

# 国产引进型 600MW 锅炉过热器顶棚包墙系统的改进

(哈尔滨锅炉厂有限责任公司, 黑龙江 哈尔滨 150046) 于 宏 曲国斌 袁美艳

**摘要:** 对几种 60 万千瓦锅炉顶棚包墙系统进行对比, 提出了减少钢耗、减小阻力, 并保证其工作可靠性的改进措施。

**关键词:** 锅炉; 顶棚包墙; 过热器; 阻抗; 改进

中图分类号: TK223.32

文献标识码: B

## 1 引言

现代大型电站锅炉的顶棚和尾部烟道均采用汽冷的膜式壁系统, 顶棚包墙系统的主要功能是改善锅炉的气密性和炉墙的工作条件, 便于采用轻型的绝热保温材料。顶棚包墙系统的吸热量和过热器总吸热量中只占很小的比例, 如平圩电厂 600 MW 锅炉只占 5.34%, 而其连接系统较复杂, 其阻力却占过热器总阻力的 1/3 ~ 1/4 (约 0.46 MPa), 其金属重量占过热器总重 15% ~ 17% (约 431 吨)。因此, 如何在确保安全性的前提下, 改进与简化顶棚包墙系统的设计, 尽可能降低其阻力与金属重量也是 30 万、60 万锅炉优化设计中的一个重要项目。

## 2 顶棚包墙系统的设计特点和要求

### 2.1 平圩电厂锅炉回路的流量分配特性

由于顶棚包墙系统一般是由数个平行回路串联而成, 分析平行回路中流量分配特性对设计顶棚包墙系统是很重要的。在由支回路 1 与 2 组成的平行回路中具有如下的关系式。

$$\Delta P_1 = R_1 F_1^{1.85} \quad (1)$$

$$\Delta P_2 = R_2 F_2^{1.85} \quad (2)$$

$$\because \Delta P_1 = \Delta P_2$$

$$\therefore R_1 F_1^{1.85} = R_2 F_2^{1.85}$$

$$\text{即} \quad \frac{F_1}{F_2} = \left( \frac{R_2}{R_1} \right)^{\frac{1}{1.85}} \quad (3)$$

式中  $F_1, F_2$  为支回路 1, 2 中的蒸汽流量

$R_1, R_2$  为支回路 1, 2 的阻抗

由式(3)可看出平行回路中各支回路的流量与其阻抗的 1.85 次方根成反比。

### 2.2 回路阻抗的计算公式

由有关的阻力计算公式可推算出各种管件的阻抗计算公式如下, 对于管子:

$$R = 4.11 \times 10^{-4} v \frac{1}{(60n)^{1.85}} \cdot \frac{TEL}{ID^{4.97}} \quad (4)$$

对于导管、集箱与弯头:

$$R = 1.306 \times 10^{-4} \left[ 1 + \frac{3.6}{ID} \right] \frac{v}{(60n)^{1.85}} \cdot \frac{TEL}{ID^5} \quad (5)$$

对于大三通:

$$R = \frac{kv}{3560 \times 10^3 \cdot ID^4} \quad (6)$$

上述三式中:  $v$  — 蒸汽比容

$n$  — 回路中管子根数

$TEL$  — 管子总有效长度, 为管子长度与各局部阻力系数折算成当量长度之和

$ID$  — 管子内径

$k$  — 三通阻力系数

### 2.3 对单个回路质量流速和阻力的要求

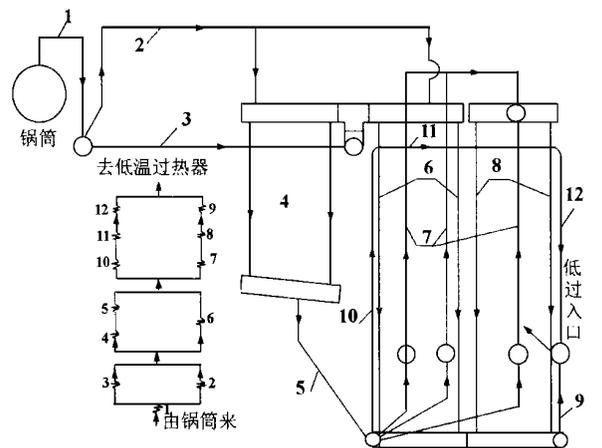
对于在上、下集箱间作单向流动的包墙管回路来说必须有足够的质量流速(即压降), 来保证启动过程或低负荷中水动力的稳定性, 即不发生停滞、倒流或流动方向的不稳定(多值性)。对于在进出口集箱间作水平流动的顶棚管回路来说, 过低的质量流速将导致启动过程中蒸汽流动的停滞。此外, 还需保证各回路沿其出口集箱轴向流动分配的偏差不得超过许可值, 此偏差值除了和  $\Delta P$  (即质量流速) 有关外, 还和蒸汽在进出口集箱上的引入、引出的方式和集箱直径的粗细有关, 后两者将影响沿集箱轴向静压

