

## 技术研究

## 1 000 MW 机组超超临界锅炉燃用高硫煤性能试验研究

王 栋<sup>1</sup>, 赵广家<sup>1</sup>, 李韩英<sup>1</sup>, 卢旭超<sup>2</sup>, 邓双辉<sup>2</sup>, 谭厚章<sup>2</sup>

(1. 陕西能源赵石畔煤电有限公司, 陕西 榆林 719100; 2. 西安交通大学热流科学与工程教育部重点实验室, 陕西 西安 710049)

**摘要:** 对陕西能源赵石畔煤电有限公司的一台 1 000 MW 超超临界机组锅炉进行了性能试验研究, 分析了燃用高硫煤时锅炉在高、低负荷运行下, 对锅炉效率、锅炉最大连续出力、空气预热器漏风率、汽水系统压降、空气预热器进出口烟风压降、NO<sub>x</sub> 排放的质量浓度的影响。结果表明: 在 100% 额定负荷、75% 额定负荷和 50% 额定负荷下, 锅炉效率均达到 95% 以上, 高于保证值 94.9%; 锅炉最大连续出力为 2 915 t/h, 高于保证值 2 906 t/h。在锅炉最大连续出力工况下, A 侧、B 侧空气预热器漏风率均低于 4.00%, 达到保证值; 过热器蒸汽侧、再热器蒸汽侧的压降均低于保证值; 但 A 侧、B 侧空气预热器二次风压降偏差均大于 10%, 没有达到设计要求。在 100% 额定负荷下, 锅炉 NO<sub>x</sub> 排放的质量浓度(脱硝前)平均值为 159 mg/m<sup>3</sup> (O<sub>2</sub> 体积分数=6%, 标准状态), 低于保证值, 达到设计要求。测试所得结果为 1 000 MW 超超临界机组的安全、经济运行提供了参考, 性能测试方法值得推广和借鉴。

**关键词:** 超超临界锅炉; 1 000 MW 机组; 高硫煤; 性能试验; NO<sub>x</sub>

**中图分类号:** TM621.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 2095-0802-(2021)01-0157-04

## Experimental Study on Performance of Ultra-supercritical 1 000 MW Unit Boiler Burning High-sulfur Coal

WANG Dong<sup>1</sup>, ZHAO Guangjia<sup>1</sup>, LI Hanying<sup>1</sup>, LU Xuchao<sup>2</sup>, DENG Shuanghui<sup>2</sup>, TAN Houzhang<sup>2</sup>

(1. Shaanxi Energy Zhaoshipan Coal &amp; Electricity Co., Ltd., Yulin 719100, Shaanxi, China; 2. MOE Key Laboratory of Thermo-Fluid Science and Engineering, Xi'an Jiaotong University, Xi'an 710049, Shaanxi, China)

**Abstract:** This paper carried out the performance tests on an ultra-supercritical 1 000 MW unit boiler in Shaanxi Energy Zhaoshipan Coal & Electricity Co., Ltd. The effects of the high-sulfur coal fired on boiler efficiency, boiler maximum continuous rating (BMCR), air leakage rate of air preheater, pressure drop of steam water system, pressure drop from inlet to outlet in air preheater and NO<sub>x</sub> emission concentration were investigated in this work. Results showed that boiler efficiency reached more than 95% in 100%, 75% and 50% rated load which were more than its design guarantee value of 94.9%; BMCR was 2 915 t/h which was more than its guarantee value of 2 906 t/h. Under the BMCR test condition, the air leakage rates from Side A and Side B of air preheater were both lower than 4.00% and reached their guarantee values; the values of the pressure drop from steam side of superheater and steam side of reheater were both lower than their guarantee values; while the pressure drop deviation values of secondary air from Side A and Side B of air preheater both were more than 10% and didn't meet the design requirements. The average value of the NO<sub>x</sub> emission concentration in 100% rated load was 159 mg/m<sup>3</sup> (volume fraction of O<sub>2</sub>=6%, standard conditions) and was lower than its guarantee value, meeting the design requirement. The results obtained offer useful reference for the safe and economical operation of the ultra-supercritical 1 000 MW unit boiler. This performance test method is worth applying and recommending.

