附件2

重庆市地方标准

**《锅炉大气污染物排放标准》**

（修订征求意见稿）

编制说明

重庆市生态环境科学研究院

2019年11月

**目 录**

[1 标准修订背景 1](#_Toc26174388)

[1.1 任务来源 1](#_Toc26174389)

[1.2 本标准起草单位 1](#_Toc26174390)

[1.3 工作过程 1](#_Toc26174391)

[2 标准修订的必要性 3](#_Toc26174392)

[2.1 我市大气环境保护工作面临新形势 3](#_Toc26174393)

[2.2 落实国家及重庆市地方相关文件的需要 3](#_Toc26174394)

[2.3 标准限值相对宽松，排放水平依然较高 4](#_Toc26174395)

[2.4 原有锅炉地标已滞后于现行大气环境管理需求 4](#_Toc26174396)

[3 国内外锅炉大气污染物排放控制相关标准及技术研究 6](#_Toc26174397)

[3.1 国外相关标准 6](#_Toc26174398)

[3.2 国内相关标准 9](#_Toc26174399)

[3.3 现有标准与国内外标准限值对比 15](#_Toc26174400)

[3.4 锅炉大气污染物控制技术 20](#_Toc26174401)

[4 重庆市锅炉概况 30](#_Toc26174402)

[4.1 重庆市工业锅炉概况 30](#_Toc26174403)

[4.2 重庆市生活锅炉概况 34](#_Toc26174404)

[4.3 现有锅炉污染排放情况 37](#_Toc26174405)

[5 标准修订的原则及技术路线 39](#_Toc26174406)

[5.1 修订原则 39](#_Toc26174407)

[5.2 标准修订的技术路线 39](#_Toc26174408)

[5.3 标准修订的主要内容 41](#_Toc26174409)

[6 标准修订的技术经济及环境效益分析 48](#_Toc26174410)

[6.1 达标排放技术分析 48](#_Toc26174411)

[6.2 技术经济分析 49](#_Toc26174412)

[6.3 环境效益分析 49](#_Toc26174413)

[7 强制性标准的建议说明 51](#_Toc26174414)

[8 贯彻标准的措施建议 52](#_Toc26174415)

# 标准修订背景

## 任务来源

2012年12月，重庆市在创建模范城市的背景下颁布了《重庆市大气污染综合排放标准》（DB 50/418-2012）（后简称“DB 50/418-2012”），提出了集火电、水泥、锅炉、工业窑炉、工艺废气于一体的标准体系，为我市工业源二氧化硫、氮氧化物、颗粒物的管控提供了有效依据。

2015年，根据《关于加强地方环保标准工作的指导意见》（环发〔2014〕49号）和《关于抓紧复审和清理地方环境质量标准和污染物排放标准的通知》（环办〔2015〕39）两个文件要求，应对DB 50/418-2012实施修订，于2016年2月1日起，实施重庆市地方标准《锅炉大气污染物排放标准》（DB 50/658－2016），解决了标准交叉的问题，同时对标准进行了梳理，使标准的体系更加清晰、限值更加合理、使用更加方便。

近年来，随着重庆市产业布局和能源结构的调整、污染防治工作的有效开展，二氧化硫、氮氧化物、颗粒物等污染物得到有效控制，总量明显削减，但污染形势依然严峻。为适应当前形势下的污染物减排工作需求，提高环境标准的科学性、合理性，更有效地规范锅炉大气污染物排放行为，促进二氧化硫、氮氧化物等污染物减排和总量控制，强化污染治理力度，进一步改善大气环境质量，2019年重庆市生态环境局下达了重庆市地方标准《锅炉大气污染物排放标准》（DB 50/658－2016）的修订任务。

## 本标准起草单位

起草单位：重庆市生态环境科学研究院

标准编制的过程中也得到了九龙坡区生态环境局、重庆市生态环境监测中心、重庆市巴南区生态环境监测站、重庆市江津区生态环境监测站、重庆智德热工工业有限公司等单位的帮助。

## 工作过程

自标准任务下达以来，课题组分四个阶段开展相关工作。

第一阶段（2019年5月-6月）：对《重庆市锅炉大气污染物排放标准》（DB 50/658－2016）使用情况进行评估，进行锅炉大气污染物排放特征、控制技术调研，梳理现行标准使用过程中存在的主要问题，评估现行标准的使用情况。

第二阶段（2019年7月-9月）：通过由市生态环境局组织的方案论证后，项目组结合国家和地方环境管理要求，对比国外及我国其他城市现行锅炉标准，确定标准修订的方向和具体内容。对重庆市锅炉容量分布、排放现状进行调研，现场走访了重庆市九龙坡区、巴南区、北碚区、江津区等各类锅炉使用企业，并与重庆市本地锅炉生产企业进行了交谈。梳理重庆市锅炉使用、各类污染物削减方法、大气污染物排放、运行治理成本分析，分析修订的可行性和带来的影响，并进行相应评估。

第三阶段（2019年10月-11月）：形成《重庆市锅炉大气污染物排放标准》（修订征求意见稿）和编制说明。征求各区县政府和市级相关部门意见，召开专家论证会，根据收集意见情况对标准文本及编制说明进行修改完善，形成报批稿。

第四阶段（2019年12月）：形成标准修订建议送审稿，完成报告编写和项目验收。

# 标准修订的必要性

## 我市大气环境保护工作面临新形势

2013年以来，我市大气环境保护工作取得积极进展，各类大气污染物浓度水平持续下降，全市大气环境污染特征也发生着从煤烟型逐步转变到以细颗粒物（PM2.5）和臭氧（O3）为代表的复合型污染特征的转变。2018年，我市PM10、SO2、CO等污染物的年均浓度分别为64μg/m3、9μg/m3、1.3mg/m3，已经实现达标；但PM2.5 年均浓度为40μg/m3，仍超标11%；NO2年均浓度为44μg/m3，超标10%；O3年均浓度166μg/m3，超标4%。特别是2015年以来NO2浓度持续出现超标现象，且被中央环保督察纳入重点整改问题，全市空气质量持续改善的压力不断增大，需要通过采取新的手段来进一步控制NO2、PM2.5等污染物的浓度。

## 落实国家及重庆市地方相关文件的需要

《国务院关于印发打赢蓝天保卫战三年行动计划的通知》（国发〔2018〕22号）中明确提出，“加大燃煤小锅炉淘汰力度。县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及茶水炉、经营性炉灶、储粮烘干设备等燃煤设施，原则上不再新建每小时35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。环境空气质量未达标城市应进一步加大淘汰力度。重点区域基本淘汰每小时35蒸吨以下燃煤锅炉，每小时65蒸吨及以上燃煤锅炉全部完成节能和超低排放改造；燃气锅炉基本完成低氮改造；城市建成区生物质锅炉实施超低排放改造。”

《关于印发重庆市贯彻国务院打赢蓝天保卫战三年行动计划实施方案的通知》（渝府办发〔2018〕134号）中明确要求，“开展工业锅炉综合整治。主城区基本淘汰35 蒸吨/小时以下燃煤锅炉，鼓励65 蒸吨/小时及以上燃煤锅炉实施节能和超低排放改造；其他片区城市建成区基本淘汰10 蒸吨/小时及以下的燃煤锅炉、茶水炉、经营性炉灶、储粮烘干设备等燃煤设施。主城区、渝西片区禁止新建燃煤锅炉；渝东北片区、渝东南片区城市建成区原则上不再新建35 蒸吨/小时及以下的燃煤锅炉，其他地区原则上不再新建10 蒸吨/小时及以下的燃煤锅炉。继续推进锅炉“煤改气”“煤改电”工程，完成83 台燃煤锅炉清洁能源改造或者淘汰。加大对纯凝机组和热电联产机组技术改造力度，加快供热管网建设，充分释放和提高供热能力，淘汰管网覆盖范围内的燃煤锅炉和散煤。推广清洁高效燃煤锅炉，在不具备热电联产集中供热条件的地区，现有多台燃煤小锅炉的，可按照等容量替代原则建设大容量燃煤锅炉。加强燃气锅炉氮氧化物排放治理，完成13 台燃气锅炉低氮改造。鼓励具备条件的生物质锅炉实施清洁能源或超低排放改造。”

《京津冀及周边地区2019-2020年秋冬季大气污染综合治理攻坚行动方案》（环大气〔2019〕88号）中明确要求，要加大生物质锅炉治理力度。各地应结合第二次污染源普查等，建立生物质锅炉管理台账。积极推进城市建成区生物质锅炉超低排放改造。加快推进燃气锅炉低氮改造，暂未制定地方排放标准的，原则上按照氮氧化物排放浓度不高于50毫克/立方米进行改造。《长三角地区2019-2020年秋冬季大气污染综合治理攻坚行动方案》（环大气〔2019〕98号）中要求生物质锅炉应采用专用锅炉，配套旋风+布袋等高效除尘设施，禁止掺烧煤炭、垃圾、工业固体废物等其他物料。积极推进城市建成区生物质锅炉超低排放改造。推进4蒸吨/小时及以上的生物质锅炉安装烟气排放自动监控设施，并与生态环境部门联网。未安装自动监控设施的生物质锅炉，原则上一年内应更换一次布袋，并保留相应记录。加快推进燃气锅炉低氮改造。未出台地方排放标准的，原则上按照氮氧化物排放浓度不高于50毫克/立方米进行改造。2019年10月底前，上海基本完成燃气锅炉低氮改造。《汾渭平原2019-2020年秋冬季大气污染综合治理攻坚行动方案》（环大气〔2019〕98号）要求加快推进燃气锅炉低氮改造，暂未制定地方排放标准的，原则上按照氮氧化物排放浓度不高于50毫克/立方米进行改造。

## 标准限值相对宽松，排放水平依然较高

我市现执行的《锅炉大气污染物排放标准》（DB50/658-2016）实施已接近4年，且对各类污染物浓度限值的要求主要依据2012年原地方大气污染综合标准，除主城区外，其他区域NO*x*、SO2限值过于宽松：对在用燃煤锅炉SO2执行400-550 mg/m3的限值，对所有在用锅炉NO*x*执行400mg/m3的限值。而新建锅炉NO*x*执行200-300 mg/m3的限值与全国其他重点地区省市的标准比较显得过于宽松。

