

ICS  
Z

DB37

山东省地方标准

DB 37/ TXXXX—XXXX

# 橡胶制品业挥发性有机物污染防治可行 技术指南

Guideline on available techniques of VOCs pollution prevention and control for  
rubber products industry

(征求意见稿)

XXXX - XX - XX 发布

XXXX - XX - XX 实施

山东省市场监督管理局

发布

## 目 次

前 言 .....	II
1 范围 .....	1
2 规范性引用文件 .....	1
3 术语和定义 .....	1
4 生产工艺与 VOCs 产排情况 .....	3
5 污染预防技术 .....	3
6 末端治理技术 .....	7
7 环境管理措施 .....	10
8 VOCs 污染防治可行技术 .....	10
附 录 A（资料性附录） 橡胶制品业生产工艺 .....	12

## 前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件由山东省生态环境厅提出并组织实施。

本文件由山东省环保标准化技术委员会归口。

# 橡胶制品业挥发性有机物污染防治可行技术指南

## 1 范围

本文件提出了山东省橡胶制品工业挥发性有机物污染防治可行技术。

本文件适用于橡胶制品业生产过程中产生的挥发性有机物污染控制。可作为山东省橡胶制品企业或生产设施建设项目的环境影响评价、挥发性有机污染物排放标准制修订、排污许可管理和污染防治技术选择的参考。

## 2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

- GB 14554 恶臭污染物排放标准
- GB 15562.1 环境保护图形标志 排放口(源)
- GB 16297 大气污染物综合排放标准
- GB 27632 橡胶制品工业污染物排放标准
- GB 37822 挥发性有机物无组织排放控制标准
- GB 50469 橡胶工厂环境保护设计规范
- GB/T 4754-2017 国民经济行业分类
- 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 16758 排风罩的分类及技术条件
- HJ/T 397 固定源废气监测技术规范
- HJ 819 排污单位自行监测技术指南总则
- HJ 944 排污单位环境管理台账及排污许可证执行报告技术规范总则（试行）
- HJ 1093 蓄热燃烧法工业有机废气治理工程技术规范
- HJ 1122 排污许可证申请与核发技术规范 橡胶和塑料制品工业
- HJ 1207 排污单位自行监测技术指南 橡胶和塑料制品
- HJ 2000 大气污染治理工程技术导则
- 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
- DB 37T 2801.6 挥发性有机物排放标准第6部分：有机化工行业
- AQ/T 4274 局部排风设施控制风速检测与评估技术规范

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

挥发性有机物 volatile organic compounds (VOCs)

指参与大气光化学反应的有机化合物，或者根据规定的方法测量或核算确定的有机化合物。

在表征VOCs总体排放情况时，根据行业有机污染物排放特征和环境管理要求，可采用非甲烷总烃（以NMHC表示）作为污染物控制项目。

### 3.2

#### 非甲烷总烃 non-methane hydrocarbon

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。

### 3.3

#### 橡胶制品业 rubber products industry

以天然及合成橡胶为原料生产各种橡胶制品的活动，以及废橡胶再生产橡胶制品的活动。对应GB/T4754—2017中的橡胶制品业（C291），主要包括：轮胎制造（C2911），橡胶板、管、带制造（C2912），橡胶零件制造（C2913），再生橡胶制造（C2914），日用及医用橡胶制品制造（C2915），运动场地用塑胶制造（C2916），其他橡胶制品制造（C2919）。

### 3.4

#### 炼胶 rubber mixing

塑炼与混炼的统称。

### 3.5

#### 塑炼 plasticating

采用机械或化学的方法，降低生胶分子量和粘度以提高其可塑性，并获得适当的流动性，从而满足混炼和成型等进一步加工需要的过程，又称轧炼。

### 3.6

#### 混炼 mixing

将塑炼后的生胶与配合剂混合，放在炼胶机中通过机械拌合作用，使配合剂完全、均匀地分散在生胶中的过程。混炼后得到的胶料被称为混炼胶，俗称胶料。

### 3.7

#### 胶浆制备 mucilage preparation

胶浆制备又叫打浆，指通过溶剂将混炼胶溶解成流体状物的一个过程，所得产品俗称胶浆。

### 3.8

#### 浸胶/涂胶 dipping / coating

浸胶是将织物或线绳浸入胶浆中，使织物或线绳附上胶膜的过程。浸胶可提高织物、线绳与橡胶的粘着力，增加制品的耐剥离及多次压缩变形性能。

涂胶是将胶浆涂复于织物表面以获得一定厚度胶层的工艺过程。它可以作为压延前的底涂加工，也可作为胶布的加工。

### 3.9

#### 压延 calendering

即利用压延机或压出机将橡胶预先制成形状各种各样、尺寸各不相同的过程。

### 3.10

#### 挤出 squeeze

指把具有一定塑性的混炼胶放入挤压机料斗内，在螺杆的挤压下通过各种各样的样板进行连续造型的一种方法。

### 3.11

#### 硫化 vulcanization

指为改善橡胶制品的性能，在一定条件下，使胶料中的生胶与硫化剂发生化学反应，使其由线型结构的大分子交联成为立体网状结构的大分子，从而使胶料具备高强度、高弹性、高耐磨和抗腐蚀等优良性能。