**Key words:** ultra-supercritical boiler; 1 000 MW unit; high-sulfur coal; performance tests; NO<sub>x</sub>

DOI:10.16643/j.cnki.14-1360/td.2021.01.066

在中国的煤炭储量中, 高硫煤储量位居世界第二, 分布广泛且价格低廉, 是火电站锅炉常备燃料<sup>[1]</sup>。由于高硫煤含有相对较高的硫含量, 其在锅炉燃烧中会产生 SO<sub>2</sub> 气体, 严重腐蚀锅炉设备<sup>[2]</sup>。对于前后墙对冲锅炉而言, 尽管使用旋流燃烧器可卷吸高温烟气, 防止烟气冲向水冷壁, 但采用分级燃烧的方式, 主燃区处于缺氧的还原气氛环境中, 很容易造成锅炉水冷壁区域的高温腐蚀和磨损, 生成铁硫化物、铁氧化物等腐蚀产物<sup>[3]</sup>。随着低氮燃烧器技术的推广与普及, 锅炉水冷壁管区域常因高温腐蚀而减薄过快; 如果再燃烧高硫煤, 水冷壁高温腐蚀问题就会更加突出<sup>[4]</sup>。1 000 MW 等级的燃

煤火电机组正在中国逐渐兴起, 同时受煤炭市场的影响, 电厂动力用煤中高硫煤占有较大比例。所以, 对燃用高硫煤的 1 000 MW 机组锅炉进行性能试验, 对于研究超超临界机组的发展和高温腐蚀预防具有较高的参考价值。

## 1 电厂概况

陕西能源赵石畔煤电有限公司 2×1 000 MW 机组为超超临界机组, 锅炉型式为 1 000 MW 超超临界参数 π 型炉, 一次中间再热、单炉膛、前后墙对冲燃烧方式、固态排渣、全钢悬吊结构、紧身封闭布置的燃煤锅炉, 制造厂为东方锅炉股份有限公司。锅炉出口蒸汽参数为 29.4 MPa (A) /605 °C/622 °C, 对应汽机的入口参数为 28 MPa (A) /600 °C/620 °C。最终的主蒸汽和再热蒸汽的压力、温度、流量等要求与汽轮机的参数相匹配。汽机额定功率 (TRL) 1 000 MW, 对应汽机阀门全开功

收稿日期: 2020-10-16

第一作者简介: 王 栋, 1966年生, 男, 河南南阳人, 1988年毕业于华北电力学院热能动力工程专业, 高级工程师。

通讯作者: 谭厚章, 1965年生, 男, 江西永新人, 1998年毕业于西安交通大学热能工程专业, 博士, 教授。

率 (VVO) 工况的锅炉最大连续蒸发量 (BMCR) 暂按 2 906 t/h 考虑, 锅炉 BMCR 应与汽轮机的 VVO 工况相匹配。该电厂拟选用的燃煤硫含量偏高, 为 2%~4%, 锅炉受热面在运行过程中可能因此而发生较严重的高温腐蚀, 成为机组安全运行的重要隐患。为了保证机组运行的可靠性和经济性, 有必要对该锅炉进行性能试验研究, 这对于降低发电成本, 提高电厂经济效益有重要意义。

## 2 研究内容

### 2.1 设备概况

#### 2.1.1 设备简介

陕西能源赵石畔煤电有限公司 1 号锅炉是东方电气集团东方锅炉股份有限公司设计制造的 SG-2906/29.3-II 3 型超超临界参数、直流锅炉, 锅炉采用单炉膛、一次再热、平衡通风、紧身封闭布置、固态排渣、全钢构架、全悬吊结构、前后墙对冲燃烧方式、II 型布置, 同步安装烟气脱硝装置。锅炉主要技术参数如表 1 所示。

