

附件2

《工业锅炉污染防治可行技术指南
(征求意见稿)》
编制说明

《工业锅炉污染防治可行技术指南》编制组

二〇一九年八月

项目名称：工业锅炉污染防治可行技术指南

项目统一编号：技-2018-001

项目承担单位：浙江大学、中国环境科学研究院、国电环境保护研究院有限公司、北京市劳动保护科学研究所、北京市环境保护科学研究院、天津市环境保护科学研究院

编制组主要成员：

标准所技术管理负责人：郭敏 王宗爽

科技与财务司项目管理人：吕奔 岳子明

目 录

1 标准编制背景	1
1.1 任务工作来源.....	1
1.2 项目工作过程.....	1
2 标准编制的必要性	3
2.1 落实国家环保政策的需要.....	3
2.2 进一步落实排放标准要求.....	3
2.3 深入落实放管服政策的需要.....	3
3 行业生产与污染防治技术现状	3
3.1 行业概况.....	3
3.2 热力生产过程污染物产生及污染预防技术.....	4
3.2.1 热力生产过程污染物产生.....	4
3.2.2 污染预防技术.....	4
3.3 污染治理技术.....	5
3.3.1 烟气污染治理技术.....	5
3.3.2 废水、固体废物和噪声治理技术.....	5
4 标准编制的原则	6
5 标准主要技术内容说明	6
5.1 适用范围.....	6
5.2 污染防治可行技术.....	7
5.2.1 大气污染防治可行技术.....	7
5.2.2 水污染治理技术.....	10
5.2.3 噪声治理技术.....	10
5.2.4 固体废物治理技术.....	10
5.2.5 环境管理措施.....	10
6 实施本标准的成本-效益分析	10
6.1 环境效益.....	10
6.2 经济成本.....	11

《工业锅炉污染防治可行技术指南（征求意见稿）》

编制说明

1 标准编制背景

1.1 任务工作来源

为进一步完善国家环境技术管理体系，适应环境管理工作需要，2018年5月18日生态环境部下发了《关于组织实施2018年度国家环境技术体系建设项目计划的通知》（环办科技函〔2018〕301号），由浙江大学牵头承担《工业锅炉污染防治可行技术指南》（项目统一编号：技-2018-001）编制工作，中国环境科学研究院、国电环境保护研究院有限公司、北京市劳动保护科学研究所、北京市环境保护科学研究所和天津市环境保护科学研究所参加。

1.2 项目工作过程

（1）前期准备阶段

收到工作任务后，成立了由20余名专家和技术人员构成的标准编制工作组，编制了工作方案及调查表，确定了标准的大纲、主要内容以及重点难点问题，明确了任务分工，并对典型生产企业开展了现场考察。

（2）开展技术初筛

通过国内外相关标准和文献资料检索、排污许可信息平台资料收集、行业协会调研、问卷调研等，获得了锅炉排污单位的污染防治技术相关信息。对企业生产工艺类型、燃料种类、污染预防技术、污染治理技术等资料进行了初步归类，通过与行业协会专家、污染治理工程设计专家、污染治理设施运行维护专家、地方环保部门的研讨、综合分析后，确定了备选技术清单。

（3）召开标准开题论证会

在广泛调查及讨论咨询的基础上，明确了标准的适用范围、确定了工业锅炉污染防治可行技术，形成了标准草案和开题报告。2018年4月18日，由原生态环境部科技标准司在北京主持召开了开题论证会，专家论证委员会对标准草案和开题报告进行了论证，对标准的适用范围、标准文本的呈现形式等问题提出了修改意见，并针对调研企业的数量及代表性、污染防治技术可行性分析等问题提出了建议。开题论证会最终形成以下论证意见：

- 1) 标准主编单位提供的材料及内容基本齐全、完整；
- 2) 标准定位基本准确，技术路线可行。

论证委员会通过该标准的开题论证。提出修改意见和建议如下：

按照《污染防治可行技术指南编制导则》（HJ 2300-2018）的要求对标准文本进一步补充和完善。

（4）开展技术调查

针对开题论证会专家提出的意见，编制组从不同地域、不同燃料、不同规模、不同治理技术等角度考虑，选择了 500 余家锅炉排污单位的 700 余台锅炉，兼顾大、中、小各类规模，涵盖燃煤、燃油、燃气和燃生物质成型燃料锅炉及标准文本所列的所有技术类型。

