

附件：

## 2022年度山西省重点研发计划 (能源与节能环保领域) 申请项目信息

### 一、碳达峰碳中和关键技术与示范

#### 1. 低浓度煤层气水合物法提浓关键技术研发与工程示范

研究内容：针对煤矿生产过程中大量低浓度煤层气排空、造成环境污染及资源浪费的问题，研究具有自主知识产权的低浓度（ $\text{CH}_4$ 浓度 $\leq 30\%$ ）煤层气水合物制备、储运、再气化、集输等流程工艺的关键技术与装备，形成水合物法提浓关键技术体系，构建水合物法提浓成本数据库，开展低浓度煤层气水合物储运技术环境资源影响研究，开发本系统工艺流程、专用装备、工具、添加剂配方、工艺参数模拟及自动调试管理软件系统，建成低浓度煤层气水合物法提浓示范工程。

技术指标：建成2~3个日处理量 $\geq 10000\text{Nm}^3$ 的水合物法提浓低浓度煤层气示范工程，提浓后 $\text{CH}_4$ 浓度 $\geq 70\%$ 。相比现有低浓度煤层气提浓工艺技术，能耗降低5%以上。

#### 2. 超重力高效捕集煤层气中细颗粒物技术开发及工程化示范

研究内容：研发超重力净化微细粉尘装置及工艺，揭示超重力环境下沉降、过滤、机械旋转碰撞、捕获及扩散等多种除尘复合机制；研究超重力捕集器设备结构（错流、逆流）、转

子形式、填料对气体中细小颗粒物净化效果的影响规律，优化超重力装置结构及其专用填料优化超重力设备结构；搭建超重力捕集微细颗粒物的粉尘净化实验平台，研究超重力因子、细颗粒物含尘气体浓度、气速、填料润湿性、流体接触方式等参数对超重力胶除尘总效率、分级效率和气相压降的影响规律，优化工艺操作参数；建立超重力捕集湿法净化技术中试或工程化示范装置，开展技术适用性和经济性评估；开展超重力装备的智能化控制与监测。

技术指标：建立一套适合煤层气中细颗粒含量的测试方法；示范工程超重力装置处理规模不小于10万  $\text{Nm}^3/\text{d}$ ，装置耐压力不低于2.0MPa，超重力捕集技术的切割粒径 $\leq 0.02\ \mu\text{m}$ ，细颗粒物（ $\text{PM}_{2.5}$ ）捕集率 $\geq 95\%$ ，净化后 $\text{PM}_{2.5} \leq 5\text{mg}/\text{m}^3$ ，液气比 $\leq 0.5\text{L}/\text{m}^3$ ，用水量不高于现有水膜除尘湿法的20%，投资与运行费用节省 $\geq 30\%$ ，气相压降 $\leq 800\text{Pa}$ ，成套装置占用空间 $\leq 30\text{m}^3$ ，操作弹性大，不受夏冬季节影响，处理气量负荷30~100%可调节。

### 3. 低浓度瓦斯催化氧化供热关键技术与示范

研究内容：研制多孔介质催化氧化制热中试装置设计并加工可用于小型锅炉的多孔介质催化燃烧器，研究燃烧器燃烧性能，包括甲烷浓度、单位面积热强度、甲烷摧毁率、燃烧温度、烟气污染物成分、燃烧器阻力特性等；开展装有上述催化燃烧器锅炉整机的性能评价，包括制热水/蒸汽能力、燃烧稳定性、

热效率、烟气污染物排放、安全控制系统等，建立可控制稳定燃烧和安全制热的控制系统。研制 MW 级的催化燃烧器或组合燃烧器；测试 MW 级催化燃烧器的性能，开发其稳定燃烧控制方案；研究 MW 级催化燃烧器在实际锅炉中的应用性能。

技术指标：催化燃烧反应器能在甲烷浓度  $\leq 5\%$  情况下稳定运行，稳定燃烧负荷  $\geq 50\text{kW}$ ，单位面积热强度  $\geq 200\text{kW/m}^2$ 、甲烷摧毁率  $\geq 90\%$ 、燃烧温度达到  $600 \pm 50^\circ\text{C}$ ，热效率达到  $85\%$  以上，烟气氮氧化物含量低于  $20\text{mg/m}^3$ ，烟气一氧化碳含量低于  $1000\text{ppm}$ ；建成不低于  $50\text{kW}$  的低浓度瓦斯催化氧化示范工程；完成一套 MW 级低浓度瓦斯催化氧化系统设计方案。

#### 4. 深部煤层气藏大地电磁法和复电阻率法三维探测技术研究

研究内容：研究深部煤层气藏物性、赋存条件、地质结构特征，构建电性差异、埋藏深度、厚度、规模大小等因素变化的一系列煤层气藏地电模型，系统开展联合地震数据的大地电磁和复电阻率法正反演研究，为科学部署大地电磁和复电阻率法实际勘探工作设计提供理论依据；在选定的煤层气有利区开展大地电磁和复电阻率法勘探实践，总结形成煤层气探测的大地电磁法和复电率法技术规范；研究观测数据的处理方法和反演技术，建立数据处理和反演方法及流程；综合解释大地电磁和复电阻率法结果，研发大地电磁和复电阻率法勘探煤层气的技术，并进行现场验证。

技术指标：完成大地电磁测点的数据采集、处理、反演和解释工作 500 项；完成复电阻率法测深点的数据采集、处理、反演工作 500 项；初步形成煤层气探测的大地电磁法和复电阻率法技术规范；验证符合率  $\geq 80\%$ ；深度介于 1000 ~ 3000m。

## 5. 循环流化床锅炉机组焖炉压火调峰关键技术与工程示范

研究内容：研究并优化循环流化床锅炉机组在燃烧不同煤种时的压火启动性能、安全保障措施，寿命影响评估，控制理念和操作方法，包括压火时长、启动时间、压火期间的安全问题和一氧化碳、氮氧化物、硫化物等气体的生成变化和控制、压火成本等，在循环流化床锅炉机组上进行研究和示范。

技术指标：全程深度调峰在 2% 到 100% 范围；2% 低负荷运行时间大于 2 小时。煤、风全停时，污染物近零排放，汽机不打闸，发电机不解列。锅炉停炉、恢复时间在 40 分钟以内，污染物排放指标满足粉尘低于  $10\text{mg}/\text{Nm}^3$ 、 $\text{NO}_x$  低于  $100\text{mg}/\text{Nm}^3$ 、 $\text{SO}_2$  低于  $70\text{mg}/\text{Nm}^3$ 。

## 6. 炼焦煤采洗配销一体化关键技术研究

研究内容：研究炼焦煤高回收率精采细采系统理论和关键技术；研究炼焦煤高效分选技术，构建选煤厂配洗配装工艺的产品结构预测与优化数学模型；开发炼焦煤资源数据库及配套软件，研究炼焦煤资源数据库自动收集、学习、分析数据的关键技术及核心算法；研制炼焦煤配煤专家系统，研究炼焦煤资

