

环境工程中有有机废气处理技术

唐 攀¹ 屠冬富² 石全江³

1. 杭州萧山环城生物能源有限公司 浙江 杭州 311231
2. 浙江娃哈哈昌盛罐头食品有限公司 浙江 杭州 314423
3. 杭州盾源聚芯半导体科技有限公司 浙江 杭州 310000

摘 要：环境工程中，有机废气处理技术对于减少大气污染、保障生态环境质量至关重要。文章综述了当前有机废气处理的主要技术，包括吸附法、催化氧化法、生物处理法及新型高级氧化技术等，并探讨了这些技术的原理、应用优势及局限性。随着环保法规的日益严格和技术的不断进步，有机废气处理技术正朝着高效、低耗、智能化的方向发展。本文旨在为环境工程领域提供有机废气处理技术的全面概览，为技术选择与应用提供科学依据。

关键词：环境工程；有机废气；处理技术

1 有机废气概述

1.1 有机废气的来源与成分

有机废气的来源广泛多样，主要包括工业排放、交通运输、生活排放以及农业活动等方面。在工业领域，化工、制药、印刷、涂装、橡胶、塑料等行业在生产过程中常产生大量含有挥发性有机化合物（VOCs）的废气。交通运输方面，汽车尾气、飞机及船舶排放也是有机废气的重要来源。日常生活中如油漆使用、家庭烹饪等活动，以及农业中的农药喷洒等，均可能释放有机废气。有机废气的成分复杂多变，主要包括烃类（如烷烃、烯烃、芳香烃等）、醇类、酮类、酯类、卤代烃等挥发性有机化合物。这些化合物在常温常压下易于挥发，且具有不同的毒性和环境影响。例如，苯、甲苯、二甲苯等芳香烃类物质具有致癌性，对人体健康构成严重威胁。

1.2 有机废气的危害

有机废气对人体健康的危害主要表现在呼吸系统、神经系统、免疫系统等方面。长期吸入含有有机废气的空气，可能导致呼吸道疾病、神经系统受损、免疫力下降等问题^[1]。部分有机废气成分还具有致癌性，增加了患癌症的风险。有机废气对环境的危害同样不容忽视。它们在大气中参与光化学反应，可能形成光化学烟雾，降低空气质量，影响能见度。有机废气还可能通过降水进入水体和土壤，对水生生态系统和土壤生态系统造成污染。部分有机废气成分在环境中难以降解，具有持久性污染的特点。

2 有机废气处理技术综述

有机废气处理技术是针对工业生产、日常生活等活动中产生的挥发性有机化合物（VOCs）进行净化处理

的一系列方法和技术。这些技术旨在减少有机废气的排放，改善空气质量，保护人类健康和环境。

2.1 物理处理技术

物理处理技术主要通过物理手段对有机废气进行分离、捕集或转化，以达到净化目的。这类技术通常不涉及化学反应，操作相对简单，且在某些情况下能够回收有价值的有机物。冷凝法是一种基于物质在不同温度下具有不同饱和蒸汽压的原理，通过降低温度使有机废气中的VOCs凝结为液态，从而实现分离和回收的方法。这种方法适用于处理高浓度、低风量、温度较低的有机废气。冷凝法具有回收率高、操作简单等优点，但能耗较大，且当废气中VOCs浓度较低时，需要采用深度冷冻技术，导致运行成本增加。因此冷凝法通常作为其他处理技术的预处理步骤。吸附法是利用吸附剂（如活性炭、氧化铝、硅胶、沸石等）的多孔结构，通过物理吸附作用将有机废气中的VOCs捕集在吸附剂表面。吸附法具有去除效率高、适用范围广、能够回收有机物等优点。吸附剂易饱和，需要定期更换或再生，且再生过程中可能产生二次污染，吸附法对于含有胶粒物质或其他杂质的废气处理效果较差，易导致吸附剂中毒。膜分离法是利用半透膜的选择透过性，将有机废气中的VOCs与空气分离。这种方法具有能耗低、操作简便、无二次污染等优点。然而膜分离法的处理效率受膜材料、操作条件等多种因素影响，且膜材料易堵塞、老化，需要定期更换或维护。因此膜分离法在实际应用中受到一定限制。

