

35 t/h 燃气锅炉改造及经济效益分析

陈素君¹, 王磊², 贾希存¹

(1、首钢京唐钢铁联合有限责任公司,河北唐山 063200;2、唐山陶瓷集团设计研究有限公司,河北唐山 063020)

【摘要】介绍了首钢京唐因投产顺序的变化,对35 t/h燃气锅炉进行的两次改造。详细分析了两次改造的原因,确定的改造方案及改造完成后取得的显著经济效益和社会环境效益。

【关键词】燃气锅炉;技术改造;效益

【中图分类号】TK229

【文献标识码】B

【文章编号】1006-6764(2010)04-0044-03

Reformation of 35 t/h Gas-fired Boiler and Its Economical Benefit Analysis

CHEN Sujun¹, WANG Lei², JIA Xicun¹

(1. Shougang Jingtang United Iron & Steel Co., Ltd., Tangshan, Hebei 063200, China; 2. Tangshan Ceramics Group Designing Research Institute Co., Ltd., Tangshan, Hebei 063020, China)

[Abstract]According to change of commissioning order of Shougang Jingtang United Iron & Steel Co., Ltd, the 35 t/h gas-fired boiler was twice reformed. The causes of reformation, reformation scheme, as well as remarkable economic benefits and social environment benefits after the reformation were analyzed in detail.

[Key words]gas-fired boiler; technical reconstruction; benefit

1 引言

首钢京唐钢铁联合有限责任公司在投产初期,仅以启动锅炉为公司各工艺提供启动汽源,启动锅炉出口蒸汽压力3.82 MPa,温度450℃。启动锅炉设计初期燃用天然气,在公司全面投产后燃用焦炉煤气和高炉煤气,但随着市场行情的变化及各工序投产顺序的改变,焦炉的提前投产造成焦炉煤气大量放散,为节约能源,启动锅炉由烧天然气改烧为焦炉煤气。但因焦化厂脱硫工序无法提前投入,焦炉煤气中H₂S的含量严重超标(如表1所示),高达4000~5000 mg/m³,故启动锅炉燃用焦炉煤气后,出现了如下一系列问题:(1)引风机振动超标、调节挡板经常出现卡涩现象;(2)锅炉排烟中CO、SO₂含量分别为56 mg/m³、500 mg/m³;(3)锅炉出力逐渐下降,由35 t/h降至17~18 t/h。

气锅炉进行技术改造,提高热效率,合理充分的利用能源,对节约能源、降低成本、改善环境都具有十分重要的意义。

2 一次改造的提出

焦炉的提前投产造成焦炉煤气大量放散,为节约能源,启动锅炉由烧天然气改烧为焦炉煤气。但因焦化厂脱硫工序无法提前投入,焦炉煤气中H₂S的含量严重超标(如表1所示),高达4000~5000 mg/m³,故启动锅炉燃用焦炉煤气后,出现了如下一系列问题:(1)引风机振动超标、调节挡板经常出现卡涩现象;(2)锅炉排烟中CO、SO₂含量分别为56 mg/m³、500 mg/m³;(3)锅炉出力逐渐下降,由35 t/h降至17~18 t/h。

表1 焦炉煤气成分含量 mg/m³

项目成分		CO	CO ₂	H ₂	N ₂	CH ₄	O ₂	C ₂ H ₆	H ₂ S
含量值	未脱硫	7.18	2.37	54.13	6.92	25.16	0.96	3.28	4856
	已脱硫	5.5~7.0	1.9~2.4	56.0~59.0	2~12	23.0~26.0	0.3~0.7	1.0~3.0	<200

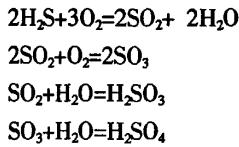
针对上述情况,锅炉燃料切换为天然气并立即对两台锅炉轮流检修,结果发现:

(1) 尾部烟道存在大量凝结水,pH值为2.2左右;

(2) 调节挡板及引风机叶轮上附着大量浅绿色晶体,硫酸亚铁物性参数如下:密度为1.898 g/cm³;熔点为64℃;沸点为90℃;结晶温度≤90℃。

(3)尾部烟道和空气预热器多处腐蚀破损。

对调节挡板上附着的浅绿色晶体进行化验，其主要成分为硫酸亚铁，物性参数如下：密度为 1.898 g/cm^3 ；熔点为 64°C ；沸点为 90°C ；结晶温度 $\leq 90^\circ\text{C}$ 。因此，可以确定锅炉尾部烟道发生了低温腐蚀，焦炉煤气中高含量的 H_2S 气体发生了以下反应：