源特性与焦炭指标的内在规律，建立配煤模型及智能配煤算法；研究炼焦煤市场周期性供需特性，开发炼焦煤“采洗配销”一体化调控技术方案；实现基于“采洗配销”一体化关键技术的应用示范。

技术指标：形成炼焦煤精采细采技术体系，建立炼焦煤资源数据库1套，形成集资源特性、煤质特性、工业指标、理化性质、应用特性为一体的炼焦煤全生命周期数据库，且具备自主采集数据、学习、分析能力；建立炼焦煤配煤专家系统，与炼焦煤资源数据库联动，实现依据焦炭生产需求形成科学配煤方案，具备自主学习、优化、分析能力；形成一套“采洗配销”一体化模拟预测方案；完成定制化炼焦煤产品技术应用示范，建成年产300万吨规模以上装置，配煤结构中高硫炼焦煤占比 $\geq 10\%$ ，优质炼焦煤资源占比降低5%以上。

#### 7. 固体酸催化合成煤基长链烷基苯关键技术与中试

研究内容：研究固体酸催化剂的酸性质、织构性质与烷基化性能的关联关系及其调变机理，突破高活性、高稳定性长链烷基苯合成固体酸催化剂的制备技术；开发煤制油为原料合成长链烷基苯及煤制油产品反应-分离一体化工艺，研究工艺参数对反应的影响规律，实现长链烷基苯合成和煤制油产品反应-分离的高效耦合；进行固定床中试，研究放大过程中传热传质行为对催化剂性能和产物分离的影响规律，实现中试装置连续稳定运行。

技术指标：完成高效固体酸烷基化催化剂公斤级放大，在固定床反应器、 $P = 2 \sim 3\text{Mpa}$ 、 $T=170^{\circ}\text{C} \sim 220^{\circ}\text{C}$ 、原料苯烯摩尔比 $\leq 16$ 的反应条件下，实现烯烃转化率 $\geq 95\%$ ，烷基苯选择性 $\geq 98\%$ （2-烷基苯选择性 $\geq 45\%$ ，3-烷基苯选择性 $\geq 25\%$ ，重烷基苯选择性 $\leq 5\%$ ），催化剂单程寿命 $\geq 1000\text{h}$ ，催化剂循环寿命 $\geq 8000\text{h}$ ；基于反应-分离一体化工艺，以煤制油不同馏分段为烷基化原料，采用公斤级放大催化剂开展立升级固体酸催化合成长链烷基苯中试，催化剂装填量 $\geq 100$ 公斤，原料油处理量 $\geq 100$ 公斤/天，烷基苯产量 $\geq 20$ 公斤/天。

#### 8. 含碳废弃物部分替代化工用煤关键技术

研究内容：揭示污泥等废弃物添加对型煤冷热强度和反应性影响的机理，开发煤与废弃物型煤制备技术，确定型煤运行工况的极限条件及含碳废弃物的最优配比；研究煤与含碳废弃物的反应速率调控规律，开展废弃物对原料转化的综合影响评价，为气化炉放大和气化速率提升提供依据；设计适合宽排渣范围煤灰熔渣组成及助剂，研究液态排渣状态、液态渣池性能指标，优化液态排渣操作参数；研究熔渣组成和结构对熔渣污染元素迁移的影响规律，阐明熔渣结构和微量元素的构效关系，为优化熔渣结构提供理论依据；开展模拟含碳废弃物共气化过程的能效分析，完成示范验证。

技术指标：针对典型气化用煤的组成，煤与废弃物所制备型煤中废弃物比例不低于40%，助熔剂适应原料组成波动比例

≥20%；开展不低于10吨/小时的气化示范，碳转化率≥95%，熔渣中污染元素（Cu、Zn、Pb等）的固定和释放满足环保要求。

#### 9. 模拟移动床分离煤制 $\alpha$ -烯烃含氧化合物及烷烃技术

研究内容：基于分子微小极性差异，研究吸附分离煤制 $\alpha$ -烯烃含氧化合物及烷烃的热力学及动力学；吸附剂和解析剂选取，优化 $\alpha$ -烯烃分离反应条件；开展小型模拟移动床实验；揭示煤制 $\alpha$ -烯烃中含氧化合物和烷烃吸附分离的基础规律；开展中试实验；建立模拟移动床放大预测模型，形成万吨级生产工艺包。

技术指标：建立规模2000吨/年的模拟移动床分离煤制 $\alpha$ -烯烃含氧化合物及烷烃中试装置，运行时间≥2000小时。C5~C8  $\alpha$ -烯烃满足聚合级产品要求， $\alpha$ -烯烃纯度≥98.5%，烷烃<1%，含氧化合物<1ppm，内烯烃<1%；C10~C15  $\alpha$ -烯烃满足羰基化反应原料要求，纯度≥95%，烷烃<1%，含氧化合物<1ppm。

#### 10. 高品质的环烷烃润滑基础油制备技术

研究内容：开发高效萘烷基化催化剂，克服产品选择性低以及反应过程中烯烃易自聚难题；设计催化剂加氢工艺，解决多烷基萘深度加氢困难、硫致催化剂中毒以及加氢反应过程中侧链烷基容易脱落等问题，提高润滑油稳定性并降低产品毒性；烷基化及催化加氢反应器的放大与工艺流程优化设计；研

究合成油品和石油基润滑基础油品性能差异、合成条件调变对合成产品质量提升的规律，优化润滑基础油配方；完成放大工艺参数包。

技术指标：烷基化催化剂循环寿命 $\geq 5$ 次；多烷基萘产品中芳环加氢采用固定床反应器，催化剂寿命 $\geq 6$ 个月；中试放大实验规模要求单批次合成不低于50升的产品；环烷基润滑油产品指标要求产品饱和环上的侧链烷基的数目须 $\geq 3$ ，可连接的 $\alpha$ -烯烃包括C2~C8的烯烃，加氢饱和后芳香烃的含量 $\leq 1\%$ ，芳烃的烷基化转化率 $\geq 95\%$ ，产物选择性（侧链烷基数 $\geq 3$ 的产物） $\geq 60\%$ ，环烷基润滑油的粘度 $5 \sim 50 \text{ mm}^2/\text{s}$ （ $40^\circ\text{C}$ ）范围内可控；模式试验规模不低于30吨/年。

#### 11. 煤基费托合成废渣蜡分类资源化利用

研究内容：建立费托蜡和催化剂分离新方法；研究固体蜡与催化剂物化特性差异性的调控及放大规律，开发短流程一步法固体蜡-催化剂分离新工艺与新装备；基于固体蜡物理化学性质研究，开发日化品、橡塑加工润滑剂、热熔胶和油墨涂料等产品；研究催化剂磁性部分性质及下游产业链延伸，拓展催化剂载体和新型材料等应用途径；研发费托蜡和催化剂的分离、催化剂磁性部分和非磁性部分分离联合工艺，建设固体蜡-催化剂短流程高效分离示范工程；分析渣蜡分类产品变化特征判据，明确工艺参数动态变化的关键节点，构建多特征因素解耦分析预测模型，形成多特征解耦模型对分类产品工艺的动

