

某 330 MW 机组 SCR 脱硝系统运行优化调整试验分析

刘 义,覃泽棒

(广州粤能电力科技开发有限公司,广东 广州 510600)

摘要:通过对某 330 MW 机组选择性催化还原法(SCR)脱硝系统进行运行优化调整试验分析,阐述在不同负荷下的系统脱硝率、氨逃逸浓度、SO₂/SO₃ 转换率、系统入口烟气流量、系统阻力、系统温降及温度场等运行特性,为后期机组运行排放达到环保指标,提高脱硝效率并减少氨逃逸,实现对喷氨系统进行精确调整提供技术依据和必要的数据,也为其他 SCR 系统进行优化调整试验研究提供借鉴的思路。

关键词:脱硝系统;选择性催化还原法;运行优化调整试验;分析

Abstract: The results of operation optimization adjustment test of SCR denitrification system in a 330 MW unit are analyzed, and the operating parameters such as denitrification efficiency, ammonia loss ratio, SO₂/SO₃ transfer ratio, system resistance, system temperature drop and temperature field under different operating loads are described. Based on the study, the relevant technical basis and necessary parameters are obtained to achieve the environmental protection index for unit emission, improve denitrification efficiency, realize more precise adjustment to ammonia injection system and decrease the ammonia loss ratio, which provides a reference for further research on optimization adjustment test of SCR system.

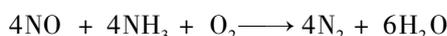
Key words: denitrification system; selection catalytic reduction (SCR); operation optimization adjustment test; analysis

中图分类号: TM621.9 文献标志码: B 文章编号: 1003-6954(2016)04-0084-04

DOI:10.16527/j.cnki.cn51-1315/tm.2016.04.016

0 前言

氮氧化物(NO_x)是主要的大气污染物之一,是造成区域酸雨频率居高不下的重要原因,还是生成臭氧的重要前体物之一,会产生多种二次污染物。火电厂氮氧化物排放总量大而且集中,降氮脱硝技术成熟,减排效果明显^[1]。全面实施燃煤电厂超低排放和节能改造,是推进煤炭清洁化利用、改善大气环境质量、缓解资源约束的重要举措^[2]。为响应国家超低排放号召,减少污染物 NO_x 对环境的影响,提供清洁能源,建设绿色环保电厂,改善大气环境质量,广东省已在 2012 年年底完成了珠江三角洲地区内 300 MW 以上燃煤机组降氮脱硝工程改造,即低氮燃烧技术(low NO_x burner LNB) + 选择性催化还原法(selection catalytic reduction, SCR)。其中选择性催化还原法(SCR)是一种干法脱硝方法,反应的基本原理是:



1 系统简介

某电厂 4 号机组采用上海锅炉厂生产的 300 MW 亚临界锅炉,一次中间再热控制循环汽包炉,四角切圆燃烧,固态排渣,平衡通风,全钢结构,露天布置。由于电厂前期进行增容改造,机组容量达到 330 MW,因此本工程脱硝系统规模按 330 MW 考虑,采用选择性催化还原法(SCR)。

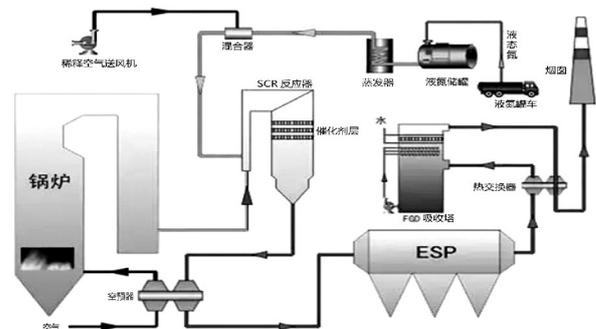
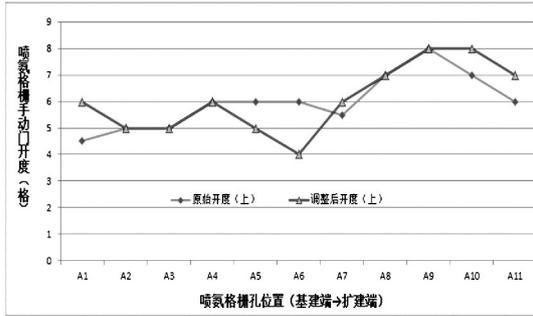
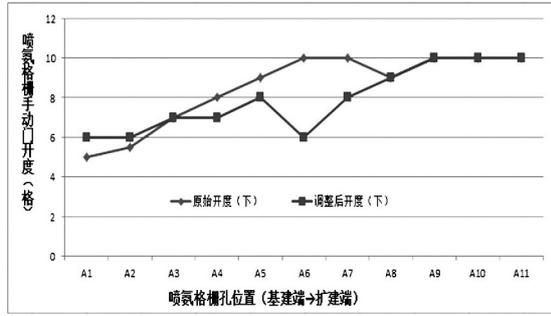


