

附件 2

《工业炉窑主要大气污染物排放标准》

编制说明

(征求意见稿)

湖南省《工业炉窑主要大气污染物排放标准》编制组

二〇二三年十月

目 录

1 项目背景	- 1 -
1.1 任务来源	- 1 -
1.2 工作过程	- 1 -
2 工业炉窑概况	- 2 -
2.1 工业炉窑的定义和类型	- 2 -
2.2 工业炉窑行业在我国的发展概况	- 5 -
2.3 工业炉窑在我省的发展概况	- 6 -
3 标准制订的必要性分析	- 7 -
3.1 国家、省及生态环境主管部门的相关要求	- 7 -
3.2 国家、省相关产业政策及行业发展规划中的生态环境要求	- 9 -
3.3 工业炉窑行业发展带来的主要生态环境问题	- 10 -
3.4 工业炉窑行业清洁生产工艺和污染防治技术的最新进展	- 11 -
3.5 工业炉窑现行标准存在的主要问题	- 12 -
4. 工业炉窑产排污情况及污染控制技术分析	- 15 -
4.1 工业炉窑主要生产工艺及产污分析	- 15 -
4.2 工业炉窑排污现状	- 16 -
4.3 工业炉窑污染防治技术分析	- 16 -
4.4 工业炉窑排放有毒有害污染物环境影响分析	- 24 -
5 标准制订的基本原则和技术路线	- 25 -
5.1 标准制订的基本原则	- 25 -

5.2 标准制订的技术路线	25	-
6 标准主要技术内容及确定依据	28	-
6.1 标准适用范围	28	-
6.2 标准结构框架	28	-
6.3 规范性引用文件	31	-
6.4 术语和定义	31	-
6.5 污染物项目的选择	34	-
6.6 污染物排放限值的确定及依据	35	-
6.7 基准含氧量的确定及依据	47	-
6.8 其他要求	49	-
6.9 监测要求	50	-
6.10 达标判定	52	-
7 国家及其他省份相关标准研究	53	-
7.1 国家及其他省份相关标准	53	-
7.2 本文件与国家及其他省份同类标准的对比	61	-
8 实施本文件的成本效益分析	81	-
8.1 实施本文件的环境效益	81	-
8.2 实施本文件的成本分析	81	-
9 标准实施建议	88	-
9.1 防治技术措施建议	88	-
9.2 管理措施建议	88	-
9.3 相关科研建议	88	-

图表目录

图 1	湖南省工业炉窑分布图	- 6 -
图 2	标准制定技术路线	- 27 -
表 1	工业炉窑分类	- 3 -
表 2	湖南省工业炉窑主要大气污染物产生及排放情况 ..	- 6 -
表 3	工业炉窑主要污染物统计表	- 15 -
表 4	主要除尘技术	- 18 -
表 5	本文件实施后水泥工业有组织排放污染物执行标准情况-	38 -
表 6	钢铁企业超低排放指标限值	- 39 -
表 7	焦化企业超低排放部分指标限值	- 40 -
表 8	本文件实施后钢铁工业有组织排放污染物执行标准情况-	42 -
表 9	基准含氧量及取值来源	- 48 -
表 10	本文件拟采用的监测方法	- 51 -
表 11	工业炉窑相关行业污染物排放标准	- 54 -
表 12	各省市工业炉窑相关行业污染物排放标准	- 58 -
表 13	国家和地方水泥工业标准中污染物排放限值	- 61 -
表 14	国家和地方砖瓦工业标准中颗粒物浓度排放限值 ..	- 62 -
表 15	国家和地方钢铁工业标准中 SO ₂ 浓度排放限值 ..	- 65 -
表 16	国家和地方钢铁工业标准中 NO _x 浓度排放限值 ..	- 68 -
表 17	国家和地方砖瓦工业标准中污染物排放限值	- 71 -

表 18	国家和地方陶瓷工业标准中污染物排放限值 - 72 -
表 19	国家和地方相关标准中污染物排放限值 - 73 -
表 20	国家和地方有色金属冶炼相关标准中颗粒物排放限值- 74 -
表 21	国家和地方有色金属冶炼相关标准中 SO ₂ 排放限值- 76 -
表 22	国家和地方有色金属冶炼相关标准中 NO _x 排放限值- 77 -
表 23	国家和地方工业炉窑相关标准中污染物排放限值 - 78 -
表 24	国家和地方工业炉窑中基准含氧量取值 - 80 -

1 项目背景

1.1 任务来源

为贯彻《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》《湖南省环境保护条例》和《湖南省大气污染防治条例》，防治生态环境污染，改善生态环境质量，结合湖南省实际情况和生态环境管理要求，经湖南省生态环境厅推荐、湖南省市场监督管理局批准（湘市监办字〔2019〕59号），《湖南省工业炉窑大气污染物排放标准》（以下简称《标准》）列入2019年度地方标准制修订项目，由湖南省环境保护科学研究院牵头承担。

1.2 工作过程

2019年4月-9月，湖南省环境保护科学研究院牵头成立了《标准》编制组，制定工作方案。

2019年10月-12月，调研分析我省工业炉窑主要污染物的排放及管控情况。

2020年1月-3月，结合文件调研资料和污染物调研数据编制完成《标准》开题报告。

2020年5月7日，省生态环境厅会同省市场监督管理局共同组织召开了开题论证会，与会专家提出了相关建议。

2020年6月以来，课题组按照专家意见对相关行业典型企业、设计研究单位、地方管理部门开展了调研，根据相关部门建议聚焦重点污染物，提高标准针对性，对标准文本和编制说明进行了修改完善。

2023年9月28日，省生态环境厅组织召开了技术审查会，邀请了七位专家开展技术审查。根据审查意见，建议将《工业炉窑大气污

染物排放标准》名称修改为《工业炉窑主要大气污染物排放标准》。会后课题组根据专家审查意见对《标准》文本和编制说明进行了修改完善，形成了征求意见稿。

2 工业炉窑概况

2.1 工业炉窑的定义和类型

在工业生产中利用燃料燃烧或电能等转换产生的热量，将物料或工件进行熔炼、熔化、焙（煨）烧、加热、干馏、气化等的热工设备，广泛应用在冶金、建材、化工等行业，炉型种类达上百种。

《工业炉窑大气污染综合治理方案》（环大气〔2019〕56号）按照所属行业和不同用途，将工业炉窑分为六类（如表1所示）。熔炼炉是指将物料熔化，使其发生物理化学变化、去除杂质，获得设定组分产品的工业炉窑。熔化炉是指将物料或工件熔化成液体的工业炉窑。焙（煨）烧炉（窑）是指对物料进行焙（煨）烧，使其发生物理化学变化或烧结成块的工业炉窑。加热炉是指将物料或工件加热，提高温度但不改变其形态的工业炉窑。热处理炉是指将工件加热后进行热处理工艺的工业炉窑。干燥炉（窑）是指去除物料或产品中所含水分或挥发分的工业炉窑。焦炉是指对炼焦煤等进行干馏转化，生产焦炭及其他副产品的工业炉窑。煤气发生炉是指以煤等为气化原料，通过与气化剂在高温下进行物理化学反应制取煤气的工业炉窑。

表 1 工业炉窑分类

炉窑类型	行业类别	产品类别	炉窑子类
熔炼炉	钢铁	粗钢/生铁	炼铁高炉
			炼钢转炉、炼钢电炉、铁水预处理炉
	铁合金	铁合金	还原矿热电炉、精炼电炉、锰铁高炉、富锰渣高炉、精炼转炉、铝热法熔炼炉等
	有色	铝、铜、铅、锌、钛、钴、镍、锡、锑、稀土、钒、硅等	底（侧、顶）吹炉、闪速炉、阳极炉、转炉、反射炉、铝电解槽、矿热炉、鼓风机等
	建材	玻璃、岩矿棉等	玻璃熔窑、岩矿棉熔炼炉等
	化工	电石、黄磷等	电石炉、黄磷炉等
轻工	日用玻璃	玻璃熔窑等	
熔化炉	铸造	铸件化学原料和化学制品制造业、农副食品加工业等行业，分别占全省炉窑总数的 3	冲天炉、感应电炉、电弧炉、燃气炉等
	有色	铝、铜、铅等制品	化铅炉、熔铝炉、熔铜炉等
	建材	玻璃、玻璃纤维等制品	玻璃、玻璃纤维熔化炉等
	化工	铅、锌等重金属单质、烧碱等	熔融炉等
焙（煅）烧炉（窑）	钢铁	烧结矿、球团矿	烧结机、球团竖炉、链篦机回转窑、球团带式焙烧机

炉窑类型	行业类别	产品类别	炉窑子类
	有色	氧化铝、稀土、镁等	焙烧炉、煅烧炉（窑）、熟料烧成窑、回转窑等
	建材	水泥	新型干法窑、立窑等
		陶瓷（含卫生陶瓷等）、搪瓷	辊道窑、隧道窑、梭式窑等
		耐火材料	回转窑、隧道窑等
		砖瓦	隧道窑、轮窑等
		石灰	竖窑、套筒窑等
	化工	铬、钡、锶、铅、锌、锰等重金属无机化合物、硫化物、硫酸盐、磷酸盐、无机氟化物、轻质碳酸钙、泡花碱等	回转窑、竖窑、马蹄窑等
		炭素	焙烧炉、煅烧炉（窑）
加热炉	钢铁、有色、建材、化工、石化等		
热处理炉	钢铁、有色、铸造等		
干燥炉（窑）	农林产品、设备制造、金属制品、建材、化工等	烟草、木材、铸造砂、砂石、矿料（渣）、化工产品、有机涂层产品等	烘干炉（窑）、干燥炉（窑）
焦炉	焦化	焦炭	常规机焦炉、热回收焦炉等
		兰炭	炭化炉
煤气发生炉	建材、化工、轧钢、有色等	——	——

2.2 工业炉窑行业在我国的发展概况

制造业是工业的主体，工业加热是制造业的重要组成部分。除部分重点行业外，大部分工业炉窑管控力度相对薄弱，存在行业分布广、企业规模小、炉窑类型多、措施水平差、排放总量大等特点。

(1) 行业分布广、炉窑数量多。我国现有工业炉窑数量约为 9 万座（台），分布于国民经济行业分类中的 38 个大类行业、154 个中类行业、349 个小类行业。其中，机械行业炉窑占炉窑总数的 60% 以上，建材行业（玻璃、陶瓷、水泥、耐火材料等）炉窑占炉窑总数的 12%，冶金行业炉窑占炉窑总数的 8%。

(2) 企业规模小、炉窑类型多。伴随技术进步，新型炉窑类型层出不穷，如耐火材料炉窑类型由 GB 9078-1996 规定的 1 类细化发展为 7 类，石灰炉窑类型由 1 类细化发展为 5 类，日用玻璃炉窑类型细化发展为 10 余类。

(3) 措施水平差、排放总量大。部分行业污染防治设施相对不足，环境管理水平较低；部分小规模企业工业炉窑无任何防治设施，环境管理水平较差。因污染防治设施水平普遍较差，一座不具备脱硫、脱硝设施的燃煤炉窑，其污染物排放量可能超过实施超低排放的火电机组。

(4) 排放标准松、基础数据少。GB 9078-1996 是 1997 年开始实施的，存在污染物种类不全面、排放限值过于宽松等问题，已不能满足工业炉窑的管理要求。目前，我省炉窑基础数据相对薄弱，小规模企业污染排放相关数据相对缺失。

2.3 工业炉窑在我省的发展概况

根据调查，我省现有配置工业炉窑的企业共计 5124 家，各类工业炉窑 7485 台，分布如图 1 所示，排放情况如表 2 所示。

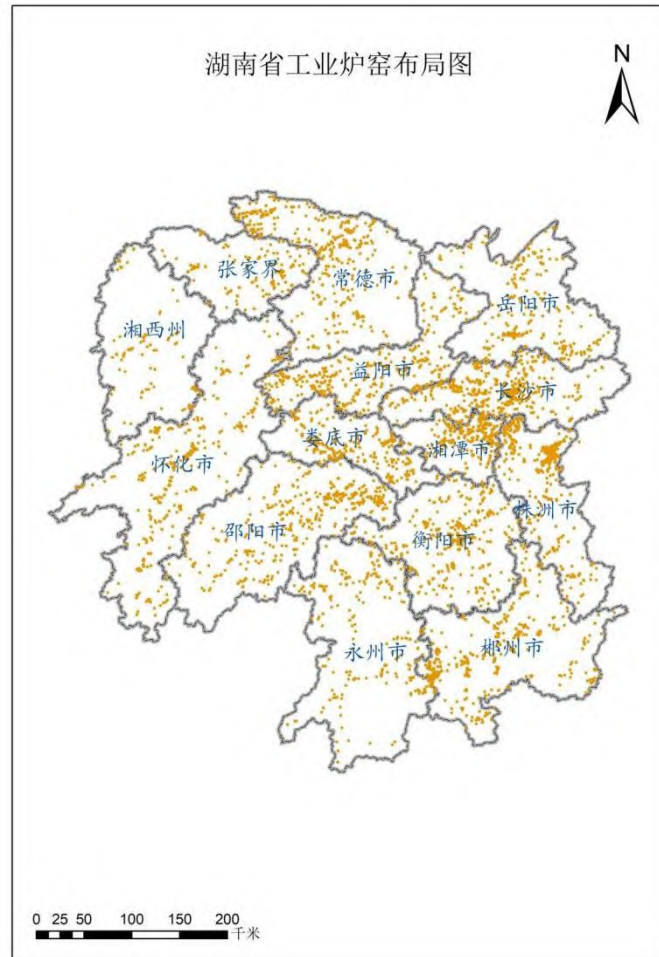


图 1 湖南省工业炉窑分布图

表 2 湖南省工业炉窑主要大气污染物产生及排放情况

	产生量占工业源的比例	排放量占工业源的比例
二氧化硫	28.6%	43.6%
氮氧化物	17.2%	23.8%
颗粒物	1.9%	7.2%
挥发性有机物	1.2%	1.3%

2.3.1 行业分布情况

从炉窑数量上看，主要分布在非金属矿物制品业、金属制品业、有色金属冶炼和压延加工业、化学原料和化学制品制造业、农副食品加工业等行业，分别占全省炉窑总数的 39.3%、11.2%、9.4%、7.6% 和 5.1%。

从主要污染物排放量上看，非金属矿物制品业、有色金属冶炼和压延加工业、化学原料和化学制品制造业、黑色金属冶炼和压延加工业的排放量较大。

2.3.2 地区分布情况

从炉窑数量上来看，郴州市、株洲市和长沙市的工业炉窑数量较多，分别占总数的 12.6%、11.5%和 11.4%。

从主要污染物排放量上看，株洲市、衡阳市、娄底市、郴州市的污染物排放量较大，湘潭市的颗粒物排放量最大。

2.3.3 企业能源消耗特征

从炉窑数量上来看，燃煤、燃气和燃生物质的炉窑数量最多，分别占总数的 35.4%、18.0%和 19.5%。

从主要污染物排放量上看，燃煤炉窑的污染物排放量最大，其 SO₂、NO_x 和 PM 的排放量分别占总量的 71.2%、60.0%和 50.2%，其次是燃气炉窑，分别占总量的 12.6%、25.5%和 12.4%，燃生物质炉窑的颗粒物排放量占比较大，占总量的 20.3%。

3 标准制订的必要性分析

3.1 国家、省及生态环境主管部门的相关要求

(1)《中共中央 国务院关于深入打好污染防治攻坚战的意见》提出“推进钢铁、水泥、焦化行业企业超低排放改造”。

(2) 《中华人民共和国国民经济和社会发展第十四个五年规划和 2035 年远景目标纲要》

提出“因地制宜推动...工业窑炉治理、非电行业超低排放改造”。

(3) 《“十四五”节能减排综合工作方案》（国发〔2021〕33号）

提出“以钢铁、有色金属、建材、石化化工等行业为重点，推进污染物深度治理。推进钢铁、水泥、焦化行业超低排放改造”。

(4) 《深入打好重污染天气消除、臭氧污染防治和柴油货车污染治理攻坚战行动方案》（环大气〔2022〕68号）

提出“持续推进钢铁行业超低排放改造，出台焦化、水泥行业超低排放改造方案”“实施工业锅炉和炉窑提标改造。鼓励臭氧污染严重地区结合实际制定更为严格的地方排放标准”。

(5) 《减污降碳协同增效实施方案》（环综合〔2022〕42号）

提出“优化治理技术路线，加大氮氧化物、挥发性有机物（VOCs）以及温室气体协同减排力度。一体推进重点行业大气污染深度治理与节能降碳行动，推动钢铁、水泥、焦化行业及锅炉超低排放改造”。

(6) 《关于推进实施钢铁行业超低排放的意见》（环大气〔2019〕35号）

提出钢铁行业超低排放的指标要求、重点任务、政策措施等。

(7) 《工业炉窑大气污染综合治理方案》（环大气〔2019〕56号）

提出“完善工业炉窑大气污染综合治理管理体系，推进工业炉窑全面达标排放，实施污染深度治理等重点任务”。

(8) 《关于印发〈湖南省大气污染防治攻坚“守护蓝天”攻坚战行

动计划（2023-2025年）>的通知》（湘政办发〔2023〕34号）

提出“推进锅炉窑炉超低排放与深度治理。全面开展钢铁、水泥行业超低排放改造与深度治理。全面开展钢铁、水泥行业超低排放改造，深入开展锅炉窑炉深度治理和简易低效处理设施排查。到2025年，全面完成钢铁和重点城市水泥企业超低排放改造”。

