

试验研究

SCR 法烟气脱硝系统调试分析

闫维明 郁金星 邹思诣

(河北省电力研究院, 河北 石家庄 050021)

摘要: 本文主要介绍了 SCR 烟气脱硝系统的工艺流程, 详细的讲述了调试过程及出现的问题。通过对调试过程的分析 and 总结, 为今后的烟气脱硝系统调试工作提供指导和帮助。

关键字: SCR; 调试; 催化剂

中图分类号: X701

文献标识码: A

文章编号: 1006-8159(2012)04-0023-04

DEBUGGING ANALYSIS FOR FLUE GAS DENITRATION SYSTEM BY SCR

YAN Wei-ming, YU Jin-xing, ZOU Si-yi

(Hebei electric power research institute, Hebei Shijiazhuang, 050021, China)

Abstract: The article mainly introduced the process of flue gas denitration system by SCR, it told us the debugging process and the problems found in detail. Through the analysis and summary of the debugging process for flue gas denitration system, it can provide guidance and help for future.

Keywords: SCR; Debugging; catalyst

随着国家环保政策的越来越严格, 国家对大气污染物的控制达到了空前的高度, 在“十一五”期间, 通过烟气脱硫的改造, 火电厂二氧化硫排放量得到了有效地控制。在“十二五”工作中, 除保持对二氧化硫等大气污染物的控制外, 将氮氧化物的排放也提上了重要的工作日程。同时, 国家环保部对 GB_13223 《火电厂大气污染物排放标准》进行了重新修订, 于 2011 年 9 月进行正式颁布, 新标准中对于氮氧化物浓度限值定为 100 mg/m^3 , 已经达到甚至超过了当今部分发达国家的控制水平, 该标准将在 2012 年 1 月 1 日正式实施。

1 系统概述

1.1 系统概述

系统采用在国外商业应用最多的高飞灰布置方式, 系统不设置反应器进出口烟气挡板和省煤器高温旁路。烟气系统流程为: 省煤器出口, 催化

反应器进口烟道, 氨气喷射格栅, 烟气/氨气混合器, 均流板, 催化反应器, 催化反应器出口烟道, 空预器。对称布置两个催化反应器, 分布处理锅炉省煤器出口的两路烟气, 催化反应器为竖直布置, 烟气流向为竖直向下。烟气中的氮氧化物经过氨气喷射格栅和烟气/氨气混合器, 与所喷入的氨气混合均匀后, 在催化剂的催化作用下, 发生催化还原反应, 生成无毒害的氮气和水。催化剂在每个催化反应器中分两层布置, 同时预留空间, 在初装催化剂活性降低时, 可以加装新催化剂。为了防止烟气中的飞灰在催化剂上沉积, 堵塞催化剂孔道, 在每层催化剂上装有 3 个声波吹灰器, 吹灰介质为压缩空气。

本工艺采用液态纯氨作为还原剂。氨贮存和制备系统的主要功能是贮存液氨, 气化液氨, 可以向脱硝反应器提供源源不断的气态氨。系统中吹灰所需的压缩空气由全厂检修用压缩空气系统供应。催化反应器附近所需的仪用压缩空气由锅炉仪用压缩空气母管接出, 氨贮存制备区域仪用压

缩空气从脱硫区域接出。氨气蒸发器所需要的加热蒸汽约为 0.3 t/h, 设计从锅炉空预器吹灰用蒸汽管道上接出。

2 调试目标

检验烟气脱硝系统工艺设计的合理性以及设备与管道的安装质量, 通过调试, 为系统的正常稳定运行提供必要的参考数据, 确认系统内各设备运行性能良好, 连锁逻辑动作准确, 系统满足锅炉满负荷工况的设计。

另外, 烟气脱硝系统在安装完毕并完成单体、分系统试运后, 须通过规定时间的整套试运行, 对设计、施工和设备质量进行全面考核。以便检查设计是否合理, 设备是否达到额定出力, 系统运行参数是否符合设计要求等等。调试要保证脱硝系统能安全顺利地整套启动并移交生产, 发现并解决系统可能存在的问题。使之投产后能安全稳定运行, 尽快发挥投资效益, 为环保做贡献。

