浙江省橡胶制品业挥发性有机物污染防治可行技术指南

浙江省生态环境厅

2020 年 9 月

目 次

前言.....1
1 适用范围.....2
2 规范性引用文件.....2
3 术语和定义.....2
4 生产工艺与 VOCs 产排情况.....4
5 污染预防技术.....4
6 污染治理技术.....6
7 环境管理措施.....9
8 VOCs 污染防治可行技术.....11
附录 A.....13
附录 B.....14

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》《浙江省大气污染防治条例》，防治挥发性有机物（VOCs）污染，推动橡胶制品业污染防治技术进步，制定本指南。

本指南以当前技术发展和应用状况为依据，可作为浙江省橡胶制品业污染防治工作的参考技术资料。

本指南由浙江省生态环境厅组织制定。

本指南起草单位：浙江省生态环境科学设计研究院、台州市环境科学设计研究院有限公司、浙江大学。

1 适用范围

本指南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。

2 规范性引用文件

本指南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指南。凡是未注明日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本指南。

GB 14554　恶臭污染物排放标准

GB 16297　大气污染物综合排放标准

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 27632　橡胶制品工业污染物排放标准

GB/T 4754-2017　国民经济行业分类

GB/T 16758　排风罩的分类及技术条件

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

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 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

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

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指南。

3.1 橡胶制品业

GB/T 4754—2017 中规定的橡胶制品业（C291），是指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。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）。

3.2 轮胎制品企业

以生橡胶（天然胶、合成胶、再生胶等）为主要原料、各种配合剂为辅料，经炼胶、压延、压出、成型、硫化等工序，制造各类产品的工业，主要包括汽车轮胎、农业轮胎、工程机械轮胎、航空轮胎、摩托车轮胎和特种轮胎及实心轮胎等生产的企业或生产设施。

3.3 再生胶制品企业

以各种废旧橡胶为主要原料生产可用橡胶的企业。

3.4 乳胶制品企业

以天然乳胶或合成乳胶（液态胶）为主要原料生产乳胶制品的企业。

3.5 塑炼

俗称轧炼，指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。

3.6 混炼

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一种过程。混炼后得到的胶料被称为混炼胶，俗称胶料。

3.7 炼胶

塑炼与混炼的统称。

3.8 打浆

用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。

3.9 浸胶（涂胶）

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。

3.10 压延

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。

3.11 硫化

把塑性橡胶转化为弹性橡胶的过程。它是将一定量的硫化剂加入到由生胶制成的半成品中，在规定的温度下加热、保温，使生胶的线性分子间通过生成“硫桥”而相互交联成立体的网状结构，从而使塑性的胶料变成具有高弹性硫化胶的过程。

3.12 脱硫

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它传能及其相应设备，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。

3.13 捏炼

对脱硫后的胶料进行捏炼，增强橡胶塑性的过程。

3.14 精炼

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。

3.15 挥发性有机物（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。

3.16 密闭

污染物质不与环境空气接触，或通过密封材料、密封设备与环境空气隔离的状态或作业方式。

3.17 密闭空间

利用完整的围护结构将污染物质、作业场所等与周围空间阻隔所形成的封闭区域或封闭式建筑物。该封闭区域或封闭式建筑物除人员、车辆、设备、物料进出时，以及依法设立的排气筒、通风口外，门窗及其他开口（孔）部位应随时保持关闭状态。

3.18 污染预防技术

为减少污染物排放，在生产过程中采用避免或减少污染物产生的技术。

3.19 污染治理技术

在污染物产生后，为了消除或者降低对环境的影响而采用的处理技术。

3.20 环境管理措施

企事业单位内，为实现污染物有效预防和控制而采取的管理方法和措施。

3.21 污染防治可行技术

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、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 生产工艺

4.1.1 轮胎制品业

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

工序一：炼胶

轮胎炼胶工序主要在密炼机中进行加工，轮胎中每一种胶部件所使用的胶料具备特定性能，胶料的成分取决于轮胎使用性能要求。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。

工序二：半成品制造

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、三角胶敷贴、钢丝帘布裁断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、三角胶敷贴机、钢丝帘布裁断机等。

工序三：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，轮胎制造中常用三鼓成型机，制造的轮胎动平衡性和均匀性好，已取代两鼓成型机得到广泛使用。

