



開放融合創新

中国科学院苏州纳米技术与纳米仿生研究所

SUZHOU INSTITUTE OF NANO-TECH AND NANO-BIONICS(SINANO)

CHINESE ACADEMY OF SCIENCES(CAS)

邮 编: 215123

电 话: 0512-62872652

传 真: 0512-62603079

地 址: 江苏省苏州市苏州工业园区若水路398号



扫码带走
电子档科技成果汇编

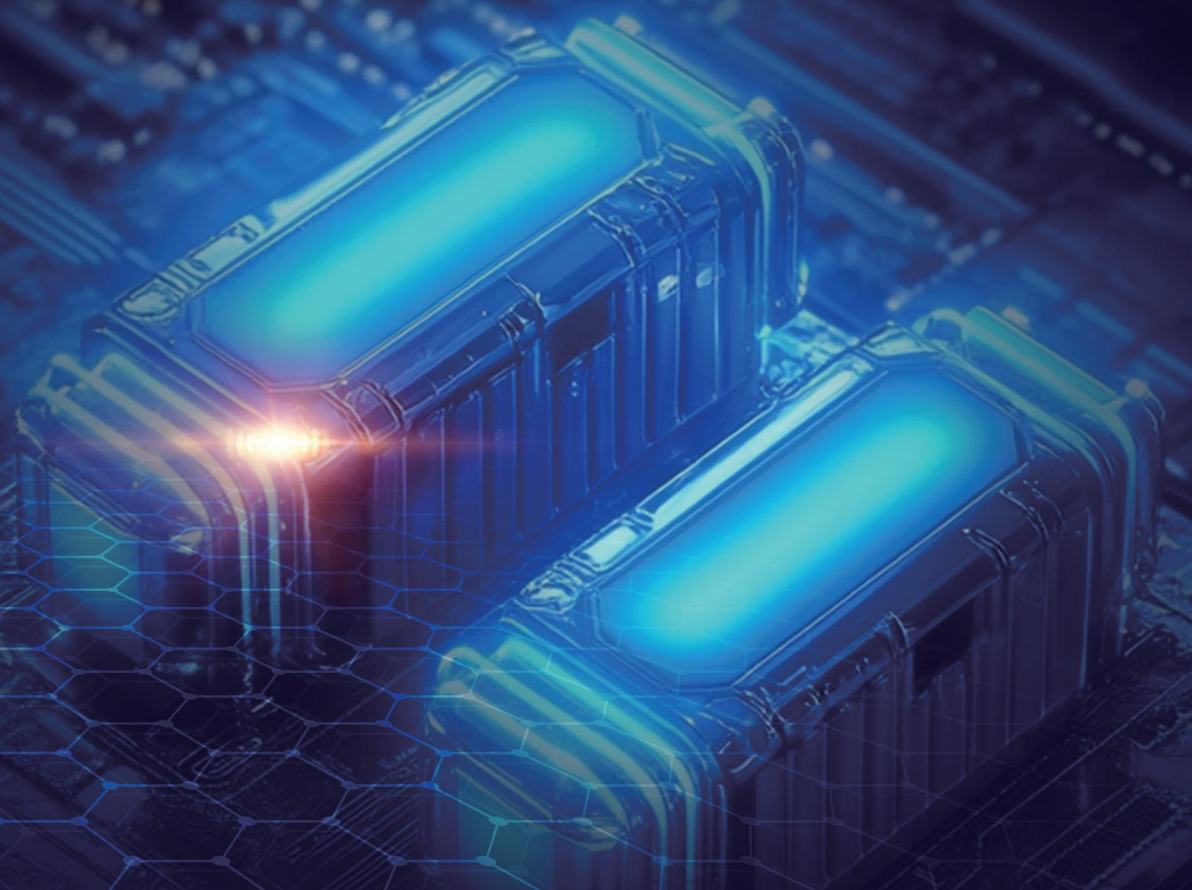
致力纳米科技创新
引领新兴产业发展



開放融合創新

新材料·新能源

NEW MATERIALS
NEW ENERGY



中国科学院苏州纳米技术与纳米仿生研究所
Suzhou Institute of Nano-Tech and Nano-Bionics, CAS



目录

Contents

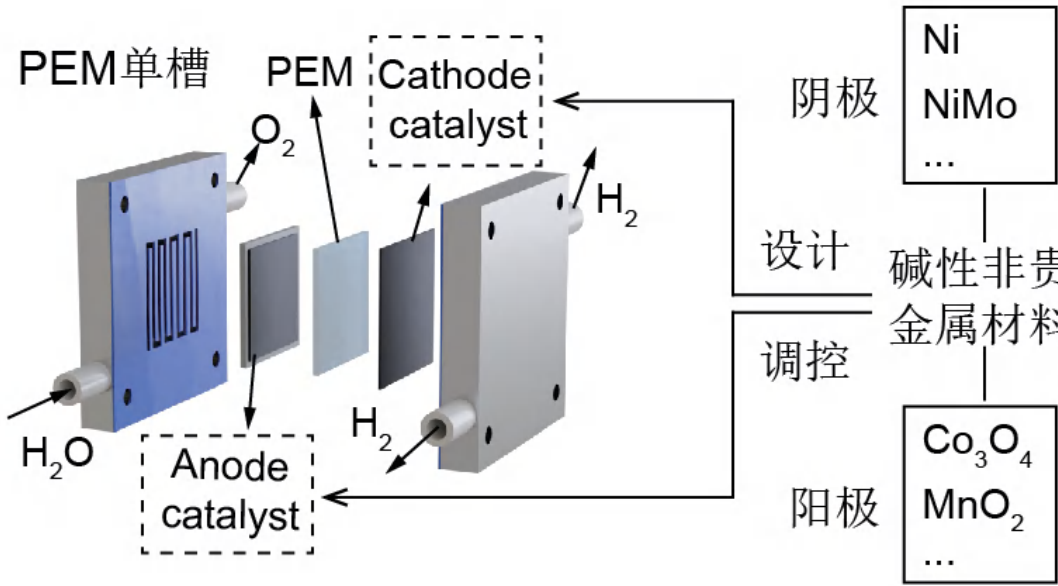
- 01/ 非贵金属PEM电解水技术
- 02/ 大尺寸石墨烯气凝胶
- 03/ 高分子气凝胶纤维
- 04/ 芳纶气凝胶原位固液复合膜及制备技术
- 05/ 高纯度半导体碳纳米管材料
- 06/ 二维有机共价框架莫尔超晶格
- 07/ 电加热纤维织物材料产业化技术
- 08/ 复合材料纳米强韧化技术
- 09/ 碳纳米管导电纤维
- 10/ 一种可大规模、低成本、连续化生产的非碳超黑涂层材料的制备方法
- 11/ 具有高颜色可调性的多彩电致变色技术
- 12/ 具金属质感的彩色装饰条
- 13/ 复合材料低成本固化技术
- 14/ 高性能仿生人工肌纤维致动器
- 15/ 高强高导电碳纳米管纤维批量制备技术
- 16/ 压敏导电碳浆
- 17/ 轻质低功耗电加热技术及其防除冰应用
- 18/ 高质量薄层石墨烯粉体、浆料规模制备与产品
- 19/ 石墨烯基高分子聚合物电磁屏蔽材料
- 20/ 石墨烯基环氧锌粉重防腐涂料添加剂
- 21/ 柔性薄膜光伏电池及模组
- 22/ 柔性高效III-V太阳电池
- 23/ 高比能高倍率半固态锂金属电池
- 24/ 电池界面增效技术及产业化
- 25/ 小体积、低重量、低成本燃料电池电源系统
- 26/ 高能量密度锂硫电池
- 27/ 锂离子电池负极补锂技术

非贵金属PEM电解水技术

技术领域	新材料
应用领域和场景	能源、终端用氢装备
知识产权	发明专利
技术成熟度	研发阶段
合作方式	合作方式另议

成果（项目）简介

国家“碳中和”目标和能源低碳化转型的背景下，绿色可持续的氢能制备在未来新能源的结构中占有重要的地位。中国科学院苏州纳米所科研团队面向商业化碱性电解水技术中单槽电流密度提高和能耗降低的需求，通过催化材料的设计和调控，成功地将碱性电解水非贵金属材料应用于酸性电解水技术中，并实现工业级电流密度下的长时期稳定运行。本项目利用实验室自主搭建的材料合成、性能评价装置，依托研究所纳米真空互联实验平台，完成了从材料设计、表征、测试的全流程研发，形成了PEM单槽两极全非贵金属材料的电解水技术，为下一步系统性集成设备的开发和放大奠定了基础。本项目研发的非贵金属PME电解水技术展现了具有国际竞争力的技术指标，获批了国家自然科学基金、中国科学院等项目，项目负责人获得了省级、市级等人才项目的支持，与多家企业进行了洽谈，并申请了多项发明专利。

