

褐煤 4.0 MPa 碎煤加压气化炉的设计优化与改进

魏文科*

(内蒙古大唐国际克什克腾煤制天然气有限责任公司, 内蒙古 赤峰 025350)

摘要:克旗公司碎煤加压气化炉在开工初期各类问题频发。经过一系列的优化与改进,在煤种适应性、长周期运行方面的问题得到解决,在节能降耗、清洁生产方面不断提升,装置不仅实现满负荷运行,同时还获得了120%负荷的生产能力。

关键词:碎煤加压气化炉;改进;煤锁;灰锁;润滑系统

中图分类号:TQ54

文献标志码:A

文章编号:0253-4320(2021)11-0206-03

DOI:10.16606/j.cnki.issn.0253-4320.2021.11.043

Design optimization and improvement of 4.0 MPa crushed coal pressurized gasifier for lignite

WEI Wen-ke*

(Inner Mongolia Datang International Keshkten Coal to Gas Co., Ltd., Chifeng 025350, China)

Abstract: Various problems occurred frequently in the early stage of start-up of crushed coal pressurized gasifier in Inner Mongolia Datang International Keshkten Coal to Gas Co., Ltd. After a series of optimization and improvement, the problems in coal adaptability and long-term operation are solved, and the plant has continuously improved in energy conversion, consumption reduction and clean production. The capacity utilization reaches 120%.

Key words: crushed coal pressurized gasifier; improvement; coal lock; grey lock; lubrication system

碎煤加压气化炉是一种固定床气化炉型,广泛应用于煤制合成氨、甲醇、二甲醚、合成油以及煤制天然气领域,在国内运行已有30多年历史,世界范围内有近300套碎煤加压气化炉在运营生产。

内蒙古大唐国际克什克腾煤制天然气有限责任公司(以下简称克旗公司)40亿 m^3/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,一系列于2013年底投入运行。装置开工初期运行并不顺利,首先是装置整体开车后运行不到2个月,出现气化炉内夹套腐蚀,造成停产检修近3个月。再次开车后,各类工艺、设备问题频发,开停车频繁,装置很长一段时间处于低负荷运行状态。经过近几年的持续深入研究,不断优化改进,逐渐实现了装置满负荷生产,现就生产中遇到的问题和优化改进方法进行阐述。

1 基于褐煤适应性方面的优化与改进

1.1 加煤系统的设计优化

碎煤加压气化炉为实现连续运行,在气化炉上部设置了煤锁,通过上阀、下阀、充压阀、泄压阀

的逻辑动作,实现常压煤仓内的煤靠重力加入到4.0 MPa的气化炉内。

由于褐煤热值低、堆密度小、活性高,煤锁有效容积约为 17.3 m^3 ,气化炉达到满负荷,需达到每小时加煤3.5锁。在试车过程中,煤锁每小时只能进行3.03个循环,相当于设计加煤量的84.6%。气化炉缺煤运行,易造成煤锁法兰温度急速升高,导致联锁停车。因此,在实际生产中,气化炉只能维持在设计负荷的80%左右运行。

通过综合分析,在现有装置上采用降低充、泄压管线阻力的方法,即缩短煤锁充、泄压时间来增加每小时加煤循环次数。

(1)煤锁泄压阀由DN50更换为DN80。

(2)将煤锁泄压管线的管径由DN100 mm改为DN150 mm,气柜至热火炬的超压放空管线管径及旁路阀管径由DN200 mm改为DN300 mm。

(3)煤锁一次及二次充压限流孔板的孔径分别由51、46 mm改为65、65 mm。

(4)改进煤锁泄压管线上的消音器,将阻力降至小于25 kPa。

经过优化,煤锁每小时可加煤 4.19~4.96 锁,满足气化炉 120% 负荷生产的加煤量。

1.2 气化炉内夹套堆焊 Inconel625 防腐层的改进

碎煤加压气化炉本体是一个双层夹套式的结构,高 13 000 mm,直径 4 000 mm,内、外筒体的间距为 48 mm,夹套内充满锅炉给水,以吸收气化反应传给内筒的热量,使内筒体不会因过热而损坏,起到保护内筒体的作用,同时产生蒸汽。