工序四：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。

4.1.2 再生胶制品业

废橡胶（硫化橡胶）经破碎处理后，经筛分得到符合要求的胶粉。将胶粉和再生助剂加入密闭搅拌机中混合均匀后送入脱硫机，脱硫工段破坏硫化橡胶的立体网状结构，使其具有可塑性和粘性，可再硫化。脱硫工段后胶粉经过炼胶、切片后被炼制成成品再生橡胶。脱硫工段采用的技术主要有动态脱硫和常压连续脱硫两种。再生胶制品业生产工艺流程见附录 A-图 A.3。

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。

4.1.3 乳胶制品业

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。乳胶制品业产品不同，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，天然乳胶对预硫化、预处理要求较高。乳胶制品业生产工艺流程见附录 A-图 A.4。

乳胶制品业所使用的原辅料与其它橡胶制品业类似，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 4.1.4。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℃。一般情况下油性胶乳生产过程的含 VOCs 助剂使用量大于水性胶乳，硅橡胶制品较多的使用无机配合剂，较少使用挥发性有机助剂。主要产品包括乳胶手套、乳胶密封圈、乳胶管、乳胶枕等。

4.1.4 其它橡胶制品业

天然橡胶切胶后进行塑炼以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。将生胶（包括天然胶、合成胶和再生胶）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。其它橡胶制品业生产工艺流程见附录 A-图 A.5。

其它橡胶制品生产企业使用的主要原辅材料包括：固态生胶（包括天然胶、合成胶和再生胶）为主要原料、各种配合剂（促进剂、软化剂、防老剂、硫化剂、填充剂、补强剂等）为辅料，典型的辅料如三线油、大豆油、松焦油增塑剂等含 VOCs 的材料。主要产品为运输带、传送带、三角带、胶管、汽车橡胶密封条配件、橡胶减震垫等各类橡胶制品。

4.2VOCs 产排特征

4.1.1 轮胎制造业

（1）炼胶工序

炼胶过程按工艺流程和污染物浓度，可分为密炼机胶料进出口废气、下片机至凉片机延迟冷却废气和风冷废气三类。

密炼机进出口废气成分除了烟尘和水蒸气外，含有油类混合物，废气粉尘量大，恶臭污染物浓度高。

下片机至凉片机传输段胶片温度较高，油剂挥发物及恶臭气体排放，随着胶片温度下降，排放浓度较密炼机废气低，含少量粉尘。

胶片进入凉片机进行冷却，排风扇空冷降温过程排放大风量、低浓度的恶臭废气。

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、丙烯晴、四氯化碳、对苯二酚、二氯甲烷、甲苯、二甲苯及其他烃类等。

（2）压延工序

压延工序的开炼、热炼过程产生少量废气。浸胶过程使用的胶浆由胶和汽油混合而成，产生的废气以 VOCs 为主，包括石油烃类、甲苯、醋酸乙酯等。压延机内温度控制在 90-100℃，胶料释放少量合成橡胶单体和分解物。

（3）成型工序

成型工序生产中主要涉及 120 号溶剂油的使用与挥发，主要特征污染物包括正庚烷、异庚烷、环庚烷等。

（4）硫化工序

硫化过程中使用的硫化剂是废气排放主要来源。其中无机硫化机包括硫磺、一氯化硫、硒、碲等。有机硫化机包括含硫的促进剂（如促进剂 TMTD）、有机过氧化物（如过氧化苯甲酰）、醌肟化合物、多硫聚合物、氨基甲酸乙酯、马来酰亚胺衍生物等。硫化过程中产生的废气主要成分为含硫化合物、含氧有机物、苯系物、烃类等。

4.1.2 再生胶制品业

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。废橡胶种类、使用的助剂不同，脱硫过程产生的废气组分也不尽相同，脱硫过程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、石油类物质和非甲烷总烃等物质，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℃，在此条件下胶料中的轻组分会因温度升高而挥发，并以无组织形式排放。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 4.1 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
脱硫工序	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、石油类物质和非甲烷总烃等
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

4.1.3 乳胶制品业

乳胶制品业生产过程的溶剂制备、混合、预硫化、浸渍或压出、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4.2。

表 4.2 乳胶制品业 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

4.1.4 其它橡胶制品业

除再生胶制造业和乳胶制造业外的其它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，其它橡胶制品业 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 4.3。

表 4.3 其它橡胶制品业 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
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1.3~9.5Mpa	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 固体小料自动称量技术

该技术适用于固体小料称量和进料过程。

炼胶生产使用的配料有促进剂、防老剂、硫化剂等多种固体小料，这些小料均为粉状，传统人工称量效率低、精度差、粉尘排放多。采用自动配料计量系统，可根据炼胶工艺配方预先设定好小料称量，实现自动称量、收集、校核等功能，提高精度的同时减少了废气排放量。

