

SCR 脱硝系统喷氨优化调整试验研究

方明成,刘玉强,王润明,周明
(华电渠东发电有限公司,河南 新乡 453000)

摘 要:为了提高脱硝性能、减少氨逃逸率、降低空预器堵塞风险,并满足环保要求的低排放标准,对某电厂 2 × 330 MW 燃煤机组 SCR 脱硝系统进行喷氨优化调整试验研究。优化后 #1、#2 机组 SCR 脱硝系统出口 NO_x 质量浓度分布偏差分别下降了 29.6% 和 45.2%;氨逃逸质量浓度平均下降 0.418 mg/m³ 和 1.786 mg/m³。通过调整喷氨手动阀门开度,合理调节 SCR 装置的喷氨量,使 SCR 脱硝系统出口 NO_x 质量浓度分布的均匀性得到明显改进,从而消除了局部氨逃逸峰值,并降低了氨逃逸率。

关键词:SCR 脱硝系统;喷氨优化;NO_x 质量浓度;氨逃逸质量浓度;阀门开度

中图分类号:TK 227.1 **文献标志码:**A **文章编号:**1674 - 1951 (2018)09 - 0061 - 05

0 引言

随着火电厂最新大气污染排放标准的颁布及煤电节能减排升级与改造行动计划的实施^[1-2],燃煤电厂必须更加严格地控制烟气中 NO_x 的排放量。选择性催化还原(SCR)脱硝技术因脱硝效率高且运行稳定可靠,而被广泛应用于燃煤电厂。脱硝效率和氨气逃逸率是衡量 SCR 脱硝系统运行是否良好的重要依据。

燃煤电厂在实际运行过程中,锅炉负荷、锅炉燃烧工况、煤种、喷氨格栅阀门开度、烟道流场均匀性、吹灰间隔时间及催化剂种类等因素均会影响 SCR 脱硝效率和氨逃逸率^[3]。逃逸氨在空预器中会生成黏性的硫酸铵或硫酸氢铵,减小空预器流通截面,造成空预器堵灰。空预器堵灰不仅影响锅炉运行的安全性而且显著降低锅炉效率,严重影响脱硝机组的安全稳定运行^[4-5]。

目前燃煤电厂可以选择新型的 SCR 脱硝系统喷氨格栅类型、布置方式及改造喷氨管^[6-8],调整喷氨量和喷氨均匀性^[9-10],改进催化剂入口氨氮比,优化烟气导流板布置、烟气流速的均布性^[11-12],或研发与应用烟气脱硝系统自动控制技术^[13]。通过提升自控系统稳定性和可靠性^[14]等措施,可提高 SCR 脱硝系统出口 NO_x 分布均匀性,防止局部氨逃逸超标,减轻空预器堵灰、腐蚀、运行阻力等问题。但目前燃煤电厂小机组 SCR 烟气脱硝系统,多采用传统的线性控制式喷氨格栅技术^[15]。由于脱硝系统新型结构改造经济成本高、周期长,在现有 SCR 烟气脱硝系统中开展喷氨优化调整试验,是目前提

高氨利用率、减少 NO_x 污染物排放的主要手段。调节 SCR 脱硝系统喷氨量,改善 SCR 脱硝系统出口 NO_x 分布均匀性和氨利用率的均匀性,消除局部氨逃逸峰值,对提高机组运行经济性、安全性具有重要意义。

1 试验对象及参数

330 MW 亚临界燃煤 #1、#2 机组的烟气脱硝系统采用选择性催化还原法(SCR)脱硝工艺和板式催化剂,催化剂按“2 + 1”模式布置,选用二氧化钛、钒化合物作为催化剂,采用液氨制备脱硝还原剂。

SCR 烟气脱硝系统采用线性控制式喷氨格栅技术。喷氨格栅中各组喷嘴之间的氨喷射具有较强的独立性。SCR 脱硝系统入口每侧布置 2 层上下交错的喷氨格栅,14 支控制喷氨量分配的喷氨手动门。每个手动门控制 3 根支管,流量覆盖宽度 1.5 m。每组 2 个手动门分别对应烟道截面前后部分喷氨。

