

中国日用玻璃协会团体标准

项目号：RBTB-jh003-GL

**《日用玻璃行业涂装工序挥发性有机物污染防治技术
规范》编制说明
(征求意见稿)**

团体标准编制组

二〇二一年十二月

目 录

1	任务来源.....	1
2	主要工作过程.....	1
3	标准制定的必要性.....	2
3.1	国家环境管理部门要求.....	2
3.2	日用玻璃行业发展的需要.....	3
4	国内外相关标准研究.....	4
4.1	国内相关政策和标准.....	4
4.2	国外相关标准情况.....	5
5	日用玻璃行业涂装工序废气排放和治理情况.....	6
5.1	涂装工序产排污情况.....	6
5.2	日用玻璃行业 VOCs 污染治理情况.....	8
6	技术规范研究内容.....	15
6.1	指标体系框架.....	15
6.2	拟制定标准的适用范围.....	15
6.3	制定本标准的依据和主要参考资料.....	16
6.4	术语与定义的确定.....	16
6.5	总体要求.....	16
6.6	源头控制.....	16
6.7	过程管理.....	16
6.8	末端治理.....	17
6.9	二次污染控制.....	18
6.10	环境管理.....	19
7	标准实施的环境效益与经济技术分析.....	19
8	标准实施建议.....	19

1 任务来源

为适应国家环境保护工作需要，中国日用玻璃协会提出了制定《日用玻璃行业涂装工序挥发性有机物污染防治技术规范》（项目计划号：RBTB-jh003-GL）团体标准的任务。

2021年2月，北京市科学技术研究院资源环境研究所（原轻工业环境保护研究所）受中国日用玻璃协会的委托，开展了《日用玻璃行业涂装工序挥发性有机物污染防治技术规范》团体标准的编制工作，参编单位有六安华世洁环境科技有限公司、四川省宜宾环球集团有限公司、江油东方玻璃有限责任公司、安徽溢彩玻璃器皿有限公司、浙江佑谦特种材料有限公司、山东博创重工股份有限公司。

2 主要工作过程

（1）成立编制组

2021年2月，中国日用玻璃协会与北京市科学技术研究院资源环境研究所签订了《日用玻璃行业涂装工序挥发性有机物污染防治技术规范》团体标准的任务合同书，2021年3月，北京市科学技术研究院资源环境研究所会同项目各参编单位，成立了项目编制组。

（2）资料收集与现场调研

资料收集主要包括收集、整理、分析了国内外涂装工序挥发性有机物污染防治政策、标准法规等内容，确定了本标准的编制思路，初步确定了现场调研内容。

现场调研主要结合我国日用玻璃行业的产品结构、废气类型等因素，选择了国内含涂装工序的主要日用玻璃生产地的多家企业进行调研，考察了不同废气治理技术的实际运行情况、投资运行费用和治理效果等，编制组成员还与多家有机废气治理公司进行了技术交流，收集了相关治理技术的资料。

（3）开题报告研讨会

2021年7月6日，中国日用玻璃协会在北京组织召开了团体标准开题报告研讨会，标准编制组成员与多位行业代表、专家参加了此次会议，与会专家对标准初稿提出了以下建议：1）增加对玻璃涂装工序部分概念的说明；2）进一步核实部分量化指标的参数、依据；3）增加对危险废物的最终处置方案描述；4）晚上调漆等环节消防、安全要求。会后，根据专家组建议，编制组对标准初稿和开题报告进行了认真修改。

(4) 完成征求意见稿和编制说明，公开征求意见

根据开题研讨会专家意见，编制组通过进一步的调研、内部专家讨论，于 2021 年 11 月完成了《日用玻璃行业涂装工序挥发性有机物污染防治技术规范（征求意见稿）》和《日用玻璃行业涂装工序挥发性有机物污染防治技术规范（征求意见稿）》编制说明的编制工作，并于 2021 年 12 月对标准征求意见稿及其编制说明公开征求意见。

3 标准制定的必要性

3.1 国家环境管理部门要求

(1) 《中华人民共和国大气污染防治法》要求

《中华人民共和国大气污染防治法》（2015 年修订）要求使用含挥发性有机物的原材料和产品，其挥发性有机物含量应当符合质量标准；鼓励使用低毒、低挥发性有机溶剂，产生含挥发性有机物废气的生产和服务活动，应当在密闭空间或者设备中进行，并按照规定安装、使用污染防治设施；无法密闭的，应当采取措施减少废气排放等管理控制要求。

(2) 《“十三五”挥发性有机物污染防治工作方案》要求

《“十三五”挥发性有机物污染防治工作方案》（环大气[2017]121 号）要求深入推进包装印刷行业 VOCs 综合治理，推广使用低（无）VOCs 含量的绿色原辅材料和生产工艺、设备，加强无组织废气收集，优化烘干技术，配套建设末端治理设施，实现包装印刷行业 VOCs 全过程控制。

(3) 《打赢蓝天保卫战三年行动计划》要求

《打赢蓝天保卫战三年行动计划》（国发[2018]22 号）要求制定工业涂装、包装印刷等 VOCs 排放重点行业整治方案，编制 VOCs 治理技术指南。重点区域禁止建设生产和使用高 VOCs 含量的溶剂型涂料、油墨、胶黏剂等项目。开展 VOCs 整治专项执法行动，严厉打击违法排污行为，对治理效果差、技术服务能力弱、运营管理水平低的治理单位，公布名单，实行联合惩戒，扶持培育 VOCs 治理和服务专业化、规模化的龙头企业。2020 年，VOCs 排放总量较 2015 年下降 10%以上。

(4) 《重点行业挥发性有机物综合治理方案》要求

《重点行业挥发性有机物综合治理方案》（环大气[2019]53号）要求开展工业涂装和包装行业 VOCs 综合治理，加快使用粉末、水性、高固体分、水性油墨等低 VOCs 含量的涂料和油墨替代溶剂型涂料和油墨，加强涂料、油墨、稀释剂、清洗剂等含 VOCs 物料储存、调配、输送、使用等工艺环节 VOCs 无组织逸散控制，调配、喷涂和干燥等 VOCs 排放工序应配备有效的废气收集系统。

