

附件 4

湖南省地方标准
《生活垃圾焚烧大气污染物排放标准》
(征求意见稿)

编制说明

《生活垃圾焚烧大气污染物排放标准》编制工作组

2025 年 8 月

目 录

一、项目背景	2
(一) 行业发展概况	2
(二) 标准制订的必要性分析	7
二、工作概况	11
(一) 任务来源	11
(二) 协作单位	错误! 未定义书签。
(三) 主要工作过程	12
三、标准编制原则与主要内容	13
(一) 编制原则	13
(二) 标准主要内容的确定	15
四、技术和经济影响分析	31
(一) 主要生产工艺	31
(二) 行业污染物产排情况	34
(三) 行业大气污染防治技术	39
(四) 实施本标准的环境效益和社会效益	50
(五) 实施本标准的成本分析	51
五、国内外现行相关法律、法规和标准情况	53
(一) 本标准与相关法律法规的关系	53
(二) 本标准与相关标准的关系	54
六、实施地方标准要求和建议	63
(一) 标准实施建议	63
(二) 措施建议	64

一、项目背景

垃圾焚烧是生活垃圾无害化、减量化、资源化处理的最有效手段。在产业政策和技术进步的双重推动下，经过多年发展，垃圾焚烧行业已步入成熟运营阶段。目前，全球运行的生活垃圾焚烧发电厂总处理能力约为 170 万吨/日。其中，中国内地投入运行的生活垃圾焚烧发电厂达到 116.6 万吨/日，规模超过美国、欧盟和日本的总和。

（一）行业发展概况

1. 国外行业概况

（1）欧洲

欧盟废物管理最高法令明确支持和鼓励对垃圾进行能源回收，其中焚烧是欧洲各国普遍采用的一种城市生活垃圾处理方式。在欧盟 15 个成员国以及挪威、瑞士中，已建成 500 家生活垃圾处理厂，处理能力 35 万吨/日。而垃圾焚烧所占比例差异较大，其中荷兰占比最高，达 76%，丹麦、德国和法国分别占 56%、29%和 26%。

欧洲 90%以上的焚烧厂采用机械炉排焚烧炉，而流化床焚烧炉、旋转窑焚烧炉和热解气化技术应用较少。欧洲对生活垃圾焚烧污染排放管理严格，特别是对酸性气体及氮氧化物的管控，烟气处理投资逐步提高，甚至高达全厂建设投资的 40%~50%，其典型的烟气处理工艺为“静电除尘+中和除酸+布袋除尘+选择性催化脱硝”。

（2）美国

美国生活垃圾焚烧发电在 20 世纪 90 年代中后期基本进入稳定发展阶段。2005 年 8 月 8 日，美国公布“2005 能源政策法案”，将垃圾焚烧发电纳入可再生能源，并在两个重要方面给予政策支持，即获得可再生能源“生产税收减免（PTC）”和纳入联邦政府可再生能源采购范围。目前，美国的垃圾焚烧发电项目维持稳定，截至 2024 年，美国运行的垃圾焚烧发电厂有 77 座，日处理能力总计达 8.6 万吨，焚烧生活垃圾量 2928 万吨，约占生活垃圾产生量的 12%。

（3）日本

由于人口密度高、土地资源短缺，日本是世界上用焚烧处理城市生活垃圾比例最高的国家。从上个世纪六十年代起，日本就开始大规模建设焚烧厂，不但大城市的生活垃圾采用焚烧进行处理，市、町、村的生活垃圾也基本上采用焚烧进行处理。随着日本垃圾焚烧工艺技术及环保措施提升，早期建设的小型垃圾焚烧厂由污染控制水平更高的大型垃圾焚烧场替代，从 6000 多座减少到 1000 多家。从建设位置来看，东京的中央焚烧厂距离日本皇宫仅 3.5 公里，日本皇宫周边 7 公里范围内有 7 座垃圾焚烧发电厂。2024 年日本在运营的垃圾焚烧发电厂项目约 400 座，处理能力约 12 万吨/日，垃圾焚烧处理约占比全国垃圾总量的 83%。

（4）新加坡

新加坡实行的是全量焚烧、灰渣填埋的垃圾处理方式。新加坡现有 4 座垃圾焚烧发电厂、1 座垃圾填埋场及 1 座与之配套的海上转运站。大士南垃圾焚烧发电厂全负荷垃圾处理能力 4320 吨/日，年生产电力 9.81 亿千瓦时，占新加坡全部电力需求的 2~3%。

2.我国行业概况

2023 年全国设区城市生活垃圾清运量为 2.54 亿吨，无害化处理率达 99.98%，其中，卫生填埋处理量为 1892.56 万吨，占 7.45%；焚烧处理量为 20954.45 万吨，占 82.49%；其他处理方式占 10.06%。城市生活垃圾无害化处理能力达 114.44 万吨/日，其中，焚烧 86.18 万吨/日，焚烧处理能力占 75.30%。截至 2023 年底，全国已建成无害化处理厂（场）1423 座，其中，卫生填埋场 366 座，焚烧厂 696 座，其他 361 座。根据《城市建设统计年报》，我国垃圾焚烧厂的数量及平均处理规模和垃圾无害化处理设施占比逐年提高，具体见图 1、图 2、图 3。

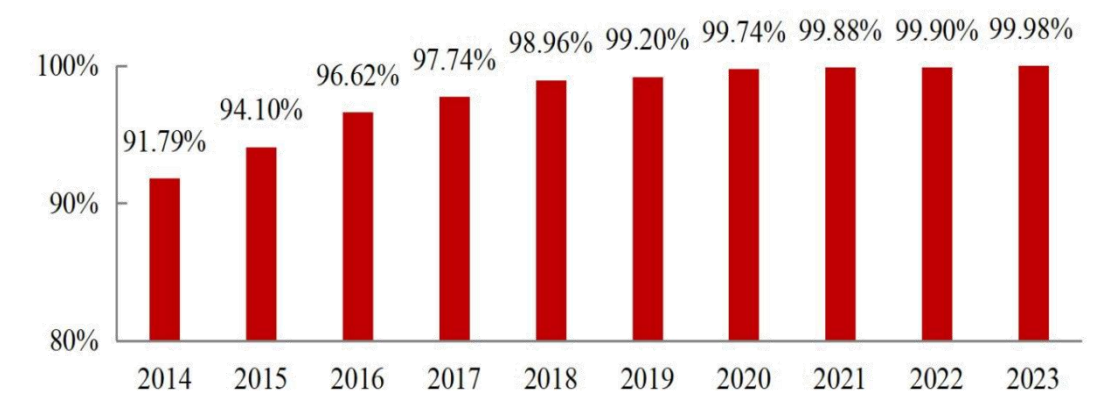


图 1 2014-2023 年全国城市生活垃圾无害化处理率变化情况



图2 2014-2023年全国城市生活垃圾无害化处理能力及同比变化情况

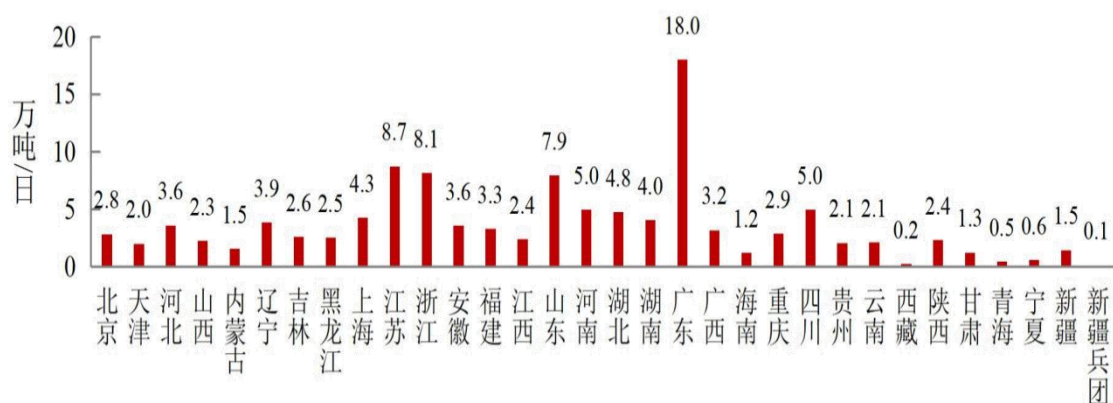


图3 2023年全国各省（区、市）生活垃圾无害化处理能力

3.我省行业概况

随着我省城市化进程加快，居民生活水平不断提高，城市垃圾量不断增多，生活垃圾无害化处理方式逐步转为“焚烧为主，填埋为辅”发展格局，原则上按照垃圾运输距离不超过50公里、单个项目日处理规模不低于500吨的标准，以垃圾清运量大的城市作为布局重点，统筹服务周边城乡的原则，垃圾焚烧发电项目得以迅猛发展。

