



兖矿鲁南化工有限公司  
YANKUANG LUNAN CHEMICALS CO., LTD.

鲁南化工气化装置提产情况  
及高负荷下运行经验

李 波

# 兖矿鲁南化工有限公司简介

兖矿鲁南化工有限公司是兖矿集团下属全资企业，成立于2012年5月，由原兖矿鲁南化肥厂、兖矿国泰化工有限公司和兖矿国泰乙酰化工有限公司整合而成。鲁南化工占地3935亩，总资产102亿元，年销售收入60亿元。共有生产线12条，其中醋酸、尿素、甲醇生产线各2条，醋酐、聚甲醛、醋酸乙酯、醋酸丁酯、丁醇、复合肥生产线各1条。产品总产能280万吨，其中醋酸80万吨、尿素60万吨、甲醇56万吨、醋酸乙酯20万吨、丁醇15万吨、聚甲醛4万吨、醋酐10万吨、醋酸丁酯15万吨、复合肥20万吨。主导产品醋酸、甲醇为山东省名牌产品，尿素为国家免检产品、中国名牌产品。

气化装置投入运行以来，车间不断深挖内潜，实施多项重大技改技措，不断提升气化炉运行负荷。2017年A/B气化炉相继完成拱顶加高项目，气化炉实现120%负荷以上运行。高负荷运行情况下，车间组织对各关键点进行攻关，确保系统不因负荷的提升而影响长周期运行，总结了很多运行经验。现阶段已完成炉内耐火砖的改造，有效增大了炉内的反应空间。其它配套改造完成后，气化炉运行负荷可提升至130%运行，将系统因低温甲醇洗而富裕氧气完全消化掉，进一步降低产品成本，提升企业效益。



01



近一年四喷嘴气化装置提产120%  
运行状况

02



气化装置在高负荷下稳定运行措施

03



气化炉提产130%负荷的技改实施

04



结语

01

近一年四喷嘴气化装置提  
产120%运行状况

气化车间现有四套四喷嘴气化装置和三台的德士古气化装置。

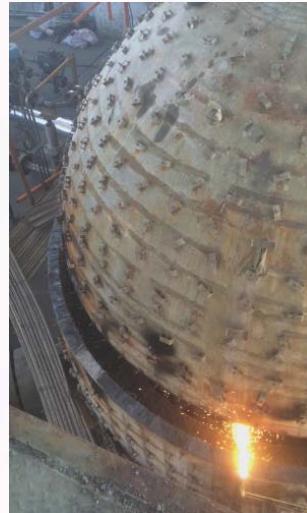
1. 两种气化装置都是全国第一套应用于工业生产示范性装置
2. 日投煤量可达到4000t/d以上
3. 碳转换率达到98%以上
4. 比煤耗575Kg/Nm<sup>3</sup> 有效气，比氧耗365Kg/Nm<sup>3</sup> 有效气
5. 有效气成分达到84%（球磨机系列）以上和83%（棒磨机系列）以上
6. 为煤气化领域输送和培养了大批专家和技术人才



