

中华人民共和国国家生态环境标准

HJ 2305.1—2025

部分代替HJ 2305—2018

玻璃工业大气污染防治可行技术指南

Guideline on available techniques of air pollution prevention and control for glass industry

本电子版为正式标准文件，由生态环境部环境标准研究所审校排版。

2025-12-24发布

2025-12-24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	1
4 行业生产与污染物的产生	3
5 污染预防技术	4
6 污染治理技术	5
7 无组织排放控制措施	8
8 移动源控制措施	10
9 其他要求	10
10 污染防治可行技术	11
附录A (资料性附录) 玻璃工业生产工艺及大气污染物产生节点	14
附录B (资料性附录) 玻璃熔化工序大气污染物产生浓度	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》，防治环境污染，改善生态环境质量，推动玻璃工业大气污染防治技术进步，制定本标准。

本标准提出了玻璃工业大气污染防治可行技术。企业结合自身实际情况，可选择本标准提出的大气污染防治可行技术，也可采用其他适用的大气污染防治技术。

本标准的附录 A 和附录 B 为资料性附录。

本标准首次发布于 2018 年，本次为第一次修订。本次对《玻璃制造业污染防治可行技术指南》(HJ 2305—2018) 大气污染防治可行技术相关规定进行了修订。

本次修订的主要内容：

- 扩大了标准适用范围；
- 更新了污染防治可行技术；
- 完善了无组织排放控制措施。

自本标准实施之日起，玻璃工业大气污染防治可行技术按本标准规定执行，不再执行《玻璃制造业污染防治可行技术指南》(HJ 2305—2018) 中的相关规定。

本标准由生态环境部大气环境司、法规与标准司组织制订。

本标准主要起草单位：北京市科学技术研究院资源环境研究所、中国环境科学研究院、中国日用玻璃协会、北京科技大学、武汉理工大学、上海理工大学。

本标准生态环境部 2025 年 12 月 24 日批准。

本标准自 2025 年 12 月 24 日起实施。

本标准由生态环境部解释。

玻璃工业大气污染防治可行技术指南

1 适用范围

本标准提出了玻璃工业的大气污染防治可行技术。本标准可作为玻璃工业建设项目环境影响评价、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

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标准，仅注日期的版本适用于本标准。凡是未注明日期的引用标准，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本标准。其他文件被新文件废止、修改、修订的，新文件适用于本标准。

- GB 18597 危险废物贮存污染控制标准
- GB 26453 玻璃工业大气污染物排放标准
- GB 37822 挥发性有机物无组织排放控制标准
- GB 38507 油墨中可挥发性有机化合物（VOCs）含量的限值
- 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 38597 低挥发性有机化合物含量涂料产品技术要求
- HJ 178 烟气循环流化床法烟气脱硫工程通用技术规范
- HJ 179 石灰石/石灰—石膏湿法烟气脱硫工程通用技术规范
- HJ 1093 蓄热燃烧法工业有机废气治理工程技术规范
- HJ 1321 重点行业移动源监管与核查技术指南
- HJ 2020 袋式除尘工程通用技术规范
- 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
- WS/T 757—2016 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

GB 26453 界定的以及下列术语和定义适用于本标准。

3.1

玻璃工业 glass industry

从事玻璃制造、玻璃制品制造、玻璃纤维及制品制造的工业。包括 GB/T 4754—2017 中的玻璃制造（C304）、玻璃制品制造（C305）、玻璃纤维及制品制造（C3061）。

注 1：玻璃制造包括平板玻璃、特种玻璃等产品的制造，其中平板玻璃包括浮法平板玻璃和压延玻璃等产品，特种玻璃包括钢化玻璃、夹层玻璃、中空玻璃、微晶玻璃、电子玻璃等产品。

注 2：玻璃制品制造包括技术玻璃制品、光学玻璃、玻璃仪器、日用玻璃制品、玻璃包装容器、玻璃保温容器、玻

璃制镜等产品的制造。通常将玻璃仪器、日用玻璃制品、玻璃包装容器及玻璃保温容器纳入日用玻璃行业统计范围。

注 3：玻璃纤维制品制造包括玻璃纤维布、玻璃纤维毡等产品的制造。

3.2

污染防治可行技术 **available techniques of pollution prevention and control**

根据我国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国家污染物排放标准、规模应用的技术。

3.3

镀膜 **coating process**

通过专用的设备和技术，在玻璃基材表面形成具有特定功能薄膜的过程。包括在线镀膜和离线镀膜。

3.4

在线镀膜 **online coating process**

浮法工艺生产平板玻璃过程中，通过物理或化学方法，在玻璃表面涂覆一层或多层金属、金属化合物或非金属化合物薄膜的过程。

3.5

离线镀膜 **offline coating process**

采用磁控溅射、真空蒸发等技术，在玻璃原片或玻璃制品表面涂覆一层或多层金属、金属化合物或非金属化合物薄膜的过程。

3.6

乳浊玻璃 **opacified glass**

在玻璃配料中加入一定量的乳浊剂（如氟化物等），使其在熔融玻璃温度降低时析出与母体玻璃折射率不同的微小晶体或无定形微粒并均匀分散于母体玻璃中，由于光的散射而呈半透明或不透明状态的玻璃。

3.7

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。

3.8

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。

3.9

VOCs 物料 **VOCs-containing materials**

VOCs 质量占比大于等于 10% 的原辅材料、产品和废料（渣、液），以及有机聚合物原辅材料和废料（渣、液）。

3.10

无组织排放 **fugitive emission**

大气污染物不经过排气筒的无规则排放，包括开放式作业场所逸散，以及通过缝隙、通风口、敞开门窗和类似开口（孔）的排放等。

3.11

密闭 **closed/close**

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。

3.12

密闭空间 closed space

利用完整的围护结构将 VOCs 物料、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。

在符合相关安全要求前提下设置的密闭空间，除人员、车辆、设备、物料进出时，以及依照法律法规、标准规范设立的排气筒、通风口外，门窗及其他开口（孔）部位应随时保持关闭状态。

