

## 新闻标题：VOCs有机废气治理-回收与处理方法

### 新闻出处：

新闻内容：过去三十年，伴随着中国经济高速发展和城市化进程的不断加快，我们的空气质量受到了严重的破坏，昔日的蓝天白云在不少地方成为了美好的记忆，有些地方，90后甚至连天上有没有星星都不知道。挥发性有机物(VOC)的污染问题日趋严重，已严重影响中国可持续发展和老百姓的生活质量。挥发性有机物(Volatile Organic Compound)简称VOCs 主要来自石油化工行业的排放气、洗涤用含氯体系有机物及涂料体系的有机溶剂。VOCs 排放到大气中会引起健康，环境、安全等一系列问题。有机溶剂当挥发至大气中时，无法被环境所分解，故其对环境的危害不仅止于居住于使用涂料的人们。以涂料为例，有机挥发化合物(VOC)在涂装刚完工时可以挥发约百分之95-97%，但后面的2-5%要在后续几年才会释出，让生活期间的民众长期曝露在有毒环境中，这不是一般放个凤梨、木炭就能消除气味所能解决的。这些挥发性有机物质含有芳烃(甲苯、二甲苯、三甲苯等)、乙酸乙酯、丙酮.....等化学物质，会危害中枢神经系统、肝、肾、眼、鼻、喉等呼吸系统。鉴于其危害性，西方发达国家均颁布法令对其排放进行控制。在我国《大气污染防治法》第三十六条中规定：严格限制向大气中排放含有毒物质的废气和粉尘；确需排放的，应当经过净化处理，不超过规定的排放标准。第三十七条规定：工业生产中产生的可燃性气体应当回收利用，不具备回收利用条件而向大气排放的，应当进行防治污染处理。这些均促进了 VOCs 处理技术的发展。

1、VOC 污染物的种类根据挥发性有机物的结构可分成 8 类,如表 1 所示。表 1 常见可回收的VOC2、有机溶剂回收与处理方法目前，处理 VOCs 的方法主要分为破坏法和非破坏法。破坏法包括燃烧法和催化氧化，将 VOCs 转化为CO<sub>2</sub> 和 H<sub>2</sub>O ;非破坏法主要有冷凝、吸收、吸附和膜分离。碳吸附和冷凝法早已工业化。碳吸附法使用范围最广，对苯、醋酸乙酯、氯仿等 VOCs 的回收非常有效；冷凝法主要用于回收高沸点和高浓度的 VOCs；膜分离技术以其高效、节能、环保和分子级过滤等特性，已广泛地应用于水处理化工、电子、医药、食品加工等领域，成为本世纪分离技术中最重要技术之一。

2.1 燃烧法燃烧法是指 VOCs 气体在高温和充足空气下进行完全燃烧，分解成 CO<sub>2</sub> 和 H<sub>2</sub>O。在处理石化、印刷、油漆生产和制药等生产工艺产生的高浓度 VOCs气体时具有很高的效率。但如果废气中还有氯、硫和氮等元素，燃烧后会产生有害气体，造成二次污染。燃烧法包括直接燃烧法、催化燃烧法、热力燃烧法。热力燃烧法指在处理低浓度废气时，还需加入助燃气体来提升温度，达到去除目的。催化燃烧法是使用催化剂来降低 VOCs 气体燃烧所需要的温度，且能重复利用燃烧产生的热量，如 Yang 等研制的Cu<sub>0</sub>/CeO<sub>2</sub>-ZrO<sub>2</sub>/TiO<sub>2</sub>催化剂，温度达到 270℃ 时可完全去除乙酸乙酯。催化燃烧法广泛应用于炼焦、化工和金属印刷等行业，具有较高的积极效益。近年来，国内外研究者不断开发新的催化剂，以达到节能和经济的双重效益。

