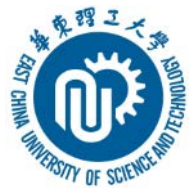


多喷嘴对置式水煤浆气化技术

工业应用进展



华东理工大学
山东兖矿国拓科技工程有限公司

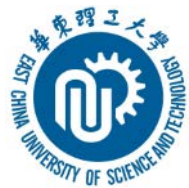


多喷嘴对置式水煤浆气化技术 应用现状

工业应用优秀经验分享

技术改进和开发

结论



多喷嘴对置式水煤浆气化技术 应用现状

工业应用优秀经验分享

技术改进和开发

结论



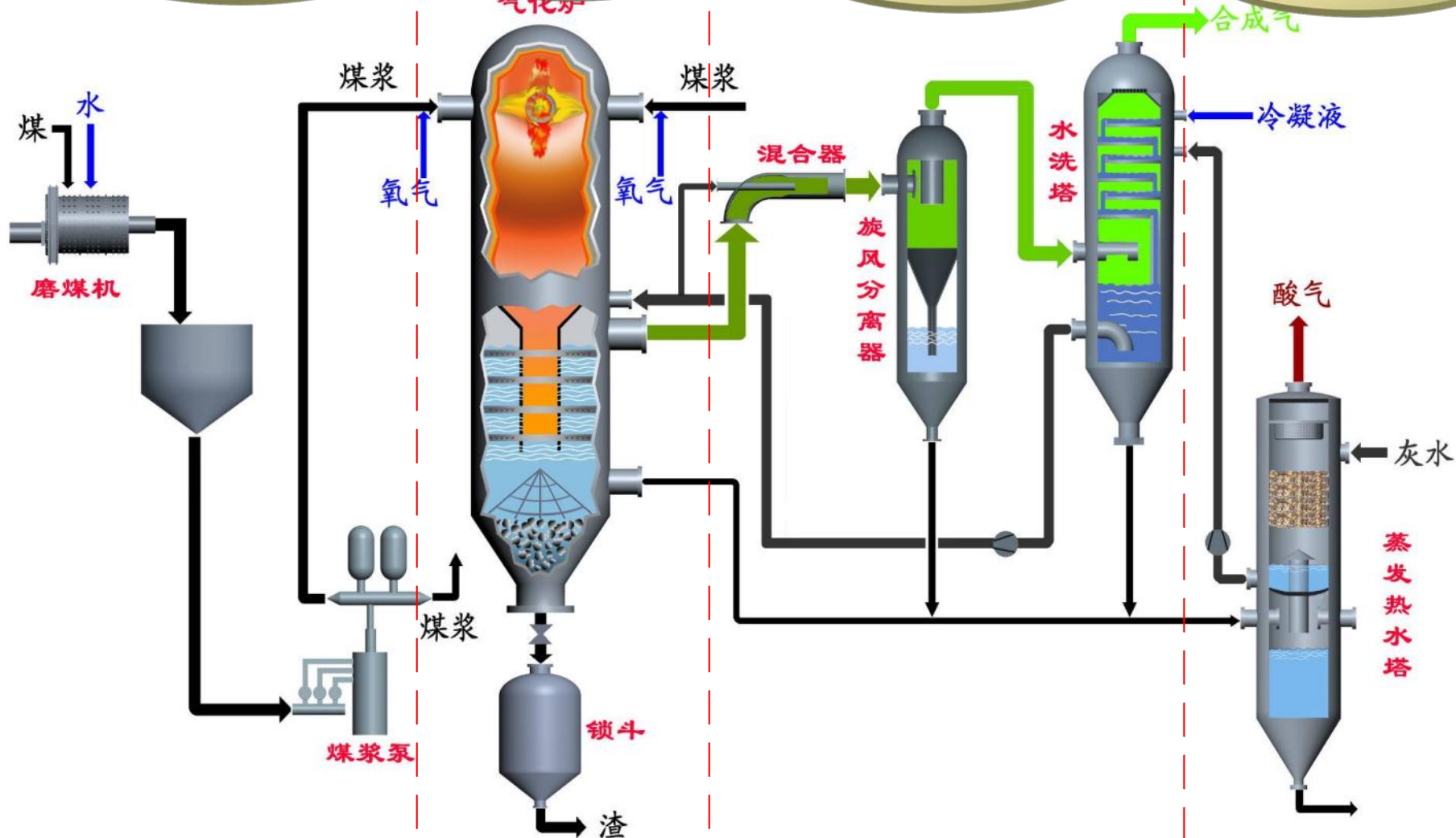
多喷嘴对置式水煤浆气化流程

磨煤制浆系统

气化系统

净化系统

渣水处理系统

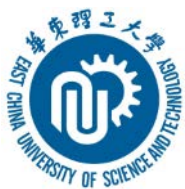


多喷嘴对置式水煤浆气化技术工艺原理简图



已经得到工业验证的突出优势

1. 多喷嘴进料，在**气化炉大型化**方面明显优于单喷嘴水煤浆气化技术；
2. 撞击流强化传递过程，提高气化反应效率，**碳转化率高、原料消耗低**；
3. 预膜式喷嘴雾化性能优良，磨损较单喷嘴气化炉明显减弱，**喷嘴使用寿命长**；
4. 良好的炉内流场结构，耐火砖使用寿命长，**耐火砖寿命整体明显优于单喷嘴水煤浆气化炉**；
5. 两套进料系统，大大提高了气化炉稳定性和可靠率，江苏索普集团多喷嘴气化装置连续运行**511天**，兖矿鲁化单炉年运行**8492小时**，达到了水煤浆气化炉单炉运行的世界领先水平；
6. 分级净化的合成气洗涤净化系统的净化效果明显优于单喷嘴水煤浆气化流程，也优于目前其他气体技术；



发展历程



技术发明及中试
22TPD

1996~2000



工业示范
1150TPD
750TPD

2001~2005



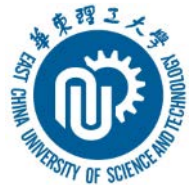
大型化
2000TPD.

