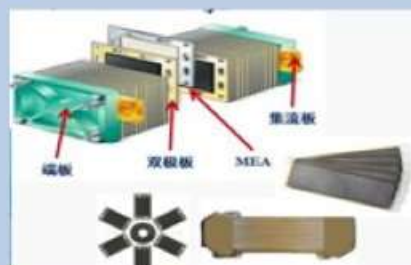
#### 技术革新

长寿命双极板、高效膜电极等核心部件设计构筑，解决核心技术问题



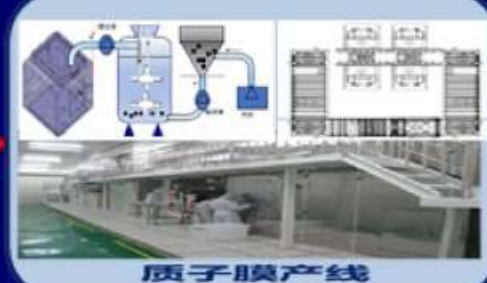
#### 功能协同

低铂催化剂、电解质膜、双极板等国产化材料在电堆中进行性能验证



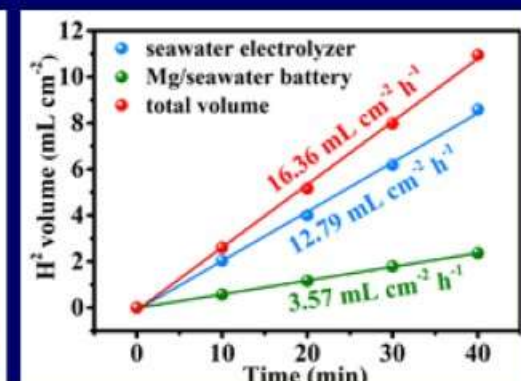
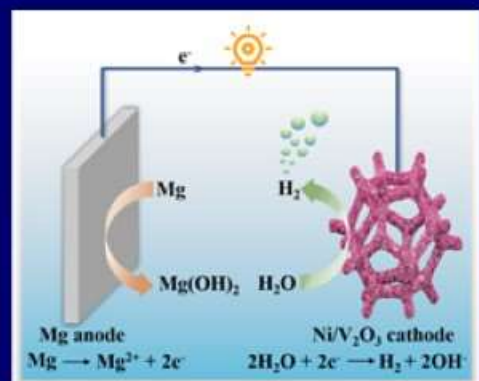
#### 推动应用

建立催化剂、电解质膜、双极板批量制备装备/产线，实现示范应用



# 三、海水电池及自驱动海水制氢

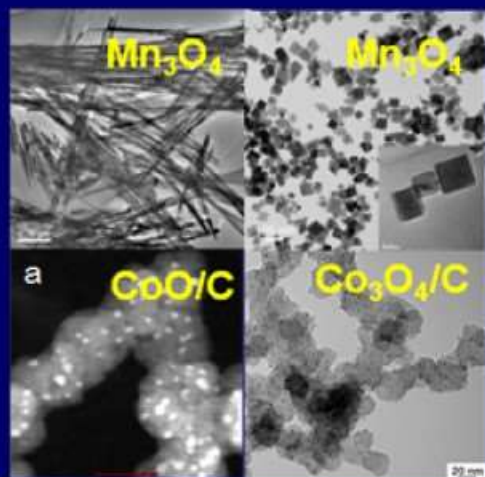
- 率先开发镁/海水电池，通过创新高效海水还原阴极催化剂，促进阴极反应动力学，实现在海水中同时发电和制氢；
- 首创自驱动海水分解制氢概念样机，设计构筑了Mg/海水电池驱动的海水分解制氢系统，为氢燃料电池提供了一条离岸氢源解决方案。



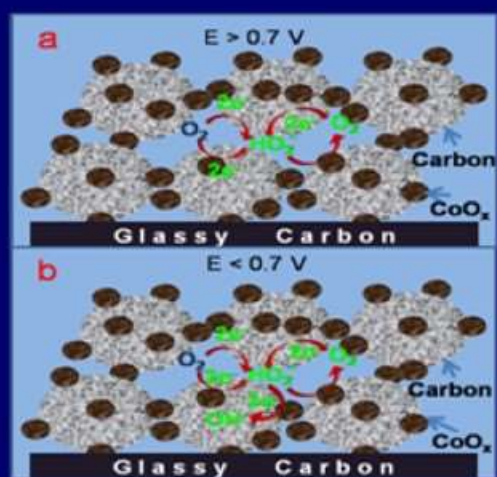
1. Yingshuang Xu, Honghao Lv, ... Guangbo Liu\*, Luhua Jiang\*, *Nano Energy*, 2022, 98, 107295.
2. Guangbo Liu, Honghao Lv, ... Luhua Jiang\*, *Chem Eng J.*, 2022, 450, 138079.
3. Xiaoke Li, Luhua Jiang\*, ... *J. Energy Chem.*, 2020, 43, 121-128
4. Zihan Li, ... Luhua Jiang, Guangwen Xie\*, *Chem Eng J*, 2021, 424, 130390
5. 基于在线海水制氢的海洋船舶用燃料电池系统及其应用, 刘光波, 姜鲁华, 吕洪浩, ZL202210511586.2
6. 一种基于海水的发电和制氢装置, 刘光波, 姜鲁华, 吕洪浩, ZL202111666459.1
7. 一种深海氢燃料电池系统, 姜鲁华, 刘光波, 吕洪浩, ZL202111672316.1

# 四、金属-空气电池催化剂制备技术

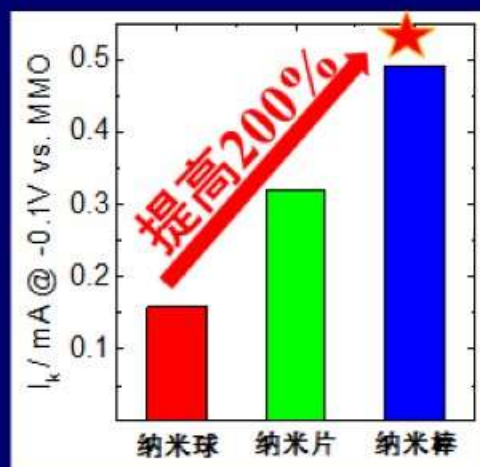
- ◆ **关键工艺**: 开发了电化学辅助的湿化学法制备工艺, 实现对锰/钴等活性氧化物的调控, 阐明了ORR催化剂的构效关系;
- ◆ **批量技术**: 发现过渡金属氧化物/碳复合体系中ORR反应路径- $E$ 依赖关系, 揭示了ORR反应机理, 合成出高性能实用型锰/钴催化剂, 可批量制备;
- ◆ **电池应用**: 开发了系列锰/钴基镁空电池、镁海水电池、锌空电池。



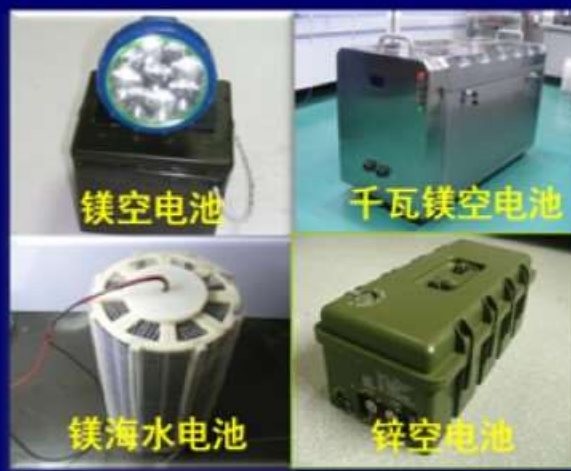
催化剂可控制备



反应机理



催化性能



金属-空气电池系列

# 发表论文和专利

- ◆ 发表SCI研究论文>160篇，单篇他引百次以上22篇；SCI他引>8000次；
- ◆ 燃料电池、电解水制氢、海水电池相关研究申请发明专利>80项；授权40余项



Scopus, 截至2023年3月5日



# 学术影响

- 连续 7 年入选爱思唯尔中国高被引学者 (2014-2020)
- 入选2020、2022全球前2%顶尖科学家榜单(World's Top 2% Scientists)



日前, 美国斯坦福大学发布了“2020全球前2%顶尖科学家榜单” (World's Top 2% Scientists 2020), 我校李志波、罗细亮、钱磊、李长胜、翟立峰、姜鲁华、李桂村7位教授入选该榜单, 涵盖我校聚合物、分析化学、材料、环境科学、能源、农学与农业6个领域。

Name	Papers	firstyr	lastyr	c score	Subject Field	Rank	Total authors within field
Li, Changsheng	165	1994	2020	3.852673	Agronomy & Agriculture	126	56850
Luo, Xiliang	193	2004	2020	3.366049	Analytical Chemistry	1109	87137
Qian, Yi	287	1988	2012	3.351452	Environmental Sciences	822	66925
Li, Zhibo	219	2003	2020	3.290943	Polymers	1555	80670
Dong, Lifeng	210	1995	2020	3.171788	Energy	2613	186014
Li, Guicun	143	2004	2020	3.109902	Materials	3443	177931
Jiang, Luhua	122	2003	2020	3.098032	Energy	3147	186014

日前, 美国斯坦福大学发布了2022年全球前2%顶尖科学家榜单 (World's Top 2% Scientists 2022), 我校陈亮正、李志波、罗细亮等15名教授入选榜单, 主要涵盖材料科学、能源技术、地球与环境科学、化学等多个学科。

据悉, 全球前2%顶尖科学家榜单由斯坦福大学John R. A. Ioannidis教授团队发布, 本次榜单统计数据的时间节点为1960-2022年, 涵盖全球200409位科学家, 分为“终身科学影响力排行榜 (1960-2022)”和“2022年度科学影响力排行榜”两个榜单, 基于Scopus数据库, 统计论文数量SSC期刊, SC期刊, E期刊, E会议, 再以此类期刊引文、书籍、会议论文等进行综合评价。

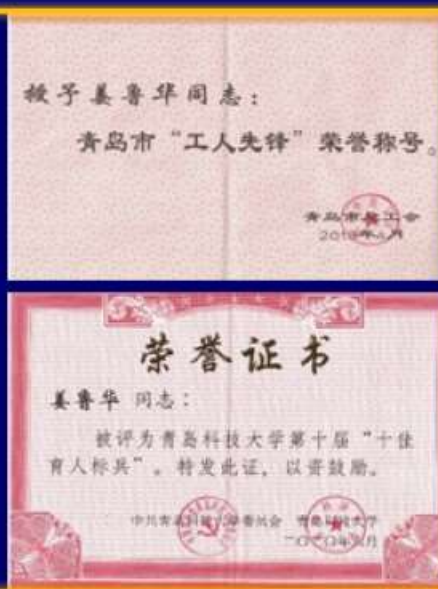
全球前2%顶尖科学家榜单领域: 2022

材料科学、能源技术等

主要工作单位	姓名	国际排名
青岛科技大学	Huang, Fuyang	100511
青岛科技大学	翟立峰	194178
青岛科技大学	姜鲁华	225445
青岛科技大学	李桂村	228676
青岛科技大学	王荣力	281302

# 获得的奖励和荣誉

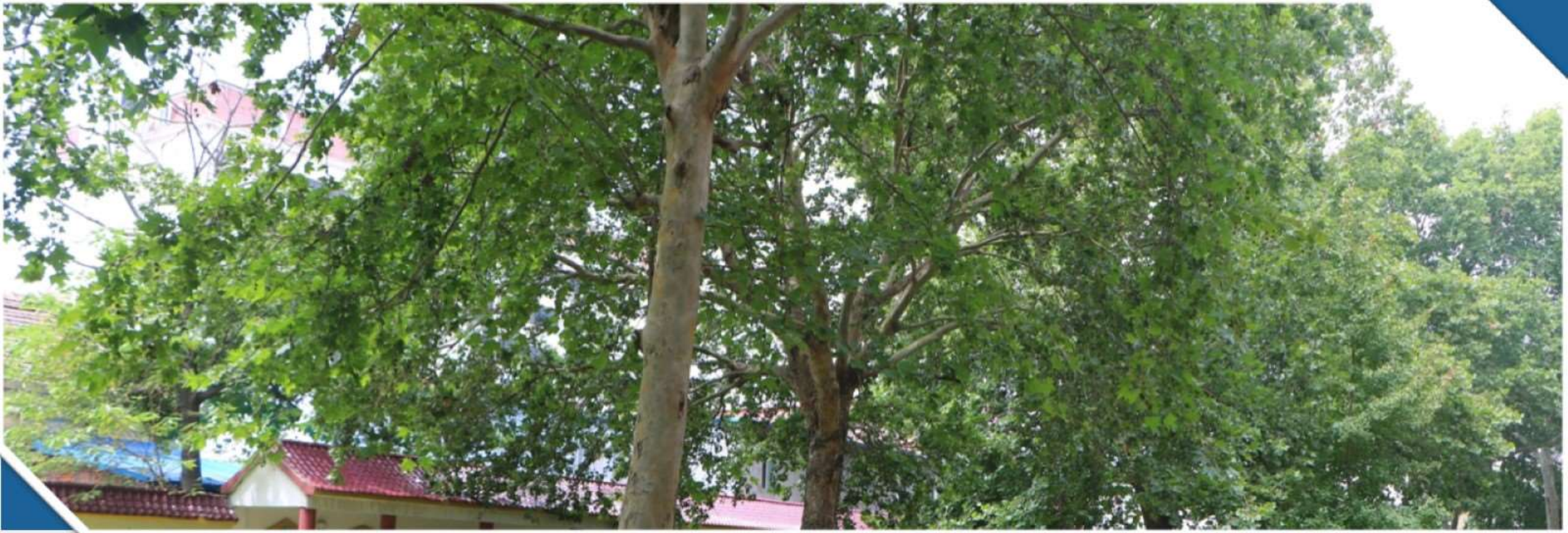
- 山东省自然科学学术创新奖，2018年
- 泰山学者特聘专家，2017年
- 当选民盟山东省委员会委员，2022
- 当选青岛市政协委员，2022
- 青岛市“工人先锋”，2019年
- 民盟山东省委“杰出盟员”，2020
- 民盟山东省委“岗位建功先进个人”，2018, 2019
- 青岛科技大学“十佳育人标兵”，2020
- 青岛科技大学“教育先锋”，2018



# 获得的奖励和荣誉

- 国家自然科学基金二等奖 (3/5), 2014年
- 国防技术发明二等奖 (5/6), 2015年
- 辽宁省技术发明二等奖 (5/6), 2016年
- 辽宁省自然科学一等奖 (3/5), 2013年





06

PART 06

## 电化学储能材料

- 正极材料：磷酸铁锂
- 正极材料：三元材料
- 新型储能电池：镁电池

## ■ 学术带头人

# 李桂村

---

- 博士，教授，青岛科技大学材料博士生导师。
- 山东省有突出贡献的中青年专家、青岛市拔尖人才。
- 入选由斯坦福大学John P. A. Ioannidis教授团队与Elsevier旗下Mendeley Data发布的全球前2%顶尖科学家榜单。
- 获得中国发明专利6项，获山东省自然科学二、三等奖各1项。



## 1、团队简介

本课题组致力于新型电化学储能材料与技术研究。研究内容包括：**锂离子电池，锂硫电池，镁电池，水系锌电池等关键电极材料和电解质材料研究**等。

本课题组现有教授**2**人，副教授及讲师**6**人。课题组负责人李桂村教授曾获“山东省有突出贡献的中青年专家”、“青岛市拔尖人才”、“山东省优秀研究生指导教师”等荣誉称号。课题组先后承担**10**余项国家自然科学基金、山东省自然科学基金等项目。

课题组在国际期刊**Energy & Environmental Science**、**Advanced Materials**、**Advanced Functional Materials**、**ACS Nano**、**Small Methods**、**Journal of Materials Chemistry A**、**Journal of Power Sources**、**Chemical Engineering Journal**、**Journal of Energy Chemistry** 等发表**100**多篇学术论文。获得中国发明专利**4**项，研究成果获得山东省自然科学二、三等奖、青岛市自然科学二等奖等科研奖励。指导**4**名硕士研究生获得山东省优秀硕士学位论文。



## 2、正极材料：磷酸铁锂1

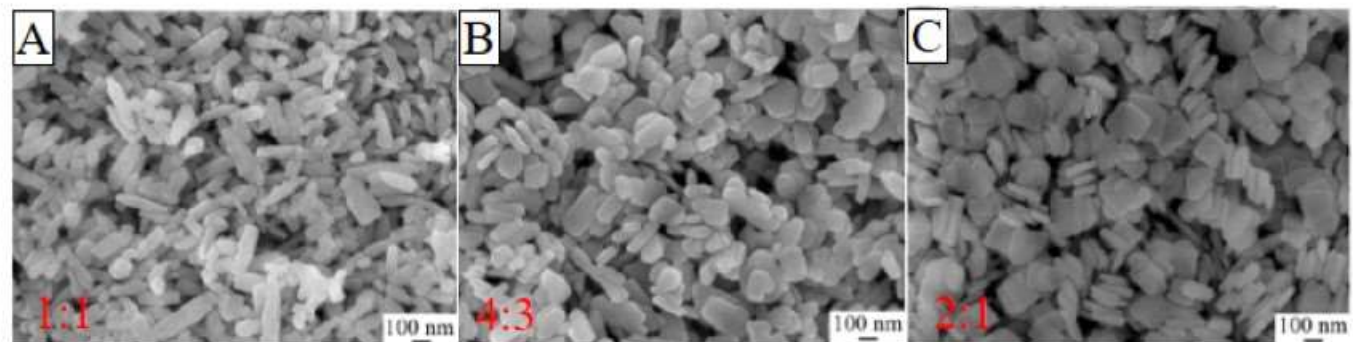
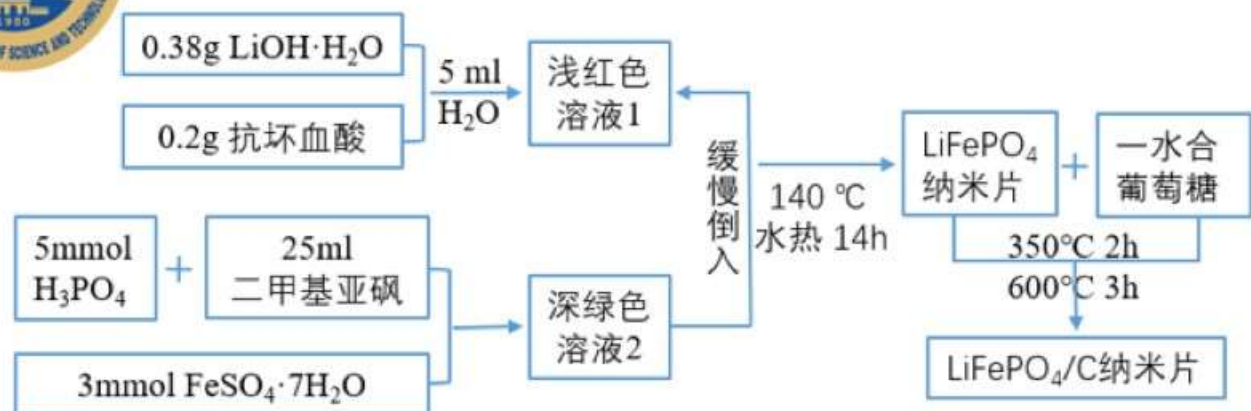


