

关于环境工程中有机废气处理技术运用探讨

班荣远

广西北部湾环境科技有限公司 广西 南宁 530007

摘要: 本文探讨了环境工程中有机废气的三大主要来源—化工、塑胶及涂装行业, 这些行业排放的有机废气对大气环境构成严重威胁。随后, 概述了五种传统的有机废气处理技术, 包括活性炭吸附、吸收法、催化氧化、生物法及膜分离技术, 这些技术各有优劣, 适用于不同工况下的废气处理需求, 为有机废气治理提供了有效手段。

关键词: 环境工程; 有机废气; 处理技术

引言: 随着工业化的快速发展, 环境污染问题日益严峻, 其中有机废气作为大气污染物的重要组成部分, 其来源广泛且处理难度大。化工、塑胶及涂装等行业作为有机废气的主要排放源, 其排放的挥发性有机化合物(VOCs)不仅危害大气质量, 还对人体健康构成潜在威胁。因此, 研究和应用高效的有机废气处理技术, 对于改善环境质量、保障公众健康具有重要意义。

1 环境工程中有机废气的来源

1.1 化工有机废气

化工有机废气, 作为环境工程中的一个重要污染源, 其产生主要根植于化工生产过程中的一系列复杂化学反应。这些反应在化工厂、炼油厂、农药厂、制药厂等大规模工业场所内持续进行, 是工业生产不可或缺的一部分。然而, 正是这些反应过程, 往往伴随着大量有机废气的生成。这些废气中, 不仅含有常规的碳氢化合物, 还可能包含多种有毒有害的有机化合物, 如苯系物、醇类、酮类、醛类、醚类以及多环芳烃等。这些物质大多具有挥发性强、毒性大、难降解等特点, 一旦排入大气, 不仅会对空气质量造成严重影响, 还可能通过食物链累积, 最终对生态系统和人类健康构成长期且深远的威胁。具体来说, 化工有机废气的产生可能源于原料的预处理、反应过程中的副产物生成、产品的后处理以及设备泄漏等多个环节。例如, 在炼油过程中, 原油的蒸馏、裂化、重整等步骤均会产生大量的含硫、含氮有机废气; 在农药生产过程中, 原料的合成、中间体的转化以及最终产品的精制等步骤也会释放出多种有毒有害的有机废气。

1.2 塑胶有机废气

塑胶行业, 作为现代制造业的重要组成部分, 其生产过程中涉及的成型、吸塑、压塑、挤塑、注塑、吹塑等一系列复杂工艺, 不仅是产品成型的关键环节, 也是有机废气大量产生的源头。

在塑胶制品的成型阶段, 高温高压环境下塑料原料熔融并注入模具中, 此过程中会释放出大量含有塑料细颗粒物和挥发性有机化合物的废气。这些废气中, VOCs成分复杂, 包括但不限于苯系物(如苯、甲苯、二甲苯)、烯炔类(如乙烯、丙烯)、醛类(如甲醛、乙醛)以及脂类等, 它们具有刺激性气味, 对人体健康构成潜在威胁。这些工艺同样涉及塑料的加热软化与形变, 过程中塑料表面温度急剧升高, 导致内部低沸点有机物快速挥发, 形成高浓度的有机废气。特别是挤塑过程中, 塑料在螺杆挤压下通过模具成型, 此阶段废气排放量大且集中。注塑工艺中, 熔融塑料被高压注入模具型腔, 冷却固化后形成产品, 此过程伴随大量VOCs的释放。而吹塑则是通过吹气使塑料管或片材膨胀成中空制品, 此过程中塑料受热膨胀, 同样会释放大量有机废气。

塑胶有机废气直接排入大气后, 不仅会降低空气质量, 影响周边居民的生活质量, 还可能引发一系列环境问题。VOCs在阳光照射下能与大气中的氮氧化物发生光化学反应, 生成臭氧、过氧乙酰硝酸酯等二次污染物, 形成光化学烟雾, 对人体健康、农作物生长及建筑物材料造成损害。此外, 长期暴露于含苯系物等有害物质的空气中, 还可能增加患癌症等严重疾病的风险。

1.3 涂装有有机废气

在环境工程的视角下, 涂装有有机废气的来源不容忽视, 其影响深远且复杂。以汽车制造业为核心, 涂装车间不仅是生产线上光彩夺目的背后功臣, 也是环境污染的重要源头之一。在追求汽车外观完美无瑕的过程中, 涂装工艺不可或缺, 然而, 该过程所消耗的能源之巨, 几乎占据了整个汽车生产周期的七成, 伴随而来的“三废”问题—废水、废气、废渣, 更是对环境构成了严峻挑战, 其中废气占比尤为突出。

