



兖矿鲁南化工有限公司

YANKUANG LUNAN CHEMICALS CO.,LTD.

# 多喷嘴水煤浆气化装置 长周期高负荷运行经验交流

李 波

第四届多喷嘴对置式煤气化技术推广及应用研讨会



- 多喷嘴水煤浆气化技术是国内外成功应用的煤气化技术之一。
- 由于装置长周期安全运行是确保企业安全生产和提高经济效益的基本条件，煤气化工艺及装置的长周期安全运行受到了高度重视。
- 煤质的定型是大框架，运行过程中想达到理想中的不波动是不现实，因此就需要做到煤质变化的同时操作跟得上才可避免系统波动。



- 2013年8月11日~2014年8月11止，多喷嘴气化炉单炉累计运行8492小时，单炉在线运行率高达97%。
- 期间，该装置检修清理闪蒸系统1次，用时9天，开停车8次（单对连投4次，换烧嘴4次）。
- 运行负荷105%以上。从2014年4月份起投用提产改造烧嘴，负荷达到120%以上运行。



# 多喷嘴对置式气化装置工艺烧嘴提产改造

鲁南化肥厂多喷嘴对置式水煤浆气化装置在仅对工艺烧嘴进行改造后，实现系统提产**20%**，改造前分析比较了改造前后关键工艺数据，得出

多喷嘴对置式水煤浆气化系统具有良好的工业运行性能，系统操作弹性大，能很好满足企业提产要求。



# 多喷嘴对置式气化装置工艺烧嘴提产改造

- 2007年在鲁南化肥厂双结构改造中，建设了一台日处理1000吨原煤的四喷嘴对置式水煤浆加压气化装置，操作压力4.0MPa。
- 2008年8月1日一次投料成功并实现原始开车连续运行78天。
- 由于该气化炉没有备炉，我们通过系统挖潜，2012年3月提出通过改造工艺烧嘴，实现在设计满负荷状态下提产10%，运行结果表明气化系统稳定。



# 多喷嘴对置式气化装置工艺烧嘴提产改造

- 2014年2月，再次确定通过改造烧嘴，实现气化炉提产20%。  
分二个阶段实施：
  - 第一阶段在日处理1000吨原煤的基础上提产10%；
  - 第二阶段在日处理1000吨原煤的基础上提产20%。
- 2014年4月，满足提产要求的烧嘴（设计负荷的120%）制造完成，并于2014年4月29日投用稳定运行至今。



# 多喷嘴对置式气化装置工艺烧嘴提产改造

## 120%负荷考核过程条件描述

- 本公司气化炉原设计能力为1000吨原煤/天，在气化系统其他设备、管线、阀门等均维持不变的情况下，仅通过**改造工艺烧嘴**，实现提产10%和20%，即气化系统在设计能力的110%和120%下运行。
- 运行结果表明，**各项气化指标均达到工艺要求**。为获得提负荷后的运行数据，开展了气化装置的运行现场考核。



# 多喷嘴对置式气化装置工艺烧嘴提产改造

## 考核时间段

考核时间和负荷情况如表一所示。

煤浆泵转速(rpm)	负荷率	运行周期	运行时间
~960	100%	2014年3月22日~24日	72小时
~1060	110%	2014年5月1日	24小时
~1160	120%	2014年5月10日~12日	72小时





# 多喷嘴对置式气化装置工艺烧嘴提产改造

## 考核标准

- 按鲁南化工多喷嘴对置式水煤浆气化装置(D#气化炉)4.0MPa工艺软件包设计，在日处理1000吨原煤的基础上提产20%。
- 工艺软件包PDP第二版第二分册中物料热量平衡表第20页所述，日处理1000吨原煤的粗制水煤气量（湿气）为183196.00 Nm<sup>3</sup>/h，入磨机原煤为42t/h。
- 从2014年4月29日至今，在高负荷下对多喷嘴气化炉装置提产工艺烧嘴进行连续72h运行考核。



# 考核指标内容

考核主要指标如下：

- 煤气有效成分： $\text{CO}+\text{H}_2 \geq 81\%$ ；
- 投煤量：1200t/d（干基），煤浆浓度： $\geq 61.5\%$ ；
- 粗制水煤气量（湿气）：238200 Nm<sup>3</sup>/h；

## 考核数据依据（120%负荷）

煤浆泵转速 rpm	煤浆浓度 %	煤浆流量 (单烧嘴) m <sup>3</sup> /h	氧气流量 单烧嘴 Nm <sup>3</sup> /h	合成气成分 (CO+H <sub>2</sub> ) vol%	出水洗塔粗 煤气温度 ℃
1160	$\geq 61.5$	17.1	8000	$\geq 81$	213



# 多喷嘴对置式气化装置工艺烧嘴提产改造

## • 提产后工艺烧嘴运行情况

项目 日期	煤浆 泵	煤浆流量				煤浆流量 (表)	煤浆	气化炉膛压差	激冷水	气化炉液 位
	转速 rpm	FI 1202A m <sup>3</sup> /h	FI 1202B m <sup>3</sup> /h	FI 1202C m <sup>3</sup> /h	FI 1202D m <sup>3</sup> /h	FI 1202A~D m <sup>3</sup> /h	DCS累 计 m <sup>3</sup> /d	PDI 1305 (MPa, G)	FIC 1408 m <sup>3</sup> /h	LIC 1301 m
3-22	960	14.2	15.2	13.2	14.2	56.8	1366.7	0.030	249	2.93
3-23	960	14.1	15.4	13.3	14.1	57.0	1370	0.030	250	2.94
3-24	960	14.3	15.2	13.4	14.3	57.1	1371.1	0.030	250	2.92
5-1	1060	15.5	16.5	14.3	16.0	62.3	1498	0.030	260	2.91
5-10	1160	16.5	17.3	16.6	17.3	67.8	1617	0.031	280	2.78
5-11	1160	17.0	17.5	16.3	17.2	68.0	1636.4	0.030	281	2.78
5-12	1160	17.0	17.6	15.9	17.2	67.6	1636.3	0.036	283	2.78667



