

关于燃烧煤粉锅炉改烧高炉煤气问题的探讨

沈丽萍

(北京首钢设计院暖热室)

摘要 燃烧高炉煤气时的理论燃烧温度是燃烧煤粉时的 0.65 倍, 因此把燃烧煤粉的锅炉改造成燃烧高炉煤气, 稳定燃烧和完成蒸发是要解决的两大难题。本文结合首钢总公司在这方面的改造实践, 提出了一些解决措施, 供今后类似的研究和同行们参考。

关键词 燃煤锅炉 高炉煤气 改造

DISCUSSION OF THE BOILER WITH COAL FIRED TRANSFORMED INTO FIRING BLAST FURNACE GAS

Shen Liping

(Beijing Shougang Design Institute, Power Department)

Abstract The theoretic combustion temperature generated by the fired blast furnace gas is 0.65 times of that of the coal combustion. So the boiler with coal fired transformed into firing blast furnace gas, the stable combustion and evaporation completion are two major difficult problems to be solved. This article pointed out some measures combining the reformed practice in this aspect in Capital Steel Corporation and make it for reference for further study.

Keywords the boiler with coal fired blast furnace gas transform

1 前言

钢铁企业购入的一次能源有 30%至 40%转变为工艺副产煤气。约 60%的副产煤气可以供给钢铁企业自用, 剩余的 40%应用于动力系统。以一个年产 1000 万吨钢的钢铁联合企业为例, 一年用于动力系统的高炉煤气, 其热值就相当于 70 万吨标准煤。高炉煤气的主要成份是 CO、CO₂ 和 N₂, 其中 CO 的含量有 20%左右。如果高炉煤气不能得到很好地利用, 直接燃烧或者排入大气, 都将造成能源的严重浪费和环境的严重污染。

首钢集团公司, 为了节约能源, 减少排放, 保护环境, 从 70 年代起就着手对动力系统的锅炉进行改造, 逐步把燃烧煤粉的锅炉改造为燃烧高炉煤气。本文结合首钢集团公司动力厂一锅炉房 3 号锅炉的改造, 通过分析燃烧煤粉锅炉和燃烧高炉煤气锅炉的自身特点, 提出了燃烧煤粉锅炉改造为燃烧高炉煤气锅炉时应注意的问题, 对今后类似的研究提供一定的参考。

2 燃烧煤粉锅炉和燃烧高炉煤气锅炉特点分析

首钢集团公司动力厂一锅炉房 3 号锅炉原设计煤种为混煤, 其煤质数据见表 1。高炉煤气的干基数据见表 2, 高炉煤气温度为 40℃时, 含水量为 57.76g/Nm³, 高炉煤气的湿基成份见表 3。

表1 煤质成份数据表

名称	碳	氢	氧	氮	硫	灰份	水份	低热值	挥发份
符号	C	H	O	N	S	A	W	Q_{L}	V
单位	%	%	%	%	%	%	%	kcal/kg	%
数值	36.26	2.56	9.81	0.78	0.72	43.37	6.5	3293	35

表2 高炉煤气干基数据表

名称	一氧化碳	氢	氮	二氧化碳	低热值	含尘量
符号	CO	H ₂	N ₂	CO ₂	Q_{L}	
单位	%	%	%	%	Kcal/Nm ³	mg/Nm ³
数据	24.66	1.3	56.8	17.24	778	10

表3 高炉煤气湿基数据表

名称	一氧化碳	氢	氮	二氧化碳	低热值	水份
符号	CO	H ₂	N ₂	CO ₂	Q_{L}	H ₂ O
单位	%	%	%	%	Kcal/Nm ³	%
数据	23	1.21	53	16.08	725.6	6.7

