4000吨级四喷嘴水煤浆气化炉运行情况分享

万华化学（福建）有限公司

2026-10-16

CONTENTS 目录



01 万华化学（福建）造气装置简介

02 4000吨级气化炉运行总结



01

万华化学（福建）造气装置简介

万华福建工业园概况



位于福建省福州江阴港城经济区

园区主要运行异氰酸酯一体化产业链项目

致力于打造全球技术最先进的MDI/TDI制造基地

80万吨 MDI

80万吨 PVC

61万吨 TDI

102万吨 烧碱

72万吨 苯胺

秉承“园区化、一体化、规模化、高端化、国际化”理念，创建国际领先化工园区，使之成为福建高科技产业样板工程

一、万华化学（福建）造气装置简介

- 福建造气装置分为空分、气化、净化、合成四个工序，占地926亩。
- 一期装置设置**三台φ3200mm AP气化炉**（两开一备），产有效气**173000Nm³/h**，年产45万吨液氨、20000Nm³/h CO、40000Nm³/h H_2，于2021年4月投产
- 二期装置设置**两台φ4000mm 四喷嘴气化炉**（一开一备），产有效气**200000Nm³/h**，于2025年7月投产

- 福建气化工序主要负责原煤传输、磨煤机、气化渣水、变换及热回收、氨回收、减温减压站、火炬系统、余热发电、雨水收集系统等工段
- 主要产品为生产下游所需的CO及H2，以及液氨外送

- 气化工序共四个班组，每个班组16人。此外设立第五班组，主要负责日常检修及监护、PBA尾项整改等工作，分担班组工作





02

4000吨级气化炉运行总结

二、4000吨级气化炉运行总结

气化炉工艺介绍

福建气化二期由华东理工大学及山东兖矿国拓科技公司设计工艺包

水煤浆气化工艺是以**纯氧**和**水煤浆**为原料，采用气流床反应器，在加压非催化条件下进行部分氧化反应，生成以 **CO、H2**为有效成分的粗煤气，作为生产甲醇、氨等合成的合成气、制氢的原料气或燃料气。

水煤浆气化压力为~**6.7MPa**，温度为~**1300℃**。在此高温下化学反应速率相对较快，而气化过程速率为传递过程控制。为此，通过喷嘴对置、优化炉型结构及尺寸，在炉内形成撞击流，以强化混合和热质传递过程，并形成炉内合理的流场结构，从而达到良好的工艺与工程效果：有效气成分高、碳转化率高、耐火砖寿命长。合成气的激冷室为**喷淋床**与**鼓泡床**组成的复合床，具有良好的抑制合成气带水、带灰功能。