2006~2010



超大型化
3000TPD.

2011~



国家级煤气化技术研发中心



国家能源局
National Energy Administration



加 急

国家能源局文件

国能科技[2014]393号

国家能源局关于设立第五批国家能源研发中心 (重点实验室)的通知

各省(自治区、直辖市、计划单列市)发展改革委(经委、能源局),
有关能源企业,有关科研院所、高等院校,相关行业协会:

为落实《国家能源科技“十二五”规划》,构建“重大技术研究、
重大技术装备、重大示范工程、技术创新平台”四位一体的国家能
源科技创新体系,满足能源行业发展和技术进步的要求,根据《国
家能源研发(实验)中心管理办法》(国能科技[2010]198号),本
着“公开、公平、公正”原则,在各单位自愿申报、专家评审的基础
上,国家能源局设立国家能源海洋核动力平台技术研发中心等9
个国家能源研发中心(见附件1),国家能源高效清洁炼焦技术重

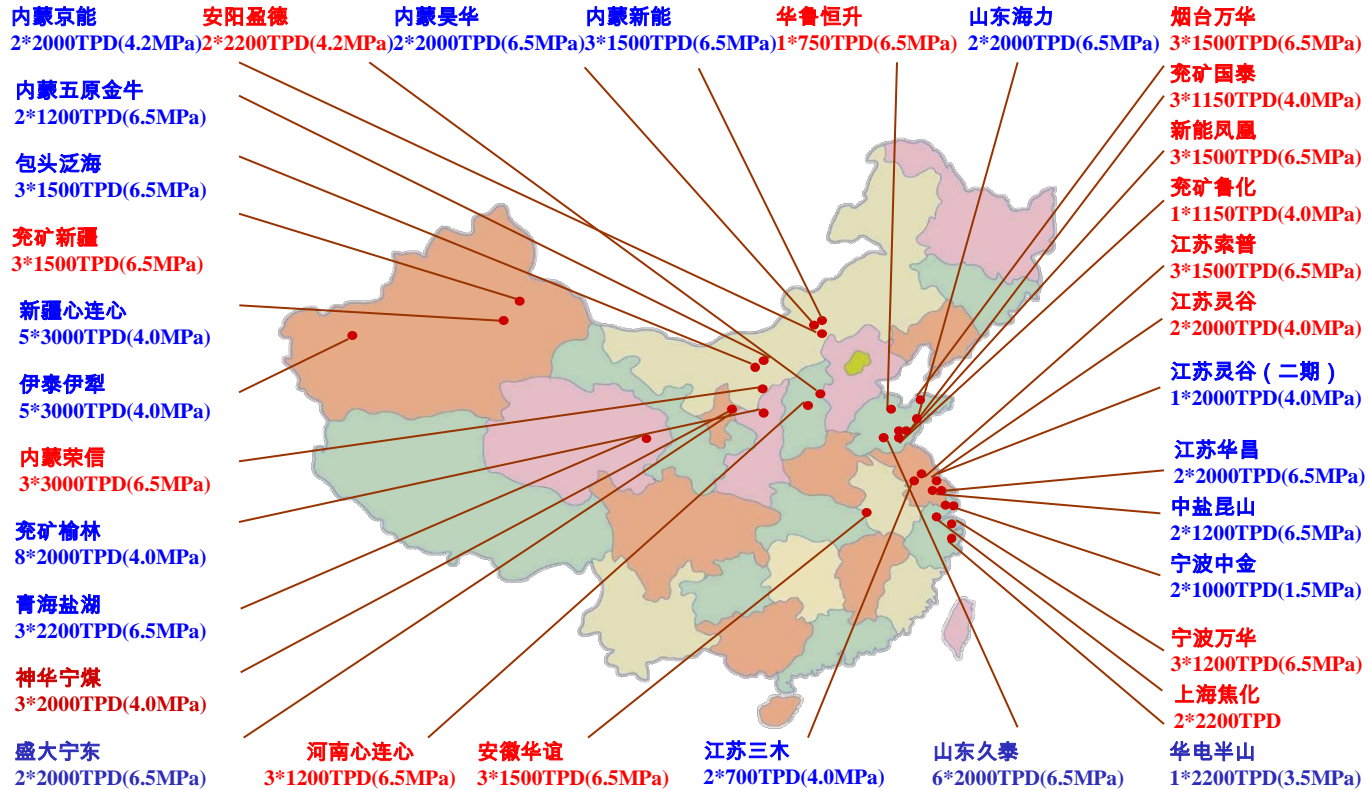
- 1 -

序号	研发中心名称	依托单位
7	国家能源稠(重)油开采研发中心	中国石油天然气股份有限公司辽河油田分公司
8	国家能源煤基液体燃料研发中心	中科合成油技术有限公司
9	国家能源煤气化技术研发中心	华东理工大学