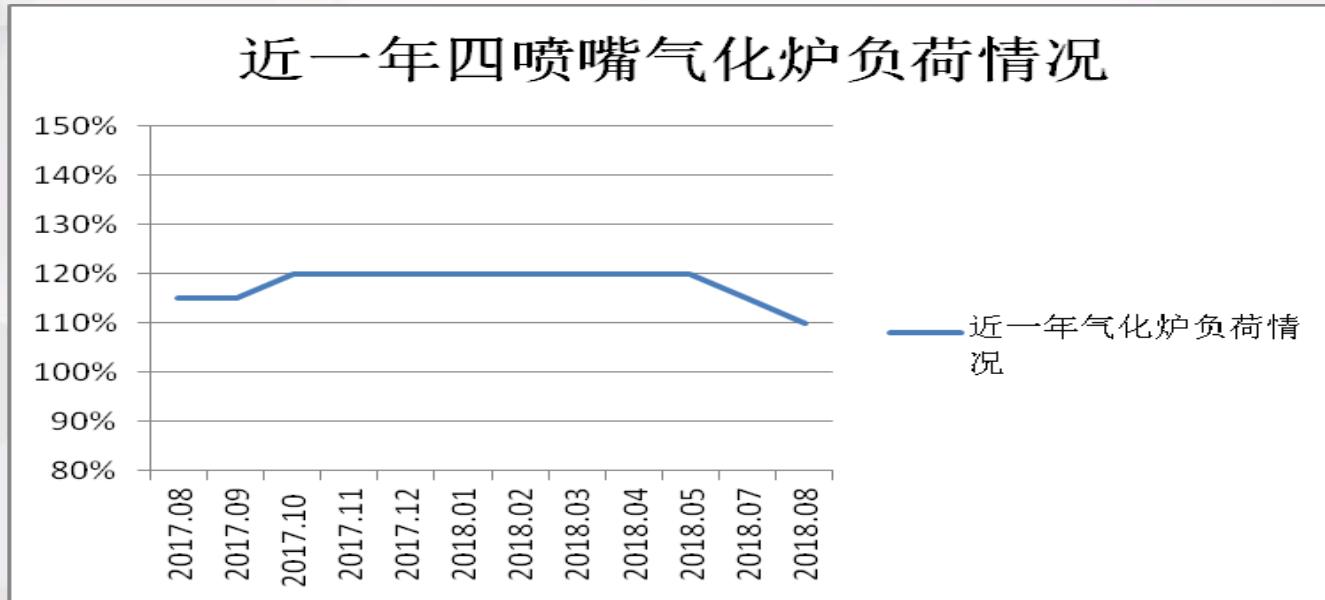
多喷嘴气化炉A#、B#炉2005年投料，C#气化炉2007年投料，D#气化炉2008年投料。

