

DOI: 10.19666/j.rlfed.202212153

电站燃煤锅炉新型煤粉分配器的 研发及应用

闫超¹, 廖伟辉¹, 张锋^{2,3}, 晋中华^{2,3}, 吕兴城¹,
翟利军⁴, 雷航⁴, 王志超^{2,3}

(1. 广东红海湾发电有限公司, 广东 汕尾 516600;

2. 西安热工研究院有限公司, 陕西 西安 710054;

3. 陕西省燃煤电站锅炉环保工程技术研究中心, 陕西 西安 710054;

4. 西安益通热工技术服务有限责任公司, 陕西 西安 710032)

[摘要] 为减小制粉系统风粉分配偏差, 优化锅炉燃烧工况, 拓展煤粉分配器的应用范围, 需研制新型煤粉分配器。通过试验台模型试验的方法研发新型煤粉分配器, 完成了分配器模型的结构设计, 研究了新型煤粉分配器的粉量调节挡板阻力特性、风粉分配调节特性、阻力调节对分配特性的影响和系统风速对分配特性的影响等分配器关键性能。模型试验和工程应用结果表明: 新型煤粉分配器能有效将送粉管道的风量偏差控制在±5%, 粉量偏差控制在±10%; 某电厂3号锅炉完成新型煤粉分配器工程改造及调平试验后, 能有效减小炉膛热负荷偏差, 可将改造前最大偏差达150℃的两金属壁温点的偏差控制在15℃内。新型煤粉分配器的研发和工程应用, 对减小制粉系统风粉分配偏差、解决锅炉运行中出现的偏烧、超温、高温腐蚀等系列问题有一定的指导和借鉴意义。

[关键词] 新型煤粉分配器; HP1003中速磨煤机; 制粉系统改造; 风粉分配

[引用本文格式] 闫超, 廖伟辉, 张锋, 等. 电站燃煤锅炉新型煤粉分配器的研发及应用[J]. 热力发电, 2023, 52(4): 159-166. YAN Chao, LIAO Weihui, ZHANG Feng, et al. Research and application of new pulverized coal distributor for power plant coal-fired boiler[J]. Thermal Power Generation, 2023, 52(4): 159-166.

Research and application of new pulverized coal distributor for power plant coal-fired boiler

YAN Chao¹, LIAO Weihui¹, ZHANG Feng^{2,3}, JIN Zhonghua^{2,3}, LYU Xingcheng¹,
ZHAI Lijun⁴, LEI Hang⁴, WANG Zhichao^{2,3}

(1. Guangdong Honghaiwan Power Generation Co., Ltd., Shanwei 516600, China;

2. Xi'an Thermal Power Research Institute Co., Ltd., Xi'an 710054, China;

3. Shaanxi Engineering Research Center of Coal Fired Boiler Environmental Protection, Xi'an 710054, China;

4. Xi'an Yitong Thermal Technology Service Co., Ltd., Xi'an 710032, China)

Abstract: In order to reduce the air and pulverized coal distribution deviation of pulverized coal system, optimize the boiler combustion condition and expand the application range of pulverized coal distributor, a new pulverized coal distributor needs to be developed. By means of test bench model test, a new type pulverized coal distributor is developed. The structural design of the distributor model is completed, and the key performance of the distribution is studied, such as the effects of the pulverized coal distributor's coal amount damper resistance characteristics, the air and pulverized coal distribution and regulating characteristics, and resistance regulation on the distribution characteristics, as well as the effect of system air speed on the distribution characteristics. The results of model test and engineering application show that, the new pulverized coal distributor can effectively control the air volume

修回日期: 2022-12-13

基金项目: 陕西省重点研发计划项目(2022GY-156)

Supported by: Key Research and Development Program of Shaanxi Province (2022GY-156)

第一作者简介: 闫超(1984), 男, 硕士, 高级工程师, 主要研究方向为电站锅炉燃烧优化调整、节能降耗及改造, yanchao210@163.com。

deviation of the pulverized coal delivery pipeline within $\pm 5\%$ and pulverized coal deviation within $\pm 10\%$. After the engineering transformation and leveling test of the new pulverized coal distributor for No.3 boiler of a power plant, the thermal load deviation of furnace can be effectively reduced, and the deviation of the two metal wall temperature points, which can reach $150\text{ }^{\circ}\text{C}$ before transformation, can be controlled within $15\text{ }^{\circ}\text{C}$, which greatly improves the safety and reliability of the boiler operation. The development and engineering application of the new pulverized coal distributor have certain guidance and reference significance for reducing the distribution deviation of pulverized coal in pulverized coal system and solving the series of problems such as partial burning, over temperature and corrosion in boiler operation.

