

垃圾焚烧发电厂烟气净化技术研究

刘山成

(天津壹鸣环境科技股份有限公司 天津 300000)

摘要: 为了更有效地控制垃圾焚烧发电厂的污染物排放,需深入了解垃圾焚烧产生的具体污染物种类,并采用相应的烟气净化措施。基于这个需求,推出了结合“半干式吸收塔、活性炭喷入系统和袋式除尘器”的烟气净化方案,此方案能有效地处理烟尘、酸性物质和二噁英等污染物,确保焚烧后的烟气达到国家排放和安全标准,从而达到环保和经济双重效益。

关键词: 垃圾焚烧、烟气净化、污染物处理。

Research on flue gas purification technology for waste incineration power plants

Liu Shancheng

(Tianjin Yiming Environmental Technology Co., Ltd. Tianjin 300000)

Abstract: In order to effectively control the pollutant emissions from waste incineration power plants, it is necessary to have a deep understanding of the specific types of pollutants generated by waste incineration and adopt corresponding flue gas purification measures. Based on this demand, a flue gas purification scheme combining "semi dry absorption tower, activated carbon injection system, and bag filter" has been launched. This scheme can effectively treat pollutants such as smoke, acidic substances, and dioxins, ensuring that the burned flue gas meets national emission and safety standards, thereby achieving dual environmental and economic benefits.

Keywords: garbage incineration, flue gas purification, and pollutant treatment.

引言:

随着市场经济的持续发展和人们生活品质的提升,更需关注烟气污染的问题。要有效地解决这一难题,必须首先了解烟气净化系统的工作原理,并据此设计合适的处理方案,充分利用系统的优势,确保为改善环境质量做出贡献。

1. 垃圾焚烧烟气污染物简析

垃圾焚烧过程中会产生多种污染物。其中,烟尘、酸性气体、重金属的浓度特别高,此外还有大量的二噁英。这主要是因为生活垃圾,如厨余垃圾和橡胶制品,作为有机化学物质,在燃烧时会释放大量的酸性气体,其中氟化氢的浓度最高,其次是硫化物和氢氟酸。而日常丢弃的废旧灯具、电池等都含有重金属,这些金属在烟气中形成固态尘粒,对环境造成严重影响。二噁英主要是由于氯化物在燃烧时与碳和氧结合在特定温度下生成。如果这些物质不经处理而直接释放,一旦二噁英浓度超过 $2000\text{ng}/\text{Nm}^3$, 其对人体的伤害将非常严重。

2. 垃圾焚烧发电厂烟气净化的指标要求

垃圾焚烧发电厂对烟气的净化不仅是一个技术问题,更是环保的要求。依据《危险废物焚烧污染控制标准》(GB 18484-2020、及《生活垃圾焚烧污染控制标准》(GB18485-2014)自2016年开始实施的排放标准,明确以下污染物浓度要求:1) 氟化氢1小时均值应低于 $60\text{mg}/\text{m}^3$, 24小时均值应低于 $50\text{mg}/\text{m}^3$; 2) 颗粒物1小时均值应低于 $30\text{mg}/\text{m}^3$, 24小时均值应低于 $20\text{mg}/\text{m}^3$; 3) 硫化物1小时均值应低于 $100\text{mg}/\text{m}^3$, 24小时均值应低于 $80\text{mg}/\text{m}^3$; 4) 二噁英浓度应低于 $0.1\text{ngTEQ}/\text{m}^3$ 。

有关二噁英问题,国外研究表明,只要垃圾焚烧的燃烧条件得到合理控制,便可避免超标现象。在焚烧炉的后部设置二燃室,并将烟气温度控制在 850°C , 保持烟气在这一温度下停留约2秒,结合氧气与垃圾燃料的混合和搅拌,形成了3T准则(即:温度、混合程度和气体停留时间)。这种环境能有效分解二噁英物质,从而降低烟气中的二噁英含量。基于这些标准及国家环保排放要求,如何选择最合适的技术方案,确保高效且稳定的烟气处理效果,显得尤为重要[1]。

3. 垃圾焚烧发电厂烟气净化的技术方案和路线

3.1 湿法脱硫脱硝:湿法脱硫脱硝主要用碱性吸收剂(如石灰石、氢氧化钠等)吸收烟气中的 SO_x 和 NO_x , 能有效地去除烟气中的酸雾和氮氧化物。但这种方法存在吸收剂消耗和固体废物处理的问题。

3.2 干法脱硫脱硝:这种方法使用固体吸附剂(如活性炭)或催化还原法去除 SO_x 和 NO_x , 具有设备简单、操作方便等优点。但存在吸附剂再生或催化剂中毒等问题。

3.3 静电除尘和布袋除尘:这两种方法都是利用电场或织物过滤烟气,将颗粒物从烟气中分离出来。静电除尘具有设备简单、维护方便的优点,但存在电场易腐蚀的问题。布袋除尘具有除尘效率高、操作简单等优点,但存在滤袋易堵塞的问题。