图 1 脱硝系统工艺流程示意图

SCR 系统设备安装在锅炉省煤器出口至空预器入口的烟道之间,反应区全套 SCR 装置和氨区公用系统由东方电气集团东方锅炉股份有限公司设计



a) A 侧上喷氨格栅手动门调整开度曲线



b) A 侧下喷氨格栅手动门调整开度曲线

图 2 氨格栅手动门调整度曲线

及提供。催化剂层数按 2 + 1 模式布置,初装 2 层预留 1 层,在设计煤种及校核煤种、锅炉最大连续出力工况、处理 100% 烟气量、SCR 入口烟气氮氧化物浓度 600 mg/Nm^3 在布置 2 层催化剂条件下脱硝效率 $\geq 80\%$,布置单层催化剂条件下每套脱硝系统设备脱硝效率均不小于 50%。催化剂采用蜂窝式催化剂,主要活性成分为 TiO_2 、 V_2O_5 及 WO_3 ,还原剂采用液氨。系统工艺流程如图 1 所示。

2 优化调整试验分析

鉴于烟气脱硝装置的催化剂需要高额的费用,并且催化剂使用寿命短^[3],为提高催化剂寿命,降低锅炉引风机电耗,既保障机组排放达到环保指标,又保证机组的安全、稳定、经济运行,通过对 SCR 系统脱硝率、氨逃逸浓度、 SO_2/SO_3 转化率、系统入口烟气流场、系统阻力、系统温降及温度场等的优化调整与分析,研究其对系统运行的影响,为锅炉脱硝装置的安全运行提供技术依据和必要的数据,实现后期在运行过程中对 SCR 喷氨系统进行精确调整,建立与 NO_x 的浓度分布场相一致的 NH_3 的喷入剂量,从而保证在 SCR 烟气脱硝系统的每个区域 NO_x 与 NH_3 化学当量匹配,避免出现 NH_3 不足或过剩的局部区域,进而提高脱硝效率并减少氨逃逸。

2.1 脱硝出口均匀性调整试验

经测试 B 侧脱硝出口浓度较为均匀,因此未对 B 侧喷氨格栅控制手动门进行调整,仅对 A 侧喷氨格栅控制手动门进行了调整,保障调整后出口 NO_x 浓度偏差控制在 10% 以内。A 侧上下喷氨格栅手动门调整结果如图 2 a)、图 2 b) 所示。建议后期在机组停机检修期间对喷氨格栅进行堵塞检查,以保

证喷氨均匀性,避免因个别格栅堵塞造成喷氨不均。

2.2 氨逃逸浓度分析

310 MW、250 MW、200 MW SCR 反应器 A、B 侧的氨逃逸浓度为 3.03 ppm/3.02 ppm、2.64 ppm/1.22 ppm、1.23 ppm/0.82 ppm,如图 3 所示。由图 3 可知,在 310 MW 负荷下 SCR 系统氨逃逸较高,超出 3 ppm 的设计保证值;A 侧表盘氨逃逸测点测量值较为准确,可以作为日常运行参考。