Key words: new pulverized coal distributor; HP1003 medium speed pulverizer; reformation of pulverizing system; air and pulverized coal distribution

我国 300~1 000 MW 燃煤机组普遍采用直吹式制粉系统,其中中速磨煤机直吹式制粉系统占 60% 以上,其应用也最为普遍^[1]。对于直吹式制粉系统,进入磨煤机出口各送粉管道的风量和煤粉量是否均衡决定了各燃烧器热负荷是否均衡,这是影响锅炉燃烧工况的重要因素^[2-4]。为解决直吹式制粉系统中进入各送粉管道风、粉分配不均衡的问题,通常在制粉系统中加装某种类型的煤粉分配器^[5]。煤粉分配器常见的加装位置是在煤粉分离器和下游送粉管道之间^[6-10]。张沪香^[11]利用双可调煤粉分配器改善煤粉分配均匀性取得了很好的效果,锅炉四角各层送粉管内风量和粉量的最大偏差分别不超过 $\pm 10\%$,高温再热器前两侧烟温的偏差基本控制在 $15\text{ }^{\circ}\text{C}$ 内,未发生送粉管堵塞、受热面超温爆管等问题。靳菲^[12]对煤粉均配器进行了设计和改进,有效提高 Y 型分支管左右两侧出口风量和粉量的均匀性,使得一次风速和煤粉流量偏差均在 5% 以内,满足制粉系统相关标准对风、粉均匀性的要求。

目前电站燃煤锅炉领域应用较广的各类煤粉分配器大多存在调节性能较差、体积过大、结构复杂、易磨损、检修维护不便等问题,且随着磨煤机动态分离器的应用越来越广泛,很多型式的煤粉分配器无法满足现场空间布置要求^[13-14]。针对这种现状,西安热工研究院有限公司与广东某电厂共同设计研发了一种新型可调煤粉分配器,并对其进行了模型性能试验和应用研究。

1 模型设计

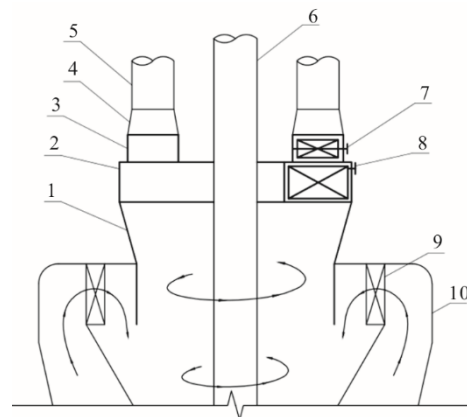
1.1 模型结构设计

新型煤粉分配器的工作原理是通过改变煤粉分配器下游送粉管道进口实际控制面积的方式来调节其粉量分配。新型煤粉分配器的结构设计除需要满足风、粉分配偏差等具体技术指标外,还要考虑设备的系统阻力特性,具体工程应用时还要考虑

安装的便利、运行的可靠和主要部件的使用寿命等问题^[15]。

模型设计时,煤粉分配器与磨煤机分离器出口直接相连,这有利于保证分配器入口的煤粉分布相对均匀。在工程应用中,这种连接方式对整个制粉系统送粉管道的改动也是最小的。中速磨煤机出口各送粉管道通常采用周向对称布置,新型煤粉分配器的粉量调节机构设计为送粉管道入口实际控制面积可调整的结构型式。风量(阻力)调节机构设置在下游送粉管道内,用来调节各送粉管道内的风量。

新型分配器在结构设计时,以 HP1003 中速磨煤机作为应用对象。图 1 为新型煤粉分配器结构示意图。分配器自上而下由风量调节机构、粉量调节机构和扩散 3 段核心部件构成,其中粉量调节机构为分配器的核心部件。



1—分配器扩散段; 2—粉量调节机构; 3—风量调节结构; 4—方圆节; 5—送粉管道; 6—落煤管; 7—风量调节挡板; 8—粉量调节挡板; 9—煤粉分离器; 10—磨煤机壳体。

图 1 新型可调煤粉分配器整体结构示意图

Fig.1 Schematic diagram of the whole structure of the new adjustable pulverized coal distributor

新型煤粉分配器的结构设计与其他分配器相比具有如下优点: 1) 分配器出口数量可按具体锅炉、制粉系统型式要求设计(试验模型设计为 4 个

出口),且分配器出口与原送粉管道连接十分方便,出口数量增加无需改变分配器结构或增大设备体积;2)新型分配器结构紧凑,占用空间小,应用于改造空间有限的项目时,优势更加明显,且基本不改变原有制粉系统结构,不会过多地增加制粉系统阻力。

1.2 分配器模化设计

在新型煤粉分配器的物理模型设计和试验中,无法做到边界条件的完全相似,只能采用近似相似原则进行模化,即满足主要的单值条件和相似准则数相同。具体需满足的近似模化原则有几何相似、边界条件相似、满足 Stokes 和 Froude 准则、流动达到第二自模化区。新型煤粉分配器模型如图 2 所示。



图 2 新型煤粉分配器模型

Fig.2 Model of the new pulverized coal distributor

2 模型研究

2.1 粉量调节挡板阻力特性

新型煤粉分配器的粉量调节主要通过粉量调节挡板调节各送粉管道的进口面积来实现。调节粉量挡板必然会使得粉量调节段的阻力发生变化,同时影响风量和粉量的分配。为降低设备阻力,粉量调节挡板设计为转动调节方式,其调节开度如图 3 所示,调节范围约为 100%~20%^[16]。

