

# 浅析吹风气余热回收锅炉的运行

陈天水, 隋广科, 渐玉芬

(兖矿鲁南化肥厂 热电厂, 山东 滕州 277527)

**摘要:** 介绍我厂 Q75/900-25-3.82/450 吹风气余热回收锅炉的基本结构, 分析运行中的问题, 对负荷调整取得了效益。

**关键词:** 吹风气; 余热回收; 震动

中图分类号: TK229.92 文献标识码: B

## 1 引言

吹风气余热回收锅炉是充分利用我厂 1 号~6 号固定层间歇式煤气发生炉(即造气炉), 在吹风阶段排出的废气(即吹风气)送入燃烧炉与空气混合燃烧, 产生的高温烟气进入余热锅炉与对流管束换热, 产生 3.82 MPa 及 450 °C 的蒸汽供汽轮机发电和后序化工生产使用。

## 2 锅炉基本结构

吹风气余热回收锅炉是由燃烧炉和余热锅炉两部分组成, 另外配有第一空气预热器、第二空气预热器、鼓风机、引风机和烟囱。

### 2.1 燃烧炉

燃烧炉型号为 S50-005, 规格为  $\Phi 6400/\Phi 5500$ 。燃烧炉采用蓄热式结构, 整体是由耐火砖按西门子方式围成的 19 m 高的圆柱形组成。为保证系统安全运行, 燃烧炉顶部和下部共有 3 个自重式防爆孔, 底部设有安全水封, 用于泄压和除灰。燃烧炉是倒置式燃烧, 由造气炉回收来的吹风气经吹风气总管入喷燃器与来自本锅炉第二空气预热器的空气混合, 进入燃烧炉上部燃烧, 燃烧后 900~950 °C 的高温烟气由上至下进入第二空气预热器管间, 与管内空气换热, 烟气温度降至 850~880 °C 入余热锅炉。

### 2.2 余热锅炉

余热锅炉型号为 Q75/900-25-3.82/450, 规格为 25 370 mm $\times$ 3 400 mm $\times$ 1 055 mm, 包括过热器、对

流管束和省煤器 3 个部分, 为中温中压锅炉。该炉设计生产能力为 25 t/h, 烟气流量为 75 000 m<sup>3</sup>(标态)。

### 2.3 辅助设备(见表 1)

表 1 吹风气余热回收锅炉辅助设备

	规格型号	数量	备注
第一空气预热器	烟气流量/m <sup>3</sup> ·h <sup>-1</sup> 73 000~84 000 (标态)	1	热管式结构
	空气流量/m <sup>3</sup> ·h <sup>-1</sup> 25 000~31 000 (标态)		
第二空气预热器	烟气流量/m <sup>3</sup> ·h <sup>-1</sup> 73 000~84 000 (标态)	1	列管式结构
	空气流量/m <sup>3</sup> ·h <sup>-1</sup> 20 000~25 000 (标态)		
引风机	Y4-75 No180 左	1	
	流量/m <sup>3</sup> ·h <sup>-1</sup> 127 000~15 900		
鼓风机	全压 P 2 814~2 854	1	
	附电机/kW Y355~6 185		
	9-19 No12.5D		
烟囱	流量/m <sup>3</sup> ·h <sup>-1</sup> 21 383~30 187	1	H=32 m
	全压/P 8 203~9 114		
	附电机/kW Y315S~4 110		
	$\Phi 1 640 \Phi 1 400$	1	

## 3 锅炉的运行调整

### 3.1 吹风气成份及燃烧配风

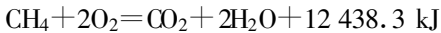
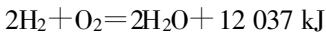
造气炉在吹风阶段排出的气体即为“吹风气”, 含 10%~20% 的一氧化碳和氢气等可燃气体, 这主要是在吹风阶段碳与氧发生的一系列化学反应而生成的。若排空不仅会造成环境污染, 而且会造成资源浪费。其主要成份见表 2。

表 2 吹风气主要成份分析表

	CO	H <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	CO <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>
含量/%	7.5~8.5	3~4	0.8~1.0	15.1~15.4	0.4	71.6~72.0
特性	可燃	易燃	可燃	不可燃	助燃	不可燃

1 号、2 号和 3 号造气炉( $\Phi 3.6$  m 造气炉)吹风

气量各在  $50\,000\text{ m}^3/\text{h}$  左右;4号、5号和6号造气炉( $\Phi 3.0\text{ m}$ 造气炉)吹风气量各在  $29\,000\text{ m}^3/\text{h}$  左右,为避免每台造气炉在吹风阶段出现“抢风”现象,以及提高单台炉的吹风率,各台炉应交替进行吹风和制气。造气炉的吹风时间一般为  $41\sim 43\text{ s}$ ,制气时间和其它时间为  $124\sim 137\text{ s}$ ,因此,造成炉在向吹风气锅炉送气时存在时间差,即间歇式送气,气量基本上为  $29\,000\text{ m}^3/\text{h}$  或  $50\,000\text{ m}^3/\text{h}$ 。吹风气入炉之前在混合器内与三路空气进行混合进入燃烧炉燃烧,反应方程式为:



