

文章编号:1005-6548(2022)04-0324-05
DOI:10.13357/j.dlxb.2022.041

中图分类号:TK229.66

文献标识码:B

学科分类号:47040

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



循环流化床锅炉烟道型 SCR 催化剂堵灰原因分析和 预防措施

张昌会¹, 田言峰¹, 江建忠²

(1. 河南神马减碳技术有限责任公司, 河南 平顶山 467000; 2. 西安华电清洁能源技术有限公司, 西安 710061)

摘 要:为解决某公司循环流化床锅炉的烟道型 SCR 催化剂大颗粒异物沉积和堵灰的问题, 分析了其成因并总结了其带来的危害, 提出了防止 SCR 催化剂堵灰的措施, 包括加强炉内脱硫, 以及在尾部烟道各层受热面布置金属防护网, 并在该公司的 75 t/h CFB 锅炉实施所提措施。经过 8 个月的运行后, 停炉检查时未见明显大颗粒异物沉积和堵灰情况, 且运行期间的氨水消耗量、氨逃逸浓度、NO_x 排放浓度和催化剂阻力都保持稳定, 得到了良好的收效。所提方案可为采用烟道型 SCR 催化剂的 CFB 锅炉提供参考。

关键词:循环流化床锅炉; 脱硝系统; SCR 催化剂堵灰预防

Cause Analysis and Preventive Measures of SCR Catalyst Plugging in CFB Boiler

ZHANG Chang-hui¹, TIAN Yan-feng¹, JIANG Jian-zhong²

(1. Henan Shenma Carbon Emission Reduction Technology Co., Ltd., Pingdingshan 467000, China;

2. Xi'an Huadian Clean Energy Technology Co., Ltd., Xi'an 710061, China)

Abstract: In order to solve the problem of large particle foreign matter deposition and ash blocking of SCR catalyst in the flue of a circulating fluidized bed boiler of a company, the causes are analyzed and the harm brought by it is summarized. The measures to prevent ash blocking of SCR catalyst are proposed, including strengthening desulfurization in the furnace, arranging metal protective nets on the heating surfaces of each layer of the tail flue, and implementing the measures in the 75 t/h CFB boiler of the company. After 8 months of operation, no obvious large particle foreign matter deposition and ash blockage were found during shutdown inspection, and the ammonia consumption, ammonia escape concentration, NO_x emission concentration and catalyst resistance remained stable during operation, and good results were obtained. The proposed scheme can be used for reference in CFB boiler with flue type SCR catalyst.

Key words: circulating fluidized bed boiler; denitrationsystem; SCR catalyst ash blockage prevention

* 收稿日期: 2022-04-25

作者简介: 张昌会(1973—), 男, 高级工程师, 主要研究方向为化工生产技术管理、节能、环保、碳减排技术研发与管理, zhangchangh73@sina.com;

田言峰(1977—), 男, 工程师, 主要从事化工生产技术、节能、环保、碳减排技术的研发, 1312914471@qq.com;

江建忠(1977—), 男, 工学硕士, 研究员, 主要从事循环流化床锅炉的烟气脱硫、烟气脱硝、烟气脱汞和 700℃ 发电技术等领域的技术开发和研究工作, 13891899115@139.com。

引文格式: 张昌会, 田言峰, 江建忠. 循环流化床锅炉烟道型 SCR 催化剂堵灰原因分析和预防措施[J]. 电力学报, 2022, 37(04): 324-328. DOI:10.13357/j.dlxb.2022.041.

0 引言

某公司建有2台CG-75/3.82-MX35型CFB锅炉、1台CG-130/3.82-MX3型CFB锅炉和1台YG-240/3.82-M型CFB锅炉。锅炉均采用“Π”型布置,框架支吊结构,炉膛为膜式水冷壁,尾部设多组蛇形管受热面和一、二次风空气预热器。燃烧系统由旋风分离器、U型回料阀、床下点火等系统组成。锅炉原设计采用SNCR脱硝技术实现超低排放,即 NO_x 排放浓度 $\leq 50 \text{ mg/m}^3$ 。随着火电厂大气污染物排放标准日益严格且受排放总量限制等问题, NO_x 排放浓度要求实现超清洁排放指标,其中 NO_x 排放浓度 $\leq 15 \text{ mg/m}^3$,才能满足排放要求,因此,锅炉后续又增加了烟道型SCR脱硝装置^[1-2]。本文以该公司CG-75/3.82-MX35型CFB锅炉为例,分析烟道型SCR催化剂堵灰原因,提出预防措施,并对措施实施情况进行详细论述,为同类型锅炉提供参考。

