上升管余热回收技术在包钢 6 m 焦炉的应用*

陈树宏,迟法铭,刘子虎

(内蒙古包钢钢联股份有限公司煤焦化工分公司,内蒙古 包头 014010)

摘 要: 在焦炉炭化室内的配合煤转化为焦炭过程中产生大量 700 ~ 800 ℃的荒煤气,这部分气体蕴含大量的余热,结合焦炉生产产生余热实际情况,选用适合本单位的新型余热回收装置,并应用到生产实际中,实现节能减排,发展循环经济的目的。

关键词: 上升管换热器; 荒煤气; 节能; 余热利用

中图分类号: TQ520 **文献标识码**: B **文章编号**: 1009 - 5438(2021) 05 - 0009 - 04

DOI:10.13647/j.cnki.btgkj.2021.05.002

Application of Waste Heat Reovery Technique for Ascension Pipe of 6 m Coke Oven of Baotou Steel

Chen Shu - hong, Chi Fa - ming, Liu Zi - hu

(*Coke Chemical Engineering Branch Co. of Inner Mongolia Baotou Steel Union Co., Ltd., Baotou* 014010, *Inner Mongolia Autonomous Region, China*)

Abstract: There is a great deal of raw coke oven gas of 700 ~ 800 ℃ in the process of mixing coal transforming to coke in the coking chamber of coke oven and it is containing with a lot of waste heat. The goals of energy conservation and emission reduction as well as developing circular economy are realized by selecting and applying new waste heat recovery device suitable for the company as well as applying it in the production practice combining with the actual situations of waste heat generated in production of coke oven.

Key words: heat exchanger of ascension pipe; raw coke oven gas; energy conservation; waste heat utilization

包钢股份煤焦化工分公司现有 10 座焦炉,其中 6 m焦炉 6 座,7 m 焦炉 4 座。在焦炉生产过程中,炼焦煤在焦炉中被隔绝空气加热干馏转变为焦炭,同时产生大量 700 ~ 800 ℃的荒煤气,这部分热量属于中温余热,占焦炉支出热量的 36%[1]。目前焦化工艺仍然是喷洒大量 75 ~ 80 ℃的循环氨水来降低荒煤气温度,高温荒煤气带出的中温余热无法利用,造成能源的浪费。由于荒煤气余热回收价值较高,通过对新型的上升管余热回收装置考察与研究,对 9#—10#焦炉 2 座 50 孔 6 m 炭化室复热式焦炉上升管系统增加余热回收装置,彻底解决了上升管挂焦油、结石墨,系统安全可靠,经济效益显著,且优化生产操作,焦炉炉顶温度降低,改善了炉顶操作工的作业环境。使焦化行业达到节能减排、创建绿色焦化的目的,也是降低能耗,提高热效率的主要途径之一。

1 荒煤气余热利用技术简介

荒煤气余热利用技术是对占焦炉支出热量 36% 的中温余热进行利用的技术。煤焦过程中热量分布情况见表 1。上升管荒煤气余热在焦炉生产中

* **收稿日期**: 2021 - 05 - 12

作者简介: 陈树宏(1978 -),男,内蒙古商都县人,高级工程师,现从事炼焦管理工作。

热量支出排名第二，利用上升管换热器回收荒煤气中的余热加热夹层内的除盐水，从换热装置出来的汽水混合物通过汽包进行汽水分离，产生蒸气。焦炉生产过程中能源消耗占钢铁总能耗的7%～8%，焦化生产过程中每吨焦炭有50 kg标煤的余热可以进行回收利用。上升管余热回收技术已经成为一种非常可靠成熟的技术，应用到生产中取得了非常好的效果。

表1 炼焦过程中热量分布情况

名称	热量损失占比/%	特性	回收再利用技术
红焦带出的热量	37	高温余热	干熄焦技术
荒煤气带出的热量	36	中温余热	余热回收技术
烟道废气带出的热量	17	低温余热	煤调湿技术
炉体表面的热损失	10	低温余热	其它技术

