

S型风扇磨煤机的选型与应用

成庆刚

(哈尔滨电站设备成套设计研究所)

〔摘要〕众所周知,影响风扇磨煤机的性能参数主要有:煤质特性、风扇磨的结构特性和运行特性。传统的风扇磨的选型往往是根据煤的可磨度、煤粉细度和原煤水份等修正系数来确定风扇磨的性能参数。实践证明,该选型方法是不完善的,其通用性较差。采用煤种的试磨方法是风扇磨选型和制粉系统设计较为可靠的方法。本文介绍了根据流动和几何相似原理建立起的 $S_{02.300}$ 型风扇磨试验系统,通过对扎赉诺尔和霍林河褐煤的试验验证,把试磨的有关参数移植到大型风扇磨的选型设计中去。为设计院根据煤种合理选择风扇磨及其制粉系统设计提供依据。

关键词 风扇磨煤机 试磨 选型 应用

分类号 TK223

1 问题的提出

风扇磨煤机具有结构简单、造价低、工程投资少、电耗低等优点。自沈阳重型机器厂引进了西德 EVT 公司 S 型风扇磨煤机制造技术以来,先后为富拉尔基电厂、通辽电厂等单位提供 70 余台不同规格的风扇磨。这些风扇磨在实际运行中安全、可靠。但也暴露出一些问题和不足。

1.1 目前还没有用于计算风扇磨出力能经科学检验的成熟理论。传统的出力计算方法是根据煤的可磨性影响系数 $f_{H_{01}}$ 、水份的影响系数 f_{H_2O} 和煤粉细度的影响系数 $f_{R_{90}}$ 来计算相近煤种出力。但对于褐煤,由于煤中水份的变化,煤粉受力机理不同,其哈氏可磨性系数(Hardgrave)也有变化,加之灰中各矿物质成份和含量的差别,也就无法预先计算出可靠的磨煤出力。

1.2 现行的风扇磨煤机的通风特性曲线不够准确。

1.3 没有风扇磨煤机易磨元件磨损寿命的预测数据。

尽管风扇磨煤机具有一些优点,但也有煤质适应性差,负荷波动大,易磨元件寿命短等缺点。因此,如果不掌握其具体特点而盲目选用,则其后患无穷。当每接一个新项目,首先进行代表性煤质分析,初步判断可否采用风扇磨煤机,然后再进行 $S_{02.300}$ 风扇磨的试磨试验。得出单位电耗,单位磨耗磨煤出力和提升压头等有价值的的数据,并以此作为依据进行风扇磨的选型设计。

2 S型风扇磨煤机的选型与应用

S型风扇磨煤机系列在设计上遵循一定

收稿日期 1993 04 23 修改定稿 1993 05 15

本文联系人 成庆刚 男 30 工程师 150040 哈尔滨市动力区旭升街9号

的相似准则：叶轮线速度相等（均在 80 ~ 84m/s），比高度，比宽度接近，叶轮大小有规律地增长，整个系列的风扇磨几何相似，风煤比均在 2 Nm³/kg。

风扇磨的破碎是由于风扇磨的叶轮对煤粒的冲击、煤粒与冲击板表面的摩擦、煤粉与磨壳碰撞、煤粒之间互相碰撞形成的，其破碎效果与风扇磨的叶轮的旋转速度、磨入口处煤的浓度以及进磨前的干燥程度有关。

不管是冲击破碎还是摩擦破碎，都决定于叶轮的线速度，线速度越大破碎能力越强。S 型系列风扇磨煤机的一个显著特点是线速度均在 80 ~ 84 m/s 范围内。由于各磨煤机的几何形状基本相似，所以保持了相同线速度即基本保持了相同的打击能力，因而对于相同的煤种，相同的热力工况可得到相同的煤粉细度。

磨煤机的通风能力，除了与线速度有关外，还与冲击板宽度、高度、个数、机壳张开度以及磨前、磨后系统阻力有关。为了达到合理的输送能力，S 型风扇磨系列的另一个显著特点是风扇磨系列的风煤比是一个常数，等于 2 Nm³/kg。

有了以上两个等值，如果再取相同的磨入口干燥介质温度，那么对于相同的煤种，则各系列的磨煤机的研磨效果基本相同，亦即各种型号的磨煤机的研磨性能可以由一小型试验风扇磨的试验参数来确定。

