

有机废气处理工程中锅炉热力焚烧技术分析的应用

夏星星 相虎昌 王莹 张野
中国市政工程华北设计研究总院有限公司
DOI:10.12238/etd.v6i2.12960

[摘要] 有机废气处理是平衡工业发展与生态环境保护的关键路径,对提高生产工艺的环保效益具有促进作用。因此,为进一步改善有机废气处理效果,需要总结有机废气处理要求。基于此,本文结合污水处理厂有机废气处理案例,研究了锅炉热力焚烧技术及其在有机废气处理中的应用,明确了废气预处理、废气引入、废气燃烧、尾气处理等环节的技术要点;探究了基于锅炉热力焚烧技术的有机废气处理效果保障措施。通过分析发现,锅炉热力焚烧技术在有机废气处理工程中发挥着重要作用,是提升有机废气处理效果的关键路径。

[关键词] 有机废气处理工程; 锅炉热力焚烧技术; 实际应用

中图分类号: TK421+.5 **文献标识码:** A

Application of Boiler Thermal Incineration Technology Analysis in Organic Waste Gas Treatment Engineering

Xingxing Xia Huchang Xiang Ying Wang Ye Zhang

China Municipal Engineering North China Design and Research Institute Co., Ltd.

[Abstract] Organic waste gas treatment is a key path to balance industrial development and ecological environment protection, and has a promoting effect on improving the environmental benefits of production processes. Therefore, in order to further improve the effectiveness of organic waste gas treatment, summarize the requirements for organic waste gas treatment; Based on the case of organic waste gas treatment in sewage treatment plants, this paper studies the boiler thermal incineration technology and its application in organic waste gas treatment, clarifying the technical points of waste gas pretreatment, waste gas introduction, waste gas combustion, tail gas treatment and other links; Explore measures to ensure the effectiveness of organic waste gas treatment based on boiler thermal incineration technology. Through analysis, it is found that boiler thermal incineration technology plays an important role in organic waste gas treatment engineering and is a key path to improve the effectiveness of organic waste gas treatment.

[Key words] organic waste gas treatment engineering; Boiler thermal incineration technology; practical application

引言

有机废气成分复杂、毒性大,不仅会破坏大气环境,还会间接污染水质、土壤。所以,在实施生态战略的当下,国家要求企业必须高度重视生产尾气的收集治理。在这一背景下,研究有机废气处理技术的应用成为企业组织生产中的一项重要任务。因此,为了丰富有机废气治理经验,结合有机废气处理要求,研究锅炉热力焚烧技术及其应用。

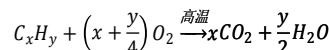
1 锅炉热力焚烧技术在有机废气处理工程中的应用路径

1.1 锅炉热力焚烧技术

锅炉热力焚烧技术是利用现有供电 锅炉、供热锅炉或

其他非废气处理专用焚烧炉处理有机废气。处理时,先是简单预处理有机废气,然后再将经过预处理的废气直接引入锅炉燃烧室。由于废气中的有机碳氢化合物余热氧化分解成为二氧化碳和水,所以,并不涉及二次污染控制的问题^[1]。

其原理的化学反应方程式如下:



该技术的核心有两点,一是温度足够,通常要高于700℃;二是停留时间足够。一般来说,有机废气在锅炉燃烧室内的停留时间在0.5~2秒之间。特别地,停留时间随着温度升高而缩短。

其技术特点: (1)简单实用: 操作过程简单, 且有机废气的处理设备是现有锅炉设备, 不涉及其他设备的使用; (2)经济性好: 相较于其他废气处理技术, 锅炉热力焚烧技术前期投资费用较低, 又因在整个处理过程中仅离心风机送风消耗一定的电力, 故运行费用相对较低, 此外, 又因有机废气处理时锅炉产生的热量还可以被回收再利用, 所以, 该技术还有较好的经济效益^[2]; (3)高净化效率: 有机污染物的总净化率 $\geq 95\%$; (4)经锅炉热力焚烧技术处理后的废气达到国家排放标准^[3]。

并且由于有机废气中的部分物质属于可燃易爆物质, 外加之会侵蚀锅炉, 所以, 在处理含有碳、氢以外的其他物质的有机废气时, 需要在关注净化效率的同时, 重视安全防护以及对二次污染的控制。

1.2 应用路径

1.2.1 案例分析

某污水处理厂的调节池、水解池等会在正常运作的过程中产生有机废气。若直接排放这些有机废气, 易引发严重的环境污染。所以, 该污水处理厂通过实施有机废气处理工程实现有机废气的达标排放。在该工程中, 主要采用锅炉热力燃烧技术。

