

# 河南省挥发性有机物污染控制技术指南

为进一步做好挥发性有机物治理工作，持续改善环境空气质量，根据生态环境部《关于印发“十三五”挥发性有机物污染防治工作方案的通知》（环大气〔2017〕121号）、《关于印发重点行业挥发性有机物综合治理方案的通知》（环大气〔2019〕53号），结合我省实际，按照源头控制、过程管理、末端治理、精细化管控等原则，制定了《河南省石化行业挥发性有机物污染控制技术指南》、《河南省涂料、油墨、胶黏剂及其类似产品制造行业挥发性有机物污染控制技术指南》、《河南省制药、农药及其他化工行业挥发性有机物污染控制技术指南》、《河南省化工装置开停工及检维修挥发性有机物污染控制技术指南》、《河南省印刷行业挥发性有机物污染控制技术指南》、《河南省油品储运销行业挥发性有机物污染控制技术指南》、《河南省挥发性有机物治理设施运行管理技术指南》，请参照执行。

- 附件：1. 河南省石化行业挥发性有机物污染控制技术指南  
2. 河南省涂料、油墨、胶粘剂及其类似产品制造行业挥发性有机物污染控制技术指南  
3. 河南省制药、农药及其他化工行业挥发性有机物污染控制技术指南

4. 河南省化工装置开停工及检维修挥发性有机物污染控制技术指南
5. 河南省印刷行业挥发性有机物污染控制技术指南
6. 河南省油品储运销行业挥发性有机物污染控制技术指南
7. 河南省挥发性有机物治理设施运行管理技术指南

## 附件 1

# 河南省石化行业挥发性 有机物污染控制技术指南

### 一、适用范围

本指南适用于指导河南省辖区内石化行业挥发性有机物（VOCs）的控制管理。

### 二、VOCs 产排污环节

石化企业VOCs排放源包括设备及管线组件泄漏，有机液体储存与调和挥发损失，有机液体装卸挥发损失，废水集输、储存、处理处置过程逸散，工艺有组织排放，工艺无组织排放，循环水冷却系统释放，非正常工况（含开停工及维修）排放，火炬排放，燃烧烟气排放，采样过程排放、事故排放共12项，主要来源有以下9项，见表1。

表1 石化企业VOCs主要产排污环节

序号	VOCs 主要产排污环节	描述
1	设备及管线组件泄漏	装置或设施的动、静密封点排放的 VOCs。
2	有机液体储存与调和挥发损失	VOCs 排放来源于挥发性有机液体固定顶罐（立式和卧式）、浮顶罐（内浮顶和外浮顶）的静止呼吸损耗和工作损耗。
3	有机液体装卸挥发损失	挥发性有机液体在装卸、分装过程中逸散进入大气的 VOCs。
4	废水集输、储存、处理处置过程逸散	废水在收集、储存及处理过程中从水中挥发的 VOCs。

序号	VOCs 主要产排污环节	描述
5	工艺有组织排放	主要指生产过程中装置有组织排放的 VOCs，其排放受生产工艺过程的操作形式（间歇、连续）、工艺条件、物料性质等影响。
6	工艺无组织排放	主要指非密闭式工艺过程中的无组织排放，在生产材料准备、工艺反应、产品精馏、萃取、结晶、干燥、卸料等工艺过程中，污染物在生产加注、反应、分离、净化等单元操作过程中，通过蒸发、闪蒸、吹扫、置换、喷溅、涂布等方式逸散到大气中，属于正常工况下的无组织排放。
7	循环水冷却系统释放	由于设备泄漏，导致有机物料进入冷却水一侧，冷却水将物料带出，冷却过程由于凉水塔的汽提作用和风吹逸散，从冷却水中排入大气的 VOCs。
8	火炬排放	工艺装置开停车、火灾事故、公用工程事故及其他事故等紧急状态下，无法进行有效回收的可燃性气体进入火炬系统焚烧，火炬排放废气中仍包括未燃烧的 VOCs。
9	采样过程排放	采样管线内物料置换和置换出物料的收集储存过程中，逸散的 VOCs。

### 三、治理技术要求

#### （一）过程控制

##### 1. 推进使用先进设备

推进设备改良，采用减少或改变设备密封点的方法从源头控制 VOCs 的无组织排放，比如泵类采用无轴式泵、双机械轴封、密闭抽气系统等高效控制技术，气体阀门、挥发性有机液体阀门推荐采用隔膜阀，释压阀采用破裂盘、密闭集气系统，管线尽量采用焊接，减少法兰连接，压缩机采用隔膜阀、止漏流体密封并密闭抽气，含 VOCs 的采样应采用密闭采样或等效设施。

##### 2. 挥发性有机液体储罐 VOCs 控制

（1）合理选择罐型及密封方式，加大中间储罐等治理力度。

1) 储存真实蒸气压 $\geq 76.6\text{kPa}$ 的挥发性有机液体应采用压力储罐。

2) 储存真实蒸气压 $\geq 2.8\text{kPa}$ 但 $< 27.6\text{kPa}$ 且设计容积 $\geq 150\text{m}^3$ 的挥发性有机液体储罐，以及储存真实蒸气压 $\geq 27.6\text{kPa}$ 但 $< 76.6\text{kPa}$ 且设计容积 $\geq 75\text{m}^3$ 的挥发性有机液体储罐，应符合下列规定之一：

a) 采用内浮顶罐的，内浮顶罐的浮盘与罐壁之间应采用浸液式、机械式鞋形、双封式等高效密封方式。

b) 采用外浮顶罐的，外浮顶罐的浮盘与罐壁之间应采用双封式密封，且一次密封采用浸液式、机械式鞋形等高效密封方式。

c) 采用固定顶罐的，应安装密闭排气系统至有机废气回收或处理装置。

3) 鼓励企业采用压力罐、浮顶罐等替代固定顶罐。

(2) 合理使用涂漆。选择罐壁涂料颜色时，应尽可能在满足相关规范要求的前提下，选择白色罐壁涂料，同时选用不易由于化学变化而降低其反射太阳辐射性能的涂料。另外，储罐涂层应定期重刷，以保护罐体不被腐蚀，并保持良好的反射阳光的性能。

(3) 定期检查浮盘密封。浮顶罐浮盘上的开口、缝隙密封设施，以及浮盘与罐壁之间的密封设施在工作状态下应保持密闭。对浮盘的检查至少每 6 个月进行一次，每次检查应记录浮盘密封设施的状态，记录应保存至少 1 年以上。

(4) 加强维护。罐体应保持完好，不应有孔洞、缝隙，浮顶边缘密封不应有破损。附件开口（孔），除采样、计量、例行检查、维护和其他正常活动外，应密闭。浮顶罐支柱、导向装置等储罐附件穿过浮顶时，应采取密封措施。浮顶罐除储罐排空作业外，浮顶应始终漂浮于储存物料的表面。浮顶罐自动通气阀在浮顶处处于漂浮状态时应关闭且密封良好，仅在浮顶处于支撑状态时开启。除自动通气阀、边缘呼吸阀外，浮顶罐的外边缘板及所有通过浮顶的开孔接管均应浸入液面下。定期检查固定顶罐呼吸阀的定压是否符合设定要求。

### 3. 挥发性有机液体装载 VOCs 控制

挥发性有机液体装车优先采用底部装载方式；底部装载结束并断开快接头时，滴洒量不应超过10mL，滴洒量取连续3次断开操作的平均值。无法实现底部装载的应采用带有机锁紧式密封鹤管的顶部浸没式装载方式，出口距离罐底高度应小于200 mm；并定期检测密封部件，保障废气收集效率。

装载过程排放的废气应收集处理并满足排放标准，或连接至气相平衡系统。

### 4. 生产过程 VOCs 控制

#### (1) 设备与管线组件泄漏检测与修复

严格按照《石化企业泄漏检测与修复工作指南》规定，建立台账，开展泄漏检测、修复、质量控制、记录管理等工作。参照《挥发性有机物无组织排放控制标准》（GB 37822）有关设备

与管线组件VOCs泄漏控制监督要求，对石化企业密封点泄漏加强监管。鼓励对泄漏量大的密封点实施包袋法检测，对不可达密封点采用红外法检测。

应对VOCs流经的泵、压缩机、阀门、开口阀或开口管线、法兰及其他连接件、泄压设备、取样连接系统及其他密封设备进行泄漏检测与修复。其中泵、压缩机、阀门、开口阀或开口管线、气体/蒸汽泄压设备、取样连接系统至少每3个月检测一次；法兰及其他连接件、其他密封设备至少每6个月检测一次；对于VOCs流经的初次开工开始运转的设备和管线组件，应在开工后30日内对其进行第一次检测；挥发性有机液体流经的设备和管线组件每周应进行目视观察，检查其密封处是否出现滴液迹象。

当检测到泄漏时，在可行条件下应尽快维修，一般不晚于发现泄漏后15日；首次（尝试）维修不应晚于检测到泄漏后5日，首次尝试维修应当包括拧紧密封螺母或压盖、在设计压力及温度下密封冲洗等措施；若检测到泄漏后，在不关闭工艺单元的条件下，在15日内进行维修技术上不可行，则可以延迟维修，但不应晚于最近一个停工期。

## （2）物料输送（转移）、投加、分离、抽真空与干燥

重点推进使用低（无）泄漏的泵、压缩机、过滤机、离心机、干燥设备等。

采用无泄漏泵或高位槽投加液体物料，采用管道自动计量并投加粉体物料，或者采用投料器密闭投加粉体物料。采用全自动

密闭式(氮气或空气密封)的压滤机及全自动密闭或半密闭式的离心机,压滤和离心产生的母液须密闭收集,因正压产生的废气应收集后接入废气处理系统;蒸馏、抽真空、抽滤等物料分离产生的废气须收集后接入废气处理系统。真空系统应采用干式真空泵,真空排气应排至VOCs收集处理系统;若使用液环(水环)真空泵、水(水蒸气)喷射真空泵等,工作介质的循环槽(罐)应密闭,真空排气、循环槽(罐)排气应排至VOCs废气收集处理系统。挥发性物料干燥操作单元应采用密闭式的干燥设备,干燥过程中挥发的有机废气应收集、处理。

### (3) 有机废气收集、传输与处理

空气氧化反应器产生的含VOCs尾气,有机固体物料气体输送废气,用于含VOCs容器真空保持的真空泵排气,非正常工况下生产设备通过安全阀排出的含VOCs的废气,序批式反应器原料装填过程、气相空间保护气置换过程、反应器升温过程和反应器清洗过程排出的废气,用于输送、储存、处理含VOCs的生产设施及污染控制设施在检维修时清扫气,以及生产装置与设备开停工过程的有机废气,均应接入有机废气回收或处理装置,有机废气收集、传输设施的设置和操作条件应保证被收集的有机气体不通过收集、传输设施的开口向大气泄漏。

### 5. 废水集输、储存、处理处置过程 VOCs 控制

用于集输、储存、处理含VOCs的废水设施应密闭,产生的废气应接至废气回收或处理装置集中处置。密闭设施上的开口应

设置封盖，封盖与密闭体应设密封垫，开口在不使用时应密封。废气收集系统应在负压下运行。

废水系统的接入口和排出口应采取与环境空气隔离的措施。

#### 6. 循环水系统 VOCs 控制

加强循环水监测，每六个月至少开展一次循环水塔和含 VOCs 物料换热设备进出口总有机碳（TOC）或可吹扫有机碳（POC）监测工作，出口浓度大于进口浓度10%的，要溯源泄漏点并及时修复。

#### 7. 化学品仓库、危险废物暂存库 VOCs 控制

对于化学品仓库、固废仓库应密闭、整体通风换气，置换的废气送废气处理设施处理。。

#### 8. 强化控制火炬 VOCs 排放

可以采用装置排放控制、设置可燃气回收设施、加强消烟设施、提高火炬无烟处理等手段有效控制。针对火炬排放VOCs，优先推荐设置火炬墙技术，采用多个火炬串联工作，根据实际工况，合理选择火炬的开启和关闭，以保证VOCs的达标排放。火炬燃烧装置应当用于工艺装置开停车、火灾事故、公用工程事故及其他事故等紧急状态下，无法进行有效回收的可燃性气体的应急处置，不得作为日常大气污染处理设施。企业应连续监测、记录各类紧急状态下引燃设施和火炬的工作状态（火炬气流量、火炬头温度、火种气流量、火种温度等），并保存记录至少 1 年以上。

## 9. 采样过程 VOCs 控制

现状为开口管线采样的，应进行改造，加装或更换密闭式采样系统。新建企业应设计密闭式采样系统。

### （三）废气收集和末端治理

#### 1. 废气收集系统

企业应考虑生产工艺、操作方式、废气性质、处理方法等因素，对 VOCs 废气进行分类收集。废气收集系统排风罩（集气罩）的设置应符合《排风罩的分类及技术条件》（GB/T 16758）的规定。采用外部排风罩的，应按《排风罩的分类及技术条件》（GB/T 16758）、《局部排风设施控制风速检测与评估》（AQ/T 4274）规定的方法测量控制风速，测量点应选取在距排风罩开口面最远处的VOCs 无组织排放位置，控制风速不应低于0.3 m/s（行业相关规范有具体规定的，按相关规定执行）。废气输送管道应密闭，废气收集系统应在负压下运行，若处于正压状态，应对输送管道组件的密封点进行泄漏检测，泄漏检测值不应超过500 mmol/mol，亦不应有感官可察觉泄漏。废气收集系统应综合考虑防火、防爆、防腐蚀、耐高温、防结露、防堵塞等问题。

#### 2. 末端治理可行技术

优先选用冷凝、吸附再生等回收技术；难以回收的，宜选用燃烧、吸附浓缩+燃烧等高效治理技术。回收技术推荐选择冷凝法、吸附法、吸收法、膜分离法等工艺；燃烧技术推荐选择常规直接燃烧（TO）、蓄热式燃烧（RTO）、催化燃烧（CO）、蓄

热式催化燃烧（RCO）等。石油炼制企业和石油化学企业有机废气排放口 VOCs 去除效率应不低于 97%；其他石化企业废气中 VOCs 初始排放速率大于等于 2kg/h 的，VOCs 去除效率应不低于 80%。禁止采用单一低效措施，如仅采用低温等离子、光催化、光氧化、一次性活性炭吸附等处理技术。

石化企业常见 VOCs 治理可行技术见表 2，石化企业常见 VOCs 治理技术适用条件见表 3。

**表2 石化企业常见VOCs治理可行技术**

序号	VOCs 产排污环节	常见的可行治理技术
1	储罐呼吸废气、有机液体装卸废气	变温吸附、膜分离-变压吸附、催化燃烧 CO、蓄热燃烧 RTO、蓄热催化燃烧 RCO、直接燃烧 TO、回收（冷凝、吸附、膜分离）+燃烧组合工艺
2	工艺过程尾气	催化燃烧 CO、蓄热催化燃烧 RCO、蓄热燃烧 RTO、直接燃烧 TO 等
3	丙烯腈装置的 VOCs 废气治理	燃烧+选择性催化还原（SCR）净化技术
4	废水集输、储存、处理处置过程废气	高浓度废气（隔油池、气浮池、提升池等）：催化燃烧、蓄热燃烧、蓄热催化燃烧、回收+燃烧组合工艺
		生化废气：生物法

**表3 石化企业常见VOCs治理技术适用条件**

序号	处理技术	适用废气量范围- (Nm <sup>3</sup> /h)	适用VOCs浓度范围 (mg/Nm <sup>3</sup> )	VOCs排放浓度	备注
1	变温吸附回收	<3×10 <sup>4</sup>	1000~1.2×10 <sup>6</sup>	≤100mg/m <sup>3</sup>	
2	吸附吸收	<1×10 <sup>4</sup>	1.0×10 <sup>4</sup> ~1.2×10 <sup>6</sup>	一般情况25g/m <sup>3</sup> ,少数情况可以实现100mg/m <sup>3</sup>	
3	生物处理	<5×10 <sup>4</sup>	<500	-	

序号	处理技术	适用废气量范围- (Nm <sup>3</sup> /h)	适用VOCs浓度范围 (mg/Nm <sup>3</sup> )	VOCs排放浓度	备注
4	冷凝吸附	<5000	1.0×10 <sup>5</sup> ~1.0×10 <sup>6</sup>	一般情况25g/m <sup>3</sup> ,少数情况可实现100mg/m <sup>3</sup> 排放	连续操作工况需要设置在线融霜、双排换热器切换操作。
5	膜分离-变压吸附	<1.0×10 <sup>4</sup>	1.0×10 <sup>5</sup> ~1.0×10 <sup>6</sup>	VOCs : 80 ~ 100mg/m <sup>3</sup> 苯: 2~4mg/m <sup>3</sup>	操作压力需要在2barg以上;压缩过程需要使用液环压缩机,不得使用螺杆压缩机。
6	冷凝法	<5000	1.0×10 <sup>5</sup> ~1.0×10 <sup>6</sup>	单纯冷凝排放取决于冷凝物质在制冷温度下饱和蒸气压	连续操作工况需要设置在线融霜、双排换热器切换操作。
7	催化燃烧CO	<6×10 <sup>4</sup>	3000~1/4 LEL	20~100mg/m <sup>3</sup>	需注意催化剂使用条件,可导致催化剂中毒失活物质慎用。
8	蓄热式燃烧RTO	<2×10 <sup>5</sup>	1500~1/4 LEL	20~100mg/m <sup>3</sup>	
9	蓄热式催化燃烧RCO	<2×10 <sup>4</sup>	600~3000	20~100mg/m <sup>3</sup>	需注意催化剂使用条件,可导致催化剂中毒失活物质慎用。
10	直接燃烧技术TO	<5×10 <sup>4</sup>	500~饱和浓度	20~100mg/m <sup>3</sup>	(1) 不含氧气废气浓度适应范围更广(2) 含氧废气有机物浓度不得超过1/4 LEL(3) 需采用低氮氧化物型燃烧器。
11	冷凝-催化燃烧CO或冷凝-蓄热燃烧RTO	<5000	1.0×10 <sup>5</sup> ~1.0×10 <sup>6</sup>	20~100mg/m <sup>3</sup>	连续操作工况需要设置在线融霜、双排换热器切换操作。
12	膜分离-催化燃烧CO或膜分离-蓄热燃烧RTO	<5000	1.0×10 <sup>5</sup> ~1.0×10 <sup>6</sup>	20~100mg/m <sup>3</sup>	
备注	<p>1. LEL为Lower Explosion Limited, 爆炸下限。</p> <p>2. 上述数据为常见适用条件,企业适用技术应根据废气组成、温度、压力、污染物的性质、污染物的含量和废气流量等参数具体确定。</p>				

### 3. 不同工艺技术要求

#### (1) 采用吸附工艺技术要求

吸附装置按照《吸附法工业有机废气治理工程技术规范》(HJ 2026) 进行建设, 满足工艺设计要求:

1) 进入吸附系统的废气温度宜控制在40℃以内。

2) 废气中颗粒物浓度宜低于1mg/m<sup>3</sup>。

3) 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, 其控制浓度应低于最易爆炸组分或混合气体爆炸极限下限值的25%。

4) 吸附装置的净化效率不得低于90%。

5) 有机溶剂的脱附宜选用水蒸汽和热氮气, 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。

6) 当采用降压解吸再生时, 煤质颗粒活性炭的性能应满足《回收溶剂用煤质颗粒活性炭》(GB/T 7701.2) 要求, 且丁烷工作容量(测试方法参见《活性炭丁烷工作容量测试方法》(GB/T 20449)) 应不小于12.5g/dl, BET比表面积不应小于1400m<sup>2</sup>/g。

7) 采用水蒸汽再生时, 水蒸汽的温度宜低于140℃。煤质颗粒活性炭的性能应满足《回收溶剂用煤质颗粒活性炭》(GB/T 7701.2) 要求, 且丁烷工作容量(测试方法参见《活性炭丁烷工作容量测试方法》(GB/T 20449)) 应不小于8.5g/dl, BET比表面积不应小于1200m<sup>2</sup>/g。

8) 采用热气流吹扫方式再生时, 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℃；对于含有沸点高于110℃的有机组分废气，不宜采用热空气再生。煤质活性炭应满足《净化空气用煤质颗粒活性炭》（GB/T 7701.5）要求。

9) 含有酮类等易燃气体时，不得采用热空气再生。脱附后气流中有机物的浓度应严格控制在爆炸极限下限的25%以下。

10) 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/T 386）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，采用纤维状吸附剂（活性炭纤维毡）时，气体流速宜低于0.15m/s。对于废气浓度特别低或有特殊要求的情况，风速可适当增加。

## （2）直接燃烧法技术要求

直接燃烧法分为常规直接燃烧（TO）和蓄热式燃烧（RTO）。该技术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，适用于高浓度废气。蓄热式燃烧（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，应注意：

1) 治理设施的风量宜按照最大废气排放量的105%进行设计。

2) 进入蓄热燃烧装置的废气中颗粒物浓度宜低于5 mg/m<sup>3</sup>，含有焦油等黏性物质时应从严控制。当废气中的颗粒物含量不满

足要求时，应采用过滤、喷淋、静电捕集等方式进行预处理。预处理工艺应根据废气的成分、性质和污染物的含量等因素进行选择。

3) 蓄热燃烧装置的热回收效率一般不宜低于90%，两室蓄热燃烧装置的净化效率一般不宜低于95%，多室或旋转式蓄热燃烧装置的净化效率一般不宜低于98%。

4) 应根据废气组分、净化效率等要求确定废气在燃烧室的停留时间，停留时间一般不宜低于0.75s。

5) 应根据废气组分、净化效率等要求确定燃烧室燃烧温度，燃烧温度一般应高于760℃。

6) 蓄热体宜优先选用蜂窝陶瓷、组合式陶瓷等规整材料。

7) 蓄热室截面风速不宜大于2 m/s。

8) 蓄热室进出口温差不宜大于60℃。

9) 系统设计压降宜低于3000 Pa。

10) 蓄热燃烧装置应进行整体内保温。外表面温度不应高于60℃，部分热点除外。

### (3) 催化燃烧法技术要求

催化燃烧分为常规催化燃烧(CO)和蓄热式催化燃烧(RCO)。该技术利用催化剂，使有机气体在较低温度下，氧化为水和二氧化碳。蓄热式催化燃烧(RCO)的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。催化燃烧设施按照《催化燃烧法工业有机废气治理工程技术规范》(HJ 2027)进行建设，应注意：

