

# 加压固定床粗煤气再转化工艺 自热式转化炉烧嘴选择

张庆九<sup>1</sup>, 王光龙<sup>2</sup>

(1. 辽宁大唐国际阜新煤制天然气有限责任公司 辽宁 阜新 123000;

2. 郑州大学 化工与能源学院 河南 郑州 450000)

**摘要:** 烧嘴是自热式转化炉的核心设备, 而自热式转化炉是加压固定床粗煤气再转化工艺中的关键设备。为了提高转化效率, 首先对比分析了6种烧嘴的应用对象、应用场合、运行优缺点及工艺环境等。通过分析发现, 烧嘴在压力从微正压到8.0 MPa、温度880~1700℃内都能运行, 且为了保证气化反应的顺利进行, 也对烧嘴需具备的性能提出了要求。分析了河南某化工厂试烧褐煤时的粗煤气组成, 进一步分析了烧嘴在实际应用中需要满足的条件。结果表明: 德士古气化炉煤烧嘴作为粗煤气再转化工艺的实验烧嘴是可行的, 能够满足加压固定床煤气化炉产粗煤气再转化工艺要求。

**关键词:** 烧嘴; 自热式转化炉; 德士古气化炉; 粗煤气; 加压固定床

中图分类号: TD849; TQ545

文献标识码: A

文章编号: 1006-6772(2012)04-0071-05

## Burner selection for self-heating converter in reconversion process of pressurized fixed-bed raw coal gas

ZHANG Qing-jiu<sup>1</sup>, WANG Guang-long<sup>2</sup>

(1. Liaoning Datang International Fuxin Coal-To-SNG Co. Ltd. Fuxin 123000, China;

2. School of Chemical Engineering and Energy Zhengzhou University Zhengzhou 450000, China)

**Abstract:** The burner is the most important device in self-heating converter, which plays an essential role in reconversion process of pressurized fixed-bed raw coal gas. To improve conversion rate, compare the application objects and field advantages and disadvantages, technical processes of six kinds of burners. The results show that the burners could operate well when the pressure varies from micropositive pressure to 8.0 MPa, temperature changes from 880℃ to 1700℃. The indispensable characteristics of burner are introduced. Burning lignite in a chemical plant in Henan Province, analyse the raw gas composition. The results show that the burner of Texaco gasifier could be used as experimental burner, which could meet the requirement of reconversion process of pressurized fixed-bed raw coal gas.

**Key words:** burner; self-heating converter; Texaco gasifier; raw coal gas; pressurized fixed-bed

收稿日期: 2012-04-27 责任编辑: 宫在芹

作者简介: 张庆九(1969—)男, 河南开封人, 高级技师, 长期从事化工生产技术管理、调度管理工作。

引用格式: 张庆九, 王光龙. 加压固定床粗煤气再转化工艺自热式转化炉烧嘴选择[J]. 洁净煤技术, 2012, 18(4): 71-75.

## 1 概 述

### 1.1 加压固定床粗煤气再转化炉工艺特点

加压固定床粗煤气再转化炉新工艺<sup>[1]</sup>是在加压固定床煤气化炉后,安装1台自热式转化炉,加压固定床煤气化炉产生的粗煤气在自热式转化炉中与加入的 $O_2$ 、 $CO_2$ 和水蒸汽混合燃烧、转化,将粗煤气中煤粉、焦油、石脑油、轻油、多碳烃、甲烷和酚等物质在高温下转化为有效气体( $H_2$ 、 $CO$ ),同时将有机硫等转化为易于脱除的 $H_2S$ 。达到节约投资,降低生产运行费用,减少污染,简化三废处理等目的<sup>[2]</sup>。

### 1.2 烧嘴种类

烧嘴一般分为内混式烧嘴和外混式烧嘴两类。内混式烧嘴是在烧嘴内的混合室中将燃料和助燃物混合后喷出燃烧。喷出物料雾化性好,混合充分,转化效率高,但对内混室的耐磨件耐磨性能要求较高。外混式烧嘴是将燃料和助燃物在烧嘴出口处进行混合,在喷口处雾化、燃烧,混合效果略逊于内混式烧嘴,转化效率较低,但降低了对烧嘴头部耐磨件耐磨性能的要求。

在自热式转化炉内,烧嘴是将粗煤气、 $O_2$ 、水蒸气和 $CO_2$ 等气体均匀混合的关键设备,气体混合越充分,粗煤气再转化率就越高。同时保证烧嘴长周期连续运行也是关键的控制点。表1为各种工艺条件下烧嘴使用条件对比。

