

胶粘剂行业VOCs排放特征及环境影响评价研究

孟艳云

南京艾力辰环保科技有限公司，江苏南京

DOI:10.62836/environment.v3i3.1480

摘要：胶粘剂行业是我国工业源VOCs排放的重点领域之一，其排放贯穿生产、流通、使用全生命周期，对区域臭氧生成以及人体健康存在潜在影响。本文系统解析了胶粘剂生产环节原辅料VOCs含量特征，对比不同生产工艺、不同规模企业的排放差异，明确了行业VOCs的组分特征与反应活性；开展区域胶粘剂行业VOCs排放总量核算，从臭氧生成贡献、人体健康风险等维度完成环境影响评价，完成全生命周期的综合环境影响评估；在此基础上，从低VOCs产品推广、末端治理技术优化、环境监管体系完善三个层面，提出适配胶粘剂行业排放特征的VOCs污染管控优化建议。

关键词：胶粘剂行业；挥发性有机物(VOCs)；排放特征；污染管控

Research on VOCs Emission Characteristics and Environmental Impact Assessment in the Adhesive Industry

Yanyun Meng

Nanjing Ailichen Environmental Protection Technology Co., Ltd., Nanjing, Jiangsu

Abstract: The adhesive industry is one of the key areas of VOCs emissions from industrial sources in China. Its emissions run through the entire life cycle of production, circulation, and use, and have potential impacts on regional ozone generation and human health. This article systematically analyzes the characteristics of VOCs content in raw materials used in adhesive production, compares the emission differences of different production processes and enterprises of different scales, and clarifies the component characteristics and reaction activity of VOCs in the industry; Carry out the accounting of total VOCs emissions in the regional adhesive industry, complete environmental impact assessments from dimensions such as ozone generation contribution and human health risks, and conduct comprehensive environmental impact assessments throughout the entire lifecycle; On this basis, optimization suggestions for VOCs pollution control adapted to the emission characteristics of the adhesive industry are proposed from three aspects: promotion of low VOCs products, optimization of end of pipe treatment technology, and improvement of environmental supervision system.

Keywords: adhesive industry; Volatile Organic Compounds (VOCs); emission characteristics; contamination control

1 胶粘剂行业全流程VOCs排放特征解析

1.1 胶粘剂生产环节原辅料的VOCs含量特征分析

胶粘剂的产品体系较为复杂，不同品类的胶粘剂在配方设计上存在明显差异，对应原辅料的VOCs含量也呈现出显著分化。胶粘剂生产需要用到树脂基体、交联剂、填料、助剂和分散介质等多类原辅料，其中挥发性有机组分主要来自溶剂类分散介质与部分小分子功能助剂，是生产环节VOCs无组织排放的初始来源[1]。

传统溶剂型胶粘剂的配方中，溶剂占比高，对应原辅料的VOCs含量整体处于较高水平，生产过程中原辅料的存储、投料与搅拌混合环节都会释放大量VOCs，给末端治理带来较大压力。水基型胶粘剂以水作为主要分散介质，仅在配方中添加少量用于调节成膜性能的有机助剂，原辅料整体的VOCs含量远低于传统溶剂型产品，初始排放强度更低。热熔型胶粘剂在生产配方中基本不添加有机溶剂，原辅料多为低挥发性的树脂和增粘剂，仅在加工升温过程中会释放少量小分子挥发物，原辅料本身的VOCs含量为三类产品中最低。原辅料的VOCs本底含量直接决定了胶粘剂生产环节的排放基础，源头替代低VOCs含量原辅料是行业减排的核心方向。

1.2 不同生产工艺（溶剂型/水基型/热熔型）的VOCs排放差异

三类胶粘剂生产工艺路线存在本质区别，对应VOCs排放的整体特征也呈现明显差异。溶剂型胶粘剂生产以有机溶剂作为分散介质，从原辅料进厂存储到最终产品分装，几乎每个生产环节都会持续释放VOCs，不仅排放范围广，且逸散浓度高，对企业废气收集体系和末端治理设施的要求都更高，无组织排放管控的难度也更大。

