

# 百叶窗煤粉浓缩器阻力特性研究

邢春礼 秦裕琨  
(哈尔滨工业大学)

〔摘要〕水平浓缩煤粉燃烧器(HBC)可以同时实现煤粉的高效燃烧、防止结渣、稳定燃烧和低 $\text{NO}_x$ 排放。一种基于惯性力浓缩的新型煤粉浓缩器——百叶窗式煤粉浓缩器是实现水平浓缩煤粉燃烧的关键。成功地采用这种百叶窗式浓缩器需要研究四个问题:阻力特性、气流和压力分配特性、浓缩特性和耐磨特性。本文着重研究结构参数对浓缩器阻力损失的影响。实验结果表明,随着百叶窗浓缩栅个数和间距的增加及浓缩栅倾角的增加,百叶窗浓缩器的阻力损失减小。

关键词 煤粉燃烧 百叶窗 浓缩器  
分类号 TK223

## 1 前言

科学地开发和利用有限的煤炭资源,对我国国民经济的发展具有重要的社会意义。现在电力工业对煤燃烧的要求是同时实现高效、稳燃、防结渣和低污染。尤其是低 $\text{NO}_x$ 燃烧技术越来越受到重视。已开发的旋流预燃器、钝体燃烧器,多功能船形燃烧器和大速差煤粉燃烧器等已经能达到煤粉燃烧某些要求,尽管它们在运行中差异较大,仍需进一步完善<sup>〔1〕、〔2〕</sup>。

八十年代末,哈尔滨工业大学结合日本三菱重工PM燃烧技术和美国CE公司四角切圆燃烧技术的优点,根据我国电站锅炉用煤的煤种多变和煤质较差的特点,提出了水平浓缩煤粉燃烧的新构思<sup>〔3〕</sup>,旨在同时解决煤粉燃烧高效、稳燃、防结渣和低污染问题。其基本原理是利用一次风管道上的煤粉浓缩器把一次风分成水平的浓淡两股煤粉气流。

浓煤粉气流在向火侧四角切向喷入炉膛、形成内切圆;淡煤粉气流在浓煤粉气流和炉膛水冷壁之间喷入炉膛,形成外切圆。浓煤粉气流由于煤粉浓度的提高有利于稳燃。淡煤粉气流在水冷壁附近形成氧化性气氛区域,有利于防止结渣倾向,两股煤粉气流都在偏离化学当量比下进行燃烧,可抑制 $\text{NO}_x$ 形成,减少 $\text{NO}_x$ 排放,浓淡两股气流的适时混合能保证高效燃烧。

从上面的介绍可以看到,实现能同时满足四个要求的水平浓缩煤粉燃烧的关键是煤粉浓缩器。为此,我们开发了一种结构简单、炉前布置方便、有较佳浓缩效果、阻力损失小的新型煤粉浓缩器——百叶窗式煤粉浓缩器。百叶窗的结构参数对于这种浓缩器的阻力特性、气流和压力分配的均匀性、浓缩比的大小和耐磨损特性均有影响。本文只讨论百叶窗结构参数对阻力特性的影响。

\* 国家自然科学基金资助项目

收稿日期 1993 03 18

本文联系人 邢春礼 男 30 讲师 150001 哈尔滨市

## 2 实验系统及测量方法

实验系统如图 1(a) 所示。罗茨风机提供实验用的空气，经管道和均流段后进入百叶窗浓缩器，百叶窗使来流分成两股，分别从浓煤粉气流和淡煤粉气流出口流出，浓气流侧的阻力调节器可保证两气流出口的空气流率相等，当然两出口的静压也相等。浓淡两出口的气流流量由各自的流量测量装置笛形管测量，两侧的压力降分别通过各自出口静压测点与同一入口静压测点之间的静压差来衡量。

百叶窗的结构参数用图 1(b) 所示的  $n$ 、 $t$  和  $\beta$  来表示。 $n$  表示百叶窗式煤粉浓缩器浓缩栅个数， $t$  表示相邻两浓缩栅的间距， $\beta$  是浓缩栅的倾角， $D$  表示相邻浓缩栅在迎风截面上相差的垂直距离。为了考察百叶窗结构参数对阻力特性的影响，在设计百叶窗结构时，当研究三个参数中的一个对浓缩器阻力特性的影响时，使另两个参数保持不变，各种结构的百叶窗被设计成一个组件，以便于拆换，所有结构的百叶窗，其浓缩栅的总迎风截面都是一样的，均流段、百叶窗及测量段均用有机玻璃制造，实验段的截面为  $100 \times 120 \text{ mm}$ ，实验工况见表 1。

