

2024 年度双碳科技专项申报指南

为深入贯彻落实党中央国务院、省、市关于碳达峰碳中和工作的决策部署，加快实施绿色低碳科技创新行动，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》有关计划安排，宁波市“科创甬江 2035”重点研发计划项目拟启动实施“双碳科技专项”，现发布 2024 年度项目申报指南。

2024 年本专项总体目标：以科技支撑碳达峰碳中和为目标，以减污降碳协同增效和发展低碳技术为重点，聚焦重点行业碳中和技术集成应用、二氧化碳捕集与利用技术、氢能、储能及可再生能源技术、废弃物资源化与再制造技术、生态环境治理技术等领域，系统布局实施重大项目。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，建立一批减污降碳协同增效示范工程，为我市能源结构与产业体系绿色转型提供科技支撑。

项目执行期原则上不超过 3 年。近三年已获得资助的研究内容原则上不重复资助。

一、重点行业碳中和技术集成应用专题

1. 重点行业碳足迹评价和标识认证研究及应用

研究内容：针对产品碳足迹评价和标识认证缺少标准体系和数据库支撑的问题，围绕石化（炼油）、化工、钢铁、汽车、造纸、建材、纺织印染和化纤等重点行业，建立产品系列全生命周期碳排放核算方法体系；通过产品性能测试与技术验证，建立行业碳标识认证标准体系；开发产品碳足迹评价和标识认证系列数据库及管理平台。

考核指标：可选择不限于石化（炼油）、化工、钢铁、汽车、造纸、建材、纺织印染和化纤等任一行业，形成产品碳足迹核算指标体系和标识认证体系各 1 套；建立行业碳足迹标识认证管理平台，集成典型产品排放因子数据库、低碳循环标准数据库、典型产品碳足迹评价数据库、工艺过程模型库等数据库；实现碳标识在至少 3 个场景的示范应用；发表高水平论文 ≥ 2 篇，申请受理或授权发明专利 ≥ 3 件，申请软著 1 个，申请立项国家或行业标准 1-2 项。

有关说明：企业牵头，鼓励联合申报。财政资助经费不超过 300 万元，且不超过项目研发总预算的 20%。

2. 低碳数据中心风液混合冷却系统关键技术研究及应用

研究内容：针对数据中心冷却系统高能耗问题，研制双冷源风液混合高效制冷系统，建立风液冷却负荷匹配算法，提出系列冷却系统设计方法；建立双冷源混合冷却系统实时能耗监测及运行优化调控模型，研发智能监控和管理系统；

建立数据中心远程低碳运维服务体系及数据模型，开发数据中心低碳运维管理系统。

考核指标：研发不少于两个系列的数据中心风液混合冷却装置，建成相关设备生产线及性能测试中心；采用风液混合冷却技术研制低碳数据中心一体机，整机系统能源效率指标 PUE 值 ≤ 1.08 ；搭建数据中心云管理运维平台，实现数据中心能耗实时监测及远程管理服务；申请受理或授权发明专利 ≥ 5 件，获得软件著作权 ≥ 4 件，主编团体标准或参编国家标准 ≥ 1 项；完成数据中心低碳技术综合集成示范项目 1 项；项目执行期内应用研究成果的数据中心产品实现销售（服务）收入 1 亿元以上。

有关说明：企业牵头，鼓励联合申报。财政资助经费不超过 500 万元，且不超过项目研发总预算的 20%。

3. 新一代甲醇高效混合动力关键技术及工程应用

研究内容：针对甲醇燃料机动车热效率提升需求，研发醇电混合动力专用发动机与高效控制策略，形成新一代高效混合动力系统；定量分析不同来源甲醇全生命周期的碳足迹；重点突破甲醇发动机高能点火系统、冷启动控制、甲醇高效混动系统机电耦合、排放后处理等关键技术，实现整车应用示范。

