

2022 年度山西浙大新材料与化工研究院

研发项目申请指南

一、成果转化类（9 项）

C1. 聚氨酯定向降解及解聚产物再利用

【研究内容】 中试开发聚氨酯硬泡保温催化降解工艺技术，包括：尿素在高交联聚合物中高效扩散的结构本质及其定向降解催化作用本质；催化降解过程中放大效应对反应速率的影响，强化反应过程中物质传递的关键技术；降解产物以及溶剂的相行为，绿色、经济、高效的产物分离提纯工艺及设备，为工业示范提供指导。

【考核指标】 提交聚氨酯定向降解及解聚产物再利用工艺技术方案，核心指标要求：聚氨酯硬泡 180 °C 降解率大于 95%；芳香胺及多元醇回收率大于 85%；降解体系重复利用 3 次性能无明显变化。

C2. 多功能性水性生态涂料用助剂材料合成与添加技术

【研究内容】 中试或小规模化生产多功能溶胶助剂材料及水性生态涂料，包括：研发不同功能过渡金属氧化物纳米水溶胶批量合成技术；通过工艺调控金属氧化物水溶胶的能带和电子结构；获取直接取代水添加的功能性水性涂料助剂配方，得到高性能污染物分解、抗菌和耐磨复合功能水性涂料。

【考核指标】 提交多功能溶胶助剂材料和多功能性水性生态涂料的生产方案，建成 100 公斤/批次示范线一条。产品指标要求：水性涂料甲醛去除率>90%，挥发性有机化合物去除率>85%，抗菌率>99%，耐磨性、耐擦洗性、耐酸碱性等性能明显优于国标。

C3. 等离子体改性增强碳纤维

【研究内容】 利用对碳纤维表面活化和功能化处理新技术，解决工业上对碳纤维特殊需求。开展介质阻挡放电和电弧放电等离子体技术应用研发，形成等离子体改性增强碳纤维的技术路线和连续处理工艺，攻克大面积均匀等离子体形成和碳纤维负载放电匹配的关键工艺难题，实现中试或小规模化生产以等离子体技术改性的碳纤维丝束。

【考核指标】 提交碳纤维丝束的等离子体连续改性生产方案，产品指标要求：改性后碳纤维丝束 K 数 $<24K$ ，抗拉强度大于 4300 MPa，抗拉模量大于 290 GPa，中试连续处理丝束长度大于 5 m，单次处理宽度大于 30 mm，连续运行时间大于 50 h。

C4. 无催化剂聚对苯二甲酸乙二醇酯

【研究内容】 (1) 深入研究无催化剂熔融缩聚合成聚酯的机理，扩大无催化剂熔融缩聚适用单体的范围，完善聚酯合成的理论体系；(2) 改进 PET 中试装置，完善无催化剂熔融缩聚合成 PET 中试实验，完成工艺包设计，为无催化剂 PET 工业化生产奠定基础。

【考核指标】 在不小于 2000 吨/年的中试设备上实现纤维级和瓶级无催化剂 PET 的规模化合成，总体成本增加控制在 10% 以内。

C5. 矿井智能 LED 本安型防爆矿工服

【研究内容】 生产矿用智能 LED 本安型防爆矿工服。从柔性导电材料、柔性导电布、LED 柔性芯片生产到防爆服装设计、智能应用平台开发，与煤矿井下现有信息系统有机融合于一体，实现井下矿工在突水、瓦斯泄漏、顶板塌方等重大灾害发生前的预警功能和救灾过程中对矿工的保护，最终实现矿业智能 LED 防爆服的规模化生产。

【考核指标】 提交矿井智能 LED 本安型防爆矿工服的详细制造

方案及产品，产品性能指标要求：工作电压：5 V；整机工作电流：<200 mA；最大人体负载电压：<18 V（最大强度，国家规定的持续安全电压为 36 V）；人体负载电流：<8 mA（国家规定人体接触持续安全电流为 10mA）；APP 操作系统兼容：安卓 4.2、IOS 8.0 以上版本；卡入式设计，简单轻便，控制器重量<30 g；水洗性能：持续水洗 100 h 以上；服装寿命：2-3 年。

C6. InP 基单片集成混沌半导体激光芯片

【研究内容】 中试或小规模化生产 InP 基单片集成混沌半导体激光芯片。发展单片集成工艺下的宽带无时延混沌激光的产生方法，设计单片集成宽带无时延混沌激光器。设计 InP 基单片集成方案，研究不同功能区对混沌激光带宽、功率、时延特征值等特性的调控，开展芯片产品实验验证。

【考核指标】 提交 InP 基单片集成混沌半导体激光芯片的详细生产方案及产品，产品性能指标要求：工作波长为 C 波段；光谱线宽 50 GHz（@-3 dB）；混沌频谱带宽 ≥ 20 GHz；混沌信号自相关曲线旁瓣水平 ≤ 20 dB(@1 秒时间序列长度)；输出平均光功率 ≥ 1 mW。

C7. 新能源汽车用高强韧铝合金薄壁件

【研究内容】 中试或小规模化生产商用车三种轻量化产品，包括：（1）汽车轻量化部件拓扑优化与 CAE 分析模型建立；（2）铝合金半固态铸造工艺仿真模型建立；（3）铝合金半固态铸造制浆工艺研究；（4）三种铝合金半固态汽车轻量化产品结构与 CAE 分析；（5）三种铝合金半固态汽车轻量化产品铸造工艺仿真与模具开发；（6）铝合金半固态铸造工艺窗口研究。

【考核指标】 （1）提交三套生产工艺流程技术指导作业书；（2）开发三套模具；（3）开发三种铝合金半固态汽车轻量化产品，使其抗

拉强度达到 380 MPa，屈服强度达到 310 MPa，伸长率达到 4%；

C8. 抗菌功能纤维

【研究内容】 研发适用于功能纤维生产的纺织型抗菌剂，包括天然纤维表面处理抗菌剂和化学纤维合成抗菌剂及其抗菌母粒；将上述抗菌材料应用于天然纤维（棉、麻、丝、毛）和化学纤维（聚对苯二甲酸乙二醇酯、聚酰胺等）的中试或小规模抗菌功能纤维的生产；研发、筛选纺织型抗菌材料及其抗菌功能纤维的生产工艺、设备；阻燃、屏蔽等功能纤维后续扩大摸索、跟进。

【考核指标】 提交功能抗菌纤维生产方案，中试或小规模化生产抗菌功能纤维。产品指标要求：抗菌剂的抗菌率指标 $\geq 99\%$ ，抗菌纤维的抗菌率指标达到 90%–99%。产品常规指标执行国家纺织品要求，特殊功能参照国际功能指标执行。

C9. 焦化-钢铁-电力-化工等园区碳资产管理云平台的构建

【研究内容】 基于山西的焦化-钢铁-电力-化工联产行业减排监测评估指标体系，构建碳排放数据采集体系与碳中和脱碳成本模型。开发融合多源数据和基于先进算法的分布式企业碳排放数据智能核查信息管理系统，形成碳排放的监管动态监测预警系统；集成上述研究成果，在山西某焦化-钢铁-电力-化工联产行业开展碳资产管理平台建设落地并形成示范。

【考核指标】 （1）建设焦化-钢铁-电力-化工联产行业碳资产综合信息管理平台 1 套，形成省内或区域示范，力争被政府管理部门采用；（2）构建焦化-钢铁-电力-化工联产行业持续监测体系 1 套，形成行业碳排放核算机制，并在省内或区域示范。（3）形成 1–5 项面向碳交易的碳排放核算标准。