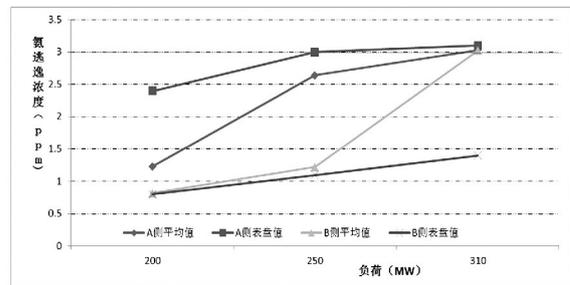


图 3 不同负荷下氨逃逸浓度曲线

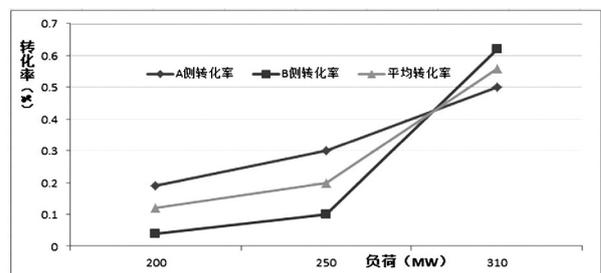


图 4 不同负荷下 SO_2/SO_3 转化率曲线

建议日常运行期间适当降低喷氨量,使得能够保证机组排放环保指标的同时,减少氨逃逸量,保证机组运行安全。

2.3 SO_2/SO_3 转化率分析

在 310 MW、250 MW、200 MW 负荷下 SCR 反应器的 SO_2/SO_3 转化率分别为 0.56%、0.2% 和 0.12%,如图 4 所示。由图可知,在 3 个不同负荷工况下,

SO₂/SO₃ 转化率均小于 1% 的转化标准,说明目前机组 SO₂/SO₃ 转化率指标良好。

2.4 SCR 系统入口烟气流场分析

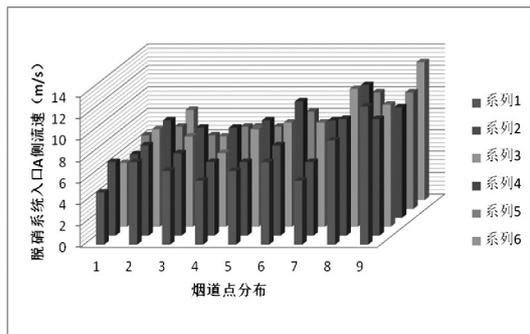
分别在 310 MW、250 MW、200 MW 电负荷下测量脱硝系统入口烟气流场。流场测量结果如图 5 至图 7 所示(说明:图 5 ~ 图 7 中,烟道点分布指 SCR 系统入口沿基建端向扩建端方向所选取的测量代表点;系列 1 ~ 系列 6 指每个代表点沿烟道纵深方向采用网格法等截面划分后所选取的测量测点),由图可知:310 MW、250 MW、200 MW 负荷下系统入口

烟气流场稳定,在 200 MW 负荷下呈现基建端向扩建端流速逐渐增大的趋势,而在 250 MW 以上负荷呈现烟道中部流速高,两侧流速低的特点。

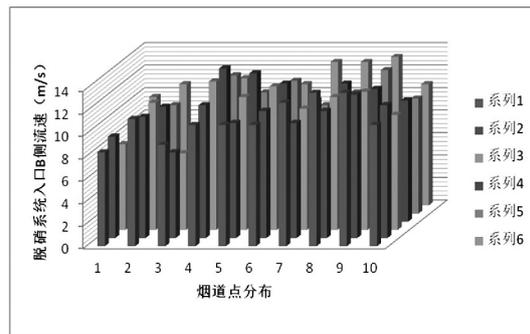
2.5 SCR 系统阻力分析

由图 8 a)、图 8 b) 可知,310 MW、250 MW、200 MW 负荷下 SCR 系统烟气 A、B 侧阻力分别为 267 Pa/296 Pa、209 Pa/268 Pa、121 Pa/104 Pa,说明系统阻力虽随机组负荷升高逐步增大,但目前仍满足不大于 760 Pa 的设计保证值。