1) 治理工程的处理能力应根据废气的处理量确定, 设计风量宜按照最大废气排放量的120%进行设计。

2) 催化燃烧装置的净化效率不得低于97%。

3) 进入催化燃烧装置的废气中颗粒物的浓度宜低于 $10\text{mg}/\text{m}^3$ 。

4) 进入催化燃烧装置的废气温度宜低于 $400^\circ\text{C}$ 。

5) 催化剂的选择需要与处理对象相吻合, 严格避免催化剂的中毒。

6) 催化剂的工作温度宜低于 $700^\circ\text{C}$ , 并能够承受 $900^\circ\text{C}$ 短时间的高温冲击, 设计工况下催化剂使用寿命应大于8500h。

7) 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 $10000\text{h}^{-1}$ , 但不宜大于 $40000\text{h}^{-1}$ 。进入燃烧室的气体温度应达到气体组分在催化剂上的起燃温度, 混合气体按照起燃温度最大的组分确定。

8) 催化燃烧装置应进行整体保温, 外表面温度不宜高于 $60^\circ\text{C}$ 。

#### (4) 冷凝法技术要求

冷凝器排出的不凝尾气的温度应低于尾气中污染物的液化温度, 若尾气中有数种污染物, 则不凝尾气的温度应低于尾气中液化温度最低的污染物的液化温度。冷凝法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。对于易挥发的有机物需要冷凝温度更低的深冷技术, 如石脑油、汽柴油等VOCs推荐使用先进的单机混冷技术。

#### （5）吸收法技术要求

吸收法是采用低挥发或不挥发液体为吸收剂，利用废气中各组分在吸收剂中溶解度或化学反应特性的差异，使废气中有害组分被吸收剂吸收，从而达到净化的目的。

推荐采用沸点较高、蒸汽压较低的柴油、煤油作为溶剂，使有机废气从气相转移到液相中，然后对吸收液进行解吸处理，回收其中有机化合物，同时使溶剂得以再生。对于一些水溶性较好的化合物，也可用水作为吸收剂，吸收液进行精馏以回收有机溶剂。

### 四、企业环境管理措施

（一）企业应建立健全环境管理台账，按照相关要求记录含VOCs原辅料材料采购、使用及回用情况，密封点泄漏检测与修复情况，有机液体储存、装载情况，废水系统密闭情况，循环水系统检测与修复情况；废气收集处理系统的主要运行和维护信息，如运行时间、废气处理量、操作温度、停留时间、吸附剂再生/更换周期和更换量、催化剂更换周期和更换量、吸收液 pH值等关键运行参数。VOCs治理台账记录要求详见表4，台账保存期限不少于 3 年。

（二）企业应按照相关法律法规、标准和技术规范等要求建设及使用污染治理设施，建立健全与治理设备相关的各项规章制度，定期进行维护和管理，保证治理设施正常运行。

治理设施应先于产生废气的生产工艺设备开启、后于生产工艺设备停机。治理设备不得超负荷运行。维护人员应根据计划定

期检查、维护和更换必要的部件和材料。采用吸附法处理工艺时，应定期更换吸附材料；对于一次性吸附工艺，当排气浓度不能满足设计或排放要求时应更换吸附剂；对于可再生工艺，应定期对吸附剂动态吸附量进行检测，当动态吸附量降低至设计值的80%时宜更换吸附剂。采用燃烧法时，过滤材料、氧化催化剂、蓄热体等关键耗材应根据质量分析数据及时更换。

（三）企业车间或生产设施排气筒应在规定的监控位置设置采样口和永久检测平台，采样口的设置应符合《气体参数测量和采样的固定位装置》（HJ/T 1）的要求，同时设置规范的永久性排污口标志。有处理设施的，应在处理设施进、出口处设置采样孔，并满足采样条件。

（四）企业应采取措施控制或处理污染治理设施产生的二次污染物，确保达标排放。

（五）企业应执行排污许可证制度。

## 五、环保部门监管要点

（一）检查企业VOCs无组织排放控制情况，包括VOCs物料储存、VOCs物料转移和输送、工艺过程、废水集输及处理系统、循环冷却水系统等。

（二）核查治理设施相关台账。如采用吸附装置的，重点检查吸附剂种类及填装情况、一次性吸附剂更换时间和更换量、再生型吸附剂再生周期及更换情况等；采用催化燃烧法的，重点检查催化（床）温度、电或天然气消耗量、催化剂更换周期及更换情况等，VOCs治理台账记录要求见表4。

(三) 对于加装有VOCs自动监测系统的企业, 检查其在线数据记录。

(四) 核查治理过程产生的次生污染物是否得到有效处置, VOCs治理检查要点见表5。

**表 4 VOCs 治理台账记录要求**

序号	重点环节	台账记录要求
1	含 VOCs 原辅材料	含 VOCs 原辅材料名称及其 VOCs 含量, 采购量、使用量、库存量, 含 VOCs 原辅材料回收方式及回收量等。
2	密封点	检测时间、泄漏检测浓度、修复时间、采取的修复措施、修复后泄漏检测浓度等。
3	有机液体储存	有机液体物料名称、储罐类型及密封方式、储存温度、周转量、油气回收量等。
4	有机液体装载	有机液体物料名称、装载方式、装载量、油气回收量等。
5	废水集输、储存与处理	废水量、废水集输方式(密闭管道、沟渠)、废水储存及处理设施密闭情况等。
6	循环水系统	检测时间、循环水塔进出口 TOC 或 POC 浓度、含 VOCs 物料换热设备进出口 TOC 或 POC 浓度、修复时间、修复措施、修复后进出口 TOC 或 POC 浓度等。
7	非正常工况(含开停工及维修)排放	开停工、检维修时间, 退料、吹扫、清洗等过程含 VOCs 物料回收情况, VOCs 废气收集处理情况, 开车阶段产生的易挥发性不合格产品产量和收集情况等。
8	火炬排放	火炬运行时间、燃料消耗量、火炬气流量等。
9	事故排放	事故类别、时间、处置情况等。
10	废气收集处理设施	废气处理设施进出口的监测数据(废气量、浓度、温度、含氧量等)。
		废气收集与处理设施关键参数(见表 5)。
		废气处理设施相关耗材(吸收剂、吸附剂、催化剂、蓄热体等)购买处置记录。

表 5 VOCs 治理检查要点

源项	检查环节	检查要点
VOCs 物料 储存	容器、包装袋	1. 容器或包装袋在非取用状态时是否加盖、封口，保持密闭；盛装过 VOCs 物料的废包装容器是否加盖密闭。 2. 容器或包装袋是否存放于室内，或存放于设置有雨棚、遮阳和防渗设施的专用场地。
VOCs 物料 储存	挥发性有机液体 储罐	3. 储罐类型与储存物料真实蒸气压、容积等是否匹配，是否存在破损、孔洞、缝隙等问题。
		4. 内浮顶罐的边缘密封是否采用浸液式、机械式鞋形、双封式等高效密封方式。 5. 外浮顶罐是否采用双重密封，且一次密封为浸液式、机械式鞋形等高效密封方式。 6. 浮顶罐浮盘附件开口（孔）是否密闭（采样、计量、例行检查、维护和其他正常活动除外）。
	7. 固定顶罐是否配有 VOCs 处理设施或气相平衡系统。 8. 呼吸阀的定压是否符合设定要求。 9. 固定顶罐的附件开口（孔）是否密闭（采样、计量、例行检查、维护和其他正常活动除外）。	
储库、料仓	10. 围护结构是否完整，与周围空间完全阻隔。 11. 门窗及其他开口（孔）部位是否关闭（人员、车辆、设备、物料进出时，以及依法设立的排气筒、通风口除外）。	
VOCs 物料 转移和输送	液态 VOCs 物料	1. 是否采用管道密闭输送，或者采用密闭容器或罐车。
	粉状、粒状 VOCs 物料	2. 是否采用气力输送设备、管状带式输送机、螺旋输送机等密闭输送方式，或者采用密闭的包装袋、容器或罐车。
	挥发性有机液体 装载	3. 汽车、火车运输是否采用底部装载或顶部浸没式装载方式。 4. 是否根据年装载量和装载物料真实蒸气压，对 VOCs 废气采取密闭收集处理措施，或连通至气相平衡系统；有油气回收装置的，检查油气回收量。
工艺过程 VOCs 无组 织排放	VOCs 物料投加 和卸放	1. 液态、粉粒状 VOCs 物料的投加过程是否密闭，或采取局部气体收集措施；废气是否排至 VOCs 废气收集处理系统。 2. VOCs 物料的卸（出、放）料过程是否密闭，或采取局部气体收集措施；废气是否排至 VOCs 废气收集处理系统。
	化学反应单元	3. 反应设备进料置换废气、挥发排气、反应尾气等是否排至 VOCs 废气收集处理系统。 4. 反应设备的进料口、出料口、检修口、搅拌口、观察孔等开口（孔）在不操作时是否密闭。

源项	检查环节	检查要点
工艺过程 VOCs 无组织 排放	分离精制单元	5.离心、过滤、干燥过程是否采用密闭设备，或在密闭空间内操作，或采取局部气体收集措施；废气是否排至 VOCs 废气收集处理系统。 6.其他分离精制过程排放的废气是否排至 VOCs 废气收集处理系统。 7.分离精制后的母液是否密闭收集；母液储槽（罐）产生的废气是否排至 VOCs 废气收集处理系统。
	真空系统	8.是否采用干式真空泵，真空排气是否排至 VOCs 废气收集处理系统。
	含 VOCs 产品的 使用过程	9.有机聚合物（合成树脂、合成橡胶、合成纤维等）的混合/混炼、塑炼/塑化/融化、加工成型（挤出、注射、压制、压延、发泡、纺丝等）等制品生产过程，是否采用密闭设备，或在密闭空间内操作，或采取局部气体收集措施；废气是否排至 VOCs 废气收集处理系统。
	其他过程	10.载有 VOCs 物料的设备及其管道在开停工（车）、检维修和清洗时，是否在退料阶段将残存物料退净，并用密闭容器盛装；退料过程废气、清洗及吹扫过程排气是否排至 VOCs 废气收集处理系统。
	VOCs 无组织废 气收集处理系统	11.是否与生产工艺设备同步运行。 12.采用外部集气罩的，距排气罩开口面最远处的 VOCs 无组织排放位置，控制风速是否大于等于 0.3 米/秒（有行业具体要求的按相应规定执行）。 13.废气收集系统是否负压运行；处于正压状态的，是否有泄漏。 14.废气收集系统的输送管道是否密闭、无破损。
设备与管线 组件泄漏	LDAR 工作	1.泵、压缩机、搅拌器、阀门、法兰等是否按照规定的频次进行泄漏检测。 2.发现可见泄漏现象或超过泄漏认定浓度的，是否按照规定的 时间进行泄漏源修复。 3.现场随机抽查，在检测不超过 100 个密封点的情况下，发现有 2 个以上（不含）不在修复期内的密封点出现可见泄漏现象 或超过泄漏认定浓度的，属于违法行为。
敞开液面 VOCs 逸散	废水集输、储存及 处理设施	1.用于输送、储存、处理含 VOCs 的废水设施是否密闭，产生的 废气是否接至尾气处理装置。 2.废水接入口和排出口是否采取与环境空气隔离的措施。
	开式循环冷却水 系统	3.是否每 6 个月对流经换热器进口和出口的循环冷却水中的 TOC 或 POC 浓度进行检测；发现泄漏是否及时修复并记录。

源项	检查环节	检查要点
有组织 VOCs 排放	排气筒	1.VOCs 排放浓度是否稳定达标。 2.车间或生产设施收集排放的废气，VOCs 初始排放速率大于等于 2 千克/小时的，VOCs 去除效率是否符合要求。 3.是否安装自动监控设施，自动监控设施是否正常运行，是否与生态环境部门联网。
废气治理 设施	冷却器/冷凝器	1.出口温度是否符合设计要求。 2.是否存在出口温度高于冷却介质进口温度的现象。 3.冷凝器溶剂回收量。
	吸附装置	4.吸附剂种类及填装情况。 5.一次性吸附剂更换时间和更换量。 6.再生型吸附剂再生周期、更换情况。 7.废吸附剂储存、处置情况。
	催化燃烧装置	8.催化（床）温度。 9.电或天然气消耗量。 10.催化剂更换周期、更换情况。
	燃烧装置	11.燃烧温度是否符合设计要求。
	洗涤器/吸收塔	12.酸碱性控制类吸收塔，检查洗涤/吸收液 pH 值。 13.药剂添加周期和添加量。 14.洗涤/吸收液更换周期和更换量。 15.氧化反应类吸收塔，检查氧化还原电位（ORP）值。
台账		企业是否按要求记录台账。

## 附件 2

# 河南省涂料、油墨、胶粘剂及其类似产品制造 行业挥发性有机物污染控制技术指南

### 一、适用范围

本指南适用于指导河南省辖区内涂料、油墨、胶粘剂及其类似产品制造行业挥发性有机物（VOCs）的控制管理。

### 二、VOCs 产排污环节

涂料、油墨、胶粘剂及其类似产品制造行业存在产品种类多样性、生产过程间歇性、工艺环节多等特点，VOCs 主要来自于使用的化学原料、溶剂及化学反应的中间体，主要有甲苯、二甲苯、三甲苯、乙苯、二乙苯、乙酸乙酯、乙酸丁酯、甲基丙烯酸甲酯、甲基乙基酮、甲基异丁基甲酮、丙酮、甲醇、异丙醇、正丁醇、二氯乙烷、二氯甲烷等。VOCs 主要产排污环节见表 1。

表 1 涂料、油墨、胶粘剂及其类似产品制造企业

VOCs 主要产排污环节

序号	VOCs 主要产排污环节	描述
1	设备及管线组件泄漏	装置或设施的动、静密封点排放的 VOCs。
2	物料储存	VOCs 排放来自于挥发性有机液体固定顶罐（立式和卧式）、浮顶罐（内浮顶和外浮顶）的静止呼吸损耗和工作损耗及有机化学品仓库、固废储存间排放。
3	有机液体装卸挥发损失	挥发性有机液体在装卸、分装过程中逸散进入大气的 VOCs。
4	废水集输、储存、处理处置过程逸散	废水在收集、储存及处理过程中从水中挥发的 VOCs。

序号	VOCs 主要产排污环节	描述
5	工艺过程废气	(1) 物理混合单元 VOCs 主要释放环节包括投料、混合/研磨/调配、包装等。 (2) 反应单元 VOCs 主要释放环节包括投料、反应、包装、产品灌装等。
6	辅助环节废气	(1) 溶剂回收单元 对剩余溶剂的回收环节，通常使用蒸馏方法。在加料环节、设备运行和溢出环节会有 VOCs 的排放。 (2) 清洗环节 当产品品种更换时，分散、研磨设备都需要清洗；采用桶泵加料时，需要对桶泵定期进行清洗。清洗过程会有 VOCs 的排放。
7	循环水冷却系统释放	由于设备泄漏，导致有机物料进入冷却水一侧，冷却水将物料带出，冷却过程由于凉水塔的汽提作用和风吹逸散，从冷却水中排入大气的 VOCs。
8	实验室排放	用于研究涂料、油墨等的性能实验室，会有实验室涂装或者印刷的废气。
9	采样过程排放	采样管线内物料置换和置换出物料的收集储存过程中，逸散的部分 VOCs。

### 三、治理技术要求

#### (一) 源头控制

企业应制定溶剂管理计划和替代规划，积极推广使用低 VOCs 含量或低反应活性的原辅材料；加快产品升级，按照《环境保护综合名录》的要求，逐步淘汰高污染、高环境风险产品，鼓励生产水性、粉末、高固体分、无溶剂、辐射固化等低 VOCs 含量的涂料，水性、辐射固化、植物油基等低 VOCs 含量的油墨，水基、热熔、无溶剂、辐射固化、改性、生物降解等低 VOCs 含量的胶粘剂，以及低 VOCs 含量、低反应活性的清洗剂等。

#### (二) 过程控制

## 1. 推进使用高性能设备

鼓励采用高性能的设备,主要包括:①选用密封性好的设备;②采用密闭式的过滤器、真空泵、离心机和干燥机等设备。

## 2. 挥发性有机液体储罐 VOCs 控制

### (1) 合理选择罐型及密封方式

1) 储存真实蒸气压 $\geq 76.6$  kPa 的挥发性有机液体储罐,应采用低压罐、压力罐或其他等效措施。

2) 储存真实蒸气压 $\geq 5.2$  kPa 但 $< 76.6$  kPa 且储罐容积 $\geq 20$  m<sup>3</sup>的挥发性有机液体储罐、储存真实蒸气压 $\geq 0.7$  kPa 但 $< 5.2$  kPa 且储罐容积 $\geq 30$  m<sup>3</sup>的挥发性有机液体储罐应满足以下要求:

a) 采用内浮顶罐的,浮顶与罐壁之间应采用浸液式密封、机械式鞋形密封等高效密封方式。

b) 采用外浮顶罐的,浮顶与罐壁之间应采用双重密封,且一次密封应采用浸液式密封、机械式鞋形密封等高效密封方式。

c) 采用固定顶罐的,应安装密闭排气系统至有机废气回收或处理装置,排放的废气应收集处理并满足相关排放标准的要求,或者处理效率不低于 90%。

d) 采用气相平衡系统。

3) 鼓励企业采用压力罐、浮顶罐等替代固定顶罐。

### (2) 合理使用涂漆

选择罐壁涂料颜色时,应尽可能在满足相关规范要求的前提下,选择白色罐壁涂料,同时选用不易由于化学变化而降低其反

射太阳辐射性能的涂料。另外，储罐涂层应定期重刷，以保护罐体不被腐蚀，并保持良好的反射阳光的性能。

### （3）加强维护

1）罐体应保持完好，不应有孔洞、缝隙。浮顶边缘密封不应有破损。

2）附件开口（孔），除采样、计量、例行检查、维护和其他正常活动外，应密闭。

3）浮顶罐支柱、导向装置等储罐附件穿过浮顶时，应采取密封措施

4）浮顶罐除储罐排空作业外，浮顶应始终漂浮于储存物料的表面。

5）浮顶罐自动通气阀在浮顶处处于漂浮状态时应关闭且密封良好，仅在浮顶处于支撑状态时开启。

6）除自动通气阀、边缘呼吸阀外，浮顶罐的外边缘板及所有通过浮顶的开孔接管均应浸入液面下。

7）定期检查固定顶罐呼吸阀的定压是否符合设定要求。

### 3. 物料转移 VOCs 控制

1）液态 VOCs 物料采用密闭管道输送。

2）采用非管道输送方式时，应采用密闭的包装袋、容器或罐车进行物料转移。

3）粉状、粒状 VOCs 物料应采用气力输送设备、管状带式输送机、螺旋输送机等密闭输送方式，或者采用密闭的包装袋、

容器或罐车进行物料转移。

#### 4. 挥发性有机液体装载 VOCs 控制

挥发性有机液体装车优先采用底部装载方式；底部装载结束并断开快接头时，滴洒量不应超过 10mL，滴洒量取连续 3 次断开操作的平均值。无法实现底部装载的应采用带有机锁紧式密封鹤管的顶部浸没式装载方式，出口距离罐底高度应小于 200 mm；并定期检测密封部件，保障废气收集效率。

装载过程排放的废气应收集处理并满足排放标准，或连接至气相平衡系统。

#### 5. 工艺过程 VOCs 控制

VOCs 物料的配料、投加、反应、混合、研磨、分散、调色、兑稀、过滤、干燥以及灌装或包装等过程，应采用密闭设备或在密闭空间内操作，废气应排至废气收集处理系统；无法密闭的，应采取局部气体收集措施，废气应排至废气收集处理系统。高位槽（罐）进料时置换的废气应排至 VOCs 废气收集处理系统或气相平衡系统。

真空系统应采用干式真空泵，真空排气应排至 VOCs 废气收集处理系统。禁止新建液环（水环）真空泵装置，现有液环（水环）真空泵应更换为干式真空泵。

#### 6. 清洗环节 VOCs 控制

移动缸及设备零件清洗时，应采用密闭系统或在密闭空间内操作，废气应排至 VOCs 废气收集处理系统。

## 7. 实验室废气 VOCs 控制

使用含 VOCs 化学品的实验室，应使用通风橱（柜）或进行局部气体收集，废气应排至 VOCs 废气收集处理系统。

## 8. 废水收集、处理系统 VOCs 控制

用于集输、储存和处理含 VOCs 的废水设施，在曝气池及其之前应密闭，废气收集至尾气处理装置。

废水系统的接入口和排出口应采取与环境空气隔离的措施。

## 9. 循环水系统 VOCs 控制

对开式循环冷却水系统，每 6 个月对流经换热器进口和出口的循环冷却水中的总有机碳（TOC）浓度进行检测，若出口浓度大于进口浓度 10%，则认定发生了泄漏，应进行泄漏源修复与记录。

## 10. 化学品及固废储存场所 VOCs 控制

对于化学品仓库、固废仓库的有机废气，应收集处理。

## 11. 泄漏检测与修复

载有气态 VOCs 物料、液态 VOCs 物料的设备与管线组件密封点 $\geq 2000$  个的企业，应开展泄漏检测与修复工作。设备与管线组件包括：泵、压缩机、搅拌器（机）、阀门、开口阀或开口管线、法兰及其他连接件、泄压设备、取样连接系统、其他密封设备。

