

新 能 源

城市垃圾焚烧发电技术及其污染物控制策略

丁历威, 李凤瑞

(浙江省电力试验研究院, 杭州 310014)

摘 要: 介绍垃圾发电的特点, 详细分析了机械炉排炉和循环流化床的垃圾焚烧机理及其优缺点, 对污染物排放提出了相应的控制策略, 尤其对二噁英的生成途径、炉内控制、烟气和灰渣的排放处理进行了详细分析。

关键词: 机械炉排炉; 循环流化床; 二噁英; 控制; 酸性气体

中图分类号: X705

文献标志码: B

文章编号: 1007-1881(2010)02-0055-04

Technology Features and Pollution Control Strategy of MSW Incineration Power Generation

DING Li-wei, LI Feng-rui

(Zhejiang Electric Power Test and Research Institute, Hangzhou 310014, China)

Abstract: This paper describes the characteristics of MSW incineration power generation. It is followed by a detailed analysis of the mechanism of mechanical grate boiler and CFB as well as their advantages and disadvantages. Finally, it raises a number of effective control strategies to pollution emissions, in particular a detailed analysis of the generation means, boiler control and treatment of dioxin.

Key words: mechanical grate boiler; CFB; dioxin; control; acid gas

0 引言

随着我国城市居民生活水平的提高和人们环保意识的增强, 垃圾焚烧发电的前景充满希望。垃圾焚烧发电作为新型能源, 得到国家政策的大力支持。

由于垃圾焚烧过程比较复杂, 垃圾热值不稳定, 采用合适的焚烧锅炉尤为重要。在实现生活垃圾无害化、减容化和资源化的同时, 焚烧产物中的粉尘、酸性气体以及残渣中的重金属, 特别是剧毒有机物二噁英含量比较大。如果排放的有毒有害物质不能得到严格处理, 达不到规定的排放标准, 将对环境带来严重的二次污染。

本文简要介绍了垃圾发电的特点, 分析了目前比较流行的2种垃圾焚烧炉的原理和优缺点, 提出了一些污染物的控制策略, 以期能使排放物符合国家标准, 减少环境的二次污染。

1 垃圾发电的特点

1.1 传统垃圾处理方法

我国常用的垃圾处理方法有: 卫生填埋法、堆肥法和直接焚烧法。3种方法的基本特征如下:

(1) 卫生填埋法的无害化低, 占地面积大, 垃圾分解速度缓慢, 一般需10~20年。填埋区易产生沼气、含毒污水, 对空气、土壤和地下、地表水产生污染。且易造成城市垃圾无处堆放。

(2) 堆肥法通过微生物的生化作用, 将垃圾中的有机质分解腐烂, 转换成肥料。该法对垃圾成分有较高要求, 产品肥效低、制造期长, 不适应城市生活垃圾的迅速增长。初投资和运行费用较卫生填埋法高。

(3) 直接焚烧法可实现城市生活垃圾的无害化、减容化和资源化。

1.2 直接焚烧的特点

目前国内垃圾直接焚烧主要采用机械炉排焚烧炉和循环流化床焚烧炉技术。直接焚烧法具有以下特点:

(1)垃圾可直接焚烧,处理简单、速度快、处理量大。

(2)垃圾焚烧后减容效果显著,垃圾中可燃成分被燃烧,水分被蒸发排入大气,作为残渣部分的不燃成分和灰分只有原体积的10%~20%。

(3)在垃圾燃烧过程中,焚烧炉炉温高,垃圾所携带的大量病菌和各种有害物质、臭气均会发生高温热分解,从而达到对垃圾无臭、无害化处理,有效改善城市卫生条件,保护环境。

(4)垃圾燃烧产生的高温烟气可用于蒸汽发电、城市供热制冷和其他需要蒸汽的地方,实现了废热利用和回收能源。

但是,直接焚烧最大的也是致命的缺陷就是其焚烧产物中的 SO_x 、 NO_x 、HCl、粉尘和残渣中的重金属,特别是氧化反应产生的剧毒有机物二噁英含量较大。如果对所排放的这些有毒有害物质不能进行严格处理,达不到规定的排放标准,将对周围环境带来严重的二次污染。因此,我国和世界上其他国家一样,对垃圾直接焚烧处理后产生的有毒有害废弃物越来越重视,规定了严格的排放标准加以控制^[1]。