根据调研结果形成涵盖地域、执行标准、锅炉信息（容量、燃料类型、炉型等）、污控措施种类、关键设计/运行参数、污控措施照片、运行效果（在线和手工监测数据）的数据库，用于支撑指南编制工作。同时重点选择了 26 家燃煤锅炉、7 家燃天然气锅炉、3 家燃油锅炉和 3 家生物质成型燃料锅炉，对原辅燃料类型及用量、废气废水治理技术的工艺参数及经济成本、噪声及固废污染防治情况、达标排放情况、环境管理现状等方面开展了现场调研。

编制组分别于 2018 年 4 月 28 日和 11 月 30 日，依托中国城镇供热协会对供热锅炉污控技术应用及效果进行重点调研。

在上述工作的基础上，编制组组织行业污染治理工程设计专家、技术人员、污染治理设施运行维护等相关专家进行研讨、综合分析后，对备选技术清单中的技术进行了进一步的筛选，形成了备选可行技术清单。

（5）技术评估和形成征求意见稿

编制组按照《污染防治可行技术指南编制导则》（HJ 2300-2018）中的要求，构建了评价指标体系，包括污染防治技术性能、经济指标、运行管理和环境效益等指标，按照技术的特征与原理对备选可行技术内的技术单元进行分析和归类，结合调研得到的资料进行了技术经济分析。先后举办了 6 次专家咨询会进行技术评估，最终确定了可行技术的种类、关键技术参数、污染物控制效果等信息。

最终确定了大气污染防治可行技术组合 17 种，水污染防治可行技术组合 3 种，噪声污染防治可行技术组合 7 种和固体废物污染防治可行技术组合 3 种。

在上述工作的基础上，编制组编制完成标准的征求意见稿及编制说明。

（6）召开征求意见稿技术审查会，提交征求意见稿和编制说明

2019年7月5日，生态环境部科技与财务司在北京主持召开了标准征求意见稿技术审查会，审查委员会通过了该标准征求意见稿的审查，建议按照如下意见修改之后提请公开征求意见：

- 1) 补充完善技术选择原则；
- 2) 进一步细化可行技术的适用条件；
- 3) 按照《污染防治可行技术指南导则》（HJ 2300-2018）和《环境保护标准编制出版技术指南》（HJ 565-2010）对标准文本和编制说明进行编辑性修改。

编制组根据审议委员会提出的修改建议，对标准文本及其编制说明进行了进一步的修改和完善，编制完成标准征求意见稿及其编制说明，上报生态环境部科技与财务司。

2 标准编制的必要性

2.1 落实国家环保政策的需要

中央高度重视生态文明建设和污染防治攻坚，党的十九大报告提出，要实施实行最严格的生态环境保护制度，持续实施大气污染防治行动，打赢蓝天保卫战，同时也提出要提高污染排放标准，强化排污者责任。

2018年6月，国务院印发《打赢蓝天保卫战三年行动计划》，提出开展燃煤锅炉综合整治，具体要求如下：“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。”

2018年11月，三部委印发《市场监管总局 国家发展改革委 生态环境部 关于加强锅炉节能环保工作的通知》，明确超低排放限值是在基准含氧量6%条件下，烟尘、二氧化硫、氮氧化物排放浓度分别不高于10、35、50毫克/立方米。

2.2 进一步落实排放标准要求

随着环境质量改善需求不断加强，为落实十九大报告提出的“要提高污染排放标准”，环保部2018年印发《关于京津冀大气污染传输通道城市执行大气污染物特别排放限值的公告》（公告2018年第9号），实施《锅炉大气污染物排放标准》（GB 13271-2014）特别排放限值的区域范围不断扩大。为方便企业根据不同类型工业锅炉污染物排放限值选择适宜的污染防治可行技术，推动解决现有污染问题，改善我国环境空气总体质量，亟需制订《工业锅炉污染防治可行技术指南》。

