

广东省地方标准
《锅炉大气污染物排放标准》编制说明
(征求意见稿)

标准编制组
二〇一六年十月

目录

| | |
|--|----|
| 1. 标准修订背景..... | 1 |
| 1.1 任务来源..... | 1 |
| 1.2 工作过程..... | 1 |
| 2. 广东省工业锅炉概况..... | 2 |
| 2.1 使用现状..... | 2 |
| 2.1.1 燃料类型分布..... | 2 |
| 2.1.2 规模分布..... | 3 |
| 2.1.3 区域分布..... | 4 |
| 2.2 烟气污染治理现状..... | 5 |
| 2.2.1 颗粒物治理..... | 5 |
| 2.2.2 二氧化硫治理..... | 6 |
| 2.2.3 氮氧化物治理..... | 7 |
| 3. 标准修订的必要性..... | 7 |
| 3.1 我省锅炉大气污染控制面临新的形势..... | 7 |
| 3.2 国家与广东省各项政策对锅炉大气污染物排放控制提出更高的要求..... | 8 |
| 3.3 广东省原有锅炉地标已滞后于现行大气环境管理需求..... | 8 |
| 3.4 生物质成型燃料锅炉的大气污染排放要求亟待完善..... | 9 |
| 4. 标准修订的原则及技术路线..... | 10 |
| 4.1 修订原则..... | 10 |
| 4.2 技术路线..... | 10 |
| 4.3 修订内容..... | 12 |
| 5. 标准主要技术内容..... | 12 |
| 5.1 标准适用范围..... | 12 |
| 5.2 标准结构框架..... | 12 |
| 5.3 术语和定义..... | 13 |
| 5.4 标准的执行时段..... | 13 |
| 5.5 污染物项目的选择..... | 13 |
| 5.6 排放限值确定..... | 13 |
| 5.6.1 燃煤锅炉..... | 14 |
| 5.6.2 燃油锅炉..... | 17 |
| 5.6.3 燃气锅炉..... | 19 |
| 5.6.4 生物质成型燃料锅炉..... | 21 |
| 5.7 排气筒高度..... | 23 |
| 5.8 监测要求..... | 24 |
| 5.8.1 采样与监测要求..... | 24 |
| 5.8.2 测定方法标准..... | 25 |
| 5.8.3 基准氧含量折算..... | 25 |
| 6. 国内外锅炉大气污染物排放控制相关标准研究..... | 26 |
| 6.1 国外相关标准美国..... | 26 |
| 6.6.1 美国..... | 26 |
| 6.6.2 欧盟..... | 27 |
| 6.6.3 世界银行..... | 28 |

| | | |
|-------|------------------------|----|
| 6.2 | 国内相关标准 | 29 |
| 6.2.1 | 国家 | 29 |
| 6.2.2 | 山东 | 30 |
| 6.2.3 | 上海 | 30 |
| 6.2.4 | 北京 | 31 |
| 6.2.5 | 河北 | 31 |
| 6.3 | 本标准与国内外标准限值对比 | 32 |
| 6.3.1 | 与国外标准对比 | 32 |
| 6.3.2 | 与国内标准对比 | 33 |
| 7. | 达标技术分析 | 34 |
| 7.1 | 颗粒物 | 34 |
| 7.1.1 | 颗粒物治理技术 | 34 |
| 7.1.2 | 颗粒物达标技术 | 35 |
| 7.2 | 二氧化硫排放控制 | 35 |
| 7.2.1 | 烟气脱硫技术 | 35 |
| 7.2.2 | 二氧化硫 | 36 |
| 7.3 | 氮氧化物 | 37 |
| 7.3.1 | 烟气脱氮技术 | 37 |
| 7.3.2 | 氮氧化物达标技术 | 38 |
| 7.4 | 汞及其化合物 | 39 |
| 7.4.1 | 汞及其化合物治理技术 | 39 |
| 7.4.2 | 汞及其化合物达标技术 | 39 |
| 7.5 | 一氧化碳 | 39 |
| 7.5.1 | 一氧化碳控制技术 | 39 |
| 7.5.2 | 一氧化碳达标技术 | 39 |
| 8. | 标准实施的技术经济及环境效益分析 | 40 |
| 8.1 | 经济费用分析 | 40 |
| 8.2 | 环境效益分析 | 41 |

1. 标准修订背景

1.1 任务来源

为深入贯彻落实省委省政府加强环境保护,改善空气质量,保障人民群众健康的要求,适应全省经济发展和环境保护工作的需要,更有效地控制锅炉大气污染物排放,促进锅炉技术进步和可持续发展,广东省环境保护厅提出了修订《广东省锅炉大气污染物排放标准》的任务。2015年7月,广东省质量技术监督局发布《关于批准下达2015年省地方标准制修订计划项目(第一批)的通知》,正式将本标准修订列入我省地方标准制修订计划。2015年12月,广东省环境科学研究院中标广东省环境保护厅《修订广东省锅炉大气污染物排放标准》项目。

1.2 工作过程

(1) 2015年12月,成立《广东省锅炉大气污染物排放标准》修订编制组。

(2) 2016年1月~3月,开展国家、广东省工业锅炉管理及污染整治的相关环保政策研究,分析新形势下锅炉大气环境管理需求;进行锅炉大气污染物排放特征、控制技术的文献调研,特别是生物质成型燃料锅炉污染物排放特征和排放适用标准的研究;进行国内外锅炉大气污染物排放标准的制(修)订情况研究。

(3) 2016年4月~7月,确定标准修订的技术路线;开展全省锅炉企业实地调研、现场监测和问卷调查,特别是开展生物质成型燃料锅炉大气污染物排放监测;对调研和监测结果进行深入研究,掌握广东省工业锅炉使用、大气污染物排放和治理现状;对现行锅炉烟气污染治理技术及其排放控制水平进行技术、经济评估。

(4) 2016年5月,完成标准草案。

(5) 2016年6月,就标准草案的标准体系设置方式、控制指标等关键问题进行咨询讨论。

(6) 2016年7月~10月,完成《广东省锅炉大气污染物排放标准》(征求意见稿)和编制说明。

2. 广东省工业锅炉概况

广东省工业锅炉数量众多，主要应用于化工、造纸、制药、纺织和有色金属冶炼等行业的工业生产过程。近年来，燃煤锅炉的综合整治已成为大气污染治理的重点，锅炉的使用越来越受到能源政策和节能、环保要求的制约。在政策倡导并推行燃料清洁化、热电联产和集中供热的形势下，城市小容量燃煤锅炉的比重显著下降，型煤、高效脱硫剂等洁净燃煤关键技术的研制及产业化得到较快发展，高效层燃锅炉、循环流化床锅炉、电锅炉等新型环保锅炉应用推广大幅提升，烟气脱硫、高效除尘、低氮燃烧、在线监控等污染排放控制和监管技术得到逐步应用。

2.1 使用现状

2.1.1 燃料类型分布

2015年8月，全省锅炉总数约12700台。从燃料类型来看，我省燃煤小锅炉淘汰、重污染燃料锅炉整治工作得到积极推进，成效显著，全省燃煤锅炉数量明显减少，2015年仅4000多台，占全省锅炉数量比重的32%，使用燃油和其它燃料锅炉的比重较大，达到全省锅炉总数的57%，其次是燃煤锅炉，而燃气和用电锅炉比重较小，占全省11%。2015年全省锅炉分布情况见图2-1、图2-2。

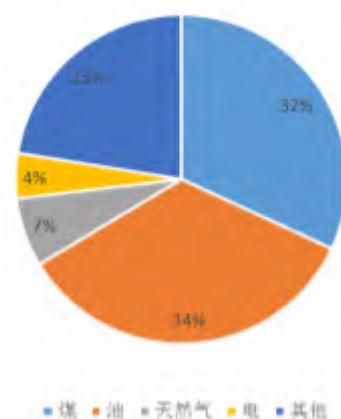


图 2-1 2015 年全省锅炉燃料类型分布情况

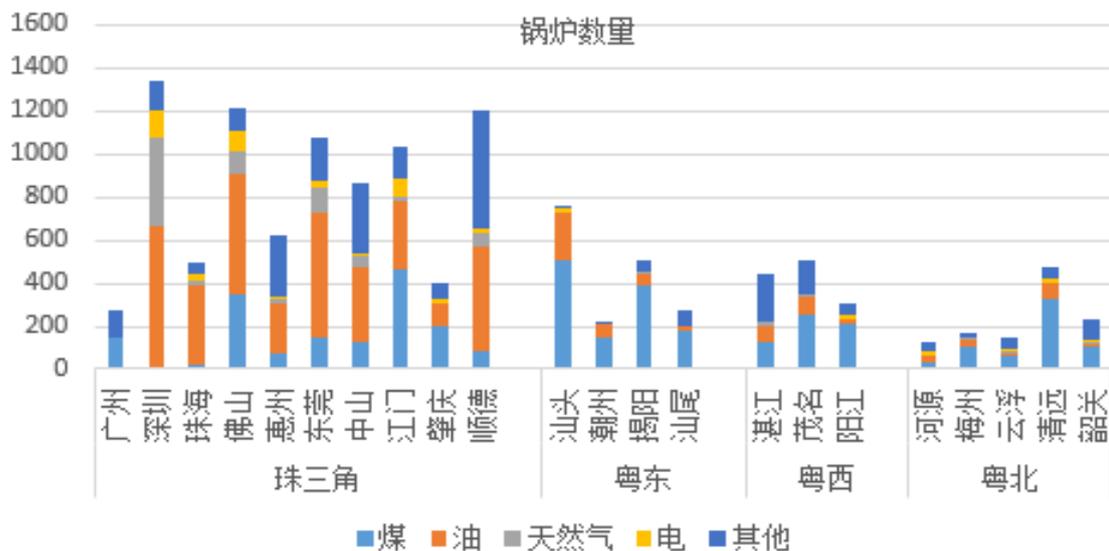


图 2-2 2015 年各市锅炉分布情况图

2.1.2 规模分布

从规模分布来看，全省锅炉规模差异较大，从 10 t/h 以下至上百蒸吨分布，数量上以 10 t/h 以下小锅炉为主，占全省锅炉总数的 90% 以上，2015 年全省锅炉规模分布情况见图 2-3、图 2-4。

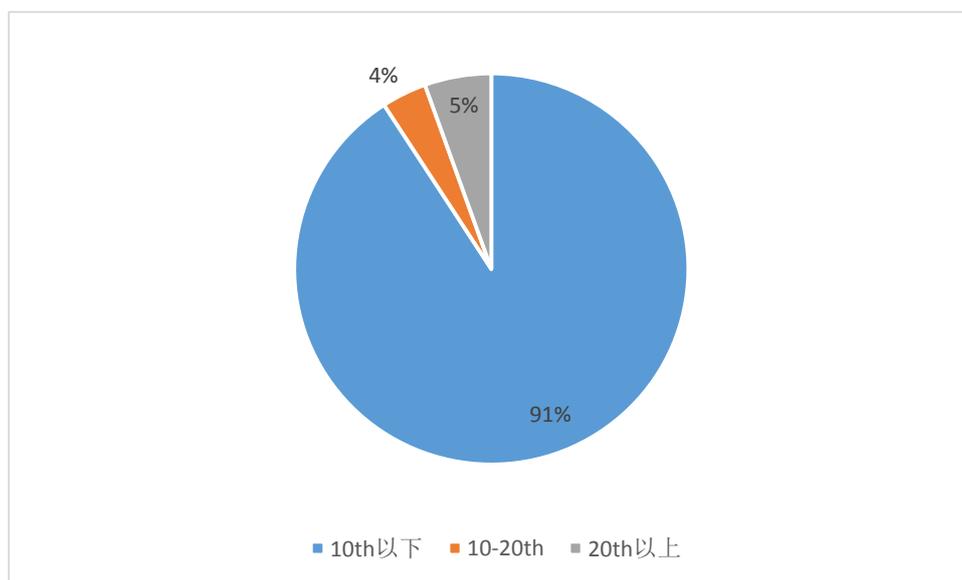


图 2-3 2015 年全省锅炉规模分布情况

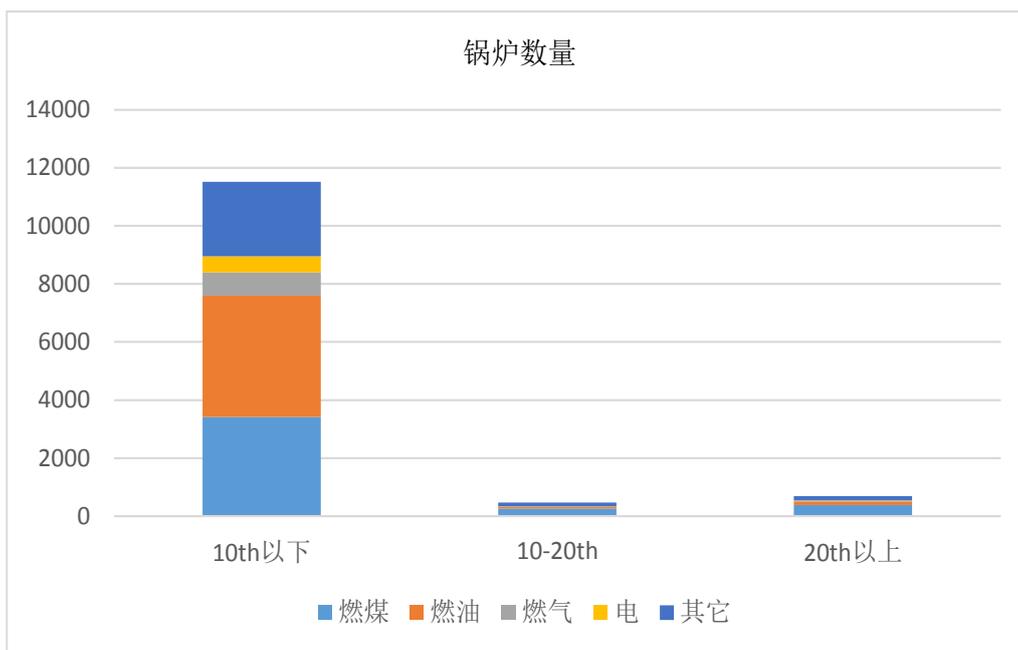


图 2-4 2015 年全省锅炉分规模划分的各燃料类型锅炉分布情况图

2.1.3 区域分布

从区域分布来看，全省锅炉集中分布在珠三角地区，占全省锅炉总数的 67%。珠三角地区以燃油锅炉为主，非珠三角地区仍以燃煤锅炉为主，2015 年分区域各燃料类型锅炉分布情况见图 2-5、图 2-6。

