

《玻璃工业大气污染物排放标准 (征求意见稿)》编制说明

《玻璃工业大气污染物排放标准》编制组

二〇二〇年四月

目 录

1	项目背景	1
1.1	任务来源	1
1.2	工作过程	1
2	行业概况	2
2.1	日用玻璃行业概况	2
2.2	平板玻璃行业概况	2
2.3	玻璃纤维行业概况	2
2.4	玻璃制镜行业概况	3
3	标准制订的必要性分析	3
3.1	国家及环保主管部门的相关要求	3
3.2	行业发展带来的主要环境问题	3
3.3	行业清洁生产工艺和污染防治技术的最新进展	3
3.4	现行环保标准存在的主要问题	4
4	玻璃行业产排污情况分析	4
4.1	日用玻璃行业产排污情况	4
4.2	平板玻璃行业产排污情况	6
4.3	玻璃纤维行业产排污情况	7
4.4	CRT 显像玻璃产排污情况	8
4.5	制镜产排污情况	8
5	玻璃行业大气污染控制技术分析	8
5.1	清洁生产技术	8
5.2	颗粒物治理技术	9
5.3	二氧化硫治理技术	9
5.4	氮氧化物治理技术	10
5.5	氯化氢和氟化物治理技术	10
5.6	在线镀膜废气治理技术	10
5.7	挥发性有机物治理技术	11
5.8	污染防治主要技术路线	11
6	标准主要技术内容	12
6.1	标准适用范围	12
6.2	污染物项目的选择	12
6.3	有组织排放限值确定依据	13
6.4	无组织排放控制要求制订依据	22
6.5	企业边界及周边污染监控要求制订依据	22
7	实施本标准的环境效益及经济技术分析	23
7.1	实施本标准的环境（减排）效益	23
7.2	实施标准的经济分析	23

《玻璃工业大气污染物排放标准》

编制说明

1 项目背景

1.1 任务来源

2007年6月，原国家环境保护总局下达了制订《日用玻璃工业污染物排放标准》（项目统一编号：385）、《玻璃纤维工业污染物排放标准》（项目统一编号：386）的标准制订计划。两项标准于2011年4月12日、2015年11月27日、2018年7月12日三次征求意见。

2019年10月，根据生态环境部大气环境司要求，整合《平板玻璃工业大气污染物排放标准》（GB 26453—2011）、《电子玻璃工业大气污染物排放标准》（GB 29495—2013）以及《日用玻璃工业污染物排放标准》和《玻璃纤维工业污染物排放标准》，制订《玻璃工业大气污染物排放标准》。

1.2 工作过程

1.2.1 成立编制组

2019年10月，成立标准编制组。标准编制单位为：轻工业环境保护研究所、中国环境科学研究院、中国日用玻璃协会、中国玻璃纤维工业协会、中国建筑材料科学研究总院有限公司、中国建筑玻璃与工业玻璃协会。

1.2.2 函调及现场考察

编制组成立后，对玻璃企业进行补充调查；对全国玻璃企业大气污染物在线监测和监督性监测数据进行更新和分析；进一步分析全国玻璃企业的产排污情况和污染治理状况。

1.2.3 形成征求意见稿

标准编制组根据玻璃工业生产工艺及污染控制技术应用情况、现状排放水平，参考国内外相关排放标准控制要求，于2020年2月完成标准征求意见稿。

1.2.4 征求意见稿审查会

2020年3月26日，生态环境部大气环境司在北京主持召开本标准征求意见稿技术审查会，会议审查通过了该标准征求意见稿。

2 行业概况

根据《国民经济行业分类》（GB/T 4754—2017），本标准涵盖的玻璃行业类别包括：C304玻璃制造、C305玻璃制品制造、C3061玻璃纤维及制品制造。

2.1 日用玻璃行业概况

日用玻璃行业主要包括玻璃仪器制造业、日用玻璃制品及玻璃包装容器制造业、玻璃保温容器制造业。

2018年日用玻璃制品及玻璃包装容器产量2166.25万吨。其中：日用玻璃制品产量617.11万吨；玻璃包装容器产量1549.14万吨。从地区产量分布来看，四川省438.48万吨、山东省367.35万吨、广东省216.29万吨、河北省182.22万吨、湖北省135.75万吨、重庆市108.18万吨，以上六省市产量占全国总产量66.86%。

2018年玻璃保温容器产量17632万个。玻璃保温容器主要产区产量：广东省4031万个、湖南省3183万个、安徽省3038万个、江苏省2994万个、浙江省2042万个，以上五省市产量占全国总产量的88.41%。

2.2 平板玻璃行业概况

平板玻璃行业是我国重要基础建材产业，按用途分类包括建筑用、汽车用和太阳能电池用平板玻璃。我国平板玻璃产量位居世界第一，产量占全球总产量的50%。2018年全国平板玻璃产量86863.5万重量箱。截至2018年3月底，正常运行平板玻璃企业180家。

平板显示玻璃产品按用途分类包括基板玻璃、防护（触摸）玻璃。2017年平板显示玻璃产量2.32亿平方米；截止到2018年3月底，我国共有23家平板显示玻璃企业。

截至2018年，平板玻璃产量排第一的是河北省，达到12156万重量箱；产量第二的是广东省，为9441.5万重量箱；产量第三是湖北省，产量为9326.9万重量箱。

2.3 玻璃纤维行业概况

玻璃纤维具有不燃、耐腐蚀、耐高温、吸湿小、伸长小等优良性能。在国际标准定义中，玻璃纤维纺织制品是以连续玻璃纤维或定长玻璃纤维为基材制成的纺织制品的通称，就其产品形态而言，可分为纱线和织物两大类。

2018年玻璃纤维纱总产量468万吨，同比增长14.71%，增幅升高2.01个百分点，产量增速继续提升。其中：池窑产量438万吨，同比增长11.45%，池窑占比达到93.6%。

玻璃纤维纱产能全国前五位的地区有：山东省 146 万吨、浙江省 105 万吨、重庆市 74 万吨、四川省 55 万吨、江西省 50 万吨，以上五省市产量占全国总产能的 78.2%。

2.4 玻璃制镜行业概况

2018 年我国玻璃制镜产量为 15920.3 万平方米。从细分产品来看，2018 年普通铝镜比例为 16.0%，普通彩镜比例 17.6%，高级银镜比例 23.9%，特殊高级镜比例 42.5%。

3 标准制订的必要性分析

3.1 国家及环保主管部门的相关要求

《打赢蓝天保卫战三年行动计划》（国发〔2018〕22 号）提出：开展工业炉窑治理专项行动，修订完善各类工业炉窑环保标准；加大不达标工业炉窑、中小型煤气发生炉淘汰力度。

《工业炉窑大气污染综合治理方案》（环大气〔2019〕56 号）提出：日用玻璃、玻璃纤维等行业，应参照相关行业已出台的标准，全面加大污染治理力度；重点区域原则上按照颗粒物、SO₂、NO_x 排放限值分别不高于 30 mg/m³、200 mg/m³、300 mg/m³ 实施改造，其中，日用玻璃 NO_x 排放限值不高于 400 mg/m³；已制定更严格地方排放标准的地区，执行地方排放标准。