项目 日期	煤浆泵	煤浆流量				煤浆流量 (表)	煤浆	气化炉膛压差	激冷水	气化炉液 位
	转速 rpm	FI 1202A m <sup>3</sup> /h	FI 1202B m <sup>3</sup> /h	FI 1202C m <sup>3</sup> /h	FI 1202D m <sup>3</sup> /h	FI 1202A~D m <sup>3</sup> /h	DCS累 计 m <sup>3</sup> /d	PDI 1305 (MPa, G)	FIC 1408 m <sup>3</sup> /h	LIC 1301 m
3-22	960	14.2	15.2	13.2	14.2	56.8	1366.7	0.030	249	2.93
3-23	960	14.1	15.4	13.3	14.1	57.0	1370	0.030	250	2.94
3-24	960	14.3	15.2	13.4	14.3	57.1	1371.1	0.030	250	2.92
5-1	1060	15.5	16.5	14.3	16.0	62.3	1498	0.030	260	2.91
5-10	1160	16.5	17.3	16.6	17.3	67.8	1617	0.031	280	2.78
5-11	1160	17.0	17.5	16.3	17.2	68.0	1636.4	0.030	281	2.78
5-12	1160	17.0	17.6	15.9	17.2	67.6	1636.3	0.036	283	2.78667

项目 日期	煤浆泵	入炉煤浆		粗煤气分析				粗渣
	转速 (rpm)	浓度 (wt%)	粘度 (cP)	CO%	H <sub>2</sub> %	CO <sub>2</sub> %	CH <sub>4</sub> (ppm)	可燃物 (%)
3-22	960	62.00	991	50.0	32.6	17.4	426	2.5
3-23	960	62.31	1017	50.1	32.5	17.4	426	2.3
3-24	960	62.38	974	50.2	32.9	17.2	439	5.6
5-1	1060	62.05	1029	50.3	32.4	17.2	749	1.5
5-10	1160	61.55	955	49.9	32.4	17.7	579	9.1
5-11	1160	61.07	860	49.8	32.6	17.6	595	2.1
5-12	1160	61.66	840	50.1	32.4	17.5	576	4



