

江苏省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

二〇二一年四月

目 录

1 项目背景	1
1.1 任务来源	1
1.2 编制过程	1
2 行业概况	5
2.1 江苏省锅炉使用现状	5
2.2 主要污染物控制措施	8
3 制定标准的必要性	10
3.1 国家及生态环境主管部门相关要求	10
3.2 国家及江苏省相关产业政策及行业发展规划中的生态环境要求	11
3.3 环境空气质量改善的迫切需求	13
3.4 环境管理水平提升的迫切需求	13
4 工业锅炉产排污情况及污染控制技术分析	14
4.1 工业锅炉的主要工艺和产排污特征	14
4.2 工业锅炉治理技术	14
4.3 工业锅炉超低排放实践经验	19
4.4 调研情况	21
5 工业锅炉主要大气污染物特征	31
5.1 氮氧化物	31
5.2 二氧化硫	31
5.3 颗粒物	32
5.4 汞及其化合物	33
6 标准主要技术内容及确定依据	35
6.1 标准结构框架	35
6.2 范围	35
6.3 术语和定义	36
6.4 污染物项目的选择	36
6.5 污染物排放限值的确定及依据	36
6.6 无组织排放控制要求的确定及依据	39
6.7 污染物监测要求的确定及依据	40
6.8 达标判定要求的确定及依据	42
7 主要国家、地区及国际组织相关标准研究	44
7.1 国内相关排放标准	44
7.2 国外相关排放标准	51
8 实施本标准的成本效益分析	56
8.1 标准实施后环境效益分析	56
8.2 工业锅炉提标的经济成本分析	56

1 项目背景

1.1 任务来源

为打好污染防治攻坚战，发挥生态环境标准对环保执法监督、环境质量改善及污染物减排的支撑作用，加强我省生态环境标准体系建设，江苏省人民政府于 2019 年 3 月发布了《江苏省生态环境标准体系建设实施方案（2018-2020 年）》（苏政办发〔2019〕26 号），方案明确“在 2022 年年底以前，研究制修订环境质量标准、污染物排放标准、环境监测方法、管理规范、工程规范及实施评估等六类生态环境标准项目 100 项”的建设目标，其中包括《锅炉大气污染物排放标准》。

2019 年 8 月，江苏省生态环境厅组织开展“生态环境管理与污染排放标准项目”政府采购工作，其中分包 4 为包括本标准在内的“燃烧装置大气污染控制标准项目”。2019 年 12 月，江苏省生态环境厅与国电环境保护研究院有限公司、江苏环保产业技术研究院股份公司、中建材环保研究院（江苏）有限公司、冶金工业规划研究院、南京新联电子股份有限公司组成的联合体签订政府采购合同（编号 JSZC-JC2019-026-1）。根据联合体分工，国电环境保护研究院有限公司负责总体协调与统筹管理，并具体组织制定本标准，联合体其他单位协助编制。

经项目申报、专家论证、立项公示，2020 年 7 月江苏省市场监督管理局正式将本标准纳入 2020 年度第一批江苏省地方标准项目计划（苏市监标〔2020〕190 号）。

本标准组织制定单位：江苏省生态环境厅、江苏省市场监管局。

本标准主要起草单位：国电环境保护研究院有限公司、江苏环保产业技术研究院股份公司、中建材环保研究院（江苏）有限公司、冶金工业规划研究院、南京新联电子股份有限公司。

本标准主要起草人员：王志刚、朱法华、徐振、屈健、沈凡卉、施芊芸、王彬、卢熙宁、吕启飞、陈文燕、许国强。

1.2 编制过程

（1）成立编制组

2020 年 1 月，根据江苏省生态环境厅下达的标准编制任务要求，国电环境保护研究院有限公司、江苏环保产业技术研究院股份公司、中建材环保研究院（江苏）有限公司、冶金工业规划研究院、南京新联电子股份有限公司成立标准编制组，同时明确编制组主要成员和分工，讨论并制定具体实施方案。

（2）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，收集工业锅炉的竣工环境保护验收、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。

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、江苏省环境管理政策要求，本着技术经济可行原则，确定主要污染物排放控制水平，在此基础上形成《锅炉大气污染物排放标准》（征求意见稿），公开征求意见并修改、报审后向社会发布。

（3）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）、《江苏省地方标准管理规定》（苏市监规〔2019〕7号）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、浙江省、安徽省等长三角区域一体化的协调性。

（4）组织开题论证

2020年3月，编制组通过TCS软件完善标准文本草案，同步编写开题报告。

2020年4月22日，江苏省生态环境厅在南京市主持召开了标准开题论证会，邀请了来自生态环境部环境工程评估中心、生态环境部环境标准研究所、南京大学、南京财经大学、江苏省环境科学研究院、天津市生态环境科学研究院、蓝天环保设备工程股份有限公司以及

相关行业协会、企业的 9 名专家组成专家组。专家组认为，开题报告内容完整、思路清晰，技术路线可行，符合相应的标准编制要求，同意通过开题论证。

（5）调研、收资分析

2020 年 2 月起，编制组针对国内外工业锅炉污染物排放情况、污染物控制技术发展以及江苏省工业锅炉污染物排放及控制现状等方面开展了文献调研、资料收集分析工作。

2020 年 6 月～11 月，编制组收集全省 8966 台锅炉的污染治理情况、污染物排放量，同时收集省内外约 153 家燃煤、燃气、燃生物质锅炉的验收监测、自动监测材料、例行监测等资料；现场调研南京市、苏州市、南通市、宿迁市等地约 15 家使用燃煤、燃油、燃气、燃生物质锅炉的企业，了解污染物排放水平、污染防治措施和经济成本，征求企业对拟定限值和排放控制措施等方面的意见和建议。

（6）征求意见稿

2020 年 11 月～2021 年 2 月，在广泛调研和技术交流的基础上综合分析收集的资料，召开了 2 次企业座谈会和 1 次专家研讨会，重点对标准范围、控制项目及指标限值、达标判定、运行管理要求、环境经济效益分析等主要技术内容进行充分论证，形成了标准文本（征求意见稿）及其编制说明。2021 年 3 月，征求意见稿通过专家技术审查会。

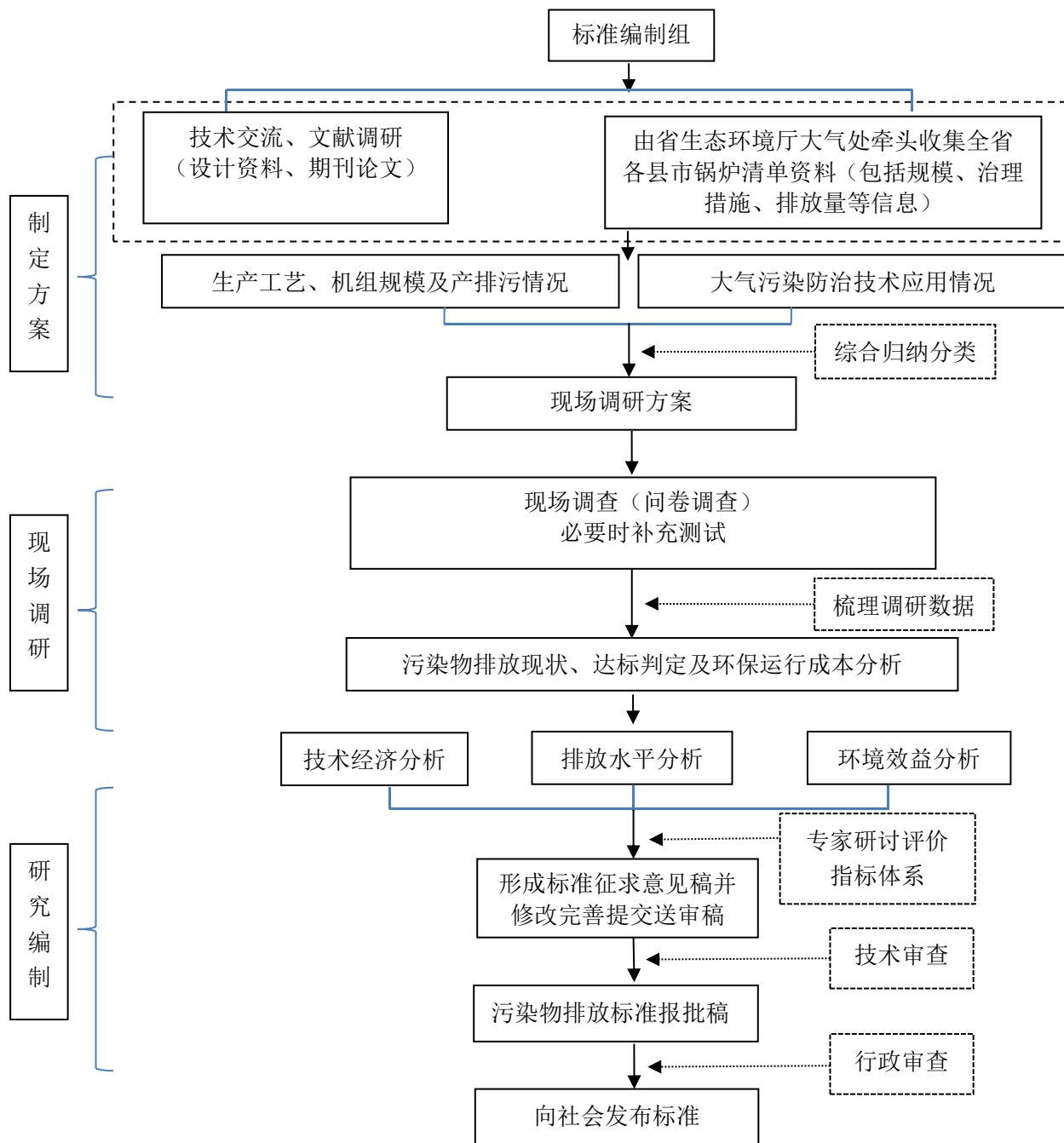


图 1.1-1 标准研制技术路线图

2行业概况

2.1 江苏省锅炉使用现状

2.1.1 规模和分布

锅炉是利用燃料燃烧释放的热能或其他热能加热水或其他工质，以生产规定参数（温度、压力等）和品质的蒸汽、热水或其他工质的固定式设备。本标准中的锅炉是指各种容量的燃煤、燃油、燃气和燃生物质的蒸汽锅炉、热水锅炉及有机热载体锅炉，电站锅炉（即适用《火电厂大气污染物排放标准》或同类地方排放标准的火力发电锅炉）以外的生产、生活用锅炉（通常称为“工业锅炉”），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”。

截至 2020 年 8 月，江苏省纳入环境统计的适用《锅炉大气污染物排放标准》（GB 13271—2014）的工业锅炉约 8966 台、34541.1 t/h。其中，燃煤锅炉 74 台，燃生物质锅炉 3476 台，燃气锅炉 4856 台，燃油锅炉 560 台。我省工业锅炉主要分布在苏州市、南通市、宿迁市、盐城市、常州市，在用数量分别占全省数的 18.6%、14.1%、9.7%、9.3%和 9.5%。

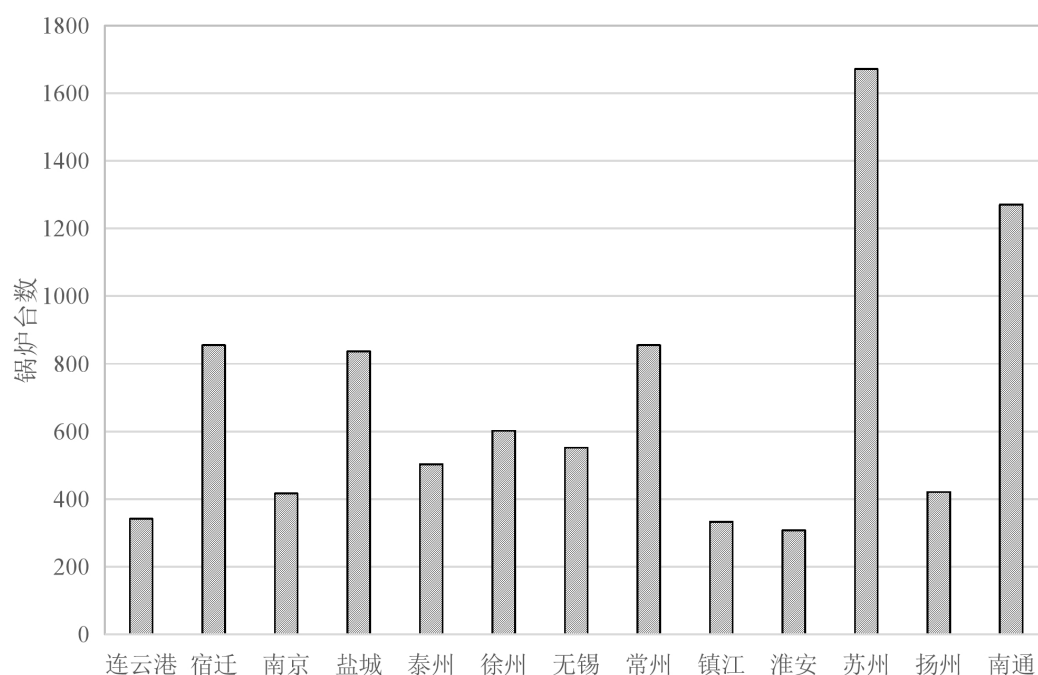


图 2.1-1 全省锅炉数量分布情况

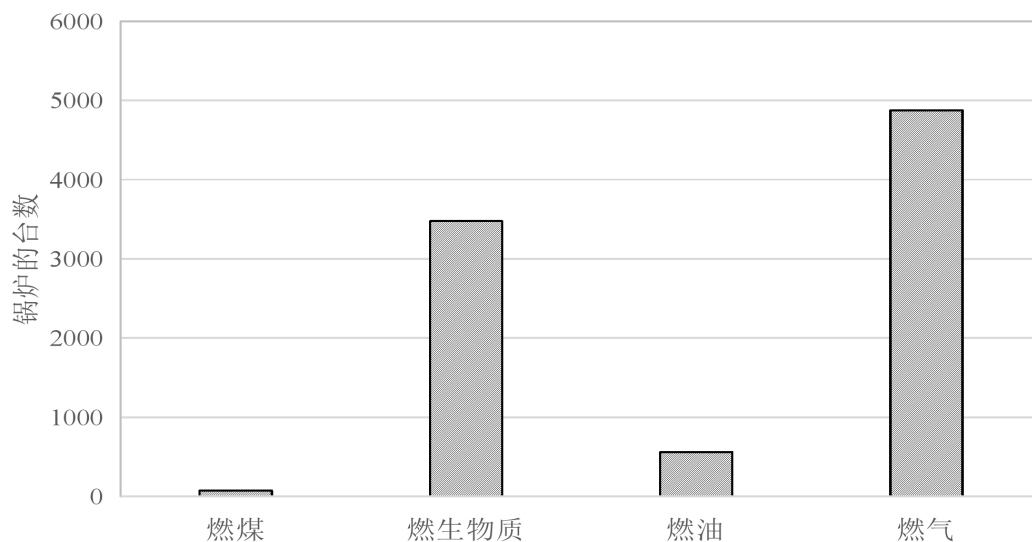


图 2.1-2 全省不同燃料锅炉数量分布情况

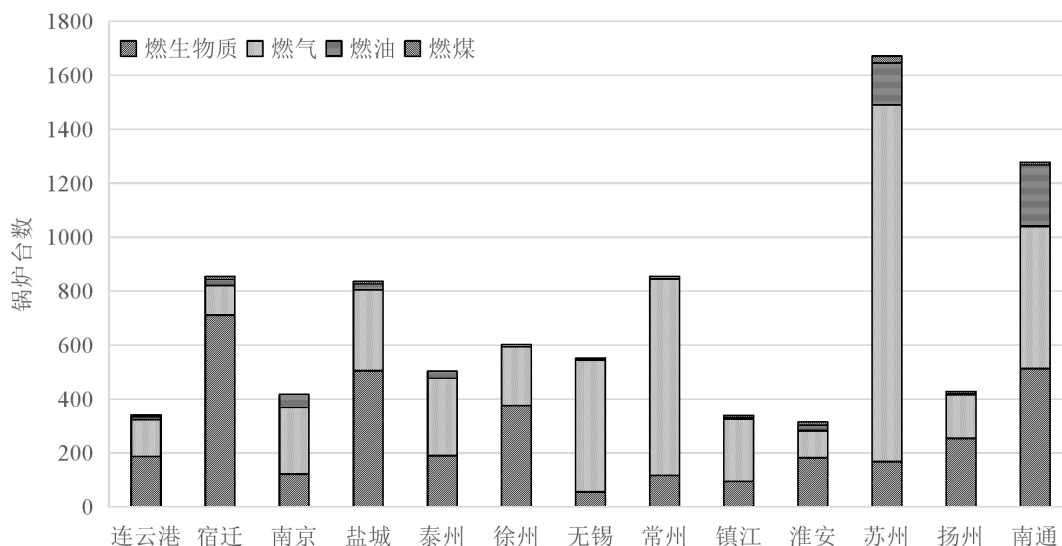


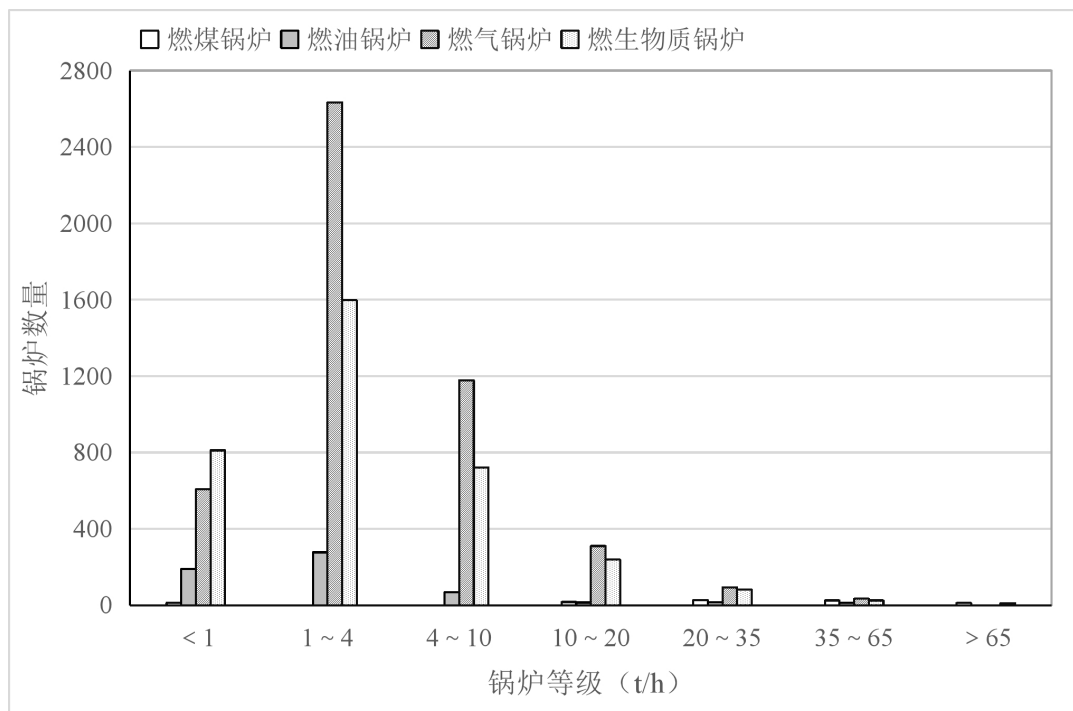
图 2.1-3 全省各市不同燃料锅炉数量分布情况

2.1.2 结构分布

截至 2020 年 8 月，全省 ≥ 20 t/h 的工业锅炉数量占比约 3.3%、总蒸发量占比约 25.8%， < 4 t/h 的工业锅炉数量占比约 68.2%、总蒸发量占比约 25.4%。