严格按照《挥发性有机物无组织排放控制标准》（GB 37822）中要求进行泄漏认定、泄漏检测、泄漏源修复及台账记录。

## 12. 采样过程 VOCs 控制

现状为开口管线采样的，应进行改造，加装或更换密闭式采样系统。新建企业应设计闭式采样系统。

### （三）末端治理要求

#### 1. 废气收集系统

企业应考虑生产工艺、操作方式、废气性质、处理方法等因素，对 VOCs 废气进行分类收集。废气收集系统排风罩（集气罩）的设置应符合《排风罩的分类及技术条件》（GB/T 16758）的规定。采用外部排风罩的，应按《排风罩的分类及技术条件》（GB/T 16758）、《局部排风设施控制风速检测与评估》（AQ/T 4274）规定的方法测量控制风速，测量点应选取在距排风罩开口面最远处的 VOCs 无组织排放位置，控制风速不应低于 0.3 m/s（行业相关规范有具体规定的，按相关规定执行）。废气输送管道应密闭，废气收集系统应在负压下运行，若处于正压状态，应对输送管道组件的密封点进行泄漏检测，泄漏检测值不应超过 500 mmol/mol，亦不应有感官可察觉泄漏。废气收集系统应综合考虑防火、防爆、防腐蚀、耐高温、防结露、防堵塞等问题。

#### 2. 末端治理技术要求

企业应根据不同废气源的特点选择适用的技术，废气中 VOCs 初始排放速率大于等于 2 千克/小时的，VOCs 去除效率应不低于 80%（采用的原辅材料符合国家有关低 VOCs 含量产品规定的除外）；禁止采用单一低效措施，如仅采用低温等离子、光

催化、光氧化、一次性活性炭吸附等处理技术；涂料、油墨、胶粘剂及其类似产品制造企业常见的 VOCs 治理可行技术见表 2，涂料、油墨、胶粘剂及其类似产品制造企业常见 VOCs 治理技术适用条件见表 3。

**表 2 涂料、油墨、胶粘剂及其类似产品制造企业常见 VOCs 治理可行技术**

序号	VOCs 产排污环节	常见的可行治理技术
1	储罐呼吸废气、有机液体装卸废气	冷凝、吸附、膜分离、吸收等至少两种组合工艺；燃烧法（催化燃烧 CO、蓄热燃烧 RTO、蓄热催化燃烧 RCO、直接燃烧 TO）；回收（冷凝、吸附、膜分离）+燃烧组合工艺。
2	熔化锅、捏合机、分散釜、调漆锅、预混槽等工艺废气	熔化锅、捏合机、分散釜、调漆锅、预混槽等的气相平衡排气浓度高，宜优先选择冷凝+燃烧组合工艺。
3	水性涂料、水性油墨、特种油墨（低 VOCs 含量产品）的生产车间的废气、UV 油墨生产车间废气、胶印油墨生产车间废气	可以集中收集后混合处理。 1) 废气中有机物浓度较低时（ $<150\text{mg}/\text{m}^3$ ），可以视情况选择吸收法、吸附法或其他等效技术的组合技术。 2) 废气中有机物浓度较高时（ $>150\text{mg}/\text{m}^3$ ），采用吸附浓缩+燃烧组合工艺。
4	废水集输、储存和处理过程	视情况选择吸收法、吸附法或其他等效技术的组合技术或采用吸附浓缩-燃烧技术进行治理。

**表 3 涂料、油墨、胶粘剂及其类似产品制造企业常见 VOCs 治理技术适用条件**

序号	处理技术	适用废气量范围- (Nm <sup>3</sup> /h)	适用 VOCs 浓度范围 (mg/Nm <sup>3</sup> )	备注
1	吸附吸收	$<1\times 10^4$	$100\sim 1.5\times 10^4$	
2	生物处理	$<5\times 10^4$	$<500$	
3	冷凝吸附	$<5000$	$1.0\times 10^4\sim 1.0\times 10^6$	
4	膜分离-变压吸附	$<1.0\times 10^4$	$1.0\times 10^5\sim 1.0\times 10^6$	

序号	处理技术	适用废气量范围 (Nm <sup>3</sup> /h)	适用 VOCs 浓度范围 (mg/Nm <sup>3</sup> )	备注
5	冷凝法	<5000	1.0×10 <sup>5</sup> ~1.0×10 <sup>6</sup>	连续操作工况需要设置在线融霜、双排换热器切换操作。
6	催化燃烧 CO	<6×10 <sup>4</sup>	3000~1/4 LEL	需注意催化剂使用条件,可导致催化剂中毒失活物质慎用。
7	蓄热式燃烧 RTO	<2×10 <sup>5</sup>	1500~1/4 LEL	(1) 不含氧气废气浓度适应范围更广 (2) 含氧废气有机物浓度不得超过 1/4 LEL (3) 需采用低氮氧化物型燃烧器。
8	蓄热式催化燃烧 RCO	<2×10 <sup>4</sup>	600~3000	需注意催化剂使用条件,可导致催化剂中毒失活物质慎用。
9	直接燃烧技术 TO	<5×10 <sup>4</sup>	500~饱和浓度	(1) 不含氧气废气浓度适应范围更广 (2) 含氧废气有机物浓度不得超过 1/4 LEL (3) 需采用低氮氧化物型燃烧器。
10	冷凝-催化燃烧 CO 或冷凝-蓄热燃烧 RTO	<5000	1.0×10 <sup>5</sup> ~1.0×10 <sup>6</sup>	连续操作工况需要设置在线融霜、双排换热器切换操作。
11	膜分离-催化燃烧 CO 或膜分离-蓄热燃烧 RTO	<5000	1.0×10 <sup>5</sup> ~1.0×10 <sup>6</sup>	
备注	1. LEL 为 Lower Explosion Limited, 爆炸下限。 2. 上述数据为常见适用条件,企业适用技术应根据废气组成、温度、压力、污染物的性质、污染物的含量和废气流量等参数具体确定。			

### 3. 不同工艺技术要求

#### (1) 采用吸附工艺技术要求

吸附装置按照《吸附法工业有机废气治理工程技术规范》(HJ 2026) 进行建设,满足工艺设计要求:

- 1) 进入吸附系统的废气温度宜控制在 40℃ 以内。
- 2) 进入吸附系统的废气中颗粒物含量宜低于 1mg/m<sup>3</sup>。

3) 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，其控制浓度应低于最易爆炸组分或混合气体爆炸极限下限值的 25%。

4) 吸附装置的净化效率不得低于 90%。

5) 有机溶剂的脱附宜选用水蒸汽和热氮气，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。

6) 当采用降压解吸再生时，煤质颗粒活性炭的性能应满足《回收溶剂用煤质颗粒活性炭》(GB/T7701.2) 要求，且丁烷工作容量（测试方法参见《活性炭丁烷工作容量测试方法》(GB/T20449)）应不小于 12.5g/dl，BET 比表面积不应小于 1400m<sup>2</sup>/g。

7) 采用水蒸汽再生时，水蒸汽的温度宜低于 140℃。煤质颗粒活性炭的性能应满足《回收溶剂用煤质颗粒活性炭》(GB/T7701.2) 要求，且丁烷工作容量（测试方法参见《活性炭丁烷工作容量测试方法》(GB/T20449)）应不小于 8.5g/dl，BET 比表面积不应小于 1200m<sup>2</sup>/g。

8) 采用热气流吹扫方式再生时，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℃；对于含有沸点高于 110℃ 的有机组分废气，不宜采用热空气再生。煤质活性炭应满足《净化空气用煤质颗粒活性炭》(GB/T7701.5) 要求。

9) 含有酮类等易燃气体时，不得采用热空气再生。脱附后气流中有机物的浓度应严格控制在爆炸极限下限的 25% 以下。

10) 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，采用纤维状吸附剂（活性炭纤维毡）时，气体流速宜低于 0.15m/s。对于废气浓度特别低或有特殊要求的情况，风速可适当增加。

## (2) 直接燃烧法技术要求

直接燃烧法分为常规直接燃烧 (TO) 和蓄热式燃烧 (RTO)。该技术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，适用于高浓度废气。蓄热式燃烧 (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，应注意：

1) 治理设施的风量宜按照最大废气排放量的 105% 进行设计。

2) 进入蓄热燃烧装置的废气中颗粒物浓度宜低于 5 mg/m<sup>3</sup>，含有焦油等黏性物质时应从严控制。当废气中的颗粒物含量不满足要求时，应采用过滤、喷淋、静电捕集等方式进行预处理。预处理工艺应根据废气的成分、性质和污染物的含量等因素进行选择。

3) 蓄热燃烧装置的热回收效率一般不宜低于 90%，两室蓄热燃烧装置的净化效率一般不宜低于 95%，多室或旋转式蓄热燃烧装置的净化效率一般不宜低于 98%。

4) 应根据废气组分、净化效率等要求确定废气在燃烧室的停留时间，停留时间一般不宜低于 0.75s。

5) 应根据废气组分、净化效率等要求确定燃烧室燃烧温度，燃烧温度一般应高于 760℃。

6) 蓄热体宜优先选用蜂窝陶瓷、组合式陶瓷等规整材料。

7) 蓄热室截面风速不宜大于 2 m/s。

8) 蓄热室进出口温差不宜大于 60℃。

9) 系统设计压降宜低于 3000 Pa。

10) 蓄热燃烧装置应进行整体内保温。外表面温度不应高于 60℃，部分热点除外。

### (3) 催化燃烧法技术要求

催化燃烧分为常规催化燃烧 (CO) 和蓄热式催化燃烧 (RCO)。该技术利用催化剂，使有机气体在较低温度下，氧化为水和二氧化碳。蓄热式催化燃烧 (RCO) 的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。催化燃烧设施按照《催化燃烧法工业有机废气治理工程技术规范》(HJ2027) 进行建设，应注意：

1) 治理工程的处理能力应根据废气的处理量确定，设计风量宜按照最大废气排放量的 120% 进行设计。

2) 催化燃烧装置的净化效率不得低于 97%。

3) 进入催化燃烧装置的废气中颗粒物的浓度宜低于 10mg/m<sup>3</sup>。

4) 进入催化燃烧装置的废气温度宜低于 400℃。

5) 催化剂的选择需要与处理对象相吻合，严格避免催化剂的中毒。

6) 催化剂的工作温度宜低于 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。

7) 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 10000h<sup>-1</sup>，但不宜大于 40000h<sup>-1</sup>。进入燃烧室的气体温度应达到气体组分在催化剂上的起燃温度，混合气体按照起燃温度最大的组分确定。

8) 催化燃烧装置应进行整体保温，外表面温度不宜高于 60℃。

#### (4) 冷凝法技术要求

冷凝器排出的不凝尾气的温度应低于尾气中污染物的液化温度，若尾气中有数种污染物，则不凝尾气的温度应低于尾气中液化温度最低的污染物的液化温度。冷凝法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。对于易挥发的有机物需要冷凝温度更低的深冷技术。

#### (5) 吸收法技术要求

吸收法是采用低挥发或不挥发液体为吸收剂，利用废气中各

组分在吸收剂中溶解度或化学反应特性的差异，使废气中有害组分被吸收剂吸收，从而达到净化的目的。

推荐采用沸点较高、蒸汽压较低的物质作为溶剂，使有机废气从气相转移到液相中，然后对吸收液进行解吸处理，回收其中有机化合物，同时使溶剂得以再生。对于一些水溶性较好的化合物，也可用水作为吸收剂，吸收液进行精馏以回收有机溶剂。

#### **四、企业环境管理措施**

（一）企业应建立健全环境管理台账制度，按照相关要求记录含 VOCs 原辅料材料采购、使用及回用情况，密封点泄漏检测与修复情况，有机液体储存、装载情况，废水系统密闭情况，循环水系统检测与修复情况；废气收集处理系统的主要运行和维护信息，如运行时间、废气处理量、操作温度、停留时间、吸附剂再生/更换周期和更换量、催化剂更换周期和更换量、吸收液 pH 值等关键运行参数。VOCs 治理台账记录要求详见表 5，台账保存期限不少于 3 年。

（二）企业应按照相关法律法规、标准和技术规范等要求建设及使用污染治理设施，建立健全与治理设备相关的各项规章制度，定期进行维护和管理，保证治理设施正常运行。

治理设施应先于产生废气的生产工艺设备开启、后于生产工艺设备停机。治理设备不得超负荷运行。维护人员应根据计划定期检查、维护和更换必要的部件和材料。采用吸附法处理工艺时，应定期更换吸附材料；对于一次性吸附工艺，当排气浓度不能满

足设计或排放要求时应更换吸附剂；对于可再生工艺，应定期对吸附剂动态吸附量进行检测，当动态吸附量降低至设计值的 80% 时宜更换吸附剂。采用燃烧法时，过滤材料、氧化催化剂、蓄热体等关键耗材应根据质量分析数据及时更换。

（三）企业车间或生产设施排气筒应在规定的监控位置设置采样口和永久检测平台，采样口的设置应符合《气体参数测量和采样的固定位装置》（HJ/T1）的要求，同时设置规范的永久性排污口标志。有处理设施的，应在处理设施进、出口处设置采样孔，并满足相应的采样条件。

（四）企业应采取措施控制或处理污染治理设施产生的二次污染物。

（五）企业应执行排污许可证制度。

## 五、环保部门监管要点

（一）检查企业 VOCs 无组织排放控制情况，包括 VOCs 物料储存、VOCs 物料转移和输送、工艺过程、废水集输及处理系统、循环冷却水系统等。

（二）核查治理设施相关台账。如采用吸附装置的，重点检查吸附剂种类及填装情况、一次性吸附剂更换时间和更换量、再生型吸附剂再生周期及更换情况等；采用催化燃烧法的，重点检查催化（床）温度、电或天然气消耗量、催化剂更换周期及更换情况等。VOCs 治理台帐记录要求见表 4。

（三）对于加装有 VOCs 自动监测系统的企业，检查其在线

数据记录。

（四）核查治理过程中产生的次生污染物是否得到有效处置，VOCs 治理检查要点见表 5。

**表 4 VOCs 治理台账记录要求**

序号	重点环节	台账记录要求
1	含 VOCs 原辅材料	含 VOCs 原辅材料名称及其 VOCs 含量，采购量、使用量、库存量，含 VOCs 原辅材料回收方式及回收量等。
2	密封点	检测时间、泄漏检测浓度、修复时间、采取的修复措施、修复后泄漏检测浓度等。
3	有机液体储存	有机液体物料名称、储罐类型及密封方式、储存温度、周转量、溶剂回收量等。
4	有机液体装载	有机液体物料名称、装载方式、装载量、溶剂回收量等。
5	废水集输、储存与处理	废水量、废水集输方式（密闭管道、沟渠）、废水处理设施密闭情况等。
6	循环水系统	检测时间、循环水塔进出口 TOC 或 POC 浓度、含 VOCs 物料换热设备进出口 TOC 或 POC 浓度、修复时间、修复措施、修复后进出口 TOC 或 POC 浓度等。
7	非正常工况（含开停工及维修）排放	开停工、检维修时间，退料、吹扫、清洗等过程含 VOCs 物料回收情况，VOCs 废气收集处理情况，开车阶段产生的易挥发性不合格产品产量和收集情况等。
8	事故排放	事故类别、时间、处置情况等。
9	废气收集处理设施	废气处理设施进出口的监测数据（废气量、浓度、温度、含氧量等）。
		废气收集与处理设施关键参数（见表 5）。
		废气处理设施相关耗材（吸收剂、吸附剂、催化剂、蓄热体等）购买处置记录。

**表 5 VOCs 治理检查要点**

源项	检查环节	检查要点
VOCs 物料 储存	容器、包装袋	1.容器或包装袋在非取用状态时是否加盖、封口，保持密闭；盛装过 VOCs 物料的废包装容器是否加盖密闭。 2.容器或包装袋是否存放于室内，或存放于设置有雨棚、遮阳和防渗设施的专用场地。
	挥发性有机液体储罐	3.储罐类型与储存物料真实蒸气压、容积等是否匹配，是否存在破损、孔洞、缝隙等问题。

源项	检查环节	检查要点
VOCs 物料 储存	挥发性有机液体 储罐	4.内浮顶罐的边缘密封是否采用浸液式、机械式鞋形等高效密封方式。 5.外浮顶罐是否采用双重密封，且一次密封为浸液式、机械式鞋形等高效密封方式。 6.浮顶罐浮盘附件开口（孔）是否密闭（采样、计量、例行检查、维护和其他正常活动除外）。 7.固定顶罐是否配有 VOCs 处理设施或气相平衡系统。 8.呼吸阀的定压是否符合设定要求。 9.固定顶罐的附件开口（孔）是否密闭（采样、计量、例行检查、维护和其他正常活动除外）。
	储库、料仓	10.围护结构是否完整，与周围空间完全阻隔。 11.门窗及其他开口（孔）部位是否关闭（人员、车辆、设备、物料进出时，以及依法设立的排气筒、通风口除外）。
VOCs 物料 转移和输送	液态 VOCs 物料	1.是否采用管道密闭输送，或者采用密闭容器或罐车。
	粉状、粒状 VOCs 物料	2.是否采用气力输送设备、管状带式输送机、螺旋输送机等密闭输送方式，或者采用密闭的包装袋、容器或罐车。
	挥发性有机液 体装载	3.汽车、火车运输是否采用底部装载或顶部浸没式装载方式。 4.是否根据年装载量和装载物料真实蒸气压，对 VOCs 废气采取密闭收集处理措施，或连通至气相平衡系统；有溶剂回收装置的，检查溶剂回收量。
工艺过程 VOCs 控制	生产过程	1.VOCs 物料的配料、投加、反应、混合、研磨、分散、调色、兑稀、过滤、干燥以及灌装或包装等过程是否密闭，或采取局部气体收集措施；废气是否排至 VOCs 废气收集处理系统。 2.高位槽（罐）进料时置换的废气是否排至 VOCs 废气收集处理系统或气相平衡系统。
	真空系统	3.是否采用干式真空泵，真空排气是否排至 VOCs 废气收集处理系统。
辅助环节 VOCs 控制	清洗过程	1.移动缸及设备零件清洗时，是否采用密闭系统或在密闭空间内操作，废气是否排至 VOCs 废气收集处理系统。
实验室 VOCs 控制	实验过程	1.使用含 VOCs 物料的实验室，是否使用通风橱（柜）或进行局部气体收集；废气是否排至 VOCs 废气收集处理系统。
设备与管线 组件泄漏	LDAR 工作	1.企业密封点数量大于等于 2000 个的，是否开展 LDAR 工作。 2.泵、压缩机、搅拌器、阀门、法兰等是否按照规定的频次进行泄漏检测。 3.发现可见泄漏现象或超过泄漏认定浓度的，是否按照规定的时间内进行泄漏源修复。 4.现场随机抽查，在检测不超过 100 个密封点的情况下，发现有 2 个以上（不含）不在修复期内的密封点出现可见泄漏现象或超过泄漏认定浓度的，属于违法行为。

源项	检查环节	检查要点
敞开液面 VOCs 逸散	废水集输、储存和处理设施	1.用于集输、储存和处理含 VOCs 的废水设施，在曝气池及其之前是否密闭，废气是否收集至尾气处理装置。 2.接入口和排出口是否采取与环境空气隔离的措施。
	开式循环冷却水系统	3.是否每 6 个月对流经换热器进口和出口的循环冷却水中的 TOC 或 POC 浓度进行检测；发现泄漏是否及时修复并记录。
有组织 VOCs 排放	排气筒	1.VOCs 排放浓度是否稳定达标。 2.车间或生产设施收集排放的废气，VOCs 初始排放速率大于等于 2 千克/小时的，VOCs 去除效率是否符合要求（采用的原辅材料符合国家有关低 VOCs 含量产品规定的除外）。 3.是否安装自动监控设施，自动监控设施是否正常运行，是否与生态环境部门联网。
废气治理 设施	冷却器/冷凝器	1.出口温度是否符合设计要求。 2.是否存在出口温度高于冷却介质进口温度的现象。 3.冷凝器溶剂回收量。
	吸附装置	4.吸附剂种类及填装情况。 5.一次性吸附剂更换时间和更换量。 6.再生型吸附剂再生周期、更换情况。 7.废吸附剂储存、处置情况。
	催化燃烧装置	8.催化（床）温度。 9.电或天然气消耗量。 10.催化剂更换周期、更换情况。
	燃烧装置	11.燃烧温度是否符合设计要求。
	洗涤器/吸收塔	12.酸碱性控制类吸收塔，检查洗涤/吸收液 pH 值。 13.药剂添加周期和添加量。 14.洗涤/吸收液更换周期和更换量。 15.氧化反应类吸收塔，检查氧化还原电位（ORP）值。
台账		企业是否按要求记录台账。

## 附件 3

# 河南省制药、农药及其他有机化工行业挥发性有机物污染控制技术指南

## 一、适用范围

本指南适用于指导河南省辖区内制药（含医药中间体）、农药（含农药中间体）及其他有机化工企业挥发性有机物（VOCs）的控制管理。

## 二、VOCs 产排污环节

制药、农药及其他有机化工企业存在产品种类多样性、生产过程间歇性、工艺环节复杂等特点，VOCs 主要来自于使用的化学原料、溶剂及化学反应的中间体，成分复杂，主要有甲苯、二甲苯、甲醇、异丙醇、二氯乙烷、二氯甲烷、二乙醚、二乙胺、苯酚、乙酸乙酯、甲醛、乙醛、苯胺类、丙烯腈、氯仿、四氢呋喃、二甲基亚砷等。制药、农药及其他有机化工企业 VOCs 主要产排污环节见表 1。