3.4 湿式静电除尘:这种方法结合了湿法和静电除尘的优点,能有效地去除颗粒物和酸雾。但存在设备复杂、水处理问题等挑战。

3.5 多种技术集成:随着烟气特性及排放指标要求越来越严,在前述几种技术的基础上,又出现几种技术的复合集成。如半干法+SNCR+活性炭+布袋式除尘工艺、半干式吸收塔+活性炭喷入系统+袋式除尘器工艺等叠加复合工艺,这种方法集合了几种工艺的优势,能够有效的处理各类烟气,并大大降低烟气中的各项污染物的浓度,优化烟气排放指标,满足不断趋严的环保要求。本文就半干式吸收塔+活性炭喷入系统+袋式除尘器工艺进行分析。

4. 半干式吸收塔+活性炭喷入系统+袋式除尘器工艺

4.1 烟气处理系统的工作机理

半干式吸收塔、活性炭喷入系统和袋式除尘器组成的烟气净化工艺为多种污染物提供了有效的净化解决方案。半干式吸收塔使用碱性吸收剂(如石灰浆)中和酸性烟气,避免了湿法脱硫产生的液态废水,从而降低了处理成本。活性炭因其出色的吸附能力,能够高效去除烟气中的有机污染物和重金属,如二噁英。而袋式除尘器则利用滤袋高效捕获烟气中的微小颗粒,确保出口气体的清洁。

4.2 烟气净化系统的核心部件及其功能

4.2.1 旋转喷雾器

半干式反应塔是烟气净化系统的关键部分(参见表1),配备了一个旋转速度高达 $12000\text{r}/\text{min}$ 、高度为 1000mm 、直径为 300mm ,且整体重量为 300kg 的旋转喷雾器。这个喷雾器通过高速旋转确保冷却

水和石灰浆能够形成优质的雾化状态,从而达到理想的吸收效果。
(1) 均匀烟气分布: 旋转喷雾器通过其高速旋转确保烟气能均匀分布,为后续处理步骤创造了稳定的条件。(2) 强化烟气与雾滴混合: 喷雾器通过增加烟气和雾滴的接触面积,为烟气提供了足够的反应时间,从而确保烟气能够得到高效处理,满足工艺要求。(3) 温度调控与除酸: 在旋转喷雾器的作用下,烟气中的高温与冷却水及石灰浆雾滴得到充分的融合,使得烟气温度能够下降到大约 150℃。这为产生良好的反应环境提供了保障,并确保了水分的有效蒸发,从而增强了整个系统的除酸效果。

表 1 半干式反应塔参数一览表

序号	具体技术内容	参数信息
1	SO ₂ 去除率 (%)	78
2	HF 去除率 (%)	98
3	进口石灰浆流量 (kg/h)	16.34
4	HCl 去除率 (%)	98
5	石灰浆浓度 (%)	13
6	入口烟气温度/出口烟气温度 (°C)	200~230/150
7	停留时间 (s)	18
8	反应器烟气流速 (m/s)	0.5~0.6
9	设备阻力 (Pa)	700~900
10	出口烟气含湿量 (%)	26.52

4.2.2 石灰浆供应系统

石灰浆供应系统是由石灰储存仓、混合罐、循环泵等组件构成,其主要任务是根据反应塔的需要,精确调控石灰浆的浓度和供应量,确保石灰浆能够稳定地供应至反应塔。当石灰浆达到预定的浓度时,会自动输送至稀释罐,并根据需求调整至适宜的浓度。

为防止循环泵的管路出现堵塞,系统设计确保泵流量始终高于所需的石灰浆流量。这样不仅避免了石灰浆的沉淀,还减少了管路的磨损,使得整个系统更加稳定、高效。

4.2.3 活性炭喷射系统

活性炭喷射系统是一个针对烟气进行专门处理的设备。它由活性炭自动计量装置和喷射设备组成,可以根据实际需要调控烟道中活性炭的喷射量。通过精确的喷射和混合,活性炭能够高效地吸附烟气中的有害物质,从而达到烟气净化的目的。

4.2.4 粉尘过滤系统袋式除尘器

袋式除尘器(见表 2)在烟气净化自动控制系统中占据了核心地位,其设计处理能力高达 69106NM³/h。除了可以有效地分离烟气与固态颗粒物,还能进一步吸附残存的酸性气体和其他有害污染物,从而达到二次净化效果。滤袋外侧会形成一层实体和活性炭粉尘,当烟气流经时,这一层粉尘不仅起到物理过滤的作用,还能化学吸附一部分污染物,进一步提高了清洁效率^[9]。