水基型胶粘剂以水替代大部分有机溶剂，仅在配方中添加少量小分子助剂，整个生产过程只有投料、搅拌环节会伴随少量有机挥发物逸散，排放范围相对集中，整体逸散量远低于溶剂型工艺，通过

简单的收集治理即可实现稳定达标排放。

热熔型胶粘剂生产不依赖有机溶剂，仅依靠高温实现树脂熔融混炼，生产过程中只有高温加工环节会释放少量小分子热解产物，总排放量极小，整体排放强度为三类工艺中最低，企业仅通过完善车间通风即可满足管控要求。由于不同工艺的VOCs排放特征差异显著，针对不同工艺制定差异化的源头管控和治理要求，是提升胶粘剂行业VOCs污染管控精准性的基础。进一步梳理不同工艺的排放规律，也能为后续细化行业减排政策提供数据支撑。

1.3 VOCs排放组分特征与反应活性排序分析

不同胶粘剂生产工艺使用的原辅料配方差异较大，直接导致排放的VOCs组分构成大不相同，不同组分自身的大气化学反应活性也有明显区别，对于近地面臭氧生成的贡献也存在差异。

溶剂型胶粘剂依靠有机溶剂作为分散介质，配方中有机溶剂占比高，排放的VOCs多为低分子烷烃、芳香烃与酯类物质，这类物质的大气化学反应活性普遍较高，对臭氧生成的贡献占比也更高。

水基型胶粘剂以水作为主要分散介质，仅在配方中添加少量小分子有机助剂，排放的VOCs多为醇类、醚类化合物，整体化学反应活性处于中等水平，臭氧生成潜势远低于溶剂型工艺排放的VOCs。

热熔型胶粘剂生产无需添加有机溶剂，仅依靠高温完成加工，生产过程中排放的VOCs多为树脂高温分解产生的大分子烃类衍生物，多数组分的挥发性和反应活性都偏低，对区域臭氧生成的整体贡献十分有限。

梳理不同工艺排放的组分特征与活性差异，能够帮助行业精准识别重点管控物种，为后续细化行业污染防治措施提供支撑。

1.4 不同规模企业VOCs排放管控水平与排放强度差异

从行业整体来看，不同规模胶粘剂生产企业的VOCs排放管控水平与排放强度存在明显分化。大型企业普遍配备规范的原辅料存储密闭设施、生

产过程废气收集系统与末端治理装置,对VOCs排放的管控体系更为完善,单位产品的VOCs排放强度更低,多数能满足现行排放标准要求。中型企业通常配置基础的污染治理设施,但部分企业受运营成本、技术能力限制,存在治理设施运维不到位、废气收集效率不足的问题,单位产品VOCs排放强度高于大型企业。小型企业多数以小规模代工为主,普遍存在生产车间密闭性差、废气收集不完整的问题,部分小型企业甚至未配备有效的末端治理设施,无组织排放问题突出,单位产品的VOCs排放强度远高于中大型企业[2]。除此之外,规模不同的企业在原辅料选择上也存在差异,大型企业更倾向于优先使用低VOCs含量的原辅料,进一步降低了整体排放强度,而小型企业多选择成本更低的高VOCs含量原辅料,也推高了自身的排放强度。

2 胶粘剂行业VOCs排放的环境影响评价

2.1 区域胶粘剂行业VOCs排放总量核算与排放清单构建

准确核算区域胶粘剂行业的VOCs排放总量,是开展后续环境影响评估、制定差异化污染管控政策的核心基础。目前行业主流核算采用活动水平与排放系数相乘的技术路径,其中活动水平数据主要来源于区域工业统计部门的胶粘剂生产产量数据、生态环境部门的企业排污申报信息,以及针对不同规模、不同工艺企业抽样调研获取的原辅料使用数据,能够保证核算基础数据符合区域产业实际特征。

排放系数则需要根据胶粘剂的生产工艺类型、污染管控水平分别确定,区分溶剂型、水基型、热熔型等不同工艺,同时对应大型、中型、小型不同管控水平设置差异化系数,避免统一系数带来的核算偏差。对于胶粘剂生产环节而言,除了有组织排放,无组织排放占总排放中占比偏高,因此核算过程还需要结合企业原辅料存储密闭性、生产车间收集效率、废气治理效率等参数进行修正,避免低估实际排放总量。