2014 年 1 月,克旗公司装置试车约 50 d,出现大面积气化炉内夹套腐蚀,部分气化炉 32 mm 厚夹套板腐蚀穿透,腐蚀速率约 0.5 mm/d,经对原料褐煤、炉渣、腐蚀产物进行特征数据分析,国内权威机构和专家认为褐煤在碎煤加压气化过程中的腐蚀机理为:①褐煤中 Cl 和 F 引起的高温卤化腐蚀,煤中 Na_2O 、 CaO 、 SO_3 含量偏高对腐蚀有一定的促进作用;②卤化-氧化腐蚀加剧下的高温磨蚀腐蚀;③褐煤中的某些组分腐蚀,煤灰磨蚀加剧了夹套减薄进程。

在清楚气化炉内夹套腐蚀机理后,制定采用内夹套表面堆焊 Inconel625 合金的方法进行防腐处理。改进方法为:重点腐蚀区域的内夹套更换带极堆焊 Inconel625 板材,非重点区域进行自动 GMAW 堆焊 Inconel625 合金。通过内夹套防腐改进基本上解决了褐煤气化的腐蚀问题,在后期的运行中,以每 2 年修复补焊一下重点腐蚀区域为主。

2 基于气化炉长周期运行的优化与改进

2.1 煤锁部件的长周期改进

煤锁使用中存在的主要问题:①动作频繁、内摆杆使用寿命短;②受内压作用,轴承及垫环磨损快;③下阀阀座静密封垫片损坏频繁。经常 3~4 个月检修一次,不仅耗费大量的劳动力,且存在较大的作业风险,严重影响气化炉的长周期运行。经过不断改进,目前,煤锁运行周期一般可实现连续运行 12 个月以上,主要采取的改进措施如下。

(1) 将内摆杆 U 型槽套筒外径由 $\phi 195$ mm 扩大为 $\phi 198$ mm, U 型槽厚度由 19.5 mm 增加为 21.0 mm,内摆杆 U 型槽与套筒在端面上焊接形成一体。

(2) 轴承和垫环摩擦面分别堆焊硬质合金后加工,增加耐磨性。轴承与垫环摩擦面均进行硬质合金堆焊后加工成型,具体改进办法为:在轴承和垫环摩擦面过渡层堆焊厚度 2 mm 厚 304 后,再堆焊 2 层

钴基 2[#],机械加工后的钴基 2[#] 合金层厚度不小于 3 mm,堆焊后的硬度达到 HRC 47~52,同时在主轴上设置轴肩,垫环通过沉头螺栓安装在轴肩上,避免连接轴与垫环间出现相对运动。煤锁轴承改进示意图见图 1。

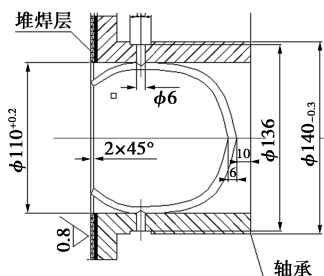


图 1 煤锁轴承改进示意图

(3) 下阀阀座与煤锁本体采用法兰连接,在煤锁下阀泄漏造成停车的事故中,80% 以上是由于法兰静密封失效引起,下阀的频繁启闭和在运行中下阀温度周期性变化,使得该处金属缠绕垫片极易出现断裂、松散的状况,煤锁下阀内漏无法进行加煤循环造成停车。后尝试采用金属铜垫片效果较好,至今 2 年未出现因下阀静密封泄漏造成停车处理事故。

2.2 灰锁上阀的长周期改进

为实现碎煤加压气化炉连续排灰,在气化炉下部设置了灰锁,通过上阀、下阀、充压阀、泄压阀的逻辑动作和旋转炉算,将 4.0 MPa 的气化炉内灰渣排至常压渣沟内,通过水力输送至渣池。

