

附件 2

双碳科技专项申报指南

为贯彻落实党的二十大精神，积极稳妥推进碳达峰碳中和，立足我国能源资源禀赋，坚持先立后破，有计划分步骤实施碳达峰行动，深入推进能源革命，根据《宁波市科技创新“十四五”规划》、《宁波市碳达峰碳中和科技创新行动方案》等文件精神，编制 2023 年宁波市双碳科技创新重大专项。

本专项以科技支撑碳达峰碳中和为目标，以能源清洁低碳高效利用和新能源技术为重点，聚焦重点行业节能降碳、氢能与新能源、固废资源高效利用、二氧化碳捕集利用及生态碳汇监测技术等四大专题，按照应用基础研究、技术开发与应用工程示范一体化布局，拟通过项目实施，突破一批核心关键技术，取得一批国内领先的标志性成果，建立一批节能降碳示范工程，为我市能源结构与产业体系绿色转型提供技术保障。

本专项要求以项目为单元组织申报，项目执行期原则上不超过 3 年。

一、重点行业节能降碳专题

1. 千吨级绿色低碳乙烷脱氢制乙烯成套技术与工程应用

研究内容：以原料低碳、过程节能高效为目标，开发一种绿色低碳型乙烷催化脱氢制乙烯生产工艺。重点开展催化剂放大及成型技术、合成工艺工程转化技术研究。通过工艺流程开发、关

键装备研究、控制系统研发，编制并建设千吨级中试示范装置，开发百万吨级绿色低碳型乙烷催化脱氢制乙烯工艺包。形成国内领先的新一代乙烯生产技术。

考核指标：建设千吨级中试示范装置工程，在低反应温度（300-400℃）、反应压力（0.2-0.7MPaG）工况下，连续稳定运行72小时以上，实现乙烯选择性 $\geq 85\%$ 、乙烯产品满足GB/T 7715-2014要求、吨乙烯生产能耗 $\leq 4.7\text{GJ}$ ；对比于乙烷裂解技术节能70%以上、废气减排 $5000\text{Nm}^3/\text{t}$ 乙烯产品以上、 CO_2 减排 $0.63\text{tCO}_2/\text{t}$ 乙烯产品以上；申请受理或授权发明专利不少于4项；完成百万吨级工艺包。

有关说明：企业牵头，鼓励与高校、科研院所等联合申报。市本级财政资助原则上不超过1000万元，且不超过项目研发总投入的20%。

2. 新型水体降解聚酯及其关键手性单体 R-3-羟基丁酸酯制备关键技术与百吨级应用

研究内容：以高性能生物基可降解材料开发为目标，研发聚羟基脂肪酸酯（PHA）关键手性单体 R-3-羟基丁酸酯（R-3HB）高活性、高选择性生物酶催化剂；开发仲羟基活化技术，实现高分子量、高品质新型水体降解聚酯制备；在实验室规模聚合工艺基础上，研究聚合催化剂、工艺技术、设备和控制技术，实现工业示范。

考核指标: 完成关键手性单体、新型水体降解聚酯百吨级产能中试验证; 关键手性单体 R-3HB 纯度 $\geq 99.0\%$, R 构型含量 $\geq 99.9\%$, 底物转化率 $\geq 90\%$; 新型水体降解聚酯重均分子量 $\geq 60000 \text{ g/mol}$, 熔点 $\geq 120^\circ\text{C}$, 拉伸强度 $\geq 20 \text{ MPa}$, 断裂伸长率 $\geq 50\%$; 生物酶催化转化制备 R-3HB 单体, 相比化学法单位能耗减少 50% ; 新型水体降解聚酯材料制品, 相比石油基制品单位 CO_2 排放减少 0.4 吨; 申请受理或授权发明专利不少于 3 项; 开发新产品 2 项, 制定产品企业标准 2 项; 完成百吨级工艺包。

有关说明: 企业牵头, 鼓励与高校、科研院所等联合申报。市本级财政资助原则上不超过 500 万元, 且不超过项目研发总投入的 20% 。

3. 十万吨级甲醇氧化羰基化制电子级碳酸二甲酯关键技术研究及应用

研究内容: 针对锂电池电解液用电子级碳酸二甲酯 (DMC) 技术壁垒高、产品收率低的现状, 研发高活性、高选择性、长寿命的甲醇气相氧化羰基化制碳酸二甲酯高效催化剂及工艺, 开发电子级碳酸二甲酯高效精馏、精制工艺, 形成甲醇氧化羰基化制电子级碳酸二甲酯高效催化剂及工艺成套技术。

考核指标: 高活性、高选择性、长寿命的甲醇气相氧化羰基化制碳酸二甲酯高效催化剂贵金属 Pd 含量 $\leq 1.0\%$, 碳酸二甲酯选择性 $\geq 98\%$, 时空收率 $\geq 550 \text{ kgDMC}/(\text{m}^3\text{cat.h})$, 使用寿命 ≥ 18