2.6 SCR 系统温降及温度场分析

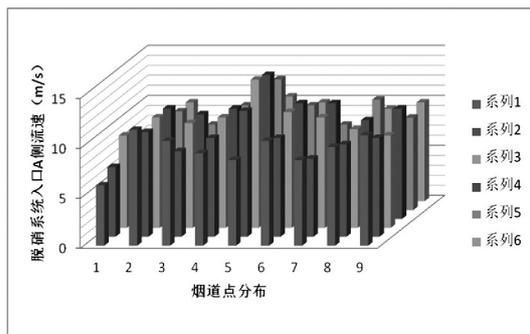


a) 200MW 工况下 SCR 系统入口 A 侧烟气流场

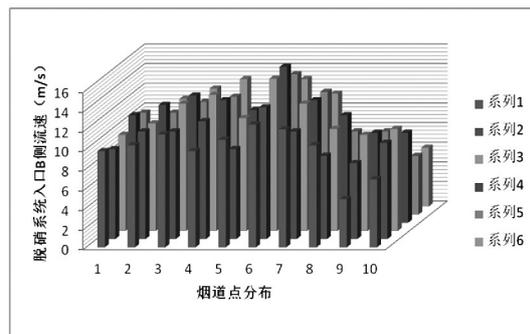


b) 200MW 工况下 SCR 系统入口 B 侧烟气流场

图 5 200 MW 工况下 SCR 系统入口烟气流场

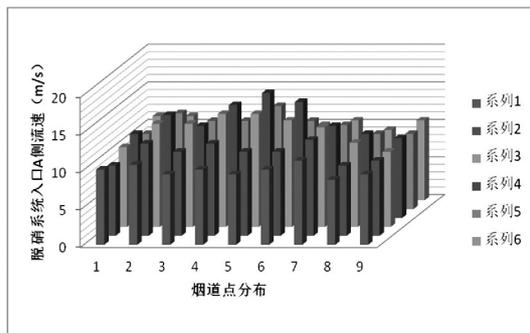


a) 250MW 工况下 SCR 系统入口 A 侧烟气流场

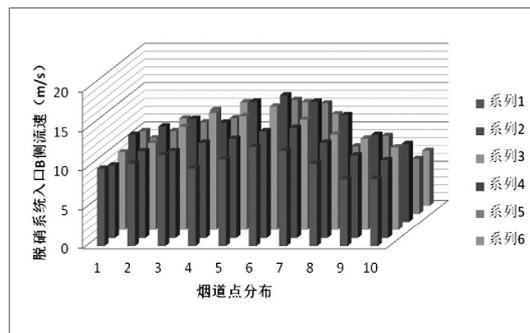


b) 250MW 工况下 SCR 系统入口 B 侧烟气流场

图 6 250 MW 工况下 SCR 系统入口烟气流场



a) 310MW 工况下 SCR 系统入口 A 侧烟气流场



b) 310MW 工况下 SCR 系统入口 B 侧烟气流场

图 7 310 MW 工况下 SCR 系统入口烟气流场

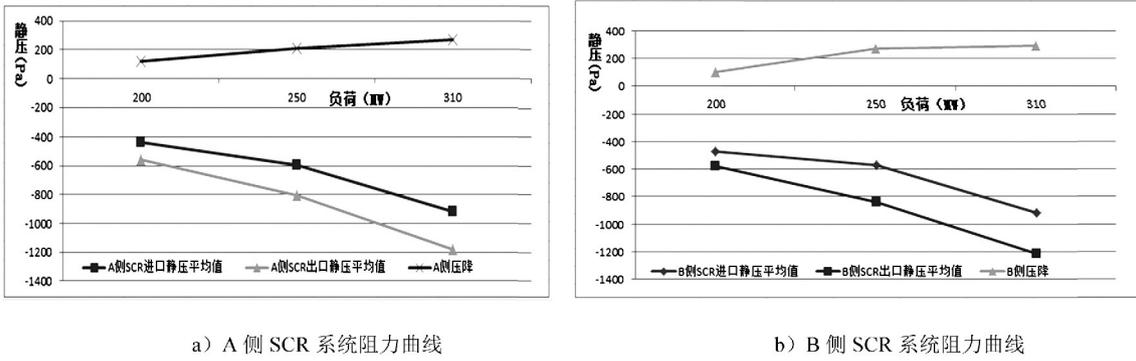


图8 SCR系统阻力曲线

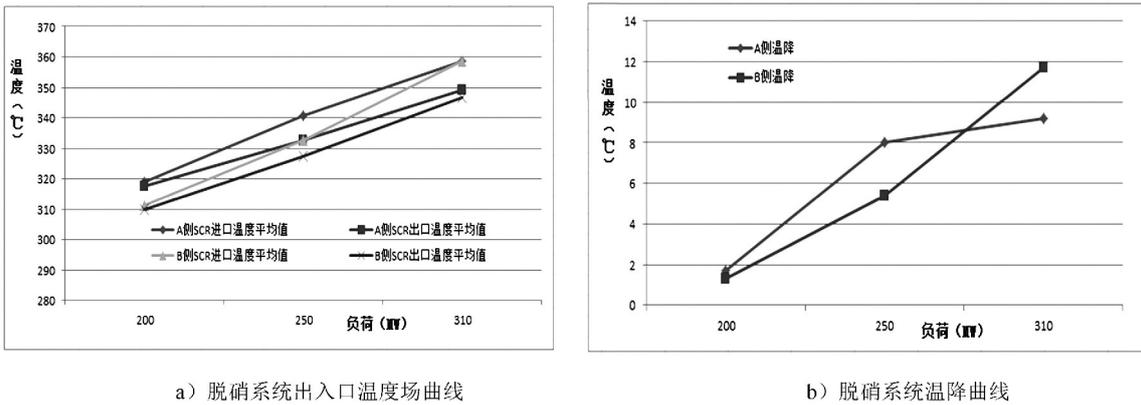


图9 脱硝系统温度曲线

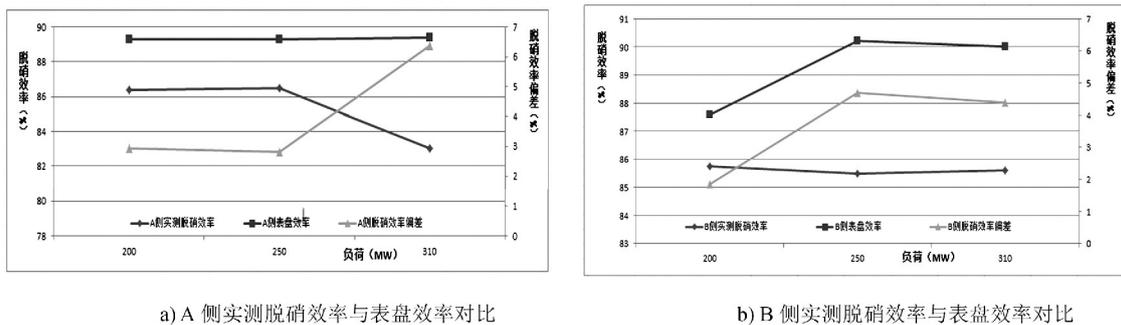


图10 实测脱硝效率与表盘效率对比