## 2 自热式转化炉烧嘴选择

### 2.1 烧嘴运行工艺环境

由表1可以看出烧嘴在实际的转化、气化工艺流程中已有了广泛的运用,能够在自热式再转化炉工艺条件下稳定运行。烧嘴能够适应各种转化、气化工况,压力从微正压到8.0 MPa、温度880~1700℃内都能运行。自热式转化炉炉膛的结构和煤气化炉炉膛的结构几乎相同,在转化炉和煤气化炉内的化学反应也基本相同,都是实现含碳物质的转化或气化,生成有效气体,只是输入的原料不同,残留物不同,故称谓不同。几乎相同的炉膛结构和化学反应,使转化炉的使用范围非常广泛,从气态的甲烷、焦炉气,到液态的轻油、重油,再到固态的煤等,都能够在转化炉内发生很好的转化反应和气化反应。因此自热式转化炉应用于粗煤气再转化流程中能够满足加压固定床产

粗煤气各组分再转化需要,再转化效率也较高。

由表1可以看出,加压固定床粗煤气中,能够保证粗煤气中各组分转化率。

### 2.2 烧嘴需具备的性能

(1) 烧嘴在使用过程中,要求喷出组分的液雾平均粒径小、雾粒直径分布均匀、雾矩张角适当、液雾流量密度分布均匀,以保证物料的转化率<sup>[3]</sup>。

(2) 烧嘴的操作弹性应能够满足系统开车、低负荷、满负荷运行时的要求。在50%~130%负荷范围内应保证烧嘴的工作性能正常。

(3) 在烧嘴参数确定的情况下,负荷允许范围内,烧嘴喷射出的反应物料气流张角应合理,火焰长度(反应高温区位置)应合适,不宜直接冲刷到耐火砖墙面,避免烧嘴火焰对耐火砖及烧嘴本身造成不利影响。这就要求气化炉应有合理的高度和直径,并留有一定的余地。

(4) 在保证烧嘴工作性能的前提下,使用寿命应尽量长,以确保装置长周期、稳定、经济运行。一个无维修运行周期应在1a以上。

河南某化工厂在2008-06-04—2008-06-06通过加压固定床煤气化炉试烧褐煤,表2为试烧褐煤产出粗煤气主要组分,其中N另测。 $NH_3$ 仅开始测定第1天的8:00,第2天的9:00测出,其值分别为2121.7、911.1 mg/m<sup>3</sup>,平均值为1516.4 mg/m<sup>3</sup>。通过对粗煤气主要组分进行分析,可以选择自热式转化炉烧嘴。

由表2可以看出,加压固定床气化炉产粗煤气中主要组分有 $N_2$ 、Ar、 $H_2$ 、 $O_2$ 、CO、 $CO_2$ 、 $CH_4$ 、 $H_2S$ 、 $C_2$ 、 $C_3$ 、 $C_4$ 、 $H_2O$ 、 $NH_3$ 等气态组分。另外还有一些体积较小、形状不规则的固体煤颗粒随粗煤气带出气化炉。携带固体煤颗粒的粗煤气在高速通过烧嘴时,若烧嘴进粗煤气的通道太小,固体煤颗粒会堵塞烧嘴和加重烧嘴磨损<sup>[4]</sup>。所以,作为加压固定床煤气化炉粗煤气再转化炉的烧嘴,要求进粗煤气环形通道大,烧嘴耐磨性好,各种组分混合均匀,转化效率较高,工艺环境和负荷适应性强。

## 3 三通道烧嘴

图1为三通道烧嘴示意<sup>[5]</sup>。三流道内混式烧嘴 $O_2$ 分为2路:一路为中心氧,由中心管喷出;另一路为主氧,由烧嘴外环道喷出,渣油由中间环道喷出。