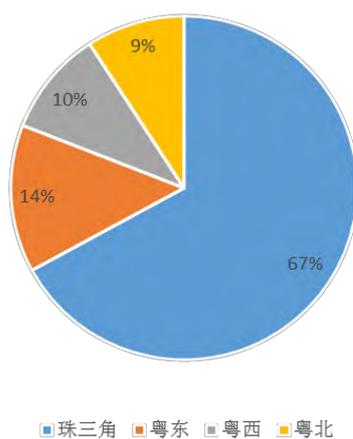


图 2-5 2015 年全省锅炉区域分布情况图

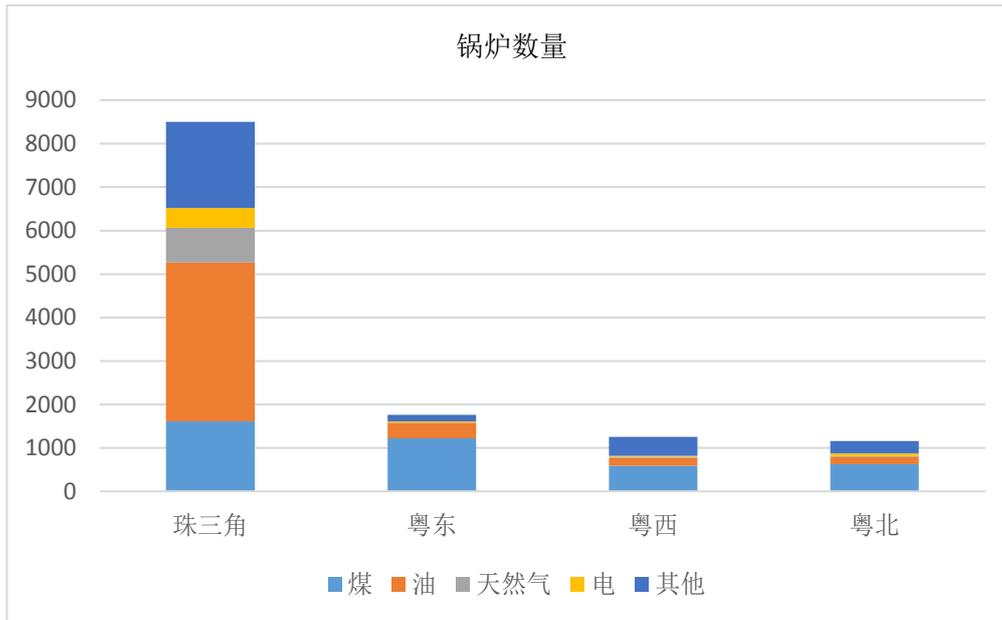


图 2-6 2015 年分区域划分的各燃料类型锅炉分布情况图

2.2 烟气污染治理现状

2.2.1 颗粒物治理

从 2014 年全省工业锅炉颗粒物治理现状分析来看，有颗粒物治理措施的工业锅炉平均治理效率为 61%，其颗粒物产生量占当年全省锅炉烟气颗粒物排放总量的 7%。其中治理效率低于 60% 的工业锅炉颗粒物产生量占全省锅炉排放的 2%，治理效率介于 60%-80% 之间的工业锅炉颗粒物产生量占全省锅炉排放的 1%，治理效率达到 80% 以上的工业锅炉颗粒物产生量占全省锅炉排放的 4%。从区域分布来看，粤东、粤西地区工业锅炉的颗粒物治理情况最为落后。广东省工业锅炉颗粒物治理情况见图 2-7。

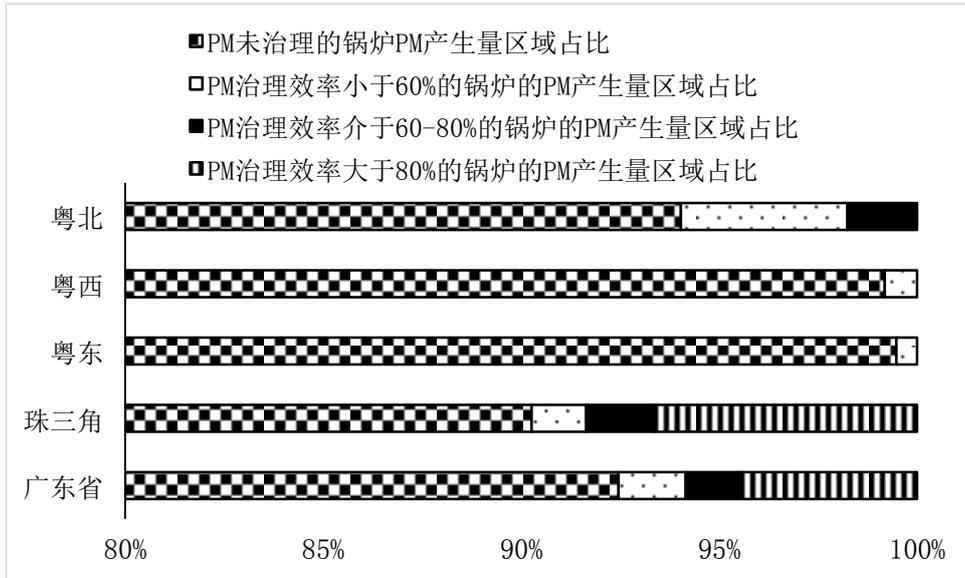


图 2-7 广东省工业锅炉颗粒物治理情况

2.2.2 二氧化硫治理

从 2014 年全省工业锅炉二氧化硫治理现状分析来看，有二氧化硫治理措施的工业锅炉平均治理效率为 53%，其二氧化硫产生量占当年全省锅炉烟气二氧化硫排放总量的 4%。其中治理效率低于 60%的工业锅炉二氧化硫产生量占全省锅炉排放的 2%，治理效率介于 60%-80%之间的工业锅炉二氧化硫产生量占全省锅炉排放的 1%，治理效率达到 80%以上的工业锅炉二氧化硫产生量占全省锅炉排放的 1%。从区域分布来看，粤东地区工业锅炉的二氧化硫治理情况相对较差。广东省工业锅炉二氧化硫治理情况见图 2-8。

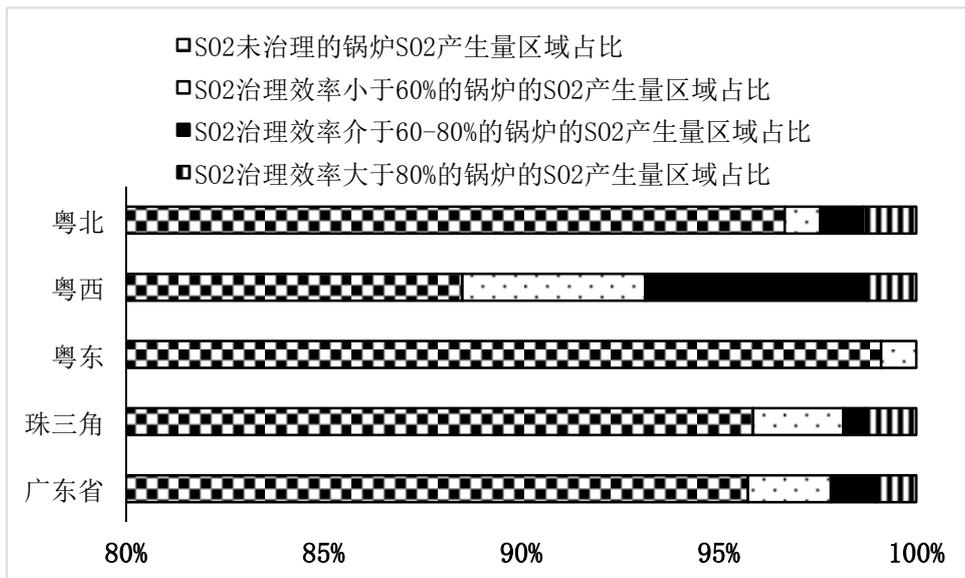


图 2-8 广东省工业锅炉二氧化硫治理情况

2.2.3 氮氧化物治理

从 2014 年全省工业锅炉氮氧化物治理现状分析来看，有氮氧化物治理措施的工业锅炉平均治理效率为 67%，其氮氧化物产生量占当年全省锅炉烟气氮氧化物排放总量的 58%。其中治理效率低于 60% 的工业锅炉氮氧化物产生量占全省锅炉排放的 26%，治理效率介于 60%-80% 之间的工业锅炉氮氧化物产生量占全省锅炉排放的 20%，治理效率达到 80% 以上的工业锅炉氮氧化物产生量占全省锅炉排放的 12%。从区域分布来看，粤东地区工业锅炉的氮氧化物治理情况相对较差。广东省工业锅炉氮氧化物治理情况见图 2-9。

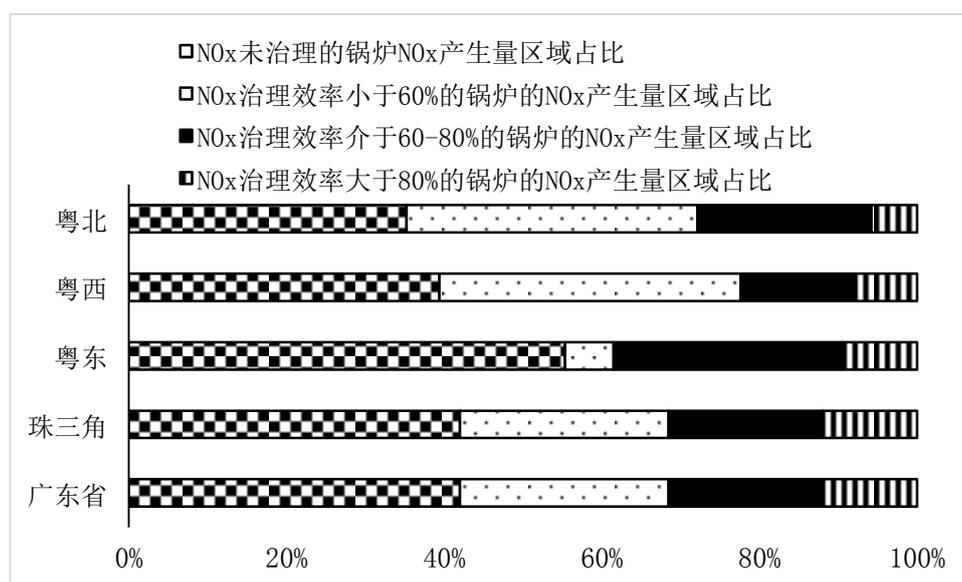


图 2-9 广东省工业锅炉氮氧化物治理情况

3. 标准修订的必要性

3.1 我省锅炉大气污染控制面临新的形势

近年来，广东省大气环境保护工作取得积极进展，但以煤为主的能源结构导致部分区域大气污染物排放总量居高不下，以细颗粒物（PM_{2.5}）为代表的大气污染问题成为舆论及民众关注的焦点。在传统煤烟型污染尚未得到完全控制的情况下，以臭氧、PM_{2.5}为特征的区域性复合型大气污染日益突出，区域和城市大气灰霾现象依然存在，严重制约我省小康社会的全面建成，威胁人民群众身体健康。加强大气污染防治，持续改善环境空气质量，已成为事关社会和谐稳定的重要工作。

目前我省大气污染防治和空气质量改善已经进入攻坚期，面临着加快实现区域和城市

空气质量达标，为全面建设小康社会提供坚实环境保障的战略任务，包括大气环境质量超标在内的环境质量已成为制约全面小康的重要短板之一，加强大气污染防治压力巨大。而工业锅炉，尤其燃煤工业锅炉作为我省仅次于燃煤发电锅炉的第二大煤炭消耗设备，是主要的大气污染源，其现有的大气污染排放标准要求难以满足目前加强环境管理，切实改善大气环境质量的迫切需求。

3.2 国家与广东省各项政策对锅炉大气污染物排放控制提出更高的要求

为有效应对日益严峻的复合型大气污染问题，国家和我省出台了一系列方案、计划等政策性文件，对我省锅炉大气污染物的排放控制提出了更严格的要求。

(1) 2013 年国务院印发《大气污染防治行动计划》(国发[2013]37 号)，明确提出加快制(修)订重点行业排放标准。

(2) 2013 年广东省环境保护厅、广东省发展和改革委员会、广东省经济和信息化委员会、广东省公安厅、广东省财政厅、广东省质量技术监督局联合印发《广东省珠江三角洲清洁空气行动计划-第二阶段(2013-2015 年)空气质量持续改善实施方案》(粤环[2013]14 号)，其中提出应健全我省大气污染物排放标准体系，尽快出台广东省生物质成型燃料燃烧设施大气污染物排放标准。

(3) 2014 年广东省人民政府印发《广东省大气污染防治行动方案(2014-2017 年)》(粤府[2014]6 号)提出健全标准体系，加强广东省地方标准的制、修订工作，加快修订广东省大气污染物排放限值标准，明确生物质成型燃料大气污染物排放标准。

