

大气环境中挥发性有机废气治理技术研究

郭海宁

宁波弘景环保科技有限公司 浙江 宁波 315000

摘要：本文综述了大气环境中挥发性有机废气（VOCs）治理技术的最新研究进展。重点介绍了生物处理技术、吸附回收技术、燃烧处理技术和活性炭纤维吸附技术等常用治理方法的工作原理、技术特点、应用现状及存在问题。通过对各种技术的综合比较和分析，指出了未来VOCs治理技术的发展趋势和研究方向。本文旨在为VOCs治理技术的研发和应用提供理论支持和指导。

关键词：大气环境；挥发性有机废气；治理技术

挥发性有机废气（VOCs）是大气环境中的重要污染物之一，对空气质量、气候变化和人类健康产生严重影响。随着工业化和城市化的快速发展，VOCs的排放量不断增加，如何有效治理VOCs污染已成为当前环境保护领域的重要课题。本文旨在探讨和研究大气环境中VOCs治理技术的最新进展，为VOCs治理技术的研发和应用提供理论支持和指导。

1 挥发性有机废气的主要排放来源和排放量

挥发性有机废气（Volatile Organic Compounds, VOCs）的主要排放来源和排放量是一个复杂的议题，涉及到多个行业和日常生活。以下是对其的简要概述，工业排放：化工、制药、油漆涂料、橡胶制品、塑料制品、电子制造等行业在生产过程中会释放大量VOCs。交通排放：汽车、飞机、船舶等交通工具使用的燃料在燃烧时会产生VOCs，尤其是在启动和加速时。日常生活排放：家庭装修、家具制造、烹饪、清洁产品使用等都会产生VOCs。农业活动：农药使用、畜禽养殖等农业活动也会释放VOCs。油品和溶剂的挥发：加油站、储油设施、化学品储存和使用场所的VOCs挥发也是一个重要的排放源^[1]。

排放量，VOCs的排放量因地区、行业、技术水平、环境政策等多种因素而异。在工业化程度较高的地区，工业排放通常是VOCs的主要来源，而在一些发展中国家，交通排放和日常生活排放可能占据主导地位。全球范围内，VOCs的排放量正在不断增加，这主要是由于工业化和城市化的快速发展。然而，随着环境意识的提高和环保政策的加强，许多国家和地区正在采取措施减少VOCs的排放，例如推广清洁能源、提高工业生产效率、限制溶剂使用等。VOCs的排放来源多样，排放量巨大，对环境和人类健康造成潜在威胁。因此，需要采取多种措施来减少其排放，保护生态环境和人类健康。

2 大气环境挥发性有机气体的特点

大气环境中的挥发性有机气体（Volatile Organic Compounds, VOCs）具有一系列独特的特点，这些特点使得它们在大气化学、空气质量、气候变化以及人类健康等方面具有重要影响。第一、挥发性：VOCs的名称即表明它们具有挥发性，这意味着这些化合物可以在常温下轻易地从液体或固体状态转变为气态。这种挥发性使得它们能够迅速释放到大气中，并在气流的作用下扩散到远离排放源的地方。第二、多样性：VOCs种类繁多，包括烷烃、烯烃、芳香烃、酮、醛、醇、酯等，它们的化学性质、来源和反应活性各不相同。这种多样性使得VOCs在大气中的行为和影响变得非常复杂。第三、反应性：许多VOCs在大气中可以与氧气、氮氧化物等发生化学反应，生成臭氧和其他二次污染物。这些反应不仅影响大气中的化学平衡，还可能加剧空气污染，对人类健康产生负面影响。第四、毒性：部分VOCs具有毒性，如苯、甲醛等，长期暴露于这些化合物可能对人体健康造成损害，包括癌症、神经系统损伤等^[2]。第五、光化学活性：一些VOCs在阳光的作用下可以参与光化学反应，如光化学烟雾的形成。这些反应不仅影响大气能见度，还可能产生有害的氧化剂，如过氧乙酰硝酸酯（PAN）等。第六、生命周期：VOCs在大气中的生命周期因种类而异，从几小时到几天不等。它们可以通过大气氧化、降水清除、植物吸收等过程从大气中去除。第七、区域性和全球性影响：VOCs的排放和大气化学反应不仅影响局部地区的大气环境，还可能通过大气传输对全球气候和环境产生影响。例如，VOCs在大气中的氧化反应可以生成温室气体如二氧化碳和甲烷。