2.3 深入落实放管服政策的需要

本标准的制定有助于工业锅炉在污染防治中落实“放管服”政策。通过加强引导规范行业治理技术，促进环保产业健康发展。本标准制定强化了生态环境科技支撑，增强了技术服务能力，同时可作为锅炉排污单位建设项目环境影响评价、国家污染物排放标准制修订、排污许可管理和污染防治技术选择的参考。

3 行业生产与污染防治技术现状

3.1 行业概况

工业锅炉是我国重要的热能动力设备，并作为通用工序广泛应用于化工、造纸、制药、纺织和有色金属冶炼等行业的工艺生产过程以及民用、商用取暖领域。我国工业锅炉总体上

呈现出量大面广、布局分散、平均容量小等特点。据环境统计数据截至 2015 年年底，全国各类工业锅炉保有量约为 57.92 万台，其中，在用燃煤工业锅炉约 46 万台（占 80%），总蒸发量约为 178 万 t/h，煤炭消耗量占全年煤炭消费的约 21%，约为 8 亿吨；从地理位置上看，我国工业锅炉主要集中于北方寒冷地区及沿海经济发达地区。近年来随着《大气污染防治行动计划》等政策的出台，工业锅炉“上大压小”、“清洁能源替代”、“提标改造”、燃煤锅炉“超低排放改造”、燃气锅炉“低氮燃烧改造”等工作的不断进行，工业锅炉的燃料消耗总量、区域空间分布、炉型占比、单台平均容量及污染控制技术水平等都发生显著改变。

3.2 热力生产过程污染物产生及污染防治技术

3.2.1 热力生产过程污染物产生

锅炉排污单位热力生产过程产生的大气污染物主要为颗粒物、二氧化硫、氮氧化物、汞及其化合物等。其中颗粒物、二氧化硫、汞及其化合物产生量主要取决于燃料中灰分、硫分和汞含量。氮氧化物主要来源于高温燃烧时空气中氮氧化产生的热力型 NO_x ，此外还包括燃料中挥发分氮生成的氮氧化物。

锅炉排污单位产生的废水主要为湿法脱硫废水、软化水再生废水等生产废水，及生活污水。

锅炉排污单位产生固体废物主要包括飞灰、炉渣、脱硫副产物、废弃滤袋和污水处理产生的污泥等一般固体废物，及废催化剂、失效的水处理用离子交换树脂等危险废物。

锅炉排污单位产生噪声主要为燃料加工、工艺辅料、污染治理以及物料运输等过程中所使用的设备产生。如磨煤机等燃料加工设备，破碎机等工艺辅料制备设备，以及污染治理过程中所使用的风机、物料输送泵等。

3.2.2 污染防治技术

工业锅炉的污染防治主要包括清洁燃料替代、低氮燃烧技术和炉内脱硫技术。

根据不同地方的清洁燃料供应情况，锅炉排污单位按照宜电则电、宜气则气、宜煤则煤、宜热则热、宜生物质则生物质的原则，有序推进清洁能源使用。

低氮燃烧技术投资费用低、运行简单、维护方便、无二次污染等特点，但是需注意一氧化碳的排放问题。工业锅炉低氮燃烧技术主要包括低氮燃烧器（扩散式燃烧器和预混式燃烧器）、炉膛整体空气分级燃烧、烟气再循环等技术；预混式燃烧器根据降氮原理的不同可分为贫燃预混与水冷预混燃烧器。其中，扩散式低氮燃烧器技术在燃煤、燃油和燃气室燃炉应用较多；预混式燃烧器技术在燃气室燃炉应用较多；膛整体空气分级燃烧技术在燃煤室燃炉、燃煤和燃生物质成型层燃炉较多；预混式燃烧器技术主要应用于燃天然气锅炉；烟气再循环技术适用于层燃炉和燃气室燃炉，通常与其他低氮燃烧技术结合使用。