5.2 液体小料自动计量技术

该技术适用于液体小料称量和进料过程。

炼胶生产使用的软化剂等液体小料含有脂肪烃油、环烷油、芳香烃油、机油等易挥发性组分，传统人工称量精度差，称量过程易产生 VOCs 排放。采用液体自动计量系统，设置计量泵实现自动称重、自动投料，提高精度的同时减少 VOCs 排放。

5.3 胶片水冷技术

该技术适用于轮胎制造胶片冷却过程。

胶片冷却装置是将混炼胶经压片机压出的胶片进行冷却的装置。主要工艺过程设备由涂隔离剂装置、提升运输带、冷却输送装置、切刀叠片装置、传动装置以及控制系统等组成。轮胎行业主流采用风冷形式，开炼胶片在下片机开片后由传送带送至冷却室吹风冷却，强制鼓风，该过程产生的大量的冷却废气，冷却废气中存在低浓度恶臭污染物。采用水冷技术，开炼胶片在下片机开片后由传送带送至冷却室直接与水接触冷却，胶片送至水冷机底部后，在水冷机内延传送带来回往复前进，最终从冷却室另一端上口出片，完成整个冷却过程。使用水冷可避免废气产生，但会产生一定量的废水。

5.4 低温一次炼胶法

该技术适用于炼胶工艺。传统炼胶工艺为二段、三段法炼胶，低温一次法炼胶工艺采用密炼机进行一段混炼，然后在开炼机上加硫化体系，这种混炼方法加强了对胶料的机械剪切，同时弱化了高温氧化裂解的作用。低温一次法炼胶结合自动化辅助系统实现配料、投料、混炼、排胶等生产过程的自动连续完成，可提高生产效率，降低单位产品能耗及各类污染物排放量。

5.5 再生胶企业精捏炼变频联动调节工艺

该技术适用于再生胶生产企业炼胶工艺。生胶生产企业捏精炼时采用“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工艺，淘汰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，有利于废气的收集。

5.6 再生胶企业常压连续脱硫工艺

该技术适用于再生胶生产企业脱硫工艺。常压连续脱硫采用管道化连续生产方式，物料连续进入脱硫机管路中，充分利用螺旋机的输送、搅拌和挤压等作用，将物料混合均匀并向前推送。与传统的动态脱硫相比较，常压连续脱硫采用管道式密闭连续生产，废气产生量少，且仅在末端出口处有少量恶臭气体排放，易于收集处理。

6 污染治理技术

6.1 一般原则

应加强对橡胶制造生产工艺过程废气的收集，减少 VOCs 和恶臭气体无组织排放。VOCs 无组织废气的收集和控制应符合 GB 37822 的要求，废气收集技术可参考附录 B。

橡胶制造废气治理技术选择优先考虑除臭功能，在除臭的基础上可同步实施 VOCs 的治理。该类废气具有中、低浓度 VOCs 并伴随大量恶臭污染物的特征，且废气回收价值低，在有效预处理的基础上，宜优先采用吸附浓缩－燃烧技术处理。

6.2 吸附法

该技术利用吸附剂（活性炭、活性炭纤维、分子筛等）吸附废气中的 VOCs 污染物，使之与废气分离，简称吸附技术，主要包括固定床吸附技术、移动床吸附技术、流化床吸附技术、旋转式吸附技术。橡胶制造行业常用的吸附技术为固定床吸附技术和旋转式吸附技术。配套吸附处理单元的含尘、含气溶胶、高湿废气、高温废气，应事先采用高效除尘、除雾装置、冷却装置等进行预处理。

6.2.1 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。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。橡胶制造行业一般使用活性炭作为吸

附剂。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。入口废气颗粒物浓度宜低于 1 mg/m³，温度宜低于 40 ℃，相对湿度（RH）宜低于 80%。若废气中的污染物易在活性炭存在时发生聚合、交联、氧化等反应，不宜采用活性炭吸附技术。该技术的技术参数应满足 HJ 2026 的相关要求。活性炭吸附材料通过解吸而循环利用，脱附的 VOCs 可通过冷凝技术进行回收或通过燃烧技术进行销毁。

6.2.2 旋转式吸附技术

该技术适用于工况相对连续稳定的炼胶工艺产生的废气预浓缩。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 VOCs 污染物进行吸附分离，一般包括转轮式、转筒（塔）式。橡胶制造行业一般使用分子筛作为吸附剂，用于低浓度 VOCs 废气的预浓缩，脱附废气一般采用催化燃烧或蓄热燃烧技术进行治理。入口废气颗粒物浓度宜低于 1 mg/m³，温度宜低于 40 ℃，相对湿度（RH）宜低于 80%。该技术的技术参数应满足 HJ 2026 的相关要求。转轮中沸石分子筛含量不宜低于 50%（wt%），设计风速不宜高于 3.5m/s，转轮厚度不宜低于 400mm。

