

支撑能源转型的煤炭清洁高效利用 国家科技重大专项 2024 年度项目申报指南 (征求意见稿)

本重大专项立足以煤为主的基本国情，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 2024 年度拟部署 5 个项目，项目统一按指南二级标题（如 1.1）的研究方向申报。每个指南方向拟支持 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。项目配套经费与中央财政经费比例不低于 4:1。关键核心技术类项目实施周期原则上不超过 4 年，下设课题数不超过 5 个，项目参与单位总数不超过 10 家；应用示范类项目实施周期原则上不超过 6 年，下设课题数不超过 6 个，项目参与单位总数不超过 20 家。项目应整体申报，项目设 1 名负责人，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。

1. 煤炭绿色智能开发

1.1 矿井水井下安全智能储存调控技术与示范（应用示

范类)

研究内容: 研究矿井水安全储存的多场耦合演化机制, 形成矿井水井下安全储存“三重防控”(水位超限防控、坝体损伤防控、动力灾害防控)基础理论; 研发井下储水空间水源补给、储水系数、储水量动态预测的三维数字孪生模型; 研发井下储水空间坝体裂隙探测监测技术与装备, 研究坝体损伤修复关键技术; 研发井下储水空间顶板垮落冲击等动力灾害监测技术与装备, 研究动力灾害应急泄水技术; 构建井下储水空间安全预警模型及水体应急智能调控平台; 开展矿井水井下安全智能储存调控工程示范, 研究黄河流域矿井水保护技术方案。

考核指标: 完成井下储水空间评价及坝体设计方法, 包含 10 项评价指标和 5 种坝体类型; 井下储水空间三维数字孪生系统空间映射误差 $\leq 10\text{ cm}$; 人工坝体与煤柱坝体连接处渗透系数 $\leq 10^{-4}\text{ m/s}$; 井下储水空间动力灾害应急泄水装置响应时间 $\leq 30\text{ s}$; 井下储水空间预警模型与水体智能调控平台响应时间 $\leq 1\text{ min}$; 示范工程 1~2 个, 单一储水工程储水能力 $\geq 50\text{ 万 m}^3$, 示范矿井矿井水利用率 $\geq 85\%$, 为黄河流域矿井水利用率达到 80%提供技术支撑。

关键词: 矿井水井下储存, 水位超限防控, 坝体损伤防控, 动力灾害防控, 安全智能调控

1.2 煤铀协同开采关键技术研究工程示范(应用示范类)

研究内容: 研究煤铀开采扰动下煤岩力学特性、地下水

运移规律及其对核素迁移转化的影响机制，提出煤铀协同开采的扰动互馈机理；研究铀矿快速开采地浸井场溶浸空间构建和溶浸过程控制技术，研究应急条件下地下水流场调控技术；建立煤铀开采岩层、地下水及放射性核素响应分类分级体系，研究扰动区域划分方法和分区降扰技术；研制煤矿井下放射性核素感知设备，研发扰动围岩活动与含放射性核素地下水动态监测技术，建立辐射安全评价体系和风险辨识预警模型；研究地下水放射性核素治理技术，研究含铀矿井水处理技术与井下应急模块化处理装备；建设煤铀协同安全高效绿色开采示范工程。

考核指标：形成煤铀协同开采多相多场耦合和地下水流场调控米级物理相似模拟装置各 1 套，地下水运移和放射性核素迁移转化模拟软件 1 套；形成地浸采铀快建快采技术工艺包，铀资源回采率 $\geq 75\%$ ，水力帷幕地下水流场调控铀络合物运移范围 ≤ 100 m；建立煤铀协同开采安全区、影响区、压覆区划分标准，提出分区工作面布置和开采工艺方法，保障含铀含水层水头压力 ≥ 100 m；建立岩层损伤与核素污染在线监测与智能分析系统，矿井水铀浓度测量误差 $\leq 5\%$ （ $1 \mu\text{g/L}$ ）；含铀矿井水处理后铀浓度 $\leq 0.3 \text{ mg/L}$ ；建成煤铀协同安全高效绿色开采示范工程 1 处，放射性核素监测井 ≥ 30 口。

关键词：煤铀协同开采，核素迁移转化，含铀矿井水，数智监控平台

2. 煤炭灵活高效发电

2.1 耦合储能的超超临界灵活高效燃煤发电机组关键技术及工程示范（应用示范类）

研究内容：研究锅炉超低负荷及快速变负荷运行条件下能质时空分布规律，构建适用于灵活燃煤锅炉的汽水、燃烧、制粉系统，开发快速响应和宽负荷高效稳定的燃烧器、适应交变应力的受热面及联箱设计制造技术；研究宽负荷高效汽轮机的热力系统、补汽方法及通流技术，开发汽轮机宽负荷高效叶型及适用于深度调峰的全系列低压长叶片，研究低寿命损耗的汽轮机关键高温部件结构优化技术，构建全周期寿命评估体系，研究高动态响应、宽负荷高效灵活运行发电关键技术；开展熔盐储热介质筛选及储热系统参数优化，研究强瞬态条件下储热系统能量传递转换机理，研发灵活、安全、高效的储热系统关键装备，开发耦合燃煤机组的熔盐储热系统工艺及运行关键技术；研究耦合熔盐储热的燃煤机组全工况、全流程动态特性及数字孪生技术，开发运行状态智能感知与智能运维关键技术，开发耦合熔盐储热的燃煤机组多目标全程自动控制技术；研究燃煤发电快速变负荷及深度调峰对机组安全性、经济性、及污染物排放特性的影响规律，开发耦合储能的灵活燃煤机组系统集成运行技术，进行600MW级超超临界燃煤机组工程示范。

