

附件 1

煤炭重大专项 2027 年度公开项目申报指南

本重大专项立足于以煤为能源主体的基本国情，突破与可再生能源耦合的煤炭清洁高效开发利用关键核心技术，推进煤炭绿色智能开发、煤炭灵活高效发电、低碳高效煤制油气、碳捕集利用与封存技术创新与进步，全面推动煤炭与可再生能源的相互融合、共同发展，增强可再生能源的大规模消纳能力和基础能源保供能力，加快培育和发展新质生产力，为保障我国能源安全稳定供应和低碳转型提供科技支撑。

煤炭重大专项 2027 年度指南通过公开竞争方式部署 20 项指南任务。项目统一按指南二级标题（如 1.1）的研究方向申报。原则上每个指南任务拟支持项目数 1 项，申报项目的研究内容必须涵盖指南所列的全部研究内容和考核指标。申报项目的参与单位须在项目中承担实质性研究任务，有明确的考核指标，研究任务和经费要相互匹配。基础前沿类项目实施周期原则上不超过 3 年，下设课题数不超过 5 个，项目参与单位总数不超过 10 家；技术开发类项目实施周期原则上不超过 3 年，下设课题数不超过 5 个，项目参与单位总数不超过 10 家，对于技术开发难度大、研发周期长的项目实施周期可适当延长，最长不超过 4 年，超过 3 年的项目应提供确需超过的必要性说明；应用示范类项目实施周期原则上不超过 4 年，下设课题数不超过 6 个，项目参与单位总数原则上不超过 15 家，对于研发示范任务重，确需多方力量

协同攻关且配套经费比例较高的项目可适当增加参与单位数量，总数应控制在 20 家以内，超过 15 家的项目应提供确需超过的必要性说明。项目应整体申报，设 1 名项目负责人，每个课题设 1 名负责人，项目负责人可担任其中 1 个课题的负责人。项目负责人及课题负责人原则上应为 1967 年 1 月 1 日以后出生。项目研究骨干人员中，40 岁以下青年科技人才比例不低于 50%。

煤炭重大专项坚持发挥中央财政经费的战略引导和资金牵引作用，采用前补助和后补助相结合的方式对项目进行中央财政经费支持。基础前沿类、技术开发类项目，除已在指南中明确为事前立项事后补助方式的项目外，其他项目一般采用事前立项事前补助方式。应用示范类项目，除已在指南中明确为事前立项事后补助方式的项目外，其他项目中涉及以科技成果产品化、工程化、产业化为目标任务的课题，主要采用事前立项事后补助方式，其他课题可采用前补助方式。基础前沿类项目配套经费与中央财政经费比例不低于 1:1，技术开发类项目配套经费与中央财政经费比例不低于 3:1，应用示范类项目配套经费与中央财政经费比例不低于 4:1。

指南中包含有关说明的，以说明为准。

1. 煤炭绿色智能开发

1.1 煤矿区近自然生态修复与碳汇矿区构建关键技术（应用示范类）

研究内容：研发煤矿区促生态自修复与人工修复相协调的近自然生态重建关键技术；研发降水（雪）-凝结水-地下

水-疏干水高效利用关键技术及成套装备；研制煤基固废分质分级土壤改良材料，研发生物组合抗逆与提质改土协同生态重建技术；研发新能源光伏耦合生态立体组配高值化修复利用技术与智能化装备；研发近自然修复的生态固碳能力提升技术；构建近自然生态修复的碳汇矿区关键技术并集成示范。

考核指标：建立与周边景观相协调的地形重塑-土壤重构-生态重建人工修复技术，构建促生态自修复与人工修复相协调的近自然生态修复成套技术体系，干旱矿区植被生物量提高至 4 t/hm^2 以上，生态系统稳定性指数提高 0.20；研制出干旱矿区高效集水利用技术及成套设备，凝结量 $\geq 150 \text{ L}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ ；研制出煤基固废改土、控盐、抗逆修复材料 ≥ 5 种，与矿区周边土壤和植被相比，修复后土壤有机质含量提升 $\geq 30\%$ ，控盐材料降低土壤盐分 $\geq 5\%$ ，抗逆修复材料提高植被抗逆性 $\geq 10\%$ ；研发出光伏生态耦合自动化智能管理装备，环境因子监测种类 ≥ 5 ，监测准确率 $\geq 90\%$ ；形成矿区受损生态多层次扩绿增长固碳技术，固碳能力提升到 $1.5 \text{ t}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$ ，植物-土壤碳转移效率提升 10%；建成一体化技术集成示范区，示范面积 ≥ 1000 亩，植被覆盖度较示范区周边提高 10%以上。

