



# 中华人民共和国国家生态环境标准

HJ 1163—2021

---

## 包装印刷业有机废气治理工程技术规范

Technical specifications for organic waste gas treatment of package  
printing industry

2021-04-30 发布

2021-04-30 实施

---

生态环境部 发布

## 目 次

前 言 .....	ii
1 适用范围 .....	1
2 规范性引用文件.....	1
3 术语和定义 .....	2
4 污染物与污染负荷.....	5
5 总体要求 .....	6
6 工艺设计 .....	7
7 主要工艺设备和材料.....	10
8 检测与过程控制.....	11
9 主要辅助工程.....	12
10 劳动安全与职业卫生.....	12
11 施工与验收.....	13
12 运行与维护 .....	14
附录 A（资料性附录） 包装印刷业有机废气排放特征 .....	16

## 前 言

为贯彻《中华人民共和国环境保护法》《中华人民共和国大气污染防治法》等法律法规，防治环境污染，改善生态环境质量，规范包装印刷业有机废气治理工程建设和运行管理，制定本标准。

本标准规定了包装印刷业有机废气治理工程的设计、施工、验收和运行维护的技术要求。

本标准附录 A 为资料性附录。

本标准为首次发布。

本标准由生态环境部科技与财务司、法规与标准司组织制订。

本标准主要起草单位：中国环境保护产业协会、中国科学院大学、北人伯乐氛（西安）环境技术有限公司、嘉园环保有限公司、江苏天通源环保装备有限公司、武汉旭日华环保科技股份有限公司。

本标准生态环境部 2021 年 4 月 30 日批准。

本标准自 2021 年 4 月 30 日起实施。

本标准由生态环境部解释。

# 包装印刷业有机废气治理工程技术规范

## 1 适用范围

本标准规定了包装印刷业有机废气治理工程的污染物与污染负荷、总体要求、工艺设计、主要工艺设备和材料、检测与过程控制、主要辅助工程、劳动安全与职业卫生、施工与验收、运行与维护等。

本标准适用于包装印刷生产过程中印前处理、印刷、印后加工等工序有机废气治理工程的建设和运行管理，可作为建设项目环境影响评价和环境保护设施的工程咨询、设计、施工、验收及建成后运行与管理的技术依据。

其他印刷业有机废气治理工程可参照本标准执行。

## 2 规范性引用文件

本标准引用了下列文件或其中的条款。凡是注明日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本标准。凡是未注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本标准。

GB 2893	安全色
GB 2894	安全标志及其使用导则
GB/T 3003	耐火纤维及制品
GB/T 3077	合金结构钢
GB/T 3274	碳素结构钢和低合金结构钢 热轧钢板和钢带
GB 4053.1	固定式钢梯及平台安全要求 第1部分：钢直梯
GB 4053.2	固定式钢梯及平台安全要求 第2部分：钢斜梯
GB 4053.3	固定式钢梯及平台安全要求 第3部分：工业防护栏杆及钢平台
GB 7231	工业管道的基本识别色、识别符号和安全标识
GB/T 7701.1	煤质颗粒活性炭 气相用煤质颗粒活性炭
GB/T 11651	个体防护装备选用规范
GB/T 12801	生产过程安全卫生要求总则
GB 12348	工业企业厂界环境噪声排放标准
GB/T 13347	石油气体管道阻火器
GB/T 13869	用电安全导则
GB 15930	建筑通风和排烟系统用防火阀门
GB/T 16157	固定污染源排气中颗粒物测定与气态污染物采样方法
GB/T 16400	绝热用硅酸铝棉及其制品
GB 18597	危险废物贮存污染控制标准
GB 18599	一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准
GB/T 19686	建筑用岩棉绝热制品
GB/T 19839	工业燃油燃气燃烧器通用技术条件
GB 37822	挥发性有机物无组织排放控制标准
GB 50016	建筑设计防火规范
GB 50019	工业建筑供暖通风与空气调节设计规范
GB 50029	压缩空气站设计规范

## HJ 1163—2021

GB 50051	烟囱设计规范
GB 50052	供配电系统设计规范
GB 50054	低压配电设计规范
GB 50057	建筑物防雷设计规范
GB 50058	爆炸危险环境电力装置设计规范
GB/T 50087	工业企业噪声控制设计规范
GB 50093	自动化仪表工程施工及质量验收规范
GB 50116	火灾自动报警系统设计规范
GB 50140	建筑灭火器配置设计规范
GB 50187	工业企业总平面设计规范
GB/T 50252	工业安装工程施工质量验收统一标准
GB 50254	电气装置安装工程 低压电器施工及验收规范
GB 50257	电气装置安装工程 爆炸和火灾危险环境电气装置施工及验收规范
GB 50275	风机、压缩机、泵安装工程施工及验收规范
GB 50300	建筑工程施工质量验收统一标准
GB 50727	工业设备及管道防腐蚀工程施工质量验收规范
HJ/T 1	气体参数测量和采样的固定装置
HJ 38	固定污染源废气 总烃、甲烷和非甲烷总烃的测定 气相色谱法
HJ/T 389	环境保护产品技术要求 工业有机废气催化净化装置
HJ/T 397	固定源废气监测技术规范
HJ 732	固定污染源废气 挥发性有机物的采样 气袋法
HJ 734	固定污染源废气 挥发性有机物的测定 固相吸附-热脱附/气相色谱-质谱法
HJ 1089	印刷工业污染防治可行技术指南
HJ 1093	蓄热燃烧法工业有机废气治理工程技术规范
HJ 2026	吸附法工业有机废气治理工程技术规范
HJ 2027	催化燃烧法工业有机废气治理工程技术规范
GBZ 1	工业企业设计卫生标准
GBZ 2.1	工作场所有害因素职业接触限值 第1部分：化学有害因素
GBZ 2.2	工作场所有害因素职业接触限值 第2部分：物理因素
GBZ/T 194	工作场所防止职业中毒卫生工程防护措施规范
AQ 3009	危险场所电气防爆安全规范
HG/T 3922	活性炭纤维毡
HG/T 20642	化学工业炉耐火陶瓷纤维炉衬设计技术规定
JB/T 10563	一般用途离心通风机技术条件