2 机械炉排炉和循环流化床的炉型对比

垃圾焚烧锅炉是垃圾热电站的主要设备,也是发展垃圾热电站的关键所在。由于焚烧燃料是具有一定腐蚀性、水分含量高、热值不稳定的垃圾,因而垃圾焚烧锅炉及其燃烧设备在设计上有一定的特殊性。由于垃圾焚烧发电热值比较低,而水分含量比较高,因此,性能优良的燃烧设备是垃圾焚烧锅炉的关键。目前垃圾焚烧锅炉燃烧方式主要是机械炉排炉和循环流化床。

2.1 机械炉排炉

机械炉排炉是以机械式的炉排块构成的炉床,炉膛具有干燥区、点火区、燃烧区、燃尽区、冷却区等分区特点。生活垃圾直接在炉排上靠炉排间的相对运动不断被翻动、搅拌并推向前进。正常运行时,炉温维持在 $800^{\circ}C$ 以上,垃圾进入炉内与热空气接触并升温、干燥、着火、燃尽。燃烧发出的热量可以维持炉温,但在垃圾热值偏低

的情况下需要加入燃料油作为辅助燃料^[2]。

2.1.1 炉排炉的优点

(1)单台炉的处理量大,技术成熟。

(2)垃圾在炉内分布均匀、料层稳定、燃烧完全。运行时可视炉内垃圾焚烧状况调节炉排转速,控制垃圾炉内的停留时间,使其燃尽。

(3)鼓风机所需功率小,动力消耗小。

(4)因为垃圾在炉排上燃烧,而且不掺烧燃煤,所以烟气中粉尘含量低,减轻了除尘器的负担,降低了运行成本。

2.1.2 炉排炉的缺点

(1)活动炉排和固定炉排等关键部件由耐热合金钢制造,设备造价较高。

(2)炉膛的体积较大,炉体的热损失增加。

(3)垃圾中的灰土容易堵塞炉排的进风通道,并且垃圾容易燃烧结渣,影响设备的正常运行和垃圾焚烧效果。

(4)在垃圾热值偏低的情况下,为了维持燃烧,保证蒸汽参数,必须向炉内加入燃油或者燃气,从而使运行成本升高。

2.2 循环流化床

在国内,目前比较成熟的大容量、连续运行的生活垃圾焚烧均为循环流化床锅炉。

循环流化床焚烧原理是借着砂介质的均匀传热与蓄热效果以达到燃烧的目的。在炉内放入一定粒度的砂子,通过底部布风板进入一定压力的空气,将砂子吹起,呈沸腾状。燃料在流化状态下燃烧^[3]。循环流化床锅炉炉膛运行温度通常控制在 $850\sim 900^{\circ}C$ 。由于循环流化床独有的内循环,炉内呈现2个旋转方向相反的强烈湍流区,可使垃圾焚烧在温度均匀、燃烧条件相同、湍流强度较大的情况下运行,对燃料的干燥、热解、着火和燃尽极为有利^[4]。

2.2.1 循环流化床的优点

(1)处理垃圾适应性强。循环流化床燃烧稳定,炉内温度场均匀。由于流化床强烈湍流,拥有大量高温循环物料,床层热容量大,可以焚烧大部分的垃圾。

(2)焚烧效率高。由于炉内的气固、固体相态强烈混合,相互之间不断碰撞,提高了垃圾的燃烧程度。

(3)垃圾渗滤液可以直接在炉膛内热分解。

(4)烟气排放性能好。

(5)焚烧炉启动停用简便,燃烧设备无机械运动机构,维护容易,占地面积小。

2.2.2 循环流化床的缺点

(1)循环流化床对燃料颗粒粒径有一定要求。

(2)炉内粉尘浓度大、飞灰量大,加速了水冷壁磨损。

(3)烟气中高腐蚀性气体含量大,炉内水冷壁易腐蚀。

(4)炉膛出口烟气温度低,而氯化物腐蚀最活跃的温度是400℃左右,过热器壁温应避开这个温度区。因此焚烧炉一般均为中、低压锅炉。

(5)必须加入煤粉作为辅助燃料,运行成本偏高。一般掺煤比为1:5(煤粉:垃圾)。

与机械炉排炉相比,流化床燃烧方式较新,发展历史大约只有40年,但因其广泛的燃料适应性,能燃用低热值、高灰分、高水分的低品位燃料;具有良好的排放性质,能有效实现有害气体的燃烧过程抑制;具有稳定可靠的运行保证以及便于其它炉型改造等优点而得到了快速的发展,在各种工业和生活废弃物的焚烧处理方面实现了大型化和环境友好化的应用。