（9）《长株潭及传输通道城市环境空气质量达标攻坚行动计划》 （湘政办发〔2023〕3号）

提出“氮氧化物污染治理提升。推进工业炉窑提标改造。2023年底前，湘潭钢铁集团有限公司完成超低排放改造。水泥行业2023年底前完成全面深度治理改造，力争2025年底前完成超低排放改造。”

（10）《湖南省工业炉窑大气污染综合治理实施方案》（湘环发〔2020〕6号）

提出“加快制订工业炉窑大气污染物排放地方标准，按照新发布的地方标准完成重点行业工业炉窑主要大气污染物提标改造”。

（11）《湖南省钢铁行业超低排放改造实施方案》（湘环发〔2019〕21号）

提出“到2023年底前，湖南华菱湘潭钢铁有限公司完成超低排放改造，其他3家钢铁企业完成80%以上超低排放改造任务；到2025年底前，钢铁企业全面完成超低排放改造”。

3.2 国家、省相关产业政策及行业发展规划中的生态环境要求

《铅锌行业规范条件（2020年）》规定工业炉窑产生的烟气应配套建设烟气制酸或烟气除尘脱硫净化装置，设置高效环集烟气收集处理系统，防止有害气体和粉尘无组织排放。

《水泥行业规范条件（2015年）》要求水泥熟料项目采用抑制氮氧化物产生的工艺和原燃料，配套建设脱硝装置和除尘装置。

《钢铁行业规范条件（2015年）》要求焦炉须配套干熄焦、脱硫、煤气回收利用装置，烧结须配套烟气脱硫及余热回收利用装置，球团须配套脱硫装置，高炉须配套煤粉喷吹、煤气净化回收利用和余压发电装置，转炉须配套煤气净化回收利用装置。

《湖南省建材行业“十四五”发展规划》提出水泥行业发展“SCR高效氮氧化物减排技术”，陶瓷行业发展“窑炉、喷雾干燥塔等设备节能改造技术”和“陶瓷窑炉高效脱硫脱硝除尘一体化综合治理技术”。

《湖南省有色金属行业“十四五”发展规划》提出要“研发和推广过程减污工艺和设备，升级和改造末端治理设施，推广先进适用环保治理装备，开展多污染协同治理示范”。

《湖南省工业绿色“十四五”发展规划》提出“针对重点行业、重点污染物排放量大的工艺环节，推广过程减污工艺和设备，开展应用示范”“加快重点大气污染行业生产过程清洁化”“在钢铁、有色金属、化工、建材、轻工、纺织等重点行业组织推广先进适用环保治理装备，升级改造末端治理设施，推动形成稳定、高效的治理能力。聚焦烟气排放量大、排放成分复杂、治理难度大的重点行业，开展多污染物协同治理应用示范，推进有色金属、玻璃、陶瓷、铸造等行业污染深度治理，烧结砖瓦行业治理设施升级改造，实施水泥行业氮氧化物深度治理，有序推进钢铁行业超低排放改造”。

3.3 工业炉窑行业发展带来的主要生态环境问题

针对工业炉窑制订实施地方污染物排放标准将必然带动工业炉窑大气污染物排放量削减，从而对我省打赢蓝天保卫战发挥积极作用；

特别是对于工业炉窑分布相对较为集中的区域，工业炉窑是区域内大气污染物的主要排放源，是影响局部区域大气环境质量的主要因素，制定和实施工业炉窑大气污染物排放标准，严格区域内典型行业工业炉窑大气污染物排放限值，将有效地控制和降低特定区域内的大气污染物排放量，对改善局地区域的大气环境质量作用将更加明显。

3.4 工业炉窑行业清洁生产工艺和污染防治技术的最新进展

(1) 调整工业炉窑能源结构

使用天然气或电等清洁能源代替燃煤是提高能源效率、减少污染排放的有力手段之一，其制约因素为清洁能源的来源和价格。我国作为产煤用煤大国，煤仍然是今后主要的能源；根据国家节能减排规划要求，各种小型用能设施应减少直接使用燃煤作为能源。

(2) 推广蓄热式燃烧、富氧燃烧、脉冲燃烧等先进的燃烧技术

蓄热式燃烧技术（又称高温空气燃烧技术）是通过蓄热体利用烟气热量将空气预热到 800℃ 以上，从而大幅度提高热能利用率，减少燃烧污染物的总排放量。富氧燃烧技术大幅度提高富氧燃烧火焰温度，燃料燃烧速度快、燃烧效率高；同时由于烟气量大幅下降，烟气中高辐射率的 CO₂ 和水蒸气浓度增加，从而改善炉窑内的传热条件，使炉窑的产量提高，热耗下降。脉冲燃烧控制技术采用间断燃烧的方式，使用脉宽调制技术，通过调节燃烧时间的占空比来实现加热炉的温度控制，可提高炉内温度场的均匀性，提高传热效率和加热能力。

(3) 强化炉内热力机制，优化工业炉窑整体设计

工业炉窑的核心技术问题是炉内热力机制的问题，改善炉内燃烧工况与强化炉内热力交换是根本的节能途径。强化炉内热力交换，诸如炉内定向辐射代替漫反射传热技术，通过强化炉内换热，也能起到

节能减排的目的。

(4) 采用轻型炉衬材料，优化炉衬结构

工业炉窑炉衬的蓄热和散热，一般占工业炉窑总能耗的 20~45%，如选用耐高温、容重小、导热系数低的耐火纤维代替耐火砖做炉衬，可减少炉体的蓄热和散热损失，提高热效率，缩短操作周期，可节约能源 35%左右。

(5) 注重工业炉窑结构与操作的和谐统一

根据工业炉窑的热工特性，工业炉窑节能包括结构节能与操作节能。操作因素的影响占有相当的比重，科学操作主要是对以下三个方面进行优化：①对于人工操作的工业炉窑，要注意工业炉窑工作的经济点，减少空烧；②对于已具基础控制的工业炉窑，注意动态过程的温度设定，空燃比调整十分重要；③实现工业炉窑动态过程的数学模型化，达到真正意义的工业炉窑过程科学操作。

3.5 工业炉窑现行标准存在的主要问题

3.5.1 GB 9078-1996 存在的主要问题

《工业炉窑大气污染物排放标准》（GB 9078-1996）自 1997 年 1 月 1 日起实施，但随着我省蓝天保卫战的日益深入，工业炉窑的技术进步和污染治理技术的提升，现行国标已不能满足我省大气污染防治技术要求。一是未对氮氧化物提出限值要求，氮氧化物是“十四五”总量减排的重要指标，也是颗粒物和臭氧的重要前体物，迫切需要制定标准推动氮氧化物的治理；二是颗粒物的监测指标是烟（粉）尘，与现行的监测指标也不一致，需要与最新的监测指标相统一；三是颗粒物和二氧化硫的排放限值不适应我省当前大气污染防治的要求，需要结合行业情况和污染防治技术发展水平制定排放限值。

3.5.2 我省涉工业炉窑行业排放标准执行情况

2018年10月29日，湖南省生态环境厅发布了《关于执行污染物特别排放限值（第一批）的公告》，自2019年10月31日起，在全省范围内执行《铅、锌工业污染物排放标准》及修改单、《锡、锑、汞工业污染物排放标准》、《铜、镍、钴工业污染物排放标准》及修改单、《再生铜、铝、铅、锌工业污染物排放标准》、《铝工业污染物排放标准》及修改单、《镁、钛工业污染物排放标准》及修改单、《钒工业污染物排放标准》及修改单、《水泥工业大气污染物排放标准》、《钢铁烧结、球团工业大气污染物排放标准》、《炼铁工业大气污染物排放标准》、《轧钢工业大气污染物排放标准》中主要大气污染物（二氧化硫、氮氧化物、颗粒物）特别排放限值，在全省范围内执行《铁合金工业污染物排放标准》、《炼钢工业大气污染物排放标准》、《炼焦化学工业大气污染物排放标准》中颗粒物特别排放限值，在长沙市、株洲市、湘潭市、岳阳市、益阳市和常德市执行《无机化学工业污染物排放标准》、《石油炼制工业污染物排放标准》、《石油化学工业污染物排放标准》、《锅炉大气污染物排放标准》中主要大气污染物（二氧化硫、氮氧化物、颗粒物）特别排放限值。

《湖南工业炉窑大气污染综合治理实施方案》明确现阶段长沙市、株洲市、湘潭市以及常德市、岳阳市、益阳市等传输通道城市按照颗粒物、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、玻璃棉行业氮氧化物排放限值不高于400毫克/立方米，水泥行业氮氧化物不高于100毫克/立方米。

2022年12月30日，经省人民政府同意，省生态环境厅发布《关于执行污染物特别排放限值（第二批）的公告》，自本公告发布之日起

起，新建企业（项目）执行本公告污染物特别排放限值。自 2023 年 12 月 30 日起，现有企业执行本公告污染物特别排放限值。在长沙市（宁乡市），湘潭市（湘潭县、湘乡市），娄底市（冷水江市、新化县），衡阳市（常宁市、耒阳市、衡南县），郴州市（临武县、桂阳县、宜章县、苏仙区、永兴县），永州市（零陵区），岳阳市（临湘市、平江县），邵阳市（新邵县），怀化市（沅陵县），湘西自治州（花垣县）共 19 个县市区执行《铅、锌工业污染物排放标准》及修改单中颗粒物特别排放限值，《铜、镍、钴工业污染物排放标准》及修改单中颗粒物、砷及其化合物特别排放限值，《无机化学工业污染物排放标准》中颗粒物、镉及其化合物、砷及其化合物特别排放限值。

4. 工业炉窑产排污情况及污染控制技术分析

4.1 工业炉窑主要生产工艺及产污分析

工业炉窑主要是靠燃料或电能等加热处理物料，其加热过程的污染排放包括两部分，加热用燃料燃烧产生的污染和部分被加热介质在加热过程中所散发的污染。工业炉窑除钢铁、水泥行业之外，以中小炉窑居多，多数炉窑以煤炭及其制品加热为主，其他使用燃料油、天然气、生物质等其他燃料及炉内原料参与燃烧、电能等加热。因此炉窑烟气中主要污染物是颗粒物、二氧化硫、氮氧化物；在有色金属熔炼炉、熔化炉、加热炉、热处理炉等烟气中根据生产原料不同还含有重金属、沥青烟等污染物。

不同行业、不同炉窑涉及的污染物统计情况见表 8。

表 3 工业炉窑主要污染物统计表

工业炉窑类型		窑炉污染物产生情况
熔炼炉	高炉及高炉出铁场	颗粒物、二氧化硫、氮氧化物
	炼钢炉、混铁炉（车）	颗粒物、二氧化硫、氮氧化物、氟化物、二噁英
	铁合金熔炼炉	颗粒物、二氧化硫、氮氧化物、铬及其化合物
	有色金属熔炼炉	颗粒物、二氧化硫、氮氧化物、氟化物、沥青烟
	再生有色金属熔炼炉	颗粒物、二氧化硫、氮氧化物、砷及其化合物、铅及其化合物、铬及其化合物、镉及其化合物、汞及其化合物、氟化物、氯化氢、二噁英
熔化炉	冲天炉、化铁炉	颗粒物、二氧化硫、氮氧化物
	金属熔化炉	颗粒物、二氧化硫、氮氧化物
	非金属熔化炉、冶炼炉	颗粒物、二氧化硫、氮氧化物
铁矿烧结炉	烧结机（机头、机尾）	颗粒物、二氧化硫、氮氧化物、氟化物、二噁英

工业炉窑类型		窑炉污染物产生情况
	球团竖炉和带式球团	颗粒物、二氧化硫、氮氧化物
加热炉	金属压延、锻造加热炉	颗粒物、二氧化硫、氮氧化物
	非金属加热炉	颗粒物、二氧化硫、氮氧化物
	铝用炭素厂焙烧炉、煅烧炉	颗粒物、二氧化硫、氮氧化物、苯并芘、沥青烟
热处理炉	金属热处理炉	颗粒物、二氧化硫、氮氧化物
	非金属热处理炉	颗粒物、二氧化硫、氮氧化物
干燥炉窑		颗粒物、二氧化硫、氮氧化物
非金属焙（煅）烧炉窑、耐火材料窑		颗粒物、二氧化硫、氮氧化物、氟化物、铅及其化合物、汞及其化合物、砷及其化合物、锑及其化合物、锡及其化合物
石灰窑		颗粒物、二氧化硫、氮氧化物
陶瓷、搪瓷、砖瓦窑		颗粒物、二氧化硫、氮氧化物、氟化物、镉及其化合物、铅及其化合物、镍及其化合物、氯化氢、
化工炉		颗粒物、二氧化硫、氮氧化物、挥发性有机物
炼焦炉		颗粒物、二氧化硫、氮氧化物、氯化氢、沥青烟、挥发性有机物

4.2 工业炉窑排污现状

我省工业炉窑数量众多，地域和行业分布广，年产生废气占全省工业企业废气排放总量的 13.3%；排放二氧化硫占全省工业企业总量的 43.7%；排放氮氧化物占全省工业企业总量的 23.9%；排放颗粒物占全省工业企业总量的 7.2%。

4.3 工业炉窑污染防治技术分析

4.3.1 颗粒物控制技术分析

工业炉窑是仅次于锅炉的第二种主要工业燃煤设备，种类多，使用面广，污染治理装备也千差万别，所以必须根据不同的工艺过程、不同的燃料、不同的燃烧方式采取不同的治理措施。

工业炉窑颗粒物去除设备主要有干式除尘设备和湿式除尘设备。常用的干式除尘设备包括：重力沉降室、（多级）旋风分离器、静电除尘器和袋式除尘器等，它们可以单独使用，也可以组合使用。常用的湿式除尘设备包括：水膜旋风除尘器、自激式除尘器、文丘里洗涤器等。干式除尘器适用于大多数的工业炉窑，其投资费用较高并且需要控制待处理气体的状况（温度、含水量和有机气体含量、CO: O₂比），但是其运行能量消耗较湿式除尘器少。湿式除尘器适用于含湿量大的物料干燥废气，并能起到除去一定酸性气体的作用，其投资和维护费用较低，但是要达到满意的捕集效率需要高能量消耗，同时存在污泥和洗涤液的二次污染问题。主要除尘技术见表 9。

（1）重力沉降室

重力沉降室是利用粉尘的重力、惯性作用使粉尘自然沉降的一种最简单的除尘设备，其结构简单、阻力小、维修方便、耐高温，但除尘效率较低，只可除去粒径大于 10 μm 的降尘，除尘效率较低，可作为起始含尘浓度较高、温度较高的两级或多级除尘系统的第一级使用。沉降室处理后废气能达到的颗粒物浓度，主要取决于烟气中粉尘的粒径大小及不同粒径的粉尘所占的比例。

表 4 主要除尘技术

除尘工艺	适用炉型	备注
重力除尘、旋风除尘	非金属焙烧窑、熔化炉、加热炉等	适用于燃用天然气炉窑、电炉等颗粒物产生浓度较低的情况
旋风除尘+静电除尘	有色金属熔炼炉	适用于具有后续烟气制酸工艺的烟气治理
两级旋风除尘+静电除尘	有色金属熔炼炉	适用于烟气颗粒浓度高，且后续具有烟气制酸工艺的烟气治理
袋式除尘	熔化炉、熔炼炉、非金属焙烧窑、加热炉、热处理炉	适用于烟气量较小，原烟气温度 300℃ 以下的烟气处理
旋风（重力）除尘+袋式除尘	熔化炉、非金属焙烧窑	适用于烟气温度较高且原烟气颗粒物浓度较高的烟气处理
旋风（重力）除尘+两级袋式除尘	熔化炉、非金属焙烧窑	适用于对颗粒物排放有严格要求的烟气处理
湿法除尘+碱法脱硫	熔化炉、非金属焙烧窑	适用于烟气颗粒物浓度相对不高，后续需进行湿法脱硫的烟气处理
雾化冷却+电捕焦油	非金属焙烧窑	适用于碳素行业焙烧炉烟气治理
静电/布袋除尘+团聚除尘	非金属焙烧窑、加热炉	适用于对颗粒物排放有严格要求的烟气处理

（2）多级旋风分离器

多级旋风分离器多与袋式除尘器联合使用，作为前级的大颗粒粉尘的分离器，可以阻止带火星的焦炭颗粒接触滤布。如果旋风分离器设计时采用内衬耐火材料和高碳钢，能够在高温下运行。但单独使用旋风分离器，其捕集效率不能满足现有标准要求，因此，常与其他除尘系统联合使用。多级旋风分离器处理后气体能达到的颗粒浓度在 $100 \sim 200 \text{ mg/m}^3$ 。

