

重庆市生态环境局环保科技项目

编号：环科字 2022 第（……）号

《陶瓷工业大气污染物排放标准》 (征求意见稿)

编制说明



《陶瓷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.....	3
1.1 任务来源.....	3
1.2 工作过程.....	4
1.2.1 标准立项过程.....	4
1.2.2 标准草案编制.....	5
1.2.3 川渝标准协同推进进程.....	6
2 标准修订必要性和意义.....	7
2.1 大气污染物减排的需求.....	7
2.2 落实国家及重庆市地方相关文件的需要.....	8
2.3 更严格管控依据的需求.....	8
3 国内外相关标准研究.....	9
3.1 国外陶瓷工业环保标准.....	9
3.2 国内相关政策和标准.....	10
3.3 标准比较.....	11
4 重庆市陶瓷行业现状.....	13
4.1 企业分布及生产状况.....	13
4.2 生产工艺和排污节点.....	15
4.2.1 不同类型陶瓷生产工艺.....	15
4.2.2 不同工艺环节产污情况.....	19
4.3 污染物控制技术及其措施.....	21
4.3.1 颗粒物治理设施.....	21
4.3.2 二氧化硫治理设施.....	22
4.3.3 氮氧化物治理设施.....	24
4.3.4 氟化物、氯化物、铅、镉、镍及其化合物治理设施.....	25
4.3.5 无组织排放控制.....	26
4.3.6 重庆市污染治理设施安装情况.....	26
4.4 重庆市陶瓷工业大气污染排放情况.....	29
4.5 重庆市陶瓷行业主要问题分析.....	31
5 标准制定的原则和依据.....	31
5.1 标准制定的原则.....	31

5.2 标准制定的依据	32
6 标准主要技术内容	32
6.1 适用范围	32
6.2 标准内容框架	32
6.3 术语与定义	33
6.4 污染物项目与考核指标	33
6.4.1 污染物项目	33
6.4.2 污染物考核指标	34
6.5 与国家标准对比修订的主要内容	34
7 标准限值与规定的制订依据	35
7.1 大气污染物有组织排放限值的确定	36
7.1.1 基准含氧量	36
7.1.2 颗粒物	37
7.1.3 氮氧化物	39
7.1.4 二氧化硫	40
7.1.5 铅、镉、镍及其化合物、氟化物、氯化物	41
7.1.6 氨	42
7.1.7 烟气黑度	43
7.1.8 挥发性有机物	43
7.2 原料破碎、筛分、成型及其它通风生产设备	44
7.3 大气污染物无组织排放限值	45
7.4 技术与管理规定	46
7.4.1 无组织排放控制	46
7.5 监测要求	48
8 技术可行性和经济成本分析	49
8.1 技术可行性分析	49
8.1.1 陶瓷窑炉烟气污染防治可行技术	49
8.1.2 喷雾干燥塔烟气污染防治可行技术	50
8.1.3 窑炉-喷雾干燥塔烟气联合防治可行技术	52
8.2 经济成本分析	52
9 标准实施后的环境（减排）效益	55

1 项目背景

1.1 任务来源

近十几年来，我国陶瓷产业得到了快速发展，是全球陶瓷制造业的中心，陶瓷的年产量和出口量居世界首位，全球半数以上的陶瓷产自我国。重庆是作为中国作为西南“重镇”，重庆市陶瓷产业起步较早，可以追溯到上个世纪，重庆发展陶瓷产业，有着诸多显著优势，不仅地理位置突出，天然气、煤炭、铝土矿、石英砂、白泥等资源亦储量丰富，可以为陶瓷企业生产提供充足的生产原料。近年来，重庆陶瓷产业飞速发展，“十三五”期间陶瓷工业产品产量增长了 63%，对我市经济建设作出了较大贡献。《产业转移指导目录（2018）年版》提出未来全国重点区域陶瓷优化调整方向，**重庆市荣昌区、巴南、开州将继续优先承接发展先进陶瓷和日用陶瓷产业**，荣昌陶是中国四大名陶之一，其产地荣昌区安富街道有“中国三大陶都”的美誉，在荣昌大力发展陶艺产业具有得天独厚的自然、文化、人才资源优势，2020 年，仅荣昌陶文化创意产业园实现产值 19.9 亿元，已成为西南地区陶产业重要聚集地。随着陶瓷产能提高，也是大气环境污染的重要来源之一，按照清单统计数据，陶瓷行业颗粒物排放总量约为 2252.8 吨、二氧化硫放总量约 724.8 吨、氮氧化物放总量约 2208.6 吨、挥发性有机物总量约 19.2 吨，占规模以上工业排放总量的 0.4%、3.9%、3.1%、0.04%，玻璃行业 72% 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》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”，《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”。自《陶瓷工业污染物排放标准》（GB25464-2010）及其修改单（2014 年第 38 号）、《陶瓷制品制造业污染防治可行技术指南》、《陶瓷工业废气治理工程技术规范》出台以来，陶瓷行业有了指导性、规范性的发展，促进了全国陶瓷行业的技术升级和提标改造。广东省、河北省随后出台了更加严格的陶瓷行业大气污染物排放和超低排放地方标准，山东省、天津市、北京市等先后制定了工业窑炉大气污染物

排放标准或区域大气污染物综合排放标准，针对陶瓷行业废气排放进行严格控制，这些标准的出台对本地和区域陶瓷行业污染物减排和先进生产技术推进起到了重要作用。目前，我市陶瓷工业执行《陶瓷工业污染物排放标准》（GB25464-2010）及其修改单（2014 年第 38 号），在现行标准中存在一些问题：一是国家标准中对我市大气环境质量管理分区域差异化管控上体现不足，目前我市空气质量重点管控区域的范围已扩大至 29 个区县；二是国家标准对原料破碎、筛分、成型及其他通风生产设备这些颗粒物逸散较严重的工序未给出标准限值，未考虑脱硝过程中的氨逃逸问题，对行业无组织排放等缺少管理措施的要求，指标不完善；三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，以加强陶瓷行业的污染物控制，确保空气质量环境保护目标的实现。

因此，为进一步改善大气环境质量，促进陶瓷行业技术进步和经济可持续发展，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《陶瓷工业大气污染物排放标准》的需求并于 12 月正式立项，重庆市生态环境科学研究院负责编制了《陶瓷工业大气污染物排放标准》。

1.2 工作过程

1.2.1 标准立项过程

重庆市《陶瓷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，召开专门会议探讨编制任务，制定编制方案。

2021 年 11 月 30 日，提交开题研究报告，起草标准框架和编制说明初稿。

2021 年 12 月 6 日：提交立项函，完成标准立项。

1.2.2 标准草案编制

根据开题论证会的指导意见，标准编制组明确了标准修订原则和框架构想，并按任务分工开展了相关工作。编制工作主要是通过重点污染源调查（资料研究、问卷调查、现场监测），对我市陶瓷工业的污染物排放和控制状况进行技术经济评估，同时考虑行业环境影响、参考国外相关法规标准和国家行业相关政策要求，最后确定排放标准限值和相关技术、管理规定，并适当分析达标成本和环境效益。编制工作内容如图 1.1-1 所示：

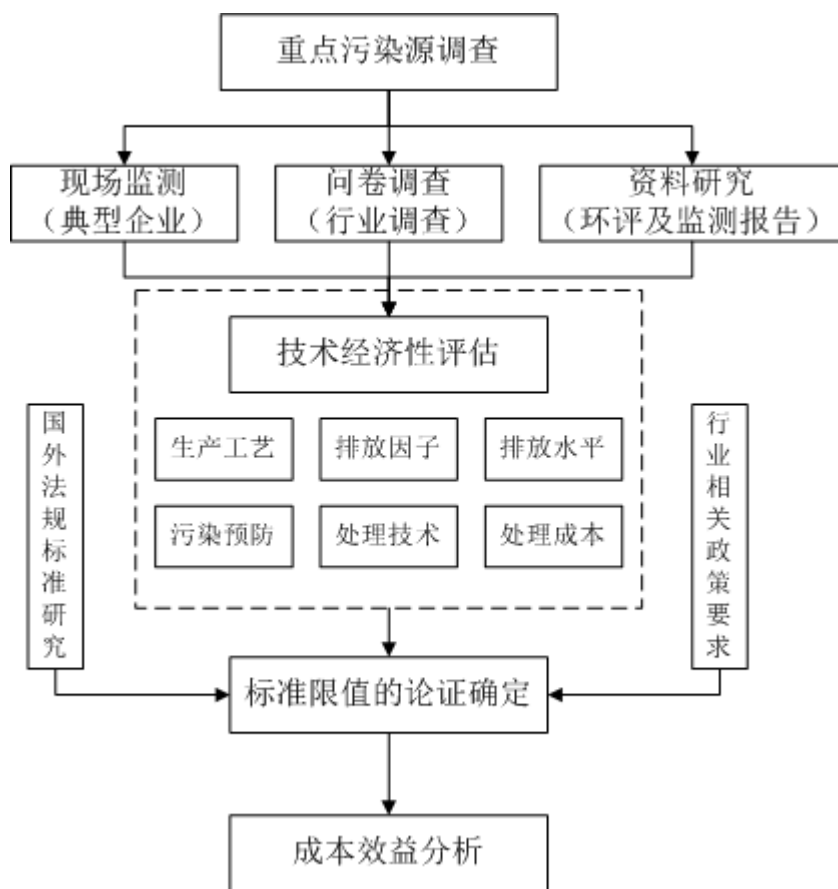


图 1.1-1 标准编制工作内容

2021 年 9 月 1 日起，编制组开展了大量的文献调研工作。在政策法规方面，编制组对国家及我省陶瓷行业管理及污染治理的相关环保政策开展了研究，分析了新形势下陶瓷行业大气污染物排放环境管理需求；在标准限值制定方面，收集、分析国内外陶瓷行业的大气污染物排放标准，对陶瓷工业大气污染排放标准制定情况，主要指标设置，各类污染物限值要求，进行了梳理和调研；在行业发展方面，收集到产业政策

和行业发展概况，通过数据调研、部门调研等方式，全面掌握重庆市陶瓷企业数量、污染治理设施现状，初步了解行业产能规模、产量、产品、燃料结构、污染治理、污染排放等情况。

2022 年 2 月-5 月，在市生态环境局的支持下，编制组陆续走访了唯美陶瓷、锦坤陶瓷、奥福陶瓷等部分陶瓷制品制造企业，现场考察陶瓷企业脱硫、脱硝、除尘设施运行情况，听取陶瓷企业对标准修订的意见和想法；

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。

2022 年 4 月-6 月，开展我市陶瓷行业大气污染物排放数据分析。在市生态环境局的大力支持和广大陶瓷企业的配合下，编制组收集了我市数十家不同类型的陶瓷企业大气污染物排放监测数据，结合问卷调查收集企业生产工艺及污染治理设施基本信息。

2022 年 7 月-8 月，对全市 6 家陶瓷企业的开展现场测试工作，并在在前述工作基础上，标准编制组重点对陶瓷工业大气污染物排放设施、污染物控制项目及指标、排放限值水平、相关技术与管理规定、配套监测分析方法等标准主要技术内容进行了论证、确定，起草了《陶瓷工业大气污染物排放标准（征求意见稿）》和编制说明。

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陶瓷工业大气污染物排放的一体化推进达成了共识。

在本标准编制过程中，我市编制组同步跟踪了四川陶瓷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陶瓷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，编制了重庆市陶瓷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 标准修订必要性和意义

2.1 大气污染物减排的需求

2013年以来，我市大气环境保护工作取得积极进展，以煤烟型细颗粒物（PM_{2.5}）为代表的大气污染问题逐渐改善，2020年，尽管我市空气质量六项指标首次实现全达标，PM_{2.5}年均浓度达到33μg/m³，重污染天数稳定为零。《重庆市生态环境保护“十四五”规划》（渝府发〔2022〕11号）指出到2025年，全市NO_x、VOCs总量分别比2020年削减3.68万吨、1.06万吨。国家《“十三五”生态环境保护规划》早已针对建筑卫生陶瓷行业提出使用清洁燃料，喷雾干燥塔、陶瓷窑炉安装脱硫除尘设施，氮氧化物不能稳定达标排放的喷雾干燥塔采取脱硝措施。《产业结构调整指导目录（2019年本）》中指出建筑陶瓷行业淘汰年产100万平方米以下建筑陶瓷砖、年产20万件以下卫生陶瓷生产线，淘汰建筑卫生陶瓷土窑、倒焰窑、多孔窑、煤烧明焰隧道窑、隔焰隧道窑、匣钵装卫生陶瓷隧道窑要求。陶瓷工业是资源、能源密集型产业，喷雾干燥、烧成、烤花等工序释放出来的颗粒物、氮氧化物和二氧化硫是重点控制的主要大气污染物。同时，《重庆市生态环境保护“十四五”规划》提出推进水泥、陶瓷、玻璃等重点行业氮氧化物深度治理工程，《重庆市大气环境保护“十四五”规划》提出重点区域铸造、铁合金、有色金属、玻璃、陶瓷企业完成深度治理，协同四川省出台陶瓷、玻璃等行业地方标准大气污染物排放标准。“十四五”期间仍需不断推动

工业炉窑深度治理和升级改造，加强陶瓷行业综合治理。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。加严重庆市陶瓷工业大气污染物排放标准是确保陶瓷行业完成减排目标和升级改造的重要保障。

2.2 落实国家及重庆市地方相关文件的需要

环境保护标准是落实环境保护法律法规的重要手段，是支撑环境保护工作的重要基础。随着我国大气污染治理工作的发展，以及人们对空气质量关注度的不断提高，国家对各重点行业的环保要求也越来越严格，国家对重要行业、重点区域大气污染物排放标准提出了更高要求。《环境空气细颗粒物污染综合防治技术政策》（环境保护部公告 2013 年第 59 号）提出“应制定严格、完善的国家和地方工业污染物排放标准，明确各行业排放控制要求。在环境污染严重、污染物排放量大的地区，应制定实施严格的地方排放标准或国家排放标准特别排放限值”。《重庆市生态环境保护“十四五”规划》（渝府发〔2022〕11 号）提出“完善生态环境标准体系，开展重点行业超低排放标准、温室气体排放标准、污染控制技术指南等标准的研究和论证”“联合开展川渝两地现行标准差异分析评估，提出两地生态环境标准统一的对策建议，有序制定、修订统一的大气、水、土壤等领域环保标准，逐步推进川渝两地地方生态环境标准统一。”

2.3 更严格管控依据的需求

现行《陶瓷工业污染物排放标准》（GB 25464-2010）发布至今已超过 8 年，虽然 2014 年国家发布了修改单，针对喷雾干燥塔、陶瓷窑烟气的基准氧含量调整为 18%，同时喷雾干燥塔、陶瓷窑的颗粒物限值调整为 $30\text{mg}/\text{m}^3$ 、二氧化硫限值调整为 $50\text{mg}/\text{m}^3$ 、氮氧化物限值调整为 $180\text{mg}/\text{m}^3$ ，但随着污染防治技术的不断进步，其排放控制要求明显偏松。陶瓷行业及工业窑炉综合治理积极推进后，现行的陶瓷工业的大气污染物排放标准已无法满足当前新形势下经济社会发展和环保部门对陶瓷工业大气污染物管控的需求。从目前标准限值来看，氮氧化物普遍未安装脱硝设备，仍有较大减排空间，同时颗粒物、二氧化硫也有进一步减排的潜力。另外，《重庆市生态环境保护“十

四五”规划》中提出“加强火电、水泥、砖瓦、陶瓷、建材加工等行业废气无组织排放监管”，而陶瓷企业原料粉碎、成型、干燥、烧成、检验、包装等工艺过程易造成无组织排放，厂界内厂房外的无组织目前还没有提出排放限值和具体控制措施要求，难于管控。同时，国家标准配套监测分析方法未更新近几年发布的废气污染物监测方法。因此，当前的陶瓷行业排放标准不能满足环境管理的需要，我市有必要制定陶瓷工业大气污染物的排放标准，以应对国家对陶瓷行业管控要求的收严，并推动陶瓷产业健康可持续发展。

3 国内外相关标准研究

3.1 国外陶瓷工业环保标准

资料调研中，编制组收集到欧盟、韩国、意大利、德国、日本等国家和地区有关陶瓷行业废气排放污染物控制标准，有关标准数据见表 3.1-1。由于修订的时间较早，同时受制于标准制定当前的尾气处理技术与陶瓷制备工艺，以及各个国家会依据自身陶瓷行业的产品特性、市场占有率、生产工艺、所处环境的环境质量、容量、敏感程度等不同因素差异，国外的标准相对当前的国标修改单限值较高，除了意大利及欧盟对颗粒物的排放限值要求外，其他国家和地区排放限值远高于我国当前水平。从收集到的国外标准资料情况分析，本标准制订应结合国家现行的环境管理要求，采用国际先进的废气污染治理工艺技术水平，来控制和满足国家以环境质量为核心，采取严格的大气污染防治措施。