## 原有锅炉地标已滞后于现行大气环境管理需求

近年来重庆市主城区大气环境质量改善明显，但受承接主城区部分工业企业的影响，江津、璧山、合川、荣昌、铜梁等渝西地区大气环境质量改善相对滞后，原标准中，突出主城区大气环境管理按照主城区、影响区和其他地区三个区域来制定限值的管理思路，已经不能很好的服务于现阶段区域性大气污染现状，因此十分有必要对标准进行调整，以满足新形势下重庆市大气污染防治和管理需求。

# 国内外锅炉大气污染物排放控制相关标准及技术研究

## 国外相关标准

### 美国

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

表1 二氧化硫限值要求

| 锅炉类别 | SO2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 | 硫除率 | 排放限值 |
| - | 87（170mg/m3） | - | 87（170mg/m3） |
| 90% | 520(脱硫前)（1121 mg/m3） | 92% | 520(脱硫前)（1121 mg/m3） |
| 燃煤矸石锅炉 | - | 87（132 mg/m3） | - | - |
| 80% | 520(脱硫前)（788 mg/m3） | - | - |
| 燃油锅炉 |  | 87（250mg/m3） | - | 87（250mg/m3） |
| 90% | 340(脱硫前)（1082 mg/m3） | 92% | 520(脱硫前)（1082 mg/m3） |
| 燃气锅炉 | - | - | - | 87（250 mg/m3） |
| - |  | 92% | 520(脱硫前)（2213 mg/m3） |

表2 颗粒物限值要求

| 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/m3） | 13（25mg/m3） | 22（99.8%去除率）（42mg/m3） |
| 燃煤矸石锅炉 | 22（33mg/m3） | 13（20mg/m3） | 22（99.8%去除率）（33mg/m3） |
| 燃油锅炉 | 43（137mg/m3） | 13（41mg/m3） | 22（99.8%去除率）（64mg/m3） |
| 燃木料炉 | 43 | 13 | 22（99.8%去除率） |
| 燃固废锅炉 | 43 | 13 | 22（99.8%去除率） |

表3 氮氧化物限值要求

| 锅炉类别 | NO*x*排放浓度（ng/J） |
| --- | --- |
| 燃煤锅炉 | 87（169mg/m3） |
| 燃油锅炉 | 87（250mg/m3） |
| 燃气锅炉 | 87（250mg/m3） |

**美国南加州空气质量管理区燃气工业锅炉排放限值**

南加州空气质量管理区于2003年修订了辖区内燃气工业锅炉的排放限值，表4列出了排放限值及达标时间。

表4 南加州空气质量管理区的燃气锅炉NO*x*排放限值

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 分类 | 排放限值（mg/m3） | 执行时间 |
| 所有燃气锅炉 | 60 | 2008年9月5日 |
| ≥22MW | 10 | 2013年1月1日 |
| 6≤P＜22 | 18 | 2014年1月1日 |
| 10 | 2016年1月1日 |
| 1.5<P＜6 | 18 | 2015年1月1日 |

注：美国对燃气锅炉的规模限定为大于1.5MW。

### 欧盟

由于欧盟没有专门制定关于锅炉的大气污染物排放标准，燃烧设备均采用《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）。

欧洲的排放限值（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和燃气为主，燃油较少，木材更少。我国大中型燃烧设备以燃煤和燃气为主，欧盟燃煤、燃油和燃气都较多。

表5 欧盟锅炉（＞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/m3） | 0.5（1.45mg/m3） | 140（6）（400mg/m3） | 30 |
| 二氧化氮 | 180（350mg/m3） | 70（200mg/m3） | 100（290mg/m3） | 150 |
| 总悬浮颗粒物 | 60（110mg/m3） | - | 50（7）（mg/m3） | 50 |
| PM10 | 60（110mg/m3） | - | 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）。 |

### 日本

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。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。

允许排放量（Nm3/h）=K\*10-3\*He2；

一般排放标准：系数=3.0-17.5；

特殊排放标准：系数=1.17-2.34。

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，具体排放限值见表6。

表6 日本锅炉烟尘、粉尘和氮氧化物的排放标准

| 类型 | 烟尘和粉尘 | 氮氧化物 |
| --- | --- | --- |
| 规模 | 一般mg/m3 | 特定mg/m3 | 规模 | 标准mg/m3 |
| 燃气锅炉 | 40,000 m3- | 50 | 30 | 500,000m3- | 123 |
| 500,000m3-40,000m3 | 205 |
| -40,000 m3 | 100 | 50 | -40.000m3--10,000m3 | 266.5 |
| -10,000m3 | 307.5 |
| 液体燃料锅炉或气液混合燃料锅炉 | 200,000 m3 | 50 | 40 | 500,000m3 | 266.5 |
| 40,000m3-200,000m3 | 150 | 50 | -10,000m3500,000m3 | 307.5 |
| 10,000m3-40,000m3 | 250 | 150 |
| -10,000m3 | 300 | 150 | -10,000m3 | 369 |
| 黑液锅炉或黑液混合气体、液体燃料锅炉 | 200,000m3- | 150 | 100 | 500,000m3- | 266.5 |
| 40,000m3-200,000m3 | 250 | 150 | 10,000m3-500,000m3 | 307.5 |
| -40,000m3 | 300 | 150 | -10,000m3 | 369 |
| 液体燃料（受热面积小于10m2） |  | 300 | 150 |  | 533 |
| 燃煤锅炉 | 200,000m3- | 100 | 50 | 700,000m3- | 410 |
| -200,000m3-40,000m3 | 200 | 100 | -700,000m340,000m3 | 512.5 |
| -40,000m3 | 300 | 150 | -40,000m3 | 615 |
| 固体燃料锅炉\*4（受热面积在10m2以上。） | 40,000m3- | 300 | 150 | 700,000m3- | 410 |
| -700,000m340,000m3 | 512.5 |
| -40,000m3 | 300 | 200 | -40,000m3 | 615 |
| 固体燃料锅炉（受热面积小于10m2） |  | 300 | 200 |  | 717.5 |
| 其他锅炉 | 40,000m3 | 300 | 150 | 500,000m3- | 266.5 |
| -500,000m3-10,000m3 | 307.5 |
| -40,000m3 | 300 | 200 |
| -10,000m3 | 369 |

## 国内相关标准

### 直辖市及重点区域

为了解国内直辖市及重点区域《锅炉大气污染物排放标准》的限值水平，本节引用的锅炉大气污染物排放地方标准如下：

国标《锅炉大气污染物排放标准》（GB13271-2014）

北京市《锅炉大气污染物排放标准》(DB11/139-2015)

天津市《锅炉大气污染物排放标准》(DB12/151-2016)

上海市《锅炉大气污染物排放标准》(DB31/387-2018)

山东省《锅炉大气污染物排放标准》(DB37/2374-2018)

广东省《锅炉大气污染物排放标准》(DB44/765-2019)

杭州市《锅炉大气污染物排放标准》(DB3301/T 0250-2018)

河北省《锅炉大气污染物排放标准》(DB13/××-2019)（二次征求意见稿）

重庆市《锅炉大气污染物排放标准》(DB50/658-2016)

#### 在用锅炉标准限值

表7给出了目前国标、重庆市和其他直辖市及重点地区城市的锅炉标准中对于在用锅炉的污染物排放限值的规定。

表7 直辖市及重点区域在用锅炉各标准排放限值

单位：mg/m³

| 标准 | 类型 | 颗粒物 | 二氧化硫 | 氮氧化物 |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 国标（2014） | 燃煤锅炉 | 80 | 400，550（1） | 400 |
| 燃油锅炉 | 60 | 300 | 400 |
| 燃气锅炉 | 30 | 100 | 400 |
| 重点地区 | 燃煤锅炉 | 30 | 200 | 200 |
| 燃油锅炉 | 30 | 100 | 200 |
| 燃气锅炉 | 20 | 50 | 150 |
| 北京市（2015） | 高污染燃料禁燃区内 | 5 | 10 | 80 |
| 高污染燃料禁燃区外 | 10 | 20 | 150 |
| 天津市（2016） | 燃煤锅炉 | 禁燃区内 | 禁排 | 禁排 | 禁排 |
| 禁燃区外 | 30 | 100 | 200 |
| 燃油锅炉 | 禁燃区内 | 30 | 50 | 300 |
| 禁燃区外 | 30 | 50 | 300 |
| 燃气锅炉 | 禁燃区内 | 10 | 20 | 150 |
| 禁燃区外 | 10 | 20 | 150 |
| 生物质成型燃料锅炉 | 20 | 30 | 150 |
| 上海市（2018） | 第一阶段（至2020年9月30日） | 气态燃料锅炉 | 20 | 20 | 150 |
| 其他锅炉 | 20（2）,100 |
| 第二阶段（2020年10月1日起） | 气态燃料锅炉 | 10 | 10 | 50 |
| 其他锅炉 | 20 | 50（3）,80（4） |
| 生物质燃料锅炉 | 20 | 20 | 150 |
| 山东省（2018） | 燃油锅炉 | 20 | 100 | 250 |
| 燃气锅炉 | 10 | 50 | 200 |
| 其他燃料锅炉 | 20 | 200 | 300 |
| 广东省（2019） | 燃煤锅炉 | 30（5）50 | 200（5）300 | 200（5）300 |
| 燃油锅炉 | 30 | 100（5）200 | 200（5）250 |
| 燃气锅炉 | 20 | 50 | 150（5）200 |
| 燃生物质成型燃料锅炉 | 20 | 35（5）50 | 150（5）200 |
| 杭州市（2018） | 燃煤锅炉 | 燃煤热电锅炉 | 10 | 35 | 50 |
| 其他燃煤锅炉 | 20 | 50 | 150 |
| 燃油锅炉 | 30 | 200 | 250 |
| 燃气锅炉 | 20 | 50 | 150 |
| 燃生物质锅炉 | 20 | 50 | 150 |
| 掺烧垃圾（6）、 污泥锅炉 | 20 | 80 | 50 |
| 河北省（稿） | 燃煤锅炉 | 10 | 35 | 50/80（7） |
| 燃气锅炉 | 燃天然气 | 5 | 10 | 30 |
| 燃其他气体 | 5 | 10 | 100 |
| 燃油锅炉 | <20t/h (14MW) | 10 | 20 | 80 |
| ≥20t/h（14MW） | 10 | 20 | 50 |
| 燃生物质成型燃料锅炉 | <20t/h (14MW) | 20 | 30 | 150 |
| ≥20t/h（14MW） | 10 | 30 | 80 |
| 重庆市（2016） | 燃煤锅炉 | 主城区 | 30 | 200 | 200 |
| 影响区 | 50 | 400 | 400 |
| 其他区域 | 80 | 550 |
| 燃油锅炉 | 主城区 | 30 | 200 | 300 |
| 影响区 | 60 | 300 | 400 |
| 其他区域 |
| 燃气锅炉 | 主城区 | 30 | 50 | 400 |
| 影响区 | 100 |
| 其他区域 |

