

600 MW 墙式燃烧锅炉氮氧化物排放浓度与主要运行因素的多元线性回归研究

沈跃云¹, 高小涛², 孟 硕³

(1. 江苏经贸职业技术学院, 江苏 南京 211168; 2. 江苏省电力试验研究院有限公司, 江苏 南京 211103;
3. 哈尔滨锅炉压力容器检验研究院, 黑龙江 哈尔滨 150078)

摘 要: 以某厂 600 MW 超临界机组前后墙布置燃烧器锅炉为研究对象, 采用现场燃烧调整试验方法, 针对锅炉燃烧系统的运行特点和具体条件, 进行了氧量、燃烧结构参数(包括一次风速、中心风量、二三次风风量和二次风旋流强度等)、磨煤机运行组合方式、燃尽风量和煤质变化等影响锅炉氮氧化物(NO_x)排放特性的试验研究。试验结果表明: 锅炉的运行氧量、磨煤机组合投运方式变化、燃尽风量和煤质变化是锅炉 NO_x 排放浓度的主要影响因素, 影响 NO_x 排放浓度变化幅度达到 14% ~ 18%; 而燃烧器结构参数的变化影响较小; 通过对主要因素的控制, 可以显著降低锅炉 NO_x 排放浓度。在此基础上, 应用多元线性回归方法, 建立了该 600 MW 锅炉 NO_x 排放浓度与主要运行因素的回归经验关系式, 回归经验关系式的预测值和实测值之间的偏差大多在 $\pm 10\%$ 范围内, 该经验关系式可用于锅炉 NO_x 排放浓度的在线运行控制和预测。

关 键 词: 超临界锅炉; 墙式燃烧系统; 低 NO_x 排放; 运行因素; 多元线性回归

中图分类号: X511 文献标识码: A

引 言

对于国产 600 MW 超临界墙式燃烧锅炉, 虽然各企业生产的锅炉依据的技术来源不同, 但燃烧器均采用先进低 NO_x 旋流燃烧器, 并采用了 1 层燃尽风(OFA)技术实现炉内空气分级燃烧进一步控制 NO_x 排放浓度。针对某厂 2 台 600 MW 超临界墙式燃烧锅炉, 采用燃烧调整试验方法, 研究锅炉 NO_x 的排放特性及其影响运行主要因素, 以确定锅炉 NO_x 排放浓度运行因素的重要性。在此基础上, 应用多元线性回归方法, 建立该厂 600 MW 超临界墙式燃烧锅炉 NO_x 排放浓度的预测经验关系式。

1 锅炉燃烧系统

该 600 MW 超临界墙式燃烧锅炉是由哈尔滨锅炉有限责任公司引进三井巴布科克能源公司(MBEL)技术生产的超临界参数变压运行直流锅炉, 锅炉为单炉膛、一次中间再热、II 型布置。锅炉设计煤种为神华煤, 校核煤种分别为晋北煤和兖州煤。

锅炉燃烧方式为前后墙对冲燃烧, 前后墙各布置 3 层 MBEL 低 NO_x 轴向旋流燃烧器(LNASB, Low NO_x Axial Swirl Burner)^[1], 每层各有 5 只, 共 30 只。其中, 前墙从上至下分别布置 D、C、E 3 层燃烧器, 后墙从上至下分别布置 A、F、B 3 层燃烧器。锅炉配 6 台磨煤机, 每台磨带一层燃烧器, 磨的编号和各层燃烧器的编号(A 到 F)对应。在最上层煤粉燃烧器上方, 前后墙各布置 1 层燃尽风(OFA)口, 每层布置 5 只, 共 10 只, 实现炉内空气分级。LNASB 燃烧器如图 1 所示。

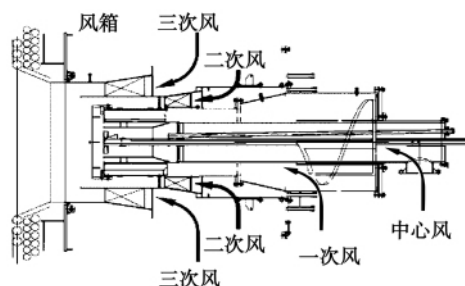


图 1 LNASB 燃烧器结构示意图

Fig. 1 Schematic drawing of LNASB burner

收稿日期: 2010-04-25; 修订日期: 2010-12-06

基金项目: 国家杰出青年科学基金资助项目(50825902); 江苏省自然科学基金攀登基金资助项目(BK2009218)