挥发性有机化合物作为涂装废气的主要成分, 其来源广泛, 包括但不限于树脂固化过程中释放的低分子量

物质、助剂中的挥发性成分,以及最为显著的一涂料溶剂。在喷涂作业中,溶剂迅速雾化并弥漫于空气中,随后经历挥发与烘干阶段,大量VOCs被释放至大气,这些化学物质不仅削弱了臭氧层的保护作用,加剧了温室效应,还促进了光化学烟雾的形成,对空气质量构成了长期威胁。此外,长期暴露于高浓度VOCs环境中,不仅对作业人员的呼吸系统造成刺激,还可能通过皮肤吸收或吸入方式,影响中枢神经系统功能,对人体健康构成潜在风险。

2 传统的有机废气处理技术

2.1 活性炭吸附技术

活性炭吸附技术,作为当前工业挥发性有机化合物(VOCs)治理领域中的核心手段之一,其优越性不仅体现在高效的处理能力上,更在于其灵活性与可持续性。这项技术基于活性炭独特的物理性质—极高的比表面积和复杂的微孔结构,这些特性为吸附过程提供了大量的活性位点,使得活性炭能够像海绵吸水一样,有效地捕捉并浓缩废气中的VOCs分子。

在活性炭吸附过程中,废气通过预处理(如除尘、除湿)后,进入装有活性炭的吸附塔或吸附床。随着气体流动,VOCs分子被活性炭表面的微孔结构所捕获,这些分子在微孔内表面形成一层薄薄的吸附层,从而实现了废气的净化^[1]。此过程基于物理吸附原理,即分子间的范德华力作用,不涉及化学反应,因此具有较快的吸附速度和较高的选择性。

活性炭吸附技术特别适用于处理低浓度、大风量的有机废气,如化工、制药、印刷、涂装等行业排放的废气。活性炭的高比表面积确保了高吸附容量,能有效去除废气中的VOCs。可根据废气特性和处理需求,调整活性炭的种类、粒径及吸附装置的设计,以达到最佳处理效果。通过热脱附、蒸汽脱附或溶剂洗脱等方法,活性炭可以再生使用,大大降低了运行成本。再生过程中收集的VOCs可进一步回收利用,减少资源浪费;该技术不产生二次污染。

2.2 吸收法

吸收法作为一种广泛应用的传统有机废气处理技术,其核心原理在于利用废气与吸收剂之间的物理或化学作用,将废气中的挥发性有机化合物(VOCs)有效地从气相转移到液相中,进而达到净化废气的目的。这种方法不仅适用于处理高水溶性有机废气,如醇类、醛类及某些酮类化合物,还因其独特的优势在工业废气处理领域占据一席之地。

相较于其他高级氧化或燃烧处理技术,吸收法所需

的设备相对简单,建设周期短,初期投资成本较低,适合中小型企业或预算有限的项目。吸收过程通常通过简单的气液接触装置实现,如喷淋塔、填料塔等,操作控制简便,维护管理方便,不需要复杂的自动化控制系统。对于处理浓度波动较大的废气,吸收法具有一定的适应性,通过调整吸收剂的种类、浓度及操作条件,可以较好地维持处理效率。部分被吸收的VOCs可通过后续处理(如蒸馏、精馏等)实现回收再利用,既减少了资源浪费,又符合绿色循环经济的发展理念。

针对高浓度或持续排放的废气,吸收剂易饱和,需定期更换,增加了运行成本。为解决此问题,可研发更高效、更耐用的吸收剂,或采用多级吸收、循环吸收等技术提高吸收剂的利用效率。对于非水溶性或难溶性VOCs,吸收法的处理效果往往不佳。此时,可考虑采用组合工艺,如先通过冷凝、吸附等方法预处理废气,再进入吸收塔进一步净化。若吸收后的废液处理不当,可能造成二次污染。需建立完善的废液处理系统,确保所有排放物均达到环保标准。吸收过程中可能需要加热吸收剂以促进吸收,或冷却废气以提高吸收效率,这增加了能耗。同时,优化工艺设计,如采用热回收技术,可有效降低能耗。

2.3 催化氧化技术

催化氧化技术作为一种先进的有机废气处理手段,在现代环保领域中占据着重要地位。这项技术通过引入高效催化剂,能够在远低于传统燃烧法所需的温度下,显著加速有机废气中挥发性有机化合物(VOCs)与空气中的氧气发生氧化反应的过程。这种低温下的高效转化机制,不仅有效避免了高温燃烧可能带来的能源消耗增加和潜在安全隐患,还极大地减少了氮氧化物(NO_x)等副产物的生成,实现了真正意义上的环保处理。