2 工艺流程

2.1 工艺流程

9#—10#焦炉荒煤气余热资源回收技术主要设备有除盐水箱、除氧泵、除氧器、给水泵、汽包、强制循环泵、上升管换热器、上升管过热器、进出水管和蒸气管道、电器仪表设备以及其他辅助设备。通过除氧泵将3#干熄焦除盐水经除氧器、汽包给水泵送入汽包，汽包内的水由强制循环泵压入上升管换热器内，与700～800 ℃的荒煤气进行换热，产生大量汽液混合物再返回到汽包，汽包内产生的饱和蒸汽通过汽水分离器将饱和蒸汽再送入上升管过热器产生过热蒸气并入煤焦化工分公司现有蒸气管网用于生产生活使用。余热回收工艺流程见图1。

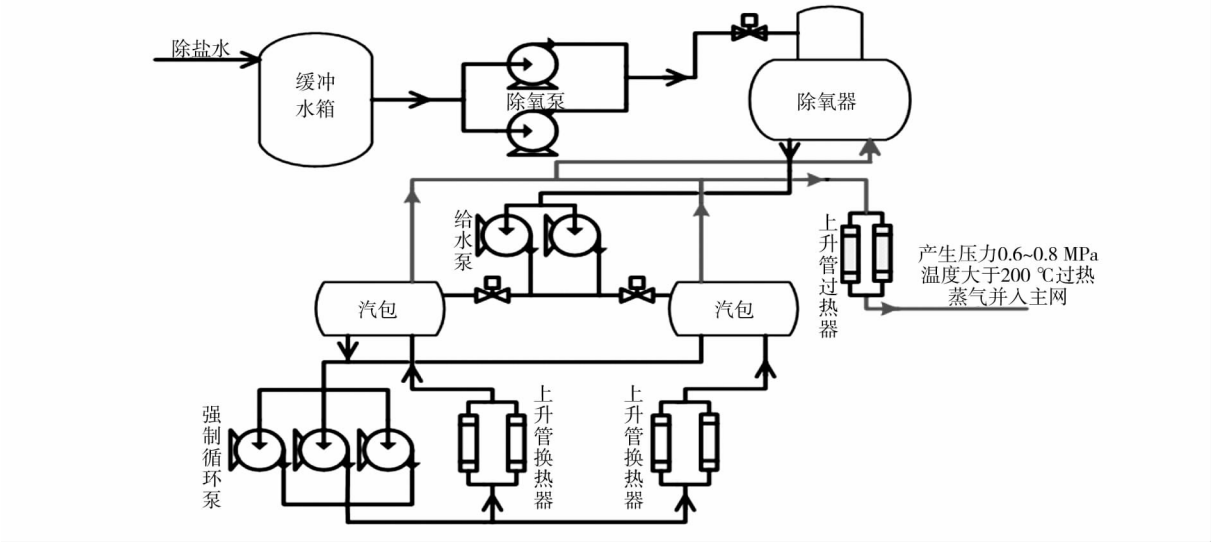


图1 余热回收工艺流程图

2.2 烟气系统

焦炉炭化室内的配合煤在高温干馏过程中，经过干燥脱吸、半焦收缩、焦炭形成3个阶段，在此过程中随着加热温度的升高析出大量的热解产物荒煤气。荒煤气通过炭化室进入上升管换热器进行余热回收，温度降至500 ℃左右后流经桥管时再用温度为75～80 ℃的热循环氨水喷洒冷却，使得荒煤气温度急剧降至80～90 ℃进入集气管，最后送入回收系统进行再处理[2]。

2.3 汽水系统

接自供干熄焦系统主管上的除盐水，通过除氧水泵将除盐水送入热力除氧器进行除氧，然后通过汽包给水泵将水送入汽包。水在汽包与上升管余热回收利用系统通过强制循环泵进行强制循环换热，之后进入汽包，在汽包内进行汽水分离，蒸气从汽包输出到上升管过热器再次与荒煤气进行换热，产出的过热蒸气并入到厂区主网管道。汽包分离出的水继续循环进入上升管换热器装置进行再次换热。汽水系统设置两台汽包，一备一用，三台强制循环泵，两用一备。汽包设置连续排污管和定期排污管。汽包排污率不大于2%，可定期清除内部残留污物及水垢。汽包设置事故紧急放水，当汽包水位高于紧

