

附件 3

陶瓷工业废气治理工程技术规范 (征求意见稿) 编制说明

《陶瓷工业废气治理工程技术规范》编制组
二〇一八年九月

项目名称：陶瓷工业废气治理工程技术规范

项目统一编号：2013-GF-03

承担单位：长沙环境保护职业技术学院、湖南湘牛环保实业有限公司、
湖南省环境保护厅环境工程评估中心、衡阳市环境监测站、
武汉大学

编制组主要成员：李庄、李倦生、戴慧敏、曹群、王凡、朱邦辉、刘卫国、
何灿明、黄进、陈林、张秋华、董敏慧、陈再辉、彭放、
侯浩波

标准所技术管理负责人：姚芝茂

生态环境部项目经办人：李磊

目 次

1 任务来源.....	26
2 标准编制的必要性及意义.....	26
2.1 标准编制的必要性.....	26
2.2 标准编制的意义.....	28
3 主要工作过程.....	28
4 国内外相关标准研究.....	30
4.1 国内相关政策和标准.....	30
4.2 国外陶瓷工业废气排放的环保标准.....	34
5 同类工程现状调研.....	35
5.1 陶瓷工业典型生产工艺.....	35
5.2 陶瓷工业废气的产生和特征.....	35
5.3 陶瓷工业废气治理工程技术.....	39
5.4 国外陶瓷工业废气治理情况.....	41
5.5 国内陶瓷工业废气治理工程案例分析.....	43
6 主要技术内容及说明.....	50
6.1 适用范围.....	50
6.2 规范性引用文件.....	50
6.3 术语和定义.....	51
6.4 污染物和污染负荷.....	51
6.5 总体要求.....	52
6.6 工艺设计.....	53
6.7 工艺设备和材料.....	60
6.8 检测与过程控制.....	61
6.9 辅助工程.....	61
6.10 劳动安全与职业卫生.....	61
6.11 施工与验收.....	61
6.12 运行与维护.....	62
7 标准实施的环境效益与经济技术分析.....	62
8 标准实施建议.....	62

1 任务来源

为适应国家环境保护工作需要,2013年原环境保护部下达了《关于开展2013年度国家环境技术管理项目计划工作的通知》(环办函[2013]51号)文件,其中提出了制订《陶瓷工业废气治理工程技术规范》(项目统一编号2013-GF-03)的任务。

长沙环境保护职业技术学院承担该标准的编制工作。参编单位有湖南湘牛环保实业有限公司、湖南省环境保护厅环境工程评估中心、衡阳市环境监测站、武汉大学。

2 标准编制的必要性及意义

2.1 标准编制的必要性

我国素有“陶瓷王国”之称,是世界陶瓷最大生产国,建筑、卫生、日用陶瓷产量连续多年居世界第一。据2017年统计,全国共有陶瓷生产企业3678家,陶瓷企业分别与原料基地基本吻合,全国形成广东佛山、潮州、福建晋江、德化、江西高安、景德镇、四川夹江、广西北流、江苏宜兴、山东淄博、河北唐山等陶瓷主产区,其中长江以南省份约占总产量的70%。然而,单个企业的规模都不大,产业集中度低,建筑和卫生陶瓷前10家企业产量占全行业的比重分别为13%和17%,其他子行业则更低。全国现有建筑陶瓷生产线约3350条,总产能140亿平方米;卫生陶瓷隧道窑生产线200多条,梭式窑1000多座。建筑陶瓷年产101.5亿 m^2 ,约占世界总产量的63%;卫生陶瓷年产2.18亿件,约占世界总产量的48%;日用陶瓷年产约227亿件,约占世界总产量的68%;陈设艺术瓷约53亿件,约占世界总产量的65%;特种陶瓷约占世界总产量的45%。

国家《“十三五”生态环境保护规划》中明确提出,污染物排放总量方面:2020年相较于2015年,实现二氧化硫、氮氧化物减排15%的约束性指标。以燃煤电厂超低排放改造为重点,对电力、钢铁、建材、石化、有色金属等重点行业,实施综合治理,对二氧化硫、氮氧化物、烟粉尘以及重金属等多污染物实施协同控制。建筑卫生陶瓷行业使用清洁燃料,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。

陶瓷工业属典型的气型污染行业,是国家“十三五”环境保护重点治理行业。

对陶瓷工业企业废气治理进行规范，将对我国大气环境质量的改善起到重要作用。

2014年4月1日开始实施的《建筑卫生陶瓷行业准入标准》（工业和信息化部公告2013年第56号）明确：东南沿海地区控制产能增长，重点发展高品质、高附加值产品，加快发展生产性服务业，向中西部地区进行产业转移。中部和西部地区高起点、高水平、高质量因地制宜地承接产业转移，重点发展轻量化、节水型产品。环保设施完善可靠，粉尘、二氧化硫、氮氧化物等主要污染物排放达到《陶瓷工业污染物排放标准》（GB 25464）要求。

陶瓷工业企业生产过程中产生的废气，污染物主要包括颗粒物、二氧化硫（SO₂）、氮氧化物（以NO₂计）、挥发性有机物（VOCs）、氟化物（HF）、氯化物（HCl）、金属化合物等。自2012年1月1日起，陶瓷工业企业有组织排放废气及无组织排放废气已开始执行《陶瓷工业污染物排放标准》（GB 25464-2010）表4和表5限值要求。目前针对陶瓷行业的大气污染控制规范只有2009年12月1日实施的《陶瓷生产防尘技术规程》（GB 13691-2008），其主要是对废气中有组织排放的颗粒物进行控制。

目前国内陶瓷企业大气污染环保治理设施建设存在的主要问题：一是考虑源头控制的清洁生产措施很少，采用末端治理措施为主；二是污染物控制不全面，主要考虑颗粒物、二氧化硫、氮氧化物；三是重有组织排放污染源控制，轻无组织污染源排放控制；四是脱硫、脱硝工艺选择存在较大争议；五是传统行业的原因，普遍规模小、机械化程度不高，环保设施的配套及环境管理重视不够、不规范。陶瓷工业企业的废气治理技术经过多年的发展，粉尘和二氧化硫的治理技术日趋成熟，但目前陶瓷工业企业的氮氧化物治理工程因产品质量原因实际应用喷雾干燥塔烟气治理工程相对较多，陶瓷窑炉烟气治理工程中尚处于探索阶段。因此，对于陶瓷行业的大气污染治理要满足《陶瓷工业污染物排放标准》的要求，应更加注重源头控制，采用清洁生产工艺技术，并提高环境管理水平。

综上所述，为确保陶瓷工业企业在建设废气治理设施时采用成熟的技术，少走弯路，对陶瓷工业废气治理工程进行规范很有必要。国内外污染物治理经验表明，要保证企业废气排放实现全面、稳定达标，须对相应工业污染治理工程工艺设计、工程建设、过程控制等制订规范。为配合《陶瓷工业污染物排放标准》

实施，也是为了加快陶瓷工业的结构调整步伐、淘汰落后工艺设备、实现总量控制、加强技术创新、推进清洁生产，实现陶瓷工业持续、稳定、健康发展和供给侧改革，制订《陶瓷工业废气治理工程技术规范》很有必要。

2.2 标准编制的意义

环境保护标准化是我国环境保护的一项重要发展战略，建立与国际接轨的环境工程服务技术标准体系和环境技术评估体系，是当前加快环境保护标准化步伐的一项重要任务。对保证环境工程建设和运行管理质量，为环境管理提供技术支撑和保障具有重要意义。

本标准属于重点污染源治理工程技术规范，是国家环境标准体系之环境工程技术规范的一个组成部分。本标准的编写和颁布实施将有利于陶瓷工业废气治理工程的标准化建设，将使从设计、建设到运行管理和维护的全过程能够有一个技术标准来进行控制，促使工程建设单位自觉遵守规范的技术要求，从而使陶瓷工业废气治理设施建设与运行得到可靠的技术保障，也将使环境保护主管部门拥有监管陶瓷工业废气治理工程质量和日常运行的技术依据，以保证工程的建设和运行质量，促进环境技术管理的深化。同时本标准的制订也是健全环境技术管理体系建设的重要组成部分。

3 主要工作过程

(1) 编制组成立与项目启动

2013年2月，按照国家环境保护技术管理项目《陶瓷工业废气治理工程技术规范》任务合同书的要求，项目承担单位长沙环境保护职业技术学院、湖南湘牛环保实业有限公司、湖南省环境保护厅环境工程评估中心、衡阳市环境监测站、武汉大学共同组织成立了编制组，讨论并明确了标准编制的工作目标和具体任务分工，同时开展相关工作。在编制过程中，考虑到陶瓷废气污染治理工程的调研、资料收集和治理技术选取等方面，增加了佛山市环境监测站、佛山市禅城区环境监测站和中国检验认证集团湖南有限公司作为本标准的监测资料提供和现场实测的技术支撑单位。

(2) 资料收集与现场调研

资料收集主要包括收集、整理、分析国内外陶瓷行业的产业政策、技术政策、技术规范、污染物排放标准等，研究了编制《陶瓷工业污染物排放标准》

(GB25464-2010)时的调研资料,明确了本标准的编制思路,初步确定了现场调研的内容。

现场调研主要结合我国陶瓷工业产品结构、生产工艺、废气治理水平等因素,以及已有的陶瓷行业的调研资料,选择了全国陶瓷生产主要产地的多家企业进行调研,主要考察了不同陶瓷产品的生产工艺、清洁生产情况及废气治理工程的工艺、实际运行状况、投资运行费用和治理效果等。编制组成员还参加了由部分地方陶瓷协会组织的有陶瓷行业技术专家和陶瓷废气治理专家参加的专题研讨会,了解了陶瓷行业废气治理的基本情况、可行技术、环境管理及存在的问题等,并与多家陶瓷行业废气治理公司进行了技术交流,收集了相关治理技术方案。

(3) 开题报告论证

经过陶瓷企业现场调研、文献调研、专家咨询,在对调研资料进行汇总、分析的基础上,于2013年9月初完成了《陶瓷工业废气治理工程技术规范》开题报告和编制大纲;2013年11月编制完成了《陶瓷工业废气治理工程技术规范(初稿)》和《陶瓷工业废气治理工程技术规范开题报告》,并征求了行业专家和陶瓷废气治理公司的意见。

2014年1月24日原环境保护部科技标准司组织在长沙召开了技术规范开题报告论证会,与会专家提出了技术规范制订的主要思路和修改建议。会后,编制组对规范初稿和开题报告进行了认真修改,并按照意见要求开展下一步编制工作。

(4) 征求意见稿的形成

依据开题论证会意见,编制组通过进一步的现场调研、内部专家讨论,形成了《陶瓷工业废气治理工程技术规范》(征求意见稿)和《陶瓷工业废气治理工程技术规范》(征求意见稿)编制说明。

2015年8月形成征求意见稿初稿提交环境保护部标准所,环境保护部标准所就提交的征求意见稿初稿到长沙组织召开了专家内部审查会,针对征求意见稿初稿提出了修改建议。编制组按照内部审查的会议意见,分别按照陶瓷类别开展了陶瓷工业企业的现场调研工作,调研企业包括湖南株洲醴陵、湖南湘潭、湖南衡阳、广东佛山、山东省、江西省、河北省、河南省、四川省、福建省、广西壮族自治区等全国陶瓷生产主要产地的多家陶瓷企业,并与陶瓷治理公司进行了座谈,进一步完善了征求意见稿的相关内容。