图2-2 改变加入磷酸的量，P:Fe分别为1:1，4:3，2:1

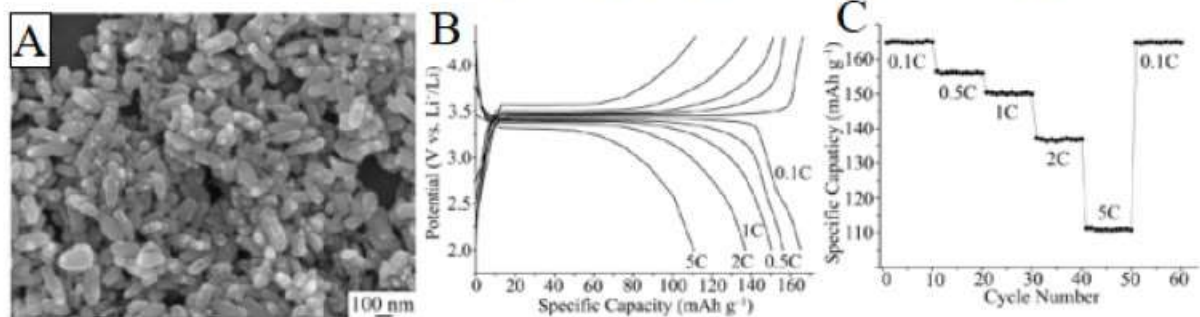


图2-3 P:Fe=1:1的LiFePO<sub>4</sub>/C的SEM照片及其电化学性能

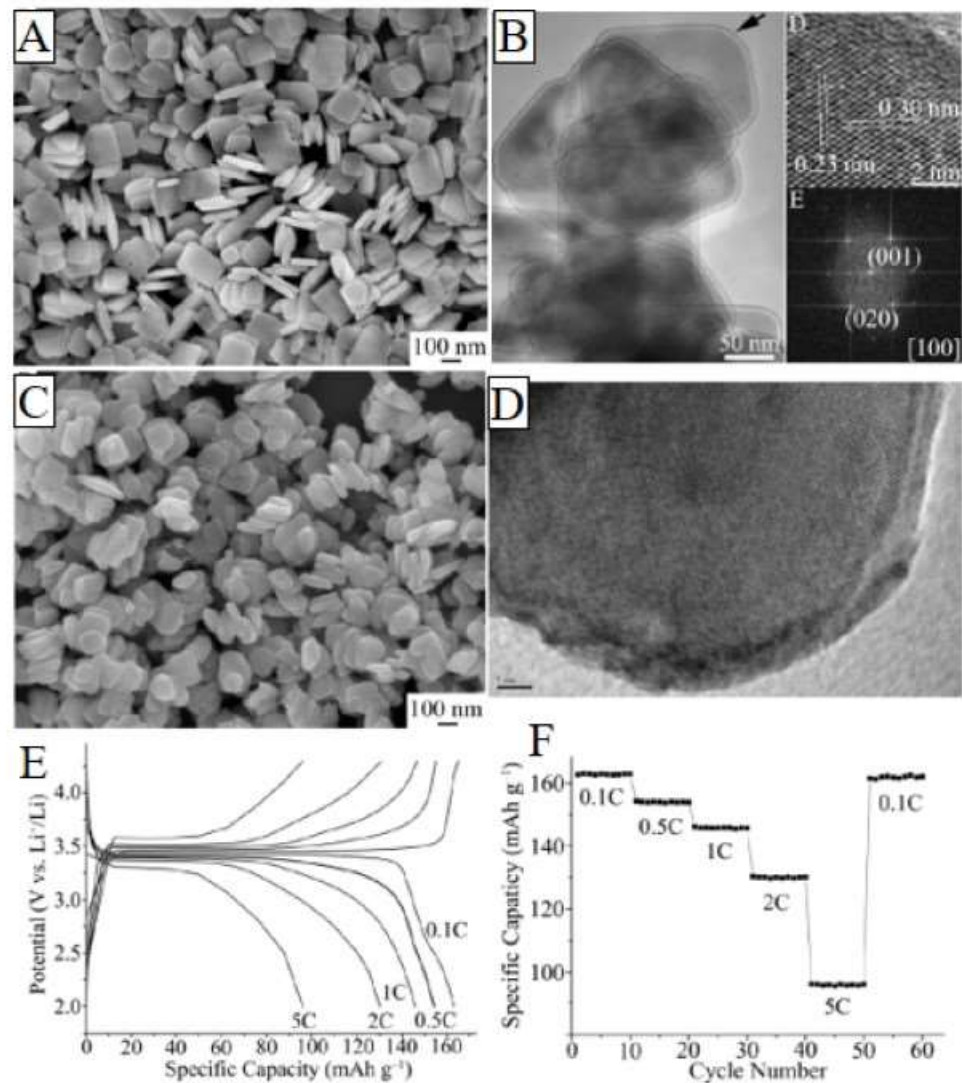


图2-1 LiFePO<sub>4</sub>纳米片的SEM(A),TEM(B) 图谱; LiFePO<sub>4</sub>/C (P:Fe=5:3)的SEM(C), HRTEM(D)照片以及不同倍率下的充放电曲线 (E)和循环稳定性曲线 (F)。



## 2、正极材料：磷酸铁锂2

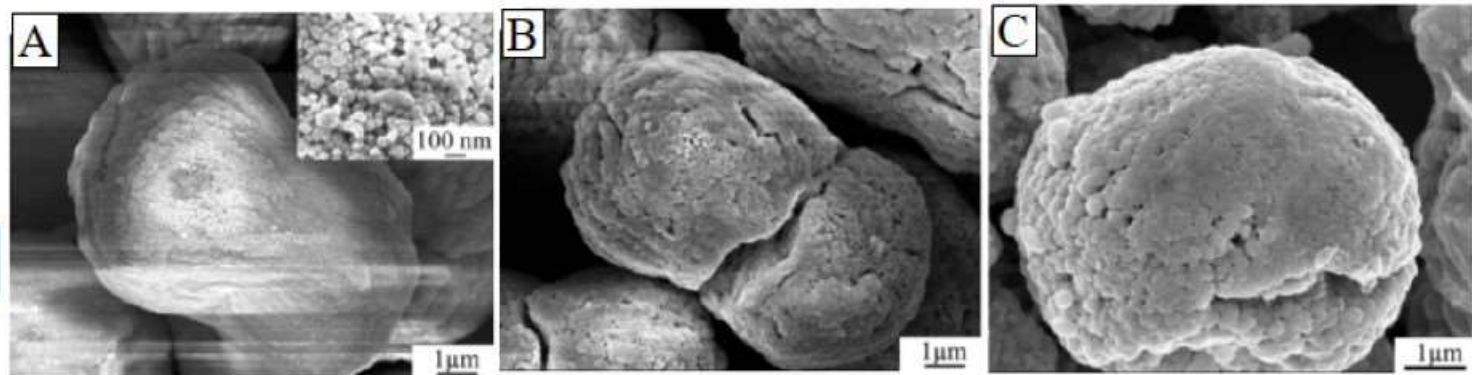
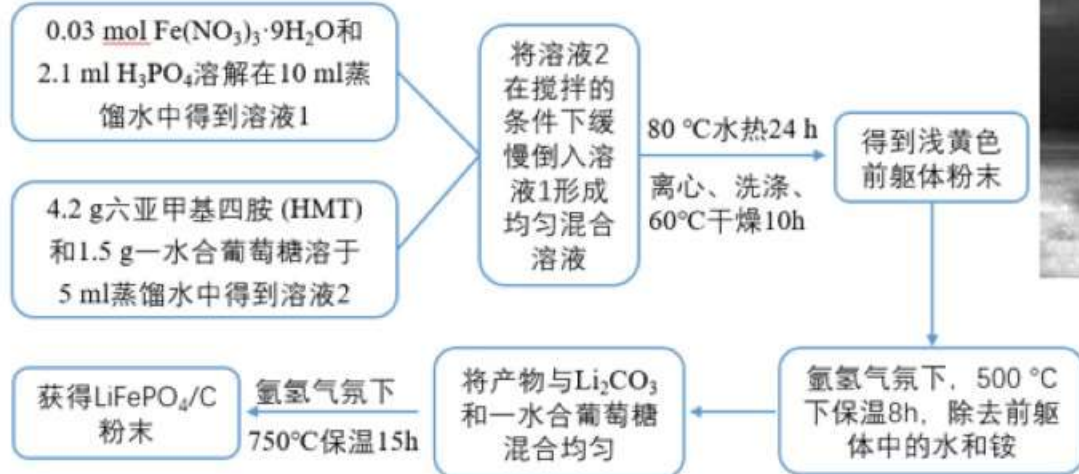


图2-5 前驱体的SEM照片(A)以及500 °C热处理后的SEM照片(B)； $\text{LiFePO}_4/\text{C}$ 复合粒子的SEM照片(C)

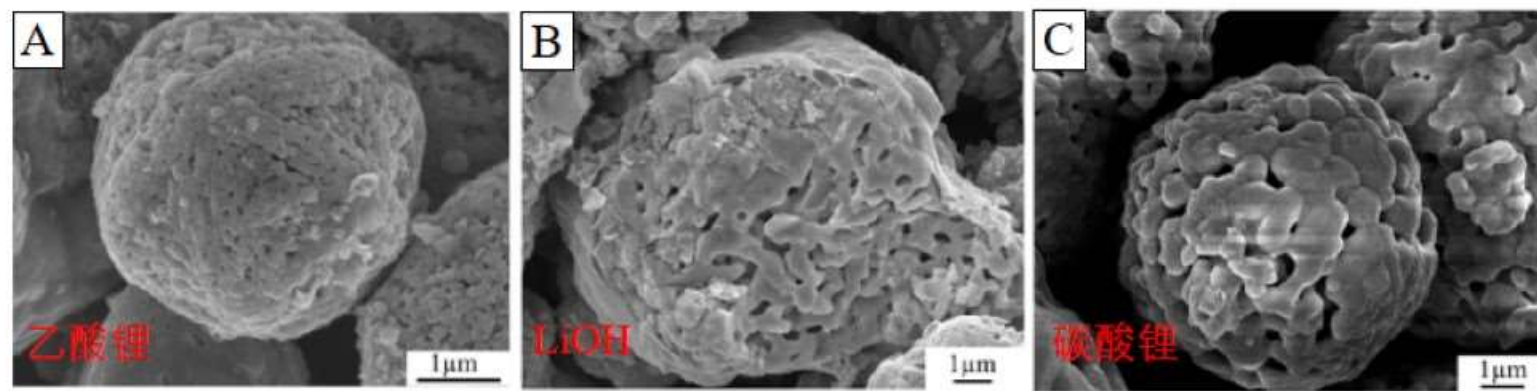
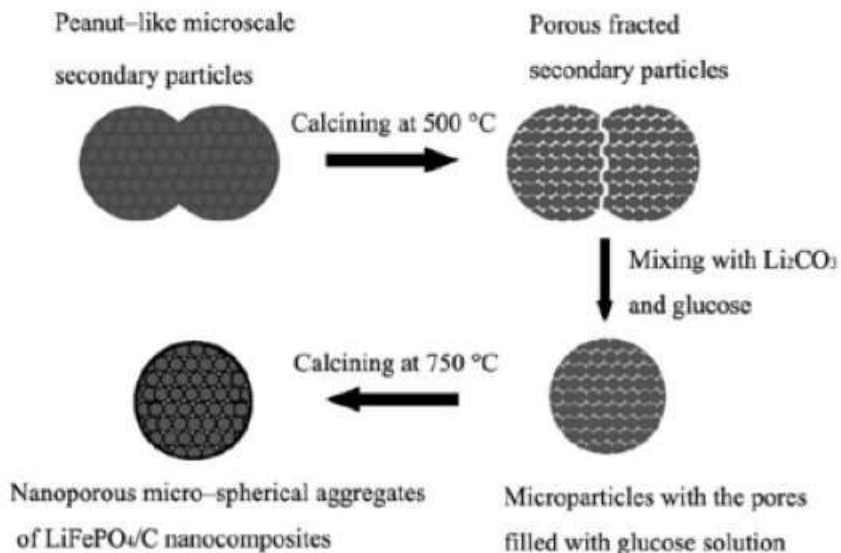


图2-6 不同锂源对 $\text{LiFePO}_4$ 微球形貌的影响

图2-4 微米级多孔球形 $\text{LiFePO}_4/\text{C}$ 的形成过程示意图



## 2、正极材料：磷酸铁锂<sup>3</sup>

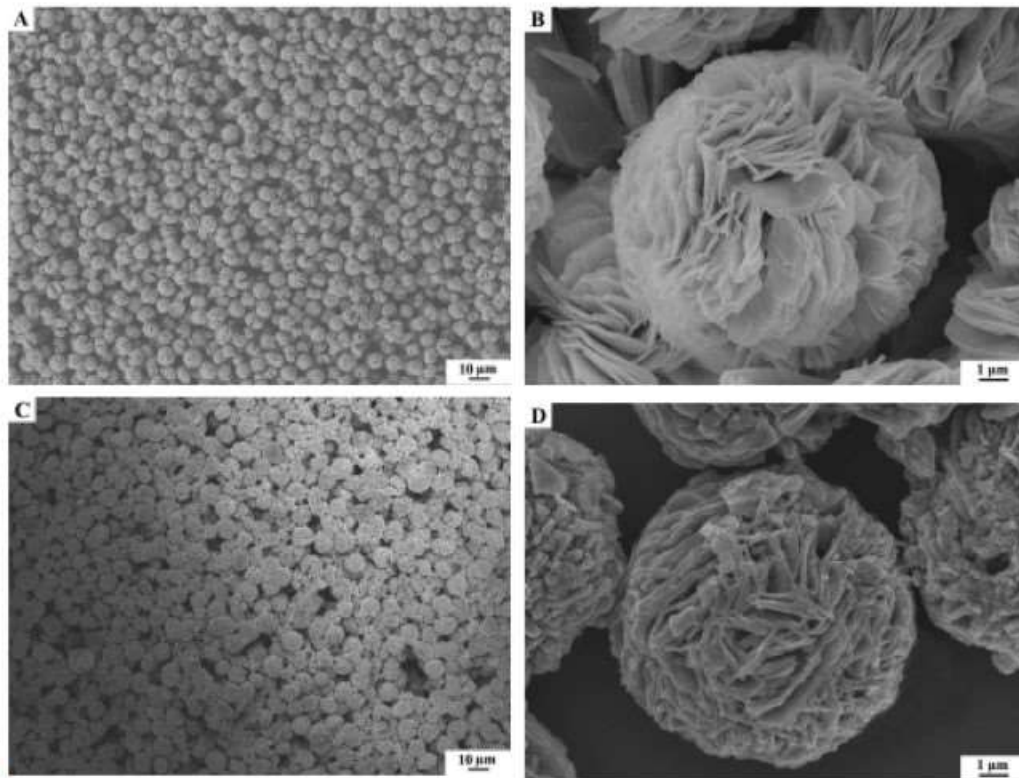
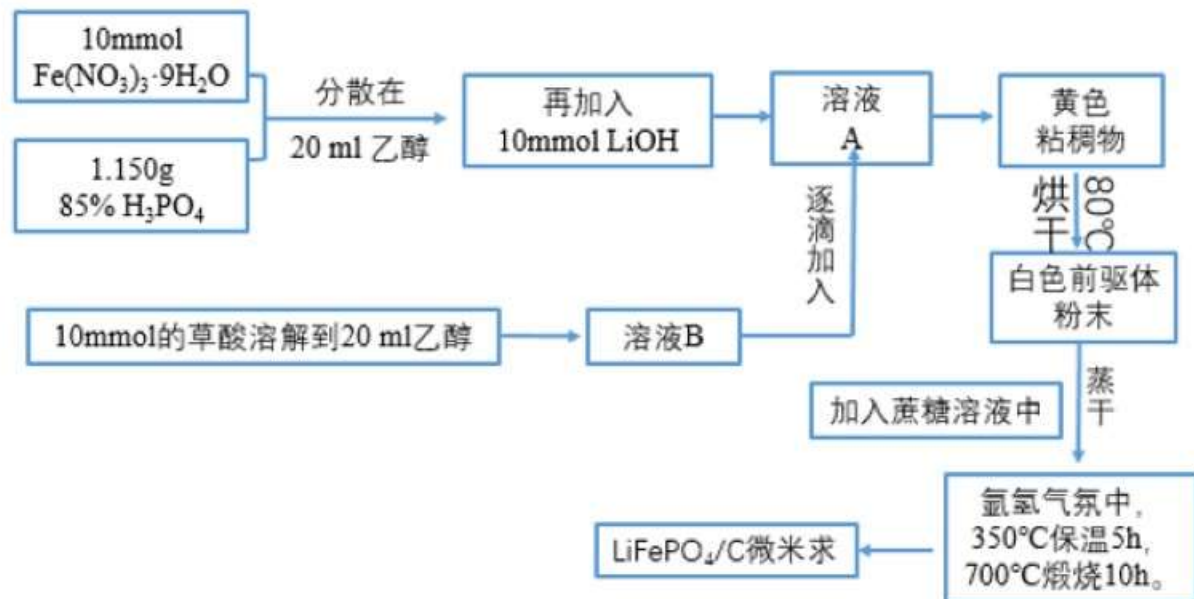


