

小型涂料厂清洁生产审核实践及建议

覃玉红, 何佳泽, 刘丽, 时钟, 孙秀敏*

(工业和信息化部电子第五研究所, 广州 511370)

摘要: 以我国涂料企业占比较大的小型涂料厂为例开展清洁生产审核实践, 依据“发现问题-分析问题-解决问题”的主体思路, 围绕影响生产过程的八大因素, 按照“边审核边实施”的原则, 总结归纳小型涂料厂开展清洁生产的潜力和机会, 提出针对性的提升措施和方案, 取得了较好环境和经济效益, 为小型涂料企业开展清洁生产审核提供借鉴, 推进我国涂料行业的全面绿色低碳转型。

关键词: 小型涂料厂; 清洁生产审核; 绿色低碳转型

中图分类号: TQ630 文献标志码: A 文章编号: 1007-9548(2025)05-0029-05

Practical Experience and Suggestions of Cleaner Production Audit in Small-scale Paint Factories

QIN Yu-hong, HE Jia-ze, LIU Li, SHI Zhong, SUN Xiu-ming*

(The Fifth Electronics Research Institute of MIIT, Guangzhou 511370, China)

Abstract: This article takes small-scale paint factories, which account for a large proportion of China's paint enterprises, as an example to carry out cleaner production audits. Based on the main idea of identifying problems-analyzing problems-solving problems, and focusing on the eight major factors that affect the production process, following the principle of implementing while auditing, it summarizes and concludes the potential and opportunities for small-scale paint factories to carry out cleaner production, and proposes targeted improvement measures and plans. Good environmental and economic benefits have been achieved, providing a reference for small-scale paint enterprises to carry out clean production audits and promoting the comprehensive green and low-carbon transformation of China's paint industry.

Key words: small-scale paint factory; cleaner production audit; green and low-carbon transformation

0 引言

涂料又称油漆, 是一种高分子材料, 它通过合适的方法在物体表面涂覆形成固体的涂膜, 具有装饰、保护、标识以及一系列特殊功能^[1], 广泛应用于建筑、机械、家具等诸多领域, 涂料产业也因此成为全球重要的制造业之一。在国民经济快速增长, 工业制造及房地产

行业发展等因素的共同作用下, 我国涂料行业发展迅猛, 2009 年中国成为世界涂料生产量最大的国家, 年产量逐步提高^[2]。2023 年, 我国的涂料总产量达到了 3 577.2 万 t, 主营业务收入达 4 044.8 亿元人民币, 产销量占全球涂料市场的比例超过 30%, 连续 15 年位居全球第一。而我国 80% 以上的涂料企业为中小型企业, 普遍存在生产设备水平参差不齐、自动化控制程度较低、挥发性有机物(VOC)无组织排放突出等问题^[3-4], 部分中小型涂料企业能耗、水耗、原料消耗偏高, 是发达国家的几倍甚至数十倍, 严重浪费了资源和能源^[5], 提升绿色理念、开展环保实践成为持续发展的必然要求。

清洁生产是提倡污染预防、强调提高资源能源利用效率的先进策略、手段, 对生产过程、产品、服务提出

收稿日期: 2025-02-25

作者简介: 覃玉红(1998—), 女, 硕士, 助理工程师, 主要从事绿色制造、节能环保、清洁生产等技术服务工作。E-mail: qinyuhong@ceppei.com。

*通讯作者: 孙秀敏, 女, 硕士, 高级工程师, E-mail: sunxm@ceppei.com。

了可持续发展要求。本文将通过清洁生产理念赋能小型涂料厂清洁生产审核实践,帮助中小型企业管理者加深对清洁生产审核的理解,进一步采用清洁生产思路分析和挖掘清洁生产的潜力和机会,为企业清洁生产审核提供清洁生产方案参考,有助于企业提升环境绩效、降低生产成本,增强企业的市场竞争力。

