

# 江苏省《工业炉窑大气污染物排放标准》编制说明

（征求意见稿）

江苏省环境监测中心、徐州科融环境资源股份有限公司

标准编制组

二〇一七年三月二十八日

# 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.....	4
2.1 工业炉窑分类.....	4
2.2 本标准适用工业炉窑.....	4
2.3 江苏省工业炉窑概况.....	6
2.4 我国工业炉窑发展概况.....	8
3 标准制修订的必要性分析.....	9
3.1 国家、省及环保主管部门的相关要求.....	9
3.2 国家、省相关产业政策及行业发展规划中的环保要求.....	10
3.3 江苏省工业炉窑废气主要污染物排放情况.....	10
3.4 工业炉窑清洁生产工艺的最新进展.....	13
3.5 现行国家环保标准存在的主要问题.....	15
4 工业炉窑废气污染物产排污情况及污染控制技术分析.....	16
4.1 工业炉窑废气污染物产排污情况.....	16
4.2 江苏省工业炉窑大气污染物排放现状.....	16
4.3 工业炉窑主要污染控制技术分析.....	17
4.4 工业炉窑废气污染物治理情况.....	22
5 标准主要技术内容.....	25
5.1 标准的适用范围.....	25
5.2 标准框架结构.....	25
5.3 术语和定义.....	27
5.4 污染物项目的选择.....	27
5.5 污染物排放限值的确定及制定依据.....	28
5.6 大气污染物基准氧含量排放浓度折算方法.....	45
5.7 相关技术规定和监测要求.....	47
6 主要国家、地区和我国其他省市、其他行业相关标准研究.....	48
6.1 废气主要污染物与国内相关标准比较.....	48
6.2 废气主要污染物与国外排放标准比较.....	52
6.3 特征污染物与国内外相关标准的比较.....	54
7 实施本标准的经济及环境效益分析.....	54
7.1 实施本标准的经济投资分析.....	54
7.2 实施本标准的环境（污染物减排）效益分析.....	57

# 江苏省《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，2014年9月，经江苏省财政厅苏财建（2014）280号文批准，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，课题项目编号为2014012。

2014年10月，江苏省环境监测中心、徐州燃控科技股份有限公司（2015年8月更名为徐州科融环境资源股份有限公司）组成课题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。

### 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。地方环境保护标准制修订工作可参照《国家环境保护标准制修订工作管理办法》执行。本标准的制定工作参照《国家环境保护标准制修订工作管理办法》规定的基本程序进行，主要工作过程如下：

#### （1）开题

2014年10月，课题组完成了《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工作计划、时间进度和任务分工等。本标准研究的技术路线见图1-1。

#### （2）资料收集和研究

2014年11月~2015年3月，编制组较为全面地收集了山东省、河南省、河北省、上海市、天津市、重庆市、北京市等地方工业炉窑大气污染物排放标准，同时收集了有关工业炉窑污染控制的期刊文献，对现行排放标准及相关行业排放标准进行调查梳理和分析，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。

#### （3）调研和监测数据收集

2014年12月~2016年7月，收集近年来江苏省各级环境监测系统编制的建设项目竣工“三同时”验收监测报告、企业委托各级环境监测系统以及第三方检测机构进行的监测报告（涉及“本标准”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。

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、河北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，课题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，课题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。

收集近年来江苏省环境监测中心及各市、县（区）环境监测系统对企业建设项目进行的“三同时”验收监测、企业委托各级环境监测系统以及第三方检测机构进行的监测、重点工业污染源例行监督性监测、企业自测等监测数据，对典型工业炉窑进行现场测试。

课题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四百台，其中适用本标准工业炉窑约三百台。

#### （4）标准初步制定和中期论证

在上述工作基础上，课题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，初步确定了标准框架、大气污染物排放控制因子、标准限值。

2015年12月16日，课题组在南京组织召开了“江苏省工业炉窑大气污染物地方排放标准制定”中期汇报及专家评审会，课题中期成果通过了专家评审。

#### （5）标准征求意见稿和编制说明的编制、技术审查

2016年1月~9月，根据课题中期汇报会专家组意见，进一步补充完善了江苏省工业炉窑排放现状分析，明确了适用本标准的工业炉窑范围、污染控制技术分析、大气污染物排放限值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，通过了由江苏省环保厅科技处在南京主持召开的江苏省《工业炉窑大气污染物排放标准》征求意见稿技术审查会。

#### （6）完成标准征求意见稿和编制说明

2016年11月~2017年2月，到上海市环境监测中心、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。

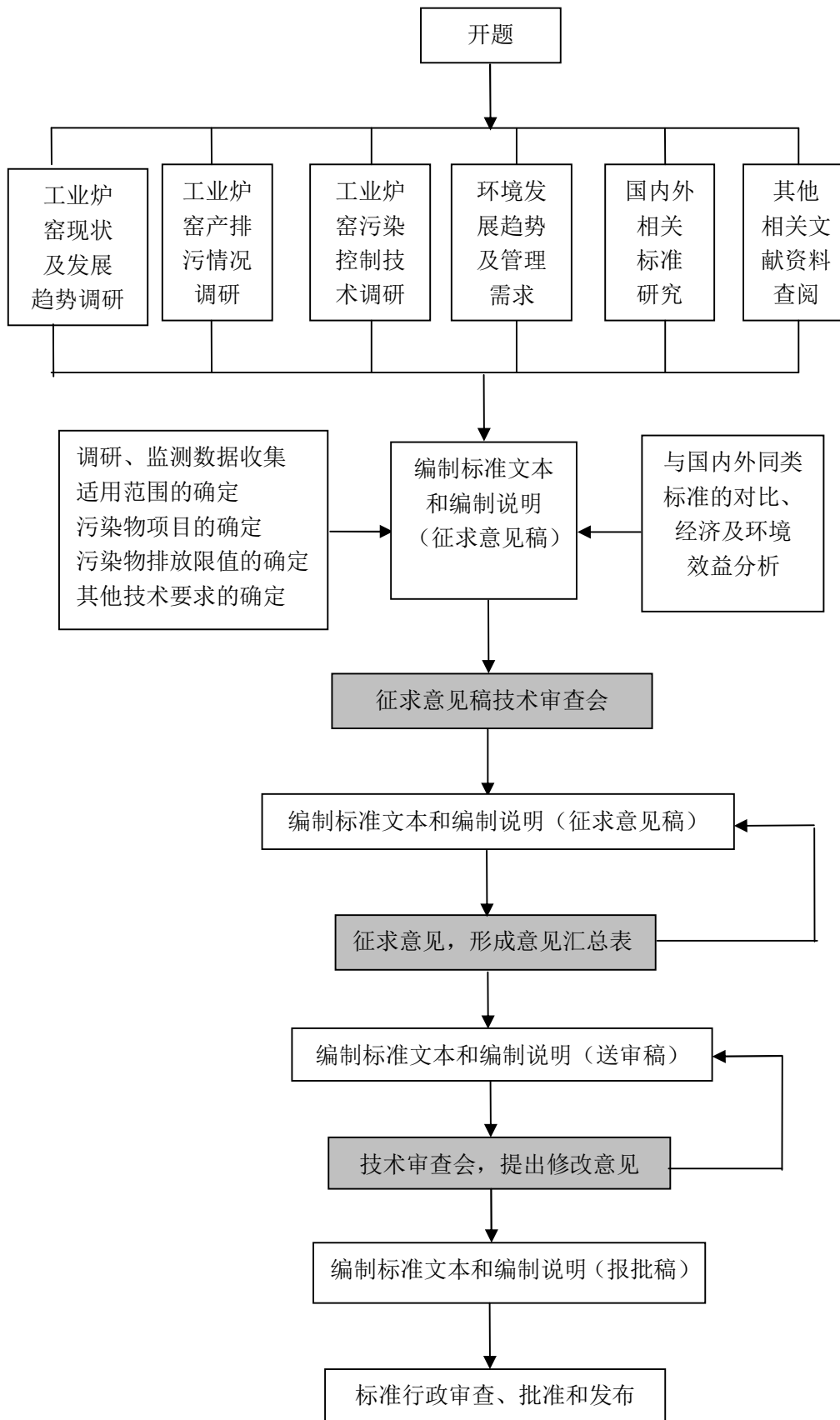


图 1-1 技术路线图

## 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，将物料或工件进行冶炼、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、铝热法或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) (以下简称“现行国标”), 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 种炉型:

- (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, ⑪非金属加热炉。
- (5) 热处理炉: ⑫金属热处理炉, ⑬非金属热处理炉。
- (6) ⑭干燥炉、窑
- (7) ⑮非金属焙 (锻) 烧炉窑、耐火材料窑
- (8) ⑯石灰窑
- (9) 陶瓷、搪瓷、砖瓦窑: ⑰隧道窑, ⑱其他窑。
- (10) ⑲其他炉窑。

### 2.2 本标准适用工业炉窑

现行国标实施后, 国家又陆续制定发布了钢铁、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、电子玻璃等若干行业污染物排放标准 (见表 2-1)。按照综合性排放标准与行业性排放标准不交叉执行、行业性排放标准优先执行的原则, 目前江苏省除已制定有行业污染物排放标准的工业炉窑执行相关行业污染物排放标准外, 其余均执行 GB 9078-1996。

本课题结合江苏省工业炉窑调研情况, 针对现行国标 GB 9078-1996 中暂未发布行业标准的以下 7 类 11 种工业炉窑, 制定地方标准。

#### (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、镍等有色金属冶炼用的鼓风机、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、冶炼炉: 包括玻璃熔窑、刚玉冶炼炉、硅冶炼炉、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：包括玻璃塑型炉、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：包括玻璃退火炉、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煨烧、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
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

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
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
21	日用玻璃工业污染物排放标准	环境保护部 2015 年 12 月发文征求意见 (环办函〔2015〕1959 号), 尚未发布实施
22	玻璃纤维及制品工业污染物排放标准	
23	矿物棉工业污染物排放标准	

## 2.3 江苏省工业炉窑概况

### 2.3.1 江苏省工业炉窑使用情况

本课题引用江苏省环境统计年报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。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 2259)

### 2.3.2 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 2259 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专用设备制造等; 上述 7 个行业的工业炉窑数合计约为 1829 台, 占总数量的 81.0%; 其余行业的工业炉窑数合计约为 430 台, 占总数量的 19.0%, 具体分布见图 2-1。