2014年8月21日, 国家能源局依托华东理工大学设立
国家能源煤气化技术研发中心



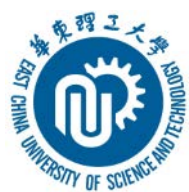
推广应用现状



中国境内 35个用户项目, 99 台气化炉

总原料能力 > 12万吨煤/天

15 个项目, 38台气化炉投入工业运行



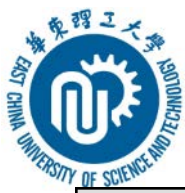
已经投运 15个用户，38台气化炉





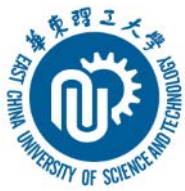
推广应用（全球36家用户项目，共104台气化炉）

应用单位	气化压力 MPa(G)	气化炉设置(台)	单炉规模 (吨/天)	最终产品	备注
华鲁恒升	6.5	1	750	甲醇、合成氨	2004.12投产
兖矿国泰	4.0	3 (2+1)	1150	甲醇、发电	2005.10.16投产
兖矿鲁化	4.0	1	1150	合成氨	2008.7.1投产
江苏灵谷	4.0	2 (1+1)	1800	合成氨	2009.6.15投产
江苏索普	6.5	3 (2+1)	1500	甲醇	2009.9.8投产
凤凰化肥	6.5	3 (2+1)	1500	甲醇、合成氨	2009.12.17投产
神华宁煤	4.0	3 (2+1)	2000	甲醇	2010.3.19投产
宁波万华	6.5	3 (2+1)	1200	甲醇、CO、H ₂	2010.10.15投产
安徽华谊	6.5	3 (2+1)	1500	甲醇	2012.1.20投产
上海焦化	4.0	2 (1+1)	2200	甲醇	2013.3.30投产
兖矿新疆	6.5	3 (2+1)	1500	甲醇、合成氨	2012.9.27投产
安阳盈德	4.0	2 (1+1)	2200	合成氨	2013.10.2投产
河南心连心	6.5	3 (2+1)	1200	合成氨	2013.11.16投产
内蒙荣信	6.5	3 (2+1)	3000	甲醇	2014.6.24投产
烟台万华	6.5	3 (2+1)	1500	甲醇、CO、H ₂	2014.9.22投产
杭州半山	3.5	1	2200	发电	
Valero	6.2	5 (4+1)	2300(石油焦)	H ₂	



推广应用（全球36家用户项目，共104台气化炉）

应用单位	气化压力 MPa(G)	气化炉设 置(台)	单炉规模 (吨/天)	最终产品	备注
山东盛大	6.5	2 (1+1)	2300	甲醇、二甲醚	
山东久泰	6.5	6 (4+2)	2300	甲醇、二甲醚	
泛海能源	6.5	3 (2+1)	1500	甲醇	设计中
山东海力	6.5	2 (1+1)	2500	合成氨	设计中
青海盐湖	6.5	3 (2+1)	2500	甲醇	在建
内蒙五原金牛	6.5	2 (1+1)	1300	合成氨	设计中
陕西未来能源	4.0	8 (6+2)	2000	煤制油	在建
中盐昆山	6.5	2 (1+1)	1200	合成氨	在建
宁波中金	1.5	2 (1+1)	850	燃气	设计中
昊华国泰	6.5	2 (1+1)	2100	甲醇	设计中
伊泰伊犁	4.0	5 (4+1)	3000	煤制油	在建
新疆心连心	6.5	2 (1+1)	1500	合成氨	设计中
江苏华昌	6.5	2 (1+1)	2000	合成氨	在建
内蒙京能	4.2	4 (3+1)	2200	化学品	设计中
江苏灵谷（二期）	4.0	1	2000	合成氨	在建
江苏三木	4.0	2 (1+1)	750	化学品	设计中
新奥达旗	6.5	3 (2+1)	1500	甲醇	设计中
大连恒力	6.5	6 (4+2)	1500	H ₂	设计中
中原大化	6.5	3 (2+1)	1500	合成氨	设计中



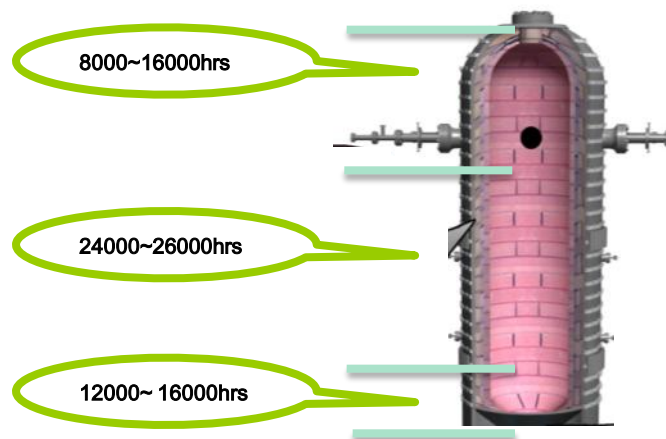
运行指标先进

- ◆ 华鲁恒升(750TPD,6.5MPa): 报道四喷嘴气化炉**碳转化率98.3%**
- ◆ 兖矿国泰(1150TPD,4.0MPa): 2005年12月11-18日168小时连续运行现场考核, **碳转化率98.8%**
- ◆ 新能凤凰(1500TPD,6.5MPa): 2010年10月13-16日72小时满负荷性能考核, **碳转化率99.16%**
- ◆ 神华宁煤(2000TPD,4.0MPa): 2010年9月24-27日双炉72小时连续运行现场考核, **碳转化率98.9%**
- ◆ 江苏灵谷(2000TPD,4.0MPa): 2011年11月25-28日72小时连续工业运行考核, **碳转化率99.2%**
- ◆ 安徽华谊(1500TPD,6.5MPa): 2012年8月20-24日双炉72小时连续工业运行考核, **碳转化率98.94%**

设备运行安全可靠 (数据以国泰为例)

所有运行企业拱顶耐火砖寿命都达到8000小时以上

耐火砖整体寿命明显优于单喷嘴水煤浆气化炉



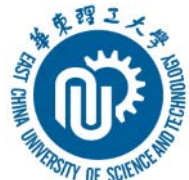
拱顶耐火砖使用寿命

年份	寿命 (小时)
2010	6300
2011	8700
2013	11195

喷嘴使用寿命最长达到150天

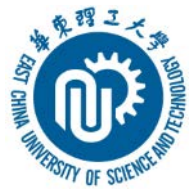


年度	最长 (天)	最短 (天)	平均 (天)	因喷嘴原因系统停车次数
2005	31	15	17	未统计
2006	68	4	28	6
2007	72	13	29	9
2008	100	20	47	5
2009	104	47	65	1
2010	150	53	93	0
2011	139	41	89	0



优异的在线率和可靠率 (2012、2013年)