2 喷氨优化调整试验

2.1 试验仪器及调整方法

SCR 脱硝系统喷氨优化试验是根据 GB/T 16157—1996《固定污染源排气中颗粒物测定与气态污染物采样方法》,DL/T 335—2010《火电厂烟气脱硝(SCR)装置运行技术规范》开展的;使用的仪器主要有氨逃逸分析仪(LDAS - 3000)、烟气分析仪(德国 MRU NOVA plus)、大功率烟气处理器、电子微压计及标准皮托管(2 ~ 3 m);试验采用单点抽样监测方式,根据测定的 SCR 脱硝系统出口 NO_x 浓度分布情况,调整手动阀门开度,对应调节喷氨流量;试验时要保证煤质、负荷及配风方式等条件的稳定。

试验主要测量 SCR 脱硝系统进/出口的静压、动压、 NO_x 质量浓度、 O_2 含量,利用网格法测量烟气的 NO_x 质量浓度、 O_2 含量,并根据 SCR 脱硝系统出口的 NO_x 质量浓度分布,使用氨逃逸分析仪在截面烟道上测量氨逃逸质量浓度。图 1 是 SCR 脱硝系统进、出口测点布置示意图,为了能准确地反映 SCR 脱硝装置 NO_x 浓度分布和氨逃逸质量浓度分布情况,在进、出口烟道截面 A、B 侧(南、北)对称处,设置不同深度测试点,分别定义为 A1, A2, ..., A9, B1, B2, ..., B9(测点数量和深度可以调整)。

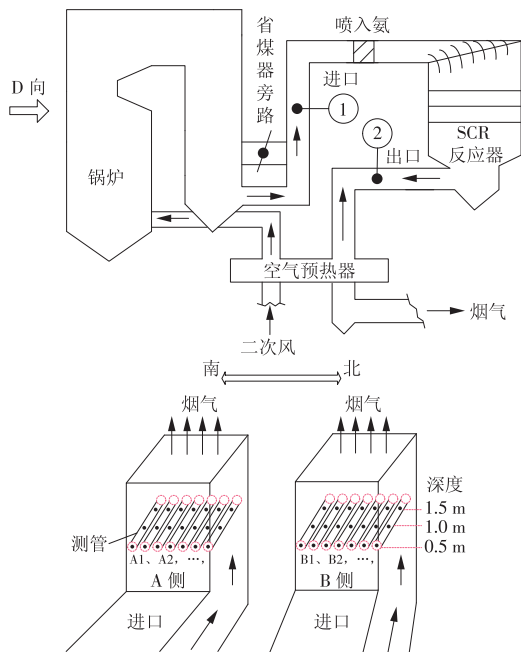


图 1 SCR 脱硝系统进、出口测试点布置示意

对 #1、#2 机组进行了喷氨优化调整试验,试验共分为摸底试验、优化调整试验两个部分, #2 机组试验是在 #1 机组试验的基础上进行的。摸底试验是在实际运行负荷工况下,测试 SCR 脱硝系统进、出口 NO_x 和浓度、氨逃逸质量浓度分布等,初步评估脱硝系统整体运行状态及喷氨流量的分配情况。在试验负荷和对应的脱硝效率下,测试格栅手动阀的流量特性,掌握阀门开度变化对氨气流量的影响,入口 NO_x 质量浓度和烟气流场分布偏差情况,掌握喷氨手动阀控制流量对 SCR 出口 NO_x 质量浓度的影响。

根据初步摸底试验测试数据,有针对性地调整手动喷氨阀门开度:首先适当调高 NO_x 较高的区域的喷氨量,减小 NO_x 较低区域的喷氨量;逐步调整 SCR 出口各测孔、各测点 NO_x 质量浓度使其分布基本均匀,入口 NO_x 质量浓度测量值不均匀度小于 10%。

