

# 百万千瓦燃煤机组烟气超低排放设计及应用

孟 炜<sup>1</sup> 李清毅<sup>1</sup> 胡达清<sup>1</sup> 高 翔<sup>2</sup>

(1. 浙江天地环保工程有限公司 浙江 杭州 310003;

2. 浙江大学 热能工程研究所 能源清洁利用国家重点实验室 浙江 杭州 310027)

**摘 要:**为实现燃煤机组烟气超低排放,对某电厂1 000 MW 燃煤机组实施烟气超低排放的技术改造:脱硝采用低氮燃烧器调整技术和SCR反应器内加装催化剂技术,除尘采用低温电除尘器和湿式电除尘器,脱硫采用交互式喷淋技术。改造后机组烟气排放按下述流程:低氮燃烧器的锅炉出口烟气依次流经省煤器、SCR、空预器、管式换热器降温段、低低温电除尘器后进入吸收塔,然后经过湿式静电除尘器和管式换热器升温段进入烟囱。改造后烟囱入口的主要烟气污染物 $\text{NO}_x$ 、烟尘、 $\text{SO}_2$ 排放浓度分别达到25.83、1.61和22.08  $\text{mg}/\text{Nm}^3$ ,污染物排放浓度数值上低于天然气燃气轮机排放标准。

**关键词:**超低排放;污染物;天然气燃气轮机;标准

中图分类号: X77 文献标识码: B

DOI: 10.16146/j.cnki.rndlgc.2016.01.019

## 引 言

浙江某电厂其百万燃煤机组锅炉型号为HG-3101/27.46-YM3,由哈尔滨锅炉厂有限责任公司制造,是超超临界参数变压运行直流炉,采用单炉膛、一次中间再热、改进型低 $\text{NO}_x$  PM(污染物最小)主燃烧器和MACT型低 $\text{NO}_x$ 分级送风燃烧系统、反向双切圆燃烧方式、平衡通风、Π型露天布置燃煤锅炉。锅炉燃烧系统按HP-1203/Dyn型中速磨煤机冷一次风机正压直吹式制粉系统设计,共6台磨煤机。

本研究对该百万燃煤机组进行烟气超低排放改造,使该机组主要污染物 $\text{NO}_x$ 、烟尘、 $\text{SO}_2$ 排放浓度达到天然气燃气轮机污染物排放标准<sup>[1]</sup>。根据该机组现有烟气环保设施及排放情况,结合原锅炉设计煤种和目前机组近几年实际燃烧煤种,确定出实

施本改造的锅炉设计煤种并核算出机组主要设计烟气参数,从脱硝、除尘和脱硫3个方面,分别探讨该机组达到天然气燃气轮机排放标准的技术方案并进行分析,选择出合理的烟气超低排放方案并在该机组应用。文中所有浓度数据均指在干基,6%  $\text{O}_2$  状态下的数据。

## 1 机组现有的环保设备及排放情况

### 1.1 机组现有环保设备

如图1所示,机组目前采用的环保设备包括低氮燃烧系统、SCR(选择性催化还原)脱硝装置、干式静电除尘器和脱硫装置等。

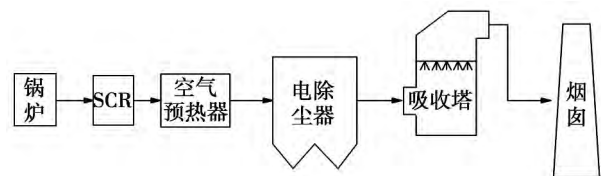


图1 机组现有环保设施示意图

Fig. 1 The schematic diagram of the existing environmental protection facilities

锅炉主燃烧器采用低 $\text{NO}_x$ 的煤粉燃烧器,每只煤粉喷嘴中间设有隔板,以增强煤粉射流刚性,在主燃燃烧器的上方为OFA(燃尽风)喷嘴,在距上层煤粉喷嘴上方7.2 m处布置有4层附加燃尽风喷嘴,它的作用是补充燃料后期燃烧所需要的空气,同时实现分级燃烧达到降低炉内温度水平,抑制 $\text{NO}_x$ 的生成,此燃尽风与OFA风一起构成低 $\text{NO}_x$ 燃烧系统。