《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》（国环规环评〔2017〕4号）

### 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

#### 3.1

**包装印刷** package printing

使用印版或以其他方式将图文信息转移到包装材料（纸及纸板、金属、塑料、玻璃等）上的工艺过程。

#### 3.2

**有机废气** organic wastegas

生产过程中排放的含挥发性有机物的废气。

## 3.3

**挥发性有机物 volatile organic compounds (VOCs)**

参与大气光化学反应的有机化合物，或者根据有关规定确定的有机化合物。

在表征 VOCs 总体排放情况时，根据行业特征和环境管理要求，可采用总挥发性有机物（以 TVOC 表示）、非甲烷总烃（以 NMHC 表示）作为污染物控制项目。

## 3.4

**总挥发性有机物 total volatile organic compounds (TVOC)**

采用规定的监测方法，对废气中的单项 VOCs 物质进行测量，加和得到 VOCs 物质的总量，以单项 VOCs 物质的质量浓度之和计。实际工作中，应按预期分析结果，对占总量 90% 以上的单项 VOCs 物质进行测量，加和得出。

## 3.5

**非甲烷总烃 non-methane hydrocarbons (NMHC)**

采用规定的监测方法，氢火焰离子化检测器有响应的除甲烷外的气态有机化合物的总和，以碳的质量浓度计。

## 3.6

**爆炸极限 explosive limit**

可燃气体或蒸汽与空气混合后能发生爆炸的浓度范围，又称爆炸浓度极限。

## 3.7

**爆炸极限下限 lower explosive limit (LEL)**

爆炸极限的最低浓度值。

## 3.8

**蜂窝活性炭 honeycomb-type activated carbon**

把粉末状活性炭、水溶性黏合剂、润滑剂和水等经过配料、捏合后挤出成型，再经过干燥、炭化、活化后制成的蜂窝状吸附材料。

## 3.9

**蜂窝分子筛 honeycomb-type molecular sieve**

把粉末状分子筛、水溶性黏合剂、润滑剂和水等经过配料、捏合后挤出成型，再经过干燥、活化后制成的蜂窝状吸附材料；或者把粉末状分子筛、水溶性黏合剂和水等配制的浆料涂覆在纤维材料上，经过折叠、干燥后制成的类似蜂窝状吸附材料。

## 3.10

**固定床吸附装置 fixed bed adsorber**

吸附过程中，吸附剂料层处于静止状态的吸附设备。

## 3.11

**转轮吸附装置 rotatory wheel adsorber**

利用颗粒状、毡状或蜂窝状吸附材料制备而成的具有一定料层厚度、处于连续旋转状态的吸附装置。根据工作过程，该吸附装置的圆形扇面上分为吸附区、再生区和冷却区。

## 3.12

**动态吸附量 dynamic adsorption capacity**

一定质量的吸附剂填充于吸附柱中，使一定浓度的污染空气在恒温、恒压下以恒速流过，当吸附柱出口中污染物的浓度达到设定值时，计算单位质量的吸附剂对污染物的平均吸附量。该平均吸附量称之为吸附剂对吸附质在设定温度、压力、浓度和流速下的动态吸附量，单位为 mg/g。

3.13

吸附剂再生 regeneration of adsorbent

利用高温水蒸气、热空气/氮气吹扫或降压等方法将被吸附物质从吸附剂中解吸的过程。

3.14

热力燃烧装置 thermal oxidizer (TO)

对有机废气进行高温氧化处理的净化装置。

3.15

蓄热燃烧装置 regeneration thermal oxidizer (RTO)

对有机废气进行高温氧化处理，同时利用蓄热体对待处理废气进行换热升温、对净化后排气进行换热降温的净化装置。蓄热燃烧装置通常由换向设备、蓄热室、燃烧室和控制系统等组成。

3.16

蓄热体 heat regenerator

在蓄热燃烧装置运行过程中，实现热量储存与交换的功能材料。

3.17

换向设备 divert device

改变待处理废气和净化后排气流向的阀门或旋转式气体分配器。

3.18

换向时间 divert interval

气体流向改变的间隔时间。

3.19

催化燃烧装置 catalytic oxidizer (CO)

在催化剂作用下对有机废气进行氧化处理的净化装置。催化燃烧装置通常由催化反应室、热交换室、加热室和控制系统等组成。

3.20

蓄热催化燃烧装置 regeneration catalytic oxidizer (RCO)

利用蓄热体进行直接接触换热的催化燃烧装置。蓄热催化燃烧装置通常由换向设备、蓄热室、催化反应室、加热室和控制系统等组成。

3.21

空速 space velocity

单位时间内单位体积催化剂处理的废气体积流量，称为空间速度，简称空速；单位为  $\text{m}^3/(\text{h m}^3)$ ，简写为  $\text{h}^{-1}$ 。

3.22

热回收效率 thermal recovery efficiency (TRE)

蓄热燃烧装置（含蓄热催化燃烧装置）内预热废气实际利用热量与最大可利用热量之比，以百分数表示。计算公式如下：

$$TRE = \frac{T_{\text{com}} - T_{\text{out}}}{T_{\text{com}} - T_{\text{in}}} \times 100\% \quad (1)$$