3.2 行业发展带来的主要环境问题

玻璃行业主要大气污染物为二氧化硫、氮氧化物和颗粒物。据测算，2018 年，玻璃行业二氧化硫排放量 9.83 万吨，氮氧化物排放量 14.44 万吨，颗粒物排放量 2.23 万吨。

玻璃企业在加工和装饰环节的喷漆、淋漆、烘干、烤花、拉丝等工序产生挥发性有机物。制镜行业 VOCs 排放量 0.66 万吨/年；其中，有组织排放量 0.25 万吨/年，无组织排放量 0.41 万吨/年。

3.3 行业清洁生产工艺和污染防治技术的最新进展

工业和信息化部颁布实施了《平板玻璃行业规范条件》（工业和信息化部公告 2014 年第 90 号）《日用玻璃行业规范条件》（工业和信息化部公告 2017 年第 54 号）等玻璃行业的规范条件，提出大气污染物应达标排放，并明确了清洁生产要求。

《玻璃制造业污染防治可行技术指南》（HJ 2305—2018）根据不同燃料，对平板玻璃

工业提出了多种污染防治技术路线，二氧化硫排放水平控制在 100~400 mg/m³，氮氧化物排放水平控制在 300~700 mg/m³。

3.4 现行环保标准存在的主要问题

我国尚未针对玻璃工业制订统一的国家大气污染物排放标准。平板玻璃大气污染物排放管理执行《平板玻璃工业大气污染物排放标准》（GB 26453—2011），电子玻璃大气污染物排放管理执行《电子玻璃工业大气污染物排放标准》（GB 29495—2013）。日用玻璃和玻璃纤维工业大气污染物排放管理执行《工业炉窑大气污染物排放标准》（GB 9078—1996）和《大气污染物综合排放标准》（GB 16297—1996）。现行标准存在以下主要问题：

（1）玻璃熔窑废气脱硝过程中存在氨逃逸，但现行标准中未规定氨的排放控制要求；同时，日用玻璃和玻璃纤维熔窑排放氮氧化物，但 GB 9078—1996 中未规定氮氧化物排放控制要求。

（2）现行标准部分污染物排放限值宽松，不利于促进行业技术进步和污染防治。近些年，除尘脱硫技术已较为成熟，SCR 脱硝技术也在玻璃行业推广，复合陶瓷滤筒除尘脱硝一体化等高效治理技术也逐步得到应用，颗粒物、二氧化硫、氮氧化物的排放水平已显著下降，使得 GB 9078—1996、GB 26453—2011、GB 29495—2013、GB 16297—1996 中的排放限值略显宽松。针对喷漆、烘干等工序的挥发性有机物治理也开展起来。各类污染物排放水平显著下降，现行标准已不能发挥有效约束作用。

（3）国家有关大气污染防治工作中对玻璃等行业提出了加强有组织和无组织排放管控要求，重点地区应执行特别排放限值，但 GB 26453—2011、GB 29495—2013 等标准中未规定有针对性的无组织管控要求和特别排放限值，无法满足现行环境保护管理和执法工作的需要。

因此，有必要整合现有排放标准，制订统一的《玻璃工业大气污染物排放标准》。

4 玻璃行业产排污情况分析

4.1 日用玻璃行业产排污情况

4.1.1 生产工艺

日用玻璃制造包括配合料制备、熔制、成型、退火、表面处理、检验和包装等工序。

(1) 配合料制备：包括原料贮存、称量、混合及配合料的输送。

(2) 熔制：包括硅酸盐形成、玻璃形成、玻璃液澄清、玻璃液均化和玻璃液冷却五个阶段。玻璃熔炉按加热方式分为火焰炉、电熔炉和坩埚炉。其中，火焰炉为主要加热方式，主要为蓄热式马蹄焰池炉，燃料主要为发生炉煤气、天然气等。

(3) 成型：把已熔化好并符合成型要求的玻璃液，通过一定方法转变为具有固定几何形状制品的过程，通常有吹制成型、压制成型、压吹成型、离心浇注等成型方法。

(4) 退火：为了消除玻璃制品中的永久应力，需要对玻璃制品进行退火处理。退火是先把玻璃制品加热，然后按照规定的温度进行保温和冷却。

(5) 表面处理：一般通过在退火炉的热端和冷端涂层的方法对玻璃瓶罐进行表面处理。

(6) 加工和装饰：玻璃器皿制品在完成成型和退火工序后，大多数要进行加工。玻璃器皿制品的加工工序方法复杂而多样化，包括爆口、磨口、抛光、烘口、切割钻孔、钢化等。

装饰分为成型过程的热装饰和加工后的冷装饰。热装饰是把不同颜色的易熔玻璃制成各种图案、颗粒、粉体等，利用成型时的高温作用，把其粘结或喷洒在制品表面。冷装饰是把已完成各种加工后的制品，用低温颜色釉料、玻璃花纸、有机染料等，通过彩绘、印花、贴花、喷花等工艺，使制品达到装饰效果。

4.1.2 大气污染物分析

日用玻璃生产过程产生的大气污染物主要包括以下几类：

(1) 粉尘、烟尘：粉尘主要来源于原料的贮藏、粉碎、筛分、搬运、混合工序中的原料飞散；烟尘主要是原料及燃料在熔窑内燃烧产生的。

(2) SO₂：主要来自燃料中的含硫成分的氧化以及配合料中芒硝分解。

(3) NO_x：主要来源于助燃空气中氮的燃烧，当温度高于 1300℃，氮气与氧气反应生成 NO_x；此外，还有部分来源于配合料中少量硝酸盐的分解及燃料中含氮物质的燃烧。

(4) 氯化氢：来源于含氯原料（如使用氯化钠作澄清剂）或原料中氯化物杂质。

(5) 氟化物：来源于含氟原料（如使用萤石作乳浊剂、助溶剂）以及原料中含氟杂质。

(6) 砷、锑、铅等重金属污染物：主要来源于燃料、碎玻璃以及含砷、锑澄清剂等原辅材料的添加。同时，铅晶质玻璃含铅量较高，按氧化铅的含量，分为全铅晶质玻璃(PbO

含量 30%~35%)、中铅晶质玻璃 (PbO 含量 24%~30%)、低铅晶质玻璃 (PbO 含量 12% 以下)，熔制时 PbO 挥发量可达 10%~12%。

(7) 挥发性有机物：主要来源于喷漆、烘干、烤花等工序。釉料主剂、固化剂等原辅材料的化学成分决定了污染物类型。原辅材料成分主要包括环氧树脂、二甲苯、乙醇等。

日用玻璃熔窑大气污染物生产浓度如表 4-1 所示。

表 4-1 日用玻璃熔窑废气主要成份及产生浓度

单位: mg/m³

熔窑类型	颗粒物	SO ₂	NO _x	氯化氢	氟化物	重金属
热煤气熔窑	~800	800~1500	~2400	5~90	1~20	1~15
石油焦熔窑	~1500	~2000	~2400			
天然气熔窑	~600	60~380	~3500			

