

VOCs 废气来源、危害及处理技术研究

任成浩

(山东科麦尔热能工程有限公司, 山东 淄博 255000)

摘要 VOCs 废气的大量排放, 是阻碍我国绿色经济发展以及环保事业推行的重大阻碍因素。低浓度的 VOCs 废气会使人体产生不适, 高浓度 VOCs 废气则会致人死亡, 并对大气造成严重污染。本文首先对 VOCs 废气产生的来源进行介绍, 然后从人类健康和环境角度来分析 VOCs 废气造成的危害, 最后对市面上关于 VOCs 废气处理的各种先进技术进行了详细的探讨。

关键词 VOCs 废气 活性炭 危害来源

中图分类号: X7

文献标识码: A

文章编号: 1007-0745(2022)01-0046-03

VOCs 废气本身所含有酸类、酮类、苯类、有机氮、有机磷、含氧有机化合物等众多污染物, 使其成为阻碍我国可持续发展以及国民身体素质健康的重要威胁之一^[1]。因此需要有关企业以及废气处理有关领域的专家学者, 能够进一步优化我国传统 VOCs 废气处理技术的同时, 不断的创新新型 VOCs 废气处理技术来实现将有害气体阻断在生产过程中, 避免进入大气而对人体健康以及人们赖以生存的地球环境造成破坏。

1 VOCs 废气的来源

VOCs 废气是指饱和蒸汽压在常温下 $> 133.32\text{pa}$ 和沸点常压下在 $50\sim 260\text{℃}$ 之间具备挥发性的有机化合物 (也可称是在常温常压状态下可以任意挥发的有机固体或液体)。作为自然界中分布范围较广的一种废气类型, VOCs 废气的排放源主要来自于自然源 (植被排放、森林火灾、湿地厌氧过程、野生动物排放等) 和人为源 (工业、生活、交通源等), 其中 VOCs 废气排放主要的“贡献者”或是“源头”来自于人类活动。在人们的日常生活 (厨房油烟、农田秸秆焚烧、建筑装饰、交通工具 (飞机、火车、汽车等) 发动机运行、石油化工工业生产等领域在运转过程中都会对周围环境排放一定的 VOCs 废气。

2 VOCs 废气的危害

VOCs 废气含有酸类、酮类、苯类、有机氮、有机磷、含氧有机化合物等可在常温常压环境下大量挥发的有机化合物, 因此这些易挥发的有机化合物对人体以及周围环境会造成极大的危害。其中 VOCs 废气危害性最大的源头来自于工业生产所排放出的有机化合物:

芳胺类有机物进入人体后会造成人产生缺氧现象或是细胞癌变; 苯类有机物废气进入人体后会对中枢神经系统产生严重的损坏, 当人体吸收苯类有机物废气超过 2% 浓度时, 轻者会造成神经系统障碍, 严重者则会造成休克乃至生命危险; 苯酸类有机废气进入人体后会损害人体细胞蛋白质而出现全身器官中毒现象; 有机磷化合物进入人体后会出现因为血胆碱酯酶活性下降而引起的神经系统障碍; 含氧有机化合物进入人体后严重会造成生命危险; 戊醇有机废气进入人体后未出现呕吐、腹泻、头疼等状态的中毒现象; 多环烃有机物废气进入人体短期内不会发生急性症状, 但是如果长时间吸入该种有机废气会造成器官癌变; 有机硝基苯进入人体后会对肝脏功能、神经系统等人功能系统造成破坏, 如果人的皮肤表面大面积接触有机硝基苯会造成生命危险; 有机氮化合物进入人体后会出现器官癌变; 有机硫化物进入人体后会根据气体的浓度来对人体造成损害 (浓度过低和浓度过高分别会造成中毒现象或是人体死亡); 丙烯醛有机物废气进入人体后会对人体器官粘膜组织造成严重损害。

3 VOCs 废气的处理技术探讨

3.1 传统 VOCs 废气处理技术

我国对于 VOCs 废气的传统处理技术主要包括吸附法和燃烧法。

3.1.1 吸附法

吸附法主要是利用各种固体吸附剂 (活性炭、分子筛等) 的吸附功能将低浓度、高净化要求的恶臭气体从气相转化为固体相^[2]。

吸附法的优点主要表现在对于不同类型和组合的

恶臭气体能够具备较高的净化效率。但是吸附法的缺点主要表现为所必备的吸附剂价格昂贵,吸附剂的再生能力有限,而且只能对较低温度和含尘量的恶臭气体进行处理。其中,活性炭吸附法是较好的处理 VOCs 废气的主要方式。颗粒和粉尘是 VOCs 废气的主要成分,通过活性炭可以进行有效的吸附进而净化气体。但是,要确保活性炭功能发挥,需要对活性炭的结构形状进行设计才能实现对气体的净化。要对活性炭进行结构处理,确保活性炭在结构上具有丰富的微孔。这些微孔肉眼无法识别但是吸附作用主要依赖于这些微孔,同时微孔也具有较好的净化能力。VOCs 废气经过活性炭微孔就会被吸附,有害气体就能得到有效的减少。