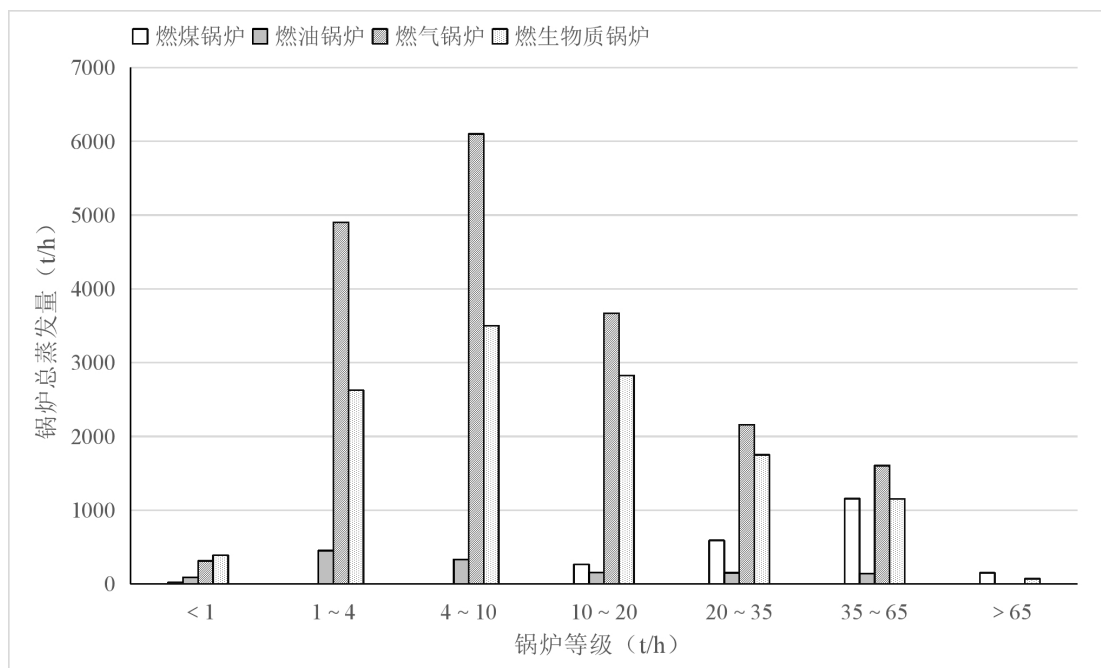
与 2019 年 10 月相比，全省 ≥ 20 t/h 的工业锅炉数量略有增加， < 4 t/h 的工业锅炉数量大幅减少，全省工业锅炉结构调整效果显著。

与 2019 年 10 月相比，全省 > 35 t/h、 ≤ 35 t/h 的燃煤锅炉数量分别减少约 64%、86%； ≤ 35 t/h 的燃煤锅炉基本淘汰， > 35 t/h 一半以上完成超低。



注：锅炉等级范围均含下限，35~65（t/h）还含上限。

图 2.1-4 不同等级锅炉数量分布情况



注：锅炉等级范围均含下限，35~65（t/h）还含上限。

图 2.1-5 不同等级锅炉蒸发量分布情况

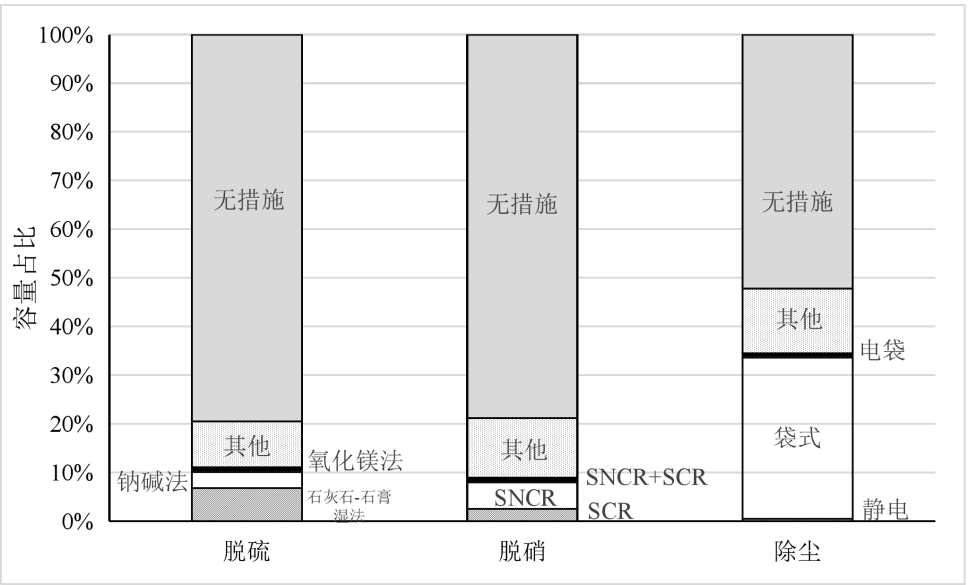
2.1.3 排放管理

目前，我省工业锅炉执行《锅炉大气污染物排放标准》（GB 13271—2014）特别排放限值。此外，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)、《长三角地区 2018-2019 年秋冬季大气污染综合治理攻坚行动方案》(环大气〔2018〕140 号)、《关于加强锅炉节能环保工作的通知》(国市监特设〔2018〕227 号)、《江苏省打赢蓝天保卫战三年行动计划实施方案》(苏政发〔2018〕122 号)等政策要求,35 t/h 及以下燃煤锅炉全部淘汰或实施清洁能源替代;推广清洁高效燃煤锅炉,65 t/h 及以上的燃煤锅炉全部完成超低排放改造;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;其余燃煤锅炉全部达到特别排放限值要求。

2.2主要污染物控制措施

- (1) 二氧化硫控制措施
- 截至 2020 年 8 月,全省约 20.5%(蒸发量占比,下同)的工业锅炉采取了脱硫措施,其中约 98.6%的燃煤锅炉、约 27.7%的燃生物质锅炉采取了脱硫措施。
- (2) 氮氧化物控制措施
- 截至 2020 年 8 月,除低氮燃烧措施外,全省约 21.1%的工业锅炉采取了脱硝措施,其中约 87.0%的燃煤锅炉、约 20.0%的燃生物质锅炉采取了脱硝措施。燃油、燃气锅炉控制 NO_x 排放以低氮燃烧技术为主。
- (3) 颗粒物控制措施
- 截至 2020 年 8 月,全省约 47.8%的工业锅炉采取了除尘措施,其中约 98.6%的燃煤锅炉、约 92.1%的燃生物质锅炉采取了除尘措施。此外,分别有约 34.3%的燃煤锅炉、约 3.9%燃生物质锅炉还配置了湿式静电除尘器。



注:脱硝措施统计低氮燃烧技术以外的措施,下同。

图 2.1-6 全省工业锅炉主要大气污染防治措施

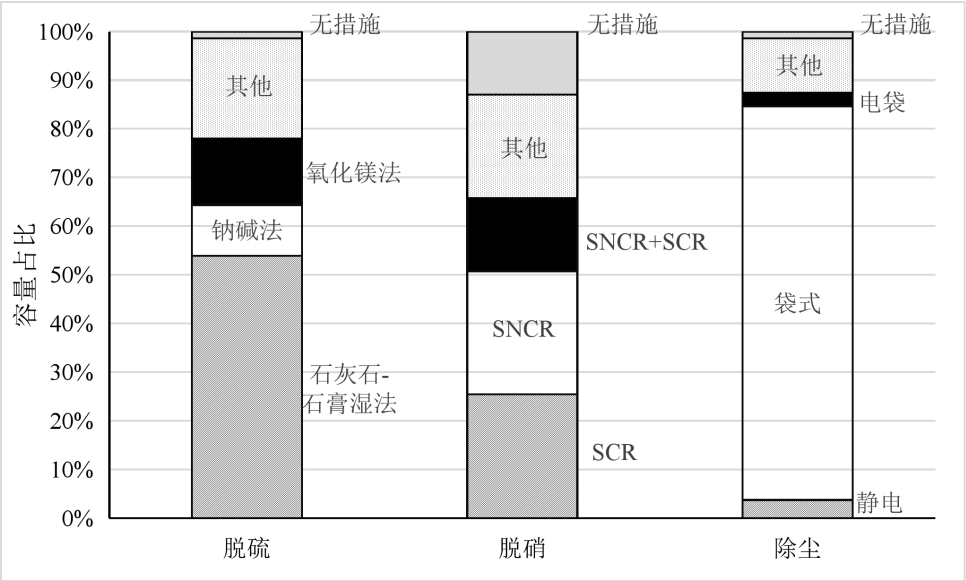


图 2.1-7 全省燃煤锅炉主要大气污染防治措施

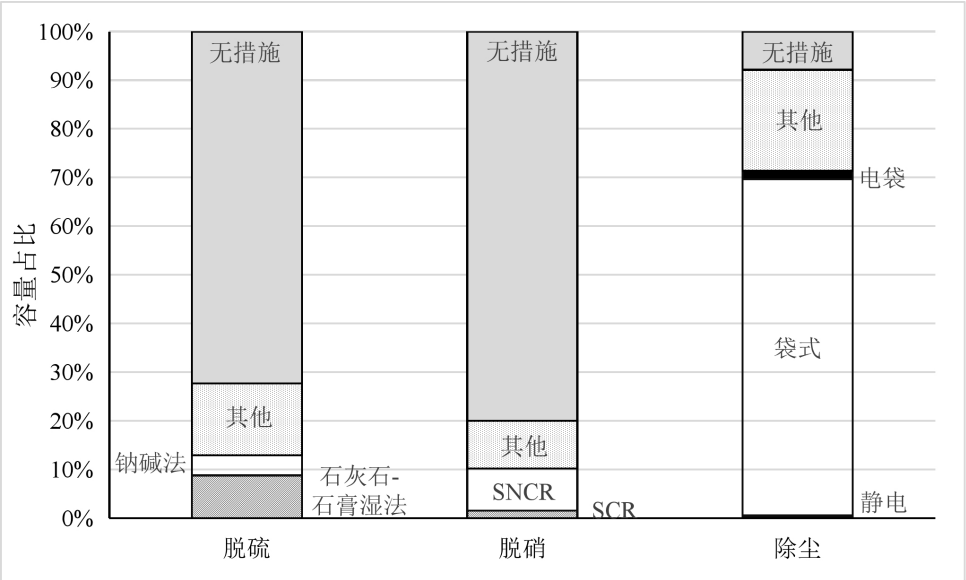


图 2.1-8 全省燃生物质锅炉主要大气污染防治措施

3 制定标准的必要性

3.1 国家及生态环境主管部门相关要求

3.1.1 国家对生态环境及本行业的相关要求

（1）党中央、国务院相关要求

党的十八大报告明确提出，大力推进生态文明建设，努力建设美丽中国。党的十九大报告再次强调，打赢蓝天保卫战，提高污染排放标准，强化排污者责任。

《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。

（2）《中华人民共和国环境保护法》

《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。

（3）《中华人民共和国大气污染防治法》

《中华人民共和国大气污染防治法》第九条规定，国务院生态环境主管部门或者省、自治区、直辖市人民政府制定大气污染物排放标准，应当以大气环境质量标准和国家经济、技术条件为依据；第十条规定，制定大气环境质量标准、大气污染物排放标准，应当组织专家进行审查和论证，并征求有关部门、行业协会、企业事业单位和公众等方面的意见。

《中华人民共和国大气污染防治法》第四十一条还规定，燃煤单位应当采用清洁生产工艺，配套建设除尘、脱硫、脱硝等装置，或者采取技术改造等其他控制大气污染物排放的措施；国家鼓励燃煤单位采用先进的除尘、脱硫、脱硝、脱汞等大气污染物协同控制的技术和装置，减少大气污染物的排放。

3.1.2 国民经济和社会发展规划中有关本行业的要求

《中华人民共和国国民经济和社会发展第十三个五年规划纲要》第三十章（建设现代能源体系）要求，深入推进能源革命，着力推动能源生产利用方式变革，优化能源供给结构，提高能源利用效率，建设清洁低碳、安全高效的现代能源体系，维护国家能源安全；第三十

第八章第四节（扩大环境容量和生态空间）要求，削减区域污染物排放总量，加强大气污染联防联控；第四十四章第一节（深入实施污染防治行动计划）要求严格落实约束性指标，地级及以上城市重污染天数减少 25%。

3.1.3 国家生态环境保护五年规划中有关本行业的要求

《国务院关于印发“十三五”生态环境保护规划的通知》（国发〔2016〕65 号）第三章（强化源头防控，夯实绿色发展基础）要求，实施系统能效提升、燃煤锅炉节能环保综合提升等重点工程；第四章第一节（分区施策改善大气环境质量）要求明显降低长三角区域细颗粒物浓度，地级及以上城市建成区基本淘汰 35 蒸吨以下燃煤锅炉；第五章第一节（实施工业污染源全面达标排放计划）要求，以燃煤锅炉等行业为重点推进达标排放改造。

3.1.4 国家建立绿色生产和消费相关体系的要求

国家发展改革委、司法部《关于加快建立绿色生产和消费法规政策体系的意见》（发改环资〔2020〕379 号）指出，加快建立绿色生产和消费相关的法规、标准、政策体系，促进源头减量、清洁生产、资源循环、末端治理，在全社会推动形成绿色生产和消费方式；加强工业污染治理，全面推行污染物排放许可制度，强化工业企业污染防治法定责任；加快制定污染防治可行技术指南，按照稳定连贯、可控可达的原则制修订污染物排放标准，严格环境保护执法监督，实现工业污染源全面达标排放，鼓励达标企业实施深度治理。

3.1.5 江苏省地方法规中有关本行业的要求

《江苏省大气污染防治条例》第三十条规定，在燃气管网和集中供热管网覆盖范围内，禁止新建、扩建燃用煤炭、重油、渣油的设施，原有分散的燃煤锅炉应当限期拆除；集中供热管网未覆盖地区原有锅炉不能稳定达标排放的，应当进行高效除尘改造或者改用清洁燃料。第三十二条规定，城市建成区禁止新建除热电联产以外的燃煤锅炉，其他地区禁止新建 10 t/h 及以下的燃煤锅炉；设区的市、县（市）人民政府应当制定本行政区域锅炉整治年度计划，分阶段、分区域对各类锅炉按照国家和省排放标准完成整治。

《江苏省生态环境监测条例》第三十一条规定，符合法律、法规规定以及国家和省有关环境标准、技术规范要求开展的生态环境监测活动中取得的生态环境监测数据和结果，具有法律效力。污染物排放自动监测设备的自动监测数据，由生态环境主管部门按照国家环境标准、技术规范审核后，可以作为监管执法工作的事实依据。

3.2 国家及江苏省相关产业政策及行业发展规划中的生态环境要求

3.2.1 国家“十三五”能源规划

《能源发展“十三五”规划》（发改能源〔2016〕2744 号）提出实施工业燃煤锅炉提

升工程，以长三角等地区为重点推进重点城市“煤改气”替代燃煤锅炉。

3.2.2 长三角地区秋冬季大气污染综合治理攻坚行动方案

《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：2019 年 12 月底前，江苏行政区域内基本淘汰 35 t/h 以下燃煤锅炉；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。

3.2.3 江苏省“十三五”能源发展规划

《江苏省“十三五”能源发展规划》（苏政办发〔2017〕62 号）提出坚持提升存量和严控增量同步推进、提标改造和关停替代一体实施，加强新增锅炉管控和存量锅炉整治。严格管控新增锅炉，全省城市建成区和其他禁煤区，禁止除热电联产以外的燃煤锅炉。2019 年底前，35 t/h 及以下的燃煤锅炉全部淘汰或实施清洁能源替代，65 t/h 及以上的燃煤锅炉全部实现超低排放，其他燃煤锅炉全部达到特别排放限值要求。