收稿日期: 2015-01-23; 修订日期: 2015-02-12

基金项目: 国家杰出青年科学基金(51125025); 浙江省重点科技创新团队(2011R50017); 浙江省重大科技专项重点社会发展项目(2014C03018; 2013C03022)

作者简介: 孟 炜(1973-),男,浙江诸暨人,浙江天地环保工程有限公司高级工程师。

SCR 脱硝装置设计脱硝效率为 80% ,反应器按 3 层设计 ,其中初装 2 层 ,初装催化剂体积为每个机组 548 m<sup>3</sup> ,设计出口 NO<sub>x</sub> 浓度为 70 mg/Nm<sup>3</sup>。

干式静电除尘器为 2 台三室四电场电除尘器 ,设计除尘效率为 99.7% ,设计出口烟尘浓度为 42 mg/Nm<sup>3</sup>。脱硫装置采用石灰石 - 石膏湿法脱硫技术 ,无旁路、无 GGH( 烟气 - 烟气换热器) ,有增压风机。其中吸收塔采用带均流增效板的逆向喷淋塔 ,设计有 3 台循环泵、3 层标准喷淋层和 1 层均流增效板。脱硫装置设计脱硫效率为 95% ,设计吸收塔出口 SO<sub>2</sub> 浓度为 108 mg/Nm<sup>3</sup>。该机组于 2011 年 10 月建成投运 ,目前机组运行稳定 ,但因无 GGH, “石膏雨”现象较为严重。

表 1 机组污染物排放情况( mg/Nm<sup>-3</sup> )

Tab.1 The information on the discharge of pollutants of the unit( mg/Nm<sup>-3</sup> )

工况	烟尘	NO <sub>x</sub>	SO <sub>2</sub>
1	22.1	100	75
2	29	70	108
3	5	50	35

### 1.2 排放情况

表 1 给出了机组烟囱出口 NO<sub>x</sub>、烟尘和 SO<sub>2</sub> 等 3 种污染物排放情况。其中 ,工况 1 代表目前 CEMS( 烟气自动监控系统) 实测污染物平均排放浓度; 工况 2 代表按照现有环保设备设计工况计算出的烟囱入口污染物排放情况( 设定脱硫吸收塔对烟尘的脱

除作用占 50%); 吸收塔出口雾滴浓度不大于 40 mg/Nm<sup>3</sup> ,石膏含量占 20%; 工况 3 代表天然气燃气轮机机组重点地区污染物排放标准。表中 NO<sub>x</sub> 排放浓度实测值高于设计值 ,是因为该机组脱硝环境影响评价按脱硝效率 65% 批复 ,实际脱除效率可达 80%; SO<sub>2</sub> 排放浓度实测值低于设计值 ,是因为设计煤种的含硫量高于实际燃烧煤种含硫量; 烟尘排放浓度实测值与设计值的差别同样因煤种差异引起。综合表中数据 ,该百万机组烟气污染物排放与天然气燃气轮机污染物排放标准相比 ,仍有一定的差距。应权衡考虑该机组目前的设备布置和运行情况 ,合理选择恰当的技术路线 ,使得烟囱出口 NO<sub>x</sub> 排放浓度由 70 mg/Nm<sup>3</sup> 降低到 50 mg/Nm<sup>3</sup> ,烟尘排放浓度由 30 mg/Nm<sup>3</sup> 降低到 5 mg/Nm<sup>3</sup> ,SO<sub>2</sub> 排放浓度由 108 mg/Nm<sup>3</sup> 降低到 35 mg/Nm<sup>3</sup> ,实现燃煤机组烟气超低排放。

## 2 设计参数

### 2.1 设计煤种

机组综合考虑锅炉原设计煤种及近几年实际燃烧煤种 ,按某掺混煤种作为本机组设计煤种。根据我国煤种分类方法 ,原煤属于烟煤 ,其元素分析及工业分析如表 2 所示。该煤种中与主要污染物排放有关的 N、S 和灰分含量均高于实际燃烧煤种和原锅炉设计煤种对应成份含量。

