

“十四五”国家重点研发计划“煤炭清洁高效利用技术” 重点专项2022年度项目申报指南

(征求意见稿)

1. 煤炭高效清洁发电

1.1 新型高效紧凑型换热器技术（青年科学家）

研究内容：面向燃煤超临界二氧化碳循环发电，探索流动和换热新机制，发明低成本气—气新型高效紧凑型换热器，进行原理样机实验验证。

考核指标：样机在传热、减阻、通道尺寸微型化以及工质适应性等方面性能优越，表面积/体积的比值大于 $5000\text{m}^2/\text{m}^3$ 。

2. 煤炭灵活智能发电

2.1 燃煤灵活智能发电基础问题研究（基础研究）

研究内容：针对燃煤发电机组深度调峰和快速变负荷需求，研究热力系统多时空动力学特性及智能化建模理论方法；研究智能控制理论方法、智能诊断算法及多目标协同优化控制策略；锅炉超低负荷的稳燃机制及污染物超低排放控制方法；机炉部件损伤机理、安全调控、寿命预测及评价。

考核指标：构建深度灵活调峰机组多时空动力学模型、智能控制算法、智能诊断算法及机组优化协调控制方法，形

成自感知、自学习及自决策的智能系统，实现能够指导无人干预的自主运行；建立燃煤发电机组灵活高效发电控制理论，构建提升灵活运行的安全环保稳定性指标体系，完成变负荷速率达到 5%/min 的深度调峰发电系统的概念设计。

2.2 新型燃煤发电锅炉快速调峰技术（青年科学家）

研究内容：研究煤粉燃烧快速变负荷方法和技术，研究煤粉快速变负荷燃烧稳定性和燃尽特性，进行实验验证；研究变负荷速率与燃烧速率和传热速率间的动态匹配特性，研究燃煤发电锅炉快速变负荷技术方案。

考核指标：形成无助燃的煤粉燃烧快速变负荷方法和技术，完成 MW 级中试验证，实现负荷运行范围 20%~100%，升降负荷速率不低于 6%/min。完成 300MW 级亚临界燃煤发电锅炉快速变负荷技术的概念设计。

3. 煤炭清洁转化

3.1 煤直接制纳米金刚石材料技术（青年科学家）

研究内容：探索煤制纳米金刚石材料的热力学机制与动力学转化过程，研究粒子能量等工艺条件对纳米金刚石材料的晶粒尺寸、晶体质量、生物相容性、结构中缺陷种类及浓度等的影响，开发煤直接制纳米金刚石材料技术。

考核指标：开发煤炭转化为金刚石材料的技术，实现金刚石材料生长速率 $\geq 3\mu\text{m/h}$ ，单台设备年产量 $\geq 20\text{g}$ ，金刚石

材料拉曼峰半高宽 $\leq 10\text{cm}^{-1}$ ，金刚石材料热导率 $\geq 1800\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ 。

3.2 合成气转化制可降解材料非贵金属加氢催化剂的开发（青年科学家）

研究内容：开发高效稳定的合成气制可降解材料前聚体乙醇酸甲酯技术，进行高选择性非贵金属加氢催化材料的合理设计与可控制备，降低催化剂成本，解决催化剂结焦难题。形成催化剂规模化制备技术并进行模式试验验证，实现高效乙醇酸甲酯合成。

考核指标：实现高效非贵金属加氢催化剂规模化制备，催化剂在模式装置上稳定运行 ≥ 1000 小时，乙醇酸甲酯收率 $\geq 90\%$ 。

3.3 煤炭常温高效定向裂解制备高端精细化工品技术（青年科学家）

研究内容：开发在常温条件下对煤炭进行定向裂解，直接制备、分离缩合芳环化合物的技术。研究煤种、催化剂和溶剂对煤定向裂解的影响机制。研究影响煤中有机质大分子裂解后可溶物收率的因素。研究所选用的溶剂和催化剂回收和循环使用技术。

考核指标：完成单批次 10kg 级煤炭连续处理装置稳定运行；常温条件下，煤中有机质大分子裂解所得溶剂（不包括 N-甲基吡咯烷酮及其与二硫化碳混合溶剂）可溶物收率 \geq

80%，溶剂和催化剂回收利用率 $\geq 98\%$ ，分离得到缩合芳环化合物 5 种以上。

4. 二氧化碳捕集利用与封存

4.1 新型低能耗 CO₂ 捕集材料及机制（基础研究）

研究内容：研究新型低能耗 CO₂ 捕集材料定向设计方法；研究基于新型捕集材料的 CO₂ 捕集过程热质传递机理及过程强化；研究烟气组分对 CO₂ 捕集的影响规律及 CO₂ 捕集材料再生机制；研究 CO₂ 捕集全系统能量匹配规律，形成新型低能耗 CO₂ 捕集原理。

考核指标：研制出 2~3 种新型高性能 CO₂ 捕集材料，明确其捕集特性和作用规律，形成系统的低能耗碳捕集新体系，CO₂ 捕集率 $>90\%$ ，捕集能耗 $< 2.8\text{GJ/tCO}_2$ ，捕集材料再生损耗 $< 0.7\text{kg/tCO}_2$ 。

4.2 CO₂ 定向转化制含氧化学品反应机制与新途径（基础研究）

研究内容：开发 CO₂ 合成有机酸、醇、酯等高附加值化学品新途径；开发 CO₂ 定向转化高效催化剂；研究基于碳氧键断裂、物种插入与转移的 CO₂ 活化机制和基于 CO₂ 化学键定向重构的产物选择性调控机制；揭示 CO₂ 定向转化过程的热力学和动力学规律，形成 CO₂ 转化利用新体系。

考核指标: 开发出 2~3 条 CO₂ 转化制高附加值含氧化化学品的反应新途径和新方法并揭示其反应机制, 形成 CO₂ 定向转化高效催化剂制备方法, 实现 CO₂ 总转化率 ≥ 60%, 单一产物选择性 ≥ 80%。

4.3 CO₂ 捕集与原位转化耦合技术研究 (青年科学家)

研究内容: 研究具有 CO₂ 捕集与原位催化转化性能的双功能材料设计与制备方法, 研究 CO₂ 捕集与原位转化系统集成及过程强化工艺, 研究原位转化过程 CO₂ 释放转移与活化转化机制, 形成 CO₂ 捕集与原位转化耦合技术。

考核指标: 形成用于 CO₂ 捕集与原位转化的双功能材料规模化制备方案, 建成年产百公斤级规模 CO₂ 捕集与原位转化装备, 实现捕集容量 ≥ 0.85molCO₂/kg, CO₂ 原位转化率 ≥ 60%。

4.4 电还原 CO₂ 制 C₂₊基础化学品探究 (青年科学家)

研究内容: 开发电催化 CO₂ 转化高效催化剂, 揭示电催化作用下 CO₂ 精准活化及可控碳碳偶联机制, 研究 CO₂ 催化转化制 C₂₊醇/烯烃过程强化规律, 构建高效稳定的 CO₂ 电催化系统。

考核指标: 建立电催化 CO₂ 制备低碳醇/烯烃系统, 年产 C₂₊醇/烯烃达到百公斤级, 实现 500mA/cm² 大电流密度下稳定运行大于 100h, 单一醇/烯烃产物选择性大于 60%。