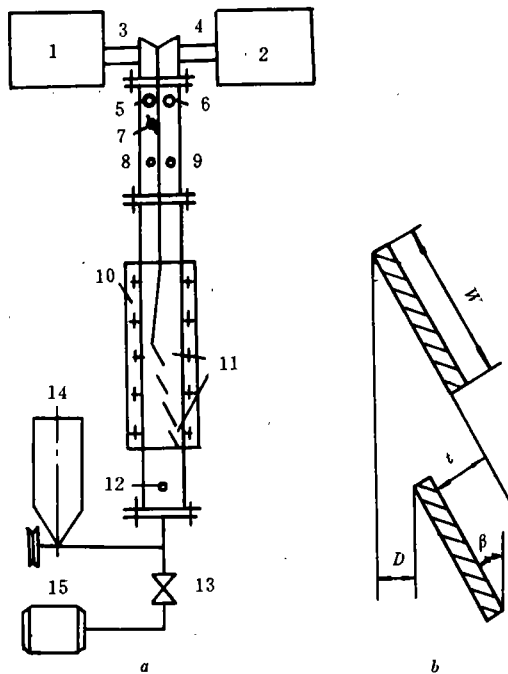


图 1 实验系统和浓缩栅结构参数示意图

- 1. 浓侧布袋除尘器 2. 淡侧布袋除尘器 3. 浓侧气流出口 4. 淡侧气流出口 5. 浓侧静压测点 6. 淡侧静压测点 7. 阻力调节器 8. 浓侧流量测点 9. 淡侧流量测点 10. 百叶窗浓缩器 11. 浓缩栅 12. 入口静压测点 13. 风量调节 14. 螺旋给粉机 15. 罗茨风机

表 1 实验工况

序 号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
参 数	$n$	6	7	8	9	10	11	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
	$t$	1.0D	1.0D	1.0D	1.0D	1.0D	1.0D	1.0D	1.1D	1.2D	1.3D	1.4D	1.5D	1.2D	1.2D	1.2D	1.2D	1.2D
	$\beta$	30°	30°	30°	30°	30°	30°	30°	30°	30°	30°	30°	30°	20°	25°	30°	35°	40°

### 3 百叶窗浓缩器阻力特性

从理论上讲,气流流过百叶窗浓缩栅间隙后会使静压降低,造成阻力损失,这个阻力损失是由三部分构成的:

$$\Delta P = \Delta P_r + \Delta P_i + \Delta P_c \quad (1)$$

其中,  $\Delta P_r$  是气体与浓缩栅壁面接触后由于摩擦力所造成的阻力损失;  $\Delta P_i$  是气流绕过浓缩栅这一不良流形体后所造成的形状阻力损失,这一项也包括气流进出浓缩栅间隙的局部阻力损失;  $\Delta P_c$  是气流经浓缩间隙绕过浓缩栅过程中由于离心力的作用使气流弯曲所造成的阻力损失,由于浓缩栅表面光滑,  $\Delta P_r$  很小,因此在式(1)中可忽略  $\Delta P_r$ 。对于  $\Delta P_i$ ,一般可用下式表示:

$$\Delta P_i = \zeta_1 \frac{\rho v_{in}^2}{2g} \quad (2)$$

其中  $\zeta_1$  为形状阻力系数,  $v_{in}$  为进入浓缩栅间隙的气流速度,  $\rho$  为气流密度,  $g$  为重力加速度。而对于  $\Delta P_c$ ,理论推导表明<sup>[6]</sup>

$$\Delta P_c = \zeta_2 \cdot \frac{\rho v_{in}^2}{2g} \quad (3)$$

其中  $\zeta_2$  为与气流弯转角度有直接关系的阻力系数,因此,百叶窗浓缩器的阻力损失可表

示成:

$$\Delta P = (\zeta_1 + \zeta_2) \frac{\rho v_{in}^2}{2g} \quad (4)$$

为了便于测量和使用方便,可以用气流进入浓缩器的入口平均流速来代替式(4)中的  $v_{in}$ ,因此有

$$\Delta P = \zeta \frac{\rho v_0^2}{2g} \quad (5)$$

其中  $\zeta = (\frac{v_{in}}{v_0})^2 (\zeta_1 + \zeta_2) = f(n, t, \beta)$ ,  $v_0$  为浓缩器入口平均流速,下面讨论百叶窗的结构参数对浓缩器阻力的影响。

