



未来能源煤制油分公司
FUTURE ENERGY COAL-TO-OIL BRANCH COMPANY

多喷嘴对置式水煤浆气化炉 安稳长满优运行总结

未来能源煤制油分公司

目 录

01

气化装置基本情况

02

2024年下半年以来气化装置运行情况

03

危废协同处置及近年来技改情况

04

2024 年下半年以来气化装置生产异常事件
及典型问题分析

05

气化装置存在问题及管控措施

06

气化装置长周期运行管控方案

01

气化装置基本情况



陕西未来能源化工有限公司是由兖矿能源集团股份有限公司、陕西延长石油（集团）有限责任公司、陕西延长石油矿业有限责任公司共同出资组建的股份制公司。煤制油分公司隶属于陕西未来能源化工有限公司，主要负责运营年产100万吨油品煤间接液化示范装置，该装置于2015年8月建成投产。



煤制油分公司气化装置采用多喷嘴对置式水煤浆气化技术，共设置8台直径3880mm气化炉，气化压力4.0MPa，操作温度约1350℃，分两个系列（框架）设置，每系列四台气化炉，采用6开2备运行模式，设计产能790000Nm³/h精制气，即单炉设计产能131667Nm³/h精制气。



02

2024年下半年以来气化装置运行情况



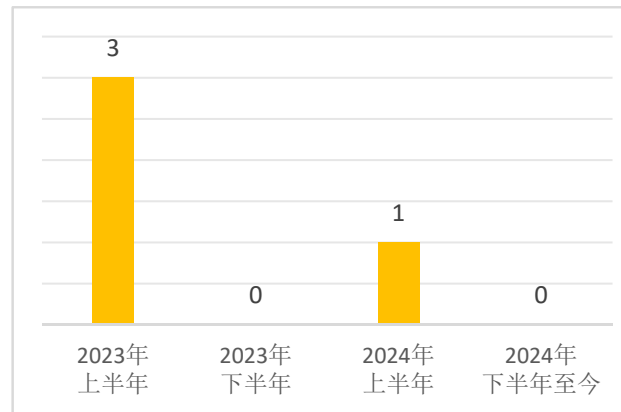
（一）系统整体运行状况、运行周期及负荷情况



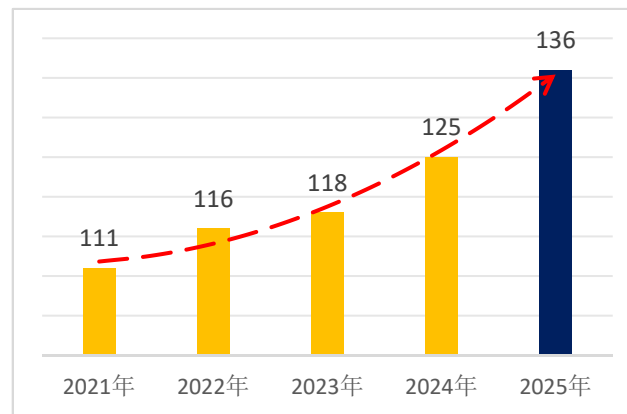
2024年下半年至今，煤制油分公司气化装置保持五台气化炉运行，气化炉整体运行平稳，各项工艺指标可控。

- ☑ 未出现非计划停炉或倒炉情况；
- ☑ 气化炉负荷根据后系统需气量实时调整，单套气化炉负荷保持90%-98%运行；
- ☑ 计划倒炉15次，计划倒炉率100%。
- ☑ 单套气化炉运行平均周期130天，其中2024年下半年周期124天、2025年上半年平均周期136天；
- ☑ 2025年气化炉最长运行周期148天。

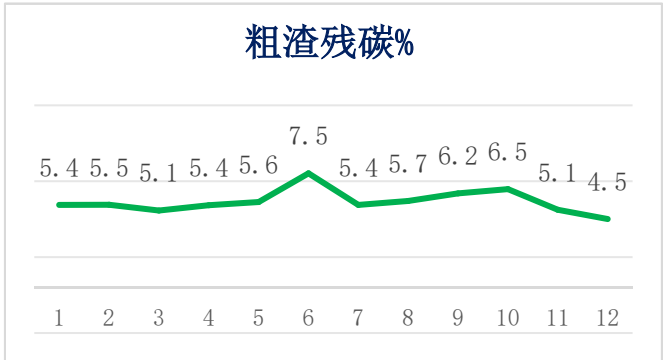
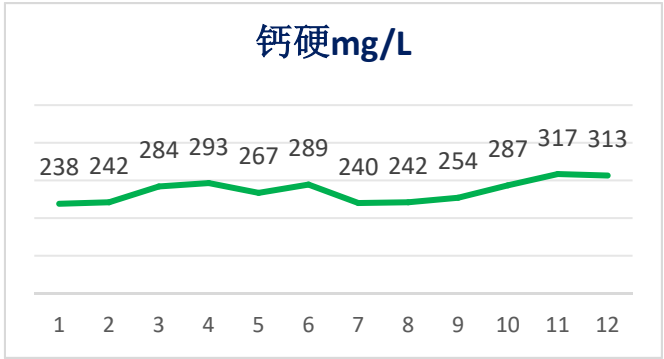
非计划停车情况