1 清洁生产

1.1 清洁生产定义

清洁生产概念起源于20世纪70年代,联合国规划署于1989年首次提出清洁生产的定义,并于1996年进一步修订,强调了清洁生产思想将整体预防的环境战略持续应用于生产过程、产品和服务中^[6]。我国于2003年颁布《中华人民共和国清洁生产促进法》,将清洁生产推向法治化和规范化的管理轨道,并对清洁生产的概念进行了更加科学的界定^[7]。实施过程中,清洁生产通过选用更清洁的能源及原材料、创新和改进生

产技术工艺及生产设备、注重优化生产过程、改善管理方式等一系列措施,在有效提高生产资源能源利用效率的同时,从源头减少污染物排放,将对生态环境的负面影响降到最低,帮助企业实现“节能、降碳、减污、增效”的目标,取得环境效益和经济效益的双赢,推动企业的可持续发展。

1.2 清洁生产审核

依据我国颁布的《清洁生产审核暂行办法》,清洁生产审核分为自愿性审核和强制性审核,同时规定应对“双超”“高耗能”“双有”企业实施强制性清洁生产审核(图1)。清洁生产审核开展总体思路^[8]是从生产过程中明晰现状,发现能耗高、物耗高、污染重等问题,进而判明问题发生的部位、原因,提出改进方案解决问题。总体思路围绕影响生产的八大要素展开,并与清洁生产审核的七大程序相匹配,更是为企业挖掘清洁生产潜力提供方法论(图2)。

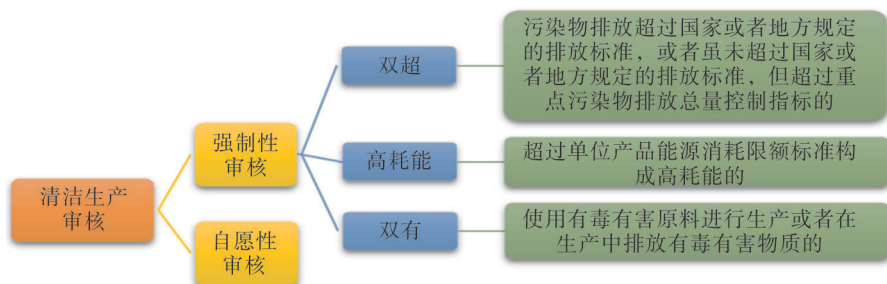


图1 清洁生产审核分类

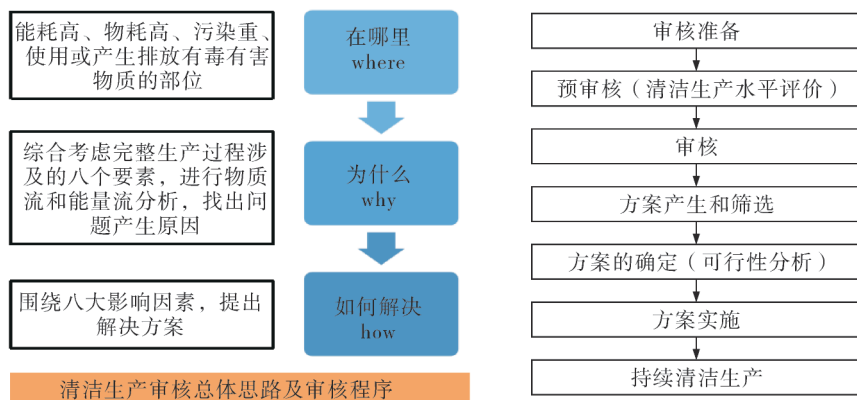
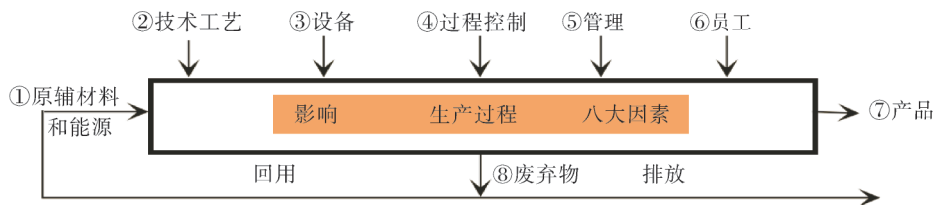