S_{02.300} 试验风扇磨的试磨方法就是取少量煤样在试验磨制粉系统进行研磨试验（试验系统见图 1），取得该煤种在试验条件下的试磨特性参数，如磨煤出力、提升压头、单位电耗、单位磨耗、煤粉细度、干燥剂温度、干燥剂量和风煤比等有价值的数据。并根据流动和几何相似原理将其外推到大型工业风扇磨的选型设计计算。

2.1 试磨出力

由上述分析可知，试磨方法所确定的磨

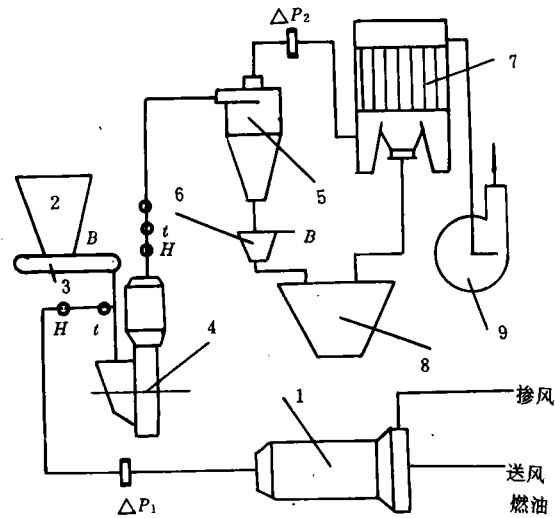


图 1 S_{02.300} 试验磨煤机试验系统图

1. 烟气发生炉 2. 原煤斗 3. 给煤机 4. S_{02.300} 试验磨煤机 5. Φ400 细粉分离器 6. 电子称 7. 布袋除尘器 8. 煤粉斗 9. 排粉机 H 静压 t 温度 B 出力 ΔP 动压
煤出力与大型工业磨煤机的磨煤出力具有以下关系⁽⁴⁾

$$B_{mg} = \left(\frac{D_{2g}}{D_{2m}}\right)^{1.4} \left(\frac{b_g}{b_m}\right)^{0.8} B_{mm} \quad (1)$$

式中：B_{mg}—大型工业磨煤机的磨煤出力，kg/h；

D_{2g}, D_{2m}—分别是工业磨和试验磨的叶轮直径，m；

b_g, b_m—分别是工业磨和试验磨的冲击板有效宽度，m；

B_{mm}—试验磨煤机的出力，kg/h。由试磨得出。

图 2 是根据 S_{02.300} 试验磨煤机磨制扎赉诺尔褐煤和霍林河褐煤的试磨煤的试磨结果整理出 S_{02.300} 试验磨煤机的出力与煤粉细度，单位磨煤电耗和提升压头的关系。

2.2 试磨的提升压头^(5,6)

过去，设计部门一直认为 EVT 公司提供

的通风特性曲线(M2711)是含粉气流的热态通风特性曲线。通过近几年运行经验和理论分析认为,该曲线是纯通风特性曲线,这是因为:

2.2.1 通风量在热态情况下变化是有限的,当风速低到一定程度,即风煤比低于 1.8 Nm³/kg 时,磨煤机已达到堵塞出力。因此,在热态情况下,不可能作出 M2711 所示的完整的通风特性曲线。

通风特性曲线。

2.2.3 由于当时把冷态提升压头当成热态提升压头,曾给清河电厂、沈阳加压气化厂的风扇磨运行造成了不良影响。特别是沈阳加压气化厂的 S_{9.100} 型风扇磨,因制粉系统阻力远远超过磨煤机的提升压头,几经改造,降低阻力后方投入运行^[5]。

试磨所确定的提升压头与大型工业磨煤机的提升压头具有如下关系。

$$\Delta P_g = \left(\frac{D_{2g}}{D_{2m}}\right)^2 \left(\frac{n_g}{n_m}\right)^2 \frac{\rho_g}{\rho_m} \Delta P_m \quad (2)$$

式中: $\Delta P_g, \Delta P_m$ 分别是工业磨和试验磨的提升压头, Pa; ΔP_m 是由试验确定(图 2)

n_g, n_m 分别是工业磨和试验磨的转速, r/min;