正是由于上述反应，结晶的硫酸亚铁附着于引风机叶轮上及调节挡板上，从而破坏了叶轮的动平衡，引起振动。空气预热器腐蚀，造成送风短路，大量新鲜空气从空气预热器直接漏入烟道，造成供风不足，燃烧不充分，所以排烟中 CO 、 SO_2 含量增高。另外，漏风还降低了排烟温度，加剧了腐蚀速度。为此特对燃气锅炉进行了第一次改造。

3 一次改造方案的确定

3.1 空气预热器低温腐蚀原因

3.1.1 酸露点

酸露点是决定发生低温腐蚀的一个重要因素，而烟气中酸露点与燃料的种类及含硫量、燃烧方式等各种因素有关。据有关资料^[1]，计算烟气露点温度的经验公式为：

$$t_l = t_{sa} + \beta(S_{zs}^V)1/3 / 1.05 \alpha_a A_{zs}^V \quad (1)$$

式中： t_l —烟气的酸露点， $^\circ\text{C}$ ；

t_{sa} —按烟气中的水蒸气分压力计算的水露点， $^\circ\text{C}$ ；

S_{zs}^V 、 A_{zs}^V —应用基燃料折算硫分和折算灰分；

α_a —飞灰系数；

β —与过量空气系数有关的系数。

由此露点经验公式计算可知，在现有焦炉煤气成分的情况下，锅炉烟气露点达 124°C 左右。

3.1.2 空气预热器壁温过低

对于冶金企业的燃气锅炉，一般容量较小且大都单纯供汽，尾部空气预热器也多采用管式空预器。根据其传热机理，在空气预热器正常运行（稳定工况）时，该过程传递的热量可由下式表达：

$$Q = (T_g - T_w) / R_g = (T_w - T_s) / R_s \quad (2)$$

由(2)式解得：

$$T_w = (T_g R_g + T_s R_s) / (R_g + R_s) \quad (3)$$

式中 T_g 、 T_s 、 T_w —分别为管壁、烟气、空气的平均温度， $^\circ\text{C}$ ； R_g 、 R_s —分别为烟气、空气对管壁的对流换热热阻， W/K 。

当 $R_g = R_s$ 时，可得：

$$T_w = 1/2(T_g + T_s) \quad (4)$$

在空预器投运后，烟侧壁面灰垢将不断增厚，灰垢层的传热性能极差，将使烟侧换热阻力急剧增大，使 $R_g \gg R_s$ 。此时，空预器的壁温将接近于空气温度，即： $T_w \approx T_s$ 。

计算可得，空气预热器壁温在十分清洁情况下为 79.7°C ，结垢情况下空预器的壁温将会更低。此时，烟气中的硫酸蒸汽结露附于壁面上，导致受热面腐蚀。烟气中的灰尘也沾于壁上结成灰垢，影响受热面的传热效果。

3.2 一次改造方案

目前，防止低温腐蚀^[2-3]一般有以下几种方法：(1)提高尾部受热面壁温。(2)低氧燃烧。(3)使用防腐涂料层。(4)采用热风再循环方法。

本文针对具体情况采用提高尾部烟气温度的方法防止尾部烟道腐蚀的问题，提出三种方案：

(1)从锅炉转向室内左右两侧各引一根管道（管道直段加装调节控制阀），接至低温省煤器上部空间。利用两处负压差将部分高温烟气短路，减少换热量以提高尾部烟道末端烟温。但此时空气预热器已经腐蚀泄露，大量冷空气将在低温空气预热器中与烟气混合，从而降低烟气温度，而且低温烟气将携带酸蒸汽到引风机，造成引风机叶轮腐蚀，造成振动，不可行。

(2)将低温空气预热器进口及高温空气预热器出口封闭，由送风机管道引两根管路直至炉膛，即将高温空气预热器和低温空气预热器全部短路。计算得出出口烟气温度为 140°C ，高于酸露点，不可行。

(3)将高温空气预热器出入口全部封闭，由低温空气预热器出口引两根管路直至炉膛，即将高温空气预热器全部短路。冷风直接进入炉膛，提高烟气温度防止烟气中的酸性蒸汽凝结，从而防止腐蚀进一步加剧。具体做法如图1所示。

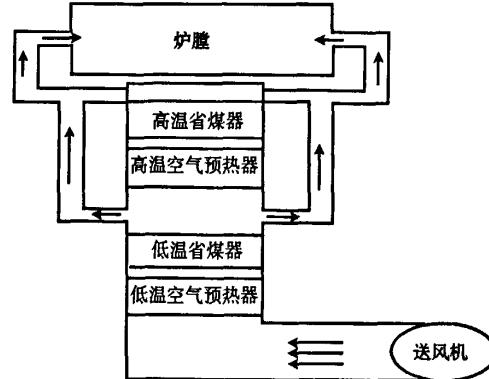


图1 一次改造具体实施方案示意图

4 一次改造的效果

经过上述改造,引风机振动消除,烟气中 SO₂含量回到正常状态,锅炉出力恢复正常,保证了全公司蒸汽需求。另外,启动锅炉完全燃用焦炉煤气,节省了大量的天然气,仅此一项每月就可节约资金 192.5 万元。

