

环境工程中有机废气处理方法

杨常青 李岳

河北先进环保产业创新中心有限公司, 中国·河北 石家庄 050035

摘要: 论文综述了环境工程中有机废气的多种处理方法, 涵盖物理化学技术、生物技术及其改进版, 以及综合处理策略。通过对比各方法的特点、适用范围及经济性, 为有机废气治理提供理论支撑和技术指导。旨在实现废气处理的高效、经济与环保, 推动环境工程技术的进步与发展。

关键词: 有机废气; 环境工程; 处理方法

Organic Waste Gas Treatment Methods in Environmental Engineering

Changqing Yang Yue Li

Hebei Advanced Environmental Protection Industry Innovation Center Co., Ltd., Shijiazhuang, Hebei, 050035, China

Abstract: This paper reviews various treatment methods for organic waste gas in environmental engineering, covering physical and chemical technologies, biotechnology and its improved versions, as well as comprehensive treatment strategies. By comparing the characteristics, applicability, and economy of various methods, theoretical support and technical guidance are provided for the treatment of organic waste gas. Aim to achieve efficient, economical, and environmentally friendly waste gas treatment, and promote the progress and development of environmental engineering technology.

Keywords: organic waste gas; environmental engineering; processing method

0 前言

随着工业化进程的加速, 有机废气排放已成为环境污染的重大源头, 对人类健康与生态系统构成严峻挑战。因此, 研发高效的有机废气处理技术, 对于推动可持续发展目标的实现至关重要。这不仅有助于减轻环境污染, 更是保护人类健康、维护生态平衡的重要途径。

1 有机废气的来源与危害

有机废气作为工业化进程中的重大污染问题, 源头广泛, 尤以石油化工、涂料制造及包装印刷等行业为甚。这些废气富含挥发性有机化合物 (VOCs) 与卤代烃类等有害成分。VOCs 因其高度挥发性, 易在大气中扩散, 与氮氧化物等反应后形成光化学烟雾, 严重降低空气质量, 对人们的日常生活及健康构成威胁, 并可能引发长期的生态环境问题。

更为严峻的是, 卤代烃类物质等废气成分对人体健康的危害显著。它们可经呼吸道侵入人体, 直接刺激并损害呼吸系统。部分物质甚至能穿透血脑屏障, 干扰神经系统的正常运作。长期暴露于此类废气环境, 个体患呼吸系统疾病、神经系统疾病及癌症的风险将大幅上升, 对人类生命健康构成极大潜在威胁。因此, 深入探索并研发高效、环保的有机废气处理技术, 对于维护人类健康、推动可持续发展具有举足轻重的意义。这不仅是环境保护的迫切需求, 也是实现人与自然和谐共生的必由之路。

2 传统物理化学处理方法及其改进

2.1 吸附法

在有机废气处理领域, 活性炭与分子筛等多孔材料,

凭借其独特的孔隙结构及表面化学特性, 成为选择性吸附有害有机成分 (如 VOCs) 的高效手段。近年来, 纳米科技的迅猛发展推动了新型纳米级吸附剂的诞生。这些吸附剂拥有更大的比表面积和更优的孔隙结构, 显著增强了吸附效率, 并有效降低了再生能耗, 使得废气处理过程更为经济且环保。纳米级吸附剂的应用, 不仅提升了废气处理效率, 还降低了处理成本, 为工业废气治理领域带来了革新性突破。它们能够精确针对废气中的有害成分进行吸附, 避免了对无害成分的干扰, 实现了处理过程的高效与环保并重。这一技术进步对于环境保护与可持续发展具有深远意义, 它有助于减轻有机废气对环境的污染, 保障人类健康, 促进生态平衡, 为构建绿色、低碳、可持续的社会环境提供了有力支撑, 并推动了环境工程技术向更高层次的发展。

