

附件三：

《锅炉大气污染物排放标准》编制说明
(二次征求意见稿)

《锅炉大气污染物排放标准》编制组

二〇一三年十二月

项目名称：锅炉大气污染物排放标准

项目统一编号：467

项目承担单位：天津市环境保护科学研究院、中国环境科学研究院

编制组主要成员：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	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	工业锅炉能源消耗	3
2.3	锅炉的污染控制技术	5
2.4	本章小结	9
3	标准修订的必要性	9
3.1	缓解环保压力的必要手段	9
3.2	落实环境保护工作的需要	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	10
4	修订的原则及思路	11
4.1	标准定位	11
4.2	标准修订的基本原则	11
4.3	标准修订的思路	11
4.4	标准修订的技术路线	11
4.5	标准修订的重点	12
5	标准主要技术内容	13
5.1	标准适用范围	13
5.2	标准的执行时段	13
5.3	术语和定义	13
5.4	污染物项目的选择	13
5.5	区域划分	13
5.6	烟囱高度的规定	13
5.7	取消烟尘初始排放浓度	14
5.8	监测要求	14
5.9	本次标准与历次标准要素比较	15
6	锅炉大气污染物排放限值	18
6.1	排放限值制定的政策依据	18
6.2	燃煤锅炉大气污染物排放限值	19
6.3	燃油锅炉大气污染物排放限值	26
6.4	燃气锅炉大气污染物排放限值	27
6.5	生物质成型燃料锅炉	28
6.6	达标技术分析	28

7	国内外相关标准研究.....	30
7.1	国外相关标准研究	30
7.2	国内地方锅炉大气污染物排放标准研究.....	35
8	实施本标准的环境效益和经济效益分析.....	40
8.1	在用锅炉环境效益分析	40
8.2	经济费用分析	40
9	对实施本标准的建议.....	41
10	标准征求意见情况.....	42
10.1	标准征求意见情况	42
10.2	主要意见及处理	42

《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年环境保护部发布了《关于下达2006年度国家环境保护标准制修订项目计划的通知》(环办函[2006]371号),下达了《锅炉大气污染物排放标准》修订计划,项目统一编号为476号。该项目由天津市环境保护科学研究院、中国环境科学研究院。

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。
- (11) 2013年8月份,环保部科技司组织到北京、西安等地调研北京市、陕西、山西、重庆、新疆、甘肃等省市地标的执行情况及地方锅炉管理概况。
- (12) 2013年8月-9月,公开征求意见,根据意见情况对标准文本进行修改。
- (13) 2013年10月18日,通过环保部科技司组织的技术审查。
- (14) 2013年11月-12月,环境保护部开展行政审查,决定再次广泛征求意见。

2 我国工业锅炉概况及污染物排放情况

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61.06万台,总功率约351.29万MW,根据2007年-2011年工业锅炉的生产情况,判断全国工业锅炉中台数的25%、总容量的15%为燃油、燃气锅炉,则燃煤工业锅炉约46万台,占总量的85%左右,年煤耗量达到了7.3亿t,颗粒物排放160万t/a、二氧化硫排放718万t/a、氮氧化物排放271万t/a。

表1 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	61.06	351.29

据 2010 年全国污染源普查的 340 个地级以上城市现有锅炉中 10t 以下锅炉数量占 70%，容量占 20%，耗煤量占 23%；35t/h 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%。依此推算我国工业锅炉不同容量的分布情况见表 2。

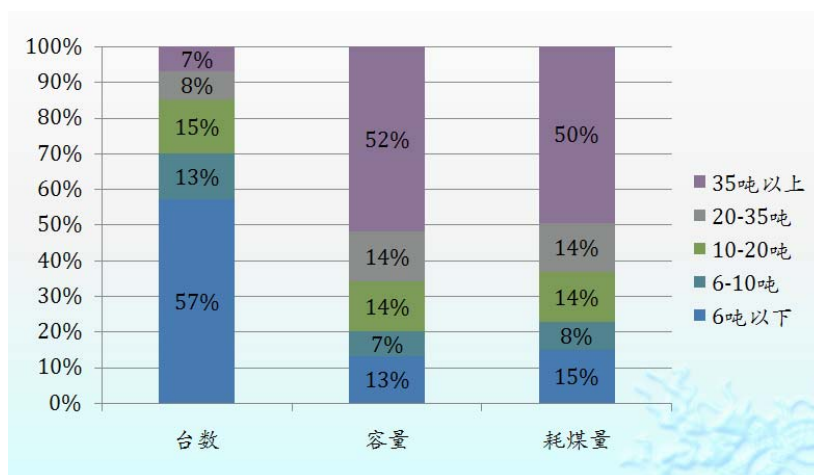


图1 340个城市工业锅炉台数、容量和燃煤量分布

表2 全国燃煤锅炉分布情况

	<10t/h	10-20t/h	20-35t/h	≥35t/h
台数 (万台)	27.6	6.9	3.7	3.2
容量 (万 MW)	60.0	42.0	42.0	156.0
耗煤量 (万 t)	1.7	1.0	1.0	3.6

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。

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 $\leq 24.5\text{MW}(35\text{t/h})$ 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）。

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；尤其是燃气锅炉，低氮燃烧器几乎全部为国外技术生产。

2.1.2 工业锅炉生产和销售情况

工业锅炉的生产和销售在一定程度上能够反映我国工业锅炉的现状和短期内的发展趋势。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、134862t，单机容量平均为 8.65t/台。从台数上来说，小于 10t/h 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 $\leq 1\text{t/h}$ 锅炉生产台数和蒸吨数都比 2009 年分别减少 28.95%和 30.18%。 $\leq 10\text{t/h}$ 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3 2010 年我国工业锅炉生产及销售情况（容量）

	≤ 1	$1 < t \leq 4$	$4 < t \leq 10$	$10 < t \leq 20$	$20 < t \leq 35$	> 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4 2010 年我国工业锅炉生产及销售情况（台数）

	≤ 1	$1 < t \leq 4$	$4 < t \leq 10$	$10 < t \leq 20$	$20 < t \leq 35$	> 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

2.2 工业锅炉能源消耗

(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 t，其中晋陕蒙甘宁地区 15.8 亿 t，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 t，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难以改变

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（李文华 1.11%，李瑞 0.89%，胡军 0.94%），主要分布在华北、西北和东北等广大地区。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。全国商品煤在的硫分以低硫煤和特低硫煤为主，硫分小于 1.0%的占煤炭总量的 70%以上，硫分大于 2%的中高硫煤占商品煤总量的 10.0%左右，高硫商品煤的比例很少。

表5 中国煤炭资源中全硫分布

地区 \ 含硫量	平均含硫	<0.5	0.5-1.0	1.0-1.5	1.5-2.0	2.0-3.0	>3.0
全国	1.1	48.6	14.85	9.3	5.91	7.86	8.54
动力煤	1.15	39.35	16.46	16.68	9.48	7.65	7.05
炼焦煤	1.03	55.16	13.71	4.18	3.29	8.05	9.62
华北	1.03	42.99	14.40	16.94	10.74	8.88	3.57
东北	0.47	51.66	14.04	19.68	1.92	2.05	0
华东	1.08	46.67	31.14	3.7	3.2	4.72	9.21
中南	1.17	65.2	12.42	7.66	2.34	5.5	6.71
西南	2.43	13.22	10.71	7.52	2.68	17.4	43.61
西北	1.07	66.23	6.20	2.50	4.01	9.31	9.98

表6 中国煤炭商品煤中全硫分布

地区 \ 含硫量	平均含硫	<0.5	0.5~1.0	1.0~1.5	1.5~2.0	2.0~3.0	>3.0
全国	1.08	43.48	18.55	12.8	6.7	6.98	5.82
动力煤	1.0	42.13	21.97	15.04	10.30	3.00	4.44
炼焦煤	1.1	45.10	16.63	10.71	3.9	9.69	7.44
华北	0.92	39.14	23.66	19.30	9.85	3.25	1.80
东北	0.54	50.68	16.61	3.29	2.15	3.87	0.95
华东	1.12	45.79	20.12	13.37	5.34	5.34	9.89
中南	1.18	61.99	11.08	10.07	4.83	7.58	4.44
西南	2.13	23.87	10.14	6.77	5.33	14.58	38.66
西北	1.42	30.21	12.66	14.22	9.21	25.13	5.75

(4) 煤炭洗选率低

我国洗选煤比例逐年增加，但仍然较低，如 1980-1995 年间，原煤入选比重均在 15.6%-18.3%之间波动，2000 年以后入选比重有明显增加，2000 年达到 33.69%，2005 年由于原煤产量集聚增加而洗煤能力跟不上矿井生产能力故其入选比重又有所下降到 25%。2005

年洗选动力煤只有 3.3 亿吨。2010 年洗选率达到 36%，从动力煤洗煤厂核定能力来看，以神华集团的神东矿区最大，第二第三的分别是阳泉和晋城两无烟煤矿区，第四是平朔露天矿区洗煤厂，其次依次是大同、淮南、淮能等。