（5）《重污染天气重点行业应急减排措施制定技术指南》要求

《重污染天气重点行业应急减排措施制定技术指南（2020 年修订版）》（环办大气函[2020]340 号）规定：A 级企业日用玻璃喷涂彩装工序 VOCs 治理应采用喷淋洗涤、吸附、氧化等两种以上组合工艺或燃烧工艺，NMHC 排放浓度不高于 60mg/m³。

（6）污染物排放标准要求

目前日用玻璃行业大气污染物排放执行的国家标准为《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）、《挥发性有机物无组织排放控制标准》（GB37822-2019）及《恶臭污染物排放标准》（GB14554-1993），国家玻璃工业大气污染物排放标准正在编制中，待其发布后，日用玻璃行业大气污染物排放将执行该标准，根据生态环境部发布的最新标准征求意见稿，标准中规定了 NMHC、TVOC、苯系物、苯的排放限值，并从 VOCs 物料储存、转移、运输以及生产工艺等方面提出了无组织排放管控要求。排放标准的发布，将有效推动玻璃行业污染防治措施升级改造和技术进步，本标准的制定也将对于排放标准的实施起到重要支撑作用。

3.2 日用玻璃行业发展的需要

近年来，我国玻璃包装容器制造业呈不断增长趋势，产能水平快速提升，同时，随着人们物质文化的不断丰富，以酒类包装为代表的消费需求不断增高，各种涂装玻璃瓶包装白酒越来越受到消费者的喜爱。对酒企公开信息抽样调查发现，涂装玻璃瓶包装白酒品种数占到三成以上。

根据测算，日用玻璃涂装工序 VOCs 排放量约在 8000 吨/年~15000 吨/年，是日用玻璃行业排放的主要污染物之一。从调研情况看，部分企业涂装工序 VOCs 治理已经起步，很多企业采取废气收集和处理措施。但多数企业废气收集效率低，末端治理技术以简易低效的一次性活性炭、光解、等离子等为主，部分

大型企业治理较为规范，采用了先进、高效的治理技术。当前，我国各行业的 VOCs 减排与控制工作正加速推进，需要尽快出台相关的技术规范进行指导。

日用玻璃行业 VOCs 排放主要来自于烤花、喷漆、丝网印刷等工序生产过程中使用的油墨、涂料等，大部分企业采用的涂料主要是溶剂型涂料和油墨，水性涂料、UV 固化涂料、UV 固化油墨等低 VOCs 含量涂料总体应用水平较低；喷涂工艺以涂料使用效率低的空气喷涂为主，而涂料使用效率较高的静电喷涂技术所占的比例较小，因此在生产过程中不可避免的产生大量的挥发性有机物；加上中小企业数量较多，环境保护意识尚有欠缺，生产车间封闭性差，部分企业未能安装有效的有机废气收集及治理设施，部分企业有机废气治理设施未能稳定运行，对挥发性有机物的治理效果不佳。

因此，开展日用玻璃行业涂装工序挥发性有机物污染防治技术规范的制定工作，可以有效引导企业采用更环保的低 VOCs 原料、更先进的涂装工艺、更高效的末端治理技术，为日用玻璃行业的规范发展和绿色发展指明方向。

4 国内外相关标准研究

4.1 国内相关政策和标准

《中华人民共和国环境保护法》第四十二条 排放污染物的企业事业单位和其他生产经营者，应当采取措施，防治在生产建设或者其他活动中产生的废气、废水、废渣、医疗废物、粉尘、恶臭气体、放射性物质以及噪声、振动、光辐射、电磁辐射等对环境的污染和危害。

《中华人民共和国大气污染防治法》第十八条 向大气排放污染物的，应当符合大气污染物排放标准，遵守重点大气污染物排放总量控制要求。第四十五条 产生含挥发性有机物废气的生产和服务活动，应当在密闭空间或者设备中进行，并按照规定安装、使用污染防治设施；无法密闭的，应当采取措施减少废气排放。

2013 年，原环境保护部发布《挥发性有机物（VOCs）污染防治技术政策》（2013 年第 31 号），明确了 VOCs 污染控制的技术路线、原则和方法。由于技术政策较为宏观，为指导具体行业的污染防治技术选择，生态环境部按行业制定了一批可行技术指南，其中包括《玻璃制造业污染防治可行技术指南》（HJ2305-2018），但并未涉及涂装工序的有机废气治理技术。

此外，为规范污染治理工程建设，生态环境部制定了一系列通用及行业性的工程技术规范，涉及 VOCs 的通用工程技术规范主要有：《吸附法工业有机废气治理工程技术规范》（HJ2026-2013）、《催化燃烧法工业有机废气治理工程技术规范》（HJ 2027-2013）和《蓄热燃烧法工业有机废气治理工程技术规范》（HJ1093-2020）。在编制《日用玻璃行业涂装工序挥发性有机物污染防治技术规范》时，应参考其中的技术要求。

2020 年 7 月，生态环境部公开征集《玻璃制造业废气治理工程技术规范》意见，标准适用范围为平板玻璃和平板显示玻璃，未规定日用玻璃涂装工序的 VOCs 治理。

4.2 国外相关标准情况

在国外，国家要求是通过排放标准、技术指导文件提出的，工程建设的规范性要求一般是通过团体标准、企业标准进行规定，如美国消防协会 NFPA86 标准就用于指导 RTO 治理工程建设，防止火灾、爆炸风险。

美国有两套国家排放标准体系，一套是针对常规污染物（PM、SO₂、NO_x、总 VOCs）的新源特性标准（NSPS），另一套是针对有毒有害大气污染物的危险空气污染物国家排放标准（NESHAP），后者基于最大可达控制技术（MACT）制定，是国际上最严格的控制技术。除了上述联邦法规、控制技术指导以外，美国各地区对 VOCs 排放也制定了相应的要求，如美国海湾地区空气质量管理区（BAAQMD）指导文件、加州空气污染控制协会（CAPCOA）信息中心、清洁空气技术中心（CATC）空气污染技术报告等均提供了典型行业最佳可行控制技术（BACT）的技术信息，用以协助企业达标排放。其中，涂料行业常用的控制技术主要分为两类：燃烧技术和吸附技术。燃烧技术主要用于烘干室排放的含 VOCs 废气的治理，吸附技术处理低浓度的喷涂室排放的尾气。