电熔炉烟气主要成分为烟尘。采用电熔工艺，热量从配合料下方释放出来，各种配合料组分分解产生的气体会通过配合料层向上逸出。

4.2 平板玻璃行业产排污情况

4.2.1 生产工艺

平板玻璃生产包括浮法和压延法两种。浮法是将玻璃液从池窑连续地流入并漂浮在有还原性气体保护的金属锡液面上，依靠玻璃的表面张力、重力及机械拉引力的综合作用，拉制成不同厚度的玻璃带，经退火、冷却而制成平板玻璃。浮法是平板玻璃制造的主要工艺技术，其生产工艺包括配料、熔化、成型、退火和切裁包装 5 个工序。

压延平板玻璃是采用压延方法制造的一种平板玻璃，从生产工艺上讲，压延工艺与浮法工艺的区别仅仅在于成型这一工艺环节采用的技术不同，浮法工艺采用的是锡槽成型，而压延工艺采用的是压延机成型，其余工艺环节二者均相同。

平板显示玻璃生产工艺分为浮法和溢流法，其中浮法生产工艺与平板玻璃中的浮法生产工艺基本相同。溢流法为熔窑内熔融的玻璃液流入到耐火材料制造的斜槽（溢流砖）内，斜槽流满后，沿着溢流砖两侧流下并合流至尖锥部，由下方的辊子牵引后形成玻璃板的方法。

溢流法生产平板显示玻璃的熔窑吨位小，使用天然气和电作为能源，熔融的玻璃液通过铂金通道流入溢流砖，再用成型辊子牵引形成玻璃板，经退火、切割、清洗生产平板显示玻璃成品。

4.2.2 大气污染物分析

平板玻璃熔化工序颗粒物、二氧化硫和氮氧化物产生浓度范围如下表所示。

表 4-2 平板玻璃熔化工序大气污染物产生浓度

单位：mg/m³

产品种类	燃料类型	颗粒物	SO ₂	NO _x
平板玻璃	天然气	300~400	200~400	3000~4000
	发生炉煤气、焦炉煤气	300~500	600~1500	2500~3000
	重油、煤焦油	500~800	800~3500	1200~2800
平板显示玻璃	天然气（空气燃烧）	100~300	≤400	3000~4000
	天然气（纯氧燃烧）	50~100	≤400	500~700

4.3 玻璃纤维行业产排污情况

4.3.1 生产工艺

生产玻璃纤维常用的方法有两种：池窑法、坩埚法。池窑拉丝工艺是国际主流拉丝工艺。用这种方法生产的玻璃纤维总量约占全球总量的 85%~90%，只有一些特殊的玻璃纤维品种仍使用坩埚法拉丝工艺。

(1) 池窑法。池窑法直接拉丝是将矿物原料磨细配制送入单元窑，用燃料燃烧加热熔化物后直接拉丝。池窑法拉丝工艺又被称为一次成型工艺，主要包括配合料制备、玻璃熔制、纤维成型、浸润剂配制和玻璃纤维制品加工 5 个工序。

目前，我国大型池窑企业均以天然气为原料，采用纯氧燃烧技术。一些天然气匮乏的地区采用煤及重油作为原料。玻璃纤维拉丝过程中漏板拉丝工序消耗部分电能。玻璃纤维工业用玻璃球生产企业的主要燃料仍然是煤气。

(2) 坩埚法。坩埚法拉丝工艺被称为二次成型工艺，先把玻璃配合料经高温熔化制成玻璃球，再将玻璃球通过二次加热至熔化，再高速拉制成一定直径的玻璃纤维原丝。这种生产工艺工序繁多，能耗高、成型工艺不稳定、产品质量不高、劳动生产率低，目前除少量特种玻璃纤维还沿用这种生产工艺外，大规模工业化生产品种已基本淘汰了这种生产工艺。

4.3.2 大气污染物分析

玻璃纤维生产过程产生的大气污染物如下表所示。

表 4-3 玻璃纤维生产过程产生的大气污染物

污染物	产生来源
颗粒物	原料贮存、配料、投料环节；挥发性物质高温挥发后冷凝生成的烟尘；燃料燃烧生成的烟尘
NO _x	氮与氧气反应生成热 NO _x ；原料中硝酸盐热分解产生 NO _x
SO ₂	燃料中含硫成分的氧化；原料中作为澄清剂的芒硝分解产生的硫氧化物
氯化氢	原料、燃料中含有的氯化物杂质；氯化物作澄清剂
氟化物	玻璃纤维原料中的含氟杂质
氨	使用氨水、尿素等含氨物质作为还原剂去除烟气中氮氧化物时产生氨逃逸
VOCs	浸润剂的配制和使用、拉丝等工序

4.4 CRT 显像玻璃产排污情况

由于 CRT 显像玻璃中锥玻璃和管玻璃需加入一定量的铅以吸收 X 射线，通常情况下，彩色电子锥玻璃一般含铅量为 23%左右，管玻璃高达 29%~34%。因此，生产锥玻璃和管玻璃在配料过程中产生铅尘；在熔窑熔解工艺阶段，将排放含铅废气。

4.5 制镜产排污情况

制镜玻璃包括玻璃前处理、化学镀膜、背面刷漆、后处理、检验、包装入库等工序。制镜过程中产生的废气，主要包括：玻璃银镜反应产生的氨气；油漆调制、底漆和面漆淋涂、红外线烘烤干燥工序产生的有机废气，主要含有苯系物、乙醇、乙二醇等。

5 玻璃行业大气污染控制技术分析

5.1 清洁生产技术

通过不断改进玻璃熔窑的设计、优化熔窑运行参数、选用低硫优质燃料、控制配合料质量、采用最佳清洁生产适用技术（如：分段燃烧、低氮燃烧、纯氧燃烧等），降低玻璃熔制过程的能耗，减少熔窑吨玻璃液烟气量，有效降低熔窑吨玻璃液污染物的产生量。

(1) 生产高附加值的高档玻璃产品和特殊品种玻璃产品，采用氮氧化物产生量较小的全电熔窑或全氧燃烧玻璃熔窑。

(2) 玻璃熔窑燃料优先选用天然气等清洁燃料，可降低因燃料燃烧产生的 SO₂，使 SO₂ 初始排放浓度小于 400 mg/m³。

(3) 通过减少芒硝、硝酸盐的加入量，可降低熔化工序 SO₂ 和 NO_x 初始浓度。采用

粉状原料，可减少原料破碎过程产生的颗粒物。平板玻璃在线镀膜工艺选用低氯化物和氟化物含量的原材料，通过优化氯化物和氟化物配比，减少氯化氢和氟化物的产生量。

(4) 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 $500\sim 700\text{ mg/m}^3$ (以基准排气量 $3000\text{ m}^3/\text{t}$ 玻璃液折算)。

(5) 电熔窑技术是指通过电极加热把热量直接输送到熔炉内，具有热效率高、适合于熔制高质量玻璃以及含高挥发物组分的玻璃和极深色玻璃、减少 SO_2 和 NO_x 污染等优点。

