

# HP1163 磨煤机磨制印尼煤试验研究

岳峻峰, 邹磊, 张恩先, 贾涛

(江苏方天电力技术有限公司, 南京, 211102)

**摘要:** 利用 HP1163 磨煤机进行了磨制印尼煤的试验。研究了动态分离器转速、一次风量及磨煤机出力等因素对磨煤机特性的影响。试验发现: 煤粉细度随动态分离器转速的增加呈二次方减小, 随磨煤机出力的增加而变大, 随一次风量的增加而小幅减小; 哈氏可磨性指数并不能有效判别印尼煤的磨制难易程度; 磨制印尼煤的最大出力达 90t/h, 干燥出力不足是限制其出力增加的主要因素。试验也表明 HP 磨煤机可以磨制高水分、高挥发分、低热值印尼煤, 这将对电厂节能降耗具有重要的指导意义。

**关键词:** 印尼煤; HP 磨煤机; 煤粉细度; 出力

中图分类号: TK223.25 文献标识码: A 文章编号:

## Study on the Characteristics of Grinding Indonesian Coal by HP1163 Coal Mill

YUE Jun-feng ZOU Lei ZHANG En-xian JIA Tao

Jiangsu Frontier Electric Technology CO., LTD., Nanjing 211102

**Abstract:** The grinding characteristics of Indonesian coal were studied by a HP1163 coal mill. Some major factors that influence the performance of HP coal mill were researched, such as the rotation rate of pulverized-coal dynamic classifier, the primary air flow rate and the mill load. It is found that the fineness of pulverized-coal decrease squarely as augment of the rotation rate of pulverized-coal dynamic classifier, increase as augment of the mill load, decrease as augment of primary air flow rate. Hardgrove index can't distinguish effectively on the grinding difficulty degree of Indonesian coal. The largest Indonesian coal output can reach 90t/h and the insufficient drying capability is main factor that restrict the Indonesian coal output. The experiments show that the HP coal mill can grind high-moisture, high-volatile and low-rank Indonesian coal, which will have an important meaning on saving energy and reducing consumption of the power plants.

**Key words:** Indonesian coal, HP coal mill, fineness of pulverized-coal, maximum mill load

## 0 引言

我国电厂设计燃煤一般以烟煤为准, 随着经济社会全面快速发展, 预计到 2020 年我国电力总装机容量预计会达到 12 亿kW, 其中火电装机容量约为 7.68 亿kW<sup>[1-2]</sup>, 发电用煤的需求量将大幅增加, 优质电煤价格也会相应提高。燃料成本上升成为影响国内电厂经济效益的一个主要问题。对于火力发电厂, 如何减少优质煤, 增加劣质煤的使用量, 提高机组效率是火力发电厂非常关注的一个方面, 因此掺烧价格相对较低的印尼煤成为部分电厂的选择。从煤质特性分析, 印尼煤属于褐煤范畴, 印尼煤具有高挥发分、低灰分、高全水分、低硫分、低软化温度、低热值等特点, 但与我国典型的褐煤相比, 其又具有爆炸性更强的特性, 一般推荐采用MPS中速磨煤机和风扇磨煤机直吹式制粉系统<sup>[3]</sup>。国内对

HP磨煤机磨制印尼煤的研究较少, 燃用烟煤的电厂在原先设计的基础上改烧印尼煤时往往由于没有参考使得磨煤机和锅炉处于较差的运行状态, 同时也会降低磨煤机的使用寿命, 增加检修和发电成本, 因此摸索HP磨煤机磨制印尼煤的特性将对电厂运行具有重要的现实意义。

## 1 设备概况

### 1.1 锅炉简介

某电厂 1000MW 机组锅炉为超超临界参数变压运行螺旋管圈直流炉, 型号为 SG-3040/27.56-M538, 单炉膛塔式布置, 四角切向燃烧。制粉系统采用 6 台 HP1163 中速磨煤机配正压直吹制粉系统。磨煤机参数见表 1。