3.13

封闭 separate

利用完整的围护结构将物料、作业场所等与周围空间阻隔的状态或作业方式。

在符合相关安全要求前提下应封闭的区域或建筑物，除人员、车辆、设备、物料进出时，以及依照法律法规、标准规范设立的排气筒、通风口外，门窗及其他开口（孔）部位应随时保持关闭状态。

3.14

厂内运输车辆 transport vehicles in enterprise area

仅在企业厂区范围内（含码头、货场等生产作业区域）作业的运输车辆。

3.15

非道路移动机械 non-road mobile machinery

用于非道路上的各类机械，包括自驱动或具有双重功能（既能自驱动又能进行其他功能操作）的机械以及不能自驱动但被设计成能够从一个地方移动或被移动到另一个地方的机械。

4 行业生产与污染物的产生

4.1 生产工艺

4.1.1 平板玻璃生产工艺过程主要包括配料、熔化、成型、退火和切裁等工序，部分产品包括在线镀膜工序；特种玻璃根据产品类型不同，生产工艺全部或部分包括配料、熔化、成型、退火、切裁工序以及磨边、钻孔、清洗、印刷、施胶、固化、磨砂等深加工工序，部分产品包括离线镀膜等工序。典型平板玻璃生产工艺流程见附录 A 图 A.1。

4.1.2 日用玻璃生产工艺过程主要包括配料、熔化、成型和退火等工序，部分产品包括涂装、印刷和镀膜等深加工工序。典型日用玻璃生产工艺流程见附录 A 图 A.2。

4.1.3 玻璃纤维生产工艺过程主要包括配料、熔化、拉丝和烘干等工序；玻璃纤维布一般包括整经、浆纱、织造、烘干、切裁等工序，玻璃纤维毡一般包括短切、施胶、烘干等工序。典型玻璃纤维生产工艺流程见附录 A 图 A.3。

4.1.4 玻璃生产使用的原料主要包括石英砂（硅砂）、纯碱、白云石、石灰石等，玻璃纤维生产还会使用叶腊石、高岭土等原料；在线镀膜工序使用有机锡化合物（含氯）、氟化物等镀膜材料；离线镀膜工序使用靶材、镀膜液等原料；特种玻璃生产使用丁基胶、硅酮胶、夹层玻璃胶片等胶粘材料；日用玻璃涂装、印刷工序使用涂料、油墨、稀释剂、固化剂、清洗剂、花纸等原料，其中乳浊玻璃生产还使用氟化物等乳浊剂；玻璃纤维及制品生产使用浸润剂、浆料、消泡剂、粘结剂等辅助材料。

4.1.5 玻璃生产所用能源主要包括天然气、焦炉煤气、煤制气和电等。

4.2 大气污染物的产生

4.2.1 玻璃生产过程中产生的大气污染物主要包括颗粒物、二氧化硫（SO₂）、氮氧化物（NO_x）、氯化氢、氟化物、氨、砷及其化合物、锑及其化合物、铅及其化合物、锡及其化合物、VOCs（NMHC、苯和苯系物等）等，产生工艺节点见附录 A。

4.2.2 颗粒物主要产生于配料、熔化、磨砂、涂装和镀膜等工序，以及易散发粉尘的粉状、粒状等物料的储存、转移和输送、破碎、筛分和除尘器卸灰等环节；SO₂和NO_x产生于熔化工序；氯化氢和氟化物产生于熔化工序和在线镀膜工序。熔化工序颗粒物、SO₂和NO_x产生浓度见附录B。

4.2.3 氨主要产生于使用液氨、氨水、尿素进行玻璃熔窑烟气脱硝环节和氨分解制氢环节，以及氨的装卸、贮存、输送过程。

4.2.4 砷及其化合物主要产生于使用含砷澄清剂的熔化工序；锑及其化合物主要产生于使用含锑澄清剂的熔化工序；铅及其化合物主要产生于使用含铅原料的配料及熔化工序；锡及其化合物主要产生于在线镀膜工序。

4.2.5 VOCs 主要产生于玻璃离线镀膜工序（真空镀膜法除外），特种玻璃调胶、施胶、印刷、固化等工序，日用玻璃调漆、喷漆、印刷、烘干、固化、烤花等工序，玻璃制镜淋漆、烘干工序，玻璃纤维及制品浸润剂配制、拉丝、调胶、施胶、烘干、固化等工序；VOCs 物料和含 VOCs 废料（渣、液）的储存、转移和输送等环节。

5 污染预防技术

5.1 燃料替代技术

5.1.1 清洁燃料技术

该技术适用于熔化工序玻璃熔窑。通过采用天然气等清洁燃料，可减少燃料燃烧过程中颗粒物和SO₂的产生量，并协同减少CO₂排放量。

5.1.2 电助熔技术

该技术适用于熔化工序玻璃熔窑。通过电加热辅助玻璃配合料熔化，减少熔窑的化石燃料消耗，在相同出料量的前提下可减少燃料燃烧过程中大气污染物的产生量。

5.1.3 全电熔技术

该技术适用于熔化工序玻璃熔窑。通过电能全部替代化石燃料作为能源加热玻璃配合料，可显著减少大气污染物的产生量。

5.2 原辅材料控制/替代技术

5.2.1 原辅材料控制技术

通过减少硫化物（如芒硝）、硝酸盐、氟化物（如氟化钙、氟硅酸钠等）和氯化物（如氯化钠）的加入量，以及控制原料中砷、锑、铅等重金属含量，可减少熔化工序烟气中的SO₂、NO_x、氯化氢、氟化物和重金属及其化合物的产生量。对于在线镀膜工序，通过选用低氯化物和氟化物含量原料，并优化氯化物和氟化物配比，可减少氯化氢和氟化物的产生量。

5.2.2 低 VOCs 含量涂料（油墨）替代技术

该技术适用于玻璃涂装和印刷工序。通过使用水性、辐射固化等低 VOCs 含量的涂料（油墨）替代溶剂型涂料（油墨），一般可使涂装、印刷工序 VOCs 的产生量减少 20% 以上。低 VOCs 含量涂料应满足 GB/T 38597 的产品技术要求，低 VOCs 含量油墨应满足 GB 38507 的产品技术要求。