态变化的响应机制。

技术指标: 形成煤基费托合成废渣蜡分类及资源化利用技术1~2项。在达到环保要求的前提下, 催化剂和费托蜡进行有效分离, 固体蜡回收率 $\geq 40\%$ , 磁性催化剂回收率 $\geq 20\%$ , 非磁性部分有效利用率 $\geq 30\%$ , 资源化利用率 $\geq 90\%$ ; 建设处理能力 $\geq 1000$ 吨/年的固体蜡-催化剂短流程高效分离示范工程。

## 12. 二氧化碳氧化乙苯脱氢制苯乙烯关键技术

研究内容: 研发长寿命、高活性和高选择性的催化剂, 优化反应温度、空速及进料比等工艺参数; 研究催化剂本征活性位和积炭物种随反应时间的演变规律, 阐明催化剂构效关系; 研究乙苯和  $\text{CO}_2$  在催化剂表面吸附、活化、转化过程中的中间物种结构及其变化规律, 探明  $\text{CO}_2$  活化转化机制; 模拟分析活性物种最佳落位和  $\text{CO}_2$  氧化乙苯脱氢反应最优路径, 揭示金属-载体界面协同催化反应机理, 为催化剂设计、优化和应用提供理论依据; 开展  $\text{CO}_2$  氧化乙苯脱氢制苯乙烯放大试验。

技术指标: 开展  $\text{CO}_2$  氧化乙苯脱氢制苯乙烯模式试验, 规模达到立升级, 乙苯转化率 $\geq 65\%$ , 催化剂单程寿命 $\geq 200$ 小时; 反应期间苯乙烯选择性 $\geq 95\%$ , 催化剂重复循环5次后乙苯初始转化率 $\geq 55\%$ 。

## 13. 基于天空地一体化的山西省森林蓄积量及碳汇监测体系研究

研究内容: 建立山西省天空地一体化森林蓄积量及碳汇监

测体系，得出省市县三级森林蓄积量及碳汇；突破无人机机载激光雷达森林蓄积量及碳汇模型构建、天空地一体化森林蓄积量及碳汇协同监测等关键技术；在省内开展示范监测；开发无人机机载激光雷达森林蓄积量及碳汇监测因子自动提取信息系统。编制我省最主要优势树种航空林分材积表；划定全省主要立地类型、林分类型，判读森林蓄积量变化区域，把握全省总体蓄积量整体变化。

技术指标：形成山西省省市县三级天空地一体化森林蓄积量及碳汇监测体系的模型、理论与方法；遥感影像分辨率优于2.5m。完成1个天空地一体化森林蓄积量及碳汇示范监测，森林蓄积量估测精度 $\geq 90\%$ ；完成不少于900个森林蓄积量样地的实地调查；构建全省不少于5个主要优势树种的高质量（点云密度 $\geq 4$ 个/平米）无人机机载激光雷达蓄积量测定模型；编制5种以上全省重要优势树种航空林分材积表；完成1款基于激光点云自动化提取主要林分因子软件编制。

#### 14. 微藻生物转化烟气二氧化碳关键技术与示范

研究内容：针对现有微藻固碳存在的问题，通过诱变和基因编辑技术解析高效固碳机制；基于碳酸酐酶仿生催化和化学吸附实现CO<sub>2</sub>高效捕集；通过光伏发电与微藻培养一体化降低能耗与提高产量；集成“化学吸附+碳酸酐酶仿生催化+颗石藻/螺旋藻级联+光伏互补”一体化技术工艺；研制特需型“藻源”系列高值化产品；建立微藻固碳减排系统监测体系

与评价体系，并建成微藻协同固碳减排示范工程。

技术指标：筛选适合本地工业化利用的优良藻株不少于4株，解析固碳机制，烟气  $\text{CO}_2$  耐受浓度  $\geq 20\%$ ，生长速率  $\geq 20\text{g/m}^2/\text{d}$ ，固碳效率  $\geq 200\text{mg/L/d}$ ；研制1套碳酸酐酶仿生催化耦合化学吸附系统， $\text{CO}_2$  吸附效率 ( $\text{CO}_2 \rightarrow \text{HCO}_3^-$ ) 与现有技术相比提高50%，实现捕获效率  $\geq 40\%$ ；研制1套光伏互补的低能耗与高产率微藻固碳反应装置，实现微藻生物转化效率 ( $\text{HCO}_3^- \rightarrow \text{藻体}$ )  $\geq 90\%$ ；构建1套“化学吸附+碳酸酐酶仿生催化+颗石藻/螺旋藻级联+光伏互补”的一体化技术工艺，实现全天候、高效、稳定的协同固碳，固碳效率 ( $\text{CO}_2 \rightarrow \text{藻体}$ )  $\geq 400\text{mg/L/d}$ ；挖掘1~3个固碳微藻生物质活性成分与精准功能种，研制1~2种特需型“藻源”系列高值化产品，开辟高值化利用新模式；建立1个不小于300亩面积的微藻培养与光伏发电耦合协同固碳减排示范基地，实现年均微藻产量  $\geq 600$  吨，年固碳量  $\geq 1000$  吨，年处理烟气量  $\geq 5$  万吨。

#### 15. 新型二氧化碳吸附材料及捕集技术与示范

研究内容：针对  $\text{CO}_2$  捕集吸附材料成本高、再生能耗高的问题，研究高效、廉价的 MOF（金属有机骨架化合物）、HOF（氢键超分子有机框架材料）和变湿吸附材料等；研发批量制备吸附剂的装置；开发大规模吸附  $\text{CO}_2$  的装置，并进行示范。

技术指标：研发 MOF、HOF 及变湿吸附剂；开发吸附剂制备装置；MOF 类或 MOF 基复合材料在  $100\text{kPa}$  和  $298\text{K}$  时的  $\text{CO}_2$

吸附能力  $\geq 7\text{mmol/g}$ ；HOF-8材料在100kPa 和298 K 时的  $\text{CO}_2$  吸附能力  $\geq 2\text{mmol/g}$ ；变湿吸附材料吸附  $\text{CO}_2$  成本降到胺溶液吸附  $\text{CO}_2$  成本的 50% 以下，且吸附成本  $\leq 250\text{元/tCO}_2$ ，能耗  $\leq 1.2\text{GJ/tCO}_2$ ， $\text{CO}_2$  捕集纯度  $\geq 99.5\%$ ；采用变湿吸附再生材料，开展千吨级以上  $\text{CO}_2$  捕集系统示范。

