HJ

中华人民共和国国家环境保护标准

HJ 2305—2018

玻璃制造业污染防治可行技术指南

Guideline for available techniques of pollution prevention and control for glass manufacturing industry

（发布稿）

本电子版为发布稿，请以中国环境出版集团出版的正式标准文本为准。

2018-12-29发布　　2019-03-01实施

生　态　环　境　部　　发布

目　次

前　言

为贯彻《中华人民共和国环境保护法》《中华人民共和国水污染防治法》《中华人民共和国大气污染防治法》等法律，防治环境污染，改善环境质量，推动玻璃制造业污染防治技术进步，制定本标准。

本标准提出了玻璃制造业的废气、废水、固体废物和噪声污染防治可行技术。

本标准为首次发布。

本标准的附录 A~附录 C 为资料性附录。

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。

本标准起草单位：中国建材检验认证集团股份有限公司、武汉理工大学、中国建材检验认证集团秦皇岛有限公司、建筑材料工业技术情报研究所、北京市环境保护科学研究院、环境保护部环境工程评估中心。

本标准由生态环境部 2018 年 12 月 29 日批准。

本标准自 2019 年 03 月 01 日起实施。

本标准由生态环境部解释。

玻璃制造业污染防治可行技术指南

1 适用范围

本标准提出了平板玻璃和平板显示玻璃制造企业的废气、废水、固体废物和噪声污染防治可行技术，并提出了平板玻璃熔化工序烟气污染防治先进可行技术。

本标准可作为平板玻璃和平板显示玻璃制造企业建设项目环境影响评价、国家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。

本标准不适用于深加工玻璃制造企业的污染防治。

2 规范性引用文件

本标准内容引用了下列文件或其中的条款。凡是不注日期的引用文件，其有效版本适用于本标准。

GB 8978-1996 污水综合排放标准

GB 18597 危险废物贮存污染控制标准

GB 26453-2011 平板玻璃工业大气污染物排放标准

GB 29495-2013 电子玻璃工业大气污染物排放标准

《危险废物转移联单管理办法》（国家环境保护总局令 第5号）

《关于发布<高污染燃料目录>的通知》（国环规大气〔2017〕2号）

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

3.1 平板玻璃 flat glass

用浮法工艺或压延法工艺生产的板状硅酸盐玻璃。

3.2 平板显示玻璃 flat panel display glass

用浮法工艺或溢流法工艺生产的用于制造平板显示器件的基板玻璃、防护（触摸）玻璃及其他玻璃。

3.3 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玻璃制造业污染物排放标准、规模应用的技术。

3.4 污染防治先进可行技术 advanced available techniques of pollution prevention and control

污染防治可行技术中至少使一项主要污染物的排放稳定低于国家玻璃制造业污染物排放标准限值70%的技术。

3.5 在线镀膜 on-line 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。

3.6 纯氧燃烧 oxygen-fuel combustion

助燃气体含氧量大于90%的燃烧方式。

3.7 标准状态 standard condition

温度为273.15 K，压力为101325 Pa时的状态。本标准涉及的大气污染物浓度，如无特别说明，均以标准状态下的干烟气、氧含量8%为基准。

4 行业生产与污染物的产生

4.1 生产工艺

4.1.1 平板玻璃及浮法工艺生产平板显示玻璃的工艺过程主要包括配料、熔化、成型、退火和切裁包装 5 个工序。溢流法工艺生产平板显示玻璃的工艺过程还包括研磨和清洗工序。各生产工艺流程见附录A。

4.1.2 平板玻璃及浮法工艺生产平板显示玻璃的主要原料和辅料包括石英砂、纯碱、白云石、石灰石和芒硝等；在线镀膜过程所用的原料包括有机锡化合物（含氯）和氟化物；浮法工艺生产平板显示玻璃的主要原料还包括碳酸钾、氧化铝和碳粉等；溢流法工艺生产平板显示玻璃的主要原料和辅料包括石英砂、纯碱、氧化镁、氧化铝、硝酸盐、硼酸、氧化锡等矿物原料和化工原料。

4.1.3 平板玻璃生产所用燃料主要包括天然气、焦炉煤气、发生炉煤气、重油和煤焦油等；平板显示玻璃生产所用燃料主要为天然气。

4.2 污染物的产生

4.2.1 玻璃制造企业产生的大气污染物主要包括颗粒物、二氧化硫（SO_2）、氮氧化物（NO_x）、氯化氢、氟化物、锡及其化合物。其中颗粒物主要产生于配料及熔化两个工序；SO_2 和 NO_x 产生于熔化工序；氯化氢和氟化物主要产生于熔化和在线镀膜两个工序；锡及其化合物主要产生于在线镀膜工序。玻璃熔化工序产生的颗粒物、SO_2 和 NO_x 的初始排放浓度范围见附录 B。

4.2.2 玻璃制造企业产生的废水包括生产废水、初期雨水和生活污水。生产废水主要包括车间冲洗废水、循环冷却系统排污水和软化水制备系统排污水等，采用重油、煤焦油作燃料的企业会产生含油废水，设有发生炉煤气站的企业会产生含酚废水，设有液氨罐区的企业进行液氨罐年检会产生含氨废水，采用湿法脱硫技术的企业会产生脱硫废水，溢流法工艺生产平板显示玻璃的企业会产生研磨、清洗废水。玻