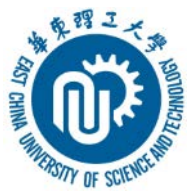
项目公司	气化炉规格 TPD O.P. + S.P.	年份	在线率 %	可靠率 %	总运行 时间	最长连续 运行时间	计划停车 时间	非计划停车时间	
							小时	小时	停车原因
江苏灵谷	2000 1+1	2012	97.0	99.7	8520	2040	240	24	电网波动
		2013	97.2	97.2	8512	1584	0	240	合成压缩机故障
江苏索普	1500 2+1	2012	97.2	99.1	8546	5834	164	74	空分
		2013	99.9	99.9	8756	8406	0	4	空分
宁波万华	1200 2+1	2012	88.4	96.2	7764	2568	720	300	1. 电网 2. 空分
		2013	92.1	94.6	8064	1656	240	225	空分、公用工程 等
兖矿国泰	1150 2+1	2012	94.7	98.2	8319	2703	312	153	1. 空分 2. 公用工程
		2013	91.8	99	8041	1875	792	33	锅炉、空分
兖矿鲁化	1150 1+0	2012	86.1	99.4	7561	2120	1180	43	下游系统
		2013	86.2	97	7553	2912	977	18	下游系统
安徽华谊	1500 2+1	2013	91.5	99.9	8016	3672	744	4.5	电网波动



在大型化方面的突出进展

- 内蒙古荣信化工有限公司 于2014年6月投入运行
 - 日处理煤3000吨级， 目前单炉规模最大的水煤浆气化装置
 - 新一代耐火衬里结构形式， 单炉产能提高15%
- 恒力石化（大连）炼化有限公司 签订专利实施许可合同
 - 中国境内最大规模煤制氢装置 $-460000\text{Nm}^3/\text{h}$,
 - 多喷嘴水煤浆气化技术首次应用于国内炼化制氢项目





装置稳定运行新亮点

- 江苏索普（集团）有限公司甲醇厂**连续运行511天**，创下水煤浆气化装置连续运行世界纪录，充分证明：
 - 多喷嘴水煤浆气化技术高效、可靠、稳定
 - 现代煤化工技术的成熟可靠
 - 索普公司高超的生产组织管理水平
- 兖矿鲁南化工单炉年运行**8492小时**
 - 2013.8.11 ~ 2014.8.11
 - 创水煤浆气化炉单炉年在线率世界纪录
 - 多喷嘴对置式水煤浆气化技术的可靠性再次获得验证
 - 兖矿鲁南化工高超的生产组织管理水平



中国化工出版社
社长 郝长江 总编辑 刘双森
中国石化和化学工业联合会主管、主办

中国化工报

CHINA CHEMICAL INDUSTRY NEWS



第 6660 期
今日 8 版
2014 年 7 月 2 日 星期三
国内统一刊号 CN11-0034 邮发代号 1-44
网址: www.ccin.com.cn

我自主气化炉稳运创世界纪录

连续运行 511 天, 平均负荷 96.3%

本报讯 (记者 任中明) 中国化工报记者 7 月 4 日从江苏索普(集团)有限公司甲醇厂了解到, 该公司多喷嘴对置式水煤浆气化炉连续运行 511 天, 创下了水煤浆气化炉连续运行的新纪录。在 511 天的连续运行期间, 该气化装置总平均负荷率为 96.3%, 创造了国内多喷嘴水煤浆气化装置连续运行的最高纪录。

此次创下纪录的多喷嘴对置式水煤浆气化炉, 由华东理工大学与索普集团合作开发, 应用于索普集团甲醇联合装置。在 511 天连续运行期间, 该装置多喷嘴对置式水煤浆气化炉连续生产甲醇 84.4 万吨, 伴生气装置一氧化硫 4.3 亿立方米, 消耗水煤浆 154 万吨(含渣), 消耗纯氧 874 万立方米, 主要原料材料化工煤、动力煤、氮气等消耗与初期相比, 降低了 51%。

该装置气化炉的运行状态充分体现了索普集团的管理水平和技术实力。

业内人士介绍, 随着煤化工业装置规模的增大, 产气量的增加, 多喷嘴对置式水煤浆气化炉的优势日益凸显。在大规模工业化生产中, 如果气化炉运行不稳定, 将会给企业带来巨大的经济损失。因此, 多喷嘴对置式水煤浆气化炉的稳定运行, 对于保障企业的生产安全、提高生产效率具有重要意义。

此次创下纪录的多喷嘴对置式水煤浆气化炉, 是由华东理工大学与索普集团合作开发的。该装置采用了先进的多喷嘴对置式气化技术, 具有负荷高、操作弹性大、运行稳定等特点。在运行过程中, 该装置始终保持了较高的负荷率, 充分体现了该技术的先进性和可靠性。

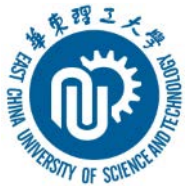
此次创下纪录的多喷嘴对置式水煤浆气化炉, 是由华东理工大学与索普集团合作开发的。该装置采用了先进的多喷嘴对置式气化技术, 具有负荷高、操作弹性大、运行稳定等特点。在运行过程中, 该装置始终保持了较高的负荷率, 充分体现了该技术的先进性和可靠性。

行业时评

用心打造强有力

中国化工贸易商的生存之道

国内化工贸易商的生存之道, 在于用心打造强有力。在激烈的市场竞争中, 只有用心打造强有力, 才能在竞争中脱颖而出。中国化工贸易商的生存之道, 在于用心打造强有力。在激烈的市场竞争中, 只有用心打造强有力, 才能在竞争中脱颖而出。

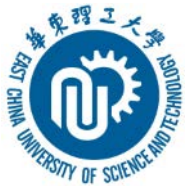


最近投运装置



- 河南心连心化肥有限公司
- 气化炉：1200 TPD，两开一备
- 气化压力：6.5 MPa
- 投运时间：2013年11月

- 2013年11月16日11时56分，A炉一次投料成功；于11月18日11时40分氨合成流程打通，产出合格液氨；11月19日14时许，全流程打通，产出合格尿素
- 2013年11月20日13时16分，B炉投入运行，双系统实现高负荷运行
- 新建装置中以最短时间实现双炉运行的企业