个月；产品质量达到 GB/T 33107-2016 中电子级的指标；精馏单元能耗与现有技术相比降低 10%以上；完成 10 万吨/年甲醇氧化羰基化制电子级碳酸二甲酯生产工艺包；申请受理或授权发明专利不少于 5 项。

有关说明：企业牵头，鼓励与高校、科研院所等联合申报。市本级财政资助原则上不超过 300 万元，且不超过项目研发总投入的 20%。

4. 工业与建筑固废烟气源 CO₂ 矿化制备高性能建材产品关键技术开发利用

研究内容：针对工业、建筑固废处置难、利用率低的现状，以一种或多种大宗工业、建筑固废为主要原材料，开发一种采用工业烟气源 CO₂ 矿化制备高性能建材产品关键技术，可采用生物法、机械法固碳或采用过程强化技术固碳。采用生物法、液相研磨等方法固碳时重点应提升对烟气源 CO₂ 的固碳活性，生成固废基矿化凝胶材料；采用过程强化技术固碳时重点是研究再生骨料和轻骨料的碳化性能增强机理；开发应用矿化建材产品的系列结构-功能一体化装配式预制构件，通过振动台抗震实验等对构件节点及其与主体结构连接构造进行研究，并进行工程应用示范。

考核指标：采用生物、机械法固碳时，驯化诱导出高效捕碳生物，酶活性 ≥ 4.5U，温度 ≤ 50℃、碳转化效率 ≥ 90%，制备的生物建材品进行工程示范，抗压强度 ≥ 20MPa，固碳率 ≥ 90%；液

相研磨固废基矿化胶凝材料制备能耗 $\leq 50\text{kWh/T}$ ，中值粒径 $D(50) \leq 3\ \mu\text{m}$ ，3 小时固碳率达 20%以上，28 天活性指数 $\geq 90\%$ ，开发液相研磨固碳一体化处置工艺包及装备 1 套，固废基矿化凝胶材料在混凝土中掺混量 30%以上，轻度满足设计要求，示范应用 2 项。采用过程强化技术固碳时，碳化增强再生骨料的 CO_2 吸收量不低于 $15\ \text{kg/t}$ ，吸水率和表观密度分别达到国标 II、I 级要求，天然骨料的单独取代率 $>50\%$ ，人造轻骨料的堆积密度 $\leq 800\text{kg/m}^3$ 、筒压强度 6-9MPa、24h 吸水率 $<6.0\%$ ，Lc60 混凝土密度降低 20%以上，Lc30 混凝土密度等级 1400kg/m^3 ；相变储热功能轻骨料相变储热 $>120\text{kJ/kg}$ ，相变温度 $25-30^\circ\text{C}$ ；开发自保温外墙板等 3 种以上结构-功能一体化轻骨料预制构件，编制行业或地方技术标准 1 项，在宁波建成 $5\ \text{万 m}^3/\text{年}$ 生产线，工程应用 5 项以上。

有关说明：企业牵头，鼓励与高校、科研院所联合申报。市本级财政资助原则上不超过 500 万元，且不超过项目研发总投入的 20%。

5. 用于电力消纳储能的电-气-电高效转换技术与装备研发

研究内容：针对可再生电力消纳储能的需求，利用电化学原理进行 CO_2 高效与规模化电-气-电转换装备研究，重点开展 CO_2 电化学可逆转换的反应机制与新型电解池开发， CO_2 电化学可逆转换电解池的不稳定电力适配性研究， CO_2 电化学可逆转换电解池装备研制与评测等研究。

考核指标: 研制出适用于 CO₂ 可逆转换电化学反应的固态电解池, 电解电流密度 $\geq 1000 \text{ mA/cm}^2$, 电解 CO₂ 转换效率 $\geq 50\%$, 实测可逆运行次数 ≥ 100 次; 电解堆功率 ≥ 5 千瓦, 制备每标方 CO 或合成气能耗小于 4.5 度电, 稳定性大于 1000 小时, 衰减率小于 10%; 研制出适用于 CO₂ 可逆转换储能应用样机, 电气转化功率 $\geq 5\text{kW}$, 对应产气量 $\geq 1.5\text{Nm}^3/\text{h}$, 气电转换功率 $\geq 2\text{kW}$, 样机综合能效 $\geq 70\%$, 储能度电成本 ≤ 1.0 元/kWh; 申请受理或授权发明专利不少于 5 项。

