

兖州煤业榆林能化有限公司

YANZHOU COAL MINING YULIN ENERGY & CHEMICAL CO., LTD

多喷嘴对置式水煤浆气化 废锅-激冷流程气化炉运行总结

汇报人：白帅

汇报提纲

一

半废锅气化炉简介

二

运行中存在的问题

三

改造优化措施

四

改造效果

五

经济效益

六

性能考核和成果鉴定

七

下一步打算

一、半废锅气化炉简介

1

项目立项

榆林能化年产50万吨DMMn项目，总投资45.96亿元，为国内目前在建最大的DMMn项目，是山东能源助力榆林市打造高端能源化工基地的重点项目。煤气化技术选用具有自主知识产权的多喷嘴对置式水煤浆加压气化技术，开展单台日处理煤2000吨级的多喷嘴对置式废锅-激冷流程水煤浆气化技术工业示范。2017年11月开工建设，半废锅气化炉设备2018年5月开始制造，2020年1月制作完成，2020年5月吊装，2020年12月10日F#气化炉一次性投料成功。

一、半废锅气化炉简介

多喷嘴对置式水煤浆气化技术是兖矿集团与华东理工大学共同开发的具有自主知识产权的新型煤气化技术，在国内外得到广泛的推广应用，但气流床水煤浆气化技术的冷煤气效率约72~76%，煤中20%以上的热值以煤气的显热存在，而气流床干煤粉气化技术的冷煤气效率约83%，煤中约14%的热值以煤气的显热存在。因此研究多喷嘴对置式水煤浆气化废锅流程气化炉，**可充分、有效地利用高温煤气的显热**，对于水煤浆气化工艺的节能降耗具有重要意义，同时也是对多喷嘴对置式水煤浆气化工艺的完善与提高。

一、半废锅气化炉简介

2

多喷嘴对置式半废锅气化炉重要参数

投煤量：2000t/d（湿基）

直径：3600/4200mm

净重：737t

设计压力：7.15Mpa

工作压力：6.5Mpa

碳转化率 $\geq 99\%$

有效成分 $\text{CO}+\text{H}_2 \geq 80\%$ ：81.6%

比氧耗 $\leq 400\text{Nm}^3\text{O}_2/1000\text{Nm}^3(\text{CO}+\text{H}_2)$ ；362.5

比煤耗 $\leq 600\text{kg}/1000\text{Nm}^3(\text{CO}+\text{H}_2)$ ；545.3

辐射废锅高压蒸汽(9.8MPa)产量 $\geq 700\text{kg}/1000\text{Nm}^3(\text{CO}+\text{H}_2)$ ；799

出气化系统合成气水气比(mol) ≥ 0.6

综合能效较全激冷流程水煤浆热壁炉提高2%

废锅-激冷气化炉创新点

- (1) **多喷嘴对置式半废锅气化炉流程工艺，回收高温合成气的显热并副产高品位的蒸汽，有效提高了水煤浆气化技术的综合能效。副产高压蒸汽经过热后可拖动发电机组发电，也可并入高压蒸汽管网带动空分机组，减少锅炉供汽量和燃料煤的消耗。**
- (2) **以传热学和流体力学基本原理为基础，创新辐射废锅内部换热片的结构形式和布置方式，使换热效率得到有效提高，单位有效气副产蒸汽量大大增加；同时减少了设备体积，降低了装置的一次性投资；**
- (3) **通过对顶部水冷器密封材料和密封型式的优化，消除了密封窜气的风险，延长了装置运行周期。**

废锅-激冷气化炉创新点

(4) 水冷壁管良好的震动。废锅段合理的长度，使水煤气停留时间延长，提高换热效率；同时在废锅中上部，水冷壁管内复杂的两相流使水冷壁管具有一定的震动，飞灰和熔渣不易粘附在水冷壁上，维持废锅的高效率运行。

(5) 喷淋水的优化。在废锅顶部增加喷淋水，对进入废锅段的飞灰进行增湿，降低飞灰的跟随性，减少粘附在水冷壁管上的飞灰量。对熔渣进行初步降温，使掉落至下渣口的熔渣温度降至熔点以下进而固化，消除熔渣在下渣口堆积的风险。

