

东莞市 VOCs 治理技术指南

1 术语和定义

1.1 挥发性有机物

指在 101325Pa 标准大气压下，任何沸点低于或等于 250℃ 的有机化合物，简称 VOCs。

1.2 废气捕集率

指按照车间空间体积和 20 次/小时换气次数计算新风量，以有组织排放的实际风量与车间所需新风量的比值作为废气捕集率。

车间所需新风量=20×车间面积×车间高度

$$\text{废气捕集率} = \frac{\text{车间实际有组织排气量}}{\text{车间所需新风量}}$$

当车间实际有组织排气量大于车间所需新风量时，废气捕集率以 100%计。

2 挥发性有机物(VOCs)种类、来源及其危害

2.1 挥发性有机物(VOCs)的种类

VOCs 主要包括碳烃化合物、苯及苯系物、醇类、酮类、酚类、醛类、酯类、胺类、腈类、氰类等有机化合物。

2.2 挥发性有机物(VOCs)的来源

主要来源于电子、化工、石油化工、涂料、印刷、涂装、家具、皮革等行业生产过程。

2.3 挥发性有机物(VOCs)的危害

VOCs 是大气污染源之一;是引发灰霾、光化学烟雾等大气环境污染问题的元凶之一;是以 **PM_{2.5}** 为特征的区域性复合型大气污染物的元凶之一。VOCs 通过呼吸道和皮肤进入人体后,可能给人的呼吸、血液、肝脏等系统和器官造成暂时性和永久性病变,尤其是苯并芘类多环芳烃能使人体直接致癌, VOCs 对人体健康危害极大。

3 VOCs 防治技术

VOCs 排放企业应该结合企业自身特点,从源头控制、过程控制、末端治理三方面着手。

3.1 源头控制

VOCs 的源头控制措施是指通过选用水性涂料、UV 涂料、粉末涂料、水性胶粘剂或无溶剂胶粘剂等低 VOCs 或无 VOCs 的环保型原辅材料,从工艺的开端减少 VOCs 输入量,实现生产过程 VOCs 减排的目的。源头控制措施是 VOCs 污染防治的优先选项。

3.2 生产过程控制

生产过程的控制包含三个方面,其一是企业应加强产生 VOCs 工序过程的管理,避免造成原辅材料不必要的损失,产生过多的

有机废气；其二是改进生产工艺，使用与低 VOCs 原辅材料相配套的生产工艺，尽可能采用密闭容器和管道调配、输送原辅料，减少原辅料贮存、配制及供应过程 VOCs 逸散；其三是集中捕集废气，提高有机废气的捕集率，减少无组织排放。

3.3 废气末端治理

使用高 VOCs 含量原辅材料的必须安装废气捕集设施和有机废气处理设施，避免无组织排放，对有机废气集中处理后达标排放。生产过程中产生的有机废气应采用催化燃烧、焚烧等高效治理技术或其他组合技术净化处理，确保废气稳定达标排放。

3.3.1 VOCs 治理技术发展概述

工业固定污染源 VOCs 废气治理技术可分为回收和销毁两种方式。回收是通过物理的方法，改变温度、压力或采用选择性吸附剂和选择性渗透膜等方法来富集分离有机气相污染物，主要有吸附、吸收、冷凝及膜分离法。回收的挥发性有机物可以直接或间接经过简单钝化后返回工艺过程再利用，以减少原料的消耗，或者用于有机溶剂质量要求较低的生产工艺，或者集中进行分离提纯。销毁主要是通过化学或生化反应，用热、光、催化剂和微生物将有机化合物转变成为二氧化碳和水等无毒害或低毒害的无机小分子化合物，主要治理技术有直接焚烧、蓄热式直接焚烧、催化燃烧、蓄热式催化燃烧、生物法、光催化氧化、等离子体破坏等。

（1）吸附法

吸附法是利用吸附剂（如活性炭、活性炭纤维、分子筛等）对废气中各组分选择性吸附的特点，将气态污染物富集到吸附剂上后在进行后续处理的方法，使用于低浓度有机废气的净化。

吸附法适用于处理各类 **VOCs** 废气，但需要及时更换吸附剂，以保证治理设施治理效率。设备初次投入成本较低，但运行费用较高，且产生危险固废。

吸附法通过原位再生手段，可与其他技术联用，如吸附-冷凝回收法，吸附-催化燃烧法等，提高治理效率，大大减少耗材成本和危险固废产生量。

（2）吸附回收技术

在有机废气治理领域，溶剂回收往往具有很好的经济效益。吸附回收技术研究的最多，应用的比较成熟。从目前的情况来看，很多行业的 **VOCs** 治理涉及到溶剂的吸附回收技术。如油气回收、包装印刷、石油化工、化学化工、集装箱喷涂、原料药制造等行业。从吸附工艺来讲，低压水蒸汽脱附再生技术依然是主流技术，工艺得到了不断地完善；近年来发展起来的氮气保护再生新工艺，避免了水蒸汽的使用，降低了回收溶剂提纯费用，并提高了设备安全性，因此得到了快速应用，特别是在包装印刷行业的应用最为广泛。此外，采用真空(降压)解吸的再生技术在高浓度的油气回收和储运过程中的溶剂回收领域也得到了大量应用。