璃制造企业产生的水污染因子主要包括 pH、化学需氧量（COD_{Cr}）、五日生化需氧量（BOD_5）、悬浮物（SS）、氨氮、总磷、动植物油和石油类等。

4.2.3　玻璃制造企业产生的一般工业固体废物主要包括除尘器收集的颗粒物、脱硫副产物、废耐火材料、废水生化处理污泥、锡渣、碎玻璃和煤气发生炉产生的炉渣等。玻璃制造企业产生的危险废物主要包括设备维修时产生的废机油，软化水制备设施产生的失效的离子交换树脂，烟气脱硝过程中产生的废钒钛系催化剂，油罐清理过程产生的废油渣，油/水分离设施产生的废油、油泥及废水处理产生的浮渣和污泥（不包括废水生化处理污泥），发生炉煤气生产过程中产生的煤焦油等。

4.2.4　玻璃制造企业产生的噪声主要来源于配料工序的物料破碎、筛分和混合设备，熔化、成型和退火工序的风机，余热锅炉和余热发电汽轮机组，公辅系统的空气压缩机和水泵。

5　污染防治可行技术

5.1　污染预防技术

5.1.1　大气污染预防技术

5.1.1.1　清洁燃料技术

玻璃熔窑燃料优先选用天然气，可降低因燃料燃烧产生的SO_2，使SO_2初始排放浓度小于400 mg/m^3。

5.1.1.2　原料控制技术

通过减少芒硝、硝酸盐的加入量，可降低熔化工序烟气的SO_2和NO_x的初始排放浓度。采用粉状原料，可减少原料破碎过程产生的颗粒物。选用低氯化物和氟化物含量的在线镀膜原材料，并通过优化氯化物和氟化物的配比，可减少在线镀膜尾气中氯化氢和氟化物的产生。

5.1.1.3　纯氧燃烧技术

与空气助燃玻璃熔窑相比，纯氧燃烧技术可减少系统中氮气的输入，从而减少NO_x的生成和降低烟气NO_x排放量，同时提高燃烧效率。纯氧燃烧技术通常适用于采用天然气等高热值燃料的熔窑，可使NO_x初始排放浓度达到500~700 mg/m^3（以基准排气量3000 m^3/t玻璃液折算）。

5.1.1.4　电助熔技术

通常适用于平板显示玻璃及部分浮法工艺生产的平板玻璃的熔化工序。该技术通过电加热辅助玻璃熔化减少熔窑的燃料消耗，可减少熔窑内燃料燃烧过程产生的大气污染物。

5.1.2　水污染预防技术

5.1.2.1 循环冷却系统排污水经反渗透或混凝、沉淀、过滤处理后循环回用。位于地下水高氟区且采用地下水作为循环冷却水时，循环冷却系统排污水的处理宜再增加化学沉淀工序。该技术可减少新鲜水用量，提高水的利用效率，减少污水排放量。

5.1.2.2 含酚废水通常在煤气发生炉内密闭循环，不外排。该技术可减少新鲜水用量，提高水的利用效率。

5.2 污染治理技术

5.2.1 大气污染治理技术

5.2.1.1 一般规定

a) 配料工序产生的颗粒物可采用袋式除尘技术或滤筒除尘技术进行治理。

b) 熔化工序产生的颗粒物可采用静电除尘技术、湿式电除尘技术或袋式除尘技术进行治理；SO_2可采用湿法、半干法或干法脱硫技术进行治理，其中湿法脱硫技术包括石灰石/石灰-石膏法和钠碱法，半干法脱硫技术包括旋转喷雾干燥脱硫技术、烟气循环流化床脱硫技术和新型脱硫除尘一体化技术；氯化氢和氟化物可以通过脱硫过程实现协同处置；NO_x采用选择性催化还原法脱硝技术进行治理。

c) 在线镀膜产生的锡及其化合物通常采用冷凝法或焚烧法进行治理；颗粒物通常采用水喷淋、碱液喷淋或袋式除尘技术进行治理；氯化氢和氟化物通常采用碱液吸收法进行治理。

5.2.1.2 颗粒物治理技术

a）袋式除尘技术

适用于配料工序废气中颗粒物以及熔化工序烟气中颗粒物的治理。配料工序的袋式除尘器滤料的材质通常为涤纶。熔化工序的袋式除尘器通常位于半干法脱硫系统或余热利用系统的下游。因熔窑烟气粘度大、温度高，熔化工序袋式除尘器滤料的材质通常为聚四氟乙烯覆膜材料或其他复合滤料。玻璃制造企业使用的袋式除尘器的过滤风速通常小于0.9 m/min，系统阻力通常为1000~1500 Pa，除尘效率通常可达到99.80%~99.99%。采用该技术，颗粒物排放浓度可达到10~30 mg/m^3。

b）滤筒除尘技术

适用于配料工序废气中颗粒物的治理，滤筒除尘技术空间利用率高，滤料材质通常为涤纶，使用寿命较长。玻璃制造企业使用的滤筒除尘器的过滤风速通常小于0.7 m/min，系统阻力通常为600~800 Pa，除尘效率通常可达到99.80%~99.99%。采用该技术，颗粒物排放浓度可达到10~30 mg/m^3。

c）静电除尘技术

适用于熔化工序烟气脱硝前颗粒物的预处理，可使脱硝催化剂在较洁净的烟气中运行，确保脱硝系统长期、稳定运行。对于采用天然气、焦炉煤气或发生炉煤气作为燃料的玻璃熔窑，若烟气中颗粒物浓度超过150 mg/m^3，应采用静电除尘技术。静电除尘系统具有阻力较低，耐温性能好、能够适应熔化工序高温烟气等特点。玻璃制造企业使用的静电除尘器的入口烟气温度通常小于400 ℃，电场数量通常为2~3个，电场风速通常为0.4~0.9 m/s，漏风率应小于3%，系统阻力通常小于300 Pa。除尘效率随电场数量增加而提高，最高可达到90%左右。

d）湿式电除尘技术

适用于熔化工序烟气湿法脱硫后进一步除尘、除雾，可解决湿法脱硫烟气携带石膏雨、次生颗粒的问题。玻璃制造企业使用的湿式电除尘器的入口烟气温度通常为50~60 ℃，电场风速通常为0.5~2.5 m/s，