最近投运装置



- 内蒙古荣信化工有限公司
- 气化炉：两开一备
- 气化压力：6.5 MPa
- 投运时间：2014年6月

- 单炉设计能力2500TPD，最大能力3000TPD
- 新一代耐火衬里结构的首次工业应用，单炉产能提高15%

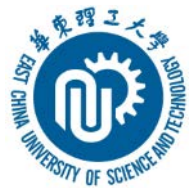


最近投运装置



- 万华化学股份有限公司
- 气化炉：两开一备，1500TPD
- 气化压力：6.5 MPa
- 投运时间：2014年9月

- 继宁波项目之后，万华化学集团再次建设的多喷嘴对置式水煤浆气化装置
- 为MDI成本降低做出了巨大贡献，为企业创造了显著经济效益



多喷嘴对置式水煤浆气化技术 应用现状

工业应用优秀经验分享

技术改进和开发

结论

1. 重视喷嘴维修（索普经验）



图1 短期损坏烧嘴的宏观分析



图2 正常退出烧嘴的宏观分析

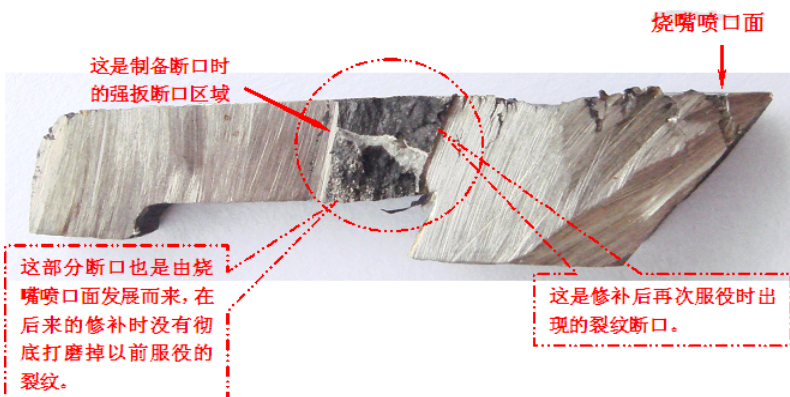
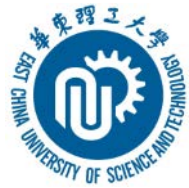


图3 短期损坏烧嘴的宏观分析

- 烧嘴检修需要制订严格、完善的检修方案，检修时将烧嘴端面裂纹用车床削掉，并经着色探伤检测，要打磨到符合JB4730-94 III级标准为止，方可进行焊接。若切削量超过3mm仍有明显裂纹，则不宜再进行修复，应更换喷头。烧嘴修复完毕，应进行水压试验，压力不低于10MPa，若有条件可进行氦气检漏。
- 在烧嘴加工时，应严格控制烧嘴断面厚度为 $5 \pm 0.1\text{mm}$ ，且烧嘴端面的冷却水室尽可能靠近端面尖部，以降低烧嘴端面壁厚不均匀，在高温下产生破坏性热应力的问题。
- 严格执行压力负荷对应曲线，控制合适的烧嘴流速，调整煤浆燃烧高温区的位置，使其与气化炉内理论高温区位置重合。
- 控制合适的煤浆浓度、粘度，确保烧嘴的雾化效果，减少烧嘴局部过氧；定期检修高压煤浆泵，避免煤浆管线压力波动，防止烧嘴出现回火现象，也是延长烧嘴使用寿命的有效办法。



2. 关键设备-高压煤浆泵确保可靠 (灵谷经验)



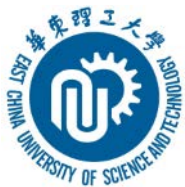
- 大部分厂家采用Felüwa高压煤浆泵
- 各类易损件一到厂家寿命保证时间就更换，对于一些其它运动部件如活塞等，确保有备件。



3. 重视系统水质

浓度 mg/L测定 项目	灵谷 (6.18)	焦化 GE(7.24) 灰水	焦化 GE(7.24) 黑水	索普 (6.26)	开阳 (6.23)	扬子4.14	鲁化9.13	国泰9.13	凤凰9.13	焦化9.12	华谊10.22	新疆11.9	万华11.18
装置规模	2000 t/d	500t/d	500t/d	1500t/d	1000t/d	1000t/d	1150 t/d	1150 t/d	1500t/d	2000t/d	1500	1500	1200
COD	592	350	1150	454	129	203	388	501	647	584	775	858	767
Cl ⁻	288.0	124	126	158.0	200.5	212.0	223.9	207.4	264.4	282.6	133.2	531.5	266.5
排放m ³ /h	50	30	-	120	70	-	20	20	50	90	55	60	25
NH ⁴ -N	169.1	165.5	130.5	252.0	28.0	68.8	147.7	301.0	382.9	192.5	288.4	260.4	302.2
T-CN	0.94	1.7	0.2	0.90	2.58	2.8	0.87	3.03	2.66	0.73	1.46	0.59	1.32
悬浮物	19.5	193	1535	48.5	219.0	40	18.3	68.0	66.0	48	67	107	94
F ⁻	32.3	19.1	18.6	27.0	71.3	37.7	49.5	48.7	44.5	44.7	34.1	46.7	27.5
NO ³ -	49.5	16.9	23.4	47.5	35.0	35.0	68.94	<25	<25	<25	39.3	38.7	52.6
SO ₄ ²⁻	73.5	75.7	66.1	50.0	37.5	50.6	129.8	35	53.8	232.7	<25	<25	<25
TN	175	193	158	279.5	55	78	182.5	322.5	385.0	192.5	425	337.5	1.32
酚	0.26	-	-	0.42	1.26	0.31	0.32	0.63	0.31	0.79	0.32	0.72	0.33
Hg	--	1.11	0.53	0.69	0.77	-	0.251	0.284	0.12	0.108	0.152	0.128	0.135
Pb	--	-	-	<0.2	<0.2	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
Ca ²⁺	51.47	-	-	23.83	0.34	-	95.31	94.86	82.37	42	56	57	5.6
Mg ²⁺						-				32	52	25	12
As						-	4.6	29.7	10.6	90.28	345	80	192
K ⁺	9.857	8.277	8.316	7.81	7.84	-	8.973	8.346	10.10	6.03	6.35	13.18	6.63
PH	9.77	8.2	8.3	8.6	6.9	6.8	8.2	8.4	8.3	8.4	8.3	8.2	8.4