式中：TRE——热回收效率，%；

$T_{\text{com}}$ ——蓄热燃烧装置燃烧室温度， $^{\circ}\text{C}$ ；

$T_{\text{in}}$ ——蓄热燃烧装置进口废气温度， $^{\circ}\text{C}$ ；

$T_{\text{out}}$ ——蓄热燃烧装置出口排气温度， $^{\circ}\text{C}$ 。

### 3.23

**净化效率** destruction and removal efficiency (DRE)

有机废气治理系统销毁或去除的 VOCs 质量流量与进入治理系统的 VOCs 质量流量之比,以百分数表示。计算公式如下:

$$DRE = \frac{C_{in} \times Q_{in} - C_{out} \times Q_{out}}{C_{in} \times Q_{in}} \times 100\% \quad (2)$$

式中:  $DRE$ ——净化效率, %;

$C_{in}$  ——标准状态下,有机废气治理系统进口 VOCs 浓度,以 NMHC 计,  $\text{mg}/\text{m}^3$ ;

$C_{out}$  ——标准状态下,有机废气治理系统出口 VOCs 浓度,以 NMHC 计,  $\text{mg}/\text{m}^3$ ;

$Q_{in}$  ——标准状态下,有机废气治理系统进口干气体流量,  $\text{m}^3/\text{h}$ ;

$Q_{out}$  ——标准状态下,有机废气治理系统出口干气体流量,  $\text{m}^3/\text{h}$ 。

## 4 污染物与污染负荷

### 4.1 有机废气来源与特征

4.1.1 包装印刷业有机废气主要来源于印前处理工序(印铁制罐涂布等)、印刷工序、印后加工工序(覆膜、复合、上光等),以及油墨、胶粘剂等的调配与供给系统、清洗系统。

4.1.2 根据废气性质及排放方式,包装印刷业有机废气可分为三类:

(1) 中高浓度有组织废气;

(2) 低浓度有组织废气;

(3) 无组织收集废气。

各类废气的排放特征见附录 A。

4.1.3 印刷工艺流程、使用的含 VOCs 原辅材料、产污环节及产生 VOCs 的浓度水平可参见 HJ 1089。

### 4.2 污染负荷的确定

#### 4.2.1 现场调查与资料收集

在工艺设计前,应开展现场调查,收集相关资料,确定生产工艺与污染排放相关信息,包括但不限于:

(1) 产生污染物的工艺设备情况及工作制度;

(2) 油墨、润版液、清洗剂、胶粘剂、涂布液、光油、稀释剂等的使用情况;

(3) 废气排放方式(有组织、无组织)和规律(连续、间歇、波动周期等);

(4) 废气温度、湿度、压力等工况条件。

#### 4.2.2 设计风量

4.2.2.1 现有项目有组织废气量宜通过实际测量确定,无组织收集废气的废气量可根据相关标准规范计算确定。

4.2.2.2 新、改、扩建项目废气量可通过类比相同或相近工艺、根据相关标准规范计算、参考环境影响评价文件等方法确定。

4.2.2.3 设计风量的确定应考虑 10%~20% 的裕量。

#### 4.2.3 污染物设计浓度

4.2.3.1 现有项目应对主要的有机废气成分(VOCs 组成及含量)、TVOC、NMHC 进行实际监测,确定污染物设计浓度。还应同步调查或监测废气中颗粒物以及其他可能对治理工艺产生影响的污染物排放

情况。

4.2.3.2 新、改、扩建项目可通过类比相同或相近工艺的实测数据、参考环境影响评价文件等方法，确定污染物设计浓度。

4.2.3.3 如前述确定的污染物设计浓度处于爆炸极限范围内，应以爆炸极限下限的 25% 作为污染物最大设计浓度。

## 5 总体要求

### 5.1 一般规定

5.1.1 包装印刷企业通过采用低 VOCs 含量原辅材料、清洁生产工艺技术，优先从源头减少污染物产生；优选回收治理措施，对可回收的物质、热量等进行回收利用；在达标排放的基础上，采用高效治理技术，最大程度削减污染物排放量。

5.1.2 治理工程应与包装印刷生产工艺相适配，对产生有机废气的设备、工位等进行系统收集和治理。治理工程应作为生产系统的一部分进行管理。

5.1.3 治理工程应符合国家和地方关于建设项目基本建设程序、建设项目环境保护设计等相关规定。

5.1.4 治理工程的废气排放应符合国家和地方大气污染物排放标准、排污许可、环境影响评价文件及其审批意见、总量控制等相关要求。

5.1.5 治理工程产生的废水（液）、固体废物（废吸附剂、废催化剂、废蓄热体、废过滤材料等）、噪声等应按照相关环境保护管理要求采取控制措施，防止产生二次污染。

5.1.6 包装印刷企业应按照环境管理规定开展自行监测，重点排污单位应安装大气污染物自动监控设备。

### 5.2 源头控制

5.2.1 包装印刷企业宜采用水性油墨、无苯无酮油墨、辐射固化油墨、水性胶粘剂、水性上光油、辐射固化上光油、无醇润版液、环保型清洗剂等清洁原辅材料，减少 VOCs 的产生量。

