

GSP 气化炉水冷壁以渣抗渣煤质适应性研究

蔡力宏, 吴跃*, 杨磊, 井云环, 罗春桃

(神华宁夏煤业集团煤制油化工研发中心, 宁夏银川 750411)

摘要:为防止粉煤气化炉水冷壁烧损选用合适煤质,在大规模工业运行的 GSP 气化装置上提供不同煤质获得水冷壁运行结果。对不同煤质工业分析、煤灰组成、熔融性及煤灰黏温特性等进行了研究。结果表明,当灰分控制在 12%~20%、水分在 4%~6%、灰熔点不低于 1 151℃、流动温度和软化温度差值不低于 32℃、黏度 25 Pa·s 对应温度 1 400℃ 时,可防止水冷壁烧损。

关键词: 气化炉; 水冷壁; 气流床气化; 煤质; 粉体技术

中图分类号: TQ545

文献标志码: A

文章编号: 0253-4320(2017)12-0178-04

DOI: 10.16606/j.cnki.issn 0253-4320.2017.12.043

Study on coal quality to prevent water-cooled wall in GSP gasifier from burnout

CAI Li-hong, WU Yue*, YANG Lei, JING Yun-huan, LUO Chun-tao

(The CTL Chemical Research and Development Center, Shenhua Ningxia Coal Industry Group Co., Ltd., Yinchuan 750411, China)

Abstract: In order to choose appropriate coal to prevent the water-cooled wall in coal gasifier from burnout, different types of coal are fed to the larger-scale commercially operated GSP gasifier for gaining the operation results of water-cooled wall. Proximate analysis for various types of coal is carried out, and the chemical composition, fusibility and viscosity-temperature characters of the coal ash generated by corresponding coal type are investigated. The results show that the water-cooled wall can be prevented from burnout when the coal used has the following conditions: ash content in the range of 12%–20%, the moisture content in the range of 4%–6%, the fusion temperature point not less than 1 151℃, the temperature difference between flow temperature and softening temperature not less than 32℃, the viscosity at 25 Pa·s at 1 400℃.

Key words: gasifier; water-cooled wall; gasification by entrained flow bed; coal quality; powder technology

目前先进的气化技术包括干煤粉气流床气化技术和水煤浆气流床气化技术^[1-4],前者因具有煤质适应能力强、有效气含量高、煤耗低和氧耗低等优点^[5-7],已成为煤化工气化的首选技术。干煤粉气流床气化燃烧室内层为水冷壁结构,“以渣抗渣”保护水冷壁,技术优于耐火砖技术^[8]。“以渣抗渣”是非常完美的理想状态,气化炉水冷壁挂渣实际是一个非常复杂的过程,结渣的状态与煤质、渣流动性、气化炉内流场、炉内温度、水冷壁结构和操作参数密切相关,如果任一因素不当,都可能破坏“以渣抗渣”的动态平衡,使水冷壁烧损。

气化用煤的煤质影响气化反应速率、渣量、灰渣黏温特性和炉内温度等关键参数,因此分析水冷壁烧损原因先从源头即气化用煤的煤质开始。目前关

于水冷壁挂渣和煤质适应性研究较少, Murray 等^[9]研究了渣层结构及温度分布, Goldman^[10]、Heikkinen^[11]建立了渣层流动模型, Seggiani^[12]模拟了 Prenflo 气化炉内渣沉积规律,以上报道较多地侧重理论研究,且建模过程中做了假设。本文中研究了大规模工业化运行的 GSP 气化炉采用不同煤质时水冷壁运行情况,可为煤粉气化炉选用合适煤种、防止水冷壁烧损提供借鉴。

1 GSP 气化炉水冷壁系统

GSP 气化炉水冷壁的冷却水经水泵加压后分别输送到烧嘴安装部、水冷壁和排渣口吸收热量,升温后的水汇聚至激冷水罐,出激冷水灌的水经换热降温后进入水泵,水冷壁冷却水如此循环,简易工艺