#### 16. 微藻净化沼液关键技术与示范

研究内容：针对沼液的资源化利用，研究藻种培育与氨氮耐受机制解析；优化微藻高效净化沼液的培养工艺；藻源功效成分挖掘、精准功能鉴定与作用机制解析；研制新型藻源生物制剂；开展微藻净化沼液关键技术示范工程。

技术指标：筛选藻种 1~2 株，氨氮耐受浓度  $\geq 2000\text{mg/L}$ ；构建 1 套微藻高效净化沼液的工艺流程，沼液中氮去除率  $\geq 95\%$ 、磷去除率  $\geq 75\%$ 、COD 去除率  $\geq 80\%$ ；研制 1~2 种新型藻源生物制剂，建立不少于 20 亩规模的微藻净化沼液示范工程，年均净化沼液不小于 6 万吨，年均生产藻粉不小于 60 吨。

#### 17. 山西省地下咸水层二氧化碳地质封存选区关键技术研究

研究内容：研究咸水层地质特性与封存能力、封存安全性的耦合机理，评价山西省地下咸水层二氧化碳地质封存潜力；编制山西省咸水层  $\text{CO}_2$  地质封存适宜性分区图；筛选适宜  $\text{CO}_2$  地质封存的场址；评估封存场址的封存能力；确定地下咸水层  $\text{CO}_2$  封存靶区；开展封存靶区的封存模拟实验和  $\text{CO}_2$  注入的安全

性评价。

技术指标: 形成地下咸水层  $\text{CO}_2$  封存的关键地质评价指标; 编制1:50万山西省咸水层  $\text{CO}_2$  地质封存适宜性分区图; 筛选出地下咸水层适宜  $\text{CO}_2$  封存的靶区并估算封存潜力; 明确地下咸水层  $\text{CO}_2$  封存优先靶区, 提供示范试验场址; 编制可供决策的研究报告。

#### 18. 废弃煤炭采空区二氧化碳注入增产煤层气与地质储存技术研究

研究内容: 研究  $\text{CO}_2$  注入废弃煤炭采空区后的甲烷解吸分带特征; 研究废弃煤炭采空区类型与  $\text{CO}_2$  注入增产的适配性; 建立适宜  $\text{CO}_2$  注入增产煤层气的废弃煤层气采空区优选方法; 开展采空区  $\text{CO}_2$  储存地质与经济评价; 形成废弃煤炭采空区  $\text{CO}_2$  注入增产煤层气与地质储存技术与示范工程。

技术指标: 形成1套涵盖一注一采2口井的废弃煤炭采空区  $\text{CO}_2$  注入增产煤层气与地质储存技术; 建立适宜  $\text{CO}_2$  注入增产煤层气的废弃煤层气采空区优选方法; 评价废弃封闭煤炭采空区的地质及经济可行性; 煤层气抽采率较常规抽采提高10%, 单井封存  $\text{CO}_2$  量  $\geq 50$  万  $\text{m}^3$ 。

#### 19. 非胺类化学催化捕集燃煤电厂二氧化碳技术研究

研究内容: 针对高效低能耗  $\text{CO}_2$  捕集技术, 研究具有高吸收容量的非胺类化学吸收剂; 设计  $\text{CO}_2$  吸收/解析反应路径, 搭建实验流程装置; 优化工艺条件; 阐明吸收反应过程机理; 完

成 CO<sub>2</sub>吸收/解析单管放大试验。

技术指标：脱碳率  $\geq 85\%$ ；解析率  $\geq 75\%$ ；化学吸收剂回收率  $\geq 85\%$ ；能耗指标比传统醇胺法降低15%以上；完成立升级规模实验。

## 20. 高安全半固态储能锂离子电池复合电解质材料及电池制造技术

研究内容：研发高安全性、宽温域、高离子电导率的复合固态电解质体系，开发高稳定、低可燃、与正负极兼容性好的聚合物电解质单体，开发高安全、宽电位窗口、溶剂化能力强的锂离子电池用阻燃溶剂体系；研究分子结构优化对聚合物骨架化学稳定性的影响，研究阻燃溶剂与聚合物骨架的原位复合技术及其分子间的相互作用机制；探索新型电解质及其电极界面中电子、离子的输运特性；研究电池结构、化成方式、电池内部温度/力学及失效破坏等实验表征技术及半固态电池综合评价方法。

技术指标：半固态聚合物电解质常温离子电导率  $\geq 3 \times 10^{-3}$  S/cm；电化学窗口 0 ~ 4.3V (Vs. Li/Li<sup>+</sup>)；半固态电解质的阻燃等级达到塑料阻燃 V0 级；实现百公斤级批量制备；采用此半固态聚合物电解质的磷酸铁锂电池常温质量比能量  $\geq 150\text{Wh/kg}$ ，循环寿命  $\geq 1000$  次；采用此半固态聚合物电解质的三元电池常温质量比能量  $\geq 280\text{Wh/kg}$ ，循环寿命  $\geq 800$  次；

电池破损后无液体泄漏，安全性能符合国家标准要求。

## 21. 基于碳化硅器件的低压直流电力电子变换器关键技术与示范

研究内容：研究高可靠性 SiC 器件驱动设计技术，基于 SiC 器件的宽增益光伏 DC/DC 变换器拓扑结构及控制策略；研制基于 SiC 器件的高效储能充放电 DC/DC 变换器，SiC 器件的高低压直流母线高频隔离型 DC/DC 变换器；研究 SiC 器件的多端口直流电能路由器拓扑结构及能量管控策略研究；研究 SiC 器件的高频电力电子变压器磁集成技术、高功率密度电力电子装置集成技术。

技术指标：研制基于 SiC 器件的光伏 DC/DC 变换器，输入电压范围 200V ~ 600V，可同时实现 MPPT 和稳压控制，效率  $\geq 95\%$ ，MPPT 追踪精度不低于 99%，具有主动防孤岛功能；研制储能充放电 DC/DC 变换器，实现功率双向流动，可维持直流电压偏差小于 5% 的直流额定电压；研制高频隔离型 DC/DC 变换器，实现两侧电气隔离，单模块功率不低于 2kW，功率密度不低于  $1\text{kW}/\text{dm}^3$ ；研制不低于 3 个端口的电能路由器，可实现能量的灵活管理及自主分配。

## 22. 耐高温高电压超级电容器关键技术

研究内容：研制基于原料筛选和工艺优化的高纯度、高完整性的电容炭材料，研发高电压、耐高温电容炭；研究通过电解液中溶剂及添加剂的分子设计，拓宽其电化学窗口，设计高

电压、耐高温、耐氧化性电解液；研究改进电容炭电极片的制备方法，研制高面载量电极及超级电容器，保证器件的高能量密度和高稳定性。

技术指标：研制高电压、耐高温超级电容器器件，容量 $\geq 120\text{F}$ ，充电电压 $\geq 3.0\text{V}$ ，能量密度 $\geq 8\text{Wh/kg}$ ； $3.0\text{V}$ 条件下浮充性能可以满足 $65^\circ\text{C}$ 和 $1500\text{h}$ 容量保持率 $\geq 80\%$ 的要求。

