

某电厂脱硝系统氨逃逸故障分析与处理

李 栋,强东盛,陈崇明,郁金星,韩忠阁

(国网河北省电力有限公司电力科学研究院,河北 石家庄 050021)

摘要:针对脱硝系统出口氨逃逸质量浓度过高导致空气预热器腐蚀、堵塞以及二次污染等问题,以某电厂氨逃逸故障为例,对烟气温度、 NO_x 质量浓度、氨逃逸情况、运行数据等进行分析,认为入口氨氮摩尔比分布不均以及部分区域氨量过喷是造成脱硝出口氨逃逸超标的主要原因,提出降低入口 NO_x 质量浓度的同时减少 NO_x 质量浓度波动幅度、调整脱硝反应器入口氨氮摩尔比分布、评估催化剂性能等措施避免脱硝系统氨逃逸现象。

关键词:脱硝系统;氨逃逸; NO_x

中图分类号:TM621.8 **文献标志码:**B **文章编号:**1001-9898(2023)02-0086-04

Analysis and Treatment of Ammonia Escape in Denitrification System of a Power Plant

LI Dong, QIANG Dongsheng, CHEN Chongming, YU Jinxing, HAN Zhongge

(State Grid Hebei Electric Power Research Institute, Shijiazhuang 050021, China)

Abstract: The high escape concentration of ammonia from the denitration system can lead to corrosion, blockage and secondary pollution of the air preheater. Taking the ammonia escape fault of a power plant as an example, the flue gas temperature, NO_x mass concentration, ammonia escape situation and operation data were analyzed. The results show that the uneven distribution of molar ratio of ammonia nitrogen and the overinjection of ammonia in some areas are the main reasons for the excessive ammonia escape. The ammonia escape phenomenon in the denitration system can be avoided by reducing the mass concentration of NO_x at the entrance and the fluctuation of the NO_x mass concentration at the same time, adjusting the mole concentration distribution of ammonia and nitrogen at the inlet of denitration reactor, evaluating catalyst performance, etc.

Key words: denitration system; ammonia escape; NO_x

0 引言

选择性催化还原(SCR)脱硝技术因其投资低,工艺过程简单,脱除氮氧化物(NO_x)的效率较高,不易造成二次污染等优点被燃煤电厂广泛应用^[1-2]。SCR法通常采用液氨或尿素作为还原剂与烟气中的 NO_x 发生还原反应,由于氨在催化剂上的反应停留时间有限,通常会有极少量的氨逃逸,多数机组的氨逃逸设计值都控制在 2.28 mg/Nm^3 以内^[3]。然而,在实际运行中,由于反应器入口烟气流场、浓度场等参数大范围波动导致喷氨不匹配或者催化剂寿命下降等原因,不少机

组经常出现氨逃逸过高问题^[4]。氨逃逸质量浓度过高时,会造成系统还原剂耗量升高,增加系统的运行成本;另外极易与烟气中的三氧化硫发生反应生成高黏性硫酸氢铵,其很容易在空气预热器冷端、除尘器极线等位置凝结,吸附大量飞灰,从而导致锅炉尾部设备腐蚀或堵塞,影响机组运行安全性和稳定性^[5-8]。

本文以某电厂 1 号机组脱硝系统为例,对氨逃逸故障进行诊断,通过现场测试脱硝出口烟气温度、 NO_x 质量浓度、氨逃逸质量浓度分布,以及分析历史运行情况,探索氨逃逸质量浓度过高的原因及解决办法。



微信搜一搜

舜业之声

理工程师,主要从事环境监
保工程技术研究中心绩效



1. 用微信扫描识别上图中左上角公众账号二维码或者在微信中搜索公众账号“舜业之声”关注神州热电、天下热力设计网、神州热电业联盟公众号。
2. 进入公众账号“舜业之声”找到左下角“会员中心”,点击注册会员,注册会员时信息尽可能详尽,专业或特长把电厂、热力公司、设计院、设计院所好友填写自己目前从事的专业或者大学学习的专业,神州热电产业联盟好友地址填写自己单位的主要业务或产品,群办事务后将会根据会员注册信息建立群成员通讯录、行业专家库及行业厂家推荐目录。
3. 未加入神州热电、天下热力、设计网、神州热电产业联盟群的朋友申请加群请联系群创办人张锦18325411666