2023 年全省城市生活垃圾清运量为 904.16 万吨，无害化处理率达 99.98%，其中，卫生填埋处理量为 150.49 万吨，占 16.65%；焚烧处理量为 698.56 万吨，占 77.27%，其他方式占 6.08%。城市生活垃圾无害化处理能力达 40448 吨/日，其中，卫生填埋 15532 吨/日，焚烧 21625 吨/日，其他 3291 吨/日。

截至目前，湖南省已建生活垃圾焚烧发电项目 46 个，日处理生活垃圾 39650 吨；在建项目 5 个，日处理生活垃圾 2400 吨。根据《湖南省生活垃圾焚烧发电中长期专项规划(2019-2030 年)》，为实现垃圾应烧尽烧，达到生活垃圾减量化、资源化、无害化，到 2030 年全省拟新建项目 16 个，新增日处理能力 14250 吨/日。

除生活垃圾焚烧企业外，我省有 3 家水泥生产企业协同处理生活垃圾。其中，华新水泥株洲公司是湖南省首个水泥窑协同处置生活垃圾项目，2013 年 8 月投运，日处理生活垃圾 450 吨。靖州县台泥水泥有限公司协同处置生活垃圾项目 2022 年 9 月投运，日处理生活垃圾 200 吨。华新水泥桑植有限公司 2024 年建成投运 250 吨/日的协同处置一般固废及生活垃圾项目。

焚烧法也是我省生活污水厂污泥的主要处置方式之一，除株洲市、邵阳市、张家界市、郴州市、湘西州外，其他市州均有污泥采用该方式进行处置，主要为与垃圾焚烧、火电厂等进行协同处置，处置标准 and 安全性均受到了全面监管。

目前我省有处理生活污水厂污泥的焚烧设施 15 座，焚烧处置量约 913 吨/日，占已建焚烧处理设施可协同处置污泥能力的 29.50%。“十四五”期间新增污泥焚烧项目 5 个，新增处置规模 1030 吨/日，新建污泥焚烧项目 4 个，新增污泥焚烧能力 398 吨/日。

（二）标准制订的必要性分析

1.国家、我省及生态环境主管部门的相关要求

《中共中央 国务院关于深入打好污染防治攻坚战的意见》（2021 年 11 月 2 日）提出“深入开展生活垃圾焚烧发电行业达标排放专项整治”。

《中华人民共和国国民经济和社会发展第十四个五年规划和 2035 年远景目标纲要》提出“因地制宜推动...非电行业超低排放改造”。

《国务院关于加快建立健全绿色低碳循环发展经济体系的指导意见》（国发〔2021〕4 号）提出：加快城镇生活垃圾处理设施建设，推进生活垃圾焚烧发电，减少生活垃圾填埋处理。

《空气质量持续改善行动计划》（国发〔2023〕24 号）提出“全面开展锅炉和工业炉窑简易低效污染治理设施排查，通过清洁能源替代、升级改造、整合退出等方式实施分类处置”。

《“十四五”节能减排综合工作方案》（国发〔2021〕33号）提出“加快构建集污水、垃圾、固体废物、危险废物、医疗废物处理处置设施和监测监管能力于一体的环境基础设施体系。到2025年，城镇生活垃圾焚烧处理能力达到80万吨/日左右，城市生活垃圾焚烧处理能力占比65%左右”。

《深入打好重污染天气消除、臭氧污染防治和柴油货车污染治理攻坚战行动方案》（环大气〔2022〕68号）提出“鼓励其他行业探索开展氮氧化物超低排放改造”“实施工业锅炉和炉窑提标改造。鼓励臭氧污染严重地区结合实际制定更为严格的地方排放标准”。

《减污降碳协同增效实施方案》（环综合〔2022〕42号）提出“持续推进生活垃圾焚烧处理能力建设”“升级改造污水处理设施和垃圾焚烧设施”。

《生活垃圾焚烧发电建设项目环境准入条件（试行）》（环办环评〔2018〕20号）要求生活垃圾焚烧发电项目应采取高效废气污染控制措施。

《中央生态环境资金项目储备库入库指南（2025年版）》（环办科财〔2025〕17号）首次提出“锅炉综合治理以……生活垃圾焚烧发电锅炉深度治理等为重点”。

《长株潭及传输通道城市环境空气质量达标攻坚行动计划》（湘政办发〔2023〕3号）提出“推进锅炉和工业炉窑提标改造”。

《湖南省大气污染防治攻坚“守护蓝天”攻坚行动计划（2023-2025 年）》（湘政办发〔2023〕34 号）提出“深入开展锅炉窑炉深度治理和简易低效处理设施排查”。

《湖南省空气质量持续改善行动计划实施方案》（湘政办发〔2024〕33 号）提出“全面开展锅炉窑简易低效污染治理设施排查和分类处置”。

《湖南省“无废城市”建设实施方案》（2024 年 4 月 3 日）提出“支持规模化生活垃圾焚烧处理设施建设。加快发展以焚烧为主的垃圾处理方式”。

《美丽湖南建设规划纲要（2023—2035 年）》（湘环发〔2024〕67 号）提出“稳步发展城镇生活垃圾焚烧发电”。

2.国家、我省相关产业政策及行业发展规划的相关要求

《关于加快补齐县级地区生活垃圾焚烧处理设施短板弱项的实施方案的通知》（发改环资〔2022〕1863 号）要求加快补齐县级地区（含县级市）生活垃圾焚烧处理设施短板弱项，全面提升县级地区生活垃圾焚烧处理能力。

《关于深入推进全省工业领域清洁生产工作的实施意见》（湘工信节能〔2024〕194 号）提出“推动生物质发电和生活垃圾焚烧发电企业脱硝深度治理改造”。

《湖南省生活垃圾焚烧发电中长期专项规划（2019-2030 年）》提出“到 2030 年，全省生活垃圾焚烧发电处理量占无害化处理量的 70%。远景展望至 2035 年，力争全省生活垃

圾焚烧发电处理量占无害化处理量的 75%以上”，要求提升焚烧处理能力、健全垃圾收运体系、推进监管能力建设。

3.行业发展带来的主要生态环境问题

生活垃圾焚烧将排放大量的颗粒物、二氧化硫、氮氧化物等污染物，2024 年度我省 38 家 75 台垃圾焚烧炉在线监控数据显示，全年排放颗粒物 118.16 吨、二氧化硫 1664.59 吨、氮氧化物 8512.10 吨、氯化氢 535.17 吨、一氧化碳 244.44 吨。到 2030 年，湖南省拟建设垃圾焚烧发电项目 67 项，垃圾焚烧处理能力达 56300 吨/日。根据《生活垃圾焚烧处理工程技术》，一吨垃圾燃烧大约产生 4500 立方的烟气量，全省垃圾焚烧发电项目将产生约 925 万立方的烟气量，预计将产生 175 吨的颗粒物、12640 吨的氮氧化物、2472 吨的二氧化硫。“十四五”到“十五五”期间我省新建生活垃圾焚烧项目多且排放新增量大，其高架源排放对周边区域环境空气质量影响较大，给区域污染物排放带来较大压力。

4.行业清洁生产工艺和污染防治技术的最新进展

垃圾焚烧减量化显著、占地面积小、环境影响小、消毒灭菌彻底和可回收热能等优点，成为解决垃圾处理问题的最有效手段。近年来随着高效除尘、脱硫和脱硝等一系列烟气末端治理技术及源头控制技术的发展和广泛应用，为生活垃圾焚烧行业污染控制提供了技术支撑，从现有污染防治技术来看，执行更严格的大气污染排放标准具有技术可行性。

5.现行环保标准存在的主要问题

目前，国内上海、深圳、河北、河南、山东、湖北、陕西、福建、海南等地均已制定地方标准或出台管控措施，我省生活垃圾焚烧企业目前执行生态环境部 2014 年发布的《生活垃圾焚烧污染控制标准》(GB 18485-2014)，与火力发电、钢铁、水泥、焦化等已实施超低排放改造的行业相比，主要污染物排放限值相对比较宽松；焚烧烟气在脱硝过程中存在氨逃逸，但现行标准中未对氨设置排放控制要求，难以发挥污染物减排的作用。这与我省的环境空气质量改善目标和减排压力不相适应，现行排放标准大气污染物排放限值已不能有效支撑新形势下我省生活垃圾焚烧行业的环保要求。生活垃圾焚烧行业进一步收严污染物排放浓度限值，严格控制重点污染物排放，开展适合我省省情的标准制定工作，将可进一步挖掘和释放减排空间，有利于环境空气质量改善，为环境污染防治和环境执法提供依据，也可为我省重大项目落地腾出环境容量和污染物替代来源。