3.2.4 江苏省打赢蓝天保卫战三年行动计划实施方案

《江苏省打赢蓝天保卫战三年行动计划实施方案》（苏政发〔2018〕122 号）提出，2019 年底前 35 t/h 及以下燃煤锅炉全部淘汰或实施清洁能源替代；推广清洁高效燃煤锅炉，65 t/h 及以上的燃煤锅炉全部完成超低排放改造；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；其余燃煤锅炉全部达到特别排放限值要求。

针对燃气锅炉低氮改造要求，南京（宁环办〔2019〕62 号）、扬州（扬大气联发〔2019〕33 号）等地市明确新建燃气锅炉和在用燃气锅炉改造后 NO_x 排放浓度应低于 50 mg/m³。

3.2.5 关于印发《2021 年度设区市深入打好污染防治攻坚战目标任务书》的通知

江苏省打好污染防治攻坚战指挥部办公室给各设区市人民政府下发《关于印发〈2021 年度设区市深入打好污染防治攻坚战目标任务书〉的通知》（苏污防攻坚指办〔2021〕24 号）提出：推进燃煤、燃气、生物质锅炉和炉窑的超低排放改造工作。8 月底前，20 台燃煤锅炉全部完成超低排放改造；213 台燃气锅炉全部完成低氮改造或“回头看”；312 台生物质锅

炉中位于建成区的全部完成超低排放改造，建成区外 20 蒸吨/小时及以上的生物质锅炉完成 50%以上的超低排放改造。

3.3 环境空气质量改善的迫切需求

按照《环境空气质量标准》（GB 3095—2012）二级标准进行年度评价，2019 年我省 13 个设区市 PM_{2.5} 浓度均超标，徐州等 6 市 PM₁₀ 浓度超标，南京等 3 市 NO₂ 浓度超标。全省 PM_{2.5} 年均浓度虽然达到国家年度考核目标，但仍超过 GB 3095—2012 二级标准约 22.9%。打赢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。

根据工业企业主要污染物自动监测数据，各城市水泥、铝冶炼、电力、炼焦、钢铁、玻璃以及大型供暖（汽）锅炉等流程型企业是大气污染物的排放重点。2018 年我省单位国土面积煤炭消费强度是全国平均水平的近 9 倍，单位国土面积烟粉尘、SO₂、NO_x 排放强度是全国平均水平的 4 倍以上，工业源的贡献占比在 60%~80%（其中烟粉尘、SO₂ 贡献占比在 80%以上）。欧美的减排实践表明，SO₂、NO_x、VOCs 等气态前体物减排幅度之和是 PM_{2.5} 地面浓度削减幅度的 5 倍左右。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打赢蓝天保卫战的意义日益凸显。

3.4 环境管理水平提升的迫切需求

《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。我省也根据环境质量改善目标提出了工业锅炉整治和排放控制要求。但是，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，同时调研发现我省部分燃生物质锅炉和燃油锅炉废气治理设施不完善，因此迫切需要制定我省锅炉大气污染物排放标准以强化环境管理。

综上所述，结合江苏省工业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、打赢蓝天保卫战的重要制度保障，对消除企业守法和政府环境政策执法理解偏差有重大实际意义，同时也将进一步推动相关产业绿色发展。

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，污染物种类为颗粒物、SO₂、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SO₂、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SO₂、NO_x、颗粒物、Hg及其化合物。

4.2 工业锅炉治理技术

4.2.1 氮氧化物治理技术

（1）低氮燃烧

锅炉的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、烟气再循环等技术，其具有投资费用低、运行简单、维护方便等特点，但需注意不完全燃烧问题。

低氮燃烧器普遍适用于室燃炉，根据燃烧方式可分为扩散式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以实现空气和燃料分层、分阶段送入炉膛，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、燃油和燃气锅炉NO_x产生浓度可分别低至200 mg/m³~600 mg/m³、200 mg/m³~400 mg/m³、60 mg/m³~200 mg/m³。预混

式燃烧器适用于燃气锅炉，可进一步分为贫燃预混与水冷预混燃烧器。贫燃预混燃烧器是利用高过量空气降低火焰温度，同时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，以天然气为燃料时 NO_x 产生浓度可低至 $15 \text{ mg/m}^3 \sim 80 \text{ mg/m}^3$ 。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，降低预混火焰高温，以天然气为燃料时 NO_x 产生浓度可低至 $15 \text{ mg/m}^3 \sim 50 \text{ mg/m}^3$ 。

炉膛整体空气分级燃烧技术适用于层燃炉和燃煤室燃炉，通过分层布置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， NO_x 产生浓度可低至 $300 \text{ mg/m}^3 \sim 800 \text{ mg/m}^3$ 。

烟气再循环技术适用于层燃炉和燃气室燃炉，通过将炉膛出口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氧含量，减缓燃烧热释放速率而抑制 NO_x 生成，该技术通常与其他低氮燃烧技术结合使用。

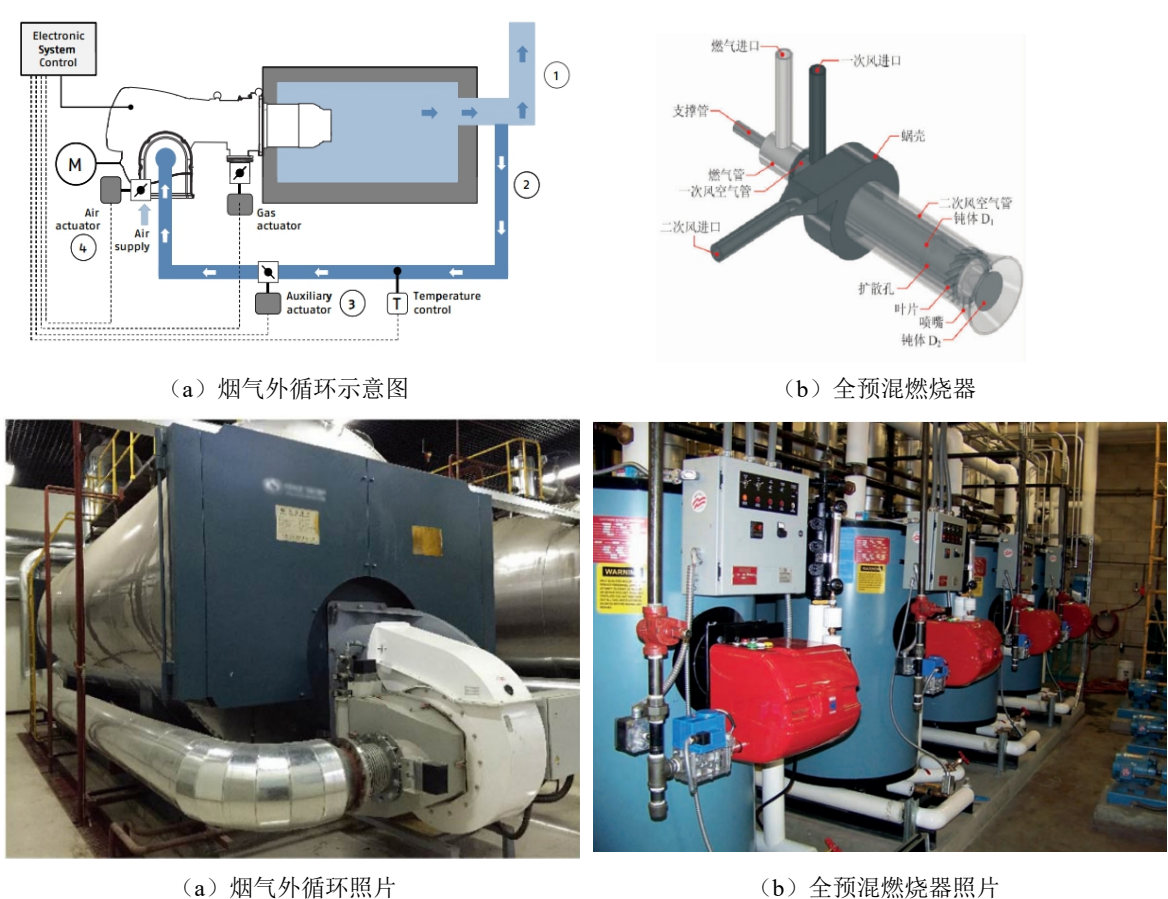


图 4.3-1 燃气锅炉低氮燃烧技术示意图

(2) 烟气脱硝

燃烧后烟气脱硝主要包括干法的选择性催化还原技术（SCR）、选择性非催化还原技术（SNCR）和湿法的氧化吸收技术等，其中大规模应用的主要为 SCR、SNCR 以及 SNCR-SCR

联合脱硝技术。

SCR 技术是指在催化剂的作用下，用还原剂（液氨、氨水或尿素制备的 NH_3 ）将烟气中的 NO_x 还原为无害的氮气和水的技术。脱硝系统采用高温催化剂，反应温度一般为 $300\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 400\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，催化剂以 TiO_2 为载体，主要活性成分为 $\text{V}_2\text{O}_5\text{-WO}_3$ （ MoO_3 ）等金属氧化物。SCR 脱硝技术的脱硝效率通常为 $50\%\sim 90\%$ ，影响脱硝效率的因素主要包括催化剂性能、烟气温度、反应器及烟道的流场分布均匀性、氨氮摩尔比等。为保证脱硝效率，反应温度条件非常重要。脱硝增效技术包括增加催化剂用量、高效喷氨混合和流场优化技术。

SNCR 技术是指在不使用催化剂的情况下，在炉膛烟气温度适宜处（ $850\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 1150\text{ }^{\circ}\text{C}$ ）喷入含氨基的还原剂（一般为氨水或尿素），利用炉内高温促使氨和 NO_x 反应，将烟气中的还原为 N_2 和 H_2O 。SNCR 脱硝技术对温度窗口要求严格，对机组负荷变化适应性差，适用于小型煤粉炉、层燃炉和循环流化床锅炉。影响脱硝性能的主要因素包括反应区域温度和流场分布均匀性、烟气与还原剂混合均匀度、还原剂停留时间、氨氮摩尔比、还原剂类型等。

SNCR-SCR 联合脱硝技术是将 SNCR 与 SCR 组合应用，结合两者的优势，SNCR 将还原剂喷入炉膛脱除部分 NO_x ，逸出的 NH_3 用 SCR 再与未脱除的 NO_x 进行催化还原反应。

表 4.2-1 工业锅炉 NO_x 排放（产生）浓度范围

炉型		排放（产生）浓度范围（ mg/m^3 ）
燃煤炉	层燃炉	100~600
	流化床炉	100~300
	煤粉炉	100~600
燃生物质炉		100~600
燃油炉		100~800
燃气炉		30~300

表 4.2-2 烟气脱硝可行技术的一般性能

措施		NO_x 脱除效率（%）
选择性催化还原法（SCR）		50~90
选择性非催化还原法（SNCR）	层燃炉	30~50
	流化床炉	60~80
	煤粉炉	30~40
SNCR+SCR 联合法		55~85

注：采取优化烟气流场、增加催化剂装载量（提高单层尺寸或层数）等措施可适当提高脱硝效率。

一般而言，工业锅炉优先通过燃烧控制以减少 NO_x 生成，即采用炉膛燃烧温度相对较低的炉型（如循环流化床炉），或采取空气分级、燃料分级、水冷预混、烟气循环等低氮燃烧技术（一般可降低 NO_x 生成量 $10\%\sim 40\%$ ），其次采取脱硝措施降低 NO_x 排放。

4.2.2 二氧化硫治理技术

（1）炉内脱硫

通过合理匹配吸收剂喷射区域温度、钙硫比、吸收剂粒径等参数，工业锅炉炉内脱硫效率可达 50%或更高；当燃用硫分不大于 0.5%的煤或生物质时，炉膛出口 SO₂ 浓度可低至 400 mg/m³。该技术多用于流化床锅炉，可与炉外湿法或烟气循环流化床法脱硫系统相结合。炉内脱硫投资成本相对较低，配置简洁、能耗低、占用空间小，但存在降低锅炉热效率、增加炉膛磨损、钙硫比大、运行物耗较高等问题。

（2）烟气脱硫

燃烧后烟气脱硫技术应用较多的有湿法的石灰石/石灰-石膏法、氧化镁法、钠碱（双碱）法以及干法/半干法的烟气循环流化床法等。

石灰石/石灰-石膏法脱硫技术采用石灰石或石灰的浆液作为脱硫剂，适用于各种燃料、炉型和容量的锅炉烟气 SO₂ 治理，对颗粒物和 Hg 及其化合物等污染物有协同治理效果，但需考虑脱硫废水和脱硫副产物的处理和处置。

氧化镁法脱硫技术采用氧化镁熟化形成的氢氧化镁浆液作为吸收剂，适用于各种燃料、炉型和容量的锅炉烟气 SO₂ 治理，但需考虑脱硫废水处理和脱硫副产物的资源化利用。

钠碱（双碱）法脱硫技术采用钠基、钙基碱性物质作为吸收剂。为适应更严格的排放控制要求，采用该技术时需提高吸收剂反应活性、解决系统堵塞等问题，故采用成本相对较高的钠基（氢氧化钠、碳酸钠等）吸收剂，但也带来了系统易腐蚀、烟气可溶盐等问题。

烟气循环流化床法脱硫技术采用钙基吸收剂，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，但脱硫副产物中亚硫酸钙含量较高，综合利用受到一定限制。

表 4.2-3 烟气脱硫可行技术的一般性能

措施		SO ₂ 脱除效率/%
湿法	石灰石/石灰-石膏法	90~99
	氧化镁法	90~99
	钠碱（双碱）法	90~99
	氨法	90~99
干法/半干法	烟气循环流化床法	80~95
	炉内喷钙法	30~90

4.2.3 颗粒物治理技术

应用于工业锅炉的烟气颗粒物治理技术主要有袋式除尘、电袋复合除尘、电除尘（干式静电除尘和湿式静电除尘）、机械式除尘及其组合技术。

（1）机械式除尘器

机械式除尘器以重力、惯性力或离心力作为除尘作用力。一般常用的类型为旋风除尘器，

其利用旋转的含尘气体所产生的离心力分离颗粒物。该类设备结构简单，造价和运行费用较低，对于分离 $5\ \mu\text{m}\sim 10\ \mu\text{m}$ 以上的较粗颗粒物净化效率很高，但对于 $5\ \mu\text{m}\sim 10\ \mu\text{m}$ 以下的较细颗粒物净化效率较低，所以旋风除尘器通常用于较粗颗粒物的净化，或多用于多级净化时的初步处理。

（2）过滤式除尘器

过滤式除尘器使用过滤材料把颗粒物过滤下来，可分为空气除尘器、袋式除尘器和颗粒层除尘器。一般常用的类型为袋式除尘器，其利用有机纤维或无机纤维过滤布分离含尘气体中的颗粒物。通过合理选择滤料种类、过滤风速等参数，除尘效率可达 99%及以上。采用常规针刺毡滤料，过滤风速不大于 $1.0\ \text{m/min}$ 时，颗粒物浓度可控制在 $30\ \text{mg/m}^3$ 以下；过滤风速不大于 $0.9\ \text{m/min}$ 时，颗粒物浓度可控制在 $20\ \text{mg/m}^3$ 以下。当采用高精过滤滤料，过滤风速不大于 $0.8\ \text{m/min}$ 时，颗粒物浓度可控制在 $10\ \text{mg/m}^3$ 以下。该技术基本不受煤种、烟尘比电阻和烟气工况变化等影响，但运行温度应高于酸露点 $10\ ^\circ\text{C}\sim 20\ ^\circ\text{C}$ ，燃煤层燃炉和燃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。

（3）电除尘器

电除尘器利用静电力分离含尘气体中的颗粒物。常规干式电除尘器分为荷电、收尘和清灰三个阶段，其系统阻力较小、处理烟气量大，适用于高温和腐蚀性高的烟气，除尘效率可达 99%及以上。

湿式电除尘器的工作原理与常规干式电除尘器相似，主要差异在于湿式电除尘器在湿烟气条件下运行，采用水膜清灰方式，因此不存在二次飞扬、高比电阻粉尘难荷电等问题，除尘效率一般在 70%~90%，对微细颗粒、石膏浆液以及非常规污染物都有很好的深度净化效果。脱硫系统后采用该技术，颗粒物排放浓度可控制在 $10\ \text{mg/m}^3$ 甚至 $5\ \text{mg/m}^3$ 以下。

（4）电袋复合除尘技术

电袋复合除尘技术有机结合了袋式除尘和静电除尘的优点，通过合理选择滤料种类、过滤风速、电区比集尘面积等参数，对难荷电颗粒物、细颗粒物及高比电阻粉尘脱除效果好，除尘效率可达 99%及以上。当采用常规针刺毡滤料，颗粒物排放浓度可控制在 $20\ \text{mg/m}^3$ 以下；当采用高精过滤滤料，颗粒物排放浓度可控制在 $10\ \text{mg/m}^3$ 以下。

表 4.2-4 烟气除尘可行技术的一般性能

措施		颗粒物脱除效率/%
干式	静电除尘器	96~99.9
	袋式除尘器	99~99.99
	电袋除尘器	99~99.99

湿式	湿式电除尘器	70~90
----	--------	-------

注：采用湿法脱硫时，可协同脱除 50~70%的颗粒物。

4.2.4 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 4.2-5 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。