(3) 活性炭吸附集中再生技术

在诸如喷涂(如 4S 店喷涂)、印刷(包装印刷和书刊印刷)、化工、制药等行业,存在大量分散的小型 VOCs 排放企业, VOCs 的排放量小、排放浓度低,但不能达到目前逐步严格的排放标准要求,这些企业的治理是目前 VOCs 减排与控制工作中的一个难题。活性炭吸附技术是简单易行、低成本的治理技术,是目前这些企业首选的治理技术。但目前碰到的难题是,对单个企业建立相应的活性炭再生系统费用高,小企业往往难以承担治理费用;如果采用更换活性炭的方式,由于吸附了有机物的活性炭是作为危废进行管理的,处置活性炭的费用高,企业同样承担不起更换费用。因此,虽然目前大量的排污企业安装了活性炭吸附装置,而没有配套的活性炭再生装置,需定期更换活性炭。由于更换活性炭的成本较高,更换下来的活性炭作为危废处理又增加了部分成本,因此在实际运行中缺乏监管的情况下吸附装置实际上成为摆设。各地环保管理部门已经逐步认识到了这个问题,为了减轻单个企业的治理费用,采用集中收集吸附使用过的活性炭,建立统一的活性炭异位(地)再生平台,是目前最为可行且成本低的一种治理模式。该模式在 VOCs 排放集中的区域/城市/工业园区中得到了各地管理部门的极大重视,很好地解决了分散吸附后活性炭的循环利用问题,被认为是工业园区(如化工园区、制药园区、纺织印染园区等)中小企业集中区域 VOCs 治理的一个可行的低

成本的解决办法。

（4）活性炭吸附回收的溶剂集中提纯利用技术

在很多行业中，如包装印刷、服装涂布整理、化工、制药、锂电池生产、化纤生产等行业，溶剂使用量大，进行溶剂回收具有很好的经济效益。但回收的溶剂往往是混合溶剂，或者含水量高，或者存在溶剂变质的问题，在大多数情况下不能直接回用于生产，需要进行精馏提纯以提高回收溶剂的价值。依靠单个企业建立溶剂提纯装置费用高，通常企业难以承受。在企业集中的地区，如各类工业园区，由政府部门出面组织，引入第三方运营机制，建立统一的溶剂提纯回收中心，可以大大降低企业的负担。目前已经有锂电池行业、服装涂布行业、包装印刷行业等采用该模式进行 VOCs 的综合治理，并取得了很好的治理效果。随着目前各地对工业园区综合治理规划的实施，预计该模式将会进一步得到推广。

（5）热氮脱附技术

热氮脱附技术是指利用热氮气作为热源来脱附碳材料吸附的有机物，该方法的脱附原理为在加热过程中提高了吸附质分子的平均动能，从而使得吸附质分子从碳材料表面脱离，实现再生。

热氮脱附技术利用阻燃性气体作为脱附介质回收有机溶剂，不仅能回收利用有机废气和阻燃性气体，实现污染零排放，而且

对于提高活性炭和设备的使用寿命、节约投资成本、提高市场竞争力具有重要作用。采用热氮气对吸附饱和的活性炭进行脱附，其特点在于：可最大程度地保护活性炭，延长其使用寿命；溶剂回收率高；回收溶剂含水量低，溶剂中的水主要来源于废气中含水及活性炭吸附水，一般回收溶剂中含水量不高于 5%，远远低于蒸气脱附技术的溶剂含水量。

（6）吸收法

吸收法利用相似相溶原理，采用低挥发或不挥发液体为吸收剂，使废气中的有害组分被吸收剂吸收，使 **VOCs** 从气相转移到液相中，从而达到净化废气的目的。吸收法使用处理高压、低温、高浓度的 **VOCs** 废气，设施运行费用低，但吸收剂需定期更换，产生的废水需处理达标后排放或作为危险废物处理。

（7）热力氧化法

直接焚烧和催化燃烧是传统的热力氧化处理方法，为了提高热利用效率，降低设备的运行费用，近年来在以前传统热力氧化的基础上发展出了蓄热式热力焚烧技术 (**RTO**) 和蓄热式催化燃烧技术 (**RCO**) 技术。

