

碎煤加压气化炉使用褐煤 长周期运行的探讨

孔凡贵*

(中新能化科技有限公司,北京 100031)

摘要:介绍了多种褐煤在碎煤加压气化炉装置的使用情况和褐煤应用过程中存在的问题及技术改造情况,通过强化管理和技术攻关,碎煤加压气化炉运行负荷和运行周期得到进一步提高。

关键词:碎煤加压气化;褐煤;长周期运行;技术;管理

中图分类号:TQ54

文献标志码:A

文章编号:0253-4320(2018)01-0157-05

DOI:10.16606/j.cnki.issn 0253-4320.2018.01.037

Study on long cycle run of crushed coal pressurized gasifier using lignite

KONG Fan-gui*

(Zhongxin Energy & Chemical Corporation Ltd., Beijing 100031, China)

Abstract: This paper introduces the usages situation of several kinds of lignite in a crushed coal pressurized gasifier, and the existing problems and technical renovation status in the application of lignite. Through enhancing the management and solving key technical problems, the operational load and cycle of the gasifier have been further increased.

Key words: pressurized gasification of crushed coal; lignite; long cycle run; technology; management

褐煤储量占全世界煤炭总储量的20%,我国褐煤储量占煤炭总储量的17%。由于褐煤存在碳含量低、水分高和挥发分含量高等特点,在品质上与烟煤和无烟煤相比存在较大的差距,使褐煤的利用受到一定的限制^[1]。因此,如何延长以褐煤为原料的气化炉的连续运行时间,已成为企业一项极为重要的工作,特别是对于采用多台碎煤加压气化炉的煤制合成天然气工厂尤为重要。

克旗公司40亿m³/a项目分3个系列建设,每系列16台4.0 MPa碎煤加压气化炉,其中第一系列于2013年底投入运行。克旗公司4.0 MPa碎煤加压气化炉属国内首批使用,且以劣质褐煤(高水分、低热值)为原料煤在国内也鲜见,开工初期并不顺利。2014年1月份,检查发现多台气化炉内夹套减薄,对气化炉内夹套减薄进行修复处理完成后于2014年3月份进行开车,此后,因各种问题导致气化炉非计划停车频繁发生,碎煤加压气化装置能否长周期稳定运行已经成为制约克旗公司生产装置实现安全稳定运行的瓶颈问题,因此,如何减少和避免气化装置非计划停车情况的发生,尽快提升气化炉长周期稳定运行水平成为企业亟待解决的重要课题。克旗煤制气项目通过强化管理和开展技术攻关

活动,取得了一定的效果。下面对以褐煤为原料4.0 MPa碎煤加压气化炉长周期运行实践进行探讨,以供相关企业参考。

1 煤制天然气气化技术概述

1.1 碎煤加压气化炉流程简述

4.0 MPa碎煤加压气化炉是典型的固定床气化技术流程,逆流低温气化,氧耗、煤耗低,副产焦油、酚等副产品,操作弹性大,技术成熟。在气化炉中煤与气化剂950~1 150℃、4.0 MPa压力下,逆流接触进行气化反应。碎煤气化包括带内件(波斯曼套筒、炉篦)的加压气化炉和供煤的煤锁、排灰的灰锁,它们直接附置在炉体上。经筛分后13~70 mm的合格碎煤由输煤皮带供到气化炉煤仓中,煤仓的储量约为正常负荷时的3 h使用量。煤通过煤锁溜槽经安装在气化炉顶部的煤锁定期加入气化炉,煤在炉内下降过程中与气化剂接触反应。含碳量约为5%的灰由炉篦转动排入灰锁,定时排入输灰系统,压力为0.7 MPa的冲渣水将灰渣排向渣池。粗煤气在洗涤冷却器中用喷淋水洗涤,在废热锅炉中冷却后送往粗煤气变换冷却工号,见图1。

