

锅炉大气污染物排放标准

(征求意见稿)

编制说明

标准编制组

二〇二二年八月

目 录

1 项目背景.....	1
1.1 任务来源.....	1
1.2 编制过程.....	2
2 行业概况.....	2
2.1 规模和分布.....	2
2.2 结构分布.....	4
2.3 管理现状.....	7
3 标准制订的必要性、制定依据和技术路线.....	8
3.1 标准制订的必要性.....	8
3.2 制定编制原则和技术路线.....	10
3.2.1 制定编制原则.....	10
3.2.2 技术路线.....	11
4 工业锅炉产排污情况及污染控制技术分析.....	12
4.1 工业锅炉的主要工艺和产排污特征.....	12
4.2 工业锅炉主要大气污染物特征.....	12
4.2.1 颗粒物.....	12
4.2.2 二氧化硫.....	13
4.2.3 氮氧化物.....	14
4.2.4 汞及其化合物.....	15
4.3 污染预防技术.....	16
4.3.1 一般原则.....	16
4.3.2 低氮燃烧技术.....	16
4.4 工业锅炉治理技术.....	17
4.4.1 一般原则.....	17
4.4.2 颗粒物污染防治技术.....	18
4.4.3 二氧化硫治理技术.....	19
4.4.4 氮氧化物治理技术.....	21
4.4.5 汞及其化合物治理技术.....	21
4.4.6 大气污染防治可行技术.....	22
4.5 排放现状调研情况.....	24
4.5.1 燃煤锅炉.....	24
4.5.2 燃生物质锅炉.....	24
4.5.3 燃油锅炉.....	24
4.5.4 燃气锅炉.....	25
5 标准主要技术内容及确定依据.....	32
5.1 标准结构框架.....	32
5.2 适用范围.....	32
5.3 术语和定义.....	36
5.4 污染物项目的选择.....	36
5.5 污染物排放限值的确定及依据.....	37

5.5.1 燃煤锅炉.....	37
5.5.2 燃油锅炉.....	37
5.5.3 燃气锅炉.....	38
5.5.4 燃生物质锅炉.....	38
5.5.5 其他有组织排放控制要求.....	39
5.6 无组织排放控制要求的确定及依据.....	40
5.7 污染物监测要求的确定及依据.....	40
5.7.1 监测分析方法及要求.....	40
5.7.2 颗粒物监测方法适用性说明.....	41
5.7.3 二氧化硫监测方法适用性说明.....	41
5.7.4 氮氧化物监测方法适用性说明.....	42
5.7.5 汞及其化合物监测方法适用性说明.....	42
5.7.6 烟气黑度监测方法适用性说明.....	43
5.7.7 自动监测方法适用性说明.....	43
5.7.8 新监测方法适用性说明.....	43
5.8 达标判定要求的确定及依据.....	44
5.8.1 考核时长.....	44
5.8.2 优先数据.....	44
5.8.3 非正常情况.....	44
5.8.4 基准氧含量.....	44
6 主要国家、地区及国际组织相关标准研究.....	46
6.1 国内相关排放标准.....	46
6.1.1 国家标准.....	46
6.1.2 地方标准.....	47
6.1.3 排放控制要求的长三角一体化协调性.....	55
6.2 国外相关排放标准.....	56
6.2.1 美国锅炉大气污染物排放标准.....	56
6.2.2 欧盟标准.....	58
6.2.3 世界银行.....	59
7 实施本标准的成本效益分析.....	62
7.1 标准实施后环境效益分析.....	62
7.2 工业锅炉提标的经济成本分析.....	63
8 实施本标准的建议.....	64

1 项目背景

1.1 任务来源

2018年6月，国务院印发《打赢蓝天保卫战三年行动计划》（国发〔2018〕22号），明确基本淘汰35蒸吨以下燃煤锅炉、燃煤锅炉超低排放改造和燃气锅炉低氮改造等任务。2018年11月，市场监管总局、国家发展改革委、生态环境部发布《关于加强锅炉节能环保工作的通知》（国市监特设〔2018〕227号）要求重点区域新建燃煤锅炉大气污染物排放浓度满足超低排放要求，重点区域保留的锅炉执行大气污染物特别排放限值或更严格的地方排放标准，城市建成区生物质锅炉实施超低排放改造。我省是国家蓝天保卫战确定的重点地区，浙江省委、省政府高度重视打赢蓝天保卫战工作，省政府印发实施《浙江省打赢蓝天保卫战三年行动计划》，有序推进锅炉淘汰和改造工作。

2021年5月，省发展改革委 省生态环境厅印发《浙江省空气质量改善“十四五”规划》明确提出深入开展锅炉综合整治：巩固禁燃区建设成果，进一步扩大禁燃区范围；严格实行业规范和锅炉的环保、能耗等标准，进一步加大落后燃煤小热电、燃煤锅炉淘汰力度，全面淘汰35蒸吨/小时以下燃煤锅炉；推进城市建成区生物质锅炉实施超低排放改造或淘汰，继续推进燃气锅炉低氮改造。以温室气体减排和空气质量改善双赢为目标，在电力、钢铁、建材等行业，开展减污降碳协同治理。《规划》细化了工业锅炉综合治理工程的排放要求：全面淘汰35蒸吨/小时以下燃煤锅炉，按要求淘汰其他燃煤锅炉。所有保留的燃煤工业锅炉达到超低排放要求，燃用石油焦、重油等高污染燃料的工业锅炉参照燃煤锅炉管理。燃气锅炉低氮改造工程：完成1吨/小时以上用于工业生产的燃气锅炉低氮改造，氮氧化物排放浓度不超过 $50\text{mg}/\text{m}^3$ ，新建或整体更换的燃气锅炉排放浓度原则上稳定在 $30\text{ mg}/\text{m}^3$ 以下。生物质锅炉综合治理工程：推进城市建成区生物质锅炉实施超低排放改造或淘汰，生物质锅炉应采用专用锅炉，配套布袋等高效除尘设施，禁止掺烧煤炭、垃圾、工业固体废物等其他物料。

为适应目前我省生态环境保护监督管理工作的需要，积极巩固前期锅炉综合整治成果，浙江省生态环境厅将制订《锅炉大气污染物排放标准》纳入“十四

五”期间地方标准制订计划。2022年6月，省市场监管局将《锅炉大气污染物排放标准》纳入制订计划。

1.2 编制过程

2021年1月，课题研究小组成立，并制定了详细的工作计划和进度安排，明确了各个阶段的任务和目标。

2021年1月~6月，制定研究思路和技术路线，编制组通过技术交流、座谈研讨、文献调研、现场调研等方式，收集工业锅炉的验收监测、例行监测、自行监测等数据以及环境影响评价等管理资料，掌握设备运行、污染防治以及主要污染物排放现状，评估相关污染防治技术及其控制水平，研究标准实施的经济技术可达性及预期环境效益，确定科学合理的标准研制技术路线。

2021年6月~12月，按照生态环境保护相关法规政策要求，吸收借鉴国内外相关标准制修订经验，结合行业发展现状与国家、浙江省生态环境管理政策要求，本着技术经济可行原则，确定主要污染物排放控制水平，确定了标准的框架和内容，并对典型锅炉的污染物排放情况进行了监测，组织召开了多次内部讨论会，初步形成浙江省《锅炉大气污染物排放标准》及其编制说明（草案）。

2022年1月~7月，组织相关单位有关人员召开多次讨论会，对标准的适用范围、主要内容等多方面进行探讨，标准起草组对标准和编制说明进行了完善，形成《锅炉大气污染物排放标准》（征求意见稿）及其编制说明。

2 行业概况

2.1 规模和分布

根据《电工名词术语 锅炉》(GB/T 2900.48—2008),锅炉是利用燃料燃烧释放的热能或其他热能加热热水或其他工质，以生产规定参数(温度，压力)和品质的蒸汽、热水或其他工质的设备。锅炉分为电站锅炉和工业锅炉，电站锅炉是生产的蒸汽(水蒸气)主要用于发电的锅炉；工业锅炉是生产的蒸汽或热水主要用于工业生产和/或民用的锅炉，《锅炉大气污染物排放标准》（GB 13271—2014）所讲的锅炉是工业锅炉。工业锅炉从出口工质形态来分，分为蒸汽锅炉和热水锅炉，蒸汽锅炉是用以生产蒸汽(水蒸气)的锅炉，又称蒸汽发生装置；热水锅炉用用以生产热水的锅炉。根据2014年8月19日原环境保护部环函

〔2014〕179号《关于部分供热及发电锅炉执行大气污染物排放标准有关问题的复函》：一、单台出力65t/h以上除层燃炉、抛煤机炉外的燃煤、燃油、燃气锅炉，无论其是否发电，均应执行《火电厂大气污染物排放标准》（GB 13223—2011）中相应的污染物排放控制要求。二、单台出力65t/h及以下燃煤、燃油、燃气发电锅炉，以及65t/h及以下煤粉供热锅炉执行《锅炉大气污染物排放标准》（GB 13271—2014）的污染物排放控制要求。经研究，本标准适用范围所指的锅炉是指单台出力65t/h及以下的燃煤、燃生物质成型燃料锅炉；65t/h及以下煤粉供热锅炉；各种容量的层燃炉、抛煤机炉；各种容量的燃油、燃气锅炉。不包括各类以生活垃圾、危险废物为燃料的锅炉，也不包括以余热、地热、光热、原子能、电能等为热源的“锅炉”。

目前全省适用本标准的锅炉共有9148台、31504t/h。按使用的燃料分，锅炉类型分布见图2.1-1，燃煤锅炉168台，其中35t/h以下69台，35t/h及以上、65t/h及以下的99台，燃生物质锅炉 1826台，燃气锅炉 6441 台，燃油锅炉713台。

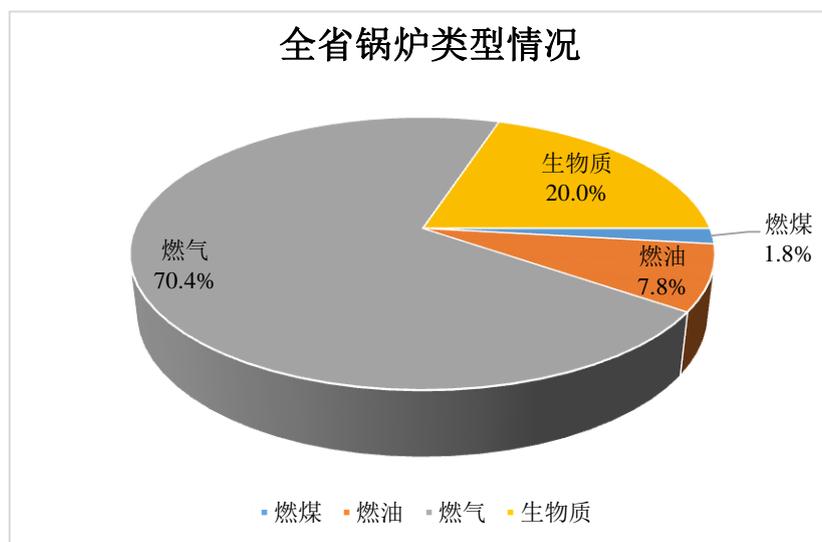


图 2.1-1 全省锅炉类型情况

按地域分，锅炉主要分布在宁波市、杭州市、绍兴市、金华市、温州市，数量分别占全省总数的16.9%、13.4%、13.1%、12.5%、10.8%。工业锅炉数量较少的地区为舟山市、丽水市、衢州市、湖州市，分别占全省总数的2.2%、2.8%、4.3%、6.3%，具体见表2.1-1和 图2.1-2。

表2.1-1 全省锅炉数量地域分布表

地区	燃煤锅炉数量 (台)	燃油锅炉数量 (台)	燃气锅炉数量 (台)	燃生物质锅炉数量 (台)	合计 (台)	占比 (%)
杭州	73	7	1142	1	1223	13.4
宁波	4	112	1256	175	1547	16.9
温州	14	220	222	533	989	10.8
湖州	7	27	461	79	574	6.3
嘉兴	22	34	666	150	872	9.5
绍兴	20	29	1102	45	1196	13.1
金华	2	84	754	308	1148	12.5
衢州	7	3	164	215	389	4.3
台州	12	77	542	122	753	8.2
丽水	5	19	83	153	260	2.8
舟山	2	101	49	45	197	2.2
总计	168	713	6441	1826	9148	100.0

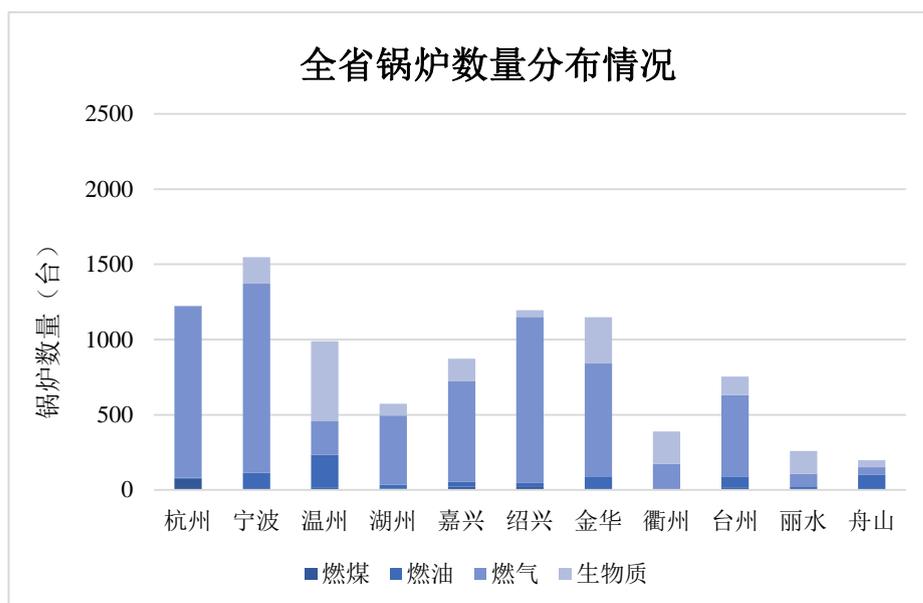


图 2.1-2 全省锅炉数量地域分布情况

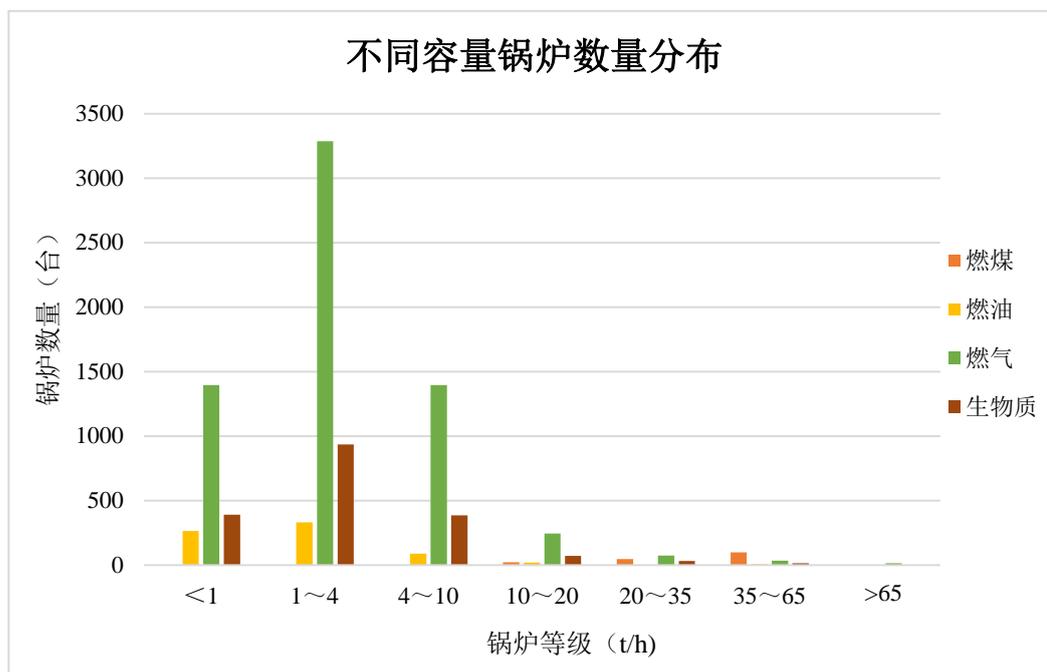
2.2 结构分布

根据统计数据，按照锅炉容量划分，我省主要为10t/h以下的小型锅炉，数量占比较大的为： $\geq 1\sim 4\text{t/h}$ 区间的锅炉共计4551台，占全省总量的49.7%；小于1

t/h的锅炉共计2049台，占全省总量的22.4%；≥4~10t/h区间的锅炉共计1868台，占全省总量的20.4%。不同容量锅炉数量分布见表2.1-2和图2.1-3。

表2.1-2 不同容量锅炉数量分布表

蒸发量 (t/h)	燃煤锅炉数量 (台)	燃油锅炉数量 (台)	燃气锅炉数量 (台)	燃生物质锅炉数量 (台)	合计 (台)	占比 (%)
<1	0	264	1396	389	2049	22.4
1≤X<4	0	331	3286	934	4551	49.7
4≤X<10	0	88	1394	386	1868	20.4
10≤X<20	22	19	245	71	357	3.9
20≤X<35	47	2	73	31	153	1.7
35≤X≤65	99	7	33	15	154	1.7
>65	—	2	14	—	16	0.2
合计	168	713	6441	1826	9148	100.0



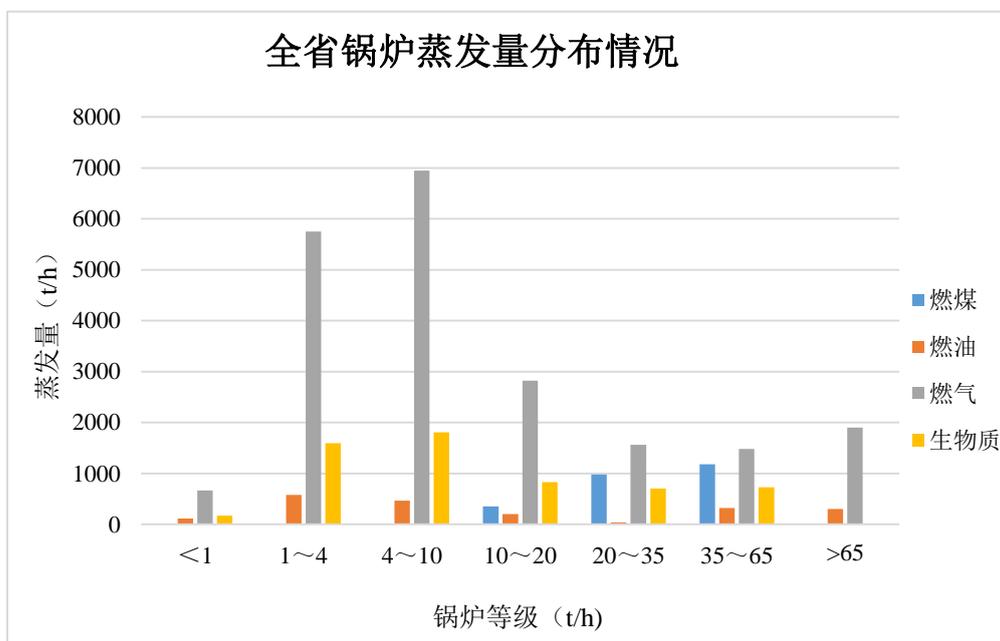
注：锅炉等级范围均含下限，35~65 (t/h) 包含上限。

图 2.1-3 全省锅炉结构分布情况

各容量等级锅炉蒸发量分布见表2.1-3和图2.1-4。

表2.1-3 各容量等级锅炉蒸发量分布表

容量等级	蒸发量 (t/h)					占比 (%)
	燃煤锅炉	燃油锅炉	燃气锅炉	燃生物质锅炉	合计	
< 1	0	118	665	171	954	3.0
1≤X < 4	0	581	5748	1592	7921	25.1
4≤X < 10	0	464	6950	1808	9222	29.3
10≤X < 20	350	204	2824	830	4208	13.4
20≤X < 35	980	41	1563	706	3290	10.4
35≤X≤65	1182	320	1480	727	3709	11.8
>65	—	300	1900	—	2200	7.0
合计	2512	2028	21130	5834	31504	100.0