表 2 设计煤种元素分析及工业分析

Tab.2 Ultimate and proximate analysis of coal designed

煤种	元素分析 /%					工业分析 /%			V <sub>daf</sub> /%
	C	H	N	S	O	M <sub>ar</sub>	M <sub>ad</sub>	A <sub>ar</sub>	
设计煤种	54.98	3.53	0.85	0.80	8.84	13.0	4.27	18.0	37.89

### 2.2 烟气参数

机组烟气参数综合考虑燃烧及漏风情况 ,由热力计算获得。表 3 为在 BMCR( 锅炉最大连续蒸发量) 、100% THA( 热耗率验收工况) 、75% THA、50% THA、35% BMCR 工况下 SCR 入口的烟气参数。

## 3 烟气超低排放技术改造

### 3.1 脱硝改造

机组已装有低氮燃烧器且运行时间不长 ,根据

目前锅炉运行情况 ,SCR 入口 NO<sub>x</sub> 平均浓度维持在 300 mg/Nm<sup>3</sup> 左右。进行低氮燃烧器测试及燃烧优化调整 ,通过调整锅炉一、二次风量、周界风风门开度、燃尽风风门开度及组合方式、二次风配风方式和煤粉细度等参数 ,在满足锅炉热效率性能保证值的前提下 ,保证各负荷下 NO<sub>x</sub> 排放浓度在 250 mg/Nm<sup>3</sup> 以下。

对低氮燃烧器优化调整后 ,考虑适度的裕量 ,SCR 入口设计 NO<sub>x</sub> 浓度考虑为 300 mg/Nm<sup>3</sup> ,为达到 NO<sub>x</sub> 超低排放目标 ,SCR 装置的设计脱硝效率提高

至 85%。同时,在催化剂选型时考虑脱汞要求,将催化剂改性,以便把难以脱除的单质汞氧化为二价汞。可通过更换原来的 2 层催化剂为改性催化剂和加装第 3 层催化剂为改性催化剂来实现。通过对原有催化剂测试条块进行性能测试并经核算后,选择加装 1 层改性催化剂。改造前、后 SCR 的性能参数

如表 4 所示。从表中可以看出,增加第 3 层催化剂后,SCR 出口 NO<sub>x</sub> 浓度为 45 mg/Nm<sup>3</sup>,但会增加烟气系统的阻力。对于协同氧化汞改性催化剂的应用尚属首次,其在工程上对单质汞的氧化效果还值得进一步研究。

表 3 SCR 入口的烟气参数

Tab. 3 Flue gas parameters of SCR entrance

参 数	BMCR	100% THA	75% THA	50% THA	35% BMCR
实际体积流量/Nm <sup>3</sup> ·h <sup>-1</sup>	3 062 214	2 924 161	2 196 977	1 692 613	1 567 719
质量流量/kg·h <sup>-1</sup>	4 098 643	3 912 527	2 939 555	2 264 717	2 097 608
温度/℃	365	360	335	322	308
二氧化碳含量/%	14.88	14.88	14.06	12.59	11.20
含氧量/%	2.52	2.52	3.50	5.27	6.97
含氮量/%	73.07	73.07	73.31	73.76	74.17
二氧化硫含量/%	0.04	0.04	0.04	0.03	0.03
含水量/%	9.49	9.49	9.09	8.35	7.63
含尘量/mg·Nm <sup>-3</sup>	23.33	-	-	-	-

表 4 改造前、后 SCR 的性能参数

Tab. 4 The design and performance parameters of SCR before and after the transformation

参 数	改造前	改造后
SCR 入口 NO <sub>x</sub> 浓度/mg·Nm <sup>-3</sup>	350	300
设计 SCR 出口 NO <sub>x</sub> 浓度/mg·Nm <sup>-3</sup>	70	45
设计脱硝效率/%	80	85
每机组催化剂体积/m <sup>3</sup>	548	548 + 477 (加装层)
保证压降/Pa	290	510
对单质汞的氧化率/%	-	≥50

