

化工行业 VOCs 废气治理技术应用现状和讨论

徐 群 (江苏中升太环境技术有限公司, 江苏 苏州 215000)

摘要: 现阶段国家逐步重视对于环境的保护, 化工企业在生产中会产生大量的 VOCs 气体对大气环境造成污染, 而 VOCs 气体也是造成雾霾频发的诱因之一。因此, 对于化工行业而言, 针对进一步降低 VOCs 气体排放, 对其进度深度处理需求不断增加。减少 VOCs 排放, 对化工行业的未来发展以及环境保护问题至关重要, 同时也受到全社会的广泛关注, 是顺应时代发展的需求。因此, 技术管理人员必须要全面了解化工行业 VOCs 的治理现状, 明确企业环境治理的研究对象, 全面对 VOCs 排放治理特点进行分析。不断优化当前现有的处理技术, 根据风量对 VOCs 浓度进行讨论, 对废气治理提出科学的处理方案。基于引, 本文阐述了进行大气环境保护以及对 VOCs 气体进行治理的重要性, 分析该有害气体的主要来源和现状, 同时讨论了进行 VOCs 气体防治的相关措施。

关键词: 化工行业; VOCs 废气; 治理技术; 现状

挥发性有机污染物 (VOCs), 是指能参与大气环境下的光化学反应, 或根据规定确定的有机化合物。在计算 VOCs 总体排放量时, 根据化工行业规范和要求, 可采用总挥发性物质 (以 TVOC 表示)、非甲烷总烃当作污染物管控项目进行控制。在化学工业生产过程中, 会排放大量挥发性化合物, 而其中大部分是有毒的或具有一定的爆炸性。而过量富积的 VOCs 会引发火灾, 并对环境和生命健康造成影响。因此, 针对化工行业现状, 全面改善大气质量和进行科学 VOCs 治理。国家相关管理部门同样重视化工 VOCs 治理的发展。并制定了相关政策和操作标准。通过科学管理以及应用先进的治理技术, 以有效减少 VOCs 的排放污染。

1 VOCs 气体对环境的影响以及进行治理的必要性

VOCs 气体如果进行排放其危害后果体现在, 首先是对正常的大气产生的危害。由于温度等环境条件影响, VOCs 经过在大气中进行化学反应后, 会转化为不挥发或是轻度挥发性质的有机物, 形成有机气溶胶, 降低了空气质量。VOCs 气体是产生城市雾霾的前体物质之一。此外, 它还会产生温室效应, 导致温度升高。其次是对健康构成威胁。当 VOCs 达到一定水平时, 会损伤呼吸道和眼睛, 导致皮肤过敏、疲劳等症状。同时还有证明该物质还会损害中枢神经系统, 危及人的生命。因此对于该类 VOCs 废气的科学处理势在必行。化工行业是 VOCs 重点产生行业, 随着化工企业的增长, VOCs 成为环境管理的重要组成部分。国家生态环境部门一直在制定完善现有规范和控制排放标准。在逐步完善法制的同时, 完善 VOCs 的管理现状。化工企业也应积极改进管理举措, 响应政府节能减排的号召, 采取科学的措施, 对 VOCs 废气排放进行全面的控制。由于环境污染程度的加剧, 化工企业提升了对 VOCs 废气预防和治理的意识, 提高了现有治理水平为后续发展奠定了基础。

2 VOCs 废气危害和来源

化工行业受益于经济的快速发展, 各行各业化工产品需求日益增长, 化工原材料生产量也在逐年递增, 与

此同时产生的 VOCs 废气也在增加。石油化工生产过程易容易产生 VOCs 有机废气, 降低空气质量, 并且还会危害人体健康。大部分 VOCs 废气存在可燃性和易爆性, 存在威胁人身安全的化工爆炸隐患, 在严重的情况下, 还对社会保障构成了威胁。在石油化工行业, VOCs 废气的主要来源是化工生产中的一些烷烃类、芳香烃类、醇类、酯类、醚酮类、卤代烃类等化合物使用、产品转移输送过程中的滴落、产品储存过程, 以及物料储罐装卸、大小呼吸过程中形成的废气。