作者简介: 沈跃云(1966-), 女, 江苏靖江人, 江苏经贸职业技术学院副教授

2 燃烧调整试验研究

2.1 试验方法、内容

燃烧调整试验时主要进行锅炉省煤器出口、空气预热器出口烟气成分分析、排烟温度测试和锅炉效率反平衡效率计算所必要的采样分析(包括煤样、灰渣样)。试验数据整理、计算、结果修正等依据《电站锅炉性能试验规程》执行^[2]。锅炉 NO_x 排放浓度试验数据整理、计算修正依据《火电厂大气污染物排放标准》执行^[3]。试验采用单因素轮换

法,即在改变某一工况参数时,其它运行参数保持不变,对主要运行因素变化时锅炉的效率和 NO_x 排放浓度进行测量和计算,系统地研究各单一因素变化的影响^[4]。所有的试验均在满负荷条件下进行,针对锅炉燃烧系统的运行特点和具体条件,主要进行了氧量、燃烧结构参数(包括一次风速、中心风量、二三次风风量,二次风旋流强度)、磨煤机运行组合方式、煤质变化、燃尽风量等因素影响的试验研究。燃烧调整试验期间,所使用的煤种为神华煤和平混煤,其煤质分析结果如表1所示。

表1 试验煤种的特性

Tab.1 Properties of coal ranks under the test

	$M_{ar}/\%$	$M_{ad}/\%$	$A_{ar}/\%$	$V_{daf}/\%$	$C_{ar}/\%$	$H_{ar}/\%$	$O_{ar}/\%$	$N_{ar}/\%$	$S_{ar}/\%$	$Q_{net,ar}/\text{MJ} \cdot \text{kg}^{-1}$
神煤1	16.8	10.68	6.84	34.59	62.54	4.45	8.05	0.63	0.69	23.18
神华煤2	12.3	6.31	14.57	37.10	59.16	3.66	8.50	0.79	1.03	22.32
神华煤3	17.3	10.91	6.85	34.26	61.64	3.83	9.06	0.63	0.69	23.08
神华煤4	15.9	11.02	9.78	37.33	58.94	4.22	10.12	0.66	0.38	21.99
平混煤1	11.8	5.16	18.49	38.45	55.82	4.18	8.00	0.73	1.00	21.09
平混煤2	12.4	4.98	18.54	33.96	56.49	3.40	7.83	0.64	0.70	21.47
平混煤3	16.9	9.66	7.78	34.88	60.86	4.28	8.83	0.69	0.66	22.78
平混煤4	15.8	11.64	11.53	36.80	57.37	3.77	10.37	0.76	0.40	21.45

2.2 试验结果及分析

2.2.1 燃烧氧量的影响

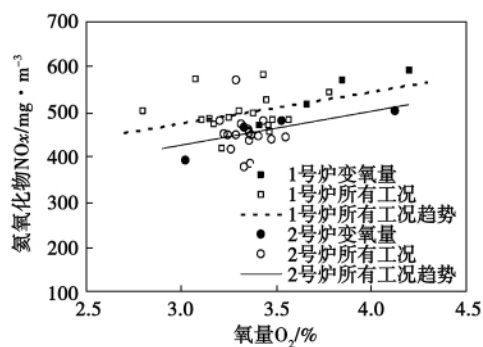


图2 锅炉运行氧量的影响

Fig.2 Influence of the oxygen quantity on the operation of a boiler

氧量变化对锅炉 NO_x 排放浓度的影响试验结果如图2所示。从图2可以看出,随着氧量增加, NO_x 排放浓度近乎是直线增加的,除2号炉氧量最高的一个工况外,两台炉的变化趋势几乎是一致的。1号炉氧量由3.4%增加至4.2%时, NO_x 排放浓度

由 470 mg/m^3 (折算到6% O_2 ,下同) 增加至 593 mg/m^3 ,变化达到16%,2号炉 NO_x 排放浓度的变化达到18%。

试验结果表明:氧量变化是锅炉 NO_x 排放浓度的主要影响因素之一。

2.2.2 燃烧器结构参数的影响

在采用相同磨组运行方式(ABCEF磨运行)、燃尽风门自动全开、氧量设定相同条件下,分别通过改变一次风速、中心风量、二三次风量比、二次风旋流强度等燃烧器结构参数,进行了锅炉燃烧调整试验。燃烧器结构参数对锅炉 NO_x 排放浓度和效率的影响试验结果分别见图3~图6所示。