A/B炉因是四喷嘴气化炉的第一套示范性装置，在设计的初期由于考虑其反应效果等因素，长径比过低，导致烧嘴喷出的物料到达拱顶部位后，流速依然很快，对耐火砖造成冲刷。

C#、D#气化炉是在A#、B#气化炉的基础上进行比较好的完善炉型，长径比做了提高。

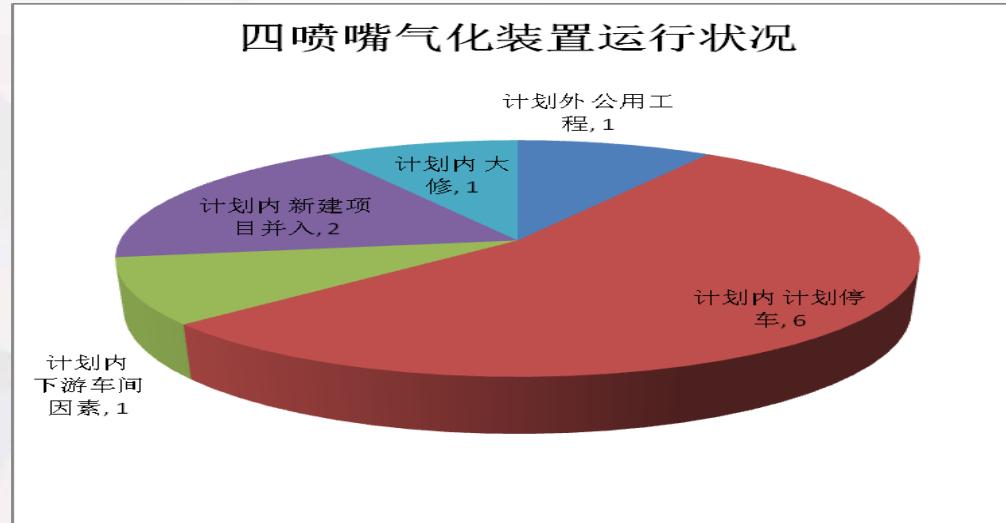


# 气化装置负荷情况



2017年A/B气化炉相继完成拱顶加高项目投入运行，其负荷除特殊月份由于氧气供应问题，稍减负荷以外，一直维持在120%负荷运行。

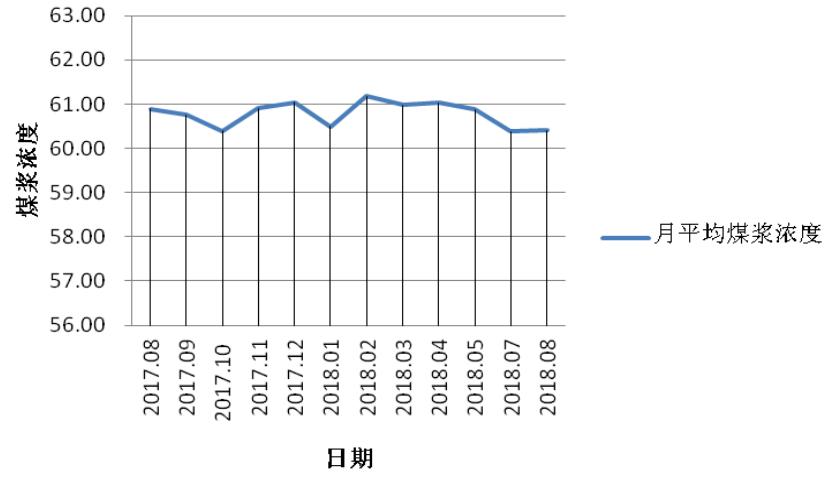
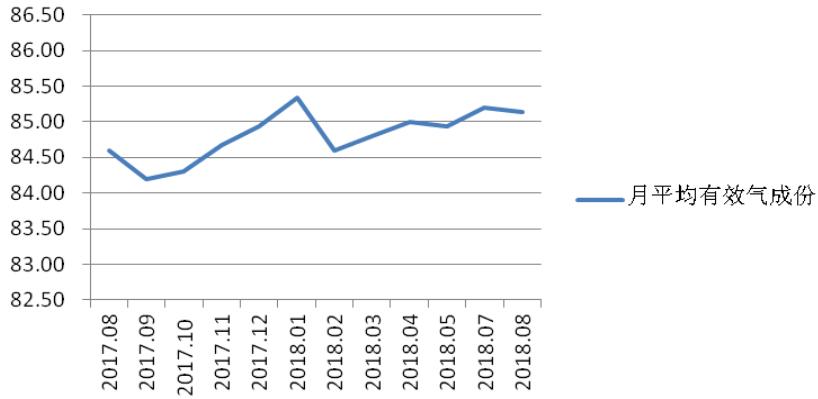
# 气化装置整体运行情况



在一年的运行过程中，四套气化炉系统共停车11次，其中计划内停车10次，包括配合新建项目并入系统开停2次，1次因外部电网问题非计划停车一次。气化装置整体运行比较稳定，基本实现了按照装置和公司整体生产实际情况进行计划开停，满足了公司整体生产布局的需要。

# 效能指标情况

月平均有效气成份

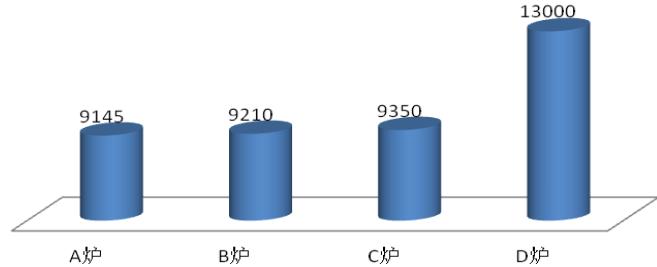


气化系统维持120%高负荷运行的前提下其各项效能指标未出现较大波动，始终保持稳定较高的水平。水煤气有效气成份保持84%以上，煤浆浓度平均高于60.5%以上。

# 耐火砖和工艺烧嘴的使用寿命

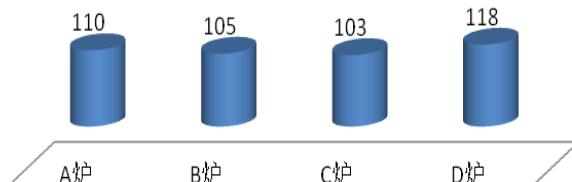
气化炉耐火砖寿命

■ 气化炉耐火砖寿命



烧嘴平均寿命

■ 烧嘴平均寿命



提产后，通过加大监控力度、优化工艺指标和实施多项有效的技改举措，气化炉耐火砖和工艺烧嘴的使用寿命均达到预期目标。耐火砖使用寿命均突破9000小时，烧嘴平均寿命突破100天以上。

## 02 | 气化装置在高负荷下稳定 运行措施

# 煤种灰熔点控制和稳定

在正常生产中气化炉操作温度应保持稳定状态。炉温短时间大范围的波动对耐火砖的伤害是比较大的。水煤浆喷入气化炉后，煤浆中的水分、挥发分进行蒸发裂解，碳原子进行气化反应。未反应的碳组分和灰分沿炉壁流动，在流动的过程中起到保护耐火砖作用。但因灰熔点不同导致炉温起伏，使炉壁熔渣流动层不稳定，易结成大块或严重影响流动效果，最终导致堵塞渣口或其它部位。所以稳定的灰熔点和炉温是气化系统稳定操作的基础。