注：锅炉等级范围均含下限，35~65（t/h）包含上限。

图 2.1-4 全省工业锅炉蒸发量分布情况

2.3 管理现状

目前，浙江省以燃煤、燃生物质、燃油和燃气为燃料的单台出力65t/h及以下的锅炉、各种容量的热水锅炉及有机热载体锅炉、各种容量的层燃炉、抛煤机炉执行《锅炉大气污染物排放标准》（GB 13271—2014）中的特别排放限值，单台出力 65t/h 以上的燃煤、燃生物质锅炉、各种容量的煤粉发电锅炉执行《燃煤电厂大气污染物排放标准》（DB33/ 2147—2018）；单台出力65t/h以上燃油、燃气发电锅炉执行《火电厂大气污染物排放标准》（GB13223—2011）中的特别排放限值。

按照《国务院关于印发打赢蓝天保卫战三年行动计划的通知》（国发〔2018〕22号）要求，我省已全部淘汰10t/h以下燃煤锅炉，10t/h~35t/h燃煤锅炉剩余69台，计划在“十四五”期间陆续淘汰。35t/h及以上燃煤锅炉均已提前实现超低排放改造；自蓝天保卫战以来，全省累计完成燃气锅炉低氮改造（关停淘汰除外）3280台（合计1.5万t/h），淘汰改造生物质锅炉297台（合计811t/h）。

3 标准制订的必要性、制定依据和技术路线

3.1 标准制订的必要性

(1) 对锅炉领域大气污染物治理提出了更高的要求

《国务院关于印发打赢蓝天保卫战三年行动计划的通知》（国发〔2018〕22号）要求开展燃煤锅炉综合整治：县级及以上城市建成区基本淘汰 10 t/h 及以下燃煤锅炉，原则上不再新建 35 t/h 以下的燃煤锅炉，其他地区原则上不再新建 10 t/h 以下的燃煤锅炉；重点区域基本淘汰 35 t/h 以下燃煤锅炉，65 t/h 及以上燃煤锅炉全部完成节能和超低排放改造；燃气锅炉基本完成低氮改造；城市建成区生物质锅炉实施超低排放改造。

《长三角地区 2019~2020 年秋冬季大气污染综合治理攻坚行动方案》（环大气〔2019〕97号）要求：加大生物质锅炉治理力度，对不能稳定达标排放的依法实施停产整治；生物质锅炉应采用专用锅炉，配套旋风+布袋等高效除尘设施，禁止掺烧煤炭、垃圾、工业固体废物等其他物料，积极推进城市建成区生物质锅炉超低排放改造；推进 4t/h 及以上的生物质锅炉安装烟气排放自动监控设施，并与生态环境部门联网；未安装自动监控设施的生物质锅炉，原则上一年内应更换一次布袋，并保留相应记录。

《长三角地区 2020~2021 年秋冬季大气污染综合治理攻坚行动方案》（环大气〔2020〕62号）要求：2020 年底前，35 t/h 以下的燃煤锅炉基本淘汰，65 t/h 及以上燃煤锅炉完成节能和超低排放改造；燃气锅炉基本完成低氮改造。

《浙江省打赢蓝天保卫战三年行动计划实施方案》提出，全面淘汰10蒸吨/小时及以下燃煤锅炉，县级及以上城市建成区基本淘汰茶水炉、经营性炉灶、储粮烘干设备等燃煤设施。基本淘汰10蒸吨/小时以上35蒸吨/小时以下燃煤锅炉。35蒸吨/小时及以上高污染燃料锅炉完成节能和超低排放改造。燃气锅炉基本完成低氮改造；城市建成区生物质锅炉实施超低排放改造。

《浙江省生态环境保护“十四五”规划》提出加强固定源污染综合治理。深入开展锅炉综合整治，全面淘汰 35 t/h 以下燃煤锅炉，继续开展燃气锅炉低氮改造和建成区生物质锅炉超低排放改造或淘汰。《中华人民共和国环境保护法》第十六条规定，省、自治区、直辖市人民政府对国家污染物排放标准中未作规定的项目，可以制定地方污染物排放标准；对国家污染物排放标准中已作规定

的项目，可以制定严于国家污染物排放标准的地方污染物排放标准；第二十八条规定，地方各级人民政府应当根据环境保护目标和治理任务，采取有效措施，改善环境质量。

（2）环境空气质量改善的需求

近几年来，随着锅炉大气污染物综合治理不断推进，我省环境空气质量实现高水平改善：2021年设区城市PM_{2.5}平均浓度为24微克/立方米，比2017年下降33.3%；空气质量优良天数比率为94.4%，比2017年提高6.8个百分点。但环境空气质量改善的基础仍不牢固，2022年1—6月，设区城市PM_{2.5}平均浓度27微克/立方米，同比上升1微克/立方米；空气质量优良天数比率为90.3%，同比下降4.4个百分点

为持续改善“十四五”时期全省环境空气质量，《浙江省空气质量改善“十四五”规划》提出了2025年空气质量改善目标和主要污染物减排目标，以改善环境空气质量为核心，大力推进清新空气示范区建设；以“减污降碳协同增效”为总抓手，强化大气多污染物协同控制和区域协同治理；以PM_{2.5}和O₃协同控制为主线，深化能源结构、产业结构、运输结构调整优化，抓好VOCs和NO_x协同治理，推进空气质量改善取得新成效，切实增强人民群众蓝天幸福感、获得感。随着煤电超低排放战略的有效落实，我省火电行业主要大气污染物排放总量已经大幅削减，工业锅炉烟尘、SO₂、NO_x等大气污染物深度减排对环境空气质量改善的意义日益凸显。深入打好蓝天保卫战是党中央、国务院作出的重大决策部署，呼吸新鲜空气是满足人民日益增长美好生活的迫切需求，全省必须提高环境治理水平持续改善环境空气质量。在此背景下，为进一步改善空气质量，贯彻国务院及环保部相关政策精神，制定本地标准，为我省污染物总量减排、清洁能源替代、清洁排放改造等提供保障。

（3）制定标准是监管的需要

《锅炉大气污染物排放标准》（GB 13271—2014）于2014年7月1日起正式实施，GB 13271—2014增加了燃煤锅炉NO_x、汞及其化合物排放限值，规定了特别排放限值，提高了各项污染物排放标准；GB 13271—2014规定生物质成型燃料锅炉参照燃煤锅炉排放控制要求。随着环境空气质量改善需求持续强化，生态环境部等部委相继出台环境政策对各类工业锅炉排放提出更高要求，部分省（直辖市、自治区）制定了更严格的地方锅炉大气污染物排放标准。我

省也提出了工业锅炉整治和排放控制要求。但GB 13271—2014指标限值较为宽松，造成企业达标较为容易，部分企业对环境政策的理解有差异，环境政策并非排放标准，其强制执行力不足，因此，现行执行的大气排放标准已远不能满足我省大气污染防治和环境监管的需求。故亟需制定锅炉我省相关大气污染物的排放标准，将行政手段上升到法律手段，以加强对该行业的环境监管。

综上所述，结合浙江省锅炉的实际排放水平、环境管理要求、污染防治设施技术经济可行性等因素，制定更严格的锅炉大气污染物排放地方标准是实现大气污染物减排、深入打好蓝天保卫战的重要保障，同时也将进一步推动相关产业绿色发展。

3.2 制定编制原则和技术路线

3.2.1 制定编制原则

本标准按照《标准化工作导则 第1部分：标准的结构和编写规则》（GB/T 1.1—2020）、《国家大气污染物排放标准制订技术导则》（HJ 945.1—2018）等相关规定进行编写。本标准制定工作的总原则是：保护生态环境，防治大气污染，保障人体健康，在技术、经济可行的基础上严格颗粒物、SO₂、NO_x及其他大气污染物排放控制要求，推动节约能源、高效清洁技术的应用，促进我省工业锅炉绿色可持续发展。

（1）管理兼容性原则。本标准指标体系以国家标准为基础，以我国现行的生态环境法律、法规和标准、规范为依据，在此基础上提出不低于同期国家法规标准的管理要求。

（2）技术可行性原则。对每一受控的污染工艺和项目，从污染排放源特征（排放浓度等），结合现实技术能达到的控制水平，得出技术可行的标准限值。

（3）结合地区实际原则。根据我省企业发展状况和污染治理能力，合理确定污染物排放限值，做到经济上合理、监测上可行、管理上可用。

（4）促进产业发展原则。通过完善污染物排放管理体系，推动节约能源和清洁生产技术应用，促进地区经济与生态环境协调发展。

（5）区域一体化原则。在参考美国、欧洲以及国内北京市、天津市、山东省等地同类标准基础上，排放控制要求重点考虑上海市、江苏省、安徽省等长三角区域一体化的协调性。

3.2.2 技术路线

本标准编制的技术路线如图 3-1。

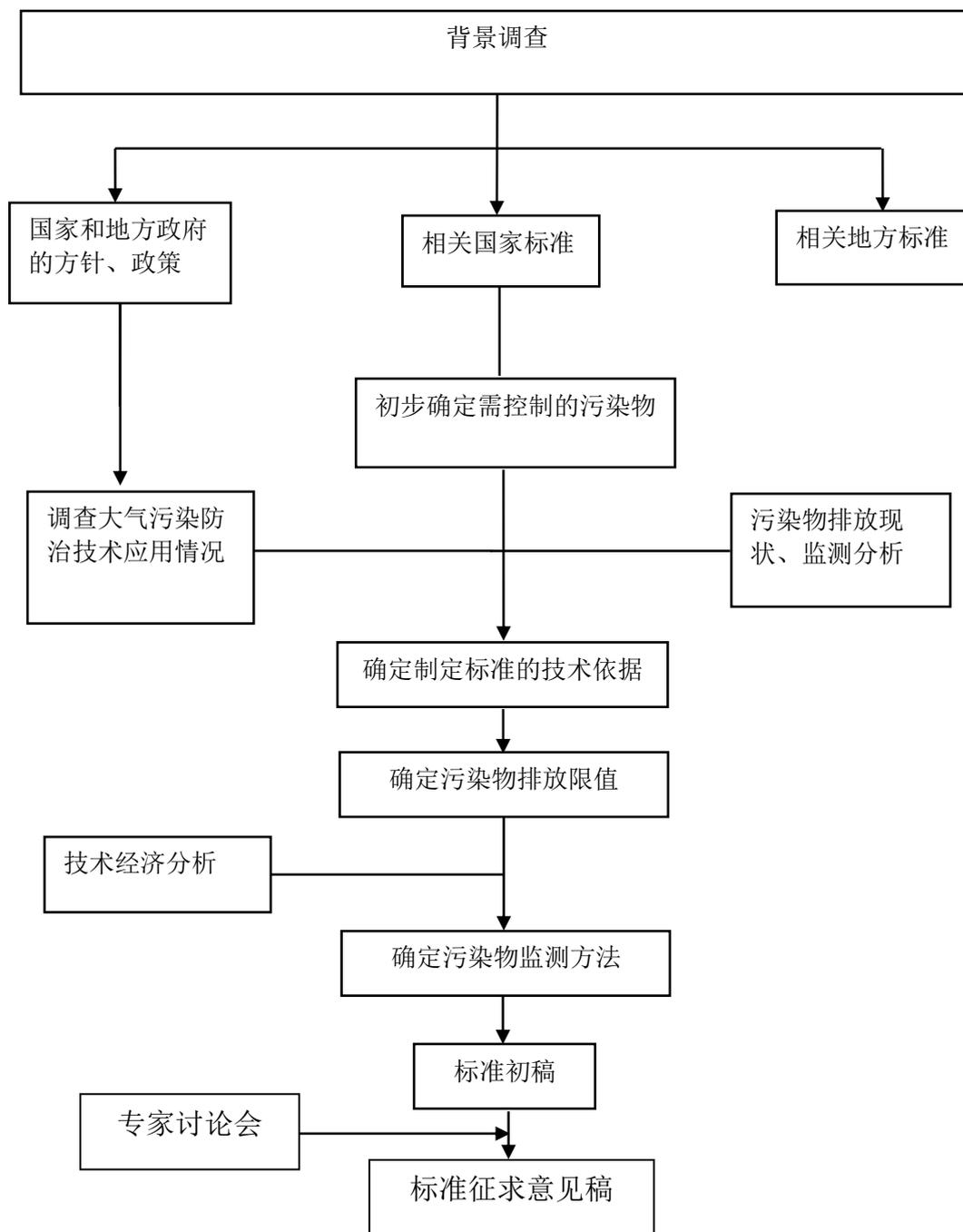


图3-1 标准编制技术路线

4 工业锅炉产排污情况及污染控制技术分析

4.1 工业锅炉的主要工艺和产排污特征

工业锅炉是重要的热能动力设备，其作为通用工序广泛应用于化工、造纸、制药、纺织等工业领域，以及民用、商用等领域。工业锅炉通常的燃烧方式有火床燃烧（层燃炉）、火室燃烧（室燃炉）、流化床燃烧（沸腾炉），链条炉排炉、往复炉排炉、固定炉排炉等均为层燃炉，煤粉炉、燃油炉、燃气炉为室燃炉。我省在“十三五”期间淘汰了绝大多数燃煤锅炉，在用锅炉以燃气锅炉和燃生物质锅炉为主，故室燃炉占比超过 5 成。

工业锅炉废气主要产污环节为：

（1）原料（燃料）系统。有组织产污环节为燃料在装卸、运输、配料、储存过程中产生的含尘废气，污染物种类为颗粒物；燃料系统无组织废气污染物种类包括颗粒物、含烃气体、天然气等。

（2）辅料系统。有组织产污环节为辅料在装卸、运输、配料、储存过程中产生的含尘废气，污染物种类为颗粒物；辅料系统无组织废气污染物种类包括颗粒物、氨等。

（3）除灰渣系统。有组织产污环节为灰渣在装卸、运输、储存过程中产生的含尘废气，污染物种类为颗粒物；除灰渣系统无组织废气污染物种类为颗粒物。

（4）烟气系统。燃料燃烧过程中产生的烟气，污染物种类主要为颗粒物、 SO_2 、 NO_x 、Hg 及其化合物等。

国内外对工业锅炉排放烟气中污染物的控制集中于 SO_2 、 NO_x 、烟尘（颗粒物），部分国家和地区已开始控制以 Hg 为代表的重金属，我国 GB 13271—2014 污染物控制因子为 SO_2 、 NO_x 、颗粒物、Hg 及其化合物。

4.2 工业锅炉主要大气污染物特征

4.2.1 颗粒物

（1）简介

锅炉排放的颗粒物主要来源为燃料灰分（烟尘），以及脱硫脱硝过程中烟气雾滴中携带的未溶硫酸盐、亚硫酸盐及未反应吸收剂等被滤膜过滤的颗粒物等成分。

（2）物理化学性质

烟气中颗粒物组成成分复杂，如燃煤烟气中颗粒物主要化学成分包括 Na_2O 、 Fe_2O_3 、 K_2O 、 SO_3 、 Al_2O_3 、 SiO_2 、 CaO 、 MgO 、 P_2O_5 、 Li_2O 、 TiO_2 等，采用石灰石-石膏湿法脱硫的则可能夹带石膏浆液等成分。

（3）毒理毒性

颗粒物对人体的危害同颗粒物的大小有关：直径大于 $5\ \mu\text{m}$ 的颗粒物能被鼻毛和呼吸道粘液挡住；直径介于 $0.5\ \mu\text{m}\sim 5\ \mu\text{m}$ 的颗粒物一般会粘附在上呼吸道表面，可随痰液排出；直径小于 $0.5\ \mu\text{m}$ 的颗粒物危害最大，不仅会在肺部沉积，还可直接进入血液到达人体各部位。粉尘粒子表面附着各种有害物质，一旦进入人体就会引发各种呼吸系统疾病。滞留在鼻咽部和气管的飘尘，与进入人体的 SO_2 等有害气体产生刺激和腐蚀粘膜的联合作用，损伤粘膜、纤毛，引起炎症和增加气道阻力；滞留在细支气管和肺泡的飘尘也会与 NO_2 等产生联合作用，损伤肺泡和粘膜，引起支气管和肺部炎症。长期的持续作用，还会诱发慢性阻塞性肺部疾患并出现继发感染，导致肺心病死亡率增高。

（4）环境安全浓度

《环境空气质量标准》（GB 3095—2012）规定的二级标准 $\text{PM}_{2.5}$ 、 PM_{10} 的24小时平均值分别不高于 $75\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、 $150\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，年浓度均值分别不高于 $35\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、 $70\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ 。

4.2.2 二氧化硫

（1）简介

SO_2 是最常见、最简单、有刺激性的硫氧化物，是大气主要污染物之一。硫在煤炭等化石燃料中以无机硫或有机硫的形式存在，燃烧过程中绝大多数硫氧化物以二氧化硫（ SO_2 ）的形式产生并排放。锅炉排放烟气中 SO_2 的浓度与燃料品质、污染防治措施效率高度关联。

（2）物理化学性质

SO₂ 为无色透明气体，有刺激性臭味，溶于水、乙醇和乙醚，与水及水蒸气作用生成有毒及腐蚀性蒸气。

气态SO₂ 加热到2000℃不分解，不燃烧，与空气也不组成爆炸性混合物。SO₂ 化学性质复杂，在常温下，潮湿的SO₂ 与H₂S反应析出硫，在高温及催化剂存在的条件下，可被氢还原成为H₂S，被CO还原成硫，强氧化剂可将SO₂ 氧化成SO₃，仅在催化剂存在时氧气才能使SO₂ 氧化为SO₃；无助燃性。

（3）毒理毒性

大气中SO₂ 浓度在0.5ppm以上对人体有潜在影响；在1ppm~3ppm时多数人开始感到刺激；SO₂ 浓度为10ppm~15ppm时，呼吸道纤毛运动和粘膜的分泌功能均能受到抑制；浓度达20ppm时，引起咳嗽并刺激眼睛。若每天吸入浓度为100ppm，支气管和肺部出现明显的刺激症状，使肺组织受损；在400ppm~500ppm时人会出现溃疡和肺水肿直至窒息死亡。SO₂ 与大气中的颗粒物有协同作用，飘尘气溶胶微粒可把SO₂ 带到肺部使毒性增加3~4倍。当大气中SO₂ 浓度为0.21ppm，颗粒物浓度大于300mg/m³，可使呼吸道疾病发病率增高，慢性病患者的病情迅速恶化。2017年10月27日，世界卫生组织国际癌症研究机构公布的致癌物清单初步整理参考，SO₂ 列入3类致癌物清单。

SO₂ 是环境空气中气溶胶硫酸盐的重要来源之一。SO₂ 还是酸雨的重要来源，酸雨对土壤、水体、森林、建筑、名胜古迹等人文景观均会造成危害。

（4）环境安全浓度

GB 3095—2012规定的SO₂ 二级标准小时浓度均值不高于500μg/m³，24小时平均值不高于150μg/m³。

4.2.3 氮氧化物

（1）简介

NO_x 包括NO、NO₂，NO在空气中易氧化为NO₂。锅炉燃烧排放的烟气NO_x 中主要以NO、NO₂ 形式存在，基于NO_x 的稳定形式、GB 3095—2012 规定基本项目，相关排放标准中NO_x 一般以NO₂ 计。

（2）物理化学性质

NO为无色气体，分子量30.01，熔点-163.6℃，沸点-151.5℃；NO溶于乙醇、二硫化碳，微溶于水和硫酸，水中溶解度4.7%（20℃），其性质不稳定，在空气中易氧化成NO₂。

NO₂ 分子量46.01，熔点-11.2℃，沸点 21.2℃；NO₂ 溶于碱、CS₂和氯仿，微溶于水。NO₂ 在21.1℃ 以上时为红棕色刺鼻气体，在21.1℃ 以下时呈暗褐色液体，在-11℃以下时为无色固体，加压液体为N₂O₄，其性质较稳定，溶于水时生成硝酸和NO。

（3）毒理毒性

NO₂ 主要损害深部呼吸道，人吸入NO₂ 1分钟的MLC为200 ppm；其余类型NO_x遇光、湿或热可产生NO₂。NO尚可与血红蛋白结合引起高铁血红蛋白血症，其结合血红蛋白的能力比CO还强。

NO_x 与空气中的水结合最终会转化成硝酸和硝酸盐，是酸雨的成因之一；与其他污染物在一定条件下能产生光化学烟雾污染，特别是NO_x与VOCs反应是生成PM_{2.5}和臭氧的主要途径，工业排放的NO_x已经是环境空气中硝酸盐、臭氧、PM_{2.5}的重要来源之一。