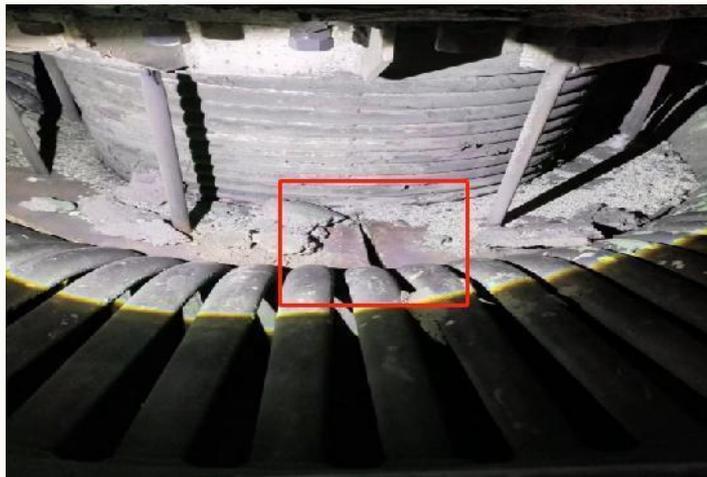
二、运行中存在的问题

1

上密封窜气、托砖盘超温

半废锅气化炉设计时将顶部冷却器插入上部水冷壁，水冷壁结构膨胀和变形易造成废锅水冷壁上部密封不严；密封面为线面密封，密封可靠性差，无法有效控制密封气量；密封材料无法有效固定，频繁破损。

由于密封性能差几密封材料的损坏，导致上密封失效，锥底托砖盘超温。



上密封损坏

二、运行中存在的问题

2

副产蒸汽量偏低、蒸汽衰减

半废锅气化炉设计负荷 $46000\text{Nm}^3/\text{h}$ （氧量），受烧嘴负荷影响，目前维持在 $44000\text{Nm}^3/\text{h}$ ；汽包补水温度设计值 215°C ，运行中温度在 $130\text{-}170^\circ\text{C}$ ，较设计值偏离较大，导致副产蒸汽量较设计值偏低。

废锅段未设计振打和吹灰装置，运行过程中水冷壁管上会有飞灰和熔渣粘附，导致换热效率降低，副产蒸汽衰减。

1

顶部冷却器密封优化

废锅气化炉燃烧室和废锅处连接密封方式优化为填料密封形式。重新制作顶部冷却器，在顶部冷却管外壁增加密封套管、法兰及填料压盖法兰，形成填料密封。填料与水冷壁可实现相对滑动，在满足密封的情况下，不限制水冷壁的轴向膨胀。