有关说明: 企业牵头, 鼓励与高校、科研院所联合申报, 市本级财政资助原则上不超过 200 万元, 不超过项目研发总投入的 30%。

二、氢能与新能源专题

6. 百千瓦级 SOFC 热电联供系统关键技术研究与应用

研究内容: 针对以掺氢天然气为燃料的大功率固体氧化物燃料电池发电系统的寿命、效率、成本等问题, 重点开展高性能电堆及其模块化与大功率低成本系统集成技术研究, 具体包括: 长寿命电堆模块工程化关键技术; 电堆模块大功率模组结构与串接技术; 系统热区关键部件设计与集成技术; 百千瓦分布式发电系统集成与应用示范。

考核指标: 掺氢天然气(掺氢比 0-15%体积分数范围内)环境

下电堆功率 $\geq 5\text{kW}$ ，寿命 $\geq 20000\text{h}$ （实测 $\geq 1000\text{h}$ ）；电堆模块集成单模组功率 $\geq 35\text{kW}$ ，模组空间范围内电堆模块间温度偏差 $\leq 20^\circ\text{C}$ ；系统关键热平衡部件重整器、换热器效率 $\geq 90\%$ ；系统功率 $\geq 100\text{kW}$ ，电效率 $\geq 55\%$ 、热电联供综合效率 $\geq 85\%$ ；掺氢天然气下系统实测运行示范 $\geq 1000\text{h}$ ，寿命预测 $\geq 10000\text{h}$ ；系统综合制造成本 ≤ 2 万/kW；申请受理或授权发明专利不少于 5 项。

有关说明：企业牵头，鼓励与高校、科研机构等联合申报。市本级财政资助原则上不超过 500 万元，且不超过项目研发总投入的 30%。

7. 兆瓦级低碳氢电融合系统集成与应用

研究内容：针对氯碱工业中低能耗、绿色低碳制备烧碱的需求，开展低成本、高性能、大功率氢燃料电池电堆关键技术研发，实现氯碱工业副产氢的高附加值利用。完成低铂催化剂原子结构精准构筑，实现低成本、高活性、高稳定性低铂催化剂开发与批量化制备技术；完成聚合物层分子设计和膜层间结构的技术突破，实现适应高电流密度、抗离子杂质聚合物膜的改性与制备技术；建立三维、两相的“气-水-热-电”多物理场耦合仿真模型，优化燃料电池内部物质传输方案；开发具有宽功率波动适应性的氢燃料电池成套装备的优化设计与集成技术，实现以兆瓦级氢燃料电池电堆工程为发电装置，将氯碱工业副产氢转化为电能并回馈电解槽的应用示范。

考核指标: 开发不少于 3 种新型低铂氢燃料电池催化剂, 膜电极贵金属铂负载量 $\leq 0.3 \text{ mg/cm}^2$, 质量活性 $\geq 1.2 \text{ A/mg 铂}@ 0.9 \text{ V}$ 补偿电压, 工作电流密度 $\geq 3.5 \text{ A/cm}^2$, 膜电极单片活性面积 $\geq 350 \text{ cm}^2$; 单个电池的输出额定功率 $\geq 200 \text{ kW}$, 稳定运行 $\geq 20000 \text{ h}$ (实测 $\geq 1000 \text{ h}$)。开发不少于 2 种新型复合型聚合物膜; 建立氢燃料电池内部新型“气-水-热-电”多物理场耦合的仿真模型, 优化燃料电池内部物质传输方案; 优化氯碱电解槽与氢燃料电池的集成方案, 建成兆瓦级氯碱电解槽制氢—氢燃料电池系统发电应用示范, 年节能降耗电量 ≥ 300 万度。申请受理或授权发明专利不少于 8 项, 获得软件著作权不少于 2 项。

有关说明: 企业牵头, 鼓励与高校、科研机构等联合申报。市本级财政资助原则上不超过 500 万元, 且不超过项目研发总投入的 20%。

8. 氢燃料电池膜电极高精度、高效率检测关键技术研究

研究内容: 基于膜电极加工工艺数字孪生技术与膜电极特征参数测试数据库, 研发根据膜电极成分与加工工艺预测膜电极电化学性能、寿命、宏观结构以及微观结构的仿真分析技术, 开发特征参数锚定加工工艺的溯源优化技术; 基于图像信号数字化处理技术以及高速气密检测技术, 逐步建立膜电极来料检和出货检质量评价体系建设, 形成膜电极结构性征与成品单电池批量检测控制能力。

考核指标: 建立高精度三维膜电极数字孪生模型, 模型基于加工工艺流程预测膜电极核心特征参数, 预测结果与实际测试结果偏差 $\leq \pm 3\%$, 工艺环节回溯准确率 $\geq 98\%$; 完成一套模拟膜电极发电性能的三维高精度仿真模型, 模型与实际数据偏差 $\leq \pm 3\%$; 完成一套基于图像信号数字化处理技术与高速气密检测技术的生产系统实时检测系统。可检测项目包括但不限于: 膜电极空间及其尺寸公差、表面粗糙度、催化剂层平面度、催化剂层裂痕与表面孔隙率, 检测时间 $\leq 18\text{S}/\text{pcs}$ (不含夹具装配时间), 保证系统漏杀率 $\leq 0.8\%$, 同时过杀率 $\leq 0.8\%$ 。最终形成膜电极批量检测系统; 申请受理或授权发明专利不少于 5 件, 基于膜电极高精高效检测技术与设备实现年产值 6500 万以上, 营业利润 1500 万以上。