3 大气环境中挥发性有机废气的来源

3.1 工业生产

在大气环境中，挥发性有机废气（VOCs）的主要

来源之一是工业生产。工业生产过程中涉及众多化学反应、物质转换和能源利用,这些活动往往会伴随VOCs的产生和排放。首先,化工行业是VOCs排放的主要源头之一。在化工生产过程中,原料的转化、中间产物的合成以及产品的精制等步骤都可能产生VOCs。例如,石油化工、精细化工、油漆涂料制造等行业在生产过程中会释放大量含有苯、甲苯、二甲苯等VOCs的废气。其次,制造业也是VOCs排放的重要来源。在金属加工、机械制造、电子设备制造等过程中,使用的溶剂、清洗剂、粘合剂等化学品往往含有VOCs。这些化学品在使用过程中会挥发到空气中,成为VOCs排放的一部分。此外,印刷、涂装和塑料加工等行业也是VOCs排放的重要贡献者。印刷过程中使用的油墨、涂装过程中涂料的挥发以及塑料加工过程中塑料颗粒的熔融和成型,都会产生大量的VOCs。除了上述行业外,食品加工、制药、纺织等工业领域也存在VOCs的排放。这些行业在生产过程中使用的有机溶剂、添加剂以及原料的挥发都可能成为VOCs的来源。

3.2 道路运输

道路运输作为现代社会中物流运输的主要方式,对挥发性有机废气(VOCs)的排放贡献显著。以下是对道路运输中VOCs排放的详细描述:道路运输中的VOCs排放主要来自于机动车尾气的排放。机动车,特别是柴油车,在燃油燃烧过程中会产生一系列VOCs。这些VOCs主要包括烷烃、烯烃、芳香烃等,它们在大气中的浓度和种类取决于车辆的燃料类型、发动机技术、燃油质量以及车辆的维护状况。燃料的质量对VOCs的排放也有重要影响。低质量的燃料往往含有较高的硫分和其他杂质,这些杂质在燃烧过程中会生成更多的VOCs。因此,使用高质量的清洁燃料是减少道路运输中VOCs排放的有效手段之一。车辆的维护状况同样对VOCs的排放有重要影响。老旧的车辆往往存在燃油泄漏、发动机效率低下等问题,这些问题都可能导致VOCs排放的增加^[3]。定期对车辆进行维护和保养,确保其处于良好的工作状态,也是减少VOCs排放的关键措施。道路交通拥堵也会增加VOCs的排放。在拥堵的情况下,车辆需要频繁地启动和加速,这些过程都会增加燃油的消耗和VOCs的排放。优化城市交通规划、减少交通拥堵也是降低道路运输中VOCs排放的重要途径。为了减少这一来源的排放,需要提高机动车的燃油效率、使用高质量的清洁燃料、加强车辆的维护和保养、优化城市交通规划等。这些措施的实施将有助于降低道路运输对大气环境的影响,保护人类健康和生态环境。

4 挥发性有机废气治理技术的具体使用

4.1 生物处理技术

生物处理技术是挥发性有机废气(VOCs)治理中的一种重要方法,其基于微生物的代谢作用,将有机污染物转化为无害或低毒的化合物。生物处理技术的核心是利用微生物的降解能力来处理VOCs。这些微生物通常通过附着在特定的介质上,如活性炭、生物滤池或生物滴滤塔等,形成生物膜。当含有VOCs的气体通过这些介质时,VOCs与生物膜上的微生物接触并发生生物化学反应。在生物处理过程中,微生物通过酶的作用将VOCs分解为较小的分子,如二氧化碳和水。这个过程通常需要适宜的温度、湿度、pH值和氧气供应等条件,以确保微生物的活性和降解效率。生物处理技术的具体使用包括生物滤池和生物滴滤塔两种主要形式。生物滤池是一种利用土壤或特定介质中的微生物来降解VOCs的系统。气体通过滤池时,VOCs与介质中的微生物接触并被降解。生物滴滤塔则是一种通过喷洒营养液和提供适宜的环境条件来促进微生物生长和降解VOCs的系统。生物处理技术的优点包括处理效果好、运行成本低、无二次污染等。然而,该技术也存在一些限制,如处理时间较长、对特定VOCs的降解效率较低等。总的来说,生物处理技术在VOCs治理中具有广泛的应用前景。通过不断优化工艺参数和提高微生物的降解能力,生物处理技术将成为未来VOCs治理领域的重要发展方向。