表 1 锅炉主要技术参数

项目	BMCR	锅炉额定负荷(BRL)
过热蒸汽流量/(t·h <sup>-1</sup> )	2 906.25	2 821.60
过热蒸汽温度/°C	605.00	605.00
过热蒸汽压力/MPa	29.40	29.32
再热器进口压力/MPa	6.05	5.86
再热器进口温度/°C	360.00	353.00
再热器出口压力/MPa	5.85	5.66
再热器出口温度/°C	623.00	623.00
再热蒸汽流量/(t·h <sup>-1</sup> )	2 381.44	2 305.65
给水温度/°C	302.00	300.00

#### 2.1.2 锅炉设计煤质特性

锅炉设计煤质特性如表 2 所示。

表 2 设计煤质特性

项目	设计煤	校核煤
全水分 $M_w/\%$	10.20	12.10
空气干燥基水分 $M_{ad}/\%$	4.46	3.87
收到基灰分 $A_{ar}/\%$	15.89	23.78
干燥无灰基挥发分 $V_{daf}/\%$	40.60	39.70
收到基全硫 $S_{ar}/\%$	2.46	1.98
低位发热量 $Q_{net,ar}/(\text{MJ}\cdot\text{kg}^{-1})$	22.77	19.73
收到基碳 $C_{ar}/\%$	60.38	52.25
收到基氢 $H_{ar}/\%$	3.65	3.19
收到基氮 $N_{ar}/\%$	1.01	0.87
收到基氧 $O_{ar}/\%$	6.41	5.83

### 2.2 试验目的

考核锅炉机组的运行性能是否能达到锅炉供货商对其提供产品所作的性能保证, 为执行商务合同提供依据; 检验锅炉其他运行性能是否符合设计要求, 测定机组运行中污染物的排放, 为达标投产等提供必要的依据。

### 2.3 试验依据

试验过程中, 依据 ASME PTC4.1 《锅炉机组性能试验规程》, ASME PTC4.3 《空气预热器试验规程》,

GB 13223—2011 《火电厂大气污染物排放标准》, DL/T 1616—2016 《火力发电机组性能试验导则》和赵石畔煤电一体化项目雷龙湾电厂 (2×1 000 MW) 工程机组性能考核要求验收试验项目。

### 2.4 试验项目

锅炉效率 (100%额定负荷, 75%额定负荷, 50%额定负荷), 锅炉最大连续出力, 锅炉额定出力, 汽水系统压降, 空气预热器进出口烟风压降, 空气预热器漏风率, NO<sub>x</sub> 排放的质量浓度。

### 2.5 仪器及检定

锅炉性能试验主要使用仪表仪器及检定程序如下:

a) 烟气成分分析仪表包括 NGA2000 顺磁式氧量仪、红外线 CO<sub>2</sub> 仪、红外线 CO 仪、紫外线 NO 仪。这些仪表检定属于自检项目, 试验前和试验过程中在现场用标准气体进行检定, 其准确度在 0%~1.5% 范围内。

b) 温度测量仪器包括一次元件采用的一级 E 型热电偶, 信号输送 35954A IMP/PC 数据采集系统。E 型热电偶由电力工业热工计量测试中心或陕西省计量测试研究所检定。35954A IMP/PC 数据采集系统进行自检。

c) 其他专用取样仪器和设备大部分属于自制工具, 比如原煤取样铲等, 不进行检验; 飞灰取样枪为定点加工, 符合有关标准, 也不进行检验。

### 2.6 试验要求

试验期间主要运行参数允许的波动范围如下: 锅炉蒸发量为 ±3%, 过热蒸汽压力为 ±2%, 过热蒸汽温度为 ±5 °C, 再热蒸汽温度为 ±5 °C。

试验期间, 不吹灰, 不执行任何干扰试验工况的操作。

## 3 结果与讨论

### 3.1 锅炉效率

#### 3.1.1 100%额定负荷锅炉效率

锅炉效率采用 ASME PTC4.1 《锅炉机组性能试验规程》中的热损失法计算。

对运行的 6 台磨煤机, 即 A, B, C, D, E, F 磨煤机进行煤粉取样, 每台磨煤机各粉管的煤粉样混合后筛分细度如表 3 所示。煤粉细度  $R_{90}$  小于设计值 20.0%, 满足锅炉效率考核试验要求。

