

垃圾焚烧炉烟气净化系统的工艺分析

斯洪良, 王飞龙, 吴斌

(浙江菲达环保科技股份有限公司, 浙江诸暨 311800)

摘要:通过对已有垃圾焚烧烟气净化处理装置的工艺及出口排放的参数分析,提出目前适合的处理工艺及发展方向。

关键词:垃圾焚烧;处理工艺

中图分类号:X705 文献标识码:B 文章编号:1006-8759(2011)02-0033-03

TECHNICAL ANALYSIS ON FLUE GAS CLEANING SYSTEM OF MUNICIPAL SOLID WASTE INCINERATOR

SI Hong-Liang, WANG Fei-long, WU Bin

(Zhejiang Feida Environmental Protection Technology Co., Ltd, Zhuji 311800, China)

Abstract: Through the technical analysis on Flue Gas Cleaning System of Municipal Solid Waste Incinerator and parameter of handled, propose adaptive handling technology and developmental orientation.

Keywords: municipal solid waste incinerator; handling technology

随着城市人口的增加,城市生活垃圾日益增多,据住建部总经济师李秉仁先生在北京介绍,2009年我国城市垃圾清运量达1.67亿t,而且这些城市垃圾绝大部分是露天堆放。它不仅影响城市形象,最主要是污染了与我们生命至关重要的大气、水和土壤,对广大人民的健康构成了严重威胁;目前,垃圾已成为我们城市发展中的最棘手问题之一。

目前,由于国内的垃圾分拣才刚刚起步,我们对垃圾的处理方式只能是填埋和焚烧两种。虽然在目前,反对建造垃圾焚烧炉的声音此起彼伏,很多地方甚至都出现了居民游行反对的现象;但据沈剑山(中科院能源所特聘研究员)调查,由于我国垃圾处理方式仍以填埋为主^[1],今天中国除县城之外的668个城市中,有2/3的城市处于垃圾包围之中,1/4的城市已经无垃圾填埋堆放场地。而垃圾焚烧既能发电,关键还能实现80%~90%的减

容,使得它已成为我们目前无法避免的选择;但进行垃圾焚烧又不可避免会产生一些副作用,譬如虽然自然界产生的二恶英很少,环境中的二恶英类90%都来源于垃圾焚烧炉^[2];象日本过去由于工艺落后,每年由于城市生活垃圾焚烧产生的二恶英类的量就达5~10kg的TEQ^[3],对环境造成了巨大的破坏;所以垃圾焚烧烟气处理工艺是否安全、可靠,是保障垃圾焚烧能否得到大面积推广实施的首要条件。

1 工艺流程简介

垃圾焚烧厂烟气处理工艺主要是对酸性气体(HCl, HF, SO_x)、氮氧化物(NO_x)、颗粒物、有机物(包括二恶英)及重金属等进行控制。干法以前在日本应用较多,但由于净化效率较低在国内较少使用,目前国内主流的处理方式,它主要分为以下两种工艺:

工艺一: 降温塔→活性炭喷射装置→半干法脱酸反应器→袋式除尘器,如菲达MHGT工艺。

工艺二: 降温塔→活性炭喷射装置→袋式除

尘器→湿式洗涤塔→再加热装置,即湿法工艺。

2 MHGT 工艺及应用

在 MHGT 脱硫工艺中,我们最早应用在绍兴新民热电 400 t/d 垃圾焚烧工程中,由于锅炉出口烟气温度不高,没有设置急冷降温塔,具体的烟气净化工艺流程见图 1 所示:

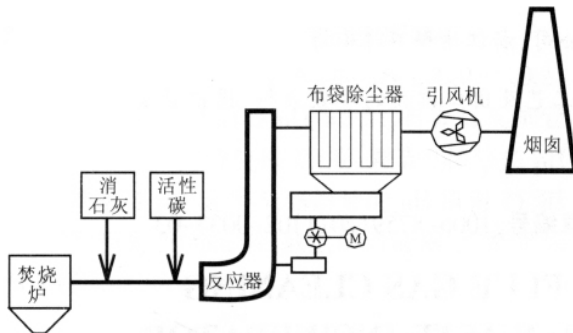


图1 绍兴新民热电厂400 t/d垃圾焚烧烟气净化工艺

绍兴新民热电 400 t/d 垃圾焚烧系统于 2001 年 8 月投入运行,于 2002 年 1 月通过浙江省环境监测中心站性能测试,测试数据包括 HCl、NO_x、SO₂、重金属、二恶英的全部指标都远低于国家标准 GB18485-2001,其中二恶英排放值经德国 MPU 实验室、中科院水生生物二恶英监测实验室多次检测,均达到《欧洲联盟环境标准体系 2000》标准(下称欧盟 2000 标准)。浙江省环境监测中心站于 2002 年 1 月 8 日~11 日对绍兴新民热电厂 400 t/d 垃圾焚烧炉炉后烟气净化系统环境进行了检测,详细数据见表 1:

表 1 绍兴新民热电厂 400 t/d 垃圾焚烧炉炉后烟气净化系统监测数据

监测项目	出口数值
烟尘排放浓度/(mg·Nm ⁻³)	16.7
SO ₂ 排放浓度/(mg·Nm ⁻³)	43.1
脱硫效率/%	89
HCl排放浓度/(mg·Nm ⁻³)	13.8
HF排放浓度/(mg·Nm ⁻³)	2
NO _x 排放浓度/ppm	77.5
铅/(mg·Nm ⁻³)	< 1.0
镉/(mg·Nm ⁻³)	< 0.04
汞/(mg·Nm ⁻³)	< 0.05
烟气中二恶英含量/(TEQ)(ng·Nm ⁻³)	0.00023

在另一只危固废垃圾焚烧烟气净化工程——天津合佳奥绿思 45 t/d 医疗垃圾烟气处理工程中,同样采用了菲达的 MHGT 工艺;与绍兴新民热电 400 t/d 垃圾焚烧系统相比,因为其锅炉出口烟气

温度达 550 ℃~650 ℃,所以我们在半干法脱酸反应器前加了急冷却塔,尽量减少烟气在 200 ℃~350 ℃温度域的停留时间,并控制除尘器入口烟气温度低于 200 ℃,它既有利于减少二恶英类污染物再次生成,又有利于对重金属污染物的脱除;然后再喷入活性炭、脱硫剂,可吸附大部分的二恶英类和重金属污染物以及酸性气体,最后用袋式除尘器捕集^[4]。详细的烟气净化工艺流程见图 2。

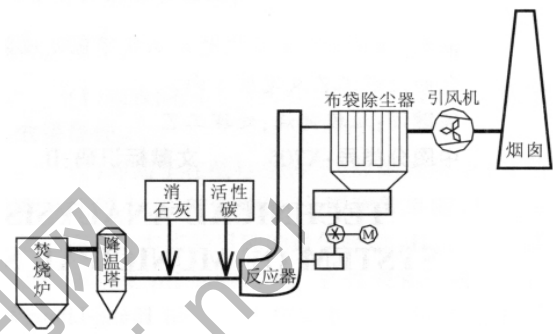


图2 天津合佳奥绿思45 t/d医疗垃圾焚烧烟气净化工艺

天津合佳奥绿思 45 t/d 烟气处理工程于 2003 年开始投运,并经天津市环境监测中心检测,结果均符合 GB 18484-2001 的规定。天津市环境监测中心站于 2005 年 4 月 26 日~28 日对天津合佳奥绿思环保有限公司 45 t/d 固体危险废物垃圾焚烧处理工程进行了检测,详细数据见表 2 所示:

图 2 天津合佳奥绿思环保有限公司 45 t/d 危固废垃圾焚烧炉后烟气净化系统检测数据

监测项目	出口数值
烟尘排放浓度/(mg·Nm ⁻³)	15.13
黑度/林格曼级	< 1 级
SO ₂ 排放浓度/(mg·Nm ⁻³)	26
NO _x 排放浓度/(mg·Nm ⁻³)	335
脱硫效率/%	92
HCl排放浓度/(mg·Nm ⁻³)	18
HF排放浓度/(mg·Nm ⁻³)	0.76
烟气中二恶英含量	0.13
铅/(mg·Nm ⁻³)	< 1.0
镉/(mg·Nm ⁻³)	< 0.07
汞/(mg·Nm ⁻³)	< 0.06

另外有关 NO_x 的达标处理,目前国内很多工程采用低氮燃烧法来控制烟气中 NO_x 浓度,如采取目前广泛应用的深度空气分级燃烧技术、三级分级燃烧技术等等;通过这些措施,可控制 NO_x 排放浓度在 300~350 mg/m³^[5]。除此以外,可通过在循环流化床脱酸反应器脱硫的基础上加入专门