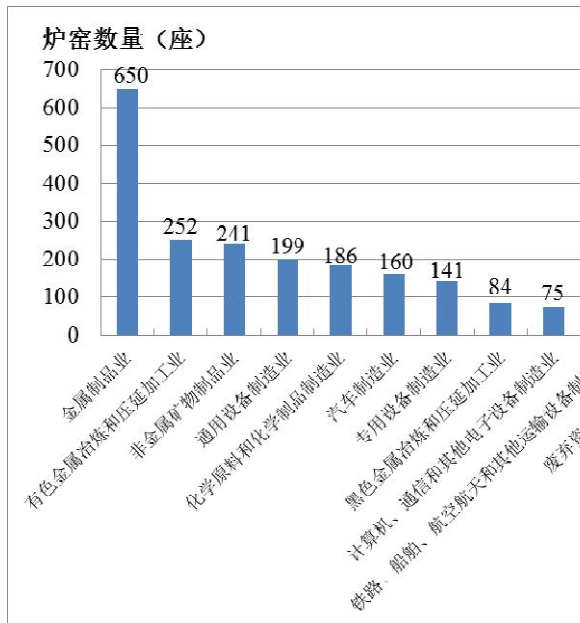


图 2-1 2015 年江苏省适用本标准工业炉窑行业分布情况

### 2.3.3 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 1333 台，苏中地区（扬州市、南通市、泰州市）工业炉窑数量为 277 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 649 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)	占比 (%)	区域分布
1	苏州	114	434	19.2	苏南
2	无锡	164	388	17.2	苏南
3	南通	193	282	12.5	苏中
4	泰州	235	269	11.9	苏中
5	常州	118	232	10.3	苏南
6	南京	74	202	8.94	苏南
7	盐城	60	107	4.74	苏北
8	扬州	39	98	4.34	苏中
9	徐州	71	98	4.34	苏北
10	镇江	56	77	3.41	苏南
11	连云港	11	27	1.20	苏北
12	宿迁	18	27	1.20	苏北
13	淮安	17	18	0.80	苏北
全省合计		1170	2259	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

## 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、省及环保主管部门的相关要求

##### (1) 《国民经济和社会发展第十三个五年规划纲要》

第十三个五年规划纲要（2016~2020 年）中第四十三章“推进资源节约集约利用”第一节：“实施锅炉（窑炉）、照明、电机系统升级改造及余热暖民等重点工程”；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) 《国家环境保护“十二五”规划》

“十二五”规划新增了对氮氧化物（NO<sub>x</sub>）实施总量控制，具体减控指标拟定为，重点行业和重点地区氮氧化物排放总量比 2010 年减少 10%。《规划》第三章第三节“加快非电重点行业脱硫脱硝进程”指出“加强工业窑炉烟气二氧化硫治理，现有石油炼化设备、有色冶炼设备、建材窑炉、炼焦炉等安装烟气脱硫设施。”

##### (3) 《国家环境保护“十三五”规划基本思路》

根据“十三五”规划基本思路，初步考虑在电力、钢铁、水泥等重点行业开展烟（粉）尘总量控制，实施基于新排放标准的行业治污减排管理，把问题突出、影响范围广的区域大点源烟（粉）尘排放量降下去。

##### (4) 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，提出到 2017 年我国煤炭消费比重降到 65%以下，禁止进口高灰高硫劣质煤，并明确“到 2017 年，全国地级及以上城市可吸入颗粒物浓度比 2012 年下降 10%以上，优良天数逐年提高；长三角区域细颗粒物浓度下降 20%左右”的考核指标。

##### (5) 《江苏省“十二五”环境保护和生态建设规划》

《规划》第三章第（一）节第 2 条“削减污染物排放总量”指出：“强制淘汰重污染行业落后产能，逐步搬迁改造或关停并转位于环境敏感区内的高风险企业。实行电力、钢铁、建材、造纸、纺织印染、化工等行业主要污染物排放总量控制。到 2015 年，新增电煤消费量控制在 4000 万吨以下，重点行业主要污染物总量削减不得低于 10%”。“二氧化硫减排以非统调电厂、企业自备电厂和冶金、建材等非电力行业脱硫设施建设为主，建材行业所有煤矸石砖瓦窑、规模大于 70 万平米/年且燃料含硫率大于 0.5%的建筑陶瓷窑炉、所有浮法玻璃生产线全部脱硫，石化行业和石油炼制行业催化裂化装置催化剂再生烟气治理、加热炉和锅炉烟气全部脱硫，焦化行业炼焦炉煤气全部脱硫。”

##### (6) 江苏省环保部门相关要求

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。

### 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，工业和信息化部于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 江苏省工业炉窑废气主要污染物排放情况

#### 3.3.1 近几年江苏省工业炉窑废气主要污染物排放情况

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废气主要污染物中，只有二氧化硫的年排放量略呈下降趋势，具体排放情况见表3-1、图3-1。

表 3-1 2012~2015 年江苏省工业炉窑废气主要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

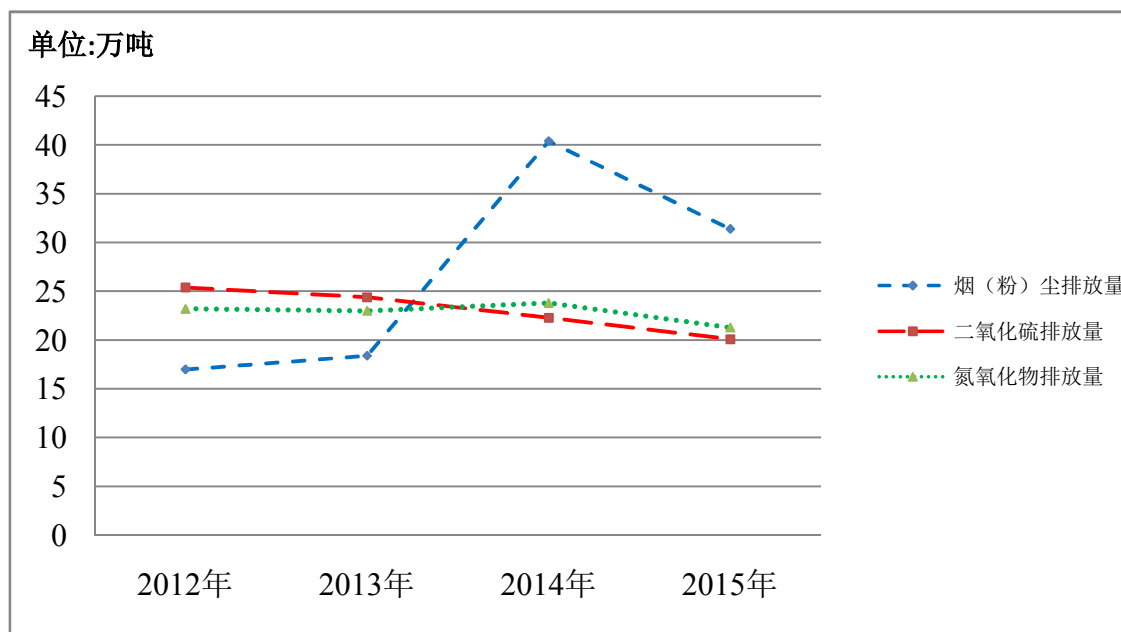


图 3-1 2012~2015 年江苏省工业炉窑废气主要污染物排放情况

### 3.3.2 2015 年江苏省适用本标准工业炉窑废气主要污染物排放情况

根据《江苏省环境统计年报》数据，2015 年江苏省约 1170 个重点调查工业企业配置有适用本标准工业炉窑，该 1170 个企业烟（粉）尘、二氧化硫、氮氧化物排放量分别为 3.32 万吨、2.95 万吨和 1.91 万吨，占全省重点调查工业企业总排放量的 5.83%、4.31%和 2.72%；废气主要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 年江苏省工业炉窑废气主要污染物排放情况及占比统计

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 1170 个企业	3361	2259	1532	3.32	2.95	1.91
该 1170 个企业 占全省比例 (%)	7.85	53.4	2.65	5.83	4.31	2.72

表 3-3 2015 年江苏省适用本标准工业炉窑废气主要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	241	10.7	11304	34.1	8200	27.8	4517	23.6	268	17.5
2	化学原料和化学制品制造业	186	8.23	4700	14.2	7152	24.3	5837	30.5	462	30.2
3	金属制品业	650	28.8	3643	11.0	5162	17.5	3273	17.1	185	12.1
4	有色金属冶炼和压延加工业	252	11.2	3584	10.8	806	2.7	625	3.27	74	4.84
5	黑色金属冶炼和压延加工业	84	3.7	2994	9.02	3325	11.3	1367	7.15	41	2.70
6	通用设备制造业	199	8.8	2488	7.50	1017	3.5	324	1.69	56	3.66
7	专用设备制造业	141	6.2	1200	3.62	525	1.8	348	1.82	41	2.68
8	文教、工美、体育和娱乐用品制造业	14	0.6	749	2.26	66	0.2	12	0.06	3	0.17
9	汽车制造业	160	7.1	633	1.91	133	0.5	195	1.02	121	7.90
10	铁路、船舶、航空航天和其他运输设备制造业	61	2.7	340	1.02	658	2.2	263	1.38	57	3.71
11	纺织业	34	1.5	276	0.83	467	1.6	244	1.28	12	0.75
12	电气机械和器材制造业	24	1.1	235	0.71	29	0.1	77	0.40	3	0.23
13	酒、饮料和精制茶制造业	5	0.2	198	0.60	233	0.8	106	0.55	6	0.39
14	木材加工和木、竹、藤、棕、草制品业	3	0.1	164	0.49	23	0.1	8	0.04	14	0.93
15	橡胶和塑料制品业	6	0.3	104	0.31	86	0.3	55	0.29	20	1.31
16	其他行业	199	8.8	578	1.74	1584	5.4	1875	9.80	169	11.0
	合计	2259	100	33192	100	29468	100	19126	100	1532	100

### 3.3.3 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。

课题组初步分析，工业炉窑废气中铅、汞、六价铬、总铬、镉、砷等重金属监测数据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排放统计

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 2259 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	90.39	3
2	汞	190.611	20	1.02	4	0.94	2
3	六价铬	8.31	9	4.318	2	4.381	2
4	总铬	642.852	26	617.401	4	17.401	3
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 (CO <sub>2</sub> )	二氧化硫 (SO <sub>2</sub> )	氮氧化物 (NO <sub>x</sub> )	烟尘
天然气	1680	0.014	2.0	≈0
燃煤	2870	20.0	7.7	2.9

注：该排放比较为，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 <sup>3</sup> )	2.2 (元/m <sup>3</sup> )	500 (元/吨)	0.88 (元/kw·h)
热值	33440KJ/ m <sup>3</sup>	15884KJ/ m <sup>3</sup>	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 CO<sub>2</sub> 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、冶炼、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、提高生产效率。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,提高热效率,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,对于冶炼、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、环境保护部2014年3月发布的《大气污染防治先进技术汇编》

## 3.5 现行国家环保标准存在的主要问题

目前江苏省工业炉窑大气污染物排放执行《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日实施后，为工业炉窑大气污染物防控工作提供了监管依据。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治理技术水平的提高，现行国标GB 9078-1996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）现行国标污染控制因子为烟（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）现行国标排放限值过于宽松，与当前的污染治理技术水平不相称。如新建炉窑烟（粉）尘二级排放标准为 $100\sim 200\text{mg}/\text{m}^3$ ，二氧化硫为 $850\text{mg}/\text{m}^3$ ，采用目前常用的袋式除尘、电除尘或组合除尘技术，燃煤炉窑烟（粉）尘的排放浓度可控制在 $30\text{mg}/\text{m}^3$ 以下。

（3）现行国标中的烟（粉）尘、二氧化硫的排放浓度限值主要适用于燃煤（油）炉窑，对使用燃气、电等清洁能源炉窑的污染排放未起到实质性的控制作用。

（4）现行国标按照炉窑安装时间划分标准执行时段，未对原有炉窑的技术改造、末端治理和进一步削减污染物排放量等提出要求，客观上保护了早期的落后企业，不利于清洁生产 and 污染治理先进技术的推广应用。