表 3 煤粉取样筛分结果

项目	A	B	C	D	E	F	
磨煤机出力/(t·h <sup>-1</sup> )	75.00	75.00	75.00	75.00	75.00	75.00	
煤粉细度/%	$R_{90}$	1.00	1.00	0.80	1.20	1.00	1.10
	$R_{200}$	18.00	19.40	16.20	18.40	17.30	17.90
均匀性系数	1.24	1.29	1.22	1.20	1.21	1.20	
分离器转速/(r·min <sup>-1</sup> )	92.00	91.00	92.00	91.00	93.00	92.00	

试验过程中, 分别进行了 2 次 100%额定负荷锅炉效率试验, 工况编号分别设为 PT-01 和 PT-02, 试验计算结果如表 4 所示。

在 100%额定负荷下, PT-01 工况实测锅炉效率为 95.43%, 修正后锅炉效率为 95.02%; PT-02 工况实测锅炉效率为 95.44%, 修正后锅炉效率为 95.02%, 修正

后锅炉效率平均值为 95.02%，高于保证值 94.90%。

表 4 考核工况锅炉效率试验计算结果

项目		设计值	PT-01	PT-02	平均值
机组电负荷/MW		1 000.00	999.60	1 001.70	1 000.65
烟气	排烟温度/℃	119.00	131.00	135.60	133.30
温度	进风温度修正后排烟温度/℃	116.00	117.00	118.30	117.70
各项热损失/%	未燃碳热损失	0.30	0.17	0.12	0.15
	干烟气热损失	4.05	3.47	3.60	3.54
	燃料水分热损失	0.08	0.07	0.07	0.07
	氢生成的水的热损失	0.26	0.23	0.24	0.24
	空气中水分热损失	0.03	0.04	0.04	0.04
	辐射和对流热损失	0.16	0.17	0.16	0.17
	CO 热损失	0	0.33	0.22	0.28
	未测量热损失	0.10	0.10	0.10	0.10
热损失总和		4.98	4.57	4.56	4.56
实测锅炉效率/%		95.02	95.43	95.44	95.44
修正后锅炉效率/%			95.02	95.02	95.02
锅炉效率保证值/%		94.90			

在 100%额定负荷（1 000 MW）下，2 种工况的未燃碳热损失平均值为 0.15%，比设计值（0.30%）低 0.15 百分点；2 种工况的 CO 热损失平均值为 0.28%，比设计值高 0.28 百分点；2 种工况的干烟气热损失平均值为 3.54%，比设计值（4.05%）低 0.51 百分点；2 种工况修正后的排烟温度平均值为 117.70 ℃，比设计修正后的排烟温度（116.0 ℃）高 2.1 ℃左右。

### 3.1.2 75%和 50%额定负荷锅炉效率

进行 75%额定负荷（750 MW）锅炉效率试验时，工况编号设为 PT-03；在进行 50%额定负荷（330 MW）锅炉效率试验时，工况编号设为 PT-05。锅炉效率试验计算结果如表 5 所示。

表 5 75%和 50%额定负荷锅炉效率试验计算结果

项目		PT-03	PT-05
机组电负荷/MW		750.40	500.50
各项热损失/%	未燃碳热损失	0.14	0.12
	干烟气热损失	3.80	3.74
	燃料水分热损失	0.08	0.07
	氢生成水的热损失	0.22	0.20
	空气中水分热损失	0.03	0.06
	辐射和对流热损失	0.22	0.33
	CO 热损失	0.03	0
	未测量热损失	0.10	0.10
热损失总和		4.62	4.62
实测锅炉效率/%		95.38	95.38
修正后锅炉效率/%		95.17	95.13

