

## SDA+SNCR工艺在垃圾发电焚烧烟气净化中的应用

本文介绍了某垃圾焚烧发电烟气脱硫脱硝的工艺选择、技术原理、系统流程的工艺设计，通过分析烟气数据，论述了钠基旋转喷雾干燥（SDA）脱硫法和低温选择性非催化还原（SNCR）脱硝工艺在垃圾发电焚烧烟气净化中的应用。二者结合可以实现垃圾焚烧发电烟气中二氧化硫和氮氧化物的协同脱除，保证烟气达标排放和系统稳定运行，进而为垃圾焚烧烟气净化相关工程实践提供参考。

近年来，我国经济持续稳定发展，同时垃圾数量也迅速增长。随着我国社会的发展和进步，不少城市已建设或者拟建设生活垃圾焚烧厂，采用垃圾燃烧发电的方法处理难以处理的垃圾，不仅可以让垃圾变废为宝，而且实现了垃圾处理的无害化和资源化。

垃圾焚烧烟气净化是垃圾发电项目的重要一环。目前，垃圾焚烧后产生的烟气中含有大量烟尘、HCl和SO<sub>2</sub>等酸性气体、重金属以及有害物质二噁英等，烟气净化处理流程以脱酸系统和除尘系统的组合为主，最终实现烟气脱酸除尘的目的。

### 1项目概况

#### 1.1设计依据

根据我国《城市生活垃圾焚烧处理工程项目建设标准》和《生活垃圾焚烧处理工程技术规范》（CJJ90-2009）的规定，拟采用半干法旋转喷雾干燥净化的工艺流程，同时配备机械旋转喷雾干燥脱酸反应塔外加活性炭吸附和布袋除尘装置。另外，采用选择性非催化还原法脱除烟气中的氮氧化物。

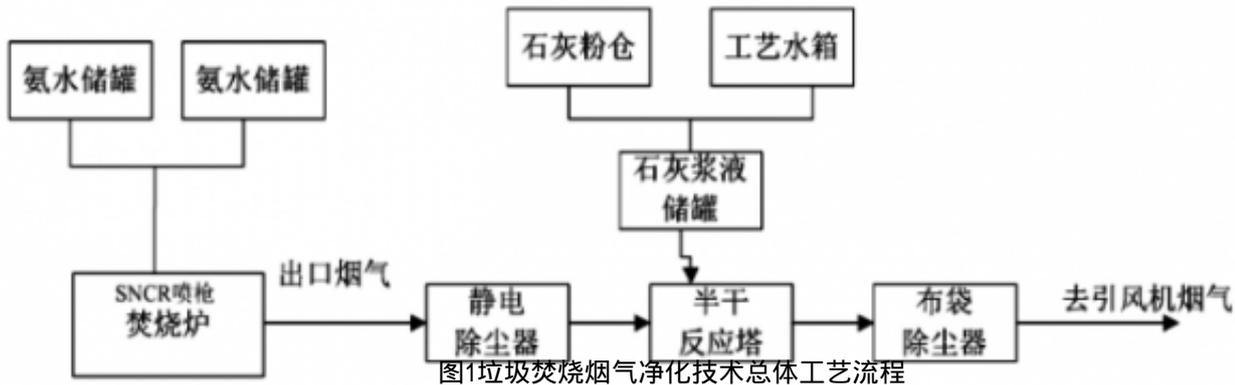
本项目综合处理生活垃圾量650t/d，其中焚烧处理生活垃圾量为530t/d；协同处理市政污泥50t/d，其中焚烧处理污泥20t/d。配套建设2×550t/d循环流化床垃圾焚烧处理线烟气净化系统设备。焚烧工艺为循环流化床锅炉，烟气参数如表1所示。