### 3.12

#### 成型 forming

指将各种原材料或半成品加工造型，制成一定形状的初制品，经过硫化后即可成为橡胶制品。

### 3.13

#### 脱硫 desulphurization

脱硫主要使用在再生胶生产工艺中。即用不同加热方式或其他传能及其相应设备，使胶粉在再生剂/软化剂参与下，获得具备有类似生胶性能的化学物理降解过程。

### 3.14

#### 捏炼 mastication

对脱硫后的胶料进行捏炼，增强橡胶塑性的过程。

### 3.15

#### 精炼 refining

对捏炼后的胶料进行再加工，除去塑化后胶粉中的颗粒，使胶料进一步增塑并改善再生胶加工性能的过程。

### 3.16

#### 污染防治可行技术 available technology of pollution prevention and control

根据一定时期内环境需求和经济水平，在污染防治过程中综合采用污染预防技术、污染治理技术和环境管理措施，使污染物排放稳定达到污染物排放标准、规模应用的技术。

## 4 生产工艺与 VOCs 产排情况

### 4.1 轮胎制造行业

轮胎制造工艺包括炼胶（塑炼、混炼）、半成品制造（挤出、压延）、成型、硫化等工序，工艺流程图见附录 A-图 A.1 与图 A.2。

#### （1）炼胶

轮胎炼胶工序主要在密炼机中进行加工。主要设备包括开炼机、密炼机、辊筒挤出机、下片机、凉片机、自动称量及自动供料系统等。

炼胶工序废气的主要污染物包括粉尘、二硫化碳、氧硫化碳、丁酮、丙烯腈、四氯化碳、对苯二酚、二氯甲烷、甲苯、二甲苯及其他烃类等。

#### （2）挤出、压延

包括半成品挤出、钢丝压延、纤维帘布压延、内衬层（薄胶片）生产、胎圈成型等多个半成品制造工序。主要设备包括挤出机、压延机、薄胶片生产线等。

#### （3）成型

在轮胎成型机中将胎面、内衬层、帘布、钢圈等半成品贴合形成胎坯。

成型工序生产中主要涉及 120 号溶剂油的使用与挥发，VOCs 主要成分包括正庚烷、异庚烷、环庚烷等。

#### （4）硫化

将胎坯装入模具，依据标准在一定的温度、压力、时间下将橡胶分子由链状的线型结构变为立体的网状结构的过程。主要设备包括四柱硫化机、天平式硫化机、硫化罐、个体硫化机等。

表 4.1 轮胎制造行业 VOCs 产排特点

工序名称	VOCs排放特征	VOCs特征污染物
炼胶	连续排放，废气排放量大，浓度相对较高。	丁酮、丙烯腈、四氯化碳、对苯二酚、二氯甲烷、甲苯、二甲苯及其他烃类等
挤出、压延	连续排放，浓度低。	石油烃类、甲苯、醋酸乙酯等
成型	涉及120号溶剂油的使用与挥发	正庚烷、异庚烷、环庚烷等
硫化	间歇排放，废气排放量大，操作温度高，废气浓度相对高。	含硫化合物、含氮化合物、含氧有机物、苯系物、烃类等

#### 4.2 橡胶板、管、带制造行业

橡胶板、管、带制造行业涉及 VOCs 排放的生产工序主要包括塑炼、混炼、挤出、压延、成型、硫化等，见附录 A-图 A.3。其 VOCs 排放主要工序及特征可参考表 4.4。

#### 4.3 橡胶零件制造行业

橡胶零件制造行业涉及 VOCs 排放的生产工序主要包括塑炼、混炼、切片/挤出、硫化等，附录 A-图 A.4。其 VOCs 排放主要工序及特征可参考表 4.4。

#### 4.4 再生橡胶制造行业

再生橡胶制造行业涉及 VOCs 排放的生产工序主要包括混合搅拌、脱硫、塑炼、混炼、切片等，生产工艺流程见附录 A-图 A.5。

再生胶制品生产企业使用的主要原辅材料包括：废橡胶（或外购胶粉）、再生助剂（软化剂、活化剂、增粘剂和抗氧化剂等），典型的再生助剂如石油沥青、松焦油、芳烃油等含 VOCs 的材料。主要产品为初级形状的再生橡胶，经后续成型硫化工段后可得到各种再生胶制品成品。

再生胶制品业生产过程 VOCs 主要产生于混料搅拌、脱硫和炼胶等工序。

(1) 混料搅拌：在再生胶生产过程中为使胶粉与各种助剂充分混合，在搅拌工序往往需要进行加热。加热过程，由于温度升高，胶料及助剂中的轻组分就会加速挥发产生恶臭气体。

(2) 脱硫：在再生胶生产过程中，脱硫一般在高温下进行，在该条件下再生剂及助剂部分分解并在脱硫结束后以气态形式释放。废气中主要含有大量水蒸气、少量胶粉颗粒以及硫化氢、苯、甲苯、二甲苯、石油类等物质，废气间歇排放，温度高，浓度高。

(3) 炼胶：在炼胶工序，由于速度梯度作用，使胶料在65℃下继续产生剪切摩擦热使胶料温度达到85℃~95℃，此过程产生的废气组分同样受废橡胶和助剂的种类影响，但主要含链烷烃、环烷烃和单环芳烃混合物（甲苯、二甲苯）等VOCs。

表 4.2 再生胶制造业 VOCs 产排特点

工序名称	操作条件	VOCs排放特征	VOCs特征污染物
搅拌	温度80℃~100℃，常压	连续排放，废气排放量大，温度高，浓度相对较低	苯、甲苯、二甲苯、石油类物质等
脱硫	温度150℃~200℃，压力0.5~0.7MPa	传统动态脱硫为间接排放，温度高，废气量大，废气浓度高	苯、甲苯、二甲苯、石油类物质等
炼胶	温度85℃~95℃	连续排放，废气排放量大，浓度相对较高	甲苯、乙苯、二甲苯、正己烷、对苯二酚、石油类物质等