- 多家企业在运行2年以上后均发现水质控制是系统优质运行的关键
- 华理将根据目前装置的运行情况，收集数据，开展系统研究，提供技术支持



多喷嘴对置式水煤浆气化技术 应用现状

工业应用优秀经验分享

技术改进和开发

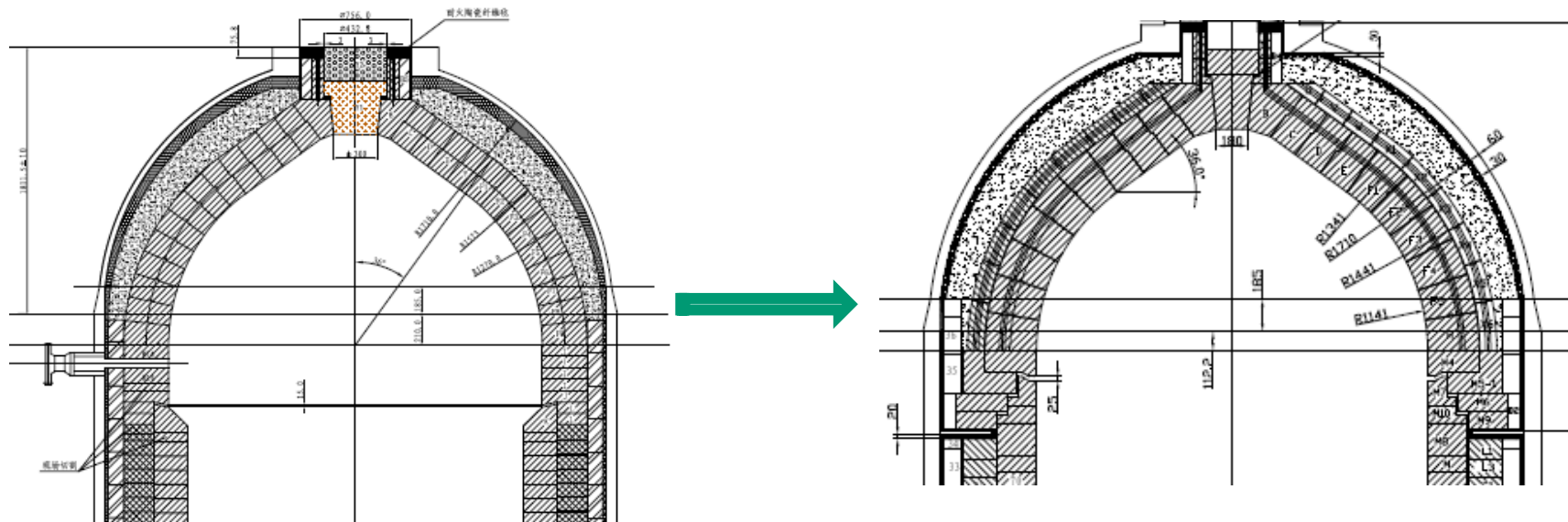
结论

1. 拱顶砖优化

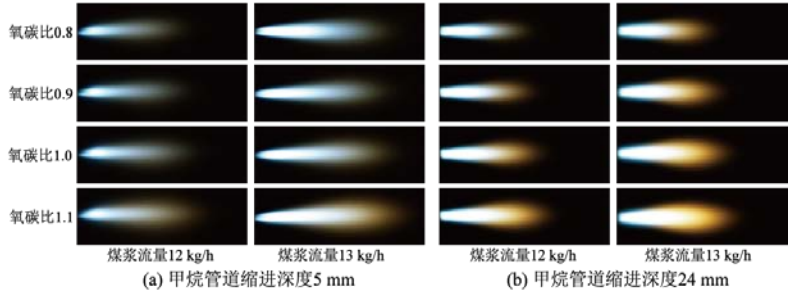
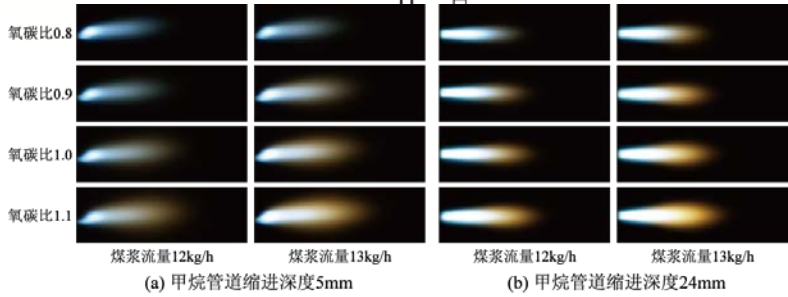
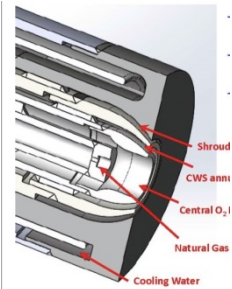
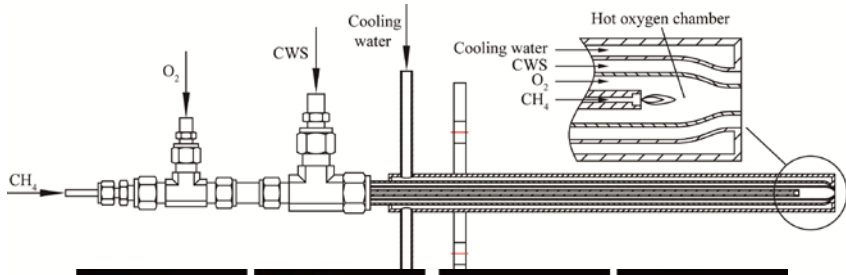
托砖架结构实现耐火衬里分段支撑

