

重庆市生态环境局环保科技项目

编号：环科字 2022 第 (……) 号

# 《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

2022年9月

# 目 录

1. 项目背景 .....	1
1.1 任务来源 .....	1
1.2 工作过程 .....	2
1.2.1 立项过程 .....	2
1.2.2 编制过程 .....	2
1.2.3 川渝标准协同推进进程 .....	3
2. 行业概况 .....	5
2.1 我市行业发展概况 .....	5
2.2 行业在其他地区发展概况 .....	7
3. 标准制定的必要性和意义 .....	10
3.1 污染物减排的需求 .....	10
3.2 现行环保标准存在的主要问题 .....	10
4. 行业产排污情况及污染控制技术分析 .....	12
4.1 行业主要生产工艺及产排污分析 .....	12
4.2 污染物产排污情况 .....	18
4.3 污染防治技术分析 .....	21
4.3.1 清洁生产技术 .....	21
4.3.2 颗粒物治理技术 .....	21
4.3.3 二氧化硫废气治理技术 .....	22
4.3.4 氮氧化物治理技术 .....	22
4.3.5 氯化氢和氟化物治理技术 .....	23
4.3.6 挥发性有机物治理技术 .....	23
4.4 污染排放情况 .....	23
5. 国内外相关标准制定情况 .....	26
5.1 国外标准 .....	26
5.2 国内标准 .....	28
5.2.1 国家标准 .....	28
5.2.2 其他省市标准 .....	32
5.3 标准对比 .....	35

6. 标准制定的原则和依据 .....	40
6.1 标准制定的原则 .....	40
6.2 标准制定的依据 .....	40
7. 标准主要技术内容与确定依据 .....	41
7.1 标准适用范围 .....	41
7.2 标准结构框架 .....	41
7.3 术语与定义 .....	41
7.4 污染项目的选择和执行时间 .....	42
7.5 有组织排放限值的确定与依据 .....	42
7.5.1 基准氧含量和基准废气量的确定 .....	43
7.5.2 玻璃熔窑系统排放限值 .....	45
7.6 无组织排放限值的确定与依据 .....	55
7.8 监测要求 .....	57
7.9 达标判定 .....	59
8. 实施本标准的成本效益分析 .....	60
8.1 实施本标准的环境效益 .....	60
8.2 实施本标准的技术可行性分析 .....	60
8.3 实施本标准的经济成本分析 .....	61

## 1. 项目背景

### 1.1 任务来源

玻璃属于硅酸盐类非金属材料，主要成分是二氧化硅，在熔融时形成连续无规则网状结构，无固定熔点的特性可以使它可用吹、拉、压等多种方法成型。玻璃工业是我国国民经济发展的重要基础原材料工业，用途广泛，包括建筑玻璃、汽车玻璃、医药玻璃、日用玻璃、电子玻璃、玻璃纤维，新兴发展的还包括光伏玻璃等，覆盖面广，产业链较长。

玻璃工业也是大气环境污染的重要来源之一。按照清单统计数据，玻璃行业颗粒物排放总量约为 229.2 吨、二氧化硫放总量约 1267.1 吨吨、氮氧化物放总量约 3687.6 吨、挥发性有机物总量约 23.5 吨，是工业领域第六大排放源，且玻璃行业 93.8% 以上的企业集中在人口聚集的主城都市区，单位面积排放强度大，对空气质量有较重要的贡献。

国家《“十四五”生态环境保护规划》征求意见稿明确提出“研究开展焦化、水泥行业超低排放改造，推进玻璃、陶瓷、铸造、有色等行业污染深度治理”，广东省、河南省、山东省、河北省、天津市等国内其他省市也相继发布了本地区的玻璃工业大气污染物排放标准，河北省还发布了平板玻璃工业超低排放标准。《重庆市生态环境保护“十四五”规划》也明确提出要“推进水泥、陶瓷、玻璃等重点行业氮氧化物深度治理”。目前，我市平板玻璃执行《平板玻璃工业大气污染物排放标准》（GB26453-2011），电子玻璃执行《电子玻璃工业大气污染物排放标准》（GB29495-2013），其他玻璃执行《工业炉窑大气污染物排放标准》（DB 50/659-2016）标准。在这些标准中，一是《工业炉窑大气污染物排放标准》中主城区、其他区域的执行范围划定方式已不符合现有大气环境质量管理及改善的形势要求，目前我市空气质量重点管控区域的范围已扩大至 29 个区；二是《工业炉窑大气污染物排放标准》（DB 50/659-2016）是面向工业炉窑的通用标准，未根据玻璃各个工序的排污特征进行针对性分类限定，控制污染因子只考虑二氧化硫、氮氧化物和颗粒物，缺少针对行业可能产生的氟化物、氯化氢、重金属等指标的考虑，未考虑脱硝过程中的氨逃逸问题和喷漆、烘干等工序的 VOCs 管控问题，对行业无组织排放等缺少管理措施的要求，指标不完善。四是国家对我市空气质量改善的要求高，对优良天数比例的要求已高于 92%，高于全国平均要求，管控进入深水区，经地方标准执行评估研究，目前执行的标准限值相对宽松，难以满足进一步深度管控的需求，需要制定更加严格的地方排放标准，以加强玻

璃行业的污染物控制，确保空气质量环境保护目标的实现。四是在节能减污做了大量的工作，在“双碳”目标牵引下进一步深化减污降碳协同管理，逐步实现绿色化发展是玻璃行业发展的内在需求，近年来，玻璃行业生产工艺随着天然气在行业使用的普及、纯氧助燃、电熔炉等技术的应用得到了提升，从源头上可实现污染物的减量，很多企业采用了SCR脱硝、复合陶瓷滤筒除尘脱硝一体化等高效治理技术，为体现发展需求，促进行业发展的公平性，需制定行业标准进行引导。

为进一步改善大气环境质量，促进玻璃行业高质量发展，完善我市工业大气污染物地方标准体系，推进成渝标准一体化工作开展，重庆市生态环境局于2021年9月提出制订《玻璃工业大气污染物排放标准》的需求并于12月正式立项，要求统筹成渝两地开展标准制定工作，重庆市生态环境科学研究院负责承担《重庆市玻璃工业大气污染物排放标准》的编制任务。

## 1.2 工作过程

### 1.2.1 立项过程

重庆市《玻璃工业大气污染物排放标准》编制由重庆市生态环境局负责组织实施，由重庆市生态环境科学研究院负责起草。

2021年9月1日，接受编制研究任务后，重庆市生态环境科学研究院立即抽调相关技术骨干组成编制组。

2021年9月15日，编制组接受任务后召开会议探讨编制任务，制定编制方案。

2021年11月30日，提交开题报告，起草标准框架和编制说明初稿（见附件1）。

2021年12月6日：提交立项函，完成标准立项。

### 1.2.2 编制过程

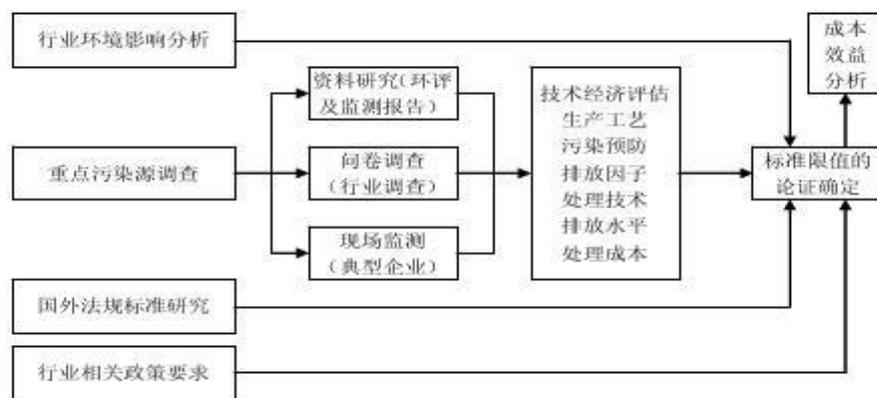


图 1-1 标准编制工作内容

1. 2021年9月-2021年11月，梳理分析国家、各地方现行玻璃行业排放标准，重点关注美国、欧盟等国家和国内优先制订玻璃行业地方标准的城市，与重庆市现执行标准之间的差异。

2. 2021年11月-2021年12月，收集全市玻璃企业名单以及基本数据，核算玻璃企业污染物排放量，收集基础资料分析玻璃行业生产工艺及产污环节，重点关注烟气排放、污染区域分布及治理技术现状。

3. 2022年1月-2022年6月，根据产品类型、产能规模分布，选取平板玻璃、日用玻璃、玻璃纤维、药品包装、光伏玻璃等行业，对万盛浮法玻璃、昊晟玻璃、国际复合、正川玻璃、武竣玻璃等10余家代表性企业，开展实地调研。收集分析百余份历史监测数据和4家企业在线监测数据，分析污染物浓度分布。

4. 2022年5月，在市生态环境局大气处、科标处的组织下，与四川省生态环境局及省环科院座谈，讨论标准统一的相关问题。

5. 2022年6月，对全市3条平板玻璃生产线、1条日用玻璃、1条玻璃纤维生产线开展补充监测。

6. 2022年5-7月，与玻璃行业协会、玻璃企业进行两次座谈，发放调查问卷，收集排放数据、经济成本可行性等数据以及对标准的意见建议。

7. 2022年6-8月，凝练数据，掌握重庆市玻璃工业大气污染物控制水平、排放现状，编制重庆市玻璃工业大气污染物排放标准文本及编制说明(初稿)。

8. 2022年8-9月，就重庆市玻璃工业大气污染物排放标准文本及编制说明(初稿)和大气处、四川省环保厅大气处进行多次讨论、修改，征求意见。

### 1.2.3 川渝标准协同推进进程

为切实推动落实双城经济圈发展要求，推动川渝标准一体化进程，根据双城经济圈相关工作要求，重庆市生态环境局和四川省生态环境厅就玻璃工业大气污染物排放的一体化推进达成了共识。

四川因对玻璃行业氮氧化物排放无相应标准可进行管控，迫切性更强，早在2019年1月就启动了标准制定研究工作，且2022年初基本形成了征求意见稿。

在本标准编制过程中，我市编制组同步跟踪了四川玻璃工业排放标准的制定工作，和对方编制组充分沟通了两地在玻璃工业的特点和废气管理中存在的问题，对制定标准的相关基础数据和依据也进行了充分的交流。

2022年5月，在市生态环境局大气处、科标处的组织下，与四川省生态环境局及省环科院进行了线上座谈，四川介绍了其标准编制情况，双方就成渝标准一体化的形式、统一的内容初步达成了一致。会议后，编制单位根据会议精神，结合重庆市基本情况和管控需求，编制了重庆市玻璃工业大气污染物排放标准文本及编制说明（征求意见稿）。编制单位征求了四川省编制单位的初步意见，并多次就标准和大气处进行了讨论、修改，形成了征求意见稿。9月，市生态环境局大气处、科标处组织与四川省生态环境局及省环科院再次进行了线上座谈，就不一致的内容和条款进行了深入讨论，基本取得一致，力争形成标准主体（执行时间、管控指标、限值、管理要求）基本一致，仅对部分具有个性的内容进行各自的阐述（如控制区、其他区的定义，周边建筑物的定义等）。双方编制单位共同就会议精神修改后形成正式征求意见稿，书面征求社会及对方省市各项意见，力争完成流程后同步进行发布。

## 2. 行业概况

根据《国民经济行业分类》（GB/T 4754—2017），玻璃行业类别主要包括：C304 玻璃制造、C305 玻璃制品制造、C306 玻璃纤维及制品制造。

**日用玻璃：**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。日用玻璃工业具有天然矿物资源消耗大、能耗高、生产过程中有污染，企业规模小、数量多、产业集中度低等基本特征。日用玻璃中的药玻材企业部分也纳入玻璃类药用辅料及包装材料制造（2780）行业进行分类。

**平板玻璃：**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，按厚度分为 2mm~19mm。国内平板玻璃企业主要生产 2mm~19mm 的建筑、汽车用平板玻璃。由于优质平板玻璃的生产条件和技术要求较高，国内优质平板玻璃产量占比平板玻璃总产量不高，优质平板玻璃主要用于汽车风挡玻璃；国内大部分企业生产 3mm~12mm 的普通平板玻璃，用于建筑行业。近年来，平板玻璃行业产能增量逐年减少，特别是 2018 年工信部和国家发改委联合印发《关于严肃产能置换严禁水泥平板玻璃行业新增产能的通知》（工信厅联原〔2018〕57 号）以后，产能增长放缓态势更为明显。

**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。玻璃纤维用途较多，风机扇片、纤维布等。

### 2.1 我市行业发展概况

2020 年重庆市玻璃企业共 553 家，其中属于玻璃全流程生产型企业有 76 家，以 76 家生产型企业为对象，根据《国民经济行业分类》（GB/T 4754-2017）进行分类，玻璃企业行业分布见表 2.1-1。日用玻璃制品制造、玻璃包装容器制造、其他玻璃制品制造企业数量排名全市前三，企业总数量占全市 77.6%。从行业产能来看，全市玻璃生产型企业产量 205.3 万吨，是四川省统计玻璃产量的 27.0%，其中玻璃纤维及制品制造、平板玻璃制造、日用玻璃制品制造产量位居全市前三，产量之和为 172.8 万吨，占全市总产量 84.2%。

表 2.1-1 重庆市玻璃行业分布情况

行业代码		类别名称	企业个数	产量（万 t/a）
304	3041	平板玻璃制造	5	59.5
	3042	特种玻璃制造	2	2.5
	3049	其他玻璃制造	1	0.0001
305	3051	技术玻璃制品制造	1	0.0002
	3052	光学玻璃制造	1	0.003
	3054	日用玻璃制品制造	29	38.5
	3055	玻璃包装容器制造	18	27.2
	3056	玻璃保温容器制造	1	0.0015
	3059	其他玻璃制品制造	12	2.7
306	3061	玻璃纤维及制品制造	6	74.9
合计			76	205.3

玻璃企业区域分布见表 2.1-2 和表 2.1-3，可以看出主要分布在合川区、北碚区、荣昌区、沙坪坝区和垫江县，其中，合川区玻璃生产企业最多，有 21 家，占全市企业数量的 27.6%，北碚次之，企业数量 11 家，占比 14.5%。从产量分布来看，永川区、合川区和长寿区产量位居全市前三，其产量之和占全市 51.6%。从区域分布来看，玻璃企业主要分布在主城新区和中心城区，两区域玻璃产量之和占全市总产量的 93.7%。

表 2.1-2 重庆市玻璃企业产量分布情况

序号	区县	企业数量	产量（万 t/a）
1	大渡口区	1	32.4
2	沙坪坝区	5	0.4
3	南岸区	3	2.0
4	北碚区	11	18.7
5	綦江区	2	14.4
6	大足区	1	0.04
7	长寿区	2	33.1
8	江津区	3	0.1
9	合川区	21	36.3
10	永川区	4	36.7
11	南川区	3	7.0
12	铜梁区	1	1.4
13	潼南区	2	0.1
14	荣昌区	6	9.9
15	万州区	3	1.3
16	梁平区	1	0.01
17	垫江县	5	2.7

18	云阳县	1	0.3
19	黔江区	1	8.6

**表 2.1-3 重庆市不同区域玻璃产量分布情况**

序号	区域	企业数量	产量 (万 t/a)	占比
1	中心城区	20	53.6	26.1%
2	主城新区	45	138.9	67.6%
3	渝东北城镇群	10	4.3	2.1%
4	渝东南城镇群	1	8.6	4.2%

从企业规模来看，以小型为主，企业个数 45 家，占比 59.2%，中型企业 22 家，占比 28.9%，大型企业最少，仅为 9 家，占比仅 11.8%。从产品产量来看，重庆市玻璃企业以大型企业为主，产量占全市总产量的 72.2%，中型企业次之，占 22.6%，具体见表 2.1-4。

**表 2.1-4 2020 年玻璃产量企业规模分布情况**

企业规模	企业数量及占比		产品产量及占比	
	企业数量 (个)	占比	产量 (万t/a)	占比
小型(<10000t)	45	59.2%	10.8	5.2%
中型(10000-50000t)	22	28.9%	47.4	22.6%
大型(>50000t)	9	11.8%	151.1	72.2%

## 2.2 行业在其他地区发展概况

从年鉴统计数据上来看（图 2.1-1），我国平板玻璃产量稳定增长，从 2015 年的 78651.6 万重量箱上涨至 2020 年的 95227.8 万重量箱，增长 21%。2014 年以来，重庆市平板玻璃产量近年总体呈增加趋势，但 2019 年产量大幅下降，为近年来最低 1278.0 万重量箱。在西南地区，与云、贵、川三省市产量相比，重庆市的总体趋势与产量水平与贵州持平，平均低于四川省 72.6%。2020 年平板玻璃产量全国前十省市排名分别是河北省、广东省、湖北省、山东省、四川省、福建省、辽宁省、安徽省、湖南省，浙江省。重庆市平板玻璃产量为 1596.50 万重量箱，在 31 个省市中排名 20。

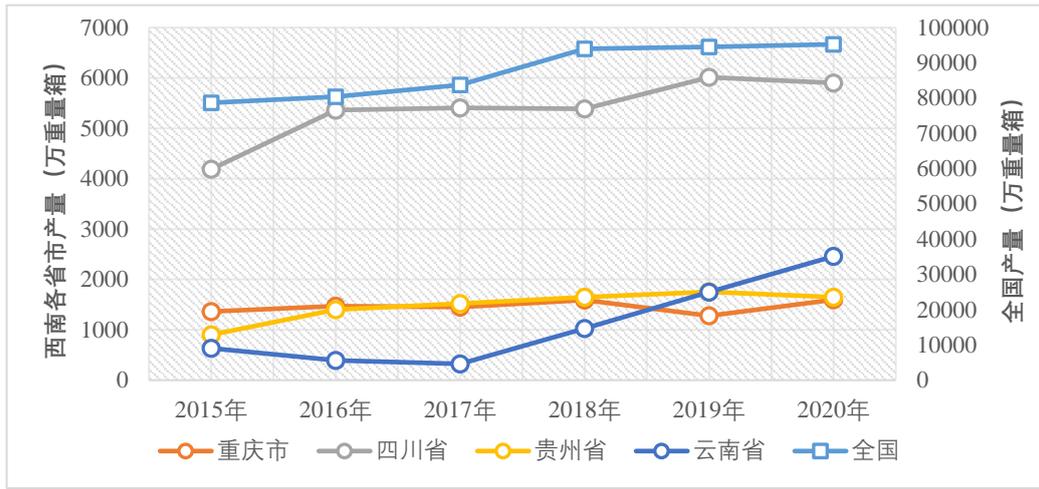


图 2.1-1 全国及西南地区各省市平板玻璃产量 (万重量箱)