蓄热式热力焚烧技术 (**RTO**) 是采用直接换热方法将燃烧尾气中的热量蓄积在蓄热体中，高温蓄热体直接加热待处理废气，具有良好节能效果。

蓄热式催化燃烧技术 (**RCO**) 是将废气通过催化剂床层，在催

化剂作用下使有机废气燃烧达到去除废气中有害物质的方法,由于催化剂的存在,催化燃烧的起燃温度约为 **250—300℃**,能耗远比直接焚烧法低,也较易实现;蓄热式催化燃烧技术通常利用蜂窝状的陶瓷体作为蓄热体,将催化反应过程所产生的热能通过蓄热体储存并用于加热待处理废气,充分利用有机物燃烧所产生的热能。与常规催化燃烧相比,蓄热式催化燃烧技术可以大大降低设备能耗,主要应用于处理较低浓度(一般在 **500—3000mg/m³**)的有机废气。

蓄热式热力焚烧技术(**RTO**)和蓄热式催化燃烧技术(**RCO**)处理有机废气技术方法的具体比较见表 1。

表 1 不同燃烧技术处理有机废气技术方法的比较

燃烧技术	优点	缺点
蓄热式热力焚烧技术(RTO)	实用范围广 能量利用佳 净化效果好 能量可回收	运行费用高 相对低浓度的废气需添加燃料 操作温度高时会产生 NO_x 实用范围较大
蓄热式催化燃烧技术(RCO)	操作温度低,二次污染物少 能耗低 净化效果好	运行费用高 催化剂易中毒 实用范围较小

(8) 吸附-催化燃烧法

热力氧化法经常与吸附法结合使用,组成吸附-催化燃烧法,该方法适宜处理温度为 **0-45℃**,**VOCs** 浓度范围为 **100-2000mg/m³** 的有机废气,单套装置适用气体流量范围为 **10000-180000m³/h**。

该治理技术的安装与运行需满足《吸附法工业有机废气治理工程技术规范》(HJ 2026-2013)和《催化燃烧法工业有机废气治理工程技术规范》(HJ 2027-2013)。

(9) 低温等离子体法

低温等离子体法是通过高压放电,获得低温等离子体,即产生大量高能电子、离子和自由基等活性粒子可与各种污染物如 CO、HC、NO_x、SO_x、H₂S、RSH 等发生作用,转化为 CO₂、H₂O、N₂、S、SO₂等无害或低害物质,从而使废气得到净化。

等离子体反应器几乎没有阻力,系统的动力消耗非常低;装置简单,反应器模块式结构,易于搬迁和安装;不需要预热时间,可以即时开启与关闭;所占空间较小;抗颗粒物干扰能力强,对于油烟、油雾等无需进行过滤预处理。但要将不同的化学键打开,需要的能量不同,特别是对于混合气体净化,有些分子容易被破坏并被彻底氧化,而有些分子则不易被破坏或者只是降解而未被彻底氧化,可能产生二次污染。

低温等离子体法适用于排放浓度 VOCs (<500mg/m³) 的有机废气的处理,要求废气排放温度<60℃,单套装置适宜气体流量范围为 1000-20000m³/h。企业可根据实际排风量和污染物浓度选择低温等离子体治理设备。一般情况下,根据 VOCs 浓度不同,每 10000 m³/h 风量的废气,等离子体治理设施的功率为 20-50KW。当废气 VOCs 流量较大时,可通过多套设备串联(并联)处理,

必要时可在低温等离子体设施前安装水喷淋等废气预处理设施。

（10）光催化氧化法

光催化氧化法主要是利用人工紫外线灯管产生的真空紫外光来活化光催化材料，氧化吸附在催化剂表面的 **VOCs**。真空紫外光（波长<200nm, **VUV**）光子能量高，光催化材料在紫外光的照射下产生电子和空穴，激发出“电子-空穴”（一种高能粒子）对，进而生成极强氧化能力的羟基自由基(**•OH**)活性物质，羟基自由基(**•OH**)是光催化反应的主要活性物质之一，羟基自由基的反应能高于有机物中的各类化学键能，能迅速有效地分解挥发性有机物，再加上其它活性氧物质(**•O**，**H₂O₂**)的协同作用，其净化恶臭气体的效果更为迅速。目前光催化氧化法存在反应速率慢、光子效率低、催化剂易失活和产生大量 **O₃**等缺点。

（11）生物技术

生物法最早应用于废气脱臭。近年来随着对有机污染物治理技术研究的不断深入，生物法逐步被应用于有机污染物的治理领域。生物法具有设备简单，投资及运行费用低，无二次污染等优点，但由于生物法对有机污染物的降解速率较低，只是在处理低浓度有机废气时才具经济性。