运行周期



- ☑ 气化装置公司控工艺指标合格率100%;
- ☑ 灰水水质运行稳定, 指标波动幅度小, 钙离子指标平均值272mg/L, 同比下降20mg/L;
- ☑ 气化粗渣残碳平均值5.7%, 同比下降2.5%;
- ☑ 煤浆浓度平均值63.30%、有效气成分平均值83.06%、入炉煤浆灰分10.72%, 上述三个指标均未出现大幅波动情况。



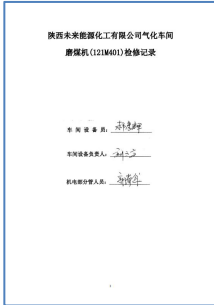
月份	煤浆浓度	有效气成分	煤浆灰分
2024. 07	63. 40	83. 09	11. 24
2024. 08	63. 41	82. 93	11. 13
2024. 09	63. 44	83. 11	10. 95
2024. 10	63. 37	83. 10	10. 51
2024. 11	63. 30	83. 10	10. 96
2024. 12	63. 27	83. 03	10. 45
2025. 01	63. 26	82. 91	10. 81
2025. 02	63. 20	82. 95	10. 85
2025. 03	63. 21	82. 93	10. 73
2025. 04	63. 19	83. 16	10. 11
2025. 05	63. 23	83. 17	10. 37
2025. 06	63. 31	83. 27	10. 48

(1) 磨煤机

磨煤机目前运行良好，实现按计划检修。

主要做了三个方面的工作：

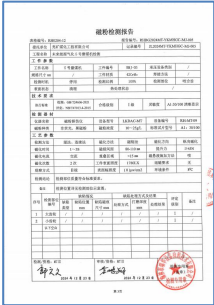
- 一是强化日常运行维护与管理，消除跑冒滴漏等隐患；
- 二是强化停车后常规检修质量管控，入料管、大小齿轮、油路、螺栓衬板等应修尽修；
- 三是利用两年时间相继完成磨煤机大修理，尤其有轴瓦磨损检查与刮瓦、大小齿轮磨损检查与探伤检测、减速机轴承更换、离合器星轮检查消缺等工作，确保了磨煤机的稳定运行。2024年下半年起相继完成六台次磨煤机大修理（2#、4#、5#、6#、7#、8#），消除衬板断裂、轴瓦磨损等大隐患。



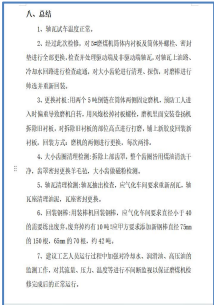
检修记录1



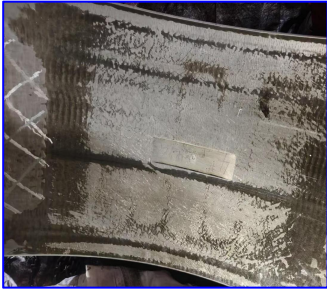
检修记录2



磁粉检测



检修小结



重新刮瓦



间歇测量



硬度检测

(2) 耐火砖

耐火砖运行良好，未出现局部超温情况。

☑每次停车检修均对耐火材料进行检查，通过实际测量磨损情况确定运行周期，通过检查提前更换烧蚀严重耐火材料3次，对烧蚀不严重的耐火材料延长使用周期2次。

☑2024年下半年至今耐火砖局部更换11台次，尤其加大对上下膨胀缝及烧嘴室等易受侵损部位的检查与更换，消除气化炉长周期运行制约因素。

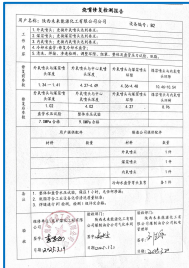
月份	气化炉	拱顶	上膨胀缝	烧嘴室 M1-3	筒体 58-89	下膨胀缝	筒体 1-57	锥底	渣口
2024. 07	4#	☑	☑	☑	☑	☑			
2024. 07	8#							☑	☑
2024. 08	5#			☑		☑			
2024. 09	7#		☑	☑	☑	☑	☑		
2024. 10	3#	☑	☑	☑	☑	☑			
2024. 11	2#		☑	☑					
2025. 01	1#		☑	☑	☑	☑			
2025. 01	8#	☑	☑						
2025. 04	5#		☑	☑	☑	☑	☑		
2025. 05	2#		☑	☑	☑	☑			
2025. 07	6#		☑	☑	☑	☑			

2024年下半年起耐火砖局部更换情况

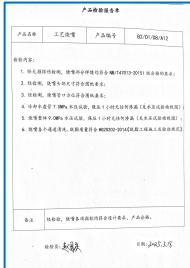
(3) 工艺烧嘴

工艺烧嘴运行良好，未出现非计划停车事故。

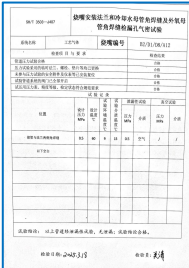
- 2024年下半年工艺烧嘴运行周期124天；
- 2025年上半年工艺烧嘴运行周期136天，最长至148天。
- 从长周期运行的烧嘴检查情况来看，除头部轻微龟裂外，未出现明显烧损情况。



