

工业炉窑大气污染物排放标准

（二次征求意见稿）

编制说明

江苏省环境监测中心

二〇一九年二月十五日

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.....	5
2.1 工业炉窑分类.....	5
2.2 本标准适用工业炉窑及目前执行标准.....	5
2.3 江苏省工业炉窑概况.....	7
2.4 我国工业炉窑发展概况.....	11
3 标准制修订的必要性分析.....	11
3.1 国家、省及生态环境主管部门的相关要求.....	11
3.2 国家、省相关产业政策及行业发展规划中的环保要求.....	13
3.3 江苏省工业炉窑大气污染物排放情况.....	13
3.4 工业炉窑清洁生产工艺的最新进展.....	16
3.5 现行国标存在的主要问题.....	18
3.6 现行国标与行业排放标准的关系.....	19
3.7 其他省市已实施的地方标准.....	19
4 工业炉窑大气污染物产排污情况及污染控制技术分析.....	20
4.1 适用本标准工业炉窑主要生产工艺.....	20
4.2 工业炉窑大气污染物产排污情况.....	20
4.3 江苏省工业炉窑大气污染物排放现状.....	20
4.4 工业炉窑污染控制技术分析.....	22
4.5 工业炉窑大气污染物治理情况.....	27
5 标准主要技术内容及确定依据.....	30
5.1 标准适用范围.....	30
5.2 标准结构框架.....	30
5.3 术语和定义.....	32
5.4 污染物控制项目的选择.....	32
5.5 污染物控制指标和平均时间.....	33
5.6 污染物排放限值的确定及制定依据.....	33
5.7 大气污染物基准氧含量排放浓度折算方法.....	49
5.8 相关技术规定和监测要求.....	51
6 主要国家、地区和我国其他省市相关排放标准研究.....	53
6.1 主要大气污染物与国内相关排放标准比较.....	53
6.2 主要大气污染物与国外相关排放标准比较.....	57
6.3 特征大气污染物与国内外相关排放标准比较.....	60
7 实施本标准的技术经济及环境效益分析.....	61
7.1 实施本标准的技术经济分析.....	61
7.2 现有工业炉窑达标率分析.....	63
7.3 实施本标准的环境（污染物减排）效益分析.....	66

《工业炉窑大气污染物排放标准》编制说明

1 项目背景

1.1 任务来源

为推进江苏省工业炉窑大气污染防治工作，完善地方环境保护标准体系，适应社会、经济、科学技术发展，2014年9月30日，经江苏省财政厅批准（苏财建〔2014〕280号），原江苏省环保厅将“江苏省工业炉窑大气污染物排放标准制定”列入了2014年度江苏省环保科研课题项目范围。

2018年5月3日，原江苏省质量技术监督局发文（苏质监标发〔2018〕69号），将江苏省“工业炉窑大气污染物排放限值”列入2018年度第一批江苏省地方标准制修订项目。

为了与已发布的国家、地方污染物排放标准名称保持统一、协调、一致，根据《国家大气污染物排放标准制订技术导则》（HJ 945.1-2018）中3.1对“大气污染物排放标准”的定义，本标准名称继续沿用江苏省“工业炉窑大气污染物排放标准”。

本标准制定承担单位为江苏省环境监测中心，合作单位为徐州科融环境资源股份有限公司、江苏省苏力环境科技有限公司。

1.2 工作过程

根据《中华人民共和国环境保护法》第十条，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。

根据原江苏省质量技术监督局立项文件要求，本标准文本的结构、起草表述规则和编排格式，按照《标准化工作导则 第1部分：标准的结构和编写》（GB/T 1.1-2009）的要求编写，并兼顾了《环境保护标准编制出版技术指南》（HJ 565-2010）、《国家大气污染物排放标准制订技术导则》（HJ 945.1-2018）的要求。

本标准的编制说明，按照GB/T 1.1-2009和原江苏省环保厅“编写江苏省污染物排放标准编制说明暂行要求”的要求编写。

本标准制订各阶段工作，参照《国家环境保护标准制修订工作管理办法》（国环规科技〔2017〕1号）的要求开展，主要工作过程如下：

（1）成立标准编制组

2014年10月，江苏省环境监测中心、徐州科融环境资源股份有限公司、江苏省苏力环境科技有限公司组成标准编制组，联合承担了江苏省工业炉窑大气污染物排放标准的制定工作。

（2）完成开题论证报告，确定标准制定的基本原则和技术路线

2014年10月，编制组完成了“江苏省工业炉窑大气污染物地方排放标准研究开题报告”，确定了标准制定的基本原则和技术路线、拟开展的主要工作以及项目组织与管理等。

标准的制定应体现标准的科学性、可行性、时间性和可操作性。本标准制定的基本原则有：①选择与工业炉窑排放大气污染物密切相关的控制项目。②标准区分现有工业炉窑和新建工业炉窑，对于现有工业炉窑排气筒大气污染物排放，给予一年左右的整改时间。③排放限值的制定依据为推进清洁能源替代改造，兼顾污染控制技术的可达性和经济技术可行性等因素，结合江苏省环境管理要求以及江苏省部分工业炉窑大气污染物排放实测数据，参考相关行业排放标准、其他省市工业炉窑大气污染物排放标准。

本标准制定采用的技术路线见图 1-1。

(3) 相关排放标准、资料的收集和研究

2014 年 11 月~2015 年 3 月, 编制组较为全面地收集了河北省、山东省、上海市、天津市、河南省、重庆市等地方工业炉窑大气污染物排放标准及编制说明, 同时收集了有关工业炉窑污染控制的期刊文献, 对现行《工业炉窑大气污染物排放标准》(GB 9078-1996) (以下简称“现行国标”) 及相关行业污染物排放标准进行梳理和分析, 总结制定江苏省工业炉窑大气污染物排放标准的必要性和可行性。

(4) 调研和监测数据收集

2014 年 12 月~2016 年 7 月, 编制组收集、分析了近年来江苏省环境监测中心及各市、县(区)环境监测系统编制的建设项目竣工环保验收监测报告、企业委托监测报告(涉及本标准适用范围内工业炉窑), 了解建设项目工程概况、生产工艺, 重点了解工业炉窑类别、大气污染物排放及防治措施、执行排放标准、排放浓度现状、环评批复要求以及企业的具体落实情况等信息, 并收集了环境管理监督监测、企业自行监测等工业炉窑监测数据, 对典型工业炉窑进行现场测试。

编制组总收集江苏省各类工业炉窑大气污染物排放监测数据约 400 台, 其中适用本标准工业炉窑 250 多台。

收集分析 2007 年江苏省第一次污染物普查数据、2012~2015 年江苏省环境统计年报数据, 了解江苏省工业炉窑数量、分布及污染物排放等基本情况。

同江苏省冶金协会、铸造协会及环保系统工作人员座谈, 了解江苏省工业炉窑技术装备及大气污染物排放情况。与环境监测系统工作人员座谈, 找出现行国标使用过程中存在问题。咨询上海、山东等地工业炉窑大气污染物排放标准编制组专家, 借鉴标准编制工作经验教训。

对典型工业炉窑进行现场考察, 实地了解生产工艺、炉窑类别、炉窑使用燃料, 了解工业炉窑大气污染物的产生、治理、排放情况、治理设施投资及运行费用, 了解企业对煤改气的态度以及对制定本标准的态度。标准编制过程中, 与各级环保系统和企业保持沟通, 有针对性的咨询、了解相关情况, 解决问题。

2015 年 11 月 16 日~18 日, 编制组派员去常州参加了“第四届全国有色金属行业窑炉工程节能减排新技术与新装备研讨展洽会”, 了解窑炉工程节能减排新技术、新装备以及最新发展趋势等, 听取了成功应用案例专题介绍。

2016 年 3 月 31 日~4 月 1 日, 编制组派员去昆山参加了 2016 年度江苏铸造年会, 听取了铸造新工艺、新技术介绍, 新装备、新材料信息发布以及企业先进生产、管理专题报告; 会议期间还实地参观了 XX 有限公司工业炉窑。

(5) 标准初步制定和中期论证

在上述工作基础上, 编制组通过研究生产工艺、工业炉窑大气污染物排放因子、排放浓度、污染控制技术 & 处理成本等因素, 并参考国内外相关排放标准, 初步确定了大气污染物排放控制项目、标准限值。

2015 年 12 月 16 日, 编制组在南京召开了“江苏省工业炉窑大气污染物排放标准制定”中期汇报会, 课题中期成果通过了专家评审。

(6) 编制标准征求意见稿及编制说明, 通过技术审查

2016 年 1 月~9 月, 根据课题中期汇报会专家组意见, 进一步明确了适用本标准的工

业炉窑范围、大气污染物排放限值，补充完善了江苏省工业炉窑排放现状分析、污染控制技术分析和环境经济效益分析等，完成了江苏省《工业炉窑大气污染物排放标准（征求意见稿）》和编制说明。

2016年10月21日，由原江苏省环保厅在南京主持召开，江苏省《工业炉窑大气污染物排放标准（征求意见稿）》通过了技术审查。

（7）完成标准征求意见稿及编制说明，公开征求意见

2016年11月~2017年2月，到上海市环境监测中心、原山东省环保厅进行实地调研，了解地方工业炉窑大气污染物排放标准实施后的执行情况。根据征求意见稿技术审查会专家组以及环保管理部门意见，结合调研情况，进行了进一步的修改、完善，并再次请专家进行了函审。根据专家函审意见，修改并完成了江苏省《工业炉窑大气污染物排放标准（征求意见稿）》和编制说明。

2017年4月7日，原江苏省环保厅发文（苏环函〔2017〕66号），对“江苏省地方环境保护标准《工业炉窑大气污染物排放标准（征求意见稿）》”公开征求意见，并在原江苏省环保厅官网上向社会公众公开征求意见。

征求意见稿按照工业炉窑使用的燃料类型，分是否使用煤炭等“高污染燃料”，制定了不同的大气污染物排放限值。

（8）汇总处理征求意见，完成标准二次征求意见稿及编制说明

原江苏省环保厅总向167家单位发文征求了意见，总收到24家单位的反馈意见（含通过网站了解后提出反馈意见的单位），其中3家单位无意见。总收到反馈意见52条，汇总、归并后总征求到各类反馈意见35条。35条反馈意见中，编制组采纳13条，占37.1%；原则采纳3条，占8.57%；部分采纳5条，占14.3%；未采纳14条，占40.0%。反馈意见的主要争议是“玻璃熔窑污染物排放浓度限值”。

2017年6月~7月，汇总、分析、处理各有关方面对标准提出的意见。针对征求意见，经多方咨询和企业实地调研，修改并完成了江苏省《工业炉窑大气污染物排放标准（二次征求意见稿）》和编制说明。

（9）标准二次征求意见稿及编制说明通过技术审查

2018年7月~11月，结合环保新标准、新要求、企业实地调研情况以及原江苏省质量技术监督局立项要求，进一步完善了江苏省《工业炉窑大气污染物排放标准（二次征求意见稿）》和编制说明。

2018年12月14日，江苏省市场监督管理局、江苏省生态环境厅在南京组织召开了江苏省《工业炉窑大气污染物排放标准（二次征求意见稿）》技术审查会。

技术审查会主要意见：不区分工业炉窑使用燃料制定统一标准；标准限值向上海看齐。

编制组根据技术审查会意见，结合江苏为满足人民日益增长的美好生活需要，加快改善环境空气质量、坚决打赢蓝天保卫战的决心，并根据长三角区域大气污染联防联控、长三角地区2018-2019秋冬季大气污染综合治理攻坚行动方案、江苏省工业炉窑专项治理等环境管理要求，确定不再区分工业炉窑使用燃料污染类型，从严制定统一的大气污染物排放标准限值。

2019年1月22日，由江苏省生态环境厅在南京主持召开，江苏省《工业炉窑大气污染物排放标准（二次征求意见稿）》通过了技术审查。

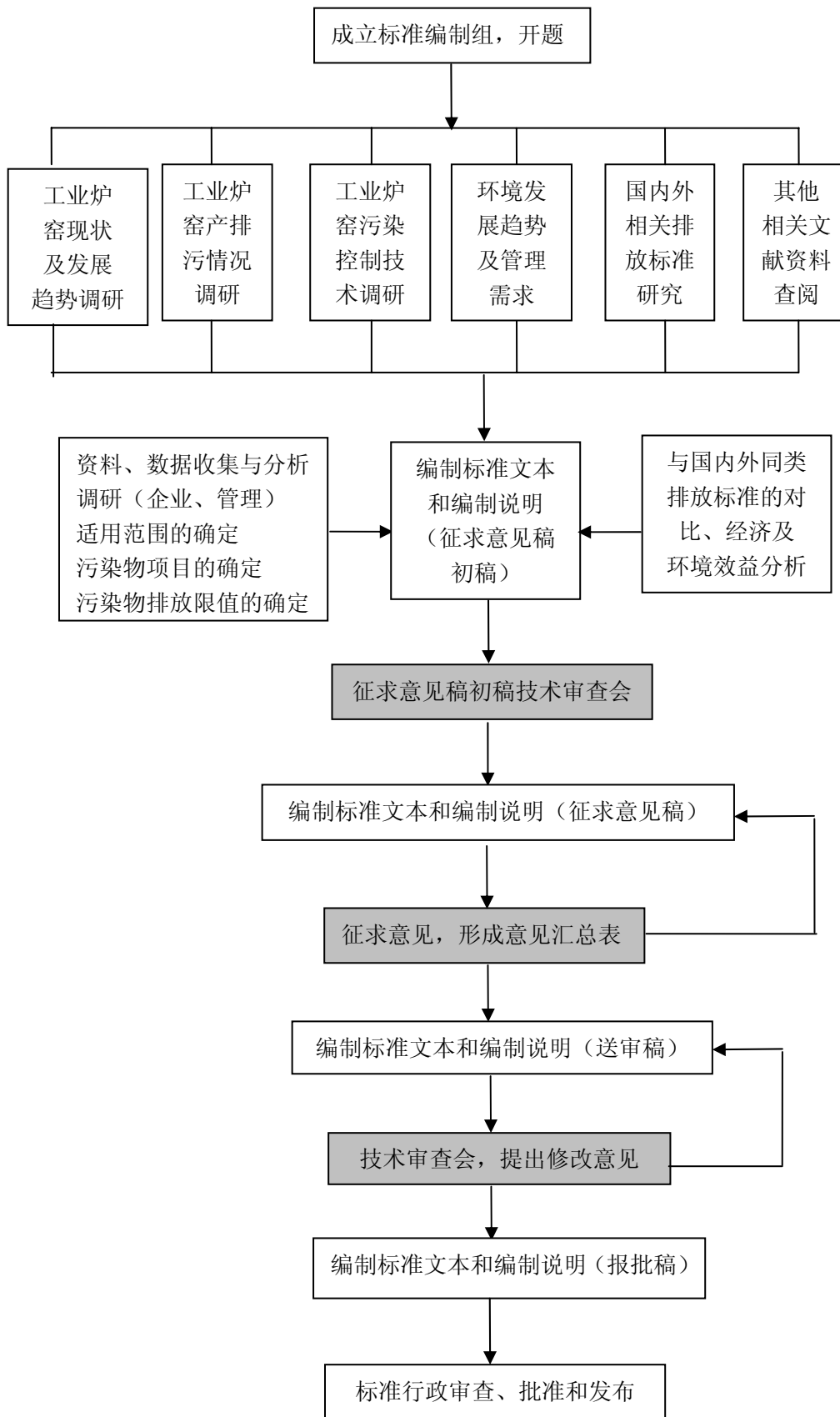


图 1-1 技术路线图

2 工业炉窑概况

2.1 工业炉窑分类

工业炉窑是指在工业生产中用燃料燃烧或者电能等转化产生的热量，将物料或工件进行熔炼、焙烧、烧结、熔化、加热等工序的热工设备，广泛应用在钢铁、冶金、有色金属、机电、化工、耐火材料、玻璃、水泥、砖瓦、陶瓷、搪瓷等行业，炉型种类达上百种。按炉窑的用途分类有：炼焦、熔化、烧成、轧制、锻造、热处理、干燥等；按炉窑的使用能源分类有：燃煤、燃气、燃油、燃生物质等炉窑及利用电能等加热的炉窑，还包括吹氧、铝热法、原料参与燃烧等炉窑；按生产操作方式分类有：连续式、间断式等；按炉窑安装方式分类有：卧式、立式等。

目前执行的《工业炉窑大气污染物排放标准》（GB 9078-1996），采用“宜粗不宜细”的原则，将工业炉窑（不包括炼焦炉、焚烧炉、水泥窑）分为 10 类 19 种工业炉窑：

- (1) 熔炼炉：①高炉及高炉出铁场，②炼钢炉、混铁炉（车），③铁合金熔炼炉，④有色金属熔炼炉。
- (2) 熔化炉：⑤冲天炉、化铁炉，⑥金属熔化炉，⑦非金属熔化、冶炼炉。
- (3) 铁矿烧结炉：⑧烧结机（机头、机尾），⑨球团竖炉和带式球团。
- (4) 加热炉：⑩金属压延、锻造加热炉，Ⅱ非金属加热炉。
- (5) 热处理炉：Ⅲ金属热处理炉，Ⅳ非金属热处理炉。
- (6) Ⅴ干燥炉、窑
- (7) Ⅵ非金属焙（锻）烧炉窑、耐火材料窑
- (8) Ⅶ石灰窑
- (9) 陶瓷、搪瓷、砖瓦窑：Ⅷ隧道窑，Ⅷ其他窑。
- (10) Ⅷ其他炉窑。

2.2 本标准适用工业炉窑及目前执行标准

现行国标为综合型污染物排放标准。现行国标实施后，国家又陆续发布了钢铁、铁合金、砖瓦、陶瓷、稀土、石油炼制、石油化学、无机化学、平板玻璃、电子玻璃等行业污染物排放国家标准（以下简称行业排放标准），详见表 2-1。以玻璃工业为例，玻璃工业污染物排放标准体系总分为五项标准，其中的平板玻璃、电子玻璃已发布大气污染物排放标准，其余的日用玻璃、玻璃纤维及制品、矿物棉已发布污染物排放标准（征求意见稿）。

按照综合型污染物排放标准与行业型污染物排放标准不交叉执行、行业型污染物排放标准优先执行的原则，目前已有行业排放标准的江苏省工业炉窑，执行行业排放标准相关规定；暂未制订行业排放标准的其他工业炉窑，均执行现行国标。

本课题结合江苏省工业炉窑调研情况以及标准二次征求意见稿技术审查会意见，针对现行国标中暂未制订行业排放标准的以下 7 类 11 种工业炉窑（除玻璃熔窑），制订江苏省工业炉窑大气污染物排放标准。

(1) 有色金属熔炼炉

熔炼炉是将金属或非金属熔化、调整其成分、去除杂质，获得所设定成分的金属或非金属的工业炉。有色金属熔炼炉主要包括各种铜、铝、铅、锌、镍等有色金属熔炼用的鼓风炉、闪射炉、反射炉、焙烧炉、炼铜转炉、精炼炉等。

(2) 熔化炉

熔化炉是指将固体金属或非金属熔化成液体的工业炉，主要包括①化铁炉、冲天炉；化铁炉中应用最广泛的为冲天炉。因为冲天炉具有结构简单、热效率高、熔化迅速、投资

较省、燃料供应有保证等优点，可连续也可间歇出铁水浇注，在铸铁生产中得到广泛应用。
 ②金属熔化炉：包括各种熔铜炉、化铅炉、熔铝炉等。③非金属熔化、熔炼炉：包括刚玉熔炼炉、硅熔炼炉、耐火及保温材料熔化炉等。

(3) 加热炉

加热炉是指对物料加热提高其温度而不改变其形态，以满足加工工艺要求的工业炉，主要包括①金属压延、锻造加热炉：包括各种钢坯加热炉、均热炉、锻造加热炉、感应加热炉等；②非金属加热炉：包括沥青加热炉、沥青混凝土搅拌炉等。

(4) 热处理炉

热处理炉是指对物料进行加热、保温和冷却，以获得预期组织和性能的一种工业炉，主要包括①金属热处理炉：包括各种退火炉、调质炉（淬火、回火）、钎焊炉、马弗炉等；②非金属热处理炉：包括缓冷炉、淬火炉等。

(5) 干燥炉、窑

干燥炉、窑是除去物料中所含水分或挥发分的工业炉窑，主要包括各种金属、非金属加工用干燥炉（窑）。

(6) 非金属焙（煨）烧炉窑、耐火材料窑

包括各种用于非金属焙烧、煨烧，生产耐火材料的回转窑、竖窑等。

(7) 其他炉窑

不包括在上述各类别中的其他工业炉窑。

表 2-1 不再执行《工业炉窑大气污染物排放标准》(GB 9078-1996) 的工业炉窑

序号	标准名称	标准编号
1	陶瓷工业污染物排放标准	GB 25464-2010
2	铝工业污染物排放标准	GB 25465-2010
3	铅、锌工业污染物排放标准	GB 25466-2010
4	铜、镍、钴工业污染物排放标准	GB 25467-2010
5	镁、钛工业污染物排放标准	GB 25468-2010
6	稀土工业污染物排放标准	GB 26451-2011
7	钒工业污染物排放标准	GB 26452-2011
8	平板玻璃工业大气污染物排放标准	GB 26453-2011
9	电子玻璃工业大气污染物排放标准	GB 29495-2013
10	钢铁烧结、球团工业大气污染物排放标准	GB 28662-2012
11	炼铁工业大气污染物排放标准	GB 28663-2012
12	炼钢工业大气污染物排放标准	GB 28664-2012

表 2-1 不再执行《工业炉窑大气污染物排放标准》(GB 9078-1996)的工业炉窑(续)

序号	标准名称	标准编号
13	轧钢工业大气污染物排放标准	GB 28665-2012
14	铁合金工业污染物排放标准	GB 28666-2012
15	砖瓦工业大气污染物排放标准	GB 29620-2013
16	锡、锑、汞工业污染物排放标准	GB 30770-2014
17	石油炼制工业污染物排放标准	GB 31570-2015
18	石油化学工业污染物排放标准	GB 31571-2015
19	无机化学工业污染物排放标准	GB 31573-2015
20	再生铜、铝、铅、锌工业污染物排放标准	GB 31574-2015
尚未发布	铸造工业大气污染物排放标准(征求意见稿)	原环保部 2018 年 3 月发文(环办标征函〔2018〕10 号)
	日用玻璃工业污染物排放标准(三次征求意见稿)	生态环境部 2018 年 7 月发文(环办标征函〔2018〕27 号)
	玻璃纤维及制品工业污染物排放标准(二次征求意见稿)	
	矿物棉工业污染物排放标准(二次征求意见稿)	