5.2 颗粒物治理技术

颗粒物主要产生于原料的储存、称量、输送、混合、投料、熔化等过程。玻璃工业应用较多的是静电除尘器和袋式除尘器。从安全角度考虑，采用发生炉煤气为燃料的企业不采用静电除尘器，而使用袋式除尘器。玻璃行业常用颗粒物治理技术包括袋式除尘技术、滤筒除尘技术、静电除尘技术和湿式电除尘技术等。

5.3 二氧化硫治理技术

玻璃行业常用的湿法脱硫技术包括：

(1) 石灰石/石灰-石膏法。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 $100\sim 150\text{ mg/m}^3$ 。

(2) 钠碱法。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 $100\sim 150\text{ mg/m}^3$ 。

玻璃行业常用的干法（半干法）脱硫技术有：

(1) 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。采用该技术，出口烟气 SO_2 浓度可达到 $300\sim 400\text{ mg/m}^3$ 。

(2) 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。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 $150\sim 400\text{ mg/m}^3$ 。

(3) 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。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 $100\sim 400\text{ mg/m}^3$ 。

5.4 氮氧化物治理技术

5.4.1 低氮燃烧技术

低 NO_x 燃烧技术是通过控制燃烧过程中空气-燃料的化学计量比和温度的变化限制 NO_x 的生成。低氮氧化物燃烧器大致分为以下几类：阶段燃烧器、自身再循环燃烧器、浓淡型燃烧器、分割火焰型燃烧器、混合促进型燃烧器、低 NO_x 预燃室燃烧器。

5.4.2 纯氧燃烧技术

纯氧助燃是燃料燃烧时直接使用氧气助燃，一般含氧量大于 90%。该技术具有节能、降低运行成本、减少 NO_x 和颗粒物排放的优点。采用纯氧助燃工艺时，每吨玻璃的 NO_x 排放量减少 70% 左右，最高可减少 95%，颗粒物排放量可减少 60%~70%。但纯氧助燃投资较大，熔窑对耐火材料的要求高。

5.4.3 末端治理技术

末端治理技术主要的方法有 SCR 和 SNCR 脱硝技术，目前主要应用的是 SCR 技术。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%。

但需要指出的是，钠钙玻璃熔窑的烟气中含有高活性 Na⁺、Ca²⁺ 及具有粘附性的碱性烟尘可使催化剂失活。因此，2010 年欧盟玻璃工业采用最佳适用技术结论中未建议在钠钙玻璃熔窑中采用 SCR 末端治理技术，仅对含碱很少及不含碱的特种玻璃建议采用 SCR 末端治理技术，并要求脱硝前烟尘浓度控制在 10~15 mg/m³ 以下。

5.5 氯化氢和氟化物治理技术

氯化氢和氟化物排放来源于原料中的杂质。通过使用含 NaCl 杂质少的纯碱、减少含氟原料的使用、增加碎玻璃的用量，可减少氯化氢和氟化物的排放量。在平板玻璃镀膜工序，可选用低氯化物和氟化物含量的在线镀膜原材料，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。

通过末端治理来减少氯化氢和氟化物的排放，一般是随着烟气脱硫协同控制的。不论是湿法还是干法、半干法脱硫，均可去除氯化氢和氟化物。

5.6 在线镀膜废气治理技术

在线镀膜废气产生的污染物主要是锡及其化合物（一般为有机化合物）、氯化氢和氟化物。针对锡及其化合物可以采用两种方式处理：一种是低温冷凝法，将锡及其化合物冷凝为固体，将冷凝下的固体提纯再利用；另一种是焚烧法，将锡的有机化合物焚烧为无机物质。对于氯化氢和氟化物一般采用多级碱液喷淋塔，利用碱液将氯化氢和氟化物吸收。所以，目前在线镀膜尾气一般采用焚烧+碱液吸收处理。

5.7 挥发性有机物治理技术

5.7.1 喷漆、淋漆工序挥发性有机物治理技术

喷釉车间喷漆、调漆、烘烤工段可共用 1 套有机废气处理系统。工艺为预处理+活性炭吸附。喷漆废气先通过管道经预处理器过滤漆渣和脱水预处理后，再采用活性炭吸附工艺进行处理，效率 90%左右。

5.7.2 玻璃纤维拉丝和浸润剂配置工序挥发性有机物治理技术

玻璃纤维的生产过程中，拉丝等工序和浸润剂的配置及使用过程中会产生少量挥发性有机物，浓度较低，一般可采用活性炭、活性碳纤维、硅藻土、沸石等作为吸附材料，吸收有机废气。其中，活性炭吸附应用最多，吸附后通过解吸可回收有机溶剂。

5.8 污染防治主要技术路线

针对日用玻璃熔窑大气污染物排放，通常可采用如下技术路线：烟气→余热回收→电除尘（或预除尘，如果使用热煤气尽量不用电除尘）→催化（SCR）脱硝→半干法脱硫→袋式除尘→风机→烟囱排放。

针对平板玻璃熔窑大气污染物排放，通常可采用 HJ 2305—2018 中的技术路线，如表 5-1 所示。

表 5-1 平板玻璃熔化工序烟气污染防治可行技术

编号	预防技术	治理技术	污染物排放水平 (mg/m ³)		
			颗粒物	SO ₂	NO _x
1	清洁燃料（天然气）+ 原料控制（减少芒硝 加入量）	静电除尘+SCR	30~50	200~400	400~600
2		静电除尘+SCR+湿法（石灰石/石灰-石膏法，钠碱法）脱硫+湿式电除尘	10~20	100~150	350~500
3		静电除尘+SCR+半干法（CFB-FGD或NID）脱硫+袋式除尘	20~30	150~200	300~450
4		静电除尘+SCR+半干法（SDA）脱硫+袋式	20~30	200~300	300~450

编号	预防技术	治理技术	污染物排放水平 (mg/m ³)		
			颗粒物	SO ₂	NO _x
	清洁燃料 (天然气) + 原料控制 (减少芒硝加入量)	除尘	20~30	200~300	300~450
5		干法脱硫+复合陶瓷滤筒除尘脱硝一体化技术	10~20	150~200	300~450
6	清洁燃料 (天然气) + 纯氧燃烧+原料控制 (减少芒硝加入量)	袋式除尘	20~40	200~400	500~700
7	采用发生炉煤气或焦炉煤气作为燃料; 原料控制 (减少芒硝加入量)	静电除尘+SCR+湿法 (石灰石/石灰-石膏法, 钠碱法) 脱硫+湿式电除尘	10~20	100~150	300~450
8		静电除尘+SCR+半干法 (CFB-FGD或NID) 脱硫+袋式除尘	20~30	150~250	300~450
9		静电除尘+SCR+半干法 (SDA) 脱硫+袋式除尘	20~30	350~400	300~450
10	采用重油或煤焦油作为燃料; 原料控制 (减少芒硝加入量)	静电除尘+SCR+半干法 (CFB-FGD或NID) 脱硫+袋式除尘	20~30	200~400	400~600