#### 4.5 日用及医用橡胶制品制造行业

各种配合剂加入胶乳进行打浆，即为乳胶溶剂的制备和混合。胶浆通过模具浸渍或压出成型，成型后从模具上脱下切边得到成品。产品不同，对应的生产工艺存在差异，主要有配合混合、预硫化、预处理、浸渍、硫化等生产工序。日用及医用橡胶制品制造行业生产工艺流程见附录 A-图 A.6。

日用及医用橡胶制品制造行业所使用的原辅料与其他橡胶制品业类似，除天然胶乳、合成胶乳，也使用防老剂、分散剂、活性剂、增稠剂、硫化剂等配合剂，具体见章节4.7。存在的差异为，乳胶制品业需要溶剂将各种原辅料溶解并制成胶状，打浆常用的有汽油等溶剂油，最常用的是120号溶剂油，其沸点为80℃~120℃。主要产品包括乳胶手套、乳胶密封圈、乳胶管、乳胶枕等。

日用及医用橡胶制品制造业生产过程的浸胶、烘干、硫化等工序都将产生VOCs（水性胶乳和硅橡胶等较少使用含VOCs溶剂，此处主要指油性胶乳），具体生产特点见表4.3。

表 4.3 日用及医用橡胶制品制造业 VOCs 产排特点

工序名称	VOCs排放特征	VOCs特征污染物
打浆	各种溶剂挥发形成、浓度高、连续排放	汽油等溶剂
预硫化、硫化	间歇排放，废气排放量大，操作温度高，废气浓度相对高。	苯、二甲苯、乙苯、二氯甲烷、正己烷、苯乙烯、丁酮、二氯乙烯、4-甲基-2-戊酮、羟基硫化物等，以及汽油等溶剂
浸渍或压出	汽油挥发形成，浓度高，间歇排放。	汽油等溶剂

#### 4.6 运动场地用塑胶制造行业

运动场地用塑胶制造行业涉及VOCs排放的生产工序主要包括配料、塑炼、混炼、挤出、硫化等，附录 A-图 A.7。其VOCs排放主要工序及特征可参考表4.4。

#### 4.7 其他橡胶制品制造行业

天然橡胶切胶后进行塑炼并与各种助剂按一定比例配置加入炼胶机中进行混炼。混炼后进入压延工段，通过压延制成具有一定断面形状的胶片或实现在织物上覆盖胶层。部分产品涉及打浆浸胶工艺，混炼后的成品胶和助剂在打浆机里搅拌均匀，浆液用于浸布（绳、线）或涂胶。剪裁成型后进入硫化工段，硫化后进行切割打磨等后处理工序，得到产品成品。其他橡胶制品业生产工艺流程见附录 A-图 A.8。

除再生胶制造业和日用及医用橡胶制品制造行业外的其他橡胶制品业生产过程 VOCs 主要来自三个工序：

(1) 热胶废气：橡胶制品生产过程中，在机械剪切和加工温度作用下，橡胶和各种配合剂中低沸点物质和水分以混合气的形式从胶料中逸出而形成的热烟气。

(2) 硫化废气：残留的橡胶单体以及化学助剂在高温下的分解产物，在硫化设备开模过程中集中散发的热烟气。

(3) 有机溶剂挥发废气：在胶浆制备和刷浆过程中使用的胶浆或有机溶剂，在生产过程中产生的VOCs。

按生产工序分，其他橡胶制品业 VOCs 主要产生于炼胶、压延、定型、硫化和打浆浸胶等工序，其中产生量最大的是炼胶和硫化工序。不同橡胶制品业生产所使用的生胶种类和配合剂种类不同，导致其生产过程产生的VOCs 有所不同，具体见表 4.4。

表 4.4 其他橡胶制品业 VOCs 产排特点

工序名称	操作条件	VOCs排放特征	VOCs特征污染物
炼胶（塑炼、混炼）	温度70℃~170℃，常压	连续排放，废气排放量大，温度高，但浓度低	甲苯、乙苯、二甲苯、正己烷、对苯二酚、丁酮、四氯乙烯、4-甲基-2-戊酮、二氯甲烷、羟基硫化物等

工序名称	操作条件	VOCs排放特征	VOCs特征污染物
压延	温度60℃~80℃，常压	连续排放，浓度低	甲苯、邻二甲苯、乙苯、对二甲苯、对苯二酚、二硫化碳、苯乙烯、苯乙酮、苯胺、正己烷、丁酮等
硫化	温度150℃~200℃，常压1.3 Mpa~9.5Mpa	间歇排放，废气排放量大，操作温度高，废气浓度相对高。	苯、二甲苯、乙苯、二氯甲烷、正己烷、苯乙烯、丁酮、二氯乙烯、苯胺、4-甲基-2-戊酮、羟基硫化物等
打浆、浸胶（涂布）	常温、常压	汽油挥发形成，浓度高，间歇排放。	汽油或甲苯

## 5 污染预防技术

### 5.1 原辅料清洁化技术

原辅料清洁化技术是指在生产过程中采用低挥发性有机物含量、低反应活性的物料，减少反应活性强的物质。包括使用新型偶联剂、粘合剂，使用石蜡油等替代普通芳烃油、煤焦油等助剂，采用颗粒型助剂等；禁止使用附带生物污染、有毒有害物质的废橡胶；淘汰矿物系焦油添加剂。

### 5.2 工艺过程污染预防技术

#### 5.2.1 物料存储输送环节

有机物料贮存、输送和投料工序宜采用自动投料技术，包括：液体胶料等含挥发性有机物物料采用自动称量系统、密闭管道输送；混炼工序橡胶、粉体料、液体料配料系统采用半自动或自动配料秤计量后袋装投加等。