燃烧煤粉和燃烧高炉煤气时燃烧产物计算结果见表4。

表4 燃烧煤粉和燃烧高炉煤气热力计算结果对照表

名称		燃烧煤粉		燃烧高炉煤气		改变量的
		单位	数值	单位	数值	百分数
理论空气量	V^0	Nm^3/kg	3.599	Nm^3/Nm^3	0.578	
燃烧产物含氮量	$V_{\text{N}_2}^0$	Nm^3/kg	2.849	Nm^3/Nm^3	1.032	
燃烧产物三原子 气体含量	V_{H_2}	Nm^3/kg	0.682	Nm^3/Nm^3	0.418	
燃烧产物的水蒸 汽含量	$V_{\text{H}_2\text{O}}$	Nm^3/kg	0.426	Nm^3/Nm^3	0.095	
单位烟气体量	V_{y}	Nm^3/kg	4.317	Nm^3/Nm^3	1.603	
烟气总量	V_{g}	Nm^3/h	34752	Nm^3/h	56105	61 %
理论燃烧温度	T_{l}	$^{\circ}\text{C}$	1980	$^{\circ}\text{C}$	1290	- 34.8 %

观察表4, 我们可以看到, 燃烧煤粉和燃烧高炉煤气最大的不同有两点。第一, 烟气体量大上升, 燃烧高炉煤气是燃烧煤粉时的1.6倍, 上升了61%; 第二, 理论燃烧温度急剧下降, 燃烧高炉煤气是燃烧煤粉时的0.65倍, 下降了34.8%; 这两点是燃烧高炉煤气锅炉和燃烧煤粉锅炉的本质区别。

烟气体量的大大上升, 使燃烧高炉煤气的锅炉换热量的分配向锅炉烟道后移, 使过热器的超温和省煤器的沸腾成为应该注意的问题。理论燃烧温度的急剧下降, 不但使炉膛辐射换热量减弱, 给锅炉蒸发带来了困难, 更严重的是造成了高炉煤气在炉内燃烧的高度不稳定性, 这种不稳定性如果得不到很好地解决, 很容易造成锅炉熄火, 给设备带来不可估量的损失。

通过以上分析, 我们可以得出结论: 把燃烧煤粉锅炉改造为燃烧高炉煤气首先应该解决的是燃烧的稳定性, 这是最主要的也是最困难的; 其次是增加辐射换热, 保证蒸发; 第三是严防省煤器的沸腾和过热器的超温。首钢集团公司动力厂一锅炉房3号锅炉的改造实践也说明了这些结论。

3 动力厂一锅炉房3号锅炉改造简介及分析

动力厂一锅炉房 3 号锅炉的改造正是紧紧围绕着稳定燃烧, 保证蒸发, 解决省煤器沸腾和过热器超温问题进行的。

在稳定燃烧方面, 采用了首钢多年来一直使用的高效旋流式高炉煤气燃烧器, 并改四角切圆燃烧为前后墙对冲燃烧, 其炉膛速度场示意图见图 1 和图 2。

为了保证蒸发, 采取了两条措施。第一, 增加锅炉炉膛受热面积。第二, 提高省煤器的沸腾度。但这两条措施同时也带来了一些负面因素, 增加炉膛受热面积, 虽然可以提高炉膛

辐射换热量, 对完成蒸发任务有益, 却降低了炉膛容积热强度, 对稳定燃烧有害; 增加省煤器受热面积, 提高省煤器的沸腾度, 无疑可以减轻炉膛的吸热负担, 但省煤器的受热面积过大, 沸腾度过高, 容易造成省煤器内汽水分流, 影响省煤器的安全性。这两条措施虽然会带来一些不利因素, 但实践证明对中小型锅炉而言, 还是比较有效的。

为了防止过热器超温, 不但减少了过热器的受热面积, 而且配备了灵敏的过热器减温器。

动力厂一锅炉房 3 号锅炉建于 1973 年, 至今已经运行了二十多年, 其结构型式为单汽包自然循环四角喷燃煤粉锅炉, 通风方式为平衡通风。改造后的锅炉仍为单汽包自然循环, 锅炉整体为“Π”型布置, 钢架固定结构。在水平烟道内布置了两级垂直式对流过热器。表面式减温器设置在两级过热器的中间, 在尾部竖井烟道内放置了两级交错布置的螺旋肋片钢管省煤器和管式空气预热器。