ρ_g, ρ_m 分别是工业磨和试验磨的输送介质密度, kg/m³。

2.3 试磨电耗

我国褐煤电厂的风扇磨制粉系统单位磨煤电耗的运行值多在 $E_m = 11.5 \sim 13.5$ kWh/t, 其对应的煤粉细度 $R_{90} = (37 \sim 55)\%$, 粗分器出口风粉比 $q_3 = 2 \sim 4$ kg/kg。而设计时单位电耗普遍选大, 一般取 $E_m = 15.5 \sim 18$ kWh/t, 这样选择磨煤机的轴功率是不经济的。自引进 EVT 公司的 S 型风扇磨的制造技术之后, S 型风扇磨的磨煤电耗的设计值的选取是在 S_{02.300} 试验磨煤机对设计煤种试磨后得到的电耗值而推算出来的, 其方法如下。

大磨的单位磨煤电耗

$$E_m = E_0 K_1 K_2 \quad (3)$$

式中: E_0 一对应出力 B_m 时的额定单位磨煤电耗, kWh/t, 由 S_{02.300} 试验磨得出。

$$E_0 = \frac{E_{m1} K_2}{K_2 \eta_1 \eta_2}$$

E_{m1} —S_{02.300} 试验磨单位磨煤电耗, kWh/t, (由图 2 得出);

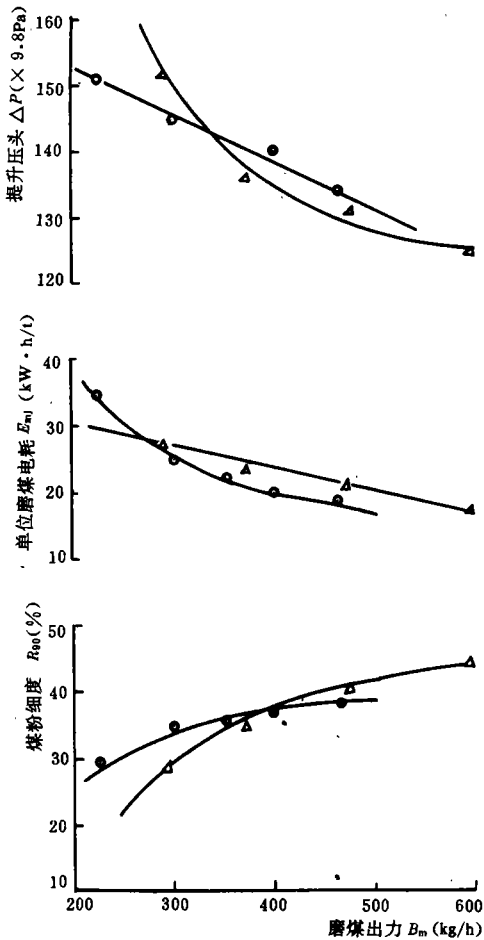


图 2 S_{02.300} 试验磨煤机磨煤特性试验
 △ 扎赉诺尔褐煤 · 霍林河褐煤

2.2.2 我国元宝山电厂、清河电厂的风扇磨实测结果也证明了 M2711 曲线是冷态纯

K_2 — $S_{02.300}$ 试验磨结构修正系数, (查表 1);
 K_2 —大磨的结构修正系数, (查表 1);
 η_1, η_2 —分别是电机传动效率和电机效率;
 K_1 —可磨性修正系数, (查图 3)。

表 1 风扇磨的结构修正系数

转速 (r/min)	3000	1500	1000	750	600	500	420
修正系数 K_2	1.432	1.1	1.0	0.98	0.95	0.92	0.90

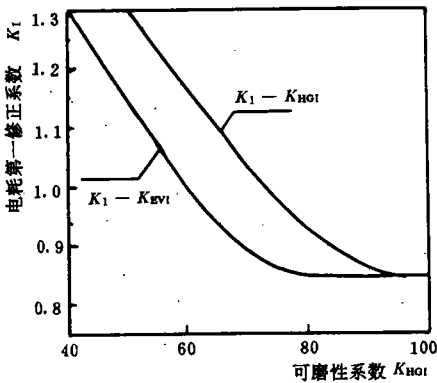


图 3 电耗第一修正系数 K_1 与可磨系数 K_{HGI} 的关系

2.4 冲击板使用寿命估算

风扇磨煤机冲击板的使用寿命直接影响着制粉系统的安全性经济性。目前国内除了运用煤的磨损指数大小而对冲击板的磨损强弱程度估算外,还缺少磨煤机的冲击板使

用寿命的估算方法。作为试磨内容之一,我们直接测得 $S_{02.300}$ 试验磨煤机冲击板的金属磨耗量来估算冲击板的使用寿命。 S 型风扇磨煤机的冲击板使用寿命的估算公式为:

$$T = \frac{1000GK_{ly}}{g_{mh} \left(\frac{D_{2g}}{D_{2m}}\right)^{1.4} \left(\frac{b_g}{b_m}\right)^{0.8} B_m} \quad (4)$$