（5）现行国标按照《环境空气质量标准》（GB 3095-1996）中环境空气质量功能区的划分，分三类区分别执行一级、二级和三级标准，不适合《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。

（5）现行国标根据《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、二类区和三类区的要求，分别制定了一级、二级和三级标准，不适合现行《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 工业炉窑废气污染物产排污情况及污染控制技术分析

### 4.1 工业炉窑废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、热处理炉等烟气中还含有氟、铅、汞、铍、苯并（a）芘、沥青烟等污染物。

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4-1，废气主要污染物排放情况详见第3.3章节。

表 4-1 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	1170
2	工业窑炉数	台	4227	2259
3	煤炭消耗量	万吨	5295	437
	其中：燃料煤消耗量	万吨	2536	343
	其中：燃料煤平均含硫量	%	0.84	0.95
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	51.7
6	燃料油（不含车船用）消耗量	万吨	35.4	9.25
7	天然气消耗量	亿立方米	25.8	7.81
8	用电量	亿千瓦时	810	187

### 4.2 江苏省工业炉窑大气污染物排放现状

2014~2016年，课题组针对现行国标 GB 9078-1996 中暂未发布行业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，并按照工业炉窑使用燃料污染类型不同分“高污染燃料”和“其他燃料或电能等”进行了分类统计，详见表 4-2。

根据现行国标 GB 9078-1996 排放浓度限值考核，颗粒物的达标率为 96.7%（总 271 台炉窑监测数据，其中 9 台超标），二氧化硫的达标率为 99.2%（总 256 台炉窑监测数据，其中 2 台超标），具体排放现状分析与统计详见第 5.5 章节。

表 4-2 本课题调研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	11	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、冶炼炉	高污染	9	2（颗粒物）
			其他	1	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	18	1（颗粒物）、 1（二氧化硫）
			其他	28	0
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	18	0
合计			高污染	120	10（超标率 8.33%）
			其他	155	1（超标率 0.64%）
			总体	275	11（超标率 4.00%）

### 4.3 工业炉窑主要污染控制技术分析

#### 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:O<sub>2</sub> 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 4-3。

### （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 100~200 $\text{mg}/\text{m}^3$ 。

### （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 $^{\circ}\text{C}$ ），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 5~50 $\text{mg}/\text{m}^3$ 。

### （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 98~99%，燃煤炉窑烟（粉）尘出口浓度控制水平为 30 $\text{mg}/\text{m}^3$  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 4-3 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 <sup>3</sup> 以下	80~95%	可控制在30mg/m <sup>3</sup> 以下	适用于燃气天然气炉窑、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 <sup>3</sup> 以上	99.9%以上	加之后续制酸酸洗处理，可控制在30mg/m <sup>3</sup> 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 <sup>3</sup> 以上	99.9%以上	加之后续制酸酸洗处理，可控制在30mg/m <sup>3</sup> 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
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 <sup>3</sup>	99.9%以上	可控制在30mg/m <sup>3</sup> 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 <sup>3</sup> 以上	99.9%以上	可控制在30mg/m <sup>3</sup> 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+两级袋式除尘	熔化炉、非金属焙烧窑	10000mg/m <sup>3</sup> 以上	99.9%以上	可控制在20mg/m <sup>3</sup> 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 <sup>3</sup>	95%以上	可控制在50mg/m <sup>3</sup> 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 <sup>3</sup>	99%以上	可控制在50mg/m <sup>3</sup> 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 <sup>3</sup> 以上	99.9%以上	可控制在5mg/m <sup>3</sup> 以下	适用于对颗粒物排放有严格要求的烟气处理

#### 4.3.2 二氧化硫控制技术分析

目前，二氧化硫（SO<sub>2</sub>）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、SO<sub>3</sub>、HCl、CO<sub>2</sub> 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 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 SO<sub>2</sub> 浓度为 1960mg/m<sup>3</sup>。如脱硫设备的脱硫率为 80%,则 SO<sub>2</sub> 排放浓度为 392mg/m<sup>3</sup>。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<sub>2</sub> 排放浓度控制在 200mg/m<sup>3</sup> 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<sub>x</sub>)分为两种,一种是燃料中的 N 经过氧化生成的 NO<sub>x</sub> (燃料型 NO<sub>x</sub>);另一种是燃料高温燃烧时空气中 N<sub>2</sub> 和 O<sub>2</sub> 反应生成的 NO<sub>x</sub> (热力型 NO<sub>x</sub>)。NO<sub>x</sub> 主要是指 NO 和 NO<sub>2</sub>,习惯上被称为硝,工业炉窑废气中 NO<sub>x</sub> 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<sub>x</sub> 的源头上进行控制,限制 NO<sub>x</sub> 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<sub>x</sub> 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<sub>x</sub> 进行处理,

从而降低废气中 NO<sub>x</sub> 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，NO<sub>2</sub> 溶于水，可采用水或者其他溶液吸收烟气中的 NO<sub>x</sub>，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<sub>x</sub> 进行吸附，然后在一定条件下使被吸附的 NO<sub>x</sub> 脱附回收，同时吸附剂再生。此法 NO<sub>x</sub> 脱除率非常高，并且能回收利用，但一次性投资很高。

⑤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<sub>2</sub> 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。

⑥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-SNO<sub>x</sub>）、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 SO<sub>2</sub>、NO<sub>x</sub> 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<sub>x</sub> 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<sub>x</sub> 排放浓度控制在 150mg/m<sup>3</sup> 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<sub>x</sub> 排放浓度降低到 200mg/m<sup>3</sup> 以下。但对于不同的炉窑、不同的燃料、不同的炉膛温度，NO<sub>x</sub> 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。

（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，其排放主要来自冶炼行业、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，其排放主要来自冶炼行业、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。其排放主要来自冶炼、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冶炼行业等。

(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。凡是生产、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。

#### 4.4 工业炉窑废气污染物治理情况

##### 4.4.1 江苏省工业炉窑大气污染物治理情况

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，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2259台，分属1170个企业，其中约630家企业未安装废气处理设施。

本课题调研275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4-4；部分工业炉窑采用废气治理设施以及废气污染物排放浓度见表4-5。

表 4-4 本课题调研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	120 台	91 台	23 台	0	8 台	22 台
所占比例	/	75.8%	19.2%	0	6.67%	18.3%
使用天然气等非高污染燃料或电能的炉窑	155 台	32 台	1 台	9 台 (选择先进的燃烧设备、采用低氮燃烧技术)	75 台	48 台
所占比例	/	20.6%	0.65%	5.81%	48.4%	31.0%
本课题调研炉窑合计	275 台	123 台	24 台	9 台	83 台	70 台
所占比例	/	44.7%	8.73%	3.27%	30.2%	25.5%



表 4-5 本课题调研部分工业炉窑废气治理设施以及废气污染物排放浓度

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 <sup>3</sup> /h)	颗粒物 排放浓度 (mg/m <sup>3</sup> )	二氧化硫 排放浓度 (mg/m <sup>3</sup> )	氮氧化物 排放浓度 (mg/m <sup>3</sup> )
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	宿迁	XX 玻璃有限公司(日用玻璃)	玻璃熔窑	煤气发生炉煤气	喷雾半干法脱硫、静电除尘	47674	24.0	74	1270
7	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
8	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
9	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
10	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
11	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
12	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
13	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
14	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
15	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
16	苏州	XX 砂浆有限公司	干燥炉	天然气	袋式除尘	/	17.7	/	/
17	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
18	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
19	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，选择了本课题调研工业炉窑中污染物排放浓度较低的工业炉窑。

#### 4.4.2 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。为达到本课题中所列的控制指标,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20~100万元;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30~80万元。

##### (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第4.3章节分析。

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。

按本课题设计污染物控制指标,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/ $\text{m}^3$ 烟气,脱硫设施投资约为25元/ $\text{m}^3$ 烟气,氮氧化物减排设施投资约为20元/ $\text{m}^3$ 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/ $\text{m}^3$ 烟气,脱硫设施投资约为28元/ $\text{m}^3$ 烟气,氮氧化物减排设施投资约为24元/ $\text{m}^3$ 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/ $\text{m}^3$ 烟气,脱硫设施投资约为33元/ $\text{m}^3$ 烟气,氮氧化物减排设施投资约为30元/ $\text{m}^3$ 烟气。

##### (2) 使用天然气等非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12元/ $\text{m}^3$ 烟气,脱硫设施投资约为13元/ $\text{m}^3$ 烟气,氮氧化物减排设施投资约为14元/ $\text{m}^3$ 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/ $\text{m}^3$ 烟气,脱硫设施投资约为16元/ $\text{m}^3$ 烟气,氮氧化物减排设施投资约为17元/ $\text{m}^3$ 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/ $\text{m}^3$ 烟气,脱硫设施投资约为20元/ $\text{m}^3$ 烟气,氮氧化物减排设施投资约为22元/ $\text{m}^3$ 烟气。

## 5 标准主要技术内容

### 5.1 标准的适用范围

#### 5.1.1 标准的适用范围

本标准将现行国标 GB 9078-1996 中暂未发布行业标准的工业炉窑纳入适用范围。

本标准适用于江苏省现有工业炉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 标准不适用范围及依据

按照综合性排放标准与行业性排放标准不交叉执行、行业性排放标准优先执行的原则，国家或江苏省已发布的行业污染物排放标准中规定了工业炉窑大气污染物排放控制要求的，其工业炉窑大气污染物应按相应的排放控制要求执行，不适用于本标准。

国家或江苏省新发布的行业污染物排放标准中规定了工业炉窑大气污染物排放控制要求的，其工业炉窑大气污染物应按新发布的排放控制要求执行。

国家新发布的工业炉窑排放标准及批准的环境影响评价文件或排污许可证中对大气污染物排放控制要求严于本标准时，按相应的排放控制要求执行。

本标准未涉及的工业炉窑大气污染物项目，按国家或江苏省相关标准要求执行。

### 5.2 标准框架结构

#### 5.2.1 标准主要章节内容

本标准包括：前言、适用范围、规范性引用文件、术语和定义、大气污染物排放控制要求、大气污染物监测要求、实施与监督共七个部分。主要技术内容包括：

- (1) 工业炉窑大气污染物排放浓度限值（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等。

大气污染物排放浓度限值是本标准的重点。本标准按照工业炉窑使用燃料污染类型不同，制定不同的标准限值，推动企业升级改造和能源结构调整，推进清洁能源替代。

本标准规定的污染物排放浓度，单位为  $\text{mg}/\text{m}^3$ ；实测的工业炉窑污染物排放浓度应折算到规定的氧含量时的数值。

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“其他工业炉窑”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，生物质固体成型燃料。 （2）其他工业炉窑 包括：天然气、液化石油气等非高污染燃料及电能等。	山东地方标准
	其他污染物基本不分工业炉窑类别制定统一的排放限值	
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，方案一与现行国标的制定形式较为接近，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，但随着污染治理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，但是没有考虑燃料因素对工业炉窑污染物排放的影响。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。