从年鉴统计数据上来看 (图 2.1-2 所示), 2015 年以来全国日用玻璃制品呈“倒 V”发展趋势, 2017 年后现连年缩减趋势, 而重庆市日用玻璃制品产量呈逐年上升趋势, 占全国产能的比例也逐年增加, 2020 年占比达到 16.2%。2020 年中国日用玻璃制品各省市产量呈现梯队式分布, 重庆市日用玻璃产量 81.8 万吨, 是除了广东、山东省之外, 产量最多的省市。

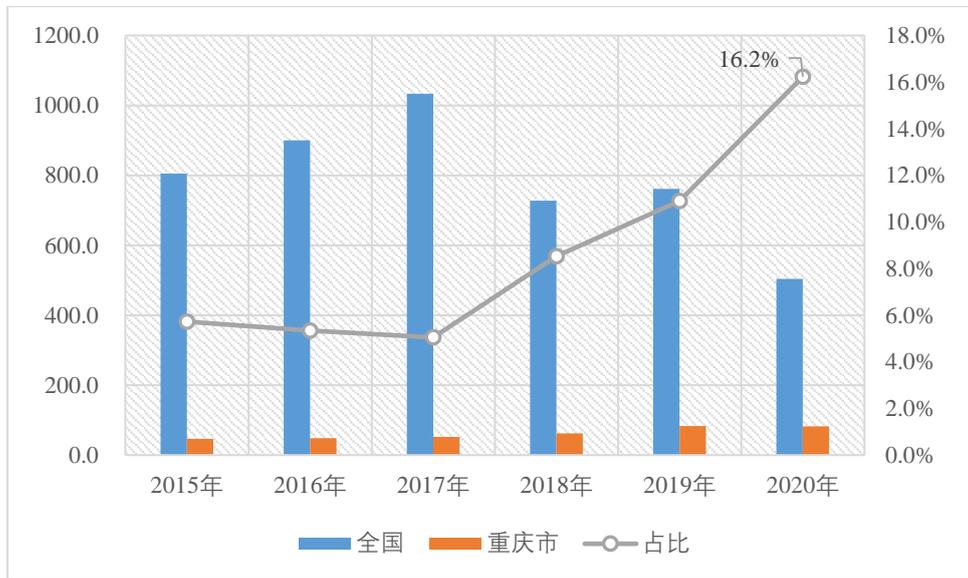


图 2.1-2 全国与重庆市日用玻璃行业产量发展趋势 (万吨)

2009-2020 年我国玻璃纤维产量总体呈上升趋势 (图 2.1-2), 2018 年后虽然产量仍然增多, 但增速有所回落。至 2020 年, 我国玻纤产量达到 541 万吨, 中国已成为世界规模最大的玻纤生产国。我国玻璃纤维行业企业集中度较高, 以中国巨石、泰山玻纤、重庆国际为代表的龙头企业占据了我国玻璃纤维行业大部分的产能。其中重庆市两家企业

重庆国际、重庆三磊 2020 年产量占全国玻璃纤维产量的 17.7%。

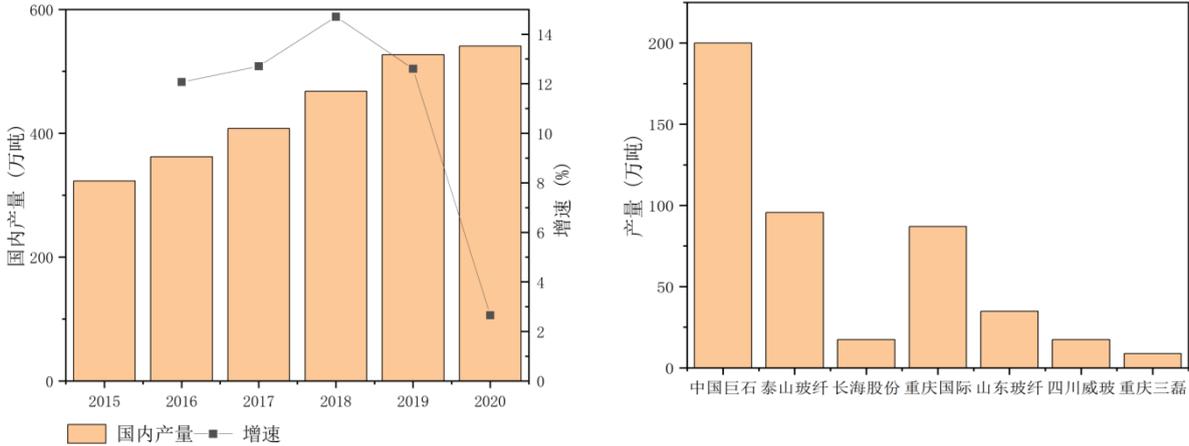


图 2.1-3 全国玻璃纤维产量发展及龙头企业产量 (万吨)

### 3. 标准制定的必要性和意义

#### 3.1 污染物减排的需求

2019年，生态环境部发布了《工业炉窑大气污染综合治理方案》，提出“玻璃行业全面禁止掺烧高硫石油焦。暂未制订行业排放标准的工业炉窑，包括铸造，日用玻璃，玻璃纤维、耐火材料、石灰、矿物棉等建材行业，...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、二氧化硫、氮氧化物排放限值分别不高于30、200、300毫克/立方米实施改造，其中，日用玻璃、玻璃棉氮氧化物排放限值不高于400毫克/立方米。”重庆市也出台了《工业炉窑大气污染综合治理方案》，对玻璃等重污染行业的达标排放提出了具体的要求。“十四五”期间，将进一步加大玻璃行业氮氧化物深度治理。《十四五生态环境保护规划》、《十四五大气环境保护规划》均明确提出推进水泥、陶瓷、玻璃行业深度治理。目前，我市颗粒物、二氧化硫、氮氧化物日用玻璃执行30/50、200/400、550/700 mg/m<sup>3</sup>，距离国家要求有一定差距，同时国家对我市优良天数比例的要求已高于92%，高于全国平均要求，目前执行的标准限值相对宽松，难以满足进一步深度管控的需求。因此，制定《重庆市玻璃工业大气污染物排放标准》十分必要，是确保玻璃行业完成减排目标，促进我市空气质量改善的重要保障。

#### 3.2 现行环保标准存在的主要问题

目前，我市玻璃行业除电子玻璃、平板玻璃两个行业执行国家标准外，其余均执行《工业炉窑大气污染物排放标准》（DB 50/659-2016），尚无专门针对玻璃工业的地方标准。现行标准存在以下主要问题：

（1）现执行工业炉窑地标中，主城区、其他区域执行范围划定已不符合现有大气环境质量管理及改善的形势要求。工业炉窑面向的范围更多，未根据玻璃各个工序的排污特征进行针对性分类限定，控制污染因子有限，缺少对行业的针对性。

（2）现执行的工业炉窑地标面向的范围广，未根据玻璃各个工序的排污特征进行针对性分类限定，控制污染因子只考虑二氧化硫、氮氧化物和颗粒物，缺少针对行业可能产生的氟化物、氯化氢、重金属等指标的考虑，未考虑脱硝过程中的氨逃逸问题和喷漆、烘干等工序的VOCs管控问题，指标不完善，缺少行业针对性。

（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，但现行标准中仅仅只针对厂界颗粒物的无组织提出了限值，无法满足现行环境保护管理和执法工作的需要；

(4) 全市深入践行习近平生态文明思想，加快建设美丽中国，需在“双碳”目标牵引下进一步深化减污降碳协同管理。对行业而言，逐步实现绿色化发展也是玻璃行业发展的方向和内在需求，近年来很多企业调整燃料改为天然气，采用电熔窑、纯氧助燃窑等新技术，采用 SCR 脱硝、复合陶瓷滤筒除尘脱硝一体化等高效治理技术，在节能减污做了大量的工作。为促进行业发展的公平性发展，引导企业向先进、绿色方向转变，需要制定更符合发展方向的行业标准进行引导。

### 3.3 完善地方标准，推进成渝标准一体化的需求

2015 年国务院办公厅《关于印发国家标准化体系建设 发展规划（2016-2020 年）的通知》（国办发〔2015〕89 号），工业标准化重点中指出“完善钢铁、有色金属、石化、化工、建材、黄金、稀土等原材料工业标准，加快标准制修订工作，充分发挥标准的上下游协同作用，加快传统材料升级换代步伐”。2018 年国务院印发的《打赢蓝天保卫战三年行动计划》也规定“加快制修订污染物排放标准，鼓励各地制定实施更严格的污染物排放标准”。重庆市人民政府办公厅《关于印发重庆市标准化体系建设发展规划（2016—2020 年）的通知》（渝府办发〔2016〕69 号），实施“标准化+生态文明”中指出“制修订环境质量、污染物排放、环境监测方法、放射性污染防治标准，提高节能、节水、节地、节材、节矿标准，加快能效能耗、碳排放、节能环保产业、循环经济以及大气、水、土壤污染防治标准研制，推进生态保护与建设，提高绿色循环低碳发展水平。”2022 年重庆市生态环境局《关于印发重庆市大气环境保护“十四五”规划（2021—2025 年）的通知》明确指出“到 2025 年，协同四川省制定陶瓷行业、玻璃行业大气污染物排放标准”。目前，四川省已于 2019 年启动玻璃行业地方标准的编制，征求意见稿已严于我市现行标准，开展《重庆市玻璃工业大气污染物排放标准》的研究及制定工作对完善重庆市地方标准体系、推动成渝标准体系的完善具有十分重要的意义。

## 4. 行业产排污情况及污染控制技术分析

### 4.1 行业主要生产工艺及产排污分析

#### (1) 平板玻璃

平板玻璃按照生产工艺分类主要分为压延和浮法玻璃，其中以浮法玻璃为平板玻璃制造的主流工艺技术。

##### 1) 浮法玻璃生产工艺

浮法是将玻璃液漂浮在金属液面上制得平板玻璃的一种新方法，其工艺过程与主要产污节点见图 4.1-1。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0.05-25mm 不同厚度的玻璃带，经退火、冷却而制成平板玻璃。由于这种玻璃在成型时，上表面在自由空间形成火抛表面，下表面与熔融的锡液接触，因而表面平滑，厚度均匀，不产生光畸变。生产过程主要包括配合料制备、熔窑熔化、锡槽成型、退火窑退火和冷端成品库等工段。

**配合料制备。**硅砂、白云石、石灰石、长石、纯碱、芒硝等各种原料经提升进入粉库，称量混合系统将各种粉料按比例称量后送入强制式混合机进行混合，制成配合料。原料车间制备的配合料，由胶带输送机送到浮法联合车间熔制工段，碎玻璃经由电磁振动给料机，均匀地加到混合料上，经往复移动胶带输送机送入窑头料仓。另外，在窑头设有一台电动葫芦作为配合料的备用上料系统。配合料由投料机进行薄层投料。

**炉窑融化。**玻璃配合料经过高温熔化、澄清、搅拌、冷却后的玻璃液，经流液道进入锡槽。玻璃液量由流液道调节闸板控制。熔炉火焰温度需达到 1500-2000 度，不同产品类型的炉窑融化温度差异较大，建筑玻璃一般炉温在 1550 度，汽车玻璃温度达到 1650 度，电子平板玻璃温度更高。

**锡槽成型。**玻璃液以1080~1100℃左右的温度，从流液道进入锡槽的锡液面上，在重力、机械拉力和表面张力作用下，随即向横向伸展，在完成摊平、抛光、展薄、冷却之后，形成一定厚度和宽度的玻璃带，至 610℃离开锡槽进入退火窑。

**在线镀膜。**在线镀膜化学品经过汽化在携载气体携载下，经过混合进入到镀膜机，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。在线镀膜设备按照需求开启或者停用。

**退火窑退火。**连续的玻璃带经过渡辊台，以 610℃左右的温度进入退火窑，在

70℃左右的温度下退出退火窑，进入冷端机组。

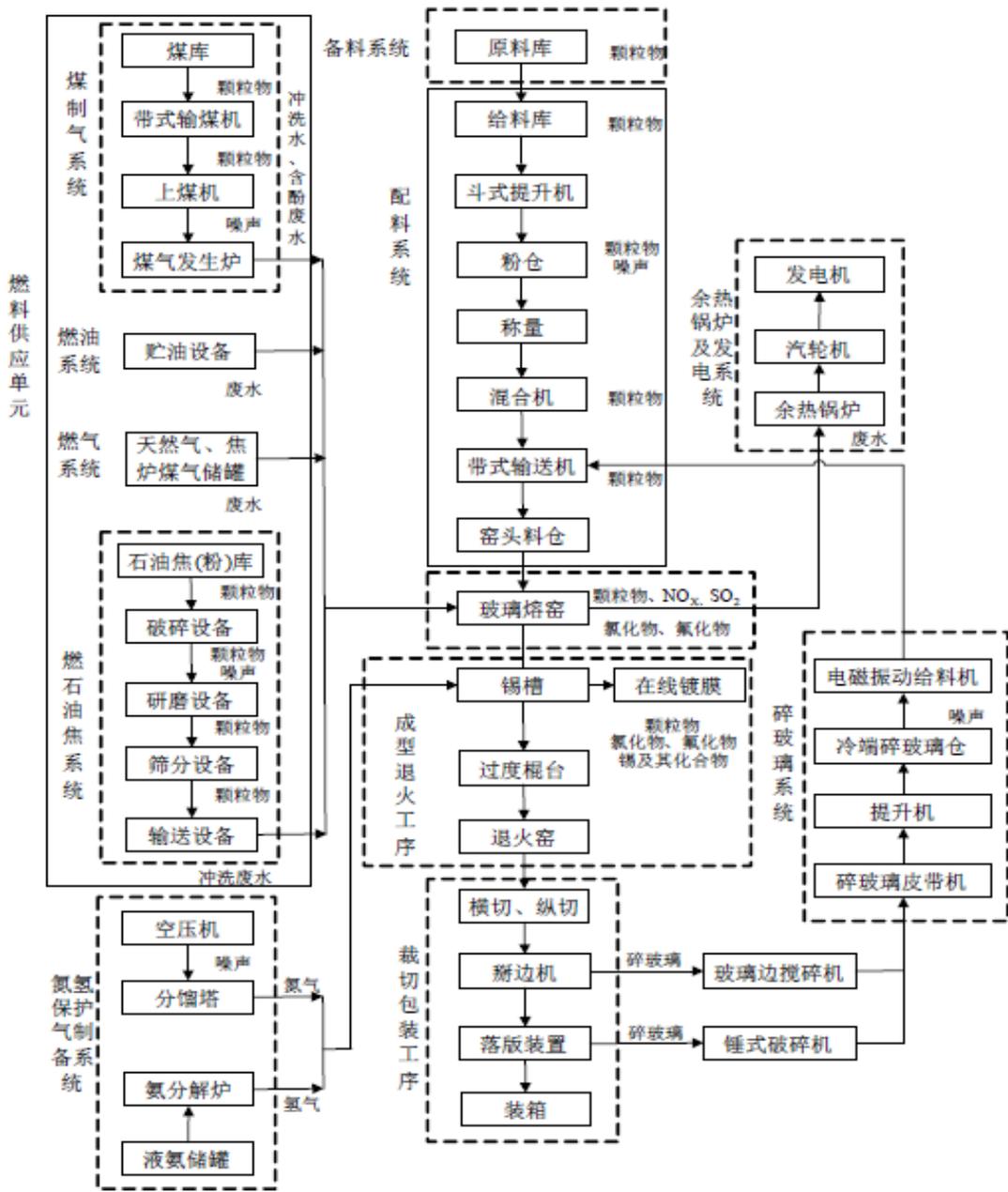


图 4.1-1 浮法玻璃生产工艺流程与主要产污节点

**冷端成品库。**退火窑出口处设有一台应急高速横切机和落板辊道，裁切成型入成品库。不合格的玻璃带或非正常生产的玻璃带，经落板辊道落入碎玻璃溜子，由锤式破碎机或玻璃边绞碎机将其破碎后，通过皮带输送机、斗式提升机，送入冷端碎玻璃仓，再经电磁振动给料机返回作为原料再利用。

## 2) 压延玻璃生产工艺

压延平板玻璃是采用压延方法制造的一种平板玻璃，其工艺过程与主要产污节点见图 4.1-2。

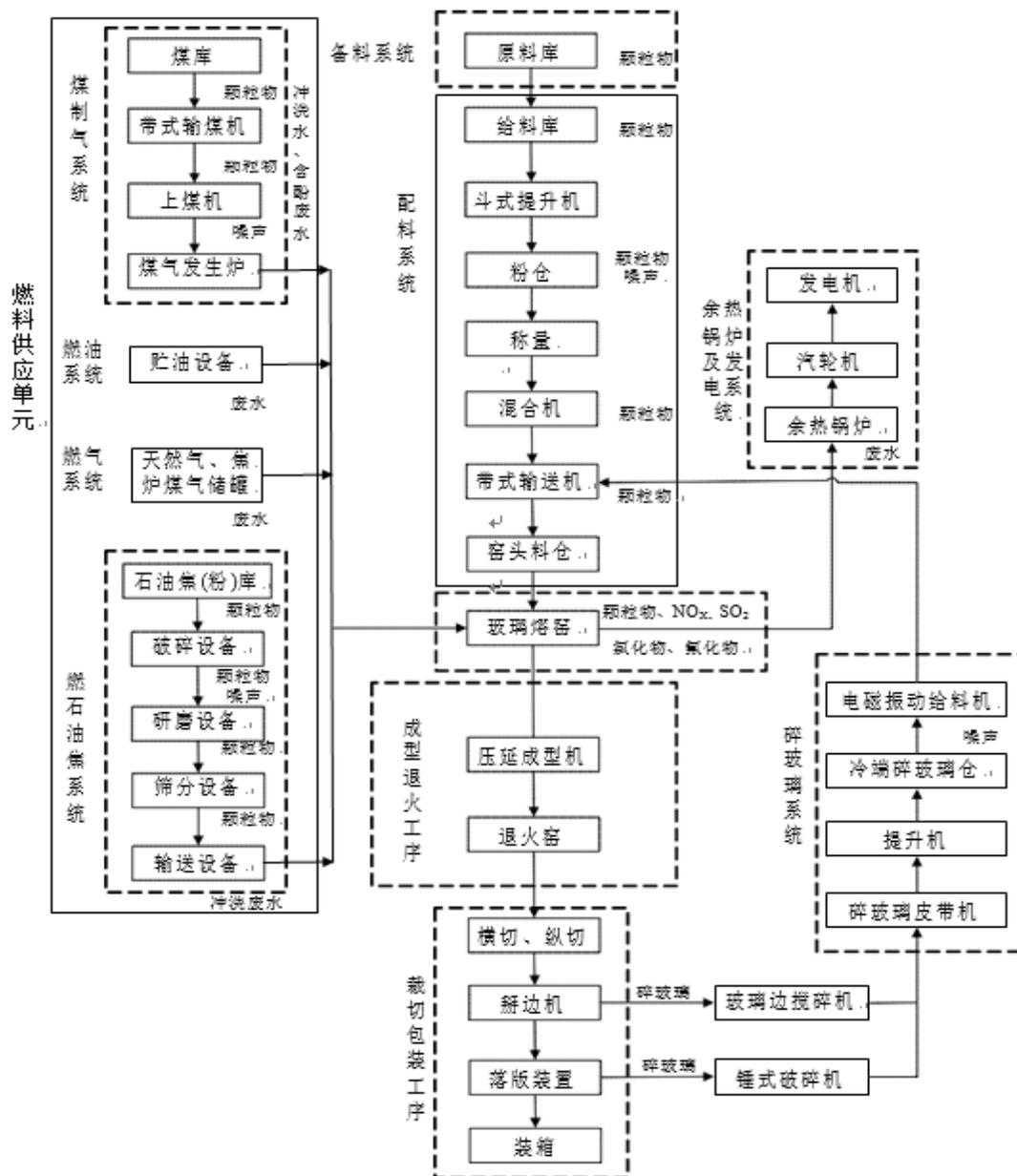


图 4.1-2 压延玻璃生产工艺流程与主要产污节点

压延法是将熔窑中的玻璃液经压延辊压成型、退火而制成，主要用于制造夹丝(网)玻璃和压花玻璃。从生产工艺上来讲，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。压延平板玻璃成型工艺分为单辊法和双辊法。单辊法是将玻璃液浇注到压延成型台上，台面可以用铸铁或铸钢制成，台面或轧辊刻有花纹，轧辊在玻璃液面碾压，制成的压花玻璃再送入退火窑。双辊法生产压花玻璃又分为半连续压延和连续压延两种工艺，玻璃液通过水冷的一对轧辊，随辊子转动向前拉引至退火窑，一般下辊表面有凹凸花纹，上辊是抛光辊，从而制成单面有图案的压花玻璃。