3 污染物的控制策略

3.1 二噁英的控制策略

二噁英是一种含有氯的强毒性有机化学物质,自然界中几乎不存在,它是由氯化物进行不充分燃烧产生的。在焚烧过程和化学反应中二噁英是由苯环与氧、氯等组成的芳香族化合物。

城市生活垃圾的焚烧是二噁英的主要来源。在垃圾燃烧过程中由含氯前驱物生成二噁英,前驱物包括聚氯乙烯、氯代苯、五氯苯酚等,也可以是燃料中的微量杂质或在燃烧后温度较高区域通过多级反应而生成的有机物。在燃烧中前驱物分子通过重排、自由基缩合、脱氯或其他分子反应等过程会生成二噁英,这部分二噁英在高温燃烧条件下,大部分会被分解。

当因燃烧不充分而在烟气中产生过多的未燃尽物质,并遇适量的触媒物质(主要是重金属,特别是铜)及合适的温度区域,在高温燃烧中已经分解的二噁英将会重新生成。

在垃圾焚烧工艺中,控制二噁英的形成源、

切断二噁英的形成途径以及烟气和灰渣的控制排放是最为关键的几个核心问题^[5]。

3.1.1 垃圾入炉前的预处理

(1)采用垃圾分选技术对垃圾分类,分选出垃圾中铁、铜、镍等重金属含量高的物质;减少含氯有机物,从源头减少二噁英生成的氯来源。

(2)采用高硫煤与城市生活垃圾混烧的办法,控制燃烧条件,通过煤中的硫抑制二噁英的产生。

(3)采用垃圾粉碎的办法,在垃圾进入焚烧炉前将其完全粉碎,扩大与氧气的接触面积使其燃烧充分。

3.1.2 炉内控制

(1)采用低CO燃烧技术,改善炉内燃烧条件,调整好一、二次风的分配,使烟气混合搅拌和二次燃烧完全,保证垃圾燃烧充分,减少二噁英和不完全燃烧产物类前驱物的产生。CO的浓度越低燃烧就越充分,烟气中比较理想的CO浓度指标是低于60 mg/m³。

(2)控制二噁英前驱物的多相催化合成。控制炉膛和二次燃烧室温度不低于850℃、烟气在炉膛和二次燃烧室的停留时间不少于2 s、氧气浓度不低于6%。合理控制助燃空气量以及注入位置,缩短烟气处于300~500℃温度区域的时间,控制余热锅炉的排烟温度不超过250℃。

(3)在焚烧炉中加入煤或脱氯剂,利用煤中的硫来抑制二噁英生成,在垃圾焚烧过程中添加脱氯剂实现炉内低温脱氯,将大部分气相中的氯转移到固相残渣中,从而减少二噁英的炉内再生和炉后再合成。

3.1.3 烟气净化处理

(1)急冷洗涤法烟气处理技术。采用急剧冷却的方法降低烟气温度,既可以抑制二噁英的再合成,同时又能除去HCl、SO₂、烟尘等污染物。

(2)用布袋除尘器去除吸附在亚细粒子灰尘上的二噁英。

(3)雾状活性炭粉末吸附法。活性炭在常温时对二噁英等平面构造的芳香族碳氢化合物有吸附性。先向烟气中喷入活性炭或高炉焦炭吸附二噁英,再用布袋除尘器收集,收集下来的活性炭或高炉焦炭还可以循环使用。吸附饱和后的炭可以与燃料混合燃烧。

(4)用催化剂分解二噁英。将含有二噁英的飞

灰在低于 250℃的环境里与半导体物催化剂拌匀,在紫外线照射下,二噁英被分解并不会重新生成。

(5)纳米管清除二噁英。美国密执安大学的一项研究表明,多壁碳纳米管清除二噁英效率很高,它通过二噁英的苯环与纳米管表面强烈反应,达到降低二噁英的目的。

(6)使用电子束让废气中的空气和水生成活性氧等易反应性物质,进而破坏二噁英的化学结构。日本原子能研究所的科学家们使用电子束照射废气的方法分解、清除其中的二噁英,效果良好。