（4）环境安全浓度

GB 3095—2012 规定的 NO₂ 二级标准小时浓度均值不高于200μg/m³，24 小时平均值不高于80μg/m³。

4.2.4 汞及其化合物

（1）简介

汞（Hg）是煤中最易挥发的痕量元素之一。在锅炉炉膛的高温燃烧条件下，几乎所有的Hg都变为气态，随着烟气温度的降低，部分气态单质汞（Hg⁰）与氧化性物质发生均相或非均相氧化反应转化为气态二价汞（Hg²⁺），部分Hg 会凝结并富集于飞灰颗粒物上成为颗粒态（Hg^p）。因此，燃煤电厂排放的Hg 通常包括气态单质汞（Hg⁰）、二价汞（Hg²⁺）和 颗粒态汞（Hg^p）等3种形态，统称为汞及其化合物。

（2）物理化学性质

汞俗称水银，具有光泽的银白色金属，熔点为234.38K、沸点为204.28K，具有较高的挥发性，是唯一可在常温下以液态单质形式存在的重金属。汞在熔化时立即发生蒸发，因此温度越高汞蒸汽越多。

汞有3种化学价态，分别为单质汞（ Hg^0 ）、亚汞（ Hg^+ ）和二价汞（ Hg^{2+} ）。单质汞是大气环境中稳定存在的汞形态，易挥发，微溶于水；亚汞稳定性最差，易还原成单质汞、氧化成二价汞，自然环境状态下几乎很难找到亚汞；二价汞稳定性好，在自然环境中普遍存在，二价汞遇到硫离子容易生成硫化汞沉淀。

（3）毒理毒性

汞是一种具有生理毒性、易迁移性且在生物体内和食物链中具有永久累积性的化学物质。不同价态的汞，对人的毒性大小也各不相同，毒性大小从强到弱为有机汞、无机汞和单质汞。汞及其化合物与生物体内蛋白质和酶系统中的巯基能够发生反应，是汞元素产生毒性作用的生物化学基础。当人体中汞的积累达到一定程度，汞可通过血-脑屏障和胎盘屏障损害大脑、中枢神经系统、免疫、心血管系统、消化系统、肝和肾脏。

大气环境中的汞可以通过呼吸道、消化道和皮肤等方式进入人体内部，但最常见摄入途径是饮食；水体中汞在水生生物中富集，通过食物链转移并富集到人体中。

（4）环境安全浓度

GB 3095—2012 规定的汞年均值不高于 $0.05\mu\text{g}/\text{m}^3$ 。

4.3 污染预防技术

4.3.1 一般原则

锅炉使用单位应优先选用符合国家或地方相关标准及政策要求的低硫分和低灰分的燃料，降低因燃料燃烧产生的颗粒物、 SO_2 、汞及其化合物的浓度。锅炉使用单位宜选择低氮燃烧效果好的炉型及燃烧设备，并加强对低氮燃烧设备的定期维护、保养，以确保其运行稳定。

4.3.2 低氮燃烧技术

低氮燃烧设备是低氮燃烧技术的载体。低氮燃烧技术主要包括低氮燃烧器、炉膛整体空气分级燃烧技术、烟气再循环技术等，具有投资成本低、运行维护方便等特点。

低氮燃烧器适用于室燃炉，根据燃烧方式可分为扩散式燃烧器（包括燃料分级低氮燃烧器、空气分级低氮燃烧器）和预混式燃烧器。

扩散式燃烧器通过物理结构的优化将空气和燃料分层、分阶段送入炉膛实现分级燃烧，扩大燃烧区域、降低火焰温度，减少 NO_x 生成。采用扩散式燃烧器的燃煤、燃油、燃天然气、燃焦炉煤气和燃高炉煤气的锅炉 NO_x 产生浓度可分别控制在 $200\sim 600\text{ mg/m}^3$ 、 $100\sim 300\text{ mg/m}^3$ 、 $60\sim 200\text{ mg/m}^3$ 、 $200\sim 500\text{ mg/m}^3$ 和 $30\sim 200\text{ mg/m}^3$ 。

预混式燃烧器适用于燃天然气锅炉，根据降低 NO_x 生成的原理可分为贫燃预混燃烧技术与水冷预混燃烧技术。贫燃预混燃烧器利用高过量空气降低火焰温度，同时燃烧器采用金属纤维等结构分割火焰，稳燃的同时可使温度分布均匀，减少 NO_x 生成；采用该技术， NO_x 产生浓度可控制在 $20\sim 80\text{ mg/m}^3$ 。水冷预混燃烧器采用间接冷却的方式将火焰根部的热量从高温区带走，降低预混火焰温度，减少 NO_x 生成；采用该技术， NO_x 产生浓度可控制在 $20\sim 50\text{ mg/m}^3$ 。

炉膛整体空气分级燃烧技术适用于层燃炉、燃煤室燃炉和燃油室燃炉，通过分层布置的燃烧器将燃烧所需空气逐级送入燃烧火焰或火床中，使燃料在炉内分级分段燃烧，减少 NO_x 生成。采用该技术的层燃炉、燃煤室燃炉和燃油室燃炉的 NO_x 产生浓度可分别控制在 $200\sim 400\text{ mg/m}^3$ 、 $200\sim 400\text{ mg/m}^3$ 和 $100\sim 300\text{ mg/m}^3$ 。

烟气再循环技术适用于流化床炉、层燃炉和室燃炉，通过将锅炉尾部的低温烟气作为惰性吸热工质引入火焰区，降低火焰区的温度和燃烧区的含氧量，减缓燃烧热释放速率，减少 NO_x 生成。该技术通常与其他低氮燃烧技术结合使用。

4.4 工业锅炉治理技术

4.4.1 一般原则

（1）锅炉使用单位应根据实际情况优先采用污染预防技术，若仍无法稳定达标排放，应采用适合的治理技术。

(2) 燃煤锅炉宜采用袋式除尘、电除尘、电袋复合除尘、机械除尘+袋式除尘等技术实现颗粒物达标排放。燃油锅炉和燃气锅炉炉膛出口颗粒物浓度不达标时，宜采用袋式除尘技术实现达标排放。燃生物质成型燃料锅炉宜采用机械除尘+袋式除尘技术实现颗粒物达标排放。

(3) 燃煤锅炉宜采用石灰石/石灰-石膏湿法、镁法、钠碱法、烟气循环流化床法和炉内喷钙脱硫技术实现 SO_2 达标排放。锅炉使用单位有稳定废碱来源（如碱性废水等）的宜优先选择“以废治废”的烟气脱硫方式实现 SO_2 达标排放。燃油、燃气和燃生物质成型燃料锅炉 SO_2 排放不达标时，宜参考燃煤锅炉选择烟气脱硫技术。

(4) 氮氧化物排放控制宜优先采用低氮燃烧技术，若不能实现达标排放，应结合选择性催化还原法（SCR）、选择性非催化还原法（SNCR）和 SNCR-SCR 联合法脱硝技术实现达标排放。

(5) 汞及其化合物宜采用协同治理技术实现达标排放。

4.4.2 颗粒物污染防治技术

工业锅炉按照燃料分为燃煤、燃油、燃气以及燃生物质燃料锅炉，其中燃煤锅炉污染物排放量高于其他燃料。燃煤锅炉使用煤为燃料，燃煤种类包括烟煤、褐煤、无烟煤和型煤，锅炉燃烧方式包括层燃炉、抛煤机炉、循环流化床炉、煤粉炉和水煤浆炉。煤或其他燃料燃烧后所形成的粉煤灰随烟气进入锅炉尾部，通过除尘器将其中绝大部分收集，除尘器按照工作原理可以划分为干式除尘器、湿式除尘器、电除尘器和袋式除尘器，环境统计中，将除尘器的工作方法分为重力沉降法、惯性除尘法、湿法除尘法，静电除尘法、过滤式除尘法、单筒旋风除尘法和多管旋风除尘法。

(1) 干式电除尘技术

通过合理设计烟气流速、比集尘面积等参数，实现除尘效率 96%~99.9%。烟气流速宜取 0.8~1.2 m/s，当比集尘面积不小于 $100 \text{ m}^2 / (\text{m}^3/\text{s})$ 时，干式电除尘器出口颗粒物浓度可达 $50 \text{ mg}/\text{m}^3$ 以下；当比集尘面积不小于 $110 \text{ m}^2 / (\text{m}^3/\text{s})$ 时，干式电除尘器出口颗粒物浓度可达 $30 \text{ mg}/\text{m}^3$ 以下。该技术适用于工况比电阻在 $1 \times 10^4 \sim 1 \times 10^{11} \Omega \cdot \text{cm}$ 之间的燃煤锅炉颗粒物脱除，对高铝、高硅

等高比电阻粉尘以及细颗粒物脱除效果较差；系统阻力小、占地面积相对较大、投资成本相对较高。

（2）袋式除尘技术

通过合理选择滤料种类、过滤风速等参数，实现除尘效率 99%~99.99%。当采用常规针刺毡滤料，过滤风速不大于 1.0 m/min 时，袋式除尘器出口颗粒物浓度可达 30 mg/m³ 以下；当过滤风速不大于 0.9 m/min 时，袋式除尘器出口颗粒物浓度可达 20 mg/m³ 以下。当采用高精过滤滤料，过滤风速不大于 0.8 m/min 时，袋式除尘器出口颗粒物浓度可达 10 mg/m³ 以下。当处理烟气循环流化床法脱硫后的高粉尘浓度烟气时，过滤风速等影响，运行温度应高于酸露点 15℃ 以上且 ≤250℃；燃煤层燃炉和生物质成型燃料锅炉宜设置必要的保护措施，降低滤袋烧毁风险；系统阻力相对较大、占地面积小、投资成本低，滤袋更换成本高。

（3）湿式电除尘技术

该技术常用于烟气脱硫后，通过合理设计烟气流速、比集尘面积等参数，实现除尘效率 60%~90%，湿式电除尘器出口颗粒物浓度可达 10 mg/m³ 以下。该技术分为板式湿式电除尘技术和蜂窝式湿式电除尘技术，可有效去除细颗粒物及湿法脱硫后烟气中夹带的液滴，并高效协同脱除三氧化硫（SO₃）、汞及其化合物等；系统阻力小、占地面积小、投资成本较高。

（4）电袋复合除尘技术

通过合理选择滤料种类和合理设计过滤风速及电区比集尘面积等参数，实现除尘效率 99%~99.99%。当采用常规针刺毡滤料，颗粒物排放浓度可达 20 mg/m³ 以下；当采用高精过滤滤料，颗粒物排放浓度可达 10 mg/m³ 以下。该技术适用于燃煤锅炉烟气颗粒物的脱除，兼具袋式除尘和干式电除尘的优点，滤袋使用寿命长，对难荷电颗粒物、细颗粒物及高比电阻粉尘脱除效果佳；系统阻力大、占地面积大、投资成本高，滤袋更换成本高。

4.4.3 二氧化硫治理技术

（1）石灰石/石灰-石膏湿法脱硫技术

采用石灰石或石灰浆液作为脱硫剂，通过控制塔内烟气流速、钙硫摩尔比和液气比等参数，实现脱硫效率 90%~99%，SO₂排放浓度可控制在 25~200

mg/m³。该技术适用于各种燃料、炉型和容量的锅炉烟气 SO₂ 治理，煤种、负荷变化适应性强，对颗粒物和汞及其化合物有协同治理效果；需考虑脱硫废水和脱硫副产物的处理和处置，系统投资成本相对较高；系统阻力和占地面积相对较大。

（2）镁法脱硫技术

采用氢氧化镁浆液或氧化镁熟化形成的氢氧化镁浆液作为脱硫剂，通过控制塔内烟气流速、镁硫摩尔比和液气比等参数，实现脱硫效率 90%~99%，SO₂ 排放浓度可控制在 25~200 mg/m³。该技术适用于镁矿资源丰富地区各种燃料、炉型和容量的锅炉烟气 SO₂ 治理，煤种、负荷变化适应性强；需考虑脱硫废水处理 and 脱硫副产物的资源化利用；系统阻力小、占地面积小、投资成本低，吸收剂消耗成本高。

（3）钠碱法脱硫技术

采用氢氧化钠或碳酸钠等钠基物质溶液作为脱硫剂，通过控制塔内烟气流速、反应摩尔比、液气比等参数，实现脱硫效率 90%~99%，SO₂ 排放浓度控制在 25~200 mg/m³。该技术适用于各种燃料、炉型和容量的锅炉烟气 SO₂ 治理，吸收剂反应活性高；应采取有效措施减少可溶盐排放进入大气；系统阻力小、占地面积小、投资成本低，吸收剂消耗成本相对较高。

（4）烟气循环流化床法脱硫技术

采用钙基脱硫剂，通过控制钙硫摩尔比、烟气停留时间等参数，实现脱硫效率 80%~95%，SO₂ 排放浓度可控制在 35~200 mg/m³。该技术适用于燃用中、低硫煤的燃煤锅炉或已配套炉内脱硫的燃煤流化床锅炉，耗水量较少；脱硫副产物中亚硫酸钙含量较高，资源化利用受到一定限制；应充分考虑低负荷运行时可能存在的塌床问题；系统阻力和占地面积大，投资成本和吸收剂成本高。

（5）炉内脱硫技术

采用石灰石粉作为脱硫剂，通过向炉内喷射脱硫剂脱除烟气中的 SO₂。通过合理匹配脱硫剂喷射区域温度、钙硫比和脱硫剂粒径等参数，脱硫效率可达 50%；当燃用硫分不大于 0.5% 的煤时，炉膛出口 SO₂ 浓度可达 200 mg/m³。该技术多用于流化床炉，与炉外湿法或烟气循环流化床法脱硫系统相结合投资成

本较低，配置简洁、能耗低和占用空间小；存在降低锅炉热效率、增加炉膛磨损和运行物耗较高等问题。

4.4.4 氮氧化物治理技术

（1）SNCR 脱硝技术

以氨水、尿素等作为脱硝还原剂，通过选择合理反应温度区域、氨氮摩尔比等参数，层燃炉和室燃炉脱硝效率可控制在 20%~40%，流化床炉脱硝效率可控制在 40%~70%。该技术应用于层燃炉、室燃炉和流化床炉时，NO_x排放浓度可分别控制在 120~200 mg/m³、120~300 mg/m³ 和 90~200 mg/m³。该技术反应温度通常为 800~1150℃，适用于燃煤和燃生物质成型燃料锅炉，占地面积小，投资成本和运行成本较低。

（2）SCR 脱硝技术

以氨水、尿素等作为脱硝还原剂，在催化剂作用下，通过选择合理反应温度区域、合理设计氨氮摩尔比、催化剂活性、催化剂层数等参数，脱硝效率可控制在 50%~90%，NO_x排放浓度可控制在 40~150 mg/m³。该技术脱硝催化剂形式主要为蜂窝式或板式，催化剂的反应温度通常为 300~420℃；脱硝效率相对较高，负荷适应性强；系统阻力大、占地面积大、投资成本和运行成本较高。

（3）SNCR-SCR 联合法脱硝技术

以氨水、尿素等作为脱硝还原剂，通过选择合理反应温度区域、氨氮摩尔比、催化剂活性、催化剂层数等参数，脱硝效率可控制在 50%~90%，NO_x排放浓度可控制在 40~150 mg/m³。该技术 SNCR 区域反应温度通常为 800~1150℃，SCR 区域催化剂反应温度通常为 300~420℃；适用于燃煤和燃生物质成型燃料锅炉，系统阻力和占地面积大，投资成本和运行成本介于 SNCR 和 SCR 之间，喷氨精确度要求高，催化剂磨损较大。

为推进各地有序开展燃气锅炉低氮改造工作，2019年9月，浙江省生态环境厅发布了《燃气锅炉低氮改造工作技术指南》，对燃气锅炉低氮改造范围、路线和方法的技术要点，以及检验检测、档案管理等应遵循的技术要求作了规定，在技术上指导全省燃气锅炉低氮改造的实施和管理。

4.4.5 汞及其化合物治理技术

工业锅炉烟气脱硝、除尘和脱硫等环保设施对 Hg 及其化合物具有协同脱除效果，平均脱除效率一般可达 70%。

表 4.4-1 烟气脱汞可行技术的一般性能

协同措施			汞协同脱除效率 (%)
脱硝	除尘	脱硫	
/	静电除尘器	/	10~30
/	袋式/电袋除尘器	/	20~40
/	静电/袋式/电袋除尘器	湿法脱硫	35~90
/	静电/袋式/电袋除尘器	循环流化床	35~90
选择性催化还原法 (SCR)	静电/袋式/电袋除尘器	湿法脱硫	40~95

注：添加卤化物、活性炭吸附剂等单项脱汞技术，烟气汞脱除效率可提高至 90% 以上。

4.4.6 大气污染防治可行技术

《工业锅炉污染防治可行技术指南》（HJ 1178—2021）对燃煤锅炉、燃油锅炉、燃天然气锅炉和燃生物质成型燃料锅炉的大气污染防治可行技术进行梳理，共包含 15 种可行技术组合。

（1）燃煤锅炉

燃煤锅炉除均采用低氮燃烧预防技术（层燃炉可结合炉膛空气整体分级燃烧、烟气再循环技术减少 NO_x 生成浓度；流化床炉可通过优化燃烧或结合烟气再循环技术减少 NO_x 生成浓度；室燃炉宜优选低氮燃烧器或低氮燃烧器结合炉膛整体空气分级燃烧或烟气再循环技术减少 NO_x 生成浓度）外可采用以下污染治理技术：

1) ① SNCR+ ② 袋式除尘/电袋复合除尘+③ 石灰石/石灰-石膏湿法/钠碱法/镁法脱硫

2) ① SNCR-SCR/SCR+ ② 袋式除尘/电袋复合除尘+③ 石灰石/石灰-石膏湿法/钠碱法/镁法脱硫

3) ① SNCR+ ② 干式电除尘+③ 石灰石/石灰-石膏湿法/钠碱法/镁法脱硫

4) ① SNCR-SCR/SCR+ ② 干式电除尘+③ 石灰石/石灰-石膏湿法/钠碱法/镁法脱硫

5) ① SNCR+ ② 烟气循环流化床法脱硫+③ 袋式除尘

6) ①SNCR-SCR/SCR+ ②烟气循环流化床法 脱硫+③袋式除尘

(2) 燃生物质成型燃料锅炉

燃生物质成型燃料锅炉锅炉除均采用低氮燃烧预防技术（层燃炉可结合炉膛空气整体分级燃烧或烟气再循环技术减少 NO_x 生成浓度；流化床炉首选优化燃烧减少 NO_x 生成浓度，也可采用烟气再循环低氮燃烧技术。）外可采用以下污染治理技术：

7) 机械式除尘技术+袋式除尘技术

8) SNCR+机械式除尘技术+袋式除尘技术

9) ①SNCR-SCR/SCR+ ②机械除尘+③袋式 除尘+④石灰石/石灰石膏湿法/钠碱法/镁 法脱硫

(3) 燃油锅炉

10) 低氮燃烧技术（宜优选低氮燃烧器或低氮燃烧器结合炉膛整体空气分级燃烧减少 NO_x生成浓度）

11) 低氮燃烧技术+SCR脱硝技术

(4) 燃天然气锅炉

12) 采用扩散式低氮燃烧器

13) 采用扩散式低氮燃烧器+烟气再循环

14) 采用贫燃预混式低氮燃烧器

15) 采用水冷预混式低氮燃烧器

在标准限值不断加严的情况下，可采取措施提高各处理单元的处理效率来达到标准限值要求，如当要求除尘效率在99.8%~99.85%时，可采用电除尘器加高频电源、旋转电极等技术；而要求除尘效率高于99.85%时，则可考虑采用低低温电除尘器技术、超低电袋除尘器技术；当传统的石灰石-石膏法已无法满足标准要求时，可因地制宜采用了增加喷淋层、性能增强环、双塔串联技术、单塔双循环技术、海水脱硫技术、单(双)托盘塔技术、单塔一体化脱硫除尘深度净化技术等新型超低排放技术；对于SCR脱硝系统改造，大多数超低排放燃煤机组将原有的2+1（2层填装，1层备用）层催化剂直接更改为3层全部填装，优化低氮燃烧以及增加SCR脱硝催化剂填装层数，另外通过改造燃烧器，调整二次风和燃烬风的配比，增加燃烬风的比例，可降低燃烬风区域产生的 NO_x，从而有效降低 NO_x排放。

