

文章编号: CN 31- 1508(2008) 05- 0060- 04

火电厂 SCR 烟气脱硝装置的运行优化研究

廖永进, 徐程宏, 余岳溪, 湛志钢, 温智勇, 廖宏楷

(广东电网公司 电力科学研究院, 广州 510600)

关键词: 火电厂; SCR; 运行; 优化

摘 要: SCR 装置催化剂出口 NO_x 的浓度偏差会明显影响催化剂的寿命并增加锅炉引风机的电耗, 甚至影响机组的可用率。介绍了火电厂 SCR 装置运行优化的注意事项。实践表明, 通过对喷氨系统的优化调节, 可以明显改善出口的 NO_x 分布, 并降低氨的逃逸。在 SCR 装置优化设计的前提下, 应通过运行优化, 控制出口 NO_x 的相对标准偏差在 20% 以内。

中图分类号: TK229.6

文献标识码: B

1 前 言

随着国家对环境保护工作的日益重视, 环境标准的相应提高, 对于火电厂锅炉的 NO_x 控制工作提出了更高的要求。根据最新版的《火电厂大气污染物排放标准》, 对于第 3 时段燃煤 $V_{\text{daf}} > 20\%$ 的锅炉, 已执行 NO_x 最高允许排放浓度 450 mg/Nm^3 的标准, 且必须预留烟气脱硝装置空间。目前火电厂的 NO_x 控制技术主要包括各类低 NO_x 燃烧技术如空气分级燃烧、燃料分级燃烧、煤粉再燃等以及烟气脱硝技术如 SCR(选择性催化还原)、SNCR(非选择性催化还原)等。其中 SCR 技术具有最高的脱硝效率(可达 90%), 且技术较为成熟, 在我国得到了越来越多的应用。目前我国投运 SCR 脱硝装置的大型机组已超过 10 台, 正在建设 SCR 装置的机组容量超过 3000 万 kW。火电厂 SCR 工程的建设, 不仅需要大量的投资费用, 装置建成后还需要大量的运行维护费用, 包括催化剂的更换费用和电耗的增加等等。以 1 台 600 MW 机组的 SCR 装置为例, 目前的催化剂费用接近 3 000 万元, 其使用寿命只有 3 年左右。而由于系统阻力的增加, 引风机电功率的增加可达 800 kW 以上。因此, 十分有必要对脱硝装置进行运行优化, 以保证装置脱硝效果的同时, 减少装置的运行成本, 提高装置的可用率。

2 运行优化的必要性和手段

尽管 SCR 装置在设计阶段通常会通过冷态流动模型试验并结合三维两相流动数值模拟计算对烟道的流场进行优化设计, 但往往由于现场空间的限制等各种因素的影响, SCR 催化剂入口的烟气流速场是不均匀的, 这样会导致催化剂出口 NO_x 和 NH_3 的浓度场很不均匀。出现部分区域 NO_x 含量很低而 NH_3 逃逸量很大, 或部分区域 NH_3 逃逸较少但 NO_x 含量较高的情况。这会严重影响系统总体的脱硝效果并给系统的经济稳定运行带来很大的危害。图 1 为不同脱硝率情况下催化剂后 NO_x 浓度场的不均匀对催化剂寿命的影响, 可以看出, 若浓度偏差增大, 会明显缩短催化剂的使用寿命。同时, 氨逃逸的增加会产生