2.3 江苏省工业炉窑概况

(1) 江苏省工业炉窑使用情况

本课题引用江苏省环境统计报表数据分析江苏省工业炉窑使用情况。

江苏省环境统计报表由环保部统一制定下发,各级环保部门组织实施,每年公开发布。工业源调查范围包括《国民经济行业分类》(GB/T 4754-2011)中采矿业,制造业,电力、燃气及水的生产和供应业 3 个门类约 40 个行业的企业,其中重点调查工业企业是指主要污染物排放量占各地区(以地市级行政区域为基本单元)全年排放总量 85%以上的工业企业。

根据《江苏省环境统计年报》数据,2012~2015 年江苏省重点调查工业企业数分别为 11107 个、10743 个、10729 个、11094 个,基本保持在一个稳定的水平;重点调查工业企业中总配置工业炉窑的数量分别为 4508 台、4416 台、4405 台、4227 台,工业炉窑数量变化不大。具体数据统计见表 2-2。

表 2-2 2012~2015 年江苏省重点调查工业企业数及工业炉窑数统计

统计年份	重点调查工业企业数(个)	工业炉窑数(台)
2012 年	11107	4508
2013 年	10743	4416
2014 年	10729	4405
2015 年	11094	4227(其中适用本标准炉窑约 2153)

(2) 江苏省适用本标准工业炉窑行业分布情况

根据《江苏省环境统计年报》数据,2015 年江苏省适用本标准工业炉窑约 2153 台,

主要分布在以下 7 个行业：①金属制品业，②有色金属冶炼和压延加工业，③非金属矿物制品业，④通用设备制造业，⑤化学原料和化学制品制造业，⑥汽车制造业，⑦专用设备制造业等；上述 7 个行业的工业炉窑数合计约为 1729 台，占总数量的 80.3%；其余行业的工业炉窑数合计约为 424 台，占总数量的 19.7%，具体分布见图 2-1。

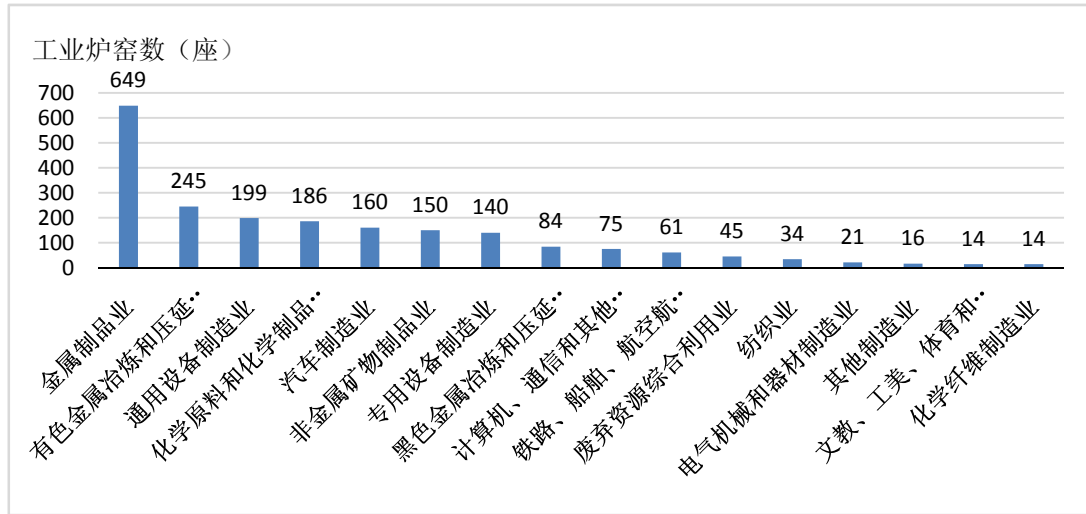


图 2-1 2015 年江苏省适用本标准工业炉窑行业分布情况

(3) 江苏省适用本标准工业炉窑地区分布情况

根据《江苏省环境统计年报》数据，2015 年江苏省适用本标准工业炉窑地区分布情况见表 2-3、图 2-2，其中苏南地区（无锡市、苏州市、常州市、南京市、镇江市）工业炉窑数量为 1313 台，苏中地区（扬州市、南通市、泰州市）工业炉窑数量为 625 台，苏北地区（宿迁市、淮安市、连云港市、徐州市、盐城市）工业炉窑数量为 215 台。

表 2-3 2015 年江苏省适用本标准工业窑炉地区分布情况

序号	地区	重点调查工业企业数 (个)	重点调查工业企业中配置工业炉窑数 (台)	炉窑占比 (%)	区域分布
1	苏州	110	428	19.9	苏南
2	无锡	161	384	17.8	苏南
3	南通	184	273	12.7	苏中
4	泰州	224	258	12.0	苏中
5	常州	117	231	10.7	苏南
6	南京	69	194	9.01	苏南
7	盐城	50	95	4.41	苏北
8	扬州	36	94	4.37	苏中
10	镇江	55	76	3.53	苏南
9	徐州	44	60	2.79	苏北
11	连云港	9	23	1.07	苏北
12	宿迁	12	20	0.93	苏北
13	淮安	16	17	0.79	苏北
全省合计		1087	2153	100	江苏省

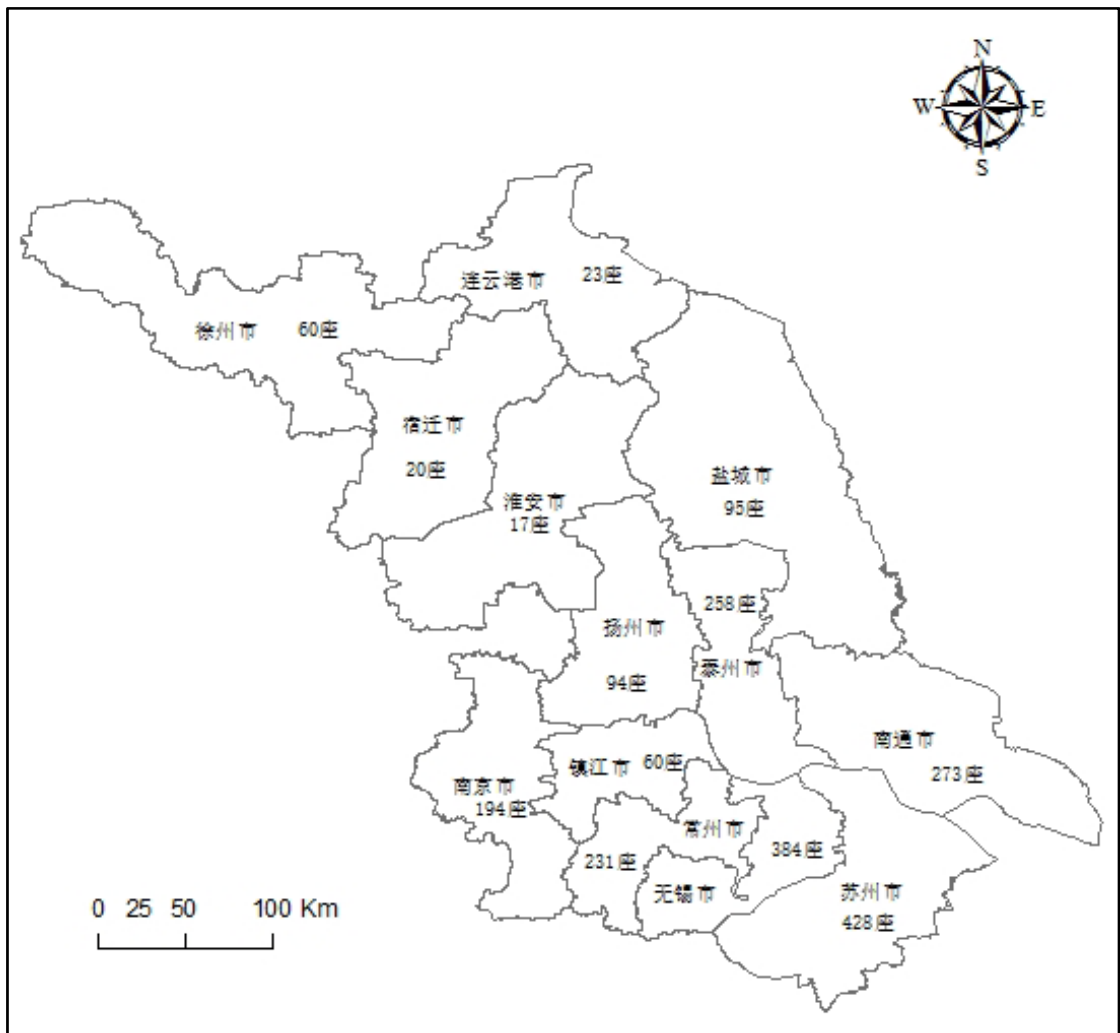


图 2-2 2015 年江苏省适用本标准工业窑炉地区分布情况

(4) 江苏省工业炉窑企业能源消耗分析

根据《江苏省环境统计年报》数据，2015 年江苏省工业炉窑企业主要能源消耗量见表 2-4，主要大气污染物排放情况详见 3.3 章节。

2015 年江苏省适用本标准工业炉窑约 2153 台，其中使用煤炭等高污染燃料的工业炉窑有 1328 台（占比 61.7%），使用天然气等非高污染燃料或电能等的工业窑炉有 825 台（占比 38.3%）。

表 2-4 2015 年江苏省配置有工业炉窑的重点调查工业企业主要能源消耗量

序号	项目	单位	数量	
1	全省重点调查工业企业数	个	11094	
			其中：配置有工业炉窑的企业	其中：适用本标准工业炉窑的企业
			2106	1087
2	工业窑炉数	台	4227	2153
3	煤炭消耗量	万吨	5295	421
	其中：燃料煤消耗量	万吨	2536	326
	其中：燃料煤平均含硫量	%	0.84	0.96
4	焦炭消耗量	万吨	2526	32.3
5	其他燃料消耗量	万吨标准煤	428	51.6
6	燃料油（不含车船用）消耗量	万吨	35.4	8.68
7	天然气消耗量	亿立方米	25.8	7.01
8	用电量	亿千瓦时	810	183

(5) 江苏省适用本标准工业炉窑规模分析

根据《江苏省环境统计年报》数据，2015 年江苏省适用本标准工业炉窑约 2153 台，根据工业炉窑处理废气量分类，大型、中型、小型工业炉窑分别为 46 台、103 台、2004 台，其中小型炉窑占绝大多数（93.1%），详见表 2-5。

表 2-5 2015 年江苏省适用本标准工业炉窑规模统计

序号	项目		单位	数量	比例%
1	使用煤炭等高污染燃料		台	1328	100
	其中	大型炉窑（处理废气量 $\geq 120,000\text{m}^3/\text{h}$ ）	台	35	2.6%
		中型炉窑（处理废气量 $50,000\sim 120,000\text{m}^3/\text{h}$ ）	台	56	4.2%
		小型炉窑（处理废气量 $\leq 50,000\text{m}^3/\text{h}$ ）	台	1237	93.1%
2	其他工业炉窑（使用天然气等非高污染燃料或电能等）		台	825	100
	其中	大型炉窑（处理废气量 $\geq 120,000\text{m}^3/\text{h}$ ）	台	11	1.3%
		中型炉窑（处理废气量 $50,000\sim 120,000\text{m}^3/\text{h}$ ）	台	47	5.7%
		小型炉窑（处理废气量 $\leq 50,000\text{m}^3/\text{h}$ ）	台	767	93.0%
3	全省合计		台	2153	100
	全省	大型炉窑（处理废气量 $\geq 120,000\text{m}^3/\text{h}$ ）	台	46	2.1%
		中型炉窑（处理废气量 $50,000\sim 120,000\text{m}^3/\text{h}$ ）	台	103	4.8%
		小型炉窑（处理废气量 $\leq 50,000\text{m}^3/\text{h}$ ）	台	2004	93.1%

2.4 我国工业炉窑发展概况

工业炉窑是工业加热的关键设备，广泛应用于各行各业，量大面广，种类繁，影响大。工业加热是制造业的重要组成部分，制造业是工业的主体。据统计，我国共有各类工业炉窑约 12 万台，其中机械行业炉窑约 7.5 万台，占炉窑总数的 62.5%以上；玻璃、陶瓷、建材、耐火材料行业炉窑约 1.5 万台，占炉窑总数的 12.5%；冶金行业炉窑约 1 万台，占炉窑总数的 8.33%；轻工、化工行业炉窑约 5000 台，占炉窑总数的 4.17%左右。工业炉窑中燃料炉约 6.6 万台，占炉窑总数的 55%；电炉约 5 万台，占炉窑总数的 41.7%。

过去由于我国工业在发展思路上存在重开发、轻节约、重速度、轻效益的倾向，工业炉窑普遍存在工艺技术和装备落后、能源使用效率低下、污染物排放浓度高等问题，由燃煤造成的大气污染十分严重。受天然气气源、价格、基础设施不完善等因素影响，煤炭仍将是我国主要的一次能源。因此，清洁煤技术已成为当前世界各国解决环境问题的主导技术之一，也是高技术国际竞争的重要领域之一。

工业炉窑发展趋势首先体现在使用燃料的清洁化（燃气、电能等替代目前常见的燃煤）。天然气作为一种优质、清洁的燃料能源，积极开发和利用将促进我国工业炉窑产业结构调整，建立新型的工业炉窑技术体系，促进我国工业炉窑的发展，有着良好的经济效益和社会效益。

工业炉窑发展趋势还体现在燃烧器、炉体设计和筑炉材料的优化、自动控制水平的提高、更先进可靠的环保控制技术等方面。工业炉窑密闭生产和高温尾气净化与循环利用装置作为节能环保技术的载体，应用于高能耗、重污染行业；随着国家对电石、铁合金、钢铁行业等“两高”行业准入标准的重新修订，原有落后生产设备、生产工艺亟需进行技术改造，工业炉窑节能环保技术和设备的推广速度不断提高。

3 标准制修订的必要性分析

3.1 国家、省及生态环境主管部门的相关要求

（1）《国民经济和社会发展的第十三个五年规划纲要》

第十三个五年规划纲要（2016~2020 年）中第四十四章“加大环境综合治理力度”第一节：“制定城市空气质量达标计划，严格落实约束性指标，地级及以上城市重污染天数减少 25%”；第二节：“大力推进污染物达标排放和总量减排；实施工业污染源全面达标排放计划。完善污染物排放标准体系，加强工业污染源监督性监测，公布未达标企业名单，实施限期整改。城市建成区内污染严重企业实施有序搬迁改造或依法关闭。改革主要污染物总量控制制度，扩大污染物总量控制范围。对中小型燃煤设施、城中村和城乡结合区域等实施清洁能源替代工程。实施重点行业清洁生产改造”。

（2）国家《大气污染防治行动计划》

《大气污染防治行动计划》（国发〔2013〕37 号）提出了“经过五年努力，全国空气质量总体改善，重污染天气较大幅度减少；京津冀、长三角、珠三角等区域空气质量明显好转”的奋斗目标。

（3）《江苏省“十三五”节能减排综合实施方案》

根据《江苏省“十三五”节能减排综合实施方案》（苏政发〔2017〕69 号），到 2020 年，能源消费总量控制在 3.3715 亿吨标准煤以内，其中，非化石能源消费占 11%，“减煤”3200 万吨；万元国内生产总值能耗比 2015 年下降 17%。二氧化硫、氮氧化物、挥发性有机物

排放总量分别控制在 66.8 万吨、85.4 万吨、149.6 万吨以内，比 2015 年分别下降 20%、20% 和 20%。

(4) 《长三角地区 2018-2019 年秋冬季大气污染综合治理攻坚行动方案》

根据生态环境部《长三角地区 2018-2019 年秋冬季大气污染综合治理攻坚行动方案》（环大气〔2018〕140 号）第 20 条“实施工业炉窑污染治理专项行动”。……加大工业炉窑综合整治力度。制定工业炉窑综合整治实施方案，按照“淘汰一批，替代一批，治理一批”的原则，分类提出整改要求，明确时间节点和改造任务，推进工业炉窑结构升级和污染减排。对热效率低下、敞开未封闭，装备简易落后、自动化水平低，布局分散、规模小、无组织排放突出，以及无治理设施或治理设施工艺落后的工业炉窑，加大淘汰力度。对以煤、石油焦、渣油、重油等为燃料的加热炉、热处理炉、干燥炉（窑）等，加快使用清洁能源以及利用工厂余热、热电厂供热等进行替代。2018 年 12 月底前，基本取缔燃煤热风炉、钢铁行业燃煤供热锅炉；有色行业基本淘汰燃煤干燥窑、燃煤反射炉、以煤为燃料的熔铅锅和电铅锅；基本淘汰热电联产供热管网覆盖范围内的燃煤加热、烘干炉（窑）；高炉煤气、焦炉煤气实施精脱硫改造，煤气中硫化氢浓度小于 20 毫克/立方米；大力淘汰炉膛直径 3 米以下燃料类煤气发生炉；集中使用煤气发生炉的工业园区，暂不具备改用天然气条件的，原则上应建设统一的清洁煤制气中心；禁止掺烧高硫石油焦。对保留下来的以煤等为燃料的工业炉窑实施深度治理。铸造行业烧结、高炉工序污染排放控制，参照钢铁行业相关标准要求执行；已有行业排放标准的工业炉窑，严格执行行业排放标准相关规定；暂未制订行业排放标准的其他工业炉窑，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/立方米改造。鼓励各地制定更为严格的地方排放标准。全面淘汰环保工艺简易、治污效果差的单一重力沉降室、旋风除尘器、多管除尘器、水膜除尘器、生物降尘等除尘设施，水洗法、简易碱法、简易氨法、生物脱硫等脱硫设施。

(5) 《江苏省打赢蓝天保卫战三年行动计划实施方案》要求

根据《江苏省打赢蓝天保卫战三年行动计划实施方案》（苏政发〔2018〕122 号）中（二十三）“开展工业炉窑治理专项行动”。制定工业炉窑综合整治实施方案。……加大不达标工业炉窑淘汰力度，加快淘汰中小型煤气发生炉。鼓励工业炉窑使用电、天然气等清洁能源或由周边热电厂供热。取缔燃煤热风炉，基本淘汰热电联产供热管网覆盖范围内的燃煤加热、烘干炉（窑）；加大化肥行业固定床间歇式煤气化炉整改力度，淘汰炉膛直径 3 米以下燃料类煤气发生炉；集中使用煤气发生炉的工业园区，暂不具备改用天然气条件的，原则上应建设统一的清洁煤制气中心；禁止掺烧高硫石油焦。将工业炉窑治理作为环保强化督察重点任务，凡未列入清单的工业炉窑均纳入秋冬季错峰生产方案。

(6) 江苏省相关要求

为贯彻落实国家《大气污染防治行动计划》要求，江苏省出台了《江苏省大气污染防治行动计划实施方案》（苏政发〔2014〕1 号），要求各地各部门把大气污染防治作为重要的民生工程，大力推进产业结构和能源结构调整，深入开展工业废气、机动车尾气、城市扬尘等各类污染物的综合治理，严厉整治环境违法、违规行为，建立健全政府统领、企业施治、市场驱动、公众参与的大气污染防治联防联控新机制，凝聚全省之力改善空气质量，切实保障人民群众身体健康。

为加强全省大气污染防治，加快能源消费结构调整，有效控制煤炭消费总量，《省政府办公厅关于印发江苏省煤炭消费总量控制和目标责任管理实施方案的通知》（苏政发〔2014〕76 号），提出推进能源结构优化，提高清洁能源比重，增加天然气供应，发展可再生能源。严格耗煤项目审批，控制新增煤炭消费。

根据近年来江苏省委、省政府出台的若干“江苏省生态文明建设”政策文件精神，江

苏省将运用技术、环保、质量标准等法治化、市场化手段，淘汰落后产能，增强经济创造力和竞争力，从根本上促进产业转型升级。

3.2 国家、省相关产业政策及行业发展规划中的环保要求

为加强行业管理，促进铸造行业节能减排和转型升级，推进铸造行业健康有序协调发展，工业和信息化部 2013 年 5 月公告了《铸造行业准入条件》。其中第三节第（六）条指出，现有铸造企业冲天炉的熔化率应大于 3 吨/小时，不得采用无芯工频感应电炉、0.25 吨及以上无磁扼的铝壳中频感应电炉、铸造用燃油加热炉；新（扩）建铸造企业冲天炉的熔化率应大于 5 吨/小时，不得采用铸造用燃油加热炉。

为遏制低水平重复建设，加快结构调整，促进耐火材料产业健康可持续发展，工业和信息化部于 2014 年 12 月公告了《耐火材料行业规范条件》。要求：采用《产业结构调整指导目录》鼓励类工艺和装备，使用列入《节能机电设备（产品）推荐目录》的产品或能效标准达到 1 级的机电设备。不采用《部分工业行业淘汰落后生产工艺装备和产品指导目录》、《高耗能落后机电设备（产品）淘汰目录》等明令淘汰、限制的工艺和装备。配套建设窑炉烟气除尘、脱硫、脱硝等治理装置。采取清洁生产技术，依法开展清洁生产审核。

3.3 江苏省工业炉窑大气污染物排放情况

（1）近几年江苏省工业炉窑主要大气污染物排放情况

根据《江苏省环境统计年报》数据，2012~2015 年江苏省工业炉窑排放主要大气污染物中，只有二氧化硫的年排放量略呈下降趋势，氮氧化物基本稳定（现行国标对氮氧化物排放无控制要求），颗粒物呈现不稳定排放的趋势，具体排放情况见表 3-1、图 3-1。

表 3-1 2012~2015 年江苏省工业炉窑主要大气污染物排放情况统计

统计年份	重点调查工业企业数（个）	其中配置有工业炉窑的重点调查工业企业					
		企业数（个）	工业炉窑数（台）	工业废气排放量（亿立方米）	烟（粉）尘排放量（万吨）	二氧化硫排放量（万吨）	氮氧化物排放量（万吨）
2012 年	11107	2371	4508	24500	17.0	25.4	23.2
2013 年	10743	2302	4416	25056	18.4	24.4	23.0
2014 年	10729	2250	4405	26810	40.4	22.3	23.8
2015 年	11094	2106	4227	25932	31.4	20.1	21.3