4.5 排放现状调研情况

4.5.1 燃煤锅炉

本次收集了6家已实施超低排放改造的燃煤锅炉企业2021年5月份在线监测数据，燃煤锅炉的颗粒物、SO₂、NO_x小时排放浓度范围分别为0.20mg/m³~19.65mg/m³、0.07mg/m³~151.3mg/m³、0.9mg/m³~185.17mg/m³，颗粒物小时排放浓度达到超低排放（≤10 mg/m³）的时间比率为86.5%，SO₂小时排放浓度达到超低排放（≤35 mg/m³）时间比率为83.0%，NO_x小时排放浓度达到超低排放时间比率为70.2%。详见表4.5-1、表4.5-2。调研企业燃煤锅炉主要大气污染物小时排放浓度分布情况见图4.5-1。

4.5.2 燃生物质锅炉

本次收集了非建成区蒸发量分别为1.4 t/h、3.4t/h、10 t/h、15 t/h、15 t/h、60 t/h、65t/h的7家燃生物质锅炉企业2021年5月份在线监测数据，燃生物质锅炉的颗粒物、SO₂、NO_x小时排放浓度范围分别为0mg/m³~32.5mg/m³、0mg/m³~258.1mg/m³、0mg/m³~293.6mg/m³，颗粒物小时排放浓度达到本标准限值（≤20 mg/m³）的排放时间比率为99.34%，SO₂小时排放浓度达到本标准限值（≤50 mg/m³）的排放时间比率为92.45%，NO_x小时排放浓度达到本标准限值（≤150 mg/m³）的排放时间比率为90.5%。详见表4.5-3、表4.5-4。调研企业燃煤锅炉主要大气污染物小时排放浓度分布情况见图4.5-2。

4.5.3 燃油锅炉

我省单台大于65t/h的燃油锅炉2台（为某石化企业的2台150t/h的燃重油锅炉），从2022年8月1日至8月8日数据看，1号炉颗粒物、SO₂、NO_x小时排放浓度范围分别为0.61mg/m³~2.1mg/m³、1.38mg/m³~3.58mg/m³、6.28mg/m³~38.48mg/m³，2号炉颗粒物、SO₂、NO_x小时排放浓度范围分别为0.33mg/m³~3.97mg/m³、0.66mg/m³~26.57mg/m³、6.31mg/m³~40.01mg/m³，均符合本标准排放限值，不需要超低排放改造；大于等于35t/h而小于65t/h燃油锅炉7台，这些锅炉为大型火力发电厂配套锅炉，从目前的排放情况看，均符合本标准排放限值（烟尘10mg/m³、二氧化硫35mg/m³、氮氧化物50mg/m³）。

本次收集了2家小于35t/h燃油锅炉2021年5月份在线监测数据，燃油锅炉的颗粒物、SO₂、NO_x小时排放浓度范围分别为0.01mg/m³~19.90mg/m³、0mg/m³~48.22mg/m³、35.83mg/m³~143.07mg/m³，颗粒物小时排放浓度达到本标准限值（≤10 mg/m³）比率为58.8%，SO₂小时排放浓度达到本标准限值（≤35 mg/m³）排放时间比率为82.3%，NO_x小时排放浓度达到本标准限值（≤50 mg/m³）排放时间比率为4.0%。详见表4.5-5、表4.5-6。调研企业燃油锅炉主要大气污染物小时排放浓度分布情况见图4.5-3。

4.5.4 燃气锅炉

本次收集了5家燃气锅炉企业2021年5月份在线监测数据，燃气锅炉的颗粒物、SO₂、NO_x小时排放浓度范围分别为0mg/m³~18.02mg/m³、0mg/m³~134.3mg/m³、0mg/m³~123.6mg/m³，颗粒物小时排放浓度达到本标准限值（≤5 mg/m³）排放的时间比率为99.9%，SO₂小时排放浓度达到本标准限值（≤35 mg/m³）排放时间比率为99.4%，NO_x小时排放浓度达到本标准限值（≤50 mg/m³）排放时间比率为98.6%。详见表4.5-7、表4.5-8。调研企业燃气锅炉主要大气污染物小时排放浓度分布情况见图4.5-4。

表 4.5-1 调研企业燃煤锅炉排放口在线监控基本情况

序号	企业名称	锅炉容量 (t/h)	颗粒物			二氧化硫			氮氧化物		
			浓度范围 (mg/m ³)	有效小时数	满足本标准 限值的有效 小时数	浓度范围 (mg/m ³)	有效小时数	满足本标准 限值的有效 小时数	浓度范围 (mg/m ³)	有效小时数	满足本标准 限值的有效 小时数
1	企业1	35	5.9~19.3	741	154	7.6~151.3	737	5	12.2~183.9	737	7
2	企业2	36	0.43~19.65	741	739	0.3~99.2	739	735	0.9~65.5	739	731
3	企业3	40	0.65~1.72	742	742	1.56~33.28	739	739	8.21~57.56	739	725
4	企业4	45	0.06~3.11	738	738	0.5~20.7	738	738	11.5~93.5	738	520
5	企业5	50	0.20~0.89	664	664	0.33~27.16	661	661	12.79~96.58	661	660
6	企业6	60	0.11~0.4	721	721	0.07~26.58	710	710	7.35~185.17	710	392
合计		/	0.20~19.65	4347	3758	0.07~151.3	4324	3588	0.9~185.17	4324	3035

表 4.5-2 调研企业燃煤锅炉排放口在线监控小时数据情况统计

污染物	平均浓度 (mg/m ³)	浓度范围 (mg/m ³)	原标准特别排放限值 (mg/m ³)	有效数据小时数 (h)	本标准排放限值 (mg/m ³)	达到超低率 (%)
颗粒物	2.79	0.20~19.65	30	3758	10	86.4
二氧化硫	24.29	0.07~151.3	200	4324	35	83.0
氮氧化物	48.09	0.9~185.17	200	4324	50	70.2

表 4.5-3 调研企业燃生物质锅炉排放口在线监控基本情况

序号	企业名称	锅炉容量 (t/h)	颗粒物			二氧化硫			氮氧化物		
			浓度范围 (mg/m ³)	有效小时数	满足本标准 限值的有效 小时数	浓度范围 (mg/m ³)	有效小时数	满足本标准 限值的有效 小时数	浓度范围 (mg/m ³)	有效小时数	满足本标准 限值的有效 小时数
1	企业1	65	4.0~32.5	619	618	0~47.4	614	614	12.0~127.3	614	614
2	企业2	3.4	0~14.1	725	725	0~16.8	722	722	0~125.4	721	721
3	企业3	1.4	0.4~14.7	742	742	1.4~63.8	740	739	6.1~32.4	740	740
4	企业4	15	3.6~30.3	738	733	0~258.1	736	394	0~293.6	736	406
5	企业5	10	0.1~22.9	735	734	0.3~199.1	730	716	0.1~140.2	735	735
6	企业6	15	0.1~22.2	705	698	0~90.7	711	706	24.5~189.4	711	597
7	企业7	60	0.2~22.7	557	539	0~61.9	555	554	9.9~196.8	555	542
合计		/	0~32.5	4821	4789	0~258.1	4808	4445	0~293.6	4812	4355

表 4.5-4 调研企业燃生物质锅炉排放口在线监控小时数据情况统计

污染物	平均浓度 (mg/m ³)	浓度范围 (mg/m ³)	原标准特别排放限值 (mg/m ³)	有效数据小时数 (h)	本标准排放限值 (mg/m ³)	达标率 (%)
颗粒物	3.9	0~32.5	30	4821	20	99.34
二氧化硫	12.2	0~258.1	200	4808	50	92.45
氮氧化物	70.2	0~293.6	200	4812	150	90.50

表 4.5-5 调研企业燃油锅炉排放口在线监控基本情况

序号	企业名称	锅炉容量 (t/h)	颗粒物			二氧化硫			氮氧化物		
			浓度范围 (mg/m ³)	有效小时数	满足本标准 限值的有效 小时数	浓度范围 (mg/m ³)	有效小时数	满足本标准 限值的有效 小时数	浓度范围 (mg/m ³)	有效小时数	满足本标准 限值的有效 小时数
1	企业1	23.5	0.40~19.90	290	272	0.52~31.14	270	270	35.83~93.02	270	40
2	企业2	13.3	0.01~19.08	732	329	0~48.22	728	551	59.88~143.07	728	0
合计		/	0.01~19.90	1022	601	0~48.22	998	821	35.83~143.07	998	40

表 4.5-6 调研企业燃油锅炉排放口在线监控小时数据情况统计

污染物	平均浓度 (mg/m ³)	浓度范围 (mg/m ³)	原标准特别排放限值 (mg/m ³)	有效数据小时数 (h)	本标准排放限值 (mg/m ³)	达标率 (%)
颗粒物	6.49	0.01~19.90	30	1022	10	58.8
二氧化硫	17.66	0~48.22	200	998	35	82.3
氮氧化物	88.51	35.83~143.07	200	998	50	40.1

表 4.5-7 调研企业燃气锅炉排放口在线监控基本情况

序号	企业名称	锅炉容量 (t/h)	颗粒物			二氧化硫			氮氧化物		
			浓度范围 (mg/m ³)	有效小时数	满足本标准 限值的有效 小时数	浓度范围 (mg/m ³)	有效小时数	满足本标准 限值的有效 小时数	浓度范围 (mg/m ³)	有效小时数	满足本标准 限值的有效 小时数
1	企业1	50	0~18.02	742	740	0~99.02	739	729	23.4~49.1	739	739
2	企业2	40	/	/	/	/	/	/	1.8~44.8	739	702
3	企业3	10	0~1.1	725	725	0~134.3	725	723	0~123.6	725	723
4	企业4	50	0.48~2.04	596	596	0.44~3.65	595	595	10.62~30.45	595	595
5	企业5	50	0.20~0.63	143	143	1.25~3.14	143	143	23.0~52.3	143	141
合计		/	/	0~18.02	2206	2204	0~134.3	2202	2190	0~123.6	2941

表 4.5-8 调研企业燃气锅炉排放口在线监控小时数据情况统计

污染物	平均浓度 (mg/m ³)	浓度范围 (mg/m ³)	原标准特别排放限值 (mg/m ³)	有效数据小时数 (h)	本标准排放限值 (mg/m ³)	达标率 (%)
颗粒物	0.32	0~18.02	30	2206	5	99.9
二氧化硫	1.78	0~134.3	200	2202	35	99.4
氮氧化物	22.4	0~123.6	200	2190	50	98.6

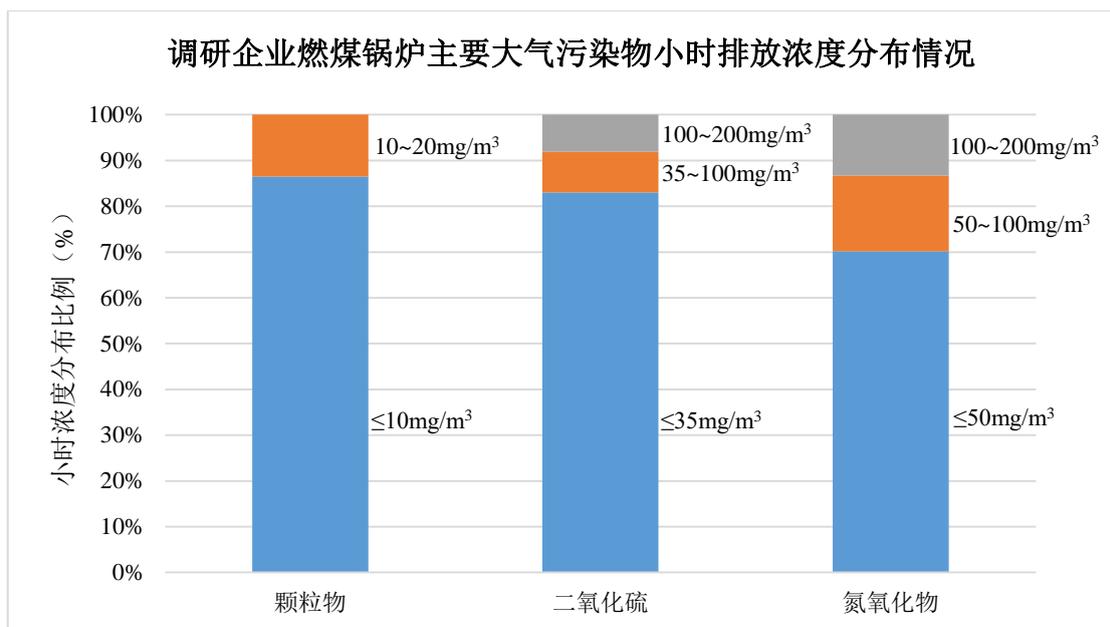


图4.5-1 调研企业燃煤锅炉主要大气污染物小时排放浓度分布情况

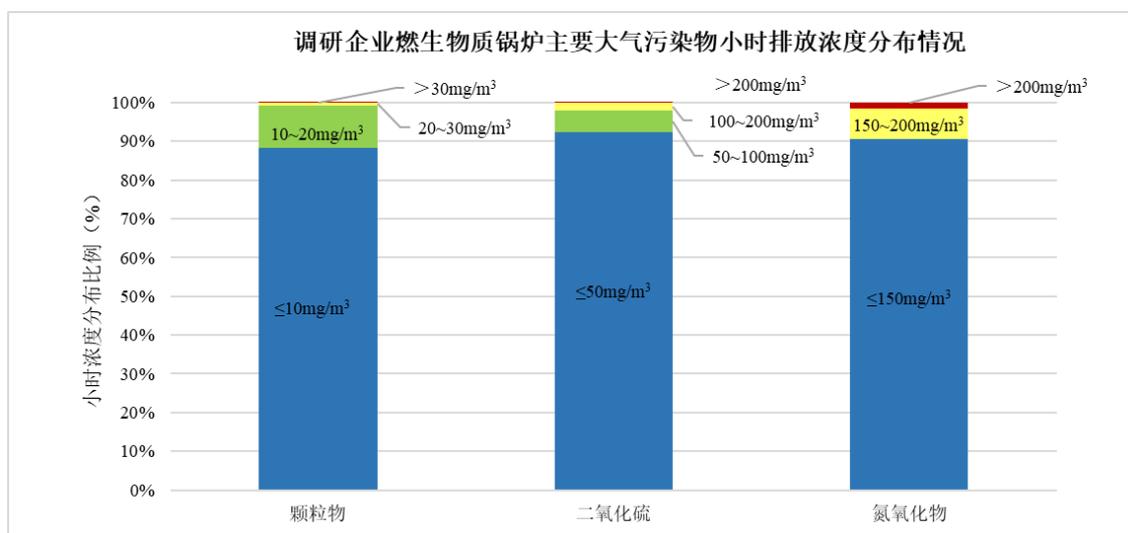


图4.5-2 调研企业燃生物质锅炉主要大气污染物小时排放浓度分布情况

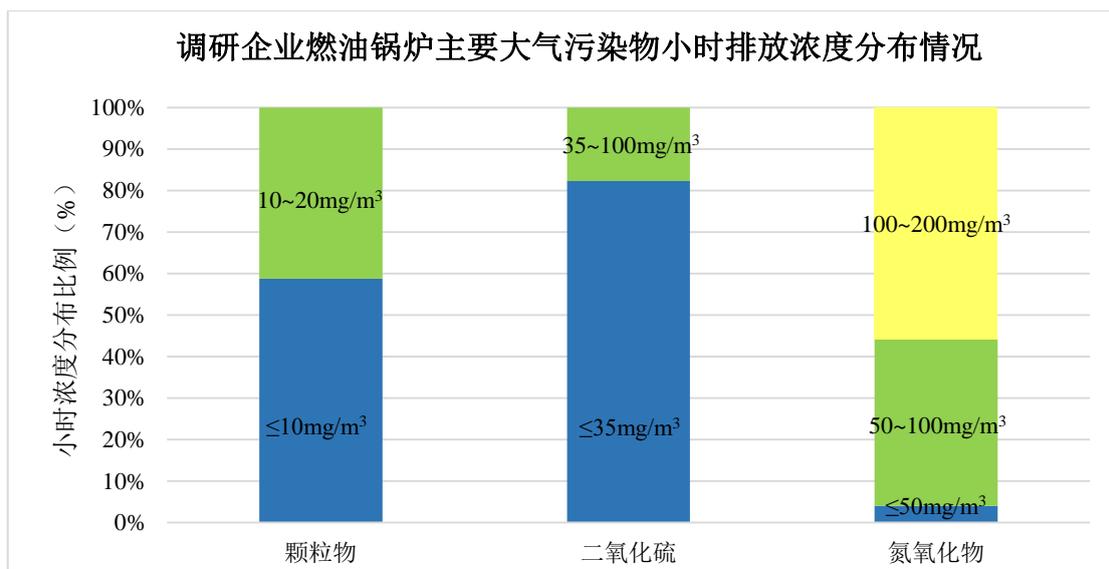


图4.5-3 调研企业燃油锅炉主要大气污染物小时排放浓度分布情况

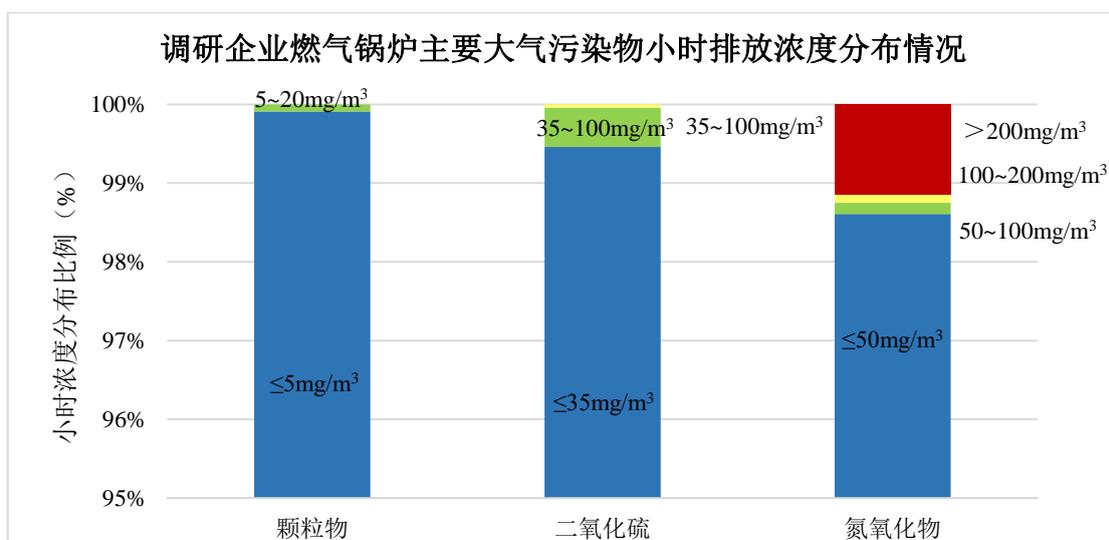


图4.5-4 调研企业燃气锅炉主要大气污染物小时排放浓度分布情况

5 标准主要技术内容及确定依据

5.1 标准结构框架

本标准结构按照《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》（GB/T 1.1—2020）进行编写，并参照《国家大气污染物排放标准制订技术导则》（HJ 945.1—2018）相关技术要求，具体结构如下。

表 5.1-1 《锅炉大气污染物排放标准》的要素组成和编排顺序

序号	要素	GB/T 1.1—2020要求	HJ 945.1—2018要求
1	封面	必备	必备
2	目次	可选	必备
3	前言	必备	必备
4	范围	必备	必备
5	规范性引用文件	必备/可选	必备
6	术语和定义	必备/可选	必备
7	排放控制要求	必备：核心技术要素	必备
8	污染物监测要求	必备：核心技术要素	必备
9	达标判定要求	必备：核心技术要素	必备
10	实施与监督	可选：其他技术要素	必备

5.2 适用范围

根据国家相关文件和全省锅炉使用情况，结合浙江省已制定的《燃煤电厂大气污染物排放标准》（DB33/ 2147—2018），本标准在延续了 GB 13271—2014 相关规定的基础上，适用范围略作调整。

（一）《火电厂大气污染物排放标准》（GB13223—2011）适用于使用单台出力65t/h 以上除层燃炉、抛煤机炉外的燃煤发电锅炉；各种容量的煤粉发电锅炉；单台出力65t/h 以上燃油、燃气发电锅炉；各种容量的燃气轮机组的火电厂；单台出力65t/h 以上采用煤矸石、生物质、油页岩、石油焦等燃料的发电锅炉。