1 脱硝系统概况

某电厂 1 号机组装机容量为 600 MW, 锅炉型式为亚临界参数汽包锅炉, 一级中间再热、单炉膛、平衡通风, 采用四角切圆燃烧方式。SCR 脱硝装置不设置烟气旁路, 包括烟气系统、声波吹灰系统和氨喷射系统。为满足机组调峰状态下脱硝投入的要求, 对省煤器进行了分级改造, 将脱硝系统 SCR 入口的省煤器割除 27% 移至 SCR 出口, 因此脱硝反应器布置在高温和低温省煤器中间。脱硝还原剂采用液氨, 还原剂的贮存、制备和供应系统为 1、2 号锅炉共用。脱硝装置设计寿命为 30 年, 年利用小时数为 5 500 h, 脱硝系统及装置可用率不小于 98%。脱硝反应器内现装有三层催化剂, 系统的主要设计参数如表 1 所示。

表 1 1 号机组脱硝系统设计参数

项目	性能
入口 NO_x 质量浓度/($\text{mg} \cdot \text{Nm}^{-3}$) (以 NO_2 计, 干基, 6% O_2)	300
出口 NO_x 质量浓度/($\text{mg} \cdot \text{Nm}^{-3}$) (以 NO_2 计, 干基, 6% O_2)	<50
氨逃逸质量浓度/($\text{mg} \cdot \text{Nm}^{-3}$)(干基, 6% O_2)	<2.28
SO_2/SO_3 转化率/%	<1
脱硝系统压损/Pa	<800
飞灰质量浓度/($\text{g} \cdot \text{Nm}^{-3}$)	<16.86
最低允许喷氨温度/ $^{\circ}\text{C}$	>300

2 测试过程及方法

为了能够反映脱硝系统实际性能, 测试在氨逃逸故障频发的 50% ECR 工况下进行, 试验日期为 2022 年 2 月 28 日。试验时调整喷氨支路手动阀使脱硝入口 NO_x 分布均匀。测试参数包括烟气温度、 NO_x 、 O_2 、 NH_3 的质量浓度等, 均采用网格布点法, 网格点布置参照 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》。烟气温度测试位置设置在反应器入口, 其他项目测试位置均设在脱硝系统出口截面。

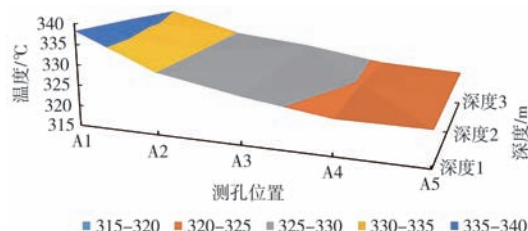
烟气温度采用 Fluke F-52 热电偶进行检测; NO_x 、 O_2 等烟气成分测试采用 MRU-MGA5+ 型便携式红外烟气分析仪检测; NH_3 质量浓度测试参考 DL/T 260—2012《燃煤电厂烟气脱硝装置性能验收试验规范》, 利用两级稀硫酸吸收液吸收后, 使用靛酚蓝分光光度法分析 NH_4^+ 质量浓度, 根据采气体积, 计算得到烟气中 NH_3 质量浓度。

