

Exploration of VOCs Emission Characteristics and Emission Reduction Path of Industrial Sources under the Background of “Dual Carbon”

Yinglan Ju

Dalian Borui Weilan Environmental Technology Co., Ltd., Dalian, Liaoning, 116600, China

Abstract

Driven by the global “dual carbon” target, controlling the emission of volatile organic compounds (VOCs) from industrial sources has become one of the important tasks for China to achieve the carbon peak and carbon neutrality target. VOCs As one of the air pollutants, it is not only the precursor of ozone and fine particulate matter (PM_{2.5}), but also one of the important sources of greenhouse gas production. This paper starts with the emission characteristics of industrial source VOCs, analyzes the emission characteristics and the main influencing factors of different industrial fields, and discusses its impact on the environment. At the same time, combined with the current policy requirements under the background of “dual carbon”, the VOCs emission reduction path adapted to different industries is proposed, aiming to provide theoretical basis and practical guidance for realizing the coordinated control of carbon neutrality and air pollution.

Keywords

“dual carbon” background; industrial source; VOCs emission characteristics; emission reduction path

“双碳”背景下工业源 VOCs 排放特征与减排路径探索

鞠英兰

大连宝睿微兰环境科技有限公司, 中国·辽宁 大连 116600

摘要

在全球“双碳”目标的驱动下,控制工业源挥发性有机物(VOCs)的排放已成为我国实现碳达峰和碳中和目标的重要任务之一。VOCs作为大气污染物之一,既是臭氧和细颗粒物(PM_{2.5})的前体物,也是温室气体产生的重要源头之一。论文从工业源VOCs的排放特征入手,分析不同工业领域的排放特点以及主要影响因素,探讨其对环境的影响。同时,结合当前“双碳”背景下的政策要求,提出了适应不同产业的VOCs减排路径,旨在为实现碳中和和大气污染协同控制提供理论依据和实践指导。

关键词

“双碳”背景;工业源;VOCs排放特征;减排路径

1 引言

工业源 VOCs 的排放特征具有较强的行业差异性,不同行业的排放量、VOCs 种类及其活性存在显著差异。例如,化工、石化、涂料、印刷等行业是 VOCs 的主要排放源,不同生产工艺和原材料的使用导致其排放的 VOCs 种类繁多。此外,VOCs 的排放还具有显著的时空差异性,受生产周期、工艺流程、设备状况等多方面因素的影响。因此,深入研究工业源 VOCs 的排放特征,识别其主要排放源和排放途径,成为制定有效减排措施的基础。

【作者简介】鞠英兰(1980-),女,中国辽宁大连人,本科,工程师,从事环境影响评价及挥发性有机物治理研究。

2 “双碳”背景下工业源 VOCs 排放特征

2.1 工业源 VOCs 排放的主要来源

工业源 VOCs 排放的主要来源相对明确,涵盖了多个行业领域,主要包括石化行业、涂料和印刷、合成材料生产以及制药等行业。这些行业在生产过程中涉及大量有机溶剂的使用,或者在化学反应中不可避免地产生挥发性有机物。例如,石化行业在原油开采、加工和储运过程中会排放大量的碳氢化合物,这些都是典型的 VOCs 排放源^[1]。此外,涂料、油漆和印刷行业在工艺流程中使用的溶剂挥发是重要的 VOCs 排放途径。这些溶剂包括苯系物、醇类和酯类等,均属于高活性 VOCs,对大气环境有较大的影响。在合成材料生产过程中,如橡胶和塑料的制造,催化剂和溶剂的使用会产生大量的挥发性物质,制药行业在合成药物的过程中同

样会排放大量的有机化合物，尤其在有机溶剂的使用环节，VOCs 的排放尤为显著。因此，从总体上看，工业源 VOCs 的排放来源广泛且复杂，涉及到的行业和工艺类型多种多样（见图 1）。

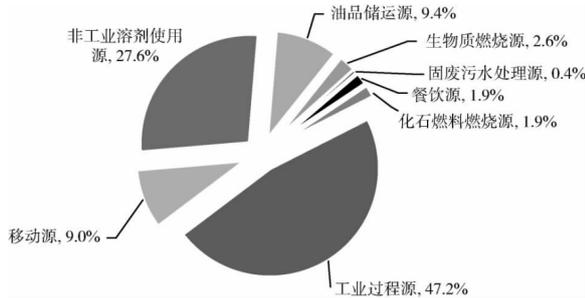


图 1 VOCs 排放分行业所占比例

2.2 不同行业的 VOCs 排放特征

石化行业的 VOCs 排放主要以碳氢化合物为主，其中烷烃、烯烃和芳香烃是主要成分。这类 VOCs 在大气中不仅会参与光化学反应，生成臭氧和二次有机气溶胶，还会对形成雾霾有重要影响。涂料和油漆行业则以有机溶剂为主要 VOCs 排放源，其成分较为复杂，包括苯、甲苯、二甲苯等芳香烃类，以及醇类、酯类和酮类等多种有机物，这些物质的挥发性较强，且对人体健康和环境影响较大。印刷行业的 VOCs 排放特征与涂料行业有些类似，但其溶剂的使用量和种类相对较低，排放的 VOCs 种类和浓度也相对较低。而制药行业的 VOCs 排放则与具体的药物生产工艺密切相关，排放的有机物种类较为复杂，不仅包括溶剂，还可能涉及部分中间体和副产物^[2]。因此，在不同的行业中，VOCs 的排放特征差异显著，其化学成分和排放强度也随行业工艺的不同而变化。