急水位时，打开电动事故放水阀，防止汽包满水。

3　主要设备

3.1　上升管余热回收装置结构

荒煤气余热回收核心设备为上升管换热器，其对外接口尺寸与原有上升管尺寸完全一致，采用一体化设计。共有三部分组成，分别是内壁、套管换热器、外壁，见图 2。上升管换热器内壁喷涂纳米自洁材料，经过 500 ℃的高温烧结后内表面形成均匀光滑而又坚固的釉面，均匀光滑、无死角、不会结石墨、焦煤及其他成分的附积。

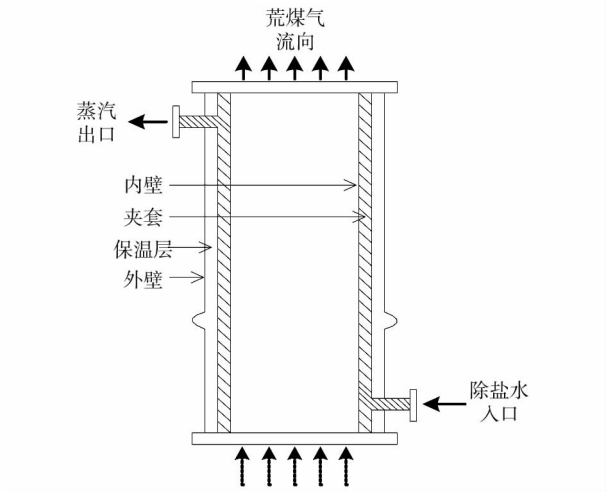


图 2　上升管换热器结构图

内筒是整个余热换热器系统的关键部件，运行过程中与除盐水和 700 ~ 800 ℃荒煤气直接接触，为无缝管结构形式，在 2 600 ℃高温下熔合成型为无缝复合整体，可以避免因焊缝应力不均造成漏水[3]。内壁耐高温、耐腐蚀、耐磨损，能适用于 500 ~ 1 500 ℃的复杂荒煤气环境，可避免高温氧化上升管换热器内壁造成上升管换热器变形漏水。另外，在上升管换热器中部设置特殊结构膨胀节，可以消除上升管换热器内、外筒周期性热应力的破坏，杜绝上升管余热回收装置漏水进而损坏炉墙的风险。

另外，该新型上升管换热器具有耐高温性能，上升管换热器可连续干烧时间为一个月以上，但考虑到上升管换热器干烧时间过长再进水，温差比较大，影响上升管换热器使用寿命，故干烧时间尽可能短。

外壁为整个换热器的保温层，由纳米保温层和不锈钢保护套组成，可以提高热交换效率，有效控制热量向外扩散，改善原有上升管表面温度过高向外热辐射的问题，降低炉顶温度。

3.2　上升管换热器系统

上升管换热器和过热器共计 100 根，分别布置在焦炉机侧上升管位置，荒煤气流向为下进上出，除氧水和饱和蒸汽为下进上出，二者进行顺流换热。顺流是为了控制壁温，保证内部不低于焦油露点。上升管换热器或过热器采用并联方式排列，每 5 根上升管换热器为 1 组。每台上升管换热器或过热器进出口处均设置手动控制阀门，可以根据事故状态需要随时切断上升管换热器供水。

为防止由于布水不均匀导致上升管换热器干烧情况的发生，系统管道采用梯级布置。考虑到焦炉运行情况，5 个上升管换热器设置一组供水支管，总管采用变径方法，有效保证每个上升管换热器的进水量相对均匀，并在每个支管与总管连接处安装阀门，保证特殊情况下可以停止单根或一组上升管换热器的运行，不影响整个系统的运行。

3.3　上升管换热器装置参数要求

由于荒煤气通过上升管换热器与系统中的除盐水进行热交换产生一定压力的饱和蒸汽或过热蒸气，每根上升管换热器都属于一个独立的受压结构，这就要求上升管换热器在换热过程中必须达到耐高温、耐高压的要求，以满足生产需求，见表 2。