系统阻力通常小于400 Pa，除尘效率通常可达到70%~90%。采用该技术，可将颗粒物的排放浓度控制在20 mg/m^{3}以下。

5.2.1.3 烟气脱硫技术

a） 石灰石/石灰-石膏法

适用于各种玻璃熔窑的熔化工序烟气脱硫。该技术对熔化工序烟气的负荷变化具有较强的适应性，但是存在系统腐蚀问题。塔内流速通常为2~4 m/s，浆液pH值通常为5~7，喷淋层数通常为3~5层，钙硫比（摩尔比）通常为1.03~1.05，液气比通常为5~12，系统阻力通常为800~1200 Pa，脱硫效率通常可达到85%~97%。采用该技术，当入口烟气SO_2浓度小于3500 mg/m^{3}时可实现达标排放，出口烟气SO_2浓度可达到100~150 mg/m^3。

b） 钠碱法

采用钠碱作为脱硫剂，运行成本高，通常适用于SO_2初始排放浓度小于2000 mg/m^3 的熔化工序烟气脱硫。该技术具有脱硫剂碱性强、溶解度大、反应活性高、反应速度快等特点，但是存在系统腐蚀问题，维护成本较高。塔内流速通常为2.5~3.5 m/s，浆液pH值通常为5~9，喷淋层数通常为1~3层，反应摩尔比通常小于1.05，液气比通常为1~4，系统阻力通常为600~1000 Pa，脱硫效率通常可达到85%~97%。采用该技术，当入口烟气SO_2浓度小于2000 mg/m^{3}时，出口烟气SO_2浓度可达到100~150 mg/m^3。

c） 旋转喷雾干燥脱硫技术（SDA 技术）

适用于SO_2初始排放浓度小于2000 mg/m^3 的玻璃熔化工序烟气脱硫。该技术具有成熟度高、工艺流程较为简单等特点，但对石灰的质量要求较高，易发生脱硫装置堵塞，运行维护成本较高。塔内流速通常为1~3 m/s，钙硫比（摩尔比）通常为1.2~1.9，系统阻力通常为1000~1500 Pa，脱硫效率通常可达到60%~85%。采用该技术，入口烟气SO_2浓度小于2000 mg/m^{3}时，出口烟气SO_2浓度可达到300~400 mg/m^3。

d） 烟气循环流化床脱硫技术（CFB-FGD 技术）

适用于各种玻璃熔窑的熔化工序烟气脱硫。该技术具有操作简单、脱硫剂的利用率高等特点，且对熔化工序烟气成分波动变化具有较好的适应性，但清理塌床和堵塞较困难。塔内流速通常为3~10 m/s，钙硫比（摩尔比）通常为1.1~1.8，系统阻力通常为800~1600 Pa，脱硫效率通常可达到80%~95%。采用该技术，当入口烟气SO_2浓度小于3000 mg/m^{3}时，出口烟气SO_2浓度可达到150~400 mg/m^3。

e） 新型脱硫除尘一体化技术（NID 技术）

适用于各种玻璃熔窑的熔化工序烟气脱硫。该技术具有对脱硫剂品质要求不高、操作简单、脱硫装置结构紧凑、占用空间小、装置运行可靠等特点，且对熔化工序烟气成分波动变化具有较好的适应性，清理塌床较CFB-FGD技术容易且时间短。塔内流速通常为15~30 m/s，钙硫比（摩尔比）通常为1.1~1.45，系统阻力通常为1200~1600 Pa，脱硫效率通常可达到80%~95%。采用该技术，当入口烟气SO_2浓度小于3500 mg/m^{3}时，出口烟气SO_2浓度可达到100~400 mg/m^3。

5.2.1.4 氮氧化物治理技术

玻璃制造企业氮氧化物排放主要采用选择性催化还原法脱硝技术（SCR脱硝技术）进行控制。熔化工序烟气在进入SCR脱硝系统前，通常需要经过余热利用系统使烟气温度满足SCR脱硝技术工作温度要

求。同时，为防止SCR脱硝反应器的堵塞，还需根据烟气条件选用静电除尘技术，保证SCR脱硝反应器进口烟气颗粒物浓度小于150 mg/m^3。

SCR脱硝催化剂可分为中低温催化剂和高温催化剂，中低温催化剂的反应温度通常为180~280 ℃，高温催化剂的反应温度通常为280~400 ℃。高温催化剂适用于各种玻璃熔窑的熔化工序烟气脱硝，中低温催化剂通常适用于平板显示玻璃企业熔窑的熔化工序烟气脱硝。玻璃制造企业SCR脱硝催化剂规格通常为18~25孔，空速通常为2000~4500 h^{-1}，催化剂孔道烟气流速为5~6 m/s。SCR脱硝技术的脱硝效率与催化剂的布置层数有关，当催化剂层数分别为1、2和3层时，脱硝效率通常分别可达到50%~60%、75%~85%和85%~95%。