(4) 2016 年广东省环境保护厅、广东省发展和改革委员会、广东省经济和信息化委员会、广东省质量技术监督局联合印发《广东省锅炉污染整治实施方案》(粤环[2016]12 号)，其中提出修订污染物排放标准，根据《锅炉大气污染物排放标准》(GB13271-2014)，修订广东省地方标准《锅炉大气污染物排放标准》(DB44/765-2010)，增加对生物质成型燃料锅炉的污染物排放控制要求。

3.3 广东省原有锅炉地标已滞后于现行大气环境管理需求

广东省《锅炉大气污染物排放标准》(DB44/765-2010)发布至今已有 6 年时间，在此期间，社会经济发展形势下能源消耗的持续增加，对大气环境保护提出了更高的要求，锅

炉大气污染治理技术已经取得长足进步，原标准限值已经不适应当前实际。而环境保护部《关于执行大气污染物特别排放限值的公告》、国家《锅炉大气污染物排放标准》（GB13271-2014）正式实施以后，我省锅炉项目根据建成的不同时段，需要交互执行GB13271-2014、DB44/765-2010的标准限值要求，情况复杂，不利于地方和监测单位执行。总体看来，DB44/765-2010已不能满足新形势下大气环境管理需求，有必要进行修订。具体表现为：

（1）对燃煤锅炉颗粒物、二氧化硫等的指标限值要求偏松。

（2）生物质成型燃料锅炉污染排放管理缺乏法律依据。GB13271-2014提出生物质成型燃料锅炉执行燃煤标准，我省生物质成型燃料锅炉管理应该从其规定，而我省对生物质成型燃料锅炉排放控制实际是依据环保部办公厅《关于生物质成型燃料有关问题的复函》（环办函[2009]797号）执行燃气限值要求，存在执法矛盾。GB13271-2014的实施使我省生物质成型燃料锅炉的排放限值要求放松，不符合大气污染减排和锅炉从严控制的环境管理要求，生物质成型燃料锅炉的控制管理陷入尴尬困境。

（3）汞的排放限值缺失。汞及其衍生物有机汞，具有持久性、易迁移性、高度的生物富集性和高生物毒性，可在大气和食物链中持久存在，并可远距离迁移，危害人体健康，威胁环境安全，而DB44/765-2010尚未制定汞的排放限值。

3.4 生物质成型燃料锅炉的大气污染排放要求亟待完善

我省是工业锅炉使用大省，锅炉数量众多，是SO₂、NO_x、颗粒物的重要排放源。近年来生物质成型燃料等新型燃料锅炉的数量不断增长，其大气污染物排放的控制要求相对薄弱和混乱，亟需打破当前我省生物质成型燃料锅炉环境监管面临的困局，使生物质成型燃料锅炉的大气污染排放管理工作有法可依。

为适应我省更加严格的大气环境管理需要，切实改善大气环境质量，有必要对我省锅炉大气污染物排放标准进行修订，从严控制锅炉SO₂、NO_x、颗粒物、汞及其化合物、CO等污染物的排放，推动锅炉生产、运行和污染治理的技术升级和进步，提升锅炉污染防治水平。

4. 标准修订的原则及技术路线

4.1 修订原则

(1) 落实《大气污染防治行动计划》(国发[2013]37号)、《广东省大气污染防治行动方案(2014-2017年)》(粤府[2014]6号)、《广东省锅炉污染整治实施方案》(粤环[2016]12号)等相关环保政策方针,注重与国家《锅炉大气污染物排放标准》(GB13271-2014)的衔接。

(2) 遵循技术经济可行性,以国内先进的污染控制技术为依托,采用成熟可靠、经济合理的污染治理措施,修订排放限值及相关技术要求,促进高污染燃料锅炉清洁能源替代,推动锅炉生产、运行和污染治理的技术升级和进步,提升锅炉设备水平。

(3) 借鉴国内外锅炉排放标准制(修)订的经验,指导本次标准制订工作。

(4) 力求具有科学性和可操作性,简明实用,为推动我省锅炉大气污染物排放控制和监管服务。

4.2 技术路线

(1) 通过全面系统的调研,掌握广东省各类锅炉利用、大气污染物排放和治理现状。

(2) 对现行的各种锅炉的污染治理技术及其排放控制水平进行分析和评估。

(3) 依据国家及广东省相关政策和法规,在充分考虑广东省锅炉使用企业的实际情况及污染控制技术发展基础上,吸收借鉴国内外锅炉大气污染物排放标准制(修)订的经验,确定标准的锅炉分类及对应的大气污染物排放限值。

(4) 研究分析标准实施的经济技术可达性及预期环境效益。

标准修订的技术路线图如下:

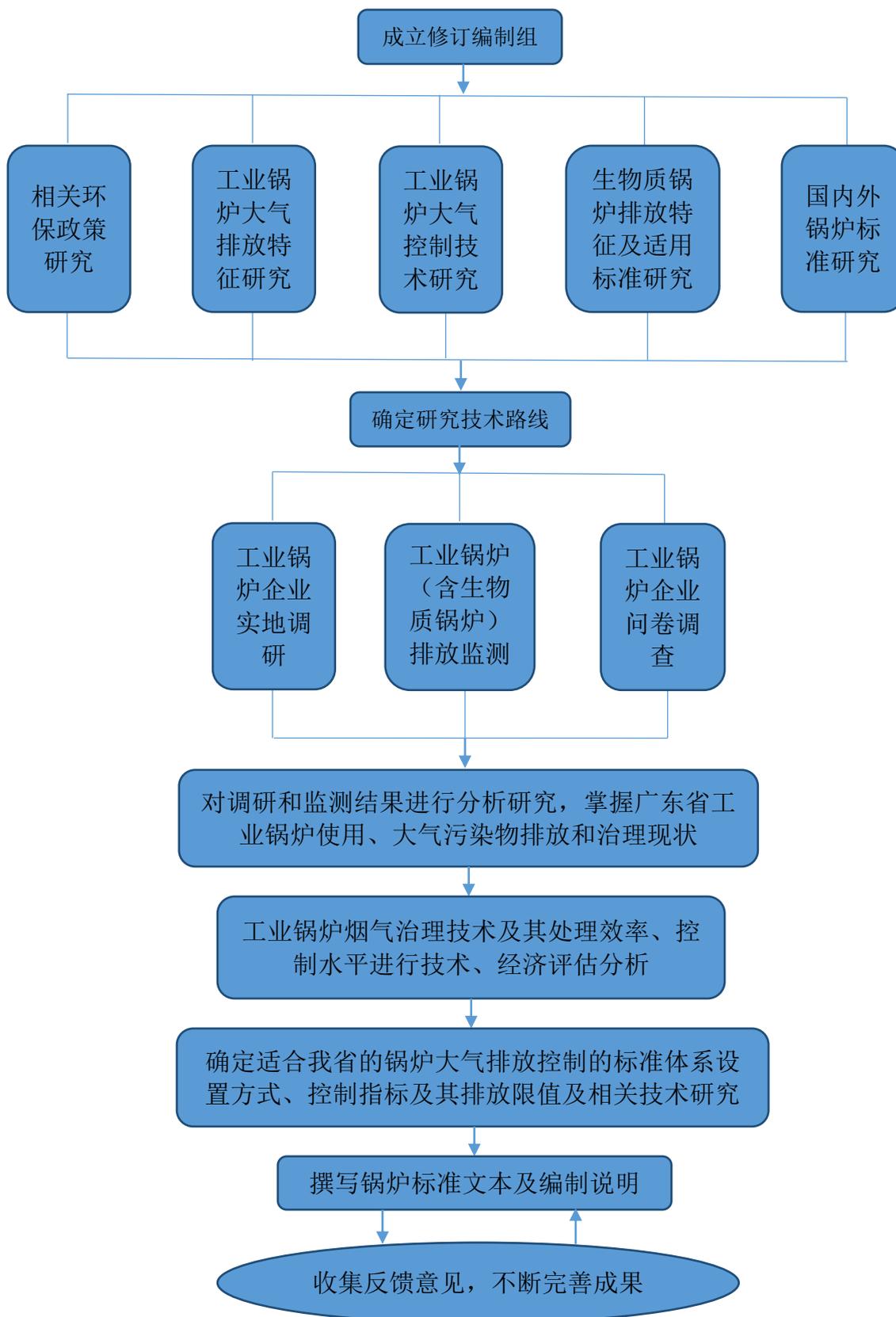


图 4-1 标准修订技术路线图

4.3 修订内容

本标准 2010 年首次发布，本次为第一次修订。本标准将根据广东省社会经济发展状况和环境保护要求适时修订。

此次修订的主要内容为：

- (1) 更改了适用范围，明确了生物质成型燃料锅炉的大气污染物排放限值；
- (2) 收严了锅炉大气污染物排放限值，增加了燃煤锅炉汞及其化合物、生物质成型燃料锅炉汞及其化合物、一氧化碳的排放限值；
- (3) 取消了燃煤锅炉容量段划分；
- (4) 取消了燃油、燃气锅炉按燃料类型的进一步分类；
- (5) 将烟气污染物的过量空气系数折算改为大气污染物基准含氧量排放浓度折算，明确了生物质成型燃料锅炉、生物质气化锅炉的大气污染物基准氧含量。

5. 标准主要技术内容

5.1 标准适用范围

新标准增加了燃用生物质成型燃料锅炉的大气污染物排放限值。

适用于燃煤、燃油、燃气和生物质成型燃料的单台出力 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。

使用型煤、水煤浆、煤矸石、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。其他新型替代燃料根据其形态参照本标准相应形态燃料的最严格限值执行。

适用于在用锅炉的大气污染物排放管理，以及新建、改建、扩建锅炉建设项目的环境影响评价、环境保护设施设计、竣工环境保护验收及其投产后的大气污染物排放管理。

5.2 标准结构框架

新标准结构框架包括：适用范围、规范性引用文件、术语和定义、大气污染物排放控制要求、大气污染物监测要求、实施与监督。其中大气污染物排放控制要求是标准的主体部分，对在用锅炉给予一定的整改过渡期。

5.3 术语和定义

新标准规定了锅炉、在用锅炉、新建锅炉、生物质成型燃料、有机热载体锅炉、标准状态、烟囱高度、氧含量共 8 个术语。

5.4 标准的执行时段

新标准将锅炉划分为在用锅炉和新建锅炉，分不同时段执行不同的标准限值。

(1) 在用锅炉

自本标准实施之日起至 2018 年 6 月 30 日，在用锅炉执行表 1 规定的大气污染物排放限值。自 2018 年 7 月 1 日起，在用锅炉执行表 2 规定的大气污染物排放限值。

(2) 新建锅炉

自本标准实施之日起，新建锅炉执行表 2 规定的排放限值。

5.5 污染物项目的选择

考虑到汞及其衍生物有机汞，具有持久性、易迁移性、高度的生物富集性和高生物毒性，可在大气和食物链中持久存在，并可远距离迁移，环境影响较大；而且 GB13271-2014 中增加了燃煤锅炉汞排放的限值要求，因此标准修订中对应增加了燃煤锅炉、生物质成型燃料锅炉汞及其化合物排放限值。

生物质燃烧污染物的数量和种类依赖于燃料的特性、燃烧技术、燃烧过程以及控制措施等诸多因素，生物质不完全燃烧产生的污染物远远多于完全燃烧产生的污染物，且毒性较强，其污染物类型主要包括：一氧化碳、甲烷、非甲烷挥发性有机化合物、多环芳烃、颗粒物、多氯二苯并二噁英与多氯二苯并呋喃、氨、（地表的）臭氧。因此标准修订中对应增加了生物质成型燃料锅炉一氧化碳排放限值，通过控制一氧化碳排放的方式督促企业保障生物质成型燃料的完全燃烧，以达到减少不完全燃烧所产生的各种有毒有害污染物的目的。

新标准受控污染物项目为：烟气中颗粒物、二氧化硫、氮氧化物、汞及其化合物、一氧化碳和烟气黑度。

5.6 排放限值确定

排放限值的确定主要基于当前我省锅炉大气污染物排放的监测数据、烟气治理技术应

用与发展的调研情况，并借鉴国内外相关标准，特别是注重与国家锅炉大气污染物排放标准（GB13271-2014）的衔接。

5.6.1 燃煤锅炉

5.6.1.1 在用锅炉

本标准取消燃煤锅炉容量段划分，参照 GB13271-2014 进行在用燃煤锅炉的限值修订，其中珠三角地区燃煤锅炉大气污染物执行特别排放限值。

(1) 颗粒物：珠三角地区燃煤锅炉颗粒物执行特别排放限值 $30\text{mg}/\text{m}^3$ ；其他地区执行 $50\text{mg}/\text{m}^3$ 的限值要求。

(2) 二氧化硫：珠三角地区燃煤锅炉二氧化硫执行特别排放限值 $200\text{mg}/\text{m}^3$ ，其他地区执行 $300\text{mg}/\text{m}^3$ 的限值要求。

(3) 氮氧化物：珠三角地区燃煤锅炉氮氧化物执行特别排放限值 $200\text{mg}/\text{m}^3$ ，其他地区执行 $300\text{mg}/\text{m}^3$ 的限值要求。

(4) 汞及其化合物：执行 $0.05\text{mg}/\text{m}^3$ 的限值要求。

在用燃煤锅炉大气污染物排放限值的确定，见表 5-1。

表 5-1 在用燃煤锅炉大气污染物排放限值的确定单位： mg/m^3

| 污染物项目 | DB44/765-2010 | GB13271-2014 | | 本标准 |
|--------|---------------|--------------------|-------------------|----------------------|
| | 在用锅炉 | 2014年6月30日前建设的在用锅炉 | 2014年7月1日起建设的在用锅炉 | |
| 颗粒物 | $80^{(2)}$ | 80 $30^{(1)}$ | 50 | 50 $30^{(1)}$ |
| | $100^{(3)}$ | | $30^{(1)}$ | |
| | 120 | | | |
| 二氧化硫 | $300^{(2)}$ | 400 | 300 | 300 $200^{(1)}$ |
| | 400 | | $200^{(1)}$ | |
| | $500^{(4)}$ | | | |
| 氮氧化物 | $200^{(2)}$ | 400 | 300 | 300 $200^{(1)}$ |
| | 300 | | $200^{(1)}$ | |
| | $400^{(4)}$ | | | |
| 汞及其化合物 | - | 0.05 | 0.05 | 0.05 |