## (2) 日用玻璃

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。

日用玻璃配合料一般由 7~12 种原料组成。主要有石英砂、纯碱、石灰石、白云石、长石、硼砂、铅和钡的化合物等。此外，还有澄清剂、着色剂、脱色剂等辅助材料，乳瓷类玻璃还需要用到乳浊剂。

表 4.1-1 日用玻璃原料种类及来源

原料	来源
SiO <sub>2</sub>	石英砂等；
B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	硼砂 (NaB <sub>4</sub> O <sub>7</sub> )、硼酸 (H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub> ) 等；
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	氧化铝 (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )、氢氧化铝 (Al(OH) <sub>3</sub> ) 长石等；
碱金属原料	纯碱 (Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> ) 等；
碱土金属原料	方解石 (CaCO <sub>3</sub> )、白云石 (MgCO <sub>3</sub> CaCO <sub>3</sub> ) 等；
澄清剂	氧化物澄清剂：硝酸盐、二氧化铈等 硫酸盐型澄清剂：硫酸钠、硫酸钡、硫酸钙等； 卤化物澄清剂：氯化钠、氯化铵等
着色剂	离子着色剂：锰化合物、钴化合物、镍化合物、铜化合物、铬化合物、钒化合物、铁化合物、硫、稀土元素氧化物、铀化合物 胶态着色剂：金化合物、银化合物、铜化合物、硫硒化合物 着色剂：硒与硫化镉、铋化合物
脱色剂	化学脱色剂：硝酸钠、二氧化铈、卤素化合物 物理脱色剂：二氧化锰、硒、氧化钴、氧化钨、氧化镍
乳浊剂	磷酸盐、锡化合物、氧化砷
助溶剂	硼化合物、硝酸盐、钡化合物

日用玻璃的制造工艺主要包括：配合料制备、熔制、成型、退火、表面处理和加工、检验和包装等工序。

**1) 配合料制备：**包括原料的贮存、称量、混合及配合料的输送。要求配合料混合均匀，化学成分稳定。

**2) 熔制:** 把配置合格的配合料加入到熔炉内, 配合料在高温加热的作用下形成符合要求的玻璃液的过程为玻璃熔制过程。玻璃的熔制包括物理、化学、物理化学反应, 玻璃配合料在这些高温反应过程中, 使各种原料的机械混合物变成了复杂的熔融物。根据过程中的不同变化实质, 一般认为玻璃的熔制过程分为硅酸盐形成、玻璃形成、玻璃液澄清、玻璃液均化和玻璃液冷却五个阶段。

玻璃熔炉是由多种耐火材料砌筑的熔制玻璃的主要热工设备, 其任务就是将混合好的配合料在高温的作用下, 经过一系列的物理化学反应, 使之成为质量均匀的无结石、条纹、气泡等缺陷, 并适宜于成形各种玻璃制品的玻璃液。玻璃熔炉, 也称为熔窑, 一般分为池炉和坩锅炉。按加热方式又分为火焰炉和电熔炉。火焰炉按其燃料的不同分为天然气、烧煤(发生炉煤气)、重油三种热源形式。具体炉型如下:

**蓄热式马蹄焰池窑:** 主要用于各类瓶罐、钠钙玻璃器皿的生产。采用的燃料为天然气、发生炉煤气(约占80%)、石油焦、重油等。《日用玻璃行业规范条件(2017年本)》规定: 燃料应优先使用清洁能源。可选用优质煤制热煤气燃料, 即用两段煤气发生炉气化含硫量小于0.5%、灰分含量小于10%的优质煤生产的热煤气, 通过热煤气管道直接送至玻璃熔窑燃烧。

**电熔炉:** 主要用于耐热玻璃制品(器皿)、仪器玻璃、太阳能集热管、晶质高脚杯、泡壳的生产。目前, 其熔化面积仅在20平方米以下。

**坩锅炉:** 主要用于艺术玻璃(琉璃)的生产与新产品开发。

**3) 成形:** 把已熔化好并符合成形要求的玻璃液, 通过一定方法转变为具有固定几何形状制品的过程, 称为玻璃制品的成形。日用玻璃品种繁多, 形状各异, 其成形方法也彼此不同。通常有吹制成型、压制成型、压吹成型、离心浇注等成形方法。

**4) 退火:** 玻璃器皿制品特别是厚度不匀、形状复杂的制品, 在成形后从高温冷却到常温这一过程中, 如冷却过快, 则玻璃制品产生的内外层温度差和由于制品形状关系而产生的各部位温差, 会使玻璃制品产生热应力。当制品遇到机械碰撞或受到急冷急热时, 该应力将造成制品破裂。为了消除玻璃制品中的永久应力, 就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制度进行保温和冷却, 这样玻璃制品的永久应力就会减少到实际允许值, 把这种处理过程称为退火。

**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。热端涂层是将成型后处于炽热状态(500~600℃)的瓶罐置于气化的四

氯化锡、四氯化钛或四氯化锡丁酯的环境中，使这些金属化合物在热的瓶罐表面上经过分解氧化成氧化物薄膜，以填平玻璃表面微裂纹，同时防止表面微裂纹的产生，提高玻璃瓶罐的机械强度。

冷端涂层是用单硬脂酸盐、油酸、聚乙烯乳剂、硅酮或硅烷等，在退火炉出口处对温度约100~150℃的瓶罐表面进行喷涂，形成一层润滑膜，以提高瓶罐表面的抗磨损、润滑性和抗冲击强度。

**6) 加工和装饰：**玻璃器皿制品在完成了成型和退火工序后，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。为了美化玻璃器皿制品和提高制品的艺术性，玻璃器皿制品一般都要进行各种装饰。因此，装饰也是玻璃器皿制品生产的重要环节。装饰按工艺特点分为成形过程的热装饰方法和加工后的冷装饰方法两类。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，利用成形时制品的高温作用，将其粘结或喷洒在制品表面。冷装饰方法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。

### (3) 玻璃纤维

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料后直接拉丝。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。我市均为天然气窑。玻璃纤维拉丝过程中漏板拉丝工序会消耗部分电能。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，大规模工业化生产产品种已基本淘汰了这种生产工艺。

## 4.2 污染物产排污情况

### (1) 平板玻璃

在平板玻璃生产过程中，有物料输送过程、物料熔化过程和成型过程等。物料的输送和成型过程主要是物理过程，产生的污染主要是粉尘。物料熔化过程主要是通过燃料的燃烧产生热量将物料熔化和分解的过程，在这一过程中不管是物料的分解还是燃料的燃烧都有化学过程，因此在这一过程中主要产生的污染物是二氧化硫、氮氧化物、烟尘和其他有害物质。根据平板玻璃工业使用的原料、生产工艺和对平板玻璃工业污染物的调查，平板玻璃工业主要的污染物有：

1) **粉尘**。平板玻璃原料中的颗粒状、粉状或尘状物料在贮存、搬运、混合工序中飞散产生粉尘。

2) **烟尘(包括金属颗粒物)**。平板玻璃烟尘来源于三个方面：在加料过程中少部分的原料被带入烟气中；熔炉中易挥发物质(部分金属氧化物，如 $\text{Na}_2\text{O}$ 等)高温挥发后冷凝生成烟尘；燃料燃烧后生成的烟尘。

3) **二氧化硫**。浮法玻璃生产企业排放的二氧化硫，一般为含硫燃料的燃烧和原料中芒硝的分解所产生。目前，我市主要采用天然气为燃料后，燃料产生的二氧化硫相对较少。如使用煤焦油、发生炉煤气和石油焦作为燃料，则其中硫含量较高，燃烧后会产生超过 $2500\text{mg}/\text{Nm}^3$ 的二氧化硫污染物。芒硝作为玻璃熔化最成熟和常用的澄清剂，目前暂无更好的替代产品，芒硝在高温的熔窑内会分解为二氧化硫。

4) **氮氧化物**。浮法玻璃生产企业排放的氮氧化物大部分来自燃料的燃烧过程，其余为原料和燃料分解产物，形成机理主要包括燃料型、热力型和快速型。由于玻璃窑炉中的高温，氮气在超过 $1300^\circ\text{C}$ 的燃烧气氛中发生氧化反应会快速生成热力型氮氧化物。响氮氧化物生成的主要因素就是火焰的温度、反应区的氧气含量以及火焰在高温区域的停留时间。减少燃料的消耗量，减少空气燃烧比，降低高温区的温度，都可以减少氮氧化物的生成。

5) **氯化氢**。由于原料、碎玻璃中含有的氯化物杂质，当燃烧时便会生成一定量的氯化氢，一般初始浓度在 $85\text{mg}/\text{Nm}^3$ 以下。在线镀膜期间产生的废气含有乙烯、硅烷、 $\text{HCl}$ 、 $\text{HF}$ 、含锡颗粒物、单丁基三氯化锡等物质，经镀机两侧的排废系统进入排废管路。

6) **氟化物**。由于平板玻璃一般不采用萤石作为原料，但辅助原料澄清剂包 括

氟化物、卤化物，乳浊剂包括氟化物等，所以在生产过程氟化物主要来源于原料中的含氟物质。

7) **锡及其化合物**。锡槽成型时会产生少量的无组织锡及化合物。

8) **氨**。SCR 脱硝过程中，过量氨的喷入或者管理水平不足会导致氨逃逸增加。

综上，玻璃生产过程中产生的大气污染物主要包括烟（粉）尘、SO<sub>2</sub>、NO<sub>x</sub>、HCl、HF、锡及其化合物、氨等，如下表所示。

表 4.2-1 玻璃生产过程污染物一览表

编号	主要污染物	产生工序	排放规律
1	粉尘	原料贮存、加工、配料、在线镀膜、运输等	无组织
2	烟尘、SO <sub>2</sub> 、NO <sub>x</sub>	炉窑熔制	有组织
3	氯化氢、氟化物	炉窑熔制、在线镀膜	有组织
4	锡及其化合物	锡槽成型	无组织
5	氨	SCR 脱硝	有组织

## (2) 日用玻璃

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) **SO<sub>2</sub>**：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<sub>x</sub>**：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<sub>x</sub>；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。不同玻璃类型和产品，燃烧温度不一致，炉中火焰温度也差别较大，氮氧化物的产生浓度差别也较大。硼硅玻璃的炉窑温度高于钠钙玻璃，高品质玻璃炉窑温度高于一般玻璃。

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。

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。

### (3) 玻璃纤维

玻璃纤维生产过程产生的大气污染物如下表所示。

**表 4.2-2 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
NOx	氮与氧气反应生成热NOx；原料中硝酸盐热分解产生NOx
SO <sub>2</sub>	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) 其他特殊玻璃

#### 1) 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。

#### 2) 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。

### 4.3 污染防治技术分析

#### 4.3.1 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。主要包括以下几个方面：

1. 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  $\text{SO}_2$ ，使  $\text{SO}_2$  初始排放浓度小于  $400 \text{ mg/m}^3$ 。

2. 通过减少芒硝、硝酸盐的加入量，可降低熔化工序  $\text{SO}_2$  和  $\text{NO}_x$  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。使用不含氟的澄清剂等助剂，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。增加废玻璃的有效回用，降低玻璃炉窑的熔融温度，降低氮氧化物的产生浓度。

3. 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。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  $\text{NO}_x$  的生成和降低烟气  $\text{NO}_x$  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  $\text{NO}_x$  初始排放浓度达到  $500\sim 700 \text{ mg/m}^3$ （以基准排气量  $3000\text{m}^3$  玻璃液折算）。

4、电熔窑技术，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  $\text{SO}_2$  和  $\text{NO}_x$  污染等优点。

#### 4.3.2 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，其中以电除尘和袋式除尘技术为主。

### 4.3.3 二氧化硫废气治理技术

1.石灰石/石灰-石膏法。该技术是电力等行业常用技术，脱硫效率高，一般在 95% 左右，但系统复杂，配套设备多，占地面积大，存在腐蚀、堵塞等问题，需防腐处理，运维相对复杂。

2.旋转喷雾干燥脱硫技术（SDA 技术）。喷雾干燥器同布袋除尘器组合成的开式二段流程，使用生石灰（CaO）作为吸收剂，生石灰经过消化后制成熟石灰浆液（Ca(OH)<sub>2</sub>），消化过程被控制在合适的温度，使得消化后的熟石灰浆液具有非常高的活性。熟石灰浆液通过泵输送至吸收塔顶部的旋转雾化器，在雾化轮接近 10000r/min 的高速旋转作用下，浆液被雾化成 2750 $\mu$ m 的雾滴。未经处理的热烟气进入吸收塔后，立即与强碱性的吸收剂雾滴接触，烟气中的酸性成分（HCl、HF、SO<sub>2</sub>、SO<sub>3</sub>）被吸收，同时雾滴的水分被蒸发，变成干燥的脱硫产物。该脱硫技术具有快速适应烟气成分、流量、温度、SO<sub>2</sub> 浓度变化的特性，产物处理方便，占地面积小，投资抵，运行维护成本低，较为适合目前平板玻璃行业烟气脱硫。脱硫效率一般在 85% 左右，RSDA 半干法最高可达 95% 以上。

其次还有烟气循环流化床脱硫技术（CFB-FGD 技术）、钠碱法、新型脱硫除尘一体化技术（NID 技术）等。

### 4.3.4 氮氧化物治理技术

1. 低氮燃烧技术。低NO<sub>x</sub> 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<sub>x</sub> 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<sub>x</sub> 预燃室燃烧器。

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<sub>x</sub> 和颗粒物排放的优点。采用纯氧助燃工艺时，每吨玻璃的 NO<sub>x</sub> 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。目前，日用玻璃应用较多，平板玻璃应用效果还在检验过程中。

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<sup>-1</sup>，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，脱硝效率通常理论上分

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  $\text{Na}^+$ 、 $\text{Ca}^{2+}$ 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  $10\sim 15\text{ mg/m}^3$  以下。

目前，也有一体化除尘脱硫脱硝技术。

#### 4.3.5 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  $\text{NaCl}$  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。

#### 4.3.6 挥发性有机物治理技术

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。

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。

#### 4.3.7 无组织排放控制

玻璃工业的粉尘无组织排放是一个突出的环境问题，采取封闭和密闭作业可有效予以解决。如封闭式料棚、洒水、合理的工艺布置、适当维护、加强清扫管理等。通过对这些措施的综合使用，可有效降低粉尘无组织排放。

### 4.4 污染排放情况

根据污染源排放清单，重庆市玻璃企业污染物排放情况见表4.4-1。由表可得，各污染物排放基本以中型企业为主。全市玻璃行业  $\text{SO}_2$ 、 $\text{NO}_x$ 、颗粒物、VOCs 总排放量分为1267.06 吨、3687.66 吨、229.23 吨和 23.51 吨，中型企业排放量较高，占比分别为 69.45%、57.21%、49.28%、27.50%。

表 4.4-1 重庆市玻璃企业污染物排放情况

单位：吨

规模	SO <sub>2</sub>	百分比	NO <sub>x</sub>	百分比	颗粒物	百分比	VOCs	百分比
大型	200.95	15.86%	195.87	5.31%	2.98	1.30%	16.27	69.19%
中型	879.96	69.45%	2109.55	57.21%	112.96	49.28%	6.47	27.50%
小型	169.14	13.35%	1291.36	35.02%	94.11	41.06%	0.78	3.31%
微型	17.01	1.34%	90.88	2.46%	19.17	8.36%	0	0.00%
总计	1267.06		3687.66		229.23		23.51	
全市排放占比	0.17%		2.02%		0.00%		0.03%	

不同区域玻璃企业污染物排放情况如表 4.4-2。永川区、大渡口区、长寿区、万盛经开区、南岸区二氧化硫排放占比在 10% 以上，永川区最高占比达到 32.27%；合川区、南岸区、南川区、万盛经开区、永川区氮氧化物排放占比在 10% 以上，永川区最高占比达到 22.17%；南川区、合川区、永川区、万盛经开区颗粒物排放占比在 10% 以上，南川区最高占比达到 16.23%；大渡口区、长寿区 VOCs 排放占比在 10% 以上，大渡口区最高占比达到 69.03%。

表 4.4-2 重庆市不同区县玻璃企业污染物排放情况

单位：吨

区县	SO <sub>2</sub>	百分比	NO <sub>x</sub>	百分比	颗粒物	百分比	VOCs	百分比
永川区	408.84	32.27%	817.5	22.17%	32.98	14.39%	0.18	0.77%
大渡口区	166.43	13.14%	171.56	4.65%	0.91	0.40%	16.23	69.03%
长寿区	145.23	11.46%	111.01	3.01%	8.64	3.77%	39.16	16.65%
万盛经开区	138.87	10.96%	567.35	15.39%	25.77	11.24%	0.27	1.15%
南岸区	134.23	10.59%	421.85	11.44%	29.94	13.06%	0.08	0.32%
北碚区	58.21	4.59%	93.38	2.53%	15.93	6.95%	0.069	0.30%
合川区	53.23	4.20%	397.25	10.77%	34.31	14.97%	0.36	1.51%
南川区	45.05	3.56%	538.87	14.61%	37.2	16.23%	0.15	0.62%
荣昌区	39.56	3.12%	269.96	7.32%	13.69	5.97%	0.35	1.47%
垫江县	39.19	3.09%	110.91	3.01%	12.29	5.36%	1.92	8.17%
潼南区	20.94	1.65%	101.96	2.76%	5.23	2.28%	0	0.00%
万州区	8.48	0.67%	30.89	0.84%	0.04	0.02%	0	0.00%
铜梁区	7.12	0.56%	30.16	0.82%	1.39	0.61%	0	0.00%
云阳县	1.53	0.12%	23.87	0.65%	10.83	4.72%	0	0.00%
大足区	0.13	0.01%	1.13	0.03%	0.07	0.03%	0	0.00%