3 VOCs 废气治理技术应用现状

目前, 大部分的化工企业常采用全密闭式化学反应系统、合成装置。在生产过程中, 产生的少量的 VOCs 废气, 会通过全密闭车间通风系统进行排放。企业在储罐大小、装载运输、废水以及和其他产生节点中, 仍然有许多无组织进行排放的现象。根据大部分调查企业的状况, 通过总结其排放状况及管理现状, 被调查企业均安装了 VOCs 处理设施。对于已完成 VOCs 评估的企业, 排放总量约为 2~3t/a。石油化工企业 VOCs 废气成分复杂, 以苯、甲苯、二甲苯、甲醇和异氰酸酯等苯系物、醇酯酮类为主要污染物, 使用喷淋、活性炭吸附废气处理装置或其他高效工艺组合使用。根据调查喷淋对 VOCs 净化效率低, 而活性炭对低浓度净化效果较差。在调查中发现仅少量企业自主进行了泄漏检测与修复测试, 大部分企业未进行过测试。这表明石油化工行业在泄漏设备的修复上仍有很大的减排潜力。在调查中发现企业含 VOCs 废水收集节点产生的废气, 少量会采用生化处理方法, 其余企业则没有收集措施或处理设施, 导致该环节 VOCs 废气不断挥发无组织排放, 该节点也有很大的减排潜力。

4 VOCs 末端治理

化工行业的 VOCs 废气排放复杂。可以进行收集的主要是生产过程中形成的废气, 废气为间歇性或连续性排放, 且根据产品及工艺的不同, VOCs 产生浓度差异也很大。根据对典型化工厂废气特征的分析, 常见的废

气类型有中/小量高浓度、中/小量中浓度和大量低浓度废气。根据废气情况可采用单一或联合技术进行处理。高浓度、多组分 VOCs 废气是化工行业最常见的废气类型，根据废气组分的不同采用不同的处理方式。如果废气成分复杂且回收利用率低，可采用燃烧或吸附处理。常用废气组合处理技术为冷凝+活性炭吸附方式。冷凝工艺是有机废气通过冷凝器回收可重复利用，而小部分未冷凝回收的 VOCs 废气可以通过吸附在活性炭上或催化燃烧来进一步去除，通常处理效果能达 80% 的效率。冷凝工艺可以有效回收有价值的废气，再利用废物，有效的节约成本。但废气的成分选择性较大，当成分较多难以分离，处理成本也会增加。当废气浓度略低但有回收价值时，可通过吸附浓缩脱附后再进行冷凝，极大提高了冷凝回收效率，减少了空气和水蒸气冷凝，节约了回收成本。吸附材料选择也要慎重，活性炭吸附工艺不易用热空气解吸，最好使用热蒸汽脱附但会增加解吸成本。吸附介质若采用沸石分子筛则更为安全高效，但沸石价格较高，一次性投资相较活性炭吸附材质也更高。当废气复杂且无回收价值时，采用蓄热式燃烧处理，是最直接的处理方式，净化效率在 90% 以上，更大限度地将 VOCs 转化为无害的废气，但对废气流量、运行时间和成本有更高的要求。低浓度和大风量废气近年来主要的处理技术包括活性炭吸附、光催化、紫外光解和生物方法。但在实践中上述单一工艺处理效率较低，净化效率约为 50%，而考虑采用组合技术，如等离子体、光催化和活性炭吸附复合技术，可提高净化效果，净化效率达 80% 以上。

5 化工行业 VOCs 治理技术

VOCs 废气处理的应用，分为回收技术和治理技术两种。回收技术，它是指通过改变压力、温度以及利用相关的吸附性材料，或选择渗透膜的方法，以实现分离和去除有害物质的作用，在应用时其主要技术包括，吸附、冷凝以及膜分离技术。处置技术是利用热量和催化剂，利用热氧化原理将多种有机化合物转化为二氧化碳和水，有高温燃烧、催化燃烧和低温等离子体降解和多相催化氧化技术等。

5.1 吸收技术

在化工 VOCs 废气处理中吸收技术是应用广泛的技术，分为物理处理方法以及化学处理方法。物理法利用废气与相应的吸收剂的相容性，将可溶解于该吸收剂废气分离，此过程是一个循环过程，有机废气输送到吸收剂，可用解析法把有害物质除掉，然后技术人员再进行吸收剂的回收，实现吸收剂材料的重复利用。而化学法，它是用废气与吸收剂进行化学反应，将参与反应的废气进行去除。吸收技术简单，运行费用低。