2.2 吸收法吸收法是利用液体溶剂吸收废气中的 VOCs，以达到净化废气的目的。目前多以水、轻柴油作为吸收溶剂，该方法设备简单，对低浓度 VOCs 废气的处理具有很好的效果。但要做好对吸收剂的处理，以免造成二次污染。岑超平等以柠檬酸钠溶液为吸收液进行脱除甲苯废气的试验研究，去除率达93%，并从饱和的柠檬酸钠溶液中蒸馏回收甲苯，蒸馏后的吸收液还可重复使用，仍保持较高的吸收效率。

2.3 冷凝法冷凝法是最简单的回收方法，该法的原理：通过将操作温度控制在 VOC的沸点以下而将 VOC冷凝下来，从而达到回收 VOC的目的。通常使用的冷却介质主要有冷水、冷冻盐水和液氨。通常该技术仅用于 VOC含量高(百分之几)、气体量较小的有机废气的回收处理。其回收率与有机物的沸点有关，沸点较高时，回收率高；沸点较低时，回收效果不好。由于大部分 VOC系易燃、易爆气体，受到爆炸极限的限制，气体中的 VOC含量不会太高，所以，要达到较高的回收率，需采用较很低温度的冷凝介质或采用高压措施，这些都势必会增加设备投资和提高处理成本，而且在通常的操作条件下，由于相平衡的制约，有机物蒸汽压较高，故离开冷凝器的排气中的 VOC含量仍不能达到排放标准，该法一般

不单独使用，常与其它方法（如吸附、吸收、膜分离法等）联合使用，这里不作详细介绍。2.4 吸附法

吸附法早已用于 VOCs 的回收处理。尤其是活性炭吸附法已经广泛应用于苯系物、卤代烃的吸附处理。商业化的吸附剂有粒状活性炭和活性炭纤维两种，它们的吸附原理和工艺流程完全相同。其它的吸附剂，如沸石、分子筛等，也已在工业上得到应用，但因费用较高而限制了它们的广泛使用。吸附法又分为固定床吸附法、流动床吸附法和浓缩轮吸附法。

2.4.1 固定床吸附法 固定床吸附法的特点是吸附与脱附在同一个床层上实现，为了保证吸附过程的连续性，需要 2 台或 2 台以上的吸附器同时工作，其中一些吸附器进行吸附时，另一些进行再生。活性炭是应用最为广泛的固定床吸附剂，由于其容易吸附水，所以不适用于温度高于 40℃、气体相对湿度超过 50% 的气体的吸附处理；此外也不适用于易发生反应、活性大的溶剂的吸附，该类有机物会与活性炭或在活性炭表面进行反应而堵塞碳孔，这种情况可采用碳纤维或沸石作为吸附剂。活性炭纤维是以有机化合物纤维（如聚丙烯、酚醛树脂、聚乙烯醇等）为基本原料经特殊加工制成的。它是一种很细的纤维状物质，具有巨大的比表面积、外表面积和非常发达的微孔结构，纤维上有很多微孔可以直接与有机物接触而不是象颗粒活性炭那样要先通过大孔、过渡孔，才能到达微孔，因此，活性炭纤维更易于吸附低浓度的 VOC。与颗粒活性炭相比，其吸附有机物的能力高出 1.5~2.0 倍，吸附速度也快 3 倍左右。由于活性炭纤维的吸附能力强，故吸附装置可以小型化，吸附剂的用量也可以少些，降低处理费用。

2.4.2 流动床吸附法 流动床吸附系统由吸附单元和脱附单元组成。废气由吸附床底部进入，自下而上地流动，使吸附剂流态化，VOCs 与吸附剂接触后被吸附，净化后的废气由顶部排出，吸附了 VOCs 的吸附剂由底部排出，进入脱附单元。在脱附单元内，加热吸附剂，使有机物脱附出来，将气体引入冷凝单元去回收有机溶剂。再生后的吸附剂送回吸附单元顶部继续进行吸附操作。

