

SCR 脱硝技术在沧东电厂 4 号机组中的应用

韩东, 郝海平, 米自君

(国华沧东发电有限责任公司, 河北沧州 061113)

摘要:以沧东电厂 4 号机组进行的脱硝改造工程为例, 阐述了选择性催化还原(SCR)烟气脱硝系统的工作原理, 并对 SCR 反应器、催化剂等脱硝设备的特点进行了详细地介绍, 同时对 4 号机组加装脱硝装置后对空预器、引风机的影响进行了详细地分析, 并针对其影响提出了具体的改造措施。

关键词:SCR; 空预器; 引风机; 影响; 措施

中图分类号:X701.7 **文献标识码:**A **文章编号:**1006-8759(2014)01-0035-04

APPLICATION OF SCR DENITRIFICATION TECHNOLOGY ON UNIT NO.4 IN CANGDONG POWER PLANT

HAN Dong, HAO Hai-ping, MI Zi-jun

(Guo hua Cangdong Power Generation Co.Ltd Bohai New Area 061113
Cangzhou City Hebei province, China)

Abstract: Based on the denitration renovation project Unit NO.4 in Cangdong power plant, the working principle about selective catalytic reduction (SCR) flue gas system is elaborated. The denitration equipment features of SCR reactor, a catalyst, etc have been described in detail. The impact of Unit NO.4 equipped with denitration device on the air preheater and induced draft fan is analyzed in detail, specific retrofit measures have been proposed in the light of the impact.

Keywords: SCR; air preheater; induced draft fan; impact; retrofit measures

我国氮氧化物的排放量中 70% 来自煤炭的直接燃烧, 电力工业又是我国的燃煤大户, 因此 NO_x 排放的主要来源是火力发电厂。目前, 随着火电厂数量的不断增加, 火电厂氮氧化物的排放量及所占的比例还将不断上升。因此, 控制氮氧化物排放量已成为火电厂继烟气除尘、脱硫之后的第三项污染重点治理工作。

氮氧化物的生成途径有三种: (1) 热力型 NO_x, 指空气中的氮气在高温下氧化而生成 NO_x; (2) 燃料型 NO_x, 指燃料中含氮化合物, 在燃烧过程中进行热分解, 继而进一步氧化而生成 NO_x;

(3) 快速型 NO_x, 指燃烧时空气中的氮和燃料中的碳氢粒子团(CH)等反应而生成 NO_x。对常规燃煤锅炉而言, NO_x 主要通过燃料型生成途径而产生。降低 NO_x 排放措施主要有 2 种: 一是控制燃烧过程中 NO_x 的生成, 即低 NO_x 燃烧技术; 二是对已生成的 NO_x 进行处理, 即烟气脱硝技术^[1]。

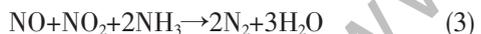
目前应用的火电厂锅炉脱硝技术中, 选择性催化还原法脱硝(SCR)工艺是应用最多且脱硝效率最高、最为成熟的脱硝技术, 是目前世界上先进的火电厂烟气脱硝主流技术之一。1975 年在日本某企业建立了第一个 SCR 系统示范工程, 其后 SCR 技术在日本得到了广泛应用。在欧洲已有 120 多台大型装置的成功经验, 其氮氧化物的脱除率可达到 80%~90%。日本大约有 170 套装置,

美国政府也将 SCR 技术作为主要工业锅炉烟气控制氮氧化物的技术^[2,3]。

神华河北国华沧东电厂二期工程安装 2×660MW 国产超临界燃煤机组,均已投产。由于国家环保要求日益严格,电厂必须要控制 NO_x 的排放。降低 NO_x 排放主要是从两方面入手,一是采用低 NO_x 燃烧技术,其主要方法是在锅炉燃烧过程中采用一些措施,如采用低 NO_x 燃烧器,降低炉膛温度,烟气再循环以控制烟气含氧量和温度等来减少燃烧过程中的 NO_x 生成量。二是对已生成的 NO_x 进行处理,使 NO_x 含量进一步降低以达到排放标准。通常在采用了低 NO_x 燃烧技术之后,NO_x 的生成量明显减少,由于各方面的限制,往往烟气中的 NO_x 含量还不能达到排放标准,因此还必须考虑对已生成的 NO_x 进行脱除以满足排放标准。沧东电厂二期 3 号炉已同步建设烟气脱硝装置,本工程是对 4 号炉现有预留条件基础上采用选择性催化还原法(SCR)进行 100%烟气脱硝改造。

