

# 双进双出磨煤机降低磨煤电耗试验研究

岳峻峰<sup>1</sup>, 肖 杰<sup>1</sup>, 秦 鹏<sup>1</sup>, 苏重明<sup>2</sup>

(1 江苏方天电力技术有限公司, 江苏 南京 211103 2 华润电力有限公司, 江苏 常熟 215536)

**摘 要:** 在一台双进双出磨煤机上进行了降低磨煤电耗的试验, 研究了旁路风量、钢球加载量、钢球分配比例及料位等因素对磨煤电耗的影响。试验表明: 磨煤电耗随旁路风量的增加而逐渐升高, 从旁路风量为 10 t/h 时的 18 kWh/t 上升到 26 t/h 时的 18.24 kWh/t; 磨煤电耗随钢球加载量的增加呈先降低后升高的趋势, 钢球加载量在 54 t 时磨煤电耗最低; 磨煤电耗随料位的增加而逐渐降低, 从 400 mm 料位时的 17.44 kWh/t 下降到 600 mm 时的 16.45 kWh/t。在所有影响因素中, 钢球加载量对磨煤电耗的影响起决定性作用, 但钢球比例和料位对磨煤电耗的影响也不可忽视。

**关 键 词:** 双进双出磨煤机; 磨煤电耗; 钢球

**中图分类号:** TK223.25 **文献标识码:** A

## 引 言

为适应我国燃煤高挥发分、高灰分和强腐蚀性以及煤种多变的实际情况, 沈阳重型机械集团有限责任公司和上海重型机械厂有限公司等先后从国外引进了双进双出磨煤机制粉系统, 该系统在可靠性、可用率、维护性、出力稳定性、煤种适应性、负荷响应能力、风煤比特性、灵活性等方面具有优势, 在国内得到了广泛应用<sup>[1]</sup>。其缺点是磨煤电耗过高, 通常比同等规模的 HR-MPS 中速磨煤机的磨煤电耗高出一倍多, 许多电厂的双进双出磨煤机的磨煤电耗都超过 18.0 kWh/t, 制粉耗电占电厂辅机电总量的 20% 以上。

为解决双进双出磨煤机磨煤电耗过高的问题, 在一台双进双出磨煤机上进行了降低磨煤电耗的试验, 研究旁路风量、钢球加载量、钢球分配比例及料位等因素对磨煤电耗的影响, 以找到合理运行的工况参数, 降低磨煤电耗。

## 1 设备概况

### 1.1 锅炉简介

某电厂 1 号锅炉为哈尔滨锅炉厂有限责任公司

引进三井巴布科克能源公司技术生产的超临界变压运行直流锅炉, 型号为 HG1952/25.4-YM1, 采用前后墙对冲燃烧方式和双进双出钢球磨正压直吹系统, 磨煤机为 4 台 BBD-4360 型双进双出磨煤机, 磨煤机参数如表 1 所示。

表 1 BBD-4360 型双进双出磨煤机主要设计参数

设计煤种	
筒体直径 /mm	4 250
筒体长度 /mm	6 140
最大装球量 /t	94
最佳装球量 /t	80
磨额定出力 /t·h <sup>-1</sup>	最佳装球量 76(煤粉细度 72%通过 200 目)
	69(煤粉细度 75%通过 200 目)
最大装球量	89(煤粉细度 72%通过 200 目)
	82(煤粉细度 75%通过 200 目)
磨入口一次	最佳装球量 117.670
风量 /kg·h <sup>-1</sup>	最大装球量 121.350
密封风量 /kg·h <sup>-1</sup>	4 000

## 1.2 煤质特性

表 2 燃煤特性

	设计煤种	校核煤种	1 校核煤种 2	试验煤种
收到基碳 /%	64.4	54.14	54.5	56.57
收到基氢 /%	3.64	3.51	3.36	3.89
收到基氧 /%	10.05	6.83	7.26	10.87
收到基氮 /%	0.79	0.80	0.73	0.96
收到基全硫 /%	0.43	0.77	0.63	0.88
收到基全水份 /%	12.1	12.93	6.84	12.3
收到基灰份 /%	8.79	21.02	26.68	14.53
收到基低位热值 /kJ·kg <sup>-1</sup>	23 826	20 870	21 156	21 980
可燃基挥发份 /%	38	39	28	37.83
可磨性系数	50	68	58	51

