

涂料行业 VOCs 废气的环境影响评价要点分析

赵洪光

(河北新美汇能环保科技有限公司, 河北 保定 071000)

摘要 随着环保要求的提升, 挥发性有机化合物 (VOCs) 越发受到人们的关注。涂料行业与国民经济多个产业相关联, 其生产制造环节伴随 VOCs 废气排放, 呈现逐年递增的趋势。生产工艺、生产管理、治理技术是影响涂料行业 VOCs 排放特征三个要素, 分析三要素的特点, 也就理清了涂料行业 VOCs 治理的难点所在。本文围绕三要素, 提出针对性的治理措施, 以期对提高涂料行业 VOCs 废气环境影响评价水平有所裨益。

关键词 挥发性有机化合物; 环境影响评价; 涂料行业

中图分类号: X82

文献标志码: A

文章编号: 2097-3365(2024)05-0055-03

目前国际上对涂料产品中挥发性有机物的定义是指在涂料产品制造地的大气中, 常温常压下能自行挥发的任何有机液体或固体; 沸点低于 250 °C 的有机化合物都被定义为挥发性有机化合物 (VOCs)。随着涂层材料的发展和煅烧技术的提高, 涂层技术变得更加先进、自动化、智能化, 具有低能耗、低污染的特点, 但其生产过程同样会产生挥发性有机化合物 (VOCs)。这些废气不容忽视, 对生态环境有着潜在危害。因此, 对 VOCs 废气的净化应予以足够重视, 需要合适的处理技术来解决这一问题。

1 涂料行业 VOCs 的危害性及源强核算方法

1.1 涂料行业 VOCs 排放带来的环境危害

挥发性有机化合物 (VOCs) 是中国涂料行业挥发性有机化合物的简称, VOCs 定义为任何在 101.3 kPa 的大气压下初沸点 ≤ 250 °C 的有机化合物。由于大多数有机废气中的各种污染物表现出不同程度的毒性和性质或具有特殊气味, 由于在涂层基材中大量使用挥发性有机溶剂和添加剂, 可诱发癌症。溶剂型涂料中超过 50% 的挥发性有机化合物被排放到大气中。大多数挥发性有机化合物对人体污垢有毒或致癌。一些排放到大气中的光化学活性挥发性有机化合物与氮氧化合物和其他气体发生复杂的化学和光化学反应, 形成臭氧和光化学 O₃s, 从而危及人体健康和区域生态环境安全^[1-3]。研究表明, O₃ 等污染天气条件会对人体呼吸系统和心血管系统造成损害, 导致人类癌症发病率呈线性上升, 此外, 大量的 VOCs 会导致空气中存在的可吸入颗粒物物质大大影响 VOCs 污染高峰期间的正常能见度。

1.2 VOCs 源强计算方法

涂料生产环节的 VOCs 来自加工、输送、存储流程,

其中以工艺废气排放、设备运行动密泄漏、实验室废气排放、有机液体和废水存储挥发为主^[4]。VOCs 源强计算是环境影响评价的数据来源, 评价因子选取的有效性、源强计算结果的准确性直接影响后续工作。常用的计算方法有 4 种: (1) 类比法。适用于有组织排放的 VOCs 源强计算, 与现有废气污染工程中符合条件的监测数据进行类比。不同项目间的数据存在较大差异, 涂装作业应用于不同行业, 类比法应用有一定的局限性。(2) 物料衡算法。以 VOCs 进口和出口间的物质守恒进行计算, 以单位时间进行标的, 以排放量或生成量为计算结果, 溶剂型涂装生产项目宜采用此方法。(3) 实测法。顾名思义, 以现场测量污染物排放、生产数据进行计算, VOCs 源强计算结果准确, 但是需要投入大量的人力、物力, 适用于已建、改扩建或未批先建工程。(4) 产污系数法。该方法计算结果与真实值存在一定偏差, 作为参考数据, 无法准确反映工程建设的实际环境影响。优点是省时、便于操作, 适用于粉末生产线的 VOCs 源强计算, 不适用于溶剂型涂料生产项目。

