



**山东能源集团**  
SHANDONG ENERGY GROUP

**大型煤气化及煤基新材料国家工程研究中心**  
NATIONAL ENGINEERING RESEARCH CENTER OF COAL GASIFICATION AND COAL-BASED ADVANCED MATERIALS

# 煤炭清洁高效利用探索及实践

报告人：邢涛

大型煤气化及煤基新材料国家工程研究中心



目录  
CONTENTS

**01** 山东能源集团化工产业发展及技术研发情况

**02** 大型煤气化及煤基新材料国家工程研究中心基本情况

**03** 煤炭清洁高效转化技术研发

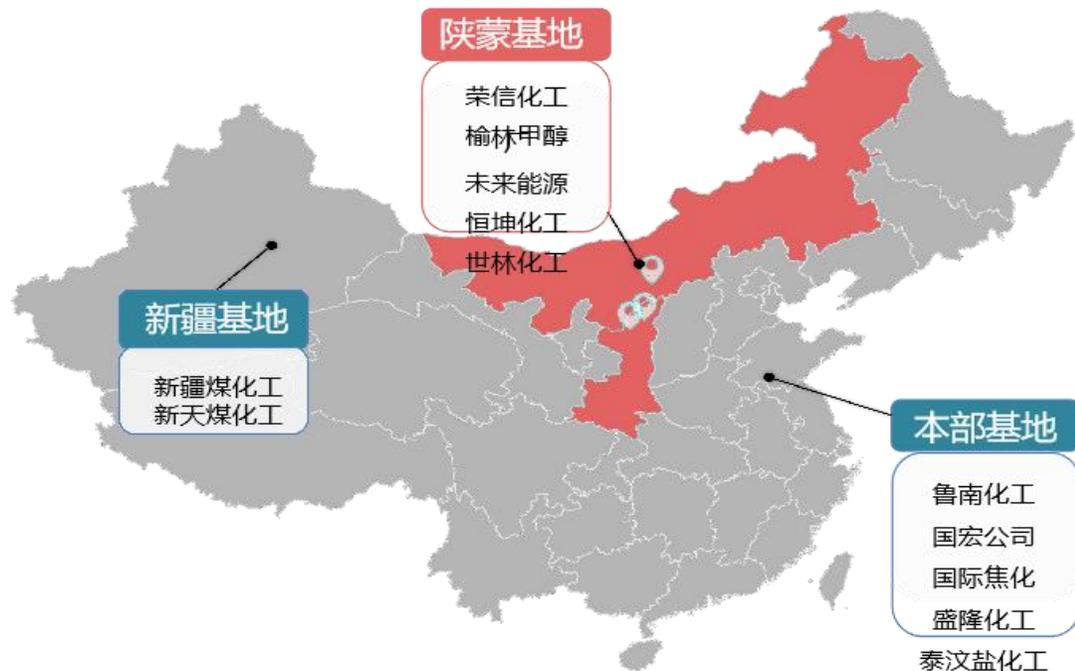
**04** 结语与展望

# 一、山东能源集团化工产业发展及 技术研发情况

## (一) 山东能源集团化工产业发展 及技术研发情况

山东能源规模以上化工企业16家，2个国家级研发平台。

化工产业主要集中在山东本部基地、陕蒙基地、新疆基地等三大产业集中地。截至2023年底，主要化工产品达到30余种，已经投产的总产能达2000万吨/年，其中，甲醇524万吨，焦炭435万吨，醋酸100万吨，天然气21.2亿立方米。资产总额达到400亿元。



## (一) 山东能源集团化工产业发展 及技术研发情况

- 山能集团化工板块拥有**2个**国家级研发平台、**9个**高新技术企业，多年来**以科技研发引领企业发展，以技术创新促进产业升级**，以国家及企业研发平台为桥梁，推动新技术的产业化示范，成功推动了多项技术的产业化示范。



国家认定企业  
技术中心



水煤浆气化与煤化工  
国家工程研究中心



煤液化及煤化工国  
家重点实验室



博士后科研工作站



清洁煤技术工程  
研究中心

- 2015年，建成并高效运行了我国首套**100万吨/年**煤间接液化低温费托合成示范装置；
- 2019年，建成运行世界首套单炉日处理煤**4000吨**多喷嘴水煤浆气化装置；
- 2021年，建成运行首套**2000吨级**多喷嘴对置式废锅激冷流程水煤浆气化装置。
- 2024年，建成运行**3000吨级**多喷嘴对置式（OMB）粉煤加压气化示范装置。