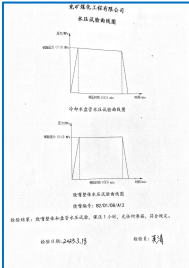
修复报告



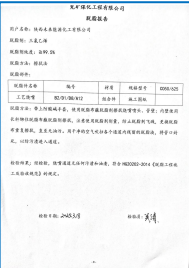
检验报告



气密试验



水压试验



脱脂报告



5#气化炉运行148天后的工艺烧嘴头部情况

5#气化炉运行148天小结

5#气化炉自2024年10月10日投运以来，运行平稳，未发生非计划停车事故。运行期间，工艺烧嘴头部出现轻微龟裂，但未影响正常运行。运行过程中，操作人员严格按照操作规程进行操作，确保了装置的稳定运行。运行期间，工艺烧嘴头部出现轻微龟裂，但未影响正常运行。运行过程中，操作人员严格按照操作规程进行操作，确保了装置的稳定运行。

运行小结

(4) 煤浆給料泵

煤浆給料泵运行良好，未出现非计划停车事故。
主要做了三个方面的工作：

- ☑一是持续做好煤浆給料泵标准化检修工作；
- ☑二是2024年下半年起曲轴采用超声检测消缺，目前已根据检修计划全部完成超声检测；
- ☑三是根据煤浆給料泵运行周期和轴承使用期限，2025年开始对曲轴箱内各轴承进行计划性更换，目前已完成6#煤浆給料泵的轴承更换。



着色检测



超声检测



间歇测量



镀层修复

着色渗透探伤检测报告				
图号		110778	名称	曲轴
工作编号	数量	4个	材质	42CrMo
检验部位	表面状态	光滑表面	损伤判号及类另	QC-28851 型
探伤要求	曲轴表面着色探伤，不允许有可见缺陷。		检测方法	JB/T 9218-2015
渗透剂	着色渗透剂	渗透时间	15分钟	报告范围
清洗剂	清洗剂（液体）	干燥时间	15分钟	检测方法
显像剂	干粉	显像时间	15分钟	表面清洗
检验员	王力	判定结果	未发现缺陷	检验日期

检测报告1

检测报告				
报告编号	110778	报告日期	2024-10-15	报告人
检测项目	着色渗透探伤	检测部位	曲轴表面	检测标准
检测方法	JB/T 9218-2015	检测环境	室内	检测人员
检测结果	未发现缺陷	检测结论	合格	检测日期

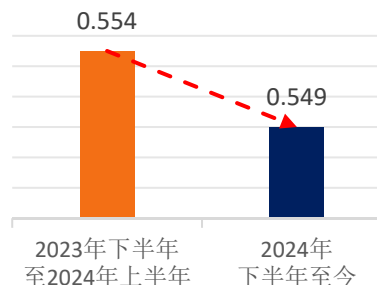
检测报告2

（二）装置运行消耗状况

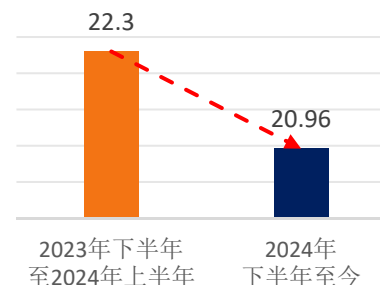
2024年下半年至今，气化装置主要单耗整体呈下降趋势，生产成本大幅下降，为公司实现扭亏为盈打下坚实基础。

- ☑折标煤单耗 $0.549\text{t}/\text{kNm}^3$ ，同比下降 $0.005\text{t}/\text{kNm}^3$ ；
- ☑高压氧单耗 $370\text{Nm}^3/\text{kNm}^3$ ，同比持平；
- ☑新鲜水单耗 $70\text{kg}/\text{kNm}^3$ ，同比下降 $21\text{kg}/\text{kNm}^3$ ；
- ☑动力电单耗 $20.96\text{KW}\cdot\text{h}/\text{kNm}^3$ ，同比下降 $1.34\text{KW}\cdot\text{h}/\text{kNm}^3$ ；
- ☑循环水单耗 $30.79\text{m}^3/\text{kNm}^3$ ，同比下降 $0.44\text{m}^3/\text{kNm}^3$ 。