完成总量核算后,还需要按照企业地理区位、工艺类型、规模层级、排放组分对数据进行分类梳

理,最终形成空间定位清晰、组分分类明确的排放清单,既能够直观反映区域胶粘剂行业VOCs排放的整体结构,也能为后续区域臭氧污染来源解析、空气质量模拟以及管控政策制定提供准确的基础数据支撑。

2.2 VOCs排放对区域臭氧生成贡献的环境影响评估

臭氧生成的核心前提是大气中存在足够浓度的臭氧前体物,在光照条件下发生光化学反应推动臭氧累积,VOCs正是推动臭氧生成的关键前体物之一,其中高活性VOCs组分对臭氧生成的促进作用尤为显著。胶粘剂行业排放的VOCs组分包含大量高活性物质,明确该行业VOCs排放对区域臭氧生成的贡献,是制定差异化臭氧污染管控措施的重要前提[3]。

开展评估工作需要以已经构建完成的区域胶粘剂行业VOCs排放清单为基础,结合不同VOCs组分的反应活性特征,首先梳理得到不同活性组分的排放情况,在此基础上分析胶粘剂行业VOCs排放整体的臭氧生成潜势,明确该行业对区域臭氧生成的潜在贡献水平。

为得到更贴近实际的评估结果,还需要结合区域地形条件与常规气象特征,利用空气质量模型模拟胶粘剂行业VOCs排放对区域臭氧浓度的实际影响,分析排放变化对臭氧浓度的驱动作用,进一步明确行业排放对区域臭氧浓度升高的实际贡献程度。评估过程还可进一步区分不同工艺、不同规模企业排放的贡献差异,识别出对区域臭氧生成影响最为突出的排放类别,为后续精准管控锁定重点方向[4]。

2.3 VOCs排放对人体健康风险的影响评价

胶粘剂生产与使用过程中排放的VOCs组分,包含部分具有致癌性、生殖毒性、刺激性的有毒有害组分,这些组分可通过呼吸道吸入、皮肤接触等途径进入人体,长期累积会对从业人员和厂区周边居民的身体健康产生潜在威胁,因此针对排放开展人体健康风险评价,能够明确胶粘剂行业VOCs排

放的健康危害等级，为制定针对性的健康防护措施提供支撑。

开展健康风险评价需要基于已构建的区域胶粘剂行业VOCs排放清单，筛选清单中明确具有健康危害的特征污染物，结合污染物排放浓度以及区域人群的暴露参数，分别计算非致癌污染物的危害商以及致癌污染物的终身致癌超额危险度，以此判断不同污染物对人体健康风险水平，最终明确胶粘剂行业整体排放的健康风险等级，识别出需要优先管控的有毒有害特征污染物。

2.4 胶粘剂全生命周期（生产-使用-废弃）的环境影响综合评估

相较于单一环节的排放影响评估，全生命周期维度的评估能够更系统完整地呈现胶粘剂从原料制备、产品生产，到终端使用、最终废弃物处置各阶段的VOCs排放总量与环境影响特征，为全链条减排提供更全面的决策依据。开展全生命周期评估首先需要梳理胶粘剂各个生产阶段的输入与输出项，识别不同阶段产生VOCs排放的关键节点与排放来源，收集整理各节点的活动水平与排放因子数据，核算得到全生命周期各个环节以及全流程的总VOCs排放量[5]。

在此基础上，结合前文分维度开展的臭氧生成贡献评价、人体健康风险评价结果，对各环节排放的环境影响程度进行整合加权，量化不同环节在全生命周期中的环境影响贡献占比，明确除生产环节外，终端使用环节与废弃处置环节是否存在被低估的VOCs排放与环境影响。最后结合评估结果明确胶粘剂全生命周期中环境影响最大的关键管控环节，为后续制定全链条的减排管控策略提供数据支撑，避免单一环节管控导致的污染转移问题。