在 75%额定负荷下，实测锅炉效率为 95.38%，修正后的锅炉效率为 95.17%；在 50%额定负荷下，实测锅炉效率为 95.38%，修正后锅炉效率为 95.13%。

### 3.2 锅炉最大连续出力

锅炉最大连续出力试验的负荷至 1 000.3 MW 左右时，机组背压为 24.06 kPa 开始试验，煤质分析情况如表 6 所示，试验结果如表 7 所示。

### 3.3 空气预热器漏风率

空气预热器漏风率试验与锅炉最大连续出力试验（PT-05）同步进行，根据 ASME PTC4.3 《空气预热器试验规程》计算。

表 6 煤质分析资料(BMCR 工况下)

项目	数值
全水分 $M_w$ /%	12.20
空气干燥基水分 $M_{ad}$ /%	2.42
空气干燥基灰分 $A_{ad}$ /%	15.12
空气干燥基硫 $S_{ad}$ /%	2.10
干燥无灰基挥发分 $V_{daf}$ /%	39.81
收到基低位发热量 $Q_{net,ar}$ /( $\text{kJ}\cdot\text{kg}^{-1}$ )	22 822.00

表 7 锅炉最大连续出力试验结果(PT-05)

机组负荷/MW		1 000.30
总煤量/( $\text{t}\cdot\text{h}^{-1}$ )		357.30
总风量/( $\text{t}\cdot\text{h}^{-1}$ )		3 228.70
过热蒸汽压力/MPa		28.03
过热蒸汽温度/℃		613.50
给水流量/( $\text{t}\cdot\text{h}^{-1}$ )		2 915.40
给水压力/MPa		32.54
给水温度/℃		426.60
一级减温水流量/( $\text{t}\cdot\text{h}^{-1}$ )	A 侧	0
	B 侧	0
二级减温水流量/( $\text{t}\cdot\text{h}^{-1}$ )	A 侧	4.90
	B 侧	4.50
高温过热器出口蒸汽温度/℃	A 侧	605.70
	B 侧	604.40
高温过热器出口蒸汽压力/MPa	A 侧	28.67
	B 侧	28.75
再热器减温水流量/( $\text{t}\cdot\text{h}^{-1}$ )	A 侧	44.20
	B 侧	39.30
高温再热器出口蒸汽温度/℃	A 侧	618.10
	B 侧	619.90
高温再热器出口蒸汽压力/MPa	A 侧	5.70
	B 侧	5.69
炉膛负压/Pa		-94.00
空气预热器进口氧量/%	A 侧	2.50
	B 侧	3.17
引风机动叶开度/%	A 侧	76.00
	B 侧	69.50

试验测量数据及计算结果如表 8 所示，锅炉最大连续出力时，A 侧空气预热器漏风率为 3.78%，B 侧空气预热器漏风率为 3.86%，均低于 4.00%，达到了保证值。

### 3.4 汽水系统压降

锅炉最大连续出力试验期间，同时进行汽水系统压力记录，试验结果如表 9 所示。

过热器蒸汽侧的压降为 1.89 MPa，低于保证值 1.90 MPa；再热器蒸汽侧的压降为 0.19 MPa，低于保证值 0.20 MPa。

### 3.5 BMCR 工况下空气预热器进出口烟风压降

在锅炉最大连续出力试验期间，同时进行空气预热器进出口烟风道压降测量，工况编号设为 PT-04，试验结果如表 10 所示。

A 侧空气预热器一次风压降为 0.71 kPa，B 侧空气预热器一次风压降为 0.72 kPa，与设计值（0.673 kPa）的偏差均小于 10%，达到设计要求；A 侧空气预热器二次风压降为 1.38 kPa，B 侧空气预热器二次风压降为 1.35 kPa，与设计值（0.959 kPa）的偏差均大于 10%，没有达到设计要求；A 侧空气预热器烟气压降为 1.55 kPa，B 侧空气预热器烟气压降为 1.52 kPa，与设计值（1.171 kPa）的偏差均大于 10%，没有达到设计要求。