二、技术开发类（48 项）

J1. 光/电催化分解水制氢技术

【研究内容】 研发光/电催化分解水制氢/储氢技术与工艺，包括半导体催化剂的缺陷结构、界面结构、相结构与其光电性能之间的“构效关系”，光生电子及空穴与 H_2O 分子解离中间体之间的相互作用规律，半导体缺陷工程和界面工程的应用技术与工艺，产氢与储氢协同路线。

【考核指标】 提交光/电催化分解水制氢/储氢技术与工艺详细实现方案及其物理机理。提交半导体催化剂样品，技术指标要求：半导体催化剂内量子产率大于 97%；在标准太阳光(1000 W/m^2)光照条件下产氢速率大于 $8 \text{ mmol g}^{-1} \text{ h}^{-1}$ ；太阳能-氢能转化率大于 4%；催化剂单程寿命 $>1000 \text{ h}$ ；产氢用电量小于 35 kWh/kg ，并建立产量达到 1–3 t/a 的制氢-储氢示范系统。

J2. 高能量密度锂硫电池关键材料设计与技术

【研究内容】 研发高能量密度锂硫电池关键材料，包括碳电极材料杂原子掺杂、孔结构和表面物理化学性质调控规律，碳电极材料孔限域条件下硫物种的迁移与催化反应规律，载硫碳电极材料载硫量、硫分布对电化学性能的影响规律，碳电极材料自支撑性能对电池使用性能的影响规律。

【考核指标】 提交高能量密度锂硫电池关键材料设计与技术详细实现方案及其物理机理。提交硫碳一体化电极材料样品，技术指标要求：面载硫量 $> 4 \text{ mg cm}^{-2}$ ；放电倍率 1C (1.68 A g^{-1}) 时，比容量 $>1000 \text{ mAh g}^{-1}$ ；循环寿命 1000 周，容量保持率 $>85\%$ 。

J3. 热电转换材料与器件技术

【研究内容】 研发热电转换材料与器件，包括面向服役温度的热电材料能带结构调控规律，热电材料界面结构稳定性调控规律，面向输出功率、转化效率、服役稳定性的热电模块拓扑结构设计。

【考核指标】 提交热电转换材料与器件技术详细实现方案及其物理机理。提交热电转换材料与器件样品，技术指标要求：热电优值 ZT 大于 0.5；热端温度为 700 K 时最大转换效率突破 5.0%；温差发电器件界面服役时间到 5000 h 并保持 80% 的最佳性能，或热端温度近室温时制冷温差达 75 °C 以上。

J4. 废旧锂电池有价值组分高效分离回收技术

【研究内容】 研发废旧锂电池有价值组分高效分离回收技术，包括正负电极精准分离方法，正极材料中有价金属元素选择性分离提取，负极材料石墨高效再生利用。

【考核指标】 提交废旧锂电池有价值组分高效分离回收技术详细实现方案及其物理机理。提交回收组分样品，技术指标要求：Li 综合回收率 \geq 90%；Co、Ni、Mn 综合回收率 \geq 98%；石墨综合回收率 \geq 90%；废旧锂电池有价值组分高效分离回收整体技术方案。

J5. 纳米氧化锌触媒制备技术与工艺

【研究内容】 研发纳米氧化锌触媒制备技术与工艺，包括高温熔融悬浮冶炼炉反应器优化设计；反应器材料对耐高温抗腐蚀耐火的影响；烧嘴的物料流型结构及其材料优化；锌蒸气的氧化反应方式的各技术参数及适配的工程化优化设计；氨浸法纳米氧化锌触媒工艺。

【考核指标】 提交纳米氧化锌触媒制备技术与工艺详细实现方案及其物理机理。提交纳米氧化锌样品，技术指标要求：触媒的本底

硫低于 0.01%；纳米氧化锌比表面积大于 100 m²/g；触媒硫容大于 34%；触媒基础料的堆积密度小于 0.25 g/cm³。

J6. 一体化煤气深度脱硫与硫原位高值利用技术

【研究内容】 研发一体化煤气深度脱硫与硫原位高值利用技术，包括脱硫载体孔结构、掺杂、表面物理化学性质对硫化氢催化氧化反应的影响规律；脱硫载体对硫的限域效应；硫-脱硫载体一体化复合结构功能化利用过程中载硫量、硫分布、硫物质演化规律对材料性能的影响规律。

【考核指标】 提交一体化煤气深度脱硫与硫原位高值利用技术详细实现方案及其物理机理。提交一体化复合结构样品，技术指标要求：高活性、高硫容脱硫材料构筑及其选择性催化氧化 H₂S 的技术方法；“定向脱硫-化学沉积”策略构筑硫-脱硫载体一体化复合结构技术方法；硫-脱硫载体一体化材料电化学等应用规律；H₂S 脱除指标：<0.1 ppm；面载硫量> 4 mg cm⁻²；放电倍率 1C (1.68 A g⁻¹) 时，比容量>1000 mAh g⁻¹；循环寿命 1000 周，容量保持率>85%。

J7. 废旧高分子回收及资源化利用

【研究内容】 研发废旧高分子回收再利用或定向降解资源化利用技术，包括废旧纺织品纤维原料制备、评价、复合功能化利用技术；PET 生物/催化定向降解为单体或主链重构合成共聚酯的反应机制与工艺技术；聚乙烯催化裂解制备可控碳数烷烃产品/半成品催化原理和工艺技术；研发多组分废旧塑料共混高效增容技术，开发再生塑料用树脂产品；研发废旧橡胶资源化利用制备运动场地面层关键技术，包括超弹多孔混料技术和面材成型工艺优化。

【考核指标】 提交废旧高分子回收再利用或定向降解资源化利

用技术，技术指标要求：废旧纺织品纤维或塑料再生复合材料产品满足木塑类材料及产品国标或行标；PET 生物降解单体收率达到 70%，共聚酯力学性能满足产品使用要求；聚乙烯低温、高选择性制备汽油、柴油、润滑油或其它高值化工产品；开发新型增容剂 2-4 种，平均接枝率达到 3%及以上，与未增容再生塑料相比再生材料力学强度提高 15%以上；废旧橡胶资源化利用制备的运动场地面层材料符合标准 GB /T 14833-2020 技术性能要求，成本较同类塑胶型产品降低 10%。

J8. 城市污泥资源化利用

【研究内容】 研发城市污泥碳-氮-磷分质资源化利用技术，包括污泥生物质能的利用途径及相关机理；污泥嵌入式氮磷营养物释放及产生物肥料；发酵污泥建材利用工艺体系构筑及有毒有害物质固定效能；全链条式污泥分质转化与建材利用能量/资源回收评价。

【考核指标】 提交全链条式城市污泥碳-氮-磷分质资源转化与建材利用技术方案，技术指标要求：污泥有机质回收率达 50%以上；有机磷释放率达 50%以上；形成发酵污泥制备普通砖、蒸压加气混凝土砌块和蒸压粉煤灰砖等建材利用的技术方法。

J9. 大流态气化渣胶结充填材料

【研究内容】 研究气化渣的物化特性及火山灰活性激发方法，确定气化渣在矿山充填材料制备时的最优利用方式；研究不同配合比条件下以气化渣为主要原材料的多元煤基固废胶结充填料浆的流动性能及输送性能；研究考虑矿山工况和环境的气化渣胶结充填体强度、变形及耐久性能；形成基于响应面法的、以性能指标为设计目标的大流态气化渣多元煤基固废胶结充填材料配比设计方法，并进行现场应用。

【考核指标】 形成基于响应面法的大流态煤气化渣胶结充填材料配比设计方法，核心技术指标如下：（1）坍塌度：200–250 mm(不泌水、不离析)；（2）初凝时间： ≥ 120 min，终凝时间： ≥ 7 h；（3）抗压强度： ≥ 10 MPa；（4）水泥用量： < 160 kg/m³；（5）抗硫酸盐侵蚀系数大于 0.8。