6.3 燃烧法

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，橡胶制造行业常用的燃烧技术包括蓄热燃烧技术（RTO）、催化燃烧技术（CO）、锅炉/工艺炉热力焚烧技术。处理含腐蚀性废气，应采用高效水喷淋装置、酸/碱喷淋吸收装置等进行预处理。应控制进入燃烧系统的废气中卤化物的含量，可采用大孔树脂吸附等工艺进行预处理。

6.3.1 蓄热燃烧技术（RTO）

该技术适用于炼胶、压延、硫化等工艺废气浓缩后的治理和除臭，以及溶剂型浸胶工艺废气的处理。采用燃烧的方法使废气中的 VOCs 污染物反应转化为二氧化碳、水等物质，并利用蓄热体对燃烧产生的热量蓄积、利用。橡胶制造行业采用的典型治理技术路线为“旋转式分子筛吸附浓缩+RTO”。废气收集后，宜采用吸附技术进行预浓缩，再经 RTO 治理。采用固定换热床的 RTO 装置宜设计不少于三室，技术参数应满足 HJ 1093 的相关要求。

6.3.2 催化燃烧技术（CO）

该技术适用于炼胶、压延、硫化等工艺废气浓缩后的治理和除臭。在催化剂作用下，废气中的 VOCs 污染物反应转化为二氧化碳、水等物质。该技术反应温度低、不产生热力型氮氧化物。橡胶制造行业采用的典型治理技术路线为“活性炭吸附/旋转式分子筛吸附浓缩+CO”。橡胶制造废气中含有硫化物、卤化物，应采用特殊的催化剂，避免催化剂中毒。该技术的技术参数应满足 HJ 2027 的相关要求。

6.3.3 锅炉/工艺炉热力燃烧技术

该技术适用炼胶、压延等工艺废气的治理和除臭。将产生的 VOCs 直接引入到现有供电锅炉、供热锅炉、工艺加热炉或其它非废气处理专用的焚烧炉，采用燃烧的方法使废气中的 VOCs 污染物反应转化为二氧化碳、水等物质。锅炉/工艺炉热力燃烧技术应充分考虑生产工艺需求及安全性。

6.4 喷淋吸收法

该技术适用于炼胶、压延、硫化等工艺废气预处理。使废气中的污染物与吸收剂充分接触，从而达到恶臭污染物去除的目的，根据吸收原理的不同，喷淋吸收法可分为物理吸收和化学吸收。橡胶制造行业常采用的喷淋吸收技术包括水喷淋吸收与碱水喷淋吸收。

6.4.1 水喷淋吸收法

该技术适用于炼胶、压延、硫化等工艺废气预处理。主要对废气进行除尘、除油等预处理，并利用氨、小分子醇等组分易溶解于水的特点，在废气通过水喷淋塔时，易溶解组分被喷淋液吸收，达到净化目的。

6.4.2 化学喷淋吸收法

该技术适用于炼胶、压延、硫化等工艺废气预处理。利用硫化氢、有机酸等组分易与吸收剂发生化学反应的特点，在废气通过化学喷淋塔时，VOCs 组分与吸收剂反应，达到净化目的。橡胶制造行业采用的典型治理技术路线为碱喷淋吸收。

6.5 生物法

该技术适用于炼胶、压延、硫化等工艺废气除臭。利用小分子醇等组分易生物降解的特点，在废气通过负载微生物的装置时，利用微生物降解废气中的 VOCs 组分。生物法能耗低、运行费用少，其局限性在于污染物在传质和降解过程中需要有足够的停留时间，增加了设备的占地面积和投资成本。

6.6 臭氧氧化技术

该技术适用于炼胶、压延、硫化废气除臭。臭氧氧化技术是采用臭氧作为氧化剂，氧化恶臭污染物的一种除臭技术。臭氧具有强氧化性(E0=+2.07 伏)，其氧化还原电位仅次于氟，对有机物有强烈的氧化降解作用，反应条件温和，来源较为简便。臭氧虽能氧化多数有机物，但是单一的臭氧氧化需要较高的臭氧浓度，破坏 1mol 的恶臭污染物一般需要消耗 1-3mol 臭氧。对于部分有机物，该处理技术无法完全分解，往往与水吸收法联用。臭氧法在恶臭污染物处理领域应用较为广泛，臭氧氧化技术处理效率受污染物种类和浓度比关系影响较大。