3 调试过程

调试工作在脱硝设施改造过程当中起着非常重要的作用。因为调试过程及性能验收试验是设备在满足设计条件下能够顺利投运的关键保障。通过调试过程, 提前发现和暴露出系统设计及相关设备的不合理性, 及时进行调整, 避免了投运后增加不必要的再改造成本。当然, 达到这样目的的前提是, 调试过程必须认真负责, 各项调整试验必须做到位, 而不单纯的将设备转起来即可。系统调试是连接设计、安装与未来生产运行的桥梁, 调试过程质量的好坏将直接影响到未来系统运行的稳定运行(包括安全运行和经济运行)。下面就笔者亲历的调试工程进行简要的分析讨论。

3.1 系统的连锁和保护试验

通过试验验证脱硝系统连锁和保护动作的准确性和可靠性, 以便脱硝系统或锅炉出现危险时停运脱硝系统, 以保证人身和设备的安全。根据现场安装进度情况, 在一个系统内所有阀门均传动完成后, 我们对照厂家的设备说明书, 核对了脱硝系统重要的热控保护功能及定值的完整性及准确性。对个别不符合厂家设备说明书要求的报警定值进行了改正; 设备的启动、停止程序控制及所有连锁保护项目均在试验位进行了试验, 对暴露出的各种问题均已处理。

3.1.1 SCR 催化反应系统的连锁保护传动试验

SCR 催化反应系统连锁保护主要是根据各个设备的试运进度, 依次进行以下各个设备的连锁保护传动试验。

- ① 稀释风机的连锁保护
- ② 稀释风机出口电动蝶阀的连锁保护
- ③ 声波吹灰器的顺启/顺停控制
- ④ 氨气流量截止阀的连锁保护

3.1.2 氨储存和制备系统连锁保护的传动试验

- ① 稀释槽液位连锁保护
- ② 废水池液位连锁保护
- ③ 液氨灌液位、压力及温度的连锁保护
- ④ 蒸发器热水温度连锁保护
- ⑤ 蒸发器氨气压力连锁保护
- ⑥ 卸料压缩机连锁保护
- ⑦ 氨区氨气泄漏连锁保护

3.2 稀释风机和吹灰器的冷态试运

根据主机进度, 启动主机侧送引风系统, 稀释风机于 2009 年 2 月 6 日进行了单体试运。2 月 9 日投入稀释风机和声波吹灰器, 稀释风机风量以及声波吹灰器气源压力均满足运行要求, 在投运过程中找出了一些经验数据, 为以后的正常运行提供依据。

稀释风机试运过程中, 结合氨气/空气混合设计要求, 对其出口孔板流量计风量进行整定; 吹灰器吹灰程控需要连续投运, 并且检查每个吹灰器前压力是否满足要求, 若不满足要求将严重影响催化剂运行工况。

3.3 烟气在线监测(CEMS)系统的热态投运

按照 GB/T16157《固定污染源排气中颗粒物测定和气态污染物采样方法》和 HJ/T75-2001《火电厂烟气排放连续监测技术规范》的规定, 对仪表 NO_x 、 O_2 、 NH_3 用不同量程标气进行标定试验, 并且利用流场试验数据检验采样探头的安装合理性。

CEMS 系统是整个脱硝系统运行的眼睛, 也是未来施行脱硝电价核算工具, 因此对该系统调试显得尤为重要, 尤其是对测点位置的代表性的设计需要通过模拟计算和现场实际测试核查, 确保系统运行稳定。另外, 在实际调试过程中, 确保 CEMS 系统在锅炉吹管前满足投运条件, 以提前检测其运行稳定性。

3.4 氨储存和制备系统的投运

3 月 6 日液氨到位, 辅气联箱至氨区蒸汽投

入。3月7日投入蒸发器热水温度自动控制,导通液氨自液氨储罐至缓冲罐管路,设定蒸发器出口氨气压力,投运氨储存和制备系统,期间对A、B两路分别进行了试运,均运行正常。

调试过程中,需要密切注意各设备的运行状态,及时记录冷态运行数据,为热态运行参数提供参考。这里尤其要注意热工仪表及阀门处的氨泄漏问题,在做系统气密性试验时应当予以考虑。