考核指标：甲醇混动发动机有效热效率 $\geq 44\%$ ，满足零下 30°C 极寒环境条件启动要求，完成 ≥ 300 小时循环冷热冲击耐久实验和 ≥ 300 小时尾气净化装置快速老化循环实验，尾气排放达到国六要求，形成满足国六标准的醇电混合动力车，

进行整车示范;形成甲醇全生命周期的碳足迹分析报告 1 份;牵头制定行业或团体标准 1 项;申请受理或授权发明专利 ≥ 5 件。

有关说明:企业牵头,鼓励联合申报。财政资助经费不超过 500 万元,且不超过项目研发总预算的 20%。

二、二氧化碳捕集与利用技术专题

4.低浓度二氧化碳捕集及高值转化关键技术研发及应用

研究内容:针对低浓度二氧化碳捕集困难、高值转化效率低的问题,研发低能耗、无腐蚀二氧化碳捕集及高值化利用关键技术。研究固态吸附剂的二氧化碳吸附过程强化及构效关系;研发二氧化碳高值化转化为环状化学品的关键技术及成套装备。

考核指标:形成低浓度二氧化碳捕集及高值转化关键技术及装备 1 套:在烟气或者化工尾气工况下,二氧化碳吸附量 ≥ 2.0 mmol/g,固态吸附剂再生能耗 ≤ 1.6 GJ/tCO₂;开发二氧化碳制环状化学品催化体系,实现环状化学品的选择性 $\geq 95\%$,时空收率 ≥ 0.11 g/(g h),反应温度 < 200 °C,压力 ≤ 10 MPa,CO₂转化率 $\geq 90\%$;建成百吨级环状化学品合成工艺应用示范线 1 条。申请受理或授权发明专利 ≥ 2 件;发表高水平论文 ≥ 2 篇。

有关说明:企业牵头,鼓励联合申报。财政资助经费不超过 500 万元,且不超过项目研发总预算的 20%。

5.跨临界二氧化碳热泵蒸汽发生系统关键技术研发

研究内容：针对蒸汽热泵二氧化碳制冷剂替代的关键技术问题，研制跨临界二氧化碳热泵蒸汽发生系统，开展内部热力学耦合关系优化研究；研究二氧化碳在跨临界和相变蒸发状态下在不同流通环境中的流动阻力与传热特性，及多因素对关键部件性能的影响机理，优化关键部件结构及加工工艺；建立跨临界二氧化碳热泵蒸汽发生系统的节能运行调控模型。

考核指标：开发基于跨临界二氧化碳空气源热泵的蒸汽发生系统样机，制取蒸汽压力 ≥ 0.12 MPa，温度 $\geq 120^\circ\text{C}$ ，蒸发量 $\geq 1000\text{kg/h}$ ，COP 值、能耗比等指标优于同类技术在同工况下的技术水平；实现换热器等关键部件投产，工作压力 ≥ 14.0 MPa，爆破压力 ≥ 42.0 MPa，总传热系数 ≥ 2450 W/($\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$)；申请受理或授权相关发明专利 ≥ 3 件。

有关说明：企业牵头，鼓励联合申报。财政资助经费不超过 300 万元，且不超过项目研发总预算的 20%。

6. 燃烧前碳捕集的高性能分离膜研发

研究内容：针对现有化石燃料燃烧前碳捕集能耗高的问题，研发高效分离膜材料及其组件化关键技术：开发新型膜材料，研究分离膜特性-膜结构-分离性能间的构效关系；研究 H_2 、 CO 、 CO_2 等在分离膜内的传质机理，构建高性能制氢脱碳膜组件，实现低能耗制氢脱碳。

考核指标：研发 2 种以上新型膜材料，其性能达到：优先透 H_2 膜， H_2 渗透率 >300 GPU， H_2/CO_2 选择性 >80 ；优先透 CO_2 膜， CO_2 渗透率 >200 GPU， CO_2/H_2 选择性 >30 ；形成