改造后的锅炉炉膛由 D60X3 的碳钢管围成 4860mmX4860mm 的矩形截面炉膛。斜炉顶由前水冷壁组成, 斜炉底则由后水冷壁组成, 左右侧水冷壁各分成两个部分, 前部进入侧上集箱, 后部进入侧上后集箱。为了安全运行和方便检修, 在炉膛两侧的水冷壁上还设置了防爆门 人孔门 看火门和测量孔等。

改造后的燃烧系统有四组高炉煤气燃烧器, 对冲布置在前后墙的 4000mm 标高处。燃烧器中间可通焦炉煤气, 以供锅炉点火 灭火保护及必要时使用, 燃烧器进入炉膛后, 用法兰和护板相连接, 起固定和密封作用。

改造后的过热器系统仍为两级对流过热器, 中间设置表面式减温器。和原有过热器相比, 受热面积发生了变化。为了不使低温过热器的受热面积有较大的改变, 把减温器由原有的 U 型管束冷却改造为两侧进水螺旋管束冷却, 使减温焓增加大, 汽温调节范围扩大。

由于在锅炉改烧高炉煤气以后, 烟气的辐射热降低, 对流热增加, 为了能在原有位置上布置更多的省煤器受热面积, 减轻水冷壁的吸热负担, 改造后的省煤器为螺旋肋片管, 上下两级为错列布置, 省煤器的进出口及中间集箱均布置在锅炉的右侧。

改造前后的锅炉有关数据对比见表 5。从表 5 中, 我们不难得出以下几条结论:

(1) 燃烧高炉煤气和燃烧煤粉相比, 炉膛换热面积要大大增加, 表中所列数据增加了 32.2%。这无疑对辐射换热带来了很大的好处。但是炉膛换热面积增加必然使炉膛容积增大, 使炉膛容积热负荷降低, 更加降低了燃烧的稳定性。本来高炉煤气的理论燃烧温度就很低, 燃烧的稳定性的很差, 炉膛容积热负荷的降低使这个矛盾更加突出, 因此炉膛也不能无限制地增

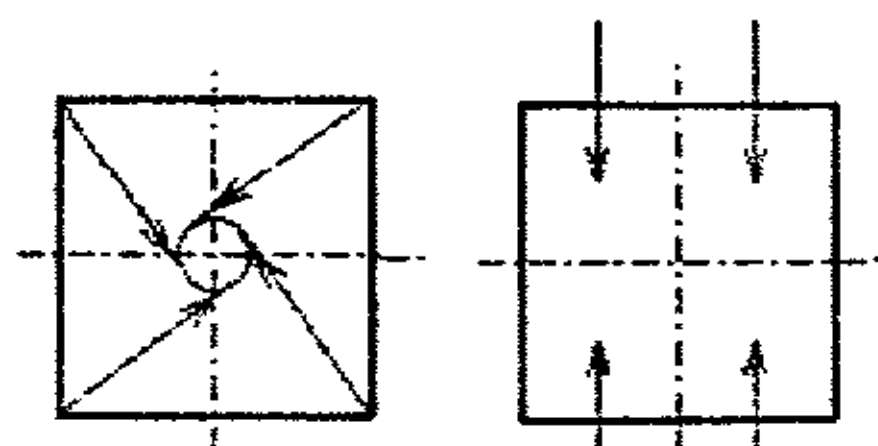


图 1 改造前炉内速度场示意图

图 2 改造后炉内速度场示意图

加,对于大容量锅炉而言,这个矛盾就更加严重。

表5 改造前后的锅炉有关数据对比表

名称	单位	数 据		改变量的百分数
		改造前	改造后	
正常蒸发量	T/h	35	35	0 %
最大蒸发量	T/h	40	35	- 12.5 %
额定蒸汽压力	MPa	3.82	3.82	0 %
额定蒸汽温度	℃	450	450	0 %
额定给水温度	℃	102	102	
炉膛受热面积	m ²	241.1	318.65	32.2 %
高过受热面积	m ²	121	123.38	基本不变
低过受热面积	m ²	246	183.39	- 25.5 %
上省受热面积	m ²	130	347.42	167.2 %
下省受热面积	m ²	210	575.82	174.2 %
上空受热面积	m ²	1000	1001	
下空受热面积	m ²	1000	1001	
运转层标高	m	7.0	7.0	

