

700 MW 四角切圆锅炉低 NO_x 燃烧的数值模拟

钟礼今¹, 张殿平¹, 田登峰², 方庆艳²

(1. 珠海发电厂, 广东 珠海 519000; 2. 华中科技大学煤燃烧国家重点实验室, 湖北 武汉 430074)

摘要: 对一台 700 MW 四角切圆煤粉锅炉低 NO_x 燃烧改造前后开展了多工况炉内流动、燃烧、传热与污染物排放特性的数值模拟。模拟结果与测量值符合良好。数值模拟与实际运行结果都表明: 采用 M-PM 低 NO_x 燃烧器并进行深度空气分级燃烧改造后, 炉内空气动力特性良好, 气流不会直接冲刷水冷壁; 主燃烧区处于低氧高 CO 浓度的强还原性气氛, 可抑制 NO 生成并大量还原已生成 NO, 锅炉 NO_x 排放显著降低, 100%、75% 和 50% 负荷下分别降低了 68.8%、52.9% 和 56.6%; 屏底烟气温度明显增加, 主、再热汽温特性明显改善, 温度升高达到设计值; 水冷壁壁面热负荷更加均匀; 尽管飞灰含碳量和 CO 排放浓度增加, 但排烟温度降低了约 10 °C, 排烟热损失降低大于机械和化学不完全燃烧损失增加之和, 锅炉效率升高。

关键词: 煤粉; 低 NO_x 燃烧; 深度空气分级; 数值模拟
中图分类号: TK227 **文献标识码:** A
DOI: 10.16146/j.cnki.rndlgc.2015.01.031

引言

新《火电厂大气污染物排放标准》(GB13223-2012) 将电站锅炉 NO_x 排放浓度限定为 100 mg/m³, 个别炉型和地区为 200 mg/m³, 因此电站锅炉需要采取措施降低 NO_x 排放。目前主要通过采用炉内低 NO_x 燃烧技术和 SCR(选择性烟气催化还原脱硝) 技术相结合的方法。采用低 NO_x 燃烧技术可有效降低炉膛出口 NO_x 排放量。数值模拟方法是研究煤粉燃烧的有效手段^[1-3]。本研究对一台三菱 700 MW 四角切圆锅炉低 NO_x 燃烧改造前后的流动、燃烧、传热与污染物排放特性开展了数值模拟, 对其低 NO_x 燃烧机理进行了分析。

1 锅炉概况

该锅炉为三菱 MB-FRR 型 2 290 t/h 亚临界中间再热强制循环锅炉, 四角切圆燃烧方式, 炉膛宽 21.46 m, 深 18.605 m, 高 56.7 m。锅炉原设计布置

6 层 PM(Poll Minimum) 浓淡分离燃烧器, 6 层二次风喷嘴, 3 层燃尽风喷嘴。炉膛未采用深度空气分级燃烧和 M-PM 低 NO_x 燃烧器, 存在 NO_x 排放偏高和主、再热汽温达不到设计值的问题。锅炉燃用煤种的煤质分析如表 1 所示。

表 1 煤质特性

Tab. 1 Characteristics of coal

工业分析/%		元素分析/%	
V _{ar}	27	C _{ar}	61.3
M _{ar}	16.3	H _{ar}	3.65
A _{ar}	8.77	O _{ar}	8.9
FC _{ar}	47.93	N _{ar}	0.78
Q _{net, ar} (kJ/kg)	23035	S _{ar}	0.3

低 NO_x 燃烧改造基于深度空气分级思想: 采用 MACT 燃烧技术和三菱 M-PM 低 NO_x 燃烧器结构如图 1 所示, 将总空气的 30% - 40% 通过布置在主燃区上方 6.0 m 处的两组附加风喷嘴送入炉膛, 在炉膛中形成 3 个燃烧区域, 自下而上依次为主燃烧区、还原区和燃尽区。炉膛结构和燃烧器布置如图 2 所示, 其中 A、B、C、D、E、F 为一次风喷嘴, AA、AB、BC、CD、DE、EF 为二次风喷嘴, OFA 为燃尽风喷嘴, A. A. 为附加风喷嘴, 燃烧器系统配风参数如表 2 所示。

M-PM 燃烧器内布置了火焰稳定器, 能大幅减少燃烧中的 NO_x 产生。火焰稳定器具有等腰三角形截面且具有长条的棱镜形状, 使一次风煤粉气流沿流动方向扩展为分裂形状; 燃烧器喷嘴内水平均匀布置了 3 层火焰稳定器, 在喷嘴中间火焰稳定器区域, 又垂直均匀布置了 3 层火焰稳定器。这种火焰稳定器结构和布置方式可实现如下功能: (1) 较密的布置方式可以使稳定器包围的部分自由区域变