表7 中国历年来煤炭洗选变化情况

年份	1980	1985	1990	1995	2000	2005	2010
原煤产量/万吨	62013	872228	107930	129218	99917	215132	
入选煤量/万吨	11372	14294	19088	20172	33665	约 55000	
入选煤占原煤/%	18.34	16.39	17.69	15.61	33.69	25.80	36

(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 锅炉的污染控制技术

2.3.1 颗粒物控制技术

(1) 静电除尘器

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，污染物排放浓度低于 30mg/m³。具有高效率、低能耗、使用简单、维护费用低且无二次污染等特点，除尘器阻力很小，可处理高温、高压的含尘气流，在国内外工业颗粒物治理领域一直占据主导地位。

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，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，除尘效率受飞灰比电阻影响大(最适宜比电阻为 10^{4~5}×10¹⁰Ω·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。

表8 污染治理技术比较

技术名称	技术特点及安全可靠性比较	经济性比较	占地面积比较
电除尘器	优点：除尘效率高、压力损失小、使用范围广、使用方便且无二次污染、对烟气温度及烟气成分等影响不像袋式除尘器敏感，设备安全可靠性好。 缺点：除尘效率受煤、飞灰成分影响	设备费用较高；运行费用较低；经济性较好	占地面积大
袋式除尘器	优点：不受煤、飞灰成分的影响，出口颗粒物浓度低且稳定；采用分室结构的能在 100%负荷下在线检修。 缺点：系统压力损失大，使用不当容易造成滤袋破损并导致排放超标。	设备费用较低；运行费用较高；经济性较差。	占地面积小
电袋复合除尘器	优点：不受煤、飞灰成分的影响，出口颗粒物浓度低且稳定。破袋对排放的影响小于袋式除尘器。 缺点：系统压力损失较大，一般不能 100%负荷下在线检修。	设备费用较高；运行费用较高；经济性较差。	占地面积较小

	分体式电袋除尘器	<p>优点：不受煤、飞灰成分影响，出口颗粒物浓度低且稳定，能在 100% 负荷下分室在线检修；在点炉、高温烟气等恶劣工况下可正常使用电除尘器但滤袋不受影响；设备对高温烟气、爆管等突发性事故适应性好。破袋对排放的影响小于袋式除尘器。</p> <p>缺点：压力损失大，对烟气温度、烟气成分较敏感。</p>	<p>设备费用较高；运行费用较高；经济性较差。</p>	<p>占地面积较大</p>
--	----------	--	-----------------------------	---------------

(2) 袋式除尘器

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。一般来说，袋式除尘器不受尘的比电阻、浓度、粒度等影响，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；袋式除尘器的投资低于静电除尘器，运行费用高于静电除尘器；除尘效率可高达 99.5% 以上；维护方便且无二次污染；但是对于工业锅炉使用燃油点火运行时要注意保护。

(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、运行维护工作量大等缺点。

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。

2.3.2 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。

(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%。

(2) 燃烧中脱硫

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%，减少颗粒物排放量 60%，节约煤炭 15%~27%，一般 6t/h 以下锅炉推荐使用。

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，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。

(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流量的新建、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 $\geq 95\%$ 。

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。

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 $\text{pH}=5.5$ 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。

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。

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 SO_2 反应生成 CaSO_4 是一层硬包膜，而 MgO 同 SO_2 反应生成 MgSO_4 很快溶入水中，又有新的 MgO 颗粒可同 SO_2 反应。因此氧化镁具有脱硫效率高，脱除等量的 SO_2 消耗的 MgO 仅为 CaCO_3 的40%，具有低液气比、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 MgSO_4 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9 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

2.3.3 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。

首先要采取燃烧优化技术，降低氮氧化物产生量，同时改善燃烧相关的问题，如减少结渣、积灰、降低损耗和提高效率。层燃炉通过改炉拱和合理配风可以实现低氮燃烧，还可以采用烟气再燃、混燃技术；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。

表10 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) 烟气脱硝

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难点。在北京市有采用 SNCR 法对工业锅炉烟气进行治理的实例，效果并不理想，离进一步推广尚有较大差距。SNCR 技术不需要催化剂，其原理为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。该技术对温度的要求较为苛刻，脱硝反应的窗口温度在 800-1100℃，由于工业锅炉炉内温度分布受负荷、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11 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

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 7.3 亿 t，颗粒物排放 160 万 t/a、二氧化硫排放 718 万 t/a、氮氧化物排放 271 万 t/a；（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 缓解环保压力的必要手段

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日趋严重，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。根据中国环境状况公报（2012 年），按照《环境空气质量标准》（GB 3095-2012），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：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；43 个城市二氧化氮年平均浓度超标，占 13.2%，186 个城市可吸入颗粒物年平均浓度超标，占 57.2%。环保重点城市达标比例为 23.9%，比 GB3095-1996 下降 64.6 个百分点。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%。

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。

3.2 落实环境保护工作的需要

自从“十二五”以来，伴随着我国复合型大气污染问题的频繁出现，国家针对大气污染综合防治、区域联防联控出台了一系列的政策和规划，尤其是对火电、钢铁、石化、水泥、有色、化工以及工业锅炉的污染控制提出了更严格的要求，对工业锅炉实施清洁能源替代、小锅炉取缔、新建锅炉限制等方面提出了具体措施。涉及工业锅炉达到具体的规划计划有国家环境保护“十二五”规划、重点区域大气污染防治“十二五”规划、节能减排“十二五”规划、环境保护部关于执行大气污染物特别排放限值的公告、大气污染防治行动计划等，主要要求如下：

- (1) 主要污染物排放总量显著减少；
- (2) 改善煤炭质量，推进煤炭洁净高效利用，限制煤炭消费总量；
- (3) 加大热电联供，淘汰分散燃煤小锅炉；
- (4) 限值中小燃煤锅炉建设；
- (5) 实施高效的脱硫、除尘，实施氮氧化物控制；
- (6) 实施区域联防联控；
- (7) 实施特别排放限值。

而《大气污染防治行动计划》提出了大气污染防治行动计划的奋斗目标：“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。力争再用五年时间，基本消除重污染天气，全国环境空气质量明显改善。”

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。现行标准在我国“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应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受到威胁。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；推动清洁能源的使用。

(2) 一般地区向现行的地标排放限值看齐；重点地区实施特别排放限值，采用最先进的技术和措施满足达标排放。

(3) 重点解决颗粒物排放的问题，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；促进低氮燃烧技术发展；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。

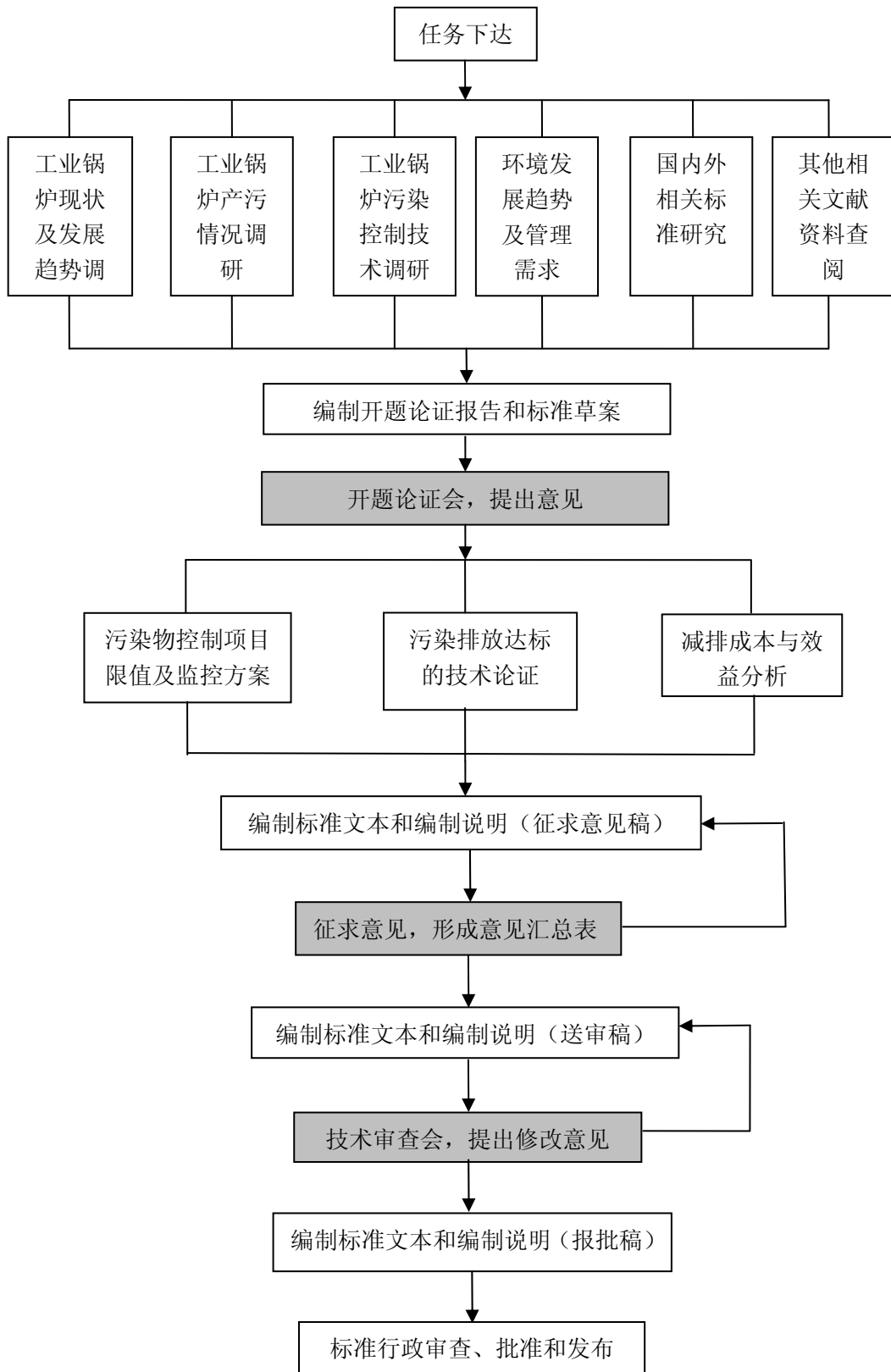


图2 编制技术路线图

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：

- (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；
- (8) 取消燃煤锅炉按容量划分烟囱高度的规定。