图2 清洁生产审核实施思路



2 小型涂料厂清洁生产实践

涂料产品根据其组成成分可分为溶剂型、水性和粉末涂料三大类。我国涂料行业仍以生产溶剂型涂料为主,占涂料产量的52.1%^[9],制备过程使用树脂、助剂、溶剂、色浆、填料等物质,会产生大量挥发性有机物,收集不当还会造成车间逸散^[10],而目前仅有5%的涂料企业普及了全密闭一体化生产技术^[11],其余多采用开放式生产方式,有些如投料工序仍以人工为主,成为大气VOC产生和排放的重大工业污染源,具有环境污染严重、职业健康风险大等问题。

据国家统计局发布的《统计上大中小微型企业划分办法(2017)》中关于小型工业企业的定义,本文选定某小型溶剂型涂料制造企业清洁生产审核实践作为案例研究,以为同规模同类型企业开展清洁生产审核工作提供参考借鉴。

2.1 企业简介

广州市某涂料制造企业首次开展清洁生产审核工作。企业员工人数40余人,主要涂料产品为塑料油墨、丙烯酸磁漆、硝基清漆、改性酚醛胶黏剂、助焊剂等10种溶剂型涂料,共计年产量2200t,近三年平均年产值4500万元。涂料制备主要通过常温常压物理分散和混合等过程完成,经抽样检验合格后包装出厂(图3)。生产过程主要产生VOC、甲苯、二甲苯、颗粒物等废气污染物,基本不产生废水,只有少量的清洁废水及

冷却塔更换排水,试喷漆阶段产生的喷淋柜废水作为危废统一收集后妥善处置。

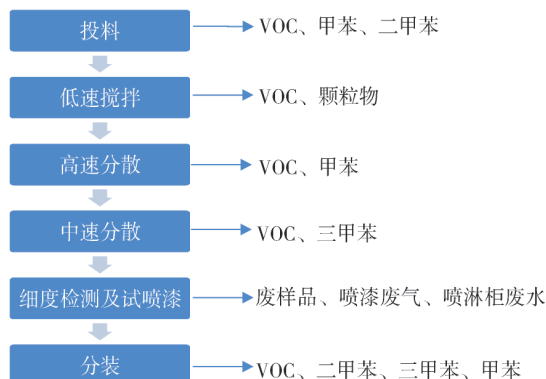


图3 溶剂型涂料生产工序产排污情况

2.2 审核内容及发现问题

预审核是摸清企业整体生产状况,明确生产过程八大因素基本情况、发现问题及改善潜力的重要阶段。通过对生产工艺与装备状况、原辅材料和能源利用状况、污染物产生和排放状况、废弃物回收利用状况、产品质量管理状况、环境管理状况等相关资料及数据进行全面分析,结合现场调查结果,逐步明晰公司厂区的现存问题及清洁生产潜力(表1),再根据《涂料制造业清洁生产评价指标体系》开展清洁生产水平定性定量评价,结果表明企业在审核前达到国内清洁生产企业水平。