5.2.3 低 VOCs 含量浸润剂替代技术

该技术适用于玻璃纤维拉丝工序。通过采用水基型浸润剂配方，减少有机溶剂使用，一般可使拉丝工序 VOCs 的产生量减少 20% 以上。

5.3 工艺预防技术

5.3.1 富氧燃烧技术

该技术适用于熔化工序玻璃熔窑。通过将空气的含氧浓度从 20.9% 提升至 23%~25%，可提高玻璃熔窑热效率，减少熔化过程烟气产生量，并协同减少 CO₂ 排放量。

5.3.2 纯氧燃烧技术

该技术适用于熔化工序采用天然气为燃料的纯氧燃烧玻璃熔窑。通过采用氧含量大于等于 90% 的助燃气体，减少系统中氮气的输入，提高玻璃熔窑热效率，一般可使单位玻璃液 NO_x 产生量降低 50%~70%，减少熔化过程烟气产生量，并协同减少 CO₂ 排放量。

5.3.3 低氮燃烧技术

该技术适用于熔化工序玻璃熔窑。通过采用高效的燃烧器，使燃料与助燃空气充分混合，并结合避免局部高温、降低氧气浓度和缩短在高温区内的停留时间等措施，一般可使烟气中 NO_x 产生浓度降低 10%~30%。

5.3.4 静电喷涂技术

该技术适用于日用玻璃涂装工序。通过使雾化的涂料在高压电场的作用下荷电或极化而吸附于玻璃基材表面，通常与自动喷涂技术联合使用。该技术涂料利用率与喷件大小有关，一般为 60%~80%，通过涂料回收利用技术可使涂料利用率达到 90% 以上。

6 污染治理技术

6.1 颗粒物治理技术

6.1.1 滤筒除尘技术

该技术适用于配料工序废气颗粒物的治理。滤筒除尘器过滤风速一般小于 1.0 m/min，除尘效率一般可达到 99% 以上。

6.1.2 袋式除尘技术

该技术适用于各工序废气颗粒物的治理。袋式除尘器应符合 HJ 2020 的相关规定，过滤风速一般为 0.6 m/min~0.9 m/min，除尘效率一般可达到 99% 以上。熔化工序的袋式除尘器滤料材质宜为聚四氟乙烯覆膜材料或其他复合滤料，一般位于干法、半干法脱硫系统或余热利用系统的下游，入口烟气温度一般小于 260℃。

6.1.3 静电除尘技术

该技术适用于熔化工序玻璃熔窑烟气脱硝前颗粒物的预处理。静电除尘器入口烟气温度一般小于

400℃，电场风速一般为0.4 m/s~0.9 m/s，除尘效率随电场数量增加而提高，一般为80%~90%。

6.1.4 湿式电除尘技术

该技术适用于熔化工序玻璃熔窑烟气湿法脱硫后进一步除尘、除雾。湿式电除尘器入口烟气温度一般小于60℃，电场风速一般为0.5 m/s~2.5 m/s，除尘效率一般为70%~90%。

6.1.5 金属滤袋除尘技术

该技术适用于熔化工序玻璃熔窑烟气脱硝前颗粒物的预处理及干法脱硫后的进一步除尘。金属滤袋除尘器入口烟气温度一般小于400℃，过滤风速一般为0.6 m/min~1.2 m/min，除尘效率一般可达到99%以上。为防止金属滤袋除尘器腐蚀，入口烟气中氟化物和氯化氢浓度应满足产品性能要求。

6.1.6 陶瓷纤维滤管除尘技术

该技术适用于熔化工序玻璃熔窑烟气脱硝前颗粒物的预处理及干法脱硫后的进一步除尘。陶瓷纤维滤管入口烟气温度一般小于400℃，过滤风速一般为0.6 m/min~1.2 m/min，除尘效率一般可达到99%以上。通过在陶瓷纤维滤管内负载SCR脱硝催化剂，可实现同步除尘和脱硝。

6.1.7 漆雾处理技术

该技术适用于涂装工序喷涂废气的漆雾治理及 VOCs 治理的预处理。该技术包括干式介质（如迷宫式纸盒）过滤漆雾处理技术、水旋喷漆室等，漆雾去除效率一般为80%~95%。

6.2 二氧化硫治理技术

6.2.1 湿法脱硫技术

该技术适用于熔化工序玻璃熔窑烟气的脱硫处理，对颗粒物、氯化氢、氟化物和重金属及其化合物具有协同治理效果。一般采用石灰石（ CaCO_3 ）、石灰（ CaO ）、氢氧化钠（ NaOH ）为脱硫吸收剂，包括石灰石/石灰—石膏法脱硫技术和双碱法脱硫技术，其中石灰石/石灰—石膏法通常适用于平板玻璃和玻璃纤维熔窑烟气的脱硫处理，双碱法通常适用于玻璃纤维熔窑烟气的脱硫处理，脱硫效率一般为80%~99%。双碱法脱硫系统塔内烟气流速一般小于3.5 m/s，钙硫比（摩尔比）一般为1.05~1.10，浆液pH值宜控制在6.0~7.0；石灰石/石灰—石膏法脱硫系统应符合HJ 179的相关规定。采用该技术应配套对脱硫剂添加量、浆液pH值、再生池pH值等关键参数进行自动调节控制的系统，配备浆液密度计、曝气、饱和废水处理再生、副产物提取利用等设施，脱硫废水应处理后达标排放。

6.2.2 半干法脱硫技术

该技术适用于熔化工序玻璃熔窑烟气的脱硫处理，对氯化氢、氟化物和重金属及其化合物具有协同治理效果。一般采用 CaO 或消石灰 $[\text{Ca}(\text{OH})_2]$ 为脱硫吸收剂，采用 CaO 时应首先加水消化制成 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ，包括新型脱硫除尘一体化（NID）技术和烟气循环流化床脱硫（CFB-FGD）技术。NID脱硫系统塔内流速一般为15 m/s~30 m/s，钙硫比（摩尔比）一般为1.1~1.45，脱硫效率一般为80%~95%；CFB-FGD脱硫系统应符合HJ 178的相关规定，脱硫效率一般为80%~97%。采用该技术应配套对脱硫剂添加量、工艺水喷雾量、脱硫灰循环量等关键参数进行自动调节控制的系统。