渣油与中心氧在烧嘴预先混合,然后与主氧一起喷出烧嘴口再次混合,再次混合后的混合气在炉膛内

发生燃烧、转化反应<sup>[6]</sup>。吉林某公司化肥厂合成氨装置就是采用这种三通道烧嘴。

表1 各种工艺条件下烧嘴使用条件对比

烧嘴类型	应用对象	应用场合	优点	缺点	应用厂家	工艺环境	备注
单通道烧嘴 (外混式)	天然气转化	天然气转化二段转化炉 <sup>[7]</sup>	烧嘴结构简单,维修方便,运行周期较长	介质混合不好,转化效率低	河南某30万t合成氨装置	980℃ 4.0 MPa	在一段转化炉转化后,未全部转化气体从烧嘴进入二段转化炉,空气从转化炉上部加入,进行二次转化
二通道烧嘴 (外混式)	天然气、焦炉气、轻油、渣油转化	焦炉气、轻油、渣油直接转化炉 <sup>[8-10]</sup>	烧嘴结构简单,维修方便,烧嘴材质要求不高,运行周期较长	介质混合不好,转化效率较低,设备内部空间大	新疆某30万t合成氨装置	880~1250℃ 3.0~8.0 MPa	天然气、焦炉气、轻油、渣油加热气化后,从烧嘴外环隙进入转化炉,在转化炉内发生转化反应 <sup>[11]</sup>
	煤粉气化 <sup>[12]</sup>	煤粉直接气化炉 <sup>[13]</sup>			国内开发	1400~1700℃ 3.5~4.0 MPa	煤粉从烧嘴中心进入气化炉,在气化炉进行煤气化反应
三通道烧嘴 (内混式)	渣油转化 <sup>[14]</sup>	渣油直接转化炉			吉林某公司化肥厂	1250℃, 3.5 MPa	渣油从烧嘴中心进入转化炉,在转化炉进行渣油转化反应
	渣油转化改造天然气	渣油直接转化炉,改造为天然气转化炉 <sup>[16]</sup>	介质混合效果好,转化效率高	烧嘴结构复杂,维修困难,材料要求高,运行周期较短 <sup>[17]</sup>	甘肃某集团(自主设计的烧嘴)	980℃, 4.0 MPa	将以渣油为原料的转化炉,改为以天然气为原料的转化炉,天然气在改造后的转化炉内发生转化反应
	煤气化(德士古煤气化炉) <sup>[16]</sup>	水煤浆气化炉			陕西某化肥厂	1350℃, 3.5~6.5 MPa	水煤浆从第2环隙进入气化炉,发生煤气化反应
四通道烧嘴 (内混式)	天然气转化	天然气二次转化炉	介质混合效果好,转化效率高	烧嘴结构复杂,维修困难,材料要求高,运行周期较短 <sup>[17]</sup>	吉林某公司化肥厂	980℃, 4.0 MPa	天然气分2路:一路从中心进入;一路从第3环隙进入转化炉,在转化炉进行转化反应
	渣油转化改造天然气	渣油直接转化炉,改造为天然气转化炉			兰州某公司化肥厂	980℃, 4.0 MPa	
五通道烧嘴 (内混式) <sup>[18]</sup>	渣油转化	渣油直接转化炉	介质混合效果好,转化效率高	烧嘴结构复杂,维修困难,材料要求高,运行周期较短 <sup>[17]</sup>	20世纪90年代后期引进。某公司九江分公司、兰州某石化公司、内蒙古某化肥厂	1300~1450℃, 3.0~8.0 MPa	渣油从第3环隙进入转化炉,发生转化反应
六通道烧嘴 (多功能烧嘴)	煤气化 <sup>[19]</sup>	煤气化炉	介质混合效果好,转化效率高	烧嘴结构复杂,维修困难,材料要求高,运行周期较短 <sup>[17]</sup>	无实际应用厂家		现处于试验阶段

表2 加压固定床煤气化炉试烧褐煤产出粗煤气主要组分

%

时间	(N <sub>2</sub> + Ar)	CO	CH <sub>4</sub>	CO <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	H <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> S	C <sub>2</sub>	C <sub>3</sub>	C <sub>4</sub>
0:00	0.12	13.90	14.46	31.66	0.40	38.13	0.70	0.52	0.10	0.010
4:00	0.40	15.21	12.40	30.72	0.40	39.93	0.47	0.42	0.05	未检出
8:00	0.12	14.31	11.83	30.93	0.40	41.59	0.22	0.51	0.08	0.008
16:00	0.15	14.21	11.24	30.99	0.40	42.34	0.21	0.17	0.14	0.150
20:00	0.05	14.46	13.41	30.61	0.40	40.32	0.75	—	—	—
0:00	0.05	14.70	11.16	31.21	0.40	41.38	0.84	0.11	0.06	0.090
4:00	0.05	13.62	12.98	35.03	0.40	37.10	0.82	—	—	—
10:30	0.02	12.71	11.89	32.66	0.40	41.35	0.94	0.02	0.01	0.010
14:00	0.06	15.27	11.98	30.26	0.40	41.01	1.02	—	—	—
16:00	0.10	14.90	11.75	30.44	0.40	40.95	0.65	0.57	0.07	0.170
20:00	0.04	13.64	10.58	31.60	0.40	41.88	0.96	—	—	—
0:00	0.36	14.53	11.31	30.25	0.40	41.50	1.05	0.51	0.08	0.011
4:00	0.33	14.2	11.72	31.32	0.40	41.36	0.67	—	—	—
9:00	0.12	14.71	12.79	30.96	0.40	39.47	0.79	0.25	0.43	0.080
13:00	0.03	14.17	12.42	32.51	0.40	39.63	0.84	—	—	—
16:00	0.09	14.04	12.68	32.16	0.40	39.30	0.99	未检出	0.08	0.260
20:00	0.08	14.55	11.97	32.38	0.40	39.65	0.97	—	—	—
平均	0.12	14.30	12.15	31.51	0.40	40.40	0.75	0.31	0.12	0.087

