生物质锅炉臭氧脱硝技术的应用

作者:罗香銮 刘全辉等

摘要：本文介绍了在某生物能源有限公司电厂170t/h蔗渣锅炉应用臭氧脱硝技术，使得氮氧化物排放从150mg/m ^{3} 降低到70mg/m ^{3} 。从技术角度分析，臭氧脱硝适合生物质锅炉NO_x的提效改造，设备简单独立，不受锅炉燃烧工况影响，设备维护简单，可在线检修维护。臭氧脱硝技术可作为传统脱硝技术的一个高效补充，在中小炉窑应用前景广阔。

1背景

某生物能源有限公司电厂170t/h蔗渣锅炉除尘采用旋风+电袋复合除尘器，脱硝采用SNCR(喷氨水)，锅炉烟气先进行SNCR脱硝后进入除尘系统再通过引风机后经烟囱排出，整体工艺简单，目前烟气排放烟尘≤30mg/m ^{3} ，氮氧化物≤150mg/m ^{3} ，此次改造要求锅炉在最低和最大负荷之间任何工况运行时NO_x的排放浓度＜70mg/Nm ^{3} （折算值）。在燃煤锅炉领域，NO_x的脱除主要是采用选择性催化还原技术（SCR），NO_x能得到有效控制并达到超净排放。但蔗渣锅炉由于锅炉结构、燃烧工艺限制，无法提供SCR反应所需的温度，为达到反应温度区间需投入巨大资金进行锅炉改造；且锅炉飞灰含大量碱性成分，催化剂易中毒，因此不适合直接采用SCR脱硝。臭氧氧化法脱硝不受工况的影响，不需要有同SCR的反应温度区间，设备独立性，操作灵活性，运行维护费用低适合生物质锅炉、循环流化床锅炉、垃圾焚烧炉、玻璃窑中小炉窑等的脱硝提效改造。本项目经双方的多次技术交流及用户的调研、讨论最后决定采用我司的臭氧脱硝技术改造。主要设计资料如下表1。

表1锅炉基础资料

序号	项目	参数	备注
1	锅炉型号	固定炉排蔗渣锅炉	
2	锅炉蒸发量（额定，开榨期）	170t/h	约 120 天
3	锅炉蒸发量（炼糖期）	110t/h	约 180 天
4	最大烟气量（标况）	300000m^3/h	单台锅炉
5	烟气湿度 (V/V%)	20	
6	烟气含氧量	3%～6%	
7	NO_x 初始排放浓度	≤ 150mg/Nm^3	平均值

2臭氧脱硝原理

臭氧氧化法脱硝主要是利用臭氧的强氧化性，将不可溶的低价态氮氧化物氧化为可溶的高价态氮氧化物，然后在洗涤塔内通过冷却、喷淋最终将氮氧化物吸收，达到脱除的目的，主要流程图如下图1。与SO_2等气体相比，NO_x可以很快被臭氧氧化，确定O_3与NO最佳摩尔比是选型的依据，O_3对于NO_x复杂的氧化反应过程，实际上最后通过N的价态变化体现出来，主要的反应如下：