5.2.1.5 干法脱硫+复合陶瓷滤筒除尘脱硝一体化技术

适用于采用天然气作为燃料的玻璃熔窑的熔化工序烟气脱硫。烟气首先进入脱硫塔，与脱硫剂（消石灰颗粒）充分混合，完成干法脱硫。经过干法脱硫后的烟气与喷入的氨混合后一同进入复合陶瓷滤筒反应器进行除尘和脱硝。复合陶瓷滤筒为中空管式结构，筒壁是由陶瓷纤维复合脱硝催化剂制成的微孔陶瓷，可实现除尘与SCR脱硝两种技术的结合。

该技术入口烟气温度通常小于400 ℃，塔内流速通常为5~5.5 m/s，过滤风速通常不大于1.2 m/min。脱硫剂循环使用时，钙硫比（摩尔比）通常为1.5~4，脱硫剂不循环使用时，钙硫比（摩尔比）通常为3~8，系统阻力通常小于3000 Pa。

当入口烟气颗粒物浓度小于2000 mg/m^3、SO_2浓度小于1000 mg/m^3、NO_x浓度小于3500 mg/m^{3}时，出口颗粒物浓度小于20 mg/m^3，SO_2浓度可达到150~200 mg/m^3，NO_x浓度可达到300~450 mg/m^3。

5.2.1.6 在线镀膜尾气治理技术

a） 锡及其化合物治理技术

锡及其化合物治理可采用冷凝法或焚烧法。冷凝法是将尾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。该技术镀膜原料的利用率高，回收的镀膜原料可以循环利用。

焚烧法是将尾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。

b） 颗粒物治理技术

采用冷凝法处理锡及其化合物时，可采用水喷淋、碱液喷淋协同处理尾气中的颗粒物；采用焚烧法处理锡及其化合物时，可采用袋式除尘技术处理尾气中的颗粒物。

c） 氯化氢和氟化物治理技术

尾气中的氯化氢和氟化物可通过碱液吸收法进行治理，通过酸碱中和反应去除。

5.2.2 水污染治理技术

5.2.2.1 生产废水治理技术

a） 车间冲洗废水通常采用沉淀处理后排入城镇污水集中处理厂。

b） 软化水制备系统排污水通常采用混凝、沉淀、过滤处理后排入城镇污水集中处理厂。

c） 含氨废水通常采用酸碱中和处理后排入城镇污水集中处理厂。

d） 含油废水通常采用隔油、混凝、气浮法处理后排入城镇污水集中处理厂。

e） 脱硫废水通常采用酸碱中和、絮凝、沉淀处理后回用或排入城镇污水集中处理厂。

f） 研磨、清洗废水通常采用沉淀、酸碱中和处理后排入城镇污水集中处理厂。

5.2.2.2 其他污水治理技术

a） 初期雨水通常经收集后采用沉淀、过滤处理后排入城镇污水集中处理厂。

b） 生活污水通常采用化粪池处理后排入城镇污水集中处理厂，也可采用生化处理系统处理后回用或排入城镇污水集中处理厂。生化处理系统通常采用生物接触氧化法或厌氧-缺氧-好氧生物脱氮除磷工艺（A^2/O）。

5.2.3 固体废物综合利用和处置技术

5.2.3.1 资源化利用技术

a） 配料工序的除尘灰中各种物料配比固定的，可直接回用；配比不固定的，可作为制砖的原料进行综合利用。

b） 熔化工序烟气的除尘灰可根据其成分情况综合利用。

c） 脱硫石膏可用做水泥缓凝剂或制作石膏板，也可以根据其品质用于生产石膏粉料、石膏砌块、回填矿井、改良土壤等。

d） 半干法脱硫产生的灰渣可用于筑路、制砖、污泥中和等。

e） 碎玻璃可作为玻璃生产原料、玻璃瓷砖生产配料、泡沫玻璃砖生产配料等。

f） 玻璃成型锡槽中产生的锡渣、废耐火材料、袋式除尘器废滤袋和煤气发生炉炉渣均可根据其成分情况综合利用。

5.2.3.2 危险废物安全处置措施

玻璃制造企业产生的危险废物主要包括设备维修时产生的废机油、软化水制备设施产生的失效的离子交换树脂、烟气脱硝过程中产生的废钒钛系催化剂、油罐清理过程产生的废油渣、油/水分离设施产生的废油、油泥及废水处理产生的浮渣和污泥（不包括废水生化处理污泥）、发生炉煤气生产过程中产生的煤焦油等。应委托有资质的单位进行危险废物处置，以满足GB 18597和《危险废物转移联单管理办法》等文件的要求。

5.2.4 噪声治理技术

由振动、摩擦和撞击等引起的机械噪声，通常采取减振、隔声措施，如对设备加装减振垫、隔声罩等；车间内可采取吸声和隔声等降噪措施。对于空气动力性噪声，通常采取安装消声器的措施。

5.3 环境管理措施

5.3.1 环境管理制度

5.3.1.1 企业应建立健全环境管理台账制度和排污许可证执行报告制度。

5.3.1.2 企业应建立和完善非正常生产管理预案，对烤窑及重大生产工艺参数调整、熔窑等关键生产设施维护、余热利用系统维护、环保设施检修维护、环保备用设备切换等过程进行有效管理和预防。

5.3.2　无组织排放控制措施

5.3.2.1 粉状原料应储存于密闭料仓或封闭式建筑物中，原料均化应在密闭的均化库中进行。碎玻璃、煤炭应储存于储库、堆棚中。

5.3.2.2 粉料卸料口应密闭或设置集气罩，并配备除尘设施。

5.3.2.3 物料输送应选择密闭式斗式提升机、螺旋输送机等；当选用皮带输送机时应进行有效密闭。

5.3.2.4 配料车间产生颗粒物的设备和产尘点应设置集气罩，并配备除尘设施。

5.3.2.5 厂区道路应硬化，并保持清洁。

5.3.2.6 采用发生炉煤气或重油作为燃料的企业，应加强燃料系统密闭，预防挥发性有机物（VOCs）无组织排放。

5.3.3　污染治理设施的运行维护

5.3.3.1 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，制定检维修计划，并按计划定期进行检修、维护和管理，保证治理设施正常运行，污染物排放应符合GB 26453-2011、GB 29495-2013和GB 8978-1996的要求。地方有更严格排放要求的，还应满足地方要求。