（3）静电除尘器

静电除尘器比较适合稳定的工作条件，例如长期运行的工业炉窑，因为静电除尘器对烟气的温度、流量和湿度条件变化较敏感。其优点是能在更高的温度下运行（高达到 $450 \text{ }^\circ\text{C}$ ），因此无需进行气体的冷却过程，并且可实现净化后气体的能量回收。但是吸附剂和污染物之间的接触反应差于袋式除尘器。静电除尘器处理后气体能达到的颗粒浓度在 $5 \sim 50 \text{ mg/m}^3$ 。

（4）袋式除尘器

袋式除尘器能够满足较低排放浓度的要求，并且对冶金烟尘颗粒具有较高的捕集效率，能够资源回收。袋式除尘器去除烟气中的粉尘适用于原始材料干燥制备中的粉尘去除，包括喷雾干燥、成形干燥、碾碎干燥过程，有时候需要与旋风预除尘器联合一起使用。袋式除尘器除尘效率一般能达到 $98 \sim 99 \%$ ，燃煤炉窑烟（粉）尘出口浓度控制水平为 30 mg/m^3 以下。电、袋组合除尘器可以实现更高水平的除尘效果。

（5）水膜旋风除尘器

水膜旋风除尘器是旋风除尘器的一种，在干式旋风除尘器的基础

上增加了由除尘器筒壁上沿切线布置的喷嘴，在筒壁上形成一层很薄的流动水膜。尘粒靠离心力作用甩向筒壁，被水膜粘附，随水流排走。

(6) 文丘里洗涤器

文丘里洗涤器利用文丘里的流体力学原理，含尘气体进入文丘里管收缩段后，流速增加，进入喉管时达到最大值。洗涤液从收缩段或者喉管加入，气液两项间混合，液体雾化，尘粒被水湿润，沉降下来。

4.3.2 二氧化硫控制技术分析

目前，二氧化硫（ SO_2 ）已经形成较为系统的处理方法，按照工艺顺序可以分为燃烧前脱硫、燃烧中脱硫和燃烧后脱硫。燃烧前脱硫是指采用物理、化学或微生物法将燃料中的硫分从中脱离出来的方法。如燃煤洗选可以将燃煤中的无机硫去除 80%，约占燃煤中硫含量的 15~30%，但该方法去除率较低，只能作为燃煤脱硫的一种辅助手段。燃烧中脱硫是在燃烧过程中，向炉内或煤中添加固硫剂，吸收燃煤燃烧过程中放出的二氧化硫，生成的亚硫酸盐和硫酸盐，随灰渣一起排出，脱硫率一般为 50~70%（煤内加石灰）或 70~85%（炉内喷钙）。燃烧后脱硫即一般意义上的工业尾气废气脱硫，就是利用吸收、吸附、氧化等化学方法脱除排气中的二氧化硫。该方法相对成熟，脱硫率较高，适应于大多数有脱硫需求的场合。

目前，对于工业炉窑中含二氧化硫烟气的治理技术，按二氧化硫含量的高低可分为二类：

(1) 高浓度二氧化硫烟气。通常是指能满足接触法自热生产硫酸的含二氧化硫浓度在 3.5% 以上的烟气，其生产流程包括烟气净化、二氧化硫转化以及三氧化硫吸收三部分。高浓度二氧化硫烟气经接触法制酸后，尾气中的二氧化硫同样需要经进一步处理以满足排放标准

后方可排放。在有色金属冶炼如铜冶炼行业，接触法制硫酸既是炼铜废气处理工序，也是冶炼过程的配套工序之一。

(2) 低浓度二氧化硫烟气。对二氧化硫浓度低于 3.5 % 的烟气（包括上述接触法制硫酸后排放的尾气），由于不能满足接触法自热生产硫酸的条件，通常需进行脱硫处理达标后方可排放。常见的脱硫方法按脱硫过程是否加水和脱硫产物的干湿形态可分为干法、半干法和湿法三种工艺。其中：

①干法脱硫工艺是指用粉状或粒状吸收剂、吸附剂、催化剂或电子束照射法来脱除烟气中的二氧化硫，其中应用较广泛的活性炭吸附法，在脱硫的同时可实现脱硝、净化烟气中的二噁英、HF、HCl 和重金属等。电子束照射法能同时脱除硫氧化物和氮氧化物。

②半干法脱硫工艺是指脱硫剂在干燥状态下脱硫、在湿状态下再生，或者在湿状态下脱硫、干状态下处理脱硫产物的烟气脱硫技术，主要分循环流化床法（CFB）、旋转喷雾干燥法（SDA）、新型脱硫除尘一体化（NID）等，其中循环流化床法采用消石灰作为脱硫剂，脱硫效率可达 90%，并可吸收烟气中的其他酸性气体 HF、SO₃、HCl、CO₂ 等，对小颗粒粉尘具有很高的除尘效率。

③湿法脱硫工艺是用含有吸收剂的溶液或浆液在湿状态下脱硫和处理脱硫产物，主要分为石灰石-石膏法、氨法、双碱法、氧化镁法、海水脱硫法、柠檬酸钠法等，其中最成熟的石灰石-石膏法脱硫工艺脱硫率可达 95%，但是存在二次污染、运行不经济等问题。近年来氨法脱硫技术逐渐受到重视，其中湿式氨法是目前较成熟、已工业化的脱硫工艺。湿式氨法脱硫工艺过程一般分成三大步骤：脱硫吸收、中间产品处理、副产品制造；其中的氨-硫铵法以液氨或浓氨水作脱

硫剂，副产品为硫铵，脱硫率可达 95 %，同时具有脱硝功能；但是脱硫后的硫铵溶液呈酸性，具有较强的腐蚀性，对脱硫塔等设备的防腐要求高，脱硫剂液氨价格高。为节约投资，也有采用简易的湿法脱硫工艺，其脱硫率为 70 ~ 75 %。

根据煤炭的含硫率可以计算出二氧化硫排放的理论值。低硫煤指含硫量在 0.51 ~ 1 % 之间的煤，假设燃煤的热值为 22990 KJ/kg，含硫量为 1%，工业炉窑燃烧过剩空气系数 $\alpha=1.75$ (烟气含氧量为 9%)，燃料中硫的转化率为 80%，计算可得烟气中的 SO_2 浓度为 $1960\text{mg}/\text{m}^3$ 。如脱硫设备的脱硫率为 80 %，则 SO_2 排放浓度为 $392\text{ mg}/\text{m}^3$ 。因此必须将脱硫率提高到 90 % 以上，或燃用含硫量 0.5 % 以下燃煤，方可将 SO_2 排放浓度控制在 $200\text{ mg}/\text{m}^3$ 以内。

4.3.3 氮氧化物控制技术分析

燃料燃烧时产生的氮氧化物 (NO_x) 分为两种，一种是燃料中的 N 经过氧化生成的 NO_x (燃料型 NO_x)；另一种是燃料高温燃烧时空气中 N_2 和 O_2 反应生成的 NO_x (热力型 NO_x)。 NO_x 主要是指 NO 和 NO_2 ，工业炉窑废气中 NO_x 的治理措施大致可分为一次措施和二次措施。

(1) 一次措施突出污染源控制，其特征是通过各种技术手段，在产生 NO_x 的源头上进行控制，限制 NO_x 的形成。可采取降低燃烧温度、减少过量空气、缩短气体在高温区的停留时间等措施减少燃烧阶段 NO_x 的生成量。主要的一次措施包括采用低氮燃烧技术、富氧 (纯氧) 燃烧技术、燃烧优化调整等，其中低氮燃烧技术具有应用广泛、结构简单、经济有效等优点。采用一次措施对氮氧化物的减排效率可达 30 ~ 70 %，当要进一步提高脱除率时，就要采用二次措施。

(2) 二次措施为净化烟气脱硝技术，是指对工业炉窑废气中已

经产生的 NO_x 进行处理，从而降低废气中 NO_x 的排放量，主要的二次措施包括：

①选择性催化还原法（SCR 法），是指在废气处理过程中使用氨、尿素等作还原剂，在催化剂的作用下，将氮氧化物还原成氮气，脱硝效率可达 60~85%，所要求的反应温度约为 250~450℃。

②选择性非催化还原法（SNCR），是指在废气处理过程中使用氨、尿素等作还原剂，将氮氧化物还原成氮气，脱硝效率可达 40~70%，最佳反应温度为 950℃左右。但是 SCR、SNCR 均存在设备昂贵、运行费用高等问题。

③液体吸收法，NO₂ 溶于水，可采用水或者其他溶液吸收烟气中的 NO_x，同时具有一定的除尘能力。此法工艺简单，能够以硝酸盐等形式回收 N 进行综合利用，但是吸收效率不高。

④吸附法是用吸附剂对烟气中的 NO_x 进行吸附，然后在一定条件下使被吸附的 NO_x 脱附回收，同时吸附剂再生。此法 NO_x 脱除率非常高，并且能回收利用，但一次性投资很高。

⑤联合脱硫脱氮技术。如固相吸附再生技术、湿式洗涤脱硝技术（WSA-SNOX）、MCT 脱硫脱硝技术等。其中 MCT 脱硫脱硝技术通过微孔磁性催化颗粒的多孔结构特性，在磁场和催化剂的作用下，使 SO₂、NO_x 与微孔磁性催化颗粒中的钾、钙进行反应，生成硫酸盐、硝酸盐、亚硝酸盐，实现对烟气的脱硫脱硝，脱硫、脱硝效率可分别达 80%、75%以上，脱硫脱硝副产品可作农肥。

同时，半干法、湿法、活性炭吸附法等脱硫工艺也具有一定的脱硝能力。

上述技术措施可以单独使用，也可以组合使用以达到不同的 NO_x

控制要求。对于天然气等清洁能源，采用低氮燃烧技术可把 NO_x 排放浓度控制在 150 mg/m³ 以下，有的炉窑可以控制的更低。对于燃煤、燃油等燃料，采用低氮燃烧+废气净化技术，可以把 NO_x 排放浓度降低到 100 mg/m³ 以下甚至更低。但对于不同的炉窑、不同的燃料、不同的炉膛温度，NO_x 生成量差别较大。

4.3.4 其他特征污染物控制技术分析

其他特征污染物主要包括：氟、铅、汞、铍、苯并（a）芘、沥青烟等。控制技术主要有物理除尘法、沉淀法、液膜法、离子交换法、掩盖法、凝聚法、吸附法、吸收法、水洗法、燃烧法、电捕法等。

4.4 工业炉窑排放有毒有害污染物环境影响分析

工业炉窑涉及的特征污染物主要包括：氟、铅、汞、铍、沥青烟等。含氟气体主要为氟化氢、四氟化碳等气体。氟化氢对人体的危害比二氧化硫大 20 倍，对植物的危害比二氧化硫大 10~100 倍。铅的毒性很大，在人体内可积蓄中毒。汞蒸气和汞盐类的粉尘对生物体危害很大。铍及其化合物对生物体危害极大，其毒性指标属 1 级。沥青烟是主要是多环芳烃类物质及少量氧、氮、硫的杂环混合物。

5. 标准制订的基本原则和技术路线

5.1 标准制订的基本原则

根据《中华人民共和国环境保护法》第十六条省、自治区、直辖市人民政府对国家污染物排放标准中未作规定的项目，可以制定地方污染物排放标准；对国家污染物排放标准中已作规定的项目，可以制定严于国家污染物排放标准的地方污染物排放标准。地方大气污染物排放标准的制订工作参照《国家大气污染物排放标准制订技术导则》（HJ945.1-2018）执行。本文件编制遵循以下原则：合法与支撑、绿色与引领、风险防控性、客观公正性、体系协调性、合理可行性。

5.2 标准制订的技术路线

通过对我省涉及工业炉窑企业现状的全面调查，分析筛选本次重点控制行业，在此基础上，综合环境质量改善需求、污染治理技术能力、技术经济可行性等因素，综合确定工业炉窑企业污染物排放限值，并提出相关环保要求。

工作程序及技术路线：本次标准修订工作总体分为前期调研、开题报告编制、标准研究、标准制定发布四个阶段。

前期调研阶段：通过资料文献的整理分析和对有关重点行业情况的初步调研，研究确定标准制定的必要性与可行性，为开题报告编制做准备。

开题报告编制阶段：进一步调查分析我省涉及工业炉窑企业现状，总结涉及工业炉窑不同行业企业的污染物排放特征，进一步分析标准研究的可行性，确定标准制定的技术路线和技术内容，形成开题报告。

标准研究制定阶段：以标准控制对象、因子的确定、大气污染物排放标准限值的确定为重点，对标准框架、控制因子、限值、标准实

施的技术经济可行及环境效益等主要内容进行深入研究，形成标准草案。

标准定稿发布阶段：确定标准征求意见稿，面向社会公众公开征求意见，并召开论证会，形成标准送审稿，经审定后，形成最终标准报批稿。

数据来源：本次标准制定研究拟获取数据主要包括我省工业炉窑企业基本信息、大气污染物排放及其他社会经济数据等。数据主要来源于环境统计数据、统计年鉴、重点污染源在线监控数据、典型企业自行监测数据及其他社会经济数据等。

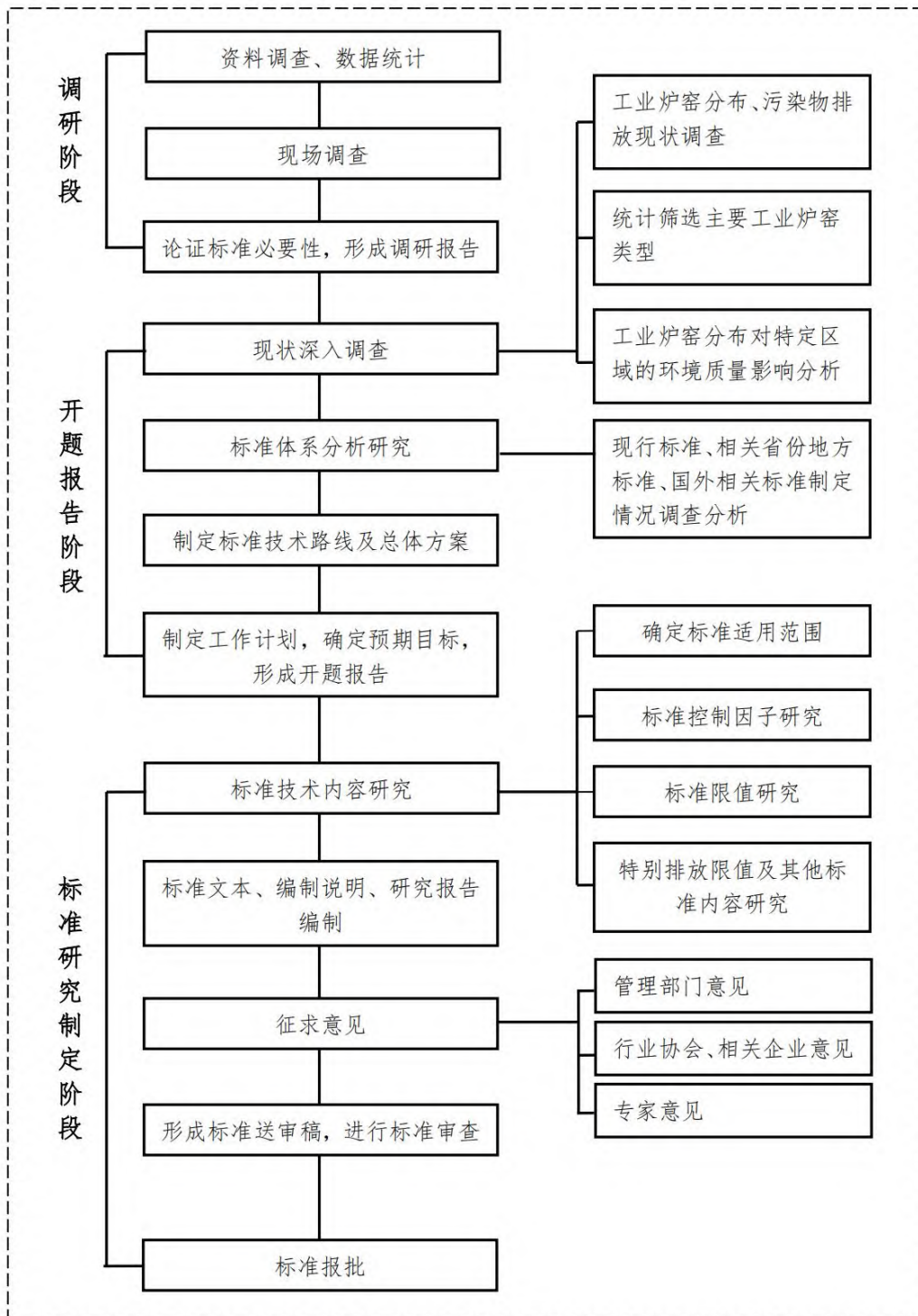


图 2 标准制定技术路线

6 标准主要技术内容及确定依据

6.1 标准适用范围

6.1.1 适用范围

本文件规定了湖南省工业炉窑主要大气污染物排放控制要求、监测和监督管理要求。

本文件适用于湖南省行政区域内现有工业炉窑的大气污染物排放管理，以及工业炉窑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大气污染物排放管理。