$$2NO + 3O_3 = N_2O_5 + 3O_2$$

$$2NO_2 + O_3 = N_2O_5 + O_2$$

$$NO + O_3 = NO_2 + O_2$$

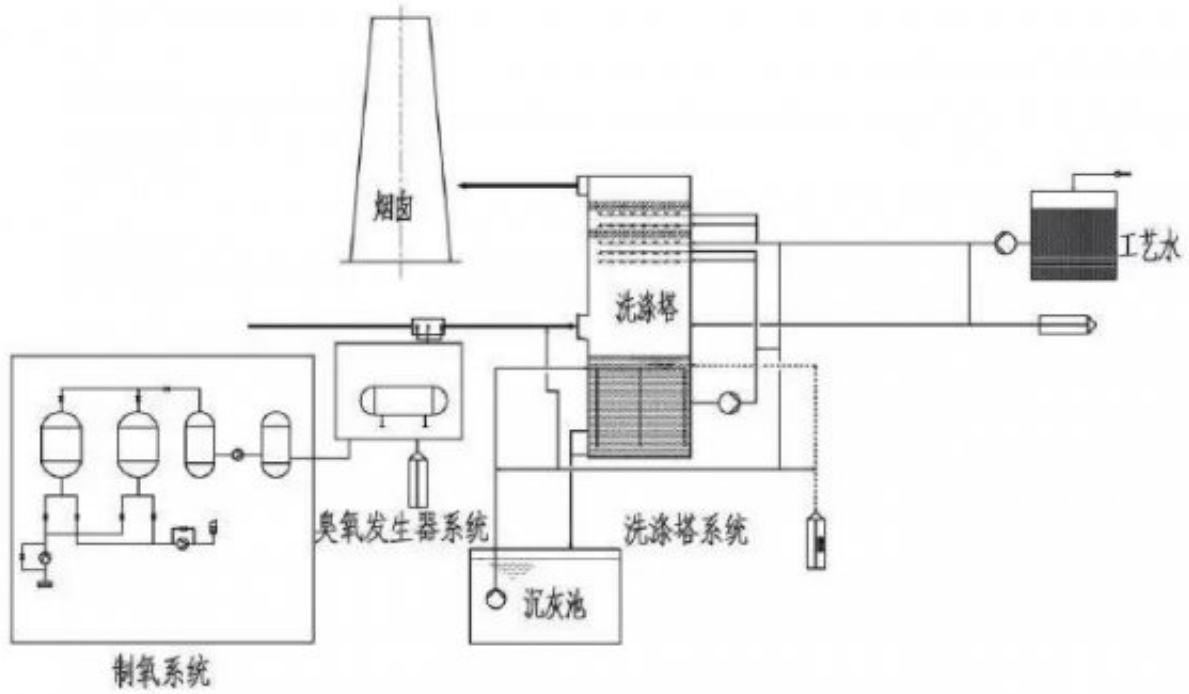

图1 臭氧脱硝系统图

3臭氧脱硝主要设备

臭氧脱硝系统主要由制氧系统、臭氧发生系统（含臭氧发生器、冷却循环水系统、检测仪器仪表等）、臭氧喷射系统、洗涤塔系统、辅助的气源系统、工艺水系统、安全报警系统和PLC的全自动控制系统组成。

制氧系统采用VPSA变压吸附，制氧系统主要由鼓风机、真空泵、吸附器、氧压机、压氧调节、送氧调节、仪表空气系统、仪表控制系统、电气控制系统等组成。原料空气通过空气过滤器后经鼓风机压缩进入吸附器，空气中的氮气、二氧化碳等组分被吸附，生成的氧气产品从吸附器顶部流出，生成合格氧气露点温度＜-60 ° C经精密过滤器过滤、减压稳压后进入臭氧发生室。

氧气在臭氧发生室内部通过中频高压放电生成臭氧，含臭氧的气体经温度、压力、流量监测调节后经臭氧出气口产出。臭氧发生室上设有臭氧取气口，在臭氧发生器配备的臭氧浓度检测仪在线监控臭氧发生器的出气浓度，通过控制系统计算出臭氧产量。臭氧发生器冷却水设计闭环的循环冷却水系统，该冷却系统先通过流过放电管外壁的除盐水（即内循环水）来实现对臭氧发生器的降温，内循环水又与外循环水通过板式换热器进行换热降温，即冷却水系统为两道降温系统，冷却水出水管路装有流量计、温度变送器，当冷却水流量不足、温度超过设定值时报警。水冷却循环系统包括板式换热器、水泵、膨胀罐、阀门仪表及底座等。

在除尘系统后部（洗涤塔前）的烟道上设有臭氧喷射系统，臭氧喷射系统由流量调节控制系统、臭氧喷嘴、管路组成，喷嘴布置能够满足臭氧与烟气充分均匀混合，臭氧流量数据可实现远传并时时可调。臭氧将烟气中的不溶性低价氮氧化物氧化为可溶性高价态的氮氧化物NO_x
，之后进入洗涤塔。洗涤塔系统包括一台洗涤塔（含两级除雾器、两层喷淋层）、浆液再循环系统、相应的管道阀门等。烟气通过洗涤塔入口从洗涤塔浆液池上部进入吸收区，在吸收区热烟气与自上而下的浆液（浆液由两层喷淋层的多个喷嘴喷出）接触发生化学吸收反应，即氮的氧化物
（NO_x