不同的煤种灰熔点也是不同的，选用灰熔点相对较低的煤种和将两种或两种以上煤种进行掺烧得到灰熔点低、稳定的煤种是至关重要的。当灰熔点发生波动时，能够做到“早发现、早处理”也是避免异常扩大的有效措施。所以应该做好操作人员判断炉温和煤种变化的能力，有利于系统的稳定运行。

# 工艺烧嘴流速和系统压力的匹配

水煤浆和氧气混合通过烧嘴喷入气化炉进行气化反应。烧嘴流速越高对气化炉耐火砖冲蚀越严重。尤其是四喷嘴气化炉由于烧嘴布局对拱顶耐火砖的冲蚀更严重。但过度的降低烧嘴流速会导致因煤浆上升流速过低，气化炉拱顶区域会发生过氧烧蚀情况。对耐火砖损害是巨大的。所以控制好烧嘴喷入气化炉物料流速是提高耐火砖寿命的关键。根据几年摸索对照耐火砖的磨损情况，使烧嘴流速保持在一定的速度内可以有效的延长耐火使用寿命。根据理想气体方程式 $PV=nRT$ 可以看出流量和压力关系成反比的。进行气化炉操作时时刻关注气化炉压力变化，压力升高时应相应提高流速反之降低流速。

# 岗位人员的精细化操作

煤种相对比较稳定的情况下，控制室操作人员最大限度的提高有效气成分同时兼顾炉温不能过高或过低。始终将炉温控制在合理范围内。炉温控制过高导致耐火砖寿命急剧减小，炉温过低造成渣堵对耐火砖也会造成严重损伤甚至出现跳车事故。所以判断炉温是至关重要的。

# 炉温判断



## 小范围炉温变化依靠控制室

煤种相对比较稳定的情况下，控制室操作人员最大限度的提高有效气成分同时兼顾炉温不能过高或过低。始终将炉温控制在合理范围内。炉温控制过高导致耐火砖寿命急剧减小，炉温过低造成渣堵对耐火砖也会造成严重损伤甚至出现跳车事故。所以判断炉温是至关重要的。

面对灰熔点突变，以及系统极端异常反映时，控制室不能作为单一参考点。必须借助现场实际渣样变化进行准确调节。因为现场渣样，在工况变化加大的情况下，反应是比较迅速的也是最直观准确的。往往当渣样发生变化时，系统指标刚刚向恶化趋势发展。及时调整完全可以避免发生继续恶化的局面。所以当前如何应对因煤种复杂配比或煤质变化，而发生灰熔点和煤种粘温特性的突变造成的工况恶化。就需要培养全员“看渣”的能力。要让他们知道不同工况下，渣样的变化是什么状态。需要我们技术人员，平时多收集不同工况下渣样变化形态，尤其是在试烧新煤种期间的变化，汇总成资料，对相关人员进行培训。



## 大范围炉温和工况变化依靠现场渣样

# 完善看渣程序

“看渣”程序要格式化和固定化，将不同层面人员看渣时间错开，避免出现长时间的空挡也是至关重要的。通过不断的强化，建立完整均衡的“渣样判断”体系，可以有效促进系统安全稳定运行，减少极端工况导致事故的局面。



# 停车时系统的稳定操作

在四喷嘴系统开停车期间，系统压力会发生大幅度的变化。压力如果在短时间内频繁波动致使耐火砖快速收缩或快速膨胀。最终使耐火砖表面由于张力作用而出现裂纹。这种情况下容易诱发窜气，加剧耐火砖侵蚀缩短了耐火砖的使用寿命。系统出现较大波动时控制室人员应严格按照操作法要求，认真控制系统的升降压速度在0.1Mpa/min。保障耐火砖收缩或膨胀有足够的缓冲时间。



# 避免出现烧嘴偏喷现象



## 烧嘴偏喷的原因和危害

烧嘴头部因为定位需要，设置有定位块，煤浆中如果存在纤维或金属质地的杂物容易挂在定位块位置，此区域靠近烧嘴头部，累积到一定程度后，直接影响煤浆的流动状态；高压煤浆泵的缓冲装置内件脱落随煤浆流动，容易卡在烧嘴头部也是造成偏喷一种原因。