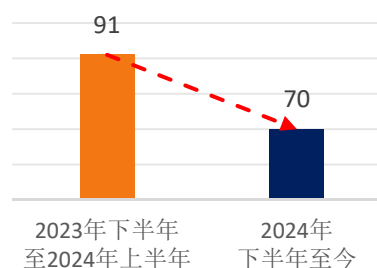
折标煤单耗



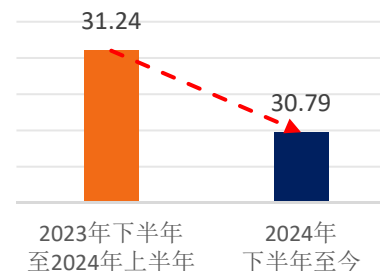
动力电单耗



新鲜水单耗

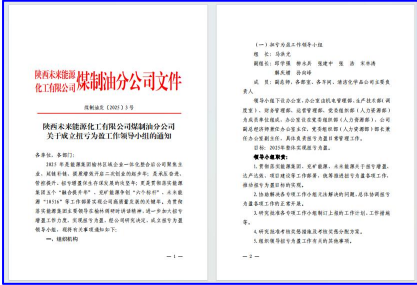


循环水单耗

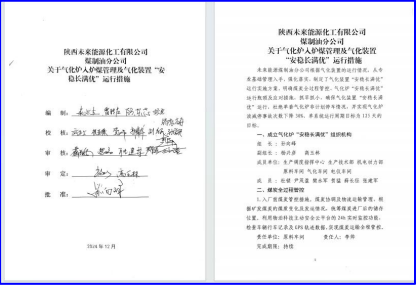


管控措施1. 公司高度重视气化炉运行管理。

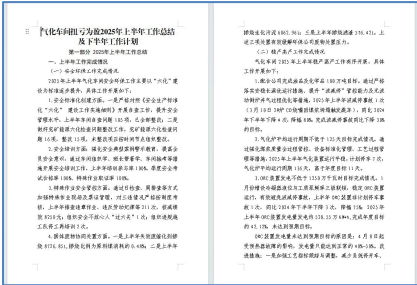
- 一是成立气化炉“安稳长满优”组织机构，落实具体工作措施，旨在全面提升气化炉运行管理水平；
- 二是成立扭亏为盈工作领导小组，指导气化装置稳产高产、降本增效、安全环保等专项工作有序开展。
- 三是定期自我梳理和相关兄弟单位交流总结，分析现状，制定纠偏措施。



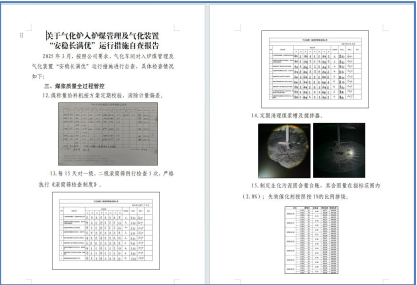
公司文件



长周期管控措施



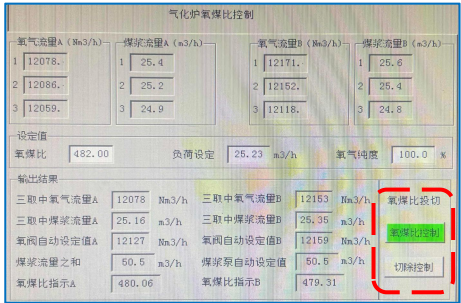
扭亏为盈半年总结



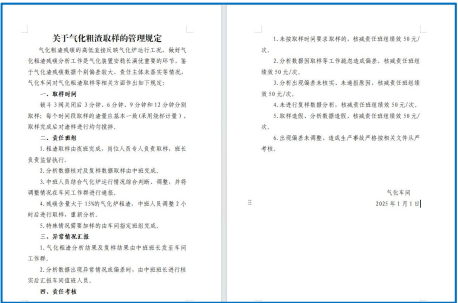
长周期季度总结

管控措施2. 强化气化炉运行精益管理与操作优化，有效降低原料煤等单耗。

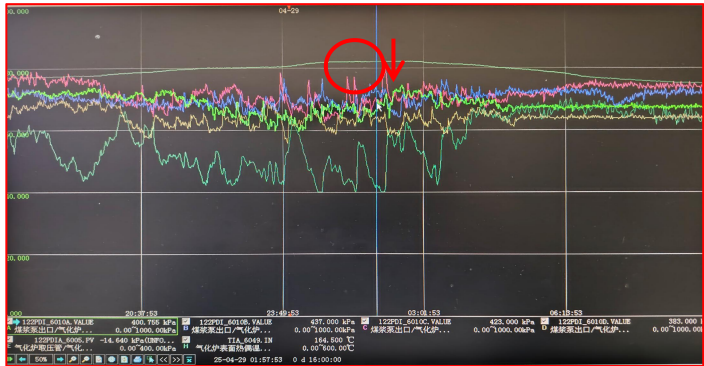
- 一是持续保持煤浆高浓度及优化粒度分布，提高气化产气率；
- 二是利用全厂PID整定实施机会，实现氧煤比串级控制，减小氧煤比波动幅度，气化炉炉膛温度趋于稳定，有利于气化炉指标稳定及单耗控制；
- 三是提升气化炉工艺指标综合分析及处置能力，烧嘴室壁温上涨趋势提前预判，提前处置；
- 四是强化气化残碳过程管理，实现取样、分析、调整等闭环管控，严格落实《气化粗渣取样管理规定》，做好气化粗渣残碳日分析工作，操作人员结合残碳、负荷、有效气成份、渣样等综合分析判断，对气化炉氧煤比进行调整，两小时后复样分析，达到调整有依据、跟踪有效果的目的。