2020 年重庆市不同玻璃行业污染物排放情况见表 4.4-3。重庆市玻璃企业污染物排放量较大的行业有平板玻璃制造、玻璃包装容器制造、玻璃纤维及制品制造，其余

行业污染物排放占比均低于 5%。二氧化硫排放量占比较高的行业分别是平板玻璃制造、玻璃纤维及制品制造、玻璃包装容器制造，占比分别为 47.39%、24.60%、22.54%；氮氧化物排放量占比较高的行业分别是平板玻璃制造、玻璃包装容器制造、日用玻璃制品制造，占比分别为 54.30%、24.27%、11.85%；颗粒物排放量占比较高的行业分别是玻璃包装容器制造、平板玻璃制造、日用玻璃制品制造，占比分别为 35.07%、29.48%、20.33%；挥发性有机物排放量占比较高的行业分别是玻璃纤维及制品制造、平板玻璃制造，其中玻璃纤维及制品制造占比达到 85.68%、平板玻璃制造为 10.98%。因此，平板玻璃制造、日用玻璃制品制造、玻璃纤维及制品制造也是标准制定中重点关注的三个行业。

表 4.4-3 重庆市玻璃行业污染物排放情况

单位：吨

行业	SO <sub>2</sub>	百分比	NO <sub>x</sub>	百分比	颗粒物	百分比	VOCs	百分比
平板玻璃制造	600.44	47.39%	2002.53	54.30%	67.57	29.48%	2.58	10.98%
玻璃包装容器制造	285.66	22.54%	894.92	24.27%	80.39	35.07%	0.35	1.47%
玻璃纤维及制品制造	311.66	24.60%	282.58	7.66%	9.55	4.17%	20.15	85.68%
日用玻璃制品制造	56.98	4.50%	436.92	11.85%	46.60	20.33%	0.43	1.84%
玻璃仪器制造	12.31	0.97%	70.55	1.91%	5.19	2.27%	0.00	0.00%
其他玻璃制品制造	0.00	0.00%	0.12	0.00%	9.91	4.32%	0.008	0.03%
特种玻璃制造	0.00	0.00%	0.00	0.00%	10.01	4.37%	0.00	0.00%
技术玻璃制品制造	0.00	0.00%	0.04	0.00%	0.01	0.00%	0.09	0.00%
其他玻璃制造	0.00	0.00%	0.00	0.00%	0.00	0.00%	0.00	0.00%

据二污普统计数据，重庆市玻璃企业未安装脱硫、脱硝、除尘治理设施的比例分别为 20.8%、20.0%和 15.4%，大部分玻璃企业拥有 1 套或 1 套以上的大气污染治理设施，如图 4.4-1。



图 4.4-1 重庆市玻璃行业污染治理设施安装情况

## 5. 国内外相关标准制定情况

### 5.1 国外标准

#### (1) 美国

美国的大气污染物排放标准体系比较复杂，包括排放指南（Emission Guidance）、州实施计划（State Implementation Plan）、新建固定污染源排放标准（New Source Performance Standard）和全国有害大气污染物排放标准（National Emission Standard for Hazardous Air Pollutants）。如表 5.1-1，平板玻璃排放限值在以下标准中均有要求：一是针对常规污染物的新源标准（NSPS），其中 40 CFR Part 60 Subpart CC（1989 年修订）为玻璃工业；二是针对 189 种空气毒物的危险空气污染物标准（NESHAP），其中 40 CFR Part 63 Subpart SSSSSS（2007 年修订）为玻璃工业。两个排放标准均适用于熔窑设计规模 4.55 t/d 及以上的容器玻璃、平板玻璃、玻璃纤维和电子显示器玻璃等。NSPS 标准控制的常规污染物包括颗粒物 PM、SO<sub>2</sub>、NO<sub>x</sub>，NESHAP 标准控制的大气污染物包括 PM、HAP(As、Cd、Cr、Pb、Mn、Ni)。美国玻璃熔窑使用的燃料一般为气或油，对平板玻璃熔窑而言，NSPS 标准中不同燃料的 PM 排放限值一致、均为 0.225g/kg 玻璃。NESHAP 为控制凝聚在颗粒物上的重金属，限值更为严格，为 0.1g/kg 玻璃。美国标准里污染物控制指标主要采用“单位产品排放量”，一般通过自动监测系统取得 30d 滑动平均值。

此外，美国各州玻璃厂排污许可证对熔窑维护、污染控制设施维护以及低产率等非正常生产期间的排放做出细化规定。一是采取总量控制，将非正常生产期间废气排放量计入年度排放总量，非正常生产期间的废气排放浓度可豁免。二是限定非正常生产总时长，在此期间，废气排放浓度可豁免。三是规定非正常生产期间的废气排放量限值。

#### (2) 欧盟

欧盟于 2010 年发布工业排放指令（2010/75/EU），之后发布玻璃工业最佳可行技术（BAT）。如表 4.1-1，对于平板玻璃熔窑，颗粒物控制技术包括静电或袋式除尘器，相应排放控制水平小于 10~20 mg/m<sup>3</sup>；氮氧化物一次措施从源头上控制，包括燃烧参数优化调整（如降低空气/燃料比、分级燃烧、低氮燃烧等）、Fenix 技术、全氧或富氧燃烧等，二次措施主要包括 SCR 等，相应排放控制水平为 400~800mg/m<sup>3</sup>；欧洲平板玻璃熔窑燃料多采用气或油，二氧化硫控制技术主要为

控制燃料及原辅材料含硫量等一次措施、干法或半干法等二次措施，相应排放控制水平为燃气小于 300~500mg/m<sup>3</sup>、燃油 500~1300 g/m<sup>3</sup>。欧盟 BAT 还给出氯化氢、氟化氢、重金属（As、Co、Ni、Cd、Se、Cr<sup>6+</sup>和 Sb、Pb、Cr、Cu、Mn、V、Sn）、一氧化碳以及氨等指标。

欧盟 BAT 排放浓度计量方法分为两种：一是连续监测，按日均值进行评价；间断性监测，按 3 次监测（每次不少于 30min）取平均值，对蓄热式熔窑而言，每次监测周期需包含至少两次换火。

表 5.1-1 国外平板玻璃行业大气污染物排放标准

污染物	美国NSPS	美国NESHAP	欧盟BAT	
	排放系数	排放系数 (kg/t 玻璃)	浓度 (mg/m <sup>3</sup> )	排放系数 (kg/t 玻璃)
颗粒物	0.225	0.1	<10~20	<0.025~0.050
二氧化硫	—	—	天然气 <300~500; 燃油500~1300	天然气<0.75~1.25; 燃油1.25~3.25
氮氧化物	—	—	一次措施 700~800; 二次措施 400~700; 采用硝酸盐生产特种 玻璃<1200	一次措施 1.75~2.00; 二次措施 1.00~1.75; 采用硝酸盐生产特种 玻璃<3
氯化氢	—	—	<10~25	<0.0250~0.0625
氟化氢	—	—	<1~4	<0.0025~0.0100
HAP(As、Cd、Cr、 Pb、Mn、Ni)	—	0.01	—	—
Σ(As、Co、Ni、 Cd、Se、Cr <sup>6+</sup> 、)	—	—	<0.2~1.0	<0.5*10 <sup>-3</sup> ~2.5*10 <sup>-3</sup>
Σ(As、Co、Ni、 Cd、Se、Cr <sup>6+</sup> 、Sb、 Pb、Cr、Cu、Mn、 V、Sn、CO、NH <sub>3</sub> )	—	—	<1~5	<0.5*10 <sup>-3</sup> ~12.5*10 <sup>-3</sup>

(3) 其他国家

奥地利、芬兰、法国和意大利相关污染物限值如表 5.1-2 所示。除意大利外，颗粒物浓度限值均为50 mg/m<sup>3</sup>，意大利针对不同规模的熔炉以及燃料相应颗粒物和氮氧化物限值。

表 5.1-2 其他国家相关污染物限值

单位:  $\text{mg}/\text{m}^3$ 

污染物	奥地利	芬兰	法国	意大利
颗粒物	50	50	50	80-150 (与熔炉规模有关)
二氧化硫	500	-	<1000	1800
氮氧化物	500-1500	2.5-4kg/t	<500-1000 (2013年执行欧盟BAT)	天然气: 1400-3500; 重油: 1200-3000
氯化物	30	-	-	30
氟化物	5	-	-	5

## 5.2 国内标准

### 5.2.1 国家标准

国家现行标准中, 关于玻璃行业主要有《平板玻璃工业大气污染物排放标准》(GB26453-2011) 和《电子玻璃工业大气污染物排放标准》(GB29495-2013), 其他玻璃相应工序执行工业炉窑标准和大气综合标准。2021年, 国家组织对《玻璃工业大气污染物排放标准》(征求意见稿) 进行意见征求, 但该标准暂未发布。

#### (1) 《平板玻璃工业大气污染物排放标准》(GB26453-2011)

该标准适用于平板玻璃制造企业或设施, 同时, 电子玻璃工业太阳能电池玻璃(薄基太阳能电池用基板玻璃、晶体硅太阳能电池用封装玻璃等) 也适用于此标准。该标准2011年10月实施, 分新建和现有两类标准分段实施, 给予了现有企业26个月的缓冲期。新建企业有组织排放相关限值如表5.2-1所示。无组织排放监控点浓度限值如表5.2-2所示。

表 5.2-1 国家平板玻璃标准有组织排放大气污染物排放限值

单位:  $\text{mg}/\text{m}^3$  (烟气黑度除外)

序号	污染物项目	排放限值			污染物排放监控位置
		玻璃熔炉 <sup>a</sup>	在线镀膜尾气处理	配料、碎玻璃等其他通风生产设备	
1	颗粒物	50	30	30	车间或生产设施排气筒
2	烟气黑度(格林曼, 级)	1	—	—	
3	二氧化硫	400	—	—	
4	氯化氢	30	30	—	
5	氟化物(以总F计)	5	5	—	
6	锡及其化合物	—	5	—	
7	氮氧化物(以 $\text{NO}_2$ 计)	700	—	—	

<sup>a</sup> 指干烟气  $\text{O}_2$  含量 8% 状态下(纯氧燃烧为基准排气量下) 的排放浓度限值

表 5.2-2 国家平板玻璃标准无组织排放大气污染物排放限值

单位: mg/m<sup>3</sup>

序号	污染物项目	排放限值	限值含义	无组织排放监控位置
1	颗粒物	1.0	监控点与参照点总悬浮颗粒物 (TSP) 1h浓度值的差值	执行HJ/T55的规定, 上风向设参照点, 下风向设监控点

(2) 《电子玻璃工业大气污染物排放标准》(GB29495-2013)

该标准适用于电子玻璃制造企业或设施, 其中, 太阳能电池玻璃(薄基太阳能电池用基板玻璃、晶体硅太阳能电池用封装玻璃等)不适用于此标准。该标准 2013 年 7 月实施, 分新建和现有两类标准分段实施, 给予了现有企业 24 个月的缓冲期。有组织排放相关限值如表5.2-3 所示。无组织排放监控点浓度限值如表5.2-4 所示。

表 5.2-3 国家电子玻璃标准有组织排放大气污染物排放限值

单位: mg/m<sup>3</sup> 烟气黑度除外

序号	污染物项目	适用条件	排放限值		污染物排放监控位置
			玻璃熔炉 <sup>*1</sup>	配料、碎玻璃等其他通风生产设备	
1	颗粒物	全部	50	30	车间或生产设施排气筒
2	烟气黑度(林格曼、级)	全部	1	—	
3	二氧化硫	全部	400	—	
4	氯化氢	全部	30	—	
5	氟化物(以总F计)	全部	5	—	
6	铅及其化合物	CRT锥玻璃、管玻璃及其他含铅电子玻璃	0.7	3 <sup>*2</sup>	
7	砷及其化合物	使用砷化合物作为澄清剂	0.5	3 <sup>*3</sup>	
8	锑及其化合物	使用锑化合物作为澄清剂	5	—	
9	氮氧化合物(以NO <sub>2</sub> 计)	全部	700	—	

注: \*<sup>1</sup> 指干烟气中O含量8%状态下(纯氧燃烧为基准排气量条件下)的排放浓度限值。  
\*<sup>2</sup> 指铅、砷配料的颗粒物浓度限值。  
\*<sup>3</sup> 待国家监测方法标准发布后实施。

表 5.2-4 国家电子玻璃标准无组织排放大气污染物排放限值

单位: mg/m<sup>3</sup>

序号	污染物项目	浓度限值	限值含义	无组织排放监控位置
1	颗粒物	1.0	监控点与参照点总悬浮颗粒物(TSP) 1小时浓度值的差值	执行 HJ/T55 的规定, 上风向设参照点, 下风向设监控点
2	铅及其化合物	0.006	监控点环境空气中铅的最高允许浓度	执行 HJ/T55 的规定, 上风向设参照点, 下风向设监控点
3	砷及其化合物	0.003	监控点环境空气中砷的最高允许浓度	执行 HJ/T55 的规定, 上风向设参照点, 下风向设监控点

(3) 《玻璃工业大气污染物排放标准》(征求意见稿)

征求意见稿中, 该标准扩大了标准适用范围, 适用于玻璃制造(C304)、玻璃制品制造(C305)、玻璃纤维及制品制造(C3061); 替代了平板玻璃和电子玻璃标准。标准分一般区域和重点区域制定了有组织排放标准限值。

表 5.2-5 国家玻璃工业标准征求意见稿有组织排放限值

单位: mg/m<sup>3</sup>

序号	污染物项目	适用条件	玻璃熔窑、电熔窑 <sup>a</sup>	镀膜尾气处理系统	涉 VOCs 物料加工工序 <sup>b</sup>	原料称量、配料、碎玻璃及其他通风生产设施	污染物排放监控位置
1	颗粒物	全部	30	30	30	30	车间或生产设施排气筒
2	二氧化硫	全部	200	—	—	—	
3	氮氧化物	全部	400(500 <sup>c</sup> )	—	—	—	
4	氯化氢	全部	30	30	—	—	
5	氟化物	全部	5	5	—	—	
6	砷及其化合物	使用含砷澄清剂	0.5	—	—	3 <sup>d</sup>	
7	锑及其化合物	使用含锑澄清剂	1	—	—	—	
8	铅及其化合物	铅晶质玻璃、CRT 显像玻璃及其他含铅玻璃	0.5	—	—	3 <sup>d</sup>	
9	锡及其化合物	全部	—	5	—	—	
10	氨	烟气脱硝使用氨水、尿素等含氨物质	8	—	—	—	
11	NMHC	全部	—	—	80	—	
12	TVOC <sup>e</sup>	全部	—	—	100	—	
13	苯系物 <sup>f</sup>	全部	—	—	40	—	
14	苯	全部	—	—	1	—	

<sup>a</sup> 电熔窑污染物控制项目为颗粒物、二氧化硫、氯化氢、氟化物、砷及其化合物、锑及其化合物、铅及其化合物。  
<sup>b</sup> 涉 VOCs 物料加工工序包括: 玻璃制品调漆、喷漆、烘干、烤花工序, 制镜淋漆、烘干工序, 玻璃纤维浸润剂配制、拉丝工序等。  
<sup>c</sup> 玻璃制品熔窑执行该限值。  
<sup>d</sup> 砷、铅配料工序执行该限值。  
<sup>e</sup> 根据企业使用的原料、生产工艺过程、生产的产品及副产品, 结合附录 A 和有关环境管理要求等, 筛选确定计入 TVOC 的物质。  
<sup>f</sup> 苯系物包括苯、甲苯、二甲苯、三甲苯、乙苯和苯乙烯。

有组织排放相关限值如表 5.2-5 所示，重点地区企业执行表 5.2-6 相关限值。标准增加了对挥发性有机物的管控，给予缓冲期 1 年，烟气基准氧含量 8%，纯氧燃烧硼硅玻璃、其他玻璃制品对应基准烟气量分别为 4500、3000m<sup>3</sup>/t 玻璃液。无组织排放监控点浓度限值如表 5.2-7 所示。燃烧处置装置浓度限值如表 5.2-8 所示。标准还增加了厂区内 NMHC 的选择性监测要求。

表 5.2-6 国家玻璃工业标准征求意见稿重点地区企业标准限值

单位：mg/m<sup>3</sup>

序号	污染物项目	适用条件	玻璃熔窑、电熔窑 <sup>a</sup>	镀膜尾气处理系统	涉 VOCs 物料加工工序 <sup>b</sup>	原料称量、配料、碎玻璃及其他通风生产设施	污染物排放监控位置
1	颗粒物	全部	20	20	20	20	车间或生产设施排气筒
2	二氧化硫	全部	100	—	—	—	
3	氮氧化物	全部	300 (400 <sup>c</sup> )	—	—	—	
4	氯化氢	全部	30	30	—	—	
5	氟化物	全部	5	5	—	—	
6	砷及其化合物	使用含砷澄清剂	0.5	—	—	3 <sup>d</sup>	
7	锑及其化合物	使用含锑澄清剂	1	—	—	—	
8	铅及其化合物	铅晶质玻璃、CRT 显像玻璃及其他含铅玻璃	0.5	—	—	3 <sup>d</sup>	
9	锡及其化合物	全部	—	5	—	—	
10	氨	烟气脱硝使用氨水、尿素等含氮物质	8	—	—	—	
11	NMHC	全部	—	—	60	—	
12	TVOC <sup>e</sup>	全部	—	—	80	—	
13	苯系物 <sup>f</sup>	全部	—	—	20	—	
14	苯	全部	—	—	1	—	

<sup>a</sup>电熔窑污染物控制项目为颗粒物、二氧化硫、氯化氢、氟化物、砷及其化合物、锑及其化合物、铅及其化合物。  
<sup>b</sup>涉 VOCs 物料加工工序包括：玻璃制品调漆、喷漆、烘干、烤花工序，制镜淋漆、烘干工序，玻璃纤维浸润剂配制、拉丝工序等。  
<sup>c</sup>玻璃制品熔窑执行该限值。  
<sup>d</sup>砷、铅配料工序执行该限值。  
<sup>e</sup>根据企业使用的原料、生产工艺过程、生产的产品及副产品，结合附录 A 和有关环境管理要求等，筛选确定计入 TVOC 的物质。  
<sup>f</sup>苯系物包括苯、甲苯、二甲苯、三甲苯、乙苯和苯乙烯。