注：（1）位于珠三角地区的燃煤锅炉执行该特别排放限值；
 （2）位于珠三角地区 10t/h 及以上的燃煤锅炉执行该限值；
 （3）位于其他地区 10t/h 及以上的燃煤锅炉执行该限值；
 （4）位于其他地区 10t/h 以下的燃煤锅炉执行该限值。

5.6.1.2 新建锅炉

课题组通过调查、收集和实测相结合的方式，选取省内 89 台典型燃煤锅炉进行大气污染物排放监测数据分析，其中未安装烟气处理装置的锅炉数量占比达到 37%；仅安装水膜除尘、碱液喷淋或水膜除尘+碱液喷淋装置的锅炉达到 57%，除尘效果不佳，其颗粒物排放高于 $80\text{mg}/\text{m}^3$ 的超过 70%；安装布袋除尘、布袋除尘+湿法脱硫或者静电除尘+湿法脱硫的只有 6%，采用布袋除尘+湿法脱硫、静电除尘+湿法脱硫的锅炉颗粒物排放低于 $30\text{mg}/\text{m}^3$ 。

(1) 颗粒物：本标准修订对全省新建燃煤锅炉颗粒物执行 GB13271-2014 的特别排放限值 $30\text{mg}/\text{m}^3$ ，相比 DB44/765-2010 ($80\text{mg}/\text{m}^3$ 、 $100\text{mg}/\text{m}^3$ 、 $120\text{mg}/\text{m}^3$) 排放限值收严近 70%。根据监测结果分析，颗粒物排放低于 $30\text{mg}/\text{m}^3$ 的锅炉数量为 18%左右，低于 $50\text{mg}/\text{m}^3$ 的 22%左右，低于 $80\text{mg}/\text{m}^3$ 的达到 50%以上。本标准实施至第二时段，将有 80%以上的燃煤锅炉需要进行达标整治（见图 5-1），主要为未安装任何除尘装置，或仅安装水膜除尘设施的燃煤锅炉。

(2) 二氧化硫：本标准修订对全省新建燃煤锅炉二氧化硫执行 GB13271-2014 的特别排放限值 $200\text{mg}/\text{m}^3$ ，相比 DB44/765-2010 ($300\text{mg}/\text{m}^3$ 、 $400\text{mg}/\text{m}^3$ 、 $500\text{mg}/\text{m}^3$) 排放限值收严近 50%。根据监测结果分析， SO_2 排放低于 $200\text{mg}/\text{m}^3$ 的锅炉数量接近 50%，低于 $300\text{mg}/\text{m}^3$ 的达到 60%以上，低于 $400\text{mg}/\text{m}^3$ 的 75%左右。本标准实施至第二时段，将有 50%左右的燃煤锅炉需要进行达标整治（见图 5-2），主要为未安装任何脱硫治理装置，或仅安装简易喷淋设施的燃煤锅炉。

(3) 氮氧化物：本标准修订对全省新建燃煤锅炉氮氧化物执行 GB13271-2014 的特别排放限值 $200\text{mg}/\text{m}^3$ ，相比 DB44/765-2010 ($200\text{mg}/\text{m}^3$ 、 $300\text{mg}/\text{m}^3$ 、 $400\text{mg}/\text{m}^3$) 排放限值收严近 30%。根据监测结果分析， NO_x 排放低于 $200\text{mg}/\text{m}^3$ 的锅炉数量接近 70%，低于 $300\text{mg}/\text{m}^3$ 的达到 90%以上。本标准实施至第二时段，将有 30%左右的燃煤锅炉需要进行达标整治（见图 5-3），主要为未采取任何降氮脱硝措施的燃煤锅炉。

(4) 汞及其化合物：本标准参照 GB13271-2014 进行限值修订，汞及其化合物执行 $0.05\text{mg}/\text{m}^3$ 的限值要求。

新建燃煤锅炉大气污染物排放限值的确定，见表 5-2。

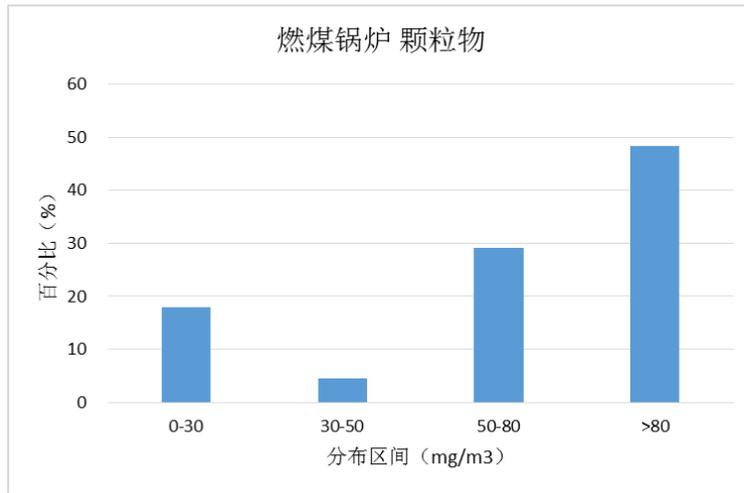


图 5-1 燃煤锅炉烟气颗粒物排放浓度分布

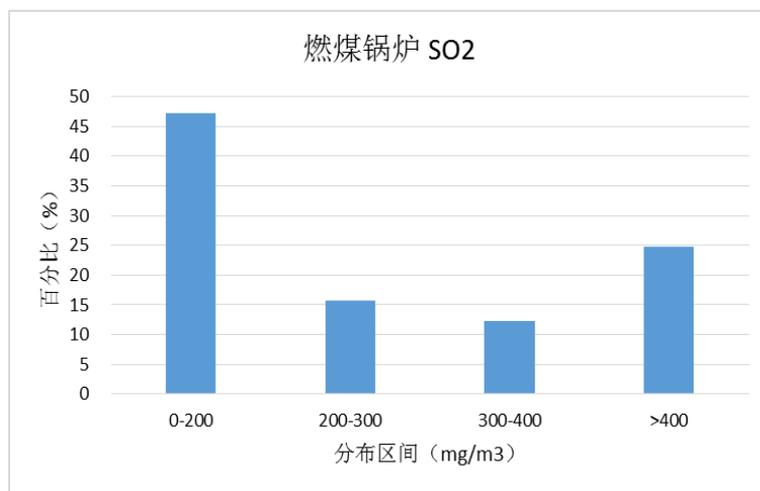


图 5-2 燃煤锅炉 SO₂ 排放浓度分布

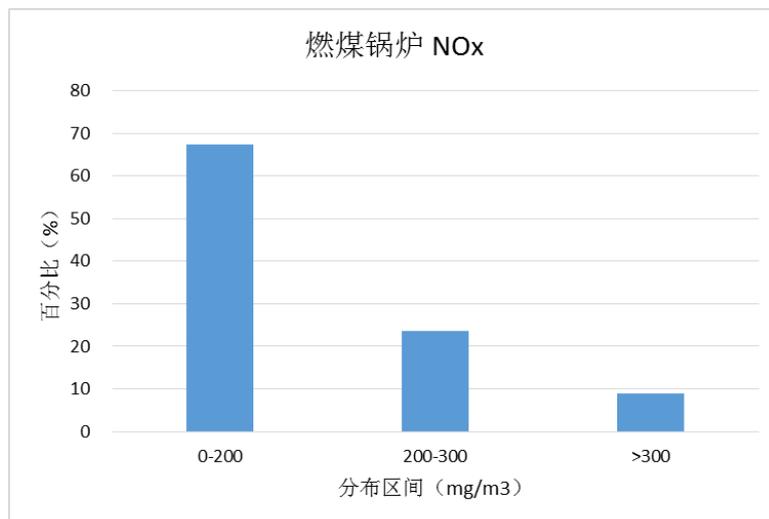


图 5-3 燃煤锅炉 NO_x 排放浓度分布

表 5-2 新建燃煤锅炉大气污染物排放限值的确定单位：mg/m³

| 污染物项目 | DB44/765-2010 | GB13271-2014 | 本标准 |
|---|--------------------|--------------------|------|
| 颗粒物 | 80 ⁽²⁾ | 50 | 30 |
| | 100 ⁽³⁾ | 30 ⁽¹⁾ | |
| | 120 | | |
| 二氧化硫 | 300 ⁽²⁾ | 300 | 200 |
| | 400 | 200 ⁽¹⁾ | |
| | 500 ⁽⁴⁾ | | |
| 氮氧化物 | 200 ⁽²⁾ | 300 | 200 |
| | 300 | 200 ⁽¹⁾ | |
| | 400 ⁽⁴⁾ | | |
| 汞及其化合物 | - | 0.05 | 0.05 |
| 注：（1）位于珠三角地区的燃煤锅炉执行该限值； （2）位于珠三角地区 10t/h 及以上的燃煤锅炉执行该限值； （3）位于其他地区 10t/h 及以上的燃煤锅炉执行该限值； （4）位于其他地区 10t/h 以下的燃煤锅炉执行该限值。 | | | |

5.6.2 燃油锅炉

5.6.2.1 在用锅炉

本标准取消对燃油锅炉按燃料类型的进一步划分，参照 GB13271-2014 进行在用燃油锅炉的限值修订。

- （1）颗粒物：执行 30mg/m³ 的限值要求。
- （2）二氧化硫：执行 200 mg/m³ 的限值要求。
- （3）氮氧化物：执行 250 mg/m³ 的限值要求。

在用燃油锅炉大气污染物排放限值的确定，见表 5-3。

表 5-3 在用燃油锅炉大气污染物排放限值的确定单位：mg/m³

| 污染物项目 | DB44/765-2010 | GB13271-2014 | | 本标准 |
|-------------------------|--------------------|----------------------|---------------------|-----|
| | 在用燃油锅炉 | 2014年6月30日前建设的在用燃油锅炉 | 2014年7月1日起建设的在用燃油锅炉 | |
| 颗粒物 | 50 | 60 | 30 | 30 |
| | 80 ⁽²⁾ | | | |
| 二氧化硫 | 300 ⁽¹⁾ | 300 | 200 | 200 |
| | 400 | | | |
| 氮氧化物 | 300 ⁽¹⁾ | 400 | 250 | 250 |
| | 400 | | | |
| 注：（1）位于珠三角地区的燃油锅炉执行该限值； | | | | |

| | | | | |
|---------------------------------|---------------|----------------------|---------------------|-----|
| 污染物项目 | DB44/765-2010 | GB13271-2014 | | 本标准 |
| | 在用燃油锅炉 | 2014年6月30日前建设的在用燃油锅炉 | 2014年7月1日起建设的在用燃油锅炉 | |
| (2) 位于其他地区除燃轻柴油、煤油以外的燃油锅炉执行该限值。 | | | | |

5.6.2.2 新建锅炉

课题组通过调查、收集和实测方式，选取省内 18 台典型燃油锅炉进行大气污染物排放监测数据分析，全部未安装任何烟气处理装置。

(1) 颗粒物：本标准参照 GB13271-2014 进行限值修订，颗粒物执行 $30\text{mg}/\text{m}^3$ 的限值要求，相比 DB44/765-2010 ($50\text{mg}/\text{m}^3$ 、 $80\text{mg}/\text{m}^3$) 排放限值收严近 40%。

(2) 二氧化硫：本标准参照 GB13271-2014 进行限值修订，二氧化硫执行 $200\text{mg}/\text{m}^3$ 的限值要求，相比 DB44/765-2010 ($300\text{mg}/\text{m}^3$ 、 $400\text{mg}/\text{m}^3$) 排放限值收严近 40%。

(3) 氮氧化物：本标准修订对全省新建燃油锅炉氮氧化物执行 GB13271-2014 的特别排放限值 $200\text{mg}/\text{m}^3$ ，相比 DB44/765-2010 ($300\text{mg}/\text{m}^3$ 、 $400\text{mg}/\text{m}^3$) 排放限值收严近 40%。根据监测结果分析， NO_x 排放低于 $200\text{mg}/\text{m}^3$ 的锅炉数量达到 60% 以上，低于 $250\text{mg}/\text{m}^3$ 的接近 90%，低于 $300\text{mg}/\text{m}^3$ 的达到 95% 以上。本标准实施至第二时段，将有 40% 左右的燃油锅炉需要进行达标整治（见图 5-4），主要为未采取任何降氮脱硝措施的燃油锅炉。

新建燃油锅炉大气污染物排放限值的确定，见表 5-4。

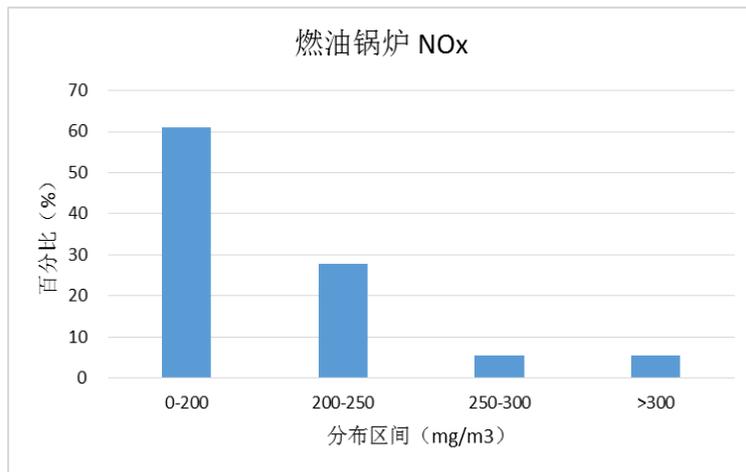


图 5-4 燃油锅炉 NO_x 排放浓度分布

表 5-4 新建燃油锅炉大气污染物排放限值的确定单位：mg/m³

| 污染物项目 | DB44/765-2010 | GB13271-2014 | 本标准 |
|---|---------------------------|--------------|-----|
| 颗粒物 | 50 80 ⁽²⁾ | 30 | 30 |
| 二氧化硫 | 300 ⁽¹⁾ 400 | 200 | 200 |
| 氮氧化物 | 300 ⁽¹⁾ 400 | 250 | 200 |
| 注：（1）位于珠三角地区的燃油锅炉执行该限值； （2）位于其他地区除燃轻柴油、煤油以外的燃油锅炉执行该限值。 | | | |