合成气初步净化单元由混合器、旋风分离器、水洗塔组成，具有高效节能、洁净洗涤优点。

单炉日处理 4000 吨煤(公称规模)；单炉有效气 **CO+H2，200000Nm3/h**。 年操作时间：8000 小时

二、4000吨级气化炉运行总结

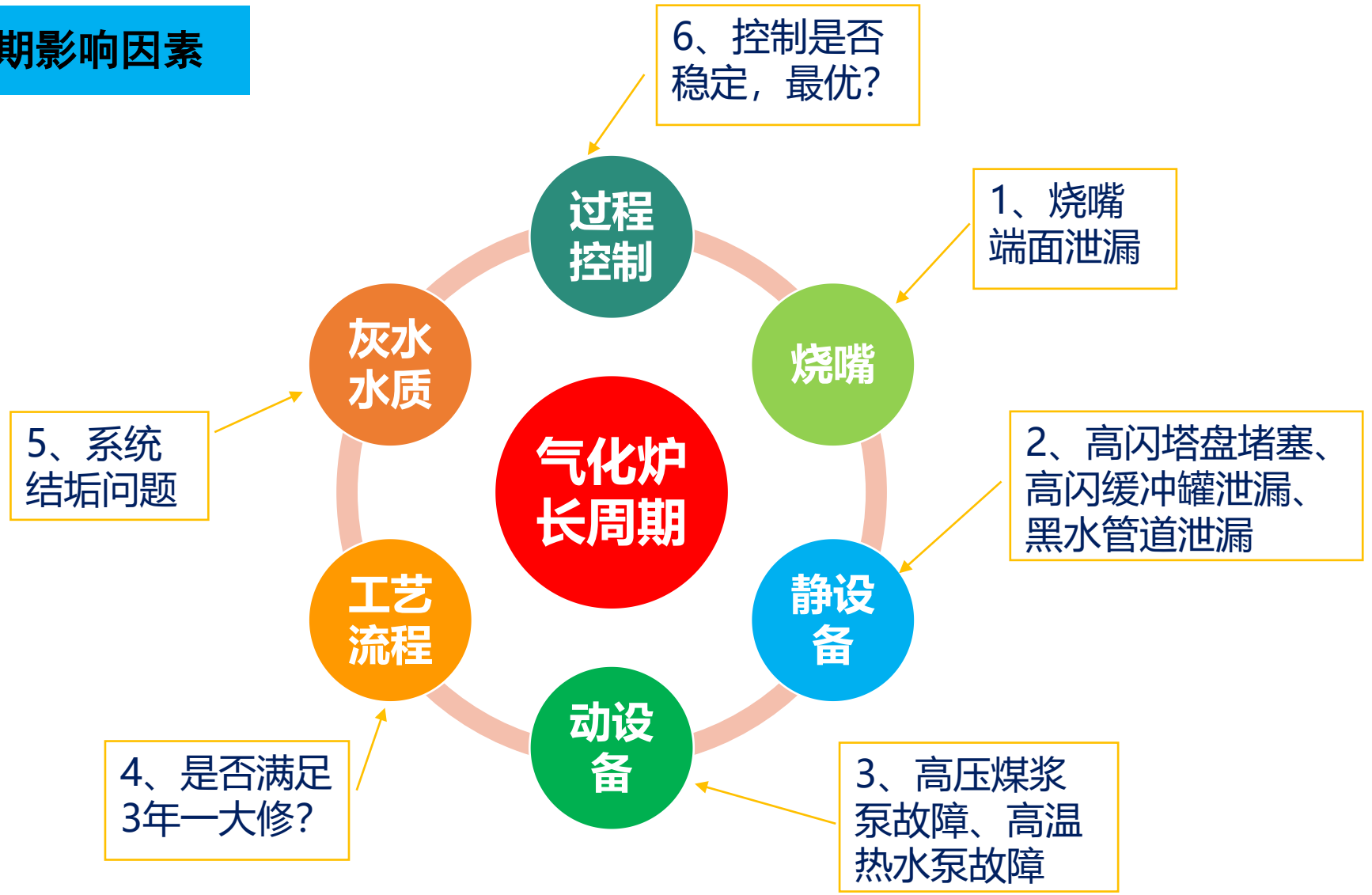
气化炉整体运行情况

- **气化二期B气化炉于2025年7月3日投料，A炉运行最长112天，整体运行情况良好。**
- **气化炉开停车情况，两台炉倒炉5次，整体运行平稳。**
  - B炉倒炉3次，倒炉原因：烧嘴运行83天之后盘管泄漏，其它2次为计划倒炉；
  - A炉倒炉2次，倒炉原因：蒸发热水塔盘运行65天之后堵塞，另外1次为计划倒炉。

序号	项目	内容
1	气化炉直径，mm	4000
2	原煤处理量，T	3300/4000（max）
3	有效气产量，Nm^3/h	200000
4	有效气含量，%	82.5
5	氧煤比	475
6	烧嘴压差，MPa	0.25
7	比氧耗	365
8	比煤耗	675
9	煤浆浓度，%	62.5-63
10	粗渣残碳，%	5-10
11	细渣残碳。%	15-20

二、4000吨级气化炉运行总结

气化炉长周期影响因素



二、4000吨级气化炉运行总结

1、烧嘴长周期运行优化

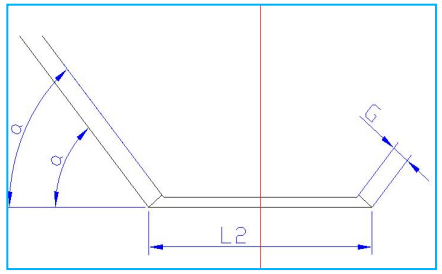
优化背景：2026年2月5日，B炉烧嘴**端面泄漏**，气化炉停车，烧嘴运行了83天

□ 原因分析：

- 烧嘴中心氧比例为16%，**氧气流速偏低**，期间多次运行到13500m³/h以下，低负荷是烧嘴损坏的主要原因；
- **低负荷时中心氧流速偏低，只有90m/s**

□ 改善措施：

- 严格控制烧嘴负荷在最低负荷13500m³/h以上，中心氧比例控制在17-18%；
- 烧嘴结构优化，**将烧嘴α角由50°改为55°**，提高雾化效果，提高中心氧流速。



烧嘴α角由50°改为55°



优化前：二期运行83天的烧嘴



优化后：二期运行80天的烧嘴

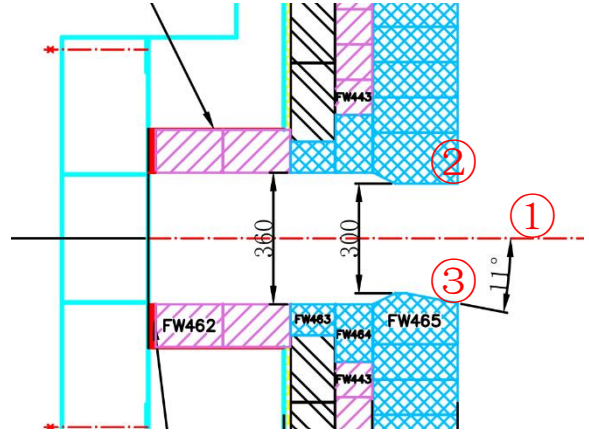
□ 烧嘴砖优化：

① 将烧嘴炉口砖尺寸改小，**减少工艺气回流**；

② 炉口砖改为上平，防止渣回到烧嘴通道内；

③ 炉口砖下部为突台且斜向下，便于渣流出；

优化后烧嘴运行112天，没有问题。



烧嘴砖优化

2、静设备长周期运行优化-蒸发热水塔塔盘优化

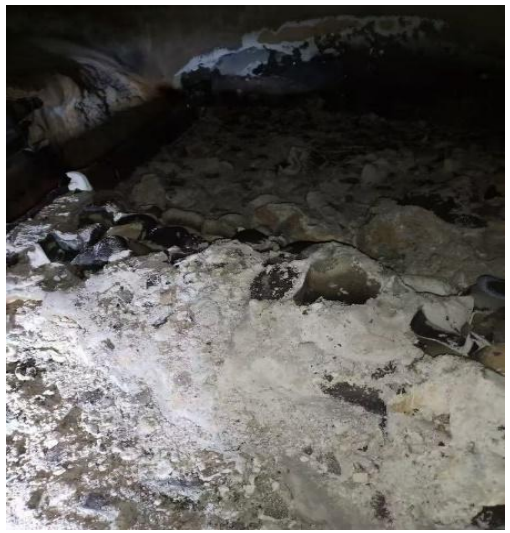
优化背景： 2026年4月11日，A气化炉运行65天之后**蒸发热水塔塔盘堵塞**，之后进行了倒炉

□ 原因分析：

- 蒸发热水塔塔盘为固阀，阀高为12mm，开孔率为8.4%，比较低，容易堵塞塔盘；
- 灰水总硬比较高，1500mg/L左右，主要原因是原煤中钙高（钙含量大于30%）。

□ 改善措施：

- **将普通固阀型式改为伞形型式，开孔率改大，由8.4% 改为14%，目前A炉运行95天未出现塔盘堵塞情况；**
- 增加灰水槽原水补水量并加大灰水外排量，将总硬控制在1000mg/L左右，减少高钙煤的使用。