氧煤比串级投切



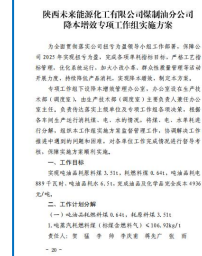
粗渣取样管理规定



举例：4月29日6#气化炉通过渣口压差、煤浆压差等指标判断出流场改变，即刻调整后，烧嘴室壁温恢复正常（拐点）。

管控措施3. 强化气化装置节能降耗过程管理，提升水电气汽单耗管控力度。

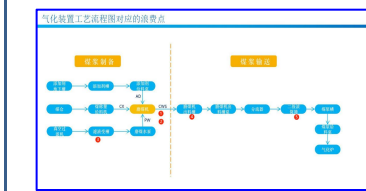
- ☑一是深入落实《降本增效专项工作组实施方案》及《节能降耗管控措施》等管理制度；
- ☑二是以工艺流程为基础，每个季度开展一次生产诊断，全面查找生产影响因素，梳理改善点和降本增效点，形成管控清单，并制定改善方案；
- ☑三是开展浪费识别活动，从一滴水、一度电、一颗螺丝等浪费自查与整改；
- ☑四是强化单耗分析过程管理，采取日分析（看板）、周小结（周报）、月总结（经济查定）相结合的方式分析单耗变化原因，查找装置运行中不利于单耗控制的因素，并制定优化措施。



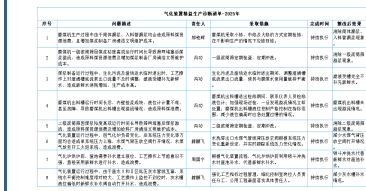
降本增效方案



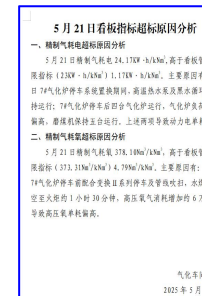
节能措施



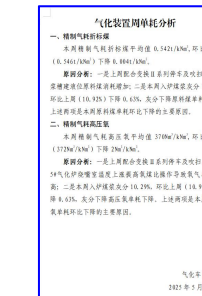
生产诊断



管控清单



日分析



周报



经济查定

03

危废协同处置及近年来技改情况



煤制油示范项目生产过程中产生的失效催化剂，其主要成分为：铁粉、蜡及硅藻土，其中硅藻土占比约40%。

鉴于失效催化剂中含有的Si元素有益于煤的气化，经讨论研究，根据实验室的煤种掺配方案数据选取一台气化炉进行生产试验。原料煤按1%比例添加失效催化剂进行制浆，煤浆入气化炉掺烧，掺烧前后对煤浆浓度、粘度、密度、有效气成分、析水率及出渣量均变化不大，掺烧后气化炉运行基本稳定，对合成气有效气成份影响不大。拓宽了气化炉操作空间，同时也为煤化工企业协同处置工业固废提供了新思路。

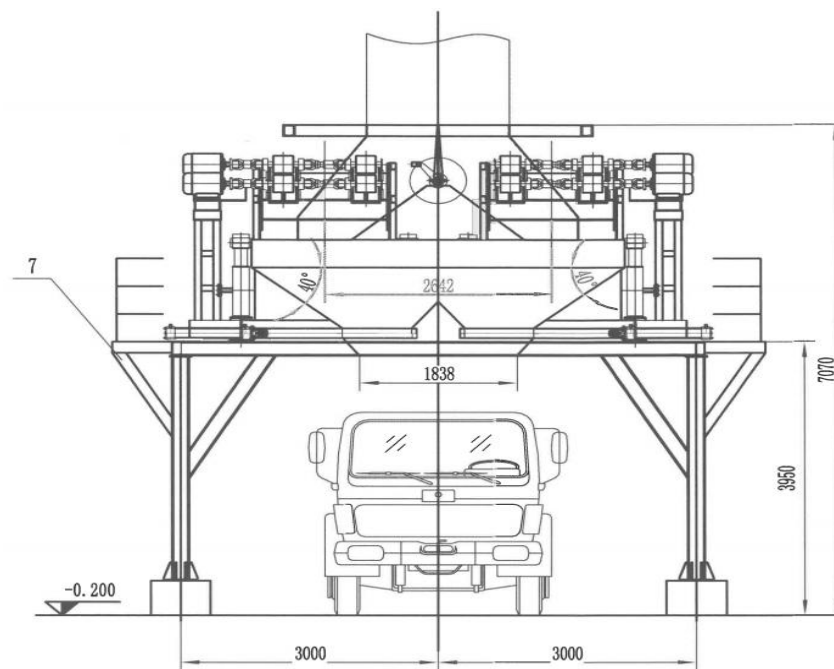


2025年前三季度掺烧失效催化剂13073t，环保处置费用节支约5229万元。

捞渣机增加振动脱水筛

筛分脱水技术，主要设备采用高频振动筛，通过振动筛的高频振动将气化粗渣中的外水脱掉，能降低粗渣含外水量至30%左右。高频直线振动筛采用双振动电机驱动，当两台振动电机做同步、反向旋转时，其偏心块所产生的激振力在平行于电机轴线的方向相互抵消，在垂直于电机轴的方向叠为一合力，因此筛机的运动轨迹为一直线。其两电机轴相对筛面有一倾角，在激振力和物料自重力的合力作用下，物料在筛面上被抛起跳跃式向前作直线运动，从而达到对物料进行筛选和分级的目的。