4.2 吸附回收技术

吸附回收技术是一种常用的挥发性有机废气(VOCs)治理方法,它通过吸附剂的吸附作用将废气中的有机物捕集下来,并进行后续的回收或处理。吸附回收技术的核心在于选择合适的吸附剂和吸附装置。常用的吸附剂包括活性炭、分子筛、硅胶等,它们具有较大的比表面积和良好的吸附性能。吸附装置则通常采用固定床吸附器或移动床吸附器等形式,以适应不同工艺的需求。在吸附过程中,废气通过吸附器时,其中的VOCs被吸附剂吸附,而清洁气体则通过吸附器排出。当吸附剂饱和后,需要进行脱附再生,将吸附的VOCs解吸下来,以便回收或进一步处理。脱附过程可以通过加热、减压或吹扫等方式实现。吸附回收技术的优点在于处理效率高、能耗低、操作简单等。同时,通过回收VOCs,可以实现资源的再利用,降低生产成本,并减少对环境的影响。然而,吸附回收技术也存在一些挑战和限制。吸附剂的选择和再生是影响技术效果的关键因素,需要针对不同废气成分和浓度进行优化。吸附剂的饱和容量有限,需要定期更换或再生,增加了运行成本。对于高

浓度、高毒性的VOCs废气，吸附回收技术可能不是最佳选择，需要结合其他治理方法。

4.3 燃烧处理技术

燃烧处理技术是处理挥发性有机废气（VOCs）的常用方法，其主要原理是通过高温燃烧将VOCs转化为无害的二氧化碳和水蒸气。燃烧处理技术通常包括直接燃烧和催化燃烧两种方式。直接燃烧是将VOCs废气直接引入燃烧室，在足够高的温度下（通常为800-1200℃）进行完全燃烧。这种方法适用于废气中VOCs浓度较高、热值较大的情况。催化燃烧则是在催化剂的作用下，在较低的温度下（通常为200-400℃）进行燃烧反应。催化剂能够降低反应的活化能，加速反应速率，使得VOCs在较低的温度下就能完全氧化。在燃烧处理过程中，需要确保燃烧室的温度、氧气供应和废气停留时间等参数满足要求，以保证VOCs的完全燃烧和避免二次污染物的生成^[4]。燃烧产生的热量可以进行回收利用，提高能源利用效率。燃烧处理技术的优点包括处理效率高、适用范围广、处理速度快等。然而，该技术也存在一些挑战和限制。首先，燃烧处理需要消耗大量的能源，对于低浓度、低热值的VOCs废气，处理成本较高。其次，燃烧过程中可能产生氮氧化物等二次污染物，需要采取相应的措施进行减排。为了克服这些挑战，研究者们正在开发新型的燃烧技术，如低温等离子体燃烧、微波辅助燃烧等，以提高处理效率、降低能耗和减少二次污染。总的来说，燃烧处理技术在VOCs治理中发挥着重要作用。通过不断优化燃烧工艺、提高能源利用效率和减少二次污染，燃烧处理技术将在未来继续为VOCs治理做出贡献。

4.4 活性炭纤维吸附技术

活性炭纤维吸附技术是一种高效的挥发性有机废气（VOCs）治理技术，利用活性炭纤维（ACF）作为吸附剂，通过其独特的物理和化学性质实现对VOCs的高效捕集和去除。活性炭纤维是一种具有高比表面积、高吸附

容量和良好吸附动力学特性的新型吸附材料。与传统的活性炭相比，活性炭纤维具有更高的孔隙率和更小的孔径分布，这使得它能够更有效地吸附和固定VOCs分子。在活性炭纤维吸附技术中，废气通过活性炭纤维层时，VOCs分子被吸附在纤维表面和内部孔隙中。活性炭纤维表面的官能团和极性特性使其对VOCs具有较强的亲和力 and 选择性吸附能力。活性炭纤维的优异物理性能，如高比表面积和良好的传质性能，使得吸附过程迅速且高效。活性炭纤维吸附技术具有操作简便、吸附容量大、再生容易等优点。当活性炭纤维饱和后，可以通过热再生、化学再生或生物再生等方法进行再生处理，恢复其吸附能力，实现资源的循环利用。活性炭纤维吸附技术还可以与其他治理技术相结合，如与催化氧化技术结合，将吸附的VOCs在催化剂的作用下进行氧化分解，进一步提高处理效率和去除率。

结束语

随着科学技术的不断进步，相信未来会有更多高效、环保、经济的治理技术涌现。我们也应认识到VOCs治理是一个长期而复杂的过程，需要政府、企业和科研机构等多方共同努力，形成合力，共同推动VOCs治理技术的进步和发展。期待未来能有更多的创新技术和方法应用于VOCs治理领域，为保护我们的地球环境和人类健康做出更大的贡献。

参考文献

- [1]张仲芳,汪海鹏,李芙.关于挥发性有机废气治理技术的发展探讨[J].绿色环保建材,2021(11):271-272.
- [2]冯焯锋.大气环境中挥发性有机废气治理技术研究[J].资源节约与环保,2021(20):117-118.
- [3]李翠红.大气环境中挥发性有机废气治理技术发展研究[J].中国资源综合利用,2020,38(2):92-94.
- [4]杜芳芳.大气环境中挥发性有机废气治理技术发展研究[J].山西化工,2020,40(1):158-159.