

# 基于闭环解耦控制的SCR智能喷氨控制系统 应用效果与研究

杨 洋<sup>1</sup> 董浩宇<sup>2</sup> 王福刚<sup>1</sup> 张 永<sup>1</sup> 李 冰<sup>1</sup>

1. 辽宁华电铁岭发电有限公司 辽宁铁岭 112000

2. 沈阳金山能源股份有限公司 辽宁沈阳 112000

**摘 要:** 基于闭环解耦控制的SCR智能喷氨控制系统其核心技术思想是在线分区调节喷氨量,系统包含SCR入口混合取样快速测量、SCR出口分区轮巡取样测量、NO<sub>x</sub>快速测量分析仪、喷氨分区自动调节以及控制算法。通过在某300MW机组上进行应用与研究。结果表明,烟囱入口NO<sub>x</sub>浓度控制稳定性更好,SCR出口NO<sub>x</sub>不均匀系数降低到20%以下,氨逃逸浓度小于2.5ppm。

**关键词:** 智能喷氨; 巡测; 分区喷氨; 氨逃逸

## Application effect and research of SCR intelligent ammonia injection control system based on closed-loop decoupling control

Yang Yang<sup>1</sup>, Dong Haoyu<sup>2</sup>, Wang Fugang<sup>1</sup>, Zhang Yong<sup>1</sup>, Li Bing<sup>1</sup>

1. Liaoning Huadian Tieling Power Generation Co., Ltd. (Liaoning Tieling 112000)

2. Shenyang Jinshan Energy Co., Ltd. (Shenyang 112000, Liaoning)

**Abstract:** The core technology idea of an SCR intelligent ammonia injection control system based on closed-loop decoupling control is to adjust the amount of ammonia injection online. The system includes SCR entrance mixed sampling rapid measurement, SCR exit partition wheel patrol sampling measurement, NO<sub>x</sub> rapid measurement analyzer, ammonia injection partition automatic adjustment, and control algorithm. Through the application and research on a 300MW unit. The results show that the NO<sub>x</sub> concentration of chimney inlet is better controlled, the NO<sub>x</sub> inhomogeneity coefficient of SCR outlet decreases to less than 20%, and the ammonia escape concentration is less than 2.5ppm.

**Keywords:** intelligent ammonia injection; Survey; Partition spraying ammonia; Ammonia escape

### 引言:

燃煤机组全面实施超低排放和节能改造是“十三五”期间我国电力行业环保工作的重点。国家环保部、国家发改委、国家能源局于2014年9月12日联合印发了《煤电节能减排升级与改造行动计划(2014-2020年)》(发改能源[2014]2093号)<sup>[1]</sup>,对2020年前燃煤机组污染物排放限值和能耗水平提出了明确要求;三部委于2015年12月11日再次联合印发了《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),重申了相关要求,并明确全面实施燃煤电厂超低排放和节能改造是一项重要的国家专项行动。

### 1 概述

#### 1.1 设备概述

国内某电厂4号机组为300MW燃煤机组,锅炉由哈尔滨锅炉厂设计制造,锅炉为HG-1021/18.2-YM4型。烟气脱硝装置布置在锅炉省煤器和空预器之间,采用选择性催化还原法(SCR法)脱硝工艺,脱硝还原剂为液氨。

#### 1.2 存在问题

该机组脱硝系统存在较多问题,SCR进出口NO<sub>x</sub>分布不均;SCR出口氨逃逸偏大;除尘器积灰、堵塞严重;喷氨总量控制不稳,排口处NO<sub>x</sub>浓度波动大等问题。因此有必要对机组脱硝测量、控制系统进行综合优化,提

高脱硝系统的适应性,提高喷氨量自动调节品质,实现分区自动调节,减少SCR出口 $\text{NO}_x$ 浓度分布偏差,降低氨逃逸,减少液氨用量。

基于闭环解耦控制的SCR智能分区喷氨控制系统改造是实现上述目标的一条切实可行的技术路线。SCR智能分区喷氨控制系统改造可实现SCR进口 $\text{NO}_x/\text{O}_2$ 浓度全截面混合取样测量、SCR出口 $\text{NO}_x/\text{NH}_3/\text{O}_2$ 的全断面巡测、喷氨分区自动控制等,全面提升喷氨控制的品质,减小氨逃逸对机组的不利影响。实施基于闭环解耦控制的SCR智能分区喷氨控制系统改造,预期可显著改善目前存在的除尘器堵塞问题,减轻脱硝烟道导流板及催化剂磨损,提高机组运行的安全性与经济性,也有利于更好控制SCR出口 $\text{NO}_x$ 排放浓度,进一步提高机组的综合竞争力。