粉量调节挡板的阻力特性试验在纯通风条件下进行。试验前先通过调节风量挡板,将 4 根送粉管的风速调平,使其偏差在 2% 内;测量 4 个支管的风速,计算其平均风速为 20.9 m/s;然后调节 1 号管的粉量调节挡板,使 1 号管进口实际控制面积逐渐减小,考察粉量挡板的调节特性及其对系统阻力的影响,试验结果如图 4 和图 5 所示。

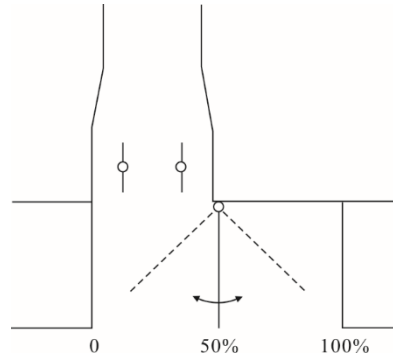


图 3 下游粉管进口面积开度示意

Fig.3 Schematic diagram of the opening of inlet area of the downstream powder tube

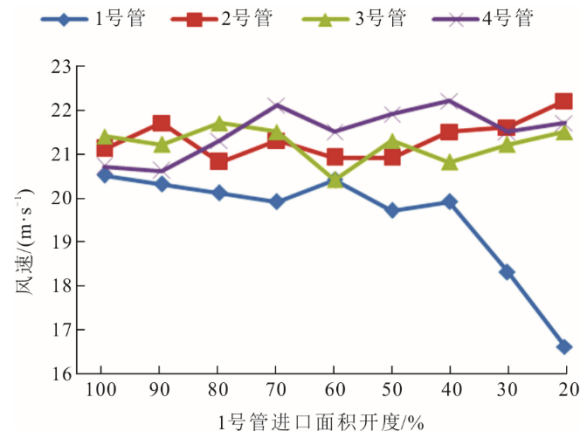


图 4 1 号管进口面积变化对各管风速的影响

Fig.4 Influence of inlet area change of No.1 pipe on air speed of each pipe

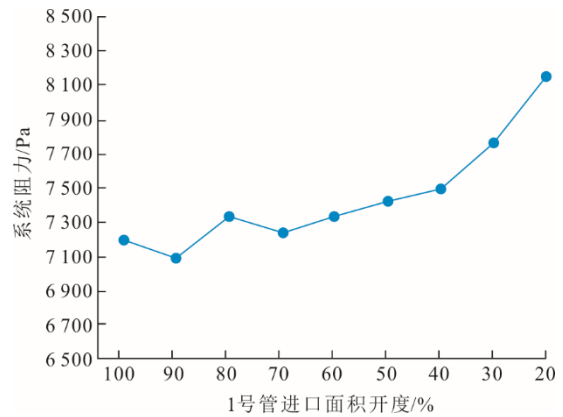


图 5 1 号管进口面积变化对系统阻力的影响

Fig.5 Influence of inlet area change of No.1 pipe on system resistance

由图 4 可见:粉量调节挡板的调节特性与常规挡板调节特性一致,从较大开度 100%到 40%变化时,各送粉管道的风速变化较小;而当开度变化到较小的 40%以下时,粉管风速则变化较大,由 19.9 m/s 迅速降低至 16.6 m/s,其余送粉管道的风速则均上升。

对比图 4 和图 5 的试验结果可以看出,系统阻力变化规律与风速变化规律是一致的,也是在较大

的开度 100% 至 40% 间变化时, 分配器的系统阻力变化较小, 而开度减小到 40% 以下时, 阻力从 7 494 Pa 升至 8 151 Pa, 提升了约 657 Pa。

2.2 风粉分配特性

送粉管道风速、粉量相对偏差定义如下^[17]:

$$\Delta\bar{\omega} = \frac{\omega_i - \bar{\omega}}{\bar{\omega}} \times 100 \quad (1)$$

式中: $\Delta\bar{\omega}$ 为风速或粉量相对偏差, %; ω_i 为送粉管道 i 风速或粉量, m/s 或 kg; $\bar{\omega}$ 为各管道风速或粉量的平均值, m/s 或 kg。

表 1 调平前、后风粉分配特性

Tab.1 Distribution characteristics of air and pulverized coal before and after leveling

项目	调平前工况				调平后工况			
	1号管	2号管	3号管	4号管	1号管	2号管	3号管	4号管
阻力调节挡板开度/%	100	80	90	70	100	80	90	70
送粉管进口面积开度/%	100	100	100	100	100	80	30	40
风速/(m·s ⁻¹)	20.20	21.70	21.40	20.70	20.20	20.80	19.90	20.70
平均风速/(m·s ⁻¹)	21.00			20.40				
风速相对偏差/%	-3.81	3.33	1.90	-1.43	-0.98	1.96	-2.45	1.47
粉量/kg	6.73	9.92	12.07	10.82	9.86	9.47	10.49	9.71
平均粉量/kg	9.89			9.88				
粉量相对偏差/%	-31.9	0.35	22.10	9.46	-0.23	-4.17	6.15	-1.75
系统阻力/Pa	7 284				7 591			