通过对机组低氮燃烧器调整和加装 SCR 反应器第 3 层改性催化剂的方式使 SCR 出口 NO<sub>x</sub> 浓度达到 45 mg/Nm<sup>3</sup>,并起到协同氧化单质汞的作用。

### 3.2 除尘改造

机组装有干式静电除尘器,综合考虑技术的可靠性,可以选择湿式静电除尘技术、低低温电除尘技术和高频电源改造方案<sup>[2-6]</sup>。另外,因本机组没有 GGH,烟囱出口“石膏雨”现象比较严重,在技术方案选择过程中需要考虑此问题。

为达到烟囱出口烟尘浓度(含石膏带出)≤5 mg/Nm<sup>3</sup>的排放目标,采取的除尘方案如图 2 所示。

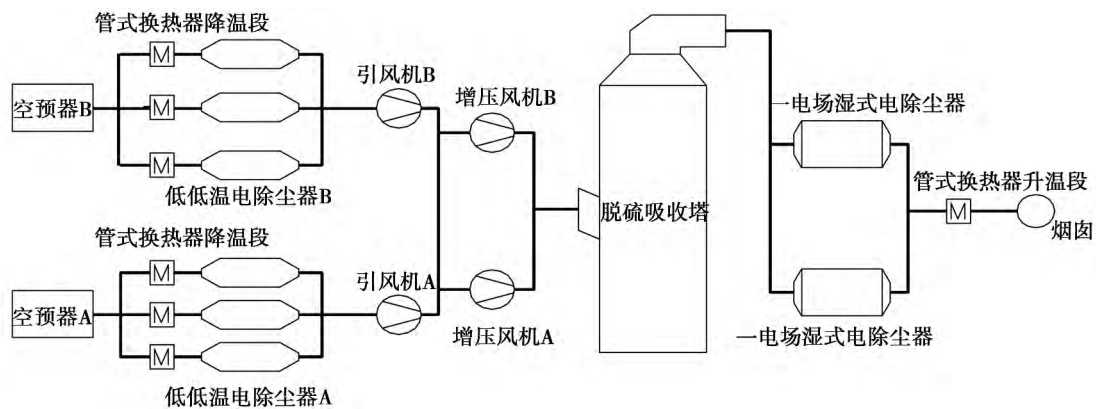


图 2 除尘方案

Fig. 2 The dust-removal scheme

除尘流程为锅炉空预器出口的烟气经过管式换热器降温段后降温至 85.6 ℃ 左右,然后进入改造后的低低温静电除尘器、引风机并通过增压风机增压后进入吸收塔,吸收塔出口的烟气进入一电场湿式静电除尘器,除尘净化后进入管式换热器升温段升温至 80 ℃ 后通过烟囱排放。

表 5 示出了在设计煤种和设计烟气量的条件下,除尘系统的相关参数。在设计过程中,原干式静电除尘器的除尘效率为 99.7% (按吸收塔的除尘效率为 50% 计算)。按照设计选型,烟囱出口烟尘浓度(含石膏带出)为 4.65 mg/Nm<sup>3</sup>。

表 5 除尘系统参数

Tab.5 Parameters of the dust-removal system

参 数	数 值
低低温静电除尘器进口烟尘浓度/mg · Nm <sup>-3</sup>	23.33
低低温静电除尘器电场数	4
低低温静电除尘器除尘效率/%	99.936
低低温静电除尘器出口烟尘浓度/mg · Nm <sup>-3</sup>	15
低低温静电除尘器 SO <sub>3</sub> 的脱除率/%	≥85
脱硫吸收塔除尘效率/%	50
脱硫吸收塔出口烟尘浓度/mg · Nm <sup>-3</sup> (不含石膏带出)	7.5
脱硫吸收塔出口雾滴浓度/mg · Nm <sup>-3</sup>	40
脱硫吸收塔出口石膏浓度/mg · Nm <sup>-3</sup> (按出口雾滴浓度的 20% 考虑)	8
脱硫吸收塔出口烟尘浓度/mg · Nm <sup>-3</sup> (含石膏带出)	15.5
湿式静电除尘器电场数	1
湿式静电除尘器除尘效率/%	70
湿式静电除尘器 SO <sub>3</sub> 的脱除率/%	20
烟囱出口烟尘浓度/mg · Nm <sup>-3</sup> (含石膏带出)	4.65