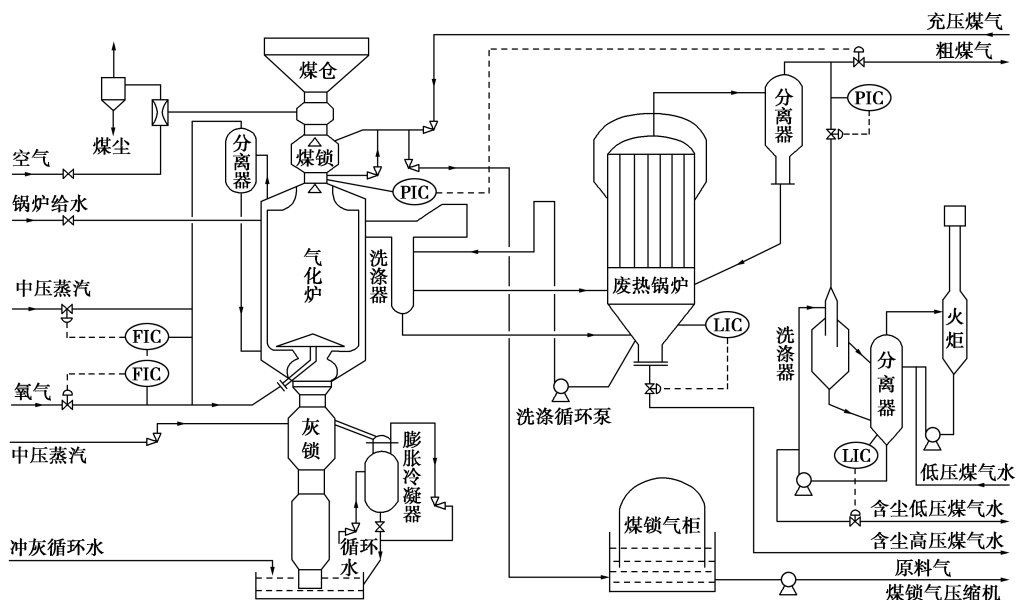


图 1 碎煤加压气化工工艺流程

1.2 碎煤加压气化炉使用褐煤总体情况

克旗公司设计使用的原料煤为锡林浩特地区大唐东胜利矿褐煤,但在实际生产过程中,大唐东胜利矿褐煤产量不能满足克旗公司生产需求,现生产用煤主要来自锡林浩特地区的神华北电、国电蒙虹、乌兰图嘎及大唐东胜利 4 家煤矿经破碎筛分后的褐煤,各煤矿煤种分析数据如表 1。

表 1 原料煤煤质分析表

煤样	蒙虹煤	乌煤	神华 5 煤	神华 6 煤	大唐 5 煤	大唐 6 煤
全水分/%	43.9	41.6	33.0	38.5	31.4	38.0
空干基灰分/%	6.76	7.56	35.18	7.02	23.55	10.90

空干基挥发分/%	31.67	31.72	26.64	35.22	31.66	33.52
空干基硫/%	1.20	1.21	2.64	0.48	0.57	0.93
Fe ₂ O ₃ /%	10.01	9.08	11.44	7.45	5.32	21.42
CaO/%	4.19	17.11	3.09	12.94	16.92	11.31
Al ₂ O ₃ /%	23.39	16.87	22.33	16.82	13.41	15.34
K ₂ O/%	1.79	0.70	2.31	0.61	0.54	1.11
收到基低温发热量/ (kcal·kg ⁻¹)	3326	3389	2341	3719	3145	3501
变形温度 DT/°C	1200	1120	1180	1120	1200	1120
软化温度 ST/°C	1200	1130	1200	1120	1220	1130
流动温度 FT/°C	1200	1140	1260	1140	1250	1160

(上接第 156 页)

从表 1 数据情况看,二氧化硫的浓度明显降低,平均值达到 30 mg/m³ 以下。

8 结论

(1) 本项目利用本厂生产的 20% 氨水对烟气进行氨法脱硫,生产硫酸铵溶液,再将符合要求的硫酸铵溶液输送到焦化厂已有硫酸铵装置生产硫酸铵化肥。

(2) 利用烟道气余热直接蒸氨,高效利用热量的同时,减少蒸氨废水排放量。

(3) 采用了具有专利技术的脱硫塔,设置带氨回收功能的逆流脱硫塔工艺,具有克服氨挥发损失的优点,特别设计的带有洗涤段的脱硫塔具有消除强酸性气溶胶的功能,可有效控制氨逃逸和气溶胶量。

