**中山市工业涂装、包装印刷行业挥发性有机物废气控制技术指引**

2021年4月13日 发布 2021年4月13日实施

中 山 市 生 态 环 境 局 发布

目 次

[前 言 1](#_Toc14276425)

[1．适用范围 2](#_Toc14276427)

[2．规范性引用文件 2](#_Toc14276428)

[3．术语和定义 3](#_Toc14276429)

[4．控制技术要求 5](#_Toc14276432)

[5. 管理要求 19](#_Toc14276437)

前 言

为贯彻执行《中华人民共和国环境保护法》和《中华人民共和国大气污染防治法》，保护和改善中山市环境空气质量，防治大气挥发性有机物污染，保障公众健康，促进经济社会可持续发展，完善环境保护技术体系，制定本指引。

本指引为指导性文件，可作为中山市工业涂装、包装印刷行业挥发性有机物废气治理及管理的参考技术资料。

本指引由中山市生态环境局组织制订。

本指引起草单位：中山大学。

本指引由中山市生态环境局 2021年4月13日批准。

本指引自 2021年4月13日起实施。

本指引为首次发布，将依据环保要求的提高和环保技术的发展适时更新。

本指引由中山市生态环境局解释。

中山市工业涂装、包装印刷行业挥发性有机物废气控制技术指引

1．适用范围

本指引适用于中山市内工业涂装、包装印刷制造企业生产过程中挥发性有机物（VOCs）的控制管理。

2．规范性引用文件

AQ/T4274 局部排风设施控制风速检测与评估技术规范

GB13347石油气体管道阻火器

GB14444 涂装作业安全规程 喷漆室安全技术规定

GB20101 涂装作业安全规程 有机废气净化装置安全技术规定

GB 37822 挥发性有机物无组织排放控制标准

GB3836.4爆炸性气体环境用电气设备第4部分：本质安全型

GB50016建筑设计防火规范

GB50019采暖通风与空气调节设计规范

GB50051排气筒设计规范

GB50057建筑物防雷设计规范

GB50058爆炸和火灾危险环境电力装置设计规范

GB50187工业企业总平面设计规范

GB/T16157固定污染源排气中颗粒物测定与气态污染物采样方法

HGJ229工业设备、管道防腐蚀工程施工及验收规范

HJ/T1气体参数测量和采样的固定位装置

HJ459 环境标志产品技术要求 木质门和钢质门

HJ571 环境标志产品技术要求 人造板及其制品

HJ2000大气污染治理工程技术导则

HJ2026吸附法工业有机废气治理工程技术规范

HJ2027催化燃烧法工业有机气体治理工程技术规范

HJ2537 环境标志产品技术要求 水性涂料

HJ/T220 环境标志产品技术要求 胶粘剂

HJ/T303 环境标志产品技术要求 家具

HJ/T386 环境保护产品技术要求 工业废气吸附净化装置

HJ /T387 环境保护产品技术要求 工业废气吸收净化装置

HJ/T388 环境保护产品技术要求 湿法漆雾过滤净化装置

HJ/T389 环境保护产品技术要求 工业有机废气催化净化装置

HJ/T414 环境标志产品技术要求 室内装饰装修用溶剂型木器涂料

JJF1049温度传感器动态响应校准

2016年国家先进污染防治技术目录（VOCs防治领域）

污染源自动监控管理办法（国家环境保护局令 第28号）

《重点行业挥发性有机物综合治理方案》（生态环境部2019年6月26日）

3．术语和定义

3.1 挥发性有机化合物

在293.15K条件下蒸气压大于或等于10Pa，或者特定适用条件下具有相应挥发性的任何参加大气光化学反应的碳化合物（CH4、CO、CO2、H2CO3、金属碳化物、金属碳酸盐和碳酸铵除外）。主要包括具有挥发性的非甲烷烃类（烷烃、烯烃、炔烃、芳香烃）、含氧有机化合物（醛、酮、醇、醚等）、卤代烃、含氮有机化合物、含硫有机化合物等。

3.2 工业涂装

工业生产中涂料调配、表面前处理（脱脂、除旧漆等）、涂覆（含底漆、中涂、面漆、清漆）、流平、干燥等环节的生产工序。

3.3 包装印刷

根据一定的商品属性、形态，采用一定的包装材料，经过对商品包装的造型结构艺术和图案文字的设计与安排来装饰美化商品的印刷，以及其他印刷活动。

3.4 溶剂型油墨（涂料）

以有机溶剂作为分散介质而得到的油墨（涂料）。

3.5 水性油墨（涂料）

以水为溶剂或以水为分散介质的油墨（涂料）。

3.6 UV涂料

紫外光固化涂料，能在紫外线照射作用下瞬间固化的涂料。

3.7 粉末涂料

100%固体的涂料，通常使用静电喷涂工艺，把微细、干燥的粉末涂装到表面上，然后加热融化，使颗粒流动融合或者形成固化。

3.8 EB固化油墨

电子束固化油墨，能在电子束照射作用下瞬间固化的油墨。

3.9 植物油基油墨

用植物油作为连接料的油墨。常指为大豆油油墨。

3.10 醇溶性油墨

以醇溶性合成树脂、溶剂及颜料组成的油墨。

3.11 复合

使用胶粘剂，将不同的基材通过压贴粘合形成两种或多种材料组合的一种印后加工方式。

3.12 治理效率

指治理设施捕获污染物的量与处理前污染物的量之比，以百分数表示。计算公式如下：



式中：

*η*——治理设施的治理效率，％；

*C1*、*C2* ——治理设施进口、出口污染物的浓度，mg/m3；

*Qsn1*、*Qsn2* ——治理设施进口、出口标准状态下干气体流量，m3/h。

4．控制技术要求

4.1工业涂装

4.1.1源头控制

4.1.1.1 推广使用环境友好型的环保原料，使用低（无）VOCs 含量的涂料（可选涂料类型详见附件1）等作为替代。包括水性涂料、高固体分涂料、粉末涂料、紫外光固化涂料等。涂料中VOCs含量需符合相关规定的要求。