图2-7 前驱体微球的SEM图片 (A,B) 以及 $\text{LiFePO}_4/\text{C}$ 微球的SEM图片

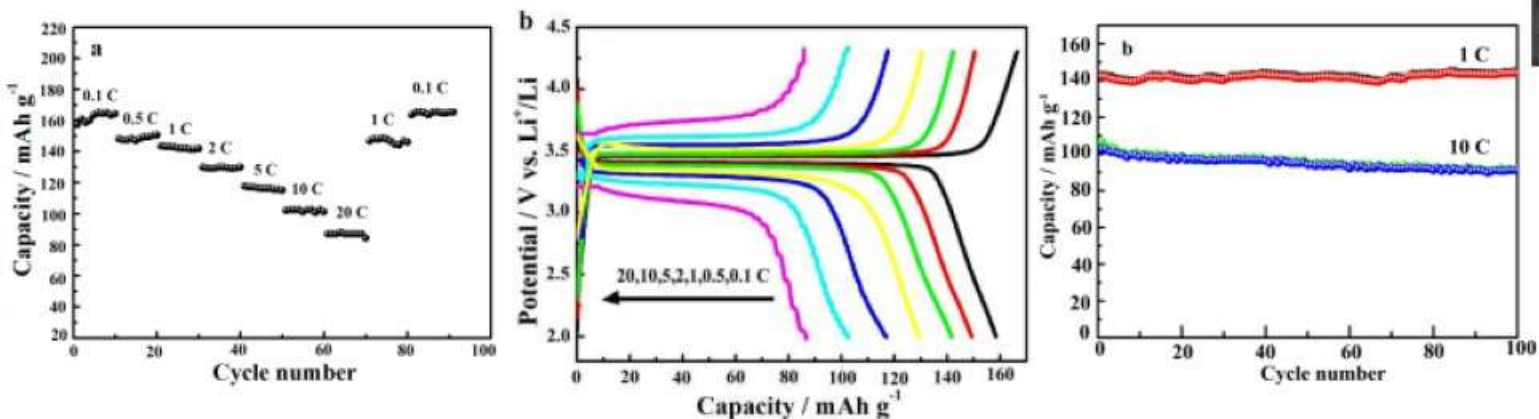


图2-8  $\text{LiFePO}_4/\text{C}$ 微球的电化学性能表征



### 3、正极材料：三元

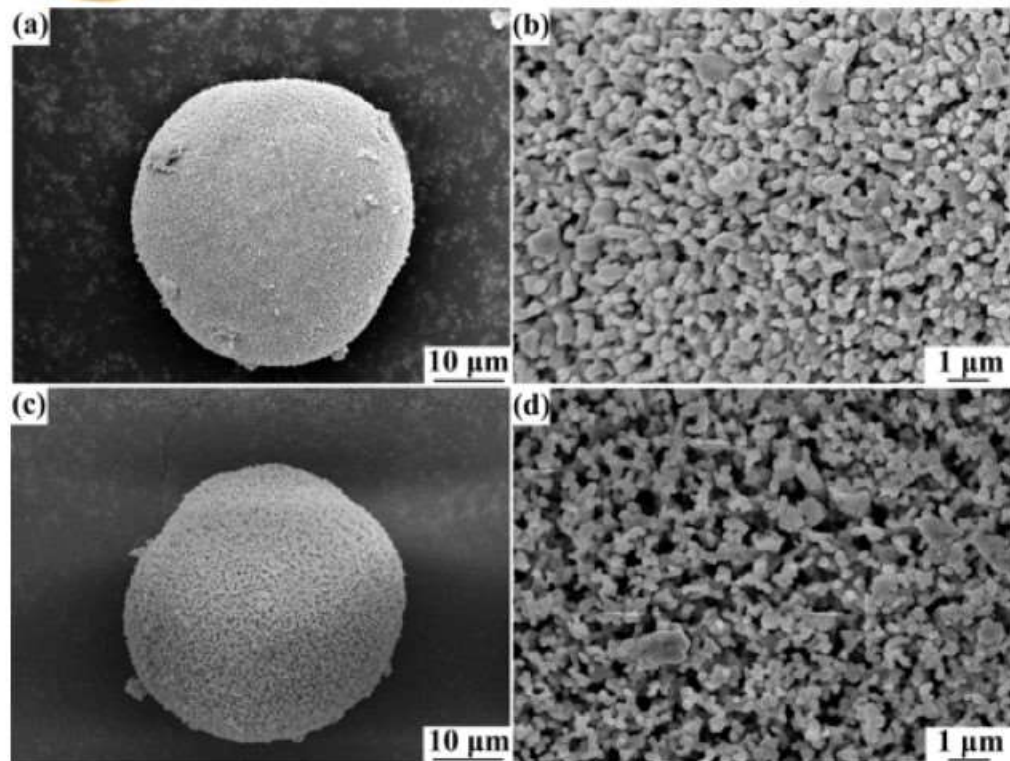


图2-8  $\text{LiNi}_{1/3}\text{Co}_{1/3}\text{Mn}_{1/3}\text{O}_2$  (a,b) 及其  $\text{H}_3\text{PO}_4$  修饰材料 (c,d) 的 SEM 照片

Samples	$R_e$ ( $\Omega$ )	$R_f$ ( $\Omega$ )	$R_{ct}$ ( $\Omega$ )
$\text{LiNi}_{1/3}\text{Co}_{1/3}\text{Mn}_{1/3}\text{O}_2$	2.54	193	1640
2 mol.% $\text{H}_3\text{PO}_4$ modified $\text{LiNi}_{1/3}\text{Co}_{1/3}\text{Mn}_{1/3}\text{O}_2$	1.72	128	240

图2-10  $\text{H}_3\text{PO}_4$  修饰前后,  $\text{LiNi}_{1/3}\text{Co}_{1/3}\text{Mn}_{1/3}\text{O}_2$  阻抗值对比

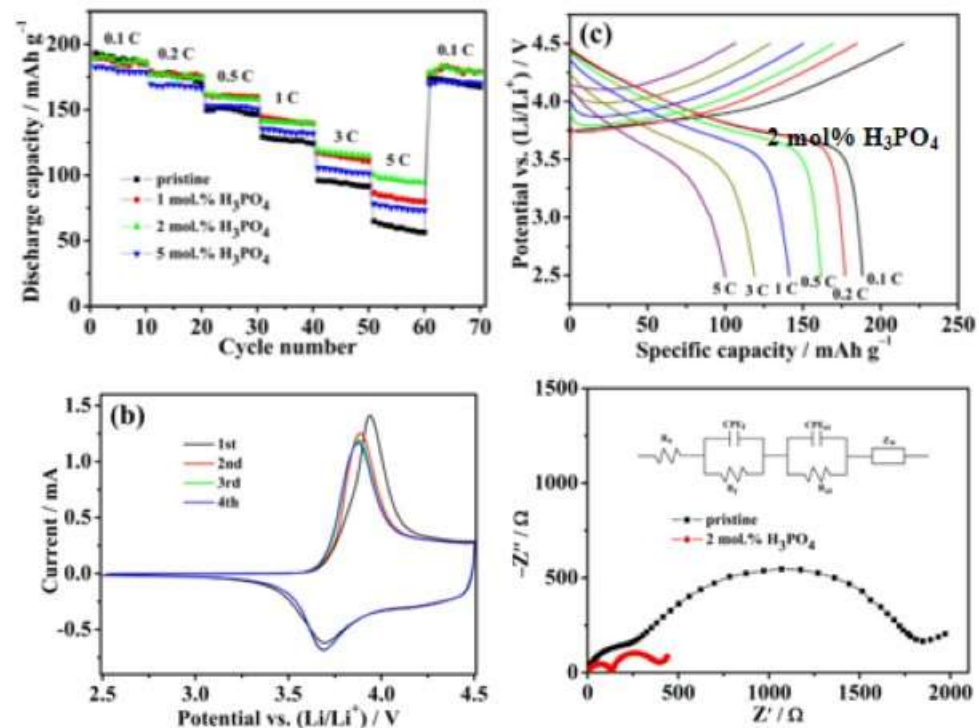
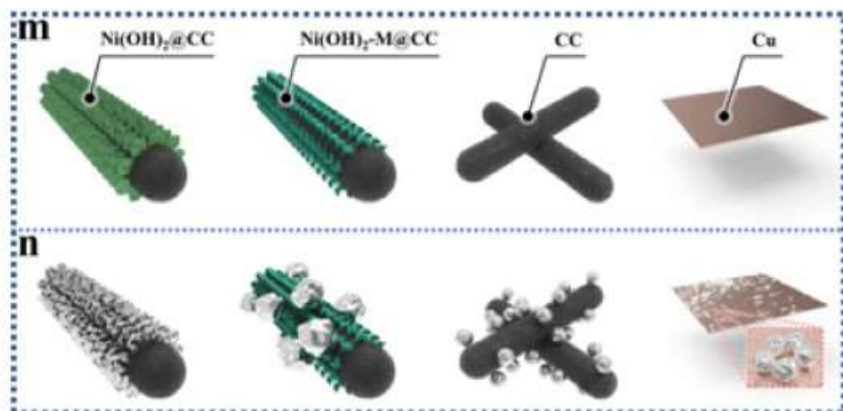
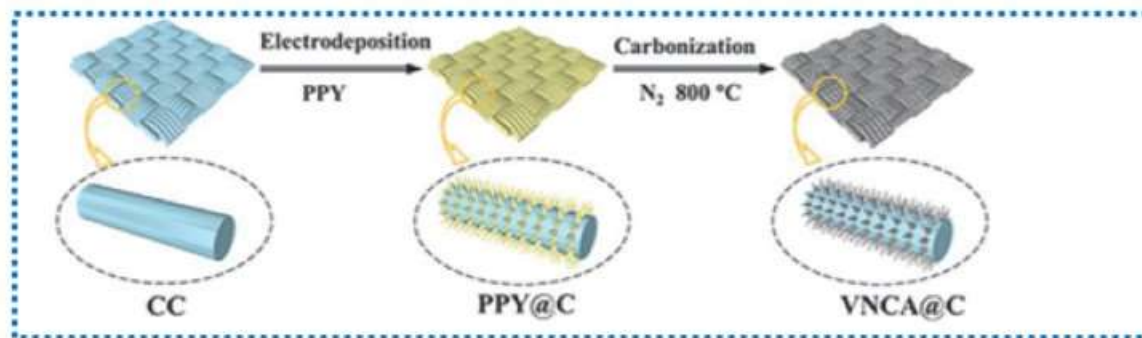


图2-9  $\text{LiNi}_{1/3}\text{Co}_{1/3}\text{Mn}_{1/3}\text{O}_2$  电化学性能表征

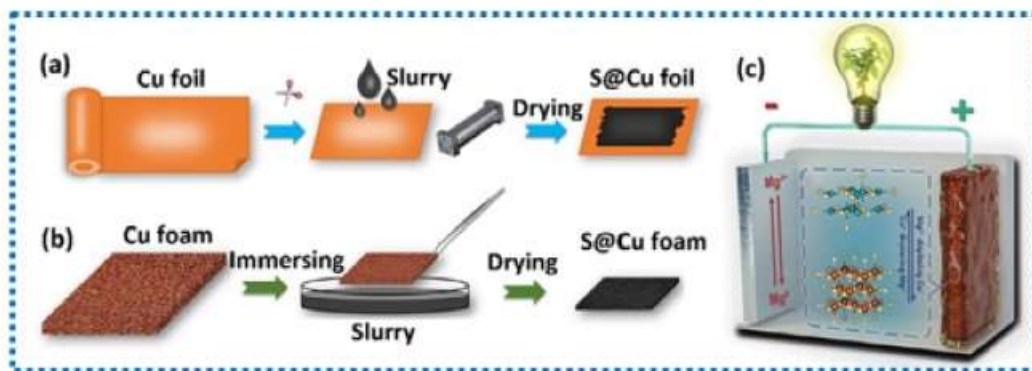
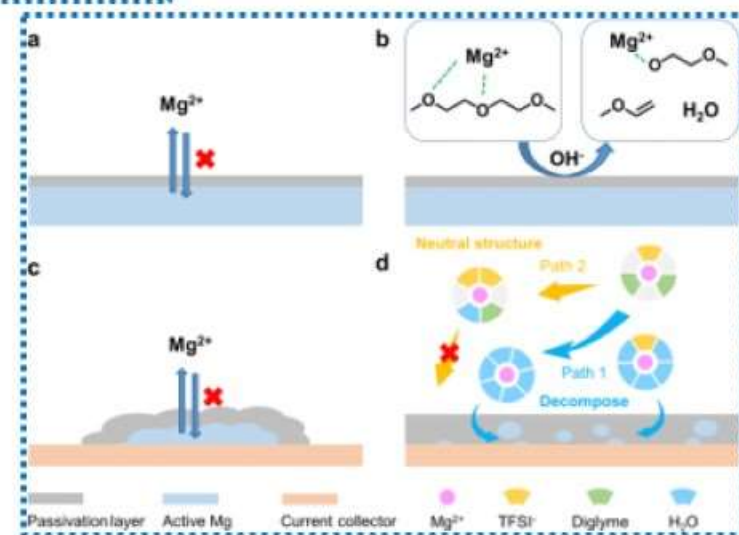
以硫酸镍、硫酸钴、硫酸锰和碳酸钠为原料, 通过共沉淀法制备出了形貌规整、粒径分布均匀, 分散性、流动性均较好球形前驱体  $\text{Ni}_{1/3}\text{Co}_{1/3}\text{Mn}_{1/3}\text{CO}_3$ 。将球形前驱体在  $500^\circ\text{C}$  预烧后再与适量  $\text{LiOH}\cdot\text{H}_2\text{O}$  在少许蒸馏水中混合, 最后在  $900^\circ\text{C}$  煅烧获得了球形  $\text{LiNi}_{1/3}\text{Co}_{1/3}\text{Mn}_{1/3}\text{O}_2$ 。采用  $\text{H}_3\text{PO}_4$  对球形  $\text{LiNi}_{1/3}\text{Co}_{1/3}\text{Mn}_{1/3}\text{O}_2$  的表面进行刻蚀处理, 并于  $500^\circ\text{C}$  处理以稳定包覆物的结构,  $\text{H}_3\text{PO}_4$  刻蚀可以很大程度上提升  $\text{LiNi}_{1/3}\text{Co}_{1/3}\text{Mn}_{1/3}\text{O}_2$  的电化学性能。



## 4、新型储能电池：镁电池



镁电池关键材料的应用研究



Adv. Mater. 2021, 2100224;  
Energy Environ. Sci., 2023, 16, 1111–1124;  
ACS Nano 2022, 16, 9894–9907;  
Journal of Energy Chemistry 72 (2022) 370–378



# 5、科研成果



Downloaded via QINGDAO UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY on July 5, 2022 09:44:00 (UTC).  
See https://pubs.acs.org/sharingguidelines for options on how to legitimately share published articles.

ACS NANO

## Epitaxial via Sympathetic Lattice Confinement

Jing Liu,<sup>1</sup> Jinkai Zhu,<sup>1</sup> Qingfu Wang,<sup>1</sup> and Guo Zhenfa<sup>1</sup>

ACCESS |

**ABSTRACT:** Rechargeable lithium-ion batteries (LIBs) are the most widely used energy storage devices. However, the low energy density and slow charging rate of LIBs are the main obstacles for their widespread application. Here, we report a novel strategy for the synthesis of a new class of layered silicates with a unique structure. The synthesis of a new class of layered silicates with a unique structure is reported. The synthesis of a new class of layered silicates with a unique structure is reported.

**KEYWORDS:** layered silicates; lithium-ion batteries; energy storage; rechargeable batteries

**R**echargeable lithium-ion batteries (LIBs) are the most widely used energy storage devices. However, the low energy density and slow charging rate of LIBs are the main obstacles for their widespread application. Here, we report a novel strategy for the synthesis of a new class of layered silicates with a unique structure. The synthesis of a new class of layered silicates with a unique structure is reported.

ACS PUBLISHED BY AMERICAN CHEMICAL SOCIETY

ACS NANO

## Current Magnesium and Graphene

Jinkai Zhu and Guo Zhenfa

ACCESS |

**ABSTRACT:** Magnesium (Mg) is a promising anode material for rechargeable batteries due to its low cost, high energy density, and abundance. However, the poor electrochemical performance of Mg is the main obstacle for its application. Here, we report a novel strategy for the synthesis of a new class of layered silicates with a unique structure. The synthesis of a new class of layered silicates with a unique structure is reported.

**T**he use of a novel class of layered silicates with a unique structure is reported. The synthesis of a new class of layered silicates with a unique structure is reported.

ACS PUBLISHED BY AMERICAN CHEMICAL SOCIETY

## REVIEW

### Wide Lithium Ion

At the top of the lithium-ion battery (LIB) market, wide lithium-ion batteries (WLIBs) are attracting increasing attention. However, the low energy density and slow charging rate of WLIBs are the main obstacles for their widespread application. Here, we report a novel strategy for the synthesis of a new class of layered silicates with a unique structure. The synthesis of a new class of layered silicates with a unique structure is reported.

### 1. Introduction

At the top of the lithium-ion battery (LIB) market, wide lithium-ion batteries (WLIBs) are attracting increasing attention. However, the low energy density and slow charging rate of WLIBs are the main obstacles for their widespread application. Here, we report a novel strategy for the synthesis of a new class of layered silicates with a unique structure. The synthesis of a new class of layered silicates with a unique structure is reported.

