

塑料行业挥发性有机物 VOCs 排放特征及防治策略研究

王松柏

玉溪柏峰环境技术咨询有限公司

DOI:10.12238/eep.v4i4.1432

[摘要] 塑料行业其实就是经过一系列工艺,将合成树脂转化成各种塑料制品、并对废旧塑料进行回收利用,加工成全新塑料制品的行业。在塑料制品的生产加工过程中,会产生一定的挥发性有机物VOCs。本文重点针对塑料行业挥发性有机物VOCs的排放特征进行了详细的分析,并提出了有效的VOCs防治策略,以供参考。

[关键词] 塑料行业; 挥发性有机物; VOCs; 排放特征; 防治策略

中图分类号: Q958.1 文献标识码: A

Research on VOCs emission characteristics and control strategies of volatile organic compounds in plastics industry

Songbai Wang

Yuxi Baifeng Environmental Technology Consulting Co.,LTD

[Abstract] The plastic industry is actually the industry through a series of processes, converting the synthetic resin into various plastic products, recycling waste plastic and processing into a new plastic products. In the production and processing of plastic products, certain volatile organic compounds VOCs is produced. This paper focuses on the detailed analysis of the VOCs emission characteristics of volatile organic compounds in the plastic industry, and proposes an effective VOCs control strategy for reference.

[Key words] plastic industry; volatile organic compounds; VOCs, emissions characteristics; control strategies

挥发性有机物VOCs在臭氧形成过程中,发挥着十分重要的作用。但是,如果在人为作用下排放过多的挥发性有机物VOCs,并在近地面聚集高浓度的臭氧,不仅会降低大气的能见度,出现温室效应,还有可能对刺激人类的眼睛,降低人类的视觉敏感度与视力;对人类的肺部组织产生损伤。由于挥发性有机物VOCs是臭氧形成过程中必不可少的物质之一,所以非常有必要通过控制挥发性有机物VOCs来达到控制臭氧,改善大气环境的目的。塑料行业是排放挥发性有机物VOCs最为严重的行业,结合塑料行业挥发性有机物VOCs的排放特征,制定针对性的挥发性有机物VOCs防治策略,对于控制臭氧,改善大气环境意义重大。

表1 塑料企业 VOCs 监测结果

企业编号	采样点	VOCs	浓度/(mg·m ⁻³)	总 VOCs 浓度/(mg·m ⁻³)	占总 VOCs 百分比/%
1#	处理前 (集中排放口处)	苯	0.055	0.535	10.2
		甲苯	0.099		18.6
		乙苯	0.054		10.2
		间对-二甲苯	0.132		24.7
		乙酸丁酯	0.155		28.9
	处理后 (集中排放口处)	邻-二甲苯	0.039	0.588	7.4
		甲苯	0.428		72.8
		乙苯	0.050		8.6
		间对-二甲苯	0.110		18.7
		苯	0.068		15.1
2#	处理前 (集中排放口处)	甲苯	0.202	0.452	44.7
		乙苯	0.037		8.3
		间对-二甲苯	0.071		15.7
		正十一烷	0.073		16.1
		苯	0.082		9.1
	处理后 (集中排放口处)	甲苯	0.204	0.906	22.5
		乙苯	0.085		9.4
		间对-二甲苯	0.419		46.3
		邻-二甲苯	0.116		12.8
		苯	0.078		10.2
3#	处理前 (集中排放口处)	甲苯	1.341	1.341	100
	处理后 (集中排放口处)	苯	0.078	0.688	10.2
		甲苯	0.446		64.8
		乙苯	0.045		6.5
		间对-二甲苯	0.119		17.3
4#	处理前 (集中排放口处)	甲苯	0.075	0.522	14.3
	处理后 (集中排放口处)	正十一烷	0.447		85.7
		甲苯	3.602		57.0
		正十一烷	2.722		43.0

表2 塑料企业的具体情况

企业编号	产量/(t·a ⁻¹)	年生产时间/h	排风量/(m ³ ·h ⁻¹)	产品	生产原料	生产原料年用量/t
1#	2574	4680	8249	家电塑料	聚乙烯、聚丙烯、 聚氯乙烯废旧塑料	10000
2#	6000	2400	25000	电器外壳塑料	再生塑料	6000
3#	7337	7500	8836	塑料垫	聚乙烯废旧塑料、 聚丙烯废旧塑料	1658
4#	3600	5760	14580	电缆料	PVC树脂粉	1372
						1680

表3 塑料企业的个体产/排放系数

企业编号	年生产时间/h	排风量 (m ³ ·h ⁻¹)	平均污染物 浓度/(mg·m ⁻³)	产量/t	产污系数/(kg·t ⁻¹)	排放系数/(kg·t ⁻¹)
1	4680	8249	0.5347	2574	0.0080	0.0080
2	2400	25000	0.4516	6000	0.0045	0.0045
3	7500	8836	1.3411 (处理前) 0.6875 (处理后)	7337	0.0121	0.0062
4	5760	14580	0.5216	3600	0.0120	0.0120