差的大小和静压场的分布规律。

按我国“水力计算方法”标准的规定,对单向流动的墙式辐射过热器质量流速的推荐范围为  $800 \sim 1300 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 。对于向上流动的回路,由于启动时蒸汽泡运动方向与流动方向一致,其质量流速可以采用下限。对于向下流动的回路,由于两者方向相反,则建议采用上限。但根据国内外经验,无论是向上或向下流动墙式过热器或包墙管,若其质量流速  $> 1000 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$  时完全可以保证水动力的稳定性。

### 3 国产引进型 600 MW 锅炉典型的顶棚包墙系统

3.1 平圩电厂 600 MW 锅炉顶棚包墙系统,其流程系统见图 1,属于三组平行回路的串联系统,水平低温过热器和经济器采用汽冷吊挂管支吊,系统比较复杂,总阻力达  $0.455 \text{ MPa}$ 。顶棚包墙系统中的集箱与大三通也较多。



1—饱和蒸汽引出管 2—顶棚旁通管 3—炉膛顶棚  
4—延伸侧包墙 5—连接管 6—前侧包墙 7—吊挂管  
8—后侧包墙 9—后包墙(下) 10—前包墙 11—后回道顶棚  
12—后包墙(上)

图 1 平圩电厂 600 MW 锅炉顶棚包墙系统

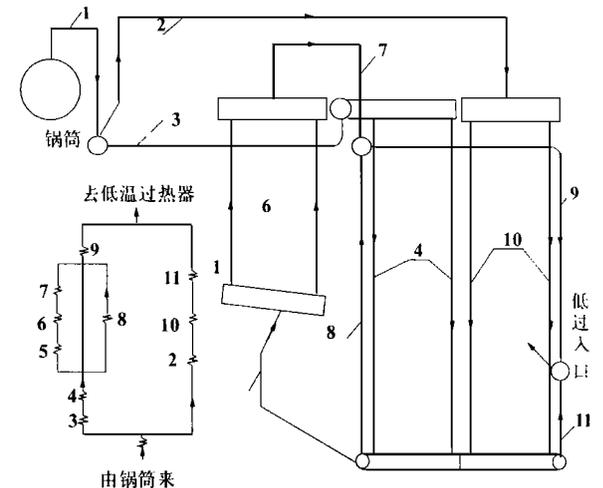
3.2 元宝山电厂 600 MW 锅炉的顶棚包墙系统,其流程系统见图 2,属于复杂的平行回路系统,其前侧包墙除与后侧包墙构成平行回路外,本身又分成延伸侧包墙和前包墙两个平行回路。过热器采用由经济器出口集箱引出的水冷吊挂管吊挂,而经济器本

身又采用非冷却型的机械吊挂方式。由于取消了汽冷吊挂管,所以,整个顶棚包墙系统阻力较平圩为小,其总阻力为  $0.39 \text{ MPa}$ ,若后侧包墙也采用  $\Phi 63 \times 8$  的粗管子,其阻力还可进一步降低些。由于元宝山电厂 600 MW 锅炉为褐煤锅炉,锅炉外形尺寸较大,顶棚包墙系统金属总重仍达 408 吨。

### 4 600 MW 锅炉改进后的顶棚包墙系统

#### 4.1 改进原则

在保证第 2.3 节中所列的对回路压降和质量流速要求的前提下,尽量简化系统,减少平行回路的串联次数,如图 3 所示,由顶棚来的饱和汽引至后包墙下集箱后分成侧包墙、前包墙及延伸侧墙三路一次向上,于前包墙上集箱汇合后由两端用两导管引到水平低过入口集箱。至于顶棚旁路管也引至前包墙上集箱。水平低过和经济器管的吊挂方式则和元宝山电厂 600 MW 锅炉一样,也分别采用水冷吊挂和机械吊挂方式。