1 烟道型SCR催化剂堵灰问题和危害

该公司的CFB锅炉运行近一年后,发现催化剂金属防护网上形成了大量异物沉积,如图1和图2所示,导致了一系列运行问题,具体如下。

(1)催化剂烟气偏流、局部烟速急剧升高,催化剂局部冲刷磨损加剧,催化剂机械及化学寿命降低,机械寿命由设计值10年急剧降低至不足1年,经济损失较大^[3-4],如图3所示。

(2)催化剂有效接触面积大幅度减小,脱硝效率大幅度降低,氨水消耗量和氨逃逸浓度明显增加。以该公司75 t/h CFB锅炉为例,在满负荷下,氨水(质量分数为16%)消耗量从约70 L/h增加到约115 L/h,如图4所示。随着氨水消耗量增加,氨逃逸浓度相应增加,最高可达 30 mg/m^3 以上。

(3)催化剂阻力增加,以该公司75 t/h CFB锅炉为例,在满负荷下,催化剂差压从约75 Pa逐渐增加到约1 000 Pa,引风电耗增加。

(4) NO_x 排放浓度控制难度增加,严重时可能造成排放超标事故。



图1 大颗粒异物堵塞催化剂防护网

Fig. 1 Large particles of foreign matter blocked the catalyst protection net

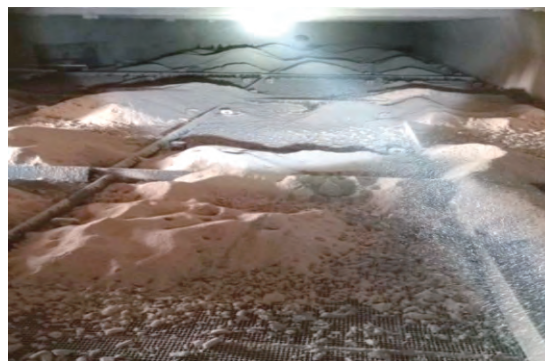


图2 催化剂防护网表面飞灰堆积

Fig. 2 The fly ash accumulated on the surface of the catalyst protective net

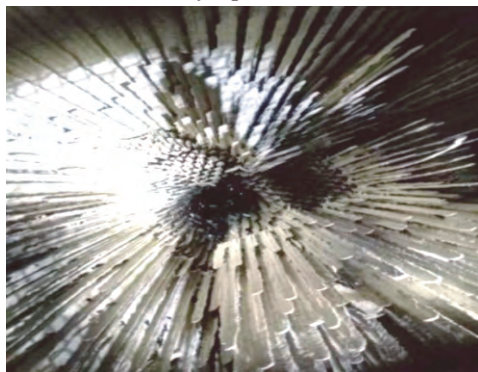


图3 催化剂局部冲刷磨损严重

Fig. 3 The catalyst severely scoured and worn locally

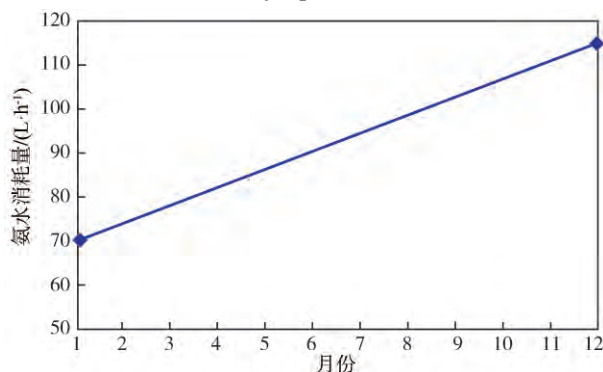


图4 氨水消耗量

Fig. 4 The aqueous ammonia consumption

2 烟道型 SCR 催化剂堵灰原因分析

造成烟道型 SCR 催化剂金属防护网堵灰的原因主要有以下几个方面。

2.1 低负荷下形成 NH_4HSO_4 堵塞催化剂

催化剂中的 V、Mn、Fe 等金属对 SO_2 的氧化起催化作用,导致部分 SO_2 被氧化为 SO_3 。当烟温较低时, NH_3 与 SO_3 形成的液态 NH_4HSO_4 粘附性强,极易覆盖在催化剂表面,导致催化剂活性降低、脱硝效率下降^[5]。

