

# 探究纺织印染工业中无组织废气的治理策略

李珊羽<sup>1</sup> 陈飞虎<sup>2</sup>

1. 浙江仁欣环科院有限责任公司 浙江 宁波 315000

2. 宁波市甬环苑环保工程科技有限公司 浙江 宁波 315000

**摘要：**本文聚焦纺织印染工业无组织废气治理，阐述其来源涵盖前处理、染色、印花及后整理等工序，成分包含VOCs、异味物质与颗粒物。分析治理现状，指出虽有进步但面临工艺复杂、企业能力有限等挑战。探讨治理策略，包括源头减排策略优化、废气收集和处理技术创新及综合治理策略实施优化。还对治理策略进行效果与成本评估，多维度衡量有效性并核算成本，旨在为该行业无组织废气治理提供科学策略与决策依据。

**关键词：**纺织印染工业；无组织废气；治理策略

## 1 纺织印染工业无组织废气概述

### 1.1 无组织废气的来源

1.1.1 前处理工序。（1）烧毛：在烧毛过程中，纤维在高温火焰下燃烧，会产生含有碳黑、烟尘等成分的废气。这些废气不仅含有颗粒物，还可能包含一些燃烧不完全产生的有害气体。（2）退浆：退浆过程中，浆料在高温、碱性或酸性条件下分解，释放出挥发性气体，如氨气、硫化氢等，这些气体具有刺激性气味，对人体健康和环境有害。（3）煮练：煮练过程中，使用大量的化学药剂（如烧碱、双氧水等）去除织物上的天然杂质，这些化学药剂在高温下反应，可能产生含有挥发性有机化合物（VOCs）的废气。（4）漂白：漂白过程中使用的漂白剂（如次氯酸钠、过氧化氢等）在反应过程中也可能释放出VOCs，如氯气、臭氧等，这些气体对人体和环境均有害。

1.1.2 染色工序。（1）染料溶解：在染料溶解过程中，部分染料和助剂因挥发性而释放到空气中，形成无组织废气。这些废气中可能含有苯、甲苯、二甲苯等有害VOCs。（2）固色：固色过程中，染料与纤维结合时可能释放出废气，尤其是当染色设备密封不严时，废气更易逸散到环境中。

1.1.3 印花工序。（1）印花浆料调配：印花浆料中通常含有有机溶剂、颜料、粘合剂等成分，在调配过程中，这些成分可能因挥发而释放到空气中。（2）烘干：烘干过程中，印花浆料中的有机溶剂进一步挥发，形成含有VOCs的无组织废气。

1.1.3 后整理工序。（1）柔软整理：柔软整理过程中使用的柔软剂在烘干、焙烘等环节可能释放出VOCs，如乙醇、乙酸乙酯等。（2）抗皱整理：抗皱整理过程中使用的树脂整理剂在加热时可能释放出甲醛等有害气体。

### 1.2 无组织废气的成分分析

纺织印染工业无组织废气的成分复杂多样，主要包括挥发性有机化合物（VOCs）、异味物质和颗粒物等。（1）挥发性有机化合物（VOCs）：纺织印染无组织废气中常见的VOCs成分包括苯、甲苯、二甲苯、甲醛、乙醇、乙酸乙酯等。这些VOCs主要来源于染料、助剂、溶剂等的挥发。它们在废气中的含量范围因工艺条件、原料种类及操作方式而异。VOCs不仅对人体健康有害，还可能参与大气光化学反应，形成臭氧等二次污染物。（2）异味物质：无组织废气中还可能含有硫化氢、氨、有机硫化物等异味物质。这些物质主要来源于原料中的杂质、化学药剂的反应产物以及设备清洗过程中的残留物。它们具有强烈的刺激性气味，对人体健康和环境均有不良影响<sup>[1]</sup>。（3）颗粒物：无组织废气中存在的颗粒物主要包括纤维屑、染料颗粒、助剂粉尘等。这些颗粒物可能来源于原料的破碎、研磨、筛分等操作过程，也可能在烘干、焙烘等环节因挥发和凝结而形成。颗粒物不仅影响空气质量，还可能对人体呼吸系统造成损害。

## 2 纺织印染工业中无组织废气治理现状分析

纺织印染工业中无组织废气治理现状分析显示，尽管近年来该行业在环保意识和技术革新方面取得了显著进步，但无组织废气的治理仍面临诸多挑战。一方面，由于纺织印染工艺复杂，涉及多个生产环节，每个环节都可能产生不同成分和浓度的无组织废气，导致治理难度较大。另一方面，部分纺织印染企业受限于资金、技术和管理水平，难以实施高效、经济的废气治理措施。当前，纺织印染工业无组织废气的治理主要依赖于源头控制、废气收集与处理以及综合治理等策略。源头控制方面，企业尝试通过改进生产工艺、使用低挥发性染料