(4) 工业性试验表明,焦炉烟卤排放的废气 SO₂

浓度和颗粒物含量均保持在 30 mg/m³ 以下,达到并优于《炼焦行业污染物排放标准》(GB 16171—2012)中 50 mg/m³ 的要求,解决了公司的重大环保问题,达到了国家排放标准要求。

参考文献

[1] GB 16171—2012. 炼焦化学工业污染物排放标准[S]. 北京: 中国标准出版社, 2012.

[2] 陆诗建, 杨向平. 烟道气脱硫脱硝一体化技术进展[J]. 油气田环境保护, 2009, 19(3): 1-4.

[3] 欧阳云, 任如山. 湿法烟道气脱硫脱硝技术研究进展[J]. 广州化工, 2016, 44(24): 12-14.

[4] 陈颖, 李慧, 李金莲, 等. 氨法烟气脱硫脱硝一体化工艺的研究进展[J]. 化工科技, 2010, 18(2): 65-69.

[5] 王登富, 王利, 姜爱国, 等. 焦炉烟道气余热负压蒸氨成套装备技术[J]. 燃料与化工, 2013, 44(4): 45-46.

[6] 李鹏元, 李宝东, 杨懿, 等. 焦炉烟道气脱硫脱硝及余热回收利用一体化技术[J]. 冶金能源, 2016, 35(1): 48-51. ■

1.3 各种煤使用情况

克旗公司使用的气化原料褐煤属于低热值、高水分、高挥发分、机械强度低、热稳定性差的煤种,在空气中易风化破裂,入炉气化过程中在高温高水分气氛中易爆裂,粉化严重,因此在气化炉内会随煤气从出口带出,堵塞废热锅炉出口气相管道、液相集水槽及下游设备,多次造成系统停车。

受原料褐煤理化特性、煤源矿点开采能力、生产供应量等诸多因素的影响,生产中采购的为13~70 mm的块煤,存在粉煤与块煤的总量失衡、原料

煤供应量有限、气化用煤粉煤含量高、煤质复杂等问题,直接限制了气化炉和整个系统的负荷提升和稳定运行。根据各煤源煤质的细微差别进行多煤源掺烧,采取的掺烧方式是:①单用大唐煤或神华煤;②采取大唐或神华煤分别与蒙虹煤或乌兰图嘎煤进行掺烧;③尽量避免单用蒙虹煤或乌兰图嘎煤。

1.4 各种原料煤单烧、配煤混烧生产运行状况

克旗公司针对各种原料煤单烧以及配煤混烧工作进行了总结,具体情况如表2。

表2 各种原料煤单烧以及配煤混烧生产运行情况表

使用煤种	运行情况	存在问题	煤种优势
神华北电	生产运行平稳,产气量高,单炉氧负荷可130%	灰分高,达到13%~21%,高负荷运行时炉蓖转速偏高,达到8~11 r/h,灰锁50 min满料	煤质稳定,煤炭产量高,废水产量少,产气量高
大唐东胜利	生产运行平稳,产气量高,使用期间氧负荷120%	受限于煤矿开采和外销粉煤影响,原料块煤产量低,不满足生产需要	设计煤种,灰分低,水分中等,产气量比较高
国电蒙虹	生产运行差,产气量低,气化炉带出物多,废热锅炉集水槽堵塞	煤质不稳定,水分高、灰分低,冬季煤仓冻堵,下灰室易膨料挂壁,受国家调控限产	灰分低
乌兰图嘎	产气量低,气化炉带出物多,废热锅炉集水槽堵塞	煤质波动大,煤粒度分布不均匀,造成煤溜槽时有堵塞或卡煤	煤炭产量稳定,能保证供煤
神华北电掺配国电蒙虹、乌兰图嘎	装置运行工况好,生产运行平稳,气化炉单炉负荷高,操作弹性大	配煤不均匀,气化炉工况时有波动,原料煤种不固定,煤种频繁更换,粉煤灰带量大,下灰易膨料挂壁	生产主要运行掺配煤种,原料煤产量稳定,可保证生产需要
大唐东胜利掺配国电蒙虹、乌兰图嘎	生产运行平稳,工况好,操作弹性大	产量不稳定,煤种频繁切换,掺烧不均匀,有时集水槽堵塞	大唐东胜利矿为自有煤矿,生产可调整范围宽