### 23. 基于可再生能源的近零能耗日光温室构建技术研究

研究内容：研发土壤高效蓄放热换热器；研发化霜时间短、系统运行稳定节能的自融霜空气源热泵制热系统；克服常规逆循环热气化霜方法存在的冷热量抵消、化霜能耗大、压力工况剧烈变化及热媒温度下降的问题，克服常规热气旁通融霜方法化霜热量来源不足的问题；研究太阳能热电利用系统、自融霜空气源热泵系统和浅层土壤蓄放热系统集成优化运行；研究热电耦合，以电定热，寻求能效最大化的多种可再生能源耦合利用方式，研发严寒地区日光温室智慧能源系统，并开展示范。

技术指标：日光室内温度全天候 $15\sim 30^\circ\text{C}$ 、湿度 $45\%\sim 70\%$ 、二氧化碳浓度 $0.02\%\sim 0.04\%$ ，以热定电，保持室内同样温湿度，其能耗比普通温室减少 $75\%$ 以上；自融霜空气热泵在实际工程使用中，融霜所需时间总和小于一个连续制热周期的 $12\%$ ；制热效率提高 $3\%$ ；太阳能光热效率达到 $65\%$ ，光伏效率达到 $20\%$ ，一体化效率达到 $75\%$ ，土壤源蓄热效率提高 $5\%\sim 10\%$ ；建成占地不少于 $0.6$ 亩的日光温室示范。

#### 24. 太阳能喷射与压缩非等容耦合制冷装置关键技术

研究内容：研究多因素变化时喷射器性能，建立完善喷射器和太阳能喷射制冷循环模型，研究喷射器喉部面积比与一次流体压力、二次流体压力或混合流体压力同时变化时喷射器性能的变化规律，获取喷射器结构参数变化对喷射器性能的影响规律；研究压缩机中间排气制冷循环特性，构建压缩机中间排气压缩方式，分析中间排气压缩过程的热力学特点，建立模拟计算模型，探究压缩机结构参数、中间排气参数等对压缩机性能的影响规律，发现压缩机转速变化时中间排气参数及压缩机性能变化规律；研究喷射与中间排气压缩耦合制冷性能，建立喷射与中间排气压缩一体化制冷方式，考虑太阳辐射变化的间歇性和随变性特点，分析太阳能喷射、中间排气变速压缩、两次节流的耦合变化机理，探讨喷射压缩耦合制冷对太阳辐射变化的适应性及其转换为无太阳辐射时压缩制冷的匹配性，优化喷射与中间排气压缩耦合制冷循环。

技术指标：研制不低于20kW的太阳能喷射与压缩非等容耦合制冷装置，制冷性能系数不低于4.5，与喷射制冷系统相比能耗减少30%以上。

#### 25. 基于数字孪生的风电机组高效运行与智能维护技术

研究内容：研究以风电机组出力理论计算模型为基础，考虑运行环境、检修方式、设备老化状态等因素，建立面向风电系统出力预测的数字孪生；研究单台风电机组的具体特性和运

行状况，建立面向风电机组控制策略的数字孪生，实现风电机组的“一机一策”控制；研究各种因素对风电机组健康的影响机理及其健康评估的理论方法，提取关键设备故障的多层面、多维度的特征，建立由特征到健康评估的端对端深度学习模型，并解决深度学习存在的小样本、不均衡、弱特征问题；研究关键设备健康评估知识的语义建模及其融入深度学习模型的方法。开发面向风电系统关键设备健康评估的数字孪生，实现精准故障定位和检修方案的自动生成；开展风电场试验验证。

技术指标：数据量达到 TB 级，风功率预测百分比误差  $\leq 8\%$ ，均方根相对误差  $\leq 10\%$ ；基于数字孪生的风电机组控制策略“一机一策”，风电机组平均出力提升  $\geq 2\%$ ；设备健康评价准确度  $\geq 92\%$ ，缺陷设备命中率  $\geq 92\%$ ；建设风电数字孪生实验中心1个，包含不少于10台风电机组数字孪生平台。

## 26. 太阳能电池制绒及镀膜工艺自动上下料设备研发及应用

研究内容：研究太阳能电池硅片、电池片两种物料和篮具、载板两种载体的自动化运行技术，开发自动化上下料设备；研制电池产线智能化运行辅助工艺技术与自动化设备；研究集成隐裂、双片、缺角、崩边等多种视觉检测技术，开发集成检测、分选、剔除等功能的自动化检测系统；研究 RFID 自动识别、AGV 自动对接、远程监控对接 MES 技术；开展设备应用示范。

技术指标：研制太阳能电池制绒及镀膜工艺自动上下料设

备1套，视觉对位精度 $\leq 0.02\text{mm}$ ；产能 $\geq 4000$ 片/小时；碎片率 $\leq 0.05\%$ ；具备在线隐裂、双片、缺角、崩边视觉检测功能，检测精度 $\geq 95\%$ ；具备RFID自动识别、AGV自动对接、远程监控对接MES功能；在太阳能电池制绒及镀膜工序进行示范应用。

## 27. 高效轻量化风电齿轮箱关键技术研究与应用

研究内容：研究高效轻量化风电齿轮箱关键技术；突破风电齿轮箱滚道行星轮轻量化设计技术、风电齿轮箱机电集成设计方法、风电齿轮箱动态设计与减振降噪技术、风电齿轮箱的抗疲劳制造技术、风电齿轮箱密封及润滑技术、风电齿轮箱工业性试验平台与综合性能评价技术。

技术指标：研制不小于4.XMW级风电齿轮箱，额定功率 $\geq 5000\text{kW}$ ，极限扭矩 $\geq 9300\text{kNm}$ ，裸重 $\leq 38\text{t}$ （不含润滑和锁紧盘），效率 $\geq 97.5\%$ ，扭矩密度 $\geq 130\text{kNm/t}$ ，振动速度 $\leq 3\text{mm/s}$ 、噪声 $\leq 104\text{dB(A)}$ ，可适应工作环境温度 $-35^{\circ}\text{C} \sim +50^{\circ}\text{C}$ ，满足海上盐雾等环境。

## 28. 氢燃料电池用先进催化剂及载体批量化制备技术与示范

研究内容：载体上，研究炭载体结构与催化剂活性的内在关系，优化催化剂的整体活性和耐久性。开展炭载体的低成本修饰和处理，提高炭载体与铂之间的相互作用力，优化催化剂的整体耐久性。开发多孔炭的化学与高温耦合提纯技术，研究

