

煤磨损指数的试验研究及其 在磨煤机选型中的应用*

成庆刚 杨卫星 杨文国

(哈尔滨电站设备成套设计研究所)

〔摘要〕通过借鉴美国 YGP 磨损试验装置的主要参数,研制出适合我国煤种实际情况的 MS-YGP 磨损试验装置,该装置对我国近 30 种典型动力用煤的磨损指数测定结果与若干电厂工业磨煤机的实际情况相吻合,具有较高的可靠性。运用 MS-YGP 磨损试验装置测定的数据,可作为工业磨煤机的选型依据之一。

关键词 磨损试验机 磨损 磨煤机 选型

1 前言

为了判断煤在破碎过程中对磨煤机金属研磨件的磨损强烈程度,许多国家都用煤的磨损指数来表示这一特性。由于 YGP 磨损试验装置的磨损试验过程和磨煤机的磨煤过程类似,因此,该方法可给出一种测量过程中金属磨损的方法(以 mg/kg 表示,即每公斤煤在试验过程中金属磨损量为多少毫克),利用该法可以根据煤的磨损指数大小对煤的磨损特性进行分类。1985 年在国际标准化会议上,将英国 B & W 公司所采用的 YGP 磨损试验装置确定为煤的磨损指数(Abrasion-index)分析装置的国际标准草案。

我们借鉴了 YGP 磨损试验装置的主要参数,研制出 MS-YGP 磨损试验装置。

2 试验方法

MS-YGP 磨损试验装置结构如图 1 所示。

磨损试片材料是由工业纯铁制成,纯铁是一种较软的材料,硬度小,且不易产生加工硬化现象。

把清洗干净的磨损试片固定在 MS-YGP 磨损试验装置上,然后称取标准试样 4.0 ± 0.02 kg(按文献[3]有关标准制样),倒入壳体,启动电机,电机转到 4 分钟自动停止,取下试片,清洗称重,则该煤种的磨损指数为:

$$AI = \frac{m_1 - m_2}{M} \times 10^3 \quad \text{mg/kg}$$

式中 AI -- 为煤的磨损指数, mg/kg;

M -- 试样重量, kg;

m_1, m_2 -- 磨损试片的初始、最终重量,

g。

* 机械电子工业部机械工业发展基金项目

收稿日期 1992-12-09

本文联系人 成庆刚 男 30 工程师 150046 哈尔滨市动力区旭升街 9 号

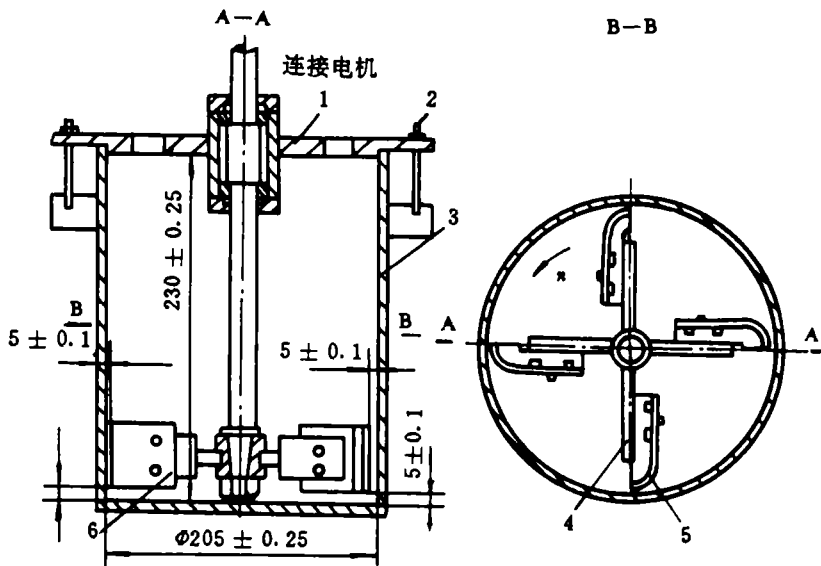


图 1 磨损指数试验装置

1 上盖 2 吊耳 3 壳体 4 十字臂架 5 磨损试片 6 轴

式中 R_{90} —细度, %; a_1, K_1 —常数

3 试验结果与讨论

3.1 磨损指数与细度的关系

由图 2 可看出:对于任一煤种,在试验细度的范围内,煤的磨损指数与所得细度 R_{90} 的自然对数值的减少而呈线性关系,其数学表达式为:

