

附件 3

《锅炉大气污染物排放标准》（征求意见稿）
编制说明

《锅炉大气污染物排放标准》编制组

二〇一三年八月

项目名称：锅炉大气污染物排放标准

项目统一编号：476

项目承担单位：天津市环境保护科学研究院

标准编制组负责人：黄浩云、姚立英

标准所技术管理负责人：王宗爽

标准处项目负责人：裴晓菲、赵国华

目 录

1	项目背景	1
1.1	任务来源	1
1.2	工作过程	1
2	2 我国工业锅炉概况及污染物排放情况	1
2.1	我国工业锅炉概况	1
2.2	我国工业锅炉用能特点	6
2.3	我国工业锅炉发展趋势	7
2.4	本章小结	7
3	标准修订的必要性	8
3.1	我国大气环境保护工作面临新形势	8
3.2	“十二五”环保工作的具体要求	9
3.3	现行标准已不能满足环境保护工作的需要	10
3.4	本章小结	11
4	修订的原则及思路	11
4.1	标准定位	12
4.2	标准修订的基本原则	12
4.3	标准修订的思路	12
4.4	标准修订的技术路线	12
4.5	标准修订的重点	13
5	标准主要技术内容	14
5.1	标准适用范围	14
5.2	标准的执行时段	14
5.3	术语和定义	14
5.4	污染物项目的选择	14
5.5	区域划分	14
5.6	烟囱高度的规定	15
5.7	取消烟尘初始排放浓度	15
5.8	监测要求	15
6	工业锅炉大气污染物排放浓度限值	16
6.1	燃煤锅炉大气污染物排放限值	16
6.2	燃油锅炉大气污染物排放限值	17
6.3	燃气锅炉大气污染物排放限值	18
7	国内外相关标准研究	18
7.1	国外相关标准研究	19
7.2	国内地方锅炉大气污染物排放标准研究	22
7.3	本次标准与历次标准要素比较	30
8	可选择的环保治理技术	33
8.1	烟尘控制技术	33
8.2	二氧化硫控制技术	34

8.3	脱硫除尘一体化技术.....	36
8.4	氮氧化物控制技术发展.....	36
9	实施本标准的环境效益和经济效益分析.....	37
9.1	环境效益分析.....	37
9.2	达标的可行性分析.....	38
9.3	环保设施与投资运行成本.....	40
10	对实施本标准的建议.....	40

《锅炉大气污染物排放标准》编制说明

1 项目背景

1.1 任务来源

为提高锅炉大气污染物排放标准控制水平,强化大气污染防治,促进环境空气质量改善,2006年环境保护部下达了《锅炉大气污染物排放标准》修订计划(环办函[2006]371号),项目统一编号为476号,由天津市环境保护科学研究院承担,中国环境科学研究院参加。

1.2 工作过程

- (1) 2006年8月成立了《锅炉大气污染物排放标准》修订编制组。
- (2) 2006-2007年,开展锅炉生产情况、使用情况、污染治理措施、排放情况的调研。
- (3) 2007-2008年,对我国锅炉大气污染物排放的地方标准实施情况展开调研;对美国日本欧盟等国外锅炉大气污染物排放标准的制修订情况开展调研。
- (4) 2008-2009年,编制完成标准的开题报告和标准草案。
- (5) 2009年4-8月,就标准草案与以下单位专家交换意见:中国环境科学研究院标准研究所、北京市劳动保护科学研究所、环境保护产业协会、西安热工院苏州分院、南开大学、沈阳和杭州的环保专家。
- (6) 2009年12月3日,环保部科技司组织召开《锅炉大气污染物排放标准》修订开题论证会和标准草案研讨会。
- (7) 2010年4月,根据开题论证意见完成标准的征求意见稿初稿。
- (8) 2011年8月,根据《火电厂大气污染物排放标准》的制修订情况,对标准征求意见稿进行调整,以做好二者的衔接。
- (9) 2012年,根据“十二五”环境保护规划、总量控制规划、联防联控规划等相关的大气环境保护政策规划对标准征求意见稿进行修改和完善。
- (10) 2012年9月、2013年5月和2013年7月,环保部科技司在北京先后三次组织召开《锅炉大气污染物排放标准》制修订讨论会,对标准体系设置方式、控制水平等关键问题进行了深入讨论。

2 我国工业锅炉概况及污染物排放情况

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

2.1 我国工业锅炉概况

2.1.1 我国工业锅炉总量

截至到2011年,我国有各种容量的在用锅炉62.03万台,电站锅炉0.97万台,工业锅炉61.06万台,总功率约351.29万,燃煤工业锅炉约52.7万台,占总量的85%左右,年煤

耗量达到了 7.2 亿吨。我国工业锅炉排放烟尘 160.1 万吨，排放二氧化硫 718.5 万吨，排放氮氧化物 271 万吨。

2.1.2 我国工业锅炉的分布

(1) 我国工业锅炉容量分布

我国工业锅炉多为低参数、小容量锅炉、火床燃烧锅炉，2002 年、2006 年和 2011 年单台工业锅炉平均容量分别是 5.0t/h、5.58t/h 和 8.09t/h。但大中城市随着集中供热的发展和中小燃煤锅炉替代，小锅炉的比重显著下降，35t/h 以上锅炉的比例增加显著。

(2) 340 个地级以上城市工业锅炉概况

据 2010 年全国污染源普查数据，340 个地级以上城市现有工业锅炉 6.5 万台（合计 75.8 万蒸吨），平均容量为 11.7 蒸吨/台，10t 以下锅炉数量占 70%，容量占 20%，耗煤量占 23%；随着集中供热的发展，大吨位热水锅炉的比例增加，35 吨以上锅炉占总台数的 7%，总容量的 52%，燃煤量占总燃煤量的 50%。

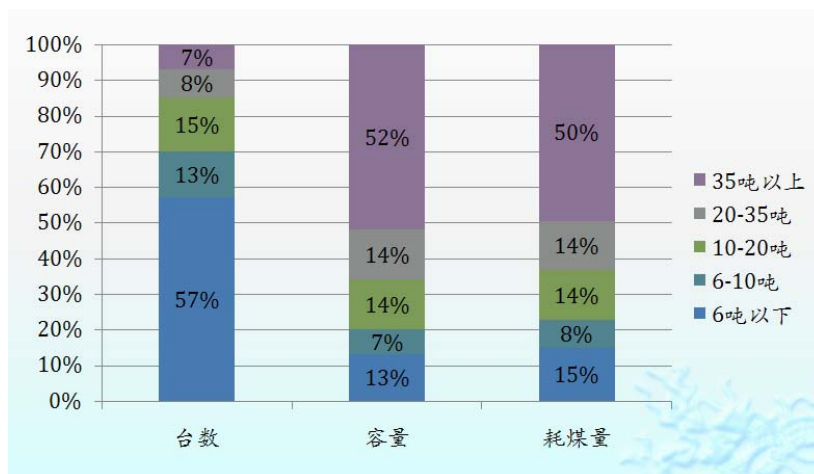


图1 340 个城市工业锅炉台数、容量和燃煤量分布

(3) 47 个重点城市工业锅炉概况

2010 年 47 个重点城市工业锅炉总台数 19621 台，总容量 23 万蒸吨，燃煤量 0.9 亿吨。重点城市中工业锅炉按容量分布如下图所示：

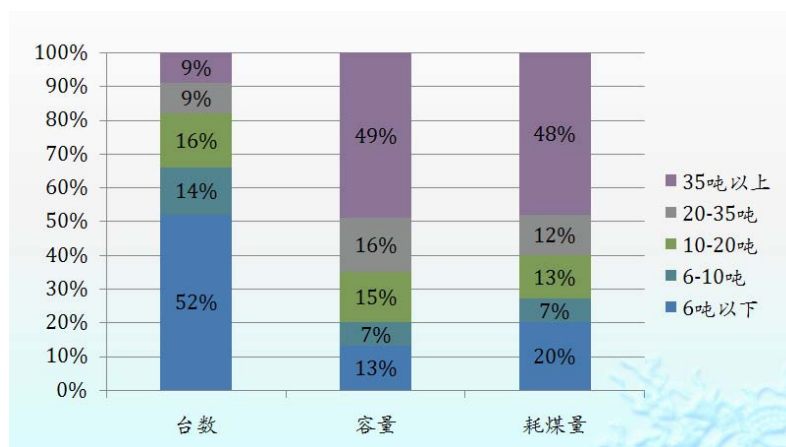


图2 47 个城重点市工业锅炉台数、容量和燃煤量分布

表1 2010年重点控制区工业锅炉概况

	台数	蒸吨数	耗煤量(吨)	高效除尘设施安装数量(个)
6吨以下	10094	29138.47	17792646	
6-10吨	2705	17249.77	6530926	
10-20吨	3216	35364.41	11533994	83
20-35吨	1783	37818.17	11007513	71
35吨以上	1823	115891	43558797	525
合计	19621	235461.8	90423877	679

(4) 广东省工业锅炉概况

广东省在编制地方锅炉大气污染物排放标准期间，于2007年对工业锅炉进行调研，珠三角地区的锅炉数量和容量分别占全省锅炉总数的74%和76%。

珠三角地区各类锅炉数量和容量占全省比重情况图3、图4。

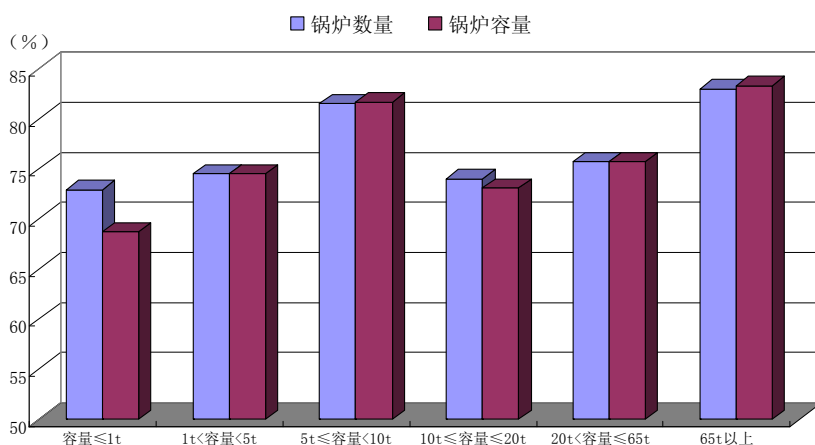


图3 珠三角地区各类锅炉数量和容量占全省比重

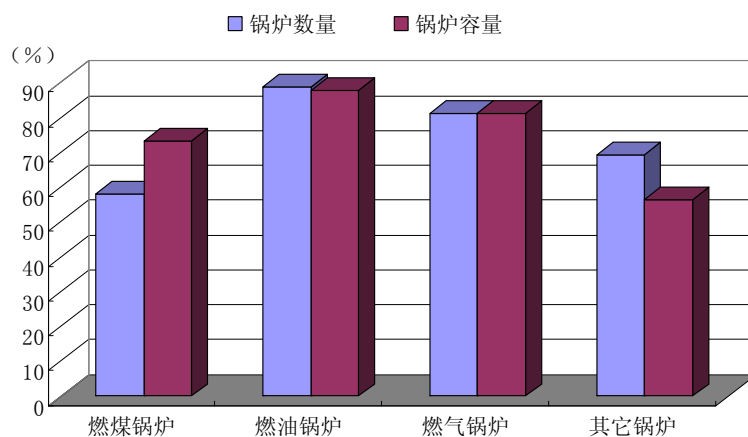


图4 珠三角地区各类锅炉数量和容量占全省比重

从数量上看，全省1t及以下锅炉占锅炉总数的一半以上（52%），但总容量仅占全省的7%；5t/h以下锅炉占全省锅炉总数的87%，总容量占全省的38%；10t/h以下锅炉占全省锅炉总数的94%，总容量占全省的54%。

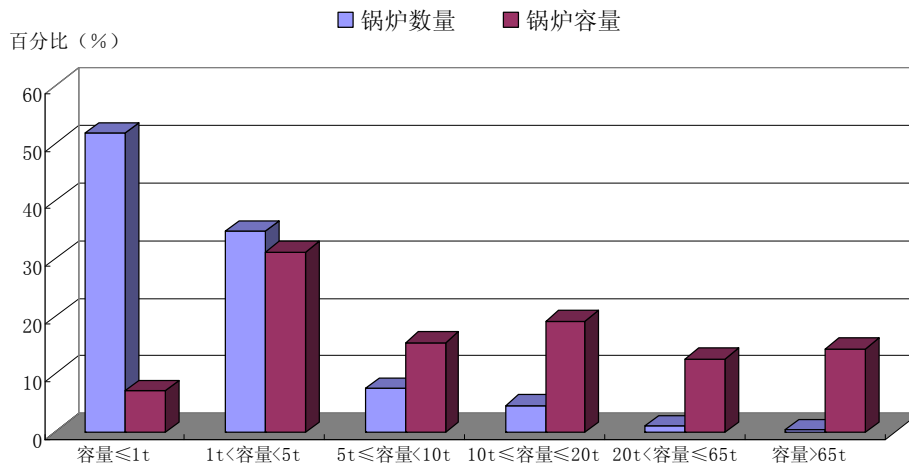


图5 全省各类锅炉数量、容量对比图

(5) 兰州市工业锅炉概况

兰州市在编制地方锅炉大气污染物排放标准时，兰州市工业锅炉进行全面调查，调查结果如下：

兰州市现辖城关、七里河、西固、安宁、红古 5 个区和永登、榆中、皋兰 3 个县，土地面积约为 13085.6 平方公里。目前兰州市现有在用锅炉约 3717 台。

1) 按能源种类

兰州现有燃煤锅炉 2851 台，占总数的 76.8%，燃气锅炉 604 台，占总数的 16.3%，燃油锅炉 217 台，占总数的 5.9%。

2) 按锅炉所在区域

具体到各个区县，其中城关区 1573 台，占总台数的 43%（燃煤锅炉 1070 台，燃气锅炉 372 台，燃油锅炉 115 台），七里河区 601 台，占总台数的 16%（燃煤锅炉 427 台，燃气锅炉 113 台，燃油锅炉 55 台），安宁区 309 台，占总台数的 8%（燃煤锅炉 226 台，燃气锅炉 60 台，燃油锅炉 20 台），西固区 446 台，占总台数的 12%（燃煤锅炉 381 台，燃气锅炉 32 台，燃油锅炉 21 台），红古区 206 台，占总台数的 6%，榆中县 268 台，占总台数的 7%，皋兰县 86 台，占总台数的 2%，永登县 242 台，占总台数的 6%。