5 标准主要技术内容

5.1 标准适用范围

本标准适用于以燃煤、燃油和燃气为燃料的单台出力 65t/h 及以下蒸汽锅炉、各种容量的热水锅炉及有机热载体锅炉；各种容量的层燃炉、抛煤机炉。

使用型煤、水煤浆、煤矸石、石油焦、油页岩、生物质成型燃料等的锅炉，参照本标准中燃煤锅炉排放控制要求执行。

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 2014 年 7 月 1 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) 定义了在用锅炉、新建锅炉、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颗粒物、二氧化硫、氮氧化物和汞及其化合物，控制指标为颗粒物、二氧化硫、氮氧化物、汞及其化合物的排放浓度限值和烟气黑度。

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。”

同时，规定“烟囱高度按批复的环境影响评价文件确定，燃煤锅炉烟囱不低于 45 米，燃油、燃气锅炉烟囱不低于 8 米。新建锅炉房的烟囱周围半径 200m 距离内有建筑物时，其烟囱应高出最高建筑物 3m 以上。”“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。”

5.7 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	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□□	固定污染源排气中氮氧化物的测定 定电位电解法（制定中）
HJ□□	固定污染源废气中氮氧化物的测定 非分散红外吸收法（制定中）
HJ/T56	固定污染源排气中二氧化硫的测定 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 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。

5.9 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12 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	本次修订版
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	
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	颗粒物、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）	本标准适用于以燃煤、燃油和燃气为燃料的单台出力 65t/h 及以下蒸汽锅炉、各种容量的热水锅炉及有机热载体锅炉，以及各种容量的层燃炉、抛煤机炉。使用型煤、水煤浆、煤矸石、石油焦、油页岩、生物质成型燃料等的锅炉，参照本标准中燃煤锅炉排放控制要求执行。
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
烟囱高度	按锅炉总额定出力规定烟囱高度	按锅炉房总容量确定确定最低允许烟囱高度	按锅炉房总容量确定确定最低允许烟囱高度	烟囱高度按批复的环境影响评价文件确定
区域划分	◇自然保护区、风景游览区、疗养地、名胜古迹、	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

	重要建筑物周围 ◇市区、郊区、工业区、 县城以上 ◇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/颗粒物	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

6 锅炉大气污染物排放限值

6.1 排放限值制定的政策依据

6.1.1 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%。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。”

6.1.2 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。

6.1.3 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。

6.1.4 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。

6.1.5 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。力争再用五年时间，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”工程建设，到 2017 年，除必要保留的以外，地级及以上城市建成区基本淘汰每小时 10 蒸吨及以下的燃煤锅炉，禁止新建每小时 20 蒸吨以下的燃煤锅炉；其他地区原则上不再新建每小时 10 蒸吨以下的燃煤锅炉。在供热供气管网不能覆盖的地区，改用电、新能源或洁净煤，推广应用高效节能环保型锅炉。在化工、造纸、印染、制革、制药等产业集聚区，通过集中建设热电联产机组逐步淘汰分散燃煤锅炉。

(2) 每小时 20 蒸吨及以上的燃煤锅炉要实施脱硫。

(3) 燃煤锅炉和工业窑炉现有除尘设施要实施升级改造。

(4) 京津冀、长三角、珠三角等区域要于 2015 年底前基本完成燃煤电厂、燃煤锅炉和工业窑炉的污染治理设施建设与改造。

(5) “三区十群”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。

6.2 燃煤锅炉大气污染物排放限值

6.2.1 颗粒物排放限值

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，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。

中国环科院姚芝茂等实测了 95 台燃煤锅炉，其中 85 台锅炉安装了除尘净化装置，96% 的除尘装置净化效率大于 80%，采取的除尘方法以湿法为主，如麻石水膜除尘器、冲击式或水浴式脱硫除尘器，少量锅炉采用机械式除尘如多管旋风除尘器。从实测结果来看，22% 的锅炉排放低于 $80\text{mg}/\text{m}^3$ ，80% 低于 $200\text{mg}/\text{m}^3$ 。

2007 年-2008 年采暖季，兰州市对辖区内的 776 台燃煤工业锅炉进行监测，兰州市工业锅炉用煤的煤灰分含量一般在 18% 左右，初始排放浓度在 $2000\text{mg}/\text{m}^3$ 左右，所采取的治理措施以机械除尘和脱硫除尘一体化为主，根据监测结果 30 左右的锅炉能达到 $80\text{mg}/\text{m}^3$ ，45% 左右达到 $120\text{mg}/\text{m}^3$ ，70% 左右达到 $200\text{mg}/\text{m}^3$ 。

表13 2007、2008 两年内兰州市抽样锅炉颗粒物平均排放浓度统计表

	颗粒物排放浓度值(mg/m ³) (折算后)					
	80	120	150	200	250	280
城关区	35.2%	44.8%	51.6%	59.1%	78.9%	79.2%
七里河区	26.3%	46.8%	59.2%	69.2%	78.0%	80.5%
安宁区	37.0%	43.1%	52.2%	67.1%	83.1%	95.8%
西固区	26.1%	50.5%	61.2%	79.8%	82.8%	95.2%
榆中县	32.8%	37.4%	41.2%	61.2%	64.5%	69.1%
皋兰县	27.6%	52.1%	69.6%	93.3%	93.3%	94.9%
红古区	26.8%	34.7%	39.8%	46.5%	49.8%	59.0%
永登县	36.4%	48.5%	52.9%	69.3%	89.1%	89.9%

针对调研情况来看，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%。

天津市工业锅炉于 2003 年实施地方排放标准，在用锅炉烟尘排放执行 80mg/m³的排放要求，2013 年对天津市 133 台 10t/h 以上燃煤锅炉进行监测，烟尘平均排放浓度 61.6mg/m³，从监测结果中来看，98.5%的在用锅炉达到该限值，<50mg/m³的锅炉站 15.8%。

表14 2013 年天津市 133 台锅炉监测情况

烟尘	≤30mg/m ³	30-50mg/m ³	50-80 mg/m ³	>80 mg/m ³
平均浓度(mg/m ³)	20.3	44.3	65.3	85.5
台数(台)	4	17	110	2
累积百分比 (%)	3	15.8	98.5%	100%

历次国标中燃煤锅炉颗粒物排放限值变化情况见下图。

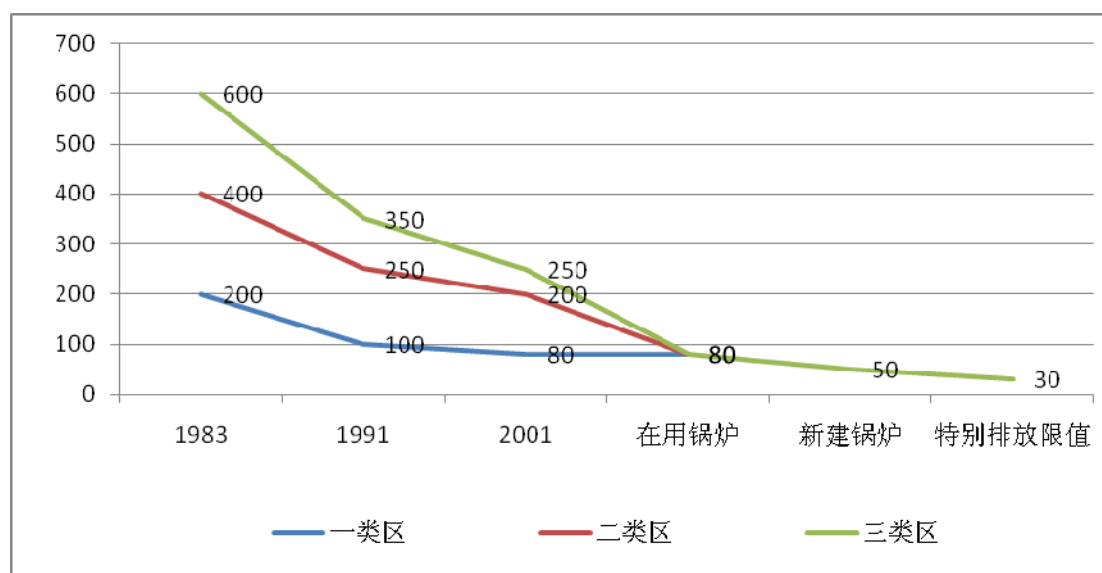


图3 各版 GB13271 中燃煤锅炉颗粒物排放限值的变化情况 (老版标准为新建值)