《锅炉大气污染物排放标准》（GB 13271—2014）适用于以燃煤、燃油和燃气为燃料的单台出力65t/h及以下蒸汽锅炉、各种容量的热水锅炉及有机热载体锅炉；各种容量的层燃炉、抛煤机炉。

浙江省地方标准《燃煤电厂大气污染物排放标准》（DB33/2147—2018）适用于单台出力65t/h以上除层燃炉、抛煤机炉外的燃煤（含水煤浆）发电锅炉；各种容量的煤粉发电锅炉；单台出力65t/h以上采用煤矸石、生物质、油页岩、石油焦等燃料或以煤炭及其制品为主掺烧其他燃料的发电锅炉参照执行；非发电锅炉参照发电锅炉执行。

因此，本标准适用于单台出力65t/h及以下的燃煤、燃生物质成型燃料锅炉；各种容量的燃油、燃气锅炉；各种容量的层燃炉、抛煤机炉。

使用石油焦、油页岩等燃料的锅炉，参照本标准中燃煤锅炉排放控制要求执行；直接燃用生物质燃料的锅炉，参照本标准中燃生物质成型燃料锅炉排放控制要求执行；使用其他液体燃料的锅炉，参照本标准中燃油锅炉排放控制要求执行。

（二）2018年初，国家发改委、国家能源局出台了《关于促进生物质能供热发展的指导意见》，将生物质能供热作为大气污染防治和清洁供热的重要措施，与治理散煤、“煤改气”、“煤改电”等一起纳入工作部署和计划，明确加快生物质能供热产业化发展，形成清洁供热能力，在县域规模化替代燃煤供热。根据《长三角地区 2019—2020 年秋冬季大气污染综合治理攻坚行动方案》（环大气〔2019〕97号）、《浙江省打赢蓝天保卫战三年行动计划实施方案》的要求，我省35 t/h及以下燃煤锅炉全部淘汰或实施清洁能源替代，全省燃生物质锅炉数量大幅增加，《浙江省空气质量改善“十四五”规划》提出，推进城市建成区生物质锅炉实施超低排放改造或淘汰。生物质锅炉应采用专用锅炉，配套布袋等高效除尘设施，禁止掺烧煤炭、垃圾、工业固体废物等其他物料。因此本标准将燃生物质成型燃料锅炉由 GB 13271—2014 参照执行燃煤锅炉排放控制要求改为设置单独的排放限值要求。直接燃用生物质燃料的锅炉，参照本标准中燃生物质成型燃料锅炉排放控制要求执行；生物质相关概念如下：

A.1 生物质

A.1.1 一般概念

根据GB/T 30366—2013《生物质术语》，生物质是一切直接或间接利用绿色植物光合作用形成的有机物质。包括除化石燃料外的植物、动物和微生物以

及由这些生命体排泄与代谢所产生的有机物质等。可分为农业生物质、林业生物质、城市固体废弃物、动物废弃物等，本文件中的生物质仅包括农业生物质、林业生物质、城市固体废弃物中的废弃木材，不包括其他城市固体废弃物及动物废弃物。

A.1.2 农业生物质

农业生产和加工过程中产生的以及海洋中生长的生物质。主要包括农产品、农业剩余物（如玉米秸、高粱秸、麦秸、稻草、豆秸、棉秆和稻壳等）、畜禽粪便、能源植物和海藻、海草等水生植物等。

A.1.3 林业生物质

林业生产和加工过程中产生的生物质。主要包括林产品（如木材、竹材、藤材等）、林业剩余物（如枝丫、锯末、木屑、梢头、板皮和截头、果壳和果核等采伐剩余物和加工剩余物；造纸废弃物以及废弃木材及能源林等。

A.1.4 城市固体废弃物

城镇消费者消费后产生的固体、半固体废弃物。主要包括餐饮消费废弃物、垃圾、畜禽粪便、食品加工废弃物以及废弃木材等。

本文件中的生物质仅包括建筑与装修、拆迁产生的废弃木材，不包括其他城市固体废弃物。

A.2 生物质燃料

A.2.1 一般概念

根据GB/T 30366—2013《生物质术语》，生物质燃料是以生物质为原料加工、制造或转化而成的固体、液体或气体燃料，如生物质颗粒燃料、酒精、生物柴油、甲醇和生物质燃气等。

本文件中生物质燃料仅指以生物质为原料加工、制造或转化而成的固体燃料，包括固体生物质燃料和生物质成型燃料；以生物质为原料加工、制造或转化而成的液体或气体燃料执行本文件中相应的燃油、燃气标准限值。

A.2.2 固体生物质燃料

根据GB/T 21923—2008《固体生物质燃料检验通则》，固体生物质燃料是由生物质直接或间接生产的固体燃料。

按照生长源和来源进行分类，固体生物质燃料可将其分为4大类，分别是：木质生物质、草本生物质、果实生物质、掺合物和混合物。

A.2.2.1 木质生物质

来源于树、矮树丛和灌木的生物质。

A.2.2.2 草本生物质

来源于非木质茎秆和季节性生长植物的生物质

A.2.2.3 果实生物质

来源于植物中含有种子那部分的生物质。例如:坚果,橄榄。

A.2.2.4 生物质燃料掺合物

不同生物质燃料被人为掺合而形成的生物质燃料。例如:稻草或能源草与木头掺合,干燥的生物浆与树皮掺合。

A.2.2.5 生物质燃料混合物

自然或非人为混合不同生物质燃料或生物质燃料的不同类型而形成的生物质燃料。

A.2.3 生物质成型燃料

以农业生物质或林业生物质为原料,经过机械加工成型,具有规则形状的粒状、块状和棒状固体燃料产品。

A.2.4 生物质压块燃料

粉碎的生物质原料通过成型机压缩成一定形状的成型燃料,其直径或横截面的对角线长度大于25mm。

A.2.5 生物质颗粒燃料

粉碎的生物质原料通过成型机压缩成圆柱体的成型燃料,直径不大于25mm,长度不大于其直径的4倍。

A.3 生物质锅炉

A.3.1 一般概念

通常以草本植物或木本植物等生物质能源为燃料的锅炉。包括直燃生物质锅炉和生物质专用锅炉。锅炉型号中的燃料代号常以“S”表示。

A.3.2 直燃生物质锅炉

以未被加工或经简易破碎的固体生物质(如木屑,花生壳,树皮等)为燃料的锅炉。

A.3.3 生物质专用锅炉

燃用生物质成型燃料并配备高效除尘设施且锅炉铭牌标示燃料为生物质成型燃料的锅炉。

（三）欧盟等国外锅炉排放标准中，将甲醇、乙醇、沥青、燃料油归类为液体燃料类，执行统一的标准限值。根据环境保护部《关于醇基燃料锅炉执行标准有关问题的复函》（环函〔2015〕319号）：“醇基燃料是一种以甲醇为主，混合有乙醇、丙醇等多元醇类和烷烃的低热值液体燃料。充分燃烧后会排放一氧化碳、碳氢化合物、二氧化硫、氮氧化物和颗粒物。欧盟、德国等国外锅炉排放标准中，均将甲醇、乙醇、沥青、燃料油归类为液体燃料类，执行统一的标准限值，建议醇基燃料的锅炉参照《锅炉大气污染物排放标准》（GB 13271—2014）中燃油锅炉的排放控制要求执行。”。因此，本标准适用范围明确使用甲醇、乙醇、重油、渣油等液体燃料的锅炉参照执行燃油锅炉排放控制要求。

5.3 术语和定义

本标准的术语和定义中，“锅炉”“锅炉大气污染物排放浓度”“烟囱高度”“新建锅炉”“在用锅炉”“氧含量”参考了《锅炉大气污染物排放标准》（GB 13271—2014）中的相关概念，“燃煤锅炉”“燃油锅炉”“燃气锅炉”参考了《电工名词术语 锅炉》（GB/T 2900.48—2008）中的相关概念，生物质成型燃料参考了《生物质成型燃料锅炉》（NBT 47062—2017）中的相关概念，“测定均值”“小时均值”参考了《危险废物焚烧污染控制标准》（GB 18484—2020）中的相关概念，“标准状态”“密闭”“封闭”“无组织排放”参考了《铸造工业大气污染物排放标准》（GB 39726—2020）中的相关概念；“城市建成区”参考了《城市规划基本术语标准》（GB/T 50280—1998）中的相关概念。

5.4 污染物项目的选择

工业锅炉燃料种类较多，排放的烟气成分复杂，主要有 N_2 、 H_2O 、 CO_2 、 SO_2 、 NO_x 、颗粒物，并可能有 SO_3 、 CO 、VOCs、微量元素等。目前，世界各国对工业锅炉排放烟气污染物的关键控制项目均为 SO_2 、 NO_x 和颗粒物，部分发达经济体开始控制以汞为代表的重金属，个别地区还增设控制项目 CO 、 SO_3 。

GB 13271—2014 污染物控制项目为 SO₂、NO_x、颗粒物、汞及其化合物、烟气黑度，本标准延续了GB 13271—2014 控制项目。

5.5 污染物排放限值的确定及依据

5.5.1 燃煤锅炉

根据《浙江省打赢蓝天保卫战三年行动计划实施方案》、《市场监管总局 国家发展改革委 生态环境部 关于加强锅炉节能环保工作的通知》（国市监特设〔2018〕227号）、《长三角地区 2019—2020 年秋冬季大气污染综合治理攻坚行动方案》（环大气〔2019〕97号）、《长三角地区 2020—2021 年秋冬季大气污染综合治理攻坚行动方案》（环大气〔2020〕62号）等文件，新建燃煤锅炉大气污染物排放浓度满足超低排放要求；现有35t/h及以下燃煤锅炉全部淘汰或实施清洁能源替代，65t/h及以上的燃煤锅炉全部完成超低排放改造，我省是国家蓝天保卫战确定的重点地区，须严格落实，并将上述任务纳入《浙江省打赢蓝天保卫战三年行动计划》，到目前为止，我省已全部淘汰10t/h以下燃煤锅炉，10t/h~35t/h燃煤锅炉剩余69台，计划在“十四五”期间陆续淘汰。35t/h及以上燃煤锅炉均已提前实现超低排放改造。

因此，本标准规定新建燃煤锅炉颗粒物、SO₂、NO_x 排放限值分别为10 mg/m³、35 mg/m³、50 mg/m³，烟气黑度排放限值延续 GB 13271—2014 控制要求，考虑燃煤锅炉执行超低排放限值，治理设施的效率提高，因此汞及其化合物的限值由GB13271—2014《锅炉大气污染物排放标准》中的0.05mg/m³的限值提高到GB13223—2011《火电厂大气污染物排放标准》中的限值，为0.03 mg/m³。

5.5.2 燃油锅炉

上海市《锅炉大气污染物排放标准》（DB31/ 387—2018）规定燃油锅炉的排放限值颗粒物为10mg/m³、SO₂ 为35 mg/m³、位于市外环线区域内的燃油锅炉 NO_x 排放限值为50mg/m³，位于市外环线区域外的燃油锅炉为80mg/m³。江苏省的《锅炉大气污染物排放标准》（报批稿）规定新建燃油锅炉颗粒物、SO₂、NO_x 排放限值分别为 10mg/m³、35mg/m³、50mg/m³，考虑到锅炉超低排放改造目标和长三角地区同类标准的协调性，本标准规定新建燃油锅炉颗粒物、SO₂、

NO_x 排放限值分别为 10 mg/m³、35mg/m³、50 mg/m³，烟气黑度排放限值延续 GB 13271—2014 控制要求。

另外，上海市《锅炉大气污染物排放标准》（DB31/ 387—2018）规定使用醇醚燃料的锅炉参照气态燃料锅炉执行，2009年7月2日，GB/T 23799—2009《车用甲醇汽油(M85)》标准正式批准颁布，浙江省于2009年起草制订《车用甲醇汽油(M15)》、《车用甲醇汽油（M30）》、《车用甲醇汽油（M50）》三个行业标准。由于醇醚燃料常温下为液体，本标准中参照江苏省《锅炉大气污染物排放标准》（报批稿）归入燃油锅炉管理。其他使用其他液体燃料的锅炉，参照本标准中燃油锅炉排放控制要求执行。

5.5.3 燃气锅炉

《天然气》（GB 17820—2018）规定二类气总硫（以硫计）含量不大于100 mg/m³，使用净化后的天然气排放的颗粒物、SO₂ 很低。《长三角地区 2019—2020 年秋冬季大气污染综合治理攻坚行动方案》（环大气〔2019〕97号）要求加快推进燃气锅炉低氮改造，未出台地方排放标准的原则上按照 NO_x 排放浓度不高于 50mg/m³ 进行改造，同时《浙江省打赢蓝天保卫战三年行动计划》提出：基本淘汰10蒸吨/小时以上35蒸吨/小时以下的燃煤锅炉。35蒸吨/小时及以上高污染燃料锅炉完成节能和超低排放改造。燃气锅炉基本完成低氮改造；城市建成区生物质锅炉实施超低排放改造。

上海市DB31/ 387—2018 规定气态燃料锅炉颗粒物、SO₂、NO_x 排放限值分别为 10mg/m³、10mg/m³、50 mg/m³。江苏省的《锅炉大气污染物排放标准》（报批稿）规定新建新建燃气锅炉颗粒物、SO₂、NO_x 排放限值分别为 5mg/m³、35 mg/m³、50 mg/m³，考虑到长三角地区同类标准的协调性，和净化后的天然气不含尘、低硫特性，以及技术水平的不断提高，本标准规定在用燃气锅炉颗粒物、SO₂、NO_x 排放限值分别为 5 mg/m³、35mg/m³、50mg/m³，新建燃气锅炉颗粒物、SO₂、NO_x 排放限值分别为 5 mg/m³、20 mg/m³、30mg/m³。

5.5.4 燃生物质锅炉

根据《关于印发促进生物质能供热发展指导意见的通知》（发改能源〔2017〕2123号），生物质锅炉污染物排放应满足国家或地方大气污染物排放标准，达到燃气锅炉排放水平；根据《打赢蓝天保卫战三年行动计划》（国发〔2018〕22号）、《浙江省打赢蓝天保卫战三年行动计划实施方案》，城市建成区燃生物质锅炉实施超低排放改造。

本标准参照江苏省的《锅炉大气污染物排放标准》（报批稿）规定，现有位于城市建成区燃生物质锅炉颗粒物、SO₂、NO_x排放限值分别为10 mg/m³、35mg/m³、50mg/m³；考虑到我省燃生物质锅炉数量大且多为燃煤锅炉技改而来，以及其具有碳中性的特点，对于其他区域现有燃生物质锅炉，颗粒物、SO₂、NO_x执行GB 13271—2014燃气锅炉特别排放限值，即分别为20mg/m³、50mg/m³、150mg/m³；烟气黑度排放限值延续GB 13271—2014控制要求，考虑生物质燃料汞含量极低，燃生物质锅炉对汞及其化合物设不作要求。

5.5.5 其他有组织排放控制要求

（1）烟囱高度的规定

烟囱高度的作用是通过抽拔力排放锅炉燃烧的烟气，在GB13271—2001中规定“每个新建锅炉房只能设一根烟囱”，根据《锅炉房设计规范》(GB 50041—92)对锅炉数量的规定是锅炉房的锅炉数量不宜少于2台，但当选用1台锅炉能满足热负荷和检修需要时，可只设置1台；新建锅炉房不宜超过5台，扩建和改建时不宜超过7台。且锅炉分布位于人口和工业集中区域，为了有利于扩散，因此标准规定“每个新建锅炉房只能设一根烟囱”。《锅炉房设计规范》(GB 50041—2008)中关于锅炉数量和容量的规定，除沿用上述内容外，增加了“非独立锅炉房，不宜超过4台”。关于烟囱有如下规定“燃油、燃气锅炉烟囱，宜单台炉配置”、“燃油、燃气锅炉不得与使用固体燃料的设备共用烟道和烟囱”。

另外，省内现有燃煤锅炉房总容量均大于20t/h，因此，本标准对锅炉烟囱内容作如下调整，将“每个新建锅炉房只能设一根烟囱”调整为“每个新建燃煤锅炉房只能设一根烟囱，烟囱高度不低于45m；每个新建燃生物质成型燃料锅炉房只能设一根烟囱，烟囱高度应根据锅炉总容量，按表3规定执行”；燃油锅炉烟囱不低于15 m、燃气锅炉烟囱不低于8 m；锅炉烟囱的具体高度应根据环境影

响评价文件确定。若锅炉烟囱高度达不到前述要求的，其污染物最高允许排放浓度，应按相应排放浓度限值的50%执行。

（2）烟气混合排放

根据《关于不同容量锅炉共用烟囱排放大气污染物适用排放标准问题的复函》（环函〔2007〕351号）以及《排污许可证申请与核发技术规范 锅炉》（HJ 953—2018），执行不同许可排放浓度的多台生产设施或排放口采用混合方式排放废气，且可选择的监控位置只能监测混合废气中的大气污染物浓度，则应执行各限值要求中最严格的许可排放浓度。因此，本标准明确“执行不同排放浓度限值的多台设施采用混合方式排放烟气，且选择的监控位置只能监测混合烟气中的大气污染物浓度，应执行各限值要求中最严格的排放浓度限值”。

5.6 无组织排放控制要求的确定及依据

《中华人民共和国大气污染防治法》规定，工业生产企业应当采取密闭、围挡、遮盖、清扫、洒水等措施，减少内部物料的堆存、传输、装卸等环节产生的粉尘和气态污染物的排放。《国务院关于印发打赢蓝天保卫战三年行动计划的通知》（国发〔2018〕22号）等文件要求，强化工业企业无组织排放管控，对物料（含废渣）运输、装卸、储存、转移和工艺过程等无组织排放实施深度治理。

工业锅炉使用过程中无组织排放的大气污染物有颗粒物、氨、非甲烷总烃等，其中首要污染物是颗粒物，管控重点为燃煤锅炉和燃生物质锅炉的燃料储存场、输送系统、备料系统等。参考《长三角地区 2019—2020年秋冬季大气污染综合治理攻坚行动方案》（环大气〔2019〕97号），《工业锅炉污染防治可行技术指南》（HJ 1178—2021），《排污许可证申请与核发技术规范 锅炉》（HJ953—2018），本标准对工业锅炉使用过程中涉及的原辅料储存、卸载、运输、制备系统和副产物储存、转运系统提出无组织排放控制要求。

5.7 污染物监测要求的确定及依据

5.7.1 监测分析方法及要求

依据《排污单位自行监测技术指南 总则》（HJ 819—2017）、《排污单位自行监测技术指南 火力发电及锅炉》（HJ 820—2017），本标准规定了工业锅炉自行监测要求。

依据《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）、《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）、《固定污染源监测质量保证与质量控制技术规范（试行）》（HJ/T 373—2007）、《固定源废气监测技术规范》（HJ/T 397—2007）、《固定污染源废气 低浓度颗粒物的测定 重量法》（HJ 836—2017）等文件，本标准规定了工业锅炉监测采样和质量控制要求。

依据现行适用的污染物监测方法标准，本标准规定了工业锅炉大气污染物的测定方法。

5.7.2 颗粒物监测方法适用性说明

目前，GB 13271—2014 和国内相关地方标准中适用的颗粒物（烟尘）手工测定方法主要为 GB/T 16157—1996、HJ 836—2017。

（1）GB/T 16157—1996及其修改单适用于颗粒物浓度大于20 mg/m³的测定及其废气参数的测定。

（2）HJ 836—2017 适用颗粒物浓度≤20 mg/m³的测定，检出限 1.0 mg/m³（采样体积 1 m³），适用于本标准。

5.7.3 二氧化硫监测方法适用性说明

目前，GB 13271—2014 和国内相关地方标准中适用的 SO₂ 手工测定方法主要为《固定污染源排气中二氧化硫的测定 碘量法》（HJ/T 56—2000）、《固定污染源废气二氧化硫的测定 定电位电解法》（HJ 57—2017）、《固定污染源废气二氧化硫的测定 非分散红外吸收法》（HJ 629—2011）、《固定污染源废气气态污染物(SO₂、NO、NO₂、CO、CO₂)的测定 便携式傅立叶变换红外光谱法》（HJ 1240—2021）。