表 3.1-1 部分国家陶瓷行业窑炉烟气污染物排放浓度限值
单位：mg/m³（基准氧含量除外）

项目	欧盟	韩国	意大利	德国	日本
粉尘	1-5	50	5	40	100
二氧化硫	500	715	500	500	各地区总量控制
氮氧化物（以NO ₂ 计）	500（>1300℃） 250（小于1300℃）	411	200	500	821
铅及其化合物	-	-	0.5	0.5	-
氟化物	-	4.5	5	5	-
氯化物（以HCl计）	-	-	-	-	-
基准氧含量	18%	16%	无	17%	18%

3.2 国内相关政策和标准

我国是世界陶瓷最大生产国，陶瓷工业是国家环保规划重点治理的行业之一，因此，一直非常重视陶瓷工业的环境保护问题，在“十一五”末、“十二五”和“十三五”期间，先后发布了许多与陶瓷工业建设、生产、运行有关的环境保护政策、法律法规和标准规范等，一些地方政府也根据实际情况制定了针对性政策和地方标准。

(1) 国家相关政策和标准

2010年10月1日之前，陶瓷工业废气排放标准执行《大气污染物综合排放标准》(GB16297-1996)和《工业炉窑大气污染物排放标准》(GB9078-1996)；2010年10月1日起执行《陶瓷工业污染物排放标准》(GB 25464-2010)；2014年12月12日，《关于发布国家污染物排放标准<陶瓷工业污染物排放标准>(GB25464-2010)修改单的公告》(环境保护部2014年第83号公告)发布，该修改单自发布之日起实施，其中将基准含氧量从原来的8.6%放宽至当前的18%。目前执行的《陶瓷工业污染物排放标准》(GB 25464-2010)修改单中废气污染物排放限值见表3.2-1，企业边界大气污染物任何1小时平均浓度执行表3.2-2规定的限值。

表 3.2-1 《陶瓷工业污染物排放标准》修改单中废气污染物排放限值 单位: mg/m^3

生产工序	原料制备、干燥	烧成、烤花	监控位置
生产设备	喷雾干燥塔	辊道窑、隧道窑、梭式窑	污染物治理 设施排放口
颗粒物		30	
二氧化硫		50	
氮氧化物(以 NO_2 计)		180	
废气黑度(林格曼黑度, 级)		1	
铅及其化合物	-	0.1	
镉及其化合物	-	0.1	
镍及其化合物	-	0.2	
氟化物	-	3.0	
氯化物(以HCl计)	-	25	

表 3.2-2 现有企业和新建企业厂界无组织排放限值 单位: mg/m^3

序号	污染物项目	最高浓度限值
1	颗粒物	1.0

（2）地方排放标准

国内地方排放标准中，重庆市地方标准《工业窑炉大气污染物排放标准》（DB50/659-2016）中提出涉及窑炉的工业企业大气污染物排放限值，除此之外，其他省市陶瓷工业大气相关的排放标准包括北京市《大气污染物地方排放标准》（DB 11/501-2017）、天津市《工业窑炉大气污染物排放标准》（DB 12/556-2015）、河北省《陶瓷工业大气污染物排放标准》（DB13/5214-2020）、广东省《陶瓷工业大气污染物排放标准》（DB44/2160-2019）、陕西省《关中地区重点行业大气污染物排放限值》（DB61/941-2018）、《山东省区域性大气污染物综合排放标准》（DB 37/2376-2013）、山东省《建材工业大气污染物排放标准》（DB37/2373-2018）。

3.3 标准比较

国内外标准对比如表 3.3-1、表 3.3-2 和表 3.3-3。相较于国际标准，我国标准 GB25464-2010 (2014 年修改单) 二氧化硫、氮氧化物限值规定较欧盟、韩国、德国等国家严格，颗粒物规定而言，喷雾干燥塔限值与欧盟、意大利、德国等国家较为一致，陶瓷窑限值规定相对较松。

国内主要城市有组织排放标准对比:山东省、天津市由于基准含氧量分别为 16% 和 8.6%，各污染物限值要求对比其他地区 18%基准含氧量的情况下更为严格。基本含量为 18%的城市中，河北省、北京市颗粒物浓度限值最严格，限值为 $10\text{mg}/\text{m}^3$ ，低于国家限值 66%，其次广东省、陕西省关中地区限值较低，为 $20\text{mg}/\text{m}^3$ ，其余城市标准与国家标准较一致；二氧化硫限值北京市要求最为严格，浓度最大值为 $20\text{mg}/\text{m}^3$ ，低于国家重点区域标准 60%，其次是河北省、广东省、陕西省关中地区，低于国家标准 50%，其余城市限值均在国家限值范围之内；氮氧化物限值中北京市、河北省、广东省和陕西省关中地区低于国家限值。

表 3.3-1 国内标准对比

区域范围	标准来源	设备类型	燃料类型	颗粒物	SO ₂	NO _x	基准氧含量%
全国	陶瓷工业污染物排放标准 GB25464-2010 (2014 年修改单)	不区分	不区分	30	50	180	18

河北省	河北省《陶瓷工业大气污染物超低排放标准》 (DB13/5214-2020)	烧成、 烤花	不区分	10	30	100	18
		喷雾干燥塔	不区分	10	30	100	18
山东省	《山东省建材工业大气污染物排放标准》 (DB37/2373-2018)	不区分	不区分	10	35	80（重点控制区）	16
		不区分	不区分	10	35	100（一般控制区）	16
天津市	天津市《工业窑炉大气污染物排放标准》 DB12/556-2015	喷雾干燥塔	不区分	30	100	240	8.6
		烤成、烤花	不区分	30	100	300	8.6
北京市	北京市《大气污染物地方排放标准》 DB11/501-2017	工业窑炉	不区分	10	20	100	18
陕西省	《关中地区重点行业大气污染物排放限值》 DB61/941-2018	不区分	不区分	20	30	150	18
广东省	《陶瓷工业大气污染物排放标准》 DB 44/2160-2019	不区分	不区分	20	30	100	18
台湾		喷雾干燥塔	不区分	100	286	308	18
		窑炉	不区分	100	286	308	18
香港		不区分	不区分	50		200	18
欧盟	IPCC 指南-陶瓷工业	喷雾干燥塔	不区分	1-30	500	500（>1300℃）	18
		陶瓷窑	不区分	1-5	500	250（小于1300℃）	18
韩国	大气环境保护法	不区分	不区分	50	715	411	16
意大利	EN14411-2006	不区分	不区分	5	500	200	18
德国	GMBLp.511	不区分	不区分	40	500	500	17
日本	JIS A5209-2008	不区分	不区分	100	地区总量控制	821	18

表 3.3-2 特征污染物对比情况可以看出，山东省、河北省、北京市铅及其化合物、镉及其化合物、镍及其化合物、氟化物、氯化物（以 HC1 计）标准限值均与国家要求一致，严格于中国台湾、中国香港、韩国、意大利德国等地区；氨的排放标准仅河北省和山东省，其余地区未对此指标做限值规定。

表 3.3- 2 国内外排放标准特征污染物对比情况限值单位：mg/m³

污染物项目/地区	国家	山东省	河北省	北京市	中国台湾	中国香港	韩国	意大利	德国
铅及其化合物	0.1	0.1	0.1	0.1	-	金属合计 5		0.5	0.5
镉及其化合物	0.1	0.1	0.1	0.1	-			-	-
镍及其化合物	0.2	0.2	0.2	0.2	-			-	-

氟化物	3.0	3.0	3.0	3.0	10	10	4.5	5	5
氯化物（以 HC1 计）	25	25	25	25	130	50		-	-
氨		8	8						

国内部分城市无组织排放标准对比：河北省陶瓷工业无组织排放限值监测点位要求为符合 HJ/T55 的要求，上风向设置参照点，下风向设置监控点，为监控点与参照点总悬浮颗粒物(TSP) 1 小时浓度值的差值，允许最高排放浓度为 0.5 mg/m^3 ，严格于国家标准，广东省和山东省厂界颗粒物限值与国家标准一致，但监测方式有所不同，国家标准为监控点处 1 小时浓度平均值，广东省为监控点与参照点总悬浮颗粒物 (TSP) 1 小时浓度值的差值。

表 3.3-3 无组织排放国内标准对比 单位： mg/m^3

标准	监测点位	颗粒物
国家	企业边界	1.0b
河北	符合 HJ/T55 的要求，上风向设置参照点，下风向设置监控点。	0.5a
山东	——	1.0
广东	企业边界	1.0b
a:监控点与参照点总悬浮颗粒物(TSP) 1 小时浓度值的差值。 b:监控点处 1 小时浓度平均值。		

4 重庆市陶瓷行业现状

4.1 企业分布及生产状况

根据二污普及 2020 年环境统计数据核实，重庆市陶瓷企业共 187 家，属于陶瓷制品生产型企业 104 家（表 4.1-1），以 104 家生产型企业为对象，主要分布在荣昌、璧山、大足、梁平、永川等区，荣昌区陶瓷企业 24 家占比 23%，璧山、大足、梁平等区县陶瓷企业均不到 10 家，现已形成以荣昌为中心，主城新区环状辐射发展的产业新格局。

重庆市陶瓷产品种类繁多（如图 4.1-1），按用途分类有卫生陶瓷制品制造、特种陶瓷制品制造、日用陶瓷制品制造、园林艺术及其他陶瓷制品制造，重庆市陶瓷企业主要为建筑陶瓷和日用陶瓷，分别为 45 家、12 家，占总陶瓷企业数量的 56.3%、15.0%。其中陶瓷生产企业主要分布于主城新区和渝东北（如图 4.1-2），分别为 64 家和 28 家，占全市陶瓷企业数量的 88%。

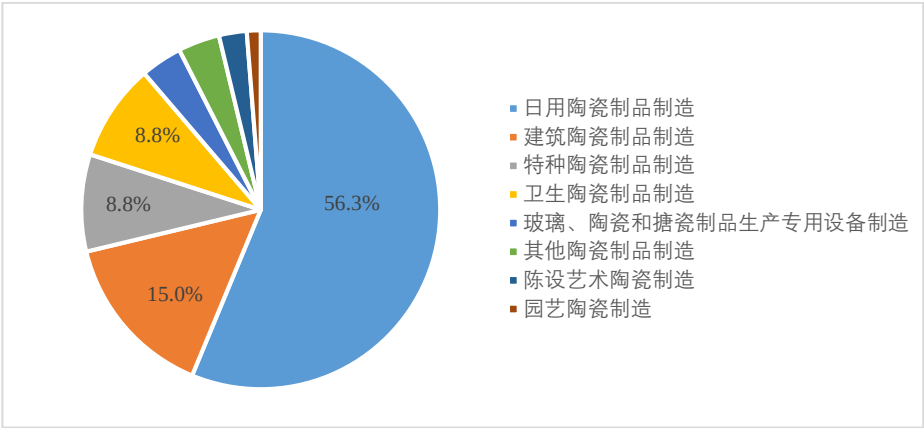


图 4.1-1 重庆市陶瓷行业类别分布

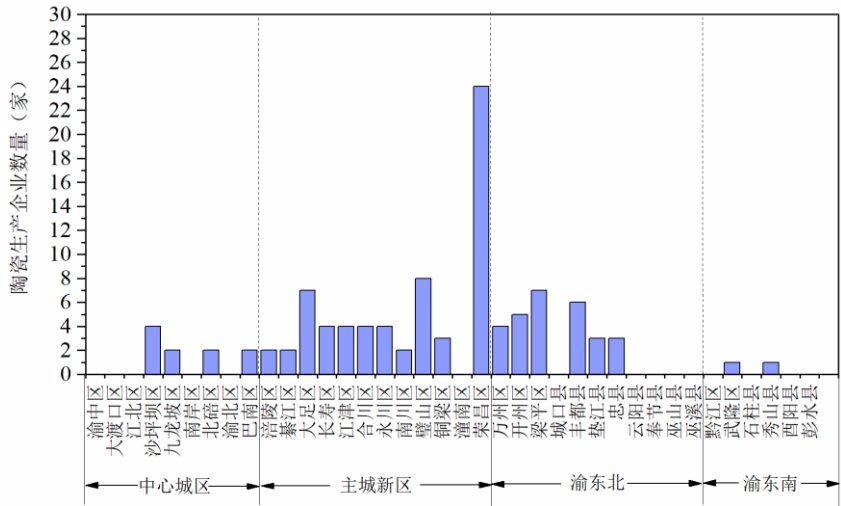


图 4.1-2 重庆市各区县陶瓷生产行业分布情况

从行业产能来看，全市陶瓷制品制造业标准产量为 99.3 万吨，是四川产量的 8.8%，标准产量分布情况如表 4.1-1 所示，其中建筑陶瓷制品制造产量位居全市之首，产量 73.2 万吨，占全市总产量 73.7%，其次为日用陶瓷制品制造 13.4 万吨，占全市总产量 13.5%。从产量分布城市上来看，荣昌区、开州区和丰都县位居全市前列，其产量之和占全市 78.6%。从区域分布上，陶瓷企业产量主要分布在主城新区和渝东北城镇群，产量之和占全市总产量的 99.3%。

表 4.1-1 重庆市陶瓷制品制造业产量分布情况（万 t/a）

区县		建筑陶瓷	日用陶瓷	卫生陶瓷	特种陶瓷	园林艺术陶瓷	陶瓷和搪瓷制品	其他陶瓷制品	合计
中心	沙坪坝区				0.08			0.09	0.17
	九龙坡区	0.0002			0.01		0.002		0.02

城 区	北碚区	0.02					0.003		0.02
	巴南区		0.37	0.01					0.38
主 城 新 区	涪陵区		0.15						0.15
	綦江区		0.02						0.02
	大足区		0.01					0.12	0.13
	长寿区				3.20				3.20
	江津区		0.01	4.68					4.68
	合川区	0.01			0.001	0.10			0.11
	永川区			4.30					4.30
	南川区	0.01							0.01
	璧山区	0.90	0.06						0.96
	铜梁区	0.85	0.03						0.88
	荣昌区	50.00	5.36		0.06	0.0002			55.42
渝 东 北	万州区		0.37			0.0008	0.002		0.37
	开州区	8.00	3.55						11.55
	梁平区	3.10	1.60						4.70
	丰都县	10.00	1.10						11.10
	垫江县		0.80						0.80
	忠县	0.20						0.02	0.22
渝 东 南	武隆区	0.10							0.10
	秀山县			0.01					0.01
总计		73.19	13.43	9.00	3.35	0.10	0.01	0.23	99.30

4.2 生产工艺和排污节点

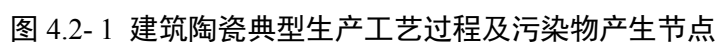
4.2.1 不同类型陶瓷生产工艺

(1) 建筑陶瓷

建筑陶瓷指用于建筑物饰面或作为建筑物构件的陶瓷制品，主要指陶瓷墙、地砖。陶瓷墙地砖品种多样，包括釉面内墙砖、墙地砖等。釉面内墙砖品种包括水晶釉、亚光釉和高光乳浊釉；地砖以仿古石专、抛光砖、抛釉砖为主流，墙砖以外墙砖为主流，外墙砖花色主要有长条砖、小方砖、石面砖及麻面砖等。

釉面内墙砖花色包括水晶釉、亚光釉和高光乳浊釉。生产工艺，从烧成工艺上可分二次烧成工艺及一次烧成工艺。二次烧成工艺又分高温素烧、低温釉烧工艺及低温

建筑陶瓷典型生产工艺过程及污染物产生节点见图 4.2-1。



（2）卫生陶瓷

卫生陶瓷按吸水率可分为炻陶质和瓷质两种。炻陶质：吸水率 0.5%-15%;瓷质：0.5% 以下。按用途主要分为坐便器、蹲便器、小便器、洗槽、洗面器、拖布槽、水箱等。卫生陶瓷生产工艺流程，从本质上只有一种，其主线为泥、釉料制备—注浆成型—烧成。具体而言，卫生陶瓷生产工艺流程是：根据设定配方，将不同原料按比例准确配料，配好的配合料入球磨制浆，合格的泥浆经过陈腐后送注浆线进行注浆成型，成型好的青坯经过干燥、施釉、干燥后入窑烧成，烧成的制品经过检验、加工后包装入库。其典型工艺流程如图 4.2-2：