采用湿式静电除尘器会使用大量工艺水,为保持水平衡,避免水污染,将外排废水经过澄清后作为脱硫吸收塔除雾器冲洗水,从而解决废水外排问题。由于管式换热器降温段存在,使进入吸收塔烟气温降低,吸收塔出口烟气携带水量降低,整个烟气系统的水耗降低。

以本机组为例,原脱硫增压风机入口烟气温度为 122 ℃,单台机组脱硫系统工艺水耗量为 153 t/h。在加装管式换热器后,脱硫系统入口烟气温度为 96 ℃ 左右,经过脱硫物料平衡计算,单台机组脱硫系统工艺水耗量为 114 t/h,原有水平衡已被破坏。为满足改造后水量平衡的要求,本机组采用湿

式静电除尘器外排废水经澄清处理后作为除雾器冲洗水的一部分,并重新建立了脱硫系统的水平衡,以保证系统的正常运行。湿式静电除尘器设计补水量与废水外排量为 39 t/h,废水经处理后不能用于除雾器冲洗水的废水约 4 t/h。从图中还可以看出,脱硫系统的水耗降低约 39 t/h。原脱硫水平衡与除尘系统改造后的脱硫水平衡如图 3 所示。

### 3.3 脱硫改造

石灰石/石膏湿法烟气脱硫过程是一个涉及气、液、固三相的复杂传质传热反应过程,包括 SO<sub>2</sub> 吸收、石灰石溶解、HSO<sub>3</sub><sup>-</sup> 氧化、石膏结晶等步骤。影响脱硫效率的因素主要有塔内烟气流速、液气比、吸收区高度、浆液池容量、浆液 pH 值和烟气分布均匀性等<sup>[7-8]</sup>,还可通过添加脱硫剂<sup>[9-12]</sup>来提高脱硫效率,在工程应用中要根据实际情况选择合适的参数,实现高脱硫效率和良好的经济性。

根据该机组的实际情况,在不改变吸收塔外形尺寸的情况下,通过改变喷淋方式和烟气分布均匀性来达到 SO<sub>2</sub> 超低排放的目的。经物料平衡计算,在设计条件下可以使脱硫效率达到 98% (通过设计煤种进行核算,吸收塔入口 SO<sub>2</sub> 浓度为 1 745 mg/Nm<sup>3</sup>),吸收塔出口 SO<sub>2</sub> 浓度为 35 mg/Nm<sup>3</sup>。改造后吸收塔的阻力会有一定的增加。

### 3.4 改造方案实施效果

图 4 为机组烟气排放流程图。改造后烟气的主要污染物 NO<sub>x</sub>、烟尘、SO<sub>2</sub> 排放浓度分别达到 45、4.65 和 35 mg/Nm<sup>3</sup>。所采用的技术方案在原有设备布置紧凑的条件下合理应用场地与空间,未引起其它污染物,合理解决新增废水的处理,并考虑了脱硝催化剂对汞的氧化以及后续设备对汞的脱除,解决了由于原机组无 GGH 带来的“石膏雨”问题。

机组改造历时 9 个月,于 2014 年 5 月完成改造并投入满负荷运行,烟气的主要污染物实测数据如表 6 所示。NO<sub>x</sub>、烟尘、SO<sub>2</sub> 排放浓度分别为 25.83、1.61 和 22.08 mg/Nm<sup>3</sup>,与改造前相比,分别下降 74.17%、20.5% 和 52.92 mg/Nm<sup>3</sup>,比天然气燃气轮机机组排放标准分别低 67.8%、36.9% 和 48.3%。根据测算,超低排放改造完成后,NO<sub>x</sub>、烟尘、SO<sub>2</sub> 的年排放量分别减少 704、880 和 2 569 t,运行成本增加约 0.018 元/(kW · h)。