2.2 大颗粒异物堵塞催化剂防护网

CFB 锅炉运行过程中,尾部烟道内会产生大颗粒异物堵塞催化剂防护网,若堵塞催化剂防护网的大颗粒异物堵塞量较大,还可能进一步造成飞灰沉积、堆积。大颗粒异物产生的原因有:

(1) 锅炉运行时高温烟气携带的飞灰在炉墙和受热面上沉积、板结,最终脱落形成块状、硬度较低的大颗粒异物;

(2) 飞灰在炉墙和受热面上沉积、烧结,最终脱落形成片状、硬度较高的大颗粒异物;

(3) 炉墙耐火材料受交变应力作用和烟气冲刷脱落形成的大颗粒异物硬度较高。

2.3 积灰成团脱落造成堵塞

尾部受热面吹灰时,积灰成团并脱落,下落至催化剂表面堆积造成堵塞。

2.4 吹灰器设置不合理造成堵塞

催化剂吹灰器布置不合理,存在吹不到的死区;吹灰器选型不当,吹灰效果差,这些原因都会造成催化剂局部飞灰沉积、堆积。

3 烟道型 SCR 催化剂堵灰的预防措施

针对烟道型 SCR 催化剂堵灰原因,制定相应的预防措施:

(1) 通过炉内脱硫降低经过催化剂前的 SO_2 浓度,减少 SO_3 的生产量,从而减少 NH_4HSO_4 的生成量。以该公司 75 t/h CFB 锅炉为例,通过采取炉内脱硫方法将脱硝前 SO_2 浓度由原始排放浓度(质量浓度)2 000 mg/m^3 左右降低至 800 mg/m^3 以下。炉内脱硫系统采用稀相连续输送方式,输送气源采用压缩空气。石灰石入炉口布置在回料斜腿上方。炉内脱硫效率按 80% 设计,钙硫摩尔比(Ca/S)按 2:1 设计,同时控制氨逃逸浓度(质量浓度)不超过 8 mg/m^3 。

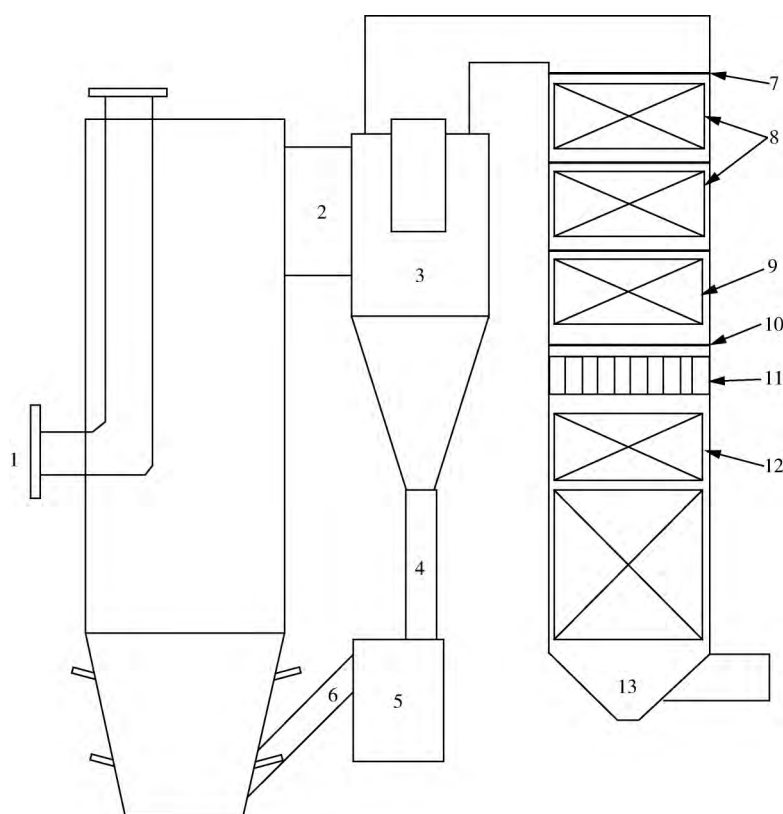
(2) 在尾部烟道各层受热面布置金属防护网如图 5 所示。通过逐级拦截运行中脱落的大块异物,同时拦截各受热面(高温过热器、低温过热器、高温省煤器等)吹灰时大量成团脱落的灰块,避免在催化剂表面堆积造成堵塞。由于高温过热器入口烟温在 900 $^{\circ}\text{C}$ 以上,防护网材质需采用 310S(0Cr25Ni20)不锈钢,而高温省煤器入口烟温较低可采用 304 不锈钢。

