Global Science Publishing

BSNCR生物质脱硝工艺在柳钢热电车间锅炉上的应用

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NOx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 NOx emissions in the flue gas treatment of gas boilers without generating secondary pollution.

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

1 引言

柳钢动力厂热电车间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/Nm^3（标态、干基、3%O_2），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%O_2），年运行时间8000小时。

2 项目概况

2.1 锅炉烟气参数

柳钢动力厂热电车间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NOx值(mg/Nm^3)	NOx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NOx浓度	mg/Nm^3	≤200	
5	出口NOx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	除盐水耗量	kg/h	145	
10	设备电耗量	kWh	5	
11	年NOx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N_2，主要反应式为：

$$4NH_3+4NO+O_2\rightarrow 4N_2+6H_2O$$

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SO_2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N_2，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：

$$4NO+4NH_3+O_2\rightarrow 4N_2+6H_2O$$

$$6NO_2+8NH_3\rightarrow 7N_2+12H_2O$$

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NH_3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N_2，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：

$$NaTN\rightarrow Na+(-CH_3)+(-CH_2)+(-C_2H)$$
$$+HCCO+NCO+H_2O$$

第二步，还原性自由基团分别同NO_x反应：

$$(-CH_3)+NO\rightarrow N_2+H_2O+CO_2;$$
$$(-CH_2)+NO\rightarrow N_2+H_2O+CO_2$$
$$(-C_2H)+NO\rightarrow N_2+H_2O+CO_2;$$
$$HCCO+NO\rightarrow N_2+H_2O+CO_2$$
$$NCO+NO\rightarrow N_2+H_2O+CO_2$$

综合反应式：

$$NaTN+NO+O_2\rightarrow N_2+H_2O+CO_2$$

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。

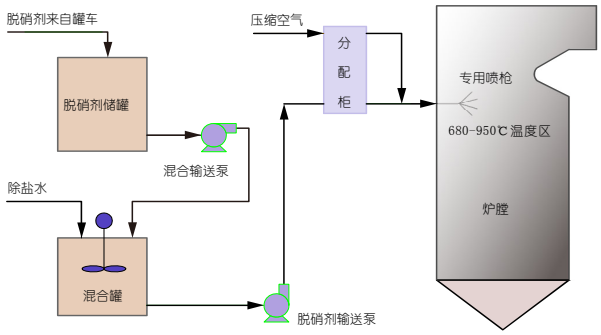

图 1.BSNCR 生物质脱硝工艺流程图

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
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、喷蛇等主要系统。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。结合本柳钢热电车间现场情况来看，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 °C，而本项目锅炉炉膛出口温度最高只有850 °C，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技术[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电车间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25,000m ³/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NOx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NOx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	NOx平均值（mg/Nm³）	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	NOx平均值（mg/Nm³）	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NOx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.

Copyright © 2025 by author(s) and Global Science Publishing Inc.
This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).
http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/
Open Access