针对玻璃纤维熔窑大气污染物排放, 我国玻璃纤维行业趋向于采用纯氧燃烧技术, 其末端治理技术路线通常可采用: 烟气→袋式除尘→SNCR 脱硝→湿法脱硫→烟囱排放。

6 标准主要技术内容

6.1 标准适用范围

根据《国民经济行业分类》(GB/T 4754—2017), 本标准涵盖的玻璃行业类别包括: C304 玻璃制造、C305 玻璃制品制造、C3061 玻璃纤维及制品制造。

6.2 污染物项目的选择

玻璃熔窑烟气中所含成分很多, 主要有颗粒物、SO₂、NO_x、氯化氢、氟化物、金属元素等。除生产工艺中使用含重金属澄清剂、着色剂, 以及含铅玻璃熔窑产生重金属废气外, 以重油、煤焦油、石油焦为燃料的熔窑会产生少量重金属。我国《排污许可证申请与核发技术规范玻璃工业—平板玻璃》(HJ 856—2017)、《排污单位自行监测技术指南 平板玻璃工业》(HJ 988—2018) 规定: 以重油、煤焦油、石油焦为燃料的平板玻璃工业排污单位监测汞、镉、铬、砷、铅、镍、锌。

对玻璃企业 (燃料为重油) 烟气中重金属进行监测, 如表 6-1 所示。该企业未安装脱硫脱硝设施, 表中重金属为初始排放水平。汞排放浓度较高, 如安装完善的废气治理设施,

通过协同处理可实现达标排放；而铬、镉等重金属排放浓度偏低，远低于部分地方标准规定的排放限值。

表 6-1 玻璃企业（燃料为重油）烟气重金属浓度

单位：mg/m³

	熔窑1		熔窑2		部分地方标准	
	第一次	第二次	第一次	第二次	山东	河南
汞	0.02406	0.02629	0.03238	0.03115	—	0.01
铬	0.06268	0.06207	0.10935	0.11227	1	—
镉	0.00084	0.00075	0.00294	0.00295	0.2	0.8
钒	0.00119	0.00121	0.00098	0.00120	—	—

重金属污染物应从源头进行控制，重油、石油焦用作玻璃行业燃料，应符合燃料质量标准要求。

本标准控制的主要大气污染物项目包括颗粒物、SO₂、NO_x、氯化氢、氟化物、重金属（砷、锑、铅、锡）、氨、非甲烷总烃（NMHC）、TVOC、苯系物、苯。其中：使用砷化合物作为澄清剂的玻璃熔窑监测砷及其化合物；使用锑化合物作为澄清剂的玻璃熔窑监测锑及其化合物；制造铅晶质玻璃制品、CRT 显像玻璃及其他含铅玻璃的玻璃熔窑监测铅及其化合物；在线镀膜尾气处理系统监测锡及其化合物；使用氨水、尿素等含氨物质作为还原剂去除烟气中氮氧化物的玻璃熔窑监测氨；含有喷漆、调漆、烘干、烤花、制镜淋漆、玻璃纤维拉丝等工序的企业监测非甲烷总烃（NMHC）、TVOC、苯系物、苯。电熔窑不对氮氧化物和氨进行控制，监测项目为颗粒物、SO₂、氯化氢、氟化物、砷及其化合物、铅及其化合物、锑及其化合物。

6.3 有组织排放限值确定依据

6.3.1 玻璃熔窑污染物排放限值制订依据

（1）颗粒物

不同类型玻璃熔窑颗粒物产生浓度有一定差异。日用玻璃熔窑颗粒物产生浓度偏高，在 600~800 mg/m³。如采用石油焦，颗粒物产生浓度可达 1500 mg/m³。通过使用清洁燃料（如天然气、灰分含量小于 10%的优质煤生产的热煤气等），可降低颗粒物产生浓度。

玻璃熔窑颗粒物治理可采用袋式除尘技术、静电除尘技术和湿式电除尘技术。采用袋式除尘技术，颗粒物排放浓度可达 10~30 mg/m³。静电除尘技术除尘效率随电场数量增加

而提高，颗粒物排放浓度可达 20 mg/m³ 左右。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，除尘效率通常可达 70%~90%，颗粒物排放浓度可达 20 mg/m³ 左右。

国外熔窑烟尘排放限值如表 6-2 所示。

表 6-2 国外熔窑颗粒物排放限值

单位：mg/m³

污染物	欧盟BAT	奥地利	芬兰	法国	意大利
颗粒物	5~20	50	50	50	80~150 (与熔窑规模有关)

我国平板玻璃熔窑、电子玻璃熔窑分别执行 GB 26453—2011、GB 29495—2013 中的颗粒物限值 50 mg/m³ (含氧量 8%)；日用玻璃熔窑、玻璃纤维熔窑等执行 GB 9078—1996 中的颗粒物限值 200 mg/m³；山东、河北、河南、重庆、天津等地标中颗粒物限值范围 10~52 mg/m³ (折算含氧量 8%)。

对收集到的 2019 年玻璃工业企业在线数据进行分析，结果如表 6-3 所示。

表 6-3 玻璃熔窑颗粒物排放浓度分布情况

单位：mg/m³

玻璃企业类型	颗粒物排放浓度范围		
	>30	20~30	<20
平板玻璃	6.44%	16.95%	76.61%
日用玻璃	18.58%	14.92%	66.50%
玻璃纤维	6.70%	12.86%	80.44%

综合考虑控制技术、排放现状、国内外标准情况，本标准规定：熔窑烟气颗粒物排放限值为 30 mg/m³，重点地区特别排放限值为 20 mg/m³。

(2) 二氧化硫

二氧化硫来源主要有两方面，一是燃料中含硫，因此燃烧产物中有二氧化硫；二是玻璃配合料中芒硝 (Na₂SO₄) 分解形成的二氧化硫。

目前，我国玻璃纤维及制品企业以天然气纯氧助燃为主，其他玻璃熔窑所用燃料主要是发生炉煤气、重油、石油焦粉，少数企业使用天然气，部分小型熔窑开始采用电熔窑。

使用发生炉煤气作为燃料的企业，如果煤的含硫量小于 1%，二氧化硫产生浓度 600~1500 mg/m³，当脱硫效率为 70%时，二氧化硫排放浓度 180~450 mg/m³。对于使用重油作为燃料的企业，当含硫量为 2%时，二氧化硫产生浓度 2200~2800 mg/m³，当脱硫效率

为 70%时，二氧化硫排放浓度 660~840 mg/m³；当脱硫效率达到 80%时，二氧化硫排放浓度 440~560 mg/m³。使用天然气作为燃料的企业，二氧化硫产生浓度一般小于 400 mg/m³。

不同技术可实现的二氧化硫排放浓度如表 6-4 所示。

表 6-4 不同技术可实现的二氧化硫排放浓度

单位：mg/m³

序号	技术名称		排放浓度
1	旋转喷雾干燥脱硫技术（SDA技术）		300~400
2	干法（半干法）脱硫技术	烟气循环流化床脱硫技术（CFB-FGD技术）	150~400
3		新型脱硫除尘一体化技术（NID技术）	100~400
4		石灰石/石灰-石膏法	100~150
5	湿法脱硫技术		100~150
		钠碱法	100~150