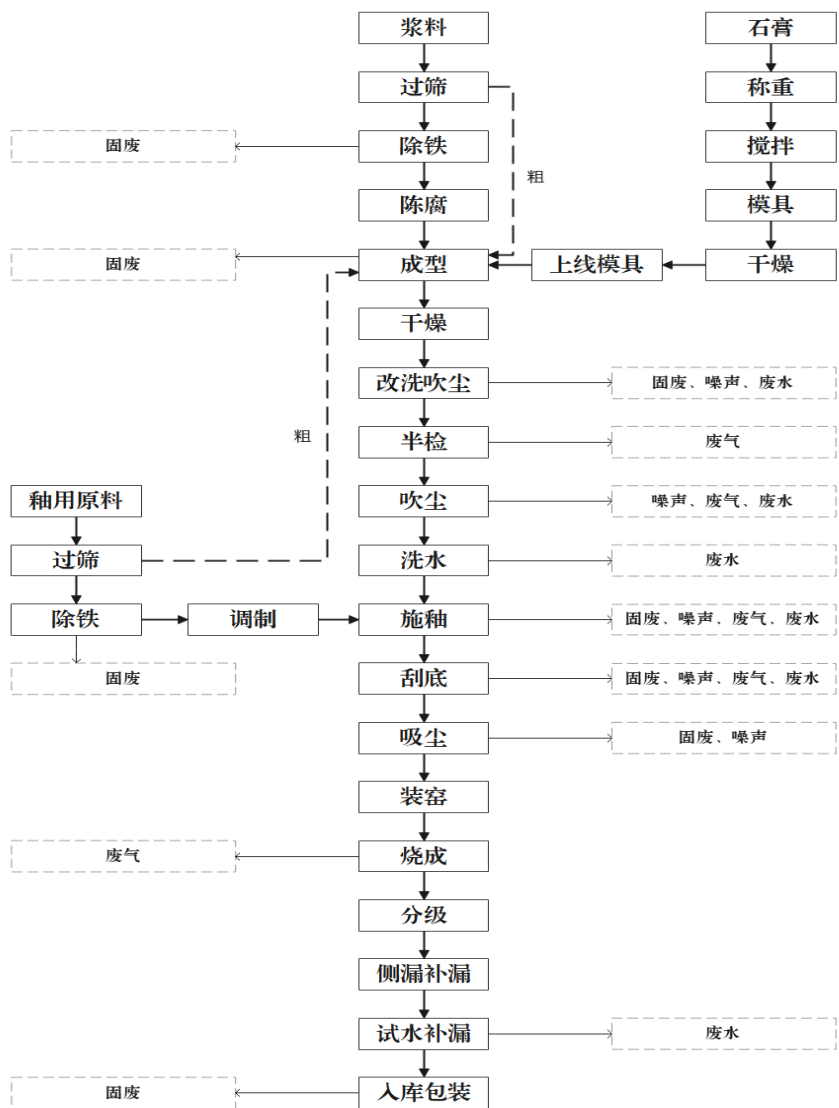


图 4.2- 2 卫生陶瓷典型生产工艺过程及污染物产生节点

(3) 日用陶瓷

按工艺品种分为日用细瓷器、日用普瓷器、日用炻瓷器、骨质瓷器、玲珑日用瓷器、釉下(中)彩日用瓷器、日用精陶器等，按花面装饰方法分类。按花面特色可分为釉上彩、釉中彩、釉下彩、色釉、未加彩的白瓷等。主要工艺流程如图 4.2-3:

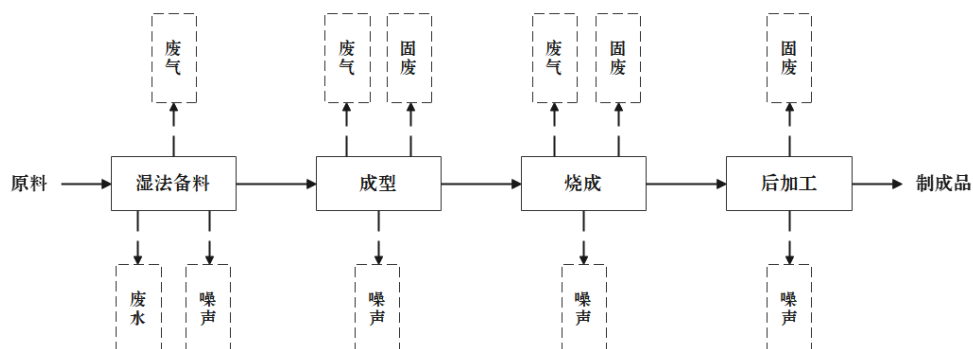


图 4.2-3 日用陶瓷典型生产工艺过程及污染物产生节点

4.2.2 不同工艺环节产污情况

在产品制备成型过程中，原料的干磨、制粉等加工粉碎过程；原料筛分、混合、配料等生产环节；釉料配料过程；喷雾干燥、成型、机械吹干等工序；成型过程修坯、打边，高温烧成后打磨抛光等工序；模型制备、匣钵制备过程均易产生颗粒物无组织排放，是陶瓷生产工艺过程中重要的无组织排放源。

有组织排放主要包含烧成和烤花过程中辊道窑、隧道窑、梭式窑等陶瓷工业窑炉排放窑炉烟气，产生的大气污染物主要包括颗粒物、二氧化硫、氮氧化物、氯化物、氟化物、铅及其化合物、镉及其化合物、镍及其化合物等；其次为喷雾干燥塔、干燥窑（室）排放的主要大气污染物包括：颗粒物、二氧化硫、氮氧化物。

表 4.2-1 陶瓷企业大气污染物排放源归类

要素	工序	污染源	污染物
有组织废气（正常工况）	原燃料制备	喷雾干燥塔（含热风炉）	二氧化硫、氮氧化物（以 NO ₂ 计）、颗粒物
		破碎、球磨、造粒、研磨、配料、输送等设施	颗粒物
	成型与干燥	压制、成型、修坯等设施	颗粒物
		干燥器（辊道式干燥器、干燥室等）	二氧化硫、氮氧化物（以 NO ₂ 计）、颗粒物
	施釉与装饰	喷釉、甩釉、喷墨打印等设施	颗粒物、挥发性有机物（VOCs）
	烧成	辊道窑、隧道窑、梭式窑等	二氧化硫、氮氧化物（以 NO ₂ 计）、颗粒物、氯化物、氟化物、铅及其化合物、镉及其化合物、镍及其化合物

要素	工序	污染源	污染物
	后加工	抛光、磨边、切割、包装等设施	颗粒物

(1) 喷雾干燥塔

喷雾干燥制粉属于湿法制粉工艺，将加工好的泥浆在高压作用下，送入由热风炉提供热空气的干燥塔内雾化成细滴，完成干燥而成颗粒状粉料的技术，主要为生产陶瓷砖用的粉料，也有用于制备可塑粉料。喷雾干燥塔配的热风炉提供热量供料雾中的水分蒸发，进塔热风温度一般在 500~650℃，出塔废气温度的一般控制在 80~115℃，废气具有粉尘浓度高、湿度大的特点。喷雾干燥塔排放的主要大气污染物包括：颗粒物、二氧化硫、氮氧化物。

喷雾干燥塔排放的颗粒物主要特点是浓度高、大颗粒物较多、含湿率高。排放的 SO₂ 主要来源是燃料，排放浓度取决于燃料中的硫的成分多少，其中使用天然气的喷雾干燥塔 SO₂ 排放浓度较低。喷雾干燥塔的 NO_x 以热风炉燃烧产生的燃料型 NO_x 为主。

表 4.2-2 喷雾干燥塔大气污染物初始浓度常见范围 (mg/m³)

燃料	颗粒物	SO ₂	NO _x
天然气、焦炉煤气	8000~12000	15~150 (一般<50)	90~180
水煤浆、煤粉、煤制气	10000~30000	70~500 (一般<200)	90~300

(2) 窑炉

窑系统是主要的烧成设备，根据设定的温度制度、气氛制度和压力制度等对生坯进行高温焙烧，使之发生质变成为预定的形状、结构和性能的陶瓷产品。陶瓷产品根据设计要求、性能要求可采用一次烧成和多次烧成。烧成设备包括隧道窑、辊道窑、梭式窑等，排放的常规大气污染物包括颗粒物、二氧化硫、氮氧化物。部分使用重金属坯料和大部分使用釉料的生产线涉及铅及化合物、氟化物、氯化物 (HC1 计) 等的排放。陶瓷窑炉烟气中的 SO₂ 主要来自于含硫燃料，其次来自于原料的含硫杂质。对于陶瓷 NO_x 减排，主要是控制燃料型 NO_x，其次是控制热力型 NO_x。

表 4.2- 3 陶瓷制品制造业窑炉大气污染物初始浓度常见范围 (mg/m³)

制造业	燃料	窑型	颗粒物	SO ₂	NO _x
建筑陶瓷	天然气、液化石油气、煤层气、焦炉煤气	辊道窑	70~100	50~300	90~250
建筑陶瓷	煤制气	辊道窑	50~200	70~600	90~250
卫生陶瓷、日用及陈设艺术瓷和特种陶瓷	天然气、液化石油气、煤层气、焦炉煤气	隧道窑、梭式窑、辊道窑等	15~30	10~30	30~180 (一般<100)

4.3 污染物控制技术及措施

4.3.1 颗粒物治理设施

陶瓷行业颗粒物治理技术通常包括袋式除尘、湿式除尘、旋风除尘、喷淋除尘和水膜除尘等，陶瓷行业颗粒物治理设施应用情况见表 4.3-1。

喷雾干燥塔烟气颗粒物治理是建筑陶瓷企业环境治理的难点。旋风除尘曾是我国陶瓷工业喷雾干燥塔烟气治理的主要设施，由于旋风除尘阻力大，且有可能烟气从旁路排放，目前国内陶瓷行业喷雾干燥塔烟气颗粒物控制主要以袋式除尘器为主。对于陶瓷窑烟气颗粒物控制，建筑陶瓷企业通过湿法脱硫协同脱除颗粒物。

合理设计湿法脱硫系统喷淋层和除雾器系统，可使颗粒物稳定达标排放。如果湿法脱硫系统不能满足颗粒物稳定达标排放，则需要在湿法脱硫系统后增加喷淋除尘或湿式电除尘。

表 4.3- 1 陶瓷制品制造业颗粒物治理技术应用情况

序号	除尘技术	行业应用情况
1	袋式除尘	应用范围广，除尘效率一般高于 99.9%；颗粒物排放浓度能控制在 30mg/m ³ 以下
2	湿式电除尘	行业内有部分企业在湿法脱硫后安装。除尘效率一般高于 60%，粉尘排放浓度可控制在 10mg/m ³ 以下
3	重力除尘	在行业应用较少，适用于初级除尘。除尘效率为 40%~70%
4	旋风除尘	适用于初级除尘。除尘效率为 60%~70%
5	喷淋除尘	一般在湿法脱硫系统后加装喷淋降尘装置
6	水膜除尘	卫生陶瓷、日用及陈设艺术陶瓷企业喷釉工序除尘

4.3.2 二氧化硫治理设施

陶瓷行业烟气脱硫技术主要有石灰-石膏法、钠碱法、双碱法和烟气循环流化床半干法脱硫技术，陶瓷行业脱硫技术应用情况见表 4.3-2。

表 4.3-2 陶瓷行业脱硫技术应用情况

序号	分类	工艺	优点	缺点
1	湿法	石灰/石灰石-石膏法	脱硫效率 $\geq 95\%$ ，工艺成熟，操作弹性大，脱硫剂易得，不会形成二次污染，运行费用低	一次投资成本高，工艺流程较长，工艺参数控制困难，已发生结垢情况
2		钠碱法	脱硫效率 70~80%，占地小，初始建设投资低	副产回收困难，运行费用高。
3		钠 / 钙双碱法	脱硫效率 $\geq 90\%$ ，占地小，初始建设投资低，运行成本低，无二次污染	脱硫剂使用纯度要求较高，所用石灰颗粒要求细密
4	半干法	喷雾干燥法	初始建设投资低、能耗小，脱硫产物呈干粉状，无废水排放。	用石灰而不是石灰石作吸收剂、干燥吸收塔内壁易结垢、雾化装置易磨损或堵塞、脱硫灰渣难以利用。
5		烟气循环流化床法	无废水产生、脱硫产物可作建筑材料，二次烧成陶质砖和炆质砖生产可回用脱硫产物	不适用于高硫烟气及间断运行的喷雾干燥塔烟气和独立窑炉烟气治理。

(1) 单碱法：

单碱法将钠碱或钙碱或镁碱等制成吸收液，在吸收塔内与烟气接触混合，烟气中的 SO_2 与脱硫剂进行化学反应后去除，饱和吸收液经处理后上清液回用，固体残渣不回收。单碱法是一种脱硫率较高、投资成本低、流程较短、占地面积较小的脱硫方法。陶瓷工业单碱法的脱硫效率 70~80%。

单碱法中应用最广泛的是钠碱法，钠碱法是指采用钠基碱性化合物（如： NaOH 、 Na_2CO_3 、 NaHCO_3 ）吸收烟气中的 SO_2 的脱硫工艺。由于钠基脱硫剂的碱性强、溶解度大、反应活性远大于石灰石/石灰，所以只用很低的液气比就可达到高效率的脱硫效果，脱硫效果能达到 70%以上，对高硫烟气处理效果更明显，脱硫效率可达到 90%以上。钠碱法具有吸收剂不挥发、溶解度大、活性高、吸收系统不堵塞等优点，适合于高浓度 SO_2 烟气脱硫处理。但也存在副产回收困难、运行费用高等缺点。

(2) 石灰石-石膏法：

石灰石-石膏法脱硫工艺是世界上应用最广泛的一种脱硫技术，日本、德国、美国的火力发电厂采用的烟气脱硫装置约 90 %采用此工艺。石灰石-石膏法是采用石灰石作为脱硫剂，石灰石经破碎磨成细粉与水混合制成吸收浆液。将石灰石粉加水制成浆液作为吸收剂与烟气充分接触混合，生成硫酸钙，硫酸钙达到一定饱和度后，结晶形成二水石膏。经浓缩、脱水，使其含水量小于 10 %，然后用输送机送至石膏贮仓堆放，脱硫后的烟气经过除雾器除去雾滴，再经过换热器加热升温后，由烟囱排入大气。由于吸收塔内吸收剂浆液通过循环泵反复循环与烟气接触，吸收剂利用率很高，钙硫比较低，脱硫效率可大于 95 %。

（3）双碱法：

双碱法脱硫工艺($\text{Na}_2\text{CO}_3/\text{Ca}(\text{OH})_2$)是在石灰石/石膏法基础上结合钠碱法发展起来的工艺，该工艺综合石灰法与钠碱法的特点，解决了石灰石/石膏法容易结垢、钠碱法运行费用高的问题。它利用钠盐易溶于水，在吸收塔内部采用钠碱吸收 SO_2 ，吸收后的脱硫液在再生池内利用廉价的石灰进行再生，从而使得钠离子循环吸收利用。由于钠基脱硫剂碱性强，吸收二氧化硫后反应产物溶解度大，不会造成过饱和结晶，造成结垢堵塞问题。双碱法反应速度较快；对再生剂石灰的粒度等要求不高，制备系统比较简单。脱硫副产物为亚硫酸钙或硫酸钙(氧化后)，亚硫酸钙配以合成树脂可生产一种称为钙塑的新型复合材料；或将其氧化后制成石膏。

（4）喷雾干燥法：

该方法为干法/半干法脱硫技术，具体以石灰乳或碱液等为吸收剂， SO_2 被雾化了的浆液吸收去除，吸收完 SO_2 的浆液被烟气干燥形成干固体，随后被袋式除尘器等捕集。该工艺操作简单，吸收液输送量小，系统能耗较低，且不存在废水污染，在钙硫摩尔比 1.2~1.5 时，脱硫率可达 75%~85%，脱硫产物为 CaSO_4 、 CaSO_3 、未反应完的 CaO 和飞灰等混合物。

（5）循环流化床半干法：

循环流化床半干法脱硫工艺，又称气固循环一体化烟气脱硫系统。该工艺采用气悬浮吸收法，在吸收塔内加入石灰等脱硫剂，用高速气使脱硫剂流化态，从而与烟气强烈混合接触，烟气中得酸性污染物（ SO_2 、 SO_3 、 HCl 、 HF ）与脱硫剂（消石灰）中

和、固化，从而达到净化烟气的目的，脱硫率 85%以上。

不同燃料排放的 SO_2 浓度差异较大，目前国内陶瓷工业排放的 SO_2 浓度一般在 500 mg/m^3 以下，以天然气为燃料 SO_2 排放浓度低，可低于 100 mg/m^3 。因此，对于陶瓷工业烟气 SO_2 治理，可根据排污企业现场条件、实际 SO_2 初始排放浓度、排放标准等选择湿法脱硫技术或干法/半干法脱硫技术，通过上述技术可控制颗粒物排放浓度在 30 mg/m^3 以下。