分别在310 MW、250 MW、200 MW 电负荷下测量脱硝系统出入口温度场及脱硝系统温降。系统出入口温度场及系统温降如图9 a)、图9 b)所示。

由图可知,在310 MW、250 MW、200 MW 负荷下SCR系统烟气A、B侧温降分别为9.2℃/11.7℃; 8.0℃/5.4℃; 1.7℃/1.3℃;各负荷下烟气温场稳定,各负荷下SCR系统进出口温度场分布均匀。

2.7 脱硝效率分析

分别在310 MW、250 MW、200 MW 电负荷下,测量SCR反应器进、出口烟气的NO_x浓度和O₂含量,并折算至6%氧量下计算出脱硝效率,与表盘效

率进行对比,如图10所示。

由图10可知,在310 MW、250 MW、200 MW 工况下实测A、B侧脱硝效率分别为83.02%/85.61%、86.47%/85.50%、86.37%/85.75%;与表盘效率偏差分别为6.38%/14.39%、2.83%/14.70%、2.93%/1.85%。经对现场实测出入口浓度与表盘值进行对比分析,造成在250 MW以上负荷时实测脱硝效率比表盘脱硝效率低5%左右的原因是脱硝出口A、B侧比实测NO_x与表盘值小约20 mg/m³;但脱硝入口A、B侧实测NO_x与表盘值偏差不大,因此建议对

(下转第90页)

高了约 2 °C ~ 3 °C。

2) 使用纯石灰石脱硫剂脱硫时,每万 kW · h 发电单价脱硫成本为 61.68 元,而使用电石渣的脱硫成本单价为 53.13 元,两者比较,后者在成本上只有前者的 86%。