5.3.3.2 企业宜建立包括除尘、脱硫和脱硝系统等在内的备用设施，并采取措施缩短备用系统切换时间。

5.3.3.3 在正常生产期间，企业应不断优化工艺参数，提高污染治理设施的去除效率。

5.3.4　其他

5.3.4.1 不应燃用不符合质量标准的石油焦，且不应掺烧高硫石油焦。

5.3.4.2 位于高污染燃料禁燃区内的平板玻璃企业，使用的燃料应符合《关于发布<高污染燃料目录>的通知》的相关要求。

5.3.4.3 不宜采用含铬耐火材料。

5.4　污染防治可行技术

5.4.1　大气污染防治可行技术

5.4.1.1　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	①采用粉状原料+②减少挥发性原料的使用	袋式除尘	10~30	适用于所有企业
可行技术 2		滤筒除尘	10~30	
注：表中“+”代表污染防治技术组合。				

5.4.1.2　熔化工序烟气污染防治可行技术

平板玻璃熔化工序烟气污染治理可采取的技术路线包括3种：静电除尘+SCR脱硝+半干法脱硫+袋式除尘、静电除尘+SCR脱硝+湿法脱硫+湿式电除尘、干法脱硫+复合陶瓷滤筒除尘脱硝一体化技术，3种技术路线流程见附录C。对于采用天然气作为燃料的玻璃熔窑，在满足SO_2达标排放的前提下，可不设置脱硫系统。采用纯氧燃烧技术，在满足NO_x达标排放的前提下，可不设置SCR脱硝系统。

平板玻璃熔化工序烟气污染防治可行技术见表2。

平板显示玻璃熔化工序烟气污染物防治可行技术见表3。

5.4.1.3 在线镀膜尾气污染防治可行技术

在线镀膜尾气污染防治可行技术见表4。

5.4.2 水污染防治可行技术

玻璃制造企业水污染防治可行技术见表5，治理后的生产废水通常循环回用或汇入总排放口排入城镇污水集中处理厂。

表 2 平板玻璃熔化工序烟气污染防治可行技术

<table>
<tr><th rowspan="2">可行技术</th><th rowspan="2">预防技术</th><th rowspan="2">治理技术</th><th colspan="5">污染物排放水平（mg/m^3）</th><th rowspan="2">技术适用条件</th></tr>
<tr><th>颗粒物</th><th>SO_2</th><th>NO_x</th><th>氯化氢</th><th>氟化物</th></tr>
<tr><td>可行技术 1</td><td rowspan="6">①清洁燃料技术（天然气）+②原料控制技术（减少芒硝加入量）</td><td>①静电除尘+②SCR</td><td>30~50</td><td>200~400</td><td>400~600</td><td>≤30</td><td>≤5</td><td>适用于 SO_2 初始浓度小于 400 mg/m^3，静电除尘器入口烟气温度小于 400 ℃，且原料中芒硝的加入量较少的企业。该技术具有操作简单、便于维护的特点</td></tr>
<tr><td>可行技术 2</td><td>①静电除尘+②SCR+③湿法（石灰石/石灰-石膏法）脱硫+④湿式电除尘</td><td>10~20</td><td>100~150</td><td>350~500</td><td>≤30</td><td>≤5</td><td>适用于 SO_2 初始浓度小于 400 mg/m^3，静电除尘器入口烟气温度小于 400 ℃的企业。该技术对烟气的负荷变化具有较强的适应性，存在系统腐蚀问题</td></tr>
<tr><td>可行技术 3</td><td>①静电除尘+②SCR+③湿法（钠碱法）脱硫+④湿式电除尘</td><td>10~20</td><td>100~150</td><td>350~500</td><td>≤30</td><td>≤5</td><td>适用条件同上。采用该技术脱硫反应速度较快，存在系统腐蚀问题，运行维护成本较高</td></tr>
<tr><td>可行技术 4</td><td>①静电除尘+②SCR+③半干法（CFB-FGD 或 NID）脱硫+④袋式除尘</td><td>20~30</td><td>150~200</td><td>300~450</td><td>≤30</td><td>≤5</td><td>适用条件同上。该技术对烟气的负荷变化具有较强的适应性</td></tr>
<tr><td>可行技术 5</td><td>①静电除尘+②SCR+③半干法（SDA）脱硫+④袋式除尘</td><td>20~30</td><td>200~300</td><td>300~450</td><td>≤30</td><td>≤5</td><td>适用条件同上。对于石灰资源丰富且品质较高的区域可以选用该技术，该技术易发生脱硫装置堵塞，运行维护成本较高</td></tr>
<tr><td>可行技术 6</td><td>①干法脱硫+②复合陶瓷滤筒除尘脱硝一体化技术</td><td>10~20</td><td>150~200</td><td>300~450</td><td>≤30</td><td>≤5</td><td>适用于 SO_2 初始浓度小于 400 mg/m^3，且干法脱硫塔入口烟气温度小于 400 ℃的企业。采用该技术操作简单</td></tr>
<tr><td>可行技术 7</td><td>①清洁燃料技术（天然气）+②纯氧燃烧技术+③原料控制技术（减少芒硝加入量）</td><td>袋式除尘</td><td>20~40</td><td>200~400</td><td>500~700</td><td>≤30</td><td>≤5</td><td>适用于 SO_2 初始浓度小于 400 mg/m^3，采用压延工艺生产平板玻璃且原料中芒硝的加入量较少的企业。袋式除尘器入口烟气温度通常小于 200 ℃</td></tr>
</table>