目前，常见的生物法处理 **VOCs** 的工艺为生物滤池、生物洗涤塔和生物滴滤塔。

生物洗涤塔：生物洗涤塔通常由生物吸收塔和活性污泥反应

器组成，有机废气在吸收塔内完成吸收和吸附，有机物的降解主要在污泥反应器中进行。

生物过滤塔：生物过滤塔又称生物过滤床，主要包括进气系统、预处理系统、填料层、布气承托层以及其它控制设备等，该技术适用于处理浓度低气体量大的有机废气。

生物滴滤塔：生物滴滤塔又称生物滴滤床。微生物在系统内附着生长，形成具有吸附和生物降解作用的生物膜，循环营养液从填料上方喷淋而下为微生物生长提供必需的营养物质。

生物洗涤、生物过滤和生物滴滤法处理有机废气技术方法的具体比较见表 2。

表 2 不同生物法处理有机废气技术方法的比较

生物技术	优点	缺点
生物洗涤塔	中等投资 能处理含颗粒物的废气 占地面积小 能适应各种负荷 技术成熟	运行费用高 大量沉淀时性能下降 复杂的进料系统 不能去除大部分的 VOCs 需要有毒或危险的化学物质
生物过滤塔	成本低 运行费用低 有效去除低浓度 低压降 抗冲击负荷能力强	占地面积大 填料更换周期短 不适宜高浓度的废气 湿度和 pH 难以控制 颗粒物会堵塞滤床

生物滴滤塔	成本低 中等投资 运行费用低 去除效率高 有效去除产酸的污染物 压降低	建造和操作比生物 过滤塔复杂 容易发生生物膜蓄积现象 适宜处理产酸或产碱的 有害物质
-------	--	--

(12) 冷凝法

冷凝法是利用物质在不同温度下具有不同饱和蒸汽压的性质，降低系统温度或提高系统压力，使处于蒸汽状态的污染物从废气中冷凝分离出来的方法。冷凝法适用于高浓度有机废气的净化，经过冷凝后尾气仍然含有一定浓度的有机物，需进行二次低浓度尾气治理。

(13) 组合技术

VOCs 治理的难点在于成分极其复杂，不同类型的化合物性质各异，在大多数行业中所产生的 **VOCs** 又是以混合物的形式排放。因此采用单一的治理技术往往难以达到治理效果，在经济上也不合理，通常情况下需要采用多种治理技术组合的治理工艺。因此近年来各种组合治理工艺发展迅速，如吸附浓缩+催化燃烧技术、吸附浓缩+高温焚烧技术、低温等离子体+吸附技术、光催化氧化+吸附技术、吸附浓缩+吸收技术等。采用组合治理技术，净化效果上考虑是为了实现污染物的达标排放，从成本上则可以降低治理费用，以最低的代价实现治理效果。从目前的治理实践

来看，大部分行业中 VOCs 的治理都需要采用组合技术，有些行业甚至需要采用两种以上的组合技术以实现治理效果。

4 东莞市 VOCs 治理技术推荐及投资运行比较

东莞市 VOCs 排放企业数量众多、分布广，排污现状参差不齐，综合分析各项技术的优缺点和使用范围，适合于东莞市的常用 VOCs 治理技术有：吸附法、吸收法、蓄热式焚烧（RTO）、蓄热式催化燃烧（RCO）、吸附浓缩-催化燃烧法、低温等离子体法、光催化氧化（UV）、生物法、冷凝法等。

表 3 VOCs 治理技术一览表

序号	治理技术		单套装置适用气体流量范围 (m³/h)	适用浓度范围 (mg/m³)	适宜废气温度范围 (°C)	原理	特点
1	吸附法		1000-60000	<200	<45	利用吸附剂（如活性炭、活性炭纤维、分子筛等），将气态污染物富集处理。	不适于高浓度废气；不适于含水或含粒状物的废气；多与其他技术联用；各行业均有广泛应用。
2	吸收法		1000-60000	100-2000	<45	利用吸收剂，将气态污染物从气相转移至液相。	适用于大风量、中低浓度的工况；有废水产生；应用于喷漆、粘接、化工等行业。
3	热力氧化法	蓄热式焚烧 (RTO)	<40000	1000-1/4LET	<700	采用直接换热方法，将燃烧尾气的热量蓄积在蓄热体中并加热待处理废气，最终净化处理。	适用于高浓度、大风量的工况；应用于化工、喷涂等行业。
		蓄热式	<40000	1000-1/4LET	<350	将催化反应产生的热	适用于中高浓度、大风量的工