同时，现行国标对本课题适用范围内工业炉窑二级标准（第Ⅱ时段）颗粒物的浓度限值除有色金属熔炼炉执行  $100\text{mg}/\text{m}^3$ 、冲天炉、化铁炉、金属熔化炉执行  $150\text{mg}/\text{m}^3$  外，其他工业炉窑均执行  $200\text{mg}/\text{m}^3$ ，二氧化硫的浓度限值全部为  $850\text{mg}/\text{m}^3$ ，差异性不大。故本标准采用方案三。

### 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 GB 9078-1996 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两年左右的技术改造时间。

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的工业炉窑，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 2019 年 8 月 1 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的新建、改建、扩建工业炉窑，执行本标准规定的排放限值。

### 5.2.3 区域划分

环境空气功能区一类区为自然保护区、风景名胜区和需要特殊保护的区域。

现行国标 GB 9078-1996 要求，自 1997 年 1 月 1 日起，在 GB 3095 中的环境空气功能区一类区内，除市政、建筑施工临时用沥青加热炉外，禁止新建工业炉窑；改建时不得增加污染负荷。

参照现行国标并结合《江苏省“十二五”环境保护和生态建设规划》要求，本标准在此提出：自本标准实施之日起，在 GB 3095 环境空气功能区一类区内，除市政、建筑施工临时用沥青加热炉外，禁止新建工业炉窑；已建工业炉窑应逐步关停或迁出。

## 5.3 术语和定义

### 5.3.1 高污染燃料

高污染燃料是指煤炭及其制品（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。其定义引自 2017 年 3 月 27 日环境保护部关于发布《高污染燃料目录》的通知（国环规大气〔2017〕2 号）中 III 类（严格）燃料。

### 5.3.2 其他名词术语

本标准其他名词术语，包括工业炉窑、现有工业炉窑、新建工业炉窑、标准状态、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，引自《工业炉窑大气污染物排放标准》（GB 9078-1996）、《大气污染物综合排放标准》（GB 16297-1996）、《固定污染源排气中颗粒物测定与气态污染物采样方法》（GB/T 16157-1996）、《锅炉大气污染物排放标准》（GB 13271-2014）等国家已发布污染物排放标准。

## 5.4 污染物项目的选择

本标准污染物项目筛选主要原则为：覆盖现行工业炉窑标准控制因子，重点考虑环境空气质量标准控制因子，满足大气污染物新增总量控制因子氮氧化物的要求。

在上述原则下，本标准共筛选设置 10 项控制因子，包括现行国标中的 8 项因子：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 项控制因子：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因子“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 项控制因子包括二氧化硫、二氧化氮、一氧化碳、颗粒物（PM<sub>10</sub>）、颗粒物（PM<sub>2.5</sub>）、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为标准控制因子，其他因子本标准均有涉及。

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。

## 5.5 污染物排放限值的确定及制定依据

### 5.5.1 污染物排放限值的制定依据

#### (1) 推进清洁能源替代改造

课题组查阅了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”。

#### (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，综合排放标准面对众多的生产工艺，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。具体工业炉窑污染治理技术详见 4.3 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。

### 5.5.2 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治理技术；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；③参考现行国标和国家已发布相关行业标准；④参考国内其他省、市工业炉窑大气污染物排放标准；⑤参考国内外工业炉窑相关行业标准；⑥参考本课题收集江苏省部分工业炉窑大气污染物排放实测数据。

国内外工业炉窑相关行业标准以及国内其他省、市工业炉窑大气污染物排放标准分析等详见第 6 章。

### 5.5.3 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燃烧产生的污染，另一方面来自于被加热介质在加热过程中所散发的污染，可采用不同的除尘措施，其污染治理技术详见 4.3 章节。

(1) 现行国标 GB 9078-1996 对工业炉窑（第 I 时段）颗粒物排放浓度的一级标准限值为  $100\sim 150\text{mg}/\text{m}^3$ ，对工业炉窑（第 II 时段）颗粒物排放浓度的二级标准限值为  $100\sim 200\text{mg}/\text{m}^3$ ，详见表 6-1。

(2) 我国部分行业（不再执行现行国标 GB 9078-1996）相关工业炉窑中颗粒物排放浓度限值基本控制在  $20\sim 150\text{mg}/\text{m}^3$ ，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颗粒物排放浓度限值基本控制在  $10\sim 100\text{mg}/\text{m}^3$ ，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 20~300mg/m<sup>3</sup>，详见表 6-5。

(5) 本课题调研江苏省部分工业炉窑颗粒物排放浓度见表 5-2、表 5-3。

本次总调研了江苏省 271 台执行现行国标 GB 9078-1996 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 3.32%（9 台），详见表 4-2。

本课题调研的 271 台工业炉窑中，使用燃煤等高污染燃料的工业炉窑占 43.2%（117 台），其中颗粒物排放浓度低于 30mg/m<sup>3</sup> 的占 25.6%（30 台）。使用天然气、电等清洁能源的工业炉窑占 56.8%（154 台），其中颗粒物排放浓度低于 25mg/m<sup>3</sup> 的占 61.0%（94 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 30mg/m<sup>3</sup> 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：

(1) 本标准实施之日起，使用高污染燃料的新建工业炉窑颗粒物排放浓度执行 30mg/m<sup>3</sup>，其他新建工业炉窑颗粒物排放浓度执行 25mg/m<sup>3</sup>。

(2) 现有工业炉窑自 2019 年 8 月 1 日起执行。

表 5-2 本课题调研江苏省部分工业炉窑炉颗粒物排放现状

序号	炉窑类别		燃料	炉窑台数	颗粒物排放浓度 (mg/m <sup>3</sup> )				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	30	1	100
			其他	11	ND	81	20	25	5	45.5
2	熔化炉	冲天炉、化铁炉	高污染	12	5.0	443	57.6	30	10	83.3
			其他	0				25		
		金属熔化炉	高污染	7	11.6	188	130	30	6	85.7
			其他	21	ND	141	22.4	25	10	47.6
		非金属熔化、冶炼炉	高污染	9	24	547	151	30	8	88.9
			其他	1	51.1	51.1	51.1	25	1	100
3	加热炉	金属压延、锻造加热炉	高污染	6	22	92	71	30	5	83.3
			其他	26	ND	176	14.3	25	6	23.1
		非金属加热炉	高污染	18	10	563	87.4	30	13	72.2
			其他	28	ND	40.5	8.22	25	5	17.9
4	热处理炉	金属热处理炉	高污染	24	5.2	93.7	27.3	30	11	45.8
			其他	32	ND	247	23.4	25	15	46.9
		非金属热处理炉	高污染	10	44.6	156	63.8	30	10	100
			其他	1	28.8	28.8	28.8	25	1	100
5	干燥炉、窑	高污染	11	34.4	167	43	30	11	100	
		其他	8	9	64	26.6	25	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	30	6	85.7	
		其他	8	9	25.2	17.8	25	1	12.5	
7	其他炉窑	高污染	12	8.0	146	36.1	30	6	50.0	
		其他	18	ND	187	28.2	25	10	55.6	

合计	高污染	117	5.0	563	57.2	30	87	74.4
	其他	154	ND	247	17.4	25	60	39.0
	总体	271	ND	563	27.8		147	54.2

注：（1）“ND”指浓度低于分析方法检出限，下同。

（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，下同。

（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 本课题调研江苏省部分工业炉窑炉颗粒物排放情况统计

燃料	颗粒物排放浓度范围	炉窑台数	累计占比%	选取标准	对应超标率%
高污染	颗粒物浓度 $\leq 20\text{mg}/\text{m}^3$	19	16.2	20	83.8
	$20\text{mg}/\text{m}^3 < \text{颗粒物浓度} \leq 25\text{mg}/\text{m}^3$	5	20.5	25	79.5
	$25\text{mg}/\text{m}^3 < \text{颗粒物浓度} \leq 30\text{mg}/\text{m}^3$	6	25.6	30	74.4
	$30\text{mg}/\text{m}^3 < \text{颗粒物浓度} \leq 35\text{mg}/\text{m}^3$	6	30.8	35	69.2
	$35\text{mg}/\text{m}^3 < \text{颗粒物浓度} \leq 40\text{mg}/\text{m}^3$	6	35.9	40	64.1
	$40\text{mg}/\text{m}^3 < \text{颗粒物浓度} \leq 45\text{mg}/\text{m}^3$	5	40.2	45	59.8
	$45\text{mg}/\text{m}^3 < \text{颗粒物浓度} \leq 50\text{mg}/\text{m}^3$	7	46.2	50	53.8
	$50\text{mg}/\text{m}^3 < \text{颗粒物浓度} \leq 55\text{mg}/\text{m}^3$	4	49.6	55	50.4
	$55\text{mg}/\text{m}^3 < \text{颗粒物浓度} \leq 60\text{mg}/\text{m}^3$	4	53.0	60	47.0
	$60\text{mg}/\text{m}^3 < \text{颗粒物浓度} \leq 100\text{mg}/\text{m}^3$	24	73.5	100	26.5
	$100\text{mg}/\text{m}^3 < \text{颗粒物浓度} \leq 200\text{mg}/\text{m}^3$	26	95.7	200	4.27
	颗粒物浓度 $> 200\text{mg}/\text{m}^3$	5	100		
	合计	117			
其他	颗粒物浓度 $\leq 20\text{mg}/\text{m}^3$	83	53.9	20	46.1
	$20\text{mg}/\text{m}^3 < \text{颗粒物浓度} \leq 25\text{mg}/\text{m}^3$	11	61.0	25	39.0
	$25\text{mg}/\text{m}^3 < \text{颗粒物浓度} \leq 30\text{mg}/\text{m}^3$	17	72.1	30	27.9
	$30\text{mg}/\text{m}^3 < \text{颗粒物浓度} \leq 35\text{mg}/\text{m}^3$	7	76.6	35	23.4
	$35\text{mg}/\text{m}^3 < \text{颗粒物浓度} \leq 40\text{mg}/\text{m}^3$	5	79.7	40	20.1
	$40\text{mg}/\text{m}^3 < \text{颗粒物浓度} \leq 45\text{mg}/\text{m}^3$	2	81.2	45	18.8
	$45\text{mg}/\text{m}^3 < \text{颗粒物浓度} \leq 50\text{mg}/\text{m}^3$	4	83.8	50	16.2
	$50\text{mg}/\text{m}^3 < \text{颗粒物浓度} \leq 55\text{mg}/\text{m}^3$	4	86.4	55	13.6
	$55\text{mg}/\text{m}^3 < \text{颗粒物浓度} \leq 60\text{mg}/\text{m}^3$	5	89.6	60	10.4
	$60\text{mg}/\text{m}^3 < \text{颗粒物浓度} \leq 100\text{mg}/\text{m}^3$	9	95.5	100	4.55
	$100\text{mg}/\text{m}^3 < \text{颗粒物浓度} \leq 200\text{mg}/\text{m}^3$	6	99.4	200	0.65
	颗粒物浓度 $> 200\text{mg}/\text{m}^3$	1	100		
	合计	154			



#### 5.5.4 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燃烧产生的污染，另一方面来自于被加热介质在加热过程中所散发的污染；常见的脱硫方法有干法、半干法和湿法三种工艺，其污染治理技术详见 4.3 章节。