5.2.2 包装印刷企业宜采用柔版印刷、预涂覆膜、无溶剂复合等清洁生产工艺，减少 VOCs 的产生量。

### 5.3 工程构成

5.3.1 治理工程由主体工程和辅助工程构成。

5.3.2 主体工程包括废气收集系统、预处理单元、治理设施（设备）、风机与废气排放系统、工艺过程控制系统、污染物监测系统。

5.3.3 辅助工程包括电气系统、燃料供给与燃烧系统、压缩空气系统、给排水与消防系统等。

### 5.4 平面布置

5.4.1 治理工程平面布置应符合 GB 50187 的相关规定，与主体工艺布局相协调。

5.4.2 治理工程应遵循降低周边环境影响、节能降耗、方便施工与运行维护的原则，布局紧凑、合理。

5.4.3 治理工程应考虑主导风向对大气环境的影响，宜布置在周边居住区及厂内生活区的下风向；应考虑噪声对周边生活环境及厂内工作环境的影响。

5.4.4 治理工程平面布置应遵守安全生产与消防相关要求。

## 6 工艺设计

### 6.1 一般规定

6.1.1 应综合考虑有机废气来源、气量规模、废气成分与主要污染物浓度、废气性质（温度、湿度、压力等）、排放规律（连续、间歇等）、达标排放要求、投资费用与运行成本、二次污染、安全性、平面布置、使用年限等因素，选择治理工艺路线。

6.1.2 治理工艺设计应遵循成熟可靠、技术先进、经济适用的原则，并考虑节能、安全和操作简便，确定治理工艺、技术与装备。

6.1.3 应优先对产生有机废气的设备、工位等进行废气密闭收集，不能密闭收集的，应对有机废气逸散点设置集气罩，转化为有组织排放进行控制。

6.1.4 根据有机废气性质、对有机废气治理设施（设备）产生干扰的物质浓度（如颗粒物，对吸附剂、催化剂产生毒化作用的物质）等因素，对有机废气进行必要的预处理。

6.1.5 治理工程应注意节能设计和绿色设计，回收可利用的物质或热量。充分考虑与生产工艺的协同性，对生产工艺中产生的蒸汽、余热等加以利用。

6.1.6 治理工艺设计应预留必要的设计裕量，具有一定的抗冲击、抗干扰能力，保证在污染负荷最大、最不利情况下系统的稳定运行。

6.1.7 排气筒设计应符合 GB 50051 的规定。

### 6.2 工艺选择

6.2.1 根据有机废气排放特点、排放标准及其他环境管理要求，参考 HJ 1089，通过技术经济可行性分析和安全性评价，确定治理工艺。

6.2.2 对于中高浓度有组织废气，如成分简单、具有物质回收价值，宜采用“颗粒活性炭/活性碳纤维吸附+水蒸气/热氮气再生+冷凝回收”工艺进行治理。

6.2.3 对于中高浓度有组织废气，如成分复杂、不具物质回收价值，宜采用 TO、RTO、CO、RCO 等燃烧工艺进行治理。可采取系统内废气循环等减风增浓措施，减少废气产生量，提高废气污染物浓度。

6.2.4 对于低浓度有组织废气、无组织收集废气，宜采用“吸附浓缩+燃烧”组合工艺进行治理。典型工艺流程包括：转轮吸附浓缩+RTO/CO、蜂窝活性炭吸附浓缩+CO。

6.2.5 包装印刷企业也可结合自身实际情况，选择采用其他适用的治理工艺。

6.2.6 进口 NMHC 浓度达到 100 mg/m<sup>3</sup> 以上时，治理工艺的总净化效率应不低于 80%。

### 6.3 工艺设计要求

#### 6.3.1 废气收集

6.3.1.1 废气收集系统设计应符合 GB 50019 的规定。在保证废气收集效果的前提下，力求结构简单，便于安装和维护管理。

6.3.1.2 应加强对包装印刷生产工艺过程废气的收集，减少 VOCs 无组织排放。VOCs 无组织废气的收集和控制应符合 GB 37822 的规定。

6.3.1.3 宜根据工况分别设置废气收集系统。烘干工段应采用密闭收集方式；调墨/调胶/调漆工段、印刷/复合/涂布工段、清洗工段等宜采用局部排风收集方式，有条件的可做区域密闭。

6.3.1.4 采用局部排风时使用集气罩，应保证罩口内负压均匀，距离集气罩开口面最远处的 VOCs 无组织排放位置，控制风速应不低于 0.3 m/s。集气罩的吸气方向应尽可能与污染气流运动方向一致，防止集气罩周围气流紊乱，避免或减弱干扰气流、送风气流等对吸气气流的影响。

6.3.1.5 通风管道系统设计应符合 JGJ/T 141 的规定，通风管道应有明显的颜色区分及走向标识。

6.3.1.6 当废气产生点较多、彼此距离较远时，应合理划分收集系统。

### 6.3.2 预处理

6.3.2.1 预处理工艺应根据废气的成分、性质，以及对吸附、燃烧等主体工艺产生影响的污染物性质及含量进行选择。

6.3.2.2 废气中颗粒物浓度应不影响处理装置的运行，否则应采用过滤等方式进行预处理。过滤装置前后应装设压差计，当过滤层阻力超过规定值时，应及时清理或更换过滤材料。

6.3.2.3 进入吸附装置的废气温度宜控制在 40℃ 以下，对于温度高于 40℃ 以上的，宜采取降温措施。

6.3.2.4 进入吸附装置的废气湿度宜控制在 80% 以下，相对湿度高于设计要求时，宜采取除湿措施。

### 6.3.3 燃烧装置工艺设计

6.3.3.1 燃烧装置工艺设计应符合 HJ 1093、HJ 2027 等规定，净化效率应不低于 95%。

6.3.3.2 TO、RTO 燃烧室的运行温度和有机废气在燃烧室内的停留时间，应根据废气成分及所需净化效率而定。运行温度一般应高于 760℃，停留时间一般应大于 0.75 s。根据运行温度、停留时间以及待处理废气通过燃烧室的有效体积流量等因素，计算确定燃烧室的结构和尺寸。