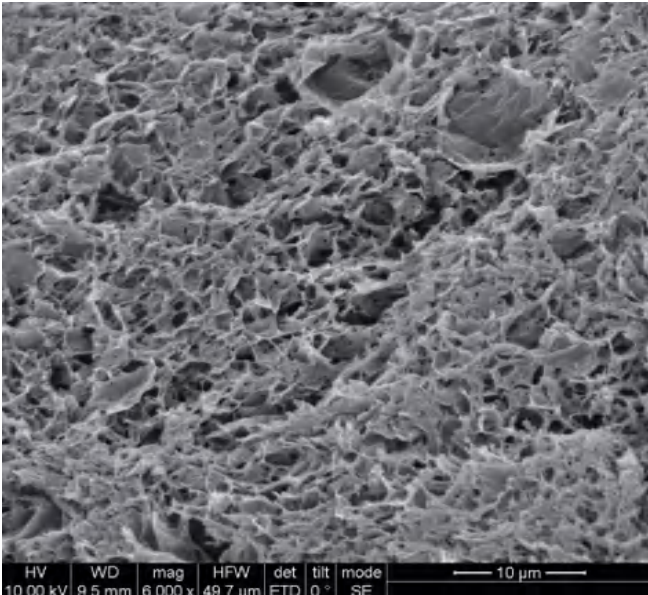


大尺寸石墨烯气凝胶

技术领域	新材料
应用领域和场景	/
知识产权	发明专利
技术成熟度	已有样品
合作方式	合作方式另议

成果（项目）简介

石墨烯气凝胶作为一种具有三维多孔网络结构的超轻固体材料，因其优异的太阳光全光谱吸收、低密度、高导电性和大比表面积等特性，在太阳能利用、智能传感和多功能复合材料等领域展现出巨大潜力。然而，传统制备方法存在严重的体积收缩问题，难以实现大尺寸样品的精准合成，限制了其实际应用。针对这一挑战，中国科学院苏州纳米所科研团队通过创新性的凝胶二次成型技术，成功实现了石墨烯凝胶的结构重组与塑型，制备出具有大尺寸的石墨烯气凝胶块体（≥30×20×1cm），且尺寸及形状可按需设计。该材料不仅具备高太阳光吸收率（≥95%）和低热导率（<0.05 W/m·K）的优异性能，还具备高的比表面积（>300m²/g）与优异的力学强度，解决了大尺寸样品易开裂、变形的问题，并验证了该技术具有良好的可放大性，在太阳能高效捕获与利用方面具有优势。



联系人：刘老师 联系电话：0512-62872652 邮箱：lliu2013@sinano.ac.cn

高分子气凝胶纤维

技术领域	新材料
应用领域和场景	隔热保温、隔热保温服饰
知识产权	发明专利
技术成熟度	中试
合作方式	合作方式另议

成果（项目）简介

在现有高端保暖领域，超细纤维和羽绒是保暖材料的主要选择。羽绒作为天然材料，依然是目前性价比最高的保暖填充材料，虽然其具有遇水后失效等缺陷，但其高隔热性能以及易获取的特性使其在日常民用保暖方面占据主要地位。超细纤维则由于逼近羽绒的保暖性能以及依靠其结构的可设计性规避羽绒的种种缺陷，是户外运动、极限运动等高端领域的主要选择。相比这两种材料，其具体保暖结构为微米尺度，其对静止空气的保持能力仍然存在提升空间，远远不及气凝胶对静止空气的保持能力。气凝胶纤维具有极低的热导率(0.013~0.04W/m·K)，与其他保暖材料相比是热导率最低的材料。



气凝胶长丝



气凝胶短纤

气凝胶极低的热导系数归因于下列因素：

- （1）组成气凝胶的纳米颗粒之间的接触面积积极小，热量传递路径复杂，因而使得气凝胶的固体热传导分量很小
- （2）气凝胶纳米颗粒之间孔径尺寸小于空气分子的平均自由程（约70nm）；
- （3）纳米级孔径抑制热对流。因此，若将气凝胶结构赋予纤维材料，理论上是隔热保温效果最好的一种纤维，是下一代保暖纤维的最重要发展方向，有望颠覆羽绒，替代超细纤维。

针对这一现状，中国科学院苏州纳米所科研团队开发了具有不同纺丝速度的系列气凝胶纺丝成型技术，主要包括基于动态溶胶-凝胶转变的湿法纺丝、反应纺丝、限域纺丝、液晶纺丝、冷冻纺丝、气吹液纺丝、离心纺丝、级联微流控纺丝等。建立了1吨/年纺丝试验线，实现了1000孔丝束纺丝，获得低热导率、高力学强度的气凝胶纤维长丝（成果1）。并以短切气凝胶纤维作为原料，制备气凝胶纤维絮片（热导率：0.025W/m·K）（成果2）。第三方检测结果表明，保暖性能相当时，气凝胶纤维絮片重量仅占高档鹅绒重量的一半，体现出颠覆羽绒、成长为下一代保暖纤维的巨大潜力。

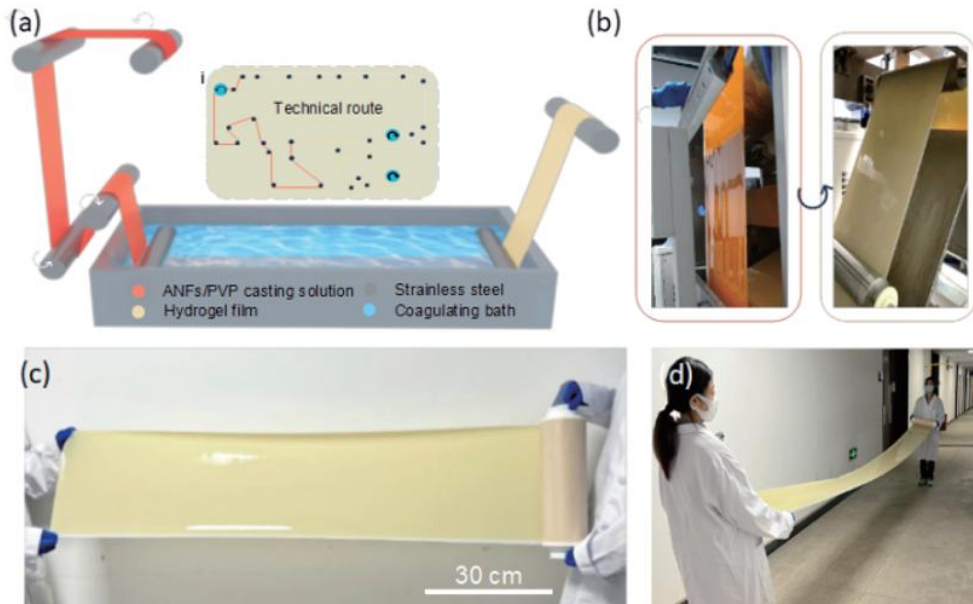
联系人：刘老师 联系电话：0512-62872652 邮箱：lliu2013@sinano.ac.cn

芳纶气凝胶原位固液复合膜及制备技术

技术领域	新材料
应用领域和场景	油水分离、膜乳化、粒子筛分
知识产权	发明专利
技术成熟度	小试
合作方式	合作方式另议

成果（项目）简介

开发了芳纶气凝胶原位固液复合膜，提出了相分离与溶胶凝胶转变耦合机制，阐明了固液复合界面抗污染高效油水分离与低能耗乳化(能耗降低48%)新机理，并具备长期服役稳定性，单片膜集成了按需乳化与分离多种功能，为复杂成分水处理、微纳乳液精细筛分、微纳米材料精准合成等领域提供了新路径。芳纶气凝胶薄膜在卷对卷连续化凝胶制备技术取得了重要突破，实验室内已成功实现30厘米幅宽，20万平方米/年薄膜产线的验证工作。对中海油船舱废水处理，油水分离系数高达99.97%，膜通量达到400L/m²h，可循环服役达30个循环以上。在乳化应用方面，该膜所需能耗显著低于传统SPG膜和陶瓷膜(低1-2个数量级)。



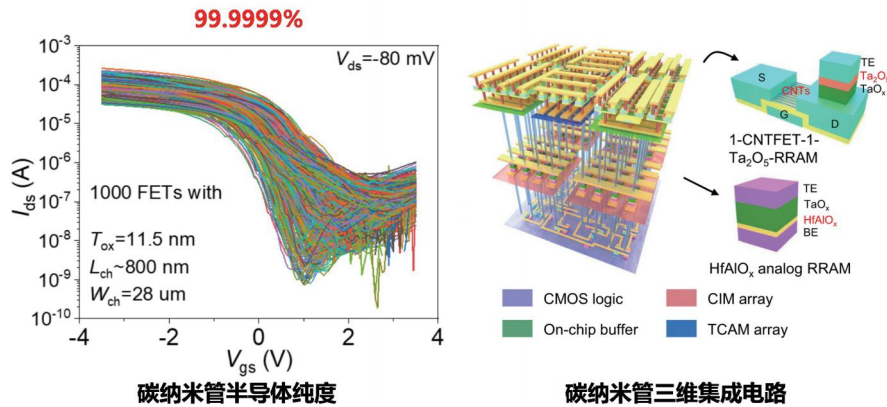
联系人：刘老师 联系电话：0512-62872652 邮箱：lliu2013@sinano.ac.cn

高纯度半导体碳纳米管材料

技术领域	新材料
应用领域和场景	碳纳米管CMOS器件与集成电路
知识产权	发明专利
技术成熟度	中试
合作方式	合作方式另议

成果（项目）简介

随着硅基摩尔定律接近物理极限，半导体性碳纳米管以其优异的物理化学性能成为后摩尔时代新型半导体材料的有力候选。碳纳米管具有超高的载流子迁移率和弹道输运特性保证碳基集成电路具有更高的性能和更低的功耗。研究表明碳管芯片相对于硅基芯片来说，运行速度能提高5-10倍，功耗能够降低5-10倍。理论计算表明基于碳纳米管构建的三维集成电路性能超越现有硅基电路1000倍，能够同时满足下一代高性能、低功耗集成电路的材料需求，因此在芯片领域具有巨大的应用前景。要实现碳纳米管制造先进集成电路和芯片，其关键在于高纯度半导体碳纳米管材料。近年来，利用共轭分子尤其是共轭聚合物通过非共价修饰实现单壁碳纳米管选择性分散的研究备受关注，在单壁碳纳米管分离领域所占比重迅速提升。其分离机理主要是源于共轭聚合物分子本身对不同结构的单壁碳纳米管的选择性包裹或吸附。影响选择性分散的主要因素包括范德华相互作用， π - π 堆积和亲疏水相互作用。相比于水相体系，利用共轭聚合物在有机相体系下选择性分离手性碳纳米管更有优势，只需要简单的超声和离心过程就可以实现手性分离，分散时间较短，碳纳米管长度长，容易形成高密度的碳纳米管网络，而且碳纳米管表面的聚合物分散剂相对容易去除，成膜质量相对较好。此外，由于共轭聚合物分子的分离体系在分离单壁碳纳米管的过程表现出高制备效率和加工性能，以及在微电子器件方面的良好表现，使得该体系有望成为最适合实现手性单壁碳纳米管宏量分离的主要候选。对于共轭聚合物分子的分离体系，聚合物的分子设计仍是单壁碳纳米管选择性分离中至关重要的问题。基于此，中国科学院苏州纳米所科研团队根据前期研究基础，结合分子模拟与结构设计，开发了用于半导体单壁碳纳米管的系列咪唑基共轭聚合物（PCz）分离体系。该成果已经授权多项国家发明专利以及PCT专利，是当前国际上首选的高纯度半导体单壁碳纳米管分离体系。该成果的核心竞争优势是基于共轭聚合物（PCz）分离体系可以实现对单壁碳纳米管的半导体分离纯度大于99.9999%，成为北京大学、清华大学、中国科学院金属所等国内碳基电子研究团队使用的主力单壁碳纳米管材料。目前，研究所已与国内最大碳管生产企业，合作开发半导体碳纳米管材料的批量制备与分离纯化试验线。