二、工作概况

(一) 任务来源

2025 年 2 月 1 日，湖南省市场监管局下达了《关于下达 2025 年度第 1 批地方标准制定项目计划的通知》，《生活垃圾焚烧主要大气污染物排放标准》通过了湖南省地方标准的立项批准。湖南省地方标准《生活垃圾焚烧主要大气污染物排

放标准》（以下简称《标准》）的主编单位为湖南省环境保护科学研究院，协作单位包括中南大学、湖南现代环境科技股份有限公司、湖南省生态环境事务中心。

（三）主要工作过程

1.成立标准编制工作组

根据湖南省市场监管局《关于下达 2025 年度第 1 批地方标准制定项目计划的通知》，2025 年 2 月，主编单位湖南省环境保护科学研究院牵头组建《生活垃圾焚烧主要大气污染物排放标准》编制工作组，开始标准的编制工作。

2.开展标准调研

2025 年 3 月起，工作组制定了工作方案，明确起草标准的工作流程、主要任务、进度安排及组织分工。工作组对国内外垃圾焚烧行业相关标准进行分析研究，基于我省生活垃圾焚烧行业污染源在线监控数据，分析了我省生活垃圾焚烧行业主要大气污染物的排放情况，对省内部分垃圾电厂和行业协会开展了调研。

3.起草工作组讨论稿

2025 年 2 月 27 日，省生态环境厅组织召开了《标准》开题论证会，邀请中国环境科学研究院、湖南省生态环境保护标准化技术委员会、湖北省生态环境科学研究院、湖南省标准化协会、湖南大学、中冶长天国际工程有限责任公司、

湖南省生态环境监测中心的专家和省住房城乡建设厅、省市场监督管理局等相关负责同志参加，通过了开题论证。

2025 年 3 月-6 月，工作组对我省长沙、株洲、湘潭、常德、张家界、益阳、永州、怀化、湘西等城市的 20 余家生活垃圾焚烧发电企业开展深入调研，对省内其他生活垃圾焚烧发电企业进行了书面调研。并会同益阳市生态环境局等部门赴江苏省常州市、浙江省杭州市等地调研已实施相关治理工程的垃圾焚烧发电企业开展系统调研，了解相关治理设施建设和运行情况。

4.形成征求意见稿

结合调研情况，工作组补充完善了标准技术内容中的各项要求，确定了《标准》的污染物控制项目、指标限值等内容，形成了《标准》的征求意见稿和编制说明。2025 年 8 月 8 日，省生态环境厅组织召开《标准》征求意见稿技术审查会，邀请生态环境部环境规划院、首创环境、长沙理工大学等单位专家开展技术审查。

三、标准编制原则与主要内容

（一）编制原则

本标准是依据《中华人民共和国标准化法》《中华人民共和国标准化法实施条例》《生态环境标准管理办法》《湖南省地方标准管理办法(试行)》等要求，按照《GB/T 1.1-2020

标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》
《HJ 945.1-2018 国家大气污染物排放标准制订技术导则》等
法律法规、标准的规定制定。本标准制定遵循了以下原则：

1.合规性原则

标准应规范法律允许的排放情形，标准中规定的各项要求应符合国家各项法律、法规的要求，支撑环境影响评价、排污许可、总量控制、环境保护税、监督执法等生态环境管理制度的实施。

2.适用性原则

标准应充分考虑国民经济和社会发展规划和生态环境保护规划、产业发展战略规划与产业政策、准入条件等的目标和要求，客观真实反映排放源生产工艺、污染防治技术水平及污染物排放状况等，在充分吸纳省直有关部门、地方生态环境部门、生产运营企业、相关协会、公众等有关方面意见，参考国内兄弟省份同类标准控制水平的基础上提出排放控制要求，做到客观、公正。

3.协调性原则

标准应与其他行业型、通用型或综合型国家和地方大气污染物排放标准相衔接，避免交叉重叠，污染物项目和排放限值应与监测分析方法标准相适用、配套，满足环境监督管理对标准的要求，做到标准体系严密、协调。

4.先进性原则

标准应作为实施环境准入和退出、削减污染物排放、改善环境质量和防范环境风险的手段，根据湖南省经济水平、技术水平制定，明确达标技术路线，并进行环境效益与经济成本分析，确保标准技术可达、经济可行。

（二）标准主要内容的确定

1.标准的组成

《标准》包括：前言、引言、范围、规范性引用文件、术语和定义、大气污染物排放控制要求、大气污染物监测要求、实施与监督共八部分。

前言说明《标准》的起草情况、归口单位、发布日期。

引言主要说明《标准》的目的和主要内容。

范围主要说明《标准》的适用范围和不适用范围。

规范性引用文件主要包括《标准》适用的污染物相关监测方法和管理、处罚办法等。

术语和定义主要规范《标准》涉及到的专有名词定义。

大气污染物排放控制要求主要包括大气污染物有组织排放限值，还规定了基准含氧量和其他生产设施污染控制要求等。

大气污染物监测要求主要规定了采样口设置要求和污染物的监测方法。

实施与监督规定了《标准》的达标判定、实施要求等。

2.标准的范围

本文件规定了湖南省生活垃圾焚烧厂大气污染物排放控制要求、监测和监督管理要求。

本文件适用于湖南省现有生活垃圾焚烧厂的大气污染物排放管理，以及生活垃圾焚烧建设项目的环境影响评价、环境保护设施设计、竣工环境保护验收、排污许可证核发及其投产后的大气污染物排放管理。

掺加生活垃圾质量超过入炉（窑）物料总质量 30%的工业炉窑以及生活污水处理设施产生的污泥、一般工业固体废物的专用焚烧炉的污染控制按照本标准执行。

本文件不适用于协同处置生活垃圾的水泥生产设施。

生活垃圾焚烧厂的选址要求、工艺要求、入炉废物要求、运行要求等本文件未作规定的管控要求和焚烧炉以外的其他生产设施及本文件未作规定的污染物项目，按 GB 18485 和有关技术规范的要求执行。

表 4 GB 18485 规定的入炉废物要求

条款	内容
6.1	下列废物可以直接进入生活垃圾焚烧炉进行焚烧处置： ——由环境卫生机构收集或生活垃圾产生单位自行收集的混合生活垃圾； ——由环境卫生机构收集的服装加工、食品加工以及其他为城市生活服务的行业产生的性质与生活垃圾相近的一般工业固体废物； ——生活垃圾堆肥处理过程中筛分工序产生的筛上物，以及其他生化

	处理过程中产生的固态残余组分； ——按照 HJ/T 228、HJ/T 229、HJ/T 276 要求进行破碎毁形和消毒处理并满足消毒效果检验指标的《医疗废物分类目录》中的感染性废物。
6.2	在不影响生活垃圾焚烧炉污染物排放达标和焚烧炉正常运行的前提下，生活污水处理设施产生的污泥和一般工业固体废物可以进入生活垃圾焚烧炉进行焚烧处置，焚烧炉排放烟气中污染物浓度执行表 4 规定的限值。
6.3	下列废物不得在生活垃圾焚烧炉中进行焚烧处置： ——危险废物，本标准 6.1 条规定的除外； ——电子废物及其处理处置残余物。国家环境保护行政主管部门另有规定的除外。

3.规范性引用文件

列出了本文件中通过规范性引用而构成本文件必不可少的条款。包括生活垃圾焚烧、水泥窑协同处置固体废物、恶臭等国家污染物排放标准和工业炉窑等地方污染物排放标准，污染物采样和分析方法标准，生态环境部相关部门规章等。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

4.术语和定义

本标准列出的术语和定义包括生活垃圾、生活垃圾焚烧炉、二噁英类、现有生活垃圾焚烧炉、新建生活垃圾焚烧炉、烘炉、启炉、停炉、标准状态、测定均值、1 小时均值、24 小时均值，共计 12 项。

“生活垃圾”源自《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》附则中的定义。

“焚烧炉、现有生活垃圾焚烧炉、新建生活垃圾焚烧炉、二噁英类、测定均值、1 小时均值、24 小时均值、标准状态”采用《生活垃圾焚烧污染控制标准》(GB 18485-2014)及其修改单的定义。