2.2 冷凝法

针对高温高压环境中的有机气体, 冷却液化回收技术展现出高效处理能力, 尤其适用于浓度高、沸点高的有机物质。该技术通过降低气体温度, 促使其由气态转变为液态, 便于后续收集与资源化利用。然而, 此过程需消耗大量能量以完成热交换, 将高温高压下的有机气体冷却至液化点, 导致处理成本上升, 并对能源资源构成一定挑战。尽管如此, 对于特定情境及具有经济价值的有机物质, 冷却液化回收仍不失为一种优选方案。它不仅能有效治理有机废气, 减轻环境污染, 而且回收的液态有机物可作为资源再次利用, 提升资源利用效率。因此, 在实际应用中, 需全面考量能耗与回收效益, 细致权衡利弊, 以制定最优处理策略。这既是对环境保护的积极响应, 也是对资源循环利用理念的践行, 有助

于推动环境友好型社会的构建。

2.3 燃烧法

在有机废气处理领域，直接燃烧与催化燃烧是两种主流的氧化处理方法。前者利用高温火焰直接焚烧废气中的有机物，实现无害化转化；后者则通过催化剂降低反应温度，加速氧化进程，提升处理效率。这两种方法均能将有机物彻底氧化为二氧化碳和水。近年来，蓄热式燃烧技术作为一项创新改进，备受瞩目。该技术通过精妙设计，在燃烧过程中有效回收并储存热能，待需要时释放以维持燃烧，显著提高了能源利用率，并降低了能耗成本。此外，蓄热式燃烧技术还优化了燃烧效率，减少了温室气体排放，兼具环保与节能的双重效益。直接燃烧、催化燃烧及蓄热式燃烧技术均为有机废气处理的有效手段。蓄热式燃烧技术以其高效的热能回收与利用机制，为提升处理效率、降低能耗提供了新途径，展现了巨大的应用潜力。这一技术的进步不仅推动了有机废气处理技术的发展，也为环境保护与可持续发展作出了积极贡献，有助于构建更加绿色、低碳的社会环境。

2.4 吸收法

在废气处理领域，液体溶剂捕集技术以其高效性和针对性，成为处理含酸性气体或特定有机物废气的重要方法。对于废气中的酸性成分，如二氧化硫、氯化氢等，碱液如氢氧化钠或氢氧化钾溶液能发挥中和作用，形成稳定盐类，有效去除这些有害气体。而对于特定种类的有机物，如苯系物等挥发性有机化合物，则可选用具有特定溶解性和选择性的有机溶剂进行捕集，通过化学反应或物理吸附机制，将污染物从气流中精准分离。此技术不仅处理效率高，而且能够依

据废气成分进行定制化处理，灵活应对不同工业废气治理需求。此外，通过科学的溶剂选择以及建立溶剂回收再利用机制，不仅能显著降低处理成本，还能有效避免二次污染，实现环境效益与经济效益的和谐统一。液体溶剂捕集技术的应用，不仅提升了废气处理的技术水平，更为推动环境保护与可持续发展作出了积极贡献。

3 新兴生物处理技术

3.1 生物过滤

在有机废气处理技术领域，生物降解法凭借独特优势，成为低浓度挥发性有机化合物（VOCs）净化的高效经济策略。该技术的核心机制，是利用微生物在特制填料表面的生长与繁殖，实现对废气中有机污染物的有效降解。

为实现这一目标，生物反应器被精心设计，内部填充有促进微生物生长的填料。这些填料不仅为微生物提供了必要的附着于生长空间，而且其多孔结构极大地促进了废气与微生物之间的充分接触。当含有 VOCs 的废气流经填料层时，微生物通过自身的代谢活动，将废气中的有机物转化为碳源和能源，进而在酶的作用下，逐步将 VOCs 分解为无害的二氧化碳、水及微生物生物质。生物降解法的显著优势在于其低成本与高效性。该方法无需依赖昂贵的化学药剂或极端的高温高压条件，仅凭微生物的自然代谢过程，即可实现废气的有效净化。同时，微生物对环境的强适应性确保了系统的稳定运行，减少了设备的频繁维护与更换，进一步降低了运营成本。因此，对于低浓度 VOCs 废气的处理，生物降解法无疑提供了一种既经济又环保的创新解决方案，为工业废气治理领域带来了新的发展机遇（见图 1）。