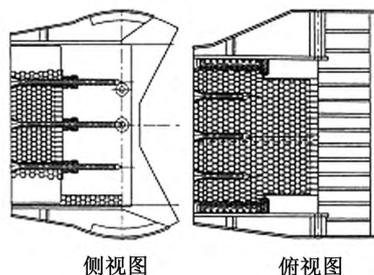
收稿日期: 2014-07-14; 修订日期: 2014-09-01

作者简介: 钟礼今(1974-), 男, 广东珠海人, 粤电集团珠海发电厂高级工程师。

小, 火焰分裂形状引起的压力损失相对地变大, 煤粉混合气流的流速降低, 有利于煤粉气流迅速地着火; (2) 交叉布置方式比简单并列布置方式的煤粉未燃尽成分相对要减少 25%; (3) 燃烧中心区域在较密的分裂布置中, 使该区域处于缺氧燃烧状态, 燃烧速度和燃烧温度都降低, 生成大量的 CO, 处于强还原性气氛, 大大降低 NO_x 的产生量; 同时, 可最大程度抑制分支后的煤粉气流向二次风区域扩散, 降低因二次风处于高氧氛围下的燃烧火焰外周部区域的温度, 减少燃烧火焰外周部的 NO_x 的生成量。



实物图



侧视图

俯视图

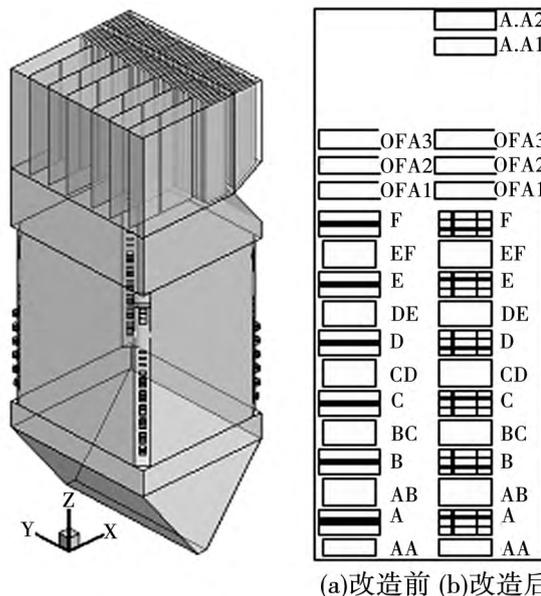
图 1 M-PM 低 NO_x 燃烧器结构图

Fig. 1 Structural drawing of the M-PM low NO_x burner

表 2 燃烧器配风参数

Tab. 2 Air distribution parameters of the burners

项目	风率/%	风温/K	风速/m · s ⁻¹	
改造前	一次风	21.5	355	26
	二次风	58	600	55
	燃尽风	20	600	55
	炉膛漏风	0.5	300	-
改造后	一次风	25	338	26
	二次风	27.5	578	55
	燃尽风	15	578	55
	附加风	32	578	60
炉膛漏风	0.5	300	-	



(a)改造前 (b)改造后

图 2 炉膛结构及燃烧器布置示意图

Fig. 2 Furnace structure and schematic diagram of the arrangement of burners

2 数学模型与计算方法

2.1 数学模型

采用标准的 $k - \varepsilon$ 双方程模型模拟湍流流动; 采用混合分数/概率密度函数 PDF 模型模拟气相湍流燃烧; 采用随机轨道模型模拟煤粉颗粒的运动; 挥发分析出采用双方程平行反应模型; 采用动力/扩散控制反应速率模型模拟焦炭燃烧; 辐射传热计算采用 P1 模型, 各模型详细描述参见文献 [4]。

煤粉燃烧过程中 NO 生成主要考虑热力型和燃料型。热力型 NO 是指空气中的 N₂ 在高温下氧化生成的 NO, 采用扩展的 Zeldovich 机理描述^[5]。燃料型 NO 在煤燃烧生成的 NO 中占很大比例, 采用 De Soete 模型描述^[6], 焦炭 N 的转化系数取 0.6^[7]。采用后处理的方法来模拟 NO 生成, 采用 Beta - PDF 模型计算湍流温度/氧量脉动对 NO 生成的影响^[8]。

2.2 网格划分

采用结构化的网格划分方法; 经过网格无关性测试后, 选择网格数为 246 万。为了减少计算伪扩散, 使燃烧器出口区域的网格线与流体流动方向基本一致, 并将该区域网格加密, 以准确模拟此区域物理量梯度大的特性。网格结构如图 3 所示。