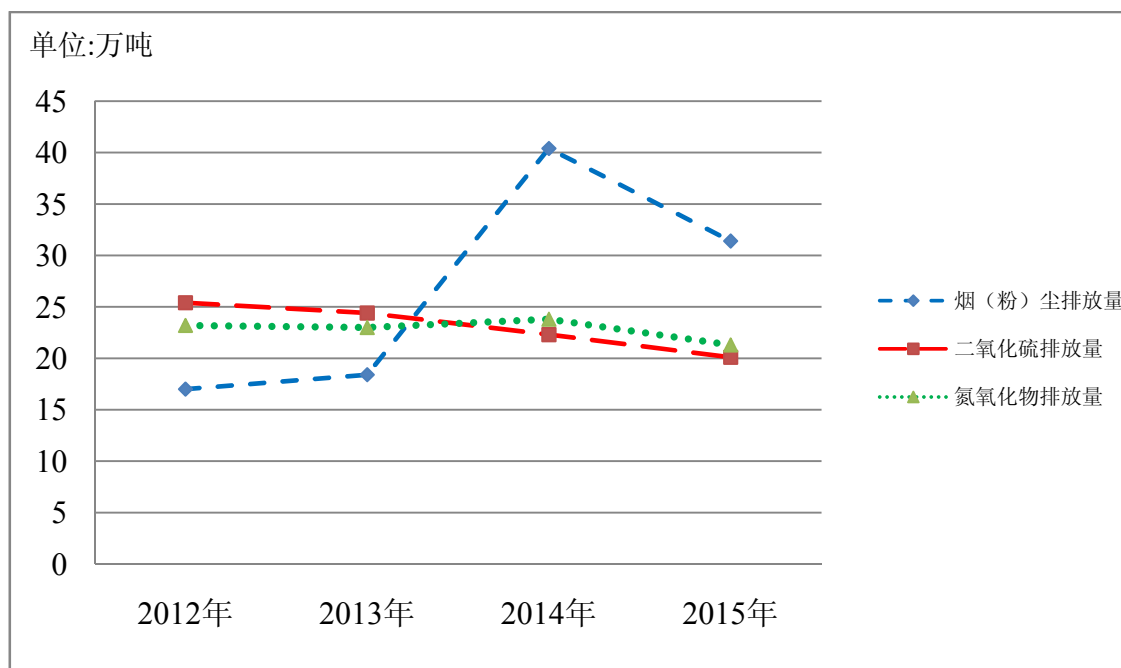


图 3-1 2012~2015 年江苏省工业炉窑主要大气污染物排放情况

(2) 2015 年江苏省适用本标准工业炉窑主要大气污染物排放情况

根据《江苏省环境统计年报》数据，2015 年江苏省约 1087 个重点调查工业企业配置有适用本标准工业炉窑，该 1087 个企业烟（粉）尘、二氧化硫、氮氧化物排放量分别为 3.20 万吨、2.67 万吨和 1.65 万吨，占全省重点调查工业企业总排放量的 5.62%、3.90% 和 2.35%；主要大气污染物排放量居前的行业主要有“非金属矿物制品业、化学原料和化学制品制造业、金属制品业、有色金属冶炼和压延加工业”等行业，具体分析统计见表 3-2、表 3-3。

表 3-2 2015 年江苏省工业炉窑主要大气污染物排放情况及比例统计

重点调查工业企业	工业总产值（当年价格）（亿元）	工业窑炉数（台）	工业废气排放量（亿立方米）	烟（粉）尘排放量（万吨）	二氧化硫排放量（万吨）	氮氧化物排放量（万吨）
全省 11094 个企业	42802	4227	57883	56.9	68.4	70.3
其中配置有工业炉窑的 2106 个企业	10396	4227	25932	31.4	20.1	21.3
该 2106 个企业占全省比例（%）	24.3	100	44.8	55.2	29.4	30.3
其中配置有本标准工业炉窑的 1087 个企业	3289	2153	1474	3.20	2.67	1.65
该 1087 个企业占全省比例（%）	7.68	50.9	2.55	5.62	3.90	2.35

表 3-3 2015 年江苏省适用本标准工业炉窑主要大气污染物排放量居前的行业统计

序号	行业名称	工业窑炉		烟（粉）尘		二氧化硫		氮氧化物		工业废气	
		数量 （台）	比例 （%）	排放量 （吨）	比例 （%）	排放量 （吨）	比例 （%）	排放量 （吨）	比例 （%）	排放量 （亿立方米）	比例（%）
1	非金属矿物制品业	150	6.97	10131	31.7	5494	20.6	1936	11.8	222	15.1
2	化学原料和化学制品制造业	186	8.64	4700	14.7	7152	26.8	5837	35.5	462	31.3
3	金属制品业	649	30.1	3643	11.4	5163	19.3	3272	19.9	185	12.6
4	有色金属冶炼和压延加工业	245	11.4	3575	11.2	784	2.9	581	3.53	65	4.41
5	黑色金属冶炼和压延加工业	84	3.90	2994	9.36	3325	12.4	1367	8.31	41	2.78
6	通用设备制造业	199	9.24	2488	7.77	1017	3.81	324	1.97	56	3.80
7	专用设备制造业	140	6.50	1200	3.75	525	1.96	348	2.12	41	2.78
8	文教、工美、体育和娱乐用品制造业	14	0.65	749	2.34	66	0.25	12	0.07	3	0.20
9	汽车制造业	160	7.43	633	1.98	133	0.50	195	1.19	121	8.21
10	铁路、船舶、航空航天和其他运输设备制造业	61	2.83	340	1.06	658	2.46	263	1.60	57	3.87
11	纺织业	34	1.58	276	0.86	467	1.75	244	1.48	12	0.81
12	电气机械和器材制造业	21	0.98	235	0.73	24	0.09	55	0.33	2	0.14
13	酒、饮料和精制茶制造业	5	0.23	198	0.62	233	0.87	106	0.64	6	0.41
14	木材加工和木、竹、藤、棕、草制品业	3	0.14	164	0.51	23	0.09	8	0.05	14	0.95
15	橡胶和塑料制品业	6	0.28	104	0.32	86	0.32	55	0.33	20	1.36
16	其他行业	196	9.10	573	1.79	1574	5.89	1847	11.2	167	11.3
	合计	2153	100	32003	100	26724	100	16450	100	1474	100

(3) 2015 年江苏省工业炉窑废气中其他污染物排放情况

根据《江苏省环境统计年报》数据，2015 年江苏省工业炉窑废气中重金属污染物排放情况统计见表 3-4。

编制组初步分析，工业炉窑废气中铅、汞、六价铬、总铬、镉、砷等重金属污染物填报企业数量偏少的原因，或者是排放废气中不含以上重金属，或者是企业没有对以上重金属进行日常监测。

表 3-4 2015 年江苏省工业炉窑废气中重金属污染物排放情况统计

序号	项目	全省 11094 个企业		其中：全省 4227 台工业炉窑		其中：全省适用本标准 2153 台工业炉窑	
		废气排放量 (千克)	填报企业 (个)	废气排放量 (千克)	填报企业 (个)	废气排放量 (千克)	填报企业 (个)
1	铅	5991.612	102	227.77	10	2.5	1
2	汞	190.611	20	1.02	4	0.2	1
3	六价铬	8.31	9	4.318	2	4.381	3
4	总铬	642.852	26	617.401	4	17.401	4
5	镉	12.88	3	0.28	1	0	0
6	砷	0.163	3	0.001	1	0	0

3.4 工业炉窑清洁生产工艺的最新进展

我国大部分工业炉窑在炉型结构、燃烧系统、绝热材料、热工检测、自控、微机应用及环保等方面都比较落后，而且我国工业炉窑容量大多偏小，余热利用率不高，没有达到真正的能源综合利用。

针对上述现状，工业炉窑的节能减排需要从以下几个方面做出努力：使用燃料的清洁化（燃气、电等替代燃煤），助燃气体的预处理（燃烧空气预热），改进燃烧技术，炉体设计和筑炉材料的优化，自动控制水平的提高，安装使用更先进可靠的环保设施等。

(1) 调整工业炉窑能源结构，用燃气、电等清洁能源替代燃煤

我国工业炉窑的能源结构以煤为主，且相当部分燃煤炉的炉型落后，污染严重，热效率低，不利于先进节能技术的应用。要实现工业炉窑节能减排战略目标，调整工业炉窑能源结构势在必行。

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。天然气与燃煤燃烧排放比较情况见表 3-5，使用不同燃料的费用比较见表 3-6。

表 3-5 天然气与燃煤燃烧排放大致比较

单位：千克/吨标煤

项目	二氧化碳	二氧化硫	氮氧化物	烟尘
天然气	1680	0.014	2.0	≈0
燃煤	2870	20.0	7.7	2.9

注：将两类燃料通常的排放因子折算到统一的吨标煤平台比较；燃煤硫含量按平均 0.8% 计，未考虑烟气脱硫、脱硝；燃煤灰分含量按 15%~20%，折算到采用高效除尘设施后的排放系数。

表 3-6 不同燃料的费用比较

项目	天然气	人工煤气	燃煤	电
2015 年价格	3.65 (元/m ³)	2.2 (元/m ³)	500 (元/吨)	0.88 (元/kw·h)
热值	33440KJ/ m ³	15884KJ/ m ³	22990KJ/kg	
单位热值价格 (元/kwh)	0.79	1.19	0.22	1.1
设备的能源利率	0.50	0.42	0.35	0.80

(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 20 世纪 90 年代在发达国家推广的一项新型燃烧技术。它是集燃烧器、换热器、烟道、风道于一体的新型燃烧器，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。该技术具有炉温均匀性好、加热质量高、热效率高、排烟温度低、能耗低、污染物排放低、可燃用高炉煤气等低热值燃料、适用炉窑种类多等优点；与非蓄热式燃烧方式相比可实现 20~50% 的节能效果。缺点是只可使用气体燃料和洁净液体燃料，设备投资及维护费用较高，炉窑附属管道较为复杂，烟道与风道频繁换向导致炉压波动、换向装置易损坏等。

富氧燃烧技术。采用空气燃烧方式的炉窑其助燃空气中 79% 的氮气是不参与燃烧反应的，它随空气进入炉内吸收热量后又随烟气排出炉窑，带走了大量的热量。富氧燃烧就是采用比正常空气含氧量（21%）高的空气来助燃，富氧的极限就是使用纯氧（助燃气体含氧量≥90% 的燃烧方式）。由于富氧燃烧火焰温度大幅度提高，因此燃料燃烧速度快、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。采用富氧燃烧技术还有利于降低风机功率，减小管道和燃烧器的尺寸，降低了部分设备的费用。缺点是富氧燃烧的火焰温度较高，对耐火材料和燃烧器的耐高温要求高，从而提高上述设备成本；另外燃烧温度的提高，会对氮氧化物的控制带来负面影响。当前富氧燃烧技术主要应用在玻璃、熔炼、陶瓷等领域。

脉冲燃烧控制技术就是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（通断比）来实现加热炉的温度控制。该技术的应用可提高炉内温度场的均匀性，保证加热质量，提高传热效率和加热能力，提高产品收得率，从而降低能耗、提高生产率。缺点是设备成本高，控制系统较为复杂，系统故障率较高，维护成本大。

(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，提高效率，缩短操作周期，可节约能源 35% 左右。同时，采用轻质炉衬可大幅减少炉体重量，

节约建炉钢材和炉体基础材料。缺点是轻质炉衬仅适用于中低温、周期作业的炉型，对于熔炼、融化及高温炉型不适用。

(5) 注重工业炉窑结构与操作的和谐统一，实现工业炉窑科学操作

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努力实现工业炉窑动态过程的数学模型化，即计算机二级最佳控制，达到真正意义的工业炉窑过程科学操作。目前，我国工业炉窑自动化控制水平尤其关键性应用技术水平不高，提升空间较大。

(6) 国家推行相关先进技术的指导文件

近年来，国家陆续出台了推行工业炉窑先进技术的文件，主要包括：

- ①《国家中长期科学和技术发展规划纲要（2006-2020年）》（国发〔2005〕26号）
- ②《“十二五”节能减排综合性工作方案》（国发〔2011〕26号）
- ③《关于加快发展节能环保产业的意见》（国发〔2013〕30号）
- ④《大气污染防治行动计划》（国发〔2013〕37号）
- ⑤《重大节能技术与装备产业化工程实施方案》（发改环资〔2014〕2423号）
- ⑥科学技术部、原环保部2014年3月发布的《大气污染防治先进技术汇编》

3.5 现行国标存在的主要问题

现行国标为《工业炉窑大气污染物排放标准》（GB 9078-1996）。

该标准自1997年1月1日实施20多年来，为工业炉窑大气污染物防控工作提供了监管执法依据。然而，随着环保要求的日益提高，工业炉窑的技术进步和污染防治技术水平的提高，现行国标已不能满足新形势下环境管理的要求。现行国标主要存在以下问题：

(1) 现行国标大气污染物排放控制指标少。现行国标污染控制项目为烟（粉）尘、烟气黑度，以及二氧化硫、氟及其化合物、铅、汞、铍及其化合物和沥青油烟等特征大气污染物，未包括国家环境保护“十二五”规划新增总量控制指标氮氧化物，这对于涉及工业炉窑的总量减排工作有较大影响。

(2) 现行国标实施时间较长，大气污染物排放浓度限值过于宽松，与当前的污染防治技术水平不相称。如1997年1月1日起新建的工业炉窑，烟（粉）尘、二氧化硫的二级排放浓度限值分别为100、150、200mg/m³和850、2000mg/m³，氮氧化物无控制要求。而目前的“除尘、脱硫、脱硝”技术，可将烟（粉）尘、二氧化硫、氮氧化物排放浓度控制到更低的水平。

(3) 现行国标已不适应现行《环境空气质量标准》（GB 3095-2012）的要求。现行国标将标准分为一级、二级和三级标准，分别与原《环境空气质量标准》（GB 3095-1996）将环境空气功能区划分为一类区、二类区和三类区功能区相对应，已不适应现行《环境空气质量标准》（GB 3095-2012）只将环境空气功能区划分为一类区、二类区的要求。

(4) 现行国标对烟（粉）尘、二氧化硫的排放浓度限值主要适用于燃煤（油）工业炉窑，对使用燃气、电等清洁能源的工业炉窑大气污染物排放未起到实质性的控制作用。

(5) 现行国标客观上保护了早期的落后企业。现行国标按照工业炉窑安装时间（以1997年1月1日为时间节点）划分标准执行时段，未对1997年1月1日前安装工业炉窑的技术改造、末端治理和污染物削减排放量等提出要求，客观上保护了早期的落后企业，不利于清洁生产和污染治理先进技术的推广应用。

3.6 现行国标与行业排放标准的关系

现行国标《工业炉窑大气污染物排放标准》(GB 9078-1996)自1997年1月1日实施20多年来,一直未开展修订工作。

随着工业炉窑的技术进步和污染防治水平的提高,针对现行国标存在问题,结合行业特点,自2010年起,国家又陆续发布了20多个行业排放标准(见表2-1),涉及3大类8种工业炉窑,各标准对大气污染物的排放浓度限值均严于现行国标。

按照复合型污染物排放标准与行业型污染物排放标准不交叉执行、行业型污染物排放标准优先执行的原则,已制订行业排放标准的工业炉窑,不再执行现行国标中的相关规定;而暂未行业排放标准的7大类11种工业炉窑,依然执行现行国标。

根据原国家环保总局调整污染物排放标准的工作思路,为了更有效地控制工业污染物排放,拟通过增加制定行业排放标准,逐步缩小现行国标中工业炉窑的适用范围。

3.7 其他省市已实施的地方标准

针对现行国标存在问题,结合地方政府管理要求,自2013年起,河北省、山东省、上海市、天津市、河南省、重庆市等省市也相继实施了地方工业炉窑大气污染物排放标准,如上海市《工业炉窑大气污染物排放标准》(DB31/860-2014),详见表3-7。

各省市地方污染物排放标准与现行国标的主要差别是:增加了氮氧化物等大气污染物排放控制指标,加严制定了烟(粉)尘、二氧化硫等大气污染物排放浓度限值。

表3-7 其他省市已实施工业炉窑大气污染物排放标准

序号	省市	地方标准名称	地方标准编号	实施日期
1	北京市	铸锻工业大气污染物排放标准	DB11/914-2012	2013-01-01
2	河北省	工业炉窑大气污染物排放标准	DB13/1640-2012	2013-04-01
3	山东省	山东省工业炉窑大气污染物排放标准	DB37/2375-2013	2013-09-01
		山东省区域性大气污染物综合排放标准	DB37/2376-2013	2013-09-01
		建材工业大气污染物排放标准 (适用于山东省水泥、石灰、玻璃、陶瓷、砖瓦、陶粒、墙板、非金属矿、建筑石材、耐火材料等建材工业,规定了相应工业炉窑大气污染物排放标准)	DB37/2373-2018	2019-01-01
4	上海市	工业炉窑大气污染物排放标准	DB31/860-2014	2015-02-01
5	天津市	工业炉窑大气污染物排放标准	DB12/556-2015	2015-02-05
6	河南省	工业炉窑大气污染物排放标准	DB41/1066-2015	2016-01-01
7	重庆市	工业炉窑大气污染物排放标准	DB 50/659-2016	2016-02-01

4 工业炉窑大气污染物产排污情况及污染控制技术分析

4.1 适用本标准工业炉窑主要生产工艺

工业炉窑是指在工业生产中用燃料燃烧或者电能等转化产生的热量，将物料或工件进行熔炼、焙烧、烧结、熔化、加热等工序的热工设备。其中适用本标准的工业炉窑，其主要生产工艺为：

①有色金属熔炼炉：将金属熔化、调整其成分、去除杂质，获得所设定成分的金属或非金属的工业炉。

②熔化炉：指将固体金属或非金属熔化成液体的工业炉。

③加热炉：对物料加热提高其温度而不改变其形态，以满足加工工艺要求的工业炉。

④热处理炉：对物料进行加热、保温和冷却，以获得预期组织和性能的一种工业炉。

⑤干燥炉、窑：除去物料中所含水分或挥发分的工业炉窑。

⑥非金属焙（煨）烧炉窑、耐火材料窑：包括各种用于非金属焙烧、煨烧，生产耐火材料的回转窑、竖窑等。

4.2 工业炉窑大气污染物产排污情况

工业炉窑主要是靠燃料或电能等加热处理物料，其加热过程中污染物的产生包括两部分，加热用燃料高温燃烧产生的污染和炉内原料在加热过程中所挥发分解产生的污染。

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。因此工业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、热处理炉等烟气中还含有氟化物、铅以及化合物、汞以及化合物、铍以及化合物、苯并（a）芘、沥青烟等污染物。

4.3 江苏省工业炉窑大气污染物排放现状

江苏省工业炉窑使用情况、工业炉窑企业能源消耗情况分析，江苏省适用本标准工业炉窑行业分布情况、地区分布情况、工业炉窑规模分析详见 2.3 章节。

江苏省工业炉窑大气污染物排放情况分析详见 3.3 章节。

2014~2016 年，编制组针对现行国标中暂未制订行业排放标准的江苏省部分工业炉窑大气污染物排放情况进行了调研。

标准第一次意见稿的适用范围为“现行国标中暂未制订行业排放标准的 7 类 11 种工业炉窑（含玻璃熔窑），具体有：（1）①有色金属熔炼炉；（2）熔化炉：主要包括②化铁炉、冲天炉，③金属熔化炉；④非金属熔化、熔炼炉；（3）加热炉，主要包括⑤金属压延、锻造加热炉，⑥非金属加热炉；（4）热处理炉，主要包括⑦金属热处理炉，⑧非金属热处理炉。（5）⑨干燥炉、窑；（6）⑩非金属焙（煨）烧炉窑、耐火材料窑；（7）其他炉窑。

为此，编制组收集、分析了近年来江苏省环境监测中心及各市、县（区）环境监测系统完成的建设项目竣工环保验收监测、企业委托监测、环境管理监督监测、企业自行监测等工业炉窑监测数据，对典型工业炉窑进行现场测试。

第一阶段：编制组收集了江苏省适用本标准各类工业炉窑大气污染物排放监测数据约 91 台，并完成了统计、分析。

第二阶段：根据课题中期汇报会专家组意见，编制组进一步收集了工业炉窑的监测数据（报告），截止 2016 年 7 月，工业炉窑监测数据增加到 204 台。在标准编制说明第一次征求意见稿中，编制组总收集到江苏省各类工业炉窑大气污染物排放监测数据约 400 台，

其中适用本标准工业炉窑 275 台，包括了本标准适用范围内的 7 类 11 种工业炉窑。

通过对 204 台和 275 台工业炉窑监测数据的分析、比较，其总体炉窑使用燃料类型比例、大气污染物排放浓度等差异不大。

第三阶段：根据标准第一次征求意见稿的反馈意见、标准第二次征求意见稿技术审查会意见以及编制组的多方调研、咨询，考虑到玻璃炉窑大气污染物产生、处理、排放的特殊性，以及国家已发布平板玻璃、电子玻璃工业大气污染物排放标准，日用玻璃、玻璃纤维及制品、矿物棉染物工业污染物排放标准（征求意见稿），确定本标准不包含玻璃熔窑。

为此，编制组对江苏省适用本标准工业炉窑相关信息以及适用本标准的 254 台工业炉窑监测数据进行了重新分析、统计。

根据《江苏省环境统计年报》数据分析，江苏省适用本标准工业炉窑约 2153 台，分属 1087 家企业，主要分布在以下 7 个行业：①金属制品业，②有色金属冶炼和压延加工业，③非金属矿物制品业，④通用设备制造业，⑤化学原料和化学制品制造业，⑥汽车制造业，⑦专用设备制造等；上述 7 个行业的工业炉窑数合计约为 1729 台，占总数量的 80.3%。

和江苏省适用本标准工业炉窑比较，编制组收集的 254 台工业炉窑（炉窑数量占比 11.8%），涉及 85 家企业（企业数量占比 7.8%），炉窑类型包含了本标准适用范围内的 7 类 10 种工业炉窑（缺非金属熔化、熔炼炉），并将监测报告中未明确炉窑类别的工业炉窑（含非金属熔化、熔炼炉）全部归入其他炉窑。

编制组收集的监测数据，覆盖了江苏省适用本标准 80%以上产能的代表性装置类型，满足 HJ 945.1-2018“6.4 现场实测”中“6.4.1”的要求，具体炉窑类别及数量详见表 4-1。

为分析工业炉窑大气污染物排放与使用燃料的关系，编制组参照原国家环保部《高污染燃料目录》（国环规大气〔2017〕2 号）中 III 类（严格）“高污染燃料”的定义：煤炭及其制品（包括原煤、散煤、煤矸石、煤泥、煤粉、水煤浆、型煤、焦炭、兰炭等），石油焦、油页岩、原油、重油、渣油、煤焦油，生物质成型燃料，按照工业炉窑使用燃料污染类型，分“高污染燃料”和“其他燃料或电能等”进行了分类统计。

根据现行国标排放浓度限值考核，颗粒物的达标率为 97.2%（总 250 台炉窑监测数据，其中 7 台超标），二氧化硫的达标率为 99.2%（总 236 台炉窑监测数据，其中 2 台超标）。