# 多喷嘴对置式气化装置工艺烧嘴提产改造

## 提产后运行情况分析

- 对2014年4月29日至2014年5月11日期间的气化装置运行数据分析，关键指标的小时运行见趋势图

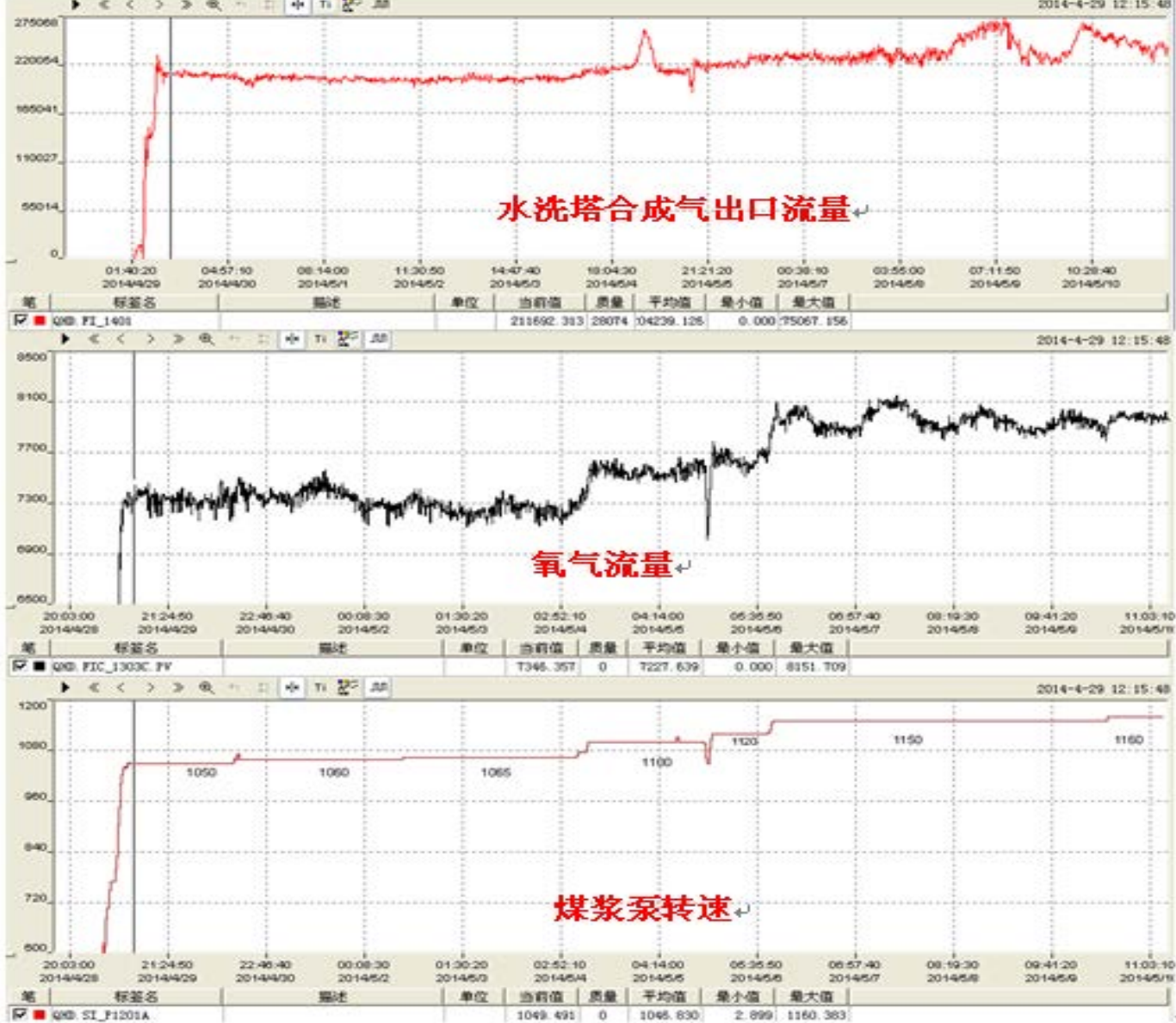


图1 出水洗塔粗煤气流量与氧气流量和煤浆泵转速对应关系

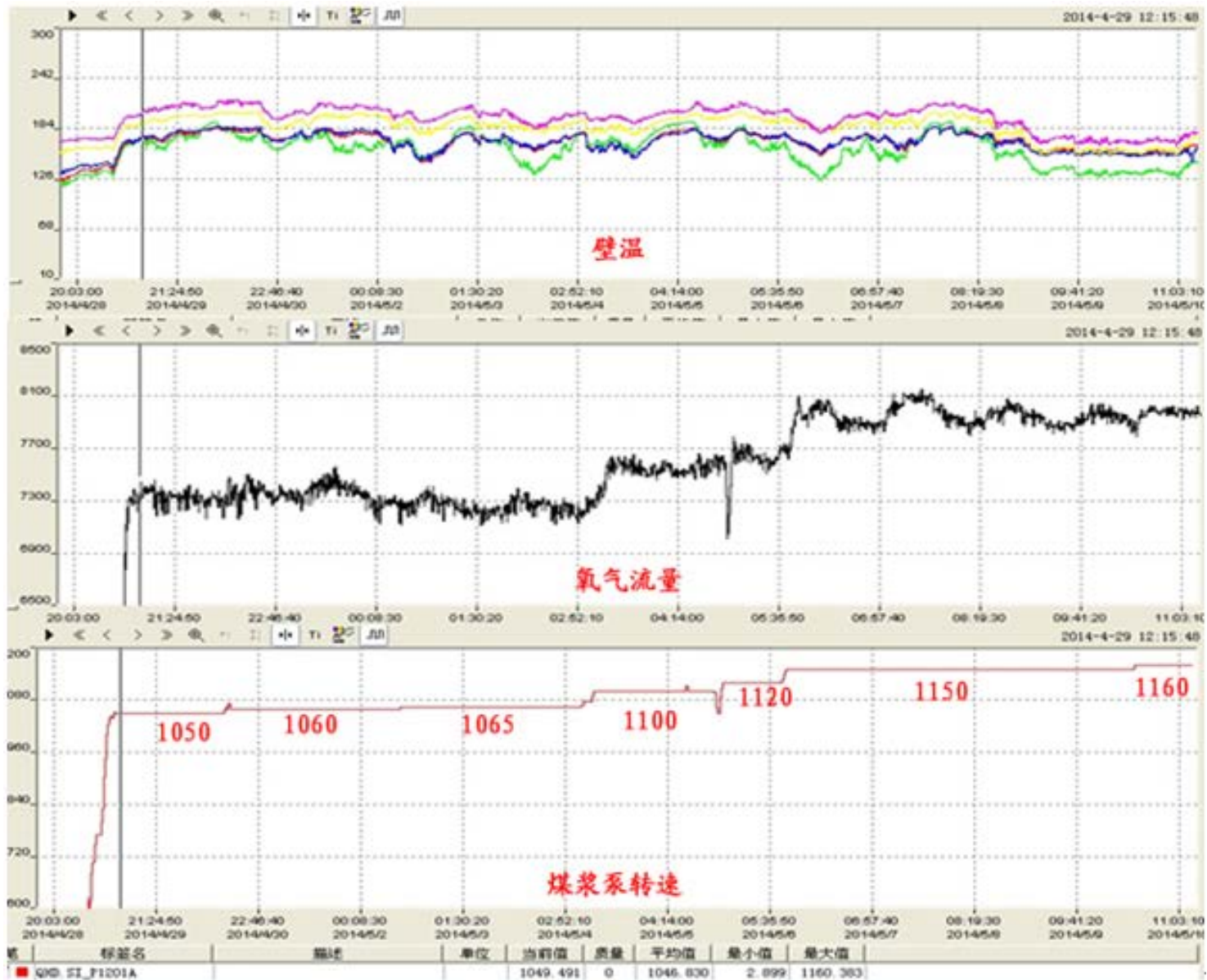


图2 壁温与氧气流量和煤浆泵转速对应关系

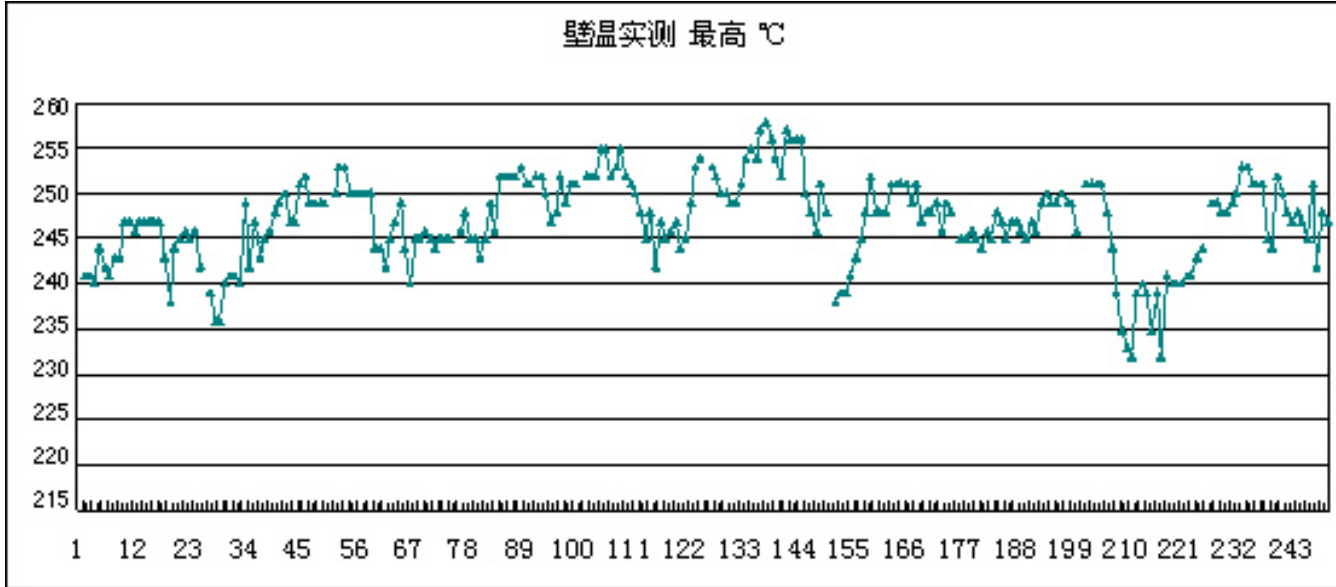


图3提负荷过程中气化炉实测壁温

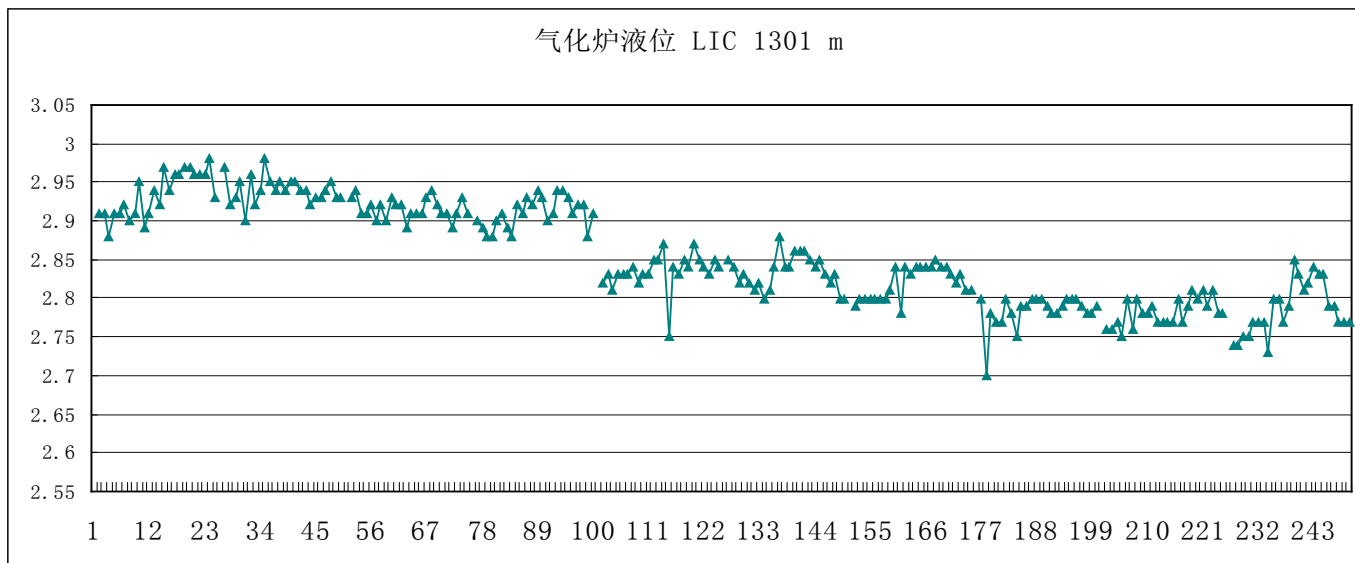


图4提负荷过程中气化炉液位变化情况



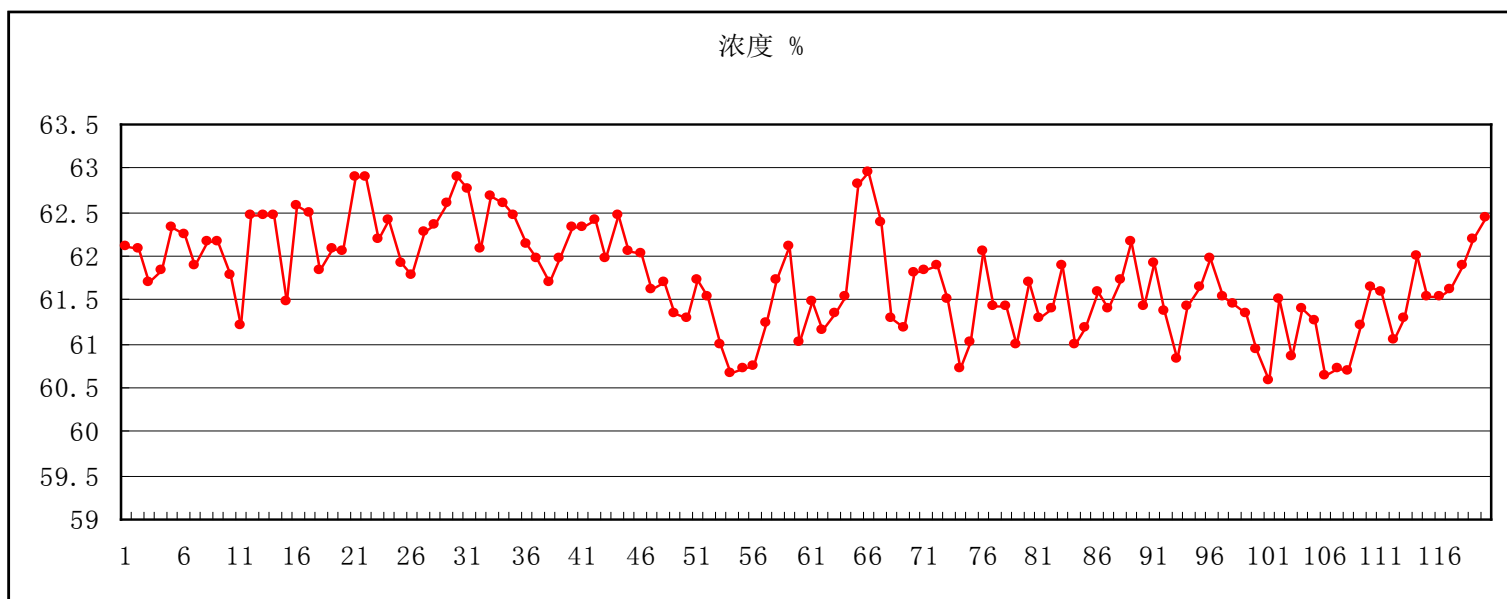


图5提负荷过程中入炉煤浆浓度波动情况

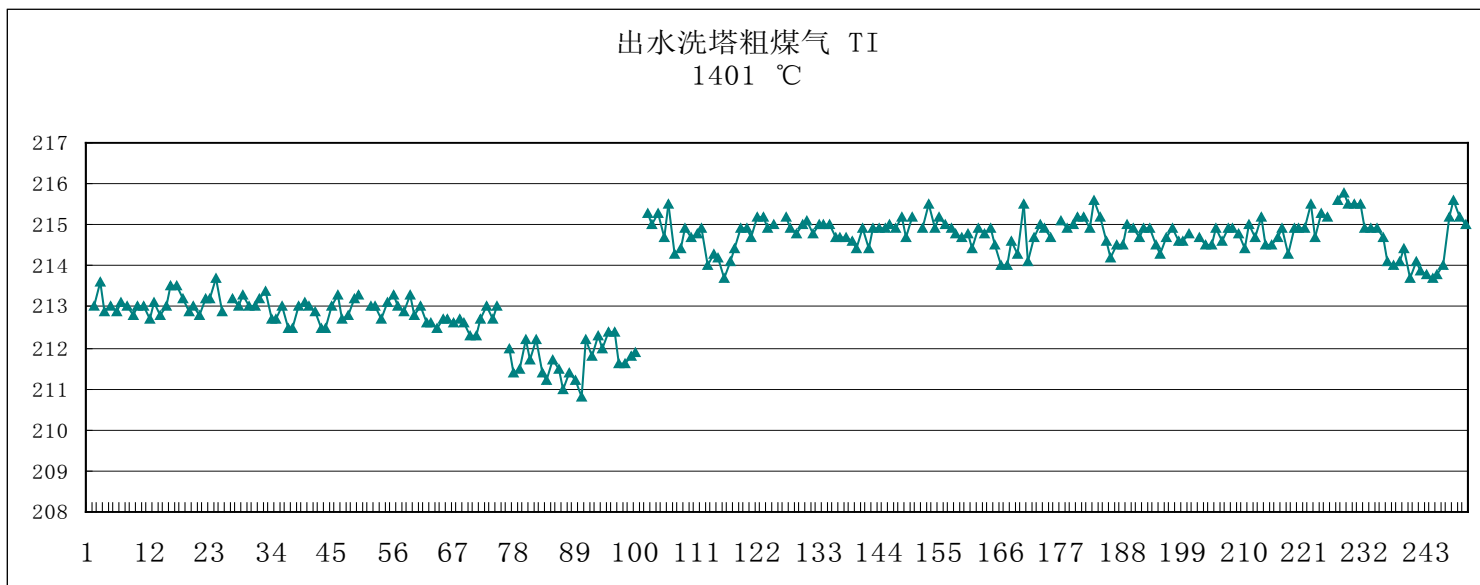


图6提负荷过程中出水洗塔粗煤气温度变化



# 多喷嘴对置式气化装置工艺烧嘴提产改造

## • 提产后指标计算结果、消耗数据汇总

对考核期间各项运行指标和原料煤和氧气的消耗指标进行计算和分析，典型数据如下表。

项目 日期	煤浆泵	煤浆流 量标定	煤浆折入炉原煤 量		出水洗塔粗煤气			比煤耗 kg/kNm <sup>3</sup>	比氧耗 Nm <sup>3</sup> /kNm <sup>3</sup>
	转速 rpm	FI 1202A~D t/d	投煤量 (按DCS表累计)		FIC1401 (湿) Nm <sup>3</sup> /h	(CO+H <sub>2</sub> ) %	CO+H <sub>2</sub> 有效 气产量 Nm <sup>3</sup> /h		