与人工投料相比，自动投料技术可减少含VOCs原辅材料在投料工序中与空气的接触面积和时间，以减少VOCs产生量。

管道接口的密封性会影响该技术VOCs产生量；当物料粘度比较大时，易造成管道堵塞，宜增加清洗频率。

#### 5.2.2 塑炼、混炼

宜采用自动称量、自动配料、自动进料、自动出料的密闭炼胶生产线。宜选用自动化程度高、密闭性强、废气产生量少的生产成套设备，通过各种添加剂的调节和装备的提升，降低各工序操作温度，降低生产过程VOCs的产生。

炼胶工序宜采用低温一次炼胶法。该技术改多段混炼为一次混炼，减少了胶料中间传递环节，通过低温混炼减少了胶料烟气产生和胶烧等异常情况，能大幅减少炼胶工序VOCs的产生。

塑炼和混炼工序宜采用捏炼机等封闭式工艺设备，鼓励采用包含上辅机、下辅机、密炼机一体化的密炼中心混炼。橡胶、粉体料、液体料配料系统采用半自动或自动配料秤计量后袋装投加。

再生胶炼胶工艺宜采用精捏炼变频联动调节技术。该技术采用“三机一线”“四机一线”或“九机一线”等高速比捏炼机、精炼机组成的精捏炼变频联动调节设备，替代常规开放式炼胶机进行炼胶作业，可有效提升生产的自动化和连续性，有利于VOCs废气的收集。

#### 5.2.3 挤压、成型

应对溶剂油储罐呼吸废气进行收集，并接入废气收集系统。

应加强对溶剂油的回收利用。

#### 5.2.4 胶浆制备和涂胶

胶浆制备、浸浆、胶浆喷涂和涂胶应在密闭空间、密闭设备内进行，收集废气后集中处理。胶浆制备车间混炼胶和有机溶剂宜设置单独封闭配料间，根据生产工序集中配料，减少转运次数，降低无组织排放。

液体胶料等含挥发性有机物物料宜采用自动称量系统、密闭管道输送；当人工称量投加时，应采用密闭的容器进行物料转移。

搅拌过程应采用密闭设备或在密闭空间内操作，废气全部收集后，排至废气收集处理系统。

#### 5.2.5 硫化工序

硫化过程废气应全部收集排至废气收集处理系统。

采用硫化罐时，硫化罐泄压宜先抽负压再常压开盖。

宜采用高温充氮硫化工艺，减少胶囊氧化裂解VOCs排放。

#### 5.2.6 脱硫工序

宜采用物理再生法脱硫，减少水油法、油法等化学再生法使用。

应在脱硫设备出料口设集气罩，进行废气收集，宜采用常压连续脱硫设备，采用高温高压脱硫的企业，应将脱硫罐泄压口废气收集处理。

### 5.3 废气收集要求

废气收集应“全面、高效”，涵盖塑炼、混炼、压延、硫化、定型、脱硫、打浆、浸胶、废水治理等生产环节以及溶剂储罐、溶剂贮存车间等易产生VOCs的区域。VOCs无组织废气的收集和控制应符合GB 37822要求。

在炼胶、挤出、压延、硫化及胶浆制备和涂胶等作业中应采用密闭设备或在密闭空间内操作，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。

废气收集系统应保证与生产设施同时正常运行。集气罩的设计、安装应符合GB/T 35077的要求；通风管路设计应符合GB/T 35077和AQ/T 4274的要求。

为了保证各集气罩气体的有效收集，集气系统设收集风速及流量调节系统，在收集风道上设流速及压差监测设备，以保障系统正常运行。

## 6 末端治理技术

### 6.1 一般原则

企业应根据废气产生量、污染物组分和性质、温度、压力等因素，综合分析、合理选择。

在设计阶段，推荐进行废气流场模拟，根据模拟情况，开展废气收集系统和治理设施设计，从而降低管道阻力，并保证废气均匀分布在治理设施中，不形成死角，确保污染物的均匀充分接触。

橡胶制品业VOCs的治理宜在有效预处理的基础上，优先选择吸附浓缩-燃烧处理技术。橡胶制品业除臭工艺可采用吸附、燃烧处理、常温氧化处理、生物脱臭处理，或者是上述技术的组合。

### 6.2 废气预处理

橡胶制品业废气多含颗粒物、油类等杂质，且温度较高，为了达到最佳运行状态，在VOCs废气进入末端处理设施之前要进行预处理。

对炼胶工序中密炼机、下辅机等含颗粒物量较大、含油量较大的废气，可采用喷粉袋式除尘、滤筒/滤芯除尘等方式进行预处理；对硫化、压延、热/冷翻等其他废气需要进行除尘、除油等预处理时，可采用过滤或水喷淋吸收法进行预处理；当废气中含有硫化氢、有机酸等组分时，可采用碱液喷淋吸收法进行预处理。

对混炼、硫化等废气，因温度较高不符合治理设施要求时，可采用换热或稀释等方式调节温度至满足要求。

### 6.3 吸附技术

该技术利用吸附剂（活性炭、活性碳纤维、分子筛等）吸附废气中的VOCs污染物，使之与废气分离。在橡胶制品工业常用的吸附技术为固定床吸附技术和旋转式吸附技术。该技术优点是对于浓度和气流变化适应性强，在VOCs处理上应用广泛。缺点是沸点较高的VOCs需要热再生，热再生费用较高；易聚合物料不宜采用该技术；不易对吸附剂穿透曲线进行实时监控，部分情况下活性炭吸附有自燃风险。