## (一) 山东能源集团化工产业发展 及技术研发情况

### ● 具有自主知识产权的核心技术



多年来，山东能源集团成功开发出**水煤浆气化、粉煤加压气化、低压羰基合成醋酸、低温/高温煤炭间接液化、煤气化发电与甲醇联产**等多项具有自主知识产权的核心技术。

# 一、大型煤气化及煤基新材料 国家工程研究中心基本情况

## (一) 大型煤气化及煤基新材料 国家工程研究中心基本情况

### 中心成立

1995

1995年8月，水煤浆气化及煤化工国家工程研究中心成立。



2008

### 中心验收

2008年10月，水煤浆气化及煤化工国家工程研究中心通过发改委验收，被科技部确定为首批国家技术转移示范机构。



### 改革创新

2014

2014年10月，兖矿水煤浆气化及煤化工国家工程研究中心有限公司成立；  
2018年5月，山东兖矿国拓科技工程股份有限公司“新三板”挂牌上市。



2021

### 新定位 新征程

2021年12月，大型煤气化及煤基新材料国家工程研究中心通过国家发改委优化整合，纳入新序列管理。

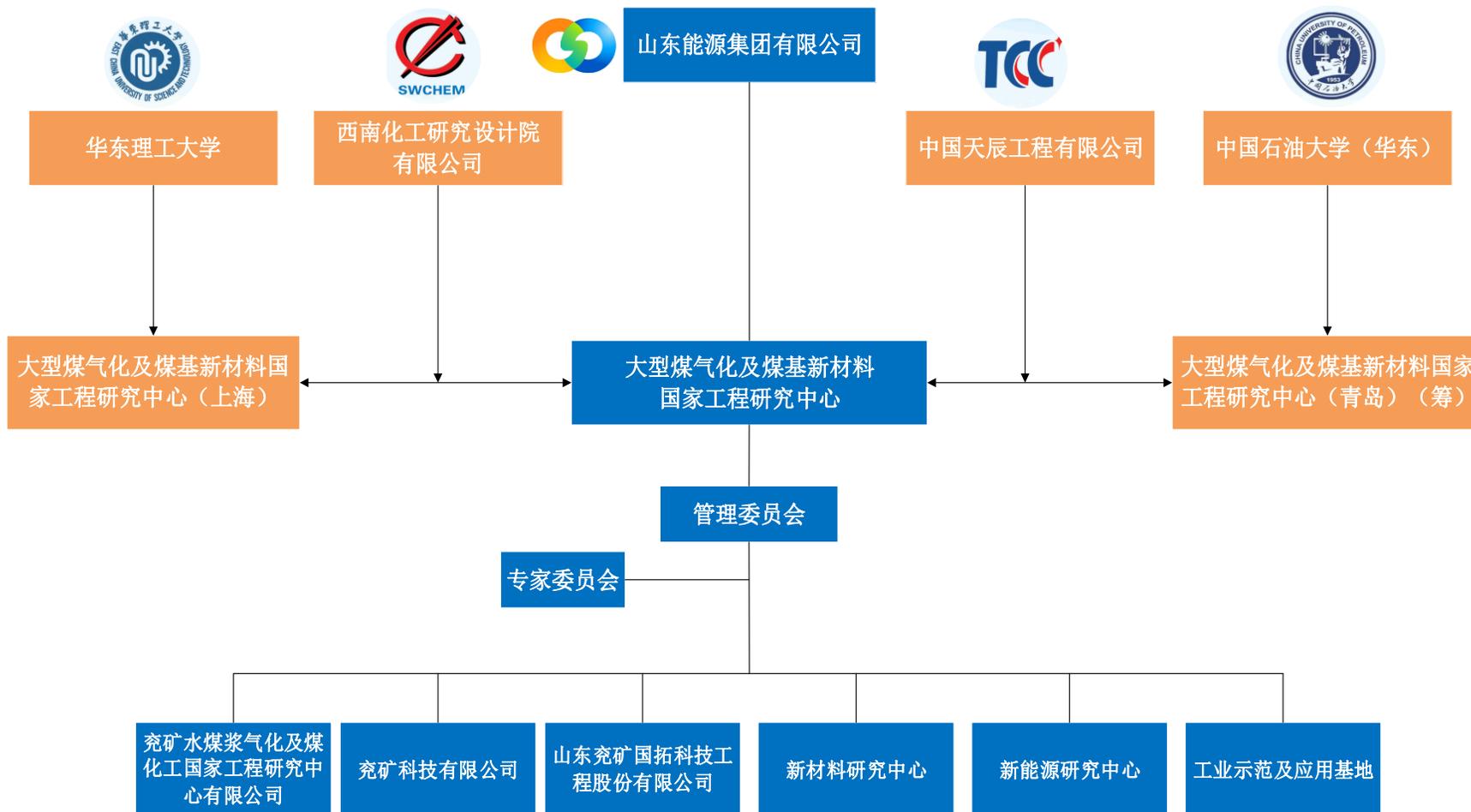
大型煤气化及煤基新材料  
国家工程研究中心

国家发改委优化整合  
2021年12月

发展定位：服务煤化工产业“绿色、高端、低碳化”发展，在保持大型煤气化技术国际领先的同时，大力推动煤基高端化学品、煤基新材料、新能源新材料等领域的工程技术研发，构建国际水平的国家工程研究中心。



## (二) 大型煤气化及煤基新材料 国家工程研究中心基本情况



在济南建立**研发总部**，与华东理工大学、中国石油大学（华东）共建**上海分中心、青岛分中心**，优化完善**滕州、邹城中试基地**，形成“研发-中试-工业化和技术转让”一体化发展模式。

## (一) 大型煤气化及煤基新材料 国家工程研究中心基本情况



根据山东能源集团科研资源布局规划，在济南科创大走廊高标准规划建设山能科创园，整合能源集团优质科研资源布局在园内。科创园内，布局4栋楼为高端化工功能区，面积总计8000m<sup>2</sup>，建设分析测试中心、煤气化、新材料及催化实验室，定位为国家工程中心的总部，承担基础研究、科技人才培养及高技术孵化等智能。2023年9月，一期4000m<sup>2</sup>已投用，科研仪器和科研人员全部到位。

# (一) 大型煤气化及煤基新材料 国家工程研究中心基本情况



大型煤气化及煤基新材料国家工程研究中心  
NATIONAL ENGINEERING RESEARCH CENTER OF COAL GASIFICATION AND COAL-BASED ADVANCED MATERIALS

中心自成立以来，先后承担国家“九五”“十五”重点科技攻关项目2项，“十五”、“十一五”、“十二五”、“十三五”期间承担国家863 计划重大课题6项。获国家科技进步二等奖2项，其他省部级奖项10余项。获批**国家技术转移示范机构、博士后科研工作站、国家认可委 (CNAS) 检测实验室。**

大型煤气化及煤基新材料  
**国家工程研究中心**  
国家发展和改革委员会  
二〇二一年十二月

国家技术转移  
**示范机构**  
中华人民共和国科学技术部

国家科学技术进步奖  
**证书**  
为表彰国家科学技术进步奖获得者，特颁发此证书。  
项目名称：多喷嘴对置式水煤浆气化技术  
奖励等级：二等  
获奖者：兖矿集团有限公司  
证书号：2007-J-213-2-02-D01  
2017年12月11日

山东省科学技术奖  
**证书**  
彰山东省科学技术奖获得者，证书。  
州矿区高硫煤洁净利用创新技术集及工业化示范  
等  
煤浆气化及煤化工国家工程研究中心 (第叁位)  
科技进步奖  
9-1-23-3  
2019年01月18日

兖矿水煤浆气化及煤化工国家工程研究中心有限公司  
**博士后科研工作站**  
POSTDOCTORAL PROGRAMME  
人力资源和社会保障部 颁发  
全国博士后管委会  
山东人力资源和社会保障厅 监制  
二〇二〇年一月

科学技术部文件  
国科发火〔2008〕466号  
关于公布首批国家技术转移示范机构的通知  
各省、自治区、直辖市及计划单列市科技厅（委、局），新疆生产建设兵团科技厅局，有关单位：  
为贯彻落实《国家中长期科学和技术发展规划纲要（2006-2020年）》，围绕发展技术市场，大力推进自主创新，加快建设以企业为主体、市场为导向、产学研相结合的技术创新体系，根据《国家技术转移促进行动计划方案》和《国家技术转移示范机构管理办法》，经各省、自治区、直辖市、计划单列市科技厅（委、局），国务院有关部门推荐和专家评审，确定清华大学国家技术转移中心等76家机构为首批国家技术转移示范机构（见附件），现将有关事宜通知如下：  
- 1 -

一、各技术转移示范机构要以促进知识流动和技术转移为主要服务内容，及时总结发展模式，在促进科技创新和高新技术产业发展中发挥示范引领作用，带动本地区、本行业技术转移机构的健康发展。  
二、为加快我国技术转移机构的发展，不断提高服务质量，今后我们将对国家技术转移示范机构实行动态管理，按照《国家技术转移示范机构评价标准体系》定期对示范机构进行评估，对连续两年不能达到标准的示范机构，将取消其国家技术转移示范机构的资格。  
三、对技术转移示范机构的管理将纳入我国创新环境与产业化建设的工作内容，在国家科技计划中安排技术转移专项经费，支持促进技术转移的服务行为和示范机构的能力建设，希望有关地方科技厅（委、局）、国务院有关部门对国家技术转移示范机构加强管理和指导，进一步加大支持力度，为技术转移机构的建设和发展提供必要的经费和条件。  
附件：首批国家技术转移示范机构名单  
2008年8月27日