关键词：煤矿区，近自然生态修复，碳汇矿区，新能源耦合

1.2 煤矿井下生产链无人化协同关键技术及装备（应用示范类）

研究内容：研究煤炭开采主生产链各系统数据智能及无人化协同方法，构建时空数据语义统一表征体系，研发煤炭

开采全生产链多装备作业数字孪生管控系统及智能决策平台；研究井下极端工况下高可靠性智能物联传感器及其低功耗自组网技术；研究主运系统机群分布式协同联动控制技术；研发井下新能源无人驾驶辅助运输车辆及智能运输管控技术，开发辅助运输车辆“装-运-卸”全流程无人化作业系统；研发煤矿井下生产链恶劣场景辅助作业机器人及其协同控制系统；开展煤矿井下生产链无人化协同应用工程示范。

考核指标：提出主生产链各系统数据智能及无人化协同调度模型，支持主煤流运输和辅助运输系统集成，数字孪生管控系统及智能决策平台的数据同步与智能决策响应时间 $<1\text{ s}$ ；构建井下融合通信与智能物联网络系统，自组网静态定位误差 $<20\text{ cm}$ ，动态定位误差 $<5\text{ m}$ ；主运系统空载运行率 $<5\%$ ；实现井下运输系统常态化无人运行，无人驾驶辅助运输效率达到有人驾驶效率的100%以上；研发机器人化自主装卸辅助作业系统1套，实现煤炭开采全生产链的协同控制与高效运行，矿井生产单班井下作业人员减少50%；支持采-支-运集群化作业、示范矿区（井）无人干预采煤作业，井下生产链系统实现无人化，千万吨矿井生产单班井下作业人员少于75人。

关键词：智能物联，全生产链数据融合，无人化协同，辅助运输，机器人

有关说明：中央财政经费采用事前立项事后补助方式。

1.3 深部煤层瓦斯抽采利用协同增效机制研究（基础前沿类）

研究内容：研究深部煤层外力驱动下煤岩体损伤与跨尺度孔裂隙演化耦合机制，分析瓦斯多流态运移规律；分析扰动区瓦斯靶向抽采优化机制，开发瓦斯抽采智能调控方法；研发煤矿难利用大通量瓦斯快速分离新材料、工艺及装备；研究多源抽采难利用瓦斯宽域适配高效利用方法和高低负荷状态波动条件下抽采瓦斯利用动态调控策略；研制甲烷激光芯片、新型激光器与激光甲烷传感器，构建抽采瓦斯输送与利用全流程安全监控系统。

考核指标：建立跨尺度孔裂隙内瓦斯多流态运移响应模型，外力驱动下煤体渗透性能预测准确性较现有模型提高15%及以上；构建深部煤层瓦斯抽采靶向优选决策模型，抽采效率较原有方案提升20%及以上；形成难利用大通量瓦斯快速分离工艺方案，难利用瓦斯大通量快速分离新材料的瓦斯处理能力 $\geq 150 \text{ Nm}^3/(\text{t} \cdot \text{h})$ ，新装备的瓦斯处理能力 $\geq 100 \text{ Nm}^3/\text{h}$ ；研发出难利用瓦斯宽域适配安全高效利用方法，实现抽采瓦斯氧化率 $\geq 99\%$ ；甲烷激光芯片波长一致性达到 $\pm 0.5 \text{ nm}$ ，新型激光器波长控制精度优于 20 pm ，激光甲烷传感器工作温度 $-40 \sim 70 \text{ }^\circ\text{C}$ ，精度优于 200 ppm ，安全监控系统误报率 $\leq 3\%$ ，系统巡检时间优于 20 s 。

关键词：瓦斯运移，靶向抽采，快速分离，宽域利用，安全监控

2. 煤炭灵活高效发电

2.1 燃煤机组启停调峰关键技术及工程示范（应用示范类）

研究内容：研究机组短时运行长时热备的热力系统特性，研究零延迟热备灵活发电技术方案；开发适应快速启停调峰的燃料灵活储供技术或长时热备系统，研制适应快速启停调峰的主辅机装备，开发主辅机系统零延迟安全启停技术；开发快速启停调峰锅炉关键部件寿命稳定技术、污染物排放和汽温控制技术；开发支持快速启停调峰的灵活安全监控技术和启停控制策略；开发适应年发电利用小时数 1500 h 以下启停调峰发电技术，在 300 MW 及以上煤粉锅炉发电机组开展工程示范，研究启停调峰机组在电力现货市场的运行策略，并进行经济性评估。

考核指标：形成适应年发电利用小时数 1500 h 以下启停调峰燃煤发电技术方案；燃料灵活储供技术或零延迟长时热备系统支持机组热备用时间 ≥ 10 h；主辅机改造方案支撑机组在 1 小时内实现安全启动并达到 50% 负荷；工程示范中，实现半年内启停调峰期间锅炉不出现关键部位安全风险（如拉裂爆管、塑性变形、疲劳变形等），以及污染物达标排放；完成主辅机不少于 10 种关键部件故障智能诊断，诊断准确率不低于 80%，机组启停过程操作量减少 60% 以上；掌握适应年发电利用小时数 1500 h 以下启停调峰燃煤发电技术，完成 300 MW 及以上煤粉锅炉发电机组工程示范，机组半年内完成启停调峰次数 ≥ 40 次，机组功率输出 0%Pe 升至 50%Pe