优化前：塔盘堵塞情况



优化后：更换塔盘形式

2、静设备长周期运行优化-蒸发热水塔缓冲罐结构优化

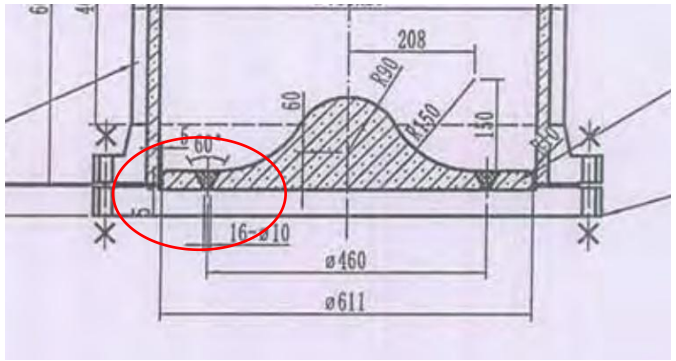
优化背景： 2025年10月25日，A炉至蒸发热水塔缓冲罐底部**盲法兰有砂眼泄漏**

□ 原因分析：

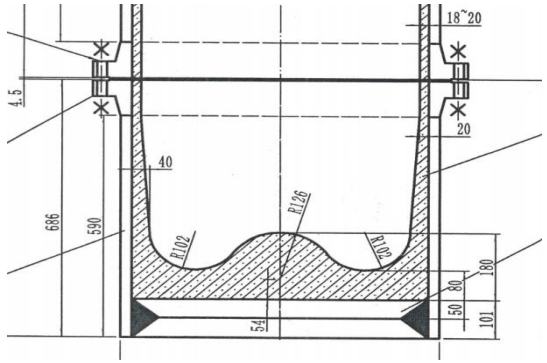
- 蒸发热水塔缓冲罐结构设计不合理，强度不足，盲法兰和缓冲罐**安装后有缝隙，容易沿着缝隙冲刷**

□ 改善措施：

- 将蒸发热水塔缓冲罐底部盲法兰的耐磨合金改为**一体铸造式**的短节



优化前：盲法兰和缓冲罐连接处有缝隙



优化后：改为一体铸造式短节



优化前：耐磨合金脱落损坏



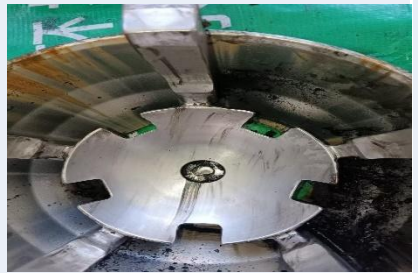
优化后：耐磨合金完好，冲刷小

二、4000吨级气化炉运行总结

3、动设备长周期运行优化-高压煤浆泵材质优化

优化背景： 高压煤浆泵原装夹紧环、阀球限位器使用**碳钢材质**，运行一个周期（约3个月）就已穿孔严重，最恶劣时使用**一个月便已穿孔**，影响长周期运行，且进口备件价格较高

- **原因分析：**
  - 气化磨煤接收了园区一些废水，对碳钢材料有一定的腐蚀。
- **改善措施：**
  - 将夹紧环、阀球限位器进行国产化并材质升级为**304不锈钢**。
- **效果：**
  - 改造后运行半年未发现明显腐蚀，后续计划将隔膜软管国产化；
  - **费用节省2/3，且极大地缩短了采购周期。**

部件	进口运行一周期	状况	国产运行一周期	状况
加强圈		冲刷腐蚀严重，出现断裂		存在冲刷痕迹，但未断裂
阀球限位器		冲刷腐蚀穿孔严重		基本无冲刷腐蚀
夹紧环		表面磨损锈蚀		基本无冲刷腐蚀

4、工艺流程长周期运行优化

□ 渣水系统改为四级闪蒸

传统闪蒸为三级闪蒸，真闪压力为-0.056MPa，我们设置四级闪蒸，真闪为两级，**一级真闪压力为-0.07MPa，二级真闪压力为-0.09MPa，灰水温度为45℃。**



优化后：运行1年后的外排废水管线

1、优势：

① 灰水温度低，碳酸钙溶解度高，**结垢倾向弱**；

② 通过两级真闪，将黑水中的CO_2大量解析出来，减少碳酸钙的形成，灰水系统结垢减弱；

③ 减少灰水中氨的散逸；

④ 灰水温度低，降低了废水换热器的负荷，**延长了换热器的寿命，减少了水枪清理工作。**

2、不足：

① 回用系统的灰水温度低，**增加了除氧器蒸汽的用量。**

3、运行情况：

① 废水换热器运行周期60-80天；

② 外排废水管道用了1年，2026年7月检查垢层有2cm厚，流量无明显降低，**可以实现3年一大修的目标。**

4、工艺流程长周期运行优化

增设灰水除硬装置

- **优化背景：**气化灰水由煤气化过程产生的气化黑水经过PAM絮凝沉降后得到，气化灰水**硬度约为1200~1500 mg/L**，ss <30 mg/L，氨氮<500ppm、COD<1000ppm。由于气化灰水去向较多，硬度高则会造成管道结垢，影响气化长周期运行

- **改善措施：**增设灰水除硬装置，气化灰水除硬装置设计两系列，每系列设计处理负荷250 m3/h，设计总处理规模500 m3/h。正常生产期间，灰水除硬装置根据气化装置一二期负荷选择运行模式，可采用单系列运行或者两系列同时运行的模式运行，可根据来水负荷灵活调整除硬装置负荷。年操作时间：8000 h，操作弹性50~100 %，**除硬灰水总硬度<100 mg/L**，产水最大负荷500 m3/h

采样日期(报告单)	样品名称	工序	总硬度,mg/L
2026/10/15 7:00:00	灰水	气化二期工序	20.74
2026/10/14 7:42:40	灰水	气化二期工序	157.74
2026/10/13 7:00:00	灰水	气化二期工序	190.61
2026/10/12 9:38:09	灰水	气化二期工序	95.56
2026/10/11 0:00:01	灰水	气化二期工序	78.28