			t/d	t/h					
3-22	960	1005.1	1016.8	42.365	180214	82.59	70401.3	601.8	380.8
3-23	960	1005.1	1024.4	42.682	179764	82.64	70562.1	604.9	381.6
3-24	960	1005.1	1026.4	42.766	180349	83.06	71267.2	600.1	378.4
5-1	1060	1109.8	1115.3	46.472	205411	82.75	81688.2	568.9	361.3
5-10	1160	1214.5	1194.4	49.768	248578	82.32	95814.1	519.4	332.9
5-11	1160	1214.5	1199.4	49.974	237287	82.36	91288.5	547.4	350.9
5-12	1160	1214.5	1210.8	50.451	247200	82.52	95889.6	526.1	338.5



# 多喷嘴对置式气化装置工艺烧嘴提产改造

- 在高压煤浆泵转速为1160rpm时，煤浆浓度61.8%，无论是按DCS表累计煤浆量还是标定的理论值，实际入炉投煤量均已达到1210.8t/d及1214.5t/d，超过1200t/d。
- 在高压煤浆泵转速为1160rpm时，DCS表显示的水洗塔粗煤气量流量已达到248578 Nm<sup>3</sup>/h，超过在120%的负荷下理论计算气量238200 Nm<sup>3</sup>/h。