气化粗渣80%为粒径0.42mm以下，在保证脱水效果，也要最大可能降低脱出水中含固量，避免废水回用导致澄清槽的负荷增大前提下，实验筛网规格0.4~0.6mm，确定选取0.5mm。



增加细渣脱水装置

细渣脱水装置投用后，细渣含水率降至35%以下。

气化细渣通过过滤+压滤+加热吹扫+真空干化脱水技术；采用中心进料四角排水暗流型水压榨型隔膜式压滤机，通过压榨水箱，将脱盐水加热至95℃，通过热水泵送至隔膜板，给滤饼加热至90℃以上，然后通过压榨水泵挤压隔膜滤板，将明水压榨进入暗流水管通过压缩空气吹扫，最后通过真空系统在暗流水管抽负，负压状态下水的沸点降低，有效的将滤饼中的含水进一步的降低。



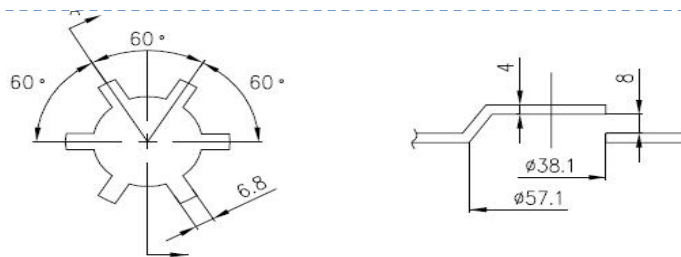
水洗塔塔盘改造

通过研究在水洗塔外形尺寸和结构形式不能改变的情况下，采用喷射态塔盘进行改造，相较于其他结构形式的塔板，在开孔率相同时可允许操作气速比一般塔板高出1.5-2.0倍，因此处理能力有明显提升，可以满足单烧嘴氧气流量达到15000Nm³/h下水煤气量的洗涤效果。

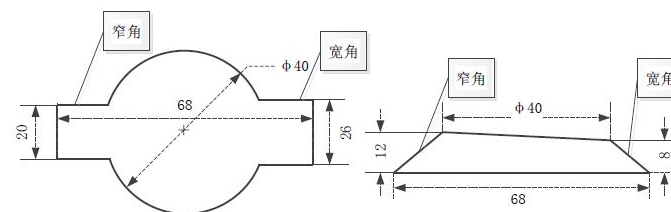


蒸发热水塔塔盘改造

通过研究将蒸发热水塔塔盘厚度由六爪固阀改为两爪导向固阀，数量保持548个不变，开孔面积由 0.434m^2 变为 1.0412m^2 ，开孔面积增大139.90%，开孔率变为11.47%，并根据水流方向调整两爪的大小比例，使其气相对液相产生足够的推动力，打散液相中的 CaCO_3 颗粒集聚。根据液相流量，通过降液管底隙由40mm调整为80mm，增加液体流通面积，从而降低第一层塔盘上液层高度，使塔盘上的积液减少，降低气流压降。提高蒸发热水塔塔盘热处理能力。



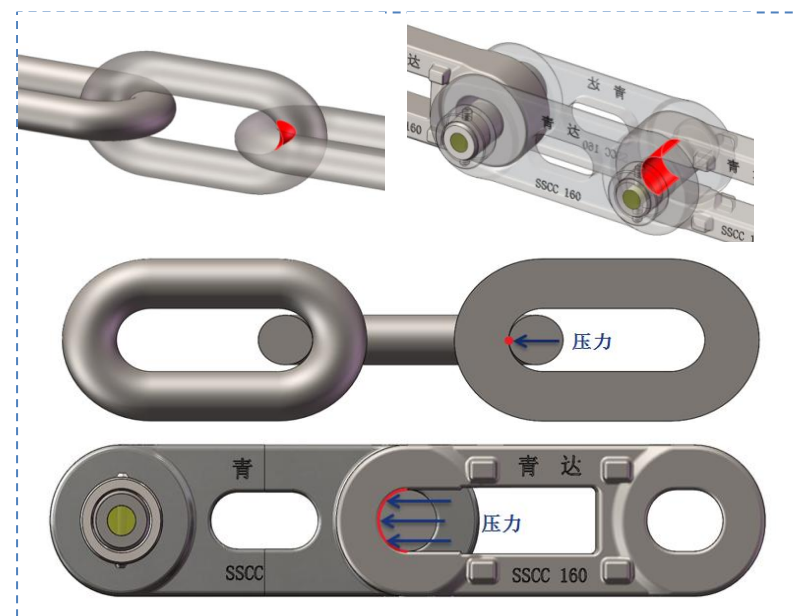
改造前的六爪固阀尺寸图



改造后的两爪导向固阀尺寸图

气化粗渣捞渣机系统上应用可拆卸模锻链技术

通过研究将捞渣机圆环链条改为模锻链，相比于圆环链链节的接触面积，模锻链链节的接触面积提升2.7倍，接触面积明显增大。圆环链链节与链节之间点接触受力，单位面积承受压力高。模锻链链节与链节之间采用销轴连接，创新结构，每条链节都可方便的拆卸更换。且面接触受力，同等拉力下单位面积所受压力大幅降低，增大受力面积=减小压力=减小磨损=增长寿命。