6.2.3 干法脱硫技术

该技术适用于熔化工序玻璃熔窑烟气的脱硫处理，对氯化氢、氟化物和重金属及其化合物具有协同治理效果。一般采用钙基 $[\text{Ca}(\text{OH})_2]$ 或钠基 (NaHCO_3) 脱硫吸收剂，脱硫效率一般为80%~90%。采用

钙基脱硫剂时，脱硫系统入口烟气温度一般为 $300^{\circ}\text{C} \sim 450^{\circ}\text{C}$ ；采用钠基脱硫剂时，脱硫系统入口烟气温度一般为 $200^{\circ}\text{C} \sim 300^{\circ}\text{C}$ 。采用该技术应配套对脱硫剂添加量等关键参数进行自动调节控制的系统。

6.3 氮氧化物治理技术

6.3.1 选择性催化还原法（SCR）脱硝技术

该技术适用于熔化工序玻璃熔窑烟气的脱硝处理。SCR 脱硝系统空速一般为 $2000 \text{ h}^{-1} \sim 4500 \text{ h}^{-1}$ ，催化剂孔道烟气流速一般为 $2 \text{ m/s} \sim 6 \text{ m/s}$ ，反应温度一般为 $200^{\circ}\text{C} \sim 420^{\circ}\text{C}$ ，脱硝效率与催化剂的配置量、烟气温度等有关，一般为 80%～95%。

熔化工序玻璃熔窑烟气在进入 SCR 脱硝系统前，一般需经余热利用系统调节烟气温度，以满足 SCR 脱硝技术工作温度要求。SCR 脱硝反应器入口烟气颗粒物浓度若大于 150 mg/m^3 ，应选用静电除尘、金属滤袋除尘或陶瓷纤维滤管除尘等技术进行预除尘。采用该技术应配套适应烟气负荷变化自动控制脱硝剂用量的系统。通过合理控制脱硝剂用量，科学设计脱硝剂喷嘴、烟气混合装置和导流装置，优化反应温度、反应时间和烟气混合均匀程度，有效控制脱硝系统的氨逃逸。

6.3.2 选择性非催化还原法（SNCR）脱硝技术

该技术适用于熔化工序纯氧燃烧玻璃熔窑烟气的脱硝处理。SNCR 脱硝系统反应温度一般为 $850^{\circ}\text{C} \sim 1100^{\circ}\text{C}$ ，脱硝效率一般为 40%～60%。采用该技术应配套适应烟气负荷变化自动控制脱硝剂用量的系统。通过合理控制脱硝剂用量，科学设计脱硝剂喷嘴和烟气混合装置，优化反应温度、反应时间和烟气混合均匀程度，有效控制脱硝系统的氨逃逸。若单独采用 SNCR 技术不能满足排放标准要求，应采用 SNCR-SCR 联合脱硝或其他高效脱硝技术。

6.4 复合陶瓷纤维滤管除尘脱硝一体化技术

该技术适用于熔化工序玻璃熔窑烟气的脱硝除尘处理。该技术在陶瓷纤维滤管内植入脱硝催化剂，构成除尘脱硝一体化系统，系统入口烟气温度一般为 $200^{\circ}\text{C} \sim 400^{\circ}\text{C}$ ，过滤风速宜为 $0.6 \text{ m/min} \sim 1.2 \text{ m/min}$ ，除尘效率一般可达到 99% 以上，脱硝效率一般为 80%～95%。

该技术通常前置配套干法脱硫技术，实现烟气的同步脱硫脱硝除尘。采用该技术应配套适应烟气负荷变化自动控制脱硝剂用量的系统。通过合理控制脱硝剂用量，科学设计脱硝剂喷嘴、烟气混合装置和导流装置，优化反应温度、反应时间和烟气混合均匀程度，有效控制脱硝系统的氨逃逸。

6.5 VOCs 治理技术

6.5.1 吸附技术

吸附技术主要包括固定床吸附技术和旋转式吸附技术。

- 固定床吸附技术适用于玻璃、玻璃制品深加工和玻璃纤维及制品生产中的 VOCs 废气治理。固定床吸附装置应符合 HJ 2026 的相关规定，入口废气颗粒物浓度宜低于 1 mg/m^3 ，温度宜低于 40°C ，相对湿度（RH）宜低于 80%。该技术一般使用活性炭作为吸附材料，应定期更换或通过解吸后循环利用，脱附废气采用燃烧技术进行净化。采用该技术应根据污染物处理量、处理要求等足量使用吸附材料，并定期再生或更换以保证治理设施的去除效率。吸附材料原位再生时，应配套对脱附温度、脱附时间等关键参数进行自动调节控制的系统。
- 旋转式吸附技术适用于使用溶剂型涂料且工况相对连续稳定的涂装工序 VOCs 废气的治理。旋转式吸附装置应符合 HJ 2026 的相关规定，入口废气颗粒物浓度宜低于 1 mg/m^3 ，温度宜低于 40°C ，相对湿度（RH）宜低于 80%。该技术一般使用分子筛作为吸附材料，脱附废气采用燃烧

技术进行净化。采用该技术应配套对转轮转速、脱附温度等关键参数进行自动调节控制的系统。

6.5.2 燃烧技术

燃烧技术主要包括催化燃烧技术、蓄热催化燃烧技术、蓄热燃烧技术和玻璃熔窑协同热力燃烧技术。

- a) 催化燃烧技术和蓄热催化燃烧技术一般与固定床吸附技术联用,适用于玻璃、玻璃制品深加工和玻璃纤维及制品生产中的 VOCs 废气治理。催化燃烧装置和蓄热催化燃烧装置应符合 HJ 2027 的相关规定,运行温度宜控制在 280℃~400℃, VOCs 去除效率一般可达 95% 以上。采用该技术应配套对辅助燃料用量、燃烧温度等关键参数进行自动调节控制的系统。
- b) 蓄热燃烧技术一般与旋转式吸附技术联用,适用于使用溶剂型涂料且工况相对连续稳定的涂装工序 VOCs 废气的治理。蓄热燃烧装置应符合 HJ 1093 的相关规定,运行温度宜高于 760℃,停留时间应大于 0.75 s, VOCs 去除效率一般可达到 95% 以上。采用该技术应配套对辅助燃料用量、燃烧温度等关键参数进行自动调节控制的系统。
- c) 玻璃熔窑协同热力燃烧技术是将玻璃离线镀膜工序产生的 VOCs 废气与助燃风混合后,进入玻璃熔窑内进行焚烧处理。