注：（1）位于广西壮族自治区、重庆市、四川省和贵州省的燃煤锅炉执行该限值；

（2）适用于生物质燃料锅炉；

（3）适用于上海市外环线区域内的其他锅炉；

（4）适用于上海市外环线区域外的其他锅炉；

（5）位于珠三角地区9个城市的锅炉执行该限值；

（6）掺烧垃圾锅炉排放标准为日均浓度值；

（7）在用层燃炉及抛煤机炉供暖锅炉执行该标准。

#### 新建锅炉标准限值

表8给出了目前国标、重庆市和其他直辖市及重点地区城市的锅炉标准中对于新建锅炉的污染物排放限值的规定。

表8 直辖市及重点区域新建锅炉排放各标准排放限值

单位：mg/m³

| 标准 | 类型 | 颗粒物 | 二氧化硫 | 氮氧化物 |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 国标(2014) | 燃煤锅炉 | 50 | 300 | 300 |
| 燃油锅炉 | 30 | 200 | 250 |
| 燃气锅炉 | 20 | 50 | 200 |
| 北京(2015) | 所有锅炉 | 5 | 10 | 30 |
| 天津市(2016) | 燃煤锅炉 | 20 | 50 | 150 |
| 燃油、燃气锅炉 | 10 | 20 | 80 |
| 生物质成型燃料锅炉 | 20 | 30 | 150 |
| 上海市(2018) | 气态燃料锅炉 | 10 | 10 | 50 |
| 其他锅炉 | 10 | 10 | 50 |
| 生物质燃料锅炉 | 20 | 20 | 150 |
| 山东省(2018) | 核心控制区 | 5 | 35 | 50 |
| 重点控制区 | 10 | 50 | 100 |
| 一般控制区 | 燃煤、油及气的锅炉 | 10 | 50 | 100（1） |
| 其他燃料锅炉 | 20 | 100 | 200（2） |
| 广东省(2019) | 燃煤锅炉 | 30 | 200 | 200 |
| 燃油锅炉 | 20 | 100 | 200 |
| 燃气锅炉 | 20 | 50 | 150 |
| 燃生物质成型燃料锅炉 | 20 | 35 | 150 |
| 成都市（稿） | 高污染燃料禁燃区内 | 10 | 10 | 30 |
| 高污染燃料禁燃区外 | 燃煤锅炉 | 禁排 | 禁排 | 禁排 |
| 燃油锅炉 | 20 | 20 | 100 |
| 燃气锅炉 | 10 | 10 | 60 |
| 生物质燃料锅炉 | 20 | 30 | 150 |
| 杭州市（2018） | 燃煤锅炉 | 燃煤热电锅炉及65吨（含）以上燃煤锅炉 | 5 | 35 | 50 |
| 其他燃煤锅炉 | 20 | 50 | 150 |
| 燃油锅炉 | 20 | 35 | 150 |
| 燃气锅炉 | 10 | 20 | 50 |
| 燃生物质锅炉 | 10 | 20 | 50 |
| 掺烧垃圾（1）、 污泥锅炉 | 5 | 35 | 50 |
| 河北省（稿） | 燃煤锅炉 | 10 | 35 | 50/80（2） |
| 燃气锅炉 | 燃天然气 | 5 | 10 | 30 |
| 燃其他气体 | 5 | 10 | 100 |
| 燃油锅炉 | <20t/h（14MW） | 10 | 20 | 80 |
| ≥20t/h（14MW） | 10 | 20 | 50 |
| 燃生物质成型燃料锅炉 | <20t/h（14MW) | 20 | 30 | 150 |
| ≥20t/h（14MW） | 10 | 30 | 80 |
| 重庆市(2016) | 燃煤锅炉 | 主城区 | 30 | 50 | 200 |
| 影响区 | 30 | 200 | 200 |
| 其他区域 | 50 | 300 | 300 |
| 燃油锅炉 | 主城区 | 30 | 100 | 200 |
| 影响区 | 200 | 250 |
| 其他区域 | 200 | 250 |
| 燃气锅炉 | 主城区 | 20 | 50 | 200 |
| 影响区 |
| 其他区域 |

注：（1）掺烧垃圾锅炉排放标准为日均浓度值；

（2）在用层燃炉及抛煤机炉供暖锅炉执行该标准。

### 周边省市

调研显示，目前周边省市中只有陕西省出台了锅炉大气污染物的地方排放标准，成都市的《锅炉大气污染物排放标准》目前处于征求意见稿阶段。因此，本节引用的锅炉大气污染物排放地方标准如下：

国标《锅炉大气污染物排放标准》（GB13271-2014）

成都市《锅炉大气污染物排放标准》(DB51/××-××)（征求意见稿）

陕西省《锅炉大气污染物排放标准》(DB61/1226-2018)

重庆市《锅炉大气污染物排放标准》(DB50/658-2016)

#### 在用锅炉标准限值

表9给出了周边省市在用锅炉各标准大气污染物排放限值的规定。

表9 周边省市在用锅炉各标准排放限值

单位：mg/m³

| 标准 | 类型 | 颗粒物 | 二氧化硫 | 氮氧化物 |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 国标（2014） | 燃煤锅炉 | 80 | 400，550（1） | 400 |
| 燃油锅炉 | 60 | 300 | 400 |
| 燃气锅炉 | 30 | 100 | 400 |
| 重点地区 | 燃煤锅炉 | 30 | 200 | 200 |
| 燃油锅炉 | 30 | 100 | 200 |
| 燃气锅炉 | 20 | 50 | 150 |
| 陕西省(2018) | 关中地区燃煤锅炉 | 10 | 35 | 50 |
| 陕北地区城市建成区燃煤锅炉 | 10 | 35 | 50 |
| 其他地区燃煤锅炉 | 单台出力≤65t/h的燃煤锅炉 | 30 | 100 | 200 |
| 天然气锅炉 | 10 | 20 | 50 |
| 其他燃气锅炉 | 10 | 50 | 150 |
| 燃油锅炉 | 10 | 20 | 150 |
| 生物质锅炉 | 城市建成区 | 10 | 20 | 50 |
| 其他地区 | 20 | 35 | 150 |
| 成都市（稿） | 高污染燃料禁燃区内 | 10 | 10 | 30 |
| 高污染燃料禁燃区外 | 燃煤锅炉 | 30 | 200 | 200 |
| 燃油锅炉 | 30 | 100 | 200 |
| 燃气锅炉 | 20 | 50 | 150 |
| 生物质燃料锅炉 | 30 | 50 | 200 |
| 重庆市（2016） | 燃煤锅炉 | 主城区 | 30 | 200 | 200 |
| 影响区 | 50 | 400 | 400 |
| 其他区域 | 80 | 550 |
| 燃油锅炉 | 主城区 | 30 | 200 | 300 |
| 影响区 | 60 | 300 | 400 |
| 其他区域 |
| 燃气锅炉 | 主城区 | 30 | 50 | 400 |
| 影响区 | 100 |
| 其他区域 |

注：（1）位于广西壮族自治区、重庆市、四川省和贵州省的燃煤锅炉执行该限值。

#### 新建锅炉标准限值

表10给出了周边省市新建锅炉各标准大气污染物排放限值的规定。

表10 周边省市新建锅炉排放各标准排放限值

单位：mg/m³

| 标准 | 类型 | 颗粒物 | 二氧化硫 | 氮氧化物 |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 国标(2014) | 燃煤锅炉 | 50 | 300 | 300 |
| 燃油锅炉 | 30 | 200 | 250 |
| 燃气锅炉 | 20 | 50 | 200 |
| 陕西省(2018) | 关中地区燃煤锅炉 | 10 | 35 | 50 |
| 陕北地区城市建成区燃煤锅炉 | 10 | 35 | 50 |
| 其他地区燃煤锅炉 | 单台出力≤65t/h的燃煤锅炉 | 30 | 100 | 200 |
| 天然气锅炉 | 10 | 20 | 50 |
| 其他燃气锅炉 | 10 | 50 | 150 |
| 燃油锅炉 | 10 | 20 | 150 |
| 生物质锅炉 | 城市建成区 | 10 | 20 | 50 |
| 其他地区 | 20 | 35 | 150 |
| 成都市（稿） | 高污染燃料禁燃区内 | 10 | 10 | 30 |
| 高污染燃料禁燃区外 | 燃煤锅炉 | 禁排 | 禁排 | 禁排 |
| 燃油锅炉 | 20 | 20 | 100 |
| 燃气锅炉 | 10 | 10 | 60 |
| 生物质燃料锅炉 | 20 | 30 | 150 |
| 重庆市(2016) | 燃煤锅炉 | 主城区 | 30 | 50 | 200 |
| 影响区 | 30 | 200 | 200 |
| 其他区域 | 50 | 300 | 300 |
| 燃油锅炉 | 主城区 | 30 | 100 | 200 |
| 影响区 | 200 | 250 |
| 其他区域 | 200 | 250 |
| 燃气锅炉 | 主城区 | 20 | 50 | 200 |
| 影响区 |
| 其他区域 |

## 现有标准与国内外标准限值对比

### 与国外标准对比

重庆市现有标准于美国、欧盟和日本标准的对比如表11~表13所示，对比的主要内容包括燃煤锅炉、燃油锅炉和燃气锅炉的各个污染物标准规定的较小和较大排放限值。由于目前欧美日等国家空气质量相对较好，且对企业要求更注重污染过程控制管理，因此，对末端排放污染物的限值要求要宽松于国内标准。