表 5.2-7 国家玻璃工业标准征求意见稿无组织排放浓度限值

单位：mg/m<sup>3</sup>

序号	污染物项目	适用条件	限值
1	砷及其化合物	使用含砷澄清剂的玻璃企业	0.003
2	铅及其化合物	铅晶质玻璃、CRT 显像玻璃及其他含铅玻璃生产企业	0.006
3	苯	涉 VOCs 物料加工工序的玻璃企业	0.4

表 5.2-8 国家玻璃工业标准征求意见稿燃烧装置浓度限值

单位: mg/m<sup>3</sup>

序号	污染物项目	排放限值	污染物排放监控位置
1	SO <sub>2</sub>	200	燃烧(焚烧、氧化)装置排气筒
2	NO <sub>x</sub>	200	

### 5.2.2 其他省市标准

(1) 广东省地方标准 《玻璃工业大气污染物排放标准》 (DB44/2159-2019)

广东省于 2019 年 6 月发布了《玻璃工业大气污染物排放标准》，该标准适用于平板玻璃、电子玻璃制造企业或生产设施，主要加强了大气污染物中颗粒物、二氧化硫、氮氧化物的排放限值，其他指标仍执行国家标准。

有组织排放相关限值现有企业自 2020 年 1 月 1 日起执行表 5.2-9，缓冲区为半年。无组织排放监控点浓度限值如表 5.2-10 所示。

表 5.2-9 广东省玻璃工业有组织排放大气污染物排放限值

单位: mg/m<sup>3</sup>

序号	污染物项目	排放限值					污染物排放监控位置
		平板玻璃			电子玻璃		
		玻璃炉窑 <sup>a</sup>	在线镀膜处理系统	配料、碎玻璃等其他通风生产设备	玻璃熔炉 <sup>a</sup>	配料、碎玻璃等其他通风生产设备	
1	颗粒物	30	20	20	30	20	车间或生产设施排气筒
2	二氧化硫	280 <sup>b</sup>	—	—	280 <sup>b</sup>	—	
3	氮氧化物(以NO <sub>2</sub> 计)	550	—	—	550	—	

a 指干烟气中O<sub>2</sub>含量8%状态下(纯氧燃烧为基准排气量条件下)的排放限值  
b 以天然气为燃料的玻璃熔炉、熔炉按现行GB26453、GB29495执行

表 5.2-10 广东省玻璃工业无组织排放大气污染物排放限值

单位: mg/m<sup>3</sup>

序号	污染物项目	排放限值	限值含义	无组织排放监控位置
1	颗粒物	1.0	监控点与参考点总悬浮颗粒物(TSP) 1h浓度值的差值	执行HJ/T55的规定,上风向设参照点,下风向设监控点

(2) 河北省地方标准 《平板玻璃工业大气污染物超低排放标准》 (DB13/2168-

2020)

2015年，河北省发布了《平板玻璃工业大气污染物排放标准》（DB13/2168—2015），SO<sub>2</sub>、NO<sub>x</sub>、颗粒物的排放标准分别为250、600/500、30/20mg/m<sup>3</sup>。2020年3月，河北省发布《平板玻璃工业大气污染物超低排放标准》（DB13/2168—2020），替代了DB13/2168—2015标准。该标准适用于平板玻璃行业，现有企业有组织排放自2021年10月1日起执行表5.2-11限值，无组织排放监控点浓度限值如表5.2-12所示。缓冲期1年半，氧含量约定为8%，纯氧窑基准排放量为3000m<sup>3</sup>/t（玻璃液）。

表 5.2-11 河北省平板玻璃工业有组织排放大气污染物排放限值

单位：mg/m<sup>3</sup>（烟气黑度除外）

序号	污染物项目	排放限值			污染物排放监控位置
		玻璃熔窑 <sup>a</sup>	在线镀膜尾气处理系统	配料、碎玻璃等其他通风生产设备	
1	颗粒物	10	10	10	车间或生产设施排气筒
2	烟气黑度（格林曼，级）	1	—	—	
3	二氧化硫	50	—	—	
4	氯化氢	30	30	—	
5	氟化物（以总F计）	5	5	—	
6	锡及其化合物	—	5	—	
7	氮氧化物	200	—	—	
8	氨 <sup>b</sup>	8	—	—	

a：指干烟气中O<sub>2</sub>含量8%状态下（纯氧燃烧为基准排气量条件下）的排放浓度限值。b：适用于使用尿素、液氨或氨水作为还原剂脱硝的企业。

表 5.2-12 河北省平板玻璃工业无组织排放大气污染物排放限值

单位：mg/m<sup>3</sup>

序号	污染物项目	排放限值	限制含义	无组织排放监控位置
1	颗粒物	0.5	监控点与参照点总悬浮颗粒物（TSP）1h浓度值的差值	执行HJ/T55的规定，上风向设置参照点，下风向设置监控点
2	氨	1.0	监控点处1h浓度平均值	执行HJ/T55的规定，下风向设置监控点

(3) 山东省地方标准《建材工业大气污染物排放标准》（DB37/2373-2018）

山东省现行的《建材工业大气污染物排放标准》（DB37/2373-2018）规定了水

泥、玻璃、陶瓷等十种建材的排放限值。其中，玻璃行业涵盖了平板玻璃、日用玻璃、电子玻璃、玻璃纤维及制品生产企业，从2020年现有企业开始实施，缓冲期1年半，基准氧含量为12%，其中日用玻璃纯氧燃烧按15%设定，其他按基准玻璃液3000m<sup>3</sup>/吨玻璃液进行折算。企业有组织排放执行表5.2-13相关限值，无组织排放执行表5.2-14相关限值。

表 5.2-13 山东省玻璃工业有组织排放大气污染物限值

单位：mg/m<sup>3</sup>（烟气黑度除外）

受控工艺或设备	污染物项目	重点控制区	一般控制区
所有玻璃熔窑	颗粒物	10	20
	二氧化硫	50	100
	氮氧化物（以NO <sub>2</sub> 计）	100	200
	氟化物（以F计）	5	5
	氯化物（以HCL计）	30	30
	烟气黑度(格林曼黑度，级)	1	1
	氨 <sup>a</sup>	8	8
日用玻璃熔窑	铅及其化合物	0.5	0.5
	砷及其化合物	0.5	0.5
	锑及其化合物	1	1
	镉及其化合物	0.2	0.2
	铬及其化合物	1	1
电子玻璃熔窑	铅及其化合物	0.7	0.7
	砷及其化合物	0.5	0.5
	锑及其化合物	5	5
所有配料、碎玻璃等其他通风生产设备	颗粒物	10	20
电子玻璃配料、碎玻璃等其他通风生产设备	铅及其化合物	3	3
	砷及其化合物	3	3
平板玻璃在线镀膜尾气处理系统	颗粒物	10	20
	氟化物（以F计）	5	5
	氯化物（以HCL计）	30	30
	锡及其化合物	5	5
a 适用于使用氨水、尿素等含氨物质作为还原剂去除烟气中氮氧化物的情形。			

表 5.2-14 山东省玻璃工业无组织排放大气污染物限值

单位: mg/m<sup>3</sup>

行业	污染物项目	浓度限值
除水泥外的其他建材	颗粒物	1.0
水泥、玻璃、陶瓷、耐火材料	氨	1.0
日用玻璃、电子玻璃	铅及其化合物	0.006
	砷及其化合物	0.003
a. 适用于适用氨水、尿素等含氮物质作为还原剂去除氮氧化物的情形。		

(4) 河南省地方标准

河南省 2020 年发布《工业窑炉大气污染物排放标准》(DB41/ 1066-2020), 涵盖了玻璃行业, 适用于从事日用玻璃、玻璃纤维及制品生产的工业。标准给予现行项目半年缓冲期, 基准氧含量为 9%, 窑炉启停阶段按实测浓度计。标准规定玻璃制品工业有组织排放执行表 5.2-15 相关限值, 无组织排放执行表 5.2-16 相关限值。

表 5.2-15 河南省玻璃工业有组织排放大气污染物限值

单位: mg/m<sup>3</sup> (烟气黑度除外)

序号	污染物项目	排放限值	污染物排放监控位置
1	颗粒物	10	车间或生产设施排气筒
2	二氧化硫	100	
3	氮氧化物 (以NO <sub>2</sub> 计)	300	
4	烟气黑度 (格林曼黑度, 级)	1	
5	氟化物 (以总F计)	6	
6	铅及其化合物	0.1	
7	汞及其化合物	0.01	
8	铍及其化合物	0.01	
9	砷及其化合物	0.4	
10	镉及其化合物	0.8	
11	氯化氢	30	

表 5.2-16 河南省玻璃工业无组织排放大气污染物排放限值

单位: mg/m<sup>3</sup>

污染物	周界外最高允许浓度	监控位置
颗粒物	1.0	企业边界

5.3 标准对比

国内外标准对比如表5.3-1 和表5.3-2。相较于国际标准, 国内标准颗粒物浓度限值整体高出欧盟标准0.5-1.5 倍, 低于法国、意大利等其他国家。山东省、河南省

和河北省颗粒物限值与欧盟限值相当；二氧化硫、氮氧化物浓度限值整体严于国际标准，其中，山东省氮氧化物重点区域要求最为严格，限值为 $100\text{ mg/m}^3$ ，仅为欧盟标准（ $700\text{-}800\text{ mg/m}^3$ ）的 $0.125\text{-}0.14$ 倍；对于砷、铅、镉、铬等化合物的限值要求，国内是针对单一元素及其化合物分别作出要求，而国际标准是针对多种元素以及化合物的合计浓度作出相应要求。

国内主要城市有组织排放标准对比：针对平板玻璃、电子玻璃，所有工段中颗粒物浓度限值均为河北省和山东省重点区域的限值最为严格，限值仅为 $10\text{ mg/m}^3$ ，低于国家现行标准 $67\%\text{-}80\%$ 。二氧化硫限值河北省和山东省重点区域最低，均为 $50\text{ mg/m}^3$ ，低于国家现行标准 $88\%$ ，低于国家征求意见稿重点区域限值 $50\%$ 。氮氧化物浓度限值山东省重点区域最为严格，为 $100\text{ mg/m}^3$ ，低于国家现行标准 $86\%$ ，是国家征求意见稿重点区域限值的三分之一，但该限值的氧含量是 $12\text{-}15\%$ ，按氧含量 $8\%$ 折算后基本在 $145\text{-}217\text{ mg/m}^3$ 。氯化物、氟化物、氨以及金属及其化合物浓度限值国内标准限值较为一致。

针对其他玻璃，所有工段中颗粒物浓度限值范围 $10\text{-}30\text{ mg/m}^3$ ，河南省和山东省重点区域的炉窑颗粒物限值最为严格，限值仅为 $10\text{ mg/m}^3$ ，低于国家现行标准 $67\%\text{-}80\%$ 。二氧化硫限值范围 $50\text{-}200\text{ mg/m}^3$ ，其中，山东省重点区域最低，为 $50\text{ mg/m}^3$ ，低于国家现行标准 $88\%$ ，低于国家征求意见稿重点区域限值 $50\%$ 。氮氧化物浓度限值范围 $100\text{-}400\text{ mg/m}^3$ ，其中，山东省重点区域炉窑限值最为严格为 $100\text{ mg/m}^3$ ，低于国家现行标准 $86\%$ ，是国家征求意见稿重点区域限值的三分之一。氯化物、氟化物、氨以及金属及其化合物浓度限值国内标准限值较为一致。

此外国家征求意见稿中新增涉VOCs物料加工工序相关污染项目浓度限值；新增VOC燃烧装置排放烟气中二氧化硫和氮氧化物排放限值，均为 $200\text{ mg/m}^3$ ，地方标准中均未涉及。

国内主要城市无组织排放标准对比：河北省平板玻璃颗粒物浓度限值低于国家标准，山东省铅及其化合物限值低于国家标准，其余城市无组织排放限值均与国家标准一致，此外国家征求意见稿中新增苯浓度限值，为 $0.4\text{ mg/m}^3$ ；河北省无组织排放要求氨限值为 $1\text{ mg/m}^3$ 。

表 5.3-1 有组织排放国内外标准对比

单位：mg/m<sup>3</sup>

排放限值	污染物项目	广东省	河南省	山东省		河北省	国家标准		国家标准（征求意见稿）		欧盟 BAT		美国		其他国家
				一般控制区	重点区域		电子玻璃	平板玻璃	一般控制区	重点区域	浓度	排放系数（kg/t 玻璃）	NSPS	NESHAP	法国、意大利、奥地利、芬兰
	适用范围	平板玻璃	平板、电子玻璃外的其他玻璃	玻璃工业		平板玻璃	电子玻璃	平板玻璃和光伏玻璃	玻璃工业	玻璃工业	玻璃工业	玻璃工业	玻璃工业	玻璃工业	玻璃工业
玻璃熔窑 a	颗粒物	30	10	20	10	10	50	50	30	20	<10-20	<0.025~0.050	0.225	0.1（排放）	50
	二氧化硫	280	100	100	50	50	400	400	200	100	天然气<300-500；燃油500-1300	天然气<0.75~1.25；燃油1.25~3.25	—	—	500-1800
	氮氧化物	550	300	200	100	200	700	700	400（500°）	300（400°）	一次措施700-800；二次措施400-700；采用硝酸盐生产特种玻璃<1200	一次措施1.75~2.00；二次措施1.00~1.75；采用硝酸盐生产特种玻璃<3	—	—	500-3500

	氯化氢	—	30	30	30	30	30	30	30	30	<10-25	<0.0250~0.0625	—	—	30	
	氟化物	—	6	5	5	5	5	5	5	5	<1-4	<0.0025~0.0100	—	—	5	
	砷及其化合物	—	0.4	0.5	0.5	—	0.5	—	0.5	0.5	Σ(As、Co、Ni、Cd、Se、Cr6+): 0.2~1.0	<0.5*10 <sup>-3</sup> ~2.5*10 <sup>-3</sup>	—	—		
	锑及其化合物	—		1 (日用玻璃),5(电子玻璃)		—	5	—	1	1			—	—		
	铅及其化合物	—	0.1	0.5 (日用玻璃), 0.7 (电子玻璃)		—	0.7	—	0.5	0.5	Σ(As、Co、Ni、Cd、Se、Cr6+、Sb、Pb、Cr、Cu、Mn、V、Sn、CO、NH3): 1~5	<0.5*10 <sup>-3</sup> ~12.5*10 <sup>-3</sup>	—	—		
	镉及其化合物	—	0.8	0.2 (日用玻璃)		—	—	—	—	—			—	—	—	
	铬及其化合物	—	—	1 (日用玻璃)		—	—	—	—	—			—	—	—	
	氨	—	—	8	8	8	—	—	8	8	—	—	—	—		
	烟气黑度	—	1	1	1	1	1	1	—	—	—	—	—	—		
镀膜 尾气 处理 系统	颗粒物	20	—	20	10	10	—	30	30	20	—	—	—	—		
	氯化氢	—	—	30	30	30	—	30	30	30	—	—	—	—		
	氟化物	—	—	5	5	5	—	5	5	5	—	—	—	—		
	锡及其化合物	—	—	5	5	5	—	5	5	5	—	—	—	—		
配料、 碎玻璃 等	颗粒物	20	—	20	10	10	30	30	30	20						
	砷及其化合物	—	—	3 (仅电子玻璃)		—	3d	—	3e	3e						
其他通 风生产 设备	铅及其化合物	—	—	3 (仅电子玻璃)		—	3d	—	3e	3e	—	—	—	—		

涉 VOCs 物料 加工 工序f	NMHC	—	—	—	—	—	—	—	80	60	—	—	—	—
	颗粒物	—	—	—	—	—	—	—	30	20	—	—	—	—
	TVOCg	—	—	—	—	—	—	—	100	80	—	—	—	—
	苯系物h	—	—	—	—	—	—	—	40	20	—	—	—	—
	苯	—	—	—	—	—	—	—	1	1	—	—	—	—
voc 燃 烧装 置	二氧化硫	—	—	—	—	—	—	—	200	—	—	—	—	—
	氮氧化物	—	—	—	—	—	—	—	200	—	—	—	—	—

a 指干烟气中 O<sub>2</sub> 含量 8% 状态下（纯氧燃烧为基准排气量条件下）的排放限值。  
b 电熔窑污染物控制项目为颗粒物、二氧化硫、氯化氢、氟化物、砷及其化合物、锑及其化合物、铅及其化合物。  
c 玻璃制品熔窑执行该限值。  
d 指铅、砷配料的颗粒物浓度限值。  
e 砷、铅配料工序执行该限值。  
f 涉 VOCs 物料加工工序包括：玻璃制品调漆、喷漆、烘干、烤花工序，制镜淋漆、烘干工序，玻璃纤维浸润剂配制、拉丝工序等。  
g 根据企业使用的原料、生产工艺过程、生产的产品及副产品，结合附录 A 和有关环境管理要求等，筛选确定计入 TVOC 的物质。  
h 苯系物包括苯、甲苯、二甲苯、三甲苯、乙苯和苯乙烯。

表 5.3-2 无组织排放国内标准对比

单位：mg/m<sup>3</sup>

标准	适用范围	颗粒物	铅及其化合物	砷及其化合物	氨	苯
国家电子玻璃	电子玻璃	1	0.006	0.003	—	—
国家平板玻璃	平板玻璃	1	—	—	—	—
广东省	平板玻璃	1	—	—	—	—
山东省	玻璃工业	1	0.003	0.003	—	—
河北省	平板玻璃	0.5	—	—	1	—
河南省	日用玻璃、玻璃纤维及制	1	—	—	—	—
国家征求意见稿	玻璃工业	—	0.006	0.003	—	0.4

## 6. 标准制定的原则和依据

### 6.1 标准制定的原则

(1) 衔接性原则。以国家标准《玻璃工业大气污染物排放标准》（征求意见稿）、《平板玻璃工业大气污染物排放标准》（GB26453-2011）、《电子玻璃工业大气污染物排放标准》（GB29495-2013）为基础，结合我市工业炉窑标准执行情况，按照国家和地方相关法律法规，制定污染物排放限值，与国家标准相当或严于国家标准。

(2) 先进性原则。研究国外发达地区玻璃行业污染控制技术发展状况，结合国内工艺和技术发展现状，基于本地实际情况，以促进环保技术进步为原则，制定此标准。

(3) 可行性原则。结合本地区产业情况、污染水平和治理能力，充分考虑国内外经济发展形式和两个循环发展，充分衡量客观科学、技术可行、经济合理、操作可行四方面，制定排放标准，促进经济与环境协调发展。

### 6.2 标准制定的依据

标准制定符合现行法律、法规和标准体系的要求，主要依据为：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、《生态环境标准管理办法》、《制定地方大气污染物排放的技术方法》、《国家大气污染物排放标准制定技术导则》、相关监测方法、国家相关标准《平板玻璃工业大气污染物排放标准》（GB26453-2011）、《电子玻璃工业大气污染物排放标准》（GB29495-2013）及其编制说明等。

