

# 神宁炉和 GSP 煤气化技术对比

王国梁\*

(神华宁夏煤业集团有限责任公司煤制油分公司,宁夏银川 750411)

**摘要:**为选择最适宜的煤气化技术,结合神华宁夏煤集团宁东煤化工基地神宁炉和 GSP 气化装置的实际运行情况,对神宁炉和 GSP 煤气化技术的工艺、重要设备结构、运行数据及安全性等方面进行了对比,神宁炉气化技术具有工艺更加成熟、单耗更少、运行更加稳定、开停车更加方便、安全性更高等诸多优点。

**关键词:**神宁炉;GSP;煤气化;对比

中图分类号:TQ546.2

文献标志码:A

文章编号:0253-4320(2017)11-0154-04

DOI:10.16606/j.cnki.issn 0253-4320.2017.11.035

## Comparison of SNCG and GSP coal gasification technologies

WANG Guo-liang\*

(CTL Company, Shenhua Ningxia Coal Industry Group Co., Ltd., Yinchuan 750411, China)

**Abstract:** In order to choose the most suitable coal gasification technology, combined with the actual operation situation of Shenhua Ningxia Coal Gasifier (SNCG) and GSP coal gasification plant, the process, the structure of important equipment, the operation data and safety for both SNCG and GSP coal gasification technologies are compared. SNCG gasification technology has features of more mature in process, less unit consumption, more stable in operation, more convenient in start and stop, higher safety, etc.

**Key words:** SNCG; GSP; coal gasification technology; comparison

GSP 气化技术具有煤种适用范围广、有效气产率高、开停车方便等诸多优点,但此气化技术专利为国外公司所有,为了摆脱气化的专利制约,并能自己真正掌握干煤粉气化技术的核心,使自己的专利技术付诸于工业生产,神华宁煤集团在此情况下,总结基地内各气化装置运行经验,联合中国五环工程公司、中船重工 711 研究所、西安交通大学开发了神华宁煤集团具有独立知识产权的日投煤量 2 200 t/d 的神宁炉干煤粉加压气化技术。结合神华宁夏煤业集团宁东煤化工基地神宁炉和 GSP 煤气化<sup>[1]</sup>装置实际运行情况<sup>[2-5]</sup>,从技术路线、气化效率、煤种适应性和安全性对神宁炉和 GSP 煤气化进行技术对比分析,以期选择合适的煤气化技术提供参考。

## 1 煤气化工艺路线对比

### 1.1 煤粉加压输送系统

GSP 气化装置低压煤粉通过 4 个交替运行的煤锁斗实现连续的进入高压煤粉给料罐。通过密相气力输送系统<sup>[6]</sup>,粉煤被加压并通过载气处于流态化状态。粉煤给料罐底部形成流化床,通过 3 根在煤粉给料罐上出的煤粉管线经主烧嘴进入气化炉反应

室。煤粉给料罐底部流化盘设置搅拌器,煤粉密度在 300~500 kg/m<sup>3</sup>,波动较大,当搅拌器故障时,极易因煤粉密度波动导致跳车。

神宁炉气化装置低压煤粉通过 2 个交替运行的煤锁斗实现连续的进入高压煤粉给料罐。通过密相气力输送系统,粉煤被加压并通过载气处于流态化状态。粉煤给料罐底部形成流化床,通过 4 根在煤粉给料罐侧出的煤粉管线经主烧嘴进入气化炉反应室。与 GSP 气化装置相比,神宁炉选用新型侧出料发送技术及点式流化器型式,且煤粉给料罐底部流化盘未设置搅拌器,煤粉密度在 350~450 kg/m<sup>3</sup>,波动较小,且底部的点式流化器可有效防止煤粉架桥;煤锁斗和煤粉给料罐容积大,且煤锁斗只有 2 个,减少了操作的频繁性及阀门的故障率,若断煤,气化炉主烧嘴至少能保持 3 h 的运行时间。

### 1.2 减压过滤系统

GSP 煤粉加压输送单元通过 4 个煤粉锁斗顺控充、泄压将常压的煤粉输送到高压的煤粉给料罐,以满足气化炉连续用粉需求。其减压过滤器放在与煤粉锁斗同一标高的位置,煤粉锁斗泄压气经过减压过滤器后送入下游工段或放空,减压过滤装置布袋收集的煤粉由反吹系统吹入锥部的料斗,并通过低