2 涂料行业 VOCs 排放特征的影响要素

2.1 生产工艺

涂料生产中必须使用有机溶剂涂料, 有机溶剂在薄膜生产中的生产工艺简单, 生产设备相对落后。有机溶剂的挥发是形成 VOCs 的主要原因。涂料生产技术基本上是一种开放式生产技术。无论企业的生产规模或产品类型如何, 生产流程都是相同的。生产流程的非密封性是客观存在的。

2.2 生产管理

从生产管理的视角看, 产量越高, 原材料消耗就越多, 产生的 VOCs 也就越多。为了降低生产成本和控

制现有的污染源企业,一般会将整个生产过程中的溶剂损耗率限制在3%~5%,但每个企业的具体损耗率是多少呢?通过提高企业的生产管理,可以有效减少有机溶剂的损耗,控制VOCs的浓度和总量,这与生产设备的管理水平、泡沫滴落等因素有关^[5]。

2.3 治理技术

从涂料企业有机废气的情况来看,低产企业大多比较混乱,活性炭吸附法是废气处理的主要方法,其次是柴油吸收法和燃烧水吸收法。少数公司采用上述形式的组合。在接受调查的公司中,47%的公司没有废气处理厂,41%没有废气处理装置和23.5%没有废气处理装置,41%没有废气处理装置,23.5%没有废气处理装置,17.6%没有废气处理装置。管理设施的运行和维护费用昂贵,要保持有效的管理率,必须加强对管理设施运行的监督。

3 涂料行业VOCs废气污染治理的难点

3.1 溶剂型涂料较多

溶剂型涂料中最容易产生VOCs,目前,我国的涂料产品包括建筑涂料、木器涂料、汽车涂料等。但建筑涂料主要是水性涂料,其他类型的涂料主要是溶剂型涂料,因此,我国的VOCs量远远超过其他发达国家和地区。

3.2 企业数量和VOCs种类繁多

目前,我国许多行业都需要涂料。在一定程度上,涂料行业已经与人们的日常生活密切相关,因此,许多从事涂料生产和涂料行业的企业也有规模较大的企业。国家强调控制VOCs污染,但在一些城镇和农村地区,中小型企业缺乏先进的技术手段来有效控制VOCs。此外,制造过程中涂料类型和配方要求的差异导致最终VOCs差异很大。溶剂如甲苯和二甲苯主要用于醇酸树脂涂料溶剂,如丁醇通常用于环氧树脂涂料;丙烯酸和氨基甲酸酯涂料中主要使用乙酸乙酯和环己烷等溶剂。每种溶剂的毒性不同,这不可避免地使VOCs的实际控制更加困难。

3.3 涂装过程难以控制

许多行业要求在开放空间进行喷漆,例如建筑外墙、船舶、钢架等,从而难以有效监控喷漆过程中的VOCs。此外,在这一阶段,大多数涂料行业领导者专注于涂料,而忽视了涂料的开发和研究,但减少挥发性有机化合物的控制也主要集中在控制末端和无污染的水性涂料上。可以在源头上进行有效控制,因为使用终端控制不仅增加了管理成本,而且无法达到良好的控制效果^[6]。

4 涂料行业VOCs环境影响评价的具体措施

目前,环境污染问题日益严重,环境问题与社会发展之间的矛盾日益尖锐,我们正处于必须高度重视和大力解决的阶段。由于空气污染是环境污染的重要组成部分,因此有必要从根本上进行预防和控制。如何更彻底地去除VOCs并大大提高OCs的去除效率是一个亟待解决的重要问题。目前我国涂料厂产生的VOCs的控制期不长。