4.1.1.2 工业涂装行业重点推进使用紧凑式涂装工艺，推广采用辊涂、静电喷涂、高压无气喷涂、空气辅助无气喷涂、热喷涂等涂装技术，鼓励企业采用自动化、智能化喷涂设备替代人工喷涂，减少使用空气喷涂技术。优化设计喷漆房，合理布置进出气流，降低废气收集和处理负荷。

4.1.2过程控制

4.1.2.1 加强涂料和溶剂的管理。含溶剂物料宜通过管道输送或桶泵输送，转移溶剂物料的容器除操作时段外必须密封或加盖。调漆间和暂存含挥发性有机物物料的密闭场所，按负压设计要求设置排气净化系统。

4.1.2.2 废涂料桶、废有机溶剂、涂料渣以及其它接触过含有机物的废材料，弃用后须收纳到密闭的容器中，最终按危险废弃物处置要求进行处理。

4.1.3废气收集

4.1.3.1 喷涂废气和烘干废气原则上需分类收集。

4.1.3.2 采用吸风罩收集，排风罩设计应满足《排风罩的分类及技术条件》GB/T16758要求。

4.1.3.3 采用整体密闭的生产线，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。所有产生VOCs的密闭空间应保持微负压。

4.1.3.4 集中收集废气，提高有机废气的捕集率，减少无组织排放，尽可能使VOCs无组织排放量最小化。

4.1.3.5 选用密封式调漆罐调漆，或者在调漆点安装废气收集系统。喷漆房和喷胶车间应密封，保证VOCs废气捕集率不低于95%，底漆、面漆房等喷漆房密闭要求一致；干燥车间应密封，保证VOCs废气捕集率不低于95%。所有产生VOCs的密闭空间应保持微负压。

4.1.3.6 废气捕集率评价方法：按照车间空间体积和N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。

车间所需要新风量=N\*×车间面积×车间高度

废气捕集率=

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。

N\*：每小时车间换气次数

4.1.3.7喷漆室设计时，除满足安全通风外，任何湿式或干式喷漆室的控制风速须满足《涂装作业安全规程喷漆室安全技术规定》GB14444中表1的要求。

4.1.3.8收集系统能与生产设备同步启动，集气方向与污染气流运动方向一致，管路应有明显的颜色区分及走向标识。

4.1.4末端治理

4.1.4.1 工业涂装制造行业有机废气处理技术选取原则

工业涂装制造行业有机废气处理工艺的选择必须结合废气的规模、污染物种类和浓度、企业经济状况等实际情况选择适合的处理工艺，总体应该遵循资源回收利用、处理达标、效率稳定、经济实用等原则。

4.1.4.2 工业涂装制造行业有机废气处理技术选择基本方法

对企业产生的有机废气的工段进行分析，测量或估算产生气量和浓度，确定排放浓度限值，计算有机废气处理工艺需要达到的处理效率，将可达到该处理效率的处理工艺作为备选。其次，以适宜温度范围作为条件，筛选已得到的有机废气处理工艺。再根据企业的经济状况，筛选建设成本和运行成本、自动化程度都适宜的有机废气工艺。

4.1.4.3 工业涂装制造行业VOCs污染防治技术

1、活性炭（沸石转轮）吸附

吸附浓缩技术是利用各种固体吸附剂，如活性炭（包括活性炭纤维）、分子筛、活性氧化铝和硅胶等，对排放废气中的VOCs进行吸附浓缩，同时达到净化废气的目的。吸附工艺主要分为吸附段和脱附段。

吸附段需要注意的事项主要有：

（1）对中低浓度VOCs（一般<1000mg/m3）的净化，吸附净化效率能达到30%-50%，由于效率较低，通常与其他处理工艺串联使用。

（2）在不使用深冷、高压的手段下，可以有效回收有价值的有机物组分。

（3）吸附剂应选择：具有大比表面和孔隙率的；具有良好选择性的；吸附能力强，吸附容量大的；易于再生的；机械强度好的；化学稳定性好的；热稳定性好；使用寿命长的。

（4）活性炭装填时应先筛去碎粒与粉尘。然后层层均匀铺开，不得直接倒入，以免使大小颗粒装填不均，最终造成气体偏流，影响使用效果。

（5）更换填料或是运行维护过程中产生的固体废物需要有明确的处理处置管理办法规范管理，将其作为危险废物处理，需交由有经营资质的危险废物收集、利用、处理处置公司处理，应有规范的危险废物转移记录。

（6）固定床吸附器应符合《环境保护产品技术要求工业废气吸附净化装置》（HJ/T386）的规定。吸附层的风速应根据吸附剂的材质、结构和性能共同确定；采用颗粒状活性炭时，宜取0.20~0.60m/s，采用蜂窝状活性炭时，宜取0.70~1.20m/s。对于废气浓度特别低或有特殊要求的场合，风速可适当增加。

（7）吸附装置用于处理易燃、易爆气体时，应符合安全生产及事故防范的相关要求。除控制处理气体的浓度外，在管道系统的适当位置，应安装符合《石油气体管道阻火器》（GB/T13347）规定的阻火装置。接地电阻应小于2Ω。

