

# 新型气流床粉煤加压气化技术

龚欣<sup>1</sup>, 郭晓镭<sup>1</sup>, 代正华<sup>1</sup>, 于遵宏<sup>1</sup>, 韩飞<sup>2</sup>, 赵瑞同<sup>2</sup>, 吕传磊<sup>2</sup>, 路文学<sup>2</sup>

(1. 华东理工大学洁净煤技术研究所, 上海 200237; 2. 兖矿鲁南化肥厂水煤浆气化及煤化工国家工程研究中心, 山东滕州 277527)

**摘要:** 气流床粉煤加压气化技术具有原料消耗低, 碳转化率高, 热效率高, 煤种适应性强等优势。我国具有自主知识产权的气流床粉煤加压气化技术中试装置在兖矿鲁南化肥厂运行成功, 各项技术指标分别为: 有效气体积分数 89% ~ 93%, 碳转化率 98% ~ 99%, 比氧耗 0.30 ~ 0.32 m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>, 比煤耗 0.53 ~ 0.54 kg/m<sup>3</sup>, 冷煤气效率 ≥ 84%。

**关键词:** 粉煤加压气化; 气流床; 气化炉

中图分类号: TQ546

文献标识码: A

文章编号: 0253 - 4320(2005)03 - 0051 - 02

## New-type gasification technology of pressurized entrained-flow for pulverized coal

GONG Xin<sup>1</sup>, GUO Xiao-lei<sup>1</sup>, DAI Zheng-hua<sup>1</sup>, YU Zun-hong<sup>1</sup>, HAN Fei<sup>2</sup>, ZHAO Rui-tong<sup>2</sup>,  
LÜ Chuan-lei<sup>2</sup>, LU Wen-xue<sup>2</sup>

(1. Institute of Clean Coal Technology, East China University of Science and Technology, Shanghai 200237, China;

2. National Research and Engineering Center for Coal-water Slurry Gasification and Coal Chemical Industry, Yankuang Lunan Chemical Fertilizer Plant, Tengzhou 277527, China)

**Abstract:** The pressurized entrained flow gasification for pulverized coal is featured with its low consumption of materials, high carbon conversion and heat efficiency, and its excellent flexibility to coals. The pilot-plant of pressurized entrained flow gasification for pulverized coal has been running successfully in YanKuang Lunan Chemical Fertilizer Plant, and the technology is a self-owned intellectual property, and obtains excellent qualifications; the volume fraction of syngas (CO + H<sub>2</sub>) can reach 89% - 93%, carbon conversion rate, 98% - 99%, oxygen consumption and coal consumption, 300 - 320 m<sup>3</sup> and 530 - 540 kg per 1000 m<sup>3</sup> of (CO + H<sub>2</sub>) respectively, and the cold gas efficiency, over 84%.

**Key words:** pressurized pulverized-coal gasification; entrained-flow; gasification stove

气流床煤气化技术具有煤种适应性广, 操作压力、温度高, 碳转化率高, 生产强度和规模大等特点, 按照原料煤形态的不同可划分为水煤浆气化和粉煤气化 2 种类型, 其中粉煤气化与水煤浆气化相比, 又具有原料消耗低, 碳转化率高, 热效率高, 煤种适应性强等主要优势<sup>[1-8]</sup>, 近年来备受用户青睐。最近几年我国已有 10 多家企业与美国 Shell 公司签订了技术转让合同<sup>[9]</sup>, 可见其市场需求和应用前景广阔。为了加快科技自主创新能力, 在国家科技部支持和企业配套资金投入下, 经过联合攻关, 我国具有自主知识产权的气流床粉煤加压气化技术中试装置运行成功。