经过多次原始投料和带压联投，验证了优化后密封的可靠性。

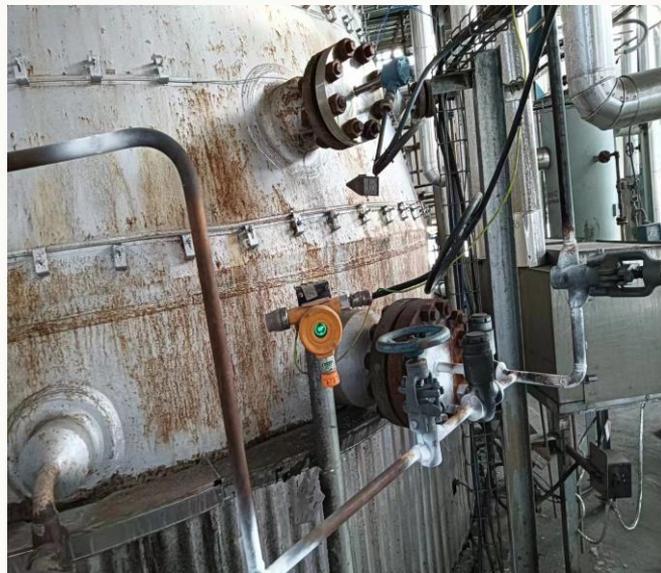


三、改造优化措施

2

喷淋水的优化

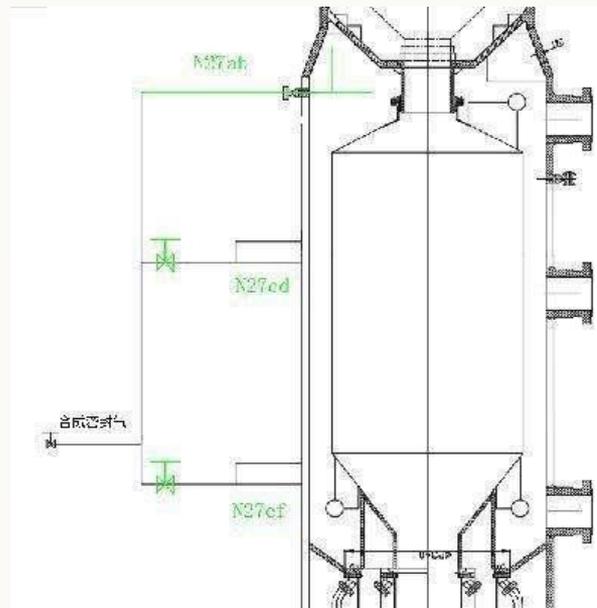
在废锅段顶部增加喷淋水，对进入废锅段的飞灰进行增湿，降低飞灰的跟随性，减少粘附在水冷壁管上的飞灰量。对熔渣进行初步降温，使掉落至下渣口的熔渣温度降至熔点以下进而固化，消除熔渣在下渣口堆积的风险。



3

密封气体分布优化

对废锅夹层密封气与热煤气流场分布情况进行研究，通过减少中、下层密封气量，实现对废锅夹层密封气的定向分配，强制增大上部夹层密封气量，改变原夹层密封气流场分布情况，使气化炉锥底区域形成自上而下的强制流动，在锥底形成卷吸气流流场，带走锥底辐射热量。