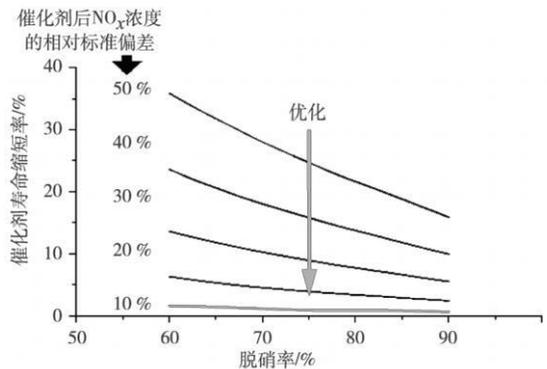


图 1 不同脱硝率时 NO_x 浓度的不均匀对催化剂寿命的影响

收稿日期: 2007- 04- 29

作者简介: 廖永进(1971-), 男, 陕西西安人, 高级工程师, 工学硕士, 主要从事锅炉和烟气脱硫、脱硝装置的调试、试验及优化工作。

更多的硫酸氢氨, 造成锅炉空气预热器的堵塞和腐蚀。图 2 为氨逃逸对空气预热器清洗周期的影响, 从中可以看出, 当 SCR 系统的氨逃逸 $> 2 \times 10^{-6}$ 后, 空气预热器的清洗间隔大为缩短。这会明显降低发电机组的可用率, 并增加引风机的电耗(对于 600 MW 等级机组, 系统阻力增加 100 Pa, 引风机增加功率至少有 100 kW), 造成的直接和间接经济损失相当可观。为此, 可通过对喷氨系统进行优化调整以改善催化剂出口 NO_x 和 NH_3 的浓度分布。即首先测量 SCR 运行时催化剂出口的 NO_x 分布, 在此基础上, 对喷氨分阀门进行调整以改变不同位置的喷氨量, 从而获得均匀的 NO_x 和 NH_3 的分布。

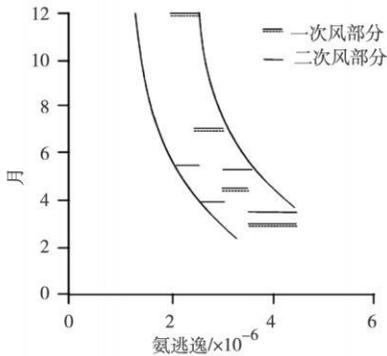


图 2 氨逃逸对空气预热器清洗间隔时间的影响

3 SCR 系统运行优化的实践

以下介绍对某 600 MW 机组 SCR 装置运行优化的情况。该 SCR 装置布置于省煤器之后、空气预热器之前, 属于高尘布置方式。主要组成部分包括 2 个装有催化剂的反应器、2 个液氨存储罐及 1 套氨气注入系统。2 个 SCR 反应器内部装有两层催化剂, 每层催化剂为 8×9 模块布置。在每个 SCR 反应器的入口烟道安装了 1 套静态混合器, 在烟道内拐弯处还安装了导流板和整流装置。锅炉燃用神府东胜煤, SCR 进口 NO_x 浓度为 $550 \text{ mg}/\text{Nm}^3$, 设计脱硝率为 80 %。

(1) 习惯工况试验。

首先进行了习惯工况的摸底试验, 分别测量了催化剂进口的烟气流速和温度以及催化剂出口的 NO_x (未喷氨和喷氨), 试验结果见表 1。可以看出, 烟气温度及未喷氨时的 NO_x 十分均匀, 各测点烟温的相对标准偏差仅为 1.1 %, NO_x 的相对标准偏差为 4.8 %。但喷氨后 NO_x 的分布

很不均匀, 相对标准偏差高达 46.4 %, 明显呈现出两边高, 中间低的趋势(见图 3), 这主要是由于进口的烟气流场不均匀造成的。从图 4 中可以看出, 烟气流速也明显呈现出两边高, 中间低的趋势, 相对标准偏差达到 20.8 %。尽管喷氨量已经是两边较高(见表 2), 仍不足以消除烟气流场不均匀的影响。