## 1 工艺流程与气化炉结构

### 1.1 工艺流程

粉煤加压气化中试装置单元流程如图 1 所示。

将原煤除去杂质后送入磨煤机进行破碎, 同时由经过加热的低压氮气将其干燥, 制备出合格煤粉

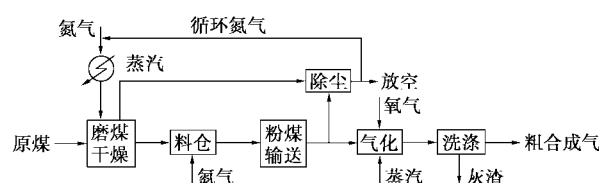


图 1 粉煤加压气化中试装置单元流程图

存于料仓中, 用于加热的低压氮气大部分可循环使用。料仓中的煤粉先后在低压氮气和高压氮气的输送下, 通过气化喷嘴进入气化炉。气化剂氧气、蒸汽也通过气化喷嘴进入气化炉, 并在高温、高压下与煤粉进行气化反应。出气化炉的高温合成气经激冷、洗涤后并入兖矿鲁南化肥厂(以下简称鲁化)造气车间合成气管线。熔融灰渣在气化炉激冷室中被激冷固化, 经锁斗收集, 定期排放。洗涤塔出来的黑水经过二级闪蒸, 水蒸气及一部分溶解在黑水中的 CO<sub>2</sub>、H<sub>2</sub>S 等酸性气被迅速闪蒸出来, 闪蒸气经冷凝、分离后与气化分厂生产系统的酸性气一并处理, 闪蒸黑

水经换热器冷却后排入地沟,送至气化分厂生产装置的污水处理系统。

### 1.2 气化炉结构

采用“九五”期间开发建成的具有自主知识产权的多喷嘴对置式气化炉,位于气化炉上部的 4 个喷嘴呈水平对置式设置,两喷嘴间夹角为 90°,物料进气化炉后形成撞击流。气化炉为底部排气排渣的竖直圆筒式结构,内衬耐火砖,其结构如图 2 所示。这种撞击流气流床在强化热质传递过程方面具有显著优势<sup>[10-11]</sup>。

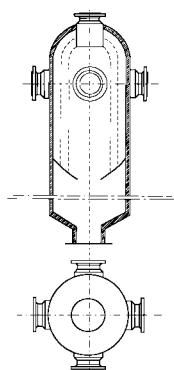


图 2 气化炉结构示意图

## 2 中试装置运行结果

### 2.1 装置能力及运行条件

该气流床粉煤加压气化中试装置建于兖矿鲁南化肥厂,装置处理能力为 15 ~ 45 t/d,操作压力为 2.0 ~ 2.5 MPa,操作温度为 1 300 ~ 1 400 °C。

### 2.2 煤质分析

煤种为兖矿鲁南化肥厂 Texaco 水煤浆气化用煤,即北宿精洗煤,煤质分析数据见表 1。

表 1 煤质分析数据

项目	符号	数值
质量分数(工业分析)/%		
水分	$M_{ad}$	0.76
灰分	$A_{ad}$	9.14
	$A_d$	9.21
挥发分	$V_{daf}$	41.48
固定碳	FC	52.73
质量分数(元素分析)/%		
全硫	$S_{t,d}$	3.51
碳	$C_{ad}$	73.50
	$C_{daf}$	81.58
氢	$H_{ad}$	4.98
	$H_{daf}$	5.53
氮	$N_{ad}$	1.28
	$N_{daf}$	1.42
氧	$O_{ad}$	6.86
	$O_{daf}$	7.61
灰熔点/°C		1360

### 2.3 合成气组成

根据装置运行负荷与工艺条件不同,中试装置生产的典型合成气组成见表 2,该组成与 Shell 技术<sup>[3,5,7-8]</sup>生产的合成气基本一致。

表 2 中试装置生产的合成气组成

组分	CO	H <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	(CO + H <sub>2</sub> )
体积分数/%	58 ~ 62	29 ~ 32	2 ~ 4	4 ~ 7	87 ~ 94