国外玻璃熔窑二氧化硫排放限值如表 6-5 所示。

表 6-5 国外玻璃熔窑 SO₂ 排放限值

单位：mg/m³

污染物	欧盟BAT		奥地利	法国	意大利
SO ₂	天然气	200~300	500	200~300	1800
	重油	<1000		<1000	

我国平板玻璃熔窑、电子玻璃熔窑分别执行 GB 26453—2011、GB 29495—2013 中的 SO₂ 限值 400 mg/m³（含氧量 8%）；日用玻璃熔窑、玻璃纤维熔窑等执行 GB 9078—1996 中的 SO₂ 限值 850 mg/m³；山东、河北、河南、重庆、天津等地标中 SO₂ 限值范围 50~419 mg/m³（折算含氧量 8%）。

对收集到的 2019 年玻璃工业企业在线数据进行分析，结果如表 6-6 所示。

表 6-6 玻璃熔窑 SO₂ 排放浓度分布情况

单位：mg/m³

玻璃企业类型	SO ₂ 排放浓度范围		
	>200	100~200	<100
平板玻璃	22.20%	18.76%	59.04%
日用玻璃	22.99%	15.74%	61.27%
玻璃纤维	9.20%	15.65%	75.15%

综合考虑控制技术、排放现状、国内外标准情况，本标准规定：熔窑烟气 SO₂ 排放限

值为 200 mg/m³，重点地区特别排放限值为 100 mg/m³。

(3) 氮氧化物

氮氧化物主要来源：原料中硝酸盐分解；燃料中含氮物质燃烧；燃烧空气中的 N₂ 与 O₂ 在高温下剧烈反应生成的热 NO_x，玻璃熔炉一般都是在高温下运行，热 NO_x 占大部分。

使用发生炉煤气、焦炉煤气作为燃料的企业，NO_x 产生浓度 2500~3000 mg/m³；使用天然气作为燃料的企业，NO_x 产生浓度 3000~4000 mg/m³；使用重油、煤焦油作为燃料的企业，NO_x 产生浓度 1200~2800 mg/m³；天然气纯氧燃烧 NO_x 产生浓度低。

目前，我国玻璃纤维及制品企业以天然气纯氧助燃为主，采用 SNCR 脱硝；其他玻璃熔窑所用燃料主要是发生炉煤气、重油、石油焦粉，少数企业使用天然气，采用 SCR 脱硝。

欧盟玻璃工业采用最佳适用技术（BAT）（2010 年），NO_x 排放水平如表 6-7 所示。

表 6-7 欧盟采用 BAT 最佳可行技术后 NO_x 排放水平

污染物	BAT	排放水平	
		mg/m ³	kg/t 玻璃液
NO _x	燃烧改进	<500~1000	<1.25~2.5
	全电熔	<100	<0.3
	全氧燃烧	不采用	<0.5~1.5

欧盟玻璃纤维工业 NO_x 排放水平如表 6-8 所示。

表 6-8 欧盟玻璃纤维 NO_x 排放浓度要求

燃烧方式	经一次处理，mg/m ³ （千克/吨熔化玻璃）
空气助燃	600~1600（0.5~8.0）
纯氧助燃	（0.3~1.9）

其他国家氮氧化物排放标准如表 6-9 所示。

表 6-9 其他国家氮氧化物排放限值

单位：mg/m³

污染物	奥地利	芬兰	法国	意大利	
NO _x	500~1500	2.5~4 kg/t	<500~1000 (法国2013年执行欧盟BAT)	天然气	1400~3500
				重油	1200~3000

我国平板玻璃熔窑、电子玻璃熔窑分别执行 GB 26453—2011、GB 29495—2013 中的 NO_x 限值 700 mg/m³（含氧量 8%）；日用玻璃熔窑、玻璃纤维熔窑等执行 GB 9078—1996，

未规定 NO_x 限值；山东、河北、河南、重庆、天津等地标中 NO_x 限值范围 200~700 mg/m³（折算含氧量 8%）。

对收集到的 2019 年玻璃工业企业在线数据进行分析，结果如表 6-10 所示。

表 6-10 玻璃熔窑 NO_x 排放浓度分布情况

单位：mg/m³

玻璃企业类型	NO _x 排放浓度范围			
	>500	400~500	300~400	<300
平板玻璃	23.48%		15.87%	60.65%
玻璃纤维	6.28%		10.10%	83.62%
日用玻璃	19.24%	6.54%	74.22%	

综合考虑控制技术、排放现状、国内外标准情况，本标准规定：平板玻璃和玻璃纤维熔窑 NO_x 排放限值为 400 mg/m³，日用玻璃熔窑 NO_x 排放限值为 500 mg/m³；重点地区平板玻璃和玻璃纤维熔窑 NO_x 特别排放限值为 300 mg/m³，日用玻璃熔窑 NO_x 特别排放限值为 400 mg/m³。电熔窑不监测 NO_x。

（4）氯化氢和氟化物

氯化氢和氟化物的排放主要来源于原料中含有的氯化物和氟化物杂质。氯化氢和氟化物的削减可采用原料选择、改进熔炉燃烧方式等措施，也可通过烟气脱硫过程协同去除氯化氢和氟化物。如采用氢氧化钠湿法脱硫，氯化氢的去除率可达 90% 以上；氟化氢与氢氧化钙反应能生成难溶于水的氟化钙，氟化物去除效率达 95% 以上。

国内外玻璃行业相关排放标准如表 6-11 和表 6-12 所示。

表 6-11 国外玻璃行业氯化氢和氟化物排放标准

单位：mg/m³

污染物	欧盟BAT	意大利	奥地利
氯化氢	10~30	30	30
氟化物	1~5	5	5

表 6-12 国内类似行业氯化氢和氟化物排放标准

单位：mg/m³

污染物种类	氯化氢	氟化物（以总F计）
工业炉窑，GB 9078—1996，新建企业，二级	—	6
电子玻璃，GB 29495—2013，新建企业，O ₂ 含量8%	30	5

污染物种类	氯化氢	氟化物（以总F计）
平板玻璃，GB 26453—2011，新建企业，O ₂ 含量8%	30	5
河北地标，DB 13/1640—2012，新建企业	—	6
山东地标，DB 37/2373—2018，现有企业，O ₂ 含量12%，纯氧燃烧15%	30	5

本标准规定：氯化氢排放限值为 30 mg/m³，氟化物排放限值为 5 mg/m³。

（5）重金属

玻璃熔窑的重金属主要来源于燃料、碎玻璃以及澄清剂等原辅材料的添加。如澄清剂白砷（三氧化二砷）的用量一般为配合料量的 0.2~0.6%；钠钙硅酸盐玻璃中用 0.2%的氧化锑作澄清剂。虽然《日用玻璃行业规范条件》提出禁止使用白砷、三氧化二锑、含铅、含镉及其他有害原辅材料，但目前仍有少数企业使用含重金属的原辅材料。