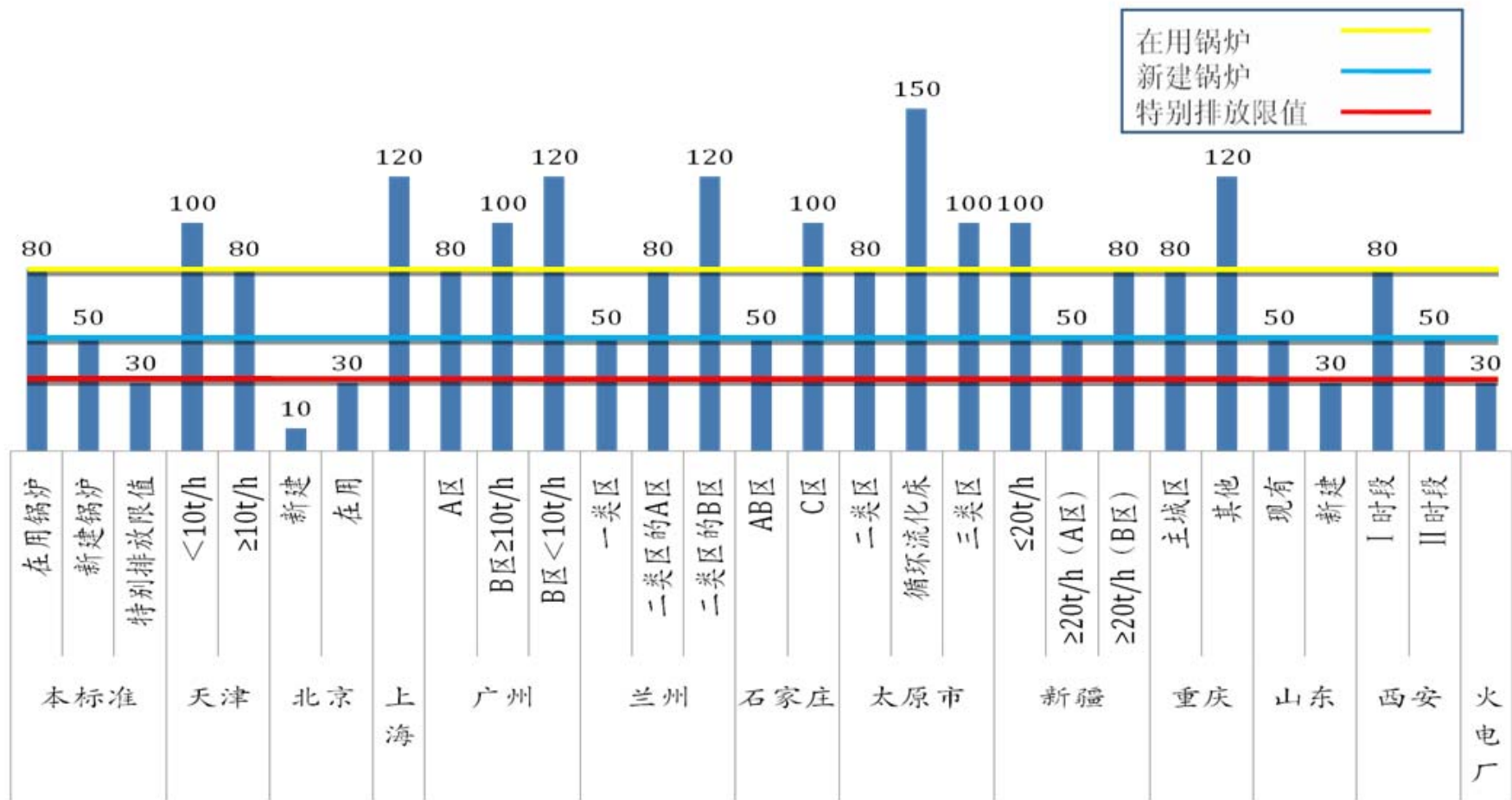


图4 燃煤锅炉颗粒物排放限值与地标的比较

6.2.2 二氧化硫排放限值

《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。”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。所以燃煤工业锅炉控制二氧化硫的任务很重。

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 mg/m³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 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，采用低硫煤和湿法脱硫工艺，二氧化硫执行200 mg/m³的排放标准。天津市2003年实施地方排放标准，燃煤锅炉烟尘执行200mg/m³排放限值，2013年1-6月份对90家企业共133台10吨以上锅炉进行监测，二氧化硫排放<150mg/m³的占55.3%，≤200mg/m³占百分之百。

广西壮族自治区、重庆市、四川省和贵州省是我国典型的高硫煤地区，以重庆市为例，锅炉用煤含硫量为0.9-6.1%（平均3.4%），通过洗选仅可脱除30%左右的硫分，考虑到在用锅炉改造的空间问题和成本问题，将广西、重庆、四川、贵州等省份的在用锅炉二氧化硫排放限值放宽到550mg/m³。

