

630MW 锅炉脱硝改造后的运行管理

吴瑞生

(华润江苏镇江发电有限公司, 江苏 镇江 212114)

摘 要: 江苏镇江发电有限公司 2×630MW 机组, 配套上海电气集团早期引进从美国阿尔斯通能源公司引进的低NO_x同轴燃烧系统(LNCFSTTM)技术生产的锅炉, 具有较低的NO_x排放特性, 锅炉运行有一定的经验。本文主要论述了在加装SCR脱硝装置后, 通过运行管理, 综合平衡SCR运行与锅炉安全经济运行之间的关系, 为其它单位新改低氮燃烧器并加装SCR装置的锅炉运行管理提供了参考。

关键词: SCR; 锅炉; 经济; 管理

1 设备概述

江苏镇江发电有限公司#5、#6 锅炉为上海锅炉厂有限公司生产的 1913t/h 超临界参数直流炉。单炉膛、一次中间再热、四角切圆燃烧方式、Π 型露天布置燃煤锅炉(型号: SG1913/25.40-M951)。主风箱设有 6 层强化着火(EI)煤粉喷嘴, 在主风箱上部设有 2 层 CCOFA(紧凑燃尽风)喷嘴, 在主风箱下部设有 1 层 UFA(火下风)喷嘴, 主燃烧器与炉膛出口之间布置有 SOFA 风箱, 包括 5 层可分离燃尽风(SOFA)喷嘴。

本次脱硝技改工程采用选择性催化还原全烟气脱硝工艺。SCR 反应器布置在省煤器与空气预热器

之间的高含尘区域(即高灰型 SCR 布置方式), 采用液氨作为脱硝还原剂。脱硝装置不设置烟气旁路和省煤器高温旁路系统。脱硝催化剂型式采用平板式。催化剂层数按 2+1 模式布置, 初装 2 层预留 1 层, 在本次技改工程新设计煤种及校核煤种情况下, 锅炉最大连续出力工况(BMCR), 处理 100%烟气体量, 在布置 2 层催化剂条件下脱硝效率不小于 80%。同时配合进行空预器改造, 引增风机合一改造, 电除尘器改造等。

表 1 锅炉燃烧调整试验部分数据

参数	工况 1	工况 2	工况 3	工况 4	工况 5	工况 6
锅炉出口NO _x /(mg/m ³)	201.72	156.24	143.01	219.87	194.67	227.45
燃烧器投运方式	BCDEF	BCDEF	BCDEF	BCDEF	ABCDE	ABCDE
CCOFA 风	2 层全开	2 层全开	2 层全开	2 层全关	2 层全开	全开
SOFA 风	下 4 层全开	135 全开	5 层全开	5 层全开	5 层全开	下 4 层全开
燃料风	四角均布 37%	四角均布 37%	四角均布 37%	四角均布 37%	A26%, 余 37%	#2 角 40%, 余 31%
辅助风	AB 层 50%, 余 21%	EF 层 42%,AB64%, 余 32%	EF4 层 8%,AB70%, 余 38%	AB 层 85%, 其余 60%	AB 层 40%, 其余 20%	AA 层全开, 其余 45%
偏置风	21%	32%	38%	60%	20%	50%
SOFA 总风量/(t/h)	896.37	737.12	903.27	911.41	992.56	796.24
平均主汽温度	559.96	564.71	564.14	560.39	565.02	561.62
平均再热汽温	565.20	565.42	564.54	564.05	567.63	563.99
总过减温水量	19.81	36.70	29.84	17.71	29.90	29.74
O ₂ / %	2.72	2.98	2.60	3.34	3.25	3.38
实测排烟温度	124.45	129.50	130.20	130.40	126.45	127.95
平均飞灰含碳量	1.65	1.07	1.45	1.29	0.78	1.02
给煤总量	214.31	213.71	211.91	214.34	209.38	216.01
主汽流量	1706.73	1742.10	1734.94	1766.55	1725.22	1721.48
主汽压力	24.77	24.99	24.99	25.01	24.78	24.78
高再入口烟温 A	845.19	859.70	882.83	883.56	838.51	849.51
高再入口烟温 B	924.52	902.51	942.75	946.81	934.05	929.35
炉膛/风箱压差	997.03	1051.94	752.18	761.80	751.65	753.35
给水流量	1720.72	1736.00	1738.77	1788.90	1722.32	1725.07
给水温度	281.66	282.53	282.44	283.20	281.63	282.16
给水压力	28.76	29.32	29.20	29.50	29.04	28.95
启分出口温度 A	420.24	436.27	428.46	428.48	432.10	426.02
启分出口温度 B	416.44	426.58	421.87	423.65	425.27	420.67