6.1.2 不适用范围

由于工业炉窑涉及行业众多，本文件仅对水泥、钢铁、焦化、砖瓦、陶瓷等重点行业和（次）氧化锌、有色金属废弃资源回收等行业制定排放限值。有色金属冶炼、石油炼制与石油化工、无机化学、铸造等行业暂未纳入本文件的适用范围，这些行业仍然执行国家相应行业污染物排放标准要求。因此，本文件适用范围中明确“未作规定的行业按国家或湖南省相应标准要求执行”。

工业炉窑涉及行业多，不同行业的特征污染物差异较大，本文件仅针对颗粒物、二氧化硫和氮氧化物及氨等主要污染物，并未对特征污染物作出限值，因此，本文件适用范围中明确“未作规定的控制指标，按国家或湖南省相应标准要求执行”。

本文件发布后，国家或湖南省行业污染物排放标准中对工业炉窑另有规定，且指标值严于本标准时，按相应标准执行。

6.2 标准结构框架

6.2.1 标准主要章节内容

本文件包括：前言、引言、适用范围、规范性引用文件、术语和定义、有组织排放控制要求、大气污染物监测要求、实施与监督共八部分。

6.2.2 时段划分

为实现环境标准动态运行机制，在体现标准先进性和严格性的同时，又需要考虑与 GB 9078-1996、相关行业标准和管理部门治理要求相衔接，使不同企业在执行新标准时有一个延续性的过渡过程。根据调研，除水泥、钢铁、焦化行业超低排放改造耗时较长外，其余污染治理设施的改造一般约需 6-8 个月，考虑设施改造和试运行时间，本文件规定自本文件实施之日起环境影响评价文件通过审批的新建、改建、扩建项目，执行本文件规定的排放限值，本文件实施之日前已建成投产或环境影响评价文件已通过审批的项目（除水泥、钢铁、焦化行业外），原则上自本文件发布 12 个月后实施，预留 12 个月的技术改造时间。

对于水泥、钢铁和焦化工业，由于改造时间较长，因此，本文件提出水泥工业现有企业自 2026 年 1 月 1 日起执行，其中长沙市、株洲市、湘潭市、衡阳市、岳阳市、益阳市、常德市、娄底市作为我省大气污染防治的重点城市，其行政区域范围内的企业提前 6 个月，于 2025 年 7 月 1 日起执行，钢铁和焦化工业现有企业自 2025 年 10 月 1 日起执行。

6.2.3 不同行业类型的划分及划分依据

根据目前我省主要工业炉窑行业大气污染物排放标准执行情况 & 工业炉窑污染防治现状，选取水泥工业、钢铁工业、焦化工业、砖瓦工业、陶瓷工业、（次）氧化锌工业、有色金属废弃资源综合利用

工业作为主要管控对象。

其中水泥工业、钢铁工业、焦化工业、砖瓦工业、陶瓷工业是我省工业炉窑行业中烟气量和 PM、SO₂、NO_x 等主要污染物排放量较大的行业，目前虽有国家行业排放标准，但标准限值相对较为宽松，随着近年来污染防治技术发展，部分企业通过技术升级改造已经达到更低的排放标准，相关行业已经具备进一步降低污染物排放限值的可行性。同时，随着打好蓝天保卫战的深入实施，氮氧化物等主要污染物的减排需求也日益提升，因此将水泥工业、钢铁工业、焦化工业、砖瓦工业、陶瓷工业作为本文件的主要管控对象。

(次)氧化锌工业和有色金属废弃资源综合利用工业是我省的特色行业，目前没有适用的国家行业标准。根据调研情况，目前我省(次)氧化锌工业主要参照《铅、锌工业污染物排放标准》(GB 25466-2010)及其修改单或《无机化学工业污染物排放标准》(GB 31573-2015)及其修改单，但其标准的适用范围均不包括(次)氧化锌工业，如《铅、锌工业污染物排放标准》(GB 25466-2010)“术语和定义”中明确“铅、锌工业指生产铅、锌金属矿产品和生产铅、锌金属产品(不包括生产再生铅、再生锌及铅、锌材压延加工产品)的工业”，“适用范围”中明确“本文件不适用于再生铅、锌及铅、锌材压延加工等工业，也不适用于附属铅、锌工业企业的非特征生产工艺和装置”。有色金属废弃资源综合利用工业目前大多采用《再生铜、铝、铅、锌工业污染物排放标准》(GB 31574-2015)或其他有色金属相关行业标准要求，而《再生铜、铝、铅、锌工业污染物排放标准》(GB 31574-2015)“术语和定义”中明确该标准所称的“再生有色金属工业”是指以“废杂有色金属为原料、生产有色金属及其合金的工业。

废杂有色金属指金属状态的废料，不含‘含铜污泥’、‘含氧化铝烟尘’、‘含铅浸出渣’、‘含锌炼钢烟尘’等其他有色金属二次资源”，对于我省大量以“含铜污泥”、“含氧化铝烟尘”、“含铅浸出渣”、“含锌炼钢烟尘”等其他有色金属废弃资源作为生产原料的企业，无适用的行业标准，企业污染防治和环境影响评价缺乏有效依据。

由于工业炉窑涉及行业较多，炉窑类型多样，部分行业炉窑较少，尚无适用的国家或地方行业排放标准，本文件针对国家或地方行业污染物排放标准未作规定的行业也明确主要污染物排放限值。

6.3 规范性引用文件

本文件引用的规范性文件主要包括《国民经济行业分类》、污染物监测及采样方法、相关管理要求等，规定“下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件”。

6.4 术语和定义

本文件涉及到的术语主要包括工业炉窑名称、行业名称、其他专用名词等。

工业炉窑定义为：“在工业生产中利用燃料燃烧或电能等转换产生的热量，将物料或工件进行熔炼、熔化、焙（煅）烧、加热、干馏、气化等的热工设备”。该定义来自《工业炉窑大气污染综合治理方案》（环大气〔2019〕56号）中第一部分原文。

本文件水泥工业定义为：“从事水泥熟料生产、水泥制造的工业，不包括水泥原料矿山开采、水泥制品制造、砼结构构件制造、其他水泥类似制品制造等。GB/T 4754-2017 中归属水泥制造（C3011）”。

《水泥工业大气污染物排放标准》（GB 4915-2013）中定义为“本标准指从事水泥原料矿山开采、水泥制造、散装水泥转运以及水泥制品生产的工业部门”，《国民经济行业分类》（GB/T 4754-2017）中所称“水泥制造（C3011）”指以水泥熟料加入适量石膏或一定混合材，经研磨设备（水泥磨）磨制到规定的细度，制成水凝水泥的生产活动，还包括水泥熟料的生产活动，由于本标准针对的是工业炉窑，而GB 4915-2013中的矿山开采、散装水泥转运以及水泥制品生产过程等内容与工业炉窑关联性不大，因此本文件参考GB/T 4754-2017的定义，确定本文件中水泥工业的定义，同时明确本文件不适用水泥原料矿山开采、水泥制品制造、砼结构构件制造、其他水泥类似制品制造的生产过程，对于本文件不适用的生产过程仍执行原国家行业标准或相关文件的规定。

本文件钢铁工业定义为：“从事烧结、球团、炼焦、炼铁、炼钢、轧钢等生产各类钢铁产品的工业，不包括耐火材料、炭素制品、铁合金生产及独立焦化企业”。目前钢铁工业涉及的大气污染物排放标准主要包括《钢铁烧结、球团工业大气污染物排放标准》（GB28662-2012）、《炼铁工业大气污染物排放标准》（GB 28663-2012）、《炼钢工业大气污染物排放标准》（GB28665-2012）、《轧钢工业大气污染物排放标准》（GB 28665-2012）、《铁合金工业大气污染物排放标准》（GB 28666-2012）和《炼焦化学工业污染物排放标准》（GB 16171-2012），涉及烧结、球团、炼铁、炼钢、轧钢、铁合金和焦化等工序。《关于推进实施钢铁行业超低排放的意见》（环大气〔2019〕35号）中提出“钢铁企业超低排放是指对所有生产环节（含原料场、烧结、球团、炼焦、炼铁、炼钢、轧钢、自备电厂等，以及大宗物料

产品运输)实施升级改造”，对于其中的原料场主要是颗粒物的无组织排放，自备电厂主要是锅炉，均不涉及炉窑。据此确定本文件中钢铁工业的定义。

本文件焦化工业定义为“从事以炼焦煤为原料采用炼焦炉生产焦炭、焦炉煤气和其他化学产品的工业，不包括钢焦联合企业的焦化工序”。《炼焦化学工业污染物排放标准》（GB 16171-2012）中炼焦化学工业定义为“炼焦煤按生产工艺和产品要求配比后，装入隔绝空气的密闭炼焦炉内，经高、中、低温干馏转化为焦炭、焦炉煤气和化学产品的工艺过程。炼焦炉炉型包括：常规机焦炉、热回收焦炉、半焦（兰炭）炭化炉三种。”本文件根据近几年炼焦工业的发展，对该定义进行了改写。

本文件砖瓦工业定义为“从事原料制备、挤出（压制）成型、干燥、焙烧（蒸压）等生产烧结砖瓦制品和非烧结砖瓦制品的工业”。该定义来自于《砖瓦工业大气污染物排放标准》（GB 29620-2013）。

本文件陶瓷工业定义为“从事黏土类及其他矿物原料粉碎加工、成型、煅烧等生产各种陶瓷制品的工业”。该定义来自于《陶瓷工业污染物排放标准》（GB 25464—2010）。

本文件（次）氧化锌工业定义为“从事以含锌工业固体废物为主要原料生产氧化锌或次氧化锌的工业”。该定义为根据我省（次）氧化锌生产企业的实际情况确定。

本文件有色金属废弃资源综合利用工业定义为“从事以废杂有色金属（金属状态的废料，包括各类烟尘、渣、泥等有色金属二次资源）为原料生产有色金属及其合金的工业”。该定义为根据我省有色金属废弃资源综合利用企业的实际情况确定。

本文件现有企业定义为“本文件实施之日前已建成投产或环境影响评价文件已通过审批的工业企业或生产设施”，新建企业定义为“自本文件实施之日起，环境影响评价文件通过审批的新建、改建和扩建工业建设项目”，标准状态定义为“烟气在温度为 273.15 K，压力为 101.325 kPa 时的状态。本文件规定的大气污染物排放浓度限值均以标准状态下的干气体为基准”，排气筒高度定义为“自排气筒（或其主体建筑构造）所在的地平面至排气筒出口计的高度，单位为 m”。上述定义均来自于《石灰、电石工业大气污染物排放标准》（GB41618-2022），该标准为国家最新发布的工业炉窑相关行业标准。

6.5 污染物项目的选择

本文件污染物控制项目筛选主要依据为：针对当前我省环境空气质量改善的迫切需要，重点考虑 $PM_{2.5}$ 和 O_3 的主要前体物，基于工业炉窑排放的主要污染物，选取行业污染物排放总量大、对环境空气质量影响显著、污染防治技术发展较为成熟的污染物控制指标。

根据上述依据，本文件拟筛选设置 4 项控制项目，主要针对颗粒物、二氧化硫、氮氧化物等常规大气污染物和氨。本文件与 GB 9078-1996 相比，修改 1 项，根据最新监测方法，将原标准中的烟（粉）尘修改为颗粒物，增加 2 项，分别为氮氧化物和氨，保留 1 项，为二氧化硫。氮氧化物既是颗粒物和臭氧的共同前体物，又是“十四五”期间污染物排放总量控制的重要指标。选取氨作为污染控制指标的主要考虑是采用氨法脱硝过程中会产生氨逃逸，氨是大气中唯一的碱性物质，对环境空气质量具有重要影响，拟作为特征污染物指标。

由于各类工业炉窑使用的原料、燃料差异较大，直接影响到排放烟气中特征污染物的种类和限值，难以在工业炉窑标准中作出全面规

定，因此本文件未开展其他特征污染物排放限值的研究。同时，本文件在“适用范围”中明确“本文件未作规定的控制指标，国家或湖南省有相应标准及监测方法的，按相应标准要求执行”。

6.6 污染物排放限值的确定及依据

6.6.1 排放限值确定的依据

编制组拟通过分析《工业炉窑大气污染综合治理方案》《湖南省工业炉窑大气污染综合治理实施方案》等相关文件要求及近年来涉工业炉窑行业环境影响评价报告批复要求，同时考虑国内其他省市的治理标准和治理要求初步确定排放限值。

对初步确定的排放限值进行目标可达性分析。与行业标准不同，工业炉窑大气污染物排放标准是通用型标准，涉及行业多，工艺复杂，且相当部分的生产工艺改进，并不一定能改变污染物的排放现状，因此本文件主要从污染治理设施的改进出发，对工业炉窑的污染物排放标准提出要求。目前国内工业炉窑的除尘、脱硫、脱硝技术已经比较成熟，部分技术已经达到国际先进水平，在除尘、脱硫、脱硝的同时也降低了其他污染物的排放。。

6.6.2 排放限值确定的原则

- (1) 综合考虑目前工业炉窑的污染防治技术；
- (2) 兼顾工业炉窑类别的广泛性、经济技术可行性、污染物稳定达标性、设备运行管理水平等因素；
- (3) 结合湖南省环境管理要求以及湖南省部分工业炉窑大气污染物排放实测数据；
- (4) 参考现行国标和国家已发布相关行业排放标准；
- (5) 参考国内其他省市工业炉窑大气污染物排放标准；

(6) 参考国外工业炉窑相关排放标准。

6.6.3 水泥工业排放限值

按照《关于执行污染物特别排放限值（第一批）的公告》等文件要求，我省水泥工业目前执行《水泥工业大气污染物排放标准》（GB 4915-2013）中表 2 特别排放限值要求，其中水泥窑及窑尾余热利用系统颗粒物、二氧化硫、氮氧化物、氨的排放限值分别为 20、100、320 和 $8\text{mg}/\text{m}^3$ 。

国家层面，根据生态环境部办公厅《关于征求〈关于推进实施水泥行业超低排放的意见（征求意见稿）〉和〈关于推进实施焦化行业超低排放的意见（征求意见稿）〉的函》（环办便函〔2023〕8号），水泥行业超低排放有组织排放控制指标为：在基准含氧量 10% 的条件下，水泥窑及窑尾余热利用系统烟气颗粒物、二氧化硫、氮氧化物排放浓度小时均值分别不高于 10、35、 $50\text{mg}/\text{m}^3$ ，氨排放浓度小时均值不高于 $8\text{mg}/\text{m}^3$ 。

地方层面，根据湖南省人民政府办公厅《关于印发〈湖南省大气污染防治攻坚“守护蓝天”攻坚行动计划（2023-2025年）〉的通知》（湘政办发〔2023〕34号）要求，到 2025 年，全面完成重点城市水泥企业超低排放改造，全省水泥企业全部达到 B 级及以上。根据《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）》，在基准含氧量 10% 的条件下，水泥窑及窑尾余热利用系统 A 级企业 PM、 SO_2 、 NO_x 、氨排放浓度分别不高于 10、35、50、 $5\text{mg}/\text{m}^3$ ，B 级企业 PM、 SO_2 、 NO_x 、氨排放浓度分别不高于 10、50、100、 $8\text{mg}/\text{m}^3$ 。同时，根据湖南省人民政府办公厅《关于印发〈长株潭及传输通道城市环境空气质量达标攻坚行动计划〉的通知》（湘政办发〔2023〕3号）要求，

水泥行业 2023 年底前全面完成深度治理改造，力争 2025 年底前完成超低排放改造。

根据调研情况，我省目前正常生产水泥熟料生产线中，大多已开展或正在开展脱硝设施改造，41%的生产线氮氧化物排放浓度可以达到 $100\text{mg}/\text{m}^3$ 以内，44%可以达到 $50\text{mg}/\text{m}^3$ 以内，仅有少部分生产线暂未开展改造。

综合考虑我省水泥工业目前执行的特排限值要求、省政府相关规划和行动计划要求，我省水泥熟料生产线的实际排放水平，确定水泥工业主要大气污染物排放限值为：在基准含氧量 10%的条件下，水泥窑及窑尾余热利用系统烟气颗粒物、二氧化硫、氮氧化物排放浓度小时均值分别不高于 10、35、 $50\text{mg}/\text{m}^3$ ，氨排放浓度小时均值不高于 $8\text{mg}/\text{m}^3$ 。水泥工业主要污染物排放限值指标与《关于推进实施水泥行业超低排放的意见（征求意见稿）》中要求一致。

本文件实施后，我省水泥工业执行标准情况见表 5 所示。其中，矿山开采工序不在本文件规定的行业范围内，氟化物、汞及其化合物不属于本文件管控的主要污染物，采用独立热源的烘干设备多用于水泥粉磨站，而水泥粉磨站不在本文件规定的行业范围内。

表 5 本文件实施后水泥工业有组织排放污染物执行标准情况

生产工序/过程	生产设备/主要工序	污染物指标	执行标准	
矿山开采	破碎机及其他通风生产设备	PM	1、《水泥工业大气污染物排放标准》(GB 4915-2013)表 2 2、湖南省生态环境厅《关于执行污染物特别排放限值(第一批)的公告》	
水泥制造/熟料生产、水泥粉磨	水泥窑及窑尾余热利用系统	PM、SO ₂ 、NO _x 、NH ₃	本文件	
		氟化物、汞及其化合物	《水泥工业大气污染物排放标准》(GB 4915-2013)表 1	
	破碎系统、贮存及预均化系统、生料制备系统、煤粉制备系统、水泥粉磨系统、水泥包装系统、输送系统,包括破碎机、磨机、包装机及其他通风生产设备	PM	本文件	
	烘干系统,包括烘干机、烘干磨、煤磨及冷却机	采用水泥窑窑尾烟气余热	PM、SO ₂ 、NO _x 、	本文件
		采用窑头余热	PM	本文件
采用独立热源的烘干设备		PM、SO ₂ 、NO _x 、	1、《水泥工业大气污染物排放标准》(GB 4915-2013)表 2 2、湖南省生态环境厅《关于执行污染物特别排放限值(第一批)的公告》	