表 4-1 本课题收集工业炉窑类别及数量

序号	炉窑类别		燃料	炉窑台数	超现行国标炉窑台数
1	熔炼炉	有色金属熔炼炉	高污染	1	0
			其他	7	0
2	熔化炉	冲天炉、化铁炉	高污染	12	3（颗粒物）
			其他	0	0
		金属熔化炉	高污染	7	2（颗粒物）
			其他	21	0
		非金属熔化、熔炼炉	高污染	0	0
			其他	0	0
3	加热炉	金属压延、锻造加热炉	高污染	7	0
			其他	26	0
		非金属加热炉	高污染	17	1（颗粒物）、 1（二氧化硫）
			其他	23	0

表 4-1 本课题收集工业炉窑类别及数量（续）

序号	炉窑类别		燃料	炉窑台数	超现行国标炉窑台数
4	热处理炉	金属热处理炉	高污染	24	0
			其他	32	1（颗粒物）
		非金属热处理炉	高污染	10	0
			其他	1	0
5	干燥炉、窑		高污染	11	0
			其他	8	0
6	非金属焙（锻）烧炉窑、耐火材料窑		高污染	9	1（二氧化硫）
			其他	9	0
7	其他炉窑*		高污染	12	0
			其他	17	0
合计			高污染	110	8 台超标
			其他	144	1 台超标
			总体	254	9 台超标

注：“*”将监测报告中未明确炉窑类别的工业炉窑，全部归入其他炉窑，下同。

4.4 工业炉窑污染控制技术分析

4.4.1 二氧化硫控制技术分析

工业炉窑是仅次于锅炉的主要工业燃煤设备，种类多，使用面广，污染治理装备也千差万别，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。

目前，二氧化硫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。

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。在有色金属熔炼如铜熔炼行业，接触法制硫酸既是炼铜废气处理工序，也是熔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/石膏法-脱硫工艺脱硫率可达 95%以上，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 22990KJ/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%，计算可得烟气中的二氧化硫浓度为 1960mg/m³。如脱硫设备的脱硫率为 80%，则二氧化硫排放浓度为 392mg/m³。因此要求将脱硫率提高到 96%以上，或燃用含硫量 0.4%以下燃煤，方可将二氧化硫排放浓度控制在 80mg/m³ 以内。

4.4.2 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 N₂ 和 O₂ 反应生成的 NO_x（热力型 NO_x）。NO_x 主要是指 NO 和 NO₂，习惯上被称为硝，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、稀土氧化物、低温脱硝催化剂等作还原剂，在催化剂的作用下，将氮氧化物还原成氮气，脱硝效率可达 60~98%，所要求的反应温度约为 130~450℃。

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、复合还原剂等作脱硝剂，将氮氧化物还原成氮气，脱硝效率可达 40~90%，最佳反应温度为 950℃左右。但是 SCR、SNCR 均存在设备投资高、运行成本高、催化剂易中毒、运行不稳定等缺点。

③陶瓷滤芯催化一体化脱销除尘技术。将窑炉废气通过引风机进入陶瓷滤芯催化一体化除尘器，极细的陶瓷纤维交错形成的细密多孔结构可以过滤次微米级固体颗粒，实现高

效通气过滤，粉尘实现超低排放。脱销催化剂均匀布置在滤管表面，定期进行反吹，解决了催化剂的堵塞、中毒失活等问题，延长了催化剂的使用寿命，脱硝效率可达到 80%以上。

④液体吸收法， NO_2 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。

⑤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。

⑥臭氧氧化吸收脱硝技术，以臭氧为氧化剂将烟气中不易溶于水的 NO 氧化成 NO_2 或更高价的氮氧化物，然后以相应的吸收液（水、碱溶液、酸溶液、金属络合物溶液等）对烟气进行喷淋洗涤，使气相中的氮氧化物转移到液相中，脱硝效率大于 85%，对烟气温度没有要求，同时，臭氧的氧化能力对烟气中其他有害成分（如汞）也有氧化脱除作用。

⑦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-S NO_x ）、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，使二氧化硫、 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 $180\text{mg}/\text{m}^3$ 以下。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 $180\text{mg}/\text{m}^3$ 以下。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。

4.4.3 颗粒物控制技术分析

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、 $\text{CO}:\text{O}_2$ 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。各类除尘器分述如下，主要除尘技术见表 4-2。

（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 $10\mu\text{m}$ 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。

（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 $100\sim$

200mg/m³。

(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℃），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。静电除尘器处理后出口浓度可控制在 5~50mg/m³ 以下。

(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 98~99%，燃煤炉窑烟（粉）尘出口浓度可控制在 5~30mg/m³ 以下。

(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) 自激式除尘器

含尘气体进入除尘器后转弯向下，冲激在液面上，部分粗大的尘粒直接沉降在泥浆斗内。随后含尘气体高速通过 S 形通道，激起大量水滴，使粉尘与水滴大量接触，从而达到使粉尘沉降的目的。

(7) 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。

(8) 团聚除尘技术

团聚除尘技术是将化学团聚促进剂喷入除尘器前烟道，与细颗粒物结合，增强疏水性颗粒的润湿性能；颗粒物之间吸附以架桥的方式团聚形成链状较大颗粒，同时增强颗粒物的导电性，提高除尘效率。

表 4-2 主要除尘技术

除尘工艺	适用炉型	原烟气颗粒物浓度	除尘效率	外排烟气颗粒物浓度	备注
重力除尘、旋风除尘	非金属焙烧窑、熔化炉、加热炉等	300mg/m ³ 以下	80~95%	可控制在 30mg/m ³ 以下	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	4000mg/m ³ 以上	99.9%以上	加之后续制酸酸洗处理，可控制在 10mg/m ³ 以下	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	10000mg/m ³ 以上	99.9%以上	加之后续制酸酸洗处理，可控制在 10mg/m ³ 以下	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

表 4-2 主要除尘技术（续）

除尘工艺	适用炉型	原烟气 颗粒物浓度	除尘 效率	外排烟气 颗粒物浓度	备注
袋式除尘	熔化炉、熔炼炉、非金属焙烧窑、加热炉、热处理炉	200~500mg/m ³	99.9%以上	可控制在10mg/m ³ 以下	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	1000mg/m ³ 以上	99.9%以上	可控制在10mg/m ³ 以下	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+电袋除尘	熔化炉、非金属焙烧窑	10000mg/m ³ 以上	99.9%以上	可控制在10mg/m ³ 以下	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	300~1000mg/m ³	95%以上	可控制在50mg/m ³ 以下	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	1000~5000mg/m ³	99%以上	可控制在50mg/m ³ 以下	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	10000mg/m ³ 以上	99.9%以上	可控制在5mg/m ³ 以下	适用于对颗粒物排放有严格要求的烟气处理

注：除尘工艺可以单独使用，也可以组合使用，以达到不同的控制要求。

4.4.4 其他特征大气污染物环境影响及控制技术分析

其他特征大气污染物主要包括：氟化物、铅以及化合物、汞以及化合物、铍以及化合物、苯并（a）芘、沥青烟等

（1）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，其排放主要来自熔炼行业、印刷厂、玻璃制造、陶瓷工业等。

（2）铅的毒性很大，在人体内可积蓄中毒。铅在 400~900℃ 高温时即有大量铅蒸汽逸出，在空气中形成铅的氧化物，凝聚为铅烟尘，其排放主要来自熔炼行业、印刷厂、陶瓷工业等。

（3）汞蒸气和汞盐类的粉尘对生物体危害很大。汞是银白色液体金属，具有易挥发性，在大气中以蒸汽状态存在。由于汞比重大，在大气迁移过程中常变为颗粒态后沉降在地面上，经太阳照射可再变为挥发态汞，造成二次污染。其排放主要来自熔炼、轻工等行业。

（4）铍及其化合物对生物体危害极大，其毒性指标属 1 级。铍蒸汽在空气中易被氧化成质量很轻的氧化铍粉尘，铍的化合物有氧化铍、氢氧化铍、硫酸铍、氟化铍、氯化铍等，其排放主要来自有色金属熔炼行业等。

(5) 沥青烟是沥青、煤炭、石油等原料在高温焙烧条件下逸散到空气中的一种烟雾状物质，组分与沥青接近，主要是多环芳烃类物质及少量氧、氮、硫的杂环混合物。凡是制造、加工和使用沥青、煤炭、石油的企业以及市政道路、建筑施工现场用沥青加热炉和使用煤、重油、油页岩、木柴等为燃料的工业炉窑，都产生不同排放浓度的沥青烟。

(6) 苯并(a)芘为挥发性有机物，具有明显的致癌性，主要来源于煤炭、石油等的不完全燃烧，冶金、焦化、沥青及碳素制品等生产和加工是苯并(a)芘的主要排放行业。

上述污染物的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、水洗车、燃烧法、电捕法等。

4.5 工业炉窑大气污染物治理情况

4.5.1 江苏省工业炉窑废气治理情况

江苏省多数工业炉窑由于规模较小，不属于国控、省控或市控企业，也未安装烟气排放自动监控设备，因此对于工业炉窑污染物排放的监管相对薄弱。2003~2014年，原江苏省环保厅批复了约3300个建设项目环境影响报告，但是其中要求执行《工业炉窑大气污染物排放标准》(GB 9078-1996)的建设项目只有30多个。

根据《江苏省环境统计年报》数据，2015年江苏省4227台工业炉窑分属2106个企业，其中安装了废气处理设施的企业不足1000家，其余炉窑废气以直排为主，对周边环境影响较大。4227台工业炉窑中，适用本标准的工业炉窑约2153台，分属1087个企业，其中53% (581家)的企业未安装废气处理设施。

本课题收集254台工业炉窑，采用的除尘技术主要有袋式除尘、静电除尘、旋风除尘、重力沉降法、水膜除尘等，脱硫技术主要有炉内脱硫、碱液喷淋、喷雾半干法脱硫等，仅极少数炉窑采用了低氮燃烧技术，详见表4-3；部分工业炉窑采用废气治理设施以及大气污染物排放浓度见表4-4。

表4-3 本课题收集工业炉窑废气治理设施情况统计

项目	炉窑数量	其中				
		安装除尘设施	安装脱硫设施	采取降氮措施	直排	未填报废气治理设施
使用高污染燃料的炉窑	110台	83台	21台	0	8台	21台
比例	/	74.5%	19.1%	0%	7.3%	19.1%
使用天然气等非高污染燃料或电能的炉窑	144台	26台	1台	4台(选择先进的燃烧设备、采用低氮燃烧技术)	70台	48台
比例	/	18.1%	0.7%	2.8%	48.6%	33.3%
本课题收集炉窑合计	254台	109台	22台	4台	78台	69台
比例	/	42.5%	8.7%	1.6%	30.7%	27.2%

表 4-4 本课题收集部分工业炉窑废气治理设施以及大气污染物排放浓度

序号	地区	企业名称	炉窑类别	使用能源	废气治理设施	废气排放量 (m ³ /h)	颗粒物 排放浓度 (mg/m ³)	二氧化硫 排放浓度 (mg/m ³)	氮氧化物 排放浓度 (mg/m ³)
1	无锡	XX 合金有限公司	有色金属熔炼炉	其他燃料	未填报	75921	3.14	87	17
2	常州	XX 机械集团有限公司	冲天炉	焦炭	水膜除尘	34900	57.2	194	/
3	南通	XX 配件厂	金属熔化炉	烟煤	水膜除尘	3304	11.6	188	/
4	南通	XX 有限责任公司	金属熔化炉	电	脉冲袋式除尘+水喷淋	3760	12.9	/	/
5	南京	XX 纺织机械有限公司	金属熔化炉	天然气	组合式净化喷淋水塔 异味处理机	/	20.4	17.1	44
6	苏州	XX 热镀锌有限公司	金属加热炉	煤炭	有除尘设施	2734	22.0	353	239
7	常州	XX 防静电活动地板有限公司	金属加热炉	天然气	直排	1000	20.0	10	41
8	常州	XX 电机有限公司	非金属加热炉	生物制粒	碱液喷淋	1031	13.8	45.3	97
9	南通	XX 纤维有限公司	非金属加热炉	石油液化气	选择先进的燃烧设备	2991	28.6	未检出	54
10	南通	XX 钢绳有限公司	金属热处理炉	烟煤	水膜除尘+碱液脱硫	7406	19.7	229	84
11	南通	XX 精工有限公司	金属热处理炉	天然气	直排	6314	3.3	11	33
12	南通	XX 新材料科技有限公司	非金属热处理炉	煤	水膜除尘	6369	43.6	615	396
13	苏州	XX 汽车(部件)有限公司	非金属热处理炉	天然气	直排	/	28.8	15	213
14	苏州	XX 建材有限公司	回转窑	煤	炉内脱硫、“旋风除尘+ 三电场除尘”回收石膏粉后 再经碱液喷淋	45460	127	6.9	388
15	苏州	XX 砂浆有限公司	干燥炉	天然气	袋式除尘	/	17.7	/	/
16	南通	XX 制纸有限公司	石灰窑	重油	三电场静电除尘器	27917	12.1	9.75	124
17	常州	XX 复合材料股份有限公司	熔煅烧炉(窑)	天然气	未填报	5810	16.5	45	32
18	南京	溧水 XX 有限公司	其他炉窑	煤	水膜除尘	6317	43.1	179	/

注：分工业炉窑类别和工业炉窑使用能源是否属于高污染燃料，选择了本课题收集工业炉窑中污染物排放浓度较低的工业炉窑。

4.5.2 工业炉窑废气污染控制投资分析

本标准实施后,需要对一大批工业炉窑进行技术改造。欲达本标准,在提高管理技术水平同时,首先选择清洁能源替代改造,其次应该从生产设备、生产工艺的更新改造上着手,对不能达标的工业炉窑须安装废气净化设施,这对于减少污染物排放量,改善大气环境质量将起到长远效应。为达到本标准中所列的控制指标,一般可采用以下三种方法来实现:

(1) 使用非高污染燃料或电能等替代高污染燃料

对使用高污染燃料的工业炉窑,可采用非高污染燃料或电能等替代高污染燃料的方式实现节能减排。改造成本主要来自燃料供应系统,炉前管道、仪表、阀门以及燃烧器的更换,费用与项目的配置高低成正比,范围约为20~150万元;运行成本主要是提供相同热量所需要的燃料成本。

(2) 采用前端控制技术,如低氮燃烧、富氧燃烧、蓄热式燃烧等

此类方法通过改变燃烧工艺达到提高燃料综合利用率、降低污染物排放的目的,改造成本主要来自炉前管道、仪表、阀门以及燃烧器的更换,费用与具体项目的配置高低成正比,范围约为20~120万元。

(3) 采用末端治理措施

经过咨询炉窑、燃烧器、除尘、脱硫以及脱硝设备的生产厂商,对废气处理设备费用影响较大的因素主要是炉窑的废气排放量、废气中颗粒物、二氧化硫、氮氧化物等污染物的初始排放浓度。对颗粒物排放不达标的工业炉窑,除尘设施需要进行升级改造,如增加预除尘设施、改湿式除尘为袋式除尘、增加布袋过滤面积、更换普通滤料为耐高温滤料和覆膜滤料、增设静电除尘设备、提高除尘效率等。二氧化硫超标的,可采用低硫燃料、燃料脱硫、增设脱硫设施、提高脱硫效率等。氮氧化物超标的,可采用优化燃烧方式、采用低氮燃烧器、增设脱硝设备、提高脱硝效率等。对于使用高污染燃料的工业炉窑,如难以采用末端治理设施或改造费用过高的,建议直接淘汰。具体污染物控制技术详见4.4章节。

同时,单组分污染物去除技术将逐渐被工艺扩展性强、多组分污染物一体化协同控制的集成深度净化技术替代。

新增除尘、脱硫、脱硝处理设备的投资成本按废气种类及处理量大小分三类粗略估算如下:

(1) 使用高污染燃料的工业炉窑

大型工业炉窑(处理废气量 $\geq 120,000\text{m}^3/\text{h}$),除尘设施投资约为15元/ m^3 烟气,脱硫设施投资约为25元/ m^3 烟气,氮氧化物减排设施投资约为20元/ m^3 烟气。

中型工业炉窑(处理废气量 $50,000\sim 120,000\text{m}^3/\text{h}$),除尘设施投资约为18元/ m^3 烟气,脱硫设施投资约为28元/ m^3 烟气,氮氧化物减排设施投资约为24元/ m^3 烟气。

小型工业炉窑(处理废气量 $\leq 50,000\text{m}^3/\text{h}$),除尘设施投资约为22元/ m^3 烟气,脱硫设施投资约为33元/ m^3 烟气,氮氧化物减排设施投资约为30元/ m^3 烟气。

(2) 使用天然气等非高污染燃料或电能的工业炉窑

大型工业炉窑(处理废气量 $\geq 120,000\text{m}^3/\text{h}$),除尘设施投资约为12元/ m^3 烟气,脱硫设施投资约为13元/ m^3 烟气,氮氧化物减排设施投资约为14元/ m^3 烟气。

中型工业炉窑(处理废气量 $50,000\sim 120,000\text{m}^3/\text{h}$),除尘设施投资约为16元/ m^3 烟气,脱硫设施投资约为16元/ m^3 烟气,氮氧化物减排设施投资约为17元/ m^3 烟气。

小型工业炉窑(处理废气量 $\leq 50,000\text{m}^3/\text{h}$),除尘设施投资约为20元/ m^3 烟气,脱硫设施投资约为20元/ m^3 烟气,氮氧化物减排设施投资约为22元/ m^3 烟气。

5 标准主要技术内容及确定依据

5.1 标准适用范围

5.1.1 本标准适用范围

本标准将现行国标《工业炉窑大气污染物排放标准》（GB 9078-1996）中暂未制订行业排放标准的工业炉窑（除玻璃熔窑）纳入适用范围。

本标准适用于江苏省行政区域内现有工业炉窑（除玻璃熔窑）的大气污染物排放管理，以及新建、改建、扩建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、排污许可及其建成后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。

5.1.2 本标准不适用范围及依据

按照综合型污染物排放标准与行业型污染物排放标准不交叉执行、行业型污染物排放标准优先执行的原则，凡国家或江苏省已制订的行业污染物排放标准中规定工业炉窑排放控制要求的，其工业炉窑大气污染物排放管理应按规定执行，不适用于本标准。

根据课题组的多方调研、标准第一次征求意见稿的反馈意见和标准第二次征求意见稿技术审查会意见，考虑到玻璃炉窑大气污染物产生、处理、排放的特殊性，以及国家已发布平板玻璃、电子玻璃工业大气污染物排放标准，日用玻璃、玻璃纤维及制品、矿物棉染物工业污染物排放标准（征求意见稿），本标准确定不包含玻璃熔窑，具体分析可查阅已上网公示的第一次标准征求意见稿编制说明。

5.1.3 本标准与现行国标、其他排放标准的衔接

本标准代替了现行国标中相应部分内容，制定了严于《工业炉窑大气污染物排放标准》（GB 9078-1996）的污染物排放限值。本标准未作规定的部分，依然执行《工业炉窑大气污染物排放标准》（GB 9078-1996）。

本标准实施后，新制（修）订的国家工业炉窑大气污染物排放控制要求严于本标准时，按严格的排放标准执行，不再执行本标准。

本标准实施后，凡国家或江苏省新制（修）订的行业污染物排放标准中规定工业炉窑排放控制要求的，其工业炉窑大气污染物排放管理应按规定执行，不再执行本标准。

环境影响评价文件或排污许可证要求严于本标准时，按照批准的环境影响评价文件或排污许可证执行，不再执行本标准。

5.2 标准结构框架

5.2.1 标准主要章节内容

本标准文本包括：前言、范围、规范性引用文件、术语和定义、大气污染物排放控制要求、大气污染物监测要求、达标判定、实施与监督共八个部分。主要技术内容包括：

- （1）工业炉窑大气污染物排放限值（包括无组织排放）、烟气黑度限值；
- （2）排气筒高度要求；
- （3）大气污染物监测要求；
- （4）达标判定等要求。

大气污染物排放浓度限值是本标准的重点。

标准限值的分类制定方面，本课题进行了三种方案的比选：方案一：参照现行国标，对不同类别工业炉窑分别制定颗粒物排放限值，其他污染物基本不分工业炉窑类别制定统一的排放限值。方案二：不分工业炉窑类别和工业炉窑使用燃料污染类型，制定统一的颗粒物、二氧化硫、氮氧化物等污染物排放限值。方案三：按照工业炉窑使用燃料污染类型不同，分“使用高污染燃料的工业炉窑”和“不使用高污染燃料的工业炉窑”分别制定颗粒物、二氧化硫、氮氧化物排放限值，对其他污染物基本不分工业炉窑类别制定统一的排放限值。详见表 5-1。

表 5-1 标准制定方案对比

方案	主要内容	采用省市
方案一	对不同类别工业炉窑分别制定颗粒物排放限值，其他污染物基本不分工业炉窑类别制定统一的排放限值。	现行国标、河北地方标准
方案二	不分工业炉窑类别和工业炉窑使用燃料污染类型，制定统一的颗粒物、二氧化硫、氮氧化物等污染物排放限值。	上海地方标准
方案三	主要污染物排放限值按照工业炉窑使用燃料污染类型不同分： （1）使用高污染燃料的工业炉窑 高污染燃料包括：煤炭及其制品，石油焦、油页岩、原油、重油、渣油、煤焦油，生物质成型燃料。 （2）不使用高污染燃料的工业炉窑 包括：天然气、液化石油气等非高污染燃料及电能等。 其他污染物基本不分工业炉窑类别制定统一的排放限值。	山东地方标准
其他	方案一的简化	河南地方标准分“有色金属熔炼炉和其他炉窑”
	按铸造、锻造行业和炉窑类别	北京铸锻工业
	按行业或按燃料	天津地方标准
	按燃料、区域（主城区和其他区域）和炉窑类别	重庆地方标准

以上方案经对比，方案一：便于针对不同工业炉窑的污染物排放特征分类制定排放限值；但随着污染防治技术的不断进步和环境管理要求的趋严，多数工业炉窑排放限值更为接近或者趋于一致，差异性不断缩小；同时标准执行过程中，需要对工业炉窑进行正确的类别区分。方案二：不考虑燃料因素对工业炉窑污染物排放的影响，鼓励使用清洁能源；不分工业炉窑类别和工业炉窑使用燃料污染类型制定统一的排放限值，更易于标准的对照执行。方案三：根据燃料污染类型分类制定排放限值，考虑了燃料因素对工业炉窑污染物排放的影响。