5.6.3 燃气锅炉

5.6.3.1 在用锅炉

本标准取消对燃气锅炉按燃料类型的进一步划分，参照 GB13271-2014 进行在用燃气锅炉的限值修订。

（1）颗粒物：执行 20 mg/m³ 的限值要求。

（2）二氧化硫：执行 50 mg/m³ 的限值要求。

在用燃气锅炉大气污染物排放限值的确定，见表 5-5。

表 5-5 在用燃气锅炉大气污染物排放限值的确定单位：mg/m³

| 污染物项目 | DB44/765-2010 | GB13271-2014 | | 本标准 |
|-------------------------------|--------------------------|----------------------|---------------------|-----|
| | 在用燃气锅炉 | 2014年6月30日前建设的在用燃气锅炉 | 2014年7月1日起建设的在用燃气锅炉 | |
| 颗粒物 | 30 | 30 | 20 | 20 |
| 二氧化硫 | 50 100 ⁽¹⁾ | 100 | 50 | 50 |
| 氮氧化物 | 200 | 400 | 200 | 200 |
| 注：（1）以高炉煤气、焦炉煤气为燃料的燃气锅炉执行该限值。 | | | | |

5.6.3.2 新建锅炉

课题组通过调查、收集和实测方式，选取省内 26 台典型燃气锅炉进行大气污染物排放监测数据分析，其中未安装烟气处理装置的锅炉数量占比接近 70%；有 30% 的锅炉采取了降氮脱硝措施，其 NO_x 排放全部低于 150 mg/m³。

(1) 颗粒物：本标准参照 GB13271-2014 进行限值修订，颗粒物执行 20mg/m³ 的限值要求，相比 DB44/765-2010 (30mg/m³) 排放限值收严近 30%。

(2) 二氧化硫：本标准参照 GB13271-2014 进行限值修订，二氧化硫执行 50mg/m³ 的限值要求，相比 DB44/765-2010 (50mg/m³、100mg/m³) 排放限值收严近 25%。

(3) 氮氧化物：本标准修订对全省新建燃油锅炉氮氧化物执行 GB13271-2014 的特别排放限值 150mg/m³，相比 DB44/765-2010 (200mg/m³) 排放限值收严 25%。根据监测结果分析，NO_x 排放低于 150 mg/m³ 的燃气锅炉数量达到 90% 以上，低于 200 mg/m³ 的达到 95% 以上。本标准实施至第二时段，仅有 10% 左右的燃气锅炉需要进行达标整治（见图 5-5），主要为未采取任何降氮脱硝措施的燃气锅炉。

新建燃气锅炉大气污染物排放限值的确定，见表 5-6。

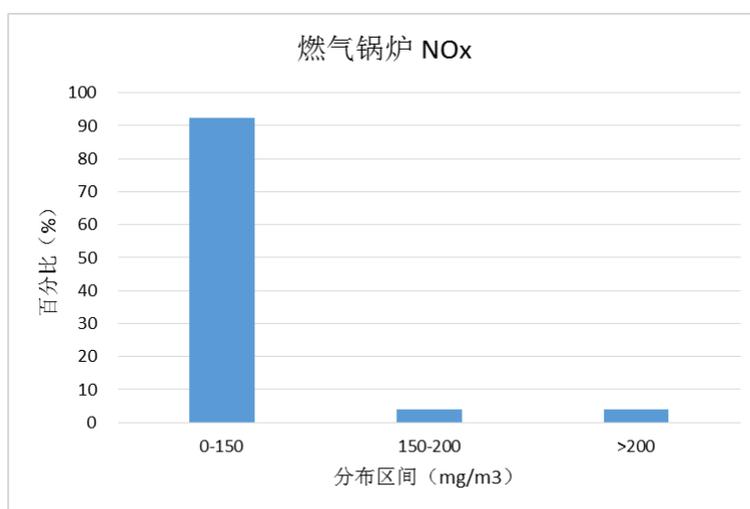


图 5-5 燃气锅炉 NO_x 排放浓度分布

表 5-6 新建燃气锅炉大气污染物排放限值的确定单位：mg/m³

| 污染物项目 | DB44/765-2010 | GB13271-2014 | 本标准 |
|-------|--------------------------|--------------|-----|
| 颗粒物 | 30 | 20 | 20 |
| 二氧化硫 | 50 100 ⁽¹⁾ | 50 | 50 |
| 氮氧化物 | 200 | 200 | 150 |

注：（1）以高炉煤气、焦炉煤气为燃料的燃气锅炉执行该限值。

5.6.4 生物质成型燃料锅炉

5.6.4.1 在用锅炉

DB44/765-2010 未对生物质成型燃料锅炉进行专门规定，GB13271-2014 规定采用生物质作为燃料的锅炉执行燃煤锅炉的排放限值，而我省对生物质成型燃料锅炉排放控制实际是根据环保部办公厅《关于生物质成型燃料有关问题的复函》（环办函[2009]797 号）、《广东省锅炉污染整治实施方案（2016-2018 年）》等文件要求，执行天然气锅炉对应排放标准要求。

本标准修订，考虑到当前广东省生物质成型燃料锅炉大气污染物排放控制的实际管理情况，同时参照《国家能源局环境保护部关于开展生物质成型燃料锅炉供热示范项目建设的通知》（国能新能[2014]295 号）对生物质成型燃料锅炉示范项目的排放控制要求，对在用生物质成型燃料锅炉大气污染物的排放控制执行 DB44/765-2010 燃气锅炉对应的排放标准，其颗粒物、二氧化硫、氮氧化物排放限值分别执行 $30\text{mg}/\text{m}^3$ 、 $50\text{mg}/\text{m}^3$ 、 $200\text{mg}/\text{m}^3$ 的限值要求。增加汞及其化合物、一氧化碳的排放限值，其中汞及其化合物参照 GB13271-2014 燃煤锅炉进行限值修订，执行 $0.05\text{mg}/\text{m}^3$ 的限值要求；一氧化碳参照《广东省锅炉污染整治实施方案（2016-2018 年）》的要求进行限值修订，执行 $200\text{mg}/\text{m}^3$ 的限值要求。

5.6.4.2 新建锅炉

课题组通过调查、收集和实测方式，选取省内 38 台典型燃生物质锅炉进行大气污染物排放监测数据分析，其中未安装任何烟气处理装置的锅炉数量占比超过 65%；仅安装水膜除尘处理装置的锅炉接近 20%，除尘效果不佳，其颗粒物排放高于 $20\text{mg}/\text{m}^3$ 的超过 70%；安装多管布袋除尘、旋风+布袋除尘的只有 15%，其颗粒物排放低于 $20\text{mg}/\text{m}^3$ 的达到 80% 以上。

(1) 颗粒物：本标准修订对全省新建生物质成型燃料锅炉颗粒物执行 GB13271-2014 燃气锅炉特别排放限值 $20\text{mg}/\text{m}^3$ ，相比 DB44/765-2010 的燃气锅炉（ $30\text{mg}/\text{m}^3$ ）排放限值收严近 30%。根据监测结果分析，颗粒物排放低于 $20\text{mg}/\text{m}^3$ 的锅炉数量达到 40% 以上，低于 $30\text{mg}/\text{m}^3$ 的接近 75%。本标准实施至第二时段，将有 60% 左右的生物质成型燃料锅

炉需要进行达标整治（见图 5-6），主要为未安装任何除尘装置，或仅安装低效水膜除尘设施的生物质成型燃料锅炉。

（2）二氧化硫：本标准修订对全省新建生物质成型燃料锅炉二氧化硫执行 $30\text{mg}/\text{m}^3$ 的限值要求，相比 DB44/765-2010 ($50\text{mg}/\text{m}^3$) 排放限值收严 40%。根据监测结果分析， SO_2 排放低于 $30\text{mg}/\text{m}^3$ 的锅炉数量达到 80% 以上，低于 $50\text{mg}/\text{m}^3$ 的接近 90%。本标准实施至第二时段，将有 20% 左右的生物质成型燃料锅炉需要进行达标整治（见图 5-7），主要为未采取任何脱硫措施的生物质成型燃料锅炉。

（3）氮氧化物：本标准修订对全省新建生物质成型燃料锅炉氮氧化物执行 GB13271-2014 燃气锅炉特别排放限值 $150\text{mg}/\text{m}^3$ ，相比 DB44/765-2010 的燃气锅炉 ($200\text{mg}/\text{m}^3$) 排放限值收严 25%。根据监测结果分析， NO_x 排放低于 $150\text{mg}/\text{m}^3$ 的锅炉数量达到 50%，低于 $200\text{mg}/\text{m}^3$ 的接近 80%。本标准实施至第二时段，将有 50% 左右的生物质成型燃料锅炉需要进行达标整治（见图 5-8），主要为未采取任何降氮脱硝措施的生物质成型燃料锅炉。

（4）汞及其化合物：参照 GB13271-2014 燃煤锅炉进行限值修订，执行 $0.05\text{mg}/\text{m}^3$ 的限值要求。

（5）一氧化碳：参照《广东省锅炉污染整治实施方案（2016-2018 年）》进行限值修订，执行 $200\text{mg}/\text{m}^3$ 的限值要求。

新建生物质成型燃料锅炉大气污染物排放限值的确定，见表 5-7。

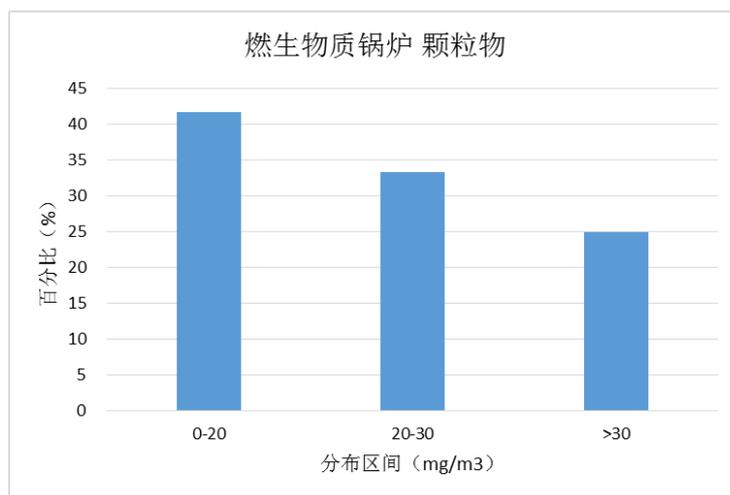


图 5-6 燃生物质锅炉颗粒物排放浓度分布

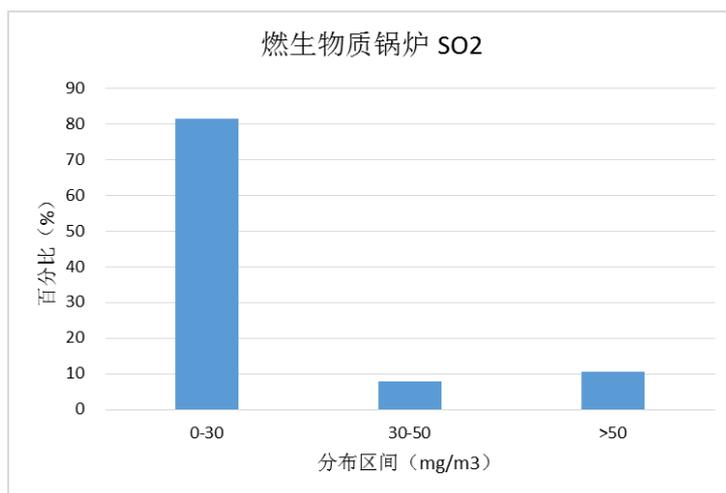


图 5-7 燃生物质锅炉 SO₂ 排放浓度分布

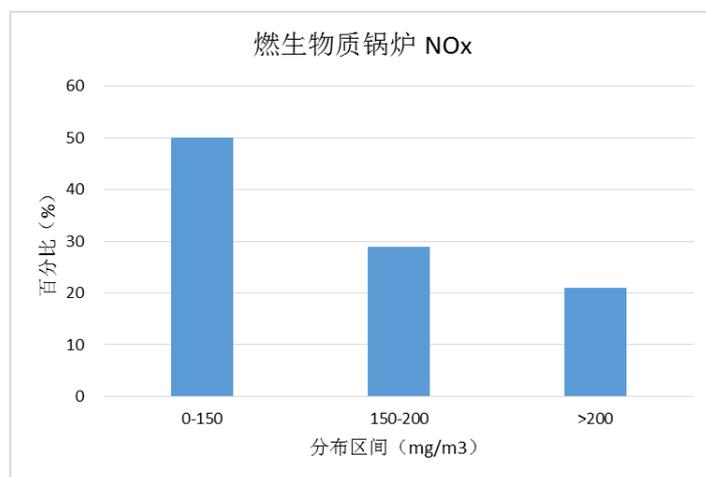


图 5-8 燃生物质锅炉 NO_x 排放浓度分布

表 5-7 新建生物质成型燃料锅炉大气污染物排放限值的确定单位: mg/m³

| 污染物项目 | DB44/765-2010 燃气锅炉 | GB13271-2014 燃气锅炉特别排放限值 | 本标准 |
|--------|-----------------------|----------------------------|------|
| 颗粒物 | 30 | 20 | 20 |
| 二氧化硫 | 50 | 50 | 30 |
| 氮氧化物 | 200 | 150 | 150 |
| 汞及其化合物 | - | - | 0.05 |
| 一氧化碳 | - | - | 200 |