5 二次改造的提出

随着钢厂高炉的投产,大量高炉煤气被点“天灯”释放,既浪费能源,又污染环境。为进一步回收利用高炉煤气,做好煤气的合理分配和调度减少煤气放散,随着炼钢、热轧冷轧等焦炉煤气高端用户的投产,为平衡焦炉煤气的用量,根据高炉煤气的燃烧特性对燃气锅炉^④进行了第二次改造。

6 二次改造方案的确定

6.1 高炉煤气的燃烧特性

(1) 发热值低

高炉煤气是一种低品位的可燃废气,它是高炉中焦炭部分燃烧和铁矿石部分还原所产生的煤气,可燃成分主要以 CO 为主,其余大多为惰性气体,其成分见表 2 所示。高炉煤气的发热值约为 3100~3600 kJ/m³,理论燃烧温度为 1200~1400 ℃左右。

表 2 高炉煤气成分含量 %

成分	H ₂	O ₂	N ₂	CO	CO ₂	CH ₄
含量值	3.76	0.58	53.23	21.96	23.53	0.016

(2) 着火温度和浓度界限

高炉煤气的着火温度随其成分变化而有所不同。在大气压力下,高炉煤气的着火温度约为 530~650 ℃;而高炉煤气的着火浓度界限随着温度和压力的降低,其范围变窄;同时,散热程度越大,着火浓度范围也会缩小。高炉煤气在室温、大气压下的着火浓度界限为容积百分含量 35%~70%,由于其火焰温

度较低,而且其中含有大量的惰性气体,使火焰传播速度减慢,因此高炉煤气的着火和稳定燃烧都比较困难。

6.2 二次改造方案

根据高炉煤气的燃烧特性,更换已经腐蚀的低温空气预热器和低温省煤器。提高高炉煤气与空气的预热温度。预热后的煤气和空气,燃烧速度加快,火焰温度提高,火焰的稳定性增强,从而达到既强化燃烧又节约燃料的目的。

7 二次改造的效果

(1) 最大限度地利用了现有资源。高炉煤气是钢铁企业的重要二次能源。燃气锅炉全燃高炉煤气的改造,可减少煤气放散,提高煤气综合利用率,对节能减排和提高企业经济效益有重要意义。

(2) 极大降低了蒸汽成本。烧焦气时启动锅炉的单位蒸汽成本是 107.39 元,改造后,烧高炉煤气启动锅炉的单位蒸汽成本为 98.32 元。启动锅炉按额定负荷运行,年工作时间按 7680 h 计算,年节约成本为 $(107.39 - 98.32) \times 35t/h \times 7680 = 243.8016$ 万元。

(3) 改造费用共 37.5336 万元,投资回收期为 $(37.5336 / 243.8016) \times 12 = 1.8$ 个月。投资省,效益好。

[参考文献]

- [1] 车得福,庄正宁,李军等.锅炉原理[M].北京:水利电力出版社.
- [2] 沙永斌.燃油锅炉省煤器低温腐蚀的原因及对策[M].工业锅炉,2003,(5).
- [3] 薛福连.燃气锅炉低温腐蚀的成因及处理[J].化工腐蚀与防护,1997,(4).
- [4] 张建芬.20t/h 工业锅炉全烧高炉煤气改造及经济效益分析[J].冶金动力,2000,(2).

收稿日期:2010-01-25

作者简介:陈素君(1981-),女,工程师,硕士,毕业于重庆大学热能与动力工程专业,现从事于首钢京唐钢铁联合有限责任公司热能动力工程、工业余热利用技术及高效传热传质设备的技术管理。

(上接第 43 页) 年平均直接经济效益达 1590 万元。

6 结语

马钢是国内首家采用补汽凝汽式汽轮发电机组回收利用转炉汽化饱和蒸汽并一次性成功发电并网的冶金企业,取得了显著的经济和社会效益,对推进

节能减排工作具有重大现实意义,同时也为推动饱和蒸汽发电技术在国内冶金企业的应用起到了很好的示范作用,具有广阔的应用前景。

收稿日期:2010-05-07

作者简介:陈道海(1972-),男,1993 年毕业于重庆大学,工程师,现从事热能动力设备专业技术管理工作。