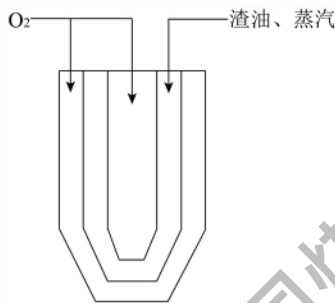


图1 三通道烧嘴示意

图2为德士古水煤浆气化三通道烧嘴。德士古三流道内混式烧嘴一路为中心氧,由中心管喷出;另一路为主氧,由烧嘴外环道喷出,水煤浆由中间环道喷出。水煤浆与中心氧在烧嘴预混合,然后与主氧一起喷出烧嘴再次混合,再次混合后的混合物料在气化炉膛内发生燃烧、气化反应。陕西某化肥厂就是采用这种烧嘴。

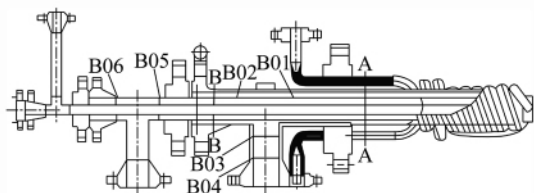


图2 德士古水煤浆气化三通道烧嘴

甘肃某集团渣油改天然气后,在对重油气化及煤气化等气化技术跟踪了解的基础上,自行设计与现行气化炉匹配的三通道烧嘴<sup>[20]</sup>。图3为自行设计的三通道烧嘴喷口示意,图4为三通道烧嘴结构示意图。

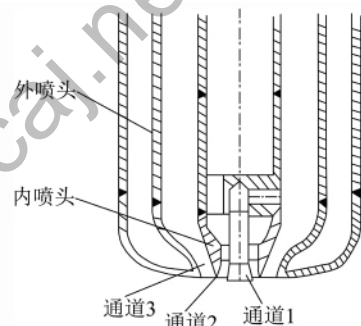


图3 三通道烧嘴喷口

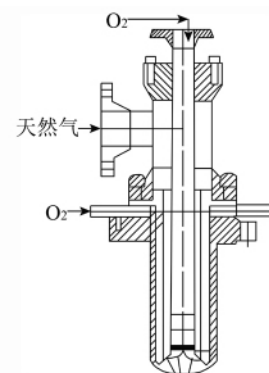


图4 三通道烧嘴结构示意图

由图3和图4可知,烧嘴头部由内喷头和外喷头组成。由于3个通道出口加工成具有一定夹角的形式,使得天然气和O<sub>2</sub>能够较好地形成雾化混合气流,为燃烧、转化创造了良好的条件。

宁夏某分公司合成氨装置3台气化炉,将渣油气化烧嘴直接改烧天然气,渣油烧嘴可连续运行

6 个月以上,并在 1995 年实现了烧嘴备件国产化。渣油改烧天然气后,气化炉内部温度达 1400 ℃,比烧渣油时温度平均高 100 ~ 150 ℃。图 5 为 Shell 粉煤气化炉三通道烧嘴示意<sup>[13]</sup>。其中中心管和外环走 O<sub>2</sub>, 中环走煤粉,用冷却水通过夹套冷却。

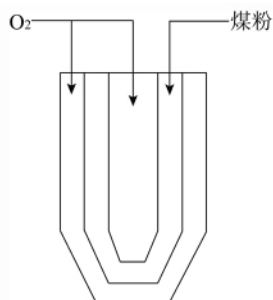


图 5 Shell 粉煤气化炉三通道烧嘴示意

德士古炉煤烧嘴是三通道内混式煤烧嘴,将水煤浆和 O<sub>2</sub> 混合喷出,在煤气化炉炉膛内发生煤气化反应。德士古炉的三通道烧嘴在渣油、重油和天然气工艺的转化反应中已有了成功的使用经验。德士古气化炉炉膛内的工艺环境和自热式天然气、焦炉气、轻烃、渣油、重油转化炉炉膛内的工艺环境相似。德士古式煤气化炉的烧嘴在使用过程中混合效果好,转化效率高,烧嘴进煤环隙通道大,负荷适应性强,使用范围广,技术相对成熟,符合加压固定床粗煤气自热式再转化炉对粗煤气组分复杂、负荷波动大的要求,故选择德士古气化炉的烧嘴作为自热式转化炉烧嘴是可行的。