#### 3.1 浓缩栅个数 $n$ 对浓缩器阻力的影响

如图 2 所示,随着浓缩栅的个数  $n$  增加时,浓缩器的阻力损失是下降的。当浓缩栅的个数由  $n = 6$  增加到  $n = 11$  时,百叶窗浓缩栅间距的总和  $\sum t_i$  由 41.66 mm 增加到 45.75 mm,而浓缩栅的宽度  $W$  由 25 mm 减小到 17 mm,前者使气流流过浓缩栅间隙的流速降低,后者使形状阻力损失下降,而且浓缩栅间隙的增加,有助于减小气流弯曲的阻力损失,因为它增大了气流弯曲曲率半径。因此,从式(4)出发,不难推测总的  $\Delta P$  是随着  $n$  的增加而减小。

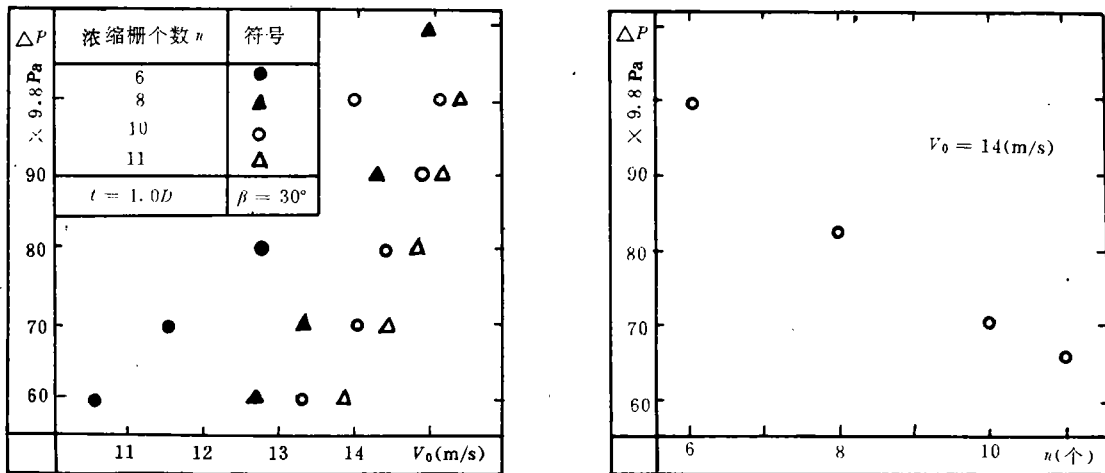


图 2 浓缩栅个数对百叶窗阻力的影响

但是,从工艺角度来讲,浓缩栅个数的增加,却增加了工艺的复杂性,也降低了设备的可靠性。

### 3.2 浓缩栅间距 $t$ 对浓缩器阻力的影响

图 3 说明了浓缩间距  $t$  对浓缩器阻力的影响。结果表明,浓缩栅间距越大,同一流

速下的阻力损失越小。当浓缩栅的间距  $t$  由  $1.0D$  增加到  $1.5D$  时,浓缩栅间距的和  $\sum t_i$  由  $41.66 \text{ mm}$  增加到  $65.625 \text{ mm}$ ,这样降低了浓缩栅间气流流速,从而也就降低了阻力损失。