		催化燃烧 (RCO)				量,通过陶瓷蓄热体储存并加热待处理废气,最终净化处理。	况;应用于喷涂、印刷等行业。
4	吸附浓缩-催化燃烧法	10000-180000	100-2000	<45		经吸附浓缩脱附后,通过催化燃烧处理废气,最终净化处理。	适用于低浓度、大风量的工况;应用于喷涂、印刷、汽车、集装箱、电子等行业。
5	低温等离子体法	1000-20000	<500	<60		利用高能活性粒子,将气态污染物转化 CO ₂ 、H ₂ O、N ₂ 等无害物质。	适用于低浓度的工况;有少量 NO _x 产生;可与吸附技术联用;应用于电子、医疗、机械等行业。
6	光催化氧化(UV)	1000-80000	<500	<90		利用紫外光活化催化材料,氧化吸附在催化剂表面的气态污染物。	适用于低浓度的工况;多与吸附技术联用;应用于印染、家具、制鞋等行业。
7	生物法	1000-60000	<400	<50		利用微生物,将气态污染物转化 CO ₂ 、H ₂ O 等简单无机物和微生物细胞质。	适用于大风量、低浓度宜生物降解性的工况;处理效率受温度的影响;不适于含高浓度氯化物的气流;应用于 VOCs、喷漆、污水处理、堆肥、化工等行业。
8	冷凝回收法	10000-150000	1000-66250	0-45		利用物质在不同温度下具有不同饱和蒸汽压的性质,降低系统温度或提高系统压力,使处于蒸汽状态的污染物从废气中冷凝分离出来	能耗高;只适于高浓度废气;使用溶剂型胶粘剂的复合工艺
备注: LEL—VOCs 组分的爆炸极限下限							

表 4 典型治理技术的经济成本及环境效益

治理技术	吸附法	吸收法	吸附-催化燃烧法	低温等离子体法	光催化氧化法	生物法	冷凝回收
初次投入成本（万元）	20-40	50-60	180-250	50-60	30-50	40-60	280
年运行费用（万元）	80-100	15-20	20-50	25-35	15-25	5-10	82
可达治理效率（%）	50-80%	60-70%	≥95%	50-90%	50-95%	70-95%	90%
存在问题	1、需要及时更换活性炭，否则治理效率降低； 2、吸附后产生危险固废。	1、产生大量废水； 2、吸收剂要求高，直接影响吸收效果。	1、适用于低浓度大风量的有机废气； 2、存在一定安全隐患。	1、治理效率波动范围较大； 2、可能存在二次 VOCs 污染。	1、受污染物成分影响，治理效率波动范围较大； 2、催化剂易失活。	1、适用于低浓度有机废气； 2、对废气的选择性较强； 3、设备占地面积大，运行阻力大，能耗大。	1、初次投入成本和运行费用较高 2、回收溶剂回用率有待提高 3、对覆膜二段、三段废气无明显经济效益
备注：上述分析基于以下典型工况：废气量，30000m³/h；废气浓度：100mg/m³；VOCs 成分：苯、甲苯、乙苯、苯乙烯、邻-二甲苯、间对-二甲苯、丙酮、丁醇、异丙酮、乙酸丁酯等。							

5 各 VOCs 处理工艺的应用要求

5.1 设计要求

在设计或选型治理技术装置时应当针对不同的 VOCs 成份因

子选择合理的设计参数，如 VOCs 停留时间、功效、密度、能量等，确保 VOCs 经处理后达标排放。

5.2 安全要求

废气捕集、处理和排放所用的风机、电机和相关电气仪器均应采用符合 GB3836.4 要求的本安型防爆器件。

5.3 废气捕集设施建设要求

(1) 含VOCs原辅材料在储存和输送过程中应保持密闭，使用过程中随取随开，用后应及时密闭，以减少挥发。

(2) VOCs 产生的工序采用密闭化措施，减少废气无组织排放；无法做到密闭部分可灵活选择集气罩局部抽风、车间整体换风等多种方式进行。

(3) 当采用上吸罩捕集废气时，排风罩设计应符合《排风罩的分类和技术条件》(GB/T16758-2008) 要求，尽量靠近污染物排放点，除满足安全生产和职业卫生要求外，控制集气罩口断面平均风速不低于 0.6m/s。

(4) 采用生产线整体密闭，密闭区域内换风次数原则上不少于 20 次/小时；采用车间整体密闭换风，车间换风次数原则上不少于 8 次/小时。

(5) 废气捕集和输送应满足《大气污染防治工程技术导则》(HJ2000-2010) 要求，管路应有明显的颜色区分及走向标识。

(6) 废气捕集后需进入治理设施，可分车间单独处理，也

可以多车间废气集中到统一治理设施处理。

(7) 废气捕集系统应保证与生产同时正常运行，废气捕集系统材质应防腐防锈，定期维护，存在泄漏时需及时修复。

5.4 废气治理工艺应用要求

5.4.1 吸附法设施应用要求

吸附法是利用吸附剂（如活性炭、活性炭纤维、分子筛等）对废气中各组分选择性吸附的特点，将气态污染物富集到吸附剂上后再进行后续处理的方法，适用于低浓度有机废气的净化。吸附法易受废气中水汽、颗粒、气溶胶等物质影响，需对有机废气进行除漆雾处理，并及时更换吸附剂，以保证治理设施的治理效率。设备初次投入成本较低，但运行费用较高，且吸附后被更换的吸附剂由于含有废气中的各类型有机物，一般均归为危险固废，需妥善处理。