#### 4 结 语

在当前未开发专用于加压固定床产粗煤气再转化工艺流程新烧嘴的情况下,根据德士古气化炉烧嘴在实际工艺中的使用情况,选用德士古气化炉煤烧嘴作为粗煤气再转化工艺的实验烧嘴是可行的,能够满足加压固定床煤气化炉产粗煤气再转化工艺要求。在今后的工业实验或实际生产的实施应用中,可以在已有的加压固定床煤气化炉系列中,抽出改造 1 台气化炉,或在粗煤气外送总管上增加 1 条副线,将粗煤气引到粗煤气自热式再转化炉,进行粗煤气的再转化反应。经自热式再转化炉转化后的粗煤气,经废热锅炉副产高压蒸汽降温后,转化气并入原煤气化炉粗煤气输送管道中。这样既不影响其它气化炉的稳定运行,又可以检验粗煤气再转化工艺效果,同时也为以后考察和完善烧嘴做准备。

#### 参考文献:

- [1] 张庆九,王光龙. 加压固定床粗煤气再转化工艺研究[J]. 洁净煤技术, 2011, 17(6): 36-38.
- [2] 晋举文. 关于新型煤炭气化炉技术及产业战略的思考[J]. 洁净煤技术, 2002, 8(4): 50-52.
- [3] 李晓中,朱建军,王金乐. 油改气气化炉烧嘴的研制过程总结及改进措施[J]. 大氮肥, 2004, 27(2): 112-114.
- [4] 庞忠荣. 气化炉烧嘴烧损和泄漏原因分析及对策[J]. 大氮肥, 2005, 28(1): 52-53.
- [5] 姜成旭. 8 英尺气化炉和三流道烧嘴在渣油制氨厂的应用[J]. 大氮肥, 2005, 38(3): 158-162.
- [6] 于遵宏,于广锁,龚欣,等. 多烧嘴对置式水煤气化技术的产业化应用和对引进煤气化技术的剖析[J]. 现代化工, 2004, 24(10): 46-49.
- [7] 魏甲娟,张世峰. 天然气制合成氨造气工艺技术优选[J]. 广州化工, 2009, 37(8): 213-214.
- [8] 杨维高. 焦炉气转化操作工艺浅谈[J]. 安徽科技, 2005(3): 37-40.
- [9] 李琼玖,赵沛华,廖宗富,等. 轻烃非催化转化合成气制氨和甲醇的创新技术[J]. 化肥设计, 2006, 44(3): 3-11.
- [10] 曾树彦. 天然气非催化部分氧化烧嘴的设计[J]. 中氮肥, 2004(9): 37-38.
- [11] 艾尔肯·牙森,何耀伟,孔晨辉. 德士古气化炉烧嘴泄漏的检测和判断[J]. 大氮肥, 2004, 27(6): 407-408.
- [12] 张华新,肖光升,朱疆. SHELL 煤气化炉的工艺计算及结果分析[J]. 煤化工, 2001, 95(2): 43-45.
- [13] 任勇强,许世森,张东亮,等. 干粉煤加压气化技术的试验研究[J]. 煤化工, 2004(3): 10-13.
- [14] 李青年. 渣油加工工艺[M]. 北京: 中国石化出版社, 2003.
- [15] 张勇. 天然气部分氧化法喷嘴总结及改造方案[J]. 氮肥与甲醇, 2006, 1(5): 33-35.
- [16] 王旭斌. 德士古气化工艺烧嘴的探讨[J]. 上海化工, 2000(11): 15-18.
- [17] 张贤安,都跃良,陈小萍. 6.5MPa 水煤浆气化炉烧嘴修复工艺分析[J]. 大氮肥, 2003, 26(3): 178-180.
- [18] 毛爱国,刘后生. 五通道渣油气化烧嘴掺烧干气工艺探讨[J]. 湖北化工, 2003(S): 37-39.
- [19] 康力,张兆宇. 谢尔共环式烧嘴介绍和损坏原因浅析[J]. 大氮肥, 1997, 20(5): 315-317.
- [20] 姜成旭,陈晓敏,林鹤峰,等. 新式气化炉和三流道烧嘴在合成氨装置的应用[J]. 化工科技, 2005, 13(5): 46-48.