2.3 阻力调节对分配特性的影响

各送粉管道的阻力是影响风量分配的主要因素, 当某一送粉管道阻力变化时, 就会影响到分配到该管道的风量, 在总风量不变的情况下, 其他送粉管道的风量必然会随之改变。研究阻力调节对分配特性的影响时, 以风量和粉量都调平的工况为基础, 将模型 2 号送粉管道风量 (阻力) 调节挡板的开度分别调整为 100%、80%、60% 和 40%, 其他调节挡板的开度保持不变, 分析各送粉管的风量和粉量的变化情况, 试验结果如图 6 和图 7 所示。

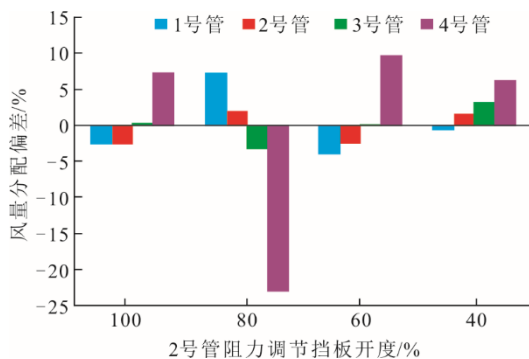


图 6 2 号管阻力调节挡板开度对风量分配特性的影响
Fig.6 Influence of baffle opening of No.2 pipe resistance regulation on air volume distribution characteristics

分配器的粉量调节挡板和阻力调节挡板分别用来调节各送粉管道的粉量和风量。模型试验先调整阻力调节挡板, 控制各送粉管道风速偏差在 $\pm 5\%$, 并测量系统阻力; 再根据各送粉管道的粉量偏差调整粉量调节挡板的开度, 直至各送粉管道的粉量偏差在 $\pm 10\%$, 调平前、后分配特性见表 1。

由表 1 的试验结果可知, 送粉管道进口面积开度对粉量偏差的影响大于对风量偏差的影响, 说明可以通过改变支管进口面积的方法使粉量分配偏差减小。

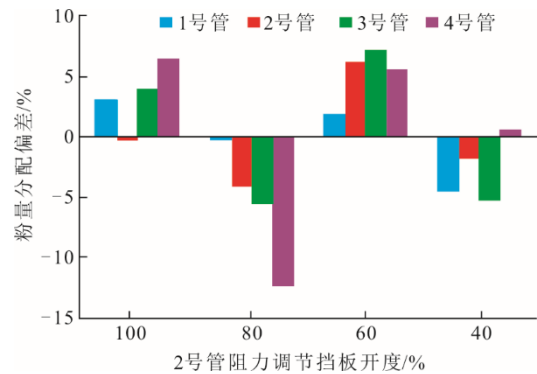


图 7 2 号管阻力调节挡板开度对粉量分配特性的影响
Fig.7 Influence of baffle opening of No.2 pipe resistance on pulverized coal distribution characteristics

由图 6 和图 7 的试验结果可知: 当调整风量挡板改变 2 号管道的阻力时, 其风量和粉量是同时增加或减小的, 但阻力变化对风量的影响明显大于对粉量的影响; 在总风量不变的条件下, 2 号管道风量减少时, 其他 3 根粉管道风量均有增加; 其他 3 根粉管道的粉量变化并无规律, 其粉量有增有减; 当风量 (阻力) 调节挡板的开度由 80% 开大至 100% 时, 2 号和 1 号管道粉量增加, 3 号和 4 号管道粉量减少。从偏差变化的具体数据看, 单粉管阻力变

化对各风管的风量影响要大于粉量，因此可以认为风量分配的调节主要依靠阻力调节。

2.4 通风量对分配特性的影响

实际制粉系统运行中，不同负荷下系统通风量变化较大。若煤粉分配器出口的风、粉分配也随通风量发生较大变化，将会极大地影响煤粉分配器的应用效果。为研究系统通风量对风、粉分配特性的影响，在风、粉分配调平满足偏差要求的情况下，改变系统风速分别为 18、20、22、24 m/s 进行试验，试验结果如图 8 和图 9 所示。由图 8 和图 9 的试验结果可以看出，当系统风速改变时，各粉管道的风量偏差变化较小，但粉量分配偏差变化相对风量偏差变化要大。尽管系统通风量的变化对粉量分配的影响较风量大，但从具体数值上看，系统通风量对风、粉分配偏差的影响最大也仅在 5% 左右，即可以认为当通过煤粉分配器对制粉系统风、粉分配进行调平后，磨煤机运行通风量的变化不会再次造成风、粉分配的不均，煤粉分配器的调节可以在很大范围内适应磨煤机变工况运行的条件。