## 2 技术方案

基于闭环解耦控制的SCR智能分区喷氨控制系统主要包括四个模块:SCR进口 $\text{NO}_x/\text{O}_2$ 浓度全截面监测模块、SCR出口 $\text{NO}_x/\text{NH}_3/\text{O}_2$ 浓度巡测模块、分区喷氨管路改造模块、控制模块。各模块功能及工作原理如下。

### 2.1 SCR进口 $\text{NO}_x/\text{O}_2$ 浓度全截面监测模块

在SCR进口竖直烟道内安装混合取样装置,混合器取样装置将取样截面均匀划分为 $8(2 \times 4)$ 个网格,在每个网格的中心位置设置取样点,每个取样点位置设有一根取样支管,取样支管敞口倾斜安装,取样支管汇合至取样母管后再引至烟道外,在烟道外的取样母管上安装 $\text{NO}_x/\text{O}_2$ 快速测量分析仪。取样系统通过一套射流切换装置实现烟气负压取样。

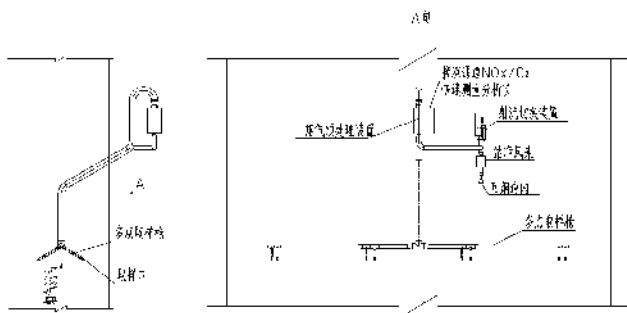


图1 SCR进口 $\text{NO}_x/\text{O}_2$ 浓度混合采样模块

上述系统与传统CEMS测量系统相比,由单点取样升级为多点混合取样,所取的样气更接近烟道内烟气特性; $\text{NO}_x/\text{O}_2$ 快速测量分析仪表测量响应更为快速,从而保证样气测量的快速性,考虑取样管路烟气的取样和置换时间,测量总迟滞时间也仅为5~10s,相比CEMS测量分钟级别的迟滞已有很大改善,采用SCR进口 $\text{NO}_x/\text{O}_2$ 浓度混合采样测量数据参与控制,可有效提高喷氨总量控制的品质。

### 2.2 SCR出口 $\text{NO}_x/\text{NH}_3/\text{O}_2$ 浓度巡测模块

SCR出口 $\text{NO}_x/\text{NH}_3/\text{O}_2$ 浓度巡测模块安装于SCR出口到空预器进口之间接近水平的烟道内,沿烟道宽度方向上布置8根多点取样枪,多点取样枪采用大管径防磨钢管制作,迎风面加装防磨角钢,背风面沿钢管轴线均匀开设4个 $\phi 24$ 的取样孔,为保证多点取样枪内不积灰,多点取样枪采用垂直布置;多点取样枪实现在脱硝装置纵深方向取样,一端封闭,另一端接至烟道外部,取样支管出烟道后汇集至取样切换装置,再经由取样母管接至空预器出口负压烟道,利用空预器前后压差实现自流进行对烟气进行取样;取样切换装置集成各取样支管的开关阀,用于控制各取样支管的通断,核心部件是适用于高温、粉尘环境的偏心阀体;在取样母管上装烟气预处理装置及氨逃逸测量池,分别用于安装 $\text{NO}_x/\text{O}_2$ 快速测量分析仪和氨逃逸测量分析仪。