6.3.3.3 RTO、RCO 的热回收效率应考虑废气成分及浓度、余热回用需求，一般不低于 90%。根据热回收效率要求、蓄热体结构性能、系统压降等因素，计算确定蓄热室的结构和尺寸。蓄热室截面风速宜小于 2 m/s，应通过优化蓄热体结构、堆填方式等实现蓄热室气流均匀分布。

6.3.3.4 固定式 RTO 换向阀的换向时间宜为 60~180 s，旋转式 RTO 气体分配器的换向时间宜为 30~120 s。RTO 进出口气体温差宜小于 60℃。

6.3.3.5 CO、RCO 的运行温度、设计空速应考虑废气成分、催化剂种类等因素确定。运行温度宜为 250~500℃，设计空速宜为 10 000~40 000 h<sup>-1</sup>。

6.3.3.6 系统压力损失受气流速度、蓄热体/催化剂结构形式等因素影响，CO 的设计压降宜低于 2 kPa，RTO 和 RCO 的设计压降宜低于 3 kPa。

6.3.3.7 升温、运行阶段的燃料供给量分别按公式（3）和公式（4）计算：

a) 升温阶段

$$V_1 = \frac{Q_{\text{升温}}}{H_{\text{燃料}}} \quad (3)$$

式中：V<sub>1</sub>——升温阶段燃料消耗量，m<sup>3</sup>/h；

Q<sub>升温</sub>——升温阶段需要的总热量，kcal/h；

H<sub>燃料</sub>——燃料热值，kcal/m<sup>3</sup>。

b) 运行阶段

$$V_2 = \frac{Q_{\text{运行}} - Q_{\text{VOCs}}}{H_{\text{燃料}}} \quad (4)$$

式中：V<sub>2</sub>——运行阶段燃料消耗量，m<sup>3</sup>/h；

Q<sub>运行</sub>——运行阶段需要的总热量，kcal/h；

Q<sub>VOCs</sub>——有机废气燃烧产生的热量，kcal/h；

H<sub>燃料</sub>——燃料热值，kcal/m<sup>3</sup>。

### 6.3.4 吸附装置工艺设计

6.3.4.1 吸附装置工艺设计应符合 HJ 2026 等规定，当进口 NMHC 浓度达到 100 mg/m<sup>3</sup> 以上时，净化效率应不低于 90%。

6.3.4.2 固定床吸附装置吸附床层的气流速度应根据吸附剂形态、废气浓度及治理要求而定。采用颗

粒活性炭时气流速度宜低于 0.6 m/s，采用活性炭纤维时气流速度宜低于 0.15 m/s，采用蜂窝活性炭时气流速度宜低于 1.2 m/s。

6.3.4.3 转轮吸附装置各扇区气体设计流速宜低于 4 m/s，设计转速宜为 2~6 r/h。

6.3.4.4 吸附床层的吸附剂用量应考虑废气处理量、污染物浓度、吸附剂的动态吸附量等因素，根据公式（5）计算确定。

$$W = \frac{(C_{in} - C_{out}) \times Q \times T \times 10^{-6}}{A} \quad (5)$$

式中：W——吸附剂用量，t；

$C_{in}$ ——吸附装置进口废气浓度，mg/m<sup>3</sup>；

$C_{out}$ ——吸附装置出口废气浓度，mg/m<sup>3</sup>；

Q——废气流量，m<sup>3</sup>/h；

T——有效吸附时间，h；

A——吸附剂动态吸附量，应根据实际工况通过实验测试得到，mg/g。

6.3.4.5 吸附剂再生过程工艺设计要求如下：

a) 采用热空气再生时，采用蜂窝活性炭、颗粒活性炭、活性炭纤维的固定床吸附装置，脱附温度宜低于 120℃，采用其他耐高温吸附材料的固定床吸附装置，可适当提高脱附温度；转轮吸附装置热空气脱附温度宜低于 220℃；

b) 采用水蒸气再生时，蒸汽脱附温度宜控制在 100~140℃，脱附蒸汽供汽压力宜高于 0.2 MPa；

c) 采用热氮气再生时，热气流脱附温度宜控制 120~200℃，脱附氮气压力宜为 0.05~0.1 MPa，要求恒压设计；

d) 固定床吸附装置单床脱附再生周期应考虑废气成分、脱附风量等因素确定，宜大于 4 h；

e) 脱附后气流中有机物浓度应控制在其爆炸极限下限的 25% 以下。

6.3.4.6 吸附装置采用活性炭纤维吸附剂时，设计压降宜低于 4 kPa；采用其他吸附剂时，设计压降宜低于 2.5 kPa。

6.3.5 冷凝回收装置工艺设计

6.3.5.1 冷凝回收装置排出的不凝尾气温度应低于废气中污染物的液化温度，若废气中有数种污染物，则不凝尾气的温度应低于主要污染物中液化温度最低的污染物的液化温度。

6.3.5.2 不凝尾气应引入吸附装置进行再次吸附处理。

6.3.6 二次污染控制

6.3.6.1 废气预处理或后处理过程产生的废水、冷凝回收单元产生的废水等，宜纳入厂区污水处理站进行集中处理，当不具备集中处理条件时，应单独处理并满足达标排放要求。