和助剂、加强设备密封性等措施减少废气产生。废气收集与处理方面,常见的技术包括局部排气罩、通风系统、活性炭吸附、催化氧化等,这些技术在一定程度上能够降低废气排放浓度。然而,由于废气成分复杂且排放具有间歇性,单一技术往往难以达到理想的治理效果。

### 3 纺织印染工业中无组织废气治理策略的创新与探讨

#### 3.1 源头减排策略的优化

在纺织印染工业中,源头减排是无组织废气治理的首要策略。为了进一步优化源头减排策略,企业可以从多个方面入手。首先,推广使用低挥发性染料和助剂,这些新型材料在加工过程中能够显著减少VOCs等有害气体的排放。其次,优化生产工艺,如通过精确控制温度、压力和反应时间等参数,减少废气产生的量和浓度。另外,加强设备的密封性和维护,防止废气在生产 and 传输过程中的泄漏,也是源头减排的重要措施<sup>[2]</sup>。在源头减排策略的优化过程中,企业还应注重技术创新和研发投入,不断探索更加环保、高效的生产技术和工艺。

#### 3.2 废气收集和处理技术的创新

废气收集和处理技术的创新对于提高纺织印染工业无组织废气的治理效率至关重要。传统的废气收集和处理方法往往存在成本高、效率低等问题,因此需要探索更加先进、实用的技术。一方面,可以研发更加高效的废气收集装置,如采用负压吸尘、局部排气罩等技术,提高废气的收集效率。另一方面,在废气处理方面,可以探索更加环保、经济的处理技术,如生物过滤、光催化氧化、等离子体处理等。这些新技术具有处理效率高、运行成本低、对环境友好等优点,有望成为未来纺织印染工业无组织废气治理的主流技术。同时,企业还应加强技术创新和产学研合作,推动废气收集和处理技术的不断进步。

#### 3.3 综合治理策略的实施与优化

综合治理策略是纺织印染工业无组织废气治理的重要方向。该策略强调从源头到末端的全程控制,通过综合运用多种技术和手段,实现废气的减量化、资源化和无害化。在实施综合治理策略时,企业应注重以下几个方面:一是加强生产过程的精细化管理,通过优化生产工艺、提高设备效率等措施,减少废气产生的源头;二是完善废气收集和处理系统,确保废气得到有效收集和处理;三是加强环境监测和数据分析,及时发现和解决废气排放问题;四是加强员工培训和管理,提高员工的环保意识和操作技能。企业还应积极与政府、科研机构等合作,共同推动综合治理策略的实施和优化,为纺织印染工业的可持续发展贡献力量。

## 4 治理策略的效果与成本评估

### 4.1 治理效果评估

治理效果评估是衡量纺织印染工业无组织废气治理策略有效性的关键环节,通过多维度、系统性的评估,能够全面了解治理策略对各类污染物的去除能力以及是否满足环保要求。(1) 污染物去除率:对于纺织印染无组织废气中的各类污染物,包括挥发性有机化合物(VOCs)、异味物质和颗粒物等,需分别测定其在治理前后的浓度变化,以此计算污染物去除率。不同的治理策略对各类污染物的去除效果存在差异。例如,吸附法对低浓度VOCs具有较高的去除率,尤其是活性炭吸附,对苯、甲苯等常见VOCs的吸附效果显著;催化燃烧法对于高浓度有机废气中的VOCs去除率可达90%以上,能将其有效转化为二氧化碳和水。对于异味物质,生物法可通过微生物的代谢作用,将硫化氢、氨等异味物质分解,显著降低异味强度,去除率通常能达到70%-80%。在颗粒物去除方面,采用高效的集气罩结合过滤设备,可使颗粒物去除率达到95%以上。通过对比不同治理策略下各类污染物的去除率,分析如治理工艺参数、废气成分特性、设备运行状况等影响去除率的关键因素,为优化治理策略提供依据<sup>[3]</sup>。(2) 废气排放达标情况:依据国家和地方针对纺织印染行业制定的相关环保标准,严格评估采用不同治理策略后企业无组织废气的排放达标情况。标准涵盖了VOCs、颗粒物等污染物的排放浓度限值以及无组织排放监控点浓度要求等。例如,某些地区对纺织印染企业非甲烷总烃的排放浓度限值设定为40mg/m<sup>3</sup>,企业在采用治理策略后,需确保排放浓度持续稳定低于该限值。通过长期的在线监测数据和定期的第三方检测报告,分析不同治理策略在满足排放标准方面的可靠性和稳定性。一些治理策略可能在初始运行阶段能实现达标排放,但随着时间推移,因设备老化、工艺参数变化等因素,排放可能出现波动。因此,评估治理策略在长期运行过程中维持达标排放的能力至关重要,这有助于企业提前采取预防措施,确保始终符合环保要求。(3) 异味改善效果:无组织废气中的异味不仅影响周边居民的生活质量,也反映了治理策略对异味物质的处理成效。采用感官评价结合专业仪器检测异味物质浓度的方法,综合评估治理策略对异味的改善效果。感官评价可邀请专业的嗅辨员或周边居民代表,依据嗅辨标准对治理前后的废气异味进行主观评价,如异味强度、异味性质等方面的变化。同时,利用气相色谱-质谱联用仪(GC-MS)等仪器精确检测废气中异味物质的浓度,如硫化氢、甲硫醇等。通过对比治理前后的感官评价结

