

燃煤发电机组脱硝系统稳定运行影响因素分析

武纪原

(江苏新海发电有限公司,江苏 连云港 222023)

摘要: 维持火电厂脱硝系统稳定运行有助于氮氧化物的达标排放。文中介绍了某电厂1号机组选择性催化还原法脱硝(SCR)系统工作原理及存在的主要问题,通过分析脱硝SCR系统稳定运行的影响因素,采取相关措施促使脱硝系统稳定运行,实现氮氧化物长期稳定达标排放。

关键词: 燃煤;SCR;运行;稳定性

中图分类号: X773

文献标志码: B

文章编号: 1009-0665(2016)04-0095-03

随着火电厂大气污染物排放标准(GB 13223—2011)实施,对火电厂 NO_x 的排放有了更高的要求,因此火电厂脱硝系统的重要性也随之提高,它的安全稳定运行直接影响燃煤机组 NO_x 的达标排放。某火电厂1号机组2012年投入运行,采用SCR脱硝及低氮燃烧技术严格控制烟气 NO_x 排放指标。该机组自2012年底投产后,曾多次出现因设备故障脱硝SCR系统退出运行的情况,大大影响烟气中 NO_x 的达标排放,为此通过对脱硝系统设备的改造及加强运行维护管理,减少了脱硝系统退出运行的情况。

1 脱硝 SCR 原理

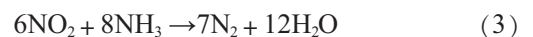
选择性催化还原法脱硝(SCR)技术是目前国际上应用最为广泛的烟气脱硝技术,在日本、欧洲、美国等国家和地区的大多数电厂中基本都应用此技术,它装置结构简单,并且脱除效率高(可达90%以上),运行可靠,便于维护等优点。

SCR技术原理为:利用氨(NH_3)的还原性将一定体积浓度的氨气通过氨气喷射格栅喷入温度为 $320\sim 420\text{ }^\circ\text{C}$ 的烟气中,与烟气中的 NO_x 混合后,扩散到催化剂表面,在催化剂的作用下氨气(NH_3)将烟气中的NO和 NO_2 还原成无害的氮气(N_2)和水(H_2O)。同时催化剂还会将 SO_2 氧化为 SO_3 ,如图1所示。

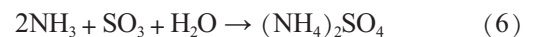
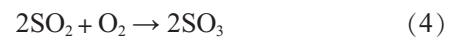


图1 SCR工作原理示意图

主要的反应方程式:



脱硝催化剂使烟气中部分 SO_2 氧化生产 SO_3 ,烟气中残留的氨与 SO_3 反应生成 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, NH_4HSO_4 很容易粘污催化剂从而影响脱硝效率,同时对空气预热器影响也很大。副反应^[1]有:



2 脱硝 SCR 系统

1号机组采用由上海锅炉厂生产的SG-3049/28.25-M548型螺旋管圈直流炉。该锅炉采用低氮燃烧器及四角切圆燃烧方式,配置6层制粉系统及7层配风(6层SOFA+1层CCOFA)。与1号锅炉相配套的烟气脱硝系统由上海电气电站集团环保工程有限公司设计安装的烟气脱硝装置。脱硝SCR系统由稀释风机、混合器、喷氨栅格、催化剂、蒸汽吹灰器等组成。SCR脱硝系统采用高灰型布置方式,即布置在省煤器与空气预热器之间的高含尘区域。SCR脱硝系统配有安装两层催化剂层和一层预留附加催化剂空间,即按照“2+1”模式布置,初装两层德国亚基隆公司提供的板式催化剂。每层催化剂上方安装8个半伸缩耙式蒸汽吹灰器。反应剂为液氨。稀释风机送入的空气稀释来自氨站的氨气,混合器中氨/空气的混合物通过布置在脱硝催化剂上游的氨喷射格栅进入烟道与烟气混合,经过导流板混合均匀后进入脱硝催化剂层,催化剂促使氨气同烟气中的 NO_x 反应,将锅炉烟气中的 NO_x 还原成氮气和水,达标烟气依次进入空预器、静电除尘器、引风机和脱硫,最后通过烟囱排入大气。在附加催化剂层不投用的前提下,脱硝SCR系统处理锅炉BMCR 100%烟气流,确保 NO_x 的脱除效率不低于80%,氨逃逸率不大于 1.5 mg/m^3 , SO_2/SO_3 转化率小于1%。