4.1 建立国内涂料行业VOCs标准指标

首先研究了国家涂料标准的VOCs指标,为因子研究提供了基础数据。HJBZ 4-1999环境保护标准首次提出了涂料VOCs的概念和限值。2001年,中国成为第一个制定强制性国家标准的国家。涂料标准GB 18582-2001针对影响环境和人类健康的VOCs采用了标准。根据中国涂料行业的一系列技术进步,确保了涂料的物理性能。为了进一步降低VOCs含量,后来发布的标准文件对VOCs含量提出了更严格的要求,并制定了家用涂料的标准VOCs指标。

4.2 涂料生产项目环境影响评估

项目评估是对项目开展全面的估计审查,评估投资项目优劣势影响因素,寻求投资收益的最优解。项目评估属于技术经济学科,有着极强的技术性。项目环境评估采用定性定量分析法,对VOCs废气污染情况做出评估。

项目评估有着严格的程序步骤,项目评估程序包括:组织准备—数据整理—论证修改,项目评估程序与项目投资额相对应。项目评估为决策提供数据支撑,是引导基建招标的调控手段之一。涂料生产项目环境影响评价包括工程建设适宜性评价和建设项目环境影响评价。以丙烯腈为例,为大毒性的含氮有机物,国家环保标准对其排放浓度有严格要求。挥发性有机物VOCs是涂料行业的典型特征,属于环境有害物质,以破坏和回收为主要控制手段。涂料行业环境影响评价首先选取有效的评价因子,从VOCs废气毒性、对环境影响程度、现行环境标准、法定监测方法四个维度进行筛选。

VOCs涂料项目的特征因子,可采用总挥发性有机物(TVOC)、非甲烷总烃(NMHC)来表征排放情况;以单因子计有:苯、甲苯、二甲苯、苯系物、乙酸丁酯、乙酸乙酯等。工程评价时,基于污染源监测和涂料成分检测报告,明确涂料生产过程的VOCs单项因子。我国大气污染物排放标准为行业排放标准、综合排放标准并行,国家标准中未对VOCs排放限值做出量化规定,通常采用非甲烷总烃(NMHC)作为替代评价因子。VOCs覆盖范围大于NMHC,后者定义为除甲烷以外的碳氢化合物,为C2~C8的总称。标准中未列出的污染物,对周

边环境影响较大的,也应作为评价因子。涂料企业生产过程溶剂选用,参考《大气污染物综合排放标准详解》。

4.3 过程控制措施

(1) 管道输送:对于输送量较大的液体原料,主要原料由定量泵管输送到分散罐外,对于少量的圆筒操作,输送过程中管道和加药、原料自动计量、圆筒完全封闭。(2) 桶泵或其他等效技术:桶泵技术在国外得到广泛推广,中国、德国等地区已有成熟的成品。

(3) 密封和封盖技术:反应器密封技术毋庸置疑。对于新公司来说,大多数使用密封性更好的反应器。然而,用于预混合器、搅拌、分散、中间罐等的密封系统,看似简单,却很难做到 100% 防水;如果容易导致泄漏,则应经常检查阀门并定期更换。(4) 进料、包装和取样过程的通风装置:进料、包装和取样的每个阶段都需要通风罩,通风罩也放置在研磨机上方,包括侧通风罩。通风柜的集气效果决定了 VOCs 控制水平和疏解力度。同时,企业可以通过自动包装机有效减少 VOCs 的散发。