表11 燃煤锅炉排放限值与国外标准比较

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 标准类别 | 颗粒物（mg/m³） | 二氧化硫（mg/m³） | 氮氧化物（mg/m³） |
| **现有标准** | **30-80** | **50-550** | **200-400** |
| 美国 | 25-45 | 170-1100 | 170 |
| 欧盟 | 110 | 1750 | 350 |
| 日本 | 50-300 | - | 400-600 |

表12 燃油锅炉排放限值与国外标准比较

| 标准类别 | 颗粒物（mg/m³） | 二氧化硫（mg/m³） | 氮氧化物（mg/m³） |
| --- | --- | --- | --- |
| **现有标准** | **30-60** | **100-300** | **200-400** |
| 美国 | 40-60 | 250 | 250 |
| 欧盟 | 110 | 400 | 300 |
| 日本 | 150-300 |  | 530 |

表13 燃气锅炉排放限值与国外标准比较

| 标准类别 | 颗粒物（mg/m³） | 二氧化硫（mg/m³） | 氮氧化物（mg/m³） |
| --- | --- | --- | --- |
| **现有标准** | **20-30** | **50-100** | **200-400** |
| 美国 | / | 250-520 | 250 |
| 欧盟 | / | / | 200 |
| 日本 | 30-100 | - | 120-300 |

### 与国内标准对比

2014年国家发布了《锅炉大气污染物排放标准》（GB 13271-2014），重庆市于2016年发布并实施《锅炉大气污染物排放标准》（DB 50/658-2016），本次标准修订与国内锅炉大气污染物排放标准对比工作，时间界定为与GB 13271-2014之后出台的相关地方标准，即2014年以后出台的锅炉新标准和个地方出台并修订的地方标准。为更直观的了解各省市与重庆标准的对比，本节采用标准内较严格区域的排放限值进行对比，禁排区域选取其他区域较低限值进行对比。例如，重庆市均为2016年标准的主城区排放限值，山东为其2018年标准中核心控制区的排放限值等，但本次对比国标中未使用重点区域排放限值。

#### 燃煤锅炉对比

目前我市燃煤锅炉限值与国内标准相比，颗粒物、二氧化硫、氮氧化物均严于国家标准，但与其他标准较严格省市的标准相比，各类污染物的排放限值较为宽松。

|  |
| --- |
|  |

图1 在用燃煤锅炉排放限值与国内标准比较（单位：mg/m³）

|  |
| --- |
|  |

图2 新建燃煤锅炉排放限值与国内标准比较（单位：mg/m³）

#### 燃油锅炉对比

对于燃油锅炉，我市现有标准与国内标准相比，颗粒物、二氧化硫、氮氧化物略严于国家标准，但与其他标准较严格省市的标准相比，各类污染物的排放限值较为宽松。

|  |
| --- |
|  |

图3 在用燃油锅炉排放限值与国内标准比较（单位：mg/m³）

|  |
| --- |
|  |

图4 新建燃油锅炉排放限值与国内标准比较（单位：mg/m³）

#### 燃气锅炉对比

对于燃气锅炉，我市现有标准与国内标准相比，在用燃气锅炉二氧化硫略严于国家标准，新建锅炉与国家标准一致；但与其他标准较严格省市的标准相比，各类污染物的排放限值较为宽松。

|  |
| --- |
|  |

图5 在用燃气锅炉排放限值与国内标准比较（单位：mg/m³）

|  |
| --- |
|  |

图6 新建燃气锅炉排放限值与国内标准比较（单位：mg/m³）

#### 生物质成型燃料锅炉

对于生物质成型燃料锅炉与燃煤锅炉一致，我市现有标准与国内标准相比，在用生物质成型燃料锅炉颗粒物、二氧化硫、氮氧化物均严于国家标准，但与其他标准较严格省市的标准相比，各类污染物的排放限值较为宽松。

|  |
| --- |
|  |

图7 在用生物质成型燃料锅炉排放限值与国内标准比较（单位：mg/m³）

|  |
| --- |
|  |

图8 新建生物质成型燃料锅炉排放限值与国内标准比较（单位：mg/m³）

## 锅炉大气污染物控制技术

### 颗粒物控制技术

锅炉烟气除尘的方法主要包括静电式除尘、袋式除尘技术及电袋复合除尘技术。

**（一）静电除尘技术**

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。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。

静电除尘器的工作原理是在电晕极和收尘极间通上高压直流电，由此产生的强电场使气体电离，带有正、负离子的粉尘颗粒分别向电晕极和收尘极游移并最终沉积在极板上，形成积灰，积灰通过振打装置落进灰斗。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0.01～100μm，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100～200Pa；可处理高温、高压的含尘气流。

静电除尘技术对飞灰的性质（成分、粒径、密度、比电阻、黏附性等）十分敏感，同时，运行工况对除尘效率也有很大影响。此外，静电除尘器不能捕集有害气体，对工作人员的操作水平要求较高。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104～5×1010Ω•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。

**（二）袋式除尘技术**

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。

袋式除尘器的工作过程包含过滤和清灰两步骤。

过滤：利用有机纤维或无机纤维的拦截、惯性、扩散、重力、静电等协同作用将含尘气体中的固体粉尘过滤（捕集）而分离出来；清灰是指当滤袋表面的粉尘积聚达到阻力设定值时，清灰部件会将滤袋表面的烟尘清除，使除尘器保持过滤与清灰的连续运作。

袋式除尘器不受燃烧煤种、尘的比电阻、浓度、粒度和烟气工况变化等影响，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，因占地面积小、效率高、性能好、操作系统简单一直受到市场青睐，可实现较为稳定的低排放。但滤料需定期更换，从而增加了设备的运行维护费用，劳动条件也差。除尘效率为99.50%～99.99%，出口颗粒物浓度可控制在20mg/m3以下，当采用高精过滤滤料时，出口烟尘浓度可以实现10mg/m3以下。袋式除尘器的缺点是受滤袋材料的限制，同时，也受工况限制。此外，袋式除尘器的运行阻力不能超过1500Pa，若超过这个定值，滤袋易破损、脱落。

**（三）电袋复合除尘技术**

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。

电袋复合式除尘技术有机结合了静电除尘和过滤除尘两种原理，是电除尘与袋式除尘有机结合的一种复合除尘技术。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。

含尘烟气进入除尘器后，70%～80%的烟尘被收集下来，剩余的20%～30%的细烟尘被滤袋过滤收集。电袋复合式除尘器兼容了静电除尘器和袋式除尘器的优点，弥补了两者的不足，除尘机理科学。

电袋复合除尘一体式电袋复合除尘器技术最为成熟，应用最为广泛。电袋复合除尘技术具有长期稳定低排放、运行阻力低、滤袋使用寿命长、运行维护费用低、占地面积小、使用范围广的特点。除尘效率为99.50%～99.99%，出口烟尘浓度通常在20mg/m3以下。超净电袋复合除尘技术可实现出口烟尘浓度长期稳定小于10mg/m3。耦合增强电袋复合除尘技术可实现除尘器出口烟尘浓度小于5mg/m3。

另外，10t/h以上燃煤锅炉可采用超低排放技术进行改造，使锅炉达标排放。

表14 颗粒物治理技术比较

| 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 |
| --- | --- | --- | --- |
| 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。** | 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**。 | 小 |
| 电袋复合除尘器 | 一体式电袋除尘器 | **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**。 | 较小 |
| 分体式电袋除尘器 | **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。**缺点**：压力损失大，对烟气温度、烟气成分较敏感。 | 设备费用较高；运行费用较高；经济性**较差**。 | 较大 |

### 烟气脱硫技术

除燃煤锅炉可选用低硫煤来控制二氧化硫排放外，烟气脱硫技术按脱硫过程可分为燃烧前脱硫、燃烧中脱硫、燃烧后脱硫和煤转化中脱硫四类方法。

**（1）燃烧前脱硫**

燃烧前脱硫技术一般是采取物理、化学或微生物方法把煤中含有的多余硫成分去除。燃烧前脱硫被广泛应用的是煤的洗选脱硫。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；燃烧前除去煤中矿物质，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%。除洗选脱硫外，还有煤的液化或气化加工脱硫，重油加氢脱硫等，但成本较高，应用范围有限。

**（2）燃烧中脱硫**

燃烧中脱硫一般是在煤燃烧时放入适量的脱硫剂，边燃烧、边脱硫，燃烧中炉内脱硫技术主要有炉内喷洒吸收剂技术和燃用固硫型煤技术及低氧燃烧技术。炉内喷洒吸收剂技术主要是循环流化床锅炉使用炉内喷钙脱硫，脱硫效率在50%～70%。固硫型煤技术是向煤粉中加入粘结剂和固硫剂，压制成具有一定形状的块状燃料，脱硫率可达40%～60%。低氧技术是在炉膛出口过剩空气系数为1.03～1.05的燃烧技术，减少SO2和SO3的形成，此种技术在平衡通风中难以实现，一般用于微正压的燃油炉。

**（3）燃烧后脱硫**

燃烧后脱硫技术是对燃烧排放气体的烟气脱硫技术，是目前应用的最广、规模最大，也是最行之有效的脱硫方法。按脱硫剂和脱硫产物的干湿状态又分为湿法、干法和半干半湿法三种工艺。

①干法脱硫技术

一般采用可循环再生的吸附材料，来除掉烟气中的SO2，用水清洗后可以重复使用。吸附装置脱硫的效率很高，并且烟气的温度很低，不会造成二次污染。一般吸附颗粒的大小有严格要求，避免因颗粒过大造成吸附口堵塞和中毒。弊端是吸附剂反复利用，清洗麻烦，花费较大。

②湿法脱硫技术

较传统、技术较成熟有效的脱硫方法，应用范围最广，规模最大，全球范围内85%的脱硫装置都是湿法脱硫装置。一般不同的吸收剂决定着不同的湿法脱硫方法，常见的有石灰石法、石灰石-石膏法、双碱法、氧化镁法、氨法、氢氧化钠法、海水法和亚硫酸钠循环吸收法等。此外膜法和微生物法还处在研究阶段，未正式投入使用。湿法脱硫等可以实现二氧化硫达到50mg/m3以下。但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。