2.3 计算条件和方法

根据实际运行条件设置了 6 个模拟工况。工况

1: 改造后 100% 负荷; 工况 2: 改造后 75% 负荷; 工况 3: 改造后 50% 负荷; 工况 4: 改造前 100% 负荷; 工况 5: 改造前 75% 负荷; 工况 6: 改造前 50% 负荷。100%、75% 和 50% 负荷的运行氧量分别为 2.6%、3.8% 和 3.8%。

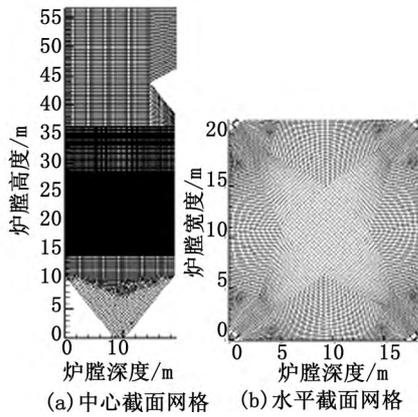


图 3 炉膛网格结构

Fig. 3 Furnace grid structure

燃烧器入口采用质量入口边界条件, 炉膛出口采用压力出口边界条件, 压力给定为负 80 Pa, 炉膛内壁设置为无滑移、温度边界条件, 壁面温度 720 K 和壁面辐射率 0.8。煤粉颗粒的粒径分布遵循 Rosin-Rammler 公式, 最大直径为 250 μm , 最小直径 10 μm , 平均直径 65 μm , 分布指数为 1.5, 煤粉细度 R_{90} 约为 20%。焦炭燃烧的化学动力学参数分别为: 指前因子取 0.004 3 $\text{kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{s}) \text{Pa}$, 活化能取 83.7 kJ/mol 。

压力与速度耦合选用 SIMPLE 算法, 求解采用逐线迭代法和低松弛因子, 压力项离散采用 PRESTO 格式, 其它项的离散格式为一阶迎风。获得收敛的判敛标准为: 能量方程、辐射传热计算、NO、HCN 和 NH_3 的残差小于 10^{-6} , 其它方程残差小于 10^{-3} 。

3 结果与讨论

3.1 模拟结果验证

为了验证模拟结果的合理性, 对该锅炉开展了燃烧试验测量。工况 1、工况 2 和工况 3 的模拟结果与试验值的对比如表 3 所示。表 3 的数据表明, 模拟结果与试验值的符合性好, 本研究所建立的网格和采用的模型能够合理的模拟该锅炉炉内的流动、燃烧、传热以及 NO_x 的生成过程。

表 3 模拟结果与试验值的对比

Tab. 3 Contrast of the simulation results with the test ones

工况	烟气氧量 /vol. %	NO_x 浓度 / $\text{mg} \cdot \text{m}^{-3}$	飞灰含碳量 /%	
100% 负荷	模拟值	2.63	124	1.46
	试验值	2.6	113	1.17
75% 负荷	模拟值	3.62	146.7	1.27
	试验值	3.8	153	1.41
50% 负荷	模拟值	3.91	138.7	1.12
	试验值	3.84	148	0.88

3.2 速度场

100% 负荷时 B 层一次风燃烧器中心截面速度矢量如图 4 所示, 可以看出改造前、后一次风煤粉气流都具有较好的射流刚性, 可穿透至炉膛中心区域。每股射流的向火侧都形成了较为明显的回流区, 可卷吸周围的高温烟气, 对着火和稳燃有利; 炉内可形成良好切圆, 气流没有直接冲刷水冷壁。100% 负荷时炉膛中心截面速度分布如图 5 所示。改造前、后的炉内空气动力场对称性都较好; 改造前流动高速区位于燃烧器所在区域, 而改造后, 由于 30% 的助燃空气由附加风喷嘴 (A. A nozzle) 送入炉膛, 其风速高、动量大, 在附加风喷嘴口对应区域也出现一个高速区。改造后, 炉膛左上部大屏区域的烟气速度大于改造前。这有利于改善此处的流动特性, 防止此区域形成流动死区, 改善大屏的换热特性。