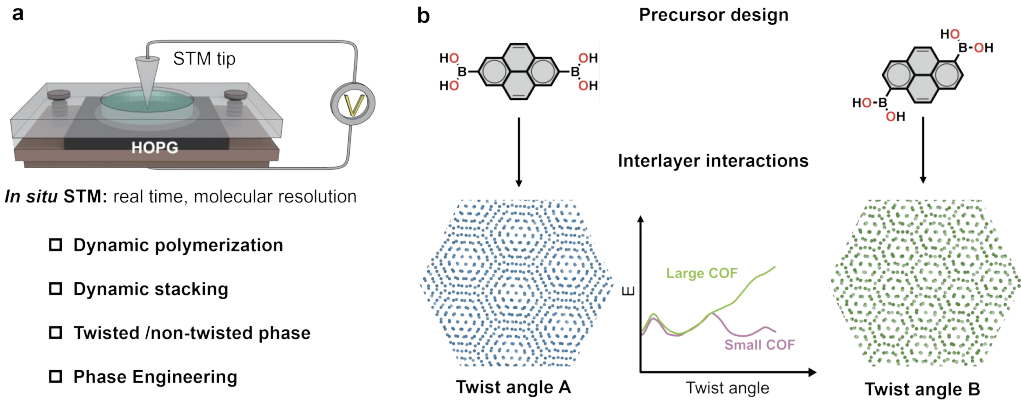
联系人：刘老师 联系电话：0512-62872652 邮箱：lliu2013@sinano.ac.cn

二维有机共价框架莫尔超晶格

技术领域	新材料
应用领域和场景	二维材料光电器件
知识产权	发明专利
技术成熟度	研发阶段
合作方式	合作方式另议

成果（项目）简介

二维共价有机框架（2D-COFs）自首次合成以来，在催化、光电、功能器件等诸多领域展现了巨大的研究潜力。单晶的高难度获取使得对此类材料的精准结构解析面临挑战，且制约了材料性能的进一步提升。目前虽有少量成功的单晶被成功制备，然而普适性的合成策略以及生长规律还亟待探索，单晶的获取不仅需要面内成键的有序调控，也需要对层间堆叠的有序度进行深入剖析。鉴于此，中国科学院苏州纳米所科研团队通过与国内外知名高校团队合作，利用纳米真空互联实验站的多维度表征手段，创新性地提出一种单体对称性破缺结合溶剂诱导结晶的新策略，通过精细调控层间非共价相互作用实现了莫尔周期一致的纯有机莫尔超晶格的制备，突破了从单体直接合成非AA堆积的有机异质结和超晶格周期大范围一致等领域共性难题，该研究为发展有机莫尔异质结在光电子和纳米器件等领域的应用提供了新思路。相关成果发表在《自然·化学》（Nature Chemistry）上，详见Nature Chemistry 17, 518-524 (2025)。该成果获得中国科学院战略性先导科技专项（B类）、中国科学院“率先行动”引才项目、国家自然科学基金优秀青年项目（海外）、国家自然科学基金面上项目、苏州市科技局等项目支持。该成果同期被国际知名同行加拿大McGill大学化学学院院长Dmitrii F. Perepichka教授以“Bilayer covalent organic frameworks take a twist”为题于Nature Chemistry “News and Views” 进行专题报道，详见Nature Chemistry 17, 471-472 (2025)。



联系人：刘老师 联系电话：0512-62872652 邮箱：lliu2013@sinano.ac.cn

电加热纤维织物材料产业化技术

技术领域	新材料
应用领域和场景	工业电加热
知识产权	发明专利
技术成熟度	中试
合作方式	合作方式另议

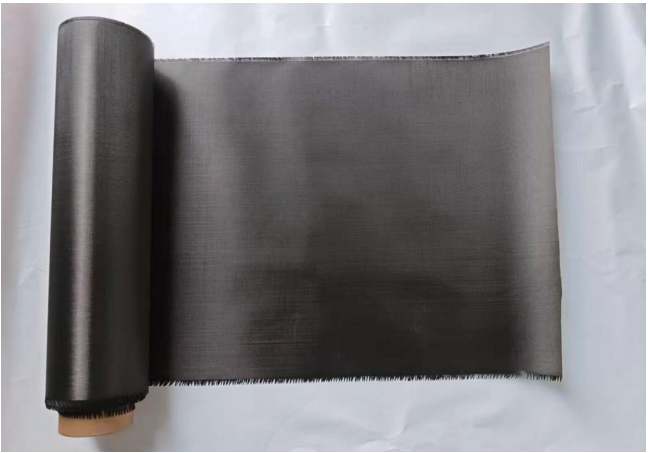
成果（项目）简介

随着全球能源结构转型及高端装备制造业的升级，风电装备、工业无人机及智能机器人产业迎来爆发式增长。传统电加热材料（如金属丝、碳纤维）因重量大、热响应迟滞、柔性差等问题，难以满足轻量化、刚性结构难以适配复杂曲面集成需求，严重制约了新一代智能装备的性能提升与形态创新。采用涂覆工艺将碳纳米管/石墨烯导电层涂覆于PET或PI基膜制备的电加热膜，其性能受限于聚合物基材与复合材料的界面兼容性问题。

针对上述挑战，基于自主研发的湿法沉积技术和设备，实现了纳米碳材料在纤维织物上的连续均匀沉积，成功开发高性能柔性电加热织物材料。该技术突破纳米碳与纤维基体界面结合的核心难题，建成实验室级连续化生产线（产量达50m²/天）。

产品具有三大核心优势：

- 一是面状加热，加热功率密度可达20 kW/m²，可实现±5℃精准控温；
- 二是与复合材料集成时界面强度无损，显著提升终端产品耐久性；
- 三是兼具轻量化（厚度<0.2mm）与高可靠性，在-50℃极端环境下性能稳定。目前该项成果技术成熟度达TRL5级。



联系人：刘老师 联系电话：0512-62872652 邮箱：lliu2013@sinano.ac.cn

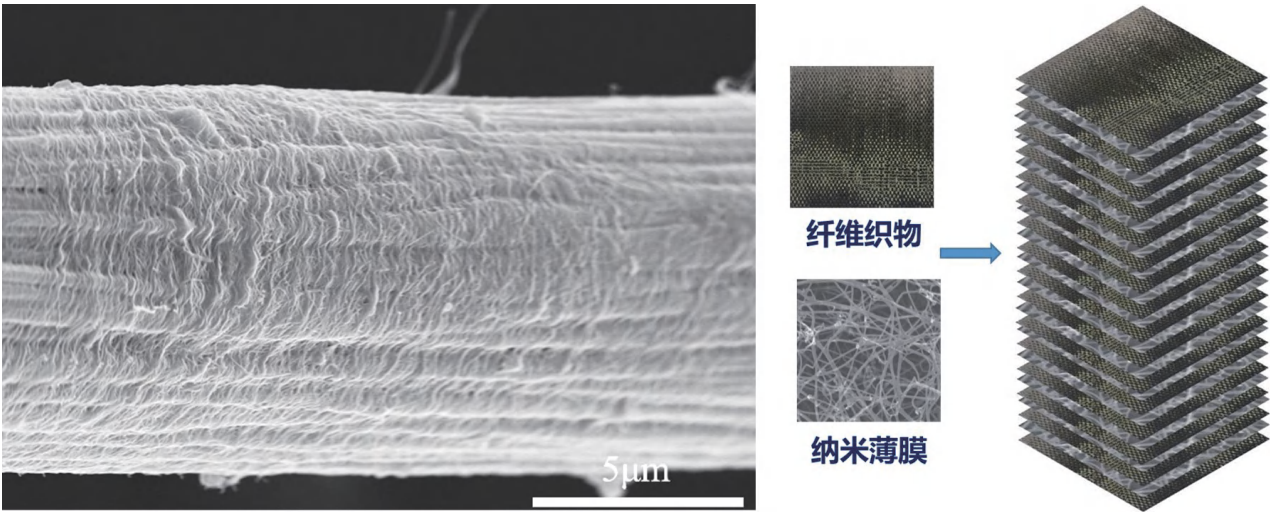
复合材料纳米强韧化技术

技术领域	新材料
应用领域和场景	高性能复合材料
知识产权	发明专利
技术成熟度	已有样品
合作方式	合作方式另议

成果（项目）简介

碳纤维/玻璃纤维增强树脂基复合材料作为轻量化高性能结构材料的代表，已深度应用于航空飞行器、高速轨道交通等尖端装备领域。然而，其层状堆叠的固有特性导致两大界面失效难题：其一，层间仅依赖树脂粘接，界面结合强度远低于面内强度，易引发分层破坏；其二，纤维与树脂间因模量差异（碳纤维模量230GPa vs 环氧树脂3.5GPa）形成力学突变界面，在动态载荷下易产生界面脱粘、纤维抽拔等损伤模式，造成结构性能衰减。中国科学院苏州纳米所科研团队创新性提出"多尺度界面协同增强"技术路线，通过纳米碳材料实现复合材料的强韧化。