1.2.2 处理过程

一是废气预处理。由于有机废气中可能含有影响锅炉的正常运行和焚烧效果的颗粒物、水分、酸性气体等杂质, 所以在将废气引入锅炉前, 需按照除尘 $\rightarrow$ 除水 $\rightarrow$ 去除酸性气体的顺序预处理有机废气。其中, 除尘时, 主要是利用旋风除尘器、布袋除尘器等设备去除废气中的颗粒物, 其目的是避免废气燃烧时这些颗粒物在锅炉内积聚影响热交换效率和燃烧稳定性; 除水时, 主要是利用冷凝、气液分离等方式去除废气中的水分, 其目的是防止水分腐蚀锅炉管道和设备、提高废气热值; 去除酸性气体时, 主要是利用碱液喷淋等方法进行中和处理, 其目的是降低酸性气体对锅炉的损害, 在这一环节, 被处理的气体包括二氧化硫、氮氧化物等。在上述案例中, 对有机废气的预处理, 污水处理厂沿用了原本的碱洗+除雾等预处理系统, 其中为了降低水分锅炉管道和设备的腐蚀, 还在预热前, 增加了“除去蒸汽”这一环节。为此, 在增压离心机前后, 增设了过滤直径为3微米且除雾率达98%的滤网除雾机。此外, 还增添了引风机、预热器等设备。

二是将废气引入锅炉。经过预处理的有机废气主要是经专门的管道系统进入到锅炉燃烧室内。在引入废气时, 需加大对废气流量、压力的控制力度, 以便于被引入到锅炉燃烧室内的废气能够均匀分布并与燃烧料充分混合、充分燃烧。为提高对关键参数的控制精度, 通常会选择在管道上安装流量调节阀、压力传感器等设备。在上述案例中, 有机废气的传输管道材质为304不锈钢材料, 在连接时, 采用法兰结。为避免有机废气携带的水分积聚在传输管道内, 还在管道底部, 安装了口径、数量适宜的排水口。考虑到有机废气运输时易出现因静电引发的安全问题, 所以, 还在管道系统中增设了用于转移带电负荷的接地装置。由于有机废气传输时容易遇到或大或小的阻力, 所以, 还增设了携

带声光报警装置的引风扇。其中, 声光报警装置会在引风扇进入失效状态时提醒人员处理。

三是废气燃烧。一般情况下, 锅炉燃烧室内的有机废气会同天然气等燃料一同燃烧。燃烧过程中, 有机废气会被分解成二氧化碳和水。而这个分解过程会不断地释放热量, 所以, 锅炉内的温度会不断升高。为了确保有机废气充分、稳定燃烧, 需要加大对燃烧空气量、燃烧温度和停留时间等参数的控制力度。具体来说是通过调节燃烧器的风门开度, 控制燃烧空气量; 利用温度传感器实时监测燃烧温度, 并通过调节燃料供应量, 维持燃烧温度稳定; 合理设计燃烧室的结构和尺寸, 保证有机废气在燃烧室内有足够的停留时间。在上述项目中, 为确保各项参数符合技术要求, 根据各传感器的信号应用需求, 增设可编程控制器, 以此实现对各传感器的精准控制。为了确保排出的有机废气参数符合设计要求, 还在排气管线末端加装与PLC相连的用于监测排出污气的压力、风量的压力变送器。其监测结果会反馈给PLC, 由其根据测量结果向离心风扇的变频器有针对性地发送调节指令。

四是尾气处理。燃烧后的尾气中可能含有少量的有害物质, 如氮氧化物、一氧化碳等。所以, 为了确保经燃烧处理后的有机废气满足环保排放标准, 还需采用脱硝、除尘、脱硫等工艺进一步处理尾气。其中, 脱硝时, 主要是采用选择性催化还原(SCR)或选择性非催化还原(SNCR)等技术去除尾气中的氮氧化物; 除尘时, 主要是利用布袋除尘器或静电除尘器等设备去除尾气中的颗粒物; 脱硫时, 可通过选用湿法脱硫、干法脱硫等技术去除尾气中的二氧化硫。在上述案例中, 对有机废气的脱硝处理主要采用SNCR和SCR联合脱硝系统, 其中, 还原剂为25%氨水。脱硝时, 先由SNCR系统初步脱硝然后再由SCR系统进一步脱硝。

2 基于锅炉热力焚烧技术的有机废气处理效果保障措施

2.1 合理选型, 优化设计

一是企业在选择设备时, 应充分考量自身的生产规模、项目预算和有机废气的流量、浓度、成分等, 以便于选出能够满足有机废气处理需求的锅炉热力焚烧设备。

二是充分考虑有机废气特性, 合理优化燃烧炉结构和燃烧系统。以废气在炉内的停留时间、气流分布等为依据, 确定炉膛形状和尺寸, 从而确保有机废气在燃烧室内能够充分燃烧。例如, 为增强废气与空气的混合效果, 设计导流板、安装扰流装置; 为提高设备的使用寿命和稳定性, 选用耐高温、耐腐蚀的优质材料。

2.2 重视运行操作控制

一是严格控制温度、空气量和停留时间。第一, 根据有机废气中的有机废弃物类型, 确定最佳燃烧温度范围。此外, 有机废气的燃烧遵循阿伦尼乌斯公式 $k = Ae^{\frac{E_a}{RT}}$, 其中, k 、 A 、 E_a 、 R 、 T 分别表示反应速率常数、前因子、活化能、气体常数、绝对温