3.3 温度场分布

沿炉膛高度方向平均温度分布如图 6 所示, 可以看出, 炉膛温度首先随着炉膛高度的增加而增加, 在燃烧器上部区域达到最高; 随着炉内煤粉的燃尽以及炉内火焰与水冷壁的换热, 炉内的温度逐渐降低。改造前, 平均温度在高度 26 m 处开始明显下降, 之后, 未燃尽焦炭颗粒和 CO 继续反应释放热量, 使得炉膛温度水平又有一定程度的上升。改造后, 温度在高度约为 32 m 处开始明显下降, 这是因为附加风风率在 30% 左右, 进入炉膛后使炉膛温度下降; 100% 负荷时, 改造后炉内最高平均温度约为 1 700 K, 比改前降低了约 100 K, 屏底烟气温度 ($z = 43 \text{ m}$) 显著上升, 100%、75% 和 50% 负荷下的温度由改造前的 1 485、1 320 和 1 116 K 分别上升为 1 510、1 372 和 1 288 K。这是因为低氮燃烧改造后, 煤粉燃烧过程被延迟, 火焰中心上移, 屏底烟气温度上升。这有利于改善锅炉过热器和再热器换热特性, 提高主、再热蒸汽温度。

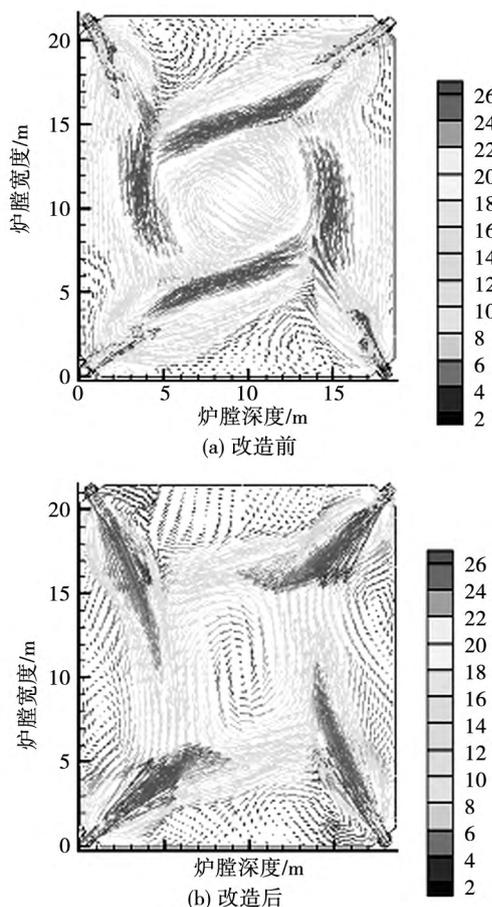


图 4 B 层一次风中心截面速度矢量图(m/s)

Fig. 4 Velocity vector of the primary air in the cross section at the center of the B layer(m/s)

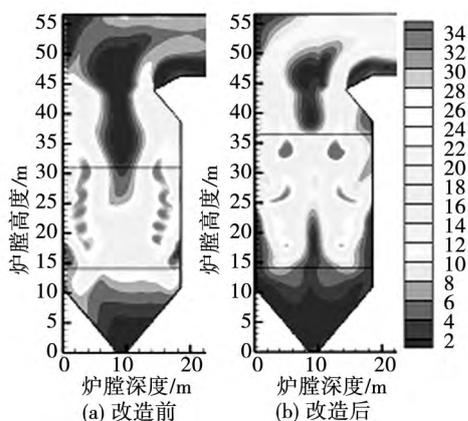


图 5 炉膛中心截面(y = 10.73 m) 速度分布云图(m/s)

Fig. 5 Velocity distribution in the cross section (y = 10.73 m) at the center of the furnace(m/s)

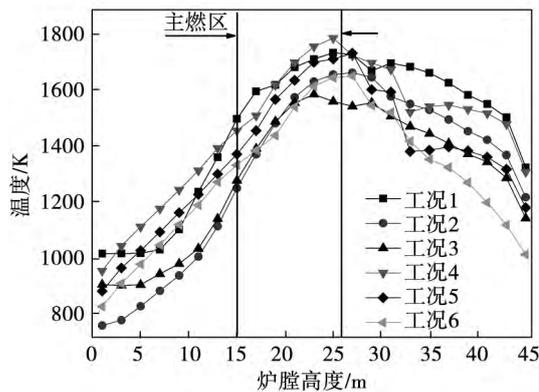


图 6 沿炉膛高度平均温度分布

Fig. 6 Average temperature distribution along the height of the furnace

3.4 组分浓度分布

图 7 是沿炉膛高度平均氧浓度分布。改造后主燃区二次风率大大降低,处于低氧富燃料的强还原性气氛,有利于抑制 NO 的生成和增加 NO 的被还原量。在高度约 32 m 处,大量的附加风进入炉膛以后,炉内平均氧浓度明显上升,未燃尽焦炭和 CO 与给入的附加风反应,使得炉内氧浓度又逐渐下降。