（8）由于活性炭（沸石）在吸附饱和后处置和再生难度较大，故该工艺在处理有机废气时，不宜单独使用，应与其它处理工艺进行组合。

脱附段需要注意的事项主要有：

（1）脱附操作可采用升温、降压、置换、吹扫和化学转化等脱附方式或几种方式的组合。

（2）脱附气源可采用热空气、热烟气和低压水蒸汽。

（3）当回收脱附产物时，应保证脱附后气体达到设计要求的冷却水平。

（4）有机溶剂的脱附宜选用水蒸汽和热空气，当回收的有机溶剂沸点较低时，冷凝水宜使用低温水；对不溶于水的有机溶剂冷凝后直接回收，对溶于水的有机溶剂应进一步分离回收。

（5）采用活性炭作为吸附剂时，脱附气体的温度宜控制在120℃以下。

（6）活性炭具有一定的脱附次数、使用寿命，活性炭吸附性能下降到一定程度（起始吸附能力的50%），需对活性炭进行更换。失效活性炭需交由有资质的危险废物处理公司处理。

2、生物净化

通过附着在反应器内填料上的微生物的新陈代谢作用将有机废气中的污染物转化为简单的无机物（CO2、H2O和SO42－等）和微生物。

使用生物净化时，应注意：

（1）生物法适合处理“高水溶性+易生物降解”的VOCs，去除效率能达到70~90%，对其余类型的VOCs处理效果较差，生物法处理效果从大到小依次为醇类、酯类、苯系物>醛、酮、卤代烃>小分子烯烃、烷烃。

（2）主要应用于中低浓度（<1000mg/m3）有机废气的处理；风量较大的情况下，其处理的浓度更低（<200mg/m3）。

（3）微生物的筛选和挂膜的时间较长，应尽量延长废气在装置中的反应停留时间。

（4）要通过有效预处理和合理管理，尽量降低填料堵塞带来的影响。

（5）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，需交由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。

3、蓄热式燃烧（RTO）

废气中的VOCs在800℃左右氧化分解成CO2和H2O。处理系统中加温和氧化分解产生的热能利用具有高热容量的陶瓷蓄热体作为蓄热系统，实现换热效率达到90%以上的节能效果。

使用蓄热式燃烧时，应注意：

（1）处理净化效率高，能达到90%以上，连续运行稳定，技术成熟且安全可靠、操作维护简单，使用寿命长。

（2）一次性投资成本高，运行成本较高；

（3）严格控制进口有机物的浓度，使其入口浓度必须远低于爆炸下限，控制在一个安全的水平。

（4）不适宜处理风量小于8000m3/h的废气；对含有机硅成分较多的废气容易造成蓄热体堵塞，更换蓄热材料费用较高。

4、蓄热催化燃烧（RCO）

利用结合在高热容量陶瓷蓄热体上的催化剂，使有机气体在300~450℃的较低温度下，氧化为水和二氧化碳。同时处理系统加热和氧化产生的热量被蓄热体储存并用以加热待处理废气，以提高换热效率。

蓄热催化燃烧等优点：处理净化效率较高，能达到90%以上，比蓄热式燃烧节约25～40％运行费用，其热回收效率可达90%以上；很少产生NOX和SOX，不受水汽含量影响。

但是使用蓄热催化燃烧时，应注意：

（1）催化剂的选择需要与处理对象相吻合，处理成分复杂的废气时效果不理想；

（2）废气浓度过高时会导致催化剂超温；

（3）不能处理温度高于450℃的废气。

5、直燃式焚烧（TNV）

将干燥后高浓度的有机废气通过引风机直接送入废气焚烧炉，有机废气首先进入换热器进行预热，然后进入炉膛，在燃烧机的火焰高温（680~760℃）作用下，使VOCs分解成二氧化碳和水。

优点：处理效率高，可采用PLC自动化控制，余热利用率高，适用于含有能够引起催化剂中毒的化合物废气的处理。

缺点：能耗相对较高，通常要求废气中有机物的热值高。

6、低温等离子体技术、光催化氧化技术

（1）治理设施的风量按照最大废气排放量的120%进行设计，低温等离子体技术或光解催化技术单独使用时，仅适用于处理低浓度有机废气或恶臭气体；治理效率要求更高时，应采用多种技术的组合工艺。对于含油雾、漆雾颗粒物的废气，应配置高效过滤等适宜的预处理工艺。

（2）应首先明确废气组分中最大可能的化学键键能。使用低温等离子体技术的，需给出处理装置设计的电压、频率、电场强度、稳定电离等参数，同时出具所用电气元件的出厂防火、防爆合格证；使用光催化氧化技术的，需给出所用催化剂种类、催化剂负载量等参数，并出具所用电气元件的防爆合格证与灯管发射185nm光强、灯光使用寿命情况检验证书。

（3）应尽量延长废气在装置中的反应停留时间（不小于3S），定期清洗灯具，并配备臭氧催化分解单元，防止臭氧二次污染。

（4）紫外灯光具有一定的使用寿命，性能下降到一定程度（起始185nm光强能力50%），需对紫外灯光进行更换。失效紫外灯需交由有资质的危险废物处理公司处理。

4.1.4.4最佳可行技术

1、工业涂装制造行业废气预处理技术

中山市工业涂装制造企业大部分都采用喷涂工艺，喷涂过程产生含气溶胶（漆雾）的有机废气，废气在进入治理设施前若不经预处理，所含树脂将固化形成固体颗粒物，影响治理设施的寿命及治理效率。因此，除吸收法外，其它治理技术需配套有效的预处理设施去除漆雾。