(1) 现行国标 GB 9078-1996 对工业炉窑（第 I 时段）二氧化硫排放浓度的一级标准限值为 850~1200mg/m<sup>3</sup>，对工业炉窑（第 II 时段）二氧化硫排放浓度的二级标准限值为 850mg/m<sup>3</sup>，详见表 6-2。

(2) 我国部分行业（不再执行现行国标 GB 9078-1996）相关工业炉窑中二氧化硫排放浓度限值基本控制在 50~400mg/m<sup>3</sup>，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 20~600mg/m<sup>3</sup>，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 50~3000mg/m<sup>3</sup>，详见表 6-6。

(5) 本课题调研江苏省部分工业炉窑二氧化硫排放浓度见表 5-4、表 5-5。

本次总调研了江苏省 256 台执行现行国标 GB 9078-1996 工业炉窑的二氧化硫排放浓度，根据现行国标考核，其中二氧化硫超标率仅为 0.78%，详见表 4-2。

本课题调研的 256 台工业炉窑中，使用煤炭等高污染燃料的工业炉窑占 45.3%（116 台），其中二氧化硫排放低于 200mg/m<sup>3</sup> 占 50.0%（58 台）。使用天然气、电等清洁能源的工业炉窑占 54.7%（140 台），其中二氧化硫排放浓度低于 100mg/m<sup>3</sup> 占 99.3%（139 台）。

根据本课题污染物排放限值确定原则，在此提出江苏省工业炉窑二氧化硫排放标准为：

(1) 本标准实施之日起，使用高污染燃料的新建工业炉窑二氧化硫排放浓度执行 200mg/m<sup>3</sup>，其他新建工业炉窑二氧化硫排放浓度执行 100mg/m<sup>3</sup>。

(2) 现有工业炉窑自 2019 年 8 月 1 日起执行。

表 5-4 本课题调研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	SO <sub>2</sub> 排放浓度 (mg/m <sup>3</sup> )				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	200	0	0
			其他	10	ND	87	ND	100	0	0
2	熔化炉	冲天炉、化铁炉	高污染	11	5.0	606	44	200	2	18.2
			其他	0				100		
		金属熔化炉	高污染	6	188	613	376	200	4	66.7
			其他	17	ND	67	14	100	0	0
		非金属熔化、冶炼炉	高污染	9	62.5	761	112	200	2	22.2
			其他	0				100		
3	加热炉	金属压延、锻造加热炉	高污染	7	7.67	353	141	200	1	14.3
			其他	25	ND	35.5	5.87	100	0	0
		非金属加热炉	高污染	18	45.3	1365	198	200	9	50.0
			其他	26	ND	69	5.2	100	0	0
4	热处理	金属热处理炉	高污染	24	55	374	288	200	20	83.3
			其他	32	ND	97	7.5	100	0	0

	理炉	非金属热处理炉	高污染	10	297	750	354	200	10	100
			其他	1	15	15	15	100	0	0
5	干燥炉、窑		高污染	9	ND	675	14	200	4	44.4
			其他	6	ND	136	4	100	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	200	3	33.3
			其他	9	ND	45	8	100	0	0
7	其他炉窑		高污染	12	10.7	732	134	200	3	25.0
			其他	14	ND	87	2	100	0	0
合计			高污染	116	ND	1579	198	200	58	50.0
			其他	140	ND	136	6.4	100	1	0.71
			总体	256	ND	1579	19.4		59	23.0

注：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 本课题调研江苏省部分工业炉窑炉二氧化硫排放情况统计

燃料	二氧化硫排放浓度范围	炉窑台数	累计占比%	选取标准	对应超标率%
高污染	二氧化硫浓度 $\leq 100\text{mg}/\text{m}^3$	36	31.0	100	69.0
	$100\text{mg}/\text{m}^3 < \text{二氧化硫浓度} \leq 150\text{mg}/\text{m}^3$	9	38.8	150	61.2
	$150\text{mg}/\text{m}^3 < \text{二氧化硫浓度} \leq 200\text{mg}/\text{m}^3$	13	50.0	200	50.0
	$200\text{mg}/\text{m}^3 < \text{二氧化硫浓度} \leq 250\text{mg}/\text{m}^3$	8	56.9	250	43.1
	$250\text{mg}/\text{m}^3 < \text{二氧化硫浓度} \leq 300\text{mg}/\text{m}^3$	13	68.1	300	31.9
	$300\text{mg}/\text{m}^3 < \text{二氧化硫浓度} \leq 350\text{mg}/\text{m}^3$	10	76.7	350	23.3
	$350\text{mg}/\text{m}^3 < \text{二氧化硫浓度} \leq 400\text{mg}/\text{m}^3$	9	84.5	400	15.5
	$400\text{mg}/\text{m}^3 < \text{二氧化硫浓度} \leq 450\text{mg}/\text{m}^3$	0	84.5	450	15.5
	$450\text{mg}/\text{m}^3 < \text{二氧化硫浓度} \leq 500\text{mg}/\text{m}^3$	2	86.2	500	13.8
	$500\text{mg}/\text{m}^3 < \text{二氧化硫浓度} \leq 550\text{mg}/\text{m}^3$	2	87.9	550	12.1
	$550\text{mg}/\text{m}^3 < \text{二氧化硫浓度} \leq 600\text{mg}/\text{m}^3$	0	87.9	600	12.1
	$600\text{mg}/\text{m}^3 < \text{二氧化硫浓度} \leq 650\text{mg}/\text{m}^3$	5	92.2	650	7.76
	$650\text{mg}/\text{m}^3 < \text{二氧化硫浓度} \leq 700\text{mg}/\text{m}^3$	1	93.1	700	6.90
	二氧化硫浓度 $> 700\text{mg}/\text{m}^3$	8	100		
	合计	116			
其他	二氧化硫浓度 $\leq 50\text{mg}/\text{m}^3$	133	95.0	50	5.00
	$50\text{mg}/\text{m}^3 < \text{二氧化硫浓度} \leq 60\text{mg}/\text{m}^3$	1	95.7	60	4.29
	$60\text{mg}/\text{m}^3 < \text{二氧化硫浓度} \leq 70\text{mg}/\text{m}^3$	2	97.1	70	2.86
	$70\text{mg}/\text{m}^3 < \text{二氧化硫浓度} \leq 80\text{mg}/\text{m}^3$	0	97.1	80	2.86
	$80\text{mg}/\text{m}^3 < \text{二氧化硫浓度} \leq 90\text{mg}/\text{m}^3$	2	98.6	90	1.43
	$90\text{mg}/\text{m}^3 < \text{二氧化硫浓度} \leq 100\text{mg}/\text{m}^3$	1	99.3	100	0.71
	二氧化硫浓度 $> 100\text{mg}/\text{m}^3$	1	100		
		合计	140		

### 5.5.5 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燃烧产生的污染（包括燃料型和热力型 NO<sub>x</sub>），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），其污染治理技术详见 4.3 章节。

（1）现行国标 GB 9078-1996 对工业炉窑未规定氮氧化物的排放标准。

（2）我国部分行业（不再执行现行国标 GB 9078-1996）相关工业炉窑中氮氧化物排放浓度限值基本控制在 150~700mg/m<sup>3</sup>，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 100~700mg/m<sup>3</sup>，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/m<sup>3</sup>，详见表 6-7。

（5）江苏省部分工业炉窑氮氧化物排放浓度见表 5-6、表 5-7。

由于现行国标 GB 9078-1996 对工业炉窑未规定氮氧化物的排放标准，所以氮氧化物监测数据相对比较少。

本次总调研了江苏省 168 台未发布行业标准工业炉窑的氮氧化物排放浓度，其中使用煤炭等高污染燃料的工业炉窑占 26.8%（45 台），其中氮氧化物排放浓度低于 200mg/m<sup>3</sup> 占 53.3%（24 台）。使用天然气、电等清洁能源的工业炉窑占 73.2%（123 台），氮氧化物排放浓度低于 150mg/m<sup>3</sup> 占 88.6%（109 台）。

2014 年江苏省日用玻璃制品及玻璃包装容器产量约 110 万吨，占全国总产量的 3.9%，位居全国第 9 位。本课题针对日用玻璃工业氮氧化物的产排污情况进行了专题调研。

玻璃工业中玻璃熔窑（也称为玻璃熔炉）是熔制玻璃的主要热工设备，也是最主要的烟气污染物产生源。玻璃熔窑烟气中 NO<sub>x</sub> 的产生主要来源于助燃空气中氮的燃烧（热力型 NO<sub>x</sub>），此外还有一部分来源于配料中少量硝酸盐的分解及燃料中含氮物质的燃烧。由于玻璃的熔制温度很高（通常大于 1500℃），因此熔窑烟气中 NO<sub>x</sub> 的浓度很高，传统的低氮燃烧方法作用有限，同时玻璃熔窑烟气中含有大量的粉尘、碱金属及碱土金属，容易造成 SCR 脱硝催化剂微孔堵塞、催化剂中毒等问题。因此采用低氮燃烧、SCR 脱硝、SNCR 脱硝方法均难以将玻璃熔窑的 NO<sub>x</sub> 长期稳定控制在较低的水平。

根据《“十一五”国家环境保护标准规划》，玻璃工业污染物排放标准体系分为五项标准：平板玻璃、电子玻璃、日用玻璃、玻璃纤维及制品、矿物棉；其中已发布的平板玻璃（GB 26453-2011）、电子玻璃（GB 29495-2013）工业大气污染物排放标准对新建玻璃熔窑氮氧化物的排放限值均为 700mg/m<sup>3</sup>，日用容器、玻璃纤维及制品、矿物棉工业污染物排放标准（2015 年 12 月环境保护部发文征求意见）对新建玻璃熔窑氮氧化物的排放限值分别为 1000mg/m<sup>3</sup>、500mg/m<sup>3</sup>、500mg/m<sup>3</sup>。

部分省市在制定地方标准时，也将其排放限值调整到较高的水平。如《山东省日用玻璃行业大气污染物排放执行标准的复函》（鲁环函〔2015〕189 号）中明确规定：由于日用玻璃工业生产所采用的原料、燃料，玻璃的基本成分、工艺参数以及排放的废气与平板玻璃基本一致，经研究，同意日用玻璃行业大气污染物排放执行标准参照执行《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（已建、新建企业玻璃熔窑氮氧化物排放限值分别为 700mg/m<sup>3</sup>、500mg/m<sup>3</sup>）。重庆市《工业炉窑大气污染物排放标准》（DB50/659-2016）中规定：主城区玻璃熔窑氮氧化物浓度排放限值为 500mg/m<sup>3</sup>。天津市《工业炉窑大气污染物排放标准》（DB12/556-2015）中规定：非平板玻璃工业使用玻璃熔窑时，如以石英砂为原料生产硅酸钠等，氮氧化物浓度排放限值为 500mg/m<sup>3</sup>。

日用玻璃工业大多使用煤制气（以煤为原料制备）、重油、天然气、电等作为窑炉的能源，并主要采用普通燃烧方式。经调研，由于平板玻璃工业采用较多的 SCR 脱硝技术投资、