NO_x 和 NH_3 同一时间进行测量。

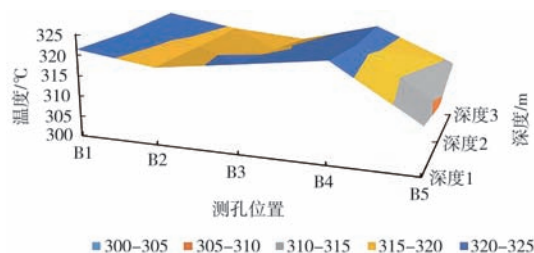
3 分析诊断

3.1 烟气温度分析

温度是影响脱硝催化剂反应活性的关键参数^[9]。当烟气温度过低时, 一方面会降低 NH_3 和 NO_x 的反应速率, 减小脱硝率; 另一方面 NH_3 会与烟气中的 SO_3 发生反应生成粘性较大的 NH_4HSO_4 , 其粘附在催化剂表面会堵塞催化剂的孔道和微孔, 降低催化剂的活性。50% ECR 工况下, 反应器入口烟气温度分布情况如图 1 所示。可以看出, A 侧烟气温度范围为 323~338 $^{\circ}\text{C}$, 且从 A1—A5 测孔有逐渐递减趋势; B 侧烟气温度范围为 309~323 $^{\circ}\text{C}$, 且各位置与 A 侧相比温度均略有下降。虽然两侧反应器的温度场分布有所不同, 但是最低温度均高于 300 $^{\circ}\text{C}$ 的最低允许喷氨温度, 说明低负荷工况下烟气温度不会成为制约脱硝系统运行效果的主要因素。



(a) A 侧



(b) B 侧

图 1 1 号机组脱硝入口烟气温度分布

3.2 NO_x 质量浓度场测试分析

为掌握两侧反应器出口真实 NO_x 质量浓度分布情况, 进行了脱硝出口 NO_x 质量浓度场测试。每侧反应器出口均设置了 5 个测孔, 面向炉膛从左至右编号为 1—5, 每个测孔选择 3 个深度进行布点。 NO_x 质量浓度摸底测试结果如图 2 所示。可以看出, 1 号机组 A 侧反应器出口 NO_x 质量浓度(折算至 6% O_2)范围为 14~30 mg/m^3 ;

其中,A2—A5 测孔 NO_x 质量浓度范围为 25~30 mg/m^3 ,偏差相对较小;低值均出现在 A1 测孔。B 侧反应器出口 NO_x 质量浓度(折算至 6% O_2)范围为 7~12 mg/m^3 ,虽然各位置的质量浓度偏差较小,但是与 A 侧相比整体质量浓度相对较低,说明该侧反应器存在喷氨量过大问题,将导致出口均具有较高的氨逃逸质量浓度。