2 解决碎煤加压气化炉使用褐煤长周期运行需解决的几个问题

2.1 强化生产管理

利用锡林浩特东胜利煤矿劣质褐煤作为原料,克旗公司4.0 MPa碎煤加压气化炉装置基本实现了标准化、流程化、规范化管理。

2.2 加强原料煤的管理

从原料煤开始,全过程优化操作,精细管理。①严控入厂煤的粒度,采用自动取样器取样,在煤矿和克旗公司入厂后各分析1次,进行结果比对,坚决不让不合格煤种进入煤场。②根据煤质不同特性对入场煤进行分堆存放,在保证煤场库存量的同时避免超量存储,建立煤场褐煤存放示意图和台账,科学调配掺烧,保证入炉煤质稳定。③煤场定期测温,储存时间过长要及时翻堆并分层压实,严格控制存放过程中的损耗和自燃。④坚持储新用旧,缩短存期,

防止煤变质。⑤建立定期检查皮带制度。在筛分楼设置大孔径拦网,避免大块煤进入系统,发现粉煤较多时,及时变换或增加振动筛,或者更换上煤掺烧比例。

2.3 加强生产工艺管理

从“人、机、料、法、环”5个方面分析问题,采用“两图两表”质量管理方法,对制约气化炉长周期稳定运行的疑难攻关。修订并严格执行生产操作规程,气化炉开、停车操作等对表对标进行。对负荷、运行参数、运行时间、工艺指标等进行“数字量化管理”,月评比考核,增加员工主动抓长周期运行的动力。加强员工理论知识与实际操作的培训,梳理以往发生事故,各班组学习,使员工未吃一堑,先长一智。

2.4 加强设备管理

设备是实现长周期运行的基础,①重日常维护保养和计划检修,易损部位建立台账实现设备定检

和隐患排查治理;由工艺、设备人员组成的四级巡检,能及早发现缺陷并迅速消除。②重“过程管控”,检修作业要求一级领着一级干、一级监督一级干,设备管理人员做到检修质量心中有数,检修作业质量进度可控在控。③抓现场管理,严治煤粉泄漏,严查跑冒滴漏,严管现场异常,建立专项应急处置预案。

2.5 加强仪电保障

气化仪控设备分为 DCS 控制系统和现场仪控设备 2 部分。DCS 控制系统通过投用 SIS 系统,加煤、排灰程控自动化等,提升装置的自动化水平。现场仪控设备优化工作主要从仪控设备安全、稳定、长周期运行上提高,解决四层中压蒸汽调节阀 FV007 环境温度高造成误动作停车,夹套液位调节阀 LV006 阀杆经常折断,夹套就地液位指示不准等问题。灰锁压力变送器,在运行过程中灰粉堵塞引压管线,测量不准,在灰锁引压管线盲端安装 1 个收集装置,并定期进行打压清堵排放。

2.6 积极开展技术优化

设计压力的提高,多台、多系列装置的同时应用,不是简单的叠加,在设计、设备、工艺路线的组合上存在诸多不完善之处,在设计、生产、技术等方面有很大的优化及探索空间。

2.7 煤锁充泄压系统改造

气化炉设计耗煤量为 40.28 t/h,受煤锁加煤循环时间长问题的制约,气化炉仅能达到设计负荷的 80%。参照鲁奇炉 1 个加煤循环 6 min 的原则,将煤锁泄压阀与灰锁充压阀互换,对煤锁泄压管线进行改造、煤锁气消音器内件结构改造、煤锁一次及二次充压限流孔板孔径扩径等,实现了气化炉 130% 负荷的稳定运行。