催化氧化技术的核心在于催化剂的选择与设计。理想的催化剂应具备高活性、高选择性、良好的稳定性和抗中毒能力,以确保在复杂的废气环境中持续高效地催化氧化VOCs。科研人员不断探索新型催化剂材料,如贵金属催化剂(如铂、钯)、过渡金属氧化物、复合氧化物以及分子筛等,以期在降低催化剂成本的同时提高催化效率和稳定性。

此外,催化氧化技术的反应条件也是影响处理效果的关键因素。这包括反应温度、气体流速、氧气浓度以及废气中VOCs的种类和浓度等。通过精确控制这些参数,可以优化催化反应过程,实现VOCs的高效转化。还需要考虑催化剂的再生与回收,以降低运行成本并减少固体废弃物的产生。

2.4 生物法

生物法利用微生物的代谢活动,将有机废气中的有害物质转化为无害的二氧化碳、水和其他生物量,从而实现废气的净化。生物法处理有机废气的核心在于构建一个适宜微生物生长的环境,即生物滤池或生物滴滤塔等生物反应器^[2]。

在生物滤池中,废气通过填充有微生物附着介质的床层,介质表面及内部的微生物群落能够吸附并降解废气中的有机物。该过程中,微生物利用有机物作为能源和碳源进行生长繁殖,同时释放出无害的产物。生物滴滤塔则通过向床层间歇或连续喷淋营养液,为微生物提供必要的水分和营养,进一步增强其降解能力。

生物法处理有机废气具有诸多优点。首先,该技术无需高温高压条件,能耗低,运行成本相对较低。其次,生物法处理过程中不产生二次污染,如废水、废渣等,符合环保要求。此外,生物法适用范围广,能够处理多种类型的有机废气,包括低浓度、大风量的废气,具有较好的经济性和环境效益。

然而,生物法也存在一些局限性。例如,微生物对温度、湿度、pH值等环境条件较为敏感,需要严格控制反应器内的操作条件。此外,微生物的生长周期较长,反应器启动和调试阶段需要较长时间。因此,在实际应用中,需要根据具体情况选择合适的生物处理工艺,并加强运行管理,以确保处理效果的稳定性和可靠性。

2.5 膜分离技术

膜分离技术作为有机废气处理领域中的一项重要技术,其基本原理是利用不同组分在特定膜材料上的渗透速率差异来实现高效分离。该技术广泛应用于化工、涂装、印刷、制药等行业中,针对挥发性有机化合物(VOCs)的减排与资源回收展现出显著优势。膜分离技术能够基于分子大小、极性、形状等特性,精准地将废气中的VOCs与清洁空气或其他惰性气体分离开来。该过程不仅实现了VOCs的高效捕获,还保证了排放气体的清洁度,满足了日益严格的环保要求。通过后续处理工

艺,被分离的VOCs可以被有效回收并转化为有价值的化学原料或能源,如溶剂再生、热能回收等,从而实现资源的循环利用。相较于传统的燃烧法或吸附法,膜分离技术通常操作温度低,能耗较小,且不会产生二次污染,如废热、废水或固废。这使得膜分离技术在环保效益上更具优势,特别适用于对能源消耗和环境影响有严格限制的场景。膜分离系统通常采用模块化设计,便于根据废气处理量及VOCs成分灵活调整系统规模。这种设计不仅降低了安装成本,还便于设备的升级、维护与更换,增强了系统的适应性和可扩展性。此外,膜分离模块可轻松集成到现有的废气处理系统中,实现工艺优化和升级改造。尽管膜分离技术优势明显,但其性能高度依赖于膜材料的选择与制备。理想的膜材料应具备高选择性、高通量、良好的化学稳定性和机械强度,以及较长的使用寿命^[3]。为此,材料科学领域的不断创新为膜分离技术的发展注入了新的活力,如开发新型高分子膜、无机膜以及复合膜等,以提高膜的分离效率、耐久性和成本效益。

结束语

综上,面对环境工程中有机废气的严峻挑战,传统处理技术如活性炭吸附、吸收法、催化氧化等虽已广泛应用,但仍需不断创新与优化,以适应日益严格的环保要求。低温等离子分离与膜分离等新型技术的出现,为有机废气治理提供了更多可能性。未来,应继续加大研发力度,推动技术的融合与创新,构建更加高效、环保的有机废气处理体系,共同守护我们的蓝天白云。

参考文献

- [1]朱文,王雪雪.化工有机废气处理方法研究[J].化工设计通讯,2021,47(11):189-190.
- [2]仲梅梅.环境工程中有机废气处理技术研究[J].皮革制作与环保科技,2021,2(18):103-104.
- [3]邓学文.汽车涂装有有机废气处理方法[J].皮革制作与环保科技,2021,2(17):104-105.