表 1 HP1163 磨煤机主要设计参数

项 目 名 称	单 位	设 计 数 据
型 号	/	HP1163
最大出力	t.h <sup>-1</sup>	104.5
计算出力	t.h <sup>-1</sup>	72.8
保证出力	t.h <sup>-1</sup>	94.0
最低出力	t.h <sup>-1</sup>	26.1
风煤比	kg.kg <sup>-1</sup>	1.80
磨煤机转速	rpm	27.7
计算出力单耗	kW.h.t <sup>-1</sup>	9.66
保证出力单耗	kW.h.t <sup>-1</sup>	9.83
加载方式	/	弹簧变加载

1.2 煤质特性

表 2 煤质特性分析

项 目	设计煤	印尼煤
收到基碳分/%	61.88	46.18
收到基氢分/%	3.40	3.26
收到基氧分/%	10.78	13.02
收到基氮分/%	0.80	0.66
收到基硫分/%	0.44	0.21
收到基水分/%	13.60	31.8
收到基灰分/%	9.1	4.87
干燥无灰基挥发分/%	34.08	50.43
收到基低位热值/MJ.kg <sup>-1</sup>	23.47	16.81
哈氏可磨指数	54	50

锅炉燃料为烟煤掺配经济性煤种，试验期间四台磨煤机加仓烟煤，一台磨煤机加仓印尼煤。锅炉设计煤种以及印尼煤煤质特性见表 2。表 2 表明，印尼煤的全水分和挥发分很高，热值和灰分较低，哈氏可磨性指数也较低，属于难磨煤种。

2 测量装置及方法

试验时从煤粉分配器出口一次风粉管道上抽取煤粉样品并进行细度，均匀性指数及水分化验，同时测量煤粉管道风速。取样采用德国进口AKOMA自动平衡取样装置，实现全截面网格法等速自动样<sup>[4]</sup>。指示盘将煤粉管道分成 64 个相同面积网格，总取样时间 640s<sup>[5-6]</sup>，自动平衡装置根据差压自动调节抽气器进口调节阀，实现取样速度与管道内气流速度一致，以保证取样准确。系统见图 1。

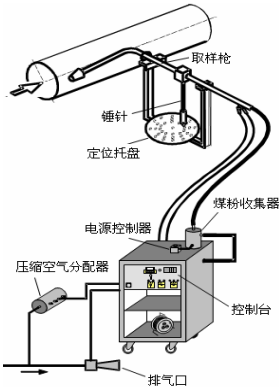


图 1 AKOMA 等速取样装置系统图

其余主要参数如磨煤机进口风压、出口风压、磨碗差压、磨煤机电流及风机电流等由电厂控制系统记录。

3 试验结果及讨论

3.1 动态分离器转速调整试验

HP磨煤机煤粉细度主要通过位于磨煤机顶部的煤粉动态分离器（或折向挡板）控制，通过调整动态分离器转速（或折向挡板角度）可以获得不同的煤粉细度<sup>[7]</sup>。本项目中的HP磨煤机采用动态分离器控制方式。印尼煤的挥发分较高，煤粉着火点较低，可以选择较粗的煤粉细度。煤粉细度可参照褐煤的推荐范围R<sub>90</sub>=35%~50%<sup>[8]</sup>。

由于印尼煤热值较低，其不宜加仓于对应于中间层燃烧器的主力磨煤机，故多数电厂掺烧其在靠近较上层位置的燃烧器。因此，考虑到燃尽和预防锅炉结渣等因素，将煤粉细度调整目标设定R<sub>90</sub>为 35%左右。

保持磨煤机出力在 85t/h，磨进口一次风量，磨出口风温等主要参数稳定，分别调整动态分离器转速为 500rpm、600 rpm、以及 650 rpm 进行试验。动态分离器转速与煤粉细度的关系如图 2 所示。