有关说明: 企业牵头, 鼓励与高校、科研院所等联合申报。市本级财政资助原则上不超过 500 万元, 且不超过项目研发总投入的 20%。

9. 大面积太阳能水分解直接制氢材料制备技术及装备研制

研究内容: 开发高性能大面积光催化制氢薄膜制备技术与可扩展表界面工程面法与技术, 研究大尺寸高效表界面功能层均匀构筑新机制; 研发高可靠性、高精度、高效率、耐腐蚀自动化大面积光催化薄膜材料可控制备新装备, 开发具有实时监控和反馈自动响应功能的一体化集成控制系统; 设计优化大面积高效光解

水制氢单元器件，开展百平米级高效太阳能直接制氢应用验证。

考核指标: 开发出国内首台套自动化大面积高效光催化薄膜材料可控制备新装备，大面积光催化薄膜材料制备技术水平达到国际先进水平。研制的制备装备可实现全自动化光催化薄膜材料制备，系统可连续工作 10 小时以上，机械系统定位精度不低于 20 微米，防腐系统可适应弱酸和弱碱体系（pH2-10）和各种典型有机溶剂体系；控制系统集成运动单元、材料制备单元以及加热单元等相关参数控制，并可针对实时检测系统的反馈数据对系统参数进行自动调控；制备的单片材料有效吸光面积 $>1000\text{cm}^2$ ，且薄膜材料不同区域性能差异小于 5%，水分解稳定性 >100 小时（不使用牺牲试剂，性能衰减 $<20\%$ ）；应用示范装置面积 $\geq 100\text{m}^2$ ，太阳能水分解（无牺牲试剂）直接制氢效率 2% 以上；申请受理或授权发明专利 ≥ 4 项。

有关说明: 企业牵头，鼓励与高校、科研院所等联合申报。市本级财政资助原则上不超过 300 万元，且不超过项目研发总投入的 30%。

10. 氨储氢关键催化技术研究

研究内容: 针对氨储氢技术对高效纳米催化剂的重大需求，研发新型低温等离子体驱动催化合成氨工艺，研制出具有中空多级孔结构和表面纳米限域功能高性能催化剂以及列管式微通道管式介质阻挡反应器；研发高空速比、低氨催化分解活化能的催

化剂设计制备技术,研制出高比表面积耐热载体的制备及超细纳米颗粒钨催化剂的可控合成技术;研发低温等离子体驱动催化合成氨匹配可再生能源和绿氢技术,实现小试装置的示范。

考核指标: 在低温 ($<200\text{ }^{\circ}\text{C}$) 常压下,实现等离子体驱动合成氨单管产能 $\geq 5\text{ mmolNH}_3/\text{gcat}\cdot\text{h}$,单管反应器能量消耗 $\leq 4\text{ kWh/mol NH}_3$,反应器连续稳定工作时间 ≥ 1000 小时,间歇开关循环操作稳定工作 ≥ 1000 次;等离子体驱动合成氨反应器出口氨浓度 $\geq 50000\text{ ppm}$ (出口氨浓度 $\geq 5\text{ mol}\%$),实现 6 L/h 的原理小试样机制备及与电制氢系统耦合实验室验证,与传统 Haber-Bosch 合成氨工艺相比,实现碳减排 $\geq 60\%$;钨基催化剂活性金属粒径 $\leq 2\text{ nm}$,钨基催化剂氨催化分解制氢活化能 $\leq 60\text{ kJ/mol}$;研制出空速 $100\text{ L/g}\cdot\text{h}$ 的高效氨催化分解制氢的小试样机一套;申请受理或授权国家发明专利不少于 3 项,发表高水平研究论文不少于 5 篇。

有关说明: 高校、科研院所及企业等单位均可牵头申报,市本级财政资助不超过 300 万元,如企业牵头,则不超过项目研发总投入的 30%。

11. 高效钙钛矿基叠层太阳电池研发

研究内容: 围绕器件效率提升、大面积器件制备和稳定性提高三个核心目标,开发高效钙钛矿基叠层太阳电池。提高钙钛矿活性层的晶体质量,通过缺陷和界面钝化降低器件电压损失,通