其中，石灰/石灰石-石膏法烟气脱硫技术是目前发达国家也是全世界应用数量最多、运行最稳定的烟气脱硫技术。石灰石-石膏湿法脱硫技术以含石灰石粉的浆液为吸收剂，吸收烟气中SO2、HF和HCL等酸性气体。石灰石-石膏湿法脱硫技术成熟，可根据入口烟气条件和排放要求，通过改变物理传质系数或化学吸收效率等调节脱硫效率，可长期稳定运行并实现达标排放。脱硫效率为95.0%～99.7%，还可部分去除烟气中的SO3、颗粒物和重金属。石灰石-石膏法占地面积较大，一次性建设投资大。

双碱法是可溶性的碱在塔内与二氧化硫反应生成可溶性盐，在塔内添加脱硫剂进行再生，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SO2。双碱法脱硫效率高(大于80%)，但系统比较复杂，占地面积较大。

氧化镁法是用氧化镁熟化后生成的乳液作为吸收剂吸收SO2。氧化镁法脱硫效率高(大于80%)，低液气比、低能耗、运行稳定可靠。

烟气循环流化床脱硫技术利用循环流化床反应器，通过吸收塔内与塔外的吸收剂的多次循环，增加吸收剂与烟气接触时间，提高脱硫效率和吸收剂的利用率。烟气循环流化床脱硫技术具有工艺流程简洁、占地面积小、节能节水等特点。脱硫效率为93%～98%，吸收塔入口SO2浓度低于3000mg/m3时出口SO2浓度可达到100mg/m3以下，入口SO2浓度低于1500mg/m3时出口SO2浓度可达到35mg/m3以下。

氨法脱硫技术是溶解于水中的氨与烟气中的SO2发生反应，最终副产品为硫酸铵。氨法脱硫效率高、无废渣排放、低液气比、低能耗，适用于高硫煤，可在较小的液气比条件下实现95%以上的脱硫效率，但要求入口烟气含尘量小于35mg/m3。副产品硫酸铵作为化肥原料，可实现资源回收利用。脱硫效率为95.0%～99.7%。

③半干半湿法脱硫技术

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

表15 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） | 93-98 | 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 | NH3 |
| 氧化镁法 | ＞80 | MgO |

### 烟气脱氮技术

对于燃烧产生的NO*x*污染的控制技术主要包括燃烧前燃料脱氮、燃烧中改进燃烧方式、燃烧后烟气脱硝技术。

**（1）燃料脱氮技术**

燃料脱氮技术在锅炉NO*x*控制领域目前仍未很好开发利用，有待今后进一步研究。

**（2）燃烧中改进燃烧方式**

燃烧中改进燃烧方式和生产工艺脱氮技术国内外已做了大量研究，其在锅炉NO*x*控制技术实现大规模商业化应用的主要为低氮燃烧技术，包括低氮燃烧器技术（LNBs）、分级燃烧技术和烟气再循环等。燃烧中脱硝一般采用对燃烧过程进行控制，降低燃料周围的氧浓度，减小炉内过剩空气系数，降低炉内空气总量，或减小一次风量及挥发分燃尽前燃料与二次风的混和，降低着火区段的氧浓度；在氧浓度较低的条件下，维持足够的停留时间，抑制燃料中的氮生成NO*x*，同时还原分解已生成的NO*x*；在空气过剩的条件下，降低燃烧温度，减少热力型NOx的生成。低氮燃烧技术一般可使NO*x*的排放量降低30%～60%。

1）低氮燃烧器技术

化石燃料燃烧的NO*x*生成机制主要包括热力型、快速型及燃料型。

①热力型NO*x*（Thermal NO*x*），在高温烟气（大于1400℃后）显著增加，N元素来源于空气中的N2；

②快速型NO*x*（Promp），N元素来源于助燃气体中的N2，生成量主要受氧气浓度和燃料与氧气化学当量比影响；

③燃料型NO*x*（Fuel NO*x*），N元素来源于燃料中的氮成分，其生成主要受燃料中的氮成分和助燃气体中的氧气浓度影响。

因此，NO*x*的生成主要由烟气温度和氧气浓度决定。因此，当前工业中的燃气低氮燃烧技术的一个重要控制方式就是通过改进燃烧技术降低气体燃料燃烧过程中的烟气温度。降低烟气温度的核心指导原则：在时间上，将热量释放的峰值降低，降低化学反应速率、延长反应时间；在空间上，将热量分散在更广阔的空间。

针对以上指导原则，在燃气燃烧器的设计及布置方案中有若干具体的实施措施：1）燃料分级：有烟气内循环、燃气和空气高速差配合等类型；2）空气分级：有燃烧器喷嘴的空气分级和炉膛空间上的空气分级；3）烟气再循环：有传统烟气再循环和O2/CO2烟气再循环。

低氮燃烧技术仅需对锅炉内部进行改造，适用性强，在氮氧化物达标工艺中可优先考虑。低氮燃烧技术氮氧化物减排率可达20%～50%，并且一般不增加能耗。层燃炉可通过改炉拱和合理配风、烟气再燃、混然技术实现低氮燃烧；煤粉炉、燃油锅炉、燃气锅炉可以通过安装低氮燃烧器来实现。

2）分级燃烧技术

燃气工业锅炉低氮改造中，分级燃烧技术是实现80mg/m3排放标准最常规的燃烧技术之一。

分级燃烧又可分为空气分级与燃料分级两种。

空气分级燃烧是将所有空气分段送入，通常将理论空气量的70-80%作为一次风送入炉膛，使燃料在富氧燃料中稳定着火燃烧（一次燃烧区），形成浓相核心火焰。由于燃烧速度和温度峰值降低，减少了热力型NO*x*。其余空气以二次风或三次风形式送入，使燃料进入空气过剩区域（燃尽区），燃尽风的投入并迅速与燃烧产物混合，保证燃尽。虽然这次空气量很多，但由于火焰温度较低，在二次燃烧区不会产生较多的NO*x*，因而总NO*x*生成量得以控制。燃烧器实现空气分级燃烧是通过推迟混合，分级送入二次风或三次风控制燃烧过程。

燃料分级燃烧是将燃烧过程中以及生成的NO*x*还原为N2，采用二次燃烧，在欠氧条件下燃烧形成活化原子团，用它还原主燃区产生的NO*x*。该法是将炉膛内的燃料燃烧过程设计成三个区域：主燃烧区、再燃还原区、燃尽区。在主燃烧区后注入二次燃料形成还原气氛，在高温和还原气氛下生成碳氢原子团，并与主燃区形成的NO*x*发生反应，将其还原。燃尽区送入燃尽风，完成燃尽过程。正常情况下，利用约20%的二次燃料可还原NO*x*总量的50%~60%。

3）烟气再循环技术

燃气锅炉低氮燃烧改造中，烟气再循环技术FGR是其中常用改造技术之一。将部分烟气回收进入燃烧器再次利用，进入炉膛的热风可提高效率、节能环保。烟气再循环的基本原理是将部分低温烟气直接送入炉内，或与空气（一次风或二次风）混合送入炉内，因烟气吸热和稀释了氧浓度，使燃烧速度和炉内温度降低，因而热力NO*x*可减少60%~70%，一般烟气外循环FGR量不超过15%。

（3）燃烧后烟气脱氮方式

燃烧后处理是指对排放出的烟气进行脱硝处理，主要包括选择性催化还原技术(SCR)、选择性非催化还原技术(SNCR)和湿法的氧化吸收法、吸附法等，其在锅炉NO*x*控制技术实现大规模商业化应用的主要为还原法烟气脱硝技术，主要有选择性催化还原法(SCR)烟气脱硝技术和选择性非催化还原法(SNCR)烟气脱硝技术。

选择性非催化还原技术(SNCR)是一种成熟的脱硝技术，该法在不使用催化剂的情况下，在炉膛烟气温度适宜处将氨水（质量浓度20%～25%）或尿素溶液（质量浓度10%~50%）通过雾化喷射系统直接喷入炉膛合适温度区域（850~1100℃），雾化后的氨与NO*x*（NO、NO2等混合物）进行选择性非催化还原反应，将NO*x*转化成无污染的N2。SNCR工艺的NO*x*脱除效率主要取决于反应温度窗口、NH3和NO*x*的化学计量比、混合程度、反应时间等。SNCR工艺的温度控制至关重要，最佳反应温度是950℃~1050℃，若温度过低，NH3的反应不完全，容易造成NH3泄漏；而温度过高，NH3则容易被氧化为NO*x*，抵消了NH3的脱除效率。脱硝效率一般在50~80％，不需要使用催化剂，占地面积较小，费用较低，建设周期短，改造方面，运行维护简单，但温度不容易控制在脱硝有效范围（800～1100℃），而不在该温度范围内，氨气容易氧化或逃逸，造成NO浓度增加或氨污染。SNCR技术适用于小型煤粉炉和循环流化床锅炉。煤粉炉采用SNCR脱硝技术的脱硝效率为30%～40%，循环流化床锅炉采用SNCR脱硝技术的脱硝效率为60%～80%，SNCR系统阻力较小，运行能耗低。SNCR技术受锅炉运行工况波动导致的炉内温度场、流场分布不均影响较大，脱硝效率不稳定，氨逃逸量较大，下游设备存在堵塞和腐蚀的风险。

选择性催化还原技术(SCR)是利用脱硝还原剂(液氮、氨水、尿素等)，在催化剂作用下选择性地将烟气中地NO*x* (主要是NO、NO2)还原成氮气(N2)和水(H2O)，从而达到脱除NO*x*的目的。其特点是技术成熟，需要在锅炉省煤器与空气预热器之间设置SCR反应器催化剂，增加了装置和占用空间，投资和运行费用大，未反应的还原剂有二次污染问题，烟气中SO2易与NH3、N2发生反应生成硫酸铵，造成催化剂堵塞和中毒，其普遍使用的还原剂是氨，近年来也使用尿素、氨水。其脱硝效率高，脱硝率可达50%~90%，能耗主要来自于风机的电耗。