度。根据公式可知, 温度 T 反应速率常数 k 影响显著, 表现为反应速率随着温度升高而加快。所以, 在实际操作时, 要确保有机废气的燃烧温度处于合适区间。一般来说, 需将锅炉热力焚烧温度控制在 $700\sim 1000^{\circ}\text{C}$ 之间。第二, 根据有机废气的成分和流量, 精确计算所需的空气量, 合理调节风门、风机等设备, 以确保空气与废气充分混合并充分燃烧, 从而避免因缺氧导致不完全燃烧并产生一氧化碳等污染物。为了精准调节空气量, 需根据锅炉热力燃烧的化学方程式计算每摩尔 C_xH_y 全燃烧所需的氧气量。在实际操作时, 通过测量有机废气流量 Q_g 和成分, 确定 C_xH_y 的含量比例, 并进一步计算出理论需氧量 n_{O_2} 。考虑到实际燃烧过程并非理想状态, 故还需要引入过量空气系数 α , 一般取值在 $1.1\sim 1.3$ 之间。此时, 实际需氧量 $n_{O_2} = \alpha \times \text{理论需氧量}$ 。然后, 再根据空气中氧气含量约为 21% (体积分数), 计算出所需空气量。最后, 根据所计算出的所需空气量, 调节风机

频率, 以为有机废气燃烧提供足够空气。第三, 应用公式 $\tau = \frac{V}{Q}$ 计算停留时间。为保证有机废气在高温环境下有足够时间完成氧化分解反应, 需根据废气成分和处理要求确定合适的停留时间 $T_{\text{要求}}$, 一般是 $0.5\sim 2$ 秒。在设备设计阶段, 根据预计的废气流量 $Q_{\text{设计}}$ 和要求的停留时间 $T_{\text{要求}}$, 计算所需燃烧室容积, 其计算公式为 $V_{\text{设计}} = Q_{\text{设计}} \times T_{\text{要求}}$ 。在运行过程中, 实时监测废气流量 $Q_{\text{实测}}$, 若 $Q_{\text{实测}}$ 发生变化, 可通过调节废气进入燃烧室的速度等方式, 确保实际停留时间 $T_{\text{实际}}$ 接近 $T_{\text{要求}}$, 其中, $T_{\text{实际}} = \frac{V_{\text{设计}}}{Q_{\text{实测}}}$ 。

二是通过制定详细、严格的操作规程, 规范操作人员的工作行为, 以减少因操作不规范导致有机废气处理失效等问题。在操作人员上岗前, 公司应组织他们参加岗前培训, 促使其熟悉设备的启动、运行和停止流程, 掌握不同工况下的应急处理措施。

2.3 落实常态化维护管理

一是建立定期的设备维护保养制度, 安排专人定期检查设备的各个部件并及时清理设备内部的积灰、结焦等杂质, 以确保设备正常运行。以热交换器为例, 热交换器的传热效率公式为

$Q = kA \Delta T_m$, 其中, Q 、 k 、 A 、 ΔT_m 分别表示传热量、总传热系数、传热面积、对数平均温差。随着设备运行, 污垢等因素会导致总传热系数降低, 此时, 热交换器的传热效率也会下降。所以, 要定期清洗维护热交换器, 以确保值始终在正常范围内, 从而保证热交换器可以正常运行。二是根据设备的使用年限和运行状况, 制定合理的检修计划, 做到定期全面检修设备, 特别是燃烧器、阀门等设备的关键部件, 以便于及时更换设备内部磨损严重的部件, 从而确保设备性能始终处于良好状态。三是建立故障预警和快速响应机制, 以确保维修人员能够在设备出现异常情况时, 快速诊断和排除故障, 从而设备停机时间, 减少对有机废气处理效果的影响。三是根据有机废气处理效果监测与评估结果, 动态运维锅炉设备, 以确保处理后的有机废气符合排放标准。

3 结语

在有机废气处理工程中, 锅炉热力焚烧技术能够高效、稳定地处理各种有机废气, 使其达标排放。所以, 在实际应用过程中, 企业需根据自身的废气特点和生产需求, 科学应用锅炉焚烧技术, 并做到按需选择设备类型、优化处理系统设计, 从而确保处理效果与预期相符。此外, 随着环保要求的日益严格, 锅炉热力焚烧技术在有机废气处理领域的应用将继续增多, 所以, 企业要密切关注技术的发展动态, 以便于及时掌握最新的技术应用经验。

[参考文献]

- [1]胡晶莹.石化行业挥发性有机废气治理技术现状和展望[J].石油化工技术与经济,2021,37(04):58-62.
- [2]赵楠,谢兵文,张以福,等.蓄热式废气焚烧炉在化工挥发性有机废气处理中的应用[J].塑料助剂,2020,(06):20-22.
- [3]马力,王建凯,王铮昊,等.喷漆室有机废气直接焚烧处理的方案分析[J].现代涂料与涂装,2021,24(02):37-41.

作者简介:

夏星星(1986--),男,汉族,安徽广德人,硕士,高级工程师,从事热力工程研究。