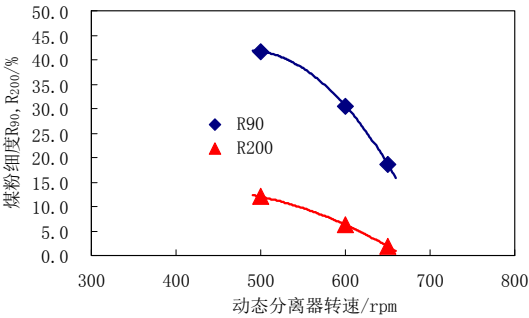


图 2 动态分离器转速与煤粉细度的关系

HP磨煤机磨制印尼煤，动态分离器转速在较低且较窄的转速区间变化时，其煤粉细度随转速的变

化就呈现出了较强的规律性。动态分离器转速在500rpm~650rpm范围变化时，煤粉细度随动态分离器转速的增加呈二次方关系变小，且在这一区间就磨制出了符合锅炉燃烧所要求煤粉细度的煤粉。这与磨制烟煤所要求的较高转速区间600rpm~900rpm形成了鲜明的对比<sup>[9]</sup>。从印尼煤的可磨性看，其哈氏可磨性指数为50，该煤种被划分在难磨煤范围。但图2表明，HP磨煤机磨制印尼煤时，印尼煤并没有反应出难磨的属性。这个现象也说明，用哈氏可磨性指数来反应全水分、干燥无灰基挥发分很高，而灰分很低的印尼煤的磨制难易程度可能存在某种缺陷，需要我们探讨一种其他能够针对我国传统褐煤及印尼煤磨制难易程度的判别方法。

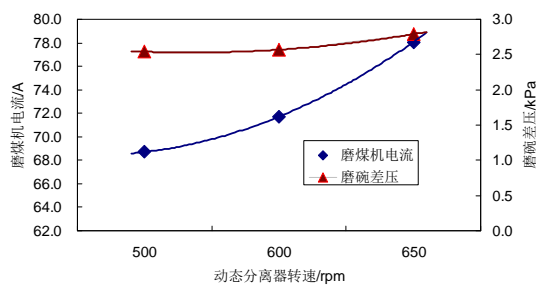


图3 动态分离器转速与磨碗差压、磨电流的关系

在较低动态分离器转速变化区间，煤粉均匀性指数  $n$  基本在 1.1 以上，符合燃烧的要求。这除了动态分离器本身就有改善煤粉分配均匀性的功能外，在较低的转速下能保持如此好的煤粉均匀性，这也与印尼煤的特性不无关系。

HP 磨煤机变动态分离器转速试验时的磨碗差压、磨煤机电流变化特性见图 3。可以发现随动态分离器转速的增加，磨煤机电流呈二次方增大的趋势，磨碗差压也增加较多。动态分离器转速从两个方面影响磨碗差压，一是动态分离器转速增大，分离出的粗煤粉粒子增多，使磨碗上煤层厚度增加，增大了风环喷嘴处流动阻力；二是动态分离器转速增大，使风粉混物流经动态分离器分离区域的流动阻力增大。动态分离器转速增加使得经过煤粉分离器后的回粉增多，磨碗存煤量增加，这也导致了磨煤机电流的相应增加。

印尼煤虽然水分较高，但其在热风温度的干燥下会变的较脆，容易被碾压破碎，因此在动态分离器转速 500rpm~600rpm 区间调整时，可磨制出符合锅炉燃烧要求的煤粉。

3.2 磨进口一次风量调整试验

磨煤机进口一次风量通过改变对煤粉的携带能

力和干燥出力而影响磨煤机的运行性能。磨煤机进口一次风量分别设为 125 t/h、130t/h、135t/h，动态分离器转速为 600rpm，磨煤机给煤量为 85t/h。试验结果见表 3。

表3 磨进口一次风量调整试验数据

磨进口一次风量/t.h <sup>-1</sup>	125	130	135
煤粉细度R <sub>90</sub> /%	32.1	30.6	29.8
磨电流/A	73.5	71.7	70.2
磨碗差压/kPa	2.53	2.57	2.60
进口风压/kPa	7.97	8.03	8.19
磨进口风温/℃	265.1	258.4	250.4
磨出口风温/℃	57.9	58.6	58.3
煤粉均匀性指数	1.15	1.11	1.09