脱硝供氨系统由氨存储系统及氨输送系统组成。外购的液氨通过液氨槽车运送至液氨存储罐区(氨站)。通过卸氨压缩机将氨站中液氨储罐内的气氨压缩后送入液氨槽车,利用两端的压差将液氨槽车中的液氨输送到液氨储罐内;液氨经过氨蒸发器蒸发成气氨后进入混合器同通过稀释风机注入的空气混合稀释后进入 SCR 反应区。

SCR 运行过程中存在一些问题,如供氨管路堵塞导致氨输送中断、稀释风系统出力不足导致氨空比异常、脱硝催化剂活性降低、表计测量故障等。

3 因素分析及应对措施

3.1 NO_x 生成量影响 SCR 系统稳定运行

锅炉 NO_x 生成量受燃料、锅炉燃烧情况、燃烧器类型等多种因素的影响。NO_x 产生稳定有助于 SCR 系统稳定运行,污染物达标排放。NO_x 生成量重要的影响因素有:

(1) 燃料煤量煤质及锅炉运行温度。煤质的含氮量直接关系燃料型 NO_x 的生成燃烧生成的 NO_x 随锅炉运行温度的升高而增加;煤质中硫元素含量同样会影响 NO_x 的生成;挥发份高煤质燃烧相对 NO_x 生成量低,NO_x 的产生随煤量的增加而增加,运行温度越高则 NO_x 产生的量越大^[2]。

(2) 炉膛内过量空气系数。炉膛内燃烧通过配比一二次风量调节,采用分级燃烧模式,降低过量空气系数,限制炉膛内烟气含氧浓度,从而控制炉膛内热力型 NO_x 和燃料型 NO_x 的生成量。正常工况下,炉膛内烟气含氧量低于 5%。锅炉空气系数过大,不仅会增加锅炉的排烟热损失,更会大量生成 NO_x;过量空气系数过小,会导致燃料不完全燃烧,降低锅炉经济性。因此过量空气系数应在合理范围内。

(3) 选用合适的低氮燃烧器控制 NO_x 的产生。1 号机组选用浓淡燃烧型低氮燃烧器,它通过燃烧时燃料过剩火焰区与空气过剩的火焰区相错排列实现燃烧过程的延缓,降低锅炉燃烧区温度,抑制 NO_x 的生成。

3.2 烟道中流场分布影响 SCR 系统稳定运行

(1) 烟道烟气流场均匀性影响 SCR 系统稳定运行。当局部烟气流速过大,易对催化剂造成冲刷磨损,减少催化剂寿命。局部烟气中 NO_x 浓度过高,超过催化剂反应能力,易降低脱硝效率;局部烟气中 NO_x 浓度偏低,易增加氨逃逸,产生二次污染。

(2) 氨气同空气混合均匀性影响 SCR 系统稳定运行。为保证氨同空气在 SCR 系统中混合均匀以及安全性必须在 SCR 运行过程中持续运行稀释风机,并在机组停机过程中喷氨电动门关闭后仍需运行一段时间。稀释风机设备故障、稀释风机滤网脏等原因导致稀