2.2 SCR 脱硝系统出口 NO_x 质量浓度分布

使用烟气分析仪测量 SCR 脱硝系统进口(喷氨

格栅前水平截面)及出口 NO_x 质量浓度分布情况,两机组 SCR 脱硝系统进口 A、B 侧 NO_x 质量浓度分布非常均匀, #1 机组 A、B 两侧分布相对标准偏差分别为 0.82%、1.32%, #2 机组 A、B 两侧分布相对标准偏差分别为 4.0%、1.7%。

为了准确测定 SCR 脱硝系统出口 NO_x 质量浓度分布的均匀性, #1 机组增加了相对于进口深度 0.5 m 处的 NO_x 质量浓度。喷氨优化调整试验前后 #1 机组 SCR 脱硝系统出口 NO_x 质量浓度分布情况如图 2 所示。

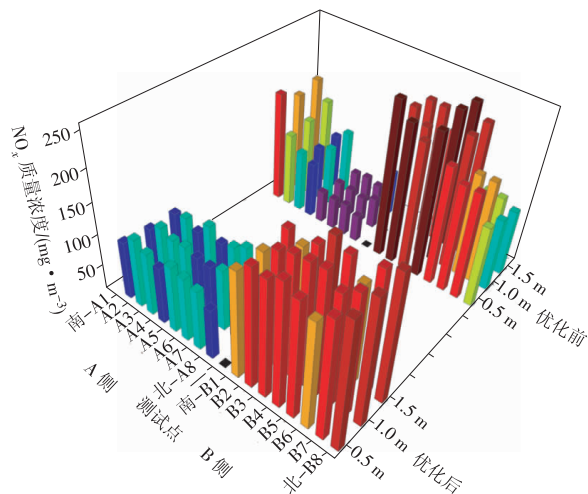


图 2 #1 机组优化前后 A、B 侧出口 NO_x 质量浓度分布

由图 2 可以看出, #1 机组优化前 SCR 脱硝系统出口 A、B 侧两侧 NO_x 质量浓度分布不均匀, A、B 两侧相对标准偏差分别为 52.7%、23.1%, A 侧出口 NO_x 质量浓度分布呈现由南向北逐步降低的趋势, B 侧出口 NO_x 浓度整体偏高;优化后 A、B 侧出口 NO_x 质量浓度分布相对均匀,相对标准偏差分别为 9.07%、7.51%。实验证明,经过多次调整喷氨手动阀门开度,合理调节喷氨量,可使 SCR 出口 NO_x 质量浓度得到较大改善,趋向于均匀分布。

由图 3 可以看出, #2 机组优化调整前 SCR 脱硝系统出口 NO_x 质量浓度分布不均匀,同侧烟道南北两边 NO_x 质量浓度偏差明显,浓度分布呈现由南侧向北侧逐步升高的趋势。A、B 侧 NO_x 质量浓度分布相对标准偏差分别为 83.3%、94.7% (最低值为 10 mg/m^3 、最高值为 180 mg/m^3), 浓度偏差较大。经优化调整后,SCR 出口 NO_x 质量浓度均匀性有了较大提高,并消除了局部 NO_x 质量浓度偏高的情况, A、B 侧出口 NO_x 质量浓度分布相对标准偏差分别降到 49.6%、38.1%, 但未能调整到设计目标 (15%) 以下。主要原因为 SCR 内部烟气流速分布存在偏差,氨氮比浓度不能分区调整,喷氨格栅各手