#### 6.3.1 固定床吸附技术

该技术适用于炼胶、压延、硫化废气VOCs治理和除臭。该技术吸附过程中吸附剂床层处于静止状态，对废气中的VOCs污染物进行吸附分离。橡胶制品业常用的包括更换式活性炭吸附装置和再生式活性炭及沸石分子筛吸附装置。目前，更换式吸附装置趋于淘汰，新上吸附工艺均应带原位脱附工艺。应根据污染物处理量、处理要求等定时再生或更换吸附剂以保证治理设施的去除效率。该技术的技术参数应满足HJ 2026 的相关要求。吸附床入口废气颗粒物浓度宜低于 $1 \text{ mg/m}^3$ ，温度宜低于 $40^\circ\text{C}$ ，相对湿度（RH）宜低于80%，当不满足要求时可采用废气预处理技术进行调节。脱附产生的高浓度有机气体采用催化燃烧或高温焚烧工艺进行销毁。采用热空气再生时，活性炭的脱附温度应一般不得高于 $120^\circ\text{C}$ ，沸石分子筛的脱附温度应一般不得高于 $200^\circ\text{C}$ ；脱附时间不宜低于120分钟。

当橡胶制品业部分工序废气中含苯乙烯等物质时，会在活性炭表面发生聚合反应造成聚集，影响吸附效率；当炼胶、压延、硫化工序废气中酮类物质含量较高时，易在活性炭表面被氧化或聚合导致活性炭自燃，此时不得采用热空气再生。

#### 6.3.2 旋转式吸附技术

该技术适用于对炼胶工艺产生的低浓度废气进行浓缩，要求运行工况相对连续稳定。该技术吸附过程中废气与吸附剂床层呈相对旋转运动状态，对废气中的挥发性有机污染物进行吸附分离，一般包括转轮式、转筒（塔）式。橡胶制造工业一般使用分子筛作为吸附剂，脱附废气一般采用催化燃烧或蓄热燃烧技术进行处理。该技术的技术参数应满足HJ 2026的相关要求。入口废气颗粒物浓度宜低于 $1 \text{ mg/m}^3$ 、温度宜低于 $40^\circ\text{C}$ 、相对湿度（RH）宜低于80%。分子筛脱附时，热气流温度不宜超过 $200^\circ\text{C}$ 。脱附后气流中有机物的浓度应该严格控制在其爆炸极限下限的25%以下。

### 6.4 燃烧处理技术

该技术通过热力燃烧或催化燃烧的方式，使废气中的VOCs污染物反应转化为二氧化碳、水等物质，简称燃烧技术。主要包括热力燃烧技术（Thermal Oxidation, TO）、蓄热式燃烧技术（Regenerative Thermal Oxidation, RTO）、催化燃烧技术（Catalytic Oxidation, CO）和蓄热催化燃烧技术（Regenerative Catalytic Oxidation, RCO）。在橡胶制品业中，燃烧处理技术较少直接用于含VOCs废气处理，多与吸附技术联合组成吸附浓缩+CO/RCO/RTO/TO再生工艺。

#### 6.4.1 蓄热式燃烧（RTO）

该技术是把废气加热到 $760^\circ\text{C}$ 以上，使废气中的VOCs氧化分解，氧化产生的高温气体流经陶瓷蓄热体，使之升温“蓄热”，并用来预热后续进入的有机废气，从而节省废气升温燃料消耗的处理技术，是目

前的主流处理工艺之一。适宜处理5000-50000 Nm<sup>3</sup>/h风量的废气，VOCs去除效率能达到97%以上，连续运行稳定，操作运维简单，使用寿命较长。该技术一次性投资成本和运行成本相对较高，但当VOCs浓度达到1500mg/m<sup>3</sup>以上时，可以做到不需要补充燃料，从而大大降低运行成本。可利用蓄热体对反应产生的热利用，回收率能达到95%以上。该技术不宜处理易反应、易聚合的有机物。处理含卤素的有机废气时，宜采用急冷等方式减少二噁英的产生。进入蓄热燃烧装置的废气中颗粒物浓度应低于5mg/m<sup>3</sup>。技术参数应满足HJ 1093要求。

该技术适用于炼胶、压延、硫化等工艺废气浓缩后的治理与除臭，以及溶剂型浸胶工艺废气的处理。

#### 6.4.2 蓄热式催化燃烧（RCO）

该技术是指废气预热后，在催化剂活性成分作用下，废气中的有机物在280-550℃的温度下，进行深度无焰氧化，反应生成CO<sub>2</sub>和H<sub>2</sub>O等。在催化氧化过程中，催化剂大幅降低活化能、加快反应速率，同时，催化剂表面的吸附作用，使反应物分子富集于表面，进一步提高反应速率，加快反应进程。与RTO技术相比，具有安全性好、能耗低、不产生热力氮等优点。

RCO的热量回收方式与RTO相同，通过蓄热体回收热量，一般能够达到95%的热回收效率。

该技术适用于炼胶、压延等工艺废气浓缩后的治理与除臭。为防止催化剂中毒，废气中应该避免存在硅、磷、砷等及其他重金属物质。

#### 6.4.3 催化燃烧（CO）

该技术反应机理与RCO相同，不同的是热量回收方式。CO是通过换热器回收热量，热回收效率一般在40-60%。相比RCO，CO技术的优点是工艺流程简单，不使用容易泄漏的提升阀。相比RTO，CO的优点是安全性好、能耗低、不产生热力氮。技术参数应满足HJ 2027要求，装置的基本性能应满足HJ/T 389的要求。

