

BSNCR生物质脱硝工艺在柳钢热电站车间锅炉上的应用

李艳敏, 朱小亮

江苏敏禾科技有限公司, 南京

摘要: BSNCR生物质脱硝工艺是一项新型的烟气脱硝技术, 其系统简单、设备占地小、投资低、脱硝效率高, 反应温度范围宽 (680~950°C), 没有氨, 不存在重大危险源和二次污染问题, 应用前景广泛。检测结果表明, 生物质脱硝剂对燃气锅炉的烟气处理, 可以实现NO_x稳定达标排放, 不产生二次污染。

关键词: 脱硝; 生物质脱硝剂; BSNCR; SCR; SNCR

Application of BSNCR Biomass Denitrification Process in the Boiler of Liugang Thermal Power Plant

Yanmin Li, Xiaoliang Zhu

Jiangsu Minhe Technology Co., Ltd., Nanjing

Abstract: The BSNCR biomass denitrification process is a new type of flue gas denitrification technology, which has a simple system, small equipment footprint, low investment, high denitrification efficiency, wide reaction temperature range (680-950 °C), no ammonia, no major hazards and secondary pollution problems, and has a wide range of application prospects. The test results indicate that biomass denitrification agents can achieve stable and compliant NO_x emissions in the flue gas treatment of gas boilers without generating secondary pollution.

Keywords: Thermal Desorption Technology; Repair; Pesticides; Pollution; Soil

1 引言

柳钢动力厂热电站3号站2#、3#锅炉为两台220 t/h燃气锅炉, 燃料为高炉煤气+转炉煤气+焦炉煤气, 初始NO_x浓度不大于200 mg/Nm³ (标态、干基、3%O₂), 不满足《关于推进实施钢铁行业超低排放的意见》(环大气[2019]35号) 文件的通知要求, 急需改造[1]。经过比选, 采用江苏敏禾科技有限公司的生物质脱硝技术, 脱硝后保证NO_x排放浓度≤45mg/Nm³ (标态、干基、3%O₂), 年运行时间8000小时。

2 项目概况

2.1 锅炉烟气参数

柳钢动力厂热电站3号站2#、3#锅炉, 脱硝设计烟气参数见表1, 表2。

表 1. 锅炉烟气参数表

燃料类型	蒸发量 (t/h)	排放烟气量 (Nm ³ /h)	炉膛温度 (°C)	初始NO _x 值 (mg/Nm ³)	NO _x 排放保证值 (mg/Nm ³)
高炉煤气+焦炉煤气	220	330000	640-850	≤200	≤45

2.2 升膜蒸发器

表 2. 锅炉烟气参数表

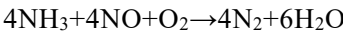
序号	项目	单位	数值	备注
1	烟气量	Nm ³ /h	330000	
2	炉膛温度	℃	640~850	
3	年运行时间	h	8000	
4	入口NO _x 浓度	mg/Nm ³	≤200	
5	出口NO _x 浓度	mg/Nm ³	≤45	
6	脱硝效率	%	≥77.5	
7	脱硝剂耗量	kg/h	145	额定工况
8	压缩空气耗量	Nm ³ /h	240	
9	除盐水电耗量	kg/h	145	
10	设备电耗量	kWh	5	
11	年NO _x 脱除量	t/a	145	

3 脱销工艺的确定

传统的脱硝技术，一般从燃烧过程中和燃烧后两个方面进行NO_x排放控制，前者大多采用低氮燃烧技术，而此技术仅能减少部分热力型NO_x，脱硝效率非常有限，只能作为辅助手段。后者多采用还原法，应用较多的有SNCR工艺和SCR工艺。

3.1 锅炉烟气参数

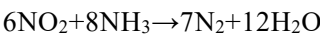
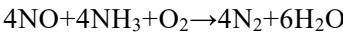
SNCR脱硝工艺是用氨水（尿素）作为脱硝剂，喷入炉内850~1000℃的温度区间，将NO_x还原成N₂，主要反应式为：