5.7 排气筒高度

烟囱高度的作用是通过自生通风力（抽拔力）排放锅炉燃烧的烟气，增大扩散半径，对降低污染物地面浓度有明显作用。《锅炉房设计规范》（GB 50041-2008）对锅炉烟囱有

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”，且锅炉分布位于人口和工业集中区域，为了有利于扩散，新标准增加了“每个新建燃煤、燃生物质锅炉房只能设一根烟囱”的要求，且烟囱高度应根据锅炉房装机总容量，按本标准表 3 规定执行。

燃油、燃气锅炉烟囱不低于 8m，锅炉烟囱的具体高度按批复的环境影响评价文件确定。新建锅炉房烟囱周围半径 200m 距离内有建筑物时，其烟囱应高出最高建筑物 3m 以上。

锅炉烟囱高度达不到最低允许高度规定时，其颗粒物、二氧化硫、氮氧化物、汞及其化合物最高允许排放浓度，应按相应排放标准值的 50% 执行。

不同时段建设的锅炉，若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，应执行各个时段限值中最严格的排放限值。

5.8 监测要求

5.8.1 采样与监测要求

锅炉使用企业应按照有关法律和《环境监测管理办法》等规定，建立企业监测制度，制定监测方案，对污染物排放状况及其对周边环境质量的影响开展自行监测，保存原始监测记录，并公布监测结果。

锅炉使用企业应按照环境监测管理规定和技术规范的要求，设计、建设、维护永久性采样口、采样测试平台和排污口标志。

对锅炉排放废气的采样，应根据监测污染物的种类，在规定的污染物排放监控位置进行，有废气处理设施的，应在该设施后监测。排气筒中大气污染物的监测采样按 GB 5468、GB/T 16157 或 HJ/T 397 规定执行。

20t/h 及以上蒸汽锅炉和 14MW 及以上热水锅炉应按《污染源自动监控管理办法》的规定安装大气污染物连续监测系统，与环保部门联网，并保证设备正常运行。其他锅炉自动监控设备安装按环境保护行政主管部门有关规定执行。

对大气污染物连续监测系统的安装、调试、验收及管理，应按 HJ/T 75、HJ/T 76 规定执行。大气污染物的监测，按 HJ/T 393 的要求进行监测质量保证和质量控制。

5.8.2 测定方法标准

新标准增加了对二氧化硫指标可根据 HJ 629 进行测定，对氮氧化物指标可根据 HJ 692、HJ 693 进行测定，增加了对一氧化碳、汞及其化合物指标浓度的测定方法标准。

(1) 对于颗粒物指标，可根据《锅炉烟尘测试方法》(GB 5468)、《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) 进行测定；

(2) 对于二氧化硫指标，可根据《固定污染源排气中二氧化硫的测定碘量法》(HJ/T 56)、《固定污染源排气中二氧化硫的测定定电位电解法》(HJ/T 57)、《固定污染源废气二氧化硫的测定非分散红外吸收法》(HJ 629) 进行测定；

(3) 对于氮氧化物指标，可根据《固定污染源排气中氮氧化物的测定紫外分光光度法》(HJ/T 42)、《固定污染源排气中氮氧化物的测定盐酸萘乙二胺分光光度法》(HJ/T 43)、《固定污染源废气中氮氧化物的测定非分散红外吸收法》(HJ 692)、《固定污染源排气中氮氧化物的测定定电位电解法》(HJ 693) 进行测定；

(4) 对于一氧化碳指标，可根据《固定污染源排气中一氧化碳的测定非色散红外吸收法》(HJ/T 44) 进行测定；

(5) 对于汞及其化合物指标，可根据《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) 进行测定；

(6) 对于烟尘黑度指标，可根据《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) 进行测定。

5.8.3 基准氧含量折算

根据《锅炉烟尘测试方法》(GB5468-91)，过量空气系数由测定烟气中的氧气百分含量通过公式计算而得，二者是简单的数学换算。使用含氧量省去计算环节，可直接监测获得，国家最新修订的《锅炉大气污染物排放标准》(GB13271-2014) 采用基准氧含量的方式进行规定。

因此，新标准取消过量空气系数，规定实测的锅炉颗粒物、二氧化硫、氮氧化物、汞及其化合物的排放浓度，应执行 GB 5468 或 GB/T 16157 规定，按公式 $\rho = \rho' \times (21 - O_2) / (21 - O_2')$ 将监测的大气污染物排放浓度折算为基准氧含量排放浓度，其中燃煤、生物质成型燃料锅炉基准氧含量按 9% 计算，燃油、燃气和生物质气化锅炉的基准氧含量按 3.5%

计算。

6. 国内外锅炉大气污染物排放控制相关标准研究

6.1 国外相关标准美国

6.6.1 美国

美国环保部（EPA）在新建污染源（NSPS）中针对锅炉排放的常规污染物进行规范。标准以 2005 年 2 月 28 日为时段分界点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排放量，间接对锅炉热效率提出了要求。并且对混合燃料锅炉的排放限值，依据混合燃料系数分配给出了计算方法，并给出了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。

在采样方法上也与我国标准略有差异，主要体现在，美国是用滤膜，并要求采样枪要有冷却与加热系统使采样枪温度在 $-14\sim 120$ 度调节，同时针对低浓度颗粒物情况明确规定了清洗及称量方法，可较大程度上降低采样和分析过程中的误差。而我国是用滤筒，且对温度不作要求，该方法仅适用于颗粒物质量浓度较高的烟气，当测定较低浓度的颗粒物时误差较大。主要原因是沉积在采样嘴及采样管前段的颗粒物无法回收，造成结果偏低；在湿烟气情况下长时间采样容易造成滤筒纤维损失或破损，产生的误差对测定结果产生较大影响。另外除了可使用手工监测方法，美国 EPA 还推荐使用 CEMS（烟气在线监测系统）在锅炉烟气出口或脱硫装置烟气出口监测，并且以 24 个小时的平均值作为监测结果。

表 6-1 二氧化硫排放限值

| 锅炉类别 | SO ₂ 排放浓度 (ng/J) | | | |
|--------|-----------------------------|------------------------------------|------------------|------------------------------------|
| | 2005 年 2 月 28 日前 | | 2005 年 2 月 28 日后 | |
| | 硫去除率 | 排放限值 | 硫去除率 | 排放限值 |
| 燃煤锅炉 | - | 87 (170mg/m ³) | - | 87 (170mg/m ³) |
| | 90% | 520(脱硫前) (1121 mg/m ³) | 92% | 520(脱硫前) (1121 mg/m ³) |
| 燃煤矸石锅炉 | - | 87 (132 mg/m ³) | - | - |
| | 80% | 520(脱硫前) (788 mg/m ³) | - | - |

| 锅炉类别 | SO ₂ 排放浓度 (ng/J) | | | |
|------|-----------------------------|------------------------------------|------------------|------------------------------------|
| | 2005 年 2 月 28 日前 | | 2005 年 2 月 28 日后 | |
| 燃油锅炉 | | 87 (250mg/m ³) | - | 87 (250mg/m ³) |
| | 90% | 340(脱硫前) (1082 mg/m ³) | 92% | 520(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) |

备注：适用于热输入功率在 2.9MW~29MW 的锅炉

表 6-2 颗粒物排放限值

| 锅炉类别 | PM 排放浓度 (ng/J) | | |
|--------|----------------------------|---------------------------|--------------------------------------|
| | 2005 年 2 月 28 日前 | 2005 年 2 月 28 日后 | |
| 燃煤锅炉 | 22 (42mg/m ³) | 13 (25mg/m ³) | 22 (99.8%去除率) (42mg/m ³) |
| 燃煤矸石锅炉 | 22 (33mg/m ³) | 13 (20mg/m ³) | 22 (99.8%去除率) (33mg/m ³) |
| 燃油锅炉 | 43 (137mg/m ³) | 13 (41mg/m ³) | 22 (99.8%去除率) (64mg/m ³) |
| 燃木料锅炉 | 43 | 13 | 22 (99.8%去除率) |
| 燃固废锅炉 | 43 | 13 | 22 (99.8%去除率) |

备注：适用于热输入功率在 2.9MW~29MW 的锅炉

表 6-3 1984 年 6 月 19 日后新建、改建、重建的锅炉 NO_x 排放限值

| 锅炉/燃料类别 | 排放浓度 (ng/J) | |
|---------|-------------|-----|
| 煤 | 抛煤机炉排 | 260 |
| | 流化床燃烧 | 260 |
| | 煤粉 | 300 |
| | 褐煤 | 260 |
| | 液态排渣炉 | 340 |
| | 煤基合成燃料 | 210 |
| 渣油 | 低热释放率 | 130 |
| | 高热释放率 | 170 |
| 天然气和馏出油 | 低热释放率 | 43 |
| | 高热释放率 | 86 |

备注：适用于热输入功率在大于 29MW 的锅炉

6.6.2 欧盟

由于欧盟没有专门制定关于锅炉的大气污染物排放标准，燃烧设备均采用《大型燃烧企业大气污染物排放限值指令（2001/80/EC）》。第 2001/80/EC 号指令中对额定功大于等于 50MW (72.5t/h) 燃烧设备根据燃料类型分为固体、气体、液体规定了 SO₂、NO_x、烟尘的不同排放限值，成员国可以采用更为严格的排放限值，随着成员国的加入，该指令于 2003 年和 2006 年进行了修订并给出了成员国排放总量削减目标，同时还规定对于 SO₂、

NO_x 任何时候都不能超标排放。

表 6-4 2002 年后获得建议许可证的锅炉排放限值(mg/m³)

| 污染物 | 燃料类型 | | 50-100 (MWth) | 100-300 (MWth) | >300 (MWth) |
|-----------------|------|-----------|---------------|----------------|-------------|
| SO ₂ | 固体 | 一般燃料 | 850 | 200 | 200 |
| | | 生物质 | 200 | 200 | 200 |
| | 液体 | 液体燃料 | 850 | 400-200 | 200 |
| | 气体 | 天然气 | 35 | | |
| | | 液化石油气 | 5 | | |
| | | 焦炉煤气 | 400 | | |
| | | 高炉低热气 | 200 | | |
| NO _x | 固体 | 一般燃料 | 400 | 300 | 200 |
| | | 生物质 | 400 | 200 | 200 |
| | 液体 | 液体燃料 | 400 | 200 | 200 |
| | 气体 | 天然气 | 150 | 150 | 100 |
| | | 其他气体 | 200 | 200 | 200 |
| | 烟尘 | 固体 | 固体燃料 | 50 | 30 |
| 液体 | | 液体燃料 | 50 | 30 | 30 |
| 气体 | | 常规气体燃料 | 5 | | |
| | | 高炉低热气 | 10 | | |
| | | 钢铁企业产生的煤气 | 30 | | |

6.6.3 世界银行

世界银行《污染预防和控制手册 1998 走向清洁生产》(下)对锅炉排放废气的控制对象分别是烟尘、NO_x、SO₂，并且要求锅炉在运行期间至少 95%的时间不能超过排放限值，对烟尘排放限值按锅炉容量进行划分，其中蒸吨大于等于 50MWe (72.5t/h) 锅炉排放的颗粒物浓度不得高于 50 mg/m³，小于 50MWe (72.5t/h) 排放的颗粒物浓度不得高于 100 mg/m³。而对 NO_x 排放限值则根据燃料类型进行差别化处理，其中燃煤锅炉 NO_x 排放最大限值不超过 750 mg/m³，燃油锅炉不超过 460 mg/m³，燃气锅炉不超过 320 mg/m³。针对 SO₂ 排放则一律不得超过 2000 mg/m³。与之相比，我省现行锅炉标准 NO_x、SO₂ 排放限值较严，燃煤锅炉烟尘排放限值略显宽松。

表 6-5 一般性应用废气排放标准

| 污染物 | 排放标准 (mg/m ³) |
|-----------------|--------------------------------|
| PM | PM: 50 (≥50MWe); 100 (<50 MWe) |
| NO ₂ | 煤: 750; 油: 460; 天然气: 320 |
| SO ₂ | 2000 |

备注: 1 MWe=1.45 蒸吨/h

6.2 国内相关标准

6.2.1 国家

2014年5月16日国家发布了《锅炉大气污染物排放标准》(GB13271-2014),增加了燃煤锅炉氮氧化物和汞及其化合物的排放限值,规定了大气污染物特别排放限值,提高了各项污染物排放标准。2014年7月1日起,国家《锅炉大气污染物排放标准》(GB13271-2014)开始正式实施。

表 6-6 在用锅炉大气污染物排放限值浓度单位: mg/m³

| 污染物项目 | 限值 | | | 污染物排放监控位置 |
|----------------|---------------------------|------|------|-----------|
| | 燃煤锅炉 | 燃油锅炉 | 燃气锅炉 | |
| 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 6-7 新建锅炉大气污染物排放限值浓度单位: mg/m³

| 污染物项目 | 限值 | | | 污染物排放监控位置 |
|----------------|------|------|------|-----------|
| | 燃煤锅炉 | 燃油锅炉 | 燃气锅炉 | |
| 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 6-8 大气污染物特别排放限值单位: mg/m³

| 污染物项目 | 限值 | | | 污染物排放监控位置 |
|----------------|------|------|------|-----------|
| | 燃煤锅炉 | 燃油锅炉 | 燃气锅炉 | |
| 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 |