4.2.5 其他污染物治理技术

对于燃生物质锅炉，CO 排放主要来源于生物质的不完全燃烧，而燃料不完全燃烧的主要原因包括：燃料与空气在燃烧室内混合不均匀，导致局部燃烧区域的燃料过多；缺氧；燃烧温度过低；滞留时间短；活性分子浓度较低，特别是在特殊情况时分批燃烧过程的最后阶段（碳化阶段）的活性分子浓度很低。上述因素通过基本燃烧反应燃烧速率公式联系到一起，一般而言，充分或完全燃烧可大大减少 CO 的排放。

4.3 工业锅炉超低排放实践经验

4.3.1 燃煤层燃炉和室燃炉超低排放

（1）SCR 脱硝+袋式除尘+湿法脱硫

对 14 家采用该技术路线的锅炉排污单位进行大气污染排放水平分析，颗粒物、SO₂、NO_x 排放浓度可达水平分别为 10 mg/m³、25 mg/m³、40 mg/m³。

（2）SNCR-SCR 联合脱硝+袋式除尘+湿法脱硫

对 24 家采用该技术路线的锅炉排污单位进行大气污染排放水平分析，颗粒物、SO₂、NO_x 排放浓度可达水平分别为 10 mg/m³、25 mg/m³、40 mg/m³。为降低滤袋烧毁风险，层燃炉宜设置机械式除尘器等措施。

4.3.2 燃煤流化床炉超低排放

（1）SNCR 脱硝+袋式除尘/电袋复合除尘+湿法脱硫

对 19 家采用该技术路线的锅炉排污单位进行大气污染排放水平分析，颗粒物、SO₂、NO_x 排放浓度可达水平分别为 10 mg/m³、25 mg/m³、50 mg/m³。

(2) SCR 脱硝+袋式除尘/电袋复合除尘+湿法脱硫

对 3 家采用该技术路线的锅炉排污单位进行大气污染排放水平分析, 颗粒物、SO₂、NO_x 排放浓度可达水平分别为 10 mg/m³、25 mg/m³、40 mg/m³。

(3) SNCR-SCR 联合脱硝+袋式除尘/电袋复合除尘+湿法脱硫

对 10 家采用该技术路线的锅炉排污单位进行大气污染排放水平分析, 颗粒物、SO₂、NO_x 排放浓度可达水平分别为 10 mg/m³、25 mg/m³、40 mg/m³。

(4) SNCR 脱硝+干式电除尘+烟气循环流化床法+袋式除尘

对 3 家采用该技术路线的锅炉排污单位进行大气污染排放水平分析, 颗粒物、SO₂、NO_x 排放浓度可达水平分别为 10 mg/m³、35 mg/m³、50 mg/m³。

(5) SNCR-SCR 联合脱硝+烟气循环流化床法+袋式除尘

对 5 家采用该技术路线的锅炉排污单位进行大气污染排放水平分析, 颗粒物、SO₂、NO_x 排放浓度可达水平分别为 10 mg/m³、35 mg/m³、40 mg/m³。

表 4.3-1 燃煤锅炉超低排放改造可行技术路线

锅炉类型	超低路线	治理水平 (mg/m ³)			案例数
		颗粒物	SO ₂	NO _x	
层燃炉和室燃炉	SCR 脱硝+袋式除尘+湿法脱硫	10	25	40	14 家
	SNCR-SCR 联合脱硝+袋式除尘+湿法脱硫	10	25	40	24 家
流化床炉	SNCR 脱硝+袋式除尘/电袋复合除尘+湿法脱硫	10	25	50	19 家
	SCR 脱硝+袋式除尘/电袋复合除尘+湿法脱硫	10	25	40	3 家
	SNCR-SCR 联合脱硝+袋式除尘/电袋复合除尘+湿法脱硫	10	25	40	10 家
	SNCR 脱硝+干式电除尘+烟气循环流化床法+袋式除尘	10	35	50	3 家
	SNCR-SCR 联合脱硝+烟气循环流化床法+袋式除尘	10	35	40	5 家

4.3.3 燃生物质锅炉超低排放

(1) SNCR-SCR+机械式除尘技术+袋式除尘技术

采用该可行技术的锅炉排污单位的大气污染排放水平和应用情况进行分析, 颗粒物排放浓度 10 mg/m³~30 mg/m³, 二氧化硫排放浓度 10 mg/m³~35 mg/m³, 氮氧化物排放浓度 40 mg/m³~200 mg/m³。适用于燃生物质成型燃料锅炉, 且燃料中灰分不超过 8%, 硫含量不超过 0.1%, 氮含量不超过 0.5%; 适用于流化床炉。

(2) SCR+机械式除尘技术+袋式除尘技术

采用该可行技术的锅炉排污单位的大气污染排放水平和应用情况进行分析, 颗粒物排放

浓度 10 mg/m³~30 mg/m³，二氧化硫排放浓度 10 mg/m³~35 mg/m³，氮氧化物排放浓度 40 mg/m³~200 mg/m³。适用于燃生物质成型燃料锅炉，且燃料中灰分不超过 8%，硫含量不超过 0.1%，氮含量不超过 0.5%；层燃炉宜设置机械式除尘器等措施降低滤袋烧毁风险。适用于流化床炉和层燃炉，层燃炉宜设置机械式除尘器等措施降低滤袋烧毁风险，宜采用抗碱土金属中毒催化剂。

4.3.4 燃油锅炉超低排放

3 家采用低氮燃烧+SCR 脱硝的锅炉排污单位，燃油含硫量不超过 10 mg/kg、灰分不超过 0.01%，调研结果表明颗粒物、SO₂、NO_x 排放浓度可达水平分别为 20 mg/m³、35 mg/m³（甚至 10 mg/m³）、40 mg/m³。对于燃油锅炉，可增设除尘、脱硝等设施确保稳定达到超低排放水平，但小型锅炉需要考虑相关措施的经济合理性。

4.3.5 燃气锅炉超低排放

采用扩散式低氮燃烧器的燃天然气锅炉，颗粒物、SO₂、NO_x 排放浓度可达水平分别为 10 mg/m³、35 mg/m³（甚至 10 mg/m³）、60 mg/m³；增设烟气再循环后，NO_x 排放浓度可达水平为 15 mg/m³。该技术路线适用于容量在 1.4 MW 及以上的燃气锅炉。

采用贫燃预混式低氮燃烧器的燃天然气锅炉，颗粒物、SO₂、NO_x 排放浓度可达水平分别为 10 mg/m³、35 mg/m³（甚至 10 mg/m³）、15 mg/m³。该技术路线适用于容量在 2.8 MW 及以下的燃气锅炉，但应定期清洗空气过滤器，并加强对燃烧系统的维护。

采用水冷预混式低氮燃烧器的燃天然气锅炉，颗粒物、SO₂、NO_x 排放浓度可达水平分别为 10 mg/m³、35 mg/m³（甚至 10 mg/m³）、15 mg/m³。该技术路线适用于容量在 2.8 MW 及以下的新建锅炉。

表 4.3-2 燃气、燃油锅炉超低排放改造可行技术路线

锅炉类型	超低路线	治理水平（mg/m ³ ）			案例数
		颗粒物	SO ₂	NO _x	
燃油锅炉	低氮燃烧+SCR 脱硝	20	10	40	3 家
燃气锅炉	扩散式低氮燃烧器+烟气再循环	10	10	26	16 家
	贫燃预混式低氮燃烧器	10	10	15	3 家
	水冷预混式低氮燃烧器	10	10	15	3 家

4.4 调研情况

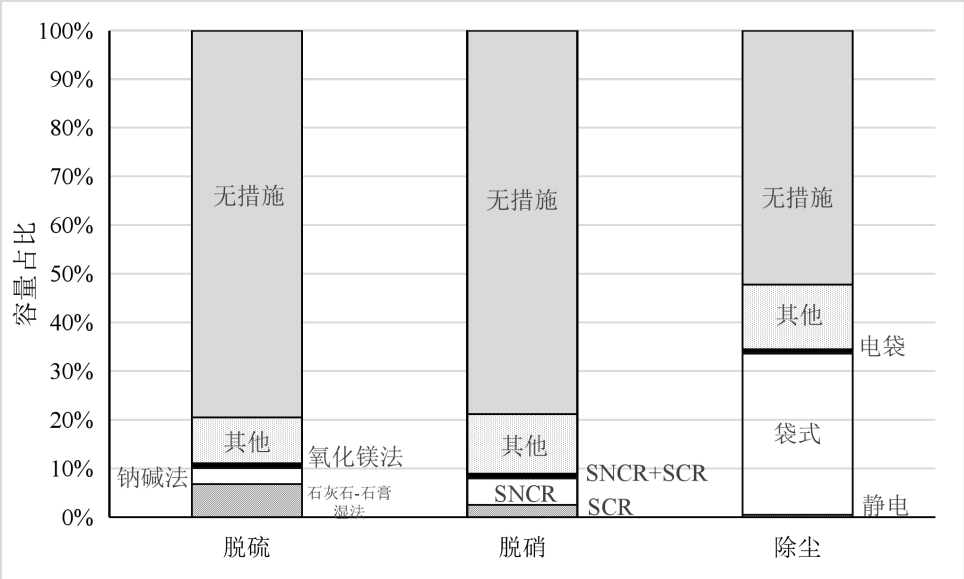
4.4.1 主要污染物控制措施

编制组通过调研和数据收集获取全省 8966 台锅炉的锅炉类型、燃料类型、规模（蒸吨/

小时）、烟气排放方式、是否安装自动监测系统、除尘工艺、脱硫工艺、脱硝工艺、深度治理措施，污染物排放量等情况。

(1) 二氧化硫控制措施

截至 2020 年 8 月，全省约 20.5%（蒸发量占比，下同）的工业锅炉采取了脱硫措施，其中约 98.6%的燃煤锅炉、约 27.7%的燃生物质锅炉采取了脱硫措施。



注：脱硝措施统计低氮燃烧技术以外的措施，下同。

图 4.5-1 全省工业锅炉主要大气污染防治措施

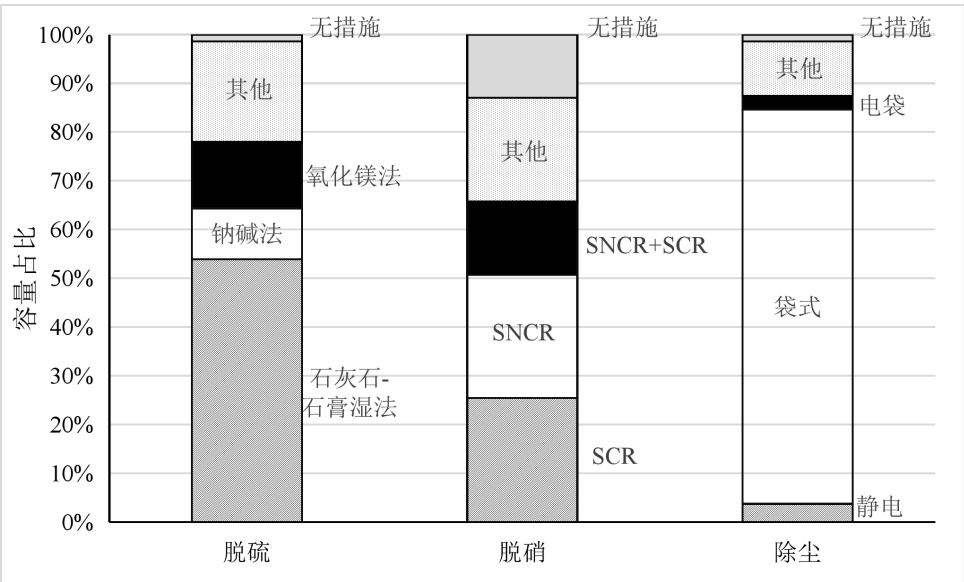


图 4.5-2 全省燃煤锅炉主要大气污染防治措施

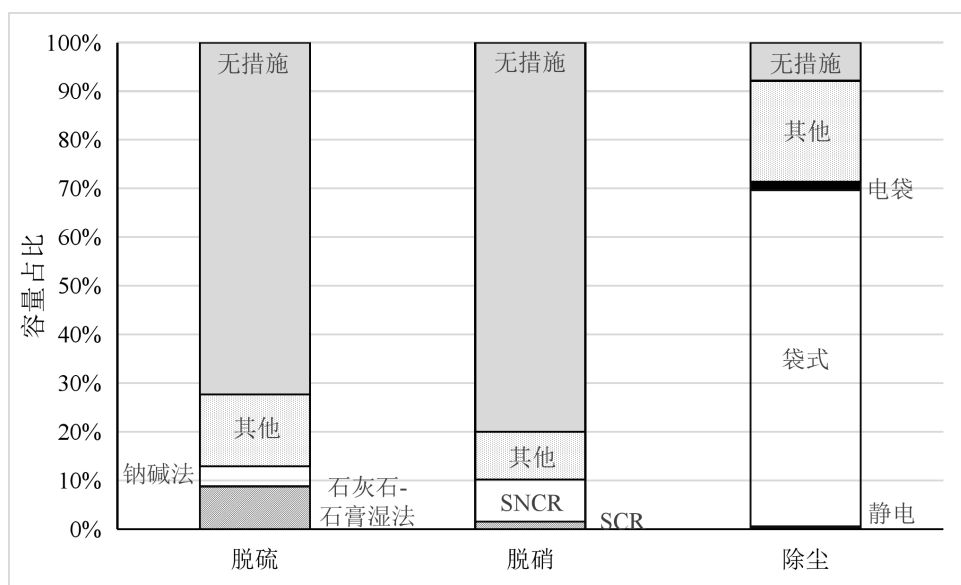


图 4.5-3 全省燃生物质锅炉主要大气污染防治措施

（4）氮氧化物控制措施

截至 2020 年 8 月，除低氮燃烧措施外，全省约 21.1%的工业锅炉采取了脱硝措施，其中约 87.0%的燃煤锅炉、约 20.0%的燃生物质锅炉采取了脱硝措施。燃油、燃气锅炉控制 NO_x 排放以低氮燃烧技术为主。

（5）颗粒物控制措施

截至 2020 年 8 月，全省约 47.8%的工业锅炉采取了除尘措施，其中约 98.6%的燃煤锅炉、约 92.1%的燃生物质锅炉采取了除尘措施。此外，分别有约 34.3%的燃煤锅炉、约 3.9%燃生物质锅炉还配置了湿式静电除尘器。

4.4.2 主要污染物排放现状

（1）燃煤锅炉

①总体情况

根据 2020 年 7 月~11 月调研情况，>35 t/h 的燃煤锅炉共计 14 家企业 23 台，其中 8 家企业实施了超低排放改造。编制组收集 10 家企业在线监测数据，燃煤锅炉的颗粒物、SO₂、NO_x 小时排放浓度范围分别为 0.51 mg/m³~31.22 mg/m³、0.61 mg/m³~198.04 mg/m³、1.02 mg/m³~195.2 mg/m³，平均排放浓度分别为 4.27 mg/m³±5.21 mg/m³、37.62 mg/m³±50.83 mg/m³、52.92 mg/m³±51.68 mg/m³，颗粒物小时排放浓度达到超低排放的时间比率为 85.42%，SO₂ 小时排放浓度达到超低排放时间比率为 71.60%，NO_x 小时排放浓度达到超低排放时间比率为 65.43%。调研企业中，采用 SNCR 的 NO_x 较难稳定达到超低排放水平，采用 SNCR+SCR、PNCR 脱硝等措施的 NO_x 均可达到超低排放水平。

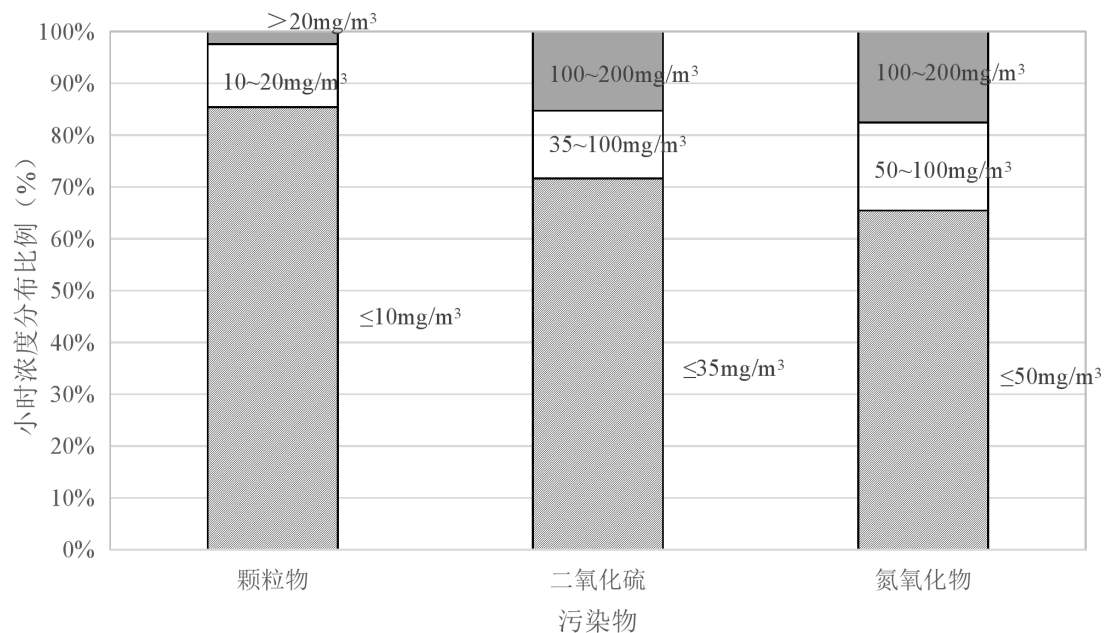


图 4.5-4 调研燃煤锅炉主要大气污染物小时排放浓度分布情况

②典型企业

A 公司使用 2 台 45 t/h 循环流化床锅炉，2018 年建成投产，采用袋式除尘器、氨法脱硫、SNCR+SCR 联合脱硝的（氨水作为还原剂），烟囱（烟道）排放口自动监测颗粒物排放浓度 $4.69 \text{ mg/m}^3 \pm 1.64 \text{ mg/m}^3$ 、 SO_2 排放浓度 $4.00 \text{ mg/m}^3 \pm 6.30 \text{ mg/m}^3$ 、 NO_x 排放浓度 $27.49 \text{ mg/m}^3 \pm 7.57 \text{ mg/m}^3$ ，除启停等非正常工况外颗粒物、 SO_2 、 NO_x 基本达到超低排放水平。