高性能分离膜组件封装工艺；申请受理或授权发明专利 ≥ 2 件，发表高水平论文 ≥ 3 篇。

有关说明：申报单位不限，财政资助经费不超过 100 万元；如企业牵头，财政资助经费不超过项目研发总预算的 30%。

三、氢能、储能及可再生能源技术专题

7.高功率钠离子电容器的关键技术研发及应用

研究内容：针对“油改电”储能电源用高功率、长寿命钠离子电容器的需求，开发高克容量、高倍率、长循环聚阴离子钠盐/多孔碳复合正极材料和硬碳负极材料，研发高效、安全、快速的钠离子电容器负极预嵌钠/补钠技术、正极电容/电池均衡技术及器件制造、化成技术；开发正极材料与多孔碳材料复配工艺及制浆稳定工艺。

考核指标：研制的聚阴离子钠盐/多孔碳复合正极材料克容量不小于 125 mAh/g，硬碳负极材料克容量不小于 350 mAh/g；研制的钠离子电容器容量不低于 5000 F，能量密度高于 120Wh/kg，50C/1C 容量保持率高于 80%，-40℃/60℃ 容量保持率大于 85%，1C/80%SOC 循环 20 万次以上，实现示范应用。申请受理或授权发明专利 ≥ 6 件，发表高水平论文 ≥ 3 篇。

有关说明：企业牵头，鼓励联合申报。财政资助经费不超过 500 万元，且不超过项目研发总预算的 20%。

8.全钝化接触太阳能电池及组件关键技术开发

研究内容：针对低成本光伏发电对组件效率提升的内在

需求，开展基于新型全钝化接触技术的太阳能电池及组件技术开发；研究基于元素掺杂及膜层设计的镀膜技术提升钝化指标；研究图案化技术、元素调控、以及低薄膜厚度等技术实现光学寄生吸收的降低；研究基于新型金属浆料和烧结方式的金属化接触技术；开发高体寿命硅片技术；开发电池组件高稳定性封装材料及互联技术。

考核指标：开发全钝化接触电池效率 $\geq 26.8\%$ ，实现双面对称钝化片 $iVoc > 750 \text{ mV}$ 及少子寿命高于 12 ms ，组件重量 $\leq 4.5 \text{ kg/m}^2$ ，经过 $300 \text{ kW}\cdot\text{h}$ 紫外老化辐射后封装材料的 b 值（黄化程度）不超过 5，透光率大于 85% ，拉伸强度大于 443 MPa ，水汽透过率 $< 2.5 \text{ g}/(\text{m}^2 \text{ d})$ ，通过第三方检测。申请受理或授权发明专利 ≥ 6 件，发表高水平论文 ≥ 3 篇；项目执行期内实现销售额 3000 万元。

有关说明：企业牵头，鼓励联合申报。财政资助经费不超过 300 万元，且不超过项目研发总预算的 20%。

9. 光储一体式变换器关键技术研发及应用

研究内容：针对光伏发电具有随机性、波动性、间歇性的特点，研究基于多台设备协同的电网无功电压支撑技术以及频率微分或者虚拟同步电机技术；研究储能-光伏-并网变换器协同控制及模式切换方法；研制具备电网支撑功能的高效高功率密度光储一体式并/离网变换器样机。

考核指标：研制的系统样机可运行于短路比不低于 1.1 的弱电网，且全功率状态运行时功率因数在 ± 0.75 区间可调，并保证电网接口电压波动低于 10%；并网运行时，具备 100%

额定功率且时间不低于 15 min 的电网调频能力，且调频响应速度不高于 0.2 s；离网/并网运行切换时间不高于 0.2 s；储能充电/放电模式切换时间不高于 0.1s；变换器功率密度不低于 5 W/in³，整机效率不低于 96.5%，其中 DC/AC 逆变器效率不低于 98.5%。

有关说明：企业牵头，鼓励所联合申报。财政资助经费不超过 300 万元，且不超过项目研发总预算的 20%。

10. 车用燃料电池催化剂研究及批量制备关键技术研发

研究内容：针对车用燃料电池催化剂低铂化、高性能的需求，研发低成本、高性能和长寿命的燃料电池催化剂。研究碳担载铂二元合金催化剂的微观能质传递机理和失效边界机理，研发高性能膜电极制备技术，形成车用燃料电池催化剂产业化制备关键技术，实现催化剂的批量制备，实现国产替代。