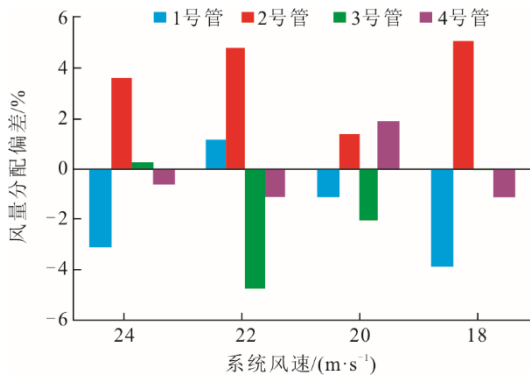


图 8 系统风速对风量分配特性的影响
Fig.8 Influence of system air speed on air volume distribution characteristics

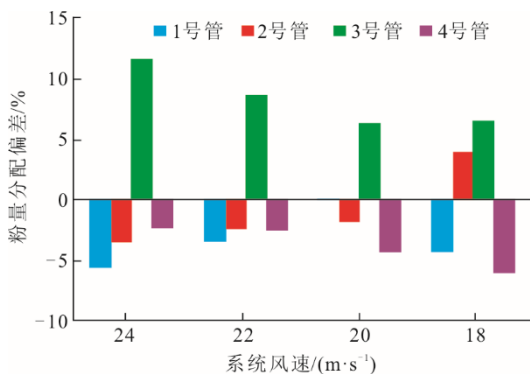


图 9 系统风速对粉量分配特性的影响
Fig.9 Influence of system air speed on pulverized coal distribution characteristics

3 示范应用

广东某电厂 3 号锅炉为东方锅炉（集团）股份公司设计制造的 DG2060/26.15-II 型锅炉，配备中速磨煤机直吹式制粉系统，并设 6 台中速磨煤机。锅炉长期在中低负荷下运行，燃用煤质较为复杂，偏离原始设计煤种较多。锅炉运行中存在水冷壁出口温度偏差大、燃烧器喷口烧损、炉内偏烧及高温腐蚀等问题。磨煤机出口各送粉管道间的风、粉分配均衡性与炉内偏烧及局部高温腐蚀存在直接关系。对 3 号炉 6 台 HP1003/Dyn 型磨煤机的风、粉分配特性进行测试，发现其煤粉量偏差最高达 40% 以上，因此需进行制粉系统煤粉分配装置改造，通过热态送粉管道风量、粉量调平解决风、粉分配不均的问题。

3.1 技术方案

改造共安装 6 台煤粉分配器。为保证风、粉分配的调节效果，实际应用中煤粉分配器的设计和布置在试验模型的基础上做了如下改进：1) 分配器增加了过渡混合段，实现了分配器和磨煤机的分离布置，避免了分配器和动态分离器电机等设备在布置位置上的冲突；2) 在过渡段入口增加扩散锥，使风、粉在混合段内充分混合，改善分配器入口的流场和分配条件；3) 根据实际制粉系统需求将模型出口的送粉管道由 4 根改为 6 根。煤粉分配器及其布置方案如图 10 所示。

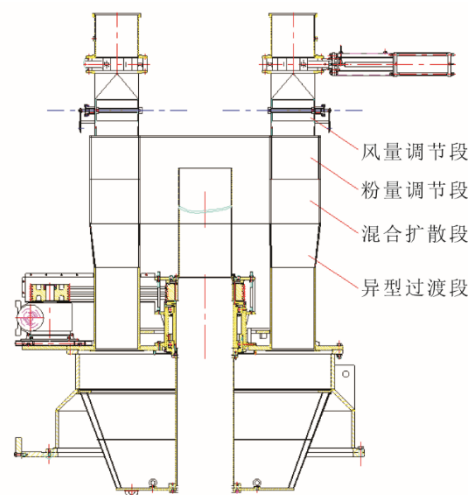


图 10 布置方案
Fig.10 Layout and scheme drawing

3.2 热态风粉调平

改造完成后，在磨煤机热态运行时，维持磨煤机通风量和出力稳定，以风量挡板（即节流调节机

构)为主、粉量挡板(即导流调节机构)为辅,对分配器后送粉管道的风速进行调平,控制风速偏差在±5%。分配器后送粉管道风量调平后,再进行粉量调平。粉量调整以分配器粉量挡板(即导流调节机构)为主、风量挡板(即节流调节机构)为辅,对分配器后送粉管道的粉量进行调平,目标是控制粉量偏差在±10%。

与模型试验一样,新型分配器在实际应用中风量和粉量调平也是一个反复的过程。并且由模型试验结果可知粉量调节过程会对风量产生一定的影响,需要同时对风量进行微调,以保证风量和粉量偏差都满足要求。调平前后风量和粉量分配测试对比数据如图 11 所示。