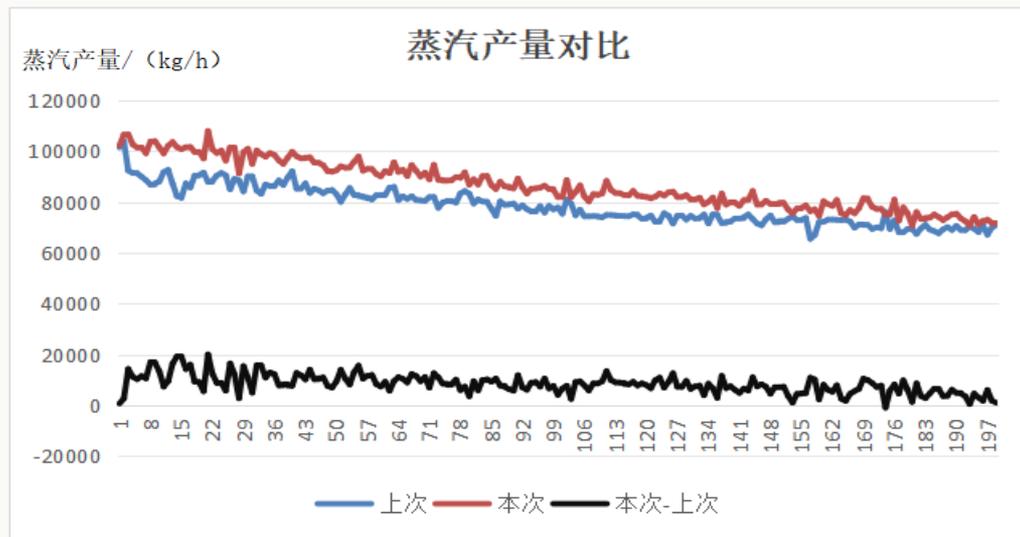


四、改造效果

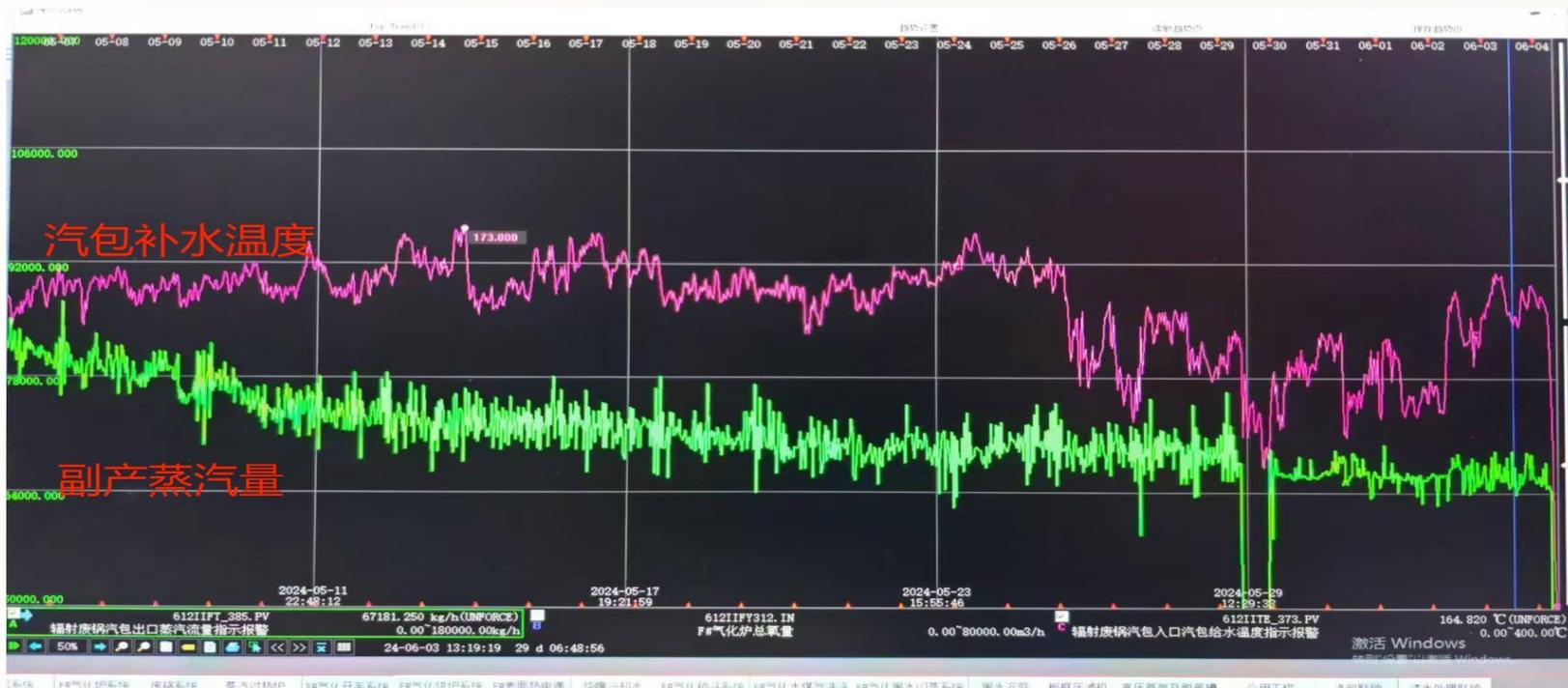
1

副产蒸汽依然存在衰减，但蒸汽量增大

2023年11月-2024年1月，对半废锅气化进行改造后，改造后至今已投料三次，改造后副产蒸汽较改造前增加约5~10t/h，且副产蒸汽平稳段较改造前延长。



四、改造效果



5月7日-6月4日运行数据，运行41天后系统大修停车，汽包补水温度164℃（设计215℃），气化炉氧量44000Nm³/h（设计46000），副产蒸汽稳定在68t/h。