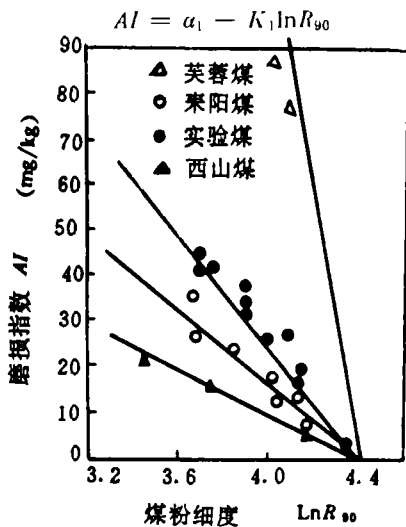


图 2 磨损指数与煤粉细度的关系

上述规律与工业磨煤机上所得的细度与磨损量的关系规律是一致的^[4]。

3.2 磨损指数与煤粉表面积的关系

对上述结果进一步整理发现:煤的磨损指数与试样破碎过程中所形成的煤粉表面积 S 接近于单对数关系(图 3),其数学关系式为:

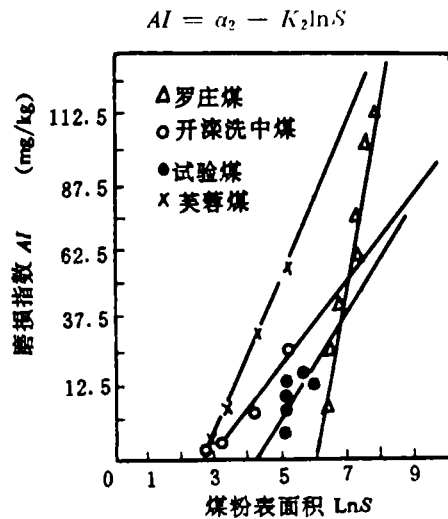


图 3 磨损指数与煤粉表面积的关系

式中 a_2, K_2 — 常数;

S — 煤粉表面积, m^2/kg ;

$$S = \frac{450}{\rho} \cdot \frac{1}{n} \cdot \ln\left(\frac{100}{R_{90}}\right)^{(1/n)}$$

ρ — 煤粉的真密度, kg/m^3 ;

n — 煤粉均匀性系数。

3.3 磨损指数与煤质的关系

众所周知,煤中除了纯煤外,还有高岭土、石英、黄铁矿、方解石、菱铁矿、褐铁矿、磁铁矿、金钢石和长石等几十种矿物质。这些矿物质成分的硬度较大,必然会影响到煤的磨损特性,为此,国内外一些学者在研究煤的磨损特性时,多从煤的矿物质成分和灰成分入手。例如,用灰中 Fe_2O_3 成分反映煤中铁矿的含量,用灰中 SiO_2/Al_2O_3 之比反映石英矿和粘土含量之比,或直接分析煤中矿物质成分。

图 4、5、6 给出若干煤种的灰分、灰成分和磨损指数的关系,由图 4、5、6 可看出,尽管煤中灰分对煤的磨损特性(磨损指数)有一定关系,且磨损指数随煤中灰分($A' \cdot Fe_2O_3$, $A' \cdot SiO_2/Al_2O_3$)的增长呈上升趋势,但由于影响磨损的因素复杂,其数据点还较为分散。从图 4、5、6 中不难发现,如果选择 $AI = 40 \text{ mg/kg}$ 为界限,煤的磨损特性有如下规律:

3.3.1 凡 $A' < 20\%$ 者,90%的煤种的磨损指数 $AI \leq 40 \text{ mg/kg}$ (阴影部分)。

3.3.2 凡 $SiO_2/Al_2O_3 \leq 2$ 者,绝大多数煤种的磨损指数 $AI \leq 40 \text{ mg/kg}$ 。

3.3.3 凡 $A' \cdot Fe_2O_3 \leq 2$ 者,绝大多数煤种的磨损指数 $AI \leq 40 \text{ mg/kg}$ 。

表 1 煤的磨损特性分类

磨损指数 (mg/kg)	磨损特性
$AI < 25$	不强
$AI = 25 \sim 40$	较强
$AI = 40 \sim 50$	很强
$AI > 50$	极强