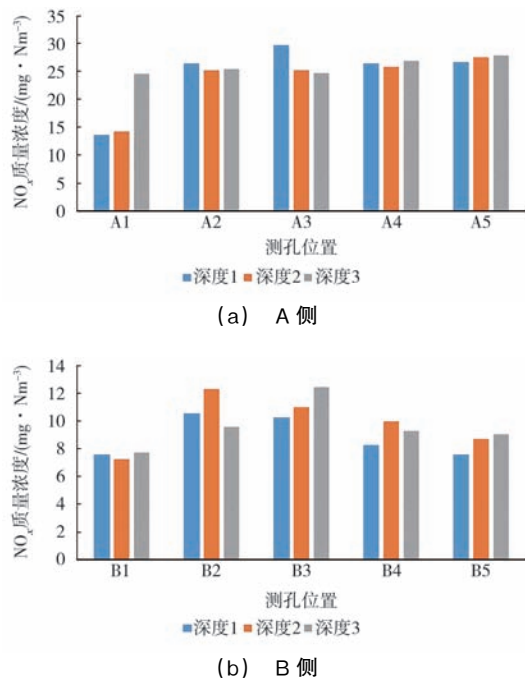


图 2 1 号机组脱硝出口 NO_x 质量浓度分布

3.3 氨逃逸测试分析

1 号机组脱硝系统氨逃逸测试分析,A 侧实测氨逃逸量为 2.52~6.73 mg/m^3 (6% O_2),平均为 4.23 mg/m^3 ;在线数值为 2.49~2.88 mg/m^3 ,平均为 2.64 mg/m^3 。可以看出,A 侧 A1—A3 测孔的氨逃逸均超过 2.28 mg/m^3 的设计值^[10],且氨逃逸质量浓度最高值出现在 A1 测孔,与该位置 NO_x 质量浓度最低值相对应。在 A2、A3 测孔实测 NO_x 平均质量浓度(6% O_2)均在 25 mg/m^3 左右条件下,氨逃逸仍然出现超标的情况,表明 A 侧反应器可能存在催化剂整体活性不足的问题。B 侧实测氨逃逸量为 5.35~10.74 mg/m^3 ,平均为 9.03 mg/m^3 ;在线数值为 3.48~4.06 mg/m^3 ,平均值为 3.8 mg/m^3 。可以看出,B 侧所有位置的氨逃逸质量浓度均较高,且都超过 2.28 mg/m^3 的设计值。结合该侧各位置实测 NO_x 平均质量浓度(6% O_2)最低仅为 7.52 mg/m^3 ,再次证明氨氮摩

尔比分布不均造成氨逃逸过高的主要原因。具体数据见表 2、表 3。

表 2 1 号机组脱硝系统 A 侧 NH_3 质量浓度 mg/m^3

测孔	NH_3 实测数据	NH_3 在线数据
A1	6.73	2.49
A2	2.52	2.55
A3	3.43	2.88
平均	4.23	2.64

表 3 1 号机组脱硝系统 B 侧 NH_3 质量浓度 mg/m^3

测孔	NH_3 实测数据	NH_3 在线数据
B1	10.74	3.92
B2	5.35	4.06
B3	10.06	4.06
B4	10.40	3.48
B5	8.59	3.49
平均	9.03	3.80

SCR 系统中氨分布不均匀,造成部分区域氨不足,使烟气中的 NO_x 不能充分反应,导致这部分区域的脱硝效率低;部分区域氨过量,虽然使烟气中的 NO_x 充分反应,但是因反应的氨仍然很大,造成极大的浪费,同时氨逃逸量极高,最终导致 SCR 脱硝系统中氨的浪费,脱硝效率降低^[11-13]。

3.4 运行数据分析

现场查看了 1 号机组 2022 年 2 月 21—27 日的低负荷运行曲线,见图 3,并与 2 号机组进行了比对。由图 3 可以看出,1 号机组负荷在 212~226 MW 波动,脱硝入口 NO_x 质量浓度存在大幅度波动情况,最高值达到了 310 mg/m^3 ,中间值也能达到 214 mg/m^3 。在脱硝入口 NO_x 质量浓度波动幅度超过 100 mg/m^3 时,脱硝喷氨自动或手动都很难保证适量的氨喷射量,极易造成过喷或欠喷情况的出现^[14-16]。



图 3 1 号机组 2022 年 2 月 24 日运行曲线

1、2 号机组均在 240 MW 左右工况下的运行情况对比如图 4 和图 5 所示。可以看出,1 号机组工况为 239 MW 时,A、B 两侧脱硝入口 NO_x 质量浓度均在 200 mg/m^3 左右,氨气喷射量在 28

kg/h;2 号机组工况为 240 MW 时,A、B 两侧脱硝入口 NO_x 质量浓度均在 120 mg/m³ 左右,氨气喷射量在 13~18 kg/h。以上数据说明,1 号机组入口 NO_x 质量浓度较高,也是造成氨气喷射量增加,进而反应器出口氨逃逸超标的原因。



图 4 1 号机组 2022 年 2 月 22 日运行曲线



图 5 2 号机组 2022 年 2 月 22 日运行曲线

4 结论与建议

本文通过对脱硝入口烟气温度,脱硝出口 NO_x 质量浓度场、NH₃ 质量浓度进行测试,并结合 1 号机组低负荷运行曲线,对 1 号机组氨逃逸现象进行分析,得出以下结论与建议。