为便于锅炉检修和防护网更换,可以根据人孔门尺寸做成防护网模块,模块由外部框架和固定在外框架内的金属网结构组成。外部框架及金属网均采用 310S(0Cr25Ni20)材质,以适应 CFB 锅炉烟道高温、高灰、高磨损的环境。防护网模块为矩形,外部框架的外基面周向设置多个连接孔。通过螺栓连接各个防护网模块,对应螺栓连接孔在高温过热器、低温过热器、高温省煤器、SCR 催化剂模块上设置有与金属网模块相适应的固定架,固定架上设置有与连接孔相适应的连接件。防护网模块布置如图 6 所示。



图 5 高温省煤器金属防护网

Fig. 5 Metal protection net of high temperature economizer



1—炉膛;2—炉膛出口烟道;3—分离器;4—立管;5—返料装置;6—返料斜管;7—受热面防护网;
8—过热器;9—高温省煤器;10—催化剂防护网;11—催化剂;12—低温省煤器

图6 金属防护网布置图

Fig. 6 Layout of metal protective net

4 烟道型 SCR 催化剂防堵灰措施的实施效果

以该公司 75 t/h CFB 锅炉为例,采取上述防堵灰措施后,锅炉取得了良好的治理效果,催化剂堵灰显著减轻。图 7 和图 8 是锅炉运行 8 个月后停炉检查情况。从图 7 和图 8 中看出,催化剂表面很少出现大颗粒异物堆积和积灰堵灰现象,催化剂本身的机械磨损情况得到大幅度减轻。运行期间催化剂阻力保持稳定,如图 9 所示,氨水消耗量和氨逃逸浓度未显著增加。



图7 催化剂堵灰显著减轻

Fig. 7 Catalyst ash plugging was significantly reduced

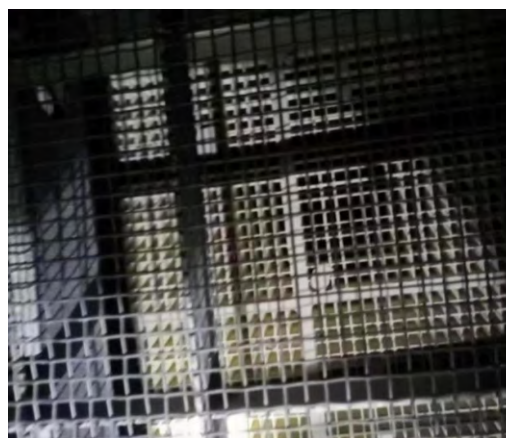


图8 催化剂未出现机械磨损

Fig. 8 Barely mechanical wear present on the catalyzer

锅炉改造前后满负荷下运行,氨水(质量分数为16%)消耗量和氨逃逸浓度变化情况如表1所示。从表1的数据可以看出:脱销系统改造初期(2019年),氨水消耗量较低,为50 L/h~70 L/h;2020年由于催化剂表面堵灰、烟气偏流和催化剂冲刷磨损等原因,催化剂阻力增加到1 000 Pa,氨水消耗量逐渐增加至115 L/h,氨逃逸浓度也相应增加;从2021年4月催化剂更换并增加防护网至运行8个月(2022年),催化剂阻力保持稳定,氨水消耗量和氨逃逸浓度始终较低^[6]。