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	SO_2	NO_x	氯化氢	氟化物	
可行技术 8	采用发生炉煤气或焦炉煤气作为燃料：原料控制技术（减少芒硝加入量）	①静电除尘+②SCR+③湿法（石灰石/石灰-石膏法）脱硫+④湿式电除尘	10~20	100~150	300~450	≤30	≤5	适用于 SO_2 初始浓度小于 2000 mg/m^3 且静电除尘器入口烟气温度小于 400 ℃的企业。该技术对烟气的负荷变化具有较强的适应性，存在系统腐蚀问题
可行技术 9		①静电除尘+②SCR+③湿法（钠碱法）脱硫+④湿式电除尘	10~20	100~150	300~450	≤30	≤5	适用条件同上。该技术脱硫反应速度较快，存在系统腐蚀问题，运行维护成本较高
可行技术 10		①静电除尘+②SCR+③半干法（CFB-FGD 或 NID）脱硫+④袋式除尘	20~30	150~250	300~450	≤30	≤5	适用条件同上。该技术对烟气的负荷变化具有较强的适应性
可行技术 11		①静电除尘+②SCR+③半干法（SDA）脱硫+④袋式除尘	20~30	350~400	300~450	≤30	≤5	适用条件同上。对于石灰资源丰富且品质较高的区域可以选用该技术，易发生脱硫装置堵塞，运行维护成本较高
可行技术 12	采用重油或煤焦油作为燃料：原料控制技术（减少芒硝加入量）	①静电除尘+②SCR+③半干法（CFB-FGD 或 NID）脱硫+④袋式除尘	20~30	200~400	400~600	≤30	≤5	适用于 SO_2 初始浓度小于 3500 mg/m^3 且静电除尘器入口烟气温度小于 400 ℃的企业。该技术对烟气的负荷变化具有较强的适应性
注 1：表中“+”代表污染防治技术组合。 注 2：以天然气为燃料时，熔化工序烟气治理可行技术中静电除尘为可选项。								

表 3 平板显示玻璃熔化工序烟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/m³）					技术适用条件
			颗粒物	SO_2	NO_x	氯化氢	氟化物	
可行技术 1	①清洁燃料技术（天然气）+②电助熔技术+③纯氧燃烧技术+④原料控制技术（减少芒硝和硝酸盐加入量）	袋式除尘	20~40	≤200	500~700	≤30	≤5	适用于 SO_2 初始浓度小于 400 mg/m³ 的企业。袋式除尘器入口烟气温度通常小于 200 ℃
可行技术 2	①清洁燃料技术（天然气）+②电助熔技术+③原料控制技术（减少芒硝和硝酸盐加入量）	①静电除尘+②SCR	20~50	≤200	400~600	≤30	≤5	适用于 SO_2 初始浓度小于 400 mg/m³。且静电除尘器入口烟气温度小于 400 ℃的企业
注 1：平板显示玻璃企业 SO_2 排放控制要求进一步提高，需要采取烟气 SO_2 治理技术。 注 2：表中“+”代表污染防治技术组合。 注 3：纯氧燃烧技术对应的污染物排放浓度为基准排气量条件下的排放浓度。								

表 4 在线镀膜尾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/m³）				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	①原料控制技术（选用低氯化物和低氟化物的在线镀膜原材料）+②原料控制技术（优化氟化物和氯化物的配比）	①冷凝法+②水喷淋吸收+③碱液吸收	≤30	≤30	≤5	≤5	镀膜原料通过冷凝回收利用，原料利用率高，节约制造成本，适用于所有在线镀膜玻璃企业
可行技术 2		①焚烧法+②袋式除尘+③碱液吸收	≤30	≤30	≤5	≤5	焚烧处理过程技术要求较高，适用于所有在线镀膜玻璃企业
注：表中“+”代表污染防治技术组合。							

表 5 玻璃制造企业水污染防治可行技术

可行技术	预防技术	治理技术	污染物排放水平（mg/L）				技术适用条件
			BOD_5	COD_{Cr}	SS	氨氮	
可行技术 1	使用重油、煤焦油的企业：循环冷却系统冷却水循环回用	①含油废水治理（隔油+混凝+气浮）+②生活污水治理（化粪池）+③软化水制备系统排污水治理（混凝+沉淀+过滤）	≤60	≤100	≤70	≤25	适用于使用重油、煤焦油的企业
可行技术 2	设有发生炉煤气站的企业：①循环冷却系统冷却水循环回用+②含酚废水密闭循环	①生活污水治理（化粪池）+②软化水制备系统排污水治理（混凝+沉淀+过滤）	≤20	≤60	≤80	≤15	适用于设有发生炉煤气站的企业
可行技术 3	采用湿法脱硫的企业：循环冷却系统冷却水循环回用	①脱硫废水治理（酸碱中和+絮凝+沉淀）+②生活污水治理（化粪池）+③软化水制备系统排污水治理（混凝+沉淀+过滤）	≤20	≤50	≤80	≤25	适用于采用湿法脱硫的企业
可行技术 4	采用溢流法工艺生产平板显示玻璃的企业：循环冷却系统冷却水循环回用	①研磨、清洗废水治理（沉淀+酸碱中和）+②生活污水治理（化粪池）	≤30	≤140	≤60	≤25	适用于采用溢流法工艺生产平板显示玻璃的企业
可行技术 5	其他企业：循环冷却系统冷却水循环回用	①生活污水治理（化粪池）+②软化水制备系统排污水治理（混凝+沉淀+过滤）	≤20	≤50	≤40	≤15	适用于其他企业
可行技术 6		①生活污水治理（生物接触氧化法或 A^2/O）+②软化水制备系统排污水治理（混凝+沉淀+过滤）	≤20	≤50	≤60	≤15	
注：表中“+”代表污染治理技术组合。							