压氮气发送系统送至煤粉仓。由于2台减压过滤器(一开一备)锥部料斗与煤粉仓有40 m的位差,需要采用氮气发送系统,当煤粉含水量大或煤粉在锁斗内架桥时,锁斗泄压过程中会将架桥的煤粉排放至减压过滤器中,而且减压过滤装置底部发送管线较小,设计送粉能力较低,在运行过程中主要有以下问题:增加了发送氮气的消耗;减压过滤装置锥部料斗内煤粉架桥,影响锁斗泄压;煤粉发送管线长,管线堵塞、磨损严重。

神宁炉气化装置仅有的1台减压过滤器安装在煤粉仓的顶部,接收来自2台煤粉锁斗间歇泄压的排放气,由滤袋收集排放气中的少量煤粉并靠重力进入煤粉仓,过滤后的排放气送到下游的低温甲醇洗装置。相比GSP减压过滤装置,神宁炉减压过滤装置取消了煤粉发送系统,节约了氮气消耗,同时缩短落煤管长度,解决了煤粉架桥、管线堵塞的问题。

### 1.3 粗煤气洗涤系统

GSP气化反应产生的粗煤气首先进入鼓风机中,在水浴中将合成气中所带的大颗粒的灰和少量细灰除掉后,进入两级洗涤系统<sup>[7]</sup>,再经过部分冷凝器后进入改造后的洗涤塔D-103,然后尘含量降到了 $0.5 \text{ mg/m}^3$ 的粗煤气进入下游变换装置,鼓风机黑水直接排往闪蒸旁路处理,见图1。

神宁炉气化装置激冷水通过气化炉激冷室激冷

环旋转喷出,对燃烧室出来的高温粗煤气和激冷室设备本身进行冷却、洗涤,洗涤后粗煤气通过下降管进入气化炉激冷室水浴中鼓泡逸出水面,进入一级文丘里与高压循环水混合增湿后,在文丘里气液分离罐分离除尘分离出粗煤气中大部分灰渣后,再进入二级文丘里与高压循环水混合,润湿的粗煤气进入合成气洗涤塔水浴,合成气进入合成气洗涤塔后分别经过高温循环水、变换凝液充分洗涤后从洗涤塔顶部将尘含量降至 $0.5 \text{ mg/m}^3$ ,最后进入变换装置。神宁炉这种激冷室水浴+一级文丘里+分液罐+二级文丘里+洗涤塔的粗煤气洗涤系统<sup>[8]</sup>在工艺流程上更优化,既保证了技术性能的稳定,也满足了生产工艺的要求。与GSP气化装置相比,神宁炉取消了鼓风机,在气化炉内增加了下降管,同时取消了二级文丘里气液分离罐和部分冷凝器,节省了设备的布置空间和成本。

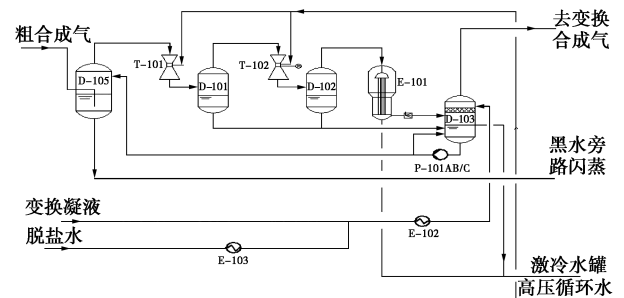


图1 GSP气化装置粗煤气洗涤系统流程简图

(上接第153页)

[9] Gaudin F, Andres Y, Le C P. Packing material formulation for odorous emission biofiltration [J]. *Chemosphere*, 2008, 70 (6): 958-966.

[10] Sakuma T, Hattori T, Deshusses M A. Comparison of different packing materials for the biofiltration of air toxics [J]. *Journal of the Air & Waste Management Association*, 2006, 56 (11): 1567-1575.

[11] Chan Wu-chung, Lin Zong-yi. A synthetic filter material containing nutrients for biofilter [J]. *Journal of Polymers and the Environment*, 2006, 14 (2): 157-164.

[12] Chen Y, Fan Z, Ma L, et al. Performance of three pilot-scale immobilized-cell biotrickling filters for removal of hydrogen sulfide from a contaminated air stream [J]. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 2014, 21 (5): 450-456.