考核指标：催化剂质量比活性 $MA \geq 0.50 \text{ A/mgPt}@0.9\text{V}$ ；膜电极铂载量 $\leq 0.1 \text{ mg/cm}^2$ ；运行工作温度 -40°C 至 105°C ，峰值功率密度 $\geq 2.0 \text{ W/cm}^2@0.6\text{V}$ ，运行寿命 $\geq 15000 \text{ h}$ ；建成 1 条高稳定性燃料电池催化剂生产示范线，良品率 $\geq 98\%$ ，生产能力 ≥ 100 千克/天，项目执行期间累计销售额超过 5000 万元。申请受理或授权发明专利 ≥ 2 件，发表高水平论文 ≥ 2 篇。

有关说明：企业牵头，鼓励联合申报。财政资助经费不超过 500 万元，且不超过项目研发总预算的 20%。

11. 氢燃料电池大型客车用 IV 型储氢瓶关键技术研发及应用

研究内容：针对当前氢燃料电池客车用储氢瓶耐压低、储氢密度低等问题，开展 70 MPa IV型高压储氢瓶结构优化设计及可靠性研究，建立储氢瓶服役工况下的刚强度、疲劳寿命预测方法；开展大容积塑料内胆制备以及纤维缠绕技术研究，研究关键工艺参数间的耦合规律；开展高压储氢瓶性能评价，实现在氢燃料电池大型客车上的示范应用。

考核指标：储氢瓶公称工作压力 70 MPa，容积 ≥ 140 L，储氢质量 ≥ 5.0 kg，质量储氢密度 ≥ 5.5 wt%，氢气漏率 ≤ 6 mL/(h·L)，其它性能满足 GB/T 42612-2023 要求，实现在大型客车上的示范应用。申请受理或授权发明专利 ≥ 2 件；发表高水平论文 ≥ 2 篇。

有关说明：企业牵头，鼓励联合申报。财政资助经费不超过 300 万元，且不超过项目研发总预算的 20%。

12. 强耐蚀析氢电极材料构筑与关键技术研发

研究内容：针对海水电解制氢中电极材料易腐蚀、稳定性差的问题，研究等离子体制备镍基非贵金属涂层改性电极的材料设计与可控制备，揭示组分结构对力学强韧与腐蚀防护性能的影响规律，研究改性电极高活性动力学反应的表界面调控方法，构建电极腐蚀失效理论并提出稳定延寿策略，发展高性能电解海水制氢电极材料与应用技术。

考核指标：研发 2 种兼具强耐蚀与高活性的海水电解制氢改性电极材料，电极性能指标：腐蚀电流密度 $< 5 \times 10^{-5}$ A/cm²，阴极过电位 < 100 mV@50 mA/cm²，稳定运行 ≥ 500 h，塔菲尔斜率 < 120 mV/dec。发表高水平论文大于 5 篇，申请受理或

授权发明专利 ≥ 3 件。

有关说明：申报单位不限，鼓励联合申报。财政资助经费不超过100万元；如企业牵头，财政资助经费不超过项目研发总预算的30%。

四、废弃物资源化与再制造技术专题

13. 废弃聚合物回收与高值化利用关键技术研发

研究内容：针对重点行业产业废弃聚合物产量多，高值化利用不足等问题，重点围绕工程塑料、纤维等废弃聚合物开展回收与高值化利用关键技术及装备研发，开发相应的回收和高值化利用工艺流程。