试验表明煤粉细度和磨煤机电流随磨入口一次风量的增加均小幅减小。这说明一次风量的增加增强了磨煤机的碰撞、碾磨能力。通常来说，一次风量增加会提高对煤粉的携带能力，导致煤粉变粗，但由于印尼煤水分含量很高，一次风量的增加会使磨碗内原本潮湿、粘结的煤层处于多孔、疏松且易脆的状态，提高了煤粒子之间、煤粒子与磨辊之间的碰撞、碾磨能力，从而导致煤粉细度下降。这种多孔、疏松且易脆的煤层又会减小磨煤功耗，从而导致磨煤机电流相应下降。当然，一次风量的增加也有负面影响，磨碗压差升高就是其直接后果。虽然较大的一次风量会减薄磨碗内的煤层厚度，降低磨碗压差，但系统阻力与风量呈二次方关系，一次风量的提高会增加磨碗的系统阻力，其远超煤层减薄带来的影响，磨碗差压因此增加。从磨入口风压分析，随着磨入口一次风量的增加，磨入口一次风压也提高较多。因此，一次风量增加对制粉系统带来的磨损和一次风机电耗的增加也是我们必须要考虑的问题。故，一次风量不宜过高，使其处于 130t/h 这个中间值，从安全、经济的角度考虑，都是合适的。

3.3 磨煤机出力调整试验

电厂在改烧印尼煤时发现制粉系统出力受到了较大限制，有必要通过制粉试验了解 HP1163 磨煤机在安全的前提下磨制印尼煤的最大出力，以实现减少发电成本的目的。若磨煤机出力增加仍期望得到符合燃烧要求的煤粉细度，那么动态分离器转速至少要比磨煤机出力为 85t/h 时的转速有所提高，但动态分离器转速提高又会反过来制约磨煤机出力

的增加。因此，当磨煤机出力改变时，其动态分离器转速也必然要相应调整。而对于磨煤机入口一次风量的选择，必然要考虑磨煤机进、出口温度的因素。考虑到出口温度过低容易导致水汽凝结使得煤粉结块，因此磨煤机出口目标风温不应低于某一限定值，具体结果需结合现场试验数据确定。

磨煤机出力 93t/h，动态分离器转速 600rpm，磨煤机入口一次风量 130t/h，磨出口风温 50.9℃，此时，磨入口一次热风门已开足。但运行不久即发现磨煤机有堵磨现象，且煤粉样有结块现象，这说明磨煤机出力无法达到 93t/h。因此，降磨煤机出力至 90t/h，动态分离器转速置于 550rpm，磨入口一次热风门开足，磨出口风温提高至 52.7℃，此时，磨煤机运行稳定，未出现堵磨现象。通过煤粉取样分析，此时的煤粉细度 $R_{90}$ 达到 36.7%，煤粉虽有粘结但未见结块现象。这也说明HP1163 磨煤机磨制印尼煤时已达到最大出力。主要数据见表 4。

与煤粉细度一样，磨煤机电流随磨煤机出力的增加，也呈增加的趋势，出力 90t/h 时的磨电流比出力 85t/h 时的磨电流增加了约 5A，但由于印尼煤的灰分较低，当磨煤机出力增加后，石子煤排放量并未出现显著增加。但印尼煤中细沙偏多，将对研磨件的磨损产生一定影响。

表 4 磨煤机出力调整试验数据

磨煤机出力/t.h <sup>-1</sup>	85	90
煤粉细度 $R_{90}$ /%	30.6	36.7
磨电流/A	71.7	76.8
磨碗差压/ kPa	2.57	2.97
磨进口风压/ kPa	8.03	8.36
磨进口一次风量/t.h <sup>-1</sup>	130	130
磨进口风温/℃	258.4	272.9
磨出口风温/℃	58.6	52.7
动态分离器转速/rpm	600	550
煤粉均匀性指数	1.11	1.10
折算到设计煤种热值的出力/t.h <sup>-1</sup>	60.9	64.5