- (1) 开发了树脂纳米改性技术，有效提升了树脂基体性能；
- (2) 提出纤维-树脂间"软-硬梯度过渡界面"技术，有效提升了纤维/树脂间界面剪切强度；
- (3) 发展了基于层间纳米薄膜插层的复合材料增强增韧与导电网络构建技术，同步提升了复合材料层间力学性能和导电性能。



碳纳米管导电纤维

技术领域	新材料
应用领域和场景	轻量化导线、功能纺织
知识产权	发明专利
技术成熟度	小试
合作方式	合作方式另议

成果（项目）简介

碳纳米管纤维作为将碳纳米管微观优异特性向宏观材料传递的战略性载体，其制备技术一直是纳米材料工程化应用的核心挑战。本项目基于自主搭建的湿法纺丝系统，开发质子化酸纺连续成型工艺，攻克了碳纳米管宏观组装的三大关键技术瓶颈：

- (1) 高取向度纤维结构调控，
- (2) 跨尺度性能传递机制研究，
- (3) 工程化制备体系创新。目前已实现碳纳米管纤维单丝百米级连续制备，纤维拉伸强度达到1.5GPa，电导率达到1.0MS/m，并初步完成了小丝束连续制备，技术成熟度达TRL5级。该技术为新一代轻量化导线、柔性智能织物等应用提供了材料基础。



一种可大规模、低成本、连续化生产的非碳超黑涂层材料的制备方法

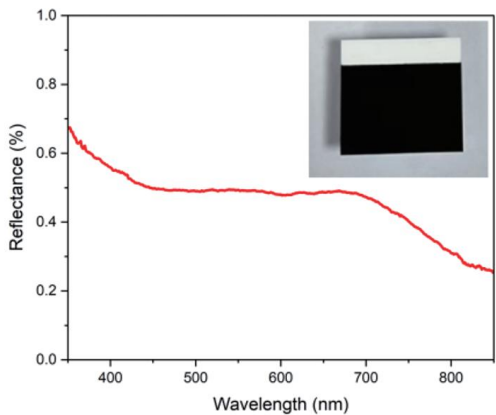
技术领域	新材料
应用领域和场景	精密光学仪器（光学相机、望远镜镜筒、激光设备、光谱仪）
知识产权	发明专利
技术成熟度	已有样品
合作方式	合作方式另议

成果（项目）简介

超黑材料因其极高的光吸收能力和广泛的应用潜力，在许多领域中具有重要意义。它们被广泛应用于天文观测、激光技术、光学成像系统、光学传感器等高精密领域，尤其在需要极低反射率和高光吸收率的应用场景中具有独特的优势。为了满足这些需求，中国科学院苏州纳米所科研团队基于光学薄膜设计原理，创新性地设计了高质量的非碳超黑涂层材料。

所制备的非碳超黑涂层在多个方面表现出优异的性能，具体优势包括：

- （1）光学性能高，吸收率可达到99.6%，有效地消除了反射和散射；色差仅为3.53，保证了涂层的均匀性和视觉效果；光泽度低至0.1GU，使得涂层在不同光照条件下都能保持稳定的无光泽特性；
- （2）材料中不含有机成分，或仅含微量有机成分，从而实现了VOC（挥发性有机化合物）的零释放或微释放，符合环保要求，确保了材料在长期使用中的安全性与环境友好性；
- （3）该涂层材料的生产工艺具有显著的经济性，能够实现大规模、低成本、连续化生产，适合于工业化应用，能够满足大批量、高效率的生产需求。



联系人：刘老师 联系电话：0512-62872652 邮箱：lliu2013@sinano.ac.cn

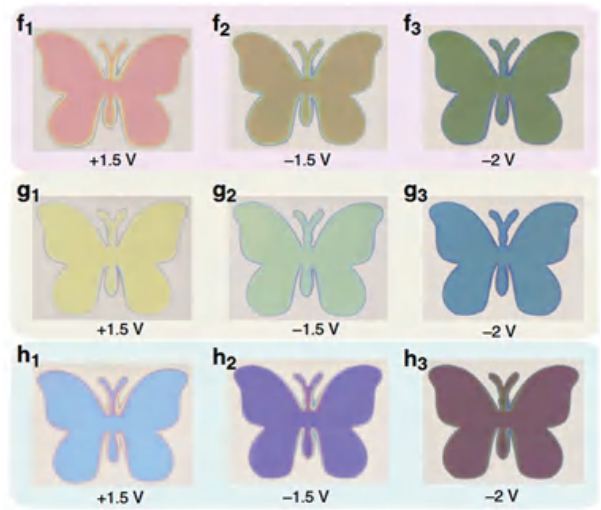
具有高颜色可调性的多彩电致变色技术

技术领域	新材料
应用领域和场景	消费电子、汽车制造、建筑领域等
知识产权	发明专利
技术成熟度	已有样品
合作方式	合作方式另议

成果（项目）简介

随着智能化和个性化需求的不断提升，颜色的按需变化在多个领域展现出广泛的应用前景。例如，在智能显示、可穿戴设备、汽车外观与内饰、建筑装饰以及个性化电子消费品中，动态调控材料色彩已成为重要发展方向。电致变色技术因其通过电压驱动实现可逆颜色变化的优势，成为实现这一目标的重要手段。然而，传统电致变色器件的颜色变化通常较为单调，色域范围受限，难以满足对丰富色彩表现的需求。针对这一问题，中国科学院苏州纳米所科研团队开发了一种具有高颜色可调性的新型多彩电致变色技术，通过优化材料设计、器件结构及调控机制，实现了在宽色域范围内的多色可控转换。

该技术突破了传统电致变色材料在颜色表现上的局限性，而且可直接适配现有产业化产线，具备良好的工艺兼容性与量产潜力。凭借其出色的色彩调控能力与低能耗特性，这种多彩电致变色技术在低功耗显示、智能汽车外观与内饰、消费类电子产品、个性化装饰品等多个领域展现出广泛的应用价值。



具有高颜色可调性的多彩电致变色技术

联系人：刘老师 联系电话：0512-62872652 邮箱：lliu2013@sinano.ac.cn

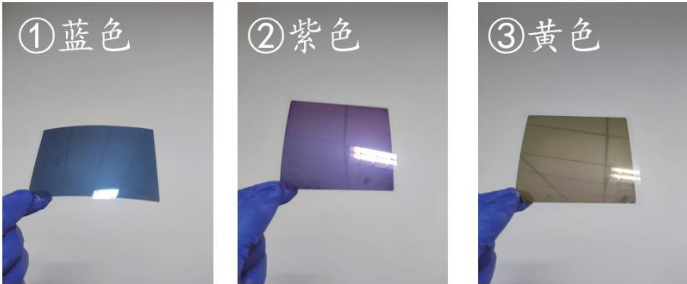
具金属质感的彩色装饰条

技术领域	新材料
应用领域和场景	消费电子、汽车制造、建筑领域等
知识产权	发明专利
技术成熟度	已有样品
合作方式	合作方式另议

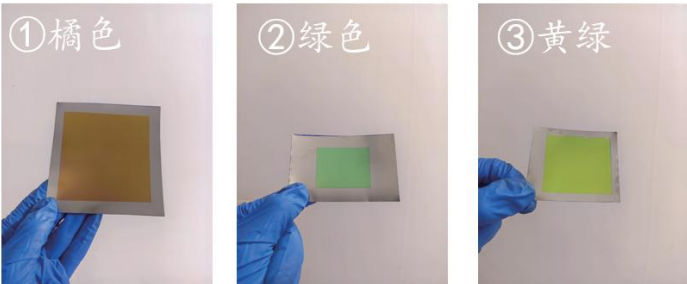
成果（项目）简介

颜色装饰条广泛应用于汽车、家电、消费电子、家居装饰等领域，是提升产品外观质感与品牌识别度的重要设计元素。然而，传统基于颜料涂覆的颜色装饰条通常缺乏金属光泽感，难以满足高端市场对金属质感与视觉层次的双重需求；而基于金属材料本身的彩色装饰条则普遍面临颜色种类受限、调色困难等问题。为此，中国科学院苏州纳米所科研团队开发了一种具有金属质感且色彩丰富的新型彩色装饰条技术，该装饰条可耦合多种基材（如塑料、金属、复合材料），通过结构调控与光学设计，实现稳定且多样的颜色呈现，兼具高亮度、高耐候性与优异的附着性能。该技术特别适用于汽车整车制造中的多个外观部件，包括轿车、SUV、MPV 等车型的车身侧裙、车窗饰条（镀铬条替代）、车门防擦条等，有助于提升整车外观的科技感与辨识度，满足当前汽车工业对个性化、轻量化、美观化的综合需求。