2.8 气化炉炉篦布气方式改造

碎煤加压气化炉旋转炉篦布气方式采用同心环面布气法划区,为保证 100% 负荷下的夹套安全及满足正常布气,确定气化剂的喷射速率是 16.68 m/s。考虑床层中的径向粒度偏差、床层高度的差异、排灰过程中的热交换情况、操作负荷的大小以及炉篦的转速大小,以保证整个床层活塞状均匀下移。考虑炉篦短停运时对床层布气的不良影响,采用缩小布气孔孔径的方法,而不是堵孔方法来调整布气。改造前后主要参数如表 3。

表 3 气化炉布气率改造前后情况表

气化参数	炉篦层级	改造前	改造后	改造前	改造后
				布气孔 径/mm	布气孔 径/mm
布气率/%	第一层布气孔	19.403	15.8	40	15
	第二层布气孔	29.851	31.2	40	17
	第三层布气孔	23.881	28.1	40	18
	第四层布气孔	26.865	24.9	40	16
气化剂流速/(m·s ⁻¹)		5.226	30.28	—	—

2.9 气化用煤粒度的调整

鲁奇炉原料煤粒度范围为 6.3~50 mm,筛分、运输过程中产生过多粉煤,床层阻力增大,带出物增加,使废热锅炉集水槽堵塞,降低了运行周期。粉煤多造成同一截面上不同部位的流体阻力不均,使炉内局部气流短路或沟流,不利于工况的调整和稳定。克旗公司将褐煤粒度增加至 13~70 mm,解决了粒度过小引发沟流、偏烧等情况的发生。

2.10 冷火炬系统增加洗涤分离系统

原设计 8 台炉共用 1 套冷火炬系统,当 2 台气化炉同时开停车操作时,不满足生产需要,且放空煤气中夹带煤气水,存在火灾隐患和环境污染等情况,因此,改造增加 1 台开车煤气洗涤器、1 台开车煤气分离器、1 台冷火炬洗涤水泵及附属设备、管线、阀门、仪表、电气等,达到消除火灾隐患和环境污染的目标。

2.11 气化炉内夹套进行防腐堆焊

锡林浩特东胜利部分地区褐煤含有较高含量的碱金属及卤族元素,同时还含钒、硫等元素。褐煤在气化炉内燃烧层与灰层交界区域及低负荷运行情况下,易发生燃烧区下移的现象,结合高腐蚀性卤素气氛、气化炉内夹套材料 15CrMo 抗卤化性能不足的特点,在气化炉内夹套炉篦上方灰分区域及燃烧区域发生“卤化-氧化腐蚀加剧下的高温磨蚀腐蚀”,出现内夹套材料 15CrMo 的异常腐蚀减薄,采用 Inconel625 镍基合金对气化炉内夹套内壁进行机械自动化堆焊防腐。

2.12 排灰系统改造提升现场管理水平

灰锁排灰装置一至三楼的地面、墙面、门窗以及管线都积存了厚厚的灰尘是碎煤加压气化炉通病。采用“封、引、管、治”四字措施治理灰尘,①将一楼地平面有可能泄露的孔洞全部封闭,将原有的检查孔取消,安装石棉爆破板,并划警戒线进行安全隔

离。②对除尘风机的入口管线进行改造,由直角弯头改成斜坡式大角度弯头,同时将灰筒各喷淋水管内部和防爆房底部渣沟处增加折流喷头,通过提高水流速度保证存在于灰筒和渣沟内的灰尘不发生堵塞,保证渣沟和除尘风机的正常运行。③将渣沟内气化炉内壁改造过程中产生的杂物彻底清理干净,恢复渣沟底部抗冲刷铸石板的干净、平滑,确保排灰顺畅。④调整首端气化炉冲渣大激流喷头的角度,调整单台气化炉冲渣小喷头的高度和角度,保证冲渣方向正确,水流有力,避免细灰在渣沟侧壁的存积。⑤将渣沟两侧的泄爆孔加挡风板,保证风机运行高效。经过全面的综合治理之后,从气化炉竖灰管、防爆房、整条渣沟直至除尘风机系统都不再发生堵塞现象,加压气化厂房一层环境彻底改善。