2015年11月编制组组织了由原环境保护部环境标准研究所、专家、废气治理公司等单位专家参加的咨询会，编制组对各方面意见和建议进行汇集与整理，2016年4月编制组再次组织到湖南衡阳、广东佛山等地进行现场调查，落实了污染源强、废气治理工程实例等问题后，分别于2016年9月和11月两次提交本技术规范文本及编制说明给原环境保护部标准研究所进行技术审查，并按要求进行了修改完善。同时，2016年11月下旬编制组到山东省、广东佛山等地对陶瓷工业废气治理情况进行了现场调研，收集了地方省份对陶瓷废气治理现状、治理工艺技术发展水平以及管理控制的地方标准和陶瓷废气治理工程验收监测等资料，2017年2月在进一步修改完善的基础上，提交本技术规范文本及编制说明，申请召开预审会和研讨会。2017年3月28日，环境保护部标准研究所组织召开预审会和研讨会，会后，编制组认真按照预审会和研讨会的专家意见进行了进一步的修改和完善。2018年4月，编制组完成本技术规范征求意见稿和编制说明，并于2018年5月上报生态环境部科技标准司。2018年6月8日，生态环境部科技标准司组织召开了本技术规范的征求意见稿技术审查会，经专家评议、讨论，并采取专家组记名投票表决方式，本技术规范征求意见稿以全票通过技术审查，同意征求意见稿。编制组2018年6月下旬到山东淄博进行进一步调研，编制组根据技术审查会专家意见，在进一步调研的基础上，对本技术规范征求意见稿和编制说明进行了进一步的修改完善。

4 国内外相关标准研究

4.1 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。其中与陶瓷工业废气排放有关的环境保护政策、法律法规、标准如下：

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>（GB

25464-2010) 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。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4-1。

表4-1 《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/m³

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	
基准氧含量		18%	

《陶瓷工业污染物排放标准》中还规定:“企业边界大气污染物任何1小时平均浓度执行表4-2规定的限值。”

表4-2 现有企业和新建企业厂界无组织排放限值 单位:mg/m³

序号	污染物项目	最高浓度限值
1	颗粒物	1.0

产生大气污染物的生产工艺和装置必须设立局部或整体气体收集系统和集中治理处理装置。所有排气筒高度应不低于15m(排放氯化氢的排气筒高度不得低于25m)。排气筒周围半径200m范围内有建筑物时,排气筒高度还应高出最高建筑物3m以上。

该标准存在其他生产工艺设备除尘系统有组织排放的污染物排放浓度没有规定的问题。课题组研究标准的制订原则,结合国内目前陶瓷行业含尘废气布袋除尘的实际效果,认为其他生产工艺设备除尘系统有组织排放污染物也执行表4-1的规定。

《山东省区域性大气污染物综合排放标准》(DB 37/ 2376—2013)提出,自2017年1月1日起至2019年12月31日止为第三时段,现有企业不分控制区执行表4-3的排放浓度限值。自2020年1月1日起为第四时段,现有企业按照所在控制区分别执行表4-4中“重点控制区”和“一般控制区”的排放浓度限值,自2017年1月1日起,新建企业按所在控制区应分别执行表4-4中“重点控制区”和“一般控制区”的排放浓度限值。山东地标的基准氧含量(O₂)为8.6%,如果

按照 18%折标，则相应数值为表中值的四分之一左右。

表 4-3 山东省大气污染物排放浓度限值（第三时段）（单位：mg/m³）

工段		SO ₂	NO _x （以 NO ₂ 计）	颗粒物
喷雾干燥塔	以水煤浆为燃料	200	200	30
	以油、气为燃料	100	200	30
辊道窑、隧道窑、梭式窑	以水煤浆为燃料	200	400	30
	以油、气为燃料	100	300	30
其他		/	/	20

表 4-4 山东省大气污染物排放浓度限值（第四时段）（单位：mg/m³）

污染物	核心控制区	重点控制区	一般控制区
SO ₂	35	50	100
NO _x （以 NO ₂ 计）	50	100	200
颗粒物	5	10	20

《山东省建材工业大气污染物排放标准》(37/2773-2013)规定，自 2015 年 1 月 1 日起，现有企业执行表 4-5 中规定的“新建企业”大气污染物排放浓度限值，要求同 DB 37/ 2376—2013 第三时段（表 4-3 要求）。按照氧含量 18%折标后的值放入最后一列。

表 4-5 山东省建材工业大气污染物排放浓度限值（单位：mg/m³）

受控工艺或设备	污染物项目		新建企业	折标（氧含量 18）%
原料制备、干燥：喷雾干燥塔	颗粒物		30	8
	二氧化硫	燃料类型为水煤浆	200	50
		燃料类型为油、气	100	25
	氮氧化物（以 NO ₂ 计）		200	50
	烟气黑度（林格曼黑度，级）		1	1
烧成、烤花：辊道窑、隧道窑、梭式窑	颗粒物		30	8
	二氧化硫	燃料类型为水煤浆	200	50
		燃料类型为油、气	100	25
	氮氧化物（以 NO ₂ 计）	燃料类型为水煤浆	400	100
		燃料类型为油、气	300	75
	烟气黑度（林格曼黑度，级）		1	1
	氟化物（以总 F 计）		3	3
	氯化物（以 HCl 计）		25	25
	铅及其化合物		0.1	0.1
镉及其化合物		0.1	0.1	

	镍及其化合物	0.2	0.2
--	--------	-----	-----

原国家质量监督检验检疫总局和中国国家标准化管理委员会2008年12月23日发布，2009年12月1日实施的《陶瓷生产防尘技术规程》（GB 13691-2008）中，对日用和建筑陶瓷企业，从项目选址、平面布局、生产工艺和设备、通风、职业卫生等方面规定了陶瓷生产防尘基本要求和措施，并对除尘系统的设计、维护管理要求进行了详细的规定。但原来的标准和规范均没有考虑GB 25464标准的含尘废气的排放要求，粉尘无组织排放控制措施不足，除尘系统控制、施工安装、验收等方面内容缺乏。

2014年4月1日开始实施的《建筑卫生陶瓷行业准入标准》（工业和信息化部公告2013年第56号）规定：“新建和改扩建项目选用《建材行业节能减排先进适用技术目录》中的技术，配套建设除尘设施和废气脱硝、脱硫装置，采用能效等级高、本质安全的工艺和装备，提高生产线自动化水平。新建和改扩建项目采用清洁能源或煤洁净气化技术，严禁使用本质安全性差、热工效率低、污染物排放高的简易煤气发生炉。环保设施完善可靠，粉尘、二氧化硫、氮氧化物等主要污染物排放达到《陶瓷工业污染物排放标准》（GB 25464）要求。防治粉尘无组织排放，原料、成品和固体废弃物运输应遮盖、防止遗撒，堆场应加围墙和顶盖。”

原环境保护部2009年发布的《工业锅炉及炉窑湿法废气脱硫工程技术规范》（HJ 462），对工业锅炉及窑炉湿法废气脱硫工程的总体设计、脱硫工艺系统、材料和设备选择、施工与验收、运行与维护提出了技术要求。

2018年1月15日发布的《石灰石/石灰—石膏法湿法烟气脱硫工程通用技术规范》（HJ 179-2018）中明确陶瓷窑炉等可采用石灰—石膏法脱硫技术。

原环境保护部2010年发布的《火电厂废气脱硝工程技术规范 选择性非催化还原法》（HJ 563），规定了火电厂废气脱硝工程的设计、施工、验收、运行和维护所遵循的技术要求，其适用范围明确燃煤、燃气、燃油的工业窑炉烟气脱硝工程可参照执行。

原环境保护部2010年发布的《袋式除尘工程通用技术规范》（HJ 2020-2012），规定了袋式除尘工程的设计、施工与安装、验收、运行与维护管理的通用技术要求。该标准适用于各种规模的袋式除尘工程，不适用于煤气净化袋式除尘工程。

标准考虑国家鼓励陶瓷企业采用天然气等清洁能源,没有规定企业用煤制气辅助设施的排放要求,因此,本标准也不考虑煤制气辅助设施的废气治理。

4.2 国外陶瓷工业废气排放的环保标准

资料调研中,编制组收集到韩国、意大利、德国、日本等国家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4-3和表4-4。表4-3是喷雾干燥塔烟气污染物排放浓度限值,表4-4为陶瓷行业窑炉烟气各污染物排放浓度限值;从表中可以看出:我国陶瓷工业污染物排放标准处于各国排放标准之间。各个国家对陶瓷工业各污染物排放限值的要求与当地的环境质量现状及区域的敏感程度是有一定关系的,同时,各个国家窑炉类型、技术参数与我国也存在差异,而含氧量也无法进行科学对比和应用。因此,在国外标准与我国标准进行分析比较时,应结合标准的说明、国外陶瓷窑炉的炉型参数等一并考虑,而并不能简单地采用数值的对比。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4-3 部分国家陶瓷行业喷雾干燥塔烟气污染物排放浓度限值

单位: mg/m³ (基准氧含量除外)

项目	意大利
粉尘	30
二氧化硫	35
氮氧化物	350
折算基准氧含量	无

表4-4 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	韩国	意大利	德国	日本
粉尘	50	5	40	100
二氧化硫	715	500	500	各地区总量控制
氮氧化物	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	16%	无	17%	18%

5 同类工程现状调研

5.1 陶瓷工业废气产排概况

陶瓷产品种类繁多，生产工艺不一，原料种类不一，燃料种类不一，企业规模大小不一，设备型号大小不一，废气污染治理水平不一。由于陶瓷行业历年污染物排放量没有进行监控统计，以 2015 年陶瓷产量进行保守估算，烟粉尘排放总量约为 10 万吨、二氧化硫放总量约 28 万吨、氮氧化物放总量约 40 万吨，分别占到国家统计规模企业工业排放总量的 0.9%、1.6%、2.8%。

5.2 陶瓷工业典型生产工艺

本标准依据陶瓷工业现状及陶瓷产品的使用功能，将陶瓷产品分为日用及陈设艺术瓷、建筑陶瓷、卫生陶瓷和特种陶瓷。不同类别的陶瓷产品，其生产工艺略有不同，但基本工序均包括原料加工、成型、烧成等过程。陶瓷工业的主要生产工序见表5-1。

表5-1 陶瓷工业主要生产工序

序号	工艺过程
1	配料（经过初加工的高岭土、长石、石英等坯、釉主要原料、少量化工原料、色料等）
2	细碎（湿法球磨、干法雷蒙磨）
3	坯、釉料制备（过筛、除铁、压滤、陈腐、湿法练泥、干法制粉）
4	成型（石膏等模具制造与使用；压制、挤坯、滚压、轧膜、注浆、热压注等方法成型）
5	干燥（柴、煤、电、蒸汽等热源；间歇式、连续式干燥）
6	烧成（柴、煤、油、气、电等燃料；间歇式、连续式窑炉烧成；匣钵、棚板等窑具）
7	装饰（坯体施釉；釉上、釉下、釉层装饰）
8	包装（纸箱、木材、稻草、竹篾、塑料等）