灰水硬度指标

5、环保优化

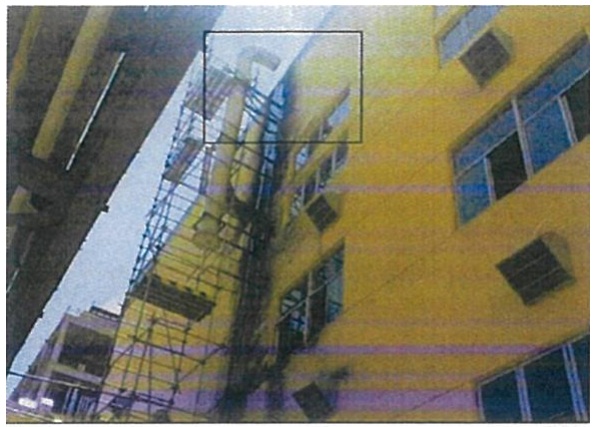
➢ 511磨煤机放空增加尾气处理装置

优化背景：近年来，环保形势日益严峻。因煤气化行业内普遍存在产业链废水难处理的现状，所以磨煤系统也承担了处理产业链废水的职责。目前装置内**单台磨机废水处理量约为24m³/h**，由于磨机接收废水有板框滤液废水、废煤浆、变换含氨凝液、黄水、硝化废水等废水，磨机筒体内温度较高（60℃），主要产生氨气等尾气，目前**废气量约为30000Nm³/h，氨浓度约为120mg/Nm³**，现场味道较大

进磨煤机水质分析

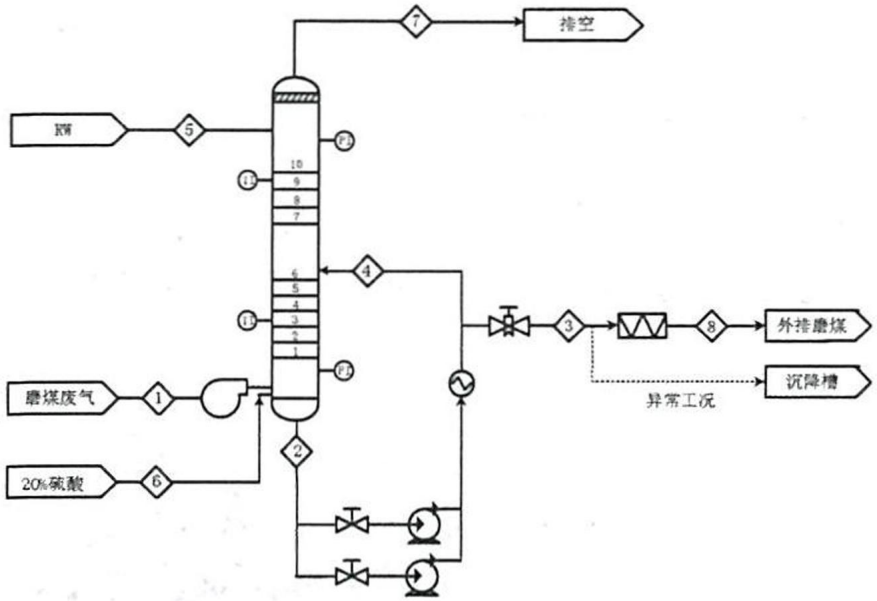
项目	pH	氨氮/（mg/L）	COD/(mg/L)
板框滤液	6~9	450	900
黄水	8~9	800	2000
硝化废水	6~9	1800	2000
变换凝液	7~10	12000	-
氢化废水	7~9	800	1800

进磨煤机水质分析



现场放空污染

改善措施：在磨机抽引风机出口放空管接吸收塔，通过循环水洗+酸洗方案可将氨浓度**降至0.5mg/Nm³**，洗涤水再送至磨机用水。洗涤后合格的磨煤尾气于高点放空，减少现场异味，优化园区空气质量，保护环境



磨煤尾气吸收流程

二、4000吨级气化炉运行总结

6、质量优化

➢ 增设煤浆提浓装置

优化背景：福建与烟台的有效气**成本差距主要体现在原料消耗方面，即氧耗与煤耗；**

随着福建基地产能逐步扩大，造气二期开车，**成本差距将进一步扩大。**

根据24年气化运行数据，氧耗、煤耗与煤浆浓度基本呈线性关系，降低成本的**关键在于提高煤浆浓度。**

改善措施：根据**分级研磨技术**，引进中煤科工提浓装置，采用两级配比细磨机独立于目前运行系统，不影响现有装置运行；煤浆浓度可在**当前水准提升2%以上**

现目前福建水煤浆浓度基本稳定至**63%~63.5%，煤单耗由6.933降至6.721**，煤浆提浓装置运行稳定



对标烟台成本

指标	提浓前		提浓后	
	Ⅰ期	Ⅱ期	Ⅰ期	Ⅱ期
日期	1.1—1.14	1.1—1.14	1.28—2.2	1.28—2.2
浓度/%	62.04	61.08	63.14	62.81
效果	一期提升约 1.18%，二期提升约 1.73%			
粘度/mPa·s	472	446	593	586
流动性	滚筒筛 5 格		滚筒筛 2~3 格	
效果	粘度升高约 150mPas，现场观察煤浆流动性有提升			