过带隙调控和透明接触优化降低器件电流损失并实现子电池电流匹配；实现低横向导电的各向异性导电复合层制备；实现钙钛矿活性层的大面积均匀沉积；解决钙钛矿叠层太阳能电池对光、电、热、水、氧等外界因素下的离子迁移和相分离问题，提高功能层及界面对外界水氧的阻隔能力和对电池内部铅和有机组分的捕获能力，开发新型封装材料和低温封装技术。

考核指标：在实验室规模实现效率超过 32% 的钙钛矿基叠层太阳能电池；并实现高效率（ $\geq 26\%$ ）、大面积（ $\geq 20\text{cm}^2$ ）、高寿命（ ≥ 1000 小时 MPP 连续运行）的钙钛矿叠层太阳能电池组件，并在分布式电站和建筑一体化等场景开展小规模户外应用验证；申请受理或授权发明专利不少于 3 项，发表核心期刊论文不少于 5 篇。

有关说明：高校、科研院所均可牵头申报，鼓励企业参与，市本级财政资助原则上不超过 100 万元。

12. 高功率长寿命强安全储能系统模块化技术研究及应用

研究内容：为解决电化学储能大规模推广与应用中的痛点，研究适用于储能场景的强安全储能系统，开展全系统液冷整体式热管理、面温度分布状态检测技术、热失控提前预警算法研究；研制集成早期气体探测的国产化电池管理系统。研究模块化工业互联通讯技术，实现系统的模块化和集成化，增加产品的场景适应性和协同性。

考核指标: 储能电芯电芯温差 $\leq 3^{\circ}\text{C}$; 温度面检测精度 0.1°C , 响应速率 100ms ; 储能电池管理系统支持气体/漏液检测, 架构支持 OTA 升级; 系统充放电次数 ≥ 6000 次; 系统群控响应时间 $< 150\text{ms}$; 单产线年产能 $\geq 500\text{MWh}$; 申请受理或授权发明专利不少于 20 项, 其中 BMS 专利 4 项, 获得软件著作权不少于 3 项; 制定标准 1 项; 项目执行期内实现销售 5000 万元以上。

有关说明: 企业牵头, 鼓励与高校、科研院所等联合申报。市本级财政资助原则上不超过 300 万元, 且不超过项目研发总投入的 20%。

13. 新能源汽车三电系统电流检测技术开发

研究内容: 以新能源汽车电能变换中充电、电池、电驱三大系统的电流检测需求为对象, 开展充电桩漏电流、BMS 充放电、电驱逆变电流的检测技术研究, 包括高精度高灵敏度电流检测技术、传感器温度补偿技术、磁信号调理技术和车规级可编程线性霍尔 ASIC 芯片技术和产品复杂工况下的可靠性设计技术。

考核指标: 完成 1 款充电桩漏电流传感器开发, 指标要求: 功耗 $\leq 40\text{mA}$, 测量范围 $\pm 300\text{mA}$, 响应时间 $\leq 700\text{ms}@6\text{mA DC}$, $\leq 500\text{ms}@30\text{mA DC}$, 输出 PWM 占空比 $@6\text{mA DC}$ $18\% \sim 22\%$; 完成 1 款 BMS 高精度电流传感器开发, 指标要求: 工作电压 $8\text{V}-16\text{V}$, 工作温度 $-40^{\circ}\text{C}-85^{\circ}\text{C}$, 基本误差 $\leq \pm 0.25\% @ 25^{\circ}\text{C}$; 完成 1 款电驱电流传感器开发, 指标要求: 基本误差 $\leq \pm 1\% @ 25^{\circ}\text{C}$, 线性度

误差(典型值) $\leq \pm 1\%$, 电流消耗(典型值) $\leq 15\text{mA}$, 带宽 $\geq 40\text{kHz}$; 完成1款车规级可编程线性硅基霍尔 ASIC 芯片开发, 指标要求: 零点误差 $\leq \pm 10\text{mV}@25^\circ\text{C}$, 线性度误差(典型值) $\leq \pm 0.5\%@25^\circ\text{C}$, 响应时间 $\leq 2\mu\text{s}$ 。申请受理或授权发明专利不少于2项; 新增产业化产值不低于3000万元。

有关说明: 企业牵头申报, 鼓励高校、科研院所等联合申报, 市本级财政资助经费原则上不超过300万元, 且不超过项目研发总投入的30%。

三、固废资源高效利用专题

14. 再生填筑材料制备技术开发及应用

研究内容: 针对宁波重大建设工程大量工程渣土亟需高效大规模处置利用的技术难题, 研发基于工业固废地聚物固化剂的再生填筑材料技术和流化法处置工艺, 开发工程渣土工业化高效处置装备与流态回填产品的制备流水线, 搭建制备过程碳足迹监控与碳减排优化数字平台, 建设固废再生利用综合处置中心, 进行规模化工程应用示范。