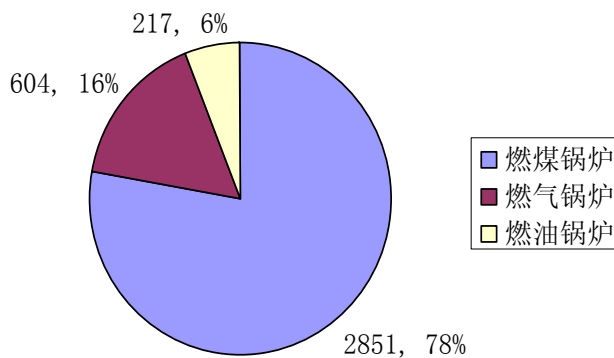


图6 兰州市不同能源锅炉的分类

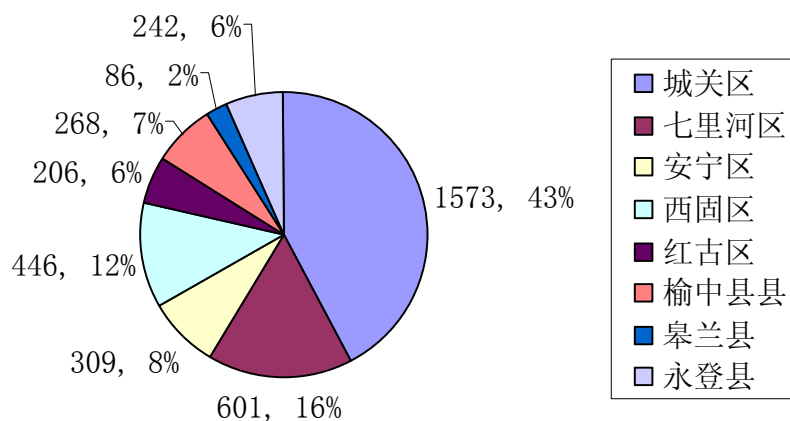


图7 兰州市各辖区锅炉所占比例

3) 按锅炉吨位

目前，兰州市锅炉主要为热水锅炉，多用于采暖，因此大部分为中小型锅炉，具体数据见下图。

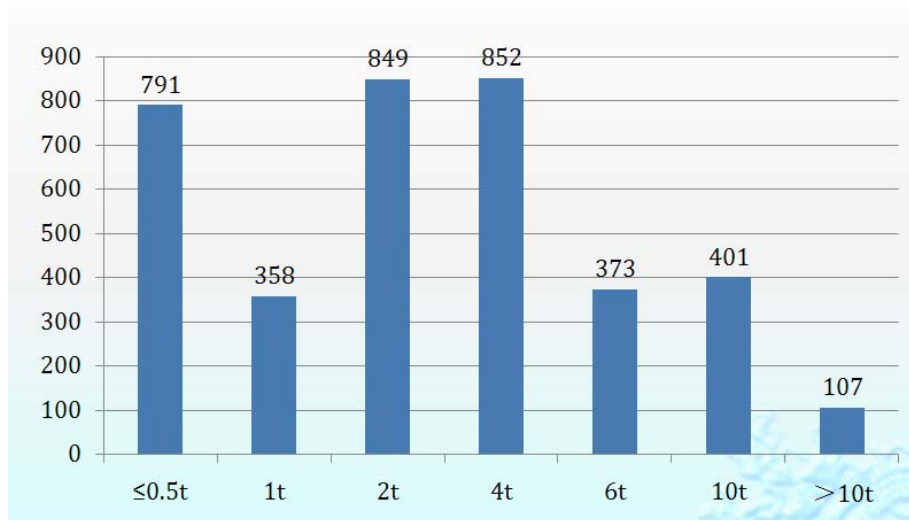


图8 兰州市工业锅炉分布（台数）

从以上数据可以看出，兰州市锅炉主要集中在城关区，占到总数的43%，燃料种类主要以燃煤为主，6吨以下的中小型锅炉占到总数的86.7%，主要为各单位采暖，而集中供热管网建设进展缓慢。

2.1.3 2010年我国工业锅炉生产和销售情况

根据《工业锅炉行业年鉴》（2009-2011）我国主要企业生产销售锅炉15592台、134862蒸吨，单机容量平均为8.65蒸吨/台。从台数上来说，小于10吨的占80.12%，从容量上来说，小于10吨的占35.59%。蒸汽锅炉占总容量的68.50%以上，燃烧方式以链条炉排和室燃炉为主，占78.41%以上，燃煤锅炉中以烟煤为主。

①低压、小容量、固定炉排锅炉萎缩明显，大容量锅炉发展迅速。2010年≤1t/h锅炉生产台数和蒸吨数都比2009年分别减少28.95%和30.18%。≤10t/h工业锅炉比重下降较快，但仍占30%左右的产量。单台锅炉容量上升，尤其是大容量热水锅炉随着城市房地产的发展和集中供热，发展较快。

②满足生产用的蒸汽锅炉为主，占容量70%左右；满足居民生活和企业用热水锅炉不足30%。

③燃煤锅炉为主，燃油燃气锅炉增长较快。

表2 2010年我国工业锅炉生产及销售情况（容量）

	≤1	1<t≤4	4<t≤10	10<t≤20	20<t≤35	>35
蒸汽锅炉	0.53	7.39	15.03	20.55	7.81	17.19
热水锅炉	0.54	2.57	3.87	2.55	0.39	12.86
有机热载体锅炉	0.06	2.42	3.18	2.83	0.10	0.12

表3 2010年我国工业锅炉生产及销售情况（台数）

	≤1	1<t≤4	4<t≤10	10<t≤20	20<t≤35	>35
蒸汽锅炉	7.26	20.77	17.32	10.93	2.43	1.90
热水锅炉	10.55	8.55	4.27	1.26	0.12	1.57
有机热载体锅炉	1.05	6.23	4.12	1.60	0.04	0.03

2.1.4 我国工业锅炉环境影响的特点

工业锅炉集中在供热、冶金、造纸、建材、化工等行业，主要分布在工业和人口集中的城镇及周边等人口密集地区，以满足居民采暖和工业用热水和蒸汽的需求为主，由于工业锅炉的平均容量小，排放高度低，燃煤品质差、差异大、治理效率低，污染物排放强度高，环境影响较容易受到关注，对城市大气污染贡献率高达45~65%。

2.1.5 热效率低，能源利用水平低

我国工业锅炉热效率较低，能耗大，设计经济运行热效率为72-83%，实际运行效率60%-65%，远低于设计水平和国际平均水平。燃煤工业锅炉与电站锅炉相比，炉型构造和燃烧方式有很大不同，燃煤电站煤粒径较细，燃烧主要在炉膛空间进行，燃烧状况好。燃煤工业锅炉以链条炉为主，炉膛相对较小，燃烧方式为层燃，煤粒径大，燃烧集中在炉膛下部，燃烧条件相对较差。锅炉容量≤24.5MW(35t/h)的锅炉约占工业锅炉总量的98.9%，在中小型燃煤锅炉中有90%以上的锅炉为层燃式炉排锅炉（即层燃炉）。

2.1.6 技术进步缓慢

多年来，国内就中小型燃煤锅炉进行了多次技术改进，由于技术、经济、操作、政策等多方面原因，达不到全面提高技术水平的效果，如对炉拱的改造技术、型煤燃烧技术、分层燃烧技术及小型脱硫除尘技术等，由于种种原因，进展缓慢。

2.2 我国工业锅炉用能特点

(1) 煤炭消费中心远离煤炭资源中心

我国煤炭保有量中动力煤占72.71%，在查明资源储量中晋陕蒙宁占67%，新甘青、云贵川渝占20%，其他地区仅占13%；根据煤炭工业发展“十二五”规划，到2015年煤炭净调出省区净调出量16.6亿吨，其中晋陕蒙甘宁地区15.8亿吨，占东调出量的95.2%；华东、京津冀、中南和东北地区煤炭净调入量16.2亿吨，占总净调入量的97.6%。

(2) 一次能源消费中以煤炭为主的局势不是改变

到“十二五”末，煤炭占我国一次能源消费总量的65%，煤炭消费比例下降但总量递增。全国每年用于直接燃烧的动力煤约占煤炭总消费量的80%，其中发电和供热约占50%，工业锅炉、工业炉窑约35%，民用及其他10%以上。

(3) 煤炭含硫量变化大

我国煤中硫含量变化较大，最低为0.04%，最高为9.62%，煤中硫分储量加权平均值为1.0%左右，中国的高硫煤也占相当的比重，主要聚集区为华南和华东各省，另外，华北和西北局部地区也有少量高硫煤，我国已经采取政策措施控制开采含硫量3%以上的高硫煤。

(4) 煤炭洗选率低

根据煤炭工业发展“十二五”规划，到2015年煤炭总产量控制在39亿吨左右，原煤入选率65%以上。

(5) 工业锅炉煤质难保证

我国工业锅炉燃煤多为没有经过洗选的原煤，灰分硫分较高，且粒度较差，尤其是遇到煤炭供应紧张的局面时，煤炭供应多不能满足工业锅炉的设计要求，导致燃烧效率差，污染物排放水平较高。

2.3 我国工业锅炉发展趋势

2011 年我国工业锅炉 61.06 万台，总容量 351.29 万 MW，随着我国工业化和城镇化进程，工业锅炉总台数和总容量都到 2015 年将增加至 67 万台和 400 万兆瓦，到 2020 年将增加至 72 万台和 450 万兆瓦。

表4 我国工业锅炉总量发展变化情况

年份	锅炉总数	
	数量 (万台)	容量 (万 MW)
1998	50.1	
2002	57.26	199.49
2003	56.24	202.36
2004	57.27	181.79
2005	55.38	
2006	54.3	211.97
2007	53.41	333.56
2008	57.82	356.34
2009	59.52	334.6
2010	60.73	
2011	62.03	351.29
2015	67.0	400
2020	72.0	450



图9 污染物排放量预测 (万吨)

2.4 本章小结

我国工业锅炉的特点是：(1) 我国工业锅炉总数达到 61.06 多万台，燃煤量大于 7.2 亿 t，烟尘排放 160 万 t/a、二氧化硫排放 718 万 t/a、氮氧化物排放 271 万 t/a，占 2010 年我国烟尘、二氧化硫、氮氧化物排放量的 11%、31.6%和 11.9%；(2) 基础数据模糊，管理上相对薄弱；(3) 单台容量小，平均容量 8.09t/台，虽向大容量发展，但小吨位的燃煤工业锅炉

仍然大量存在；锅炉单台容量越大，燃烧效率越高，污染排放越好管理；（4）工业锅炉与人民的生产、生活密切相关，分布在各行各业，主要集中在人口密集的居住区和工业区，排放高度低，对当地的环境空气质量影响大；（5）长期以来还将以燃煤为主，燃气锅炉和燃油锅炉的比重较小；（6）工业锅炉用煤基本上不能满足设计要求，主辅机不匹配运行水平低，热效率低；（7）烟尘和二氧化硫达标率低。

3 标准修订的必要性

3.1 我国大气环境保护工作面临新形势

我国环境保护虽然取得积极进展，但环境状况总体恶化的趋势尚未得到根本遏制，以煤为主的能源结构导致大气污染物排放总量居高不下，许多地区主要污染物排放量超过环境容量；区域性大气环境问题突出，部分区域和城市大气灰霾现象突出；复合型大气污染日益突出，大量排放二氧化硫、氮氧化物与挥发性有机物导致的细颗粒物、臭氧、酸雨等二次污染呈加剧态势，尤其是：未来 5-10 年，工业化、城镇化将继续快速发展，能源消费总量持续增长，按现有的治理水平污染物排放总量也相应增加。

以重点区域为例，到 2015 年 GDP 将增长 50%以上，煤炭消费总量增长 30%以上，新增二氧化硫、氮氧化物、工业烟粉尘 160 万吨、250 万吨和 100 万吨，占 2010 年排放量的 15%、17%和 20%，而现有的污染控制力度难以满足人民群众对改善空气质量的迫切要求，为切实改善大气环境质量，必须采取更加严格的措施，在消化巨大新增量的基础上，大幅度削减污染物排放总量。

根据中国环境状况公报（2012 年），按照《环境空气质量标准》（GB 3095-1996），对 325 个地级以上城市（含部分地、州、盟所在地和直辖市，以下简称地级以上城市）和 113 个环境保护重点城市（以下简称环保重点城市）的二氧化硫、二氧化氮和可吸入颗粒物三项污染物进行评价。

（1）地级以上城市

2012 年地级以上城市环境空气质量达到或由于二级标准的城市比例为 91.4%，其中海口、三亚、兴安、梅州、河源、阳江、阿坝、甘孜、普洱、大理、阿特勒等 11 个城市的空气质量达到一级。超过二级标准的城市比例为 8.6%。

2012 年，地级以上城市环境空气中二氧化硫年平均浓度达到或优于二级标准的城市占 98.8%，无劣于三级标准的城市。二氧化硫年平均浓度范围为 0.004 毫克/立方米-0.087 毫克/立方米，主要集中分布在 0.020 毫克/立方米-0.050 毫克/立方米。

全部地级以上城市二氧化氮年均浓度达到二级标准，其中得到一级标准的城市占 86.8%。二氧化氮年均浓度范围为 0.005 毫克/立方米-0.068 毫克/立方米，主要集中分布在 0.15 毫克/立方米-0.045 毫克/立方米。

2012 年，地级以上城市环境空气中可吸入颗粒物年平均浓度达到或优于二级标准的城市占 92.0%，劣于三级标准的城市占 1.5%。可吸入颗粒物浓度范围为 0.21 毫克/立方米-0.262 毫克/立方米，主要分布在 0.06 毫克/立方米-0.100 毫克/立方米。

（2）环保重点城市

2012 年，环保重点城市环境空气质量达标城市比例为 88.5%。二氧化硫、二氧化氮和可吸入颗粒物年平均浓度分别为 0.037 毫克/立方米、0.035 毫克/立方米和 0.083 毫克/立方米。

（3）以 GB3095-2012 评价 2012 年环境空气质量状况

按新标准对 2012 年二氧化硫、二氧化氮、可吸入颗粒物进行评价，地级以上城市达标比例为 40.9%，比 GB3095-1996 标准下降 50.5 个百分点；环保重点城市达标比例为 23.9%，比 GB3095-1996 下降 64.6 个百分点。

地级以上城市中，4 个城市二氧化硫年平均浓度超标，占 1.2%；43 个二氧化氮的年平均浓度超标，占 13.2%，186 个城市可吸入颗粒物年平均浓度超标，占 57.2%。

环保重点城市中，2个城市二氧化硫平均浓度超标，占1.8%；31个城市二氧化氮年平均浓度超标，占27.4%；83个城市可吸入颗粒物浓度超标，占73.4%。

3.2 “十二五”环保工作的具体要求

为切实改善大气环境质量，必须采取更加严格的污染控制措施，在消化巨大新增量的基础上，大幅削减污染物排放总量。

3.2.1 国家环境保护“十二五”规划

《国家环境保护“十二五”规划》要求主要污染物排放总量显著减少，到2015年二氧化硫总量在2010年的基础上削减8%，氮氧化物削减10%。

二氧化硫和氮氧化物减排主要通过以下三方面实现：一、持续推进电力行业污染减排，二、加快其他行业脱硫脱硝步伐，三、开展机动车船氮氧化物控制。

关于工业锅炉，该规划提出以下内容：

(1) 关于二氧化硫和氮氧化物减排：“因地制宜开展燃煤锅炉烟气治理，新建燃煤锅炉安装脱硫脱硝设施，现有燃煤锅炉要实施烟气脱硫，东部地区的现有燃煤锅炉还应安装低氮燃烧装置。”

(2) 关于颗粒物污染控制：“20蒸吨以上的燃煤锅炉要安装高效除尘器，鼓励其他中小型燃煤工业锅炉使用低灰分煤或清洁能源。”

3.2.2 重点区域大气污染防治“十二五”规划

(1) 实施特别排放限值

新建燃煤锅炉必须安装高效除尘、脱硫设施，采用低氮燃烧或脱硝技术，满足排放标准要求。重点控制区内工业锅炉必须满足大气污染物排放标准中特别排放限值要求。

(2) 严格控制高耗能、高污染项目建设

城市建成区、工业园区禁止新建20蒸吨/小时以下的燃煤、重油、渣油锅炉及直接燃用生物质锅炉，其他地区禁止新建10蒸吨/小时以下的燃煤、重油、渣油锅炉及直接燃用生物质锅炉。

(3) 加大热电联供，淘汰分散燃煤小锅炉

热网覆盖范围内的分散燃煤锅炉全部拆除，城市建成区、地级及以上城市市辖区逐步淘汰10蒸吨/时以下燃煤锅炉。到2015年，工业园区基本实现集中供热。逐步淘汰农村地区居民散烧供暖煤炉，鼓励使用清洁能源，有条件的地区应实行集中供热。

(4) 改善煤炭质量，推进煤炭洁净高效利用

限制高硫份高灰份煤炭的开采与使用，提高煤炭洗选比例，推进配煤中心建设，研究推广煤炭清洁、高效利用技术，实施煤炭的清洁化利用，降低大气污染物排放。

重点控制区内没有配套高效脱硫、除尘设施的燃煤锅炉和工业窑炉，禁止燃用含硫量超过0.6%、灰份超过15%的煤炭；居民生活燃煤和其它小型燃煤设施优先使用低硫低灰份并添加固硫剂的型煤。