- 气化的比氧耗、比煤耗随着负荷的增加而有所降低。



# 运行考核结果

经对气化装置运行考核，原设计处理能力为1000吨/天气化炉，其实际生产能力可达粗制水煤气248578Nm<sup>3</sup>/h，投煤量1210t/d（干基），在此工况下生产的粗制水煤气的主要成份（CO+H<sub>2</sub>）的含量平均82.6%（v/v），超过设计值。其他主要运行指标数据如表所示。

激冷水量 ≥190m <sup>3</sup> /h			合成气温度 (205~215℃)			气化炉压力 (≤4.0MPa)			气体成分 (CO+H <sub>2</sub> ≥81)% (v/v)		
最低	最高	合格率	最低	最高	合格率	最低	最高	合格率	最低	最高	合格率
249	281	100%	211	214.8	100%	3.82	3.96	100%	81.7	83.0	100%



# 运行考核结论

- 鲁南化肥厂D#气化炉，原设计能力日处理煤量1000吨，在负荷提至日处理煤量 $>1200$ 吨。
- 72小时的运行考核期间，气化装置各主要机泵均处于良好状态下运行，各项工艺指标运行状况良好，工艺指标合格率均达到100%，所产出各种产品均合格，各项消耗指标均有了明显的降低。气化炉开工负荷率已达到120%，达到了仅通过改造烧嘴实现装置提产的目的。



- 实现装置安、稳、长、满、优运行是企业迫切需要达到的目标，通过对工艺的不断优化和对设备的改进，从检修质量、工艺操作控制等角度分析影响单炉长周期运行因素，提出了延长气化炉单炉长周期运行的措施，兖矿鲁南化工多喷嘴气化装置实现了单炉年运行开工率达到97%以上，运行周期和稳定性不断提高。

