

Discussion on the Treatment and Emission Reduction of Volatile Organic Compounds in Pharmaceutical Waste Gas

Guofeng Qin

Guilin Huaxin Pharmaceutical Co., Ltd., Guilin, Guangxi, 541199, China

Abstract

Volatile organic compounds (VOCs) are a class of organic chemicals with high vapor pressure and easy evaporation properties at room temperature and pressure, and are one of the common air pollutants. As one of the main sources of VOCs emissions, the research on emission characteristics and emission reduction technologies of pharmaceutical companies is of great significance to promote the green development and environmental protection of the industry. In recent years, with the continuous increase of national air pollution control, the control and emission reduction technology of volatile organic compounds in pharmaceutical waste gas has become a research hotspot. As an important class of air pollutants, the emission of volatile organic gases (VOCs) not only exacerbates the formation of atmospheric photochemical smog, but also may lead to ozone layer depletion and global warming. In addition, many compounds in VOCs are potentially harmful to human health, such as carcinogens, teratogens, and mutagenic substances. Therefore, it is of great practical significance and application value to strengthen the treatment and emission reduction of volatile organic compounds in pharmaceutical waste gas.

Keywords

pharmaceutical waste gas; volatile organic compounds; processing methods; emission reduction

制药废气中挥发性有机物的处理与减排探讨

秦国凤

桂林华信制药有限公司, 中国·广西 桂林 541199

摘要

挥发性有机物 (VOCs) 是一类在常温常压下具有高蒸汽压和易蒸发挥性的有机化学物质, 是常见的大气污染物之一。制药企业作为VOCs排放的主要来源之一, 其排放特征与减排技术的研究对于推动行业绿色发展和环境保护具有重要意义。近年来, 随着国家对大气污染治理力度的不断加大, 制药废气中挥发性有机物的控制与减排技术已成为研究热点。挥发性有机气体 (VOCs) 作为一类重要的空气污染物, 其排放不仅加剧了大气光化学烟雾的形成, 还可能导致臭氧层破坏和全球气候变暖。此外, VOCs中的许多化合物对人体健康具有潜在危害, 如致癌物质、致畸物质和致突变物质等。因此, 加强制药废气中挥发性有机物的处理与减排具有重要的现实意义和应用价值。

关键词

制药废气; 挥发性有机物; 处理方法; 减排

1 引言

制药行业生产过程中往往伴随着大量挥发性有机化合物 (VOCs) 的排放。VOCs 不仅是污染源, 而且还能够造成光化学烟雾等二次污染。环境中的 VOCs 是光化学反应的前体, 导致臭氧层破坏和全球气候变暖。此外, VOCs 中的许多化合物对人体健康具有潜在危害, 如致癌物质、致畸物质和致突变物质等。因此, 了解制药行业的 VOCs 排放特征, 具有针对性地选择相应的处理技术, 对于减少环境污染、保护人体健康具有重要意义。因此, 研究制药废气中挥发性有

机物的控制与减排技术具有重要的现实意义和价值。

2 挥发性有机物的定义

目前全球对 VOCs 一词有着广泛且统一的使用方式——它代表着那些能立即介入大气的氧化过程中的所有碳氢基团组成的有机分子; 同时还包括一些被明确定义的具体成分或组件。根据这种分类方法可以把它们划归成含有含氧有机物、含氯有机物、含硫有机物、含氮有机物、非甲烷烃类等多种类型。此外, VOCs 还会影响空气质量并成为造成 PM_{2.5} 和臭氧形成的前置物质。按照《挥发性有机物污染防治技术政策》规定, 对于含高浓度 VOCs 的废气, 宜优先采用冷凝回收、吸附解析回收技术进行回收利用, 并辅助以其他治理技术实现达标排放; 对于含中等浓度 VOCs 的废

【作者简介】秦国凤 (1986-), 中国广西桂林人, 本科, 从事化学合成制药废气、废水处理研究。

气,可采用吸附解析回收技术,或采用燃烧技术净化后达标排放。当采用燃烧技术进行净化时,应进行余热回收利用,减少能耗。对于低浓度 VOCs 的废气,且含卤素成分 VOCs 的废气,宜采用非焚烧技术处理。对具有再生利用价值的 VOC 废气,采用吸收法对其中的有机溶剂进行回收,使其达到标准。但是,对于无回收价值的低浓度的挥发性有机废气,更适合采用吸收浓缩燃烧技术、等离子及生物技术进行净化,使其达到排放标准^[1]。

3 制药废气中挥发性有机物的排放特征

3.1 主要排放源

在制药企业的日常运作中,挥发性有机化合物(VOCs)的排放主要源自:

①工艺有组织排放:在化学合成制药生产加热反应、蒸馏、精馏、萃取、干燥等工序中,由于以上工序需要大量有机溶剂作为溶剂,同时这些有机物物料在高温条件下的挥发会产生大量的 VOCs。排放的主要气态挥发性有机化合物包括甲醇、乙醇、苯、甲苯、二氯甲烷、丙酮、异丙醇等。发酵类药物有机废气主要产生于发酵、分离、提取等生产工序用到的大量有机溶剂。生物药生产过程采用的原材料、工艺、污染排污特征不同。生物制药产生的 VOCs 主要也主要来自溶剂的使用,如瓶子洗涤、溶剂提取、多肽合成仪等的排风以及研发、检验等排气。

②无组织排放:这类排放主要包括储罐内液体因温度变化和压力波动引起的自然挥发,生产过程中开盖投料和卸料过程中也会有 VOCs 从罐体投料口或是卸料口挥发出来,以及由于管道、阀门、法兰等连接部位的泄漏所导致的排放。此外,废水处理过程中有机物的分解或挥发也会造成 VOCs 的无组织排放^[2]。

3.2 排放特征

制药行业因其广泛的细分领域和复杂的生产工艺,每年会使用和生产大量的挥发性有机化合物(VOCs)。在不同的制药产品生产过程中,会生成具有特定特性的 VOCs,这些化合物种类多样且排放量取决于具体的生产工艺、原料属性以及设备的运行状态。制药企业排放的 VOCs 包括多种类型的有机化合物,如烯烃、芳烃、醇类和酯类等,这些通常是基础制药溶剂或参与反应的基础物料,在生产过程中因化学反应或物理过程而被释放到环境中。制药行业典型的 VOCs 排放具有排放点多且分散、排放量和浓度波动大、排放成分复杂以及无组织排放严重且难以收集等特点。这些特点都是制药行业废气处理的难点,针对这些特点,制药废气可以针对性地选择采用吸附法、燃烧法、催化氧化法、冷凝法、生物处理法以及组合工艺等多种处理技术进行治理。在实际应用中,需要根据废气特性、排放特点、处理难易、处理效率、处理方案的经济性以及可持续发展等因素综合考虑,选择最适合的处理方案。同时,加强废气排放管理和设备处理效率,增强环保意识,采取源头替代和控制也是减少

制药行业 VOCs 排放的重要途径^[3]。

4 制药废气中挥发性有机物的处理技术

4.1 冷凝法控制技术

冷凝法是基于物质在不同温度下的饱和蒸气压差异的原理工作的。当 VOCs 废气的温度降低时,其中的有机物成分会因饱和蒸气压的降低而冷凝成液体,从而实现 VOCs 的回收。这种方法特别适用于处理高浓度的 VOCs 废气,因为高浓度意味着更高的回收效率和经济价值。但冷凝法的能耗较高,因为需要大量的冷量来降低废气的温度。因此,在实际应用中,通常会将冷凝法与其他方法如吸附或吸收法结合使用,以提高整体的能效。此方法适合处理高沸点、高浓度且成分单一的 VOCs,不然成分复杂的气体冷凝下来后,不能回收,还需要进一步进行处理,这样会更高的处理成本。

4.2 吸收控制方法

吸附技术是采用吸收剂吸附和吸附技术从尾气中提取出有机污染物的一种技术。它的主要理论是使有机物质与吸收剂,形成一种相对稳定的物质,从而对尾气进行处理,常用的化学吸收剂有活性炭、树脂、分子筛等、沸石等。虽然吸附法处理效果好,适用面广,但是存在着处理困难,吸收剂容易后期处理会增加处理成本^[4]。

4.3 生物处理控制方法

生化法是应用微生物对尾气中的有机污染物进行降解的一种技术。它的主要理论是通过微生物,在一定的生长环境下,对尾气中的有机污染物进行生物分解,使之成为一种对人体无害的污染物,常用的生物处理技术有生物滤塔、生物膜反应器等。生物法虽然具有低成本和低能耗的优势,但是也有一些不足之处,如微生物的适应范围较窄,处理效率低,对于一些含有有毒有害物质的废气,微生物容易被毒害从而降低处理效率,同时处理效果会受到周围环境的制约。此方法适合处理一些低毒、低浓度、易降解的 VOCs。

4.4 催化氧化控制方法

催化氧化法是指通过催化剂对尾气中的有机污染物进行氧化处理。它的主要理论是:通过催化剂,在相对低温的条件下,对氧气进行催化,并将尾气中的有机化合物进行氧化,从而将其转变成二氧化碳和水等对人体无害的物质,常用的催化氧化催化剂有铜铝催化剂、锰铜催化剂等。采用催化氧化法处理废水效率高,工艺成熟,但存在着催化剂不稳定、容易中毒等问题^[5]。

4.5 燃烧法

燃烧法是在高温条件下,把 VOCs 氧化成二氧化碳和水,分为直接燃烧法、催化燃烧法、蓄热催化燃烧法和蓄热式焚烧法,有蓄热式焚烧(RTO)工艺和蓄热式催化燃烧(RCO)工艺。该两种工艺相对 TO、CO 一次投入费用更高,但处理中低浓度有机废气时运行费用更省,总体来说更经济。燃烧法处理效率高,适合废气浓度高的 VOCs,无回收价值的或有一定毒性的气体,但不适合燃烧后会产生腐蚀性的含卤