[13] 刘建伟, 王志良. 生物滴滤塔处理有机废气的填料选择研究 [J]. *环境污染与防治*, 2012, 34 (4): 17-21.

[14] Yang C, Yu G, Zeng G, et al. Performance of biotrickling filters packed with structured or cubic polyurethane sponges for VOC removal [J]. *Journal of Environmental Sciences*, 2011, (8): 1325-1333.

[15] 陈建孟, 王家德, 王毓仁, 等. 一种废气处理用生物填料: CN, 200984494 [P]. 2007-12-05.

[16] Hassani A, Khataee A R. 10-Activated carbon fiber for environmental protection [J]. *Activated Carbon Fiber & Textiles*, 2017: 245-280.

[17] 任爱玲, 赫环环, 郭斌, 等. 生物滴滤塔净化含低浓度苯乙烯废气的研究 [J]. *环境科学学报*, 2013, (7): 1840-1848.

[18] 杨百忍, 王丽萍, 梁焯新, 等. 生物滴滤塔净化苯乙烯废气的强化启动及工艺性能 [J]. *环境工程学报*, 2015, 9 (11): 5510-5514.

[19] 王军, 刘发强, 秦赏, 等. 组合填料在生物滴滤塔上的应用 [J]. *石化技术与应用*, 2009, 27 (1): 63-66.

[20] Ge J. Increase in capacity of bio-trickling filter for removing waste gas containing hydrogen sulfide by modified stuffing [J]. *Environmental Engineering*, 2010, 28 (2): 95-98.

[21] 海景, 黄尚东, 张凡, 等. 改性聚丙烯生物填料的制备与应用 [J]. *化工环保*, 2006, 26 (4): 333-336.

[22] 王蕙, 张承中, 刘晓伟, 等. 生物滴滤塔填料改性前后  $\text{NO}_x$  去除效果的对比试验研究 [J]. *安全与环境学报*, 2014, (5): 195-200.

[23] 路远, 孙力平, 衣雪松, 等. 改性聚丙烯填料水处理性能试验研究 [J]. *环境工程学报*, 2008, 2 (11): 1457-1460.

[24] 熊开生, 陈志莉, 庄春龙, 等. PVC 生物填料改性与应用 [J]. *环境科技*, 2011, 24 (S2): 1-3. ■

### 1.4 黑水闪蒸系统

GSP 气化装置激冷室过来的黑水,压力约为 3.9 MPa,温度约为 158℃。在闪蒸系统里,通过两段闪蒸罐的减压和蒸发,把黑水温度降到约 70℃,并释放出溶解在黑水里的大部分气体。之后黑水送往澄清池进行除渣和再循环利用。闪蒸释放出来的气体成为酸性气,经冷却后送往焚烧炉<sup>[9-10]</sup>。

神宁炉气化装置黑水闪蒸系统采用三级闪蒸工艺设置,一级闪蒸采用闪蒸减湿装置即闪蒸塔和减湿器的组合来处理中压闪蒸的酸性气并回收热量。在闪蒸塔中,闪蒸气经过洗涤降低灰含量然后送入减湿器。在减湿器内,闪蒸气与循环灰水直接换热回收热量。与间接换热流程相比此流程最大限度地回收系统热量,提高了换热效率,降低了设备造价,大大节约了装置的运行成本。二/三级闪蒸分别采用了传统的低压闪蒸与真空闪蒸工艺。

### 1.5 凝液回收系统

GSP 气化装置所采用的凝液收集系统用以收集处理气化装置各等级蒸汽,其中中压蒸汽凝液、次高压蒸汽凝液进入中压蒸汽闪蒸罐闪蒸后副产低低压蒸汽并管网,凝液通过底部调节阀,进入低低压蒸汽凝液闪蒸罐,进一步闪蒸后蒸汽放空,凝液由冷凝液泵送至界外。由于该凝液系统独立于脱盐水系统,收集的凝液不能作为脱盐水的后备水源,且低低