- 将炉内耐火衬里在轴向上进行分割，减少每一段的总膨胀量；
- 通过分段支撑，可实现耐火砖的独立更换；
- 消除局部半径突变

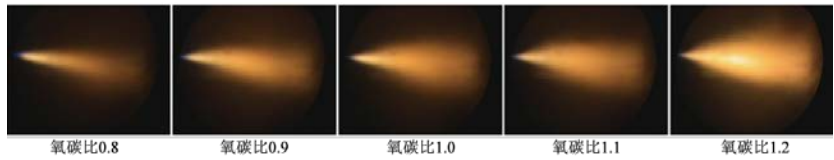
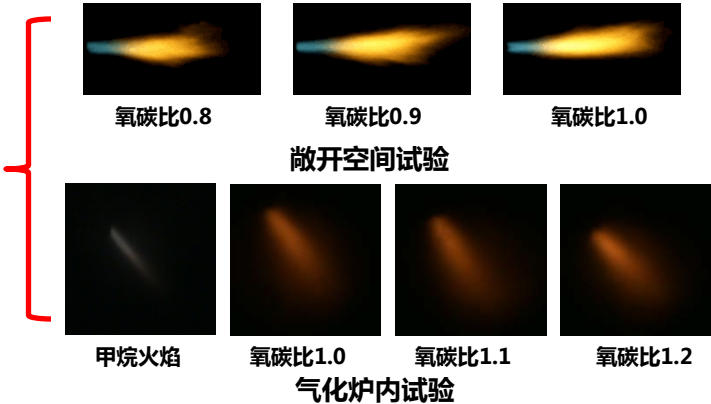
- 已经成为多喷嘴水煤浆气化技术的标准设计，拱顶耐火砖整体寿命提高约2000小时；
- 为炉膛扩容增产提供了基础，平均产能可提高15%



2. 热氧燃烧-点火技术



敞开空间试验

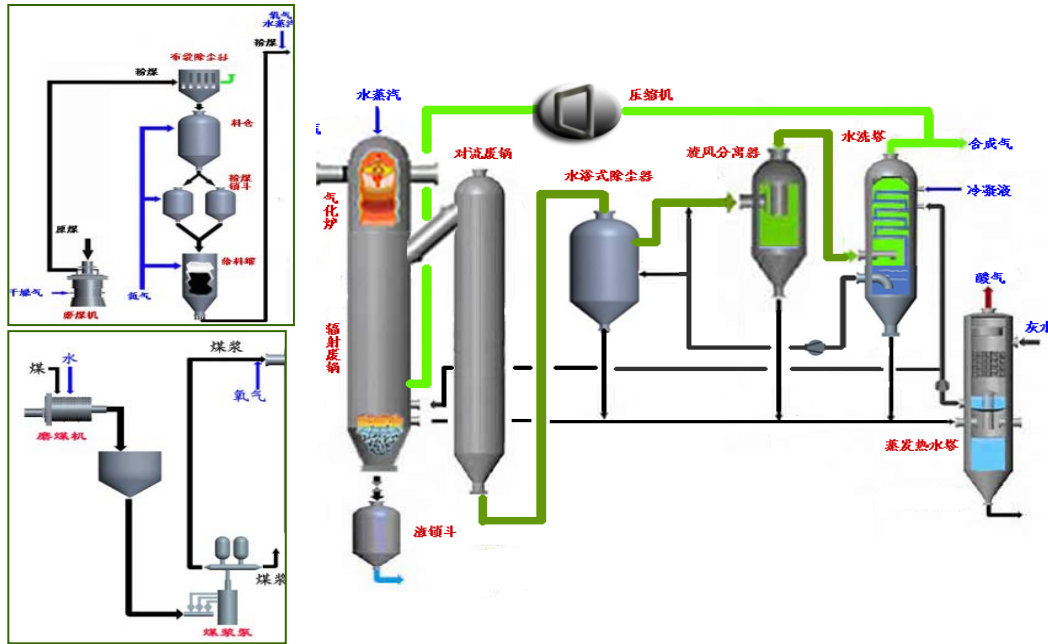


气化炉内试验

热氧喷嘴产生的高温高速氧气在敞开空间及气化炉内均能直接点燃水煤浆，火焰的对称性和稳定性较好。其气化颗粒物的平均粒径和固定碳含量均低于普通喷嘴常温氧气气化。高温高速氧气能有效改善煤浆的雾化效果，加强煤颗粒与氧气的混合，增大反应速率，提高煤颗粒燃尽率。