试验结果表明:燃烧器结构参数的变化会影响锅炉 NO_x 排放浓度,也一定程度上影响锅炉效率。但与氧量的变化相比,燃烧器结构参数变化对 NO_x 排放浓度的影响小得多,变化幅度为6%。这是因为,对于LNASB燃烧器,在保持其燃烧器内空气分级特性的条件下,燃烧器参数的调节主要是满足燃烧器在煤质等变化时仍能实现良好的燃烧状况和低 NO_x 排放,因此其推荐的使用条件是在优化条件下基本固定燃烧器参数而无需频繁调节^[6~7]。

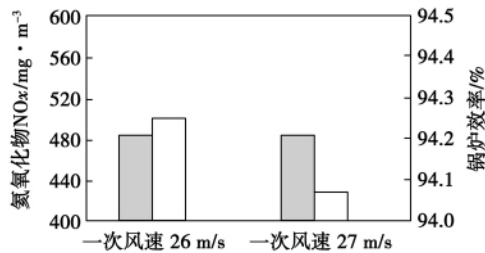


图3 燃烧器一次风速的影响(其中阴影条为 NO_x 排放浓度,空白条为锅炉效率。下同)

Fig.3 Influence of the primary air flow speed on the burner (where, the shaded bar denotes NO_x emissions concentration and the blank bar represents the boiler efficiency, the same hereinafter)

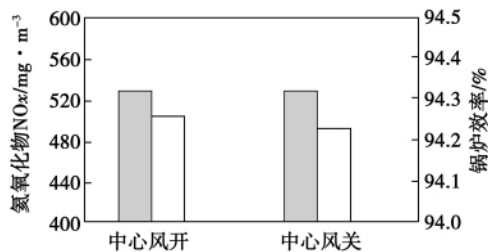


图4 燃烧器中心风风门开度的影响

Fig.4 Influence of the opening degree of the central air gate of the burner

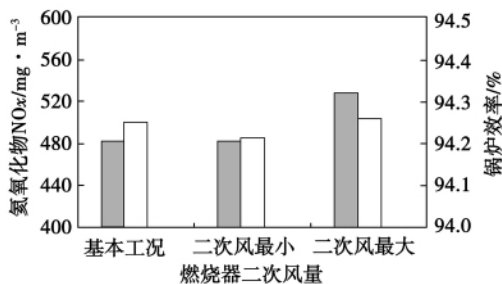


图5 改变燃烧器二三次风量比的影响

Fig.5 Influence of a change of the secondary and tertiary air ratio of the burner

2.2.3 磨煤机运行组合方式的影响

变磨煤机运行组合方式的试验共进行了两组,其结果如图7所示,其中1号炉进行了 ACDEF、ABCEF 和 BCDEF 五台磨煤机3种组合方式试验,2号炉共进行了 ABCEF、ABDEF、ABCDE 和 ABCDF 五台磨煤机4种组合方式试验。

图7可以看出,磨组运行方式也即燃烧器层的投运方式显著影响锅炉 NO_x 排放浓度及效率,锅炉

NO_x 排放浓度的变化范围达到 18%。这是因为,磨组投运方式不仅改变了燃烧区域的位置,更重要的是,在这种装置有大量燃尽风的锅炉上,燃烧区域位置的变化,改变了主燃烧区和 OFA 区域之间的距离,因而显著影响 NO_x 的生成。在满负荷时 5 层燃烧器运行的条件下,当停用最上两层燃烧器(A 层、D 层)中某一层时 NO_x 排放浓度一般最低;而停用最下两层燃烧器(B 层、E 层)中某一层时 NO_x 排放浓度则一般最高,而锅炉效率的变化则正好相反;其他运行方式的影响一般处于这二者之间。