欧盟主要是通过《工业排放指令》（IED）对行业大气污染物排放进行控制，通过排污许可证实施。另外，在综合污染预防与控制（IPPC）管理框架下，欧盟对 6 大类 38 个行业制订了最佳可行技术（BAT）指南文件，针对玻璃工业的 BAT 技术要求规定在《玻璃制造业最佳适用技术参考文件》中，提出了玻璃后加工工序中 VOCs 的控制技术。

5 日用玻璃行业涂装工序废气排放和治理情况

5.1 涂装工序产排污情况

日用玻璃行业涂装工序是指通过各种方法将玻璃涂料、玻璃油墨或印刷有彩釉的贴花纸装饰在玻璃表面，然后经过烘干或其他热处理方法，将涂料烧结于玻璃表面，从而得到装饰性或功能性的一种玻璃产品的生产工艺。常用的装饰方法主要有丝网印刷、喷涂、贴花等。

日用玻璃行业 VOCs 排放主要来源自生产过程中使用的涂料、油墨、清洗剂和用于稀释的有机溶剂等含 VOCs 物料，涂装工序典型生产工艺流程图见下图 5-1 所示。

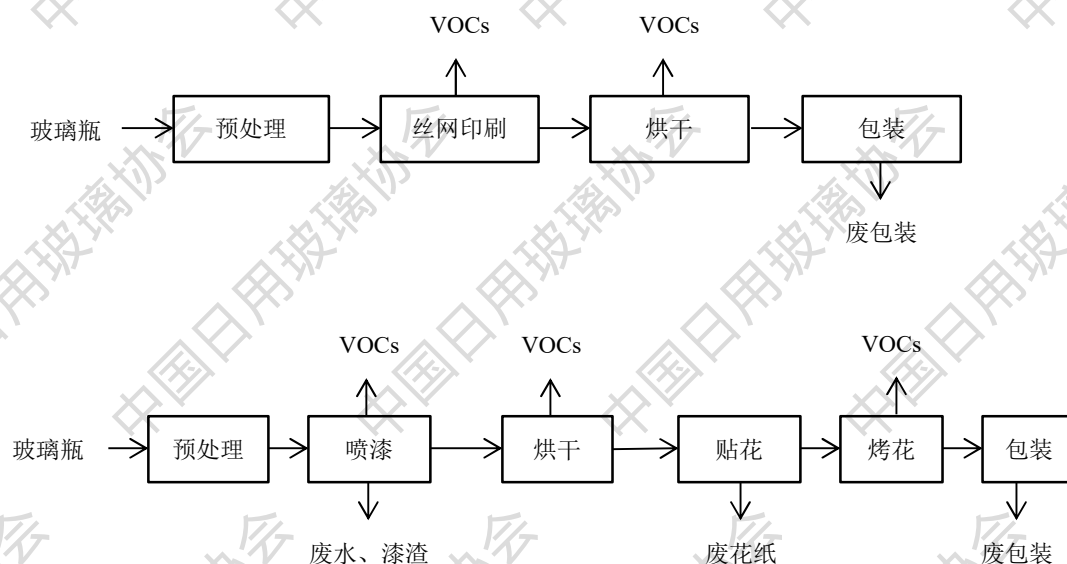


图 5-1 涂装工序工艺流程与产排污节点示意图

涂装工序一般由涂料调配、预处理（清洗、预热等）、喷涂或丝网印刷、流平、烘干（晾干）、贴花、烤花等环节组成，不同的日用玻璃产品涂装工艺稍有差别，但污染物产生环节基本相同，涂料调配、喷漆、丝网印刷、烤花和烘干过程均会排放挥发性有机物（VOCs），主要生产工艺介绍如下：

（1）丝网印刷：玻璃丝网印刷，就是利用丝网印版，使用玻璃油墨，在玻璃制品上进行装饰性印刷。印刷时，在丝网印版的一端倒入玻璃油墨，油墨在无外力的作用下不会自行通过网孔漏在承印物上，当刮板以一定的倾斜角度及压力挂动油墨时，油墨通过网版转移到玻璃基体上。印刷后的玻璃制品需要放到火炉

中，以 520℃~600℃ 的温度进行烧制，印刷到玻璃表面上的油墨才能固结在玻璃上，形成绚丽多彩的装饰图案。此装饰方法简单、易操作，但印刷效率较喷涂低。

(2) 喷涂：喷涂是通过手动或自动喷枪，借助于压力或离心力，将玻璃涂料分散成均匀的雾滴，施涂于玻璃基体的一种装饰方法。此装饰方法操作简单，适合大面积装饰，但无法装饰图案，且玻璃涂料浪费较多。

(3) 贴花：把印刷有彩釉的贴花纸反贴在玻璃表面，待稍干后，以净水浸湿纸背，把纸揭去，花纹转移到玻璃表面，再经过烤花即成。贴花主要用于瓶罐外形、装饰图案的位置和颜色复杂，不能直接使用丝网印刷装饰时使用。贴花立体感强，图案清晰，颜色丰富。

(4) 烤花：烤花的目的是使玻璃釉料软化粘附于玻璃表面，形成牢固的花纹和图案。烤花的温度决定于釉料与玻璃制品的软化温度，一般控制在玻璃软化点以下 20℃。烤花在隧道式马弗炉内进行，分为预热阶段、烘烧阶段和冷却阶段。

