

烟气净化系统升级对危废处置效率影响的研究

王 臣

湖北中油优艺环保科技集团有限公司 湖北 襄阳 441000

摘要: 随着危废处理需求增长, 现有烟气净化系统局限性凸显。本研究通过分析其不足, 提出采用新型过滤与吸附材料、智能化控制及预处理技术升级系统, 并开展对照实验。结果表明, 升级后系统对颗粒物、二氧化硫等污染物去除率显著提升, 能耗降低15%, 危废日处理量增加20%。研究证实, 烟气净化系统升级可有效提升危废处置效率, 为危废处理行业技术革新提供重要参考。

关键词: 烟气净化系统; 危废处置; 效率影响

1 危废处理与烟气净化系统概述

1.1 危废的定义

危险废物, 简称危废, 是指列入国家危险废物名录或者根据国家规定的危险废物鉴别标准和鉴别方法认定的具有危险特性的固体废物。这些危险特性主要包括腐蚀性、毒性、易燃性、反应性和感染性。例如, 化学实验室废弃的强酸、强碱试剂, 因其具有腐蚀性, 被归为危废; 含汞的废旧电池, 由于汞的毒性, 也属于危废范畴; 而石油开采过程中产生的油泥, 因具备易燃性同样被认定为危险废物。危废的不当处理会对生态环境和人体健康造成严重威胁, 如重金属污染土壤和水源, 有毒有害物质通过食物链进入人体, 引发各种疾病。因此危废处理成为环境保护领域的重要议题, 而在危废处理过程中, 烟气净化系统则是保障环境安全的关键环节。

1.2 烟气净化系统的基本原理

烟气净化系统是针对危废处理过程中产生的含有多种污染物的烟气进行净化处理的设备系统。其基本原理主要基于物理、化学和生物等多种方法的综合运用。物理方法通过惯性力、重力、离心力等作用, 将烟气中的颗粒物进行分离, 常见的设备有旋风除尘器、重力沉降室等^[1]。化学方法则利用化学反应来去除烟气中的有害气体成分。生物方法主要利用微生物的代谢作用, 将烟气中的污染物转化为无害物质, 但在危废处理烟气净化中应用相对较少。另外, 一些先进的烟气净化系统还会结合多种净化技术, 形成多级净化流程, 以达到更好的净化效果, 确保排放的烟气符合国家环保标准。

2 现有烟气净化系统的局限性

2.1 净化效率低下的问题

当前许多危废处理烟气净化系统存在净化效率低下的问题。一方面, 对于一些粒径较小的颗粒物, 传统的除尘设备难以有效去除。另一方面, 对于一些复杂的有

害气体, 现有的净化技术无法完全去除。在危废焚烧过程中会产生二噁英等剧毒有机污染物, 现有的烟气净化系统对二噁英的去除率有限, 难以满足日益严格的环保要求。而且, 随着危废种类的不断增多和成分的日益复杂, 现有净化系统的适应性不足, 导致净化效率难以提升。

2.2 能耗与处理成本过高

现有烟气净化系统在运行过程中存在能耗高和处理成本过高的问题。从能耗角度来看, 一些净化设备如布袋除尘器, 为了保证较高的除尘效率, 需要维持较高的过滤风速, 这就导致风机的功率增大, 能耗显著增加。在采用化学吸收法去除有害气体时, 需要消耗大量的吸收剂, 如石灰、氢氧化钠等, 并且还需要对吸收后的产物进行处理, 这进一步增加了运行成本。部分净化设备的维护成本也较高, 例如布袋除尘器的滤袋需要定期更换, 而高性能滤袋的价格昂贵, 这些因素综合起来使得现有烟气净化系统的整体运行成本居高不下, 给危废处理企业带来了较大的经济负担。

2.3 对特定污染物的处理效果不佳

除了净化效率和成本问题, 现有烟气净化系统对特定污染物的处理效果不佳。例如, 对于烟气中的重金属汞, 传统的净化方法如活性炭吸附, 虽然有一定的去除效果, 但在高浓度汞排放的情况下, 吸附能力有限, 难以将汞含量降低到环保标准要求的水平。另外, 对于一些新型污染物, 如挥发性有机化合物 (VOCs), 现有的烟气净化系统缺乏针对性的处理技术, 处理效果不理想。随着危废处理行业的发展, 这些特定污染物的处理需求日益迫切, 现有系统的不足严重制约了危废处理行业的环保水平提升。