6.6.4 钢铁工业排放限值

按照《关于执行污染物特别排放限值（第一批）的公告》要求，目前我省钢铁工业主要执行《钢铁烧结、球团工业大气污染物排放标准》《炼铁工业大气污染物排放标准》《轧钢工业大气污染物排放标准》中主要大气污染物（二氧化硫、氮氧化物、颗粒物）特别排放限值，《铁合金工业污染物排放标准》《炼钢工业大气污染物排放标准》《炼焦化学工业大气污染物排放标准》中颗粒物特别排放限值要求。

国家层面，根据生态环境部等五部委《关于推进实施钢铁行业超低排放的意见》（环大气〔2019〕35号）要求，有组织排放控制指标如表 10 所示：

表 6 钢铁企业超低排放指标限值

单位：mg/m³

生产工序	生产设施	基准含氧量 (%)	污染物项目		
			PM	SO ₂	NO _x
烧结 (球团)	烧结机机头 球团竖炉	16	10	35	50
	链篦机回转窑 带式球团焙烧机	18	10	35	50
	烧结机机尾 其他生产设备	—	10	—	—
炼焦	焦炉烟囱	8	10	30	150
	装煤、推焦	—	10	—	—
	干法熄焦	—	10	50	—
炼铁	热风炉	—	10	50	200
	高炉出铁场、高炉矿槽	—	10	—	—
炼钢	铁水预处理、转炉（二次烟气）、电炉、石灰窑、白云石窑	—	10	—	—
轧钢	热处理炉	8	10	50	200

自备电厂	燃气锅炉	3	5	35	50
	燃煤锅炉	6	10	35	50
	燃气轮机组	15	5	35	50
	燃油锅炉	3	10	35	50

注：表中未作规定的生产设施污染物排放限值按国家、地方排放标准或其他相关规定执行。

另外，根据生态环境部办公厅《关于征求〈关于推进实施水泥行业超低排放的意见（征求意见稿）〉和〈关于推进实施焦化行业超低排放的意见（征求意见稿）〉的函》（环办便函〔2023〕8号），焦化行业超低排放指标有组织排放控制指标为：在基准含氧量8%的条件下，焦炉烟囱废气颗粒物、二氧化硫、氮氧化物、氨排放浓度小时均值分别不高于10、30、150、8mg/m³，详细指标见表11。

表7 焦化企业超低排放部分指标限值

单位：mg/m³

排放环节	基准含氧量（%）	污染物项目		
		PM	SO ₂	NO _x
焦炉烟囱	8	10	30	150
出（推）焦	-	10	30	-
装煤	-	10	70	-
干法熄焦	-	10	50	-
燃用煤气的加热炉	-	15	30	150

注：表中未作规定的生产设施污染物排放限值按国家、地方排放标准或其他相关规定执行。

2022年10月22日国家发布《石灰、电石工业大气污染物排放标准》（GB 41618-2022），明确钢铁工业的石灰生产工序大气污染物排放执行该标准规定，石灰窑废气颗粒物、二氧化硫、氮氧化物、氨排放浓度小时均值分别不高于30、200、300、8mg/m³。

地方层面，根据湖南省人民政府办公厅《关于印发〈湖南省大气

污染防治攻坚“守护蓝天”攻坚行动计划（2023-2025年）的通知》（湘政办发〔2023〕34号）要求，到2025年，全省钢铁企业全部达到B（含B-）级及以上。根据《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）》，B-级企业中长流程钢铁企业高炉热风炉和轧钢加热炉的PM、SO₂、NO_x排放浓度分别不高于10、100、200mg/m³，A、B级企业应满足超低排放要求。

根据湖南省人民政府办公厅《关于印发〈长株潭及传输通道城市环境空气质量达标攻坚行动计划〉的通知》（湘政办发〔2023〕3号）要求，2023年底前，湖南钢铁集团湘潭钢铁集团有限公司完成超低排放改造。

根据湖南省生态环境厅等四部门《关于印发〈湖南省钢铁行业超低排放改造实施方案〉的通知》（湘环发〔2019〕21号）要求，全省新建（含搬迁）钢铁项目要达到超低排放水平。推动现有4家钢铁企业实施超低排放改造，到2023年底前，钢铁企业超低排放改造取得明显进展，其中湖南华菱湘潭钢铁有限公司完成超低排放改造，其他3家钢铁企业完成80%以上超低排放改造任务；到2025年底前，钢铁企业全面完成超低排放改造，推动钢铁行业高质量、可持续发展。

目前，我省4家钢铁企业已实施超低排放改造项目74个，项目完成率76.3%。湘潭钢铁集团已基本完成超低排放改造，正在进行监测评估，其余3家钢铁企业也在按计划推进。

综合考虑我省钢铁工业目前执行的特排限值要求、省政府相关规划和行动计划要求、国家和我省钢铁超低排放相关要求及我省钢铁企业超低排放改造进度和计划目标，确定本文件中钢铁工业有组织排放控制指标。其中，烧结（球团）、炼铁、炼钢（除石灰窑、白云石窑

外)、轧钢工序污染物排放限值与《关于推进实施钢铁行业超低排放的意见》(环大气〔2019〕35号)要求一致,焦化工业污染物排放限值与《关于推进实施焦化行业超低排放的意见(征求意见稿)》要求一致,石灰窑、白云石窑污染物排放限值与《石灰、电石工业大气污染物排放标准》(GB 41618-2022)要求一致。

本文件实施后,钢铁工业有组织排放污染物执行标准情况见 所示。其中,烧结(球团)、炼焦、炼铁、炼钢、轧钢工序的有组织排放PM、SO₂、NO_x、NH₃执行本文件要求,其他特征污染物分别执行《钢铁烧结、球团工业大气污染物排放标准》(GB 28662-2012)、《炼焦化学工业大气污染物排放标准》(GB 16171-2012)、《炼钢工业大气污染物排放标准》(GB 28664-2012)、《轧钢工业大气污染物排放标准》(GB 28665-2012)中相应要求。

表 8 本文件实施后钢铁工业有组织排放污染物执行标准情况

生产工序或设施	污染物指标	执行标准
烧结(球团)	PM、SO ₂ 、NO _x	本文件
	氟化物、二噁英类	《钢铁烧结、球团工业大气污染物排放标准》(GB 28662-2012)表 2
炼焦	PM、SO ₂ 、NO _x 、NH ₃ (焦炉烟囱)	本文件
	苯并[a]芘、氰化氢、苯、酚类、非甲烷总烃、氨(除焦炉烟囱外其他设施)、硫化氢	《炼焦化学工业大气污染物排放标准》(GB 16171-2012)表 5
炼铁	PM、SO ₂ 、NO _x 、NH ₃	本文件
炼钢	PM、SO ₂ 、NO _x 、NH ₃	本文件
	二噁英类、氟化物	《炼钢工业大气污染物排放标准》(GB 28664-2012)表 2
轧钢	PM、SO ₂ 、NO _x 、NH ₃	本文件
	氯化氢、硫酸雾、铬酸雾、硝酸雾、氟化物、碱雾、油雾、苯、甲苯、二甲苯、非甲烷总烃	《轧钢工业大气污染物排放标准》(GB 28665-2012)表 2

6.6.5 焦化工业排放限值

按照《关于执行污染物特别排放限值（第一批）的公告》要求，目前我省焦化工业执行《炼焦化学工业大气污染物排放标准》中颗粒物特别排放限值要求。

国家层面，关于焦化工业的要求在 6.6.4 钢铁工业排放限值一节中已经明确。地方层面，目前我省仅有 2 家独立焦化企业，目前主要参照钢铁行业相关要求执行。综合考虑我省焦化工业排放标准执行情况、国家和我省的管理要求及排放实际，确定本文件中焦化工业有组织排放控制指标，本文件中焦化工业污染物排放限值与《关于推进实施焦化行业超低排放的意见（征求意见稿）》要求一致。

本文件实施后，焦化工业 PM、SO₂、NO_x、NH₃ 有组织排放执行本文件，其他特征污染物执行《炼焦化学工业大气污染物排放标准》（GB 16171-2012）污染物排放要求。

6.6.6 砖瓦工业排放限值

目前，我省砖瓦工业主要执行《砖瓦工业大气污染物排放标准》（GB 29620-2013）及其修改单的规定，人工干燥及焙烧工序 PM、SO₂、NO_x 排放浓度分别不高于 30、150、200mg/m³。

根据调研情况，我省现有各类烧结砖瓦企业近 800 家，布局分散、规模小烧结砖瓦企业多采用湿法脱硫一体化除尘和双碱法脱硫工艺，均无脱硝设施。本文件主要参考其他省市砖瓦行业地方标准限值制定情况，充分考虑我省砖瓦工业污染物排放情况和行业发展现状，从提升砖瓦行业发展集中度和绿色发展水平的角度，确定本文件中排放限值，PM、SO₂、NO_x、NH₃ 排放浓度分别不高于 20、50、100、8mg/m³。

本文件中,PM 限值与河南($10\text{mg}/\text{m}^3$, 2022 年发布)和安徽($10\text{mg}/\text{m}^3$, 2023 年发布)地方标准一致,严于 $30\text{mg}/\text{m}^3$ 的国家标准; SO_2 排放限值与河南和安徽地方标准一致,严于山东($150\text{mg}/\text{m}^3$, 2018 年发布)和重庆($200\text{mg}/\text{m}^3$, 2016 年发布); NO_x 排放限值与河南和安徽地方标准一致,严于山东($150\text{mg}/\text{m}^3$, 2018 年发布)和重庆($200\text{mg}/\text{m}^3$, 2016 年发布)。

本文件实施后,砖瓦工业原料破碎及制备成型工序由于不涉及工业炉窑,其颗粒物执行《砖瓦工业大气污染物排放标准》(GB 29620-2013)及修改单的要求,干燥及焙烧工序执行本文件要求。

6.6.7 陶瓷工业排放限值

目前,我省陶瓷工业主要执行《陶瓷工业污染物排放标准》(GB 25464-2010)及其修改单的规定,自 2014 年 12 月 12 日起,在基准含氧量 18%的条件下,喷雾干燥塔、陶瓷窑的 PM、 SO_2 、 NO_x 排放浓度分别不高于 30、50、 $180\text{mg}/\text{m}^3$ 。

根据调研情况,我省陶瓷企业普遍安装了除尘、脱硫和脱硝设施,现有企业正常生产情况下基本都可达标,参考其他省市标准限值制订情况,基于标准制订推动企业整合和标准提升,确定标准中排放限值,PM、 SO_2 、 NO_x 、 NH_3 排放浓度分别不高于 20、30、100、 $8\text{mg}/\text{m}^3$ 。

本文件中,PM 限值与河北($10\text{mg}/\text{m}^3$, 2020 年发布)和山东($10\text{mg}/\text{m}^3$, 2018 年发布)地方标准一致,较广东($20\text{mg}/\text{m}^3$, 2019 年发布)地方标准和国家标准($30\text{mg}/\text{m}^3$)严格; SO_2 排放限值与河北($30\text{mg}/\text{m}^3$, 2020 年发布)和广东($30\text{mg}/\text{m}^3$, 2019 年发布)地方标准一致,略严于山东($35\text{mg}/\text{m}^3$, 2018 年发布); NO_x 排放限值与河北($100\text{mg}/\text{m}^3$, 2020

年发布)和广东(100mg/m³, 2019年发布)地方标准一致,略严于山东(120mg/m³, 2018年发布)。

本文件实施后,陶瓷工业PM、SO₂、NO_x、NH₃有组织排放执行本文件,烟气黑度、铅及其化合物、镉及其化合物、镍及其化合物、氟化物、氯化物等特征污染物执行《陶瓷工业污染物排放标准》(GB 25464-2010)及其修改单的要求。

6.6.8 (次)氧化锌工业排放限值

(次)氧化锌工业是我省的特色行业,目前无针对性的国家行业标准,根据对我省31家(次)氧化锌企业的调查,目前执行《无机化学工业污染物排放标准》(GB 31573-2015)的有17家,《铅、锌工业污染物排放标准》(GB 25466-2010)的有11家,《再生铜、铝、铅、锌工业污染物排放标准》(GB 31574-2015)有2家,《工业炉窑大气污染物排放标准》(GB9078-1996)的有1家,标准执行情况较为混乱。根据对11家企业的监测分析,均可以达到《铅、锌工业污染物排放标准》(GB25466-2010)排放限值要求,8家企业达不到无机化学工业污染物排放标准》(GB31573-2015)颗粒物排放限值要求。

《铅、锌工业污染物排放标准》(GB 25466-2010)规定,在过剩空气系数1.7(折算含氧量为8.6%)的情况下,PM、SO₂、NO_x的特排限值要求分别是10、100、100mg/m³;《无机化学工业污染物排放标准》(GB 31573-2015)规定,在氧化类炉窑含氧量8%的情况下,PM、SO₂、NO_x的特排限值要求分别是10、100、100mg/m³。两者区别仅在于基准含氧量不同,基于炉窑实际情况,参照现行管理要求进行

取值，PM、SO₂、NO_x、NH₃排放浓度分别不高于10、100、100、8mg/m³，与《铅、锌工业污染物排放标准》（GB 25466-2010）、《无机化学工业污染物排放标准》（GB 31573-2015）和《再生铜、铝、铅、锌工业污染物排放标准》（GB 31574-2015）三项标准的特排限值要求一致。

本文件实施后，（次）氧化锌工业执行本文件要求。

6.6.9 有色金属废弃资源综合利用工业排放限值

有色金属废弃资源综合利用工业是我省的特色行业之一，缺少针对性行业标准，《再生铜、铝、铅、锌工业污染物排放标准》（GB 31574-2015）“术语和定义”中明确该标准所称的“再生有色金属工业不含‘含铜污泥’、‘含氧化铝烟尘’、‘含铅浸出渣’、‘含锌炼钢烟尘’等其他有色金属二次资源”。根据调研情况，我省有色金属废弃资源综合利用工业主要参照《再生铜、铝、铅、锌工业污染物排放标准》（GB 31574-2015）和《铅、锌工业污染物排放标准》及修改单等限值要求执行，本文件参照现行管理要求进行取值，PM、SO₂、NO_x、NH₃排放浓度分别不高于10、100、100、8mg/m³，与《铅、锌工业污染物排放标准》（GB 25466-2010）和《再生铜、铝、铅、锌工业污染物排放标准》（GB 31574-2015）等标准的特排限值要求一致。

本文件实施后，有色金属废弃资源综合利用工业执行本文件要求。

6.6.10 其他工业炉窑排放限值

按照《湖南省工业炉窑大气污染综合治理实施方案》（湘环发〔2020〕6号）要求，对于无国家或地方行业排放标准的工业炉窑，其PM、SO₂、NO_x排放限值分别是30、200、300mg/m³，本文件沿用此

要求。对于其他特征污染物，仍然执行《工业炉窑大气污染物排放标准》（GB9078-1996）执行。

6.7 基准含氧量的确定及依据

由于每类工业炉窑氧含量差异很大，现行国标、地方污染物排放标准以及国家相关行业污染物排放标准均要求将实测的工业炉窑大气污染物浓度，按照规定的基准氧含量或过量空气系数、掺风系数进行换算，并将换算后的大气污染物浓度作为判断排放是否达标的依据。

表9 基准含氧量及取值来源

序号	行业类别	炉窑类型	基准含氧量 (O ₂) %	取值来源	
1	水泥工业	水泥窑及窑尾余热利用系统	10	《水泥工业大气污染物排放标准》 (GB4915-2013)	
2		烘干系统	采用水泥窑窑尾烟气余热	10	《关于推进实施水泥行业超低排放的意见 (征求意见稿)》
3			采用窑头余热	按实测浓度计	
4	钢铁工业	烧结工序烧结机机头、球团竖炉、	16	《钢铁烧结、球团工业大气污染物排放标准》 (GB28662-2012) 修改单	
5		烧结工序链篦机回转窑、带式球团焙烧机	18		
6		炼焦工序焦炉烟囱	8	《关于推进实施焦化行业超低排放的意见 (征求意见稿)》	
		轧钢工序热处理炉		《轧钢工业大气污染物排放标准》 (GB28665-2012)	
7		石灰窑、白云石窑	10	《石灰、电石工业大气污染物排放标准》 (GB41618-2022)	
8	钢铁工业其他工序	按实测浓度计	《钢铁烧结、球团工业大气污染物排放标准》 (GB28662-2012) 修改单 《炼焦化学工业污染物排放标准》 (GB16171-2012) 《炼铁工业大气污染物排放标准》 (GB28663-2012) 《炼钢工业大气污染物排放标准》 (GB28664-2012) 《轧钢工业大气污染物排放标准》 (GB28665-2012)		
9	焦化工 业	焦炉	8	《关于推进实施焦化行业超低排放的意见 (征求意见稿)》	
10		煤气发电锅炉	3		
11	砖瓦工业	干燥、焙烧窑	18	《砖瓦工业大气污染物排放标准》 (GB29620-2013) 修改单	
12	(次)氧化锌工业	回转窑	9	《铅、锌工业污染物排放标准》 (GB25466-2010) (根据过量空气系数 1.7 折算)	
13	陶瓷工业	喷雾干燥塔、陶瓷窑	18	《陶瓷工业污染物排放标准》 (GB25464-2010) 修改单	
14	国家和地方行业污染物排放标准未作规定的其他工业炉窑		9	《工业炉窑大气污染物排放标准》 (GB9078-1996) (根据过量空气系数 1.7 折算)	