6.6 在线镀膜废气治理技术

6.6.1 锡及其化合物治理技术

锡及其化合物治理可采用冷凝技术或焚烧技术。冷凝技术是将废气中的锡及其化合物冷凝为液体和固体,冷凝液回收提纯后再利用的治理技术;焚烧技术是将废气在热氧化炉中进行焚烧处理,锡及其化合物转化为锡的氧化物的治理技术。

6.6.2 颗粒物治理技术

采用冷凝技术处理锡及其化合物时,可采用水喷淋技术处理废气中的颗粒物,同时捕集废气中的氯化氢和氟化物等酸性污染物,提高后续碱液吸收技术的处理效率。

采用焚烧技术处理锡及其化合物时,可采用袋式除尘技术处理废气中的颗粒物;当处理含硅颗粒物等易爆粉尘时,宜采取添加惰性粉体等安全措施。

6.6.3 氯化氢和氟化物治理技术

在线镀膜废气中的氯化氢和氟化物可通过碱液吸收技术或干法吸收技术进行治理,经酸碱中和反应去除。碱液吸收技术一般采用 NaOH 等作为吸收剂,干法吸收技术一般采用碳酸氢钠 (NaHCO₃) 等作为吸收剂。

6.7 氟化物治理技术

该技术适用于熔化工序玻璃熔窑烟气的脱氟处理。一般采用干法脱氟技术,采用 Ca(OH)₂ 为脱氟吸收剂。脱氟系统入口烟气温度一般为 200℃~450℃,塔内流速一般为 4.5 m/s~6 m/s,脱氟效率一般为 85%~99%。采用该技术应配套对脱氟剂添加量等关键参数进行自动调节控制的系统。

7 无组织排放控制措施

7.1 物料储存过程控制措施

7.1.1 石英砂、纯碱等粉状物料储存于封闭料场(料仓、储库)中。煤炭、碎玻璃等其他物料储存于封

闭料场（料仓、储库）或半封闭料场（堆棚）中。半封闭料场（堆棚）应至少三面有围墙（围挡）及屋顶，并对物料采取覆盖、喷淋（雾）等抑尘措施。

7.1.2 涂料、油墨、镀膜液、胶粘剂、固化剂、稀释剂、清洗剂、浸润剂、浆料等 VOCs 物料、含 VOCs 废料（渣、液）应储存于密闭的容器、包装袋、储库中。盛装 VOCs 物料、含 VOCs 废料（渣、液）的容器或包装袋应存放于室内，或存放于设置有雨棚、遮阳和防渗设施的专用场地；盛装 VOCs 物料、含 VOCs 废料（渣、液）的容器或包装袋在非取用状态时应加盖、封口，保持密闭。储存 VOCs 物料、含 VOCs 废料（渣、液）的储库应满足密闭空间的要求。

7.2 物料运输和转移过程控制措施

7.2.1 粉状物料应采用管道气力输送、螺旋输送机、管状带式输送机、吨包袋密封包装等密闭方式输送，粒状物料应采用皮带通廊、斗式提升机等封闭方式输送，并减少转运点和缩短输送距离。若确需厂内汽车运输的，粉状物料应采用罐车等方式密闭运输；其他物料应采用密闭罐车、封闭车厢或全苫盖方式运输。

7.2.2 粉料卸料口应密闭或设置集气罩，并配备除尘设施；其他物料装卸点应设置集气罩并配备除尘设施，或采取喷淋（雾）等抑尘措施。

7.2.3 除尘器应设置锁风装置，卸灰口应采取密闭措施；除尘灰采取气力输送、罐装、袋装等密闭方式收集、存放和运输，不得直接卸落到地面。

7.2.4 VOCs 物料、含 VOCs 废料（渣、液）转移和输送时应采用密闭管道或密闭容器、包装袋。

7.3 工艺生产过程控制措施

7.3.1 硅质原料的均化应在封闭的均化库中进行。

7.3.2 配料工序及原料破碎、筛分、落板、磨砂等易产生粉尘的环节应在封闭空间内操作，并收集废气至除尘设施；不能封闭的，产生粉尘的设备和产尘点应设置集气罩，并配备除尘设施。

7.3.3 磨边工序应采用湿法工艺，避免粉尘产生。

7.3.4 涉 VOCs 物料工序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。

7.4 废气收集系统控制要求

7.4.1 VOCs 废气宜根据生产工艺、操作方式、废气性质和污染物类型，对工艺废气实施分类收集、分质处理。

7.4.2 VOCs 废气收集系统排风罩（集气罩）的设置应满足 GB/T 16758 的要求，并按照 GB/T 16758 和 WS/T 757—2016 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无组织排放位置，控制风速不应低于 0.3 m/s。

7.4.3 应优先利用主体生产装置自身的集气系统进行收集。排风罩的配置应与所采用的生产工艺协调一致，不影响工艺操作。在保证收集能力的前提下，应结构简单，便于安装和维护管理。

7.4.4 排风罩宜采用密闭罩或排气柜，并保持一定的负压。当不能或不便采用密闭罩时，可根据生产操作要求选择半密闭罩或外部排风罩，并尽可能包围或靠近污染源，必要时可增设软帘围挡，以减少污染物泄露。

7.4.5 排风罩的吸气方向应尽可能与污染气流运动方向一致，防止排风罩周围气流紊乱，避免或减弱干扰气流和送风气流等对吸气气流的影响。

7.4.6 当废气产生点较多，彼此距离较远时，宜分设多套收集系统。

7.4.7 间歇运行工序或设备的收集系统管道或其支路上应设置自动阀门，自动阀门应在该工序或设备开启前开启。

7.4.8 废气收集处理系统应先于或与生产工艺设备同步运行；当废气收集处理系统发生故障或检修时，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。