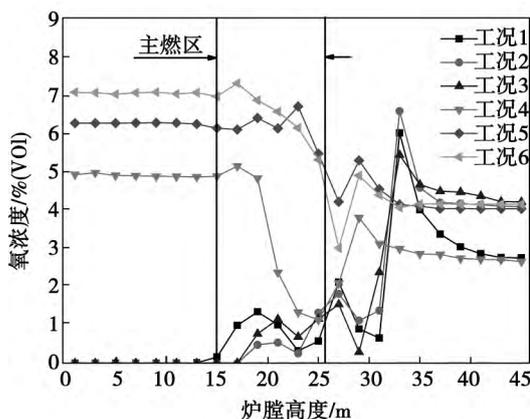


图 7 沿炉膛高度平均氧浓度分布

Fig. 7 Average oxygen concentration distribution along the height of the furnace

图 8 为沿炉膛高度方向的平均 CO 浓度分布。改造前,二次风主要从主燃区给入,此区域的氧浓度较高而处于氧化性气氛如图 7 所示,煤粉燃烧较为充分,CO 浓度较低。改造后,主燃区氧浓度很低,煤粉燃烧不充分程度显著增加,生成大量的 CO,在此区域形成低氧高 CO 浓度的强还原性气氛,这抑制了该区域 NO 的生成,并强化了 NO 的还原。未

燃尽焦炭和 CO 与附加风继续反应,CO 浓度迅速降低。壁面附近的还原性气氛增强,腐蚀介质增加,金属壁面的高温腐蚀会加剧。取 $x = 0.1 \text{ m}$ 和 $y = 0.1 \text{ m}$ 处的 CO 分布来近似表征壁面的 CO 分布,由图 9 可以看出改造后,主燃烧器区域壁面的 CO 浓度显著升高,这可能加剧主燃区壁面的高温腐蚀。

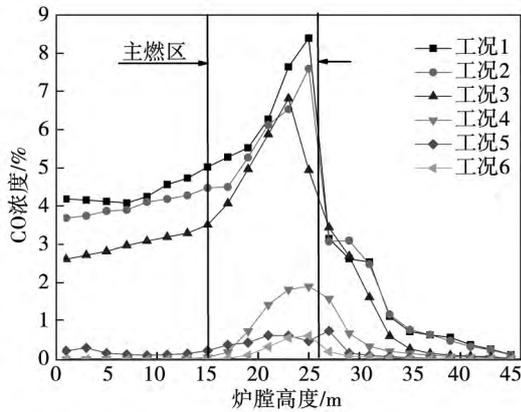


图 8 沿炉膛高度平均 CO 浓度分布
Fig. 8 Average CO concentration distribution along the height of the furnace

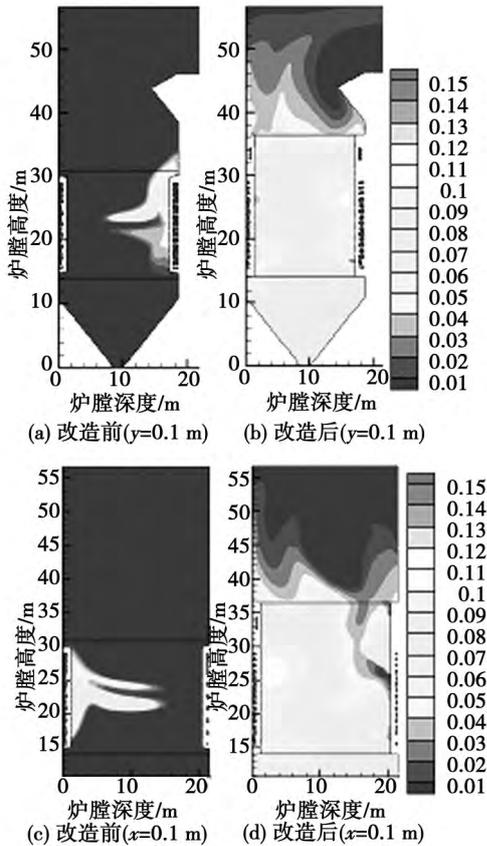


图 9 主燃烧器区域近壁面处 CO 浓度分布
Fig. 9 CO concentration distribution in the main burner zone nearing the wall surface