J10. 煤矿结构充填开采减沉防灾功能材料

【研究内容】 建立基于采动岩层三维破断运移特征提出煤矿结构充填关键位置确定技术方法；研发根据关键位置“结构充填体-基本顶岩层”联合承载特征的强度性能可控型结构充填材料；研究绿色环保新型外加剂及其对结构充填体承载、防渗、耐腐、阻燃性能的调控机制；开发融合“固废升级利用-矿山充填减沉防灾”一体化综合利用技术。

【考核指标】 研发基于矿山开采条件下关键位置充填体承载特征的新型功能材料，建立绿色外加剂对充填材料性能的定量调控方法，据此构建矿山固废-结构充填减沉一体化利用技术体系，并进行工程实践应用。具体指标如下：7 天充填体强度 > 5 MPa，且保持率 $> 95\%$ ；结构充填开采后地表水平变形 $\varepsilon < 0.1$ ，曲率 $K < 0.05$ ，倾斜 $i < 1.0$ ，地表最大下沉系数 $\omega < 0.1$ 。

J11. 煤矿残采区 CO₂ 碱性封存材料

【研究内容】 开发以煤基固体废物及碱性矿渣为凝胶材料的残采区 CO₂ 碱性封存材料；研究 CO₂ 封存过程中材料的孔隙/裂隙结构演化特征，分析材料配比对封存效果的影响规律；揭示碱性封存材料 CO₂ 的物理吸附封存机制，阐明碱性封存材料 CO₂ 的化学反应封存机制；优化煤矿残采区 CO₂ 碱性封存材料的性能，并研发煤矿残采区碱

性材料封存 CO₂ 的技术工艺。

【验收指标】 研制出 2–3 种新型 CO₂ 碱性封存材料，明确配比对 CO₂ 碱性封存材料物理及化学特性的影响，CO₂ 化学封存量 > 0.85 molCO₂/kg；CO₂ 碳化率 > 50%，形成 1 套煤矿残采区碱性材料封存 CO₂ 的技术工艺。

J12. 利用工业固废增强粉煤气化炉灰渣熔融特性的高效复合助熔剂

【研究内容】 研究不同钙基和铁基固废单独作为助熔剂增强粉煤气化炉灰渣熔融特性的机理；开发不同钙基和铁基工业固废协同利用的高效复合助熔剂技术；开展高效复合助熔剂增强粉煤气化炉灰渣熔融特性的优化研究。

【考核指标】 掌握工业固废制备复合助熔剂的生产技术，完成粉煤气化炉利用工业固废制备复合助熔剂的工程验证，复合助熔剂添加量范围 20%–50%；在 20%–50% 工业固废复合助熔剂添加范围内实现助熔剂使用费用下降 20%–40%。

J13. 水性聚氨酯基环保型金属防腐涂料

【研究内容】 利用分子链结构设计及生物基纳米材料复合协同提高涂层耐腐蚀性能，开发高性能、环保型水性聚氨酯基金属防腐涂料的制备技术；考察分子结构设计及纳米材料表面改性、复合方式对水性聚氨酯微相分离结构的影响规律；研究膜在长期服役过程中的物化性质、微相结构、宏观形貌、耐蚀性能的演变规律；通过涂层耐腐蚀性能评价，确定基于提升复合材料耐蚀性、阻隔性的最优制备工艺，获得高性能、环保型防腐蚀涂层材料。

【考核指标】 制备出高性能、环保型水性聚氨酯基金属防腐涂

料。涂料施工实现喷涂二道无障碍；干燥时间达到表干时间 ≤ 2 h，实干时间 ≤ 24 h；铅笔硬度 $\geq H$ ；耐碱性（50 g/L NaOH 溶液）、耐酸性（50 g/L H₂SO₄ 溶液）达到 ≥ 24 h 无异常；耐水性 ≥ 48 h 无异常；耐人工气候老化 ≥ 500 h 无异常。

J14. 富勒烯/石墨烯气凝胶电极材料

【研究内容】 研发致密结构富勒烯/石墨烯气凝胶自支撑电极材料，探明电极材料结构和致密度对钠离子电池能量密度、倍率性能和循环稳定性的影响规律，实现高性能富勒烯/石墨烯气凝胶电极材料的宏量可控制备。

【考核指标】 提交新型富勒烯/石墨烯气凝胶自支撑电极材料的详细实现方案并揭示其充放电机理。提交 1-2 种高性能电极材料样品，技术指标要求：体积密度 > 1.5 g cm⁻³，0.1 A g⁻¹ 下比容量 ≥ 350 mAh g⁻¹、循环 500 圈后容量保持率 $\geq 85\%$ 、体积容量 ≥ 500 Wh L⁻¹、首次高充放电效率 $\geq 80\%$ 。

J15. 净化核空气的杂原子修饰多孔碳材料

【研究内容】 研发高性能杂原子修饰多孔碳吸附材料，探明掺杂原子种类、反应工艺参数等对复合材料形貌、结构及放射性碘吸附性能的影响规律，实现对碘物种的高选择性吸附多孔碳材料的可控制备，开展产品碘吸附实验验证。

【考核指标】 提交新型杂原子修饰多孔碳材料吸附碘的详细生产方案并揭示其吸附机理。提交 2-3 种高吸附效率、强选择性的吸附材料样品，技术指标要求：150 ℃ 下结构不发生坍塌；吸附剂捕捉碘后在室温下（25 ℃）下的碘脱附率 24 h 以内不超过 20%；静态碘吸附容量 > 600 mg/g，吸附平衡时间不超过 6 h。

J16. 焦炉/高炉煤气脱硫净化技术

【研究内容】 沸石基催化-吸附材料，吸附硫容和表面疏水性，并抑制 CO_2 催化转化，揭示脱硫机理；优选粘结助剂，制备型体分子筛吸附剂；研究粘结剂和粘结助剂的原料组成、微观结构和表面性质对型体吸附剂 H_2S 吸附性能及机械强度和传质速率的影响。以固定床脱硫评价装置考察所制备脱硫吸附剂对模拟高炉煤气的脱硫效果，研究气体组成和床层装填与脱硫效果的关系，为其工业应用提供实验参数和理论支持。

【考核指标】 煤气现场测线脱硫效果考察，吸附剂的运行值低于 4 kPa，硫容达到 6 mg S/g 吸附剂以上，脱硫后总硫低于 10 mg/Nm³，再生性能良好。

J17. CO_2 高效捕获与高效利用技术

【研究内容】 开展 CO_2 吸收捕集（物理、化学）新工艺研究；（1）利用从太阳能和风能等可再生能源获取绿电，用电催化还原技术制备合成气；（2）利用光催化或光电催化提高 CO_2 的转化效率；（3）利用热催化技术，提高 CO_2 的利用效率；（4）实现二氧化碳资源化利用。

【考核指标】 自定。

J18. 煤焦油高端化利用技术

【研究内容】 煤焦油是一种富含丰富精细化学品的混合物，（1）煤焦油中含有的酚、酸类含氧和含氮化学品，是一种富含高端化学品的重要原料，采用绿色非水相分离技术，利用不同氢键供体与氢键受体混合形成的结构可调、且具备选择性萃取性质的低共熔物，实现混