ACS PUBLISHED BY AMERICAN CHEMICAL SOCIETY

## RESEARCH ARTICLE

### Uniform Magnesium Coupling of Carbon Confinement

Zihao Song, Zhonghua Zhang

Uniformly distributed magnesium is a major obstacle for Mg-metal electroplating. Here, we report a novel strategy for the synthesis of a new class of layered silicates with a unique structure. The synthesis of a new class of layered silicates with a unique structure is reported.

### 1. Introduction

Batteries based on Mg-metal anodes have attracted increasing attention. However, the poor electrochemical performance of Mg is the main obstacle for its application. Here, we report a novel strategy for the synthesis of a new class of layered silicates with a unique structure. The synthesis of a new class of layered silicates with a unique structure is reported.

ACS PUBLISHED BY AMERICAN CHEMICAL SOCIETY

## Energy & Environmental Science

### PAPER

### The origin of anode-electrolyte interfacial passivation in rechargeable Mg-metal batteries†

Jinlei Zhang,<sup>1</sup> Jing Liu,<sup>1</sup> Min Wang,<sup>1</sup> Zhonghua Zhang,<sup>1</sup> Zhenfang Zhou,<sup>1</sup> Xi Chen,<sup>1</sup> Aobing Du,<sup>1</sup> Shaohu Dong,<sup>1</sup> Zhenjiang Li,<sup>1</sup> Guocun Li,<sup>1</sup> and Guangliang Cui<sup>1\*</sup>

Understanding the electrode-metal anode interfacial passivation mechanism is crucial for the buildup of sustainable and low cost all-metal batteries. Here, we report a novel strategy for the synthesis of a new class of layered silicates with a unique structure. The synthesis of a new class of layered silicates with a unique structure is reported.

### 1. Introduction

Rechargeable magnesium batteries show great promise as next-generation energy storage technology because of the higher volumetric energy density and lower safety compared with lithium-ion batteries. Magnesium-based batteries have been regarded as the "Holy Grail" of rechargeable batteries due to the wide electrochemical window, simple preparation process, high ionic conductivity, high thermal stability and excellent safety. However, the poor electrochemical performance of Mg is the main obstacle for its application. Here, we report a novel strategy for the synthesis of a new class of layered silicates with a unique structure. The synthesis of a new class of layered silicates with a unique structure is reported.

<sup>1</sup>College of Materials Science and Engineering, Qingdao University of Science and Technology, Qingdao 266042, P. R. China. E-mail: zhangj@qust.edu.cn

<sup>2</sup>Department of Chemistry, Jining Medical University, Jining 274262, P. R. China

<sup>3</sup>Qingdao Industrial Energy Storage Research Institute, Qingdao Institute of Energy Storage and Research, Qingdao 266402, P. R. China. E-mail: zhangzh@qier.ac.cn

<sup>4</sup>Department of Physics, East China University of Science and Technology, Shanghai 200241, P. R. China

<sup>5</sup>Electronic supplementary information (ESI) available: Experimental and computational details, supplementary figures and tables. See DOI: 10.1039/d2ee01017a

† These authors contributed equally to this work.



View Article Online  
DOI: 10.1039/d2ee01017a

Received 06 October 2022  
Accepted 18th January 2023  
DOI: 10.1039/d2ee01017a

Energy Environ. Sci., 2023, 16, 1021–1031

Energy Environ. Sci., 2023, 16, 1021–1031

Energy Environ. Sci., 2023, 16, 1021–1031

Energy Environ. Sci., 2023, 16, 1021–1031

Energy Environ. Sci., 2023, 16, 1021–1031

Energy Environ. Sci., 2023, 16, 1021–1031

Energy Environ. Sci., 2023, 16, 1021–1031

Energy Environ. Sci., 2023, 16, 1021–1031

Energy Environ. Sci., 2023, 16, 1021–1031

Energy Environ. Sci., 2023, 16, 1021–1031

Energy Environ. Sci., 2023, 16, 1021–1031

Energy Environ. Sci., 2023, 16, 1021–1031

Energy Environ. Sci., 2023, 16, 1021–1031

Energy Environ. Sci., 2023, 16, 1021–1031

Energy Environ. Sci., 2023, 16, 1021–1031

Energy Environ. Sci., 2023, 16, 1021–1031

Energy Environ. Sci., 2023, 16, 1021–1031

Energy Environ. Sci., 2023, 16, 1021–1031



07

PART 07

## LED太阳 模拟器

- LED太阳模拟器及系列仪器

## ■ 学术带头人

### 尹正茂

---

- 博士，青岛科技大学材料硕士生导师。
- 研究方向：LED太阳模拟光源及应用；LED光化学反应仪器及产业化。
- 主持参与国家、省、市科学基金十余项；发表SCI高水平论文30多篇；授权发明专利13项。



# 一、核心成员



汪恕欣

## 技术负责人:

山东省青年泰山学者，安徽大学与卡耐基梅陇大学联合博士，发表SCI论文80多篇，获安徽省自然科学一等奖，承担国家、省级项目多项，具有很强的研发生产能力。



刘玉龙

## 嵌入式硬件软件负责人:

中科传感技术(青岛)研究院嵌入式硬件、软件专家，有10年嵌入式硬件、软件开发经验。



张成

## 生产负责人:

青岛科技大学硕士研究生，具有多年结构设计、生产加工、系统测试经验。



姜克凡

## 生产负责人:

青岛科技大学硕士研究生，智能电路控制开发制作，太阳光模拟LED设备系统的测试。



刘婷婷

## 软件负责人:

青岛科技大学硕士生，负责光源控制软件开发。

## 团队负责人及核心成员领导（参与）过的省级以上项目

项目名称	参与人姓名	项目级别	项目经费(万元)	起止年度	排名(位次/总人数)	本人职务及任务
1. 折射率渐变微纳米复合多层结构的可控制备及在高效GaN基LED中的应用	尹正茂	国家级	20	2017-2019	1/6	负责人
2. 精确结构银纳米团簇间相互作用机制研究	汪恕欣	国家级	60	2022-2025	1/7	负责人
3. 具有高光量子产率的巯基保护金属纳米团簇的合成及发光机制研究	汪恕欣	国家级	26	2019-2021	1/7	负责人
4. 山东省泰山学者项目	汪恕欣	省级	75	2022-2024	1/1	负责人
5. 山东省青创团队	尹正茂	省级	200	2023-2025	1/4	负责人

## 二、项目背景

### 市场分析

2022年全球太阳模拟器市场约576.07亿元人民币，中国市场规模118.09亿元。

预计2028年全球市场将增长到的827亿元，中国市场增长到191.99亿元，年增长率6-10%。

2016-2028年全球太阳模拟器行业销售额(亿元)



数据来源：中国设备管理协会、恒略咨询整理分析

### 应用



光伏电池测试

化工/光化学反应

日用化妆品

航空航天模拟太空光

高端设备材料颜色校正及老化

现代化农业、微生物培养、太空养殖

军工照明

高端人群照明



## 二、项目背景

### 行业现状和痛点:

传统太阳光模拟光源是氙灯等气体放电灯，有**能耗高、寿命短、光谱匹配性差、易爆炸、成本高、稳定性差、效率低、体积大**等缺点。



爆裂的氙灯

我国太阳光模拟器主要以氙灯为主，高端**氙灯灯泡全部依赖进口**！！只是进口灯泡加上外壳贴牌。  
我国LED太阳模拟光源处于起步阶段，其难点：1) **系统复杂**，2) **全光谱匹配难**，3) **聚光/匀光难**。  
目前本项目已经解决上述技术难题，**实现了LED太阳光全光谱匹配以及调制**。

本项目填补了我国LED太阳模拟光源的空白，实现了弯道超车，解决了高端设备卡脖子问题。

## 行业痛点

太阳光模拟器

一代

氙灯、金卤灯等

美国 Newport  
美国 Gsolar  
美国 OAI  
中国 上海赫爽  
日本 IWASAKI ELECTRIC

2022销量/销售额  
52万台/298亿元

寿命短/ 1000小时

二代

全光谱LED

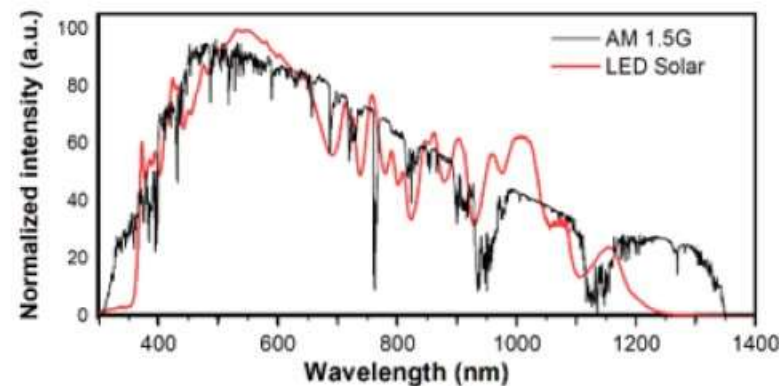
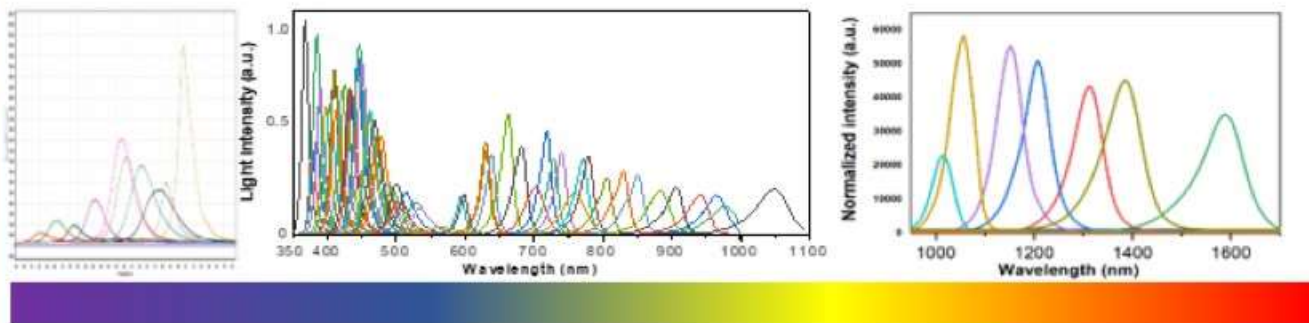
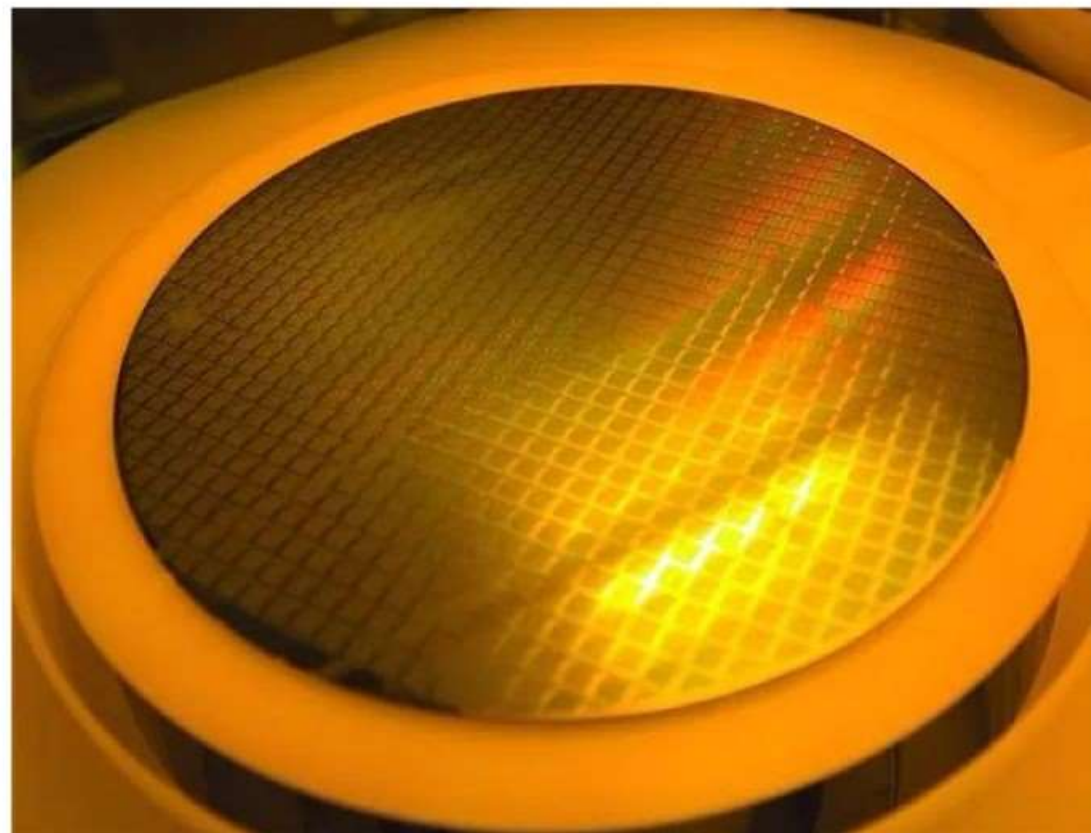
寿命长10000小时

美国 Newport  
意大利 Ecoprogetti  
德国 Wavelabs  
加拿大 G2V  
德国 MBJ

2022销量/销售额  
16万台/169亿元

对中国禁售关键波长LED

## 解决方案

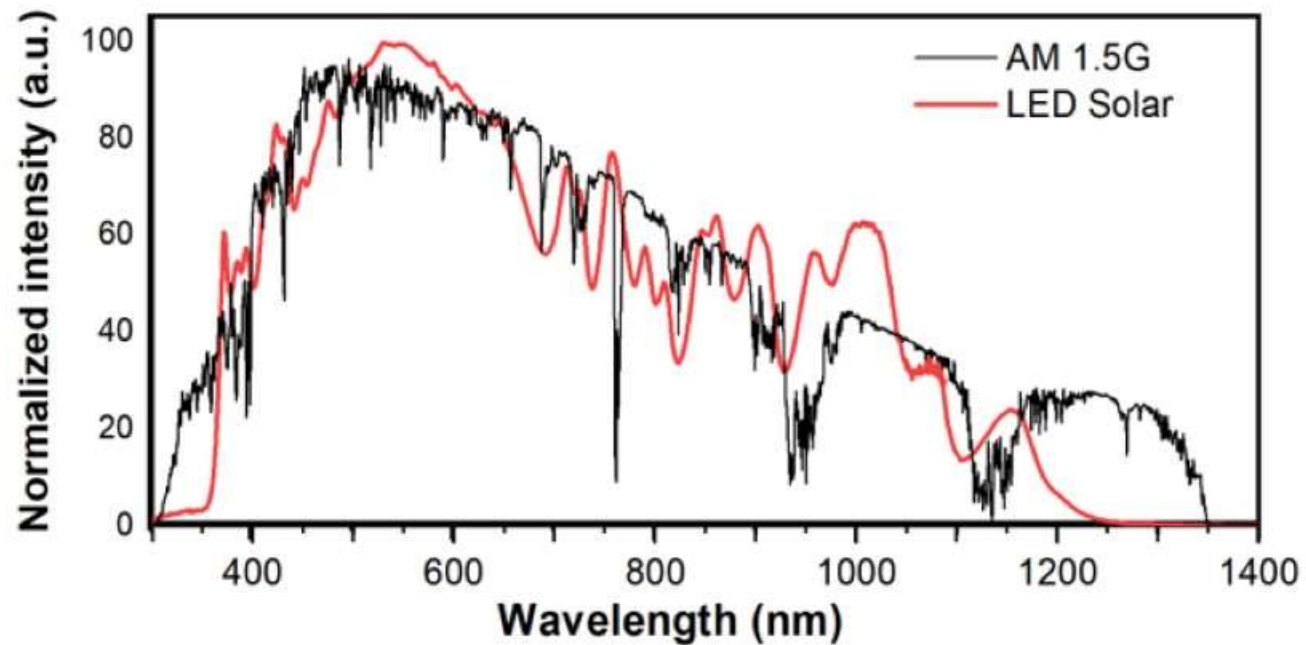


◆联合广州、台湾芯片生产商，打破欧美及日本对关键波长的垄断，实现紫外到中红外全波长覆盖，满足最新AM1.5G IEC 60904-9:2007/2020 Class 3A标准（最高标准）