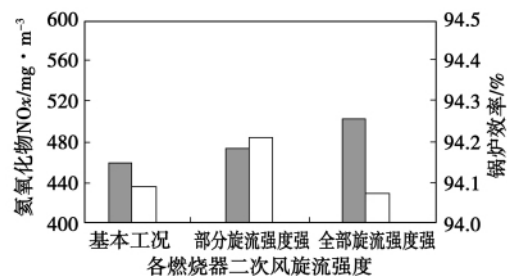
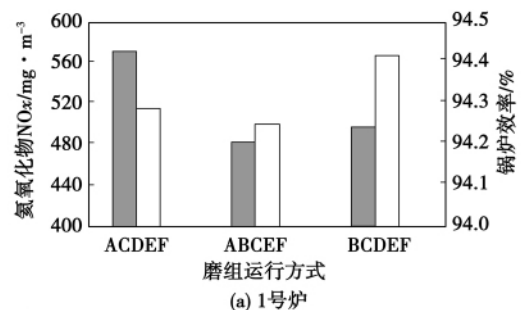
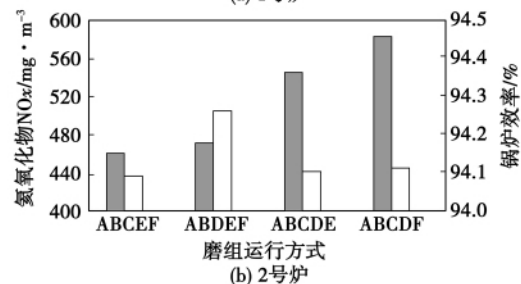


图6 燃烧器二次风旋流强度的影响

Fig.6 Influence of the secondary air swirling flow intensity of the burner



(a) 1号炉



(b) 2号炉

图7 磨组投运方式的影响

Fig.7 Influence of the putting-into-operation mode of the miller group

2.2.4 煤种变化的影响

煤质特性变化对这2台锅炉 NO_x 排放浓度的影响试验结果如图8所示,从煤质特性数据来看,试

验煤种特别是2号炉具有较大的煤质变化范围。煤质特性参数对锅炉 NO_x 排放浓度的影响表现为 NO_x 排放浓度随煤的含氮量(N_{ar} 或 $N_{\text{ar}}/Q_{\text{net,ar}}$ 比值)、挥发分含量的增加而呈减少的趋势。其原因也是低 NO_x 燃烧器的采用和主燃烧区低过量空气系数主要抑制了燃料氮特别是挥发分氮向 NO_x 转化的结果。

图8可看出,煤质变化仍然是 NO_x 排放浓度变化的主要因素之一。试验煤质变化影响到 NO_x 排放浓度变化幅度达到14%。

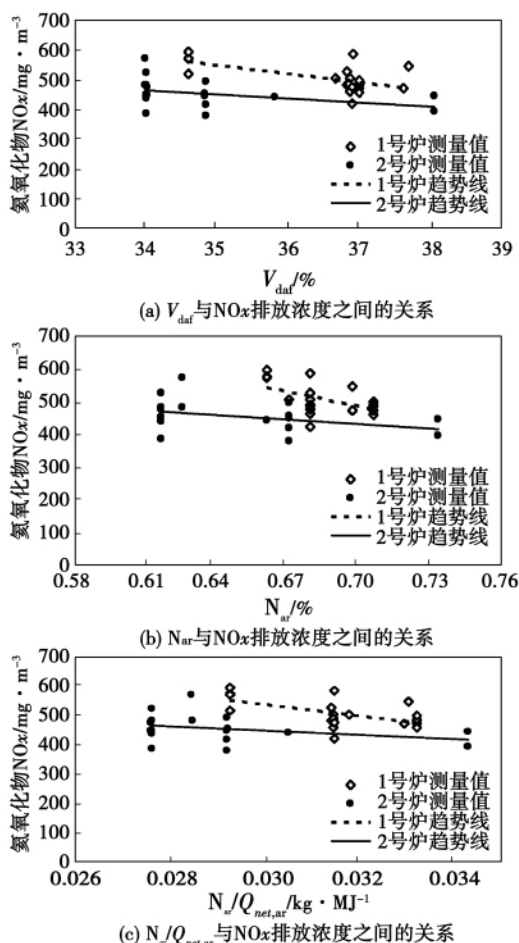


图8 煤质特性对锅炉 NO_x 排放浓度的影响

Fig. 8 Influence of the characteristics of coal quality on the NO_x emissions concentration of the boiler

2.2.5 燃尽风的影响

对燃尽风影响的试验是在2号炉上进行的。2号炉的试验在采用相同磨组运行方式(ABCEF磨运行)、氧量设定等相同条件下进行。分别针对两种煤进行了两组变燃尽风量试验结果如图9所示。第一组试验工况从燃尽风开足即100%减少至62%时,主燃烧区过量空气系数升至1.04, NO_x 排放浓