合物的分离富集。(2) 煤焦油沥青主要由三环及三环以上的缩合芳香族化合物, 特别是非取代的缩合芳香族化合物组成, 这些化合物都是重要的精细化学品。

【考核指标】 (1) 分离温度 $\leq 100^{\circ}\text{C}$, 分离压力常压, 酸脱除率 $\geq 99\%$, 酚脱除率 $\geq 95\%$, 醇脱除率 $\geq 90\%$ 。(2) 从煤焦油沥青中分离缩合芳香族化合物纯品的成套技术, 至少从高温煤焦油沥青中分离出 10 种缩合芳香族化合物纯品, 纯度不低于 99.5%。

J19. 高端电子化学品领域环保型溶剂-电子级 PMA

【研究内容】 采用酯交换法或酯化法制备丙二醇甲醚乙酸酯, 研究工作主要集中在对各种不同非均相催化剂的反应机理和综合性能评价, 优化催化剂的成型、技术, 以适应反应器的要求, 实现催化剂的连续化运行。

【考核指标】 催化剂的连续循环使用, 且反应活性大于 70%, 选择性大于 98%, 产物中金属离子含量小于 150 ppb。

J20. 化学链燃烧耦合煤与生物质快速共气化制氢系统

【研究内容】 针对煤与生物质分级利用与化学链耦合一体化制氢过程, 从反应器尺度和系统尺度入手探究该过程中载氧体的载氧、催化和载热特性及其在各反应器中的实际效果, 同时对整个系统进行能量、环境和经济性评价。

【考核指标】 100 kg/h 的生物质原料产氢量超过 7 kg/h; 气化系统焓效率达到 45% 以上。

J21. 大功率 GaN 基激光芯片

【研究内容】 研究低缺陷 GaN 基材料及 GaN 基量子阱外延生

长及 GaN 材料的高效掺杂技术；通过电学及光学结构的设计及相关制备工艺研究，实现低阈值、高功率 GaN 基大功率紫外激光芯片的研发。探明器件工艺对金属-半导体界面的载流子输运等的影响机理；探明材料和芯片界面结构、缺陷对激光器性能的影响规律；开展芯片样品实验验证。

【考核指标】 提交大功率 GaN 基激光芯片的详细实现方案及其物理机理。提交大功率 GaN 基激光芯片样片，具体性能指标要求：波长为 380 ± 10 nm，芯片连续输出功率 ≥ 4 W；或波长为 450 ± 10 nm，芯片连续输出功率 ≥ 10 W。

J22. GaN 基蓝光垂直腔面发射激光器（VCSEL）芯片

【研究内容】 探究高质量氮化物 DBR 的设计与外延生长工艺，设计高增益有源区与低损耗谐振腔，基于此实现光泵浦激射后进行电注入的 GaN 基 VCSEL 激光芯片的成功制备。揭示 AlGaInN/InGaN 应变补偿 DBR 界面结构与界面生长动力学的内在联系，厘清氮化物谐振腔中各项损耗机制、对器件性能的影响、以及损耗抑制方法，探究高增益有源区的实现方式。

【考核指标】 提交蓝光 GaN 基激光芯片的详细实现方案及其物理机理。提交蓝光 GaN 基激光芯片样片，具体性能指标要求：获得高界面质量的氮化物 DBR，反射率 $> 97\%$ ；实现蓝光 GaN 基 VCSEL 光泵浦激射，激射阈值 < 500 kW/cm²，输出功率 100 W。实现具有氮化物 DBR 的蓝光 GaN 基 VCSEL 电注入激射。

J23. GaN 基高电子迁移率晶体管（HEMT）芯片

【研究内容】 研究 Si 衬底上 C 掺杂 GaN 以及 GaN/AlN 超晶格外延薄膜生长技术，研究 Mg 掺杂超晶格增强型 GaN HEMT 器件制

备技术。探明不同温度下超晶格结构对 Mg 掺杂热扩散效应的影响机理，实现高 Al 组分 Mg 掺杂超晶格增强型 GaN HEMT 器件的实验验证。

【考核指标】 提交高性能 GaN 基 HEMT 芯片的详细实施方案及其物理机理。提交高性能 GaN 基 HEMT 芯片样片，具体性能指标要求：阈值电压 ≥ 1.5 V，电流密度 ≥ 150 mA/mm，击穿电压 ≥ 650 V。

J24. GaAs 基垂直腔面发射激光器（VCSEL）外延材料及芯片

【研究内容】 设计外延材料结构、分析其生长动力学行为，实现大功率 GaAs 基 VCSEL 外延材料可控生长；研究外延材料各功能层对界面态以及光学损耗的影响规律；探究器件能带结构与器件光电性能的关系，精准调控器件性能。研发 GaAs 基红光或大功率 VCSEL 激光外延材料及芯片。

【考核指标】 提交 GaAs 基激光芯片的详细实施方案及其物理机理。提交 GaAs 基激光芯片样片，具体性能指标要求：输出激光波长小于 675 nm，功率达 10 mW，光束模式为单模，斜率效率 ≥ 0.6 W/A，光转换效率 $\geq 20\%$ ；或输出激光波长为 940–980 nm，功率达百瓦量级，工作电压 ≤ 5 V，芯片阵列 5 mm \times 5 mm；或输出波长在 900–1000 nm 之间，功率 ≥ 50 W，刀片激光光束尺寸为 90°近衍射极限角度。

J25. 大尺寸柔性钙钛矿太阳能电池（PSCs）

【研究内容】 探索与 PbI₂ 具有强配位能力的新型溶剂和添加剂，对钙钛矿在柔性衬底上结晶动力学的调控过程，获得高质量大面积钙钛矿薄膜。发展钙钛矿表界面钝化修饰体系及制备技术，并基于此，合理设计器件结构，获得高性能柔性 PSCs 及面积 ≥ 25 cm² 的柔性 PSC 组件。探索在柔性衬底上，大面积钙钛矿薄膜生长过程中晶体结构及

薄膜形貌的演变规律，研究 2D 钙钛矿钝化材料体系对 3D 钙钛矿缺陷钝化机制及其增稳提效机理。

【考核指标】 提交高效稳定的柔性 PSCs，实现大面积钙钛矿薄膜结晶生长过程的精细调控。提交高效稳定的柔性 PSC 样品，具体性能指标要求：小面积电池效率超过 22%，大面积电池效率超过 20%，弯曲/恢复 10000 次（曲率半径小于 0.5 cm）后效率保持 85% 以上，面积 $\geq 25\text{ cm}^2$ 的 PSC 组件具有超过 18% 的效率。

J26. 二维有机半导体-钙钛矿量子阱（OPQW）材料及光伏器件

【研究内容】 系统研究 OPQW 中分子结构、复合构象的制备科学，探索 OPQW 结构与光电性质之间的构效关系，重点研究电荷在二维钙钛矿层间传输特性与能级结构之间的关系；提出并研究“平带”量子阱新概念复合光电结构，探索其中的新型复合结构的形成原理和相应的电荷传输性质及离子迁移特性，完善量子阱基础理论；将 OPQW 应用于钙钛矿光伏器件，实现钙钛矿光伏器件效率和稳定性的突破。

【考核指标】 提交基于有机半导体-钙钛矿二维量子阱复合材料的光伏器件详细实现方案及其工作机理。提交相关光伏器件样品，具体性能指标要求：效率超过 24%，万小时工作性能衰减低于 10%。

J27. 面向先进显示照明应用的钙钛矿高效发光材料与器件

【研究内容】 研发金属卤化物钙钛矿高效发光材料的低成本可控制备技术；研发基于无机钙钛矿材料的红绿发光波长精确调节技术；研发钙钛矿材料光、热稳定性的协同提升技术；开展钙钛矿 LED 器件新型结构设计、电光转换过程及失效机制研究，提升红绿蓝发光器件光效与稳定性；研发薄膜晶体管（TFT）驱动的钙钛矿 LED 显