的“富氧型”活性吸收剂^[6],从而实现脱酸脱硝一体化,而且其脱硝效率可达 65%左右^[7];所以即使锅炉出口 NO_x 达到 $1\ 000\ \text{mg}/\text{Nm}^3$,也可通过加入活性吸收剂来保证排放满足 GB18485 及 GB18484-2001 的要求。

3 湿法工艺及应用

随着人们对环保要求的愈来愈高,大家发现 GB 18485-2001、GB18484-2001 在排放方面与欧盟 2000 标准比较有着较大差距,详细的烟气排放标准对比见表 3;而且我们发现,在目前所使用的 MHGT 工艺,在某些指标上不能稳定达到欧盟 2000 标准;所以我们新上的很多工程,在使用进口设备后就要求厂家净化处理后烟气参数须达到欧盟 2000 标准,其中上海江桥垃圾焚烧处理厂就是一个典型例子。

表 3 垃圾焚烧炉后烟气排放标准对比

污染物名称	GB18485-2001	欧盟 1992	EU2000/76/EC
烟尘	80	30	10
HCl	75	50	10
HF	-	2	1
SO _x	260	300	50
NO _x	400	-	200
CO	150	10	50
TOC	-	20	10
Hg	0.2	0.1	0.05
Cd	0.1	0.1	0.05
Pb	1.6	-	≤0.5
其他重金属	-	6	≤0.5
二恶英类	1.0	0.1	0.1
烟气黑度	1	-	-

注:表中单位二恶英类为 $(\text{ng}-\text{TEQ}/\text{nm}^3)$,烟气黑度为林格曼级,其余均为 mg/Nm^3 。

上海江桥垃圾焚烧处理厂一、二期工程日处理垃圾 1 500 t,烟气均采用了半干法+袋式除尘器并辅助活性碳喷射的工艺系统;但在其后的 2008 年的扩能工程中,烟气处理就采用了上述的

工艺二,即布袋前喷消石灰干法除酸+布袋后湿法除酸的双重除酸工艺,且明确要求净化处理后烟气品质须达到欧盟 2000 标准;净化工艺流程见图 3 所示:

该除酸工艺 HCl 总去除率可超过 99%,SO₂ 去除率也可超过 95%,与原一、二期工程采用的半干法除酸工艺相比,HCl 和 SO₂ 去除率分别提高了 8%和 23%,HCl 和 SO₂ 排放均能符合欧盟 2000 标准的要求;而且布袋前增加的喷水雾降温塔和布袋后的湿式洗涤塔均对烟尘有一定的去除效果,特别是湿式洗涤塔对经布袋除尘后的细颗粒烟尘仍有一定的去除效果,降温塔和湿式洗涤塔对烟尘的合计去除率可超过 60%以上,因此粉尘排放也能达到欧盟 2000 标准的要求。

在 NO_x 脱除方面,由于 SNCR 技术具有投资少、运行费用低、周期短的优点,在垃圾焚烧中得到广泛应用;它是以氨水或尿素作为还原剂,将其喷入焚烧炉内,与 NO_x 进行选择反应,使 NO_x 还原为 N₂ 和 H₂O,达到脱 NO_x 之目的,该工艺能使 NO 和 NO₂ 的脱除效率为 40%~60%;在考虑炉内用低氮燃烧法来控制烟气中 NO_x 浓度情况下再采用 SNCR 技术^[8],NO_x 排放浓度也能达到欧盟 2000 标准的要求。

4 结论

垃圾焚烧能够最大限度地实现垃圾的减量化、无害化、资源化,具有很好的应用前景,但焚烧不可避免带来二次污染,尤其是由飞灰、酸性气体、二恶英、重金属等组成的焚烧烟气的污染,会对我们的生存环境带来巨大的破坏。所以在目前的形势下,大力推进垃圾分拣、提高环保标准、采用更先进的焚烧及净化工艺,已是摆在我们面前迫不及待的任务。

目前,国内绝大部分垃圾焚烧炉烟气净化系统都采用了类 MHGT 工艺;在当前的环保要求下,基本能满足国内的排放要求,而且相对来说,它的投资与使用成本更低,但它在满足更严格的环保标准(如欧盟 2000 标准)方面存在一些问题;烟气净化系统选用进口设备的,则很多都选用了湿法工艺,即与上海江桥垃圾焚烧技改工程基本一致的工艺,相对来说设备费用及运行成本较高,但其出口排放上对环境的影响更小,也能满足欧