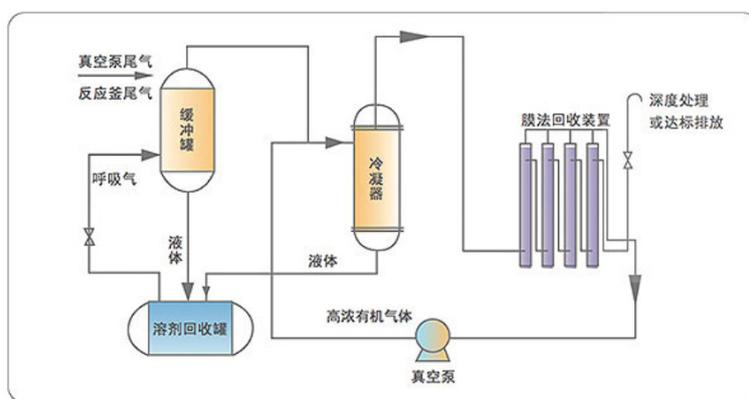


图 1 生物过滤法有机废气处理技术示意图

3.2 生物滴滤塔

在有机废气处理领域，生物降解技术与生物膜反应器的结合，为提升净化效率与稳定性开辟了新路径。此方法的精髓在于，引入循环喷淋系统，该系统能持续、适量地向填料层喷洒水分，确保填料表面保持湿润，为微生物活性提供关键保障。湿润环境不仅促进了微生物的生理代谢，还增强了废气中有机污染物与微生物的有效接触，从而加速了降解过程。

循环喷淋系统不仅为微生物提供了稳定的水源，还通过水流冲刷，有效清除填料表面的代谢废物和杂质，保持填料层的清洁与通透性。这一机制促进了微生物在填料上的均匀分布与生长，避免了局部堵塞或污染导致的效率下降，确保了处理效果的持续稳定。从另一个层面来分析，循环喷淋系统可根据废气成分和处理需求，灵活调整喷淋液的组成与喷淋频率。通过加入营养物质，可促进微生物的生长繁殖；调整喷淋液的 pH 值，则可优化微生物的代谢环境。这些精

细调控措施,显著增强了生物降解法对废气中有机污染物的处理能力,确保了废气净化过程的高效、稳定与可控,为有机废气处理领域提供了创新且高效的解决方案(见图2)。

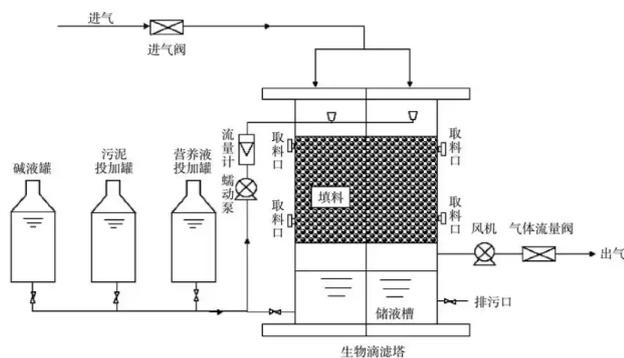


图2 生物滴滤塔有机废气处理流程示意图

3.3 生物洗涤

在有机废气处理技术领域,针对易溶于水的有机物,采用一种先将废气溶解于水,再由微生物进行分解的创新方法,展现出高效且环保的显著优势。此方法不仅巧妙利用了有机物在水中的溶解特性,还充分发挥了微生物对有机污染物的强大降解能力,有效实现了废气净化与异味控制的双重目标。