示阵列原型器件。

【考核指标】 提交钙钛矿高效发光材料与器件的详细实施方案及其物理机理。提交钙钛矿量子点和 LED 显示阵列样品，技术指标要求：量子点发光效率 90% 以上，150 °C 高温处理后发光保持 95% 以上。LED 显示阵列像素点达到 64×64，面积 1 英寸。

J28. 有机光电图像传感芯片

【研究内容】 研发有机光电图像传感芯片，探明 Al_2O_3 界面修饰层降低有机光电倍增探测器暗电流机理，制作Y6:P3HT:PCBM器件，优化掺杂比例以实现紫外-可见-红外全光谱光电探测。开展 64×64 像元面阵型有机光电传感器的实验制备及成像演示，阐明像元结构，像元灵敏度分布对串扰的调控机制和影响规律。

【考核指标】 提交紫外-可见-红外响应高探测率有机光电图像传感芯片的详细实施方案及其物理机理。提交有机光电图像传感芯片样片，具体性能指标要求：实现单像元探测芯片光谱响应覆盖紫外-可见光-近红外；单像元探测芯片响应度 ($>1000 \text{ A/W}$)、探测率 ($>10^{14} \text{ Jones}$) 且弱光探测能力 ($<10 \text{ nW/cm}^2$)；设计并制备 64 × 64 像元面阵型光电倍增型有机光电探测芯片。

J29. 可视化红外光探测芯片及器件

【研究内容】 选用红外光波段光敏材料或红外光上转换材料，设计、开发红外光高效光电转换器件；设计多功能红外光敏/发光器件及红外上转换/发光器件，精确优化多功能器件结构；探索可视化红外光探测芯片的大面积制备的设计、工艺、工作机理及可控制备，开展可视化红外光探测芯片样片实验验证。

【考核指标】 提交可将红外光实时转化为可见光的高性能可视

化红外光探测芯片件，同时实现可视化红外光探测芯片件的大面积制备。提交红外光探测芯片，具体性能指标要求：探测波长范围在 700–1100 nm、亮度超过 3000 cd/m² 及转换效率超过 10%，器件有效探测面积达到 30 mm×30 mm。

J30. 低介电薄膜先进沉积技术

【研究内容】 研发几种低介电薄膜材料区域选择性沉积工艺，开发具有自主知识产权的区域选择性原子层沉积设备，建立区域选择性沉积在芯片互连结构、图案化硬掩模、金属-介电-金属（MIM）器件等中的应用，开展仪器实验验证。

【考核指标】 获得具有自主知识产权的低介电薄膜材料区域选择性沉积工艺 3–5 种，完成区域选择性原子层沉积设备 1 台。具体性能指标要求：抑制剂在金属与介电表面修饰选择性>99%，工艺温度<400 °C，在含有金属与介电区域的基材表面实现低介电薄膜沉积选择性>95%（其中图案化基材的线宽<2 μm），沉积速率>0.03 nm/循环；选择性沉积的薄膜厚度>10 nm，介电常数<3.0，杨氏模量≥5 GPa。

J31. 随机短切碳纤维增强树脂基复合材料模压成形关键技术及其在汽车轻量化工程中的应用

【研究内容】 随机短切碳纤维增强树脂基复合材料均匀性、取向性可控机理、工艺与装备研发；随机短切碳纤维增强树脂基复合材料性能评估技术、破坏机理及改性研究；随机短切碳纤维增强树脂基复合材料模压成形工艺与设备开发，以及特种焊接工艺研究；汽车关键零部件轻量化制备与集成技术。

【考核指标】 随机短切碳纤维增强树脂基复合材料强度由 120 MPa 提高到 300 MPa；弹性模量由 15 GPa 提升到 25 GPa，替代汽车

零部件重量减轻 $\geq 30\%$ ；模压调平精度提高 $5\ \mu\text{m}$ ；实验汽车关键结构件替代率 $\geq 25\%$ 。

J32. 基于飞秒激光聚合技术的三维金属微纳机器人

【研究内容】 研究飞秒激光在无机-有机杂化材料中的聚合动力学，开发可用于双光子聚合的富金属先驱体材料；提出结构光场的轴向分布调控方法和突破物镜工作距离的光场调控策略；探索利用亥姆霍兹线圈对不同材料和不同结构金属机器人运动特性的控制方法。

【考核指标】 提交用于双光子聚合的富金属先驱体材料体系；提交结构光场轴向分布调控方法和突破物镜工作距离的光场调控策略；提交磁场强度/频率、结构、材料与机器人运动参数间的理论模型。纯铁螺旋微机器人性能指标如下：抵抗 $100\ \mu\text{m/s}$ 流体冲击，失步频率提高到 $50\ \text{Hz}$ 以上，运动速度达到 $250\ \mu\text{m/s}$ 。

J33. 高端乘用车碳纤维复合材料和铝镁合金轻量化构件 3D 打印技术

【研究内容】 针对汽车行业对结构轻量化的重大需求，开展车规级轻量化零部件 3D 打印关键技术研发，构建碳纤维复合材料功能结构件的 3D 打印技术路径，形成碳纤维复合材料结构-功能一体化制造新方法；研发车用高性能铝镁合金构件 3D 打印快速制造技术体系，实现铝镁合金增材制造构件高强高韧全等轴晶化；开发铝镁合金激光 3D 打印复杂构件高质高效光整加工新技术及新工艺。

【考核指标】 提交碳纤维复合材料及铝镁合金 3D 打印典型样件；铝镁合金打印件致密度 $\geq 99\%$ ，屈服强度 $\geq 350\ \text{MPa}$ ，抗拉强度 $\geq 450\ \text{MPa}$ ；开发铝镁合金激光增材构件电化学光整加工工艺及专用电解液，经处理后构件表面粗糙度 $R_a \leq 1.2\ \mu\text{m}$ 。

J34. 防火防腐的高性能涂层

【研究内容】 研发面向钢结构防火防腐目的的高性能无机陶瓷复合涂层；考察涂层在极端环境下耐腐蚀和力学性能；研究涂层防腐蚀、防火性能及其调控机理，构建涂层防腐性能评价体系指标；确定涂层的生产工艺参数，建立小试生产线。

【考核指标】 提交具有防火防腐功能的无机磷酸盐涂层工艺；涂层厚度 10–15 mm 时在 1100 °C 下超过 60 min 不被破坏；涂层厚度 10–15 mm 时耐受中性盐雾腐蚀 5000 h 不被破坏。

J35. 应力高温耦合环境耐热钢微观组织与宏观性能的原位表征

【研究内容】 发展扫描电镜原位超高温快速成像技术，开发实时追踪耐热不锈钢制备过程微观结构跨尺度原位高通量表征平台与技术；建立耐热不锈钢纳米、微米至毫米跨尺度微观结构与宏观性能的关系，构建宏观性能与微观结构关系的大数据库；优化耐热不锈钢性能和制备工艺，实现新型耐热不锈钢的批量化生产。

【考核指标】 提交高通量扫描电镜原位超高温快速成像技术，温控范围实现室温–1500 °C 区间的可控调控，温度控制精度 ± 1 °C，温度波动 ≤ 2 °C，扫描成像时间分辨大于 500 ms；提交耐热不锈钢宏观性能与微观结构关系的理论以及大数据库。

J36. 仿生防污减阻水凝胶软涂层

【研究内容】 开发水溶性高分子基多组分水凝胶涂层制备技术，研究并评价其防生物污损和减阻效果。

【考核指标】 开发出防污效果达到 2 年以上，船体表面的摩擦系数降低 5%–15% 的防污减阻水凝胶软涂层。

J37. 低填充高性能碳基导电纳米复合材料

【研究内容】 考察碳基导电纳米填料对高分子共混物基体相形态的影响, 探明相分离过程中共混物基体相形态形成与演变规律及其对导电填料分布状态的影响规律, 阐明导电填料在聚合物共混基体中的迁移、聚集及网络形成过程, 建立该类导电复合材料的加工参数-相形态-导电/力学性能之间的关联, 制备高性能、电阻可调的三元导电聚合物基复合材料。