对于有色金属废弃资源综合利用工业，参照《再生铜、铝、铅、锌工业污染物排放标准》（GB 31574-2015）中关于基准排气量的限值确定。

6.8 其他要求

6.8.1 排气筒有关要求

关于排气筒高度，本文件参考《玻璃工业大气污染物排放标准》（GB26453-2022）、《矿物棉工业大气污染物排放标准》（GB 41617-2022）和《石灰、电石工业大气污染物排放标准》（GB 41618-2022）等国家最新炉窑行业相关标准中的要求，规定“排气筒高度不低于 15 m（因安全考虑或有特殊工艺要求的除外），具体高度以及与周围建筑物的相对高度关系应根据环境影响评价文件确定”。由于最新国家工业炉窑相关行业标准中已删除“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”，故本文件中也不再提出该要求。

关于排气筒合并，参照国家相关行业标准要求，规定“当执行不同排放控制要求的废气合并排气筒排放时，应在废气混合前进行监测，并执行相应的排放控制要求；若可选择的监控位置只能对混合后的废气进行监测，则应按各排放控制要求中最严格的规定执行”。

6.8.2 废气收集处理系统运维要求

关于废气收集处理系统运维，参照《玻璃工业大气污染物排放标准》（GB26453-2022）、《矿物棉工业大气污染物排放标准》（GB 41617-2022）和《石灰、电石工业大气污染物排放标准》（GB 41618-2022）等国家最新炉窑行业相关标准中的要求，规定“废气收

集处理系统应与生产工艺设备同步运行。废气收集处理系统发生故障或检修时，对应的生产工艺设备应停止运行，待排除故障或检修完毕后同步投入使用；生产工艺设备不能停止运行或不能及时停止运行的，应设置废气应急处理设施或采取其他替代措施”。

6.8.3 管理台账要求

关于管理台账的建立，参照《玻璃工业大气污染物排放标准》（GB26453-2022）、《矿物棉工业大气污染物排放标准》（GB 41617-2022）和《石灰、电石工业大气污染物排放标准》（GB 41618-2022）等国家最新炉窑行业相关标准中的要求，规定“企业应按照 HJ 944 要求建立台账，记录污染处理设施的主要运行信息，如废气收集量和处理量、废气浓度、处理设施关键运行参数（操作温度、停留时间、吸收液用量等）、运行时间等。台账（包括处理设施控制系统运行数据记录）保存期限不少于 3 年”。

6.9 监测要求

编制组根据标准适用范围选择国家、行业监测分析方法标准作为本文件的监测方法，相关标准的名称、编号、适用范围、检测范围和检出限见表 12。本文件实施后，国家、行业新发布的监测分析方法标准，如适用性满足要求，也适用于本文件对应污染物的测定。

表 10 本文件拟采用的监测方法

序号	污染物项目	方法标准名称	标准编号	适用范围	测定范围 (mg/m ³)	检出限 (mg/m ³) 或误差范围
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	固定污染源废气	20 ⁻ 50	
		固定污染源废气 低浓度颗粒物的测定 重量法	HJ 836	固定污染源废气	< 50	1.0
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	100 ⁻ 6000	< ± 6%
		固定污染源排气中二氧化硫的测定 定电位电解法	HJ 57	固定污染源废气	15 ⁻ 14300	< ± 5%
		固定污染源废气 二氧化硫的测定 非分散红外吸收法	HJ 629	固定污染源废气	> 10	3
		固定污染源废气 二氧化硫的测定 便携式紫外吸收法	HJ 1131	固定污染源废气	> 8	2
		固定污染源废气 气态污染物 (SO ₂ 、NO、NO ₂ 、CO、CO ₂) 的测定 便携式傅立叶变换红外光谱法	HJ 1240	固定污染源废气	4	1
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	固定污染源废气	34 ⁻ 1730	10
		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	固定污染源废气	2.4 ⁻ 208	0.7
		固定污染源废气 氮氧化物的测定 非分散红外吸收法	HJ 692	固定污染源废气	> 12	3
		固定污染源废气 氮氧化物的测定 定电位电解法	HJ 693	固定污染源废气	> 12	3
		固定污染源废气 氮氧化物的测定 便携式紫外吸收法	HJ 1132	固定污染源废气	> 4 (NO) > 8 (NO ₂)	4 (NO) 8 (NO ₂)
		固定污染源废气 气态污染物 (SO ₂ 、NO、NO ₂ 、CO、CO ₂) 的测定 便携式傅立叶变换红外光谱法	HJ 1240	固定污染源废气	> 4 (NO) > 12 (NO ₂)	1 (NO) 3 (NO ₂)
4	氨	环境空气和废气 氨的测定 纳氏试剂分光光度法	HJ 533	环境空气和工业废气	1.0 ⁻ 20	0.25
					0.04 ⁻ 0.88	1 × 10 ⁻²

6.10 达标判定

参照《玻璃工业大气污染物排放标准》（GB26453-2022）、《矿物棉工业大气污染物排放标准》（GB 41617-2022）和《石灰、电石工业大气污染物排放标准》（GB 41618-2022）等国家最新炉窑行业相关标准中的要求，规定“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 平均浓度值超过本文件规定的限值，判定为超标”。

按照《生态环境行政处罚办法》（生态环境部令 第 30 号）要求，规定“各级生态环境主管部门现场检查时，可以按照相关技术规范要求现场采样，获取的监测（检测）数据可以作为判定排污行为是否符合本文件的依据”。

7 国家及其他省份相关标准研究

7.1 国家及其他省份相关标准

7.1.1 行业标准制修订情况

GB 9078-1996 为综合型污染物排放标准。随着工业炉窑的技术进步和污染防治技术水平的提高，针对现行国标存在的问题，结合行业特点，自 2010 年起，国家又陆续发布了 24 个行业排放标准及其修改单（见表 13），涉及钢铁、焦化、有色、建材、石化、化工六大行业，各标准对大气污染物的控制指标进行了补充完善，收严了排放浓度限值。

表 11 工业炉窑相关行业污染物排放标准

序号	行业	标准名称	标准编号	实施日期	
1	钢铁	钢铁烧结、球团工业大气污染物排放标准	GB 28662-2012	2012-10-01	
		钢铁烧结、球团工业大气污染物排放标准修改单	生态环境部公告 2020 年第 71 号	2021-01-08	
炼铁工业大气污染物排放标准		GB 28663-2012	2012-10-01		
炼钢工业大气污染物排放标准		GB 28664-2012	2012-10-01		
4		轧钢工业大气污染物排放标准	GB 28665-2012	2012-10-01	
		轧钢工业大气污染物排放标准修改单	生态环境部公告 2020 年第 71 号	2021-01-08	
5		铁合金工业污染物排放标准	GB 28666-2012	2012-10-01	
6		铸造工业大气污染物排放标准	GB 39726-2020	2021-01-01	
7		焦化	炼焦化学工业污染物排放标准	GB 16171-2012	2012-10-01
8		有色	铝工业污染物排放标准	GB 25465-1020	2010-10-01
	铝工业污染物排放标准修改单		环境保护部公告 2013 年第 79 号	2013-12-27	
9	铅、锌工业污染物排放标准		GB 25466-2010	2010-10-01	
	铅、锌工业污染物排放标准修改单		环境保护部公告 2013 年第 79 号	2013-12-27	
10	铜、镍、钴工业污染物排放标准		GB 25467-2010	2010-10-01	

序号	行业	标准名称	标准编号	实施日期
		铜、镍、钴工业污染物排放标准修改单	环境保护部公告 2013 年第 79 号	2013-12-27
11		镁、钛工业污染物排放标准	GB 25468-2010	2010-10-01
		镁、钛工业污染物排放标准修改单	环境保护部公告 2013 年第 79 号	2013-12-27
12		稀土工业污染物排放标准	GB 25451-2011	2011-10-01
		稀土工业污染物排放标准修改单	环境保护部公告 2013 年第 79 号	2013-12-27
13		钒工业污染物排放标准	GB 25452-2011	2011-10-01
		钒工业污染物排放标准修改单	环境保护部公告 2013 年第 79 号	2013-12-27
14		锡、锑、汞工业污染物排放标准	GB 30770-2014	2014-07-01
15		再生铜、铝、铅、锌工业污染物排放标准	GB 31574-2015	2015-07-01
16		水泥工业大气污染物排放标准	GB 4915-2013	2014-03-01
17		陶瓷工业污染物排放标准	GB 25464-2010	2010-10-01
		陶瓷工业污染物排放标准修改单	环境保护部公告 2014 年第 83 号	2014-12-12
18	建材	玻璃工业大气污染物排放标准	GB 26453-2022	2023-01-01
19		砖瓦工业大气污染物排放标准	GB 29620-2013	2014-01-01
		砖瓦工业大气污染物排放标准	生态环境部公告 2020 年第 71 号	2021-01-08
20		矿物棉工业大气污染物排放标准	GB 41617—2022	2023-01-01

序号	行业	标准名称	标准编号	实施日期
21		石灰、电石工业大气污染物排放标准	GB 41618-2022	2023-01-01
22	化工	石油炼制工业污染物排放标准	GB 31570-2015	2015-07-01
23		石油化学工业污染物排放标准	GB 31571-2015	2015-07-01
24		合成树脂工业污染物排放标准	GB 31572-2015	2015-07-01
25		烧碱、聚氯乙烯工业污染物排放标准	GB 15581-2016	2016-09-01
26		无机化学工业污染物排放标准	GB 31573-2015	2015-07-01
		无机化学工业污染物排放标准修改单	生态环境部公告 2020 年第 71 号	2021-01-08

7.1.2 地方相关标准制修订情况

根据蓝天保卫战的需求，广东省、北京市、河南省、河北省、福建省、上海市、天津市等省市相继实施了地方工业炉窑大气污染物排放标准（见表 14），与 GB 9078-1996 相比，各地的地方标准全部增加了氮氧化物的控制指标，同时加严了颗粒物、二氧化硫等大气污染物排放浓度限值。与 GB 9078-1996 相比，各地的地方标准全部增加了氮氧化物的控制指标，同时加严了颗粒物、二氧化硫等大气污染物排放浓度限值。

表 12 各省市工业炉窑相关行业污染物排放标准

序号	省市	标准名称	标准编号	批准日期	实施日期
1	北京	铸锻工业大气污染物排放标准	DB 11/914-2012	2012-11-13	2013-01-01
2		水泥工业大气污染物排放标准	DB 11/1054-2013	2013-12-30	2014-01-01
3		炼油与石油化学工业大气污染物排放标准	DB 11/447-2015	2015-05-27	2015-07-01
4		大气污染物综合排放标准	DB 11/501-2017	2017-01-10	2017-03-01
5	天津	工业炉窑大气污染物排放标准	DB 12/556-2015	2015-02-05	2015-02-05
6		铸锻工业大气污染物排放标准	DB 12/764-2018	2018-01-30	2018-02-01
7		钢铁工业大气污染物排放标准	DB12/ 1120-2022	2022-04-13	2022-05-01
8		平板玻璃工业大气污染物排放标准	DB12 1100—2021	2021-11-05	2021-11-15
9	河北	工业炉窑大气污染物排放标准	DB 13/1640-2012	2012-11-28	2013-04-01
10		钢铁工业大气污染物超低排放标准	DB 13/2169-2018	2018-09-19	2019-01-01
11		炼焦化学工业大气污染物超低排放标准	DB 13/2863-2018	2018-09-19	2019-01-01
12		平板玻璃工业大气污染物超低排放标准	DB13/ 2168-2020	2020-03-13	2020-05-01
13		水泥工业大气污染物超低排放标准	DB13/ 2167-2020	2020-03-13	2020-05-01
14		陶瓷工业大气污染物排放标准	DB13/ 5214-2020	2020-08-04	2020-11-01
15	山西	钢铁工业大气污染物排放标准	DB14/T2249-2020	2020-12-22	2021-01-01
16		耐火材料工业大气污染物排放标准	DB14/ 2800—2023	2023-08-03	2024-02-02

序号	省市	标准名称	标准编号	批准日期	实施日期
17	辽宁	镁质耐火材料工业大气污染物排放标准	DB 21/3011-2018	2018-08-09	2019-01-01
18	上海	工业炉窑大气污染物排放标准	DB 31/860-2014	2015-01-19	2015-02-01
19	江苏	工业炉窑大气污染物排放标准	DB32/ 3728-2020	2020-01-06	2020-02-01
20		木材加工行业大气污染物排放标准	DB32 / 4436-2022	2022-12-28	2023-03-28
21		水泥工业大气污染物排放标准	DB32/ 4149-2021	2021-12-09	2022-07-01
22	浙江	化学纤维工业大气污染物排放标准	DB33/ 2563-2022	2022-12-30	2023-01-30
23	安徽	水泥工业大气污染物排放标准	DB 34/3576-2020	2020-03-23	2020-04-01
24		砖瓦工业大气污染物排放标准	DB34/ 4362-2023	2023-02-03	2023-05-01
25		玻璃工业大气污染物排放标准	DB34/ 4295-2022	2022-10-14	2022-12-01
26	福建	水泥工业大气污染物排放标准	DB 35/1311-2013	2020-03-23	2013-04-01
27		厦门市大气污染物排放标准	DB 35/323-2018	2018-12-03	2018/12/15
28	山东	建材工业大气污染物排放标准	DB 37/2373-2018	2018-07-03	2019-01-01
29		区域性大气污染物综合排放标准	DB 37/2376-2019	2019-06-03	2019-11-01
30		工业炉窑大气污染物排放标准	DB 37/2375-2019	2019-06-03	2019-11-01
31		钢铁工业污染物排放标准	DB 37/990-2019	2019-06-03	2019-11-01
32	河南	铅冶炼工业污染物排放标准	DB 41/684-2011	2011-08-31	2013-01-01

序号	省市	标准名称	标准编号	批准日期	实施日期
33		工业炉窑大气污染物排放标准	DB41/ 1066-2020	2020-05-13	2016-01-01
34		钢铁工业大气污染物排放标准	DB41/ 1954-2020	2020-05-13	2020-06-01
35		铝工业污染物排放标准	DB41/ 1952-2020	2020-05-13	2020-06-01
36		炼焦化学工业大气污染物排放标准	DB41/ 1955-2020	2020-05-13	2020-06-01
37		水泥工业大气污染物排放标准	DB41/ 1953-2020	2020-05-13	2020-06-01
38		砖瓦工业大气污染物排放标准	DB41/ 2234-2022	2022-02-18	2022-03-25
39		耐火材料工业大气污染物排放标准	DB41/ 2166-2021	2020-12-03	2022-01-01
40		黄金冶炼行业污染物排放标准	DB41/ 2088-2021	2021-01-20	2021-03-01
41		广东	玻璃工业大气污染物排放标准	DB 44/2159-2019	2019-06-28
42	陶瓷工业大气污染物排放标准		DB 44/2160-2019	2019-06-28	2019-08-01
43	重庆	工业炉窑大气污染物排放标准	DB 50/659-2016	2016-01-22	2016-02-01
44		砖瓦工业大气污染物排放标准	DB 50/657-2016	2016-01-22	2016-02-01
45		水泥工业大气污染物排放标准	DB 50/656-2016	2016-01-01	2016-02-01
46	四川	水泥工业大气污染物排放标准	DB51/ 2864-2021	2021-12-08	2022-07-01
47	陕西	关中地区重点行业大气污染物排放限值	DB 61/941-2014	2018-12-29	2015-01-01

7.2 本文件与国家及其他省份同类标准的对比

7.2.1 水泥工业相关标准

表 13 国家和地方水泥工业标准中污染物排放限值

国家/省市	标准名称及标准号	标准限值 (mg/m ³)		
		PM	SO ₂	NO _x
国家	《水泥工业大气污染物排放标准》 (GB 4915-2013)	30 20 (特排限值)	200 100 (特排限值)	400 320 (特排限值)
福建	《水泥工业大气污染物排放标准》 (DB 35/1311-2013)	30	100	400
北京	《水泥工业大气污染物排放标准》 (DB 11/1054-2013)	20	20	200
陕西	《关中地区重点行业大气污染物排放限值》 (DB 61/941-2014)	20	100	260
重庆	《水泥工业大气污染物排放标准》 (DB 50/656-2016)	15	100	250
安徽	《水泥工业大气污染物排放标准》 (DB 34/3576-2020)	10	50	100
河南	《水泥工业大气污染物排放标准》 (DB 41/1953-2020)	10	35	100
河北	《水泥工业大气污染物超低排放标准》 (DB 13/2167-2020)	10	30	50