5.2 吸附技术

吸附技术的应用，利用有发达孔隙结构和大表面吸

附剂，对废气进行吸附处理。当吸附剂达到饱和状态时，利用蒸汽技术进行解析脱附。所以说吸附技术对于 VOCs 废气处理工艺具有重要实现意义。常的吸附剂有颗粒活性炭、硅藻土、沸石等。活性炭是应用广泛的吸附技术。吸附技术能耗低，初期建设成本低，但维护成本高，使用时也存在安全隐患。且当吸附剂达到吸附饱和和状态后，会直接转化为具有危险品废物。现阶段单一的吸附技术由于处理效率不高已不再为企业所认可。大多数作为废气预处理工艺。

5.3 膜分离技术

膜分离技术，是新兴起的 VOCs 废气净化处理技术。以透过膜为分离介质，根据 VOCs 渗透性不同，通过调节压差，利用选定的特定膜将有机废气分离并实现处理。该技术虽然成本高、运行复杂，但具有工艺简单和无二次污染优点。还具有较高的处置率，当有机废气浓度较高、气流温度较为稳定时可选用该技术进行处理。

5.4 热氧化技术

热氧化技术，依靠高温将 VOCs 氧化成无毒的 CO₂ 和 H₂O。通过各种工艺燃烧的方法，再生氧化等。燃烧法在化工生产时，广泛用于废气的净化处理过程。此种方式处理 VOCs 时，需保证废气中 VOCs 的浓度高；如果浓度较低时使用，则必须在添加辅助燃料。直接燃烧技术成熟，但热回收仅为 40~65%，燃烧室应有较高温，运行成本高。当废气中含有氯有机和芳香物质时，容易形成 NO_x、卤素氧化物等。并对管道和炉产生腐蚀，设计和操作必须严谨。蓄热氧化法的应用，它在使用时增加了一定的陶瓷蓄热材料，因此能有效保留气体热量，并对蓄热层的废气进行预热。该技术通常可分为蓄热式氧化和催化氧化两，同时它们都包含再生器，后者在应用时，增加了催化剂，因此有效降低了运行成本。能够影响氧化处理效率的因素，有废气停留时间、温度等。由于蓄热氧化回收质变的效率高，实际效率可达 90% 以上，因此其应用前景非常广阔。当 VOCs 的浓度高时，只要添加少量辅料就可用来支持气体的自燃。

5.5 生物技术

随着科学技术的进步，生物技术是从 VOCs 中净化废气的新技术。原理是通过一些吸收 VOCs 的微生物代谢功能，快速将其废气进行有效的分解转化。反应通常产生的物质是二氧化碳和水。与其他相关废气技术进行比较，生物技术具有投资少、成本低和、环保设备和不造成二次污染的优势，同时还具有低浓度有机废气回收利用优点。随着生物处理技术的不断应用和发展，许多生物菌种，都被应用到净化有害气体的相关领域，也广泛应用于成分的净化，范围不断扩大。由于利用该的发展过程还不完善，技术人员要培养大量的微生物，降解效率很低，适用于低浓度处理，生物对有机物选择性高。为避免在生产中形成其他有害物质，必须对气态污染物

液化。

5.6 冷凝技术

冷凝技术，是用来回收 VOCs 的有效方法，原理是利用气态污染物在不同的温度以及环境压力下，会表现出来不同全状态，通过降低温度和增压措施，使有机物凝结出来，实施对 VOCs 废气的净化和回收卡去。该工艺对环境要求非常高，如浓度、低温和体积等，主要用于适合沸点较高的有机物，不仅减少了 VOCs 废气的有机负荷，还回收了有机物。冷凝技术的使用更简单，也更容易接受，回收纯度高、能耗低的、设备紧凑、自动化程度高、安全性好等优点。这项技术实际应用不危害环境，能够更好地保护环境。但单一冷凝法要达标需要降到很低的温度，耗电量巨大，不是真正意义上的“节能减排”。

5.7 低温等离子技术

低温等离子处理，它利用高能电子和自由基等粒子，以高频轰击气体分子，电离废气中的相关成分。再经过化学反应，去除有害气体使其无害。与其他技术处理方法相比，该技术具有许多优点，例如体积小、效率高和装置简单。