表 4.4-1 A 公司自动监测主要大气污染物排放情况

项目	颗粒物 (mg/m³)	SO ₂ (mg/m³)	NO _x (mg/m³)	氧量 (%)
均值	4.69	4.00	27.49	9.73
标准差	1.64	6.30	7.57	0.89
范围	1.69~16.68	0.08~35.35	13.28~48.59	5.52~16.32
超低排放的小时比率 (%)	98.85	99.78	100	/

B 公司使用 1 台 50 t/h 循环流化床锅炉，采用石灰石炉内脱硫、炉外碳酸氢钠湿法脱硫、SNCR 脱硝（脱硝剂为 10%的氨水）、布袋除尘器除尘，烟囱（烟道）排放口自动监测颗粒物排放浓度 $9.95 \text{ mg/m}^3 \pm 4.37 \text{ mg/m}^3$ 、 SO_2 排放浓度 $14.96 \text{ mg/m}^3 \pm 11.43 \text{ mg/m}^3$ 、 NO_x 排放浓度 $41.92 \text{ mg/m}^3 \pm 17.87 \text{ mg/m}^3$ ，颗粒物、 SO_2 和 NO_x 平均排放浓度可以达到超低排放水平，但 NO_x 和颗粒物小时排放浓度无法稳定达到超低排放水平。

表 4.4-2 B 公司自动监测主要大气污染物排放情况

项目	颗粒物 (mg/m³)	SO ₂ (mg/m³)	NO _x (mg/m³)	氧量 (%)
均值	9.95	14.96	41.92	9.59
标准差	4.37	11.43	17.87	2.93

范围	0.12~31.22	0.08~50.86	0.11~123.48	4.13~21.18
超低排放的小时比率 (%)	52.4	92.65	77.0	/

(2) 燃生物质锅炉

①总体情况

编制组收集了 120 家生物质锅炉企业的在线监测数据、验收报告、例行监测报告，结合 2020 年 6 月~11 月调研情况， ≥ 20 t/h 燃生物质锅炉颗粒物、SO₂、NO_x 小时排放浓度范围分别为 0.07 mg/m³~65.79 mg/m³、0.11 mg/m³~422.74 mg/m³、0.17 mg/m³~279.68 mg/m³，平均排放浓度分别为 13.10 mg/m³±9.99 mg/m³、60.86 mg/m³±53.97 mg/m³、93.75 mg/m³±43.22 mg/m³，达到特别排放限值时间比率均超过 95%，颗粒物小时排放浓度达到超低排放时间比率为 43.96%，SO₂ 小时排放浓度达到超低排放时间比率为 46.84%，NO_x 小时排放浓度达到超低排放时间比率为 13.02%。

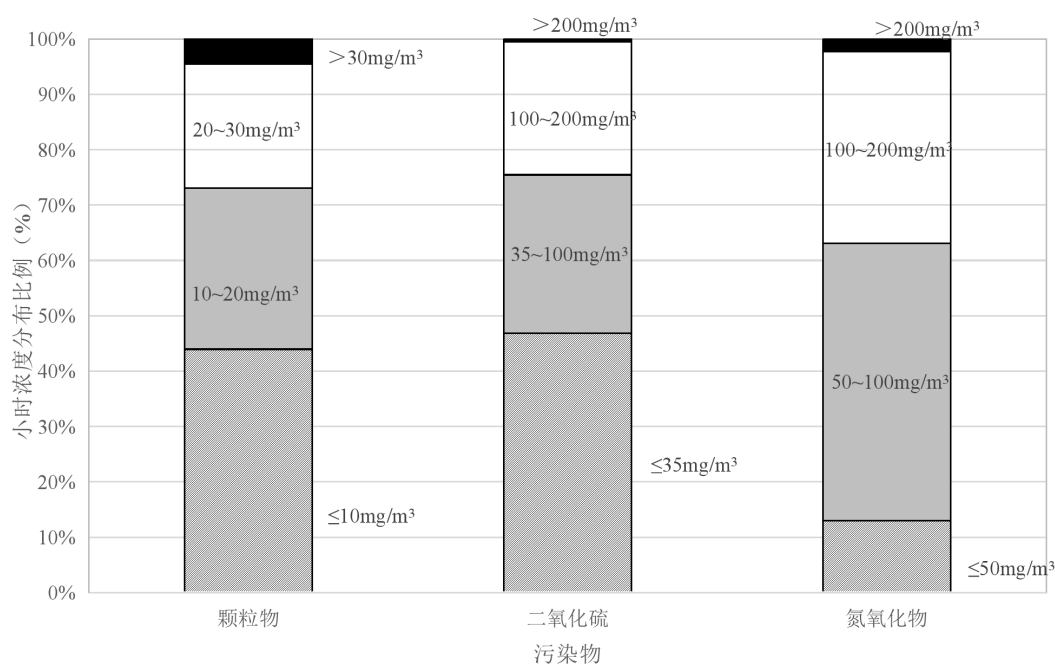


图 4.5-5 调研 20 t/h 及以上生物质锅炉主要大气污染物小时排放浓度分布情况

20 t/h 以下燃生物质锅炉在线监测数据较少，相关例行监测数据显示颗粒物、SO₂、NO_x 小时排放浓度范围分别为 1 mg/m³~23.01 mg/m³、3 mg/m³~76.76 mg/m³、11.4 mg/m³~180 mg/m³，平均排放浓度分别为 8.18 mg/m³±7.98 mg/m³、14.98 mg/m³±18.45 mg/m³、48.71 mg/m³±51.86 mg/m³，颗粒物达到 20 mg/m³ 及以下的比例为 90%，SO₂ 达到 50 mg/m³ 及以下的比例为 80%，NO_x 达到 150 mg/m³ 及以下的比例为 51.5%。

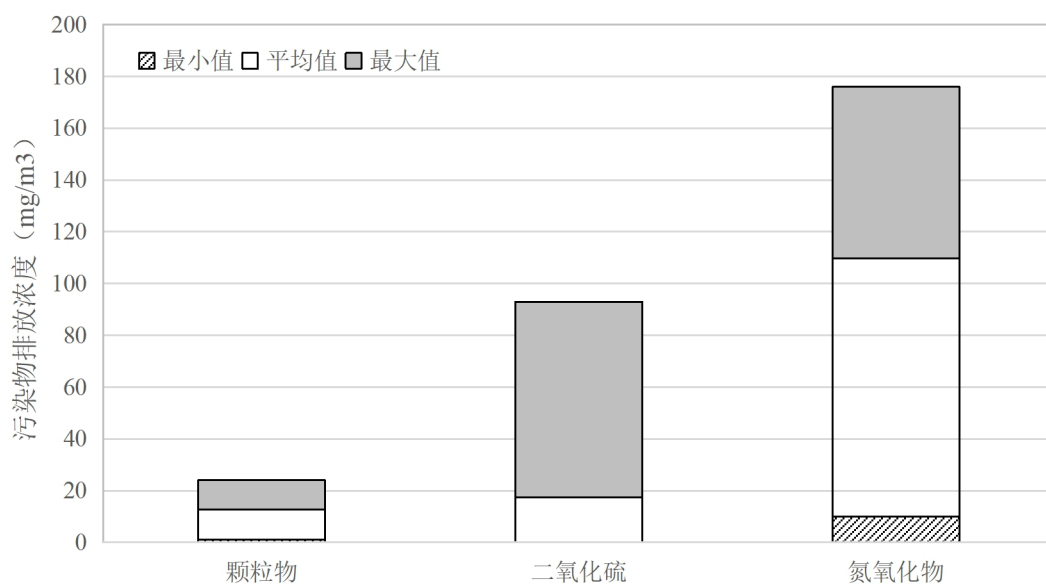


图 4.5-6 调研 20 t/h 以下上生物质锅炉企业生物质锅炉排放情况

此外，编制组还收集了省外 25 台 20 t/h 以下燃生物质锅炉排放数据，颗粒物、SO₂、NO_x 小时平均排放浓度分别为 23.4 mg/m³±12.88 mg/m³、48.5 mg/m³±58.7 mg/m³、136.5 mg/m³±75.6 mg/m³，颗粒物达到 20 mg/m³ 及以下的比例为 32%，SO₂ 达到 50 mg/m³ 及以下的比例为 60%，NO_x 达到 150 mg/m³ 及以下的比例为 40%。

调研发现，省内燃生物质锅炉排放水平差异较大，苏北部分地市燃用农林生物质的锅炉因燃料硫分很低，即使不采取炉外脱硫措施 SO₂ 排放浓度也可达到超低排放水平；采用专用生物质锅炉的企业 NO_x 排放浓度相对较低，燃煤锅炉技改后燃烧生物质的 NO_x 排放浓度则较高，单纯采用 SNCR 的锅炉 NO_x 排放浓度普遍不能达到超低排放水平。

②典型企业情况

C 公司使用 6 台 20 t/h 生物质成型燃料专用锅炉（非城市建成区），采用电袋除尘、石灰石-石膏湿法脱硫等措施，监测显示颗粒物、SO₂、NO_x 小时排放浓度分别为 5 mg/m³~6 mg/m³、<10 mg/m³、<10 mg/m³。

D 公司使用 1 台 20 t/h 生物质成型燃料链条炉（由燃煤锅炉改造），采用旋风+布袋除尘措施，监测显示颗粒物、SO₂、NO_x 小时排放浓度分别为 5 mg/m³~7 mg/m³、<2 mg/m³、141 mg/m³~150 mg/m³。

E 公司使用 4 t/h 生物质成型燃料专用锅炉（非城市建成区），采用袋式除尘+水膜除尘，监测显示颗粒物、SO₂、NO_x 小时排放浓度分别为 1.0 mg/m³、未检出、124 mg/m³~131 mg/m³。

（3）燃油锅炉

①总体情况

根据 2020 年 7 月~11 月调研情况，调研燃油锅炉的颗粒物、SO₂、NO_x 小时排放浓度分别为 0.36 mg/m³~49.28 mg/m³、0.84 mg/m³~91.73 mg/m³、0.56 mg/m³~197.95 mg/m³，平均排放浓度分别为 3.50 mg/m³±4.35 mg/m³、7.59 mg/m³±5.96 mg/m³、67.52 mg/m³±25.24 mg/m³。颗粒物小时排放浓度达到 10 mg/m³ 及以下时间比率为 94.13%，SO₂ 小时排放浓度达到 35 mg/m³ 及以下排放时间比率为 99.29%，NO_x 小时排放浓度达到 50 mg/m³ 及以下时间比率为 16.52%、达到 80 mg/m³ 及以下时间比率为 73.42%。调研还发现，全省约 50% 的燃油锅炉长期处于停用状态。

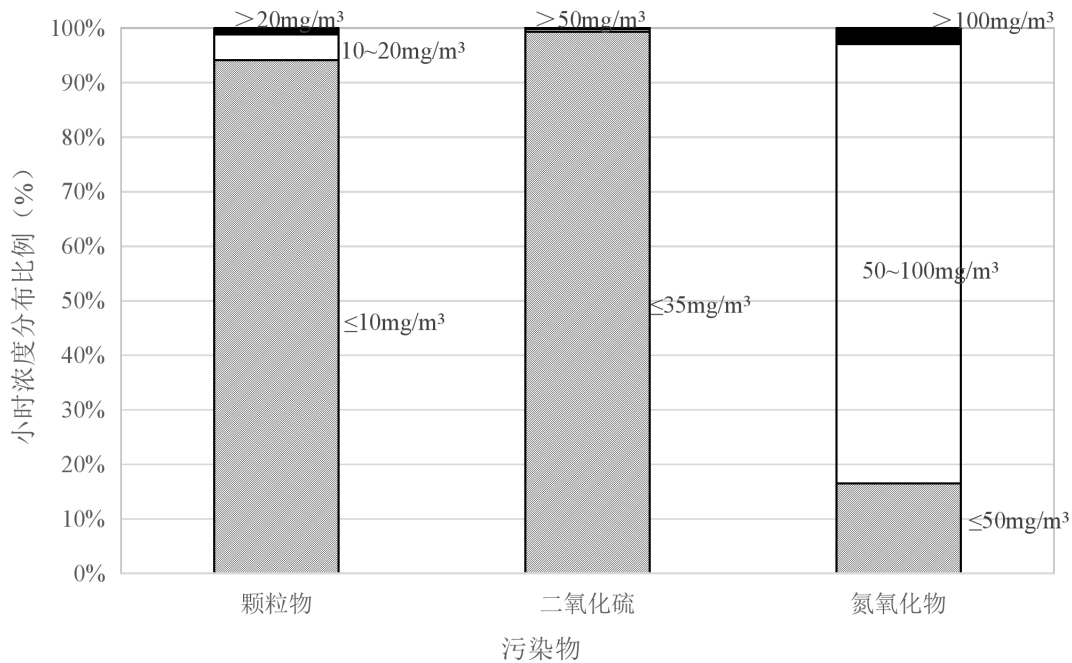


图 4.5-7 调研燃油锅炉主要大气污染物小时排放浓度分布情况

②典型企业

F 公司使用 2 台 2.5 t/h 燃油锅炉，燃用国六柴油，颗粒物小时排放浓度为 0.36 mg/m³~49.28 mg/m³、SO₂ 小时排放浓度为 1.06 mg/m³~91.73 mg/m³、NO_x 小时排放浓度为 1.46 mg/m³~197.95 mg/m³，颗粒物、SO₂、NO_x 平均浓度分别为 2.82 mg/m³±4.07 mg/m³、8.60 mg/m³±6.00 mg/m³、70.09 mg/m³±19.39 mg/m³，其中颗粒物≤10 mg/m³ 的时间比率为 96.35%、SO₂≤35 mg/m³ 的时间比率为 99.15%，NO_x≤50 mg/m³ 的时间比率为 12.06%，NO_x≤80 mg/m³ 的时间比率为 77.07%。

表 4.4-3 F 公司燃油锅炉自动监测主要大气污染物排放情况

项目	颗粒物 (mg/m ³)	SO ₂ (mg/m ³)	NO _x (mg/m ³)	氧量 (%)
均值	2.82	8.60	70.09	10.36
标准差	4.07	6.00	19.39	3.17
范围	0.36~49.28	1.06~91.73	1.46~197.95	6.4~19.97
超低排放的小时比率 (%)	96.35	99.15	12.06	/

G 公司使用 1 台 6.7 t/h 燃油锅炉，燃用国六柴油，颗粒物小时排放浓度为 2.6 mg/m³~17.44 mg/m³、SO₂ 小时排放浓度为 1.54 mg/m³~12.70 mg/m³、NO_x 小时排放浓度为 56.4 mg/m³~112.34 mg/m³，颗粒物、SO₂、NO_x 平均浓度分别为 3.56 mg/m³±0.84 mg/m³、2.46 mg/m³±0.92 mg/m³、89.01 mg/m³±9.78 mg/m³，其中颗粒物≤10 mg/m³ 的时间比率为 99.73%，SO₂≤35 mg/m³ 的时间比率为 100%，NO_x≤50 mg/m³ 的时间比率为 0，NO_x≤80 mg/m³ 的时间比率为 23.21%。

表 4.4-4 G 公司燃油锅炉自动监测主要大气污染物排放情况

项目	颗粒物 (mg/m ³)	SO ₂ (mg/m ³)	NO _x (mg/m ³)
均值	3.56	2.46	89.01
标准差	0.84	0.92	9.78
范围	2.6~17.44	1.54~12.70	56.4~112.34
超低排放的小时比率 (%)	99.73	100	0

(4) 燃气锅炉排放现状

①总体情况

根据 2020 年 7 月~11 月调研情况，调研全省燃气锅炉的颗粒物、SO₂、NO_x 小时排放浓度分别为 0.00 mg/m³~12.38 mg/m³、0.15 mg/m³~59.48 mg/m³、1.86 mg/m³~174.09 mg/m³，平均排放浓度分别为 1.63 mg/m³±1.43 mg/m³、8.05 mg/m³±8.82 mg/m³、42.51 mg/m³±29.15 mg/m³。颗粒物达到 5 mg/m³ 及以下时间比率为 98.57%，SO₂ 小时排放浓度达到 35 mg/m³ 及以下排放时间比率为 99.20%，NO_x 小时排放浓度达到 50 mg/m³ 及以下时间比率为 80.53%。调研发现，同时使用低氮燃烧器和烟气再循环两种技术可使 NO_x 稳定达到 50 mg/m³ 及以下。

燃气锅炉中除燃烧天然气，还有燃烧焦炉煤气、转炉煤气、沼气和液化气等，全省有 151 家企业，共计 168 台锅炉燃用其他气体，相比天然气锅炉，二氧化硫排放浓度较大，部分企业采用氧化镁法、钠碱法、石灰石-石膏等脱硫措施，脱硫后二氧化硫排放浓度基本在 10~20 mg/m³ 之间。