1 塑料行业挥发性有机物VOCs的排放特征

塑料行业的生产工艺, 主要包含三大工艺: 第一造粒工艺、第二成型工艺、第三后处理工艺。不同的生产工艺, 在排放挥发性有机物VOCs方面, 表现出了不同的特征。

1.1 造粒工艺挥发性有机物VOCs的排放特征

造粒工艺, 其实就是指生产塑料颗粒或木料的生产工艺, 主要包含废旧塑料的再生造粒、反应挤出造粒、聚合造粒等三种工艺^[1]。在造粒工艺的应用过程中, 又包含传统造粒工艺和无熔造粒工艺。其中, 传统的造粒工艺又可以细分为湿法造粒和干法造粒两种。但是无论是湿法造粒还是干法造粒, 都会在废旧塑料的挤出工序环节, 产生并排放出一定量的挥发性有机物VOCs。无熔造粒工艺的应用, 虽然不需要外部热源, 但是对于塑料颗粒大小的控制精度非常低, 所以最终制出来的塑料颗粒大小也不均匀, 整体造粒效率也偏低, 所以并不会产生挥发性有机物VOCs。

但是, 当前的一些新型造粒工艺的应用, 却会产生并排放较多的挥发性有机物VOCs。例如, 有机溶剂辅助软化造粒工艺的应用, 为了快速软化塑料, 并保护塑料内部分子结构不被破坏, 提升再生塑料的品质, 需要在传统熔融工艺的基础上添加一些有机溶剂。但是, 有机溶剂的添加就会产生并排放挥发性有机物VOCs。再例如, 复合再生塑料造粒工艺的应用, 需要先将废旧塑料与无机粉体混

合在一起, 提升再生塑料的透明度、耐热度以及加工稳定性, 然后再添加增塑剂, 在混炼机中进行混炼, 确保无机粉体可以嵌入完全塑化的废旧塑料中, 使之形成均匀体。最后再借助挤出、切粒以及冷却等操作形成最终的复合再生塑料颗粒。其中, 混炼环节和挤出环节就会产生一定量的挥发性有机物VOCs。

1.2 成型工艺挥发性有机物VOCs的排放特征

成型工艺, 指的是借助多种工艺, 将合成树脂或者高分子塑料粒加工成型, 或者将废旧塑料加工成再生塑料制品的工艺^[2]。在成型工艺中的注塑成型工艺、挤出成型工艺、吹塑成型工艺、热成型工艺、层压成型工艺以及发泡成型工艺中, 均会产生并排放一定量的挥发性有机物VOCs。例如, 在注塑成型工艺的应用中, 需要对熔融的塑料原料实施以加压、注入、冷却、脱离等操作, 并将其制作成一定形状的半成品件。整个注塑成型的应用, 需要经过五个循环阶段: 第一合模阶段、第二填充阶段、第三保压阶段、第四冷却阶段、第五脱模阶段。除了合模阶段之外, 其余四个阶段均会产生并排放一定量的挥发性有机物VOCs。

根据相关部门的统计, 我国南方某省在2016年的塑料制品产量为1005万t, 但其VOCs排放量却高达5.0万t。结合塑料制品的分布特点, 对该省的塑料制品厂家, 进行VOCs的采样分析, 具体结果如表1、表2、表3所示。

通过对以上监测结果的分析, 塑料

回收再生企业排放的VOCs种类更多、成分更为复杂。分析各VOCs的浓度, 发现8种被检测出的挥发性有机物中, 甲烷和正十一烷的浓度最高, 甲苯的排放浓度高达3.6024mg/m³, 正十一烷的排放浓度高达2.7219mg/m³。分析各污染物在总VOCs的百分比来看, 甲苯、间对-二甲苯、正十一烷是塑料行业中的主要污染物。再加上现场调研, 可以明确塑料行业的生产以废旧塑料的回收再生与新塑料的生产两种方式为主。但无论何种生产方式, 热熔和注塑工艺均是最主要的VOCs排放工序, 产污系数在0.0092kg/t, 排放系数为0.0044kg/t。