式中: T —冲击板使用寿命, h;
 G —冲击板总的重量, kg;
 K_{ly} —金属利用率;
 g_{mh} —冲击板的单位金属磨耗率, g/t。由试磨试验得出, (见图 4)。

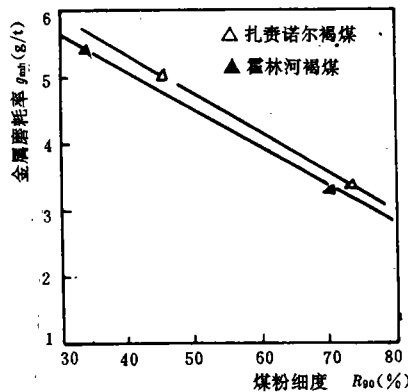


图 4 $S_{02.300}$ 试验磨磨损特性曲线

3 选型计算举例

表 2 给出利用 $S_{02.300}$ 试验磨的试验磨数据在富拉尔基二厂, 通辽电厂的风扇磨选型中应用。

表 2 选型计算

项 目	符号	单位	公 式	富拉尔基二厂	通辽电厂
试验磨的叶轮直径	D_{2m}	m	结构参数	0.460	0.460
试验磨的冲击板有效宽度	b_m	m	结构参数	0.090	0.090

续表 2

项 目	符号	单位	公 式	富拉尔基 二厂	通辽电厂
工业磨型号				S _{36.50}	S _{45.50}
工业磨的叶轮直径	D _{zg}	m	结构参数	3.180	3.400
工业磨的冲击板有效宽度	b _g	m	结构参数	0.644	0.880
试验磨的最大试磨出力	B _{mm}	kg/h	图 2	595	495
推算大磨最大出力	G _{mg}	kg/h	公式(1)	43029	50467
大磨实际出力	D' _{mg}	kg/h	据调试报告	44700	54000
误差	e	%	$\frac{B_{mg} - B'_{mg}}{B'_{mg}} \times 100\%$	- 3.7	6.5
大磨转速	η _g	r/min	设计值	500	500
试验磨转速	η _m	r/min	实测值	3300	3300
大磨输送介质密度	ρ _g	kg/m ³	实测值	0.962	0.844
小磨输送介质密度	ρ _m	kg/m ³	实测值	0.841	0.881
小磨提升压头	ΔP _m	Pa	实测值	125 × 9.8	134 × 9.8
推算大磨提升压头	ΔP _g	Pa	公式(2)	152 × 9.8	187 × 9.8
大磨实际提升压头	ΔP' _g	Pa	实测值	157 × 9.8	181 × 9.8
误差	e	%	$\frac{\Delta P_g - \Delta P'_g}{\Delta P'_g} \times 100\%$	- 3.2	3.31
试验磨试磨电耗	E _{m1}	kWh/t	试磨得出	18.24	17.46
哈氏可磨系数	K _{HGI}		分析值	71.66	62.6
可磨性修正系数	K ₁		图 3	0.98	1.14
试验磨修正系数	K ₂		表 1	1.423	1.423
大磨结构修正系数	K ₂		表 1	0.92	0.92
大磨额定单位磨煤电耗	E ₀	kWh/t	$E_{m1} \frac{K_2}{K_1 271.72}$	11.80	11.37
大磨单位磨煤电耗	E _m	kWh/t	公式(3)	11.80	13.16
大磨电耗实际值	E _m	kWh/t	实测值	12.02	13.97
误差	e	%	$\frac{E_m - E_m}{E_m} \times 100\%$	- 1.83	- 5.8
大磨冲击板总重	G	kg	结构参数	3440	4158
金属利用率	K _{ly}	%	取定	30	30
大磨冲击板使用寿命预测	T	h	公式(4)	~ 5830*	5800*
大磨实际值	T'	h		> 2500**	> 2500**