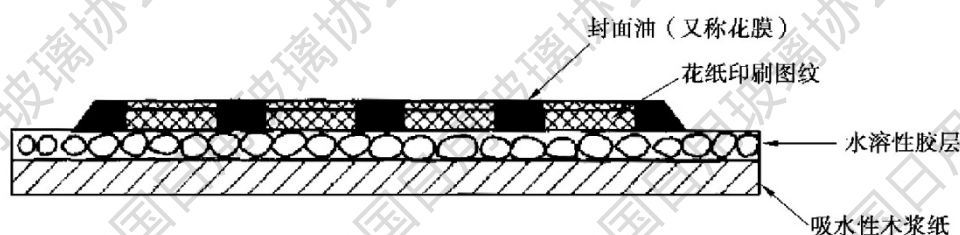


图 5-2 贴花纸结构示意图

涂装过程中使用的溶剂型涂料大约含有 50%~70% 的有机挥发成分，再加上调节涂料粘稠度所需的稀释剂，在喷涂产品干燥过程中，挥发出来的有机成分占总量的 70%~80%，挥发的主要有机成分包括：醇类（乙醇、丙醇、异丙醇、乙二醇、丙二醇等）、酮类（丙酮、丁酮等）、醚类（乙二醇醚、丙二醇甲醚等）、脂类（乙酸乙酯、乙酸丙酯、丙二醇甲醚醇酸酯等）、芳烃类（甲苯、乙苯、二甲苯等）、正乙烷等，因企业原料、涂装工艺的不同而有所差异。此外，清洗剂的使用也会产生挥发性有机物，主要成分为：甲醇、乙醇、石油醚、乙醚、丙酮、苯类、乙酸乙酯等，贴花纸的生产过程由于加入了油墨和水溶胶，在烤制过程中也会挥发产生挥发性有机物。

根据调查案列汇总情况，不同工序、不同涂料的 VOCs 含量及特征污染物如表 1 所示。

表 5-1 日用玻璃行业涂装工序废气排放情况

生产工序	含 VOCs 原辅材料类型	VOCs 含量 (%)	特征污染物
喷涂	溶剂型涂料	50~70	烷烃类、芳烃类、醇类、酮类、醚类、酯类
	水性涂料	<40 (不扣水)	烷烃类、芳烃类、酯类、醚类、醇类
	水性 UV 固化涂料	<10	酯类、酮类、醚类
丝网印刷	溶剂型油墨	40~60	高沸点石油类、酯类、酮类
	UV 固化油墨	≤5	少量酯类、酮类
清洗	清洗剂	90~100	芳烃类、醇类、醚类、酮类、酯类
烤花	贴花纸中油墨	≤3	醇类、酯类、芳烃类

5.2 日用玻璃行业 VOCs 污染治理情况

5.2.1 源头控制措施

目前,我国大型日用玻璃企业涂装工序采用的涂料主要为水性涂料,传统的溶剂型涂料由于存在苯系物等有机污染物,且涂料中挥发性有机物含量高,已逐渐被以水为分散介质和稀释剂的环境友好水性玻璃涂料替代,在日用玻璃包装行业,尤其是白酒行业已成功推广使用。水性涂料由成膜物质、颜料、溶剂、助剂和水组成,主要成分含水性丙烯酸树脂、水性聚氨酯、颜料、偶联剂、固化剂等,日用玻璃行业使用的主要是改性水性丙烯酸树脂漆。水性涂料按组份分类可分为水性单组份涂料和水性双组份涂料,按成膜温度分类有水性单组分自干漆、水性双组份自干漆和水性烤漆。

随着环保法规要求不断加严,我国涂料工业正加速向“4E”(经济、环境友好、节省能源、高生产效率)方向发展,新工艺、新技术不断应用于涂料研发、生产和涂装,新型涂料相继诞生,玻璃涂料作为涂料行业的一大重要产品因此获得迅速发展。近些年,已有部分涂料厂家开发出了适用于玻璃印刷的 UV 固化涂料,很大程度上解决了玻璃印刷的干燥问题,UV 固化涂料使用的是活性稀释剂,可参与成膜反应,在一定程度上减少了 VOCs 排放。此外,玻璃涂料烘烤温度也在

不断降低，形成了从高温烤漆变中温烤漆、再到低温烤漆的发展态势，日用玻璃企业的能耗水平不断优化。

推广使用水性、辐射固化等低 VOCs 含量涂料、油墨，以及低 VOCs 含量、低反应活性的清洗剂，替代溶剂型涂料、清洗剂，减少 VOCs 的产生量。日用玻璃行业使用的涂料应符合国家强制性标准《工业防护涂料中有害物质限量》（GB 30981）中包装涂料 VOC 含量限值 $\leq 400\text{g/L}$ （水性涂料）或 $\leq 750\text{g/L}$ （溶剂型涂料）的规定和《油墨中可挥发性有机化合物（VOCs）含量的限值》（GB38507）网印油墨 VOCs 含量限值 $\leq 75\%$ （溶剂油墨）或 $\leq 30\%$ （水性油墨）或 $\leq 5\%$ （能量固化油墨）的规定，以及清洗剂应符合《清洗剂挥发性有机化合物含量限值》（GB 38508）相关要求。

5.2.2 设备或工艺革新技术

鼓励日用玻璃企业采用静电喷涂、高压无气喷涂或高流量低压力（HVLP）喷枪等技术，减少空气喷涂的应用，减少喷涂过程 VOCs 的排放量。鼓励企业采用废气热能回收-烘干一体化的清洁生产设备，推广使用自动连续化全程密闭的喷涂线；鼓励企业采用自动供漆系统，减少涂料转运过程中 VOCs 无组织挥发量。

（1）高压无气喷涂技术

高压无气喷涂技术适用于传统空气喷涂的替代。使用高压柱塞泵，直接将涂料加压，形成高压力的涂料，喷出枪口形成雾化气流作用于玻璃制品。与传统的空气喷涂相比，高压无气喷涂提高了涂料利用率，可降低涂料使用量，从源头减少 VOCs 排放。

（2）静电喷涂技术

静电喷涂技术适用于各类玻璃瓶和化妆品瓶的涂装，且要求涂料电阻率较低。静电喷涂是指利用电晕放电原理使雾化涂料在高压直流电场作用下荷负电，并吸附于荷正电基底表面放电的涂装方法。静电喷涂设备由喷枪、喷杯以及静电喷涂高压电源等组成。静电喷涂技术可有效提高涂料利用率，涂料使用量显著减少。