收稿日期: 2017-07-01

作者简介: 蔡力宏(1969-),男,本科,高级工程师,长期从事煤化工建设、生产管理工作,0951-69659999; 吴跃(1982-),男,硕士,工程师,从事煤化工气化相关技术研发工作,通讯联系人,0951-6963794, nxdxwy@163.com。

流程见图 1。

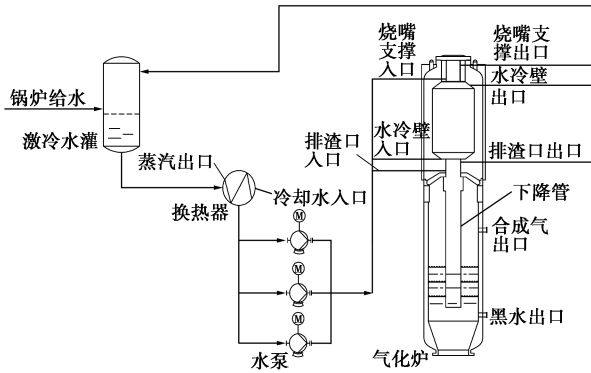


图 1 GSP 气化炉水冷壁水系统工艺简图

GSP 气化炉水冷壁主要由 6 根水冷盘管盘绕组成。水冷盘管面向气化反应侧的表面上焊接销钉,主要用于传热。水冷盘管与水冷盘管间用金属板焊接相连,结构见图 2。

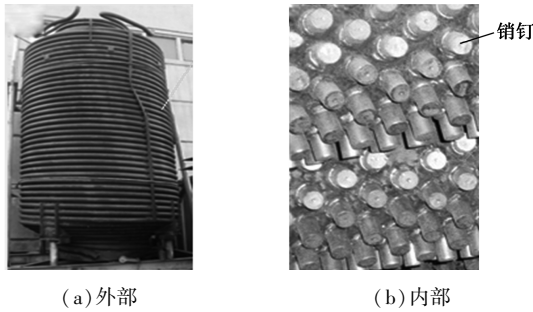


图 2 水冷壁

2 GSP 气化炉用煤煤质分析

2.1 元素分析和发热量

开车初期 GSP 气化用了宁夏宁东矿区羊场湾矿煤、红柳矿煤、梅花井矿煤,煤质元素分析及发热量见表 1。元素分析表明 3 个矿的 C、H、O、N 组分相差不大,梅花井矿煤 S 元素含量最高为 1.1%,满足后续变换工艺对硫含量指标要求,且 Cl 元素含量

表 1 元素分析和发热量

	羊场湾	红柳矿	梅花井
元素分析(质量分数)/%			
C	73.1	73.0	61.9
H	3.9	4.6	4.0
O	13.7	14.0	13.2
N	0.76	1.03	0.72
S	0.21	0.70	1.1
CL	0.026	0.014	0.007
LHV/(kJ·kg ⁻¹)	27.21	22.34	23.13

最低为 0.007%,Cl 元素含量低有利于减轻对后续工艺管道、设备的腐蚀。羊场湾矿煤发热量最高为 27.21 kJ/kg,红柳和梅花井矿煤发热量较接近。

2.2 工业分析

西门子设计气化用煤灰分 6.8%、低位发热量 27.38 MJ/kg、煤灰流动温度 1 400℃,气化用煤煤质工业分析见表 2。

表 2 工业分析(质量分数)

	羊场湾	红柳矿	梅花井
水分	4.7	5.8	5.7
灰分	8.5	18.9	19.9
挥发分	32.70	28.98	36.45

3 个矿中梅花井矿煤挥发分最高为 36.45%,挥发分高有利于气化反应;由于煤中灰分是无用物质,通常各种用途的煤都要求煤灰分越低越好。当用于水煤浆气化时,煤灰分越低越有利于气化反应进行和顺利排渣,水煤浆气化用煤灰分一般不超过 12%,否则会出现气化炉内结渣停车等不良情况。GSP 气化初期先用羊场湾矿煤,灰分是 8.5%,用羊场湾矿煤时水冷壁常出现烧损情况,表明对干燥粉气化灰分太低不利于水冷壁挂渣,并不是灰分越低越好。随后采用灰分较高的红柳矿煤(灰分 18.9%)和梅花井矿煤(灰分 19.9%),甚至灰分 30%的煤,但灰分太高时,会降低发热量、增大粗煤气净化难度、增大灰水处理难度、增加氧耗,使经济效益降低。综合考虑,当控制煤灰分 12%~20%,且其他煤质特性(如灰熔点、黏温特性)也合适时,可实现水冷壁良好挂渣。