该技术适用于炼胶、压延等工艺废气浓缩后的治理与除臭。

#### 6.4.4 直接燃烧（TO）

该技术反应机理与RTO相同，都是通过高温焚烧，将有机物转化为CO<sub>2</sub>和H<sub>2</sub>O。所不同的是热量回收方式，TO通过换热器回收热量，热回收效率一般在40-60%。相比RTO、RCO、CO，TO对进气条件相对宽松，不会出现蓄热体堵塞、催化剂中毒等问题，对于废气浓度比较高、废气组分比较复杂的废气，有明显的技术优势。

该技术适用于炼胶、压延、硫化等工艺废气浓缩后的治理与除臭，及溶剂型浸胶工艺废气的处理。但由于该技术运行能耗较大，应用较少。

#### 6.4.5 利用现有工艺炉

该技术是将产生的VOCs废气直接引入到现有锅炉、工艺加热炉或其他非废气处理专用的焚烧炉。优点是充分利用现有设备，不额外增加占地面积和设备投资。缺点是需要采取周密的安全控制措施，需通过预处理稳定VOCs废气流量和浓度，还应考虑锅炉/工艺炉非正常工况时VOCs废气的去向。

该技术适用于炼胶、压延、硫化等工艺废气浓缩后的治理与除臭。

### 6.5 常温氧化技术

目前常用的常温氧化技术包括低温等离子技术和光催化氧化技术两类，主要适合于一些低负荷、有机物易降解的除臭场合。该技术处理能耗低，但处理效率一般，副产物较多，往往与水吸收法联用。使用过程中应考虑采取措施防止出现因氧化不完全形成的中间产物外排造成二次污染。

现有常温氧化技术已无法满足主流减排要求，仅可作为除臭组合单元之一。

## 6.6 生物脱臭技术

该技术适合处理浓度低且组分简单的VOCs废气。主要包括生物洗涤法、生物过滤法和生物滴滤法。生物脱臭装置应有营养液供应系统，塔内气速 $0.1\text{ m/s}\sim 0.3\text{ m/s}$ ，填料层空速 $200\text{ h}^{-1}\sim 600\text{ h}^{-1}$ ，塔内温度 $25\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 40\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。优点是设备简单，运行成本低，对臭味气体处理效果明显。缺点是降解速度慢，净化效率较低，对芳香烃和苯系物去除效率低，对非水溶性物质净化效果差，占地面积大，生物菌培养条件严格，不易控制。

该技术适用于压延、硫化等工艺废气除臭。

## 7 环境管理措施

企业应按照HJ 944的要求建立台账，记录含VOCs原辅材料的名称、采购量、VOCs含量、使用量、回收量、废弃量、去向，VOCs废气收集系统的保养维护事项与主要操作参数，污染治理设施的工艺流程、运行参数、投运时间、启停时间，耗材更换时间和更换量，自行监测等情况。台账保存期限不少于5年。

企业应按照GB/T 16157、HJ/T 397、GB 15562.1等要求，设计、建设、维护永久性采样口、采样测试平台和排污口标志。

企业应按照HJ 1122和HJ 1207要求开展自行监测，宜安装VOCs自动监控设备。

企业应对污染治理设施进行定期维护保养及维修，保证其正常运行。污染物排放应符合DB 37/2801.6、GB 14554、GB 27632、GB 37822等要求。

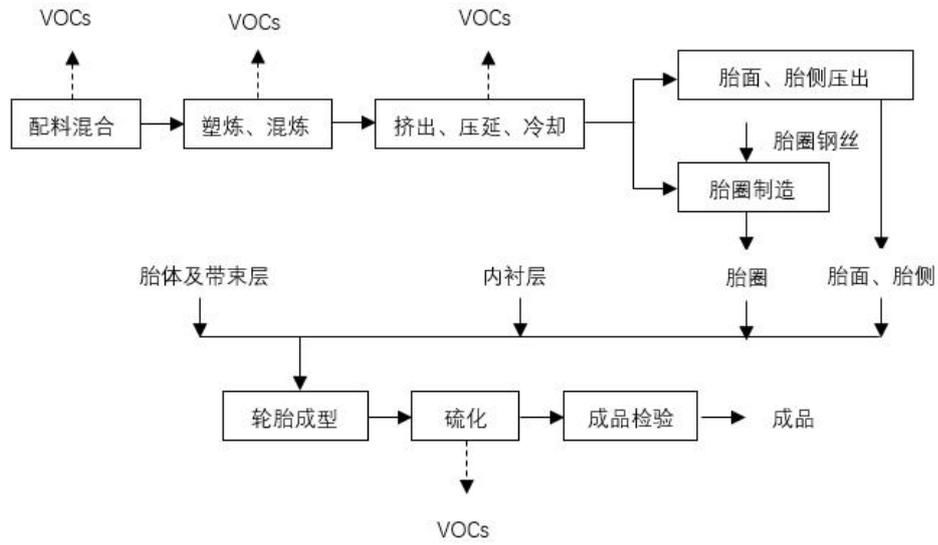
## 8 VOCs 污染防治可行技术

VOCs污染防治可行技术见表8-1。橡胶制品业排放的VOCs成分复杂，利用单一治理技术处理时在净化率、安全性及经济性等方面具有一定的局限性，难以达到预期治理效果，多种技术组合应用可以充分发挥单一治理技术的优势，进行互补协同作用，突破现有局限性，在满足达标排放的同时降低成本。