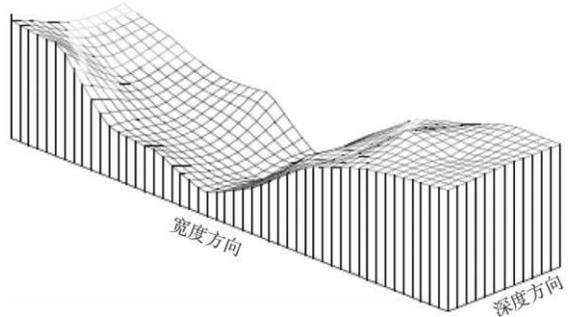


图 3 习惯工况催化剂出口 NO_x 分布

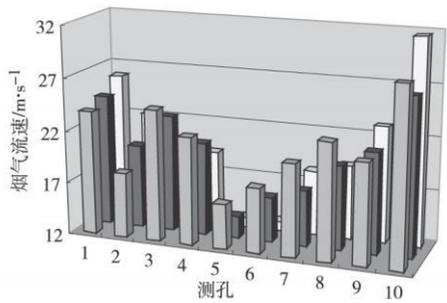


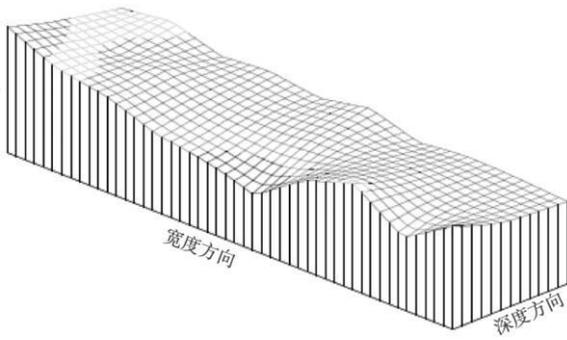
图 4 催化剂入口烟气流速分布

表 1 习惯工况试验结果

项目	进口烟温 / $^{\circ}\text{C}$	进口烟速 / $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$	出口 NO_x (未喷氨) / $\text{mg}\cdot\text{Nm}^3$ (标态, 6 % O_2)	出口 NO_x (喷氨) / $\text{mg}\cdot\text{Nm}^3$ (标态, 6 % O_2)
平均值	333.2	20.9	441.1	116.0
标准偏差	3.7	4.4	21.3	53.8
相对标准偏差 / %	1.1	20.8	4.8	46.4
最小值	326.2	12.9	376.4	19.2
最大值	341.2	31.6	484.1	185.0

(2) 运行工况的优化。

针对习惯工况的测量结果, 对系统的喷氨量进行了调整, 首先在 NO_x 浓度高的区域增加了喷氨量, 进一步又减少了低 NO_x 浓度区域的喷氨量。优化试验是逐步进行的, 先后进行了 3 次调整, 试验的主要结果分别见表 2、表 3 和图 5。从中可以看出, 通过喷氨量的运行优化, 催化剂出

图 5 最优工况催化剂出口 NO_x 分布

口的 NO_x 浓度分布得到了很大的改善, NO_x 的相对标准偏差由原先的 46.4 % 大幅下降至 14.8 %。从图 5 中可以看出, 原先 NO_x 呈现两边高中间低的情况已得到根本改善, 除个别区域阀门调整已到极限外, 整体的 NO_x 分布已十分均匀。同时还测量了系统的氨逃逸, 平均的氨逃逸只有 0.48×10^{-6} 、最高为 0.86×10^{-6} , 远低于性能保证的

3×10^{-6} 的水平。

表 2 喷氨量调整的记录

工 况	习惯工况	第 1 次优化	第 2 次优化	第 3 次优化
	$/\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$	$/\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$	$/\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$	$/\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$
1	360	410	400	400
2	300	410	400	400
各氨 喷嘴	380	390	380	380
氨流 量(含 稀释 风量)	270	260	360	330
5	240	150	260	210
6	250	200	200	150^*
7	310	320	300	270
8	400	350	350	350
9	380	480^*	440^*	440^*
10	400	440^*	440^*	440^*

* 阀门已全开, ** 阀门已基本关闭。

表 3 各优化运行工况主要试验结果

工 况	习惯工况	第 1 次优化	第 2 次优化	第 3 次优化
平均 NO_x 浓度(标态, 6 % O_2) / $\text{mg} \cdot \text{Nm}^{-3}$	116.0	101.1	119.1	122.0
标准偏差 / $\text{mg} \cdot \text{Nm}^{-3}$	53.8	28.1	29.8	18.0
相对标准偏差 / %	46.4	27.8	25.0	14.8
NO_x 最小值(标态, 6 % O_2) / $\text{mg} \cdot \text{Nm}^{-3}$	19.2	34.3	60.0	74.3
NO_x 最大值(标态, 6 % O_2) / $\text{mg} \cdot \text{Nm}^{-3}$	185.0	146.9	186.4	169.7