气化炉在运行过程中，如果烧嘴出现严重偏喷，由于烧嘴喷射状态不能保持水平对撞式状态，会对烧嘴上方耐火砖造成严重烧蚀，严重的情况下会导致耐火砖批量脱落，发生窜气炉壁超温的现象；再则烧嘴偏喷还会影响炉内的流场，导致烧嘴出现“窝火”的现象，烧嘴本体会发生“自蚀”状态，本体烧坏后，高温合成气会沿损毁处喷射出来，对现场装置和人员安全造成严重威胁。



# 加大对原料煤的监管力度，从源头降低烧嘴偏喷的风险

安排专人对原料煤的煤仓，尤其是卸煤区域进行监管。尤其是涉及火运方式，车皮门的封堵方式，要和运输方有明确规定，不可以使用纤维类物质封堵车门缝隙；验收原料煤的过程中，注意观察原料煤中是否存在不易“消化”的杂质，过多或过大都视为不合格，要有一系列的后备措施。



# 高压煤浆泵易损件的维修和保养



气化装置运行过程中，禁止高压煤浆泵缓冲罐长时间存在敲击声音。其敲击声的产生是因为缓冲罐内单向阀动作所致，尤其是靠近出口软管部位的单向阀，由于该阀门本体为铜质，所以质地较软，长时间动作容易产生疲劳而脱落，进而堵塞烧嘴；检修过程中各紧固件要确认力矩均匀，防止紧固件螺栓脱落进入烧嘴；隔膜严格按照寿命要求进行更换，避免长时间局部受力，隔膜出现块状破裂。



# 严把烧嘴维修质量关，烧嘴维修各项资料齐全并及时归档

烧嘴是物料和炉内反应唯一相连接的渠道，烧嘴装配是否精确；检修是否标准直接关系煤浆的雾化效果、反应效率，同时对耐火砖和烧嘴本身的使用寿命都有直接影响。烧嘴的维修、验收做到精细精确。

正常情况下，烧嘴维修只是针对烧嘴头部进行的。所用材料质量要求包括涉及到焊口要求，都要有详细的规定。所有维修资料都必须按要求归档。烧嘴维修后进厂，使用材质仪进行检测，烧嘴本体要进行严格的打压测试。确保烧嘴维修质量一定要过硬，为烧嘴的后续使用打下基础。



# 烧嘴装配尺寸测量验收做到精确

由于烧嘴头部各通道之间存在“顶间隙”，所以外环氧和煤浆通道的尺寸是最难测量的，直接测量会出现较大误差，而且如果烧嘴出现头部出现热变形的现象是测量不出来的。而烧嘴头部的验收是重中之重。

具体头部验收需要借助于有精确尺寸的“验棒”进行，在一定尺寸范围内制作一批验棒，帮助对外环氧和煤浆通道的测量和检验，可以做到精确标准。同时验棒也可以围绕通道旋转，以此来测定烧嘴头部的热变形情况是否在误差范围内。



# 强化对捞渣机的管理力度

多喷嘴D#气化炉是独立的一台炉子，大型设备都没有备车，这就要求在设备管理这块有更高的标准方可做到。

在设备管理上，制定捞渣机长周期稳定竞赛，逐一提高运行周期及奖励额度，做到重奖重罚，提高员工包机组的责任心及自觉巡检频次。

在工艺管理上，捞渣机机头设立巡检站、签到本、重点记录事项等，安装高清摄像头重点监控。



## 03 | 气化炉提产130%负荷的技改实施

## 实施背景

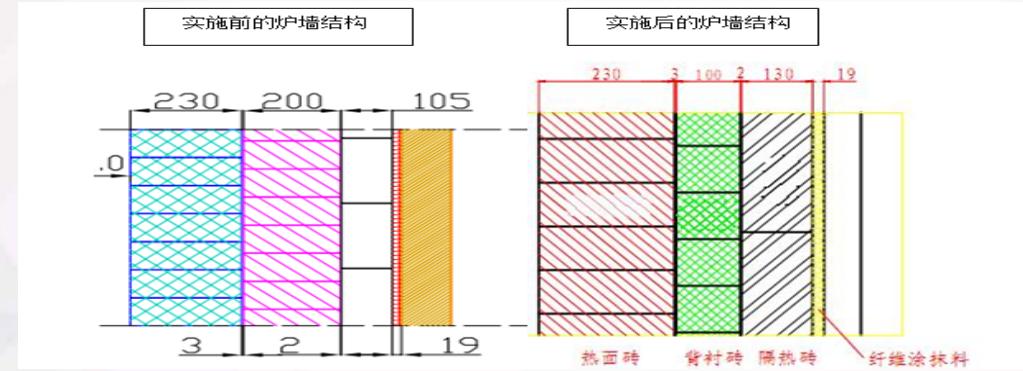
2018年净化节能升级改造项目建成投产后，公司生产装置运行方式、生产负荷发生改变，其中新建CO深冷分离装置替代西厂区CO制备装置，西厂区CO制备装置处于停车状态；低温甲醇洗产出的酸性气浓度增加、气量不变，造成亚砜因酸性气不足而处于停车状态，酸性气全部送至西厂区硫回收处理，因此将出现西厂区低压氧气和东厂区1.0MPa氧气出现富余，需对此部分富余氧气进行回收利用。