干燥粉气化用煤水分含量一般为 2%,GSP 气化炉曾用水分超过 7%的煤,但煤粉密相输送系统非常不稳定,装置易跳车。装置频繁跳车,会减少水冷壁的使用寿命。不同湿含量煤粉输送稳定性见表 3。

表 3 不同湿含量煤粉输送稳定性

湿含量/ %	泄压 系统	煤粉密度/ (kg·m ⁻³)	煤粉速度/ (m·s ⁻¹)	煤粉输送 情况
>7	易堵塞	220~580	3.2~10.0	不稳定
6~7	偶尔	240~560	3.4~8.0	不稳定
5~6	不堵塞	280~500	3.6~7.0	较稳定
4~5	不堵塞	340~460	4.0~6.0	稳定

由表 3 知,煤粉水分含量越高输送稳定性越差。因为水分含量增高,煤粉颗粒的黏附性增强,流动性变差,此时输送煤粉波动大,导致氧煤比波动大,装置易跳车。另一方面,煤粉水分含量高易导致煤粉出气化烧嘴后分散不均匀、炉内温度分布不均匀,从而影响水冷壁挂渣的均匀性。但对粉煤气流床气化技术,采用水分含量较高的煤粉为气化原料,不仅可以降低煤粉干燥系统所需的高温气体温度和用量,还可节省入气化炉的高压蒸汽,有利于节能降耗。

GSP 气化用 3 个矿典型煤样的水分较接近,其值 4.7%~5.8% 高于一般干煤粉气化用煤。当煤水分降到 4% 时,如再降低水分含量会增大能耗。应用表明,煤粉水分在 4%~6%,且其他煤质特性也合适时,水冷壁能长期使用不被烧损。

2.3 煤灰组成和熔融性

煤灰化学成分与煤灰的熔融特性及黏温特性有着密切联系^[13-16]。由表 4 可以看出,梅花井矿煤灰酸性氧化物 SiO₂、Al₂O₃ 的含量最高的,灰熔点 1 250℃ 也是最高的。羊肠湾煤灰成分中 CaO、MgO 等碱性氧化物含量是最高,对应的灰熔点是 1 198℃,这和报道酸碱比越高灰熔点越高的结论一致。SiO₂ 含量越高 ST 和 FT 的温差越大^[17-18],由于 3 矿中 SiO₂ 最高含量不超过 45%,即 SiO₂ 含量较低,3 个矿的流动温度和软化温度差值非常低,如红柳矿二者差值仅 14℃,梅花井矿差值最大才 32℃。通常认为流动温度和软化温度差值越大越有利于气化操控,但目前未见差值最小多少才可用于气流床气化的

的研究报道。应用表明,梅化井矿煤流动温度和软化温度差值 32℃ 时,水冷壁能长期使用,未出现烧损情况。

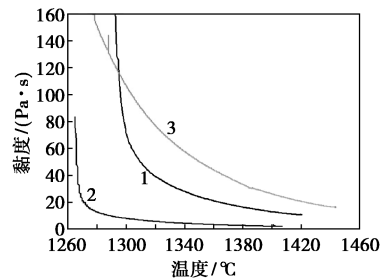
由表 4 知 3 矿煤灰最高流动温度仅 1 250℃,均属于较低流动温度灰,如仅从排渣角度考虑,由于干煤粉气流床气化炉内温度较高,3 矿煤质均满足气化要求。但红柳矿煤灰熔点 1 151℃ 太低,在气化高温下灰渣黏度太低而不能在水冷壁上挂渣或挂渣效果不好,使水冷壁易被烧损。当灰熔点达到 1 250℃,可实现水冷壁的良好挂渣。

