

烟气污染治理技术在生活垃圾焚烧发电厂中的应用

沈 东 潘云云 明 嵬

中国联合工程有限公司 浙江杭州 310000

摘 要: 随着城市生活垃圾可燃物和易燃物的增加,及各种先进技术的发展和应用,使垃圾焚烧技术不断得到完善和发展。国家出台的相关政策对烟气排放要求越来越严,这就要求生活垃圾焚烧发电厂必须采用先进的烟气处理和污染控制工艺,有效的防止环境污染。

关键词: 烟气污染治理技术;生活垃圾焚烧发电厂;应用

Application of flue gas pollution control technology in domestic waste incineration power plants

Dong Shen Yunyun Pan Wei Ming

China United Engineering Co., LTD., Hangzhou, Zhejiang 310000

Abstract: With the increase of combustible and flammable materials in municipal waste, and the development and application of various advanced technologies, the waste incineration technology has been improved and developed. The relevant national policies on flue gas emission requirements are becoming increasingly stringent, which requires domestic waste incineration power plants must use advanced flue gas treatment and pollution control technology to effectively prevent environmental pollution.

Keywords: Flue gas pollution control technology; Domestic waste incineration power plant; Application

与填埋、裂解等技术相比较,垃圾焚烧技术具有技术先进、占地少、可能源回收等优势,因而被广泛用于城市生活垃圾的处置。但是,由于其组成比较复杂,在燃烧的过程当中产生的烟气中含有大量的酸性气体(、)、粉尘、重金属等,会对生态和人民的健康造成严重的危害,所以必须对燃烧烟气进行治理,达标后排放。通过烟气污染防治技术对生活垃圾焚烧发电厂烟气污染物进行有效控制。

一、生活垃圾焚烧发电烟气污染物的分类

垃圾焚烧烟气的主要成分是由、和等物质组成,约占烟气体积的99%,此外还含有1%左右的有害污染物,主要包括:

1. 酸性污染物

垃圾焚烧发电过程当中所产生的烟气含有氯化氢()、氟化氢(HF)、硫氧化物()及氮氧化物()等物质。这些物质不但会对生态环境产生一定的影响,而且对人类的生命健康也有很大的危害。

2. 颗粒物

垃圾发电厂在焚烧垃圾的时候,由于垃圾的种类比较复杂,而且数量多。所以,在燃烧过程当中,会产生很多颗粒物,包括惰性氧化物、金属盐类、未完全燃烧产物等。

3. 重金属

垃圾焚烧发电厂在处理垃圾时,会产生大量的重金属,包括Pb、Hg、Cd、Mn、Cr、As等单质与氧化物。

4. 残余有机物

垃圾焚烧过程中产生的残余有机物包括未完全燃烧有机物与反应生成物,如芳香族多环衍生物、烃类化合物、不饱和烃化合物,二噁英类。二噁英是剧毒物质,致癌、致畸、致突变,可以通过皮肤、呼吸道、消化道等进入人体,对人体危害巨大。

二、烟气净化处理技术在生活垃圾焚烧发电厂中的应用

垃圾焚化不但可以达到减容、减量的目的,而且可以产生电能,对有效处置垃圾堆积、缓解电能压力有积极作用。目前,垃圾焚烧已成为一种新的垃圾处置方式。但焚烧垃圾的过程中,会产生有害气体,对城市环境造成影响,对居民的身体健康产生危害,所以,若想推进垃圾焚烧发电,必须要做好烟气净化处理。只有保证焚烧后的烟气符合排放标准,才能够推动生活垃圾焚烧发电厂的持久发展。

目前国内外应用较多、技术比较成熟的生活垃圾焚烧炉炉型主要有机械炉排焚烧炉、流化床焚烧炉、热解气化焚烧炉和旋转窑焚烧炉四种,其中炉排炉的应用最为广泛。为了对城市生活垃圾焚烧发电厂的烟气净化处理技术进行深入的分析,本文以某垃圾焚烧发电厂为例,生活垃圾在炉排炉中的焚烧过程一般分为炉排上的气固燃烧过程和炉膛内的气相燃烧过程,典型的焚烧过程如图1所示。

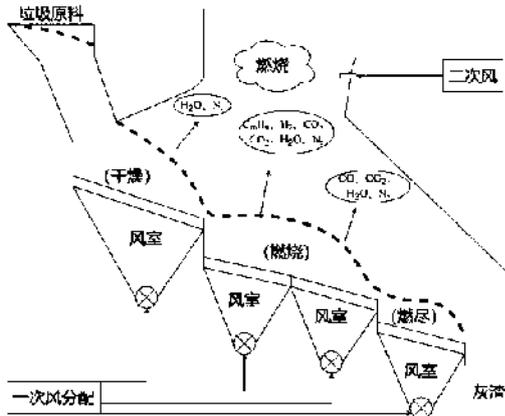


图 1 炉排炉中典型的垃圾焚烧过程

所以，在对垃圾焚烧烟气进行净化的过程中，必须对烟气中的主要污染物进行全面的研究，其中含有二噁英、烟尘、重金属、酸性气体等，会污染周围的环境。目前，我国城市生活垃圾焚烧烟气治理的方法主要有以下几方面：