沿炉膛高度平均 NO 浓度分布如图 10 所示。改造前,空气分级程度较低,主燃区处于氧化性气氛,煤粉基本充分燃烧,生成大量的 NO,被还原的 NO 较少,炉膛出口 NO 浓度较高;改造后,约 30% 的空气通过附加风喷嘴进入炉膛,主燃区处于低氧高 CO 浓度的强还原性气氛;这一方面可抑制挥发份含氮中间产物氧化生成 NO;另一方面已生成的 NO 与挥发份含氮中间产物 HCN 和 NH_3 发生还原反应,会被大量还原成 N_2 ,因此,生成的 NO 大量减少。同时,由于炉膛最高温度明显降低,高温区缩小,热力型 NO 也减少。因此,改造后的 NO 生成与排放量显著低于改造前。

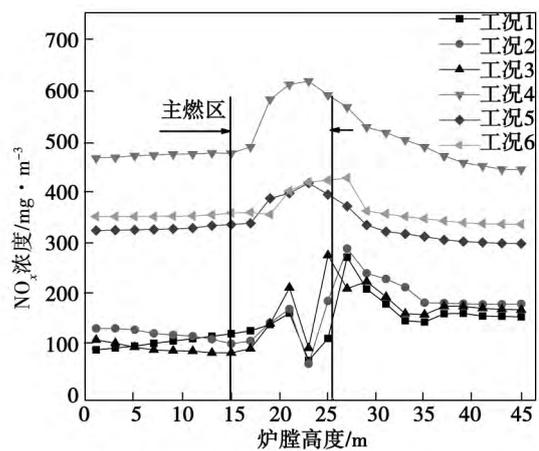


图 10 沿炉膛高度平均 NO 浓度分布
Fig. 10 Average NO concentration distribution along the height of the furnace

3.5 壁面热流分布

图 11 为改造前后壁面热负荷分布。可以看出,改造前,壁面高热负荷区域集中在燃烧器区域的中间位置,燃烧器上部区域热负荷较小。而改造后,由于火焰中心上移,壁面热负荷较高的区域明显上移并扩大,最高热负荷值降低,燃烧器上部区域热负荷增加。因此改造后的壁面热负荷分布较改造前更加均匀,壁面热偏差减小,这有利于改善水冷壁换热特性,防止或降低水冷壁因局部热负荷偏高导致超温、腐蚀等引起爆管事故的发生。

3.6 低氮燃烧改造后锅炉实际运行效果

表 4 为改造前、后锅炉实际运行参数对比:改造后 100% 负荷下主汽温度提高 14°C ,再热汽温度提高 5°C ,75% 和 50% 负荷下再热汽温度分别提高 10°C 和 33°C ,主、再热汽温特性明显改善,提高了蒸汽做功能力。 NO_x 排放浓度显著下降,100%、75% 和 50% 负荷下分别降低了 68.8%、52.9% 和 56.6%。

尽管飞灰含碳量略有上升, 烟气 CO 排放浓度增加, 机械和化学不完全燃烧损失增加, 但水冷壁、过热器和再热器换热特性明显强化, 排烟温度降低了约 10 °C, 大大降低了锅炉排烟热损失。排烟热损失降低大于机械和化学不完全燃烧损失增加之和, 因此锅炉效率升高。

4 结 论

锅炉进行深度空气分级燃烧, 并采用 M - PM 低 NO_x 燃烧器后, 炉内空气动力特性良好, 未出现气流直接冲刷水冷壁的现象。火焰中心上移, 水冷壁壁面热负荷分布更加均匀, 壁面热偏差减小。屏底烟气温度明显增加, 主、再热汽温特性明显改善, 达到了设计值。

主燃烧区处于低氧高 CO 浓度的强还原性气氛, 抑制 NO 生成并大量还原已生成 NO, 同时, 炉内最高温度下降也降低了热力型 NO 的生成, 使得锅炉 NO_x 排放显著降低, 100%、75% 和 50% 负荷下分别降低了 68.8%、52.9% 和 56.6%。