在多喷嘴水煤浆气化炉低压闪蒸汽系统应用ORC发电技术，对气化装置低压闪蒸汽余热进行回收利用发电，达到降本增效的目的。

目前气化装置单框架有4套闪蒸系统，各产生一路低压闪蒸汽，每路低压闪蒸汽产生流量15.1t/h，按照三开一备运行原则，三套系统共计45.3t。四路低压闪蒸汽合并到一根母管后，一部分供除氧器使用（流量18.6t/h），另一部分直接用低压闪蒸冷凝器进行冷却（流量26.7t/h），每路低压闪蒸汽介质组分如表1所示，参数：温度为127.6℃、压力为0.15MPa（g）。这导致大量热能损失且循环水消耗量较高，存在明显的热能浪费现象，降低了企业经济效益，不符合“十四五”中关于节能降碳的要求。



表1 每路低压闪蒸汽介质组分

组分	Kg/h
H ₂	0.0019
CO	0.0146
CO ₂	1.9712
H ₂ S	0.2312
NH ₃	0.0284
HCN	0.0518
H ₂ O	15098.76
总流量	15101.06

在多喷嘴水煤浆气化炉低压闪蒸汽系统应用ORC发电技术，对气化装置低压闪蒸汽余热进行回收利用发电，达到降本增效的目的。

本技术方案采用ORC装置进行发电，其选择安全环保的R245fa作为有机循环工质。ORC装置对热源要求低，主要类型有：90℃以上的冷却或冷凝水余热、100℃以上的物料或工艺水余热、140℃以上的烟气余热、富余饱和蒸汽余热。本项目低压闪蒸汽满足ORC余热发电装置的热源要求。

ORC发电装置主要包括透平膨胀机发电机组、蒸发器、预热器、气液分离器、冷凝器、工质泵等设备。该技术于2024年5月28日开始在多喷嘴对置式水煤浆加压气化低压闪蒸汽领域进行试运行应用，对低压闪蒸汽进行了有效回收，将热量作为热源进行发电，降低了循环水消耗。

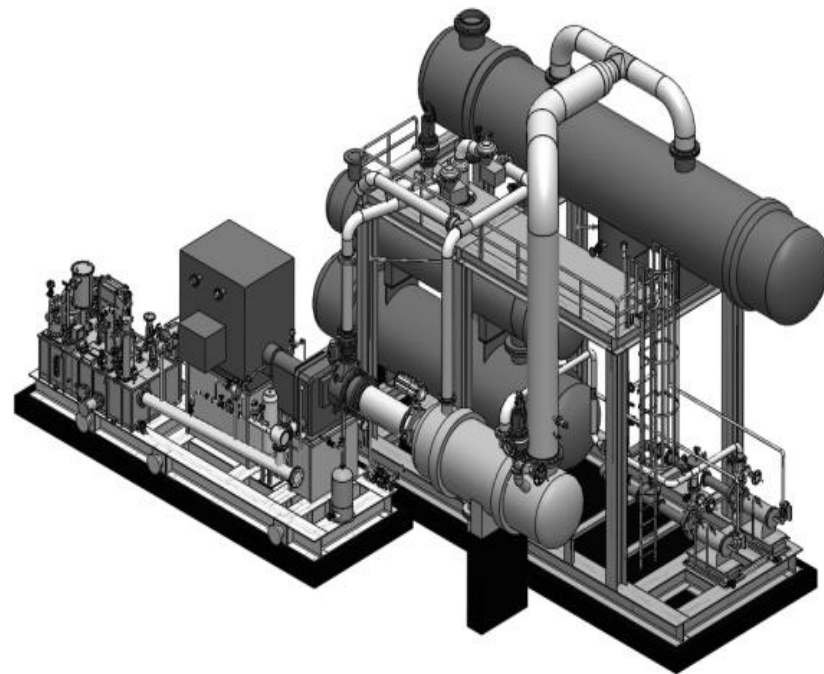


在多喷嘴水煤浆气化炉低压闪蒸汽系统应用ORC发电技术，对气化装置低压闪蒸汽余热进行回收利用发电，达到降本增效的目的。

主要技术经济指标

气化低压闪蒸汽小时净发电量 $\geq 1400\text{kWh}$ ，工质总泄漏量 $< 0.1\%$ ，热电转化率 $\geq 12\%$ ，循环水消耗不高于 $1100\text{m}^3/\text{h}$ 。

序号	项目	考核值	实际值
1	小时净发电量 (KW·h)	≥ 1400	1591.25
2	循环水消耗 (m^3/h)	< 1100	1074
3	工质泄漏率 (‰)	≤ 0.01	无泄漏
4	热电转化率 (%)	≥ 12	12.04



04

2024年下半年以来气化装置生产异常
事件及典型问题分析



近一年煤制油分公司深入落实气化炉长周期管控措施，但仍未能杜绝生产异常事件发生，2024年下半年至今发生5次煤浆坍塌造成单对烧嘴跳车情况，其中2024年下半年3次（7月1日8#炉CD烧嘴、9月9日2#炉AB烧嘴、10月16日1#炉AB烧嘴）、2025年一季度1次（3月10日2#炉CD烧嘴）、三季度1次（10月10日2#炉AB烧嘴）。