### 2.3 分区喷氨管路模块

对原有氨空混合气母管进行分区改造,将其均匀分割成4段分区管,新增一根直径更大的管道作为新的氨空混合气母管,增大氨空混合气母管直径以减小各分区喷氨流量调节的耦合性;在每根分区管下游连接一组原支管手动调节阀,上游增设氨空混合分区管,在氨空混合分区管上安装分区调节阀和分区氨空流量计。

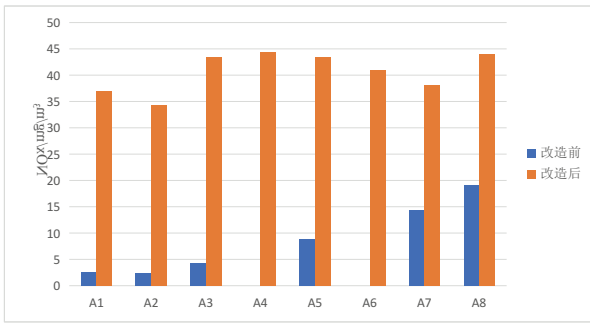
### 2.4 控制模块

测量层的 $\text{NO}_x$ 数据通讯至原DCS,在原DCS内对总阀逻辑进行优化,并增加分区喷氨控制逻辑,调节喷氨总阀和分区调节阀开度,从而构建完整的脱硝分区喷氨控制系统。控制层与原DCS系统通讯,实时获取SCR控制所需的相关数据,结合测量层和执行层的工作参数,自成一整套完整的SCR喷氨控制系统。

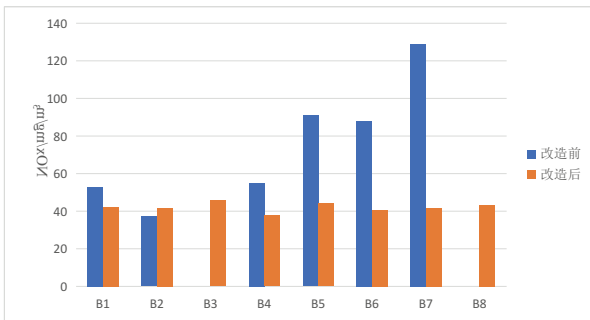
## 3 效果分析

改造前各分区 $\text{NO}_x$ 浓度与烟道 $\text{NO}_x$ 浓度平均值的偏差较大,个别分区偏差超过 $\pm 20\text{mg}/\text{Nm}^3$ 。此外低负荷(150MW)时,A侧SCR出口 $\text{NO}_x$ 严重偏低,近一半测孔区域 $\text{NO}_x$ 浓度低于 $5\text{mg}/\text{Nm}^3$ ,全部截面 $\text{NO}_x$ 浓度低于 $20\text{mg}/\text{Nm}^3$ ,根据相关工程经验表明,当SCR出口 $\text{NO}_x$ 浓度低于 $20\text{mg}/\text{Nm}^3$ 时,脱硝氨逃逸浓度急剧上升,会导致锅炉尾部设备积灰堵塞。

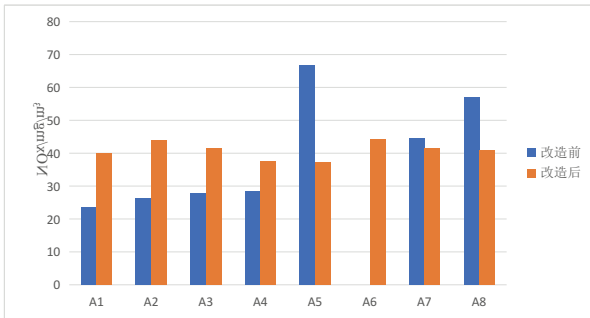
改造后各分区 $\text{NO}_x$ 浓度与烟道 $\text{NO}_x$ 浓度平均值的偏差较小,在机组负荷为150MW时,A侧不均匀系数由109%降为9.35%,B侧不均匀系数由79.59%降为5.81%;在机组负荷为250MW时,A侧不均匀系数由61.33%降为6.52%,B侧不均匀系数由59.85%降为6.18%;改造前后测试数据对比图见图2。