半透型



反射型



联系人：刘老师 联系电话：0512-62872652 邮箱：lliu2013@sinano.ac.cn

复合材料低成本固化技术

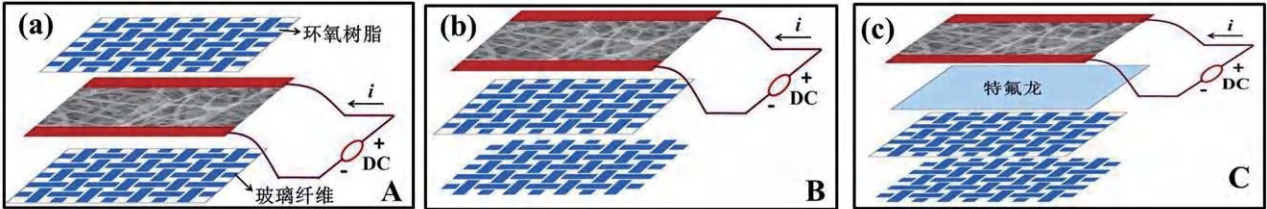
技术领域	新材料
应用领域和场景	高性能复合材料
知识产权	发明专利
技术成熟度	已有样品
合作方式	合作方式另议

成果（项目）简介

纤维增强树脂基复合材料作为新一代轻量化高性能结构材料，已广泛应用于航空航天、轨道交通、新能源装备及运动器材等领域。然而，传统制造工艺仍面临两大技术瓶颈：其一，依赖热压罐的高压高温固化工艺存在能耗高、周期长（典型构件固化需8-12小时）的突出问题；其二，对于厚壁构件及具有复杂曲率的结构件，因热传导效率低易导致层间温度梯度显著，引发固化度不均、残余应力集中等缺陷。

中国科学院苏州纳米所科研团队突破性研发出基于纳米碳薄膜电热效应的复合材料原位固化技术体系，通过三项核心创新实现工艺革新：1.首创电导率-力学性能-孔隙率协同可控的柔性纳米碳薄膜材料，其面内电导率可在10-10⁵ S/m区间精准调控，实现与碳纤维/玻璃纤维预浸料的无缝共固化；2.开发多物理场耦合智能温控系统，运用分布式温度传感与动态功率调控技术，将厚壁构件层间温差控制在±10℃以内；3.构建非热压罐高效固化工艺，使固化能耗降低65%，生产周期缩短至4-6小时。

该技术不仅从根本上破解了复合材料制造的高能耗难题，响应国家"双碳"战略目标，其独特的原位电热生成特性更可实现曲面自适应成型，为大型风电叶片、航天器非规则舱段等复杂结构提供了革命性制造方案。进一步通过功能化改性，已延伸开发出兼具结构承载、电磁屏蔽（SE > 60dB）与主动除冰（-20℃环境60s融冰）的多功能智能复合材料，为新一代飞行器、高铁装备的绿色低碳制造开辟了新路径。



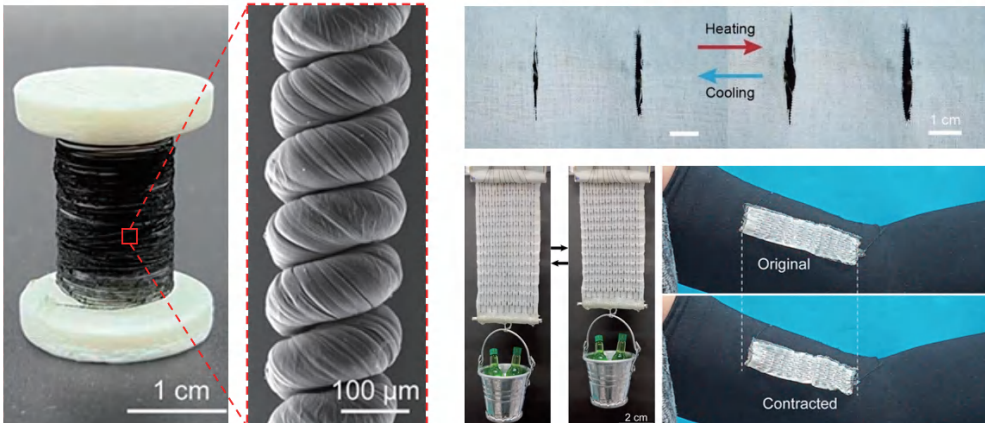
联系人：刘老师 联系电话：0512-62872652 邮箱：lliu2013@sinano.ac.cn

高性能仿生人工肌纤维致动器

技术领域	新材料
应用领域和场景	(1)可穿戴助力织物：通过与织物集成制备主动变形的可穿戴助力织物，与人体肌肉组织共形贴附并协同运动，有望协助老年人、行动不便患者等降低新陈代谢消耗，增强运动能力； (2)仿生机器人：人工肌纤维可在限域空间内按需布局，支持完成多自由度复杂精细动作，如人脸表情模仿、灵巧手、仿生飞行器变构等。 (3)新型致动技术：人工肌纤维作为新型线性马达，可推动相机光学防抖、超结构表面等技术发展。
知识产权	发明专利
技术成熟度	小试
合作方式	合作方式另议

成果（项目）简介

人工肌纤维致动器能够在电、热及化学等外界刺激作用下产生类似生物肌纤维的收缩形变，其输出的功率密度与能量密度可达到甚至超过生物肌肉水平。相较于传统刚性驱动-传动技术，人工肌纤维在柔顺性、低噪声、轻量化以及在限域空间驱动与传动等方面展现出独特优势，因此，有望与传统致动技术形成互补，推动仿生机器人、智能变构型飞行器、可穿戴与可植入医疗器件、智能交互等领域的创新发展。本人工肌纤维的性能指标为：线性收缩率≥50%；线性收缩应力≥25MPa；控制电压≤15V(电化学型驱动电压≤5V)；循环寿命≥200000次；输出功密度≥2Jg⁻¹；负载重量≥1kg；控制精度≤1%。



仿生肌肉线性驱动器

智能变形织物

联系人：刘老师 联系电话：0512-62872652 邮箱：lliu2013@sinano.ac.cn

高强高导电碳纳米管纤维批量制备技术

技术领域	新材料
应用领域和场景	用高性能复合材料、电磁屏蔽、超高温陶瓷基复料、结构防护、轻质导线、高强缆绳等
知识产权	发明专利
技术成熟度	小试
合作方式	合作方式另议

成果（项目）简介

碳纳米管纤维是支撑国家安全、信息、能源等高新技术领域创新发展的重要基础材料，一直备受美欧高度重视。超高性能碳纳米管纤维研制与批量制备，一直是本领域亟待解决的重大问题。中国科学院苏州纳米所李清文团队经近20年攻关，提出了碳纳米管组装体多级次界面调控策略，发明了碳纳米管多通道干湿融合连续纺丝技术与纤维表面合金化技术，研制出动态拉伸强度达14GPa已知最强纤维。自研了批量化关键装备，实现了高性能纤维批量制备，丝束拉伸强度6GPa。碳纳米管纤维在中国散裂中子源国家重大科技基础设施成功应用，解决了二期工程加速器高能、强流、宽幅负氢离子束流剖面准确测量“无料可用”难题，金属化碳基纤维在新能源汽车等领域实现批量应用。



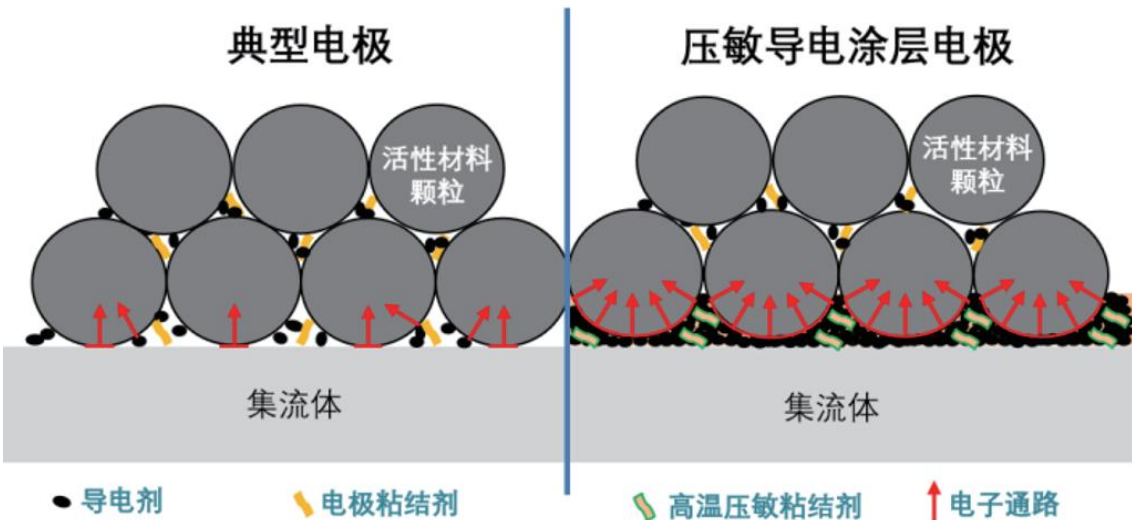
联系人：刘老师 联系电话：0512-62872652 邮箱：lliu2013@sinano.ac.cn

压敏导电碳浆

技术领域	新能源
应用领域和场景	锂离子电池和超级电容器集流体压敏导电涂层用浆料
知识产权	一种压敏涂碳集流体及其制备方法和锂离子电池，申请号2024119805491； 一种用于干法极片的涂炭层、干法极片与锂离子电池，申请号2025101494952
技术成熟度	小试
合作方式	合作方式另议

成果（项目）简介

锂离子电池和超级电容器中存在活性物质与集流体之间黏附力不足和接触电阻高的问题，而且循环过程中活性材料发生形变、电解液侵蚀集流体、电催化催化效应都会削弱活性物质和集流体之间的电接触，影响电池和电容器的性能和寿命。中国科学院苏州纳米所科研团队利用研究所锂电工程应用中心和二次电池界面材料化学团队的研究平台完成配方研制和性能测试，支撑了该成果的研发。开发的压敏导电碳浆可以在铜箔和铝箔集流体表面形成具有压敏性质和导电能力的均匀、致密、微米涂层。能够显著提高活性物质与集流体的粘附力，降低接触电阻，减弱腐蚀。同时，涂层具有热响应压敏特性，能够适配干法极片和全固态电池的装配工艺，压敏响应温度适中，既方便涂层集流体保存运输，又不影响极片粘结剂性能。