炭载体制备流程中金属杂质富集和演变的机理,实现先进功能炭载体表面和体相结构的精准调控,提高催化剂整体的活性以及耐久性。催化剂上,研究高效、稳定且经济的超低铂催化剂制备方法,突破过渡金属纳米合金颗粒合成、电化学刻蚀设计、铂纳米单层孔隙度覆盖等关键技术;建立低成本氢燃料电池催化体系,研究电化学界面催化机理,开展膜电极催化剂层结合离子液体的总体方案,提升氢燃料电池的整体电极性能;研发燃料电池原位电化学诊断方法,开展膜电极电化学过程表现机理的分析与探究;实现高效稳定燃料电池能源转化系统和外延装备的国产化和批量应用,推动氢能应用的产业发展。

技术指标:载体上,实现  $\text{Fe}^{3+}$  含量小于 50ppm,  $\text{Cl}^-$  含量小于 50ppm;炭载铂基催化剂耐久性指标为在 1.0~1.5V 电位下、大于 5000 次循环后,质量活性(MA)衰减率 $\leq 35\%$ 、电化学活性面积(ECSA)衰减率 $\leq 40\%$ ;实现炭载体百公斤级批量化生产。催化剂上,燃料电池催化剂铂金属载量 $\leq 0.1\text{g/kW}$ ;铂基催化剂质量活性(MA) $\geq 0.44\text{A/mg}$ ,电化学活性面积(ECSA) $\geq 120\text{m}^2/\text{g}$ ,额定输出功率 $\geq 1000\text{mW}/\text{cm}^2$ ;催化剂耐久性指标为在 0.6~1.0V 电位下、大于 30000 次循环后,质量活性(MA)衰减率 $\leq 30\%$ 、电化学活性面积(ECSA)衰减率 $\leq 30\%$ 。

## 29. 智能网联重卡编队车路协同关键技术与示范

研究内容:研究重载公路路域多源信息智能感知与融合技术,开展 V2X 信息交互硬件模组与技术攻关;研究多车列队控

制技术，实现编队车辆精准定位与行驶路径精准规划；研究重载公路车路协同试点应用风险评估与预警防控技术；形成面向智能网联重卡编队的能源环保测试方案及行驶状态下的编队全要素信息数字孪生综合管控平台；研究干扰条件下高速公路重载货车编队 V2V 实时通讯与控制技术，提出车路协同技术解决方案，开展示范应用。

技术指标：车辆编队视距感知能力不低于 160m；研发具有车道级感知的机器视觉与雷达一体化传感装置，准确率不低于 85%；制定车路协同试点应用运行风险等级划分原则与标准，高风险判别准确率不低于 95%；单车（重载车）纵向车速偏差小于 3km/h，行驶偏差分米级，横向定位精度厘米级；智能网联重载货车编队在不低于 80km/h 的速度且网络传输良好的行驶状态下，车车跟驰距离不大于 30 米  $\pm 20\%$ ；示范智能网联货车编队数量不少于 3 辆，无人驾驶安全测试里程在研发期内平均每车每年度不低于 800 公里，网联重卡安全测试总里程不低于 8000 公里。

### 30. 极地环境下零碳综合能源系统关键技术与示范应用

研究内容：突破极地高寒高海拔环境下质子交换膜（PEM）电解水制氢适应性与稳定性、PEM 燃料电池低温环境重启动、电力电子器件低温环境失效等关键技术，研发南极极端环境下电解制氢-储氢-燃料电池发电系统和风-光-储-氢耦合模式供

电系统综合实验平台，研究极地低温环境下氢燃料电池发电与风-光-储-荷微电网各部件故障特性，建立“风-光-储-氢”供能系统的能量管理与运行控制系统，实现南极科考站安全、高效的零碳综合能源系统测试。

技术指标：建立 1 套南极极端环境下的电解制氢—储氢—燃料电池发电系统和风-光-储-氢耦合模式供电系统，实现南极科考站的示范应用，连续运行时间不少于 3 个月。设计适于南极环境的 EMS 系统，实现电、氢、热等运行信息的秒级/毫秒级采集和控制能力，多能设备与基地平台之间分钟级/秒级的协同优化。极地环境（气温 $-50^{\circ}\text{C} \sim 0^{\circ}\text{C}$ ）下，电解水制氢装置产氢量不低于  $30\text{m}^3/\text{h}$ ，PEM 燃料电池功率不低于  $30\text{kW}$ ，实现冷启动最低耐温 $-40^{\circ}\text{C}$ ，电力电子电路稳定运行度 $\geq 95\%$ 。

### 31. 混合动力车用高效增程式发动机关键技术与装备

研究内容：研究混合动力车用发动机阿特金森循环、压缩比、可变配气正时工艺，涡轮增压中冷与废气再循环高效技术研究；研究基于博弈控制策略的发动机 ECU 系统集成技术；研究增程式发动机在混合动力车测试技术，开展低能高效区标定，形成高效节能增程式发动机技术与示范。

技术指标：研制增程式发动机 1 套，压缩比 $\geq 13.5:1$ ，排量 $\geq 1.3\text{L}$ ，最大升功率 $\geq 46\text{kW/L}$ ，有效热效率 $\geq 41\%$ ，排放满足国六 B 标准；发电机额定功率 $\geq 30\text{kW}$ ；温度估计精度 $< \pm 0.2^{\circ}\text{C}$ ；数据传输周期 $\leq 1\text{s}$ ，延迟时间 $\leq 2\text{s}$ ；建成混合动力车用增

程式发动机生产平台1个；开发混合动力汽车增程器1套、混合动力汽车1辆，完成整车标定与路试。

## 二、黄河流域生态保护关键技术与示范

### 32. 基于赤泥等固废制备地质聚合物关键技术与示范

研究内容：针对当前氧化铝生产工艺中大量高碱含量赤泥难以利用的现状，开展赤泥-粉煤灰制备地质聚合物关键技术研究与示范。具体内容包括：探索赤泥-粉煤灰基地质聚合物的各种原料配比，生成及后期养护条件，确定赤泥-粉煤灰基地质聚合物的配方、制备工艺及技术控制参数。开发“赤泥-粉煤灰”基地质聚合物系列产品，制备多种样品砖，完成产品性能检测分析。完成中试示范线设计和建设，制备路面砖、草坪砖、透水砖等系列产品，完成“赤泥-粉煤灰”基地质聚合物系列产品的技术经济评价。

技术指标：赤泥-粉煤灰基地质聚合物中，赤泥比例 $\geq 35\%$ ，赤泥+粉煤灰比例 $\geq 75\%$ ，免烧抗压强度 $\geq 45\text{MPa}$ ，抗折强度 $\geq 4\text{MPa}$ ；放射性核素限量符合A类标准，内照射指数( $I_{\text{Ra}}$ ) $\leq 1.0$ ，外照射指数( $I_{\text{r}}$ ) $\leq 1.3$ ；重金属溶出符合环保标准；在抗压强度下降不超过25%，且重量损失不超过5%时，可承受的最大冻融循环次数 $\geq 35$ 次；完成年产10万平方米中试线建设和中试试验，产品质量符合国家相关标准，制造成本低于20元/ $\text{m}^2$ 。

