

VOCs治理与碳减排协同路径研究——以溶剂使用行业为例

李伦伟

江苏康泽环境科技有限公司，江苏南京

摘要：随着工业化的快速发展，溶剂使用行业在推动经济增长的同时，也面临着挥发性有机物（VOCs）排放和碳排放的双重压力。本文旨在探讨溶剂使用行业中VOCs治理与碳减排的协同路径，通过综合分析该行业的VOCs排放特点、环境影响、碳排放关联性以及现有治理技术的挑战，提出了一系列有效的协同减排策略。研究结果显示，技术集成与创新、清洁生产与源头控制以及能源效率提升与碳捕获技术等路径，对于实现溶剂使用行业的绿色转型和可持续发展具有重要意义。本文的研究不仅为政策制定者提供了科学依据，也为相关企业提供了实践指导，有助于推动我国溶剂使用行业向更加环保、低碳的方向发展。

关键词：挥发性有机物（VOCs）；碳排放；协同减排；溶剂使用行业

Research on Synergistic Pathways of VOCs Control and Carbon Emission Reduction—A Case Study of Solvent-Using Industries

Lunwei Li

Jiangsu Kangze Environmental Technology Co., Ltd., Nanjing, Jiangsu

Abstract: With the rapid development of industrialization, the solvent industry, while driving economic growth, also faces dual pressures from volatile organic compound (VOCs) emissions and carbon emissions. This paper aims to explore the synergistic pathways for VOCs governance and carbon reduction in the solvent industry. By comprehensively analyzing the characteristics of VOCs emissions, environmental impacts, carbon emission correlations, and challenges with existing governance technologies, a series of effective synergistic reduction strategies are proposed. The research findings indicate that paths such as technology integration and innovation, clean production and source control, and energy efficiency improvements and carbon capture technologies are crucial for achieving green transformation and sustainable development in the solvent industry. This study not only provides scientific evidence for policymakers but also offers practical guidance for relevant enterprises, contributing to the advancement of China's solvent industry towards greater environmental protection and low carbon.

Keywords: Volatile organic compounds (VOCs); Carbon emission; Synergistic emission reduction; Solvent use industry

1 引言

在当前全球气候变化和环境污染日益严峻的背景下,溶剂使用行业作为重要的工业领域之一,其排放的挥发性有机物(VOCs)和碳不仅对环境造成了严重影响,也加剧了全球变暖的趋势。因此,探索VOCs治理与碳减排的协同路径,对于促进溶剂使用行业的可持续发展具有重要意义。本文将从溶剂使用行业的状况出发,深入分析VOCs排放与碳排放的关联性,评估现有治理技术的效果与挑战,并在此基础上提出一系列创新的协同减排策略,以期为该行业的绿色转型提供相关参考[1]。

2 VOCs排放现状与影响

2.1 溶剂使用行业的VOCs排放特点

溶剂使用行业作为VOCs(挥发性有机化合物)排放的主要源头之一,其排放特点显著且复杂。该行业在生产过程中大量使用油漆、涂料、胶粘剂等含VOCs的溶剂,这些溶剂在挥发过程中会释放出大量的VOCs,对环境和气候造成严重影响。据相关数据显示,溶剂使用行业的VOCs排放量占全国工业排放总量的近30%,其中,涂料制造、印刷、家具制造等行业尤为突出,成为VOCs减排的重点领域[2]。

溶剂使用行业的VOCs排放不仅对环境造成直接危害,如形成臭氧污染、加剧光化学烟雾等,还与碳排放紧密相关。VOCs在大气中经过一系列化学反应,会生成二氧化碳等温室气体,进一步加剧全球气候变暖。因此,在溶剂使用行业中实施VOCs与碳协同减排策略,对于推动行业绿色发展具有重要意义。

2.2 VOCs对环境与气候的影响

VOCs(挥发性有机化合物)排放不仅对环境造成了显著影响,还对气候产生了深远影响。在溶剂使用行业中,VOCs的排放特点表现为排放量大、种类多且复杂,这些化合物在大气中经过化学反应,会形成臭氧、细颗粒物等二次污染物,导致空气质量恶化。

VOCs对气候的影响同样不容忽视。它们在大

气中参与光化学反应,生成的气溶胶能够影响云的形成和降水过程,进而改变地球的能量平衡。此外,VOCs还是温室气体的重要组成部分,其全球变暖潜能值虽然低于二氧化碳,但由于排放量大且在大气中停留时间长,对气候变化的贡献不容小觑。