### 2.4 技术指标

表 3 给出了中试装置在气化温度为 1 300 ~ 1 350 °C、包括半负荷运行在内的不同工况下的各项技术指标。运行结果表明,随着气化压力升高及进煤负荷增大,技术指标趋向更好。

表 3 中试装置在不同工况下的技术指标

工况	进煤负荷/ t·d <sup>-1</sup>	炉压/ MPa	$\varphi(\text{CO} + \text{H}_2)$ / %	比氧耗 <sup>①</sup> / m <sup>3</sup>	比煤耗 <sup>②</sup> / kg	碳转 化率/ %	冷煤气 效率/ %
1	18.4	2.0	82.2	306	568	92.8	78.5
2	31.7	1.1	91.2	310	529	97.8	84.3
3	33.9	2.0	90.4	293	523	98.2	84.6
4	38.8	2.0	92.8	295	522	97.9	85.3
5	39.1	2.5	91.4	292	511	98.9	87.3

注:①和②分别指生产 1 000 m<sup>3</sup> 合成气消耗的 O<sub>2</sub> 体积及煤质量。

## 3 技术指标比较

将该粉煤气化技术与其他几种气流床水煤浆气化技术以及 Shell 粉煤加压气化技术的比较列于表 4。从表 4 可见,新型粉煤加压气化技术能耗低,碳转化率高,在气化条件和煤种相同的情况下,新技术比水煤浆气化技术节氧 16% ~ 21%,节煤 2% ~ 4%,有效气体积分数提高 6 ~ 10 个百分点。

表 4 几种不同气化装置运行指标比较

装置	$\varphi(\text{CO} + \text{H}_2)$ / %	碳转化 率/%	比氧耗/ m <sup>3</sup>	比煤耗/ kg	煤种
新型气化炉					
粉煤	89 ~ 93	98 ~ 99	300 ~ 320	530 ~ 540	现鲁化装置用 煤(灰分 9.14%)
水煤浆	83	> 98	380	550	原鲁化装置用 煤(灰分 7.67%)
Shell <sup>[9]</sup>					
粉煤	90	> 99	340	590	灰分 18%
鲁化装置					
水煤浆	约 83		约 399	约 644	现鲁化装置用 煤(灰分 9.14%)

(下转第 54 页)

### 1.2 废水水质组成

废水主要由含油污水、含盐污水、酸性水、生活污水和雨水 5 部分组成。含油污水主要是收集部分机泵冷却水、油罐切水、冲洗设备水、地面污水、化验排污水、油品洗涤水、油泵轴封水以及工艺过程中与油品接触的冷凝水、介质水、生成水等。主要污染物有油、硫、酚及其他有机物等。含盐污水主要是收集电脱盐、化学药剂库及循环水场排出的污水，主要污染物有水质稳定剂。酸性水是碱渣处理后的水，首先进入酸性水罐，经限流后进入污水处理系统，主要污染物有己烷酸等有机酸。生活污水处理系统主要是收集厂区厕所、浴池、盥洗室、食堂等生活污水。雨水是在下雨时厂区的地面雨水汇集到污水处理场的水。

### 2 新、旧工艺污水处理系统流程比较

图 1、图 2 分别是洛阳炼油厂现有工艺及新工艺污水处理系统物流图。可见，新工艺用生物流化床及沉淀罐两级工序代替原方曝、沉淀、微曝、沉淀、砂滤、活性炭过滤等六级工序，大大节省了占地面积及系统水力停留时间( $t_{HR}$ )。