3 解决化炉使用褐煤长周期运行的几点建议

3.1 碎煤加压气化和粉煤气化工艺联产

碎煤加压气化炉提高了甲烷转化效率,使一次甲烷生成量达到了最终产品的48%以上,节省后续工段设备上的投资费用,适宜作为煤制天然气工艺流程。但其副产含酚煤气水,污水处理投入大,处理难度大,同时气化原料需要以块煤为原料,经筛分产生的粉煤多,存在块煤和粉煤不平衡问题,综合考虑碎煤加压气化和粉煤气化联产的工艺流程制取天然气更为科学合理。

3.2 生产操作控制采用集散型控制系统

气化厂房有层灰锁、三层中控、五层工程师站、六层煤锁控制室,控制室内有着大量的操作人员和仪控工程师,且加煤排灰手动操作,各层控制室距离最近的气化炉装置不到10 m,不符合《石油化工企业设计防火规范》(GB 50160—2008)要求。提高装置的自动化本质安全设计,按照每个主操负责2台气化炉和灰锁操作的原则,取消现场控制室,将碎煤加压气化厂房控制室内的操作人员迁至中央控制室集控自动化运行,实现全厂一体化管理。

3.3 加强原料煤的管理,实行精料政策

一种气化炉只能适宜一种或几种煤,在保证煤质稳定的同时一定要控制好原料煤的粒度、水分、灰分等。低灰、低水、高热量的煤比高灰、高水、低热值的煤作为气化原料各项指标好,使用洗精煤可以

使气化炉煤灰锁锥阀磨损减弱,备品备件费、检修费用降低,气化炉运转率和经济效益提高。

3.4 采用CO₂返炉制取CO技术

将粗煤气下游工段低温甲醇洗分离出的CO₂压缩后再返送回气化炉,替代部分水蒸汽作为气化剂使用,在气化炉还原层再次参与气化反应,与C反应生成CO,解决现有碎煤加压气化工工艺碳利用率低、蒸汽耗量大、污水处理负荷高和碳资源浪费等难题。既提高了煤气中CO的含量,同时也使CO₂得到充分利用,还减少了加压气化过程中的蒸汽消耗,义马气化厂CO₂返炉以后,减少蒸汽用量11.5%,粗煤气中CO含量增加3.89%,CO₂含量增加1.57%,多产粗煤气750 m³/h^[2]。

3.5 提高单台气化炉操作压力和生产能力

单台气化炉提高操作压力,降低压缩动力消耗,减少设备尺寸,降低氧耗,提高碳的分解率。提高单台炉生产能力,生产制造直径5 m、布煤器带搅拌器的气化炉,可以气化弱黏结性煤种,提高单炉生产能力和生产效率,减少设备投资。

4 结语

通过加强煤质管控、技术优化、设备管理等一系列工作,克旗公司碎煤加压气化炉的运行状况得到明显提升,截至2016年末,一期装置有12台气化炉连续运行100 d以上,其中2台气化炉实现连续运行200 d以上(最长一台气化炉连续运行时间达到了241 d),生产能力提高到设计负荷的130%。从我国煤化工发展总体情况来看,碎煤加压气化工工艺仍是技术最成熟、煤质要求范围宽、生产能力较强、最可靠的煤制气路线之一。尤其在煤制天然气行业方面,对于劣质褐煤的利用,有很强的竞争优势。碎煤加压气化装置技术优化与操作弹性空间还很大,仍需气化人继续不懈地努力与攻关,推进碎煤加压气化炉工艺的长足发展,解决民生问题,保障国家能源安全。

参考文献

- [1] 郭强.褐煤气化技术选择与评价[J].大氮肥,2015,38(4):221-225.
- [2] 詹俊红,续静静,殷伟民.二氧化碳制备一氧化碳在鲁奇加压气化炉上的应用[J].河南化工,2015,32(3):34-36. ■