2.2 化学处理技术

化学处理技术主要通过化学反应将有机废气中的VOCs转化为无害物质或易于处理的物质。这类技术通常具有较高的去除效率，但操作相对复杂，且可能产生二

次污染。热破坏法包括直接火焰燃烧和催化燃烧两种。直接火焰燃烧是将有机废气引入燃烧室,在适当温度和停留时间条件下,使有机物完全燃烧生成二氧化碳和水。催化燃烧则是在催化剂的作用下,降低有机物的燃烧温度,加快化学反应速率,实现高效净化。热破坏法具有去除效率高、适用范围广等优点,但能耗较大,且催化剂易中毒、失活,需要定期更换或再生。吸收法是利用吸收液与有机废气中的VOCs发生物理或化学作用,将其从废气中移走的方法。吸收液通常选用水、有机溶剂或表面活性剂溶液等。吸收法具有操作简便、能够回收有机物等优点,但吸收液易饱和,需要定期更换或再生,且再生过程中可能产生二次污染,吸收法对于高水溶性有机废气的处理效果较好,但对于低水溶性有机废气的处理效果较差^[2]。等离子体技术是利用高能电子、自由基等活性粒子与有机废气中的VOCs发生化学反应,将其分解为无害物质的方法。这种方法具有处理效率高、适用范围广等优点,但能耗较大,且设备复杂、维护成本高。等离子体技术在处理某些有机废气时可能产生臭氧等副产物,需要采取额外的处理措施。

2.3 生物处理技术

生物处理技术是利用微生物的代谢作用将有机废气中的VOCs转化为无害物质的方法。这类技术具有能耗低、操作简便、无二次污染等优点,且能够处理低浓度、大风量的有机废气。生物过滤法是将有机废气通入装有填料的生物过滤器中,与填料上附着的微生物接触并发生代谢作用,将VOCs转化为无害物质。填料通常选用泥土、堆肥、泥煤、树皮等有机物质。生物过滤法具有处理效率高、运行成本低等优点,但填料易堵塞、微生物易失活,需要定期更换或维护。此外,生物过滤法对于某些难降解的有机废气处理效果较差。生物滴滤法是在生物过滤法的基础上,向生物过滤器中滴加营养液,以提供微生物生长所需的营养物质。这种方法能够增强微生物的代谢活性,提高处理效率。生物滴滤法具有处理效率高、适用范围广等优点,但操作相对复杂,且需要定期更换或维护填料和营养液。生物洗涤法是将有机废气引入含有微生物的洗涤液中,通过气液接触使VOCs与微生物发生代谢作用。洗涤液中的微生物将VOCs转化为无害物质,并通过沉淀、过滤等方式将微生物从洗涤液中分离出来。生物洗涤法具有处理效率高、能够回收有机物等优点,但设备复杂、运行成本高,且对于高浓度有机废气的处理效果较差。

3 环境工程中有机废气处理技术选择原则

在环境工程领域,针对有机废气的处理技术选择是

一项复杂而关键的任务。有效的技术选择不仅能够确保废气得到妥善处理,减少环境污染,还能在保证处理效率的同时,兼顾经济性和可操作性。

3.1 考虑废气成分与浓度

有机废气的成分与浓度是选择处理技术的首要考虑因素。废气中的VOCs种类繁多,包括烃类、醇类、酮类、酯类等多种化合物,它们的化学性质、毒性和可燃性各不相同。因此在处理技术的选择上,必须充分考虑废气的具体成分。对于含有特定有毒有害物质的废气,应选择能够针对性去除这些物质的技术。例如,对于含有卤代烃的废气,采用催化氧化或热破坏法可能更为有效;而对于含有醇类或酮类的废气,则可能更适合采用生物处理技术。另外,废气的浓度也是影响技术选择的重要因素。高浓度的废气可能需要采用能够高效去除大量VOCs的技术,如冷凝法或吸附法,以实现资源的回收和利用。而对于低浓度的废气,则可能需要采用能够处理大风量、低浓度废气的技术,如生物过滤法或等离子体技术。

3.2 处理效率与经济成本

处理效率与经济成本是选择有机废气处理技术的核心考虑因素。处理效率直接关系到废气处理的效果和环保达标情况,而经济成本则决定了处理技术的可行性和可持续性。在选择处理技术时,应优先考虑其处理效率。高效的处理技术能够确保废气中的VOCs得到充分去除,达到环保排放标准。同时高效的处理技术往往也意味着更低的二次污染风险和更高的资源回收利用率。处理效率并非唯一标准,经济成本同样不可忽视。不同的处理技术具有不同的投资和运行成本。在选择时,应根据企业的经济实力、废气处理规模和长期运行需求进行综合考虑。例如,虽然某些高端处理技术具有极高的处理效率,但其高昂的投资和运行成本可能使企业难以承受^[3]。因此在选择处理技术时,应寻求处理效率与经济成本之间的平衡点,以实现最佳的经济效益和环境效益。还应考虑处理技术的长期运行成本和维护成本,一些处理技术虽然初期投资较低,但长期运行和维护成本可能较高,如频繁更换吸附剂或催化剂等,在选择处理技术时,应对其长期运行成本和维护成本进行全面评估,以确保技术的可持续性和稳定性。

