

绿色经济视角下化工企业有害气体排放控制实效研究

王邦坤 初志杰 李国辉 (山东永鑫石化科技有限公司, 山东 滨州 256511)

摘要: 绿色经济主要以效率、和谐、持续为发展目标, 在绿色发展理念的影响下, 化工企业更加重视化工生产各个环节中环境保护技术的应用, 有害气体排放控制是其中重要的一项。首先, 本文分析了常见有害气体的成分及其对环境和人体健康的影响。接着, 详细介绍了几种先进的气体处理技术, 包括经济实用的吸收法、吸附法、效果显著的催化燃烧, 极具发展前景的生物处理法。文章着重讨论了这些技术在实际应用中的效果与限制, 以及它们对提高绿色环保效率的贡献。通过对比分析, 指出了各技术的优势与潜在改进空间。最后, 探讨了这些技术在未来化工生产中的应用前景与挑战, 为化工行业的绿色环保进步提供了有力的技术支撑。

关键词: 绿色经济; 有害气体排放; 应用前景; 环境保护

0 引言

随着绿色环保理念的日益增强, 化工行业的绿色安全生产与实现可持续经济成为重要发展目标, 化工企业实现绿色低碳高效发展目标面临着许多挑战, 如何有效控制和处理有害气体排放就是面临的挑战之一。通过聚焦开发创新的气体处理技术, 探索这些技术在化工生产中的应用效果和潜在改进方向, 深入分析这些方法的优势和局限性, 为化工行业提供可行的环保解决方案, 也对该领域的未来发展趋势进行预测和讨论。

1 化工生产中有害气体的成分及其环境影响

化工生产是一个复杂且多变的过程, 涉及多种化学反应和物质转化, 其中不可避免地会产生各种有害气体。这些有害气体的成分多样, 主要包括硫化物、氮氧化物、挥发性有机化合物 (VOCs)、氯气和氨气等。每种气体对环境和人体健康的影响不尽相同, 但普遍具有一定的危害性。

硫化物, 尤其是二氧化硫 (SO_2), 在化工生产中普遍存在。它主要来源于含硫原料的处理和燃烧过程。二氧化硫在大气中可以转化为硫酸和细小颗粒物, 不

仅导致酸雨, 还能造成呼吸系统疾病。氮氧化物 (NO_x), 主要包括一氧化氮 (NO) 和二氧化氮 (NO_2), 主要来源于高温燃烧过程。它们在大气中能形成臭氧和细小颗粒物, 对人类健康和环境都有显著影响。

挥发性有机化合物 (VOCs) 是一大类在常温下易挥发的有机化合物, 包括甲烷、乙烯、苯等。这些化合物不仅对人体有直接毒性, 还能在大气中参与光化学反应, 生成对人体有害的臭氧和其他氧化物。氯气和氨气也是常见的有害气体, 它们在泄漏时对人体呼吸系统和皮肤具有强烈的刺激性和腐蚀性, 见表 1。

表 1 这些有害气体在环境中的存在对生态系统产生了广泛的影响。例如, 二氧化硫和氮氧化物的排放导致酸雨的形成, 严重破坏了森林、湖泊和土壤的生态平衡。挥发性有机化合物的存在不仅加剧了地面臭氧的形成, 还对全球气候变化产生了影响。同时, 这些气体的累积也导致了城市空气质量的下降, 对公共健康构成了严重威胁。

因此, 有效控制和处理这些有害气体的排放已成为化工行业面临的重要挑战。这不仅关系到环境保护和人类健康, 还涉及到化工企业的可持续发展和社会

表 1 主要有毒气体的来源、环境影响以及对人体健康的潜在危害

气体种类	主要来源	环境影响	人体健康影响
二氧化硫 (SO_2)	含硫原料处理、燃烧	酸雨、空气污染	呼吸系统疾病
氮氧化物 (NO_x)	高温燃烧过程	臭氧生成、空气污染	呼吸道刺激、心血管问题
VOCs	有机物的挥发	光化学烟雾、臭氧生成	神经系统影响、癌症风险
氯气	化工制品泄漏	空气和水质污染	呼吸系统和皮肤刺激
氨气	化肥制造、畜牧业	氨雾、空气污染	呼吸道刺激、视力损伤