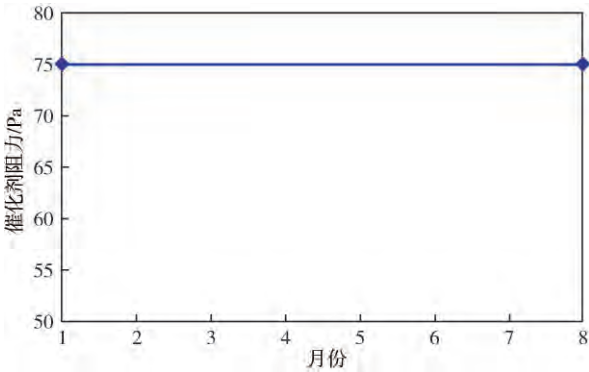


图9 改造后锅炉运行期间催化剂阻力
Fig. 9 Catalyst resistance during boiler operation after modification

表1 75 t/h CFB 锅炉在措施实施前后的脱硝运行情况

Tab. 1 Denitration operation of 75 t/h CFB boiler before and after implementation of measures

年度	锅炉出力(约)/(t·h ⁻¹)	氨水消耗量/(L·h ⁻¹)	NO _x 排放浓度(质量浓度)/(mg·m ⁻³)	氨逃逸浓度(质量浓度)/(mg·m ⁻³)	催化剂阻力(约)/Pa	备注
2019	75	50~70	≤15	≤8	75	SNCR 优化,安装烟道型 SCR 装置
2020	75	100~115	≤15	逐渐增加至 30	逐渐增加至 1000	堵灰、烟气偏流和催化剂冲刷磨损
2021	75	50~70	≤15	≤8	75	催化剂更换并增加防护网
2022	75	80~90	≤15	≤8	75	催化剂活性降低,煤质波动

5 结语

为实现NO_x排放浓度(质量浓度)≤15 mg/m³的目标,某公司75 t/hCFB锅炉采用了SNCR-SCR(烟道型)联合脱硝技术。为解决该锅炉的烟道型催化剂堵灰冲刷严重的问题,本文提出了一种在尾部烟道各层受热面布置金属防护网的措施,此措施在该锅炉运行8个月停炉检查时,发现该方法有效地缓解了催化剂表面大颗粒异物沉积和堵灰的问题,大幅度延长了催化剂使用寿命,减少了氨水消耗量,降低了氨逃逸浓度。该锅炉的措施实施效果,对同类机组为实现达标排放、提高设备可靠性和降低运营成本有一定借鉴价值。

参考文献:

[1] 蒋敏华,肖平. 大型循环流化床锅炉技术[M]. 北京:中国电力出版社,2009.

[2] 项昆. 3种烟气脱硝工艺技术经济比较分析[J]. 热力发电,2011,40(6):1-3,8.
XIANG Kun. Comparison and Analysis in techno-Economic Aspects for Three Kinds of Flue Gas Denitrification Technologies[J]. Thermal Power Generation,2011,40(6):1-3,8.

[3] 董陈,赵树春,徐宏杰,等. 燃煤锅炉 SNCR 脱硝工艺关键技术[J]. 热力发电,2016,45(12):73-77,88.
DONG Chen,ZHAO Shu-chun,XU Hong-jie,et al. Key Points of SNCR Denitrification Technology for Coal Fired Boilers [J]. Thermal Power Generation,2016,45(12):73-77,88.

[4] 梁磊. 130 t/h 循环流化床锅炉烟气 SNCR 脱硝工程设计及应用[J]. 中国电力,2015,48(10):152-156.
LIANG Lei. Design and Application of 130 t/h Circulating Fluidized Bed Boiler Flue Gas SNCR Denitrification Engineering [J]. Electric Power,2015,48(10):152-156.

[5] 盛洪产,赵旭东,楼军,等. SNCR+SCR 脱硝效果的影响因素分析[J]. 广东化工,2019,46(22):103-104.
SHENG Hong-chan,ZHAO Xu-dong,LOU Jun,et al. The Analysis of Influencing Factor on De-NO_x by SNCR+SCR [J]. Guangdong Chemical Industry,2019,46(22):103-104.

[6] 蔡晋,吴玉新,张缦,等. 循环流化床锅炉脱硝工艺经济性分析[J]. 洁净煤技术,2021,27(4):97-104.
CAI Jin,WU Yu-xin,ZHANG Man,et al. Economic Analysis of Desulfurization Technology of Circulating Fluidized Bed Boiler[J]. Clean Coal Technology,2021,27(4):97-104.

[责任编辑:阎正坤]