释风量出力不足或稀释风流量计测量故障等易导致氨空比异常。

3.3 脱硝催化剂性能影响 SCR 系统稳定运行

脱硝系统催化剂^[3]在脱硝还原反应中起到关键性的作用。催化剂的品质好坏直接影响 SCR 系统脱硝性能。平板式催化剂是采用不锈钢金属丝网为基材,以 Ti-W-V 为主要活性材料,采用 TiO₂ 等物料为载体表面涂敷或浸泡活性物质后烧结成型,有着比表面积小,压损小、抗腐蚀和磨损性高,对高尘环境的适应力强等优点。脱硝催化剂的正常工作温度为 320~420℃。在其他温度条件下容易导致催化剂失活。脱硝催化剂失活是指催化剂在包括沾污、堵塞、中毒和热烧结等复杂的物理和化学过程中产生的性能降低。温度较低时,脱硝系统化学副反应生成的硫酸氢铵易导致催化剂小孔堵塞影响催化剂活性,当催化剂长期在高温环境中运行,出现微晶结构变化而造成催化剂活性不可逆转的降低。随着催化剂失活或者表面被飞灰覆盖或堵塞,为了维持 NO_x 脱除率实现 NO_x 排放达标,就必须增加反应器中 NH₃/NO_x 摩尔比,将导致氨逃逸量增加,增加脱硝 SCR 运行成本的同时也增加空预器等设备堵塞的风险。

在机组启停阶段,锅炉往往采用投油稳燃的方式,烟气中易含有未燃尽的油污,沾污脱硝催化剂。随着运行时间的增长,安装在高灰区域的催化剂容易积灰堵塞,不仅仅增加机组运行经济成本(增加引风机耗电及氨逃逸风险等),更直接影响机组的安全稳定运行(增加烟道爆燃风险)。催化剂区域烟气流速若超过技术协议的规定值,流速过高,会对催化剂产生磨损,降低脱硝催化剂的使用寿命。催化剂表面潮湿或含水会引发水溶性碱金属、砷化物进入催化剂内部堆积,导致催化剂失活^[4],因此脱硝催化剂吹灰一定要使用过热蒸汽才允许启动吹灰程序。锅炉停运前需要增加催化剂的吹灰频次,迫使催化剂表面未燃尽的碳及油污同催化剂分离。1 号机组脱硝催化剂 2015 年 3 月催化剂(已运行近 20 000 h)送检的样品显示催化剂活性保留 83%新催化剂活性,如图 2 所示。

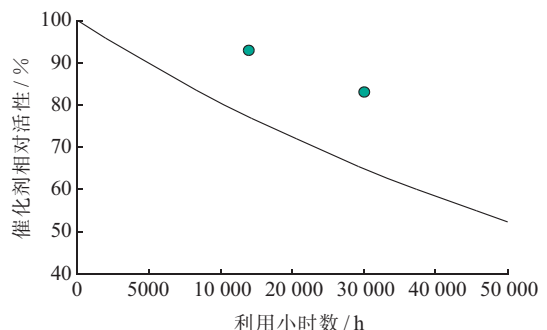


图 2 脱硝催化剂活性检测报告中催化剂活性(1 号机组结论)

3.4 供氨系统故障影响 SCR 系统稳定运行

1 号机组脱硝系统运行过程中出现过供氨系统设备阻火器故障导致脱硝退出运行的情况。氨气属于易燃气体,在参与烟气混合的过程中若遇到烟道二次燃烧则易发生险情,故在喷氨管道上设置了阻火器,阻火器是由多层不锈钢网状金属层构成,通过阻火元件足够小的缝隙实现阻断火焰传输,达到阻断火焰燃烧至整个管网的作用。由于输送液氨管路及采购的液氨及运输液氨的罐车内会存在些杂质,2014 年 1 号机组在运行过程中出现过阻火器堵塞的情况导致脱硝退出运行,氮氧化物超标排放,浓度值甚至高达 300 mg/m^3 以上,严重影响了脱硝系统的稳定运行和 NO_x 达标排放。为此利用机组检修时机,对喷氨系统阻火器段管路进行技改,加装阻火器旁路,实现了脱硝运行过程中在线更换阻火器,消除了因阻火器阻塞导致脱硝退出运行的风险,确保 SCR 系统稳定运行。改造后的阻火器旁路工艺流程示意图如图 3 所示。