(5) 污染防治

①加强大中型燃煤锅炉烟气治理，规模在20蒸吨/时及以上的全部实施脱硫，脱硫效率达到70%以上。

②在京津冀、长三角、珠三角地区开展烟气脱硝示范工程建设，推进燃煤工业锅炉低氮燃烧改造和脱硝示范。

③燃煤工业锅炉烟尘不能稳定达标排放的，应进行高效除尘改造，重点控制区应达到特别排放限值的要求。沸腾炉和煤粉炉必须安装袋式除尘装置。积极采用天然气等清洁能源替代燃煤；使用生物质成型燃料应符合相关技术规范，使用专用燃烧设备；对无清洁能源替代条件的，推广使用型煤。

3.2.3 节能减排“十二五”规划

(1) 燃煤工业锅炉运行效率在2015年达到70-75%，比2010年提高5-10%。

(2) 燃煤锅炉蒸汽量大于 35 吨/小时且二氧化硫超标排放的，要实施烟气脱硫改造，改造后脱硫效率应达到 70%以上。

(3) 促进煤炭清洁利用，重点区域淘汰低效燃煤锅炉。推广使用天然气、煤制气、生物质成型燃料等清洁能源。

(4) 锅炉（窑炉）改造和热电联产。实施燃煤锅炉和锅炉房系统节能改造，提高锅炉热效率和运行管理水平；在部分地区开展锅炉专用煤集中加工，提高锅炉燃煤质量。东北、华北、西北地区大城市居民采暖除有条件采用可再生能源外基本实行集中供热，中小城市因地制宜发展背压式热电或集中供热改造，提高热电联产在集中供热中的比重。

3.2.4 环境保护部关于执行大气污染物特别排放限值的公告

根据环保部公告 2013 年 第 14 号，涉及京津冀、长三角、珠三角等“三区十群”19 个省（区、市）47 个地级及以上城市燃煤锅炉项目执行大气污染物特别排放限值。具体要求如下：

(1) 燃煤锅炉新建项目：位于重点控制区的燃煤锅炉新建项目执行大气污染物特别排放限值，待排放标准修订完善并明确了特别排放限值后执行，执行时间与排放标准发布时间同步。

(2) 燃煤锅炉现有项目：燃煤锅炉项目待排放标准修订完善并明确了排放限值，按标准规定的现有企业过渡期满后，执行烟尘特别排放限值，执行时间与新修订排放标准的现有企业同步。

3.2.5 大气污染防治行动计划

大气污染防治行动计划的奋斗目标是“经过五年的努力，重污染天气大幅减少，全国环境空气质量有所改善，京津冀、长三角、珠三角等区域环境空气质量明显好转。力争在五年时间，基本消除重污染天气，全国环境空气质量明显改善。”

(1) 全面整治燃煤小锅炉。加快推进集中供热、“煤改气”、“煤改电”，2015 年底前，除用于必要的应急和调峰外，地级及以上城市建成区基本淘汰每小时 10 蒸吨及以下燃煤锅炉，禁止新建每小时 20 蒸吨以下的燃煤锅炉，其他地区禁止新建每小时 10 蒸吨以下的燃煤锅炉。2017 年底前，化工、造纸、印染、制革、制药等企业集聚区，集中建设热电联产机组，逐步取消分散燃煤锅炉。在供热供气管网覆盖不到的地区，改用电、新能源或洁净煤，推广应用高效节能环保型锅炉系统。

(2) 规模在每小时 20 蒸吨及以上燃煤锅炉全部实施脱硫。

(3) 强化颗粒物治理，全面实施燃煤锅炉现有除尘器提标改造。

(4) 京津冀、长三角、珠三角等区域，2015 年底前基本完成燃煤锅炉的污染治理设施建设与改造升级，到 2017 年底基本完成燃煤锅炉天然气改造任务。

(5) “三区十群”19 个省（区、市）中的 47 个城市燃煤锅炉项目要严格执行大气污染物特别排放限值。

3.3 现行标准已不能满足环境保护工作的需要

我国《锅炉大气污染物排放标准》1983 年 9 月首次发布，1992 年第一次修订，1999 年和 2001 年第二次修订，现行标准编号为 GB13271-2001。

3.3.1 GB13271-2001 的特点

GB13271-2001 适用于除煤粉发电锅炉和单台出力大于 45.5MW（65t/h）发电锅炉以外的各种容量和用途的燃煤、燃油和燃气锅炉排放大气污染物的管理，以及建设项目环境影响评价、设计、竣工验收和建成后的排污管理。

控制的污染物种类包括燃煤、燃油、燃气锅炉的二氧化硫、烟尘和烟气黑度等的排放限值，燃油、燃气锅炉的氮氧化物排放限值，同时在第 II 时段一类区禁止新建以重油、渣油为燃料的锅炉。增加<0.7MW（1t/h）自然通风锅炉烟尘、SO₂、烟气黑度的排放限值。

以锅炉建成使用时间（即环保部门验收时间）确定执行的时间段，以 2000 年 12 月 31

日为界,将排放限值的实施分为2个时段。第I时段为2000年12月31日前,对于GB13271-91中原有的控制指标未做大的调整,以保持达标目标的一致性和达标工作的连续性。从2001年1月1日起为标准的II时段,对于该时段新安装锅炉的烟尘、二氧化硫等排放限值较第I时段适当严格。

标准中增加了由于某种原因烟囱达不到标准规定的高度时,要按相应区域和时间段标准值的50%执行,“92锅炉标准”的要求则是提高一个排放限值级别。

新建成使用(含扩建、改造)单台容量 $\geq 14\text{MW}$ (20t/h)的锅炉,必须安装固定的连续监测烟气中烟尘、 SO_2 排放浓度的仪器。

3.3.2 GB13271-2001 执行过程中存在的问题分析

《锅炉大气污染物排放标准》(GB13271—2001)在我国“十五”、“十一五”期间的大气环境保护中发挥了重要的作用。但是随着社会经济的进步,能源消耗增加,对大气环境保护提出了更高的要求,污染治理技术的进步因为标准更新提供了技术支持。

(1) 标准控制区的划分

现行标准二氧化硫和氮氧化物最高允许排放限值不实行分区控制,全国执行统一的排放标准。现行标准对烟尘按《环境空气质量标准》(GB3095-1996)中规定的一类区和二、三类区进行分区控制,分区如下:一类区为自然保护区、风景名胜区和其它需要特殊保护的地区;二类区为城镇规划中确定的居住区、商业交通居民混合区、文化区、一般工业区和农村地区;三类区为特定工业区。

实际上,工业锅炉主要服务于工业生产和居民生活,其分布与经济发展和人口分布密切相关。我国工业锅炉的分布密度区域性显著,大气环境污染特征也呈现出区域性的特点。现行标准没有考虑污染源与环境质量的关系,不同区域的环境容量,使得标准执行的过程中在一部分地区不能充分利用环境容量,增大烟气治理和锅炉运行的成本;在另外一些地区,虽然做到达标排放,但环境质量达标和改善的目标仍收到威胁。我国现行标准体系中强调大气污染的区域控制,因此需要对现行标准中的分区体系进行调整。

(2) 标准值偏松

标准值偏松主要体现在三个方面:第一,从我国现有的工业锅炉达标情况来看,现行标准值已经偏宽松。在执行现行标准达标的情况下,局部地区各种污染物的排放总量增加,出现了环境质量超标的现象。第二,随着环保管理工作的需要,很多地方已经编制和正在编制严于国标的地方标准,以二氧化硫标准值为例,现行国标规定新建燃煤锅炉二氧化硫排放浓度为 $900\text{mg}/\text{m}^3$,上海市锅炉大气污染物排放标中规定小于1吨的自然通风锅炉排放浓度为 $300\text{mg}/\text{m}^3$,其他锅炉为 $400\text{mg}/\text{m}^3$;天津市、新疆、太原市规定新改扩建锅炉二氧化硫排放浓度分别为 $200\text{mg}/\text{m}^3$ 、 $400\text{mg}/\text{m}^3$ 和 $500\text{mg}/\text{m}^3$ 。第三,未来十年是我国实现小康社会的关键阶段,也是我国控制污染蔓延的重要时期,城市及区域环境质量的改善与总量控制同为环境保护的约束目标,要求对工业锅炉的排污行为从严控制。

(3) 缺少燃煤锅炉氮氧化物和汞的排放限值

3.4 本章小结

(1) 我国大气污染出现新形势,复合污染代替煤烟型污染;(2) 以灰霾和光化学烟雾为特征的区域环境问题突出;(3) 国家要求进一步加强二氧化硫总量控制,氮氧化物也纳入总量控制范畴;(4) 环境质量持续改善的呼声高涨,环境空气质量标准进一步收严,对污染源排放提出严格的要求;(5) GB13271-2001标准存在两大问题:一是没有燃煤锅炉氮氧化物标准;二是烟尘和二氧化硫排放标准不能满足环境空气质量持续改善的要求。

4 修订的原则及思路

以国家环境保护和污染防治相关法律、法规、规章、技术政策和规划为依据,促进环境效益、经济效益和社会效益的统一;在标准的编写结构和内容编排等方面根据国家环境保护

总局 2006 年第 41 号公告和“标准化工作导则、指南和编写规则”系列标准的要求；在标准制定时，寻求最大的环境、经济社会效益，体现标准的先进性、科学性、合理性和可行性。

4.1 标准定位

已经有十余个城市制定了地标，污染治理技术成熟且环境形势严峻，因此应制定比较严格的国标。同时，要求地方根据需要制定更为严格的地标。

4.2 标准修订的基本原则

(1) 落实《重点区域大气污染防治“十二五”规划》和《大气污染防治行动计划》，落实联防联控政策。

(2) 落实国家总量控制战略

以实现污染物总量控制，持续改善环境空气质量为目的；以对工业锅炉实行抓大控小为手段；以先进成熟的污染治理技术为依托；以严格排放为重点。

(3) 一般控制区和重点控制区制定不同的标准

(4) 技术、经济可行性原则

标准制定依据工艺成熟、成本合理的技术，同时促使企业改进锅炉运行效率或采用先进的污染控制技术。

4.3 标准修订的思路

(1) 严格控制燃煤锅炉新增量，加速淘汰燃煤小锅炉，降低燃煤锅炉大气污染物排放量。

(2) 一般控制区向现行的地标排放限值看齐；重点控制区实施特别排放限值，向最严格地方标准限值看齐。

(3) 重点解决烟尘排放的问题，推广使用先进的布袋除尘和静电除尘技术；兼顾二氧化硫治理，采用高效的湿法脱硫技术；促进烟气脱硝技术试点和推广；将汞污染物控制逐步纳入排放管理。

4.4 标准修订的技术路线

通过全面系统的调研，初步掌握我国各类锅炉利用、大气污染物排放现状等情况；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了分析和评估；依据国家相关政策和法规，在充分考虑污染治理措施技术经济可行性的基础上，吸收借鉴国外及地方锅炉大气污染物排放标准制定的经验，确定了标准的分区、时段、及污染物排放限值等，并对标准实施的经济技术可达性及预期的环境效益进行了分析。

“标准”编制技术路线图见下图。

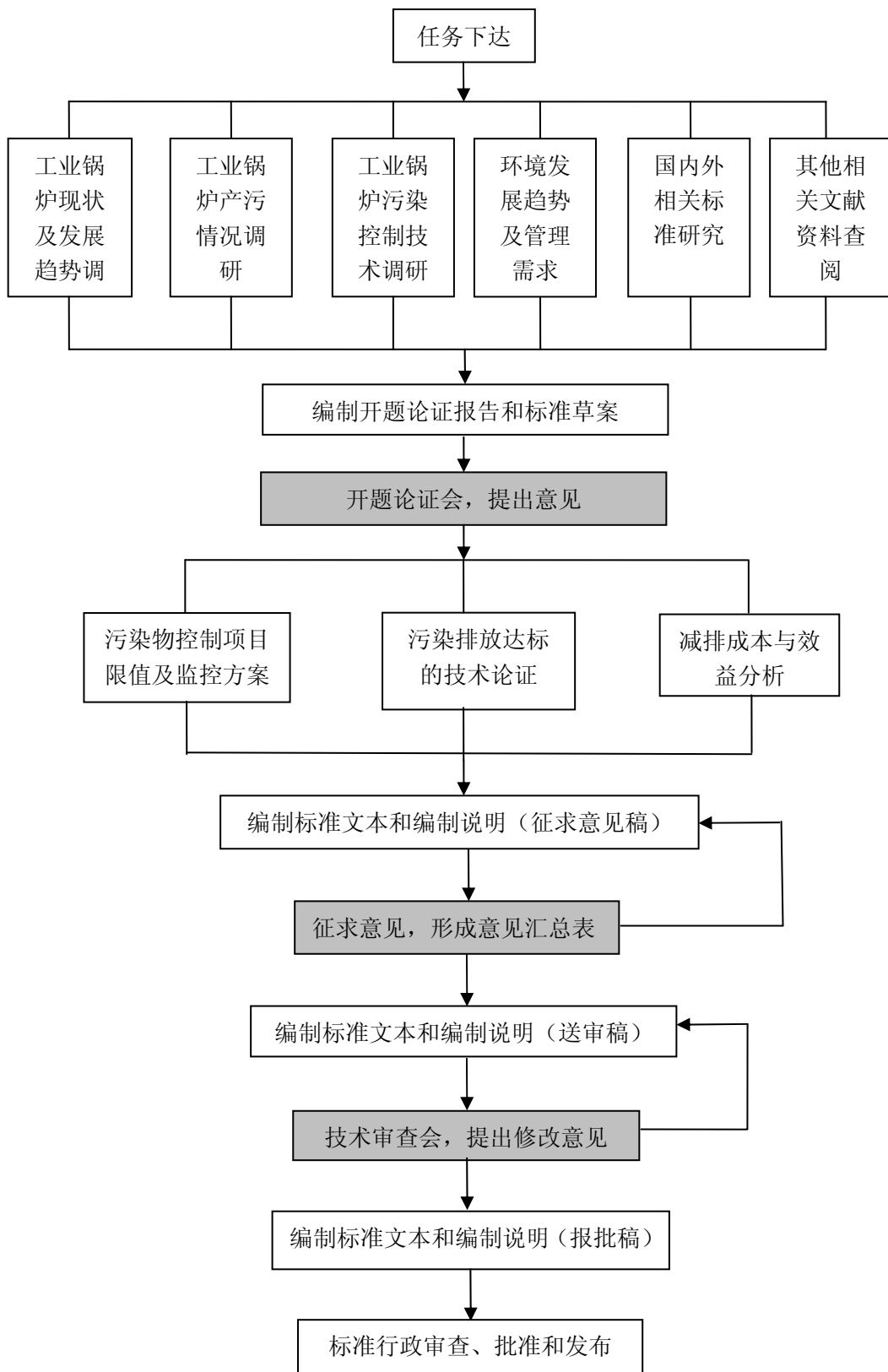


图10 编制技术路线图

4.5 标准修订的重点

本标准 1983 年首次发布，1991 年第一次修订，1999 年和 2001 年第二次修订，本次为第三次修订。本标准将根据国家社会发展状况和环境保护要求适时修订。

此次修订的主要内容：

- (1) 增加燃煤工业锅炉氮氧化物排放标准限值；
- (2) 增加了特别排放限值；
- (3) 增加了燃煤工业锅炉汞污染物排放限值；
- (4) 取消按功能区和锅炉容量执行不同排放限值的规定；
- (5) 取消燃煤锅炉烟尘初始排放浓度限值；
- (6) 严格了各项污染物排放限值；
- (7) 将大气污染物过量空气系数折算改为“大气污染物基准含氧量折算”。