2.4 煤灰黏温特性

当采用液态排渣时,要求操作温度高于煤灰流动温度,且对应温度范围内的黏度值为 5~25 Pa·s。如果温度低于流动温度或操作温度区间无法达到黏度要求会导致水冷壁挂不上渣或挂渣不均匀等问题。由图 3 知,当温度为 1 347℃,红柳矿煤黏度为 5 Pa·s,当温度达到 1 400℃,黏度仅约 3 Pa·s。一般认为干煤粉气化炉内温度 1 300~1 700℃,如炉内温度达到 1 400℃ 时,红柳矿煤灰的黏度太低不能在水冷壁上挂渣,因此采用红柳矿煤必然易造成水冷壁烧损。对梅花井矿煤当温度为 1 400℃ 时,对应黏度约 25 Pa·s,当温度 1 500℃ 时,对应黏度为 8 Pa·s,在气化温度范围内可在水冷壁表面挂渣。羊场湾矿煤的黏温曲线介于红柳和梅花井矿之间,黏度 5 Pa·s 对应温度为 1 470℃,25 Pa·s 对应温度为 1 340℃,因此采用羊场湾矿煤时炉温超过 1 470℃,会出现水冷壁烧损情况。

表 4 灰渣组分及煤灰熔融性

	羊场湾	红柳矿	梅花井
煤灰化学组成(质量分数)/%			
SiO ₂	30.9	34.4	41.7
Al ₂ O ₃	12.3	9.22	18.8
TiO ₂	0.5	1.0	0.9
CaO	18.9	13.9	7.6
MgO	6.4	4.1	4.0
Fe ₂ O ₃	19.5	16.4	9.2
煤灰熔融性/℃			
DT	1164	1117	1206
ST	1177	1137	1218
HT	1181	1139	1224
FT	1198	1151	1250



1—羊场湾;2—红柳;3—梅花井

图 3 灰渣黏温特性曲线

此外,3 矿中红柳煤黏温特性曲线最陡,即较少的温度改变就会造成灰渣黏度值大范围的变化,梅花井煤的黏温曲线最平缓,即黏度值随着温度的升高缓慢降低,黏温曲线平缓,有利于在较宽的气化温度区间内实现水冷壁挂渣。这些分析结果和采用红柳煤水冷壁最易烧损、用羊场湾煤次之、用梅花井煤水冷壁可长期运行的情况一致。

3 结论

如仅考虑气化反应,GSP 干煤粉气化对煤种的适应性十分广泛,但考虑到水冷壁挂渣等因素,并不是所有煤种都适合 GSP 气化,只有煤灰分、灰熔点、黏温特性都合适时,才能实现气化炉水冷壁良好挂渣。

(1)对一般气化技术煤灰分越低越好,但对干煤粉气化技术并不是煤灰分含量越低越好,煤灰分太低不利于水冷壁挂渣,灰分过高会降低气化经济效益,综合考虑 GSP 气化采用煤灰分一般控制在 12%~20%。

(2)水分含量低的煤粉稳定输送好、出气化烧嘴分散均匀、气化稳定运行,有利于保护水冷壁长周期运行,但考虑能耗等因素,应控制煤水分在 4%~6%。

(3)对于灰熔点较低的煤(1 250℃),在不添加阻容剂情况下可在水冷壁上挂渣;当煤灰熔点低于 1 151℃时,易造成水冷壁烧损,不适合作为干煤粉气流床气化的用煤。

(4)流动温度和软化温度差值 32℃时,可用于干煤粉气流床水冷壁气化炉。

(5)煤黏度为 5 Pa·s,对应温度等于或低于 1 347℃,不适合用于干煤粉气流床水冷壁气化炉。黏度 25 Pa·s,对应温度 1 400℃时,可用于干煤粉气流床水冷壁气化炉。

参考文献

- [1] 毕大鹏,管清亮,玄伟伟,等.基于双组分 PDF 模型的 GSP 气化炉数值模拟[J].化工学报,2014,65(10):3753-3759.
- [2] 吴跃,樊强,井云环,等.气化炉水动力计算软件的开发及在 GSP 气化水汽系统中的应用[J].现代化工,2014,34(9):152-