6.2.2 山东

山东省 2013 年发布《山东省锅炉大气污染物排放标准》(DB37/2374-2013), 自 2013 年 9 月 1 日开始实施。

表 6-9 现有锅炉大气污染物排放浓度限值单位: mg/m^3 (烟气黑度除外)

| 污染物项目 | 燃煤锅炉 | 燃油锅炉 | 燃气锅炉 | 监控位置 |
|-----------------------------------|------|------|------|-------|
| 烟尘 | 50 | 30 | 10 | 烟囱排放口 |
| SO_2 | 300 | 300 | 100 | |
| NO_x (以 NO_2 计) | 400 | 250 | 250 | |
| 烟气林格曼黑度 (级) | 1.0 | | | |

表 6-10 新建锅炉大气污染物排放浓度限值单位: mg/m^3 (烟气黑度除外)

| 污染物项目 | 燃煤锅炉 | 燃油锅炉 | 燃气锅炉 | 监控位置 |
|-----------------------------------|------|------|------|-------|
| 烟尘 | 30 | 30 | 10 | 烟囱排放口 |
| SO_2 | 200 | 200 | 100 | |
| NO_x (以 NO_2 计) | 300 | 250 | 250 | |
| 烟气林格曼黑度 (级) | 1.0 | | | |

6.2.3 上海

上海市 2014 年发布《锅炉大气污染物排放标准》(DB31/387-2014), 自 2014 年 10 月 1 日开始实施。

表 6-11 在用锅炉大气污染物排放限值单位: mg/Nm^3

| 锅炉类别 | 烟尘 | 二氧化硫 | 氮氧化物 (以 NO_2 计) | 烟气黑度 (林格曼黑度, 级) | 监控位置 |
|-----------|----|------|-----------------------------|--------------------|-------|
| 燃煤、燃生物质锅炉 | 80 | 300 | 400 | 1 | 烟囱排放口 |
| 燃油锅炉 | 50 | 300 | 400 | | |
| 燃气锅炉 | 30 | 50 | 200 | | |

表 6-12 锅炉大气污染物排放限值单位: mg/Nm^3

| 锅炉类别 | 烟尘 | 二氧化硫 | 氮氧化物 (以 NO_2 计) | 汞及其化合物 (以 Hg 计) | 一氧化碳 | 烟气黑度 (林格曼黑度, 级) | 监控位置 |
|--------|----|------|-----------------------------|-----------------------------|------|--------------------|-------|
| 燃煤锅炉 | 20 | 100 | 150 | 0.03 | 100 | 1 | 烟囱排放口 |
| 燃油锅炉 | | 100 | | | | | |
| 燃气锅炉 | | 20 | | | | | |
| 燃生物质锅炉 | | 20 | | | | | |

6.2.4 北京

北京市 2015 年发布《锅炉大气污染物排放标准》(DB11/139-2015), 自 2015 年 7 月 1 日开始实施。

表 6-13 新建锅炉大气污染物排放浓度限值

| 污染物项目 | 2017 年 3 月 31 日前的新建锅炉 | 2017 年 4 月 1 日起的新建锅炉 |
|-----------------------------|-----------------------|----------------------|
| 颗粒物 (mg/m ³) | 5 | 5 |
| 二氧化硫 (mg/m ³) | 10 | 10 |
| 氮氧化物 (mg/m ³) | 80 | 30 |
| 汞及其化合物 (ug/m ³) | 0.5 | 0.5 |
| 烟气黑度 (林格曼, 级) | 1 级 | |

表 6-14 在用锅炉大气污染物排放浓度限值

| 污染物项目 | 高污染燃料禁燃区内 | 高污染燃料禁燃区外 |
|-----------------------------|-----------------|-----------|
| | 2017 年 4 月 1 日后 | 标准实施之日起 |
| 颗粒物 (mg/m ³) | 5 | 10 |
| 二氧化硫 (mg/m ³) | 10 | 20 |
| 氮氧化物 (mg/m ³) | 80 | 150 |
| 汞及其化合物 (ug/m ³) | 0.5 | 3 |
| 烟气黑度 (林格曼, 级) | 1 级 | |

6.2.5 河北

河北省 2015 年发布《燃煤锅炉氮氧化物排放标准》(DB13/2170-2015), 自 2015 年 3 月 1 日开始实施。

表 6-15 在用燃煤锅炉氮氧化物排放浓度限值

| 污染物项目 | 排放浓度限值 (mg/Nm ³) | 污染物排放监控位置 |
|-------|------------------------------|-----------|
| 氮氧化物 | 380 | 烟囱或烟道排放口 |

表 6-16 新建燃煤锅炉氮氧化物排放控制限值

| 污染物项目 | 排放浓度限值 (mg/Nm ³) | 污染物排放监控位置 |
|-------|------------------------------|-----------|
| 氮氧化物 | 200 | 烟囱或烟道排放口 |

6.3 本标准与国内外标准限值对比

6.3.1 与国外标准对比

与国际标准相比，颗粒物、二氧化硫、氮氧化物均达到国际较严格水平或国际严格水平。

表 6-17 燃煤锅炉排放限值与国外标准比较

| 标准类别 | 颗粒物 (mg/m ³) | 二氧化硫 (mg/m ³) | 氮氧化物 (mg/m ³) |
|---------------------|--------------------------|---------------------------|---------------------------|
| 本标准 | 30-50 | 200-300 | 200-300 |
| 美国 | 25-45 | 170-1100 | 170 |
| 欧盟 | 110 | 1750 | 350 |
| 法国 | 50-150 | 850-2000 | 450-825 |
| 芬兰 | 55-140 | 1100 | 275-550 |
| 德国 | 20-50 | 350-1300 | 300-500 |
| 日本 | 50-300 | - | 400-600 |
| 世行 (污染防治和控制手册 1998) | 50-100 | 2000 | 750 |

表 6-18 燃油锅炉排放限值与国外标准比较

| 标准类别 | 颗粒物 (mg/m ³) | 二氧化硫 (mg/m ³) | 氮氧化物 (mg/m ³) |
|---------------------|--------------------------|---------------------------|---------------------------|
| 本标准 | 30 | 200 | 200-250 |
| 美国 | 40-60 | 250 | 250 |
| 欧盟 | 110 | 400 | 300 |
| 法国 | 50-150 | 850-1700 | 450-825 |
| 芬兰 | 50 | 1700 | 500-900 |
| 德国 | 50 | 350 | 180-250 |
| 日本 | 150-300 | | 530 |
| 世行 (污染防治和控制手册 1998) | 50-100 | 2000 | 460 |

表 6-19 燃气锅炉排放限值与国外标准比较

| 标准类别 | 颗粒物 (mg/m ³) | 二氧化硫 (mg/m ³) | 氮氧化物 (mg/m ³) |
|---------------------|--------------------------|---------------------------|---------------------------|
| 本标准 | 20 | 50 | 150-200 |
| 美国 | / | 250-520 | 250 |
| 欧盟 | / | / | 200 |
| 法国 | 5 | 35 | 100-350 |
| 芬兰 | / | / | 170-400 |
| 德国 | 5 | 10 | 100-150 |
| 日本 | 30-100 | - | 120-300 |
| 世行 (污染防治和控制手册 1998) | / | / | 320 |

6.3.2 与国内标准对比

广东省《锅炉大气污染物排放标准》(DB44/765-2010)为2010年发布实施,2014年国家发布了《锅炉大气污染物排放标准》(GB13271-2014),本次标准修订与国内锅炉大气污染物排放标准对比工作,时间界定为与GB13271-2014前后出台的相关地方标准,即2013年以后出台的锅炉新标准。具体如下:国家《锅炉大气污染物排放标准》(GB13271-2014)、山东省《锅炉大气污染物排放标准》(DB37/2374-2013)、上海市《锅炉大气污染物排放标准》(DB31/387-2014)、北京市《锅炉大气污染物排放标准》(DB11/139-2015)、河北省《燃煤锅炉氮氧化物排放标准》(DB13/2170-2015)。

与国内标准相比,颗粒物、二氧化硫、氮氧化物均达到国内较严格水平,并与国家标准接轨,但仍远低于北京现行标准。

表 6-20 燃煤锅炉排放限值与国内标准比较

| 标准类别 | 颗粒物 (mg/m ³) | 二氧化硫 (mg/m ³) | 氮氧化物 (mg/m ³) |
|------|--------------------------|---------------------------|---------------------------|
| 本标准 | 30-50 | 200-300 | 200-300 |
| 国家 | 30-80 | 200-550 | 200-400 |
| 山东 | 30-50 | 200-300 | 300-400 |
| 上海 | 20-80 | 100-300 | 150-400 |
| 北京 | 5-10 | 10-20 | 30-150 |
| 河北 | / | / | 200-380 |

表 6-21 燃油锅炉排放限值与国内标准比较

| 标准类别 | 颗粒物 (mg/m ³) | 二氧化硫 (mg/m ³) | 氮氧化物 (mg/m ³) |
|------|--------------------------|---------------------------|---------------------------|
| 本标准 | 30 | 200 | 200-250 |
| 国家 | 30-60 | 100-300 | 200-400 |
| 山东 | 30 | 200-300 | 250 |
| 上海 | 20-50 | 100-300 | 150-400 |
| 北京 | 5-10 | 10-20 | 30-150 |
| 河北 | / | / | 200-380 |

表 6-22 燃气锅炉排放限值与国内标准比较

| 标准类别 | 颗粒物 (mg/m ³) | 二氧化硫 (mg/m ³) | 氮氧化物 (mg/m ³) |
|------|--------------------------|---------------------------|---------------------------|
| 本标准 | 20 | 50 | 150-200 |
| 国家 | 20-30 | 50-100 | 150-400 |
| 山东 | 10 | 100 | 250 |
| 上海 | 20-30 | 20-50 | 150-200 |
| 北京 | 5-10 | 10-20 | 30-150 |

| 标准类别 | 颗粒物 (mg/m ³) | 二氧化硫 (mg/m ³) | 氮氧化物 (mg/m ³) |
|------|--------------------------|---------------------------|---------------------------|
| 河北 | / | / | 200-380 |

表 6-23 生物质成型燃料锅炉排放限值与国内标准比较

| 标准类别 | 颗粒物 (mg/m ³) | 二氧化硫 (mg/m ³) | 氮氧化物 (mg/m ³) |
|------|--------------------------|---------------------------|---------------------------|
| 本标准 | 20-30 | 30-50 | 150-200 |
| 国家 | 30-80 | 200-550 | 200-400 |
| 山东 | 30-50 | 200-300 | 300-400 |
| 上海 | 20-80 | 20-300 | 150-400 |
| 北京 | 5-10 | 10-20 | 30-150 |
| 河北 | / | / | 200-380 |

7. 达标技术分析

7.1 颗粒物

7.1.1 颗粒物治理技术

目前国内外关于锅炉烟气除尘的方法很多，主要有机械式除尘器、过滤式除尘器、电式除尘器。

(1) 机械式除尘器

机械式除尘器以重力、惯性力和离心力作为除尘作用力，制成了重力除尘器、惯性除尘器和离心除尘器。近几年随着环保要求的提高，新型离心除尘器渐渐面世，通常构造简单、占地小、价格便宜、操作简单；材料性能好，耐高温、高压和防腐蚀；动能消耗较小，工作效率很高；对材料的要求低，大颗粒粉尘也能吸入；易于回收再利用；设备便于管理。通常 6 μm 以上的粉尘颗粒都可吸入，效率可达 80%。

一般常用的有旋风除尘器，利用旋转的含尘气体所产生的离心力，将粉尘从气流中分离出来的干式气-固分离装置。该类分离设备结构简单、制造容易、造价和运行费用较低，对于捕集分离 5~10 μm 以上的较粗颗粒粉尘，净化效率很高，但对于 5~10 μm 以下的较细颗粒粉尘净化效率较低，所以旋风除尘器通常用于较粗颗粒粉尘的净化，或多用于多级净化时的初步处理。

(2) 过滤式除尘器

过滤式除尘器工作原理是把粉尘先收集起来，再使用过滤材料，把大颗粒粉尘过滤下

来，可分为空气除尘器、袋式除尘器和颗粒层除尘器。

一般生产中采用袋式除尘器，利用有机纤维或无机纤维过滤布将含尘气体中的固体粉尘因过滤（捕集）而分离出来的高效除尘设备，除尘效率能高达 99%，因效率高、性能好、操作容易一直受到市场青睐，但滤料需定期更换，从而增加了设备的运行维护费用，劳动条件也差。

（3）电式除尘器

电式除尘器工作原理是用静电力把粉尘颗粒从气流中分离出来，特点是能量损耗小，受到的阻力也小。电式除尘器的优点有工作容量大；粉尘处理效率高，可达到 99%；节约能源损耗，花费少；适用于高温和腐蚀性高的烟气。电式除尘器通常用来收集颗粒细小的粉尘，但装置投资费用较高，应用范围也较小。

7.1.2 颗粒物达标技术

本修订稿中燃煤锅炉颗粒物排放限值为 $50\text{mg}/\text{m}^3$ 、 $30\text{mg}/\text{m}^3$ ；燃油锅炉颗粒物排放限值为 $30\text{mg}/\text{m}^3$ ；燃气锅炉颗粒物排放限值为 $20\text{mg}/\text{m}^3$ ；生物质成型燃料锅炉颗粒物排放限值为 $30\text{mg}/\text{m}^3$ 、 $20\text{mg}/\text{m}^3$ 。

（1）燃煤锅炉颗粒物执行执行 $50\text{mg}/\text{m}^3$ 的排放标准，可采用的技术有：电除尘、袋除尘、电袋复合除尘；执行 $30\text{mg}/\text{m}^3$ 的排放标准，可采用的技术有：袋除尘、电袋复合除尘。