（1）HJ/T 56—2000 测定范围 100 mg/m³~6000 mg/m³，不适用于本标准。

（2）HJ 57—2017 检出限 3 mg/m³、测定下限 12 mg/m³，适用于本标准。

（3）HJ 629—2011 检出限 3 mg/m³、测定下限 10 mg/m³，适用于本标准。

(4) 《固定污染源废气 二氧化硫的测定 便携式紫外吸收法》（HJ 1131—2020）检出限 2 mg/m^3 、测定下限 8 mg/m^3 ，适用于本标准。

(5) 便携式傅立叶变换红外光谱法（HJ 1240—2021） SO_2 的方法检出限为 1 mg/m^3 ，测定下限为 4 mg/m^3 ，适用于本标准。

5.7.4 氮氧化物监测方法适用性说明

目前，GB 13271—2014 和国内相关地方标准中适用的 NO_x 手工测定方法主要为《固定污染源排气中氮氧化物的测定 紫外分光光度法》（HJ/T 42—1999）、《固定污染源排气中氮氧化物的测定 盐酸萘乙二胺分光光度法》（HJ/T 43—1999）、《固定污染源废气 氮氧化物的测定 非分散红外吸收法》（HJ 692—2014）、《固定污染源废气 氮氧化物的测定 定电位电解法》（HJ 693—2014）、《固定污染源废气气态污染物(SO_2 、 NO 、 NO_2 、 CO 、 CO_2)的测定 便携式傅立叶变换红外光谱法》（HJ 1240—2021）。

(1) HJ/T 42—1999 检出限 10 mg/m^3 、定量测定下限 34 mg/m^3 （采样体积 1 L），适用于本标准。

(2) HJ/T 43—1999 定性检出浓度 0.7 mg/m^3 、定量测定浓度 $2.4 \text{ mg/m}^3 \sim 208 \text{ mg/m}^3$ （采样体积 1 L），适用于本标准。

(3) HJ 692—2014 一氧化氮（以 NO_2 计）检出限 3 mg/m^3 、测定下限 12 mg/m^3 ，适用于本标准。

(4) HJ 693—2014 一氧化氮（以 NO_2 计）、二氧化氮检出限 3 mg/m^3 、测定下限 12 mg/m^3 ，适用于本标准。

(5) 《固定污染源废气 氮氧化物的测定 便携式紫外吸收法》（HJ 1132—2020）一氧化氮检出限 1 mg/m^3 、测定下限 4 mg/m^3 ，二氧化氮检出限 2 mg/m^3 、测定下限 8 mg/m^3 ，适用于本标准。

(6) 《固定污染源废气气态污染物(SO_2 、 NO 、 NO_2 、 CO 、 CO_2)的测定 便携式傅立叶变换红外光谱法》（HJ 1240—2021）， NO 的方法检出限为 1 mg/m^3 ，测定下限为 4 mg/m^3 ； NO_2 的方法检出限为 3 mg/m^3 ，测定下限为 12 mg/m^3 ，亦适用于本标准。

5.7.5 汞及其化合物监测方法适用性说明

目前，GB 13271—2014 和国内相关地方标准中适用的 Hg 手工测定方法主要为《固定污染源废气 汞的测定 冷原子吸收分光光度法（暂行）》（HJ 543—2009）、《固定污染源废气 气态汞的测定 活性炭吸附/热裂解原子吸收分光光度法》（HJ 917—2017）。

（1）HJ 543—2009 检出限 $0.0025\text{mg}/\text{m}^3$ 、测定下限 $0.01\text{mg}/\text{m}^3$ （采样体积 10 L），适用于本标准。

（2）HJ 917—2017 检出限 $0.1\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、测定下限 $0.4\mu\text{g}/\text{m}^3$ （采样体积 10L），适用于本标准。

5.7.6 烟气黑度监测方法适用性说明

目前，GB 13271—2014 和国内相关地方标准中适用的烟气黑度手工测定方法主要为《固定污染源排放烟气黑度的测定 林格曼烟气黑度图法》（HJ/T 398—2007）。HJ/T 398—2007 适用于固定污染源排放的灰色或黑色烟气在排放口处黑度的监测，适用于本标准。

5.7.7 自动监测方法适用性说明

目前，GB 13271—2014 和国内相关地方标准中适用的大气污染物自动测定方法主要为 HJ 75—2017、HJ 76—2017，适用于本标准。

HJ 75—2017 适用于以固体、液体为燃料或原料的火电厂锅炉、工业/民用锅炉以及工业炉窑等固定污染源烟气（ SO_2 、 NO_x 、颗粒物）排放连续监测系统，准确度要求为： SO_2 排放浓度 $<20\mu\text{mol}/\text{mol}$ （ $57\text{mg}/\text{m}^3$ ）时，绝对误差不超过 $\pm 6\mu\text{mol}/\text{mol}$ （ $17\text{mg}/\text{m}^3$ ）； NO_x 排放浓度 $<20\mu\text{mol}/\text{mol}$ （ $41\text{mg}/\text{m}^3$ ）时，绝对误差不超过 $\pm 6\mu\text{mol}/\text{mol}$ （ $12\text{mg}/\text{m}^3$ ）；颗粒物排放浓度 $\leq 10\text{mg}/\text{m}^3$ ，绝对误差不超过 $\pm 5\text{mg}/\text{m}^3$ 。

HJ 76—2017 适用于固定污染源烟气（ SO_2 、 NO_x 、颗粒物）排放连续监测系统的设计、生产和检测。

5.7.8 新监测方法适用性说明

根据生态环境部环境保护标准管理要求，本标准实施后国家发布的污染物监测方法标准，如适用性满足要求，同样适用于相应污染物的测定。

5.8 达标判定要求的确定及依据

5.8.1 考核时长

根据 HJ 945.1—2018，大气污染物排放标准应规定正常工况下手工监测和在线监测的大气污染物排放达标判定要求，在线监测原则上以 1 小时平均浓度作为达标判定依据。

根据 HJ/T 397—2007，除相关标准另有规定，排气筒中废气的采样以连续 1 小时的采样获取平均值，或在 1 小时内以等时间间隔采集 3~4 个样品并计算平均值。

5.8.2 优先数据

根据《关于污染源在线监测数据与现场监测数据不一致时证据适用问题的复函》（环政法函〔2016〕98 号），本标准明确若同一时段的现场手工监测数据与有效自动监测数据不一致，优先使用符合法定监测规范和监测方法标准的现场手工监测数据。

5.8.3 非正常情况

根据我省调研情况，受技术经济水平限制以及基准氧含量折算要求，锅炉启动、停炉（机）、事故等非正常情况下烟气污染物短时“高浓度”现象无法避免，并主要集中在启停阶段。从调研情况分析，锅炉出现启停等非正常情况频次较多，且不同类型锅炉启停所需时间差异较大。HJ 953—2018 规定，锅炉排污单位锅炉启动和停机时段内的 NO_x 排放数据不作为废气排放浓度合规判定依据，其中：燃煤/燃生物质锅炉冷启动时长不超过 4 小时、热启动时长不超过 2 小时，停机时间为 1 小时；燃油锅炉冷启动时长不超过 2 小时、热启动时长不超过 1 小时，停机时间为 0.5 小时；燃气锅炉冷启动时长不超过 0.5 小时、热启动时长不超过 0.5 小时，停机时间为 0.5 小时。因此，本标准对启动、停机或事故等非正常情况不再另行规定豁免考核要求。

5.8.4 基准氧含量

根据 HJ 945.1—2018，大气污染物排放浓度应折算为基准氧含量排放浓度。本标准参照 GB13223 和 GB13271 规定的基准氧含量，单台出力小于等于 65

t/h 的燃煤、燃生物质锅炉基准氧含量为 9%；各种容量的层燃炉、抛煤机炉基准氧含量均为9%；单台出力大于 65 t/h 的燃气、燃油锅炉基准氧含量为3.0%，单台出力小于等于65 t/h 的燃气、燃油锅炉基准氧含量为3.5%，锅炉单台出力大于65 t/h 的锅炉延续了 GB 13223—2011 相关要求，锅炉单台出力小于等于 65 t/h 的锅炉延续了 GB 13271—2014 相关要求。

6 主要国家、地区及国际组织相关标准研究

6.1 国内相关排放标准

6.1.1 国家标准

GB 13271—2014 于 2014 年 7 月 1 日起正式实施，其控制项目为颗粒物、二氧化硫、氮氧化物和汞及其化合物、烟气黑度，各项污染物的排放限值如下：

表 6.1-1 现有锅炉大气污染物排放限值（单位：mg/m³）

污染物项目	燃煤锅炉	燃油锅炉	燃气锅炉	排放监控位置
颗粒物	80	60	30	烟囱或烟道
二氧化硫	400/550 ⁽¹⁾	300	100	
氮氧化物	400	400	400	
汞及其化合物	0.05	—	—	
烟气黑度（林格曼黑度，级）	≤1			烟囱排放口

注：（1）位于广西壮族自治区、重庆市、四川省和贵州省的燃煤锅炉执行该限值。

表 6.1-2 新建锅炉大气污染物排放限值（单位：mg/m³）

污染物项目	燃煤锅炉	燃油锅炉	燃气锅炉	排放监控位置
颗粒物	50	30	20	烟囱或烟道
二氧化硫	300	200	50	
氮氧化物	300	250	200	
汞及其化合物	0.05	—	—	
烟气黑度（林格曼黑度，级）	≤1			烟囱排放口

表 6.1-3 大气污染物特别排放限值（单位：mg/m³）

污染物项目	燃煤锅炉	燃油锅炉	燃气锅炉	排放监控位置
颗粒物	30	30	20	烟囱或烟道
二氧化硫	200	100	50	
氮氧化物	200	200	150	
汞及其化合物	0.05	—	—	
烟气黑度（林格曼黑度，级）	≤1			烟囱排放口

GB 13223—2011《火电厂大气污染物排放标准》规定了单台出力65 th以上除层燃炉、抛煤机炉外的燃煤发电锅炉；各种容量的煤粉发电锅炉；单台出力

65 t/h 以上燃油、燃气发电锅炉；各种容量的燃气轮机组、整体煤气化联合循环发电的燃气轮机组的排放限值。其大气污染物特别排放限值见表6.1-4。

表 6.1-4 大气污染物特别排放限值（单位：mg/m³）

序号	燃料和热能转化设施类型	污染物项目	适用条件	限值	排放监控位置
1	燃煤锅炉	烟尘	全部	20	烟囱或烟道
		二氧化硫	全部	50	
		氮氧化物	全部	100	
		汞及其化合物	全部	0.03	
2	以油为燃料的锅炉或燃气轮机组	烟尘	全部	20	
		二氧化硫	全部	50	
		氮氧化物	燃油锅炉	100	
			燃气轮机组	120	
3	以气体为燃料的锅炉或燃气轮机组	烟尘	全部	5	
		二氧化硫	全部	35	
		氮氧化物	燃油锅炉	100	
			燃气轮机组	50	
4	燃煤锅炉，以油、气体为燃料的锅炉或燃气轮机组	烟气黑度（林格曼黑度，级）	≤1	烟囱排放口	

6.1.2 地方标准

GB 13271—2014 实施后，部分省（直辖市、自治区）制定了更严格的地方标准。具体见表6.1-5。主要污染物颗粒物、SO₂、NO_x 的标准限值见表6.1-6至表6.1-8。本标准与其他地方标准排放限值比较见图6.1-1至图6.1-6。

表 6.1-5 锅炉大气污染物排放地方标准

区域	标准号	标准名称	实施日期
全国	GB 13271—2014	《锅炉大气污染物排放标准》	2014年7月1日
北京市	DB11/139—2015	《锅炉大气污染物排放标准》	2015年7月1日
上海市	DB31/387—2018	《锅炉大气污染物排放标准》	2018年6月7日
山东省	DB37/2374—2018	《锅炉大气污染物排放标准》	2019年1月1日
广东省	DB 44/765—2019	《锅炉大气污染物排放标准》	2019年4月1日
河北省	DB13/5161—2020	《锅炉大气污染物排放标准》	2020年5月1日
山西省	DB14/1929—2019	《锅炉大气污染物排放标准》	2020年5月1日
陕西省	DB61/1226—2018	《锅炉大气污染物排放标准》	2019年1月29日

四川省成都市	DB51/2672—2020	《成都市锅炉大气污染物排放标准》	2021年1月1日
天津市	DB12/151—2016	《锅炉大气污染物排放标准》	2016年8月1日
	DB12/765—2018	《生物质成型燃料锅炉大气污染物排放标准》	2018年2月1日
新疆自治区乌鲁木齐市	DB65/2154—2010	《燃煤锅炉大气污染物排放标准》	2010年10月1日
	DB6501/T 001—2018	《燃气锅炉大气污染物排放标准》	2018年4月22日
重庆市	DB50/658—2016	《锅炉大气污染物排放标准》	2016年2月1日
河南省	DB41/2089—2021	《锅炉大气污染物排放标准》	2021年3月1日
江苏省	报批稿	《锅炉大气污染物排放标准》	2022年4月

表 6.1-6 我国部分地区锅炉颗粒物排放限值（单位：mg/m³）

区域	说明		燃煤锅炉	燃油锅炉	燃气锅炉	生物质锅炉
北京市	在用	高污染燃料禁燃区	5	5	5	5
		高污染燃料禁燃区外	10	10	10	10
	新建		5	5	5	5
上海市	在用		10	10	10	20
	新建		10	10	10	20
山东省	在用		20	20	20	20
	新建	核心控制区	5	5	5	5
		重点控制区	10	10	10	10
	一般控制区		10	10	10	10
广东省	在用		30（珠三角） /50	30	20	20
	新建		30	20	20	20
	特别排放限值		10	10	10	10
河北省			10	5	10	20（<20t/h） 10（>20t/h）
山西省	新建		10	5	10	10
	在用	城市建成区	10	5	10	10
		非城市建成区	20	5	10	20
陕西省			10（关中、陕北城市建成区）/30	10	10	10（城市建成区）/20
四川成都市	在用	高污染燃料禁燃区	10	10	10	10
		高污染燃料禁燃区外	30	30	20	30
	新建	高污染燃料禁燃区	10	10	10	10
		高污染燃料禁燃区外	禁排	20	10	20
天津市	在用	高污染燃料禁燃区	30/禁排 (2018.8.1)	30	10	20 (2018.11.1)

区域	说明		燃煤锅炉	燃油锅炉	燃气锅炉	生物质锅炉
		高污染燃料禁燃区外	30	30	10	
	新建		20	10	10	20
新疆乌鲁木齐	在用	高污染燃料禁燃区	50	/	/	/
		高污染燃料禁燃区外	80—100	/	/	/
	新建	高污染燃料禁燃区	30	/	/	/
		高污染燃料禁燃区外	50	/	/	/
重庆市	在用	主城区	30	30	30	30
		影响区	50	60	30	50
		其他区	80	60	30	80
	新建	主城区	30	30	20	30
		影响区	30	30	20	30
		其他区	50	30	20	50
河南省	新建、在用		10	10	5	10
江苏省 (报批稿)	新建、在用		10	10	5	20 (其它区域) 10 (位于城市建成区)

表 6.1-7 我国部分地区锅炉二氧化硫排放限值（单位：mg/m³）

区域	说明		燃煤锅炉	燃油锅炉	燃气锅炉	生物质锅炉
北京市	在用	高污染燃料禁燃区	10	10	10	10
		高污染燃料禁燃区外	20	20	20	20
	新建		10	10	10	10
上海市	在用		10	10	10	20
	新建		10	10	10	20
山东省	在用		200	100	50	200
	新建	核心控制区	35	35	35	35
		重点控制区	50	50	50	50
		一般控制区	50	100	50	200
广东省	在用	珠三角	200	100	50	35
		其他	300	200	50	50
	新建		200	100	50	35
	特别排放限值		35	35	35	35
河北省			35	20	10	30
山西省	新建		35	35	35	30
		城市建成区	35	35	35	30

区域	说明		燃煤锅炉	燃油锅炉	燃气锅炉	生物质锅炉
	在用	非城市建成区	100	35	35	30
陕西省			35（关中、陕北城市建成区）/50—100	20	20（天然气）/50	20（城市建成区）/35
四川成都市	在用	高污染燃料禁燃区	10	10	10	10
		高污染燃料禁燃区外	200	100	50	50
	新建	高污染燃料禁燃区	10	10	10	10
		高污染燃料禁燃区外	禁排	20	10	30
天津市	在用	高污染燃料禁燃区	200/禁排（2018.8.1）	50	20	30（2018.11.1）
		高污染燃料禁燃区外	200/100（2018.8.1）	50	20	
	新建		50	20	20	30
新疆乌鲁木齐	在用	高污染燃料禁燃区	150—200	/	10（2020.10.1）	/
		高污染燃料禁燃区外	200—250	/		/
	新建	高污染燃料禁燃区	150	/	10	/
		高污染燃料禁燃区外	150—200	/		/
重庆市	在用	主城区	200	200	50	200
		影响区	400	300	100	400
		其他区	550	300	100	550
	新建	主城区	50	100	50	50
		影响区	200	200	50	200
		其他区	300	200	50	300
河南省	新建、在用		35	20	10	35
江苏省（报批稿）	新建、在用		35	35	35	50（其它区域） 35（位于城市建成区）

表 6.1-8 我国部分地区锅炉氮氧化物排放限值（单位：mg/m³）

区域	说明		燃煤锅炉	燃油锅炉	燃气锅炉	生物质锅炉
北京市	在用	高污染燃料禁燃区	80	80	80	80
		高污染燃料禁燃区外	150	150	150	150
	新建		30	30	30	30
上海市	在用	外环线区域内	50	50	50	150
		外环线区域外	80	80		
	新建		50	50	50	150
山东省	在用		300	250	200	300

《锅炉大气污染物排放标准》（征求意见稿）编制说明

区域	说明		燃煤锅炉	燃油锅炉	燃气锅炉	生物质锅炉
	新建	核心控制区	50	50	50	50
		重点控制区	100	100	100	100
		一般控制区	100（济南、青岛、淄博、潍坊、日照五市及设区市）/200	200	200	200
广东省	在用	珠三角	200	200	150	150
		其他	300	250	200	200
	新建		200	200	150	150
	特别排放限值		50	50	50	50
河北省			50/80（层燃炉、抛煤机炉）	50	80（<20t/h） 50（≥20t/h）	150（<20t/h） 80（≥20t/h）
山西省	新建		50	100	50	50
	在用	城市建成区	50		100/50（2020.10.1）	50
		非城市建成区	150		150	
陕西省			50（关中、陕北城市建成区）/200	150	50（新建天然气）/80（在用天然气）/150	50（城市建成区）/150
四川成都市	在用	高污染燃料禁燃区	30	30	30	30
		高污染燃料禁燃区外	200	200	150	200
	新建	高污染燃料禁燃区	30	30	30	30
		高污染燃料禁燃区外	禁排	100	60	150
天津市	在用	高污染燃料禁燃区	400/禁排（2018.11.1）	300	150	150（2018.11.1）
		高污染燃料禁燃区外	400/200	300	150	
	新建		150	80	80	150
新疆乌鲁木齐	在用		/	/	60（2020.10.1）	/
	新建		/	/	40	/
重庆市	在用	主城区	200	300	400	200
		影响区	400	400	400	400
		其他区	400	400	400	400
	新建	主城区	200	200	200	200
		影响区	200	250	200	200
		其他区	300	250	200	300
河南省	新建、在用		50	80	50	50
江苏省（报批稿）	新建、在用		50	50	50	150（其它区域） 50（位于城市建成区）