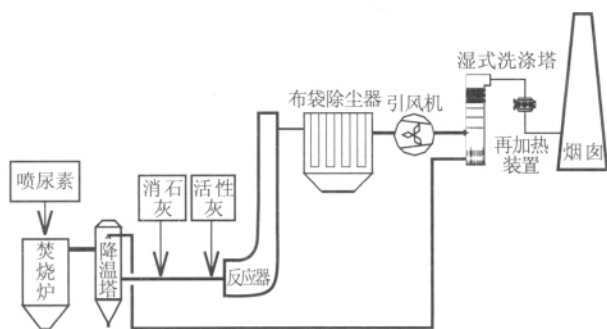


图3 上海江桥垃圾焚烧烟气净化工艺

(下转第 38 页)

毒。紫外消毒装置型号:ZD-XZY30-24。

2.3 改造后工艺方案

生活污水与矿井水分别处理。生活污水经细格栅拦截漂浮物、悬浮物后,进入调节池调节水质水量,入混凝反应池与混凝剂接触反应,经斜管沉淀池固液分离后,进入曝气生物滤池氧化、稳定水质有机污染物,达标排放。

矿井水经调节后,入混合反应池与混凝药剂接触反应后,细小的煤粒、岩粉凝结成密实粗大的悬浮物,经斜管沉淀池沉淀分离后,进入高效多介质过滤器,进一步截留细小悬浮物后,入清水池,紫外消毒后用于矿区生产、电厂冷却水。改造后工艺流程见图 2 所示。

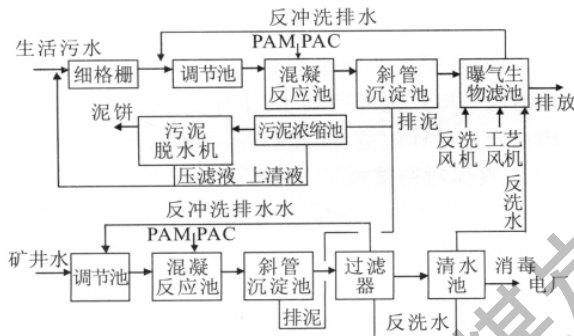


图 2 改造后工艺流程图

3 改造前后水质对比

工艺改造完成,工艺调试、运行稳定后,出水水质监测,监测结果与改造前出水水质对照结果见表 3。

表 3 改造前后出水水质对比

项 目	COD _{Cr}	BOD ₅	SS	浊度 (/NTU)	Cl ⁻
改造前出水	70	30	80	/	/
改造后生活污水出水	50	15	18	/	/
改造后矿井水出水	15	/	5	3	100
《煤炭工业污染物排放标准》 (GB20426-2006)	50	/	50	/	/
《工业循环冷却水处理设计 规范》(GB50050-2007) 水质 要求	30	5	10	5	250

注:单位除浊度外,均为 mg/L。

4 结论

煤矿生活污水与矿井水水质不同,应该分流,单独处理。生活污水经化学混凝、沉淀后,经曝气生物滤池,氧化、稳定其中的有机污染物后达标排放。含悬浮物低矿化度矿井水,通过化学混凝反应、沉淀、高效多介质过滤、紫外消毒后,可用于电厂冷却水补给及矿区生产,实现了矿井水的资源化。

(上接第 35 页)

盟 2000 标准的排放要求。随着人们对环保要求的愈来愈高,希望有更先进、可靠的工艺应用到垃圾焚烧上来。

参考文献

[1] 赵欣,田宇.我国生活垃圾处理现状分析与技术发展方向研究[J].广西轻工业,2008,(7):85-87.
 [2] 彭恩泽,李晶晶.二恶英类物质污染及综合防治措施[J].工业安全与环保,2005,31(2):19-29.
 [3] 王华.二恶英零排放化城市生活垃圾焚烧技术[M].北京:冶金

工业出版社 2001,29~30。
 [4] 屠进.垃圾焚烧发电厂中各种二次污染的控制[J].能源与环境,2002,21(3):28~30.
 [5] 郭斌,廖永进.从脱硫产业发展谈我国 NO_x 控制策略[J].中国电力,2009,42(8):46~49
 [6] 许佩瑶.烟气循环流化床同时脱硫脱硝实验研究[R].保定:华北电力大学,2007
 [7] 赵毅.干法烟气同时脱硫脱硝的应用及进展[J].电力环境保护,2009,25(8):22~25.
 [8] 路涛,贾双燕,李晓芸.关于烟气脱硝的 SNCR 工艺及其技术经济分析[J].现代电力,2004,21(1):17~22.