

GSP 气化技术工业化应用及发展方向

杨 英,魏 璐,罗春桃

(神华宁夏煤业集团有限责任公司 煤炭化学工业分公司,宁夏 银川 750411)

摘要: 简要介绍了 GSP 气流床气化工序流程和技术特点,针对 GSP 气化技术在工业应用中出现的粉煤输送不稳定、点火烧嘴脱火烧穿、特殊件磨损、水冷壁烧损等问题进行系统分析研究并提出改进措施。针对目前气化技术研究现状指出了 GSP 气化技术的研究思路及方向。

关键词: GSP 气化技术;煤气化;工业应用

中图分类号: TQ546; TD849

文献标识码: A

文章编号: 1006-6772(2013)01-0072-03

Industrial application and development direction of GSP gasification technology

YANG Ying, WEI Lu, LUO Chun-tao

(Branch of Coal Chemical Industry, Shenhua Ningxia Coal Industry Group Co., Ltd., Yinchuan 750411, China)

Abstract: Introduce the technological process and characteristics of GSP gasification technology. There are a series of problems in its industrial application, such as unstable pulverized coal transportation, easy burn-through nozzle and water wall, special parts abrasion and the like. Analyse these problems and provide solutions. Based on the research status of GSP gasification technology, forecast its development direction.

Key words: GSP gasification technology; coal gasification; industrial application

中国的资源现状决定了煤化工具有非常重要的发展前景,其中煤气化技术是发展煤化工的龙头技术^[1]。CO 和 H₂ 是煤气化的合成气,是基本化工原料,可用于生产甲醇、二甲醚、丙烯、醋酸及煤制油等。GSP 气流床气化法是现代煤气化技术中最有前景的技术^[2]。

神华宁夏煤业集团煤炭化学工业分公司 52 万 t/a 烯烃项目合成气工程采用了 GSP 气流床气化技术,引进了日投煤量 2000 t 的 GSP 气流床气化炉(4 开 1 备)的规模。由于本技术在上世界上首次大规模工业化应用,所以在工业应用中出现了加料系统不稳定、烧嘴不易点火、特殊件磨损、水冷壁超温等问题,本文着重对 GSP 气化炉的工业应用中出现的问題进行分析并提出解决措施。

1 GSP 气化工艺技术

1.1 GSP 工艺简介

GSP 气化工序流程主要由煤粉输送系统、气化系统、粗合成气处理系统、排渣系统和黑水处理系统等组成^[3-4],图 1 为 GSP 气化工序流程。GSP 气化工序用高压 N₂ 或 CO₂ 作为载气,将来自磨煤单元制备的煤粉,靠给料容器与气化炉之间的压差定量输送至气化炉,煤粉在气化炉内发生部分氧化反应,反应生成的工艺气(CO + H₂) ,经过激冷和洗涤满足除尘、降温、增湿后送入变换系统;同时,将气化系统中产生的黑水送入黑水处理系统,通过闪蒸、沉降、过滤单元,回收热量及循环使用灰水,反应生成的液态渣,经过激冷冷却、固化后通过渣锁斗

收稿日期: 2012-07-27 责任编辑: 宫在芹

基金项目: 宁夏回族自治区科技攻关项目

作者简介: 杨 英(1983—),女,河北邯郸人,研发员,2010 年于中国石油大学(北京)研究生毕业,主要从事煤气化方面工作。

引用格式: 杨 英,魏 璐,罗春桃. GSP 气化技术工业化应用及发展方向[J]. 洁净煤技术, 2013, 19(1): 72-74, 77.