度也升至 446 mg/m^3 , 升高了约7%。对又一组试验, 燃用煤种挥发分较低, 因此 NO_x 排放浓度相对较高, 当燃尽风量由78%降至68%时, 对应的燃烧器区域过量空气系数由0.97升至约1.0, NO_x 排放浓度升高约10%, 其影响是显著的。

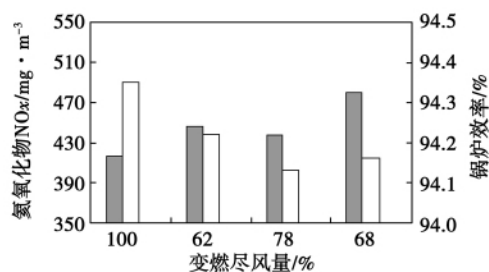


图9 燃尽风量对锅炉 NO_x 排放浓度的影响

Fig. 9 Influence of the over-fired air quantity on the boiler NO_x emissions concentration

燃尽风影响试验结果表明, 燃尽风量的减少显著增加了 NO_x 排放浓度, 因此也是 NO_x 排放的主要影响因素。

3 多元线性回归分析

3.1 主要运行影响因素的选择

对于采用了先进低 NO_x 燃烧系统的锅炉, 在燃烧调整试验结果的基础上, 选择主要的且较易准确获得的因素(包括: 机组负荷、运行氧量、炉内燃烧负荷的分配(各层磨煤机给煤量)和煤质特性等), 建立它们与 NO_x 排放浓度之间的关系, 为运行中 NO_x 排放的预测和控制提供简单经验性的方法。

机组负荷是运行的关键指标, 其测量结果是准确可靠的。省煤器后氧量也是必要的监测指标。炉内燃烧负荷的分配实际上是一定负荷下燃烧量的分配, 它取决于各层燃烧器的燃煤量和相应风量。相对于燃煤量, 燃烧空气风口种类多, 一层燃烧器涉及的风口有多个, 如对于切圆燃烧包括一次风、燃烧器周界风、二次风等, 影响复杂, 更重要的是, 采用风门开度难以反映实际风量。因此燃烧负荷在炉内的分布同样采用各层磨煤机的给煤量来体现。对于煤质因素, $N_{\text{ar}}/Q_{\text{net,ar}}$ 可反映 NO_x 排放量随燃料特性的变化^[5]。

3.2 回归分析结果

以该600 MW超超临界墙式燃烧锅炉燃烧调整试验结果为基础, 采用机组负荷、各层燃烧器的热负

荷、锅炉运行氧量、 $N_{ar}/Q_{net,ar}$ 为因子,应用多元线性回归^[5],获得锅炉 NO_x 排放预测的经验关系式,即:

$$NO_x = a_0 + a_L UL + \sum_{i=1}^j a_i FR_i + a_O O_2 + a_C (N_{ar}/Q_{net,ar}) \quad (1)$$

式中: j —锅炉磨煤机台数,也对应于燃烧器层数。回归分析的结果如下:

$$a_0 = -193.32, a_L = -454.07, a_1 = 454.10, a_2 = 454.09, a_3 = 454.98, a_4 = 454.04, a_5 = 454.47, a_6 = 454.52, a_O = 61.91, a_C = 3539.68。$$

平均标准偏差 = 35.3 mg/m^3 ; 复相关系数 $R = 0.709$, 也即 $R^2 = 0.503$; 参数 UL, FB_i ($i = 1 \sim 5$, 代表 A-E 层燃烧器或 A-E 磨) 的偏相关系数均为 1.000, O_2 和 $N_{ar}/Q_{net,ar}$ 的偏相关系数分别为 0.987 和 0.951。

对于燃烧调整试验的所有工况,回归分析经验关系式的预测结果和实测的比较如图 10(a) 所示(其中实线表示预测值和实测值完全一致,两条虚线表示预测值和实测值偏差 $\pm 10\%$)。图 10(a) 可以看出,对大多数试验工况条件,回归经验公式的预测结果与试验结果的偏差基本在 $\pm 10\%$ 之内。

考虑到在实际运行过程中煤质特性数据难以及时在线获得,且 NO_x 排放浓度与煤质特性参数的相关性差,在不包括煤质因素的条件下回归分析的结果为:

$$a_0 = -118.75, a_L = -777.43, a_1 = 777.48, a_2 = 777.57, a_3 = 777.40, a_4 = 777.46, a_5 = 777.92, a_6 = 777.91, a_O = 62.35。$$