2.4.3 浓缩轮法 浓缩轮是一个装满吸附剂的旋转轮。废气由旋转轮的上游侧进入浓缩轮的吸附区，其中被吸附净化后的废气由旋转轮的下游排出；同时另一股流量较小的、温度较高的脱附气朝废气气流相反的方向进入浓缩轮的脱附区，将已吸附的 VOC 脱附出来。浓缩轮以一定速度缓慢旋转，这样在一个系统内就可以完成吸附和脱附操作，使 VOC 得到浓缩，大大降低了设备投资。

2.5 膜分离法

2.5.1 气体膜分离原理 膜法气体分离的基本原理是根据混合气体中各组分在压力的推动下透过膜的传递速率不同，从而达到分离目的。对不同结构的膜，气体通过膜的传递扩散方式不同，因而分离机理也各异。目前常见的气体通过膜的分离机理有两种：其一，气体通过多孔膜的微孔扩散机理；其二，气体通过非多孔膜的溶解—扩散机理。膜分离广泛应用于工业污水处理、气体分离、食品加工过程和石油化工制品等。由于膜分离操作温度为室温，且物质不发生相变化，具有节能、高效的特点。

2.5.2 膜法处理 VOCs 的过程 在 VOCs 的分离过程中一般采用橡胶态高分子膜，如硅橡胶膜，其分离过程如图 1 所示：含有 VOCs 的气流，在一定的压差作用下，VOCs 优先透过膜，在膜的渗透侧形成富 VOCs 气流，而在膜的截留侧形成贫 VOCs 气流，主要含有氮气、氧气、甲烷等不易渗透的气体。

2.5.3 膜法处理 VOCs 的工艺

1) 压缩—冷凝—膜分离 对于高浓度的 VOCs，在 2%~40% (V%) 的气流，主要采用压缩冷凝和膜系统相结合的工艺。流程图如 2 所示。这样的集成技术可以使 VOCs 的回收率达到 95%~99%，而非深冷的压缩冷凝工艺只能回收 60% 左右的 VOCs。同时采用本工艺流程可以将原来的低温冷凝回收改为常温冷凝回收，如在 PVC 工业中氯乙烯 (VCM) 单体的回收。目前的工艺是采用 -20℃ 下来深冷回收，并保证冷凝器出口排放物达到标准，如果采用图 2 的流程，则冷凝可以采用常温冷凝，未冷凝的 VCM 经过膜系统的提浓后，进一步压缩冷凝，通过调整膜面积和操作参数可以使膜截留侧 VCM 的浓度达到排放的要求。这样可以避免周期地解冻冷凝器和维持低冷凝温度的高操作费用。

2) 膜分离—真空—冷凝 有一些废气，如含有苯、甲苯、二甲苯的空气中，VOCs 的含量可达几千到几万 ppm，直接压缩冷凝，往往得不到液体的 VOCs，这时采用图 3 所示的工艺。鼓风机将含 VOCs 的空气送到膜表面，用真空泵在膜的渗透侧造成一定的真

空, 提供气体渗透的推动力, 使得 VOCs 在渗透侧得到富集, 然后用冷凝的办法将富集的 VOCs 以液态的形式加以回收。在膜的截留侧 VOCs 的含量很低, 一般可以直接排放。3 结语根据废气的物理和化学性质, 选择不同的回收方法或几种方法的组合来回收 VOCs 废气中的有机溶剂, 不仅可以减轻环境污染, 还会取得一定的经济效益。目前, 在我国, 粒状活性炭法和活性炭纤维法已经实现了工业化; 膜分离法回收 VOCs 刚刚开始研究, 实现工业化还有一段距离。膜分离法在物流流量和 VOCs 浓度方面适应范围较宽, 弥补了炭吸附法和冷凝法的不足, 扩大了 VOCs 回收的种类, 为各行业有机废气中 VOCs 的回收提供了一种切实有效的方法。当然, 如果可以从源头减少 VOCs 当然是最佳的!