各种气体完全燃烧所需的理论氧气体量和理论空气量见表 3。

表 3 标准状态下吹风气中可燃气体燃烧所需理论氧气体量和配风量

	1 m <sup>3</sup> 的气体完全燃烧时	
	所需氧气体量/m <sup>3</sup>	所需配风量/m <sup>3</sup>
H <sub>2</sub>	0.5	2.38
CH <sub>4</sub>	2.0	9.52
CO	0.5	2.38

1 m<sup>3</sup> 吹风气完全燃烧时所需理论配风量计算公式:

$$V^0 = [0.5X_1\text{CO} + 0.5X_2\text{H}_2 + 1.5X_3\text{CH}_4 - X_4\text{O}_2] / 0.21\text{ m}^3 \quad (1)$$

其中:  $X_1$ 、 $X_2$ 、 $X_3$ 、 $X_4$ ——CO; H<sub>2</sub>; CH<sub>4</sub>; O<sub>2</sub> 的体积比,取值在表 2 中。

0.21 是 1 体积的  $V^0$  中占有的氧气。由表 2、表 3 和式 1 可得 1 m<sup>3</sup> 吹风气完全燃烧所需理论配风量为  $0.307\sim 0.374\text{ m}^3$ 。

换算到工作状态下(吹风气  $200\text{ }^\circ\text{C}$ ,  $101.325\text{ kPa}$ , 配风  $300\text{ }^\circ\text{C}$ ,  $109.325\text{ kPa}$ ), 1 m<sup>3</sup> 吹风气完全燃烧所需理论配风量为:当吹风量为  $29\,000\text{ m}^3/\text{h}$  时为  $9\,993\sim 12\,174\text{ m}^3/\text{h}$ , 当吹风气量  $50\,000\text{ m}^3/\text{h}$  时为  $17\,230\sim 20\,990\text{ m}^3/\text{h}$ 。

## 2.2 负荷调整

由于吹风气受造气炉生产负荷影响很大,应始终保持吹风气锅炉炉膛负压  $30\sim 50\text{ Pa}$ 。增加锅炉负荷时,应先增加引风量,然后增加送风量,最后增加燃料量(吹风气量);减小负荷时,应先减少吹风气量,再减少送风量,最后减引风量。这样不但可以保证燃料完全燃烧,避免不完全燃烧热损失,还可以防止炉膛出现正压。

## 4 锅炉的震动及消除

由于本锅炉是负压燃烧,吹风气量送入锅炉的多少直接影响锅炉引风出力的大小。气流突增骤减对锅炉冲击很大,引起锅炉间歇的震动。对此,维持锅炉烟气流速的稳定是解决锅炉震动的有效途径,因而对烟气流速进行了测试(见图 1)。

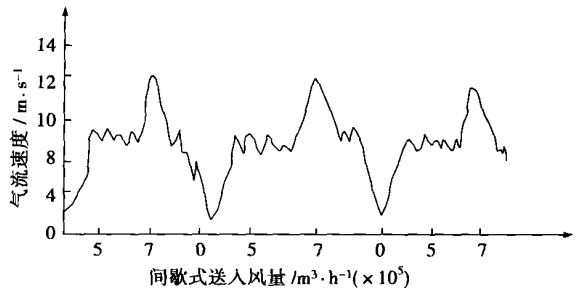


图 1

由上图可看出:当送入  $5 \times 10^5\text{ m}^3/\text{h}$  的风量时气流速度均衡平稳,而送入  $7 \times 10^5\text{ m}^3/\text{h}$  的风量时气流速度剧增,锅炉震动加大。测试表明:当烟气流速在  $8\sim 10\text{ m/s}$  时锅炉震动最小,锅炉负压燃烧平稳,运行效率最好。我们不仅根据负荷的大小对配风加以控制,而且对 6 台造气炉送入的吹风气加以排队,避免了两台或更多造气炉同时送风。对吹风气供入锅炉的顺序进行了排列,依次为 6 号、5 号、4 号、3 号、2 号和 1 号造气炉。先由 6 号、5 号和 4 号 3 台产吹风气量小的造气炉供入吹风气,再依次供入 3 号、2 号和 1 号。以此排下去,循环不断。这样不仅保证进入锅炉的吹风气量由小到大,均衡供入,同时使燃烧炉燃烧稳定,烟气温度平稳,余热锅炉热交换大,产气量大,也保证了余热锅炉负压,稳定运行。