2.3 工业源 VOCs 排放的区域分布

由于工业布局 and 经济发展水平的不同，VOCs 的排放量在不同地区存在较大的不均衡现象。一些经济发达、工业基础雄厚的地区，如长三角、珠三角和京津冀地区，是我国工业源 VOCs 排放的重点区域。这些地区集中了大量的石化、化工、制造和加工企业，VOCs 排放量相对较高，且由于区域内人口和交通密集，排放的 VOCs 在大气中容易与其他污染物发生反应，形成臭氧和 PM_{2.5}，从而加剧区域性的大气污染。而在一些经济不发达或者工业化程度相对较低的地区，VOCs 的排放量相对较少。这种区域差异不仅与工业结

构有关，也受到地方环保政策、排放标准以及减排措施的影响。因此，工业源 VOCs 的区域分布与经济发展水平和工业布局密切相关，发达地区由于工业活动频繁，VOCs 排放量较大，而工业相对落后的地区则相对较少。

2.4 工业源 VOCs 排放的季节变化

根据现有研究，VOCs 排放量通常在夏季达到峰值，而冬季则相对较低。这一方面与气温的季节性变化密切相关。较高的温度不仅加速了有机物的挥发，还加剧了工业生产中溶剂、涂料等物质的蒸发速率。夏季高温条件下，工业源 VOCs 排放量的增加尤为明显，尤其是在石化、涂料、印刷等行业，排放强度会随之上升。相较之下，冬季气温较低，挥发速度减缓，工业生产活动也有所下降，导致 VOCs 排放量减少。除此之外，部分地区冬季采暖需求增加，燃料燃烧带来的 VOCs 排放可能有所增加，但总体来看，工业源的 VOCs 排放量在冬季仍然低于夏季。这种季节性变化不仅仅是气候的影响，工业生产活动的周期性变化也在其中扮演了重要角色。例如，某些行业在夏季旺季生产量增加，VOCs 排放自然随之上升。因此，在制定 VOCs 减排政策时，需要充分考虑排放的季节性特征，灵活调整监管力度，以应对不同时期的排放波动。

3 “双碳”背景下工业源 VOCs 减排路径

3.1 优化产业结构，促进绿色低碳发展

传统的粗放型工业发展模式往往伴随着高能耗、高污染和高排放，尤其在石化、化工、涂料等行业中，VOCs 的排放量相当可观。因此，推动产业结构优化升级，淘汰落后产能，发展绿色低碳产业，已成为实现 VOCs 减排的重要途径之一。通过加快发展新兴产业，如新能源、新材料和高端装备制造等，能够有效减少高耗能、高排放行业的比重，降低 VOCs 排放水平^[3]。同时，工业企业还应积极引入绿色技术和工艺，减少生产过程中的能源消耗和污染物排放。例如，部分工业领域可以通过引进先进的催化裂解技术、低碳化学品合成技术等，不仅能够有效降低 VOCs 排放，还能提升能源利用效率，实现经济效益与减排效益的双赢。此外，政府层面的政策引导也起到了至关重要的作用。通过出台相关的产业政策，鼓励企业向绿色低碳方向转型升级，推动传统产业的转型与升级，从而为 VOCs 减排创造良好的政策环境和市场条件（见图 2）。