### 33. 循环流化床粉煤灰活化及多固废协同利用技术与示范

研究内容：研究循环流化床粉煤灰（CFA）和水泥（OPC）

的化学成分、矿物组成、粒径分布及微观结构；探讨 f-CaO 对 CFA-OPC 体系的前期水化放热影响，阐明 f-CaO 对 CFA-OPC 补偿收缩机理。研究 CFA 中 f-CaO 和  $\text{SO}_3$  的赋存状态及含量，以及矿渣（BFS）对 f-CaO 和  $\text{SO}_3$  的影响机理。分析 CFA-BFS 体系中硅和铝的配位结构，建立微结构特征与胶凝活性的关系，探明不安定组分 f-CaO 和  $\text{SO}_3$  的利用机理。研究循环流化床粉煤灰基胶凝体系 f-CaO、 $\text{SO}_3$  和赤泥中  $\text{Na}^+$  协同的增强作用、胶凝活性及  $\text{Na}^+$  的利用率变化规律；探明水化反应过程中  $[\text{SiO}_4]$  和  $[\text{AlO}_4]$  四面体结构变化规律、矿物界面演化特性和  $\text{Na}^+$  迁移扩散机理；建立三元固废体系胶凝活性与微观结构演变的关系，获得 CFA 不安定组分协同  $\text{Na}^+$  的利用机理。探究循环流化床粉煤灰基胶凝材料的重金属浸出以及抗冻性和抗干湿循环性变化规律，构建 CFA 基胶凝材料微结构和耐久性、环境性能关系，揭示 CFA 基多固废胶凝材料重金属固化和耐久机理。

技术指标：在循环流化床粉煤灰基多固废胶凝材料中，粉煤灰掺量  $\geq 25\text{wt.}\%$ ，总固废掺量  $\geq 70\text{wt.}\%$ ，水泥熟料掺量  $\leq 30\text{wt.}\%$ ，胶凝材料性能指标满足 42.5 级水泥的国家标准要求；循环流化床粉煤灰基胶凝材料的钠离子固化率  $\geq 95\%$ 、重金属固化率  $\geq 95\%$ ，浸出毒性符合国家标准；建成万吨级循环流化床粉煤灰基胶凝材料应用示范工程。

#### 34. 催化湿式氧化处理高浓度有机废水工业示范

研究内容：研究成型对催化剂性能和强度的影响、内扩散对催化反应的影响，明确催化剂的放大效应；设计开发针对气液固三相反应的绝热固定床反应器，模拟传质、传热过程，确定反应器高径比、介质在反应器内的流动方向、物料预热方式等；研究特定反应条件下工业示范反应器与小试反应器高径比、介质线速度差异对催化反应的影响，探明反应工艺放大效应；研究特定温度、压力、介质空速条件下催化剂床层轴向温度分布及其对有机物脱除效率的影响，揭示床层温度分布及其影响规律。

技术指标：形成催化湿式氧化废水催化剂公斤级放大制备技术，催化剂强度 $\geq 150\text{N}\cdot\text{cm}^{-1}$ ；完成绝热固定床反应器设计、工艺包开发，确定反应器高径比、介质流动方向、介质预热方式；获得介质在反应器内线速度、床层温度分布等关键因素对催化剂性能的影响规律；工业示范催化剂性能：COD浓度为 $10000\sim 30000\text{mg/L}$ ，氨氮浓度 $1000\sim 3000\text{mg/L}$ 的有机废水，在液体空速 $1.0\sim 1.5\text{h}^{-1}$ ，温度 $230\sim 280^{\circ}\text{C}$ ，压力 $6.0\sim 9.0\text{MPa}$ 反应条件下，出水COD去除率 $\geq 90\%$ ，氨氮去除率 $\geq 90\%$ ；建成300吨/年废水处理量的工业示范，连续稳定运行时间 $\geq 1000\text{h}$ 。

### 35. 高盐废水低温余热高效低成本处理与回收关键技术及应用示范

研究内容：建立高盐废水处理与回收工艺流程中能质转换规律及数学模型，优化煤机组低温热源与废水处理工艺环节匹

配方式；构建燃煤机组脱硫废水处理过程中不同热源的最优梯级匹配策略，建立系统在多热源、全工况中的成本控制机制，开发低成本余热利用闪蒸技术。搭建基于脱硫废水石膏晶种分析试验装置，研究石膏晶种成核过程中钙镁硬度离子迁移规律及不同水质条件下晶种浓度对不同加热器结垢情况的影响机制，构建防垢控制方策略。搭建饱和和无机盐溶液气液固三相流喷射闪蒸试验系统，研究饱和含盐、含固废水气液固三相流喷射闪蒸过程热力学和动力学机理探，形成基于气液固三相高效传质流的特浓废水低成本蒸发处理工艺。研发低温余热高盐废水高效低成本处理与回收成套工艺研究，开展工程示范。

技术指标：开发300MW及以上燃煤机组脱硫废水余热蒸发零排放示范系统、高浓盐废水气液固多相流干燥蒸发性能试验系统各一套，第三方检测合格；低温蒸发脱硫废水处理与回收系统吨水运行成本 $\leq 10$ 元（不计余热成本），达到国内领先水平；低温蒸发脱硫废水处理与回收系统水分回收率 $\geq 90\%$ ；低温蒸发脱硫废水处理与回收系统回收水电导率 $\leq 200\ \mu\text{S}/\text{cm}$ ，氯离子浓度 $\leq 50\text{mg}/\text{L}$ ，达到脱硫工艺补水或循环冷却水补水要求；能耗指标 $\leq 300\text{kg}$ 低品质余热蒸汽/吨废水；燃煤机组脱硫废水处理量 $\geq 240$ 吨/天；连续稳定运行时间 $\geq 72$ 小时。

### 36. 混凝土制品养护协同固碳耦合新技术

研究内容：建立固废利用产品蒸压轻质混凝土（ALC）板配方优化方案，研究预养护时间对混凝土制品养护固碳耦合技

术的影响,探讨混凝土制品组成原材料的种类及成分对混凝土制品养护固碳耦合技术的影响,研究水胶比对混凝土制品养护固碳耦合技术的影响;探究 CO<sub>2</sub>气体压力、浓度和养护时间对混凝土制品养护固碳耦合技术的影响;研究混凝土制品养护固碳耦合技术各因素对其工艺参数指标和养护过程原理;评估单位体积混凝土制品理论和实际固碳能力。

技术指标: 研发混凝土制品养护固碳耦合技术示范装置1套,混凝土制品封存 CO<sub>2</sub>量 ≥ 1万吨,固碳技术混凝土制品的力学性能、耐久性能等较未处理制品提高10%以上。