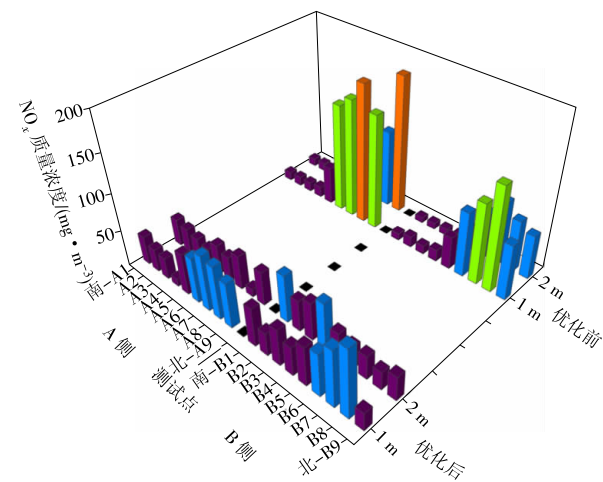


图 3 #2 机组优化前后 A、B 侧出口 NO_x 质量浓度分布

动门控制的烟道截面范围较宽,且各手动门控制范围交错布置,对应区域内 NO_x 数值有高有低,无法作出对应调整。

2.3 SCR 脱硝系统出口氨逃逸质量浓度分布

采用氨逃逸分析仪对 SCR 脱硝系统出口氨逃逸数据进行测量, #1 机组 SCR 脱硝系统优化前后 A、B 侧出口氨逃逸质量浓度分布情况如图 4 所示。

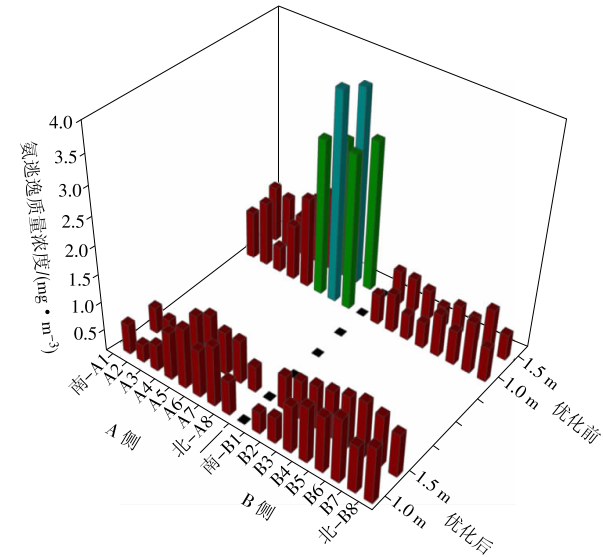


图 4 #1 机组优化前后 A、B 侧出口氨逃逸质量浓度分布

从图 4 可以看出,优化前 SCR 脱硝系统出口氨逃逸质量浓度分布 A 侧高于 B 侧,均值 1.75 mg/m³,A 侧北边 3 个测点数值超过 2.28 mg/m³,达到 2.43 ~ 3.65 mg/m³,呈现南侧低北侧高的分布,A 侧氨逃逸稍高于 B 侧,符合 A 侧空预器差压高的现象,B 侧分布相对均匀,均值 0.61 mg/m³;优化后消除了 A 侧约 1/3 烟道氨逃逸高于 2.28 mg/m³ 的情况,均值达到 0.5 mg/m³,氨逃逸质量浓度分布均匀性改善明显,B 侧均值 0.84 mg/m³。

#2 机组 SCR 脱硝系统优化前后 A、B 侧出口氨逃逸质量浓度分布情况如图 5 所示。

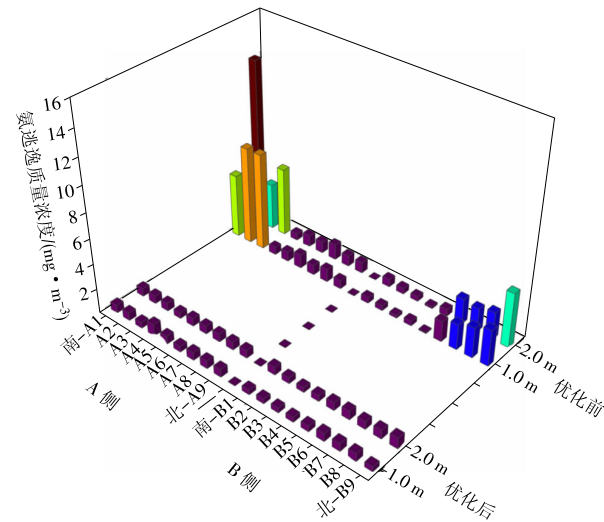


图 5 #2 机组优化前后 A、B 侧出口氨逃逸质量浓度分布

由图 5 可知,优化调整前 SCR 脱硝系统出口氨逃逸质量浓度分布不均匀,A 侧南边氨逃逸明显偏高,某些测点超过 2.28 mg/m³,最高达到 13.68 mg/m³,B 侧仅测试点 B9 处氨逃逸质量浓度偏高,达 4.26 mg/m³,其他测试点未发现氨逃逸明显超标现象。优化调整后,氨逃逸分布不均匀性和质量浓度明显降低,均值小于 0.91 mg/m³。