吸附法可用于各类企业有机废气治理，废气中 **VOCs** 浓度不宜高于 **200mg/m³**，企业应根据实际工况选择，但年排放量大于 1 吨的企业不建议单独采用该技术。

吸附设施的风量按照最大废气排放量的 **120%** 进行设计，排气筒的设计应满足《烟囱设计规范》（**GB 50051-2013**）的规定。废气停留时间应符合相关规范要求。

吸附剂可选择颗粒活性炭、蜂窝活性炭、活性炭纤维和分子筛等。蜂窝活性炭和蜂窝分子筛的横向强度应不低于 **0.3MPa**，

纵向强度应不低于 **0.8MPa**，蜂窝活性炭的 **BET** 比表面积应不低于 **750m²/g**，蜂窝分子筛的 **BET** 比表面积应不低于 **350m²/g**。活性炭纤维毡的断裂强度应不小于 **5N**（测试方法按照 **GB/T 3923.1-1997** 进行），**BET** 比表面积应不低于 **1100m²/g**。

选定吸附剂后，吸附床层的有效工作时间与吸附剂用量，应根据废气处理量、污染物浓度和吸附剂的动态吸附量确定。采用纤维状吸附剂时，吸附单元的压力损失宜低于 **4kPa**；采用其他形状吸附剂时，吸附单元的压力损失宜低于 **2.5kPa**。固定床吸附装置吸附层的气体流速应根据吸附剂的形态确定。采用颗粒状吸附剂时，气体流速宜低于 **0.60m/s**；采用纤维状吸附剂（活性炭纤维）时，气体流速宜低于 **0.15m/s**；采用蜂窝状吸附剂时，气体流速宜低于 **1.20m/s**。

对于采用蜂窝状吸附剂的移动式吸附装置，气体流速宜低于 **1.20m/s**；对于采用颗粒状吸附剂的移动床和流化床吸附装置，吸附层的气体流速应根据吸附剂的用量、粒度和体密度等确定。吸附设施的前后开设永久采样口，对设施实际处理效果进行监控。明确吸附剂更换周期，更换后的吸附剂应交由有资质的公司处理。

5.4.2 吸附剂的脱附再生工艺应用要求

对颗粒物活性炭、蜂窝活性炭、活性炭纤维和分子筛等吸附剂的脱附再生可选择水蒸气脱附再生、热气流（空气或惰性气体）

脱附再生及加热-降压脱附再生。使用水蒸气脱附再生时，水蒸气温度宜低于 **140℃**。当使用热气流脱附再生时，对于活性炭和活性炭纤维吸附剂，热气流温度应低于 **120℃**；对于分子筛吸附剂，热气流温度宜低于 **200℃**。含有酮类等易燃气体时，不得采用热空气脱附再生。当使用加热-降压脱附再生时，应使用热空气或热蒸汽为热源。高温再生后的吸附剂应降温后使用。

当采用水蒸气脱附再生时，煤质颗粒活性炭的性能应满足 **GB/T 7701.2-2008** 的要求，且丁烷工作容量（测试方法参见 **GB/T 20449-2006**）应不小于 **8.5g/dl**，**BET** 比表面积应不小于 **1200m²/g**。采用非煤质颗粒活性炭作吸附剂时可参照执行。

当采用热空气脱附再生时，煤质颗粒活性炭的性能应满足 **GB/T 7701.5-1997** 的要求，采用非煤质颗粒活性炭作吸附剂时可参照执行。颗粒物分子筛的 **BET** 比表面积应不小于 **350m²/g**。

当采用加热-降压脱附再生时，煤质颗粒活性炭的性能应满足 **GB/T 7701.2-2008** 的要求，且丁烷工作容量（测试方法参见 **GB/T 20449-2006**）应不小于 **12.5g/dl**，**BET** 比表面积应不小于 **1400m²/g**。采用非煤质颗粒活性炭作吸附剂时可参照执行。

脱附后气流中的有机物浓度应严格控制在其爆炸极限下限的 **25%**以下，气体通过冷凝处理，回收有机溶剂，不凝气应引入吸附装置再次吸附处理。

水蒸气脱附工艺解吸气体经冷凝回收有机溶剂后，产生的废

水需处理达标后方可排放。

治理设施安全措施应符合《吸附法工业有机废气治理工程技术规范》（HJ 2026-2013）中关于安全措施的规定。

5.4.3 吸收法工艺应用要求

吸收法适用于各类企业的有机废气治理。

吸收法是利用相似相溶原理，采用低挥发或不挥发液体为吸收剂，使废气中的有害组分被吸收剂吸收，使 **VOCs** 从气相转移到液相中，从而达到净化废气的目的。吸收法适用于处理高压、低温、高浓度的 **VOCs** 废气，设施运行费用低，但吸收剂需定期更换，产生的废水需处理达标后排放或作为危险废物处理。