责任。通过采用先进的排放控制技术和优化生产流程，可以显著减少有害气体的排放，为实现环境友好型化工生产提供可行的途径。

2 催化燃烧技术在有害气体处理中的应用与效果

催化燃烧技术（Catalytic Combustion Technology），作为处理化工生产中有害气体的有效手段之一，其核心在于利用催化剂来促进气体中有害成分的氧化反应，在较低的温度下实现污染物的高效转化。这种技术主要用于处理低浓度、高流量的有害气体，如挥发性有机化合物（VOCs）、一氧化碳（CO）、氮氧化物（NO_x）等。

催化燃烧技术的关键在于催化剂的选择和设计。常见的催化剂包括贵金属催化剂（如铂、钯）和金属氧化物催化剂（如锰氧化物、铜氧化物）。贵金属催化剂具有高效的催化性能，但成本较高；金属氧化物催化剂则相对经济，但其催化效率和稳定性通常低于贵金属催化剂。

催化燃烧过程中，有害气体在催化剂表面发生氧化反应，转化为无害或低害的气体（如 CO₂ 和水）。这一过程在较低的温度下进行，大大减少了能源消耗并降低了二氧化碳排放。同时，由于反应温度较低，可以减少氮氧化物的生成，进一步减轻环境污染，如表 2：

表 2 几种常见催化燃烧技术处理不同气体的效果

气体类型	催化剂类型	处理效率	能耗	环境影响
VOCs	贵金属催化剂	高	中等	低 CO ₂ 排放
CO	金属氧化物催化剂	中等	低	减少 NO _x 生成
NO _x	贵金属催化剂	高	中等	低 NO _x 排放

表 2 在实际应用中的催化燃烧技术的优化和改进是持续的研究方向。例如，通过改变催化剂的组成、结构和形状，可以提高催化效率和选择性，降低催化剂中毒和失活的风险。此外，整合多种催化剂或开发新型复合催化剂，可以进一步提高处理效率和稳定性。然而，催化燃烧技术也面临一些挑战。例如，催化剂的长期稳定性和耐久性是关键问题，特别是在处理含有粉尘、油雾等污染物的气体时。此外，催化剂的选择和优化需要根据具体的应用环境和处理对象进行定制化设计，增加了技术的复杂性。

3 绿色经济视角下化工排放控制方法的比较分析

为了实现化工生产过程中绿色经济与环境保护的作用，采用经济高效的方式控制有害气体排放是一个重要环节。其中，吸收法和吸附法是两种常用的排放控制技术。这两种技术虽有共同之处，但在原理、应用领域、效率和经济性等方面存在一定的差异。

吸收法是基于物理或化学过程，通过吸收液将气体中的污染物质转移到液相中。物理吸收依赖于气体与液体之间的溶解度差异，而化学吸收则涉及气体成分与吸收液中化学物质的反应。常用的吸收剂包括水、碱液和特定的化学溶液，适用于处理 SO₂、HCl、NH₃ 等气体。

吸附法则利用固体吸附剂的表面或内部孔隙捕获气体分子。这种方法依赖于物理吸附（如范德华力）或化学吸附（涉及化学键的形成）。常见的吸附剂包括活性炭、沸石、硅胶等，适用于去除 VOCs、CO₂、H₂S 等，表 3 对比了两种方法在不同方面的差异。

吸收法的优势在于其对高浓度气体的处理效果较好，尤其是化学吸收法可以实现近乎完全的气体去除。然而，吸收剂的再生和处理产生的二次污染是其主要

表 3 对比吸收法与吸附法在不同方面的特性

特性	吸收法	吸附法
原理	气体溶解于液体或与液体发生化学反应	气体分子在固体表面或孔隙中被捕获
应用领域	酸性气体（如 SO ₂ 、HCl）、碱性气体（如 NH ₃ ）	VOCs、气态污染物（如 CO ₂ 、H ₂ S）
操作条件	需要持续供应和回收吸收液	通常在较低的温度和压力下进行
效率	高效处理高浓度气体	适用于低浓度、高流量气体
经济性	依赖吸收剂的成本和回收难易程度	吸附剂再生成本和使用寿命影响经济性
环境影响	产生二次污染物需处理	吸附剂失活需要更换，产生固体废物