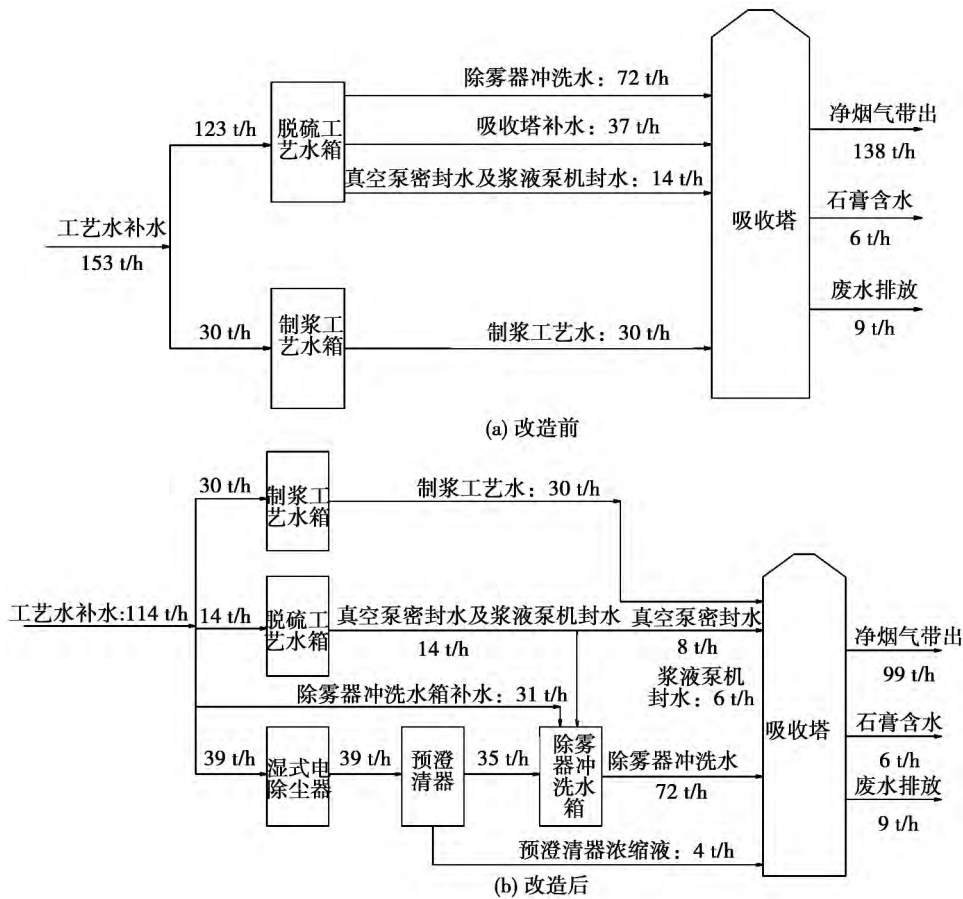


图 3 除尘改造前后脱硫系统水平衡对比图

Fig. 3 Comparison chart of system water balance before and after the transformation

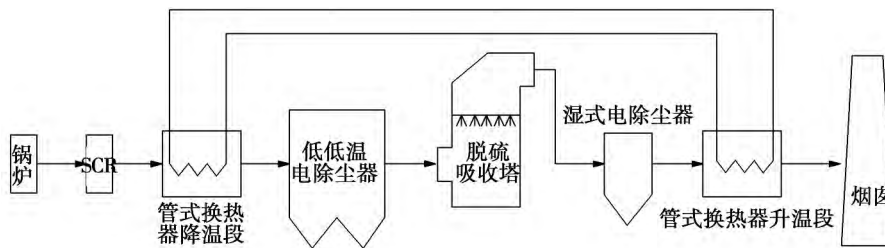


图 4 机组烟气排放流程图

Fig. 4 Flow chart of flue gas emission of the unit

表 6 机组污染物超低排放测试数据对比 (mg/Nm<sup>3</sup>)

Tab. 6 The comparison of ultra low pollutants emission of the unit (mg/Nm<sup>3</sup>)

污染物浓度	燃煤锅炉		燃气超低排放目标	实测排放数据	改造后	
	重点区域	非重点区域			改造前	改造后
NO <sub>x</sub> (以 NO <sub>2</sub> 计)	100	100	50 < 50	100	25.83	
PM	20	30	5 < 5	22.1	1.61	
SO <sub>2</sub>	50	100	35 < 35	75	22.08	