素废气,对于低浓度的 VOCs 燃烧后不能维持炉体的温度,需要补充其他燃料,运行成本也会很高。

5 制药废气中挥发性有机物的减排方法

制药废气中挥发性有机物的减排可以通过两方面来实现,一方面是在处理方式上提高处理效率来实现;另一方面可以通过源头上控制减少排放量实现。

5.1 增加处理效率的方法

应根据废气特点及浓度,选择合适的处理方式,可以是单独处理,也可以是组合处理方式,在选择处理的方式上尽量选择具有针对性的处理方式,同时在设计上也要针对废气排放特性进行设计。

除雾塔净化设备主要功能为除去气体中夹带的雾滴,一般用在喷淋塔之后。除雾塔的去雾滴效果不好,会影响下一步活性炭的吸附效率,除雾塔的塔体材料可根据废气的成分、温度等差异,具有针对性地选用不同的材质,如 PP 板材、玻璃钢或者不锈钢材质。针对废气特性选对塔体材料,同时针对废气排放特性设计对应的除雾器,会增加除雾效果,同时减少雾滴后续处置设备的效率。

喷淋塔废气治理的关键技术主要包括吸收剂的选择、喷淋方式的设计和喷淋塔的结构设计。根据废气中的有害物质成分和浓度,选择适合的吸收剂。常用的吸收剂有水、活性炭溶液、氧化剂溶液等。喷淋方式的设计:喷淋方式的设计直接影响到吸收剂与废气的接触效果。常见的喷淋方式有喷淋塔顶喷淋、层式喷淋和喷嘴喷淋等。喷淋塔的结构设计:喷淋塔的结构设计应考虑喷淋塔的高度、截面形状和填料材料等因素,以提高废气与吸收剂的接触效果。

5.2 加强末端处理效率

①设计上有针对性的选择:设计根据废气特点、排放特性针对性地选择适合的处理方法。一方面,选择合适的吸附材料、催化剂材质、燃烧方式、温度等这些特性对于提高处理设施的效率都有很重要的影响。另一方面,进入治理设备的流速、停留时间等参数对于提高设施的处理效率也有很重要的影响。例如,废气进入活性炭吸附流速和停留时间都是有要求的,流速越慢,停留时间越长吸附效果越好。

②运行时针对性的调试:按照废气实际排放特点,细化运行方案,控制各运行参数等方法提高处理效率。

5.3 加强源头控制和替代

源头控制技术是 VOCs 减排策略中的首要选择,其核

心思想是从生产工艺的源头减少或消除 VOCs 的生成。这种方法的优势在于能够直接避免污染物的产生,从而实现最根本的减排。

5.3.1 替代材料与工艺

采用低挥发性或无挥发性的有机溶剂替代传统的高挥发性溶剂,如使用水性溶剂替代有机性溶剂,是源头控制的有效手段。同样,改进生产工艺,选择环境友好的生产方法和原材料,也能显著减少 VOCs 的排放。

5.3.2 设备优化与密封

加强设备的密封性能,防止 VOCs 在生产和处理过程中的泄漏,是源头控制减排另一重要方面。此外,从研发层面优化工艺操作条件,如降低操作温度、减少物料停留时间、同时严格控制员工操作过程中会产生 VOCs 无组织或有组织排放的重要节点,减少泄漏和不必要的排放等,也能在一定程度上减少 VOCs 的排放。

5.3.3 现场加强冷凝回收

对于生产使用单一溶剂时,可以在相应设备排气口上增加或配套的真空泵排气管上加装冷凝装置,把挥发性有机物在挥发出去之前冷凝下来,对工艺参数不影响的情况下,可以直接把冷凝下来的物料直接倒流回去回用。

6 结语

随着科技的发展和环保要求的提高,VOCs 处理技术已成为大气污染治理的关键。膜分离技术、树脂吸附、燃烧等新型技术为制药行业 VOCs 治理提供了新的思路和方法。这些技术各有优势,但仍需不断完善和优化以应对实际应用中的挑战。展望未来,我们应继续加大研发力度,推动技术创新,为实现更高效的 VOCs 减排和环境保护贡献力量。促进制药行业 VOCs 排放控制技术的广泛应用和产业升级。

参考文献

- [1] 张丹丹.工业挥发性有机物(VOCs)污染处理技术探讨[J].资源节约与环保,2021(7):100-101.
- [2] 谢银花.VOC废气处理技术探讨[J].制药管理,2021(21):48-49.
- [3] 李涛,汪鹏,刘忠生.炼厂多污染源VOCs废气处理技术与应用[J].当代制药,2021,50(4):944-948.
- [4] 胡文聪.大气中VOCs的监测和治理技术现状及应用进展[J].黑龙江环境通报,2022,35(2):63-65.
- [5] 王小明.大气中VOCs的监测和治理技术浅析[J].装饰装修天地,2020(1):132.