国家/省市	标准名称及标准号	标准限值 (mg/m ³)		
		PM	SO ₂	NO _x
四川	《水泥工业大气污染物排放标准》 (DB 51/2864-2021)	10	35	100
江苏	《水泥工业大气污染物排放标准》 (DB 32/4149-2021)	10	35	50
	本文件	10	35	50

7.2.2 钢铁工业相关标准

表 14 国家和地方钢铁工业标准中颗粒物浓度排放限值

国家/省市	标准名称及标准号	炉窑类型	标准限值 (mg/m ³)	特别排放限值 (mg/m ³)
国家	《钢铁烧结、球团工业大气污染物排放标准》 (GB 28662-2012)	烧结机、球团焙烧设备	50	40
		烧结机机尾、带式焙烧机机尾	30	20
	《炼铁工业大气污染物排放标准》 (GB 28663-2012)	热风炉	20	15
		高炉出铁场	25	15
	《炼钢工业大气污染物排放标准》 (GB 28664-2012)	转炉 (一次烟气)	50	50
		转炉 (二次烟气)、电炉、精炼炉	20	15

国家/ 省市	标准名称及标准号	炉窑类型	标准限值 (mg/m ³)	特别排放 限值 (mg/m ³)
	《石灰、电石工业大气污染物排放标准》 (GB 41618-2022)	石灰窑、白云石窑焙烧	30	30
	《轧钢工业大气污染物排放标准》 (GB 28665-2012)	热处理炉	20	15
	《铁合金工业污染物排放标准》 (GB 28666-2012)	半封闭炉、敞口炉、精炼炉	50	30
	《铸造工业大气污染物排放标准》 (GB 39726-2020)	冲天炉	40	
		燃气炉、熔炼(化)炉、保温炉及造型、落砂、清理、制芯、浇注、砂处理、废砂再生、热处理、表面涂装等生产工序	30	
	《炼焦化学工业污染物排放标准》 (GB 16171-2012)	焦炉烟囱、粗苯管式炉、半焦烘干和氨分解炉等 燃用焦炉煤气的设施	30	15
北京	《铸锻工业大气污染物排放标准》 (DB 11/914-2012)	铸锻工业	10	
天津	《铸锻工业大气污染物排放标准》 (DB 12/764-2018)	铸造、锻造行业	15	
	《钢铁工业大气污染物排放标准》 (DB 12/1120-2022)	炼焦(管式炉及其他生产设施)、烧结(烧结机 头机尾、球团焙烧及其他生产设备)、炼铁(热 风炉、原料系统及其他生产设施)、炼钢(转炉 (二次烟气)、电炉及其他生产设施)、轧钢(热 轧精轧机、热处理炉、拉矫、精整等)	10	
		转炉(一次烟气)、钢渣处理	50	

国家/ 省市	标准名称及标准号	炉窑类型	标准限值 (mg/m ³)	特别排放 限值 (mg/m ³)
		废酸再生	30	
河北	《钢铁工业大气污染物超低排放标准》 (DB 13/2169-2018)	烧结机头、球团焙烧设备	40	
		烧结机尾、带式焙烧机机尾以及其他生产设备、轧钢精轧机、高炉炼铁(热风炉)、炼钢电炉及其他生产设施、轧钢(热处理炉、拉矫、精整、抛丸、修磨、焊接机及其他生产设施)	20	
		高炉出铁场、炼钢混铁炉及铁水预处理(包括倒灌、扒渣等)、转炉(二次烟气)、精炼炉、高炉炼铁(原料系统、煤粉系统、其他生产设施)	15	
		炼钢(转炉)	50	
		炼钢连铸切割及火焰清理、石灰窑、白云石窑	30	
	《炼焦化学工业大气污染物超低排放标准》 (DB 13/2863-2018)	炼焦化学工业	10	
山西	《钢铁工业大气污染排放标准》 (DB 14/T2249-2020)	炼钢钢渣处理	50	
		炼钢转炉(一次烟气)	30	
		钢铁行业其他生产工序或设施	10	
山东	《钢铁工业污染物排放标准》 (DB 37/990-2019)	烧结、炼铁、轧钢、铁合金、炼钢(其他生产工艺或生产设施)	10	
		炼钢(转炉一次烟气、钢渣处理)	20	

国家/ 省市	标准名称及标准号	炉窑类型	标准限值 (mg/m ³)	特别排放 限值 (mg/m ³)
河南	《钢铁工业大气污染物排放标准》 (DB 41/1954-2020)	炼钢(转炉(一次烟气)、钢渣处理)、轧钢(废 酸再生)	20	
		烧结(球团)、炼铁、炼钢(电炉及其他生产设施)、 轧钢(精轧机、热处理炉及其他生产设施)	10	
	《炼焦化学工业大气污染物排放标准》 (DB 41/1955-2020)	炼焦化学工业	10	
	本文件	烧结(球团)、炼焦、炼铁、炼钢、轧钢	10	

表 15 国家和地方钢铁工业标准中 SO₂ 浓度排放限值

国家/ 省市	标准名称及标准号	炉窑类型	标准限值 (mg/m ³)	特别排放限 值(mg/m ³)
国家	《钢铁烧结、球团工业大气污染物排放标 准》(GB 28662-2012)	烧结机、球团焙烧设备	200	180
	《炼铁工业大气污染物排放标准》 (GB 28663-2012)	热风炉	100	100
	《轧钢工业大气污染物排放标准》 (GB 28665-2012)	热处理炉	150	150
	《石灰、电石工业大气污染物排放标准》 (GB 41618-2022)	石灰窑	200	
	《铸造工业大气污染物排放标准》	冲天炉	200	

国家/省市	标准名称及标准号	炉窑类型	标准限值 (mg/m ³)	特别排放限值 (mg/m ³)
	(GB 39726-2020)	燃气炉、热处理设备	100	
		砂处理及废砂再生设备	150	
	《炼焦化学工业污染物排放标准》 (GB 16171-2012)	焦炉烟囱(机焦、半焦炉)、粗苯管式炉、半焦烘干和氨分解炉等燃用焦炉煤气的设施	50	30
		热回收焦炉	100	30
北京	《铸锻工业大气污染物排放标准》 (DB 11/914-2012)	铸锻工业	20	
天津	《铸锻工业大气污染物排放标准》 (DB 12/764-2018)	铸造、锻造行业	20	
		炼焦(焦炉烟囱、推焦、管式炉等燃用煤气的设施)、炼钢(石灰窑、白云石窑焙烧)	30	
	《钢铁工业大气污染物排放标准》 (DB 12/1120-2022)	炼焦(装煤)	70	
		炼焦(干法熄焦)、炼铁(热风炉)、轧钢(热处理炉)	50	
河北	《钢铁工业大气污染物超低排放标准》 (DB 13/2169-2018)	烧结机头、球团焙烧设备	180	
		高炉炼铁(热风炉)、炼钢(石灰窑、白云石窑)	80	
		轧钢(热处理炉)	150	
	《炼焦化学工业大气污染物超低排放标准》 (DB 13/2863-2018)	推焦、焦炉烟囱、管式炉等燃用焦炉煤气的设施	30	
		装煤及炉头烟气	70	

国家/ 省市	标准名称及标准号	炉窑类型	标准限值 (mg/m ³)	特别排放限 值(mg/m ³)
		干法熄焦	80	
山西	《钢铁工业大气排放标准》 (DB 14/T2249-2020)	烧结机头、球团焙烧设备	35	
		炼铁(热风炉)、炼钢(石灰窑、白云石窑)、 轧钢(热处理炉)	50	
山东	《钢铁工业污染物排放标准》 (DB 37/990-2019)	烧结	35	
		炼铁、轧钢	50	
河南	《钢铁工业大气污染物排放标准》 (DB 41/1954-2020)	烧结(球团)	35	
		炼铁、轧钢	50	
	《炼焦化学工业大气污染物排放标准》 (DB 41/1955-2020)	推焦、焦炉烟囱、管式炉等燃用焦炉煤气的设施	30	
		干法熄焦	50	
		装煤及炉头煤气	70	
本文件		烧结机机头、球团竖炉、链篦机回转窑、带式球团焙烧机	35	
		焦炉烟囱	30	
		干法熄焦、炼铁热风炉、轧钢热处理炉	50	

表 16 国家和地方钢铁工业标准中 NO_x 浓度排放限值

国家/ 省市	标准名称及标准号	炉窑类型	标准限值 (mg/m ³)	特别排放限 值(mg/m ³)
国家	《钢铁烧结、球团工业大气污染物排放标准》 (GB 28662-2012)	烧结机、球团焙烧设备	300	300
	《炼铁工业大气污染物排放标准》 (GB 28663-2012)	热风炉	300	300
	《石灰、电石工业大气污染物排放标准》 (GB 41618-2022)	石灰窑	300	
	《轧钢工业大气污染物排放标准》 (GB 28665-2012)	热处理炉	300	300
	《铸造工业大气污染物排放标准》 (GB 39726-2020)	燃气炉	400	
		冲天炉、砂处理及废砂再生设备、热处理设备	300	
	《炼焦化学工业污染物排放标准》 (GB 16171-2012)	焦炉烟囱（机焦、半焦炉）	500	150
		热回收焦炉、粗苯管式炉、半焦烘干和氨分解炉等燃用焦炉煤气的设施	200	150
北京	《铸锻工业大气污染物排放标准》 (DB 11/914-2012)	铸锻工业	150	
天津	《铸锻工业大气污染物排放标准》 (DB 12/764-2018)	铸造、锻造行业	100	
	《钢铁工业大气污染物排放标准》 (DB 12/1120-2022)	炼焦（焦炉烟囱、管式炉等燃用煤气的设施）、 炼钢（石灰窑、白云石窑焙烧）	150	

国家/ 省市	标准名称及标准号	炉窑类型	标准限值 (mg/m ³)	特别排放限 值(mg/m ³)
		烧结(烧结机头、球团焙烧设备)	50	
		炼铁(热风炉)、轧钢(热处理炉)	200	
河北	《钢铁工业大气污染物超低排放标准》 (DB 13/2169-2018)	烧结机头、球团焙烧设备、高炉炼铁(热风炉)、 轧钢(热处理炉)	300	
		炼钢(石灰窑、白云石窑)	400	
	《炼焦化学工业大气污染物超低排放标准》 (DB 13/2863-2018)	焦炉烟囱	130	
		管式炉等燃用焦炉煤气的设施	150	
山西	《钢铁工业大气污染排放标准》 (DB 14/T2249-2020)	烧结机头、球团焙烧设备	50	
		炼铁(热风炉)、炼钢(石灰窑、白云石窑)、 轧钢(热处理炉)	200	
山东	《钢铁工业污染物排放标准》 (DB 37/990-2019)	烧结	50	
		炼铁、轧钢	150	
河南	《钢铁工业大气污染物排放标准》 (DB 41/1954-2020)	烧结(球团)	50	
		炼铁、轧钢	150	
	《炼焦化学工业大气污染物排放标准》 (DB 41/1955-2020)	焦炉烟囱	100 50(建成 区)	

国家/ 省市	标准名称及标准号	炉窑类型	标准限值 (mg/m ³)	特别排放限 值(mg/m ³)
		管式炉等燃用焦炉煤气的设施	150 50 (建成 区)	
	本文件	烧结机机头、球团竖炉、链篦机回转窑、带式 球团焙烧机	50	
		焦炉烟囱	150	
		炼铁热风炉、轧钢热处理炉	200	

7.2.3 砖瓦工业相关标准

表 17 国家和地方砖瓦工业标准中污染物排放限值

国家/省市	标准名称及标准号	标准限值 (mg/m ³)		
		PM	SO ₂	NO _x
国家	《砖瓦工业大气污染物排放标准》(GB 29620-2013)	30	300	200
重庆	《砖瓦工业大气污染物排放标准》(DB 50/657-2016)	30	200	200
山东	《建材工业大气污染物排放标准》(DB 37/2373-2018)	30	150	150
河南	《砖瓦工业大气污染物排放标准》(DB 41/2234-2022)	10	50	100
安徽	《砖瓦工业大气污染物排放标准》(DB 34/4362-2023)	10	50	100
	本文件	10	50	100

7.2.4 陶瓷工业相关标准

表 18 国家和地方陶瓷工业标准中污染物排放限值

国家/省市	标准名称及标准号	标准限值 (mg/m ³)		
		PM	SO ₂	NO _x
国家	《陶瓷工业污染物排放标准》(GB 25464-2010) 修改单	30	50	180
山东	《建材工业大气污染物排放标准》(DB 37/2373-2018)	10	35	120
广东	《陶瓷工业大气污染物排放标准》(DB 44/2160-2019)	20	30	100
河北	《陶瓷工业大气污染物排放标准》(DB 13/5214-2020)	10	30	100
	本文件	10	30	100

7.2.5 (次) 氧化锌工业相关标准

表 19 国家和地方相关标准中污染物排放限值

单位: mg/m³

国家/省市	标准名称及标准号	PM		SO ₂		NO _x	
		标准限值	特排限值	标准限值	特排限值	标准限值	特排限值
国家	《铅、锌工业污染物排放标准》(GB 25466-2010)	80	10	400	100		100
	《再生铜、铝、铅、锌工业污染物排放标准》(GB 31574-2015)	30	10	150	100	150	100
	《无机化学工业污染物排放标准》(GB 31573-2015)	30	10	400	100	400	100
	本文件	10		100		100	

7.2.6 有色金属废弃资源综合利用工业相关标准

表 20 国家和地方有色金属冶炼相关标准中颗粒物排放限值

国家/省市	标准名称及标准号		标准限值 (mg/m ³)	特别排放限值 (mg/m ³)
国家	《铝工业污染物排放标准》 (GB 25465-2010)	阳极焙烧炉、阴极焙烧炉	30	10
		氢氧化铝焙烧炉、石灰炉(窑)、 氧化铝熟料烧成窑	50	10
		石油焦煅烧炉(窑)	100	10
	《铅、锌工业污染物排放标准》(GB 25466-2010)		80	10
	《铜、镍、钴工业污染物排放标准》(GB 25467-2010)		80	10
	《镁、钛工业污染物排放标准》 (GB 25468-2010)	镁冶炼煅烧炉	150	10
		镁冶炼还原炉	50	10
		高钛渣电炉	70	10
	《稀土工业污染物排放标准》 (GB 26451-2011)	分解提取、萃取分组、分离	40	10
		金属及合金制取、稀土硅铁合金	50	10
	《钒工业污染物排放标准》(GB 26452-2011)		50	10
	《锡、锑、汞工业污染物排放标准》(GB 30770-2014)		30	

国家/省市	标准名称及标准号	标准限值 (mg/m ³)	特别排放限值 (mg/m ³)
	《再生铜、铝、铅、锌工业污染物排放标准》(GB 31574-2015)	30	10
河南	《铅冶炼工业污染物排放标准》(DB 41/684-2011)	30	
	《铝工业污染物排放标准》(DB 41/1952-2020)	10	
	《黄金冶炼行业污染物排放标准》(DB 41/2088-2021)	10	
	本文件	10	

表 21 国家和地方有色金属冶炼相关标准中 SO₂ 排放限值

国家/省市	标准名称及标准号	标准限值 (mg/m ³)	特别排放限值 (mg/m ³)	
国家	《铝工业污染物排放标准》(GB 25465-2010)	400	100	
	《铅、锌工业污染物排放标准》(GB 25466-2010)	400	100	
	《铜、镍、钴工业污染物排放标准》(GB 25467-2010)	400	100	
	《镁、钛工业污染物排放标准》(GB 25468-2010)	400	100	
	《钒工业污染物排放标准》(GB 26452-2011)	400	100	
	《锡、锑、汞工业污染物排放标准》(GB 30770-2014)	400	100	
	《稀土工业污染物排放标准》(GB 26451-2011)	300	100	
	《再生铜、铝、铅、锌工业污染物排放标准》(GB 31574-2015)	150	100	
河南	《铅冶炼工业污染物排放标准》(DB 41/684-2011)	250		
	《铝工业污染物排放标准》 (DB 41/1952-2020)	氧化铝石灰炉(窑)	50	
		氧化铝其他生产工序	100	
		电解铝生产、铝用碳素生产	35	
	《黄金冶炼行业污染物排放标准》 (DB 41/2088-2021)	火法冶炼(冶炼制酸系统)、 湿法冶炼(焙烧制酸系统)	50	
火法冶炼(环境集烟系统、 阳极泥综合回收系统)、 湿法冶炼(金泥氰化冶炼系统)		30		
	本文件	100		

表 22 国家和地方有色金属冶炼相关标准中 NO_x 排放限值

国家/省市	标准名称及标准号	标准限值 (mg/m ³)	特别排放限值 (mg/m ³)
国家	《铝工业污染物排放标准》(GB 25465-2010)	/	100
	《铅、锌工业污染物排放标准》(GB 25466-2010)	/	100
	《铜、镍、钴工业污染物排放标准》(GB 25467-2010)	/	100
	《镁、钛工业污染物排放标准》(GB 25468-2010)	/	100
	《钒工业污染物排放标准》(GB 26452-2011)	/	100
	《稀土工业污染物排放标准》(GB 26451-2011)	200	100
	《锡、锑、汞工业污染物排放标准》(GB 30770-2014)	200	
	《再生铜、铝、铅、锌工业污染物排放标准》(GB 31574-2015)	200	100
山东	《铝工业污染物排放标准》(DB 41/1952-2020)	100	
	《黄金冶炼行业污染物排放标准》(DB 41/2088-2021)	100	
	本文件	100	