考核指标：形成废旧聚合物高效回收成套技术装备1套及升级再造高值材料 ≥ 1 个。其中，①聚苯硫醚（PPS）：低聚物再制造高聚物转化率 $\geq 90\%$ ，再制造高聚物玻璃化转变温度 $T_g \geq 85^\circ\text{C}$ ，重均分子量 $M_w \geq 30000$ ；再制造PPS高聚物基碳纤维复合材料拉伸强度 $\geq 120\text{MPa}$ ，弯曲强度 $\geq 160\text{MPa}$ ；实现再制造PPS产品在汽车领域的再利用，在GB/T 12000-2017测试条件下，再制造PPS高聚物基碳纤维复合材料耐老化性能达到常规PPS碳纤维复合材料。②聚碳酸酯（PC）：再制造产品透光率 $\geq 82\%$ ，缺口冲击强度 $\geq 65\text{KJ/m}^2$ ，再制造产品比原生料碳减排80%以上，建成再制造生产线1条，循环PC材料老化试验测试（按GB/T 2423.50， $85^\circ\text{C}/85\%\text{RH}$ ，3天）性能保持率 $\geq 85\%$ ，制定行业标准1项。③纺织物纤维：回用纤维比率 $\geq 50\%$ ；相对现有纤维转化技术，过程能耗降低比例 $\geq 50\%$ ；建成化学/流体动力空化纤维转化及造纸试验装

置 1 套，再生纸张使用寿命符合 GB/T 40167-2021；申请受理或授权发明专利 ≥ 2 件；发表高水平论文 ≥ 3 篇。

有关说明：申报单位不限，鼓励联合申报。每项申报至少覆盖其中 1 条考核指标。本指南拟择优资助不超过 2 项，财政资助经费不超过 300 万元；如企业牵头，财政资助经费不超过项目研发总预算的 20%。

14.高性能分离膜再生关键技术研发

研究内容：针对分离膜支撑体价值高、重复利用率不足的问题，研发分离膜支撑体循环再生关键技术，延长支撑体的服役寿命。研究膜支撑体回收、分离膜再生与膜工程再应用的匹配技术，开展分离膜全生命周期的碳足迹分析。

考核指标：针对有机和无机两类高性能分离膜，建立从“废旧膜回收—分离膜再制造—工程再应用”的支撑体回收再利用技术体系；建立规模化回收及再制造工艺的生产线，废旧膜支撑体实现回收再利用率 $\geq 90\%$ ，形成再制造分离膜的工程应用示范 1-2 项；依据 ISO 14067:2018《温室气体-产品碳足迹-量化要求和指南》，出具再生工艺膜产品的碳足迹评价报告 1 份；制定相关行业或团体标准 ≥ 1 项。

有关说明：企业牵头，鼓励联合申报。财政资助经费不超过 500 万元，且不超过项目研发总预算的 20%。

15.固体废物循环利用减污降碳关键技术研发

研究内容：针对固废循环利用过程中减污降碳协同增效的技术难题，重点围绕生物质、污泥和生活垃圾焚烧飞灰等开展固废循环利用关键技术与装备研发。

考核指标：形成固废循环利用成套技术装备，并完成应用示范 1 项。其中，①生物质：利用生物质气化的热电机组每年可低负荷（ $\leq 35\%$ BMCR）连续稳定运行 ≥ 1500 h；机组出口污染物排放浓度达到燃煤电站超低排放限值；机组全生命周期碳排放量降低 $\geq 10\%$ 。②污泥：开发污泥低温热解制备功能化炭产品装备 2 套，与主流焚烧工艺相比减碳 $\geq 50\%$ ；形成污泥改性衍生燃料热值 ≥ 12.6 MJ/kg；形成污泥改性吸附材料碘值 ≥ 600 mg/g。③生活垃圾焚烧飞灰：脱毒后，飞灰中水溶性氯离子 $\leq 1\%$ ，重金属浸出满足 GB/T 30760 要求，二噁英毒性当量 ≤ 40 ng-TEQ/kg；依据 GB/T18736-2017，制备的飞灰基高活性粉体活性指数 $\geq 90\%$ ；工艺总能耗比高温处置技术降低 $\geq 60\%$ 。