表1 预审核基本情况及清洁生产潜力汇总

类别	现状	清洁生产潜力
原辅材料与能源	单位产品原辅材料消耗量随产品产量变化保持一致,呈下降趋势	增设包装物回收桶,采用可回收、带里衬的专用容器,进一步达到节约资源,降本增效的目标,同时优化生产配方,开发绿色环保原料替代原有有毒有害原材料使用
设备	单位产品综合能耗不断上升,一部分原因可能是部分设备老旧,生产效率低导致能耗变大	对老旧设备开展必要的评估工作,保证安全生产的同时,淘汰落后设备,提高生产效率,降低单位产品能耗;公共通用设备方面,投入使用节能型照明设备
技术工艺	为投料、搅拌等一般溶剂型涂料制作工艺,功率较大的主要为制备涂料分散过程所需的高速分散釜、高速分散机	购置节能高效设备,逐步更新替换旧设备;学习先进绿色涂料配方和技术工艺,实现环保低碳产品转型
过程控制	公司厂区根据化学品闪点大小分别设置甲乙两类仓库,分类存放相应原辅材料及产品,保障安全生产;投料工序以人工为主,产品包装配有半自动包装机	后续可根据生产经营情况,引进智能化全密闭式生产线,提高自动化生产水平,提升生产效率,降低职业健康危害风险
产品	公司主要生产溶剂型涂料产品,生产和使用过程伴随VOC产生,危害生态环境及人体健康	为顺应全社会绿色发展理念,后续公司可考虑逐步提高环保型水性涂料占比,扩大绿色环保竞争力
管理	公司作为危险化学品生产和使用方,十分重视环境安全管理,从建厂以来就注重环境安全管理的制度化和规范化	持续加强清洁生产管理制度的执行
员工	员工多为生产一线员工,对清洁生产理念及清洁生产审核工作认识不足,积极性还有待调动;部分员工对环保设施管理存在疏忽现象	加强员工环保及管理方面的培训
废弃物	根据审核前清洁生产水平评价,VOC虽达标排放,但其浓度仍有较大的降低空间	后续公司应考虑更新废气处理装置,降低挥发性有机物浓度

2.3 确定审核重点及目标

根据预审核结果和发现的问题,综合考虑企业生产规模、涂料制造工艺及实际资源能源计量统计情况,初步将原料储存区(储罐区)、原料输送设备(罐区泵房)、污染物处理设施(废气处理设施)作为备选审核重点。经过简单比较法,通过对三个备选重点的基本情况梳理,充分熟悉各个备选审核重点的能源资源投入、污染物产生情况,再考虑其在工厂生产过程中承担的功能角色,同时鉴于本次清洁生产的主要目标之一是:减污,工厂废气处理设施亟待替换更新,因此选定废气处理设施为本轮清洁生产审核重点。以2022年全厂产量情况为基准,制定了清洁生产审核的近期和远期目标,见表2。

表2 清洁生产审核目标

目标内容	单位	审核前 (2022年)	近期目标(2024年)		远期目标(2026年)	
			绝对值	相对值/%	绝对值	相对值/%
单位产品综合能耗	kgce/t	7.64	7.60	0.52	7.40	3.14
单位产品VOC排放量	kg/t	2.66	2.00	24.81	1.50	43.61

2.4 方案研制汇总

本次清洁生产审核按照“边审核、边实施、边整改”的原则,对预审核已明确涂料生产过程存在的具体问题或待改进项提出并实施具有操作性的措施、方案,共产生15项无/低费方案和3项中/高费方案,详见表3~4。

2.5 效益汇总

本次清洁生产实施的无/低费、中/高费方案的效益分析过程示例见表5,项目总计投入资金80.27万元,产生的经济效益约为9.23万元,每年可节电8.87万kW·h,节省柴油1500L,共计折综合能耗12.74tce,相当于间接减少二氧化碳排放55.52t,节水1600t,可减少VOC排放3.5t,方案取得了经济效益和环境效益的“双赢”,清洁生产近期目标也全部达标完成。

同时加强安全管理,保障涂料化工企业的生产安全、稳定、高效进行至关重要^[3],本次审核过程实施储罐外部维护改善、生产车间风扇更换、罐区液位监控系统更新等措施,进一步提升厂区环境安全,预防事故发生,具有不可量化的经济效益。