2 锅炉原运行情况

江苏镇江发电有限公司#5、#6 锅炉分别于 2005 年 7 月, 11 月通过 168 小时运行。

因锅炉设计原为低 NO_x 同轴燃烧系统 (LNCFS), 锅炉运行时, 出口 NO_x 排放较低。在设计煤种为神府煤情况下运行时, 出口 NO_x 排放基本可控制在 180 mg/Nm³ 左右。近年来由于供应市场的变化, 实际来煤的煤质波动较大, 锅炉出口 NO_x 排放略高, 但通过燃烧调整, 基本也可控制在 220 mg/Nm³ 左右。调整试验数据见表 1。

3 SCR 运行情况

本次技改工作 2013 年 11 月及 2014 年 2 月分别完成#5、#6 锅炉的脱硝改造工程。因 SCR 入口 NO_x 较低, 在脱硝效率控制在 50%, 单侧喷氨量基本在 60kg/h 左右的情况下, SCR 出口 NO_x 基本就可达到 100 mg/Nm³ 以下的水平。

表 2 SCR 主要运行参数

序号	项目名称	单位	数据	数据
			运行工况 1	运行工况 2
1	SCR 入口浓度 NO _x	ppm	131.8	101.3
2	SCR 入口浓度 NO _x	mg/Nm ³	216.1	178.5
3	SCR 入口氧量	%	2.22	3.55
4	SCR 出口浓度 NO _x	ppm	19.8	34.61
5	SCR 出口氧量	%	1.8	3.5
6	SCR 出口浓度 NO _x (标态, 干基 6% O ₂)	%	31.78	61.11
7	氨逃逸率 NH ₃	μL/L	0.54	0.38
8	SCR 效率	%	85.31	65.82
9	A 侧喷氨量	kg/h	86.87	45.06
10	B 侧喷氨量	kg/h	53.92	28.89
11	脱硝入口烟温	℃	361	351.3
12	SCR 阻力	Pa	378	302
13	稀释风机电流	A	60.18	61.52

4 运行影响分析

锅炉加装脱硝装置后, 对运行管理提出新的问题。主要是两个方面: 安全与经济。

4.1 安全方面

(1) 进行脱硝改造后, 机组启动过程中, 必须考虑控制 SCR 入口温度的上升速度, 以减少温差应力对催化剂的影响。在烟气温度低于 70℃ 时, 烟气温度上升梯度不超过 5℃/min; 烟气温度升高到 140℃ 前, 烟气温度上升梯度不超过 10℃/min; 烟气温度高于 140℃ 到催化剂运行温度间, 温度梯度可以增加至 60℃/min。

(2) 锅炉四管爆漏时, 大量水蒸汽进入对催化剂寿命及反应效果的可能影响。

(3) 锅炉辅机故障情况下, 由于出口挡板关闭造成的烟道内烟气流动受阻的可能影响。

4.2 经济方面

(1) 脱硝系统使得锅炉尾部烟道的长度增加, 锅炉散热损失增加, 漏风可能性增加, 造成锅炉效率的降低。烟气阻力增加, 造成锅炉辅机电耗的增加。

(2) 电厂运行成本上升。脱硝 SCR 的运行成本主要包括变动成本、固定成本、财务费用等。其中固定成本包括资产折旧、运行管理人员工资、设备检修预备费等。变动成本包括还原剂液氨、厂用电、吹灰用蒸汽、年均折算更换催化剂等; 而对于机组运行说, SCR 正常运行控制情况并不影响固定成本、财务费用的变化, 主要影响的是变动成本的变化。因我公司现暂未使用蒸汽吹灰, 厂用电并不因运行调整而变化。因此对于 SCR 运行控制, 其效率的高低只是影响了还原剂液氨的用量及催化剂更新费用。根据有关资料表明^[1], 脱硝效率每降低 5%, 液氨耗量将减少 17.5 kg/h (此项在表 2 中也得到体验), 催化剂更新费用减少 15%。机组年利用时间按 5500 小时, 按设计脱硝效率 80% 计, 液氨单价 3700 元/t (含税) 计, 每台炉 SCR 用催化剂约 550m³, 三年换一层, 年替换 91.65m³, 催化剂单价 42000 元/m³, 更换年费用约 385 万元。若脱硝效率控制从 80% 下降至 60%, 则减少液氨耗量费用约 142.45 万元, 减少催化剂更新费用约 184 万元。合计运行费用可节约 326.47 万元。

5 运行管理

NO_x 的控制可分为燃烧前处理、燃烧中处理和燃烧后处理, 火电厂锅炉运行中只涉及燃烧中处理和燃烧后处理。

火电厂运行管理的目标: 保证锅炉安全运行的同时, 加强锅炉燃烧工况的调整, 减少对锅炉安全、经济性的影响。控制合理的 SCR 入口 NO_x, 从而控制减少 SCR 的喷氨量, 维持较合理的脱硝效率, 以期达到锅炉经济运行与脱硝经济运行合理平衡。