5.3 陶瓷工业废气的产生和特征

陶瓷企业排放的大气污染物有颗粒物、二氧化硫、氮氧化物（以NO₂计）、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HCl计）。

（1）颗粒物

陶瓷生产在喷雾干燥、窑炉、粉料输送、修坯、模具制备、匣钵制备、成型干燥、装坯等环节均有颗粒物产生。颗粒物是陶瓷生产的主要污染物。

（2）气相污染物

陶瓷坯体的干燥、煨烧、烧制工序有气相污染物排放。

二氧化硫和其他含硫化合物：烟气中SO_x（主要是SO₂）的浓度与陶瓷原料和燃料中的含硫量密切相关。陶瓷原料中硫主要以黄铁矿（FeS₂）、石膏和其他

硫酸盐以及有机硫的形式存在。气体燃料（如天然气、液化石油气）一般含硫量很低，但是固体燃料和燃料油燃烧会产生硫氧化物。陶瓷原料中的基础化合物（如陶瓷坯体烧制过程 CaCO_3 分解形成的 CaO ）与硫发生氧化物反应，可减少硫的排放，反应产物留在陶瓷坯体中。

氮氧化物和其他含氮化合物：氮氧化物主要产生于空气燃烧时氮和氧的反应。高温（尤其是 $\geq 1200^\circ\text{C}$ ）和有过剩氧气存在时，这种反应更突出。窑炉实际温度低于 1200°C 时，在窑炉的高温火焰中，这种反应也可发生。燃料（主要是固体或液体燃料）中有含氮化合物或者是有机添加剂中含有氮，在更低的温度下也会生成氮氧化物。

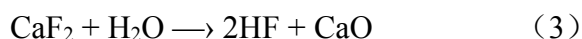
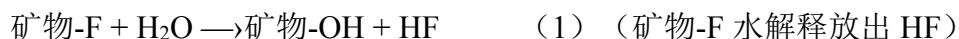
可挥发性有机化合物（VOCs）：陶瓷原料中本身含有少量有机物，同时，其生产过程中填加的粘结剂、增塑剂等，在进行粉料制备、坯体制备、产品干燥、高温烧成等过程中可能发生有机物的碳化与挥发，同时伴随着成份复杂的少量挥发性有机物（VOCs）的释放。

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，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。釉料中的金属氧化物以像尖晶石或锆石这样的稳定的晶体结构形式存在，同时，这类釉料的烧成周期非常短，从而降低了重金属及其化合物的散发量。另外，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。

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 $450\text{-}550^\circ\text{C}$ 范围内发生分解，导致窑炉烟气中有氯化物（ HCl ）排放。

氟化物：几乎所有的天然原料中均含有氟化物（这种氟化物容易取代粘土和水合矿物中的 OH 基）。氢氟酸（ HF ）主要来源于粘土中氟硅酸盐的分解。 HF 的排放主要产生于两种不同的反应机理：一种是粘土原料中的氟化矿物的直接分解，这种反应机理主要取决于粘土的类型（例如蒙脱石在温度 550°C 分解，伊利石在温度 750°C 分解，磷灰石在温度 $600\text{-}700^\circ\text{C}$ 分解）。另一种是当温度超过 900°C ，

CaF₂分解，在有水蒸气存在时，这个反应更突出。窑炉气中的水（例如：燃料燃烧生成的）在HF的形成过程中起着非常重要的作用。反应式如下：



反应（2）在一个相对较低的温度下进行，发生在窑炉预热区。这就能够解释为什么CaCO₃/CaO（石灰石/石灰）的存在可明显减少HF的排放。减缓预热升温的速度，延长吸收反应所需的时间，可减少HF的排放量。如果窑炉中的水蒸气含量很高，反应（3）在更高的温度下（>900℃）会发生。

烟气中的氟化物浓度不但与原料中的氟含量、窑炉中存在的水蒸汽、陶瓷坯体成份、烧制温度曲线有关，而且被烧制的陶瓷坯体的堆放形式和比表面大小也会影响H₂O和HF在陶瓷坯体内的吸收与释放。

各类陶瓷生产污染物产生情况如图5-1、图5-2、图5-3所示。

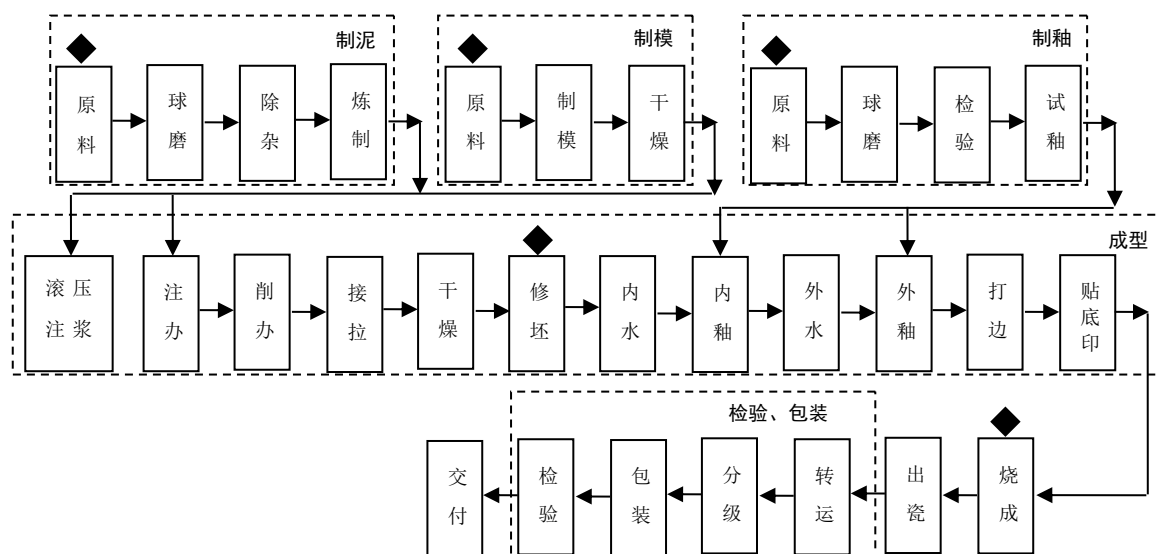


图 5-1 日用及卫生陶瓷生产过程废气产生点

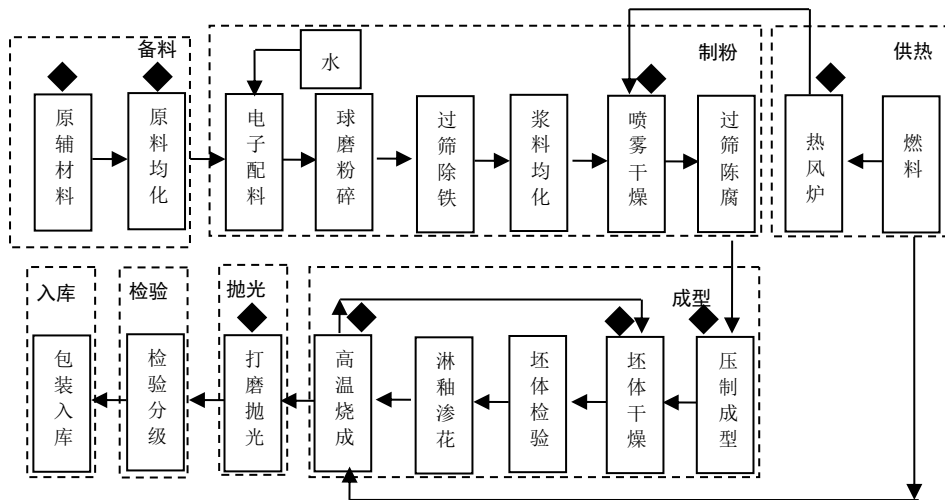


图 5-2 建筑陶瓷生产过程废气产生点

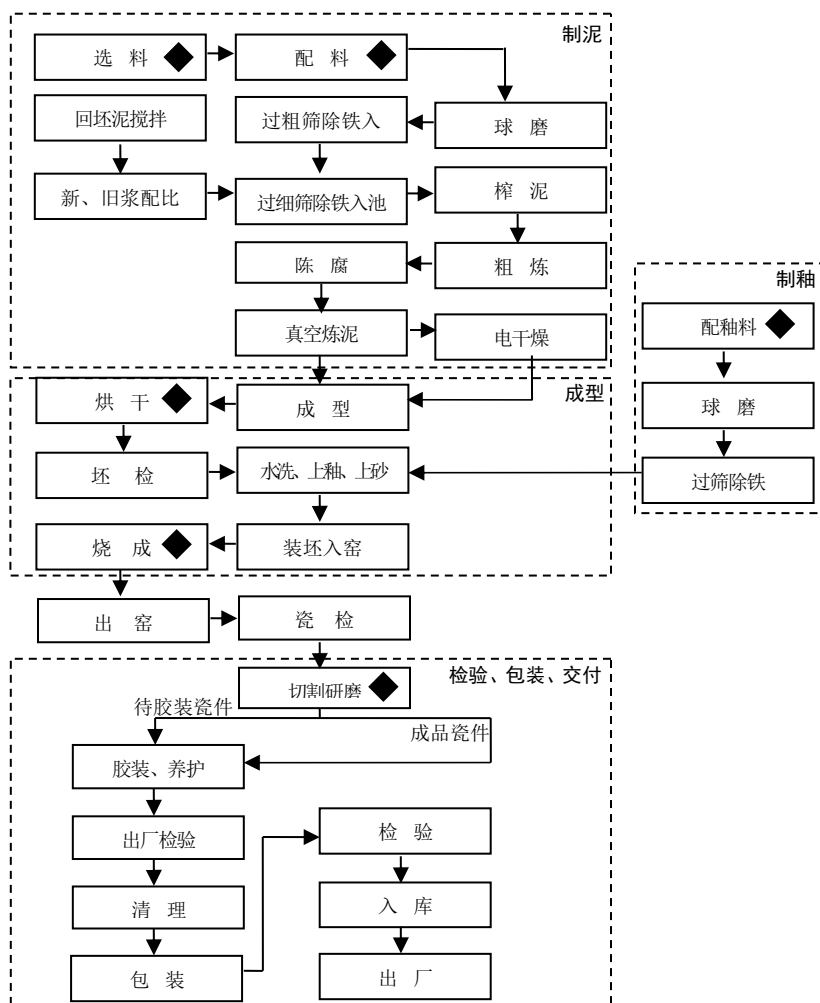


图 5-3 电工陶瓷生产过程废气产生点

5.4 陶瓷工业废气治理工程技术

(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。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5-4。