联系人：刘老师 联系电话：0512-62872652 邮箱：lliu2013@sinano.ac.cn

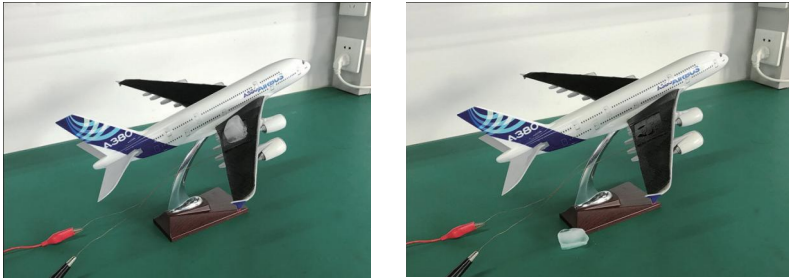
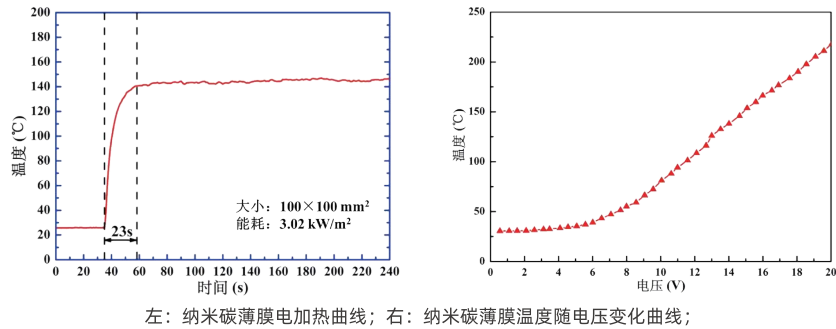
轻质低功耗电加热技术及其防除冰应用

技术领域	新材料
应用领域和场景	飞行器防除冰，建筑和装备防除霜，电力线缆防除冰，飞行器热补偿、复合材料低成本固化等。
知识产权	发明专利
技术成熟度	小试
合作方式	合作方式另议

成果（项目）简介

针对飞机和其他装备在防/除冰方面的需求，开发了导电纳米碳多孔薄膜材料，通过微纳结构调控实现了薄膜电导率的可控调节，并将该薄膜材料与复合材料一体成型，实现复合材料结构/电热防除冰一体化技术。与现有金属电加热材料相比，纳米碳薄膜电加热材料重量更轻、能耗更低，与复合材料集成度更高，耐候、耐腐蚀性更好。该技术亦可以应用于航天器低功耗、快速热补偿等。

在导电纳米碳薄膜制备及其电热防除冰应用方面具有自主知识产权。



机翼模型表面通电70s后10g冰滑落

联系人：刘老师 联系电话：0512-62872652 邮箱：lliu2013@sinano.ac.cn

高质量薄层石墨烯粉体、浆料规模制备与产品

技术领域	新材料
应用领域和场景	锂离子电池、防腐涂料、纺织行业、电子产品导热散热
知识产权	发明专利
技术成熟度	小试
合作方式	合作方式另议

成果（项目）简介

本项目的重点是高质量石墨烯粉体的中试化生产线搭建及放大制备工艺，整个技术路线及工艺流程包括以下几个部分：

- (1) 高质量薄层石墨烯及复合体系的放大制备工艺摸索与优化，
- (2) 高质量薄层石墨烯的中试生产线的设计、加工、搭建和调制，其中生产流程包括：自动进料插层、液相化学解理、自动清洗和干燥流程。
- (3) 石墨烯产品包括粉末和浆料的研制和应用的开发，石墨烯市场推广。产品可用于锂离子电池和超级电容器等储能材料；导电、导热、力学增强、防腐等复合体系添加剂。
1. 本项目采用的气液相混合解理放大制备技术，不同于传统的氧化还原技术和高温微波解理插层技术，整个制备过程中，几乎没有氧化、低缺陷，使石墨最大程度的保持了层间结构的完整性；并且由于解理作用缓慢，使获得的石墨烯层数较薄。
2. 本团队在石墨烯制备及涂层技术等相关领域已申请国家发明专利30多项，其中授权10余项，发表了SCI期刊论文数篇。



高质量薄层石墨烯水性、油性分散浆料

联系人：刘老师 联系电话：0512-62872652 邮箱：lliu2013@sinano.ac.cn

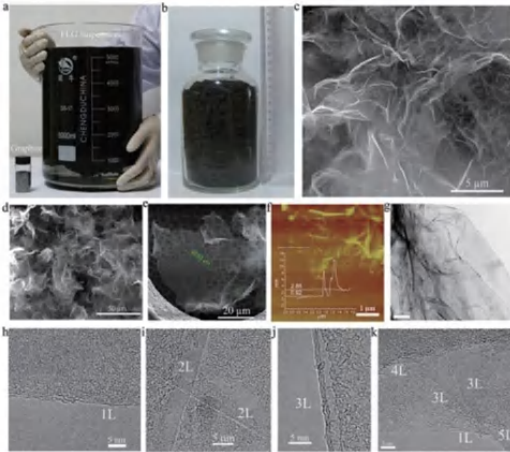
石墨烯基高分子聚合物电磁屏蔽材料

技术领域	新材料
应用领域和场景	电磁兼容及防护领域
知识产权	发明专利
技术成熟度	小试
合作方式	合作方式另议

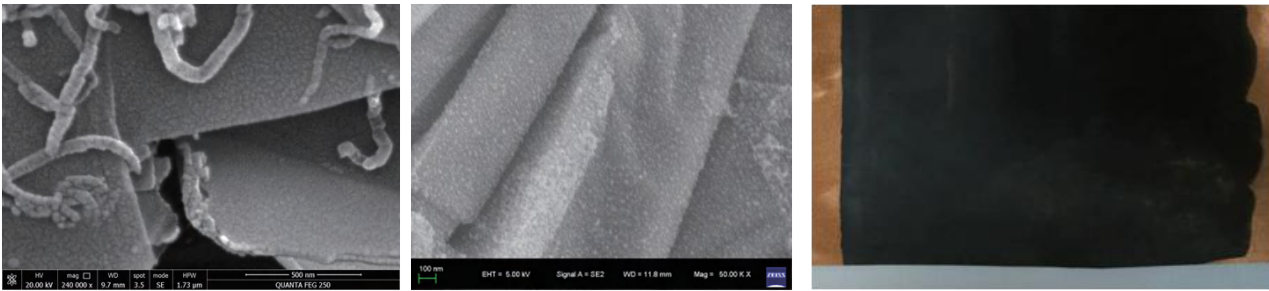
成果（项目）简介

本项目成功制备了一系列石墨烯水性及油性浆料，通过填充及搭桥技术弥补了石墨烯层间电化学接触弱的缺陷，进而通过与高分子聚合物复合提升材料的力学、柔韧等性能，获得了一系列具有优异电磁屏蔽效能和力学强度的石墨烯基高分子聚合物电磁屏蔽涂料。该电磁屏蔽涂料具有保质期长，使用便捷，可涂覆于各种外观和应用场景等优势。且最终涂层具有柔性、轻质、耐腐蚀、耐氧化、屏蔽效能高且以吸收屏蔽为主等优势。

- (1) 本项目制备的石墨烯基高分子聚合物电磁屏蔽涂层在50gm⁻²克重时的电磁屏蔽效能≥40dB，且具有耐腐蚀，耐氧化等优异特性。
- (2) 本成果具有施工便捷、应用场景广和电磁屏蔽性能高的优势。
- (3) 本团队在石墨烯制备及涂层技术等相关领域已申请国家发明专利30多项，其中授权10余项，发表了SCI期刊论文数篇。



高质量薄层石墨烯浆料的照片
及其SEM、AFM、TEM表征图



石墨烯和碳纳米管搭桥的SEM图

石墨烯和纳米铁材料复合填充的SEM图

水性石墨烯基高分子聚合物浆料涂覆于镀铜导电布

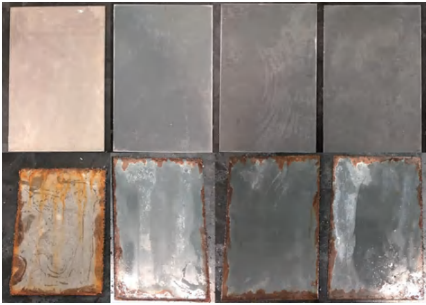
联系人：刘老师 联系电话：0512-62872652 邮箱：lliu2013@sinano.ac.cn

石墨烯基环氧锌粉重防腐涂料添加剂

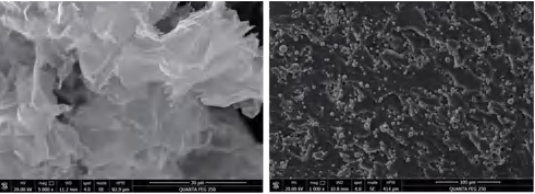
技术领域	新材料
应用领域和场景	金属腐蚀防护领域，钢结构防腐，工程机械、轨道交通、桥梁船舶、风电核电涂料等
知识产权	发明专利
技术成熟度	中试
合作方式	合作方式另议

成果（项目）简介

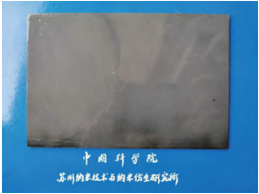
本项目通过使用纳米石墨烯，微纳功能材料，和先进高分子树脂技术，开发出一系列用于腐蚀防护的功能性涂层体系：包括石墨烯锌底漆，高固含或无溶剂环氧厚浆涂料，高固含耐候防污面漆，抗静电耐化学腐蚀的内衬涂料。具有低VOC，长效防腐，耐高温，疏水自洁，用于钢结构防腐和石油储罐管道的耐热腐蚀防护。这些产品经过从实验室性能到现场涂装工艺应用的测试，已在桥梁钢结构。，工程机械防护和火电厂维修取得应用。