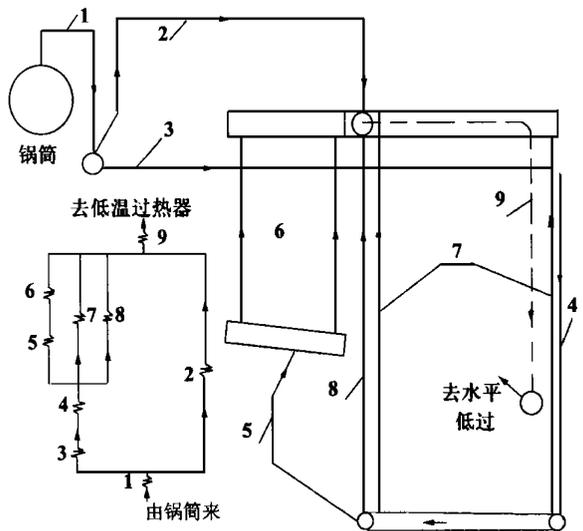


1—饱和蒸汽引出管 2—顶棚旁通管 3—炉膛顶棚  
4—前侧包墙 5—连接管 6—延伸侧包墙 7—连接管  
8—前包墙 9—后烟道顶 10—后侧包墙 11—后包墙下部

图 2 元宝山电厂 600 MW 锅炉顶棚包墙系统

#### 4.2 结构和计算特性(见表 1)

由表 1 可以看出各顶棚包墙回路的质量流速均远大于  $1000 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ ,因此改进后的顶棚包墙系统在保证水动力的稳定性和出口集箱流量分配的许可偏差率,两方面均有充分的把握。



1—饱和蒸汽引出管 2—顶棚旁通管 3—炉膛和后烟道顶棚管  
4—后包墙 5—连接管 6—延伸侧包墙 7—侧包墙  
8—前包墙 9—连接管

图 3 600 MW 锅炉顶棚包墙改进系统

4.3 金属重量比较见表 2。

表 1

名 称	管径×壁厚 / mm	节距 / mm	根数	流量 质量	
				百分 比 /%	流速 阻力 / (m <sup>2</sup> /s) / MPa
顶棚旁通管	φ159×18	—	2	20.2	— 0.248
顶棚及后包墙	φ63×7	127	146	79.8	1758 0.169
延伸侧包墙	φ57×7	152.5	58	20.2	1338 0.055
侧包墙	φ42×5.5	127	2×100	30.0	1109 0.074
前包墙	φ51×7	152.5	121	29.6	1204 0.077
去水平低过导管	φ508×56	—	2	100.0	— 0.027
饱和汽连接管	φ159×18	—	29	100.0	— 0.014
系统总阻力					Σ 0.290

表 2

单位: t

名 称	平圩 600MW	元宝 600MW	改进型顶棚包墙系统
	炉顶棚包墙系统	炉顶棚包墙系统	
顶棚, 包墙管	284.9	270.3	184.5
顶棚包墙系统集箱	101.0	87.9	81
连接管与旁通管	24.0	26.0	58
密封与固定装置	21.6	23.8	21.6
系统总重	431.5	408.0	345.1

5 结论

(1) 目前国产引进型 300 MW, 600 MW 锅炉中广泛采用较为复杂的平圩型配汽冷吊挂的顶棚包墙

系统和元宝山型的与水冷吊挂相配的顶棚包墙系统均较为复杂, 虽运行可靠, 但也存在阻力偏大, 钢耗量也偏大的缺点。

(2) 采用在三菱公司锅炉上广泛应用的简化型顶包系统基础上开发的 600 MW 锅炉改进型顶棚包墙系统, 其阻力可比平圩电厂 600 MW 的顶包系统的少 0.157 MPa, 比元宝山电厂 600 MW 锅炉的顶包系统约少 0.098 MPa, 其钢材耗量由于管径略细, 集箱和三通数目有所减少而比平圩电厂 600 MW 的顶包系统减少约 86 吨, 若与元宝山电厂 600 MW 锅炉的顶包系统相比则减少约 63 吨, 也是一个较可观的数目。但刚性梁的尺寸需要加大些, 使刚性梁的钢耗量稍有增加, 但与制造工作量大的受压的顶棚包墙管屏集箱等相比还是合算的。

(3) 计算机数据表明采用改进型的顶棚包墙系统, 由于各回路中有足够高的质量流速和压降, 可以保证在各种工况下水动力的稳定性和沿集箱轴向的流量偏差在许可的范围内, 从而保证顶棚包墙系统的工作可靠性。

参考文献

[1] Crocker, King. Piping handbook. New York: McGraw-Hill, 1967.  
[2] Singer J.G. Combustion fossil power systems. Third Edition. U.S.: Rand McNally, 1981.