表 1 制药、农药及其他有机化工企业 VOCs 主要产排污环节

序号	VOCs 主要产排污环节	描述
1	设备及管线组件泄漏	装置或设施的动、静密封点排放的 VOCs。
2	物料储存	VOCs 排放来自于挥发性有机液体固定顶罐（立式和卧式）、浮顶罐（内浮顶和外浮顶）的静止呼吸损耗和工作损耗及有机化学品仓库、固废储存间排放。

序号	VOCs 主要产排污环节	描述
3	有机液体装卸挥发损失	挥发性有机液体在装卸、分装过程中逸散进入大气的 VOCs。
4	废水集输、储存、处理处置过程逸散	废水在收集、储存及处理过程中从水中挥发的 VOCs。
5	工艺过程废气	主要为投料废气、挥发排气、反应废气、真空系统尾气、分离精制排气等含 VOCs 废气。
6	循环水冷却系统释放	由于设备泄漏，导致有机物料进入冷却水一侧，冷却水将物料带出，冷却过程由于凉水塔的汽提作用和风吹逸散，从冷却水中排入大气的 VOCs。
7	采样过程排放	采样管线内物料置换和置换出物料的收集储存过程中，逸散的 VOCs。

### 三、治理技术要求

#### (一) 源头控制

积极推广使用低 VOCs 含量或低反应活性的原辅材料，加快工艺改进和产品升级。制药、农药行业推广使用非卤代烃和非芳香烃类溶剂，鼓励生产水基化类农药制剂。优化生产工艺，农药行业推广水相法、生物酶法合成等技术；制药行业推广生物酶法合成技术。

#### (二) 过程控制

##### 1. 推进使用先进工艺和设备

鼓励使用先进工艺，如采用高效复合催化剂、缩短反应步骤，降低操作温度、减少副反应、连续化生产、减少或不用溶剂等，提高原料利用率、有用物质回收率和产品收率，降低污染物排放量。

鼓励采用高性能的设备，主要包括：①选用密封性好的设备；

②采用密闭式的过滤器、真空泵、离心机和干燥机等设备。

## 2. 挥发性有机液体储罐 VOCs 控制

### (1) 合理选择罐型及密封方式

1) 储存真实蒸气压 $\geq 76.6\text{kPa}$  的挥发性有机液体储罐，应采用低压罐、压力罐或其他等效措施。

2) 制药、农药企业储存真实蒸气压 $\geq 5.2\text{kPa}$  但 $< 76.6\text{kPa}$  且储罐容积 $\geq 20\text{m}^3$  的挥发性有机液体储罐、储存真实蒸气压 $\geq 0.7\text{kPa}$  但 $< 5.2\text{kPa}$  且储罐容积 $\geq 30\text{m}^3$  的挥发性有机液体储罐；其他化工企业储存真实蒸气压 $\geq 27.6\text{kPa}$  但 $< 76.6\text{kPa}$  且储罐容积 $\geq$ 储罐容积 3 的挥发性有机液体储罐，以及储存真实蒸气压 $\geq 5.2\text{kPa}$  但 $< 27.6\text{kPa}$  且储罐容积 $\geq 150\text{m}^3$  的挥发性有机液体储罐，应满足以下要求：

a) 采用内浮顶罐的，浮顶与罐壁之间应采用浸液式密封、机械式鞋形密封等高效密封方式。

b) 采用外浮顶罐的，浮顶与罐壁之间应采用双重密封，且一次密封应采用浸液式密封、机械式鞋形密封等高效密封方式。

c) 采用固定顶罐的，应安装密闭排气系统至有机废气回收或处理装置，排放的废气应收集处理并满足相关排放标准的要求，或者处理效率不低于 90%。

d) 采用气相平衡系统。

3) 鼓励企业采用压力罐、浮顶罐等替代固定顶罐。

### (2) 合理使用涂漆

选择罐壁涂料颜色时，应尽可能在满足相关规范要求的前提下，选择白色罐壁涂料，同时选用不易由于化学变化而降低其反射太阳辐射性能的涂料。另外，储罐涂层应定期重刷，以保护罐体不被腐蚀，并保持良好的反射阳光的性能。

### （3）加强维护

1）罐体应保持完好，不应有孔洞、缝隙。浮顶边缘密封不应有破损。

2）附件开口（孔），除采样、计量、例行检查、维护和其他正常活动外，应密闭。

3）浮顶罐支柱、导向装置等储罐附件穿过浮顶时，应采取密封措施。

4）浮顶罐除储罐排空作业外，浮顶应始终漂浮于储存物料的表面。

5）浮顶罐自动通气阀在浮顶处处于漂浮状态时应关闭且密封良好，仅在浮顶处于支撑状态时开启。

6）除自动通气阀、边缘呼吸阀外，浮顶罐的外边缘板及所有通过浮顶的开孔接管均应浸入液面下。

7）定期检查固定顶罐呼吸阀的定压是否符合设定要求。

### 3. 物料输送 VOCs 控制

（1）液态 VOCs 物料采用密闭管道输送。

（2）采用非管道输送方式时，应采用密闭的包装袋、容器或罐车进行物料转移。

(3) 粉状、粒状 VOCs 物料应采用气力输送设备、管状带式输送机、螺旋输送机等密闭输送方式,或者采用密闭的包装袋、容器或罐车进行物料转移。

#### 4. 挥发性有机液体装载 VOCs 控制

挥发性有机液体装车优先采用底部装载方式;底部装载结束并断开快接头时,滴洒量不应超过 10mL,滴洒量取连续 3 次断开操作的平均值。无法实现底部装载的应采用带有机械锁紧式密封鹤管的顶部浸没式装载方式,出口距离罐底高度应小于 200 mm;并定期检测密封部件,保障废气收集效率。

装载过程排放的废气应收集处理并满足排放标准,或连接至气相平衡系统。

#### 5. 生产过程 VOCs 控制

##### (1) VOCs 物料的投加

含 VOCs 液体物料的投加应采用高位槽或计量泵投加方式,不得采用人工敞口倾倒方式。

粉状、粒状 VOCs 物料应采用气力输送方式或采用密闭固体投料器等给料方式密闭投加。无法密闭投加的,应在密闭空间内操作,或进行局部气体收集,废气应排至除尘设施、VOCs 废气收集处理系统。

若投加固体(粉体)物料前,釜、罐、槽等容器中已经加入了含 VOCs 物料,则无论固体(粉体)物料是否含 VOCs 物质,除投料罐的装填工序外,其余投加过程均按照含 VOCs 固体(粉

体) 物料的投加要求进行。

在投加物料期间, 含 VOCs 物料的釜、罐、槽等容器(除气体放空管外)应保持密闭状态, 置换气体应从放空管排出, 容器间转移物料时可在不影响安全生产和生产工艺的前提下配置蒸气平衡系统, 对外排放的置换气体须送至 VOCs 回收或净化系统进行处理。

### (2) VOCs 物料的转移和卸放

含 VOCs 物料的转移和卸放应优先采用管道密闭方式, 直接进入下一步工序或中间储罐; 确因工艺限制或安全生产需要无法做到密闭转移和卸放的, 应在转移或卸放口部位采取局部集气措施, 并将收集的废气送至 VOCs 回收或净化系统进行处理。

### (3) 反应单元

反应设备进料置换废气、挥发排气、反应废气等应排至 VOCs 废气收集处理系统。

在反应期间, 反应设备的进料口、出料口、检修口、搅拌口、观察孔等开口(孔)在不操作时应保持密闭。

### (4) 分离精制单元

1) 离心、过滤单元操作应采用密闭式离心机、压滤机等设备, 设备排气孔排放的废气应排至 VOCs 废气收集处理系统。未采用密闭设备的, 应在密闭空间内操作, 或采取局部气体收集, 废气应排至 VOCs 废气收集处理系统。

2) 干燥单元操作应采用密闭干燥设备, 设备排气孔排放的

废气应排至 VOCs 废气收集处理系统。未采用密闭设备的，应在密闭空间内操作，或采取局部气体收集，废气应排至 VOCs 废气收集处理系统。

3) 吸收、洗涤、蒸馏/精馏、萃取、结晶等单元操作排放的废气，冷凝单元操作排放的不凝尾气，吸附单元操作的脱附尾气等应排至 VOCs 废气收集处理系统。

4) 分离精制单元含 VOCs 母液应密闭收集，母液储槽废气应排至 VOCs 废气收集处理系统。

#### (5) 真空系统

真空系统应采用干式真空泵，真空排气应排至 VOCs 废气收集处理系统。若使用液环（水环）真空泵、水（水蒸气）喷射真空泵等，工作介质的循环槽（罐）应密闭，真空排气、循环槽（罐）排气应排至 VOCs 废气收集处理系统。

#### (6) 退料

载有 VOCs 物料的设备及其管道在开停工（车）、检维修、清洗和消毒时，应在退料阶段将残存物料退净，并用密闭容器盛装，退料过程废气应排至 VOCs 废气收集处理系统。

#### (7) 其他

使用含 VOCs 的化学品的实验室，应使用通风橱（柜）或进行局部气体收集，废气应排至 VOCs 废气收集处理系统。

### 6. 废水收集、处理系统 VOCs 控制

用于集输、储存和处理含 VOCs 的废水设施，在曝气池及其

之前应密闭。废气收集至尾气处理装置。

废水系统的接入口和排出口应采取与环境空气隔离的措施。

#### 7. 循环水系统 VOCs 控制

对开式循环冷却水系统，每 6 个月对流经换热器进口和出口的循环冷却水中的总有机碳（TOC）浓度进行检测，若出口浓度大于进口浓度 10%，则认定发生了泄漏，应进行泄漏源修复与记录。

#### 8. 化学品仓库、固废仓库 VOCs 控制

对于化学品仓库、涉 VOCs 固废仓库应密闭、整体通风换气，置换的废气送废气处理设施处理。

#### 9. 采样过程 VOCs 控制

现状为开口管线采样的，应进行改造，加装或更换密闭式采样系统。新建企业应设计闭式采样系统。

#### 10. 泄漏检测与修复

载有气态 VOCs 物料、液态 VOCs 物料的设备与管线组件密封点 $\geq 2000$  个的企业，应开展泄漏检测与修复工作。设备与管线组件包括：泵、压缩机、搅拌器（机）、阀门、开口阀或开口管线、法兰及其他连接件、泄压设备、取样连接系统、其他密封设备。

严格按照《挥发性有机物无组织排放控制标准》（GB37822）中要求进行泄漏认定、泄漏检测、泄漏源修复及台账记录。

### （三）末端治理要求

## 1. 废气收集系统

企业应考虑生产工艺、操作方式、废气性质、处理方法等因素，对 VOCs 废气进行分类收集。废气收集系统排风罩（集气罩）的设置应符合《排风罩的分类及技术条件》（GB/T16758）的规定。采用外部排风罩的，应按《排风罩的分类及技术条件》（GB/T16758）、《局部排风设施控制风速检测与评估》（AQ/T4274）规定的方法测量控制风速，测量点应选取在距排风罩开口面最远处的 VOCs 无组织排放位置，控制风速不应低于 0.3 m/s（行业相关规范有具体规定的，按相关规定执行）。废气输送管道应密闭，废气收集系统应在负压下运行，若处于正压状态，应对输送管道组件的密封点进行泄漏检测，泄漏检测值不应超过 500 mmol/mol，亦不应有感官可察觉泄漏。废气收集系统应综合考虑防火、防爆、防腐蚀、耐高温、防结露、防堵塞等问题。

## 2. 末端治理技术

企业应根据不同废气源的特点选择适用的技术，废气中 VOCs 初始排放速率大于等于 2kg/h 的，VOCs 去除效率应不低于 80%（采用的原辅材料符合国家有关低 VOCs 含量产品规定的除外）；禁止采用单一低效措施，如仅采用低温等离子、光催化、光氧化、一次性活性炭吸附等处理技术；制药、农药及其他有机化工企业常见的 VOCs 治理可行技术见表 2，制药、农药及其他有机化工企业常见的 VOCs 治理技术适用条件见表 3。

**表 2 制药、农药及其他有机化工企业常见的  
VOCs 治理可行技术**

序号	VOCs 产排污环节	常见的可行治理技术
1	储罐呼吸废气、 有机液体装卸废气	冷凝、吸附、膜分离、吸收等至少两种组合工艺；燃烧法（催化燃烧 CO、蓄热燃烧 RTO、蓄热催化燃烧 RCO、直接燃烧 TO）；回收（冷凝、吸附、膜分离）+燃烧组合工艺。
2	工艺过程尾气	优先选择在装置内回收利用，或设置冷凝、吸收、吸附设施对未反应单体和溶剂进行回收并循环使用，不能回收利用的有机废气采用催化燃烧 CO、蓄热催化燃烧 RCO、蓄热燃烧 RTO、直接燃烧 TO 等。
3	废水集输、储存和处理过程	视情况选择吸收法、吸附法或其他等效技术的组合技术或采用吸附浓缩-燃烧技术进行治理。

**表 3 制药、农药及其他有机化工企业常见的  
VOCs 治理技术适用条件**

序号	处理技术	适用废气量范围 (Nm <sup>3</sup> /h)	适用 VOCs 浓度范围 (mg/Nm <sup>3</sup> )	备注
1	吸附吸收	<1×10 <sup>4</sup>	100~1.5×10 <sup>4</sup>	
2	生物处理	<5×10 <sup>4</sup>	<500	
3	冷凝吸附	<5000	1.0×10 <sup>4</sup> ~1.0×10 <sup>6</sup>	
4	膜分离-变压吸附	<1.0×10 <sup>4</sup>	1.0×10 <sup>5</sup> ~1.0×10 <sup>6</sup>	
5	冷凝法	<5000	1.0×10 <sup>5</sup> ~1.0×10 <sup>6</sup>	连续操作工况需要设置在线融霜、双排换热器切换操作。
6	催化燃烧 CO	<6×10 <sup>4</sup>	3000~1/4 LEL	需注意催化剂使用条件，可导致催化剂中毒失活物质慎用。
7	蓄热式燃烧 RTO	<2×10 <sup>5</sup>	1500~1/4 LEL	(1) 不含氧气废气浓度适应范围更广 (2) 含氧废气有机物浓度不得超过 1/4 LEL (3) 需采用低氮氧化物型燃烧器。
8	蓄热式催化燃烧 RCO	<2×10 <sup>4</sup>	600~3000	需注意催化剂使用条件，可导致催化剂中毒失活物质慎用。

序号	处理技术	适用废气量范围 (Nm <sup>3</sup> /h)	适用 VOCs 浓度范围 (mg/Nm <sup>3</sup> )	备注
9	直接燃烧技术 TO	<5×10 <sup>4</sup>	500~饱和浓度	(1) 不含氧气废气浓度适应范围更广 (2) 含氧废气有机物浓度不得超过 1/4 LEL (3) 需采用低氮氧化物型燃烧器。
10	冷凝-催化燃烧 CO 或 冷凝-蓄热燃烧 RTO	<5000	1.0×10 <sup>5</sup> ~1.0×10 <sup>6</sup>	连续操作工况需要设置在线融霜、双排换热器切换操作。
11	膜分离-催化燃烧 CO 或膜分离-蓄热燃烧 RTO	<5000	1.0×10 <sup>5</sup> ~1.0×10 <sup>6</sup>	
备注	1.LEL 为 Lower Explosion Limited, 爆炸下限。 2.上述数据为常见适用条件, 企业适用技术应根据废气组成、温度、压力、污染物的性质、污染物的含量和废气流量等参数具体确定。			

### 3. 不同工艺技术要求

#### (1) 采用吸附工艺技术要求

吸附装置按照《吸附法工业有机废气治理工程技术规范》(HJ2026) 进行建设, 满足工艺设计要求:

- 1) 进入吸附系统的废气温度宜控制在 40℃ 以内。
- 2) 进入吸附系统的废气中颗粒物含量宜低于 1mg/m<sup>3</sup>。
- 3) 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, 其控制浓度应低于最易爆炸组分或混合气体爆炸极限下限值的 25%。
- 4) 吸附装置的净化效率不得低于 90%。
- 5) 有机溶剂的脱附宜选用水蒸汽和热氮气, 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。

6) 当采用降压解吸再生时,煤质颗粒活性炭的性能应满足《回收溶剂用煤质颗粒活性炭》(GB/T7701.2)要求,且丁烷工作容量(测试方法参见《活性炭丁烷工作容量测试方法》(GB/T20449))应不小于 12.5g/dl, BET 比表面积不应小于 1400m<sup>2</sup>/g。

7) 采用水蒸汽再生时,水蒸汽的温度宜低于 140℃。煤质颗粒活性炭的性能应满足《回收溶剂用煤质颗粒活性炭》(GB/T7701.2)要求,且丁烷工作容量(测试方法参见《活性炭丁烷工作容量测试方法》(GB/T20449))应不小于 8.5g/dl, BET 比表面积不应小于 1200m<sup>2</sup>/g。

8) 采用热气流吹扫方式再生时,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℃;对于含有沸点高于 110℃的有机组分废气,不宜采用热空气再生。煤质活性炭应满足《净化空气用煤质颗粒活性炭》(GB/T7701.5)要求。

9) 含有酮类等易燃气体时,不得采用热空气再生。脱附后气流中有机物的浓度应严格控制在爆炸极限下限的 25%以下。

10) 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,采用纤维状吸附剂(活性炭纤维毡)时,气体流速宜低于 0.15m/s。对于废气浓度特别低或有特殊要求的情况,

风速可适当增加。

## (2) 直接燃烧法技术要求

直接燃烧法分为常规直接燃烧(TO)和蓄热式燃烧(RTO)。该技术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,适用于高浓度废气。蓄热式燃烧(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,应注意:

1) 治理设施的风量宜按照最大废气排放量的105%进行设计。

2) 进入蓄热燃烧装置的废气中颗粒物浓度宜低于5 mg/m<sup>3</sup>,含有焦油等黏性物质时应从严控制。当废气中的颗粒物含量不满足要求时,应采用过滤、喷淋、静电捕集等方式进行预处理。预处理工艺应根据废气的成分、性质和污染物的含量等因素进行选择。

3) 蓄热燃烧装置的热回收效率一般不宜低于90%,两室蓄热燃烧装置的净化效率一般不宜低于95%,多室或旋转式蓄热燃烧装置的净化效率一般不宜低于98%。

4) 应根据废气组分、净化效率等要求确定废气在燃烧室的停留时间,停留时间一般不宜低于0.75s。

5) 应根据废气组分、净化效率等要求确定燃烧室燃烧温度,燃烧温度一般应高于760℃。

- 6) 蓄热体宜优先选用蜂窝陶瓷、组合式陶瓷等规整材料。
- 7) 蓄热室截面风速不宜大于 2 m/s。
- 8) 蓄热室进出口温差不宜大于 60℃。
- 9) 系统设计压降宜低于 3000 Pa。
- 10) 蓄热燃烧装置应进行整体内保温。外表面温度不应高于 60℃，部分热点除外。

### (3) 催化燃烧法技术要求

催化燃烧分为常规催化燃烧 (CO) 和蓄热式催化燃烧 (RCO)。该技术利用催化剂，使有机气体在较低温度下，氧化为水和二氧化碳。蓄热式催化燃烧 (RCO) 的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。催化燃烧设施按照《催化燃烧法工业有机废气治理工程技术规范》(HJ2027) 进行建设，应注意：

- 1) 治理工程的处理能力应根据废气的处理量确定，设计风量宜按照最大废气排放量的 120% 进行设计。
- 2) 催化燃烧装置的净化效率不得低于 97%。
- 3) 进入催化燃烧装置的废气中颗粒物的浓度宜低于 10mg/m<sup>3</sup>。
- 4) 进入催化燃烧装置的废气温度宜低于 400℃。
- 5) 催化剂的选择需要与处理对象相吻合，严格避免催化剂的中毒。
- 6) 催化剂的工作温度宜低于 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。

7) 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  $10000\text{h}^{-1}$ ，但不宜大于  $40000\text{h}^{-1}$ 。进入燃烧室的气体温度应达到气体组分在催化剂上的起燃温度，混合气体按照起燃温度最大的组分确定。

8) 催化燃烧装置应进行整体保温，外表面温度不宜高于  $60^{\circ}\text{C}$ 。

#### (4) 冷凝法技术要求

冷凝器排出的不凝尾气的温度应低于尾气中污染物的液化温度，若尾气中有数种污染物，则不凝尾气的温度应低于尾气中液化温度最低的污染物的液化温度。冷凝法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。对于易挥发的有机物需要冷凝温度更低的深冷技术。

#### (5) 吸收法技术要求

吸收法是采用低挥发或不挥发液体为吸收剂，利用废气中各组分在吸收剂中溶解度或化学反应特性的差异，使废气中有害组分被吸收剂吸收，从而达到净化的目的。

推荐采用沸点较高、蒸汽压较低的物质作为溶剂，使有机废气从气相转移到液相中，然后对吸收液进行解吸处理，回收其中有机化合物，同时使溶剂得以再生。对于一些水溶性较好的化合物，也可用水作为吸收剂，吸收液进行精馏以回收有机溶剂。

### 四、企业环境管理措施

(一)企业应建立健全环境管理台账记录制度,按照相关要求记录含 VOCs 原辅料材料采购、使用及回用情况,密封点泄漏检测与修复情况,有机液体储存、装载情况,废水系统密闭情况,循环水系统检测与修复情况;废气收集处理系统的主要运行和维护信息,如运行时间、废气处理量、操作温度、停留时间、吸附剂再生/更换周期和更换量、催化剂更换周期和更换量、吸收液 pH 值等关键运行参数。VOCs 治理台账记录要求详见表 5,台账保存期限不少于 3 年。