5.2.3 末端治理技术

固定污染源 VOCs 末端治理技术可分为回收和销毁两种方式。

回收是通过物理的方法，改变温度、压力或采用选择性吸附剂和选择性渗透膜等方法来富集分离有机气相污染物，主要有吸附、吸收、冷凝及膜分离法。回

收的挥发性有机物可以直接或经过简单纯化后返回工艺过程再利用，以减少原料的消耗，或者用于有机溶剂质量要求较低的生产工艺，或者集中进行分离提纯。

销毁主要是通过化学或生化反应，用热、光、催化剂和微生物等将有机化合物转变成成为二氧化碳和水等无毒害或低毒害的无机小分子化合物，主要治理技术有直接焚烧、蓄热式直接焚烧、催化燃烧、蓄热式催化燃烧、生物法、光催化氧化、等离子体破坏等。

（一）吸附法

吸附法是利用吸附剂（如活性炭、活性炭纤维、分子筛等）对废气中各组分选择性吸附的特点，将气态污染物富集到吸附剂上后再进行后续处理的方法，适用于低浓度有机废气的净化。对于小规模、低浓度的丝网印刷废气和烤花废气，一般采用吸附法即可达标排放。典型工艺流程如图 5-3 所示。



图 5-3 吸附法处理 VOCs 废气工艺流程图

吸附法适用于处理各类工艺的 VOCs 废气，但需要及时更换吸附剂，以保证治理设施的治理效率。设备初次投入成本较低，但运行费用较高，且产生危险固废。

吸附法通过原位再生手段，可与其他技术联用，如吸附-冷凝回收法，吸附-催化燃烧法等，提高治理效率，大大减少耗材成本和危险废物产生量。

（二）吸附-冷凝回收法

吸附-冷凝回收法是利用吸附剂将废气中的有机物富集，饱和后用高温氮气、水蒸气、电加热等方法对吸附剂进行脱附再生，吸附剂再生后可循环利用，脱附出的有机物通过冷凝、油水分离等工艺分离回收，可实现资源的二次利用。

吸附-冷凝回收法具有治理效率高、吸附剂可循环利用、具有一定的经济效益以及适用面广等特点。其缺点是处理设备庞大，需要较高的设备投入，当处理体系中含有烟、粉尘、油等物质时，废气必须经过预处理；污染物种类复杂时，回收后的溶剂需要进一步处理才能使用。适用于 VOCs 废气组分单一，有回收价值的工艺废气。

目前常用的吸附剂再生技术有水蒸气再生、热气流（空气或惰性气体）再生及加热-降压再生。典型的水蒸气脱附再生-冷凝回收法工艺流程如图 5-4 所示。

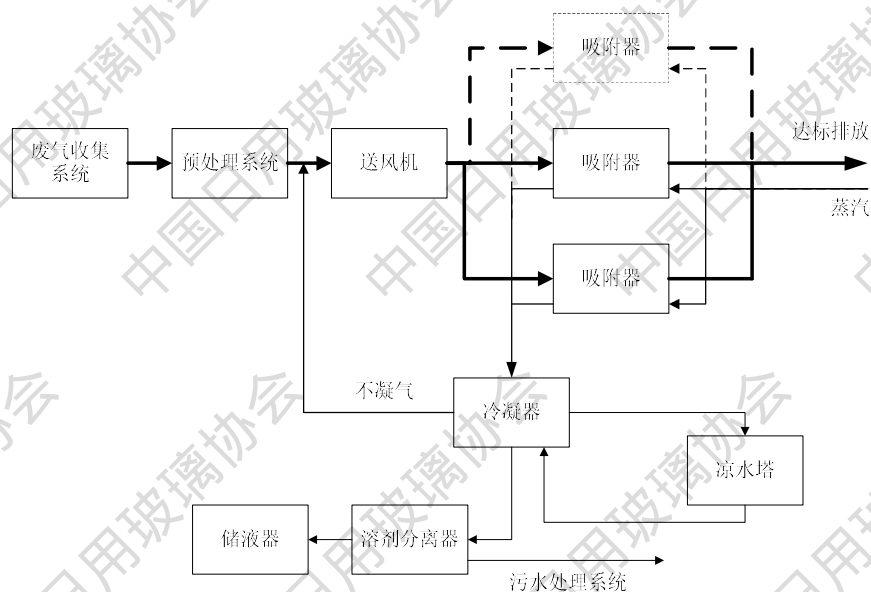


图 5-4 水蒸气再生-冷凝回收法处理 VOCs 废气工艺流程图

高温水蒸气直接与活性炭接触并加热炭层，吸附的 VOCs 在高温下被脱附随水蒸气一同排出，脱附后的气体经冷凝、油水分离等过程回收有机溶剂。此工艺的缺点是产生含有机物的废水，需进一步处理达标后排放。

若采用热气流为脱附介质可避免产生含有机物废水，但在高温条件下，炭层与富集后的脱附气存在引燃风险。

加热-降压再生法一般使用水蒸气间接加热炭层，避免炭层温度过高，可有效降低炭层引燃风险，并通过降压手段提高脱附效果，但设备初次投入成本较大。

吸附-冷凝回收法适用于 VOCs 浓度 $\geq 1000\text{mg/m}^3$ 的有机废气，适宜温度为 $0\sim 45^\circ\text{C}$ ，单套装置适用气体流量范围为 $10000\sim 150000\text{m}^3/\text{h}$ ，吸附-冷凝回收设施的安装与运行需满足《吸附法工业有机废气治理工程技术规范》（HJ 2026-2013）。