## (二) 大型煤气化及煤基新材料 国家工程研究中心基本情况



### 大型煤气化 技术

- 大型水煤浆、粉煤气化技术研究及工业示范
- 水冷壁、废锅和半废锅气化工艺技术研发
- 低阶煤高效气化技术



### 煤基新材料

- 丙烯酸及下游产品技术开发
- 煤基高性能功能塑料技术研发
- 催化剂产品技术研发



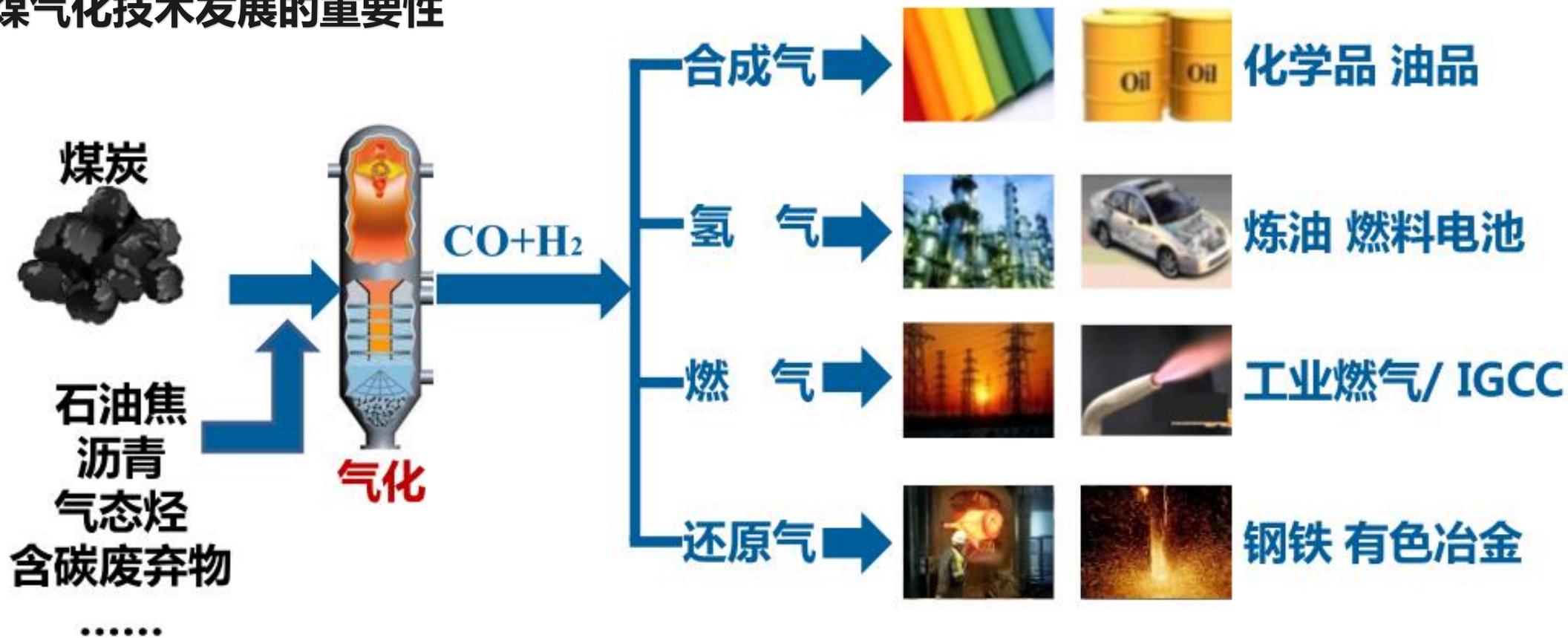
### 新能源技术

- 氢气纯化工艺及储运技术开发
- 固体氧化物燃料电池供电成套装备开发
- 绿氢制备及储能关键材料技术开发

# 三、煤炭清洁高效转化技术研发

## 方向一：大型煤气化技术

● 煤气化技术发展的重要性



煤气化是煤炭清洁高效利用的核心技术之一，是发展煤基化学品生产、煤基清洁燃料、IGCC 发电、制氢、燃料电池等过程工业的基础。

## ● 关键核心技术---多喷嘴对置式水煤浆气化



**中试装置在国家工程研究中心建设与运行**  
2000 年多喷嘴对置式水煤浆气化炉中试装置成功运行。处理能力 22t煤/d，气化压力1.0-4.0MPa。



## ● 关键核心技术---多喷嘴对置式水煤浆气化

### 水煤浆气化大型化发展历程

1996-2005：消化吸收，解决从无到有； 2006- 至今：掌握原理，实现从小到大；从22TPD到4000TPD,从单喷嘴到四喷嘴；从激冷流程到废锅流程。**近三十年持续研发，实现从跟跑、并跑到领跑的跨越**



技术发明  
及中试

22TPD

1996~2000



工业示范

1150TPD  
750TPD

2001~2005



大型化

2000TPD

2006~2010



大型化

3000TPD

2011~2015



超大型化

4000TPD  
废锅-激冷

2016~2020

## ● 关键核心技术---多喷嘴对置式粉煤气化

中试装置在国家工程研究中心建设与运行



粉煤进料

+

水冷壁衬里



冷煤气效率  
更高

煤种适应性  
更强

2004 年多喷嘴对置式粉煤气化炉中试装置（热壁炉）成功运行，处理能力 30t煤/d，气化压力达 1.0-3.0MPa。

## ● 关键核心技术---多喷嘴对置式粉煤气化

粉煤气化发展历程，从30TPD到3000TPD,从单喷嘴到多喷嘴，从耐火砖到水冷壁，20年的发展，造就了国之重器。



30TPD

以CO<sub>2</sub>为载气

2003-2004

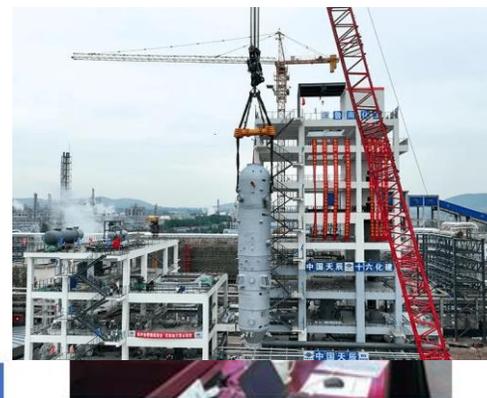
技术发明中试



30TPD

2006-2007

粉煤水冷壁中试



3000TPD

工业示范

2011-2012

1000TPD

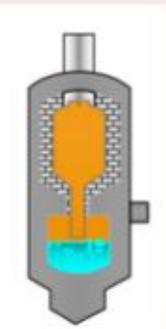
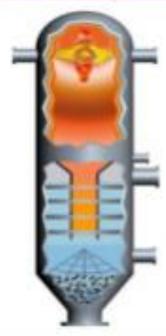
大型化



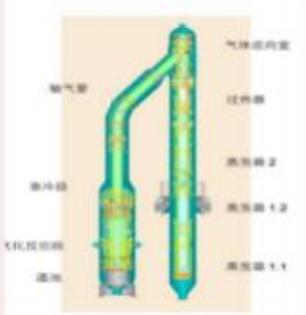
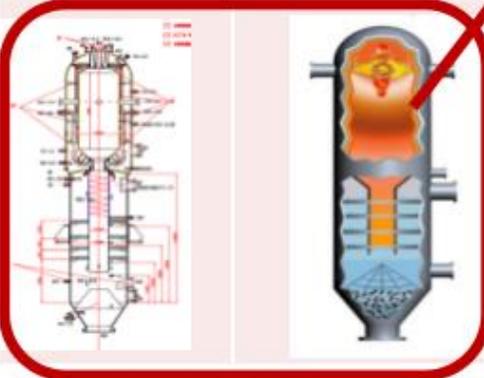
30TPD