4.3.3 氮氧化物治理设施

陶瓷行业脱硝技术包括选择性非催化还原（SNCR）技术、湿法多污染物协同控制技术和选择性催化还原（SCR）技术。喷雾干燥塔烟气脱硝治理采用 SNCR 技术，窑炉烟气脱硝治理技术可采用湿法多污染物协同控制技术和 SNCR 技术，但 SNCR 技术存在腐蚀窑具等问题。此外，目前重庆市窑炉烟气中低温 SCR 脱硝技术已有一些应用案例。

（1）SNCR 选择性非催化还原：

目前主要的烟气脱硝技术之一，在炉膛 $850\sim 1000^\circ\text{C}$ 这一狭窄的温度范围内，在无催化剂作用下，在合适温度段喷入还原剂（氨或尿素），在一定的温度范围内，可选择性地还原烟气中的 NO_x ，基本上不与烟气中的 O_2 作用。还原剂与烟气中的 NO_x 发生还原反应，脱除 NO_x ，生成 N_2 和 H_2O 。SNCR 脱硝技术具有工艺简单、无二次污染、系统阻力小、占地面积小、建设周期短、易于改造等技术特点，其脱硝效率一般为 50-70%。

（2）SCR 选择性催化还原法：

SCR 脱硝技术是指在催化剂的作用下，还原剂（氨等）选择性地与烟气中 NO_x 反应生成 N_2 和 H_2O 的过程。SCR 脱硝工艺较复杂，但脱硝效率高，一般在 80% 以上。传统的 SCR 脱硝技术为了维持催化剂的催化活性并达到一定的脱硝效率，一般要求反应温度在 $280\sim 420^\circ\text{C}$ ，需要指出的是，近年来国外陶瓷工业极个别采取 SCR 方法，重庆已有一家建筑陶瓷企业使用 SCR 对窑炉烟气进行脱硝治理，但是由于存在有催化剂易于失效中毒现象，以及运行成本高、投资费用大的问题，工程应用实例相对较少。

(3) 湿法多污染物协同控制技术：

目前国内研发的尿素湿法多污染物协同控制技术是以尿素/碱/添加剂为吸收剂，通过吸收剂与烟气在高效吸收塔中逆流接触反应，使得烟气中 NO_x 、 SO_2 、氟化物、氯化物、重金属等污染物同时得到高效净化。该技术可实现脱硝效率达到 50%以上，同时脱硫效率达到 95%以上。

目前国内陶瓷工业排放的 NO_x 浓度一般在 $300\text{mg}/\text{m}^3$ 以下。因此，对于陶瓷工业烟气 NO_x 治理，根据排污企业现场条件、实际 NO_x 初始排放浓度、排放标准等选择合适的 NO_x 控制技术，可控制 NO_x 排放浓度在 $100\text{mg}/\text{m}^3$ 以下。其中，针对喷雾干燥塔烟气脱硝，可选用 SNCR 脱硝技术、湿法多污染物协同控制技术或 SNCR 脱硝+湿法多污染物协同控制组合技术等。对于烧成窑烟气脱硝，可选用中低温 SCR 脱硝技术、湿法多污染物协同控制技术、中低温 SCR 脱硝+其他协同控制组合技术等，此外，通过改进陶瓷原料配方降低烧成温度，增加助燃风温度，改进烧嘴结构，采用脉冲燃烧技术等节能降耗技术也能降低成品窑烟气中 NO_x 的生成排放浓度。

4.3.4 氟化物、氯化物、铅、镉、镍及其化合物治理设施

对于 GB 25464 要求的其他大气污染物（氯化物、氟化物、铅及其化合物、镉及其化合物和镍及其化合物），一般采用湿法脱硫和除尘系统协同处理的方式进行，也有个别建筑陶瓷企业专门针对窑炉烟气采用钙碱法对氟化物进行治理。氟化物是陶瓷生产特征大气污染物之一。对陶瓷废气采取吸附、过滤、净化的处理方式，分析其处理效率。目前，对于陶瓷废气中氟化物的治理，主要采用的处理技术见表 4.3-3 和表 4.3-4。氯化物也是陶瓷生产特征大气污染物之一，采用石灰床吸附系统处理卫生洁具生产产生的废气，处理后的氯化物（以 HCl 计）浓度可达到 $0.8\text{mg}/\text{m}^3$ 。

表 4.3- 3 陶瓷废气处理氟化物净化技术及处理效率

采用技术	叠层型填充吸附器	叠层型填充床吸附器	叠层型填充床吸附器	干式废气净化过滤器	干式废气净化过滤器	湿式废气净化	湿式废气净化
吸收剂	CaCO_3	改良 CaCO_3	改良 CaCO_3	$\text{Ca}(\text{OH})_2$	NaHCO_3	水/ $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 或 CaCO_3	氢氧化钠
处理效率 %	90~99	最高达 99	最高达 99	80~96	>95	92 ~99	98

表 4.3-4 陶瓷废气处理 HCl 净化技术及处理效率

采用技术	叠层型填充吸附器	叠层型填充床吸附器	叠层型填充床吸附器	干式废气净化过滤器	干式废气净化过滤器	湿式废气净化	湿式废气净化
吸收剂	CaCO ₃	改良 CaCO ₃ s	改良 CaCO ₃ s	Ca(OH) ₂	NaHCO ₃	水/Ca(OH) ₂ 或 CaCO ₃ s	氢氧化钠
处理效率%	50	>50	50	10~85	89	50~95	90~98

4.3.5 无组织排放控制

陶瓷生产过程粉尘主要来源于原料装卸、原料破碎和配料、修坯和喷釉等。采用干压成型的建筑陶瓷生产企业粉尘主要来源还有粉料制备、干压成型、烧成后制品干式加工（切割、磨边和表面抛光）。从目前看，陶瓷行业的无组织排放管理重点为物料储运环节，建筑陶瓷生产还有干压成型和制品抛光研磨等工艺环节。

陶瓷工业的粉尘无组织排放是一个突出的环境问题，采取密闭作业可有效予以解决。例如有些先进陶瓷企业采用封闭物料输送、帐篷式预均化库，有效控制了扬尘。当然也可根据实际情况采取其他措施，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。

4.3.6 重庆市污染治理设施安装情况

据二污普统计数据及 2020 年环境统计数据，图 4.3-1 为陶瓷行业炉窑脱硫、除尘及脱硝工艺设施安装情况，重庆市陶瓷企业超半数未安装脱硫、脱硝、除尘治理设施，比例分别为 71.3%、76.3%和 66.3%。脱硫技术方面大多选择石灰石-石膏法和钠碱法脱硫技术。由于陶瓷工业氮氧化物排放标准较宽松，且天然气等清洁能源的普及，日用陶瓷、卫生陶瓷和陈设工艺陶瓷的窑炉基本上采用天然气作为能源而未上治理措施，建筑陶瓷窑炉燃料基本上采用天然气或脱硫除尘净化后的煤制气，而窑炉炉内脱硝会对产品造成一定的影响，因此，大部分企业未建设窑炉脱硝设施。

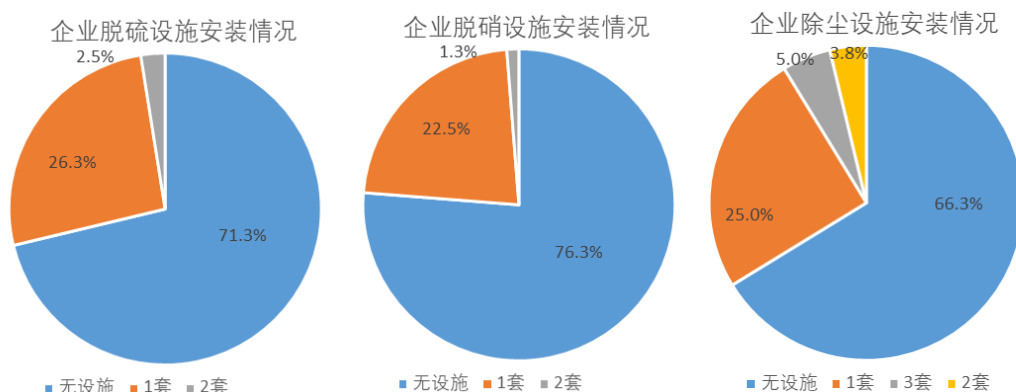


图 4.3-1 重庆市陶瓷行业污染治理设施安装情况

(1) 含尘废气治理技术

陶瓷企业在生产过程中各工艺设备的产尘点，根据粉尘性质、设备布局等设置除尘系统进行收集治理后由排气筒排放，捕集回收的粉尘一般均回用到生产过程。重庆市除尘设备采用袋式除尘器居多，少部分采用湿法除尘器。经袋式除尘器净化后的废气颗粒物浓度可以降低到 $30\text{mg}/\text{m}^3$ 以下。生产过程中的配料、打磨、抛光、成型、制模等工序的一些产尘点，大部分企业未进行含尘废气的集中收集和治理；对于原料场为主的无组织排放颗粒物污染源，做得较好的企业采取将原料场置于室内、屋顶安装喷雾洒水设施等措施能有效地防止大风扬尘；运输设备作业通道采取地面定期洒水措施。但是，现场调研发现，大部分企业只采取了上述措施的一部分。

含颗粒物废气治理工艺流程见图 4.3-2。

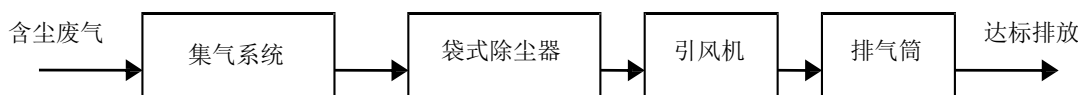


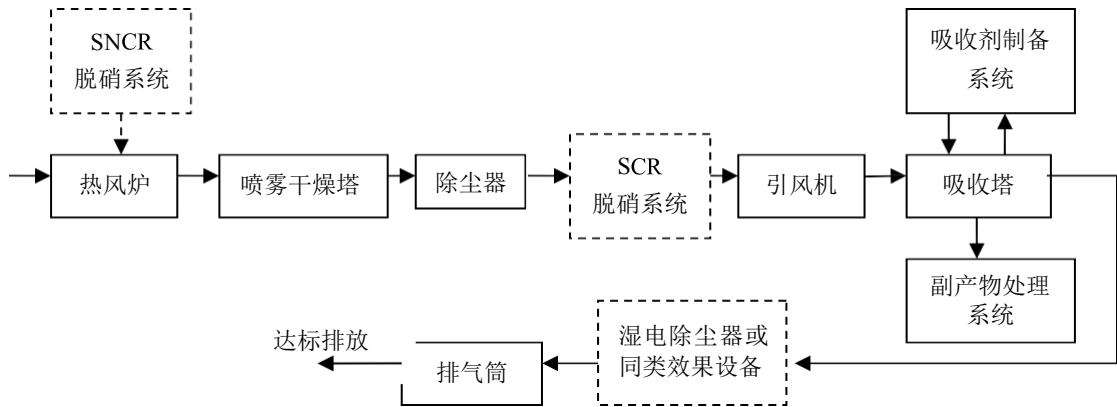
图 4.3-2 含尘废气治理工艺流程图

(2) 喷雾干燥塔烟气治理技术

目前国内喷雾干燥塔烟气治理主要采用 SNCR 法（选择性非催化还原法）脱硝+旋风除尘+气箱脉冲式袋式除尘器+脱硫塔的治理工艺。喷雾干燥塔烟气脱硝一般在热风炉内进行，采用 SNCR 脱硝处理技术，直接向热风炉中喷入尿素（氨水），脱硝效果可达 40% 左右。除尘方面一般采用旋风除尘器作为喷雾干燥塔的一级除尘处理措施，采用对温度、湿度有一定承受能力的脉冲式袋式除尘作为喷雾干燥塔的第二级除尘处理措施，脉冲式袋式除尘能达到 99% 以上的粉尘去除效率，回收后的干粉尘直接回用于

生产工艺。废气经袋式除尘后由引风机引入碱液喷淋系统进行脱硫、脱氟等处理。经多级碱液吸收实现 90%以上的脱硫效率和 80%的脱氟效率，处理后废气可实现达标排放。陶瓷工业喷雾干燥塔烟气常用石灰-石膏法、钠碱法、钠钙双碱法和半干法脱硫工艺，重庆市大多企业选择石灰石-石膏法和纳碱法脱硫技术。

喷雾干燥塔烟气治理典型工艺流程见图 4.3-3。



备注：“—”为固定工艺，“-----”为可选工艺（下同）

图 4.3-3 喷雾干燥塔烟气治理典型工艺流程

（3）窑炉烟气治理技术

通过对调研的陶瓷企业进行分析，陶瓷工业窑炉烟气脱硫除尘技术基本上是采用工业锅炉常用的石灰-石膏法（钙法）、钠碱法、钠钙双碱法或半干法脱硫工艺。脱硫设备有旋流板塔、喷淋空塔、喷淋室等多种形式。

目前重庆市陶瓷烧成窑主要以天然气为主，烧成窑烟气颗粒物和二氧化硫排放浓度低，但建筑陶瓷喷雾干燥塔目前大多数使用水煤浆、煤粉、煤制气等，脱硝设施或低氮燃烧器就可以保证窑炉烟气氮氧化物达标，目前大部分陶瓷企业未对窑炉烟气设置脱硝设施。根据调查，有极少数企业采用 SCR 法（选择性催化还原法）脱硝技术，主要是在大气环保要求较高的地区，但 SCR 法脱硝技术在陶瓷行业并不普及，限制因素较多。随着大气污染防治的持续推进，陶瓷工业废气排放要求将更加严格，因此，本标准同时推荐陶瓷工业废气采用 SCR 法脱硝。

大部分陶瓷企业未专门设置窑炉尾气除尘设施，个别企业在脱硫系统前设置袋式除尘器；少数企业为确保颗粒物能稳定达标，在脱硫系统后设置水喷淋塔或湿式静电除尘器。

陶瓷企业一般未对窑炉尾气单独设置去除氟化物、氯化物和重金属及其化合物的设施，氟化物和氯化物一般在窑炉尾气后的湿法脱硫过程中一并去除；重金属及其化合物浓度较小，绝大数附着在废气中颗粒物上，通常在除尘时大部分可去除。

窑炉烟气治理典型工艺流程见图 4.3-4。

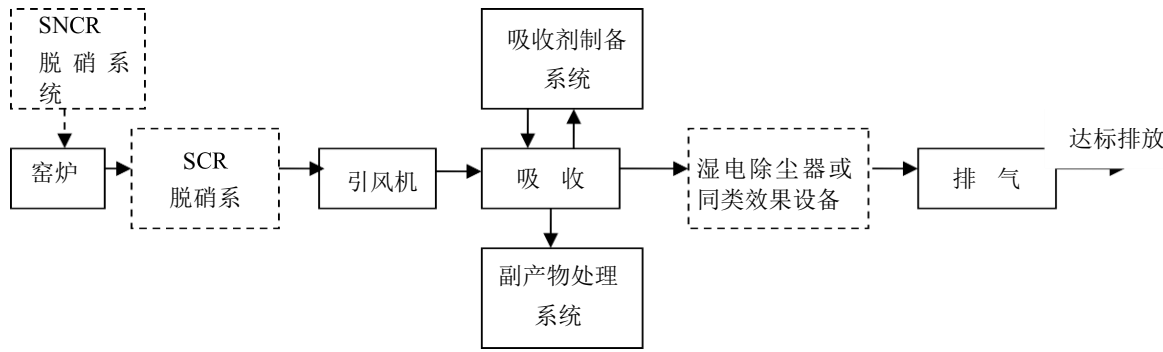


图 4.3-4 窑炉烟气治理典型工艺流程

4.4 重庆市陶瓷工业大气污染排放情况

各类产品生产工艺、原料种类、燃料种类、企业规模大小、设备型号大小、废气污染治理水平均有所不同，根据二污普统计数据（表 4.4-1），结合陶瓷企业活动水平计算 2020 年陶瓷行业污染物排放量，全市陶瓷行业颗粒物排放总量约为 2252.8 吨、二氧化硫放总量约 724.8 吨、氮氧化物放总量约 2208.6 吨、挥发性有机物总量约 19.2 吨，分别占到重庆市统计规模企业工业排放总量的 0.4%、3.9%、3.1%、0.04%，分别占到建材行业总排放量的 2.8%、5.8%、8.4%、0.87%。建筑陶瓷、日用陶瓷制品制造企业的 SO₂、NO_x、颗粒物排放总和占陶瓷行业排放 97%以上。VOCs 排放集中在玻璃、陶瓷和搪瓷制品生产专用设备制造，占陶瓷行业 VOCs 排放的 65%左右。从区域排放上来看（表 4.4-2），渝东北城镇群污染物排放量最大，虽然企业数量比主城区少一半左右，但大气污染物排放量之和要超出主城区 2.75 倍左右，其中 SO₂、NO_x、颗粒物分别超出 0.26 倍、0.06 倍、22.7 倍。