氨区气密性试验采用什么方式,应当视现场具体情况,若能保证将系统内水排干净,可是使用传统的水压打压。但是,往往不能将水排干净,因此,本工程采用了压缩空气加氮气联合的气压试验。

3.5 喷氨格栅(AIG)喷氨前初调

为了使烟道内的氨气分布的更均匀,把SCR反应器出口的氨逃逸率降低到最小值,要做氨的均匀分布试验,在实际喷氨前2009年3月8日对喷氨格栅AIG(手动调节蝶阀)进行了初调,使每个支管上的风量相等,把每个蝶阀调到了开度约50%的位置,即首先使氨气/空气混合气均匀喷射。结合脱硝装置设计流场分布,在冷态情况下,对喷氨格栅进行逐个调整,以满足喷氨均匀的效果,以减少脱硝装置在投运初期氨逃逸量。

3.6 整套热态试运过程

2009年2月1日至2月24日,根据现场安装、单体等进度情况,配合单体对各个系统的所有阀门、挡板进行了传动试验,对其行程、开关时间、开关方向、标记、标识进行了检查确认;并核对系统重要的热控保护功能及定值的完整性及准确性;对个别不符合厂家设备说明书要求的报警定值进行了改正;设备的启动、停止程序控制及所有联锁保护项目均在试验位进行了试验,对暴露出的各种问题均已处理。

2009年3月7日投入氨储存及制备系统,第一次制氨气用的A路。开启液氨蒸发器A蒸汽管路上的气动切断阀,缓慢开启液氨蒸发器A蒸汽管路上气动调节阀,使蒸汽进入蒸发器筒体加热里面的水到40℃,然后把蒸发器A的水温控制系统切到“自动”档。开启液氨储罐A液氨出口气动阀,并切到“自动”。开启液氨蒸发器A进口液氨管路上的气动切断阀,使液氨进入蒸发器盘管内蒸发成氨气,直到氨气压力达到0.15MPa,然后把液氨蒸发器A液氨进口气动切断阀控制系统切

到“自动”档。

2009年3月13日锅炉点火整套启动,启动稀释风机A和声波吹灰器投入SCR反应系统以及烟气在线监测系统。稀释空气流量A侧为2764m³/h,B侧为2796m³/h,声波吹灰器压缩空气压力和SCR区仪用气压力均满足设计要求。发现SCR反应器出入口NO_x值显示异常,出口比入口大十几个ppm,又重新用标气对烟气分析仪进行了标定,之后显示正确。

2009年3月14日进口烟气温度的达到340℃,满足了脱硝系统要求的温度,用氮气对氨气自氨区至SCR区的管道进行了置换,确认氨设备和所有仪表都准备好投入运行后进行了首次喷氨。打开氨切断阀,手动调节流量控制阀将氨流量调节到3~5%的开度进行喷氨。缓慢增加氨气流量控制阀门开度,以维持氨气母管压力,同时密切关注出入口NO_x值变化以及出口NH₃量。经过慢慢调节,在出口NH₃没有达到3ppm的情况下,阀门开度至60%时,两侧的脱硝效率均达到了83%,此时入口的NO_x浓度值为170ppm。

2009年3月15日至19日对脱硝系统进行热态调整,该阶段对系统内主要仪表如:温度计、CEMS烟气分析仪、各个流量计等进行了调整和校验,进行了各个模拟量调节系统的投入和优化,并且检查各个系统设备的运行情况,逐步掌握系统设备热态运行的参数控制,同时充分地暴露了缺陷。

随着入口NO_x浓度值变化,手动调节氨气流量控制阀门开度,因为还没有做氨均匀分布试验,以防氨逃逸过高对空预器造成影响,所以降脱硝效率控制在75~85%之间。期间通过不断调节阀门开度控制出口NO_x浓度,摸索出在热态条件下的经验数据。

2009年3月17日炉侧因锅炉炉膛压力高保护动作触发MFT跳机,氨气截止阀正确执行保护动作自动关闭。

2009年3月25日~26日氨均布试验。为了使烟气SCR系统脱硝效率高,且氨逃逸率小,可控性好,通过调节AIG(手动调节蝶阀),使反应器出口NO_x分布均匀(满足设计要求)。机组600MW满负荷运行,SCR反应器A、B两侧进口处分别布置了6个取样口,每个取样口布置4个测试点,开始在横截面上测试前,设置AIG支管上的手动