4.1 结论

- 1)1 号机组脱硝系统出口实测质量浓度最低值为 13.43 mg/m³,出现在 A1 测孔;断面氨逃逸平均值为 4.23 mg/m³,超过 2.28 mg/m³ 的设计值。
- 2)1 号机组脱硝系统出口 B 侧各孔实测 NO_x 质量浓度显著低于 CEMS 数据,实测质量浓度(6% O₂)最低值仅为 6.53 mg/m³,氨逃逸平均值达 9.03 mg/m³,远高于 2.28 mg/m³ 的设计值。结果说明入口氨氮摩尔比分布不均以及部分区域氨量过喷是造成脱硝出口氨逃逸超标的主要原因。
- 3)1 号机组脱硝入口 NO_x 质量浓度在低负荷存在较大波动,且平均质量浓度远高于 2 号机组,也是造成 1 号机组喷氨量高和氨逃逸超标的原因。

4.2 建议

- 1)优化 1 号机组锅炉燃烧配风,在降低入口

NO_x 质量浓度的同时,减少 NO_x 质量浓度波动幅度,提升氨量喷射稳定性。

- 2)在保证入口 NO_x 质量浓度稳定性以及固定负荷下,调整脱硝反应器入口氨氮摩尔比分布,减少脱硝出口低 NO_x 浓度情况的出现。
- 3)评估催化剂性能,掌握催化剂剩余寿命,并确定在氨逃逸不超过 2.28 mg/m³ 的条件下,脱硝装置出口的最低 NO_x 质量浓度,避免脱硝装置超效率运行。

参考文献:

[1] 晏敏,张杨,朱跃,等.超低排放形势下 SCR 脱硝工程改造现状的调查[J].中国电力,2018,51(11):163-167.

[2] 顾卫荣,周明吉,马薇.燃煤烟气脱硝技术的研究进展[J].化工进展,2012,31(9):2084-2092.

[3] 姜大维,孔祥鹏,衣贺昌,等.燃煤电厂烟气脱硝氨逃逸的试验研究及应用[J].电站系统工程,2014,30(2):63-64.

[4] 李晗天,宋善,姚强.SCR 反应器入口速度与氨分布不均匀性对脱硝性能的影响[J].中国电机工程学报,2017,37(9):2599-2607.

[5] 马双忱,金鑫,孙云雪,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(8):12-17.

[6] 张志强,宋国升,陈崇明,等.某电厂 600 MW 机组 SCR 脱硝过程氨逃逸原因分析[J].电力建设,2012,33(6):67-70.

[7] 赵大周,郑文广,何胜.660 MW 机组 SCR 系统喷氨格栅堵塞的原因分析及优化[J].电站系统工程,2016,32(2):77-79.

[8] 曾壁群,姚友工,杨博,等.SCR 烟气脱硝过程中硫酸氢铵的形成原因及清洗方法[J].华电技术,2015,37(1):40-41,44.

[9] 宁汝亮,刘霄龙,朱廷钰.低温 SCR 脱硝催化剂研究进展[J].过程工程学报,2019,19(2):223-234.

[10] 中国机械工业联合会.燃煤烟气脱硝技术装备:GB/T 21509—2008[S].北京:中国标准出版社,2008.

[11] 雷达,金保升.氨氮比不均匀性对电站 SCR 系统脱硝效率的影响[J].锅炉技术,2010,41(6):72-74,78.

[12] 赵冬贤.SCR 烟气脱硝技术的性能优化与验证[D].北京:清华大学,2010.

[13] 郭磊,刘艇安,王靛,等.600 MW 燃煤机组脱硝系统喷氨优化调整效果分析[J].电力科技与环保,2022,38(1):49-55.

[14] 周久祥,孙莉,牛金山,等.锅炉 SCR 入口 NO_x 浓度的控制[J].能源研究与利用,2015(3):42-45.

[15] 刘宇鑫,梁红雨,李修成,等.SCR 烟气脱硝喷氨自动控制分析及优化[J].吉林电力,2017,45(1):50-52.

[16] 杨莹.火电机组烟气脱硝系统入口 NO_x 浓度动态估计研究[D].保定:华北电力大学,2019.

本文责任编辑:王丽冰



微信搜一搜

舜业之声