表 4.4- 1 重庆市陶瓷行业污染物排放分布（吨）

行业	二氧化硫	氮氧化物	颗粒物	VOCs
建筑陶瓷制品制造	605.1	1308.2	2195.4	0.57
日用及陈设艺术陶瓷制品制造	80.9	787.6	36.9	0.6
卫生陶瓷制品制造	34.5	93.0	12.2	0.4
特种陶瓷制品制造	4.3	19.5	6.3	0.04
玻璃、陶瓷和搪瓷制品	0.0	0.4	2.0	12.4
总计	724.8	2208.6	2252.8	19.2
占全市工业占比（%）	3.9%	3.1%	0.4%	0.04%

表 4.4- 2 重庆市各区域陶瓷企业污染物排放情况（吨）

区域	SO ₂	NO _x	颗粒物	VOCs
中心城区	5.29	42.24	6.29	0.01
主城新区	318.58	1052.90	90.97	0.09
渝东北城镇群	400.80	1113.54	2155.70	2.16
渝东南城镇群	2.83	8.28	38.32	0.00

从各区县排放水平上来看（图 4.4-1），开州区为重庆市陶瓷企业污染物排放量最大的城市，SO₂、NO_x 和颗粒物排放之和占陶瓷行业总排放量的 66.3%，其中 NO_x 排放量占陶瓷行业总排放量的 26.8%。其次，璧山、荣昌、丰都陶瓷企业大气污染物排放水平相当，SO₂、NO_x 和颗粒物排放量之和分别为 612.2 吨、622.8 吨和 230.1 吨。

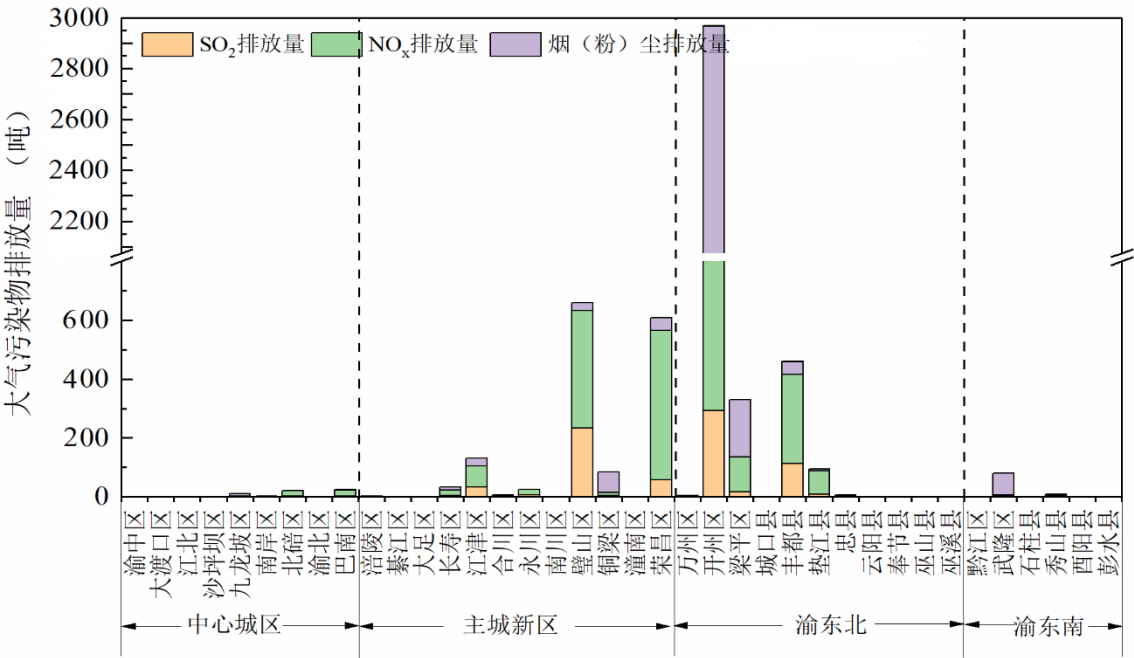


图 4.4- 1 重庆市各区县陶瓷生产企业大气污染物排放排放情况

4.5 重庆市陶瓷行业主要问题分析

（1）环保设施投入不足

烧成窑炉及水煤浆、煤粉、煤制气为主的喷雾干燥塔，虽然对各产尘工序基本均采取了布袋除尘器等收尘措施，但烟气相应的脱硫脱硝设施安装率仍有不足，特别是脱硝设施安装上还有很大提升空间。

（2）无组织排放管控不到位

近几年随着大气污染防治要求的提高，全市陶瓷企业有组织污染浓度实现达标排放，但部分企业无组织排放管理不到位，主要表现在：原料储存、装卸区未采取全封闭，物料周转频繁，未使用传送带封闭传输，陶瓷企业原料运输途中有洒落，经车轮碾压带动产生的扬尘，导致堆场无组织排放明显；在物料制备、配料和输送系统未采取半封闭化管理，硬质料和软质料在破碎、筛分转运过程中易产生颗粒物无组织排放；同时，车间内产品制备成型工序以及釉料配置过程、成型修坯、打边抛光等工序均存在无组织排放。

5 标准制定的原则和依据

5.1 标准制定的原则

（1）衔接性原则

以国家标准《陶瓷工业大气污染物排放标准》(GB 25464-2010) (2014 年修改单)为基础，结合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

研究国外发达地区陶瓷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

结合本地区污染水平和治理能力，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。

5.2 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、陶瓷工业大气污染物排放标准等。

6 标准主要技术内容

6.1 适用范围

本标准规定了重庆市陶瓷工业大气污染物排放限值、监测和监控要求以及标准实施与监督等相关规定。

本标准适用于陶瓷工业的大气污染物排放控制与管理。适用于现有、新建、改建及扩建的陶瓷工业企业或生产设施建设项目的环境影响评价、环境保护设施设计、环境保护竣工验收、排污许可及其投产后的大气污染物排放管理。

本标准不适用于陶瓷原辅材料的开采及初加工过程的大气污染物排放管理。

本标准适用于法律允许的污染物排放行为。新设立污染源的选址和特殊保护区域内现有污染源的管理，按照《中华人民共和国大气污染防治法》《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》《中华人民共和国环境影响评价法》等法律、法规和规章的相关规定执行。

6.2 标准内容框架

本标准内容包括：适用范围、规范性引用文件、术语和定义、污染物排放控制要求、污染物监测要求、实施与监督共 6 章。

大气污染物排放控制要求是本标准的重点，主要技术内容包括三部分：

（1）大气污染物排放限值

根据前述生产工艺与污染物排放分析，区分“陶瓷烧成和烤花工序的辊道窑、隧道窑、梭式窑”、“喷雾干燥塔、干燥窑（室）”、“原料破碎、筛分、成型及其它通风生产设备”三类不同性质的生产设备，其中干燥窑（室）采用独立热源加热的情形。它们执行不同的污染物控制项目与考核指标。

（2）无组织排放限值

无组织排放是陶瓷工业大气污染物排放的重要形式。在原料干磨、制粉、筛分、混合、配料、搅拌、修坯、釉料配料等生产环节，喷雾干燥、成型、机械吹干等工序，施釉工序，成型过程、陶瓷烧成和厂区道路等方面防止无组织排放，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。

（3）废气收集、处理与排放要求

包括无组织排放控制措施、废气收集处理要求、净化处理装置与生产工艺设备同步运转的要求，以及排气筒高度要求等。

6.3 术语与定义

术语部分主要界定了陶瓷工业、日用及陈设艺术陶瓷、建筑陶瓷、卫生陶瓷、特种陶瓷、标准状态、排气筒高度、周边建筑物、现有企业、新建企业、含氧量、无组织排放、无组织排放监控点浓度限值、封闭、密闭、企业边界、控制区、其他区等 18 个术语。

控制区是考虑了我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）和我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。

6.4 污染物项目与考核指标

6.4.1 污染物项目

（1）辊道窑、隧道窑、梭式窑污染物控制项目包括：颗粒物、二氧化硫、氮氧化物、烟气黑度、重金属、氟化物、氯化物、氨浓度等；

（2）喷雾干燥塔、干燥窑（室）：颗粒物、二氧化硫、氮氧化物、烟气黑度、氨浓度等；

（3）其他通风生产设备：颗粒物；

（3）厂区边界及车间外无组织排放：颗粒物。

6.4.2 污染物考核指标

考虑到生产工艺情况、防止稀释排放的环境管理要求，以及标准的前后衔接等，本标准对受控设施的大气污染物排放，规定了最高允许排放浓度指标。

(1) 陶瓷工业干燥塔、干燥窑（室）、烤花及烧成窑排气，应同时对排气中含氧量进行监测，实测大气污染物排放浓度应按公式以下换算为基准含氧量状态下的基准排放浓度，并以此作为判定排放是否达标的依据：

$$C_{\text{基}} = \frac{21 - O_{\text{基}}}{21 - O_{\text{实}}} \times C_{\text{实}}$$

式中：C_基—大气污染物基准排放浓度，mg/m³；

C_实—实测排气筒中大气污染物排放浓度，mg/m³；

O_基—基准含氧量百分率，基准含氧量为 18%；

O_实—干烟气中含氧量百分率实测值。

(2) 其他车间或生产设施排气按实测浓度计算，但不得人为稀释排放。

6.5 与国家标准对比修订的主要内容

本标准与 GB25464-2010 及修改单(2014 年第 38 号)相比，主要修订内容如下：

(1) 修改了陶瓷窑、喷雾干燥塔的颗粒物、二氧化硫、氮氧化物（以 NO₂ 计）大气污染物排放浓度限值；

(2) 取消了不同燃料类型；

(3) 增加了陶瓷窑、喷雾干燥塔的氨的排放浓度限值；

(4) 增加了其他工序颗粒物有组织排放浓度限值；

(5) 修改了厂界颗粒物无组织排放浓度限值；

(6) 增加了车间及露天作业场所周边颗粒物无组织排放浓度限值；

(7) 增加了无组织排放控制要求；

(8) 修订了 2 种监测方法，增加了 12 种监测方法，取消了规范性引用文件的版本号，其更新版本适用于本标准。

7 标准限值与规定的制订依据

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

通过对荣昌、开州、永川等区县的陶瓷企业开展了现场调研、资料调研以及现场实测，共获取 20 家陶瓷生产企业不同工序的排放信息，其中建筑陶瓷 9 家，日用陶瓷 7 家，特种陶瓷 1 家，卫生陶瓷 3 家，浓度数据均来自企业在线监测、监督性监测自行监测报告以及现场实测数据，其他调研信息包括产品产量、污染控制技术投资等来源于企业环评报告和监督性监测报告。指标包含了各工序有组织颗粒物、SO₂、NO_x、氯化氢、氟化物、铅及其化合物、氨、挥发性有机物等，以及无组织颗粒物、VOCs 等排放浓度。



图 7.1-1 企业现场调研

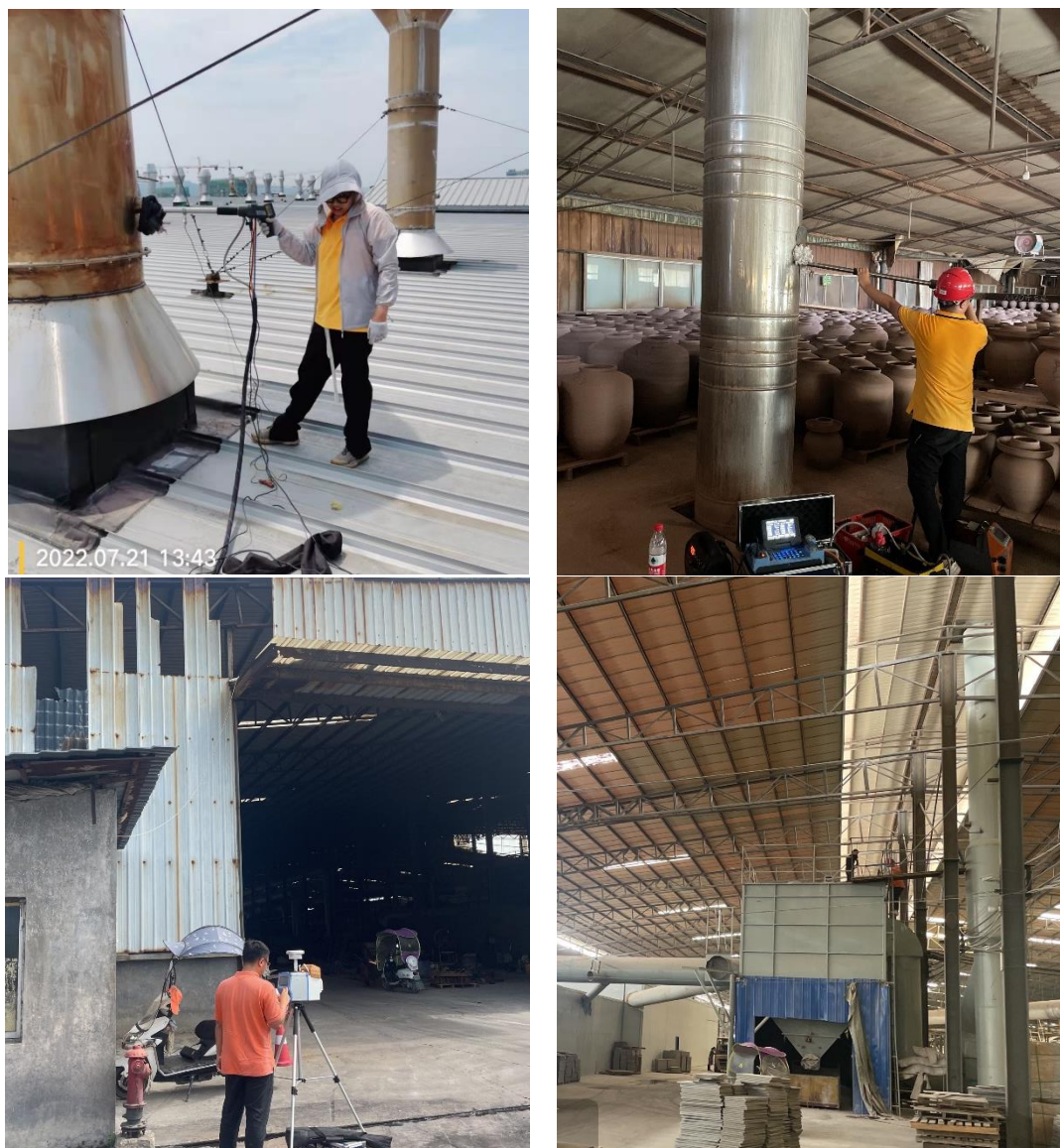


图 7.1-2 企业现场调研

7.1 大气污染物有组织排放限值的确定

7.1.1 基准含氧量

根据测试企业实测值，获得样本量 27 个，如图 7.1-3，含氧量在 14.7%~20.5%之间，平均含氧量 17.7%，本标准基准含氧量沿用陶瓷工业污染物排放标准（GB 25464-2010）及其修改单（2014 年第 38 号）中的 18%基准含氧量要求。从图 7.1-4 可看出，有 55.6%的统计数据含氧量低于 18%，92.6%的统计数据氧含量小于 20%；