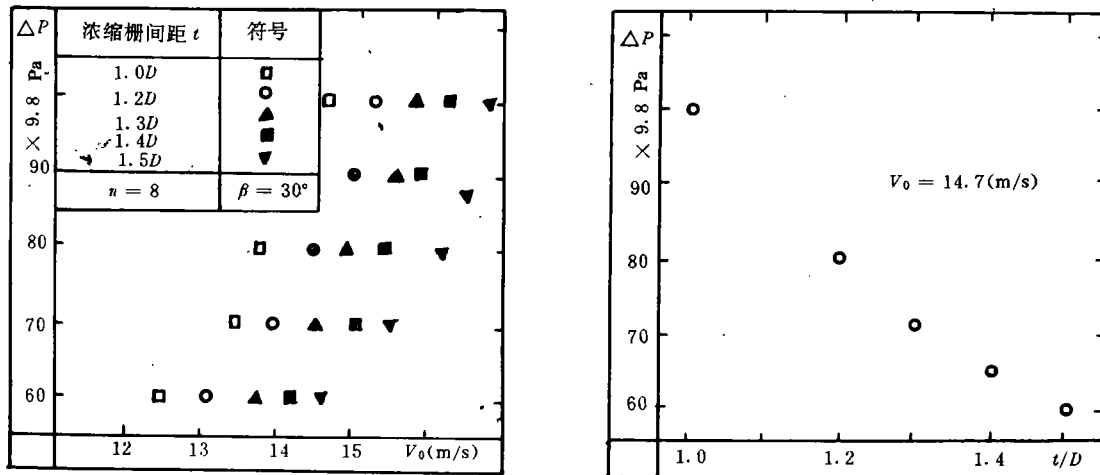


图 3 浓缩栅间距对百叶窗阻力的影响

当然,可以预测,随着浓缩栅间距的增大,浓缩程度肯定会降低。

### 3.3 浓缩栅倾角 $\beta$ 对浓缩器阻力的影响

由图 4 可以看出,随着浓缩栅的倾角  $\beta$  的增加,浓缩器的阻力损失是下降的,其原因是,当  $\beta$  增加时,减小了气流在绕过浓缩栅时的弯转角度,从而也就减小了阻力损失  $\Delta P_r$ 。由此不难推测, $\beta$  越小,浓缩效果越强。经验表明,若以可接受的阻力损失为前提, $\beta$  以  $30^\circ$  为好<sup>(6)</sup>,我们的两相实验也说明了这一点<sup>(7)</sup>。

上述讨论可以看到,百叶窗浓缩器的阻力损失可用下式表示:

$$\Delta P = (4 \sim 6) \frac{\rho v_0^2}{2g} \quad (6)$$

阻力系数  $\zeta = 4 \sim 6$ ,说明阻力损失比较大,造成阻力偏大的主要原因是阻力调节器使浓侧的部分气流被迫流向淡侧,从而提高了气流在浓缩栅间隙的流速,因而阻力损失变大。因此,若要降低阻力损失,应想办法降低气流在浓缩栅间的流速。实验表明,若使浓气流出口的最小截面与浓缩栅间隙截面的和  $\sum lL$  ( $L$  为浓缩栅长度) 之比保持在一定范围内,可保证气流在两出口流量相等,从而阻力也最低,结果表明<sup>(7)</sup>

$$\Delta P = (2 \sim 3) \frac{\rho v_0^2}{2g} \quad (7)$$

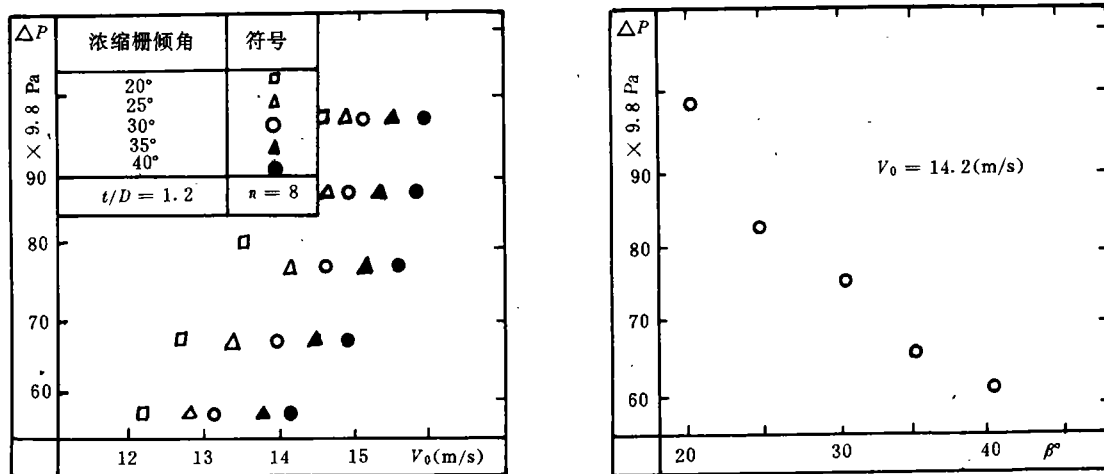


图 4 浓缩栅倾角对浓缩器阻力损失的影响

### 4 结论

水平浓缩煤粉燃烧是一新的燃烧方式,它能同时实现煤粉燃烧的高效、稳燃、防结渣和低 NO<sub>x</sub> 排放,实现水平浓缩煤粉燃烧的关键装置是煤粉的浓缩器,新型百叶窗式煤粉浓缩器适于水平浓缩煤粉燃烧,它的阻力特性与百叶窗结构有密切关系,实验结果表明,随着浓缩栅个数、浓缩栅间距和浓缩栅倾角的增大,阻力损失降低了,在实验范围内,阻力系数  $\zeta = 4 \sim 6$ 。本文还说明,通过调节百叶窗结构,可使  $\Delta P$  减小 50% 左右。