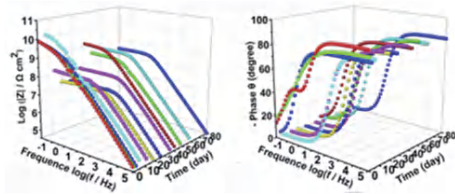
EP、EP-40% Zn、EP-40% Zn/0.5%G、EP-40% Zn/1%G 涂层初始及耐盐雾1500h后的外观光学照片



高质量薄层石墨烯粉体及石墨烯基环氧锌粉重防腐涂料 截面SEM图



石墨烯基环氧锌粉重防腐 涂料涂覆于Q235钢



石墨烯基环氧锌粉重防腐涂料的Bode图



疏水自洁耐候表面



石墨烯锌-超长防腐 耐>3500小时盐雾



轨交钢结构腐蚀防护



储罐隔热保温防护



海洋石油平台涂层方案

柔性薄膜光伏电池及模组

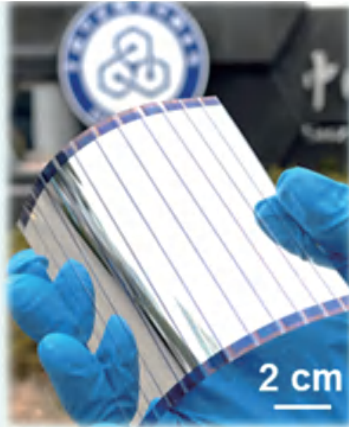
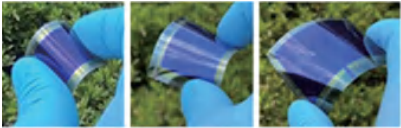
技术领域	新能源
应用领域和场景	通过双85稳定性测试并完成临近空间应用测试的高效电池
知识产权	发明专利
技术成熟度	小试
合作方式	合作方式另议

成果（项目）简介

中国科学院苏州纳米所科研团队所开发的超轻薄膜太阳能电池采用精密印刷制备工艺制备，具有高效、超薄、轻质柔性、以及高重量功率密度的优势。

产品特性信息如下：

- (1) 采用超薄有机/钙钛矿半导体薄膜，薄膜有效厚度100-500nm；
- (2) 产品总厚度不超过50μm，最薄低至5μm（含基材及封装）；
- (3) 实验室电池效率达到20-23%，高重量比功率密度（≥3 kW/kg）；
- (4) 宽工作温度：-65 ℃ - 120 ℃；
- (5) 优异机械柔性（弯曲半径可达2mm），光热稳定性（通过双85湿热稳定性测试）

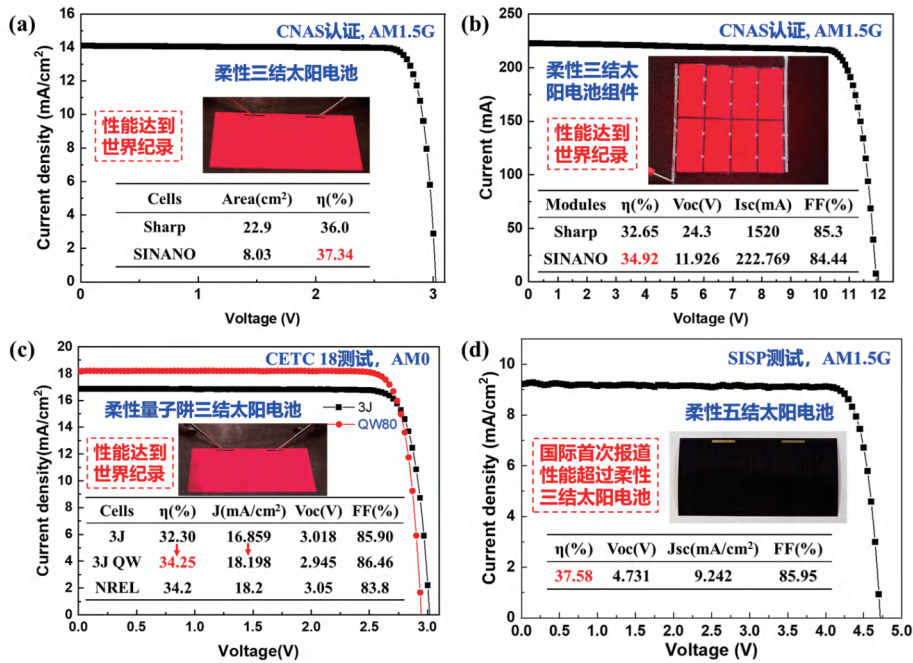


柔性高效III-V 太阳电池

技术领域	新一代信息技术
应用领域和场景	空间能源、商业航天
知识产权	发明专利
技术成熟度	中试
合作方式	合作方式另议

成果（项目）简介

本团队长期从事柔性高效III-V 多结太阳电池芯片研究，开发了专用柔性III-V 多结太阳电池芯片工艺线，采用电镀与低温转移技术制备的应用级尺寸柔性三结太阳电池AM1.5G地面光谱认证效率37.34%（CNAS认证），采用应力平衡量子阱技术调控带隙使AM0空间光谱效率从32.3%突破到34.3%（空天院37km高空气球标定）。在国际上率先开展柔性五结太阳电池研究，通过晶格失配应力和热应力调控技术以及侧壁钝化修复技术，实现效率突破37.58%（AM1.5G）。柔性高效III-V 太阳电池已经在商业航天遥感卫星和手机直连通信试验卫星搭载应用。



联系人：刘老师 联系电话：0512-62872652 邮箱：lliu2013@sinano.ac.cn

高比能高倍率半固态锂金属电池

技术领域	新能源
应用领域和场景	无人机、电动载人飞机等飞行器领域；便携式电子设备、航空航天等
知识产权	发明专利
技术成熟度	中试
合作方式	合作方式另议

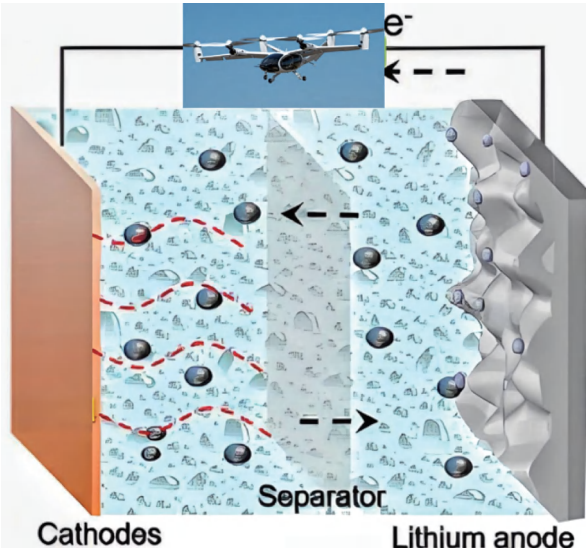
成果（项目）简介

中国科学院苏州纳米所科研团队开发的高比能高功率半固态锂金属电池，在能量密度超过520Wh/kg的情况下，依然有较好的循环性、安全性、倍率性等。目前国内外均没有500Wh/kg级的锂二次电池产品真正量产。在企业界和学术界的相关技术/产品公布的信息中，能量密度可以做到500Wh/kg级别，但是均无倍率性能与安全性能的展示和描述。本团队开发的产品能量密度可以做到520Wh/kg以上，循环可以做到200次90%以上的保持率（预计可以超过400次）、兼顾倍率特性和安全性（可通过150℃热箱测试），产品性能具有明显优势。

核心技术包括：

- （1）电解液溶剂化结构调控（通过溶剂化结构调控，稳定金属锂界面，并抑制金属锂溶解沉积过程中的枝晶生长）；
- （2）固态电解质复合膜（利用无机固态电解质和聚合物多孔膜的复合，杜绝传统隔膜或涂敷隔膜存在的热收缩问题，提升电池安全性）；
- （3）高镍正极极片固态化（利用有机无机复合固态电解质，对正极片进行固态化处理，稳定电极界面，抑制高镍正极的失氧行为，提升正极和电解液的界面相容性）。

此类产品主要可以应用在各类飞行器中。低空经济已成为国家新的经济增长点，飞行器是发展低空经济关键的一环，飞行器对电池的能量密度要求很高，期望在500Wh/kg以上，目前的电池能量密度不够高是制约飞行器和低空经济发展的关键问题之一。预计到2027年低空经济市场规模可以达到万亿规模，预测到2035年可以超过5万亿的规模。此外，高比能的电池在便携式电子设备、航空航天等应用领域也具有明显优势，可以使产品轻量化、提升电力续航等。