表 4 生物处理技术在化工气体净化中的应用及其效果

技术类型	目标污染物	净化效率	优点	缺点
生物滤床	VOCs、恶臭气体	60%-90%	成本低，操作简便	对高浓度污染物处理效果有限
生物洗涤塔	酸性气体、碱性气体	70%-95%	高效处理水溶性气体	需要连续维持水质和微生物活性
生物膜反应器	VOCs、含硫气体	80%-98%	高效率，适应性强	设备投资和维护成本较高

挑战。此外，某些吸收剂可能对环境有害，需谨慎处理。

吸附法在处理低浓度、高流量气体方面表现出色，特别是对 VOCs 的去除效率高。吸附剂可以通过热再生或压力摆动等方法恢复其吸附能力，但吸附剂的使用寿命和再生成本是关键因素。

4 绿色经济视角下生物处理法的创新与应用

生物处理法作为化工气体净化的一种创新方法，为企业带来较好的环保与经济成效，近年来受到了广泛关注。它利用微生物的代谢作用来去除或转化气体中的污染物质，是一种环境友好且成本效益较好的净化技术。在绿色经济视角下，生物处理法为企业经济和可持续发展，发挥出不可估量的积极作用，其主要包括生物滤床、生物洗涤塔和生物膜反应器等技术。

生物滤床通过填充有机或无机填料，为微生物提供生长基质，使其能够吸附并降解气体中的污染物。生物洗涤塔则利用液体培养基，通过液气接触使污染物溶解至液相中，为微生物的代谢活动提供条件。生物膜反应器结合了生物膜技术，通过固定化微生物膜在特定介质上，增强了污染物的吸附和降解效率，实现成本效益和经济效益，详见表 4。

生物处理法的核心在于微生物的选择和培养。不同的微生物适用于降解不同类型的污染物，因此选择合适的微生物株对于提高处理效率至关重要。此外，环境因素如温度、湿度、pH 值和氧气供应对微生物的活性和代谢过程有显著影响，应严格控制以保证最佳处理效果。

生物处理法在化工气体净化中的创新应用包括发展新型高效微生物、优化反应器设计和运行条件、以及结合其他物理或化学方法以提高净化效率。例如，通过基因工程手段改造微生物，增强其对特定污染物的降解能力；或者采用多阶段处理系统，先通过物理或化学方法去除高浓度污染物，再利用生物处理法处

理低浓度残余污染物。

然而，生物处理法也面临一些挑战，如对环境条件的敏感性、处理高浓度污染物的能力有限、以及长期运行中微生物活性的维持等问题。未来的研究方向可能包括提高微生物的稳定性和适应性、开发更为高效的生物反应器设计以及探索与其他净化技术的联合应用，必将为化工行业环保与经济发展做出更大贡献。

5 结语

本文以绿色经济发展为基调，综合探讨了化工生产中有害气体排放的控制与处理技术。通过深入分析催化燃烧、吸收法、吸附法以及生物处理法的应用和效果，突显了这些技术在化工气体净化领域的重要性与创新潜力，为绿色经济发展发挥重要作用。未来，化工生产中废气减排与净化方面的技术创新与成效，将为化工行业的环境保护和可持续发展提供强有力的支撑。

参考文献：

- [1] 陈昌涛,任丽静,程明等.基于化工生产过程的有害气体智能监测系统[J].仪表技术与传感器,2011,(10):56-57.63.
- [2] 陈磊.基于 ZigBee 的 WSN 在化工生产过程中的有毒有害气体监测的研究与应用[D].长春工业大学,2011.
- [3] 张静.危险化工工艺生产过程的安全管理[J].天津化工,2023,37(05):125-127.
- [4] 曹长柏.化工生产过程中误操作的原因及防范措施[J].氯碱工业,2022,60(10):43-45.
- [5] 赵占科.化工企业生产过程中的生态环境保护问题与解决路径[J].生物化工,2022,8(03):116-119.
- [6] 崔树芹.浅析化工分析在化工生产过程中的应用[J].科技与创新,2022,(10):150-152+156.