SNCR工艺的优点是无催化剂、系统简单、造价和运行费用都很低。当然缺点也很明显，SNCR脱硝效率较低，一般只有20%~40%，无法满足超低排放。锅炉降负荷时炉膛温度低，脱离最佳反应温度区间，脱硝效率会下降。另外氨逃逸较高，与SO₂反应后生成硫酸氢铵，既污染大气又造成尾部受热面的腐蚀和堵塞[2]。

3.2 SCR脱硝工艺

SCR脱硝工艺是用氨作为脱硝剂，依靠催化剂将NO_x还原成N₂，反应温度区间为280-420℃（目前中温催化剂最低能做到200℃）。通常会选取尾部烟道区域喷入脱硝剂，需要增设反应器。如果烟气温度过低，还需要增设烟气加热设备。主要反应方程式为：



SCR的脱硝效率高，可达90%以上，氨逃逸较低，技术成熟，应用广泛。其缺点是，系统复杂占地大、烟道阻力大，初期投资和综合运行成本高。催化剂属于危废，需要有相关资质的公司专门处理。另外，还原剂NH₃属于重点监管危化品，存在运输及储存的潜在危险。

GTR可选用能源种类多样，如管道天然气、液化天然气、液化石油气、煤制气、柴油，便于现场因地制宜[3]。

3.3 BSNCR生物质脱硝工艺

3.3.1 生物质脱硝剂特性

BSNCR生物质脱硝剂，为暗棕色液体，有淡淡的草木灰气味，其主要成分是从秸秆、树木等生物质中提取的天然高分子有机物，安全无毒。其物料特性见表3。

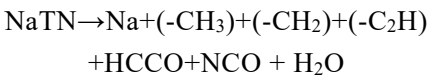
表 3. 生物质脱硝剂物料特性表

序号	项目	单位	数值
1	冰点	℃	-15
2	闪点	℃	>300
3	密度	t/m ³	1.05-1.08
4	浓度	%	35-45（质量比）
5	PH值		9-11
6	运动粘度(20℃)	mm/S	1.43
7	火灾危险性		戊类（难燃液体）

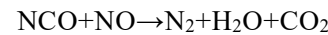
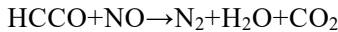
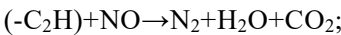
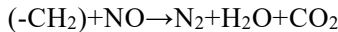
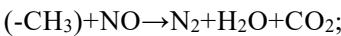
3.3.2 生物质脱硝剂特性

BSNCR生物质脱硝工艺是一项新型的烟气脱硝技术，其脱硝原理为：生物质脱硝剂在炉膛内680-950℃的温度区间喷入，在高温和钠离子的催化作用下，快速分解产生大量高活性自由还原基团，利用其超强的还原性，将NO_x还原成N₂，不发生其它副反应，正常运行时，脱硝效率最高可达80%[4]。

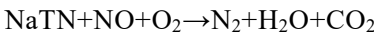
第一步，脱硝剂高温裂解生成还原性自由基团：



第二步，还原性自由基团分别同NO_x反应：



综合反应式：



BSNCR工艺的技术特点为：系统相对简单、设备占地小、投资低、脱硝效率高，适用温度范围宽（680~950℃），无二次污染，没有液氨或氨水运输、储存等安全问题。

3.3.3 工艺流程

BSNCR脱硝系统由卸车泵、脱硝剂储罐、混合

输送泵、混合稀释罐、脱硝剂输送泵、分配柜、生物质脱硝剂专用雾化喷枪及配套管道组成，全部由DCS控制，系统简单，运行稳定，自动化程度高。

罐车运输来的生物质脱硝剂，通过卸车泵送到脱硝剂储罐中，经混合输送泵送至混合罐，与除盐水进行1:1混合稀释，稀释后的脱硝剂经脱硝剂输送泵送到分配柜，通过压缩空气雾化，送入炉膛680-950℃温度区，与NO_x发生还原反应。工艺流程见图1。