“烘炉、启炉、停炉”根据《生活垃圾焚烧发电厂自动监测数据标记规则》（生态环境部公告 2019 年第 50 号）相关定义改写而来。

5. 污染物项目的选择

根据《生活垃圾焚烧污染控制标准》(GB 18485-2014)等国家相关管控要求，结合我省大气环境管理要求，选取颗粒物，氮氧化物，二氧化硫，氯化氢，一氧化碳，汞及其化合物，铊、镉及其化合物，锑、砷、铅、铬、钴、铜、锰、镍及其化合物，二噁英类，氨等 10 项控制因子。

与 GB 18485-2014 相比，增加了氨作为控制因子，主要原因是烟气中喷入过量氨基脱硝剂会产生氨逃逸，氨是 PM_{2.5} 生成的重要前体物，同时氨逃逸浓度过大会导致下游设备的腐蚀和堵塞，增大运行成本。

6. 污染物排放限值的确定及依据

当前焚烧炉烟气治理技术均相对成熟，本标准根据当前焚烧厂污染物排放水平和采用的烟气治理技术，基于环境管理需求，结合经济成本，综合确定各污染物的排放限值。

（1）颗粒物限值的确定

本标准规定的颗粒物 1 小时均值为 10 mg/m^3 、24 小时均值限值为 8 mg/m^3 。我省垃圾焚烧行业广泛应用的除尘设施为袋式除尘器。袋式除尘工艺对颗粒物的去除效率可达到 99.9% 以上。经调研，部分颗粒物排放浓度较高的企业，主要是由于袋式除尘器运行时间较长、轻微破损或者运行管理不当导致颗粒物排放水平略高。满足本标准限值的可行性技术为袋式除尘器，在袋式除尘器及配套设施完好，及时维护、检修的前提下，颗粒物排放浓度可满足本标准限值。

（2）氮氧化物限值的确定

本标准规定的氮氧化物 1 小时均值为 120 mg/m^3 、24 小时均值限值为 100 mg/m^3 。

目前主流的脱硝技术有 SNCR、SCR、HSNCR 及其组合技术等。SNCR 技术去除效率可达到 50% 左右，生活垃圾焚烧炉烟气中氮氧化物处理前浓度在 $200\sim 400 \text{ mg/m}^3$ ，处理后浓度一般可达到 1500 mg/m^3 左右。HSNCR 技术去除效率可达到 70% 左右，处理后浓度一般可达到 120 mg/m^3 左右。SCR 系统 NO_x 脱除效率通常很高，脱硝效率 70~90%，排放浓度基本可控制在 100 mg/m^3 以下。SNCR+SCR 联用技术去除率可达到 85% 左右，处理后浓度一般可达到 80 mg/m^3 以下。

目前全省已建成的生活垃圾焚烧厂采取的 NO_x 污染控制技术均为 SNCR 烟气脱硝技术，脱硝效率为 40%~60%。根据本次收集全省已建营运的生活垃圾焚烧厂不同炉型 NO_x 小时均值与日均值在线监测数据，在采取 SNCR 脱硝技术，焚烧炉烟气 NO_x 小时均值与日均值排放浓度小于 150 mg/m^3 比例高于 50%，再采取进一步管控措施， NO_x 排放浓度可进一步降低。

结合国内以及我省新扩建项目审批情况来看，生活垃圾焚烧厂基本上采用的脱硝技术包括，一是采用低氮燃烧+烟气再循环+SCR 技术，二是采用 SNCR+SCR 联合脱硝技术。分析表明，采用上述脱硝技术均可确保氮氧化物达标。即 NO_x 24 小时均值取值 100 mg/m^3 、1 小时均值取值 120 mg/m^3 。

考虑到生活垃圾成分存在波动性，本标准规定的氮氧化物 1 小时均值为 120 mg/m^3 、24 小时均值限值为 100 mg/m^3 。可行技术为 SNCR+SCR、SCR。

（3）二氧化硫、氯化氢限值的确定

本标准规定的二氧化硫 1 小时均值 50 mg/m^3 、24 小时均值限值为 40 mg/m^3 ；氯化氢 1 小时均值为 20 mg/m^3 、24 小时均值限值为 10 mg/m^3 。

根据全省调研情况，烟气中二氧化硫、氯化氢处理前浓度分别在 300~350 mg/m^3 、150 mg/m^3 左右，主要采用“半干法+干法”“半干法”工艺，对酸性气体的去除效率可达到 85% 以上，处理后二氧化硫、氯化氢浓度一般可达到 40 mg/m^3 、

10 mg/m³ 以下，能够达到本标准限值；新建企业可采用“半干法+干法+湿法”组分工艺，对酸性气体的去除效率可达到 95%以上，处理后二氧化硫、氯化氢浓度一般均可达到 10 mg/m³ 以下。现有企业在通过提升管理水平、优化旋转喷雾效果、调整脱酸反应温度、优化脱酸剂种类等措施后，能进一步提升脱酸效率，达到本标准限值。

（4）一氧化碳限值的确定

本标准规定的一氧化碳 1 小时均值为 50 mg/m³、24 小时均值限值为 30 mg/m³。一氧化碳浓度是反映焚烧炉内生活垃圾是否充分燃烧的重要性能指标之一，也可在一定程度上反映烟气中二噁英浓度的高低。随着焚烧炉技术水平、装备水平的提升，以及垃圾成分的稳定和质量提高，使一氧化碳更加易于控制。现有企业一氧化碳排放水平已基本达到本标准规定限值，满足本标准限值的可行技术为“3T+E”燃烧控制。

（5）重金属限值的确定

本标准规定的汞及其化合物测定均值为 0.02 mg/m³，铊、镉及其化合物测定均值为 0.03 mg/m³，锑、砷、铅、铬、钴、铜、锰、镍及其化合物测定均值为 0.3 mg/m³。采用“活性炭吸附/喷射+布袋除尘器”技术对焚烧炉烟气中重金属去除效率可达 90%左右。现有企业重金属类排放水平已基本达到本标准规定限值，满足本标准限值的可行性技术为“活性炭吸附/喷射+布袋除尘器”。

（6）二噁英类限值的确定

本标准规定的二噁英类测定均值为 0.1 ng-TEQ/m^3 , 二噁英类浓度受炉型、垃圾成分均匀性、燃烧稳定性及烟气净化措施的有效性多方面影响, 具有一定波动性, 因此本标准规定限值为 0.1 ng-TEQ/m^3 , 与 GB 18485 保持一致。满足本标准限值的可行性技术为““3T+E’+活性炭+袋式除尘器”。

(7) 氨限值的确定

生活垃圾焚烧 NO_x 初始浓度与燃煤电厂 NO_x 初始浓度近似, 在氨逃逸控制上具有借鉴性, 国家火电行业标准根据不同脱硝技术, 规定氨逃逸限值为 $2.5\sim 8 \text{ mg/m}^3$; 河北、天津等省市生活垃圾标准中氨浓度限值均为 8 mg/m^3 ; 我省《工业炉窑主要大气污染物排放标准》中氨浓度限值均为 8 mg/m^3 。

综上, 考虑焚烧工况不稳定性以及 NO_x 控制压力, 本标准规定的氨 1 小时均值为 8 mg/m^3 , 在采用可行的 NO_x 控制技术, 并合理控制脱硝剂投入量的基础上, 能够达标。

(8) 非正常工况下颗粒物控制要求

焚烧炉在启炉、停炉、故障或事故时间内, 所获得的监测数据不作为评价是否达到本标准排放限值的依据, 但此期间内烟气中颗粒物的 1 小时均值浓度不得大于 100 mg/m^3 。

GB 18485-2014 的有关要求如下:

——7.1 条 焚烧炉在启动时, 应先将炉膛内焚烧温度升至本标准 5.2 条规定的温度后才能投入生活垃圾。自投入生活垃圾开始, 应逐渐增加投入量直至达到额定垃圾处理量;

在焚烧炉启动阶段,炉膛内焚烧温度应满足本标准表 1 要求,焚烧炉应在 4 小时内达到稳定工况。

——7.2 条 焚烧炉在停炉时,自停止投入生活垃圾开始,启动垃圾助燃系统,保证剩余垃圾完全燃烧,并满足本标准表 1 所规定的炉膛内焚烧温度的要求。

——7.3 条 焚烧炉在运行过程中发生故障,应及时检修,尽快恢复正常。如果无法修复应立即停止投加生活垃圾,按照本标准 7.2 条要求操作停炉。每次故障或者事故持续排放污染物时间不应超过 4 小时。