7.2.7 其他工业炉窑相关标准

表 23 国家和地方工业炉窑相关标准中污染物排放限值

国家/ 省市	标准名称及标准号		标准限值 (mg/m ³)		
			PM	SO ₂	NO _x
国家	《工业炉窑大气污染物排放标准》 (GB 9078-1996)	一级	禁排	禁排	/
		二级	200	850	/
		三级	300	1200	/
北京	《大气污染物综合排放标准》 (DB 11/501-2017)		10	50 (燃气) 100 (燃煤、燃油、生物质)	100
天津	《工业炉窑大气污染物排放标准》 (DB 12/556-2015)		20 (燃气) 30 (燃煤、燃油、生物质)	50 (燃气) 100 (燃煤、燃油)	300
河北	《工业炉窑大气污染物排放标准》 (DB 13/1640-2012)		50	400	400
上海	《工业炉窑大气污染物排放标准》 (DB 31/860-2014)		20	100	200
江苏	《工业炉窑大气污染物排放标准》 (DB 32/3728-2019)		20	80	180
福建	《厦门市大气污染物排放标准》 (DB 35/323-2018)		30	200	200
山东	《区域性大气污染物综	核心控制区	5	35	50

国家/ 省市	标准名称及标准号		标准限值 (mg/m ³)		
			PM	SO ₂	NO _x
	合排放标准》 (DB 37/2376-2019)	重点控制区	10	50	100
		一般控制区	20	100	200
河南	《工业炉窑大气污染物排放标准》 (DB 41/1066-2020)		30	200	300
重庆	《工业炉窑大气污染物排放标准》 (DB 50/659-2016)		30	100	300 (燃气) 200 (其他)
	本文件		30	200	300

7.2.8 基准含氧量取值

表 24 国家和地方工业炉窑中基准含氧量取值

国家/省市	标准名称	基准含氧量 (O ₂) %
国家	《工业炉窑大气污染物排放标准》 (GB 9078-1996)	8.6 (根据过剩空气系数 1.7 折算)
河北	《工业炉窑大气污染物排放标准》 (DB 13/1640-2012)	8.6 (根据过剩空气系数 1.7 折算)
天津	《工业炉窑大气污染物排放标准》 (DB 12/556-2015)	8.6
上海	《工业炉窑大气污染物排放标准》 (DB 31/860-2014)	9
重庆	《工业炉窑大气污染物排放标准》 (DB 50/659-2016)	9
北京	《大气污染物综合排放标准》 (DB 11/501-2017)	9
山东	《工业炉窑大气污染物排放标准》 (DB 37/2375-2019)	9
河南	《工业炉窑大气污染物排放标准》 (DB 41/1066-2020)	9
	本文件	9

8 实施本文件的成本效益分析

8.1 实施本文件的环境效益

与原工业炉窑标准相比，本文件修订将对部分工业炉窑颗粒物、二氧化硫、氮氧化物等主要污染物的排放限值进行加严，污染物减排效益显著，据测算，标准全面实施后，二氧化硫、氮氧化物、颗粒物排放量预计将分别减少 30-50%左右。本文件实施后，将有效控制我省工业炉窑大气污染物排放，促进工业炉窑科技进步和清洁生产，对促进工业炉窑相关行业降低污染物排放强度、落实主要污染物总量减排要求，持续改善我省环境空气质量具有重要作用。

8.2 实施本文件的成本分析

随着“蓝天保卫战”的深入推进，国家和地方大气污染防治政策及管控要求日益严格，工业炉窑综合整治已连续多年作为我省污染防治攻坚战“夏季攻势”的重要措施，累计实施除尘脱硫脱氮等项目 300 余个，但由于不同行业环保管理要求不尽相同及不同区域环境管理的差异，加之污染治理工艺技术适用性差别等因素，目前，我省工业炉窑企业综合整治改造实施进展程度存在一定的差异。

本文件废气颗粒物达标技术路线主要是基于袋式除尘器，袋式除尘器成本主要包括设备投资成本和运行成本。设备投资成本主要与处理风量有关，风量越大、设备本体越大、投资成本越高，目前颗粒物治理措施工艺路线已基本成熟。

烟气二氧化硫尚未采取脱硫措施的企业，在不考虑经济因素的前提下，从燃料改为天然气或采取湿法烟气脱硫措施可以有效控制烟气中二氧化硫排放水平。以天然气、电能为燃料的工业炉窑一般无需设

置脱硫设施，或在湿法除尘系统中加碱吸收，二氧化硫排放浓度即可达标；以燃煤或焦炭为燃料的工业炉窑，由于烟气中二氧化硫浓度相对较高，仅依托末端治理较难达到上述排放控制要求，需综合控制燃料硫分并实施严格的末端治理，或从根本上提高炉窑技术装备水平，改造炉窑燃料，以达到排放标准要求；对以煤制气为燃料的工业炉窑，可采取干法或湿法脱硫工艺，实施煤制气的净化脱硫处理，脱硫效率达到 90%以上，以此控制二氧化硫排放达到本文件要求。

脱硝方面，多数工业炉窑为热力型氮氧化物，由于燃烧温度相对不高，氮氧化物排放浓度相对较低，一般可控制在 400 mg/m^3 。目前由于多数工业炉窑规模较小，废气量及废气温度无法满足实施脱硝治理的要求，而实施富氧或纯氧助燃成本过高，且应用于一般工业炉窑的技术成熟度不高，因此绝大多数工业炉窑未采取氮氧化物控制措施，只有个别企业已完成脱硝技术改造，其他企业目前正在按照各地市的深度治理要求进行改造。工业炉窑企业可根据各自的炉窑工艺运行特点，采取烟气循环工艺、低氮燃烧、分级燃烧、选择性催化还原（SCR 法）、选择性非催化还原（SNCR）或 SCR+SNCR 组合等成熟高效技术进行烟气脱硝。目前我省已有部分企业采用上述技术的应用实例，但部分行业由于浓度低、废气成份复杂等因素导致 SCR、SNCR 等脱硝工艺难以稳定运行或成本较高，需加大技术研发力度。

（1）水泥行业

调研结果表明，采用袋式除尘、电袋复合除尘等技术对水泥窑烟气中颗粒物进行脱除后，窑尾颗粒物排放浓度可满足本标准中制定的颗粒物排放限值（ 10 mg/m^3 ）。目前我省现有水泥企业 85%在用生产

线 NO_x 排放浓度可稳定实现 $100\text{mg}/\text{m}^3$ 以下，44%的生产线 NO_x 排放浓度可实现在 $50\text{mg}/\text{m}^3$ 以下。因此，本标准实施后，重点是 NO_x 控制要求的提升，要求稳定在 $50\text{mg}/\text{m}^3$ 以下，大部分的水泥企业仍需要进一步进行脱硝改造。除选取源头上实现入料精细化管理，煅烧过程中严格通过控制烧成温度，扩大分解炉分级燃烧还原区、减少漏风、调整喷氨量等措施外，应综合考虑 SCR 脱硝技术。

以某水泥企业 $5000\text{t}/\text{d}$ 为例，采用 SCR 脱硝技术，目前国内外案例较多的高温高尘和高温中尘的运行成本分析，工程一次性总投资为 2500 万元左右，运行期间氨水使用量下降至约 $2\text{kg}/\text{吨熟料}$ 。高温高尘布置系统温降为 $5\text{--}10^\circ\text{C}$ ；高温中尘布置系统温降为 $10\text{--}15^\circ\text{C}$ 。氨水以 $700\text{元}/\text{t}$ 计，电费以 $0.6\text{元}/\text{kWh}$ 计。此外氨水用量大幅减少，氨逃逸量下降，降低下游设备的维护费用约 $30\text{--}50\text{万元}/\text{a}$ ，如减少布袋更换的频率等。 NO_x 排放浓度下降，可减少企业应交环境保护税。

（2）钢铁行业

通过调研代表性钢铁长流程企业环保治理设施投资、运行成本，钢铁企业所有工序有组织排放节点均达到本文件钢铁行业排放标准限值要求，环保投资占总投资的 $12\% \sim 18\%$ ；环保设施运行成本在 $120 \sim 240\text{元}/\text{吨钢}$ （含折旧），占总生产成本 $8\% \sim 12\%$ 。以投运成本较高的烧结机头、球团焙烧烟气脱硫脱硝为例，对于现行脱硫后烟气排放可满足 GB28662-2012 特别排放限值要求的成本统计：

①湿法脱硫技术

湿法脱硫技术主要包括石灰石/石灰-石膏法、氧化镁法等，可实现对烟气中 SO_2 的高效脱除，副产物为脱硫石膏，通常外售给水泥企

业作为掺混料。投资强度约为 15~20 万元/m² 烧结机，运行成本 3~6 元/吨烧结矿。

②半干法脱硫技术

半干法脱硫技术主要包括 CFB 循环流化床法、SDA 旋转喷雾法等，此法将实现 90% 以上的脱硫效率，投资强度约为 18~23 万元/m² 烧结机，运行成本 3~8 元/吨烧结矿。

③活性炭/焦干法脱硫技术

活性炭/焦以物理-化学吸附为基础，实现 SO₂ 的高效吸附脱除，整个工艺过程无废水和固废产生，解析制得硫酸可进行资源综合利用。投资强度约为 38~43 万元/m² 烧结机，运行成本 15~18 元/吨烧结矿（不含折旧）。

从目前钢铁行业企业按本文件实施后排放水平来看，同样对烧结机机头、球团焙烧烟气脱硫脱硝技术投运成本进行分析比较。

①活性炭/焦协同脱硫脱硝技术

该技术分为错流式与逆流式两类，可协同去除 SO₂、NO_x、重金属、二噁英等多种污染物。通过延长活性炭与烟气的接触时间、串联一级活性炭层等方式的早期活性焦一体化设施，处理后的烧结机头烟气，均可满足本文件排放限值要求。投资强度大概在 40~50 万元/m² 烧结机，项目建成后吨烧结矿运行成本约在 17~25 元。

（2）脱硫串接中温 SCR 脱硫脱硝技术

将中温 SCR 脱硝装置前置或后置于烧结烟气湿法、半干法脱硫装置，反应后烟气经 GGH 换热器换热后实现热源循环利用，其中催化剂设计使用寿命为 2~3 年。此法将实现 80% 以上的 NO_x 脱除效率与 95%

以上的脱硫效率，可满足超低排放限值要求，但需控制氨逃逸问题。投资强度大概在 20~40 万元/m² 烧结机，预计运行成本吨烧结矿 10~14 元。

烧结机头、球团焙烧烟气超低改造的成本上升主要是因为引入脱硝环节产生。据测算，NO_x 浓度按超低排放要求加严至 50 毫克/立方米以内时，治理费用为 13000 元/吨以上。与火电行业对比，火电厂应用脱硝装置后达到超低排放限值时，NO_x 治理费用 17222 元/吨。与炼焦行业对比，炼焦化学工业排污单位焦炉烟气 NO_x 治理费用为 13922 元/吨，综合比较，钢铁行业烧结、球团工序改造治理费用与其他重点工业投资额度总体来看相差不大，具备经济可行性。

综合分析长流程企业全面达到超低排放要求的成本，以 500 万吨钢铁联合企业为例，脱硫脱硝与除尘等有组织排放治理设施合计一百余台；无组织排放源清单节点多达 2000 余个，实施全流程超低改造后一次性投资将达 20 亿元左右，吨钢运行成本较当前达国家特排限值要求约上升 40~50 元/吨钢。根据我省当前钢铁工业企业产能情况进行核算，实施本文件，完成我省内钢铁企业全流程超低排放改造总投资约 10 亿元，但就当前我省钢铁企业利润在 150 亿元以上的现状来看，改造总费用约占全省钢铁企业年利润的 6% 左右，因此认为可通过部分直接利润参与投资完成改造。综合上述情况来看，本文件的实施具备经济可行性。

（3）焦化行业

颗粒物：据企业实际调研运行情况，焦炉烟气一般采用“湿法脱硫+湿式电除尘”或“干法/半干法脱硫+布袋除尘”，颗粒物排放浓

度控制在 $20\text{mg}/\text{m}^3$ 以下。通过更换布袋和滤料，加强管理，可将颗粒物排放浓度控制在 $10\text{mg}/\text{m}^3$ 以下。

SO_2 : 焦炉烟气 SO_2 初始浓度较低，一般为 $50 \sim 300\text{mg}/\text{m}^3$ ，采用湿法或半干法脱硫，特别是湿法脱硫效率较高，去除效率可达 95%， SO_2 排放浓度目前控制在 $25\text{mg}/\text{m}^3$ 以下。通过加强管理， SO_2 排放浓度仍有下行的空间，可控制在 $15\text{mg}/\text{m}^3$ 以下。

NO_x : 焦炉烟气 NO_x 初始浓度一般为 $700 \sim 800\text{mg}/\text{m}^3$ (4.3 米焦炉)、 $800 \sim 1400\text{mg}/\text{m}^3$ (5.5 米焦炉)。由典型案例可知，目前焦化企业采用烟气再循环装置+中低温 SCR 工艺（或活性炭协同治理工艺），可将 NO_x 控制在 $150\text{mg}/\text{m}^3$ 以下。焦炉烟气 NO_x 若降低到 $100\text{mg}/\text{m}^3$ 以下，必须进行技术改造，如提升焦炉烟气温度、增加催化剂层数等。

5.5 米焦炉采用“中低温 SCR+余热锅炉+半干法脱硫（湿法脱硫）+布袋除尘（湿式电除尘）”净化工艺，污染治理设施投资约 2300 ~ 6000 万元，年运行费用约 2000 万元，生产吨焦的环保成本为 20 ~ 34 元；如采用活性炭协同治理工艺，污染治理设施投资约 6500 ~ 8000 万元，年运行费用约 1300 ~ 1800 万元，生产吨焦的环保成本为 16 ~ 33 元。我省两家独立焦化企业 22 万 m^3/h 烟气量，污染治理设施投资为 5000 万左右。

（4）砖瓦行业

目前，砖瓦企业每万块标砖平均总投资成本为 4000 元 ~ 7500 元。我省砖瓦企业常用环保设施以脱硫、除尘技术为主，采用“单独除尘”技术的投资成本占总成本的 0.2% ~ 0.7%，采用“脱硫除尘”技术的投资成本占总成本的 0.4% ~ 2.0%，采用“除尘+脱硫+脱硝一体化”

技术的投资成本占总成本的 0.7%~3.8%。考虑已有设施情况及改造工作量等因素，经综合测算，本文件发布后，按照每块标砖价格为 0.3 元计，平均每块标砖需增加环保治理成本 0.03 元~0.05 元，生产成本增加 10%~17%。

(5) 陶瓷行业

通过对我省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，企业对环保投入较大，有的甚至达到上千万人民币，由于排放的污染物量较大，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。一是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、液化石油气和焦炉煤气等能源作为污染预防技术，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，不会增加行业在能源和环保方面的成本。二是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，仅在增加脱硝技术设备安装方面一次性投入较大。三是在治理技术方面，大气污染治理设施的投资和运行费用与产品品种、生产能力、烟气量、技术装备水平等密切相关，对于日产 1 万平方米的干压成型的建筑陶瓷制造企业，达标排放的环保设施投资一般在 500 万元~800 万元之间，增加的运行成本为约 0.2 元/ m^2 ~1.0 元/ m^2 ，从前期调研来看，

企业通过升级改造后提升竞争力和产品附加值，对于增加技术成本投入是可以接受的。

对于（次）氧化锌工业和有色金属废弃资源综合利用工业，本标准限值与我省目前相关行业大部分企业所执行的限值要求一致，因此大部分企业无需开展改造，部分企业可能存在颗粒物等超标现象，通过安装高效除尘设施等均可解决，成本较低。

9 标准实施建议

9.1 防治技术措施建议

工业炉窑的原料储存、转运、破碎等环节颗粒物无组织排放较为严重，管控相对薄弱，建议进一步加强管理；工业炉窑所用燃料对污染防治技术和排放情况影响较大，建议各类炉窑采用电、天然气等清洁燃料，从源头减少污染物的产生；建议在工业炉窑各生产装置和环节设立局部或整体气体收集系统，实现工业炉窑全过程污染控制。

9.2 管理措施建议

多数工业炉窑由于规模相对较小，污染物排放量不大，不在国家、省、市重点排污单位名录范围内，也未安装污染源自动在线监控设备，监管相对薄弱。建议加强工业炉窑使用单位的环境监管，保证标准的实施和执行。

9.3 相关科研建议

工业炉窑种类繁多，烟气成份差异较大，常规的治理工艺并不适用于所有炉窑，建议针对达标排放难度大、常规工艺治理效果不佳的工业炉窑，加快研究和探索污染物处理效果好、运行稳定的炉窑烟气治理技术，确保各类工业炉窑烟气达标排放。