运行费用较高，日用玻璃工业受企业规模、资金等制约，可选脱硝设施较少，缺少成功案例，普遍没有采取脱硝治理设施。根据宿迁市环境监测中心的监测报告，XX 玻璃有限公司等 4 家日用玻璃生产企业玻璃熔窑氮氧化物的排放浓度分别为 1270mg/m<sup>3</sup>（配套有喷雾半干法脱硫、静电除尘）、1302mg/m<sup>3</sup>（配套有水膜除尘）、2570mg/m<sup>3</sup>（配套有水膜除尘）、3688mg/m<sup>3</sup>（无废气处理设施）。

本标准参照平板玻璃（GB 26453-2011），对新建日用玻璃等玻璃熔窑氮氧化物的排放限值统一为 700mg/m<sup>3</sup>，待日用容器、玻璃纤维及制品、矿物棉工业污染物排放标准正式发布后执行国家标准。

为了服务环保管理工作，服务大气污染物总量减排工作，并为今后制定更合理的标准限值积累数据，根据本课题污染物排放限值确定原则，在此提出江苏省工业炉窑氮氧化物排放标准为：

（1）本标准实施之日起，使用高污染燃料的新建工业炉窑氮氧化物排放浓度执行 200mg/m<sup>3</sup>，其他新建工业炉窑氮氧化物排放浓度执行 150mg/m<sup>3</sup>，新建玻璃熔窑统一执行 700mg/m<sup>3</sup>。

（2）现有工业炉窑自 2019 年 8 月 1 日起执行。

表 5-6 本课题调研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	NO <sub>x</sub> 排放浓度 (mg/m <sup>3</sup> )				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				200		
			其他	8	ND	31.3	2.05	150	0	0
2	熔化炉	冲天炉、化铁炉	高污染	6	28	187	50	200	0	0
			其他	0				150		
		金属熔化炉	高污染	1	100	100	100	200	0	0
			其他	15	2.05	486	36	150	1	6.7
		非金属熔化、冶炼炉	高污染	5	464	3688	1302	200	5	100
			其他	0				150		
3	加热炉	金属压延、锻造加热炉	高污染	4	239	459	378	200	4	100
			其他	25	ND	149	41	150	0	0
		非金属加热炉	高污染	7	91	311	164	200	3	42.9
			其他	25	22	206	92	150	4	16.0
4	热处理炉	金属热处理炉	高污染	5	84	395	143	200	2	40.0
			其他	22	10	247	49	150	4	18.2
		非金属热处理炉	高污染	4	245	396	370	200	4	100
			其他	1	213	213	213	150	1	100

5	干燥炉、窑	高污染	5	83	614	178	200	2	40.0
		其他	5	ND	419	7	150	1	20.0
6	非金属焙(锻)烧炉窑、耐火材料窑	高污染	3	32	124	62	200	0	0
		其他	4	ND	32	6	150	0	0
7	其他炉窑	高污染	5	78	273	126	200	1	20.0
		其他	18	ND	2521	74	150	3	16.7
合计	合计	高污染	45	28	3688	178	200	21	46.7
		其他	123	ND	2621	54	150	14	11.4
		总体	168	ND	3688	82		35	20.8

注：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 本课题调研江苏省部分工业炉窑炉氮氧化物排放情况统计

燃料	氮氧化物排放浓度范围	炉窑台数	累计占比%	选取标准	对应超标率%
高污染	氮氧化物浓度 $\leq 100\text{mg}/\text{m}^3$	14	31.3	100	68.9
	$100\text{mg}/\text{m}^3 < \text{氮氧化物浓度} \leq 150\text{mg}/\text{m}^3$	7	46.7	150	53.3
	$150\text{mg}/\text{m}^3 < \text{氮氧化物浓度} \leq 200\text{mg}/\text{m}^3$	3	53.3	200	46.7
	$200\text{mg}/\text{m}^3 < \text{氮氧化物浓度} \leq 250\text{mg}/\text{m}^3$	5	64.4	250	35.6
	$250\text{mg}/\text{m}^3 < \text{氮氧化物浓度} \leq 300\text{mg}/\text{m}^3$	2	68.9	300	31.1
	$300\text{mg}/\text{m}^3 < \text{氮氧化物浓度} \leq 350\text{mg}/\text{m}^3$	1	71.1	350	28.9
	$350\text{mg}/\text{m}^3 < \text{氮氧化物浓度} \leq 400\text{g}/\text{m}^3$	5	82.2	400	17.8
	$400\text{mg}/\text{m}^3 < \text{氮氧化物浓度} \leq 450\text{g}/\text{m}^3$	0	82.2	450	17.8
	$450\text{mg}/\text{m}^3 < \text{氮氧化物浓度} \leq 500\text{g}/\text{m}^3$	3	88.9	500	11.1
	氮氧化物浓度 $> 500\text{mg}/\text{m}^3$	5	100		0
	合计	45			
其他	氮氧化物浓度 $\leq 100\text{mg}/\text{m}^3$	89	72.4	100	27.6
	$100\text{mg}/\text{m}^3 < \text{氮氧化物浓度} \leq 150\text{mg}/\text{m}^3$	20	88.6	150	11.4
	$150\text{mg}/\text{m}^3 < \text{氮氧化物浓度} \leq 200\text{mg}/\text{m}^3$	6	93.5	200	6.50
	$200\text{mg}/\text{m}^3 < \text{氮氧化物浓度} \leq 250\text{mg}/\text{m}^3$	3	95.9	250	4.07
	$250\text{mg}/\text{m}^3 < \text{氮氧化物浓度} \leq 400\text{mg}/\text{m}^3$	0	95.9	400	4.07
	$400\text{mg}/\text{m}^3 < \text{氮氧化物浓度} \leq 450\text{mg}/\text{m}^3$	3	98.4	450	1.63
	$450\text{mg}/\text{m}^3 < \text{氮氧化物浓度} \leq 500\text{g}/\text{m}^3$	1	99.2	500	0.81
	氮氧化物浓度 $> 500\text{mg}/\text{m}^3$	1	100		
	合计	123			

### 5.5.6 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。

### 5.5.7 其他特征污染物排放限值的确定

其他特征污染物包括现行国标 GB 9078-1996 中的氟化物、铅及其化合物、汞及其化合物、铍及其化合物、沥青烟等控制因子，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 GB 9078-1996 工业炉窑及我国相关行业（不再执行现行国标 GB 9078-1996）工业炉窑中特征污染物的排放浓度限值见表 5-8。

（2）我国部分省、市工业炉窑地方标准中特征污染物排放浓度限值见表 5-9。

（3）国外工业炉窑中特征污染物排放浓度限值见表 5-10、表 5-11。

（4）本课题调研江苏省部分工业炉窑特征污染物排放现状见表 5-12。

工业炉窑废气中特征污染物的产生与排放，主要取决于建设项目的生产工艺、原辅用料等，环境影响评价文件里有详细的分析。工业炉窑废气中特征污染物选择控制项目，可根据批准的环境影响评价文件、国家及地方环保部门的相关规定执行。

本课题参照现行国标、行业标准及其他省、市地方标准，不分工业炉窑使用燃料污染类型，也基本不分工业炉窑类别，制定统一的特征污染物排放浓度限值。新建工业炉窑自本标准实施之日起执行，现有工业炉窑自 2019 年 8 月 1 日起执行，具体特征污染物排放浓度限值见表 5-13。

根据本课题设计标准，部分工业炉窑特征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中特征污染物排放标准

序号	标准名称简写	标准编号	排放浓度限值 (mg/m <sup>3</sup> )					
			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 II 时段)	禁排	禁排	禁排	禁排	5 (仅限于市政、 建筑施工临时用 沥青加热炉)	/
		GB 9078-1996 表 4 二级标准 (第 II 时段)	6	10 (金属熔炼)、 0.10 (其他)	1.0 (金属熔炼)、 0.010 (其他)	0.010	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中特征污染物排放标准（续）

序号	标准名称简写	标准编号	排放浓度限值 (mg/m <sup>3</sup> )					
			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、锆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污染物排放标准

序号	地区	标准编号	排放浓度限值 (mg/m <sup>3</sup> )							
			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/m<sup>3</sup> 符合目前上海实际控制水平，2015 年上海市工业炉窑地方标准征求意见稿第 24 条，没有采纳上海市发改委建议修改为 5mg/m<sup>3</sup> 的意见。

表 5-10 国外工业炉窑中氟化物排放标准

单位: mg/m<sup>3</sup>

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: 国外标准限值直接引自其他省、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/m<sup>3</sup>

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污染物排放浓度

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 (mg/m <sup>3</sup> )	铅及其化合物 (mg/m <sup>3</sup> )
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 玻管有限公司	天然气	重力沉降式+袋式除尘	非金属熔化、冶炼炉	/	0.061
9	XX 股份有限公司	其他	吸收法	非金属加热炉	4.65	/
10	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

序号	污染物项目		最高允许 排放浓度 (mg/m <sup>3</sup> )	主要参考依据	采用省、市及行业标准
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	0.01	同国标二级标准 (第 I 时段、 第 II 时段)	河南、河北、重庆, GB 30770-2014 锡、锑、汞工业, GB 31573-2015 无机化学工业
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		20	上海	上海, GB 31570-2015 石油炼制工业 中氧化沥青装置, GB 25465-2012 铝工业中铝用炭素厂阳极焙烧炉
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 本课题调研部分工业炉窑特征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 <sup>3</sup> )	超标率 (%)
氟化物		浓度≤6.0mg/m <sup>3</sup>	6	6.0	0
铅及其化合物	有色金属熔炼炉	浓度≤0.70mg/m <sup>3</sup>	6	0.70	14.3
		浓度=1.95mg/m <sup>3</sup>	1		
	其他	浓度≤0.10mg/m <sup>3</sup>	6	0.10	53.8
		0.10mg/m <sup>3</sup> <浓度≤0.201mg/m <sup>3</sup>	7		
汞及其化合物	有色金属熔炼炉	浓度≤0.05mg/m <sup>3</sup>	2	0.05	0
	其他	浓度≤0.01mg/m <sup>3</sup>	7	0.10	22.2
		0.01mg/m <sup>3</sup> <浓度=5.6mg/m <sup>3</sup>	2		
镍及其化合物		浓度≤0.010mg/m <sup>3</sup>	7	0.010	53.3
		0.010mg/m <sup>3</sup> <浓度≤1.50mg/m <sup>3</sup>	8		
沥青烟		浓度≤20.0mg/m <sup>3</sup>	5	20	37.5
		20mg/m <sup>3</sup> <浓度≤30mg/m <sup>3</sup>	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、市工业炉窑特征污染物监测数据。

### 5.5.8 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/m<sup>3</sup>；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/m<sup>3</sup>，详见表 5-15。其他行业（不再执行现行国标 GB 9078-1996）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/m<sup>3</sup>。

分析本课题调研275台工业炉窑的监测报告，重点监测了排气筒排放大气污染物，少量监测了企业厂界外无组织排放颗粒物，极少针对企业厂内工业炉窑无组织排放颗粒物实施了监测。