（三）热力氧化法

热力氧化法包括直接焚烧、蓄热式直接焚烧、催化燃烧和蓄热式催化燃烧。直接焚烧法燃烧时温度约为 700°C ，持续处理需要废气中 VOCs 浓度较高；蓄热式直接焚烧法是采用直接换热的方法将燃烧尾气中的热量蓄积在蓄热体中，高温蓄热体直接加热待处理废气，具有良好的节能效果；催化燃烧法是将废气通过催化剂床层，在催化剂作用下使有机废气燃烧达到去除废气中有害物质的方法，由于催化剂的存在，催化燃烧的起燃温度约为 $250\sim 300^\circ\text{C}$ ，能耗远比直接焚烧法低，也较易实现；蓄热式催化燃烧法通常利用蜂窝状的陶瓷体作为蓄热体，将催化反应过程所产生的热能通过蓄热体储存并用以加热待处理废气，充分利用有机

物燃烧所产生的热能。与常规催化燃烧法相比，蓄热式催化燃烧法可以大大降低设备能耗，主要应用于处理较低浓度（一般在 $500\sim 3000\text{mg/m}^3$ 之间）的有机废气。

热力氧化法与吸附法结合，可用于处理大风量、低浓度的 VOCs 废气，典型的吸附-催化燃烧法工艺流程如图 5-5 所示。低浓度 VOCs 废气经吸附器吸附-脱附后变为高浓度 VOCs 废气，再经催化燃烧装置处理后达标排放，产生的热能可回收利用。

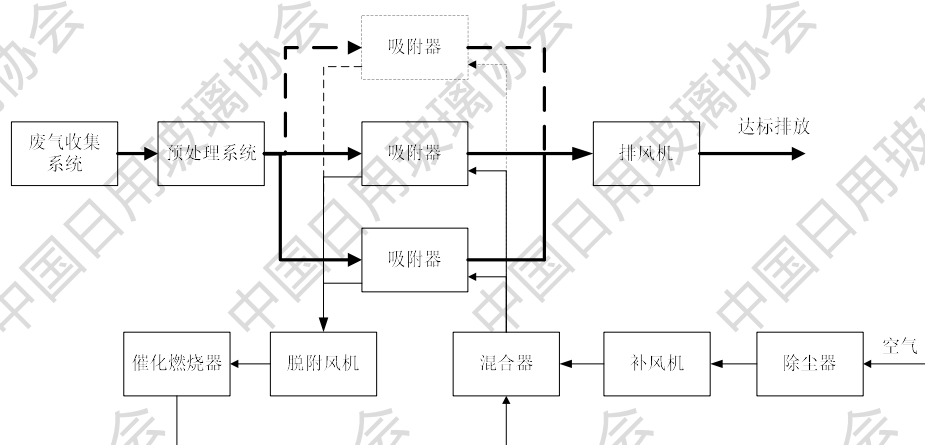


图 5-5 吸附-催化燃烧法处理 VOCs 废气工艺流程图

（四）低温等离子体法

低温等离子体法是通过高压放电，获得低温等离子体，即产生大量高能电子、离子和自由基等活性粒子可与各种污染物如 CO 、 HC 、 NO_x 、 SO_x 、 H_2S 等发生作用，转化为 CO_2 、 H_2O 、 N_2 、 S 、 SO_2 等无害或低害物质，从而使废气得到净化。

等离子体反应器几乎没有阻力，系统的动力消耗非常低；装置简单，反应器为模块式结构，易于搬迁和安装；不需要预热时间，可以即时开启与关闭；所占空间较小；抗颗粒物干扰能力强，对于油烟、油雾等无需进行过滤预处理。但要将不同的化学键打开，需要的能量不同，特别是对于混合气体的净化，有些分子容易被破坏并被彻底氧化，而有些分子则不易被破坏或者只是降解而未被彻底氧化，可能产生二次污染。

低温等离子体工艺流程如图 5-6 所示。

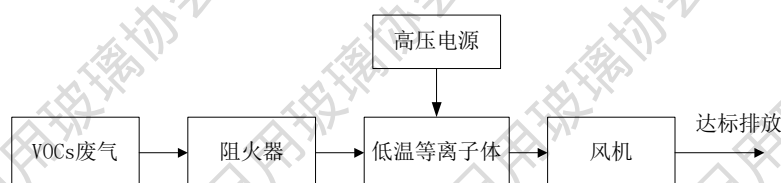


图 5-6 低温等离子体法处理 VOCs 废气工艺流程

低温等离子体法适用于排放低浓度 VOCs ($<500\text{mg/m}^3$)，要求废气排放温度 $<80^\circ\text{C}$ ，单套装置适宜气体流量范围为 $1000\text{--}60000\text{m}^3/\text{h}$ 。可根据实际排风量和污染物浓度选择低温等离子体治理设备。一般情况下，根据 VOCs 浓度不同，每 $10000\text{m}^3/\text{h}$ 风量的废气，等离子体治理设施的功率为 $20\sim 50\text{kW}$ 。当废气 VOCs 或流量较大时，可通过多套设备串联（并联）处理，必要时可在低温等离子体设施前安装水喷淋等废气预处理设施。

（五）冷凝法

冷凝法是利用物质在不同温度下具有不同饱和蒸汽压的性质，降低系统温度或提高系统压力，使处于蒸汽状态的污染物从废气中冷凝分离出来的方法。冷凝法适用于高浓度有机废气的净化，经过冷凝后尾气仍然含有一定浓度的有机物，需进行二次低浓度尾气治理。

（六）吸收法

吸收法是利用相似相溶原理，采用低挥发或不挥发液体为吸收剂，使废气中的有害组分被吸收剂吸收，使 VOCs 从气相转移到液相中，从而达到净化废气的目的。

吸收法适用于处理高压、低温、高浓度的 VOCs 废气，设施运行费用低，但吸收剂需定期更换，产生的废水需处理达标后排放或作为危险废物处理。

（七）膜分离法

膜分离法是利用天然或人工合成的膜材料分离污染物的过程。该法是一种新型的高效分离方法，适合处理高浓度的有机废气。其基本的工艺过程为：有机废气首先进入压缩机压缩后冷凝，回收冷凝的有机物。不凝气进入膜分离单元分离为两股气体，低浓度气体直接排放，高浓度气体返回压缩机重新进行处理。