表1焚烧烟气相关参数

序号	项目名称	单位	数值
1	每台焚烧炉的额定处理垃圾焚烧量	t/d	550
2	锅炉出口额定烟气量	Nm <sup>3</sup> /h	120 000
3	锅炉出口烟气温度	℃	170 - 200
4	O <sub>2</sub> （湿烟气）	%	10.3
5	烟尘（11%氧浓度、干烟气）	g/Nm <sup>3</sup>	21
6	SO <sub>2</sub> 浓度（11%氧浓度、干烟气）	mg/Nm <sup>3</sup>	600
7	NO <sub>x</sub> 浓度（11%氧浓度、干烟气）	mg/Nm <sup>3</sup>	400
8	烟气中含H <sub>2</sub> O	容积比	18.7
9	HCL（11%氧浓度、干烟气）	mg/Nm <sup>3</sup>	1 200
10	HF（11%氧浓度、干烟气）	mg/Nm <sup>3</sup>	50
11	CO（11%氧浓度、干烟气）	mg/Nm <sup>3</sup>	50
12	Hg及其化合物（11%氧浓度、干烟气）	mg/Nm <sup>3</sup>	1
13	Cd + Tl（11%氧浓度、干烟气）	mg/Nm <sup>3</sup>	4
14	Pb+As+Sb+Cu+Cr+Co+Mn+Ni（11%氧浓度、干烟气）	mg/Nm <sup>3</sup>	100
15	二噁英浓度（11%氧浓度、干烟气）	ng TEQ/Nm <sup>3</sup>	5

#### 1.2总体流程

根据项目实际基础数据，初步设计出的工艺流程为，烟气处理工艺为炉内SNCR + 静电除尘 + 旋转喷雾半干法 + 石灰干法喷射 + 活性炭喷射 + 袋式除尘。工艺流程如图1所示。



锅炉出口烟气进入静电除尘器，进行初步烟尘脱除。初步除尘后的烟气从脱硫反应塔顶部进入，同时石灰浆液经高速旋转的雾化器均匀地喷入反应塔内。石灰浆与自下而上的烟气流中的HCl、SO<sub>x</sub>、HF等酸性气体进行反应。喷射的石灰浆液吸热蒸发并生成干燥粉末状反应物CaCl<sub>2</sub>、CaF<sub>2</sub>、CaSO<sub>3</sub>及CaSO<sub>4</sub>等。旋转喷雾脱硫后的烟气进入布袋除尘器，进一步脱除烟尘，并经烟囱排放。

## 2 脱硫脱硝工艺选择

### 2.1 脱硫技术

旋转喷雾干燥法脱硫工艺具有设备简单、投资和运行费用低、占地面积小等优势，脱硫效率可以保持在75%~90%。喷雾干燥吸收法的烟气脱硫工艺简单，包括吸收剂浆液的制备、喷雾干燥吸收和布袋除尘三部分。

未经处理的热烟气通过气体分布器进入喷雾干燥吸收塔，与微小的石灰浆液滴接触。烟气中的酸性组分迅速被细小的碱性液滴中和，脱出烟气中的HCl、SO<sub>2</sub>和SO<sub>3</sub>，同时烟气中的水分被蒸发。

合理地控制烟气分布、浆液流量和液滴尺寸，以确保液滴在接触喷雾干燥吸收塔塔壁之前被干燥，干燥产物包括飞灰和吸收反应产物，落入吸收塔底部，进入粉尘输送系统。处理后的烟气进入布袋除尘器，收集固体颗粒，从颗粒收集器出来的烟气通过引风机送入烟囱排放。

### 2.2 脱硝技术选择

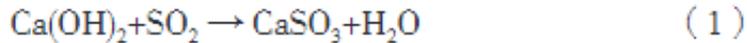
脱除烟气中的NO<sub>x</sub>的工艺方法主要有选择性催化还原法和选择性非催化还原法。选择性催化还原法（SCR）是利用催化剂的作用，在低于400℃的条件下进行NO<sub>x</sub>的脱除反应。SCR系统设备复杂，投资较高，目前垃圾焚烧厂NO<sub>x</sub>净化的应用案例较少。

选择性非催化还原法（SNCR）是在高温（800~1000℃）条件下，利用还原剂氨或尿素将NO<sub>x</sub>还原为N<sub>2</sub>，不需要使用催化剂，并且可利用焚烧炉热量在垃圾焚烧炉炉膛内完成还原反应。SNCR系统设备投资低，简单方便，效率较高。目前，国内外的垃圾焚烧厂多采用此法控制NO<sub>x</sub>的排放。

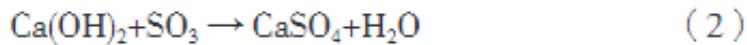
## 3 工艺原理

旋转喷雾半干法（SDA）脱硫是在机械或气流的作用下将脱硫剂分散成约为50 μm的雾状液滴，雾状液滴与烟气间的接触面积较大，在气液两相间发生快速的传热传质和化学反应，从而实现脱硫的目的。