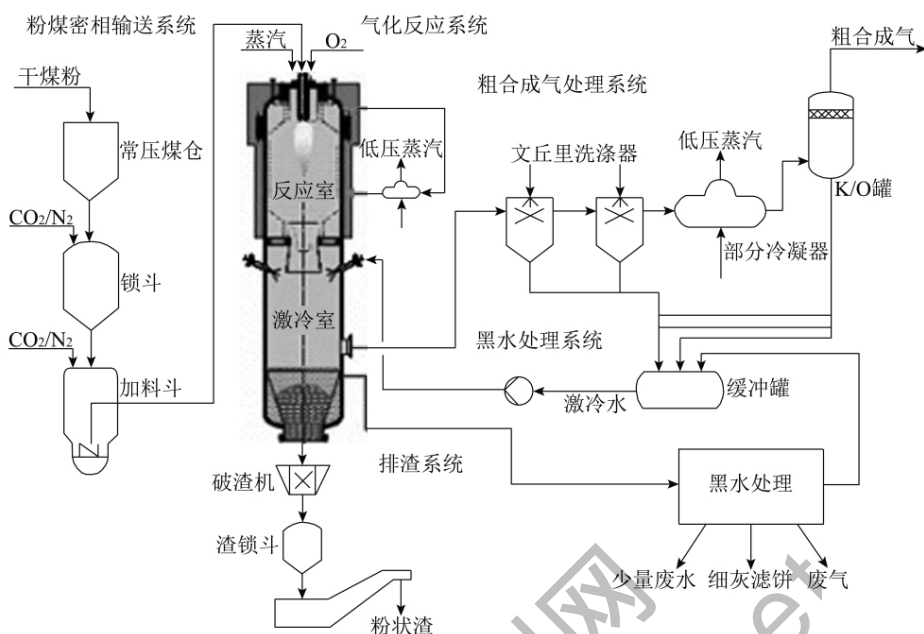


图1 GSP 气化技术工艺流程

系统排送至渣池,经过渣水分离后将渣送出界外。

1.2 GSP 工艺特点

GSP 气流床气化技术工艺流程简单、设备使用可靠周期长^[5]。采用了简单特殊的水冷壁和激冷、洗涤除尘流程,使工艺流程简单化。GSP 气化炉寿命约为 20 a,喷嘴本体寿命约为 10 a,气化炉的水冷壁寿命达 10 a 以上,预期可达 20 a。

原料适应性广^[6]。GSP 气化原料煤对原料灰分、灰熔点的限制比较宽松,包括了从褐煤到无烟煤的基本煤种,灰分大于 1% 的焦油、石油焦等也可以作为原料。水冷壁可以根据灰熔点的变化自动调整挂渣膜壁的厚度,即使灰熔点较高的煤种,水冷壁也能适应,但这也增加了消耗,影响了经济效益。

技术指标先进。碳转化率高,高达 99%,其中煤气中有效气成分($\text{CO} + \text{H}_2$)含量为 92%~94%,气化反应温度 1450~1650 °C,反应压力 4.10 MPa^[7-10](这依据炉渣熔化温度的特性和原料中有效成分和灰分来确定)。O₂ 消耗较低,相应降低了配套空分系统的投资和运行费用。开车和停车操作方便灵活且省时,从冷态达到满负荷约 1~2 h。操作弹性大,负荷调节范围为 70%~110%。

2 工业应用中存在的问题

神华宁夏煤业集团煤炭化学工业分公司的首套大规模工业化应用的 GSP 干煤粉气化示范装置

杨 英等: GSP 气化技术工业化应用及发展方向

于 2010 年 11 月正式投料试车。该气化技术在工业应用中体现了技术的先进性,但也存在诸多问题。主要表现为加料技术煤粉输送不稳定、烧嘴点火点不着和烧穿、特殊件磨损、水冷壁超温等,对其原因进行分析,采取相应的优化措施。

2.1 加料技术

SFGT 的理念为以煤定氧,用压差控制煤粉输送量。在 3 条煤粉管线全部投运后,压差控制流量的方式在稳定煤粉流量方面效果不理想,主氧跟着波动,导致主烧嘴跳车;由于煤粉流量不稳定,导致气化炉不能提高负荷,气化炉挂渣效果差,难以实现以渣抗渣,水冷壁局部烧穿。这主要是因为采用的宁东煤粉水分含量高,细小颗粒所占比例较大,在输送中易结块,造成堵塞,使给料器与气化炉压差不易控制,煤粉流量波动较大。采取的措施是通过严格控制备煤工段煤粉粒度分布及水分含量来实现煤粉系统输送的稳定性。

2.2 烧嘴

GSP 烧嘴是点火烧嘴和工艺烧嘴为一体设计的组合式烧嘴。在工业生产应用中,点火烧嘴出现了不易点着和烧嘴烧穿现象。主要是因为组合烧嘴运行过程中水蒸气和煤灰极易进入点火枪内部,使绝缘性降低且点火烧嘴出口处火焰的“黑区”较小,致使头部温度过高,造成烧穿。

优化措施是回装点火枪时,要严格控制气化炉的负压,防止空气进入气化炉系统;提高烧嘴中心

管中的 N_2 流量 增加烧嘴出口处“黑区”。

点火烧嘴已基本实现正常点火,点火烧嘴仍发生烧穿。建议从三方面考虑进一步调整,分别是 O_2 旋流角度、冷却水流速和紊流程度及烧嘴出口火焰“黑区”的范围。

2.3 特殊件

GSP 气化技术煤粉输送系统采用了大量的西门子提供的特殊件,有锁斗增压气疏松件、给料器流化板、激冷水 D 喷头。但这些特殊件均是从实验装置直接投入到工业化应用,从而出现了直接扩大应用后容易损坏、磨损的现象。如锁斗增压气特殊件和给料器流化板容易损坏、激冷水 D 喷头易磨损等问题。