5 标准主要技术内容

5.1 标准适用范围

标准的适用范围确定原则：全覆盖和不交叉，即标准的范围要覆盖所有的工业锅炉，与《火电厂大气污染物排放标准》(GB13223-2011)不交叉，其控制范围是除《火电厂大气污染物排放标准》(GB13223-2011)适用范围以外的所有工业锅炉。为体现标准的延续性和一致性，其语言表述上与《火电厂大气污染物排放标准》(GB13223-2011)保持一致。本标准适用情况如下：

本标准适用于各种容量和用途的燃煤、燃油、燃气工业锅炉；单台出力 65t/h 及以下的燃油、燃气发电锅炉；单台出力 65t/h 及以下采用煤矸石、生物质、油页岩、石油焦等为燃料的发电锅炉；各种容量的层燃炉、抛煤机发电锅炉、有机热载体锅炉。

使用型煤、生物质、石油焦、油页岩、煤矸石、水煤浆等燃料的锅炉，参照本标准中燃煤锅炉执行；使用高炉煤气、焦炉煤气及其他气体燃料的锅炉，参照本标准中燃气锅炉执行；使用重油、渣油等燃料油的锅炉参照本标准中燃油锅炉执行。

本标准不适用于以生活垃圾、危险废物为燃料的锅炉。

5.2 标准的执行时段

综合考虑锅炉分布、影响特点、监管条件、改燃条件等，本标准时段划分如下：

(1) 在用锅炉

自 2015 年 10 月 1 日起，在用锅炉执行表 1 规定的大气污染物排放限值。

(2) 新建锅炉

自实施之日起，新建锅炉执行表 2 规定的大气污染物排放限值。

(3) 特别排放限值

重点地区锅炉执行表 3 规定的大气污染物特别排放限值。

执行大气污染物特别排放限值的地域范围、时间，由国务院环境保护主管部门或省级人民政府规定。

5.3 术语和定义

《锅炉大气污染物排放标准》(13271-2001)定义了工业锅炉、在用锅炉、新建锅炉、蒸汽锅炉、热水锅炉、有机热载体锅炉、标准状态、烟囱高度、氧含量等术语。增加了重点地区的定义。

5.4 污染物项目的选择

新标准增加了燃煤锅炉氮氧化物排放限值、汞及其化合物排放限值。

新标准控制的大气污染物为烟尘、二氧化硫、氮氧化物和汞及其化合物，控制指标为烟尘最高允许排放浓度、二氧化硫最高允许排放浓度、氮氧化物最高允许排放浓度、汞及其化合物最高允许排放浓度和烟气黑度。

5.5 区域划分

将全国分为一般地区和重点地区，重点地区在执行特别排放限值，重点地区的范围和执行特别排放限值的时间由国务院环境保护行政主管部门或省级人民政府根据管理工作的需要划定。

5.6 烟囱高度的规定

烟囱高度的作用是通过抽拔力排放锅炉燃烧的烟气，在 GB13271-2001 中规定“每个新建锅炉房只能设一根烟囱”，根据《锅炉房设计规范》(GB 50041—92)对锅炉数量的规定是锅炉房的锅炉数量不宜少于 2 台，但当选用 1 台锅炉能满足热负荷和检修需要时，可只设置 1 台；新建锅炉房不宜超过 5 台，扩建和改建时不宜超过 7 台。且锅炉分布位于人口和工业集中区域，为了有利于扩散，因此标准规定“每个新建锅炉房只能设一根烟囱”。

《锅炉房设计规范》(GB 50041—2008)中关于锅炉数量和容量的规定，除沿用上述内容外，增加了“非独立锅炉房，不宜超过 4 台”。关于烟囱有如下规定“燃油、燃气锅炉烟囱，宜单台炉配置”、“燃油、燃气锅炉不得与使用固体燃料的设备共用烟道和烟囱”。

因此，本次修订对锅炉烟囱内容作如下调整，将“每个新建锅炉房只能设一根烟囱”调整为“每个新建燃煤锅炉房只能设一根烟囱。”

5.7 取消烟尘初始排放浓度

烟尘初始排放浓度是产品质量标准，从标准体系上来考虑，燃煤工业锅炉大气污染物的初始排放浓度应由环境保护产品技术要求来控制，《环境保护产品技术要求—燃煤工业锅炉》应基于燃烧效率提出烟尘初始排放浓度，基于低氮燃烧水平提出氮氧化物初始排放浓度。本次修订取消烟尘初始排放浓度。

《环境保护产品技术要求—中小型燃油、燃气锅炉》(HJ/T 287-2006)针对于功率不大于 45.5MW($\leq 65\text{t/h}$)，燃用轻柴油或天然气、人工煤气、液化石油气，配备燃烧器的燃油燃气工业锅炉和生活锅炉，该标准的发布标志着我国对工业锅炉的初始排放控制上升到一个新的台阶，其控制的初始污染物排放不仅包括烟尘，还包括二氧化硫和氮氧化物。

5.8 监测要求

(1) 采用的监测方法

按照国家及行业的有关标准规定相关的监测及采样分析要求。采用的相关标准如下：

GB5468 锅炉烟尘测试方法

GB/T16157 固定污染源排气中颗粒物测定与气态污染物采样方法

HJ/T42 固定污染源排气中氮氧化物的测定 紫外分光光度法

HJ/T43 同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 固定污染源排气中氮氧化物的测定 定电位电解法

HJ/T56 固定污染源中二氧化硫的测定 碘量法

HJ/T57 固定污染源排气中二氧化硫的测定 定电位电解法

HJ/T75 固定污染源烟气排放连续监测技术规范

HJ/T76 固定污染源排放烟气连续监测系统技术要求及检测方法

HJ/T373 固定污染源监测质量保证与质量控制技术规范

HJ/T397 固定源废气监测技术规范

HJ/T398 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 543 固定污染源废气 汞的测定 冷原子吸收分光光度法(暂行)

《污染源自动监控管理办法》(国家环境保护总局令 第 28 号)

《环境监测管理办法》(国家环境保护总局令 第 39 号)

(2) 大气污染物基准含氧量折算

根据《锅炉烟尘测试方法》(GB5468-91)，过剩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：

其次是与国际排放标准对接，与火电厂大气污染物排放标准对接。

因此，取消过剩空气系数，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。

6 工业锅炉大气污染物排放浓度限值

6.1 燃煤锅炉大气污染物排放限值

6.1.1 烟尘排放限值

为了落实《重点区域大气污染防治“十二五”规划》和《大气污染防治行动计划》的相关要求，根据总量控制和环境质量改善的要求，参考现状排放情况及治理技术，我国的工业锅炉将以布袋除尘、电除尘、电袋除尘等高效除尘技术为主，辅以清洁能源替代或型煤，确定在用锅炉执行 $80\text{mg}/\text{m}^3$ 的排放限值，新建锅炉执行 $50\text{mg}/\text{m}^3$ 的排放限值，特别排放限值执行 $30\text{mg}/\text{m}^3$ 的排放限值。

6.1.2 二氧化硫排放限值

燃煤锅炉二氧化硫主要来源于燃料中的硫分，研究表明硫转化率和基于燃煤含硫量的二氧化硫产污系数与锅炉出力和燃料含硫量无关，过量空气系数的影响有限。中小型层燃炉硫转化率和基于燃煤硫含量的二氧化硫产污系数的平均值分别为 76.64% 和 $1.55\text{kg}/\text{kg}$ ，基于燃料消耗量、低位发热量的二氧化硫产生系数 $16.0567 \times \text{Sar}(\text{g}/\text{kg})$ 和 $787.11779 \times \text{Sar}(\text{ng}/\text{J})$ 。我国工业锅炉脱硫分布差异较大，大型城市和经济发达环境污染较重的地区脱硫设施的比率较高，基本情况是部分企业利用工艺废碱进行烟气脱硫以外，其他锅炉基本上没有安装专门的脱硫设施，仅依靠水膜除尘器在除尘过程中脱硫，脱硫效果很低，约 15%~30% 左右。

《国家环境保护“十二五”规划》要求主要污染物排放总量显著减少，“到 2015 年二氧化硫总量在 2010 年的基础上削减 8%”，“因地制宜开展燃煤锅炉烟气治理，新建燃煤锅炉安装脱硫脱硝设施，现有燃煤锅炉要实施烟气脱硫”。《重点区域大气污染防治“十二五”规划》要求“城市建成区、工业园区禁止新建 20 蒸吨/小时以下的燃煤、重油、渣油锅炉及直接燃用生物质锅炉，其他地区禁止新建 10 蒸吨/小时以下的燃煤、重油、渣油锅炉及直接燃用生物质锅炉。”“热网覆盖范围内的分散燃煤锅炉全部拆除，城市建成区、地级及以上城市市辖区逐步淘汰 10 蒸吨/时以下燃煤锅炉。”“加强大中型燃煤锅炉烟气治理，规模在 20 蒸吨/时及以上的全部实施脱硫，脱硫效率达到 70% 以上。”《节能减排“十二五”规划》要求“燃煤锅炉蒸汽量大于 35 吨/小时且二氧化硫超标排放的，要实施烟气脱硫改造，改造后脱硫效率应达到 70% 以上。”

在用锅炉考虑脱硫改造的技术可行性和经济可行性，脱硫效率以 65-75% 为宜，执行 $400\text{mg}/\text{m}^3$ 的排放标准；新建锅炉从严，执行经济可行的最佳环保技术，脱硫效率应达到 75-85%，执行 $300\text{mg}/\text{m}^3$ 的排放标准；特别排放限值的制定考虑环境空气质量达标的问题，采取严格的技术可行的治理技术，脱硫效率达到 90% 以上，二氧化硫执行 $200\text{mg}/\text{m}^3$ 的排放标准。

对于含硫量 2.0% 以上的煤炭，应加强洗选，可脱除 30-60% 的硫分，尤其在我国的西南高硫煤产区要加强原煤洗选率，建立区域配煤中心，配合燃烧后脱硫，能保证达到本标准的要求。

6.1.3 氮氧化物排放限值

我国燃煤锅炉 NO_x 排放以燃料型为主，热力型和快速型的 NO_x 可以忽略不计，影响燃料型 NO_x 的主要成因是空气燃料混合比，即过量空气系数越大， NO_x 产生越高，中小型层燃炉 NO_x 排放浓度随燃料挥发酚的增加而降低，二者具有负相关性， NO_x 排放浓度与过量空气系数和燃煤含氮量呈正相关。

《国家环境保护“十二五”规划》要求 2015 年氮氧化物总量在 2010 年的基础上削减 10%。”《重点区域大气污染防治“十二五”规划》要求“在京津冀、长三角、珠三角地区开

展烟气脱硝示范工程建设，推进燃煤工业锅炉低氮燃烧改造和脱硝示范。”

(1) 在用锅炉放限值

由于我国在用工业锅炉氮氧化物没有采取控制措施，技术改造难度、空间和成本较大，排放限值不做严格要求，执行 400mg/m³，

(2) 新建锅炉排放限值

新建锅炉拥有最佳使用技术支持，采用低氮燃烧技术氮氧化物的产生浓度可以削减 30-40%，达到 300 mg/m³。

(3) 特别排放限值

重点地区锅炉严格要求，在锅炉设计、制造和运行上采取低氮燃烧技术，氮氧化物削减达到 50-60%，执行 200mg/m³ 的排放限值。

6.1.4 燃煤锅炉汞污染物排放限值

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。根据《汞污染防治技术政策（征求意见稿）》2007 年汞在大气中的排放量约为 643 吨，其中工业锅炉的排放量占 33%，是继燃煤电厂之后的第二大排放源。

我国燃煤中汞的含量在 0.03-0.52μg/g，平均含量为 0.20μg/g，但区域和煤质决定了汞含量的差异。燃料煤中的汞燃烧过程中 56.3-69.7%随烟气排放，23.1-26.9%进入飞灰，仅有 2%进入灰渣，可见煤燃烧过程中污染关键的是烟气中汞的排放。烟气中的汞主要集中在亚微米及的细粉尘上，目前，汞的排放控制主要宜采取与脱硫除尘的协同控制，一般而言，静电除尘器可脱除 30%的汞，布袋除尘器可脱除 70%的汞，湿法脱硫装置可脱除 90%的汞。因此，本标准将制定汞的排放限值如下：

表5 汞的排放限值 (mg/m³)

污染物	现状锅炉	新改扩建锅炉	特别排放限值
汞及其化合物	0.05	0.05	0.05

6.2 燃油锅炉大气污染物排放限值

我国燃油锅炉一般为中小型锅炉，主要油品包括轻柴油、重柴油、煤油、燃料油（重油、渣油）等，各种油品灰分和硫分含量见表 7，轻柴油和煤油硫分较低，不高于 0.2%；中柴油硫分较高，不大于 1.5%；根据燃料油标准 SH/T0356-1996，1 号和 2 号是馏分燃料油，适用于家用或工业小型燃烧器上使用，硫分含量为不大于 0.5%，但我国使用最多的是 5 号轻、5 号重、6 号和 7 号燃料油，没有硫分的限制要求。根据上海期货交易所燃料油质量标准（180CST 燃料油质量标准），燃料油含硫量不高于 3.5%。

表6 我国燃油灰分和硫分含量（标准）

锅炉类别	轻柴油	重柴油	煤油	燃料油
灰分	0.01%	0.04-0.08%	-	0.05-0.15%
硫分	不大于0.2%	不大于1.5%	不大于0.1%	没有要求(≤3.5%)

6.2.1 烟尘排放限值

燃用轻柴油和煤油，烟尘的产生量依赖于燃烧过程的完全性和燃料的灰分含量，主要由燃料不完全燃烧所产生的碳粒子组成，燃油锅炉使用过程中雾化不良、炉温太低或燃料与空气混合不均与的现象很普遍，上述原因都会增加碳粒子的形成。而重油渣油燃烧产生的颗粒物则与燃油的含硫量相关，这是因为轻油具有较低的黏度、沥青质、灰分和含硫量，使得轻油具有更好的雾化性能和更强的完全燃烧性能。

在用锅炉燃烧效率较低执行 80mg/m³。根据调研，新建的、燃烧状况良好的煤油轻柴油

锅炉烟尘排放浓度在 15-30 mg/m³ 之间的锅炉数量达到 95.9%，新建锅炉烟尘排放执行 30mg/m³。重点地区执行 20mg/m³ 的排放限值，如果自然排放不能达标，需要采取治理措施。

烟气黑度 < 林格曼 1 级。

6.2.2 二氧化硫排放限值

控制燃油锅炉二氧化硫排放的重要措施之一就是限制燃油中的硫含量。根据标准所对 85 台轻柴油锅炉的实测数据二氧化硫的排放浓度为 32- 1590 mg/m³，平均值为 260 mg/m³，其中 ≤700 mg/m³ 的锅炉占总数的 92%。重油渣油等禁止新建，现有的也要治理，执行燃油标准，不单独提出排放限值。

现状锅炉二氧化硫执行 300mg/m³ 的排放限制；新建锅炉执行 200mg/m³ 的排放限值；特别排放限值为 100 mg/m³，需要采取尾端脱硫的治理技术。

6.2.3 氮氧化物排放限值

在燃油锅炉中以热力型和燃料型为主，燃料型 NO_x 占 50%以上，快速型可以不考虑，影响热力型 NO_x 生成的主要因素是炉膛温度、氧气浓度和停留时间，影响燃料型 NO_x 的成因主要是燃料空气混合比，所以燃油锅炉 NO_x 的控制应从燃烧控制入手。根据调研，燃轻油锅炉氮氧化物平均值为 318mg/m³，氮氧化物排放量 ≤250mg/m³ 的锅炉仅占 20%，≤300 mg/m³ 的锅炉占 44%，≤400mg/m³ 的锅炉占 84%。

燃油锅炉 NO_x 排放的控制重点在于抑制热力型 NO_x 和燃料型 NO_x 的生成，在用锅炉执行 400mg/m³；对于新建锅炉改进燃烧方式，采低氮燃烧技术技术，氮氧化物削减 30-40%，氮氧化物执行 300mg/m³；特别排放为 200mg/m³，如果采用低氮燃烧技术不能满足该要求，需要进行尾端治理。