治理设施的风量按照最大废气排放量的 **120%**进行设计，排气筒的设计应满足《烟囱设计规范》（GB 50051-2013）的规定。吸收塔可采用喷淋塔、填料塔或旋流板塔单独使用，也可串联使用，或结合低温等离子体等其他治理技术联合使用。根据吸收塔类型确定最佳的空塔气速、液气比以达到最高治理效率。废气经吸收塔处理后需进行除雾处理。

5.4.4 蓄热式直接焚烧法和蓄热式催化燃烧法的设施应用要求

蓄热式直接焚烧法适用于各类企业有机废气治理。治理设施的风量按照最大废气排放量的 **120%**进行设计，排气筒的设计应满足 **GB 50051-2013** 的规定。

进入催化燃烧装置的废气中有机物浓度应低于其爆炸极限

下限的 **25%**，废气浓度、流量和温度应稳定，不宜出现较大波动。

蓄热体的使用寿命应大于 **24000h**。

蓄热式直接焚烧装置换向阀的泄漏率应低于 **0.2%**。

企业应根据实际工况选择，但 **VOCs** 年排放量大于 **5 吨** 的企业，建议考虑采用该有机废气治理技术。

5.4.5 吸附-催化燃烧法工艺应用要求

吸附-催化燃烧治理技术的安装与运行需满足《吸附法工业有机废气治理工程技术规范》（**HJ 2026-2013**）和《催化燃烧法工业有机废气治理工程技术规范》（**HJ 2027-2013**）。吸附装置的应用要求同上述吸附法。配套的原位再生手段（脱附）设施，应有规范的管理制度，明确再生周期，并有相应的记录。

吸附-催化燃烧法适用于各类企业有机废气治理，企业应根据实际工况选择，但 **VOCs** 年排放量大于 **5 吨** 的企业，建议考虑采用该有机废气治理技术。

治理设施的风量按照最大废气排放量的 **120%** 进行设计，排气筒的设计应满足《烟囱设计规范》（**GB 50051-2013**）的规定。废气停留时间应符合相关规范要求。

废气吸附阶段可选用各种类型活性炭或其它吸附材料作为吸附剂，浓缩后废气的混合爆炸极限应低于废气中最易爆组分爆炸极限下限的 **25%**。进入催化燃烧装置前废气中的颗粒物含量高于 **10mg/m³** 时，应采用过滤等方式进行预处理。催化剂的工作温

度应低于 700°C ，并能承受 900°C 短时间高温冲击。设计工况下催化剂使用寿命应大于 8500h ，蓄热式催化燃烧装置中蓄热体的使用寿命应大于 24000h 。催化燃烧装置的设计空速宜大于 10000h^{-1} ，但不应高于 40000h^{-1} 。催化燃烧装置的压力损失应低于 2kPa 。燃烧过程产生的热量应进行回收，热能回收效率不得低于 35% 。治理设施安全措施应符合《吸附法工业有机废气治理工程技术规范》（HJ 2027-2013）中关于安全措施的规定。

5.4.6 低温等离子体法工艺应用要求

低温等离子体法是通过高压放电，获得低温等离子体，即产生大量高能电子、离子和自由基等活性粒子可与各种 **HC** 污染物发生作用，转化为 CO_2 和 H_2O 等无害或低害物质，从而使废气得到净化。等离子体反应器将 **VOCs** 的化学键打开使其分解，需要相当高的电离能，治理设施的功率相应要求较高。但系统的动力消耗低，装置简单，反应器为模块式结构，当废气 **VOCs** 浓度较高或废气流量较大时，可通过多套设备串联（并联）处理。

低温等离子体法可用于各类企业有机废气治理，废气中 **VOCs** 浓度不宜高于 $500\text{mg}/\text{m}^3$ ，企业应根据实际工况选择，但年排放量大于 5 吨的企业不建议采用该治理技术。

治理设施的风量按照最大废气排放量的 120% 进行设计，排气筒的设计应满足《烟囱设计规范》（GB 50051-2013）的规定。废气停留时间应符合相关规范要求。当废气 **VOCs** 浓度较高或流

量较大时，可与吸附法、吸收法等其他治理技术串联使用。治理效率要求较高时，可采用双介质阻挡放电方式的低温等离子体。治理设施应根据实际生产状况，按治理设施设计要求定期维护。

5.4.7 光催化氧化法工艺应用要求

光催化氧化法主要是利用人工紫外线灯管产生的真空紫外光来活化光催化材料，氧化吸附在催化剂表面的 **VOCs**。真空紫外光（波长<200nm，**VUV**）光子能量高，光催化材料在紫外光的照射下产生电子和空穴，激发出“电子-空穴”（一种高能粒子）对，进而生成极强氧化能力的羟基自由基(**•OH**)活性物质，羟基自由基(**•OH**)是光催化反应的主要活性物质之一，羟基自由基的反应能高于有机物中的各类化学键能，能迅速有效地分解挥发性有机物，再加上其它活性氧物质(**•O**，**H₂O₂**)的协同作用，其净化恶臭气体的效果更为迅速。