(3) 优化调整的注意事项。

由于对某一区域的喷氨量进行调整时, 会影响到邻近区域的喷氨量, 且每个反应器的调节特性也不相同。因此开始不宜进行大的调整, 可选取 2~3 点进行小幅调整, 待掌握了具体反应器的特性后再逐步调整。并且每次调整都应记录被调阀门的原始位置及调整幅度。通常应先调整 NO_x 高的点, 再调整 NO_x 低的点, 尤其要保证避免出现 NO_x 过低的点。因为 NO_x 过低意味着高的氨逃逸。

若能将催化剂出口 NO_x 的相对标准偏差调整到 10% 及以下, 是极为理想的, 这需要装置的设计和运行均十分理想。通常来讲, 出口 NO_x 的相对标准偏差在 10%~20% 都是可接受的。尤其对于老机组加装 SCR 装置, 受场地条件的限制, NO_x 的相对标准偏差在 20% 以内是较为理

想的。

4 结 论

SCR 装置催化剂出口 NO_x 的浓度偏差会明显影响催化剂的寿命并增加锅炉引风机的电耗, 甚至影响机组的可用率。因此十分有必要对 SCR 装置进行运行优化。实践表明, 通过对喷氨系统的优化调节, 可以明显改善出口的 NO_x 分布, 并降低氨的逃逸。在 SCR 装置优化设计的前提下, 应通过运行优化, 控制出口 NO_x 的相对标准偏差在 20% 以内。

参考文献:

- [1] SCR 脱硝技术与脱硝设备的运行及优化[C]. 广州: 中德技术合作高级培训研讨会, 2007.

Study of Optimization Operation for Power Plant SCR System

LIAO Yong-jin, XU Cherrhong, YU Yue-xi,

ZHAN Zhi-gang, WEN Zhi-yong, LIAO Hong-kai

(Guangdong Power Test and Research Institute, Guangzhou 510600, China)

Key words: power plant; SCR; operation; optimization

Abstract: The catalyst service life will decrease and induced fans power consumption will increase because of NO_x content deviation for SCR reactor. The necessity and method of optimization operation for power plant SCR system are introduced. With a 600 MW unit SCR system as examples, the optimization operation test is introduced. And matters need attention during optimization operation is also introduced. NO_x content deviation and NH_3 escapement will decrease by optimization operation for SCR system. And NO_x content deviation should below 20 %.

(上接第 59 页)

好工作状态, 对于预防锅炉结渣十分重要。对排除了灰熔融特性造成锅炉结渣的异常现象进行分析, 消除设备缺陷。

5 结束语

对于煤粉炉结渣和积灰问题, 要在理论分析的基础上, 联系锅炉具体参数和工况, 寻找切实

可行的防治措施, 以减轻危害, 提高效率。

参考文献:

- [1] 岑可法, 等编著. 锅炉和热交换器的积灰、结渣、磨损和腐蚀的防止原理和计算[M]. 北京: 科学出版社, 1994.
- [2] 高苑辉, 等. 2100 t/h 锅炉结焦原因分析及对策[J]. 东北电力技术, 2002, (9).

Cause Analysis and Preventive Measure of Boiler Slagging

ZHANG Jie¹, FENG Yur-chao², ZHANG Zhi-hui¹

(1. Power Plant, Xingtai iron & steel Co., Ltd, Xingtai 054027, China;

2. North China Electric Power University, Baoding 071003, China)

Key words: boiler; slagging; cause analysis; preventive measure

Abstract: The boiler slagging is a complicated physical chemistry course, there are not a mathematics model, what can fixed amount describe the slagging process, up to now. The boiler slagging is a key problem which perplexes electric power profession. In this text, the reason of the boiler slagging mainly be discussed with fuel burning and burning dynamics, and introduced a few methods to judge boiler slagging at home and abroad currently. In the end, this text aims at the process of dregs be formed and the reason of boiler slagging to table some proposal for avoid boiler slagging from fuel selecting, joined into stove the fuel process, boiler's load, the work condition adjustment and boiler service, it should adopt of measure with guide boiler design and boiler movement.