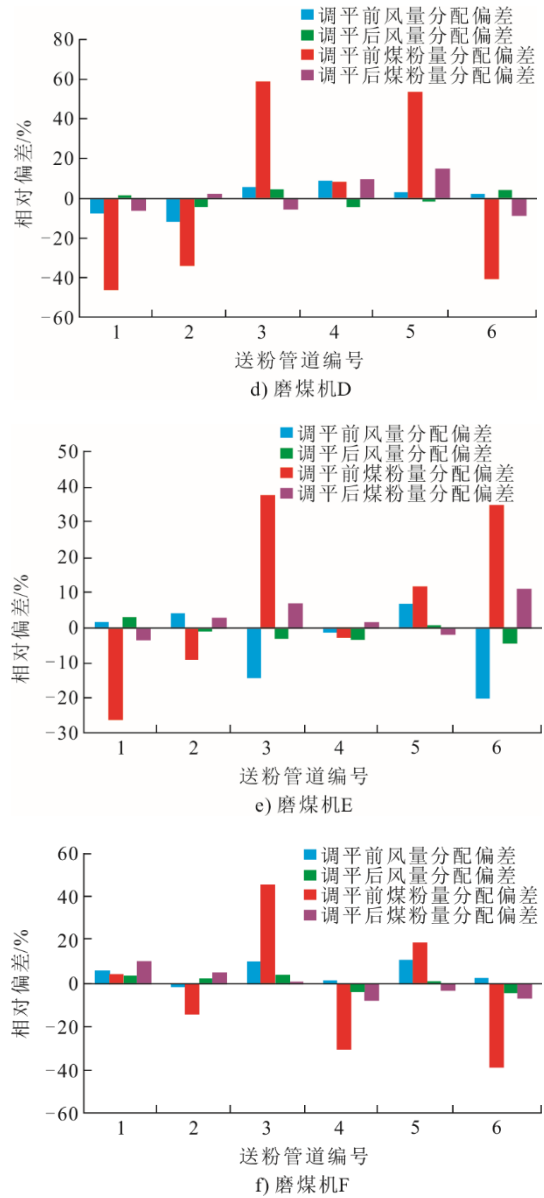
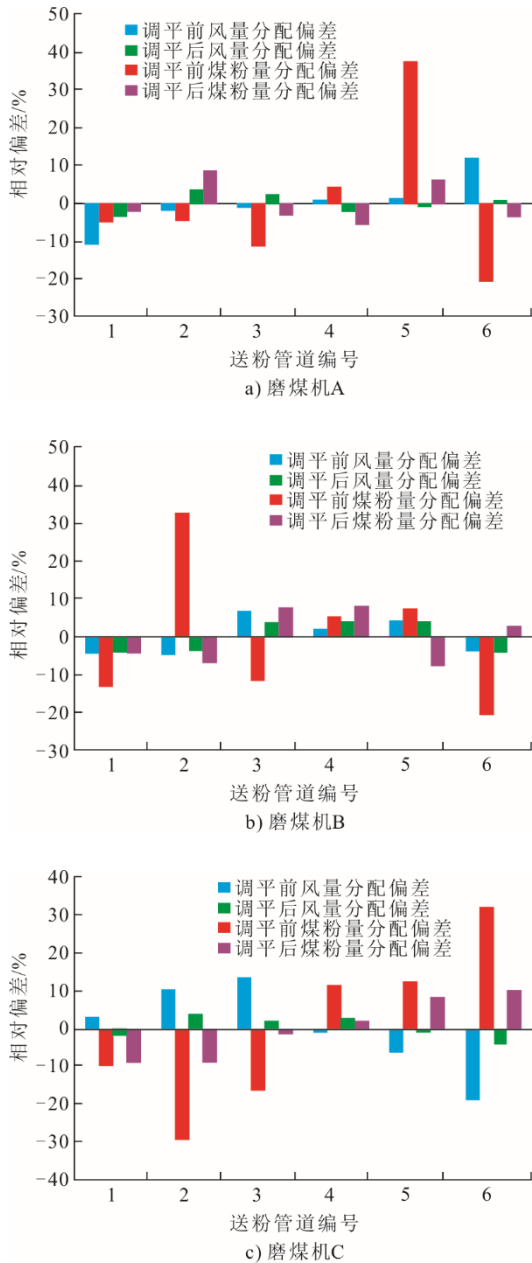


图 11 磨煤机 A—F 调平前后风粉分配偏差
Fig.11 Deviation of air and pulverized coal distribution before and after leveling of A—F coal mill

由图 11 的测试结果可以看出,新型煤粉分配器能有效调整磨煤机出口风粉偏差,经过精细调整,最终可使得每台分配器出口 6 根送粉管道的风量偏差均控制在±5%,粉量偏差均控制在±10%。

4 应用效果

工程改造及调平试验完成后,3 号锅炉炉膛热负荷偏差减小。以 290 MW 负荷时位于锅炉左右两侧的水冷壁凝渣管第 43、25 两壁温测点数据为例进行对比分析可以发现:改造调平完成前,两点壁温最大偏差可达 150 °C,且温度波动较大;改造调平完成后,温度偏差基本消除,具体偏差可控制在

15 °C内。图12为两壁温测点的壁温曲线。由图12可见,调平后黄色和绿色2条壁温曲线基本重合,在变负荷阶段两点温度偏差最高也仅达40 °C,且工况稳定后能恢复并控制在15 °C内。