查阅江苏省环境监测中心2016年7月对某公司某台有色金属冶炼炉实施的无组织排放颗粒物监测报告，该冶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，该有色金属冶炼炉车间门窗外颗粒物浓度为16.0mg/m<sup>3</sup>，排气筒附近颗粒物浓度分别为20.1mg/m<sup>3</sup>、17.9mg/m<sup>3</sup>。

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、钢铁行业标准等无组织排放颗粒物浓度限值，结合本课题调研监测数据，在此提出：自标准实施之日起，江苏省工业炉窑（不分安装时间）无组织排放监控点总悬浮颗粒物浓度限值按表 5-16 规定执行。

表 5-15 现行国标、行业标准及部分省、市工业炉窑地方标准中无组织排放颗粒物标准

序号	地区/行业	标准编号	工业炉窑安装位置	炉窑类别	无组织排放颗粒物浓度限值 (mg/m <sup>3</sup> )	监控点
1	现行国标	GB 9078-1996	有车间厂房	熔炼炉	25	厂内
				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	厂内
6	河南省	DB41/1066-2015	/		1.0	周界外
7	河北省	DB13/1640-2012	/		1.0	厂外
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/m<sup>3</sup>

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	有生产车间	金属熔炼炉	8.0
2		其他炉窑	5.0
3	露天（或有顶无围墙）	各种工业炉窑	5.0

## 5.6 大气污染物基准氧含量排放浓度折算方法

### 5.6.1 国标、地方标准及相关行业标准折算方法

由于每类工业炉窑运行中的氧含量差异很大，现行国标、地方标准以及相关行业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，具体折算方法见表 5-17。

表 5-17 现行国标、地方标准及相关行业标准工业炉窑折算方法

序号	炉窑类别		基准氧含量 (O <sub>2</sub> ) %	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
		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	工业玻璃熔炉 (纯氧燃烧外)		8	/	重庆
	平板玻璃		7.9	/	天津
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
	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

表 5-17 现行国标、地方标准及相关行业标准工业炉窑折算方法（续）

序号	炉窑类别	基准氧含量 (O <sub>2</sub> ) %	过量空气系数 a 或掺风系数	采用省、市或标准
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
	/	按实测浓度计		铁矿采选 GB 28661-2012
	烧结炉			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

### 5.6.2 本课题工业炉窑基准氧含量折算方法

本课题要求，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，应按公式（1）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%。

根据本课题适用工业炉窑种类，参照现行国标和其他地方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，结合本课题调研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。折算公式如下：

$$C = C' \times \frac{21 - O_2}{21 - O_2'} \dots\dots\dots (1)$$

式中：

- C ——大气污染物基准氧含量排放浓度，mg/m<sup>3</sup>；
- C' ——实测的大气污染物排放浓度，mg/m<sup>3</sup>；
- O<sub>2</sub> ——基准氧含量，%；
- O<sub>2</sub>' ——实测的氧含量，%。



表 5-18 基准氧含量折算方法

序号	炉窑类别		基准氧含量 (O <sub>2</sub> ) %	主要参考依据	采用省、市
1	冲天炉	冷风炉 (鼓风温度 ≤400℃)	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℃)	12	参照现行国标规定的掺风系数 2.5	
2	熔炼炉		按实测浓度计	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		按实测浓度计	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<sub>2</sub> 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，不进行氧含量折算，而采用实测值与标准值比较。

(3) 鉴于 2015 年 12 月环保部已发文对日用容器、玻璃纤维及制品、矿物棉工业污染物排放标准征求意见，以上标准实施后即执行国家标准，故本课题不细化规定玻璃熔窑的基准氧含量。

(4) 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。

## 5.7 相关技术规定和监测要求

### 5.7.1 工业炉窑的排气筒高度

本标准引用 GB 9078-1996 的要求，工业炉窑排气筒高度不应低于 15m，具体高度按批准的环境影响评价文件要求确定。当排气筒周围半径 200m 范围内有建筑物时，排气筒还应高出最高建筑物 3m 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。

### 5.7.2 工业炉窑的测试工况和频次

(1) 本标准引用 GB 9078-1996 的要求，工业炉窑烟气测试应在最大的热负荷下进行，当工业炉窑达不到或超过设计能力时，也应在最大生产能力的热负荷下测定，即在燃料耗量较大的稳定加温阶段进行。

(2) 对于日常监督性监测，采样期间的工况应与当时正常运行工况相同，排污单位人员和实施监测人员都不应任意改变当时的运行工况。

(3) 建设项目竣工环境保护验收监测的工况要求，按国家环境保护行政主管部门制定的相关建设项目竣工环境保护验收技术规范执行。

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

### 5.7.3 无组织排放监测要求

(1) 本标准参照现行国标 GB 9078-1996 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。

(2) 设置在生产车间内的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测点通常设置在工业炉窑所在生产车间的排放口处, 如门、窗等。如无法设置监控点, 监控点应设在生产车间外 2~50m 范围内。

(3) 工业炉窑露天设置或有顶无围墙, 监控点应设在距颗粒物排放源 5m, 距离地面 1.5m 以上位置处。

(4) 为了确定浓度最高点, 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) 无组织排放监控点浓度监测, 采用任何连续 1 小时的采样计平均值。

(6) 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, 因此在无组织排放监测中所得的监控点的浓度值不扣除低矮排气筒所作的贡献值。

## 6 主要国家、地区和我国其他省市、其他行业相关标准研究

### 6.1 废气主要污染物与国内相关标准比较

#### 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 <sup>3</sup> )			
			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			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、冶炼炉	高污染 燃料 30 、其他 燃料或 电能等 25	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 <sup>3</sup> )		
			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	高污染燃料 200、 其他燃料 或电能等 100	850	850
		燃煤(油)炉窑		1200	850
2	氮氧 化物	全部炉窑	高污染燃料 200、 其他燃料或电能等 150、玻璃熔窑 700	/	

### 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 GB 9078-1996）工业炉窑中主要大气污染物排放浓度限值的对比分析见表 6-3。

对比可知，本标准拟定的污染物排放浓度限值，使用高污染燃料的工业炉窑，其颗粒物、二氧化硫、氮氧化物均严于《锅炉大气污染物排放标准》（GB 13271-2014）中燃煤锅炉；使用其他燃料或电能等的工业炉窑，氮氧化物严于 GB 13271-2014 中燃气锅炉，颗粒物、二氧化硫宽松于 GB 13271-2014 中燃气锅炉。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燃烧产生的污染，而且来自于被加热介质在加热过程中所散发的污染。

对比可知，本标准拟定的污染物排放浓度限值，颗粒物、二氧化硫、氮氧化物等同或严于大多数行业标准。

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	排放浓度限值 (mg/m <sup>3</sup> )		
			颗粒物	二氧化硫	氮氧化物
1	锅炉大气	GB 13271-2014	50（燃煤）， 30（燃油）， 20（燃气）	300（燃煤）， 200（燃油）， 50（燃气）	300（燃煤）， 250（燃油）， 200（燃气）
2	陶瓷工业	GB 25464-2010	50（水煤浆）， 30（油、气）	300（水煤浆）， 100（油、气）	240/450（水煤浆）， 240/300 （油、气）
3	铝工业	GB 25465-2010	30/50/100	400	/
4	铅、锌工业	GB 25466-2010	80	400	/
5	铜、镍、钴工业	GB 25467-2010	80（冶炼）	400	/
6	镁、钛工业	GB 25468-2010	50/70/150	400	/
7	稀土工业	GB 26451-2011	40/50	300 （分解提取）	160/200
8	钒工业	GB 26452-2011	50	400	/
9	平板玻璃	GB 26453-2011	50	400	700
10	电子玻璃	GB 29495-2013	50	400	700

11	钢铁烧结、球团工业大气	GB 28662-2012	30/50	200	300
12	炼铁工业大气	GB 28663-2012	20/25	100	300
13	炼钢工业大气	GB 28664-2012	20/30/50	/	/
14	轧钢工业大气	GB 28665-2012	20 (热处理炉)	150 (热处理炉)	300 (热处理炉)
15	铁合金工业	GB 28666-2012	50	/	/
16	水泥工业大气	GB 4915-2013	30 (水泥窑)	200 (水泥窑)	400 (水泥窑)
17	砖瓦工业大气	GB 29620-2013	30	300	200
18	锡、锑、汞工业	GB 30770-2014	30	400	200
19	石油炼制工业	GB 31570-2015	20 (工艺加热炉)	100 (工艺加热炉)	150/180 (工艺加热炉炉膛温度 $\geq 850^{\circ}\text{C}$ )
20	石油化学工业	GB 31571-2015	20 (工艺加热炉)	100 (工艺加热炉)	150/180 (工艺加热炉炉膛温度 $\geq 850^{\circ}\text{C}$ )
21	无机化学工业	GB 31573-2015	30	100/400	200
22	再生铜、铝、铅、锌工业	GB 31574-2015	30	150	200
23	大气综标	GB 16297-1996	18/60/120	550/960	240/1400
江苏省拟定标准		高污染燃料	30	200	200 (玻璃熔窑 700)
		其他燃料或电能等	25	100	150 (玻璃熔窑 700)

### 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订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综合排放标准》(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)。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以及清洁能源替代”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、市工业炉窑排放标准的对比见表 6-4。对比可知，本标准拟定的污染物排放浓度限值：

(1) 使用高污染燃料的工业炉窑，颗粒物、二氧化硫、氮氧化物均严于山东省《工业炉窑大气污染物综合排放标准》要求；使用其他燃料或电能的工业炉窑，二氧化硫、氮氧化物均严于山东省《工业炉窑大气污染物综合排放标准》要求，颗粒物略为宽松。

(2) 使用高污染燃料的工业炉窑，二氧化硫、氮氧化物均严于山东省《区域性大气污染物综合排放标准》表 1 中对现有企业其他工业炉窑的要求，颗粒物一致；使用其他燃料或电能的工业炉窑，二氧化硫、氮氧化物均严于山东省《区域性大气污染物综合排放标准》表

1 中对现有企业其他工业炉窑的要求，颗粒物略为宽松；但是颗粒物、二氧化硫、氮氧化物均宽松于山东省《工业炉窑大气污染物综合排放标准》表 2 中对重点控制区内新建企业的要求。

(3) 使用其他燃料或电能的工业炉窑，其氮氧化物严于上海市《工业炉窑大气污染物排放标准》，二氧化硫与上海一致，颗粒物宽松于上海。

表 6-4 江苏省拟定标准与其他省、市工业炉窑排放标准对比

序号	地区	地方标准编号	主要分类方式		排放浓度限值 (mg/m <sup>3</sup> )			
					颗粒物	二氧化硫	氮氧化物	
1	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	
2	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			
3	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	/	/	
4	山东省	DB37/2375-2013 (工业炉窑)	新建	燃煤、重油、煤制气	50	300	300 (日用玻璃熔窑 500)	
				轻油、天然气、电炉	20	200	200 (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								
5	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	

6	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 (分燃料和区域)	200/300/ 500/700 (分燃料和区域)
7	北京市	DB11/914 -2012 (铸锻工业)	铸造、锻造	10	20	150
江苏省拟定标准			高污染燃料	30	200	200 (玻璃熔窑 700)
			其他燃料或电能等	25	100	150 (玻璃熔窑 700)