炉内脱硫技术多用于流化床锅炉，与炉外湿法或烟气循环流化床法脱硫系统相结合。随着锅炉尾部烟气脱硫技术的发展和广泛应用，该技术应用逐渐减少。

3.3 污染治理技术

3.3.1 烟气污染治理技术

工业锅炉烟气污染治理技术因燃料类型、锅炉种类、排放限值以及地域的不同差异较大。

目前应用于工业锅炉烟气污染物中颗粒物治理技术主要有袋式除尘、电袋复合除尘、电除尘（干式静电除尘和湿式静电除尘）和机械式除尘及其组合技术。目前袋式除尘技术应用较为广泛，层燃炉和生物质成型燃料锅炉采用袋式除尘技术宜设置机械式除尘器等措施降低滤袋烧毁风险。干式电除尘目前主要应用在燃煤锅炉颗粒物脱除，对高铝、高硅等高比电阻粉尘以及细颗粒物脱除较差。湿式电除尘技术适用于湿法脱硫后烟气深度净化，可有效去除微细颗粒物及经湿法脱硫后烟气中夹带的液滴，并能协同脱除 SO_3 、汞及其化合物等。电袋复合除尘技术具有袋式除尘和干式电除尘优点，能够节省空间，对难荷电颗粒物、细颗粒物及高比电阻粉尘脱除效果佳，适用于燃煤锅炉烟气颗粒物的脱除。

目前应用于工业锅炉烟气污染物中二氧化硫治理技术主要包括湿法脱硫（石灰石/石灰-石膏湿法、氧化镁法、钠碱法）、烟气循环流化床法脱硫等。湿法脱硫适用于各种燃料、炉型和容量的锅炉烟气二氧化硫治理。其中，石灰石/石灰-石膏湿法脱硫技术，对颗粒物、汞及其化合物有协同治理效果，需考虑脱硫废水和脱硫副产物处理问题。氧化镁法脱硫技术，需考虑脱硫废水处理 and 脱硫副产物的资源化利用；钠碱法脱硫技术，吸收剂反应活性高，存在系统腐蚀问题，需采用高效除雾器解决排放烟气易携带可溶盐的问题。烟气循环流化床法脱硫技术，适用于燃用中、低硫煤的燃煤锅炉或已配套炉内脱硫的燃煤流化床炉，脱硫副产物中亚硫酸钙含量较高，综合利用受到一定限制。

目前应用于工业锅炉烟气污染物中氮氧化物治理技术主要包括 SNCR、SCR 和 SNCR-SCR 联合法脱硝技术。SNCR 脱硝技术适用于燃煤和燃生物质成型燃料锅炉，占地面积小、初始投资较低、运行维护简单。SCR 脱硝技术适用的炉型、燃料和容量范围广，负荷适应性强，占地面积大，投资和运行成本较高。SNCR-SCR 联合法脱硝技术适用于燃煤和燃生物质成型燃料锅炉，占地面积大，投资成本和运行成本介于 SNCR 和 SCR 之间，喷氨精确度要求高，催化剂磨损较大。

目前应用于工业锅炉烟气污染物中汞及其化合物排放控制一般采用协同治理技术，未见到有专用的设备用于汞及其化合物的脱除。

3.3.2 废水、噪声和固体废物治理技术

锅炉排污单位的生产废水主要采用分类处理或收集贮存后集中处理等技术治理达标后排放或回用；其中生产废水集中处理通常采用凝聚澄清、过滤和生化处理法等集中处理达标后排放或回用。生活污水通常采用化粪池处理后排入城镇污水集中处理厂，也可采用生化处理系统处理达标后排放或回用。

锅炉排污单位的噪声治理技术主要包括隔声罩、减振基础、消声器等。

锅炉排污单位的固体废物经鉴定为危险废物的应按照 GB 18598 规定处置，属一般工业

固体废物的，应按照 GB 18599 规定处置；固体废物综合利用及处置技术应“因物制宜”，其中粉煤灰应提高其综合利用率；对脱硫副产物、污水处理污泥、废催化剂等，宜采用适当的处理处置方法，加大资源化利用，避免二次污染。