5.4.3　固体废物污染治理可行技术

固体废物污染治理可行技术见表6。

表 6 固体废物污染治理可行技术

<table>
<tr><td rowspan="2">固废
种类</td><td>一般工业固体废物</td><td>危险废物</td></tr>
<tr><td>除尘灰、脱硫固废、碎玻璃、废耐火材料、锡渣、煤气发生炉炉渣、废水生化处理污泥等。</td><td>①设备维修时产生的废机油；
②软化水制备设施产生的失效的离子交换树脂；
③烟气脱硝过程中产生的废钒钛系催化剂；
④油罐清理过程产生的废油渣；
⑤油/水分离设施产生的废油、油泥及废水处理产生的浮渣和污泥（不包括废水生化处理污泥）；
⑥发生炉煤气生产过程中产生的煤焦油。</td></tr>
<tr><td>可行
技术</td><td>资源化利用技术</td><td>委托有资质的单位处置</td></tr>
</table>

5.4.4　噪声治理可行技术

噪声治理可行技术见表7。

表 7 噪声治理可行技术及效果

<table>
<tr><th>分类</th><th>噪声源</th><th>噪声源声级水平（dB(A)）</th><th>可行技术</th><th>治理效果（dB(A)）</th></tr>
<tr><td>原料系统</td><td>混合机</td><td>75~90</td><td>厂房隔声
阻尼减振</td><td>降噪量 10~20
降噪量 10~20</td></tr>
<tr><td>熔化工序</td><td>助燃风机
冷却风机</td><td>75~95</td><td>减振处理
消声器</td><td>降噪量 10~20
消声量 12~25</td></tr>
<tr><td>成型与退火工序</td><td>冷却风机</td><td>75~95</td><td>减振处理
消声器</td><td>降噪量 10~20
消声量 12~25</td></tr>
<tr><td rowspan="3">辅助生产系统</td><td>氮氢站（空压机）</td><td>95~115</td><td>隔声罩
消声器</td><td>降噪量 15~35
消声量 12~25</td></tr>
<tr><td>余热发电系统（余热锅炉和发电机）</td><td>80~105</td><td>隔声罩
吸声处理</td><td>降噪量 10~20
降噪量 10~20</td></tr>
<tr><td>空压机</td><td>85~100</td><td>厂房隔声
隔声罩</td><td>降噪量 10~20
降噪量 10~20</td></tr>
<tr><td>公共工程</td><td>供水系统（补给水泵和循环水泵）、供气系统（空压机）</td><td>80~95</td><td>隔声间
减振处理
消声器</td><td>降噪量 15~35</td></tr>
</table>

6　污染防治先进可行技术

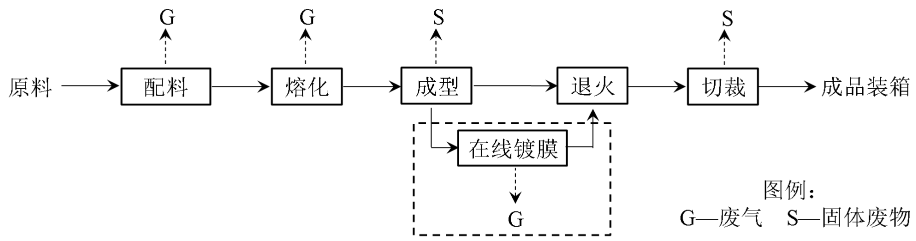
平板玻璃熔化工序烟气污染防治先进可行技术见表2中可行技术4和可行技术10。这两项技术操作简单、便于维护，可以实现较低的大气污染物排放浓度。