**多喷嘴对置式水煤浆气化技术成熟、运行稳定，装置操作弹性大，能很好满足工厂实际增产扩容要求。**



- 通常气化炉投料开工后2~3个月需按计划停炉更换烧嘴，4~6个月后需按计划停炉检修，同时受到其他非计划停炉因素的影响，制约了气化炉单炉的长周期运行。
- 怎么样控制住计划外停车，缩短检修周期等有很多的地方需要做更细致的工作。
- 简要以两个方面为例对多喷嘴煤气化装置长周期稳定运行的控制思路和方法进行论述。



# 煤质变化对气化炉单炉长周期运行的控制

- 水煤浆加压气化对煤质适应范围有一定要求，在实际运行过程中，煤质控制难度较大，特别是对装置运行影响较大的几个重要参数，如灰熔点、灰分、煤的粘温特性的变化在运行过程中更是防不胜防，若煤质发生较大波动而气化工艺参数调整不及时，易造成一系列的问题，如水系统恶化、气化炉渣堵、壁温超温、甚至停车等。因此在外围上除了把好煤炭质量关外，在实际运行过程中，如何能有效的避免出现因入炉煤炭性质变化而给装置带来的不利影响，经过多年运行，我们积累了大量的工程操作数据和趋势图，并加以整理分析对比，发现确实有很多工作可以做到有效避免因煤炭波动而造成系统停车。





# 渣颜色和形状判断

- 渣是燃烧和气化反应的最终产物，能较为直观地反映出燃烧和气化炉内的状况，不同的操作煤种、控制温度所产生的渣有所不同。影响渣的颜色和形状的主要因素不外乎煤种及配煤比例、气化炉操作温度、在炉内的停留时间和烧嘴的运行状态。从我厂多年的运行表明，煤炭变化不能太依靠分析灰熔点、灰分数据来控制操作温度，最直观的就是养成“看渣”制度，渣的颜色和形状最能直接反映出气化炉的总体运行状况，这需要操作人员坚持不懈地多观察收集不同渣样、多对比操作数据等，持之以恒的对待。