4 标准编制的原则

（1）科学性与实用性相结合

通过对不同类型的锅炉生产工艺调研，掌握锅炉排污单位污染防治技术工艺和设备水平、资源利用水平、污染物生产状况、废物回收利用指标和环境管理水平，并进行技术经济比较分析，筛选确定不同条件、不同燃料、不同炉型、不同容量的锅炉污染防治可行技术，使指南具有较强的科学性、指导性和可操作性。

（2）全过程控制和管理原则

本标准规定了工艺过程污染防治技术（煤炭、脱硫剂、氨水的装卸、贮存与输送等环节的污染治理）、烟气污染防治技术（氮氧化物、二氧化硫、颗粒物、汞及其化合物等）、水污染治理技术、噪声治理技术、固体废物综合利用及处置技术及其达标可行技术。在工艺环节上覆盖工业锅炉从源头管控-过程控制-末端治理的全生产过程。标准技术选择时既考虑了生产过程技术装备，也考虑末端处理技术和废弃物的综合利用；既关注主要污染源的有组织排放，也规定了相应的管理措施加强对无组织排放管理。

（3）政策相符

在污染物治理、清洁生产、发展循环经济和节能减排实施中，国家制定了《大气污染防治行动计划》《煤炭清洁高效利用行动计划（2015-2020年）》等一系列技术政策，是制订污染防治可行技术指南的重要参考。

（4）方法规范，客观公正

本标准编制过程中在专家组成、工艺筛选、污染治理工艺筛选、技术调查、文件审查方面严格按照污染防治可行技术指南编制导则及编制要求。

5 标准主要技术内容说明

5.1 适用范围

本标准适用范围涵盖了《锅炉大气污染物排放标准》（GB 13271-2014）中的锅炉。可作为以燃煤、燃油、燃气和生物质成型燃料为燃料的单台出力 65t/h 及以下蒸汽锅炉、各种容量的热水锅炉，各种容量的层燃炉、抛煤机炉等锅炉排污单位建设项目环境影响评价、排污许可管理和污染防治技术选择及国家污染物排放标准制修订的参考。使用型煤、水煤浆、煤矸石、石油焦、油页岩等的锅炉选择污染防治可行技术时，可参照本标准中燃煤锅炉的污染

防治可行技术。

根据《污染防治可行技术指南编制导则》（HJ 2300-2018）中所界定的污染防治可行技术定义，给出了本标准“污染防治可行技术”的术语定义。

5.2 污染防治可行技术

在充分调研掌握我国锅炉污染防治技术现状基础上，标准编制工作组收集了大量的建设项目竣工环境保护验收监测、执法检查、监督性监测、在线监测等数据，作为评判污染防治可行技术排放水平满足 GB 13271 排放限值要求的依据。标准文本中所呈现的每一个污染防治可行技术，均有三个及以上达标排放的实际运行案例，每个案例都有支撑的技术调查数据。对于本次未列入锅炉污染防治可行技术的某些新的、特定的污染防治技术，应通过提供三个及以上工业性工程示范、连续一年稳定运行数据自证其技术可行性、经济合理性后，由标准管理部门决议通过后，可作为备选可行技术纳入本标准。

5.2.1 大气污染防治可行技术

本编制说明重点对燃煤锅炉、燃油锅炉、燃天然气锅炉和燃生物质成型燃料锅炉的大气污染防治可行技术进行梳理，共包含 17 种可行技术组合。

燃煤锅炉宜采用袋式除尘、电除尘、电袋复合除尘等技术实现颗粒物达标排放。燃油锅炉和燃气锅炉炉膛出口颗粒物浓度不达标时，宜采用袋式除尘技术实现达标排放。燃生物质成型燃料锅炉宜采用机械式除尘+袋式除尘技术实现颗粒物达标排放。当锅炉烟气采用湿法脱硫技术时，可在脱硫塔后配置湿式电除尘器，实现颗粒物排放浓度低至 10 mg/m^3 以下。