在装置检修、优化运行后，特别是在气温较低、有利于空分装置运行的冬春季节，东西厂区空分装置存在约有8000 Nm<sup>3</sup>/h高压氧富余，急需对其进行消化利用。

# 耐火砖扩容改造

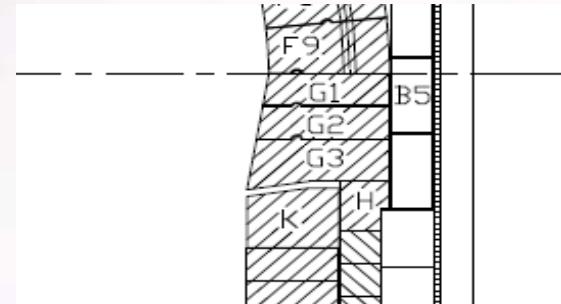
在不增加气化炉的条件下，要实现扩产的目的，需从气化炉的有效燃烧容积来着手的。由于气化炉的钢壳尺寸是固定的，那么扩产改造只能减少耐火材料的厚度度来考虑。经过与耐火砖制造厂家和水煤浆气化厂家的交流，通过减少耐火砖厚度可以实现提产的目的，且不会造成气化炉壁温超设计指标的现象。

具体改造内容：将气化炉耐火砖全部拆除，按照减少耐火砖厚度后的容积重新设计每个部位的结构尺寸。



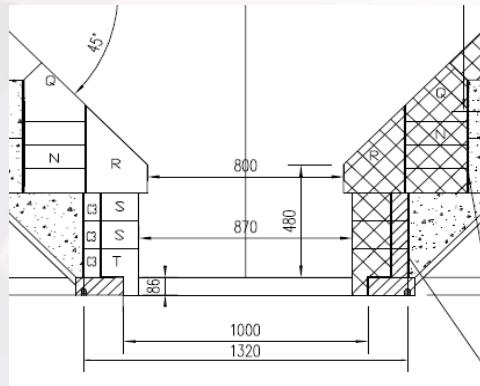
# 尺寸变动

- ①炉膛内径增大
- ②隔热砖增大（保证壳体在设计运行温度的范围内）
- ③背衬砖减小
- ④热面砖尺寸不变
- ⑤拱顶砖结构尺寸保持不变，G1、G2、G3砖与K砖平滑过渡。

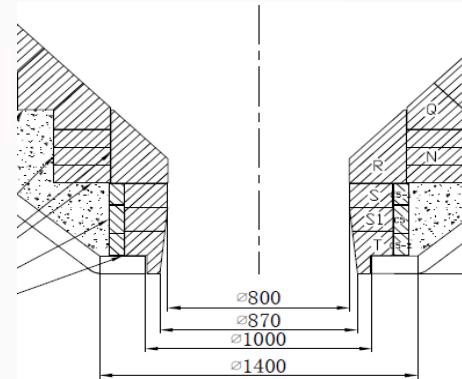


# 锥底砖结构变化

在单个烧嘴8000Nm<sup>3</sup>/h氧量下渣口气速控制在正常范围，由于气化炉提产后渣口气速增加，渣口砖的使用寿命将会缩短。所以需要对渣口砖结构进行改造。