表3 主要无/低费方案

分类	方案名称	具体内容
设备维护和更新	储罐外部维护改善	储罐区存在防腐层损坏的问题,对22个储存罐的外部刷油漆进行维护,防止储罐腐蚀,避免造成原料泄漏、污染环境、危害人体健康
	电动叉车代替柴油叉车	企业原有2台柴油叉车和2台电动叉车,为进一步减少柴油使用,将一台柴油叉车替换为电动叉车,同时将其中一台电动叉车的老化电瓶进行更换,提高能源利用率
	生产车间节能	原来生产车间的防爆照明灯功率高,使用多年,电耗较高,造成能源浪费。
	防爆照明灯改造	将25个防爆照明灯(100W)更换为节能防爆照明灯(50W),提高了照明亮度,并且节约电能
过程控制	使用环保叉车托盘	原本均使用木叉车托盘,增加40个锯末压缩木屑叉车托盘,提高生产效率的同时,遵循资源回收利用的理念,使用锯末压缩木屑制成的托盘可以减少对新鲜木材的需求,进而减轻对森林资源的压力,符合可持续发展原则
	生产车间风扇更换	生产车间风扇老化,更换节能风扇,加强车间通风,确保涂料分散搅拌时产生的无组织有机废气能够及时有效排出,保障生产人员职业健康
产品更新或改进	扩大水性涂料占比	扩大水性涂料生产占比,推广环保型涂料的销售,减少溶剂挥发和废气排放对环境的危害
加强管理	节水、节电标识	全厂用水用电开关增加节水节电标识牌,加强员工的节水、节电的意识,提高用水用电效率
提升员工意识	清洁生产相关培训	定期或不定期开展“清洁生产培训”活动,提高员工清洁生产意识和技术水平,对每位员工进行合理化建议知识培训,要求员工按照要求进行操作
	成立“环卫利废”小组	成立“环卫利废”小组,鼓励员工积极提出清洁生产合理化建议,减少能源资源浪费

表4 中/高费方案

分类	方案名称	具体内容
污染治理与废物利用	废气治理	对现有废气处理设备更换升级,采用“布袋除尘+催化燃烧”工艺,并进行收集管道改造,将厂区内的废气统一收集至最新处理设备,保留一个废气排放口
设备维护和更新	自吸式防爆溶剂泵更换	原有的溶剂泵为单端面设计,密封性较差,使用寿命较短,已被纳入落后设备目录,因此工厂对储罐区泵房的溶剂泵进行全面更换,引入自吸式双端面防爆溶剂泵,新设备能效提高5%
过程优化控制	罐区液位监控系统更新	工厂储罐区原有液位监控系统出现异常,部分储罐现场液位计指示数据与监控室显示数据不一致,因此对液位监控系统进行更新升级,进一步保障安全生产,防止原辅材料泄露,危害环境和人体健康

表 5 清洁生产效益分析示例

方案名称	投资金额/ 万元	实施效益	
		环境效益	经济效益
生产车间节能 防爆照明灯改造	0.98	25 个 100 W 照明灯更换为 50 W 节能灯,年节电: 50 W×4 h×300 d÷1 000=1 500 kW·h	年节省 0.12 万元(按电单价 0.8 元/kW·h 计算,下同)
空调设备定时 定温设定使用	0	结合夏、冬季的情况,每人每天可以节省大约 0.5 kW·h 的电能, 共计年节省 0.5×300 d×40=6 000 kW·h	年节省 0.48 万元
电动叉车 代替柴油叉车	3.79	年减少柴油用量 1 500 L;一台电动叉车更新电池,工作效率提高 10%, 电池容量为 80 V/650 Ah,年节电:80×650÷1 000×4 h×300 d×10%=6 240 kW·h	年节省 1.59 万元(柴油单价 按 7.25 元/L 计算)
废气治理 设备改造	39.80	较 2022 年减少 VOC 排放 3 538 kg(VOC 产生量=改造后实际产量×排污系数; VOC 去除量=产生量×装置收集效率×废气处理效率;VOC 排放量=产生量-去除量); 年节电:改造后设备实际运行总功率较实施前降低 18 kW,18×300×8 h=43 200 kW·h	年节省 3.46 万元
自吸式防爆 溶剂泵更换	6.758	年节电:实际运行效率为 80%,能效提升 5%,一台溶剂泵功率为 4 kW, 年节电:4×4 h×300 d×24×(5%+(1-80%))=28 800 kW·h	年节省 2.30 万元
罐区液位 监控系统更新	18.75	极大降低了工厂危险化学品储罐区的安全隐患,防止重大安全事故造成损失; 通过监控储罐区原料储存量,实现生产计划优化调控,确保产品生产正常运行; 减少维护/巡视的人工费用,降低人工成本,无直接核算的环境和经济效益结果	