燃煤锅炉宜采用石灰石/石灰-石膏湿法、氧化镁法、钠碱法和烟气循环流化床法脱硫技术实现二氧化硫达标排放。锅炉排污单位有稳定废碱来源的锅炉宜选择“以废治废”的烟气脱硫方式实现二氧化硫达标排放。燃油锅炉、燃气锅炉和燃生物质成型燃料锅炉二氧化硫排放不达标时，可参考燃煤锅炉选择脱硫技术。

锅炉氮氧化物排放控制宜优先采用低氮燃烧技术，若不能实现达标排放，应结合烟气脱硝技术实现达标排放。其中，低氮燃烧技术主要包括低氮燃烧器（扩散式燃烧器和预混式燃烧器）、炉膛整体空气分级燃烧、烟气再循环等技术。

锅炉汞及其化合物排放控制宜采用协同治理技术，若不能实现达标排放，应采用炉内添加卤化物或烟道喷入活性炭吸附剂等技术实现达标排放。

（1）燃煤层燃炉和室燃炉

a) SNCR 脱硝技术+袋式除尘技术+湿法脱硫技术

对 19 家采用该可行技术的锅炉排污单位的大气污染排放水平和应用情况进行分析，颗粒物排放浓度 $10\sim 30 \text{ mg/m}^3$ ，二氧化硫排放浓度 $25\sim 200 \text{ mg/m}^3$ ，氮氧化物排放浓度 $125\sim 400 \text{ mg/m}^3$ 。该技术路线适用于层燃炉和室燃炉且原始 SO_2 和 NO_x 浓度宜分别不超过 3500 mg/m^3 和 500 mg/m^3 ；层燃炉宜设置机械式除尘器等措施降低滤袋烧毁风险。

b) SCR 脱硝技术+袋式除尘技术+湿法脱硫技术

对 14 家采用该可行技术的锅炉排污单位的大气污染排放水平和应用情况进行分析，颗粒物排放浓度 10~30 mg/m³，二氧化硫排放浓度 25~200 mg/m³，氮氧化物排放浓度 40~150 mg/m³。适用于层燃炉和室燃炉且原始 SO₂ 和 NO_x 浓度宜分别不超过 3500 mg/m³ 和 500 mg/m³；层燃炉宜设置机械式除尘器等措施降低滤袋烧毁风险。

c) SNCR-SCR 联合脱硝技术+袋式除尘技术+湿法脱硫技术

对 24 家采用该可行技术的锅炉排污单位的大气污染排放水平和应用情况进行分析，颗粒物排放浓度 10~30 mg/m³，二氧化硫排放浓度 25~200 mg/m³，氮氧化物排放浓度 40~150 mg/m³。适用于层燃炉和室燃炉且原始 SO₂ 和 NO_x 浓度宜分别不超过 3500 mg/m³ 和 500 mg/m³；层燃炉宜设置机械式除尘器等措施降低滤袋烧毁风险。

d) SNCR 脱硝技术+干式电除尘+烟气循环流化床法+袋式除尘技术

对 3 家采用该可行技术的锅炉排污单位的大气污染排放水平和应用情况进行分析，颗粒物排放浓度 10~30 mg/m³，二氧化硫排放浓度 25~200 mg/m³，氮氧化物排放浓度 100~350 mg/m³。适用于层燃炉且原始 SO₂ 和 NO_x 浓度宜分别不超过 3500 mg/m³ 和 500 mg/m³；进入脱硫工程的原烟气颗粒物浓度高于 10g/m³ 且未携带有效吸收剂时，宜设置干式电除尘器。

(2) 燃煤流化床炉

a) SNCR 脱硝技术+袋式除尘/电袋复合除尘技术+湿法脱硫技术

对 19 家采用该可行技术的锅炉排污单位的大气污染排放水平和应用情况进行分析，颗粒物排放浓度 10~30 mg/m³，二氧化硫排放浓度 25~200 mg/m³，氮氧化物排放浓度 50~200 mg/m³。适用于燃煤流化床锅炉且原始 SO₂ 和 NO_x 浓度宜分别不超过 3500 mg/m³ 和 500 mg/m³。