6.2.4 燃用其他液态燃料的锅炉

燃用其他液态燃料的工业锅炉：燃用其他液态燃料新建锅炉应进行烟气治理或采用更清洁的燃料，或采用轻柴油或煤油，排放标准值与燃用轻柴油、煤油的锅炉标准一致。

重油、渣油含硫量高，二氧化硫产生浓度达到 1800-4000mg/m³，烟尘的排放也远远高于轻柴油和煤油锅炉，因此在大中城市建成区禁止建设燃用重油、渣油的锅炉，其他地区燃重油渣油的锅炉应该配套建设烟气脱硫、除尘设施，执行燃油锅炉排放限值。

6.3 燃气锅炉大气污染物排放限值

6.3.1 烟尘排放限值

调查天津市 20 台燃气锅炉排放情况，燃气锅炉烟尘的排放范围是 1.4-33.5mg/m³，平均值为 7.9mg/m³，90%以上的锅炉能达到 30mg/m³，80%以上的锅炉能达到 20mg/m³。

因此，现有燃气锅炉烟尘排放执行 30mg/m³，新建锅炉执行 20mg/m³，为鼓励特别排放限值地区的燃煤锅炉改燃清洁能源，对燃气锅炉的烟尘特别排放限值不做严格要求，执行 20mg/m³。

6.3.2 二氧化硫排放限值

现有燃气锅炉二氧化硫排放执行 100mg/m³，新建锅炉执行 50mg/m³，特别排放限值执行 20mg/m³。

燃用高炉煤气、焦炉煤气和其他气体燃料的锅炉执行烟气锅炉排放标准。

6.3.3 氮氧化物排放限值

据调查我国燃用天然气锅炉 NO_x 排放浓度 ≤200mg/m³ 仅占 35%，≤300mg/m³ 占 80%，≤400mg/m³ 占 94%。现有燃气锅炉氮氧化物排放执行 400mg/m³，新建锅炉执行 300mg/m³，特别排放限值执行 200mg/m³。

7 国内外相关标准研究

从锅炉本身来看，我国工业锅炉以燃煤为主，国外工业锅炉以燃气和燃油为主；从污染控制来看，我国污染物控制水平处于世界前列。

7.1 国外相关标准研究

7.1.1 美国锅炉大气污染物排放标准

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

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

表7 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)	-	-
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)

表8 烟尘排放限值

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)

表9 1997 年 7 月 9 日后新建、改建、重建的锅炉 NO_x 排放限值

锅炉类别	NO _x 排放浓度 (ng/J)
燃煤锅炉	87 (169mg/m ³)
燃油锅炉	87 (250mg/m ³)
燃气锅炉	87 (250mg/m ³)

7.1.2 欧盟锅炉大气污染物排放标准

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《2001 年 10 月 23 日欧盟议会和欧盟委员会第 2001/81/EC 号指令 (B)》(关于大型<大于 50MW>燃烧设备的几种大气污染物限值)。

《2001 年 10 月 23 日欧盟议会和欧盟委员会第 2001/81/EC 号指令 (B)》指令中规定了欧盟 15 个成员国各自现有大型燃烧设备 SO₂ 和 NO_x 在 2003 年的最高年排放量和在 1980 年基础上的减少率,同时该指令也规定了现存设备(现源)和新建设备(新源)使用固、液、气三种燃料时各自 SO₂、NO_x、粉尘的排放浓度限值(污染物排放标准)。

表10 中尺度锅炉 (>1MWth-≤50 MWth) 排放

污染物	排放标准 (g/GJ)			
	煤 ⁽¹⁾	气体燃料 ⁽²⁾	液体燃料 ⁽³⁾	木材 ⁽⁴⁾
二氧化硫	900 ⁽⁵⁾ (1750mg/m ³)	0.5 (1.45mg/m ³)	140 ⁽⁶⁾ (400mg/m ³)	30
二氧化氮	180 (350mg/m ³)	70 (200mg/m ³)	100 (290mg/m ³)	150
总悬浮颗粒物	60 (110mg/m ³)	-	50 ⁽⁷⁾ (mg/m ³)	50
PM ₁₀	60 (110mg/m ³)	-	40 ⁽⁷⁾	40

(1): 指原煤
 (2): 指天然气, 液化天然气, 液化石油气 (LPG), 和其他气体。
 (3): 指煤油、柴油 (天然气/柴油)、燃料油 (重油、渣油) 和其他液体燃料
 (4): 指木材、泥炭和木材废料, 农业废料用作燃料 (秸秆, 玉米芯等)
 (5): 900g/GJ 相当于含硫量为 1.2%干基低位发热量 42GJ/t 的煤炭燃烧时 (灰中不可燃硫分占 0.1%) 时的排放量。
 (6): 140g/GJ 相当于含硫量为 0.3%的低位发热量 42GJ/t 的液体燃烧时排放量
 (7): 50g/GJ 指重油的排放限值, 轻油的排放限值约为 5g/GJ (14mg/m³)。

欧洲的排放限制 (标准) 燃烧设备根据不同的气体燃料类型制定不同的排放标准, 而我国所有的燃气锅炉执行同一个标准, 没有燃料类型的区别。欧洲小型燃烧设备以燃烧木材为主, 另有部分燃油和燃气设备, 燃煤设备较少, 而我国小型燃烧设备以燃煤为主, 燃气和燃油较少, 木材更少。我国大中型燃烧设备以燃煤为主, 欧盟燃煤、燃油和燃气都较多。

欧盟地区中小锅炉 (非工业用) 预计到 2010 年二氧化硫和二氧化氮排放量各占欧盟地区总排放量的 7%, PM₁₀ 排放量占欧盟地区总排放量的 15%。

很多欧盟国家制定 50MW 以下的燃烧装置的排放限值, 如下:

表11 部分国家燃煤锅炉排放限值

国家	规模	氧含量	NOx		SO2		PM	
			低值	高值	低值	高值	低值	高值
法国	20-50MW	6	450	650	850	2000	50	100
	<4MW	6	550	825	2000		150	
	4-10MW	6	550	825	2000		100	
	>10MW	6	550	825	2000		100	
芬兰	1-50MW	6	275	550	1100	1100	55	140
德国	<2.5MW	7	300	500	350	1300	50	
	<5MW	7	300	500	350	1300	50	
	>5MW	7	300	500	350	1300	20	
	>10MW	7	300	400	350	1300	20	

表12 部分国家燃油锅炉排放限值

国家	规模	氧含量	NOx		SO2		PM	
			低值	高值	低值	高值	低值	高值
法国	20-50MW	3	450	650	850	1700	50	100
	<4MW	3	550	825	1700		150	
	4-10MW	3	550	825	1700		100	
	>10MW	3	500	750	1700		100	
芬兰	1-15MW	3	800	900	1700		50	
	15-50MW	3	500	670	1700		50	
德国	HWB	3	180		350		50	

	LPS	3	200		350		50	
	HPS	3	250		350		50	

表13 部分国家燃气锅炉排放限值

国家	规模	氧含量	NOx		SO2		PM	
			低值	高值	低值	高值	低值	高值
法国	20-50MW	3	120	350	35		5	
	<10MW	3	150	225	35		5	
	>10MW	3	100	150	35		5	
芬兰	1-15MW	3	340	400				
	15-50MW	3	170	300				
德国	HWB	3	100		10		5	
	LPS	3	110		10		5	
	HPS	3	150		10		5	

7.1.3 日本锅炉大气污染物排放标准

(1) 日本对大气污染物控制分为一般控制区和特殊控制区，特殊控制区执行较严格的排放标准。关于二氧化硫的排放根据烟囱的有效高度、区域控制系数确定。对每个区域都进行了含硫量的规定，燃料的含硫量在 0.5-1.2%以下，根据排放总量削减计划对每个区域/工厂作出排放量的规定。

$$\text{允许排放量 (Nm}^3/\text{h)} = K \cdot 10^{-3} \cdot H e^2$$

一般排放标准：系数=3.0-17.5

特殊排放标准：系数=1.17-2.34

(2) 日本对锅炉大气污染物排放的烟尘和氮氧化物按锅炉容量（排放烟气量）的不同规定了不同的排放限值，对规模较小的规划排放限值定的比较宽松，排放量大的锅炉排放限值比较严格，具体排放限值见下表。

表14 烟尘、粉尘和氮氧化物的排放标准（1998年4月10日最新修订）

类型	烟尘和粉尘			氮氧化物	
	规模	一般 mg/m ³	特定 mg/m ³	规模	标准 mg/m ³
燃气锅炉	40,000 m ³ -	50	30	500,000m ³ -	123
				500,000m ³ -40,000m ³	205
	-40,000 m ³	100	50	-40,000m ³ --10,000m ³	266.5
				-10,000m ³	307.5
液体燃料锅炉或气液混合燃料锅炉	200,000 m ³ -	50	40	500,000m ³	266.5
	40,000m ³ -200,000m ³	150	50	-10,000m ³	307.5
	10,000m ³ -40,000m ³	250	150	500,000m ³	
	-10,000m ³	300	150	-10,000m ³	369
黑液锅炉或黑液混合气体、液体燃料锅炉	200,000m ³ -	150	100	500,000m ³ -	266.5
	40,000m ³ -200,000m ³	250	150	10,000m ³ -500,000m ³	307.5
	-40,000m ³	300	150	-10,000m ³	369
液体燃料(受热面积小于 10m ²)		300	150		533
燃煤锅炉	200,000m ³ -	100	50	700,000m ³ -	410
	-200,000m ³ -40,000m ³	200	100	-700,000m ³ 40,000m ³	512.5
	-40,000m ³	300	150	-40,000m ³	615

固体燃料锅炉*4 (受热面积在 10m ² 以上。)	40,000m ³ -	300	150	700,000m ³ -	410
				-700,000m ³ 40,000m ³	512.5
	-40,000m ³	300	200	-40,000m ³	615
固体燃料锅炉 (受热面积小于 10m ²)		300	200		717.5
其他锅炉	40,000m ³ -	300	150	500,000m ³ -	266.5
					-500,000m ³ -10,000m ³
	-40,000m ³	300	200		
					-10,000m ³

7.1.4 世界银行污染预防和控制手册

世界银行《污染预防和控制手册 1998 走向清洁生产》(下) 一般指南中给出锅炉的污染物排放限值如下:

表15 一般性应用废气排放标准

污染物	排放标准
PM	PM:50(≥50MWe) 100(<50 Mwe)
NO ₂	煤:750 油: 460 天然气: 320
SO ₂	2000

注: 1 MWe=1.45 蒸吨/h

7.2 国内地方锅炉大气污染物排放标准研究

由于中国地域辽阔, 经济发展水平差异较大, 环境保护的压力也具有区域性, 现有的锅炉大气污染物排放标准不能完全适应区域经济发展和环境保护的需要, 地方政府和环保部门分别制定了符合地区特点的严于国家标准的地方锅炉大气污染物排放标准, 我国锅炉大气污染物排放地方标准具有如下特点: (1) 根据大气环境质量改善的需要, 规定了严格的污染物排放限值; (2) 增加了燃煤锅炉氮氧化物排放限值; (3) 根据地方特点, 对标准制定的分区进行调整; (4) 按锅炉容量进行分级并执行不同的排放标准。

我国锅炉大气污染物排放地方标准如下:

天津市《锅炉大气污染物排放标准》(DB12/151-2003)

太原市《太原市锅炉污染物排放标准》(DB14/102-2003)

新疆《燃煤锅炉大气污染物排放标准》(DB65/2154-2004)

北京市《锅炉大气污染物排放标准》(DB11/139-2007)

上海市《锅炉大气污染物排放标准》(DB31/387-2007)

石家庄《石家庄市锅炉大气污染物排放标准》(DB13/ 841—2007)

兰州市《兰州市锅炉大气污染物排放标准》(DB62/1922-2010)

广东省《锅炉大气污染物排放标准》(DB44/765-2010)

西安市《西安市燃煤锅炉烟尘和二氧化硫排放限值》(DB61 /534—2011)

重庆市《重庆市大气污染物综合排放标准》(DB50/418-2012)

7.2.1 区域划分

地方标准根据环境容量和区域的敏感性, 对标准执行地区进行了划分, 针对人口密集、

污染源集中的地区和环境敏感的风景区等执行严格的标准,对其他地区执行相对宽松的标准。各地方标准区域划分情况见下表:

表16 各地方标准的区域划分

标准	区域划分
天津市	天津锅炉大气污染物排放标准将天津市划分为 A、B 两个区域,对锅炉执行不同的标准: A 区: 外环线以内建成区、天津经济技术开发区、天津港保税区、天津新技术产业区、自然保护区、风景名胜区、国家地质公园、国家森林公园以及其他需要保护的区域; B 区: 除 A 区以外的其他区域。
太原市	本标准按 GB3095 的规定将太原市划分一、二、三类功能区。 一类区: 天龙山国家森林公园、晋祠-天龙山风景名胜区、平原地区、山岳地区; 二类区: 除一类、三类外的地区; 三类区: 太原冶金工业区、西山建材工业区、河西化工区
新疆	本标准将乌鲁木齐市划分为 A、B 两个区域, A 区 为高污染燃料禁燃区, B 区 为除 A 区意外的其他区域。
北京	-
上海	本标准将上海市划分为 A、B 二个区域,工业锅炉(含生活锅炉)按所在区域执行相应的排放限值。本标准对电站锅炉不划分区域; A 区: 内环线以内的区域、风景名胜区、自然保护区和上海市人民政府按照环境空气质量功能区要求确定需要特殊保护的区域; B 区: 除 A 区以外的其它区域。
石家庄	本标准将石家庄市行政管辖区域划分 A、B、C 三个区域。 A 区: 赞皇县嶂石岩风景区、赞皇县石柱山森林公园等 16 个森林公园及风景区及其它 GB 3095 规定的一类区。 B 区: 石家庄市裕华区、长安区、桥东区、桥西区、新华区、栾城县、鹿泉市、藁城市、正定县、辛集市、新乐市、晋州市。 C 区: 除 A 区、B 区外,石家庄市行政管辖的其它区域。
兰州	本标准中一类区、二类区、三类区的划分执行兰州市人民政府制定的《兰州市环境空气质量功能区域划分方案》,二类区又划分为 A、B 两个区域: A 区: 是指二类区中的城关区、七里河区、安宁区、西固区四个区(以兰州市现行的行政区划为准); B 区: 是指二类区中除 A 区以外的其他区域。
广东省	本标准将广东省划分为 A、B 二个区域,按所在区域执行相应的排放限值。 A 区: 珠江三角洲经济区、珠江三角洲经济区外的环境保护重点城市建成区。珠三角经济区的行政辖域包括广州、深圳、珠海、东莞、中山、江门、佛山和惠州市的惠城区、惠阳、惠东、博罗,肇庆的端州区、鼎湖区、高要、四会。 B 区: 除 A 区以外的行政区域。
重庆市	该标准将重庆市划分为主城区和影响区两个区域, 主城区 指重庆市巴南区、北培区、大渡口区、江北区、九龙坡区、南岸区、沙坪坝区、渝北区、渝中区和北部新区; 影响区 指大气扩散对重庆主城区有直接影响或较大影响的区域,包括江津、合川、璧山的 26 个乡镇。

7.2.2 锅炉容量划分

上海、兰州、北京和太原市对锅炉没有按容量进行分级，广东省和天津市以 10t/h 对容量进行分级，石家庄、重庆和新疆以 20t/h 对容量进行分级。

(1) 以 10t/h 分级

广东省 ($<10\text{t/h}$, $\geq 10\text{t/h}$)

天津市 ($\leq 10\text{t/h}$, $> 10\text{t/h}$)

(2) 以 20t/h 分级

石家庄 ($\leq 20\text{t/h}$, $> 20\text{t/h}$)

重庆市、新疆 ($<20\text{t/h}$, $\geq 20\text{t/h}$)