平均标准偏差 = 36.0 mg/m^3 ; 复相关系数 $R = 0.694$, 也即 $R^2 = 0.481$; 参数 UL, FB_i ($i = 1 \sim 5$, 代表 A-E 层燃烧器或 A-E 磨) 的偏相关系数均为 1.000, O_2 的偏相关系数为 0.987。

由回归结果的复相关系数和标准偏差来看,当不考虑煤质因素时,回归结果仅略变差。图 10(b) 显示所得回归经验关系式的预测结果和考虑煤质因素时与图 10(a) 极接近,因此,在锅炉燃用煤质变化不大的条件下,不考虑煤质因素的影响也可做到良好的预测。

现有的燃烧调整试验单因素影响的试验结果适用于锅炉运行时单因素变化的评价和预测。相比其来,回归分析的经验关系式综合考虑了锅炉运行时影响 NO_x 排放浓度的主要因素,即机组负荷、炉内燃烧负荷的分布、氧量和煤质。因此,在燃烧调整试验的基础上,根据回归分析的经验关系式,运行人员

可以根据锅炉运行条件的变化(如负荷要求的变化),组成炉内负荷和控制氧量,实现对 NO_x 排放浓度的可靠预测和控制。对于特定的锅炉,这种回归分析经验关系式也可以结合到机组的控制系统中,用于 NO_x 排放浓度的在线运行控制和预测。

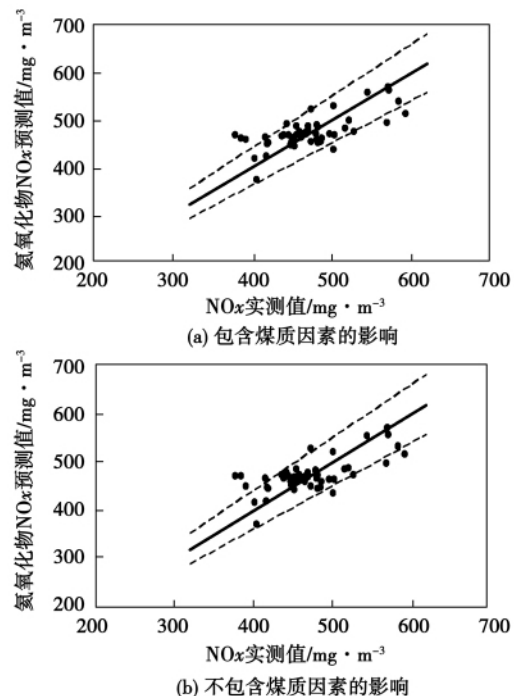


图 10 采用多元线性回归经验关系式
对某 600 MW 锅炉 NO_x 排放浓度的
预测值与试验值比较

Fig. 10 A comparison of the NO_x emissions concentration of a 600 MW boiler predicted by using a multi-variable regression empirical formula with the test one

4 结 语

采用现场燃烧试验方法,进行某厂 600 MW 超临界墙式燃烧锅炉 NO_x 排放影响因素的试验研究,在此基础上,通过对该锅炉进行 NO_x 排放浓度与主要运行因数的多元线性回归分析研究,可以得到以下结论:

(1) 锅炉的运行氧量、磨煤机组组合投运方式变化、燃尽风量和煤质是锅炉 NO_x 排放浓度的主要影响因素,影响 NO_x 排放浓度变化幅度达到 14% ~ 18%;相比起来,燃烧器结构设定参数的变化影响较小。

(2) 燃烧调整试验中针对 NO_x 排放浓度控制的燃烧优化试验表明,通过对主要因素的控制,可以显著降低锅炉的 NO_x 排放浓度,同时实现高的锅炉效率。

(3) 应用多元线性回归方法,建立了该 600 MW 锅炉 NO_x 排放浓度与主要运行因素的回归经验关系式,回归经验关系式的预测值和实测值之间的偏差大多在 $\pm 10\%$ 范围内。该经验关系式可用于锅炉 NO_x 排放浓度的在线运行控制和预测。

参考文献:

- [1] Mitsui Babcock Technical Services Department. Low NO_x Axial Swirl Burner [R]. TSP1034-1003, Issue B, January, 2004.
- [2] 国家技术监督局. GB10184-88. 《电站锅炉性能试验规程》[S]. 北京: 机械工业出版社, 1988.
Statge Technic Surveillance Bureau. GB10184-88. "Specification for performance test of a utility boiler" [S]. Beijing: Mechanical Industry Press, 1988.
- [3] 国家环境保护总局, 国家质量监督检验检疫总局. GB13223-

2003. 《火电厂大气污染物排放标准》[S]. 北京: 中国环境科学出版社, 2003.