(二)企业应按照相关法律法规、标准和技术规范等要求建设及使用污染治理设施,建立健全与治理设备相关的各项规章制度,定期进行维护和管理,保证治理设施正常运行。

治理设施应先于产生废气的生产工艺设备开启、后于生产工艺设备停机。治理设备不得超负荷运行。维护人员应根据计划定期检查、维护和更换必要的部件和材料。采用吸附法处理工艺时,应定期更换吸附材料;对于一次性吸附工艺,当排气浓度不能满足设计或排放要求时应更换吸附剂;对于可再生工艺,应定期对吸附剂动态吸附量进行检测,当动态吸附量降低至设计值的 80%时宜更换吸附剂。采用燃烧法时,过滤材料、氧化催化剂、蓄热体等关键耗材应根据质量分析数据及时更换。

(三)企业车间或生产设施排气筒应在规定的监控位置设置采样口和永久检测平台,采样口的设置应符合《气体参数测量和采样的固定位装置》(HJ/T1)的要求,同时设置规范的永久性排

污口标志。有处理设施的，应在处理设施进、出口处设置采样孔，并满足相应的采样条件。

（四）企业应采取措施控制或处理污染治理设施产生的二次污染物，确保达标排放。

（五）企业应执行排污许可证制度。

## 五、环保部门监管要点

（一）检查企业 VOCs 无组织排放控制情况，包括 VOCs 物料储存、VOCs 物料转移和输送、工艺过程、废水集输及处理系统、循环冷却水系统等。

（二）核查治理设施相关台账。如采用吸附装置的，重点检查吸附剂种类及填装情况、一次性吸附剂更换时间和更换量、再生型吸附剂再生周期及更换情况等；采用催化燃烧法的，重点检查催化（床）温度、电或天然气消耗量、催化剂更换周期及更换情况等，VOCs 治理台账记录要求见表 4。

（三）对于加装有 VOCs 自动监测系统的企业，检查其在线数据记录。

（四）核查治理过程中产生的次生污染物是否得到有效处置。

VOCs 治理检查要点见表 5。

**表 4 VOCs 治理台账记录要求**

序号	重点环节	台账记录要求
1	含 VOCs 原辅材料	含 VOCs 原辅材料名称及其 VOCs 含量，采购量、使用量、库存量，含 VOCs 原辅材料回收方式及回收量等。

序号	重点环节	台账记录要求
2	密封点	检测时间、泄漏检测浓度、修复时间、采取的修复措施、修复后泄漏检测浓度等。
3	有机液体储存	有机液体物料名称、储罐类型及密封方式、储存温度、周转量、溶剂回收量等。
4	有机液体装载	有机液体物料名称、装载方式、装载量、溶剂回收量等。
5	废水集输、储存与处理	废水量、废水集输方式 (密闭管道、沟渠)、废水储存及处理设施密闭情况等。
6	循环水系统	检测时间、循环水塔进出口 TOC 或 POC 浓度、含 VOCs 物料换热设备进出口 TOC 或 POC 浓度、修复时间、修复措施、修复后进出口 TOC 或 POC 浓度等。
7	非正常工况 (含开停工及维修) 排放	开停工、检维修时间, 退料、吹扫、清洗等过程含 VOCs 物料回收情况, VOCs 废气收集处理情况, 开车阶段产生的易挥发性不合格产品产量和收集情况等。
8	火炬排放	火炬运行时间、燃料消耗量、火炬气流量等。
9	事故排放	事故类别、时间、处置情况等。
10	废气收集处理设施	废气处理设施进出口的监测数据(废气量、浓度、温度、含氧量等)。
		废气收集与处理设施关键参数(见表 5)。
		废气处理设施相关耗材(吸收剂、吸附剂、催化剂、蓄热体等)购买处置记录。

表 5 VOCs 治理检查要点

源项	检查环节	检查要点
VOCs 物料 储存	容器、包装袋	1. 容器或包装袋在非取用状态时是否加盖、封口, 保持密闭; 盛装过 VOCs 物料的废包装容器是否加盖密闭。 2. 容器或包装袋是否存放于室内, 或存放于设置有雨棚、遮阳和防渗设施的专用场地。
	挥发性有机液体 储罐	3. 储罐类型与储存物料真实蒸气压、容积等是否匹配, 是否存在破损、孔洞、缝隙等问题。 4. 内浮顶罐的边缘密封是否采用浸液式、机械式鞋形等高效密封方式。 5. 外浮顶罐是否采用双重密封, 且一次密封为浸液式、机械式鞋形等高效密封方式。 6. 浮顶罐浮盘附件开口(孔)是否密闭(采样、计量、例行检查、维护和其他正常活动除外)。

源项	检查环节	检查要点
VOCs 物料 储存	挥发性有机液体储罐	7.固定顶罐是否配有 VOCs 处理设施或气相平衡系统。 8.呼吸阀的定压是否符合设定要求。 9.固定顶罐的附件开口（孔）是否密闭（采样、计量、例行检查、维护和其他正常活动除外）。
	储库、料仓	10.围护结构是否完整，与周围空间完全阻隔。 11.门窗及其他开口（孔）部位是否关闭（人员、车辆、设备、物料进出时，以及依法设立的排气筒、通风口除外）。
VOCs 物料 转移和输送	液态 VOCs 物料	1.是否采用管道密闭输送，或者采用密闭容器或罐车。
	粉状、粒状 VOCs 物料	2.是否采用气力输送设备、管状带式输送机、螺旋输送机等密闭输送方式，或者采用密闭的包装袋、容器或罐车。
	挥发性有机液体装载	3.汽车、火车运输是否采用底部装载或顶部浸没式装载方式。 4.是否根据年装载量和装载物料真实蒸气压，对 VOCs 废气采取密闭收集处理措施，或连通至气相平衡系统；有溶剂回收装置的，检查溶剂回收量。
工艺过程 VOCs 无组 织排放	VOCs 物料投加和卸放	1.液态、粉粒状 VOCs 物料的投加过程是否密闭，或采取局部气体收集措施；废气是否排至 VOCs 废气收集处理系统。 2.VOCs 物料的卸（出、放）料过程是否密闭，或采取局部气体收集措施；废气是否排至 VOCs 废气收集处理系统。
	化学反应单元	3.反应设备进料置换废气、挥发排气、反应尾气等是否排至 VOCs 废气收集处理系统。 4.反应设备的进料口、出料口、检修口、搅拌口、观察孔等开口（孔）在不操作时是否密闭。
	分离精制单元	5.离心、过滤、干燥过程是否采用密闭设备，或在密闭空间内操作，或采取局部气体收集措施；废气是否排至 VOCs 废气收集处理系统。 6.其他分离精制过程排放的废气是否排至 VOCs 废气收集处理系统。 7.分离精制后的母液是否密闭收集；母液储槽（罐）产生的废气是否排至 VOCs 废气收集处理系统。
	真空系统	8.是否采用干式真空泵，真空排气是否排至 VOCs 废气收集处理系统。
	配料加工与产品包装过程	9.混合、搅拌、研磨、造粒、切片、压块等配料加工过程，以及含 VOCs 产品的包装（灌装、分装）过程是否采用密闭设备，或在密闭空间内操作，或采取局部气体收集措施；废气是否排至 VOCs 废气收集处理系统。

源项	检查环节	检查要点
工艺过程 VOCs 无组织 排放	含 VOCs 产品的 使用过程	10.涉 VOCs 的调配、干燥等过程中是否采用密闭设备，或在密闭空间内操作，或采取局部气体收集措施；废气是否排至 VOCs 废气收集处理系统。
	其他过程	11.载有 VOCs 物料的设备及其管道在开停工（车）、检维修和清洗时，是否在退料阶段将残存物料退净，并用密闭容器盛装；退料过程废气、清洗及吹扫过程排气是否排至 VOCs 废气收集处理系统。
	VOCs 无组织废 气收集处理系统	12.是否与生产工艺设备同步运行。 13.采用外部集气罩的，距排气罩开口面最远处的 VOCs 无组织排放位置，控制风速是否大于等于 0.3 米/秒（有行业具体要求的按相应规定执行）。 14.废气收集系统是否负压运行；处于正压状态的，是否有泄漏。 15.废气收集系统的输送管道是否密闭、无破损。
设备与管线 组件泄漏	LDAR 工作	1.企业密封点数量大于等于 2000 个的，是否开展 LDAR 工作。 2.泵、压缩机、搅拌器、阀门、法兰等是否按照规定的频次进行泄漏检测。 3.发现可见泄漏现象或超过泄漏认定浓度的，是否按照规定的时间进行泄漏源修复。 4.现场随机抽查，在检测不超过 100 个密封点的情况下，发现有 2 个以上（不含）不在修复期内的密封点出现可见泄漏现象或超过泄漏认定浓度的，属于违法行为。
敞开液面 VOCs 逸散	废水集输、储存和 处理设施	1、用于集输、储存和处理含 VOCs 的废水设施，在曝气池及其之前是否密闭，废气是否收集至尾气处理装置。 2.接入口和排出口是否采取与环境空气隔离的措施。
	开式循环冷却水 系统	3.是否每 6 个月对流经换热器进口和出口的循环冷却水中的 TOC 或 POC 浓度进行检测；发现泄漏是否及时修复并记录。
有组织 VOCs 排放	排气筒	1.VOCs 排放浓度是否稳定达标。 2.车间或生产设施收集排放的废气，VOCs 初始排放速率大于等于 2 千克/小时的，VOCs 去除效率是否符合要求（采用的原辅材料符合国家有关低 VOCs 含量产品规定的除外）。 3.是否安装自动监控设施，自动监控设施是否正常运行，是否与生态环境部门联网。
废气治理 设施	冷却器/冷凝器	1.出口温度是否符合设计要求。 2.是否存在出口温度高于冷却介质进口温度的现象。 3.冷凝器溶剂回收量。

源项	检查环节	检查要点
废气治理 设施	吸附装置	4.吸附剂种类及填装情况。 5.一次性吸附剂更换时间和更换量。 6.再生型吸附剂再生周期、更换情况。 7.废吸附剂储存、处置情况。
	催化燃烧装置	8.催化（床）温度。 9.电或天然气消耗量。 10.催化剂更换周期、更换情况。
	燃烧装置	11.燃烧温度是否符合设计要求。
	洗涤器/吸收塔	12.酸碱性控制类吸收塔，检查洗涤/吸收液 pH 值。 13.药剂添加周期和添加量。 14.洗涤/吸收液更换周期和更换量。 15.氧化反应类吸收塔，检查氧化还原电位（ORP）值。
	台账	企业是否按要求记录台账。

# 河南省化工装置开停工及检维修挥发性 有机物污染控制技术指南

## 一、适用范围

本指南适用于指导河南省辖区内化工装置开停工及检维修阶段挥发性有机物（VOCs）控制管理。

## 二、VOCs 产排污环节

化工装置的开停工及检维修过程中VOCs主要来源于泄压和吹扫等工序的排放。常见的开停车放空吹扫流程及VOCs产排污环节如下：

### （一）水洗、蒸汽蒸塔倒空吹扫

水洗、蒸汽蒸塔倒空吹扫为针对常温常压下物料呈液态的装置设备的一种放空吹扫操作流程，如图1所示。以水为介质，通过热水清洗或顶升将设备放料后所残余物料的大部分以液态形式排出设备。然后通过蒸汽加热汽提方式将设备内剩余的物料进一步带出设备，直至排气中物料浓度小于一定数值后，再将设备与大气连通进行自然通风冷却以便于后续进行检维修。吹扫过程中会产生大量含有机物的废气。

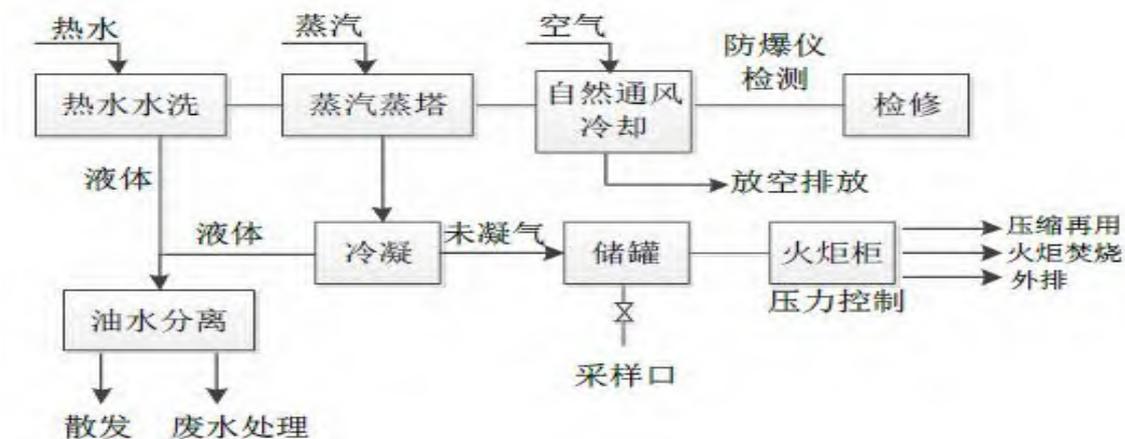


图1 水洗、蒸汽蒸塔倒空吹扫流程示意图

## (二) 溶剂或药剂蒸煮加蒸汽蒸煮倒空吹扫

溶剂或药剂蒸煮加蒸汽蒸煮倒空吹扫主要应用于装置设备内物料在清洗过程中易发生聚合或具有较低的嗅阈值而易于造成恶臭散发的情况，主要也是针对常温常压下物料呈液态的装置的一种倒空操作流程，如图2所示。操作中首先通过向装置投加脱臭药剂或溶剂来吸收、分解、稀释或置换可能造成恶臭的物料并通过密闭管道排出设备，然后再通过水洗、水蒸汽的蒸煮及氮气置换、气相检测、自然冷却或清水冷却等过程进行装置清洗以利于开展后续的检维修工作。蒸煮过程中会产生大量含有有机物的废气。

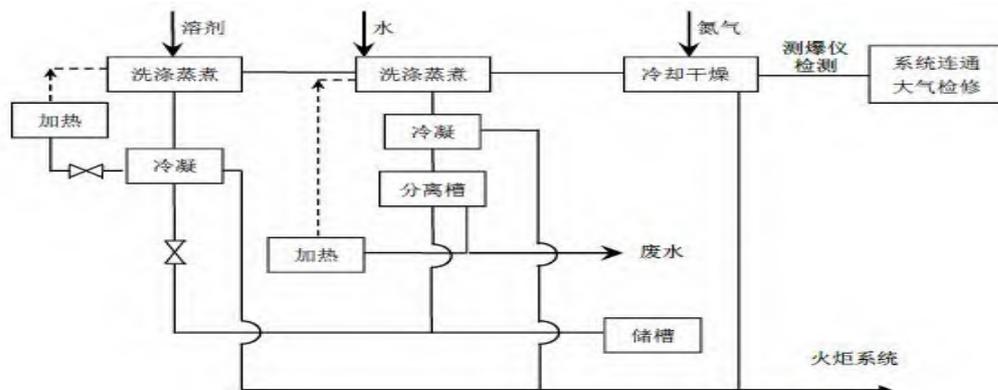


图2 溶剂或药剂蒸煮加蒸汽蒸煮倒空吹扫流程图

### （三）常温气态物料装置的退料放空吹扫

常温常压下物料呈气态的生产装置正常生产时基本处于高压状态，该类装置的一种退料放空吹扫流程如图3所示。首先通过压力平衡的方式将部分物料排至中间罐或半成品罐，剩余物料通过利用系统原有的压缩机，在用小分子的甲烷、氢置换的情况下，继续加压将部分物料加压液化储存或套用到其它生产装置，剩余少量的气相组分则利用自身压力或通过N<sub>2</sub>吹扫排入火炬系统。

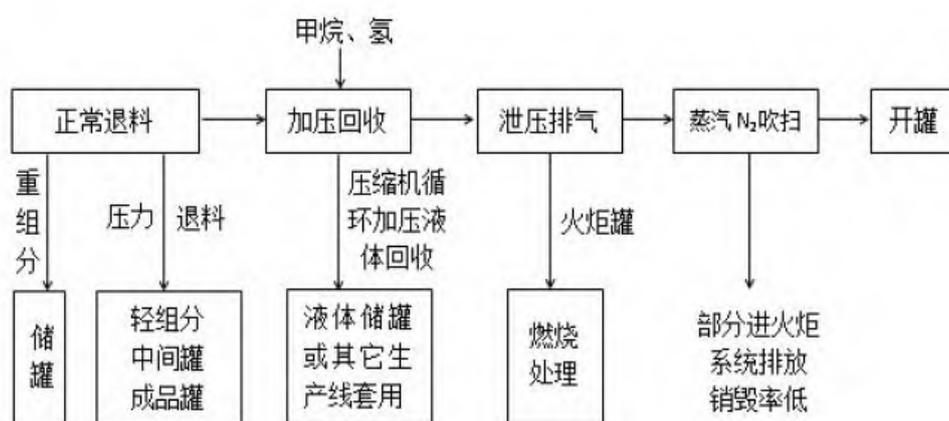


图3 常温气态物料装置的放空吹扫流程图

### （四）水溶性物料装置的吹扫

水溶性物料的生产装置吹扫流程如图4所示。该类装置主要通过蒸汽汽提冷凝方式将退料后设备内剩余的物料通过液相排出。对于部分毒性较大物料，通常经水洗稀释到一定浓度后进入排污系统，清洗时可适当加温，便于溶解。最后将装置设备所有开口打开通过蒸汽吹扫冷却。

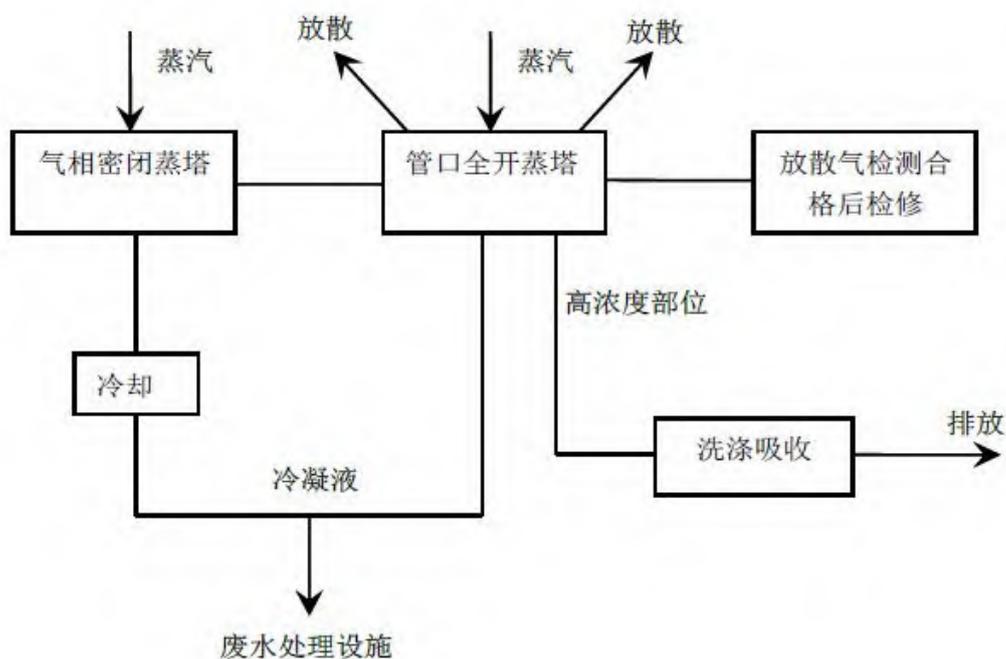


图4 水溶性物料装置吹扫流程图

### 三、VOCs 控制要求

#### （一）总体要求

1. 企业应做好开停工及检维修期间的环境影响识别和评估，合理安排各装置的开停工及检维修的时间和次序，在开停工及检维修方案和施工方案中编写相应的环境保护措施方案并组织审查和实施（内容可参照附录1），以控制和缓解环境影响。

2. 开停工过程中应优化停工退料工序，合理使用各类资源、能源，减少各类废弃物的产生和排放。

3. 生产装置吹扫过程应优先采用密闭吹扫工艺，以最大程度回收物料，减少排放。

4. 开停工过程中，应对装置 VOCs 排放和控制边界浓度进行监测。

5. 开停工期间 VOCs 排放控制除执行本指南，还必须执行

国家或地方相关的大气污染物排放标准和总量控制指标。

## （二）停工前准备阶段

1. 在退料吹扫前，应利用设备本身的加热和冷却系统构成密闭蒸汽吹扫体系，否则应搭建临时蒸汽管线和冷凝系统，或使用移动式的密闭吹扫回收装置。

2. 密闭吹扫系统应根据设备的热容量和物料特性，配置足够的加热和冷却、冷凝能力。

3. 应合理配置中间储罐，并确保相关环保设施的正常运行。具体措施包括：降低调节池、事故池或事故罐的液位；对压缩机、冷凝器等火炬系统上游设施进行检查并按需要配置必要的临时管线；检查火炬系统，确保火炬系统完好、畅通；调整污水处理设施运行方案，做好接收高浓度污水的准备等。

## （三）停工退料阶段

### 1. 水洗、蒸汽蒸塔倒空吹扫

（1）应配备不小于开停工设备液位线容积 100% 的液体中间罐或事故罐，同时应配备不小于设备容积 500% 的火炬气柜容积。

（2）退料过程中，宜在保温保压、安全生产条件允许情况下，最大化退净和回收容器、塔、换热器、机泵和管线等设施中的物料。

（3）当水洗或顶升外排过程排放的液体需排入与空气连通的储罐或储槽时，液体温度应冷却到 50℃ 以下。

（4）宜采用间歇加热（蒸汽充压）、冷却、冷凝的方式进

行蒸汽吹扫，并根据装置的具体情况确定循环操作的次数。

(5) 采用连续加热、冷却、冷凝排放方式时，应定期监测和记录冷凝器下游气体 VOCs 的浓度。不凝性气体应进入火炬气柜进行回收或通过火炬焚烧处理。

(6) 蒸汽蒸煮后设备采用氮气吹扫冷却的，宜将吹扫气体排入火炬气柜系统，当 VOCs 浓度小于 200 于煮后<sup>-6</sup> (V/V) 或小于 0.2% 爆炸下限 (LEL) 浓度、温度低于 40℃ 时，才能将设备与空气联通。