7.2.3 排放限值

(1) 烟尘

燃煤锅炉烟尘的排放限值随着标准制定时间的推移，标准值越来越严，北京标准比较严格外，其他标准介于 $50\text{-}120\text{mg/m}^3$ 之间，具体排放限值为 50mg/m^3 、 80mg/m^3 、 100mg/m^3 和 120mg/m^3 ，而且大吨位的锅炉标准严于小吨位的锅炉。

燃油锅炉烟尘的排放限值以 30 mg/m^3 、 50 mg/m^3 和 80 mg/m^3 为主；燃气锅炉烟尘排放限值以 10 mg/m^3 、 20 mg/m^3 、 30 mg/m^3 、 50 mg/m^3 为主。

(2) 二氧化硫

燃煤锅炉二氧化硫排放限值在 $200\text{ mg/m}^3\text{-}600\text{ mg/m}^3$ 之间；燃油锅炉二氧化硫排放限值在 $200\text{ mg/m}^3\text{-}400\text{ mg/m}^3$ 之间，燃气锅炉二氧化硫取值为 20 mg/m^3 、 50 mg/m^3 和 100 mg/m^3 。

(3) 氮氧化物

大部分地方标准都增加了燃煤锅炉氮氧化物排放限值，标准值在 $200\text{mg/m}^3\text{-}400\text{ mg/m}^3$ 之间，燃油锅炉和燃气锅炉氮氧化物的排放限值也是介于 $200\text{ mg/m}^3\text{-}400\text{ mg/m}^3$ 之间。

7.2.4 本次标准修订与地标中排放限值对比

本标准排放限值与地标中排放限值的对比分析见以下图和表。

表17 烟尘排放标准

	生效日期	燃煤锅炉	燃油锅炉	燃气锅炉
GB13271-2013	2013	在用锅炉 80 新建锅炉 50 特别排放限值 30	在用锅炉 80 新建锅炉 30 特别排放限值 20	在用锅炉 30 新建锅炉 20 特别排放限值 20
GB13271-2001	2002.1.1	自然通风锅炉 (<0.7MW 或 1t/h) 80 (一类区), 120 (二三类区) 其他锅炉 80 (一类区)、200 (二类区)、250 (三类区)	80 (一类区) 100 (二、三类区: 轻柴油、煤油), 150 (二、三类区: 其他燃料油)	50
天津	2003.10.1	100 (<7MW); 80(>7MW)	30	10
太原市	2003.10.20	80 (自然通风锅炉 (<0.7MW 或 1t/h)、二类区) 150 循环流化床锅炉及沸腾炉 100 (三类区的其他锅炉)	轻柴油、煤油锅炉 50 (一类区) 80 (二、三类区) 其他燃料油锅炉 80 (一类区) 100 (二、三类区)	30
新疆	2004.11.15	100 (<14MW(20t/h) A 区禁排) 50 (≥14MW(20t/h)A 区改扩建) 80(≥14MW(20t/h)B 区)	-	-
北京	2007.9.1	10 (新建); 30 (在用)	10 (新建); 30 (在用)	10 (新建); 30 (在用)
上海	2007.9.1	80 自然通风锅炉 (<0.7MW 或 1t/h) 120	30 (A 区, 燃轻柴油、煤油) 50 (B 区内其他燃料锅炉)	30
石家庄	2008.1.1	50 (AB 区) 100 (C 区)	50 (燃轻柴油、煤油) 80 (A、B 区的其他燃料油锅炉) 150 (C 区的其他燃料油锅炉)	50
兰州	2010.6.1	50 (一类区, 自然通风锅炉 (<0.7MW 或 1t/h)) 80 (二类区的 A 区); 120 (三类区和二类区的 B 区)	50	20
广东省	2010.11.1	80 (A), 100(B) (≥10t/h) 120 (<10t/h)	50 (A 区, 燃轻柴油、煤油) 80 (B 区内其他燃料锅炉)	30
西安	2012.6.1	一类区: 一时段 60, 二时段: 40 二类区: 一时段 80, 二时段: 50		

重庆	2012.12.1	80（主城区及市级以上工业园区） 120	轻柴油、煤油锅炉 30（主城区）50（影响区） 其他燃料油锅炉 50（主城区）80（影响区）	30（主城区） 50（影响区）
山东	2013.9.1	现有锅炉：50，新建锅炉 30	现有锅炉 30，新建锅炉 30	现有锅炉 10，新建锅炉 10

表18 二氧化硫排放标准

	生效日期	燃煤锅炉	燃油锅炉	燃气锅炉
GB13271-2013	2013	在用锅炉 400 新建锅炉 300 特别排放限值 200	在用锅炉 300 新建锅炉 200 特别排放限值 100	在用锅炉 100 新建锅炉 50 特别排放限值 20
GB13271-2001	2002.1.1	900	500 (轻柴油、煤油) 900 (其他燃料油)	100
天津	2003.10.1	250 (<7MW); 200 (<7MW)	300	20
太原市	2003.10.20	500	150 (轻柴油、煤油锅炉) 200 (其他燃料油锅炉)	50
新疆	2004.11.15	400 (A 区禁排)	-	-
北京	2007.9.1	20 (新建); 50 (在用)	20 (新建); 50 (在用)	20 (新建); 50 (在用)
上海	2007.9.1	300	300	100 (以高炉煤气、焦炉煤气为燃料) 50 (其他燃气锅炉)
石家庄	2008.1.1	600 ($\leq 20\text{t/h}$); 400 ($> 20\text{t/h}$)	400	100
广州	2010.11.1	300 (A) ,400(B) ($\geq 10\text{t/h}$) 400 (A) ,500(B) ($< 10\text{t/h}$)	300 (A) 400 (B)	100 (以高炉煤气、焦炉煤气为燃料) 50 (其他燃气锅炉)
兰州	2010.6.1	900 自然通风锅炉 (<0.7MW 或 1t/h) 500 (一类区、二类区的 A 区) 700 (三类区、二类区的 B 区)	300	50
西安	2012.6.1	<7MW: 一时段 750, 二时段: 500 $\geq 7\text{MW}$: 一时段 300, 二时段: 200 循环流化床锅炉: 一时段 650, 二时段: 200		
重庆	2012.12.1	200 (主城区及市级以上工业园区) 400 550 (自然通风锅炉 (<0.7MW 或 1t/h))	轻柴油、煤油锅炉 200 (主城区) 300 (影响区) 其他燃料油锅炉 200 (主城区) 400 (影响区)	50 (主城区) 100 (影响区)
山东	2013.9.1	现有锅炉: 300, 新建锅炉 200	现有锅炉: 300, 新建锅炉 200	100

表19 氮氧化物排放限值

	生效日期	燃煤锅炉	燃油锅炉	燃气锅炉
GB13271-2013	2013	在用锅炉 400 新建锅炉 300 特别排放限值 200	在用锅炉 400 新建锅炉 300 特别排放限值 200	在用锅炉 400 新建锅炉 300 特别排放限值 200
GB13271-2001	2002.1.1	—	400	400
天津	2003.10.1	400	400	300
太原市	2003.10.20	—	400	400
新疆	2004.11.15	—	—	—
北京	2007.9.1	150 (新建), 200 (在用)	150 (新建), 200 (在用)	150 (新建), 200 (在用)
上海	2007.9.1	400	400	200
石家庄	2008.1.1	— ($\leq 20\text{t/h}$) 650 ($> 20\text{t/h}$)	400	400
广州	2010.11.1	200 (A), 300(B) ($\geq 10\text{t/h}$) 300 (A), 400(B) ($< 10\text{t/h}$)	300 (A) 400 (B)	200
兰州	2010.6.1	符合国家相关规定	250	250
重庆	2012.12.1	400 (主城区及市级以上工业园区) 600	300 (主城区) 400 (影响区)	200
山东	2013.9.1	现有锅炉: 400, 新建锅炉 300	250	250

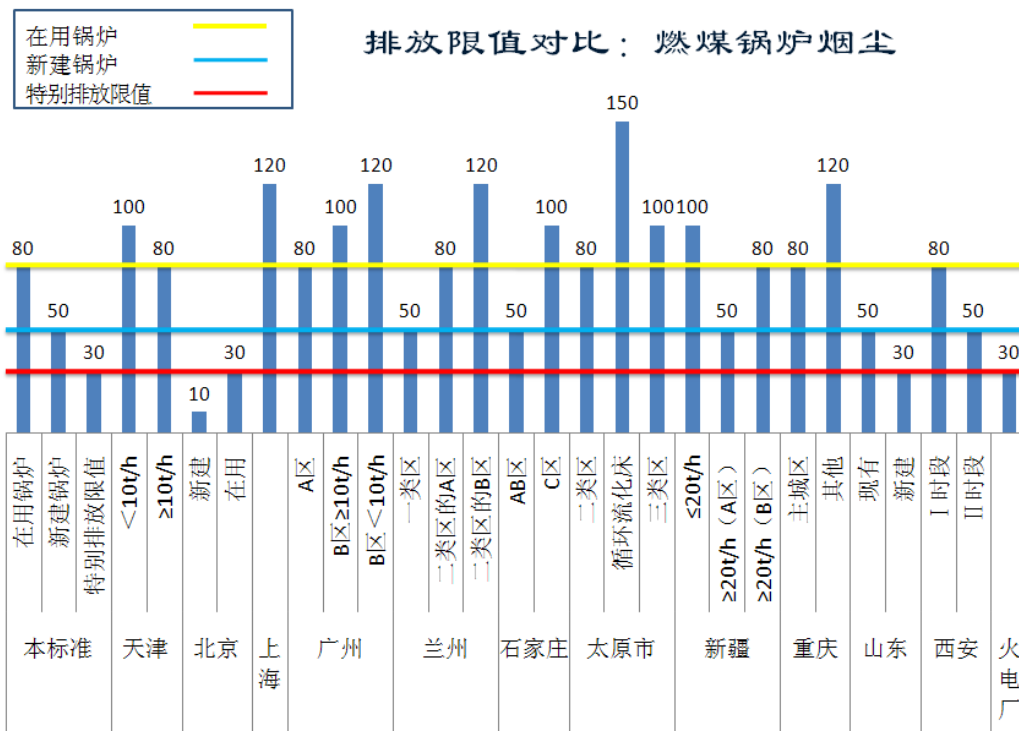


图11 燃煤锅炉烟尘排放限值国标与地标的对比

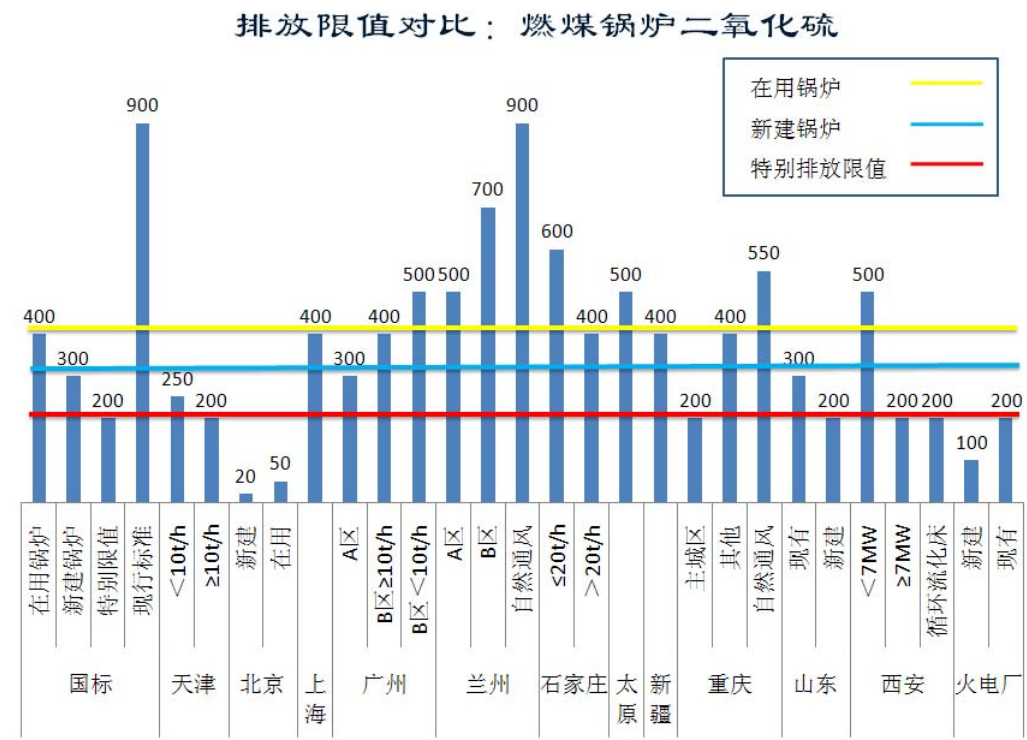


图12 燃煤锅炉二氧化硫排放限值对比

排放限值对比：燃煤锅炉NO_x

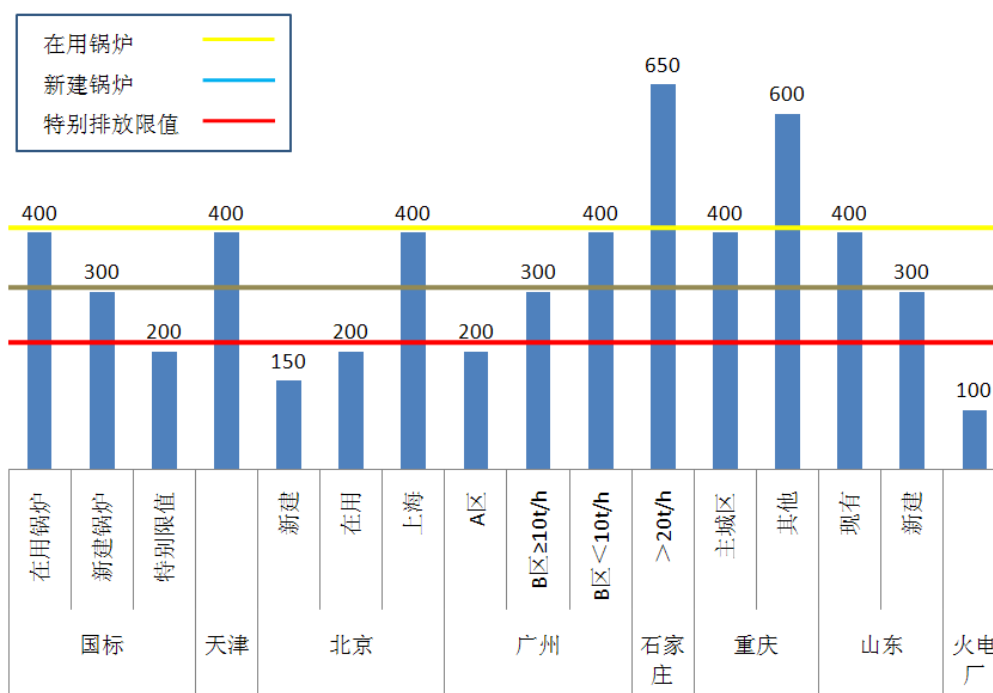


图13 燃煤锅炉氮氧化物排放限值对比

7.3 本次标准与历次标准要素比较

锅炉大气污染物排放标准第一次制定发布是在 1983 年，第一次修订 1991 年，第二次修订 2001 年，本次为第三次修订，本次标准修订与历次标准的要素比较见下表。