6.7 光氧化技术

该技术适用于炼胶、压延、硫化废气除臭，且仅可作为除臭组合单元之一。光氧化技术可以实现在常温常压下氧化 VOCs。在紫外光照射条件下，氧气和水等物质发生反应产

生自由基，这些自由基可以进一步和污染物发生反应，将污染物降解。该技术用于低浓度气体除臭，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。

7 环境管理措施

7.1 一般原则

企业应根据实际情况优先采用污染预防技术，若仍无法稳定达标排放，应采用适合的末端治理技术。

新建、改建、扩建项目应优先选用自动称量、自动化密闭炼胶、一段法炼胶、胶片水冷、精捏炼变频联动调节、常压连续脱硫等污染物产生水平较低的制造工艺。

规范原料、有机化学品储存。所有胶料堆放应单独设置密闭空间避光存储，减少挥发份释放；对所有有机溶剂及低沸点物料采取密闭式存储，以减少无组织排放。再生胶应设置密闭空间堆放，密闭区废气收集处理。

7.2 环境管理制度

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、使用量、回收量、废弃量、去向、VOCs 含量，污染治理设施的工艺流程、设计参数、投运时间、启停时间、温度、风量，过滤材料更换时间和更换量，吸附剂脱附周期、更换时间和更换量，催化剂更换时间和更换量等信息。台账保存期限不少于三年。

7.3 无组织排放控制措施

7.3.1 储存和贮存过程控制措施

具有挥发的原辅料应密闭贮存，配套相应废气收集装置并接入废气末端处理设施。涉及大宗物料的应密闭贮存，并进行管道输送。减少小型桶装物料使用。

7.3.2 原料调配、物料输送过程控制措施

优先采用自动化密闭化计量、配料、输送、投料辅机系统，液态含 VOCs 原辅材料优先采用密闭管道输送。对未实现自动化的企业，减少配合剂等含 VOCs 原辅材料的手工调配量，缩短现场调配和待用时间。

打浆配料（VOCs 液料）过程应采用密闭设备或在密闭空间内操作。可使用全密闭自动打浆装置进行计量、搅拌、调配；或设置专门的打浆配料间，打浆配料废气应通过排气柜或集气罩收集。

7.3.3 生产过程控制措施

开炼、压延、平板硫化等相关工序产生的 VOCs 无组织废气，宜采取整体或局部气体收集措施。

提高设备的密闭性，考虑到橡胶行业基准排气量的控制要求，尽可能采用“减风增浓、密闭操作”。

废气收集处理设施应经科学设计、论证后进行实施。

当采用车间整体密闭换风时，车间换风次数原则上不少于 8 次/h。当采用上吸罩收集废气时，排风罩设计必须满足《排风罩的分类及技术条件》要求，尽量靠近污染物排放点。采用外部排风罩的，应按 GB/T 16758、AQ/T 4274 规定的方法测量控制风速。

7.4 污染治理设施的运行维护

企业应按照相关法律法规、标准和技术规范等要求运行污染治理设施，并定期进行维护和管理，保证治理设施正常运行，污染物排放应符合 GB 27632、GB 16297、GB 37822、GB 14554 等的要求。

企业应按照 GB/T 16157 技术规范的要求，设计、建设、维护永久性采样口、采样测试平台和排污口标志。

8 VOCs 污染防治可行技术

VOCs 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 橡胶制品业 VOCs 污染治理可行技术组合表

工艺类型	可行技术		技术适用范围
炼胶	预防技术	固体小料自动称量技术	适用于交联剂等固体小料称量和进料过程
		液体小料自动称量技术	适用于软化增塑剂等液体小料称量和进料过程
		胶片水冷技术	适用于胶片冷却过程
	治理技术	预处理+吸附浓缩+燃烧技术	适用于密炼及后续压片工艺过程VOCs及恶臭污染治理; 轮胎制造行业可采用“除尘+沸石转轮吸附浓缩+燃烧”工艺；其他橡胶制品行业（轮胎制造除外）可采用“除尘+活性炭吸附浓缩+燃烧”工艺
		过滤+臭氧/光氧化+喷淋吸收	适用于风冷过程恶臭污染治理
压延	治理技术	喷淋吸收/过滤+臭氧/光氧化+喷淋吸收技术	适用于热炼、压延工艺过程恶臭污染治理
		锅炉/工艺炉/RTO热力燃烧技术	适用于浸胶工艺废气VOCs治理
硫化	治理技术	喷淋吸收/过滤+臭氧/光氧化+喷淋吸收技术	适用于硫化工艺过程恶臭污染治理
		预处理+吸附浓缩+燃烧技术	适用于硫化工艺过程VOCs及恶臭污染治理
打浆、浸胶	治理技术	预处理+吸附浓缩+燃烧技术	适用于乳胶制品行业液态胶打浆、浸胶等工序