【考核指标】 制备的抗静电材料体积电阻率 $10^6-10^{10} \Omega\cdot\text{cm}$; 制备的电极电路制件的半导体材料体积电阻率 $10^2-10^6 \Omega\cdot\text{cm}$; 电磁屏蔽和导体的导电材料体积电阻率 $<10^2 \Omega\cdot\text{cm}$ 。

J38. 新型环保型抑尘剂

【研究内容】 开发高保湿、环境友好且具有一定机械强度的新型双网络高分子凝胶抑尘剂, 考察凝胶机械性能与抑尘效果之间的关系, 设计具有尖端扰动的双流道喷枪, 实现抑尘剂喷施高效成膜。

【考核指标】 (1) 开发高效高分子抑尘凝胶新技术, 实现抑尘剂保湿率 $>40\%$ 以上, 抑尘效率 $>90\%$, 抑尘周期 >7 天, 对环境无二次污染; (2) 阐明抑尘剂的抑尘机理, 建立环境参数与抑尘剂喷施量的关系数据库。

J39. 轻质高效宽频橡胶吸波材料

【研究内容】 开发磁性复合气凝胶/硅橡胶吸波材料及其制备技术, 制备低密度/高吸收性磁性复合气凝胶, 研究硅橡胶复合材料的流变行为, 优化磁性复合气凝胶/硅橡胶吸波材料设计与制备工艺。

【考核指标】 磁性复合气凝胶/硅橡胶吸波材料在 8-18 GHz 范

围内有效吸收频段 Δf （反射率 ≤ -10 dB， $\Delta f \geq 3$ GHz）可调控，密度 ≤ 3 g/cm³，拉伸强度 ≥ 3 MPa，硬度 ≥ 30 HA。

J40. 基于工程合金模板长周期服役的水溶性复合涂层材料

【研究内容】 进行建筑用合金模板脱保一体涂层产品的吨级放大实验；结合专用批量化涂装设备，优化涂层液成分配比及涂装技术参数，提高模表面与水滴的接触角以及与基材的粘结力。

【考核指标】 研制及试制建筑用合金模板脱保一体涂层产品专用批量化涂装设备；一次性涂刷脱保一体产品实现合金模板场内周转30次以上。甲醛含量：0 g/L；硬度：3H；耐水性：48小时无异常；耐碱性：48小时无异常；耐磨性：小于0.05 g；耐冲击性：50冲击试验无异常；粘结力：0级；干燥时间：表干2 h，实干12 h；可溶性重金属：无。

J41. 健康监测功能石墨烯/聚合物导电复合材料与技术

【研究内容】 明确石墨烯及其衍生物在聚合物基体中的分散形态，基于多种刺激响应传感单元在聚合物基导电材料内的空间分层次排布构建传感器件，实现聚合物基导电材料在智能传感器件制造、系统封装及其应用示范。

【考核指标】 （1）传感器件结构延展性 $\geq 80\%$ ；（2）响应时间 < 100 ms，回弹时间 < 240 ms，重现性 > 5000 个循环可调；（3）弹性模量接近人体软组织，约为1–100 kPa；（4）可检测温度、脉搏、乳酸、血糖含量等人体健康信号 ≥ 4 种。

J42. 磁性“纳米拆分剂”的制备及其在手性药物结晶拆分中的应用

【研究内容】 制备高阻隔、高透湿、能灭活病毒的防护材料，揭示材料组成、微纳米拓扑结构、接枝密度、电荷密度与抗病毒能力的基本规律，建立病毒常温灭活新理论，降低病毒传播的风险，发展高性能纤维在病毒防护器械和抗病毒织物应用中的关键技术。

【考核指标】 在与防护物接触的2 h内，病毒活性降低超过99%。利用聚集诱导发光检测技术开发速诊断试剂盒、快速预警喷剂等，实现对一般高浓度病毒的秒级预警（<60 s），特种病毒的分钟级预警（<15 min）。

J43. 饲料级高比表面积纳米氧化锌

【研究内容】 研发饲料用高比表面积纳米氧化锌的制备新技术和新方法，开发其有害元素深度除杂技术；研究高比表面积氧化锌安全性及对病原微生物的灭菌机制。

【考核指标】 （1）开发高比表面积氧化锌的制备新技术，确定60 m²/g以上比表面积氧化锌的制备工艺参数；（2）解明新型氧化锌在仔猪体内的代谢机制以及生物安全性；（3）对标国际标准，响应国家饲料禁抗政策，实现仔猪断奶后前两周氧化锌量添加量降至150 mg/kg。

J44. 重大病毒性传染疾病防护、预警和诊疗材料

【研究内容】 制备高阻隔、高透湿、能灭活病毒的防护材料，揭示材料组成、微纳米拓扑结构、接枝密度、电荷密度与抗病毒能力的基本规律，建立病毒常温灭活新理论，降低病毒传播的风险，发展高性能纤维在病毒防护器械和抗病毒织物应用中的关键技术。

【考核指标】 在与防护物接触的2 h内，病毒活性降低超过99%。利用聚集诱导发光检测技术开发速诊断试剂盒、快速预警喷剂等，实

现对一般高浓度病毒的秒级预警 (<60 s)，特种病毒的分钟级预警 (<15 min)。

J45. 3D 打印医用可降解骨类修复体一体化成形关键技术

【研究内容】 开发适于 3D 打印的高性能医用可降解金属粉末；精确设计并构建仿生骨植入物孔隙骨芯向致密骨表面的空间梯度渐变结构模型；优化 3D 打印医用可降解金属骨修复体制备工艺；开发 3D 打印骨修复体表面后处理技术。

【考核指标】 可降解医用 3D 打印专用金属粉末粒径 20–50 μm ；提交激光 3D 打印骨修复体优化工艺方案及后处理技术方案。1–2 类可降解医用可降解金属骨植入修复体支架样品，技术指标要求：弹性模量 5–23 GPa、抗压强度 180–240 MPa；3D 打印植入物表面处理后其表面粗糙度 $R_a \leq 1 \mu\text{m}$ ，尺寸公差 $\leq \pm 0.5 \text{ mm}$ ；模拟体液中降解速率 $\leq \pm 0.5 \text{ mm/a}$ ，且无明显毒性；

J46. 光交联脱细胞基质复合仿生软骨支架材料

【研究内容】 研究脱细胞软骨外基质 (ACM) 与光交联明胶 (GelMA)、光交联海藻酸钠水凝胶 (ALMA) 和丝素蛋白 (SF) 等材料的交联方法；探索适合组织工程软骨再生的复合材料选择方案；研究光固化 ACM 复合仿生软骨支架的 3D 打印建模方法；探讨复合仿生软骨支架对软骨细胞黏附、增殖、分化及软骨组织形成的影响机制；开展光固化 ACM 复合仿生软骨支架在动物体内对软骨缺损修复的实验研究；探究复合仿生软骨支架对损伤软骨组织的再生和修复机制。

【考核指标】 提交复合仿生软骨支架设计及研制方案。提交仿生软骨支架材料样品，技术指标要求：孔隙率达到 70% 以上，孔隙连

通率达到 98% 以上；抗压强度在 10–70 MPa 范围内可调，弹性模量在 0.5–2.5 GPa 范围内可调；降解速率在 0.3–0.7 mm/a 范围内可调，且降解产物无明显毒性；体外成骨细胞存活率在 150% 以上，细胞分化能力在 130% 以上；动物体内表现出可靠的成骨性能，且材料可在 6–12 个月内完全降解。