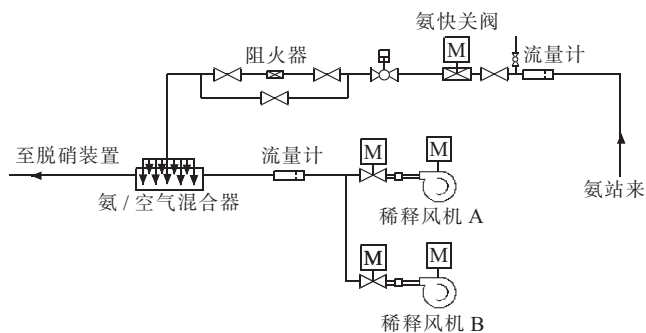


图 3 阻火器旁路改进后工艺流程示意图

另外,液氨存储罐区的部分阀门采用碳钢材料,运行一段时间后出现阀门卡涩的情况,影响供氨系统安全运行,将故障阀门更换为不锈钢材质后降低了氨存储区设备故障率,确保 SCR 系统稳定运行。

3.5 脱硝系统表计测量影响 SCR 稳定运行

脱硝系统正常运行状况下,脱硝系统安装的进出口 CEMS 及氨逃逸表取样位置的选取直接影响测量数值的代表性。CEMS 表计故障不仅影响脱硝效率的计算,同时也影响脱硝自动调节品质和环保指标的考核。脱硝反应器入口烟温决定 SCR 投入运行的时机;稀释风机流量、稀释风母管压力、喷氨流量等测量准确性直接影响喷氨电动门的启停及氨空比的数值计算,从而影响 SCR 系统的稳定运行。氨逃逸数值反映未参与化学反应的还原剂的量,也可推测脱硝催化剂性能的变化。催化剂差压的测量反映催化剂内阻力情况,是调整催化剂吹灰频次的依据。

4 确保脱硝稳定运行的预防措施

(1) 加强锅炉运行燃烧调整。综合优化磨组燃烧,调整锅炉风煤比,控制炉膛温度,降低过量空气系数,

选用优质低氮燃烧器,使得炉膛出口烟气中氧量 3% 左右,减少 NO_x 的生成量。同时火电行业效益受煤炭行业影响波动较大,从经济运行角度考虑往往锅炉燃烧的煤种很难时刻保证为设计煤种。加强购入原煤的合理掺配,使得入炉煤质成分低于设计限值,从而确保脱硝系统稳定运行、污染物达标排放。

(2) 加强脱硝系统设备运行管理。日常运行过程中密切监视氨空比及氨逃逸率,氨空比上升到 5% 立即报警显示,提醒运行人员异常状况并及时采取措施避免脱硝退出运行的情况发生。通过小风门调节锅炉燃烧,降低烟气含氧浓度,控制烟气 NO_x 的生成,限制脱硝 SCR 入口 NO_x 浓度。确保 SCR 系统运行中催化剂的吹灰频次,催化剂压差较大时应增加吹灰频次。主要运行设备定期切换,如稀释风机、压缩机等。设备故障缺陷及时发现快速处理避免影响污染物超标排放;备用稀释风机进口滤网定期清洗,防止风机出力下降。

(3) 加强监测手段、确保重要表计正常工作。运行参数是运行人员作出相应调整的重要依据,确保相关运行参数的准确性尤为重要。脱硝 SCR 系统中 CEMS 表计、喷氨流量、氨逃逸等表计在运行过程中示值准确有助于运行人员正确判断脱硝系统运行质量及催化剂质量情况,采用表计定期比对校准等方法减少测量偏差,确保脱硝系统重要运行参数的测量准确。

(4) 催化剂定期取样化验。利用机组调停检修的机会定期对催化剂进行抽样化验,了解其活性性能参数及预估其剩余使用寿命,做好废催化剂处置的相关前期准备工作,避免发生因催化剂性能过度降低影响脱硝稳定运行的情况。