考核指标: 开发不少于3个应用场景的地聚物基再生填筑材料, 固化材料掺量不超过15%、流动度100-200mm可调、凝结时间12-24h可调、抗压强度0.3-5.0MPa可调, 单位填筑材料的碳排放降低 $\geq 50\%$; 开发规模化制备流态与固态再生回填材料处置装备及制备过程碳足迹监控数字平台; 依托宁波西枢纽工程, 建

成固废再生利用综合处置中心，年处置量不小于 300 万吨，完成工程应用项目不少于 5 个或使用填筑材料不少于 20 万 m³，项目执行期内节约成本不低于 2 亿元；申请受理或授权发明专利不少于 5 项，形成国家、行业或团体标准 1 项。

有关说明：企业牵头，鼓励与高校、科研院所等联合申报。市本级财政经费原则上不超过 500 万元，且不超过项目研发总投入的 20%。

15. 废弃 CFRP 热解回收及其在汽车零部件中的高值化再应用关键技术研发及应用

研究内容：针对废弃碳纤维增强树脂基复合材料（CFRP）高值化利用难度大等问题，围绕废弃 CFRP 多阶活化裂解机制及再生碳纤维结构性能演变规律、再生 CFRP 界面调控及性能优化机制等重大关键科学问题，重点突破连续高效环保裂解回收及装备集成、基于材料-结构-工艺-性能协同优化的再生 CFRP 制备等关键技术瓶颈，研发出废弃 CFRP 高效回收关键技术和成套装备；建立废弃 CFRP 回收-再制造-评价技术链；并实现再生碳纤维在汽车零部件领域的工程示范应用。

考核指标：突破废弃 CFRP 连续热解回收关键技术，建成处理量 ≥ 1500t/a CFRP 复合材料热解回收线，再生碳纤维力学性能保持率 ≥ 90%；回收碳纤维工艺产生的二氧化碳排放比使用原始 PAN 原料生产的碳纤维减少量 ≥ 80%；突破再生碳纤维的高值

化应用关键技术，开发两款典型热塑性再生 CFRP 汽车零部件，与传统金属制件相比减重 $\geq 25\%$ 。实现再生碳纤维在复合材料汽车零部件领域的示范应用；项目执行期内实现新增产值 1000 万元以上；形成企业标准 2 项，申请受理或授权发明专利不少于 4 项。

有关说明：企业牵头，鼓励与高校、科研院所等联合申报。市本级财政经费原则上不超过 300 万元，且不超过项目研发总投入的 20%。

16. 医疗垃圾热解定向催化资源化技术研究

研究内容：针对国内医疗垃圾热解利用效率低、经济性差的现状，开发医疗垃圾定向催化热解及制备高附加值燃料油技术，研制高效可再生催化剂，形成医疗垃圾热解异位定向催化生产燃油、热解气相产物催化重整制氢技术，开发热解定向催化与污染物脱除一体化集成装备，进行产业化应用推广。

考核指标：医疗垃圾热解制取燃料油时产烃率 $\geq 75\%$ ，饱和烃 $\geq 70\%$ ；燃料油密度 $< 0.9 \text{ g/cm}^3$ ，凝点 $< 0^\circ\text{C}$ ，运动粘度（ 20°C ） $3.0\text{--}8.0 \text{ (mm}^2/\text{s)}$ ，闪点 $> 60^\circ\text{C}$ ，硫含量 $> 100 \text{ mg/kg}$ ；示范工程规模 20 t/d ，医疗垃圾热解能耗 $< 150 \text{ kg}$ 标准煤/吨垃圾；医疗垃圾热解装置污染物排放满足《危险废物焚烧污染控制标准》（GB 18484-2020）和《医疗废物处理处置污染控制标准》（GB 39707-2020）；医疗垃圾热解资源化技术相比焚烧技术，碳排放

强度降低 65%；完成工艺设计包，申请受理或授权发明专利不少于 4 项。

有关说明：企业牵头，鼓励与高校、科研院所等联合申报。市本级财政资助原则上不超过 300 万元，且不超过项目研发总投入的 20%。

17. 海洋废弃渔网丝“零碳”回收及高值化利用关键技术研究

研究内容：针对海洋废弃渔网等尼龙老化后造成环境污染的现状，重点攻克废弃尼龙超洁净清洗、熔体过滤除杂等核心技术，以及分子扩链增黏关键性技术难题，打破国外增黏技术垄断。建成废弃渔网回收尼龙的原位扩链修复高值化利用技术研究与示范生产线，实现对典型废弃渔网回收再生高端尼龙工程塑料的部分甚至全部国产化替代。