7.5 其他无组织排放控制要求

7.5.1 设备与管线组件 VOCs 泄漏控制应符合 GB 37822 的规定。

7.5.2 氨的装卸、贮存、输送和制备等过程应密闭，并采取氨气泄漏检测措施。

7.5.3 危险废物贮存污染控制应满足 GB 18597 要求。

7.5.4 厂区道路应硬化，并采取清扫、洒水等措施保持清洁。未硬化的厂区地面应采取绿化等措施。

8 移动源控制措施

8.1 大宗物料和产品运输优先使用铁路、水路、管道或管状带式输送机、封闭皮带通廊等清洁运输方式或纯电动和氢燃料电池车，清洁运输比例要求应符合国家及地方相关规定。

8.2 原辅材料、燃料、产品及副产品应按国家和地方相关要求做好各项进出厂登记存档，建立进出厂运输车辆、厂内运输车辆和非道路移动机械的电子台账，保障车辆和机械的正常维护保养，按照 HJ 1321 要求建立门禁及视频监控系统；鼓励通过与承运单位、原辅材料供货单位及产品购买单位签订车辆排放达标保证书、增加相应合同条款、要求其提供运输车辆年检合格证明等方式，实现车辆的达标管理。

8.3 新增厂内运输车辆应符合现行排放标准，优先使用纯电动和氢燃料电池车，并按要求进行联网；厂内车辆应正常维护保养并保障达标排放。

8.4 新增非道路移动机械应符合现行排放标准，优先使用纯电动非道路移动机械，并按要求进行编码登记并联网；非道路移动机械应正常维护保养并保障达标排放。

9 其他要求

9.1 玻璃企业可通过采取以下措施之一，提高玻璃熔窑烟气治理设施稳定运行能力和应急处理能力：

- 设置备用脱硫剂输送系统或采用并联式可互相切换的脱硫装置，采用并联式可互相切换的脱硝装置，及采用多仓室并联且可互相切换的除尘器；
- 设置备用脱硫剂输送系统或采用并联式可互相切换的脱硫装置，及采用多仓室并联且可互相切换的除尘脱硝一体化装置；
- 建设成套的烟气脱硝、脱硫、除尘备用处理系统。

9.2 烟气余热利用系统宜建设备用烟气降温装置，避免余热利用系统发生故障或维护时高温烟气直接排放。

9.3 玻璃熔窑因工艺需要设置废气应急旁路的企业，按规定应安装大气污染物排放自动监控设备的，应将其采样点安装在旁路与废气处理设施混合后的烟道内；不具备条件的，应在旁路烟道上安装大气污染物排放自动监控设备。大气污染物排放自动监控设备应与生态环境主管部门联网。正常运行时不应通过旁路排放；当废气处理设施非正常运行，为保证安全生产确需使用旁路烟道排放的，企业应及时采取修复措施。

9.4 VOCs 治理装置应取消或不设废气应急旁路，因保障安全生产确需保留的应急旁路应符合下列规定：

- 废气应急旁路应安装流量计，鼓励安装 VOCs 浓度检测仪等监测设备，并在 VOCs 治理装置控制系统中实时监控旁路阀门开度、废气流量等指标；
- 废气应急旁路宜选用零泄漏阀门，手动开启的旁路阀门在非紧急情况下应保持关闭并铅封；
- 在保证安全的前提下，催化燃烧、蓄热催化燃烧和蓄热燃烧装置应优先通过补充空气或冷凝等

保护措施降低可燃气体浓度至爆炸极限下限的 25% 以下，避免旁路开启；

- d) 废气应急旁路开启后应做好台账记录，记录保存时长不少于 5 年；
- e) 在保证安全的前提下，鼓励对旁路废气进行处理。

9.5 企业污染治理设施选型、安装、运维等环节均应符合相关安全标准规定。

9.6 企业应建立与污染治理设施相关的各项运行、维护规程和管理制度，按规程进行操作，定期进行检修、维护和管理，确保治理设施正常运行。

10 污染防治可行技术

10.1 配料工序大气污染防治可行技术

配料工序大气污染防治可行技术见表 1。

表 1 配料工序大气污染防治可行技术

可行技术	预防技术	治理技术	颗粒物排放水平 (mg/m ³)	技术适用条件
可行技术 1	—	袋式除尘技术	5~30	适用于玻璃企业配料工序
可行技术 2	—	滤筒除尘技术	5~30	适用于玻璃企业配料工序