2.4 SCR 系统喷氨优化试验前后主要的运行参数

取 SCR 系统喷氨优化试验前后各 1 天的主要运行参数和试验数据,见表 1。

从表 1 可知,SCR 系统整体氨利用率和反应效率得到提高。通过优化调整, #1 机组在锅炉负荷相近、SCR 入口 NO_x 质量浓度比试验前平均升高 170 mg/m³ 的情况下,总喷氨流量保持不变,SCR 出口 NO_x 质量浓度的下降幅度比试验前的有所增加,A 侧稀释风机流量下降了 664 m³/h,两侧 NO_x 出口质量浓度相对标准偏差平均值降低 29.6%,氨逃逸质量浓度平均下降 0.42 mg/m³; #2 机组在锅炉相近负荷下、SCR 入口 NO_x 质量浓度升高 30 mg/m³、烟囱排放值接近的情况下,总喷氨流量降低 1.7 kg/h,A 侧空预器压差降低 0.15 kPa,两侧 NO_x 出口质量浓度相对标准偏差降低 45.2%,氨逃逸质量浓度平均下降 1.79 mg/m³。

2.5 SCR 喷氨手动阀门开度

手动调阀开度大的喷氨喷嘴,喷氨量较大,对应装置出口区域的 NO_x 质量浓度低,氨逃逸质量浓度高;手动调阀开度小的喷氨喷嘴,喷氨量较小,对应装置出口区域的 NO_x 质量浓度高,氨逃逸质量浓度低。经过多次轮测试与调整,确定了 SCR 各支喷氨

表 1 优化调整试验前后主要运行参数和试验数据

项目		#1 机组试验		#2 机组试验	
		前	后	前	后
机组负荷/MW		190	186	183	184
SCR 入口 NO _x /(mg·m ⁻³)	A 侧	350	545	461	497
	B 侧	360	504	492	519
SCR 出口 NO _x /(mg·m ⁻³)	A 侧	101	102	22.9	45.9
	B 侧	103	131	30.4	18.1
SCR 脱硝系统阻力/kPa	A 侧	0.34	0.32	0.32	0.32
	B 侧	0.41	0.34	0.34	0.34
SCR 脱硝效率/%	A 侧	83	75	95.0	90.8
	B 侧	77	73	93.8	96.5
氨流量/(kg·h ⁻¹)	A 侧	36	36	25.6	25.0
	B 侧	48	48.7	37.6	36.4
空预器差压/kPa	A 侧	1.3	1.06	1.23	1.08
	B 侧	1.0	0.86	0.83	0.84
稀释风机流量/(m ³ ·h ⁻¹)	A 侧	3 681	3 017	3 293	3 427
	B 侧	3 585	3 572	3 660	3 140
烟囱排放 NO _x /(mg·m ⁻³)		86	84.4	39.0	37.6
SCR 出口 NO _x /(mg·m ⁻³)	A 侧	86	91	77.7	37.7
	B 侧	194	180	42.1	48.2
SCR 出口 NO _x 相对标准偏差/%	A 侧	52.7	9.07	83.3	49.6
	B 侧	23.1	7.51	94.7	38.1
氨逃逸质量浓度/(mg·m ⁻³)	A 侧	1.75	0.68	3.57	0.61
	B 侧	0.61	0.84	1.14	0.53

手动门最佳开度,有效改善了装置出口的 NO_x 质量浓度分布均匀性,降低了氨逃逸质量浓度。#1 机组和 #2 机组 A、B 两侧各 14 个喷氨手动阀门,A11 与 A21 是单个阀门调整对应位置,试验前后开度情况如图 6、图 7 所示(其中 #2 机组 A14 号门开度显示窗被油漆糊住无法确认开度)。通过优化试验,A、B 侧 SCR 脱硝系统各喷氨手动门开度有了较大的变化。