### 3 结论

对某电厂百万千瓦燃煤机组实施烟气超低排放技术改造, 确定该机组技术路线: 低氮燃烧器的锅炉出口烟气依次流经省煤器、SCR、空预器、管式换热器降温段、低低温电除尘器进入吸收塔, 然后经过湿式静电除尘器和管式换热器升温段进入烟囱。整套技术方案在该百万燃煤机组上实施, 最终实现了烟

囱入口的主要烟气污染物  $\text{NO}_x$ 、烟尘、 $\text{SO}_2$  排放浓度分别达到 25.83、1.61 和 22.08  $\text{mg}/\text{Nm}^3$  ,达到燃煤机组烟气污染物超低排放目标。

技术改造主要有以下创新点:

(1) 开创性的提出燃煤机组烟气超低排放,使燃煤机组  $\text{NO}_x$ 、烟尘和  $\text{SO}_2$  等主要污染物排在数值上达到天然气燃气轮机机组的污染物排放标准。

(2) 国内首次在百万燃煤机组应用脱硝催化剂协同氧化汞技术、同时应用低低温电除尘技术和湿式电除尘技术。

(3) 应用脱硫吸收塔内交互式喷淋技术提高脱硫效率。

新技术的采用未增加其它污染物的排放,同时降低  $\text{SO}_3$  和 Hg 的排放,且使整个系统的水耗减少。

参考文献:

[1] 火电厂大气污染物排放标准 [S].  
Emission standard of air pollutants for thermal power plants [S].

[2] 姜雨泽,宋荣杰.火电厂除尘技术的发展动态研究[J].环境科学与技术 2008 31(8): 59-64.  
Jiang Yu-ze, Song Rong-jie. Development of Deduct technology for coal-fired power plants [J]. Environmental Science & Technology, 2008 31(8): 59-64.

[3] 陈颖,郭俊,毛春华,等.电除尘器高频电源的提效节能应用[J].中国环保产业 2010(12): 28-31.  
Chen Ying, Guo Jun, Mao Chun-hua, et al. Raise efficiency energy-saving high-frequency power application of ESP [J]. China Environmental Protection Industry 2010(12): 28-31.

[4] 陈鹏.湿式静电除尘器除尘机理的研究[D].辽宁工程技术大学 2002.  
Chen Peng. Research of Wet-electrostatic Precipitator [D]. Liaoning Technology University 2002.

[5] Jun Y, Yong D, Jingcai C, et al. Application of Wet Electrostatic Precipitators in Coal-Fired Power Plant for Acid Mists Control [C]. Bioinformatics and Biomedical Engineering (iCBBE), 2010 4th International Conference on. IEEE, 2010: 1-3.

[6] 郭士义,丁承刚.低低温电除尘器的应用及前景[J].装备机

械 2011(1): 69-73.  
Guo Shi-yi, Ding Cheng-gang. Application and prospect of low cryogenic electrostatic precipitator. The Magazine on Equipment Machinery 2011(1): 69-73.

[7] 朱法华,李辉,王强.高频电源在我国电除尘器上的应用及节能减排潜力分析[J].环境工程技术学报 2011, 1(1): 26-32.  
Zhu Fa-hua, Li Hui, Wang Qiang. Application of High Frequency Power supply for ESP in the power industry of China and its potential for energy saving and emissions reducing [J]. Journal of environmental Engineering Technology 2011, 1(1): 26-32.

[8] Santavicca J W. Wet Flue Gas Desulfurization (WFGD) Slurry Spray Header Design System [C]. ASME 2005 Power Conference. American Society of Mechanical Engineers 2005: 1099-1105.

[9] 胡金榜,胡玲玲,段振亚,等.湿法烟气脱硫添加剂研究进展[J].化学工业与工程 2005 22(6): 456-460.  
Hu Jin-bang, Hu Ling-ling, Duan Zhen-ya, et al. Progress of additives for wet FGD Process. Chemical industry and engineering [J]. 2005 22(6): 456-460.