收稿日期: 2010-07-06 修订日期: 2010-09-08

作者简介: 岳峻峰 (1976-), 男, 内蒙古鄂尔多斯人, 江苏方天电力技术有限公司高级工程师。

1号锅炉的设计煤种为神府东胜煤, 校核煤种 1 为混煤, 校核煤种 2 为大同煤, 煤质分析数据如表 2 所示。

## 2 测量方法

试验采用从德国进口的 AKOMA 煤粉取样装置, 在煤粉管道上全截面网格法自动等速取样煤粉, 以保证试验的准确性和可靠性<sup>[2~3]</sup>。试验时对从煤粉管道上抽取的煤粉样品进行重量、细度、均匀性指数和水分分析。一次风速由专用毕托管在煤粉管道上测量。其余主要参数, 如磨煤机进口风压、出口风压、料位、磨煤机电流以及风机电流等, 由电厂控制系统记录。

## 3 试验结果及分析

### 3.1 变旁路风量试验

旁路风主要起原煤干燥和低负荷时保证一次风量携带煤粉的作用, 与负荷风共同组成了进入磨煤机的一次风。由于负荷风量对磨煤机的出力影响很大, 故变旁路风量试验是在维持负荷风量不变的前提下进行, 以研究与磨煤机出力相适应的最佳旁路风量及一次风量。

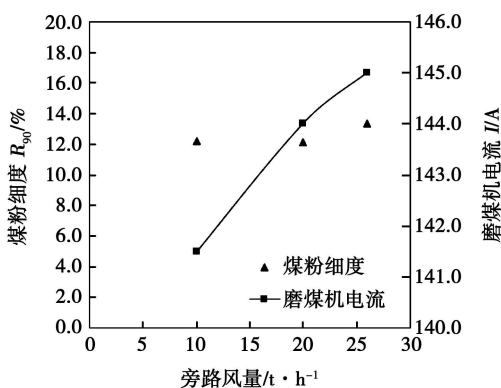


图 1 旁路风量与煤粉细度和磨煤机电流的关系

试验中, 负荷风量保持在 100 t/h 附近, 旁路风量分别为 10、20 和 26 t/h。旁路风量的变化对煤粉细度及磨电流的影响如图 1 所示。旁路风量从 10 t/h 变化到 26 t/h 煤粉细度稍有增长, 但变化幅度不大。磨煤机电流随旁路风量的增加而增大, 这反映了增大旁路风量后, 筒体内的存煤量有所降低。

旁路风量对磨煤机出力和磨煤电耗的影响如图 2 所示。旁路风量从 10 t/h 变化到 26 t/h 磨煤机

出力仅增加了 0.73 t/h, 增加旁路风量对增加磨煤机出力的影响有限。磨煤电耗则随旁路风量的增加而逐渐升高, 旁路风量 10 t/h 时, 磨煤电耗最低, 为 18.0 kW/h, t; 旁路风量 26 t/h 时, 磨煤电耗最高, 为 18.24 kW/h, t。因此, 当磨煤机出力基本不变时, 在满足原煤干燥和一次风速的前提下, 减少旁路风量有助于降低磨煤电耗。

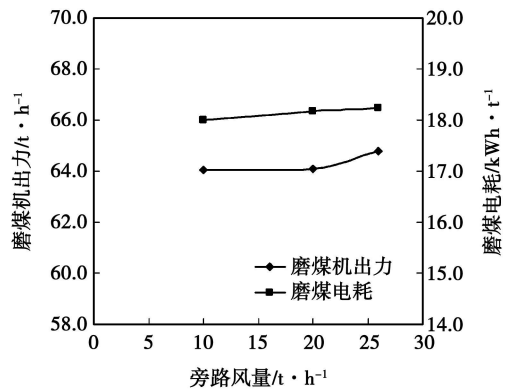


图 2 旁路风量与磨煤机出力和磨煤电耗的关系

### 3.2 钢球加载的影响试验

在磨煤机输入的能量中, 对磨煤机研磨能力有效的是传给钢球在与磨罐、煤块碰撞与磨擦时所消耗掉的动能。磨煤机的钢球加载量增大可提高钢球获得动能比例, 但钢球加载量过大又会限制钢球的运动, 使钢球获得的动能降低, 因此磨煤机存在最佳钢球加载量<sup>[4]</sup>。磨制不同粒径的煤粒子需要不同的钢球, 对于硬度高的煤种和大块煤, 需要较大的动能来击碎, 因此大钢球多一点较适合; 对于易磨煤种和较细煤粒子需要较大的结合面来增加研磨的效率, 因此较小粒径的钢球较适合。