历次国标中燃煤锅炉二氧化硫排放限值变化情况见下图。

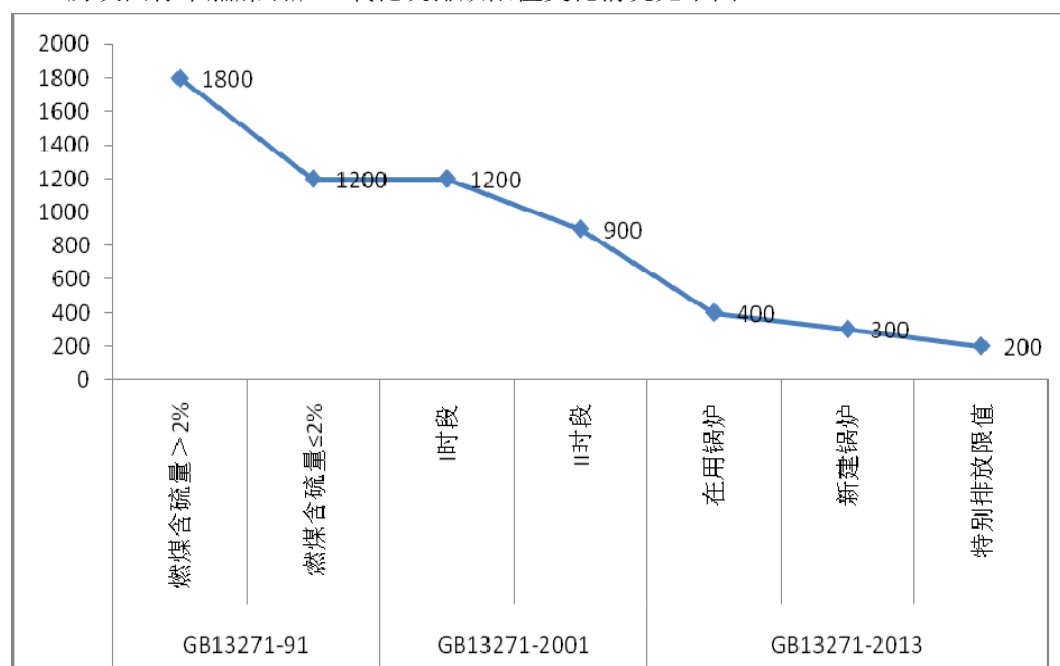


图5 各版 GB13271 中燃煤锅炉二氧化硫排放限值变化情况

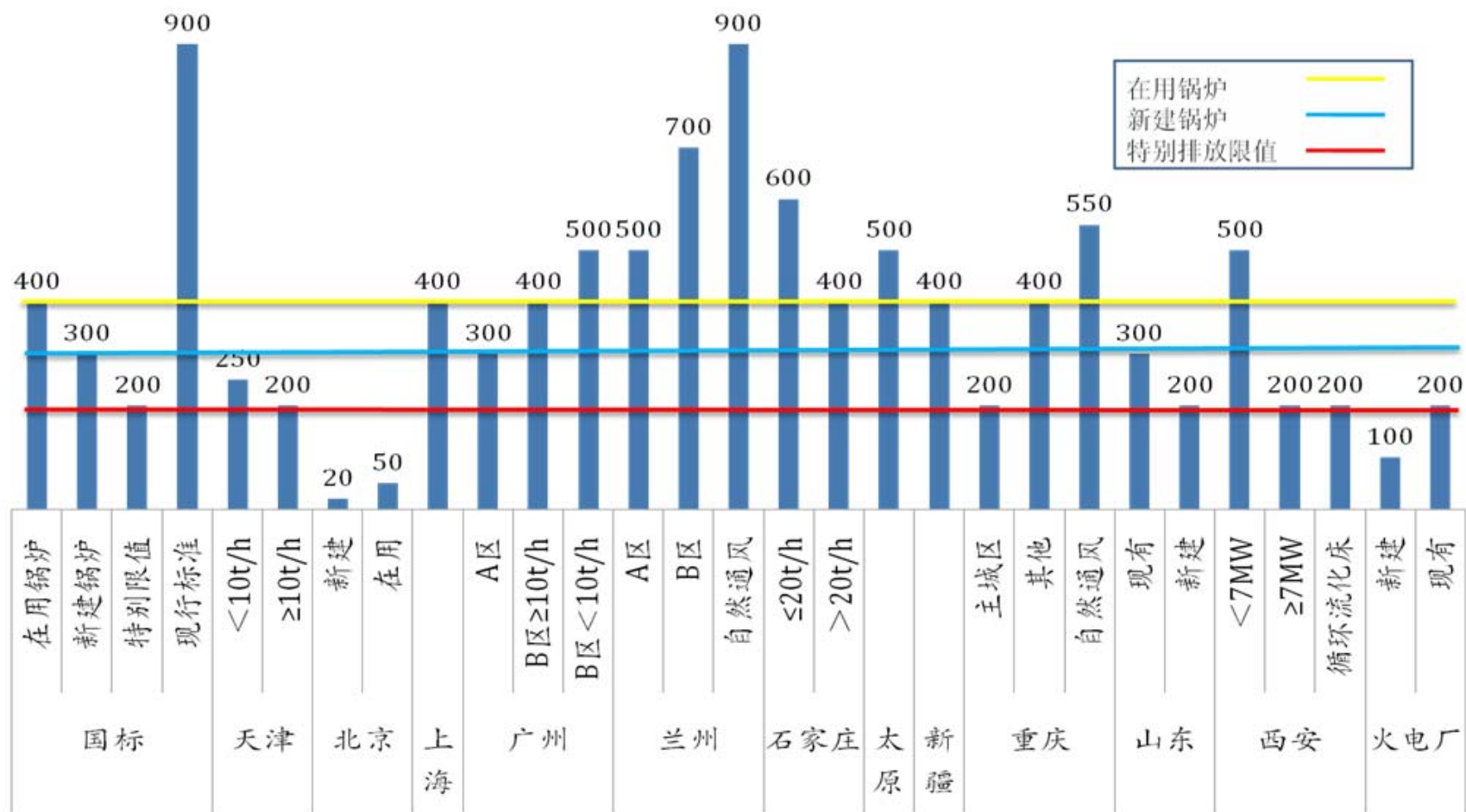


图6 燃煤锅炉二氧化硫排放限值与地标的比较

6.2.3 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) 在用锅炉排放限值

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，基本不需要对现有锅炉进行改造。

(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%，达到 300 mg/m³，不需要进行尾端治理，运行良好的新建锅炉都能达到该限值。

(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 40-50%，执行 200mg/m³ 的排放限值。层燃锅炉和循环流化床锅炉都能达到，煤粉锅炉需要采用低氮燃烧技术。

2008 年对兰州市部分锅炉进行了 NO_x 排放浓度抽样监测，工业锅炉氮氧化物排放差异较大，兰州市城关区 NO_x 排放浓度范围是 233~393mg/m³，平均排放浓度为 310mg/m³；七里河区 NO_x 排放浓度范围是 90~238mg/m³，平均排放浓度为 125mg/m³；西固区和永登县 NO_x 排放浓度范围分别为 18~336mg/m³ 和 18~272 mg/m³，平均排放浓度分别为 216mg/m³ 和 87mg/m³。

表15 兰州市部分锅炉 NO_x 排放小时平均浓度 (mg/m³)

NO _x 排放浓度 (折算)	城关区	七里河区	西固区	永登县
浓度范围	233~393	90~238	18~336	18~272
平均值	310	125	216	87
NO _x 排放浓度≤400所占比例 (%)	100	100	100	100
NO _x 排放浓度≤300所占比例 (%)	44	100	82	100
NO _x 排放浓度≤200所占比例 (%)	0	92	44	89

2013 年对天津市 133 台工业锅炉进行监测，氮氧化物平均排放浓度 196mg/m³，排放浓度低于 200mg/m³ 的锅炉达到 55.6%，低于 300mg/m³ 的达到 87.9%，百分之百低于 400mg/m³。

表16 2013 年天津市 133 台锅炉监测情况

氮氧化物	≤200mg/m ³	200-300mg/m ³	300-400mg/m ³
平均浓度(mg/m ³)	139	248	318
台数(台)	74	43	16
累积百分比 (%)	55.6	87.9	100

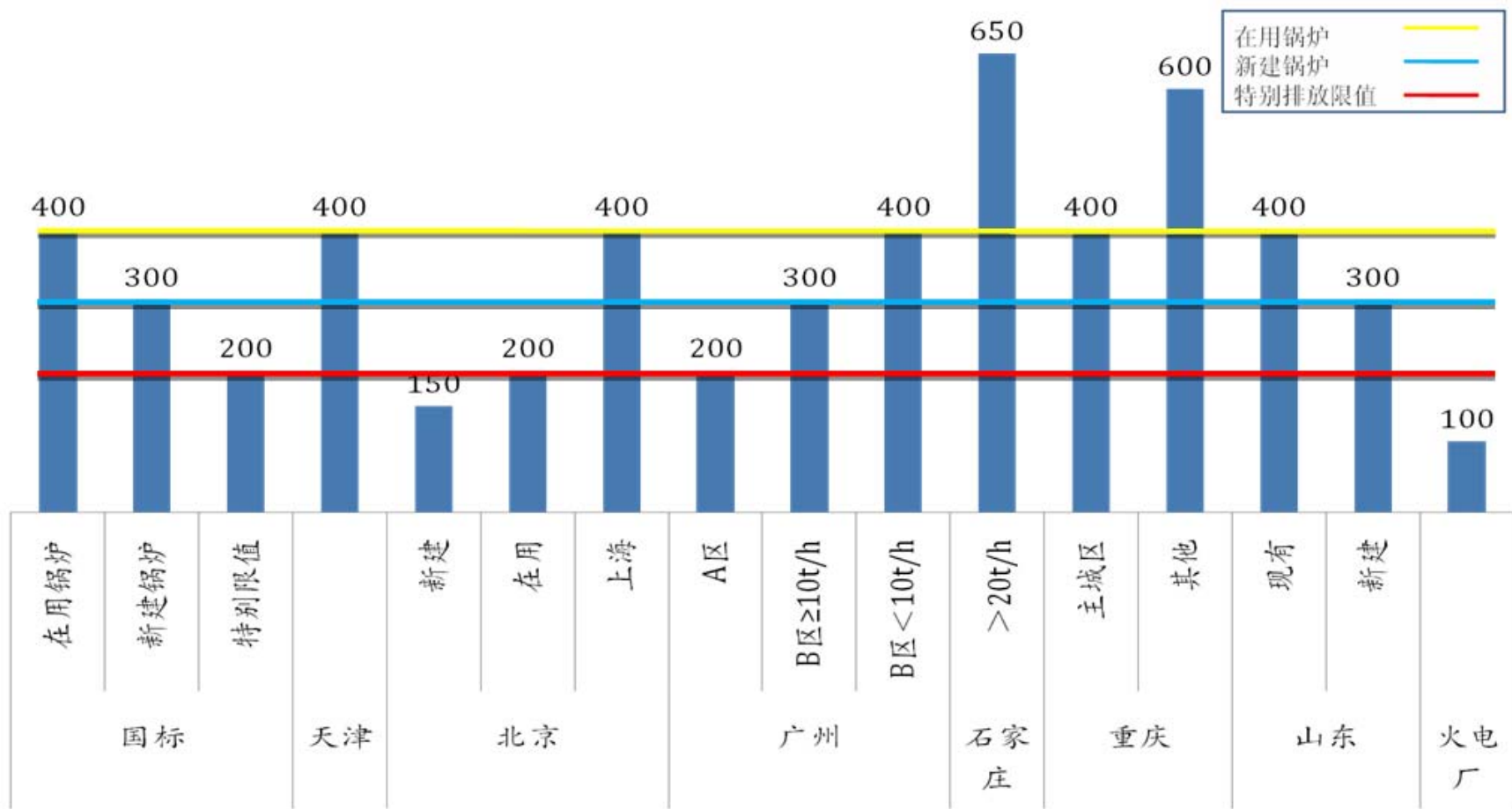


图7 燃煤锅炉氮氧化物排放限值与地标的比较

6.2.4 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%。

我国燃煤中汞的含量在0.03-0.52 $\mu\text{g/g}$ ，平均含量为0.20 $\mu\text{g/g}$ ，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，煤燃烧过程中污染关键的是烟气中汞的排放，当汞含量在0.52 $\mu\text{g/g}$ 时，按69.7%进入飞灰计算，每吨煤燃烧产生的烟气体积在10000-12000立方米，按11000立方米计算，烟气中汞的含量低于0.035 mg/m^3 。但是，具有有关文献记载，在我国贵州检测到汞含量达到1.66 $\mu\text{g/g}$ 的煤炭资源，当燃用这种高汞含量的煤炭时，烟气中汞的含量达到0.1 mg/m^3 。