喷漆室的除漆雾（尘埃）效果应达到：

①去效率：95%以上；

②颗粒物排出量：<1mg/m3，若后处理设施有相关标准要求，按标准要求；

③目测见不到排风管的排气色（即排风管出口风帽不被所喷涂料着色）；

废气预处理设施包括干式和湿式漆雾捕集装置。

废气预处理过程中产生的废水需处理后达标排放，漆渣需统一收集后交由有经营资质的危险废物处理单位无害化处理。

2、工业涂装制造行业有机废气治理可行技术

有机废气治理可行技术及其适用范围见表3。

根据行业废气特性，采用组合工艺处理涂装类行业有机废气更为适宜。

几种组合治理技术的各项经济和技术指标见表4，供企业选取时参考之用。

表3有机废气处理技术适用范围表

| **有机物浓度**  **（mg/Nm3)** | **处理规模#**  **（Nm3/h)** | **废气温度**  **(℃)** | **适用处理技术** |
| --- | --- | --- | --- |
| **0～300** | <6×104 | <45 | 吸附回收技术，生物氧化技术，低温等离子体技术，光解催化技术 |
| <2×104 | <60 | 低温等离子体技术 |
| <8×104 | <90 | 光解催化技术 |
| <1×105 | <45 | 吸附浓缩+氧化燃烧技术（RTO/TO/RCO) |
| **300～500** | <6×104 | <45 | 吸附回收技术 |
| <6×104 | >45 | 吸附浓缩+氧化燃烧技术（RTO/TO/RCO) |
| <2×104 | <60 | 低温等离子体技术 |
| <8×104 | <90 | 光解催化技术 |
| ≥1×105 | <45 | 吸附浓缩+氧化燃烧技术（RTO/TO/RCO) |
| **500～1000** | ≥1×105 | <45 | 吸附浓缩+氧化燃烧技术（RTO/TO/RCO) |
| **1000～1500** | 104～1.2×105 | <45 | 吸附浓缩技术 |
| <6×104 | <500 | RTO,TO,吸附回收技术 |
| **1500～2000** | <4×104 | <45 | RCO |
| <6×104 | <500 | RTO,TO ,吸附回收技术 |
| <4×104 | <700 | RTO |
| **2000～3000** | <6×104 | <500 | RCO,催化燃烧技术，TO |
| <4×104 | <700 | RTO,TO |
| <6×104 | <45 | 吸附回收技术 |
| 6×103～1.8×105 | <500 | RTO |
| **3000～1/4LEE\*** | <6×104 | <500 | RTO,TO,吸附回收技术 |
| <4×104 | <700 | TO |

\*LEL：即爆炸下限，指可燃气体在空气中遇明火爆炸的最低浓度

#处理规模（Nm3/h)：废气治理设备风量= 喷漆房体积GN

N：每小时车间换气次数（确保车间内有机物的浓度满足《工业企业设计卫生标准GBZ1》，风速须满足《涂装作业安全规程喷漆室安全技术规定》（GB14444）中表1的要求。）

表4 组合治理技术各项经济和技术指标

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **治理技术** | **去除效率** | **建设**  **成本** | **运行**  **成本** | **安全**  **系数** | **自动化**  **程度** | **监控难度** | **推荐指数** |
| **活性炭吸附+催化燃烧** | >90% | \*\*\* | \*\*\*\* | \*\*\* | \*\*\*\*\* | \* | \*\* |
| **沸石转轮吸附+蓄热式热氧化** | >90% | \*\*\*\*\* | \*\*\* | \*\*\*\* | \*\*\*\*\* | \* | \*\*\* |
| **沸石转轮吸附+蓄热式催化燃烧** | >90% | \*\*\*\* | \*\*\*\*\* | \*\*\*\*\* | \*\*\*\*\* | \* | \*\*\* |
| **沸石转轮吸附+直燃式燃烧** | >90% | \*\*\*\* | \*\*\*\* | \*\*\*\* | \*\*\*\*\* | \* | \*\*\*\* |

注：\*数量越多，代表程度越高

4.2包装印刷

4.2.1源头控制

4.2.1.1 推广使用清洁环保原辅材料。推广使用水性油墨，单一组分溶剂的油墨；鼓励使用植物基油墨、紫外光固化油墨，承印物清洗、设备洗车时采用低挥发和高沸点的清洗剂（环保洗车水）替代汽油等溶剂，平板印刷企业采用无/低酒精化学溶剂作为润版液（酒精含量不多于5%）。

4.2.1.2 印刷行业推广使用无溶剂复合、挤出复合、共挤出复合技术，鼓励采用水性凹印、醇水凹印、辐射固化凹印、柔版印刷、无水胶印等印刷工艺。鼓励使用环保密闭型生产成套装置，如复合工序推广采用水性胶粘剂及无溶剂复合工艺，软包装复合工艺推广无溶剂的预涂膜覆膜技术或氮气保护全紫外光干燥技术等。

4.2.2过程控制

4.2.2.1 规范稀释剂、清洗剂储存。鼓励采用储罐集中存放，并采用管道输送。储罐排放的废气须收集、处理后达标排放。

4.2.2.2 规范原料调配、转运与使用。鼓励采用中央供墨系统；溶剂型油墨、稀释剂、溶剂型胶水等调配应在独立密闭间内进行，并将废气收集处理；转运过程应采用密闭的盛装容器。

4.2.3废气收集

4.2.3.1 包装印刷行业的VOCs废气宜根据工段分别设置废气收集系统，印刷工段和烘干工段推荐采用全面排风收集方式，洗车工段、调墨工段和复合工段推荐采用局部排风收集方式。采用局部排风时使用集气罩，应保持罩口呈微负压状态，且罩内负压均匀,控制风速应保证不小于0.3m/s。

4.2.3.2收集系统能与生产设备同步启动，集气方向与污染气流运动方向一致，管路应有明显的颜色区分及走向标识。

4.2.4末端治理

4.2.4.1印刷行业有机废气处理技术选择原则

由于印刷企业所用油墨种类的不同，导致在有机废气产生的风量、浓度和所含有机物种类存在较大差异。因此有机废气处理工艺的选择必须结合废气的规模、污染物种类和浓度、企业经济状况等实际情况选择适合的处理工艺，总体应该遵循资源回收利用、处理达标、效率稳定、经济实用四个原则。