变旁路风量试验表明, 不管风量如何变化, 双进双出磨煤机的磨煤电耗均较高。因此, 磨煤电耗居高不下的原因可能是钢球量过大或钢球比例不协调所致, 需进行钢球加载量试验。

#### 3.2.1 钢球筛选试验

经过筛选统计, 磨煤机钢球总量 69 t, 其中直径小于 15 mm 的钢球 9 t, 直径在  $\phi 30 \sim 40$  之间的钢球 21 t, 直径大于  $\phi 40$  的钢球 39 t。

直径在 15 mm 以下的钢球对煤粉的研磨能力很小<sup>[4]</sup>, 这部分钢球一般视为失效钢球, 及时清除此类钢球是提高磨煤机研磨效率的一种有效手段。

从筛选过的钢球比例来看, 失效钢球的比例约占 13%, 这是磨煤机磨煤电耗偏高的主要原因之一。从煤种的可磨性来看, 试验煤种和设计煤种的

哈氏可磨性指数 HG 分别为 51 和 50 属于难磨制煤种。因此,在钢球比例的选择中,应选择大尺寸的钢球,根据筛选剔除失效小钢球之后的旧球比例来添加钢球即可实现这一目标。

### 3.2.2 变钢球加载量试验

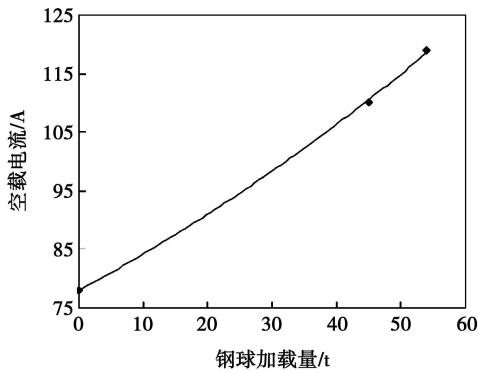


图 3 钢球加载量与空载电流的关系

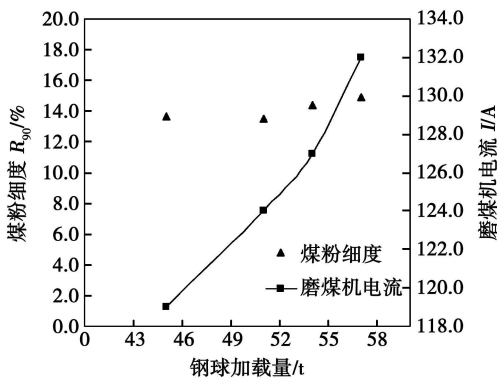


图 4 钢球加载量与煤粉细度和磨煤机电流的关系

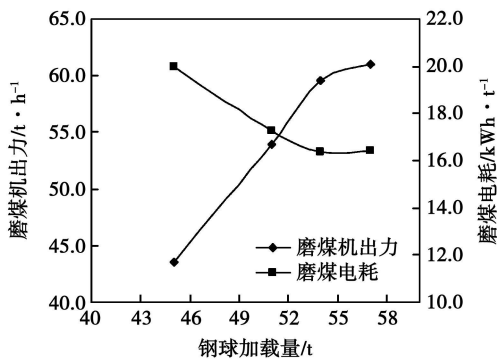


图 5 钢球加载量与磨煤机出力和磨煤电耗的关系

考虑,双进双出磨煤机的钢球加载量就无需加到最大。

图 3 为磨煤机空载时的钢球加载试验结果。从图中可以发现,空筒电流为 78 A 钢球加到 54 时的磨煤机空载电流为 119 A 空载电流随钢球加载量的增加基本呈平缓的指数增加,这与通常的钢球磨煤机规律基本一致。