4.4 强化 VOCs 排放控制调配

从涂料产品选用源头入手,对比工艺方案的可替代性,减少清洗剂、溶剂型涂料的用量,推广水性、高固体、粉末等新工艺新技术,降低 VOCs 排放。含 VOCs 物料的储存、输送、转移,需配备专用的密封管道或容器,保证取用便捷的前提下,安装防护盖板,提升密闭等级,缩短物料暴露时间。加大无组织排放环节的控制力度,以涂料、有机溶剂的储存、调配、运输过程为重点,装设有废气收集设备的企业同样存在不同程度的 VOCs 泄漏。车间门窗、通风系统、换气扇等也是 VOCs 外散的物理渠道。环境影响评价以上述无组织排放源为路径,提供可落地的收集方案,以“应收尽收,分类收集”为系统设计原则。VOCs 产生的源头车间(含生产设备)保证严格的空间密闭,敞开式作业是不允许的。不便于密封的空间,装设软帘、双重门,最大可能地减少废气扩散。存在 VOCs 生成风险的工段或车间,配套废气收集设备,导入废气收集管道集中治理,集气管线粘贴或悬挂明显的方向标识。密闭集气罩、空间,与微负压配合使用,集气效率可超过 95%。装设局部集气罩的,设计风速 $\geq 0.3\text{m/s}$,距离集气罩开口侧最远端的 VOCs 集气效率可达到 70%。

4.5 优化匹配组合式治理工艺

VOCs 治理技术已发展为多种形式,常见的吸附法、吸收法、燃烧法、生物法,近些年冷凝法、催化氧化法、膜分离法、低温等离子等新技术发展迅猛。先进的技术并不等同于最优的方案,实际治理项目中多采用组合式治理方案,兼顾成本、效率、治理效果,寻求最优解。行业特点、浓度水平、产污特征是选用 VOCs 废

气治理方案三个最主要的影响因子,涂料行业常选用的组合方案,如“吸附+热力焚烧/催化燃烧”“吸附法+喷淋塔+水帘柜”,所选用的治理技术,应符合“排污许可证申请与核发技术规范”要求,不在技术规范范围内的治理技术或工艺,应提供具有说服力的佐证材料,证明该技术与污染防治可行技术具有同样的治理能力、达到相当的治理效果。以“气动混流洗涤塔+活性炭光氧一体机”组合式治理方案为例,综合治理效率达到 70% 以上,苯乙烯吸收率超过 60%,满足河北省排放标准要求。

末端 VOCs 控制技术,目前国内外常用的 VOCs 废气处理技术包括:燃烧技术、吸附技术、吸收技术、冷凝技术和膜分离技术。大多数企业的 VOCs 生产工艺是活性炭吸附处理;涂装企业采用“除尘+活性炭吸附”处理 VOCs,并配以活性炭吸附再生装置监测 VOCs,去除率达 90% 以上。

5 结束语

目前,我国的空气污染问题相当严重,尤其是涂料行业本身产生的大量 VOCs 具有剧毒性。此外,光化学 OG 及其产生的 OG 对人们的健康有害,并影响正常的户外活动。在此背景下,国家为真正改善我国环境污染和生态环境,在控制涂料行业 VOCs 污染的基础上,从法律和制度层面采取了一系列政策法规来有效控制涂料行业 VOCs 污染,除了政策和专门法律的约束外,需要许多先进的控制和管理技术以及强大的技术支持,涂料行业也可以做到这一点。这是实现 VOCs 污染控制的必要手段。因此,未来的涂料行业应依靠相关政策法规,并采用先进的技术手段来确保 VOCs 污染的控制,实现真正的可持续发展。

参考文献:

- [1] 杨纯尔.基于生命周期评价的挥发性有机物典型治理方法评价及综合环境效益研究[D].上海:华东理工大学,2023.
- [2] 李剑雄.“放管服”背景下 VOCs 废气的环境评价要点分析:以涂装项目为例[J].新型工业化,2021,11(12):207-209.
- [3] 李娜.沥青路面建设过程中的 VOCs 排放行为及其环境影响研究[D].武汉:武汉理工大学,2021.
- [4] 任重磊,王雷,任家宝,等.汽车工业废气污染源源强核算及减排技术探讨[J].能源与环境,2021(02):75-76,103.
- [5] 王海玥,李厦.合成树脂行业废气的环境影响评价方法分析[J].环境与发展,2020,32(12):14-15.
- [6] 刘宇彤.我国工业 VOCs 集中处理生命周期评价及技术经济研究[D].长春:吉林大学,2019.