## 7. 标准主要技术内容与确定依据

### 7.1 标准适用范围

本标准规定了玻璃工业大气污染物排放控制要求、监测和监督管理要求。本标准适用于现有玻璃工业企业或生产设施的大气污染物排放管理，以及玻璃工业建设项目的环境影响评价、环境保护设施设计、竣工环境保护验收、排污许可证核发及其投产后的的大气污染物排放管理。

### 7.2 标准结构框架

本标准内容包括：适用范围、规范性引用文件、术语和定义、大气污染物排放控制要求、大气污染物监测要求、实施与监督共 6 章和玻璃工业涉 VOCs 物料加工工序排放的典型大气污染物、玻璃产品类型两个资料性附录。

大气污染物排放控制要求是本标准的重点，主要技术内容包括两部分：

#### (1) 有组织排放限值

根据生产工艺与污染物排放分析，分为玻璃熔炉，镀膜尾气处理系统，涉 VOCS 加工工序，配料、碎玻璃等其他通风生产设备四个部分执行不同的污染物控制项目与考核指标。同时规定了相应的 VOCs 处理效率、VOCs 治理设施废气管控要求及废气收集处理的要求。

#### (2) 无组织排放限值控制要求

玻璃制造企业在原料粉碎、筛分、储存、称量、混合、输送、投料等阶段应封闭操作，防止无组织排放。提出了无组织排放控制措施、边界大气污染物控制要求、厂区内无组织排放监控要求，针对无组织排放相关污染物项目及浓度限值、排放监控位置等作出要求。

### 7.3 术语与定义

术语部分主要界定了玻璃工业、CRT 显像玻璃、玻璃熔窑、电熔窑、冷修、纯氧燃烧、挥发性有机物、总挥发性有机物、非甲烷总烃、总 VOCs、VOCs 物料、标准状态、无组织排放、无组织排放监控点浓度限值、排气筒高度、周边建筑物、新建企业、现有企业、封闭、密闭、企业边界、控制区、其他区等 22 个术语。

其中，玻璃工业按照 GB/T 4754 中玻璃行业的分类，玻璃制造（C304）、玻璃制品制造（C305）、玻璃纤维及制品制造（C3061）进行界定，考虑到药玻材是重庆的重要类型，而部分药玻材将分类纳入了药用辅料及包装材料制造（2780），故将玻璃类药用辅料及包装材料制造（2780）也纳入。

控制区是考虑了本市纳入了成渝双圈所涉及的区县（即中心城区及万州、涪陵、綦江、大足、黔江、长寿、江津、合川、永川、南川、璧山、铜梁、潼南、荣昌、梁平、丰都、垫江、忠县等27个区（县）以及开州、云阳的部分地区）和本市的大气污染防治重点区（26个区），考虑到标准的可执行性，将开州、云阳全境纳入，整合后共计30个区县。控制区以外的区县做为其他区，执行相对宽松的限值。

#### 7.4 污染项目的选择和执行时间

本标准的污染物排放限值包括两类：一是有组织排放最高允许排放浓度限值；二是无组织排放监控点浓度限值。

对于有组织排放最高允许排放浓度限值，主要结合工艺调查，考虑污染物的环境影响和人体健康影响，分工艺流程筛选污染控制项目。

- （1）玻璃熔炉控制项目包括：颗粒物、二氧化硫、氮氧化物、氯化物、氟化物等项目；
- （2）镀膜尾气处理系统执行颗粒物、氯化物、氟化物和锡及其化合物控制项目规定；
- （3）涉VOCs加工工艺执行颗粒物、非甲烷总烃、苯、苯系物等项目规定；
- （4）配料、碎玻璃等其他通风生产设备执行颗粒物等项目要求；

厂区内无组织排放主要考虑颗粒物、非甲烷总烃和TVOC；企业边界无组织排放主要结合污染物考虑颗粒物、氨、苯、铅及其化合物和砷及其化合物等有毒有害物质作为控制项目。

对于执行时间，考虑到玻璃熔窑是连续生产设施，一旦停窑整个生产线就会受影响，故其污染治理设施的改造大都需要配合炉窑冷修进行。一般小型马蹄焰炉窑寿命3-5年，平板玻璃炉窑寿命5-8年，故给予现有企业一年半的缓冲期，即从标准发布之日起一年半的缓冲期。其中，对于两种特殊情况进行了约定，一是在标准执行日期前对玻璃熔窑进行冷修的，自重新投入运行使用之日起执行；二是在标准发布之日前已经完成上一次冷修且到标准执行之日起仍未到下一次冷修期的，从下一次冷修后重新投入运行使用之日起执行，但间隔时间不得超过炉窑设计寿命。

#### 7.5 有组织排放限值的确定与依据

通过对本市玻璃工业企业开展问卷调查和实地调研，共获取12家企业、34条生产线、27个炉窑信息，其中平板玻璃生产企业5个，日用玻璃生产企业6个，玻璃纤维生产企业1个，调研信息包括产品产量、在线监测、污染控制技术及投资等。对其中三类共5家企业7条生产线委托三方单位集中进行全指标测试，测试指标包括各工序有组织颗粒物、SO<sub>2</sub>、NO<sub>x</sub>、氨、VOCs、氯化氢、氟化物、铅及其化合物等，以及无组织颗粒物等排放浓度。同时收集4家平板玻璃、1家玻璃纤维企业，11条生产线2021

年-2022年4月的在线监测小时数据和2019年以来市生态环境局监督性监测报告。这些基础信息及数据作为进行标准限值制定的基础。

**表 7.5-1 本次标准制定调查企业情况**

企业名称	区县	生产线条数	玻璃熔窑数	玻璃类型	备注
企业1	永川区	2	2	平板玻璃	委托测试
企业2	万盛经开区	2	2	平板玻璃	委托测试
企业3	南川区	1	1	平板玻璃	
企业4	荣昌区	1	1	平板玻璃	委托测试
企业5	江津区	1	1	平板玻璃	
<b>小计1</b>		<b>7</b>	<b>7</b>	<b>平板玻璃</b>	
企业6	江津区	4	1	日用玻璃	
企业7	合川区	3	1	日用玻璃	
企业8	合川区	4	1	日用玻璃	
企业9	南岸区	3	3	日用玻璃	
企业10	潼南区	2	1	日用玻璃	
企业11	北碚区	6	6	日用玻璃/包装容	委托测试
<b>小计2</b>		<b>22</b>	<b>15</b>	<b>日用玻璃</b>	
企业12	大渡口区	5	5	玻璃纤维	委托测试
<b>小计3</b>		<b>5</b>	<b>5</b>	<b>玻璃纤维</b>	
<b>总计</b>		<b>34</b>	<b>27</b>		

### 7.5.1 基准氧含量和基准废气量的确定

为防止炉窑内空气量过大对排放浓度产生稀释作用，本标准规定了大气污染物浓度折算方法。对于非纯氧燃烧玻璃熔窑烟气和因特殊原因无法密闭的玻璃熔窑，通过对排气中含氧量进行监测，实测排气筒中大气污染物排放浓度，换算为基准含氧量的大气污染物基准排放浓度，并以此作为达标判定依据。电熔窑及其他车间或生产设施排气以实测浓度作为达标判定依据，不得稀释排放。

#### (1) 基准氧含量的确定

针对产品的不同，玻璃熔窑的燃烧氛围有所不同。部分玻璃熔窑工艺在燃烧阶段需要富氧环境，造成氧含量比较高，也有因为进料口、燃烧段密闭条件不足引起高氧含量。

根据4家平板玻璃在线数据统计，氧含量平均水平在12.4%，50%分为数在12.38%，30%的企业达到12%以内。日用玻璃监测数据表明氧含量7.3-19.5%，平均水平在12%左右。根据监测数据，达到8%的企业占比为5.8%。

**表 7.5-2 平板玻璃在线数据氧含量分布**

分位数	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%
氧含量 (%)	11.85	12.15	12.38	12.56	12.77	13.01	13.39

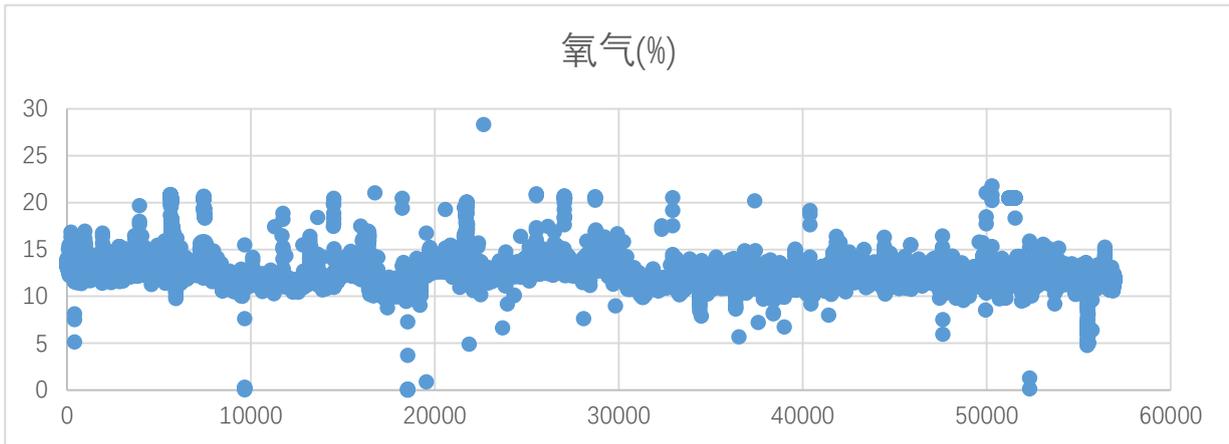


图 7.5-1 在线氧含量分布图

调研了国内相关标准的氧含量设计（表 7.5-3），从标准的衔接性和鼓励提高密闭性等方面考虑，本标准选择了目前正在修订的国家《玻璃工业大气污染物排放标准（征求意见稿）》中规定的 8% 的氧含量。相较于实际浓度，折算到 8% 的基准氧含量，约将浓度值折算为原浓度的 1.44 倍。

表 7.5-3 玻璃相关标准基准氧含量设计

区域范围	标准来源	基准含氧量%
全国	《平板玻璃工业大气污染物排放标准》（GB26453-2011）	8
全国	《电子玻璃工业大气污染物排放标准》（GB29495-2013）	8
全国	《玻璃工业大气污染物排放标准》（征求意见稿）	8
四川省	《玻璃工业大气污染物排放标准》	8
河北省	《平板玻璃工业大气污染物超低排放标准》（DB13/2168-2020）	8
山东省	《建材工业大气污染物排放标准》（DB37/2373-2018）	12
河南省	《工业窑炉大气污染物排放标准》（DB41/1066-2020）	9
广东省	《玻璃工业大气污染物排放标准》（DB44/2159-2019）	8

(2) 基准排气量

采用纯氧燃烧技术，实测废气含氧量 6%~22%，波动大。根据 1 家玻璃纤维企业 5 条纯氧窑 2 个烟囱排放的在线数据分析（见表 7.5-4），平均氧含量接近 20%，90% 的氧含量再 20.7% 以内。

表 7.5-4 纯氧燃烧窑氧含量分布

分位数	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%
氧气	19.13	19.67	19.82	20.01	20.27	20.44	20.69

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 m<sup>3</sup>/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 m<sup>3</sup>/t 玻璃液。

表 7.5-5 基准排气量分布

序号	产品类型	基准排气量, m <sup>3</sup> /t-玻璃液
1	硼硅玻璃	4500
2	其他玻璃及玻璃制品	3000

### 7.5.2 玻璃熔窑系统排放限值

目前，我市平板玻璃熔窑、日用玻璃、玻璃纤维熔窑均以天然气为主要燃料，在应急情况下存在柴油、重油使用。从燃烧方式而言，平板玻璃均未采用纯氧助燃方式，日用玻璃有电熔窑和纯氧熔窑，玻璃纤维采用纯氧燃烧方式。根据文献调研，平板玻璃污染物和日用玻璃产生浓度见 7.5-6 和 7.5-7。

表 7.5-6 平板玻璃熔窑大气污染物产生浓度

单位：mg/m<sup>3</sup>

产品种类	燃料类型	颗粒物	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>
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

表 7.5-7 日用玻璃熔窑废气主要成份及产生浓度

单位：mg/m<sup>3</sup>

熔炉类型	颗粒物	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	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			

#### （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  $600\text{mg}/\text{m}^3$ 。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  $10\sim 30\text{mg}/\text{m}^3$ 。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  $20\text{mg}/\text{m}^3$  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  $70\%\sim 90\%$ ，颗粒物排放浓度可达  $20\text{mg}/\text{m}^3$  左右。

根据对平板玻璃企业近 5 万条在线数据统计分析，90% 以上企业实测值可以达到  $20\text{mg}/\text{m}^3$  以内，76% 的可以达到  $15\text{mg}/\text{m}^3$ 。按 8% 氧含量折算，浓度达到  $20\text{mg}/\text{m}^3$  的数据占 70% 左右。

表 7.5-7 在线数据统计分位数

单位:  $\text{mg}/\text{m}^3$

浓度	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%
实测浓度值	7.68	9.23	10.79	11.97	13.48	16.19	18.15
折算浓度值（按 8% 折算）	11.16	13.48	16.41	18.19	20.65	23.98	27.29

表 7.5-8 在线数据累计百分数

单位:  $\text{mg}/\text{m}^3$

颗粒物浓度	<10	<15	<20	<30	>30
实测浓度累计百分比	43.78%	76.21%	93.25%	99.49%	0.51%

对日用玻璃企业，采用监测报告数据进行分析。125 组实测浓度数据中，50.8% 的数据小于  $10\text{mg}/\text{m}^3$ ，83.9% 的数据小于  $15\text{mg}/\text{m}^3$ ，90.3% 的数据小于  $20\text{mg}/\text{m}^3$ 。按实际平均 12% 氧含量折算到基准 8% 氧含量，则折算浓度小于  $20\text{mg}/\text{m}^3$  的比例为 79%。

对玻璃纤维企业，采用在线监测数据进行分析。2.27 万数据中，80% 实测浓度小于  $30\text{mg}/\text{m}^3$ ，43.6% 的数据小于  $20\text{mg}/\text{m}^3$ ，24.6% 的数据小于  $15\text{mg}/\text{m}^3$ ，6.6% 的数据小于  $10\text{mg}/\text{m}^3$ 。

表 7.5-9 烟尘在线数据分位数分布

分位数	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%
烟尘实测浓度	16.55	19.13	21.59	24.24	26.94	30	33.46

根据委托监测的 5 家企业 7 条生产线数据分析，实测浓度达到  $20\text{mg}/\text{m}^3$  的比例为 72%，折算浓度达到  $20\text{mg}/\text{m}^3$  的比例为 30%。

综合考虑，将颗粒物限值定为  $20\text{mg}/\text{m}^3$ 。和国家相关标准比较，颗粒物浓度限值  $20\text{mg}/\text{m}^3$  低于国家现行标准 60%，低于国家征求意见稿一般区域限值的 33.3%，和国家征求意见稿重点区域的限值一致。与其他省市相比，颗粒物浓度限值严于广东和山东的一般控制区（氧含量 12%）限值要求，比河南河北和山东的重点区域（氧含量 12%）宽松。

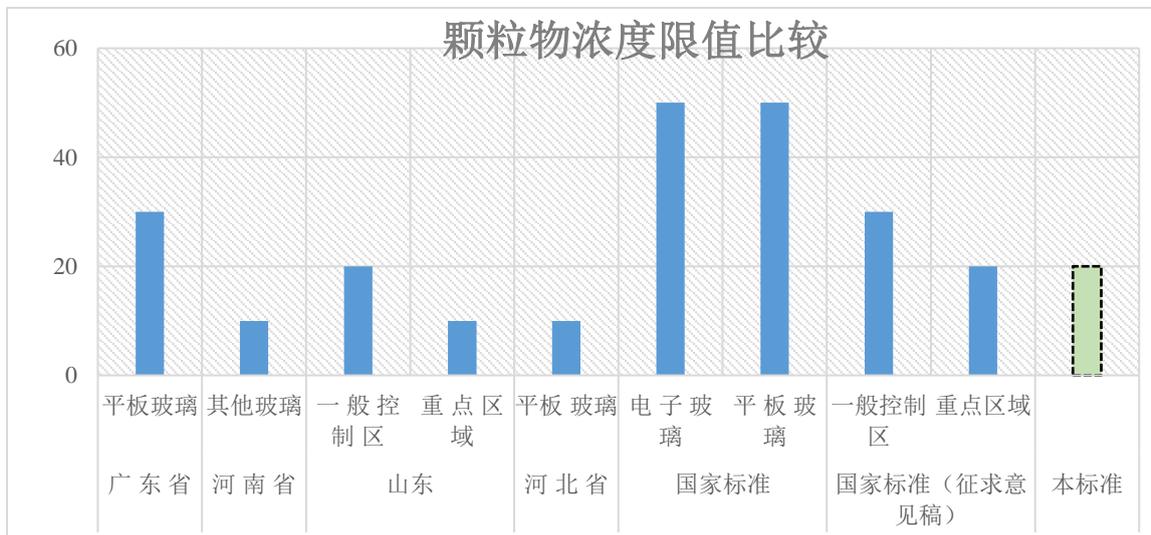


图 7.5-2 颗粒物浓度限值比较

## (2) 氮氧化物

对玻璃行业，氮氧化物主要产生来源于热力燃烧。不同玻璃生产类型，因其窑温差异大，其氮氧化物的产生浓度差异大。平板玻璃生产行业、日用玻璃行业、再生玻璃，从燃烧温度上差异比较大，如平板玻璃燃烧温度在 1500 度以上，电子玻璃、汽车玻璃燃烧温度高于建筑玻璃；日用玻璃玻璃产品配方不同、品质要求不同，燃烧温度会有较大的浮动，如普通钠钙玻璃燃烧温度在 1350-1500 度之间、中硼玻璃燃烧在 1560-1580 度之间；玻璃纤维燃烧温度在 1600 度左右。原材料是否增加废玻璃渣以及玻璃渣的加入量，也会对燃烧温度带来较大的影响，通常可降低燃烧温度。

国家设计手册要求玻璃行业脱硝装置脱硝效率应确保在 80% 以上，技术上，达到 3 层及以上脱硝剂处理效率能达到 90% 以上。从理论分析，按照氮氧化物产生浓度在  $3000\text{--}4000\text{mg}/\text{m}^3$ ，按 90% 处理效率分析，理论上可以达到  $300\text{--}400\text{mg}/\text{m}^3$  的要求。

对平板玻璃在线数据分析，80% 以上的实测浓度达到  $300\text{mg}/\text{m}^3$  以内，达到  $300\text{mg}/\text{m}^3$  浓度水平的累计比例为 81.09%。按 8% 氧含量折算的浓度分析，不超过  $300\text{mg}/\text{m}^3$  的数据比例为 40%，不超过  $350\text{mg}/\text{m}^3$  的数据比例为 60%。对纯氧燃烧的玻璃纤维在线数据分析，98.3% 以上的实测浓度达到  $300\text{mg}/\text{m}^3$  以内。