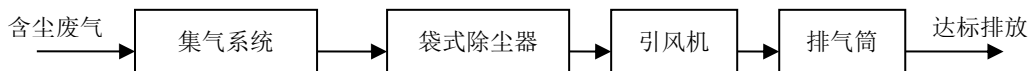
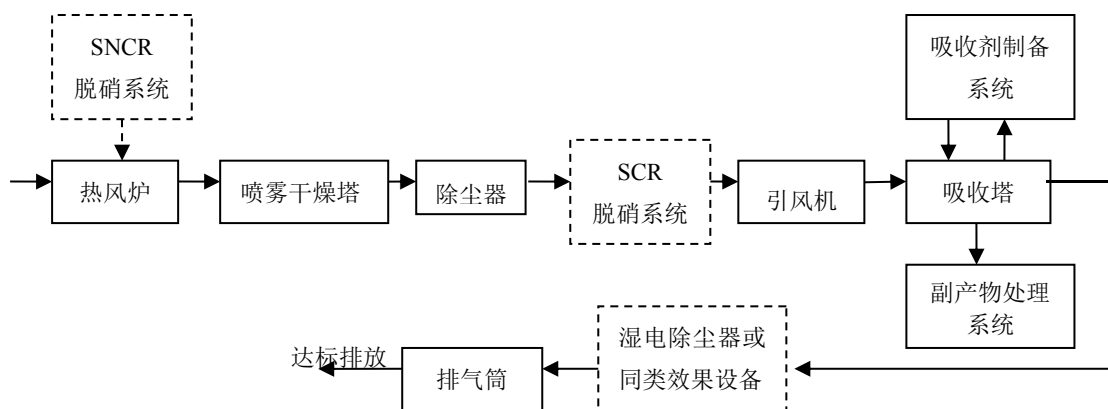


图 5-4 含尘废气治理工艺流程图

(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。

喷雾干燥塔烟气治理典型工艺流程见图5-5。



备注：“—”为固定工艺，“-----”为可选工艺（下同）

图 5-5 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。

目前大部分陶瓷企业未对窑炉烟气设置脱硝设施，近年来，少数企业对窑炉设置了脱硝装置，部分生产外墙砖的企业采用SNCR脱硝工艺，部分对陶瓷产品质量要求高的企业对窑炉尾气采用了湿法脱硫脱硝一体化技术（多污染物协同处理技术）。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，如山东，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5-6。

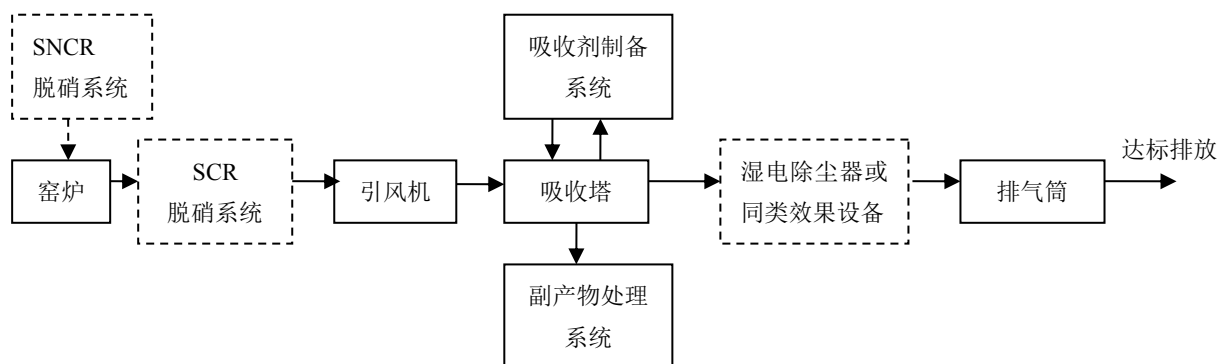


图5-6 窑炉烟气治理典型工艺流程

5.5 国外陶瓷工业废气治理情况

5.5.1 国外陶瓷工业废气治理技术概况

目前，国外对陶瓷工业废气处理主要按各工序分别进行处理，如料仓、原料加工、喷雾干燥、风干成型、机械吹干、打磨等工序的产尘点集中收尘控制；窑炉烟气采用离心/过滤器、袋式过滤器、烧结过滤器、湿式除尘、电除尘等除尘技术；针对陶瓷特征污染控制因子如硫氧化物（SO₂）、氮氧化物（NO₂）、无机氯化物（HCl）、无机氟化物（HF）、挥发性有机物（VOC_s）和铅、镉、镍等重金属氧化物的废气治理，按照不同污染物配套相应的控制措施，如二氧化硫、HCl、HF均可采用低硫、低氮化合物、低氯、低氟的原料和燃料来减少排放，或通过采用吸附床吸附来减少这类污染物的排放；原料、添加剂、粘结剂等中有机化合物的减少可降低VOC_s的排放，也可通过添加微孔无机添加剂代替有机添加剂来避免VOC_s的排放；另外，针对氮氧化物，目前采用较多的有低氮燃烧技术；二氧化硫、氟化物采用以Ca（OH）₂和CaCO₃为介质的过滤器或叠层式吸附床技术。

表5-2是国外陶瓷废气有机气相化合物和无机化合物的处理技术。由表可知，对陶瓷工业产生的各种废气，治理技术较多，也较先进。

表 5-2 陶瓷废气有机气相化合物和无机气相化合物处理技术

治理系统/类型	适应领域	吸收或吸附介质
	除尘	
袋式过滤器/袋式房子	成品区、预处理、贮存、成型、运输等	-
中央真空吸尘器	成品区、预处理、贮存、成型、运输、窑车等	-

治理系统/类型	适应领域	吸收或吸附介质
窑车治理系统 (不同的使用情况: 固定的喷嘴, 移动喷嘴, 上下和微调托盘)	窑车	-
电除尘	高温和大气量废气的处理	-
无机化合物的去除		
模式系统	主要是氟化氢的去除	Ca(OH) ₂ 蜂窝状
叠层式吸附床	主要是氟化氢的去除	CaCO ₃
叠层式吸附床	主要是HF、HCl、SO _x 的去除	纤维吸附物
逆流式吸附床/ 系列模块	主要是HF、HCl、SO _x 的去除	CaCO ₃ /纤维吸附物
滤袋干吸附(飞流系统)	主要是HF、HCl、SO _x 、颗粒物的去除	不同质量的Ca(OH) ₂
滤袋干吸附(飞流系统)有反应物产生	主要是HF、HCl、SO _x 、颗粒物的去除	不同质量的Ca(OH) ₂ (基本上不加水)
湿法去除	主要是HCl、SO _x 的去除	碱液
有机化合物的去除		
RTO焚烧炉	VOC的去除	-
气体燃料	VOC的去除	-

5.5.2 陶瓷生产最佳可用技术 (BAT)

(1) 燃料利用清洁生产措施

热电联产的应用: 热电联产厂给陶瓷企业供电, 提供蒸汽可用于喷雾干燥工序, 尤其适用于建筑陶瓷喷雾干燥工序。

用低污染排放燃料代替重油和固体燃料: 陶瓷生产烧制工序用气体燃料(天然气、液化石油气(LPG)和液化天然气(LNG))替代重油(HFO)或固体燃料可以提高燃烧效率、有效消除工艺中碳黑的排放, 减少能量的消耗, 同时也可减少二氧化硫的排放量。

(2) 粉尘(颗粒物)、气态污染物的控制措施

防止弥散型粉尘和有组织排放粉尘的技术措施: 原料碾磨、筛分和混合点设置密闭罩; 混合器加盖并收集治理; 废气收集治理; 仓库外排废气进行过滤处理; 对原料进行覆盖; 风力输送系统封闭循环。

治理设备有离心分离、袋式过滤、烧结薄片过滤器、湿式除尘、静电除尘等。

气体化合物控制措施: 重点针对陶瓷生产工艺过程中可能产生的废气, 如: 二氧化硫、氮氧化物、无机氯化物和氟化物、挥发性有机化合物等提出了优化的控制措施和方法。如使用低硫、低氟原料和添加剂、原料和添加剂中的氮化合物最少化等源头控制措施。

优化工艺过程的控制: 烧制温度与热速率可以有效控制SO_x和HF的排放, 如

优化工艺曲线、减少窑炉烟气中的水蒸汽、内部碳化气燃烧、低氮燃烧器的使用等措施。

吸附器与吸附剂的使用：高效模块吸附器系统、干式废气净化过滤器（袋式和静电）、湿式废气净化、活性炭过滤器、生物净化器等技术的应用。

二次燃烧技术：热力二次燃烧和催化二次燃烧技术应用。

(3) 工艺固废

在卸料、装料、输送、机械吊装和原料加工工序收集的粉尘，均属于陶瓷制品烧制前收集的物料，通常可以作为陶瓷原料再利用。用过的石膏模型可以回收送水泥厂再利用，或者经过压碎碾磨后部分应用于肥料工业。

5.6 国内陶瓷工业废气治理工程案例分析

5.6.1 工程实例一：佛山某建筑陶瓷厂

该厂位于佛山西樵，年产传统陶瓷墙地砖 2400 万 m²，产品主要包括抛光砖、瓷质仿古砖、釉面内墙砖等。

(1) 喷雾干燥塔烟气

公司喷雾干燥塔燃料为水煤浆。单台喷雾干燥塔烟气流量为 40000~100000m³/h，主要控制污染物指标为：颗粒物、二氧化硫、氮氧化物。废气治理工艺流程为：SNCR 脱硝+袋式收尘+湿法脱硫（钠碱法）。主要处理参数见表 5-3，喷雾干燥塔烟气治理工艺流程图见图 5-10。

表 5-3 喷雾干燥塔烟气治理参数

废气参数	单位	数值或数值范围或说明	备注
燃料类型	/	水煤浆	
废气流量	m ³ /h	40000~100000	
颗粒物产生浓度	mg/m ³	5000~8000	
SO ₂ 产生浓度	mg/m ³	100~200	
NO _x 产生浓度	mg/m ³	230~280	
颗粒物排放浓度	mg/m ³	<20	
SO ₂ 排放浓度	mg/m ³	<30	
NO _x 排放浓度	mg/m ³	<180	
除尘效率	%	99.9	
脱硫效率	%	>85%	
脱硝效率	%	约 40%	
氧含量	%	16~19	
袋式过滤风速	m/min	1 左右	
温度	℃	85~90	
湿度	%	11~13	布袋入口

布袋类型、材质	/	PTFE 覆膜滤袋	
袋式除尘器清灰方式	/	脉冲反吹	
脱硫塔液气比	L/m ³	约 1.5	
脱硫剂类型	/	烧碱	
脱硫塔空塔气速	m/s	1.6~2.9	
脱硫渣的处理方式	/	外卖	
脱硫塔材质	/	碳钢	
脱硝剂类型	/	尿素	
脱硝设备材质	/	不锈钢	
风管材质	/	不锈钢	
风机材质	/	碳钢	
风机类型	/	风机全压：2667Pa，风机功率：132kw，电流：200A；	
排气筒材质	/	碳钢	