有关说明：申报单位不限，鼓励联合申报。每项申报至少覆盖其中 1 条考核指标。本指南拟择优资助不超过 2 项，财政资助经费不超过 300 万元；如企业牵头，财政资助经费不超过项目研发总预算的 20%。

五、生态环境治理技术专题

16.互花米草综合除控及蓝碳增汇技术研发及应用

研究内容：针对互花米草的入侵问题，研发综合除控、盐沼生态环境修复及生物资源恢复关键技术；开展互花米草清除、微地形改造、乡土植物引入、盐沼植物群落构建研究，提升盐沼湿地生态系统的抗干扰能力和恢复能力；筛选适宜滩涂盐沼生境生长的高生产力植被，通过湿地碳汇计量核算，对修复后的盐沼湿地进行碳汇效益评估；建立海岸带互花米

草综合除控与蓝碳增汇技术体系。

考核指标: 研制 1 套宁波近海域互花米草综合除控技术, 防治效果 $\geq 95\%$, 复发率 $\leq 3\%$; 筛选和培育 3-5 种适合宁波海岸带盐沼湿地生长的乡土植被物种; 建立综合防治示范区 2 个以上, 总面积 ≥ 20000 亩, 其中修复面积 ≥ 10000 亩, 修复区植被盖度 $\geq 40\%$, 形成碳汇效益第三方评估报告; 申请受理或授权发明专利 ≥ 5 件。

有关说明: 企业牵头, 鼓励联合申报。财政资助经费不超过 300 万元, 且不超过项目研发总预算的 20%。

17. 油气石化工业污水处理回用与风险防控技术研究

研究内容: 针对工业污水高效处理与环境风险产物防控的迫切需求, 开展含高盐工业污水达标处理试验研究, 污水处理过程固废无害化减量化技术研究, 以及浓盐水深度净化与回用技术研究; 建立工业污水处置回用过程中卤化物等典型风险产物快速检测与过程控制技术。

考核指标: 开发含卤化物及高盐工业污水达标处理与回用工艺及卤化物的现场快速检测装置, 出水中有机物 (TOC) 含量不高于 10 mg/L, 无机氯盐资源化率大于 90%, 卤化物检测周期小于 1 小时, 完成含卤化物及高盐工业污水处置的现场中试示范, 处理成本 ≤ 100 元/ m^3 。申请受理或授权发明专利 ≥ 3 件, 发表高水平论文 ≥ 4 篇。

有关说明: 企业牵头, 鼓励联合申报。财政资助经费不超过 300 万元, 且不超过项目研发总预算的 20%。

18. 高效低成本甲烷燃烧催化剂的研发

研究内容：针对工业废气和天然气车尾气甲烷催化净化需求，研发高效低成本的贵金属（钯、铑等）甲烷燃烧催化剂。揭示催化剂组成、结构及其催化反应机制，研究增强催化剂的水热稳定性与抗硫性能的技术方法。

考核指标：所开发催化剂中钯、铑等贵金属用量（质量比） $\leq 1\%$ ；在 1%甲烷、5%水蒸气、10 ppm 二氧化硫和 50000 h^{-1} 空速的模拟测试环境下，甲烷起燃温度(T50) $\leq 380\text{ }^{\circ}\text{C}$ ；催化剂使用寿命 $\geq 500\text{ h}$ 后活性损失 $\leq 10\%$ ，且再生后活性恢复 $\geq 95\%$ ；申请受理或授权发明专利 ≥ 3 件，发表高水平论文 ≥ 5 篇。

有关说明：申报单位不限，鼓励联合申报。财政资助经费不超过 100 万元；如企业牵头，财政资助经费不超过项目研发总预算的 30%。

本领域项目申报指南编制专家组名单：

李砚硕	宁波大学
亢万忠	中石化宁波工程有限公司
张日红	宁波中淳高科股份有限公司
单文坡	宁波(北仑)中科海西产业技术创新中心
陈亮	中国科学院宁波材料所
张何	甬江实验室教授
阮殿波	宁波大学
巩学梅	宁波工程学院
徐梦侠	宁波诺丁汉大学