● 关键核心技术---多喷嘴对置式水煤浆气化

水煤浆	热壁+激冷型		热壁+半废锅	水冷壁+半废锅
	德士古	四喷嘴水煤浆	四喷嘴水煤浆 (榆林甲醇厂)	清华炉
				

自有  
知识  
产权

粉煤	水冷壁+全废锅	水冷壁+半废锅	水冷壁+激冷		热壁+激冷	
	壳牌	航天 (示范阶段)	科林 (GSP)	航天	四喷嘴	四喷嘴
						

## ● 煤气化技术推广服务---气化仿真培训

对气化工艺人员进行培训，强化提高开停车操作、正常运行操作、事故处理及应急应变等多方面能力。

四喷嘴水煤浆气化仿真培训管理系统

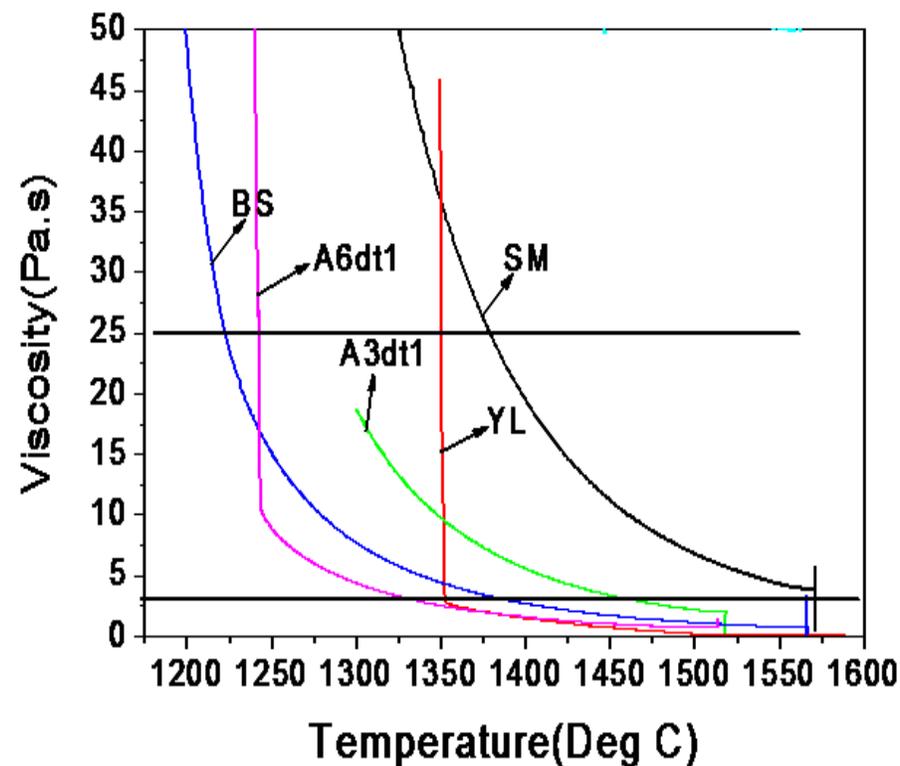
科林粉煤气化仿真培训管理系统

多喷嘴对置式粉煤气化仿真培训管理系统



### ● 煤气化技术推广服务---气化煤种评价及调配

建立了一套完善的气流床气化煤种评价系统，针对陕蒙、新疆和贵州等地区不同煤矿的煤质特性，开展了气化煤种评价和调配。



### ● 煤气化技术推广服务---水煤浆添加剂和灰水处理剂

自主研发高性能水煤浆添加剂生产工艺技术，在荣信化工和未来能源建设了2套水煤浆添加剂生产装置。

自主开发气化灰水新型水处理剂技术，通过煤炭工业协会成果鉴定，达到国际先进水平。已在荣信化工和未来能源气化装置上工业应用。



2万吨/年煤浆添加剂生产装置



灰水药剂评价装置及药剂现场堆放图

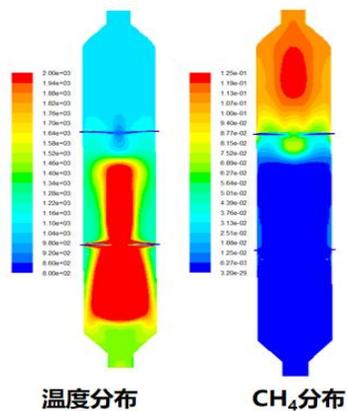
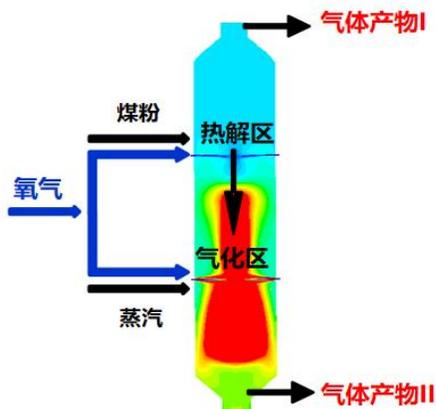


● 在研煤气化技术---热解和气化解耦的双气体产物气流床分级气化

技术优势与特点

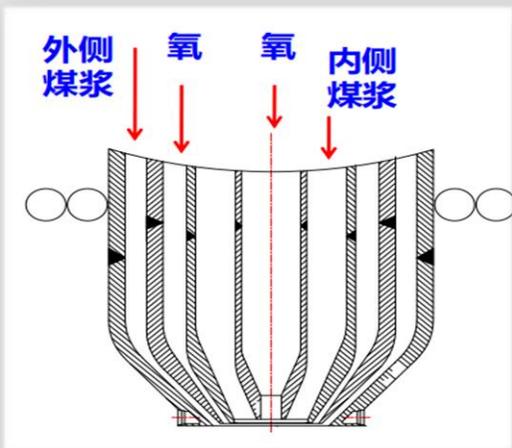
- 热解-气化解耦，分级利用，一炉双气
- 同时产富甲烷气 (~25%) 和合成气
- 中温热解产清洁富甲烷气和合成气
- 低温热解产焦油-富甲烷气-合成气
- 冷煤气效率高~85%
- 适用烟煤、褐煤，新疆高挥发分低阶煤