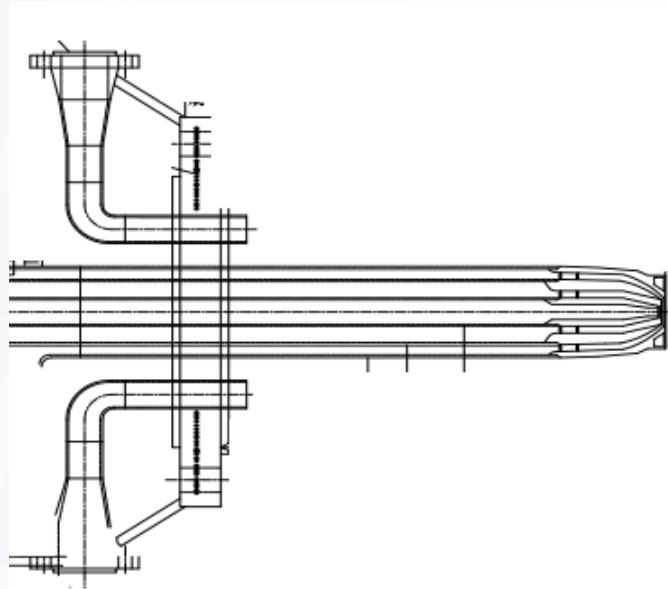
改造前



改造后

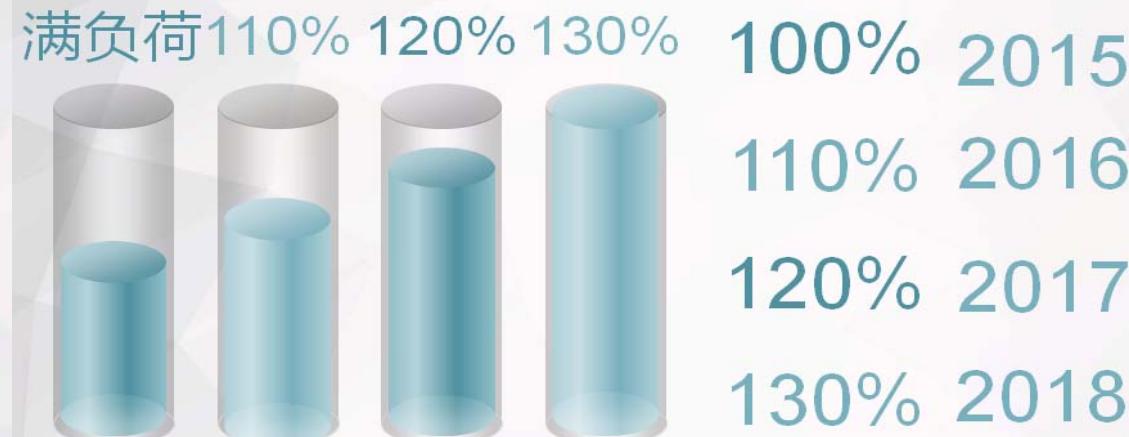
# 四喷嘴气化炉工艺烧嘴改造

由于气化炉炉腔内径增大，相应的烧嘴长度尺寸缩短，根据负荷提升后介质运动特点，保障反应效果和磨损正常的前提下对喷头环隙尺寸稍作改动。



# 具体实施情况

现阶段A炉耐火砖和烧嘴的改造已经完成，并且已经投入运行。因空分氧气的原因，还未提至130%负荷的目标值。但从气化炉壁温和系统各主要压差反应情况来看，明显优于未改造之前的状态。负荷的进一步提升，还是非常有把握的。



下步我们将持续优化运行数据、充分挖掘系统潜力、做到高负荷长周期  
**前期已经做到的**

- 一、已达到单炉年累计运行**8380**小时，单炉在线运行率高达**97%**。
- 二、年内控制闪蒸清理一次，每次控制停到开车4-5天。
- 三、年内控制不进炉检查，有效节省时间。
- 四、多喷嘴烧嘴已达到周期150天以上。

改造后负荷整体再提高10%，我们有信心将在前期已经做到的基础上再提升一个周期

## 结 语

一种先进成熟的煤气化技术，生产能力强和生产效率高是基础，而能够真正的长周期安全高效的运行是其能够得到推广的根本。在不断提升负荷的前提下，四喷嘴气化装置的长周期运行的关键就是耐火砖、烧嘴寿命的延长。耐火砖和烧嘴可称之为“硬件”条件。这都需要系统的操作者能够真正具备驾驭系统的实力，时刻把握系统的关键点。而系统的关键点是随着系统运行周期延长和上下游系统变化而变化的。对待系统出现的问题的苗头能够及时处理和优化。从而不断延长四喷嘴气化装置运行周期。为企业创造最大的生产效益。

谢 谢 !