### 37. 建筑垃圾再生填料道路工程应用关键技术研究

研究内容: 研究建筑垃圾再生填料物理特性,开展建筑垃圾的杂质高效分离、无害化试剂溶解、再生填料生产成本经济性分析等工作;评估建筑垃圾再生填料力学性能,建立解决砂石料强度下降导致建筑垃圾再生填料应用受限的方法;设计不同粒径再生填料最佳配比,并开展应用验证实验;开展建筑垃圾再生填料现场质量试验、沉降观测等技术研究,以满足质量稳定、变形沉降、承载力等性能要求。

技术指标: 形成建筑垃圾再生填料应用道路路基工程的成套技术,地基系数 K<sub>30</sub>试验检测结果满足设计要求;碎石类、土石方类建筑垃圾,用于路基再生填料填筑利用率 ≥ 60%。建筑垃圾的再利用和回收率 ≥ 35%,建筑物拆除产生的废弃物的再利用和回收率 ≥ 40%;建筑垃圾再生填料应用路基填筑地基

系数  $K_{30} \geq 150\text{MPa/m}$ , 压实系数  $K \geq 0.95$ 。

### 38. 粉煤灰基高强聚合物预制件及保温材料开发与应用

研究内容: 研究固废原料、激发剂的种类及添加量对强度的影响, 探讨 Si/Al 和 Si/Na 比对材料性能的影响规律, 并优化物料组成配比; 探究发泡方式、气孔结构、容重变化对基材强度的影响, 制备轻质高强无机地聚物体系保温材料; 研究不同骨料颗粒级配、掺加量与基材的匹配特性, 开发无水泥的预制构件; 开展生产线实验, 并进行批量生产。

技术指标: 建立预制构件生产方法, 制备混凝土强度达到 C40, 其他指标满足《工厂预制混凝土构件质量管理标准》(JGT565-2018) 标准; 开发一种发泡型保温材料(发泡混凝土), 干密度等级为 A03, 干密度  $\leq 250\text{kg/m}^3$ , 导热系数  $\leq 0.06 [\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})]$ , 强度等级 C1。

### 39. 煤矸石基石油加工催化新材料

研究内容: 研究煤矸石的烧结技术、活化高岭土的分散技术, 建立石油催化裂化材料前驱体的合成方法; 探究煤矸石的活化处理对前驱体反应性能的影响、前驱体活性硅铝单元在不同定向组装条件下转化效率及对催化材料物化特性的影响, 研究活化煤矸石前驱体硅铝四面体定向组装反应化学, 以及成核期和生长期反应动力学, 在上述基础上突破催化材料前驱体的活化和 Y 型分子筛晶化关键技术; 探明催化材料酸中心调控机制及催化材料对烃类裂化反应的构效关系, 开展一体法制备石

油催化材料的应用研究。

技术指标：研发制备石油催化裂化材料前驱体、Y型分子筛催化材料成品，形成一体法制备石油催化材料工艺包。催化剂前驱体活化率 $\geq 90\%$ ，前驱体定向合成分子筛合成转化率 $\geq 60\%$ ；石油炼制催化材料比表面积 $\geq 600\text{m}^2/\text{g}$ 、结晶度 $\geq 50\%$ ；经活化修饰后反应性能在 $800^\circ\text{C}$ 水热处理17小时后，直馏柴油转化率 $\geq 75\%$ 。

#### 40. 脱硫石膏高端利用关键技术及专用设备研发

研究内容：研制脱硫石膏反应釜；构建搅拌轴梁数学模型，研究不同参数影响下搅拌轴的动力学行为及搅拌轴材料参数、搅拌叶分布、搅拌叶形状及倾斜角度等因素对搅拌轴挠度的影响规律，以搅拌轴的强度及刚度为约束条件优化各项参数；研究物料在变压式反应釜的混合特性及其影响因素，优化搅拌叶片设计，建立形状及倾斜角度设计方法；研究内壁和搅拌叶片材料选择与材料表面处理方式、叶片表面防粘层材料选择与镶嵌方式的影响规律。

技术指标：研制脱硫石膏反应釜并开展现场应用示范，设备内直径 $\geq 2500\text{mm}$ ，内长度 $\geq 8000\text{mm}$ ，水固比 $\leq 0.15:1$ ；搅拌轴最大挠度 $\leq 5\text{mm}$ ，使用寿命 $\geq 6$ 万小时；能耗比现有设备和工艺降低30%以上；生产的高强石膏符合行业标准。

#### 41. 煤泥基磁絮凝剂去除矿井水乳化液的关键技术研究

研究内容：针对矿井水污染治理难题，研究磁性煤泥基吸

附材料，开展磁性煤泥吸附材料处理矿井水乳化液实验，研究改性煤泥表面特性与疏水性基团对乳化液选择性吸附作用，阐明磁性煤泥吸附剂净化矿井水乳化液的机制。

技术指标：研发适合工业应用的煤泥基磁絮凝剂关键技术和应用方案1套；矿井水经过处理后，水质达到《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）III类标准：COD $\leq$ 20mg/L，氨氮 $\leq$ 1.0mg/L，总氮 $\leq$ 1.0mg/L，BOD<sub>5</sub> $\leq$ 4mg/L、石油类 $\leq$ 0.05mg/L、氟化物 $\leq$ 1.0mg/L；日处理废水 $\geq$ 1200m<sup>3</sup>，煤泥无害化处理率达到100%。

#### 42. 废塑料及废轮胎等有机固废催化降解技术

研究内容：构筑高效长寿命制氢催化剂体系，探讨兼具裂解和吸附的双功能催化剂以及不同组分对提高氢气产率的协同作用机理，研究反应器材料的腐蚀、氢脆特性，开展高效制氢催化反应器的构型设计，建设中试平台并进行系统集成优化，设计百吨级有机固废气化制氢工艺包。

技术指标：形成百吨级有机固废气化制氢工艺包1套，碳转化率 $\geq$ 98%，氢气热转化效率 $\geq$ 60%，制氢的转化率 $\geq$ 85%；建立废塑料及废轮胎等有机固废催化降解技术中试平台，规模 $\geq$ 1吨/天。

#### 43. 城市污泥制备多功能活性肥料技术研究与应用

研究内容：制备以腐植酸生物刺激素为载体的系列活性水溶肥，研制以多肽和氨基酸为载体的系列活性水溶肥，研发以

剩余干渣为原料的矿区生土熟化专用有机肥,开发剩余干渣和园林废弃物混配的生物有机肥,开展城市污泥制备多功能活性肥料的中试研究与试验示范。

技术指标: 研制活性污泥制备的腐植酸、多肽水溶肥产品2~3个; 开发污泥专用肥或土壤调理剂产品2~3个, 产品达到肥料安全使用的标准; 建立试验示范基地2~3个, 生产和使用研制的污泥肥料或土壤调理剂2吨以上; 开展试验示范, 创建污泥制备的系列产品关键施用技术2~3项, 作物产量提高5%~10%, 肥料生产效率提高10%~15%。