压蒸汽凝液闪蒸罐的蒸汽现场放空,既造成了资源的浪费,又因放空蒸汽的冷凝造成设备管线的腐蚀以及冬季凝液结冰带来了安全隐患。

神宁炉气化装置中来自次高压蒸汽冷凝液总管和中压饱和蒸汽冷凝液总管的蒸汽冷凝液进入冷凝液闪蒸罐 D-101 闪蒸后,顶部副产低低压蒸汽送往低低压蒸汽管网,底部低低压蒸汽冷凝液通过液位调节阀送至冷凝液缓冲罐 D-102。同时来自低低压蒸汽冷凝液总管的低低压蒸汽冷凝液亦进入冷凝液缓冲罐 D-102。冷凝液缓冲罐产生的水汽经换热器 E-101 冷却后,凝液重新回流至冷凝液缓冲罐,不凝气进行放空。当冷凝液缓冲罐的液位不足时,自动开启脱盐水调节阀进行补液;当冷凝液缓冲罐液位高时,启动冷凝液泵 P-101 进行外送,以保证液位正常。冷凝液缓冲罐的工艺水经高压工艺水泵 P-102 升压后作为洗涤塔精洗段的洗涤水,见图 2。与 GSP 气化装置相比,神宁炉气化装置各等级蒸汽所产生的凝液<sup>[11]</sup>内部回收利用,不进行外送,杜绝了凝液系统受外管网的制约;在冷凝液缓冲罐气相出口管线上设置了冷却器,对水汽进一步进行冷却,大量减少了蒸汽放空量,基本杜绝了冬季水汽的结冰状况,大幅度降低了安全隐患,凝液的回收利用使脱盐水的消耗量减少了 118.39 t/h,每年可节约成本 103.71 万元。

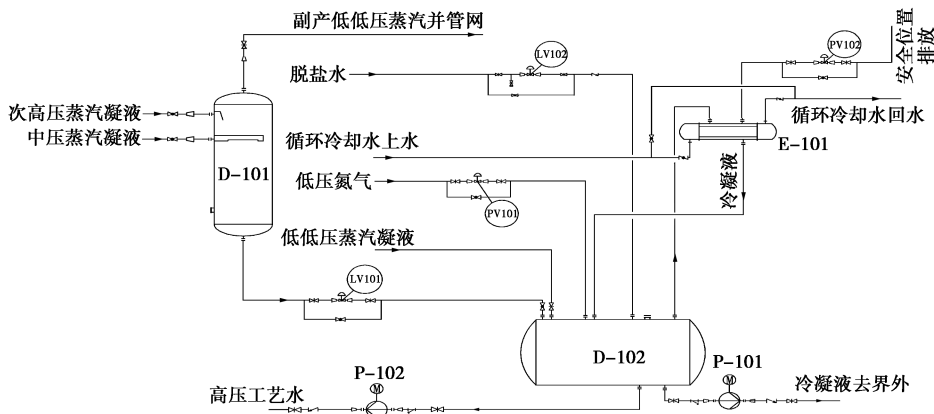


图 2 神宁炉凝液收集系统简图

### 1.6 气化炉

GSP 炉和神宁炉的相同点:顶置组合式烧嘴;气化反应室仍采用螺旋绕制的冷却屏结构。

神宁炉设计不同点。

(1)对于合成气带灰问题加以改进,高温合成气采用激冷筒水激冷方式。

(2)将原有气化反应段外壳外部水夹套取消,改为 CrMo 钢内覆耐热衬里,以提高冷却屏或膜式

壁出现开裂事故时壳体的应对能力。将原有喷水段外壳内壁水夹套取消改为现有水浴段 CrMo+S.S 复合板筒体。

(3)渣/气出口<sup>[12]</sup>组件可以整体局部更换而无需拆卸设备法兰,检修方便。

(4)渣/气出口末端采用膜式壁结构(N08825+IG625 堆)传热效果好、抗高温、渣流出分布均匀、不易损坏。

(5)高温合成气采用激冷环<sup>[13]</sup>和破泡器降膜蒸发和水浴冷却,除灰效果好。

(6)神宁炉水冷壁循环冷却水系统分为烧嘴罩、6路水冷壁、2路渣口、2路热裙及两路激冷筒共13路循环冷却水,而GSP炉只有烧嘴支撑、4路水冷壁及下渣口共6路循环冷却水。

## 2 煤气化效率对比

气化炉负荷70 t/h时神宁炉和GSP气化效率<sup>[14]</sup>对比见表1。

表1 神宁炉和GSP气化效率对比

项目	GSP炉	神宁炉
气化炉压力/MPa	3.9	4.4
气化炉温度/℃	1450~1650	1450~1650
有效气含量/%	87~92	90~94
比氧耗/(m <sup>3</sup> ·km <sup>-3</sup> )	360	290
比煤耗/(kg·km <sup>-3</sup> )	500	529
碳转化率/%	>98	>98
有效气产量/m <sup>3</sup>	145000	140000
洗涤后粗煤气压力/MPa	3.6	4.1
洗涤后粗煤气温度/℃	195	209