1.3 后处理工艺挥发性有机物VOCs的排放特征

后处理工艺, 主要包含表面预处理环节和表面装饰处理环节。其中, 尤以表面装饰处理环节产生的挥发性有机物VOCs最多。因为表面装饰处理环节, 主要包含喷油、印刷以及其他表面装饰处理等步骤。首先, 在喷油过程中, 需要使用空气喷涂、机械喷涂或者手油喷涂等方式在塑料制品表面喷涂一定量的油性塑胶土料, 用以增加塑料制品的光泽度与颜色丰满度, 强化塑料制品的装饰性。但是, 热可塑丙烯酸树脂是最常用的涂料基体, 将其与助剂和颜料调配在一起, 并喷涂到塑料制品表面, 就会产生大量的挥发性有机物VOCs。其次, 在印刷过程中, 一般会优先选择丝印或者移印等方式, 并借助塑料凹版油膜将文字或者图形印刷在工件表面。因为在这一过程中会使用大量的油性油墨, 所以会产生一定量的挥发性有机物VOCs。

2 塑料行业挥发性有机物VOCs的防治策略

2.1 提高对挥发性有机物VOCs的防治意识

目前, 挥发性有机物VOCs的防治, 是缓解我国大气环境污染问题、改善城市上空环境的有效举措, 只有相关工作人员与社会大众都充分意识到挥发性有机

物VOCs防治的重要性,才能够积极主动的参与到挥发性有机物VOCs的防治工作中^[3]。首先,政府部门要与社会媒体联合起来,专门进行挥发性有机物VOCs防治工作的宣传,强化当地塑料生产企业与社会大众防治挥发性有机物VOCs的意识。其次,塑料生产企业要不断的提升自身的社会责任感,并按照“谁污染、谁治理”的原则,进行挥发性有机物VOCs的预防与治理。最后,塑料包装行业协会也应当积极参与到挥发性有机物VOCs防治工作的宣传当中,进一步提高塑料生产企业参与挥发性有机物VOCs防治工作的主动性与自觉性。

2.2 加大挥发性有机物VOCs的防治工作支持力度

挥发性有机物VOCs的防治,不仅是政府部门需要承担的责任,还离不开工业企业与社会民众的大力支持。首先,政府部门要充分发挥自身的支持与引导作用,通过相关法律法规的制定、政策标准的出台、防治技术的指引、监管执法活动的落实来对塑料生产企业产生积极的影响。其次,塑料生产企业要积极主动的与相关部门、行业组织取得联系,并在相关指引下明确挥发性有机物VOCs的防治思路,确保高质量、高效率的完成挥发性有机物VOCs的防治任务。其次,政府部门还可以出台一系列优惠政策,根据企业参与挥发性有机物VOCs防治的力度给予一定的补贴。与此同时,还要通过严格的监督管理与公平的执法活动,维护塑料行业竞争的公平性与有序性。

2.3 重点提高挥发性有机物VOCs的防治技术与测量技术

针对挥发性有机物VOCs的防治技术与测量技术的提高,建议从以下几方面入手。首先,积极引进国外先进的防治技术,并在挥发性有机物VOCs排放量较大、污染相对严重的塑料生产企业建立挥发性有机物VOCs治理示范点,加强挥发性有机物VOCs的治理与监测^[4]。其次,加大

新型挥发性有机物VOCs防治技术的研发力度,加大挥发性有机物VOCs泄露小的工艺、设备、材质以及技术发展的支持力度,通过技术集成与工程推广等方式提升塑料企业生产过程的环保性。最后,加强差分吸收激光雷达检测技术的应用,借此解决挥发性有机物VOCs排放量测量精度度较低的问题。

2.4 有效应用挥发性有机物VOCs的治理技术

近年来,我国挥发性有机物VOCs治理方法有了长足进步,处理方式多种多样,下面介绍几种有机废气的处理方法。

2.4.1 UV光解催化氧化

UV光氧催化氧化是以紫外线光为能源,配合纳米TiO₂位催化剂,将有机物降解为CO₂和H₂O及其它无害成分,使废臭气体处理后达标排放。二氧化钛(TiO₂)作为一种新的光催化半导体材料,近半个世纪以来的成功运用。日本已将其列为本世纪重点发展的新技术,被誉为当今世界上最先进的空气净化新技术,近来在中国也得到较广泛应用。光催化剂是光催化过程的关键部分,其活性的高低严重影响光催化效果。目前所用的光催化剂二氧化钛(TiO₂)的光催化活性最高又不产生光腐蚀,且无毒价廉,是目前广泛使用的光催化剂。

根据相关资料显示,在实验室条件下,采用UV光解工艺对单一的农业生产体系废气物质或恶臭气体物质严格控制进气浓度、气量及其他条件时,UV光解设备功率充足的情况下,测得UV光解净化效率均可达到99%以上。但实际运用过程中,由于受到各种因素或者条件的影响,如废气成分复杂,废气浓度不稳定或者不能达到UV光解适中的范围(浓度过高或过低均会影响其净化去除率),风量、气压、温度、湿度等环境条件不稳定或者达不到UV光解净化的要求,废气预处理做的不够理想,后续排放管道没有留够充足的氧化反应管道等等,导致UV光解的净化效率参差不齐,差异很大,甚至