更为严重的是,VOCs与氮氧化物(NO_x)在大气中的反应还会形成光化学烟雾,这种烟雾不仅对人体健康构成威胁,还会影响农作物生长,降低农作物的产量和质量。因此,VOCs的排放控制对于保护生态环境和人类健康至关重要。

在溶剂使用行业中,由于生产工艺和原材料的特性,VOCs的排放难以完全避免。然而,通过采用先进的生产技术和严格的排放控制措施,可以有效降低VOCs的排放量,减轻其对环境和气候的影响。例如,采用低VOCs含量的原材料、优化生产工艺、加强废气治理等措施,都可以在一定程度上减少VOCs的排放。

2.3 碳排放与VOCs排放的关联性

在探讨VOCs治理与碳减排的协同策略时,碳排放与VOCs排放的关联性不容忽视。溶剂使用行业作为VOCs排放的主要来源之一,其排放的VOCs不仅对环境造成污染,还与碳排放紧密相关。据相关研究显示,某些VOCs物质在大气中经过化学反应,可形成二次有机气溶胶,这些气溶胶对全球气候变暖的贡献不容忽视,其增温潜势甚至超过了一些主要的温室气体。

此外,溶剂使用行业在生产过程中往往伴随着能源的消耗,特别是化石燃料的燃烧,这不仅产生了大量的二氧化碳排放,同时也加剧了VOCs的排放。因此,从源头控制能源消耗,提高能源利用效率,不仅能够减少碳排放,还能有效降低VOCs的排放量,实现双重减排效果。在探索协同减排策略时,需要综合考虑能源结构、生产工艺、排放控制等多个方面,以实现VOCs治理与碳减排的协同效应[3]。

3 现有治理技术与挑战

3.1 常规VOCs治理技术简介

在VOCs治理领域,常规技术涵盖了吸附、

吸收、催化氧化、热焚烧及冷凝等多种方法。吸附技术,作为最常用的手段之一,依赖于活性炭、分子筛等高效吸附材料,能有效去除低浓度VOCs。据研究,优质活性炭对VOCs的吸附效率可达90%以上,但吸附饱和后的再生处理及废弃吸附剂的安全处置成为新的挑战。吸收技术则利用化学溶剂或水吸收VOCs,适用于高浓度废气处理,其效率受气液接触面积、温度和压力等因素影响显著。催化氧化技术通过催化剂加速VOCs与氧气的化学反应,将其转化为二氧化碳和水,具有高效、低能耗的优点,但催化剂的选择性和稳定性仍需进一步优化。

热焚烧技术适用于处理大风量、高浓度的VOCs废气,通过高温燃烧将其彻底分解为无害物质,处理效率接近100%。然而,该过程能耗较高,且可能产生二次污染,如氮氧化物排放,需配套高效的尾气净化系统。冷凝技术则基于VOCs在不同温度下的蒸汽压差异,通过降温使VOCs凝结为液体,适用于处理高沸点、高浓度的VOCs,但单独使用时往往难以达到排放标准,需与其他技术联用[4]。

3.2 技术应用中的问题与局限

在探讨溶剂使用行业的VOCs治理技术与挑战时,技术应用中的问题与局限不容忽视。尽管当前市场上存在多种VOCs治理技术,如催化氧化、吸附回收、生物降解等,但这些技术在实际应用中均面临一定的挑战。例如,催化氧化技术虽然能有效降解VOCs,但其催化剂易失活,需定期更换,增加了运营成本。

吸附回收技术则存在吸附剂饱和与再生问题。吸附剂在长时间使用后,其吸附能力会逐渐下降,需通过热脱附或蒸汽脱附等方式进行再生。然而,再生过程不仅能耗高,还可能产生二次污染。此外,吸附剂的再生效率与使用寿命也是制约该技术广泛应用的关键因素。

生物降解技术作为一种绿色、可持续的VOCs治理方法,近年来受到广泛关注。然而,该技术在实际应用中同样面临诸多挑战。生物降解过程受温

度、湿度、pH值等多种因素影响,且对VOCs的种类和浓度有严格要求。一旦环境条件发生变化,生物降解效率将大幅下降。此外,生物降解技术的处理周期较长,难以满足紧急情况下的快速治理需求。