活性炭吸附处理法主要有两个方面的作用:一是较好的实现吸附净化空气;二是通过热脱实现活性炭吸附能力再生。活性炭吸附净化的过程就是利用风机把 VOCs 废气送至包含大量的活性炭的吸附装置,大量的 VOCs 废气被吸附在活性炭中从而较好的实现了对气体的净化,将经过净化的气体排放到周围空气中整个净化工作完成。其次是对活性炭进行热脱处理,实现活性炭功能的恢复。吸附大量的有毒气体后,活性炭吸附能力饱和和不能再吸附更多 VOCs 废气,这时就需要将活性炭进行热脱处理,实现对活性炭的再循环利用。

3.1.2 燃烧法

燃烧法将废气中的污染物直接转化为水和二氧化碳主要是借助直接、催化、热力三种燃烧方式来实现。

热力燃烧通过借助天然气等辅助原料,对低浓度的有机废气采取燃烧方式处理;催化燃烧主要是借助催化剂,来与废气中的有机气体完成化学反应产生氧化后,向外界释放热量,并排出无害气体;直接燃烧是通过将废气中高浓度、热值高的气体直接高温加热实现恶臭气体净化。^[3]燃烧法的优缺点分别为恶臭气体在燃烧法的作用下被氧化分解的净化效率高、设备耗能且容易造成二次污染。

其中,催化燃烧法是处理废气的一种有效的方法,应用这种方法的前提条件是气体的浓度集中。催化燃烧法工作要借助于催化剂将 VOCs 废气进行分解生成无害气体,同时释放能量。这种方法的使用有利于节约能源,同时释放的能量还可以被直接的应用到催化反应中。因此在催化燃烧反应中就不需要进行另外的加热,可以使用释放的热量实现自给自足,这些热量还可以有效的供应活性炭吸附剂的热脱再生。另外,焚

烧温度要高于燃烧温度。低温催化燃烧法的使用有利于燃烧的充分干净化,不会产生一氧化碳等有毒气体,也不会造成高温燃烧二次出现有毒气体。催化燃烧技术的实现关键在于借助于有效的催化剂。

因此,要做好研究,探索性能稳定且性价比高的催化剂。经过近几年的研究,纳米粒子催化剂被广泛的使用,它具有独特的优点,性能高、催化性强,比较实用。

3.2 新型 VOCs 废气处理技术

3.2.1 吸收法

吸收法主要包括水吸收法和药液吸收法两种。其中水吸收法主要是利用 VOCs 废气易溶于水的特性,通过将水与这些物质进行结合来达到脱臭目的。该方法主要适用于水溶性强且有组织排放源的 VOCs 废气^[4]。水吸收法其工艺、操作、管理简单快捷,而且水吸收法设备运转和维修费用较低。但是水吸收法需要借助洗涤液来完成废气处理,所以使用洗涤液也会造成二次污染,而且水吸收法对于硫醇、脂肪酸等物质处理能力有限。

药液吸收法主要是利用药液与废气中的某些物质产生化学反应来达到除去臭气成分的目的。药液吸收法针对于大气量、高中浓度的臭气有着较强的功效,但是药液吸收法与水吸收法一样,使用吸收剂过程中易造成二次污染。

3.2.2 生物法

生物法主要包括生物滤池式脱臭法、洗涤式活性污泥法、生物滴滤池式、爆气式活性污泥法四种方法。

生物滤池式脱臭法因为其处理费用低的优点成为现阶段生物法当中研究最多、工艺最成熟的常用生物脱臭方法。该方法通过灵活使用土壤脱臭法、堆肥脱臭法、泥炭脱臭法来将恶臭气体进行去尘增湿气或降温等处理后,通过将恶臭气体从滤床底部向上穿过滤料床,从原有的气象转化为水与微生物混合相^[5]。但是生物滤池式除臭法需要占据大量的面积来建设滤床,同时滤床的填料需要定时更换,特别是对于疏水性和难降解生物物质的恶臭气体处理效果较差。

洗涤式活性污泥法通过在吸收器中含有悬浮物泥浆的混合液与恶臭气体充分接触后将之去除,在反应器中加入洗涤液来实现恶臭物质被悬浮生长的微生物代谢活动所降解溶解。洗涤式活性污泥法设备的占地面积小,而且具备操作环境易控制、可以处理大气量的臭气、适用范围较广的优势。但是该方法具有吸收器、