本标准第一次征求意见稿采用了方案三。

为满足人民日益增长的美好生活需要，结合江苏加快改善环境空气质量、坚决打赢蓝天保卫战的决心，并根据长三角区域大气污染联防联控、长三角地区 2018-2019 秋冬季大气污染综合治理攻坚行动方案、江苏省工业炉窑专项治理等环境管理要求，编制组根据标准二次征求意见稿技术审查会意见，调整为采用方案二：不分工业炉窑类别和工业炉窑使用燃料污染类型，从严制定统一的颗粒物、二氧化硫、氮氧化物等污染物排放限值。

5.2.2 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，又需要考虑与现行国标相衔接，使不同企业在执行新标准时有一个延续性的过渡过程。因此，本标准给予现有工业炉窑排气筒大气污染物排放一年左右的整改时间。

本标准实施之日前已建成投产或环境影响评价文件已通过审批、审核或备案的工业炉窑排气筒排放大气污染物，分两个时间段执行相应的大气污染物排放限值。现阶段依然执行《工业炉窑大气污染物排放标准》(GB 9078-1996)中规定的排放限值，自2020年 月 日起执行本标准规定的排放限值。

本标准实施之日起环境影响评价文件通过审批、审核或备案的新建、改建和扩建的工业炉窑，执行本标准规定的排放限值。

5.3 术语和定义

本标准只明确了“工业炉窑、现有工业炉窑、新建工业炉窑、标准状态”4个名称术语，基本采用了《工业炉窑大气污染物排放标准》(GB 9078-1996)、《国家大气污染物排放标准制订技术导则》(HJ 945.1-2018)等国家已发布环保标准中的定义，并根据征求意见，对个别定义的用词表述进行了更新。

标准第一次征求意见稿中的其他名称术语，如“排放限值、颗粒物、无组织排放、无组织排放监控点、无组织排放监控点浓度限值、排气筒高度、氧含量”等，均与国家已发布环保标准中的定义相同，现根据征求意见和专家意见予以删除，简化标准文本。

5.4 污染物控制项目的选择

本标准污染物控制项目筛选主要依据为：覆盖现行工业炉窑标准控制项目，重点考虑环境空气质量标准控制项目，满足大气污染物新增总量控制项目氮氧化物的要求；原则上不突破现行国标的污染物控制指标。

根据上述依据，本标准共筛选设置10项控制项目，包括现行国标中的8项控制项目：烟(粉)尘、二氧化硫、氟及其化合物、铅、汞、铍及其化合物、沥青油烟、烟气黑度；新增2项控制项目：氮氧化物、苯并(a)芘指标。

考虑到与其他大气污染物排放标准相衔接，并参照相应的污染物分析方法，将采用“颗粒物、氟化物、铅及其化合物、汞及其化合物、沥青烟”来替代现行国标中的“烟(粉)尘、氟及其化合物、铅、汞、沥青油烟”，“总悬浮颗粒物”来替代现行国标中无组织排放控制项目“烟(粉)尘”，采用“氧含量”来替代现行国标中的“空气过量系数”及“掺风系数”。“氧含量”即燃料燃烧后，烟气中含有的多余的自由氧，通常以干基容积百分数来表示。

《环境空气质量标准》(GB 3095-2012)中规定的10项控制项目包括二氧化硫、二氧化氮、一氧化碳、颗粒物(PM₁₀)、颗粒物(PM_{2.5})、臭氧、总悬浮颗粒物、氮氧化物、铅、苯并(a)芘，其中一氧化碳、臭氧与工业炉窑大气污染物排放无显著关系而未被纳入标准控制项目，其他控制项目本标准均有涉及。

通过对2015年《江苏省环境统计年报》排放废气中六价铬、总铬、镉、砷等重金属监测数据的分析(见表3-4)，参考其他省市工业炉窑大气污染物排放标准中特征大气污染物的选择(见表5-9)，并考虑到本课题没有积累足够的六价铬、总铬、镉、砷等重金属监测数据，本课题暂不制定六价铬、总铬、镉、砷等重金属排放浓度限值。

本标准未作规定的工业炉窑大气污染物控制项目，国家或江苏省有相关排放标准及监测方法的，按相关排放标准要求执行。

5.5 污染物控制指标和平均时间

本标准大气污染物排放浓度采用质量浓度指标，单位为 mg/m^3 。

本标准平均时间采用 1 小时，以小时均值作为考核污染物是否达标的基本单位。

5.6 污染物排放限值的确定及制定依据

5.6.1 污染物排放限值的制定依据

(1) 推进清洁能源替代改造

编制组查阅了 2003~2014 年，原江苏省环保厅对全省工业园区环境影响报告书中有关工业炉窑的批复要求：2005 年要求“工业窑炉要使用清洁燃料，或实施脱硫除尘，脱硫效率不低于 80%、除尘效率不低于 95%”。2006 年要求“入区企业生产所需加热炉应使用电、天然气、液化石油气、低硫燃料油等清洁能源，不得使用燃煤作燃料，并鼓励实施余热利用”。2008 年要求“区内实行集中供热，禁止建设燃煤、重油等蒸汽锅炉、工业窑炉，燃料使用净化后的焦炉煤气、高炉煤气或其他清洁能源”。2009 年要求“按计划对区内现有燃煤小锅炉和燃焦炭小窑炉关停拆除”。2013 年要求“立即关停区内各企业现有燃煤小锅炉，淘汰各类工业燃烧窑炉”。2014 年要求“园区实行集中供热，不得存有或自建燃煤窑炉”。

《江苏省大气污染防治行动计划实施方案》明确了对煤炭消费总量的控制以及清洁能源替代的要求：到 2017 年，“煤炭占能源消费总量比重降低到 65%以下，力争实现全省煤炭消费总量负增长。天然气占一次能源比重力争达到 12%以上，基本完成燃煤锅炉、工业炉窑、自备燃煤电站的天然气等清洁能源替代改造任务”。

《长三角地区 2018-2019 年秋冬季大气污染综合治理攻坚行动方案》（环大气〔2018〕140 号）第 20 条“实施工业炉窑污染治理专项行动”、《江苏省打赢蓝天保卫战三年行动计划实施方案》（苏政发〔2018〕122 号）中（二十三）“开展工业炉窑治理专项行动”要求。

(2) 污染控制技术的可达性

大气污染物的排放浓度，一般取决于生产工艺条件和污染治理措施。但是工业炉窑大气污染物排放标准属通用型标准，涉及众多的生产工艺，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，因此本标准主要从污染治理措施的改进出发，对工业炉窑的污染物排放标准提出更高的要求。目前国内工业炉窑的除尘、脱硫、脱硝技术已比较成熟，部分技术已达到国际先进水平，在除尘、脱硫、脱硝的同时也能降低其他污染物的排放。具体工业炉窑污染控制技术详见 4.4 章节。对于技术落后、资源能源消耗高、排污大的工业炉窑，建议直接淘汰。

5.6.2 污染物排放限值的确定原则

江苏省工业炉窑大气污染物排放限值的制定：①综合考虑目前工业窑炉的污染防治技术；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结合江苏省环境管理要求以及江苏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。

国内外工业炉窑相关行业排放标准以及我国其他省市工业炉窑大气污染物排放标准分析等详见第 6 章。

根据原江苏省环保厅《关于执行大气污染物特别排放限值的通告》（苏环办〔2018〕299 号）要求，江苏省 13 个设区市全部行政区域内新建项目自 2018 年 8 月 1 日起、已建项目自 2019 年 8 月 1 日起，全部执行大气污染物特别排放限值。故本标准不再单独制订大

气污染物特别排放限值。

5.6.3 二氧化硫排放限值的确定

工业炉窑排放二氧化硫，一方面来自于加热用燃料高温燃烧产生的污染，另一方面来自于炉内原料在加热过程中挥发分解产生的污染；常见的脱硫方法有干法、半干法和湿法三种工艺，其污染控制技术详见 4.4 章节。

(1) 现行国标工业炉窑（第 I 时段）二氧化硫的一级标准限值为 $850\text{mg}/\text{m}^3$ 或 $1200\text{mg}/\text{m}^3$ ，工业炉窑（第 II 时段）二氧化硫的二级标准限值为 $850\text{mg}/\text{m}^3$ ，详见表 6-1。

(2) 我国部分行业（不再执行现行国标）相关工业炉窑中二氧化硫特别排放限值基本控制在 $35\sim 200\text{mg}/\text{m}^3$ ，详见表 6-3。

(3) 我国部分省市工业炉窑大气污染物排放标准中二氧化硫排放浓度限值基本控制在 $20\sim 300\text{mg}/\text{m}^3$ ，详见表 6-4。

(4) 国外工业炉窑中二氧化硫排放浓度限值基本控制在 $50\sim 3000\text{mg}/\text{m}^3$ ，详见表 6-5。

(5) 江苏省部分工业炉窑二氧化硫排放浓度见表 5-2、表 5-3。

编制组总收集了江苏省 236 台适用本标准工业炉窑的二氧化硫排放浓度，根据现行国标考核，二氧化硫超标率仅为 0.8%（2 台超标），详见表 4-1。

本课题收集的 236 台工业炉窑中，使用煤炭等高污染燃料的工业炉窑占 44.9%（106 台），其中二氧化硫排放低于 $80\text{mg}/\text{m}^3$ 占 26.4%（28 台）。使用天然气、电等清洁能源的工业炉窑占 55.1%（130 台），其中二氧化硫排放浓度低于 $80\text{mg}/\text{m}^3$ 占 96.9%（126 台）。

根据本课题污染物排放限值的确定原则，在此提出江苏省工业炉窑二氧化硫排放标准为：新建工业炉窑自本标准实施之日起、现有工业炉窑自 2020 年 月 日起，二氧化硫排放浓度执行 $80\text{mg}/\text{m}^3$ 。

表 5-2 江苏省部分工业炉窑二氧化硫排放现状

序号	炉窑类别		燃料	炉窑台数	二氧化硫排放浓度 (mg/m^3)				超标台数	超标率%
					最小值	最大值	中位值	设计标准		
1	熔炼炉	有色金属熔炼炉	高污染	1	12.3	12.3	12.3	80	0	0
			其他	6	ND	87	6	80	1	16.7
2	熔化炉	冲天炉、化铁炉	高污染	11	5	606	44	80	4	36.4
			其他	0				80		
		金属熔化炉	高污染	6	188	613	376	80	6	100
			其他	17	0	67	14	80	0	0
		非金属熔化、熔炼炉	高污染	0				80		
			其他	0				80		
3	加热炉	金属压延、锻造加热炉	高污染	7	7.67	353	141	80	4	57.1
			其他	25	ND	35.5	5.87	80	0	0
		非金属加热炉	高污染	16	45.3	1365	149	80	12	75.0
			其他	21	ND	69	5	80	0	0

表 5-2 江苏省部分工业炉窑二氧化硫排放现状（续）

序号	炉窑类别		燃料	炉窑台数	二氧化硫排放浓度 (mg/m ³)				超标台数	超标率%
					最小值	最大值	中位值	设计标准		
4	热处理炉	金属热处理炉	高污染	24	55	374	288	80	23	95.8
			其他	32	ND	97	7.5	80	1	3.1
		非金属热处理炉	高污染	11	297	675	14	80	11	100
			其他	1	15	15	15	80	0	0
5	干燥炉、窑		高污染	9	ND	675	14	80	4	44.4
			其他	6	ND	136	4	80	1	16.7
6	非金属焙（锻）烧炉窑、耐火材料窑		高污染	9	9.75	1579	116	80	6	66.7
			其他	9	ND	45	8	80	0	0
7	其他炉窑		高污染	12	10.7	732	134	80	8	66.7
			其他	9	ND	87	4	80	1	7.7
合计			高污染	106	ND	1579	214	80	78	73.6
			其他	130	ND	136	7.0	80	4	3.1
			总体	236	ND	1579	18.5	80	82	34.7

注：（1）“ND”指浓度低于监测分析方法检出限。

（2）为避免极端值的影响，采用中位值代表排放浓度的中间水平。

（3）以上监测数据，80%以上来源于建设项目竣工环保验收监测和企业委托监测。

表 5-3 江苏省部分工业炉窑二氧化硫排放情况统计

燃料类型	二氧化硫排放浓度	炉窑台数	选取标准	对应达标率%	对应超标率%
高污染 (106 台)	二氧化硫浓度 ≤ 80mg/m ³	28	80	26.4	73.6
	二氧化硫浓度 ≤ 100mg/m ³	33	100	31.1	68.9
	二氧化硫浓度 ≤ 150mg/m ³	39	150	36.8	63.2
	二氧化硫浓度 ≤ 200mg/m ³	51	200	48.1	51.9
非高污染 (130 台)	二氧化硫浓度 ≤ 80mg/m ³	126	80	96.9	3.1
	二氧化硫浓度 ≤ 100mg/m ³	129	100	99.2	0.8
	二氧化硫浓度 ≤ 150mg/m ³	130	150	100.0	0.0
	二氧化硫浓度 ≤ 200mg/m ³	130	200	100.0	0.0
不分燃料 (236 台)	二氧化硫浓度 ≤ 80mg/m ³	154	80	65.3	34.7
	二氧化硫浓度 ≤ 100mg/m ³	162	100	68.6	31.4
	二氧化硫浓度 ≤ 150mg/m ³	169	150	71.6	28.4
	二氧化硫浓度 ≤ 200mg/m ³	181	200	76.7	23.3

5.6.4 氮氧化物排放限值的确定

工业炉窑排放氮氧化物，主要来自于加热用燃料高温燃烧产生的污染（包括热力型和燃料型 NO_x），治理措施可分为一次措施（控制燃烧过程）和二次措施（实施末端脱硝治理），其污染控制技术详见 4.4 章节。

(1) 现行国标未规定工业炉窑氮氧化物的排放浓度限值。

(2) 我国部分行业（不再执行现行国标）相关工业炉窑中氮氧化物特别排放限值基本控制在 100~320mg/m³，详见表 6-3。

(3) 我国部分省市相关工业炉窑中氮氧化物排放浓度限值基本控制在 80~500mg/m³，详见表 6-4。

(4) 国外工业炉窑中氮氧化物排放浓度限值基本控制在 80~3000mg/m³，详见表 6-6。

(5) 江苏省部分工业炉窑氮氧化物排放浓度见表 5-4、表 5-5。

由于现行国标未规定工业炉窑氮氧化物的排放浓度限值，所以氮氧化物监测数据相对比较少。分析本课题收集 254 台适用本标准工业炉窑的监测数据，只有 154 台监测了氮氧化物排放浓度。该 154 台工业炉窑中使用煤炭等高污染燃料的工业炉窑占 26.0%（40 台），其中氮氧化物排放浓度低于 180mg/m³ 占 57.5%（23 台）。使用天然气、电等清洁能源的工业炉窑占 74.0%（114 台），其中氮氧化物排放浓度低于 180mg/m³ 占 89.5%（102 台）。

根据本课题污染物排放限值的确定原则，结合原无锡市环保局、原南京市环境监测中心站对标准第一次征求意见的反馈意见，在此提出江苏省工业炉窑氮氧化物排放标准为：新建工业炉窑自本标准实施之日起、现有工业炉窑自 2020 年 月 日起，氮氧化物排放浓度执行 180mg/m³。

表 5-4 江苏省部分工业炉窑氮氧化物排放现状

序号	炉窑类别		燃料	炉窑台数	氮氧化物排放浓度 (mg/m ³)				超标台数	超标率%
					最小值	最大值	中位值	设计标准		
1	熔炼炉	有色金属熔炼炉	高污染	0				180		
			其他	5	ND	31.3	2.05	180	0	0
2	熔化炉	冲天炉、化铁炉	高污染	6	28	187	63	180	1	16.7
			其他	0				180		
		金属熔化炉	高污染	1	100	100	100	180	0	0
			其他	15	2.05	486	36.4	180	1	6.7
		非金属熔化、熔炼炉	高污染	0				180		
			其他	0				180		
3	加热炉	金属压延、锻造加热炉	高污染	4	239	378	474	180	4	100
			其他	25	ND	149	41	180	0	0
		非金属加热炉	高污染	6	91	311	164	180	2	33.3
			其他	20	22	206	92	180	3	15.0
4	热处理炉	金属热处理炉	高污染	5	84	395	143	180	2	40.0
			其他	22	10	247	49	180	3	13.6

表 5-4 江苏省部分工业炉窑氮氧化物排放现状

序号	炉窑类别		燃料	炉窑台数	氮氧化物排放浓度 (mg/m ³)				超标台数	超标率%
					最小值	最大值	中位值	设计标准		
4	热处理炉	非金属热处理炉	高污染	5	214	396	354	180	5	100
			其他	1	213	213	213	180	1	100
5	干燥炉、窑		高污染	5	83	614	178	180	2	40.0
			其他	5	ND	419	7	180	1	20.0
6	非金属焙(锻)烧炉窑、耐火材料窑		高污染	3	32	124	62	180	0	0
			其他	4	ND	32	6	180	0	0
7	其他炉窑		高污染	5	78	273	126	180	1	20.0
			其他	17	ND	2621	81.3	180	3	17.6
合计			高污染	40	28	614	140	180	17	42.5
			其他	114	ND	2621	53	180	12	10.5
			总体	154	ND	2621	80	180	29	18.8

注：（1）“ND”指浓度低于监测分析方法检出限。

（2）为避免极端值的影响，采用中位值代表排放浓度的中间水平。

（3）以上监测数据，80%以上来源于建设项目竣工环保验收监测和企业委托监测。

表 5-5 江苏省部分工业炉窑氮氧化物排放情况统计

燃料类型	氮氧化物排放浓度	炉窑台数	选取标准	对应达标率%	对应超标率%
高污染 (40 台)	氮氧化物浓度≤150mg/m ³	21	150	52.5	47.5
	氮氧化物浓度≤180mg/m ³	23	180	57.5	42.5
	氮氧化物浓度≤200mg/m ³	24	200	60.0	40.0
	氮氧化物浓度≤250mg/m ³	29	250	72.5	27.5
非高污染 (114 台)	氮氧化物浓度≤150mg/m ³	101	150	88.6	11.4
	氮氧化物浓度≤180mg/m ³	102	180	89.5	10.5
	氮氧化物浓度≤200mg/m ³	106	200	93.0	7.0
	氮氧化物浓度≤250mg/m ³	109	250	95.6	4.4
不分燃料 (154 台)	氮氧化物浓度≤150mg/m ³	122	150	79.2	20.8
	氮氧化物浓度≤180mg/m ³	125	180	81.2	18.8
	氮氧化物浓度≤200mg/m ³	130	200	84.4	15.6
	氮氧化物浓度≤250mg/m ³	138	250	89.6	10.4

5.6.5 颗粒物排放限值的确定

工业炉窑排放颗粒物，一方面来自于加热用燃料高温燃烧产生的污染，另一方面来自于炉内原料在加热过程中挥发分解产生的污染，可采用不同的除尘措施，其污染控制技术详见 4.4 章节。

(1) 现行国标工业炉窑(第 I 时段)颗粒物的一级标准限值为 100 mg/m^3 或 150 mg/m^3 ，工业炉窑(第 II 时段)颗粒物的二级标准限值为 100 mg/m^3 、 150 mg/m^3 或 200 mg/m^3 ，详见表 6-2。

(2) 我国部分行业(不再执行现行国标)相关工业炉窑中颗粒物特别排放限值基本控制在 $10 \sim 50 \text{ mg/m}^3$ ，详见表 6-3。

(3) 我国部分省市工业炉窑大气污染物排放标准中颗粒物排放浓度限值基本控制在 $10 \sim 30 \text{ mg/m}^3$ ，详见表 6-4。

(4) 国外工业炉窑中颗粒物排放浓度限值基本控制在 $20 \sim 300 \text{ mg/m}^3$ ，详见表 6-7。

(5) 江苏省部分工业炉窑颗粒物排放浓度见表 5-6、表 5-7。

编制组总收集了江苏省 250 台适用本标准工业炉窑的颗粒物排放浓度，根据现行国标考核，颗粒物超标率仅为 2.80% (7 台)，详见表 4-1。

本课题收集的 250 台工业炉窑中，使用煤炭等高污染燃料的工业炉窑占 42.8% (107 台)，其中颗粒物排放浓度低于 20 mg/m^3 的占 17.8% (19 台)。使用天然气、电等清洁能源的工业炉窑占 57.2% (143 台)，其中颗粒物排放浓度低于 20 mg/m^3 的占 54.5% (78 台)。

由于清洁能源替代以及通过采取各类除尘技术，燃煤工业炉窑颗粒物的排放浓度可控制在 20 mg/m^3 以下，根据本课题污染物排放限值的确定原则，在此提出江苏省工业炉窑颗粒物排放标准为：新建工业炉窑自本标准实施之日起、现有工业炉窑自 2020 年 月 日起，颗粒物排放浓度执行 20 mg/m^3 。

表 5-6 江苏省部分工业炉窑颗粒物排放现状

序号	炉窑类别		燃料	炉窑台数	颗粒物排放浓度 (mg/m^3)				超标台数	超标率%
					最小值	最大值	中位值	设计标准		
1	熔炼炉	有色金属熔炼炉	高污染	1	58.1	58.1	58.1	20	1	100
			其他	7	ND	81	7.23	20	1	14.3
2	熔化炉	冲天炉、化铁炉	高污染	12	5.0	443	115	20	10	83.3
			其他	0				20		
		金属熔化炉	高污染	7	11.6	188	130	20	6	85.7
			其他	21	ND	141	22.4	20	12	57.1
		非金属熔化、熔炼炉	高污染	0				20		
			其他	0				20		
3	加热炉	金属压延、锻造加热炉	高污染	6	22	92	71	20	6	100
			其他	26	ND	176	14.3	20	8	30.8
		非金属加热炉	高污染	17	10	563	52.1	20	15	88.2
			其他	23	ND	40.5	13.7	20	6	26.1

表 5-6 江苏省部分工业炉窑颗粒物排放现状 (续)

序号	炉窑类别		燃料	炉窑台数	颗粒物排放浓度 (mg/m ³)				超标台数	超标率%
					最小值	最大值	中位值	设计标准		
4	热处理炉	金属热处理炉	高污染	24	5.2	93.7	27.3	20	15	62.5
			其他	32	ND	247	23.4	20	17	53.1
		非金属热处理炉	高污染	10	44.6	156	63.8	20	10	100
			其他	1	28.8	28.8	28.8	20	1	100
5	干燥炉、窑		高污染	11	34.4	167	38.7	20	11	100
			其他	8	9	64	26.6	20	6	75.0
6	非金属焙(锻)烧炉窑、耐火材料窑		高污染	7	12.1	183	146	20	6	85.7
			其他	8	9	25.2	17.8	20	3	37.5
7	其他炉窑		高污染	12	8.0	146	36.1	20	8	66.7
			其他	17	ND	187	26.2	20	11	64.7
合计			高污染	107	ND	187	52.1	20	88	82.2
			其他	143	5	563	17.0	20	65	45.5
			总体	250	ND	247	28.0	20	153	61.2