3 胶粘剂行业VOCs污染管控优化对策建议

3.1 基于排放特征的低VOCs胶粘剂产品推广路径

首先依托行业全流程排放特征解析结果，明确溶剂型产品为行业VOCs排放的核心来源，确定以

家具制造、包装印刷等下游大用量应用领域为推广重点，分领域出台应用替代要求。其次通过财政补贴、税收优惠等政策工具，降低低VOCs胶粘剂生产与应用成本，引导下游生产企业加快原料替换。同时搭建产学研用对接平台，推动企业加快高性能低VOCs胶粘剂产品的技术研发，不断提升产品性能适配性，稳步扩大低VOCs产品的市场应用占比，从源头实现胶粘剂行业VOCs排放削减。

3.2 针对不同生产工艺的末端治理技术优化方案

胶粘剂行业主流生产工艺分为溶剂型、水基型、热熔型三类，不同工艺的产排浓度、组分特性差异较大，需结合工艺特征分类匹配优化治理方案，保障治理效果同时控制运维成本。

针对溶剂型胶粘剂生产工艺，该工艺产排VOCs浓度高且组分复杂，可采用“吸附浓缩+催化燃烧”组合方案：先通过沸石转轮对低浓度大风量废气进行吸附浓缩，再送入催化燃烧装置分解有机物，处理效率稳定，还可将燃烧余热回用至生产环节降低能耗；排放浓度较高的大型企业可搭配蓄热式焚烧装置，进一步提升治理效率。

针对水基型胶粘剂生产工艺，该工艺VOCs排放浓度偏低、废气湿度较高，可采用“冷凝预处理+生物净化”方案：先冷凝回收可资源化利用的有机物，再通过生物滤池降解剩余低浓度VOCs，运行成本低、二次污染风险小，适配中小规模企业需求。

针对热熔型胶粘剂生产工艺，该工艺主要排放颗粒物和少量小分子VOCs，可采用“布袋除尘+活性炭吸附”方案，先去除颗粒物避免堵塞吸附孔隙，再吸附小分子污染物，工艺简单、投资运维成本较低，可稳定满足排放要求。

3.3 完善胶粘剂行业VOCs排放环境监管的政策建议

首先结合行业全生命周期排放特征，健全覆盖胶粘剂生产、流通、使用全环节的VOCs含量监管体系，严格落实产品VOCs含量限值标准，对进入

市场的胶粘剂产品开展常态化抽检,杜绝不合格产品流入下游应用环节。其次针对不同规模生产企业分类制定监管要求,对规模以上重点排放企业要求安装VOCs排放在线监测设备,接入生态环境部门监管平台,实现排放数据动态溯源;对中小微企业推行简易化减排管控和帮扶指导,降低企业合规成本。同时建立部门联合监管机制,打通生产、市场监管、环保等部门的监管数据壁垒,形成全链条监管合力,推动管控要求落地见效。

4 结语

胶粘剂行业是支撑我国国民经济发展的重要基础化工品类,同时也是我国工业源挥发性有机物的重点排放来源,其排放贯穿生产、流通、使用全生命周期,对区域臭氧污染防控和人居环境健康存在不容忽视的潜在影响。本文系统梳理了胶粘剂行业不同环节、不同工艺的VOCs排放特征,从臭氧生

成贡献、人体健康风险维度开展了综合环境影响评价,明确了当前行业污染管控的核心短板,提出了适配行业特征的产品升级、技术优化和监管完善方向,可为推动胶粘剂行业绿色低碳转型提供科学支撑。

参考文献

- [1]范可欣,高健,陕亮,等.工业源大气污染物排放、检测和监管现状及展望[J].环境工程技术学报,2025,15(1):193-202.
- [2]龙文辉.浅析工业源VOCs气体污染治理工艺[J].清洗世界,2024,40(12):133-135.
- [3]陈建华,魏登科.工业源VOCs治理现状、存在的问题及建议[J].化工管理,2024(06):67-70.
- [4]刘哲,方申国.工业源VOCs监测优化与预警技术研究综述[J].化工管理,2025(15):51-57.
- [5]涂雪峰.工业源VOCs污染治理存在的问题及对策建议[J].黑龙江环境通报,2024(12):101-103.

