

# 新型多喷嘴对置式水煤浆气化 技术工业化应用

路文学

(水煤浆气化及煤化工国家工程中心, 山东 滕州 277527)

**摘要:** 煤气化技术是实现煤炭洁净利用的关键。介绍了新型多喷嘴对置式水煤浆气化炉流场、煤气化机理及其工业化应用概况。通过工业化运行结果表明: 该装置气化效率高, 交叉流式洗涤冷却水分布器的水均布, 气化炉运转平稳, 负荷可调节范围大, 洗涤、冷却性能好, 该技术打破了国外对水煤浆气化技术的垄断。

**关键词:** 多喷嘴对置式气化炉; 煤气化; 水煤浆; 工业化

中图分类号: TQ051.69

文献标识码: A

文章编号: 0253-4320(2006)08-0052-03

## Commercial application of coal-water slurry gasification with opposed multi-burner

LU Wen-xue

(National Research and Engineering Center for Coal Slurry Gasification and Coal Chemicals, Tengzhou 277527, China)

**Abstract:** Coal gasification is the key technology for coal utilization. The flow features of coal-water slurry in opposed multi-burner and the mechanism of coal-water slurry gasification are introduced, and the commercial application of this technology in Yankuang Cathay Coal Chemicals Corporation, Limited, is also discussed in detail. The industrial operational results showed that the gasification efficiency of the installation was high, water distribution was symmetrical in cross-correlation washing and cooling water distribution, the gasifier run steadily, the load could be adjusted in a wide range, the washing and cooling performance were good. The successful industrialization application of this technology breaks the monopoly of it by foreign countries.

**Key words:** opposed multi-burner gasifier; coal gasification; coal-water slurry; industrialization

兖矿集团有限公司与华东理工大学在煤气化、多联产关键技术的研究中, 成功开发出具有自主知识产权的新型多喷嘴对置式水煤浆气化技术, 打破了国外跨国公司对水煤浆气化技术的垄断, 为我国能源和煤化工市场提供了新的具有自主知识产权的技术。本文主要从工业化应用方面阐述了新型多喷嘴对置式水煤浆气化技术。

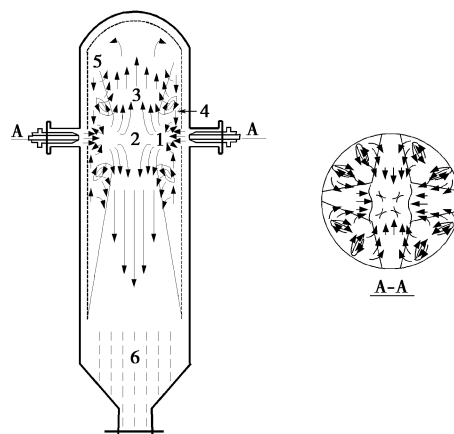
## 1 多喷嘴对置式气化炉简介

### 1.1 气化流场

在实验室以  $\Phi 1\ 000\ \text{mm} \times 4\ 000\ \text{mm}$  的大型冷模对置气化炉有机玻璃模型对气化炉流场进行了探讨。研究表明流场可划分为: 射流区、撞击区、撞击流股区(上下2股)、回流区(共6个)、折返流区和管流区<sup>[1]</sup>, 撞击区是气化炉内物流间混合最为剧烈的区域<sup>[2]</sup>。如图1所示。