SNCR-SCR联合脱硝技术是将SNCR与SCR组合应用，即在炉膛上部的高温区域(850℃～1150℃)采用SNCR技术脱除部分NO*x*，再在炉外采用SCR技术进一步脱除烟气中NO*x*。SNCR-SCR联合脱硝系统一般由还原剂储存系统、还原剂混合喷射系统、反应器系统及监测控制系统等组成。与SCR脱硝技术相比，SNCR-SCR联合脱硝技术中的SCR反应器一般较小，催化剂层数较小，一般利用SNCR的逃逸氨进行脱硝。SNCR-SCR联合脱硝技术的脱硝效率一般为55%～85%。脱硝系统能耗介于SNCR技术和SCR技术的能耗之间。

工业锅炉的结构和燃烧方式有别于发电锅炉，运行不稳定，运行方式也不相同，相较电站锅炉而言，锅炉容量较小。烟气量小，烟尘排放规模小。SCR、SNCR和低氮燃烧技术作为比较成熟的技术已在火力发电厂烟气脱硝中得到广泛应用，但由于锅炉运行不稳定等原因，在工业锅炉中应用较少。建议对于负荷稳定的生产用锅炉，依据初始烟气氮氧化物浓度及排放标准，选择SCR或SNCR法。

表16 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 |

### 汞及其化合物治理技术

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

# 重庆市锅炉概况

根据重庆市污染普查结果，截止2017年底重庆市共有工业锅炉4283台， 7146.8蒸吨；生活锅炉（生活锅炉统计的均为额定出力大于等于1蒸吨的锅炉）涉及单位764家，约1513.3蒸吨。工业和生活锅炉共计5047台，共8660.1蒸吨。

## 重庆市工业锅炉概况

重庆市的工业锅炉在除渝中区外的其他区县均有分布，涉及到的主要行业为白酒制造、豆制品制造以及牲畜屠宰等生产过程中需要供热的部门，以燃煤、燃气锅炉为主，蒸吨分布以2t/h以下居多。现有4283台工业锅炉中，有燃煤锅炉2102（49.1%）台，燃气锅炉1644（38.4%）台，燃生物质锅炉482（11.3%）台，燃油锅炉51（1.2%）台，其他锅炉4（0.1%）台。

图9 重庆市工业锅炉构成

重庆市工业锅炉额定出力分布以0.25蒸吨/小时居多（44.1%），10蒸吨/小时以上较少（1.7%）。不同类型锅炉的蒸吨分布情况也有所不同，燃煤锅炉平均额定出力为0.84蒸吨/小时，低于燃气锅炉平均额定出力为2.82蒸吨/小时。燃煤锅炉中额定出力在2蒸吨/小时及以下的锅炉占燃煤锅炉的94.5%，其中0.25蒸吨以下的占燃煤锅炉的比例66.0%，燃气锅炉的额定出力在0~4蒸吨/小时占燃气锅炉的86.3%。

图10 重庆市工业锅炉蒸吨分布

|  |  |
| --- | --- |
| 图11 重庆市燃煤工业锅炉额定出力分布 | 图12 重庆市燃气工业锅炉额定出力分布 |

从工业锅炉的地区分布来看，在主城区共有锅炉805台，其中燃煤、燃气、燃油、燃生物质锅炉分别为35台、636台、16台和118台。主城区燃气锅炉数量占主城区锅炉的79.0%，渝西片区燃煤锅炉（680台）和燃气锅炉（745台）数量接近，占比均在40%以上；渝东南和渝东北区域的锅炉则以燃煤锅炉为主。各区中万州区（370台）和涪陵区（213台）的工业锅炉数量最多，此外开州区、梁平区、九龙坡区、两江新区、合川区、江津区等锅炉数量也相对较；各县中云阳县（170台）、垫江县（137台）、秀山县（136台）锅炉的数量也相对较多，且燃煤锅炉所占比例也相对较大。

|  |
| --- |
|  |

图13重庆市主城区和渝西片区工业锅炉数量分布

|  |
| --- |
|  |

图14重庆市渝东南和渝东北片区工业锅炉数量分布

根据测算重庆市工业锅炉2017年颗粒物、二氧化硫、氮氧化物和汞的产生总量分别为：52107吨、12012吨、2628吨和95千克，排放总量分别为：5324吨、4689吨、2558吨和34千克。可计算得到颗粒物、二氧化硫、氮氧化物和汞的平均处理效率分别为89.8%、61.0%、2.7%和63.9%。

表17 2017年工业锅炉主要大气污染物排放情况

| **锅炉类型** | **燃煤锅炉** | **燃油锅炉** | **燃气锅炉** | **燃生物质锅炉** | **其他锅炉** | **合计** |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 蒸吨数 | 1759 | 137 | 4633 | 617 | 0.82 | 7147 |
| 锅炉数量 | 2102 | 51 | 1644 | 482 | 4 | 4283 |
| PM产生量(t) | 48798 | 37 | 2316 | 956 | 1 | 52107 |
| PM排放量(t) | 4530 | 37 | 326 | 431 | 1 | 5324 |
| PM处理效率 | **90.7%** | 0.1% | **85.9%** | 54.9% | 0.0% | 89.8% |
| SO2产生量(t) | 8551 | 44 | 1013 | 2404 | 2 | 12013 |
| SO2排放量(t) | 2079 | 44 | 207 | 2358 | 2 | 4689 |
| SO2处理效率 | **75.7%** | 0.1% | **79.6%** | 1.9% | 0.0% | 61.0% |
| NO*x*产生量(t) | 1317 | 98 | 1035 | 178 | 0 | 2628 |
| NO*x*排放量(t) | 1256 | 98 | 1025 | 178 | 0 | 2557 |
| NO*x*处理效率 | 4.6% | 0.0% | 1.0% | 0.0% | - | 2.7% |
| 废气汞产生量(kg) | 95 | 0 | 0 | 0 | 0 | 95 |
| 废气汞排放量(kg) | 34 | 0 | 0 | 0 | 0 | 34 |
| 汞处理效率 | 63.9% | - | - | - | - | 63.9% |

在这部分工业锅炉中，20蒸吨以上的锅炉信息如表18所示，这部分锅炉在全市的蒸吨占比为15.8%，但排放的氮氧化物占比却在24.9%左右，且氮氧化物的处理效率为2.7%，因此有必要加强重庆市工业锅炉的氮氧化物控制。

表18 重庆市部分工业锅炉情况统计（>20t/h）

| 区/县 | 单位详细名称 | 行业名称1 | 类型 | 数量及额定出力(t/h) |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 两江新区 | 重庆长安汽车股份有限公司 | 汽柴油车整车制造 | 燃气锅炉 | 3\*25 |
| 康师傅方便食品有限公司 | 方便面制造 | 燃气锅炉 | 35 |
| 重庆韩泰轮胎有限公司 | 轮胎制造 | 燃气锅炉 | 30 |
| 九龙坡区 | 重庆和友碱胺实业有限公司 | 无机碱制造 | 燃煤锅炉 | 35 |
| 重庆罗忠乐酒业有限公司 | 白酒制造 | 燃生物质锅炉 | 25 |
| 重庆市仕博路桥新型材料有限公司 | 防水建筑材料制造 | 燃气锅炉 | 52 |
| 巴南区 | 恒安生活用纸有限公司 | 机制纸及纸板制造 | 燃气锅炉 | 35 |
| 涪陵区 | 余传明 | 白酒制造 | 燃煤锅炉 | 65 |
| 重庆建峰化肥有限公司 | 氮肥制造 | 燃气锅炉 | 2\*35 |
| 太极集团重庆涪陵制药厂有限公司 | 中成药生产 | 燃煤锅炉 | 35 |
| 重庆龙海石化有限公司 | 原油加工及石油制品制造 | 燃气锅炉 | 2\*35 |
| 长寿区 | 中橡（重庆）炭黑有限公司 | 化学试剂和助剂制造 | 燃气锅炉 | 40 |
| 重庆市秋田化工有限公司 | 有机化学原料制造 | 燃油锅炉 | 50 |
| 正新橡胶（重庆）有限公司 | 轮胎制造 | 燃气锅炉 | 30 |
| 扬子江乙酰化工有限公司 | 有机化学原料制造 | 燃气锅炉 | 43.5 |
| 重庆卡贝乐化工有限责任公司 | 有机化学原料制造 | 燃煤锅炉 | 2\*50 |
| 燃气锅炉 | 50 |
| 重庆森赛迪化工有限公司 | 无机酸制造 | 燃气锅炉 | 50 |
| 重庆宏源实业有限公司 | 热力生产和供应 | 燃气锅炉 | 65 |
| 万州区 | 重庆宜化化工有限公司 | 热力生产和供应 | 燃气锅炉 | 32 |
| 重庆华歌生物化学有限公司 | 化学农药制造 | 燃气锅炉 | 40 |
| 垫江县 | 重庆富源化工股份有限公司 | 氮肥制造 | 燃煤锅炉 | 25 |
| 潼南区 | 维尔美纸业（重庆）有限公司 | 机制纸及纸板制造 | 燃煤锅炉 | 25 |
| 重庆民丰化工有限责任公司 | 无机盐制造 | 燃煤锅炉 | 2\*25 |

## 重庆市生活锅炉概况

重庆市的生活锅炉（≥1t/h）在除城口县外的其他区县均有分布，涉及到的锅炉主要用途为供暖、供水、洗浴和烘干等。重庆市生活锅炉整体以燃气锅炉为主，蒸吨分布以1~2t/h居多。生活锅炉中燃煤锅炉21（2.7%）台，燃油锅炉8（1.0%）台，燃气锅炉722（94.5%）台，燃生物质锅炉13（1.7%）台。