实现煤炭的分级分质利用，为煤制天然气等提供先进气化技术

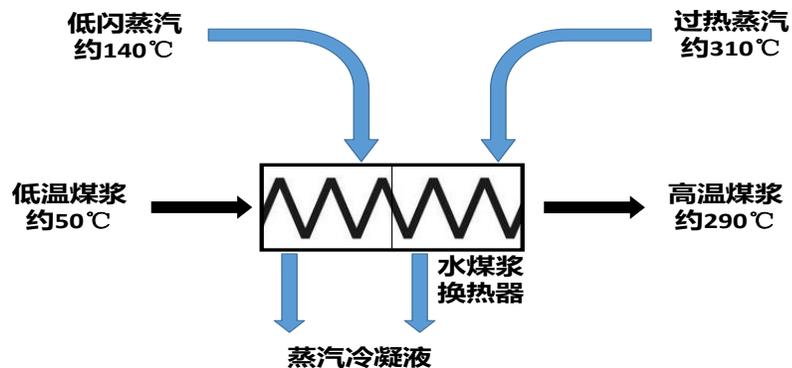


《“十四五”能源领域科技创新规划》

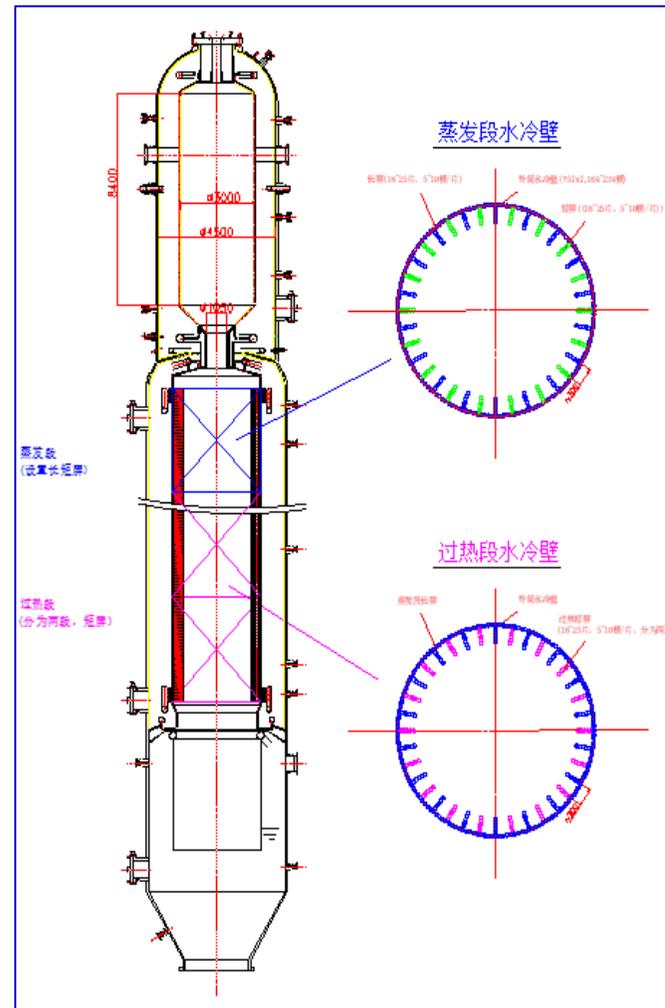
● 在研煤气化技术---大型煤气化技术运行优化及创新升级关键技术研发



四通道烧嘴



水煤浆预热

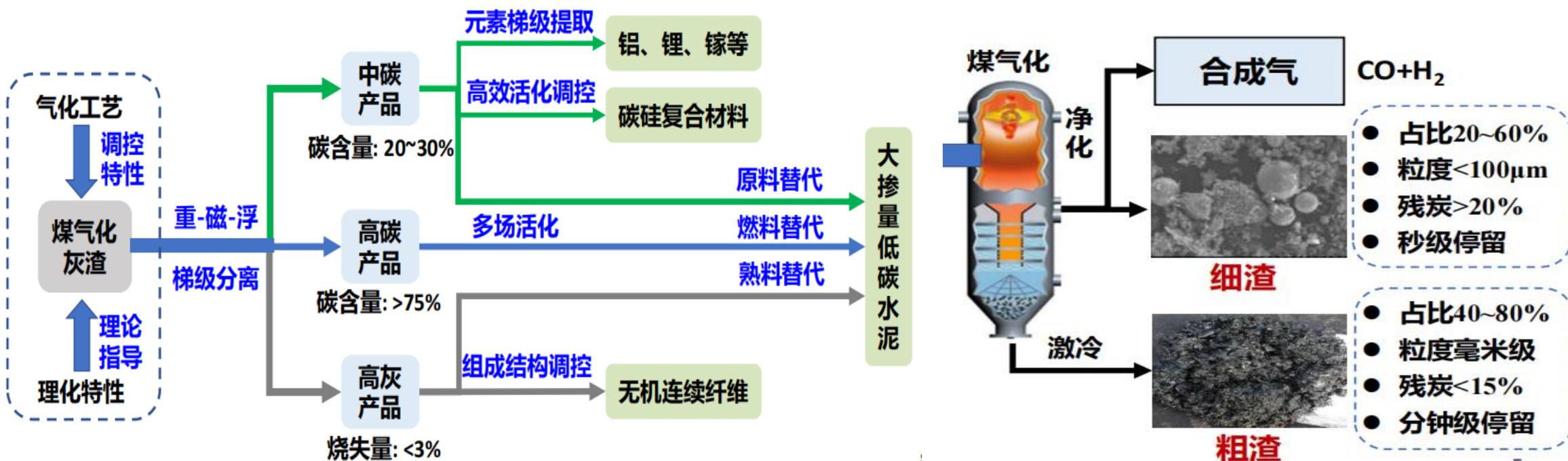


废锅技术优化

解决大型煤气化技术工业化过程中面临废锅积灰、接口区域超温等问题，为新型煤气化运行稳定提供支撑；通过开展水煤浆预热技术、有机废液多通道烧嘴研究，提升煤气化技术系统整体能效及绿色环保运行水平。

● 在研煤气化技术---大规模煤转化灰渣资源化利用关键技术

开展煤气化灰渣梯级碳灰高效分离技术、煤气化灰渣制备碳硅复合多孔材料、煤气化渣制备无机连续纤维技术等技术研发，实现气化灰渣全组分梯级高值资源化利用。



# 三、煤炭清洁高效转化技术研发

## 方向二：煤基新材料

## ● 甲醇路线聚乳酸 (PLA) 合成新工艺的开发-2023年山东省重大科技创新工程



一次性用品领域  
(餐具、食品包装材料)



生物医药领域  
(美白、促进细胞更新)



树脂行业  
(挤出级树脂、沙尘暴治理)

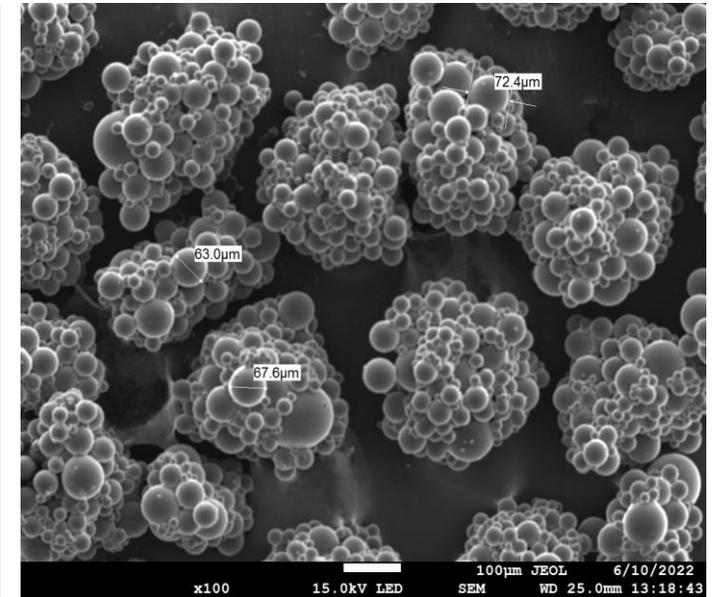
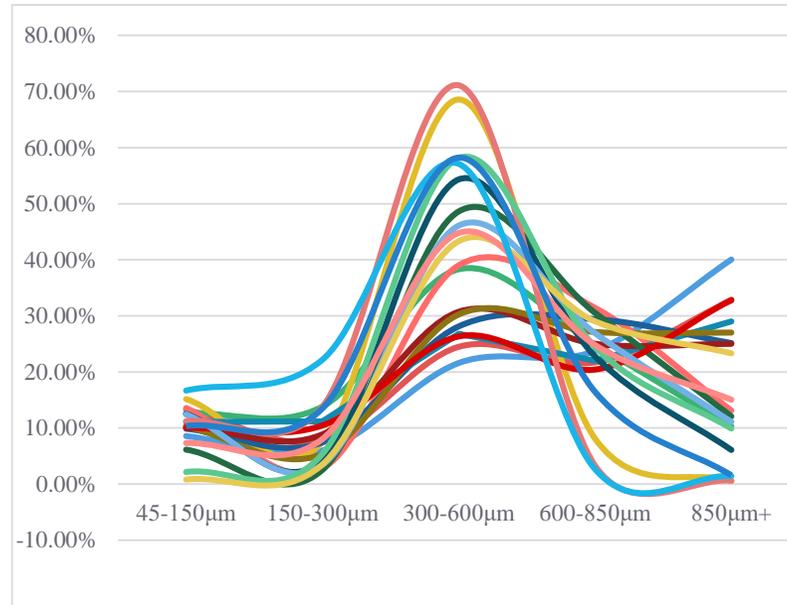
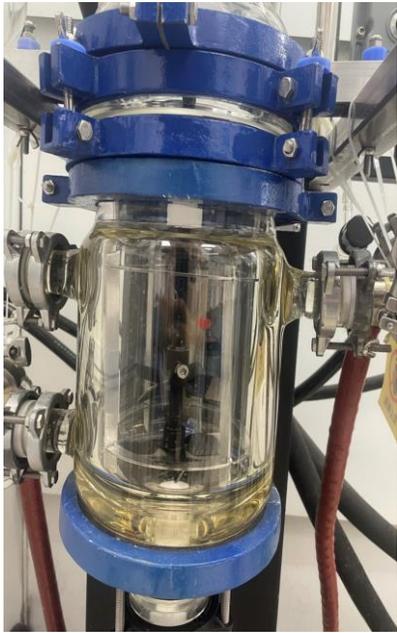