10.2 熔化工序玻璃熔窑烟气污染防治可行技术

平板玻璃、日用玻璃和玻璃纤维企业熔化工序玻璃熔窑烟气污染防治可行技术见表 2，其他类型玻璃产品熔化工序玻璃熔窑烟气污染防治可行技术可参照执行。

10.3 在线镀膜工序大气污染防治可行技术

在线镀膜工序大气污染防治可行技术见表 3。

10.4 涉 VOCs 物料工序大气污染防治可行技术

涉 VOCs 物料工序大气污染防治可行技术见表 4。

表 2 熔化工序大气污染防治可行技术

可行技术	能源类型	预防技术	治理技术	污染物排放水平 (mg/m ³)								技术适用条件	
				颗粒物	SO ₂	NO _x	氯化氢	氟化物	砷及其化合物	锑及其化合物	铅及其化合物		
可行技术 1	电	①原辅材料控制技术+②全电熔技术	①袋式除尘技术	5~20	30~200	50~300	<30	<5	<0.5	<1	<0.5	—	适用于全电熔窑烟气处理。当烟气中 SO ₂ 和 NO _x 不能满足排放要求时, 需参照其他可行技术治理
可行技术 2	天然气、焦炉煤气、煤制气	①清洁燃料技术 (可选)+②原辅材料控制技术+③电助熔技术 (可选)+④低氮燃烧技术 (可选)/纯氧燃烧技术 (可选)/富氧燃烧技术 (可选)	①静电除尘技术 (可选)+②SCR 技术+③半干法脱硫技术+④袋式除尘技术/③湿法脱硫技术+④湿式电除尘技术	5~20	10~200	100~400	<30	<5	<0.5	<1	<0.5	<8	适用于平板玻璃和日用玻璃熔窑烟气处理。半干法脱硫系统入口 SO ₂ 浓度不宜超过 2 500 mg/m ³
可行技术 3			①干法脱硫技术+②复合陶瓷纤维滤管除尘脱硝一体化技术	5~20	20~200	100~400	<30	<5	<0.5	<1	<0.5	<8	适用于平板玻璃和日用玻璃熔窑烟气处理。干法脱硫系统入口 SO ₂ 浓度不宜超过 1 500 mg/m ³
可行技术 4			①干法脱硫技术+②金属滤袋除尘技术/陶瓷纤维滤管除尘技术+③SCR 技术	5~20	20~200	100~400	<30	<5	<0.5	<1	<0.5	<8	适用于平板玻璃和日用玻璃熔窑烟气处理。干法脱硫系统入口 SO ₂ 浓度不宜超过 1 500 mg/m ³
可行技术 5			①静电除尘技术 (可选)+②SCR 技术+③干法脱硫技术+④袋式除尘技术	5~20	20~200	100~400	<30	<5	<0.5	<1	<0.5	<8	适用于日用玻璃熔窑烟气处理。干法脱硫系统入口 SO ₂ 浓度不宜超过 1 500 mg/m ³
可行技术 6			①干法脱硫技术+②袋式除尘技术+③SCR 技术	5~20	20~200	150~500	<30	<5	<0.5	<1	<0.5	<8	适用于日用玻璃熔窑烟气处理。干法脱硫系统入口 SO ₂ 浓度不宜超过 1 500 mg/m ³
可行技术 7			①SCR 技术+②湿法脱硫技术+③湿式电除尘技术	5~20	10~150	100~300	<30	<5	<0.5	<1	<0.5	<8	适用于玻璃纤维熔窑烟气处理
可行技术 8	天然气	①清洁燃料技术+②原辅材料控制技术+③电助熔技术+④低氮燃烧技术	①SNCR 技术+②湿法脱硫技术+③湿式电除尘技术	5~20	10~150	200~400	<30	<5	<0.5	<1	<0.5	<8	适用于采用金属换热器换热的玻璃纤维熔窑烟气处理。SNCR 脱硝系统入口 NO _x 浓度不宜超过 600 mg/m ³
可行技术 9			①干法脱硫技术+②复合陶瓷纤维滤管除尘脱硝一体化技术+③干法脱硫技术 (可选)+④袋式除尘技术 (可选)/③湿法脱硫技术 (可选)+④湿式电除尘技术 (可选)	5~20	10~200	100~300	<30	<5	<0.5	<1	<0.5	<8	适用于玻璃纤维熔窑烟气处理。单独采用干法脱硫技术不能达到排放要求时, 应在陶瓷纤维滤管后进行二次脱硫除尘

注 1: 表中“+”代表大气污染治理技术组合。

注 2: 使用氟化物为乳浊剂生产乳浊玻璃等产品时, 应首先采用干法脱氟等氟化物治理技术去除烟气中的氟化物, 并根据熔窑能源类型, 参照可行技术 1、3 或 6 治理。

注 3: 本表涉及的大气污染物浓度, 均为根据 GB 26453 规定换算后的基准浓度。

表 3 在线镀膜工序大气污染防治可行技术

可行技术	预防技术	治理技术	污染物排放水平 (mg/m ³)				技术适用条件
			颗粒物	氯化氢	氟化物	锡及其化合物	
可行技术 1	原辅材料控制技术 (选用低氯化物和低氟化物的在线镀膜原材料、优化氟化物和氯化物的配比)	①冷凝技术+②水喷淋技术+③碱液吸收技术	5~20	5~20	<5	<5	适用于使用有机锡化合物为镀膜材料的在线镀膜工序废气处理
可行技术 2		①焚烧技术+②袋式除尘技术+③碱液吸收技术	5~20	5~20	<5	<5	适用于废气中可燃组分浓度较高或燃烧热值较高的在线镀膜工序废气处理
可行技术 3		①焚烧技术+②干法吸收技术+③袋式除尘技术	5~30	5~30	<5	<5	适用于废气中可燃组分浓度较高或燃烧热值较高且氯化氢和氟化物产生浓度较低的在线镀膜工序废气处理

注: 表中“+”代表大气污染治理技术组合。

表 4 涉 VOCs 物料工序大气污染防治可行技术

可行技术	预防技术	治理技术	污染物排放水平 (mg/m ³)				技术适用条件
			颗粒物	NMHC	苯	苯系物	
可行技术 1	①低 VOCs 含量涂料替代技术+②静电喷涂技术 (可选)	①漆雾处理技术+②吸附技术+③燃烧技术	<10	<40	<1	<20	适用于玻璃制品涂装工序。典型路线一般为: ①漆雾处理技术+②固定床吸附技术+③蓄热催化燃烧技术; 大批量连续生产的涂装工序典型治理路线为: ①漆雾处理技术+②旋转式吸附技术+③蓄热燃烧技术
可行技术 2	—	固定床吸附技术	<10	<20	<0.5	<10	适用于特种玻璃和玻璃纤维制品调胶、施胶工序, 日用玻璃调漆、烤花工序等。后期维护需根据污染物处理量、处理要求等定期再生或更换吸附材料。胶粘材料、粘结剂中 VOCs 含量较高时, 需参照可行技术 1 治理
可行技术 3	低 VOCs 含量油墨替代技术	固定床吸附技术	<10	<20	<0.5	<10	适用于特种玻璃和日用玻璃印刷工序。后期维护需根据污染物处理量、处理要求等定期再生或更换吸附材料。油墨中 VOCs 含量较高时, 需参照可行技术 1 治理
可行技术 4	低 VOCs 含量浸润剂替代技术	—	<10	<20	<0.5	<10	适用于玻璃纤维及制品浸润剂配置、拉丝等工序。浸润剂中 VOCs 含量较高时, 需参照可行技术 1 和 2 治理
可行技术 5	—	玻璃熔窑协同热力燃烧技术	<10	<20	<0.5	<10	适用于玻璃离线镀膜工序