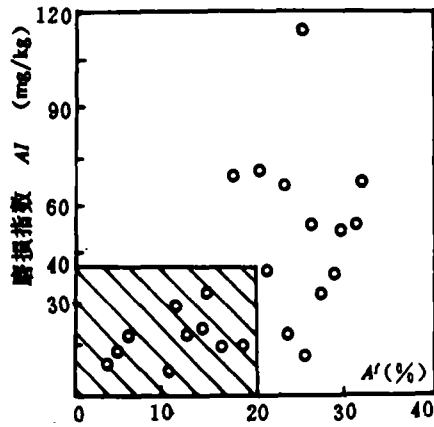


图 4 灰分与磨损指数的关系

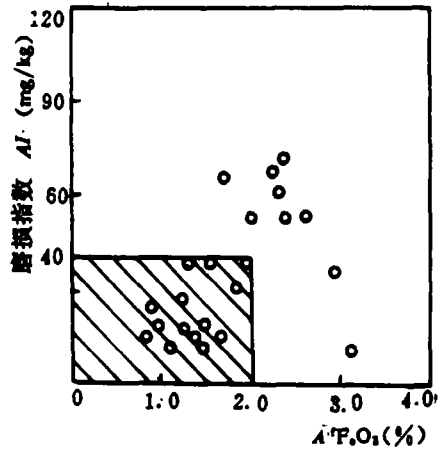


图 5 $A' \cdot Fe_2O_3$ 与磨损指数的关系

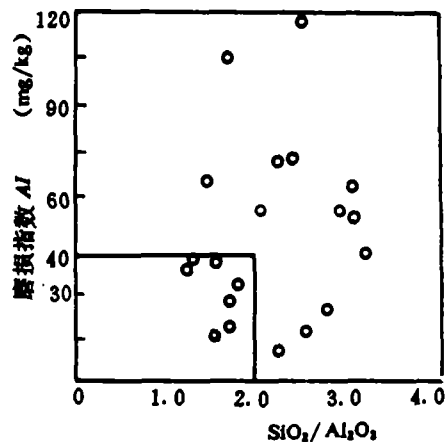


图 6 SiO_2/Al_2O_3 与磨损指数的关系

因此,可以这样认为,当煤的磨损指数大于 40 mg/kg 时,该煤种具有很强的磨蚀性,对于煤的磨损指数可采用表 1 的分类方法。

4 磨损指数在磨煤机选型中的应用

4.1 MS—YGP 磨损试验装置与工业磨煤机的可比性

在煤的磨损试验装置中,磨料主要是煤中石英和黄铁矿等硬质颗粒杂质,所建立的磨损指数反映了在特定条件下的相对磨损性,虽然工业磨煤机中设备特性和材料特性

都与试验装置不一样,但运用该装置所得的磨损指数可以表示不同的工业磨煤机金属研磨件的磨损状况,因为煤在 MS—YGP 磨损试验装置所得出的磨损特性,主要取决于煤中的矿物质的含量,不同型式的磨煤机上的磨损的绝对值不同,而其相对值却是一致的。

已有越来越多的现场数据证明了 MS—YGP 磨损试验装置所得出的煤的相对磨损性具有与工业磨煤机较为可靠的可比性。表 2、3 给出利用 MS—YGP 磨损试验装置测得的磨损指数与风扇磨煤机和中速磨煤机的试验结果对比,证明:煤的磨损指数与现场风

表 2 煤的磨损指数与现场工业磨煤机比较

煤 种	龙口褐煤	霍林河褐煤	扎赉诺尔褐煤	元宝山褐煤	伊敏河电厂混煤
磨煤机形式	S25.60	S36.50	S36.50	S45.50	S12.75
现场磨耗率(g/t)	31~39	15~17	15.75	23.0	9~11
煤粉细度 R_{90} %	35~45	35	40	15	35
设计时数 (h)	1000	>1000	2500	1500	800
实际运行实数 (h)	800~1000	>2500	>2500	1000	800~1200
磨损指数 AI	42.00	11.00	17.25	53.13	24.50
磨损特性	很强	不强	不强	极强	不强

表 3 煤的磨损指数与现场中速磨对比

磨煤机型号	运行细度	研磨件寿命	服役电厂	煤种及磨损指数	
	R_{90} %	h		K_{em}	AI
8.5E	25	11 000	陡 河	开滦洗中煤 2.28	开滦洗中煤 36.78
E70	30	50 000	淮 南	淮南原煤 0.84	淮南烟煤 31.13
RP 783	15	3 500	宝 钢	大同煤 1.67	大同煤 12.13
RP903	25	9 000 以上	姚 孟	平顶山煤 0.75~1.05	
RP 923	25	2 500	石 横	山东混煤 >2.0	电厂混煤 34.4
MPS - 190	35	9 000 以上(单面)	神 头	平朔煤 1.68	
MPS - 212	35	5 000(双面)	朝 阳	西露天煤 3.76	元宝山褐煤 53.75