表 7.5-10 在线数据统计分位数

单位: mg/m<sup>3</sup>

玻璃类型	浓度	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%
平板玻璃	实测浓度值	166.74	194.23	220.03	242.84	267.23	296.37	340.89
平板玻璃	折算浓度值 (按 8% 折算)	248.89	286.20	318.32	349.27	382.55	422.47	484.90
玻璃纤维	实测浓度值 (纯氧)	46.36	50.99	56.18	67.1	91.51	145.09	215.77

表 7.5-11 玻璃在线数据累计百分比

单位: mg/m<sup>3</sup>

玻璃类型	浓度累计百分比	<200	<250	<300	<350	<400	>400
平板玻璃	实测浓度累计百分比	42.68%	63.24%	81.09%	91.18%	95.02%	4.98%
玻璃纤维	实测浓度	75.1%	91.9%	98.3%	99.8%	100.0%	0%

根据收集的监测报告分析, 125 组实测浓度数据, 84.7% 的数据小于 200mg/m<sup>3</sup>, 91.1% 的数据小于 250mg/m<sup>3</sup>, 99.2% 的数据小于 300mg/m<sup>3</sup>。按实际平均 12% 氧含量折算到基准 8% 氧含量, 则折算浓度小于 300mg/m<sup>3</sup> 的比例为 85%。

根据委托监测的 5 家企业 7 条生产线数据分析, 实测和折算浓度小于 300mg/m<sup>3</sup> 的比例均为 57%。

综合考虑将控制区限值定为 300mg/m<sup>3</sup>, 其他区选择 400 mg/m<sup>3</sup>。

和其他标准相比较, 对于控制区 NO<sub>x</sub> 浓度限值 300 mg/m<sup>3</sup>, 低于电子、平板玻璃国家现行标准 57.1%, 低于我市现行标准主城区燃气熔窑标准 40%, 其他区标准 57.1%。与国家玻璃工业标准征求意见稿相比, 玻璃制品窑比国家重点区域标准严格 33%, 比国家一般区域标准严格 40%; 其他玻璃与重点区域标准一致, 比一般区域标准严格 25%。与其他省市相比, 控制区限值严于广东, 比河北、山东宽松, 和河南一致。

对于其他区 NO<sub>x</sub> 浓度限值 400 mg/m<sup>3</sup>, 低于电子、平板玻璃国家现行标准 42.8%, 低于我市现行标准主城区燃气熔窑标准 20%, 其他区标准 42.8%; 与国家玻璃工业标准征求意见稿相比, 玻璃制品熔窑限值与国家重点区域一致, 比一般区域要求严格 20%, 其他玻璃熔窑与国家一般区域标准一致。与其他省市相比, 控制区限值严于广东, 比河北、山东、河南宽松。

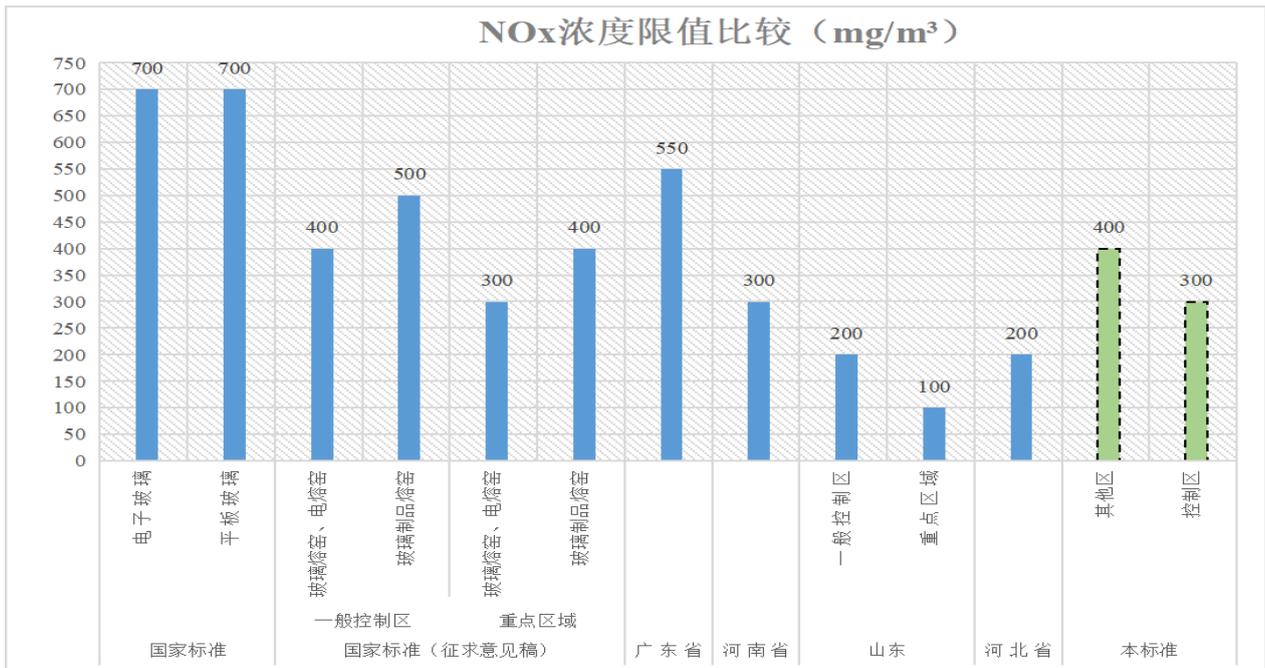


图 7.5-2 氮氧化物浓度限值比较

### (3) 二氧化硫

玻璃熔窑二氧化硫治理技术有干法（半干法）脱硫技术和湿法脱硫技术。其中，干法（半干法）脱硫技术又包括旋转喷雾干燥脱硫技术（SDA 技术）、烟气循环流化床脱硫技术（CFB-FGD 技术）和新型脱硫除尘一体化技术（NID 技术）；湿法脱硫技术有石灰石/石灰-石膏法和钠碱法，采用干法脱硫、湿法脱硫（碱法）以及干法半干法结合脱硫效率可达 90%以上，而半干法脱硫效率一般效率为 80%，最高可达 90%。根据本次调研结果，我市现有玻璃熔窑采用脱硫技术的比例不高，调查的 12 家企业仅 4 家进行了脱硫治理，主要技术主要为湿法脱硫（碱法）以及新型脱硫除尘一体化技术。

表 7.5-12 在线数据统计分位数

单位：mg/m<sup>3</sup>

类型	浓度	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%
平板玻璃	实测浓度值	33.52	49.73	65.31	81.29	105.55	142.46	189.52
	折算浓度值（按 8% 折算）	50.17	73.48	95.68	118.16	151.24	200.56	262.79
玻璃纤维	实测浓度值（纯氧）	0.81	1.64	2.9	4.51	7.59	14.65	20.54

平板玻璃因大部分采用芒硝作为澄清剂，二氧化硫的浓度相对较高。以平板玻璃在线数据分析为例，只有 3 家有脱硫设施。不考虑是否有设施的情况下对数据进行统一分析，实测浓度 60%达到 80 mg/m<sup>3</sup>，70%的比例达到 100 mg/m<sup>3</sup>，90%以上达到的 200 mg/m<sup>3</sup>。按折算

浓度分析，40%左右的数据达到 80 mg/m<sup>3</sup>，50%的比例达到 100 mg/m<sup>3</sup>，80%以上达到的 200 mg/m<sup>3</sup>。而上了脱硫设施的企业折算浓度分析能够达到 80mg/m<sup>3</sup>。玻璃纤维行业采用纯氧燃烧工艺的二氧化硫浓度均在 200mg/m<sup>3</sup> 以内，90% 以上数据能达到 30mg/m<sup>3</sup> 以内。

表 7.5-13 在线数据累计分数

单位：mg/m<sup>3</sup>

类型	实测浓度	<50	<100	<200	<300	<400	>400
平板玻璃	累计百分比	40.91%	68.46%	93.19%	99.74%	99.88%	0.12%
类型	实测浓度	<50	<80	<100	<150	<200	
玻璃纤维	累计百分比	99.02%	99.96%	99.96%	99.98%	100%	

根据收集的监测报告分析，125 组实测浓度数据，95.7%的数据小于 200mg/m<sup>3</sup>，84%的数据小于 100mg/m<sup>3</sup> 和 80 mg/m<sup>3</sup>。按实际平均 12%氧含量折算到基准 8%氧含量，则折算浓度小于 80mg/m<sup>3</sup> 的比例为 63.7%。

根据委托监测的 5 家企业 7 条生产线数据分析，实测浓度小于 80mg/m<sup>3</sup> 的比例均为 85.7%，折算浓度小于 80mg/m<sup>3</sup> 的比例均为 57.1%。

综合考虑将限值 80 mg/m<sup>3</sup>。

和国家相关标准比较，二氧化硫浓度限值 80mg/m<sup>3</sup> 低于国家现行标准 80%，低于国家征求意见稿一般区域限值的 60%，低于国家征求意见稿重点区域限值的 20%。与其他省市相比，二氧化硫浓度限值严于广东、河南和山东的一般控制区（氧含量 12%）的限值要求，比河北和山东的重点区域（氧含量 12%）宽松。

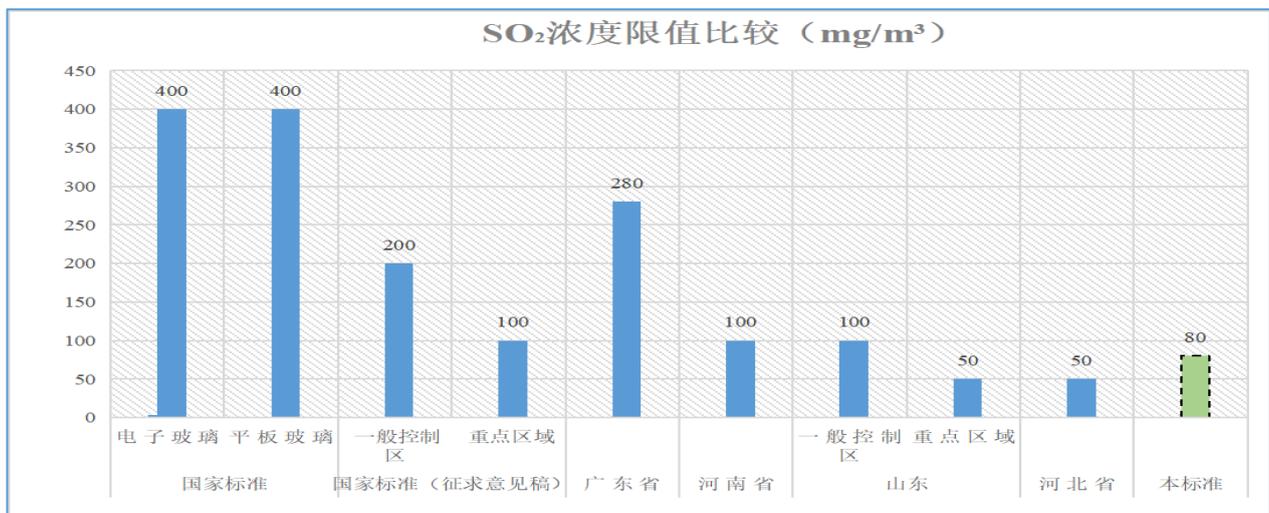


图 7.5-3 二氧化硫浓度限值比较

#### （4）氯化氢和氟化氢

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，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，也可通过烟气脱硫过程协同去除氯化氢和氟化物。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。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。实测玻璃熔窑的氯化氢排放浓度在 0.20L-11.8 mg/m<sup>3</sup>，氟化物排放浓度在 0.18-4.3mg/m<sup>3</sup>，均达到 GB 26453—2011 中相应的浓度限值（氟化物不超过 5 mg/m<sup>3</sup>，氯化氢不超过 30 mg/m<sup>3</sup>）。

根据委托监测的 5 家企业 7 条生产线数据分析，氯化氢和氟化物的实测排放浓度小于 30mg/m<sup>3</sup> 和 5mg/m<sup>3</sup> 的比例分别为 100%。

结合我市现有玻璃熔窑氟化物和氯化氢排放浓度，结合欧盟 BAT、意大利、奥地利等国外标准，GB 26453—2011、GB 29495—2013、DB 13/1640—2012、DB 37/2373—2018 以及国家《玻璃工业大气污染物排放标准》（征求意见稿）中有关氯化氢和氟化物的排放浓度限值要求，本次标准将玻璃熔窑氯化氢排放浓度定为 30 mg/m<sup>3</sup>，氟化物排放浓度定为 5 mg/m<sup>3</sup>。

#### （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。根据产业结构调整指导目录，明确淘汰了添加白砷、三氧化二锑、含铅、含氟（全电熔窑除外）、铬矿渣及其他有害原辅材料的玻璃配合料的生产工艺。根据文献调研，目前不再使用白砷、三氧化二锑的澄清剂，主要使用复合澄清剂，复合澄清剂按是否含砷划分：砷锑类复合澄清剂，无砷复合澄清剂。无砷复合澄清剂是玻璃行业实现玻璃配方无砷化的发展方向。

按其主要有效成分，复合澄清剂分为砷基复合澄清剂，砷锑基复合澄清剂，铈基复合澄清剂。按发展阶段划分，复合澄清剂分为第一代复合澄清剂，第二代复合澄清剂和新一代复合澄清剂。第一代复合澄清剂主要是以三氧化二砷为要成分辅以其玻璃助熔，脱色成分，以其澄清效果较稳定，毒性较白砷低，早期使用较普遍。第二代复合澄清剂主要是利用有色冶炼厂副产品砷锑烟灰和稀土厂的下脚料铈渣再辅以其它原料组合而成，其特点是澄清温度要求低，澄清范围宽，持续分解能力强，成本低，毒性低。第三代复合澄清剂其

主要是利用变价氧化物，硫化物和卤化物及其盐类科学复配而成，其最大特点是综合利用了玻璃澄清当中的氧澄清，硫澄清和卤化物澄清三大优势，充分发挥氧系澄清，硫系澄清和卤化物澄清在玻璃澄清过程的协同效应和叠加效果，是今后玻璃澄清剂行业的发展方向，也是玻璃行业实现配方无砷化的必然趋势。故对澄清剂等配料使用，考虑砷、锑及其化合物。

和国内行业相关标准，参照《玻璃工业大气污染物排放标准》（征求意见稿），本次标准规定：玻璃熔窑中铅及其化合物排放浓度定为  $0.5\text{mg}/\text{m}^3$ ；砷及其化合物排放浓度定为  $0.5\text{mg}/\text{m}^3$ ；锑及其化合物排放浓度定为  $1\text{mg}/\text{m}^3$ 。

## （6）氨

采用 SNCR、SCR 进行脱硝，需要使用尿素、氨水等还原剂，目前，玻璃行业主要使用 20% 的氨水。氨水喷入适宜温度区间的烟气内与  $\text{NO}_x$  反应，会有部分氨逃逸。过量的氨逃逸后和烟气中的  $\text{SO}_3$  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。同时，如果过量的氨逃逸到大气中，易与大气中的  $\text{SO}_2$ 、 $\text{NO}_x$  气体反应形成硝酸铵、硫酸铵等二次颗粒物，进而增加大气中细颗粒物的浓度，且硝酸铵和硫酸铵会降低大气能见度，危害人体健康，对灰霾污染的形成有重要作用。

对典型企业不同时间段废气排放情况进行监测，在  $\text{NO}_x$  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  $\text{NO}_x$  的排放浓度没有呈现出显著相关关系。文献显示，某企业不同监测时段， $\text{NO}_x$  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  $\text{NO}_x$  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。目前，火电、水泥等具有相似脱硝工艺的行业，氨的排放标准要求均为  $8\text{mg}/\text{m}^3$ 。

根据委托监测的 5 家企业 7 条生产线数据分析，实测浓度和折算浓度小于  $8\text{mg}/\text{m}^3$  的比例均为 71.4%。综合考虑将限值定为  $8\text{mg}/\text{m}^3$ 。和国家及其他地区限值相比，是保持一致的。

### 7.5.2 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  $10\sim 30\text{ mg/m}^3$  以下。本标准规定：颗粒物排放限值为  $20\text{ mg/m}^3$ 。

## (2) 铅、砷及其化合物

尽管产业结构目录（2019）提出不再使用含白砷（三氧化二砷）、含铅物料，但考虑到仍可能有相关物料存在的可能性，且部分复合澄清剂可能仍含有其他含砷化合物，CRT等工序可能也存在部分含铅物质，故仍然规定了在原料配料环节铅、砷及其化合物的排放限值。一般含铅配料为  $\text{PbO}$  或  $\text{PbSiO}_3$ ，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  $3\text{ mg/m}^3$ ，参照《玻璃工业大气污染物排放标准》（征求意见稿）及其他省市标准，结合促进减少该物料的使用的要求做适度加严。本标准规定：铅及其化合物排放限值为  $0.5\text{mg/m}^3$ ，砷及其化合物排放限值为  $3\text{mg/m}^3$ 。

### 7.5.3 镀膜尾气处理系统污染物排放限值制订依据

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  $650^\circ\text{C}$  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、 $\text{HCl}$ 、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  $\text{HCl}$ 、氟化物通过碱液吸收被有效去除， $\text{HCl}$  排放浓度小于  $30\text{ mg/m}^3$ ，氟化物小于  $5\text{ mg/m}^3$ 。颗粒物通过布袋除尘技术等，排放浓度控制在  $10\sim 30\text{ mg/m}^3$  以下。本标准制定锡及其化合物、 $\text{HCl}$ 、氟化物的限值参照《平板玻璃工业大气污染物排放标准》（ $\text{GB 26453—2011}$ ）的限值，即在线镀膜尾气处理系统锡及其化合物排放限值  $5\text{ mg/m}^3$ ， $\text{HCl}$  排放限值  $30\text{ mg/m}^3$ ，氟化物排放限值  $5\text{ mg/m}^3$ ，颗粒物排放限值提升到  $20\text{ mg/m}^3$ 。

### 7.5.4 挥发性有机物排放限值制订依据

玻璃熔窑  $\text{VOCs}$  主要来自于玻璃生产原料（废玻璃）中，而窑内煅烧温度约在  $1500^\circ\text{C}$  左右，部分平板显示玻璃熔窑温度在  $1600^\circ\text{C}$  以上，因此熔窑实际排放的  $\text{VOCs}$  很少，现场调研，平板玻璃熔窑均未安装  $\text{VOCs}$  治理设施。

日用玻璃  $\text{VOCs}$  主要来自于调漆、喷漆、烘烤和烤花工段，采用的  $\text{VOCs}$  治理工艺主要有活性炭吸附、 $\text{UV}$  光氧、 $\text{UV}$  光解等中的一种或多种。玻璃纤维行业  $\text{VOCs}$  主要