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/m<sup>3</sup> 就目前的形势过于严格, 2015 年上海市工业炉窑地方标准征求意见表第 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/m<sup>3</sup> 修改为 100mg/m<sup>3</sup> 的意见。

## 6.2 废气主要污染物与国外排放标准比较

本标准与国外标准的对比见表 6-5~表 6-7。对比可知, 本标准拟定的污染物排放浓度限值接近或者严于国外标准。

表 6-5 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 <sup>3</sup> )
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
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：高污染燃料 30、其他燃料或电能等 25			

注：国外标准限值引自其他省、市工业炉窑大气污染物排放标准编制说明，下同。

表 6-6 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 <sup>3</sup> )	
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	200
			≥50MW	400
		燃油	50~300MW	1700
			≥500MW	400
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：高污染燃料 200、其他燃料或电能等 100				

表 6-7 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 <sup>3</sup> )	
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 <sup>3</sup> /h	80
		4~50 万 m <sup>3</sup> /h	134
		1~4 万 m <sup>3</sup> /h	174
		<1 万 m <sup>3</sup> /h	201
		燃油锅炉 >50 万 m <sup>3</sup> /h	174
		1~50 万 m <sup>3</sup> /h	201
		<1m <sup>3</sup> /h	241
		燃煤锅炉 >70 万 m <sup>3</sup> /h	268
		4~70 万 m <sup>3</sup> /h	335
<4 万 m <sup>3</sup> /h	469		
江苏省拟定标准：高污染燃料 200、其他燃料或电能等 150、玻璃熔窑 700			

### 6.3 特征污染物与国内外相关标准的比较

本标准共设置 6 项工业炉窑特征大气污染物控制因子，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。

本标准拟定的特征污染物排放浓度限值与现行国标、我国相关行业工业炉窑以及国外工业炉窑的对比分析详见 5.5.7 章节。

对比可知，本标准拟定的特征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 II 时段）二级标准的要求，与其他省、市基本相当。

## 7 实施本标准的经济及环境效益分析

### 7.1 实施本标准的经济投资分析

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的约有 2259 台，约占全省的 1/2；其余约 2168 台工业窑炉执行行业标准。该 2259 台炉窑中使用煤炭等高污染燃料的工业炉窑数有 1414 台，其中大型、中型、小型工业炉窑分别为 35 台、57 台、1322 台；其他工业窑炉数有 845 台，其中大型、中型、小型工业炉窑分别为 11 台、47 台、787 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	占比%
1	使用煤炭等高污染燃料		台	1414	62.6
	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	57	/
		小型炉窑 (处理废气量 $\leq 50,000\text{m}^3/\text{h}$ )	台	1322	/
2	其他工业炉窑 (使用天然气等非高污染燃料或电能等)		台	845	37.4
	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	787	/
3	全省合计		台	2259	100

根据本课题设计标准,本课题调研 275 台工业炉窑中使用煤炭等高污染燃料的工业炉窑占 43.6%,颗粒物、二氧化硫、氮氧化物的单项超标率分别为 74.4%、50.0%、46.7%;其他工业炉窑占 56.4%,颗粒物、二氧化硫、氮氧化物的单项超标率分别为 39.0%、0.71%、11.4%。

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;其他工业炉窑颗粒物超标率比较高,二氧化硫、氮氧化物超标率均较低。

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,污染治理设施需要进行升级改造,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,引用本课题调研工业炉窑污染物超标率测算全省工业炉窑污染物超标率,并假设大、中型工业炉窑均采用末端治理的方式实现达标排放,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进行改造,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%。通过计算可得,全省适用本标准的工业炉窑中:

(1) 使用高污染燃料的 1322 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 397 台、264 台、264 台、397 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 489 台,其中颗粒物、二氧化硫、氮氧化物超标台数分别为 364 台、245 台、228 台。

(2) 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 1506 台,其中颗粒物、二氧化硫、氮氧化物超标台数分别为 587 台、11 台、172 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 5.024 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 7.822 亿元,其他

超标工业炉窑末端治理设备投资费用约 3.523 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 11.345 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 16.369 亿元，其中（小型）工业炉窑煤改气、煤改电设备投资约 5.024 亿元，超标工业炉窑除尘、脱硫、脱硝末端治理设备投资约 11.345 亿元。随着环保治理水平的技术进步和商业模式的创新，污染治理投资会逐步下降。另，本投资估算不包含特征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改用煤改气、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	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 <sup>3</sup> /h.台)	≥120,000	50,000~ 120,000	≤50,000	/	/
煤改气	0	0	397	80	31760
煤改电	0	0	264	70	18480
合计全省总 投资费用估算	/	/	/	/	50240

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 <sup>3</sup> /h.台	≥120,000	50,000~ 120,000	≤50,000	/
颗粒物超标炉窑数量		台	26	43	295	364
二氧化硫超标炉窑数量		台	18	29	198	245
氮氧化物超标炉窑数量		台	16	27	185	228
新增 除尘 处理 设施	废气处理单价	元/m <sup>3</sup>	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	5200	6020	14750	25970
新增 脱硫 处理 设施	废气处理单价	元/m <sup>3</sup>	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	7200	5800	15840	28840
新增 除硝 处理 设施	废气处理单价	元/m <sup>3</sup>	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	5600	4860	12950	23410
全省超标炉窑除尘、脱硫、脱硝 处理设施投资费用估算		万元	18000	16680	43540	78220

注：引用本课题调研工业炉窑超标率测算全省工业炉窑超标率。

表 7-4 江苏省其他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 <sup>3</sup> /h.台	≥120,000	50,000~120,000	≤50,000	/	
颗粒物超标炉窑数量	台	4	18	565	587	
二氧化硫超标炉窑数量	台	0	0	11	11	
氮氧化物超标炉窑数量	台	1	6	165	172	
新增除尘处理设施	废气处理单价	元/m <sup>3</sup>	12	16	20	/
	单台炉窑平均投资费用估算	万元/台	175	115	40	/
	全省投资费用估算	万元	700	2070	22600	25370
新增脱硫处理设施	废气处理单价	元/m <sup>3</sup>	13	16	20	/
	单台炉窑平均投资费用估算	万元/台	200	105	55	/
	全省投资费用估算	万元	0	0	605	605
新增除硝处理设施	废气处理单价	元/m <sup>3</sup>	14	17	22	/
	单台炉窑平均投资费用估算	万元/台	220	130	50	/
	全省投资费用估算	万元	220	780	8250	9250
全省超标炉窑除尘、脱硫、脱硝处理设施投资费用估算	万元	920	2850	31455	35225	

## 7.2 实施本标准的环境（污染物减排）效益分析

### 7.2.1 环境效益分析

本标准设计大气污染物排放限值严于现行国标GB 9078-1996。本标准实施后，颗粒物排放浓度由现行国标要求的100~200mg/m<sup>3</sup>降到30mg/m<sup>3</sup>或25mg/m<sup>3</sup>、二氧化硫排放浓度由现行国标要求的850mg/m<sup>3</sup>降到200mg/m<sup>3</sup>或100mg/m<sup>3</sup>、氮氧化物由现行国标无排放浓度控制要求到200mg/m<sup>3</sup>或150mg/m<sup>3</sup>。企业为了能满足本标准的要求，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、二氧化硫及氮氧化物等污染物的排放量，同时也可降低二噁英、重金属等特征大气污染物的排放量。

由于现行国标自1996年实施后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、污染治理技术落后的炉窑仍在一定范围内存在。

本标准的实施，有利于控制江苏省工业炉窑大气污染物排放，推动产业结构优化及能源结构调整，促进工业炉窑生产工艺和污染治理技术的进步，改善环境质量，保护人体健康，对社会具有良好的环境效益。

### 7.2.2 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2259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33192吨、29468吨和19126吨，其中使用高污染燃

料的工业窑炉约有1414台，其颗粒物、二氧化硫、氮氧化物的年排放总量分别为30544吨、27277吨和16172吨；使用天然气等非高污染燃料或电能的工业窑炉约有845台，其颗粒物、二氧化硫、氮氧化物的年排放总量分别为2648吨、2191吨和2954吨。

为进行全省污染物减排分析，引用本课题调研工业炉窑超标率、超标工业炉窑污染物平均排放浓度测算全省超标工业炉窑采取相应措施后的污染物年削减量。通过计算可知，本标准实施后：

(1) 使用高污染燃料的1322台小型工业炉窑，预估其中925台（70%）将采取“煤改气、煤改电或淘汰”措施，其颗粒物、二氧化硫、氮氧化物的排放量分别为16029吨/年、12823吨/年、6712吨/年。该部分炉窑污染物年排放量不再纳入高污染燃料炉窑污染物年排放量。但是其中采取“煤改气或煤改电”措施的661台（50%）炉窑，作为“新增”炉窑，其污染物年排放量应纳入全省其他工业炉窑污染物年排放量参与计算。参照2015年其他工业炉窑污染物年排放量折算，该661台“新增”炉窑颗粒物、二氧化硫、氮氧化物的排放量分别为1861吨/年、1137吨/年、1410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 $30\text{mg}/\text{m}^3$ 、 $200\text{mg}/\text{m}^3$ 、 $200\text{mg}/\text{m}^3$ 。根据本课题调研数据，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 $108\text{mg}/\text{m}^3$ 、 $432\text{mg}/\text{m}^3$ 、 $352\text{mg}/\text{m}^3$ 。如全省存有约489台超标炉窑，通过末端治理达到了本课题设计标准值，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9576吨/年、5351吨/年、2469吨/年。

(3) 本课题设计使用非高污染燃料或电能的工业炉窑，颗粒物、二氧化硫、氮氧化物的浓度限值分别为 $25\text{mg}/\text{m}^3$ 、 $100\text{mg}/\text{m}^3$ 、 $150\text{mg}/\text{m}^3$ 。根据本课题调研数据，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 $57.7\text{mg}/\text{m}^3$ 、 $136\text{mg}/\text{m}^3$ 、 $272\text{mg}/\text{m}^3$ 。如全省存有约1506台超标炉窑通过末端治理达到了本课题设计标准值，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1519吨/年、7吨/年、380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27124吨/年、18181吨/年、9561吨/年，削减率分别为81.7%、61.7%、50.0%，详见表7-5。

表 7-5 预测江苏省适用本标准工业炉窑污染物年削减量

单位：吨/年

项目		颗粒物	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>
2015 年全省适用本标准工业窑炉污染物年排放量		33192	29468	19126
其中	使用高污染燃料的工业窑炉污染物年排放量	30544	27277	16172
	其他工业窑炉污染物年排放量	2648	2191	2954
本标准实施后	小计 1：煤改气、煤改电、淘汰工业窑炉污染物年排放量估算	16029	12823	6712
	小计 2：江苏省适用本标准超标工业窑炉污染物年减排量估算（使用煤炭等高污染燃料）	9576	5351	2469
	小计 3：江苏省适用本标准超标工业窑炉污染物年减排量估算（使用天然气等非高污染燃料或电能）	1519	7	380
	合计：江苏省适用本标准工业窑炉污染物年削减量估算	27124	18181	9561
	江苏省适用本标准工业窑炉污染物年削减率估算（%）	81.7	61.7	50.0

注：合计=小计1+小计2+小计3。