果和异味物质浓度数据,全面分析异味去除的关键技术环节和影响因素。例如,生物法治理过程中,微生物的活性、填料的性质以及营养物质的供应等因素,均会对异味物质的分解效果产生影响。明确这些因素,有助于优化治理策略,进一步提升异味改善效果。

#### 4.2 成本评估

成本评估是企业在选择无组织废气治理策略时的重要考量因素,全面、准确地核算成本,能帮助企业权衡治理效果与经济投入之间的关系,选择最具性价比的方案。(1)设备投资成本:不同的治理策略所需的设备投资成本差异较大,这主要取决于设备的选型、规模、材质以及配套设施建设等因素。对于吸附法,若采用活性炭吸附设备,其投资成本主要包括活性炭吸附器的购置费用、吸附床的设计与制作成本以及配套的风机、管道等设备费用。活性炭吸附器的价格因材质、规格和处理能力不同而有所差异,一般小型纺织印染企业配置一套处理风量为 $5000\text{m}^3/\text{h}$ 的活性炭吸附设备,投资成本约在10-20万元。催化燃烧设备的投资相对较高,除了催化燃烧炉的购置费用外,还需考虑预热装置、安全防爆装置等配套设施。一套处理风量为 $10000\text{m}^3/\text{h}$ 的催化燃烧设备,投资成本可能在30-50万元。生物法处理设备,如生物滤池,其投资成本包括滤池的建设费用、微生物接种费用以及循环喷淋系统等费用,建设一座处理规模为 $8000\text{m}^3/\text{h}$ 的生物滤池,投资成本大约在20-30万元。设备的材质选择也会对投资成本产生影响,如采用耐腐蚀的不锈钢材质,虽能延长设备使用寿命,但初期投资成本会相应增加<sup>[4]</sup>。(2)运行成本:运行成本是企业治理无组织废气过程中持续产生的费用,主要包括能耗、药剂消耗、设备维护以及人员管理等方面。能耗方面,催化燃烧法由于需要将废气加热到一定温度才能进行催化反应,能耗较高,以处理风量为 $10000\text{m}^3/\text{h}$ 的催化燃烧设备为例,每小时耗电量约为30-50度,按工业用电价格0.8元/度计算,每日运行8小时,仅电费一项每月就需支出约5760-9600元。吸附法在吸附饱和后进行脱附再生过程

中也需要消耗一定能量,如采用蒸汽脱附,蒸汽费用也是一笔不小的开支。药剂消耗方面,生物法需要定期添加营养物质以维持微生物的活性,每月药剂费用根据处理规模和微生物需求不同,大约在2000-5000元。设备维护成本包括设备的定期检修、零部件更换等费用,不同治理设备的维护成本也有所差异。例如,活性炭吸附设备需定期更换活性炭,这部分费用较高,以处理风量为 $5000\text{m}^3/\text{h}$ 的设备为例,每月更换活性炭费用约3000-5000元;而催化燃烧设备的催化剂使用寿命有限,一般2-3年需更换一次,每次更换费用约5-10万元,分摊到每月也有一定成本。另外,企业还需考虑人员管理成本,包括操作人员的工资、培训费用等,这部分成本根据企业的人员配置和当地工资水平而定<sup>[5]</sup>。

#### 结束语

纺织印染工业无组织废气治理至关重要,关乎环境与行业可持续发展。当前虽有多种治理策略,但各有优劣。未来,需持续优化源头减排、创新收集处理技术、完善综合治理策略。同时,加强治理效果与成本评估,平衡环境效益与经济效益。行业各方应共同努力,推动技术进步与策略完善,实现纺织印染工业绿色转型,助力环保事业发展。

#### 参考文献

- [1]杜荣东,沈红林.印染工业废水处理工程设计要点分析[J].化学工程与装备,2021,(06):259-261.
- [2]刘俊逸,黄青,李杰,吴田,曾国平,杨昌柱.印染工业废水处理技术的研究进展[J].水处理技术,2021,47(03):1-6.
- [3]杨跃辉,杨庵或.新疆纺织印染工业废水排放与综合利用模式探讨[J].新疆环境保护,2020,42(03):40-45.
- [4]唐蕾,刘楠楠.纺织印染工业VOCs污染问题及治理技术的应用策略研究[J].皮革制作与环保科技,2023,4(03):30-32.
- [5]王海峰,杨智盛.纺织印染工业VOCs污染的治理措施及应用[J].皮革制作与环保科技,2022,3(12):85-87.