考核指标：形成具有自主知识产权的超洁净渔网回收尼龙丝（rPA）扩链增黏关键性技术成果，废弃渔网丝再生产品相对黏度 ≥ 3.0 ，冲击强度 $\geq 6 \text{ kJ/m}^2$ ，拉伸强度 $\geq 70 \text{ MPa}$ ，灰分 $\leq 0.5\%$ ，光学性能 L 值 ≥ 70 ；获得 GRS/TUV/UL OBP/TUV 碳足迹/TUV 碳中和第三方认证；减碳 90%以上且实现产品碳中和（摇篮到大门），建成千吨级废弃尼龙渔网丝高值再生示范生产线 1 条，实现新增销售额 2000 万元；申请受理或授权发明专利不少于 2 项。

有关说明：企业牵头，鼓励与高校、科研院所等联合申报。市本级财政资助原则上不超过 300 万元，且不超过项目研发总投入的 20%。

18. 多源固废高温熔融协同处置及资源化利用关键技术应用研究

研究内容：针对近年来工业固废产量大、处置难的现状，开发工业园区焚烧炉渣、废催化剂和电镀污泥等多源固废高温熔融协同处置技术，构建多源废物高温熔融协同处置技术体系，研发高温熔融多源废物中有价金属的提取工艺；建立高温熔融水淬渣工艺参数-使用性-重金属浸出率之间的关系，研发水淬渣物理及其化学活化技术，开发水淬渣建材制备工艺及应用质量控制方法；开发多源废物高温熔融协同处置装备、有价金属回收装备和水淬渣资源化装备，形成多源废物高温熔融协同处置及资源化利用的系统性示范工程。

考核指标：形成多源固废协同处置与资源化成套技术与装备，处置废物规模 1.5 万吨/年（含）以上，实现资源化利用率 95% 以上；有价金属中间产品（如冰铜、冰镍及硫酸铜等）满足 YS/T 系列标准的相应要求；水淬渣满足《一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准》（GB18599-2020）I 类一般工业固体废物要求，并以此开发出 2-3 种环境风险可控的水淬渣建材产品（如人工骨料：压碎质量损失<25%、筒压强度>3.5MPa；胶凝材料：

7d 活性指数 $\geq 75\%$ 、28d 活性指数 $\geq 95\%$)；形成产品质量团体标准 1 项，申请受理或授权发明专利不少于 3 项。

有关说明：企业牵头，鼓励与高校、科研院所等联合申报。市本级财政资助原则上不超过 300 万元，且不超过项目研发总投入的 20%。

19. 有机固废热氧破壁技术及成套装备研制

研究内容：开发基于催化湿式氧化过程的有机固废热氧溶胞技术，实现多源有机固废（如市政污泥、沼渣和厨余垃圾）的深度脱水；研制具有国际先进水平和完全国产化的有机固废热氧溶胞成套装备，实现处理过程反应热能的高效回收利用；开展有机固废热氧溶胞脱水产物的环境风险防控与多渠道资源化利用研究；建成多源有机固废热氧溶胞技术示范工程。

考核指标：形成基于催化湿式氧化过程的多源有机固废热氧溶胞成套技术工艺，开发相关装备 1 套，建成有机固废处置能力不小于 50 吨/日的示范工程 1 个；多源有机固废处理综合能耗 ≤ 50 kgce/t，处理产物剩余固体含水率 $\leq 35\%$ ，市政污泥资源化利用产品质量满足《城镇污水处理厂污泥处置制砖用泥质》(GB/T25031-2010 标准)，沼渣和厨余垃圾资源化利用产品质量满足《有机肥料》NY/T 525-2021 标准；建立多源有机固废热氧溶胞处理产物环境风险防控与资源化利用技术各 1 套，制定资源化利用产品质量标准 1 项；项目执行期内实现销售收入 ≥ 6000

万元，申请受理或授权发明专利不少于 5 项。

有关说明：企业牵头，鼓励与高校、科研院所等联合申报。市本级财政资助原则上不超过 500 万元，且不超过项目研发总投入的 20%。

四、二氧化碳捕集利用与生态碳汇监测技术专题

20. 面向电厂烟气的 CO₂ 捕集分离关键技术

研究内容：针对电厂烟气传统醇胺吸收法回收技术中溶液再生能耗高的问题，研发基于高比表面积无机多孔材料的固态胺 CO₂ 吸附捕集技术，以及基于共价有机框架（COF）的高性能膜分离技术。研究固态胺材料的孔结构、元素组成、稳定性及 CO₂ 选择吸附性能和再生利用性能，揭示结构与吸附性能之间的构效关系，提升固态胺材料的 CO₂ 吸附捕集性能；发展无机多孔材料及相应固态胺材料的宏量制备方法，获得制备工艺的关键技术参数。开发高分离性能、高稳定性的 COF 膜材料及其规模化制备关键技术；研究 COF 膜通道拓扑结构和化学结构精密调控策略，实现分子筛分和选择性吸附传质机制的强化，同时提升 COF 膜 CO₂ 渗透性与选择性；建立 COF 膜服役过程中的结构与稳定性间的关联，研究膜稳定性增强机制，显著提升 COF 膜材料的化学稳定性与抗污染性能。