附 录 A

（资料性附录）

玻璃生产工艺流程及主要产污节点

平板玻璃及浮法工艺生产平板显示玻璃工艺流程及污染物产生节点见图A-1，溢流法工艺生产平板显示玻璃工艺流程及污染物产生节点见图A-2。



注：图中在线镀膜工序的虚线方框代表可选工序。

图 A-1 平板玻璃及浮法工艺生产平板显示玻璃的工艺流程及污染物产生节点

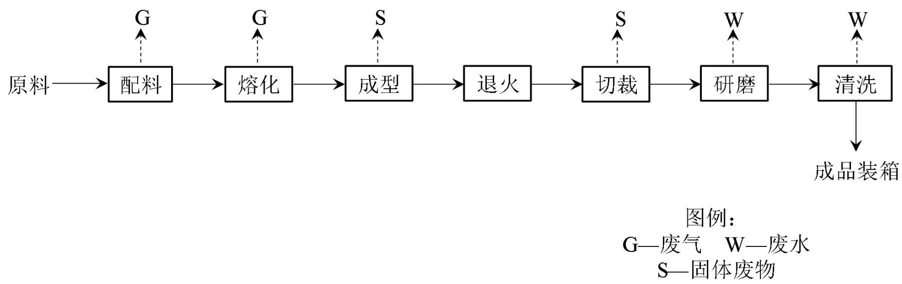


图 A-2 溢流法工艺生产平板显示玻璃工艺流程及污染物产生节点

附 录 B

（资料性附录）

玻璃熔化工序产生的大气污染物常见初始排放浓度范围

不同燃料的玻璃熔窑中熔化工序产生的颗粒物、SO_2和NO_x常见初始排放浓度范围见表B-1。

表 B-1 玻璃熔化工序产生的大气污染物常见初始排放浓度

单位：mg/m^3

<table>
<tr><th>产品种类</th><th>燃料类型</th><th>颗粒物</th><th>SO_2</th><th>NO_x</th></tr>
<tr><td rowspan="3">平板玻璃</td><td>天然气</td><td>300~400</td><td>200~400</td><td>3000~4000</td></tr>
<tr><td>发生炉煤气、焦炉煤气</td><td>300~500</td><td>600~2000</td><td>2500~3000</td></tr>
<tr><td>重油、煤焦油</td><td>500~800</td><td>800~3500</td><td>1200~2800</td></tr>
<tr><td rowspan="2">平板显示玻璃</td><td>天然气（空气燃烧）</td><td>100~300</td><td>≤400</td><td>3000~4000</td></tr>
<tr><td>天然气（纯氧燃烧）</td><td>50~100</td><td>≤400</td><td>500~700</td></tr>
<tr><td colspan="5">注：纯氧燃烧技术对应的污染物初始排放浓度为基准排气量条件下的排放浓度。</td></tr>
</table>

附 录 C

（资料性附录）

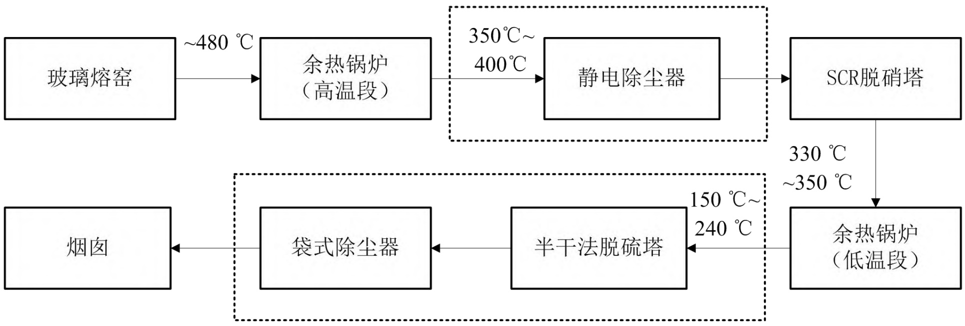
平板玻璃熔化工序烟气污染治理参考技术路线

平板玻璃熔化工序烟气污染治理可采取的技术路线包括3种：静电除尘+SCR脱硝+半干法脱硫+袋式除尘、静电除尘+SCR脱硝+湿法脱硫+湿式电除尘、干法脱硫+复合陶瓷滤筒除尘脱硝一体化技术。采用天然气作为燃料的玻璃熔窑，熔化工序烟气脱硝前可不设置静电除尘；对于采用天然气作为燃料的玻璃熔窑，在满足SO_2达标排放的前提下，可不设置脱硫系统。

图C-1所示为静电除尘+SCR脱硝+半干法脱硫+袋式除尘技术路线流程图。

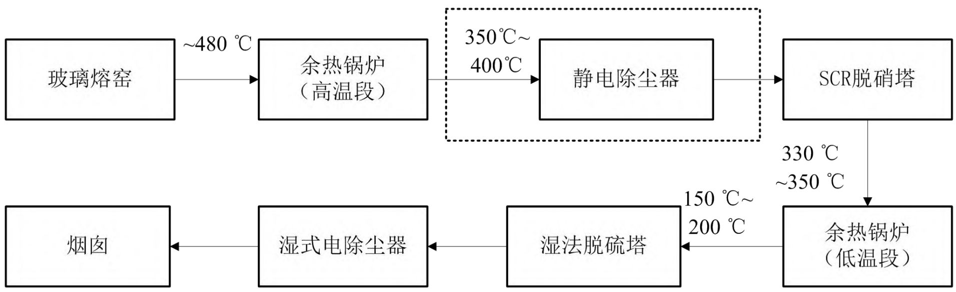
图C-2所示为静电除尘+SCR脱硝+湿法脱硫+湿式电除尘技术路线流程图。

图C-3所示为干法脱硫+复合陶瓷滤筒除尘脱硝一体化技术路线流程图。



注：图中虚线方框代表可选技术。

图 C-1 静电除尘+SCR 脱硝+半干法脱硫+袋式除尘技术路线流程图



注：图中虚线方框代表可选技术。

图 C-2 静电除尘+SCR 脱硝+湿法脱硫+湿式电除尘技术路线流程图

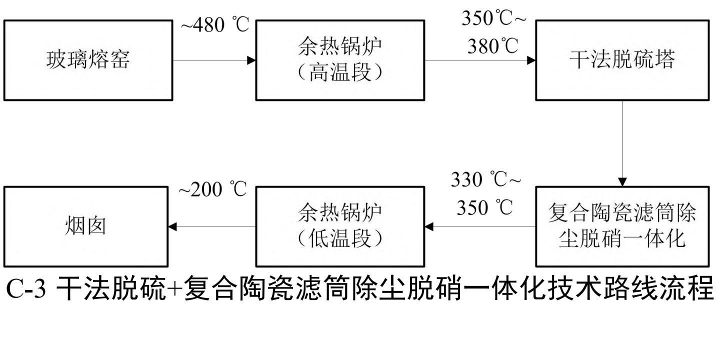


图 C-3 干法脱硫+复合陶瓷滤筒除尘脱硝一体化技术路线流程图