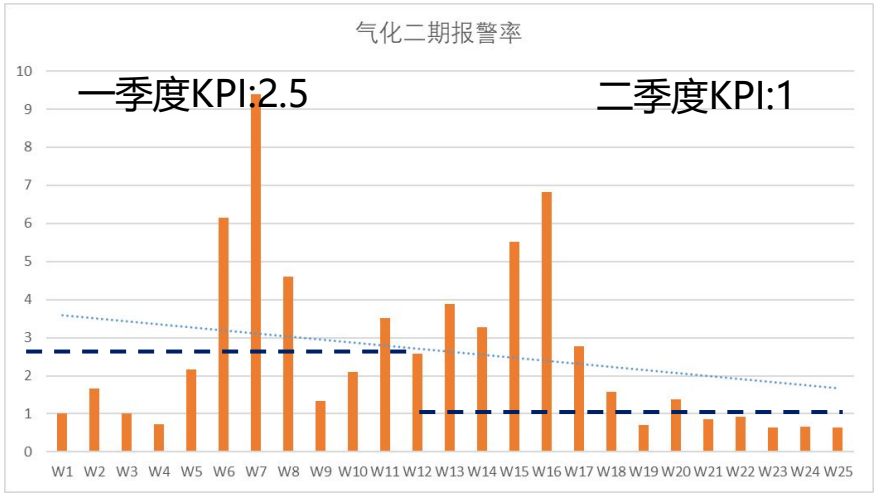
提浓前后数据对比

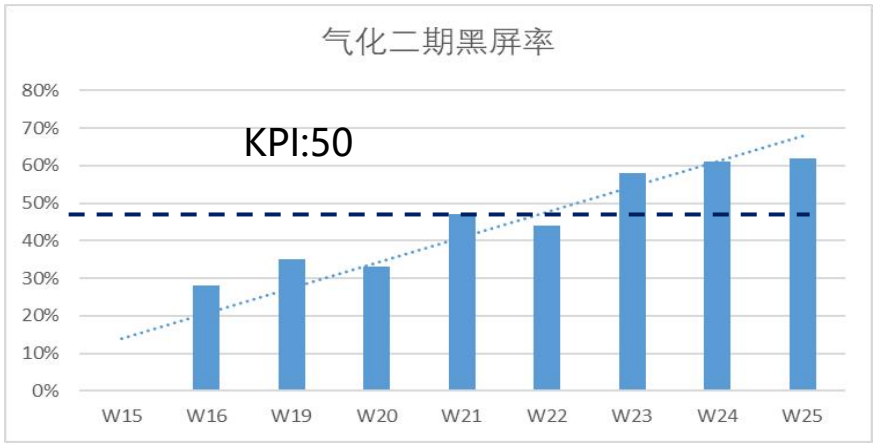
二、4000吨级气化炉运行总结-过程控制

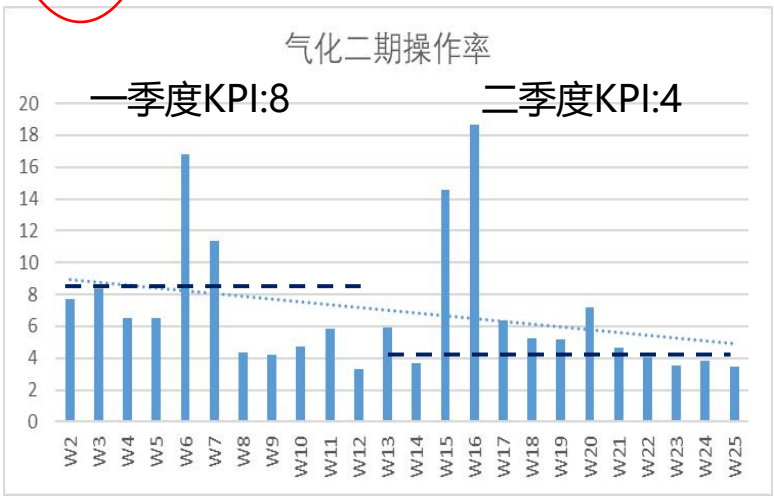
四率展示

黑屏率（自主运行率）： DCS画面持续运行50分钟以上不被打断的时间除以总运行时间

名称	黑屏率(%)	最佳时长	开始时间	结束时间
净化	60.00%	00天03小时41分	2026-09-10 02:48:57	2026-09-10 06:30:40
合成	87.00%	00天09小时56分	2026-09-09 20:41:34	2026-09-10 06:37:50
气化	60.00%	00天00小时54分	2026-09-09 07:30:00	2026-09-09 08:24:26







气化二期		
类别	一季度	二季度
平均报警率	2.2	1.42
平均操作率	6.3	4.9
平均黑屏率	/	36.8
季度末月平均黑屏率	/	60.3

二、4000吨级气化炉运行总结-过程控制



- **自主运行分析日：**持续每周五的自主运行分析日，并针对**疑难问题邀请主管参与**，方便更快解决问题。
- **三地对标：**5月份就过控的自主运行的**14个疑难问题与烟宁进行了对标**，并制定相关责任人和落实计划。
- **班组考核：**根据自主运行的指标将指标分解至班组和工程师，**提升班组对自主运行的积极性。**