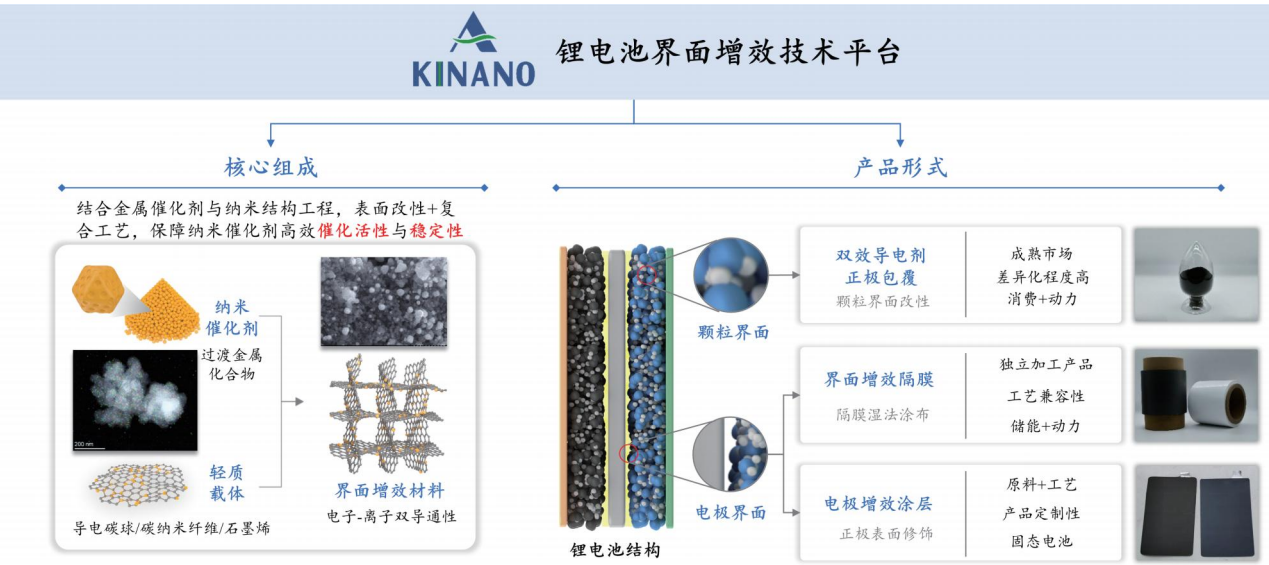
联系人：刘老师 联系电话：0512-62872652 邮箱：lliu2013@sinano.ac.cn

电池界面增效技术及产业化

技术领域	新能源
应用领域和场景	储能系统/新能源车/无人飞行器
知识产权	发明专利
技术成熟度	小试
合作方式	合作方式另议

成果（项目）简介

项目首创电池“界面增效”理念和产品，将界面催化剂与纳米化工艺结合，形成增效涂层及添加剂两大产品。中国科学院苏州纳米所科研团队通过消除电池内离子传输瓶颈，优化转化效率，实现电芯能量效率和快充性能改善，功率密度提升15%，生产成本节约6%。产品应用于无人飞行器、新能源汽车、储能电站的能源系统。项目以界面技术为切入点，解决固态锂电池的卡脖子问题，为高性能、高安全固态电池的实用化，提供切实可行的解决方案和配套产品。



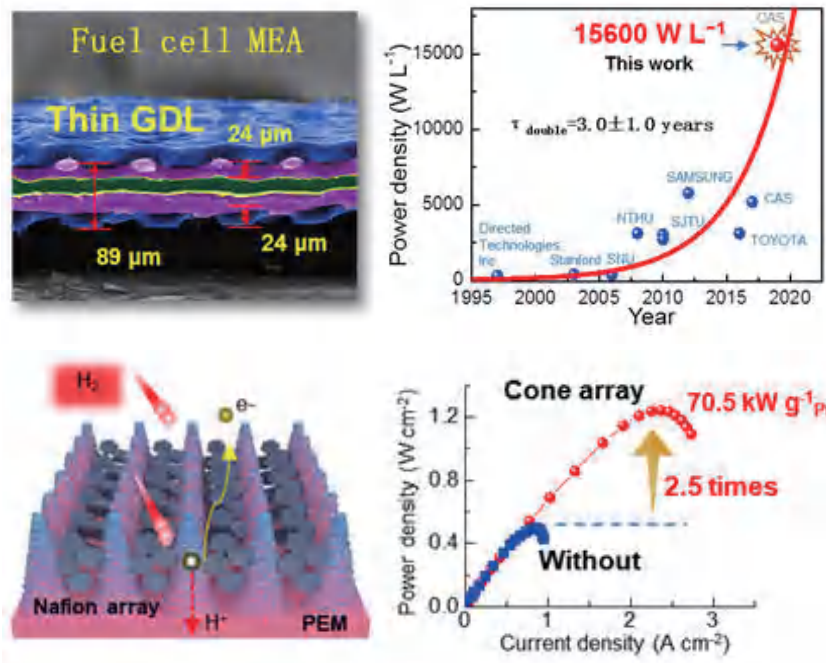
联系人：刘老师 联系电话：0512-62872652 邮箱：lliu2013@sinano.ac.cn

小体积、低重量、低成本燃料电池电源系统

技术领域	新能源
应用领域和场景	电动汽车、电动摩托、野外移动电源
知识产权	发明专利
技术成熟度	小试
合作方式	合作方式另议

成果（项目）简介

目前已经研制出集燃料存储、系统控制、燃料电池电堆等成套的燃料电池电源系统。电池的功率从0.1W-5000W可选，整个能量密度高达1000Wh/kg，具有比锂离子电池高3-6倍的能量密度。该电源体积小巧，比能量高，续航时间长，在电动车和户外电源应用方面有较大优势。



联系人：刘老师 联系电话：0512-62872652 邮箱：lliu2013@sinano.ac.cn

高能量密度锂硫电池

技术领域	新能源
应用领域和场景	用于智能电子产品、移动通信、无人机、电动汽车增程器
知识产权	发明专利
技术成熟度	中试
合作方式	合作方式另议

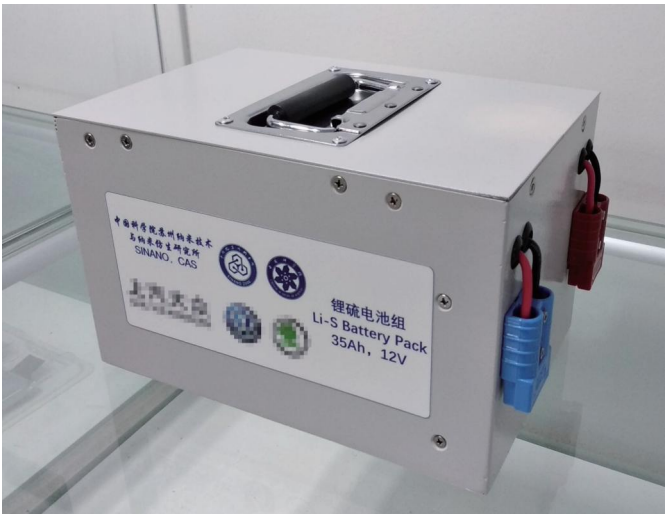
成果（项目）简介

随着智能电子产品、移动通信、无人机和电动汽车的发展，便携、长续航、高安全性的二次电池是实现以上技术的前提。应用最广泛的锂离子电池发展趋于极限，但市场对电池性能的需求持续提高，因此新型二次电池技术不断涌现。

锂硫电池因理论能量密度高、预期成本低、环境友好等特点，引领着新型二次电池的发展。本项目开发出高比容量正极材料、高面密度正极、高活性电解液、金属锂负极保护等关键技术，以及锂硫软包电池制作工艺，实现高能量锂硫电芯的批量制作和电池组试制。



锂硫软包电池



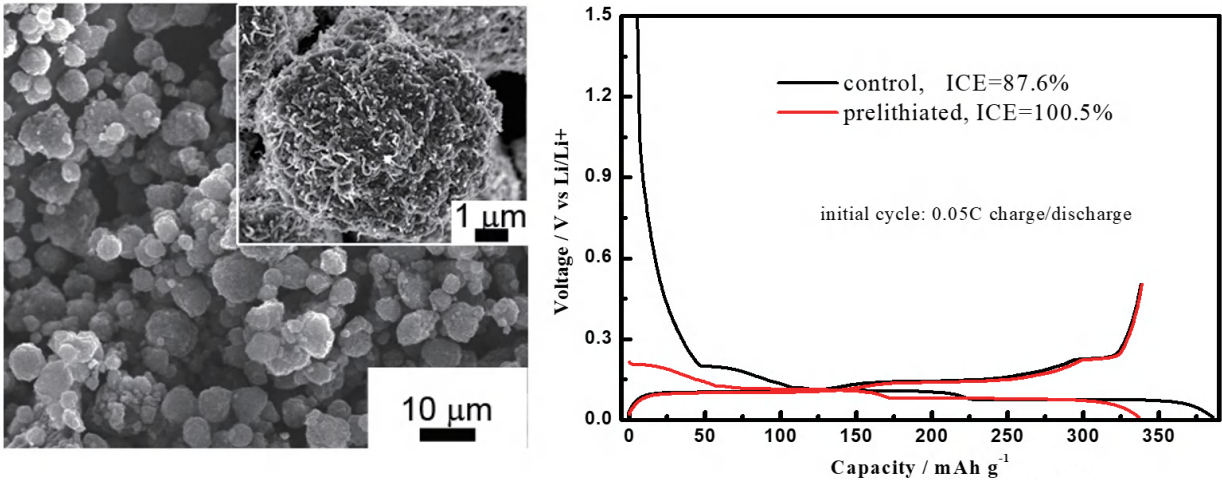
锂硫电池组

锂离子电池负极补锂技术

技术领域	新能源
应用领域和场景	锂离子电池
知识产权	发明专利
技术成熟度	中试
合作方式	合作方式另议

成果（项目）简介

便携式电子产品，电动车等的发展给人们带来了智能化的美好生活。这些产品的轻薄化和长续航都依赖于电池的能量密度。本团队研发的负极补锂技术可在不改变现有电池生产工艺的情况下，以较低的成本较大幅度地提高电池的能量密度，并且可以一定程度上改善电池的循环性能。



锂-碳材料可通过匀浆添加方式进行有效补锂

锂离子电池负极补锂技术



開放融合創新

扫码关注

中国科学院
苏州纳米技术与纳米仿生研究所



扫码进一步了解

纳米真空互联试验站



纳米生化平台



纳米加工平台



测试分析平台