为减小烟气脱硫过程的温降，本项目采用石灰作为脱硫剂，来自粉仓的石灰与水接触制备成石灰浆液。垃圾焚烧烟气经脱硫塔上部的分配器进入脱硫塔体，烟气中的SO<sub>2</sub>与塔顶中心的旋转雾化器喷出的Ca(OH)<sub>2</sub>溶液发生反应，化学反应方程式如下：

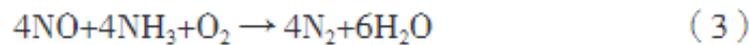


同时，烟气中含有的  $\text{SO}_3$  等酸性气体也会被吸收剂吸收，发生以下反应：



因此，脱硫塔的固体产物主要包括亚硫酸钙或硫酸钙等。

脱硝采用选择性非催化还原（SNCR）技术，其原理是将氨喷入垃圾焚烧炉内，在温度为  $750 \sim 900^\circ\text{C}$  的区域， $\text{NO}_x$  与氨反应从而生成  $\text{N}_2$  和  $\text{H}_2\text{O}$  等无害物质，没有反应完的  $\text{NH}_3$  与  $\text{HCl}$  生成  $\text{NH}_4\text{Cl}$ ，从而减少氮氧化物的排放量。其间发生以下反应，如式（3）、式（4）所示。



使用 25% 的氨水溶液作为还原剂，氨水与软化水混合后，送至安装在焚烧线余热锅炉上的 SNCR 专用喷枪，喷入炉膛，SNCR 系统设备主要用于减少垃圾焚烧产生的废气中的氮氧化物排放量，使其达到低于  $200 \text{ mg/Nm}^3$  的排放要求。

#### 4 性能参数

烟气净化工艺系统满足中国现有《生活垃圾焚烧污染控制标准》（GB 18485-2014）和欧盟 2010/76/EC 中较严格的烟气排放标准要求。本工程设计的烟气排放指标如表 2 所示，以干基、 $\text{O}_2$  含量 11% 计。

表2本工程烟气排放指标

序号	污染物名称	单位	国家标准 GB 18485 - 2014	欧盟 2010/76/EC	本工程保证值
			日平均	日均值	日均值
1	烟尘	$\text{mg/Nm}^3$	20	10	10
2	HCl	$\text{mg/Nm}^3$	50	10	10
3	HF	$\text{mg/Nm}^3$	—	1	1
4	$\text{SO}_2$	$\text{mg/Nm}^3$	80	50	50
5	$\text{NO}_x$	$\text{mg/Nm}^3$	250	200	200
6	CO	$\text{mg/Nm}^3$	80	50	50
7	TOC	$\text{mg/Nm}^3$	—	10	10
8	Hg	$\text{mg/Nm}^3$	0.05	0.05	0.05
9	Cd+Tl	$\text{mg/Nm}^3$	0.1	0.05	0.05
10	Pb+Cr 等其他重金属	$\text{mg/Nm}^3$	1.0	0.5	0.5
11	烟气黑度	林格曼级	1	1	1
12	二噁英类（TEQ）	$\text{ng TEQ/Nm}^3$	0.1	0.1	0.1

注：本表规定的各项排放限值，均以中国标准状态下含  $\text{O}_2$  11% 干烟气为参考值换算；其中  $\text{NO}_x$  由焚烧炉和 SNCR 系统共同保证。

## 5结论

垃圾焚烧发电技术是一种将垃圾重新资源利用的“变废为宝”技术，而烟气净化是垃圾焚烧发电的重要环境治理环节，决定着垃圾焚烧产生的二次污染物排放量。由于垃圾本身成分复杂，垃圾焚烧后产生的烟气成分也比较复杂，包含大量烟尘、HCl、HF、SO<sub>2</sub>、NO<sub>x</sub>、重金属和二噁英等多种污染物，为了避免垃圾焚烧后产生二次污染，焚烧烟气必须进行净化以实现达标排放。

本文中“SNCR+静电除尘+旋转喷雾半干法脱酸+布袋除尘”的烟气净化技术，满足《生活垃圾焚烧污染控制标准》（GB18485-2014）相关要求，处理后烟气粉尘排放浓度低于10mg/Nm<sup>3</sup>，SO<sub>2</sub>排放浓度低于50mg/Nm<sup>3</sup>NO<sub>x</sub>排放浓度低于200mg/Nm<sup>3</sup>。

原文地址：<http://www.china-nengyuan.com/tech/154871.html>