4.2.4.2印刷行业有机废气处理技术选择基本方法

首先对企业产生的有机废气的工段进行分析，并对产生气量和浓度进行测量，作为处理工艺选择的基础资料。

由《印刷行业挥发性有机化合物排放标准》（DB44/815），确定经过处理后有机废气的排放浓度，再根据测量的浓度，计算有机废气处理工艺需要达到的处理效率，将可达到该处理效率的处理工艺作为备选。其次，以适宜温度范围作为条件，筛选已得到的有机废气处理工艺。再根据企业的经济状况，筛选建设成本和运行成本、自动化程度都适宜的有机废气工艺。

4.2.4.3 印刷行业有机废气预处理技术

在大多数情况下，有机废气处理之前要进行预处理。预处理一般包括：除去颗粒物、油雾、催化剂毒物及难脱附的气态污染物等，并调节气体温度、湿度、浓度和压力等以满足后续处理工艺要求。颗粒物、油雾、催化剂毒物及难脱附的气态污染物和气体湿度过大均会导致堵塞吸附剂微孔，降低吸附容量，因此在进入吸附床层之前应尽可能的除去。进入吸附系统的废气温度一般应低于40℃。颗粒物的去除宜采用过滤及洗涤等方法，保证进入后续处理装置的废气中颗粒物浓度低于1mg/m3。同时，进入吸附系统的易燃、易爆有机废气浓度应控制在其爆炸极限下限的25%以下。对于含有混合有机化合物的废气，其控制浓度P应低于最易爆炸组分或混合气体爆炸极限下限值的25%，即P＜min（Pe，Pm）×25%，Pe为最易爆炸组分极限下限值（%），Pm为混合气体爆炸极限下限值（%），Pm按照下式进行计算：

Pm=（P1+P2+…+Pn）/（V1/P1+V2/P2+…+Vn/Pn）

式中：

Pm——混合气体爆炸极限下限值，%；

P1，P2，…，Pn——混合气体中各组分的爆炸极限下限值，%；

V1，V2，…，Vn——混合气体中各组分所占的体积百分数，%；

n——混合有机废气中所含有机化合物的种类数量。

表5列出了部分适用于印刷企业开展有机废气治理的预处理技术，并简要列出了使用的作用，供企业在选择VOCs治理技术时参考使用，企业可根据废气的性质选择一种或多种预处理工艺串联使用。

表5 印刷行业有机废气预处理工艺

|  |  |
| --- | --- |
| **预处理工艺** | **目的及作用** |
| **冷却** | 降温 |
| **过滤** | 去除油雾及水分 |
| **洗涤** | 去除油雾及颗粒物 |
| **喷淋** | 却除颗粒物及催化剂毒物 |
| **吸收** | 催化剂毒物 |

4.2.4.4 印刷行业有机废气治理技术

1、吸附

吸附浓缩技术是利用各种固体吸附剂（如活性炭（包括活性炭纤维）、分子筛、活性氧化铝和硅胶等）对排放废气中的VOCs进行吸附浓缩，同时达到净化废气的目的。吸附工艺主要分为吸附段和脱附段。

吸附段主要注意事项：

（1）对中低浓度VOCs的净化（一般在<1000mg/m3）净化效率能达到30%-50%，由于效率较低，一般与其他处理工艺串联使用。

（2）在不施用深冷、高压的手段下，可以有效回收有价值的有机物组分。

（3）吸附剂应选择具有大比表面和孔隙率的；具有良好选择性的；吸附能力强，吸附容量大的；易于再生；机械强度；化学稳定性；热稳定性好；使用寿命长的。

（4）活性炭装填时应先筛去碎粒与粉尘。然后层层均匀铺开，不得直接倒入，以免使大小颗粒装填不均，最终造成气体偏流，影响使用效果。

（5）更换填料或运行维护过程中产生的固体废物需要有明确的处理处置管理办法规范管理，将其作为危险废物处理，需交由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。

（6）固定床吸附器应符合《环境保护产品技术要求工业废气吸附净化装置》（HJ/T386）的规定。吸附层的风速应根据吸附剂的材质、结构和性能共同确定；采用颗粒状活性炭时，宜取0.20-0.60m/s，采用蜂窝状活性炭时，宜取0.70-1.20m/s。对于废气浓度特别低或有特殊要求的场合，风速可适当增加。

（7）吸附装置用于处理易燃、易爆气体时，应符合安全生产及事故防范的相关要求。除控制处理气体的浓度外，在管道系统的适当位置，应安装符合《石油气体管道阻火器》（GB/T13347）规定的阻火装置。接地电阻应小于2Ω。

脱附段主要注意事项：

（1）脱附操作可采用升温、降压、置换、吹扫和化学转化等脱附方式或几种方式的组合。

（2）脱附气源可采用热空气、热烟气和低压水蒸气。

（3）当回收脱附产物时，应保证脱附后气体达到设计要求的冷却水平。

（4）有机溶剂的脱附宜选用水蒸气和热空气，当回收的有机溶剂沸点较低时，冷凝水宜使用低温水；对不溶于水的有机溶剂冷凝后直接回收，对溶于水的有机溶剂应进一步分离回收。

（5）采用活性炭作为吸附剂时，脱附气体的温度宜控制在120℃以下。

2、生物净化

通过附着在反应器内填料上的微生物的新陈代谢作用将有机废气中的污染物转化为简单的无机物（CO2、H2O和SO2等）和微生物。

使用生物净化时，应注意：

（1）生物法适合处理“高水溶性+易生物降解”的VOCs，去除效率能达到30%-50%，对其余类型的VOCs处理效果较差，生物法处理效果从大到小依次为醇类、酯类、苯系物>醛、酮、卤代烃>小分子烯烃、烷烃。