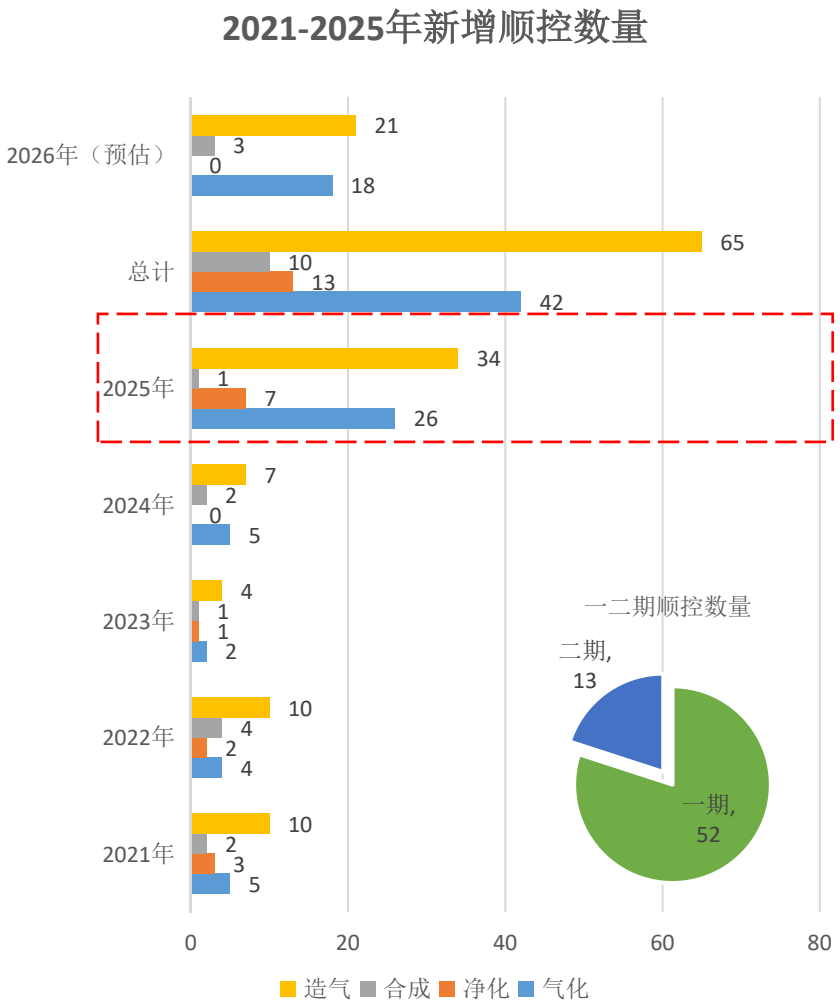

气化二期自主运行提升




26年造气装置“精准激励”考核清单（过安过控）

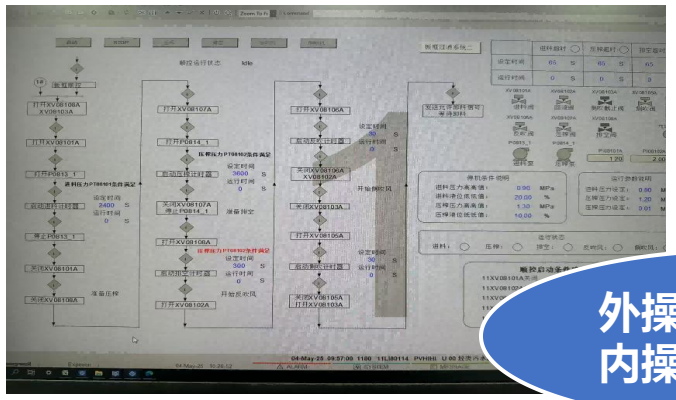
二、4000吨级气化炉运行总结-过程控制

造气装置2025年因操作优化、技改、二期项目等共新增并投用顺控34个。主要顺控的实施减少了操作员的操作，提升了整体的自动化水平。



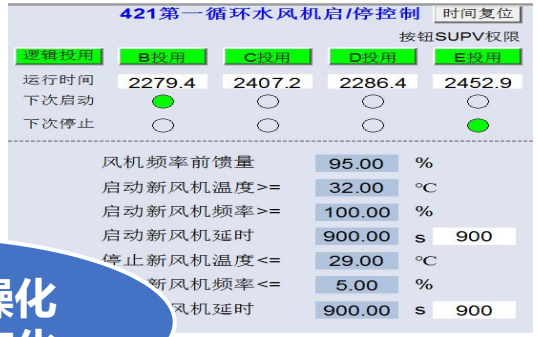
1 板框协调控制顺控

- 实现板框**减少周操作800次**，减少报警。



3 风机自动启停顺控

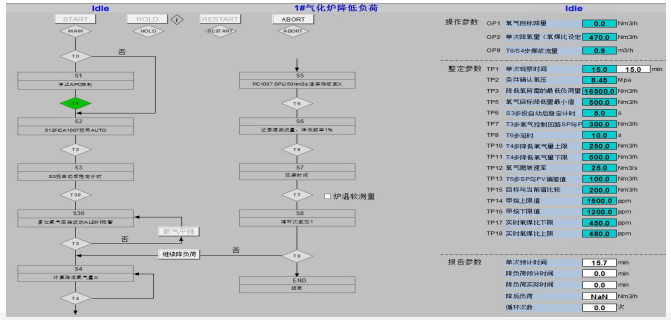
- 实现根据温度和变频情况自动启停风机，降低电耗，预估收益**7万/月。**



外操工作内操化
内操工作程序化

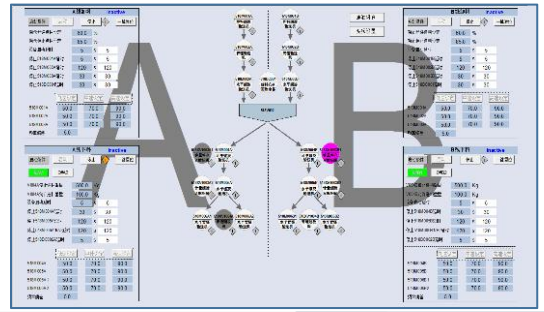
2 一期气化炉升降负荷顺控

- 实现自动化升降负荷，减少对煤浆氧气人工调节，约每周减少**1000次。**



4 皮带技改顺控

- 实现**扩能改造**配套的单线改**双线**的顺控运行。



二、4000吨级气化炉运行总结-过程控制

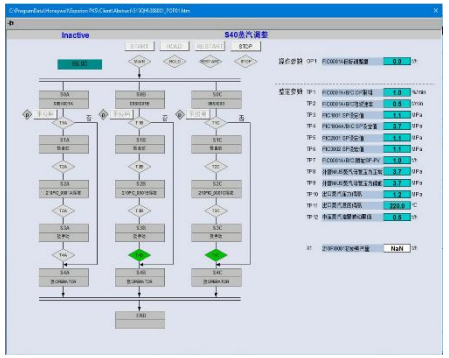
顺控优化

➢ **S40负荷调整顺控：**气化需根据调度通知，频繁调整S40负荷，为减少压力波动，每次**调节幅度在1%**个阀位，故**每周**需操作**150次**左右。