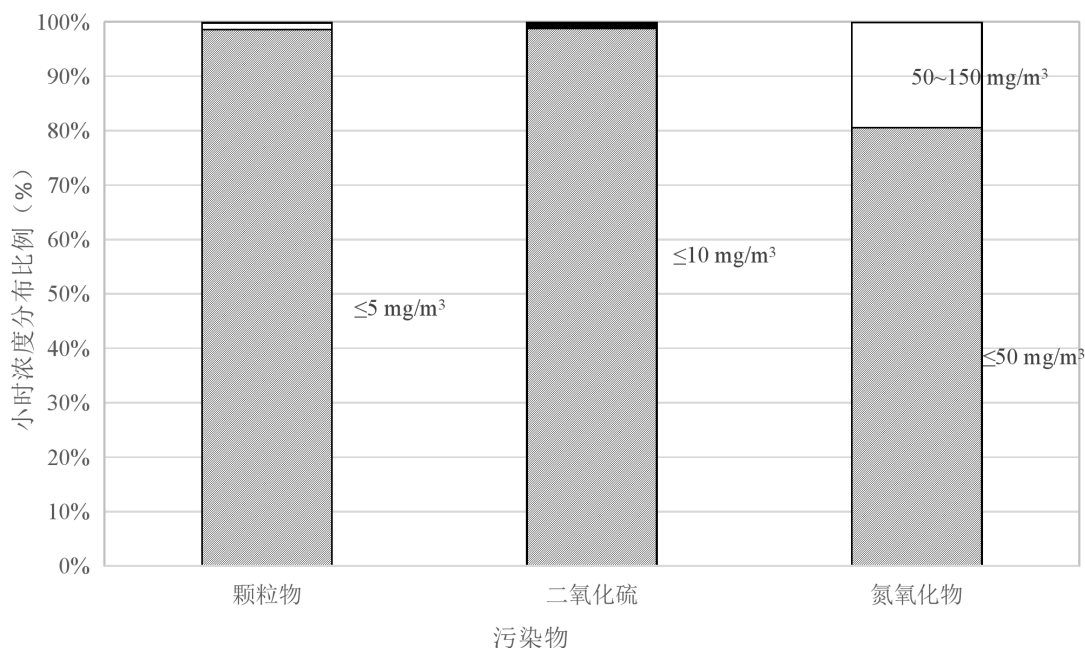


图 4.5-8 调研燃气锅炉主要大气污染物小时排放浓度分布情况

②典型企业

H 公司使用 1 台 35 t/h 燃气锅炉，燃用西气东输天然气，采用低氮燃烧技术（包含低氮燃烧器和烟气再循环系统），未采用脱硫、除尘措施，颗粒物小时排放浓度为 0.0 mg/m³~3.83 mg/m³、SO₂ 小时排放浓度为 0.15 mg/m³~4.67 mg/m³、NO_x 小时排放浓度为 9.70 mg/m³~44.99 mg/m³，颗粒物、SO₂、NO_x 平均浓度分别为 0.18 mg/m³±0.73 mg/m³、1.13 mg/m³±1.18 mg/m³、33.05 mg/m³±8.77 mg/m³，颗粒物达到 5 mg/m³ 及以下的下时间比率为 100%，SO₂ 小时排放浓度达到 35 mg/m³ 及以下排放时间比率为 100%，NO_x 小时排放浓度达到 50 mg/m³ 及以下时间比率为 100%。

表 4.4-5 H 公司燃气锅炉自动监测主要大气污染物排放情况

项目	颗粒物 (mg/m³)	SO ₂ (mg/m³)	NO _x (mg/m³)
均值	0.18	1.13	33.05
标准差	0.73	1.18	8.77
范围	0.0~3.83	0.15~4.67	9.70~44.99
达本标准的小时比率 (%)	100	100	100

I 公司使用 1 台 30 t/h 燃气锅炉，燃用西气东输天然气和企业自产沼气，采用钠碱法脱硫，脱硫平均效率为 90%，低氮燃烧技术（包含低氮燃烧器和烟气再循环系统），颗粒物小时排放浓度为 1.68 mg/m³~12.38 mg/m³、SO₂ 小时排放浓度为 1.07 mg/m³~59.48 mg/m³、NO_x 小时排放浓度为 1.86 mg/m³~53.34 mg/m³，颗粒物、SO₂、NO_x 平均浓度分别为 3.49 mg/m³

$\pm 1.02 \text{ mg/m}^3$ 、 $17.74 \text{ mg/m}^3 \pm 9.49 \text{ mg/m}^3$ 、 $34.48 \text{ mg/m}^3 \pm 5.60 \text{ mg/m}^3$ 。颗粒物达到 5 mg/m^3 及以下的下时间比率为 95.19%， SO_2 小时排放浓度达到 35 mg/m^3 及以下排放时间比率为 97.36%， NO_x 小时排放浓度达到 50 mg/m^3 及以下时间比率为 99.69%。

表 4.4-6 I 公司燃气锅炉自动监测主要大气污染物排放情况

项目	颗粒物 (mg/m^3)	SO_2 (mg/m^3)	NO_x (mg/m^3)
均值	3.49	17.7	34.48
标准差	1.02	9.49	5.60
范围	1.68~12.38	1.07~59.48	1.86~53.34
达本标准的小时比率 (%)	95.19	97.36	99.69

4.4.3 非常规污染物排放现状

根据省内燃煤锅炉超低排放验收监测数据，汞及其化合物浓度 $2.2 \times 10^{-5} \text{ mg/m}^3 \sim 6.2 \times 10^{-4} \text{ mg/m}^3$ ；部分实测数据也表明，汞及其化合物排放浓度 $0.09 \mu\text{g/m}^3 \sim 0.62 \mu\text{g/m}^3$ ，均低于 GB 13271—2014 规定的 0.05 mg/m^3 ，低于本标准制定的 0.03 mg/m^3 。

根据部分燃生物质锅炉实测数据，汞及其化合物排放浓度 $0.42 \mu\text{g/m}^3 \sim 15.59 \mu\text{g/m}^3$ ；根据《生物质成型燃料锅炉挥发性有机物排放特征》等文献报道，燃生物质锅炉 Hg 的排放浓度与燃料成分有关，但排放水平均远低于 0.03 mg/m^3 。

4.4.4 调研和座谈会企业反馈意见

现场座谈和问卷调查以及召开企业座谈会过程中，企业反映较多的意见和建议主要有：

(1) 由燃煤改为燃生物质的企业反映，技改时按照特别排放限值改造，再进行超低排放改造在技术上（主要无改造空间）和经济上都有很大压力。

(2) 企业建议城市建成区以外的燃生物质锅炉氮氧化物排放浓度限值建议参考上海市锅炉大气污染物排放标准。

(3) 部分使用 4 t/h 及以上燃生物质锅炉的企业已按照《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）要求安装烟气排放自动监控设施，若执行超低排放要求则自动监测设备由于精度要求需重新更换。

(4) 燃煤层燃炉 NO_x 排放浓度稳定控制在 200 mg/m^3 以内较困难。

(5) 建议相关主管部门对锅炉环保改造予以技术指导。

此外，部分企业还对生物质燃料供应保障、燃气管网覆盖等提出了意见和建议。编制组结合国家和我省现行法规政策要求，以及我省社会经济条件和环境改善需求，对企业反映的合理建议予以采纳，对放宽现行法规政策要求或本标准不涉及事项的建议暂不采纳。

5 工业锅炉主要大气污染物特征

5.1 氮氧化物

(1) 简介

NO_x包括NO (Nitric oxide)、NO₂ (Nitrogen dioxide)，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NO₂1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 200 μg/m³，24 小时平均值不高于 80 μg/m³。

5.2 二氧化硫

(1) 简介

SO₂ (Sulfur dioxide) 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 (SO₂) 的形式产生并排放。锅炉排放烟气中SO₂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0.5 ppm以上对人体有潜在影响；在1 ppm~3 ppm时多数人开始感到刺激；SO₂浓度为10 ppm~15 ppm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20 ppm时，引起咳嗽并刺激眼睛。若每天吸入浓度为100 ppm，支气管和肺部出现明显的刺激症状，使肺组织受损；在400 ppm~500 ppm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0.21 ppm，颗粒物浓度大于300 mg/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500 μg/m³，24小时平均值不高于150 μg/m³。

5.3 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Na₂O、Fe₂O₃、K₂O、SO₃、Al₂O₃、SiO₂、CaO、MgO、P₂O₅、Li₂O、TiO₂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 μm的颗粒物能被鼻毛和呼吸道粘液挡住；直径介于0.5 μm~5 μm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

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 $35\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、 $70\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ 。

5.4 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(Hg^0)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(Hg^{2+})，部分 Hg^0 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(Hg^0)、二价汞(Hg^{2+})和颗粒态汞(Hg_p)等3种形态，统称为汞及其化合物。

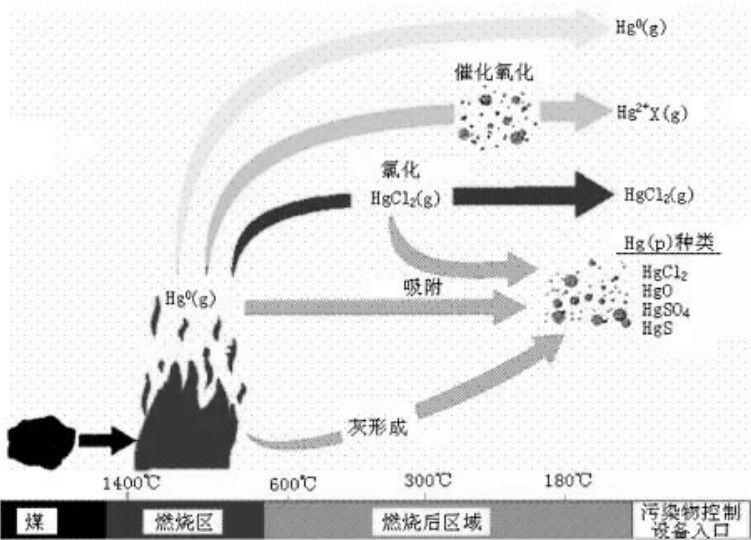


图 5.4-1 燃煤烟气汞转化示意图

(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 $234.38\ \text{K}$ 、沸点为 $204.28\ \text{K}$ ，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 $0.05 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 。

6 标准主要技术内容及确定依据

6.1 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 6.1-1 《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
11	参考文献	可选	/

6.2 范围

本标准适用范围延续了 GB 13271—2014 相关规定，并根据国家相关文件和全省锅炉使用现状略作调整。

（1）根据《江苏省打赢蓝天保卫战三年行动计划实施方案》（苏政发〔2018〕122号）、《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），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，因此本标准将燃生物质锅炉由 GB 13271—2014 参照执行燃煤锅炉排放控制要求改为执行专门的排放限值。

（2）根据《关于碱回收炉烟气执行排放标准有关意见的复函》（环函〔2014〕124号），65 t/h 及以下燃造纸制浆黑液（包含木素、半纤维素等有机物以及无机物）的碱回收炉参照执行 GB 13271—2014 中燃生物质成型燃料锅炉排放控制要求。因此，本标准适用范围中生物质锅炉包括直接燃用生物质燃料的锅炉以及燃生物质成型燃料锅炉。

（3）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《关于醇基燃料锅炉执行标准有关问题的复函》（环函〔2015〕

319 号），使用甲醇、乙醇、丙醇等醇基燃料的锅炉参照执行 GB 13271—2014 中燃油锅炉排放控制要求。因此，本标准适用范围明确使用甲醇、乙醇等液体燃料的锅炉参照执行燃油锅炉排放控制要求。

需要说明的是，我省部分燃生物质锅炉的烟气不直接排放，而是引入干燥等工序使用。根据《排污许可证申请与核发技术规范 人造板工业》（HJ 1032—2019），对于锅炉热烟气引入干燥工序的，干燥尾气执行 GB 16297《大气污染物综合排放标准》，不适用于本标准。

6.3 术语和定义

本标准的术语和定义中，“锅炉”“标准状态”“基准氧含量排放浓度”“新建锅炉”“现有锅炉”参考了 GB 13271—2014、《污染源源强核算技术指南 锅炉》（HJ 991—2018）等标准中相关概念，“有效小时均值”参考了《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），“城市建成区”参考了《城市规划基本术语标准》（GB/T 50280—98），“封闭”“半封闭”“密闭”“无组织排放”参考了《重污染天气重点行业应急减排措施制定技术指南（2020 年修订版）》（环办大气函〔2020〕340 号）。

6.4 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 N₂、H₂O、CO₂、SO₂、NO_x、颗粒物，并可能有 SO₃、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 SO₂、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、SO₃。

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。

6.5 污染物排放限值的确定及依据

6.5.1 燃煤锅炉

根据《江苏省打赢蓝天保卫战三年行动计划实施方案》（苏政发〔2018〕122 号）、《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，我省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 35 t/h 及以下燃煤锅炉全部淘汰或实施清洁能源替代，65 t/h 及以上的燃煤锅炉全部完成超低排放改造，江苏省打好污染防治攻坚战指挥部办公室给各设区市人民政府下发《关于印发<2021 年度设区市深入打好污染防治攻坚战目标任务书>的通知》（苏污防攻坚

指办〔2021〕24号）提出：8月底前，20台燃煤锅炉全部完成超低排放改造。

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，因此汞及其化合物参考最新发布的河南省地方标准，设定为0.03 mg/m³；现有燃煤锅炉则给予一定过渡期，自标准实施之日后18个月起执行新建锅炉标准。

6.5.2 燃油锅炉

《车用柴油》（GB 19147—2016及其修改单）等规定柴油硫含量不大于10 mg/kg、灰分（质量分数）不大于0.01%，使用符合国家标准的燃油排放的颗粒物、SO₂很低。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，新建气态燃料锅炉和其他锅炉颗粒物、SO₂、NO_x排放限值分别为10 mg/m³、10 mg/m³、50 mg/m³，2020年10月1日起现有气态燃料锅炉颗粒物、SO₂、NO_x排放限值分别为10 mg/m³、10 mg/m³、50 mg/m³，现有其他锅炉颗粒物、SO₂、NO_x排放限值分别为10 mg/m³、20 mg/m³、50 mg/m³（外环线内）或80 mg/m³（外环线外）。

考虑到长三角地区同类标准的协调性，GB 19147—2016等标准对柴油质量控制要求，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、35 mg/m³、50 mg/m³，烟气黑度排放限值延续GB 13271—2014控制要求；现有燃油锅炉则给予一定过渡期，自标准实施之日后18个月起执行新建锅炉要求。

6.5.3 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50 mg/m³进行改造，同时江苏省《关于印发〈2021年度设区市深入打好污染防治攻坚战目标任务书〉的通知》（苏污防攻坚指办〔2021〕24号）提出：推进燃煤、燃气、生物质锅炉和炉窑的超低排放改造工作。8月底前，213台燃气锅炉全部完成低氮改造或“回头看”。上海市DB31/387—2018规定新建及现有（2020年10月1日起）气态燃料锅炉颗粒物、SO₂、NO_x排放限值分别为10 mg/m³、10 mg/m³、50 mg/m³。

本标准落实国家及省内相关文件要求，同时考虑到长三角地区同类标准的协调性，以及净化后的天然气不含尘、低硫特性，且全省仍有168台燃用其他气体的锅炉，含硫量比天然

气高，本标准规定新建燃气锅炉颗粒物、SO₂、NO_x排放限值分别为 5 mg/m³、35 mg/m³、50 mg/m³，现有燃气锅炉则给予一定过渡期，自标准实施之日后 18 个月起执行新建锅炉标准。

6.5.4 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《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）、《江苏省打赢蓝天保卫战三年行动计划实施方案》（苏政发〔2018〕122 号）、《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）等文件，燃生物质锅炉数量较多的地区要开展专项整治；燃生物质锅炉应采用专用锅炉；积极推进城市建成区燃生物质锅炉超低排放改造。江苏省打好污染防治攻坚战指挥部办公室给各设区市人民政府下发《关于印发<2021 年度设区市深入打好污染防治攻坚战目标任务书>的通知》（苏污防攻坚指办〔2021〕24 号）提出：推进燃煤、燃气、生物质锅炉和炉窑的超低排放改造工作。8 月底前，312 台生物质锅炉中位于建成区的全部完成超低排放改造，建成区外 20 蒸吨/小时及以上的生物质锅炉完成 50%以上的超低排放改造。上海市 DB31/387—2018 规定新建和现有（2020 年 10 月 1 日起）燃生物质锅炉颗粒物、SO₂、NO_x排放限值分别为 20 mg/m³、20 mg/m³、150 mg/m³。

本标准落实国家相关文件要求，规定新建生物质锅炉颗粒物、SO₂、NO_x排放限值分别为 10 mg/m³、35 mg/m³、50 mg/m³；现有位于城市建成区和其他区域≥20 t/h 燃生物质锅炉颗粒物、SO₂、NO_x排放限值分别为 10 mg/m³、35 mg/m³、50 mg/m³；考虑到我省燃生物质锅炉数量大（超过 6000 台）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<20 t/h 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 20 mg/m³、50 mg/m³、150 mg/m³；烟气黑度排放限值延续 GB 13271—2014 控制要求，考虑城市建成区生物质锅炉执行超低排放限值，其他区域锅炉执行 GB 13271—2014 燃气锅炉特别排放限值，治理设施的效率提高，汞及其化合物设定为 0.03 mg/m³。现有燃生物质锅炉则给予一定过渡期，自标准实施之日后 18 个月起执行本标准。

6.5.5 其他有组织排放控制要求

（1）氨逃逸

氨是烟气脱硝过程中主要采用的还原剂，也是环境空气中生成 PM_{2.5}的重要前体物之一。为控制烟气脱硝氨逃逸的环境影响，参照《工业锅炉污染防治可行技术指南》（报批稿），