灰锁在褐煤气化过程中存在的主要问题,灰锁上阀频繁处于 450℃ 左右的高温工作环境中,上阀密封面原设计上采用镶嵌碳化钨密封圈结构,由于阀头本体材料与碳化钨材料热膨胀系数不一致,温度变化极易造成镶嵌碳化钨密封圈断裂和镶嵌处的静密封失效,从而必须停车处理,使用寿命大多在 4 个月左右。

经对灰锁上阀实施改进,实现最低使用 10 个月的要求,个别甚至达到 14 个月,主要改进措施为,阀头母体密封部位改为堆焊 5 mm 厚新型钨铬硼高合金,不再使用镶嵌密封圈结构^[1]。改进后的灰锁上阀密封结构示意图见图 2,密封配合面放大示意图见图 3。

2.3 灰锁充压管线的长周期优化

灰锁使用蒸汽进行充压、泄压,实现气化炉的排灰。灰锁充压初期,充压蒸汽以 4.53 MPa 的压差、435℃ 的温度通过阀后管线,致使阀后法兰及变径管

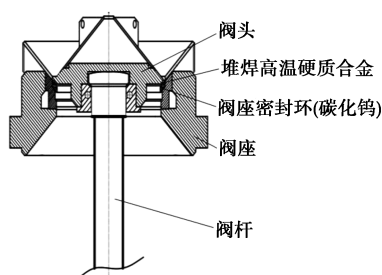


图 2 改进后的灰锁上阀密封结构示意图

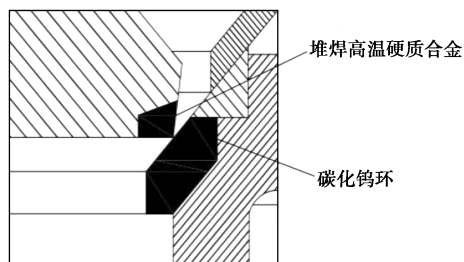


图 3 密封配合面放大示意图

泄漏频繁。2016 年全年泄漏次数达 64 次,相当于每台灰锁充压阀后管线 90 d 更换一次,存在较大的作业风险和安全隐患,同时严重影响气化炉稳定运行。后采用阀后加装耐冲刷导管的方式进行优化,套管直接跨过法兰及变径区域到达变径后管线。蒸汽在变径后的管线形成涡旋,发生摩擦及物质和能量的交换,对变径后管线冲刷很小,耐冲刷套管一般可使用 6 个月以上,并且可以在线不停车更换。耐冲刷套管结构示意图见图 4,安装于灰锁充压管线上的结构示意图见图 5。

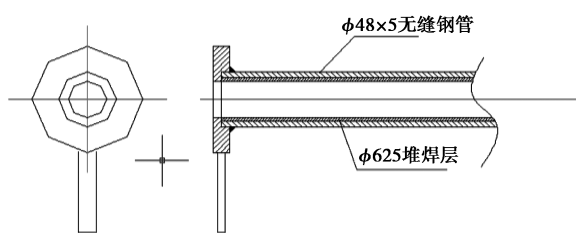


图 4 耐冲刷套管结构示意图

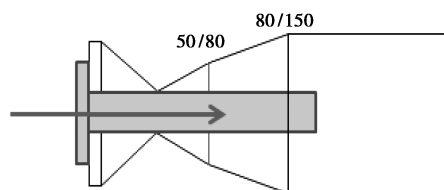


图 5 安装于灰锁充压管线上的结构示意图

3 基于节能降耗的优化与改进

3.1 润滑系统的优化

每台碎煤加压气化炉配有一套润滑系统,用于

向煤锁下阀,灰锁上、下阀,旋转炉蓖的轴瓦和填料提供润滑,润滑油为 65# 过热合成汽缸油,润滑油泵为柱塞式多点润滑泵。润滑系统存在的问题主要有:①在实际运行中,煤锁下阀、灰锁上阀、灰锁下阀填料和轴瓦润滑点存在润滑过量的状况,不仅造成资源的浪费,而且污染环境、形成安全隐患。②原设计采用容积泵将桶装油通过管线加注至油箱内,每 4 台油箱配置 1 台加油泵,由于单炉油箱体积较小,加油容易出现“加冒”现象,操作复杂、频繁,在加油过程中需全程监控。