增加外环氧气进一步改善煤浆雾化效果，火焰更加稳定，火焰长度及面积均增加，点燃的煤浆量显著增多，燃烧气化效果进一步提升。

3. 开发多喷嘴对置式气化的废锅-激冷流程

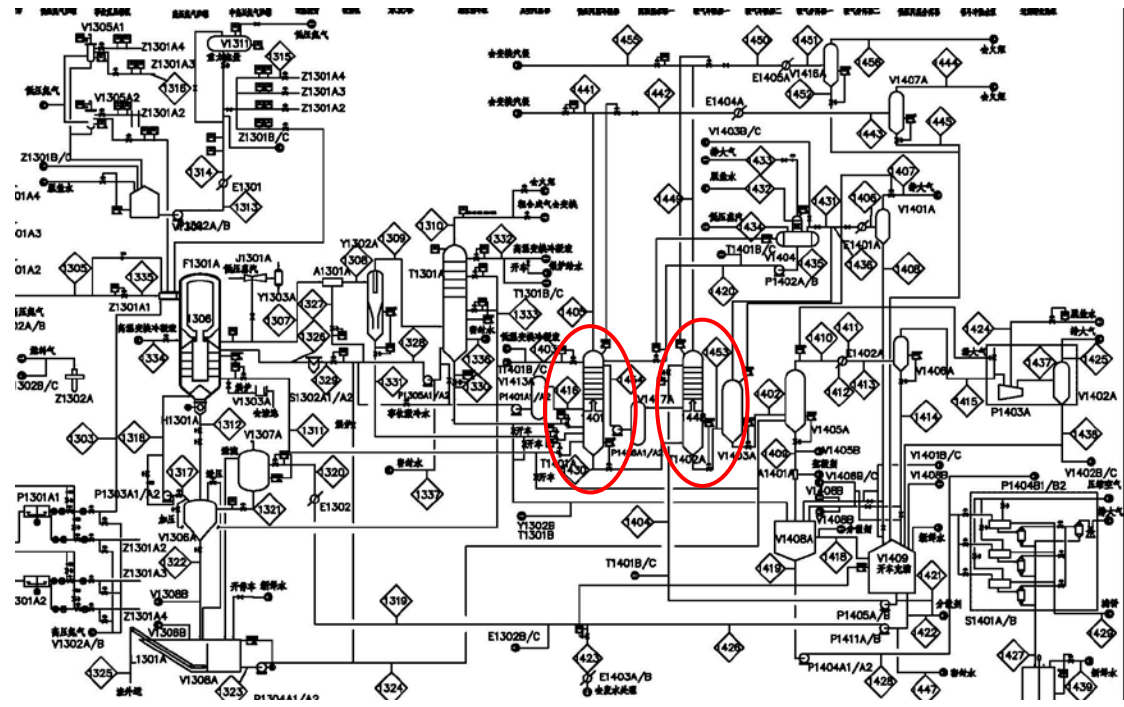


以神府煤为基准，通过72小时连续满负荷运行考核试验(~2000t/d)，并达到如下技术经济指标：

- 煤气有效成分 $\text{CO}+\text{H}_2 \geq 80\%$ ；
- 比氧耗 $\leq 400\text{Nm}^3\text{O}_2/1000\text{Nm}^3(\text{CO}+\text{H}_2)$ ；
- 比煤耗 $\leq 600\text{kg}/1000\text{Nm}^3(\text{CO}+\text{H}_2)$ ；
- 辐射废锅高压蒸汽(111.7bar)产量 $\geq 1000\text{kg}/1000\text{Nm}^3(\text{CO}+\text{H}_2)$ ；
- 出气化系统合成气水气比(mol) ≥ 0.6 ；
- 碳转化率 $\geq 98\%$ 。

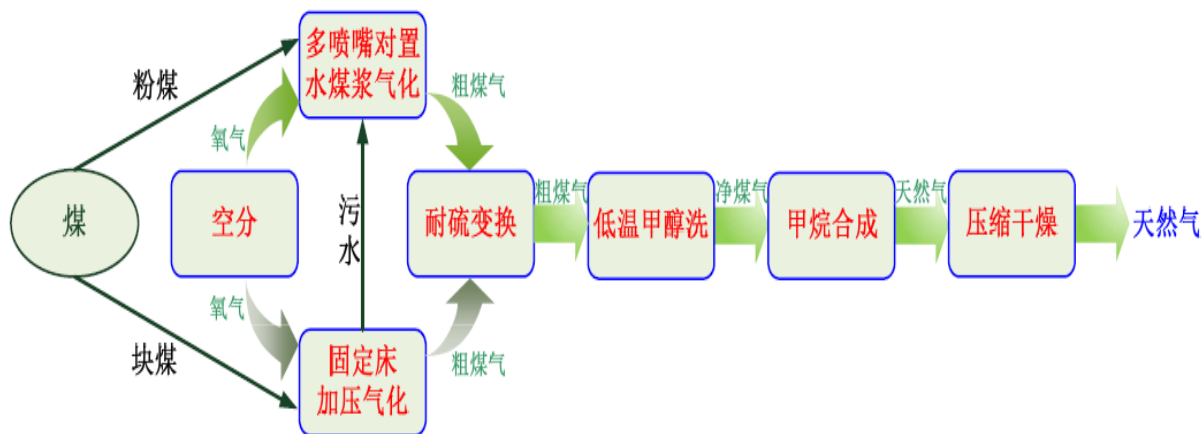
4. 高压 (8.7MPa) 水煤浆气化工艺开发

8.7MPa多喷嘴对置式水煤浆气化工艺包已编制完成

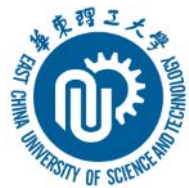


5. 多喷嘴水煤浆气化与固定床气化的耦合集成

主要针对煤制天然气产业



- 产品气更适合合成天然气的需要
- 解决原料煤的块煤与粉煤比例问题
- 解决固定床气化废水问题
- 优化系统投资

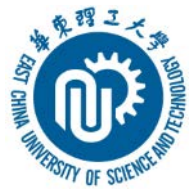


多喷嘴对置式水煤浆气化技术 应用现状

工业应用优秀经验分享

技术改进和开发

结论



结论

1. 多喷嘴对置式煤气化技术已经成功获得了广泛应用，代表了**当前大型煤气化技术的国际领先水平**；
2. 形成了一支优秀的**产、学、研**结合的队伍，建成了国际一流的研究开发基地；
3. 将**继续加大投入，密切与用户合作**，在煤气化领域不断进行技术开发与创新，努力推动多喷嘴对置式煤气化技术向更高水平进步。



衷心感谢

行业各界对多喷嘴对置式煤气化技术的关心爱护

让我们携手走向新的辉煌！