在满足所有外在条件的基础上,处理不同成分的废气其净化效率也有差别。所以很难单纯的去界定一套UV光解净化设备对废气的净化去除率,我们只能说尽量去调整影响UV光解净化设备净化率的各种因素,尽量去提高UV光解净化工艺的净化效率。在各种因素都比较适宜的条件下,UV光解净化系统在实际运用中是可以达到90%以上的,甚至某些成分的废气其净化效率可以达到95%以上甚至更高。

2.4.2 等离子废气处理

等离子体内部产生富含极高化学活性的粒子,废气中的污染物质与这些具有较高能量的活性基团发生反应,最终转化为CO₂和H₂O等物质,从而达到净化废气的目的。

2.4.3 活性炭吸附法

由于VOCs表面存在着未平衡和未饱和的分子引力和化学键力,因此当活性炭表面与气体接触时,就能吸引气体分子,使其浓聚并保持在活性炭表面,此现象称为吸附。利用活性炭表面的吸附能力,使废气与VOCs活性炭接触,废气中的污染物被吸附在活性炭表面,使其与气体混合物分离,达到净化目的。但活性炭吸附存在吸附量小,物理吸附存在吸附饱和等问题,随着吸附剂的消耗,吸附能力也变弱,使用一段时间后可能会出现吸附量小或失去吸附功能;吸附时,也存在吸附的专一性问题,对混合气体,可能吸附性会减弱,同时也存在分子直径与活性炭孔径不匹配,造成脱附现象。

2.4.4 沸石转轮吸附法

含有VOCs的废气进入吸附区,VOCs成分被吸附剂所吸附,随着吸附转轮的回转,接近吸附饱和状态的吸附转轮进入到再生区,在与高温再生空气接触的过程中,VOCs被脱附下来进入到再生空气中,吸附转轮得到再生,再生后的吸附转轮经过冷却区冷却降温后,返回到吸附区,完成吸附/脱附/冷却的循环过程。沸石转轮吸附浓缩技术一般与其他

技术搭配使用, 如与焚烧技术(催化燃烧或高温焚烧)或冷凝技术进行组合, 形成了“沸石转轮吸附浓缩+焚烧技术”和“沸石转轮吸附浓缩+冷凝回收技术”。

2.4.5 催化燃烧

催化燃烧是典型的气-固相催化反应, 其实质是活性氧参与的深度氧化作用。在催化燃烧过程中, 催化剂的作用是降低活化能, 同时催化剂表面具有吸附作用, 是反应物分子富集于表面提高了反应速率, 加快了反应的进行。借助催化剂可使有机废气在较低的起燃温度条件下, 发生无焰燃烧, 并氧化分解为CO₂和H₂O, 同时放出大量热能。

2.4.6 低温冷凝法

低温冷凝法主要是将有机废气导入冷凝装置中, 通过低温使有机废气从气相变成液相的处理方法, 但空气中的水蒸气、二氧化碳、甚至氧也会同时冷凝下来。

单一有机废气处理方式均存在各种不同的缺点, 已不再适合我国目前有机废气的处理, 因此, 对于有机废气的治理想要达到较高的处置效率, 需要我们对有机废气处置方式进行组合, 以达到相互补充, 弥补缺点的目的, 提高挥发性有机物VOCs的治理效率。

3 结语

综上所述, 在塑料行业的生产过程中, 会产生大量的挥发性有机物VOCs排放。只有对挥发性有机物VOCs的排放量进行合理的治理与预防, 才能够明显改善城市上空的环境, 保障人们的身体健康。但是, 要想强化挥发性有机物VOCs的防治质量, 不仅要提高对挥发性有机物VOCs的防治意识, 还要加大挥发性有机物VOCs的防治工作支持力度。与此同时, 还要对相应的防治技术与测量技术进行创新。

[参考文献]

[1]李瑞芃, 吕建华, 付飞, 等. 青岛市

重点行业挥发性有机物排放特征研究[C].//“十四五”VOCs减排策略与监测治理研讨会暨挥发性有机物污染防治专业委员会第七届年会论文集, 2019:56-65.

[2]张文治, 陈楠伟, 何江通, 等. 工业源挥发性有机物排放特征及控制对策探讨——以广东省Z市为例[J]. 云南化工, 2019, 46(5):8-10, 12.

[3]李瑞芃, 吕建华, 付飞. 青岛市重点行业挥发性有机物排放特征研究[C].//2018年全国VOCs治理与监测高峰论坛论文集, 2018:6-15.

[4]王学臣, 聂赛赛, 王帅, 等. 拉链排咪、塑料制品和印刷行业VOCs排放特征比对分析[J]. 环境监测管理与技术, 2020, 32(6):65-67.

作者简介:

王松柏(1980—), 男, 汉族, 云南玉溪人, 本科, 从事环评、环境污染治理技术相关研究。