3) 电石渣试验期间,对 NO_x 的排放影响较小,对于采用 SNCR 脱硝方式的机组,其尿素的单耗会快速降低,尿素节省明显,按单台机组发电量计算 1 天可节约 1.5 t 左右。

4) 采用电石渣作为脱硫剂使用期间,底渣 CaO 含量明显下降 4 ~ 5 个百分点,其灰渣的综合利用得到提高。

5) 电石渣在炉内的反应速率明显快于石灰石,调节特性相对于石灰石,环保指标的控制更为方便、快捷。

6) 适应煤种性强,京海电厂进行了高硫煤、低硫煤燃烧试验,效果良好。原煤热值为 12 600 kJ,硫分可以提高到 1.9;且折算硫分在 0.6 时(设计值为 0.4),钙硫比将会降低 0.6,其主要原因为生成的 CaO 有较多的空隙,有利于气-固相反应的进行,混合强度较高,反应较好,这在选择煤种及煤质含硫量的高低上有了更大的空间,使得电厂的综合效益能得到较大提高。

7) 对炉内燃烧工况影响小,电石渣作为脱硫剂,大大缩短了煅烧时间,对床温影响非常小,对于纯炉内喷钙脱硫的 CFB 机组,在启、停炉期间可以实现 SO₂ 不超标,这在使用纯石灰石作为脱硫剂时

(上接第 87 页)

SCR 系统出口 NO_x 在线测量仪表进行重新标定。

3 结 语

根据《煤电节能减排升级与改造行动计划(2014—2020年)》要求,东部地区现役 300 MW 及以上公用燃煤发电机组、100 MW 及以上自备燃煤发电机组以及其他有条件的燃煤发电机组,改造后大气污染物排放浓度基本达到在基准氧含量 6% 条件下,烟尘、二氧化硫、氮氧化物排放浓度分别不高于 10、35、50 mg/m³。面对越来越严格的环保要求,全广东省乃至全国的火电厂都必须对其自身的 NO_x 排放浓度进行控制。SCR 系统的安全、稳定、高效、经济运行也显得尤为重要,对 SCR 系统运行优化调整试验进行的研究分析,可作为 SCR 系统日常运行

是无法实现的。因其对床温影响小,机组带负荷能力明显加快,也能满足电网 AGC 调整速率的要求。

8) 对受热面磨损小,因电石渣密度小、质量轻、粒径小、单位时间内发电量相同时用量少,其对锅炉受热面磨损小。

9) 因电石渣氧化钙含量高,密度小、质量轻,易于输送,对空压机、罗茨输送风机的出力减少,压缩空气用量减少,从侧面起到了节电效果。

10) 因电石渣分解成 CaO 和 H₂O,与石灰石相比减少了 CO₂ 排放。

5 结 语

综上所述,使用电石渣作为脱硫剂,既能提高锅炉效率,也可降低供电标煤耗;供电标煤耗在电厂发电成本里占比最大,如原煤热值保持不变,煤中含硫量提高 0.6 个百分点,原煤价格每吨将降低 5 元,按京海电厂每年消耗原煤 2 000 000 t 计算,一年至少可节省燃煤成本 1 000 万元;使用电石渣作为脱硫剂,既实现废弃物资源化利用,达到“以废治废”的环保循环经济,还能有效降低电厂发电成本,提高综合经济效益。

作者简介:

丁芸(1968),从事循环流化床机组调试、运行优化及生产技术管理工作。

(收稿日期:2016-03-26)

的理论依据,也为其他 SCR 系统进行优化调整试验研究提供借鉴的思路。

参考文献

- [1] 广东省火电厂降氮脱硝工程实施方案(粤环[2011]3号)[Z].
- [2] 全面实施燃煤电厂超低排放和节能改造工作方案(环发[2015]164号)[Z].
- [3] 郝莉丽.600MW 超超临界锅炉设计探讨[J].电站系统工程 2007 23(1):13-17.

作者简介:

刘义(1980),工程师,从事电站锅炉试验与调试及管理工作;

覃泽棒(1979),工程师,从事电站锅炉试验与调试的相关工作。

(收稿日期:2016-05-16)