## 项目技术的先进性

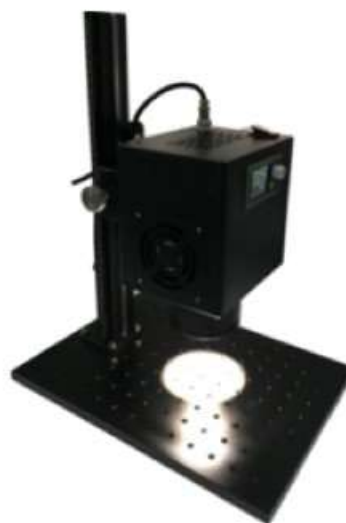
1

AM1.5G IEC 60904-9:2020 Class AAA  
300-1200nm



2

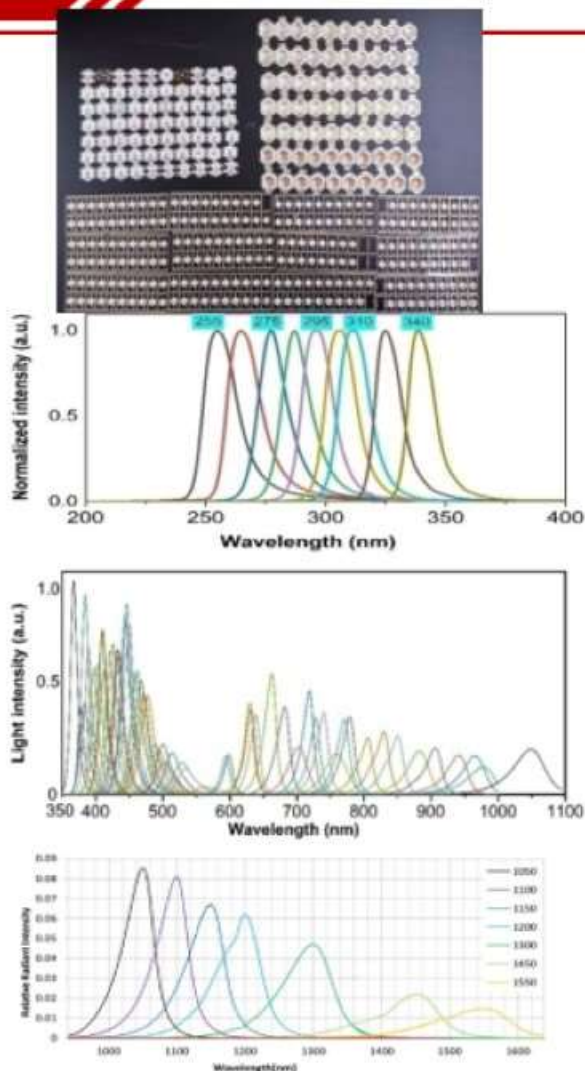
模块拼接, 大面积  
6cm\*6cm 至 1m\*1m



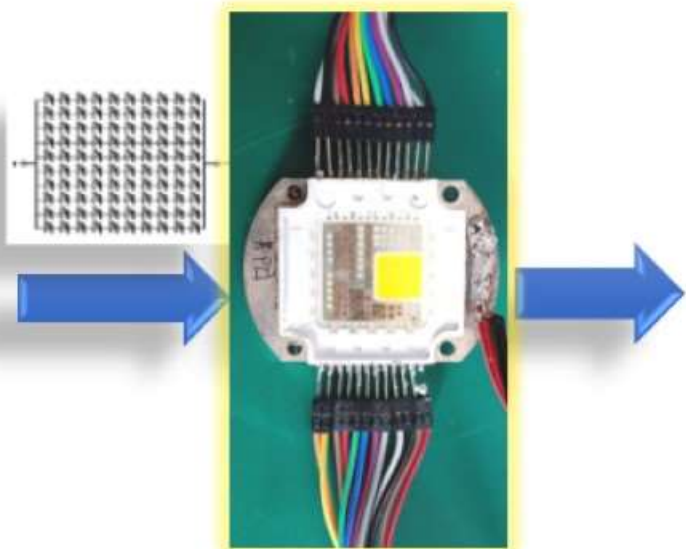
# 三、核心技术及产品

## (一) 核心技术

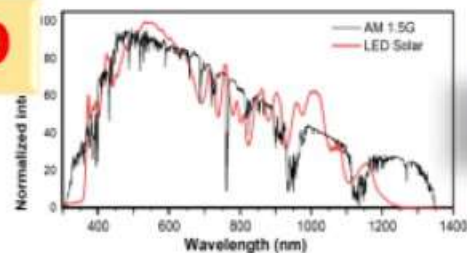
### 1、太阳光模拟面光源LED



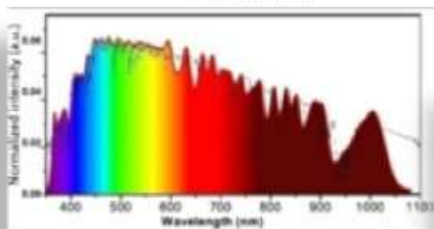
优选100多种波段  
LED及荧光粉



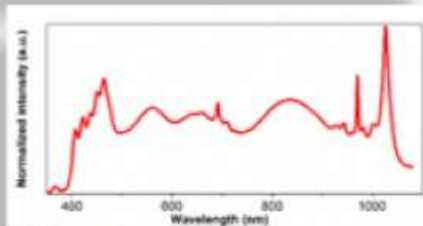
模拟计算、设计生产了  
太阳光模拟面光源LED



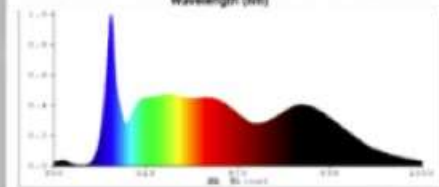
A 350-1200nm



B 350-1100nm  
400-1100nm



C 400-1100nm



D 400-950nm

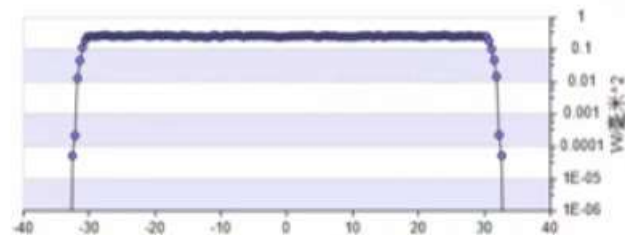
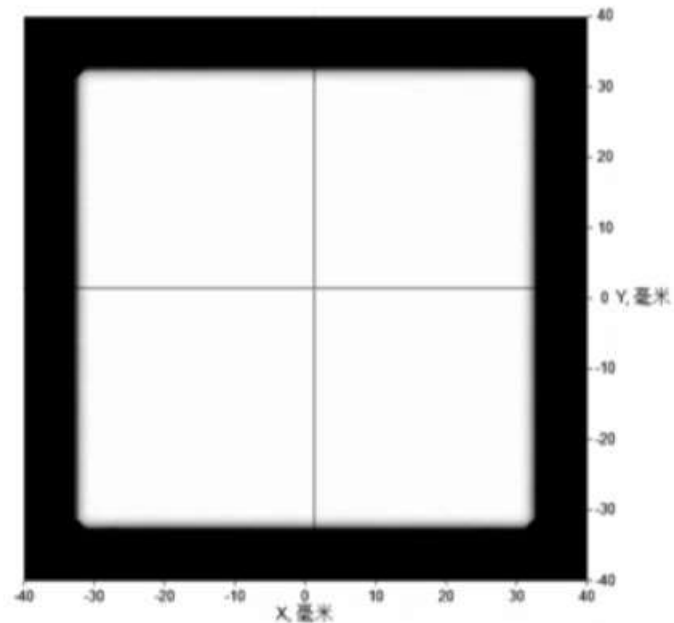
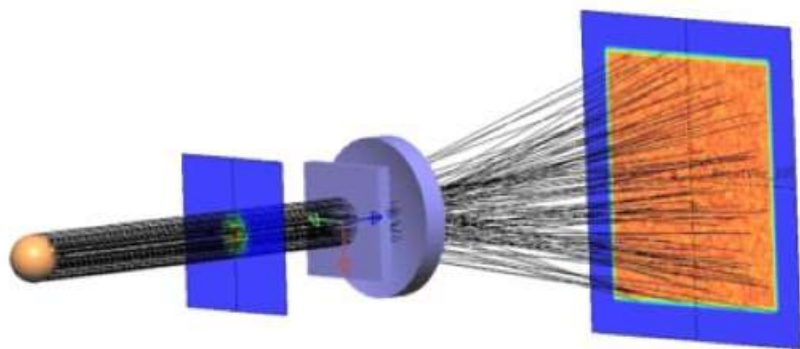
多种光谱/型号 LED太阳模拟光源

实现了350-1200nm的宽光谱覆盖，光谱匹配A级

# 三、核心技术及产品

## (一) 核心技术

### 2、特殊设计的光学透镜匀光系统



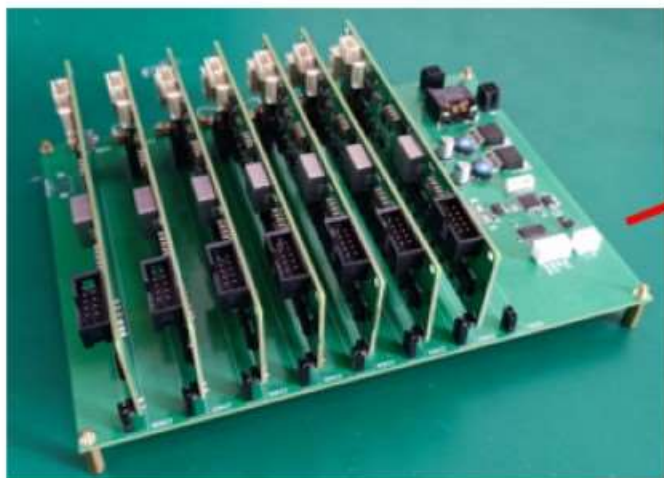
保证了光强空间均匀，达到A级

## 三、核心技术及产品

### (一) 核心技术

#### 3、专用电源控制系统

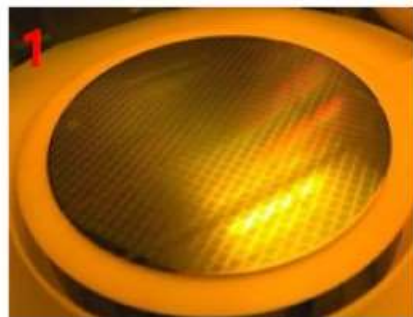
独立开发了LED太阳模拟光源专用的多路数字控制电源、单片机、计算机智能控制系统。



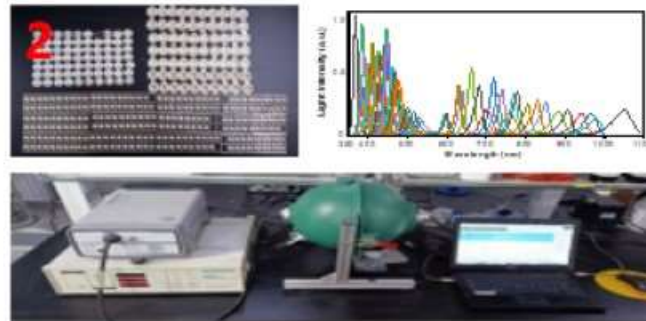
保证了光强的时间稳定性，达到A级

# 核心技术、工艺流程

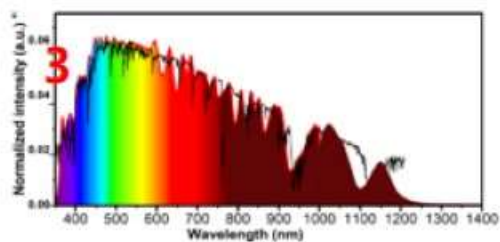
1、芯片生产



2、芯片检测



3、光谱模拟



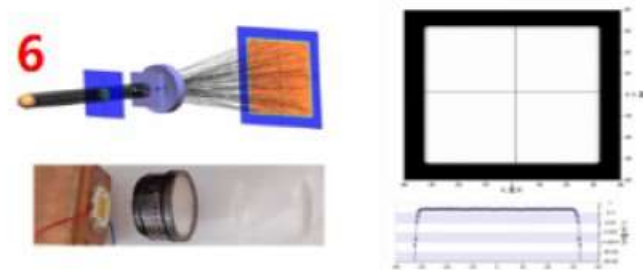
4、封装调试



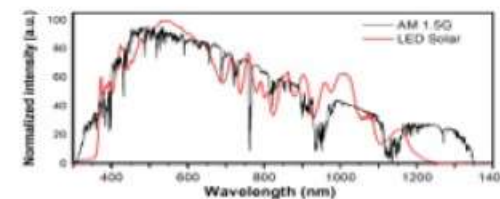
5、电路开发



6、光路设计



7、总装老化



# 三、核心技术及产品

## (二) 产品简介

本项目产品已形成以LED太阳模拟光源为核心的系列仪器，已形成五大种类十余型号产品线，并已在LED太阳模拟光源市场占有一席之地。

### 1、全光谱LED太阳模拟光源系列

以自主开发的符合AM1.5G 2020 AAA标准LED灯板为模块、可按客户要求实现不同尺寸拼接。

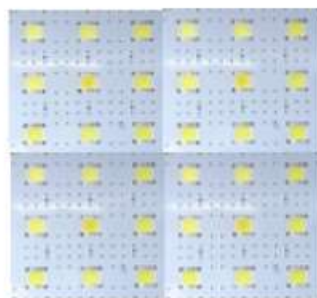
光谱匹配在国内领先，国际先进！



小面积



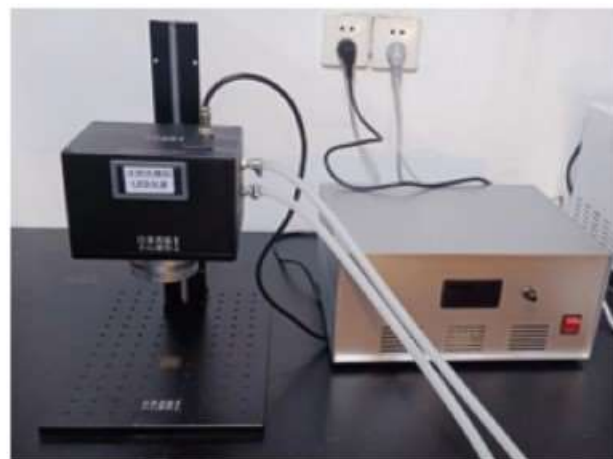
大面积



模块拼接超大面积

### 2、超高光强LED太阳模拟光源

超过200个太阳光强，光斑25\*25mm



国内最高光强，国内唯一！

系列  
产品

- 1、太阳模拟光源SLSLED-6060A+
- 2、太阳模拟光源SLSLED-6060A
- 3、太阳模拟光源SLS-LED-80

- 4、箱体式LED太阳模拟光源
- 5、多路可调太阳模拟光源DLKT-6060A+
- 6、大面积多路可调太阳模拟光源DMJDLKT-250A+

# 三、核心技术及产品

## (二) 产品简介

### 3、超多波长LED单色光源

集成255-1650nm所有波长LED单色光



多通道多波长LED单色光源



单通道超多波长LED单色光源

全世界体积最小集成波长最多LED单色光源!