1 SCR 脱硝原理

4 号机组脱硝系统采用的是 SCR 脱硝工艺,用液氨作还原剂,与烟气中的 NO_x 进行反应生成氮气(N₂)和水(H₂O),从而降低烟气中的 NO_x 排放,主要反应如下:



其中式(1)和式(3)是主要的反应过程,因为烟气中 95%以上的 NO_x 是以 NO 形式存在的。在反应过程中,由于 NH₃ 可以选择性的和 NO_x 反应生成 N₂ 和 H₂O,而不是被 O₂ 所氧化,因此此反应被称为“选择性”催化还原反应。

2 脱硝装置简介

沧东电厂 4 号炉脱硝改造工程采用高灰端 SCR 布置,反应器布置在省煤器和空预器之间,烟气脱硝装置如图 1 所示,由 SCR 反应器、催化剂、氨气混合和喷射系统、声波吹灰系统等组成。

2.1 SCR 反应器

在锅炉省煤器出口处布置有 2 个 SCR 反应器同时运行。反应器有 2 个催化剂层,另加上一个附加催化剂层。在脱硝效率下降到要求值之前,需要在附加层加装新催化剂。新加装的催化剂可以

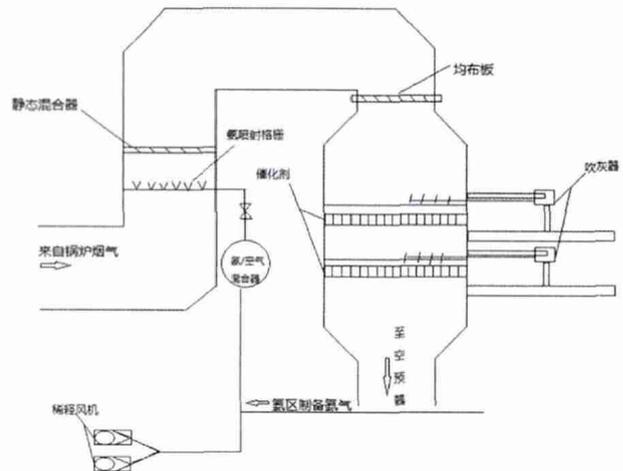


图 1 烟气脱硝装置示意图

利用已有的催化剂残余活性提高脱硝效率,因此可以延长催化剂的有效使用寿命。

反应器由外壳和内部催化剂支撑结构组成,反应器要抗内部压力变化,抗震,抗大风,抗负荷变化和抗热应力。烟气脱硝(SCR)装置的设计压力和瞬时抗爆压力应与锅炉一致。反应器外壳要保温,它承受整个重量,还有一个空气密封管,催化剂支撑结构直接支持催化剂。每一层催化剂的底部都装有一个密封装置,用来防止未处理的烟气泄漏。

反应器本体结构的设计型式为全焊接框架结构,设计温度 420℃,工作温度 376℃,反应器截面尺寸为 11.986×12.036m。反应器支撑结构设计考虑适当滑动和限位措施,以免受热膨胀影响,内部催化剂支撑梁设计成不易积灰的形式。反应器本体上设计足够大小和数量的人空门、必要的测试孔。反应器第一层催化剂上部设置均流板,主要作用是对烟气进一步调整、分配,保证烟气流场的均匀性。

2.2 SCR 催化剂

本工程采用托普索公司的波纹蜂窝式催化剂,基材为玻璃纤维,TiO₂,活性物质为 V₂O₅、WO₃。化学寿命大于 24 000 运行小时,机械寿命大于 80 000h,并可再生利用。

如图 2 所示,为了保证烟气全部从活性催化剂中通过,在催化剂模块间及催化剂与反应器器壁之间设置密封组件,模块之间的长边底部结构上设置密封条,模块之间的短边和模块与器壁之间设有密封槽,这些密封组件同时起到隔离的作用。