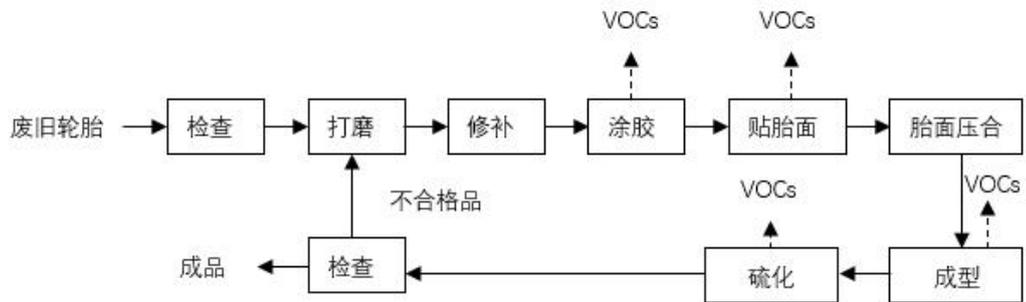
表 8.1 VOCs污染防治可行技术

序号	生产工序	预防技术 <sup>1</sup>	治理技术 <sup>1</sup>	适用条件
1	塑炼、混炼	①采用原辅料清洁化技术+②采用密闭炼胶生产线+③采用自动称量投料技术	预处理+吸附浓缩+催化/蓄热催化焚烧技术	适用于VOCs初始浓度小于1000 mg/m <sup>3</sup> ，吸附浓缩后风量500-10000 m <sup>3</sup> /h的橡胶制品业塑炼、混炼废气处理。当废气中含酮类等易在活性炭表面氧化的物质时，可采用沸石转轮吸附浓缩或沸石分子筛固定床吸附浓缩，其他废气可采用活性炭吸附浓缩工艺。
2			预处理+吸附浓缩+蓄热式燃烧技术	适用于VOCs初始浓度小于1000 mg/m <sup>3</sup> ，吸附浓缩后风量大于5000 m <sup>3</sup> /h的橡胶制品业塑炼、混炼废气处理。
3	挤压、成形	①采用密闭生产线+②对溶剂油储罐呼吸废气进行收集+③溶剂油回收利用	喷淋吸收/过滤、常温氧化技术、吸附技术、生物法技术两级以上组合工艺	适用于恶臭污染治理
4			预处理+吸附浓缩+催化/蓄热催化焚烧技术	适用于挤压、成型工艺过程VOCs及恶臭污染治理。当废气中含酮类等易在活性炭表面氧化的物质时，可采用沸石转轮吸附浓缩或沸石分子筛固定床吸附浓缩，其他废气可采用活性炭吸附浓缩工艺。
5	胶浆制备、浸浆、胶浆喷涂和涂胶	①采用密闭生产线+②采用自动称量系统+③集中配料并密闭管道输送+④溶剂油回收利用	预处理+催化/蓄热焚烧技术	适用于胶浆制备、浸浆、胶浆喷涂和涂胶废气。
6	硫化工序	①加强废气收集+②采用高温充氮硫化工艺	喷淋吸收/过滤、常温氧化技术、吸附技术、生物法技术两级以上组合工艺	适用于硫化工序过程恶臭污染治理
7			预处理+吸附浓缩+催化/蓄热催化焚烧技术	适用于硫化工序过程VOCs及恶臭污染治理。当废气中含酮类等易在活性炭表面氧化的物质时，可采用沸石转轮吸附浓缩，其他废气可采用活性炭吸附浓缩工艺。
8	脱硫工序	①加强废气收集+②采用物理再生法脱硫	过滤除尘+余热回收+吸收法去除硫化氢+燃烧法	适用于再生胶生产过程中颗粒物浓度高的VOCs废气处理
9	其他臭气产生环节	臭气产生环节密闭，密闭空间保持微负压状态	①生物技术+吸附技术 ②常温氧化技术+吸附技术	低负荷、有机物易降解，以除臭为主要目的，非减排应用场合
注1：除本表所列技术外，其他能规模应用、稳定达到国家和山东省VOCs排放标准要求的技术也为可行技术。				