反应器等设备购买费用较高、操作复杂、需要添加营养物质等缺陷。

无论是生物滴滤池式还是生物滤池式脱臭法,滤床都是两种方法必不可少的必备载体。同时两种方法使用的滤床滤料也存在一定的差距。生物滴滤池式主要是使用不提供营养物质的惰性材料,例如木炭、塑料等都是惰性材料的极佳选择。该方法的污染负荷承载量和微生物数量高于生物滤池式脱臭法,而且滤床上的惰性滤料可以不用进行定期更换,但是该方法必须要不断添加营养物质来维持池内微生物数量。

3.2.3 低温等离子体废气净化法

该方法主要适用于化工、医疗、塑料、橡胶厂等行业领域中难以进行处理的多组分恶臭气体的净化。VOCs 废气中的污染物与介质阻挡放电过程中产生的富含极高化学活性的粒子(电子、自由基、离子、激发态分子等)发生反应,通过转化为二氧化碳和水等物质来实现净化废气的目的^[6]。低温等离子技术由于其电子能量高、运输费用低、设备启动停止快等优势,所以在面对大部分的多组分恶臭气体有较强的净化效果。但是低温等离子体废气净化法所需要的设备以及配套设施需要一次性进行大量的资金投入。

3.2.4 光催化氧化法

光催化氧化法主要是将 VOCs 废气中的有害物质在光合作用下进行处理,是 VOCs 废气较为新型的处理技术。该种处理技术,主要在光作用之下形成一定化学反应,把废气当中有害物质有效转化成无害性化合物,将 VOCs 废气污染性降低。目前,国内光催化的氧化处理技术还处于进一步研究阶段^[7]。据悉,通过光催化的氧化处理技术来进行 VOCs 废气处理,VOCs 废气当中污染物实际去除率在 80% 左右,应用效果较为理想。光催化氧化法由于具备设备面积占地小、运行成本低等特点,所以主要适用于炼油厂、化工厂、污水处理厂、制药厂等恶臭气体的脱臭净化处理工作。通过在光催化氧化法领域的专家学者的共同探究下,采用合适的催化剂能够达到 70%~80% 的 VOCs 废气污染物去除率。

3.2.5 冷凝法处理

冷凝法也是一种能较好的处理 VOCs 废气的有效方法。其是根据不同的物质在不同的温度下饱和蒸汽压不同的工作原理,因此借助于这一物理性质可以较好的实现通过系统温度的降低或者是系统压力的提高,实现冷凝分离在污染物处于整体状态下的 VOCs 废气。

这种方法使用范围也较为广泛,适合于常温高湿状态下的 VOCs 废气,特别适合处理浓度高的 VOCs 废气。优点也比较明显,实现了对气体的高度净化,同时也可以做到高回收。缺点是要想实现净化效果的保障,必须对于温度进行严格控制,通过降低冷却温度提高净化效果。

此外,为了实现冷却效果的提升,还要不断增大压力,这样势必会增加废气处理的成本和难度。

4 结语

自然源和人为源是 VOCs 废气排放的主要奉献者和生产者,如果排放 VOCs 废气的行业企业、移动源等随意将有机废气排放至大气中,最终 VOCs 废气会随着雨水、生物链、人类皮肤等危及到人们的身体健康。因此,必须要积极探索新型 VOCs 废气处理技术来应对日益增长的 VOCs 废气排放量。

参考文献:

- [1] 万小芳,赵纯革,雷建彬.RTO 工艺在炼化污水处理场及生产装置 VOCs 集中治理中的应用[J].辽宁化工,2021,50(06):811-813.
- [2] 王昊.RTO 与 TO 组合工艺处理煤化工 VOCs 废气的应用研究[J].辽宁化工,2021,50(05):715-719.
- [3] 帅启凡,董小平,陆建刚,等.蓄热燃烧法处理工业 VOCs 废气的研究进展[J].环境科学与技术,2021,44(01):134-140.
- [4] 李天伟,栾新晓,邹茂荣.石油炼制企业含油污水预处理站 VOCs 处理工程设计[J].工业用水与废水,2021,52(02):76-78.
- [5] 张瑞波,沈耀亚,陈振江,等.催化裂化再生器燃烧处理炼化企业 VOCs 技术开发[J].石油炼制与化工,2020,51(11):64-70.
- [6] 李守信,苏建华,马德刚.挥发性有机物污染物控制工程[M].北京:化学工业出版社,2017:224-235.
- [7] 郭亚逢.炼化企业 VOCs 排放特征及处理现状研究[J].山东科技大学学报(自然科学版),2020,39(06):63-70.