优化措施是通过锁斗疏松件、给料器流化板、给料器疏松件精细操作,稳定煤粉输送系统的工艺生产操作工况,以免大幅度波动。对煤粉管线上的特殊件加强监控,以防破裂后煤粉返窜至 N_2 管线。调整激冷水 D 喷头水量。

2.4 水冷壁

GSP 水冷壁是采用以渣抗渣的原理。在实际生产过程中,水冷壁出现了烧损,导致挂渣效果不理想。主要原因是气化炉的耐火衬里(碳化硅)强度不够,且烧嘴结构不合理,致使煤粉同 O_2 混合反应不均形成偏喷,造成气化炉内局部过热冲刷,另外 O_2 旋流罩角度过大造成火焰长度不足,易对水冷壁上部造成冲刷。

优化措施是将气化炉的耐火衬里替换为强度更高的耐火材料;调整烧嘴 O_2 旋流角度;同时提高水冷壁循环水量。调整之后水冷壁不再发生烧漏现象,但 O_2 的旋流角度需进一步调整,使气化炉内的反应更优化,使有效气组分更高。

2.5 其他

粗合成气洗涤系统中固含量高,水质差,存在结垢、磨损机械密封等问题。对系统的磨蚀非常严重,系统无法安全稳定运行。主要原因是气化反应不良,大量的煤粉未充分燃烧,致使粗合成气洗涤系统中含灰量增大;烧嘴结构需要改进,致使煤粉同 O_2 混合反应不均,同时在气化炉内的停留时间不足,影响气化效率。

优化措施是控制好气化炉内的反应,这对减少粗合成气中的尘含量起着至关重要的作用;调整烧嘴 O_2 旋流角度,同时渣和滤饼的含碳量明显降低。

优化之后,粗合成气中粉尘含量有了一定的降低,但效果仍不理想。建议从两方面入手优化:一是对现有粗合成气洗涤流程和分离设备的效果和效率进行考察,不断改进与优化;二是适当更改洗涤流程的设置,增加除尘设备等。

3 GSP 气化技术研究展望

目前,有关 GSP 气化技术的研究,无论是实验研究还是数值模拟研究都有许多成果,但仍存在诸多不足,如原料煤的结构组成与表达、烧嘴特性与气化炉的匹配、挂渣数学模型的有效性等问题。

3.1 研究现状

气化炉的研究主要有两方面:实验研究和数值模拟。实验研究有冷态研究和热态研究,体现在煤粉输送、熔渣流动特性、气化炉特性和烧嘴特性等方面。数值模拟有数模研究和建模研究;主要有烧嘴受热、气化炉流场、气化炉内的气化反应过程和水冷壁挂渣等方面的研究。

3.2 研究思路

1) 煤的结构表征与表达问题:研究不同煤种的物理特性,如密度、导热系数、比热容、分子式、生成焓、灰熔点等,并确定有关的数学表达式或计算方法。

2) 煤粉密相输送问题:研究不同煤种(粒径、水分、灰分)、气固比、煤粉给料罐与气化炉的压差、干粉输送采用的气体压力等对煤粉密相输送的影响。

3) 气化炉挂渣、堵渣问题:研究不同煤种(主要是灰熔融温度等)、冷却水流量、氧碳比、负荷变化、炉内温度与分布、炉内压力、进料速率、气煤质量比、下渣口结构等影响;烧嘴各通道中冷却水、 O_2 、煤粉颗粒在不同旋流条件下,以及氧碳比、气煤比、负荷变化对气化炉内的温度场和流场、碳转化率、合成气组成的影响。

4) 黑水和合成气的除尘问题:研究不同除尘设备的结构对水固、气固分离效果的影响,对整个黑水处理工艺与合成气洗涤工艺的分析、模拟与优化。

3.3 研究方向

1) 数学计算:气化炉模型、煤的数学表达式、渣生成模型。

2) 数值模拟:烧嘴受热分析、煤粉密相输送、气化炉内流场与温度场、气化过程。

(下转第 77 页)