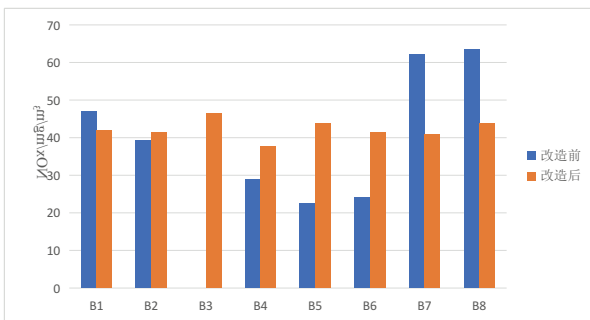
改造前后 150MW 负荷工况脱硝出口 A 侧 NO<sub>x</sub> 浓度分布对比



改造前后 150MW 负荷工况脱硝出口 B 侧 NO<sub>x</sub> 浓度分布对比



改造前后 250MW 负荷工况脱硝出口 A 侧 NO<sub>x</sub> 浓度分布对比



改造前后 250MW 负荷工况脱硝出口 B 侧 NO<sub>x</sub> 浓度分布对比

图2 改造前后测试数据对比图

#### 4 结论

本次基于闭环解耦控制的 SCR 智能喷氨控制系统投运后, 达到了如下效果:

(1) SCR 出口 NO<sub>x</sub> 浓度均匀性明显提高, SCR 出口 NO<sub>x</sub> 浓度及烟筒入口 NO<sub>x</sub> 浓度在机组变工况时, 波动变小, 降低了环保指标瞬间超标几率。

(2) 在保证机组 NO<sub>x</sub> 排放浓度满足环保要求的前提下, 有效控制了氨逃逸浓度, 可减少空预器堵塞风险等一系列问题。

在国家环保形势严峻、煤电机组深度调峰需求紧迫的情况下, 基于闭环解耦控制的 SCR 智能喷氨控制系统具有在同类型机组中应用与推广意义。

#### 参考文献:

[1] 中华人民共和国国家发展和改革委员会. 关于印发《煤电节能减排升级与改造行动计划(2014-2020年)》的通知[EB/OL].[2014-09-12]. [http://bgt.ndrc.gov.cn/zcfb/201409/t20140919\\_626242.html](http://bgt.ndrc.gov.cn/zcfb/201409/t20140919_626242.html).

National Development and Reform Commission. Notice on Printing and Distributing [the Action Plan for Energy Saving and Emission Reduction and Reconstruction of Coal Power (2014-2020)].[2014-09-12]. [http://bgt.ndrc.gov.cn/zcfb/201409/t20140919\\_626242.html](http://bgt.ndrc.gov.cn/zcfb/201409/t20140919_626242.html).(in Chinese)

[2] 王永桥. 选择性还原脱硝系统喷氨量优化控制方法[J]. 化纤与纺织技术, 2021, 50(08): 3.

[3] 马双忱, 金鑫, 等. SCR 烟气脱硝过程硫酸氢铵的生成机理与控制[J]. 热力发电, 2010, 39(08): 2-3.

[4] 吴碧君, 王述刚, 等. 烟气脱硝工艺及其化学反应原理分析[J]. 热力发电, 2006, 35(11): 59-60.

[5] 王智, 贾莹光, 祁宁. 燃煤电站锅炉及 SCR 脱硝中 SO<sub>3</sub> 的生成及危害[J]. 东北电力技术, 2005, (09): 5.

[6] 张绪辉, 杨兴森, 等. 燃煤火电机组深度调峰运行试验[J]. 洁净煤技术, 2022, 28(04): 2.

[7] 秦天牧. 燃煤电站 SCR 烟气脱硝系统建模与喷氨量优化控制[D]. [博士学位论文]. 北京: 华北电力大学, 2017.

[8] 王乐乐, 杨敏, 吴善森, 等. 典型燃煤电厂 SCR 脱硝系统超低排放运行优化[J]. 热力发电, 2020, 49(09): 3.

[9] 潘栋, 牛国平, 丁嘉毅. 火电厂 SCR 脱硝装置氨逃逸测试方法对比研究[J]. 中国电力, 2014, 47(09): 1.

[10] 刘冰. 深度调峰对空预器堵塞影响及治理[J]. 技术与市场, 2020, 27(08): 2.