另外，氧含量主要控制在 16-18%之间，约占统计总数的 51%；氧含量在 18-20%之间的约占 40%，最大折算倍数为 6 倍。

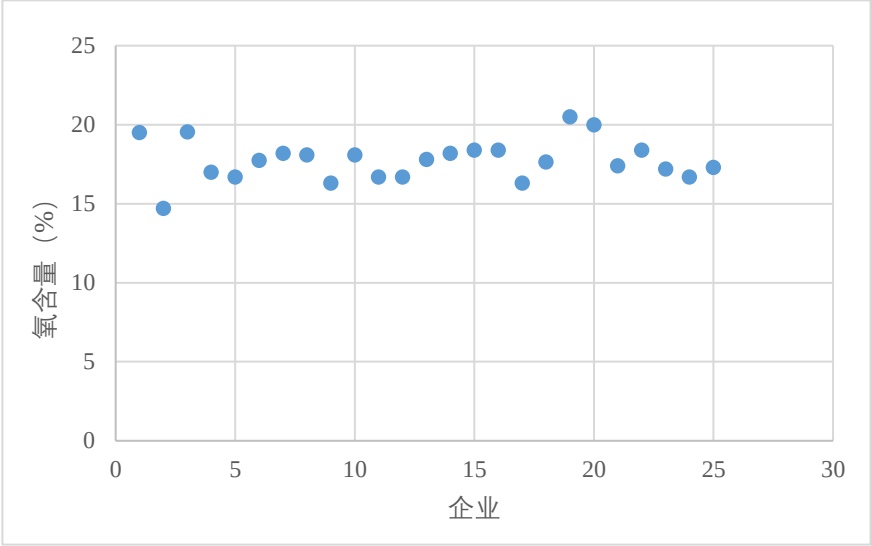


图 7.1- 3 陶瓷企业各工序排气筒实测含氧量分布情况

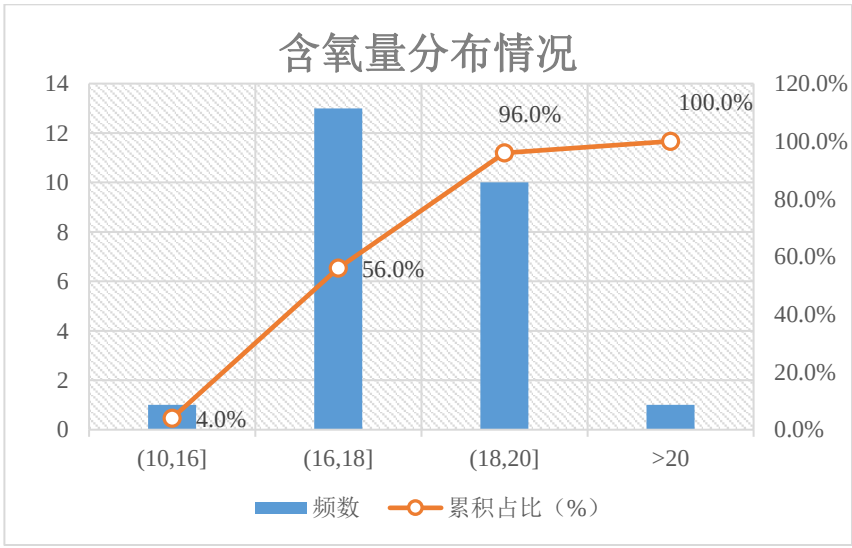


图 7.1- 4 陶瓷烧成窑含氧量分布图

参考表 3.3-1 中国和其他省市，并结合监测分析结果，基准氧含量定为 18%，与陶瓷工业污染物排放标准（GB 25464-2010）及其修改单（2014 年第 38 号）中的 18% 基准含氧量要求一致。

7.1.2 颗粒物

（1）排放浓度现状分析

根据测试企业实测值、对调研收集到的陶瓷企业数据进行分析，获得样本量 26 个。以下分析针对喷雾干燥塔、烧成窑工序、烘干工序颗粒物排放水平，从颗粒物手工实测整体结果来看（图 7.1-5），80.8%的颗粒物实测浓度低于 10 mg/m^3 ，其中 57.5% 的浓度控制在 $5\text{-}10 \text{ mg/m}^3$ ，88.5%的颗粒物实测浓度低于 15 mg/m^3 ，从表 7.1-1 看出，调研获得的烧成窑、喷雾干燥塔和烘干设备颗粒物浓度均值为 7.9 mg/m^3 ，最大值为 18.1 mg/m^3 ，所有的统计数据满足 30 mg/m^3 的现行标准限值要求。

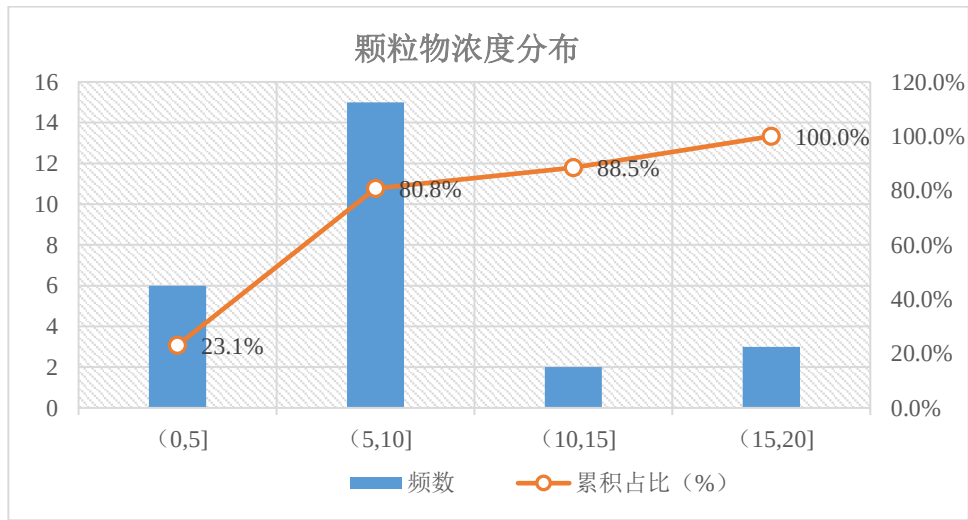


图 7.1- 5 颗粒物浓度分布图

表 7.1- 1 烧成窑、喷雾干燥塔、烘干设备颗粒物统计情况

类型	最值		均值	中位数	分位数			
	最小值	最大值			10%	25%	75%	90%
统计	1.4	18.1	7.9	6.8	4.4	5.1	8.9	14.8

（2）排放限制确定

陶瓷制品制造业窑炉颗粒物初始浓度常见范围在 $15\text{--}200 \text{ mg/m}^3$ ，通过袋式除尘、静电除尘等尾气处理手段，除尘效率能达到 90% 以上，颗粒物的排放水平可低于 15 mg/m^3 ，技术上将陶瓷工业颗粒物排放浓度控制在 15 mg/m^3 不存在问题。结合颗粒物排放浓度现状分析可以得出，排放限值确定在 15 mg/m^3 能同时保证预期企业的达标率，其次

通过提高除尘标准，对现有除尘设备进行技术改造，如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，淘汰落后低效的除尘器，同时提高除尘器运行维护与管理，企业可做到 $15\text{mg}/\text{m}^3$ 以下达标排放。

7.1.3 氮氧化物

(1) 排放浓度现状分析

通过对调研收集到的陶瓷企业数据进行分析，样本量为 26。从手工实测整体结果来看(图 7.1-6),84.6%的 NO_x 实测浓度低于 $80\text{mg}/\text{m}^3$ ，其中 61.5%的浓度低于 $50\text{mg}/\text{m}^3$ ，从表 7.1-2 看出，调研获得的烧成窑、烘干废气、喷雾干燥塔 NO_x 浓度均值为 $46.3\text{mg}/\text{m}^3$ ，最大值为 $120\text{mg}/\text{m}^3$ ，所有的统计数据满足 $180\text{mg}/\text{m}^3$ 的现行标准限值要求。

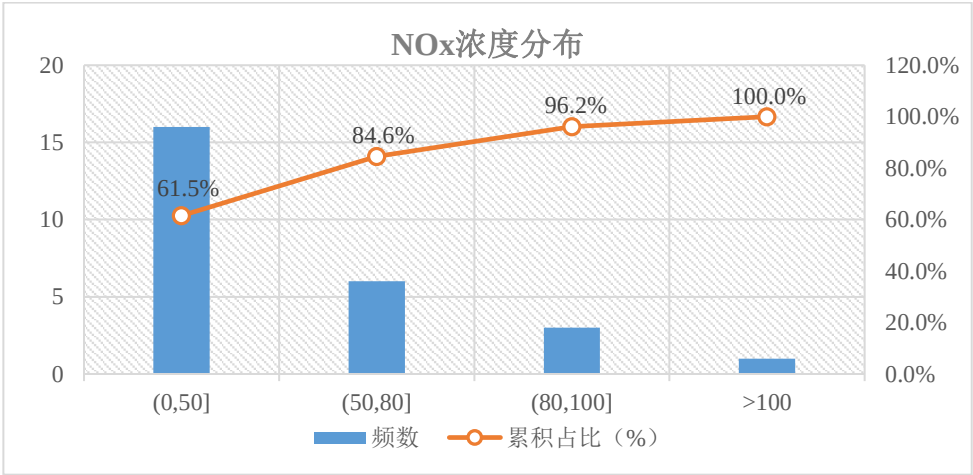


图 7.1-6 氮氧化物浓度分布图

表 7.1-2 烧成窑、烘干、喷雾干燥塔 NO_x 统计情况

类型	最值		均值	中位数	分位数			
	最小值	最大值			10%	25%	75%	90%
统计	8.0	120.0	46.3	38.5	20.0	22.0	56.5	87.5

(2) 排放限制确定

喷雾干燥塔的 NO_x 以热风炉（ $500\sim 650^{\circ}\text{C}$ ）燃烧产生的燃料型 NO_x 为主，陶瓷窑温度在 $1100\sim 1300^{\circ}\text{C}$ 范围内，根据燃料型和热力型 NO_x 生成曲线，陶瓷窑燃烧产生的 NO_x 以燃料型为主，热力型为辅。陶瓷窑的氮氧化物产生水平在 $90\sim 250\text{mg}/\text{m}^3$ 范围，喷雾干燥塔在 $90\sim 300\text{mg}/\text{m}^3$ 范围，SNCR 脱硝技术预期能降解 $50\%\sim 70\%$ 的氮氧

化物，因此氮氧化物的浓度稳定控制在 80 mg/m³ 在技术上是可行的。对此，对于重点区域我们对氮氧化物的标准修订值由国标的 180 mg/m³ 加严至 80mg/m³，其他区域相对放宽至 100 mg/m³，企业可通过末端增加 SNCR 或 SCR 措施，完全可以进一步降低氮氧化物的排放浓度。

7.1.4 二氧化硫

(1) 排放浓度现状分析

通过对调研收集到的陶瓷企业数据进行分析，样本量为 26。从 SO₂ 手工实测整体结果来看（图 7.1-7），96%的陶瓷企业 SO₂ 排放浓度在 30mg/m³ 以下，其中 80%的企业排放浓度均在 10 mg/m³ 以下。从表 7.1-3 看出，调研获得的烧成窑、烘干废气、喷雾干燥塔 SO₂ 浓度均值为 5.8 mg/m³，最大值为 42.0mg/m³，所有的统计数据满足 50mg/m³ 的现行标准限值要求。

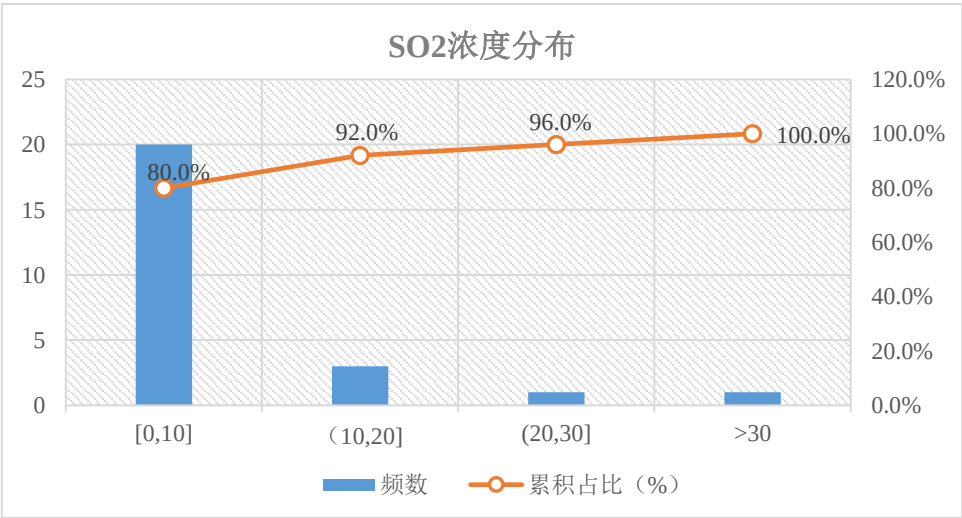


图 7.1- 7 二氧化硫浓度分布图

表 7.1- 3 烧成窑、烘干、喷雾干燥塔 SO₂ 统计情况

类型	最值		均值	中位数	分位数			
	最小值	最大值			10%	25%	75%	90%
统计	3L	42.0	5.8	1.0	3L	3L	6.0	18.0

(2) 排放限制确定

废气中 SO_2 主要来源于燃料及陶瓷原料中的硫。高温时，原料中一部分硫形成 SO_x 释放到窑炉气中。当陶瓷原料中含有 CaCO_3 时， CaCO_3 与 SO_x 反应可减少硫的排放，反应产物留在陶瓷坯体中。陶瓷窑二氧化硫产污浓度常见范围在 $10\sim 300\text{ mg/m}^3$ 范围内，喷雾干燥塔在 $15\sim 500\text{ mg/m}^3$ 范围内，通过采用干法、半干法、湿法脱硫等措施，二氧化硫的去除率能高于 95%，排放浓度能有效地控制在 30 mg/m^3 以下。对此，我们对 SO_2 的标准修订值由国标的 50 mg/m^3 加严至 30 mg/m^3 ，限值的加严设定能淘汰一批陶瓷企业落后产能外，同时能保证标准的可操作性。

7.1.5 铅、镉、镍及其化合物、氟化物、氯化物

氟化物、氯化物、铅及其化合物、镉及其化合物、镍及其化合物主要为物料或辅料中含有的氯、氟、铅、镉、镍等杂质以及固体燃料燃料中含有镍、铅等重金属物质。对于重金属及其化合物，大多数陶瓷原料中重金属的含量均非常低，基本上不存在重金属释放问题。陶瓷色、釉料虽含有少量重金属，但在实际生产中着色倾向于使用在高温下稳定、在硅酸盐系统中呈惰性的着色化合物（含有色素的“着色剂”），重金属释放量较小。如使用的重油和固体燃料中可能含有浓度较低的镍和铅，在烧制过程中会以其氧化物的形式排放。对于氟化物，几乎所有的天然原料中均含有氟化物，氢氟酸(HF)主要来源于粘土中氟硅酸盐的分解。对于氯化物，大多数的粘土中只含有痕量的氯，而添加剂及水中含有氯，这些物料中含有的氯是氯及其化合物排放的源头。由于含氯的无机盐在超过 850°C 的温度下、含氯的有机物在 $450\sim 550^\circ\text{C}$ 范围内发生分解，导致窑炉烟气中有氯化物(HCl)排放。

在窑炉烧制过程中排放，根据《陶瓷工业污染防治可行技术指南》(HJ2304-2018)中最佳可行技术，通过采取原料控制技术（低氟化物、低氯化物和低重金属），铅及其化合物排放浓度小于 0.1mg/m^3 ，镉及其化合物小于 0.05 mg/m^3 ，镍及其化合物小于 0.2 mg/m^3 ，氯化物排放浓度小于 15 mg/m^3 ，氟化物排放浓度小于 3.0 mg/m^3 。另外，在烟气脱硫过程中，由于氯化氢、氟化物属于酸性气体，可与碱发生中和反应而得到去除。例如，采用半干法、湿法脱硫，采用碳酸钠作为脱硫剂，对氯化氢、氟化物均有一定的去除效率。

通过对调研的 10 多家企业实测数据来看，铅及其化合物、镉及其化合物、镍及其化合物、氟化物、氯化物均未超过国家标准限值，通过以上分析，本次标准制定铅及其化合物、镉及其化合物、镍及其化合物、氟化物、氯化物排放限值沿用《陶瓷工业污染物排放标准》（GB25464-2010）及其修改单（2014 年第 38 号）的要求，铅及其化合物排放浓度 0.1 mg/m^3 ，镉及其化合物 0.1 mg/m^3 ，镍及其化合物 0.2 mg/m^3 ，氟化物排放浓度 3.0 mg/m^3 ，氯化物排放浓度 25 mg/m^3 。

表 7.1-4 测试企业重金属及氯化氢、氟化物指标浓度范围 单位： mg/m^3

指标	铅及其化合物	镉及其化合物	镍及其化合物	HF	HCl
浓度范围	0.0038-0.01	ND-0.0071	ND-0.073	0.28-1.43	0.87-7.90

7.1.6 氨

（1）排放浓度现状分析

通过现场实测得到的陶瓷企业数据进行分析，样本量为 7，有组织废气中氨的监测方法为《环境空气和废气 氨的测定 纳氏试剂分光光度法 HJ 533-2009》。从手工实测整体结果来看（图 7.1-8），57.1%的氨实测浓度低于 8 mg/m^3 ，其中 14.3%的浓度低于 5 mg/m^3 ，从表 7.1-5 看出，现场实测获得的烧成窑、烘干废气、喷雾干燥塔氨浓度均值为 13.8 mg/m^3 ，最大值为 47.9 mg/m^3 ，此值比较高是因为含氧量接近 21，折算值偏高。