部分熔窑烟气重金属检测结果如下：铅 0.023~0.093 mg/m³；砷 0.045~0.099 mg/m³。企业应从源头削减重金属的排放量，如采用无砷复合澄清剂。复合澄清剂使用量一般为配合料的 0.4~0.6%，已广泛应用于瓶罐玻璃、药用玻璃、微晶玻璃、电子玻璃等行业。

国内外玻璃行业规定了重金属排放限值，如表 6-13 和 6-14 所示。

表 6-13 德国《空气质量管理条例》（TA Luft 2002）重金属排放限值

单位：mg/m³

污染物	排放限值
砷及其化合物（As）	0.7
铅及其化合物（Pb）	0.5/0.8（使用碎玻璃的日用玻璃熔窑）
锑及其化合物（Sb）	1

表 6-14 国内类似行业重金属排放标准

单位：mg/m³

污染物种类	铅及其化合物	砷及其化合物	锑及其化合物
工业炉窑，GB 9078—1996，新建企业，二级	0.1	—	—
电子玻璃，GB 29495—2013，新建企业，O ₂ 含量8%	0.7	0.5	5
河北地标，DB 13/1640—2012，新建企业	0.1	—	—
山东地标，DB 37/2373—2018，现有企业，O ₂ 含量12%，纯氧燃烧15%	0.5	0.5	1

本标准规定：铅及其化合物排放限值为 0.5 mg/m³；砷及其化合物排放限值为 0.5 mg/m³；锑及其化合物排放限值为 1 mg/m³。

(6) 氨

过量的氨逃逸后和烟气中的 SO_3 发生反应生成硫酸氢铵，导致空气预热器堵塞、除尘效率下降、催化剂受损等一系列问题，严重时还会影响整个废气治理系统的运行，降低系统经济性和安全性。国内相关行业排放标准如表 6-15 所示。

表 6-15 国内相关行业氨排放标准

单位： mg/m^3

标准名称	氨排放限值	
《水泥工业大气污染物排放标准》（GB 4915—2013）	10/8（特排限值）	
山东省《建材工业大气污染物排放标准》（DB 37/2373—2018）	8	
福建省《水泥工业大气污染排放标准》（DB 35/1311—2013）	8（第II时段）	
北京市《水泥工业大气污染物排放标准》（DB 11/1054—2013）	5（第II时段）	
重庆市《水泥工业大气污染物排放标准》（DB 50/656—2016）	8（主城区）、10（其他区域）	
河北省《平板玻璃工业大气污染物超低排放标准》（DB 13/2168—2020）	8	
《火电厂污染防治可行技术指南》（HJ 2301—2017）	SCR脱硝技术	2.5
	SNCR脱硝技术	8
	SNCR-SCR联合脱硝技术	3.8

对典型企业不同时间段废气排放情况进行监测，在 NO_x 达标排放的情况下，氨的排放浓度不稳定，是受到脱硝催化剂活性、流场均匀性和喷氨系统的控制水平等因素的影响，造成氨的排放浓度与 NO_x 的排放浓度没有呈现出相关关系。某企业不同监测时段， NO_x 的排放浓度范围分别为 $106.05\sim 146.29 \text{ mg}/\text{m}^3$ 和 $108.19\sim 139.91 \text{ mg}/\text{m}^3$ ，平均值分别为 $126.45 \text{ mg}/\text{m}^3$ 和 $120.50 \text{ mg}/\text{m}^3$ ，基本维持在同一水平；但相应时段的氨排放浓度均值却分别为 $5.22 \text{ mg}/\text{m}^3$ 和 $38.06 \text{ mg}/\text{m}^3$ ，波动较大。

在保证 NO_x 稳定达标的前提下，企业通过加强管理，保证脱硝催化剂的活性、流场的均匀性和喷氨系统的稳定控制，氨的排放浓度可以控制在 $8 \text{ mg}/\text{m}^3$ 以下。本标准规定，氨的排放限值为 $8 \text{ mg}/\text{m}^3$ 。

(7) 基准含氧量

根据玻璃熔窑实际运行情况，参考我国国家和地方排放标准，制订基准含氧量。调研结果显示：平板玻璃熔窑含氧量平均值为 11.84%；日用玻璃熔窑含氧量平均值为 11.76%；玻璃纤维熔窑以纯氧燃烧为主，含氧量平均值为 18.83%。

国内相关行业排放标准如表 6-16 所示。

表 6-16 国内相关行业排放标准中基准含氧量

标准名称	含氧量 (%)
《平板玻璃工业大气污染物排放标准》(GB 26453—2011);《电子玻璃工业大气污染物排放标准》(GB 29495—2013);重庆市《工业炉窑大气污染物排放标准》(DB 50/659—2016)(工业玻璃熔炉)	8
天津市《工业炉窑大气污染物排放标准》(DB 12/556—2015)(其他工业炉窑);河北省《工业炉窑大气污染物排放标准》(DB 13/1640—2012)(其他工业炉窑)	8.6(过量空气系数1.7)
河南省《工业炉窑大气污染物排放标准》(DB 41/1066—2015);上海市《工业炉窑大气污染物排放标准》(DB 31/860—2014)	9
山东省《建材工业大气污染物排放标准》(DB 37/2373—2018)	12(日用玻璃纯氧燃烧为15)

本标准规定：玻璃熔炉基准含氧量为 8%。

采用纯氧燃烧技术，实测废气含氧量 15%~20%，波动大。采用纯氧燃烧的企业，按基准排气量折算基准排放浓度，不使用含氧量折算。《平板玻璃工业大气污染物排放标准》(GB 26453—2011)、《排污许可证申请与核发技术规范玻璃工业—平板玻璃》(HJ 856—2017)、《平板玻璃工业大气污染物超低排放标准》(DB 13/2168—2020)、《建材工业大气污染物排放标准》(DB 37/2373—2018)规定：平板玻璃基准排气量(纯氧燃烧)为 3000 m³/t 玻璃液。

不同日用玻璃制品能耗不同，废气排放量有所差异。其中，硼硅玻璃器皿能耗较高，根据《玻璃器皿单位产品能源消耗限额》(QB/T 5362—2019)的规定，硼硅玻璃器皿(天然气)单位玻璃液熔化能耗限额(准入值)≤500 kg 标煤/t，基准废气排放量为 4500 m³/t 玻璃液。

本标准规定，不同玻璃及制品基准排气量按表 6-17 规定执行。

表 6-17 烟气基准排气量

序号	产品类型	基准排气量, m ³ /t玻璃液
1	硼硅玻璃	4500
2	其他玻璃及制品	3000

6.3.2 原料配料系统污染物排放限值制订依据

(1) 颗粒物

颗粒物主要产生于物料的破碎、筛分等过程。配料车间一般采用密闭通风法进行颗粒物治理，即把原料加工处理、配合料的称量、混合以及输送设备封闭起来，各个设备用管

道组成一个或几个抽风系统，通过抽风机将含尘空气送到除尘器，经处理后达标排放。玻璃企业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治理，颗粒物排放浓度均可以控制在 10~30 mg/m³ 以下。本标准规定：颗粒物排放限值为 30 mg/m³，特别排放限值为 20 mg/m³。