然而,随着运行时间的延长,滤袋上的粉尘层会逐渐增厚,从而增加了除尘器的工作阻力。尽管这增厚的粉尘层有助于二次化学反应,也意味着需要周期性地维护 and 清理。为了保证设备正常运行,技术人员应定期进行清灰和检查,确保设备在预定的工作参数下稳定运行。袋式除尘器的设计完全考虑了焚烧垃圾产生的烟气特性,并结合热风循环、旁通流和伴热处理等技术,确保出口的烟气浓度满足环境标准,从而减少了对环境的不良影响(见表 3)。

表 2 袋式除尘器相关参数

序号	具体项目	参数
1	箱体数量 (个)	4
2	滤袋尺寸 (m)	直径 0.15 长度 6
3	总过滤面积 (m ²)	2309
4	滤袋寿命 (h)	>24000
5	滤袋材质	P84/PTFE
6	滤袋允许最高运行温度 (°C)	连续状态下 230

表 3 除尘器出口粉尘的浓度参数

序	项目	具体参数
---	----	------

号		
1	除尘器出口粉尘浓度设计值	<5mg/Nm ³ , 干燥, 11%氧气
2	除尘器出口粉尘浓度期望值	<5mg/Nm ³ , 干燥, 11%氧气
3	除尘器出口粉尘浓度保证值	<10mg/Nm ³ , 干燥, 11%氧气

4.2.5 在线烟气排放监测系统

为了确保污染物的排放达到预定标准并降低对环境的不良影响,在线烟气排放监测系统在整体烟气净化过程中扮演着关键角色。首先,这一系统致力于持续跟踪并监测烟气排放情况。不仅涵盖了烟尘的检测,还包括气态污染物的监测以及烟气的关键排放参数的测试。通过子系统的集成,能够确保实时地收集、分析和汇总这些数据,使整个净化系统达到最佳效果。接下来,利用特定的探测器、烟尘检测子系统以及烟气参数测试工具,可以实时监控烟囱的排放状态。这些设备通常被安置在烟囱的 2/3 高度位置,并与分析仪器联动,为实时的数据分析提供支持。这些实时数据会被直接传输到中央控制系统,构建出一个即时反馈的监测平台,确保环境标准得到严格遵守。

4.3 烟气净化与余热利用系统

在传统的烟气净化技术中,结合最新技术进展,已发展出烟气净化余热利用系统。该系统位于脱硫吸收塔的前后烟道,不仅能进行高效的烟气净化,而且结合余热交换器和烟气超净化技术,为资源的循环利用带来了新的可能性。

此净化系统的一个显著特点是其零废水排放能力。由于石灰浆颗粒与热烟气可以完美混合,在吸收塔内能滞留并满足净化标准,为水分的蒸发提供了优越的环境,确保反应后的物质保持干燥状态。进一步结合余热回收技术,不仅可以有效地清洁空气,还可以最大化系统的操作效率^[9]。

4.4 系统的效能评估

以深圳一家垃圾焚烧发电厂为案例,该厂拥有一条日处理能力 400t 的烟气净化线。在 2019 年,对“半干式吸收塔+活性炭注入系统+袋式除尘器”的组合进行了质量评估。测试结果与欧盟 EU2000/76/EC 标准以及我国的《生活垃圾焚烧污染控制标准》(GB18485-2014)进行了比对,发现如表 4 所示。

表 4 烟气主要指标对比表

序号	污染物	国家标准值 (mg/Nm ³)	欧盟 (mg/Nm ³)	实测值 (mg/Nm ³)
1	烟尘浓度	80	80	4.0
2	烟气黑度	无	1	0.26
3	氮氧化物(NO _x)	400	400	253
4	二噁英	1	1	0.018

这些数据均验证了该系统在烟气净化方面的高效率。这些数据明确显示,“半干式吸收塔+活性炭注入系统+袋式除尘器”的组合策略不仅提高了净化效率,而且为企业在污染控制方面提供了成本效益。此外,该系统在实际应用中所达到的效果不仅满足了国家的环保要求,而且具有很高的实用性和效果显著性^[9]。

5 结语

随着垃圾焚烧烟气净化技术的日益普及,迈向了更高标准的环境保护目标,有效地降低了有害物质的排放,并为都市废物管理提供了可靠的解决方案。未来的探索将不断深化,目标是在经济、社会及环境三个层面实现和谐共生。

参考文献:

- [1]潘俊萍,汤秀丽,刘浩.烟气一体化超低排放技术的应用与研究进展[J].资源节约与环保,2022(09):1-4.
- [2]苏雷,罗培钟,袁佳.垃圾焚烧发电厂烟气污染控制及防治对策[J].科技风,2022(21):71-73.
- [3]魏波,雍筱峰,潘海涛.垃圾焚烧发电厂烟气净化技术研究[J].江西电力职业技术学院学报,2021,34(12):10-12.
- [4]赵国莲.生活垃圾焚烧发电烟气净化工艺的研究及应用[J].资源节约与环保,2020(06):128-129+131.
- [5]叶江.基于某垃圾发电厂烟气净化技术研究[J].应用能源技术,2020(04):18-20.