喷氨优化试验时对应氨逃逸浓度分布高的位置,减小阀门开度,从图 6 #1 机组喷氨手动阀门开度可知,喷氨优化试验调整前 SCR 脱硝系统出口 A 侧北半边氨逃逸质量浓度数据明显偏高,优化试验时对应氨逃逸质量浓度分布高的位置,减小阀门开度。从图 6 中可以看出,A 侧北侧阀门开度明显降低,减小了喷氨流量,降低氨逃逸浓度。B 侧氨逃逸质量浓度分布相对均匀。A 侧最大从 65% 调整到 25%,关闭 61.5%,B 侧除 B14 阀门开度调整较大外,开度相对 A 侧调整幅度较小,是根据经验适当调整阀门开度。优化试验后消除了 A 侧约 1/3 烟道氨逃逸高于 2.28 mg/m³ 的情况,均值从 1.75 mg/m³

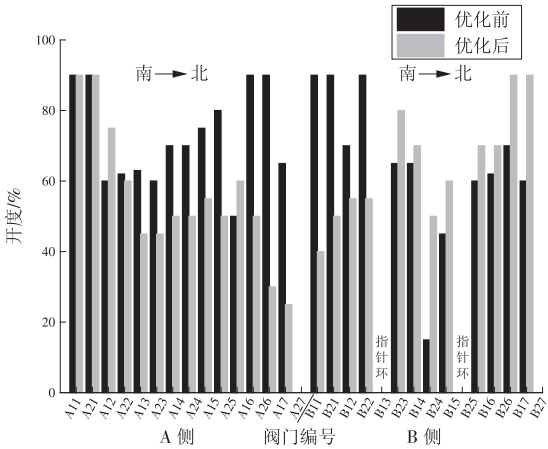


图 6 #1 机组喷氨手动阀门优化试验前后开度

降至 0.68 mg/m³,与手动门开度调整对应。

从图 7 #2 机组喷氨手动阀门开度可知,喷氨优化调整前 SCR 脱硝系统出口 A 侧南半边、B 侧北半边氨逃逸质量浓度数据明显偏高。喷氨优化试验时,对应氨逃逸浓度分布高的位置减小阀门开度。优化调整后,A 侧南侧、B 侧北边阀门开度明显降低,喷氨流量与氨逃逸浓度相应降低。

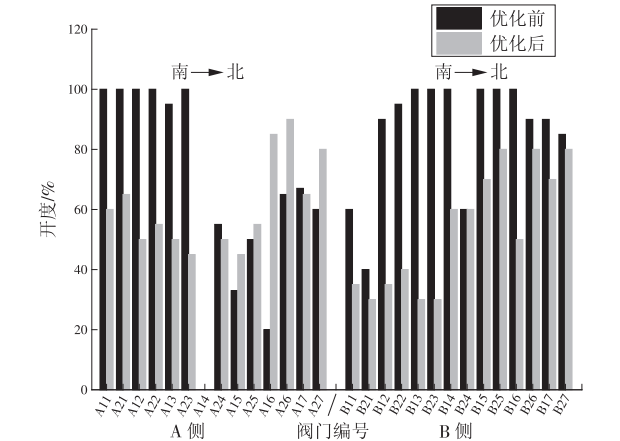


图7 #2机组喷氨手动阀门优化试验前后开度

3 结束语

(1)SCR脱硝系统优化调整试验改善了局部喷氨过量和喷氨不足的情况,SCR出口NO_x质量浓度均匀性改进明显,系统整体氨利用率和反应效率得到提高。

(2)SCR脱硝系统脱硝性能和脱硝效率受多种因素影响。为提高SCR出口NO_x质量浓度均匀性,降低氨逃逸,减少空预器堵塞,达到污染物低排放最新标准,推荐定期进行脱硝喷氨优化调整试验。

(3)内部流场不均和喷氨格栅结构等影响SCR出口NO_x质量浓度分布均匀性,后续需优化设计改进内部流场分布,实施改造新型的喷氨格栅布置方式,实现分区调整,为提高脱硝性能提供基础条件,对减轻空预器堵塞风险具有重大意义。

参考文献:

[1] 火电厂大气污染物排放标准:GB 13223—2011[S].