——7.4 条 焚烧炉每年启动、停炉过程排放污染物的持续时间以及发生故障或事故排放污染物持续时间累计不应超过 60 小时。

7.其他污染控制指标的确定及依据

(1) 污染物浓度的折算

本文件按照 GB 18485-2014 的要求,拟规定各项污染物浓度的排放限值,均指在标准状态下以 11% (V/V%) O₂ (干烟气) 作为换算基准换算后的基准氧含量排放浓度,按下式进行换算:

$$\rho_{\text{基}} = \frac{21 - O_{\text{基}}}{21 - O_{\text{实}}} \times \rho_{\text{实}}$$

式中:

$\rho_{\text{基}}$ ——大气污染物基准排放质量浓度,单位为毫克每立方米 (mg/m³);

$\rho_{\text{实}}$ ——实测大气污染物排放质量浓度，单位为毫克每立方米（ mg/m^3 ）；

$O_{\text{基}}$ ——基准氧含量，%；

$O_{\text{实}}$ ——实测的氧含量，%。

（2）其他生产设施控制要求

本文件仅规定了生活垃圾焚烧炉的大气污染物控制要求，生活垃圾焚烧企业除焚烧炉外其他生产设施的大气污染物排放应符合 GB 16297 的相关规定。

（3）恶臭污染控制要求

生活垃圾焚烧厂恶臭污染控制应符合 GB 14554、GB 18485 的要求：

——生活垃圾的运输应采取密闭措施，避免在运输过程中发生垃圾遗撒、气味泄露和污水滴漏。

——生活垃圾贮存设施和渗滤液收集设施应采取封闭负压措施，并保证其在运行期和停炉期均处于负压状态。这些设施内的气体应优先通入焚烧炉中进行高温处理，或收集并经除臭处理满足 GB 14554 要求后排放。

8.排放限值执行时段的要求

关于排放限值执行时段，自本标准实施之日起，新建生活垃圾焚烧炉排放烟气中污染物浓度执行本标准规定的限值。经调研，SCR 技术改造实施完成（包括场地施工、设备采购、安装等）周期约 6 个月时间，仅烟气设施连接时，需要停炉，时间约 10 天，可结合企业停炉检修期间实施完成或者通过合理调度，可妥善处置技改期间垃圾堆积问题；另

外，各地市也逐步启动厨余垃圾分类处理，可减少生活垃圾处置量，减缓生活垃圾处置压力。

考虑部分企业有多台焚烧炉需要按序开展改造，本文件拟提出自本标准发布 12 个月后，现有生活垃圾焚烧炉排放烟气中污染物浓度执行本标准规定的限值。

9. 监测要求

(1) 生活垃圾焚烧企业应按照有关法律、《环境监测管理办法》《企业环境信息依法披露管理办法》、HJ/T 373、HJ819 等规定，建立企业监测制度，制订监测方案，对大气污染物排放状况开展自行监测，保存原始监测记录，按照相关规定如实公开污染物自行监测数据。

(2) 生活垃圾焚烧企业应按照环境监测管理规定和技术规范的要求，设计、建设、维护永久性采样孔、采样测试平台和排污口标志。

(3) 对生活垃圾焚烧企业排放废气的采样，应根据监测污染物的种类，在规定的污染物排放监控位置进行。烟气中二噁英监测的采样按照 HJ 77.2、HJ 916 等有关规定执行；烟气中其他污染物监测采样按照 GB/T 16157、HJ/T 397、HJ 75 等有关规定执行；企业厂界无组织颗粒物监测按 HJ/T 55 等有关规定执行。

(4) 生活垃圾焚烧厂对焚烧炉烟气中重金属类污染物监测应每月至少开展 1 次；对烟气中颗粒物、二氧化硫、氮

氧化物、氨、氯化氢和一氧化碳的监测应每季度至少开展 1 次；对烟气中二噁英类的监测应每年至少开展 1 次，如出现超标，则加密至每季度监测 1 次，连续 4 个季度稳定达标后，可恢复每年监测 1 次。对其他大气污染物排放情况监测的频次、采样时间等要求，按有关环境监测管理规定和技术规范的要求执行。

（5）生活垃圾焚烧厂自动监控设备的安装、运行管理、定期校对应按《污染源自动监控管理办法》和 HJ 75、HJ 76、HJ 1403 等规定执行。在线监测结果应采用电子显示板进行动态公示并与当地生态环境主管部门和行业行政主管部门监控中心联网。烟气在线监测指标至少包括颗粒物、氮氧化物、二氧化硫、一氧化碳、氯化氢和氨（待国家标准发布后实施）。

（6）生活垃圾焚烧炉大气污染物的分析测定采用表 5 所列的方法标准。本标准实施后国家发布的污染物监测方法标准，如适用性满足要求，同样适用于本标准相应污染物的测定。

表 5 污染物浓度测定方法

序号	污染物项目	方法标准名称	标准编号	测定范围 (mg/m ³)	检出限 (mg/m ³) 或误差范围
1	颗粒物	固定污染源废气 低浓度颗粒物的测定 重量法	HJ 836	< 50	1.0
2	二氧化硫	固定污染源排气中二氧化硫的测定 碘量法	HJ/T 56	100 ~ 6000	< ±6%
		固定污染源废气 二氧化硫的测定 定电位电解法	HJ 57	15 ~ 14300	< ±5%
		固定污染源废气 二氧化硫的测定 非分散红外吸收法	HJ 629	> 10	3
		固定污染源废气 二氧化硫的测定 便携式紫外吸收法	HJ 1131	> 8	2
		固定污染源废气 气态污染物 (SO ₂ 、NO、NO ₂ 、CO、CO ₂) 的测定 便携式傅立叶变换红外光谱法	HJ 1240	> 4	1
3	氮氧化物	固定污染源排气中氮氧化物的测定 紫外分光光度法	HJ/T 42	34~1730	10
		固定污染源排气中氮氧化物的测定 盐酸萘乙二胺分光光度法	HJ/T 43	2.4~208	0.7
		固定污染源废气 氮氧化物的测定 非分散红外吸收法	HJ 692	> 12	3
		固定污染源废气 氮氧化物的测定 定电位电解法	HJ 693	> 12	3
		固定污染源废气 氮氧化物的测定 便携式紫外吸收法	HJ 1132	NO: > 4 NO ₂ : > 8	NO: 4 NO ₂ : 8
		固定污染源废气 气态污染物 (SO ₂ 、NO、NO ₂ 、CO、CO ₂) 的测定 便携式傅立叶变换红外光谱法	HJ 1240	NO: > 4 NO ₂ : > 12	NO: 1 NO ₂ : 3

序号	污染物项目	方法标准名称	标准编号	测定范围 (mg/m ³)	检出限 (mg/m ³) 或误差范围
4	氯化氢	固定污染源排气中氯化氢的测定 硫氰酸汞分光光度法	HJ/T 27	3.0 ~ 4	0.9
		固定污染源废气 氯化氢的测定 硝酸银容量法	HJ 548	> 8	2
		环境空气和废气 氯化氢的测定 离子色谱法	HJ 549	> 0.8	0.2
		固定污染源废气 氨和氯化氢的测定 便携式傅立叶变换红外光谱法	HJ 1330	> 4	1
5	一氧化碳	固定污染源排气中一氧化碳的测定 非色散红外吸收法	HJ/T 44	60 ~ 15×10 ⁴	20
		固定污染源废气 一氧化碳的测定 定电位电解法	HJ 973	12	3
		固定污染源废气 气态污染物 (SO ₂ 、NO、NO ₂ 、CO、CO ₂) 的测定 便携式傅立叶变换红外光谱法	HJ 1240	> 4	1
6	汞及其化合物	固定污染源废气 汞的测定 冷原子吸收分光光度法	HJ 543	> 0.01	0.0025
7	镉及其化合物	大气固定污染源 镉的测定 石墨炉原子吸收分光光度法	HJ/T 64.2	0.5×10 ⁻⁶ ~ 1×10 ⁻⁵	3×10 ⁻⁸
		空气和废气 颗粒物中铅等金属元素的测定 电感耦合等离子体质谱法	HJ 657	> 8×10 ⁻⁶	8×10 ⁻⁶
		空气和废气 颗粒物中金属元素的测定 电感耦合等离子体发射光谱法	HJ 777	> 1.2×10 ⁻⁵	3×10 ⁻⁶
8	铊及其化合物	空气和废气 颗粒物中铅等金属元素的测定 电感耦合等离子体质谱法	HJ 657	> 3×10 ⁻⁶	8×10 ⁻⁶
9	铅及其化合物	空气和废气 颗粒物中铅等金属元素的测定 电感耦合等离子体质谱法	HJ 657	> 0.00017	2×10 ⁻⁴
		固定污染源废气 铅的测定 火焰原子吸收分光光度法	HJ 685	> 4.0×10 ⁻²	1.0×10 ⁻²
		空气和废气 颗粒物中金属元素的测定 电感耦合等离子体发射光谱法	HJ 777	> 1.9×10 ⁻⁵	5×10 ⁻⁵