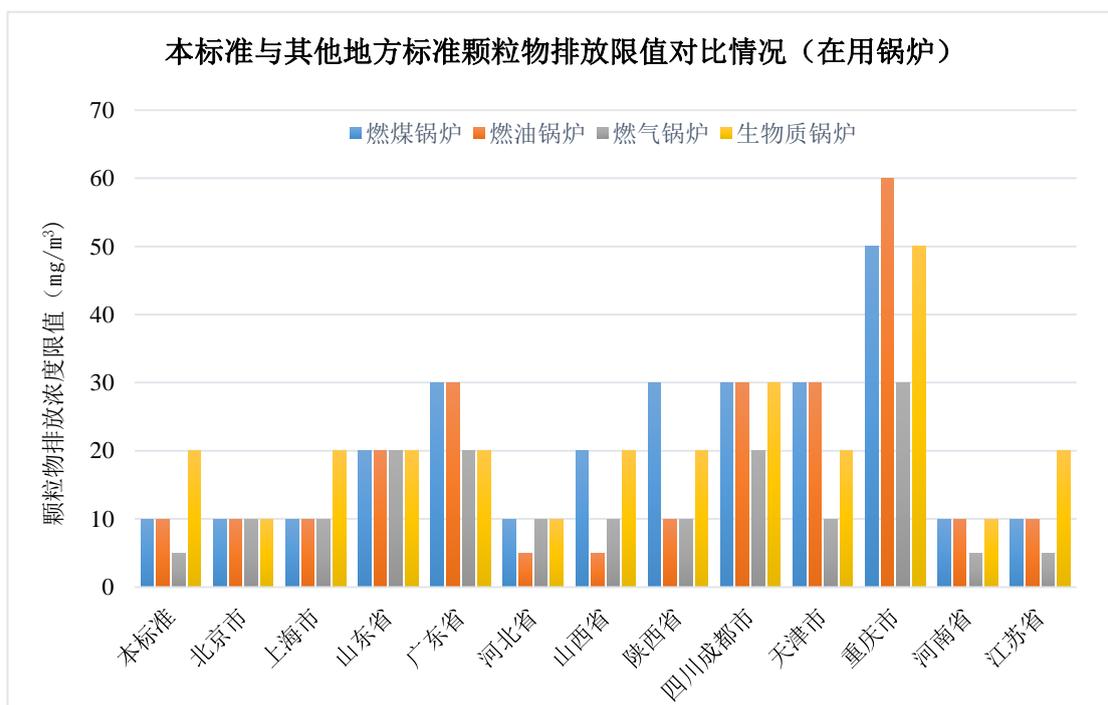
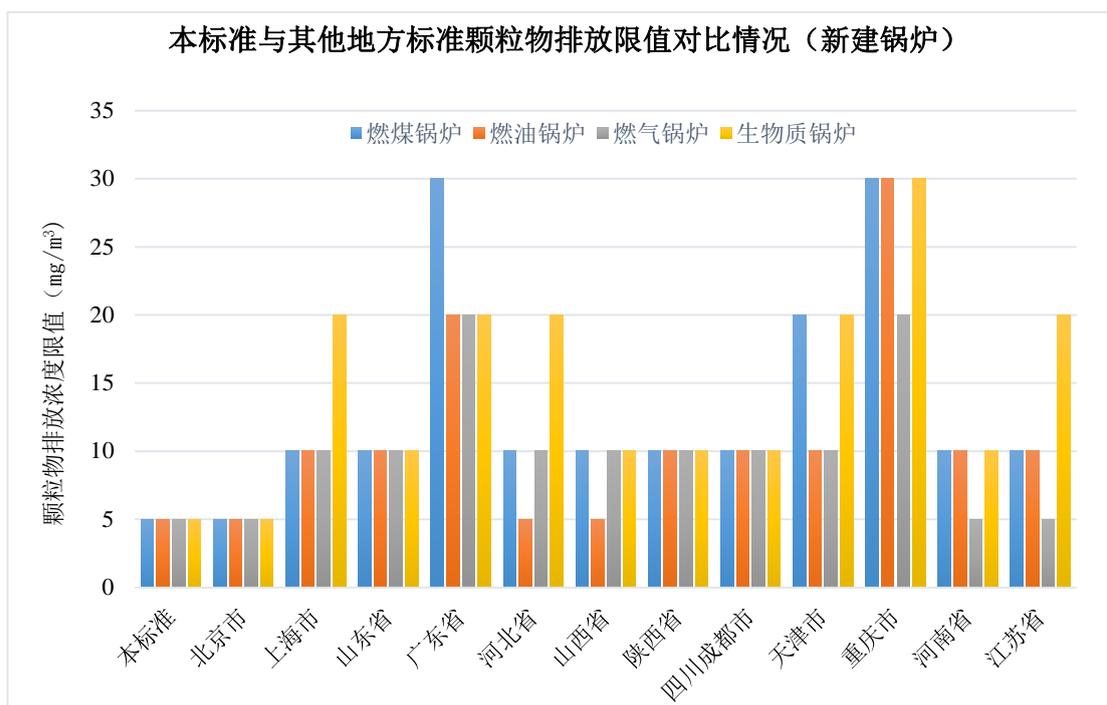


图 6.1-1 本标准与其他地方标准颗粒物排放控制要求比较

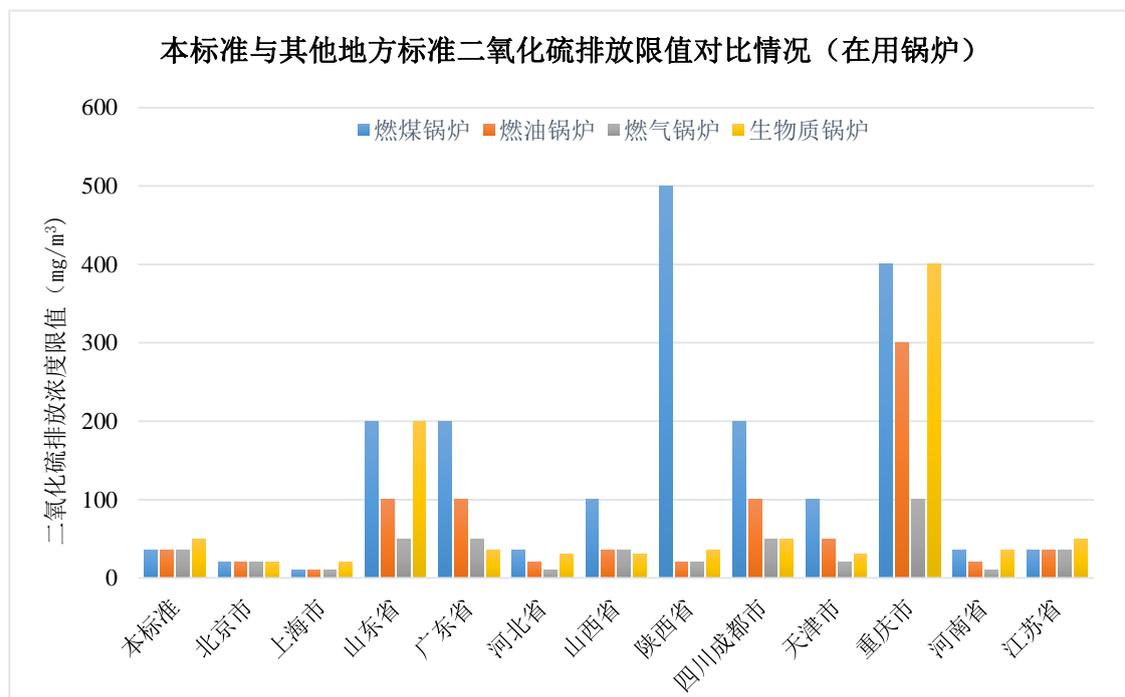
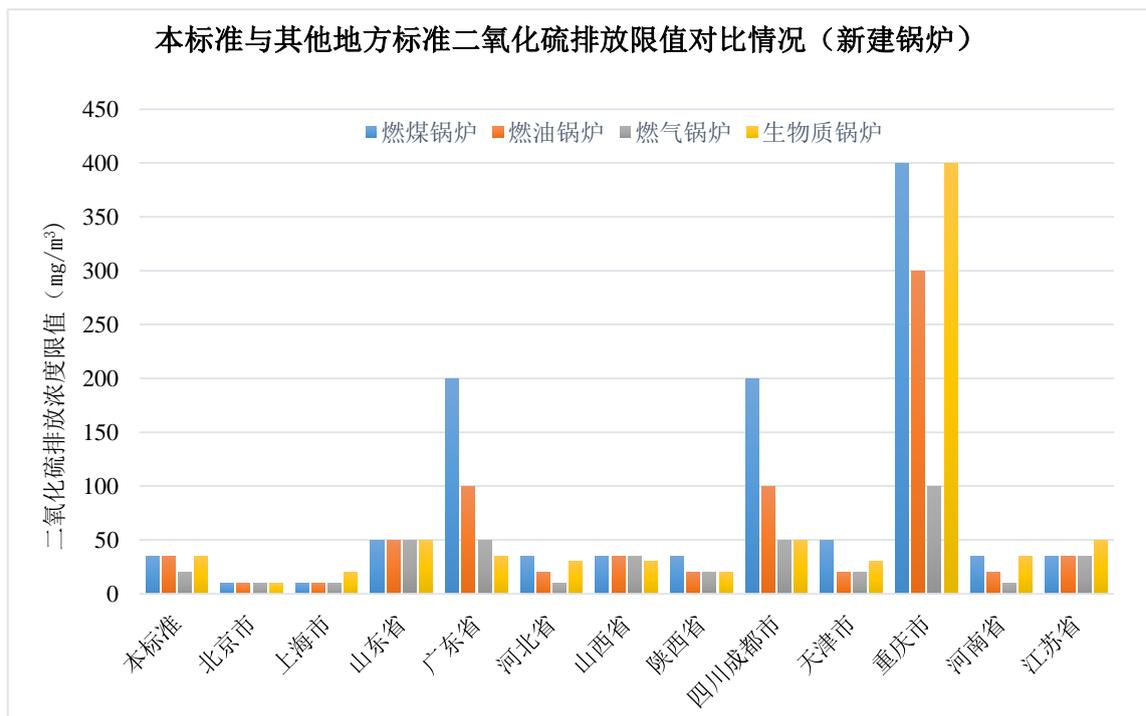


图 6.1-2 本标准与其他地方标准二氧化硫排放控制要求比较

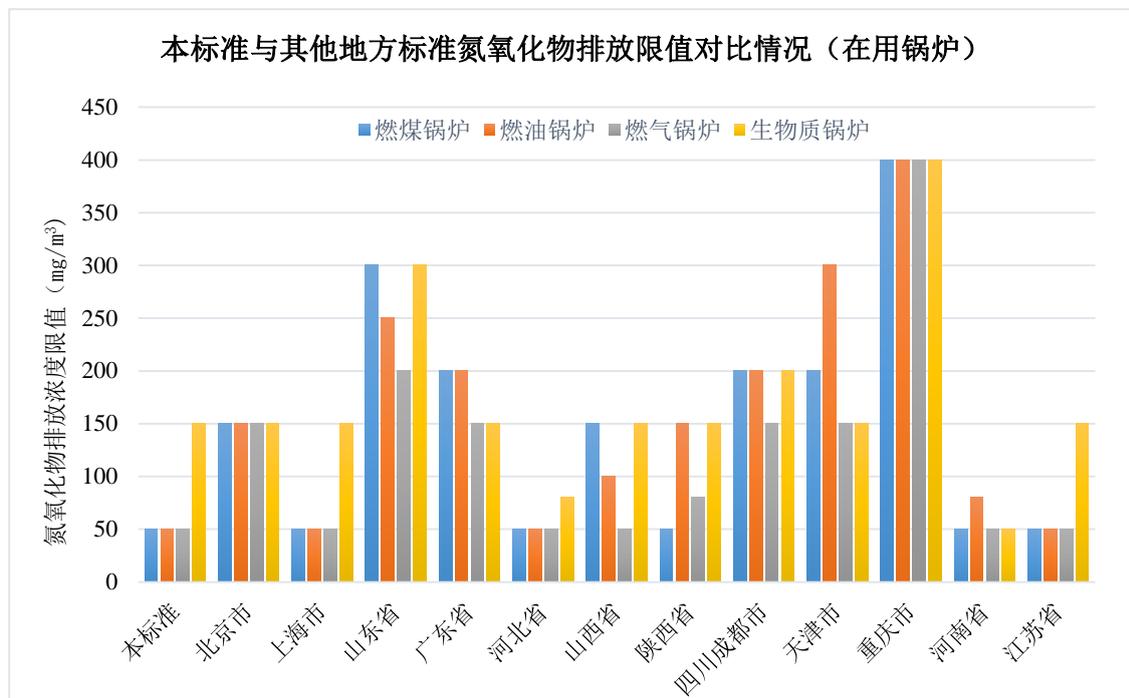
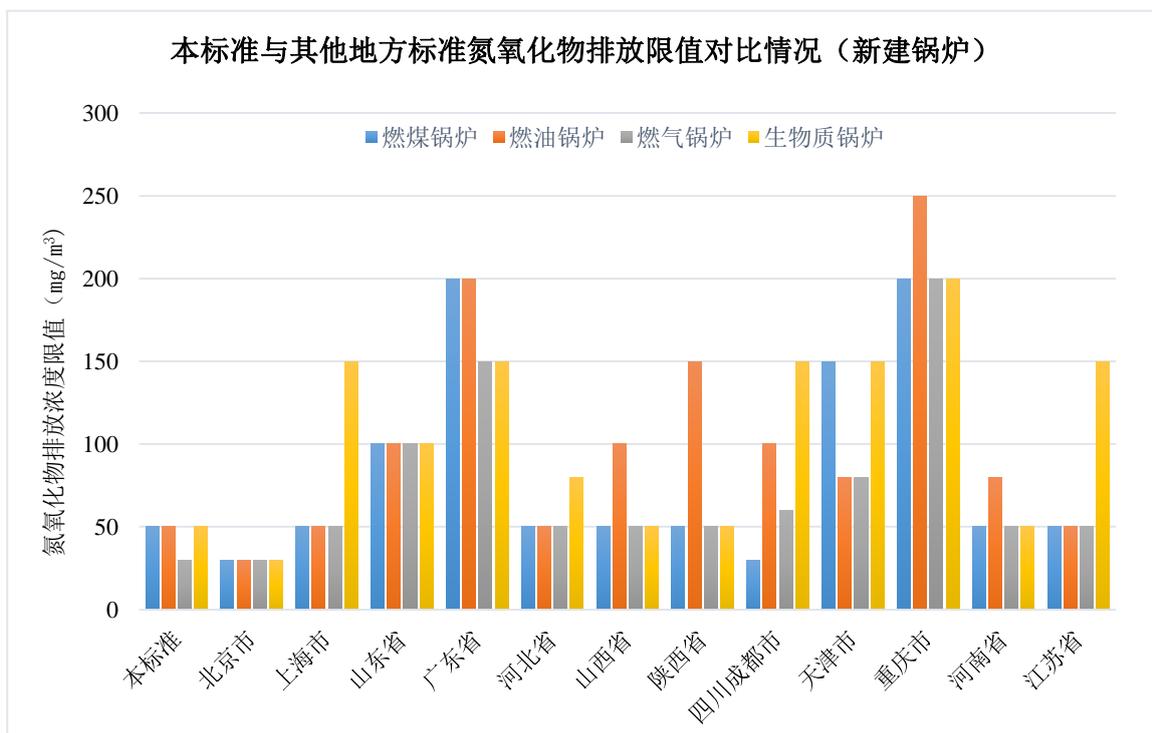


图 6.1-3 本标准与其他地方标准氮氧化物排放控制要求比较

对于汞及其化合物，大部分地区与GB 13271—2014 要求一致，广东省对（新建燃煤、燃生物质锅炉）、陕西省（关中和陕北城市建成区）加严至 $0.03\text{mg}/\text{m}^3$ ，北京市则大幅收紧限值（新建锅炉及高污染燃料禁燃区内的在用锅炉 $0.5\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，高污染燃料禁燃区外的在用锅炉 $30\mu\text{g}/\text{m}^3$ ）。

6.1.3 排放控制要求的长三角一体化协调性

（1）本标准中，新建燃煤锅炉、燃油锅炉的颗粒物排放限值与上海市DB31/ 387—2018、江苏省报批稿一致；新建燃气锅炉的颗粒物排放限值比上海市DB31/ 387—2018 严格、与江苏省报批稿一致；新建生物质锅炉颗粒物排放限值均比上海市DB31/ 387—2018 和江苏省报批稿严格；在用燃煤锅炉、燃油锅炉的颗粒物排放限值与上海市DB31/ 387—2018、江苏省报批稿一致；在用燃气锅炉的颗粒物排放限值比上海市DB31/ 387—2018 严格、与江苏省报批稿一致；在用的位于城市建成区燃生物质锅炉的颗粒物排放限值比上海市DB31/ 387—2018 严格，与江苏省报批稿一致；现有位于其他区域燃生物质锅炉的颗粒物排放限值与上海市DB31/ 387—2018 一致，与江苏省报批稿一致。

（2）本标准中，新建燃煤锅炉、燃生物质锅炉、燃油锅炉 SO_2 排放限值比上海市DB31/ 387—2018 宽松，与江苏省报批稿一致；新建燃气锅炉 SO_2 排放限值比上海市DB31/ 387—2018 宽松，比江苏省报批稿严格；在用燃煤锅炉、燃生物质锅炉、燃油锅炉、燃生物质锅炉 SO_2 排放限值均比上海市DB31/ 387—2018 宽松，与江苏省报批稿一致。

（3）本标准中，新建燃煤锅炉、燃油锅炉 NO_x 排放限值与上海市DB31/ 387—2018、江苏省报批稿一致，燃气锅炉、燃生物质锅炉 NO_x 排放限值比上海市DB31/ 387—2018、江苏省报批稿严格，在用燃煤锅炉、燃油锅炉、燃气锅炉、燃生物质锅炉 NO_x 排放限值与上海市DB31/ 387—2018、江苏省报批稿一致。

（4）汞及其化合物排放限值上海市DB31/ 387—2018 中未涉及，本标准中Hg及其化合物排放限值比国家标准GB 13271—2014 严格，与江苏省报批稿一致。

此外，安徽省未出台工业锅炉相关地方标准，其工业锅炉执行GB 13271—2014 和国家相关环境管理政策。

6.2 国外相关排放标准

6.2.1 美国锅炉大气污染物排放标准

该标准以2005年2月28日为时段对锅炉排放限值进行时段划分，控制的污染物是二氧化硫、烟尘和氮氧化物，其特点如下：

美国锅炉标准的排放限值单位为ng/J(热输入)或磅/MMBtu，燃料输入的单位热排放的污染物量，隐含了对锅炉热效率的要求。对于大陆地区执行标准严于非大陆地区。对于混合燃料锅炉的排放，依据混合燃料系数分配限值，固体燃料排放系数是260ng/J，液体燃料排放系数是170ng/J。对于主要污染物，如果采用低污染燃料或燃烧过程中采取污染控制，规定一种污染物排放限值；如果不属于这种情况，则规定初始排放浓度不得超过一定的标准，并规定了具体的治理效率要求。

表 6.2-1 美国工业锅炉（热输入功率 2.9 MW~29 MW）二氧化硫排放限值

类别	2005年2月28日前 (ng/J)		2005年2月28日后 (ng/J)	
	硫去除率	排放限值	硫去除率	排放限值
燃煤锅炉	—	87 (170 mg/m ³)	—	87 (170 mg/m ³)
	90%	520 (脱硫前, 1121 mg/m ³)	92%	520 (脱硫前, 1121mg/m ³)
燃煤矸石锅炉	—	87 (132 mg/m ³)	—	—
	80%	520 (脱硫前, 788 mg/m ³)	—	—
燃油锅炉	—	87 (250 mg/m ³)	—	87 (250 mg/m ³)
	90%	340 (脱硫前, 1082 mg/m ³)	92%	340 (脱硫前, 1082mg/m ³)
燃气锅炉	—	—	—	87 (250 mg/m ³)
	—	—	92%	520 (脱硫前, 2213mg/m ³)

表6.2-2 美国工业锅炉（热输入功率 2.9 MW~29 MW）颗粒物排放限值

类别	2005年2月28日前 (ng/J)		2005年2月28日后 (ng/J)	
	燃煤锅炉	22 (42 mg/m ³)	13 (25 mg/m ³)	22 (99.8%去除率, 42 mg/m ³)
燃煤矸石锅炉	22 (33 mg/m ³)	13 (25 mg/m ³)	22 (99.8%去除率, 33 mg/m ³)	
燃油锅炉	43 (137 mg/m ³)	13 (41 mg/m ³)	22 (99.8%去除率, 64 mg/m ³)	
燃木料锅炉	43	13	22 (99.8%去除率)	

表 6.2-3 美国工业锅炉（热输入功率≥29 MW）氮氧化物排放限值

类别		限值 (ng/J)
天然气和分馏油	低热释放率	43 (0.1lb/MMBTu)
	高热释放率	86 (0.2lb/MMBTu)
残油	低热释放率	130 (0.3lb/MMBTu)
	高热释放率	170 (0.4lb/MMBTu)
煤炭	大量喂料器	210 (0.5lb/MMBTu)
	撒料机和流化床燃烧	260 (0.6lb/MMBTu)
	煤粉	300 (0.7lb/MMBTu)
	褐煤	260 (0.6lb/MMBTu)
	在北达科他州, 南达科他州 或蒙大拿州开 采的褐煤在 炉渣出炉中燃烧	340 (0.8lb/MMBTu)
	煤衍生的合成燃料	210 (0.5lb/MMBTu)
联合循环系统中使用的风 道燃烧器	天然气和馏分油	86 (0.2lb/MMBTu)
	残油	170 (0.4lb/MMBTu)