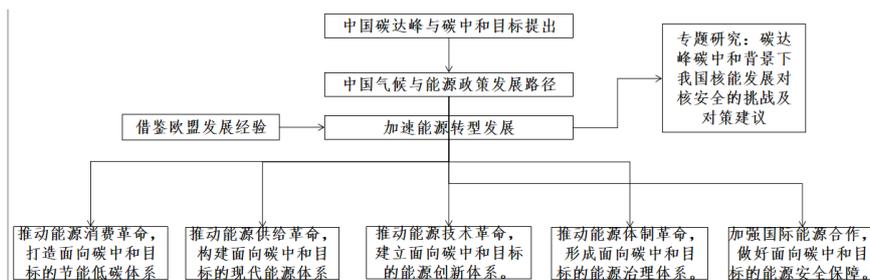


图 2 碳中和背景下中国能源政策发展路径

3.2 加强源头控制，推广使用低碳原辅材料

加强源头控制是减少 VOCs 排放的重要环节，特别是在原辅材料的选择上，推广使用低碳、环保的材料已经成为大势所趋。VOCs 的排放与工业原辅材料的种类密切相关，许多化工产品和涂料中含有大量的有机挥发物。因此，工业企业应从源头上减少高 VOCs 含量材料的使用，积极采用低 VOCs 或无 VOCs 的替代材料。例如，在涂料行业，使用水性涂料、粉末涂料等低 VOCs 产品，能够显著减少生产和使用过程中 VOCs 的排放。此外，推广使用绿色化学品、可再生资源 and 生物基材料，可以在源头上减少对石化类原材料的依赖，降低 VOCs 的排放量。同时，企业还应通过优化生产工艺，减少原材料的浪费和不必要的 VOCs 释放。例如，在印刷行业中，使用低溶剂含量的油墨和胶黏剂，可以有效降低 VOCs 的使用量和排放量。此外，加强原料采购环节的管理，选择环保认证的供应商，也是减少 VOCs 源头排放的重要手段之一^[4]。通过源头控制，不仅可以有效减少 VOCs 的产生，还能够降低企业的治理成本，提高生产效率，实现可持续发展。

3.3 推进清洁生产，提高 VOCs 治理效率

清洁生产是指通过改进生产工艺、提高能源和资源利用效率，减少污染物的产生和排放。为了在工业生产中有效减少 VOCs 排放，企业应积极采用先进的清洁生产技术，如密闭生产、循环利用、余热回收等。这些技术不仅能够减少生产过程中 VOCs 的逸散，还能提高资源的综合利用效率，降低生产成本。此外，清洁生产还要求企业加强对生产全过程的管理，减少跑冒滴漏等无组织排放现象的发生。通过对生产设备的升级改造，减少设备磨损和管道泄漏，能够有效提升 VOCs 的治理效率。更为重要的是，清洁生产还应注重废弃物的分类处理和资源化利用，避免因废弃物处理不当而造成二次污染，从而实现生产过程中的绿色化和低碳化。

3.4 强化过程管控，实施全过程 VOCs 控制

在 VOCs 的治理过程中，许多企业往往更加注重末端的处理措施，而忽略了生产过程中的排放控制。然而，生产过程中的不规范操作、设备老旧或维护不当等问题，往往是 VOCs 无组织排放的主要来源。因此，要实现高效的 VOCs 减排，必须将控制措施贯穿于生产的各个环节。在原材料采购、生产工艺设计、设备运行维护等方面，企业应加强管理，确保每个环节都符合环保要求。例如，采取密闭化生产、改进废气收集装置、定期维护和更新设备等措施，可以有效减少无组织排放。与此同时，还应加强对生产过程的实时监控，

采用自动化的监测设备，确保 VOCs 排放能够及时发现并处理。通过过程管控，能够避免 VOCs 的大量无组织排放，从而降低污染物排放总量，提高治理效率。

3.5 完善 VOCs 减排政策，加大执法监管力度

目前，虽然国家和地方层面已经出台了一系列关于 VOCs 治理的政策和法规，但在实际执行过程中仍存在一些薄弱环节。首先，在政策设计上，针对不同行业的 VOCs 排放特征，政府应制定更加精细化的行业标准，明确不同类型的企业的排放限值和治理要求。例如，化工、涂料、印刷等行业的 VOCs 排放特征各不相同，因此应根据行业特点制定相应的排放标准和治理技术路线。此外，政府还应加大对企业的财政支持力度，尤其是在清洁生产技术改造、先进治理设备引进等方面，提供更多的资金和政策激励，以减轻企业的减排负担。在政策执行层面，必须强化执法监管，确保各项减排措施落实到位^[5]。通过建立健全的 VOCs 排放监控体系，政府可以对企业的 VOCs 排放情况进行实时监测，对超标排放的行为进行严厉处罚。同时，执法部门应加大现场检查 and 抽查力度，防止企业为规避监管而采取的偷排、漏排等违法行为。通过严格的执法监管，能够有效遏制 VOCs 的超标排放行为，确保减排政策的真正落地。

4 结语

总之，在“双碳”目标的指引下，工业源 VOCs 的排放特征与减排路径需要综合考虑行业特点、技术进步和管理创新等多个方面。只有通过政策引导、技术创新、管理优化和员工教育等多种手段的结合，才能有效降低 VOCs 的排放，推动工业可持续发展，最终实现碳达峰和碳中和的目标。随着各方的共同努力，相信我们在治理 VOCs 排放方面会取得更大的成效，为保护环境和改善空气质量贡献力量。

参考文献

- [1] 林家秋.“双碳”背景下VOCs和CO₂协同减排路径研究[J].海峡科学,2023(3):64-66.
- [2] 王萌萌.“双碳”背景下农业绿色低碳发展问题研究[J].农业开发与装备,2024(7):86-88.
- [3] 廖志高,柴岩,简克蓉.“双碳”目标下中国省域分类碳减排路径研究[J].广西职业技术学院学报,2022,15(2):1-9.
- [4] 李琦琦,杨静,宋涛.工业互联网双碳园区发展模式与推进路径研究[J].现代管理,2022,12(7):822-830.
- [5] 钟美芳,李智博,黄皓旻,等.“双碳”背景下工业源VOCs排放特征与减排潜力研究[J].环境科学学报,2022,42(10):12-25.