序号	污染物项目	方法标准名称	标准编号	测定范围 (mg/m ³)	检出限 (mg/m ³) 或误差范围
10	铬、钴、铜、锰 及其化合物	空气和废气 颗粒物中铅等金属元素的测定 电感耦合等离子体质谱法	HJ 657	Cr: >0.00025 Co: >8×10 ⁻⁶ Cu: >0.00017 Mn: >7×10 ⁻⁵	Cr: 3×10 ⁻⁴ Co: 8×10 ⁻⁶ Cu: 2×10 ⁻⁴ Mn: 7×10 ⁻⁵
		空气和废气 颗粒物中金属元素的测定 电感耦合等离子体发射光谱法	HJ 777	Cr: >2.4×10 ⁻⁵ Co、Cu、Mn: >9×10 ⁻⁶	Cr: 6×10 ⁻⁶ Co、Cu、Mn: 3×10 ⁻⁶
11	锑及其化合物	空气和废气 颗粒物中铅等金属元素的测定 电感耦合等离子体质谱法	HJ 657	>2.5×10 ⁻⁵	2×10 ⁻⁵
		空气和废气 颗粒物中金属元素的测定 电感耦合等离子体发射光谱法	HJ 777	>1.6×10 ⁻⁵	4×10 ⁻⁶
		环境空气和废气 颗粒物中砷、硒、铋、锑的测定 原子荧光法	HJ 1133	>2.8×10 ⁻³	7×10 ⁻⁴
12	镍及其化合物	大气固定污染源 镍的测定 火焰原子吸收分光光度法	HJ/T 63.1	0.01~0.5	3×10 ⁻⁵
		大气固定污染源 镍的测定 石墨炉原子吸收分光光度法	HJ/T 63.2	5×10 ⁻⁶ ~2×10 ⁻⁴	3×10 ⁻⁶
		空气和废气 颗粒物中铅等金属元素的测定 电感耦合等离子体质谱法	HJ 657	>7×10 ⁻⁵	1×10 ⁻⁴
		空气和废气 颗粒物中金属元素的测定 电感耦合等离子体发射光谱法	HJ 777	>1.6×10 ⁻⁵	4×10 ⁻⁵
13	二噁英类	环境空气和废气 二噁英的测定 同位素稀释高分辨气相色谱高分辨质谱法	HJ/T 77.2	2.4×10 ⁻⁹ ~2.8×10 ⁻⁸	6×10 ⁻¹⁰
14	氨	环境空气和废气 氨的测定 纳氏试剂分光光度法	HJ 533	1.0~20	0.25
				0.04~0.88	1×10 ⁻²
		固定污染源废气 氨和氯化氢的测定 便携式傅立叶变换红外光谱法	HJ 1330	>4	1

10.达标判定

(1) 采用手工监测时，按照监测规范要求测得的任意 1 h 均值、24 h 均值、测定均值浓度超过本文件规定的排放限值，判定为超标。

(2) 采用自动监测时，一个自然日内，垃圾焚烧厂任一焚烧炉在正常运行期间排放烟气中颗粒物、氮氧化物、二氧化硫、氯化氢、一氧化碳等污染物的自动监测 24 小时均值数据，有一项或者一项以上超过本文件规定的相应污染物 24 小时均值限值，判定为超标。自动监测日均值数据的计算，按照 HJ 212 执行。

(3) 国家对达标判定另有要求的，从其规定。

(4) 各级生态环境主管部门现场检查时，可以按照相关技术规范要求现场采样，获取的监测（检测）数据可以作为判定排污行为是否符合本文件的依据。生态环境主管部门现场采样监测获取的监测数据与自动监测数据不一致的，以生态环境主管部门现场采样监测获取的监测数据作为行政执法的证据。

——《环境行政处罚办法》第三十七条规定：“环境保护主管部门在对排污单位进行监督检查时，可以现场即时采样，监测结果可以作为判定污染物排放是否超标的证据”。

——《关于环境保护部门现场检查中排污监测方法问题的解释》（国家环境保护总局公告 2007 年第 16 号）规定：

“环保部门在对排污单位进行监督性检查时,可以环保工作人员现场即时采样或监测的结果作为判定排污行为是否超标以及实施相关环境保护管理措施的依据”。

四、技术和经济影响分析

(一) 主要生产工艺

生活垃圾焚烧处理系统主要可分为四个子系统,包括垃圾接收储存供料系统、燃烧系统、热力系统、烟气净化系统。

1. 垃圾接收储存供料系统

垃圾经专用密闭垃圾转运汽车运输进厂,而后卸入密闭垃圾仓。在垃圾仓内发酵 7-10 天,以导出渗滤液并提高垃圾热值,通过抓斗对垃圾进行搬运、搅拌,以保证入炉垃圾组分均匀、燃烧稳定。垃圾仓内不同时期垃圾分区存放。垃圾仓上部设有焚烧炉一次风机的吸风口,以维持垃圾贮池负压环境,控制臭气逸散,收集的臭气作为焚烧炉助燃空气。

2. 燃烧系统

垃圾焚烧技术在国外的应用和发展已有几十年的历史,比较成熟的炉型有热解干馏气化炉、脉冲抛式炉排焚烧炉、机械炉排焚烧炉、流化床焚烧炉、回转式焚烧炉和 CAO 焚烧炉。

热解干馏气化炉:垃圾在炉内经热解、干馏、气化等过程被充分碳化,最终生成一氧化碳可燃气体;整个反应过程均在厌氧环境下完成,可有效抑制重金属和二噁英的生成。

可燃气经平底双竖管、洗涤塔等净化设备降温、脱酸、除尘处理后可替代天然气直接应用。单台处理能力 50-200 吨/天，适合中小型城市生活垃圾处理。

脉冲抛式炉排焚烧炉：将垃圾经自动给料单元送入焚烧炉的干燥床干燥，然后送入第一级炉排，在炉排上经高温挥发、裂解，炉排在脉冲空气动力装置的推动下抛动，将垃圾逐级抛入下一级炉排，此时高分子物质进行裂解，其它物质进行燃烧，直至最后燃尽后进入灰渣坑，由自动除渣装置排出。助燃空气由炉排上的气孔喷入并与垃圾混合燃烧，同时使垃圾悬浮在空中。挥发和裂解出来的物质进入第二级燃烧室，进行进一步的裂解和燃烧，未燃尽的烟气进入第三级燃烧室进行完全燃烧；高温烟气通过锅炉受热面加热蒸汽，同时烟气经冷却后排出。

循环流化床焚烧炉：可用来处理固体、液体和气体废物的多用装置，由一个用耐火材料衬里的垂直容器和惰性颗粒物组成。燃烧空气由焚烧炉底部的通风装置进入炉内，垂直上升通过一个分配盘进入流化床的颗粒层。通过床下布风，使惰性颗粒呈沸腾状，形成流化床段，在流化床段上方设有足够高的燃烬段（即悬浮段）。炉温维持在 850~950℃，氮氧化物产生浓度较低，可控制在 60~300 mg/m³。

回转式焚烧炉：用冷却水管或耐火材料沿炉体排列，炉体水平放置并略微倾斜。通过炉身的不停运转，使炉体内的

垃圾充分燃烧，同时向炉体倾斜的方向移动，直至燃尽并排出炉体。

CAO 焚烧炉：将垃圾运至储存坑，进入生化处理罐，在微生物作用下脱水，使天然有机物（厨余、叶、草等）分解成粉状物，其他固体包括塑料橡胶一类的合成有机物和垃圾中的无机物则不能分解粉化。经筛选，未能粉化的废弃物进入焚烧炉的先进入第一燃烧室（温度为 600°C ），产生的可燃气体再进入第二燃烧室，不可燃和不可热解的组份呈灰渣状在第一燃烧室中排出。第二室温度控制在 860°C 进行燃烧，高温烟气加热锅炉产生蒸汽。烟气经处理后由烟囱排至大气，金属玻璃在第一燃烧室内不会氧化或融化，可在灰渣中分选回收。

机械炉排炉：是目前最常用的垃圾焚烧炉，给料斗中的垃圾沿着给料溜管依靠自重滑至给料炉排，给料炉排往复推动将垃圾送入焚烧炉，垃圾在炉排上经过预热干燥段、燃烧段和燃烬段三个区段。焚烧炉炉膛内燃烧温度应达到 850°C 及以上，炉膛内烟气停留时间不少于 2 秒。一次风从垃圾仓顶部吸风，经换热后由一次风机送至炉排下方，为垃圾着火燃烧提供充足的氧气、加热干燥垃圾并冷却炉排。垃圾在炉排上燃烧，同时通过炉排的不断往复推送，使垃圾层向炉尾翻动和搅动，使得垃圾充分燃烧。二次风经换热后由二次风机送至炉内燃烧室上方，以造成烟气紊流，加大燃烧空气和