注：(1) “ND”指浓度低于监测分析方法检出限。

(2) 为避免极端值的影响，采用中位值代表排放浓度的中间水平。

(3) 以上监测数据，80%以上来源于建设项目竣工环保验收监测和企业委托监测。

表 5-7 江苏省部分工业炉窑颗粒物排放情况统计

燃料类型	颗粒物排放浓度	炉窑台数	标准选取	对应达标率%	对应超标率%
高污染 (107 台)	颗粒物浓度 $\leq 20\text{mg}/\text{m}^3$	19	20	17.8	82.2
	颗粒物浓度 $\leq 25\text{mg}/\text{m}^3$	23	25	21.5	78.5
	颗粒物浓度 $\leq 30\text{mg}/\text{m}^3$	29	30	27.1	72.9
非高污染 (143 台)	颗粒物浓度 $\leq 20\text{mg}/\text{m}^3$	78	20	54.5	45.5
	颗粒物浓度 $\leq 25\text{mg}/\text{m}^3$	89	25	62.2	37.8
	颗粒物浓度 $\leq 30\text{mg}/\text{m}^3$	106	30	74.1	25.9
不分燃料 (250 台)	颗粒物浓度 $\leq 20\text{mg}/\text{m}^3$	97	20	38.8	61.2
	颗粒物浓度 $\leq 25\text{mg}/\text{m}^3$	112	25	44.8	55.2
	颗粒物浓度 $\leq 30\text{mg}/\text{m}^3$	135	30	54.0	46.0

5.6.6 烟气黑度排放限值的确定

工业炉窑（不分安装时间）烟气黑度排放限值参照执行现行国标要求，为林格曼黑度 1 级。

5.6.7 其他特征大气污染物排放限值的确定

其他特征大气污染物包括现行国标中的氟化物、铅及其化合物、汞及其化合物、铍及其化合物、沥青烟等控制项目，并增加苯并（a）芘为控制指标。污染物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、水洗法等。

（1）现行国标工业炉窑及我国相关行业（不再执行现行国标）工业炉窑特征大气污染物排放浓度限值见表 5-8。

（2）我国部分省市工业炉窑地方标准中特征大气污染物排放浓度限值见表 5-9。

（3）国外工业炉窑特征大气污染物排放浓度限值见表 5-10、表 5-11。

（4）江苏省部分工业炉窑特征大气污染物排放现状见表 5-12。

工业炉窑特征大气污染物的产生与排放，主要取决于企业使用原料、生产工艺过程、生产产品、副产品等，环境影响评价文件里有详细的分析。

本标准参照其他省市工业炉窑以及现行国标、行业污染物排放标准，根据本课题污染物排放限值的确定原则，在此提出江苏省新建工业炉窑自本标准实施之日起执行，现有工业炉窑自 2020 年 月 日起，执行表 5-13 中规定的特征大气污染物排放浓度限值。

根据本课题设计标准限值，部分工业炉窑特征大气污染物超标情况统计见表 5-14。

表 5-8 现行国标及我国相关行业工业炉窑特征大气污染物排放浓度限值

序号	标准名称简写	标准编号	排放浓度限值 (mg/m ³)					
			氟及其化合物	铅及其化合物	汞及其化合物	铍及其化合物	沥青烟	苯并(a)芘
1	工业炉窑	GB 9078-1996 表 4 一级标准 (第 I 时段)	6	5 (金属熔炼)、 0.5 (其他)	0.05 (金属熔炼)、 0.008 (其他)	0.010	10	/
		GB 9078-1996 表 4 一级/二级标准 (第 II 时段)	禁排/6	禁排/ 10 (金属熔炼)、 0.10 (其他)	禁排/ 1.0 (金属熔炼)、 0.010 (其他)	禁排 /0.010	5 (仅限于市政、 建筑施工临时用 沥青加热炉)/50	/
2	锅炉大气	GB 13271-2014	/	/	0.05 (燃煤)	/	/	/
3	陶瓷工业	GB 25464-2010	3.0	0.1	/	/	/	/
4	铝工业	GB 25465-2010	3.0 (铝用炭素厂 阳极焙烧炉)	/	/	/	20/30 (铝用炭素 厂阳极焙烧炉/ 阴极焙烧炉、 沥青熔化)	/
5	铅、锌工业	GB 25466-2010	/	8 (熔炼)	0.05 (熔炼、烧结)	/	/	/
6	铜、镍、钴工业	GB 25467-2010	3.0	0.7	0.012	/	/	/
7	稀土工业	GB 26451-2011	5/7	/	/	/	/	/
8	钒工业	GB 26452-2011	/	1.0 (焙烧炉窑)	/	/	/	/
9	平板玻璃工业	GB 26453-2011	5	/	/	/	/	/
10	电子玻璃工业	GB 29495-2013	5	0.7 (CRT 锥玻璃、管玻璃及 其他含铅电子玻璃)	/	/	/	/

表 5-8 现行国标及我国相关行业工业炉窑特征大气污染物排放浓度限值 (续)

序号	标准名称简写	标准编号	排放浓度限值 (mg/m ³)						
			氟及其化合物	铅及其化合物	汞及其化合物	铍及其化合物	沥青烟	苯并(a)芘	
11	钢铁烧结、球团工业	GB 28662-2012	4.0 (烧结机、球团焙烧设备)	/	/	/	/	/	/
12	炼钢工业	GB 28664-2012	5.0 (电渣冶金)	/	/	/	/	/	/
13	轧钢工业	GB 28665-2012	6.0 (酸洗机组)、9.0 (废酸再生)	/	/	/	/	/	/
14	水泥工业	GB 4915-2013	5 (水泥窑)	/	0.05 (水泥窑)	/	/	/	/
15	砖瓦工业	GB 29620-2013	3 (人工干燥及焙烧)	/	/	/	/	/	/
16	锡、锑、汞工业	GB 30770-2014	3 (锡冶炼、烟气制酸)	2 (锡冶炼)、0.5 (锑、汞冶炼, 烟气制酸)	0.01 (锡、锑、汞冶炼, 烟气制酸)	/	/	/	/
17	石油炼制工业	GB 31570-2015	/	/	/	/	20 (氧化沥青装置)	0.0003 (氧化沥青装置)	
18	石油化学工业	GB 31571-2015	/	/	/	/	20 (氧化沥青装置)	0.0003	
19	无机化学工业	GB 31573-2015	3 (涉钴、铅重金属无机化合物工业)、6 (无机氟化物工业)	2 (涉铅重金属无机化合物工业)、0.1 (其他)	0.01	/	/	/	
20	再生铜、铝、铅、锌工业	GB 31574-2015	3 (再生铝)	2 (再生铅、再生铜)、1 (再生铝、再生锌)	/	/	/	/	
21	大气综标	GB 16297-1996	90 (普钙工业)、9.0 (其他)	0.70	0.012	0.012	40/75/140	0.00030 (沥青及碳素制品生产和加工)	

表 5-9 我国部分省市工业炉窑地方标准中特征大气污染物排放浓度限值

序号	省市	地方标准编号	排放浓度限值 (mg/m ³)							
			氟化物	铅及其化合物	汞及其化合物	铍及其化合物	沥青烟	苯并(a)芘	砷及其化合物	镉及其化合物
1	上海市	DB31/860-2014	6	0.1	0.008	0.01	20	0.0001	/	/
2	河南省	DB41/1066-2015	3.0 (有色金属熔炼炉和炭素焙烧炉)、 6.0 (其他炉窑)	0.7 (有色金属熔炼炉)、 0.1 (其他炉窑)	0.05 (有色金属熔炼炉)、 0.01 (其他炉窑)	0.01	30	/	0.4	0.8
3	天津市	DB12/556-2015	/	/	/	/	/	/	/	/
4	山东省	DB37/2375-2013	3.0 (金属熔炼炉)、 6.0 (其他炉窑)	0.7 (金属熔炼炉)、 0.1 (其他炉窑)	0.008	0.01	5.0	0.0003	0.4	0.8
5	河北省	DB13/1640-2012	6	0.50 (金属熔炼、加热), 0.10 (其他)	1.0 (金属熔炼), 0.010 (其他)	0.010	30	/	/	/
6	重庆市	DB 50/659-2016	6	10 (金属冶炼)、 0.1 (其他)	1.0 (金属冶炼)、 0.01 (其他)	0.01	50 (临时用沥青加热炉)	/	/	/
7	北京市	DB11/914-2012 《铸锻工业大气污染物排放标准》	/	/	/	/	/	/		

注：(1) 各地标准适用范围有所差异。

(2) 北京市《冶金、建材行业及其他工业炉窑大气污染物排放标准》(DB11/237-2004) 已废除。

(3) 由于氟化物定为 6mg/m³ 符合目前上海实际控制水平，2015 年上海市工业炉窑标准征求意见稿第 24 条，没有采纳上海市发改委建议修改为 5mg/m³ 的意见。

表 5-10 国外工业炉窑中氟化物排放标准

单位: mg/m³

国家	比利时	德国	意大利	卢森堡	荷兰	日本		韩国
标准 限值	1	2 (有色 金属铅 还原)	5	5	1	有色 金属	3 导管 (铝还原)	8
							1 孔口 (铝还原)	

注: 国外排放标准直接引自其他省市工业炉窑大气污染物排放标准编制说明, 下同。

表 5-11 国外工业炉窑中铅、汞、铍、沥青烟排放标准

单位: mg/m³

项目	日本	韩国	美国	英国	澳大利亚	加拿大	新加坡	原苏联	原西德
铅	10~30 (冶炼)	30 (冶炼)	1.5	2~10 (冶炼)、 11.4~ 111.4 (有色金属)	10 (冶炼)		100 (有色金属)	0.6	
汞			新建大型燃煤电厂年均值约 0.02(烟煤、煤矸石)、约 0.18(褐煤)		3(有色金属)		20 (有色金属)		
铍					0.1(有色金属)	50(锅炉内燃烧、碳黑制造冲洗塔)、100(沥青混凝土)、230(铺路用沥青厂)			
沥青烟			90(综合标准)	231~460(筑路滑料)		230(铺路用沥青厂)		0.6	50(碳黑制造冲洗塔、锅炉内燃烧)、100(沥青混凝土)

表 5-12 江苏省部分工业炉窑特征大气污染物排放浓度

单位: mg/m³

序号	企业名称	炉窑燃料	废气治理设施	炉窑类别	氟及其化合物	铅及其化合物
1	XX 金属材料有限公司	天然气	旋风除尘+袋式除尘	有色金属熔炼炉	/	0.00882
2	XX 合金有限公司	其他		有色金属熔炼炉	/	0.167
3	XX 复合材料股份有限公司	天然气		非金属焙(锻)烧炉窑	2.81	/
4	XX 股份有限公司	其他	袋式除尘器	回转炉	0.41	0.015
5		天然气	静电除尘器	有色金属熔炼炉	0.33	0.120
6			静电除尘器	有色金属熔炼炉	0.95	0.060
7			静电除尘器	有色金属熔炼炉	0.53	0.050
8	XX 股份有限公司	其他	吸收法	非金属加热炉	4.65	/
9	XX 有限公司	天然气	重力沉降+袋式除尘	有色金属熔炼炉	/	1.95

表 5-13 江苏省拟定工业炉窑特征大气污染物排放浓度限值

单位: mg/m³

序号	污染物控制项目		最高允许排放浓度	主要参考依据	采用省市及行业排放标准
1	氟化物		6.0	同国标一级标准（第 I 时段）、二级标准（第 II 时段）	上海、山东、河南、河北、重庆，GB 28665-2012 轧钢工业中酸洗机组，GB 31573-2015 无机化学工业中无机氟化物工业
2	铅及其化合物	金属熔炼炉	0.70	同 GB 16297-1996 大气综标	山东、河南，GB 25467-2010 铜、镍、钴工业，GB 29495-2013 电子玻璃工业中 CRT 锥玻璃、管玻璃及其他含铅电子玻璃
		其他炉窑	0.10	同国标二级标准（第 I 时段、第 II 时段）	上海、山东、河南、河北、重庆，GB 31573-2015 无机化学工业中其他工业，GB 25464-2010 陶瓷工业
3	汞及其化合物	金属熔炼炉	0.05	同国标一级标准（第 I 时段）	河南，GB 25466-2010 铅、锌工业中熔炼、烧结，GB 4915-2013 水泥工业中水泥窑，GB 13271-2014 锅炉大气中燃煤锅炉
		其他炉窑	0.008	同国标一级标准（第 I 时段）	上海、山东
4	铍及其化合物		0.010	同国标一级标准（第 I 时段）、二级标准（第 II 时段）	上海、山东、河南、河北、重庆
5	沥青烟	环境空气功能一类区	5	同国标一级标准（第 II 时段）“市政、建筑施工临时用沥青加热炉”要求	不区分环境空气功能区，沥青烟最高允许排放浓度为 5.0mg/m ³ （山东地标）
		环境空气功能二类区	20	/	不区分环境空气功能区。上海，GB 31570-2015 石油炼制工业和 GB 31571-2015 石油化学工业中氧化沥青装置，GB 25465-2012 铝工业中铝用炭素厂阳极焙烧炉对沥青烟的最高允许排放浓度均为 20mg/m ³
6	苯并（a）芘		0.0003	同 GB 16297-1996 大气综标中沥青及碳素制品生产和加工	山东，GB 16171-2012 炼焦化学工业，GB 31570-2015 石油炼制工业中氧化沥青装置，GB 31571-2015 石油化学工业

表 5-14 本课题收集部分工业炉窑特征大气污染物超标情况统计

污染物名称		排放浓度范围	炉窑台数	设计标准 (mg/m ³)	超标率 (%)
氟化物		浓度≤6.0mg/m ³	6	6.0	0
铅及其化合物	有色金属熔炼炉	浓度≤0.70mg/m ³	6	0.70	14.3
		浓度=1.95mg/m ³	1		
	其他	浓度≤0.10mg/m ³	5	0.10	58.3
		0.10mg/m ³ <浓度≤0.201mg/m ³	7		
汞及其化合物	有色金属熔炼炉	浓度≤0.05mg/m ³	2	0.05	0
	其他	浓度≤0.008mg/m ³	7	0.008	22.2
		0.008mg/m ³ <浓度=5.6mg/m ³	2		
铍及其化合物		浓度≤0.010mg/m ³	7	0.010	53.3
		0.010mg/m ³ <浓度≤1.50mg/m ³	8		
沥青烟		浓度≤20mg/m ³	5	20 (环境空气二类区)	37.5
		20mg/m ³ <浓度≤30mg/m ³	3		
苯并(a)芘		/	/	0.0003	/

注：由于未累积足够的江苏省工业炉窑特征大气污染物监测数据，部分监测数据采用了其他省市工业炉窑特征大气污染物监测数据。

5.6.8 工业炉窑无组织排放颗粒物限值的确定

无组织排放指大气污染物不经过排气筒的无规则排放。

现行国标以及我国部分省市工业炉窑无组织排放颗粒物浓度限值，基本控制在 1.0~25mg/m³；我国钢铁行业等针对企业厂内无组织排放源（含炉窑）制定的无组织排放颗粒物浓度限值，基本控制在 5.0~8.0mg/m³，详见表 5-15。其他行业（不再执行现行国标）主要针对企业厂外边界（未对企业厂内工业炉窑）制定了无组织排放颗粒物浓度限值，基本控制在 0.5~1.0mg/m³。

分析本课题收集254台工业炉窑的监测数据，重点监测了排气筒排放大气污染物，少数监测了企业厂界外无组织排放颗粒物，极少数针对企业厂内工业炉窑无组织排放颗粒物实施了监测。

调阅江苏省环境监测中心2016年7月对某公司某台有色金属熔炼炉实施的无组织排放颗粒物监测报告，该熔炼炉使用天然气直接加热方式，天然气燃烧烟气和工艺废气经“重力沉降+袋式除尘”后通过15m高排气筒高空排放。监测结果表明，该有色金属熔炼炉车间门窗外颗粒物浓度为16.0mg/m³，排气筒附近颗粒物浓度分别为20.1mg/m³、17.9mg/m³。

由于工业炉窑的种类繁多，考虑到部分工业炉窑采取半封闭式、敞口式设计的特点，参考其他省市工业炉窑以及现行国标、钢铁行业污染物排放标准中无组织排放颗粒物浓度限值，结合本课题收集监测数据，并结合目前环境管理对无组织排放污染物控制措施提高了要求，在此提出：自本标准实施之日起，现有和新建工业炉窑无组织排放总悬浮颗粒物浓度按表5-16规定执行。

表 5-15 现行国标、行业排放标准及部分省市工业炉窑地方标准中

无组织排放颗粒物浓度限值

单位: mg/m³

序号	省市/行业	标准编号	工业炉窑安装位置	炉窑类别	颗粒物浓度限值	监控点
1	现行国标	GB 9078-1996	有车间厂房	熔炼炉	25	厂区内
				其他炉窑	5	
			露天设置(或有顶无围墙)	各种工业炉窑	5	
2	重庆市	DB 50/659-2016	同国标			厂区内
3	山东省	DB37/2375-2013	/			/
4	天津市	DB12/556-2015	适用于有组织排放			
5	上海市	DB31/860-2014	/	各种工业炉窑	1	厂区内
6	河南省	DB41/1066-2015	/		1.0	周界外
7	河北省	DB13/1640-2012	/		1.0	厂区外
8	北京市铸锻工业	DB11/94-2012	/	各种工业炉窑	0.5	单位周界
					1.0	车间或露天作业场所边界
9	钢铁烧结、球团工业	GB 28662-2012	有厂房生产车间	无组织排放源	5.0	厂区内
			无完整厂房间		8.0	
10	炼铁工业	GB 28663-2012	有厂房生产车间	无组织排放源	5.0	厂区内
			无完整厂房间		8.0	
11	炼钢工业	GB 28664-2012	有厂房生产车间	无组织排放源	5.0	厂区内
			无完整厂房间		8.0	
12	锅炉大气	GB 13271-2014	/			/

表 5-16 江苏省拟定工业炉窑无组织排放监控点总悬浮颗粒物浓度限值

单位: mg/m³

序号	工业炉窑安装位置	工业炉窑类别	总悬浮颗粒物浓度限值
1	有厂房生产车间	金属熔炼炉	8.0
2		其他炉窑	5.0
3	无完整厂房生产车间	各种工业炉窑	5.0

5.7 大气污染物基准氧含量排放浓度折算方法

5.7.1 现行国标、地方标准及相关行业排放标准折算方法

由于每类工业炉窑运行中的氧含量差异很大，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，折算方法见表 5-17。

表 5-17 现行国标、地方标准及国家相关行业污染物排放标准工业炉窑折算方法

序号	炉窑类别		基准氧含量 (O ₂) %	过量空气系数 a 或掺风系数	采用省市或标准
1	冲天炉	冷风炉（鼓风温度 ≤400℃）	15	/	山东、河南、天津、上海、北京铸锻、铸造工业（征求意见稿）
		热风炉（鼓风温度 >400℃）	12	/	
	冲天炉	冷风炉（鼓风温度 ≤400℃）	/	掺风系数 4.0	现行国标、河北、重庆
		热风炉（鼓风温度 >400℃）	/	掺风系数 2.5	
2	熔炼炉		按实测浓度计		现行国标、河北、上海、天津、重庆
	金属熔炼炉				山东
	有色金属熔炼炉				河南
3	金属熔化炉		按实测浓度计	重庆	
4	烧结炉		按实测浓度计		山东、重庆
	铁矿烧结炉				现行国标
5	冶炼炉		按实测浓度计	河北、天津、上海	
6	扁锭加热炉、气垫加热炉		按实测浓度计	重庆	
7	炭素厂阳极焙烧炉		按实测浓度计		河南
	铝用炭素厂阳极焙烧炉				15
8	平板玻璃		7.9	/	天津
	玻璃熔炉（纯氧燃烧外）		8	/	国家《日用玻璃工业污染物排放标准》（三次征求意见稿）、重庆
	玻璃工业熔窑		12	/	山东 DB37/2373-2018
	纯氧燃烧玻璃熔窑（助燃气体含氧量 ≥90%的燃烧方式）		15	/	国家《日用玻璃工业污染物排放标准》（三次征求意见稿）、台湾玻璃标准、山东 DB37/2373-2018 中日用玻璃

表 5-17 现行国标、地方标准及相关行业排放标准工业炉窑换算方法（续）

序号	炉窑类别	基准氧含量 (O ₂) %	过量空气系数 a 或掺风系数	采用省市或标准
8	纯氧燃烧玻璃熔窑 (助燃气体含氧量≥90%的 燃烧方式)	计算基准排气量 (3000m ³ /t 玻 璃液) 条件下的基准排放浓度		重庆、平板玻璃 GB26453-2011、电子 玻璃 GB26495-2013、 山东 DB37/2373-2018 中其它玻璃
9	使用燃油或燃气的加热炉、 热处理炉、干燥炉	3.5	/	山东、河南
	用燃油或燃气的加热炉、 干燥炉	3.5	/	铸造工业 (征求意见稿)
	燃油、燃气炉窑	/	过量空气系数 1.2	北京铸锻
	燃油、燃气锅炉	3.5	/	锅炉 GB 13271-2014
10	以电能等转换产生热量 的工业炉窑	按实测浓度计		重庆、上海、 北京铸锻、 炼钢 GB 28664-2012
11	其他工业炉窑	/	过量空气系数 1.7	现行国标、河北
	其他工业炉窑	9	/	山东、河南、 重庆、上海
	其他工业炉窑	8.6	/	天津
	燃煤锅炉	9	/	锅炉 GB 13271-2012
12	当氧含量小于基准氧含量时	按实测浓度计		天津
13	石灰窑、白云石窑	8	/	炼钢 GB 28664-2012
	其他炉 (转炉、电炉、精炼炉等)	按实测浓度计		
	热处理炉	8	/	轧钢 GB 28665-2012
	烧结炉 (征求意见稿修订为 16%)	按实测浓度计		钢铁烧结、球团 GB 28662-2012
	热风炉等			炼铁 GB 28663-2012
	半封闭炉、敞口炉、精炼炉			铁合金 GB 28666-2012

5.7.2 本标准工业炉窑基准氧含量折算方法

本标准要求，在对工业炉窑排气筒排放大气污染物监测时，应同时对排气中氧含量进行监测；实测的工业炉窑排气筒中大气污染物排放浓度，应换算为基准氧含量排放浓度，并以此作为判断排放是否达标的依据。

统计本课题收集燃油或燃气工业炉窑氧含量监测数据，具体氧含量范围为 4.52~20.7%，

平均氧含量为 14.7%，氧含量中位值为 15.8%，没有一台燃油或燃气工业炉窑排气中氧含量达到了 3.5%。

根据本标准适用工业炉窑种类,参照现行国标和其他地方排放标准规定的基准氧含量,并考虑到部分工业炉窑采取半封闭式、敞口式设计的特点,结合本课题收集工业炉窑氧含量监测数据,江苏省各类工业炉窑的基准氧含量按表 5-18 规定执行。换算公式如下:

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

式中:

$\rho_{基}$ —— 大气污染物基准氧含量排放浓度, mg/m^3 ;

$O_{基}$ —— 干烟气基准氧含量, %;

$O_{实}$ —— 实测的干烟气氧含量, %;

$\rho_{实}$ —— 实测的大气污染物排放浓度, mg/m^3 。

表 5-18 基准氧含量折算方法

序号	炉窑类别		基准氧含量 (O_2) %	主要参考依据	采用省市
1	冲天炉	冷风炉 (鼓风温度 $\leq 400^\circ\text{C}$)	15	参照现行国标规定的掺风系数 4.0	山东、河南、天津、上海、北京铸锻
		热风炉 (鼓风温度 $> 400^\circ\text{C}$)	12	参照现行国标规定的掺风系数 2.5	
2	熔炼炉		按实测	同现行国标	山东、河北、上海、天津、重庆
3	以电能等转换产生热量的工业炉窑			非燃料燃烧	重庆、上海、北京铸锻、炼钢 GB 28664-2012
4	其他工业炉窑		9	参照现行国标规定的过量空气系数 1.7	山东、河南、上海、重庆

注: (1) 对于冲天炉炉窑烟气中 O_2 含量由于工艺操作、炉料和熔炼时间不同而有很大的波动值, 分别规定冷风炉的基准氧含量为 15%、热风炉的基准氧含量为 12%。

(2) 对于熔炼炉, 由于特殊的生产工艺要求, 不进行氧含量换算, 而采用实测值与标准值比较。

(3) 本标准将一般工业炉窑的基准氧含量暂定为 9%; 由于工业炉窑种类繁多, 可以根据大量监测数据的积累适时地进行修订。

5.8 相关技术规定和监测要求

5.8.1 监测方法

根据适用范围, 编制组将目前适用的国家、行业监测分析方法标准以及中国环境科学出版社最新版本《空气和废气监测分析方法》中的监测分析方法纳入了本标准。

本标准实施后, 国家、行业新发布的监测分析方法标准, 如适用性满足要求, 也适用于本标准对应污染物的测定。

5.8.2 工业炉窑的排气筒高度

本标准基本引用了现行国标的要求，既：工业炉窑排气筒高度不应低于 15m，具体高度以及与周围建筑物的距离按通过审批、审核或备案的环境影响评价文件要求确定。当排气筒周围半径 200m 距离内有建筑物时，排气筒还应高出最高建筑物 3 m 以上。如果排气筒高度达不到上述任何一项规定时，其大气污染物排放限值应按标准排放限值的 50% 执行。

5.8.3 采样平台

参考《固定污染源烟气（SO₂、NO_x、颗粒物）排放连续监测技术规范》（HJ 75-2017）中“7.1.1.7 应合理布置采样平台和采样孔”的要求，本标准提出：

（1）为保障监测人员安全及方便操作，工业炉窑排气筒应按照 GB/T 16157、HJ/T 397 的要求设置采样孔和采样平台。

（2）当采样平台的坠落高度 > 2m 时，应有通往采样平台的安全楼梯。当采样平台设置在离地面高度 > 20m 的位置时，应有通往平台的电梯或升降梯。未建设电梯或升降梯的企业，当采样平台距地面高度 > 20m 时，应设置安全、方便的监测设备电动吊装设施。

5.8.4 工业炉窑的测试工况和频次

本标准继续沿用现行国标对测试工况的要求。

对企业大气污染物排放情况进行监测的频次等要求，按照国家和地方有关污染源监测技术规范的规定执行。

5.8.5 有组织排放监测要求

有组织排放监测要求，依据国家相关监测技术规范。

5.8.6 无组织排放监测要求

本标准参照现行国标等污染物排放标准要求，对无组织排放监控点的设置进行原则性指导，实际监测时应根据情况因地制宜设置监控点。

（1）设置在厂房生产车间内的工业炉窑所排放的无组织颗粒物，一般是通过生产车间的门、窗等向外环境排放的，所以工业炉窑无组织排放监控点设置在工业炉窑所在厂房生产车间门、窗等排放口的浓度最高点。如无法设置监控点，监控点应设在厂房生产车间外 2m~50m 范围内，距离地面 1.5m 以上位置处的浓度最高点。

（2）若工业炉窑无完整厂房生产车间（如露天、或有顶无围墙），监控点应设在距颗粒物排放源下风向 5 m，距地面 1.5m 以上位置处的浓度最高点。

（3）监控点不受单位周界的限制。

（4）监控点最多可设 4 个，以所测结果的浓度最大值进行评价。

（5）无组织排放监控点污染物浓度的采样，采用任何连续 1h 的采样获取平均值，或在任何 1h 内以等时间间隔采集 4 个样品并计算平均值。

（6）应同时记录监测期间的大气温度、大气压力、大气湿度等气象参数。

（7）低矮排气筒的排放属有组织排放，但在一定条件下也可造成与无组织排放相同的后果。因此在执行“无组织排放监控点浓度限值”指标时，由低矮排气筒造成的监控点污染物浓度增加不予扣除。

（8）其他要求按照 HJ/T 55 的规定执行。

（9）企业应有效控制大气污染物的无组织排放。

5.8.7 达标判定

(1) 采用手工监测时,按照相关监测技术规范要求获取的监测结果超过本标准排放浓度限值的,判定为排放超标。

(2) 各级生态环境部门在对工业炉窑进行监督性检查时,可以现场即时采样或监测的结果,作为判定排污行为是否符合排放标准以及实施相关环境保护管理措施的依据。依据为《工业污染物现场检查技术规范》(HJ 606-2011)中 5.2.2 现场采样。

(3) 企业按照法律法规及标准规范要求与生态环境部门联网的自动监测有效数据,以小时均值作为达标考核的依据。

(4) 特殊工况下的达标判定按国家有关规定执行。

5.8.8 实施与监督

参照国家污染物排放标准中的“实施与监督”要求,本标准由县级以上人民政府生态环境行政主管部门负责监督实施。在任何情况下,工业炉窑使用单位均应遵守本标准规定的大气污染物排放控制要求,采取必要措施保证污染防治设施正常运行。

6 主要国家、地区和我国其他省市相关排放标准研究

6.1 主要大气污染物与国内相关排放标准比较

6.1.1 与现行国标比较

现行国标《工业炉窑大气污染物排放标准》(GB 9078-1996)按照工业炉窑的类型分别制定了大气污染物排放浓度限值。本标准与现行国标的对比分析见表 6-1、表 6-2。对比可知,本标准拟定的主要大气污染物排放浓度限值严于现行国标。

表 6-1 江苏省拟定颗粒物排放浓度限值与现行国标对比

序号	炉窑类别		颗粒物排放浓度限值 (mg/m ³)		
			江苏省 拟定标准	GB 9078-1996 表 1 一级标准(第 I 时段)	GB 9078-1996 表 2 二级标准(第 II 时段)
1	有色金属熔炼炉		20	100	100
2	熔 化 炉	冲天炉、化铁炉		100	150
		金属熔化炉		100	150
		非金属熔化、 熔炼炉		100	200
3	加 热 炉	金属压延、 锻造加热炉		100	200
		非金属加热炉		100	200
4	热处理炉			100	200
5	干燥炉、窑			100	200
6	非金属焙(煨)烧炉窑、 耐火材料窑			100	200
7	其他炉窑			150	200

表 6-2 江苏省拟定二氧化硫、氮氧化物排放浓度限值与现行国标对比

序号	污染物	炉窑类别	排放浓度限值 (mg/m ³)		
			江苏省 拟定标准	GB 9078-1996 表 4 一级标准(第 I 时段)	GB 9078-1996 表 4 二级标准(第 II 时段)
1	二氧化 硫	有色金属熔炼炉	80	850	850
		燃煤(油)炉窑		1200	850
2	氮氧 化物	全部炉窑	180	/	/

6.1.2 与我国相关行业工业炉窑标准比较

本标准与我国相关行业（不再执行现行国标）工业炉窑大气污染物特别排放限值的对比分析见表 6-3。

与《锅炉大气污染物排放标准》(GB 13271-2014)大气污染物特别排放限值对比可知，本标准拟定的污染物排放浓度限值，颗粒物限值同燃气锅炉，严于燃油、燃煤锅炉；二氧化硫限值宽松于燃气锅炉，严于燃油、燃煤锅炉；氮氧化物限值宽松于燃气锅炉，严于燃油、燃煤锅炉。但是与锅炉不同的是，工业炉窑排放大气污染物，不仅来自加热用燃料高温燃烧产生的污染，而且来自于炉内原料在加热过程中挥发分解产生的污染。所以，本标准限值已对工业炉窑大气污染物排放提出了较高的要求。

本标准拟定的污染物排放浓度限值，颗粒物等同或略宽于大多数行业大气污染物特别排放限值，二氧化硫略严于大多数行业大气污染物特别排放限值，氮氧化物宽松于大多数行业大气污染物特别排放限值。

本标准通用型大气污染物排放标准，涉及行业多，工业炉窑种类繁多，适用范围内的各类炉窑，具有各自的污染物排放特殊性。

本标准首次制订，拟定的颗粒物、二氧化硫、氮氧化物排放浓度限值已远严于现行国标，并可根据本标准的实施效果，对标准限值适时地进行修订。

表 6-3 江苏省拟定标准与我国相关行业工业炉窑标准对比

序号	标准名称简写	标准编号	特别排放限值 (mg/m ³)		
			颗粒物	二氧化硫	氮氧化物
1	锅炉大气	GB13271-2014	30(燃煤), 30(燃油), 20(燃气)	200(燃煤), 100(燃油), 50(燃气)	200(燃煤), 200(燃油), 150(燃气)
2	陶瓷工业	GB25464-2010 修改单	20*	30*	100*、150*
3	铝工业	GB25465-2010	10	100	100
4	铅、锌工业	GB25466-2010	10	100	100
5	铜、镍、钴工业	GB25467-2010	10	100	100
6	镁、钛工业	GB25468-2010	10	100	100

表 6-3 江苏省拟定标准与我国相关行业工业炉窑标准对比（续）

序号	标准名称简写	标准编号	特别排放限值 (mg/m ³)		
			颗粒物	二氧化硫	氮氧化物
7	稀土工业	GB26451-2011	10	100 (分解提取)	100
8	钒工业	GB26452-2011	10 (玻璃熔炉)	100 (玻璃熔炉)	100 (玻璃熔炉)
9	平板玻璃	GB26453-2011	20* (玻璃熔窑)	100* (玻璃熔窑)	400* (玻璃熔窑)
10	电子玻璃	GB29495-2013	/	/	/
11	钢铁烧结、球团 工业大气	GB28662-2012	20/40	180	300
12	炼铁工业大气	GB28663-2012	15	100	300
13	炼钢工业大气	GB28664-2012	15/30/50	/	/
14	轧钢工业大气	GB28665-2012	15 (热处理炉)	150 (热处理炉)	300 (热处理炉)
15	铁合金工业	GB28666-2012	30	/	/
16	水泥工业大气	GB4915-2013	20 (水泥窑)	100 (水泥窑)	320 (水泥窑)
17	砖瓦工业大气	GB29620-2013	20*	100*	150*
18	锡、锑、汞工业	GB30770-2014	10	100	100
19	石油炼制工业	GB31570-2015	20 (工艺 加热炉)	50 (工艺 加热炉)	100
20	石油化学工业	GB31571-2015	20 (工艺 加热炉)	50 (工艺 加热炉)	100
21	无机化学工业	GB31573-2015	10	100	100
22	再生铜、铝、铅、 锌工业	GB31574-2015	10	100	100
23	大气综标	GB16297-1996	/	/	/
24	铸造工业	2018年3月 最新征求意见稿	特别：20、30	100	150、200
			一般：30、40	200	200
江苏省拟定标准			20	80	180

注：（1）“*”原环保部“关于征求《钢铁烧结、球团工业大气污染物排放标准》等20项国家污染物排放标准修改单（征求意见稿）意见的函”（环办大气函〔2017〕924号）。

（2）根据原江苏省环保厅《关于执行大气污染物特别排放限值的通告》（苏环办〔2018〕299号）要求，江苏省13个设区市全部行政区域内新建项目自2018年8月1日起、已建项目自2019年8月1日起，全部执行大气污染物特别排放限值。

6.1.3 与我国其他省市工业炉窑地方标准对比

经调研、分析，其他省市根据管理要求、工业炉窑适用范围等制定地方工业炉窑大气污染物排放标准。如山东省依据生态环境敏感程度、人口密度、环境承载能力三个因素，

将全省区域划分为“核心控制区、重点控制区和一般控制区”三类控制区，2016年12月31日前执行《山东省工业炉窑大气污染物排放标准》(DB37/2375-2013)；2017年1月1日起执行《山东省区域性大气污染物综合排放标准》(DB37/2376-2013)；2019年1月1日起建材工业炉窑执行山东省《建材工业大气污染物排放标准》(DB37/2373-2018)。上海市《工业炉窑大气污染物排放标准》(DB31/860-2014)以“促进全市产业结构调整升级和清洁能源替代”为目标制定标准限值，标准实施后，使用清洁能源的工业炉窑，通过采用布袋除尘、低氮燃烧等技术基本可以做到达标排放。

本标准与我国其他省市工业炉窑污染物排放标准的对比见表 6-4。对比可知，根据长三角区域大气污染联防联控要求，本标准拟定的污染物排放浓度限值：

(1)与2015年2月1日实施的上海市《工业炉窑大气污染物排放标准》(DB31/860-2014)相比较，颗粒物一致，二氧化硫、氮氧化物均略严格。

(2)与长三角区域内依然执行现行国标的浙江省、安徽省相比较，本标准要远严于浙江省、安徽省工业炉窑污染物排放标准。

表 6-4 江苏省拟定标准与其他省市工业炉窑污染物排放标准对比

序号	省市	地方标准编号	主要分类方式	排放浓度限值 (mg/m ³)			
				颗粒物	二氧化硫	氮氧化物	
1	河南省	DB41/1066-2015 (工业炉窑)	有色金属熔炼炉	40	200	400	
			其他炉窑	30			
2	天津市	DB12/556-2015 (工业炉窑)	非金属矿物制品业	30	50/100	200/240/ 300/500	
			有色金属冶炼 与压延工业	10	50/100	100	
			其他 行业	燃煤、燃油	30	100	300
				燃气	20	50	300
				电炉	20	/	/
3	河北省	DB13/1640-2012 (工业炉窑)	颗粒物分炉窑类别	80(冲天炉), 100(搪瓷、砖瓦窑), 50(其他炉窑)	400	400	
4	重庆市	DB 50/659-2016 (工业炉窑)	炉窑类别、 区域、燃料	30/50/80/100 (分炉窑类别和区域)	100/400/ 600(分燃料、 区域)	200/300/ 500/700 (分燃料、 区域)	
5	北京市	DB11/914-2012 (铸锻工业)	铸造、锻造	10	20	150	

表 6-4 江苏省拟定标准与其他省市工业炉窑污染物排放标准对比（续）

序号	省市	地方标准编号	主要分类方式		排放浓度限值 (mg/m ³)			
					颗粒物	二氧化硫	氮氧化物	
6	山东省	DB37/2375-2013 (工业炉窑)	新建	燃煤、重油、煤制气	50	300	300	
				轻油、天然气、电炉	20	200	200	
				鲁环函(2015)189号, 日用玻璃参照执行《山东省建材工业大气污染物排放标准》(DB37/2373-2013)中平板玻璃、玻璃熔窑的排放浓度限值。			日用玻璃熔窑 500	
			执行时段: 2013年9月1日起至2016年12月31日止					
		DB37/2376-2013 (区域性)	现有企业 其他工业炉窑	燃煤、重油、煤制气	30	300	300	
				轻油、天然气、电炉	20	200	200	
			执行时段: 2017年1月1日起至2019年12月31日止					
			新建企业	重点控制区	10	50	100	
				一般控制区	20	100	200	
			执行时段: 2017年1月1日起					
		DB37/2373-2018 (建材工业大气污染物排放标准)	新建企业	重点控制区	10	35、50	80、100	
				一般控制区	10、20	35、50、100	100、150、200	
该标准针对水泥、玻璃、陶瓷、砖瓦、陶粒、墙板、石灰、耐火材料等建材工业熔窑制定了不同的基准氧含量(10%、12%、16%、18%), 实施时间为2019年1月1日起。								
长三角	上海市	DB31/860-2014 (工业炉窑)	所有炉窑(推行清洁能源替代)	20	100	200		
	浙江、安徽	GB9078-1996 (现行国标)	分炉窑类别	100、150、200	850	/		
	江苏	拟定	所有炉窑	20	80	180		

注: (1) 各地工业炉窑大气污染物排放标准中工业炉窑的适用范围有所差异。

(2) 考虑到 100mg/m³ 就目前的形势过于严格, 2015 年上海市工业炉窑标准征求意见稿第 23 条, 没有采纳上海市发改委建议氮氧化物排放浓度限值由 200mg/m³ 修改为 100mg/m³ 的意见。

6.2 主要大气污染物与国外相关排放标准比较

本标准与国外相关排放标准的对比见表 6-5~表 6-7。对比可知, 本标准拟定的污染物排放浓度限值等同或者严于国外排放标准。

表 6-5 江苏省拟定二氧化硫排放标准与国外工业炉窑排放标准对比

序号	国家		二氧化硫排放浓度 (mg/m ³)	
1	美国	燃煤	600~1200	
		金属熔炼炉	1859	
2	德国	天然气燃烧	50	
		煤气燃烧	100	
		有色金属工业熔炼	3000	
3	日本	燃煤	郊区	1400
			城市	280
			东京	140
		金属熔炼炉	140	
4	丹麦	燃煤	100MW ≥50MW	200 400
			燃油	50~300MW ≥500MW
		燃气		5~35
		金属熔炼炉	500	
5	荷兰	金属熔炼炉	54	
		工业炉窑	540	
6	意大利		1800	
7	瑞典	新燃煤电厂	470	
		金属熔炼炉	470	
8	比利时	有色金属工业	800	
9	西班牙		1425	
11	奥地利		300~500	
12	欧盟		50~200 (欧洲理事会指令 96/61/EC)	
江苏省拟定标准			80	

表 6-6 江苏省拟定氮氧化物排放标准与国外工业炉窑排放标准对比

序号	国家	氮氧化物排放浓度 (mg/m ³)	
1	欧盟 BAT	500~700	
2	欧盟最佳可行技术指南	发达国家先进排放控制水平为 100~300	
3	欧盟-陶瓷工业污染综合治理与控制最佳可利用技术参考文件	5~300 (各类陶瓷生产废气)	
4	日本	燃气锅炉 >50 万 m ³ /h	80
		4~50 万 m ³ /h	134
		1~4 万 m ³ /h	174
		<1 万 m ³ /h	201
		燃油锅炉 >50 万 m ³ /h	174
		1~50 万 m ³ /h	201
		<1m ³ /h	241
		燃煤锅炉 >70 万 m ³ /h	268
		4~70 万 m ³ /h	335
<4 万 m ³ /h	469		
江苏省拟定标准		180	

表 6-7 江苏省拟定颗粒物排放标准与国外工业炉窑排放标准对比

序号	国家	炉窑类别		颗粒物排放浓度限值 (mg/m ³)
1	美国	铜熔炼	焙烧、熔化、转换	50
		铅熔炼	烧结机、鼓风机	50
2	德国	铜熔炼	精炼炉、转炉	300
		铅熔炼	烧结机、鼓风机	20
			精炼炉	20
		锌熔炼	蒸馏	200
			电热	200
			烧结	100
		铝	铝煅烧	50
			预提炼	100
			研磨	50
3	丹麦、瑞典	铜熔炼		4kg/ (t 产品)
4	日本	有色金属加工		100
		熔炼炉		30
5	新西兰	有色金属加工		100、150

表 6-7 江苏省拟定颗粒物排放标准与国外工业炉窑排放标准对比 (续)

序号	国家	炉窑类别	颗粒物排放浓度限值 (mg/m ³)
6	英国	熔炼炉	100
7	奥地利	非金属熔化炉	50
8	芬兰	非金属熔化炉	50
9	法国	非金属熔化炉	50
江苏省拟定标准			20

6.3 特征大气污染物与国内外相关排放标准比较

本标准共设置 6 项工业炉窑特征大气污染物控制项目,分别为氟化物、铅及其化合物、汞及其化合物、铍及其化合物、沥青烟、苯并(a)芘。

本标准拟定的特征大气污染物排放浓度限值与我国相关行业工业炉窑、我国部分省市工业炉窑以及国外工业炉窑的对比分析详见 5.6.7 章节。

本标准拟定的特征大气污染物排放浓度限值与现行国标、上海市《工业炉窑大气污染物排放标准》(DB31/860-2014) 的比较见表 6-8。

对比可知,本标准拟定的特征大气污染物排放浓度限值严于或等同于现行国标对工业炉窑第 I 时段一级标准、第 II 时段二级标准的要求,与其他省市基本相当。

表 6-8 江苏省拟定特征大气污染物排放标准与现行国标、上海市地方标准对比

单位: mg/m³

序号	污染物项目		江苏省拟定 排放限值	现行国标排放限值		上海地标 排放限值
				第 I 时段	第 II 时段	
1	氟化物		6.0	一级标准 6	二级标准 6	6
2	铅及其化合物	金属熔炼炉	0.70	一级标准 5	二级标准 10	0.1
		其他炉窑	0.10	一级标准 0.5	二级标准 0.10	
3	汞及其化合物	金属熔炼炉	0.05	一级标准 0.05	二级标准 1.0	0.008
		其他炉窑	0.008	一级标准 0.008	二级标准 0.010	
4	铍及其化合物		0.010	一级标准 0.010	二级标准 0.010	0.01
5	沥青烟		一类区 5、 二类区 20	一级标准 10	一级标准 5 (市政、 建筑施工临时用沥 青加热炉), 二级标 准 50	20
6	苯并[a]芘		0.0003	/	/	0.0001

7 实施本标准的技术经济及环境效益分析

7.1 实施本标准的技术经济分析

根据《江苏省环境统计年报》数据，2015年江苏省4227台工业炉窑中适用本标准约有2153台，约占全省的1/2。该2153台炉窑中使用煤炭等高污染燃料的工业炉窑有1328台，其中大型、中型、小型工业炉窑分别为35台、56台、1237台；其他工业窑炉有825台，其中大型、中型、小型工业炉窑分别为11台、47台、767台，详见表7-1。