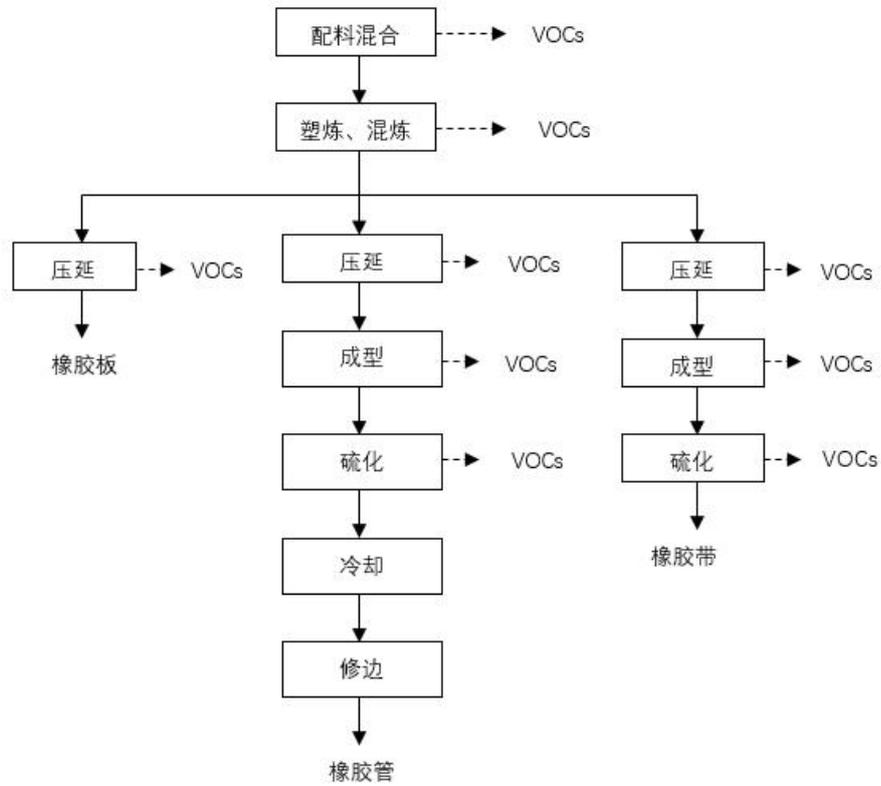
附录 A  
 (资料性附录)  
 橡胶制品业生产工艺



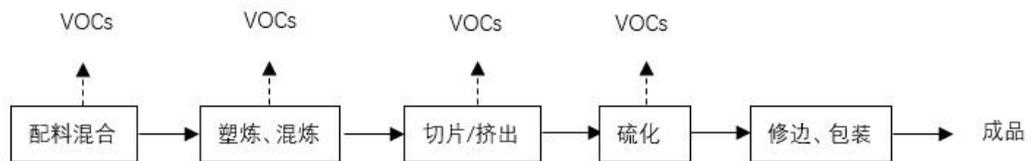
图A.1 典型轮胎制造生产工艺及VOCs产排



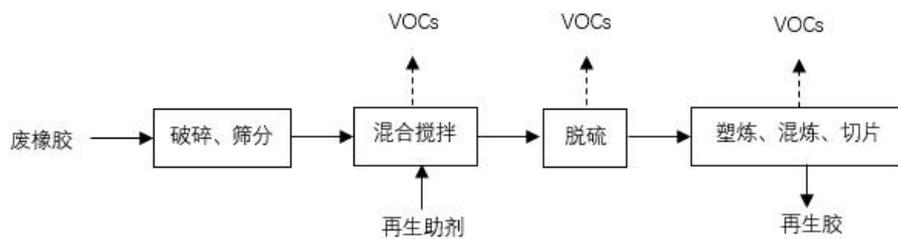
图A.2 典型废轮胎翻新生产工艺及VOCs产排



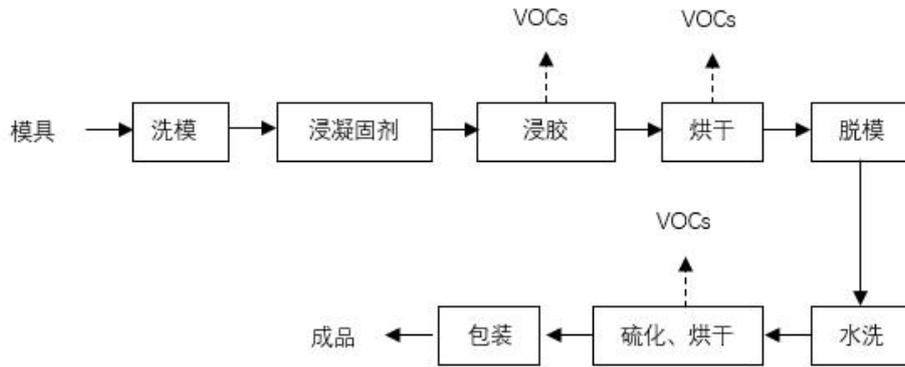
图A.3 橡胶板、管、带生产工序及VOCs产排节点



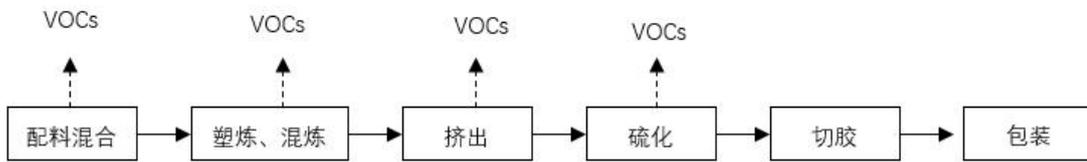
图A.4 橡胶零件制造生产工序及VOCs产排



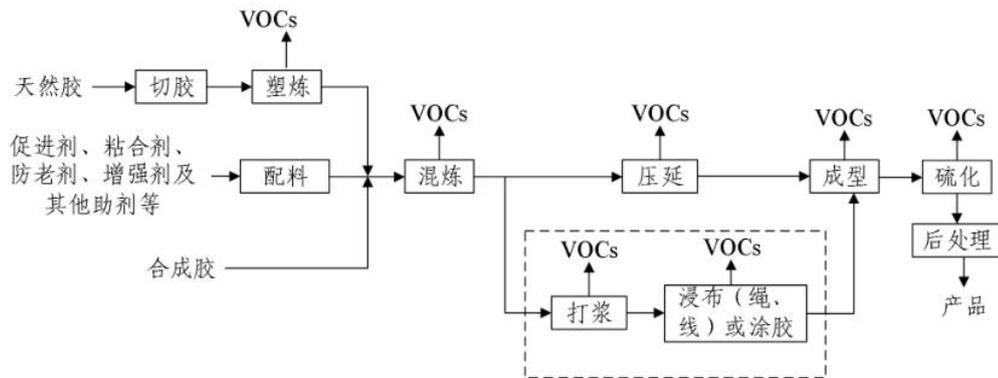
图A.5 再生橡胶制造生产工序及VOCs产排



图A.6 日用及医用橡胶制品制造工序及VOCs产排



图A.7 运动场地用塑胶制造生产工序及VOCs产排



图A.8 典型其他橡胶制品业工艺过程及VOCs产排