注：若为煤与天然气或者石油混合燃烧，则热输入为86 ng/J (0.2lb/MMBTu)

表 6.2-4 美国工业锅炉汞及其化合物排放限值

类别	2005年2月28日前 (lb/MMBTu)	2005年2月28日后 (lb/MMBTu)
燃煤锅炉	5.7×10^{-6} (7.01 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	8.0×10^{-7} (0.98 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)
燃油锅炉	2.0×10^{-6} (2.46 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	4.8×10^{-7} (0.59 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)
燃气锅炉	7.9×10^{-6} (7.92 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	7.9×10^{-6} (7.92 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

6.2.2 欧盟标准

欧盟没有专门制定关于锅炉的大气污染物排放标准，对于全厂总热输入功率在50MW及以上（单个或多个累计）的燃烧装置，执行《2010年11月24日欧洲议会和理事会第2010/75/EU指令》（即工业排放—综合污染预防和控制）中相关排放限值；对于全厂总热输入功率在1MW至50MW的燃烧装置，执行2015年11月25日欧洲议会和理事会指令2015/2193（关于限制中等燃烧装置向空气中排放某些污染物的指令）中相关排放限值。

表 6.2-5 欧盟总热输入功率 50~100MW 锅炉排放限值（单位：mg/m³）

项目	煤、褐煤和其他固体燃料	生物质、泥炭	液体燃料	气体燃料
SO ₂	400	200/300（泥炭）	350	35/5（液化气）/400（焦炉煤气）/200（高炉煤气）
NO _x	现有：300/450（褐煤） 新建：300/400（褐煤）	现有：300 新建：250	现有：450 新 建：300	现有：100（天然气）/200（焦炉煤气、高炉煤气等）；新建：100
烟尘	现有：30 新建：20			5/10（高炉煤气）/30（钢铁工业余气）
CO	—	—	—	现有：100（天然气）；新建：100

注：现有指2013年1月7日前获许可证或在2013年1月7日前提交申请且2014年1月7日前投运的燃烧装置。

表 6.2-6 欧盟额定输入功率 1~5MW 现有锅炉排放限值（单位：mg/m³）

污染物	固体生物质	其他固体燃料	瓦斯油	瓦斯油以外的液体燃料	天然气	天然气以外的气体燃料
SO ₂	200（1）（2）	1100	—	350	—	200（3）
NO _x	650	650	200	650	250	250
烟尘	50	50	—	50	—	—

（1）不适用于仅燃烧木质固体生物质。

（2）燃烧秸秆情况为 300 mg/m³。

（3）在钢铁行业的焦炉中产生的低热量气体的情况为 400 mg/m³。

表6.2-7 欧盟额定输入功率 >5MW 现有锅炉排放限值（单位：mg/m³）

污染物	固体生物质	其他固体燃料	瓦斯油	瓦斯油以外的液体燃料	天然气	天然气以外的气体燃料
SO ₂	200（1）（2）	400（3）	—	350（4）	—	35（5）（6）
NO _x	650	650	200	650	250	250
烟尘	30（7）	30（7）	—	30	—	—

- (1) 不适用于仅燃烧木质固体生物质。
- (2) 燃烧秸秆情况为 300 mg/m³。
- (3) 额定热输入大于 5 MW 且小于或等于 20 MW，为 1100 mg/m³。
- (4) 2030 年 1 月 1 日前，额定热输入大于 5 MW 且小于或等于 20 MW 的重质燃油燃烧工厂，为 850 mg/m³。
- (5) 在钢铁工业中来自焦炉的低热量气体，为 400 mg/m³；对于来自鼓风机炉的低热量气体，则为 200mg/m³。
- (6) 燃烧沼气为 170 mg/m³。
- (7) 额定热输入大于 5 MW 且小于或等于 20 MW 的，为 50 mg/m³。

表 6.2-8 欧盟新建锅炉排放限值（单位：mg/m³）

污染物	固体生物质	其他固体燃料	瓦斯油	瓦斯油以外的液体燃料	天然气	天然气以外的气体燃料
SO ₂	200 (1)	400	—	350 (2)	—	35 (3) (4)
NO _x	300 (5)	300 (5)	200	300 (6)	100	200
烟尘	20 (7)	20 (7)	—	20 (8)	—	—

- (1) 不适用于仅燃烧木质固体生物质。
- (2) 2025 年 1 月 1 日前，工厂为 SIS 或 MIS 一部分执行 1700 mg/m³。
- (3) 在钢铁工业中来自焦炉的低热量气体，为 400 mg/m³；对于来自鼓风机炉的低热量气体，则为 200 mg/m³。
- (4) 燃烧沼气为 100 mg/m³。
- (5) 额定热输入大于 5 MW 且小于或等于 20 MW，为 500 mg/m³。
- (6) 2025 年 1 月 1 日前，工厂是 SIS 或 MIS 的一部分，燃烧重质燃油含量在 0.2%至 0.3%之间的，为 450 mg/m³；如果燃烧重质燃油含量低于 0.2%，则为 360 mg/m³。
- (7) 总额定热输入≥1 MW 且≤5 MW 的，为 50 mg/m³；对于总额定热输入>5 MW 且≤20 MW 的，为 30 mg/m³。
- (8) 总额定热输入≥1 MW 且≤5 MW 的，为 50 mg/m³。

6.2.3 世界银行

世界银行 EHS 指南（Environmental, Health, and Safety Guidelines）对于总热输入功率 3 MWth~50 MWth 的小型燃烧装置（年运行时间超过 500h 或年利用系数超过 30%的设施）提出了排放指导值，整体上比较宽松。

表 6.2-9 世界银行小型燃烧装置排放指导值（单位：mg/m³）

燃料	颗粒物	SO ₂	NO _x
气体	—	—	320
液体	50	2000	460
固体	50	2000	650

与上述国外同类法规或标准相比，本标准颗粒物、SO₂ 和 NO_x 不仅排放限值相对较严，小时均值的达标考核要求也更严格。

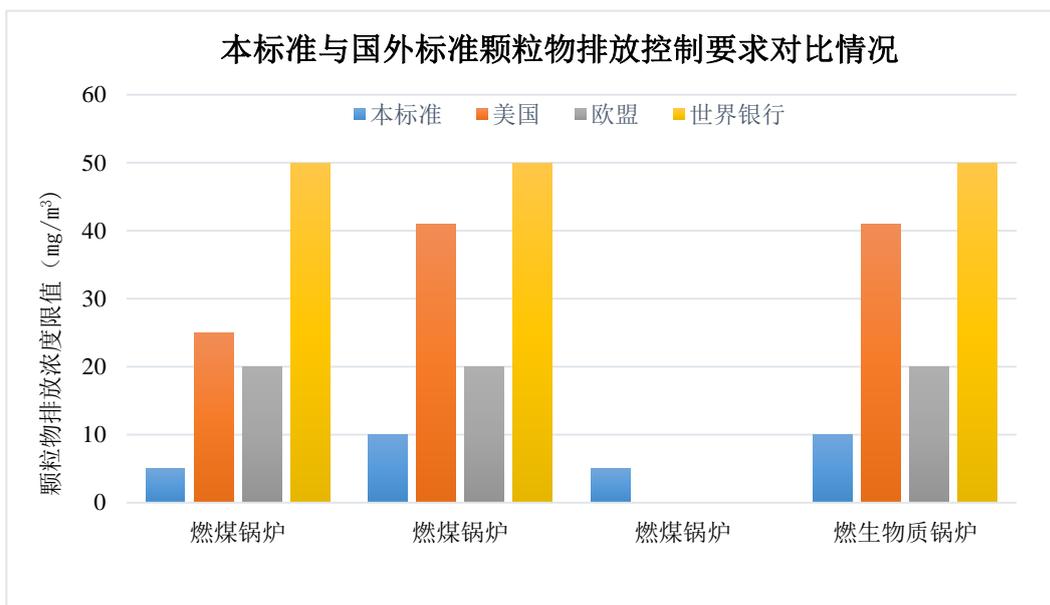


图 6.2-1 本标准与国外标准颗粒物排放控制要求比较

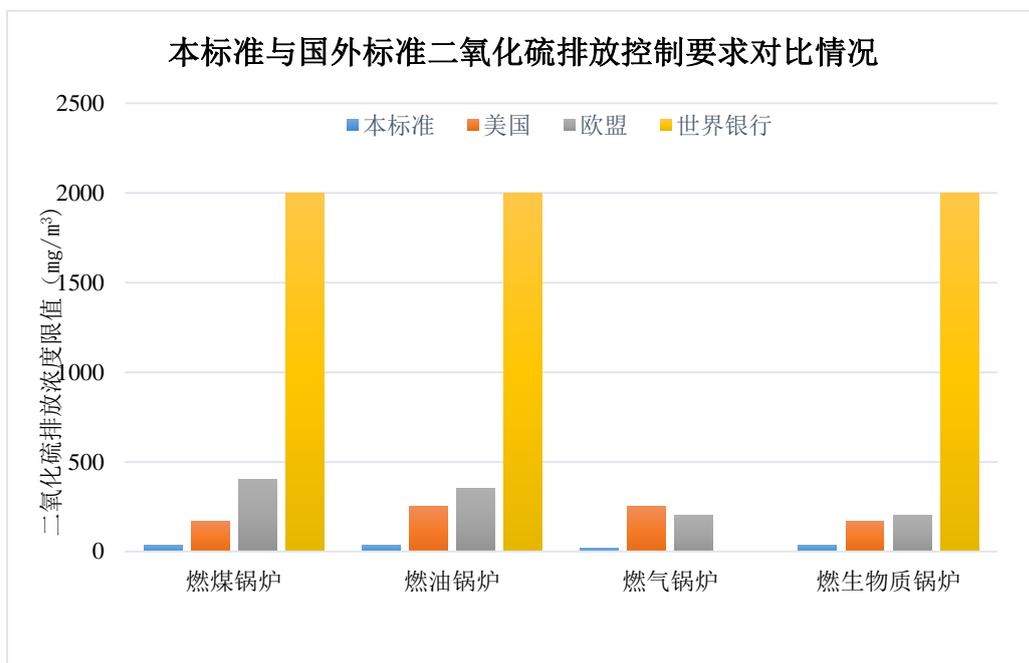


图 6.2-2 本标准与国外标准二氧化硫排放控制要求比较

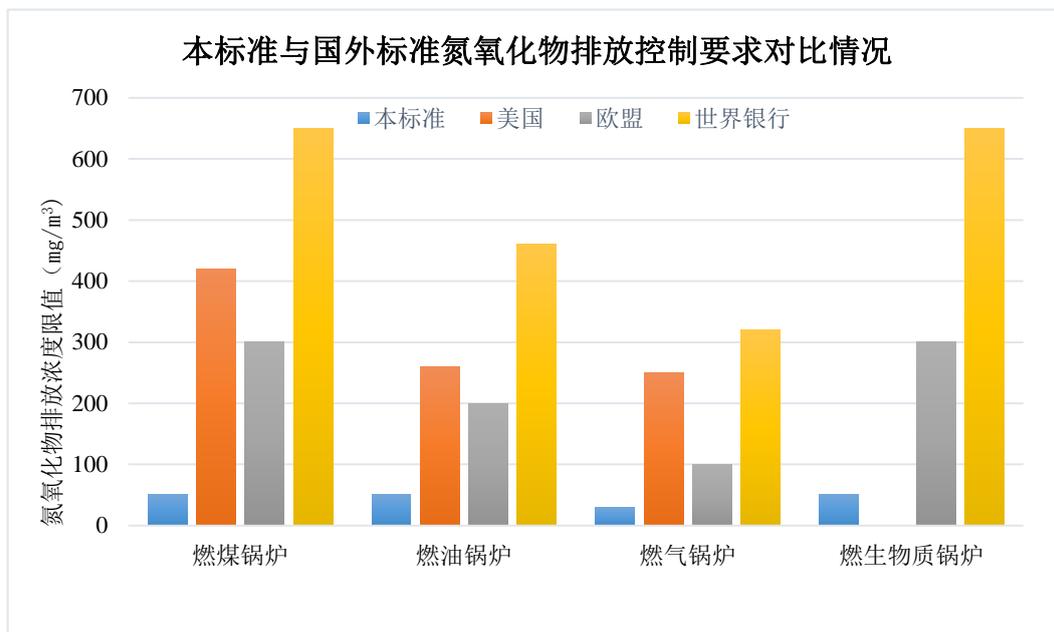


图 6.2-3 本标准与国外标准氮氧化物排放控制要求比较

7 实施本标准的成本效益分析

7.1 标准实施后环境效益分析

从标准限值看，燃煤锅炉由目前执行的GB 13271—2014特别排放限值收严至本标准排放水平，颗粒物、SO₂、NO_x标准限值分别降低83.3%、82.5%、75.0%；城市建成区外燃生物质锅炉由 GB 13271—2014 特别排放限值收严至本标准排放水平，颗粒物、SO₂、NO_x标准限值分别降低33.3%、75.0%、33.3%；燃油锅炉由 GB 13271—2014 特别排放限值收严至本标准排放水平，颗粒物、SO₂、NO_x标准限值分别降低50.0%、65.0%、75.0%；燃气锅炉由 GB 13271—2014 特别排放限值收严至本标准排放水平，颗粒物、SO₂、NO_x 分别标准限值降低83.3%、40.0%、66.7%。

表7.1-1 标准实施前后锅炉污染物排放限值比较

锅炉类型	颗粒物			SO ₂			NO _x		
	国标特别排放限值	本标准限值	削减比例 (%)	国标特别排放限值	本标准限值	削减比例 (%)	国标特别排放限值	本标准限值	削减比例 (%)
燃煤锅炉	30	10	66.7	200	35	82.5	200	50	75.0
燃生物质锅炉	30	20	33.3	200	50	75.0	200	150	25.0
燃油锅炉	20	10	50.0	100	35	65.0	200	50	75.0
燃气锅炉	30	5	83.3	50	30	40.0	150	50	66.7

本标准实施后，锅炉颗粒物、二氧化硫、氮氧化物排放量将有效削减，环境效益明显。我省 35 蒸吨/时及以上燃煤锅炉已全部完成超低排放改造，即已达到本标准限值，本标准实施前后污染物排放量变化不大；生物质燃料含硫率较低，对燃生物质锅炉的减排主要是颗粒物和 NO_x，城市建成区的燃生物质锅炉，颗粒物、NO_x 分别可削减约 66.6%、75.0%，城市建成区外的燃生物质锅炉，颗粒物、NO_x 分别可削减约 33.3%、25.0%；对燃气、燃油锅炉，主要污染物为 NO_x，其中，全省累计已完成燃气锅炉低氮改造 3280 台（合计 1.5 万 t/h），低氮改造率为 71%，本标准实施后，燃油锅炉须进一步采取脱硝措施，氮氧化物将大幅减少。

根据 2020 年浙江省环境统计年报，全省工业锅炉颗粒物产生量为 70.328007 万吨，排放量为 0.244655 万吨，去除效率为 99.65%；二氧化硫产生量为 7.842514 万吨，排放量为 0.788971 万吨，去除效率为 89.94%；氮氧化物产生量为 3.646009 万吨，排放量为 1.01306 万吨，去除效率为 72.21%；本标准实施后，颗粒物、二氧化硫、氮氧化物的去除效率分别提高到 99.8%、90.0%、90.0%，则颗粒物、二氧化硫、氮氧化物的分别可削减 1040 t/a、47.2 t/a、6485 t/a。

7.2 工业锅炉提标的经济成本分析

工业锅炉大气污染治理设施的投资与燃料类型、炉型、锅炉容量、排放限值以及治理技术种类等密切相关。

（1）燃煤锅炉

结合前期工作开展情况，我省已基本淘汰35蒸吨/时以下燃煤锅炉，全省只剩69台，1330t/h，预计在本标准实施前全部淘汰；35蒸吨/时及以上燃煤锅炉已全部完成超低排放改造。因此，实际工作中，实施本标准基本不涉及改造成本。

（2）燃生物质锅炉

位于城市建成区的生物质锅炉执行超低排放要求， NO_x 排放浓度达到 50 mg/m^3 及以下，需要在低氮燃烧的基础上加装SCR或者SNCR-SCR的脱硝措施，城市建成区生物质锅炉很少，随着天然气管网的不断普及，近几年会继续以逐渐淘汰居多，基本不涉及改造成本。城市建成区外的燃生物质锅炉目前执行《锅炉大气污染物排放标准》（GB13271—2014）表3燃煤锅炉特别排放限值，即烟尘 30 mg/m^3 、二氧化硫 200 mg/m^3 、氮氧化物 200 mg/m^3 ，主要污染物为颗粒物和 NO_x ，基本安装了除尘、脱硝装置，根据统计数据，颗粒物、二氧化硫、氮氧化物满足本标准限值（烟尘 20 mg/m^3 、二氧化硫 50 mg/m^3 、氮氧化物 150 mg/m^3 ）的比列分别为99.34%，92.45%、90.5%，城市建成区外的生物质锅炉合计总蒸吨数为 5834t/h，生物质锅炉应采用低硫生物质燃料控制二氧化硫排放，保守按20%的蒸吨数锅炉需要改造，低氮氧化物改造费用每蒸吨按4万元计，预估需费用4700万元。

（3）燃气锅炉

燃气锅炉硫分和灰分都很低，主要污染物为 NO_x ，一般采用低氮燃烧技术可使 NO_x 达到 50 mg/m^3 及以下。根据调研，颗粒物小时排放浓度达到本标准限值（ $\leq 5 \text{ mg/m}^3$ ）排放的时间比率为 99.9%， SO_2 小时排放浓度达到本标准限值（ $\leq 35 \text{ mg/m}^3$ ）排放时间比率为 99.4%， NO_x 小时排放浓度达到本标准限值（ $\leq 50 \text{ mg/m}^3$ ）排放时间比率为 98.6%。全省燃气锅炉合计总蒸吨数为 21130t/h，低氮氧化物改造费用每蒸吨按 4 万元计，按 10% 的蒸吨数需要改造，预估需费用 8500 万元。

（4）燃油锅炉

“三油并轨”后，柴油硫含量大幅降低；燃油应选择含硫量不大于 10 mg/kg 、灰分含量不大于 0.01% 的柴油，颗粒物和二氧化硫排放浓度均较低，主要污染物为 NO_x ，根据《工业锅炉污染防治可行技术指南》（HJ 1178—2021），采用低氮燃烧技术后，典型工业锅炉炉膛出口烟气中 NO_x 浓度范围为 $100 \sim 300 \text{ mg/m}^3$ ，本标准中燃油锅炉 NO_x 排放浓度限值要求为 50 mg/m^3 ，需增设脱硝设施。

我省单台大于 65t/h 的燃油锅炉 2 台（为某石化企业的 2 台 150t/h 的燃重油锅炉），大于等于 35t/h 而小于 65t/h 燃油锅炉 7 台（均为大型火力发电厂配套锅炉），从目前的排放情况看，均符合本标准排放限值，不需要超低排放改造。其他 35t/h 以下燃油锅炉 704 台，1406t/h，需增设脱硝装置，改造费用每蒸吨按 4 万元计，预估需费用 5600 万元。

8 实施本标准的建议

为保证本标准的顺利实施，提出建议如下：

（1）本标准在修订时考虑与现行标准的连续性，设定了过渡期的排放限值，现有锅炉需进一步优化运行或改造方可达标，故希望在标准颁布后应加大宣贯力度，让锅炉使用单位及时理解掌握本标准的内容，尽早规划准备。

（2）锅炉大气污染物的排放与燃料种类、品质密切相关，鼓励企业采用清洁燃料、低氮燃烧技术等污染预防技术，从源头上减少污染物的产生。对使用清洁能源的燃气锅炉，除采用低氮燃烧技术外，并无颗粒物及二氧化硫控制措施，故需要加强对燃料品质的监管，控制污染从源头着手。

（3）鼓励、引导和扶持锅炉生产、设计单位针对新标准开展工业锅炉的低氮燃烧技术开发、锅炉炉体优化匹配工作，为市场提供能够满足低氮要求的锅炉。