6.3.6.2 吸附剂再生完成后，吸附装置降温除湿过程产生废水、废气需达标排放或经过再次处理后达标排放，不产生二次污染。

6.3.6.3 废吸附剂、废催化剂、废过滤材料等危险废物贮存应符合 GB 18597 的相关规定。一般工业固体废物贮存应符合 GB 18599 的相关规定。

6.3.6.4 含 VOCs 废料（渣、液）应密闭包装，盛装过 VOCs 物料的废包装容器应加盖密闭，防止 VOCs 和恶臭污染。

6.3.6.5 噪声控制应符合 GB 12348 和 GB/T 50087 的规定。

6.3.7 安全措施

6.3.7.1 治理工程应有事故自动报警装置，并符合安全生产、事故防范的相关规定。

6.3.7.2 治理工程与主体生产装置之间的管道系统应安装阻火器或防火阀，阻火器应符合 GB/T 13347 的相关规定，防火阀应符合 GB 15930 的相关规定。

6.3.7.3 治理工程进风、排风管道采用金属材质时，应采取法兰跨接、系统接地等措施，防止静电产

生和积聚。

6.3.7.4 吸/脱附装置应设置温度指示、超温报警及应急处理系统。固定床炭层应设置多支热电偶/阻，宜设有二氧化碳/氮气/消防水保护系统；转轮各分区进出口应设有热电偶/阻，脱附区出口宜设有二氧化碳/氮气保护系统。

6.3.7.5 吸附剂再生时，当吸附装置内的温度超过 6.3.4.5 条规定的温度时，应能自动报警并立即终止再生操作、启动降温措施。

6.3.7.6 燃烧装置或其连接的管道应设置防爆泄压装置。燃烧装置应具有过热保护功能。燃烧装置主体的表面温度应低于 60℃（部分热点除外），并有明显安全标识。

6.3.7.7 燃烧装置应设有安全可靠的火焰控制系统、温度监测系统、压力控制系统等。

6.3.7.8 燃烧器点火操作应符合 GB/T 19839 的相关规定。燃料供给系统应设置高低压保护和泄漏报警装置。采用液化气、柴油等作为燃料的，其储存和使用应符合安全规定。

6.3.7.9 风机、电机和置于现场的电气仪表等设备的防爆等级应不低于现场防爆级别。

6.3.7.10 压缩空气系统应设置低压保护和报警装置。

6.3.7.11 整套装置应具备短路保护和接地保护功能，接地电阻应小于 4 Ω。

6.3.7.12 室外污染治理设施应安装符合 GB 50057 规定的避雷装置。

## 7 主要工艺设备和材料

### 7.1 燃烧设备和材料

7.1.1 燃烧装置可选用热力燃烧、蓄热燃烧、催化燃烧、蓄热催化燃烧方式，应根据废气的成分、浓度、性质和影响燃烧过程的物质性质及含量等因素进行选择。RTO、RCO 根据需要可采用两室或三室固定式设备，也可采用旋转式设备。

7.1.2 设备主体采用碳钢、不锈钢材料，按 10 年使用寿命设计。

7.1.3 换向阀宜采用提升阀、旋转阀、蝶阀等，其材质应具有耐磨、耐高温、耐腐蚀等性能，适应频繁切换，漏风率应低于 0.2%。

7.1.4 催化剂应符合 HJ/T 389 中关于催化剂性能的规定。

7.1.5 换热器宜采用列管式、板式，其材质应具有耐高温、耐腐蚀等性能。

7.1.6 蓄热体宜选用蜂窝式、组合式等规整材料，采用的莫来石、堇青石、石英陶瓷等材质的性能应符合 JC/T 2135 的相关规定。蓄热体比热容应高于 750 J/(kg·K)，短时间可承受 1200℃ 的高温冲击，使用寿命大于 40 000 h。

7.1.7 蓄热体支架（炉栅）应采用高强度、防腐耐温材料。

7.1.8 燃烧室内衬耐火绝热材料应选用陶瓷纤维，容重应高于 220 kg/m<sup>3</sup>。内衬设计应符合 HG/T 20642 的相关规定。

7.1.9 保温材料宜采用硅酸铝、玻璃/陶瓷纤维、岩棉等材质，性能应符合 GB/T 16400、GB/T 3003、GB/T 19686 等相关规定。

### 7.2 吸附设备和材料

7.2.1 吸附装置可选用固定床式、转轮式，应根据废气的成分、浓度、性质和影响吸附过程的物质性质及含量等因素进行选择。

7.2.2 设备主体采用碳钢、不锈钢材料，按 10 年使用寿命设计。

7.2.3 固定床吸附装置用于吸附回收工艺时，吸附材料宜采用颗粒活性炭、活性炭纤维或其他适宜的专用吸附材料，颗粒活性炭性能应满足 GB/T 7701.1 的相关要求，活性炭纤维性能应满足 HG/T 3922 的

相关要求；用于吸附浓缩工艺时，吸附材料宜采用蜂窝活性炭，BET比表面积不应低于 $500\text{ m}^2/\text{g}$ 。

7.2.4 转轮吸附装置的吸附材料宜采用蜂窝分子筛，分子筛的负载量应高于 $70\text{ kg}/\text{m}^3$ ，蜂窝体的孔密度 $180\sim 300\text{ 孔}/\text{in}^2$ <sup>\*</sup>，吸水率应低于10%。