State Environment Protection Administration Bureau, State Quality Supervision, Inspection and Quarantine Administration Bureau. GB13223-2003. Standard for atmospheric pollutant emissions from power plants [S]. Beijing: China Environment Science Press, 2003.

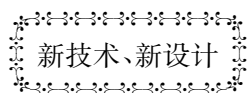
- [4] 高小涛, 黄磊, 张恩先, 等. 600 MW 前后墙布置燃烧器锅炉 NO_x 排放及其影响因素的试验研究 [J]. 动力工程, 2009, 29(9): 806-812.

GAO Xiao-tao, HUANG Lei, ZHANG En-xian, et al. Experimental study of the NO_x emissions and influencing factors of a 600 MW boiler with burners being arranged on the front and rear wall [J]. Power Engineering, 2009, 29(9): 806-812.

- [5] 高小涛. 大型燃煤电站锅炉低 NO_x 燃烧及其排放特性的研究 [D]. 南京: 东南大学, 2009.

GAO Xiao-tao. Study of the low NO_x combustion and emission characteristics of a large-sized utility boiler [D]. Nanjing: Southeast University, 2009.

(陈滨 编辑)



新技术、新设计

减少涡轮叶栅二次流损失的非轴对称端壁成形方法

据《ASME Journal of Turbomachinery》2010 年 1 月刊号报道,已确定一种端壁成形方法,目标是减少高负荷轴流式涡轮内的二次流损失。

给出了在一个低速直列叶栅试验装置内进行非轴对称端壁轮廓成形方法效果的试验评定。探讨了 Pratt & Whitney PAKB 叶栅的二次流动。该叶型已广泛应用于低压涡轮,给已有数据库增加了通道内压力和速度的测量数据。

在设计冲角和进口雷诺数为 126 000 下,进行该叶栅试验,雷诺数根据节圆直径入口速度和轴向弦长计算。

定量计算结果包括在叶栅出口处的 7 孔气动探针的压力测量,以便估算叶栅损失。定性结果采用叶栅端壁和叶片吸力面油流显象的形式。

应用非轴对称端壁轮廓成形导致较低的二次流损失,并减小了与端壁附近节距方向流动和叶片通道内吸力面展向流动有关的二次流动动能,探讨了其损失减小的机理。

(吉桂明 摘译)

of a Gas Microwave Discharge [刊, 汉] ZHAO Yi, CAO Chun - mei (College of Environment Science and Engineering, North China University of Electric Power, Baoding, China, Post Code: 071003) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. - 2011, 26(6) . - 721 ~ 725

Numerically simulated was a NO removal process in a flue gas simulation system by utilizing a microwave discharge and analyzed were the factors influencing and law governing the NO conversion rate and selectivity of N_2 and NO_2 . The research results show that in a $He + NO + O_2$ system, at a microwave power of 40 W, the total NO conversion rate can reach 77%, among which 59% of NO can be converted to N_2 and 18% of NO converted to NO_2 . The microwave power, initial NO and O_2 concentration etc. all have a certain influence on the NO conversion rate and its selectivity N_2 and NO_2 . The microwave power has no big influence on the NO conversion rate. However, to increase the microwave power is favorable to the conversion of NO to N_2 and enhances the selectivity of N_2 . To increase the initial NO concentration can lower the NO conversion rate of the system and the addition of O_2 can increase the amount of NO_2 in the products. Furthermore, the conversion rate of NO to N_2 is always greater than that to NO_2 . To shield O and N free radical can both lower the conversion rate of NO. The presence of O but absence of N will make NO mainly converted to NO_2 and the presence of N but absence of O will contribute to the conversion of NO to N_2 .