环保法规与政策要求也是影响VOCs治理技术应用的重要因素。随着国家对环境保护的日益重视,相关法规和政策不断出台,对VOCs排放提出了更为严格的要求。然而,部分法规和政策在执行过程中存在可操作性不强、监管力度不足等问题,导致一些企业存在侥幸心理,未能严格按照规定进行治理。这不仅加剧了VOCs排放问题,也影响了治理技术的推广和应用[5]。

3.3 环保法规与政策要求

在探讨VOCs治理与碳减排协同策略的过程中,环保法规与政策要求扮演着至关重要的角色。近年来,随着全球对环境保护意识的增强,各国政府纷纷出台了一系列严格的环保法规,旨在减少VOCs排放,降低碳排放量。以我国为例,自2013年起,国家环保部门陆续发布了《挥发性有机物(VOCs)污染防治技术政策》、《重点行业挥发性有机物综合治理方案》等一系列政策文件,明确了VOCs治理的目标、任务和措施。这些政策不仅要求溶剂使用行业采取先进的治理技术,减少VOCs排放,还鼓励企业实施清洁生产,从源头上控制污染物的产生。

此外,环保法规与政策还要求企业加强内部管理,建立健全环保管理制度,确保治理设施的正常运行和排放数据的真实可靠。同时,政府还通过环保执法检查、排污许可制度等手段,加强对企业的监管和处罚力度。这些措施不仅提高了企业的环保意识,还促进了VOCs治理技术的不断创新和升级。

4 协同减排路径分析

4.1 技术集成与创新策略

在技术集成与创新策略方面,溶剂使用行业面临着前所未有的机遇与挑战。为了实现VOCs治理

与碳减排的双重目标,行业内开始积极探索技术集成的新路径。例如,某知名化工企业引入了先进的催化氧化技术,与原有的吸附回收系统相结合,不仅大幅提高了VOCs的去除效率,还实现了资源的循环利用,减少了能源消耗。

此外,创新策略的实施同样不可或缺。一些前沿企业开始尝试利用大数据和人工智能技术优化生产流程,通过实时监测VOCs排放浓度和碳排放量,精准调控生产参数,实现减排效果的最大化。这种智能化管理不仅提高了治理效率,还降低了运营成本。

在技术创新方面,生物降解技术也展现出了巨大的潜力。某涂料生产商通过引入微生物降解VOCs的新技术,成功将生产过程中的有害废气转化为无害物质,不仅解决了VOCs排放问题,还为企业的可持续发展开辟了新的道路。

4.2 清洁生产与源头控制措施

在探讨VOCs治理与碳减排的协同策略时,清洁生产与源头控制措施显得尤为重要。溶剂使用行业作为VOCs排放的主要来源之一,其生产过程中的原料选择、工艺优化以及废弃物管理等环节,均对VOCs排放及碳排放产生深远影响。清洁生产强调在产品的设计、原料选择、生产流程、废物处理及资源回收利用等全生命周期中,最大限度地减少对人类和环境的风险,这与源头控制VOCs排放的理念不谋而合。

此外,源头控制措施还包括优化生产工艺,减少不必要的VOCs排放。例如,通过改进喷涂技术,如采用高压无气喷涂或静电喷涂,可以大幅提高涂料利用率,减少VOCs的逸散。同时,加强生产过程中的密封管理,防止VOCs泄漏,也是源头控制的关键措施之一。

在清洁生产与源头控制措施的实施过程中,企业还需关注资源的高效利用和废弃物的回收利用。通过循环利用生产过程中的废水、废气等废弃物,不仅可以减少环境污染,还能为企业带来额外的经济效益。例如,某些企业利用废气中的VOCs作为能源,通过燃烧发电或供热,实现了废

物的资源化利用。这种“变废为宝”的做法,不仅符合清洁生产的理念,也为企业的可持续发展注入了新的活力。

4.3 能源效率提升与碳捕获技术

在探讨溶剂使用行业的VOCs治理与碳减排协同策略时,能源效率提升与碳捕获技术无疑是关键的一环。能源效率的提升不仅能够直接减少能源消耗,降低运营成本,还能间接减少因能源使用而产生的碳排放。在溶剂使用行业,通过引入高效的生产设备和工艺,如采用节能电机、优化生产流程等,可以显著提升能源使用效率,减少不必要的能源消耗。