考核指标：掌握耦合熔盐储热的灵活燃煤锅炉关键技术，新型锅炉负荷变化范围15%~100%，50%负荷以上变负荷速率实现3% Pe/min~4% Pe/min；实现600 MW级高效灵活汽轮发电机组负荷变化范围15%~100%，50%负荷以上变负荷

速率 6% Pe/min，在 30% 负荷率运行下汽轮机热耗相对于额定负荷升高率 < 10%；掌握熔盐储热成套装备制造、集成工艺及运行关键技术；建立耦合熔盐储热的燃煤发电数字孪生系统，具备自学习、自更新能力，与设计参数的平均相对误差 ≤ 5%；完成超超临界 600 MW 级耦合储能的灵活发电系统工程示范，实现负荷变化范围 15%~100%，50% 负荷以上变负荷速率 6% Pe/min 自动运行，30% 额定负荷时供电煤耗增加量 ≤ 15%。

关键词：耦合储能，灵活高效，宽负荷，全程自动

3. 低碳高效煤制油气

3.1 新一代大规模高效煤直接液化工程示范（应用示范类）

研究内容：研究不同煤种的加氢特性及反应行为，研究强制外循环煤直接液化工艺下油煤浆流动特性、反应器放大规律和热高分内的气液固多相分离规律，并完成工程验证优化，开展单系列年 200 万吨级煤直接液化装置工程设计；开发基于煤直接液化油特性的循环溶剂选择性加氢催化剂和大规模沸腾床加氢成套技术；研究煤直接液化反应系统局部湍流强化与传质受限特性，开发年 100 万吨级装置过程强化和抑制结焦方法，提升系统长周期运行稳定性；研究年 200 万吨级煤直接液化示范工程工艺、装备、节能减排技术等集成优化，并开展工程示范，构建“模块化、标准化”快速复制体系；研究煤基油品的标准体系，并制定产品标准。

考核指标：完成强制外循环煤直接液化工艺年 100 万吨

级工业装置工程验证，完成年 200 万吨级煤直接液化工程设计并通过审查；完成循环溶剂加氢催化剂的吨级生产，完成沸腾床加氢工艺技术吨级试验，循环溶剂的芳碳率降低 0.05~0.1，完成年 400 万吨级沸腾床加氢工艺包；形成年 200 万吨级煤直接液化装置降低结焦技术方案；完成年 200 万吨级煤直接液化工程示范，哈密煤直接液化油收率 ≥ 60 wt%，煤制油品系统综合能效 $\geq 60\%$ ，形成年 200 万吨级煤直接液化模块化设计、制造、安装、运行全流程技术方案；制定煤基油品国家、军用或行业标准 2~3 项。

关键词：煤直接液化，强制外循环工艺，循环溶剂加氢催化剂，工程示范

3.2 煤直接液化大规模反应器及核心装备开发与应用（应用示范类）

研究内容：研究强制外循环煤直接液化反应器内构件对流体力学、传热和传质特性的影响，建立年 200 万吨级工业装置反应器模型，开展反应器工程设计、制造及安装方案优化；开展大口径厚壁管制造、焊接及轻质化研究；研发大规模煤直接液化反应器循环泵成套装备；研发高压、高固含量、大流量油煤浆进料泵；研发高温、高压、高固含量油煤浆换热系统；研发大口径高压蝶阀、高压耐磨球阀、多通路物料分配柱塞阀等特殊阀门；研发大流量煤粉质量流量计。

考核指标：完成年 200 万吨级煤直接液化反应器的加工、制造、安装并在年 200 万吨级工业装置上验证；完成大型化、轻质化厚壁管（ $\geq \text{DN}650$ TP347H）的加工制造，产品晶粒度

4.5~7 级，级差 ≤ 3 级；完成双变频切换控制系统的反应器循环泵成套装备的加工制造，设计压力 ≥ 20 MPa，设计温度 ≥ 450 °C，流量 ≥ 1800 m³/h、扬程 ≥ 50 m；完成高压、高固含量、大流量油煤浆进料泵的加工制造，设计压力 ≥ 20 MPa，设计温度 ≥ 290 °C，流量 ≥ 120 m³/h，球阀阀座易损件寿命超过 3000 小时；完成高温、高压、高固含量油煤浆换热器的加工制造，固含量 $\geq 40\%$ ，换热器直径 ≥ 800 mm，壳程设计温度 ≥ 450 °C，管程设计压力 ≥ 19 MPa，管长 ≥ 6000 mm；完成大口径高压蝶阀（ $\geq \text{DN}600$ 2500Lb）、高压耐磨球阀（ $\geq \text{DN}300$ 2500Lb）、多通路物料分配柱塞阀（ $\geq \text{DN}350$ 2500Lb）等特殊阀门的加工制造；完成测量量程 > 125 t/h 的煤粉质量流量计的加工制造，测量精度 $\pm 1\%$ ；完成以上核心装备在年 100 万吨级工业装置工程验证。

关键词：煤直接液化反应器，油煤浆换热器，油煤浆进料泵，循环泵，特殊阀门