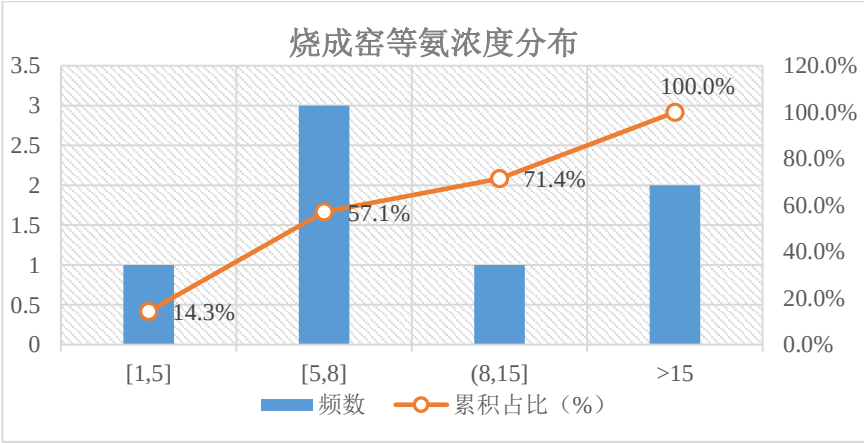


图 7.1-8 手工监测氨浓度分布图

表 7.1-5 烧成窑手工监测氨浓度统计情况

类型	最值		均值	中位数	分位数			
	最小值	最大值			10%	25%	75%	90%
浓度统计	3.2	47.9	13.8	7.8	4.3	5.2	13.8	28.6

（2）排放限制确定

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，氨逃逸存在很多危害，例如使用 SCR 脱硝系统的会造成催化剂堵塞、过滤器堵塞、氨逃逸大会引起电除尘极线积灰，阴阳极之间积灰产生搭桥现象导致电除尘电场退出运行。氨逃逸过大会造成铵盐糊在布袋上，引起布袋除尘器压差高，从而导致吸风机电流高，严重时影响风量、引起出力受阻。风机失速、保护停机等事故；氨是 PM_{2.5} 的重要组成前体物，会造成二次污染，增加 PM_{2.5} 的排放；同时，氨逃逸过量进入空气，氨被吸入肺后容易通过肺泡进入血液，与血红蛋白结合，破坏运氧功能。短期内吸入大量氨气后可出现流泪、咽痛、声音嘶哑、咳嗽、痰带血丝、胸闷、呼吸困难，可伴有头晕、头痛、恶心、呕吐、乏力等，严重者可发生肺水肿、成人呼吸窘迫综合征，同时可能发生呼吸道刺激症状。

国家没有要求，仅有河北、山东和四川征求意见稿对氨的有组织排放进行了规定，根据监测结果，氨浓度主要集中在 5-8 mg/m³ 之间，其他区与国内其他省市一致，取值为 8 mg/m³，考虑到氨会造成 PM_{2.5} 的二次污染，为了体现空气质量区域管控差异，其他区取值 8 mg/m³，控制区作为重点管控区域进一步加严至 5 mg/m³。

7.1.7 烟气黑度

本标准烟气黑度沿用陶瓷工业污染物排放标准（GB 25464-2010）及其修改单（2014 年第 38 号）的要求，即烟气黑度（林格曼黑度，级）排放标准≤1。

7.1.8 挥发性有机物

陶瓷生产过程中的组织废气涉及到 VOCs 排放主要来源于烘干窑、烧成窑过程的废气，无组织废气涉及到 VOCs 排放的主要有印花、施釉、喷墨等车间，因此，本标准分两种不同废气排放形式对企业进行现场采样监测非甲烷总烃浓度。有组织废气中的非甲烷总烃采用《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 38-2017》，无组织废气中的非甲烷总烃采用《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 604-2017》。考虑到挥发性有机物产生工序不是陶瓷行业的主要源，将 VOCs 管控要求和国家相关主要 VOCs 产生行业及无组织排放标准中的相应规定进行统一。由表 7.1-6 所示，烧成窑废气排放口非甲烷总烃浓度范围 1.84~18.9 mg/m³，企业 1 烧窑废气排放口浓度最高 18.9 mg/m³，是由于含氧量测试值较高，为 20.4%，车间非甲烷总烃排放浓度明显低于有组织排放，涉及到印花、施釉、喷墨等车间无组织非甲烷总烃排放浓度为 1.07~2.15 mg/m³。通过测试可以看出陶瓷企业挥发性有机物排放浓度较低，且通过前文核算全市陶瓷生产工业涉挥发性有机物排放的总量约 19.2 吨，仅占到重庆市统计规模企业工业排放总量的 0.04%，且国家及其他地区未对挥发性有机物制定限值管控，因此综合考虑本标准不针对挥发性有机物制定限值管控。

表 7.1-6 陶瓷企业非甲烷总烃监测情况 (mg/m³)

采样点	企业 1	企业 2	企业 3	企业 4	企业 5	企业 6
烧成窑废气排放口	18.9	8.22	3.39	2.52	1.84	7.33
车间外	1.64	1.22	1.07	1.34	1.26	2.15

7.2 原料破碎、筛分、成型及其它通风生产设备

(1) 排放浓度现状分析

除了烤花和烧成窑、干燥窑（室），原料破碎产生的粉尘，原料和煤装卸、转运等过程产生的无组织粉尘；经喷雾干燥后的粉料过筛后通过皮带斗提机输送至粉料仓暂存，再输入压机压制成坯体，压制工段产污主要为粉尘；各原料破碎、筛分、成型及其它通风生产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。

目前课题组共获取原料破碎、筛分、成型及其它通风生产设备的颗粒物浓度数据 8 组，从手工实测整体结果来看（图 7.1-9），颗粒物实测浓度均高于 10mg/m³，主要集中在 15-20 mg/m³，占比 37.5%，20-25 mg/m³ 浓度段占比 25%，从表 7.1-6 看出，现场实测获得的颗粒物浓度均值为 19.8 mg/m³，最大值为 32.2 mg/m³。

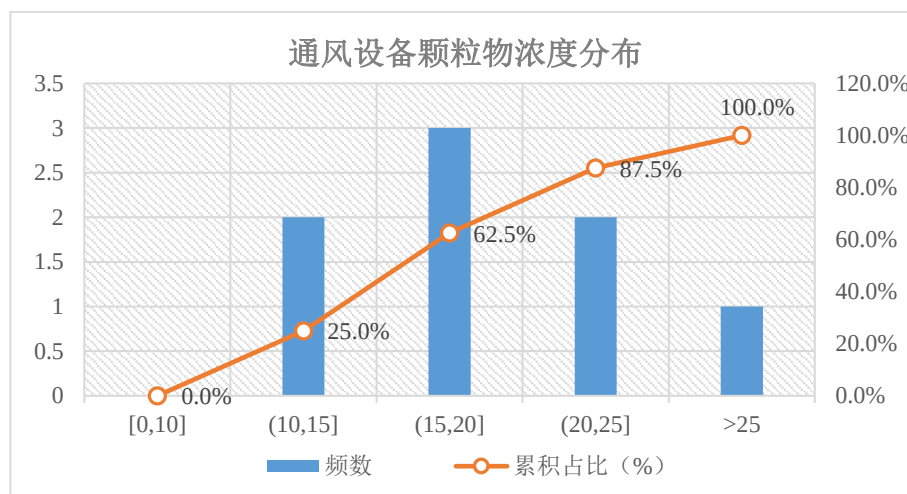


图 7.1-9 原料破碎、筛分、成型及其它通风生产设备颗粒物浓度分布

表 7.1-7 原料破碎、筛分、成型及其它通风生产设备颗粒物浓度统计情况

类型	最值		均值	中位数	分位数			
	最小值	最大值			10%	25%	75%	90%
浓度统计	11.5	32.2	19.8	19.3	12.5	15.9	22.9	25.9

（2）排放限制确定

目前，重庆市陶瓷生产企业原料破碎、筛分、成型及其它通风生产设备工序产生的颗粒物均采用袋式除尘技术治理，标准提高后，未达到排放限值要求的企业可将现有布袋除尘方式进行升级改造，比如将滤料更换为覆膜滤料、增加除尘室高度、增大除尘器过滤面积等方式，一般情况下除尘效率可大于 99%，同时提高除尘器运行维护与管理，改造完成后颗粒物排放目标浓度均可达到为 10 mg/m^3 以下。因此，本标准将颗粒物排放限值确定为 10 mg/m^3 。

7.3 大气污染物无组织排放限值

《陶瓷工业污染物排放标准》（GB25464-2010）及其修改单（2014 年第 38 号）中规定了厂界颗粒物的大气污染物无组织排放浓度限值为 1.0 mg/m^3 ，根据编制组企业调研获取的自主监测数据，50%左右企业厂界颗粒物无组织排放浓度在 0.3 mg/m^3 左右，80%左右的企业厂界颗粒物无组织排放浓度在 0.5 mg/m^3 左右，最高的浓度也不超过 0.6 mg/m^3 ，为加强陶瓷工业企业的无组织排放控制，改善周边环境质量，企

业厂界颗粒物无组织排放限值标准从现行 $1.0\text{mg}/\text{m}^3$ 加严至 $0.5\text{mg}/\text{m}^3$ 。

表 7-1 厂界颗粒物颗粒物排放浓度的累积分布

比例	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%
浓度 (mg/m^3)	0.15	0.19	0.23	0.29	0.35	0.39	0.45	0.54	0.58	0.59

同时参考大气污染物排放标准体系方法，新增陶瓷工业企业大气污染物无组织排放监控点车间及露天作业场所周边浓度限值设定为 $1.0\text{ mg}/\text{m}^3$ 。

7.4 技术与管理规定

7.4.1 无组织排放控制

陶瓷行业主要生产工艺基本相同，但细节可能有较大的区别。陶瓷是传统建筑材料产业，大量消耗无机非金属矿物，工艺过程易造成无组织排放且难于管控。无组织排放的工序主要包括：原料粉碎、成型、干燥、烧成、检验、包装等。



图 7.4-1 陶瓷生产企业无组织排放控制问题

现阶段，由于厂界无组织排放监管存在一定的难度，需要提出具体的控制措施要求。为实现无组织排放的有效控制，配料、球磨、喷雾干燥、成型、施釉、烧成和抛光等工序都应采取必要的集中收尘措施，尽可能采用封闭式作业，配备除尘设施。模具制备、匣钵制备过程同样要求采用集中收尘控制，配备袋式收尘器。所有工序制备

过程要求与除尘设施同步运行，避免产生无组织排放。

鉴于目前仍有多数企业无组织排放控制未达到国标要求以及存在的各种问题，在《排污许可证申请与核发技术规范 陶瓷工业》、《工业炉窑大气污染综合治理方案》、《重污染天气重点行业应急减排措施制定技术指南（2020 年修订版）》的基础上，确定相关无组织管控要求，具体从原辅料控制、制备与成型、厂区道路等其他要求。

（1）原辅料控制

1）粉状物料料场应采用封闭、半封闭料场（仓、库、棚），并采取抑尘措施；原煤、块石、粘湿物料等料场应采用封闭、半封闭料场（仓、库、棚），或四周设置防风抑尘网、挡风墙，或采取覆盖等抑尘措施，防风抑尘网、挡风墙高度不低于堆存物料高度的 1.1 倍；有包装袋的物料采取覆盖措施。

2）原料均化应在封闭、半封闭料场（仓、库、棚）中进行。

3）粉状物料应密闭输送；其他物料输送应在转运点设置集气罩，并配备除尘设施。

4）脱硝用氨水采用全封闭罐车运输、配氨气回收或吸收回用装置、氨罐区设氨气泄漏检测设施。

（2）制备与成型

1）原料的干磨、制粉、筛分、混合、配料等工序，均应采用封闭式作业，并配备除尘设施。釉料制备工序应配备除尘设施。

2）喷雾干燥、成型、机械吹干等工序的产生尘点应设置集气罩，并配备除尘设施。

3）施釉工序应设置密闭工作间，产生尘点应设置集气罩，并配备除尘设施。

4）成型过程打边，高温烧成后打磨抛光等工序的产生尘点应设置集气罩，并配备除尘设施。

5）模型制备、匣钵制备过程应设置集气罩，并配备除尘设施。

（3）其他要求

1）厂区道路应硬化。道路采取清扫、洒水等措施，保持清洁。

2）厂区应设置车轮冲洗设施，或采取其他有效控制措施。

3）脱硝系统氨的储存、卸载、输送、制备等过程应密闭，并采取氨气泄漏检测措

施。

4) 煤气发生炉气化后的固体残渣, 应采取围挡、覆盖等抑尘措施。

7.5 监测要求

本标准在《陶瓷工业污染物排放标准》(GB 25464-2010)及其修改单((2014 年第 38 号))的监测标准要求上,增加 12 个在其后发布的污染物监测标准,如表 7.5-1 所示。此外,《陶瓷工业污染物排放标准》(GB 25464-2010)的监测标准中,有 2 个监测标准已作废。分别为:固定污染源排气中二氧化硫的测定定电位电解法(HJ/T 57-2000),固定污染源排放烟气连续监测系统技术要求及检测方法(HJ/T 76-2007)。替代标准分别为:固定污染源废气二氧化硫的测定定电位电解法(HJ 57-2017),固定污染源烟气(SO₂、NO_x、颗粒物)排放连续监测系统技术要求及检测方法(HJ 76-2017)。故本标准中引用的规范性文件,未注明日期,其最新版本(包括所有的修改单)均适用于本标准。对大气污染物排放浓度的测定采用表 7.5-1 所列的方法标准。

表 7.5-1 监测方法

序号	污染源项目	方法标准名称	标准编号	备注
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	
		环境空气总悬浮颗粒物的测定 重量法	GB/T 15432	
		环境空气总悬浮颗粒物的测定 重量法	HJ 1263	新增
		固定污染源废气低浓度颗粒物的测定 重量法	HJ 836	新增
2	二氧化硫	固定污染源排气中二氧化硫的测定 碘量法	HJ/T 56	
		固定污染源废气二氧化硫的测定 定电位电解法	HJ 57	替换
		固定污染源烟气(SO ₂ 、NO _x 、颗粒物)排放连续监测系统技术要求及检测方法	HJ 76	替换
		固定污染源废气二氧化硫的测定 非分散红外吸收法	HJ 629	新增
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/T 42	
		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/T 43	
		固定污染源烟气(SO ₂ 、NO _x 、颗粒物)排放连续监测系统技术要求及检测方法	HJ 76	替换
		固定污染源废气 氮氧化物的测定 定电位电解法	HJ 693	新增
		固定污染源废气 氮氧化物的测定 非分散红外吸收法	HJ 692	新增
4	烟气黑度	固定污染源排放烟气黑度的测定 林格曼烟气黑度图法	HJ/T 398	
5	铅及其化	固定污染源废气 铅的测定 火焰原子吸收分光光度法	HJ 685	新增

序号	污染源项目	方法标准名称	标准编号	备注
	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	新增
		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	新增
6	镉及其化合物	大气固定污染源 镉的测定 火焰原子吸收分光光度法	HJ/T 64.1	
		大气固定污染源 镉的测定 石墨炉原子吸收分光光度法	HJ/T 64.2	
		大气固定污染源 镉的测定 对-偶氮苯重氮氨基偶氮苯磺酸分光光度法	HJ/T 64.3	
		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	新增
		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	新增
7	镍及其化合物	大气固定污染源 镍的测定 火焰原子吸收分光光度法	HJ/T 63.1	
		大气固定污染源 镍的测定 石墨炉原子吸收分光光度法	HJ/T 63.2	
		大气固定污染源 镍的测定 丁二酮肟-正丁醇萃取分光光度法	HJ/T 63.3	
		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	新增
		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	新增
8	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	
		固定污染源废气 氟化氢的测定 离子色谱法	HJ 688	新增
9	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	新增
		环境空气和废气 氯化氢的测定 离子色谱法	HJ 549	新增
10	氨	环境空气和废气 氨的测定 纳氏试剂分光光度法	HJ 533	新增

8 技术可行性和经济成本分析

8.1 技术可行性分析

8.1.1 陶瓷窑炉烟气污染防治可行技术

通常情况下,在陶瓷烧成过程中,主要是由于坯体排放的SO₂造成烟气中SO₂浓度超出本标准规定的排放限值。另外,采用干压成型建筑陶瓷干压砖表面与辊道窑辊

棒摩擦会造成颗粒物初始排放浓度超过本标准限值。因而，不论采用天然气还是煤制气为窑炉燃料，窑炉烟气一般要同时对颗粒物和SO₂进行治理。

根据《陶瓷工业污染防治可行技术指南》HJ2304-2018，窑炉烟气污染防治可行技术中包括三项技术：（1）湿法脱硫协同除尘技术、（2）窑炉烟气SNCR脱硝+脱硫协同除尘技术和（3）窑炉烟气多污染物协同控制技术。湿法脱硫协同除尘技术的原理是窑炉烟气与碱性吸收浆液在吸收设备中反应，通过机械碰撞、物理截留、扩散溶解、酸碱中和等作用去除烟气中SO₂、颗粒物等污染物。窑炉烟气 SNCR 脱硝+脱硫协同除尘技术的主要工艺流程是在连续式窑炉烧成带 800~1200℃温度区间喷入脱硝还原剂，经SNCR 脱硝之后的烟气经湿法脱硫后排放。工厂实践表明，采用尿素作为脱硝还原剂，并从辊棒下方喷入，可减轻对窑炉和产品质量的负面影响。窑炉烟气脱硝脱硫协同除尘技术工艺流程图见下图。