飞灰含碳量略有上升, 烟气 CO 排放浓度增加, 排烟温度降低了约 10 °C。排烟热损失降低大于机械和化学不完全燃烧损失增加之和, 锅炉效率升高。

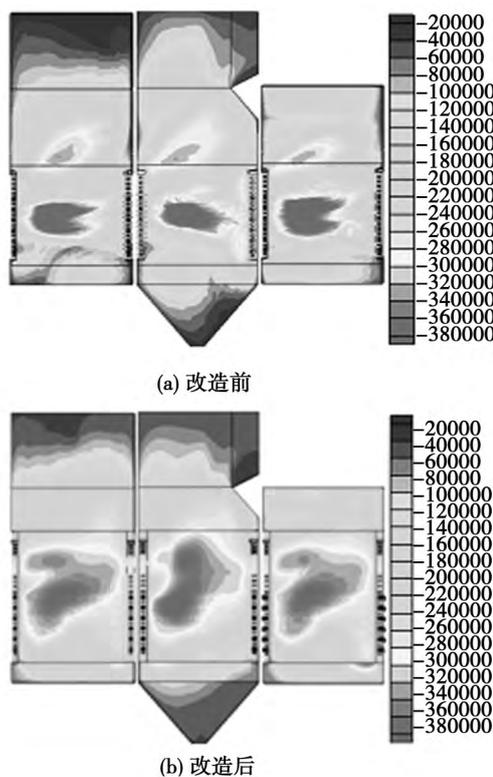


图 11 壁面热流分布 (W/m², 负号表示吸热)
Fig. 11 Heat flux distribution on the wall surfaces(W/m²)

表 4 低氮燃烧改造前、后实际运行参数的对比(括号内为模拟值)

Tab. 4 Contrast of the actual operating parameters before and after the low nitrogen combustion modification (value in the parentheses is the simulation one)

工况	主蒸汽温度 /K	再热蒸汽温度 /K	NO _x 浓度 /mg · m ⁻³ (6% O ₂)	飞灰含碳量 /%	CO 排放浓度 / × 10 ⁻⁶ vol. %	排烟温度 /K	锅炉效率 /%
100% 改前	527	563	362(364)	1.23(1.12)	15.23(16.87)	140.1	94.11
负荷 改后	541	568	113(124)	1.17(1.46)	499(653)	129.4	94.72
75% 改前	540	558	325(283.6)	1.08(0.94)	15.57(17.95)	129.9	94.52
负荷 改后	541	568	153(146.7)	1.41(1.27)	439.2(395)	119.2	94.68
50% 改前	540	533	341(298.4)	0.83(0.74)	6.89(6.39)	118.9	94.96
负荷 改后	541	566	148(138.7)	0.88(1.12)	83.9(75.2)	108.2	95.41

参考文献:

[1] She Y S, Guo B Y, Yu A B. et al. A three-dimensional numerical study of the combustion of coal blends in blast furnace[J]. Fuel, 2009, 88(2) : 1959 - 1965.

[2] Korytnyi E, Saveliev R, Perelman M et al. Computational fluid dynamics simulation of coal-fired utility boilers: An engineering tool [J] Fuel 2009, 88(1) : 9 - 18.

[3] Agraniotis M, Stamatias D, Grammelis P. et al. Numerical investigation on the combustion behaviour of pre-dried Greek lignite [J]. Fuel 2009, 86(14) : 2213 - 2220.

[4] Smoot L D, Smith P J. Coal combustion and gasification [M]. Plenum Press: New York, 1989.

[5] Launder B E, Spalding D B. The numerical computation of turbu-

lent flows [J]. Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering, 1974, 3(2) : 269 - 289.

[6] De Soete G G. Overall reaction rates of NO and N₂ formation from fuel nitrogen. 15th Symposium (international) on Combustion [C]. Pittsburgh, PA, 1975: 1093 - 1102.

[7] Hill S C, Smoot L D. Modeling of nitrogen oxides formation and destruction in combustion systems [J]. Progress in Energy and Combustion Science 2000, 26: 417 - 458.

[8] 方庆艳, 周怀春, 汪华剑, 史铁林. W 火焰锅炉结渣特性数值模拟 [J]. 中国电机工程学报, 2008, 28(23) : 1 - 7.

FANG Qing-yan, ZHOU Huai-chun, WANG Hua-jian, SHI Tie-lin. Numerical simulation of the slagging characteristics of a W-flame boiler [J]. Proceedings of China Electric Machinery Engineering, 2008, 28(23) : 1 - 7.

(单丽华 编辑)

of Natural Gas to Reduce NO_x Emissions [刊, 汉] CHEN Bao-ming, ZHANG Zhong-xiao, BI De-gui, LI Ming-qiang, TIAN Li-qin, GU Kai-ying (College of Power Engineering, Shanghai University of Science and Technology, Shanghai, China, Post Code: 200093) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. - 2015, 30(1). - 113 - 117