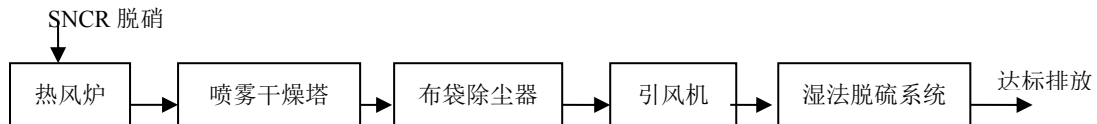


图 5-10 喷雾塔烟气治理工艺流程

监测报告及在线监控设备监测数据显示，喷雾干燥塔烟气治理后可满足《陶瓷工业污染物排放标准》（GB 25464-2010）要求。

（2）窑炉烟气

公司窑炉燃料为水煤气。窑炉单条窑废气流量为 15000~30000m³/h，主要控制污染物颗粒物、二氧化硫、铅及其化合物、镉及其化合物、镍及其化合物、氯化物、氟化物。废气治理工艺为：袋式除尘器+湿法脱硫（钠钙双碱法）+湿法电除尘。主要处理参数见表 5-4，喷雾干燥塔烟气处理工艺流程见图 5-11。

表 5-4 窑炉烟气处理参数

废气参数	单位	数值或数值范围或说明	备注
燃料类型	/	水煤气	
废气流量	m ³ /h	15000~30000	一条窑
颗粒物产生浓度	mg/ m ³	180	
SO ₂ 产生浓度	mg/ m ³	400~600	
NO _x 产生浓度	mg/ m ³	120~180	
颗粒物排放浓度	mg/ m ³	<20	
SO ₂ 排放浓度	mg/ m ³	<30	
NO _x 排放浓度	mg/ m ³	<180	
铅及其化合物排放浓度	mg/ m ³	<0.1	
镉及其化合物排放浓度	mg/ m ³	<0.1	
镍及其化合物排放浓度	mg/ m ³	<0.2	
氟化物排放浓度	mg/ m ³	<1.5	
氯化物排放浓度	mg/ m ³	<15	

除尘效率	%	>90	
脱硫效率	%	>85	
氧含量	%	15~17	
布袋过滤风速	m/min	1	
进口温度	℃	150~180	
除尘工艺	/	袋式除尘+湿电除尘	
脱硫工艺	/	钠钙双碱法	
布袋类型、材质	/	PTFE 覆膜滤袋	
袋式除尘器清灰方式	/	脉冲反吹	
脱硫塔液气比	L/m ³	约 1.7	
脱硫剂	/	烧碱、石灰	
脱硫塔空塔气速	m/s	约 2.3	
脱硫渣的处理方式	/	外卖	
脱硫塔材质	/	不锈钢	
风管材质	/	不锈钢	
风机材质	/	碳钢	
风机类型	/	风机全压：2314Pa，风机功率： 110kw	
排气筒材质	/	碳钢	

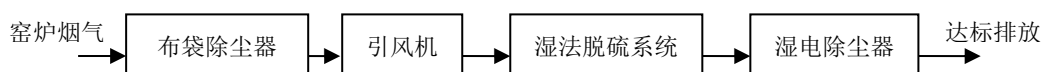


图 5-11 窑炉烟气治理工艺流程

监测报告及在线监控设备监测数据显示，采用该废气治理工艺技术，窑炉烟气中各污染物排放可以达到《陶瓷工业污染物排放标准》（GB 25464-2010）要求。

5.6.2 工程实例二：佛山某建筑陶瓷厂

该陶瓷厂位于佛山三水区，年产抛光砖 600 万 m²。

（1）喷雾干燥塔烟气

燃料为水煤浆。喷雾干燥塔烟气流量约为 150000m³/h，主要控制污染物指标为：颗粒物、二氧化硫、氮氧化物。公司采用处理流程为：SNCR 脱硝+袋式收尘+湿法脱硫（钠钙双碱法）+沉降室沉降。主要处理参数见表 5-5，喷雾干燥塔烟气处理工艺流程图见图 5-12。

表 5-5 喷雾干燥塔烟气处理参数

废气参数	单位	数值或数值范围或说明	备注
燃料类型	/	水煤浆	
废气流量	m ³ /h	150000	
颗粒物产生浓度	mg/m ³	2500	
SO ₂ 产生浓度	mg/m ³	400	

废气参数	单位	数值或数值范围或说明	备注
NO _x 产生浓度	mg/m ³	250	
颗粒物排放浓度	mg/m ³	<30	
SO ₂ 排放浓度	mg/m ³	<50	
NO _x 排放浓度	mg/m ³	<180	
除尘效率	%	>99	
脱硫效率	%	>90	
脱硝效率	%	>30	
氧含量	%	18	
布袋过滤风速	m/min	1 左右	
温度	℃	90-120	袋式除尘器入口
湿度	%	7~8	
布袋类型、材质	/	尼龙	
袋式除尘器清灰方式	/	脉冲反吹	
脱硫塔液气比	L/m ³	约 1.5	
脱硫剂类型	/	烧碱、石灰	
脱硫塔空塔气速	m/s	0.5	
脱硫渣的处理方式	/	外卖	
脱硫塔材质	/	碳钢	
脱硝剂类型	/	尿素	
脱硝设备材质	/	304 不锈钢	
风管材质	/	316L 不锈钢	
风机材质	/	碳钢	
排气筒材质	/	316L 不锈钢	

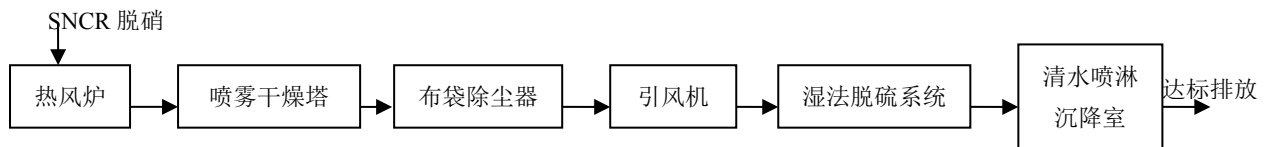


图 5-12 喷雾塔烟气治理工艺流程

(2) 窑炉烟气

燃料为水煤气。公司窑炉废气流量为 80000m³/h（三条窑废气合并总量），主要控制污染物颗粒物、二氧化硫、铅及其化合物、镉及其化合物、镍及其化合物、氯化物、氟化物。

采用处理工艺为：湿法脱硫（石灰-石膏法）+清水喷淋沉降。主要处理参数见表 5-6，窑炉烟气处理工艺流程图见图 5-13。

表 5-6 窑炉烟气处理参数

废气参数	单位	数值或数值范围或说明
燃料类型	/	水煤气
废气流量	m ³ /h	80000
颗粒物产生浓度	mg/m ³	200

废气参数	单位	数值或数值范围或说明
SO ₂ 产生浓度	mg/m ³	800
NO _x 产生浓度	mg/m ³	100~180
颗粒物排放浓度	mg/m ³	<30
SO ₂ 排放浓度	mg/m ³	<50
NO _x 排放浓度	mg/m ³	<180
铅及其化合物排放浓度	mg/m ³	<0.1
镉及其化合物排放浓度	mg/m ³	<0.1
镍及其化合物排放浓度	mg/m ³	<0.2
氟化物排放浓度	mg/m ³	<1.0
氯化物排放浓度	mg/m ³	<10
除尘效率	%	>85
脱硫效率	%	>92
氧含量	%	17
出口温度	℃	80~100
除尘工艺	/	喷淋除尘
脱硫工艺	/	石灰-石膏法
脱硫剂类型	/	熟石灰
脱硫塔空塔气速	m/s	约 0.5
脱硫渣的处理方式	/	外卖
脱硫塔材质	/	碳钢
风管材质	/	碳钢
风机材质	/	碳钢
排气筒材质	/	316L 不锈钢

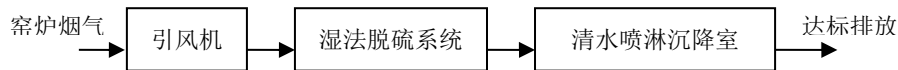


图 5-13 窑炉烟气治理工艺流程

监测报告及在线监控设备监测数据显示，采用该废气治理工艺技术，窑炉烟气中各污染物排放可以达到《陶瓷工业污染物排放标准》（GB 25464-2010）要求。

5.6.3 工程实例三：淄博某建筑陶瓷厂

该陶瓷厂位于淄博淄川区，年产抛光砖 800 万 m²。

（1）喷雾干燥塔烟气

燃料为水煤浆。喷雾干燥塔烟气流量约为 180000m³/h（2 个喷雾塔烟气合并总量），主要控制污染物指标为：颗粒物、二氧化硫、氮氧化物。公司采用处理流程为：SNCR 脱硝+旋风除尘+半干法脱硫+袋式除尘。主要处理参数见表 5-7，喷雾干燥塔烟气处理工艺流程图见图 5-14。

表 5-7 喷雾干燥塔烟气处理参数

废气参数	单位	数值或数值范围或说明
------	----	------------

废气参数	单位	数值或数值范围或说明
燃料类型	/	水煤浆
废气流量	m ³ /h	180000
颗粒物产生浓度	mg/m ³	5000~8000
SO ₂ 产生浓度	mg/m ³	250~350
NO _x 产生浓度	mg/m ³	180~200
颗粒物排放浓度	mg/m ³	7~9
SO ₂ 排放浓度	mg/m ³	5~30
NO _x 排放浓度	mg/m ³	70~90
除尘效率	%	>99
脱硫效率	%	>90
脱硝效率	%	>40
氧含量	%	16.8
布袋过滤风速	m/min	0.8 左右
出口温度	°C	80-100
布袋类型、材质	/	耐酸复合毡
袋式除尘器清灰方式	/	脉冲反吹
脱硫工艺	/	半干法
脱硫剂类型	/	熟石灰
脱硫塔空塔气速	m/s	约 6
脱硫渣的处理方式	/	一般固废处理
脱硫塔材质	/	碳钢
脱硝工艺	/	SNCR
脱硝剂类型	/	尿素
风管材质	/	碳钢
风机材质	/	碳钢
排气筒材质	/	不锈钢

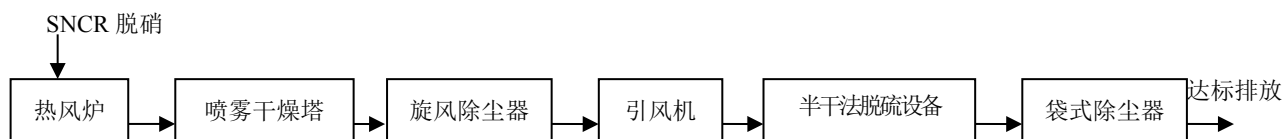


图 5-14 喷雾塔烟气治理工艺流程

(2) 窑炉烟气

燃料为天然气。公司窑炉烟气流量为 120000m³/h（2 条窑烟气合并总量），主要控制污染物颗粒物、二氧化硫、铅及其化合物、镉及其化合物、镍及其化合物、氯化物、氟化物。

采用处理工艺为：SNCR 脱硝+半干法脱硫+袋式除尘，其中半干法脱硫及袋式除尘与喷雾干燥塔烟气的半干法脱硫及袋式除尘共用 1 套系统，即窑炉烟气与喷雾干燥塔经旋风除尘后的烟气合并后进入半干法脱硫系统。主要处理参数见表 5-8，窑炉烟气处理工艺流程图见图 5-15。