表8 空气预热器漏风率试验结果(PT-05)

煤质资料	A侧	B侧
收到基碳/%	59.83	59.83
收到基氢/%	3.62	3.62
收到基氧/%	6.35	6.35
收到基氮/%	1.00	1.00
收到基硫/%	1.89	1.89
全水分/%	12.20	12.20
收到基灰分/%	15.12	15.12
大气条件	A侧	B侧
大气压力/kPa	87.440 0	87.440 0
干球温度/℃	23.500 0	23.500 0
湿球温度/℃	13.600 0	13.600 0
相对湿度/%	42.000 0	42.000 0
饱和蒸汽压力/kPa	2.890 0	2.890 0
绝对湿度/(kg·m <sup>-3</sup> )	0.008 8	0.008 8
灰渣可燃物	A侧	B侧
飞灰比率/%	90.000 0	90.000 0
炉渣比率/%	10.000 0	10.000 0
飞灰可燃物/%	0.080 0	0.100 0
炉渣可燃物/%	0.270 0	0.270 0
灰渣平均可燃物/%	0.099 0	0.117 0
干灰渣量/(kg·kg <sup>-1</sup> )	0.151 3	0.151 3
实际烧掉的碳/(kg·kg <sup>-1</sup> )	0.598 1	0.598 1
空气预热器进口	A侧	B侧
氧量/%	2.500	3.170
相对于每公斤煤的理论干空气量/(kg·kg <sup>-1</sup> )	7.932	7.932
过剩空气百分量/%	13.250	17.440
CO <sub>2</sub> /%	16.510	15.910
CO/%	0.130	0
N <sub>2</sub> /%	80.860	80.920
相对于每公斤煤的干空气量/(kg·kg <sup>-1</sup> )	8.913	9.328
相对于每公斤煤的干烟量/(kg·kg <sup>-1</sup> )	9.310	9.720
相对于每公斤煤产生的水含量/(kg·kg <sup>-1</sup> )	0.520	0.530
相对于每公斤煤产生的湿烟量/(kg·kg <sup>-1</sup> )	9.840	10.240
空气预热器出口	A侧	B侧
氧量/%	3.25	3.90
过剩空气百分量/%	17.96	22.37
CO <sub>2</sub> /%	15.84	15.26
CO/%	0.13	0
N <sub>2</sub> /%	80.78	80.84
相对于每公斤煤的干空气量/(kg·kg <sup>-1</sup> )	9.28	9.72
相对于每公斤煤的干烟量/(kg·kg <sup>-1</sup> )	9.68	10.11
相对于每公斤煤产生的水含量/(kg·kg <sup>-1</sup> )	0.53	0.53
相对于每公斤煤产生的湿烟量/(kg·kg <sup>-1</sup> )	10.21	10.64
空气预热器漏风率/%	3.78	3.86

表9 汽水系统压力测量结果 单位: MPa

省煤器进口给水压力	30.60
过热器出口蒸汽压力	28.71
再热器进口蒸汽压力	5.91
再热器进口蒸汽压力(修正后)	5.89
再热器出口蒸汽压力	5.70
过热器压降	1.89
再热器压降	0.19

表10 烟风系统压降测量结果(PT-04) 单位: kPa

项目	PT-04	
	A侧	B侧
空气预热器进口烟气静压	-1.80	-1.80
空气预热器出口烟气静压	-3.35	-3.32
空气预热器烟气压降	1.55	1.52
空气预热器进口一次风静压	12.00	11.93
空气预热器出口一次风静压	11.29	11.21
空气预热器一次风压降	0.71	0.72
空气预热器进口二次风静压	2.86	2.85
空气预热器出口二次风静压	1.48	1.50
空气预热器二次风压降	1.38	1.35