磨煤机带负荷运行后,煤粉细度及磨煤机电流随钢球加载量的变化关系如图 4 所示。试验期间磨煤机出力基本达到了当时钢球加载量的最大出力。试验表明:随着钢球加载量的增加,煤粉细度变化幅度较小且均比较细,煤粉细度可较好地满足锅炉燃烧要求;钢球加载量较低时磨煤机电流随钢球加载量的增加基本呈线性增长,钢球加载量达到 51 以上时磨煤机电流随钢球加载量的增加呈二次方关系增长。

磨煤机出力、磨煤电耗与钢球加载量的关系如图 5 所示。试验结果表明:钢球加载量在 54 以下时,磨煤机出力随钢球加载量增加的幅度较大;钢球加载量从 54 增加到 57,磨煤机出力从 59.60 t/h 增加到 60.95 t/h 磨煤机出力增加幅度减小。磨煤电耗随钢球加载量的增加则呈先降低后升高的趋势,在 54 钢球加载量时磨煤电耗最低,为 16.35 kWh/t,继续增加钢球量,磨煤电耗开始增加。

### 3.3 变磨煤机料位试验

在钢球加载量 57 的基础上进行变料位试验,磨煤机料位分别为 400、500 和 600 mm。料位与磨煤机出力及磨煤电耗的关系如图 6 所示。随着料位的增加,磨煤机出力有所增大,当料位从 400 mm 增加到 600 mm 时,磨煤机出力增加了 3.35 t/h 磨煤电耗随料位的增加则不断降低。磨煤电耗在 600 mm 料位时最低,为 16.45 kWh/t,较 400 mm 料位时下降约 1 kWh/t,较优化前的最高磨煤电耗下降 9.82%。料位对磨煤电耗的影响不可忽视。

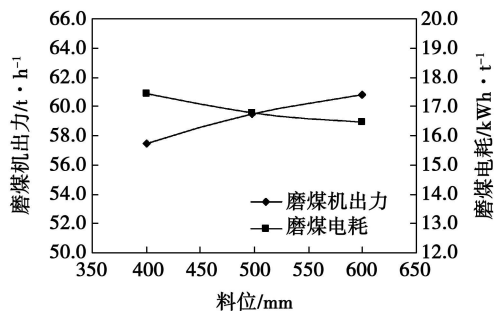


图 6 料位与磨煤机出力和磨煤电耗的关系

当负荷较高时,电厂通常采用 4 台磨煤机运行以增加负荷响应能力,故从降低磨煤电耗的角度考

料位增加后, 磨筒内存煤量上升, 可以有效利用钢球的研磨能力, 提高磨煤机的最大出力, 降低磨煤电耗。但料位过高又会影响到钢球获得的动能与冲击力, 不利于提高磨煤机的研磨能力, 限制了磨煤机的出力。同时, 料位升高也容易导致磨煤机堵塞, 影响磨煤机运行。另外, 由于料位调节具有迟滞性, 运行过程中常会发生料位虚假现象, 当料位虚高时, 为了避免“堵磨”, 运行人员通常会预防性地减煤, 从而导致磨筒内实际存煤量偏低、磨煤机电流增大。综合考虑, 磨筒料位宜控制在 550 mm 附近。

## 4 结 论

对 BBD4360 型双进双出磨煤机进行磨制试验, 研究了钢球加载量、旁路风量、磨筒料位与磨煤电耗、磨煤机出力、煤粉细度等主要参数的关系, 得出结论:

(1) 随旁路风量的增加, 磨煤电耗逐渐升高, 煤粉细度略有提高。

(2) 随着钢球加载量的增加, 煤粉细度变化幅

度较小。磨煤电耗随钢球加载量的增加呈先降低后升高的趋势。要综合考虑对磨煤机出力和磨煤电耗的影响, 选择合适的钢球加载量。

(3) 随着料位的增加, 磨煤机出力略有增加, 磨煤电耗逐渐降低。要综合考虑磨煤机的磨煤电耗和运行的安全与稳定性, 确定合理的料位。

(4) 钢球加载量对磨煤电耗的影响起决定性作用, 钢球比例、料位对磨煤电耗的影响也不可忽视。要及时筛选剔除失效小钢球、添加新钢球。

(5) 通过钢球、料位、旁路风量的优化, 可有效降低磨煤电耗, 优化后的最低磨煤电耗较优化前下降约 9.82%。

## 参考文献:

- [1] 郭玉泉, 郭 磊, 朱乃刚. BBD4062 型双进双出磨煤机运行性能试验分析 [J]. 电站系统工程, 2008 24(4): 39-42
- [2] 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
- [3] 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
- [4] 金维强. 大型锅炉运行 [M]. 北京: 中国电力出版社, 2004.