3 烟气净化系统升级的关键技术

3.1 新型过滤与吸附材料的应用

新型过滤与吸附材料的应用为烟气净化系统的升级

注入了强大动力。在过滤材料革新领域，纳米纤维滤材凭借其独特的微观结构和性能优势脱颖而出。纳米纤维的直径通常在几十到几百纳米之间，相较于传统滤材纤维，其直径缩小了1-2个数量级，这种极小的直径使得纳米纤维能够编织成极为细密的过滤结构，如同一张精密的“纳米级捕网”，对0.1微米甚至更小的细微颗粒物具有极强的捕获能力。以聚四氟乙烯（PTFE）纳米纤维滤袋为例，其过滤精度可达99.99%以上，在某危废焚烧厂的实际应用中，安装该滤袋后，烟气中PM2.5的排放浓度从升级前的50mg/m³骤降至5mg/m³以下，远超国家环保标准要求。同时，PTFE材料具备出色的化学稳定性，能耐受强酸碱等腐蚀性气体的侵蚀，在260℃的高温环境下仍可稳定运行，完美适配危废处理烟气高温、高腐蚀性的复杂工况。在吸附材料创新方面，微纳米仿生吸附材料成为研究热点^[2]。微纳米仿生吸附材料借鉴生物体内特殊的吸附结构与机制，其独特的微纳米结构赋予了它高效的吸附性能。相较于传统吸附材料，它的吸附效率可提升30%-50%，能在更短时间内完成对污染物的吸附。在更换周期上，其耐用性显著增强，传统吸附材料可能1-2个月就需要更换一次，而微纳米仿生吸附材料更换周期可延长至3-6个月，大大降低了更换频率。从成本控制角度看，尽管其初始研发和生产成本相对较高，但由于更换周期延长以及减少了因频繁更换带来的停机损失等间接成本，综合使用成本可降低约20%，在危废行业烟气净化中展现出良好的应用前景。

3.2 智能化控制技术的引入

智能化控制技术的引入为烟气净化系统带来了革命性变革，使其从传统的人工操控模式迈向智能高效的自动化运行新阶段。该技术体系以传感器网络为“感知神经”，通过部署温度、湿度、压力、污染物浓度等多种类型的高精度传感器，实时采集烟气净化系统运行过程中的关键参数。采集到的数据通过工业物联网传输至中央控制系统，借助大数据分析和人工智能算法，系统能够快速进行数据挖掘和趋势预测。当检测到烟气中二氧化硫浓度超标时，基于机器学习算法的智能控制系统会自动启动优化策略，根据浓度变化幅度、烟气流量等参数，精准计算并调整吸收剂（如碱液、石灰粉）的喷入量，使吸收反应始终处于最佳状态，确保二氧化硫去除率稳定在95%以上。若某台净化设备出现故障，系统会立即启动故障诊断程序，通过分析设备运行数据和历史故障案例，在30秒内定位故障原因，并自动切换到备用设备或调整其他设备的运行参数，保障系统不间断运行。智能化控制技术还具备强大的设备健康管理功能。通过

对设备运行数据的长期监测和分析，利用深度学习算法建立设备故障预测模型，能够提前1-2周预测设备潜在故障，如风机轴承磨损、阀门密封性下降等，提示维护人员及时进行预防性维护，使设备故障率降低40%以上，显著提高系统的可靠性和运行效率，同时减少因设备故障导致的危废处理中断和经济损失。

3.3 烟气预处理技术的改进

烟气预处理技术的改进聚焦于优化去除干扰物质的步骤，以降低能耗并提高净化效率。传统的高效冷凝技术在布袋除尘后可能作用有限且增加能耗，因此建议调整为热回收与冷却处理。通过优化热交换器设计，回收烟气余热并适度降温，为后续洗涤塔创造更佳操作条件。预洗涤技术方面，为提高酸性气体去除效率并减少塔体腐蚀，建议将碱洗改为水洗。增加水雾喷淋量和提高气液接触效率，可有效吸收二氧化硫和氯化氢等酸性气体，水洗不仅能降低盐分沉积和腐蚀风险，还能减轻后续脱硫环节负担，提升整体净化效率，优化喷淋塔设计，如多级喷淋和改进喷嘴布局，可进一步提升酸性气体去除效果。预除尘技术方面，虽然电晕放电与静电除尘器原理相似，但在此阶段可侧重于去除大粒径颗粒物，减轻布袋除尘器负担。鉴于静电除尘器常已配置，预除尘技术可更灵活，采用机械式或惯性除尘器，这些设备结构简单、维护成本低，能有效去除大颗粒物，减少布袋除尘器磨损与堵塞。另外，预处理系统应集成高效除雾装置，去除烟气中的水雾和微小液滴，防止污染物进入后续环节^[3]。综合运用上述技术，可全面优化烟气净化流程，提高净化效率，增强系统稳定性和经济性。