(2) 铅及其化合物

对于 CRT 显像玻璃（锥玻璃、管玻璃）配料，由于存在含铅原料，因此本标准规定了铅及其化合物排放限值。一般含铅配料为 PbO 或 PbSiO₃，采用布袋除尘技术，运行良好的情况下，铅尘的排放浓度可小于 3 mg/m³。本标准规定：铅及其化合物排放限值为 3 mg/m³。

6.3.3 镀膜尾气处理系统污染物排放限值制订依据

在线镀膜化学品经过气化在携载气体携载下，经过混合进入到镀机，并均匀地喷射到锡槽 650℃左右的玻璃板上，形成成分为氧化锡/氧化硅膜层的遮盖层及成分为掺氟氧化锡的功能层。期间产生的废气经镀机两侧的排废系统进入排废管路。产生的废气含有乙烯、硅烷、HCl、氟化物、含锡颗粒物、单丁基三氯化锡等物质。

在线镀膜尾气中的 HCl、氟化物通过碱液吸收被有效去除，HCl 排放浓度小于 30 mg/m³，氟化物小于 5 mg/m³。颗粒物通过布袋除尘技术等，排放浓度控制在 10~30 mg/m³ 以下。

本标准制定锡及其化合物、HCl、氟化物的限值沿用《平板玻璃工业大气污染物排放标准》（GB 26453—2011）的限值，即在线镀膜尾气处理系统锡及其化合物排放限值 5 mg/m³，HCl 排放限值 30 mg/m³，氟化物排放限值 5 mg/m³，颗粒物排放限值 30 mg/m³。

6.3.4 挥发性有机物排放限值制订依据

挥发性有机物主要来源于装饰环节的喷漆、烘干、烤花等工序。苯系物产生浓度 20~50 mg/m³，VOCs 产生浓度 100~300 mg/m³。调漆、喷漆、烘烤工段可共用 1 套有机废气处理系统；烤花工段设有 1 套有机废气处理系统。常用废气处理技术为活性炭吸附工艺或组合处理工艺等。国家和地方部分污染物排放标准中挥发性有机物排放限值如表 6-18 所示。

表 6-18 挥发性有机物排放限值

单位：mg/m³

序号	标准名称	非甲烷总烃	TVOC	苯系物	苯
1	《大气污染物综合排放标准》（GB 16297—1996）	120	—	甲苯 40/二甲苯 70	12

序号	标准名称	非甲烷总烃	TVOC	苯系物	苯
2	《涂料、油墨及胶粘剂工业大气污染物排放标准》（GB 37824—2019）	100	120	60	1
3	河北省《工业企业挥发性有机物排放控制标准》（DB 13/2322—2016）	60	—	甲苯与二甲苯合计 20	1
4	山东省《挥发性有机物排放标准第5部分：表面涂装行业》（DB 37/2801.5—2018）	—	70	甲苯 5/二甲苯 15	0.5
5	四川省《固定污染源大气挥发性有机物排放标准》（DB 51/2377—2017）	—	60	甲苯 5/二甲苯 15	1

本标准规定：NMHC 排放限值为 80 mg/m^3 ，TVOC 排放限值为 100 mg/m^3 ，苯系物排放限值为 40 mg/m^3 ，苯排放限值为 1 mg/m^3 。重点地区 NMHC 特排限值为 60 mg/m^3 ，TVOC 特排限值为 80 mg/m^3 ，苯系物特排限值为 20 mg/m^3 。

6.4 无组织排放控制要求制订依据

本标准从物料储存、卸料、输送、配料、厂区道路硬化、绿化等方面提出颗粒物无组织排放控制措施。

本标准从 VOCs 物料的储存、转移和运输，工艺过程 VOCs 无组织排放控制，VOCs 无组织排放废气收集处理系统以及煤气发生炉等四个方面提出 VOCs 无组织排放控制措施。明确了涂料、树脂、固化剂、稀释剂、清洗剂、浸润剂等 VOCs 物料贮存要求和相关工序的作业场所、废气收集和处理要求。

本标准提出企业厂区内 VOCs 无组织排放监控要求，地方生态环境主管部门可根据当地环境保护需要，对厂区内 VOCs 无组织排放状况进行监控，具体实施方式由各地自行确定。厂区内 VOCs 无组织排放监控要求如表 6-19 所示。

表 6-19 厂区内 VOCs 无组织排放限值

单位： mg/m^3

污染物项目	排放限值	特别排放限值	限值含义	无组织排放监控位置
NMHC	5	3	监控点处 1 小时平均浓度值	在涉 VOCs 物料加工工序厂房外设置监控点
	15	10	监控点处任意一次浓度值	

6.5 企业边界及周边污染监控要求制订依据

《中华人民共和国大气污染防治法》提出：排放有毒有害大气污染物的企业事业单位，应当按照国家有关规定建设环境风险预警体系，对排放口和周边环境进行定期监测。结合

玻璃行业大气污染物排放特征，参考 GB 16297—1996 厂界要求，制订铅、砷、苯的企业边界污染监控要求。企业边界大气污染物浓度限值如表 6-20 所示。

表 6-20 企业边界大气污染物浓度限值

单位：mg/m³

序号	污染物项目	适用条件	浓度限值
1	砷及其化合物	使用砷化合物作为澄清剂	0.003
2	铅及其化合物	铅晶质玻璃制品，CRT 锥玻璃、管玻璃及其他含铅玻璃	0.006
3	苯	含有调漆、喷漆、烘干、烤花、拉丝等工序的玻璃企业	0.4

7 实施本标准的环境效益及经济技术分析

7.1 实施本标准的环境（减排）效益

根据国家和地方要求，北京、天津、河北、山东、河南、山西、四川、浙江、湖北、江苏、重庆、内蒙古、陕西、安徽等地区的玻璃企业应执行特别排放限值。上述地区平板玻璃产量占全国总产量的 66.87%，玻璃制品产量占全国总产量的 73.48%，玻璃纤维产量占全国总产量的 84.19%。实施本标准的环境效益如表 7-1 所示。

表 7-1 实施本标准的环境（减排）效益

单位：万吨

		颗粒物	二氧化硫	氮氧化物	VOCs
现状		2.23	9.83	14.44	0.66
实施本标准	一般地区	0.19	1.25	2.68	0.10
	重点地区	0.29	1.47	4.88	0.25
	合计	0.48	2.72	7.56	0.35
削减量		1.75	7.11	6.88	0.31
削减率		78.44%	72.35%	47.66%	46.97

7.2 实施标准的经济分析

实施本标准，平板玻璃、日用玻璃、玻璃纤维行业达到排放限值的企业比例为78%，重点地区达到特别排放限值的企业比例为65%。一般地区超标企业采取余热回收（预热锅炉或发电）+除尘（布袋或静电除尘）+脱硫（半干法、干法或湿法脱硫）+脱硝（SCR或SNCR）技术路线；重点地区超标企业在上述技术的基础上采用高效滤料、加装喷淋层、加装催化剂、调整喷氨量等技术和措施。实施本标准，玻璃行业需环保投资75亿元，其中

重点地区53亿元。运行成本51.64亿元/年，其中重点地区运行成本39.12亿元/年。