本标准规定：采用 SCR 工艺的，烟囱或烟道氨逃逸质量浓度不高于 2.3 mg/m^3 ；采用 SNCR 工艺的，烟囱或烟道氨逃逸质量浓度不高于 8 mg/m^3 ；采用 SNCR-SCR 工艺的，烟囱或烟道氨逃逸质量浓度不高于 3.8 mg/m^3 。为控制氨法脱硫氨逃逸的环境影响，根据《氨法烟气脱硫工程通用技术规范》（HJ 2001—2018），采用氨法脱硫工艺的，烟囱或烟道氨逃逸质量浓度应低于 3 mg/m^3 。

（2）低矮源颗粒物排放

为推进使用锅炉的企业开展无组织排放深度治理，本标准规定煤炭等原辅料、灰渣等副产物储存、输送、制备等系统产生点配备除尘设施，即将颗粒物的无组织排放规范为低矮源有组织排放。《大气污染物综合排放标准》（GB 16297—1996）对低矮源有组织排放的颗粒物排放浓度、排放速率以及排气筒高度均进行了规定。同时，我省《大气污染物综合排放标准》（征求意见稿）规定，颗粒物最高允许排放浓度 20 mg/m^3 、最高允许排放速率 1.0 kg/h ，排气筒高度不低于 15 m （因安全考虑或有特殊工艺要求的除外）。因此，本标准对低矮源颗粒物排放不再另行规定排放控制要求。

（3）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”。

6.6 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《〈锅炉大气污染物排放标准〉（GB 13271—2014）修改单》（报批稿）、《江苏省颗粒物无组织排放深度整治实施方案》（苏大气办〔2018〕4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），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。

6.7 污染物监测要求的确定及依据

6.7.1 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《锅炉烟尘测试方法》（GB 5468—91）、《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）、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。

6.7.2 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）适用颗粒物浓度 $>20\text{ mg/m}^3$ 的测定，不适用于本标准。

（2）HJ 836—2017 适用颗粒物浓度 $\leq 20\text{ mg/m}^3$ 的测定，检出限 1.0 mg/m^3 （采样体积 1 m^3 ），适用于本标准。

6.7.3 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 SO_2 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）。

（1）HJ/T 56—2000 测定范围 $100\text{ mg/m}^3\sim 6000\text{ mg/m}^3$ ，不适用于本标准。

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

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

此外，2020年8月15日实施的《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 ，亦适用于本标准。

6.7.4 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)。

(1) HJ/T 42—1999 检出限 10 mg/m³、定量测定下限 34 mg/m³ (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/m³、定量测定浓度 2.4 mg/m³~208 mg/m³ (采样体积 1 L), 适用于本标准。

(3) HJ 692—2014 一氧化氮 (以 NO₂ 计) 检出限 3 mg/m³、测定下限 12 mg/m³, 适用于本标准。

(4) HJ 693—2014 一氧化氮 (以 NO₂ 计)、二氧化氮检出限 3 mg/m³、测定下限 12 mg/m³, 适用于本标准。

此外, 2020 年 8 月 15 日实施的《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/m³、测定下限 4 mg/m³, 二氧化氮检出限 2 mg/m³、测定下限 8 mg/m³, 亦适用于本标准。

6.7.5 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 mg/m³、测定下限 0.01 mg/m³ (采样体积 10 L), 适用于本标准。

(2) HJ 917—2017 检出限 0.1 μg/m³、测定下限 0.4 μg/m³ (采样体积 10 L), 适用于本标准。

6.7.6 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。

6.7.7 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（SO₂、NO_x、颗粒物）排放连续监测系统，准确度要求为：SO₂ 排放浓度 < 20 μmol/mol（57 mg/m³）时，绝对误差不超过 ± 6 μmol/mol（17 mg/m³）；NO_x 排放浓度 < 20 μmol/mol（41 mg/m³）时，绝对误差不超过 ± 6 μmol/mol（12 mg/m³）；颗粒物排放浓度 ≤ 10 mg/m³，绝对误差不超过 ± 5 mg/m³。

HJ 76—2017 适用于固定污染源烟气（SO₂、NO_x、颗粒物）排放连续监测系统的设计、生产和检测。

6.7.8 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。

6.8 达标判定要求的确定及依据

6.8.1 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。

6.8.2 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。

6.8.3 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。

表 6.8-1 某使用锅炉企业自动监测数据分析

工况	NO _x 折算浓度 (mg/m ³)	烟气量 (m ³ /h)	备注
非正常	238.969	239343.281	节假日热负荷波动, 锅炉燃烧不稳定
	202.701	254293.344	
	203.561	241596.313	
	207.942	223162.266	启动 50 t/h 锅炉, 未达到脱硝反应温度
	203.514	157413.563	标定及维修
	124.852	152560.141	
	222.064	148994.016	
	216.114	146400.609	
	226.404	158944.125	脱硝剂管道故障
	193.966	155432.734	
	244.677	151791.125	
	205.522	157209.594	
	205.522	157209.594	
正常	45.805	166514.297	—
	41.025	165161.906	

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。

6.8.4 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。本标准规定的单台出力大于 65 t/h 的燃煤、燃生物质锅炉基准氧含量为 6%, 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%; 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%, 单台出力小于等于 65 t/h 的锅炉延续了 GB 13271—2014 相关要求, 单台出力大于 65 t/h 的锅炉参考《火电厂大气污染物排放标准》(GB13223-2011) 中相关要求。

7主要国家、地区及国际组织相关标准研究

7.1国内相关排放标准

7.1.1 国家标准

GB 13271—2014 于 2014 年 7 月 1 日起正式实施，其控制项目增设了 NO_x 和汞及其化合物，并加严了各项污染物的排放限值。

表 7.1-1 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 7.1-2 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 7.1-3 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

7.1.2 地方标准

GB 13271—2014 实施后，部分省（直辖市、自治区）主要针对颗粒物、SO₂、NO_x 制定了更严格的地方标准。

表 7.1-4 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

浙江省杭州市	DB3301/T 0250—2018	《锅炉大气污染物排放标准》	2018 年 12 月 10 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 月
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

表 7.1-5 我国部分地区工业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		10-20	10-20	10-20	20
	新建		10	10	10	20
浙江省杭州市	在用		20	30	20	20
	新建		20	20	10	10
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)
		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

表 7.1-6 我国部分地区工业锅炉二氧化硫排放限值（单位：mg/m³）

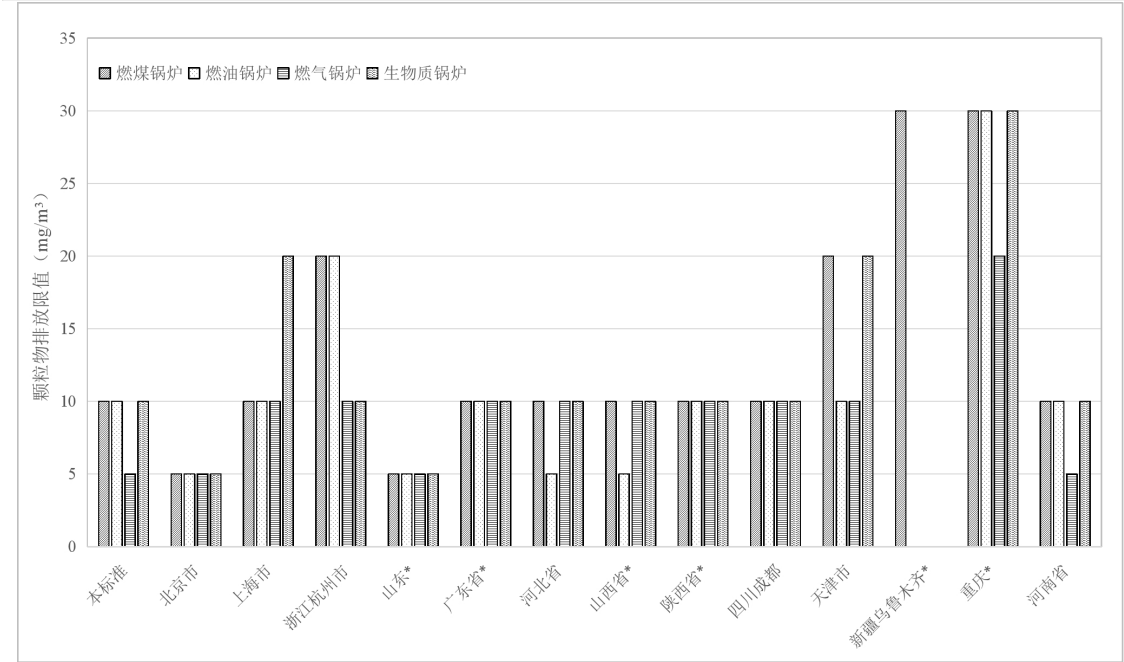
区域	说明		燃煤锅炉	燃油锅炉	燃气锅炉	生物质锅炉
北京市	在用	高污染燃料禁燃区	10	10	10	10
		高污染燃料禁燃区外	20	20	20	20
	新建		10	10	10	10
上海市	在用		10	10	10-20	20
	新建		10	10	10	20
浙江杭州市	在用		50	200	50	50
	新建		50	35	20	20
山东省	在用		200	100	50	200
	新建	核心控制区	35	35	35	35
		重点控制区	50	50	50	50
		一般控制区	50	100	50	200
广东省	在用	珠三角	200	100	50	35
		其他	300	200	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
	在用	城市建成区	35	35	35	30
		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

表 7.1-7 我国部分地区工业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
浙江杭州市	在用		150	250	150	150
	新建		150	150	50	50
山东省	在用		300	250	200	300
	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	150	50（新建天然气）/80	50（城市建成

			建成区)/200		(在用天然气)/150	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



注：标*为该地区本类中最严要求，天津市 2018 年 11 月 1 日起高污染燃料禁燃区燃煤锅炉禁排、四川成都市高污染燃料禁燃区外燃煤锅炉禁排，下同。

图 7.1-1 本标准与其他地方标准颗粒物排放控制要求比较

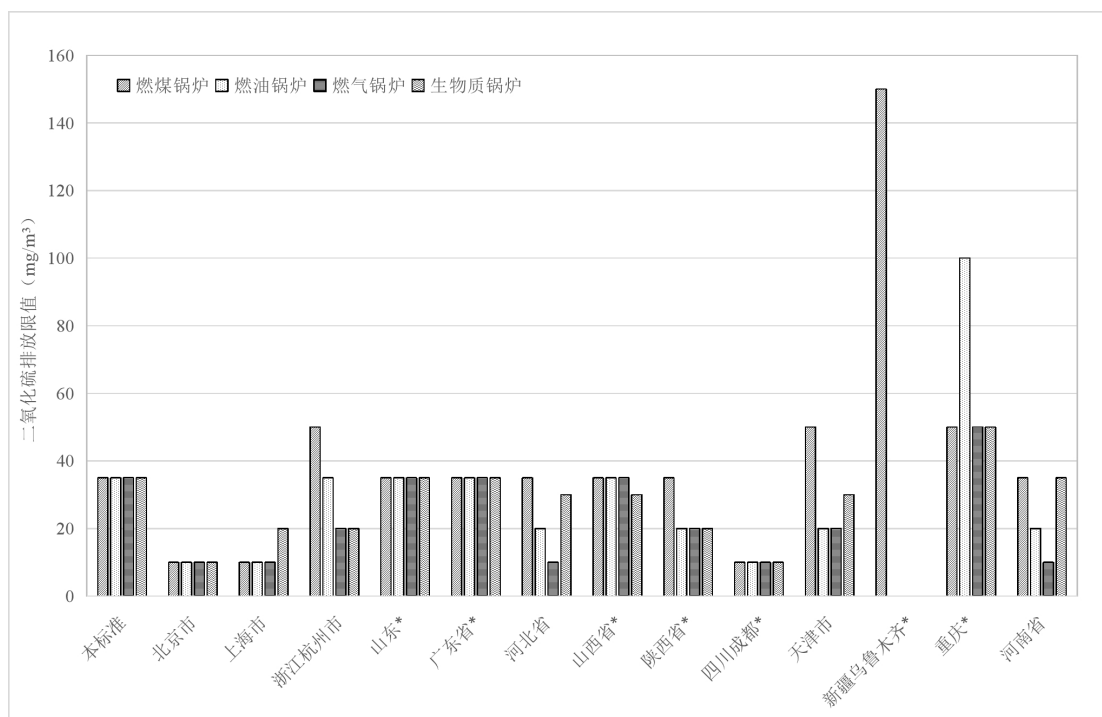


图 7.1-2 本标准与其他地方标准二氧化硫排放控制要求比较

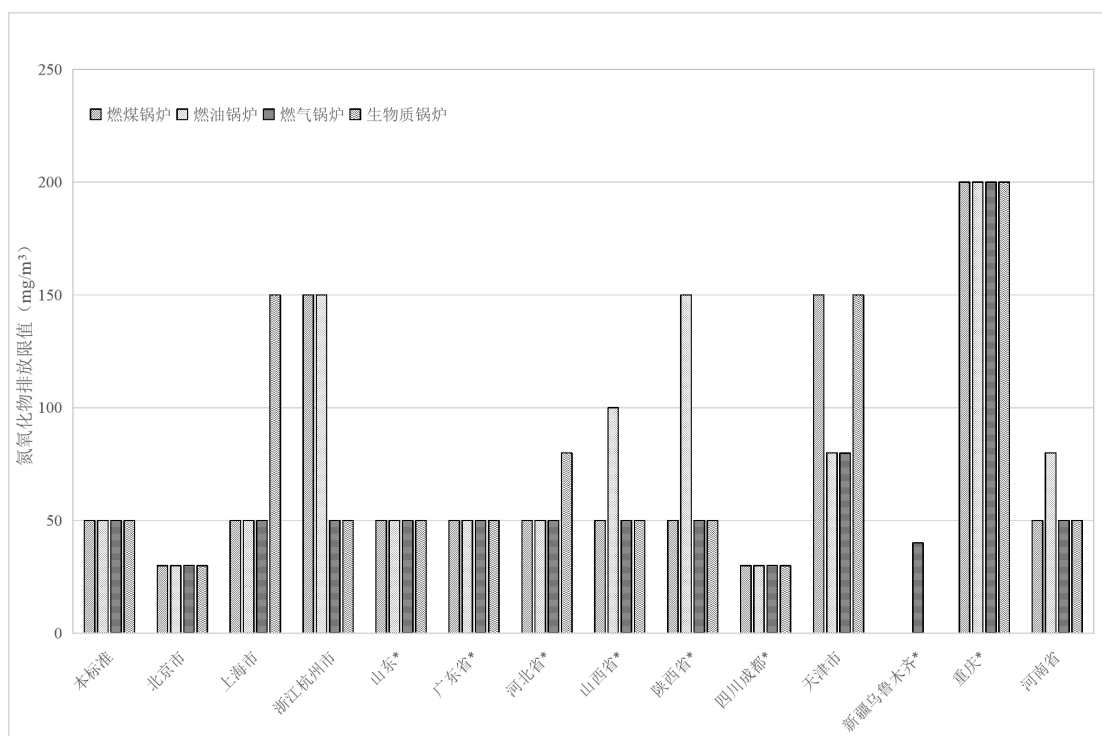


图 7.1-3 本标准与其他地方标准氮氧化物排放控制要求比较

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 mg/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 $0.5 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ ，高污染燃料禁燃区外的在用锅炉 $30 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ ）。

此外，部分省（直辖市、自治区）还提出了其他控制要求：

①上海市、四川省成都市、广东省、山西省对燃生物质锅炉规定了 CO 排放限值，上海市、成都市为 100 mg/m³，广东省、山西省为 200 mg/m³；新疆自治区乌鲁木齐市对燃气锅炉定了 CO 排放限值，为 95 mg/m³。

②浙江省杭州市对燃煤锅炉 SO₃ 规定了排放限值 5 mg/m³。

③北京市、河北省、浙江省杭州市规定了氨逃逸控制要求，SCR 脱硝方式不高于 2.5 mg/m³（或 2.3 mg/m³），SNCR 脱硝方式不高于 8 mg/m³（或 7.6 mg/m³）。

7.1.3 排放控制要求的长三角一体化协调性

（1）与上海市 DB31/387—2018 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 一致，新建燃气锅炉、生物质锅炉颗粒物比上海市 DB31/387—2018 严格，现有位于城市建成区及其他区域大于等于 20 t/h 燃生物质锅炉的颗粒物比上海市 DB31/387—2018 严格，现有位于其他区域小于 20 t/h 燃生物质锅炉的颗粒物与上海市 DB31/387—2018 一致；

②本标准中，新建燃煤锅炉、燃生物质锅炉、燃油锅炉、燃气锅炉 SO₂ 排放限值比上海市 DB31/387—2018 宽松，现有燃生物质锅炉 SO₂ 排放限值同样比上海市 DB31/387—2018 宽松；

③本标准中，新建燃煤锅炉、燃油锅炉、燃气锅炉 NO_x 排放限值与上海市 DB31/387—2018 一致，新建燃生物质锅炉的 NO_x 比上海市 DB31/387—2018 严格，现有位于城市建成区及其他区域大于等于 20 t/h 燃生物质锅炉 NO_x 比上海市 DB31/387—2018 严格，现有位于其他区域小于 20 t/h 燃生物质锅炉的颗粒物与上海市 DB31/387—2018 一致；

④Hg 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。

（2）与浙江省杭州市 DB3301/T 0250—2018 协调性

本标准中，新建燃煤锅炉执行超低限值，新建 65 t/h 及以上的燃煤锅炉比浙江省杭州市 DB3301/T 0250—2018 略微宽松，65 t/h 以下比浙江省杭州市 DB3301/T 0250—2018 严格、新建燃油锅炉、燃气锅炉颗粒物排放限值比浙江省杭州市 DB3301/T 0250—2018 略微严格，燃生物质锅炉颗粒物排放限值与浙江省杭州市 DB3301/T 0250—2018 一致；新建 65 t/h 及以上燃煤锅炉、燃油锅炉 SO₂ 排放限值与浙江省杭州市 DB3301/T 0250—2018 一致，新建燃气锅炉、燃生物质锅炉 SO₂ 排放限值比浙江省杭州市 DB3301/T 0250—2018 宽松；新建 65 t/h 及以上燃煤锅炉、燃气锅炉、燃生物质 NO_x 排放限值与浙江省杭州市 DB3301/T 0250—2018