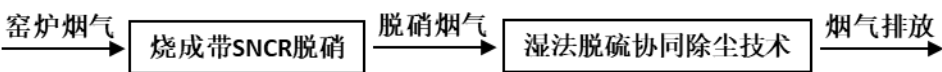


图 8.1-1 窑炉烟气脱硝脱硫协同除尘技术工艺流程图

窑炉烟气湿法多污染物协同控制技术的原理是以碱、尿素、添加剂高效复合吸收剂为吸收液，烟气与吸收液在吸收塔内通过机械碰撞、物理截留、扩散溶解等传质作用接触，不同种类的污染物与吸收液分别发生中和、络合、絮凝沉淀及氧化还原等化学反应，使得烟气中的 NO_x、SO₂ 等多种污染物得到有效去除，最终实现烟气污染物达标排放。窑炉烟气多污染物协同控制技术工艺流程见下图。

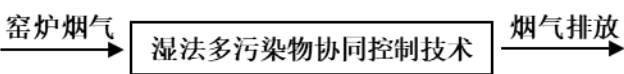


图 8.1-2 窑炉烟气多污染物协同控制技术工艺流程图

8.1.2 喷雾干燥塔烟气污染防治可行技术

陶瓷生产不论采用何种燃料（煤（水煤浆煤制气）、生物质、天然气），喷雾干燥塔烟气的颗粒物初始浓度都不受影响，颗粒物治理是喷雾干燥塔烟气治理的基本内容。当 NO_x 和 SO₂ 产生浓度高于排放标准限值时，在适宜的脱硝反应温度范围内，在喷雾干燥塔热风炉烟气中喷入脱硝还原剂，经 SNCR 脱硝后的烟气与稀释风混合后作为喷雾干燥塔干燥风，喷雾干燥塔烟气随后进入袋式除尘器，去除烟气中的颗粒

物，除尘烟气经湿法脱硫后排放。

(1) 热风炉 SNCR 脱硝+喷雾干燥塔烟气袋式除尘+湿法脱硫协同除尘技术

本技术适用于必须采用脱硝、除尘和脱硫技术实现稳定达标排放的喷雾干燥塔大气污染治理，其中，袋式除尘前可选配旋风除尘，湿法脱硫后可选配喷淋除尘。干燥塔热风炉 SNCR 脱硝+喷雾干燥塔烟气袋式除尘+湿法脱硫协同除尘技术工艺流程图见下图。

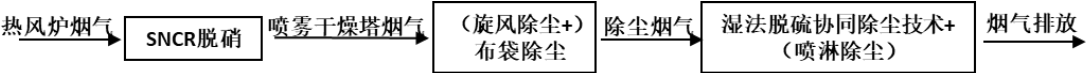


图 8.1-3 热风炉SNCR 脱硝+烟气袋式除尘+湿法脱硫协同除尘工艺流程

(2) 烟气袋式除尘+湿法脱硫协同除尘技术

适用于不采用脱硝技术、但必须采用除尘和脱硫技术才可实现稳定达标排放的喷雾干燥塔大气污染治理，通常是针对热风炉排烟温度一般不大于 720℃的喷雾干燥塔。喷雾干燥塔烟气经袋式除尘和湿法脱硫后排放，其中，袋式除尘前可配旋风除尘，湿法脱硫后可选配喷淋除尘。喷雾干燥塔烟气袋式除尘+湿法脱硫协同除尘技术工艺流程图见下图。



图 8.1-4 烟气袋式除尘+湿法脱硫协同除尘技术工艺流程图

(3) 烟气袋式除尘技术

适用于只采用除尘技术即实现稳定达标的喷雾干燥塔大气污染治理，通常是针对以天然气或低硫煤为燃料的喷雾干燥塔，且其热风炉排烟温度一般不大于 720℃。喷雾干燥塔烟气经袋式除尘和喷淋除尘后排放，其中，袋式除尘前可选配旋风除尘。除尘效率通常大于 99%。喷雾干燥塔烟气袋式除尘技术工艺流程图见下图。

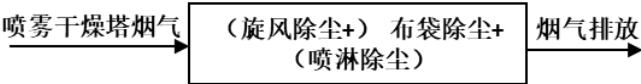


图 8.1-5 喷雾干燥塔烟气袋式除尘治理技术工艺流程图

(4) 烟气旋风除尘+喷淋除尘+湿式电除尘技术

适用于只采用除尘技术即可实现稳定达标的喷雾干燥塔大气污染治理，通常是对以低硫煤为燃料的喷雾干燥塔，且其热风炉排烟温度一般不大于 720℃。喷雾干燥

塔烟气经旋风除尘、水喷淋除尘和湿式电除尘处理后排放，除尘效率通常大于 99%。喷雾干燥塔烟气旋风除尘+喷淋除尘+湿式电除尘治理技术工艺流程图见下图。

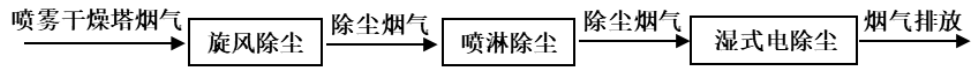


图 8.1-6 喷雾干燥塔烟气旋风除尘+喷淋除尘+湿式电除尘治理技术工艺流程图

8.1.3 窑炉-喷雾干燥塔烟气联合防治可行技术

对于陶瓷企业排放口数量有限的地区，以及出于增加湿式电除尘或半干法脱硫工艺要求等经济技术原因，需要对喷雾干燥塔烟气和窑炉烟气合并处理，该类技术的主要特征，包括喷雾干燥塔烟气和窑炉烟气一般需要经过共同的脱硫装置，并最终通过同一排放口排放。在联合防治系统中通常需要增设引风机，以确保窑压稳定，抵消喷雾干燥塔间歇运行对系统的负面影响。

窑炉-喷雾干燥塔烟气联合防治可行技术包括：（1）喷雾干燥塔热风炉SNCR 脱硝+喷雾干燥塔烟气袋式除尘+窑炉烟气 SNCR 脱硝+窑炉烟气与喷雾干燥塔烟气湿法脱硫协同除尘技术；（2）喷雾干燥塔热风炉 SNCR 脱硝+喷雾干燥塔烟气袋式除尘+窑炉烟气 SCR 脱硝+窑炉烟气与喷雾干燥塔烟气湿法脱硫协同除尘技术+湿式电除尘；（3）喷雾干燥塔热风炉 SNCR 脱硝+喷雾干燥塔烟气旋风除尘+窑炉烟气 SNCR 脱硝+窑炉烟气与喷雾干燥塔烟气循环流化床半干法脱硫协同除尘技术。企业可根据集中排放口的NOx 排放浓度确定是否对喷雾干燥塔热风炉烟气或窑炉烟气进行 SNCR 脱硝处理。

综合评估，目前重庆市陶瓷行业氮氧化物、颗粒物、二氧化硫未达标的企业比例约为 19.2%、11.5%、4%，在以上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。所有单个技术在国内均有成功运行案例，组合可行性技术也《陶瓷工业污染防治可行技术指南》HJ2304-2018 推荐的技术组合，技术上可行。

8.2 经济成本分析

通过对我市部分陶瓷企业的环保投资进行调研分析，发现该行业属于大气污染排放负荷较大的行业。为控制生产过程中产生的废物排放，主要是大气污染物，企对环

保投入较大，有的甚至达到上千万人民币，由于排放的污染物质较大，用于废气治理设施的运行成本也比较大，年环保运行费用需要投入几百万。但企业进行环保投资占企业总投资的比例并不是很大，一般不超过 10%。

本标准的实施不仅需要可行技术，同时必须具有良好的经济性。通过调研广东省、四川省陶瓷行业经济成本，以及本市部分陶瓷企业污染治理设施投资情况，根据成型方式不同，投资会有差异，如表 8.2-1 至 8.2-2 所示：

(1) 对于采用可塑成型或注浆成型的陶瓷制品制造业，目前已经基本采用了天然气、液化石油气等能源作为污染防治技术，若采取本标准限值，对于 SO_2 达标改造，根据调研的所有未上脱硫设施企业监测数据来看，采取天然气、液化石油气等能源作为污染防治技术基本可保证 SO_2 排放浓度降低至 30 mg/m^3 以下，基本不增加环保投资；对于 NO_x 达标改造，原有的污染治理技术正常稳定运行基本能够保证污染物排放达到本标准的要求，样本抽样法估算，估计会有 20% 的生产线需要达标 (80 mg/m^3) 改造，根据隧道窑、梭式窑燃烧结构，若采用 SNCR 采用尿素作为脱硝还原剂会减轻对窑炉和产品质量产生负面影响。因此，按照现有提供可行性技术，烧成窑采取 SNCR 或 SCR 改造，根据不同生产规模、废气排放量一次性投资大概在 300~700 万之间，年运行经费 200 万元左右，全市可塑成型或注浆成型的陶瓷制品制造业 NO_x 达标改造投资约为 0.6~1.08 亿元。

(2) 采用干压成型生产的建筑陶瓷制品制造业通过采用低硫燃料（水煤浆、天然气）和降低热风炉温度等预防技术，可有效降低 SO_2 和 NO_x 生成，节省脱硫和脱硝成本，对于 SO_2 达标改造，企业可选择预防技术达到 30 mg/m^3 以下，也可以选择湿法或半干法脱硫，全市改造需分别投资 0.38~1.04 亿元；对于 NO_x 达标改造，一条建筑陶瓷生产线喷雾干燥塔采取高效 SNCR 脱硝，烧成窑可采取 SNCR 采用尿素作为脱硝还原剂或直接 SCR 改造，形成两种方案：方案一为喷雾干燥塔高效 SNCR+烧成窑 SNCR，根据不同生产规模、废气排放量一次性投资大概在投资 800~1000 万，方案二为喷雾干燥塔高效 SNCR+烧成窑 SCR，投资大概在 1500~1800 万之间，年运行经费 300 万元左右，样本抽样法估算，估计会有 33% 的建筑陶瓷企业需改造，全市陶瓷工业 NO_x 达标改造投资约 0.55~1.05 亿元。

(3) 对于颗粒物达标改造，无论是采用可塑成型或注浆成型的陶瓷制品制造业还是干压成型生产的建筑陶瓷制品制造业，改造方式相同，根据前文分析，对于陶瓷窑和喷雾干燥塔，标准实施后，约有 11.5%的企业超标，在现有基础上升级改造，现在常用的技术成熟的布袋除尘方式，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 700-900 万，全市改造需分别投资 0.29~1.08 亿元；对于破碎、施釉、成型、打磨等生产设备通风除尘，几乎 100%的企业超标，在现有基础上升级改造，现在常用的技术成熟的布袋除尘方式，通过增大除尘器过滤面积、加强运行维护等措施，改造费用在 10~100 万，全市改造需分别投资 0.10~1.04 亿元。

综上，新标准实施后，全市陶瓷行业治理成本共计约 1.92~5.29 亿元，超标企业可根据企业自身工艺特点、规模大小、达标差距选择适用技术进行达标改造。

表 8.2-1 SO₂ 执行不同限值的适用性技术及投资估算

项目	浓度限值 (mg/m ³)	类型	适用技术	投资估算/ 万元	达标改造 投资/(亿 元)	改造需求
现行 标准	50	所有	清洁能源替代	-	-	-
全市	30	注浆成型陶瓷	清洁能源替代	不增加	不增加	基本没有
		干压成型陶瓷	湿法脱硫	750~1000	0.38~0.50	4%企业炉窑
			半干法脱硫	1500~2000	0.75~1.04	4%企业炉窑

表 8.2-2 NO_x 执行不同限值的适用性技术及投资估算

项目	浓度限值 (mg/m ³)	类型	适用技术	投资估算/万 元	达标改造 投资/(亿 元)	改造需求
现行 标准	180	所有	SNCR/SCR	-	-	-
全市	控制区：80， 其他区：100	注浆成型 陶瓷	SNCR/SCR	500~900	0.6~1.08	20%其他 陶瓷企业 炉窑
		干压成型 陶瓷	喷雾干燥塔高效 SNCR+烧成窑 SNCR	1100~1300	0.55~0.65	33%建筑 陶瓷企业

项目	浓度限值 (mg/m^3)	类型	适用技术	投资估算/万元	达标改造 投资/(亿元)	改造需求
			喷雾干燥塔高效 SNCR+烧成窑 SCR	1800~2100	0.90~1.05	炉窑
小计					1.15~2.13	

表 8.2-3 颗粒物执行不同限值的适用性技术及投资估算

项目	浓度限值 /(mg/m³)	类型	适用技术	投资估算/万元	达标改造投资/(亿元)	改造需求
现行标准	30	窑、干燥塔	布袋除尘	200~500	-	-
全市	15	窑、干燥塔	电袋复合	700~900	0.84~1.08	11.5%企业 炉窑
			覆膜滤袋	240~500	0.29~0.60	11.5%企业 炉窑
		破碎、成型等通风设备	布袋除尘	10~100	0.10~1.04	100%企业
小计					0.39~2.12	

9 标准实施后的环境（减排）效益

本标准实施后，将具有显著的社会环境效益。陶瓷生产全流程的除尘、脱硫和脱销系统投入运行后，可明显地减少窑炉烟气中的烟尘、氮氧化物的排放量，规定了较为严格的有组织排放限值和无组织排放管控要求，有助于陶瓷提升清洁生产水平，改善厂区周围地区的生活环境，树立企业良好的社会形象，提高企业声誉及市场竞争力。

此外，由于新建项目进一步加严了排放限值，将促进陶瓷行业氮氧化物治理技术水平提高，促进新型低温催化剂研发，推动全行业技术进步。

按重庆市陶瓷工业污染物排放标准（GB 25464-2010）及其修改单（2014 年第 38 号）执行率 100% 计算，全市颗粒物、 SO_2 、 NO_x 浓度分别为 $30\text{mg}/\text{m}^3$ 、 $50\text{mg}/\text{m}^3$ 、 $180\text{mg}/\text{m}^3$ ，本标准实施后，控制区颗粒物、 SO_2 、 NO_x 排放浓度分别按 $15\text{mg}/\text{m}^3$ 、 $30\text{mg}/\text{m}^3$ 、 $80\text{mg}/\text{m}^3$ 计算，其他区颗粒物、 SO_2 、 NO_x 排放浓度分别按 $15\text{mg}/\text{m}^3$ 、 $30\text{mg}/\text{m}^3$ 、 $100\text{mg}/\text{m}^3$ 计算，

标准限值对于本文确定的控制区的 30 区县而言分别收严 50%、40%和 56%，对于本文确定的其他区域涉及的 8 个区县分别收严 50%、40%和 44%。

根据 2017 年重庆市二污普数据及 2020 年，根据二污普统计数据，结合陶瓷企业活动水平计算 2020 年陶瓷行业污染物排放量，全市陶瓷行业颗粒物排放总量约为 2252.8 吨、二氧化硫放总量约 724.8 吨、氮氧化物放总量约 2208.6 吨。按照现行国家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 2020 年的污染物排放量相比，颗粒物、SO₂、NO_x 排放量分别减少 50%、40%和 56%。

表 9-1 本标准实施后重庆市陶瓷工业大气污染物排放量变化

大气污染物		颗粒物	SO ₂	NO _x
国家标准 (mg/m ³)		30	50	180
本标准 (mg/m ³)	控制区	10	35	80
	其他区	10	35	100
执行国标污染物排放量 (t/a)		2252.8	724.8	2208.6
其中需要提标改造的生产线排放量 (t/a)	控制区	2251.2	724.2	2204.1
	其他区	1.6	0.6	4.5
执行本标准后污染物减排量 (t/a)	控制区	1125.6	289.7	1234.3
	其他区	0.8	0.24	2.0
减排量小计 (t/a)		1126.4	289.9	1236.3
减排比例 (%)		50%	40%	56%

依照本标准的实施，部分生产工艺和装备落后、产品技术含量或附加值低下、环保设施不到位的企业很难做到达标排放，标准的实施将促进企业向规模化、专业化发展，有助于企业下定决心转型升级，改善陶瓷企业的竞争力和周边环境质量，对推动我市陶瓷行业的技术进步和可持续发展具有重要意义。