（2）主要应用于中低浓度（一般在<1000mg/m3）有机废气的处理；风量较大的情况下，其处理的浓度更低（一般在<200mg/m3）。

（3）微生物的筛选和挂膜的时间较长。

（4）要通过有效预处理和合理管理，尽量降低填料堵塞带来的影响。

（5）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，需交由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。

3、直接燃烧

燃烧分为常规直接燃烧（TO）和蓄热式燃烧（RTO）。是利用辅助燃料燃烧所发生热量，把可燃的有害气体的温度提高到700-900℃的反应温度，从而发生氧化分解。由于燃烧焚烧炉可于较短时间内达到在线状态，非常适合用于高浓度废气及间歇性批式排放工艺。RTO处理系统中加温和氧化分解产生的热能利用具有高热容量的陶瓷蓄热体作为蓄热系统，实现换热效率达到90%以上的节能效果。

使用燃烧时，应注意：

（1）处理净化效率高，能达到90%以上，连续运行稳定，技术成熟且安全可靠、操作维护简单，使用寿命长。

（2）一次性投资成本高，运行成本较高；

（3）严格控制进口有机物的浓度，使其入口浓度必须远低于爆炸下限，控制在一个安全的水平。

（4）不适宜处理小于8000m3/h以下风量的废气，对含有机硅成分较多的废气容易造成蓄热体堵塞，更换蓄热材料费用较高；

4、催化燃烧

催化燃烧分为常规催化燃烧（CO）和蓄热式催化燃烧（RCO）。利用结合在高热容量陶瓷蓄热体上的催化剂，使有机气体在300~400℃的较低温度下，氧化为水和二氧化碳。RCO处理系统加热和氧化产生的热量被蓄热体储存并用以加热待处理废气，以提高换热效率。

使用蓄热催化燃烧时，应注意：

（1）处理净化效率较高，能达到90%以上，比蓄热式燃烧节约25％～40％运行费用，其热回收效率可达90%以上；很少产生NOX和SOX，不受水汽含量影响。

（2）催化剂的选择需要与处理对象相吻合，处理成分复杂的废气时效果不理想；

（3）催化剂的工作温度应低于700℃，并能够承受900℃短时间的高温冲击，设计工况下催化剂使用寿命应大于8500h。

（4）设计工况下蓄热式催化燃烧装置中蓄热体的使用寿命应大于24000h。

（5）催化燃烧装置预热室的预热温度宜控制在250-350℃，不宜超过400℃。

（6）催化剂床层的设计空速应考虑催化剂的种类、载体的型式、废气的组分等因素，宜大于10000/h，但不宜大于40000/h。

5、冷凝

废气中的VOCs在冷凝器中冷凝，通过降低气体温度使VOCs达到过饱和后从气体中液化出来而得到净化，冷凝下来的有机物可以回收利用。

使用冷凝法时，应注意：

（1）主要用于处理高浓度废气，特别是组分比较单纯的、有一定回收经济价值的废气，去除效率为30%-40%；

（2）冷凝法吸收效率波动幅度大，可作为燃烧或吸附处理的预处理工段，特别是VOCs含量较高时，可通过冷凝回收降低后续净化装置的操作负担；

（3）可处理含有大量水蒸气的高温蒸汽。

（4）冷凝法对废气的处理程度受到冷凝温度限制，要处理效率高或处理低浓度废气时，需要将废气冷却到非常低的温度，经济上不合算。

6、印刷行业有机废气治理组合技术

印刷行业废气中VOCs通常为中低浓度（<1000mg/m3），通常采用物理吸附-（回收）-销毁处置方法。

（1）典型组合工艺

活性炭吸附（沸石转轮吸附）+蓄热催化燃烧（蓄热式燃烧）

首先采用活性炭（沸石转轮）对废气中的VOCs进行吸附浓缩，再通过升温脱附，将大风量、低浓度的含VOCs废气转变为小风量、高浓度的含VOCs废气，再通过蓄热催化燃烧（蓄热式燃烧）对其继续销毁。

活性炭吸附+冷凝

首先采用活性炭对废气中的单一成分的VOCs进行吸附浓缩，再通过升温脱附，将大风量、低浓度的含VOCs废气转变为小风量、高浓度的含VOCs废气，通过冷凝对其进行回收后再利用。

（2）典型组合工艺的优缺点

几种典型组合工艺的优缺点见表6所示。

表6 组合工艺特点比较

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **典型组合工艺** | **优点** | **缺点** |
| **活性炭吸附+蓄热式燃烧** | 造价相对较低、前期投入较少。蓄热式燃烧有一定的自我调节能力，扩干扰能力强，热回收效率90%以上 | 脱附时有燃烧危险，风险相对较高。燃烧温度高，产生NOx |
| **活性炭吸附+蓄热式催化燃烧** | 造价相对较低、前期投入较少。起燃温度低，节约能源，处理效率高，无二次污染 | 催化剂成本高，其存在中毒和寿命问题。脱附时有燃烧危险，风险相对较高 |
| **沸石转轮吸附+蓄热催化燃烧** | 沸石不具备可燃性，不会引发溶剂反应。吸收VOCs产生的压降低，电耗少。起燃温度低，节约能源，处理效率高，无二次污染 | 造价高，维护成本高。容易发生高沸点VOCs残留，必须进行预处理。脱附温度较高，脱附出的VOCs容易与氧气反应 |
| **活性炭吸附+冷凝** | 回收有用的有机溶剂 | 设备庞大、适合有机溶剂单一的企业 |