表 5-8 窑炉烟气处理参数

废气参数	单位	数值或数值范围或说明
燃料类型	/	天然气
废气流量	m ³ /h	120000
颗粒物产生浓度	mg/m ³	100~200
SO ₂ 产生浓度	mg/m ³	80~150
NO _x 产生浓度	mg/m ³	100~150
颗粒物排放浓度	mg/m ³	7~9
SO ₂ 排放浓度	mg/m ³	5~30
NO _x 排放浓度	mg/m ³	70~90
铅及其化合物排放浓度	mg/m ³	<0.1
镉及其化合物排放浓度	mg/m ³	<0.1
镍及其化合物排放浓度	mg/m ³	<0.2
氟化物排放浓度	mg/m ³	<1.0
氯化物排放浓度	mg/m ³	<10
除尘效率	%	>80
脱硫效率	%	>90
脱硝效率	%	>40
氧含量	%	16
出口温度	°C	80~100
脱硫工艺	/	半干法
脱硫剂类型	/	熟石灰
脱硫塔空塔气速	m/s	约6
脱硫渣的处理方式	/	一般固废处理
脱硫塔材质	/	碳钢
脱硝工艺	/	SNCR
脱硝剂类型	/	尿素
风管材质	/	碳钢
风机材质	/	碳钢
排气筒材质	/	不锈钢

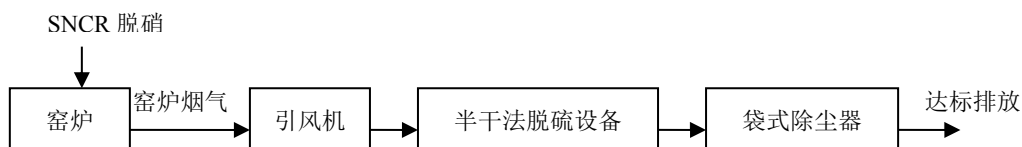


图 5-15 窑炉烟气治理工艺流程

监测报告及在线监控设备监测数据显示，采用该废气治理工艺技术，烟气中各污染物排放可以达到《山东省区域性大气污染物综合排放标准》（DB37/2376-2013）第四时段表 2“重点控制区”和《山东省建材工业大气污染物排放标准》（DB 37/2373-2013）表 1 的要求。

6 主要技术内容及说明

6.1 适用范围

本标准以全面达到《陶瓷工业污染物排放标准》（GB 25464-2010）排放要求为目的，对陶瓷工业废气治理工程的设计、施工、验收、运行和维护管理提出技术要求。

本标准确定适用范围按照已发布的《陶瓷工业污染物排放标准》（GB 25464-2010）的范围来确定。适用范围为：日用及陈设艺术瓷、建筑陶瓷、卫生陶瓷和特种陶瓷（仅指电工陶瓷）的生产。考虑到特种陶瓷种类较多、生产工艺及产排污区别较大，且发展较快，本标准规定除电工陶瓷以外的其他特种陶瓷参照执行。涂层材料和釉料为陶瓷生产的辅料，本标准也不适用其生产过程的废气治理，但包含其使用过程的废气治理。此外，《陶瓷工业污染物排放标准》（GB 25464-2010）中也明确了不适用于陶瓷原辅材料的开采及初加工过程的水污染物和大气污染物排放管理。考虑到国家鼓励陶瓷企业采用天然气等清洁能源，标准制订时没有规定煤制气辅助设施的排放要求，本标准不涉及水煤气站、水煤浆站的大气污染控制。

本标准适用于陶瓷工业大气污染治理工程、陶瓷工业企业建设项目的环境影响评价、环境保护设施设计、验收及其投产后的大气污染设施的运营和监督管理。涵盖工程的建设规模、工程构成、总平面布置、工艺路线选择、工艺设计要求、工艺设备和材料、监测与过程控制、辅助工程、劳动安全与职业卫生、施工与验收、运行和维护管理等各方面内容所涉及的一般性规定、备选的参数范围和应达到的标准及要求。

按照《陶瓷工业污染物排放标准》（GB 25464-2010）对陶瓷企业排放标准的要求，本标准将陶瓷工业企业废气治理工程类型分为含尘废气治理工程、喷雾干燥塔烟气治理工程、窑炉烟气治理工程，废气类型的划分不考虑陶瓷工业企业燃料使用类型的不同。

6.2 规范性引用文件

根据标准技术内容的需要，本标准引用了部分现行的相关国家标准、行业标准以及相关国家法规作为本标准的延伸技术规定，引用文件的管理规定和技术要求视为本标准的一部分。

引用的现行污染物排放（控制）标准及工业企业环保类标准，是制订本标准的法律依据，其中有关条文是本标准的技术基础，引用此类文件将使本标准更具合法性和权威性。

陶瓷工业废气治理工程中关于总图、工艺、设备、辅助设施等方面的规定，引用了现行的国家及行业标准，同时，本标准还引用了有关建设项目涉及的配套工程和工程施工、安装、调试、验收规范等方面的标准。

6.3 术语和定义

本标准在主要参考《陶瓷工业污染物排放标准》（GB 25464-2010）中相关术语的基础上，规定了与本标准相关的术语和定义，便于标准条文的理解。规范性引用文件中的术语和定义视为本标准的一部分，不再重复。

需要特别提出的是，本标准中的含尘废气是指陶瓷工业企业除窑炉、喷雾干燥塔以外的其他生产设备、场所产生的含颗粒物的废气。

6.4 污染物和污染负荷

6.4.1 污染物

陶瓷工业企业废气按形态分可分为固体颗粒物和气态污染物。结合《陶瓷工业污染物排放标准》（GB 25464-2010）所规定污染物种类，其中固体颗粒物主要包括窑炉、喷雾干燥塔中的粉尘以及含尘废气中的粉尘；气态污染物主要包括窑炉、喷雾干燥塔中硫氧化物（SO₂）、氮氧化物（NO₂）和窑炉中的无机氯化物（HCl）、无机氟化物（HF）、铅及其化合物、镍及其化合物、镉及其化合物。

6.4.2 污染负荷

本标准污染负荷结合陶瓷工业企业实际生产工艺中产排污环节，在喷雾干燥塔烟气、窑炉烟气及含尘废气三个方面设置主要污染物的污染负荷。

通过对湖南、江西、广西、广东、山东等主要陶瓷生产基地的调研，采用数据收集加现场实测的方式获取各主要排污环节的污染负荷。同时项目组多方收集、研究近年来国内外科研机构发表相关文献。通过与项目组实地调查采样数据进行对比分析，最终给出本标准各生产环节主要污染物污染负荷范围。

数据主要来源：湖南、江西、广西、广东、山东等地陶瓷生产企业2010~2017年各季度监督性监测报告，湖南省环境监测中心站、环境保护部华南环境科学研究所、湖南湘牛环保实业有限公司、衡阳市环境监测站、佛山市环境保护监测站、

佛山市禅城区环境保护监测站、佛山市南海区环境保护监测站等单位的陶瓷废气治理工程验收检测数据和相关文献等资料。

陶瓷产品种类繁多，生产工艺不一，原料种类不一，燃料种类不一，企业规模大小不一，设备型号大小不一，这些因素均是陶瓷工业废气污染负荷数值范围较宽的原因。

6.5 总体要求

6.5.1 一般规定

(1) 法规政策要求

规定了陶瓷生产企业的建设与运营管理应该遵守国家相关法律法规、产业政策、准入制度以及各级各类标准的规定，切实做到依法建设、依规运营。

(2) 环境管理要求

规定了陶瓷工业废气治理工程的设计、施工、运行各阶段所应遵守的环境影响评价制度、“三同时”制度、污染物排放标准制度、主要污染物总量控制制度以及环境监测制度。

本部分还对废气治理工程的设计、施工、调试等工作单位提出了资质要求。

此外，本部分还提出了废气排放口规范化和废气污染源在线监测的要求。

6.5.2 源头控制

源头控制是环境污染预防和控制的基本理念。为从源头控制污染，国家相关部门要求大力推进清洁生产工艺技术，实行清洁生产审核制度。陶瓷企业应结合自己的实际情况，按照清洁生产的要求，全厂综合考虑，对陶瓷废气进行全过程控制。

本标准从无毒或少毒辅料替代、清洁能源、清洁工艺、设备选择和全过程管理等视角做出了原则性规定。

6.5.3 建设规模

工程建设规模的确定是影响工程投资和运行费用的主要因素，是关系工程投资效益能否顺利实现，提高经济效益的基础。因此，确定符合实际又适应发展需要的建设规模是非常重要的。

陶瓷废气治理工程的规模主要依据喷雾干燥塔烟气、窑炉烟气和含尘废气各废气治理系统的风量来确定，依据各废气治理系统的风量来确定治理系统的建设

规模。此外，确定规模时还应考虑脱硫吸收液循环系统、副产物处理系统和除尘器过滤面积等因素。

6.5.4 工程构成

陶瓷工业废气治理工程的组成除废气治理系统的建（构）筑物与设备等主体工程外，还应包括保证治理系统正常运行的辅助工程和配套设施。其中的废气治理系统的主体工程，根据废气污染源的来源不同分为喷雾干燥塔烟气治理系统、窑炉烟气治理系统和含尘废气治理系统。

另外，本节还说明了辅助工程和公用工程的组成内容。

6.5.5 总平面布置

本标准规定了总平面布置应符合的相关标准和规范，要求陶瓷工业废气治理设施应纳入陶瓷企业总体规划中，并与其相关的工艺布置统一考虑，合理布局。

《工业企业总平面设计规范》（GB 50187）是关于工业企业总平面布置的指导性标准，标准从厂址选择、总体规划、总平面布置、运输路线及竖向设计、管线综合布置、绿化布置、主要技术经济指标等方面作了系统的规定，应作为陶瓷废气治理工程选址和总体布置的依据。应综合考虑治理设备与污染源的距離、安装维护等方面的要求合理布置，此外，还应考虑风向等因素。

6.6 工艺设计

6.6.1 一般规定

根据《陶瓷工业污染物排放标准》（GB 25464-2010）的要求，企业应结合废气特性、排放规律及排放要求选择相应的治理工艺。优先采用国家先进污染防治示范技术名录、国家鼓励发展的重大环保技术装备目录中的废气治理工艺技术和装备，鼓励多污染物协同治理技术。并考虑采用脱硫、脱硝、除尘相关规范中的先进成熟、高效、经济的处理工艺。

6.6.2 废气治理工艺选择

6.6.2.1 喷雾干燥塔烟气

喷雾干燥塔烟气含氮氧化物、二氧化硫、颗粒物等污染物。其中产生的氮氧化物浓度约为 160~500mg/Nm³，烟气温度为 60~150℃，氮氧化物生成量与燃烧温度和燃料中氮含量密切相关。目前陶瓷工业氮氧化物治理工艺普遍采用成熟的 SNCR 法，即采用脱硝剂（一般是尿素），在喷雾塔前的热风炉的合适位置喷入，

可靠的处理效率 40%左右。脱硝工程实例见表 6-1。

表 6-1 陶瓷工业喷雾干燥塔烟气脱硝工程实例

废气量 (m ³ /h)	NO _x 产生浓 度 (mg/m ³)	NO _x 排放浓 度 (mg/m ³)	脱硝效率 (%)	脱硝工艺	脱硝剂
150000	250	<180	>28	SNCR	尿素