3 结语

本文通过小型涂料厂的清洁生产审核实践,总结了清洁生产在涂料行业中的应用潜力和实施效果。清洁生产审核为小型涂料厂提供了一种有效的绿色发展路径,有助于企业在满足环保要求的同时实现经济效益的提升。未来,随着清洁生产技术的不断创新和推广,涂料行业有望在绿色低碳转型的道路上取得更大的突破。

参考文献:

[1] 沈浩.涂料行业职业基本知识与基本技能(一)——涂料的功能和分类[J].上海染料,2013,41(4):55-56.

[2] 胡艺民.涂料行业清洁生产理论与实践探讨[J].安徽化工,2017,43(1):63-65.

[3] 贾英,周运诚.涂料工业清洁生产潜力分析[J].涂料工业,2013,43(5):57-61.

[4] 党春阁,郭亚静.涂料制造业 VOC 全过程控制对策[C].第二十四届大气污染防治技术研讨会论文集,2020:7.

[5] 聂雪涛,罗冬梅,杨恒学,等.涂料行业清洁生产审核实例研究[J].四川环境,2013,32(4):112-116.

[6] 环境保护部清洁生产中心.清洁生产审核手册[M].北京:中国环境出版社,2015:1-2.

[7] 刘实实.清洁生产的概念沿革及评价指标综述[J].现代商贸工业,2014,26(15):188-189.

[8] 环境保护部清洁生产中心.清洁生产审核手册[M].北京:中国环境出版社,2015:10.

[9] 吴庆瑶,张丽娟,黄楚珊,等.我国涂料行业环境污染现状及存在问题[J].广东化工,2019,46(23):54-56.

[10] 白少峰,邢春霞,刘香婷,等.涂料生产行业有机废气的收集与治理[J].现代涂料与涂装,2022,25(11):60-63.

[11] 初晋华,王旗,林婷.涂料企业推行清洁生产方式的对策分析[J].能源与节能,2018(12):95-96.

[12] 张雅婕.水性涂料的研究现状及其在钢结构桥梁行业的应用[J].现代涂料与涂装,2024,27(10):35-38.

[13] 蒋福荣.化工企业安全生产管理浅析[J].现代涂料与涂装,2024,27(9):27-30.

2025 年《现代涂料与涂装》征订启事

《现代涂料与涂装》期刊是由中昊北方涂料工业研究设计院有限公司主办的全国性科技期刊,国内外公开发刊,国际连续出版物号:ISSN 1007-9548,国内统一连续出版物号:CN 62-1135/TQ;本刊是中国学术期刊综合评价数据库来源期刊;《中国学术期刊(光盘版)》《中国期刊网》《万方数字化期刊群》《维普资讯》全文收录期刊;美国《化学文摘》(CA)收录期刊。本刊为月刊,每月 20 日出版,大 16 开本,彩版印刷,每期定价 15.00 元。1)通过当地邮局订阅,全年 180 元,邮发代号 54-65; 2)直接向本刊编辑部订阅,纸质版全年 282 元(含快递费),电子版全年 120 元。



编辑部订阅二维码