3.3 操作简便性与维护要求

操作简便性与维护要求是选择有机废气处理技术的另一重要考虑因素。技术的操作简便性直接影响到企业的生产效率和员工的安全健康,而维护要求则决定了技术的稳定性和可靠性。在选择处理技术时,应优先考虑

其操作简便性。易于操作的技术能够降低员工的操作难度和安全风险,提高生产效率。易于操作的技术也意味着更低的培训成本和更高的员工满意度。维护要求也是选择处理技术时不可忽视的因素,一些处理技术虽然处理效率高,但维护复杂、维护周期长或维护成本高,可能给企业的生产带来不便和经济负担。在选择处理技术时,应对其维护要求进行全面评估,选择维护简便、维护周期短且维护成本低的技术。另外,还应考虑处理技术的可靠性和稳定性。可靠稳定的处理技术能够确保废气得到持续有效的处理,避免因技术故障导致的环保问题和生产中断。在选择处理技术时,应对其历史运行数据、用户反馈和技术支持情况进行深入了解,以确保所选技术的可靠性和稳定性。

4 有机废气处理技术的创新与发展

在环境保护日益受到重视的今天,有机废气处理技术的创新与发展成为推动工业绿色发展、实现环境可持续性的关键。

4.1 新材料与新技术的应用在有机废气处理技术领域,新材料与新技术的不断涌现为处理效率的提升和成本的降低提供了可能。新材料的应用方面,纳米材料、高性能吸附材料、新型催化剂等具有独特物理化学性质的材料正在逐步替代传统材料,以提高处理效率和延长使用寿命。例如,纳米级吸附材料因其高比表面积和优异的吸附性能,在有机废气处理中展现出巨大潜力。新型催化剂的研发也极大地提高催化氧化、催化还原等化学处理技术的效率,降低了能耗和二次污染风险。新技术的引入同样为有机废气处理带来了革命性变化。例如,等离子体技术、光催化技术等高级氧化技术,通过产生高能电子、自由基等活性粒子,能够高效降解有机废气中的VOCs,且处理过程无二次污染,膜分离技术、生物工程技术等新型技术的研发和应用,也为有机废气处理提供了更多选择。

4.2 综合处理技术的探索

面对复杂多变的有机废气成分和浓度,单一处理技术往往难以达到理想的处理效果。因此综合处理技术的探索成为有机废气处理技术发展的重要方向。综合处理技术将多种处理技术有机结合,形成优势互补,以提高

处理效率和降低成本。例如,将吸附法与催化氧化法相结合,先利用吸附剂捕集有机废气中的VOCs,再通过催化氧化将其分解为无害物质,既能提高处理效率,又能延长吸附剂的使用寿命,将生物处理技术与物理、化学处理技术相结合,形成生物-物理、生物-化学等综合处理技术,也是当前研究的热点^[4]。综合处理技术的探索不仅提高了有机废气处理的效率,还降低处理成本,推动有机废气处理技术的多元化和智能化发展。

4.3 环保法规与政策支持

环保法规与政策是推动有机废气处理技术创新与发展的重要动力。随着全球环保意识的增强和环保法规的日益严格,有机废气处理技术面临着前所未有的挑战和机遇。一方面,环保法规的出台和实施,对有机废气的排放标准和处理效率提出了更高要求,迫使企业采用更加高效、环保的处理技术。这促进新技术、新材料的研发和应用,推动有机废气处理技术的创新与发展。另一方面,政府也通过提供政策支持和资金扶持,鼓励企业加大有机废气处理技术的研发投入,推动技术创新和产业升级。

结束语

综上所述,有机废气处理技术是环境工程领域的重要组成部分,对于改善空气质量、保护生态环境具有重大意义。随着技术的不断创新和发展,相信未来将有更多高效、环保的有机废气处理技术涌现,为工业绿色发展提供有力支撑。同时加强环保法规的执行力度,提高公众环保意识,也是推动有机废气处理技术不断进步的关键。让我们共同努力,为建设美丽中国贡献智慧和力量。

参考文献

- [1]陆永明,朱杰,杨旭军.挥发性有机废气生物处理技术研究进展[J].山西化工,2023,43(6):31-32.
- [2]纪金盏.环境工程中有机废气处理技术运用[J].皮革制作与环保科技,2023,4(10):12-14.
- [3]张艳群,李铭忠,周广健.环境工程中有机废气处理技术实践探析[J].清洗世界,2023,39(08):13-15.
- [4]纪金盏.环境工程中有机废气处理技术运用[J].皮革制作与环保科技,2023,4(10):12-14.DOI:10.20025/j.cnki.CN10-1679.2023-10-03.