(7) 蒸汽蒸煮后直接利用空气冷却的，应控制设备内部的降温速率，防止装置故障。

(8) 应适时调整火炬系统状态，包括气柜容积和待燃气体的成分配比等，确保收纳开停工排放的气体并充分焚烧。

## 2. 溶剂或药剂蒸煮加蒸汽蒸煮倒空吹扫

(1) 应配备不小于开停工设备液位线容积 120% 的液体中间罐或事故罐，同时应配备不小于设备容积 500% 的火炬气柜容积。

(2) 退料过程中，宜将塔、容器、换热器、机泵和管线等设备内物料在保温保压(安全生产条件允许)情况最大化的退净、回收，避免物料的浪费和高浓度废水的产生。

(3) 对石化停工装置中的脱硫装置和含硫污水系统及接触含硫、氨介质的塔、容器等设备，应在吹扫前使用有效助剂进行脱臭处理。

(4) 宜采用间歇加热(蒸汽充压)、冷却、冷凝的方式进

行蒸汽吹扫、并根据装置的具体情况确定循环操作的次数。

(5) 采用连续加热、冷却、冷凝排放方式时，应定期监测和记录冷凝器下游气体 VOCs 浓度。不凝性气体应进入火炬气柜进行回收或通过火炬焚烧处理。含硫、氨气体放火炬时，应配烧足够的瓦斯气和蒸汽。

(6) 蒸汽蒸煮后设备采用氮气吹扫冷却的，应将吹扫气体排入火炬气柜，监测排放气体的 VOCs 浓度小于 200 于煮后<sup>-6</sup> (V/V) 或小于 0.2% 爆炸下限 (LEL) 浓度、温度低于 40℃ 时，才能将设备与空气连通。

(7) 蒸汽蒸煮后直接利用空气冷却的，应控制设备内部的降温速率，防止设备故障。

(8) 应及时调整火炬系统状态，包括气柜容积和待燃气体成分配比等，确保收纳开停工排放的气体并充分焚烧。

### 3. 常温气态物料的退料放空吹扫

(1) 常温气态物料的退料、放空、吹扫过程宜借助同类型装置进行物料置换与套用。

(2) 装置中的各单元应配备连接火炬系统的气体管路系统，且在开停工之前应提前做好火炬系统状态。

(3) 在条件许可的情况下，宜设足够容量的接收槽（罐）以满足加压情况下将装置内的物料排出的需求。

(4) 在确保生产安全的情况下，宜采用系统配置的压缩机等设备进行二次加压排料，最大化回收或套用物料。并通过剩余

压力将剩余物料向火炬气柜排放，同时应尽可能从火炬气柜中进一步回收燃料。

(5) 采用脉冲式氮气吹扫方法，吹扫开始阶段应将气体排入火炬系统，并对排气浓度进行监测，当浓度小于 200ppm 或 0.2%爆炸下限 (LEL) 浓度后才可将设备系统与大气连通。

(6) 在火炬系统中可燃成分不充分且无法补充燃料的情况下，在氮气吹扫的初始阶段应纳入火炬系统并对排气进行测定，当气体中可燃成分浓度小于 0.2%爆炸下限 (LEL) 浓度时，才可将吹扫气体直接排空。

#### 4. 水溶性物料放空吹扫

(1) 应配备足够容量的废水收集装置，并在排水管道系统中设置冷却装置以控制排水温度不大于 45℃。

(2) 水溶性物料装置蒸汽蒸塔前期阶段应采用气相循环密闭的蒸煮方式，压力升高时排放火炬系统，应尽可能配设蒸汽冷凝装置，并监测冷凝液中主要物料组分的浓度，当所有排口冷凝液的浓度小于 1000mg/L 的情况下，方可进入蒸汽蒸煮放散工序。

(3) 蒸汽放散时，物料浓度高的设备放散气体应接入日常运行的洗涤塔等设备进行净化，确保 VOCs 排放满足相关标准要求。

(4) 排放的冷凝液不应与环境空气直接接触。

#### (四) 停工检维修阶段

1. 环保装置 (设施)、气柜、火炬等应在装置开车前完成

检维修。

2. 应采取有效措施，防止设备拆解过程中残余物料造成环境污染。

#### （五）开工阶段

1. 进料前，应按照开工方案要求进行系统吹扫、试压、置换，逐项、有序检查设备设施及工艺流程，确认开工条件，防止发生跑料事故。

2. 进料时，应将置换出来的废气排入火炬系统或采用其他有效方法进行净化处理。火炬系统连通时，系统的氧含量应小于0.2%。

3. 开工初始阶段产生的不合格产品应收集进入中间储罐等装置并妥善处理，非紧急情况不得排入火炬系统。

### 四、过程监测要求

#### （一）采样点位置

1. 在放空吹扫排气管道或循环管道规范化设置气体采样口并搭建采样平台。

2. 在与环境空气连通的冷凝液排放口 10cm 处也应设置气体采样监测点。

3. 在装置区边界四周和中心区域布设大气环境监测点。四周边界各至少 1 个，中心区域不少于 1 个，具体点位位置和高度根据现场情况确定。

#### （二）采样频率

检修期间,各点位等间隔安排 6 次以上采样监测并提交监测报告。

## 附录 1

# 化工装置开停工挥发性有机物报告格式

封面

目录

### 1. 工程概况

企业名称，地址，联系人及电话，厂区平面图及实施开停车装置的名称及区域位置；实施开停工的计划时间和实际执行时间。

### 2. 开停工装置的概况

包括装置名称、装置生产能力、设备名称及编号、当年产量、原料种类、中间体或副产品种类、其他信息参照附录2。

### 3. 开停工操作规程概要

### 4. 开停工过程的环境影响识别，环保措施及其实施情况

报告应在确定系统退料、吹扫流程、物料回收、环保设施开停工次序等的基础上进行排污节点分析，标注“三废”名称、来源特性（性质、浓度），排放量、排放时间、排放去向、处理处置方式及环保措施情况。环保措施应包括具体的退料接收设施的配置情况，蒸汽加热、冷凝冷却回收设备性能参数及运行参数情况，回收或火炬处置与排空操作的临界切换条件设置情况，排气净化处置设施配置及运行条件的设定情况等。

环保措施方案的技术审查情况说明。

## 5. 开停工过程的环境监测计划和结果

有组织排放点的监测（放空管）。

无组织排放的监测，包括环境监测点位（含废水废液的排放开口处）在区域平面图的位置，采用的监测方法和仪器，采样测试时间安排，监测结果及分析等。

## 6. 开停工过程的排放量估算

估算排放量，给出计算依据。可参照原环保部印发的《石化行业VOCs污染源排查参考计算表格》表7污染源排查非正常工况排放量参考计算表”。

## 7. 总结



## 开停工装置概况表（续）

14	15	16a	16b	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
装置放空时压力 (Mpa)	装置放空时温度 (℃)	装置下游排气管道平均口径 (m)	装置下游排气管道大致长度 (m)	装置当年放空清洗次数	大致放空清洗操作规程	是否采用水顶? 如是, 水温及大致时间	是否采用溶剂清洗, 如是, 每次大致消耗量 (kg)	是否采用蒸汽清洗, 如是, 每次大致消耗量 (kg)	是否采用气体吹扫, 如是气体种类和用量 (m <sup>2</sup> )	系统内是否有放空管类存液区? 如有, 提供其概要容积	是否配备回收或净化装置	回收净化装置的类型和操作规程	人员进入前是否检测装置内气体组分	进入人员前设备内有机气体浓度检测期间的起始和终了浓度, 及检测时间的长度
1														
2														
3														
4														



# 河南省印刷行业挥发性有机物 污染控制技术指南

## 一、适用范围

本指南适用于河南省辖区内印刷企业生产过程中挥发性有机物（VOCs）的控制管理。

## 二、VOCs 产排污环节

印刷生产根据所用版式类型分为平版印刷、凹版印刷、凸版印刷（包括树脂版印刷和柔性版印刷）以及孔版印刷（主要为丝网印刷），一般包括印前、印刷、印后加工三个工艺过程。印前过程主要包括制版及印前处理（金属制罐的涂布或成罐等）等工序。印刷过程主要包括油墨调配和输送、印刷、在机上光、烘干等工序，以及橡皮布清洗和墨路清洗等配套工序。印后过程主要包括精装、胶装、骑马订装等装订工序，覆膜、上光、烫箔、模切等表面整饰工序，胶黏剂及光油调配和输送、复合、烘干、糊盒、制袋、装裱、裁切等包装成型工序。印刷生产工艺流程及主要 VOCs 产排污环节如图 1 所示：

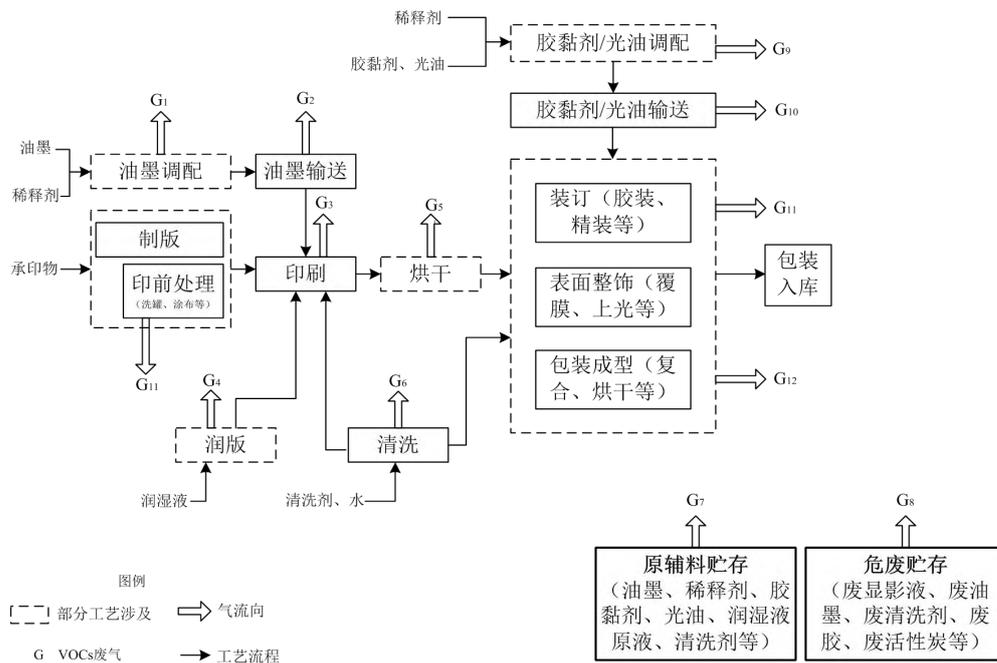


图1 印刷工艺流程及VOCs主要产排污环节

印刷生产使用的含VOCs的原辅材料包括油墨、胶黏剂、稀释剂、清洗剂、润湿液、光油等。印刷企业VOCs主要产生于含VOCs原辅材料（油墨、胶黏剂、光油等）的调配和输送，印刷、润版、烘干、清洗等工序及原辅材料贮存、危险废物贮存；其中出版物、纸包装等的平版印刷工艺VOCs主要来自于润版和清洗工序，塑料包装的凹版印刷工艺VOCs主要来自于印刷和复合工序。

### 三、治理技术要求

#### （一）源头控制

1. 积极推进使用环境友好型原料，包括植物油基胶印油墨、无/低醇润湿液、能量固化油墨、水性凹印油墨、水性凸印油墨、水性胶黏剂、水性光油、UV光油等。

### （1）植物油基胶印油墨替代技术

该技术适用于所有可吸收性材料的平版印刷工艺。热固轮转植物油基胶印油墨VOCs含量应 $\leq 10\%$ ；单张纸或冷固轮转植物油基胶印油墨VOCs含量应 $\leq 3\%$ 。

### （2）无/低醇润湿液替代技术

低醇润湿液适用于所有平版胶印工艺，无醇润湿液适用于书刊、报纸及本册的印刷工艺。无/低醇润湿液原液中VOCs含量应 $\leq 10\%$ 。无醇润湿液中添加剂添加量应为零，低醇润湿液添加剂中添加剂量应 $\leq 2\%$ 。

### （3）能量固化油墨替代技术

该技术适用于平版、凸版及丝网印刷版式，应用于标签、票证、纸包装、金属等的印刷工艺，不适用于直接接触食品的产品印刷工艺。胶印能量固化油墨VOCs含量应 $\leq 2\%$ ，柔印能量固化油墨VOCs含量应 $\leq 5\%$ ，网印能量固化油墨VOCs含量应 $\leq 5\%$ ，凹印能量固化油墨VOCs含量应 $\leq 10\%$ 。

### （4）水性凹印油墨替代技术

鼓励有条件的企业采用水性凹印油墨替代技术。该技术适用于纸张凹版印刷工艺、塑料表印及塑料轻包装。凹印非吸收性承印物水（醇）性油墨VOCs含量应 $\leq 30\%$ ，吸收性承印物水（醇）性油墨VOCs含量应 $\leq 15\%$ 。

### （5）水性柔印油墨替代技术

该技术适用于纸包装、标签、票证、塑料包装、铝罐等的印

刷工艺。柔印吸收性承印物水（醇）性油墨VOCs含量应 $\leq 5\%$ ，非吸收性承印物水（醇）性油墨VOCs含量应 $\leq 25\%$ 。

#### （6）水性胶黏剂替代技术

该技术适用于轻包装制品，如方便面、膨化食品覆膜工艺，适用于纸包装的复合工艺。水性胶黏剂VOCs含量应 $\leq 5\%$ 。

#### （7）水性光油替代技术

该技术适用于书刊、画册等纸张印刷的上光工艺。水性光油VOCs含量应 $\leq 3\%$ 。

#### （8）UV光油替代技术

该技术适用于纸张、金属及塑料薄膜的上光工艺，不适用于直接接触食品的产品上光工艺。UV光油VOCs含量应 $\leq 3\%$ 。

2. 积极推进环境友好型技术，如采用自动橡皮布清洗技术、无溶剂复合技术、共挤出复合技术等。

#### （1）自动橡皮布清洗技术

该技术适用于平版印刷橡皮布的清洗。与人工清洗工艺相比，该技术可减少清洗剂使用量30%以上，同时可减少废清洗剂及废擦机布等危险废物的产生量，缩短清洗时间，提高生产效率。

#### （2）无溶剂复合技术

该技术适用于包装印刷的复合工序。

#### （3）共挤出复合技术

有条件企业根据产品类型鼓励使用共挤出符合技术。该技术适用于包装印刷的复合膜生产工序，但该技术只能用于热融塑料

与塑料复合，其产品材料的组合形式相对较少使用具有一定的局限性。

## （二）过程控制

### 1. 加强调配过程 VOCs 无组织逸散控制

减少油墨、胶黏剂等的手工调配量，缩短现场待用时间。油墨、胶黏剂等调配应在密闭装置或空间内进行。鼓励使用全密闭自动调墨（胶）装置进行计量、搅拌、调配，或设置专门的调墨（胶）间，调墨（胶）废气通过排气柜或集气罩收集。

### 2. 加强输送过程 VOCs 无组织逸散控制

鼓励使用集中供墨系统，减少原辅材料贮存、配制及供应过程 VOCs 的逸散。向墨槽中添加油墨或稀释剂时宜采用漏斗或软管等接驳工具，凹版印刷工艺添加稀释剂宜采用黏度自动控制仪，以减少供墨过程中 VOCs 的逸散。

### 3. 加强印刷过程 VOCs 无组织逸散控制

使用溶剂型油墨的凹版、柔版印刷机宜采用封闭刮刀，或通过安装盖板、改变墨槽开口形状等减少供墨系统敞开液面，从而减少 VOCs 的逸散。控制印刷单元（主要是供墨系统）环境温度，防止高温造成溶剂逸散速度增加。避免送风或吸风口正对墨盘，造成溶剂逸散速度增加。应提高烘箱的密闭性，减少因烘箱漏风造成的无组织排放。控制烘箱送、排风量，使烘箱内部保持微负压。

### 4. 加强清洗过程 VOCs 无组织逸散控制

根据生产需要合理控制使用油墨清洗剂，避免清洗剂的一次性大量使用。根据工作流程规定清洗剂的使用量，使清洗工作标准化。集中清洗应在密闭装置、空间内进行，可采用自动清洗机或在配置有废气收集设施的清洗间完成。清洗完成后，沾染有油墨或清洗剂的废抹布等应放入密闭容器，防止 VOCs 的逸散。

#### 5. 加强贮存过程 VOCs 无组织逸散控制

油墨、稀释剂、清洗剂、有机溶剂等含 VOCs 的原辅材料贮存容器在非取用状态时，应加盖密封，并存放于安全、合规场所。废油墨、废清洗剂、废活性炭等含 VOCs 的危险废物，应分类放置于贴有标识的容器内，加盖密封，存放于安全、合规场所。确保贮存油墨、溶剂等的容器材质结实、耐用，无破损、无泄漏，封闭良好。分装油墨或溶剂的容器盛装量宜小于 80%，避免受热、转运时溢出。

### （三）VOCs 收集处理技术

#### 1. 废气收集技术

应加强对印刷生产工艺过程废气的收集，印刷、干燥、涉 VOCs 排放的覆膜、胶装等工序应安装局部或整体排风收集系统，减少 VOCs 无组织排放，收集的废气应排至废气处理系统。废气收集技术可参考如下规定。

（1）应根据废气种类、性质、浓度分类收集。

（2）调墨（胶）过程应采用密闭设备或在密闭空间内操作，可使用全密闭自动调墨（胶）装置进行调配，调墨间、供墨间和

清洗间应设置局部排风或整体排风系统。局部排风宜采用密闭罩或通风柜。

(3) 印刷单元鼓励采用整体收集；在不具备整体收集的情况下，宜对油墨槽进行加盖或采取局部收集措施。墨槽位于设备顶部的平版印刷机宜在墨槽上方设置集气罩，在不影响工人操作的情况下集气罩距离墨槽越近越好。墨槽位于低位的凹版印刷机宜采用底吸罩或侧吸罩。外部集气罩的控制点为距离罩口最远处的散逸点，控制点风速取 $0.3 \sim 0.5\text{m/s}$ ，如果罩面口距离墨槽较近的话可以适当降低控制风速。

(4) 烘箱应设置排气口，控制断面为烘箱进出口，断面控制风速大于 $0.5\text{m/s}$ 。排风量应确保收集废气的浓度小于爆炸下限的25%。

(5) 烘箱进出口仍有 VOCs 挥发的情况下，宜在进出口设置上部罩或接收罩，作为烘箱补充收集措施。

## 2. VOCs 末端处理技术

企业应根据实际情况优先采用源头控制技术，若仍无法稳定达标排放，应采用适合的末端治理技术。废气中 VOCs 初始排放速率大于等于  $2\text{kg/h}$  的，应配置 VOCs 处理设施，调墨（胶）过程应采用密闭设备或在密闭空间内操作，可使用全密闭自动调墨（胶）装置进行调配，VOCs 去除效率不应低于 80%，采用的原辅材料符合国家有关低 VOCs 含量产品规定的除外。

溶剂型凹版印刷、溶剂型凸版印刷、干复、涂布等生产工艺

的烘箱有组织废气，宜采用减风增浓技术，减小废气排风量、提高废气污染物浓度，降低末端治理设施的投资和运行成本。

VOCs末端处理推荐采用下述吸附+燃烧/催化燃烧组合技术，单一溶剂应采用吸附+冷凝组合技术，废气进入VOCs末端处理装置前应进行预处理，采用燃烧法治理后产生的高温烟气宜进行热能回收。吸附技术主要有固定床吸附技术、旋转式吸附技术，燃烧技术主要有蓄热燃烧技术（RTO）、催化燃烧技术（CO）和蓄热催化燃烧技术（RCO）。

#### （1）固定床吸附技术

一般使用活性炭作为吸附材料。应根据污染物处理量、处理要求等设计活性炭的用量。利用活性炭吸附材料选择吸附废气中的VOCs，使VOCs浓缩于活性炭吸附材料上，当吸附饱和或废气出口浓度不能满足排放要求时，需要对活性炭吸附材料进行解吸再生或更换。解吸后的VOCs废气可通过冷凝技术进行回收或燃烧处理，从而达到净化废气的目的。通常活性炭吸附材料通过解吸而循环利用。

进入活性炭吸附装置入口废气需满足颗粒物浓度小于等于 $1\text{mg}/\text{m}^3$ 、温度小于等于 $40^\circ\text{C}$ 等条件。当废气中含有在活性炭存在时易发生聚合、交联、氧化等反应的化合物时，不宜采用活性炭吸附技术。该技术应满足《吸附法工业有机废气治理工程技术规范》（HJ 2026）的相关要求。

#### （2）旋转式分子筛吸附技术

一般使用分子筛做为吸附材料。该技术适用于中、低浓度、工况相对连续稳定的印刷、涂布VOCs废气的预浓缩，废气浓缩倍数通常在10倍以上。进入分子筛吸附装置入口废气需满足颗粒物浓度低于等于 $1\text{mg}/\text{m}^3$ 、相对湿度（RH）低于等于75%、温度低于等于 $40^\circ\text{C}$ 等条件。当废气中含有易发生聚合、交联、氧化等反应的化合物时，不宜吸附技术进行浓缩。脱附废气一般用催化燃烧或蓄热燃烧技术进行处理。该技术应满足HJ 2026的相关要求。