烟气的混合，以使烟气中的未燃尽固定碳颗粒及一氧化碳完全燃烧。

3. 热力系统

垃圾焚烧炉产生的高温烟气经余热锅炉产生饱和蒸汽，并进一步被加热为过热蒸汽，由蒸汽管道进入汽轮机膨胀做功，汽轮机带动发电机将机械能转化为电能。垃圾燃烧产生的高温烟气经余热锅炉冷却至 210℃左右进入烟气净化系统，而后通过排气筒排放。

4. 烟气净化系统

焚烧炉烟气中含有大量颗粒物、SO₂、NO_x、HCl、CO、重金属、二噁英以及氨等多种有害物质，经脱硝、脱酸、除尘、除重金属及二噁英等净化措施，污染物浓度达标的烟气通过引风机送入排气筒排放。

（二）行业污染物产排情况

生活垃圾焚烧过程中产生的废气主要产生于焚烧（发电）、装卸贮存以及渗滤液处理站等环节。其中焚烧炉产生的烟气是有组织废气的主要来源，含有颗粒物、酸性气体、重金属、不完全燃烧产污以及有机类污染物等；脱酸中和剂储罐、水泥仓、活性炭仓、飞灰仓、飞灰处理车间、飞灰固化物贮存车间、炉渣库以及危废暂存间的尾气，经处理后外排，也有可能存在无组织排放。生活垃圾在厂区内运输、卸

料、贮存、预处理过程中，虽然会采取密闭负压技术，将产生的恶臭气体用一次风机抽向焚烧炉，但仍会有恶臭气味以无组织的形式扩散到外环境。脱硝剂储罐、燃油储罐等物料在装卸和贮存过程中，存在无组织排放。此外，渗滤液处理站在渗滤液调节、生化处理等过程中，还存在臭气无组织逸散。详见表 6 和图 4。

表 6 生活垃圾焚烧企业产排污环节及污染物一览表

生产单元	生产设施	产排污环节	排放形式	主要污染物
焚烧（发电）生产单元	焚烧炉	焚烧烟气	有组织	颗粒物、氮氧化物、二氧化硫、氯化氢、一氧化碳、氨、重金属及其化合物
装卸贮存预处理单元	脱酸中和剂储仓	装卸、贮存	有组织/无组织	颗粒物
	水泥仓			
	活性炭仓			
	飞灰仓			
	飞灰处理车间			颗粒物、氨
	飞灰固化物贮存车间			氨
	炉渣库			颗粒物
	危废暂存间	运输		硫化氢、氨、臭气浓度
	生活垃圾运输通道			硫化氢、氨、臭气浓度
	卸料大厅			硫化氢、氨、臭气浓度
	贮存预处理车间			颗粒物、硫化氢、氨、臭气浓度
	脱硝剂储罐			氨
	燃油储罐			非甲烷总烃
	污泥库			硫化氢、氨、臭气浓度
辅助单元	渗滤液处理站	渗滤液调节、生化处理等	硫化氢、氨、臭气浓度	

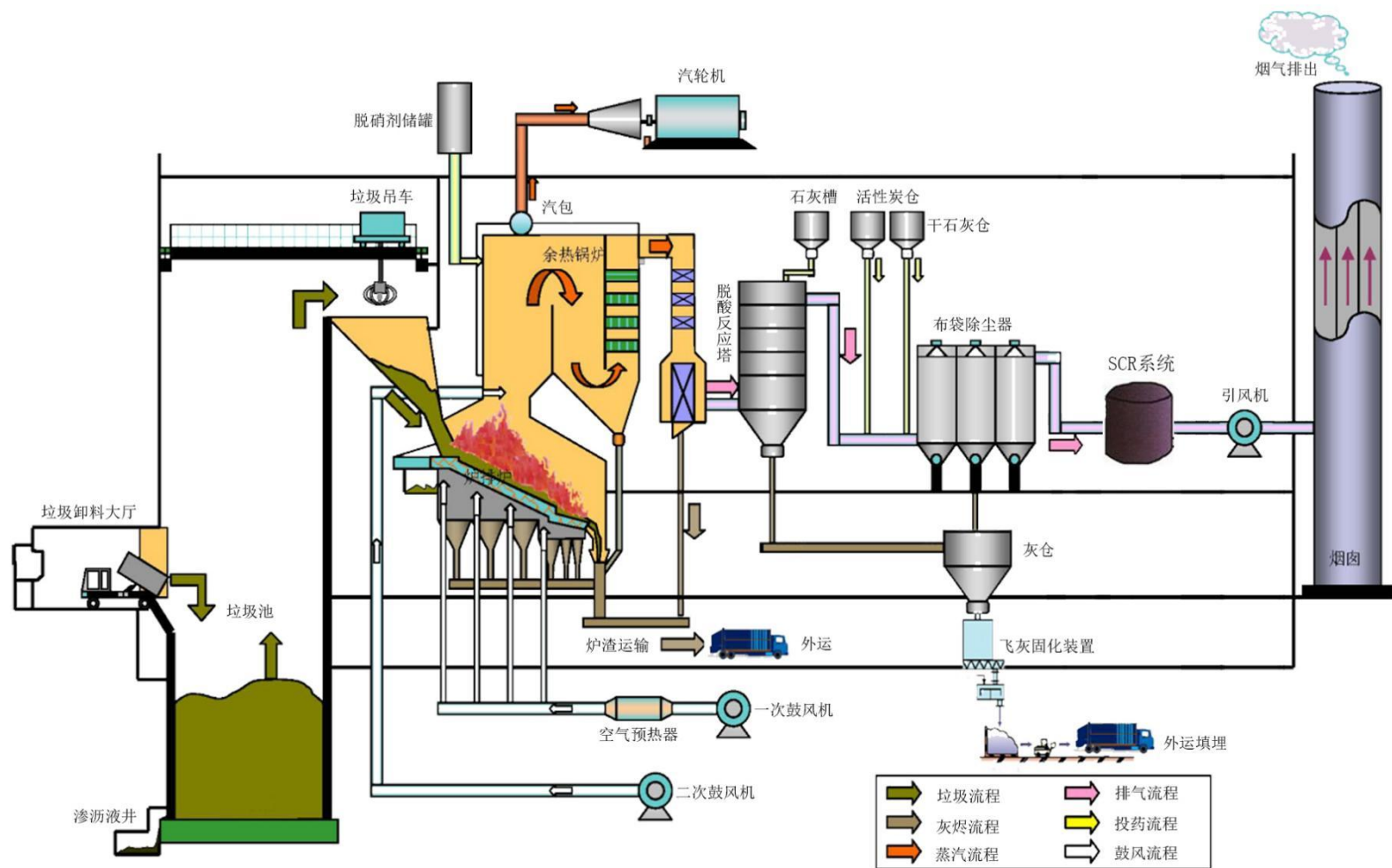


图 4 典型生活垃圾焚烧工艺流程图

(1) 碳氢化合物：燃烧后主要产物为水蒸气和二氧化碳，在缺氧或停留时间不足等工况下，部分碳氢化合物未完全燃烧，会生成不完全燃烧产物，主要包括一氧化碳、炭黑、烃、烯、酮、醇、有机酸以及聚合物等。

(2) 颗粒物：燃烧过程中由于助燃空气的鼓入以及扰动等影响，致使部分粒度较小的固体物质如灰分、无机盐类颗粒、可凝结的气态污染物质、炭黑等随烟气一起进入后续烟气处理设施。

(3) 重金属：焚烧炉的高温条件致使部分重金属如铅、汞、铬、镉、砷等挥发进入烟气中，随着烟气温度降低，在尾部烟道会凝结成亚微米颗粒的悬浮物。

(4) 酸性气体：在燃烧过程中生活垃圾中的卤素、硫、磷等发生氧化还原反应生成相应的酸性气体，包括卤化氢、硫氧化物、氮氧化物以及五氧化磷和磷酸等；同时，助燃空气中的氮气和氧气在一定的热力条件下也会生成氮氧化物。

(5) 二噁英类有机物：生活垃圾在燃烧时可能生成二噁英类毒性物质，特别是当生活垃圾中含有多氯联苯(PCBs)、氯乙烯、有机氯时，铜、铁等化合物会在飞灰的表面催化二噁英类的前驱体物质（如苯、氯苯、酚类、烃类等）而合成二噁英类。