(复 编)

更 正

《热能动力工程》编辑部:

由于作者不慎, 发表于《热能动力工程》1999 年第 5 期上的论文《核态池沸腾中气泡生长和脱离的动力学特征——气泡的脱离直径与脱离频率》中的公式有两处错误: 一是式(7)中的  $\phi^{m-1} [f(c)]^{2/3}$  应改为  $\phi^m f(c)$ ; 二是式(8)中的系数  $3.0357 \times 10^3$  应改为  $8.0351 \times 10^4$ , 但本文的思路和计算结果是完全正确的。谢谢!

作者: 杨春信 吴玉庭 袁修干 马重芳

国产引进型 600 MW 锅炉过热器顶棚包墙系统的改进 = **The Improvement of a Boiler Superheater-roof Enclosure-wall System for an Imported Technology-based Domestic-made 600 MW Boiler** [刊, 汉] / Yu Hong, Qu Guobin, Yuan Meiyuan (Harbin Boiler Co. Ltd.) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. — 2000, 15(2). — 142 ~ 144

A comparison was conducted of several versions of superheater-roof enclosure-wall system for a 600 MW boiler. On this basis proposed are some measures to decrease the steel consumption and flow resistance of the system as well as to ensure its operation reliability. **Key words:** boiler, roof enclosure-wall, superheater, flow resistance, improvement

无电晕式高温高压电除尘器阴极电发射特性试验研究 = **Experimental Study of the Cathode Electron-emission Characteristics of an Electron-emission Type High-temperature and High-pressure Electrical Precipitator** [刊, 汉] / Gu Zhongzhu, Wei Qidong, Yang Yaping, et al (Southeastern University) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. — 2000, 15(2). — 145 ~ 147

An experimental study was conducted under the condition of different temperatures, pressures and voltages with respect to a cathode material already developed. The results of study show that the temperature, pressure and voltage can exercise an influence on emission current to various degrees. Under a high temperature greater than 800 °C the current density resulting from the thermal emission of the cathode material is at least one order of magnitude higher than that obtained through a corona mode. The emission electrode features a fairly good stability and is fit for long-term use under a high temperature and pressure. The corona-absence type of electrical precipitator boasts a high dust-removal effectiveness under a high-temperature and high-pressure environment. **Key words:** corona, high temperature and high pressure, cathode, electrical precipitator, emission current

石灰石脱硫动力学模型的优选 = **The Optimal Selection of a Limestone Desulfurization Dynamics Model** [刊, 汉] / Zhai Zhonghe, Li Le (Harbin University of Science & Technology), Jin Tielin (Harbin No.703 Research Institute) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. — 2000, 15(2). — 148 ~ 150

The simulation of a limestone desulfurization system is conducted along with a desulfurization experiment of limestone heat-decomposition products under various operating conditions. As a result, set up and selected is an optimum desulfurization dynamics model. Due to a complicated process of the desulfurization reaction there exist a relatively great variety of such dynamics models which are difficult to be differentiated. In the present paper a sequential-order experimental design method has been introduced to acquire a maximum quantity of experimental information and arrange on this basis the experimental points. By performing a screening-selection according to a standard of maximum posterior probability an optimum dynamics model was acquired. Such a model can provide an important scientific basis for the study of the limestone desulfurization mechanism and the desulfurization techniques based on a calcium-injection in a boiler. **Key words:** limestone desulfurization, sequential-order experimental design, dynamics model, posterior probability

正弯叶片降低叶栅内部损失的数值模拟 = **Numerical Simulation of the Decrease of Internal Losses in a Cascade with Positively-Curved Blades** [刊, 汉] / Wang Songtao, Wang Meng, Feng Guotai, Wang Zhongqi (Harbin Institute of Technology) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. — 2000, 15(2). — 151— 152

The calculation results of a straight and a positively-curved blade flow field show that the positively-curved blades can create in the flow passage, especially at the suction side surface, a “C” shaped static-pressure distribution. The latter effectively suppresses radial secondary flows. Moreover, the abatement of a transverse pressure gradi-