（2）燃油锅炉采用燃烧控制的方式达标；如果不达标，需采用脱硫除尘装置进行处理。

（3）燃气锅炉燃用清洁燃料即可满足本标准要求。

（4）生物质成型燃料锅炉可通过选取优质成型燃料，采用高效的专用生物质锅炉，经旋风除尘+布袋除尘的二级除尘处理可满足本标准要求。

7.2 二氧化硫排放控制

7.2.1 烟气脱硫技术

烟气脱硫按脱硫过程可分为燃烧前脱硫、燃烧中脱硫、燃烧后脱硫和煤转化中脱硫四类方法。燃烧前脱硫技术一般是采取物理、化学或微生物方法把煤中含有的多余硫成分去

除。燃烧中脱硫一般是在煤燃烧时放入适量的脱硫剂，边燃烧、边脱硫。燃烧后脱硫是对燃烧排放气体的烟气脱硫，是目前应用的最广、规模最大，也是最行之有效的脱硫方法。烟气脱硫还有很多其他分类方式，按脱硫产物的回收状况分为回收法和丢弃法；按脱硫剂的应用不同分为可再生法和不可再生法；按脱硫剂和脱硫产物的干湿状态又分为湿法、干法和半干半湿法。

(1) 干法脱硫技术

一般采用可循环再生的吸附材料，来除掉烟气中的 SO_2 ，用水清洗后可以重复使用。吸附装置脱硫的效率很高，并且烟气的温度很低，不会造成二次污染。一般吸附颗粒的大小有严格要求，避免因颗粒过大造成吸附口堵塞和中毒。弊端是吸附剂反复利用，清洗麻烦，花费较大。

(2) 湿法脱硫技术

较传统、技术较成熟有效的脱硫方法，应用范围最广，规模最大，全球范围内 85% 的脱硫装置都是湿法脱硫装置。一般不同的吸收剂决定着不同的湿法脱硫方法，常见的有石灰石法、石灰-石膏法、双碱法、镁法、氨法、氢氧化钠法、海水法和亚硫酸钠循环吸收法等，其中石灰/石灰石-石膏法烟气脱硫技术是目前发达国家也是全世界应用数量最多、运行最稳定的烟气脱硫技术。此外膜法和微生物法还处在研究阶段，未正式投入使用。

(3) 半干半湿法脱硫技术

技术特点是采用石灰作为脱硫剂，循环利用脱硫灰中的碱性物质。由锅炉出来的烟气进入烟道，与蒸汽输送的脱硫剂、脱硫灰混合，并进入脱硫反应塔，在烟道和脱硫塔内分别设有水雾喷嘴，烟气在塔内与水雾、脱硫剂、脱硫灰接触，实现气、液、固三相的充分混合，达到烟气脱硫目的。

(4) 新型材料烟气治理技术

新型材料逐渐被应用于锅炉烟气的治理，例如玻璃纤维技术，材料具有较好的耐酸性、耐湿性，尺寸稳定，伸长率小，通过特殊工艺处理的玻纤滤料，光滑不易容尘。新型滤料的研制能有效缓解国内燃炉对国外高温滤料的依赖，促进国内高温滤料发展。

7.2.2 二氧化硫

本修订稿中燃煤锅炉二氧化硫排放限值为 $300\text{mg}/\text{m}^3$ 、 $200\text{mg}/\text{m}^3$ ；燃油锅炉二氧化硫排放限值为 $200\text{mg}/\text{m}^3$ ；燃气锅炉二氧化硫排放限值为 $50\text{mg}/\text{m}^3$ ；生物质成型燃料锅炉二

二氧化硫排放限值为 $50\text{mg}/\text{m}^3$ 、 $30\text{mg}/\text{m}^3$ 。

(1) 燃煤锅炉二氧化硫的控制首先选用低硫煤，通过煤炭洗选和合理配煤，降低煤炭的含硫量控制在 0.6% 以下。执行 $300\text{mg}/\text{m}^3$ 的排放标准，应采用低硫煤（硫分 $<0.6\%$ ），并安装脱硫效率超过 35% 的烟气脱硫装置，或改燃清洁能源；执行 $200\text{mg}/\text{m}^3$ 的排放标准，应采用低硫煤（硫分 $<0.6\%$ ），并安装脱硫效率超过 60% 的烟气脱硫装置，或改燃清洁能源。如果不达标，安装脱硫效率达到 90%-95% 的高效湿法脱硫装置，或改燃清洁能源，或使用循环流化床锅炉实施炉内喷钙技术加尾部湿法脱硫工艺可实现达标排放。

(2) 燃油锅炉可通过燃用低硫份油或清洁能源替代达到本标准限值；如果自然排放不能达标，采用脱硫装置进行处理。

(3) 燃气锅炉燃用清洁能源可基本实现达标；如果自然排放不能达标，安装烟气脱硫设施进行处理。

(4) 生物质成型燃料由可燃质、无机物和水分组成，硫元素仅占 0.05% 左右，且根据生物质成型燃料锅炉有关研究显示，生物质颗粒成型燃料锅炉在完全燃烧的情况下，二氧化硫排放介于 $0\text{-}25\text{ mg}/\text{m}^3$ 之间。生物质成型燃料锅炉可通过选取优质成型燃料，在完全燃烧的情况下，不采用相关处理手段其排放也能达到本标准限值；如果不达标，采用脱硫装置进行处理。

7.3 氮氧化物

7.3.1 烟气脱氮技术

对于燃烧产生的 NO_x 污染的控制主要有燃烧前燃料脱氮、燃烧中改进燃烧方式、燃烧后烟气脱氮 3 种方法。

(1) 燃料技术

燃料脱氮技术在锅炉 NO_x 控制领域目前仍未很好开发利用，有待今后进一步研究。

(2) 燃烧中改进燃烧方式

燃烧中改进燃烧方式和生产工艺脱氮技术国内外已做了大量研究，其在锅炉 NO_x 控制技术实现大规模商业化应用的主要为低氮燃烧技术，包括低 NO_x 燃烧器技术 (LNBs)、空气分级燃烧技术和燃料分级燃烧技术等。燃烧中脱硝一般采用对燃烧过程进行控制，以减少 NO_x 生成。如采用低氮燃烧器、低氧燃烧、浓淡偏差燃烧、烟气再循环、空气分级

燃烧、燃料分级燃烧(再燃烧)等。它是用抑制燃烧过程中 NO_x 的产生或造成缺氧富燃烧的燃烧区,使已生成的 NO_x 部分还原。先进的再燃烧技术可降低 85% 氮氧化物。

(3) 燃烧后烟气脱氮方式

燃烧后处理是指对排放出的烟气进行脱硝处理,主要包括干法的有选择性催化还原法 (SCR)、选择性非催化还原法(SNCR)和湿法的氧化吸收法、吸附法等,其在锅炉 NO_x 控制技术实现大规模商业化应用的主要为还原法烟气脱硝技术主要有选择性催化还原法 (SCR)烟气脱硝技术和选择性非催化还原法(SNCR)烟气脱硝技术。

选择性非催化还原法(SNCR)的特点是反应温度范围较窄,效率一般在 50~80%,不需要使用催化剂,费用较低,但温度不容易控制在脱硝有效范围,而不在该温度范围内,氨气容易氧化或逃逸,造成 NO 浓度增加或氨污染。

选择性催化还原法(SCR)的特点是技术成熟,需要催化剂,增加了装置和占用空间,投资和操作费用大,未反应的还原剂有二次污染问题,烟气中 SO_2 易与 NH_3 、 N_2 发生反应生成硫酸铵,造成催化剂堵塞和中毒,其普遍使用的还原剂是氨,近年来也使用尿素、氨水。其脱硝效率高,脱硝率可达 80%~90%。

7.3.2 氮氧化物达标技术

本修订稿中燃煤锅炉氮氧化物排放限值为 $300\text{mg}/\text{m}^3$ 、 $200\text{mg}/\text{m}^3$;燃油锅炉氮氧化物排放限值为 $250\text{mg}/\text{m}^3$ 、 $200\text{mg}/\text{m}^3$;燃气锅炉氮氧化物排放限值为 $200\text{mg}/\text{m}^3$ 、 $150\text{mg}/\text{m}^3$;生物质成型燃料锅炉氮氧化物排放限值为 $200\text{mg}/\text{m}^3$ 、 $150\text{mg}/\text{m}^3$ 。

(1) 燃煤锅炉氮氧化物控制首选的是优化燃烧、烟气再燃、优化炉膛设计等方案,不宜采用末端治理技术。执行 $300\text{mg}/\text{m}^3$ 的排放标准,采用优化燃烧、合理配风、烟气再燃等技术;执行 $200\text{mg}/\text{m}^3$ 的排放标准,在优化燃烧、合理配风、烟气再燃等技术的基础上采用优化炉膛设计等高效节能环保锅炉。

(2) 燃油锅炉氮氧化物使用高效低 NO_x 燃烧技术以降低 NO_x 的生产和排放,可达到本标准限值。

(3) 燃气锅炉采用低 NO_x 燃烧技术,可达到本标准限值。

(4) 生物质成型燃料锅炉可通过控制燃料中氮含量,选取优质木屑作为燃料基础上采用低 NO_x 燃烧技术,可达到本标准限值。

7.4 汞及其化合物

7.4.1 汞及其化合物治理技术

对于工业锅炉而言，采取与脱硫、除尘的协同控制可实现对汞及其化合物的去除。一般而言，静电除尘可脱除 30%的汞，布袋除尘可脱除 70%的汞，湿法脱硫可脱除 90%的汞。在极个别的情况下，可以选用活性炭喷入脱汞技术进行控制，汞及其化合物的脱除效率可以达到 95% 以上。

7.4.2 汞及其化合物达标技术

本修订稿中燃煤锅炉、生物质成型燃料锅炉汞及其化合物排放限值为 $0.05\text{mg}/\text{m}^3$ 。汞的排放控制主要宜采取与脱硫除尘的协同控制，可以达到本标准限值；如果采用协同控制不能达标，则需要采用活性炭喷入脱汞技术进行控制。

7.5 一氧化碳

7.5.1 一氧化碳控制技术

对于生物质成型燃料锅炉而言，其一氧化碳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，例如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，完全燃烧可大大减少一氧化碳的排放。

7.5.2 一氧化碳达标技术

本修订稿中生物质成型燃料一氧化碳排放限值为 $200\text{mg}/\text{m}^3$ 。一氧化碳的排放控制可通过选取优质成型燃料，改善燃烧条件等方式，在生物质成型燃料充分燃烧的情况下，其排放可以达到本标准限值。

8. 标准实施的技术经济及环境效益分析

8.1 经济费用分析

(1) 2015年我省有10t/h以下的燃煤小锅炉约8000MW需进行淘汰或升级改造，可采取的改造措施包括改燃油和燃气锅炉，人口密集、锅炉量大的城镇、城市近郊，可结合旧城改造、城镇化进程改造为集中供热或并网，不具备改燃清洁能源和集中供热并网的，可发展优质型煤锅炉和生物质成型燃料锅炉。经测算，该部分锅炉提标改造的建设投资约22.4~26.8亿元。

(2) 2015年粤东、西、北地区10t/h以上燃煤工业锅炉总量约2500t/h，根据课题组对粤东、西、北地区典型燃煤锅炉的抽样调查结果分析，本标准实施的第一时段达标率为20%左右，约2000t/h燃煤工业锅炉需要进行脱硫除尘改造。经测算，该部分锅炉提标改造的建设投资约1.4~2.0亿元。

(3) 2015年珠三角地区10t/h以上燃煤工业锅炉约8000t/h，根据课题组对珠三角地区典型燃煤锅炉的抽样调查结果分析，本标准实施的第一时段达标率接近40%，颗粒物执行30mg/m³，可采取的治理措施为电袋复合的高效除尘+湿法脱硫技术。经测算，该部分锅炉提标改造的建设投资约5.8亿元。

工业燃煤锅炉除尘脱硫技术、建设成本及其建设投资估算，见表8-1。

表8-1 工业燃煤锅炉除尘脱硫技术、建设成本及其建设投资估算

| 治理技术 | | 建设成本 | 建设投资估算 (亿元) |
|----------------|----------------------|-----------|----------------|
| 燃煤小锅炉改造 | 燃煤锅炉改燃油、燃气 | 50万元/MW | 22.4~26.8 |
| | 燃煤锅炉发展优质型煤锅炉/生物质成型燃料 | 20万元/MW | |
| | 燃煤锅炉改造集中供热或并网 | 30万元/MW | |
| 机械除尘/电除尘+湿法脱硫 | 机械除尘+湿法脱硫 | 6-8万元/t | 1.4~2.0 |
| | 电除尘+湿法脱硫 | 8-12万元/t | |
| 电袋复合的高效除尘+湿法脱硫 | | 10-14万元/t | 5.8 |

(4) 氮氧化物的提标改造建设不宜采用尾端治理技术。对于大型流化床锅炉可进行低NO_x燃烧技术改造；对于无法进行低氮燃烧改造的固定床锅炉、小型锅炉，可通过清洁能源替代实现达标。根据课题组对省内典型燃煤、燃油锅炉的抽样调查结果分析，本标准实施的第一时段达标率近85%左右，经测算，该部分锅炉提标改造的建设投资约1亿元。

采用上述方法脱除颗粒物的运行费用为 600-750 元/t，湿法脱硫的运行费用 900-1300 元/t，低 NO_x 燃烧技术基本不需要额外的运行费用。

综上所述，执行新标准后，环保投资约 33.1 亿元，年运行费用约需 0.2 亿元。

8.2 环境效益分析

根据课题组对省内典型工业锅炉的调查结果分析，本标准实施的第一时段，相比 2015 年燃煤锅炉烟尘、二氧化硫、氮氧化物可削减率为 58%、5%、2%；因仍有少量直接燃烧生物质的锅炉，虽然数量不多，但大气污染物排放较大，在规范生物质成型燃料使用，采用高效的专用生物质锅炉后，其烟尘、二氧化硫、氮氧化物可削减率为 60%、77%、2%。根据全省 2015 年排放清单数据，污染物削减可达 15.0 万吨烟尘、1.5 万吨二氧化硫、0.3 万吨氮氧化物。