4 结 论

1) 谢一矿煤灰分均偏低,挥发分均较高,硫分低,其中深部的肥煤与焦煤具有良好的炼焦特性。

2) 焦煤对抗碎强度、耐磨强度的影响都是主要因素,焦煤配入量在 40% 左右时,得到的焦炭强度最高。

3) 气煤的配入对焦炭质量影响较大,气煤配入量在 10% 左右时,焦炭强度不佳,配入量在 20% 左右时,焦炭的反应性变差,故气煤配入量应严格控制在 15% 左右。

4) 1/3 焦煤的作用与焦煤类似,为了充分利用浅部 1/3 焦煤资源以及节约深部焦煤资源,建议配比为 35%。

5) 肥煤对焦炭质量影响最不显著,属于次要因素。

6) 以焦炭强度为主要因素,综合灰分、硫分及煤种价格等因素,确定最佳方案为 6 号,即质量比为气煤 1/3 焦煤 肥煤 焦煤为 15:35:10:40。

参考文献:

- [1] 申新明. 中国炼焦煤的资源与利用 [M]. 北京: 化学工业出版社 2007.

(上接第 74 页)

3) 小试试验: 气煤粉密相(加压/高压)气流输送、烧嘴特性、气固及液固分离设备。

4) 中试试验: 依托工业装置、新设备装置、新工艺技术。

4 结 语

GSP 气化技术在首次大规模应用过程中出现诸多问题,通过对操作工艺优化及大量技术改造,在一定程度上实现了 GSP 气化技术的稳定运行。但有关煤质与气化炉匹配性研究,气化炉与合成气洗涤系统优化等问题仍需不断探索和完善,使其真正达到“长、满、优”稳定运行,同时也为后续项目采用 GSP 气化技术提供一定的技术支撑。

参考文献:

- [1] 张大晶. 气流床煤气化工艺技术的分析评价 [J]. 云南化工 2008 35(3): 21-25.

- [2] 黄文辉,杨起,唐修义,等. 中国炼焦煤资源分布特点与深部资源潜力分析 [J]. 中国煤炭地质, 2010, 22(5): 1-5.
- [3] 虎维岳,何满潮. 深部煤炭资源及开发地质条件—研究现状与发展趋势 [M]. 北京: 煤炭工业出版社 2008.
- [4] GB 5751—2009 中国煤炭分类 [S].
- [5] GB/T 15224.1—2004 煤炭质量分级 第 1 部分: 灰分 [S].
- [6] GB/T 15224.2—2004 煤炭质量分级 第 2 部分: 硫分 [S].
- [7] GB/T 15224.3—2004 煤炭质量分级 第 3 部分: 发热量 [S].
- [8] 安徽省煤田地质局第二勘探队. 淮南矿业集团望峰岗煤矿地质补充勘探报告 [R]. 2007.
- [9] 李云燕,胡传荣. 实验设计与数据处理 [M]. 北京: 化学工业出版社 2008.
- [10] 孙西巍. 少肥煤配比的配煤炼焦实验室研究与优化 [D]. 上海: 华东理工大学 2011.
- [11] GB/T 212—2008 煤的工业分析方法 [S].
- [12] GB/T 214—2007 煤中全硫的测定方法 [S].
- [13] GB/T 5447—1997 烟煤黏结指数测定方法 [S].
- [14] GB/T 479—2000 烟煤胶质层指数测定 [S].
- [15] GB/T 4000—1996 焦炭反应性及反应后强度试验方法 [S].

- [2] 徐振刚,宫月华,蒋晓林. GSP 加压气流床气化技术及其在中国的应用前景 [J]. 洁净煤技术, 1998, 3(3): 15-18.
- [3] 北京索斯泰克煤气化技术有限公司. GSP™ 煤气化技术的应用 [J]. 应用化工, 2006, 35(8): 66-83.
- [4] 崔意华,袁善录. GSP 加压气流床气化技术工艺分析 [J]. 煤炭转化, 2008, 31(1): 93-96.
- [5] 李大尚. GSP 技术是煤制合成气(或 H₂) 工艺的最佳选择 [J]. 煤化工, 2005(6): 1-6.
- [6] 唐宏青. GSP 工艺技术 [J]. 中氮肥, 2005(3): 13-18.
- [7] 王德山. GSP 煤气化技术设备概况 [J]. 煤化工, 2007(3): 38-40.
- [8] 赵瑞同,李磊,张峰,等. 未来能源公司的 GSP 气化技术 [J]. 煤化工, 2005(6): 19-22.
- [9] 朱玉芹,耿胜楚,李彦,等. 气流床煤气化工艺技术分析 [J]. 化工技术与开发, 2011, 40(10): 79-82.
- [10] 章荣林. 基于煤气化工艺技术的选择与述评 [J]. 化肥设计, 2008, 46(2): 3-8.