Through a hot-state industrial test of a 220 t/h pulverized coal-fired boiler after it had undergone a low nitrogen modification by using the natural gas reburning technology, studied was the influence of the oxygen content in the furnace, amount of natural gas reburned, residence time and air distribution mode etc. operating factors on the NO_x reduction effectiveness through reburning and compared were the results with the research findings done by the predecessors. Through an analysis, the authors have arrived at a conclusion that the emissions concentration will increase with an increase of the oxygen content and decrease with a decrease of the load of the boiler. The optimal oxygen content is 5% (the oxygen content indicated on the dial plate is around 3.5%). With an increase of the amount of natural gas reburned, the NO_x concentration will decline with the optimal amount of natural gas reburned being kept at 15%. The optimal residence time is 0.67 s. An excessively long residence time has no big influence on the reburning reduction effectiveness. The optimal air distribution mode in the main combustion zone is of the normal tower type. Under the optimum operating condition, the average value of the NO_x emissions concentration is 137 mg/Nm. **Key Words:** natural gas reburning, low NO_x emissions, hot-state test

700 MW 四角切圆锅炉低 NO_x 燃烧的数值模拟 = Numerical Simulation of the Low NO_x Combustion of a 700 MW Tangentially-fired Boiler [刊, 汉] ZHONG Li-jin, ZHANG Dian-ping (National Power Grid Jiangxi Provincial Academy of Electric Power Science, Nanchang, China, Post Code: 330096), TIAN Deng-feng, FANG Qing-yan (National Key Laboratory on Coal Combustion, Central China University of Science and Technology, Wuhan, China, Post Code: 430074) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. - 2015, 30(1). - 118 - 123

A numerical simulation was conducted of the in-furnace flow, combustion, heat transfer and pollutant emissions characteristics of a 700 MW tangential pulverized coal-fired boiler. The simulation results were in good agreement with the measuring values. Both the numerical simulation and practical operation results show that after the A-PM (advanced-pollution minimum) low NO_x burners had been adopted and an in-depth air staged combustion modification has been preformed, the in-furnace air dynamic characteristics are good and the air flow will never directly sweep through the water wall and the main combustion zone will be just in its strong reduction atmosphere with a low oxygen and high CO concentration, thus prohibiting the formation of NO and reducing NO that had been produced in a

large amount. The NO_x emissions from the boiler will drop conspicuously, declining 68.8%, 52.9% and 56.6% at a load of 100%, 75% and 50% respectively. The temperature of the flue gases at the bottom of the tube platen will obviously increase and the main and reheat steam characteristics will improve considerably, thus the temperature will increase to the design value and the heat load of the wall surface of the water wall will be more uniform. Although the carbon content of flying ash and CO emissions concentration will increase, yet the temperature of the exhaust flue gases will decline by about 10 °C and the decrease in the heat loss of the exhaust flue gases will be greater than the sum of the mechanical and chemically incomplete combustion loss thus increased, therefore, the boiler efficiency will increase. **Key Words:** pulverized coal, low NO_x combustion, in-depth air staging, numerical simulation

300 MW CFB 锅炉协同脱汞工艺研究及试验 = **Study and Experiment of the Synergy Mercury Removal Technology for a 300 MW CFB Boiler** [刊, 汉] BAI Jian-yun, WANG Li (Shanxi University, Taiyuan, China, Post Code: 030013), ZHANG Pei-hua (Shanxi Pingshuo Gangue Power Generation Co. Ltd., Shuozhou, China, Post Code: 036800) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. -2015, 30(1). -124-128

A test and analysis were performed of the mercury content of coal burned and combustion products of a 300 MW circulating fluidized bed boiler under various operating conditions. The results show that the mercury content and carbon content of flying ash and specific surface area assume a positive correlation and the mercury content of combustion products increases with an increase of the load of the boiler. In this process, the leading edges in eliminating mercury from a CFB boiler were analyzed. To further reduce the mercury content of the flue gases and attain an ultra low emissions of mercury, on the basis of making full use of the currently available device, a synergy mercury removal process was designed to add the oxidization agent in the front of the boiler to make more HgO to be converted to Hg^{2+} and to additionally install a humidification and activation device after the air preheater in the tail portion of the flue gas duct to make more in the flying ash to be converted to $\text{Hg}(p)$, thus captured by the bag type dust precipitator. The feasibility of the process in question was also analyzed. **Key Words:** CFB boiler, mercury content of combustion products, mercury emission characteristics, synergy mercury removal technology, ultra low emissions

基于动态仿真模型的 SAPG 系统热力特性研究 = **Study of the Thermodynamic Characteristics of a SAPG (Solar Thermal Aided Power Generation) System Based on a Dynamic Simulation Model** [刊, 汉] CUI Ning, MA Shi-ying (North China University of Electric Power, Baoding, China, Post Code: 071003), WU Ming-mian (Baoding Huafang Science and Technology Stock Co. Ltd., Baoding, China, Post Code: 071051) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. -2015, 30(1). -129-137