HP1163 磨煤机磨制印尼煤后，单台磨煤机出力折算到设计煤种热值条件下的出力为 64.5 t.h<sup>-1</sup>，低于磨煤机的设计出力。若各台磨煤机全部磨制印尼煤，则必然影响机组的带负荷能力和系统稳定性。因此，印尼煤的掺烧比例应根据进一步的燃烧调整来确定。

HP1163 磨煤机磨制印尼煤的变出力试验结果表明，受印尼煤水分含量较高这一因素的限制，干燥出力不足成为制约印尼煤出力增加的主要原因。单独从磨煤机角度考虑，为避免煤粉结块，磨煤机

出口风温不宜低于 52℃，为避免煤粉爆炸，磨煤机出口风温不应超过 60℃。

#### 4 试验结论及建议

通过 HP1163 磨煤机磨制印尼煤的试验，研究了动态分离器转速、磨煤机出力、磨进口一次风量与煤粉细度、煤粉均匀性指数等主要参数的关系，得出如下结论：

(1) HP磨煤机磨制印尼煤时，煤粉细度 $R_{90}$ 随动态分离器转速的增加呈二次方下降趋势，磨煤机电流则随动态分离器转速的增大呈二次方关系增长。印尼煤挥发份较大，煤粉着火点较低，可选择稍大的煤粉细度。建议动态分离器转速控制在 500rpm~600rpm区间。

(2) HP 磨煤机磨制印尼煤时，煤粉细度和磨煤机电流随磨入口一次风量的增加均小幅减小。一次风量增加增强了 HP 磨煤机对高水分印尼煤的碰撞、碾磨能力。

(3) 用哈氏可磨性指数来反应全水分、干燥无灰基挥发分很高，而灰分又很低的印尼煤的磨制难易程度欠科学，需探讨一种其他能够针对我国传统褐煤以及印尼煤磨制难易程度的判别方法。

(4) HP1163 磨煤机磨制印尼煤的最大出力能达到 90t/h。随磨煤机出力的增加，煤粉细度和磨电流均呈增加趋势。干燥出力不足限制了磨煤机出力的提高，考虑到制粉系统防爆及水汽凝结问题，建议将磨煤机出口温度控制在不高于 60℃，不低于 52℃。

(5) HP 磨煤机可以成功磨制印尼煤。但印尼煤热值偏低、灰分偏高，会降低磨煤机的有效出力，印尼煤的掺烧比例应根据进一步的燃烧调整来确定。

#### 参考文献：

[1] 徐远纲.大型电站锅炉掺烧印尼煤的研究与利用[D]. 武汉: 华中科技大学, 2010.

[2] 吴式瑜, 王美丽.煤炭在中国能源的地位[J]. 煤炭加工与综合利用,2006,24(5):2-8.

[3] 赵仲琥,张安国,王文元,等.火力发电厂煤粉制备系统设计和计算方法[M].北京:中国电力出版社,1999.

[4] VGR TECHNICAL ASSOCIATION OF LARGE POWER PLANT OPERATORS. Coal dust measurements by means of the zero-pressure pendulum probe [M].Essen:

VGB-Kraftwerkstechnik GmhH, 2000.

[5] 岳峻峰,黄磊,陈华桂.MPS 磨煤机工作特性试验研究[J].热能动力工程,2005,20(1):65-68.

[6] 肖杰,刘跃珍.直吹式制粉系统煤粉取样方法探讨[J].热力发电,2008,37(7):30-34.

[7] 黄新元.电站锅炉运行与燃烧调整[M].北京:中国电力出版社,2003.

[8] DL/T5145-2002,火力发电厂制粉系统设计计算技术规定[S].

[9] 宁新宇.国电谏壁发电厂扩建工程 1×1000MW 超超临界燃煤机组#13 锅炉制粉系统优化调整试验报告[R]. 南京:江苏方天电力技术有限公司, 2011.

---

#### 作者简介:

岳峻峰(1976-),男,内蒙古鄂尔多斯人,工学硕士,高级工程师,从事电站锅炉燃烧优化及性能试验工作。Tel: 15905166908; Add.: 南京江宁区苏源大道 58 号江苏方天电力技术有限公司,邮编: 211102; Email: jfyue\_jsepri@163.com