本技术以甲醇为原料路线，生产新型可降解材料聚乳酸 (PLA)，可降低产品成本，成功实现化工路线替代生物基路线，同时解决甲醇过剩问题。

与中国石油大学 (华东)、兖矿鲁南化工合作，将开展实验室条件下连续化小试实验，建设千吨级中试装置进行放大技术研究，完成工业规模的工艺软件包开发。

目前，连续小试实验研究及数据拟合工作顺利推进，完成了**反应条件探索**实验、**催化剂优选**实验和两种不同聚合方法的探索实验，正在进行**吨级连续运行装置**的设计搭建。

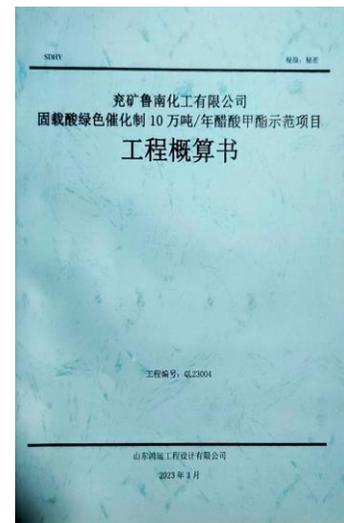
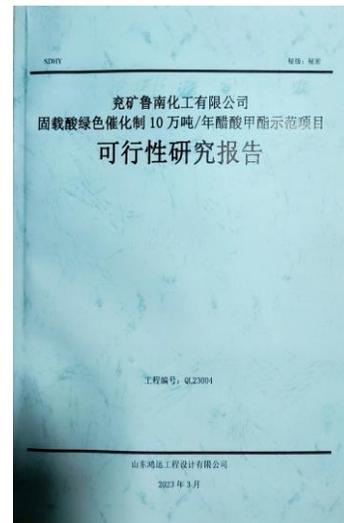
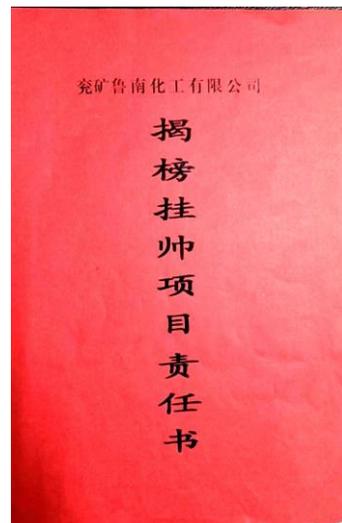
## ● 高吸水性树脂合成工艺技术开发



本项目以丙烯酸为原料合成高吸水性树脂，产品具有低残留、抗老化特性。已完成了小试实验，下一步计划建设并运行1500L中试装置,完成5万吨/年成套技术的开发。该技术研发成功，将打破中国没有高端SAP的历史，促进煤化工产业低碳化发展。

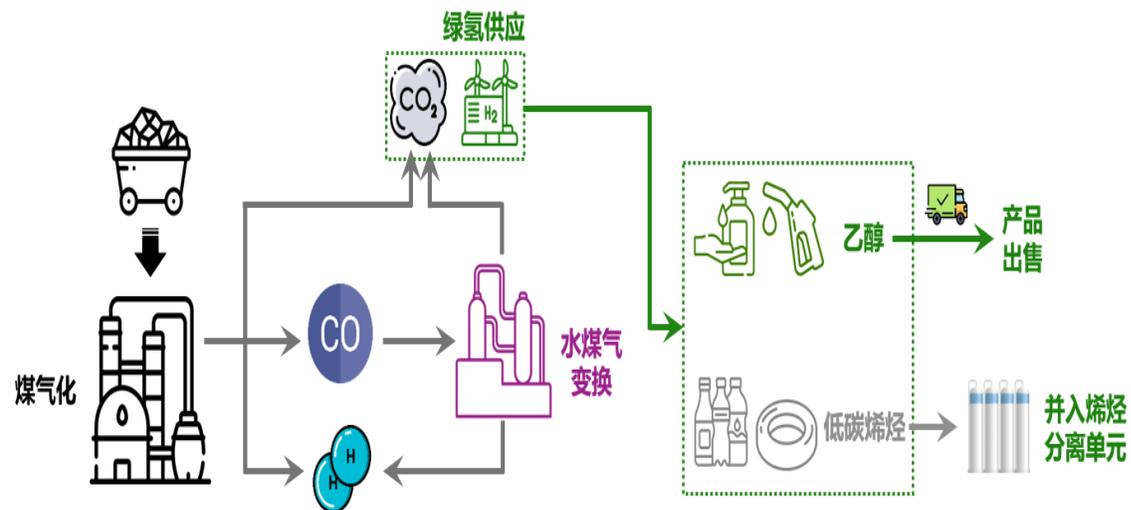
## ● 绿色酯化催化及硫酸盐减排技术研发与示范

开发了离子液体及固载型催化剂，替代醋酸甲酯生产中采用浓硫酸为催化剂，在保持催化活性的同时，**解决设备腐蚀问题，减少含硫废水排放**。已完成年产十万吨醋酸酯工业示范装置工艺软件包开发和项目可行性研究报告编制，**明年将在鲁南化工10万吨醋酸甲酯装置上进行示范应用**。



## ● 二氧化碳转化利用技术研究与开发

联合中国石油大学等单位，申报2023年度煤炭清洁高效利用技术重点专项国家重点研发计划课题“CO<sub>2</sub>加氢高选择性制轻质芳烃关键技术”，建设千吨级CO<sub>2</sub>加氢制芳烃中试装置和工艺技术研发，所建中试装置可作为CO<sub>2</sub>资源化利用共性示范平台，完成CO<sub>2</sub>转化制芳烃、烯烃、油品等多重工艺路线探索和试验目标，探索一条可行的CO<sub>2</sub>资源化利用新路线。