四、改造效果



9月14日-10月17日运行数据，运行第33天，汽包补水温度175℃，气化炉氧量44000Nm³/h，副产蒸汽稳定在73t/h。

四、改造效果

2

下渣口积渣消除

停车后对炉内进行检查，水煤气通道正常，下渣口处无积渣。

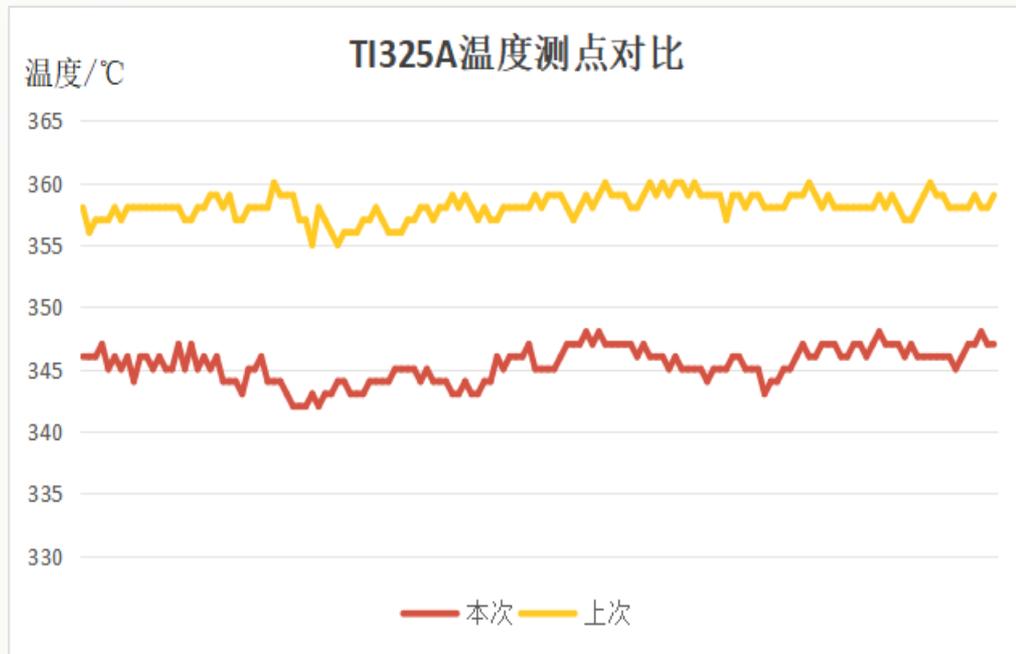


四、改造效果

3

托砖盘温度明显降低

支撑板温度：改造前支撑板温度测点325A为355~360℃，改造后343~347℃，本次运行较上次运行降低约12℃。



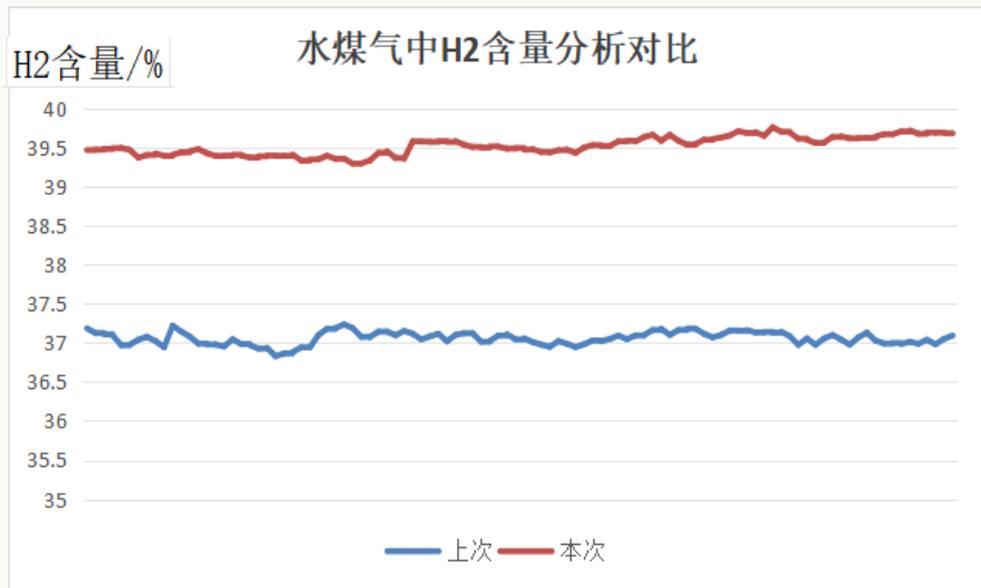
四、改造效果

3

气体成分变化

改造前：CO含量44%左右；
CO₂含量17%左右；H₂含量37-38%。

改造后：CO含量40%左右；CO₂
含量18%左右；H₂含量40%。



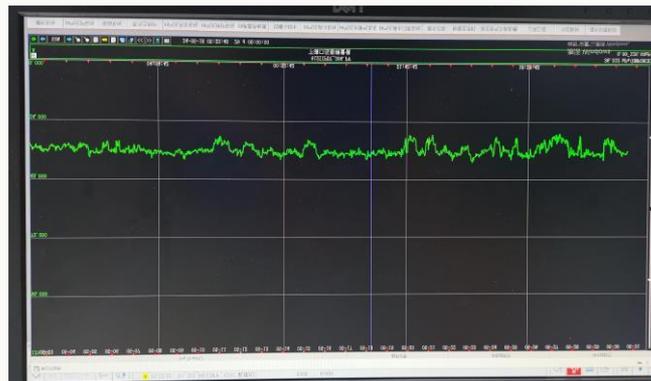
四、改造效果

4

渣口压差变化

改造前：下渣口压差较高，长时间高于55kPa，随着运行时间的延长波动较大。

改造后：下渣口压差30-40kPa，较改造前明显变小，且压差趋于平稳，无明显上涨趋势。
(运行46天)



五、经济效益

废锅-激冷流程气化炉与激冷流程气化炉运行相比，变换工段副产2.0MPa过热蒸汽减少35t/h。但气化炉废锅平均副产9.0MPa蒸汽约60t/h，经发电后背压产出2.0MPa过热蒸汽60t/h。相比激冷流程气化炉，在增加发电后，每小时还增产2.0MPa蒸汽25吨，2.0MPa 蒸汽生产成本 90 元/吨。