时间 ≤ 1 h，完成机组经济性评估报告。

关键词：启停调峰，污染控制，安全保障，热备系统，智能监控

2.2 耦合煤电的中高温相变储能关键技术及验证（技术开发类）

研究内容：开发中高温相变储能材料配方及规模化制备技术，获得材料物性数据；研究储能材料与结构材料的相互作用规律，开发相变储能材料腐蚀控制技术；研究储/放热过程中的能量传递转化机理及规律，开发提高储/放热速率的高效换热技术；建立可与煤电耦合的中高温相变储能储/放热试验平台，并进行试验验证；开展耦合燃煤发电系统的中高温相变储能工程技术方案研究，并进行经济性、灵活性和安全性评价。

考核指标：形成 3 种及以上中高温相变储能材料配方，储能介质固液相变温度处于 150 °C-650 °C 区间，其中至少 2 种储能材料固液相变温度区间分别位于 600 °C-650 °C 和 400 °C-600 °C、固液相变潜热 ≥ 300 kJ/kg，公斤级固液相变材料 1000 次相变充放热循环后，固液相变潜热衰减 $\leq 10\%$ ，形成批量化生产工艺方案；提出降低固液相变材料对容器腐蚀的方法，容器材料腐蚀速率 ≤ 30 微米/年；攻克固液相变蓄热换热器强化传热、结构设计关键技术，储热装置体积能量密度不低于 150 kWh/m³，体积功率密度不低于 20 kW/m³；建立可与煤电耦合的 MW 级储/放热试验平台，试验平台用储能材料产量 ≥ 10 吨，完成试验验证，储放热系统热效率 $\geq$

90%（不包含系统辅助设备电耗）；掌握耦合燃煤发电系统的中高温相变储能系统设计方法，形成具有可研深度的工程技术方案，且耦合后系统最低出力负荷降低 10% P_e 以上。

关键词：中高温相变材料，腐蚀控制，高效换热，试验平台

2.3 煤电机组快速甩负荷孤岛运行及黑启动技术（技术开发类）

研究内容：研究煤电机组瞬切孤岛运行、黑启动过程中能量流与物质流变化特性；分析高能流冲击及工质流程/流量快速变化过程中关键设备/部件安全运行风险，研究煤电机组快速精准甩负荷热能量冲击平抑及机械惯性抑制技术；制定高负荷快速变动条件下主辅机协同控制策略，开发煤电机组孤岛安全稳定运行技术；研究无外部支援条件下“储-电-气-水-煤”多能流时序协同自供给技术，设计黑启动协同调控策略；在 300 MW 及以上等级燃煤机组开展长时孤岛运行及黑启动技术验证。

考核指标：获得煤电机组瞬切孤岛运行、黑启动过程的能量流、物质流时空变化规律；形成煤电机组快速甩负荷安全运行重大风险清单，提出关键设备和部件安全调控方法和技术；煤电机组瞬切孤岛过程中凝汽器压力保护不动作、转速超调 $\leq 8\%$ ，开发机组孤岛运行方式判别触发系统或装置，判别触发准确率 100%；在 300 MW 级及以上燃煤机组上完成孤岛运行技术验证，孤岛运行维持时间 $\geq 4\text{ h}$ ，形成煤电机组长时孤岛运行技术规范；在 300 MW 级及以上燃煤机组上

完成黑启动工程验证，热态、极热态黑启动时间 $<2\text{ h}$ 。

关键词：孤岛运行，黑启动，快速甩负荷，自持运行

2.4 与可再生能源耦合的富氧燃烧关键技术研发及工程验证（技术开发类）

研究内容：研究富氧燃烧条件下的湍流燃烧机理，开发富氧燃烧锅炉炉内燃烧、传热和水动力耦合数学模型；研究富氧燃烧污染物生成与排放特性，开展关键受热面腐蚀特性及防控技术研究，开发富氧燃烧系统漏风控制技术；研发300 MW_e级富氧燃烧锅炉燃烧器、氧注入器、烟气冷凝器等关键设备，开发可再生能源制氧技术，开发富氧燃烧机组系统集成及设计技术；研究烟气再循环系统控制策略及机组宽负荷运行特性，形成富氧燃烧机组控制技术；开展300 MW_e级富氧燃烧机组工程验证，开展调试和运行优化技术研究。

考核指标：形成300 MW_e级富氧燃烧锅炉数字孪生模型，主要汽水参数静态模拟误差 $<2\%$ ，动态模拟误差 $<5\%$ ；富氧燃烧锅炉污染物实现超低排放，形成关键受热面防腐蚀策略，富氧燃烧系统漏风率 $\leq 5\%$ ；完成300 MW_e级富氧燃烧煤电机组燃烧器、氧注入器、烟气冷凝器等关键设备开发，锅炉效率 $\geq 94\%$ ；形成匹配波动性可再生能源制氧的关键技术，完成万吨级/年可再生能源制氧验证装置建设，可再生能源制氧纯度 $\geq 99\% \text{ vol}$ ，形成与可再生能源制氧耦合的富氧燃烧机组集成设计技术；开发富氧燃烧机组控制逻辑，实现空气燃烧和富氧燃烧模式切换、机组升降负荷的协调控制；完成300 MW_e级富氧燃烧技术工程验证，168 h连续运行考核