[10] 杨磊,卢啸风. WFGD 工艺典型脱硫添加剂应用探讨[J].电站系统工程 2007 23(3): 4-6.  
Yang Lei, Lu Xiao-feng. Explore the application of typical addition agent of desulphurization in WFGD techniques [J]. Power system engineering 2007 23(3): 4-6.

[11] 陈余土,丁红蕾,姚国新,等.添加剂影响湿法脱硫过程中石灰石溶解的实验研究[J].能源工程 2013(03): 40-44.  
Chen Yu-tu, Ding Hong-lei, Yao Guo-xin, et al. Experimental study on the effects of additive on limestone dissolution rate in wet flue gas deulfurization [J]. Energy Engineering, 2013(03): 40-44.

[12] 王惠挺,丁红蕾,姚国新,等.添加剂强化钙基湿法烟气脱硫的试验研究[J].浙江大学学报(工学版), 2014(01): 50-55.  
WANG Hui-ting, DING Hong-lei, YAO Guo-xin, et al. Experimental study on  $\text{SO}_2$  absorpption ratenhnded by additive in limestone-gypsum WFGD process [J]. Journal of Zhejiang University (Engineering Science) 2014(01): 50-55.

(丛敏编辑)

source ORC system using R236fa as its working medium is optimum. **Key words:** dual heat source ,organic Rankine cycle ,cold-end temperature difference ,working medium ,thermal performance

百万千瓦燃煤机组烟气超低排放设计及应用 = **Design and Applications of the Ultra Low Emissions of Flue Gases From a 1 000 MW Coal-fired Boiler Unit** [刊 汉] MENG Wei ,LI Qing-yi ,HU Da-qing ( Zhejiang Heaven-and-earth Environmental Protection Engineering Co. Ltd. ,Hangzhou ,China ,Post Code: 310003) ,GAO Xiang ( National Key Laboratory on Clean Utilization of Energy Sources ,Thermal Energy Engineering Research Institute ,Zhejiang University ,Hangzhou ,China ,Post Code: 310027) //Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. -2016 ,31( 1) . -111 -116

To realize the ultra low emissions of flue gases from a 1 000 MW coal-fired boiler unit in a power plant ,the following flue gas ultra low emission technical version was applied: low nitrogen burners were used in the denitration process , catalysts were added into the SCR ( selective catalytic reduction) reactors ,low-low temperature ESPs ( electronic static precipitator) and wet type electronic precipitators were employed to remove the dust and the interactive sprinkling technology was used to remove the sulfur. After this technical version has been put in practice ,the flow path for discharging the flue gases from the boiler unit can be given as follows: the flue gases outgoing from the outlet of the boiler adopting low nitrogen burners will in turn flow through the economizers ,SCR reactors ,air preheaters ,the desuperheating section of tube type heat exchangers and the low-low temperature ESPs and then enter into the absorption towers ,afterwards ,pass through the wet type ESPs and the temperature rise sections of the tube type heat exchangers and go into the smoke stacks. After the technical version had been executed ,the emissions concentrations of the main pollutants tested at the inlets of the smoke stacks ,including  $\text{NO}_x$  ,soot and  $\text{SO}_2$  ,arrived at 25.83  $\text{mg}/\text{Nm}^3$  ,1.61  $\text{mg}/\text{Nm}^3$  and 22.08  $\text{mg}/\text{Nm}^3$  at an oxygen concentration of 6% respectively ,thus making the pollutant emissions concentrations of the coal-fired boiler unit meet the requirements stipulated in the emission standard for natural gas turbines. **Key words:** ultra low emissions ,pollutant ,natural gas turbine unit ,standard

1 045 MW 超超临界贫煤锅炉燃用高挥发分烟煤的燃烧调整研究及工程实践 = **Study of the Adjustment to the Combustion in a 1 045 MW Ultra-supercritical Boiler Burning Bituminous Coal With a High Volatile Content Instead of Lean Coal and Its Engineering Practice** [刊 汉] LI De-bo ( Electric Power Science Research Institute ,Guangdong Power Grid Company ,Guangzhou ,China ,Post Code: 510060) ,DI Wan-feng ,LI Xin ,GUO