烟气中的汞主要集中在亚微米级的细粉尘上，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。在极个别的情况下烟气中汞的含量达到0.1 mg/m^3 时，锅炉尾端采用除尘、湿法脱硫等措施后，基本能达到0.05 mg/m^3 的限值要求。如果采用协同控制仍不能满足0.05 mg/m^3 的排放限值，则需要采用活性炭喷入脱汞技术进行控制。

本标准汞的限值为引导性限值，如下：

表17 汞的排放限值 (mg/m^3)

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

6.3 燃油锅炉大气污染物排放限值

6.3.1 颗粒物排放限值

燃用轻柴油和煤油，颗粒物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匀的现象很普遍，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。

本标准对燃油锅炉排放限值，在标准的制定中没有按燃油的品种分类。在用锅炉燃烧效率较低执行60 mg/m^3 ，新建锅炉及特别排放限值执行30 mg/m^3 。根据调研，新建的、燃烧状况良好的煤油轻柴油锅炉颗粒物排放浓度在15-30 mg/m^3 之间的锅炉数量达到95.9%，燃轻柴油锅炉和燃煤锅炉自然能够达到本标准的排放限值，但重油锅炉和其他液体燃料锅炉需要进行治理方能达到本标准的要求。

6.3.2 二氧化硫排放限值

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6，轻柴油硫分不高于0.2%，煤油硫分不高于0.1%。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18 我国燃油灰分和硫分含量（标准）

	灰分	硫分	备注
轻柴油	0.01%	不大于0.2%（2013年6月30日以前） 不大于0.035%（2013年7月1日以后）	GB252-2011
煤油	-	不大于0.04%（1号）	GB253-2008

		不大于 0.1% (2 号)	
重柴油	0.04-0.08%	不大于 1.5%	
燃料油	0.05-0.15%	没有要求($\leq 3.5\%$)	

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/m^3 ，平均值为 260 mg/m^3 ，其中 $\leq 700 \text{mg}/\text{m}^3$ 的锅炉占总数的 92%。

根据全国第一次污染源普查，燃油锅炉二氧化硫产生浓度为含硫量的 1500 倍，即当燃用含硫量为 0.2% 的轻柴油时，二氧化硫产生浓度为 300 mg/m^3 ，燃用含硫量不大于 0.1% 的煤油时，二氧化硫的产生浓度为 150 mg/m^3 ，当柴油含硫量为 0.035 时，二氧化硫产生浓度为 52 mg/m^3 。本标准的制定以轻柴油和煤油为基础，现状锅炉二氧化硫执行 300 mg/m^3 的排放限制；新建锅炉执行 200 mg/m^3 的排放限值；特别排放限值为 100 mg/m^3 。

6.3.3 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，燃轻柴油锅炉氮氧化物平均值为 318 mg/m^3 ，氮氧化物排放浓度 $\leq 250\text{mg}/\text{m}^3$ 的锅炉仅占 20%， $\leq 300 \text{mg}/\text{m}^3$ 的锅炉占 44%， $\leq 400\text{mg}/\text{m}^3$ 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 400 mg/m^3 ；对于新建锅炉改进燃烧方式，采低氮燃烧技术，氮氧化物削减 38% 以上，执行 250 mg/m^3 ；特别排放限值为 200 mg/m^3 ，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。

6.3.4 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 1800-4000 mg/m^3 ，颗粒物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。

6.4 燃气锅炉大气污染物排放限值

燃气锅炉为鼓励炉型，天然气、煤制气等属于清洁能源，标准制定的过程中不考虑对燃烧天然气、煤制气等清洁能源锅炉进行尾端治理。

6.4.1 颗粒物排放限值

调查天津市 20 台燃气锅炉排放情况，燃气锅炉颗粒物的排放范围是 1.4-33.5 mg/m^3 ，平均值为 7.9 mg/m^3 ，90% 以上的锅炉能达到 30 mg/m^3 ，80% 以上的锅炉能达到 20 mg/m^3 。

因此，现有燃气锅炉颗粒物排放执行 30 mg/m^3 ，新建锅炉执行 20 mg/m^3 ，为鼓励特别排放限值地区的燃煤锅炉改燃清洁能源，对燃气锅炉的颗粒物特别排放限值不做严格要求，执行 20 mg/m^3 。

6.4.2 二氧化硫排放限值

现有燃气锅炉二氧化硫排放执行 100 mg/m^3 ，新建锅炉执行 50 mg/m^3 ，特别排放限值执行 50 mg/m^3 ，重点地区使用荒煤气、高炉煤气、焦炉煤气的必须处理达标或不能使用，所排放限值统一收严的 50 mg/m^3 。

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。

6.4.3 氮氧化物排放限值

燃气锅炉氮氧化物排放不需进行尾端治理，改进燃烧装备即可达到排放要求。据调查我

国燃用天然气锅炉 NO_x 排放浓度≤400mg/m³ 占 94%，对于现有锅炉稳定运行，不要求进行改造，氮氧化物排放执行 400mg/m³。

国外发达国家锅炉主要以燃气为主，法国、德国燃气锅炉氮氧化物排放限值基本在 100-150mg/m³，主要通过低氮燃烧方式予以实现，目前北京市计划引进美国低氮燃烧装置，氮氧化物控制在 50-80mg/m³，新建燃气锅炉氮氧化物在参照《环境保护产品技术要求—中小型燃油、燃气锅炉》（HJ/T 287-2006）中氮氧化物限值 250mg/m³ 的基础上，考虑近些年技术的进步和环保要求的提高，将限值定为 200mg/m³。特别排放限值的制定要引领锅炉行业的技改，特别排放限值执行 150mg/m³。

6.5 生物质成型燃料锅炉

我国每年可作为能源利用的生物质达到 3 亿多吨标准煤，是替代中小燃煤锅炉实现清洁燃烧的必要途径。生物质成型燃料具有低灰分（产排污系数 0.5kg/t 燃料）、低硫分（低于 0.2%）和低氮燃烧的特点，其燃烧产生的烟气经过高效除尘后，颗粒物排放浓度可控制在 20mg/m³ 以下，氮氧化物浓度低于 200mg/m³，但考虑到生物质燃料燃烧后烟气含汞的特点，及其固体燃料的特性，生物质成型燃料锅炉大气污染物排放执行燃煤锅炉标准。

6.6 达标技术分析

达标技术分析的前提是，对于 10t/h 以下的在用燃煤锅炉采用清洁能源替代，改燃并网等措施促进达标排放；对于 10-20t/h 的在用燃煤锅炉可以采取脱硫除尘一体化的措施、清洁能源替代、改燃并网等措施促进达标；对于 20t/h 以上的在用燃煤锅炉要求进行高效除尘和高效脱硫治理。

关于新建锅炉，按国家《大气污染防治行动计划》，到 2017 年除必要保留的以外，地级及以上城市建成区基本淘汰 10t/h 及以下的燃煤锅炉，禁止新建每 20t/h 以下的燃煤锅炉；其他地区原则上不再新建 10t/h 以下的燃煤锅炉。

6.6.1 燃煤锅炉颗粒物达标技术

新建锅炉：燃煤锅炉颗粒物初始排放浓度与锅炉容量大小无关，工业锅炉颗粒物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19 排放浓度（C=1.8）对除尘效率的要求

颗粒物初始浓度	80mg/m ³	50mg/m ³	30mg/m ³
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

(1) 颗粒物达到 80mg/m³，可以采取的技术有：

- a、脱硫除尘一体化
- b、干法除尘+湿法脱硫
- c、电除尘

(2) 颗粒物达到 $50\text{mg}/\text{m}^3$ ，可以采取的技术有：

- a、电除尘
- b、袋除尘
- c、电袋复合除尘

(3) 颗粒物达到 $30\text{mg}/\text{m}^3$ ，可以采取的技术有：

- a、袋除尘
- b、电袋复合除尘

6.6.2 燃煤锅炉二氧化硫达标技术

(1) 在用燃煤锅炉

我国非重点地区的工业锅炉二氧化硫排放平均浓度 $700\text{mg}/\text{m}^3$ 左右，达到 $900\text{mg}/\text{m}^3$ 的占 87%，达到 $1200\text{mg}/\text{m}^3$ 的占 94%，达到 $400\text{mg}/\text{m}^3$ 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。

(2) 新建燃煤锅炉排放限值及特别排放限值

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 85-90%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。

表20 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	$400\text{mg}/\text{m}^3$ 对应脱硫效率	$300\text{mg}/\text{m}^3$ 对应脱硫效率	$200\text{mg}/\text{m}^3$ 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) 可选技术