表 2　上升管基本参数

类型	介质	工作压力/MPa	设计压力/MPa	工作温度/℃	设计温度/℃
换热器	饱和蒸汽	0.6 ~ 0.8	1.0	165 ~ 175	184
过热器	过热蒸气	0.6 ~ 0.8	1.0	220 ~ 260	280

3.4　电器仪表系统

自动测温系统是上升管余热回收的重要组成部分，实时监控上升管换热器的工作状态，通过对上升管换热器的表面温度的测量，来判断上升管换热器是否缺水，保障上升管换热器安全、平稳运行，延长上升管换热器的使用寿命。考虑到焦炉停电可能会

造成换热装置断水干烧,采用两路电源自动切换供电。

荒煤气余热回收装置采用PLC自动控制,系统中通过设定蒸气压力和汽包液位参数,由PLC控制蒸气调节阀稳定饱和蒸汽压或过热蒸气压力在0.6~0.8 MPa,同时控制进水调节阀,实现锅炉自动给水,稳定汽包液位在260 mm,实现全自动控制。

4 安装调试

9#—10#焦炉上升管换热器从初步设计到更换结束,共计更换了100个换热器,全过程焦炉不停产。在更换上升管换热器或过热器过程中严格按照标准作业进行操作,提前制定好更换方案以及各项安全措施。

在调试过程中通过对进水量的控制,一定程度上控制了上升管换热器的进出口温度差,从另一途径减轻了内壁凝结焦油和石墨,运行后无裂纹、无漏水现象,换热器内壁基本无焦油和石墨的生产。同时实现高品质过热蒸气并入主网供全厂生产使用的目标。能够连续平稳产汽、供汽。

5 应用效果

9#—10#焦炉上升管余热回收项目调试运行投产后各项技术指标均达到设计要求,产生的效益也非常明显。

按照设计要求每吨焦炭产生0.6~0.8 MPa、220 ℃的过热蒸气90 kg核算,两座焦炉计划年产焦炭92万t,可产生的蒸气8.3万t/年,年利润在400万元左右。

改造后,焦炉炉顶上升管出口荒煤气温度降低,保持在450 ℃~500 ℃左右;上升管外表面温度由200 ℃~280 ℃降低到50 ℃~90 ℃,在一定程度上改善焦炉炉顶操作环境。

改造完成后可降低后续工艺能耗,理论估算可节约循环氨水量10%~20%,相应降低循环氨水泵电耗。

减碳收益:一组两座焦炉年回收蒸气折算标煤0.98万t,可减排CO_2 2.2万t。

6 存在的问题及解决方案

上升管换热器进水量大小主要由强制循环泵控制,前期由于进水量控制不好导致上升管换热器打开盖后冒黄烟。由于进水量大,换热量较大,导致荒煤气温度和上升管换热器内壁温度均偏低,造成了焦油等物质冷凝、粘接在筒体内壁上,出炉前需将上升管换热器盖打开,进入上升管换热器筒子的空气与焦油不完全燃烧产生大量的黄烟。为了尽快解决上升管换热器冒黄烟的问题,通过调整强制循环泵进水量,既要保证蒸汽发生量,又要避免换热器由于换热量降低产生过热现象。根据现场生产实际以及对换热器筒子外壁温度的测量,将进水量减少10%左右,调整进水量后上升管换热器内壁挂接凝结焦油量明显减少,而且蒸汽发生量平稳控制在8~10 t/h,集气管温度稳定在80~100 ℃,达到预期的目标。

7 结束语

上升管余热回收技术的利用能够有效的回收焦炉荒煤气的显热,也彻底解决了上升管挂焦油、结石墨,同时产生可用的蒸气产品,有效的提高了焦化行业能源利用率,创造了显著的效益,又能降低焦炉炉顶温度,改善炉顶操作工的作业环境,达到了节能减排的效果。

参 考 文 献

[1] 张响,薛士科. 炼焦生产实用技术[M]. 北京:化学工业出版社,2008.

[2] 潘立慧,魏松波. 炼焦技术问答[M]. 北京:冶金工业出版社,2006.

[3] 刘武镛,孙红艳. 炼焦热工管理[M]. 北京:冶金工业出版社,2011.