扇磨和中速磨的金属研磨件的寿命之间具有明显的可比性。

4.2 煤的磨损指数在工业磨煤机中的选型应用

综上所述,煤的磨损指数无疑是工业磨煤机选型所依据的重要指标之一。当然,选择磨煤机类型时,除了磨损指数外,还应综合考虑燃料的种类和特性、锅炉的燃烧方式和负

荷特性、磨煤机的单机出力和锅炉的匹配要求等。特别是首先选择有较强适应能力的磨煤机,其次是煤质分析资料完整与磨煤机选型有关的几个重要指标(如煤的可磨度、磨损指数及燃料特性等一定要具备)。根据我国工业磨煤机的使用情况,对磨煤机选型的建议见表 4。

从表 4 可以看出:不同的磨煤机对煤的

表 4 磨煤机选择推荐表

煤种		磨煤机种类	钢球磨煤机	中速磨煤机			风扇磨煤机	附 注
				ZQM	RP	MPS		
烟煤	$V^r > (27 \sim 40)\%$ $W_{wz} \leq 15\%$ $AI < 40 \text{ mg/kg}$		▽	✓	▽	✓	×	中速磨直吹式 $AI \leq 12 \text{ mg/kg}$ 可选 风扇磨 钢球磨 储仓制
	$V^r > (19 \sim 27)\%$ $AI > 40 \text{ mg/kg}$		✓	▽	▽	▽	×	
贫煤	$AI \leq 40 \text{ mg/kg}$	$R_{90} = (8 \sim 20)\%$	▽		✓		×	
		$R_{90} = (10 \sim 39)\%$		✓			×	
		$R_{90} = (20 \sim 40)\%$				✓	×	
褐煤	$AI > 40 \text{ mg/kg}$		✓					
	$AI \leq 40 \text{ mg/kg}$			×	×	▽	✓	
煤	$AI \geq 60 \text{ mg/kg}$ 高挥发份			×	×	▽	✓	风扇磨宜去掉分离器

• ✓—建议最佳选型,▽—可考虑选用,应进一步比较,×—不推荐选用

磨损指数都有一定的适应性。

4.2.1 钢球磨煤机

由于钢球磨煤机磨球添加方便,对运行影响甚微,所以钢球磨适合于包括褐煤在内的所有煤种。

4.2.2 风扇磨煤机

a. 对于褐煤风扇磨适合于磨损指数 $AI \leq 40 \text{ mg/kg}$ 的煤种,也适合于 $AI \geq 60 \text{ mg/kg}$ 的高挥发分褐煤(并宜去掉分离器)。

b. 对于烟煤,风扇磨也适合于磨损指数 $AI \leq 12 \text{ mg/kg}$ 的煤种。

4.2.3 中速磨煤机

a. RP 磨适合于磨损指数 $AI \leq 15 \text{ mg/kg}$ 的煤种,近年来我国又在 RP 磨的基础上研制成功了 HP 系列磨煤机,改善了 RP 磨的磨辊的磨损不均匀性,扩大了 RP 磨的选型范围。

(下转 153 页)

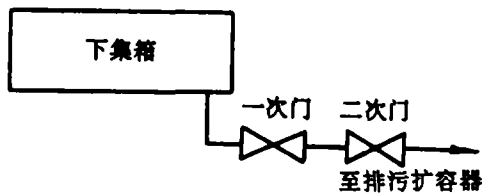


图 1

其操作程序应遵守以下规则:

首先,全开二次门,然后微开一次门(尤其在冬季),使之预热排污管系。在排污管系预热后,再快开一次门进行排污(可不全开)。排污近 30 秒时,关闭一次门,然后关闭二次门。

过去传统的观点认为,先开一次门或二次门无关紧要,其结果容易造成串联的两个排污阀同时渗漏甚至泄漏。因为不统一按先二次门再一次门的顺序开启,则本来二次门是相对处于冷状态,不受带压高温锅水的侵蚀和沉渣作用,此时则必受带压高温锅水冲刷,天长日久,难以保证安全不漏,而且该二次门后开时,开度小,受锅水的冲刷相应最强,又因是在承压下开启,故操作也困难些,尤其是高温高压以上的锅炉,甚至不得不用杠杆来操作。所以,在各炉运行中,操作人员