达到如下指标：富氧燃烧模式运行负荷在 20%-100%范围可调，在烟气再循环系统运行期间，锅炉系统出口烟气 CO₂ 浓度 $\geq 80\%$ vol (干基)；富氧燃烧系统累计运行时间 ≥ 1000 h。

关键词：富氧燃烧，可再生能源耦合，烟气循环，CO₂ 富集，宽负荷运行

2.5 1000 MW 级超超临界机组灵活高效运行技术及对策研究（技术开发类）

研究内容：研究 1000 MW 超超临界煤电机组灵活运行下的能流传递及热功转换特性，开发机炉辅一体化动态高精度仿真软件；研究灵活运行下大尺寸锅炉内火焰传热规律与各段受热面换热负荷分布特性，开发汽温偏差抑制技术；研究机组快速升降负荷制约因素，开发辅机快速调峰适配技术；研究提升全负荷运行能效水平方法，研发智能优化控制策略；研究机组灵活高效集成优化技术，提出面向电力市场的纯凝及热电联供百万机组运行方案。

考核指标：揭示机组能流转换机理，建立系统建模理论与全工况仿真模型，完成煤电机组动态高精度模拟仿真软件，针对 1000 MW 超超临界煤电机组模拟动态误差 $\leq 5\%$ 、稳态误差 $\leq 2\%$ ；建立热流分布预测模型，偏差 $\leq 6\%$ ，形成锅炉低负荷汽温偏差抑制方案；形成辅机设备快速调峰适配技术清单及报告；形成机组灵活高效智能优化控制策略，在仿真软件上实现机组在 20% Pe-40% Pe 工况的负荷变化速率 $\geq 2\%$ Pe/min，40% Pe-100% Pe 工况的负荷变化速率 $\geq 4\%$ Pe/min；形成面向电力市场的 1000 MW 超超临界煤电机组灵

活运行及供热机组热电解耦方案，实现机组纯凝工况 30%负荷相比 100% Pe 的供电煤耗增幅 $\leq 15\%$ ，热电联产机组供热工况可实现 20% Pe-100% Pe 范围运行；采用上述研究的技术方案在 1000MW 超超临界煤电机组上开展技术改造并验证，机组可在 20% Pe-100% Pe 负荷范围内稳定运行，变负荷速率在原有基础上提升 50%。

关键词：模拟仿真软件，汽温偏差抑制，灵活高效运行，辅机灵活性，低负荷能效水平，热电解耦

2.6 煤电机组与混合储能耦合技术及控制方法（技术开发类）

研究内容：研究煤电机组耦合混合储能的系统能质传递规律及时空分布，开发煤电-混合储能集成系统统一建模理论；研究不同储能时长的以储热为主的混合储能系统特性及其与煤电机组耦合方法，开发多类型混合储能容量配置、系统设计、安全经济性分析评价技术；研究多场景下煤电机组耦合混合储能集成系统的调峰调频性能，开发全方位状态感知与全工况协同调控方法，研制一体化能量管理系统；在 300MW 级及以上燃煤机组开展耦合混合储能系统工程验证。

考核指标：建立煤电机组耦合混合储能集成系统模型，稳态误差 $\leq 2\%$ ；建立多类型混合储能容量配置、系统设计及安全经济性分析评价方法，形成储能类型不少于 3 种（至少 1 种储热系统）、储能时长覆盖分钟级、小时级和 4 小时及以上的耦合煤电机组的混合储能系统方案；开发一体化能量管理系统，通讯时间 $\leq 20\text{ ms}$ ，功率响应时间 $\leq 200\text{ ms}$ ，有功

功率控制偏差不应超过额定功率的 $\pm 0.5\%$ ；完成 300 MW 级及以上燃煤机组耦合混合储能系统工程验证，实现 0-100% P_e 变负荷范围运行，50%额定负荷以下变负荷速率 $\geq 4\% P_e/\text{min}$ ，50%额定负荷以上变负荷速率 $\geq 8\% P_e/\text{min}$ ，一次调频功率变化幅度 $\geq 10\% P_e$ 。