图15 生活锅炉燃料类型分布

重庆市1蒸吨以上的生活锅炉平均额定出力为1.98蒸吨/小时，其中数量较多的燃气锅炉平均额定出力2.01蒸吨/小时。

|  |
| --- |
|  |

图16 重庆市生活锅炉额定出力分布

全市具有生活源锅炉的单位共计388家，锅炉共计764台，生活锅炉主要以燃气锅炉为主。主城区拥有生活源锅炉单位215家，共计锅炉510台，其中燃气、燃油、燃生物质锅炉分别为500台、5台和5台；主城区的生活燃气锅炉主要分布在渝中区106台、江北区64台、沙坪坝区57台、南岸区和九龙坡区分别有53台和52台，主城区的4台燃生物质锅炉，分别在巴南区2台、九龙坡区和南岸区各1台。在渝西片区，锅炉数量较多的为合川区、永川区和綦江区；此外，万州区和石柱县的锅炉数量也较多。

|  |
| --- |
|  |

图17重庆市主城区和渝西片区生活锅炉数量分布

|  |
| --- |
|  |

图18重庆市渝东南和渝东北片区生活锅炉数量分布

生活锅炉中，额定出力在4蒸吨/小时以上的锅炉共35台，其分布区域如表19所示。

表19 重庆市部分生活锅炉情况统计（>4t/h）

| 区/县 | 单位名称 | 锅炉用途 | 数量及额定出力(t/h) |
| --- | --- | --- | --- |
| 渝中区 | 仲量联行测量师事务所（上海）有限公司重庆第一分公司 | 供暖 | 2\*4.2 |
| 沙坪坝区 | 中航(重庆)微电子有限公司 | 供水 | 25 |
| 达丰（重庆）电脑有限公司 | 洗浴 | 6 |
| 洗浴 | 2\*10 |
| 洗浴 | 2\*8 |
| 爱思开海力士半导体（重庆）有限公司 | 其他 | 2\*10 |
| 英业达（重庆）有限公司 | 洗浴 | 6 |
| 渝北区 | 重庆机场集团有限公司动力能源保障部 | 供暖 | 3\*6 |
| 供暖 | 5\*10 |
| 九龙坡区 | 重庆上邦酒店有限公司 | 烘干 | 2\*4.4 |
| 两江新区 | 重庆华宇酒店管理有限公司 | 供暖 | 4.5 |
| 重庆市两江新区物业管理有限公司 | 供暖 | 2\*10 |
| 供暖 | 15 |
| 南川区 | 重庆山水都市旅游开发有限公司天星两江假日大酒店 | 洗浴 | 3\*6 |
| 铜梁区 | 重庆市铜梁区人民医院 | 供暖 | 2\*5 |
| 大足区 | 重庆智伦电镀有限公司 | 供暖 | 6 |
| 重庆市大足区人民医院 | 供暖 | 2\*6 |

测算结果显示重庆市生活锅炉2017年颗粒物、二氧化硫和氮氧化物的产生量分别为：99.86吨、50.89吨和125.24吨，排放量分别为：43.82吨、33.54吨和125.24吨。可计算得到颗粒物、二氧化硫、氮氧化物和汞的处理效率分别为56.12%、34.09%和0%；生活源锅炉相对排放量低于工业源，污染物的处理效率也低于工业源，且对于氮氧化物无任何控制措施。

## 现有锅炉污染排放情况

为对重庆市目前锅炉排放情况进行了解，本次标准修订现场调研和收集了的44台锅炉（燃气锅炉28台，燃生物质锅炉9台，燃煤锅炉3台，燃油锅炉2台）的排放情况。



图19 调研现场

现场调查显示重庆市燃气锅炉的颗粒物、二氧化硫和氮氧化物的平均排放浓度分别为13.3、19.8和72.7mg/m³，其中颗粒物、二氧化硫和氮氧化物的最大排放浓度分别为29.8、42.6和173.0mg/m³，最小排放浓度分别为2.1、0.5和9.3 mg/m³。燃生物质锅炉的颗粒物、二氧化硫和氮氧化物的平均排放浓度分别为21.3、26.2和141.0mg/m³，其中颗粒物、二氧化硫和氮氧化物的最大排放浓度分别为27.7、50.4和190.0mg/m³，最小排放浓度分别为14.1、9.7和26.3mg/m³。燃煤锅炉的颗粒物、二氧化硫和氮氧化物的排放浓度分别为72.6、105.7和126.1 mg/m³。燃油锅炉的颗粒物、二氧化硫和氮氧化物的排放浓度分别为27.2、46.9和29.3 mg/m³。这部分锅炉除燃煤锅炉的颗粒物超标外，其他锅炉的所有污染物均达到现有排放标准，部分指标远低于现有标准限值。此外从调研情况来看，在控制锅炉污染排放过程，我市锅炉排气系统的密闭性存在较为普遍的问题，监测过程中氧含量水平相对较高，也导致了部分污染物浓度高值的出现。

|  |
| --- |
|  |

图20 燃气锅炉排放监测值（单位：mg/m³）



图21 燃生物质锅炉排放监测值（单位：mg/m³）

# 标准修订的原则及技术路线

## 修订原则

（1）综合防治原则

根据工业锅炉的特点实现锅炉大气污染物从源头控制-燃烧控制-废气治理-排放全过程的综合污染控制。

（2）服务于环境空气质量的改善

锅炉使用过程中排放污染气体，致使大气污染，本标准旨在控制各类大气污染物的排放，以持续改善重庆市环境空气质量。

（3）技术、经济可行性原则

标准制定依据工艺成熟、成本合理的达标控制技术，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）衔接性原则

由于目前重庆市锅炉大气污染物排放执行的是2016年修订的《锅炉大气污染物排放标准》，因此本标准制定过程充分考虑与现行标准的衔接性，与国家和地方有关的环境法律法规、标准协调配套，与环境保护的方针政策相一致。

## 标准修订的技术路线

通过全面系统的调研，掌握我市各类锅炉利用、大气污染物排放现状等情况；对现行的各种锅炉的污染物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”编制技术路线图见图22。

任务下达

编制开题论证报告和标准草案

开题论证会，提出意见

工业锅炉现状及发展趋势调研

工业锅炉产污情况调研

工业锅炉污染控制技术调研

国内外相关标准研究

其他相关文献资料查阅

污染物控制项目限值及监控方案

污染排放达标的技术论证

减排成本与效益分析

编制标准文本和编制说明（征求意见稿）

征求意见，形成意见汇总表

编制标准文本和编制说明（送审稿）

技术审查会，提出修改意见

编制标准文本和编制说明（报批稿）

标准行政审查、批准和发布

环境发展趋势及管理需求

图22 标准修订技术路线图

## 标准修订的主要内容

### 调整标准执行的区域划分

为满足新形势下大气污染管理工作需求，开展分区域精细化管控，此次修订将之前标准的主城区、影响区和其他区域等执行范围，调整为重点区域和其他区域。

重点区域是指重庆市所辖的渝中区、大渡口区、江北区、沙坪坝区、九龙坡区、南岸区、北碚区、渝北区、巴南区、涪陵区、长寿区、江津区、合川区、永川区、南川区、綦江区、大足区、璧山区、铜梁区、潼南区和荣昌区等21个区以及两江新区、重庆高新区和万盛经开区。

其他区域是指重庆市所辖的万州区、黔江区、开州区、梁平区、武隆区、城口县、丰都县、垫江县、忠县、云阳县、奉节县、巫山县、巫溪县、石柱土家族自治县、秀山土家族苗族自治县、酉阳土家族苗族自治县和彭水苗族土家族自治县等17个区县。

### 取消了按锅炉容量执行不同排放限值的规定

原重庆市《锅炉大气污染物排放标准》DB50/658-2016（以下简称：原《标准》）中规定：现有企业10t/h以上蒸汽锅炉和7MW以上的热水锅炉从2016年2月1日起执行新的限值要求，10t/h以下蒸汽锅炉和7MW以下的热水锅炉从2016年7月1日起执行现有源的限值要求，2016年7月1日之前实行修订前的老锅炉标准。因此，本次标准修订取消了按锅炉容量执行不同排放限值的规定，将所有锅炉按照其燃料类型进行划分。

### 明确了生物质成型燃料锅炉的大气污染物排放限值

原《标准》中适用锅炉为：“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”，对生物质成型燃料排放限值的规定参照燃煤锅炉执行，而目前燃生物质锅炉在全市工业锅炉数量占比以达11%，因此亟需明确对这部分生物质成型燃料锅炉的大气污染物排放限值的规定。因此本次修订明确了生物质燃料的大气污染物排放限值要求，并增加了生物质锅炉一氧化碳（CO）控制指标，便于对生物质成型燃料锅炉的环境监管。

### 调整了部分在用锅炉和新建锅炉大气污染物排放限值

自修订标准实施之日起至2021年12月31日，重点区域在用锅炉执行表20规定的排放限值。自本标准实施之日起至2022年12月31日，其他区域在用锅炉执行表20规定的排放限值。

表20 在用锅炉大气污染物排放浓度限值

单位：mg/m3

| 污染物项目 | 适用区域 | 限值污染物排放 | 监控位置 |
| --- | --- | --- | --- |
| 燃煤锅炉 | 燃油锅炉 | 燃气锅炉 | 生物质成型燃料锅炉 |
| 颗粒物 | 重点区域 | 30 | 30 | 20 | 20 | 烟囱或烟道 |
| 其他区域 | 50 | 30 | 20 | 50 |
| 二氧化硫 | 重点区域 | 50 | 100 | 50 | 50 |
| 其他区域 | 200 | 200 | 50 | 200 |
| 氮氧化物 | 重点区域 | 200 | 200 | 80 | 80 |
| 其他区域 | 200 | 250 | 150 | 200 |
| 一氧化碳 | 重点区域 | - | - | - | 200 |
| 其他区域 | - | - | - | 200 |
| 汞及其化合物 | 0.05 | - | - | - |
| 烟气黑度（林格曼黑度，级） | ≤ 1 | 烟囱排放口 |

自修订准实施之日起，新建锅炉执行表21规定的大气污染物排放限值。自2022年1月1日起，重点区域在用锅炉执行表21规定的排放限值。自2023年1月1日起，其他区域在用锅炉执行表21规定的排放限值。

表21 新建锅炉大气污染物排放浓度限值

单位：mg/m3

| 污染物项目 | 适用区域 | 限值污染物排放 | 监控位置 |
| --- | --- | --- | --- |
| 燃煤锅炉 | 燃油锅炉 | 燃气锅炉 | 生物质成型燃料锅炉 |
| 颗粒物 | 重点区域 | 20 | 20 | 10 | 10 | 烟囱或烟道 |
| 其他区域 | 30 | 30 | 20 | 30 |
| 二氧化硫 | 重点区域 | 50 | 50 | 35 | 35 |
| 其他区域 | 100 | 100 | 50 | 100 |
| 氮氧化物 | 重点区域 | 50 | 50 | 50 | 50 |
| 其他区域 | 100 | 100 | 80 | 100 |
| 一氧化碳 | 重点区域 | - | - | - | 200 |
| 其他区域 | - | - | - | 200 |
| 汞及其化合物 | 0.05 | - | - | - |
| 烟气黑度（林格曼黑度，级） | ≤ 1 | 烟囱排放口 |