### 4、多波长光催化反应器

实现光催化反应器智能化转变  
9波长8/16孔位智能反应系统



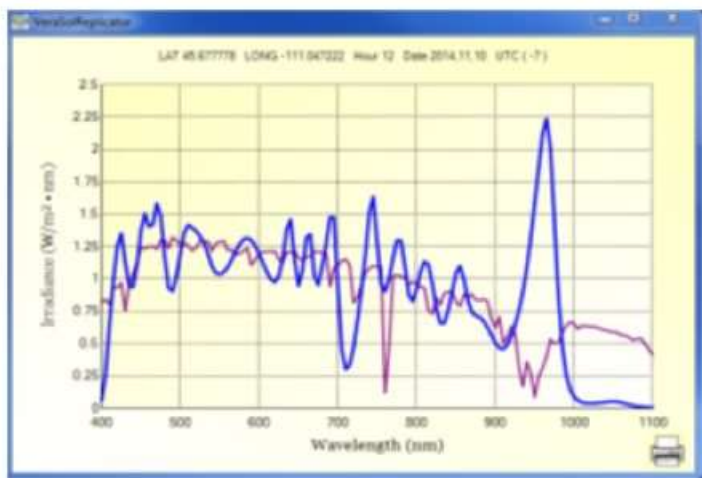
### 5、新材料高通量自动合成系统

一种可迅速扩展纳米新材料合成  
的高通量反应系统。



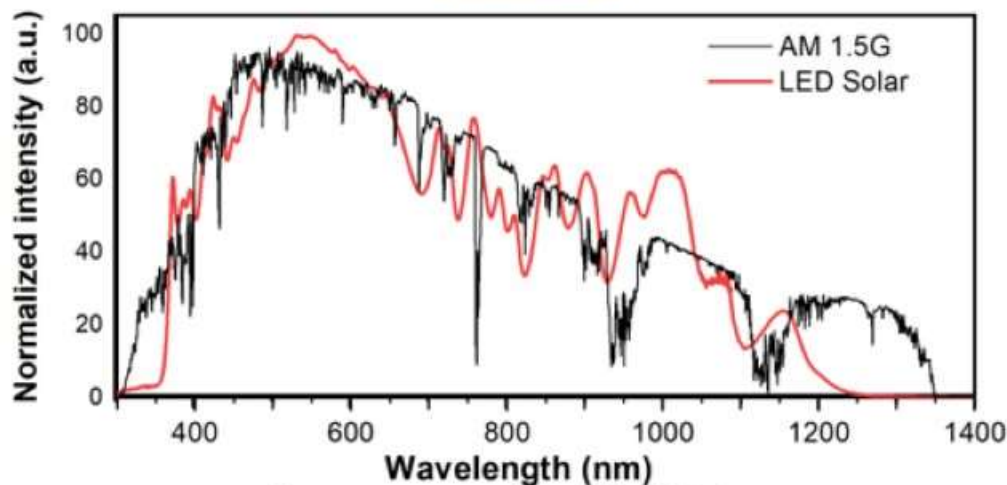
# 三、核心技术及产品

## (三) 竞品分析



美国Newport LED太阳光模拟器

30万/台



本项目LED太阳光模拟器

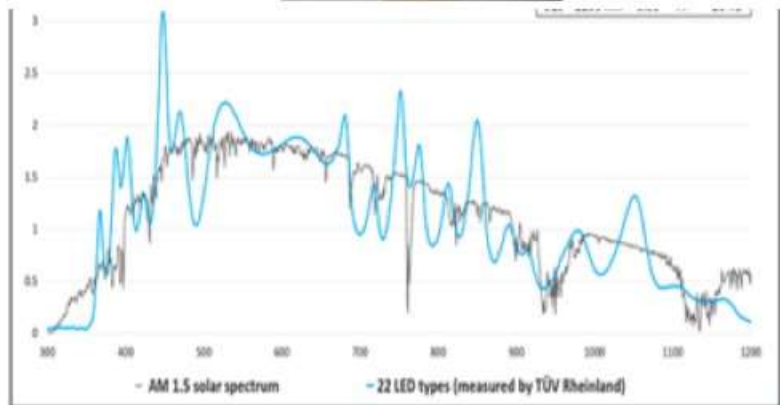
10万/台

VS

与行业顶级美国Newport氙灯光源相比，本产品光谱范围更宽、匹配更好、成本可控、全产业链可控，明显优势。

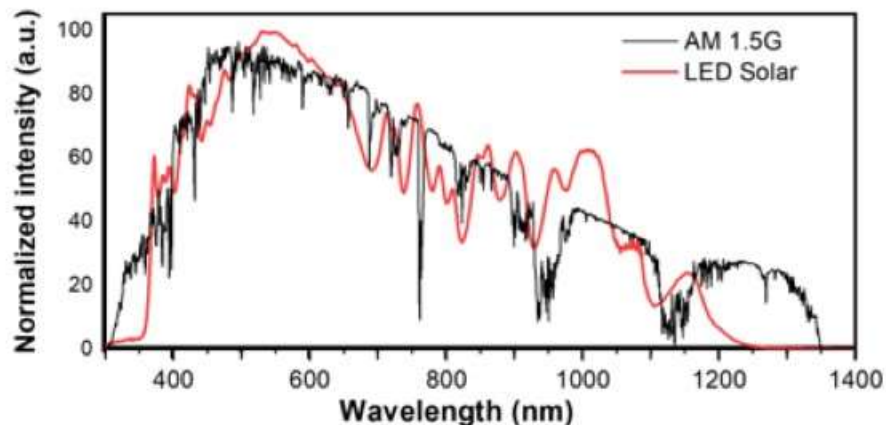
# 三、核心技术及产品

## (三) 竞品分析



意大利 Ecoprogetti LED太阳光模拟器

90万/台



本项目LED太阳光模拟器

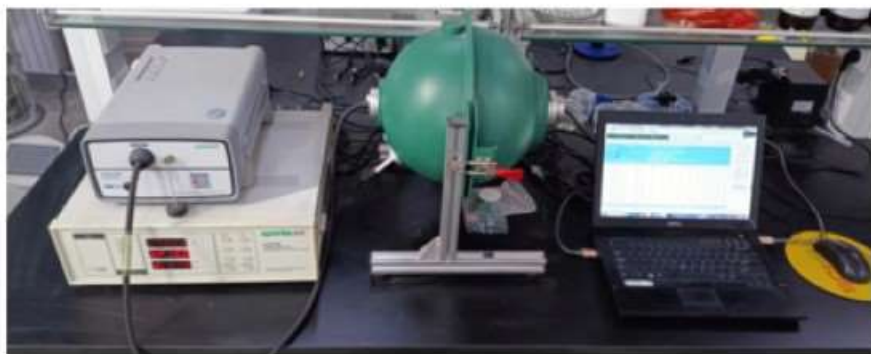
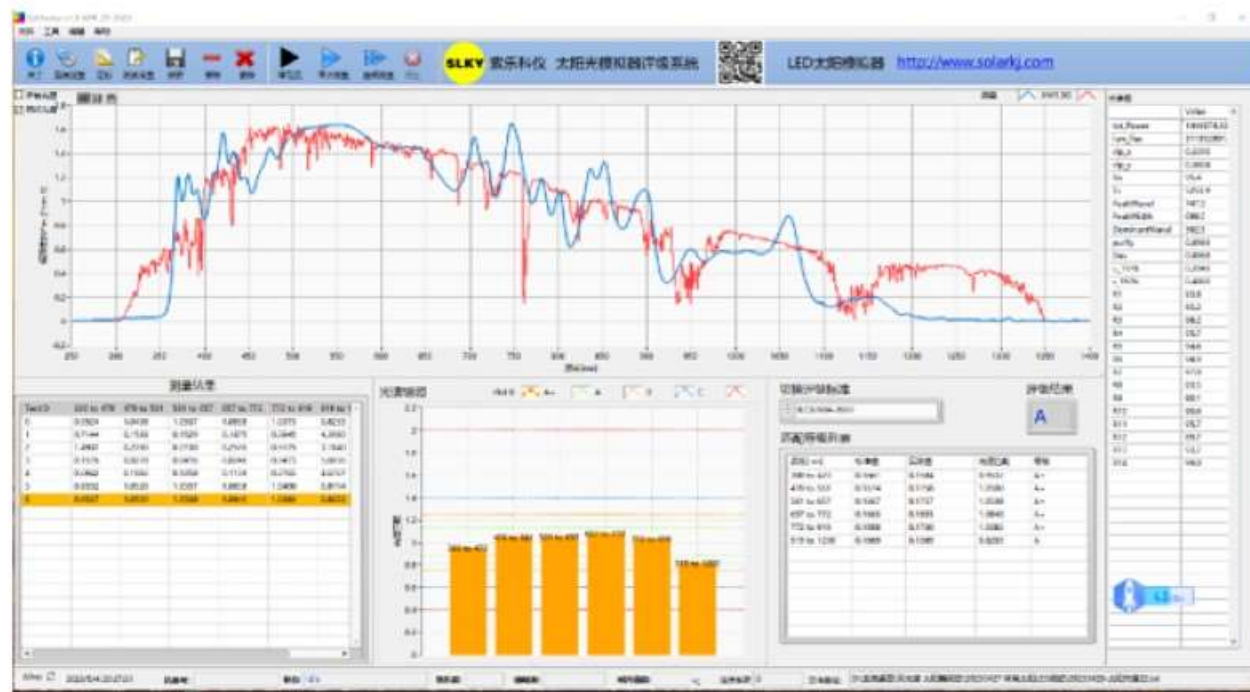
30万/台

VS

与行业顶级意大利 Ecoprogetti 太阳光模拟器相比本目光谱尖峰少、光谱匹配更好。

# 四、项目条件

本项目具有完善的生产、测试设备：  
贴片机、LED光色电测试系统、数字源表、标准电池、太阳光模拟器测试系统等



## 五、项目目标客户及订单情况

### 目标客户

- ◆ 研究所和高校测试新型太阳能电池、光化学反应等。
- ◆ 光伏行业公司用于测试各种太阳能电池等。
- ◆ 日用化妆品公司用于测试各类护肤品的质量。
- ◆ 航空航空公司用于模拟太空光环境。
- ◆ 军工、船舶公司用于各种底下、舰船内部健康照明。

### 订单情况

目前已与上海电器集团、中科院青岛能源所、浙江大学、南京大学、四川大学、西北工业大学、哈尔滨工业大学、西安交通大学、山东大学、中山大学、上海大学、广东工业大学、青岛科技大学、山东科技大学、西安理工大学、青岛农业大学、五邑大学等单位合作。

## 六、拥有自主知识产权

名称	类型	授权国家	权利获得(申请)时间	权利证书(申请)编号	全部权利人名称	是否本次申报项目核心技术
一种高度集成近连续超多波长单色光源系统	发明	中国	2022. 7. 22	ZL202221882381. 7	青岛索乐科仪高新技术有限公司	是
一种高度集成近连续超多波长单色光源系统	实用新型	中国	2022. 7. 22	ZL202210858612. 9	青岛索乐科仪高新技术有限公司	是
一种镶嵌式TiO <sub>2</sub> 纳米棒簇周期阵列提高LED发光效率的方法	发明	中国	2019. 8. 02	ZL201711477355. X	青岛科技大学	是
A Blue Light-Excited White LED Based on Luminescent Gold/Silver Alloy Nanocluster	发明	澳大利亚	2021. 2. 7	2021100752	青岛科技大学	是

## 第二篇 化学化工方向



# 目录 / CONTENT

## ■ 化工系统工程方向

1. 过程系统工程创新团队
2. 清洁化工生产与过程强化创新团队
3. 计算机与化工研究所团队

## ■ 工业催化方向

1. 生物质转化泰山学者创新团队
2. 高效催化新工艺开发创新团队
3. 工业催化创新团队
4. 绿色催化合成与强化创新团队

## ■ 多相流反应分离方向

1. 过程强化创新团队
2. 绿色能源化工创新团队
3. 化学工程泰山学者创新团队

## ■ 精细化学品合成方向

1. 冯柏成教授团队
2. 武玉民教授团队
3. 黄龙江教授团队
4. 夏亚穆教授团队



# 国家杰青-李金恒团队简介

## 李金恒 教授

享受国务院政府特殊津贴，国家杰青，国家“万人计划”领军人才，科技部创新人才推进计划中青年科技创新领军人才，教育部新世纪优秀人才支持计划。



胡明



欧阳旋慧



秦景灏

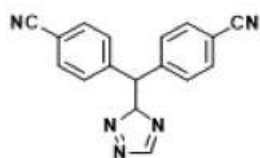


吴双

## 李金恒教授 博士生导师

化工学院院长，主要从事有机合成化学、有机功能分子合成、精细化工和催化化学等方面研究。研究应用于医药和农药中间体、有机高分子功能材料助剂、高端化学品等高附加值有机功能材料合成方法及其合成工艺优化等领域。先后担任国家自然科学基金会评专家和省自然科学基金评委等。独立开展工作以来，主持国家自然科学基金等各类项目20余项。

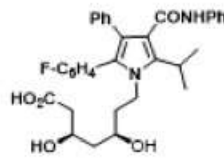
## 研究成果一：高生物活性医药、手性药物、农药等精准合成及药物骨架修饰



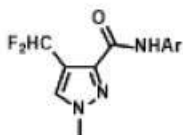
抗癌药物弗隆



化学医药



降血脂药物立普妥  
(手性药物)



杀菌剂



化学农药



药物骨架高效修饰

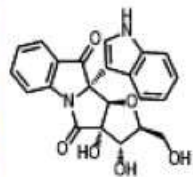
## 研究成果二：染料、天然产物和有机功能分子等高效合成



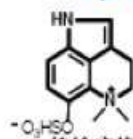
染料



天然产物



板蓝根

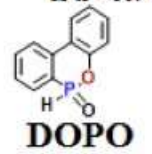


蛤蚧蜕皮素

主治小儿疳疾



蛤蚧：蛤蚧表皮腺体的分泌物



DOPO  
有机功能分子  
(阻燃剂)

## 研究成果三：中药外用方标准化制剂及其应用，以及主要成分标准品制备



- 临床
- (1) 中药标准品
- (2) 申报处方药
- (3) 获取高活性化合物并修饰

## 团队研究成果：

团队负责人以通讯作者发表论文350余篇，期刊论文他引次数超过15000次，2014年起连续入选爱思唯尔(Elsevier)“中国高被引学者”。参与撰写学术专著2章，申请专利(含授权专利)共50余件，荣获省科学技术奖自然科学奖一等奖3项、二等奖1项。





# 国家优青-李雁涛团队简介



李雁涛  
教授 博士生导师



陈永伟 副教授



刘涛 副教授



杜珊珊 副教授



雷研 讲师



陈祥艳 博士后



韩瑜 博士



李俊琦 博士



董殿权 博士

## 团队简介

团队负责人李雁涛教授，博士生导师，国家高层次海外引进人才，本团队主要致力于开发新型纳米生物医用材料在癌症的诊断和治疗、基因的递送和表达、骨组织的再生和修复等方面的应用。现有教授1名，副教授3名，讲师1名，博士后1名，在读博、硕士研究生20名。

## 科研方向和内容

研发新型纳米医用复合材料，通过组分、结构、性能等的优化和调控，拓展其在生命医学及相关领域的应用。

### ➤ 癌症的诊断和治疗

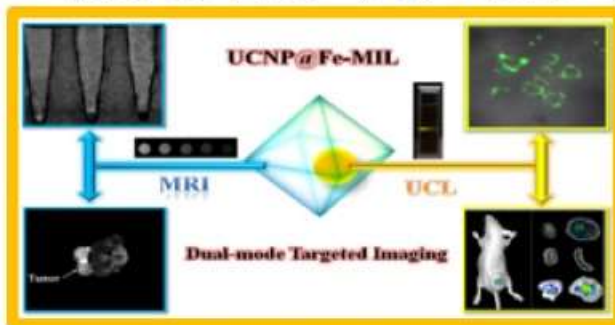
成功研发出多种新型用于癌症诊断和治疗的纳米医用试剂，包括：光磁双模式肿瘤靶向成像剂、癌变早期监测传感剂、光热/化疗协同癌症治疗试剂等。

### ➤ 基因的递送和表达

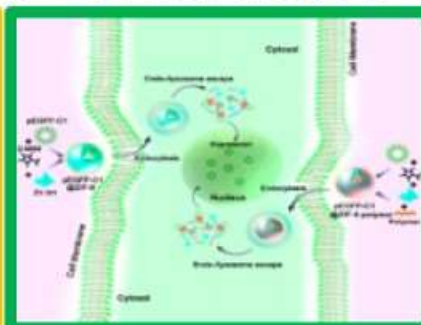
成功研发出多种新型纳米基因转染试剂，包括：DNA基因转染试剂、RNA基因转染试剂等。

### ➤ 骨组织的再生和修复

成功研发出多种新型促骨组织再生的纳米复合支架材料，包括：2D或3D纤维支架材料等。



光磁双模式肿瘤靶向成像剂



DNA 基因转染试剂



早期肺癌癌变监测试剂

- (1) 承担国家自然科学基金项目5项、省部级项目6项，合计约600万元。
- (2) 承担澳洲国家科学基金项目1项，澳洲国家工业项目2项，合计约600万元。
- (3) 同国内外企业、公司建立合作关系5项。
- (4) 在 *J. Am. Chem. Soc.*, *Adv. Mater.*, *Carbohydr Polym* 等国际知名学术期刊发表学术论文60余篇。



公司、企业合作伙伴



# 化工系统工程方向-项曙光团队简介



项曙光 教授

青岛科技大学教授，博导  
过程系统工程研究所所长  
山东省化工过程工程技术中心主任



田文德 教授

孙屹岩 教授

夏力 副教授

华荣山 副教授

陶少辉 副教授



赵文英 副教授

赵军 博士、讲师

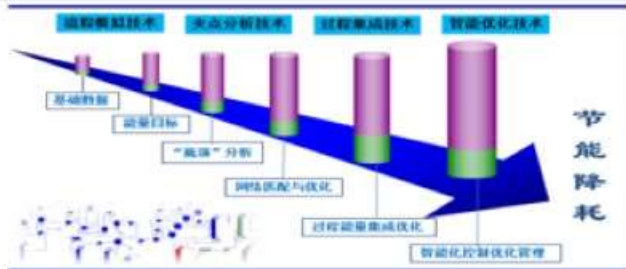
王希军 博士、讲师

王丽丽 博士

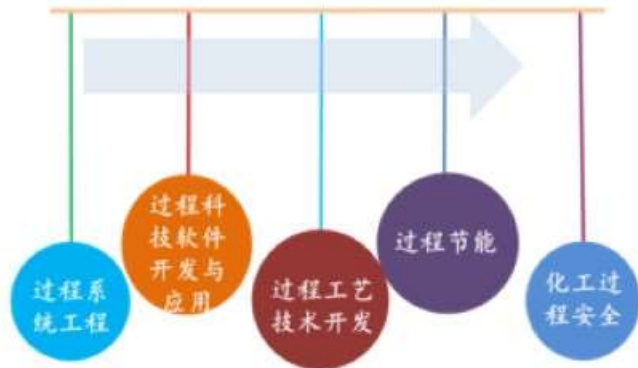
滕俊峰 博士

## 过程模拟、能量诊断与节能:

利用先进的过程模拟技术、夹点技术、换热网络综合以及过程强化与集成技术，对石油、化工等流程工业能量利用效能进行评估诊断，针对系统用能不合理处进行“瓶颈”分析，给出优化的工艺操作参数与换热网络方案，提高装置用能效率，实现碳减排。在常减压、乙烯、苯乙烯以及硝钠盐等多套炼化、化工装置上得到应用，取得了良好的经济效益和社会效益。



## 特色研究方向



## 过程新技术开发及产业化:

利用先进的过程信息技术与工程技术，在实验室小试基础上，运用过程模拟技术对新工艺进行开发，并形成完整工艺包，降低研发成本，提高研发效率。与烟台万华联合开发的具有国际先进水平拥有自主知识产权的MDI制造技术，获国家科技进步二等奖；获其它市级以上奖励十余项。近十年来，相继开发了近20项工艺技术，在环氧丙烷、氯丙烯、氯乙酸、咪唑连续化生产等多项技术实现产业化并授权国家发明专利。



## 项曙光教授 博士生导师

运用先进的过程信息技术与工程技术，按照信息论和系统论的思想，围绕过程科技软件开发、过程工业新产品、新工艺、新技术开发，化工过程智能化、过程模拟与仿真、过程节能与安全等方向进行积极的探索与创新。

## 过程科技软件开发:

OPEN优化工程师软件是由青岛科技大学过程系统工程研究所与中国石化石化盈科联合研发的，拥有自主知识产权，面向流程工业的通用流程模拟和知识库软件，软件拥有丰富的基础物性数据、热力学数据、热力学模型、单元操作模块、先进的求解计算方法以及友好图形用户界面，可方便、高效实现对石油、化工过程的数学模拟。已经成功用于常减压、加氢重整、芳烃联合以及乙二醇三效蒸发等40余套装置的模拟与优化。



# 化工系统工程方向-朱兆友团队简介

## 团队简介:

朱兆友教授、博导，“享受国务院津贴”专家，2007年组建清洁化工生产与过程强化创新团队，主要研究方向为过程工业清洁生产和过程系统工程。目前团队拥有教授2名、副教授5名、讲师1名，博士后1名，在读博士研究生6名，硕士研究生47名。

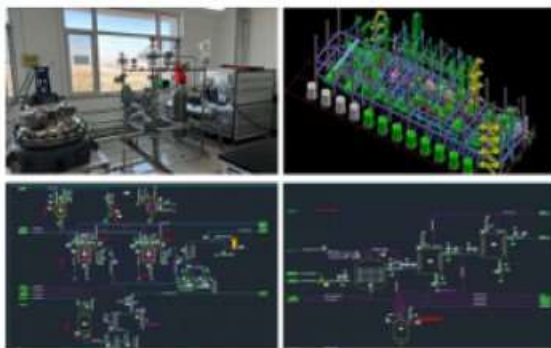
## 产业项目:

### 化工精馏过程强化及资源化处理技术

- (1) 采取吸收-吸附-催化集成工艺对废气进行分段耦合处理，实现溶剂资源化回用和废气零排放。
- (2) 发明了压敏性共沸物分离和侧线采出双循环变压精馏技术及热集成混合萃取剂协同萃取精馏技术，实现传质强化和节能降耗。
- (3) 发明了梯度再生资源化技术，实现了固体废弃物资源化利用。

### 化工过程连续流智能制造技术

- (1) 研究流体传质传热机理，设计开发连续化生产温度控制方案，实现高放热量、高速率稳定连续化生产。
- (2) 开发出适用于气、液、固三相反应体系的连续化反应装置，突破性解决生产时间冗长、产品质量波动大的瓶颈难题。



## 团队成果:

- (1) 团队近五年获批国家自然科学基金面上项目4项，青年基金4项。
- (2) 与新华制药等省内重点化工企业20余年的合作发展中，完成企业委托科研开发项目80余项。
- (3) 获山东省科技进步一等奖、中国化工学会科技进步一等奖、中国发明协会发明创业奖创新奖一等奖和第十九届中国专利优秀奖等国家、省、市级奖励10余项。
- (4) 相关成果授权发明专利80余项，在化工领域著名的 *Chemical Engineering Journal*、*Industrial & Engineering Chemistry Research*、*Chemical Engineering Science* 等期刊发表SCI论文190余篇。





# 化工系统工程方向-计算机研究所



## 团队简介 郑世清教授 博导

主要从事化工过程模拟与优化、过程强化、节能减排新技术与新产品的开发。团队现有教授2人、副教授5人，博士后1名，在读博士研究生4名，硕士研究生21名，平台外聘研发人员26人。

团队承担国家、省部委及企业项目150多项；获国家、省部级成果奖15项，其中包括国家科技进步二等奖2项。工程化学模拟系统ECSS推广100余家，获得国家科技进步二等奖。“MDI制造技术开发”获得国家科技进步二等奖。“TDI制造技术”获甘肃省科技进步一等奖、中国兵器工业集团科技进步一等奖。

**研发平台**  
 万华-青科大联合创新中心  
 中国兵器工业集团聚氨酯产品开发中心

## 研究方向



## 成套工程化技术

1. 年产20万吨轻溶剂法TDI生产技术
2. 间苯二胺水解制间苯二酚、间氨基苯酚技术
3. 年产5万吨乙醇胺工程化技术
4. 硫酸浓缩技术
5. 3,4' /3,5' -二氯苯基异氰酸酯生产技术





# 生物质转化泰山学者创新团队

## 团队主要成员



于世涛 教授  
博士生导师

于世涛  
教授 团队



李蕊 博士  
教授、博导



刘仕博 博士  
教授、博导



于海龙 博士  
副教授、博导

## 主要成果

### 催化剂的应用领域

1. 实现了修饰纤维素酶在离子液体体系，强碱体系、NaOH/尿素体系，DES体系、超临界二氧化碳体系下对纤维素的高效均相酶解。

2. 在离子液体体系下制备出高稳酸性微介孔分子筛；该催化剂催化木质素自氧化，高选择性地制备高 藜芦酸和高香草酸，便于后续分离纯化。

### 高附加值精细化工产品的研发与工业应用

研发了新型高效催化-阻聚体系，高效合成了衣康酸羧酸酯、衣康酸酐等系列高值精细化工产品，解决了原有工艺造成产品成本高的技术难题。

### 生物质基材料的定向构建筑及高值化应用

对生物质资源水热碳化生成炭材料的反应路径和产物结构组成进行了详细的分析，揭示木质纤维基炭 材料的水热形成机制。

## 团队成就

1. 获批泰山学者团队项目1项，山东省高等学校“青创人才引育计划”1项。
2. 主持省部级以上项目50余项。
3. 获中国石化协会科技进步一等奖2项、二等奖3项和山东省科技进步二等奖3项。
4. 在Applied Catalysis B, Green Chem等期刊发表SCI和EI收录论文60篇；出版《固体酸与精细化工》学术著作1部。
5. 申请国家发明专利43件，授权31件。





# 工业催化方向-丁军委团队简介



## 丁军委 教授

团队负责人丁军委教授，博士生导师。主要从事催化加氢新工艺及新型催化剂开发、芳香族化学品硝化及氯化新工艺开发等领域研究。荣获得省、市级奖励4项，完成横向科研项目及省部级基金项目20余项。



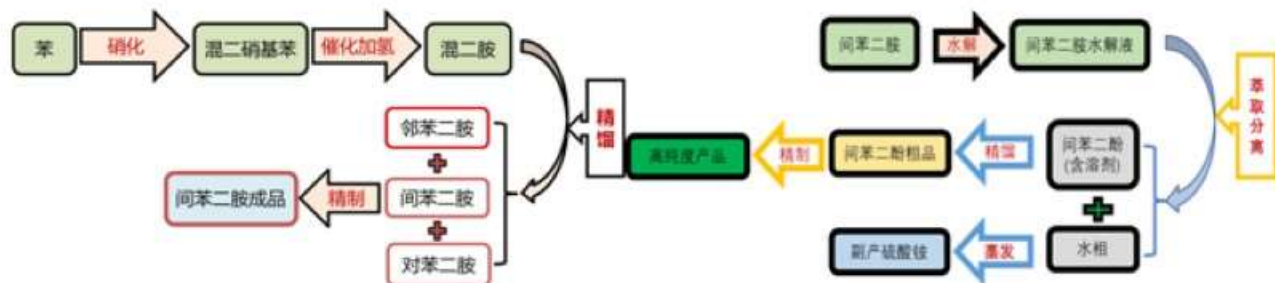
☆成熟的产业化项目——橡胶抗氧化剂关键中间体（RT-培司）以及抗氧化剂6PPD、IPPD成套工业化生产技术



★通过对RT-培司反应机理及产物分离的深入研究，解决了副反应的控制以及催化剂的循环使用、回收、能量梯级利用等问题，使RT-培司生产技术突破了目前专利的封锁。

★该技术所达到的综合消耗水平为国内最低，产品质量处于一流水平。

☆成熟的产业化项目——间苯二胺及间苯二酚成套工业化生产技术



★开发了新型催化加氢工艺，使催化剂消耗降低了40%。

★间苯二胺达到聚合级（99.98%），邻苯二胺达到99.8%以上纯度，对苯二胺达到99%以上纯度。

★硝化红水采用连续分解处理法去除硝基酚类物质，有效降低了三废排放，实现了苯二胺产品的高效绿色制备。

# 绿色能源化工创新方向-王广建团队简介

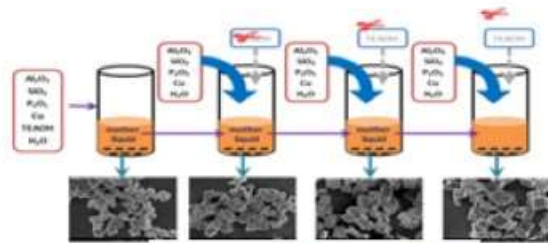
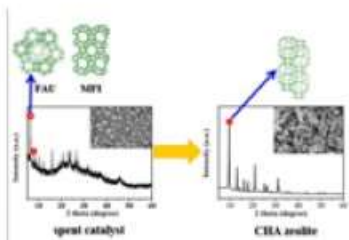


王广建 教授



## 团队研究方向

分子筛类催化新材料合成制备、油品脱硫、脱氮、脱氯催化剂制备及应用、加氢脱氢催化剂制备及应用



《煤焦油加氢系列催化剂在煤清洁分质加工中的工业应用》项目，研发出适于级配的专用加氢处理系列催化剂及成套的集成与优化组合工艺新技术，为企业新增利税 **40多亿元**；



## 工业推广项目



- 《低碳烷烃催化脱氢制备烯烃关键技术开发》项目，已完成工业小试，正在装填**10吨**催化剂的反应器上进行实验，完成后可带来直接效益**2000万**以上；
- 《低温高性能HPA加氢制NPG催化剂的关键技术开发》，已完成实验室小试试验，中试筹备中。
- 《FCC废催化剂绿色转化关键技术开发》，已完成转晶制备高附加值分子筛实验室小试，该技术具备突出环保及成本优势。

团队负责人王广建教授，博士生导师，主要从事工业催化、能源化工相关材料制备及应用、工艺开发、反应器设计与优化等的研究。申请发明专利20余项，获得中国石油和化学工业联合会科技进步一等奖1项，三等奖1项，省部级科技进步一等奖2项。



# 工业催化方向-吕志果团队简介

## 团队简介

- 团队负责人：吕志果博士，院教授、博士生导师，生态化工国家重点实验室(培育)副主任，青岛市绿色与智慧化工技术创新中心主任
- 团队成员：张超博士、副教授；郭振美副教授
- 团队一直致力于精细化学品催化合成、化工过程强化及催化新材料制备技术研究，注重应用催化氧化、催化加氢、羰基化、酯化等绿色化学反应新技术升级改造单元传统药物及中间体、精细化学品合成工艺，提高其原子经济性，并获得了一些创新性成果
- 主持国家级项目3项、省部级项目4项，横向项目30余项
- 获省部级科技进步一等奖1项、二等奖2项、三等奖2项
- 获授权国家技术发明专利10余项

## 团队专有技术及可产业化项目

1. 醛、酮、酯加氢制醇工艺及催化剂技术
2. 烯烃、二烯烃、席夫碱饱和(选择)加氢催化剂及工艺技术
3. 环氧乙烷氢酯基化-加氢制1,3-丙二醇工艺及催化剂技术
4. 芳醇羰基化制芳基丙酸类洛芬药物清洁合成技术
5. 低碳醛空气氧化制有机酸工艺技术
6. 双氧水绿色氧化环烯烃制二元酸、酸酐、酰肼工艺技术
7. 羟醛缩合/季先科/歧化合成二元醇/酸酯涂料助剂技术
8. 有机酸酯化合成香精香料精细化学品技术





# 过程强化方向-王伟文团队简介

## 团队简介

团队围绕化工、高端新材料等行业高效、清洁生产的重大需求，注重源头创新和应用研究，探索多场耦合的多相流动与传递调控规律，建立核心装备的放大与优化模型，形成过程强化设备；开发化工过程集成与优化新工艺，实现工业过程的绿色生产。现有教授5名、副教授6名，博士后1名，在读博、硕士研究生36名。

## 产业化项目

- 化工过程核心装备研发
- 基于过程集成的绿色化工新工艺研发

## 团队成果

- (1) 承担国家自然科学基金项目6项、国家示范工程及省部级项目10余项。
- (2) 承担齐鲁石化、鲁西化工、新疆天业、唐山三友等大型企业委托项目200余项。
- (3) 获山东省技术发明一等奖、中国石油和化学工业联合会技术发明一等奖、中国专利优秀奖等省部级以上科技奖励8项。
- (4) 在Chemical Engineering Science等国际知名学术期刊发表学术论文200余篇，申请和授权发明专利80余项。



王伟文  
教授 博士生导师  
山东省重点实验室主任



张自生教授



陈光辉教授



姚继海教授



董殿权教授



李红海副教授



高飞副教授



屈树国副教授



李超杰讲师



杜蕾讲师



李龙讲师



# 绿色能源化工创新方向-宋红兵团队简介

## 团队简介



宋红兵, 教授、  
博导



肖盟  
副教授、  
硕导



黄婷婷  
副教授、  
硕导



朱全红  
副教授、  
硕导

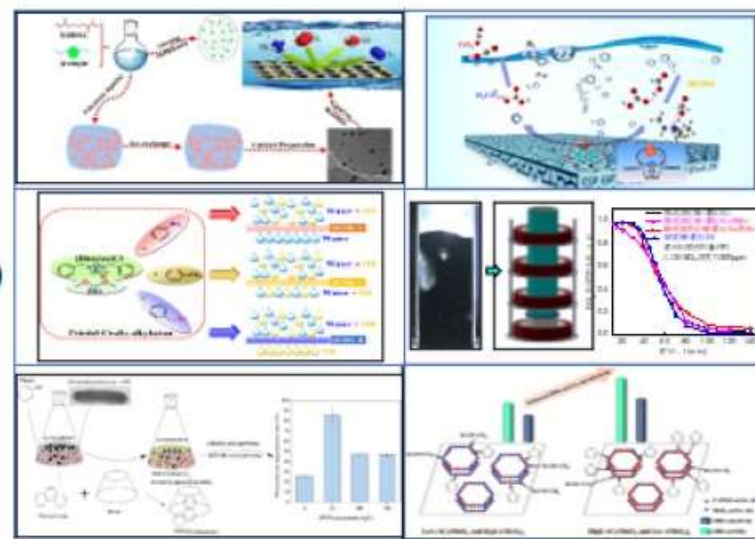
团队负责人宋红兵教授, 博士生导师, 团队专注于化工过程尤其是能源化工过程污染物治理新技术、环境友好催化剂、油水分离材料、二氧化碳的捕集与利用、加氢脱硫、生物环境化工新工艺的开发, 致力于解决能源化工过程的部分关键科学和技术问题。

## 技术开发

- 环境友好催化剂的开发
- 二氧化碳的捕集与利用
- 油水分离新材料的开发
- 废弃物的资源化利用 (煤焦油的无碱化提酚)
- 清洁油品生产技术的开发
- 多相反应器数值模拟及过程强化
- 微生物降解有机污染物技术的开发
- 微生物提高原油采收率

## 团队成果

获批国家自然科学基金项目4项, 山东省自然科学基金1项, 企业委托等横向项目20余项, 在Appl Catal B: Environ, Chem Eng J, Green Chem, J Clean Prod等国内外期刊上发表SCI论文百余篇, 授权专利10件, 获中国石化联合会科技进步一等奖, 山东省高等学校科学技术一等奖。主要围绕绿色化工方面从事绿色催化和可持续化工过程、催化新材料、油水分离材料、CO<sub>2</sub>的捕集与利用、脱硫技术、多相反应器数值模拟及过程强化以及微生物菌种的培育。





# 多相流反应方向-郭庆杰团队简介

## 团队简介

郭庆杰 教授、博导，国际知名流态化工程专家、化学链燃烧/气化工程专家。入选国家百千万人才工程、国家有突出贡献的中青年专家、德国洪堡学者、山东省首批泰山学者特聘教授，享受国务院政府特殊津贴。目前团队拥有教授1名、副教授4名，在读研究生28名。研究领域包括流态化工程、化学链技术、废弃物资源化利用。



郭庆杰, 教授, 博导



田红杰  
副教授, 硕导



刘永卓  
副教授, 硕导



王凌云  
副教授, 硕导

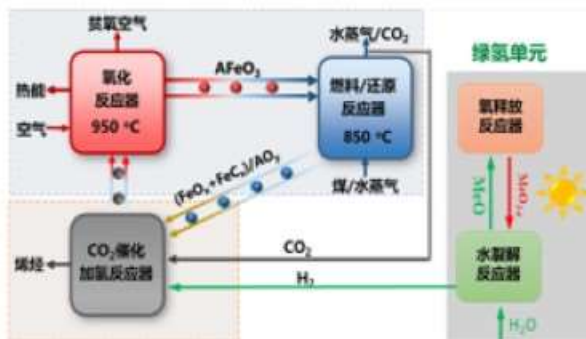


吴景  
副教授, 硕导



## 技术研发

- 煤/生物质化学链燃烧/气化/热解 (碳捕集)
- CO<sub>2</sub>加氢制含氧燃料、制烯烃 (碳利用)
- CH<sub>4</sub>化学链重整、水裂解制氢 (绿氢)
- 固废资源化/能源化 (废塑料、污水污泥、煤灰等)
- 废气无害化 (SO<sub>2</sub>、NO<sub>x</sub>、VOCs)
- 废水资源化 (有价金属、高盐高COD废水)



新能源-化石能源互补化学链燃烧CO<sub>2</sub>捕集耦合催化转化技术



百吨级煤炭化学链燃烧/气化中试装置



万吨级煤炭化学链燃烧/气化工业示范

## 团队成果

主持获批国家“863”项目、国家重点研发计划、国家自然科学基金、山东省杰出青年基金等省部级科研项目35项，企业委托、国际合作等横向项目5项；在AICHE J.、Chem. Eng. J.、Chem. Eng. Sci.、Ind. Eng. Chem. Res.、Fuel等化工、催化及能源领域主流期刊发表论文350篇，其中化工三大刊45篇；授权美国、中国发明专利50余件；获山东省技术发明奖二等奖、自然科学奖三等奖、中国石油与化学工业联合会技术发明一等奖、中国颗粒学会奖自然科学二等奖等省部级奖励11项；主编出版专著《温室气体二氧化碳捕集和利用技术进展》1部。



废旧塑料颗粒包覆技术



微藻快速热解技术



光催化分解VOCs技术



# 精细化学品合成方向-冯柏成团队简介



**冯柏成 副教授 硕士生导师**

主要从事精细化工、有机电合成、材料及中间体的合成和开发、连续流反应设备及技术等领域研究。

## 团队研究成果:

## 团队研究方向:

- (1) 聚酰亚胺(PI)材料单体
- (2) 光刻胶光敏材料
- (3) 锂电池电解液添加剂
- (4) 电化学电解氯化
- (5) 微通道连续流反应
- (6) 化妆品添加剂