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，将煤炭的含硫量降低到1.5%以下。

执行 400 mg/m^3 的排放标准，应采用低硫煤(硫分 $<1.5\%$)，并安装脱硫效率超过 60%的烟气脱硫装置，或改燃清洁能源。

执行 300 mg/m^3 的排放标准，应采用低硫煤(硫分 $<1.5\%$)，并安装脱硫效率超过 70%的烟气脱硫装置，或改燃清洁能源。

执行 200 mg/m^3 的排放标准，应采用低硫煤(硫分 $<1.0\%$)，并安装脱硫效率超过 85%的烟气脱硫装置，或改燃清洁能源。

如果煤炭的含硫量不能降低到 1.5%以下，实现上述标准需要安装脱硫效率达到 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。

6.6.3 燃煤锅炉氮氧化物达标技术

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，不宜采用尾部治理技术。

执行 400 mg/m^3 的排放标准，现有锅炉基本都能达标；

执行 300 mg/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 mg/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。

6.6.4 燃煤锅炉汞达标技术

工业锅炉尾部采用与除尘、脱硫协同控制的技术，能够达到排放要求。

6.6.5 燃油锅炉、燃气锅炉颗粒物达标技术

燃油锅炉执行 60 mg/m^3 的排放标准，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，或燃料品种替代。

燃油锅炉执行 30 mg/m^3 的排放标准，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。

6.6.6 燃油锅炉二氧化硫达标技术

如果自然排放不能达标，采用脱硫装置进行处理。

6.6.7 燃油、燃气锅炉氮氧化物达标技术

执行 400 mg/m^3 的排放标准，90%的锅炉都能达到；不能达到的通过调整运行工况解决。

执行 250 mg/m^3 的排放标准，新建锅炉执行此标准，为产品设计标准的要求。

执行 200 mg/m^3 或 150 mg/m^3 的排放标准，采用低氮燃烧技术。

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、颗粒物和氮氧化物，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质，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 260 ng/J ，液体燃料排放系数是 170 ng/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21 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	
燃煤锅炉	硫去除率	排放限值	硫去除率	排放限值
	-	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22 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)

表23 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24 中尺度锅炉(>1MWth-≤50MWth)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%) 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/m ³)。				

欧洲根据燃烧设备燃用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25 部分国家燃煤锅炉排放限值

国家	规模	氧含量	NO _x		SO ₂		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26 部分国家燃油锅炉排放限值

国家	规模	氧含量	NO _x		SO ₂		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27 部分国家燃气锅炉排放限值

国家	规模	氧含量	NOx		SO ₂		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。

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

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颗粒物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28 颗粒物、粉尘和氮氧化物的排放标准（1998年4月10日最新修订）

类型	颗粒物和粉尘			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	
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	40,000m ³ -	300	150	700,000m ³ -	410

热面积在 10m ² 以上。)				-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
	-40,000m ³	300	200	-500,000m ³ -10,000m ³	307.5
				-10,000m ³	369

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29 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

7.1.5 本次标准修订与国外标准排放限值对比

本标准与国外标准对比分析, 与国际标准比较, 在用锅炉颗粒物达到国际较一般水平, 新建锅炉达到国际较严格水平, 特别排放限值达到了国际严格水平。

表30 燃煤锅炉排放限值与国外标准比较

	颗粒物 (mg/m ³)	二氧化硫 (mg/m ³)	氮氧化物 (mg/m ³)
本标准	30-80	200-550	200-400
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 (污染预防和控制手册 1998)	50-100	2000	750

表31 燃油锅炉排放限值与国外标准比较

	颗粒物 (mg/m ³)	二氧化硫 (mg/m ³)	氮氧化物 (mg/m ³)
本标准	30-60	100-300	200-400
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	50-100	2000	460

(污染预防和控制手册 1998)			
---------------------	--	--	--

表32 燃气锅炉排放限值与国外标准比较

	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	50-100	150-400
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 (污染预防和控制手册 1998)	/	/	320

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33 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。
太原市	本标准按 GB3095 的规定将太原市划分一、二、三类功能区。
新疆	本标准将乌鲁木齐市划分为 A、B 两个区域。
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。
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。
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。
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。
重庆市	该标准将重庆市划分为主城区和影响区两个区域。

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) 颗粒物

燃煤锅炉颗粒物的排放限值随着标准制定时间的推移，标准值越来越严。除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。

燃油锅炉颗粒物的排放限值以 30 mg/m^3 、 50 mg/m^3 和 80 mg/m^3 为主；燃气锅炉颗粒物排放限值以 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，燃气锅炉二氧化硫排放限值为 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34 颗粒物排放标准 (mg/m³)

	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 区其他燃料油锅 炉) 150 (C 区其他燃料油锅炉)	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35 二氧化硫排放标准 (mg/m³)

	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 (≤20t/h); 400 (>20t/h)	400	100
广州	2010.11.1	300 (A), 400(B) (≥10t/h) 400 (A), 500(B) (<10t/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 ≥7MW: 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36 氮氧化物排放限值 (mg/m³)

	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 250；特别排放限值 150
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	—（≤20t/h） 650（>20t/h）	400	400
广州	2010.11.1	200（A），300(B)（≥10t/h） 300（A），400(B)（<10t/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

8 实施本标准的环境效益和经济效益分析

8.1 在用锅炉环境效益分析

8.1.1 10t/h 以下在用锅炉环境效益分析

对于 10t/h 以下的燃煤锅炉，有条件的要改为燃油和燃气锅炉，人口密集、锅炉量大的城镇、城市近郊，要结合旧城改造、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，要发展优质型煤锅炉和生物质成型燃料锅炉。10t/h 以下小锅炉可采取改造方案如下：

10t/h 以下锅炉污染治理方案：

	方案一	方案二	方案三
燃油、燃气	1/10	1/5	1/3
型煤锅炉/生物质成型燃料	2/5	3/10	1/3
集中供热或并网	1/2	1/2	1/3

减排效益如下：

减排效益分析	方案一	方案二	方案三
颗粒物	19.0	19.5	20.1
二氧化硫	76.3	78.6	81.7

8.1.2 10t/h 以上在用锅炉环境效益分析

10t/h 以上燃煤工业锅炉有 13.8 万台（240 万 MW），燃煤量 5.6 亿吨，根据调研情况来看，颗粒物排放有 70% 不能达到 $80\text{mg}/\text{m}^3$ ，二氧化硫有三只分之一污染治理设施达不到排放要求，有三分之一没有治理设置，需要改造的占 75% 以上，即 10-35t/h 的 80%、35t 以上的 60% 需要改造，合计改造台数 10.4 万台（160 万 MW），改造后减排颗粒物 37.5 万吨，减排二氧化硫 144.6 万吨。

8.1.3 新建锅炉减排效益分析

根据我国经济发展情况预测每年新增锅炉 8-10 万 t，其中燃煤锅炉占 80%，燃煤锅炉执行新标准比现行标准减排颗粒物 2.5 万 t/a，减排二氧化硫 10.3 万 t/a，减排氮氧化物 2.1 万 t/a。

8.1.4 特别排放限值减排效益分析

现阶段我国实行特别排放限值的城市 47 个，47 个城市中自“十二五”以来对锅炉展开了大规模的治理，如西安、兰州、天津、重庆、沈阳，都对小锅炉实行了改燃并网，锅炉数量大幅下降，根据天津、西安、兰州、沈阳等地的调研情况，估算到 2012 年底，47 个重点城市工业锅炉 2 万台，总容量 30 万 t/h。在用锅炉颗粒物由国标的 $200\text{mg}/\text{m}^3$ （部分执行地标的地区从 $120\text{mg}/\text{m}^3$ 、 $80\text{mg}/\text{m}^3$ 、 $50\text{mg}/\text{m}^3$ ）降低到 $30\text{mg}/\text{m}^3$ ，颗粒物削减 6.2 万 t。

8.1.5 小结

执行新标准后，烟尘削减 66 万吨，二氧化硫削减 314 万吨。

8.2 经济费用分析

8.2.1 10t/h 以下在用锅炉改造费用分析

对于 10t/h 以下的燃煤锅炉，有条件的要改为燃油和燃气锅炉，人口密集、锅炉量大的城镇、城市近郊，要结合旧城改造、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，要发展优质型煤锅炉和生物质成型燃料锅炉，改燃油燃气单位成本 50 万元/MW，改燃生物质、型煤锅炉成本 20 万元/MW，并网成本 30 万元/MW，10t/h 以下小锅炉可采取改造方案如下：

10t/h 以下锅炉污染治理方案:

	方案一	方案二	方案三
燃油、燃气	1/10	1/5	1/3
型煤锅炉/生物质成型燃料	2/5	3/10	1/3
集中供热或并网	1/2	1/2	1/3
成本(亿元)	1680	1860	2000

8.2.2 10t/h 以上在用锅炉治理费用分析

10t/h 以上燃煤工业锅炉 13.8 万台(240 万 MW), 颗粒物排放执行 80mg/m³, 二氧化硫执行 30mg/m³, 10.4 万台(160 万 MW) 需要进行脱硫除尘改造, 可采取的治理措施有:

- a、机械除尘+湿法脱硫, 投资 6-8 万元,
- b、电除尘+湿法脱硫, 投资 8-12 万元,

污染治理改造方案如下四种:

	方案一	方案二	方案三	方案四
机械除尘+湿法脱硫	1/3	2/3	4/5	1
电除尘+湿法脱硫	2/3	1/3	1/5	0
改造投资(亿元)	2067.4	1837.7	1745.8	1608.0

8.2.3 新建锅炉治理费用分析

根据我国经济发展情况预测每年新增锅炉 8-10 万 t, 其中燃煤锅炉占 80%, 新建燃煤锅炉颗粒物执行 50mg/m³, 二氧化硫执行 300mg/m³, 采取的治理措施有及单价有如下三种, 合计总环保投资 80 亿元左右。

- a、电除尘+湿法脱硫, 投资 8-12 万元/t;
- b、袋除尘+湿法脱硫, 投资 8-12 万元/t;
- c、电袋复合除尘+湿法脱硫, 投资 8-12 万元/t;

8.2.4 重点地区在用锅炉治理投资

到 2012 年底, 47 个重点城市工业锅炉 2 万台, 总容量 30 万 t/h, 颗粒物执行 30mg/m³, 需采取的治理措施为高效除尘+湿法脱硫+除尘的技术, 单位环保投资 10-14 万元/t, 合计总的环保投资 360 亿元。

8.2.5 运行费用

在用锅炉: 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, 我国在用工业锅炉保留 18.3 万台(280 万 MW), 新增污染治理设施年运行费用合计约需 30 亿元/年-43 亿元/年。

新建锅炉: 每年新建燃煤锅炉 10 万 t, 除尘设施运行费用 600-750 元/t, 湿法脱硫设施的运行费用 900-1300 元/t, 年运行费用约需 3.4 亿元-4.5 亿元。

8.2.6 小结

执行新标准后, 环保投资 3700 亿元-4500 亿元, 年运行费用约需 33.5 亿元-47.5 亿元。

9 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, 制定烟气中汞污染物监测的技术方法, 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。

10 标准征求意见情况

10.1 标准征求意见情况

2013年8月2日, 环境保护部发布了《关于征求国家环境保护标准<锅炉大气污染物排放标准>(征求意见稿)意见的函》(环办函[2013]883号), 发送征求意见函97份, 包括国务院有关部门、地方有关部门、科研机构、高等院校、有关企业及其他单位、环境保护部有关业务司局。截止2013年10月8日, 反馈意见49份, 未反馈意见48份, 另有8份通过网上留言、寄送信函反馈意见。总计有57份反馈意见, 48份未反馈意见。57份反馈意见分别为国务院有关部门意见5份, 地方有关部门、科研机构、高等院校、有关企业及其他单位的意见32份, 环境保护部有关业务司局的意见12份, 通过网上留言、寄送信函意见8份。

共提出意见162条, 采纳意见72条, 占44.4%; 部分采纳的意见7条, 占4.3%, 采纳和部分采纳意见为48.7%, 未采纳意见50条, 占30.8%, 解释33条, 占20.4%。

10.2 主要意见及处理

10.2.1 关于排放限值

对于排放限值的建议主要集中在二氧化硫和氮氧化物上, 尤其是针对氮氧化物住房城乡建设部、北京市环保局、环保部环境规划院、环保部环境工程评估中心、上海工业锅炉研究所、北京西山新干线除尘脱硫设备有限公司、福建龙净环保股份有限公司、环保部总量司和环评司等9个部门提出12条要求加严的建议, 环境保护部环境规划院提出“新建锅炉大气污染物排放限值中燃煤锅炉二氧化硫、氮氧化物排放限值风别由 $300\text{mg}/\text{m}^3$ 改为 $200\text{mg}/\text{m}^3$; 大气污染物特别排放限值中燃煤锅炉二氧化硫、氮氧化物限值分别由 $200\text{mg}/\text{m}^3$ 改为 $100\text{mg}/\text{m}^3$ ”, 汇总上述单位的意见, 大部分单位建议燃气锅炉氮氧化物可以控制到 $100\text{mg}/\text{m}^3$ 或 $150\text{mg}/\text{m}^3$ 。标准编制组在处理意见时对上述意见进行了考虑并对标准限值进行了部分调整。

10.2.2 关于治理技术

工业和信息化部办公厅、中国环境监测总站、中国环境保护产业协会、北京劳动保护科学研究所和环保部总量司六个部门和单位对关注二氧化硫和氮氧化物达标的技术支撑问题。标准编制组在标准编制说明中明确了每个排放限值可采取的治理技术。

(1) 关于氮氧化物。

标准考虑到在用锅炉的改造难度, 没有要求进行治理改造, 所制定的排放限值保证90%以上的锅炉达标。

新建锅炉的排放限值也只是现有锅炉排放的平均水平稍微严格, 只要在锅炉设计和运行的时候采取一定的控制措施, 就能满足要求, 控制 NO_x 形成的因素主要有: 空气—燃料比、燃烧区温度及其分布、后燃烧区的冷却程度、低氮燃烧器形状等等; 烟气循环燃烧法主要是通过降低氧浓度及燃烧区温度, 减少热型 NO_x 。燃烧方式改进技术的主要技术措施是改善燃烧条件: 包括低过量空气燃烧法、空气分级燃烧法、燃料分级燃烧法、烟气再循环法等。

重点地区执行特别排放限值, 是严格控煤的地区, 新建燃煤锅炉氮氧化物执行特别排放限值, 在用锅炉氮氧化物不执行特别排放限值。在重点地区建设燃煤锅炉, 就是要建设高效清洁环保锅炉, 至少是国内最先进的, 中国环科院在2007年曾实测了86台65t/h以下燃煤

锅炉氮氧化物排放情况,所测的数据中有 8 台锅炉的 NO_x 排放浓度低于 200mg/m³,占 9.3%。重点地区新建燃煤锅炉氮氧化物排放限值就是要指引锅炉设计、制造、安装和使用部门集中力量解决工业锅炉低氮燃烧技术。

(2) 关于二氧化硫

关于二氧化硫排放限值有国家的技术规范、环保产品技术要求做支撑。

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≥20t/h(14MW)的燃煤工业锅炉或蒸发量<400t/h的燃煤热电锅炉以及相当烟气流量的新建、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≥95%。

10.2.3 关于烟囱

(1) 环保部评估中心提出“新标准征求意见稿在污染物排放浓度限值提高标准的要求下,采用相同方法确定烟囱高度不合理,建议根据新标准中的污染物排放浓度限值来确定烟囱高度。”深圳贡有成也提出相同建议,并指出“从景观美学考虑降低烟囱的景观敏感度和景观阈值”;环保部环境应急和事故调查中心“对燃煤锅炉烟囱高度按照最新政策单列,并以 10 蒸吨为最低档次设定烟囱最低高度。”

(2) 评估中心还提出“允许燃气、轻柴油、煤油锅炉最低烟囱高度为 8 米,根据《大气污染物综合排放标准》污染源烟囱高度不低于 15 米,低于 15 米则作为无组织排放,相当于鼓励无组织排放。”

(3) 环境监测总站要求给出“新建锅炉房烟囱周围半径 200m 距离内有建筑物时,其烟囱高度应高出最高建筑物 3m 以上”的依据。

标准编制组认为考虑到现在的污染形势,工业锅炉的密度,人口集中地区建筑物高度普遍增加,烟气出口温度降低,环保标准加严等因素,烟囱应由环境影响评价文件确定,新建燃煤锅炉烟囱高度不低于 45m,燃油、燃气锅炉不低于 8 米。

10.2.4 关于汞污染物

征集的意见中(含环保部网站上的意见)涉及汞的有九条,其中 2 条是要对汞的限值进行达标的技术分析,2 条是针对监测方法的,住房和城乡建设部还提出“增加锅炉用燃煤中汞含量限值的规定”,石家庄市环科院和贡有成建议暂不增加汞的标准。编制组对汞的限值制定依据及达标情况在编制说明中加以补充。

10.2.5 关于高硫煤地区的问题

重庆市环保局基于辖区内燃煤硫分较高,治理难度大,建议将在用锅炉二氧化硫由 400mg/m³调整为 550mg/m³。环保部总量司建议西南四省参考新的火电厂大气污染物排放标准中关于二氧化硫排放限值制定的原则,从技术可行性角度分区分类提出限值要求。经研究对现有锅炉采纳了总量是和重庆市环保局的意见,在标准中对西南四省燃煤锅炉二氧化硫排放限值调整到 550mg/m³。而对于新建燃煤锅炉,必须采用先进的治理技术,确保达标,不在放宽要求。

10.2.6 关于生物质成型燃料锅炉

国家发展和改革委员会、广东省环境保护厅、环境保护部环境工程评估中心、北京劳动保护科学研究所、中国低碳经济发展促进会等单位提出生物质成型燃料执行燃气标准,生物质成型燃料为固体燃料,参照燃煤锅炉标准,可在一定程度上鼓励清洁能源的使用,为不具备煤改气又需要使用锅炉的地区给予一种能源解决方案。