附录 A

（资料型附录）

典型橡胶制品业工艺过程及 VOCs 产生节点

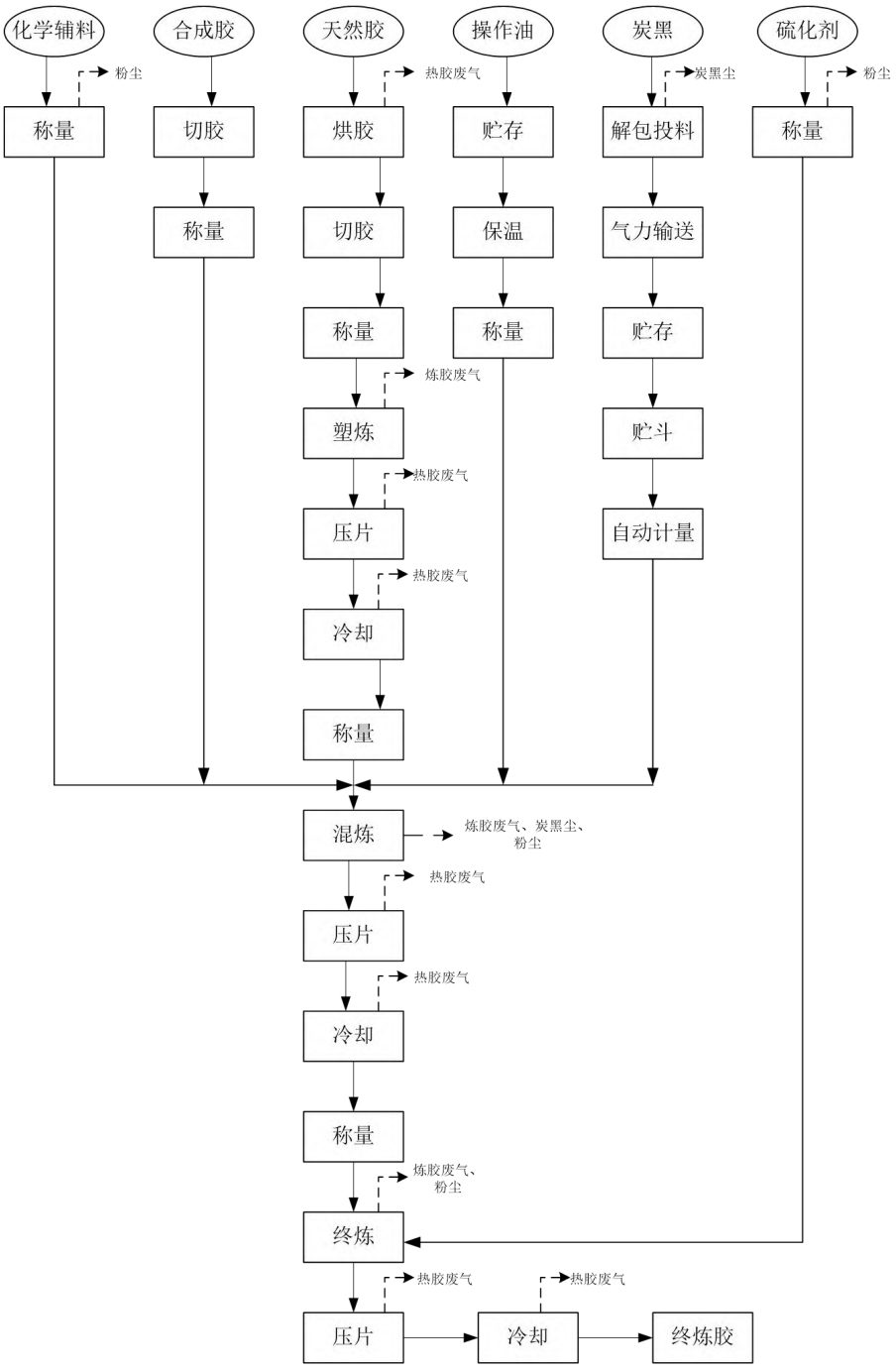


图 A.1 典型轮胎炼胶工艺流程图

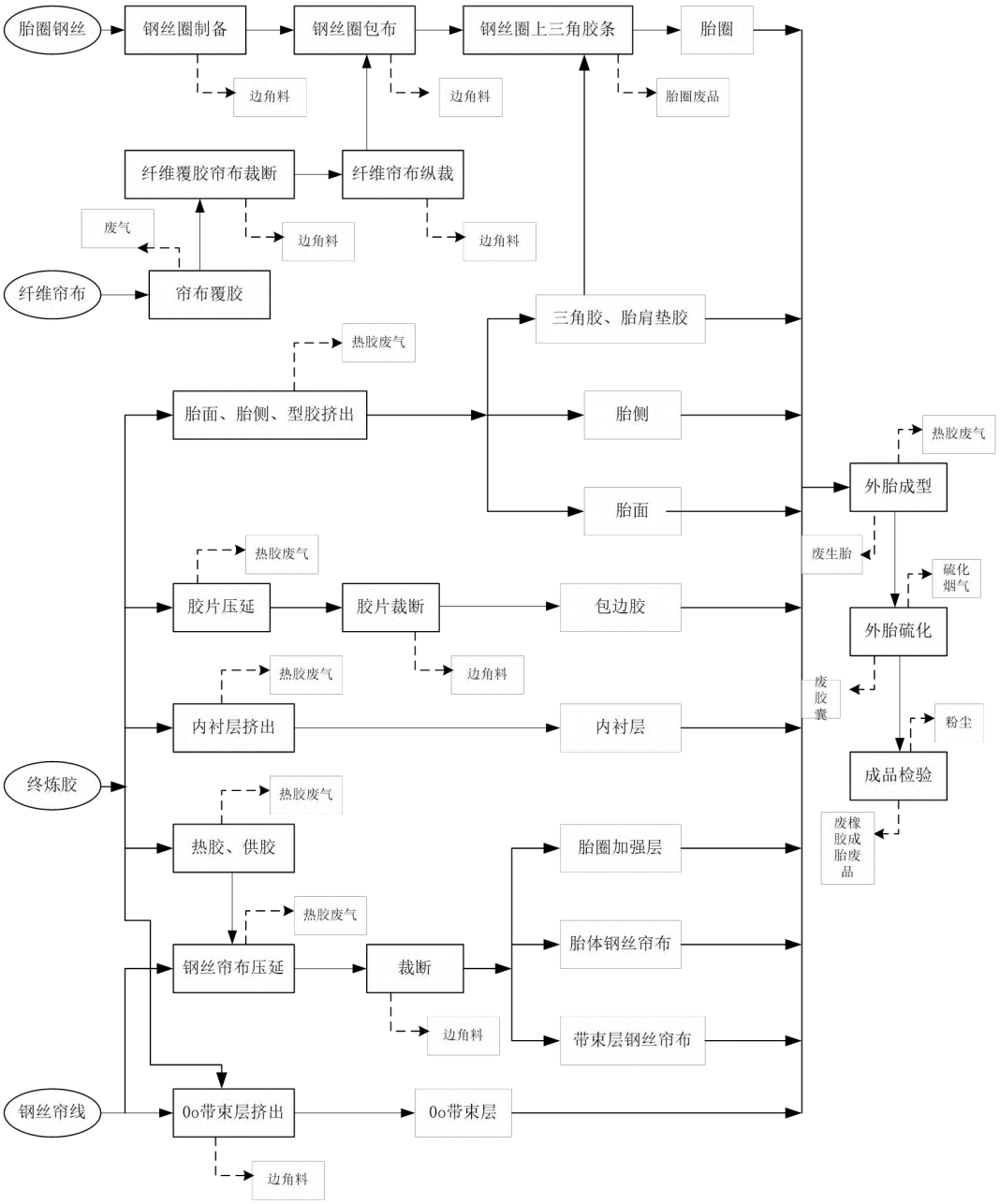


图 A.2 典型轮胎制造工艺流程图

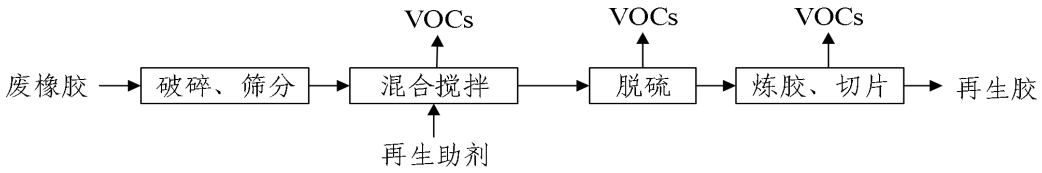


图 A.3 典型再生胶制品业工艺过程及 VOCs 产生节点

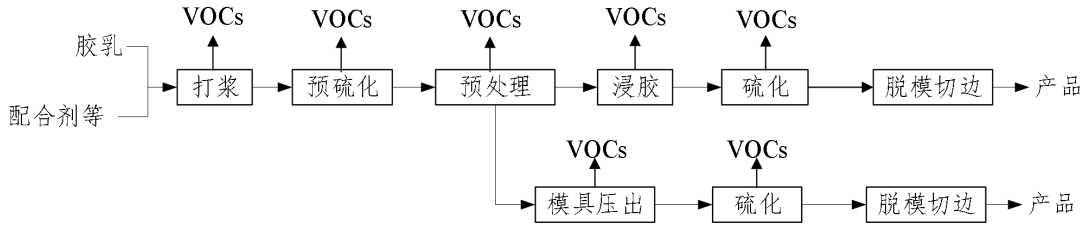
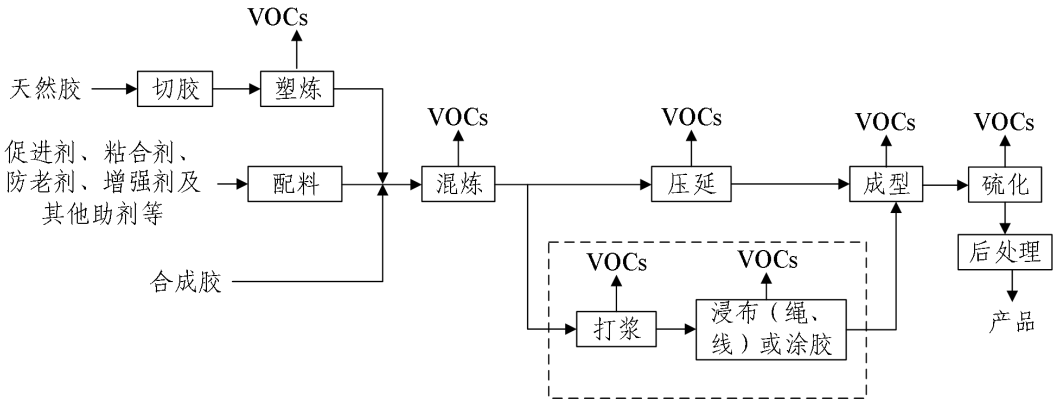


图 A.4 典型乳胶制品业工艺过程及 VOCs 产生节点



注：图中打浆、浸布或涂胶工序的虚线方框代表可选工序。

图 A.5 典型其他橡胶制品业工艺过程及 VOCs 产生节点