关键词：新型热力储能、调峰调频、煤电-混合储能系统

3. 低碳高效煤制油气

3.1 煤基甲缩醛制可降解塑料聚乙醇酸（PGA）新技术（技术开发类）

研究内容：研发甲缩醛羰基化制甲氧基乙酸甲酯高选择性催化剂和匹配的反应工艺、甲氧基乙酸甲酯水解制乙醇酸甲酯催化剂和匹配的反应工艺，突破催化剂制备放大、成型关键技术，开发乙醇酸甲酯单体分离、精制与纯化技术；开发乙醇酸甲酯一步聚合制聚乙醇酸技术，研发过程强化技术，实现多级反应器工程放大、系统集成与优化，实现万吨级装置稳定运行；编制 10 万吨级聚乙醇酸合成工艺包；研发聚乙醇酸改性关键技术，开展降解周期、结晶行为、力学性能等调控机制研究，开发高性能聚乙醇酸基改性料。

考核指标：完成甲缩醛羰基化催化剂、甲氧基乙酸甲酯水解催化剂百公斤级/批次制备放大，实验室装置催化剂性能：甲氧基乙酸甲酯选择性 $\geq 88 \text{ wt}\%$ ，甲氧基乙醇酸甲酯时空产率 $\geq 0.45 \text{ t}/(\text{t-cat} \cdot \text{h})$ ，乙醇酸甲酯时空产率 $\geq 0.20 \text{ t}/(\text{t-cat} \cdot \text{h})$ ，稳定运行达到 3000 h；完成万吨级聚乙醇酸合成工程验证，72 h 连续运行考核指标：甲缩醛原料单耗 $\leq 1.193 \text{ t/t MG}$ （乙

醇酸甲酯)，甲氧基乙酸甲酯选择性 $\geq 88\text{ wt}\%$ 、时空产率 $\geq 0.45\text{ t}/(\text{t-cat} \cdot \text{h})$ ，乙醇酸甲酯时空产率 $\geq 0.20\text{ t}/(\text{t-cat} \cdot \text{h})$ ，乙醇酸甲酯纯度 $\geq 99.5\text{ wt}\%$ ，乙醇酸甲酯原料单耗 $\leq 1.85\text{ t/t}$ 聚乙醇酸，聚乙醇酸聚合产率 $\geq 80\%$ ，聚乙醇酸产品重均分子量 $M_w \geq 100000\text{ Da}$ 、拉伸强度 $\geq 85\text{ MPa}$ ；完成 10 万吨级聚乙醇酸合成工艺包；开发 3 种及以上聚乙醇酸基改性料，完成一种改性料千吨级共混改性中试，拉伸断裂伸长率 $\geq 250\%$ 。

关键词：甲缩醛羰基化，一步法聚合，煤基可降解高分子合成

3.2 粉煤快速热解-热半焦气化一体化多联产关键技术（技术开发类）

研究内容：研究不同类型低阶煤高压快速热解条件下产物分配与调变机制；研究低阶粉煤加压快速热解-热半焦气化一体化过程中能/质匹配规律；开发低阶粉煤加压快速热解-热半焦气化一体化、气固梯级高效分离等关键技术，研制粉煤加压快速热解-热半焦气化一体化中试试验平台，并完成验证。

考核指标：揭示低阶煤高压快速热解工况下，气液固中间产物分配与调变机制；明晰快速热解-热半焦气化一体化过程中能/质匹配规律；完成低阶粉煤加压快速热解-热半焦气化一体化、气固梯级高效分离等关键技术开发，建成粉煤快速热解-热半焦气化一体化中试试验平台 1 套，粉煤处理量 $\geq 5\text{ t/d}$ ，装置连续稳定运行时间 $\geq 720\text{ h}$ ，72 h 连续运行考核指标：压力 $\geq 2.0\text{ MPa}$ ，油收率 $\geq 100\%$ 格金干馏焦油收率、油

中含灰量 $< 1\%$ ，原煤碳转化率 $\geq 98\%$ 。

关键词：粉煤高压热解，热半焦气化，一体化，气固高温梯级分离

3.3 灵活原料气流床煤气化技术开发（技术开发类）

研究内容：研究煤与生物质、半焦、污泥等原料高温共气化反应机理，灰渣及污染物形成机制；研究煤与其他原料高效稳定输送、炉内热质传递与反应强化技术；研发基于原料-气化系统匹配性的高效节能型气流床气化工工艺及核心设备，并建设适应多种气化原料的气流床气化中试平台。

考核指标：阐明煤与生物质、半焦、污泥等原料高温共气化反应机理，灰渣及污染物形成机制；形成煤与其他原料高效稳定输送、炉内热质传递与反应强化技术；建成适用于煤与生物质、污泥、有机废液等共气化的气流床气化中试装置，处理能力 $\geq 24 \text{ t/d}$ ，气化压力 $\geq 4.0 \text{ MPa}$ ，粉体进料冷煤气效率 $\geq 82\%$ ，浆体（液体）进料冷煤气效率 $\geq 76\%$ ，生物质原料单独掺混比例不小于 25% （干基 wt%），污泥单独掺混比例不低于 5% （干基 wt%），有机废液单独掺混比例不低于 35% （占进炉原料量 wt%），72 h 连续运行考核指标：碳转化率 $\geq 99\%$ ，有效气产出率（有效合成气中 H、C 摩尔数与干基原料中 H、C 摩尔百分比） $\geq 90\%$ 。