）与氢氧化钙反应，形成硝酸钙，烟气同时
被冷却。在此，烟气中的NO_x
被吸收洗涤，起到脱除氮氧化物的目的。洗涤后的烟气依次经过除雾器除去雾滴，再经净烟道由烟囱排入大气。

辅助的安全报警系统在臭氧制备区内安装有臭氧泄漏报警仪，当制备区域内环境中臭氧/氧气泄露超标时，系统输出报警信号。整个臭氧脱硝系统采用PLC的全自动控制，能够完成脱硝装置内所有的测量、监视、操作、自动控制、报警及保护和联锁、记录等功能。

4臭氧脱硝的技术经济性分析

臭氧脱硝在生物质锅炉、循环流化床锅炉、垃圾焚烧炉、玻璃窑中小炉窑等领域具有较佳的技术经济性，上述锅炉机组燃烧工况极其复杂，随着日益严格的环保要求，只采用SNCR已经不能满足排放要求，必须再上一套脱硝设备，进一步降低NO_x
的出口排放浓度。如果采用SCR，锅炉没有适合SCR的温度场，需要投入大量资金改造锅炉，而且复杂的燃烧工况如：水汽含量高、飞灰含大量碱性成分等，将大大降低催化剂的活性，脱硝锅炉改造成本及运行费用高昂。臭氧脱硝系统具有设备独立性，操作灵活性，运行维护费用低等优势，采用SNCR+臭氧脱硝设备能够满足锅炉任何工况使用要求。

臭氧脱硝工艺可以根据锅炉是否运行，运行负荷的变化随时调整臭氧发生量，运行过程中，根据CEMS检测仪的反馈数据实时调整臭氧流量，设备启动和调试时间短。锅炉检修期间可以停止脱硝工艺，当锅炉低负荷运行时，通过调整臭氧发生量减少臭氧产量降低运行成本。如在xx公司有3×150t/h循环流化床锅炉，锅炉满负荷运行时只采用SNCR即可满足排放要求，但在正常运行中，经常有一台锅炉并不能带到满负荷，且循环切换，按此工况，若采用SCR脱硝，催化剂在三台炉内磨损消耗，运行成本极高，若采用臭氧脱硝，只需上一套臭氧脱硝设备，臭氧按需求投加即可。

因此，臭氧脱硝虽然臭氧产生的成本较高，但是在某些特定运用领域经济性明显。

5臭氧脱硝改造效果

某生物能源有限公司170t/h生物质锅炉脱硝项目采用我司臭氧脱硝设备顺利通过168试运行，该项目采用制氧工艺，配置50kg/h臭氧发生器
，PLC全自动控制，设备投运效果达到预期
，经环保监测，烟囱出口NO_x浓度(以NO_2
计）小于70mg/Nm
^{3}。实测旋风除尘器入口、洗涤塔出
口的含氧量分别为2.66%、5.41%，标况NO_x浓度(6%O_2
)分别为131.7mg/Nm ^{3}、58.4mg/Nm ^{3}，NO_x
脱除效率为55.7%（表2）。各项性能指标完全满足合同协议要求，取得了圆满成功。

表2臭氧脱硝系统氮氧化物浓度试验结果

参数	单位	锅炉蒸发量118t/h，臭氧投量37kg/h	
		旋风除尘器入口	洗涤塔出口
烟气温度	℃	135	69
烟气动压	Pa	83.4	95.2
烟道烟气流速	m/s	11.568	11.264
烟道截面积	m^2	8.00	7.04
工况烟气流量	m^3/h	333148	285464
		309306	
标况烟气流量	Nm^3/h	218674	225649
		222162	
含氧量	%	2.66	5.41
标况NO浓度	mg/Nm^3	94.8	38.3
标况NO_2浓度	mg/Nm^3	16.1	2.1
标况NO_x浓度($6\%O_2$)	mg/Nm^3	131.7	58.4
NO_x脱除效率	%	55.7	

6结语

本次臭氧脱硝技术改造的成功，为工业炉窑提供了一项可靠的脱硝技术路线，扩展了公司产品，意义重大。它是传统脱硝技术的一个高效补充，不受锅炉燃烧工况的影响，在中小炉窑，尤其是传统脱硝技术无法满足的领域，如生物质锅炉、冶金行业、全负荷脱硝等，应用前景广阔。

原文地址：http://www.china-nengyuan.com/tech/139631.html