附录 B

（资料型附录）

橡胶制品生产废气收集技术

B.1 废气收集的一般规定

应根据废气性质、排放方式及污染物种类、浓度等，分类收集橡胶制品生产过程产生的废气。

纯颗粒物的收集系统应独立于 VOCs 收集系统，收集处理应符合相关规范要求。VOCs 废气中的漆雾及颗粒物进入收集系统前应先进行除尘预处理。水帘柜（或水幕）需定期换水时，应做好换水台帐记录（包括换水水量、时间等），并确保换水废水达标排放。

废气收集系统应与生产设备同步运行，当发生故障维修时，应同步停止生产设备的运行。

废气收集系统宜优先采用密闭罩或通风柜的形式；无法采用密闭罩和通风柜时，宜采用外部罩或整体收集的形式。

采用整体收集并且有人员在密闭空间中作业时，废气收集系统风量应同时考虑控制风速和有害物质的接触限值；气流组织宜确保送风或补风先经过人员呼吸带，并保证空间内无废气滞留死角。

设置有采暖设备或空调的车间，废气宜优先采用局部收集措施。

废气排风量应纳入车间的风量平衡计算；对于有洁净度和压差要求的车间，压差控制应考虑排风量的影响。

废气收集系统的输送管道应密闭。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 μmol/mol，亦不应有感官可察觉泄漏。废气收集的管路系统宜设置用于调节风量平衡的调节阀门。

废气收集系统宜避免横向气流干扰。

B.2 工艺过程废气收集

密闭生产设备的废气收集，如密炼机、硫化罐、密闭脱硫设备、连续硫化生产线、密闭式搅拌器等宜采用密闭罩或通风柜。

敞开式生产且无法进行密闭处理的生产设备，如开炼机、平板硫化机、定型机、压延机等，宜采用外部罩进行收集。

敞开式生产且无法进行密闭处理的生产设备，且生产设备所在空间较少，如浸胶、涂布等工序。

宜优先采用整体收集的形式。

密闭罩或排风柜的设计参考 GB/T 16758。