（八）生物法

生物法指利用附着在反应器内填料上的微生物将废气中的污染物转化为简单的无机物 (CO_2 、 H_2O 和 SO_4^{2-} 等) 和微生物细胞质的方法。该方法具有处理成本低、无二次污染的特点，在国内外得到了迅速发展，尤其适合于低浓度、大气量且宜生物降解的气体。

（九）光催化氧化法

光催化氧化法主要是利用人工紫外线灯管产生的真空紫外光来活化光催化材料，氧化吸附在催化剂表面的 VOCs。真空紫外光（波长 $<200\text{nm}$ ，VUV）光子能量高，光催化材料在紫外光的照射下产生电子和空穴，激发出“电子-空穴”（一种高能粒子）对，进而生成极强氧化能力的羟基自由基($\bullet\text{OH}$)活性物质，羟基自由基($\bullet\text{OH}$)是光催化反应的主要活性物质之一，羟基自由基的反应能高于有机物中的各类化学键能，如： C-C 、 C-H 、 C-N 、 C-O 、 H-O 、 N-H 等，因而能迅速有效地分解挥发性有机物，再加上其它活性氧物质($\bullet\text{O}$ ， H_2O_2)的协同作用，其净化恶臭气体的效果更为迅速。光催化氧化与电化学、 O_3 、超声和微波等技术耦合可以显著提高对有机物的净化能力。目前光催化氧化法存在反应速率慢、光子效率低、催化剂失活和难以固定等缺点，在工业 VOCs 的净化中还未大规模应用。

（十）吸附-光催化组合法

吸附-光催化法是指将 TiO_2 等光催化剂以一定形式负载至吸附剂基材上，制得的固定化 TiO_2 复合体在一定波长光线照射下降解气相或液相污染物的方法。这种方法结合了吸附剂的吸附性能和 TiO_2 等催化剂的光催化性能，对目标污染物具有富集、浓缩和光催化等协同效应，但目前在吸附剂基材上的固定化工艺还不成熟。吸附-光催化联用法能够克服其他 VOCs 治理方法存在的缺点，是一种高效且节能环保的室内 VOCs 治理方法，适宜于规模化推广和应用。

综合分析各项技术的优缺点和使用范围，结合日用玻璃行业 VOCs 排放特征，玻璃行业涂装工序可采取的 VOCs 治理技术包括吸附法、吸附浓缩+燃烧等。

吸附法通过吸附材料吸附废气中的 VOCs，以达到净化废气的目的。可采用活性炭、活性炭纤维、分子筛等作为吸附介质。吸附法去除效率高、能耗低、工艺成熟，适用于使用水性涂料、油墨或辐射固化涂料、油墨，且废气风量小的企业。

吸附浓缩+燃烧法是将吸附和燃烧相结合的一种集成技术，将大风量、低浓度的有机废气经过吸附/脱附过程转换成小风量、高浓度的有机废气，然后经过催化燃烧净化。吸附浓缩+燃烧法适用于使用溶剂型涂料、油墨的企业，喷涂、丝网印刷、烘干废气可采用该技术进行处理，且调配、流平等废气可与喷涂、烘干废气合并处理。由于当使用活性炭作为吸附浓缩材料时，热空气再生时易发生火灾存在一定的安全隐患，且喷涂废气中由于含有漆雾，易在活性炭表面上聚集，

引起活性炭失效，因此在采用吸附浓缩+燃烧法处理废气时优先推荐采用沸石转轮吸附浓缩+燃烧的处理工艺。

此外，目前已有部分日用玻璃企业将吸附浓缩后的有机废气直接输送到玻璃炉窑内进行燃烧，不再单独设置燃烧装置，此举不仅能够大大降低废气处理装置的投资、运行费用，还可以利用玻璃炉窑的高温（通过在 1400℃~1600℃）将 VOCs 彻底氧化成二氧化碳和水，但须注意使用脱附后的浓缩废气代替空气通入玻璃炉窑是否会对产品品质产生影响，且污染物排放应满足行业相关排放标准要求的规定。

6 技术规范研究内容

6.1 指标体系框架

指标体系包括以下内容：

1. 前言
2. 范围
3. 规范性引用文件
4. 术语和定义
5. 总体要求
6. 源头控制
7. 过程管理
8. 末端治理
9. 二次污染控制
10. 环境管理

6.2 拟制定标准的适用范围

日用玻璃涂装工序挥发性有机废气主要来源于涂料调配、喷涂、丝网印刷、干燥、贴花、烤花等工序，本标准规定了上述废气污染防治的总体要求、源头控制、过程管理、末端治理、二次污染防治和环境管理。

本文件适用于日用玻璃行业涂装工序挥发性有机物污染防治，可作为环境影响评价、工程咨询、设计、施工、验收及建成后运行与管理的技术依据。

6.3 制定本标准的依据和主要参考资料

现行的国家法律法规、大气污染治理与监测类的环境保护标准，以及建设、安全、卫生、节能等相关领域的国家或行业标准是制定本标准的依据。本标准引用了此类文件，使之相互衔接、协调一致。

6.4 术语与定义的确

为了便于对规范条文的理解，对本标准中涉及的技术名词予以定义。部分定义参考或引用了相关标准。

定义了涂装工序、玻璃涂料、玻璃油墨等相关术语和定义。

关于“挥发性有机物（VOCs）”“非甲烷总烃（NMHC）”的定义，引用了最新国家大气污染物排放标准的定义；

关于“VOCs 物料”“密闭”“密闭空间”的定义，引用了《挥发性有机物无组织排放控制标准》（GB37822-2019）的定义。

“固定床吸附装置”、“移动床吸附装置”、“转轮吸附装置”、“催化燃烧装置”、“蓄热催化燃烧装置”和“蓄热燃烧装置”的定义参考了相关技术规范。

6.5 总体要求

本节主要是规定 VOCs 污染防治的总体要求，包括：

- （1）污染全过程控制原则（源头控制、过程管理和末端治理）；
- （2）遵守相关环保管理要求、达标排放原则；
- （3）对活性炭使用量大的工业园区和产业集群，提出了建设区域活性炭再生基地的建议。