Key words: microwave discharge, flue gas denitration, N_2 and NO_2 selection, chemical reaction dynamics, simulation test

600 MW 墙式燃烧锅炉氮氧化物排放浓度与主要运行因素的多元线性回归研究 = **Study of a Multivariable Linear Regression of the NO_x Emissions Concentration and Main Operating Factors of a 600 MW Wall-type Boiler** [刊, 汉] SHEN Yue-yun (Jiangsu Economic and Trade College, Nanjing, China, Post Code: 211168) , GAO Xiao-tao (Jiangsu Provincial Electric Power Test Research Institute Co. Ltd. , Nanjing, China, Post Code: 211103) , MENG Shuo (Harbin Boiler and Pressure Vessel Inspection Research Institute, Harbin, China, Post Code: 150078) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. - 2011, 26(6) . - 726 ~ 731

With a 600 MW supercritical boiler unit serving as an object of study, of which the burners are arranged on the front and rear wall, by adopting an on-site combustion adjustment test method and in the light of the operation features and concrete conditions of the combustion system of the boiler, experimentally studied was the influence of various factors on the NO_x emissions characteristics of the boiler. They include: oxygen quantity, combustion structural parameters (including primary air speed, central air quantity, secondary and tertiary air quantity and secondary air swirling intensity etc.) , mill operation combination mode, overfired air quantity, coal quality change etc. The test results show that the operation air quantity, mill operation combination mode, overfired air quantity and coal quality change of the boiler constitute the main factors influencing its NO_x emissions concentration and such an influencing extent can attain as high as 14% ~ 18% while the change of the structural parameters of the burners have a relatively small influence. Through controlling the main influencing factors, the NO_x emissions concentration of the boiler can be markedly lowered. On this basis, by utilizing a multivariable regression method, an empirical regression formula governing the NO_x emissions concentration and main operation factors of the boiler was estab-

lished. In most cases, the deviation between the value predicted by using the above-mentioned formula and the actually measured one is within in a range of $\pm 10\%$, indicating that the formula can be used for on-line operation control and prediction of NO_x emissions concentration of a boiler. **Key words:** supercritical boiler, wall-type combustion system, low NO_x emission, operating factor, multi-variable linear regression

AVT 水工况条件下水冷壁管形成氧化膜的特性研究 = **Study of the Formation Characteristics of Oxide Film on Waterwall Tubes Under the AVT(All Volatilization Treatment) Water Condition** [刊, 汉] ZHANG Hui, ZHU Zhi-ping, XING Ling-ling, et al(College of Chemical and Biological Engineering, Changsha University of Science and Technology, Changsha, China, Post Code: 410114) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. - 2011, 26(6) . - 732 ~ 737

By using electrochemical, XRD, SEM/EDAX etc. testing methods, studied were the morphology and structure of the oxide film on the waterwall tubes of a 600 MW boiler formed in the process of oxidation after 18 hours at 300 °C under both AVT (all-volatile treatment) (R) and AVT (O) water condition with the mechanism for forming such oxide film being analyzed. The research findings can offer guidance for reducing the high temperature corrosion of metals in actual operations. It has been found that the oxide film formed under the AVT (R) condition can be divided into two layers. The inner layer represents an inner extension layer of Fe_3O_4 , which grows inwards by contacting with the metal body and the outer layer represents a uniform and compact layer, being in black color and wholly overlaid on the metal surface. However, the oxide film formed under the AVT(O) water condition can be divided into three layers, i. e. an inner layer of the oxide film (inner extension layer of Fe_3O_4), an intermediate compact layer of Fe_3O_4 , which covers the whole surface layer of the specimen and on which oxide Fe_2O_3 also grows as large crystal particles, thus, an outer layer is formed. **Key words:** AVT (all-volatile treatment) (R) /(O), waterwall tube, oxide film, film formation mechanism

基于提升小波包的离心泵故障诊断方法 = **Method for Diagnosing the Fault of a Centrifugal Pump Based on a Lifting Wavelet Package** [刊, 汉] ZHOU Yun-long, SUN Bin (College of Energy Source and Power Engineering, Northeast Electric Power University, Jilin, China, Post Code: 132012), ZHAO Peng (College of Energy Source and Power Engineering, North China University of Electric Power, Beijing, China, Post Code: 102206) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. - 2011, 26(6) . - 738 ~ 742

To accurately diagnose the vibration fault of a centrifugal pump, presented was a method for diagnosing the vibration fault of a centrifugal pump based on a lifting wavelet package and a relevant vector machine. Firstly, the lifting wavelet method was used to quickly extract the decomposition coefficient energy and time-domain statistical parameters of vibration signals in various states to serve as the characteristic variables. In the light of the problem of a low speed in diagnosis due to a low sparsity of the supporting vector machine, a relevant vector machine can be utilized to accomplish the classification diagnosis. The research results show that the method in question can effectively diagnose any vibration fault of a centrifugal pump with its diagnostic rate being as high as 95.5%. Compared with