进行改进的措施为:①煤锁下阀、灰锁上阀、灰锁下阀的填料和轴瓦共 6 个润滑点改为单独间断供油,通过 PLC 控制,润滑泵每隔 25 min 启动一次,每次启动运行 5 min,通过长期试用证明完全满足煤、灰锁各处润滑要求,保守计算年可节省润滑油费用近百万元。②设置一高位油箱,油箱容积 3.75 m³,通过管路与 4 台气化炉单炉油箱相连接,在单炉油箱内设置浮球阀,当油位下降时,浮球下降,阀门打开自动补油,当油位升高时,浮球上升阀门关闭,停止补油,通过浮球阀实现单炉油箱内的油位恒定,集中供油油箱每 2 周加油一次,约 1 500 L。通过改进很大程度上减少了工人劳动强度,杜绝了出现“加冒”现象。

3.2 灰锁软连接的改进

灰锁下阀与竖管之间的连接原采用波纹管膨胀节连接,用以吸收设备温度变化引起的膨胀量,要求伸缩区间±50 mm。在实际使用中,该膨胀节一般使用周期仅为 1 年便出现泄漏且价格较贵。后采用自制填料式伸缩节,经济安全,大大提高了使用寿命又节省备件费用。该伸缩节由做轴向相对运动的内、外套管组成,内、外套管既可伸缩又可以相对转动,内外套管之间采用填料密封,使用时两端管子一条轴线上,内套管可自由伸缩。具体结构见图 6。

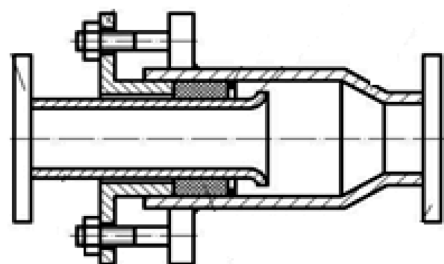


图 6 自制填料式膨胀节结构简图

(下转第 213 页)

具有良好的去除效果,缺氧-好氧联合工艺可以同时去除氮与 COD 降解,在芬顿氧化阶段则在去除大量有机物的同时提高了废水的生化性,出水达到并入原有废水生化系统的要求。

根据实验所得的设计参数进行设备开发,经过工程投资与运行成本计算,具有良好的经济实用性,可为该汽车生产企业短时间内收回投资成本,同时可在水站生命周期内创造极大的经济价值。

3 结论

汽车及其他涂装企业生产工艺中产生的水性脱漆剂废水是近年来涂装生产工艺改进而产生的新型废水,其有机物质量分数极高。对此类废水进行了多级“物化-生化”联合工艺的论证实验发现,此类废水在使用“混凝絮凝-盐析-厌氧-缺氧-好氧-芬顿氧化”的多级“物化-生化”处理后可将 COD_{Cr} 与总氮降低至涂装企业原有废水站生化处理段的可接纳范围。通过该工艺为广东某汽车生产企业设计 1 套水性脱漆剂处理设备,经经济分析,该工艺具有良好的经济性。

参考文献

- [1] 刘艺,张念利,张善金,等.关于涂装老线“油改水”的案例分析[J].汽车实用技术,2020,(14):159-161.
[2] 牟彬,刘多丽,周圆,等.汽车保险杠水性漆应用研究[J].电镀