应严格按先二次门后一次门的操作顺序进行,这样可保护一次门芯几乎不受冲蚀磨损,而且在不停炉的情况下能安全地检修二次门,否则极易造成两个截止阀同时发生泄漏,危及锅炉安全运行。对于中、大型锅炉,则应在一、二次门之间采用联合排污阀,这样既易于按顺序逐点排污,节省人力物力,又有利于安全运行。此种方式排污,应一、二次门全开,而用联合排污阀调整各点排污量。

此外,排污扩容器上宜设置 5~10 m 高的出汽筒,以利于汽化蒸汽排至高空而避免烫伤操作人员,并搞好排污余热的回收利用。

总之,锅炉定排是运行中的一项技术性强的重要工作,操作人员必须掌握其方法,才能达到预期的目的。

参 考 文 献

- 1 范从振. 锅炉原理. 第一版. 水利电力出版社 1986. 5
- 2 刘立湘. DG670/14. 0—3 锅炉运行规程. 湖北青山热电厂, 1980 年
- 3 徐效军. SG-1025/18. 3—M314 锅炉运行规程. 湖北汉川电厂, 1990 年

(上接 142 页)

b. ZQM 磨适合于磨损指数 $AI \leq 40$ mg/kg 的煤种。

c. MPS 磨适合于磨损指数 $AI \leq 40$ mg/kg 的煤种, 对于 $AI \geq 40$ mg/kg, $W^y < 25\%$ 的褐煤, MPS 磨也是优选之列。

5 结 论

1 MS—YGP 磨损试验装置与现场工业磨煤机具有相同的磨损规律。

2 通过对近 30 个煤种的分析比较, 认

为原煤灰分 $A^y \leq 20\%$, $SiO_2/Al_2O_3 \leq 2$, $AI \leq 25$ mg/kg 煤的磨蚀性是不强的。

3 煤磨损指数与现场磨煤机具有一定的可比性, 可应用于电站磨煤机的选型设计。

参 考 文 献

- 1 Yancey, Geer, Price. An investigation of the abrasiveness of coal and it's associated impurities. Mining Engineer, 1951 (3)
- 2 Scieszka S F. New concept for determining pulverizing properties of coal. FUEL, 1985(8)
- 3 张心泽. 硬煤—磨损指数的测定. 热力发电译丛, 1990 (3)
- 4 左鸿恕. 磨煤机的选择. 电力技术, 1991(2)

(138) **Experimental Research of Coal Abrasion Indexes and Their Use in the Type Selection of Coal Pulverizing Mills**..... Cheng Qinggang, et al. (*Harbin Power Equipment System Design & Research Institute*)

On the basis of an assessment of the main parameters of American YGP abrasion test equipment a MS-YGP abrasion test device has been developed which takes into consideration the specific conditions of Chinese coal types. The wear indexes of some 30 typical types of power generation coals determined by using the above-cited device coincide with the actual conditions of several power plant industrial coal pulverizing mills, testifying to the relatively high reliability of the abrasion test device. The data obtained by using the MS-YGP wear test device can serve as a useful basis for the type selection of industrial coal pulverizing mills. **Key words:** *abrasion test device, coal pulverizing mill, wear, type selection*

(143) **An Experimental Study of a Channel Type Inertial Separator for Low Circulation Fluidized Beds** He Weicai et al. (*Harbin Institute of Technology*)

Channel type inertial separators feature a simple structural design, ease of installation and small resistance with a separation efficiency adaptive to low circulation fluidized bed boilers. Based on experimental data, the authors have studied such factors as channel structure, pitch, particle concentration and particle diameter, etc, which may have an influence on separation efficiency. **Key words:** *circulation fluidized bed, inertial separator, separation efficiency*

(147) **Probability Analysis Method for Predicting Crack Life Time of Pressure Vessels**.....

Yang Zichun, et al. (*Naval Academy of Engineering*)

This paper analyses the safety of pressure vessels affected with cracks by the use of a probability analysis method. On the basis of "Pressure Vessel Fault Evaluation Code" combined with due consideration of material property dispersion and the effect of service environment randomness the authors set forth the procedures for calculating structural reliability index and failure probability and make a prediction of the crack propagation life by employing Monte-Carlo method, thus providing a major technical basis for deciding the running condition and the proper time-between-repair of pressure vessels. **Key words:** *probability analysis method, fracture mechanics, pressure vessel*

(152) **Some Comments on Boiler Periodic Blowdowns**..... Huang Shengqi, et al. (*Wuhan Electrical Engineering School*)