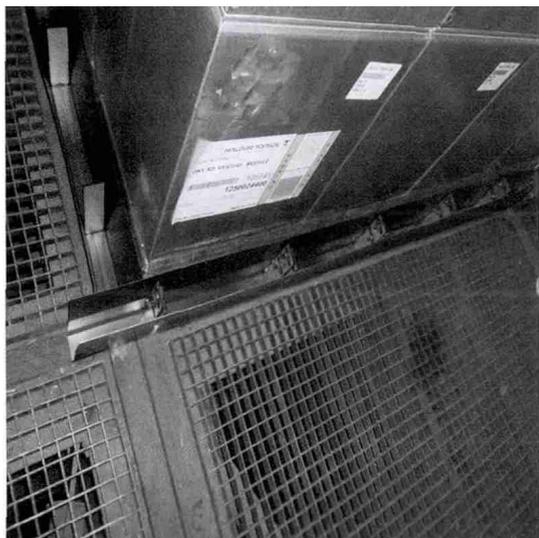


图 2 催化剂模块间的密封组件

2.3 氨气混合和喷射系统

2.3.1 稀释风机

稀释风机为南通大通宝富风机有限公司制造,空气流量为 6 235 m³/h,出口静压 6 500 Pa,转速 1 450 r/min,型式为离心风机,空气经消音器通过入口风道进入风机,由叶轮旋转产生空气能量,沿螺旋形壳体将气体径向输出。

2.3.2 氨气/空气混合器

氨气/空气混合器由天津市奥利达设备工程技术有限公司设计制造,设计压力 0.1 MPa.g,设计温度 50℃,氨气/空气流量 2 800 Nm³/h。

低压空气由氨气/空气混合器的空气入口进入,空气经混配器至管路缩颈形成的文丘里混合管处;此时相对高压氨气由氨气/空气混合器的氨气入口进入,氨气经内置管道引致文氏管处的超音速文丘里喷嘴后喷出,在其周围形成负压,从而形成吸附作用导致空气流动,将空气引射进入文丘里混合管,按照设定比例进行在文丘里混合器的扩散腔内均匀混合后输送至用气点。

2.3.3 喷氨格栅

4 号锅炉共安装 2 套喷射格栅,安装位置在省煤器出口烟道上升部位。喷氨格栅的作用是将稀释后的氨气喷入烟道,要求喷入的氨气和烟气能均匀混合,并且喷入的氨气分布和烟气中 NO_x 的分布尽量匹配,使得 NH₃/NO_x 摩尔比的分布尽量均匀。喷氨格栅(AIG)由含有喷嘴的水平管和竖直管组成。

2.4 声波吹灰系统

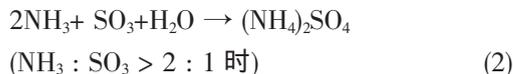
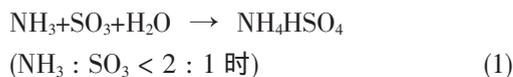
声波吹灰器设在反应器后侧墙板上,布置位置距离催化剂上表面 900 mm,反应器每层催化剂上设置 3 台声波吹灰器(预留层催化剂处预留安装位置)。声波吹灰器由声波发生头将压缩空气携带的能量转化为高声强声波,在声波的高能量作用下,粉尘不能在催化剂表面积聚,催扫介质为 0.4~0.8MPa.g 的检修用压缩空气,吹扫周期为每组 10min 吹 10s。

3 SCR 法脱硝对锅炉设备的影响

3.1 SCR 脱硝系统对空预器的影响

目前,4 号锅炉配备 2 台三分仓容克式空气预热器,一、二次风分隔布置,一次风角度为 50°,转子反转。空预器转子内径为 14 236mm,受热面高度 2 185mm,预热器上下法兰间高度为 7 712mm,转子由半模块和模块结构组成,传热元件为小包篮子结构。每台空气预热器配置 2 台伸缩式吹灰器,并在预热器烟气侧冷热端各配有一根固定式水冲洗管和灭火管。在采用 SCR 脱硝装置后,预热器在防止堵塞和冷段清洗方面需作特殊设计。这是因为 SCR 残余 NH₃ 和烟气中 SO₃ 和 H₂O 形成硫酸氢铵(NH₄HSO₄),在温度 150℃~210℃范围内对预热器中温段和冷段形成强烈腐蚀,SCR 催化物也将部分 SO₂ 转化为易溶于水形成硫酸滴的 SO₃,加剧冷端腐蚀和堵塞可能^[4]。

锅炉安装了脱硝装置(SCR)对设备的主要影响是由从 SCR 反应器逃逸出的氨引起,氨气(NH₃)和烟气中的 SO₃,水蒸汽,在一定的温度下会产生下列反应:



硫酸氢铵在高温时处于气态,但在低温时变为固态,在中间温度时(150℃~210℃)处于液态。处在中间温度时,有粘性的液态硫酸氢铵很容易黏附在空预器的热元件上。反应产物中硫酸氢铵在温度 150℃~210℃区域(高尘布置 SCR)开始凝聚,这一温度一般位于传统设计预热器的中温段下部 and 冷端上部,形成传热元件表面的额外吸附层。通常经过 2~3 月时间,换热元件表面就吸附大量的灰份导致内部流通通道堵塞,特别是传统预热器的中温段下部和冷端上部区域由于恰好位于

分层处,大量的沉积物卡在层间,导致吹灰气流无法清除沉积物。空预器堵灰后严重影响风机工作。如果烟气中 SO_3 浓度和 NH_3 浓度更高的话,形成的硫酸氢铵量将会增加,空预器热元件上的硫酸氢铵沉淀物的温度也会增高^[5]。

3.2 SCR 脱硝系统对引风机的影响

河北国华沧东电厂 4 号炉的引风机采用成都电力机械厂的静叶可调轴流式风机。4 号炉引风机按预留一套烟气脱硝装置(SCR)设计,并且 4 号炉引风机电动机按装设脱硝装置后的参数要求选配。本工程 4 号炉加装烟气脱硝装置后,导致烟风阻力增加约 1 200Pa,空预器改造后增加烟风阻力约 150Pa。脱硝改造新增阻力共约 1 350Pa。

4 改造措施

4.1 空预器的改造

4 号炉空气预热器按以后增设脱硝装置设计,外壳尺寸与有脱硝装置时相同,换热元件分为 3 层,其高温段传热元件与 3 号炉相同,冷端蓄热元件采用考登钢波纹板钢板制作,在调换时不应影响别的传热面。若 4 号炉增加脱硝装置时,应确保利用原高温段传热元件。根据本工程实际需要,考虑到锅炉增加脱硝(SCR)系统后对原空预器的影响,对预热器的改造主要包括以下内容:

(1)采用较高冷段层元件布置方式,使传热元件分层位置提高到 NH_4HSO_4 和 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 的沉积区以上;这样保证全部硫酸氢铵在该层内部完成凝结和固化,避免在两层传热元件之间产生积聚效应。

(2)传热元件使用小封闭流道的波形,保证吹灰气流穿透,同时压力损失不大。

(3)用搪瓷表面冷端元件,既保证抗腐蚀,又保证表面清洗干净。采用搪瓷表面传热元件可以隔断腐蚀物(硫酸氢铵和由 SO_3 吸收水分产生的 H_2SO_4)和金属接触,而且表面光洁,易于清洗干净。

(4)采用双介质吹灰器(高压水+蒸汽),使吹灰

穿透深度达到 800~1 000mm。

(5)预热器转子采用较高规格材料,如不锈钢旁路密封片等。

4.2 引风机的改造

由于 4 号炉引风机电动机按装设脱硝装置后的参数要求选配,因此,风机只需在原有轮毂上更换一组叶片即可,即改造时 4 号炉引风机可将叶片割掉,用旧轮毂变换位置后,采用堆焊的方式进行处理,更换一组新叶片,引风机更改前后的参数变化如表 1。

表 1 引风机改造前后的参数变化

引风机相关参数	引风机(改造前)	引风机(改造后)
风量/(m^3/s)	588.57	596.48
全压/Pa	5745.8	7453.3
风机转速/(r/min)	740	740
轴功率/kw	3890	5135
电机功率/kw	5500	5500
叶轮直径/m	3.55	3.55
线速度/m/s	110	110

5 结论

电厂锅炉在进行脱硝改造后,会引起烟道阻力增大、空预器换热元件堵塞、增大引风机出力等问题,因此在进行脱硝装置的安装时也要针对性地进行空预器换热元件的更换及引风机静叶的改造,以降低 SCR 脱硝系统对锅炉设备的影响,同时在脱硝系统运行时,要注意控制催化剂的积灰情况及氨的逃逸率以保证脱硝系统的正常运行。

参考文献

- [1] 王文选,肖志均,夏怀祥.火电厂脱硝技术综述[J].电力设备,2006(8).
- [2] 王倩亮.火电厂选择性催化还原脱硝工艺[J].山东电力技术,2010(4).
- [3] 曹铭.浅析工业锅炉 SCR 脱硝技术[J].内燃机与配件,2010(11).
- [4] 宁宪武,刘树民,刘志杰.SCR 系统对锅炉设备的影响及对策[J].电力环境保护,2009(12).
- [5] 曾令达,王晓林,周怀春.SCR 脱硝装置在超临界锅炉中的应用[J].锅炉技术,2007(7).