二胺二酐类明星产品					光酸类明星产品			
<p>4,4'-二氨基二苯胺</p> <p>纯度 &gt; 99.5% 金属离子 &lt; 1ppm</p>	<p>3,5-二氨基-N-(3-吡啶基)苯甲酰胺</p> <p>纯度 &gt; 99.5% 金属离子 &lt; 1ppm</p>	<p>1-十六烷基基-2,4-苯二胺</p> <p>纯度 &gt; 99.5% 金属离子 &lt; 1ppm</p>	<p>1,2-双(4-氨基苯基)乙烷</p> <p>4,4'-(1,3-亚苯基)二苯胺</p>	<p>4,4'-PADA</p> <p>DDE</p>	<p>已投产原料</p>	<p>光敏剂成品</p> <p>ONED01</p>	<p>已投产原料</p>	<p>光敏成品</p>
EDOT单体				DTD		TVSI		
<p>CBDA</p> <p>环丁烷四羧二酐</p>	<p>BOEDA</p> <p>双环[2.2.2]辛-7-烯-2,3,3,6-四羧二酐</p>	<p>BDA</p> <p>丁烷四羧二酐</p>	<p>BOTDA</p> <p>双环[2.2.2]辛-7-烯-2,3,3,6-四羧二酐</p>	<p>EDOT单体</p> <p>其聚合物一种特别优良的导电添加剂 (拜耳)</p>	<p>DTD</p> <p>磺酰脲添加剂由于其较高的还原电位对石墨表面具有良好的转化作用</p>	<p>TVSI</p>	<p>用作锂离子电池电解液添加剂,可以改善电池的容量保持率和厚度增加率</p>	
<p>电化学掺杂电位低, 响应时间短, 导电率及透射率高, 透明性及耐水性好, 对光以及热都具有良好的稳定性, 导电性不会随温度的改变而明显变化</p>				<p>抑制电池初始容量的下降, 增大初始放电容量, 减少高温放置后的电池膨胀, 提高电池的充放电性能及循环次数</p>		<p>作用锂离子电池电解液添加剂, 可以改善电池的容量保持率和厚度增加率</p>		



# 精细化学品合成方向-武玉民团队简介



武玉民 教授，博士生导师，国务院政府特殊津贴专家，山东省精细化工专业委员会主任。



高传慧 教授 王传兴 教授 刘月涛 副教授

## 团队研究方向

1. 特种有机硅材料：耐高-低温、耐油、高强有机硅弹性体；
2. 功能涂料：聚氨酯、环氧树脂、硅树脂等防腐、防污涂层；
3. 塑料改性剂：核壳结构ACR抗冲改性剂、无机晶须增强剂、硅溶胶等；
4. 功能性水凝胶：医用、抗菌、保水、抗冻水凝胶；
5. 可降解聚酯材料：环保增塑剂、食品包装膜等材料；
6. 聚丙烯酰胺类产品：阴、阳离子、两性类聚丙烯酰胺；
7. 气液相连续化反应装置：无机械搅拌，连续化操作。

## 团队研究成果





# 精细化学品合成方向-黄龙江团队简介

## 绿色合成工艺创新团队

**黄龙江 教授 化工测试中心主任**

从事功能性分子的设计合成及应用；医药、材料及其中间体的绿色合成工艺开发；未知物及配方剖析等领域研究。完成“产学研”项目20多项。



### 团队特色

- ◆ 功能性有机分子的设计合成及应用：专注于设计合成定点氘代分子、三氮唑类分子及其相关的应用。
- ◆ 绿色合成工艺的开发：致力于从源头上“绿色化”改进农药、医药、新材料的合成工艺，减少三废排放；并运用工艺与工程结合理念探索反应规律，避免“放大效应”，实现工业化生产。
- ◆ 结构解析及配方剖析：善于运用多种分析手段分析未知物及配方组成并进行验证还原。

### 团队成果

#### 1.功能性有机分子的设计合成及应用

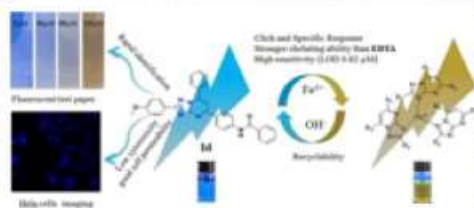
针对临床血药浓度监测存在准确度差的难题，开发了定向氘代的30余个药物分子作为检测内标，并开发了其对应的分析检测方法，产品已应用于众多医院的临床血药浓度监测，大大提高了血药浓度监测的准确度。

#### 2.绿色合成工艺开发

针对烟酰胺为原料制备2,3-二氯吡啶工艺步骤长，废水多，原子经济性低的不足，开发了绿色的“一步法”选择性催化脱氯工艺并完成了工业化试验。

#### 3.未知物的剖析

综合运用多种仪器分析手段完成了多个未知物的结构及配方剖析，并采用合成或复配等手段实现了未知物和配方的验证及还原。





# 精细化学品合成方向-夏亚穆团队简介

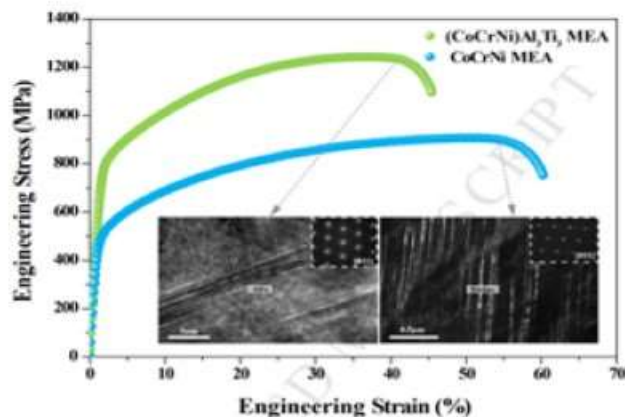


## 夏亚穆 博士 教授

夏亚穆，男，博士，教授，博士生导师。2004年博士毕业后于青岛科技大学化工学院任教。在青岛科技大学任教期间，主要从事天然产物的全合成及新药开发工作。以第一作者或通讯作者的SCI论文30余篇；作为项目负责人，主持了1项国家自然科学基金面上项目，3项省部级科研项目；主持产学研项目十余项。

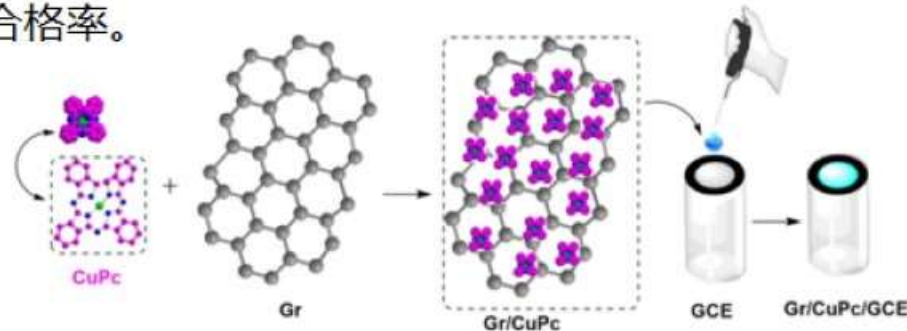
### ☆产业化实力

1、主持甲醇芳构化制芳烃技术开发工作，与山西天脊煤化工公司企合作。通过本项目的实施，建立了一套完善的甲醇芳构化中试放大实验和测试研究平台，在国际上属领先水平。并申报了科技部国家科技支撑项目。



### ☆产业化实力

- 2、主持硫化稳定剂HTS的合成新工艺研究。通过研究，生产成本降低，产品纯度高，该工艺已投产，每年为企业新增利润500万以上。
- 3、主持抗硫化返原剂PK900的合成新工艺研究。生产过程中产生废液、废渣少，所用溶剂处理方便，均可回收再利用，环保问题易于解决，同时使生产成本降低了1/3。该工艺投产后，已经每年为企业新增利润800万元以上。
- 4、主持抗生素氨曲南的合成工艺研发。通过改进合成中保护剂和脱保护工艺，提高了产品质量，增加了产率。
- 5、主持头孢地尼活性酯的新合成工艺研发。头孢地尼活性酯为山东金城医药集团重要的产品，具有较高市场占有率，通过改进其关键缩合反应，替代了影响质量控制的溶剂，提高了产品的合格率。



## 第三篇 智能制造方向



# 目录 / CONTENT

■ 高分子材料先进制造技术与装备

■ 智能制造技术与装备

■ 高端节能环保技术及装备

■ 智能网联驾驶与智慧交通

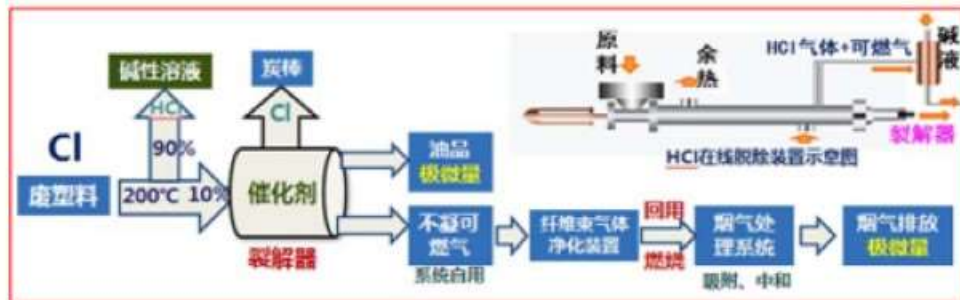
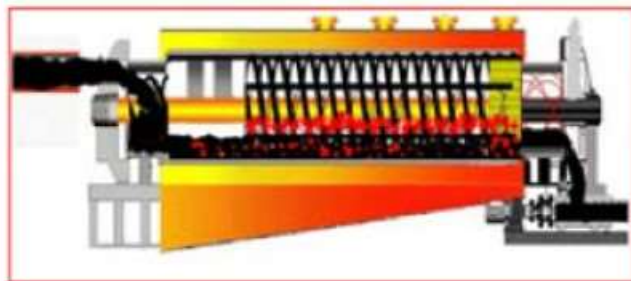
■ 新能源开发与利用

■ 新型海工装备及控制技术

## 高分子材料先进制造技术与装备

### ● 废橡胶废塑料绿色循环利用技术及装备研发

针对废橡胶废塑料再生转化率低、能耗高、二次污染等循环利用行业痛点，**突破连续化低温裂解工艺、调温控制机理及再生工艺等技术**，研发废橡胶废塑料绿色再生工艺及装备。



研发装备分段精确控温、物料受热均匀、再生过程中不添加化学试剂，**达到国际领先水平，并实现批量产业化**，对实现资源高值化循环利用意义重大。

# 智能网联驾驶与智慧交通

## ● 智能网联驾驶技术及系统

针对汽车&船舶等的辅助、自动、无人驾驶，突破网联大数据条件下交通系统的协同智慧和控制方法、信息感知认知决策及其执行过程中的核心科学问题，研发**智能辅助驾驶系统、人机共驾（车）、无人驾驶（车&船）**等。



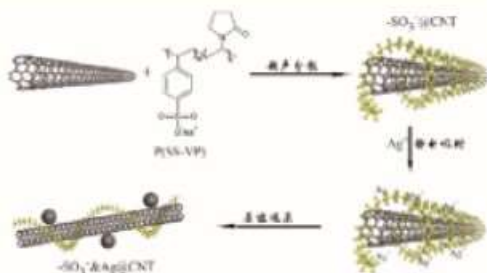
打造**智能网联驾驶研发团队**，完成**20米级**自主航行技术验证船和**8000吨级**集装箱船海上试验，为实现船舶货运无人化乃至航运业态再造奠定重要技术基础。

## 智能制造技术与装备

### ● 增材制造技术与智能装备研发

针对我国高端智能制造领域复杂结构制造与轻量化等问题，突破**复合材料三维织造成形、3D低温打印技术、熔融沉积(FDM)成型技术**，研制增材制造装备，使打印产品满足高强度、轻量化。

碳复合打印材料制备



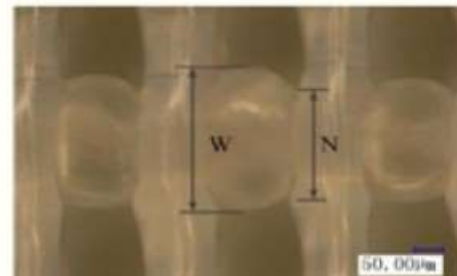
打印工艺与智能装备研发



低温3D打印设备



FDM产品性能测试

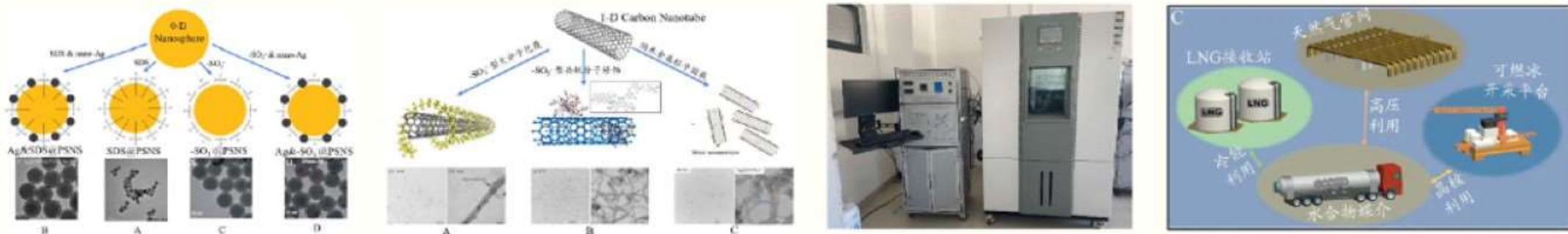


完成增材制造智能装备研制，填补我省在碳纤维（碳纳米管）复合材料增材制造领域的**技术空白**，打破国外产品技术垄断。

## 新能源开发与利用技术

### ● 基于水合物媒介的天然气/氢气高效储运技术

从**纳米促进剂构建**及**高端装备研发**两方面展开研究，结合新材料制备及智能制造技术，建立水合物高效生产体系，攻克**高能量密度水合物连续化制备关键技术**，为水合物法储运天然气/氢气等洁净能源的产业化实施提供有效的技术支撑。

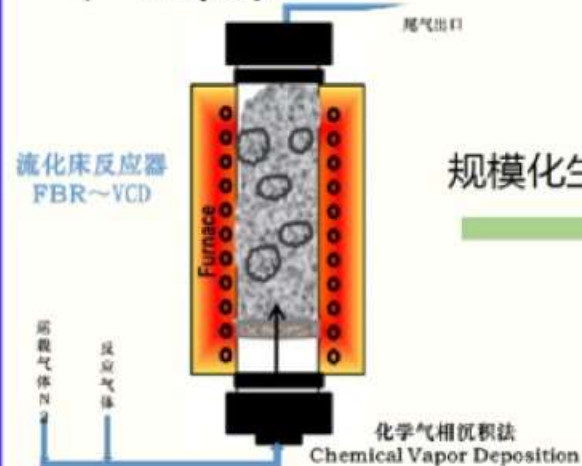


建立基于多维度载体的新型水合物纳米促进剂**制备工艺及性能调控方法**，研发基于**绞龙螺旋传输的水合物连续化制备-运输-罐装一体化装备**。研究为**国内外水合物领域原创**，目前实验室阶段已完成，正准备中试示范工程建设。

## 新型能源材料开发及热管理技术

### ● 碳纳米材料的制备及应用领域涉及的工艺及装备

研制**微反应装置**，开展高活性催化体系的构建；研制大直径**流化床反应装备**，发展**等离子热激励分散方法**和装置，实现**碳纳米管**在**锂电**、**军工吸波**、**碳纤维**等多领域的应用与产业化。



规模化生产



等离子热激励分散装置

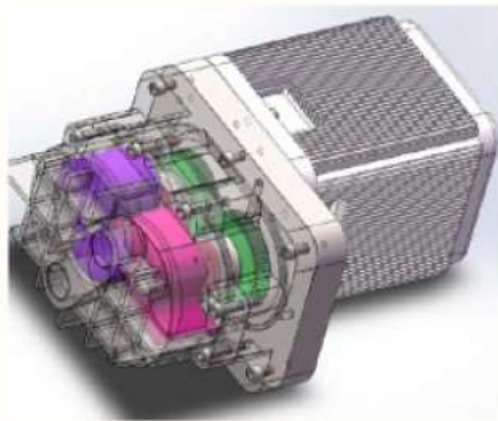
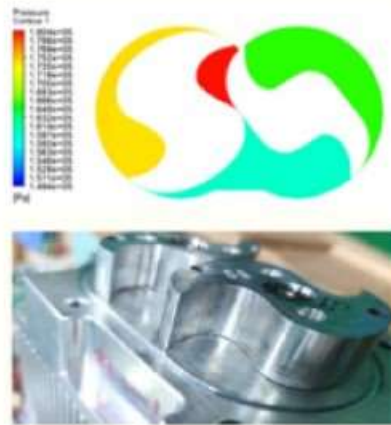
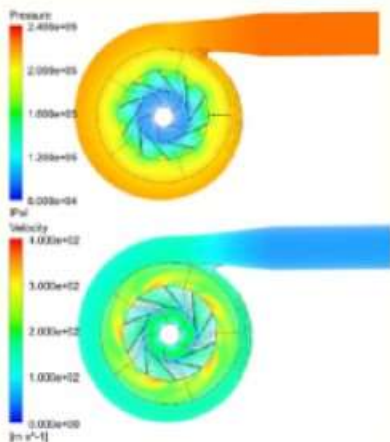
应用



形成具有自主知识产权的**碳纳米管制备**、**分散及应用**核心技术，推动相关行业、国家标准的制定，切实推进和引领该领域的健康发展。

### ● 氢燃料电池发动机用空压缩机与氢气循环泵研究

针对氢燃料电池对**高参数流体机械**的技术需求，探索超高速压缩机的内部流动机理、研究高效全啮合转子型线与密封技术，攻克**燃料电池用超高速离心空气压缩机、氢气循环泵高效设计制造与产业化关键技术**，为燃料电池新能源汽车关键部件产业化提供技术支撑。



获得压缩机内部非定常**流动规律**，攻克面-面啮合转子型线**构造技术**，掌握高效空气压缩机与氢气循环泵**设计方法**，研制样机测试性能达到**国内先进水平**。

## 新型海工装备及先进控制技术

### ● 多功能智能无人船舶的研制及产业化

紧密围绕无人船舶在环境保护与权益维护、无人货运和无人攻击等军民领域的需求，突破无人船舶总体设计和自动驾驶导航与控制等核心技术，实现无人船舶产业化推广。



完成满足IEC62065规范的船舶自动驾驶设备研制，填补我省在船舶自动驾驶控制设备领域的技术空白,通过项目实施打造一支智能无人船舶研发团队，联合青岛海工产业示范基地，建设集设计、建造、测试与一体的无人船舶产业化基地。