周数	工序	设备	描述	数量
2026/4/10	气化	088PIC_1001	pida.op	115
2026/4/24	气化	088PIC_1002	AUTOMANA.OP	63
2026/5/1	气化	088PIC_1001	pida.op	104
2026/5/15	气化	088PIC_1001	pida.op	127
2026/5/15	气化	088PIC_1002	AUTOMANA.OP	38
2026/5/22	气化	088PIC_1001	pida.op	95
2026/5/22	气化	088PIC_1002	AUTOMANA.OP	94
2026/5/29	气化	088PIC_1001	PIDA.OP	228
2026/6/5	气化	088PIC_1001	pida.op	156
2026/6/12	气化	088PIC_1001	PIDA.OP	104
2026/6/19	气化	088PIC_1002	AUTOMANA.OP	71
2026/6/19	气化	088PIC_1001	pida.op	55

S40负荷调整顺控

只需输入负荷目标值，即可自动爬坡

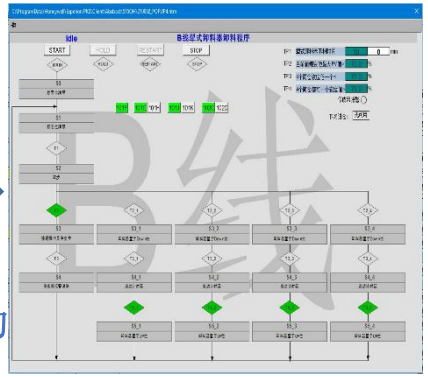


➢ **犁式卸料器顺控：**每 20 分钟左右需依据小煤筒仓液位调整犁式卸料器，**每周**需操作**200~300次**，且监控不及时易触发**筒仓液位高报警。**

周数	工序	设备	描述	数量	重复次数	原因归属	直接原因	临时整改措施
2026/5/15	气化	518L_101C	devctla.gop	61	12	控制调整	犁式卸料器	微犁式卸料器原控
2026/5/15	气化	518L_101E	devctla.gop	57	19	控制调整	犁式卸料器	微犁式卸料器原控
2026/5/15	气化	518L_101H	devctla.gop	55	10	控制调整	犁式卸料器	微犁式卸料器原控
2026/5/15	气化	518L_101K	devctla.gop	54	13	控制调整	犁式卸料器	微犁式卸料器原控
2026/5/22	气化	518L_101E	devctla.gop	128	19	控制调整	犁式卸料器	微犁式卸料器原控
2026/5/22	气化	518L_101K	devctla.gop	120	13	控制调整	犁式卸料器	微犁式卸料器原控
2026/5/22	气化	518L_101C	devctla.gop	86	12	控制调整	犁式卸料器	微犁式卸料器原控
2026/5/22	气化	518L_101H	devctla.gop	74	10	控制调整	犁式卸料器	微犁式卸料器原控
2026/5/29	气化	518L_101K	devctla.gop	100	13	控制调整	犁式卸料器	微犁式卸料器原控
2026/5/29	气化	518L_101E	devctla.gop	85	19	控制调整	犁式卸料器	微犁式卸料器原控
2026/5/29	气化	518L_101H	devctla.gop	53	10	控制调整	犁式卸料器	微犁式卸料器原控
2026/5/29	气化	518L_101C	devctla.gop	50	12	控制调整	犁式卸料器	微犁式卸料器原控
2026/6/5	气化	518L_101K	devctla.gop	82	13	控制调整	犁式卸料器	微犁式卸料器原控
2026/6/5	气化	518L_101E	devctla.gop	75	19	控制调整	犁式卸料器	微犁式卸料器原控
2026/6/12	气化	518L_101K	devctla.gop	74	13	控制调整	犁式卸料器	微犁式卸料器原控
2026/6/12	气化	518L_101H	devctla.gop	46	10	控制调整	犁式卸料器	微犁式卸料器原控
2026/6/12	气化	518L_101E	devctla.gop	43	19	控制调整	犁式卸料器	微犁式卸料器原控
2026/6/12	气化	518L_101C	devctla.gop	34	12	控制调整	犁式卸料器	微犁式卸料器原控
2026/6/19	气化	518L_101C	devctla.gop	86	12	控制调整	犁式卸料器	微犁式卸料器原控
2026/6/19	气化	518L_101H	devctla.gop	72	10	控制调整	犁式卸料器	微犁式卸料器原控
2026/6/19	气化	518L_101E	devctla.gop	55	19	控制调整	犁式卸料器	微犁式卸料器原控
2026/6/19	气化	518L_101K	devctla.gop	48	13	控制调整	犁式卸料器	微犁式卸料器原控

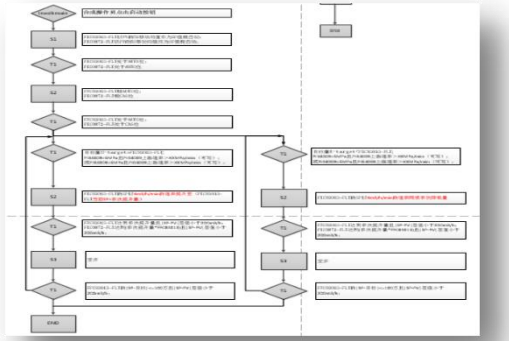
犁式卸料器顺控

根据筒仓液位自动调整犁式卸料器

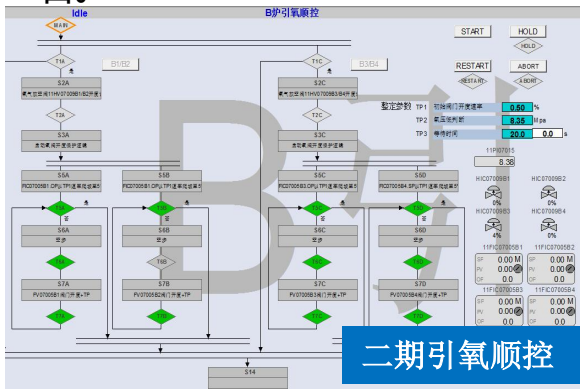


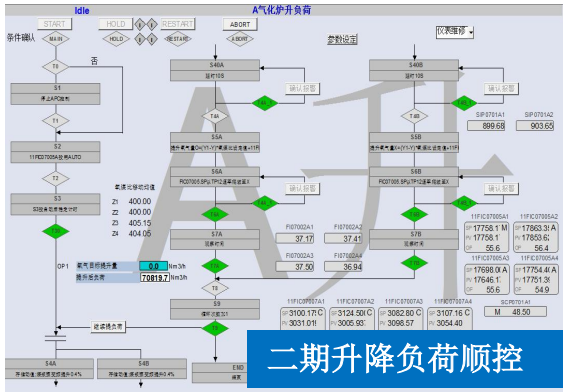
➢ **变换和未变换负荷调整顺控：**一二期管网互联互通，因压力互相影响及下游跳车符合调整，导致系统不稳定，操作较多；这些占造气总操作数的40%左右。