b) SCR 脱硝技术+袋式除尘/电袋复合除尘技术+湿法脱硫技术

对 3 家采用该可行技术的锅炉排污单位的大气污染排放水平和应用情况进行分析，颗粒物排放浓度 10~30 mg/m³，二氧化硫排放浓度 25~200 mg/m³，氮氧化物排放浓度 40~100 mg/m³。适用于燃煤流化床锅炉且原始 SO₂ 和 NO_x 浓度宜分别不超过 3500 mg/m³ 和 400 mg/m³。

c) SNCR-SCR 联合脱硝技术+袋式除尘/电袋复合除尘技术+湿法脱硫技术

对 10 家采用该可行技术的锅炉排污单位的大气污染排放水平和应用情况进行分析，颗粒物排放浓度 10~30 mg/m³，二氧化硫排放浓度 25~200 mg/m³，氮氧化物排放浓度 40~100 mg/m³。适用于燃煤流化床锅炉且原始 SO₂ 和 NO_x 浓度宜分别不超过 3500 mg/m³ 和 500 mg/m³。

d) SNCR 脱硝技术+干式电除尘+烟气循环流化床法+袋式除尘技术

对 3 家采用该可行技术的锅炉排污单位的大气污染排放水平和应用情况进行分析，颗粒物排放浓度 10~30 mg/m³，二氧化硫排放浓度 35~200 mg/m³，氮氧化物排放浓度 50~200 mg/m³。适用于燃煤流化床锅炉且原始 SO₂ 和 NO_x 浓度宜分别不超过 3500 mg/m³ 和

500 mg/m³。进入脱硫工程的原烟气颗粒物浓度高于 10 g/m³ 且未携带有效吸收剂时，宜设置干式电除尘器。

e) SNCR-SCR 联合脱硝技术+烟气循环流化床法+袋式除尘技术

对 5 家采用该可行技术的锅炉排污单位的大气污染排放水平和应用情况进行分析，颗粒物排放浓度 10~30 mg/m³，二氧化硫排放浓度 35~200 mg/m³，氮氧化物排放浓度 40~100 mg/m³。适用于燃煤流化床锅炉且原始 SO₂ 和 NO_x 浓度宜分别不超过 3500 mg/m³ 和 500 mg/m³。

(3) 燃油锅炉

a) 低氮燃烧技术

11 台燃用含硫量不超过 10 mg/kg、灰分不超过 0.01 % 的燃油锅炉的烟气污染物调研结果表明，采用该可行技术治理后的锅炉烟气颗粒物排放浓度低于 20 mg/m³，二氧化硫排放浓度低于 35 mg/m³，氮氧化物排放浓度低于 200 mg/m³。

b) 低氮燃烧技术+SCR 脱硝技术

3 台燃用含硫量不超过 10 mg/kg、灰分不超过 0.01 % 的燃油锅炉的烟气污染物调研结果表明，采用该可行技术治理后的锅炉烟气颗粒物排放浓度低于 20 mg/m³，二氧化硫排放浓度低于 35 mg/m³，氮氧化物排放浓度低于 50 mg/m³。

(4) 燃天然气锅炉

采用扩散式低氮燃烧器的燃天然气锅炉，颗粒物、二氧化硫的排放浓度分别低于 10 mg/m³ 和 35 mg/m³，氮氧化物排放浓度 60~200 mg/m³。该技术适用于所有容量的燃天然气锅炉，实际应用时外焰形状须与炉膛尺寸相匹配。

采用扩散式低氮燃烧器+烟气再循环的燃天然气锅炉，颗粒物、二氧化硫的排放浓度分别低于 10 mg/m³ 和 35 mg/m³，氮氧化物排放浓度 15~80 mg/m³。适用于容量在 1.4 MW 及以上的燃天然气锅炉上使用。

采用贫燃预混式低氮燃烧器的燃天然气锅炉，颗粒物、二氧化硫的排放浓度分别低于 10 mg/m³ 和 35 mg/m³，氮氧化物排放浓度 15~80 mg/m³。适用于容量在 2.8 MW 及以下的燃天然气锅炉上使用；应定期清洗空气过滤器，并加强对燃烧系统的维护。