## 5 运行经济效益分析

吹风气余热回收锅炉项目共计投资 690 万元,2001 年 2 月投入使用,日平均产汽量为 420 t,全年产汽量(以 330 d 计)约  $13.86 \times 10^5\text{ t}$ 。蒸汽价格按 35 元/t 计,则年运行效益为 485.1 万元。设备折旧按 15 年计,扣除年总运行费用 198.05 万元,则年净增利润为 287.05 万元,加上汽机发电效益,年净利润在 300 万元以上,现已收回全部投资。可供同类型中小氮肥厂借鉴推广。

### 参考文献:

- [1] 宋贵良. 锅炉计算手册[M]. 沈阳: 辽宁科学技术出版社, 1995.
- [2] 工业锅炉设计计算标准方法编委会. 工业锅炉设计计算标准方法[M]. 北京: 中国标准出版社, 2003.

ment, Wondersun Milk Products Industrial Co.Ltd., Harbin, China, Post Code: 150090) //Journal of Engineering for Thermal Energy &Power. — 2004, 19(5). — 534 ~ 536

The classification and layout schemes of supplementary-firing burner units for gas-steam combined cycle heat-recovery boilers are described, and the design and construction features of an in-built supplementary-firing burner unit operating on gas fuel analyzed. A method for calculating the major parameters of the above-mentioned unit and the composition of a supplementary firing system are given. In addition, a correction formula for calculating the theoretical consumption of oxygen is proposed and the main factors affecting maximum supplementary-firing fuel consumption are indicated. Also given is the calculation method and formula for determining the maximum supplementary-firing fuel consumption. The information given above may serve as a guide during the design and type selection of supplementary-firing burner units as well as the design of heat recovery boilers. **Key words:** supplementary firing, supplementary-firing burner unit, combined cycle, heat recovery boiler

300 MW 机组排污膨胀器的事事故分析及改造 = **Failure Analysis and Modification of the Blow-down Flash Tank of a 300 MW Unit** [刊, 汉] / JIN Chun-nan, HE fu-dong, et al (Harbin No.703 Research Institute, Harbin, China, Post Code: 150036), MAN Guo-dong (Shuangyashan Electric Power Plant, Shuangyashan, China, Post Code: 155136) //Journal of Engineering for Thermal Energy &Power. — 2004, 19(5). — 537 ~ 538

The periodic blow-down flash tank of a 300MW unit suffered serious overpressure and serious carry-over of water at a steam exhaust port during its operation. Through calculations and a structural analysis the causes of the failure were identified as irrational structure and insufficient volume of the flash tank as well as an excessively small section area of the steam exhaust port. In light of the results of failure analysis it was decided to change the flash tank dimensions and structure. Three years of stable operation after completion of the flash tank modification indicate that the implemented changes have brought about excellent results, showing promise of its prospective wide application in other analogous units. **Key words:** expansion tank, critical speed, flashing, small hole injection

热流量计量分析与应用 = **Analysis and Application of Heat Energy Flux Metering** [刊, 汉] / FENG Dian-yi (Liaoning Engineering Institute, Jinzhou, China, Post Code: 121001), XU Bo (Power Engineering College under the Shanghai University of Science &Technology, Shanghai, China, Post Code: 200093) //Journal of Engineering for Thermal Energy &Power. — 2004, 19(5). — 539 ~ 541

The principle and method of heat energy flux metering is expounded for a closed steam circulation system. Within a certain range a mathematical model was set up for calculating the heat energy flux of superheated steam and condensate. Calculation formulas and a metering method are presented for the actually consumed heat energy by end-users in a closed circulation system, making the metering of heat energy flux tend to be more rational. The application of this heat-energy metering method will promote the rational consumption and considerable savings of energy in industrial enterprises. **Key words:** heat energy flux, calculation formula, mathematical model, closed circulation system

浅析吹风气余热回收锅炉的运行 = **Brief Commentary on the Operation of a Heat Recovery Boiler by Utilizing Blown-in High-temperature Air** [刊, 汉] / CHEN Tian-shui, SUI Guang-ke, JIAN Yu-fen (Thermal Power Plant Affiliated to Lunan Chemical Fertilizer Factory, Tengzhou, Shandong Province, China, Post Code: 277527) //Journal of Engineering for Thermal Energy &Power. — 2004, 19(5). — 542 ~ 543

The basic structure of a Q75/900-25-3. 82/450 heat recovery boiler is presented, which operates by utilizing blown-in high-temperature air. Some problems in operation are analyzed along with a description of load adjustment and economic benefits being achieved. **Key words:** blown-in air, waste heat recovery, vibration