开发装置级负荷调整顺控，预计可降低（净化&合成）**操作量300次左右；自主运行水平提升15%，**实现自动化水平的提升以及**产业链的协同**，为无人调度实施打下基础。



➢ **二期气化炉升降负荷及引氧顺控：**实施可**减少周操作数量700次**左右。





二、4000吨级气化炉运行总结-过程控制

控制系统优化

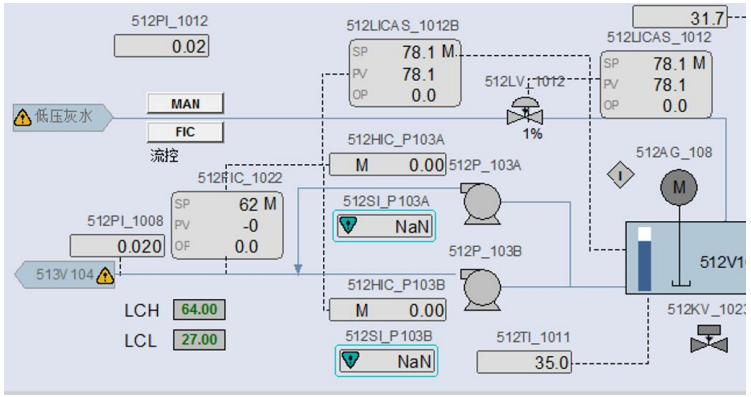
渣池液位控制优化：

优化背景：原设计渣池液位同时控制渣池补水及渣池泵变频排水，**补水和排水变频控制同时由渣池液位控制**，导致投自动时，补水和排水阀门一起动作

改善措施：1、流量设置控制死区，在一定范围SP±5m3/h（死区值可能根据实际情况有所调整）不做调整

2、将渣池液位控制回路拆分为两个PID，一个控制渣池补水，另一个控制渣池泵变频排水

3、**渣池液位在35-70%由排水流量控制，渣池液位在<35%或>70%由渣池液位接管，液位<30%补水液位控制**



渣池液位控制优化

SIS阀门增加开关时间监测：

优化背景：气化炉进行大联锁实验时，**仅可以看到整体时间**，若超时，无法快速锁定是哪个阀门的问题。且气化炉检修后开车前阀门调试时，因阀门开关时间过快（3s以内）现场记录阀门开关时间可能无法准确。后续可能导致大联锁实验不成功或开车顺控无法进行下去

改善措施： 在DCS画面上利用通讯的SIS电磁阀和回讯状态，设置一张画面，可以清晰地看到阀门地电磁阀情况和阀门的回讯。在SIS系统，利用SOE（时间顺序记录）组态每个阀门的开关时间，若出现问题可**快速找到故障阀门**超时



SIS阀门开关时间图

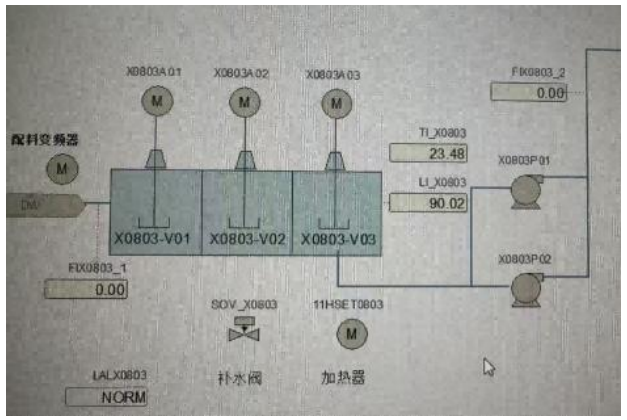
二、4000吨级气化炉运行总结-过程控制

控制系统优化

絮凝剂自动加药装置控制优化及远程监控：

优化背景：絮凝剂作为气化渣水区域将水中杂质进行聚合沉降的药剂，日常中时常需要进行配药。但**由于加药装置为现场PLC控制柜**，无法DCS监测其运行状态及加药装置液位，出现故障时无法远程判断，只能通过现场人员巡检检查，且加药泵启停只能由**中控人员自行判断启停**

改善措施：气化二期在前期对絮凝剂自动加药装置供应商提出DCS远程控制及对应点位、故障信号需求，将自动加药装置液位、温度、流量及故障信号、对应阀门及机泵操作引至DCS，并**设计液位高低自动启停加药泵**，**实现远程操作及监控功能**



絮凝剂自动加药装置

DCS增加主动性监控：

优化背景：在日常中控监盘中，关键参数的变化若**未到报警值，则系统不触发报警**，人员未观察到则可能会造成系统负荷波动甚至停车

改善措施： 在DCS系统上增加主动性监控功能，其主要功能包括关键参数偏差报警、关键仪表间偏差报警、HART监控、IPL控制回路检查、DCS&SIS联锁可视化、关键动设备泵群检测、在线分析健康检测等功能，**使系统能自主并判断关键设备及参数**，并提醒工艺人员



关键参数偏差报警

二、4000吨级气化炉运行总结-展望未来



现在—全程监盘模式



未来—值班值守模式

- 设备稳定，机电仪……
- 软件系统更新……
- 控制先进……
- 智能化控制，AI应用……

感谢各位老师前辈、兄弟企业及各供应商的技术支持与经验分享！

创新成就卓越　INNOVATION CREATES EXCELLENCE