目前半废锅副产蒸汽已同热电产蒸汽并网运行，按此运行方式，年运行5000小时、每小时副产70吨蒸汽、每吨蒸汽价格130元计，年可创效4550万元。

六、性能考核和成果鉴定

2022年5月27日至29日，中国石油和化学工业联合会专家组到兖州煤业榆林能化有限公司现场对单炉日处理煤2000吨级多喷嘴对置式废锅-激冷流程水煤浆气化技术工业示范装置现场进行了72小时连续运行考核。

考核结果全部优于各项考核指标，得到专家组的高度认可。

六、性能考核和成果鉴定

多喷嘴对置式废锅-激冷流程水煤浆气化技术 工业示范装置现场考核报告

项目承担单位：山东能源集团有限公司
项目参与单位：兖州煤业榆林能化有限公司
华东理工大学
山东兖州国拓科技工程股份有限公司
组织考核单位：中国石化和煤化工工业联合会
现场考核日期：2022年5月27日-29日

煤气有效成分(CO+H ₂), %	≥80	81.6
比氧耗, Nm ³ O ₂ /1000Nm ³ (CO+H ₂)	≤400	362.5
比煤耗(干基), kg/1000Nm ³ (CO+H ₂)	≤600	545.3
碳转化率, %	≥98	99
蒸汽产量, kg/1000Nm ³ (CO+H ₂)	≥700	799
冷煤气效率, %	-	75.33
热煤气效率, %	-	84.00

考核结果全部优于各项考核指标。

4. 多喷嘴对置式废锅-激冷流程水煤浆气化技术通过耦合辐射废锅、优化工艺系统等研究工作形成工艺技术并得到工业化应用,该工业示范装置自动化程度高、操作控制灵活、运行安全可靠。