表 7-1 2015 年江苏省适用本标准工业炉窑统计

序号	项目		单位	数量	比例%
1	使用煤炭等高污染燃料		台	1328	61.7
	其中	大型炉窑（处理废气量 $\geq 120,000\text{m}^3/\text{h}$ ）	台	35	/
		中型炉窑（处理废气量 $50,000\sim 120,000\text{m}^3/\text{h}$ ）	台	56	/
		小型炉窑（处理废气量 $\leq 50,000\text{m}^3/\text{h}$ ）	台	1237	/
2	其他工业炉窑（使用天然气等非高污染燃料或电能等）		台	825	38.3
	其中	大型炉窑（处理废气量 $\geq 120,000\text{m}^3/\text{h}$ ）	台	11	/
		中型炉窑（处理废气量 $50,000\sim 120,000\text{m}^3/\text{h}$ ）	台	47	/
		小型炉窑（处理废气量 $\leq 50,000\text{m}^3/\text{h}$ ）	台	767	/
3	全省合计		台	2153	100

根据本课题设计标准，本课题收集254台工业炉窑中使用煤炭等高污染燃料的工业炉窑占43.3%，颗粒物、二氧化硫、氮氧化物的单项超标率分别为82.2%、73.6%、42.5%；不使用高污染燃料的工业炉窑占56.7%，颗粒物、二氧化硫、氮氧化物的单项超标率分别为45.5%、3.1%、10.5%。

可见，本标准实施后，使用高污染燃料的工业炉窑，颗粒物、二氧化硫、氮氧化物超标率均比较高；不使用高污染燃料的工业炉窑颗粒物超标率比较高。超标率比较高的主要原因是，目前执行的现行国标（1997年1月1日实施）大气污染物排放限值过于宽松。

本标准实施后，不能达到本标准要求的工业炉窑，在提高管理技术水平的同时，需要新增污染物治理设施或对已建污染物治理设施进行升级改造，或者进行清洁能源替代改造等；对于技术落后、资源能源消耗高、排污大的工业炉窑，建议直接淘汰。

为进行全省经济投资分析，引用本课题收集约250台工业炉窑大气污染物排放超标率，测算全省工业炉窑大气污染物排放超标率。根据工业炉窑综合整治实施方案中“淘汰一批，替代一批，治理一批”的原则，本课题假设大、中型工业炉窑均采用末端治理措施实现达标排放，而使用煤炭等高污染燃料的小型工业炉窑采用煤改气、煤改电、淘汰和末端治理四种方式进行改造，并假设采用煤改气、煤改电、淘汰和末端治理的比例分别为30%、20%、20%、30%。通过计算可得，全省适用本标准的工业炉窑中：

（1）使用高污染燃料的1237台小型工业炉窑中，采用煤改气、煤改电、淘汰和末端治理的台数分别为371台、247台、248台、371台。小型工业炉窑采取煤改气、煤改电、淘汰措施后，全省还存有高污染燃料工业炉窑约462台，其中颗粒物、二氧化硫、氮氧化物超标台数分别为380台、340台、196台。

(2) 使用高污染燃料的小型工业炉窑采取煤改气、煤改电措施后, 全省使用天然气等非高污染燃料或电能的工业炉窑增至 1443 台, 其中颗粒物、二氧化硫、氮氧化物超标台数分别为 657 台、45 台、152 台。

(3) 使用高污染燃料的小型工业炉窑, 煤改气、煤改电平均设备投资费用, 本课题分别按 80 万元/台、70 万元/台估算, 则全省煤改气、煤改电工业炉窑的设备投资费用约 4.70 亿, 详见表 7-2。

(4) 全省使用高污染燃料的超标工业炉窑末端治理设备投资费用约 8.85 亿元, 不使用高污染燃料的超标工业炉窑末端治理设备投资费用约 4.23 亿元, 合计全省超标工业炉窑末端治理设备投资费用估算约 13.08 亿元, 详见表 7-3、表 7-4。

综上, 拟定的污染物排放标准在江苏省实施后, 估算总需投资约 17.78 亿元, 其中小型工业炉窑煤改气、煤改电设备投资约 4.70 亿元, 超标工业炉窑除尘、脱硫、脱硝末端治理设备投资约 13.08 亿元。随着环保治理水平的技术进步和商业模式的创新, 污染物治理投资会逐步下降。另, 本投资估算不包含特征大气污染物超标治理费用。

表 7-2 江苏省使用高污染燃料的工业炉窑“煤改气、煤改电”设备投资估算

项目	大型炉窑台数	中型炉窑台数	小型炉窑台数(占比)	小型炉窑设备平均投资费用估算(万元/台)	小型炉窑设备投资总费用估算(万元)
处理废气量(m ³ /h.台)	≥120,000	50,000~120,000	≤50,000	/	/
煤改气	0	0	371(30%)	80	29,680
煤改电	0	0	247(20%)	70	17,290
合计全省总投资费用估算					46,970

注: 本课题假设“煤改气、煤改电”主要集中在小型工业炉窑。

表 7-3 江苏省使用高污染燃料的超标工业炉窑新增末端治理设备投资估算

项目	单位	大型炉窑	中型炉窑	小型炉窑	合计	
处理废气量	m ³ /h.台	≥120,000	50,000~120,000	≤50,000	/	
颗粒物超标炉窑数量	台	29	46	305	380	
二氧化硫超标炉窑数量	台	26	41	273	340	
氮氧化物超标炉窑数量	台	15	24	157	196	
新增除尘处理设施	废气处理单价	元/m ³	15	18	22	/
	单台炉窑平均投资费用估算	万元/台	200	140	50	/
	全省投资费用估算	万元	5800	6440	15250	27490
新增脱硫处理设施	废气处理单价	元/m ³	25	28	33	/
	单台炉窑平均投资费用估算	万元/台	400	200	80	/
	全省投资费用估算	万元	10400	8200	21840	40440

表 7-3 江苏省使用高污染燃料的超标工业炉窑新增末端治理设备投资估算（续）

项目		单位	大型炉窑	中型炉窑	小型炉窑	合计
新增 除硝 处理 设施	废气处理单价	元/m ³	20	24	30	/
	单台炉窑 平均投资费用估算	万元/台	350	180	70	/
	全省投资费用估算	万元	5250	4320	10990	20560
全省超标工业炉窑除尘、脱硫、 脱硝处理设施投资费用估算		万元	21450	18960	48080	88490

注：引用本课题收集工业炉窑大气污染物排放超标率测算全省工业炉窑大气污染物排放超标率。

表 7-4 江苏省不使用高污染燃料的超标工业炉窑新增末端治理设备投资估算

项目		单位	大型炉窑	中型炉窑	小型炉窑	合计
处理废气量		m ³ /h.台	≥120,000	50,000~ 120,000	≤50,000	/
颗粒物超标炉窑数量		台	5	22	630	657
二氧化硫超标炉窑数量		台	0	2	43	45
氮氧化物超标炉窑数量		台	1	5	146	152
新增 除尘 处理 设施	废气处理单价	元/m ³	12	16	20	/
	单台炉窑 平均投资费用估算	万元/台	120	90	45	/
	全省投资费用估算	万元	600	1980	28350	30930
新增 脱硫 处理 设施	废气处理单价	元/m ³	13	16	20	/
	单台炉窑 平均投资费用估算	万元/台	180	110	50	/
	全省投资费用估算	万元	0	220	2150	2370
新增 除硝 处理 设施	废气处理单价	元/m ³	14	17	22	/
	单台炉窑 平均投资费用估算	万元/台	220	150	55	/
	全省投资费用估算	万元	220	750	8030	9000
全省超标工业炉窑除尘、脱硫、 脱硝处理设施投资费用估算		万元	820	2950	38530	42300

7.2 现有工业炉窑达标率分析

7.2.1 现有工业炉窑达标率分析

本课题收集 254 台工业炉窑中，使用煤炭等高污染燃料的工业炉窑占 43.3%，不使用高污染燃料的工业炉窑占 56.7%。根据本课题拟定标准，其颗粒物、二氧化硫、氮氧化物的单项总体达标率分别为 38.8%、65.3%、81.2%，其中使用高污染燃料的工业炉窑，颗粒物、二氧化硫、氮氧化物达标率均比较低，详见表 7-5。

但是，本课题收集 254 台工业炉窑的监测数据，80%以上来源于建设项目竣工环保验收监测和企业委托监测。江苏省目前约有 2153 台工业炉窑适用本标准，其中使用煤炭等高

污染燃料的工业炉窑占 61.7%，所以全省现有工业炉窑的实际达标率要低于表 7-5 中的达标率。

表 7-5 现有工业炉窑常规大气污染物达标率分析

序号	污染物项目	江苏省拟定使用高污染燃料的工业炉窑		江苏省拟定不使用高污染燃料的工业炉窑		工业炉窑总体达标率 (%)
		排放限值 (mg/m ³)	达标率 (%)	排放限值 (mg/m ³)	达标率 (%)	
1	颗粒物	20	17.8	20	54.5	38.8
2	二氧化硫	80	26.4	80	96.9	65.3
3	氮氧化物	180	57.5	180	89.5	81.2

注：全省现有工业炉窑的达标率要低于上表中的达标率。

7.2.2 与《铸造工业大气污染物排放标准（征求意见稿）》比较

由原环保部大气环境管理司、科技标准司组织制定的《铸造工业大气污染物排放标准（征求意见稿）》及编制说明，已于 2018 年 3 月向社会公众公开征求意见。该标准实施后，新建铸造工业企业或生产设施不再执行现行国标《工业炉窑大气污染物排放标准》（GB 9078-1996）中的相关规定。

根据《铸造工业大气污染物排放标准（征求意见稿）》编制说明，整理出铸造工业炉窑大气污染物排放限值和达标率分析以及与本标准的比较，详见表 7-6。

通过分析、比较可知，《铸造工业大气污染物排放标准（征求意见稿）》根据设备（炉窑类型）分别制定常规大气污染物排放限值，本标准排放浓度限值与其相比较：

(1) 颗粒物、二氧化硫、氮氧化物的排放浓度限值均严于铸造工业大气污染物排放浓度限值（征求意见稿），总体达标率基本接近。

(2) 颗粒物、二氧化硫、氮氧化物排放浓度限值均略严于铸造工业大气污染物特别排放限值（征求意见稿）。

可见，根据江苏的经济发展水平以及环境保护要求，本标准拟定的常规大气污染物排放限值是可行的。

表 7-6 江苏省拟定标准与铸造工业炉窑大气污染物排放限值（征求意见稿）比较

序号	生产工序	设备及达标率	排放浓度限值 (mg/m ³)			特别排放限值 (mg/m ³)		
			颗粒物	二氧化硫	氮氧化物	颗粒物	二氧化硫	氮氧化物
1	铸造工业金属熔炼(化)	冲天炉	40	200	200	30	100	150
		冲天炉 达标率 (%)	22.0	29.4	/	17.0	14.7	87.6
2	铸造工业金属熔炼(化)	电弧炉	30	/	200	20	/	150
		电弧炉 达标率 (%)	50.9	/	/	34.5	/	/

表 7-6 江苏省拟定标准与铸造工业炉窑大气污染物排放限值（征求意见稿）比较（续）

序号	生产工序	设备及达标率	排放浓度限值 (mg/m ³)			特别排放限值 (mg/m ³)		
			颗粒物	二氧化硫	氮氧化物	颗粒物	二氧化硫	氮氧化物
3	铸造工业金属熔炼(化)	感应电炉	30	/	200	20	/	150
		感应电炉达标率(%)	54.6	/	/	37.9	/	/
燃气炉		30	200	200	20	100	200	
燃气炉达标率(%)		57.0	100	98.0	44.4	96.4	98.0	
其他熔炼设备		30	/	/	20	/	/	
6	铸造工业炉窑拟定	30/40	200	200	20/30	100	150/200	
	铸造工业炉窑达标率(%)	22.0~57.0 (总体达标率 34.9)	29.4~100	~98.0	17.0~44.4	14.7~96.4	87.6~98.0	
7	江苏省拟定标准	20	80	180	/	/	/	
	江苏省拟定标准工业炉窑达标率(%)	17.8~54.5 (总体达标率 38.8)	26.4~96.8 (总体达标率 65.3)	57.5~89.5 (总体达标率 81.2)	/	/	/	

7.2.3 工业炉窑大气污染排放达标技术路线

工业炉窑可通过采用“使用非高污染燃料或电能等替代高污染燃料、采用前端控制技术、采用末端治理（除尘、脱硫、脱硝）”等措施，达到本标准要求：其中：

(1) 除尘：可采用干式、湿式等除尘技术，或者组合使用各种除尘技术。

(2) 脱硫：可采用燃烧前脱硫、燃烧中脱硫和燃烧后脱硫。其中燃烧后脱硫（末端治理）常见的方法有干法、半干法和湿法三种工艺。对于燃煤炉窑，要求将脱硫率提高到 96%以上，或燃用含硫量 0.4%以下燃煤，方可将二氧化硫排放浓度控制在 80mg/m³ 以内。

(3) 脱硝：可采用一次措施和二次措施；其中一次措施是从源头控制，如：低氮燃烧技术、富氧（纯氧）燃烧技术、燃烧优化调整等。二次措施（末端治理）常见的方法有选择性催化还原法（SCR 法）、选择性非催化还原法（SNCR）、陶瓷滤芯催化一体化脱销除尘技术、联合脱硫脱氮技术等。对于天然气等清洁能源，采用低氮燃烧技术可把氮氧化物排放浓度控制在 180mg/m³ 以下。对于燃煤、燃油等燃料，采用“低氮燃烧+废气净化技术”，可以把氮氧化物排放浓度降低到 180mg/m³ 以下。

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控制要求。

目前国内工业炉窑的除尘、脱硫、脱硝技术已比较成熟，部分技术已达到国际先进水平，在除尘、脱硫、脱硝的同时也能降低其他污染物的排放。具体工业炉窑污染控制技术详见 4.4 章节。对于技术落后、资源能源消耗高、排污大的工业炉窑，建议直接淘汰。

7.3 实施本标准的环境（污染物减排）效益分析

7.3.1 环境、社会效益分析

本标准拟定大气污染物排放限值严于现行国标。本标准实施后，颗粒物排放浓度由现行国标要求的 $100\sim 200\text{mg}/\text{m}^3$ 降至 $20\text{mg}/\text{m}^3$ 、二氧化硫排放浓度由现行国标要求的 $850\text{mg}/\text{m}^3$ 降至 $80\text{mg}/\text{m}^3$ 、氮氧化物由现行国标无排放浓度控制要求加严到 $180\text{mg}/\text{m}^3$ 。为了达到本标准要求，企业需要在燃料、环保设施等方面加大投资，进行脱硫除尘预处理、增设除尘脱硫脱硝设施、选择低氮燃烧技术等可大幅度减少工业炉窑烟气中的颗粒物、二氧化硫、氮氧化物等污染物的排放量，同时也可降低重金属等特征大气污染物的排放量。

由于现行国标自1997年1月实施起没有要求执行更加严格的排放标准，一些企业缺乏对工业炉窑进行装备升级和技术改造的压力和动力，江苏省工业炉窑技术装备和污染治理水平参差不齐，许多规模小、装备水平低、污染防治技术落后的炉窑仍在一定范围内存在。

江苏省属于国家大气污染防治重点区域，在国家出台新《环境质量标准》(GB 3095-2012)的背景下，本标准的实施，有利于推动全省产业结构优化调整，促进工业炉窑生产工艺和污染防治技术的进步；有利于控制全省煤炭消费总量、控制全省工业炉窑大气污染物排放和“十三五”约束性目标之一“到2020年主要污染物排放总量大幅减少，其中二氧化硫、氮氧化物排放总量均比2015年下降20%以上”的实现，有利于改善环境空气质量，保护人体健康，对社会具有良好的环境效益。

7.3.2 现有工业炉窑污染物减排分析

本标准实施后，倒逼企业通过采取各种措施实现工业炉窑污染物达标排放，每年都可以削减全省颗粒物、二氧化硫和氮氧化物的年排放总量，对改善大气环境质量起到长远效应。

根据《江苏省环境统计年报》数据，2015年江苏省适用本标准约2153台工业窑炉颗粒物、二氧化硫、氮氧化物的年排放总量分别为32003吨、26724吨和16450吨，其中使用高污染燃料的工业窑炉约有1328台，其颗粒物、二氧化硫、氮氧化物的年排放总量分别为29442吨、24812吨和13731吨；使用天然气等非高污染燃料或电能的工业窑炉约有825台，其颗粒物、二氧化硫、氮氧化物的年排放总量分别为2561吨、1912吨和2719吨。

为进行全省污染物减排分析，引用本课题收集约250台工业炉窑大气污染物排放超标率、超标工业炉窑大气污染物平均排放浓度，测算全省超标排放工业炉窑采取相应措施达到本课题设计标准限值后的大气污染物年减排量。

沿用本标准经济投资分析中假设，全省使用煤炭等高污染燃料的大、中型工业炉窑均采用末端治理措施实现达标排放，而小型工业炉窑采用煤改气、煤改电、淘汰和末端治理四种方式实现达标排放，并假设小型工业炉窑采用煤改气、煤改电、淘汰和末端治理的比例分别为30%、20%、20%、30%。通过计算可知，全省适用本标准的工业炉窑中：

(1) 使用高污染燃料的1237台小型工业炉窑，预估其中866台(70%)采取煤改气、煤改电或淘汰方式，其颗粒物、二氧化硫、氮氧化物的排放量分别为15258吨/年、11098吨/年、5003吨/年。该部分污染物年排放量不再纳入高污染燃料工业炉窑污染物年排放量。但是其中采取煤改气或煤改电的618台(50%)炉窑，作为“新增”炉窑，其污染物年排放量应纳入全省不使用高污染燃料工业炉窑污染物年排放量。参照2015年不使用高污染燃料工业炉窑污染物年排放量折算，该618台“新增”炉窑颗粒物、二氧化硫、氮氧化物的排放量分别为1717吨/年、867吨/年、1164吨/年。

(2) 本课题设计使用高污染燃料的工业炉窑，颗粒物、二氧化硫、氮氧化物的浓度限值分别为 $20\text{mg}/\text{m}^3$ 、 $80\text{mg}/\text{m}^3$ 、 $180\text{mg}/\text{m}^3$ 。根据本课题收集数据，使用高污染燃料的超标工业炉窑，颗粒物、二氧化硫、氮氧化物的平均排放浓度分别为 $89.4\text{mg}/\text{m}^3$ 、 $346\text{mg}/\text{m}^3$ 、

336mg/m³。则全省还存有约462台使用高污染燃料的工业炉窑（其中颗粒物、二氧化硫、氮氧化物超标台数分别为380台、340台、196台），通过末端治理达到了本课题设计标准限值，则污染物超标排放部分即为超标炉窑的污染物消减量。通过计算可知，超标炉窑颗粒物、二氧化硫、氮氧化物的削减量分别为10504吨/年、9740吨/年、2351吨/年。

（3）本课题设计不使用高污染燃料的工业炉窑，颗粒物、二氧化硫、氮氧化物的浓度限值分别为20mg/m³、80mg/m³、180mg/m³。根据本课题收集数据，使用非高污染燃料或电能的超标工业炉窑，颗粒物、二氧化硫、氮氧化物的平均排放浓度分别为51.3mg/m³、102mg/m³、289mg/m³。则全省还存有约1443台不使用高污染燃料的工业炉窑（其中颗粒物、二氧化硫、氮氧化物超标台数分别为657台、45台、152台），通过末端治理达到了本课题设计标准限值，则污染物超标排放部分即为超标炉窑的污染物消减量。通过计算可知，超标炉窑颗粒物、二氧化硫、氮氧化物的削减量分别为1782吨/年、25吨/年、233吨/年。

综上，拟定的污染物排放标准在江苏省实施后，预测江苏省适用本标准工业炉窑颗粒物、二氧化硫、氮氧化物的减排量分别为27544吨/年、20863吨/年、7587吨/年，减排率分别为86.1%、78.1%、46.1%，详见表7-7。

表 7-7 预测江苏省适用本标准工业炉窑污染物年减排量

单位：吨/年

项 目		颗粒物	二氧 化硫	氮氧 化物
2015 年全省适用本标准工业窑炉污染物年排放量		32003	26724	16450
其中	使用高污染燃料的工业窑炉污染物年排放量	29442	24812	13731
	不使用高污染燃料的工业炉窑污染物年排放量	2561	1912	2719
本 标 准 实 施 后	小计 1：煤改气、煤改电、淘汰工业炉窑污染物年排放量估算	15258	11098	5003
	小计 2：江苏省适用本标准超标工业炉窑污染物年减排量估算 （使用煤炭等高污染燃料）	10504	9740	2351
	小计 3：江苏省适用本标准超标工业炉窑污染物年减排量估算 （使用天然气等非高污染燃料或电能）	1782	25	233
	合计：江苏省适用本标准工业炉窑污染物年减排量估算	27544	20863	7587
	江苏省适用本标准工业炉窑污染物年减排率估算（%）	86.1	78.1	46.1

注：合计=小计 1+小计 2+小计 3。

7.3.3 新建工业炉窑污染物减排分析

本标准制定了严于现行国标《工业炉窑大气污染物排放标准》（GB 9078-1996）的大气污染物排放限值。本标准实施后，适用本标准的新建工业炉窑，颗粒物减排率范围为80.0%~90.0%、二氧化硫减排率为90.6%，并增加了对氮氧化物的控制要求，具有分析见表7-8。

表 7-8 新建工业炉窑常规大气污染物减排效果分析

序号	适用本标准工业炉窑类别	执行标准	污染物	排放限值 (mg/m ³)	减排率 (%)
1	有色金属熔炼炉	现行国标*	颗粒物	100	/
		江苏省拟定标准		20	80.0
2	冲天炉、化铁炉、金属熔化炉	现行国标		150	/
		江苏省拟定标准		20	86.7
3	其他炉窑**	现行国标		200	/
		本标准		20	90.0
和现行国标比较, 江苏省拟定标准颗粒物减排率范围: 80.0%~90.0%					
4	有色金属熔炼炉、燃煤(油)炉窑	现行国标	二氧化硫	850	/
		江苏省拟定标准		80	90.6
和现行国标比较, 江苏省拟定标准二氧化硫减排率: 90.6%					
5	所有炉窑	现行国标	氮氧化物	/	/
		江苏省拟定标准		180	/
现行国标对氮氧化物无控制要求					

注: (1) “*” 采用现行国标 (GB 9078-1996) 表 2 二级标准 (第 II 时段) 限值。

(2) “**” 其他炉窑, 包括: 熔化炉 (非金属熔化、熔炼炉)、加热炉 (金属压延、锻造加热炉, 非金属加热炉), 热处理炉、干燥炉 (窑)、非金属焙 (煅) 烧炉窑、耐火材料窑, 其他炉窑。