我公司锅炉因原设计低氮燃烧器效果明显, SCR 入口浓度 NO_x 值控制裕度较大, 在入炉煤质正常情况下, 通过燃烧工况的调整, 可将 SCR 入口浓度 NO_x 值在 150 mg/Nm³~250 mg/Nm³ 之间调整, 但实际运行基本控制在 220 mg/Nm³ 左右, 不允许降得

过低,脱硝效率控制在 60%左右基本就可满足环保排放要求,从而为SCR运行与锅炉安全经济运行之间的寻找平衡提供了条件。

5.1 合理控制锅炉氧量

锅炉氧量控制的高低,直接影响锅炉运行经济性。在保证锅炉运行经济性的前提下,应尽可能降低锅炉氧量,对降低SCR入口NO_x控制效果明显,如表 1 中,工况 3 到工况 4,氧量从 2.6%上升至 3.34%,SCR入口NO_x就从 143 mg/Nm³上升至 219 mg/Nm³。但应注意,对于低氮燃烧器,设计原则均是在主燃烧器区域均处于欠氧燃烧状态。我公司锅炉主燃烧器区域设计化学当量比在 0.85,若进行硫份较高煤种掺烧时,特别应注意水冷壁附近的高温腐蚀。应根据入炉煤质及负荷确定合理的氧量曲线,指导运行人员操作。

5.2 合理掺配煤种,控制入炉煤质,做好磨煤机的合理调度

煤种对锅炉运行及 SCR 运行均有较大的影响。掺配煤种应尽可能接近锅炉设计煤种及脱硝设计煤种。对于直吹式中速磨煤机系统,因负荷变化时,启停磨煤机对 SCR 入口 NO_x 影响较大,此时应对 SCR 加强关注,必要时及时调整。对磨煤机运行,应尽可能运行下层磨煤机,否则应采取中间断层(停运磨煤机 D)的方式运行。

5.3 及时进行 SOFA 风的调整,控制好锅炉各角辅助风

SOFA 风的调整应及时,一般情况下,SOFA 风开大,有利于降低 SCR 入口 NO_x。但需注意对锅炉主参数的影响。现运行规定,当机组负荷≥50%时,CCOFA 二层全开,SOFA 至少 1、3、4、5 层开,开度不小于 50%;

5.4 加强对液氨的喷入量,脱硝效率等主要参数的监视及调整

日常运行中,对于 SCR 系统中主要参数应综合分析,观察各参数之间的关系,及时发现问题,及时处理。

5.5 加强对 SCR 的阻力变化的监视

SCR 的阻力变化直接反映催化剂工作情况,反

映 SCR 内烟气流动阻力变化情况,影响 NO_x 与催化剂的反应,增加喷氨量,增加厂用电,影响运行经济性。

5.6 其它情况

因是设备改造,可能因实际现场空间的限制等各种因素影响,SCR 催化剂入口的烟气流速场是不均匀的。从现运行情况看,#5,6 锅炉均存在在SCR入口NO_x偏差不大的情况,烟道A,B两侧喷氨量,脱硝效率偏差较大的情况。需在今后进行SCR的运行优化工作。目前,运行控制要求是在保证脱硝效率不小于 60%,出口排放低于 100mg/Nm³的前提下,尽可能降低喷氨量。

6 结束语

火电企业加装 SCR 烟气脱硝装置后,会明显增加发电机组的发电成本,不同的运行控制方式,影响不尽相同。我国已经出台了燃煤机组的脱硝电价统一优惠政策。因环保考核指标只有 2 个,脱硝效率不小于 50%,出口排放低于 100mg/Nm³,对于NO_x排放较低的企业,未有适当的鼓励,未能充分调动电力企业治理NO_x排放的积极性。

本文只是从电厂运行角度进行分析,尽可能进行锅炉运行工况优化调整,保证锅炉运行安全经济性同时,降低 SCR 入口 NO_x,做好 SCR 烟气脱硝装置的运行工作,降低脱硝运行成本,以期合理平衡二者关系,提高设备安全与经济性。

参考文献:

- [1] 钟金鸣,郭丽霞,葛春亮. 电厂烟气脱除 NO_x 效率对 SCR 装置投资及运行费用的影响[J]. 电力技术经济,2009,21(4):25-28.
- [2] 钱焕琴,等.镇江电厂 2×600MW 机组烟气脱硝工程可行性研究[R].
- [3] GB13223-2011,火电厂大气污染物排放标准[S].

作者简介:

吴瑞生(1970-),男 江苏镇江人,从事锅炉运行专业管理工作。