### 1.2 气化反应机理

水煤浆、氧进入气化室后, 相继进行雾化、传热、蒸发、脱挥发分、燃烧、气化等6个物理和化学过程,



1—射流区; 2—撞击区; 3—撞击流股区; 4—回流区;  
5—折返流区; 6—管流区

图1 多喷嘴对置式气化炉流场示意图

前5个过程速度较快, 而气化反应除在上述前5个区中发生外, 主要在管流区中进行<sup>[3]</sup>。

煤浆颗粒在气化炉内的气化过程经历了以下步骤<sup>[4]</sup>: 颗粒的湍流弥散、颗粒的振荡运动、颗粒的对流加热、颗粒的辐射加热、煤浆蒸发与颗粒中挥发分

的析出、挥发产物的气相反应、煤焦的多相反应、灰渣的形成等。

通过实验室对气化炉的大型冷模、小型热模、雾化性能以及合成气初步净化研究,并在鲁南化肥厂进行中试,中试装置采用集散控制系统,研究结果表明该设备生产运行平稳、安全,工艺先进;在相同的煤种与煤浆浓度条件下,中试装置比鲁南化肥厂引进的 Texaco 装置有效气( $\text{CO} + \text{H}_2$ )体积分数高 1.5%~2.0%;碳转化率高 2.0%~3.0%;节省氧气 2.0%~7.0%;有效气成分、碳转化率、比氧耗、比煤耗等技术指标均有明显提高<sup>[5]</sup>。

## 2 工业化实践

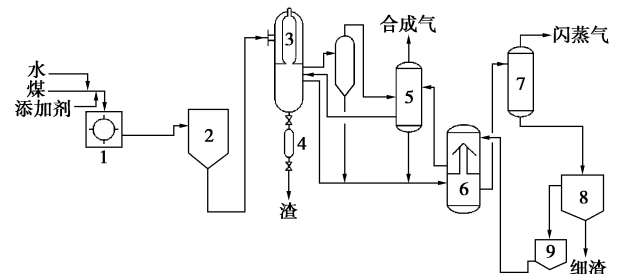
### 2.1 应用概况

“十五”期间多喷嘴对置式水煤浆气化技术已进入商业示范阶段。兖矿集团有限公司、华东理工大学共同承担“十五”国家高技术研究发展计划(“863”计划)重大课题——“新型水煤浆气化技术”,在兖矿国泰化工有限公司建设多喷嘴对置式水煤浆气化工业装置及配套工程。工业化结果利用 2 台煤处理能力 1 150 t/d 的多喷嘴对置式水煤浆气化炉(4.0 MPa)配套年产 24.0 万 t 甲醇、联产 71.8 MW 发电,装置于 2005 年 10 月投入运行。通过专利实施许可的方式,并在国家发展改革委员会“十五”重大技术装备研制项目的支持下,将多喷嘴对置式水煤浆气化技术应用于山东华鲁恒升化工股份有限公司大氮肥国产化工程,建设多喷嘴对置式水煤浆气化装置(6.5 MPa,煤处理量 750 t/d),并于 2005 年 6 月初正式投入运行。

兖矿国泰化工有限公司空分装置采用高效的分子筛吸附前端处理技术和国际上先进、可靠的液氧泵内压缩流程,以兖矿集团高硫煤为煤气化原料。产生的水煤气分成 2 股,一股去燃气发电装置,一股去甲醇生产装置。用于发电的水煤气经过聚乙二醇二甲醚(NHD)脱硫后进入燃气轮机发电,燃气轮机尾气中的热量由余热锅炉回收,产生 3.82 MPa、450℃的过热蒸汽。生产甲醇的水煤气经耐硫变换、NHD 脱硫脱碳后,生成合格的合成气经压缩后进入甲醇合成反应器。合成装置采用国际上先进的低压甲醇合成技术<sup>[6]</sup>,合成塔采用华东理工大学专利技术——绝热等温甲醇合成反应器,甲醇合成系统压力为 5.0 MPa。甲醇精馏采用节能型三塔精馏,精馏塔采用规整填料塔。