1. 烟气再循环技术

烟气再循环技术，是当前应用广泛的一种除氮氧化物的技术，其通过低氮燃烧，能够在垃圾焚烧炉排炉中，不断降低烟气里污染物的含量。因此针对垃圾焚烧炉排炉中烟气再循环系统的模拟主要关注的含量变化情况，同时还需考虑加入再循环烟气对烟气流场和温度场的影响。有学者采用 FLIC 耦合 Fluent 软件建立垃圾焚烧炉模型，研究了烟气再循环技术对焚烧过程的影响，发现该技术能有效地降低的排放量，还进一步结合现场运行试验的结果研究了再循环率与排放量的关系，得到的数据以及拟合关系曲线如图 2 所示。由于现场运行试验过程中 SNCR 脱硝系统处于运行状态，导致排放量数值与模拟结果存在差异，但两者数值的拟合曲线在形状趋势上基本一致。

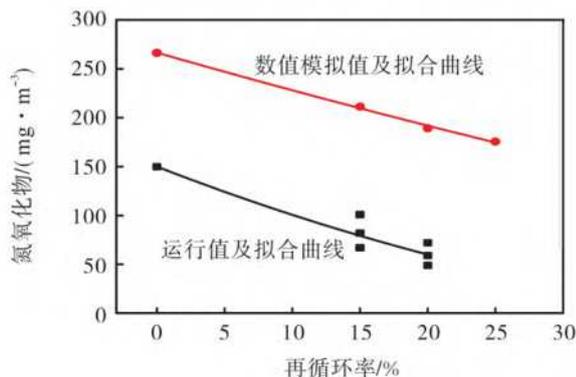


图 2 不同再循环率下数值模拟和实际运行工况的排放情况

针对炉排炉开展数值模拟研究可以得到较详细的数据结果，但局限性较强，因此我们认为在生活垃圾炉排炉研究中，应注重参考数值模拟的研究方法和过程，同

时将以往的研究数据结果作为取值范围的参考，快速准确地开展数值模拟工作，为炉排炉设计和改造过程提供数据支撑。

2. 富氧燃烧技术

在焚烧生活垃圾时所产生的烟气里，含有大量二噁英和重金属，在发电厂的烟气净化系统中，会将二噁英和重金属截留、富集在飞灰里。简言之，飞灰是二噁英与重金属主要汇集处，而这样的残渣废物，则被列入我国《国家危险废物名录》（2016 年版）HW18 焚烧处置残渣的危险废物中。由于垃圾的热值普遍较低，部分学者提出采用富氧燃烧技术以提高炉内火焰温度，从而优化燃烧工况、提高燃烧效率、促进有害有机物的分解、抑制二噁英等污染物的生成。

为更好地分析富氧燃烧技术，本文以国内某垃圾焚烧发电厂的项目为例，该发电厂为了降低污染物的排放，对现有的两台炉排炉以及余热锅炉进行了改造。其处理能力在 500 t/d，蒸汽压力 4.0 MPa，蒸汽温度 450 °C，同时配备一台 25MW 的凝汽式汽轮发电机组。该发电厂的焚烧垃圾来源主要来自城市生活区、商业区，入炉焚烧低位热值为 7 535 kJ/kg，产生的飞灰量占入厂垃圾的 4% 左右。

在该项目中，在推荐含氧量范围内调整空气中含氧量对炉膛理论燃烧温度、烟气量、排烟损失等重要参数的影响归纳见表 1。

表 1 某 500 t/d 项目富氧燃烧理论计算

燃烧空气含氧量 (%)	烟气含氧量 空气过量系数	炉膛理论燃 烧温度/°C	烟气量 /(NM³·h⁻¹)	排烟损失 /kW	排烟损失 (%)
21	6.23/1.60	1 182	86 794	6 040	13.65
23	6.23/1.54	1 277	78 331	5 490	12.43
25	6.23/1.49	1 364	71 486	5 057	11.47
27	6.23/1.46	1 444	66 325	4 709	10.69
29	6.23/1.43	1 518	61 913	4 421	10.05
31	6.23/1.40	1 587	58 217	4 182	9.52
33	6.23/1.38	1 650	55 076	3 977	9.06
35	6.23/1.40	1 710	52 373	3 801	8.67

从表中能够看出，将富氧燃烧技术应用到焚烧炉中，通过增加氧气含量，并提高炉膛燃烧温度，能够有效减少余热锅炉的排烟量。当把含氧量从 21% 提高到 31% 时，炉膛的燃烧温度从 1182 °C 提高到了 1587 °C，烟气量相对降低了 30% 左右，排烟损失降低 4% 左右，相当于提高了电厂 1.2% 左右的发电效率。这表明，富氧燃烧技术对降低烟气排放、提高发电效率有积极意义。