来自于玻璃纤维固化工序、表面处理（过胶）工序、浸润剂配制、拉丝工序、烘烤工序等，可采取的 VOCs 治理设施有活性炭+UV 光氧、采用高压离子净化器和特殊燃烧装置等，一般调漆、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。玻璃工业 VOCs 主要来源及构成见 7.5-14。根据文献调研，玻璃行业涉 VOCs 排放工序苯系物产生浓度 20~50 mg/m<sup>3</sup>，VOCs 产生浓度 100~300 mg/m<sup>3</sup>。

表 7.5-14 VOCs 主要来源及构成

序号	工艺类型	典型大气污染物
1	玻璃制品调漆、喷漆、烘干、烤花工序	颗粒物、丙烷、正丁烷、正己烷、苯系物（包括苯、甲苯、二甲苯、三甲苯、乙苯和苯乙烯）、乙醇、乙二醇、异丙醇、丁醇、异丁醇、仲丁醇、二丙酮醇、乙二醇乙醚、乙二醇丁醚、环己酮、乙酸甲酯、乙酸乙酯、乙酸丙酯、乙酸异丙酯、乙酸丁酯、乙酸异丁酯、丙烯酸酯类等
2	制镜淋漆、烘干工序	颗粒物、苯系物（包括苯、甲苯、二甲苯、三甲苯、乙苯和苯乙烯）、环氧氯丙烷、酚类、丙烯酸、丙烯酸酯类、甲苯二异氰酸酯等
3	玻璃纤维浸润剂配制、拉丝工序	颗粒物、丁二烯、聚丙烯、丙烯酸、聚乙烯醇、丙烯酰胺、丙烯腈等

现阶段国家、我市、四川省标准中规定的挥发性有机物排放限值如表7.5-15 所示。

7.5-15 挥发性有机物排放限值

单位：mg/m<sup>3</sup>

序号	标准名称	NMHC	TVOC	苯系物	苯
1	《大气污染物综合排放标准》 (DB50/416—2016)	120	—	甲苯40/ 二甲苯70	6
2	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 3/ 二甲苯12	1
3	《玻璃工业大气污染物排放标准》 (征求意见稿)	60	80	20	1
4	四川省《玻璃工业大气污染物排放标准》 (征求意见稿)	25	-	10	1

根据收集的监测报告，玻璃工业主要监测 NMHC 指标。表 7.5-16 是我市玻璃行业非甲烷总烃的排放浓度累积分布情况，共获取非甲烷总烃数据 20 组。数据结果显示，我市监测结果表明，非甲烷总烃排放浓度在 10mg/m<sup>3</sup> 以内，四川监测结果表明非甲烷总烃排放浓度最高为 22mg/m<sup>3</sup>，有 95%的非甲烷总烃排放浓度在 10mg/m<sup>3</sup> 以内；总烃排放浓度最高为 98mg/m<sup>3</sup>，有 95%的总烃排放浓度在 20mg/m<sup>3</sup> 以内；苯系物排放浓度最高为 0.79mg/m<sup>3</sup>，苯的

排放浓度最高为 0.045mg/m<sup>3</sup>，均在 1mg/m<sup>3</sup> 以内。

表 7.5-16 玻璃行业 VOCs 排放浓度累积分布

单位：mg/m<sup>3</sup>

累计比例	10%	20%	40%	50%	70%	80%	90%	100%
非甲烷总烃 (重庆,实测)	1.75	2.87	5.44	6.08	7.63	7.82	8.12	8.42
非甲烷总烃 (四川)	0.665	0.765	1.146	1.904	2.378	2.579	3.941	22.425
总烃	1.198	1.282	2.256	2.554	2.870	3.341	4.466	98.552
苯系物	0.008	0.011	0.057	0.065	0.126	0.156	0.440	0.788
苯	0.0004	0.005	0.008	0.010	0.013	0.018	0.018	0.045

按照《挥发性有机物无组织排放标准》要求，车间或生产设施排气中 NMHC 初始排放速率 $\geq 3\text{kg/h}$ 时，应配置 VOCs 处理设施，处理效率不应低于 80%。车间或生产设施排气中 NMHC 初始排放速率 $\geq 2\text{ kg/h}$ 时，应配置 VOCs 处理设施，处理效率不应低于 80%。

综合考虑，设定挥发性有机物排放表征指标 NMHC，排放限值按照 25mg/m<sup>3</sup> 设定，TVOC 按照调研产生浓度 80% 处理效率设置为 60mg/m<sup>3</sup>。

此外，对于采用燃烧（焚烧、氧化）处理 VOCs 的装置，除要求涉 VOCs 排放达标外，也参照国家相关涉 VOCs 行业标准要求，增加了对排放烟气中的二氧化硫、氮氧化物的控制要求，二氧化硫和氮氧化物分别给予 200mg/m<sup>3</sup> 的限值要求。

## 7.6 无组织排放限值的确定与依据

无组织排放是玻璃生产企业大气污染物排放的重要形式。在物料储存、卸料、输送、配料、厂区道路硬化等都会造成粉尘逸散，恶化厂区及周边环境，需要加强环保监管。此外，企业采取 SNCR、SCR 脱硝措施后，由于液氨、氨水、尿素等还原剂的储存、使用，存在着恶臭扰民风险，为此需对企业周边氨浓度进行监控。涉及 VOCs 原料使用环节也存在挥发性有机物，需要进行控制。

无组织排放限值考虑厂界和厂区内。

本次标准制定共获取 5 家玻璃企业颗粒物和氨厂界排放浓度，颗粒物厂界数据来自于课题组实测，氨厂界数据来自于企业委托第三方监测报告，颗粒物浓度为 0.167-

0.560mg/m<sup>3</sup>，80%企业在 0.50 以下。氨浓度为 0.03-0.19mg/m<sup>3</sup>。颗粒物限值结合监测数据制定。

《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 DB/50-418 厂界要求，参照玻璃工业国家征求意见稿等相关要求制订铅、砷、苯的企业边界污染监控要求。

厂区内限值参考 GB 37822 重点区域要求确定非甲烷总烃浓度限值，考虑到玻璃行业含 VOCs 物料的组分含氧类物质较多，非甲烷总烃的指标从其他标准使用中反映出表征性不足，故增加了 TVOCs 指标，供针对不同原料类型选择性使用。

企业无组织大气污染物浓度限值如表 7.5-17 所示。

**表 7.5-17 无组织限值标准制定**

序号	污染物项目	浓度限值	限值含义	无组织排放监控位置
1	颗粒物	1.0	监控点处1小时浓度平均值	在厂房外设置监控点
		0.5	监控点与参照点总悬浮颗粒物（TSP）1小时浓度值的差值	厂界外 20m 处上风向设参照点，下风向设监控点
2	NMHC <sup>a,b</sup>	3	监控点处1小时浓度平均值	在涉VOCs物料加工工序厂房外设置监控点
		10	监控点处任意一次浓度值	
3	TVOC <sup>a,b</sup>	6	监控点处1小时浓度平均值	在涉VOCs物料加工工序厂房外设置监控点
		20	监控点处任意一次浓度值	
4	苯 <sup>a</sup>	0.1	企业边界任何1小时大气污染物平均浓度	企业边界
5	氨 <sup>c</sup>	1.0	监控点处1小时浓度平均值	监控点设在下风向厂界外10m范围内浓度最高点
6	砷及其化合物 <sup>d</sup>	0.003	企业边界任何1小时大气污染物平均浓度	企业边界
7	铅及其化合物 <sup>e</sup>			

注：a 适用于含有调漆、喷漆、烘干、烤花、拉丝等工序的玻璃企业。  
 b 根据企业使用的原料、生产工艺过程，结合附录 A 和环境管理要求等，选择测定指标。NMHC 适用于主要成分为混合烃类物质，TVOC 指标适用于除混合烃类外其他类物质较多的情况，计入 TVOC 的物质结合附录 A 和有关环境管理要求筛选确定。  
 c 适用于使用氨水、尿素等含氨物质作为还原剂，去除烟气中氮氧化物。  
 d 适用于使用含砷配合料的玻璃企业。  
 e 适用于 CRT 显像玻璃及其他含铅玻璃生产企业

除了限值要求，也增加了颗粒物和挥发性有机物无组织管控措施。

对于颗粒物，主要考虑无组织排放管控措施如下：

(1) 粉状物料储存于封闭料场（仓、库）中。煤炭、碎玻璃等其他物料储存于封闭、半封闭料场（仓、库、棚）中。半封闭料场应至少两面有围墙（围挡）及屋顶，并对物

料采取覆盖、喷淋（雾）等抑尘措施。硅质原料的均化应在封闭的均化库中进行。

（2）粉状物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。

（3）物料输送采用密闭皮带输送机、密闭式斗式提升机、螺旋输送机等密闭输送方式。

（4）配料车间产生粉尘的设备和产尘点应设置集气罩，并配备除尘设施。配料车间外不应有可见粉尘外逸。

（5）厂区道路应硬化，并采取清扫、洒水等措施保持清洁。未硬化的厂区应采取绿化等措施。

对于 VOCs，考虑到玻璃工业 VOCs 无组织排放主要来自于 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等三个方面。VOCs 无组织排放管控具体措施如下：

（1）VOCs 物料的储存、转移和输送 涂料、树脂、固化剂、稀释剂、清洗剂、浸润剂等 VOCs 物料应储存于密闭的容器、包装袋或储库中。盛装 VOCs 物料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 物料的容器或包装袋在非取用状态时应加盖、封口，保持密闭。VOCs 物料转移和输送时应采用密闭管道或密闭容器。

（2）工艺过程 VOCs 无组织排放控制

涉 VOCs 物料加工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。建有煤气发生炉的企业，酚水系统应密闭，废气收集至处理设施。重点地区采用直接水洗冷却方式的，造气循环水池应密闭，废气收集至处理设施。

工艺过程产生的含 VOCs 废料（渣、液）应按要求进行储存、转移和输送。盛装过 VOCs 物料的废包装容器应加盖密闭。企业应按照 HJ 944 等要求建立台账，记录含 VOCs 原辅材料名称、使用量、回收量、废弃量、去向以及 VOCs 含量等信息。台账保存期限不少于 3 年。

## 7.8 监测要求

### 7.8.1 监测方法

对企业排放废气的采样，应根据监测污染物的种类，在规定的污染物排放监控位置进行，有废气处理设施的，应该在该治理设施后监测。排气筒中大气污染物的监测采样按 GB/T 16157、HJ/T 397、HJ 732、HJ 75、《固定污染源废气中非甲烷总烃排放连续监测技

术指南（试行）》的规定执行；企业边界大气污染物的监测采样按 HJ/T55 的规定执行。不同污染物测试方法见表 7.8-1。

表 7.8-1 大气污染物测定方法标准

序号	污染物项目	方法标准名称	方法标准编号
1	颗粒物	固定污染源排气中颗粒物测定与气态污染物采样方法	GB/T 16157-1996
		环境空气 总悬浮颗粒物的测定 重量法	GB/T 15432-1995
		固定污染源废气 低浓度颗粒物的测定 重量法	HJ836-2017
2	二氧化硫	固定污染源废气 二氧化硫的测定 定电位电解法	HJ 57-2017
		固定污染源废气 二氧化硫的测定 非分散红外吸收法	HJ 629-2011
		固定污染源排气中二氧化硫的测定 碘量法	HJ/T 56-2000
		固定污染源废气 二氧化硫的测定 便携式紫外吸收法	HJ 1131-2020
3	氮氧化物	固定污染源排气中氮氧化物的测定 紫外分光光度法	HJ/T42-1999
		固定污染源排气中氮氧化物的测定 盐酸萘乙二胺分光光度法	HJ/T43-1999
		固定污染源废气 氮氧化物的测定 非分散红外吸收法	HJ 692-2014
		固定污染源废气 氮氧化物的测定 定电位电解法	HJ 693-2014
		固定污染源废气 氮氧化物的测定 便携式紫外吸收法	HJ 1132-2020
4	氯化氢	固定污染源排气中氯化氢的测定 硫氰酸汞分光光度法	HJ/T 27
		固定污染源废气 氯化氢的测定 硝酸银容量法	HJ 548
		环境空气和废气 氯化氢的测定 离子色谱法	HJ 549
5	氟化物	大气固定污染源 氟化物的测定 离子选择电极法	HJ/T 67-2001
6	砷及其化合物	固定污染源废气 砷的测定 二乙基二硫代氨基甲酸银分光光度法	HJ 540
		空气和废气 颗粒物中铅等金属元素的测定 电感耦合等离子体质谱法	HJ 657
		空气和废气 颗粒物中金属元素的测定 电感耦合等离子体发射光谱法	HJ 777
		环境空气 颗粒物中无机元素的测定 能量色散 X 射线荧光光谱法	HJ 829
		环境空气 颗粒物中无机元素的测定 波长色散 X 射线荧光光谱法	HJ 830
7	锑及其化合物	空气和废气 颗粒物中铅等金属元素的测定 电感耦合等离子体质谱法	HJ 657
		空气和废气 颗粒物中金属元素的测定 电感耦合等离子体发射光谱法	HJ 777
		环境空气 铅的测定 火焰原子吸收分光光度法	GB/T 15264
		环境空气 铅的测定 石墨炉原子吸收分光光度法	HJ 539
		空气和废气 颗粒物中铅等金属元素的测定 电感耦合等离子体质谱法	HJ 657
		固定污染源废气 铅的测定 火焰原子吸收分光光度法	HJ 685

8	铅及其化合物	空气和废气 颗粒物中金属元素的测定 电感耦合等离子体发射光谱法	HJ 777
		环境空气 颗粒物中无机元素的测定 能量色散 X 射线荧光光谱法	HJ 829
		环境空气 颗粒物中无机元素的测定 波长色散 X 射线荧光光谱法	HJ 830
9	锡及其化合物	大气固定污染源 锡的测定 石墨炉原子吸收分光光度法	HJ/T 65
		空气和废气 颗粒物中铅等金属元素的测定 电感耦合等离子体质谱法	HJ 657
		空气和废气 颗粒物中金属元素的测定 电感耦合等离子体发射光谱法	HJ 777
10	氨	环境空气和废气 氨的测定 纳氏试剂分光光度法	HJ 533-2009
		环境空气 氨的测定 次氯酸钠-水杨酸分光光度法	HJ 534-2009
11	非甲烷总烃 (NMHC)	固定污染源废气 总烃、甲烷和非甲烷总烃的测定 气相色谱法	HJ 38
		环境空气 总烃、甲烷和非甲烷总烃的测定 直接进样-气相色谱法	HJ 604
12	苯 苯系物	环境空气 苯系物的测定 固体吸附/热脱附-气相色谱法	HJ 583
		环境空气 苯系物的测定 活性炭吸附/二硫化碳解吸-气相色谱法	HJ 584
		环境空气 挥发性有机物的测定 吸附管采样-热脱附/气相色谱-质谱法	HJ 644
		固定污染源废气 挥发性有机物的测定 固相吸附-热脱附/气相色谱-质谱法	HJ 734
		环境空气 挥发性有机物的测定 罐采样/气相色谱-质谱法	HJ 759
		固定污染源废气 总烃、甲烷和非甲烷总烃的测定 气相色谱法	HJ 38

自行监测的排污企业须按照《排污单位自行监测技术指南总则》（HJ819-2017）执行，并满足《总则》对排污单位提出了监测的一般要求、监测 方案制定、监测质量保证和质量控制、信息记录和报告的基本内容和要求。

## 7.9 达标判定

对于有组织排放，采用手工监测或在线监测时，按照监测规范要求测得的任意1h平均浓度值超过本标准规定的限值，判定为超标。对于无组织排放，采用手工监测或在线监测时，按照监测规范要求测得的任意1h平均浓度值超过本标准规定的限值，判定为超标。

## 8. 实施本标准的成本效益分析

### 8.1 实施本标准的环境效益

根据污普数据，全市玻璃行业颗粒物、SO<sub>2</sub>、NO<sub>x</sub>、VOCs 总排放量为 229.2 吨、1267.1 吨、3687.6 吨、23.5 吨。本标准实施后，玻璃熔窑、电熔窑颗粒物、SO<sub>2</sub>、NO<sub>x</sub> 排放浓度分别按 20mg/m<sup>3</sup>、50mg/m<sup>3</sup>、300mg/m<sup>3</sup> 计算，其他工序颗粒物排放浓度为 20mg/m<sup>3</sup>，按照现行国家标准、工业炉窑标准各工序污染物排放浓度限值与本标准的差异，获得减排比例。本标准实施后，各污染物减排量如表 9-1 所示。与污普统计污染物排放量相比，颗粒物、SO<sub>2</sub>、NO<sub>x</sub> 排放量分别减少 80%、88%、57%，环境效益显著。

表 8.1-1 本标准实施前后重庆市玻璃生产企业污染物排放量变化预测

项目	颗粒物	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>
排放基准量 (t/a)	229.2	1267.1	3687.6
现行标准值 (mg/m <sup>3</sup> )	100	400	700
拟制定标准值 (mg/m <sup>3</sup> )	20	80	300
本标准实施后排放量 (t/a)	45.84	253.42	1580.4
减排量 (t/a)	183.36	1013.68	2107.2
减排比例	80%	80%	57%

### 8.2 实施本标准的技术可行性分析

综合评估，目前重庆市玻璃行业达到排放限值的企业比例约为 60%，其他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；或是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，可以达到排放限值要求。所有技术在国内均有成功运行案例，技术上可行。

### 8.3 实施本标准的经济成本分析

标准提高后，部分企业需要对现有玻璃熔窑的污染治理设备进行改造，如将布袋除尘器更换为涤纶覆膜或 P84 覆膜滤料、增大除尘器过滤面积，改造费用在 240-500 万元之间；或将静电除尘器提效改造（如增加电场级数、提高高压电源性能、采用移动电极技术）或“电改袋”、“电改为电袋复合”，改造费用为 70-900 万；或采用触媒管陶瓷纤维一体化治理技术费用为 600-1000 万元。

根据已达标企业建设投资和运行成本估算，平均每吨平板玻璃污染物处置建设投资和运行成本分别为 170 元和 61 元，平均每吨日用玻璃污染物建设投资和运行成本分别为 330 元和 52 元，平均每吨玻璃纤维处置工艺建设投资和运行成本分别为 90 元和 30 元。

若假设需要提升的产量比例为 40%，则根据需提升的产量进行估算，全市改造达标所需的总投入约为 1.91 亿。若假设需要提升的产量比例为 60%，则根据需提升的产量进行估算，全市改造达标所需的总投入约为 2.87 亿元。故总投资估算在 1.91-2.87 亿元。

表 8.2-1 本标准实施成本估算

按 40%产量需提升核算	需提升技术的产量（万吨）	单位产量投资成本（元/吨）	单位产量运行成本（元/吨）	总投入(万元)
平板玻璃制造	23.8	170	61	5497.8
日用玻璃制品制造	26.28	330	52	10038.96
玻璃纤维及制品制造	29.96	90	30	3595.2
合计				19131.96