### 2.2 工艺流程

煤、水与煤浆添加剂进入磨煤机,制得质量分数 60%~65%的煤浆,经煤浆给料泵加压后,进入 4 只工艺喷嘴。空分装置来的纯氧分 4 路经氧气流量调节后进入工艺喷嘴。水煤浆与氧气一同通过喷嘴喷入气化炉,在气化炉内形成撞击反应区,进行部分氧化反应,生成的粗合成气、熔渣一起向下进入气化炉激冷室,大部分熔渣在水浴中激冷固化,落入激冷室底部,通过静态破渣器后进入锁斗收集,定期排放。粗合成气在气化炉激冷室液位下鼓泡后出激冷室,进入撞击混合器及旋风分离器,再送至水洗塔洗涤除尘,含尘质量浓度小于  $1 \text{ mg/m}^3$  的合成气送至合成气净化系统。如图 2 所示。



1—磨煤机;2—煤浆槽;3—多喷嘴对置式气化炉;4—锁斗;5—水洗塔;6—蒸发热水塔;7—真空闪蒸器;8—澄清槽;9—灰水槽

图 2 新型多喷嘴对置式水煤浆气化工序示意图

来自气化炉激冷室、旋风分离器及水洗塔底部的黑水分别经过减压送入高温蒸发热水塔,然后送至真空闪蒸器,闪蒸后的黑水进入澄清槽,加入絮凝剂强化沉降。浓缩的黑水经澄清槽底物泵送入压滤机,澄清的灰水经闪蒸气加热回收热量后返回系统。另有部分灰水去废水处理工序。

### 2.3 技术特点

多喷嘴对置式水煤浆气化技术含煤浆制备、多喷嘴对置式水煤浆气化和煤气初步净化工序、含渣水处理工序,技术特点是:多喷嘴对置式气流床气化炉、预膜式长寿命高效气化喷嘴、交叉流式洗涤水分布器、复合床高温煤气冷却洗涤设备、分级净化的煤气初步净化工艺、蒸发分离直接换热式含渣水处理及热回收工艺已获一系列发明专利和实用新型专利,是具有完全自主知识产权的煤气化技术。四喷嘴对置式水煤浆气化相对于引进技术,在操作方面展现了较大的优势,如激冷室液位稳定、易于控制,带水量降低,交叉流式洗涤冷却水分布器的水均布、洗涤、冷却性能好等。工业运行结果表明,气化炉运转平稳、情况良好。分析测定数据见表 1。

表 1 多喷嘴对置式水煤浆气化技术运行指标

	煤处理能 力/ $t \cdot d^{-1}$	有效气体 积分数/%	碳转化 率/%	比煤耗/ $kg \cdot km^{-3} \textcircled{1}$	比氧耗/ $m^3 \cdot km^{-3} \textcircled{2}$
多喷嘴对置式 水煤浆气化	1150	84.9	98.8	535	309
单喷嘴水煤浆 气化	400	82.0~ 83.0	96.0~ 97.0	547	336

注:①比煤耗指每  $km^3$  ( $CO + H_2$ ) 所需消耗的煤质量 ( $kg$ ); ②比氧耗指每  $km^3$  ( $CO + H_2$ ) 所需消耗的氧气体积 ( $m^3$ )。

## 2.4 创新与发展

(1) 煤化工生产在高压状态下连续投料, 历来被称为安全生产的“禁区”。兖矿集团有限公司通过在低、中压状态下投料等多次试验, 解决和完善了 30 多项技术难题, 走出了一条高压状态下带压投料、安全生产的新路子。带压连投操作技术, 可实现气化炉及后系统在不停车的情况下解决故障, 大大增强了抵御故障的能力, 提高了有效生产时间。

2005 年 11 月 29 日, 气化炉因煤浆波动导致一对喷嘴跳车, 气化系统中一对喷嘴维持甲醇系统 50% 负荷生产, 另一对喷嘴在 3.0 MPa 压力下带压投料(单喷嘴气化炉跳车后甲醇系统需切换停车, 投料后甲醇系统重新开车), 保证了甲醇系统不切换合成气, 可一次增加有效生产时间 14 h, 节省费用近 70 万元。到目前为止, 系统累计进行了 7 次带压连续投料操作, 节省费用近 500 万元。