光催化氧化法可用于各类企业有机废气治理，废气中 **VOCs** 浓度不宜高于 **500mg/m³**，企业应根据实际工况选择，但年排放量大于 **5 吨**的企业不建议采用该治理技术。

治理设施的风量按照最大废气排放量的 **120%**进行设计，排气筒的设计应满足《烟囱设计规范》（**GB 50051-2013**）的规定。废气停留时间应符合相关规范要求。当治理效率要求较高时，应与其他治理技术联合使用。对于含油雾、漆雾、或颗粒物的废气，应配置高效过滤等适宜的预处理工艺。治理设施应根据实际生产

状况，按治理设施设计要求定期维护。

5.4.8 生物法工艺应用要求

生物法指利用附着在反应器内填料上的微生物将废气中的污染物转化为简单的无机物（ CO_2 、 H_2O 和 SO_4^{2-} 等）和微生物细胞质的方法。该方法具有处理成本低、无二次污染的特点，在国内外得到了迅速发展，尤其适合于低浓度且宜生物降解的气体。

生物法的应用需要满足如下要求：

（1）对工况进行实际分析，针对具体的工况分析生物填料的适用性以及使用寿命及更换周期；

（2）更换填料或是运行维护过程中产生的固体废物或废水需要有明确的处理处置管理办法规范管理，若作为危险废物处理，需有资质的危险废物处理公司处理，应有规范的危险废物转移记录。

5.4.9 冷凝回收法工艺应用要求

冷凝回收法是利用吸附剂将废气中的有机物富集，饱和后用高温氮气、水蒸气、电加热等方法对吸附剂进行脱附再生，吸附剂再生后可循环利用，脱附出的有机物通过冷凝、油水分离等工艺分离回收，可实现资源的二次利用。

冷凝法的应用需要满足如下要求：

（1）当处理体系中含有烟、粉尘、油等物质时，废气必须经过预处理；

(2) 污染物种类复杂时，回收后的溶剂需要进一步处理才能使用。

治理设施的风量按照最大废气排放量的 120%进行设计，排气筒的设计应满足《烟囱设计规范》（GB 50051-2013）的规定。废气停留时间应符合相关规范要求。

5.5 配套监测保障

鼓励企业采用便携式 VOCs 分析仪实时监测排放口 VOCs 数据或安装实时在线监控装置，实时监控 VOCs 排放情况。

6 管理要求

6.1 企业管理要求

企业应对治理设施的正常运行和安全管理负责。

治理设施的管理应纳入生产管理中，配备专业管理人员和技术人员，并对其进行培训，使管理和运行人员掌握治理设备及其它附属设施的具体操作和应急情况下的处理措施。

鼓励企业建立第三方环境污染治理机制，由第三方提供专业技术人员组成专业技术队伍，对企业的废气处理设施进行操作指导，通过发挥第三方专业性，有效控制污染物产生，有效削减 VOCs 排放，从而避免环境污染扩大，不断提升环境污染治理水平。

企业应根据实际生产工况和治理设施的设计标准，建立相关的各项规章制度以及运行、维护和操作规程，明确耗材的更换周

期和设施的检查周期，建立主要设备运行状况的台账制度，保证设施正常运行。

企业应建立治理工程运行状况、设施维护等的记录制度，主要维护记录内容包括：

- （1）治理装置的启动、停止时间；
- （2）吸附剂、吸收剂、过滤材料、催化剂等的质量分析数据、采购量、使用量及更换时间；
- （3）治理装置运行工艺控制参数，至少包括治理设备进、出口浓度和吸附装置内温度；
- （4）主要设备维修情况；
- （5）运行事故及维修情况；
- （6）定期检验、评价及评估情况；
- （7）吸附法、吸收法产生的危险废物、污水等处置情况。
- （8）由于紧急事故或设备维修等原因造成治理设备停止运行时，应立即报告当地环境保护行政主管部门。

6.2 环保部门监管要求

检查企业与治理设备相关的各项规章制度，以及运行、维护和操作规程，核查治理设施运行过程的维护记录和台账。

应核查治理设施耗材（吸附剂、吸收剂、过滤材料、催化剂等）的流转记录。包括采购记录（含采购时间、采购量及质量分析数据）、更换时间与更换量的维护记录。

按照治理设施使用要求和操作规程，依据国家及地方相关标准，对治理设施进行定期监测，评估其治理效率。

核查治理过程产生的危险废物与二次污染物是否得到有效处置。

对第三方环境污染治理建立考核机制。环保分局按管辖片区加强对第三方监理服务机构督查。