一致，新建 65 t/h 以下燃煤锅炉和燃油锅炉比浙江省杭州市 DB3301/T 0250—2018 严格，Hg 及其化合物排放限值严于浙江省杭州市 DB3301/T 0250—2018。

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。

（3）其他有组织排放控制要求

本标准提出了氨逃逸排放管理要求，与浙江省杭州市 DB3301/T 0250—2018 基本一致，上海市 DB31/ 387—2018 未提出。

本标准提出了烟气混合排放管理要求，与浙江省杭州市 DB3301/T 0250—2018 一致，上海市 DB31/ 387—2018 未提出要求。

此外，浙江省杭州市 DB3301/T 0250—2018 提出了燃煤锅炉 SO₃ 控制要求。我国燃煤电厂相关实践表明，超低排放的 SO₃ 协同治理效果显著；同时，不同测试方法的 SO₃ 监测结果差异较大，异丙醇吸收法可能受氧化性杂质影响导致监测结果偏大，控制冷凝法可能受冷凝管长度影响导致监测结果偏小，SO₃ 实际排放浓度准确性需进一步验证。本标准规定燃煤锅炉要达到超低排放要求，SO₃ 可以得到有效协同控制。

（4）无组织排放控制要求

本标准提出了工业锅炉（重点是燃煤锅炉、燃生物质锅炉）无组织排放控制要求，比浙江省杭州市 DB3301/T 0250—2018 更细化，上海市 DB31/ 387—2018 未提出要求。

7.2 国外相关排放标准

7.2.1 美国

美国在 40 CFR Part 60 Subpart D—Standards of Performance for Fossil-Fuel-Fired Steam Generators 中规范工业锅炉的颗粒物、SO₂、NO_x（热输入功率≥29 MW 时）等污染物的排放限值，在 40 CFR Part 63 Subpart DDDDD—National Emission Standards for Hazardous Air Pollutants for Major Sources: Industrial, Commercial, and Institutional Boilers and Process Heaters 中规范 Hg、CO 等污染物的排放限值，其特点均是排放限值与热功率结合（ng/J 或 lb/MMBtu）。

表 7.2-1 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，1121 mg/m ³ ）
燃煤矽石锅炉	—	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, 1082 mg/m ³)
燃气锅炉	—	—	—	87 (250 mg/m ³)
	—	—	92%	520 (脱硫前, 2213 mg/m ³)

表 7.2-2 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 7.2-3 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 7.2-4 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 μg/m ³)	8.0×10^{-7} (0.98 μg/m ³)
燃油锅炉	2.0×10^{-6} (2.46 μg/m ³)	4.8×10^{-7} (0.59 μg/m ³)
燃气锅炉	7.9×10^{-6} (7.92 μg/m ³)	7.9×10^{-6} (7.92 μg/m ³)

7.2.2 欧盟标准

欧盟没有专门制定工业锅炉的大气污染物排放标准，（1）对于全厂总热输入功率在 50 MW 及以上（单个或多个累计）的燃烧装置，执行 DIRECTIVE 2010/75/EU OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 24 November 2010 on industrial emissions (integrated pollution prevention and control)中相关排放限值；（2）对于全厂总热输

入功率在 1 MW 至 50 MW 的燃烧装置，执行 DIRECTIVE 2015/2193 OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 25 November 2015 on the limitation of emissions of certain pollutants into the air from medium combustion plants 中相关排放限值。

表 7.2-5 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 7.2-6 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/m ³ 。 (3) 在钢铁行业的焦炉中产生的低热量气体的情况为 400 mg/m ³ 。						

表 7.2-7 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/m ³ 。 (3) 额定热输入大于 5 MW 且小于或等于 20 MW，为 1100 mg/m ³ 。 (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/m ³ 。 (5) 在钢铁工业中来自焦炉的低热量气体，为 400 mg/m ³ ；对于来自鼓风机炉的低热量气体，则为 200 mg/m ³ 。 (6) 燃烧沼气为 170 mg/m ³ 。 (7) 额定热输入大于 5 MW 且小于或等于 20 MW 的，为 50 mg/m ³ 。						

表 7.2-8 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; 对于来自鼓风炉的低热量气体, 则为 200mg/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。

7.2.3 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 7.2-9 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。

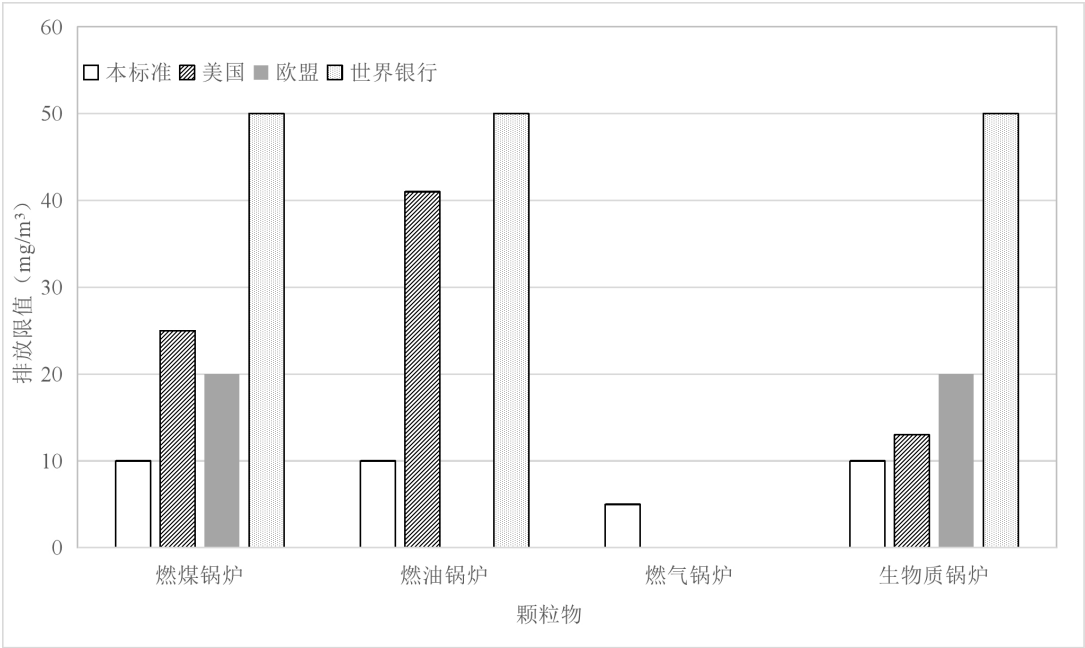


图 7.1-4 本标准与国外标准颗粒物排放控制要求比较

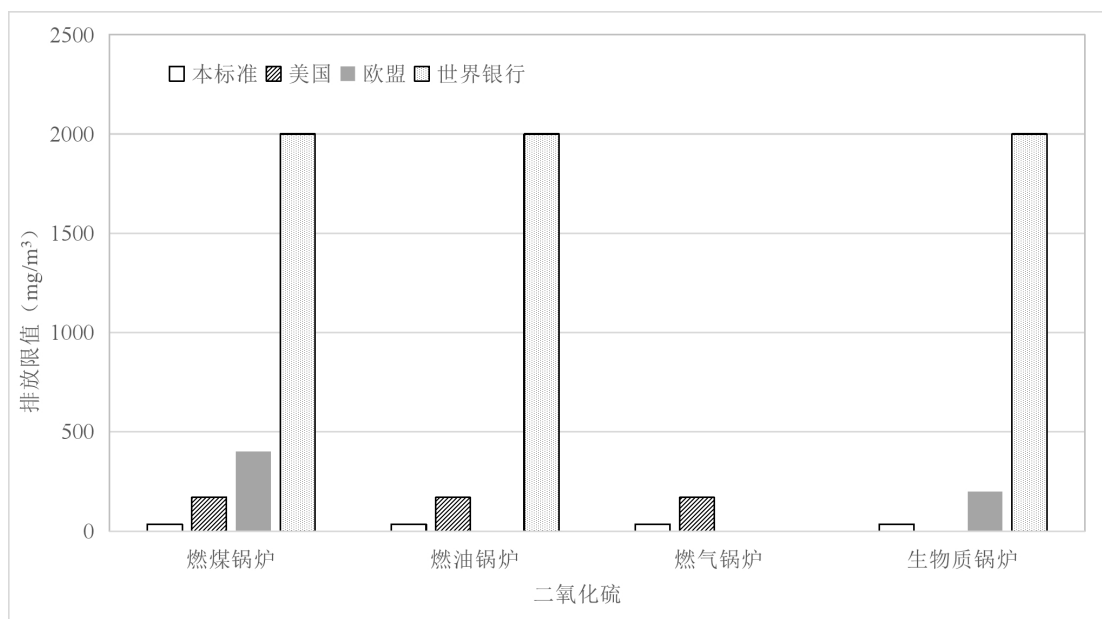


图 7.1-5 本标准与国外标准二氧化硫排放控制要求比较

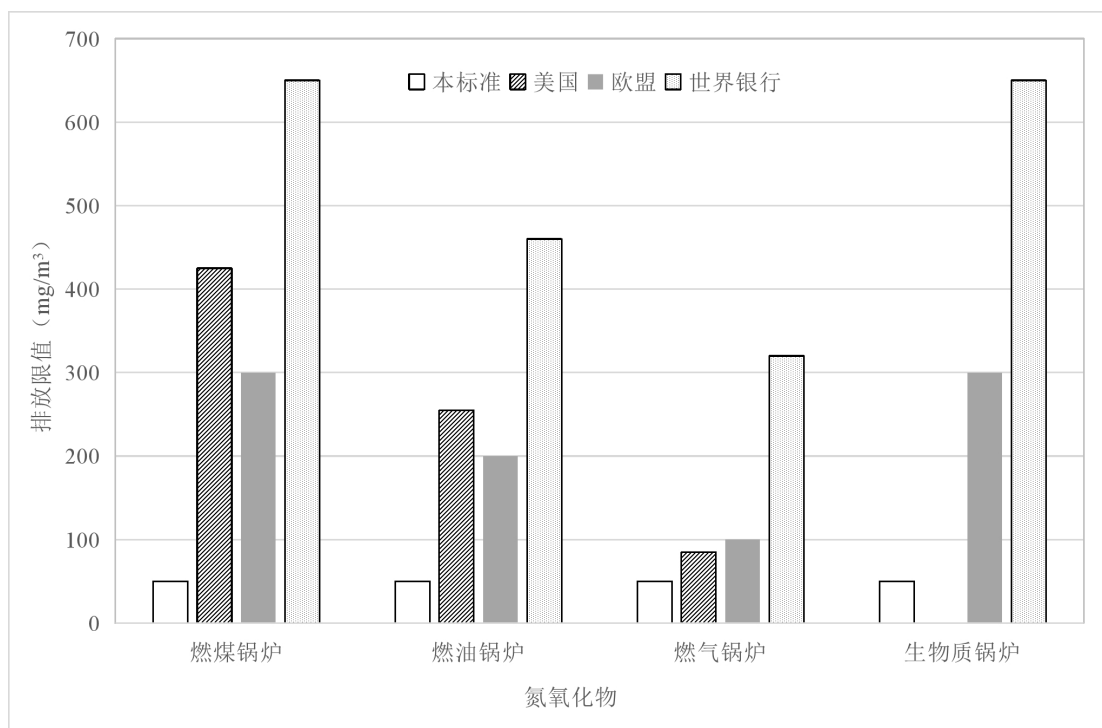


图 7.1-6 本标准与国外标准氮氧化物排放控制要求比较

8 实施本标准的成本效益分析

8.1 标准实施后环境效益分析

本标准实施后，全省燃煤锅炉由 GB 13271—2014 特别排放限值收严至超低排放水平，加之淘汰 35 t/h 以下燃煤锅炉，预计颗粒物、SO₂、NO_x 分别可削减约 323 t/a、1096 t/a、1226 t/a。

本标准实施后，全省燃生物质锅炉由 GB 13271—2014 特别排放限值收严至超低排放水平，主要是颗粒物、NO_x 的实际排放水平将降低，预计颗粒物、NO_x 分别可削减约 538 t/a、2445 t/a。

本标准实施后，全省燃气锅炉由 GB 13271—2014 特别排放限值收严至超低排放水平，主要是 NO_x 的实际排放水平将降低，预计 NO_x 可削减 2492 t/a。

本标准实施后，全省燃油锅炉由 GB 13271—2014 特别排放限值收严至超低排放水平，主要是 NO_x 的实际排放水平将降低，预计 NO_x 可削减 1163 t/a。

表 8.1-1 标准实施后全省锅炉环境效益分析

锅炉类型	削减量 (t/a)		
	颗粒物	SO ₂	NO _x
燃煤锅炉	323	1096	1226
燃生物质锅炉	538	/	2445
燃气锅炉	/	/	2492
燃油锅炉	/	/	1163
合计	861	1096	7326

8.2 工业锅炉提标的经济成本分析

根据《工业锅炉污染防治可行技术指南》（报批稿），典型工业锅炉达到本标准相关要求的投资、运行成本如下。

（1）燃煤锅炉

NO_x 排放浓度达到 50 mg/m³ 及以下，需在低氮燃烧的基础上加装 SCR 或 SNCR-SCR，其中 SCR 的投资成本需要 210 万元~245 万元，SNCR-SCR 的投资成本需 215 万元~240 万元。颗粒物排放浓度达到 10 mg/m³ 及以下，可采用袋式除尘器、干式电除尘器，电袋复合除尘技术，其中袋式除尘器投资成本为 95 万元~115 万元，干式电除尘器为 185 万元~210 万元，电袋复合除尘器的费用为 125 万元~160 万元；在一级除尘达不到要求时，需要增加二级除尘设施，增加湿式电除尘需增加投资成本约 140 万元~160 万元。一般采用湿法脱硫

SO₂ 可达到 35 mg/m³ 及以下，采用石灰石-石膏湿法脱硫的投资成本约 310~360 万元，钠碱法投资成本约 180 万元~190 万元（不包括副产物的处理），氧化镁法投资成本约为 185 万元~210 万元（不包括副产物的处理）。

（2）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/m³ 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，其中 SCR 的投资成本需要 220 万元~255 万元，SNCR-SCR 的投资成本需 225~245 万元。颗粒物浓度达到 10 mg/m³ 及以下，一般采用机械除尘或者袋式除尘，其中机械除尘投资成本为 70 万元~80 万元，袋式除尘器投资成本为 60 万元~80 万元；在一级除尘达不到要求时，需要增加二级除尘设施，增加湿式电除尘需增加投资成本约 140 万元~160 万元。生物质燃料一般硫分较低，采用湿法脱硫 SO₂ 可达到 35 mg/m³ 及以下，采用石灰石-石膏湿法脱硫的投资成本约 150 万元~200 万元，钠碱法投资成本约 100 万元~120 万元（不包括副产物的处理），氧化镁法投资成本约为 120 万元~140 万元（不包括副产物的处理）。

（3）燃气锅炉

燃气锅炉硫分和灰分都很低，一般采用低氮燃烧技术可使 NO_x 达到 50 mg/m³ 及以下。

表 8.2-1 燃气锅炉低氮燃烧改造技术的投资成本（万元）

低氮燃烧技术	典型锅炉容量				
	4 t/h	6 t/h	10 t/h	20 t/h	40 t/h
扩散式燃烧器+分级燃烧+烟气再循环（不含锅炉）	20~25	25~30	30~35	70~80	140~150
水冷预混燃烧（含锅炉）	45~50	60~70	120~130	170~180	360~380

（4）燃油锅炉

“三油并轨”后，柴油硫含量大幅降低；本标准中燃油锅炉 NO_x 排放浓度限值要求为 50 mg/m³，需采用低氮燃烧技术或增设脱硝设施。

（5）典型规模锅

对于典型的 35t/h 燃煤、燃生物质锅炉运行成本分析见下表，折算成蒸汽和污染物的排放浓度关系。

表 8.2-2 典型 35 t/h 锅炉超低排放运行成本

脱硫	石灰石-石膏法		钠碱法		氧化镁法		烟气循环流化床+袋式除尘	
	元/吨蒸汽	元/吨二氧化硫	元/吨蒸汽	元/吨二氧化硫	元/吨蒸汽	元/吨二氧化硫	元/吨蒸汽	元/吨二氧化硫
35 mg/m ³	11.5~12.1	2930~3973	38.9~39.1	9912~9940	22.7~23	5767~5839	18~18.3	5049~5118

脱硝	SNCR		SCR		SNCR-SCR		臭氧氧化	
	元/吨蒸汽	元/吨氮氧化物	元/吨蒸汽	元/吨氮氧化物	元/吨蒸汽	元/吨氮氧化物	元/吨蒸汽	元/吨氮氧化物
50 mg/m ³	—		6.7~7.3	13506~ 14508	6.5~7.1	13061~ 14206	15~22	54157~ 90982
除尘	干式电除尘		袋式除尘		电袋复合除尘		湿式电除尘	
	元/吨蒸汽	元/吨颗粒物	元/吨蒸汽	元/吨颗粒物	元/吨蒸汽	元/吨颗粒物	元/吨蒸汽	元/吨颗粒物
10 mg/m ³	—		8.5~8.7	312~317	7.5~7.9	272~286	3.7~4.3	67342~ 77198