新技术、新设计

## 波罗的海 2 号海上风力场

据《Gas Turbine World》2010 年 3~4 月号报道, EnBW Erneuerbare Energien 能源公司已与 Siemens Energy 能源公司签署一个供货合同, 为 EnBW 公司的 Baltic(波罗的海)2 号风力场提供每台额定输出功率为 3.6 MW 的 80 台风力涡轮。

此项订货标志着德国在波罗的海的第二个商业海上风力场实施中树立起第一个里程碑。

EnBW Baltic 2 风力场将位于波罗的海西部吕根岛北面约 32 km 处, 并覆盖约 27 km<sup>2</sup> 面积。计划于 2012 年年初开始建造该风力场。

利用它的 80 台风力涡轮, Baltic 2 将具有 288 MW 总装机容量。预期该海上风力场每年将生产 1 200 GWh 电力 ( $G=10^9$ )。

项目工程师声称, 利用该风力场取代火力发电站, 每年将减少 CO<sub>2</sub> 排放 900 kt 节能减排、降低温室效应的效果明显。Baltic 2 计划于 2013 年投入运行、并网发电, 并且它的装机容量约是 Baltic 1 风力场的 6 倍。

(吉桂明 摘译)

Tong bin WEI Chun zhi (Baoding Electric Power Vocational Technical College, Baoding, China, Post Code 071003) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power — 2011, 26(3). — 351 ~ 353

During the practical operation of a steam turbine unit, the main steam pressure inevitably deviates from its reference value and affects the heat rate of the unit. Based on the off-design theory for steam turbines and in combination with the thermal system calculation, a program was designed by using the software MATLAB. With a 600 MW condensing type steam turbine unit serving as an example, the main steam pressure and heat rate correction curves for the unit were obtained through a calculation under the THA (turbine heat acceptance) operating condition. The main steam pressure ranged from 16.0 to 17.3 MPa. Compared with the heat rate correction curve provided by the steam turbine manufacturer, the error between the calculated value and the design one of the heat rate will increase with an increase of the main steam pressure deviation from the design value 16.7 MPa. When the main steam pressure is 16.0 MPa, the error attains its maximum value of 0.045%. However, this maximal error can completely meet the requirements of engineering practice. The research results show that the method in question has a certain calculation precision and is simple and practical. Key words: main steam pressure; off-design operating conditions of a steam turbine; heat rate correction curve

双进双出磨煤机降低磨煤电耗试验研究 = Experimental Study of a Dual Inlet and Outlet Coal Mill for Reducing Its Milling Power Consumption [刊, 汉] YUE Jun feng, XIAO Jie, QN Peng (Jiangsu Frontier Electric Power Technology Co., Ltd, Nanjing, China, Post Code 211102), SU Zhongming (Huanun Electric Power Co., Ltd, Changshu, China, Post Code 215536) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power — 2011, 26(3). — 354 ~ 357

On a dual inlet and outlet coal mill, an experiment for reducing the coal milling power consumption was performed and the influence of the bypass air quantity, steel ball load, steel ball distribution proportion and material level etc factors on the coal milling power consumption was studied. The test results show that the coal milling power consumption gradually increases with an increase of the bypass air quantity, rising from 18 kW·h/t at a bypass air quantity of 10 t/h to 18.24 kW·h/t at a bypass air quantity of 26 t/h. The coal milling power consumption will first decrease and then increase with an increase of the steel ball load. When the steel ball load is 54 t/h, the power consumption will be minimized. It will gradually decrease with an increase of the material level, lowering from 17.44 kW·h/t at a material level of 400 mm to 16.45 kW·h/t at a material level of 600 mm. Among all the influencing factors, the steel ball load will play a decisive role in influencing the coal milling power consumption, the influence of the steel ball proportion and material level, however, can not be ignored. Key words: dual inlet and outlet coal mill; coal mill power consumption; steel ball

焙烧温度对甲烷低温燃烧用 Pd 催化剂性能的影响 = Influence of the Calcination Temperature on the Per-