6 VOCs 管理的其他要求

为了解化工 VOCs 废气治理实际情况，及时进行分析，确定 VOCs 废气的来源。加入多个部门组建专业团队，推行清洁生产，从源头控制 VOCs，减少不受控制的排放。专业人员进行同类领域的研究，选择并制定所采用的 VOCs 废气治理处理工艺和可行方案。VOCs 废气治理收集必须考虑可燃气体的积聚。从平均浓度、空气和闪点分析，提高 VOCs 废气治理设备的防爆水平，杜绝二次污染和爆炸的危险。烟气收集管路防腐，装有可燃气体报警装置，并支持紧急停机装置，防止事故发生。加强工艺优化，定期检修设备，延长生产运行周期，减少事故的发生，通过系统启停，防止 VOCs 通过通风排放到大气中。分析 VOCs 废气治理的气体成分，选择适合生产的加工工艺和设计方案。评估能耗和运营成本。需要严格修订 VOCs 废气治理方案，杜绝无端使用技术和工艺，以及处理设施不当。加强 VOCs 废气治理控制，严控工艺性能，提高设备使用效率。制定预防的一般治疗方案。从 VOCs、有机废水、危险废物等处理的全过程分析，采取措施去除二次污染物。

7 化工行业 VOCs 废气治理技术注意事项

本文从经济性和安全性对 VOCs 废气治理技术进行探讨，并提出预防措施。在进行废气处理中，经济性是重要的因素之一，它会影响到应用处理技术的实施质量。不同技术的处理效率，也是进行废气处理的因素。企业必须要有效降低废气净化的成本，并保证技术应用的合理性，实现企业经济效益的最大化。在进行处理废气之前，须评估使用处理技术的成本效益。从多种技术中进

行比较和选择，量化 VOCs 废气处理计算和处理成本，用数据来表达，比较多个数据集，以此来选择最佳的处理技术，最大限度地提高化工企业 VOCs 废气治理的经济性。因此，技术人员要将降低处理成本以及技术应用的合理性，为化工企业 VOCs 废气处理业务发展条件。此外，对于热氧化的余热回收，也体现了良好的价值，由于烟气温度高，因此它会储存大量的热能，其应用潜力非常大。如其直接排放，会直接造成能源的损失，也会污染大气环境。因此，在进行处理这部分热量过程中，需要将燃烧气体的废热转化为能源。目前，从燃烧气体中回收热主要是利用向被加热物的空气传递热量来改善燃烧，以此来提高热效率。在 VOCs 废气治理中，安全性也是化工企业需要遵循的重要原则。要实施安全应用处理技术，需要综合各项技术和企业实际情况，考虑多方面的综合因素。比如前期分析、环境调查和处理等。在前期准备中，化工企业对废气进行分析处理，形成废气成分表，用于环境调查和数据分析。结合环境、现有生产线等，对烟气净化安全性进行全面评估。通过比较技术，选择科学、安全的 VOCs 废气处理技术。

8 结束语

常规化工企业对 VOCs 生产和治理，可通过吸附、浓缩方式进行回收处理。应用中，要通过具体分析，确定适合企业实际的处理方法，以提高处理效率，降低生产成本，减少 VOCs 排放。由于化工产生的 VOCs 成分复杂，不同企业的废气成分和浓度各不相同。如使用单一的技术，会存在局限性。难以符合排放标准。企业要合理地选择废气处理技术，或根据生产和废气特点，采用综合处理技术。总的来说，随着环境问题的升级，环境治理已成为亟需解决的重要问题。在化学工业生产中，有机废物的排放进行环境保护和治理的关键问题。因此，技术管理人员要加强对先进处理技术的研究和应用，全面提升对废气处理必要性的认识。加强对 VOCs 处理技术的科学利用。以促进化学工业生产中，VOCs 气体综合排放治理水平。

参考文献：

- [1] 姚钰. 化学制药行业有机废气治理及技术应用研究 [J]. 资源节约与环保, 2020(07):103-104.
- [2] 蔡峰. 医药化工行业溶剂废气治理存在的问题及防治对策 [J]. 科技视界, 2020(11):236-237.
- [3] 刘建国. 医药化工行业溶剂废气治理存在的问题及防治对策 [J]. 新型工业化, 2019,9(12):118-121.
- [4] 徐薇. 化工行业 VOCs 废气治理技术应用现状和讨论 [J]. 资源节约与环保, 2019(10):2.

作者简介：

徐群 (1981-)，女，汉族，江苏苏州人，中级工程师，本科，研究方向：环境管理。