[2] 王建. 煤电节能减排升级与改造行动计划[M]. 杭州:浙江人民出版社,2014.

[3] 胡劲逸. 基于氨逃逸浓度场的SCR喷氨协调优化控制[D]. 杭州:浙江大学,2015.

(上接第50页)退出运行时(图1中QF1、QF2开关跳闸),发出重故障信号(DI),未发出一次风机保护动作信号(DI)与一次风机变频器电流异常信号(DI)。

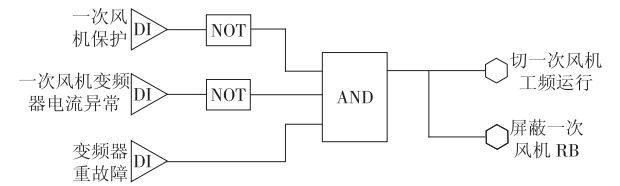


图3 自动旁路切换热控逻辑

这3个条件同时满足时,DCS发出指令合上开关QF3(图1中),同时闭锁一次风机RB,变频装置

[4] 陈明,王登香,张济显. 脱硝系统氨逃逸率大对空预器的影响及防治措施[J]. 华东电力,2014,42(6):1267-1270.

[5] 杨建国,胡劲逸,赵虹,等. 660 MW超超临界机组运行方式对SCR系统氨逃逸率的影响[J]. 动力工程学报,2015,35(6):476-480.

[6] 金其森,殷志龙. 630 MW机组脱硝改造后空预器差压大问题[J]. 江苏电机工程,2015,34(1):78-80.

[7] 冯晓鸣,廖永进,徐齐胜,等. 一种喷氨格栅优化调整试验技术应用[J]. 广东电力,2014,27(11):36-40.

[8] 樊旭. 一种喷氨管及使用该喷氨管的喷氨格栅装置及SCR系统[P]. CN205965517U,2017-02-22.

[9] 毛奕升,吴智鹏,张孝天. 火电厂SCR脱硝系统喷氨优化调整及烟气取样方法改进[J]. 中国电力,2017,50(4):167-171.

[10] 郝功涛,廉珂,姜佳旭,等. 600 MW燃煤机组SCR脱硝系统喷氨优化调整试验研究[J]. 华电技术,2017,39(7):73-76.

[11] 赵乾. SCR烟气脱硝系统模拟优化及喷氨量最优控制[D]. 重庆:重庆大学,2012.

[12] 李鹏飞,朱晓华,李睿,等. 烟气脱硫脱硝流化床装置入口导流板的数值模拟与优化[J]. 环境工程,2017,35(8):76-80.

[13] 朱洪伟,周忠伟,黄波波,等. 烟气脱硝系统自动控制新技术研发与应用[J]. 自动化与仪器仪表,2017(1):161-167.

[14] 韩发年,闫志勇. SCR烟气脱硝工艺喷氨混合装置研究进展[J]. 化工进展,2015,34(12):4151-4157.

(本文责编:陆华)

作者简介:

方明成(1987—),男,河南新乡人,工程师,从事电厂集控运行工作(E-mail:xinhanglirui@163.com)。

刘玉强(1973—),男,河南新乡人,工程师,从事电厂试验与调试工作(E-mail:lyq0106@126.com)。

王润明(1967—),男,河南新乡人,工程师,从事火力发电厂运行管理工作(E-mail:runmingwangchina@126.com)。

周明(1980—),男,河南新乡人,工程师,从事集控运行与环保工作(E-mail:755255745@qq.com)。

自动切至旁路运行,完成自动切换功能。

6 结论

本文针对公司一次风机变频装置切换至自动旁路的可行性进行了分析并制定了可行的切换方案,但在现场还没有进行应用。

(本文责编:陆华)

作者简介:

杜志强(1974—),男,山东聊城人,工程师,从事电气运行、集控运行工作(E-mail:duzhiqiang74@126.com)。