### 3.6 锅炉 NO<sub>x</sub> 排放的质量浓度测试

NO<sub>x</sub> 排放的质量浓度在 100%额定负荷锅炉效率试验时进行测试, 计算结果如表 11 所示。锅炉 NO<sub>x</sub> 排放的质量浓度(脱硝前)平均值为 159 mg/m<sup>3</sup> (O<sub>2</sub> 体积分数=6%, 标准状态), 低于保证值 160 mg/m<sup>3</sup> (O<sub>2</sub> 体积分数=6%, 标准状态), 达到设计要求。

表 11 NO<sub>x</sub> 排放的质量浓度计算结果

项目	1 000 MW(PT-01)	
	A侧	B侧
实测氧量/(μL·L <sup>-1</sup> )	1.92	1.95
实测 NO/%	94.00	93.00
NO <sub>x</sub> 排放的质量浓度(O <sub>2</sub> 体积分数=6%, 标准状态)/(mg·m <sup>-3</sup> )	159.00	158.00

## 4 结语

a) 100%额定负荷 (1 000 MW) 下, 2 种工况的未燃碳热损失平均值为 0.15%, 比设计值 (0.30%) 低 0.15 百分点; 2 种工况的 CO 热损失平均值为 0.28%, 比设计值高 0.28 百分点; 2 种工况的干烟气热损失平均值为 3.54%, 比设计值 (4.05%) 低 0.51 百分点; 2 种工况的修正后排烟温度平均值为 117.70 ℃, 比设计的修正后排烟温度 (116.0 ℃) 高 2.1 ℃ 左右。b) 75% 额定负荷下, 实测锅炉效率为 95.38%, 修正后锅炉效率为 95.17%; 50% 额定负荷下, 实测锅炉效率为 95.38%, 修正后锅炉效率为 95.13%。c) 试验结果表明, 锅炉最大连续出力为 2 915 t/h, 达到保证值 2 906 t/h。d) 锅炉最大连续出力时, A 侧空气预热器漏风率为 3.78%, B 侧空气预热器漏风率为 3.86%, 均低于 4.00%, 达到保证值。e) 锅炉最大连续出力时, 过热器蒸汽侧的压降为 1.89 MPa, 低于保证值 1.90 MPa; 再热器蒸汽侧的压降为 0.19 MPa, 低于保证值 0.20 MPa。f) A 侧空气预热器一次风压降为 0.71 kPa, B 侧空气预热器一次风压降为 0.72 kPa, 与设计值 (0.673 kPa) 的偏差均小于 10%, 达到设计要求; A 侧空气预热器二次风压降为 1.38 kPa, B 侧空气预热器二次风压降为 1.35 kPa, 与设计值 (0.959 kPa) 的偏差均大于 10%, 没有达到设计要求; A 侧空气预热器烟气压降为 1.55 kPa, B 侧空气预热器烟气压降为 1.52 kPa, 与设计值 (1.171 kPa) 的偏差均大于 10%, 没有达到设计要求。g) 100% 额定负荷下, 锅炉 NO<sub>x</sub> 排放的质量浓度(脱硝前)平均值为 159 mg/m<sup>3</sup> (O<sub>2</sub> 体积分数=6%, 标准状态), 低于保证值 160 mg/m<sup>3</sup> (O<sub>2</sub> 体积分数=6%, 标准状态), 达到设计要求。

### 参考文献:

- [1] 王丁. 对冲燃烧锅炉燃用高硫煤的高温腐蚀防控[J]. 中国科技纵横, 2018(5): 193.
- [2] 肖泽. 试述高硫无烟煤锅炉引风机低温腐蚀防治措施[J]. 科学与信息化, 2019(25): 91.
- [3] 周颖池. 锅炉水冷却壁高温腐蚀原因分析及对策[J]. 热力发电, 2013, 42(7): 138-141.
- [4] 毛晓飞, 左志雄, 汪正海, 等. 燃用高硫煤四角切圆锅炉水冷壁高温腐蚀治理[J]. 热力发电, 2019, 48(4): 96-103.

(责任编辑: 白 洁)