实施过程中,首先通过先进的废气收集系统,将含有易溶于水有机物的废气精准引入处理装置。在装置内部,废气被导入一个特制的溶解室,该室充满水,利用气体在水中的溶解度原理,使废气中的有机物充分溶解于水中,形成含有有机污染物的水溶液。此步骤的关键在于,通过精确调控溶解室的设计和运行参数,包括温度、压力以及气体与水的接触时间,以确保废气中的有机物能够最大限度地溶解于水中,为后续处理奠定坚实基础。然后将含有有机污染物的水溶液被送入生物处理单元。该单元内填充有适宜微生物生长的填料,并精心维持着微生物活动的最佳环境条件。微生物利用自身的代谢活动,将水溶液中的有机物作为碳源和能源进行分解,逐步将其转化为无害的二氧化碳、水以及微生物自身的生物质。通过精细调控生物处理单元的运行条件,如温度、pH值、溶解氧浓度等,可以进一步优化微生物的分解效率,确保有机物得到彻底、高效的分解。

值得一提的是,由于废气中的异味成分往往也易溶于水,因此在溶解过程中,这些异味成分会随有机物一同溶解于水中,并在随后的生物处理过程中被微生物分解,从而有效解决了废气处理过程中的异味问题,提升了处理效果。此方法不仅适用于处理易溶于水的有机物废气,更因其低成本、高效率、无二次污染等显著优点,在有机废气处理领域展现出广泛的应用前景。通过持续的技术创新与优化,不断提升处理效果,为环境保护和可持续发展事业贡献重要力量。

4 综合处理策略

在现代工业废气处理中,面对严格的环保标准和复杂

的废气成分,单一处理方法已难以满足需求。因此,多种技术结合成为行业趋势,旨在克服局限性,实现优化升级。预处理阶段,冷凝技术和吸附浓缩技术展现出显著优势。冷凝技术通过降低废气温度,使高沸点VOCs冷凝成液态,实现分离回收,具有能耗低、回收效率高的特点。吸附浓缩技术则利用吸附剂吸附VOCs,待饱和后集中释放,为后续处理提供高浓度废气源,具有处理量大、适应性强、净化效率高的优点。

深度净化阶段,生物处理和催化燃烧技术成为选择。生物处理技术利用微生物代谢将有机物转化为无害物质,具有成本低、无二次污染、环境友好的特点,适合处理低浓度、生物降解性好的废气。催化燃烧技术则在催化剂作用下,使有机物在低温下完全燃烧,生成无害物质,同时释放热能,具有净化效率高、适用范围广、能量可回收的优点。

为提升系统性能,集成智能控制系统至关重要。该系统实时监测废气参数,自动调整工艺参数,确保处理过程最优。同时,实现远程监控与故障诊断,提高自动化水平和运维效率,降低人工干预依赖,为企业绿色发展提供技术支撑。多种技术有机结合及智能控制系统的精准调控,构成现代废气处理的高效、灵活、智能化解决方案,有效应对复杂挑战,推动工业环保技术持续进步。

5 结语

通过对现有有机废气处理技术的全面梳理与评估,不难发现,每种技术均各具优势,并适用于特定场景。展望未来,研究重心应聚焦于技术创新与跨学科协作,力求发掘更为高效、环保且经济可行的处理方案。这一进程需紧密贴合日益严苛的环境标准与社会需求,通过持续探索与实践,推动有机废气处理技术迈向新高度,为环境保护与社会可持续发展贡献力量。

参考文献:

- [1] 徐刚健.环境工程中有机废气处理技术实践探讨[J].皮革制作与环保科技,2024(13):29-31.
- [2] 李治俊.环境工程中有机废气处理技术的运用[J].中文科技期刊数据库(全文版)工程技术,2022(5):94-97.
- [3] 关杰,李锋,郭耀广,等.某印刷厂有机废气治理工程案例[J].应用化工,2019(7):1763-1766+1769.
- [4] 汪俊.有机废气处理制活性炭吸附与催化燃烧浅谈[J].污染防治技术,2018(2):4-6.
- [5] 孙小军.环境工程大气污染中工业生产废气的危害及治理方法[J].经济技术协作信息,2021(25):127-128.
- [6] 蒋锡根.各项技术在挥发性有机废气治理中的应用[J].绿色环保建材,2019(7):23+26.
- [7] 韩建巍.废气处理过程中存在的问题及对策[J].资源节约与环保,2022(3):126-128.

作者简介:杨常青(1984-),男,中国河北保定人,本科,工程师,从事环保工程治理、环保技术咨询研究。