7.2.5 转轮吸附装置各扇区密封材料的耐温应高于 $250^\circ\text{C}$ ，转轮驱动电机采用防爆型电机。

7.2.6 吸附装置吸/脱附入口应设置必要的布风系统，保证气流均匀通过床层。

### 7.3 冷凝设备和材料

7.3.1 冷凝装置可采用列管式、板式、螺旋式等冷凝器。

7.3.2 设备主体采用碳钢、不锈钢材料，按10年使用寿命设计。

7.3.3 当有机物沸点较高时，可采用常温水作为冷凝介质；当有机物沸点较低时，冷凝介质宜使用低温水（冷冻水）或采用常温—低温水多级冷凝。

### 7.4 风机、管道及其他

7.4.1 风机宜选用高效风机，风机的风量、风压应留有适当裕量，且符合JB/T 10563的相关规定。

7.4.2 接触腐蚀性气体、水蒸气的设备、管道和阀门等，应采用防腐材料及措施。

7.4.3 燃烧设备、吸附设备、冷凝设备、换热器、过滤器、平台、扶梯等钢制设备应符合GB/T 3274及GB/T 3077的规定。

## 8 检测与过程控制

### 8.1 污染物监测与热工参数检测

8.1.1 治理工程应在进气管道、排气管道的合适位置处设置永久性采样口、采样测试平台，符合HJ/T 1、GB/T 16157、HJ/T 397规定的采样条件要求，排气筒应设立排污口标志。

8.1.2 重点排污单位应按照自动监控管理规定和技术规范的要求，安装大气污染物排放自动监测设备，并进行运行维护与管理。

8.1.3 有机废气的监测与分析应符合GB/T 16157、HJ/T 397、HJ 732、HJ 734、HJ 38等的规定。

8.1.4 热力燃烧设备应检测记录的关键参数：废气进气温度、炉膛温度、出气温度、燃料消耗量等。

8.1.5 蓄热燃烧设备应检测记录的关键参数：废气进气温度、炉膛温度、出气温度、蓄热体更换时间、加热器开关状态、换向阀门换向时间、各蓄热床层状态等。

8.1.6 催化燃烧/蓄热催化燃烧设备应检测记录的关键参数：废气进气温度、进催化剂床层温度、催化剂床层后温度、催化剂更换时间、加热器开关状态等。

8.1.7 固定床吸附设备应检测记录的关键参数：废气进气温度、各床层运行状态、炭层温度、脱附温度、运行时间（活性炭更换时间、转入吸附的时间、转入脱附的时间）、床层压差等。

8.1.8 转轮吸附设备应检测记录的关键参数：废气进气温度、吸附区出口温度、冷却区出口温度、脱附温度、脱附区出口温度、吸附区及脱附区压差、驱动电机频率等。

8.1.9 冷凝设备应检测记录的关键参数：冷凝介质进出口温度、废气排放温度等。

### 8.2 工艺过程控制

8.2.1 治理工程应先于产生有机废气的生产工艺设备开启，后于生产工艺设备停机，实现与生产工艺设备的连锁控制。

<sup>\*</sup> 1 in (英寸) = 2.54 cm。

8.2.2 应对治理工程的废气流量、温度、湿度、压力、运行时间、治理设备关键运行参数等进行实时检测，并在中控室集中显示。

## 9 主要辅助工程

### 9.1 电气系统

9.1.1 治理工程的电源系统可直接由生产主体工程配电系统接引，中性点接地方式应与生产主体工程一致。

9.1.2 电气系统设计应符合 GB 50052、GB 50054、GB 50058 等的规定。

### 9.2 燃料供给与燃烧系统

9.2.1 燃料供给系统一般由燃料源、过滤器、供给管路、压力调节装置、压力检测和保护系统及泄漏报警装置等组成。

9.2.2 辅助燃料应优先选用天然气、液化气等清洁燃料。

9.2.3 应根据辅助燃料类型、燃烧室结构和压力、待处理废气流量、蓄热/催化材料性质及装填量、预热时间等因素配置燃烧器。

9.2.4 燃烧器应具备温度自动调节的功能。

9.2.5 燃烧器应符合 GB/T 19839 的相关规定，优选低氮燃烧器。

### 9.3 压缩空气系统

9.3.1 压缩空气系统一般由空压机、储气罐、压力调节装置、供给管路和安全阀等组成。

9.3.2 压缩空气系统的设计应符合 GB 50029 的相关规定。

### 9.4 给排水与消防系统

9.4.1 治理工程的给水、排水设计应符合相关行业给排水设计规范的相关规定。

9.4.2 治理工程的消防设计应纳入包装印刷企业消防系统总体设计，并符合 GB 50016 的相关规定。治理工程所在区域应设置消防通道、安装消防设施。

9.4.3 治理工程应按照 GB 50116 的要求设置火灾探测及报警系统，并在各处理单元监控室、中控室设置控制屏。

9.4.4 治理工程应按照 GB 50140 的要求配置移动式灭火器。

## 10 劳动安全与职业卫生

### 10.1 一般要求

10.1.1 治理工程的建设和运行过程中，应遵守国家 and 地方关于劳动安全与职业卫生的法律、法规、标准和规范要求。

10.1.2 治理工程配套的安全、卫生设施应同步建成，安全卫生的基本要求、防护技术和管理措施应符合 GB/T 12801 的相关规定。

10.1.3 治理工程应建立相应的安全操作规程和职业卫生管理制度。

## 10.2 劳动安全

10.2.1 治理工程应建立并严格执行安全检查制度，及时消除潜在隐患，防止事故发生。

10.2.2 治理工程的用电安全应符合 GB/T 13869、AQ 3009 等相关规定。

10.2.3 治理工程的固定式钢梯、防护栏杆及平台的安全要求应符合 GB 4053.1、GB 4053.2 和 GB 4053.3 的相关规定。固定式钢梯宜采用斜梯或旋梯。