表20 锅炉大气污染物排放标准要素比较

标准编号	GB3841-1983	GB13271-1991	GB13271-2001	GB13271-2013
标准名称	锅炉烟尘排放标准	锅炉大气污染物排放标准	锅炉大气污染物排放标准	锅炉大气污染物排放标准
发布日期	1983-09-14	1992-05-18	2001-11-12	
实施日期	1984-04-01	1992-08-01	2002-01-01	2013-10
主控因子	烟尘；烟气黑度	烟尘；二氧化硫、烟气黑度	烟尘；二氧化硫；氮氧化物；烟气黑度	烟尘、二氧化硫、氮氧化物、汞及其化合物、烟气黑度
标准特点	◇首次锅炉排放标准 ◇标准名称限定是针对锅炉烟尘污染的	◇标准名称改为是针对锅炉大气污染物 ◇首次提出二氧化硫排放限值 ◇增加烟尘初始排放浓度	◇首次提出燃油燃气锅炉氮氧化物污染排放限值 ◇适用范围扩大到控制燃油气锅炉	◇首次提出燃煤锅炉汞及其化合物排放限值 ◇提出特别排放限值 ◇提出燃煤锅炉氮氧化物排放限值 ◇取消烟尘初始排放浓度
适用范围	生产、采暖、生活锅炉	65t/h 及以下各种用途锅炉（含各种抛煤机、层燃发电锅炉）	除煤粉发电炉以外的各种用途、各种燃料锅炉（不含 65t/h 以上流化床及燃油、气发电锅炉）	各种容量和用途的燃煤、燃油、燃气工业锅炉；单台出力 65t/h 及以下的燃油、燃气发电锅炉；单台出力 65t/h 及以下采用煤矸石、生物质、油页岩、石油焦等为燃料的发电锅炉；各种容量的层燃炉、抛煤机发电锅炉、有机热载体锅炉
时段划分	无	分新建、在用两时间段	分新建、在用两时间段	分新建、在用两时间段
区域划分	◇自然保护区、风景游览区、疗养地、名胜古迹、重要建筑物周围 ◇市区、郊区、工业区、县城以上	一类区、二类区、三类区	一类区、二类区、三类区	一般地区、重点地区

	◇其他地区			
烟尘初始 排放浓度	无	增加	保持	取消
过剩空气 系数	1.8	排放浓度 1.8, 初始浓度 1.7	燃煤锅炉烟尘浓度 1.7, 燃煤锅炉排放 浓度 1.8; 燃油燃气锅炉排放浓度 1.2	基准氧含量: 燃煤锅炉 9.3, 燃油燃气 锅炉 3.5
燃料分类	不分类	以燃煤含硫量分类: ≤2%, 大于 2%	燃油分为轻柴油煤油、其他燃料油两类	不分类
在线连续 监测系统	无	无	20t/h 以上安装	20t/h 以上安装
烟尘	燃煤锅炉	燃煤锅炉	燃煤、燃油、燃气锅炉	燃煤、燃油、燃气锅炉
二氧化硫	-	燃煤锅炉	燃煤、燃油、燃气锅炉	燃煤、燃油、燃气锅炉
氮氧化物	-	-	燃油、燃气锅炉	燃煤、燃油、燃气锅炉
汞及其化 合物	-	-	-	燃煤锅炉

燃煤锅炉烟尘和二氧化硫排放限值变化情况见下图。

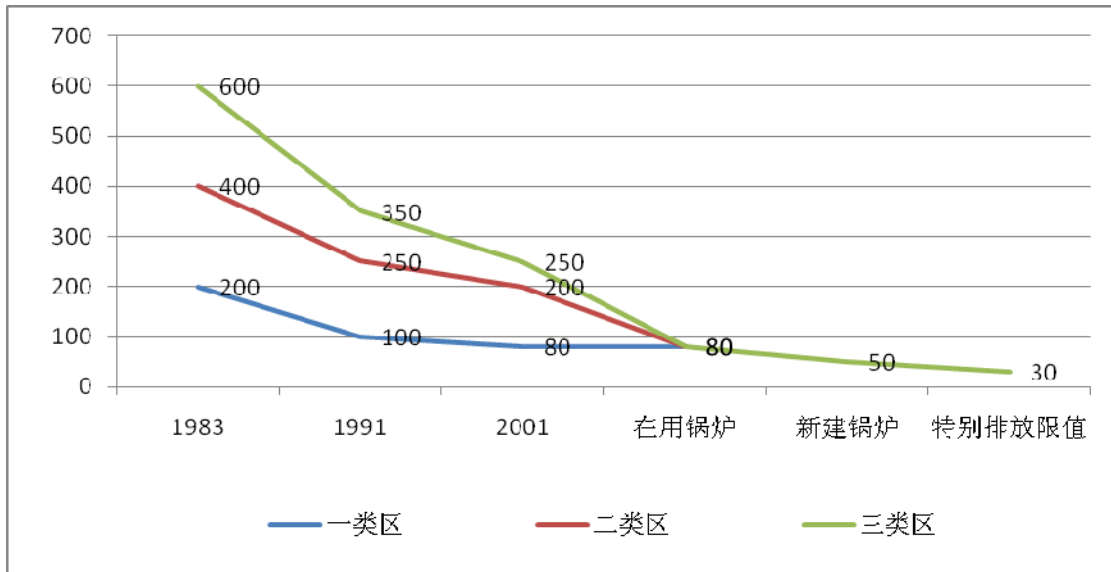


图14 各版 GB 13271 中燃煤锅炉烟尘排放限值的变化情况（老版标准为新建值）

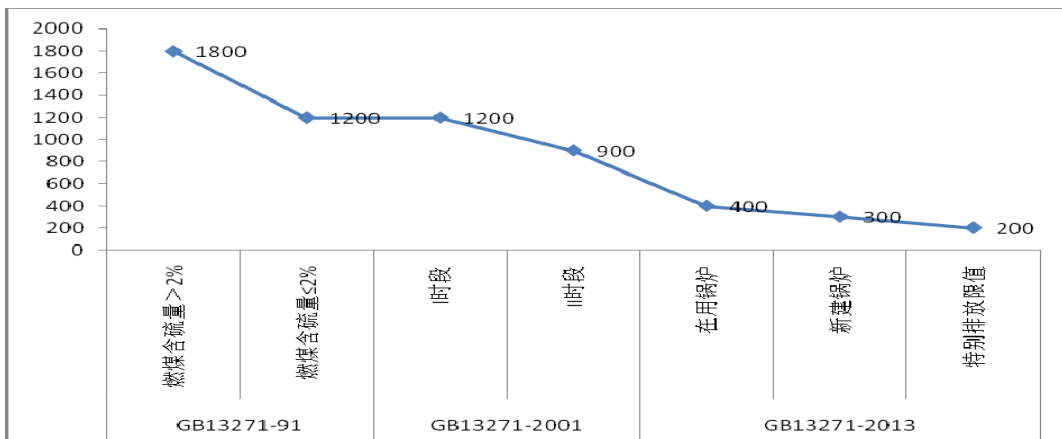


图15 燃煤锅炉二氧化硫排放限值变化情况

8 可选择的环保治理技术

8.1 烟尘控制技术

(1) 布袋除尘器

燃煤锅炉应用袋式除尘器已是一项成熟的技术，特别是非织物的聚合物滤材和金属丝织物混合物滤材的发展，使其应用日益广泛。脉冲喷吹式布袋除尘器由于脉冲喷吹强度和频率可进行调节，清灰效果好，是目前应用最为广泛的除尘装置。一般来说，袋式除尘器不受尘的比电阻、浓度、粒度等性质的影响，特别对静电除尘器不易捕集的高比电阻尘粒很有效；适应的质量浓度范围大，对烟气流速的变化也具有一定的稳定性；袋式除尘器的投资和运行费低于静电除尘器；除尘效率可达 99.5%。但是对于工业锅炉使用燃油点火运行时要注意保护。

(2) 静电除尘器

静电除尘器在国内的应用较早，20 世纪 70 年代就已经应用于火力发电厂，如吉林热电

厂、保定发电厂。经过多年的开发应用，静电除尘器技术成熟,除尘效率较高，已被广泛应用于电力、冶金、化工、建材等行业。

静电除尘器是利用高压电场使颗粒荷电，在库仑力作用下使颗粒与气流分离沉降的装置。静电除尘器几乎可以捕集一切细微粉尘及雾状液滴，其捕集粒径范围在 0.01~100 μm，粉尘粒径>0.2μm 时，除尘效率可高达 99 %以上；静电除尘器阻力很小，本体阻力 100~200 Pa；可处理高温、高压的含尘气流。

但设备占地面积大，需要高压直流电源系统，一次性投资费用高，运行维护费用多，且没有脱硫功能。锅炉工况和负荷的变化等能影响其净化效率，导致排放浓度不稳定；对煤种变化较敏感，除尘效率受飞灰电阻影响大(最适宜比电阻为 $10^{4\sim5} \times 10^{10} \Omega \cdot \text{cm}$ 的粉尘粒子)；制造、安装及运行管理水平要求高；在维修时一般需要设备停止运行。

(3) 电袋复合除尘

电除尘器和袋式除尘器是工业粉尘治理的两种主要传统设备。电除尘器具有处理烟气量大、运行阻力低等优点，但其除尘效率容易受到烟气粉尘特性的影响而发生波动；袋式除尘器排放浓度低，不受粉尘特性影响，但存在系统阻力大、能耗高、运行维护工作量等缺点。

电袋复合式除尘器有机结合了静电除尘和过滤除尘两种原理，首先应用静电除尘原理使粉尘预荷电并收集下大部分粉尘，荷电粉尘改变了粉尘的过滤特性；然后应用过滤除尘原理，在保持前级电场收尘性能的前提下，利用前级电场的荷电，减少滤袋尘负荷，提高滤袋过滤风速，降低滤袋阻力，延长滤袋寿命，实现稳定的低浓度排放。

表21 污染治理技术与效率

末端治理技术	除尘效率 (%)	平均值 (%)
静电除尘法 (管式)	80~85	82
静电除尘法 (卧式)	96~98	97
布袋除尘法	99	99
布袋除尘法/ (静电除尘法+布袋除尘法)	99	99

注：来自第一次污染源普查系数手册

8.2 二氧化硫控制技术

我国工业锅炉脱硫值得关注的几个问题：一是技术种类繁多，鱼龙混杂；二是技术不配套，监控不到位；三是运行可靠性较弱，利用率低；四是落后于火电脱硫进度，尚处于起步阶段。

8.2.1 燃烧前脱硫

原煤在投入使用前，用物理、物理化学、化学及微生物等方法，将煤中的硫份脱除掉。洗煤又称选煤，是通过物理或物理化学方法将煤中的含硫矿物和矸石等杂质去除，来提高煤的质量。是燃前除去煤中矿物质，降低硫含量的主要手段。煤炭经洗选后，可使原煤中的含硫量降低 40%~90%，含灰分降低 50%~80%。

8.2.2 燃烧中脱硫

(1) 固硫型煤

固硫型煤是向煤粉中加入粘结剂和固硫剂，加压制成具有一定形状的块状燃料，脱硫率可达 40%~60%，减少烟尘排放量 60%，节约煤炭 15%~27%，一般 6t/h 以下锅炉推荐使用。

(2) 炉内喷钙脱硫工艺

典型的炉内喷钙脱硫是循环流化床锅炉该，脱硫效率一般能达到 50%~70%，但为了越来越高的环保要求还需要在尾端上处理设施；另外脱硫剂量控制不好会影响锅炉运行效率及稳定性；该工艺在其他炉型上应用较少。

8.2.3 烟气脱硫技术

湿法脱硫工艺运用比较广泛的有石灰石-石膏法、氧化镁法、氨法、钠碱法、双碱法等，

湿法脱硫装置占地面积大、投资和运行成本高，对烟囱有一定的腐蚀作用，脱硫副产品需要处理。

根据《工业锅炉及炉窑湿法烟气脱硫工程技术规范》(HJ462-2009)，适用于采用石灰法、钠钙双碱法、氧化镁法、石灰石法工艺，配用在蒸发量 $\geq 20\text{t/h}$ (14MW)的燃煤工业锅炉或蒸发量 $< 400\text{t/h}$ 的燃煤热电锅炉以及相当烟气量炉窑的新建、改建和扩建湿法烟气脱硫工程，脱硫装置的设计脱硫效率不宜小于90%。对于65t/h以下工业锅炉脱硫装置在满足排放标准和总量控制要求的前提下，设计脱硫效率可适当降低，但不宜小于80%。《环境保护产品技术要求 湿式烟气脱硫除尘装置》(HJ/T 288-2006)和《环境保护产品技术要求 花岗岩石类湿式烟气脱硫除尘装置》(HJ/T 319-2006)规定各类湿式脱硫除尘装置通过添加碱性物质脱硫的装置脱硫效率 $> 80\%$ ，除尘效率 $\geq 95\%$ 。

(1) 氨法：氨法脱硫是采用氨做吸收剂去除二氧化硫，该方法脱硫效率高、无废渣排放、低液气比、低能耗，适合于高硫煤。但是工艺复杂、技术难度大，氨的运输和储存比较困难，氨的散逸问题较难解决。

(2) 石灰石-石膏法：脱硫效率高，技术成熟，运行可靠性好，另外石灰石储量丰富，价格便宜，比较容易获得，目前电厂采用的比较多。但系统占地面积较大，一次性建设投资大，该工艺要求控制PH=5.5左右，对自控系统要求严格；副产物石膏堆存严重，再利用是难点；为了保持循环浆液中[Cl]的含量不超标，要外排并处理一定量的废水和补充一定量的新水。

(3) 双碱法：双碱法脱硫工艺特点是可溶性的碱在塔内与二氧化硫反应生成可溶性的盐，在塔外添加钙基脱硫剂进行再生，并经过絮凝、沉淀、除渣等操作后将清液返回吸收塔重新吸收二氧化硫，脱硫渣或抛弃或重新浆化经氧化成二水石膏。双碱法具有塔内钠碱清液吸收，脱硫效率高，塔外再生不易结垢、可靠性高、低液气比等优点。脱硫过程中主要消耗氢氧化钙，需少量补充在脱硫过程中损耗掉的钠盐。系统比较复杂，占地面积较大，脱硫渣沉淀难度大，副产物石膏销路问题必须解决，还有一定的废水排放。

(4) 氧化镁法：是用氧化镁熟化后生成的乳液作为吸收剂吸收二氧化硫。相对于钙基脱硫，MgO活性比CaO强，在CaO颗粒外表同SO₂反应生成CaSO₄是一层硬包膜，而MgO同SO₂反应生成MgSO₄很快溶入水中，又有新的MgO颗粒可同SO₂反应。因此氧化镁具有脱硫效率高，脱除等量的SO₂消耗的MgO仅为CaCO₃的40%，低液气比、低能耗、运行稳定可靠等优点。氧化镁法运行稳定可靠是由于MgSO₄的溶解度大，脱硫塔内的循环吸收液为溶液水循环，不结垢，不产生沉渣，吸收塔内不设搅拌装置，因此系统的运行可靠性提高，装置的运转率高，脱硫效果好。该工艺比较适合中小型锅炉脱硫，但对于镁资源缺乏的地区不适宜应用。

表22 工业锅炉适宜的脱硫技术比较

脱硫技术		脱硫率%	脱硫剂
炉前脱硫	机械浮选 (MF)	40	水
	煤气化	98 以上	精制
炉内脱硫	型煤	40-60	无机粘结剂
	炉内喷钙	50-80	石灰石或石灰
	循环流化床 (CFBC)	70-80	石灰石
烟气脱硫	双碱法 (DA)	> 80	可容碱
	石灰石石膏法	> 80	石灰石、石灰
	氨洗涤法	> 80	NH ₃

	氧化镁法	>80	MgO
--	------	-----	-----

8.3 脱硫除尘一体化技术

烟气脱硫除尘一体化技术一般是在各类除尘设备的基础上，采用碱性浆液为吸收剂，应用水膜除尘、文丘里除尘、旋风除尘的机理和旋流塔、筛板塔、鼓泡塔、喷雾塔吸收等机理相结合时除尘脱硫。已形成冲激旋风除尘脱硫技术、麻石水膜除尘脱硫技术、脉冲供电除尘脱硫技术、多管喷雾除尘脱硫技术、喷射鼓泡除尘脱硫技术、旋流板脱硫除尘一体化等在同一设备内进行除尘脱硫的烟气脱硫技术，上述这些简易脱硫方法的共同特点是设备少、流程短、操作简便、维护方便、投资少、运行费用低，一般除尘效率 70%~90%，脱硫效率 60%~85%。