考核指标：固态胺材料在烟气环境中对 CO₂ 的吸附量 ≥ 3.5 mmol/g，再生热耗 ≤ 2.0 GJ/tCO₂，CO₂/N₂ 选择性 ≥ 1000 ，CO₂ 去

除率 $\geq 99\%$ ， CO_2 回收率 $\geq 90\%$ ，吸附循环使用 ≥ 100 次；实现高比表面积 ($\geq 3000 \text{ m}^2/\text{g}$) 无机多孔材料的公斤级制备。COF 膜在 CO_2/N_2 混合气体体系下测试， CO_2 通量 $\geq 1500 \text{ GPU}$ ，选择性 ≥ 80 ；模拟烟气环境，膜在 100 小时内渗透性和选择性衰减 $< 10\%$ 。技术整体达到国内领先或国际先进水平，申请受理或授权发明专利不少于 3 件，发表高水平研究论文不少于 8 篇。

有关说明: 高校、科研院所等事业单位及企业均可牵头申报，市本级财政单项资助不超过 200 万元，如企业牵头，则不超过项目研发总投入的 30%。

21. CO_2 催化转化多碳烃关键技术及示范装置开发

研究内容: 围绕 CO_2 资源化利用重点领域，研究热催化作用下 CO_2 分子活化与转化路径的调控机制，构建 CO_2 高效热还原增值转化的新路径；开发低成本、高活性和长耐久性的 CO_2 热还原催化剂；建立催化剂在 CO_2 热还原中催化性能和长期稳定性的评价方法，揭示催化剂的尺寸效应、界面效应、载体效应以及其电子结构和活性中心配位环境等对 CO_2 热还原反应的选择性和活性影响；开发高性能 CO_2 热催化还原制高附加值多碳烃器件的结构设计及制备关键技术，实现 CO_2 利用与转化装置的规模化制备；在 CO_2 热催化转化领域中开展应用示范。

考核指标: 研制出新型 CO_2 热还原催化剂， CO_2 热还原的烃产物选择性 $\geq 90\%$ ，其中多碳烃选择性 $\geq 70\%$ ；完成 1 项 CO_2 热还原

器件装置应用示范，CO₂转化速率≥500升/天，多碳烃产率≥350升/天，稳定运行时间大于1个月；申请或授权发明专利不少于3项。

有关说明：企业牵头，与高校、科研院所联合申报，市本级财政资助原则上不超过300万元，不超过项目研发总投入的30%。

22. 滨海湿地植物多样性与碳储量的遥感精细监测关键技术装备研发及应用

研究内容：围绕生物多样性保护和“碳达峰碳中和”重大需求和宁波滨海国际大都市建设需求，为解决宁波特色滨海湿地生物多样性与碳储量遥感监测理论技术不完善和软硬件设备短缺的现状问题，研发湿地植物多样性与碳储量精细监测关键技术与非接触轻小型集成装备。开展滨海湿地植物多样性与碳密度的样地调查及微生物碳转化机制研究；构建植物多样性与碳储量的实测遥感光谱反演模型；研制植物多样性与碳储量监测的非接触集成装备；实现宁波典型滨海湿地植物多样性与碳储量的遥感评估。

考核指标：滨海湿地植物多样性与碳储量监测的非接触轻小型软硬件装备1套，涵盖至少3个宁波滨海湿地典型群落类型，各类生物多样性指标8项以上，包括地上、沉积物表层和凋落物层碳储量，实时显示植物多样性与碳储量等各类指标，实测验证精度不低于90%，并通过第三方鉴定；制定非接触遥感监测植物多样性和碳储量的软硬件装备产品标准1项；在宁波建立至少2

个滨海湿地多样性与碳储量监测样地示范区；完成宁波市滨海湿地生物多样性与碳储量的评估报告，揭示滨海湿地固碳关键限制因子和碳转化机制；申请受理或授权发明专利不少于 5 项，获得软件著作权不少于 5 项，发表核心期刊论文不少于 5 篇。

有关说明：高校、科研院所等事业单位及企业均可牵头，鼓励联合申报，市本级财政资助原则上不超过 300 万元。如企业牵头，则不超过项目研发总投入的 30%。

本领域项目申报指南编制专家组名单:

陈 亮 中科院宁波材料所研究员

亢万忠 中石化宁波工程有限公司正高级工程师

阮殿波 宁波大学教授

姜忠义 天津大学浙江研究院教授

叶继春 中科院宁波材料所研究员

单文坡 宁波中科海西产业技术创新中心研究员

张日红 宁波中淳高科股份有限公司教授级高工

徐梦侠 宁波诺丁汉大学教授

商卫纯 宁波市生态环境科学研究院高级工程师

郑彭军 宁波大学海运学院教授