#### 燃煤锅炉

燃煤锅炉标准的修订主要是降低了SO2和NO*x*的排放浓度限值。

①**在用燃煤锅炉**

|  |
| --- |
| 图23 在用燃煤锅炉大气污染物排放浓度变化（单位：mg/m3） |

②**新建燃煤锅炉**

|  |
| --- |
|  |

图24 新建燃煤锅炉大气污染物排放浓度变化（单位：mg/m3）

#### 燃油锅炉

燃油锅炉标准的修订主要是降低了SO2和NO*x*的排放浓度限值。

①**在用燃油锅炉**

|  |
| --- |
|  |

图25 在用燃油锅炉大气污染物排放浓度变化

②**新建燃油锅炉**

|  |  |
| --- | --- |
|

|  |
| --- |
|  |

 |

图26 新建燃油锅炉大气污染物排放浓度变化

#### 燃气锅炉

燃气锅炉标准的修订主要是降低了NO*x*的排放浓度限值。

①**在用燃气锅炉**

|  |
| --- |
|  |

图27 在用燃气锅炉大气污染物排放浓度变化

②**新建燃气锅炉**

|  |
| --- |
|  |

图28 新建燃气锅炉大气污染物排放浓度变化

#### 生物质成型燃料锅炉

在本次修订之前生物质成型燃料锅炉参照燃煤锅炉，本次修订将生物质成型燃料单独制定限值，并增加了CO排放限值。

①**在用生物质成型燃料锅炉**

|  |
| --- |
|  |

图29 在用生物质成型燃料锅炉大气污染物排放浓度变化

②**新建生物质成型燃料锅炉**

|  |
| --- |
|  |

图30 新建生物质成型燃料锅炉大气污染物排放浓度变化

### 增加了锅炉废气监测时对锅炉工况的要求

原《标准》中对锅炉废气监测采样虽明确：“排气筒中大气污染物的监测采样按GB 5468、GB/T 16157 或HJ/T 397 规定执行”，但根据调研情况，许多监测并未严格参照标准要求，且同一锅炉在不同工况下污染物排放水平差距较大。因此为保障锅炉废气按规监测，本次修订增加了：“对锅炉污染物排放浓度测试时，必须在锅炉设计出力75%（含）以上的情况下进行”，标准GB5468中已说明，“锅炉负荷的测定应采用流量孔板法、水表法或水箱法。当所测锅炉不具备上述设备时，方可采用耗煤量法”，考虑到实际监测过程中可能出现锅炉出力无法确定的情况，为保障能够按照测试工况进行监测采样，在标准中添加了对出力无法确定时其他便捷控制工况的方法，“当出力无法确定时，亦可控制锅炉运行温度或压力，蒸汽锅炉测试时运行压力不低于额定压力75%，其余锅炉测试时运行温度不低于额定温度的75%”。

# 标准修订的技术经济及环境效益分析

## 达标排放技术分析

从本次调研监测的情况来看，参照新修订标准排放限值，现有锅炉中有65%的燃气锅炉和75%的生物质成型燃料锅炉可以满足排放要求。具体各类污染物的达标排放技术可行性分析如下：

### 颗粒物（烟尘）

标准修订燃煤锅炉、燃油锅炉和生物质成型燃料锅炉的颗粒物（烟尘）最低限值为30mg/m³，燃气锅炉的颗粒物（烟尘）最低限值为20mg/m³，以目前烟气除尘技术完全可达到此限值标准，燃油锅炉中通过燃用普通柴油，燃气锅炉使用清洁燃料即可满足要求。

### 二氧化硫

标准修订燃煤锅炉、燃气锅炉和生物质成型燃料锅炉的二氧化硫最低限值为50mg/m³，燃油锅炉的二氧化硫最低限值为100mg/m³，与修订前新建锅炉的二氧化硫排放限值相比，变化不大，通过安装烟气脱硫设施或使用清洁能源，燃油锅炉使用低硫份油达到此限值。

### 氮氧化物

标准修订加严了对氮氧化物排放限值要求，本次修订的新建燃煤锅炉、燃油锅炉、燃气锅炉和生物质成型燃料锅炉的氮氧化物浓度在重点区域限值为50mg/m³。在其他地区燃气锅炉排放限值为80mg/m³，其他类型锅炉限值为100mg/m³。执行50mg/m3的排放标准，需在优化设计方案的基础上，采用低氮燃烧技术或采取烟气脱硝措施，可达到本标准限值。

### 汞及其化合物

本修订对燃煤锅炉汞及其化合物限值与国家2014年颁布的《锅炉大气污染物排放标准》一致，为0.05mg/m³。汞的排放控制主要宜采取与脱硫除尘的协同控制，可以达到本标准限值；如果采用协同控制不能达标，则需要采用活性炭喷入脱汞技术进行控制。

### 一氧化碳

本修订稿中生物质成型燃料锅炉的一氧化碳排放限值为200mg/m3。一氧化碳的排放控制可通过选取优质成型燃料，改善燃烧条件等方式，在生物质成型燃料充分燃烧的情况下，其排放可以达到本标准限值。

## 技术经济分析

根据调研结果，目前各类锅炉（燃煤、燃生物质成型燃料）高效除尘脱硫改造每蒸吨按8万元计，对于氮氧化物的改造，根据NO*x*控制目标的不同，其改造成本如下（表22）。调查还发现，各类锅炉的升级改造，对其热效率基本没有影响。

表22 锅炉改造技术经济分析

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| NO*x*控制目标 | 低氮改造成本 | 除尘脱硫成本 | 运行成本分析 |
| 每蒸吨单价/万元 | 燃烧氧量控制比较好，调节比比较高，锅炉的日常运行能耗不增加 |
| 蒸吨分布 | ≤1 | 1~2 | 2~4 | 6~8 | 8~10 | 10~15 | 15~20 | ＞20 | / |
| 80-100mg/m³ | 8 | 5 | 4 | 3.25 | 3 | 2.6 | 2.25 | 2 | 8 |
| 50mg/m³ | 12 | 8 | 5.2 | 4.4 | 4 | 3.9 | 3.8 | 3.5 | 8 |

## 环境效益分析

### 减排效果的计算方法

标准修订的减排效果按照下式计算方法计算：

$$Q=A\*(EF\_{i现状}-EF\_{i达标})$$

$$Q=A^{燃油}∙(EF\_{燃油}^{现状}-EF\_{燃油}^{新标准})+A^{天然气}∙(EF\_{天然气}^{现状}-EF\_{天然气}^{新标准})$$

Q：减排量；

A：燃料的活动量

$EF\_{现状}$：燃料现状的排放因子

$EF\_{新标准}$：燃料达标的排放因子。

### 减排量计算结果

按照重庆市2017年污普结果，重庆市工业锅炉的颗粒物（烟尘）、二氧化硫、氮氧化物的排放总量分别为0.53万吨、0.47万吨和0.26万吨，重庆市生活锅炉的颗粒物（烟尘）、二氧化硫、氮氧化物的排放总量分别为44吨、34吨和125吨。本次标准修订对主要指标进行适当加严，可以促进工业锅炉大气污染物总量减排。经计算得到本标准实施后，颗粒物、二氧化硫和氮氧化物排放限值与现有排放限值相比，工业锅炉分别减排约0.18万吨、0.29万吨和0.19万吨，生活锅炉至少减排约20吨、10吨和94吨。如果同时考虑所减排污染物在大气中的二次转化，累计会减少颗粒物排放约0.39万吨。

本次标准修订主要对各类锅炉污染物的排放提出了较高的要求，有助于进一步加快燃煤锅炉整治进度，促进清洁能源替代，淘汰工艺落后、规模较小、污染严重的企业，推动实现能源结构和产业结构调整目标，有效改善环境质量。

# 强制性标准的建议说明

本标准为排放标准，属强制性标准。强制性标准理由如下：

一是根据《中华人民共和国标准化法》的规定“保障人体健康，人身、财产安全的标准和法律、行政法规规定强制执行的标准是强制性标准，其他标准是推荐性标准”。

二是根据原国家环保总局令第3号《环境标准管理办法》中的相关规定：为防治环境污染，维护生态平衡，保护人体健康，国务院环境保护行政主管部门和省、自治区、直辖市人民政府依据国家有关法律规定，对环境保护工作中需要统一的各项技术规范和技术要求，制定环境标准。其中地方环境标准包括地方环境质量标准和地方污染物排放标准（或控制标准）。地方环境标准在颁布该标准的省、自治区、直辖市辖区范围内执行。环境标准分为强制性环境标准和推荐性环境标准。环境质量标准、污染物排放标准和法律、行政法规规定必须执行的其他环境标准属于强制性环境标准，强制性环境标准必须执行。

因此，本标准应属强制性标准范畴。

# 贯彻标准的措施建议

《锅炉大气污染物排放标准》落实排放限值有很多配套工作要完成：

（1）低氮燃烧技术现今已较为成熟，但实现低氮燃烧是一项系统工程，包括燃料、燃烧器、锅炉炉体配套、调试运行等几个方面。因此要达到预期的环境效益，应加强对低氮燃烧器供应企业和锅炉配套企业的培训和引导，确保安全生产和污染减排。

（2）加强对环境监管、环评审批等一线人员的培训和贯标工作，审批环节应对低氮燃烧技术、低氮燃烧产品、配套使用锅炉的情况均有所了解，对低氮燃烧“系统”进行全面审核。竣工环保验收要严格按照环评批复予以验收，监测环节一定要有，即使是小型燃气锅炉，达不到排放标准，不给予验收通过，切实让标准限值执行到位。环境监管的一线人员应加强学习，对前端控制技术、末端控制技术应有全面的认识和理解，至少应对达标技术有所了解。因此，对环保监察一线人员加强培训和贯标是非常有必要的。

（3）加强对区县生态环境局、第三方检测单位出具的监测报告的审核。课题组在锅炉标准执行率调研过程中发现，部分企业即使是未安装任何处理设施的燃煤锅炉也可以全面达标，部分监测报告数据前后矛盾，因此应加强对社会化监测机构的监督审核，方能提高环保标准的执行率。