* 是指单一煤种而言。由于电厂煤质多变,大磨的实际冲击板使用寿命低于预测值,但该方法的正确性是毋庸置疑的。

由此可看出,根据流动和几何相似建立的 S_{62.300} 试验磨煤机的试磨方法是可行的,随

着试磨结果的应用和发展,它将对我国电厂锅炉的磨煤机选型和制粉系统设计起着重要

作用。

对于高原地区的风扇磨煤机的选型设计。由于大气压降低而导致的燃烧反应速度降低带来的影响,其提升压头除了考虑密度(即大气压力、输送介质温度)的修正外,在选择煤粉细度、热空气温度等都作慎重的考虑。一般的选择原则是:高原地区的风扇磨煤机的选取比一般地区的风扇磨煤机的选取大一个型号^[6]。

4 结论

S_{02.300} 试验磨煤机方法的研究为国内电厂的磨煤机选型和制粉系统设计计算提供了科学的依据。综合以上研究分析认为:根据流动和几何相似而建立的 S_{02.300} 试验磨煤机制粉系统的试磨方法是科学的,其试验结果的准确度能够达到设计要求的,试验结果可以

为电厂磨煤机选型设计和制粉系统设计计算提供有关的特性参数。通过试磨研究,一方面可以对煤质特性进行综合性评价,另一方面还可以得该煤种在该型磨煤机中的研磨特性以提供设计依据。

参考文献

- 1 Von U. Schiiler. Stand der Mahltechnik in Kraftwerken. VGB, 1990.(7)
- 2 何佩敖,张肃.我国风扇磨煤机制粉系统的设计问题.电站系统工程,1991,(2)
- 3 金秀浩.KSG 风扇磨煤机.沈重技术,1990,(4)
- 4 成庆刚.S_{02.300}试验磨的试磨方法的研究探讨.电站辅机,1992,(3)
- 5 张永兴.WGZ65/39—12 锅炉制粉系统改造技术.动力工程,1991,(1)
- 6 张安国.电力部行业标准 DL466—92 电站磨煤机及制粉系统选型导则.西安热工所,1992

(上接第 209 页)

参 考 文 献

- 1 赵长遂.旋涡流化床悬浮段气固悬浮流试验研究.东南大学学报,1990,20,(2),PP:35~41
- 2 段钰锋,赵长遂,徐益谦.旋涡流化床颗粒运动和扬析机理试验研究.东南大学学报,1992,Vol. 22,增刊,PP:76~82
- 3 徐谷衡,章名耀,徐益谦.NIT 燃煤增压流化床燃烧模型计算.工程热物理学报,1986,17(4)
- 4 [英]霍华德 J R 主编.流化床的燃烧和应用.科学出版社,1987.4
- 5 Korenberg J., etc. Two-stage circulating fluidized bed combined with cyclone combustion, Proc. of 10th Int. Conf. on FBC, ASME, 1989, 1019-1024
- 6 付维标,卫景彬.燃烧物理学基础.机械工业出版社,1984
- 7 金保升等.采用旋涡燃烧技术改造抛煤链条炉.中国工程热物理第八届年会论文集,四分册,北京,1992

<i>C</i>	重量浓度或体积浓度,kg/kg 或 m ³ /m ³
<i>C</i> ₀	初始重量浓度,kg/kg
<i>C</i> _{max}	截面最大体积浓度,m ³ /m ³
<i>C</i> _{min}	截面最小体积浓度,m ³ /m ³
<i>d</i> _p	颗粒直径,m
<i>D</i> ₁	切圆直径,m
<i>D</i> ₀	悬浮空间内径,m
<i>H</i>	悬浮空间内高度,m
<i>Q</i> ₁	一次风体积流量,m ³ /h
<i>Q</i> ₂	二次风总体积流量,m ³ /h
<i>Q</i> _{2<i>i</i>(<i>i</i>=1,2,3)}	第 <i>i</i> 排二次风体积流量,m ³ /h
<i>r</i>	径向座标,m
<i>R</i>	悬浮空间半径,m
<i>R</i> ₂	二次风份额,%
	$R_2 = Q_2 / (Q_1 + Q_2)$
<i>t</i>	扬析时间,min
<i>e</i>	浓度不均匀系数
	$e = (C_{max} - C_{min}) / C_{max}$
<i>β</i>	二次风入射角(射流方向与入射点切线所夹锐角),度
<i>m</i>	颗粒质量流率,kg/(m ² ·s)

符 号

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,