4 烟气净化系统升级对危废处置效率的影响分析

4.1 实验设计与实施

为了科学探究烟气净化系统升级对危废处置效率的影响，研究团队精心设计并开展实验。实验选定某规模较大、处理工艺典型的危废处理厂作为研究对象，该厂原有烟气净化系统包含传统布袋除尘、湿法脱硫等设备，在处理危废过程中存在效率不足等问题。在系统升级方面，对新型过滤与吸附材料的应用，选用了纳米纤维滤材与微纳米仿生吸附材料，前者替代原有滤袋提升除尘能力，后者增强对重金属及有机污染物的吸附效果；引入智能化控制技术，部署温湿度、污染物浓度等多种传感器，构建基于大数据与人工智能算法的控制系统；改进烟气预处理技术，增加冷凝除水装置、优化预洗涤流程及采用电晕放电预除尘设备。实验采用对照实验法，设置对照组和实验组。对照组维持原有的烟气净化系统运行，实验组则启用升级后的系统。在实验过程

中,借助专业检测设备,对危废的种类(涵盖工业废渣、医疗废物等)、处理量、烟气的成分(包括颗粒物粒径分布、二氧化硫、氮氧化物等含量)和净化效果(如除尘效率、有害气体去除率等)进行详细且精准的记录。为保证实验结果的准确性和可靠性,实验持续三个月,在不同危废处理负荷、昼夜不同时段等多种工况条件下,分别进行10次重复实验,以获取全面、科学的实验数据。

4.2 实验结果与数据分析

经过严格的实验操作与数据收集,升级后的烟气净化系统展现出多维度的显著优势。在净化效果上,数据表明,对照组对颗粒物的平均去除率为85%,而实验组凭借纳米纤维滤材的高效过滤,将去除率大幅提升至98%,细微颗粒物的排放显著减少;对于二氧化硫,对照组去除率为70%,实验组通过优化吸收剂喷入与反应条件,提升至88%;氮氧化物去除率从对照组的65%提高到实验组的82%;尤其值得关注的是,二噁英去除率从对照组的60%提升至85%,有效降低了剧毒污染物排放。能耗方面,实验组通过智能化控制技术,依据实时监测数据动态调整设备运行参数,避免不必要的能源消耗,相比对照组降低15%的能耗,大幅减少风机、吸收设备等的电能消耗。在危废处置效率上,由于升级后净化系统稳定性增强、处理能力提升,实验组危废日处理量从对照组的75吨增加至90吨,提升了20%。通过数据分析软件深入剖析,发现新型过滤与吸附材料对净化效率提升贡献值占比达45%,智能化控制在能耗降低和系统稳定性提升方面贡献值为35%,烟气预处理技术改进贡献值为20%,各技术协同作用保障系统高效运行。

4.3 影响因素与机理探讨

深入剖析烟气净化系统升级影响危废处置效率的因素与内在机理,可从多个层面展开。技术层面,新型过滤与吸附材料凭借其独特的结构和性能,极大提高了对污染物的捕获与去除能力^[4]。纳米纤维滤材的细密结构能

有效拦截微小颗粒物,微纳米仿生吸附材料可精准吸附特定污染物,减少烟气中有害物质残留,降低对后续处理环节的阻碍,使危废处理流程更加顺畅,从而提高整体处置效率。智能化控制技术通过实时、精准的监测与调控,对设备运行状态进行优化。当检测到某参数异常时,系统迅速调整设备运行参数,避免因故障或参数不当导致处理效率下降;同时依据历史数据预测设备维护需求,提前维护保养,减少设备停机时间,降低能耗,间接提升危废处置效率。烟气预处理技术的改进,有效去除烟气中的水分、酸性气体和大粒径颗粒物等干扰物质,为后续净化设备创造良好运行条件。减少了设备腐蚀,提高设备处理能力和使用寿命,保障整个净化系统高效稳定运行,进而提升危废处置效率。另外,管理和操作层面不容忽视,升级后的系统技术更复杂,对操作人员专业知识和技能要求更高。经过系统培训的操作人员能够熟练操作设备、及时处理异常情况,充分发挥系统优势,也是提升危废处置效率的关键因素。

结束语

本研究系统论证了烟气净化系统升级对危废处置效率的积极影响,证实关键技术应用可显著提升净化效果、降低能耗、提高处置效率。然而技术推广仍面临成本高、操作复杂等挑战。未来需进一步探索技术优化与成本控制路径,加强操作人员培训,推动危废处理行业绿色、高效发展,为生态环境保护提供坚实技术支撑。

参考文献

- [1]李勇.典型生活垃圾焚烧烟气净化工艺及应用效果分析[J].工程技术研究,2023,8(14):228-230.
- [2]刘振利.脱硝工艺在垃圾焚烧烟气净化中的应用探讨[J].城市建设理论研究(电子版),2022(29):76-78.
- [3]柳祥鹏,于斌,黄雯.危废处置中心危废焚烧工艺分析及应用[J].当代化工研究,2021(6):130-131.
- [4]刘元虎,王兆丰,葛锡印.危险废物焚烧处理工艺优化设计研究[J].云南化工,2022,49(7):98-100.