# 气化炉渣口压差的判断

- 煤质、煤种或配煤比例发生变化，对此采取的措施是调整配煤比例；
- 渣口压差升高并不一定表示渣口缩小，下降管及破泡条堵塞也可能会造成类似渣口压差升高的假象，因此需根据各项指标加以分析判断以避免气化炉误停车；
- 检查排渣颜色及形状，根据情况适当降低氧负荷或提高氧煤比；  
(收集各厂家不同渣样20多种加以分析判断)
- 当渣口压差波动较大且难以控制时，应维持气化炉负荷适当降压操作，逐个排查各项压力、压差指标。

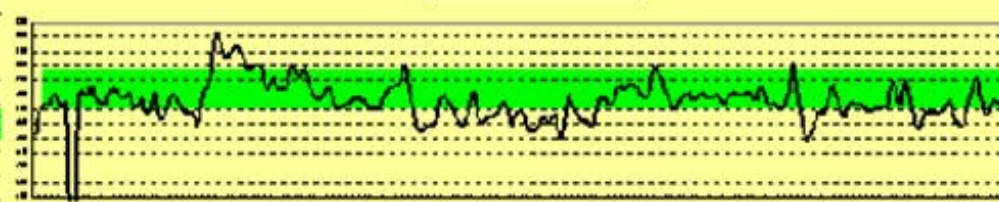
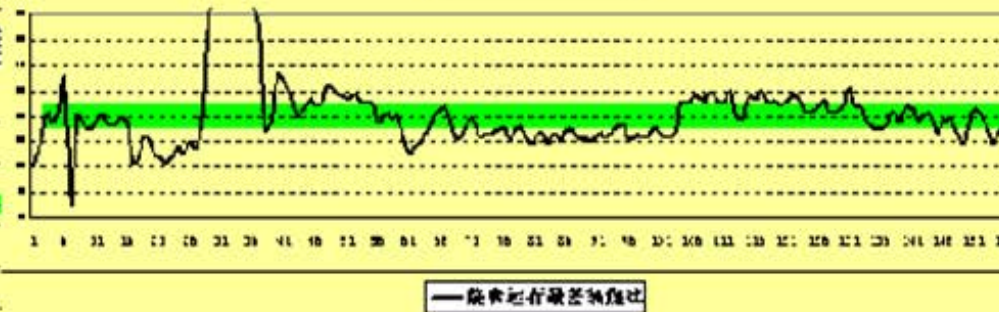
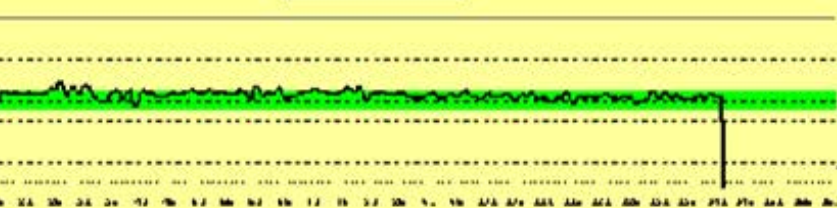
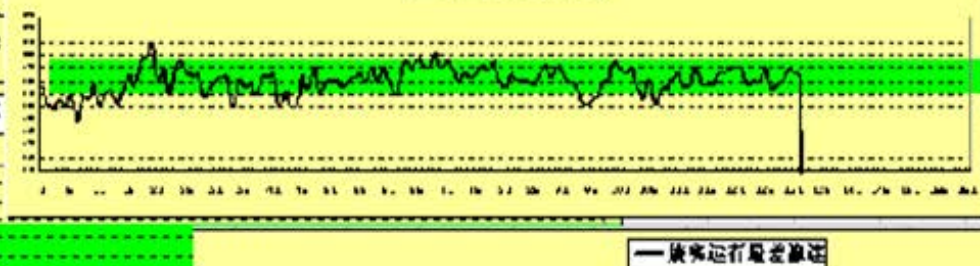
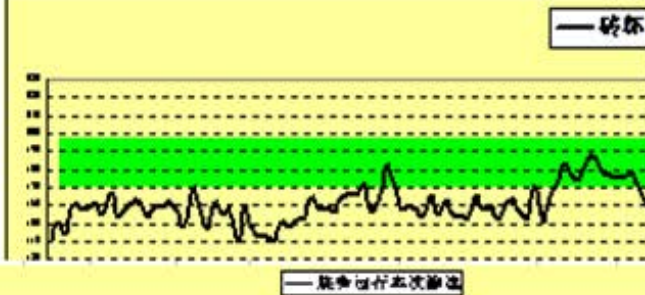
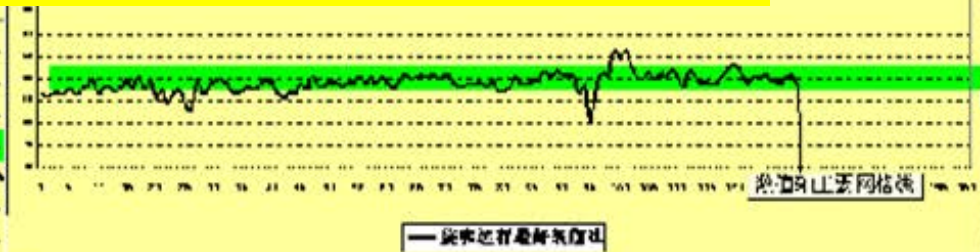