4.2.4.5工艺指标

几种治理技术的各项经济和技术指标见表7。

表7几种治理技术的各项经济和技术指标

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **类型** | **治理技术** | **去除效率** | **建设**  **成本** | **运行**  **成本** | **安全**  **系数** | **自动化**  **程度** | **监控**  **难度** |
| **单一工艺** | 活性炭吸附 | 30%-50% | \* | \*\*\* | \*\*\*\* | \*\*\* | \*\*\*\*\* |
| 生物净化 | 30%-50% | \* | \* | \*\*\*\* | \*\*\* | \*\* |
| 冷凝 | 30%-40% | \*\* | \*\* | \*\*\*\*\* | \*\*\* | \*\* |
| **组合工艺** | 活性炭吸附+蓄热式燃烧 | ＞90% | \*\*\*\* | \*\*\*\* | \*\*\*\* | \*\*\*\*\* | \* |
| 活性炭吸附+蓄热式催化燃烧 | ＞90% | \*\*\*\* | \*\*\*\* | \*\*\*\* | \*\*\*\*\* | \* |
| 沸石转轮吸附+蓄热催化燃烧 | ＞90% | \*\*\*\*\* | \*\*\*\*\* | \*\*\*\*\* | \*\*\*\*\* | \* |
| 活性炭吸附+冷凝 | 40%-60% | \*\*\* | \*\*\*\* | \*\*\*\*\* | \*\*\* | \*\*\* |

5.管理要求

5.1企业管理要求

5.1.1 企业应对治理设施的正常运行和安全管理负责。

5.1.2 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。

5.1.3 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。

5.1.4 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：治理装置的启动、停止时间；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；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；主要设备维修情况；运行事故及维修情况；定期检验、评价及评估情况；吸附法、吸收法产生的危险废物、污水等处置情况。

5.1.5 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。

5.1.6 企业必须对治理设施的安全运行负责，编制与治理设施相关的事故火灾、爆炸等应急救援预案，配备应急救援人员和器材，并定期开展应急演练。

5.2环保部门监管要求

5.2.1 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。

5.2.2 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。

5.2.3 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。

5.2.4 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。

附件1:

表1 金属表面涂装行业可替代环保涂料前后对比

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **类型** | **含VOCs原辅材料** | | | **可替代原辅材料** | | |
| 类型 | 主要成分 | VOCs含量 | 类型 | 主要成分 | VOCs含量 |
| **溶剂型**  **涂料** | 环氧漆 | 环氧树脂、体质颜料及固化剂 | 约30% | 水性环氧树脂涂料 | 水性环氧乳液、水性环氧固化剂 | 低于10% |
| 硝基漆  （NC漆） | 甲苯、二甲苯、乙酸正丁酯、2- 丁酮、甲醇 | 35%～45% | 水性涂料 | 醚类物质 | 6.5%～10% |
| 聚氨酯漆  （PU漆） | 二甲苯、甲苯、环己酮、乙酸丁酯、乙酸乙酯、醋酸丁酯 | 28%～66% | 紫外光固化涂料  （UV漆） | 三丙二醇二丙烯酸酯、三羟甲基丙烷三丙烯酸酯、三丙二醇二丙烯酸酯、二甲苯、醋酸丁酯 | 4.5%～20% |
| 电子束固化涂料  （EB涂料） | 预聚物树脂（环氧丙烯酸酯、聚酯丙烯酸酯、聚氨酯丙烯酸酯、聚醚丙烯酸脂等）、稀释剂单体 | 低于2% |
| 醇酸漆 | 醇酸树脂 | 大于40% | 水性醇酸树脂 | 多元醇、多元酸、植物油（酸）或其他脂肪酸、有机胺、醇醚类 | 低于10% |
| 含异氰脲酸三缩水甘油酯（TGIC）的粉末涂料 | 异氰脲酸三缩水甘油酯（TGIC） | 约28% | 不含异氰脲酸三缩水甘油酯（TGIC）的粉末涂料 | 环氧树脂、羟烷基酰胺等 | 0% |
| **颜料** | 铅基和镉基  颜料 | 铅基颜料、镉基颜料 | / | 环保稀土颜料 | 硫化铈等稀土硫化物 | / |
| **稀释剂** | 天那水、蓝水、白水 | 二甲苯、醋酸丁酯、乙酸乙酯、环己酮、乙酸异戊酯 | 100% | 水性稀释剂 | 水 | 0% |
| **固化剂** | 油性固化剂 | 二甲苯、醋酸丁酯、醋酸乙酯 | 100% | 水性固化剂 | 聚氨脂或水性乙醛酸脂等 | 10%～20% |
| **表面**  **处理剂** | 磷化液 | 磷酸二氢盐 | / | 金属表面硅烷处理剂 | 硅烷偶联剂 | / |

表2 家具制造行业可替代环保涂料前后对比

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **类型** | **含VOCs原辅材料** | | | **可替代原辅材料** | | |
| 类型 | 主要成分 | VOCs含量 | 类型 | 主要成分 | VOCs含量 |
| **溶剂型**  **涂料** | 聚氨酯涂料  （PU漆） | 二甲苯、甲苯、环己酮、乙酸丁酯、乙酸乙酯、醋酸丁酯 | 35%～45% | 紫外光固化涂料  （UV漆） | 三丙二醇二丙烯酸酯、三羟甲基丙烷三丙烯酸酯、三丙二醇二丙烯酸酯、二甲苯、醋酸丁酯 | 4.5%～20% |
| 电子束固化涂料  （EB涂料） | 预聚物树脂（环氧丙烯酸酯、聚酯丙烯酸酯、聚氨酯丙烯酸酯、聚醚丙烯酸脂等）、稀释剂单体 | 低于2% |
| 不饱和聚酯涂料  （PE漆） | 主剂（顺丁烯二酸酐、丙二醇等）、引发剂、促进剂 | 0%～20% |
| 水性涂料 | 醚类物质 | 6.5%～10% |
| 硝基涂料  （NC漆） | 甲苯、二甲苯、乙酸正丁酯、2-丁酮、甲醇 | 50%～80% | 粉末涂料 | 树脂、颜料、填料、助剂 | 0% |
| **稀释剂** | 天那水、蓝水、白水 | 二甲苯、醋酸丁酯、乙酸乙酯、环己酮、乙酸异戊酯 | 100% | 水性稀释剂 | 水 | 0% |
| **油墨** | 塑料凹版油墨 | 醇类、酯类、苯类、酮类等 | 65% | 水性塑料油墨 | 丙烯酸树脂、高级颜料、纯净水、助剂 | / |
| **胶粘剂** | 溶剂型胶粘剂 | 主剂（聚乙烯、丙烯酸树脂、环氧树脂、酚醛树脂等）、助剂 | 约 80% | 水性胶粘剂或无溶剂胶粘剂 | 聚乙烯醇、乙烯乙酸酯、丙烯酸、聚氨酯、酚醛类等 | 约 10% |