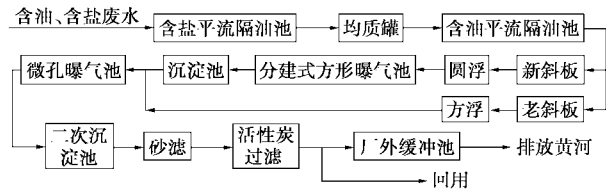


图 1 现有炼油污水处理系统物流图

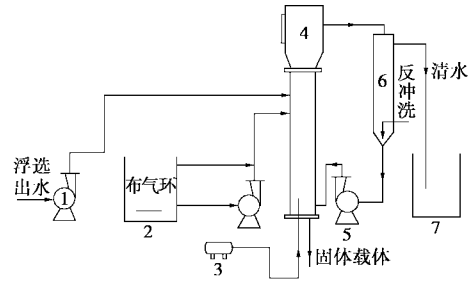


图 2 新工艺污水处理系统物流图

#### 2.1 工艺流程

新工艺工业试验流程如图 3 所示。经浮选处理后的废水由污水泵提升打入生物流化床反应器，进

行生化处理。用加药计量泵把配制的药液送入反应器中部。反应需要的氧气由空气压缩机提供，由底部进入反应器。处理后的部分污水溢流进入沉淀罐，气体逸出进入大气，固体载体及污水夹带的部分气体从反应器内筒外部下行进入反应器底部，完成一个循环。清水从沉淀罐顶部排出系统，污泥由循环泵回流到反应器。



1—污水泵；2—加药罐；3—空压机；4—流化床反应器；  
5—污泥泵；6—沉淀罐；7—清水池

图 3 新工艺工业试验流程简图

#### 2.2 试验装置

生物流化床反应器高径比 3.3，反应器底部直径 3.6 m，顶部直径 8.0 m，总高度 12 m，总体积约为 150 m<sup>3</sup>，其中有效反应体积约为 120 m<sup>3</sup>，反应器总高度与环流套筒直径比大于 10。反应器主要由底部反应区和顶部沉降区组成，底部反应区内设有多个导流筒，导流筒底部设有气体分布器。

试验用的复合载体有活性炭、陶粒及塑料拉西环。活性炭粒径为 2.0 ~ 2.5 mm，堆积密度为 995 kg/m<sup>3</sup>。陶粒粒径为 3 ~ 6 mm，堆积密度为 1 100 kg/m<sup>3</sup>。拉西环为柱状 8 mm × 12 mm，堆积密度为 785 kg/m<sup>3</sup>。

### 3 工业试验及技术经济分析

#### 3.1 工业试验

新工艺于 2004 年 9 月 8 日试车，连续运行达 100 天。首先在反应器中投放活性污泥及由天津大

(上接第 52 页)

#### 参考文献

[1] Zuidveeld Piet, De Graaf Jan. Overview of global solutions' world wide gasification developments [A]. In: Gasification Technologies Council. Gasification Technologies 2003 [C]. San Francisco California, 2003. 1 - 7.  
[2] Bayens C A. Update on projects using the shell coal gasification process [A]. In: Illinois Institute of Technology. Proceedings of the 55th Annual Meeting of the American Power Conference [C]. Chicago: Illinois Inst

of Technology, 1993. 499 - 504.  
[3] 郑振安. [J]. 煤化工, 2003, 31(2): 7 - 11.  
[4] 汤中文. [J]. 大氮肥, 2003, 26(3): 149 - 152.  
[5] 韩梅. [J]. 煤炭加工与综合利用, 1999, (1): 15 - 17.  
[6] 唐宏青. [J]. 燃料化学学报, 2001, 29(1): 1 - 5.  
[7] 卢正滔. [J]. 全国造气技术通讯, 2002, 10(1): 1 - 5.  
[8] 于广锁, 牛苗任, 王亦飞, 等. [J]. 现代化工, 2004, 24(5): 23 - 26.  
[9] 徐海龙. [J]. 中国煤炭, 2004, 30(增刊): 113 - 120.  
[10] 龚欣, 刘海峰, 王辅臣, 等. [J]. 节能与环保, 2001, 6: 15 - 17.  
[11] 于广锁, 龚欣, 刘海峰, 等. [J]. 现代化工, 2004, 24(10): 46 - 49.