关键词：气流床气化，灵活原料，生物质，有机废液，污泥

有关说明：探索“赛马制”组织模式，可支持 2 个项目。

3.4 煤基光伏级 POE 高温溶液连续聚合关键技术开发

（技术开发类）

研究内容：开发适用于煤基乙烯和煤基 C₇ 等 α-烯烃为聚合单体高温高活性 POE 催化剂；开展煤基光伏级 POE 高温溶液连续聚合和脱挥工艺等关键技术中试验证；对煤基光伏级 POE 产品进行实际服役性能考察，验证其用于光伏行业的适应性；形成光伏级 POE 十万吨级工艺包。

考核指标：开发耐高温高活性煤基 POE 催化剂：在反应温度 $\geq 160\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时，催化活性 $\geq 1.0 \times 10^8\text{ g POE}/(\text{mol cat} \cdot \text{h})$ ，煤基 C₇ 等 α-烯烃插入率 $\geq 9\text{ mol}\%$ ；完成连续法中试试验，制备的 POE 产品熔融指数 3-15 g/10 min 范围可调，共聚单体含量在 25 wt%-40 wt% 范围可调，拉伸强度 $\geq 6\text{ MPa}$ ，断裂伸长率 $\geq 1000\%$ ；开发至少 2 种煤基光伏级 POE 产品，其加工制备的光伏胶膜体积电阻率 $\geq 1 \times 10^{17}\text{ }\Omega \cdot \text{cm}$ ，透光率 $\geq 92\%$ ，水汽透过量 $\leq 3\text{ g}/(\text{d} \cdot \text{m}^2)$ ，完成组件性能评估；形成十万吨级煤基光伏级 POE 工艺包。

关键词：煤基聚烯烃弹性体，耐高温高活性催化剂，高温溶液连续聚合工艺，聚合物脱挥，光伏胶膜

3.5 煤基高粘度 PAO 制备技术与示范（技术开发类）

研究内容：开发煤基 α-烯烃连续制备高粘度 mPAO 成套生产技术，开展煤基 mPAO 连续化中试试验，开发具有生产成本优势和宽粘度多牌号精准定制性的高粘度指数、低倾点高性能 mPAO 产品；开展基于煤基 mPAO 基础油的高性能润滑油调制技术研究，开发应用研究和台架试验；建设煤基 mPAO 万吨级工程示范。

考核指标：完成适应煤基原料动态涨落组成特性的 mPAO 基础油高效连续制备关键技术开发，完成中试试验：聚合反应温度 $\geq 100\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，催化活性 $> 20000\text{ gPAO/g cat}$ ， α -烯烃单程转化率 $\geq 90\%$ ，完成至少 4 种煤基 mPAO 基础油产品开发，mPAO 产品 100°C 运动粘度为 $40\text{-}150\text{ mm}^2/\text{s}$ ， $M_w/M_n < 2.0$ ，其中 PAO40 粘度指数 ≥ 180 ，倾点 $\leq -39\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，PAO150 粘度指数 ≥ 210 ，倾点 $\leq -36\text{ }^{\circ}\text{C}$ ；完成至少一种润滑油产品台架试验；完成万吨级煤基 mPAO 工程验证，实现装置稳定连续运行，72 h 连续运行考核指标： α -烯烃单程转化率 $\geq 80\%$ ，PAO150 粘度指数 ≥ 210 ，倾点 $\leq -36\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

关键词：煤基 α -烯烃，高粘度 mPAO，高活性茂金属催化剂，连续聚合工艺，润滑油调和

3.6 针对煤制油气核心装备的生成式人工智能（基础前沿类）

研究内容：针对煤制油气核心装备，构建多维度煤制油气本体模型，建立煤制油气核心装备知识底座；针对气化、净化、合成等关键环节反应器和核心设备，开展反应机理阐述和模型构建，在煤质波动、负荷调整和能耗约束等复杂场景下实现物理机制驱动的生成式建模和智能体构建；开发多模态预训练大模型，研究针对煤制油气过程的多智能体协同机制及控制方法；建立生成式人工智能驱动的工厂典型工况下的闭环优化与决策。

考核指标：构建覆盖煤制油气全链条的专业本体知识库，包括煤炭的预处理、气化、净化、燃料油气的合成、分离及

产品加工等全工艺过程，涵盖工艺、设备、参数等专业多模态原始语料不少于 1 TB，包含设备、工艺等核心实体规模不少于 2 万个，反应机理、工艺参数等核心关系不少于 10 万条，实现知识的自动化提取与管理，知识提取准确率不低于 90%，数据完整性不低于 85%，数据多样性指不低于 85%，实现不少于 5 种模态数据融合；构建核心设备物理-AI 融合生成式模型方法，构建不少于 5 个核心设备优化、运维等智能体；构建 1 套全栈的煤制油气专业领域大模型，具备文本、分子结构图、分子基础物性数据集、工艺流程图、工艺操作参数、设备图、语音等多模态能力，具备可解释深度推理能力，建立不少于 5 个多智能体协同决策机制；在不少于 5 个真实工业场景（包括气化、净化、合成等）开展多智能体协同决策验证，实现复杂优化方案从工况感知到决策生成的响应时间达到分钟级，实现能耗、碳转化效率和运行周期同时优化。