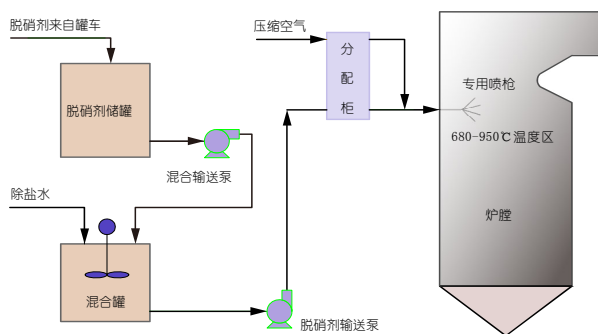


图 1.BSNCR 生物质脱硝工艺流程图

3.4 脱硝工艺比选

BSNCR脱硝工艺与SCR工艺、SNCR工艺相比，其特点见表4。

表 4.三种脱硝工艺比选

项 目	SCR工艺	SNCR工艺	BSNCR工艺
反应温度	280-420℃	850-1000℃	680-950℃
还原剂	氨	氨水或尿素	生物质脱硝剂
还原剂危险性	重点监管危化品	危险	无毒无害
工业业绩	国内外大量业绩	国内外大量业绩	国内几十套业绩
技术可靠性	成熟	成熟	成熟
脱硝效率	≥95%	20-40%	≥80%
系统复杂性	系统复杂，设备繁多。需增设反应器，需要卸氨、储存、缓冲、蒸发、稀释、喷氨等多套主要系统。如采用尿素热解，还需增设热解炉。	系统简单，设备较少，无需设反应器。	系统简单，设备较少，无需设反应器，与SNCR法相似。
运行成本	综合运行成本高，催化剂三年需更换。如采用尿素热解则能耗更高。	综合运行成本最低，能耗低。	综合运行成本较低，能耗低。
占地面积	大	小	小

项 目	SCR工艺	SNCR工艺	BSNCR工艺
工程投资 直接费用	需增设反应器、稀释风机、蒸发器、缓冲罐等设备，单台炉总造价近1100万元。	需储存、稀释、喷氨等主要系统。单台炉造价约150万。	需储存、稀释、喷射等主要系统。单台炉造价约200-300万。
二次污染 副产物	更换的催化剂为危废，需要专业厂家处理，费用高。少量氨逃逸。	氨逃逸	无

SCR工艺：该工艺非常成熟，工程业绩比较多。但是投资大、能耗高、催化剂为危废。结合本项目来看，此次改造NO_x入口含量较低，每台炉烟气量不大，单台炉总造价达到1100万。如采用尿素热解，相应投资成本、后期运行成本、能耗值都将会会有更大的提高，前期投入较大，后期运行费用高，此法经济性并不佳。结合本柳钢热车间现场情况来看，机组老旧，厂区多次改造导致场地紧张，完全不具备场地条件。

SNCR脱硝工艺：该工艺工程业绩比较多，投资低、运行成本低，但氨逃逸高，容易造成空预器腐蚀和堵塞。另对锅炉负荷适应性不强，脱硝效率较低，无法满足超低排放。SNCR脱硝工艺要求温度850-1000℃，而本项目锅炉炉膛出口温度最高只有850℃，因此结合以上因素，该工艺对本工程也不太具有适应性。

BSNCR脱硝工艺：通过以上对比可以看出，BSNCR脱硝工艺具有投资少、效率高、综合运行成本低、设备占地小、运行维护方便、无氨的储运风险、更无氨逃逸造成的二次污染等优势，是经济可行、能满足当前及更严的环保标准要求的[5]。

结合锅炉烟气现状、实际情况场地、一次投资费用、技术可靠性、运行成本等因素，综合考虑采用BSNCR脱硝工艺。

4 测试情况及结果分析

4.1 测试期间锅炉运行工况

项目建成后，我们对柳钢动力厂热车间3号站2#、3#炉进行了脱硝系统的测试工作。由于脱硫装置与脱硝装置同步建设，末端的脱硫装置的CEMS未安装到位，因此采用手持烟气测量仪，分别对2#、3#炉NO_x数值进行测试，测试点选在锅炉尾部烟道、引风机前现有检测孔。