J47. 人工皮肤

【研究内容】 研发 2 种 HSEs 生物新材料：（1）表皮模型仅含有表皮层，由角质细胞接种在非细胞基质上，适用于化妆品和外用药物的腐蚀性、刺激性或渗透性测试；（2）全皮模型含有表皮层和真皮层，由角质细胞、成纤维细胞填充的三维胶原基质组成，类似于原生人类皮肤，可用于皮肤损伤修复和医美领域。

【考核指标】 可根据人群/客户的不同需求提供多样性的 HSEs 模型，也可针对不同的皮肤病患者个性化研发不同的患病皮肤模型。本项目旨在以本土人群为样本，建立人工皮肤等效模型技术流程。

J48. 镍基材料催化绿氢制取

【研究内容】 红土镍矿的提炼技术研究，以镍盐为目标产物，开发高效的提纯技术；以红土镍矿提炼物为原料，开发新型 NiFe-LDH 和 NiFe-MOF 催化剂；构建镍铁基催化剂电解池，优化其电解水制氢性能；提出电解池性能评价方法，确定控制电解池耐受性的关键因素。

【考核指标】 提交可直接从红土镍矿中选择性定比例提取镍盐的新方法；提交低成本镍铁基催化剂的制备技术，催化剂的过电势 $\leq 250 \text{ mV}@10 \text{ mA/cm}^2$ ；提交低成本高效电解水制氢系统，电解池水分解电压 $\leq 1.80 \text{ V}@500 \text{ mA/cm}^2$ 。

三、基础研究类（7项）

Y1. 石墨烯基异质结三维宏观体的宏量可控制备与应用

【研究内容】 针对石墨烯基范德华异质结三维宏观体构建关键科学难题，以多孔金属为生长模板，探索化学气相沉积生长工艺，考察其结构性能演变，揭示其生长机制，并建立其结构与性能的内在联系；研制基于其的光电探测器、能量储存与转化器件、气体传感器等原型器件，探索其宏量应用前景。

Y2. 甲烷氧化偶联反应高选择性催化剂构筑与催化工艺研究

【研究内容】 （1）新型催化剂的结构；（2）催化剂的表面和体相活性结构；（3）催化剂的构效关系及甲烷氧化偶联反应的微观反应机理；（4）固定床反应装置上甲烷氧化偶联制备烯烃气-固多相催化工艺条件。

Y3. X 射线成像器件

【研究内容】 研究钙钛矿量子点及钙钛矿量子点/有机半导体材料异质复合薄膜的可控制备工艺，优化钙钛矿量子点与有机半导体材料复合薄膜的形貌和性能、研究二者复合界面电荷及能量转移机理，进而实现高增益的 X 射线响应。研究探测器件的阵列集成与成像应用，最终获得具有实用价值的大面积面阵 X 射线成像器件。

Y4. 单分子芯片

【研究内容】 开展纳米级单分子场效应晶体管研究，发展实用型高性能单分子晶体管的关键性制备技术，揭示栅压对分子能级的调控规律，解决长期困扰在构建单分子场效应晶体管过程中遇到的短沟道效应的核心挑战和基本科学问题，发展一系列与 CMOS 兼容的高

性能单分子场效应晶体管。

Y5. 压致金属化材料的构筑及其在超导领域的应用

【研究内容】 设计并制备具有压致金属化的电荷迁移型材料，探求高压金属化材料的可控合成规律，探究材料在常压或静态高压下的各种光学和电学性能尤其是压致金属化及高压超导等特性；从结构和理论计算两方面揭示材料结构与高压金属化及高压超导性能的内在联系。

Y6. 基于强缔合结构的玻璃态水凝胶及其结构-性能关系

【研究内容】 通过分子结构设计及缔合结构形成，制备多种玻璃态水凝胶，掌握宏观性能调控方法及缔合结构性形成和演化规律，以及缔合作用对微结构、链段松弛、玻璃化转变行为的影响机制。性能优化

Y7. 类脑器官与认知材料

【研究内容】 三维微图案化材料的设计与制备；微图案化类脑器官的构建；基于微图案化类脑器官的认知科学与神经类药物筛选研究。

四、研究院与华阳新材料科技集团有限公司联合征集技术开发类项目（13项）

LH1. 高导热石墨烯基碳纤维

【研究内容】 突破单层氧化石墨烯批量制备、氧化石墨烯纤维束纺丝及石墨烯纤维束制备技术，完成纺丝线的设计与制造，实现石墨烯纤维束公斤级量产制备。

【考核指标】 石墨烯纤维丝束制备量达到公斤级，石墨烯纤维丝束导热率 $>1200\text{ W/mk}$ ，丝束拉伸强度 $>1\text{ GPa}$ 。

LH2. 高柔性石墨烯发热膜

【研究内容】 开发高性能具备大规模应用潜力的柔性石墨烯发热膜产品，突破高导电石墨烯浆料、柔性导电膜制备的关键技术，完成可拉伸柔性导热膜大面积制备与动态发热性能综合评测。

【考核指标】 发热膜制备面积 $>200\text{ m}^2$ ，面内方阻 $>8\text{ 欧}$ ，拉伸断裂伸长率 $>200\%$ ，电热转化效率 $>99\%$ 。

LH3. 高比容量石墨烯基碳负极材料

【研究内容】 (1) 石墨烯基碳负极材料的制备机理及其对电化学性能的影响规律；(2) 石墨烯基碳负极材料的公斤级放大制备工艺研究；(3) 含石墨烯基碳负极材料的电化学性能研究及评价。

【考核指标】 提供石墨烯基碳负极材料 $\geq 1\text{ kg}$ ；放电容量 $\geq 450\text{ mAh/g}$ ；循环 500 次后，容量保持率 $\geq 90\%$ ；首次库仑效率 $\geq 90\%$ 。

LH4. 石墨烯/聚酰亚胺复合膜材料的制备及气体分离性能

【研究内容】 突破聚酰亚胺/石墨烯复合膜材料界面相容性关键技术，打通高性能石墨烯复合膜制备工艺；进行聚酰亚胺/石墨烯中空纤维复合膜纺丝工艺研究，确定纺丝工艺最佳参数及纳微结构调控规律；高性能聚酰亚胺/石墨烯中空纤维复合膜的应用技术研究。

【考核指标】 石墨烯-聚酰亚胺复合膜的 H_2 渗透率 $>150\text{ GPU}$ ， H_2/CO_2 选择率 >20 ；石墨烯-聚酰亚胺中空纤维复合膜的膜丝直径 $<400\text{ }\mu\text{m}$ ，皮层厚度 $<300\text{ nm}$ ，单根膜组件膜面积 $>10\text{ m}^2$ ，耐压 $>3\text{ MPa}$ 。

LH5. 二氧化硅气凝胶原位聚合制备功能性聚酯纤维

【研究内容】 突破原位聚合法制备高气凝胶含量聚酯切片关键技术，打通高气凝胶含量聚酯切片制备工艺；进行气凝胶聚酯切片纺丝工艺研究，确定纺丝工艺最佳参数；高性能气凝胶纤维的应用技术研究。

【考核指标】 二氧化硅气凝胶原位聚合制备功能性聚酯纤维克重 ≤ 100 m²/g；热阻 ≥ 0.02 m² K/W；克罗值 ≥ 0.12 clo；热导率 ≤ 0.040 W/(m K)；传热系数 ≤ 48 W/(m² K)。