5. 该工业示范装置采用带辐射屏水冷壁结构的辐射废锅气化炉,并通过对辐射废锅、激冷室联合流程进行集成优化,充分回收成气及熔渣的高位能量,产生高压饱和蒸汽,实现热量高效回收利用。

6. 该2000吨级多喷嘴对置式废锅-激冷流程水煤浆气化炉首次实现工业示范应用,对煤化工技术进步具有重大示范意义。

(二)存在的问题及建议

1. 进一步加强煤质灰分变化与气化炉操作规律的研究,探索除灰方案及设施,加强对锅炉给水温度的管控,减少对副产蒸汽的影响,进一步提升长周期运行水平。
2. 随着技术及运行水平的不断提升,加大技术推广力度。

附件:

组织考核单位意见

同意考核意见

主管领导签字:

林胡印廷

2022年6月 日



六、性能考核和成果鉴定

2024年7月20日，中国石油和化学工业联合会组织专家(名单附后)在北京召开了“多喷嘴对置式废锅-激冷流程水煤浆气化技术开发及工业示范”科技成果鉴定会。

鉴定委员会听取了成果工作报告、研究报告、应用报告及考核专家组所作的考核报告，一致认为该成果是自主研发的高效节能型煤气化技总体指标处于国际领先水平。

六、性能考核和成果鉴定

成果登记	登记号	H2624221
	批准日期	2024年7月25日

科学技术成果鉴定证书

中石化联鉴字【2024】第223号

成果名称：多喷嘴对置式废锅-激冷流程水煤浆气化技术开发及工业示范

完成单位：兖州煤业榆林能化有限公司
华东理工大学
山东兖矿国拓科技工程股份有限公司
山东能源集团有限公司
兖矿能源集团股份有限公司
山东省安泰化工压力容器检验中心有限公司
大型煤气化及煤基新材料国家工程研究中心

鉴定形式：会议鉴定

组织鉴定单位：中国石油和化学工业联合会

鉴定日期：2024年7月20日

鉴定批准日期：2024年7月25日

中国石油和化学工业联合会

鉴定意见

2024年7月20日，中国石油和化学工业联合会组织专家（名单附后）在北京召开了“多喷嘴对置式废锅-激冷流程水煤浆气化技术开发及工业示范”科技成果鉴定会。鉴定委员会听取了成果完成单位所作的工作报告、研究报告、应用报告及考核专家组所作的考核报告，审阅了相关技术资料，经质询、讨论，形成如下鉴定意见：

一、提供的技术资料齐全、规范，符合鉴定要求。

二、该成果主要创新点如下：

1.构建了多相流场和复杂传热过程数学模型，揭示了辐射废锅内高温熔渣、合成气的传热过程调控机制，解决了熔渣沉积行为和固化特性的预测难题。

2.研发了基于气化燃烧室、辐射废锅、洗涤冷却室一体化的废锅-激冷型大型气化炉技术，创新了辐射屏布置方式，实现了大型辐射废锅结构优化与工程放大。

3.集成创新了废锅-激冷型大型气化技术，充分回收合成气及熔渣的高位能量，产生高压饱和蒸汽，实现热量高效回收利用。

三、采用该成果在榆林建成了首台2000吨级多喷嘴对置式废锅-激冷流程水煤浆气化工业化装置，72小时现场考核结果表明：装置水煤浆流量95.6m³/h，有效合成气（CO+H₂）产量128271Nm³/h，运行负荷102%，碳转化率99%，蒸汽产率799kg/1000Nm³（CO+H₂），考核结果优于设计值。

鉴定委员会一致认为：该成果是自主研发的高效节能型煤气化技术，总体指标处于国际领先水平。同意通过鉴定。

鉴定委员会主任：[签名] 副主任：[签名]

2024年7月20日

主持鉴定单位意见

同意鉴定意见

主管领导签字：[签名]

2024年7月25日

组织鉴定单位意见

同意鉴定意见

主管领导签字：[签名] (盖章)

2024年7月25日

六、性能考核和成果鉴定

兖州煤业榆林能化有限公司
Yanzhou Coal Mining Yulin Energy & Chemical Co., Ltd.



敬请各位领导批评指正！