(2) 由于燃烧高炉煤气的锅炉换热量向烟道后移,过热器的换热面积必然要减少,表中所列数据,低过的换热面积减少了 25.5%。尽管如此,高温过热器的超温依然存在着很大危险,必须用高性能的减温器进行保护。

(3) 省煤器的受热面积大大增加。这主要是为了补充炉膛换热量的不足,以完成蒸发任务。但是,省煤器的受热面积也不能过大,否则必然造成沸腾度过高,引起省煤器内汽水分流,影响省煤器的安全性。

因此,对于大容量锅炉而言,解决稳定燃烧和完成蒸发这对矛盾,仍然是一个需要研究的课题。

4 存在的问题和解决的办法

我公司在燃煤锅炉改烧高炉煤气方面,虽然积累了大量的经验,并和杭州锅炉厂合作,研制了 220 t / h 高压锅炉,走在国内前列,但这种改造毕竟停留在低参数、小容量的水平上。要向高参数、大容量发展,还有很长的路要走,在这方面,我们既要充分利用已积累的经验,又要在科学理论的指导下,采取一些新的措施。

锅炉全烧高炉煤气,要解决的稳定燃烧和完成蒸发,这两个问题是既有联系又有矛盾,所以采取的措施必须双向兼顾。

为了稳定燃烧,必须提高理论燃烧温度,或者提高炉膛容积热负荷,而提高炉膛容积热负荷势必减少炉膛尺寸,降低辐射换热量,影响蒸发任务的完成。为了补充炉膛换热量的不足,增加省煤器的受热面积是一个措施,但省煤器的受热面积又受沸腾度的影响,不能增加过大,否则,影响省煤器的安全性。

为了提高高炉煤气的理论燃烧温度,可以利用外来热源加热高炉煤气,把高炉煤气的温度由 40℃ 加热到 150℃,这样,理论燃烧温度可以得到一定程度的提高。

为了增加炉膛容积热负荷,而不减少炉膛尺寸,可以采用高强度燃烧室(此种燃烧室在电力系统燃烧劣质煤中已有成功应用)。高炉煤气在高强度燃烧室中燃烧,在炉膛中辐射放热,把燃烧和辐射放热分离开来,以减轻它们之间的相互干扰。

为了解决炉膛吸热量的不足和减轻省煤器的吸热负担,可以采用双室炉膛,用双面曝光水冷壁增加辐射换热,并增加凝渣管的数量,以补充辐射换热的不足。带有外来热源预热和高强度燃烧室的双室炉膛示意图见图3。