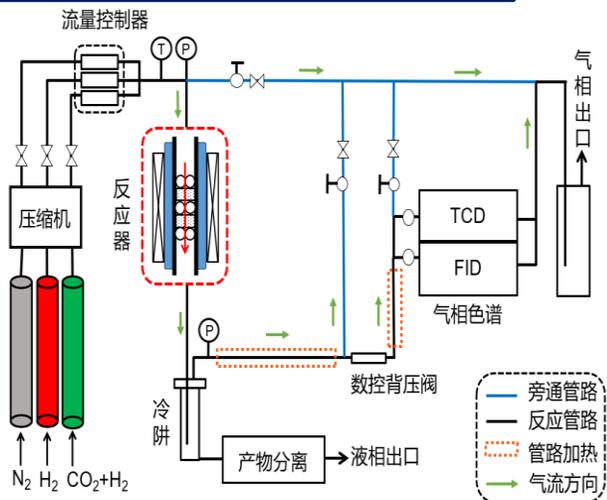
实施CO<sub>2</sub>转化合成乙醇联产烯烃技术开发，开发高效催化剂，揭示催化剂核心组成和目标产物选择性之间的构效关系，掌握催化剂规模化制备技术和建设百吨级规模反应装置，开发万吨级规模工艺包，实现温室气体CO<sub>2</sub>的资源化利用，同时为乙醇和烯烃的合成提供一条替代路线。

申报编号: SQ2023YFB4100085

国家重点研发计划  
项目申报书

项目名称: CO<sub>2</sub>加氢高选择性制轻质芳烃关键技术  
 所属专项: 煤炭清洁高效利用技术  
 指南方向(榜单任务): 4.6 CO<sub>2</sub>加氢制芳烃关键技术(共性关键技术类)  
 创新分类: 技术开发  
 项目管理专业机构: 科学技术部高技术研究中心  
 推荐单位: 青岛市科学技术局  
 申报单位: 中国石油大学(华东) (公章)  
 项目负责人: 吴明铂

中华人民共和国科学技术部制  
2023年10月07日



# 三、煤炭清洁高效转化技术研发

## 方向三：新能源技术

## ● 新能源研发方向及项目概况

近三年，新能源方向共承担科技研发项目24项，其中国家级课题1项，省级课题3项，研发资金总额1.9亿元。



### 科技研发

投入

1.9 亿元

01

国家重点研发计划

03

山东省重点研发计划

13

授权发明专利

78

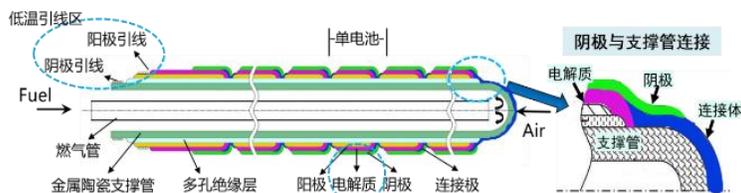
受理发明专利

### ● 管式固体氧化物燃料电池发电单元及电堆关键技术

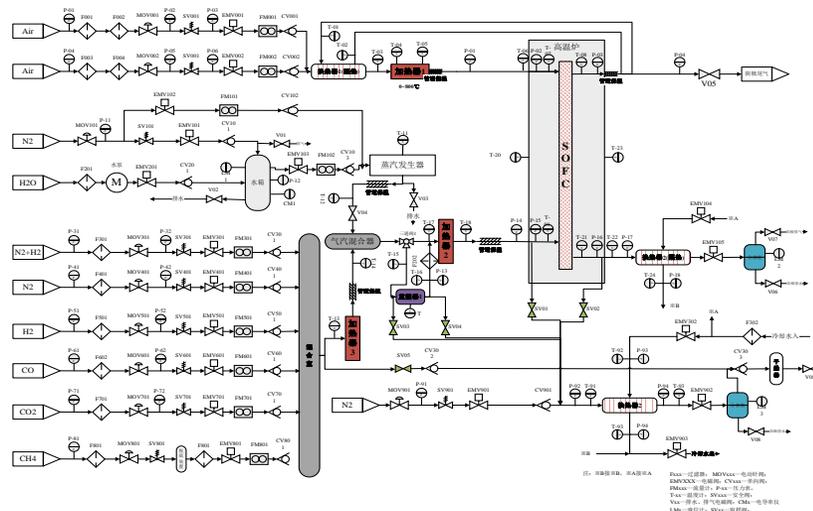
山东能源集团与西安交通大学等十家单位共同承担的2022年国家重点研发计划氢能技术专项“管式固体氧化物燃料电池发电单元及电堆关键技”。  
该项目入选2022年“科创中国”系列榜单。



具有自主知识产权的竹节管式SOFC



竹节管式SOFC结构示意图



我国首个SOFC加压测试平台设计方案



2022年“科创中国”系列榜单

领先技术榜

先进材料领域

生物基戊二胺及尼龙5X的工业化生产

国六天然气车尾气净化催化剂

新一代极端环境空天防热吸波一体化复合材料

基础件用特殊钢长寿命机理、关键技术及产品开发

一种钢铁连铸用环保型含硼无氟保护渣系  
——薄板坯连铸坯质量控制关键技术

基于纳米第二相失配位错的深氢陷阱构筑及其在高强韧钢中开发应用

III族氮化物外延材料生长与器件制备

超耐严酷环境水泥基复合材料

管式固体氧化物燃料电池发电单元及电堆关键技术

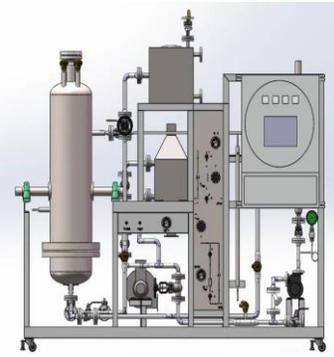
## ● 工业副产氢能利用与纯化技术研究与应用

联合中国石油大学（华东），中科院大化所、中科院上海应物所等单位，共同承担该项目，本项目为**山东省重大创新工程**。

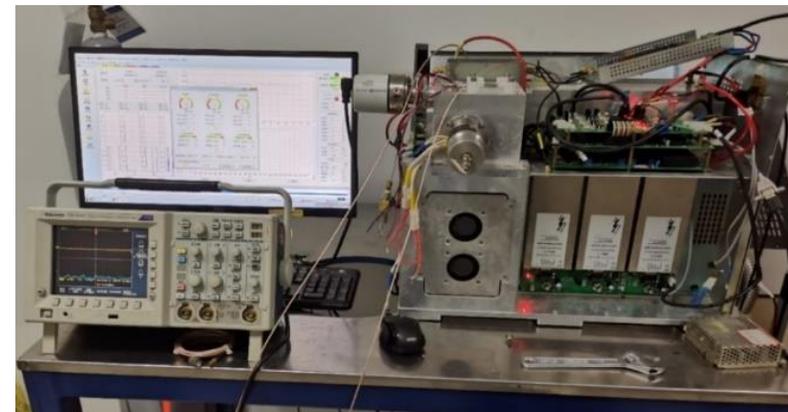
建成了可供燃料电池使用的工业副产气制氢变压吸附纯化装置，设计开发了高密度金属储氢材料及储氢系统，研制了国内首套EI源飞行时间质谱仪，可实现氢气的在线分析。