# 工艺操作对气化炉单炉长周期运行的数据量化管理

- 为获得气化装置最佳的操作性能，应收集了近几年来运行正常及非正常时期的数据、趋势，并加以整理分析。
- 举例：如以气化炉壁温趋势确定气化炉炉内流体的流速范围，再以修订的数据确定最佳操作量化区间。



# 收集近几年来报表数据量化分析





# 以壁温趋势定流速范围

为了达到收集气化炉表面温度数据的准确性，前期做了以下工作，以一个月的数据为准，确定每周内天气、风向，最好是选择在昼夜温差不大的气温下进行数据收集，如果昼夜温差大，则以相似室外温度及风向进行对比，在不同的出烧嘴氧气流速下，气化炉壁温的实测值见表1和图所示。按照表格统计出一个月实际测量数据，做出趋势找到最佳流速点，同时收集与前期运行最差阶段（图2）和运行较好阶段（图3）作比较更能确定最佳数据值（图4），数据收集范围最好为一个烧嘴周期。



- 从趋势看合理控制流速能很好的控制改变壁温温度，
- 从而达到摸索相应的耐火砖寿命。

表1 不同烧嘴流速下气化炉壁温现场实测分布

时间	室外温度 ℃	风向	风向标	东侧		西侧		南侧		北侧		烧嘴流速 m/s
				可视测温		可视测温		可视测温		可视测温		
				拱顶	筒体	拱顶	筒体	拱顶	筒体	拱顶	筒体	
08:00	22	东南	微风	226	255	231	253	224	261	230	256	127
13:00	25	东南	无	223	259	225	255	222	259	227	260	118

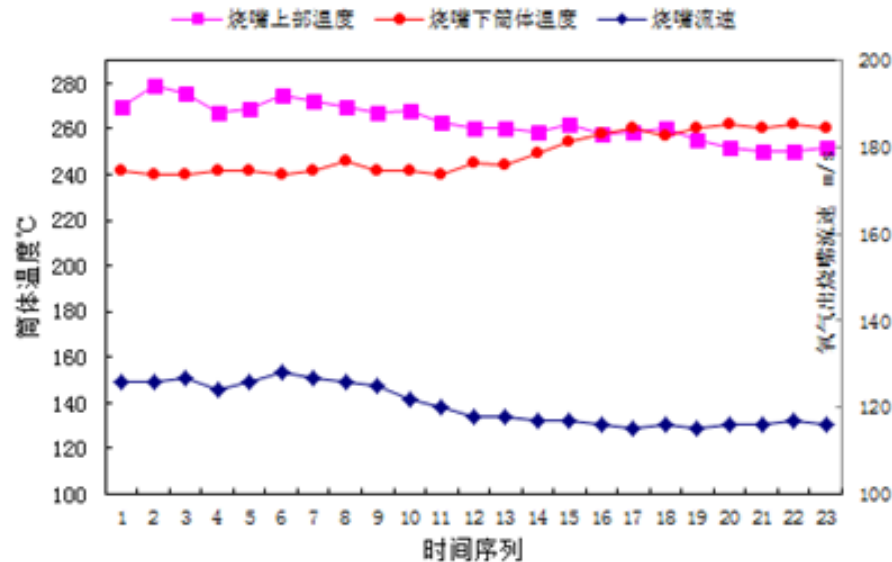


图2 不同出烧嘴氧气流速和拱顶、筒体温度



# 烧嘴泄漏监测

重点加强对烧嘴的监控及检测，定期手动做一氧化碳、氧气含量分析，根据GE烧嘴经验，70%烧嘴泄漏能检测出一氧化碳，30%烧嘴泄露检测出氧气。烧嘴冷却水系统联锁由**原三选二更改为四选二**，改造烧嘴冷却水进出口切断阀门，取消了因烧嘴冷却水联锁系统误判造成出入口切断阀强制关闭造成停车，为防止烧嘴泄漏取消了烧嘴冷却水系统设置的排放口并加盲板等措施，同时增加相应联锁监控烧嘴冷却水液位，定期做出补水时间趋势，以确认烧嘴有无泄漏及泄漏量的大小，视泄漏量对气化炉运行状况的影响程度作出相应处理。



# 气化炉烧嘴监控

- 质要保证，喷头盘管要保护，验收要把好关，尺寸更要保证。
- 合理设计磨煤机以降低煤浆粒度，选择过滤精度合适的滚筒筛，防止大颗粒对烧嘴的磨蚀。
- 运行中烧嘴压差要严格监控，烧嘴周边壁温测量更要监控好。
- 关注好与气化炉运行相关的每一项数据分析是装置长周期运行的重要因素，随着习惯的养成，逐步培养技术人员、操作人员在指标稍微变化的同时就能立即发现并及时将相关操作参数调整到最佳状态，保证装置的稳定运行。
- 做好以上措施烧嘴使用寿命能够达到4个月以上。





# 结束语

经过多种措施的保证，我公司单炉年运行率已能达到97%以上，提高产量降低各项消耗是企业不断追求的目标，气化装置的运行也应在众多的矛盾中去寻求一个更为经济的平衡点。所以生产中的总体思路是建立合理的运行指标实现气化炉长周期、安全、稳定、经济运行，多喷嘴水煤浆气化装置的生产中一定还会有其它的问题及未知的领域，需要在生产运行中精细管理，多思考，多积累，细心发现每一个问题出现的苗头，将隐患消除，保证系统安全、稳定、优质、长周期的运行。