(7)吸收法清除二噁英。采用喷淋吸收塔后加布袋除尘器,烟气通过喷淋吸收塔时,与雾化的吸收剂相混合,使烟气在喷淋吸收塔出口温度为 130~150℃,而后烟气中的二噁英包裹在吸收剂中被布袋除尘器除去。

3.1.4 处理灰渣中的二噁英

(1)由于二噁英在飞灰上被吸附或生成,收集后飞灰中二噁英的浓度最高,所以必须作为有毒有害物质送安全填埋场进行无害化处理。若有条件可对其进行低温(300~400℃)加热脱氯处理,或采用熔化炉在 1 200~1 400℃下熔融固化后再送安全填埋场处置,以减少二噁英的排放。

(2)底渣中仍残留相当数量的二噁英,虽然浓度与飞灰相比很小,但仍可以与飞灰一起进行无害化处理。

3.2 酸性气体的处理

对垃圾焚烧尾气中酸性气体(主要包括 SO_x 、 HF 、 NO_x 、 HCl)的净化主要是通过酸碱中和反应进行。其净化方法主要有 3 种^[6]:

(1)干式洗气法。用压缩空气将石灰粉末直接加入烟道中或者烟道中某段反应器内,使碱性粉末与酸性废气充分接触和反应,从而中和酸性气体并加以去除。此法投资省,操作维护运行费用低,耗水、耗电少,但药剂消耗量大,去除效率低。

(2)湿式洗气法。在烟道中建一个填料吸收塔,烟气在塔内与碱性溶液对流混合,不断在填料中的空隙及表面接触及反应,使尾气中的酸性气体被吸收去除。其优点是去除率高,但投资高,耗电、耗水量大,产生的废水需要进行处理。

(3)半干式洗气法。介于干式与湿式之间,通过半干法洗气塔(实质是喷雾干燥装置),利用雾

化器将熟石灰浆从塔顶或底部或切向加入塔内,烟气与石灰浆同向或逆向在塔内流动并充分接触发生中和反应,由于液滴直径小、表面积大,不仅与尾气液滴充分接触,同时水分在塔内能完全蒸发,不产生废水。此法综合了干法与湿法的优点,但是制浆系统较为复杂。

4 结语

(1)国外发达国家和地区因垃圾品质较好并且较稳定,热值比较高,通常采用炉排焚烧炉。而国内因为垃圾水分比较大、热值相对较低,各个地区垃圾情况也有较大差异,采用炉排炉还是循环流化床要根据具体情况而定。

(2)污染物排放必须达到国家排放标准,防止对环境造成二次污染。

(3)由于二噁英自然界本不存在,其生成途径主要来自于垃圾焚烧。所以要加大控制力度,从垃圾源头、炉内燃烧控制、烟气和灰渣排放等各个环节上减少二噁英的产生。

垃圾发电不但是一个电力工程,也是一个市政工程。因地制宜地建设垃圾电厂,可以加快我国大中城市垃圾处理和资源再生的步伐。

参考文献:

- [1] 姚谦. 垃圾焚烧发电利国利民[J]. 中国高新技术企业, 2008, 21: 142-143.
- [2] 孙毅. 生活垃圾焚烧炉型的选择[J]. 水泥科技, 2008, 4: 12-16.
- [3] 徐柏晖, 王林虎, 吴涛, 等. 城市垃圾焚烧[J]. 中国环保产业, 2004, 3: 28-39.
- [4] 陈玉村, 桂北芳. 循环流化床技术应用于生活垃圾焚烧处理的探讨[J]. 江西能源, 2005, 4: 47-48.
- [5] 黄文章, 胡小燕, 伍燕, 等. 二噁英的产生机理和控制[J]. 重庆科技学院学报:自然科学版, 2008, 10(6): 43-46.
- [6] 李风斌, 钟史明. 垃圾焚烧发电供热污染物的控制[J]. 区域供热, 2007, 6: 13-17.

收稿日期: 2009-08-06

作者简介: 丁历威(1979-), 男, 浙江长兴人, 工程师, 硕士, 从事锅炉专业数值计算、生产服务试验及科研工作。

(本文编辑: 徐 晗)