喷雾干燥塔烟气中二氧化硫的产生浓度取决于燃料中硫的含量，因此首先要考虑清洁能源，确保烟气为含低浓度二氧化硫的烟气。目前，国内对低浓度二氧化硫烟气的处理技术较为成熟，主要脱硫工艺有石灰-石膏法（钙法）、双碱法、半干法、湿式氨法、镁法等，几种常见的脱硫方法运行情况见下表。

表 6-2 几种常见的脱硫方法运行情况比较表

脱硫方法	双碱法	石灰-石膏法	镁法	半干法	氨法
脱硫效率%	>90	>90	>90	>80	>95
原料	碳酸钠/石灰	熟石灰	氧化镁	石灰	氨（液氨/氨水）
来源情况	合成	丰富	菱镁矿	丰富	合成
原料价格 (估) 元/t	1600~2000	600~800	6500 (85%)	600~800	液氨 2500
原料消耗 t/t SO ₂	0.16~0.88	1.4~1.9	0.7~0.8	2.0~2.5	0.532 (折液氨)
副产品	CaSO ₃ \CaSO ₄ 、 Na ₂ SO ₃ \Na ₂ SO ₄	石膏	MgSO ₄ ·7H ₂ O	脱硫灰渣	(NH ₄) ₂ SO ₄ , 化肥
副产品用途	加工后可做建材， 但大部分抛弃	加工后可做建材， 但大部分抛弃	加工后可做化肥 添加剂，但大部抛 弃	加工后可做建材， 但大部分抛弃	农用化肥
副产品产 量 t/tSO ₂	2.1	2.6~2.7	3.8~3.9	3.0~3.5	2.1

喷雾干燥塔烟气脱硫工艺，应根据烟气产生量、二氧化硫浓度及净化效率、运行成本等方面综合考虑，一般采用钠碱法、双碱法、石灰-石膏法、半干法等工艺，选用钢结构脱硫塔等设施。推荐采用石灰-石膏法，工艺设计参考《石灰石/石灰—石膏法湿法烟气脱硫工程通用技术规范》（HJ 179-2018）。脱硫工程实例见表 6-3。

表 6-3 陶瓷工业喷雾干燥塔烟气脱硫工程实例

废气量 (m ³ /h)	SO ₂ 产生浓 度 (mg/m ³)	SO ₂ 排放浓 度 (mg/m ³)	脱硫效率 (%)	脱硫工艺	脱硫剂
150000	400	<50	>87.5	双碱法	烧碱、石灰

6.6.2.2 窑炉烟气

窑炉烟气含氮氧化物、二氧化硫、颗粒物以及氟化物、氯化物、重金属等多种污染物，因此应结合实际，合理确定设置脱硝系统、脱硫系统、除尘系统和其他污染物治理系统。根据调查，窑炉烟气温度为 120~400℃，氮氧化物浓度约为 80~400mg/m³，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逐渐普及，日用陶瓷、卫生陶瓷和电工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，只有个别企业配套脱硝设施，因修改单对氮氧化物的排放限值要求较松可以达标也未运行。

根据实际，陶瓷工业窑炉烟气的治理可单独设置脱硝、脱硫、除尘等污染治理设施，其中脱硝推荐采用 SNCR 或 SCR 技术，脱硫推荐采用石灰-石膏法，颗粒物、重金属及其化合物可采用袋式除尘，氟化物和氯化物在湿法脱硫的同时脱除。有部分企业针对窑炉烟气污染物成分复杂、浓度低等特点，采用多种污染物协同处置技术，也取得了较好的效果。

窑炉烟气脱硝工程和脱硫工程实例见表 6-4 和表 6-5。

表 6-4 陶瓷工业窑炉烟气脱硝工程实例

废气量 (m ³ /h)	NO _x 产生 浓度 (mg/m ³)	NO _x 排放 浓度 (mg/m ³)	脱硝效率 (%)	脱硝工艺	脱硝剂
23000	240	144	40	SNCR	尿素
20000	220	130	41	多污染物协同处理 技术	复合吸收 剂

表 6-5 陶瓷工业窑炉烟气脱硫工程实例

废气量 (m ³ /h)	SO ₂ 产生 浓度 (mg/m ³)	SO ₂ 排放 浓度 (mg/m ³)	脱硫效率 (%)	脱硫工艺	脱硫剂
150000	1000	<50	>95	石灰-石膏法	熟石灰

6.6.2.3 含尘废气

根据含尘废气的理化性质、产生浓度、粒径分布、处理效率和处理成本等因素综合选择除尘治理工艺。目前，普遍采用的除尘设备有湿式除尘器、旋风除尘器、静电除尘器及袋式除尘器等，工艺特点详见下表 6-6。

表 6-6 主要除尘工艺的特征分析

序号	除尘设备	除尘原理	技术特点	经济特性	副产品	优缺点
1	喷淋塔	喷淋液喷到塔内与烟气当中的粉尘结合凝结除去	设施结构简单, 施工和维护方便	设备造价低廉, 占地面积大	泥饼	效率低, 需要配套水处理设施, 运行费用较高
2	重力除尘器	粉尘在重力作用下自然沉降到灰斗中	设施结构简单, 施工和维护方便	设备造价低廉, 占地面积大	干式粉尘	效率低, 只适用于初级除尘使用
3	旋风除尘器	高速旋转的粉尘在离心力作用下沿器壁进入集泥斗中	设施结构简单, 施工和维护方便, 占地面积小	设备造价低廉	干式粉尘	对较粗粉尘处理效率高, 但对细小粉尘处理效率低, 只适用于初级除尘使用
4	静电除尘器	利用静电力把粉尘从烟气中分离出来	设备制作和操作要求较高	设备造价较高, 但运行费用相对较低	干式粉尘	除尘效率较高, 阻力低, 但设备造价较高, 占地面积大
5	袋式除尘器	利用纤维性滤袋过滤粉尘	设备制作要求较高, 除尘效率很高	设备造价低廉, 运行费用不高	干式粉尘	除尘效率很高, 但阻力较静电除尘大, 占地面积小

需要特别提出的是, 本标准中的含尘废气是指陶瓷工业企业除窑炉、喷雾干燥塔以外的其他生产设备、场所产生的含颗粒物废气。在原料输送、工艺过程等产尘部位推荐采用袋式除尘治理工艺, 在原料堆场推荐采用围挡设置和喷水降尘的方式。

喷雾干燥塔烟气和窑炉烟气中也有粉尘排放, 需要设置除尘工序。喷雾干燥塔烟气推荐采用旋风除尘+袋式除尘治理工艺; 窑炉烟气应结合实际确定是否设置除尘系统或采用多污染协同治理技术。采用湿法脱硫工艺处理后烟气由于夹带水滴和硫酸盐/亚硫酸盐造成颗粒物超标问题, 可在终端采用湿电除尘技术或者类似净化效果的其他技术。

陶瓷工业除尘系统设计, 应根据烟气量、烟气温度、含湿量及波动范围、含尘浓度以及颗粒物的理化特性等技术参数, 综合考虑处理效率和处理成本等因素来确定。陶瓷工业含尘废气及喷雾干燥塔、窑炉烟气除尘工序的治理工艺设计见表6-7。袋式除尘技术参数实例详见表6-8。

表 6-7 陶瓷工业含尘废气及喷雾干燥塔、窑炉烟气除尘工序治理工艺流程表

颗粒物来源	治理工艺	治理要求
原料堆场	入棚+挡风墙+喷水降尘	无组织排放最高浓度限值 1.0mg/m ³
原料输送、工艺过程	集气罩收集+袋式除尘+引风机+排气筒	颗粒物浓度 <30mg/m ³
喷雾干燥塔	脱硝系统+喷雾干燥塔+旋风除尘+袋式除尘+脱硫系统+排气筒	颗粒物浓度 <30mg/m ³
窑炉	窑炉+（脱硝系统）+（除尘系统）+（脱硫系统）或（多污染物系统治理）+后续处理（湿电除尘等同类效果技术）+排气筒	颗粒物浓度 <30mg/m ³

表 6-8 佛山某公司粉料成型压制环节袋式除尘器技术参数

处理风量	11000m ³ /h	过滤面积	2400m ²
过滤风速	0.8m/min	设备阻力	<1750Pa
进口含尘浓度	<100g/Nm ³	出口含尘浓度	<10mg/Nm ³
布袋工作温度	<80℃	瞬间最高温度	<160℃
滤袋材质	耐腐蚀覆膜滤料	袋笼规格	φ130×5100mm(1152条)
袋笼材质	钢丝（喷塑）	提升阀规格	φ100 L=400
脉冲阀型号	DMF-Y-76S	提升阀数量	12 套
脉冲控制形式	PLC 控制+脉冲控制	脉冲阀数量	72 只
喷吹时间	0.065-0.085s	喷吹压力	0.4~0.6MPa
气源压力	0.6MPa	压缩空气耗量	3m ³ /min
漏风率	<3%	风机控制形式	PLC 变频控制
箱体数量	12 个	引风机功率	220KW

6.6.3 废气治理系统的划分

6.6.3.1 总体要求

应在充分调查生产工艺、设备布置及运行控制方式、设备检修维护情况的基础上，综合考虑废气污染源性质、废气管道及治理设施布置、热回收利用、回收粉尘及脱硫副产物的性质、综合利用等因素，进行治理系统的划分。

6.6.3.2 喷雾干燥塔烟气和窑炉烟气治理系统划分

喷雾干燥塔、窑炉宜 1 台设备配备 1 套治理系统。如确能保证 2 台及以上设备同时运行，且场地条件符合要求，也可将废气合并为 1 个治理系统，单独或合并设置排放口。治理系统中脱硫系统的吸收液制备、副产物处理系统，可以根据实际情况共用或者单独设置。废气合并治理工程实例详见下表 6-9。

表 6-9 广东某陶瓷企业的废气合并治理工程实例

单位名称及治理内容	主体设备	治理工艺	排放口
广东某陶瓷企业(5台喷雾干燥塔+16条窑炉)	2台喷雾干燥塔的废气+6条窑炉的废气	每台喷雾干燥塔配套的热风炉,经SNCR脱硝后,2台喷雾干燥塔的废气合并后,经旋风除尘器+袋式除尘器+湿式脱硫塔(钢结构脱硫塔)+湿式静电除尘器,1#排气筒排放。 6条窑炉的废气经湿式脱硫塔(钢结构脱硫塔)后,并入湿式静电除尘器,1#排气筒排放。	1#
	3台喷雾干燥塔的废气+3条窑炉的废气	每台喷雾干燥塔配套的热风炉,经SNCR脱硝后,3台喷雾干燥塔的废气合并后,经旋风除尘器+袋式除尘器+湿式脱硫塔(钢结构脱硫塔)+湿式静电除尘器,2#排气筒排放。 3条窑炉的废气合并经湿式脱硫塔(钢结构脱硫塔)后,并入湿式静电除尘器,2#排气筒排放。	2#
	7条窑炉的废气	废气合并后经袋式除尘+双碱法脱硫+清洗塔喷淋,3#排气筒排放。	3#