该厂4号锅炉与3号锅炉完全相同。4号锅炉因烟温偏差较大出现过水冷壁管拉裂,造成锅炉非停

的事故。进行风粉分配优化改造,仅从减小锅炉热负荷偏差,进一步提高设备安全可靠性方面考虑,按减少一次非停计划核算,就可获得经济效益约200万元/a。另外风、粉分配的优化有效降低了水冷壁管高温腐蚀减薄的速率和燃烧器烧损,每年可节省上百万元的检修和备件消耗费用。

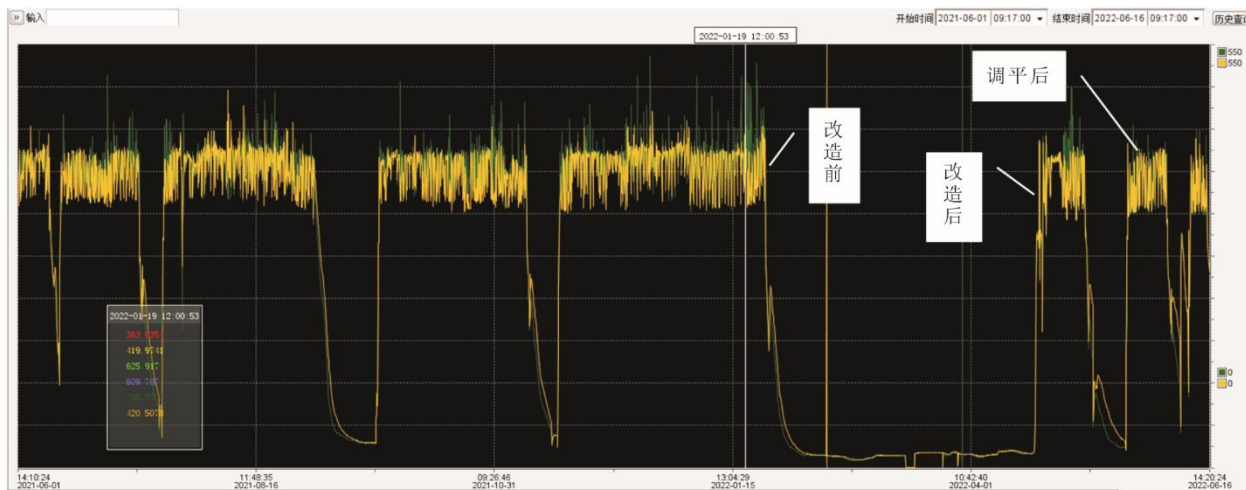


图12 壁温曲线

Fig.12 Metal wall temperature curves

5 结 论

1) 新型煤粉分配器通过改变下游送粉管道进口实际控制面积的方式,能有效调节粉量分配,且送粉管进口面积开度对粉量偏差的影响大于对风量偏差的影响。无论是在模型研究中还是工程应用中,新型煤粉分配器均能有效将送粉管道的风量偏差控制在 $\pm 5\%$,粉量偏差控制在 $\pm 10\%$ 。

2) 阻力改变对风量和粉量的影响趋势是一致的,且阻力变化对风量的影响大于粉量。可以认为风量分配的调节主要依靠调节阻力(节流),而粉量分配的调节主要依靠调节导流。

3) 系统通风量对风、粉分配特性的影响不大。当通过煤粉分配器对制粉系统风、粉分配进行调平后,磨煤机运行通风量的变化不会再次造成风、粉分配的不均,煤粉分配器的调节可以在很大范围内适应磨煤机变工况运行条件。

4) 煤粉分配器工程改造及调平试验完成后,能有效减小炉膛热负荷偏差,提高设备运行安全可靠性。新型煤粉分配器的研究和工程应用取得的实际效果,对减小制粉系统风粉分配偏差、解决锅炉运行中出现的偏烧、超温、高温腐蚀等系列问题有一定的指导和借鉴意义。

[参 考 文 献]

- [1] 刘家利,屠竞毅,方顺利,等.中速磨煤机在大型煤粉电站锅炉应用现状研究[J].热力发电,2021,50(3):19-26.
LIU Jiali, TU Jingyi, FANG Shunli, et al. Application status of medium speed coal mill in large-scale coal-fired power plants[J]. Thermal Power Generation, 2021, 50(3): 19-26.
- [2] 王俊贤,郭建军.直吹式制粉系统风粉分配特性试验研究[J].山西电力技术,2000(1):21-25.
WANG Junxian, GUO Jianjun. Test research on the air-coal distribution characteristics of direct-fired system[J]. Shanxi Electric Power, 2000(1): 21-25.
- [3] 焦世超.煤粉锅炉一次风管风粉配平方案的研究[D].北京:华北电力大学,2011:1.
JIAO Shichao. The primary air pipe of pulverized coal boiler trim scheme of wind and coal[D]. Beijing: North China Electric Power University, 2011: 1.
- [4] 张锋,李雯,贾波,等.风扇磨煤机直吹式制粉系统风粉分配特性[J].洁净煤技术,2017,23(1):69-74.
ZHANG Feng, LI Wen, JIA Bo, et al. Fan mill direct-fired pulverizing system distribution characteristics[J]. Clean Coal Technology, 2017, 23(1): 69-74.
- [5] 国家能源局.火力发电厂制粉系统设计计算技术规定:DL/T 5145—2012[S].北京:中国电力出版社,2012:8.
National Energy Administration. Technical code for design and calculations of coal pulverizing system of fossil-fired power plant: DL/T 5145—2012[S]. Beijing: China Electric Power Press, 2012: 8.
- [6] 王欣,康龙,衣心亮,等.风扇磨煤机风粉比例电动控制器的应用研究[J].吉林电力,2004(2):20-23.
WANG Xin, KANG Long, YI Xinliang, et al. Study of