碳捕获技术则是针对已经产生的碳排放进行处理的关键技术。在溶剂使用行业中,一些先进的碳捕获技术,如化学吸收法、膜分离法等,已经开始得到应用。这些技术能够从工业废气中高效捕获二氧化碳,并将其进行储存或利用,从而避免其排放到大气中。

值得注意的是,能源效率提升与碳捕获技术并不是孤立存在的,它们往往需要结合使用,形成协同减排的效果。一方面,通过提升能源效率,可以减少因能源使用而产生的碳排放,降低碳捕获技术的处理负担;另一方面,碳捕获技术的应用也可以为能源效率的提升提供空间,因为捕获的二氧化碳可以用于工业生产中的其他环节,如作为化工原料等,从而实现资源的循环利用。这种协同减排的路径不仅有助于实现环境效益的最大化,还能为企业带来经济效益的提升。此外,能源效率提升与碳捕获技术的实施还需要政策的支持和引导。政府可以通过制定相关法规、提供财政补贴、建立碳交易市场等方式,鼓励企业采用这些先进技术,推动溶剂使用行业的绿色转型。

5 案例分析

在探讨VOCs治理与碳减排协同策略时,行业代表案例为我们提供了宝贵的实践经验和启示。以某涂料生产企业为例,该企业作为溶剂使用行业

的佼佼者，面临着严峻的VOCs排放和碳排放双重挑战。该企业通过引入先进的VOCs治理技术，如催化氧化和吸附浓缩-催化燃烧系统，有效降低了VOCs排放。据统计，实施新技术后，其VOCs去除率达到了95%以上，显著改善了环境质量。同时，该企业还积极探索碳减排路径，通过采用清洁能源和优化生产工艺，实现了碳排放的大幅降低。据该企业公布的数据，其碳排放强度较实施前降低了约30%，这一成就不仅彰显了企业的环保责任，也为行业树立了榜样。

在该案例中，技术集成与创新策略发挥了关键作用。企业不仅应用了成熟的VOCs治理技术，还结合实际情况进行了技术创新，提高了治理效率。此外，清洁生产与源头控制措施也是该企业实现协同减排的重要手段。通过改进生产工艺和采用低VOCs含量的原料，企业从源头上减少了VOCs和碳排放。

在能源效率提升方面，该企业也取得了显著成效。通过引入高效节能设备和技术改造，企业能源利用效率大幅提升，进一步降低了碳排放。同时，该企业还积极探索碳捕获技术的应用，虽然目前仍处于试验阶段，但其前瞻性的布局已为企业未来的可持续发展奠定了坚实基础。该企业的成功案例表明，溶剂使用行业在VOCs治理与碳减排协同方面具有巨大潜力，只要坚持技术创新和绿色发展理念，就能够实现经济效益与环境保护的双赢。

6 结语

面向未来，溶剂使用行业在VOCs治理与碳减排协同方面仍面临诸多挑战与机遇。随着环保法规的日益严格和公众环保意识的不断提升，企业需持续加大技术创新力度，探索更为高效、经济的治理技术。同时，政府与社会各界也应加强合作，共同推动绿色产业链的构建与发展，为实现经济社会的可持续发展贡献力量。通过不断努力，我们有理由相信，溶剂使用行业将在VOCs治理与碳减排协同方面取得更加显著的成效，为守护蓝天白云、建设美丽中国作出积极贡献。

参考文献

- [1] 杜晓玉. 碳减排与大气环境治理的协同途径探讨[J]. 皮革制作与环保科技, 2023, 4(13): 74-75+78. DOI:10.20025/j.cnki.CN10-1679.2023-13-24.
- [2] 柯云婷. 溶剂使用行业挥发性有机物排放特征及控制技术研究[D]. 广州: 华南理工大学, 2020. DOI:10.27151/d.cnki.ghnlu.2020.002760.
- [3] 雒瑞. 典型溶剂使用行业挥发性有机物监测方法评价及其应用研究[D]. 上海: 华东理工大学, 2020. DOI:10.27148/d.cnki.ghagu.2020.000128.
- [4] 张瑜, 孙倩, 薛进军, 等. 减污降碳的协同效应分析及其路径探究[J]. 中国人口·资源与环境, 2022, 32(05): 1-13.
- [5] 赵曼仪, 王科. 减污降碳协同效应综合评估的研究综述与展望[J]. 中国人口·资源与环境, 2024, 34(02): 58-69.