2#炉满负荷55 MW，实际运行负荷50 MW，

负荷率90%，由于机组振动大，目前为2#机组能达到的最高负荷。掺烧高炉煤气171,600 m³/h，转炉煤气20,650 m³/h，焦炉煤气5,600 m³/h。炉膛出口温度测点位于前墙喷枪上方5米左右，侧墙喷枪上方7米左右，炉膛出口温度647~675℃，烟气含氧量实测3.4%。

3#炉满负荷55MW，实际运行负荷45 MW，负荷率81.8%，此锅炉空预器漏风量大，目前为能达到的最高负荷。掺烧高炉煤气25,000 m³/h，转炉煤气25,000m³/h，焦炉煤气5,200 m³/h。炉膛出口温度测点位于前墙喷枪上方5米左右，侧墙喷枪上方7米左右，炉膛出口温度651~686℃，烟气含氧量实测8.4%。

4.2 测试说明及测试数据

(1) 烟气测试仪器1套，型号：崂应3012H型烟气测量仪，现场手持对NO_x数值进行检测。

(2) 测试频率及取值办法：测试采用每3--4分钟检测为一组数据取平均值，每次取三组。

(3) 测试时间：15:00开始对2#、3#锅炉进行NO_x原始值进行检测，随后于15:40开始投运脱硝系统，投运5分钟后开始检测。

测试结果见表5、表6。

表 5.2#炉测试数据表

项目	测量频次	NO _x 平均值 (mg/Nm ³)	测量时间
脱硝投剂入前	第一组	36	15:26-15:29
	第二组	40	15:31-15:34
	第三组	39	15:35-15:38
脱硝投剂入后	第一组	16	15:49-15:52
	第二组	16	15:54-15:57
	第三组	12	15:58-16:02

表 6.3#炉测试数据表

项目	测量频次	NO _x 平均值 (mg/Nm ³)	测量时间
脱硝投剂入前	第一组	18	15:02-15:06
	第二组	35	15:07-15:11
	第三组	29	15:13-15:17
脱硝投剂入后	第一组	10	16:08-16:12
	第二组	13	16:13-16:17
	第三组	13	16:19-16:23

4.3 测试结果分析

通过以上测量结果可看出2#炉最高脱硝效率达到70%（初始值40 mg/m³，投运后测量值12 mg/m³）；3#炉最高脱硝效率达到约71%（初始值35 mg/m³，投运后测量值10 mg/m³）。

鉴于测试时机组NO_x初始值偏低，且炉膛温度在650--686℃之间，略低于脱硝剂最佳反应区间，无法发挥脱硝剂最佳效果。但在该工况下，脱硝效率最高达71%，已满足预期要求。

5 结论

根据测试结果可知，生物质脱硝剂在锅炉较低温度和NO_x初始值较低工况下，仍然具备较高的脱硝效率，说明该工艺在技术可靠，完全满足燃气锅炉超低排放要求。BSNCR生物质烟气脱硝工艺，具有系统简单、占地小、投资低、脱硝效率高，反应温度范围宽（680~950℃），无氨逃逸，无重大危险源等优势，尤其在烟气NO_x初始浓度不大于200 mg/Nm³的装置上，具有显著的技术优势和经济优势。到目前为止，该工艺已经在国内钢铁企业的几十套装置上成功运行，技术非常成熟。BSNCR生物质烟气脱硝工艺作为一项新型的烟气脱硝技术，具有广阔的市场前景，值得推广。

参考文献

- [1] 李建军. SNCR/SCR 混合法脱硝工艺探讨[J]. 科技创新与应用, 2015(3): 1.
- [2] 关心, 孔祥鹏, 衣贺昌, 等. SNCR 脱硝技术在 CFB 锅炉上的应用研究[C]// 燃煤电厂超低排放形势下scr.2016.
- [3] 潘岩. B-SNCR 脱硝在燃气锅炉的应用[J]. 企业科技与发展, 2022(10): 92-95.
- [4] 陆英伟, 郑贤明. 生物质锅炉烟气脱硝技术现状与发展[J]. 科学与财富, 2022, 14(1): 31-33.
- [5] 王静静, 杨吉贺. SNCR 烟气脱硝技术在循环流化床锅炉中的应用[J]. 电力科技与环保, 2015(1): 2.