- 154.
- [3] Chen W Y, Xu R N. Clean coal technology development in China [J]. Energy Policy, 2010, 38(5): 2123-2130.
- [4] 杜敏,赵长遂,郝英立.两段式气流床煤气化炉内熔渣壁面沉积数值模拟[J].东南大学学报,2014,44(2):307-313.
- [5] 戴厚良,何祚云.煤气化技术发展的现状和进展[J].石油炼制与化工,2014,(4):1-7.
- [6] Hotchkiss R. Coal gasification technology: Proceedings of the institution of mechanical engineers [J]. Journal of Power and Energy, 2003, 217(1): 27-33.
- [7] Dai Zhenghua, Gong Xin, Guo Xiaolei, et al. Pilot-trial and modeling of a new type of pressurized entrained-flow pulverized coal gasification technology [J]. Fuel, 2008, 87(10): 2304-2313.
- [8] 林伟宁,梁钦锋,徐赢,等.水冷壁气化炉紧急停车渣层热应力分析[J].化工学报,2008,59(3):713-720.
- [9] Murray F A, Richerd E C, Leonard G A. Studies on slag deposit formation in pulverized-coal combustors [J]. Fuel, 1985, 64: 827-830.
- [10] Goldman S R. A technique for computer simulation of time varying slag flow in a coal gasification reactor [J]. Fuel, 1981, 27: 869-872.
- [11] Heikkinen R. Slagging behavior of peat ash [J]. Fuel and Energy Abstracts, 1966, 37: 450-451.
- [12] Seggiani M. Modeling and simulation of time varying slag flow in a prenflo entrained-flow gasifier [J]. Fuel, 1998, 77: 1611-1621.
- [13] 许世森,张东亮,任志强.大规模煤气化技术[M].北京:化学工业出版社,2006.
- [14] 龙永华,张德祥,高晋生,等.提高煤灰熔融温度及其机理的研究[J].工业锅炉,2004,86(4):12-16.
- [15] Song W J, Tang L H, Zhu X D, et al. Prediction of Chinese coal ash fusion temperatures in Ar and H₂ atmospheres [J]. Energy Fuels, 2009, 23(4): 1990-1997.
- [16] Kong L X, Bai J, Li W, et al. Effect of lime addition on slag fluidity of coal ash [J]. J Fuel Chem Technol, 2011, 39(6): 407-412.
- [17] 李文,白进.煤的灰化学[M].北京:科学出版社,2014.
- [18] 陈文敏,刘淑云.煤质及化验知识问答[M].北京:化学工业出版社,2011. ■

朗盛新一代氧化铁红颜料推出市场

朗盛向市场推出应用范围更广的氧化铁红颜料。

经过密集测试阶段后,朗盛无机颜料业务部(IPG)成功地向市场推出了采用“宁波工艺”生产的全新红色颜料。“新一代氧化铁颜料是对朗盛 90 多年来在克雷菲尔德-乌丁根生产基地采用劳克斯工艺生产的热销系列颜料产品的完美补充。所有的全新红色颜料均可满足油漆和涂料行业的高品质需求,提供较高的色度和着色力”,IPG 业务部全球竞争力中心油漆和涂料行业负责人 Stephan Spiegelhauer 表示。

在铁红颜料的中间色相范围内,朗盛提供全新的拜耳乐® 520、拜耳乐® 5272、拜耳乐® 525 和拜耳乐® 530 等颜料。而拜耳乐® 510、拜耳乐® TP 5278 和拜耳乐® TP 5279 等全新系列产品则可满足偏黄相的红色颜料需求。

所有的全新拜耳乐® 系列产品均产自朗盛中国宁波生产基地。生产合成氧化铁颜料的宁波高科技工厂采用被称为“宁波工艺”的工艺法。这一独特的、可持续的生产方法以专利技术为基础,符合最严格的环保标准,同时涵盖氧化铁红颜料从中间色相到黄相的整个红色色谱范围。(赖怡荣)