注: 表中“+”代表大气污染治理技术组合。

附录 A
(资料性附录)
玻璃工业生产工艺及大气污染物产生节点

玻璃工业主要生产工艺及大气污染物产生节点见图 A.1~图 A.3。

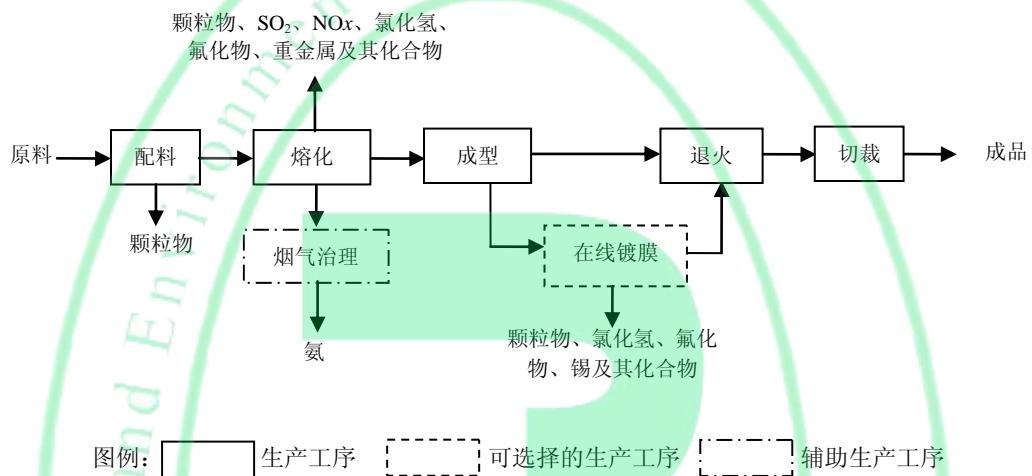


图 A.1 平板玻璃生产工艺流程及大气污染物产生节点示意图

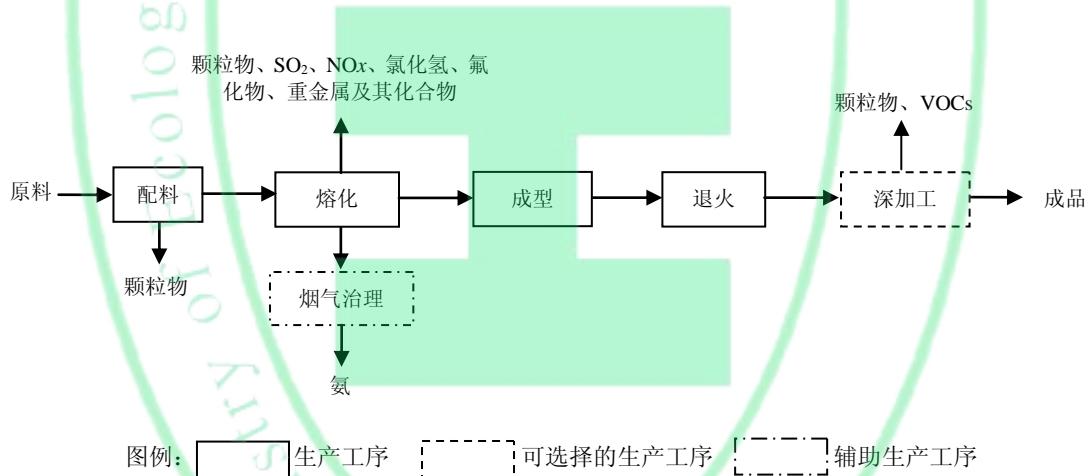


图 A.2 日用玻璃生产工艺流程及大气污染物产生节点示意图

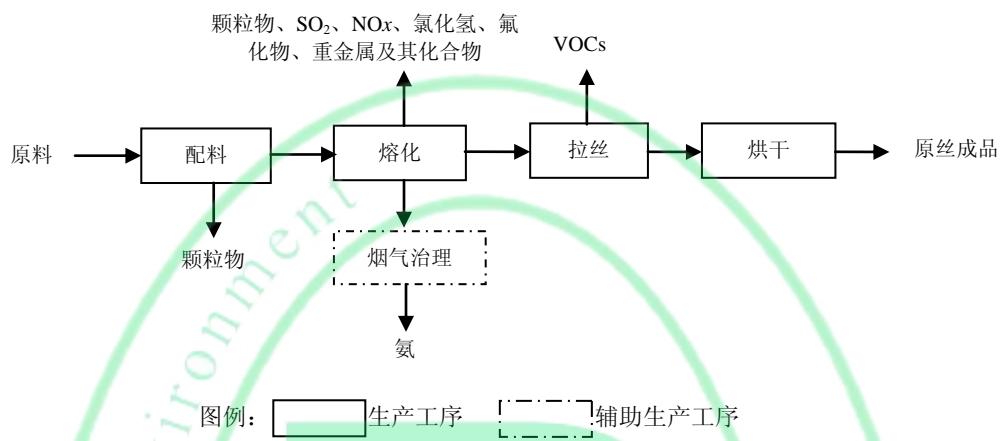


图 A.3 玻璃纤维生产工艺流程及大气污染物产生节点示意图

附录 B
(资料性附录)
玻璃熔化工序大气污染物产生浓度

不同产品、不同能源类型的玻璃熔化工序颗粒物、SO₂和NO_x常见产生浓度见表 B.1。

表 B.1 玻璃熔化工序大气污染物常见产生浓度

单位: mg/m³

产品种类	能源类型	颗粒物	SO ₂	NO _x
平板玻璃、日用玻璃	电	30~300	30~200	50~300
	天然气	300~500	100~500	2 000~4 000
	焦炉煤气、煤制气	300~1 000	600~2 500	1 800~3 000
玻璃纤维	天然气(纯氧燃烧)	100~300	2 000~4 000	400~1 000

注: 大气污染物产生浓度均为根据 GB 26453 规定换算后的基准浓度。