3. 酸性气体的防治

常采用 SDA 半干法 + 干法工艺来有效去除烟气中的酸性气体，具体工艺流程如图 3 所示。在该项目中，采用旋转喷雾干燥法 (SDA) 为代表的半干法工艺，具有脱酸效率高、能耗低、成本低、占地面积小等优势，加上没有废水排放，还能够有效去除重金属以及有机物等，应用效果良好。干法工艺是在半干法工艺的基础上进行的补充优化，将其与 SDA 半干法工艺相组合，可以有效去除垃圾焚烧中。从图中能够看出，SDA 半干法的核心设备，是 SDA 反应塔，在系统运行过程中，将作为浆液，

雾化的浆液能够与酸性气体在反应塔中进行充分反应，生成、、等盐类物质，而未发生反应的，将随着烟气一起被除尘器收集，送进公用刮板输送机。

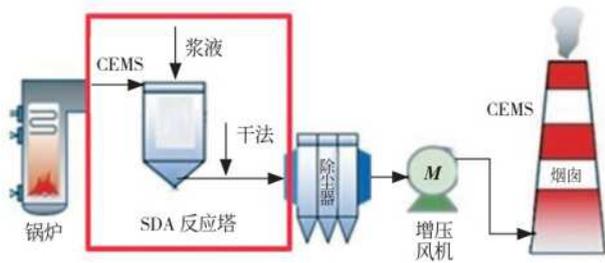


图 3 SDA 半干法 + 干法组合工艺流程

4. 烟气中粉尘的治理

袋式除尘器的特点是：净化效率高，维护方便，不受微粒比电阻及原始浓度的影响，而且对有机污染物、重金属都有很好的处理作用，除尘效率在 99% 以上。因此在该项目中，也采用了袋式除尘器来对粉尘进行有效治理。

5. 重金属的防治

在烟气中，重金属通常以固态和气态形式存在。所以，对重金属的净化应从“高效捕集”与“低温控制”两方面着手。对重金属的净化处理，与处理有机污染物的方法是相似的，都是通过喷入活性炭的方式，来对重金属进行吸附，随后再用除尘器捕集，降低烟气中的重金属含量，使烟气达到排放标准。

6. 氮氧化物的防治

为将烟气中的氮氧化物减排以达到严格的环保要求，对氮氧化物通常采用技术成熟的选择性非催化 NO_x 工艺（SNCR）+ 选择性催化 NO_x 工艺（SCR）相结合的方式。通过对采用该工艺的垃圾焚烧发电厂运行数据进行分析，发现该方式对焚烧烟气当中的氧化氮脱除效果非常明显，在 24h 的烟气浓度范围内，通过检测最大的浓度指标，控制在安全的排放工作标准之内，并没有出现明显的超标问题。

三、生活垃圾焚烧发电烟气污染的治理手段

1. 从源头控制烟气污染物

要想有效地控制烟气中的有害物质，必须从源头上控制污染物，严格控制燃烧参数。在该项目中，通过将炉膛中烟气温度控制在 850℃ 以上，并且让烟气在炉膛及二次燃烧室的停留时间大于 2s，氧气浓度大于 6%，合理控制助燃空气的风量、温度和注入位置，即“3T”控制法。

2. 合理构建烟气净化体系

在构建垃圾焚烧烟气净化系统过程当中，考虑到净化成本、净化效果等诸多因素，可以采用烟气冷却、石灰中和、活性炭吸附、袋式除尘等各种净化技术，形成一种梯形的烟道净化机理。

3. 烟气污染防控的管理方法

在日常运营中，要加强对各种环保设施的管理与保养，建立健全的管理制度，确定维护保养周期，定期对设施进行检修维护，保证设备的正常运转，并与烟气监测系统相配合，做好对烟气的监测，确保烟气排放稳定，达到排放标准。

四、结束语

城市生活垃圾焚烧发电是实现废弃物再利用的一种有效方法，但生活垃圾焚烧过程中的烟气污染问题也十分严峻，因此必须采用合适的技术和有效的处理设备减少对大气环境的污染，从而保护生态环境，为社会节约资源，创造财富。

参考文献：

- [1] 孙晓钟. 探究生活垃圾焚烧发电厂烟气污染治理技术 [J]. 建材与装饰, 2020(08):171-172.
- [2] 刘先荣. 生活垃圾焚烧发电厂烟气污染治理技术探究 [J]. 节能与环保, 2019(10):76-78.
- [3] 方晓明. 生活垃圾焚烧厂的废气治理措施 [J]. 科技创新与应用, 2019(12):122-123.
- [4] 杨天松. 烟气处理技术在垃圾焚烧发电过程中的应用分析 [J]. 低碳世界, 2019,25(11):78-79.
- [5] 黄生琪, 周菊华. 谈城市生活垃圾焚烧发电技术现状及发展 [J]. 应用能源技术, 2019,22(03):142-145.