5 结束语

通过公司 1 号机组脱硝系统稳定运行影响因素分析,找出确保脱硝 SCR 稳定运行的解决方法,并采取相应可行措施降低脱硝系统退出运行的风险。2015 年全年 1 号机组脱硝设施投运率 99.6%,氮氧化物排放达标率 99.4%,较好地实现了 1 号机组中高负荷段脱硝系统长期稳定运行和 NO_x 达标排放,为污染物减排做出了贡献。此外目前需提前准备技术改造方案,解决低负荷工况下的脱硝系统无法投入的问题,最终实现全负荷脱硝。

参考文献:

- [1] 陈大鹏,王平,陈树.脱硝系统的投入与空预器堵塞的研究[J].江苏电机工程,2015,34(S1):66-68.
- [2] 高小涛.燃煤电站锅炉煤质特性对氮氧化物排放量的影响分析[J].江苏电机工程,2008,28(11):31-33.
- [3] 陈崇明,宋国升,邹斯诣.SCR 脱硝催化剂在火电厂的应用[J].电站辅机,2010(31):14-17.

5 结束语

热电机组信息管理系统实时采集数据有效性诊断的方法,使得系统的计算精度和可靠性有了很大的提高。采用本文方案构建的热电联产机组性能实时采集数据有效性诊断,已经成功应用于江苏省热电机组运行管理信息系统,并取得了良好的连续运行业绩。机组实时采集数据有效性诊断方法,还可以用在燃煤锅炉烟气脱硫、脱硝以及除尘监控系统的数据诊断之中,与传统的只监测排放口参数相比,对脱硫、脱硝以及除尘系统运行数据有效性进行诊断,发现异常数据

及时发出提醒,从而实现了由结果监管向过程监管的转变。

参考文献:

- [1] 郭振宇,司风琪,徐治皋,等. 跨地域热电联产机组实时监测系统的开发与应用[J]. 电力系统自动化, 2010, 34(3):107-111.
- [2] 彭 晖,赵家庆,王昌频,等. 大型地区电网调度控制系统海量历史数据处理技术[J]. 江苏电机工程, 2014, 33(5):11-14.
- [3] 梁 栋,张宇峰,袁慎芳,等. 基于异常识别和关联分析的桥梁数据复合诊断[J]. 振动、测试与诊断, 2012, 32(3):402-407.

作者简介:

李长春(1980),男,江苏盐城人,工程师,从事设备管理工作。

Data Validation Diagnostic of the Real-time Supervising System for Cogeneration Units

LI Changchun

(Datang Jiangsu Power Generation Co. Ltd., Nanjing 210011, China)

Abstract: This paper proposed an on-line data validation diagnostic method on thermoelectric information management system, based on the principle of the conservation of mass and energy. With the relations among parameters of thermal system, the method can diagnose and warn of the on-line acquired abnormal data, then the validation and treatment can be made by professionals. The method proposed was useful to fault diagnose and maintain the measurement instruments of information management system of thermal power units, which has high practical value.

Key words: cogeneration; on-line monitoring; effectiveness

(上接第 97 页)

- [4] 徐敬玮,刘云海. 烟气脱硝工程化学技术监督的探索与实践[J]. 电力科技与环保, 2013(29):73-75.

作者简介:

武纪原(1983),女,江苏连云港人,工程师,从事火电厂脱硫脱硝系统管理工作。

Influencing Factors on the Stable Operation of Denitration System on Coal-fired Power Plant

WU Jiyuan

(Jiangsu Xinhai Power Generation Co. Ltd., Lianyungang 222023, China)

Abstract: The stable operation of denitration system is helpful for keeping the exhausted nitrogen oxide under standard. This paper introduced the operating principle and main problems of the selective catalytic reduction system on the #1 unit of one power plant. Through analyzing influencing factors on stable operation of denitration system, measures were taken to ensure the stable working of denitration system, thus the exhausted nitrogen oxide can be under standard for a long period.

Key words: coal-fired; selective catalytic reduction; operation; stable operation

广 告 索 引

江苏省电力设计院有限公司
南京中凌高科技股份有限公司
南京南瑞继保电气有限公司

封一 《江苏电机工程》协办单位
封二 南瑞科技股份有限公司
前插 1

封三
封四