### （3）蓄热燃烧技术（RTO）

利用蓄热体热量存储和释放的交换功能，对进入燃烧室的废气进行预热，以充分利用废气燃烧所产生的热量。在燃烧室内废气中的VOCs通过高温氧化转化为二氧化碳和水等化合物。两室RTO的VOCs去除率应大于等于95%，多室或旋转式RTO的VOCs去除率不宜低于98%。该技术适用于溶剂型油墨印刷、干式复合或印铁制罐企业的涂布工艺烘干废气的处理。印刷或涂布工艺的无组织废气宜进行预浓缩后再通过RTO处理。非连续生产或废气浓度水平波动较大时，应用该技术处理废气的能耗会增加。

### （4）催化燃烧技术（CO）/蓄热催化燃烧技术（RCO）

催化燃烧技术利用催化剂将废气中的VOCs通过催化氧化转化为二氧化碳和水等化合物，蓄热催化燃烧技术采用蓄热式换热器进行直接换热。CO或RCO的VOCs去除率应大于等于97%。当废气中含有硫化物、卤化物、有机硅、有机磷等致催化剂中毒物

质时，慎用此技术。该技术应满足HJ2027的相关要求。

#### （5）冷凝回收技术

通过降低系统温度或提高系统压力，使处于气态的高浓度VOCs冷凝并与废气分离，进而被回收。印刷工艺废气一般为中低浓度有机废气，需通过吸附技术对VOCs进行浓缩，再经过冷凝后回收。通过调整冷凝温度，该技术的VOCs去除率可达90%以上。该技术适用于单一溶剂凹印工艺或干复工艺废气处理，一般用于年溶剂使用量1500t以上的企业。

### 四、企业环境管理措施

（一）企业应建立健全环境管理台账记录制度，按照相关要求记录主要产品印刷量等生产基本信息，含VOCs原辅料材料采购、使用及回收情况，废气收集处理系统的主要运行和维护信息，如运行时间、废气处理量、操作温度、停留时间、吸附剂再生/更换周期和更换量、催化剂更换周期和更换量等关键运行参数。VOCs治理台账记录要求详见表1，台账保存期限不少于3年。

（二）企业应按照相关法律法规、标准和技术规范等要求建设及使用污染治理设施，建立健全与治理设备相关的各项规章制度，定期进行维护和管理，保证治理设施正常运行。

治理设施应先于产生废气的生产工艺设备开启、后于生产工艺设备停机。治理设备不得超负荷运行。维护人员应根据计划定期检查、维护和更换必要的部件和材料。采用吸附法处理工艺时，应定期更换吸附材料；对于一次性吸附工艺，当排气浓度不能满

足设计或排放要求时应更换吸附剂；对于可再生工艺，应定期对吸附剂动态吸附量进行检测，当动态吸附量降低至设计值的80%时宜更换吸附剂。采用燃烧法时，过滤材料、氧化催化剂、蓄热体等关键耗材应根据质量分析数据及时更换。

（三）企业车间或生产设施排气筒应在规定的监控位置设置采样口和永久检测平台，采样口的设置应符合《气体参数测量和采样的固定位装置》（HJ/T1）的要求，同时设置规范的永久性排污口标志。有处理设施的，应在处理设施进、出口处设置采样孔，并满足相应的采样条件。

（四）企业应采取措施控制或处理污染治理设施产生的二次污染物。

（五）企业应执行排污许可证制度。

## 五、环保部门监管要点

（一）检查企业VOCs物料储存、VOCs物料转移和输送、工艺过程等挥发性有机物无组织排放控制情况。

（二）核查治理设施相关台账。如采用吸附装置的，重点检查吸附剂种类及填装情况、一次性吸附剂更换时间和更换量、再生型吸附剂再生周期及更换情况等；采用催化燃烧法的，重点检查催化（床）温度、电或天然气消耗量、催化剂更换周期及更换情况等，VOCs治理台帐记录要求见表1。

（三）对于加装有VOCs自动监测系统的企业，检查其在线数据记录。

(四) 核查治理过程产生的次生污染物是否得到有效处置。  
印刷企业VOCs治理检查要点见表2。

**表 1 VOCs 治理台账记录要求**

生产信息	主要产品印刷量等生产基本信息。
含 VOCs 原辅材料	含 VOCs 原辅材料（油墨、稀释剂、清洗剂、润版液、胶粘剂、复合胶、光油、涂料等）名称及其 VOCs 含量，采购量、使用量、库存量，含 VOCs 原辅材料回收方式及回收量等。
废气收集处理设施	废气处理设施进出口的监测数据（废气量、浓度、温度、含氧量等）。
	废气收集与处理设施关键参数（见表 2）。
	废气处理设施相关耗材（吸附剂、催化剂、蓄热体等）购买处置记录。

**表 2 印刷企业 VOCs 治理检查要点**

源项	检查环节	检查要点
VOCs 物料 储存	容器、包装袋	1.容器或包装袋在非取用状态时是否加盖、封口，保持密闭；盛装过 VOCs 物料的废包装容器是否加盖密闭。 2.容器或包装袋是否存放于室内，或存放于设置有雨棚、遮阳和防渗设施的专用场地。
	储库、料仓	3.围护结构是否完整，与周围空间完全阻隔。 4.门窗及其他开口（孔）部位是否关闭（人员、车辆、设备、物料进出时，以及依法设立的排气筒、通风口除外）。
工艺过程 VOCs 无组 织排放	调配过程	1.油墨、胶黏剂等的调配是否在密闭装置或空间内进行，废气是否收集处理。
	输送过程	2.是否使用集中供墨系统。 3.向墨槽中添加油墨或稀释剂时是否采用漏斗或软管等接驳工具，凹版印刷工艺添加稀释剂是否采用黏度自动控制仪。
	印刷过程	4.使用溶剂型油墨的凹版、凸版印刷机是否采用封闭刮刀，或采用安装盖板、改变墨槽开口形状等措施。 5.送风或吸风口是否正对墨盘。 6.烘箱内部是否保持微负压。
辅助环节 VOCs 控制	清洗过程	1.集中清洗是否在密闭装置或空间内进行，废气是否收集处理。

源项	检查环节	检查要点
有组织 VOCs 排放	排气筒	<p>1.VOCs 排放浓度是否稳定达标。</p> <p>2.车间或生产设施收集排放的废气，VOCs 初始排放速率大于等于 2 千克/小时的，VOCs 去除效率是否符合要求（采用的原辅材料符合国家有关低 VOCs 含量产品规定的除外）。</p> <p>3.是否安装自动监控设施，自动监控设施是否正常运行，是否与生态环境部门联网。</p>
废气治理 设施	冷却器/冷凝器	<p>1.出口温度是否符合设计要求。</p> <p>2.是否存在出口温度高于冷却介质进口温度的现象。</p> <p>3.冷凝器溶剂回收量。</p>
	吸附装置	<p>4.吸附剂种类及填装情况。</p> <p>5.一次性吸附剂更换时间和更换量。</p> <p>6.再生型吸附剂再生周期、更换情况。</p> <p>7.废吸附剂储存、处置情况。</p>
	催化燃烧装置	<p>8.催化（床）温度。</p> <p>9.电或天然气消耗量。</p> <p>10.催化剂更换周期、更换情况。</p>
	燃烧装置	<p>11.燃烧温度是否符合设计要求。</p>
台账		企业是否按要求记录台账。



采用低压罐、压力罐或其他等效措施。

(2) 储存真实蒸气压 $\geq 27.6$  kPa 但 $< 76.6$  kPa 且储罐容积 $\geq 75$  m<sup>3</sup> 的挥发性有机液体储罐，以及储存真实蒸气压 $\geq 5.2$  kPa 但 $< 27.6$  kPa 且储罐容积 $\geq 150$  m<sup>3</sup> 的挥发性有机液体储罐，应符合下列规定之一：

①采用浮顶罐。对于内浮顶罐，浮顶与罐壁之间应采用浸液式密封、机械式鞋形密封等高效密封方式；对于外浮顶罐，浮顶与罐壁之间应采用双重密封，且一次密封应采用浸液式密封、机械式鞋形密封等高效密封方式。

②采用固定顶罐，排放的废气应收集处理并满足相关排放标准，或者处理效率不低于90%。

③采用气相平衡系统。

(3) 鼓励企业采用压力罐、浮顶罐等替代固定顶罐。

(4) 加强维护

罐体应保持完好，不应有孔洞、缝隙，浮顶边缘密封不应有破损。附件开口（孔），除采样、计量、例行检查、维护和其他正常活动外，应密闭。浮顶罐支柱、导向装置等储罐附件穿过浮顶时，应采取密封措施。浮顶罐除储罐排空作业外，浮顶应始终漂浮于储存物料的表面。浮顶罐自动通气阀在浮顶处处于漂浮状态时应关闭且密封良好，仅在浮顶处于支撑状态时开启。除自动通气阀、边缘呼吸阀外，浮顶罐的外边缘板及所有通过浮顶的开孔接管均应浸入液面下。定期检查固定顶罐呼吸阀的定压是否符合

合设定要求。

## 2. 发油油气控制

(1) 储油库应采用底部装油方式，装油时产生的油气应进行密闭收集和回收处理。

(2) 加强油罐车油气回收系统密闭性和油气回收气动阀门密闭性检测，每年至少开展一次。油气密闭收集系统任何泄漏点排放的油气体积分数浓度不应超过 0.05%。

(3) 底部装油结束并断开快接头时，汽油泄漏量不应超过 10ml，泄漏检测限值为泄漏单元连续3次断开操作的平均值。

(4) 储油库油气收集系统应设置测压装置，收集系统在收集油罐车罐内的油气时对罐内不宜造成超过4.5kPa的压力，在任何情况下都不应超过6kPa。

(5) 储油库防溢流控制系统应定期进行检测，检测方法按有关专业技术规范执行。

(6) 储油库给铁路罐车装油时，优先采用底部装载方式；底部装载结束并断开快接头时，滴洒量不应超过10mL，滴洒量取连续3次断开操作的平均值。无法实现底部装载的应采用带有机械锁紧式密封鹤管的顶部浸没式装载方式，出口距离罐底高度应小于200mm；并定期检测密封部件，保障废气收集效率。

(7) 底部装油和油气输送接口应采用密封式快速接头。

(8) 应对进、出处理装置的气体流量进行监测，流量计应具备连续测量和数据至少存储1年的功能，并符合安全要求。

(9) 应建立油气收集系统和处理装置的运行规程，每天记录气体流量、系统压力、发油量，记录防溢流控制系统定期检测结果，随时记录油气收集系统和处理装置的检修事项。编写年度运行报告并附带上述原始记录，作为储油库环保检测报告的组成部分。

(10) 推动储油库安装油气回收自动监控设施。

## (二) 深化加油站油气回收工作

### 1. 总体要求

加油站卸油、储油和加油时排放的油气，应采用以密闭收集为基础的油气回收方法进行控制。

年销售汽油量大于 5000t 的加油站，应安装油气回收自动监控设备，并与生态环境部门联网，2020 年年底前基本完成。

### 2. 卸油油气排放控制

(1) 应采用浸没式卸油方式，卸油管出油口距罐底高度应小于 200mm。

(2) 卸油和油气回收接口应安装 DN100mm 的截流阀、密封式快速接头和帽盖，现有加油站已采取卸油油气排放控制措施但接口尺寸不符的可采用变径连接。

(3) 连接软管应采用 DN100mm 的密封式快速接头与卸油车连接，卸油后连接软管内不能存留残油。

(4) 所有油气管线排放口应按 GB50156 的要求设置压力/真空阀。

(5) 连接排气管的地下管线应坡向油罐，坡度不应小于1%，管线直径不小于DN50mm。

(6) 未采取加油和储油油气回收技术措施的加油站，卸油时应将量油孔和其他可能造成气体短路的部位密封，保证卸油产生的油气密闭置换到油罐汽车罐内。

### 3. 储油油气排放控制

(1) 所有影响储油油气密闭性的部件，包括油气管线和所连接的法兰、阀门、快接头以及其他相关部件都应保证在小于750 Pa 时不漏气。

(2) 埋地油罐全面采用电子式液位计进行汽油密闭测量，宜选择具有测漏功能的电子式液位测量系统。

(3) 应采用符合相关规定的溢油控制措施。

### 4. 加油油气排放控制

(1) 加油产生的油气应采用真空辅助方式密闭收集。

(2) 油气回收管线应坡向油罐，坡度不应小于1%。

(3) 新、改、扩建的加油站在油气管线覆土、地面硬化施工之前，应向管线内注入10L汽油并检测液阻。

(4) 加油软管应配备拉断截止阀，加油时应防止溢油和滴油。

(5) 当汽车油箱油面达到自动停止加油高度时，不应再向油箱内加油。

### 5. 在线监测系统和处理装置

(1) 在线监测系统应能够监测气液比和油气回收系统压力，具备至少储存 1 年数据、远距离传输和超标预警功能，通过数据能够分析油气回收系统的密闭性、油气回收管线的液阻和处理装置的运行情况。

(2) 在线监测系统对气液比的监测：超出 0.9 至 1.3 范围时轻度警告，若连续 7d 处于轻度警告状态应报警；超出 0.6 至 1.5 范围时重度警告，若连续 24h 处于重度警告状态应报警。在线监测系统对系统压力的监测：超过 300Pa 时轻度警告，若连续 30d 处于轻度警告状态应报警；超过 700Pa 时重度警告，若连续 7d 处于重度警告状态应报警。

(3) 处理装置压力感应值宜设定在超过+150Pa时启动，低于-150Pa时停止。

(4) 在线监测系统应按照评估或认证文件的规定进行校准检测，每年至少校准检测 1 次。

## 6. 油气回收系统技术要求

油气回收管线液阻、密闭性压力、气液比检测值应满足《加油站大气污染物排放标准》相关要求。规范油气回收设施运行，自行或聘请第三方加强加油枪气液比、系统密闭性及管线液阻等检查，提高检测频次，原则上每半年开展一次，确保油气回收系统正常运行。

### (三) 推进油品运输油气回收治理

#### 1. 总体要求

油罐汽车应具备油气回收系统。装油时能够将汽车油罐内排出的油气密闭输入储油库回收系统；往返运输过程中能够保证汽油和油气不泄漏；卸油时能够将产生的油气回收到汽车油罐内。任何情况下不应因操作、维修和管理等方面的原因发生汽油泄漏。

## 2. 技术措施

(1) 油罐汽车应具备底部装卸油系统。

(2) 油罐汽车油气回收系统应采用 DN100mm 的密封式快速接头和相应的气动底阀、无缝钢管、阀门、过滤网、弯头、胶管和帽盖等。

(3) 油罐汽车油气进出口、底部装卸油口的密封式快速接头应集中放置在管路箱内，油管路和气管路应安装固定支架，以增加强度。多仓油罐汽车应将各仓油气回收管路在罐顶并联后进入管路箱。

(4) 油罐汽车应配备与仓数对应的油气回收管线气动阀门、压力/真空阀和防溢流探头。防溢流探头安装高度应符合相关标准要求。

(5) 油罐汽车应符合 GB18564.1、JT/T198 等相关标准的技术规定；铁路罐车应符合 TB/T2234 相关技术规定，并采取相应措施减少运输过程中的油气排放。

## 3. 油气回收系统检测技术要求

油罐汽车油气回收系统密闭性检测压力变动值、油气回收管

线气动阀门密闭性检测压力变动值应满足《汽油运输大气污染物排放标准》规定的限值，多仓油罐车的每个油仓都应进行检测。油气回收系统密闭性检测应每年至少进行1次。

防溢流探头应按专业检测技术规范，采用国家有关部门认证的检测仪器进行检测，并同时检测探头安装高度，每年至少检测1次。

油罐汽车罐体及各种阀门和管路系统渗透检测应按GB18564.1和QC/T653执行。

#### （四）设备与管线组件 VOCs 泄漏控制

载有气态 VOCs 物料、液态 VOCs 物料的设备与管线组件密封点≥料的设备与个的企业，应开展泄漏检测与修复工作。设备与管线组件包括：泵、压缩机、搅拌器（机）、阀门、开口阀或开口管线、法兰及其他连接件、泄压设备、取样连接系统等。

严格按照《挥发性有机物无组织排放控制标准》(GB 37822)中要求进行泄漏认定、泄漏检测、泄漏源修复及台账记录。

#### （五）末端治理技术措施

##### 1. 末端治理可行技术

对于油品储运销行业，通常采用冷凝、吸附、吸收、膜分离等方法对油品储存、加油、卸油等环节排放的 VOCs 进行回收处理。有条件的储油库，可采用冷凝回收法、吸附法、吸收法等处理工艺与燃烧法组合工艺。废气中 VOCs 初始排放速率大于等于2千克/小时的，VOCs 去除效率应不低于80%。禁止采用单一低

效措施，如仅采用低温等离子、光催化、光氧化、一次性活性炭吸附等处理技术。

油品储运销行业常见的 VOCs 治理可行技术见表 1，常见 VOCs 技术适用条件见表 2。

**表1 油品储运销企业常见的VOCs治理可行技术**

序号	VOCs产排污环节	常见的可行治理技术
1	储油库油品储存、装卸、储罐清洗	变温吸附、膜分离-变压吸附、催化燃烧CO、蓄热燃烧RTO、蓄热催化燃烧RCO、直接燃烧TO、回收（冷凝、吸附、膜分离）+燃烧组合工艺。
2	加油站卸油、加油、储油环节	优先选择冷凝法、吸附法、膜分离法、吸收法等至少两种以上工艺形成组合工艺。
3	废水集输、储存和处理过程	高浓度废气（隔油池、气浮池、提升池等）：催化燃烧、蓄热燃烧、蓄热催化燃烧、回收+燃烧组合工艺。
		生化废气：生物法。

**表2 常见VOCs治理技术适用条件**

序号	处理技术	适用废气量范围 (Nm <sup>3</sup> /h)	适用VOCs浓度范围 (mg/Nm <sup>3</sup> )	VOCs排放浓度	备注
1	变温吸附回收	<3×10 <sup>4</sup>	1000~1.2×10 <sup>6</sup>	100mg/m <sup>3</sup>	
2	吸附吸收	<1×10 <sup>4</sup>	1.0×10 <sup>4</sup> ~1.2×10 <sup>6</sup>	一般情况25g/m <sup>3</sup> ，个别情况可以实现100mg/m <sup>3</sup>	
3	生物处理	<5×10 <sup>4</sup>	<500	-	
4	冷凝吸附	<5000	1.0×10 <sup>5</sup> ~1.0×10 <sup>6</sup>	一般情况25g/m <sup>3</sup> ，少数情况可实现100mg/m <sup>3</sup> 排放	连续操作工况需要设置在线融霜、双排换热器切换操作。

5	膜分离-变压 吸附	$<1.0 \times 10^4$	$1.0 \times 10^5 \sim$ $1.0 \times 10^6$	VOCs: 80~ 100mg/m <sup>3</sup> 苯: 2~4mg/m <sup>3</sup>	操作压力需要在 2barg以上; 压缩 过程需要使用液 环压缩机, 不得 使用螺杆压缩 机。
6	冷凝法	$<5000$	$1.0 \times 10^5 \sim$ $1.0 \times 10^6$	单纯冷凝排放取决 于冷凝物质在制冷 温度下饱和蒸气压	连续操作工况需 要设置在线融 霜、双排换热器 切换操作。
7	催化燃烧CO	$<6 \times 10^4$	3000~1/4 LEL	20~100mg/m <sup>3</sup>	需注意催化剂使 用条件, 可导致 催化剂中毒失活 物质慎用。
8	蓄热式燃烧 RTO	$<2 \times 10^5$	1500~1/4 LEL	20~100mg/m <sup>3</sup>	(1)不含氧气废 气浓度适应范围 更广(2)含氧废 气有机物浓度不 得超过1/4 LEL (3)需采用低氮 氧化物型燃烧 器。
9	蓄热式催化 燃烧RCO	$<2 \times 10^4$	600~3000	20~100mg/m <sup>3</sup>	需注意催化剂使 用条件, 可导致 催化剂中毒失活 物质慎用。
10	直接燃烧技 术TO	$<5 \times 10^4$	500~饱和浓 度	20~100mg/m <sup>3</sup>	(1)不含氧气废 气浓度适应范围 更广(2)含氧废 气有机物浓度不 得超过1/4 LEL (3)需采用低氮 氧化物型燃烧 器。
11	冷凝-催化燃 烧CO或冷凝 -蓄热燃烧	$<5000$	$1.0 \times 10^5 \sim$ $1.0 \times 10^6$	20-100mg/m <sup>3</sup>	连续操作工况需 要设置在线融 霜、双排换热器

	RTO			切换操作。
12	膜分离-催化 燃烧CO或膜 分离-蓄热燃 烧RTO	<5000	1.0×10 <sup>5</sup> ~ 1.0×10 <sup>6</sup>	20-100mg/m <sup>3</sup>
备注	1.LEL为Lower Explosion Limited, 爆炸下限。 2.上述数据为常见适用条件, 企业适用技术应根据废气组成、温度、压力、污染物的性质、污染物的含量和废气流量等参数具体确定。			

## 2. 不同工艺技术要求

### (1) 采用吸附工艺技术要求

吸附装置按照《吸附法工业有机废气治理工程技术规范》(HJ 2026) 进行建设, 满足工艺设计要求:

- 1) 进入吸附系统的废气温度宜控制在40℃以内。
- 2) 进入吸附系统的废气中颗粒物含量宜低于1mg/m<sup>3</sup>。
- 3) 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, 其控制浓度应低于最易爆炸组分或混合气体爆炸极限下限值的25%。
- 4) 吸附装置的净化效率不得低于90%。
- 5) 有机溶剂的脱附宜选用水蒸汽和热氮气, 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。
- 6) 当采用降压解吸再生时, 煤质颗粒活性炭的性能应满足《回收溶剂用煤质颗粒活性炭》(GB/T7701.2) 要求, 且丁烷工作容量(测试方法参见《活性炭丁烷工作容量测试方法》(GB/T20449)) 应不小于12.5g/dl, BET比表面积不应小于