8.4 氮氧化物控制技术发展

(1) 低氮燃烧技术

燃烧过程中生成的氮氧化物中一氧化氮占 95%以上，可在大气中氧化生成二氧化氮，二氧化氮比较稳定。燃烧过程中生成的氮氧化物由三部分构成：燃料型、热力型和快速型。一般而言，燃煤锅炉生成的氮氧化物以燃料型为主，燃油燃烧生成的燃料型氮氧化物占氮氧化物总量的 50%以上，而在氮含量较低的硫分燃料燃烧过程中，以热力型为主。影响热力型氮氧化物生成的主要因素包括炉膛温度、氧气浓度和停留时间；燃料型氮氧化物的生成量主要取决于空气-燃料混合比，空气燃料混合比愈大，即过量空气系数愈大，则氮氧化物的生成量也愈多。

自然通风锅炉燃烧温度低于 1500 摄氏度，热力型氮氧化物产生很少；层燃炉通过改炉拱和合理配风可以实现低氮燃烧；煤粉炉、燃油燃气锅炉具有成熟的低氮燃烧器；循环流化床锅炉本身就有低氮燃烧的优势。燃烧中氮氧化物控制技术主要有烟气再循环、两级燃烧、与低 NO_x 燃烧器组合等方式，一般可使 NO_x 减少 30-40%。

表23 主要低氮燃烧技术比较

技术名称	抑制 NO _x 原理	优点	不足
低过量空气技术	降低燃烧区氧浓度	投资最少，有运行经验	导致飞灰含碳量增加，降低燃烧效率
燃料分级技术	形成低氧环境，还原已生成的 NO _x	适用于新的和现有锅炉改装，可降低已生成的 NO _x ，中等投资	可能需要第 2 种燃料，运行控制要求高
空气分级技术	降低燃料点火区氧浓度	投资低，有运行经验	不适合所有锅炉，存在炉膛结渣和腐蚀可能，并降低燃烧效率
烟气再循环技术 (FGR)	降低燃烧区氧浓度和燃烧温度	能改善混合和燃烧，中等投资	增加再循环风机，适用不广泛
低氮燃烧器 (LNB)	通过改变空气与燃料的混合情况，降低燃料型 NO _x 和热力型 NO _x 生成	适用于新的和改装的锅炉，中等投资，有运行经验	结构比常规燃烧器复杂，有可能引起炉膛结渣和腐蚀，并降低燃烧效率

(2) 低氮燃烧+尾端治理

我国多家机构正在研发适合中小型锅炉的低氮燃烧技术或脱硫、除尘、脱销一体化治理技术，部分技术已经取得显著成效，因此，在执行特别排放限值的地区，鼓励优先采用新型的低氮燃烧技术、脱硫除尘一体化控制技术，如果仍不能达标，采用尾端治理技术，氮氧化

物的排放能达到 200mg/m³。

适用于工业锅炉的尾端治理技术为 SNCR，SNCR 技术不需要催化剂，投资成本较低。该技术在锅炉炉膛适当位置喷入含氮的还原剂，将烟气中的 NO_x 还原为 N₂ 和水。但对温度和流动的要求较为苛刻，工业锅炉的炉膛温度恰好处于 SNCR 技术的反应窗口内，但 NH₃ 泄露（10-20ppm）问题需要重视。

SNCR 技术不需要催化剂，脱硝反应的窗口温度在 800-1100℃，由于炉内的温度分布受负荷、煤种等多种因素影响，窗口温度随着负荷和煤种变动，因此喷氨位置也要随窗口温度分布变化而变化，增加了操作的技术难度。

表24 美国燃煤工业锅炉 SNCR 技术的应用

燃煤工业锅炉炉型	控制技术	脱硝率 (%)
煤粉炉	SNCR-尿素	30-83
层燃炉	SNCR-氨	50-66
	SNCR-尿素	40-74
流化床	SNCR-氨	76-80
	SNCR-尿素	57-88

目前，锅炉 NO_x 的控制存在一些困难，燃煤工业锅炉运行负荷变化较大，炉内工况较为复杂，是氮氧化物治理技术的公关难点。此外，大多数燃煤工业锅炉都没有预留改造空间，场地较为紧张。减排 NO_x 的成本过高，有关专家称，现行的脱硫成本在 800 元/吨左右，而脱硝需要近 2000 元/吨。

总体来讲，我国对氮氧化物的控制尚处于起步阶段，现在的氮氧化物控制技术基本都是针对电站锅炉的，而火电厂的烟气脱硝技术不能直接应用于工业锅炉/炉窑。

9 实施本标准的环境效益和经济效益分析

9.1 环境效益分析

(1) 重点控制区减排效益分析

根据中华人民共和国环境保护部公告（2013 年第 14 号）纳入《重点区域大气污染防治“十二五”规划》中的重点控制区，共涉及京津冀、长三角、珠三角等“三区十群”19 个省市（区、市）47 个地级以上城市，燃煤锅炉新建项目执行大气污染物特别排放限值，现有燃煤锅炉项目执行烟尘特别排放限值。

根据《重点区域大气污染防治“十二五”规划》“城市建成区、工业园区禁止新建 20 蒸吨/小时以下的燃煤、重油、渣油锅炉及直接燃用生物质锅炉，其他地区禁止新建 10 蒸吨/小时以下的燃煤、重油、渣油锅炉及直接燃用生物质锅炉。”“重点控制区和大气环境质量超标的城市，新建项目实行区域内现役源 2 倍削减量替代”。

重点控制区也是我国经济总量增长最快的地区，能源增量需求最大的地区，到 2015 年，现有锅炉中 10 吨以下（含 10t）被集中供热替代，或改燃柴油、燃气，保留的现有工业锅炉总台数为 6822 台，总容量为 18.9 万蒸吨，耗煤量为 0.66 亿吨。

到 2020 年现有工业锅炉中 20t 以下（含 20t）都将被集中供热替代，保留的现有工业锅炉总台数为 3606 台，总容量为 15.4 万蒸吨，耗煤量为 0.54 亿吨。

重点控制区工业锅炉现有锅炉烟尘执行特别排放限值，新建锅炉烟尘、二氧化硫、氮氧化物执行特别排放限值，则污染物排放情况如下。

表25 重点控制区主要污染物减排情况

污染物排放总量	2010年	2015年	2020年
烟尘（万吨）	20.0	2.5	2.3
二氧化硫（万吨）	89.8	15.1	12.8
氮氧化物（万吨）	33.9	17.4	16.7

(2) 非重点地区减排效益分析

由于标准的实施和对燃煤锅炉管理要求的严格,到2015年340个重点城市10吨以下的燃煤锅炉改燃或并网,可以拆除掉4.5万台燃煤锅炉,合计17.43万蒸吨,现有锅炉保留56.56万台,新建大容量燃煤锅炉、燃油气锅炉1.44万台,到2015年全国工业锅炉总台数58万台。到2020年,340个重点城市20吨锅炉全部改燃,工业锅炉总台数降低到56万台。污染物减排量见下表。

表26 非重点控制区主要污染物减排情况

污染物排放总量	2010年	2015年	2020年
烟尘（万吨）	140.0	50.3	54.0
二氧化硫（万吨）	628.7	251.9	268.1
氮氧化物（万吨）	237.1	217.5	240.5

(3) 全国减排效益分析

实施新标准后,全国污染物总量减排情况见表23。

表27 全国主要污染物减排情况

污染物排放总量	2010年	2015年	2020年
烟尘（万吨）	160.1	52.7	56.3
二氧化硫（万吨）	718.5	267.0	280.9
氮氧化物（万吨）	271.0	234.9	257.3

9.2 达标的可行性分析

9.2.1 在用燃煤锅炉达标可行性分析

(1) 烟尘

非重点地区工业锅炉除尘效率集中在85%左右,以机械除尘为主,平均浓度250mg/m³左右,满足现有标准200mg/m³的仅占70%左右,达到80mg/m³的左右30%。即从在用锅炉来看有30%达到80mg/m³的不需要改造,30%超过200mg/m³的即使不执行本标准也必须改造,因本标准的实施而需要进行除尘改造的仅为40%。

(2) 二氧化硫

我国非重点地区的工业锅炉二氧化硫排放平均浓度700mg/m³左右,达到900mg/m³的占87%,达到1200mg/m³的占94%,达到400mg/m³的占25%左右。我国10t/h以下的工业锅炉基本没有脱硫,脱硫集中分布在20t/h以上,已有的脱硫设施多为脱硫除尘一体化的水浴除尘器、水膜除尘器,但是运行效果较差,平均效率在30-40%之间。因此需要对没有脱硫设施的锅炉建设脱硫设施,对有脱硫设施的进行改造和严格运行过程控制和监管,可以达到排放标准的要求。

(3) 氮氧化物

我国大部分在用燃煤锅炉氮氧化物排放浓度都能达到400mg/m³,煤粉锅炉调整配风和炉膛问题也能达到该限值。

9.2.2 新建燃煤锅炉和特别排放限值达标的可行性分析

(1) 烟尘

燃煤锅炉烟尘初始排放浓度与锅炉容量大小无关,工业锅炉烟尘排放浓度与燃料灰分含量、燃烧效率和治理措施等因素相关,我国燃料灰分含量波动较大在 10-25%之间都有分布,初始排放浓度在 1200-4000mg/m³左右,煤的品质决定初始排放浓度,若锅炉使用单位根据不同型号的锅炉采用高品质的煤种、保持良好的运行状态,初始排放浓度可控制在 1200-2500 mg/m³。各初始浓度下,所需的除尘效率如下表所示。选用高效的电除尘、布袋除尘、电袋除尘及其他先进的除尘技术都能达到 50mg/m³ 和 30mg/m³ 的排放要求。

表28 排放浓度 (C =1.8) 对除尘效率的要求

烟尘初始浓度	80mg/m ³ 对应除尘率 (%)	50mg/m ³ 对应除尘率 (%)	30mg/m ³ 对应除尘率 (%)
4000	98.0	98.8	99.3
3500	97.7	98.6	99.1
3000	97.3	98.3	99.0
2500	97.6	98.0	98.8
2200	97.3	97.7	98.6
2000	97	97.5	98.5
1800	96.7	97.2	98.3
1600	96.3	96.9	98.1
1400	95.7	96.4	97.9
1200	95	95.8	97.5

(2) 二氧化硫

新建锅炉从严,执行经济可行的最佳环保技术,脱硫效率应达到 75-85%,执行 300 mg/m³ 的排放标准;特别排放限值的制定考虑环境空气质量达标的问题,采取严格的技术可行的治理技术,脱硫效率达到 85-90%以上,二氧化硫执行 200 mg/m³ 的排放标准。

对于含硫量 2.0%以上的煤炭,应加强洗选,可脱除 30-60%的硫分,尤其在我国的西南高硫煤产区要加强原煤洗选率,建立区域配煤中心,配合燃烧后脱硫,能保证达到本标准的要求。

表29 排放浓度 (C=1.8, 标态下干烟气) 对脱硫效率的要求

燃料硫分	二氧化硫 产生浓度mg/m ³	400 mg/m ³ 对应脱硫效率	300 mg/m ³ 对应脱硫效率	200 mg/m ³ 对应脱硫效率
0.4%	500	20.0%	40.0%	60.00%
0.5%	700	42.9%	57.1%	71.43%
0.6%	800	50.0%	62.5%	75.00%
0.7%	900	55.6%	66.7%	77.78%
0.8%	1100	63.6%	72.7%	81.82%
0.9%	1200	66.7%	75.0%	83.33%
1.0%	1400	71.4%	78.6%	85.71%

1.1%	1500	73.3%	80.0%	86.67%
1.2%	1650	75.8%	81.8%	87.88%
1.3%	1750	77.1%	82.9%	88.57%
1.4%	1900	78.9%	84.2%	89.47%
1.5%	2100	81.0%	85.7%	90.48%

(3) 氮氧化物

我国中小型层燃炉 NO_x 平均排放浓度为 324.6mg/m³，其中≤300mg/m³的锅炉数约占 30%，≤100mg/m³的约占 10%。型煤由于燃烧温度较低，排放浓度最低达到 100mg/m³左右，煤粉炉排放浓度在 500-800mg/m³之间，抛煤机炉在 340-530mg/m³之间，循环流化床锅炉排放浓度较低，在 150-300mg/m³之间。对于新建锅炉的各种燃煤锅炉采用低氮燃烧技术达到 300mg/m³属于正常排放水平；对于 200mg/m³，需要在炉膛设计和配风方式上进行改进，中国环科院和哈尔滨工业大学已经有了成功的案例。

9.3 环保设施与投资运行成本

(1) 到 2015 年 340 个重点城市 10 吨以下的燃煤锅炉改燃或并网，可以拆除掉 4.5 万台燃煤锅炉（合计 12.20 万 MW），燃煤锅炉热效率按 70%计算，燃气锅炉热效率按 85%计算，单位燃气的热值按燃煤的 1.8 倍计算，假设有三分之二的锅炉改燃为燃气，三分之二改为热电联产，则改燃后燃气锅炉的规模为 1.86 万 MW，改燃成本为 50 万元/MW，合计改燃成本 93 亿元。

(2) 非重点地区烟尘执行 80mg/m³，需要治理的锅炉占 70%，因本标准的实施需要治理的锅炉占 40%；对 10t 以上的 230 万蒸吨锅炉采取治理措施，10t 以下锅炉鼓励采用型煤、清洁能源等，除尘治理平均投资 17000 元/蒸吨，脱除每吨污染物所需要的运行费 640 元，因此，非重点地区的工业除尘治理的一次性投资为 391 亿元，每年的运行费用为 5 亿元。

(3) 非重点地区二氧化硫执行 400mg/m³，10t/h 以下的工业锅炉采用低硫煤、固硫型煤、炉内脱硫、改燃、并网等手段。由于工业锅炉常用的脱硫技术为湿法脱硫，10t/h 以上工业锅炉脱硫成本估算以湿法为主，单位投资成本 40000 元/蒸吨，脱除每吨污染物所需要的运行费 1300 元，则一次性投资 1280 亿元，年运行成本为 32 亿元。

(4) 根据环保部 2013 年第 14 号公告，现有企业燃煤锅炉的烟尘执行特别排放限值，烟尘的特别排放限值为 30mg/m³，除尘平均投资 17000 元/蒸吨，脱除每吨污染物所需要的运行费 640 元，到 2015 年重点地区有 18.9 万蒸吨燃煤锅炉，治理设施年烟尘去除率 12.1 万吨，则一次性投资 32 亿元，年运行成本为 0.8 亿元。

保护环境需要代价，有效降低能源需求增长特别是燃煤量增长带来的污染物排放量增加更需要经济上的代价。新标准实施后，燃煤锅炉需要通过加大投资、采取先进的治理技术、加强运行管理等措施实现烟气达标排放。

10 对实施本标准的建议

- (1) 加快工业锅炉氮氧化物控制技术的研究试点及推广工作。
- (2) 结合燃煤汞污染控制工作的需要，尽快开展汞污染控制技术等方面的研究。
- (3) 由于我国幅员广阔，经济发展程度和环境压力不同，应鼓励各地区根据实际情况制定地方锅炉大气污染物排放标准。
- (4) 制定系列的适合工业锅炉的污染防治技术规范。
- (5) 我国工业锅炉燃煤基本上是原煤，其粒度和含量并不适合工业锅炉，为提高燃烧效率降低污染排放，应制定工业锅炉用煤标准；煤炭生产和供应部门在提高煤炭入选率的同时，侧重建设区域工业锅炉专用煤加工配送中心，提高动力煤质量的稳定性。
- (6) 制定《环境保护产品技术要求—燃煤锅炉》

(7) 针对锅炉负荷变动对工业锅炉氮氧化物排放浓度的影响开展专题研究。