### 参 考 文 献

- 1 赵仲琥等. 热能发电. 1990(1):1~40
- 2 钱壬章等. 工程热物理学报. 1991,12(3):320~323
- 3 秦裕琨等. 一种浓淡煤粉燃烧器. 中国专利,92 2 24103.1
- 4 何佩放等. 煤粉燃烧器的设计与运行. 机械工业出版社, 1987
- 5 Donald J F. 46th Annual Engineering and Operating conference of the Pacific Coast Electrical Association, March, 1981. 19~20
- 6 陈明绍等. 除尘技术的基本理论与应用. 中国建筑工业出版社,1981
- 7 邢春礼. 哈尔滨工业大学科研报告,1992. 11

### 理论计算

### 炉膛过程的数值模拟

据“Теплоэнергетика”1993年9月号报道,俄罗斯托木斯克国立大学专家提出了用于计算循环流化床锅炉炉膛上部多分散介质运动的数学模型和数值算法。该模型基于相互作用连续统理论的基本原理和确定携带介质和微粒集合的平面不等温湍流运动的 Рейнольдс 方程。不等温流动是介质流与炉膛表面,以及与换热部分冷却管的相互作用造成的。计算了炉膛的气体动力学和热力情况、锅炉装置所观察部分内分散相浓度的分布和换热部分管子浸蚀的速度。

(学牛 供稿)

ratio. **Key words:** *circulating fluidized bed, combustion efficiency, circulation ratio*

- (215) **Selection and Application of S-type Fan Pulverizing Mills**..... Cheng Qinggang (*Harbin Electric Power plant Equipment Design Institute*)

It is well-known that the main factors influencing the performance parameters of fan pulverizing mills include coal quality characteristics, fan mill construction features and operating mode. In selecting traditional fan mills correction factors, such as coal grindability, coal fineness and raw coal moisture content, are taken into account to determine the performance parameters of the fan mills. Practice has shown that such a selection method is not proper and lacks versatility. Trial grinding of coal types constitutes a relatively reliable method for the selection of fan mills and the design of coal pulverizing systems. The present paper deals with a  $s_{0.2.300}$  fan mill testing system set up on the basis of flow and geometry-similar theory, Through. the experimental verification of Zhalenor and Houlinghe mine lignites the relevant parameters of trial grinding have been implanted into a heavy-duty fan mill selection design, thus providing design institutes with a reliable basis for the rational selection of fan mills and related pulverization systems. **Key words:** *fan pulverizing mill, trial grinding, type selection, application*

- (221) **A study on Louvered pulverized Coal Concentrator Resistance Characteristics**.....Xing Chunli, Sun Shaozeng, Wu shaohua, Sun Enzhao, Qin Yukun (*Harbin Institute of Technology*)

With the use of a horizontal concentration pulverized coal burner it is possible to effect a simultaneous realization of highly efficient burning of pulverized coal, prevention of slagging, stable combustion and low  $NO_x$  emissions. A novel type of inertia-based concentrator of pulverized coal, the louvered concentrator plays a key role in attaining the combustion of horizontal concentrated pulverized coal. Its successful application necessitates the study of the following four issues: resistance characteristics, the distribution of air flow and pressure, concentration characteristics and wear-resisting properties. This paper focuses on the investigation of the effect of structural parameters on concentrator resistance loss. The test results show that with the increase on the number of louvered concentration grid units and their clearance and the increase in concentration grid inclination the resistance loss of the louvered concentrator tends to decrease. **Key words:** *pulverized coal combustion, louvered concentrator, classification*

- (226) **The Mechanism and Solution Methods of Boiler Tube Failure**..... Xu Lijun (*Hua Dong Institute of Technology*), Qu Guobin (*Harbin boiler works*), Liu Daoping (*China Mineral University*)

This paper has analyzed the leading mechanism of boiler tube failures and proposed prevention methods and solution methods of boiler tube failures. **Key words:** *utility boiler, boiler tube failure*

- (230) **Numerical Calculation of Three-dimensional Flow Fields in Turbomachine Blade Rows**..... Du Zhaohui, Weng Peifen, Zhong Fangyuan (*Shanghai Jiaotong University*)

With the help of a time dependent finite volume method the authors have worked out a computer program of the calculation of three-dimensional non-viscous flow field in turbomachine blade rows. The actual calculation results demonstrate the stability of the numerical calculation of the said method, high convergent speed and relatively good agreement with experimental data,