1400m<sup>2</sup>/g。

7) 采用水蒸汽再生时,水蒸汽的温度宜低于140℃。煤质颗粒活性炭的性能应满足《回收溶剂用煤质颗粒活性炭》(GB/T7701.2)要求,且丁烷工作容量(测试方法参见《活性炭丁烷工作容量测试方法》(GB/T20449))应不小于8.5g/dl, BET比表面积不应小于1200m<sup>2</sup>/g。

8) 采用热气流吹扫方式再生时,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℃;对于含有沸点高于110℃的有机组分废气,不宜采用热空气再生。煤质活性炭应满足《净化空气用煤质颗粒活性炭》(GB/T7701.5)要求。

9) 含有酮类等易燃气体时,不得采用热空气再生。脱附后气流中有机物的浓度应严格控制在爆炸极限下限的25%以下。

10) 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/T 386)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,采用纤维状吸附剂(活性炭纤维毡)时,气体流速宜低于0.15m/s。对于废气浓度特别低或有特殊要求的情况,风速可适当增加。

## (2) 直接燃烧法技术要求

直接燃烧法分为常规直接燃烧(TO)和蓄热式燃烧(RTO)。该技术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，适用于高浓度废气。蓄热式燃烧（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，应注意：

1) 治理设施的风量宜按照最大废气排放量的 105% 进行设计。

2) 进入蓄热燃烧装置的废气中颗粒物浓度宜低于 5 mg/m<sup>3</sup>，含有焦油等黏性物质时应从严控制。当废气中的颗粒物含量不满足要求时，应采用过滤、喷淋、静电捕集等方式进行预处理。预处理工艺应根据废气的成分、性质和污染物的含量等因素进行选择。

3) 蓄热燃烧装置的热回收效率一般不宜低于 90%，两室蓄热燃烧装置的净化效率一般不宜低于 95%，多室或旋转式蓄热燃烧装置的净化效率一般不宜低于 98%。

4) 应根据废气组分、净化效率等要求确定废气在燃烧室的停留时间，停留时间一般不宜低于 0.75s。

5) 应根据废气组分、净化效率等要求确定燃烧室燃烧温度，燃烧温度一般应高于 760℃。

6) 蓄热体宜优先选用蜂窝陶瓷、组合式陶瓷等规整材料。

7) 蓄热室截面风速不宜大于 2 m/s。

8) 蓄热室进出口温差不宜大于 60℃。

9) 系统设计压降宜低于 3000 Pa。

10) 蓄热燃烧装置应进行整体内保温。外表面温度不应高于60℃，部分热点除外。

### (3) 催化燃烧法技术要求

催化燃烧分为常规催化燃烧(CO)和蓄热式催化燃烧(RCO)。该技术利用催化剂，使有机气体在较低温度下，氧化为水和二氧化碳。蓄热式催化燃烧(RCO)的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。催化燃烧设施按照《催化燃烧法工业有机废气治理工程技术规范》(HJ2027)进行建设，应注意：

1) 治理工程的处理能力应根据废气的处理量确定，设计风量宜按照最大废气排放量的120%进行设计。

2) 催化燃烧装置的净化效率不得低于97%。

3) 进入催化燃烧装置的废气中颗粒物的浓度宜低于10mg/m<sup>3</sup>。

4) 进入催化燃烧装置的废气温度宜低于400℃。

5) 催化剂的选择需要与处理对象相吻合，严格避免催化剂的中毒。

6) 催化剂的工作温度宜低于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。

7) 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10000h<sup>-1</sup>，但不宜大于40000h<sup>-1</sup>。进入燃烧室的气体温度应达到气体组分在催化剂上的起燃温度，

混合气体按照起燃温度最大的组分确定。

8) 催化燃烧装置应进行整体保温，外表面温度不宜高于60℃。

#### (4) 冷凝法技术要求

冷凝器排出的不凝尾气的温度应低于尾气中污染物的液化温度，若尾气中有数种污染物，则不凝尾气的温度应低于尾气中液化温度最低的污染物的液化温度。冷凝法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。对于易挥发的有机物需要冷凝温度更低的深冷技术，如石脑油、汽柴油等 VOCs 推荐使用先进的单机混冷技术。

#### (5) 吸收法技术要求

吸收法是采用低挥发或不挥发液体为吸收剂，利用废气中各组分在吸收剂中溶解度或化学反应特性的差异，使废气中有害组分被吸收剂吸收，从而达到净化的目的。

推荐采用沸点较高、蒸汽压较低的柴油、煤油作为溶剂，使有机废气从气相转移到液相中，然后对吸收液进行解吸处理，回收其中有机化合物，同时使溶剂得以再生。

### 四、企业环境管理措施

(一) 企业应建立健全环境管理台账制度，按照相关要求记录油品种类、周转量、销售量，收发油、加油、卸油等过程基本信息和相关检测数据；废气收集处理系统的主要运行和维护信息，如运行时间、废气处理量、操作温度、停留时间、吸附剂再

生/更换周期和更换量、催化剂更换周期和更换量等关键运行参数。油品储运销行业VOCs治理台账记录要求详见表3，台账保存期限不少于3年。

(二)企业应按照相关法律法规、标准和技术规范等要求建设及使用污染治理设施，建立健全与治理设备相关的各项规章制度，定期进行维护和管理，保证治理设施正常运行。治理设施应先于产生废气的生产工艺设备开启、后于生产工艺设备停机。治理设备不得超负荷运行。维护人员应根据计划定期检查、维护和更换必要的部件和材料。采用吸附法处理工艺时，应定期更换吸附材料；对于一次性吸附工艺，当排气浓度不能满足设计或排放要求时应更换吸附剂；对于可再生工艺，应定期对吸附剂动态吸附量进行检测，当动态吸附量降低至设计值的80%时宜更换吸附剂。采用燃烧法时，过滤材料、氧化催化剂、蓄热体等关键耗材应根据质量分析数据及时更换。

(三)排气筒应在规定的监控位置设置采样口和永久检测平台，采样口的设置应符合《气体参数测量和采样的固定位装置》(HJ/T1)的要求，同时设置规范的永久性排污口标志。有处理设施的，应在处理设施进、出口处设置采样孔，并满足相应的采样条件。

(四)企业应采取措施控制或处理污染治理设施产生的二次污染物。

(五)企业应执行排污许可证制度。

## 五、环保部门监管要点

(一) 检查企业油品储存、发油、加油、卸油等过程VOCs无组织排放控制情况。

(二) 核查油气收集治理设施相关台账。如收集系统泄漏检测频次及浓度；采用吸附装置的，重点检查吸附剂种类及填装情况、一次性吸附剂更换时间和更换量、再生型吸附剂再生周期及更换情况等；采用催化燃烧法的，重点检查催化(床)温度、电或天然气消耗量、催化剂更换周期及更换情况等，VOCs治理台账记录要求见表3。

(三) 对于加装有VOCs自动监测系统的企业，检查其在线数据记录。

(四) 核查治理过程产生的次生污染物是否得到有效处置。油品储运销行业VOCs治理检查要点见表4。

**表 3 油品储运销行业 VOCs 治理台账记录要求**

储油库	基本信息	油品种类、周转量等。
	收发油	收发油时间、油品种类、数量，油品来源；气液比检测时间与结果，修复时间、采取的修复措施等；油气收集系统压力检测时间与结果，修复时间、采取的修复措施等。
	油气处理装置	废气处理设施进出口的监测数据(废气量、浓度、温度、含氧量等)。废气收集与处理设施关键参数(见表4)。废气处理设施相关耗材(吸收剂、吸附剂、催化剂、蓄热体等)购买处置记录。
	泄漏点	检测方法、检测结果、修复时间、采取的修复措施、修复后检测结果等。
加油站	基本信息	油品种类、销售量等。
	加油过程	气液比检测时间与结果，修复时间、采取的修复措施等；油气回收系统管线液阻检测时间与结果，修复时间、采取的修复措施等；油气回收系统密闭性检测时间与结果，修复时间、采取的修复措施等。
	卸油过程	卸油时间、油品种类、油品来源、卸油量、卸油方式等。
	油气处理装置	一次性吸附剂更换时间和更换量，再生型吸附剂再生周期、更换情况，

废吸附剂储存、处置情况等。

**表 4 油品储运销行业 VOCs 治理检查要点**

类别	检查环节	检查要点
储油库	发油阶段	1.油罐车或铁路罐车是否采用底部装载或顶部浸没式装载方式。 2.气液比、油气收集系统压力等。
储油库	油气收集系统	3.泄漏检测频次及浓度。
	油气处理装置	冷却器/冷凝器 1.出口温度是否符合设计要求。 2.是否存在出口温度高于冷却介质进口温度的现象。 3.冷凝器溶剂回收量。
		吸附装置 4.吸附剂种类及填装情况。 5.一次性吸附剂更换时间和更换量。 6.再生型吸附剂再生周期、更换情况。 7.废吸附剂储存、处置情况。
		催化燃烧装置 8.催化（床）温度。 9.电或天然气消耗量。 10.催化剂更换周期、更换情况。
		燃烧装置 11.燃烧温度是否符合设计要求。
		吸收塔 12.吸收液更换周期和更换量等。
加油站	加油阶段	1.是否采用油气回收型加油枪，加油枪集气罩是否有破损，加油站人员加油时是否将集气罩紧密贴在汽油油箱加油口（现场加油查看或查看加油区视频）。 2.有无油气回收真空泵，真空泵是否运行（打开加油机盖查看加油时设备是否运行）；油气回收铜管是否正常连接。 3.加油枪气液比、油气回收系统管线液阻、油气收集系统压力的检测频次、检测结果等。
	卸油阶段	4.查看卸油油气回收管线连接情况（查看卸油过程录像）。 5.卸油区有无单独的油气回收管口，有无快速密封接头或球形阀。
	储油阶段	6.是否有电子液位仪。 7.卸油口、油气回收口、量油口、P/V 阀及相关管路是否有漏气现象，人井内是否有明显异味。
	在线监控系统	8.气液比、气体流量、压力、报警记录等。
	油气处理装置	9.一次性吸附剂更换时间和更换量，再生型吸附剂再生周期、更换情况，废吸附剂储存、处置情况等。

## 附件 7

# 河南省挥发性有机物治理设施 运行管理技术指南

## 一、适用范围

本指南适用于指导河南省辖区内挥发性有机物治理设施的运行管理，包括挥发性有机物（VOCs）治理设施运行控制、故障（不正常运行）处理、记录与报告等。

## 二、一般要求

（一）VOCs 治理设施运行管理应符合《排污许可证申请与核发技术规范总则》（HJ 942）第 6.2.1 条及所属行业排污许可证申请及核发技术规范中规定的运行管理要求。

（二）VOCs 治理设施应指定专职人员负责运行管理，保障治理设施正常运行，确保 VOCs 污染物稳定达标排放。

（三）企业应建立 VOCs 治理设施运行管理制度，并严格落实。运行管理制度应包括但不限于运行控制要求、故障（不正常运行）处理要求、记录与报告、责任人和工作要求等内容。

（四）VOCs 治理设施应设置明显标识，包括但不限于设备名称、流体走向、旋转设备转向、阀门启闭方向和定位等内容。

（五）VOCs 治理设施运行中的废气、废水、废渣、粉尘、噪声、振动等二次污染排放，应符合生态环境保护要求。

（六）VOCs 治理设施应安全运行，防止事故发生。

（七）企业应建立培训宣传机制，树立源头减排理念；对 VOCs 治理设施运行维护检修相关人员培训专业技能；推动各方共同参与 VOCs 治理设施的运行维护，持续优化管理水平，降低能耗物耗，不断减少 VOCs 排放量。

### 三、运行控制要求

#### (一) 运行程序

VOCs 治理设施应在生产设施启动前开机；在生产设施运营全过程（包括启动、停车、维护等）保持正常运行；在生产设施停车后，将生产设施或自身存积的气态污染物全部进行净化处理后停机。

#### (二) 控制指标

企业应根据生态环境保护要求以及相关的技术文件资料，设定 VOCs 治理设施正常运行的控制指标，控制指标应明确划定正常运行的范围限值，控制指标中温度、压力（压差）、时间和频率值应连续测量并记录。VOCs 治理设施的控制指标应包括但不限于表 1 所列指标。

**表 1 VOCs 治理设施的控制指标**

设备和设施	控制指标
VOCs 治理设施	处理风量
密闭排风设施	（即用）开口面积
局部排风设施	（即用）捕集距离
换热器/冷凝器	出口温度
吸附床	
热脱附再生式	（1）吸附周期（2）脱附时间和温度
真空脱附再生式	（1）吸附周期（2）脱附时间和压力
更换式	吸附介质更换周期
催化氧化器	催化（床）温度

### 设备和设施

### 控制指标

热氧化炉

(炉膛) 燃烧温度

洗涤器/吸收塔

喷淋液压力

变频控制排风机

电机频率

### (三) 巡视检查

1. 企业应组织相关人员定期检查 VOCs 治理设施运行状况，巡视检查内容和相关说明参见表 2。

2. VOCs 治理设施巡视检查可采用感官判断（目视、鼻嗅、耳闻），现场仪表指示值读取和信息资料收集，量具和便携式检测仪现场测量，现场采样实验室分析等方法。

3. VOCs 治理设施巡视检查频次，除总用电量瞬时值和累计值应连续测量之外，应不少于每班次或批次一次；污染物浓度的监测符合《排污单位自行监测技术指南 总则》(HJ819-2017) 及所属行业排污许可证申请及核发技术规范中规定的自行监测管理要求；非甲烷总烃的连续监测符合生态环境保护要求。

4. 企业应依据巡视检查结果对 VOCs 治理设施运行状况作出定性或定量评估。

**表 2 VOCs 治理设施巡视检查内容和相关说明**

序号	设备和设施	巡视检查内容	相关说明
1	生产设施	生产设施运行负荷，如涉 VOCs 原辅材料物化特性和投用量资料、排风量、温度、湿度等	生产负荷变大，VOCs 治理设施运行负荷增大。
2	VOCs 治理设施	总用电量、总燃料耗量、其他能源耗量	用电量、燃料等能耗变化，指征 VOCs 治理设施运行负荷变化。

3	密闭排风设施	设施周边气味状况	气味变大，密闭性变差。
		设施开口面积	开口面积变大，捕集效果变差。
		设施内外压差	负压变小，逸散变多。
4	局部排风设施	散发源周边气味状况	气味变大，捕集效果变差。
		设施与散发源距离	距离变大，逸散变多。
5	排风调节阀	开启位置	阀体位置不固定或无规则变动，处理风量波动大。
6	应急排放/旁通阀	启闭状况	开启或部分开启，直接排放变多或（野风进入）有效处理风量变少。
7	颗粒过滤器	流程压差	流程压差变高，处理风量变少；流程压差变低，滤料短路或破损问题变大。
8	冷却器/冷凝器	出口温度	出口温度变高，冷却/冷凝效果变差 说明：a) 冷冻型冷凝器因换热器表面结霜和除霜，出口温度呈现规律性变化 b) 冷凝器出口温度可表征出口浓度。由于冷凝器出口浓度可高达爆炸极限范围，便携式检测仪的探头会因静电成为火源，需谨慎进行现场实测
		冷却介质流量和压力	冷却介质流量变低、压力变低，冷却/冷凝效果变差。
		出口温度与冷却介质进口温度的差值	差值变小，冷却/冷凝效果变差。
		冷凝器的不凝性气体收集净化状况	收集净化变差，污染排放变多。
		冷凝器的溶剂回收量	按月周期统计，回收量变少，冷凝效果变差。
		蒸发型冷却器的喷嘴雾化状况	喷嘴雾化变差，冷却效果变差。
		开式冷却系统的冷却水混浊度	冷却水水质变混浊，冷却效果变差。
9	吸附床	吸附温度和湿度	吸附温度变高、湿度变大，吸附效果变差。
		吸附周期	吸附周期变长，吸附效果变差。
		流程压差	流程压差变低，吸附床局部短路问题变大；流程压差变高，吸附床局部堵塞问题变大。
		脱附周期	脱附周期变短，脱附效果变差，吸附容量变少。

		脱附尾气收集净化状况	收集净化变差，污染排放变多。
		蒸汽/真空脱附压力和温度	蒸汽压力和温度变低，脱附效果变差， 吸附容量变少。 真空度变低，脱附效果变差，吸附容量 变少。
		蒸汽冷凝液分离尾气收集净化 状况	收集净化变差，污染排放变多。
		溶剂水溶液分离后水相曝气尾 气收集净化状况	收集净化变差，污染排放变多。
		溶剂回收量	按月周期统计，回收量变少，吸附、冷 凝、分离性能变差。
		转轮/桶型吸附床转速	转速变低，吸附周期变长，吸附能力变 差； 转速变高，脱附周期变短，脱附率变低， 吸附容量变少。
		热气体脱附温度和流程压差	1) 脱附温度变低，脱附率变低，吸附容 量变少。 2) 转轮/转筒吸附器脱附温度变高，相 邻吸附区受热，吸附容量变少。 3) 脱附流程压差低，脱附风量变小，脱 附率变低，吸附容量变少。
		更换式吸附介质更换日期、更换 量	更换日期延后，吸附失效；更换量短于 设计填充量，实际吸附周期短于设计吸 附周期。
		吸附床内部积水、积尘状况	内部积水、积尘，吸附效果变差。
		吸附床底座破损	底座破损，吸附介质流失，吸附周期受 损，吸附效果变差。
吸附床装填高/厚度	高/厚度缺落，吸附效果变差。		
10	催化氧化器	催化（床）温度	催化温度变低，催化效果变差。
		催化床温升	催化床温升变小，污染物进口浓度变低 或催化活性变低。
		催化床出口温度	催化床出口温度变高，催化剂易高温受 损，应急排放阀可能开启。
		催化床流程压差	流程压差变高，催化床局部堵塞问题变 大。

11	热氧化炉	(炉膛) 燃烧温度	燃烧温度变低, 净化效果变差; 燃烧温度变高, 应急排放阀可能开启。
		蓄热床流程压差	流程压差变大, 蓄热床局部堵塞问题变大。
		二床式蓄热床切换尾气控制状况	控制变差, 污染排放变多。
12	洗涤器/吸收塔	喷嘴雾化和布水均匀性状况	雾化及布水变差, 局部堵塞或水压不足问题变大, 净化效果变差。
		循环液箱水位	水位波动幅度变大, 净化效果变差。
		洗涤/吸收液压力	压力变低, 洗涤/吸收液流量变低, 净化效果变差。
		填料床流程压差	流程压差变大, 填料局部堵塞问题变大, 净化效果变差。
		pH 值	酸碱性控制类吸收塔, pH 值变低或变高, 化学反应条件变差, 净化效果变差。
		药剂添加周期和添加量	周期变长或添加量少, 化学反应条件变差, 净化效果变差。
		洗涤/吸收液更换周期和更换量	周期变长或更换量少, 化学反应条件变差, 净化效率变差。
		氧化还原电位 (ORP) 值	氧化反应类吸收塔, ORP 值过低或过高, 化学反应条件不佳, 吸收净化率低。
		填料高度	填料高度变低, 净化效果变差。
13	排风机	风机转动方向	转向逆反, 排风量变小。
		风机振动	叶轮锈蚀、磨损、物料粘附等引起振动变大, 风量风压变小。
		皮带驱动型的皮带啸叫噪声	皮带啸叫, 风量风压缺失。
14	排气筒	排气颜色、携带液滴和颗粒物状况	1) 颜色变深、携带量变大, 净化效果变差 2) 热氧化类和催化氧化类设备排放携带可见物变多, 燃烧器异常或存在燃烧产物凝结物问题变大, 净化效果变差。
		排气 (下风向) 气味	气味变大, 净化效果变差。
15	罩体/风管/设备	连接/密封处缝隙状况	缝隙变大, 净化效果变差。
		壳体变形	变形增大, 处理风量变小。
		壳体损坏、锈蚀	1) 损坏、锈蚀多, 疑散逸或野风大, 净化效果变差。 2) 活性炭蒸汽脱附凝结液、溶剂回收液、含酸根的燃烧产物均可具腐蚀性, 对设

			备本体或下游管道、部件造成锈蚀，净化效果变差。
		隔振/隔声材料变形、脱落	变形脱落严重，防护性能缺失，净化效果变差。
		绝热材料变形、脱落	变形脱落严重，保温防护性能缺失，净化效果变差。

#### （四）维护保养

企业应组织技术人员按照相关产品资料、控制指标波动趋势以及巡视检查的评估结果，适时开展 VOCs 治理设施维护保养，维护保养工作不宜在运行期间进行，包括但不限于及时更换失效的净化材料、尽快修复密封点的泄漏以及损坏部件、按期更换润滑油及易耗件、定期清理设备和设施内的粘附物和存积物并对外表面进行养护。

#### 四、故障（不正常运行）处理要求

VOCs 治理设施的控制指标，1 小时平均值超出正常工作范围限值，则判断为故障小时；VOCs 治理设施持续存在 12 个故障小时，则判定为不正常运行，应立即进入停机程序，并在确保安全的前提下尽快停机；VOCs 治理设施出现故障时应将故障报警信息及时发送至相关人员及当地生态环境管理部门，并在现场和远程控制端设置明显的故障标示；治理设施发生故障后应尽快检修，未修复前不应投入运行。

#### 五、记录与报告要求

VOCs 治理设施的运行程序实施信息、控制指标运行数据、巡视检查记录、维护保养台账和故障处理资料应予以保存，并符