表3 印刷行业可替代环保涂料前后对比

| **印刷方式** | **含VOCs原辅材料** | | | **可替代原辅材料** | | |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **类型** | **主要成分** | **VOCs含量** | **类型** | **主要成分** | **VOCs含量** |
| **平版印刷** | 热固型油墨 | 酚醛改性松香树脂、矿物油、植物油、色料、其他助剂 | 25～35% | UV固化油墨 | 预聚物树脂（环氧丙烯酸酯、聚酯丙烯酸酯、丙烯酸氨基甲酸脂、聚醚丙烯酸脂等）、稀释剂单体、光引发剂 | 10～15% |
| EB固化油墨（或低VOCs含量油墨） | 颜料、连接料（丙烯酸类树脂）、辅助剂 | 0～2% |
| 大豆油墨 | 大豆油、添加剂（色素、树脂） | 0～20% |
| 溶剂型油墨 | 颜料、合成树脂、植物油、矿物油、助剂、溶剂 | 20%～70% | 水性油墨 | 颜料、乙醇、松香、水 | 0%～10% |
| 溶剂型稀释剂 | 二甲苯、环己酯、乙酯、乙醇、丙二醇甲醚、丙二醇甲醚醋酸酯、戊二酸二甲酯 | 100% | 水性稀释剂 | 异丙醇、水 | 100%/0%（水） |
| 润版液 | 异丙醇、乙醇、乙二醇 | 60%～80% | 低（无）酒精润版液 | 乙醇、异丙醇或其它醇类 | 0～5% |
| 溶剂型清洗剂 | 汽油、甲苯、乙醇 | 100% | 水性清洗剂 | 乙醇、白电油、表面活性剂 | 100%/0%（水） |
| **柔版印刷**  **凸版印刷** | 溶剂型油墨 | 丁酮、甲基异丁基酮、甲苯、异丙醇、乙醇、丙醇、乙酸乙酯、乙酸丙酯 | 45%～70% | 水性油墨 | 丙二醇、水性丙烯酸乳液、水性颜料、水性消泡剂 | 5%～10% |
| EB固化油墨 | 颜料、连接料（丙烯酸类树脂）、辅助剂 | 0～2% |
| 溶剂型稀释剂 | 乙醇、正丙醇、异丙醇、甲基乙丁基酮、丁酮、乙酸乙酯、正丙酯、甲苯、丙酸、异丙酸 | 100% | 水性稀释剂 | 水 | 0% |
| 溶剂型清洗剂 | 乙醇、甲苯、乙酯、丁酮、 异丙醇 | 100% | 水性清洗剂 | 水 | 0% |
| **凹版印刷** | 溶剂型油墨 | 合成树脂、颜料、助剂、醇类、酯类、酮类、烷烃类有机溶剂 | 50%～90% | 水性油墨 | 乙醇、异丙醇、水 | ＜30% |
| EB固化油墨 | 颜料、连接料（丙烯酸类树脂）、辅助剂 | ＜2% |
| 溶剂型稀释剂 | 醇类、酯类、酮类、烷烃类有机溶剂 | 100% | 水性稀释剂 | 醇水混合物 | ＜30% |
| 溶剂型清洗剂 | 醇类、酯类、酮类、烷烃类有机溶剂 | 100% | 水性清洗剂 | 醇水混合物 | ＜30% |
| **孔版印刷**  **/丝印** | 溶剂型油墨 | 颜料、合成树脂、芳烃类、醚类、异佛尔酮 | 45%～70% | UV固化油墨 | 预聚物树脂（环氧丙烯酸酯、聚酯丙烯酸酯、丙烯酸氨基甲酸脂、聚醚丙烯酸脂等）、稀释剂单体、光引发剂 | 10～15% |
| 水性油墨 | 树脂、水、颜料、助溶剂（酒精等）、助剂、水 | 0%～10% |
| 溶剂型稀释剂 | 乙醇、丙二醇甲醚、丙二醇甲醚醋酸酯、戊二酸二甲酯、异佛尔酮和石油醚 | 100% | 水性稀释剂 | 水 | 0% |
| 溶剂型清洗剂 | 丙醇、二丙二醇单甲醚、正己烷 | 100% | 水性清洗剂 | 水 | 0% |
| **复合** | 溶剂型胶粘剂 | 合成树脂、助剂、醇类、酯类、酮类、烷烃类有机溶剂 | 30-50% | 水性胶粘剂 | 合成树脂、助剂、水 | 约 5% |
| 溶剂型稀释剂 | 醇类、酯类、酮类、烷烃类有机溶剂 | 100% | 水性清洗剂 | 水 | 0% |
| 溶剂型清洗剂 | 醇类、酯类、酮类、烷烃类有机溶剂 | 100% | 无溶剂胶粘剂 | 合成树脂、助剂 | 0% |