LH6. 可降解无纺纤维材料

【研究内容】 以双螺杆挤出造粒设备对现有低熔融指数聚乳酸进行共混改性研究，确定熔喷专用高熔融指数聚乳酸的最佳改性配方；开发针对聚乳酸熔喷材料的多级喷射技术和高温高湿环境下的烘干锁电技术，并对聚乳酸熔喷材料进行水驻极处理，构筑电荷存储稳定性高、高效低阻水驻极聚乳酸熔喷材料；开发具有长效均质稳定性的复配纺丝液配方；开发适用于聚乳酸水驻极熔喷材料的气流辅助打折工艺；对熔喷纤维材料与木浆纤维基材进行复合加固，提高两种材料表面粘合力，开发出熔喷纤维材料/滤纸双层复合加固技术。

【考核指标】 聚乳酸熔喷布拉伸性能：克重为 20–50 g/m² 时，横向断裂强力 ≥ 6 N，纵向断裂强力 ≥ 9 N，纵横向断裂伸长率 $\geq 20\%$ （FZ/T 64078-2019 熔喷法非织造布）；过滤效率 $\geq 95\%$ ，过滤阻力 ≤ 50 Pa（GB 19083-2010 医用防护口罩技术要求）；满足高中效过滤要求，95%>额定风量下的效率 $\geq 70\%$ ，额定风量下的初阻力 ≤ 100 Pa，额定风量下的终阻力 ≤ 300 Pa（GB/T 14295-2019 空气过滤器）；水洗 20 次后（GB8629-2017 纺织品试验用家庭洗涤和干燥程序），耐水洗口罩对 0.3 μ m 盐性颗粒过滤效率 $\geq 70\%$ ，阻力 ≤ 150 Pa，对 3 μ m 细菌气溶胶过

滤效率 $\geq 95\%$ 。

LH7. 高效安全储存及高压氢瓶控制阀

【研究内容】 围绕高压氢瓶智能瓶口组合阀的国产化目标，在氢气阀门材料、结构设计、数值计算、组合阀密封和集成化等方面开展系统的研究，合理选用结构件、密封件材料，建立优化设计方法体系，突破制造工艺，解决集成测试难题，研制出 35 MPa 和 70 MPa 高压氢瓶智能瓶口组合阀产品机，推动国内氢能产业的快速和健康发展。

【考核指标】 （1）形成一整套的高压氢瓶阀门设计方法；（2）研制成功 35 MPa 和 70 MPa 高压氢瓶智能瓶口组合阀，并通过测试验证；（3）搭建高压氢瓶阀门性能测试平台，参与国家和行业相关标准的拟定。

LH8. 用于钠离子电池的磷酸盐正极材料

【研究内容】 磷酸钒钠正极材料的公斤级制备技术开发；基于磷酸钒钠正极和硬碳负极的软包电芯的工艺条件摸索及小批量制备；PACK 集成及两轮车应用测试。

【考核指标】 磷酸钒钠粉体的公斤级样品制备； $D_{50} < 10 \mu\text{m}$ ；振实密度 $> 0.85 \text{ g/cm}^3$ ；比容量 $> 100 \text{ mAh/g}$ ；循环寿命 > 1000 次；2C 容量保留率 $> 85\%$ ；首次效率 $> 90\%$ 。1-5 Ah 软包电芯参数指标：标称电压 $> 3.2 \text{ V}$ ；满充电压 $> 3.7 \text{ V}$ ；满放电压 $< 1.6 \text{ V}$ ；最大放电电流 $> 2 \text{ A}$ ；能量密度 $> 100 \text{ Wh/kg}$ ；2C 容量保留率 $> 80\%$ ；48V/12Ah 级 PACK 集成及两轮车运行测试。

LH9. 抗菌 PBAT 塑料及制品

【研究内容】 开发一种聚季铵盐类 PBAT 抗菌塑料，研究抗菌 PBAT 制品材料制造工艺，研究材料的抗菌、抗病毒及生物安全等性能。

【考核指标】 (1) PBAT 抗菌塑料的生产配方及工艺；(2) PBAT 抗菌制品对大肠杆菌、金黄色葡萄球菌的抑菌率不低于 95%(GB/T 20944—2007)、H1NI 病毒的杀灭率不低于 95% (ISO 14184-2014)；(3) PBAT 制品的皮肤刺激性和致敏性达到 GB/T 18886.10-2017 要求；(4) PBAT 制品的体外细胞毒性不高于二级 (GBT 16886.5-2017)。

LH10. 低成本 PBAT 农用地膜可降解塑料

【研究内容】 研发 PBAT 塑料用于农用地膜的生产配方及工艺。

【考核指标】 (1) 地膜厚度小于 0.01 毫米，地膜性能符合国家标准 GB/T 35795-2017 和 GB/T 41010-2021；(2) 地膜生产成本低于同期 PBAT 降解地膜产品。

LH11. 利用固废制备新型低碳水泥

【研究内容】 利用现有铝矾土尾矿、粉煤灰、脱硫石膏和电石渣等制备新型低碳水泥，确定新型低碳水泥的生料配比和煅烧制度以及熟料的矿物组成，明确固废对新型低碳水泥性能的影响以及其水化机理，使低碳水泥满足快硬、早强且后期强度高的性能要求，广泛应用于抢修抢建工程、预制构件、低温施工工程、抗海水腐蚀工程、3D 打印混凝土等。

【考核指标】 产品比表面积 $\geq 400 \text{ m}^2/\text{kg}$ ，初凝时间 $\geq 15 \text{ min}$ ，终凝时间 $\leq 45 \text{ min}$ ；强度等级为 42.5 的新型低碳水泥；4 h 抗压强度 $\geq 10.0 \text{ MPa}$ ，7 d 抗压强度 $\geq 42.5 \text{ MPa}$ ，28 d 抗压强度 $\geq 55.0 \text{ MPa}$ ；4 h 抗折强

度 ≥ 3.5 MPa, 7 d 抗折强度 ≥ 5.0 MPa, 28 d 抗折强度 ≥ 6.5 MPa, 固废总利用率高达 50%; 新型低碳水泥与普通硅酸盐水泥相比, CO_2 排放量可降低 50%–55%。

LH12. 气凝胶辐射制冷涂料研发及应用

【研究内容】 研究大气窗口辐射材料特性及功能需求, 明确各类功能材料对涂料辐射制冷效果的影响。在此基础上, 充分利用气凝胶材料高孔隙率和特殊的光学性能, 采用改性、复合等技术手段, 获得气凝胶基大气窗口辐射材料, 通过合适的材料选择和配比, 完成气凝胶辐射制冷涂料配方设计, 使涂料具备高的大气窗口辐射率, 进而有效提高涂层的辐射制冷效果。

【考核指标】 完成辐射制冷涂料的配方设计, 产品 $8\text{-}13\mu\text{m}$ 范围内红外辐射率 $>90\%$, 无需额外能耗降温, 无光污染; 产品基本性能满足外墙涂料 GB/T 9755-2014 要求。

LH13. 寒冷地区建筑气凝胶保温光伏一体化模组开发

【研究内容】 针对严寒寒冷地区气候条件, 探究太阳能光伏模组对建筑围护结构冷、热负荷的作用及影响, 分析全年光伏模组被动节能效果和碳减排效果; 开发研制一种适合在寒冷地区应用的、以气凝胶绝热材料为基础、同时兼具光伏电池板表面导流散热功能的保温光伏一体化构件, 并进行应用示范。

【考核指标】 (1) 设计并开发新型保温光伏一体化构件, 并在建筑上进行实地应用验证, 试用面积不低于 50m^2 ; (2) 构件实测光电转化率不低于 20%; (3) 光伏构件部位主体结构传热系数不高于 $0.35\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 。