- automatic proportion distributor of air and coal-powder of fan mill[J]. Jilin Electric Power, 2004(2): 20-23.
- [7] 赵振奇, 毕大鹏, 张恒威. 自动可调叶栅煤粉分配器在富拉尔基发电总厂锅炉的应用[J]. 热能动力工程, 2005, 20(2): 203-207.
ZHAO Zhenqi, BI Dapeng, ZHANG Hengwei. The application of a pulverized-coal distributor with auto-adjustable cascades for boilers at Fulaerji Power Plant general works[J]. Journal of Engineering for Thermal Energy and Power, 2005, 20(2): 203-207.
- [8] 白卫东, 冯兆兴, 庞开宇, 等. 自动可调叶栅煤粉分配器的应用研究[J]. 动力工程, 2001, 21(5): 1444-1449.
BAI Weidong, FENG Zhaoxing, PANG Kaiyu, et al. Application and research on the automatic adjustable pulverized coal distributor[J]. Power Engineering, 2001, 21(5): 1444-1449.
- [9] 李振中, 白卫东, 王旸, 等. 自动可调叶栅煤粉分配器: ZL00211364.3[P]. 2000-04-05[2000-12-08].
LI Zhenzhong, BAI Weidong, WANG Yang, et al. Pulverized coal distributor with auto-adjustable cascades: ZL 00211364.3 [P]. 2000-04-05[2000-12-08].
- [10] 周云龙, 高绥强, 蔡辉, 等. 可调式煤粉分配器煤粉分配特性的实验研究[J]. 东北电力学院学报, 1999, 19(1): 44-49.
ZHOU Yunlong, GAO Suiqiang, CAI Hui, et al. Experimental study for pulverized coal distribution characteristics in adjustable pulverized coal distributor[J]. Journal of Northeast China Institute of Electric Power Engineering, 1999, 19(1): 44-49.
- [11] 张沪香. 改善煤粉分配均匀性措施的研究[J]. 华电技术, 2010, 32(2): 29-33.
ZHANG Huxiang. Study on improving measures for pulverized coal distribution evenness[J]. Huadian Technology, 2010, 32(2): 29-33.
- [12] 靳菲. 电站锅炉直吹式制粉系统输粉管均配器模拟试验研究[D]. 北京: 华北电力大学, 2014: 1.
JIN Fei. Study and simulation test on pulverized coal pipeline distributor of direct blowing pulverizing system in utility boiler[D]. Beijing: North China Electric Power University, 2014: 1.
- [13] 姜武. 煤粉分配器的使用现状及应用前景[J]. 热机技术, 2004(1): 35-42.
JIANG Wu. Application status and prospect of pulverized coal distributor[J]. Heat Power Technics, 2004(1): 35-42.
- [14] 张斯媛. 锅炉煤粉均衡分配控制技术研究[D]. 北京: 华北电力大学, 2015: 1.
ZHANG Siyuan. Research on control technology of balanced distribution of pulverized coal in boiler[D]. Beijing: North China Electric Power University, 2015: 1.
- [15] 王月明. 可调式煤粉分配器的理论与试验研究[J]. 中国电力, 1998, 32(2): 31-34.
WANG Yueming. Theory and testing-research of adjustable pulverized coal distributor[J]. Electric Power, 1998, 32(2): 31-34.
- [16] 贾波. 紧凑型可调煤粉分配器开发及其性能研究[D]. 西安: 西安热工研究院有限公司, 2018: 1.
JIA Bo. Development of compact adjustable pulverized coal distributor and its performance research[D]. Xi'an: Xi'an Thermal Power Research Institute Co., Ltd., 2018: 1.
- [17] 国家能源局. 电站磨煤机及制粉系统性能试: DL/T 467—2019[S]. 北京: 中国电力出版社, 2019: 6.
National Energy Administration. Performance test for pulverizers and pulverizing systems of power station DL/T 467—2019[S]. Beijing: China Electric Power Press, 2019: 6.

(责任编辑 邓玲惠)

广告目次

《热力发电》.....	封三
海阳市谊合建筑机械有限公司.....	后彩插 1
北京柏兰达环境工程有限公司.....	后彩插 2
南京常荣声学股份有限公司.....	后彩插 3
西安热工研究院有限公司.....	后彩插 4—8
恩德斯豪斯(中国)自动化有限公司.....	后彩插 9
上海凯泉泵业(集团)有限公司.....	后彩插 10