采用水冷预混式低氮燃烧器的燃天然气锅炉，颗粒物、二氧化硫的排放浓度分别低于 10 mg/m³ 和 35 mg/m³，氮氧化物排放浓度 15~50 mg/m³。适用于容量在 2.8 MW 及以下的新建燃天然气锅炉上使用。

(5) 燃生物质成型燃料锅炉

a) 机械式除尘技术+袋式除尘技术

对 14 家采用该可行技术的锅炉排污单位的大气污染排放水平和应用情况进行分析，颗粒物排放浓度 10~30 mg/m³，二氧化硫排放浓度 10~35 mg/m³，氮氧化物排放浓度 150~300 mg/m³。适用于燃生物质成型燃料锅炉，且燃料中灰分不超过 8 %，硫含量不超过

0.1%，氮含量不超过 0.5%；层燃炉宜设置机械式除尘器等措施降低滤袋烧毁风险。

b) SNCR+机械式除尘技术+袋式除尘技术

对 3 家采用该可行技术的锅炉排污单位的大气污染排放水平和应用情况进行分析，颗粒物排放浓度 10~30 mg/m³，二氧化硫排放浓度 10~35 mg/m³，氮氧化物排放浓度 100~200 mg/m³。适用于燃生物质成型燃料锅炉，且燃料中灰分不超过 8%，硫含量不超过 0.1%，氮含量不超过 0.5%；层燃炉宜设置机械式除尘器等措施降低滤袋烧毁风险。

5.2.2 水污染治理技术

本标准中将水污染治理技术分为生产废水分类治理、生产废水集中处理和生活污水处理技术。其中，生产废水分类处理技术中软化水再生废水可采用酸碱中和方法处理达标后排放或回用；脱硫废水通过中和、沉淀处理，经絮凝、澄清、浓缩等处理达标后排放或回用。生产废水集中处理通常将各类生产废水收集储存后采用凝聚澄清、过滤和生化处理法等集中处理达标后排放或回用。生活污水通常采用化粪池处理后排入城镇污水集中处理厂，也可采用生化处理系统处理达标后排放或回用。

5.2.3 噪声治理技术

锅炉排污单位产生噪声主要为燃料加工、工艺辅料、污染治理以及物料运输等过程中所使用的设备产生。噪声治理技术主要是采用消声器、隔声、吸声、减振及其组合技术实现噪声源降噪。

5.2.4 固体废物治理技术

固体废物粉煤灰、炉渣、脱硫副产物等，应优先采用有利于资源化利用的处理方式；如不能资源化利用，经鉴定为危险废物的应按照《危险废物安全填埋污染控制标准》(GB 18598)规定处置，属一般工业固体废物的应按照《一般工业固体废物贮存、处置场污染控制标准》(GB 18599)规定处理处置。

5.2.5 环境管理措施

为了更好地实现锅炉污染物稳定达标排放，减少企业运行过程中对周边环境的影响，结合工业锅炉热力生产特点、行业发展水平，及国家和地方有关有组织和无组织排放的要求，从环境管理制度、无组织排放控制措施、污染治理设施的运行维护等方面提出了相关建议。

6 实施本标准的成本-效益分析

6.1 环境效益

实施本标准后，会促进更多的企业采用清洁燃料、低氮燃烧技术等污染预防技术，这些污染预防技术能够从源头上减少污染物的产生，环境效益显著。随着我国环境质量改善需求不断增加，制定更加严格的排放标准、在某些重点地区实施特别排放限值已成为必然趋势。本标准实施后，可以为企业污染治理技术的升级改造、进一步降低污染物排放浓度、削减污

染物排放量、应对新的排放标准和管理要求实施起到指引作用，对于工业锅炉的污染物的减排以及环境质量的改善，均有积极作用。

6.2 经济成本

工业锅炉大气污染治理设施的投资与燃料类型、炉型、锅炉容量、排放限值以及治理技术种类等密切相关。为减少盲目性投资和节省运行费用，锅炉排污单位应结合排放要求，开展污染防治可行技术投资和运行成本分析，以选取低成本高可靠稳定达标的污染防治可行技术。