神宁炉和GSP气化技术单耗对比见表2。

表2 神宁炉和GSP气化技术单耗对比

介质	神宁炉单耗 (每km <sup>3</sup> 有效气)	GSP炉单耗 (每km <sup>3</sup> 有效气)
低压氮气/m <sup>3</sup>	19.60	65.00
高压氮气/m <sup>3</sup>	3.50	6.60
循环冷却水/t	16.30	19.04
低压锅炉给水/t	0.07	0.32
脱盐水/t	0.65	0.50
低低压蒸汽/t	0.11	0.76
次高压蒸汽/kg	11.10	90.00
电/kW	17.80	36.44
絮凝剂/kg	0.01	0.01
分散剂/kg	0.09	0.06

## 3 操作及安全性对比

GSP气化装置共有控制回路70个,投用率95%;一级联锁78个,投用率100%。神宁炉气化装置共有控制回路75个,投用率100%;神宁炉气化装置一级联锁共112个,联锁投用率100%。神宁炉和GSP气化技术均采用先进的DCS集散控制系统<sup>[15]</sup>,自动化程度高,为了使装置运行安全可靠,系统设置有安全联锁。所以,正常情况下仅从安全方

面考虑,这2种气化技术的安全性都非常高。但神宁炉气化技术成功消化吸收了GSP气化技术的DCS和SIS仪表控制系统,同时优化了系统顺控、联锁、仪表保护功能,使得仪表系统更加精炼、可靠与完善。

## 4 结论

相比于GSP气化技术,神宁炉气化技术具有以下优点。

(1)工艺更加成熟,更加可靠,设备布置更加合理,投资更少。

(2)系统顺控、联锁、仪表保护功能更加精炼、安全与完善,自动化程度更高,开停车更快捷,更加省人力。

(3)凝液、热量等回收利用率更高,各公用介质单耗更低。

(4)气化装置各系统配置更加合理,运行更加稳定。

## 参考文献

- [1] 蒋立翔.GSP气化技术工业应用分析[J].煤炭工程,2016,48(1):88-91.
- [2] 姜永.GSP气化技术运行改造[J].科技创新与应用,2013,(13):120-120.
- [3] 井云环,张劲松,杨英.GSP气化工艺工业应用中的技术改造[J].现代化工,2013,33(12):102-106.
- [4] 陈鹏程,王婷.GSP干煤粉气化技术的应用及优化[J].广州化工,2012,40(21):136-137,140.
- [5] 范为鹏.GSP气化技术的发展与优化[J].石油化工应用,2012,(7):77-79,98.
- [6] 吴跃,李刚健,井云环,等.GSP气化技术煤粉密相输送系统稳定性研究[J].煤炭科学技术,2012,40(12):111-113,117.
- [7] 苏源,院建森,赵振新,等.GSP气化装置合成气洗涤系统流程优化[J].洁净煤技术,2016,22(3):119-123.
- [8] 王国梁,张稼铄,陈鹏程,等.浅析神宁炉合成气洗涤系统优化过程[J].山东工业技术,2017,(1):39-40.
- [9] 郭伟,井云环,徐才福,等.干煤粉气化工艺黑水闪蒸方案对比研究[J].煤炭科学技术,2013,41(S2):403-405.
- [10] 张劲松,郭伟,徐才福,等.气化工艺黑水闪蒸换热方案研究[J].当代化工,2014,43(2):250-252.
- [11] 王国梁.神宁炉凝液收集系统探讨[J].工程技术研究,2016,(8):107-108.
- [12] 李晓东,张稼铄.干煤粉气化炉下渣口结构的设计及应用对比分析[J].化肥设计,2016,54(3):23-26.
- [13] 徐明,张忠孝,樊俊杰,等.气流床气化炉激冷环冷态流场数值模拟[J].洁净煤技术,2012,18(1):75-78,94.
- [14] 井云环,吴跃,张劲松.神华宁夏煤化工基地3种煤气化技术对比[J].煤炭科学技术,2013,41(S2):390-393,395.
- [15] 许荣.DCS系统在GSP气化技术中的优化改造[D].西安:西安科技大学,2015.■