省内首个第三方认证的燃料电池用氢PSA装置



设计与开发高密度金属储氢材料及储氢系统



研制国内首套EI源飞行时间质谱仪

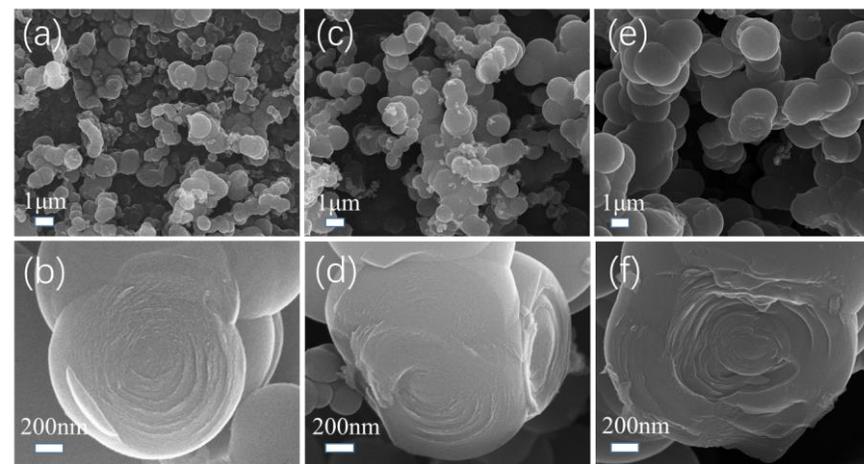
## ● 锂电硅碳负极材料

目前在山东能源兖矿鲁南化工有限公司已完成硅碳负极材料的百吨级中试装置建设和研究，开发出4款高性能硅碳负极产品，均满足国标GB/T 38823-2020要求。

产品名称	D50 (μm)	振实密度(g/cm <sup>3</sup> )	压实密(g/cm <sup>3</sup> )	0.1C容量(mAh/g)	首次效率(%)
YK400	15.0-19.0	0.8-1.0	1.5-1.8	400-450	92-94
YK600	15.0-19.0	0.8-1.0	1.5-1.7	600-650	90-92
YK800	15.0-19.0	0.7-0.9	1.2-1.4	800-850	85-90
YK1400	15.0-19.0	0.4-0.6	1.0-1.4	1400-1450	80-85



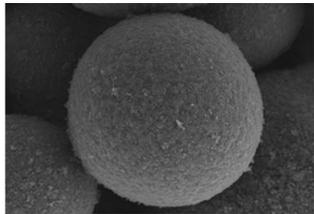
百吨级锂电硅碳负极材料中试装置



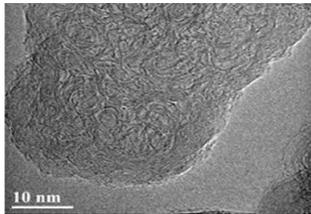
硅碳负微观形貌

## ● 钠离子电池负极材料

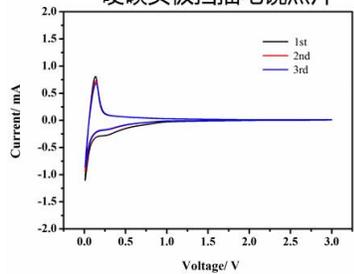
2020年，开展“高性能钠离子电池负极材料”研发项目，完成实验室研究，开发出高品质的硬碳负极材料；  
2023年，持续开展中试实验，实施“千吨级二次电池用硬碳负极材料中试开发”项目，推进产业化进程，目前千吨级装置正在建设中。



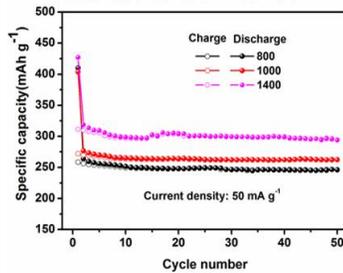
硬碳负极扫描电镜照片



硬碳负极高分辨电镜照片



硬碳负极循环伏安曲线



硬碳负极恒流充放电曲线

### 硬碳负极试用联系函

光矿新能源研发创新中心：  
我中心于2021年8月收到贵单位硬碳负极小样，经扣电评价性能优异(0.1C, 比容量≥300mAh/g), 且收钠平台高, 安全性好, 达到国内领先水平。  
我中心计划进行软包电池全面评价, 希贵单位进一步提供硬碳负极样品, 具体要求如下:

样品	规格	数量
硬碳负极(生物基)	0.1C, 比容量≥300mAh/g 收钠≥80%	1kg

在此十分感谢贵单位对我司的支持, 请收到函件后尽快提供硬碳负极。  
此致  
敬礼

江苏众邦能源有限公司  
2022年3月2日

下游用户试用报告



硬碳中试项目设备定制

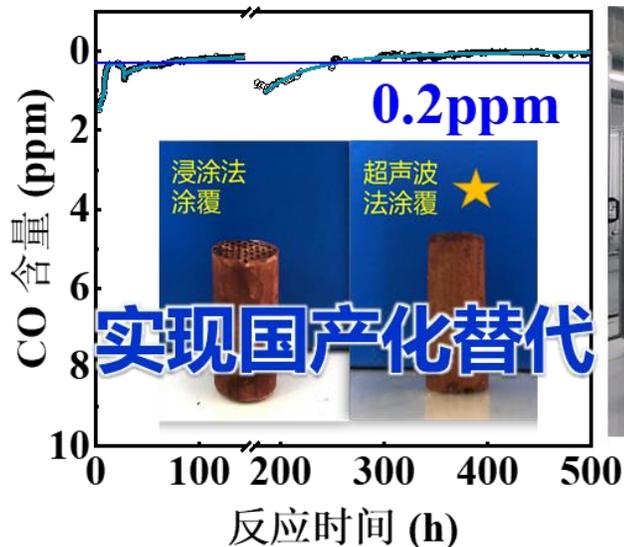
## ● CO-PROX联合提氢工艺开发

联合中国石油大学（华东）开展本项目的研发工作。本项目打破日本公司技术垄断，将甲醇重整富氢气出口CO浓度由10000ppm降低至0.2 ppm，完成小试并中期验收通过。相比传统PSA工艺，能耗减少40%，氢气收率高20%，整个系统体积、质量减小50%，正在推动商业示范。



日本田中贵金属集团

PROX技术垄断



成型PROX催化剂开发



甲醇重整+PROX小试



新型自热甲醇低温重整供氢系统

## 四、 结语及展望

### ● 煤化工产业高端化、多元化、低碳化发展



煤炭是我国的主要能源,在未来相当长的时期内,我国仍将是**以煤为主的能源结构**。在当前碳达峰、碳中和大背景下,我国需要更加注重**煤炭的清洁高效利用**。

“煤化工产业潜力巨大、大有前途,要提高煤炭作为化工原料的综合利用效能,**促进煤化工产业高端化、多元化、低碳化发展**,把加强科技创新作为最紧迫任务,加快关键核心技术攻关,**积极发展煤基特种燃料、煤基生物可降解材料等**。”

# 展 望

- ◆ 山东能源集团大型煤气化及煤基新材料国家工程研究中心从成立至今，做了30年的水煤浆气化、20年粉煤气化，在座的各位都是参与者和见证者，煤气化不仅是我们个人事业，同时是企业发展的基础，是中国乃至世界煤化工发展的助力，甚至在人类文明进步上也是作出突出贡献的。希望在座所有同仁，每一名气化人，在煤炭清洁高效利用这条路上，为了煤化工产业高端化、多元化、低碳化的发展目标，团结奋进，再创辉煌。



谢谢各位专家领导悉心聆听