10.2.4 治理工程的安全标志设计应符合 GB 2893、GB 2894、GB 7231 等相关规定。

10.2.5 操作人员应按 GB/T 11651 的规定配备个体防护装备。

## 10.3 职业卫生

10.3.1 工作场所应符合 GBZ 1 和 GBZ 2.1、GBZ 2.2 的规定。

10.3.2 为防止职业中毒，治理工程工作场所的卫生工程防护措施应符合 GBZ/T 194 的相关规定。

10.3.3 宜采用低噪声的设备。对于噪声较高的设备，应采取减振消声等措施，尽可能将噪声源和操作人员隔离。

## 11 施工与验收

### 11.1 工程施工

11.1.1 治理工程的施工应符合国家和地方关于施工规范、施工程序及管理文件的要求。

11.1.2 工程施工应按设计文件、施工图纸和设备安装使用说明书等的规定进行，工程变更应取得设计单位确认并出具设计变更文件后再进行施工。

11.1.3 工程施工中使用的设备、材料、器件等应符合国家相关标准，有产品的合格证书、产品性能检测报告。

11.1.4 施工过程除遵守相关的施工技术规范以外，还应遵守国家的质量、劳动安全、职业卫生、消防等标准。

### 11.2 工程验收与调试

11.2.1 工程验收应符合建设项目竣工验收管理办法和程序的要求，建筑工程、安装工程、防腐工程等应按 GB 50300、GB/T 50252、GB 50254、GB 50257、GB 50093、GB 50275、GB 50727 等相关专业验收规范组织验收。

11.2.2 工程安装、施工完成后，首先对相关仪器仪表进行校验，然后根据工艺流程进行分项调试和整体调试。

11.2.3 通过整体调试，各系统运转正常，技术指标达到设计和合同要求后启动试运行。

### 11.3 环境保护验收

11.3.1 环境保护验收应按《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》的规定执行。

11.3.2 在试运行期间应对治理工程的环保性能指标进行测试，性能测试的主要内容包括：

- (1) 特征污染物及 TVOC、NMHC 排放浓度；
- (2) 治理工程净化效率；
- (3) 废气排放量；
- (4) 运行温度等影响环保性能的其他指标。

## 12 运行与维护

### 12.1 一般规定

12.1.1 治理工程应与生产工艺设备同步运行。废气收集系统、处理设备等发生故障或检修时，对应的生产工艺设备应停止运行，待检修完毕后同步投入使用。

12.1.2 治理工程应在满足设计工况的条件下运行，不得超负荷运行。

12.1.3 企业应建立治理工程相关的各项运行、维护规程和管理制度，按规程进行操作，定期对各类设备、电气仪表、建（构）筑物等进行检查维护，确保治理工程稳定可靠运行。

12.1.4 企业应建立污染治理设施管理台账，记录治理设施的主要运行和维护信息。

12.1.5 企业应建立危险废物管理台账，废吸附剂等危险废物委托有资质单位进行处置，严格执行危险废物转移联单制度。

### 12.2 人员与运行管理

12.2.1 治理工程应纳入生产管理中，配备管理人员和专业运行维护人员。

12.2.2 企业应对管理和运行维护人员进行培训，使其掌握必要知识和操作技能。培训内容包括：

（1）基本原理和工艺流程；

（2）启动前的检查和启动应满足的条件；

（3）正常运行情况下设备的控制、报警和指示系统的状态和检查，保持设备良好运行的条件，以及必要时的纠正操作；

（4）设备运行故障的发现、检查和排除；

（5）事故或紧急状态下人工操作和事故排除方法；

（6）设备日常和定期维护；

（7）设备运行和维护记录，以及其它事件的记录和报告；

（8）消防安全、职业卫生等安全卫生知识与技能等。

12.2.3 企业应建立治理工程运行状况、设施维护等的记录制度，主要记录内容包括：

（1）治理设备的启动、停止时间；

（2）吸附材料、过滤材料、催化剂、蓄热体等的质量分析数据、采购量、使用量、回收量及更换时间；

（3）治理设备的主要工艺控制参数，如废气处理量、进出口污染物浓度、处理效率、操作温度、燃料消耗量等；

（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）污水排放、副产物处置情况等。

### 12.3 维护保养

12.3.1 治理工程的维护保养应纳入全厂的维护保养计划中。

12.3.2 维护人员应根据计划定期检查、维修或更换必要的部件和材料。

12.3.3 维护人员应做好相关记录。

## 12.4 事故应急

12.4.1 治理工程应急管理应纳入企业应急管理系统，分析可能的事故风险，制订并不断完善应急预案，配备人力、设备、通讯等资源，具备相应的应急处置能力。

12.4.2 企业应根据应急预案要求，对治理工程管理和运行维护人员开展应急培训、组织应急演练，保证事故发生时可及时有效开展应急救援行动。

12.4.3 治理工程发生异常情况或重大事故时，应及时分析、决策，启动应急预案，并向有关部门报告。

附录 A  
(资料性附录)  
包装印刷业有机废气排放特征

A.1 包装印刷业有机废气排放特征见表 A.1。

表 A.1 包装印刷业有机废气排放特征

废气类型	废气来源示例	特征污染物	NMHC 初始排放浓度/ (mg/m <sup>3</sup> )
中高浓度有组织废气	溶剂型凹版印刷工序烘干废气 干式复合工序烘干废气 印铁制罐涂布工序烘干废气	酯类、醇类、芳烃类等	800~5000
低浓度有组织废气	溶剂型凸版印刷工序烘干废气 复合、涂布、上光等烘干废气	酯类、醇类等	300~800
无组织收集废气 <sup>a</sup>	调墨、调胶、调漆等调配废气 印刷、涂布等挥发排气 清洗废气	酯类、醚类、酮类、醇类、 芳烃类、烷烃类等	<500

<sup>a</sup>根据 GB 37822，使用的油墨、胶粘剂、涂料、清洗剂、润版液等物料中 VOCs 质量占比大于等于 10%，需要采取无组织废气收集措施。