关键词：煤制油气，本体知识库，智能体，大模型，协同决策

4. 碳捕集利用与封存

4.1 电力驱动的高效 CO₂ 捕集关键技术与装备研究（技术开发类）

研究内容：研究超低能耗电化学烟气碳捕集颠覆性原理，探索电场作用下的 CO₂ 捕集-释放反应路径，开发可再生电力驱动的 CO₂ 捕集新材料与新方法；研究吸收组分、杂质离子与反应器件间的相互作用机理，研发高活性、高稳定电催化

剂和电极等关键电化学材料及调控制备方法，开发连续、抗氧气、水平衡的稳定电化学 CO₂ 捕集新技术；开发可再生电力驱动的新型电化学 CO₂ 捕集工艺及系统，编制面向不同捕集场景、规模的核心技术工艺包；研究不同分离技术耦合的新型捕集系统及设备，开展低浓度 CO₂ 电化学捕集技术的系统集成与平台验证。

考核指标：设计开发 2 种以上由可再生电力驱动的 CO₂ 电化学捕集材料及对应方法，新材料的实验室再生电耗 ≤ 300 kWh/tCO₂；电化学关键核心材料（电极/电催化剂/活性载体等）具备长效稳定性，在模拟含氧烟气工况（O₂ 体积分数 3%-8%，CO₂ 体积分数 10%-15%）条件下，累计考核时长 ≥ 1000 h，核心材料的关键指标保持稳定，法拉第效率 ≥ 90%，能耗波动 ≤ 10%（相对于 300 kWh/tCO₂ 指标）；开发适合不同捕集场景、规模的核心技术工艺包；研制捕集规模大于 100 吨/年的低能耗电化学 CO₂ 捕集系统装备，完成 72h 连续运行现场考核：CO₂ 产品浓度 ≥ 99%，再生电耗 ≤ 400 kWh/tCO₂，稳定运行时长 ≥ 300 h，输入电功率波动偏离设计值 ± 20% 以内情况下，再生电耗低于 500 kWh/tCO₂。

关键词：电化学 CO₂ 捕集，可再生电力驱动，低能耗

4.2 CO₂ 逆水煤气变换关键技术与装备（技术开发类）

研究内容：开展低温、高活性、高稳定性 CO₂ 逆水煤气变换工业催化剂开发，研究低温逆水煤气变换反应机理及调控机制，开发催化剂成型放大制备技术；基于绿氢波动供给情景，开展 CO₂ 逆水煤气变换常压高效新型反应体系与系统

集成工艺研究，突破反应器设计及工程放大关键技术；建设 CO₂ 逆水煤气变换制千吨级/年 CO 中试装置；研究 CO₂ 逆水煤气变换的能质协同机理与智慧管控体系，编制基于可再生能源为能源供给、绿氢为氢源的 CO₂ 逆水煤气变换制 10 万吨级/年 CO 工艺包。

考核指标：完成低温下（ $\leq 450^{\circ}\text{C}$ ）逆水煤气变换反应非贵金属工业催化剂开发，在实验室低氢碳摩尔比（ $\text{H}_2:\text{CO}_2 \leq 3$ ）条件下，CO₂ 单程转化率 $\geq 35\%$ ，甲烷化副反应选择性 $\leq 2\%$ ，催化剂连续稳定运行时长 $\geq 1000\text{ h}$ ，性能衰减 $\leq 5\%$ ，具备 CO₂ 逆水煤气变换工业催化剂吨级/年制备能力；研究开发新型反应体系、集成工艺与反应器，具备 30%-110%宽负荷柔性调节能力；建成 CO₂ 年转化制千吨级 CO 中试装置，完成 72 h 连续运行现场考核：反应空速 $\geq 4000\text{ mL}/(\text{g cat} \cdot \text{h})$ ，CO₂ 总转化率 $\geq 90\%$ ，甲烷化副反应选择性 $\leq 3\%$ ；形成基于可再生能源供能、绿氢为氢源的逆水煤气变换能质动态平衡技术与柔性控制方法，完成 CO₂ 逆水煤气变换制 10 万吨级/年 CO 工艺包。

关键词：逆水煤气变换，工业催化剂，集成工艺，能质协同

4.3 CO₂ 加氢制航空煤油关键技术与工业示范（应用示范类）

研究内容：开发 CO₂ 加氢制航空煤油高效催化剂体系，研究催化剂表面反应过程规律、催化剂活性位点的动态变化及抗失活机制，建立催化剂成型放大制备工艺；开展 CO₂ 加