6.6 源头控制

从清洁的原辅材料、清洁的生产工艺两方面，减少 VOCs 的产生。

6.7 过程管理

从贮存过程、调配过程、输送过程、涂装过程和清洗过程等 5 个方面，提出了具体的管控要求。

6.8 末端治理

本节从排放控制要求、废气收集、预处理、处理工艺选择和典型处理工艺设计运行要点等 5 个方面分别提出了要求。

(1) 排放控制要求

对日用玻璃企业涂装工序应满足的排放标准提出要求，并提出废气治理设施净化效率不低于 80%，与国家排放标准、《挥发性有机物无组织排放控制标准》（GB 37822）、《重点行业挥发性有机物综合治理方案》要求一致。

(2) 废气收集

在废气收集方面，提出应满足 GB37822、GB 14443、GB 14444 相关标准要求。采用局部排风的，集气罩设计以及吸入风速控制是关键。根据《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技术规范》（AQ/T 4274），距集气罩开口面最远处的 VOCs 无组织散发位置，控制风速不应低于 0.3 m/s。

(3) 预处理

预处理工艺包括浓度调控、颗粒物去除、温湿度调节，以及控制其他影响主体工艺的物质或因素。并从安全角度考虑，提出控制有机物浓度低于爆炸极限下限的 25%。

为避免颗粒物阻塞、粘结，《吸附法工业有机废气治理工程技术规范》（HJ 2026-2013）要求，当废气中颗粒物含量超过 $1\text{mg}/\text{m}^3$ 时，应采用过滤或洗涤等方式进行预处理。《催化燃烧法工业有机废气治理工程技术规范》（HJ 2027-2013）规定进入催化燃烧装置前废气中的颗粒物含量高于 $10\text{mg}/\text{m}^3$ 时，应采用过滤等方式进行预处理，《蓄热燃烧法工业有机废气治理工程技术规范》（HJ 1093-2020）规定进入蓄热燃烧装置的废气中颗粒物浓度应低于 $5\text{mg}/\text{m}^3$ ，当废气中的颗粒物含量不满足时应采取过滤、洗涤、静电捕集等方式进行预处理。本规范从日用玻璃行业涂装工序有机废气排放特点出发，仅对进入吸附装置的颗粒物浓度进行了规定，对进入燃烧装置废气中的颗粒物浓度不再作限值规定，只要不影响后续处理装置运行即可。

进口废气温、湿度的要求是对吸附装置提出的，一般认为进入吸附装置的废气温度宜低于 40°C ，湿度宜控制在 80%RH 以下，否则影响安全和净化效果。

除此之外，如果废气中含有难脱附物质（高沸点 VOCs）、易聚合组分（如环己酮、苯乙烯、甲醛等）和致吸附剂退化物质（如酸性物质、碱性物质）时，应在进入吸附装置前进行预处理。

（4）处理工艺选择

治理技术选择是污染防治的关键，要通过技术经济可行性分析和安全性评价，确定治理工艺。本规范根据日用玻璃行业涂装工序不同工艺、工序、节点的废气排放特点，推荐了两条治理工艺路线：

1）使用水性涂料、油墨或辐射固化涂料、油墨，且废气风量小的企业，可采用活性炭吸附工艺进行治理。

2）使用溶剂型涂料、油墨的企业，喷涂、丝网印刷废气宜采用吸附浓缩+燃烧等高效处理工艺，可采用的燃烧装置包括常规催化燃烧（CO）、蓄热催化燃烧（RCO）和蓄热燃烧（RTO）等。

日用玻璃企业也可根据自身实际情况，选择采用其他适用的处理工艺。

（5）典型处理工艺设计运行要点

对吸附装置工艺设计和燃烧装置工艺设计进行了分别规定。

进行吸附装置设计时，净化效率、床层气体流速、转轮转速、吸附剂用量、吸附剂再生或更换周期、脱附温度、脱附时间、压力损失是关键参数。这些参数在设计取值时，参考了《吸附法工业有机废气治理工程技术规范》（HJ 2026-2013）的规定。

设计燃烧装置时，净化效率、运行温度、停留时间、空速、升温速度、压力损失等是关键参数。这些参数在设计取值时参考了《催化燃烧法工业有机废气治理》（HJ 2027-2013）和《蓄热燃烧法工业有机废气治理工程技术规范》（HJ 1093-2020）的相关规定。

（6）安全措施

对废气处置设施的防火、防爆等要求进行了规定，并特别提出了采用燃烧装置时的一些安全措施规定。

6.9 二次污染控制

本节针对日用玻璃行业涂装工序废气治理过程中衍生的二次污染，如预处理过程产生的颗粒物，预处理和后处理过程产生的废水，燃烧装置产生的废气，产

生的废过滤材料、废吸附材料、废蓄热体、废催化剂、废保温材料等固体废物等，应满足国家相关要求。

6.10 环境管理

本节对日用玻璃行业涂装工序废气治理过程中的环境管理进行规定，分别对人员与运行管理、维护保养、台账记录、污染物监测等方面进行了详细规定，要求日用玻璃企业加强运行人员的专业性培训，定期进行设备维护与管理，发现问题及时处置，企业应根据 HJ 944 等标准要求做好相关台账记录，按照有关法律和规范要求，开展 VOCs 监测监控。

7 标准实施的环境效益与经济技术分析

本标准实施后，将从源头控制、过程管理、末端治理、二次污染防治和环境管理等方面规范日用玻璃行业涂装工序挥发性有机物污染防治，提升行业 VOCs 全过程管理水平，确保日用玻璃企业选用合适的治理技术，减少 VOCs 排放，带来显著环境效益。

8 标准实施建议

针对本标准的实施建议如下：

（1）本标准发布后，应面向协会会员单位开展宣传培训，加快推进日用玻璃行业涂装工序挥发性有机物污染全过程防治，规范废气治理设施建设，促进行业绿色发展。

（2）本标准为首次制定，是对现有工程实践的认识和经验总结，在实施过程中根据反馈的问题和技术进步情况，应及时进行修订完善，以满足日用玻璃行业涂装工序挥发性有机物污染防治技术要求。