(2) 长周期运行。截至 2006 年 6 月, 我国首台日处理 1 150 t 煤的多喷嘴对置式新型水煤浆气化炉, 在兖矿国泰化工有限公司实现连续稳定运行 45 天, 创造了该种炉型连续运行时间的新纪录。

## 2.5 鉴定结果

2005 年 12 月, 中国石油和化学工业协会根据国家高技术研究发展计划“新型水煤浆气化技术”进行现场 168 h 运行考核, 并于 2006 年 1 月通过鉴定。考核的技术指标如下: ①比氧耗  $309 m^3/km^3$ ; ②比煤耗  $535 kg/km^3$ ; ③合成气有效气 ( $CO + H_2$ ) 体积分数 84.9%; ④碳转化率 98.8%; ⑤产气率  $2.20 m^3/kg$ 。

考核结果认为: 气化装置运行安全可靠, 自动化程度高, 操作控制灵活, 开车到正常生产过渡期短。采用独特的氧气流量控制技术和带压连续投料操作技术, 增强了抵御故障的能力, 使装置运行更加平稳。

该装置性能与技术指标达到国际领先水平, 与国外水煤浆气化技术相比, 其技术特点和优势(创新点)在于:

(1) 四喷嘴对置式气化炉和新型预膜式喷嘴的气化效率高, 技术指标先进。与采用国外水煤浆气化技术的兖矿鲁南化肥厂同期运行结果相比, 有效气成分提高 2.0% ~ 3.0%,  $CO_2$  含量降低 2.0% ~ 3.0%; 碳转化率提高 2.0% ~ 3.0%, 比氧耗降低 7.9%, 比煤耗降低 2.2%。

(2) 四喷嘴对置式气化炉喷嘴之间的协同作用好, 气化炉负荷可调节范围大, 目前为 50% ~ 110%, 负荷调节速度快, 适应能力强, 有利于装置大型化。

(3) 复合床型洗涤冷却技术的热、质传递效果好, 液位平稳, 避免了引进技术中的带水、带灰问题。

(4) 分级式合成气初步净化工艺节能、高效。表现为系统压降低, 分离效果好, 合成气中细灰含量低(质量浓度  $< 1 mg/m^3$ )。

(5) 渣水处理系统采用直接换热技术, 热回收效率高, 克服了设备易结垢和堵塞的缺陷。

## 参考文献

- [1] 谭可荣, 韩文, 赵东志, 等. 新型水煤浆气化技术的开发及应用[J]. 煤炭转化, 2001(1): 36 - 39.
- [2] 李希, 陈甘棠, 戎顺熙. 微混混合问题的研究[J]. 化学反应工程与工艺, 1990, 6(4): 15 - 22.
- [3] 龚欣, 刘海峰. 新型水煤浆气化炉[J]. 节能与环保, 2001(11): 15 - 17.
- [4] 王辅臣, 吴韬, 于建国, 等. 射流携带床气化炉内宏观混合过程研究: III. 过程分析与模拟[J]. 化工学报, 1997, 48(2): 336 - 346.
- [5] 沙兴中, 杨南兴. 煤的气化与应用[M]. 上海: 华东理工大学出版社, 1995: 267 - 272.
- [6] 曾庆纯, 韩文. 利用 TEXACO 水煤浆加压气化工艺改造中型化肥厂[J]. 化肥工业, 1999(4): 3 - 6. ■

## 陶氏宣布调高 TONE™ ECEQ 己内酯单体在亚太区的售价

陶氏化学(Dow Chemical)公司的环氧产品事业部于 2006 年 5 月 17 日在香港宣布, 自 2006 年 6 月 1 日起或按照合同条款所准许的日期开始, 旗下的 TONE™ ECEQ 己内酯单体在亚太区的售价将调升 10%。陶氏表示这次的价格调升是由于原料与能源价格高涨, 以及需求增加。客户如需查询调升价格的详情, 可联络陶氏的本地营业代表。(杨)