原因分析

☑一是煤浆槽内下部煤浆流动速度从中心到边缘逐渐变慢，甚至不流动，失效催化剂参与原料煤制浆后铁元素在煤浆槽内沉积；

☑二是参与原料煤制浆的生化污泥固含量指标上涨或波动造成煤浆稳定性差；

☑三是煤浆槽煤浆浓度相对较高，搅拌器桨叶磨损变形或缩短，内壁挂浆厚度增加。

在上述三个方面的作用下，煤浆槽内壁挂壁煤浆坍塌，在煤浆给料泵放料阀处发生堵塞现象，导致煤浆给料泵入口吸入量严重不足，煤浆流量快速下降，触发单对烧嘴跳车。



防范措施

1. 严格管控生化污泥固含量及失效催化剂掺烧比例。

2. 煤浆槽对应的气化炉停车后对其进行清理，并对煤浆槽搅拌器桨叶等内件检查、修复。

3. 配合添加剂供应商对添加剂配比的研究，使其满足生产需要，减少煤浆槽内壁煤浆坍塌情况发生。

4. 确保氧煤比串级正常投用，煤浆槽煤浆坍塌引起煤浆流量下降时，煤浆给料泵立即缓慢提高转速，增大入口管线吸力，降低单对烧嘴停车频次。

05

气化装置存在问题及管控措施



近年气化装置实现两年不大修的运行目标，下一步计划实现三年不大修，设备及管线结垢仍是实现该目标的制约因素。

存在问题

☑一是废水换热器结垢速率相对快，运行周期约1个月后必须退出清理，垢片相对较硬及清理工作量大导致检修时间长（15-20天）；



☑二是澄清槽内壁结垢，垢片厚，易脱落，增加系统运行维护难度，检修周期长（20天）；



☑三是低压灰水管线涉及阀门开关困难，执行机构易损坏。



管控措施

☑一是强化灰水指标日常管理，加强灰水钙硬指标监控，适当增加外排废水量调整灰水中钙硬；严格管控生化污泥固含量及失效催化剂掺烧比例。

☑二是强化废水换热器检修质量及进度跟踪，确保按检修时间节点完成清理及备用；

☑三是强化澄清槽搅拌器电流指标跟踪，异常指标时立即处置，并合理排定倒炉计划，该澄清槽对应的气化炉均未运行时对其进行清理；

☑四是利用装置大修对灰水管线及阀门彻底清理，消除结垢对系统长周期运行的影响。

06

气化装置长周期运行管控方案

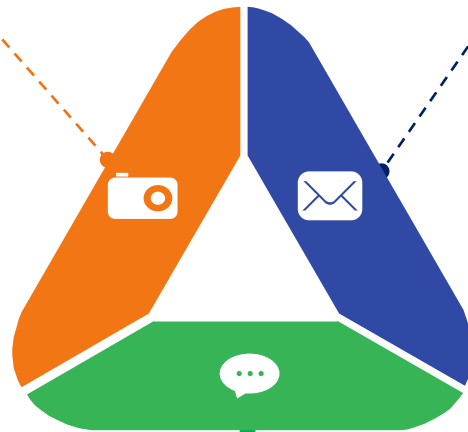


煤制油分公司《气化装置“安稳长满优”运行措施》包括三大项32小项管控措施。

强化设备标准化管理

管控项目14项，其中13项为持续进行项目、1项为改造项目，归纳为六类：

一是气化炉、煤浆給料泵、工艺烧嘴、磨煤机、捞渣机等重点设备执行标准化检修；二是耐火砖错峰检修，保证气化系统整体备车率；三是现场漏点专项整治，实现动密封泄漏率 $\leq 1\%$ 、静密封泄漏率 $\leq 0.3\%$ ；四是规范特种设备使用管理，特种设备和安全附件等定检率达到100%；五是强化煤浆給料泵变频器管控措施、高温热水泵等高压电机管控及重点仪表阀门检修管控；六是持续推进在线分析仪改造、磨煤机油流量计移位、操作柱增设防护罩等技改技措。



强化工艺过程管控

管控项目14项，均为持续进行项目，归纳为四类：一是严格落实波减停事故控制目标，单套气化炉非计划停车事故0次、单对烧嘴跳车事故下降30%；二是强化煤浆浓度、煤浆灰分、单耗、灰水水质、壁温等指标控制及指标偏离过程分析处置；三是强化气化炉并气、氧煤比操作等工艺操作优化及联锁报警管理；四是强化员工培训及应急演练，每月组织车间级、班组级演练，不定期演练抽检，以达到异常情况迅速进行处置的目的。

煤浆质量全过程管控

管控项目4项：

一是煤称量給料机定期校验及检查消缺；二是滚筒筛定期检查消缺；三是煤浆槽清理及煤浆槽搅拌器检查消缺；四是生化污泥及失效催化剂掺烧过程管控。

汇报完毕， 敬请批评指正！