6.6.3.3 含尘废气除尘系统划分

《袋式除尘工程通用技术规范》(HJ 2020)关于除尘系统划分明确:根据污染源性质、数量、分布及产生时段,袋式除尘系统可采用集中式、分散式或就地式除尘系统。尘源众多,且要求除尘系统集中维护管理的场合宜采用集中式除尘系统;对于孤立偏远的尘源,宜采用就地式除尘系统。除尘系统的划分应遵循如下原则:

- (1) 同时产生污染、同一生产工段的尘源,宜划分为同一个除尘系统或一个管网支路;
- (2) 粉尘性质相同、并需要回收利用的尘源可划分为同一个除尘系统;
- (3) 各尘源粉尘性质不同,但位置相对集中,粉尘无回收价值的场合,可划分在同一个除尘系统;
- (4) 粉尘混合后会起燃烧或爆炸,或形成毒性更大的污染物的尘源不得划分在同一除尘系统;
- (5) 污染气流混合后会起管道内结露和堵塞的尘源不得划分在同一除尘系统。

6.6.4 工艺设计要求

6.6.4.1 集气系统设计

(1) 废气收集系统设计应遵循GB 13691和GB 50019的规定。特别是《陶瓷生产防尘技术规程》(GB 13691-2008)中,对日用和建筑陶瓷企业的斗式提升

机、皮带机等产尘点，均有详细的相关设计参数，可以满足设计要求。

(2) 建筑陶瓷的自动成型压机推荐采用密闭罩将设备整体密闭。密闭罩周边宜采用软帘围挡，或者采用其他材料但应设置观察孔和人员进出门，设计最小风量按照设备散热要求计算后确定。吸风口宜布置在密闭罩的顶部，进风口位置应满足罩内气流不短路，气流控制速度 0.5~1.5 米/秒。

(3) 含尘废气管道气流控制速度，一般采用水平管 ≥ 14 米/秒，垂直管 ≥ 12 米/秒。根据陶瓷工业粉尘性质及实际工程使用情况，提出建议参数。

6.6.4.2 脱硝系统设计

(1) 技术规范条款6.2对脱硝系统的工艺路线做出规定，优先采用SNCR或SCR脱硝工艺。

(2) 脱硝的关键在于脱硝剂的喷口位置，对于窑炉则在于高温段。因此，规定了喷口位置的选择要求。

(3) HJ 563对SNCR治理系统的设计有详细的规定，可以直接参考进行设计。

(4) HJ 562对SCR治理系统的设计有详细的规定，可以直接参考进行设计。

6.6.4.3 除尘系统设计

(1) 陶瓷工业含尘废气属于易治理达标的废气，《陶瓷生产防尘技术规程》(GB 13691-2008)给出的设计要求、参数等，可基本满足设计要求。不足的部分，可参照其他相关标准，如HJ 2020、HJ2028、JB/T 11638。

(2) 通过调查对于陶瓷工业含尘废气设计中容易出现的问题，作出了规定。除尘器布置在车间内的，净化后的废气应设计管道接到室外高空排放，且排气筒高度不得低于15米，并满足环评批复的要求。

6.6.4.4 脱硫系统设计

(1) 陶瓷工业脱硫工艺推荐采用石灰-石膏法，工艺设计参照 HJ 179 执行。

(2) 结合废气脱硫的工程案例，提出烟气预处理降温系统、“石膏雨”处理措施以及烟气排放连续监测系统等控制要求。

(3) 尽管在调研的陶瓷企业中，有一定比例企业的废气脱硫采用钠钙双碱法、钠碱法或半干法，但鉴于钠钙双碱法或钠碱法的应用本身存在一定的限制因素，半干法也有自动化要求比较高，吸收剂的用量控制要求高，吸收效率不是很高等缺点，目前运行很成功的案例并不多。因此，本规范不推荐使用钠钙双碱法、

钠碱法和半干法。

6.6.4.5 二次污染控制

针对陶瓷企业废气治理容易出现的二次污染问题，提出了控制要求。

(1) 陶瓷企业应从工艺、制度和管理上防止二次污染的产生，并按要求编制突发环境事件应急预案。

(2) 废气处理设施所产生的废水应进行妥善的收集、集中预处理，确保废水不堵塞管道，综合处理后尽量回用生产工艺过程，出水水质满足GB25464规定。

(3) 袋式除尘器卸灰宜采取粉尘加湿、气力输送或干粉密闭罐车等措施。

(4) 除尘收集后不能利用的含重金属烟（粉）尘、设备维护产生的废油等危险固废应按照GB 18597要求收集、暂存，最终按管理要求送有资质单位妥善处置；其他一般固废按照GB 18599要求暂存处置。

(5) 原辅料、中间物料、各种泥、收尘灰等的转运、装卸、贮存过程中，应严格控制洒落、扬尘及渗水等泄漏情况。

(6) 废气治理系统的风机、空气压缩机等高噪声源宜设置隔声性能良好的独立机房，机房宜设计机械通风和消声系统，室内布置吸声体，噪声控制应满足GB/T 50087和GB 12348的规定。

(7) 当风机及排气筒距厂界较近，且后端无治理设备时，风机出口应安装消声器，排气筒不得安装伞形防风风帽，确保厂界噪声达标。

(8) 脱硫装置的浆液、清液以及冷却水等应循环利用。少量外排废水应送全厂废水处理站处理后达标排放。

(9) 吸收剂制备系统，应按照 HJ 179 设计除尘系统。

(10) 采用 SNCR 或 SCR 法脱硝时，应严格控制脱硝系统产生的氨逃逸，SNCR 脱硝系统氨逃逸质量浓度应控制在 8 mg/m^3 以下，SCR 脱硝系统氨逃逸质量浓度宜小于 2.5 mg/m^3 。

6.7 工艺设备和材料

本标准对陶瓷工业废气治理工程的主要设备和材料的选择，总结实际工程的成功经验，结合引用标准的规定，提出了选型要求和性能要求，设备和材料的选择首先应根据确定的工艺路线和特点，主要设备材料的性能应能满足废气治理系统的要求，在满足系统可靠性和经济性的同时，还应满足国家相关标准的要求。

陶瓷工业废气治理工程设计和日常运行管理中，应加强防腐措施。防腐蚀技术应符合国家现行标准的规定。

6.8 检测与过程控制

检测与过程控制是废气治理工程稳定运行、达标排放的必要控制手段。本标准结合陶瓷工业废气的特点，按照不同的工艺系统和单元合理设置检测项目。检测项目与监测指标不同，其主要目的是了解和解决系统中存在的问题，为达到标准规定的监测指标服务。

本章规定了陶瓷工业企业废气治理工程应根据工艺要求，配备完善的烟气排放连续监测系统、监测报警系统和应急处理系统。

- (1) 规定了废气治理工程烟气排放连续监测系统应检测的项目。
- (2) 规定了烟气排放连续监测系统的设置位置。
- (3) 规定了自动控制系统过程控制的配置与基本要求。
- (4) 规定了配套监测报警、联锁保护系统和应急处理响应装置要求。

6.9 辅助工程

工程配套设施是陶瓷工业废气治理工程的重要组成部分，是实现工艺目标的辅助手段。根据废气治理工程的特点和要求，标准规定了配套的电气系统、给排水与消防系统、采暖通风与空调、土建与结构等方面的技术要求，规定了应该符合的相关标准和规范。

6.10 劳动安全与职业卫生

陶瓷工业废气治理工程在建设、运行过程中会产生各种安全及职业卫生隐患，标准有针对性地提出控制要求，严格执行国家现行劳动安全、职业卫生方面的相关标准。

6.11 施工与验收

工程施工与验收是陶瓷工业废气治理工程建设的重要环节。本章规定了施工的工作程序和管理要求，规定了建筑、安装工程应遵守的技术规范、文件，规定了使用的设备、材料、器件与国家相关标准和产品质量验证文件等的符合性要求。

标准强调与生产工程同步建设的废气治理工程应与生产工程同时验收。要求工程验收按《建设项目（工程）竣工验收办法》及相关专业验收规范组织验收，并同时满足当地生态环境部门对工程环境管理的要求。

6.12 运行与维护

运行达标是治理工程的目的，维护是保证系统长期正常运转的关键。

本标准主要引用相关标准对运营与维护要求进行规定。

本标准在废气治理工程运营单位的技术力量配置、上岗人员的技能培训、营运及关停的报批、运行目标、运行维护应达到的技术管理指标等方面进行了明确的规定。要求运行部门或单位应制定一系列操作规程和巡检制度，建立系统运行记录制度，明确应记录的主要内容，规定了记录格式、填写和管理要求。运行人员应按照制度履行好自己的职责，确保系统稳定运行。

本标准同时规定了建立突发环境事件应急预案和突发环境事件的解决和上报要求。

为确保系统稳定可靠地运行，要求必须加强工程的管理和维护，本标准规定废气治理工程的维护保养应与全厂的维护保养计划统筹安排。

7 标准实施的环境效益与经济技术分析

该标准实施后，陶瓷工业企业废气治理后排放的尾气中颗粒物浓度低于 $30\text{mg}/\text{m}^3$ ，二氧化硫浓度低于 $50\text{mg}/\text{m}^3$ ，氮氧化物浓度低于 $180\text{mg}/\text{m}^3$ ，使得大气环境状况明显得以改善，从源头解决了陶瓷工业大气污染的问题，特别是有效控制了大气粉尘污染的问题。厂界周边大气环境得以大幅改善，其环境效益和经济效益十分明显。

8 标准实施建议

本标准为首次制订，且由于陶瓷工业涉及建筑陶瓷、日用陶瓷、卫生陶瓷和特种陶瓷等四类陶瓷产品，各类陶瓷产品的生产工艺不完全相同，原料来源也较为复杂，废气产生现状情况也各有区别，现有的各类废气污染防治措施种类很多，工艺技术水也均较为先进，因此建议企业在使用本标准时应结合自身实际情况进行应用。

为进一步提高陶瓷工业企业废气治理水平，不断完善本标准内容及实施效果，建议进行如下研究工作：

(1) 根据实际应用情况，标准的管理部门和编制单位应对于标准的使用情况进行密切的跟踪，注意收集反馈的意见和建议，以便指导本标准的下一步修订工作。

(2) 在陶瓷烧成窑炉内喷入脱硝剂可能会对陶瓷企业产品质量造成不良影响，因此现有氮氧化物的污染治理技术在陶瓷窑炉中的应用尚存在一定的局限性。鉴于此，本标准立足于现有的成熟脱硝工程技术推荐和规范规定应用于喷雾干燥塔，而对于陶瓷窑炉建议采用清洁燃料天然气从源头控制窑炉烟气污染物的减排。为进一步完善本标准内容及实施效果，建议进一步鼓励陶瓷窑炉脱硝新技术的研究。

(3) 《陶瓷工业污染物排放标准》修改单较原标准放宽了各污染物的排放限值，本标准在制订过程中，从陶瓷企业污染治理现状调研结果和目前国内外先进的污染防治技术水平现状分析，收严陶瓷企业废气各污染物排放标准限值是完全可行的。如，编制组在广东省、山东省调研时了解到，其执行各自的地方标准，均严于原标准。鉴于此，建议标准管理部门适时进行陶瓷行业污染物排放标准的加严修订和完善。