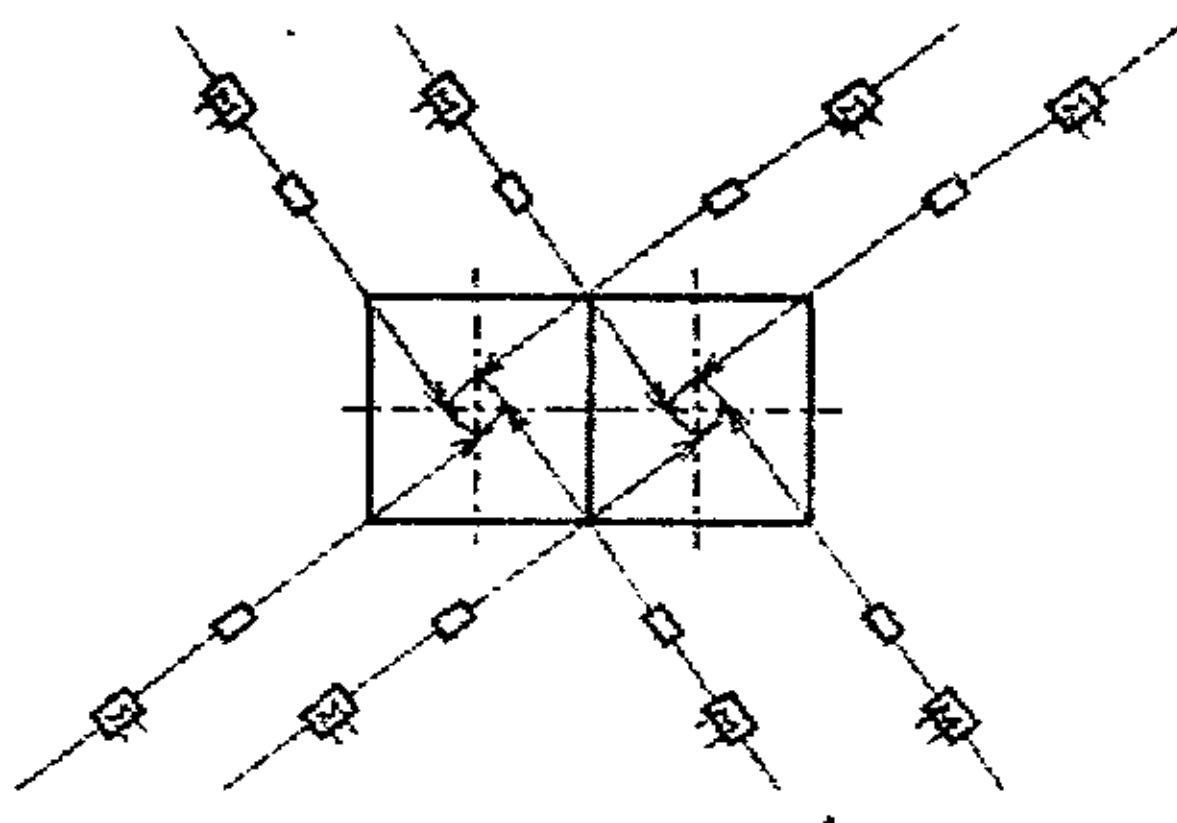


图3 带预热和高强度燃烧室的双室炉膛示意图

5 小结

燃烧高炉煤气的锅炉,关键是稳定燃烧和保证蒸发,这是一对既对立又统一的矛盾。首钢集团公司在中、小型锅炉上,通过采用高效旋流燃烧器和增加省煤器的受热面积,已经比较成功地解决了这一对矛盾,但是在大容量锅炉上,仅靠这两条措施是不够的,建议还应采取以下几条措施。

- (1) 利用外来热源加热高炉煤气,提高理论燃烧温度。
- (2) 采用高强度燃烧室,使稳定燃烧和辐射换热在不同区域完成,彻底解决它们之间的互相干扰。
- (3) 采用双室炉膛,利用双面曝光水冷壁,增加辐射换热面积,减少省煤器的吸热负担,保证省煤器的安全性。
- (4) 可以利用燃烧高炉煤气时对流换热强,辐射换热差的特性,增加费斯顿管以补充炉膛换热量的不足。

6 结束语

根据自己所掌握的理论知识,结合首钢改烧高炉煤气的实践,本文提出了一些燃煤锅炉改烧高炉煤气时应注意的问题。由于自己水平不足,这方面的资料又少,本文的观点难免有许多不当之处,希望专家和同行们批评指正。

参考文献

- 1 锅炉原理与设计. 西安交通大学, 1974
- 2 锅炉燃烧设备. 西安交通大学, 1963
- 3 火力发电厂传热原理与实践. 水力电力出版社, 1977
- 4 锅炉机组热力计算标准方法. 机械工业出版社, 1976
- 5 李猷嘉. 煤气燃烧器. 中国工业出版社, 1966

(编辑: 黄军涛 李东辉)