阀,以便取得氨气/空气混和物在烟气中的均匀分布。在催化剂层的出口,同样每侧有 6 个取样口,每个取样口布置 4 个测试点。根据这些测点的测量结果,出口 NO_x 浓度相对于平均值的偏差系数小于 30%。偏差范围可通过调节相应的蝶阀进行调整。具体试验结果见下表 1。

表 1 现场氨均布试验结果汇总表

| | 项目 | 单位 | 入口 | 出口 |
|---------|------------------------|--------------------|-------|-------|
| SCR A 侧 | NO _x 平均值 | mg/Nm ³ | 225.4 | 34.7 |
| | NO _x 平均偏差系数 | % | 11.9 | 17.71 |
| | 流速平均值 | m/s | 13.3 | — |
| | 流速平均偏差系数 | % | 17.38 | — |
| | 温度平均值 | ℃ | 357.1 | — |
| | 温度平均偏差系数 | % | 0.88 | — |
| SCR B 侧 | NO _x 平均值 | mg/Nm ³ | 196 | 34.7 |
| | NO _x 平均偏差系数 | % | 2.41 | 21.6 |
| | 流速平均值 | m/s | 13.4 | — |
| | 流速平均偏差系数 | % | 21.98 | — |
| | 温度平均值 | ℃ | 350.6 | — |
| | 温度平均偏差系数 | % | 0.98 | — |

烟气脱硝系统与主机同步进入满负荷 168 h 试运行,系统脱硝效率 80% 以上,检查各个系统设备运行稳定,各项参数指标符合设计要求,所有仪表、保护均 100% 投入,自动 100% 投入,烟气在线监测系统等均已正常投入运行,最终实现与主机同步、一次顺利完成 168 h 试运。

4 调试中发现的问题及处理

稀释风机联锁保护中风量不足起备用条件和风量不足停条件相同,逻辑冲突,去掉风量不足停稀释风机条件。

氨区四处氨泄漏检测自动喷淋系统的启动条件,最初设为四处均有泄漏时才能喷淋阀才能开启,经过分析不合理,和脱硝工艺厂家协商改为有一处泄漏时立即开启喷淋阀门,且为了防止喷淋阀因氨泄漏浓度在报警值上下波动造成时开时关,将喷淋阀的关停延时 30 s。

氨区稀释槽溢流口设计太高,导致进行尾气置换时如果同时打开稀释槽进水阀,稀释槽液位偏高,水会倒流到尾气管道,当氨气溶于水时瞬间在另一侧造成负压,有可能会形成虹吸现象,导致水会进入液氨储罐、蒸发器或缓冲罐内。后来手动控制稀释槽液位,以防水倒流入尾气管道。

烟气分析仪标定信号和反吹信号同时发生时,会发出分析仪故障信号,导致氨气截止阀自动关掉,后经检查是就地仪表问题,处理后问题解决。

机组运行时,烟气分析仪进行反吹和标定时,出入口的 NO_x 和 O₂ 曲线会产生波峰,而且量程切换信号也会发生,造成氨气流量控制阀自动无法投入。处理方法是分析仪标定和反吹信号发生时把量程切换信号暂时屏蔽掉,且就地仪表信号对 NO_x 和 O₂ 值做一个保持,知道反吹或标定结束。

5 结论

该厂烟气脱硝装置各系统经过调整试运,各流量、压力、温度指示表计均指示正确,各联锁保护投入正常,动作正确,均可满足满负荷连续运行要求。经过整套启动试运期间各种负荷及运行工况的考验,烟风、氨储存及制备、SCR 反应等主要系统均能够正常、稳定地投入运行;各主辅设备、热工自动调节及保护装置均能可靠投入并运行良好;各主要运行参数指标基本达到了设计的性能保证值。

参考文献

- [1]钟秦.燃煤烟气脱硫脱硝技术及工程实例[M].北京:化学工业出版社,2002.
- [2]郭聪明,李庆.燃煤电厂 SCR 烟气脱硝系统调试探索[J].华北电力技术,2010,10:9~16.
- [3]董建勋,李永华等.选择性催化还原烟气脱硝反应器的变工况运行分析[J].动力工程,2008,28(1):142~146.