- 与涂饰,2020,39(18):1242-1245.
[3] 陈刚,王金欢,陈浩生,等.水性漆在木制品涂饰中的应用进展[J].家具,2020,41(2):71-74.
[4] 谢飞舟,张同利,李杰,等.水性漆的特点及其应用[J].合成材料老化与应用,2019,48(1):108-110.
[5] 郝利峰,蒋泽文,张哲洋,等.环保型脱漆剂研究进展[J].电镀与精饰,2020,42(10):33-41.
[6] 唐琪玮,黄思远,黄磊,等.水性漆洗涤废水处理技术[J].净水技术,2018,37(s1):127-129,133.
[7] 李世阳,彭何军,胡拥军,等.水性漆洗涤废水的混凝条件优化[J].环境工程学报,2017,11(3):1587-1592.
[8] 李美萍,董海山,郑雪.家具水性漆喷涂废水的混凝条件优化[J].山东化工,2020,49(17):264-266.
[9] Kurt U, Yasar Avsar, Talha Gonullu M. Treatability of waterbased paint wastewater with Fenton process in different reactor types[J]. Chemosphere, 2006, 64: 1536-1540.
[10] 张海波.高浓度水性涂料废水的处理工艺研究[D].上海:华东理工大学,2020.
[11] 权晓琪,许佩瑶,康玺,等.水性漆生产废水处理研究进展[J].轻工科技,2019,35(12):101-103.
[12] 黄春林.汽车涂装水性漆废液的处理工艺研究[D].上海:华东理工大学,2017.
[13] 王海涛,奥德,吕美婵,等.水性涂料生产废水的深度处理及资源化利用研究进展[J].现代化工,2019,39(S1):45-48.
[14] 黄春林,卢智昊,孙贤波.纳滤-反渗透分离膜处理水性漆废液中 COD 的研究[J].涂料工业,2018,48(2):50-56.
[15] Fu Chuhan, Song Wenli, Yi Conghua, et al. Creating efficient novel aqueous two-phase systems: Salting-out effect and high solubility of salt[J]. Fluid Phase Equilibria, 2019, 490: 77-85. ■

(上接第 208 页)

4 基于清洁文明生产的优化与改进

4.1 冷火炬系统洗涤系统的优化

气化炉开车过程中,蒸汽升温期间的放空和空气点火运行期间生成的含有 O_2 的煤气须通过冷火炬放空,每 8 台炉共用 1 套冷火炬。冷火炬放空气中含有焦油、煤尘、蒸汽等成分,开车过程中,放空气未经洗涤、分离,且温度较高,经过冷火炬排放后,迅速冷凝,形成液滴随风飘落,造成现场环境污染。因此进行设计优化,在冷火炬前增加开车煤气洗涤器、开车煤气分离器、冷火炬洗涤水泵及附属管线、阀门、仪表、电气等,用于开车期间的放空气洗涤^[2]。

4.2 煤榴槽的密封改进

煤榴槽用于煤仓与煤锁的过渡连接,原设计本体上的手孔、检修孔采用快开装置,密封性差,插板

阀、圆桶阀穿过设备本体的部分没有密封,煤锁泄压时,造成厂房煤粉泄漏,厂房内煤尘弥漫,既影响文明生产又造成安全隐患。对煤榴槽的改进方法:对手孔、检修密封孔改进为法兰式密封并加垫片,插板阀、圆桶阀增设填料函密封,解决现场煤粉泄漏的问题。

5 结语

克旗公司气化炉经过一系列的优化与改进,在煤种适应性、长周期运行方面问题得到解决,节能降耗、清洁文明生产方面不断提高,装置不仅实现满负荷运行,同时具备 120% 负荷的生产能力。

参考文献

- [1] 张一,孙顺.4.0 MPa 碎煤加压气化炉灰锁上阀和煤锁下阀的改进措施[J].煤化工,2016,44(2):47-49,68.
[2] 孔凡贵.碎煤加压气化炉使用褐煤长周期运行的探讨[J].现代化工,2018,38(1):157-161. ■