氢制航空煤油新型反应工艺及关键成套技术研究，研制可实现活性位点、温度场等精准调控的新型反应器；建设万吨级/年航空煤油示范工程；开展 CO₂ 耦合绿氢制航空煤油的全生命周期碳核算和减排方法相关研究，开展可持续航空煤油绿色分级与技术经济综合评价研究；编制 CO₂ 耦合绿氢合成 10 万吨级/年全组分航空煤油工艺包。

考核指标：完成 CO₂ 加氢制航空煤油工业催化剂开发，CO₂ 单程转化率 $\geq 35\%$ ，CO 选择性 $\leq 10\%$ ，催化剂稳定工作时长 ≥ 1000 h，性能衰减 $\leq 5\%$ ，实现 CO₂ 加氢制航空煤油工业催化剂百吨级/年生产；形成 CO₂ 加氢制航空煤油新型反应工艺与新型反应器，航煤组分的时空收率 ≥ 0.12 g/(g cat · h)；建成 CO₂ 加氢制万吨级/年航空煤油示范工程，累计运行不少于 1000 h，完成 72 h 连续运行现场考核：CO₂ 总转化率 $\geq 90\%$ ，航空煤油组分选择性 $\geq 70\%$ ；形成 CO₂ 耦合绿氢制航空煤油的碳足迹核算方法和碳减排方法学，构建可持续航空煤油绿色分级评价体系与技术经济分析模型，形成指导行业发展的相关标准或规范；形成 CO₂ 耦合绿氢制 10 万吨级/年全组分航空煤油工艺包。

关键词：CO₂ 加氢，航空煤油，工业催化剂，碳足迹核算

4.4 CO₂ 制高端碳材料/化学品前沿技术开发（技术开发类）

研究内容：研究 CO₂ 转化制备高端碳材料（如碳纳米管、石墨烯等）的高效催化剂及多能耦合反应体系；研究 CO₂ 催

转化制备碳材料过程中的碳沉积与生长机制，开发功能碳材料构筑与性能调控新方法；开发 CO₂ 催化转化制备功能碳材料反应系统，完成 50 kg 级/年集成验证；研究 CO₂ 捕集与原位转化制化学品多相反应机理，阐明捕集/转化一体化双功能材料的表界面调控机制，构建功能材料的理性设计准则；研究热质传递机理及其强化机制，解析 CO₂ 捕集与原位转化过程中本征反应、传质、传热规律；研发百吨级/年 CO₂ 捕集协同转化制化学品装备，开展百吨级/年 CO₂ 捕集协同转化制化学品集成验证。

考核指标：对碳材料制备路径，开发 2-3 种用于 CO₂ 催化转化制备碳材料的高性能催化剂；开发 2-3 条 CO₂ 转化制新型高端碳产品反应新路径；完成 1 个 CO₂ 催化转化制备高端功能碳材料 50 kg 级/年规模集成验证，CO₂ 总转化率 ≥ 90%，碳材料选择性 ≥ 70%；对化学品制备路径，开发 2-3 种用于 CO₂ 捕集及原位转化的高性能双功能材料；形成 2-3 条新型 CO₂ 捕集及原位转化制化学品一体化技术；建成 1 套百吨级/年 CO₂ 捕集协同转化制化学品装备，完成一个百吨级/年 CO₂ 捕集与原位转化集成验证，实现 CO₂ 单程转化率 ≥ 45%，产品选择性 ≥ 90%。

关键词：高端碳材料，CO₂ 捕集与原位转化

4.5 基于规模化利用的 CO₂ 制含氧化学品等颠覆性技术开发（技术开发类）

研究内容：发展基于高能物质诱导、捕集与原位转化等策略的 CO₂ 制醇、丙烯酸等羧酸、酯、酰胺等含氧化学品新

工艺；研究催化反应机制、反应-传递耦合与过程强化规律，开发高效 CO₂ 活化转化催化剂，研究催化剂可控合成及规模化制备技术；研制与催化剂和反应工艺匹配的关键反应装置，进行系统集成与优化，开发 CO₂ 高效转化利用制含氧化学品变革性成套技术，开展万吨级/年工程示范；开展全生命周期评价与技术经济性分析。

考核指标：开发出基于 CO₂ 高效活化制醇、丙烯酸等羧酸、酯、酰胺等含氧化学品新工艺路线 2-3 条；创制 CO₂ 制含氧化学品催化剂 5 个以上，至少 1 个催化剂形成百吨级/年制备能力；至少形成 1 个与催化剂匹配的关键装备和系统集成方案，开展至少 1 条变革性技术的万吨级/年含氧化学品产量规模的工业示范，完成 72 h 连续运行现场考核：实现 CO₂ 转化率 ≥ 95%、产品选择性 ≥ 95%，形成 10 万吨级/年产量规模工艺包；基于所实施的万吨级/年示范产品完成全生命周期评价与技术经济性分析报告。

关键词：CO₂ 高效转化利用，含氧化学品，颠覆性技术