编制组收集了 2024 年全省在役生活垃圾焚烧企业环境监测信息并向生活垃圾焚烧企业发放了调查表，汇总了在线监控数据、监督性监测数据、企业自行监测数据等。通过统计分析污染物排放水平，得到以下污染排放分析结果。

表 7 湖南省部分生活垃圾焚烧发电企业污染排放情况 (mg/m³)

颗粒物 24 小时浓度分布 (平均浓度 2.44)	≤20	≤10	≤9	≤8	≤6
	100.00%	100.00%	100.00%	98.67%	98.67%
二氧化硫 24 小时浓度分布 (平均浓度 31.01)	≤80	≤40	≤30	≤20	≤15
	100.00%	77.33%	46.67%	18.67%	6.67%
氮氧化物 24 小时浓度分布 (平均浓度 166.7)	≤250	≤150	≤120	≤100	≤80
	100.00%	16.00%	4.00%	4.00%	0.00%
氯化氢 24 小时浓度分布 (平均浓度 11.34)	≤50	≤30	≤20	≤10	≤8
	100.00%	98.67%	85.33%	57.33%	48.00%
一氧化碳 24 小时浓度分布 (平均浓度 4.54)	≤20	≤15	≤10	≤8	≤4
	100.00%	96.00%	93.33%	89.33%	53.33%

(三) 行业大气污染防治技术

1. 颗粒物控制技术

颗粒物控制技术主要包括静电分离、过滤、离心沉降及湿法洗涤等，其中，最常用的技术为袋式除尘器，其工作原理是：含尘气体进入挂有一定数量滤袋的袋室后，被滤袋纤维过滤。随着阻留的粉尘不断增加，一部分粉尘嵌入滤料内部；一部分覆盖在滤袋表面形成一层粉尘层。此时，含尘气体的过滤主要依靠粉尘层进行。其除尘机理为含尘气体通过粉尘层与滤料时产生的筛分、惯性、粘附、扩散与静电等作用，使粉尘得到捕集。滤袋滤料分为普通滤料和覆膜滤料，普通滤料净化效率低，更换周期短，覆膜滤料在普通滤料表面增加一层复合薄膜，具有网状结构，可有效阻隔不同粒径的粉尘，目前在钢铁、焦化等已执行超低排放标准行业广泛应用，具有净化效率高，更换周期长等优点。

2. 酸性气体控制技术

酸性气体控制技术主要有干法、半干法和湿法，部分焚烧企业为达到更好的脱酸效果，选择将三种方法组合使用。

(1) 干法脱酸

干法脱酸一般有两种方式，一种是干式反应塔，干性药剂和酸性气体在反应塔内进行反应，然后一部分未反应的药剂随气体进入除尘器内与酸进行反应；另一种是在进入除尘器前喷入干性药剂，药剂在除尘器内和酸性气体反应。除酸用药剂大多采用消石灰（ Ca(OH)_2 ），消石灰微粒表面直接和

酸气接触，发生化学中和反应，生成无害的中性盐颗粒，在除尘器里，反应产物连同烟气中粉尘和未参加反应的吸收剂一起被捕集下来，达到净化酸性气体的目的。

干法脱酸具有工艺流程简单、系统设备少、易于维护、布置紧凑、雾化效果良好、流量控制范围大、节省占地及引风机的耗电量等优点。其缺点是药剂使用量偏大，除酸效率相对湿法和半干法较低。

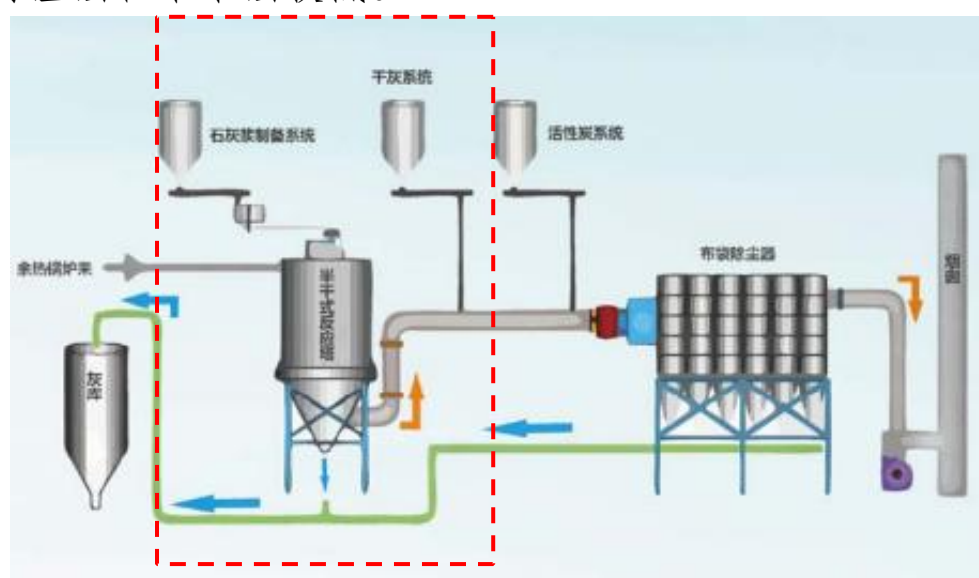
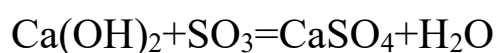
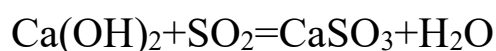
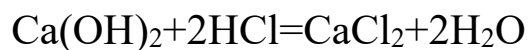


图 5 干法脱酸工艺示意图

(2) 半干法脱酸

半干式脱酸系统最常用的是喷雾干燥系统，利用高效雾化器（雾化后液滴的直径可低至 $30\mu\text{m}$ 左右）将吸收剂（常为消石灰浆液）从塔底向上或从塔顶向下喷入喷雾干燥塔中，尾气与喷入的石灰浆成同向流或逆向流的方式充分接触，并产生酸碱中和反应，同时利用焚烧炉烟气中的余热使吸收剂石灰浆中的水分蒸发，净化反应产物以干态固体形式排出，无废水产生。半干式脱酸反应塔内未反应完全的消石灰，可

随烟气进入后续袋式除尘器，部分未反应物将附着于滤袋上与通过滤袋的酸气再次反应，使脱酸效率进一步提高，相应提高了石灰浆的利用率。半干式脱酸反应塔内反应方程式如下：



半干法脱酸方法工艺成熟、设备简单、一次性投资较低；净化效率高、流程简单、设备少、能耗低；工作过程清洁，无废水产生，生成物易处理，无二次污染；控制系统温度、湿度，避免设备腐蚀；对负荷波动适应性好，吸收剂石灰浆浓度可按烟气中污染物浓度进行调节；操作灵活方便，维修量小；耗水量少，占地面积小。但是喷嘴易堵塞，塔内壁容易为固体化学物质附着及堆积，设计和操作中要合理控制加水量。

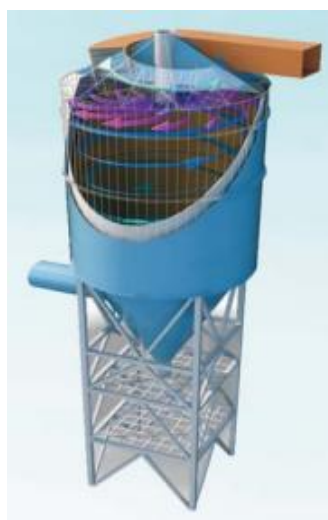


图 6 半干法脱酸塔结构图

(3) 湿法脱酸

湿法脱酸多采用洗涤塔形式，烟气进入洗涤塔后经过与碱性溶液充分接触得到较好的脱酸效果。洗涤塔设置在布袋除尘器的下游，以防止粒状污染物阻塞喷嘴而影响其正常操作。同时，湿式洗涤塔不能设置在袋式除尘器上游，因为高湿度的饱和烟气将造成粒状物堵塞滤布，造成糊袋，影响除尘效率。湿式洗涤塔所使用的碱液通常为 NaOH 或 NaHCO_3 ，较少使用石灰浆液 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ，以避免结垢。

湿法脱酸的特点是：（1）流程复杂，配套设备较多；（2）净化效率较高，在欧洲及美国应用多年的实践均可验证其对 HCl 脱除效率可超过 95%，对 SO_2 亦可超过 80%；（3）产生含高浓度无机氯盐及重金属的废水，需进一步处理；（4）处理后的废气因温度降低至露点以下，需再加热，以防止烟囱出口形成白烟现象，造成不良景观；（5）设备投资高，运行费用也较高。

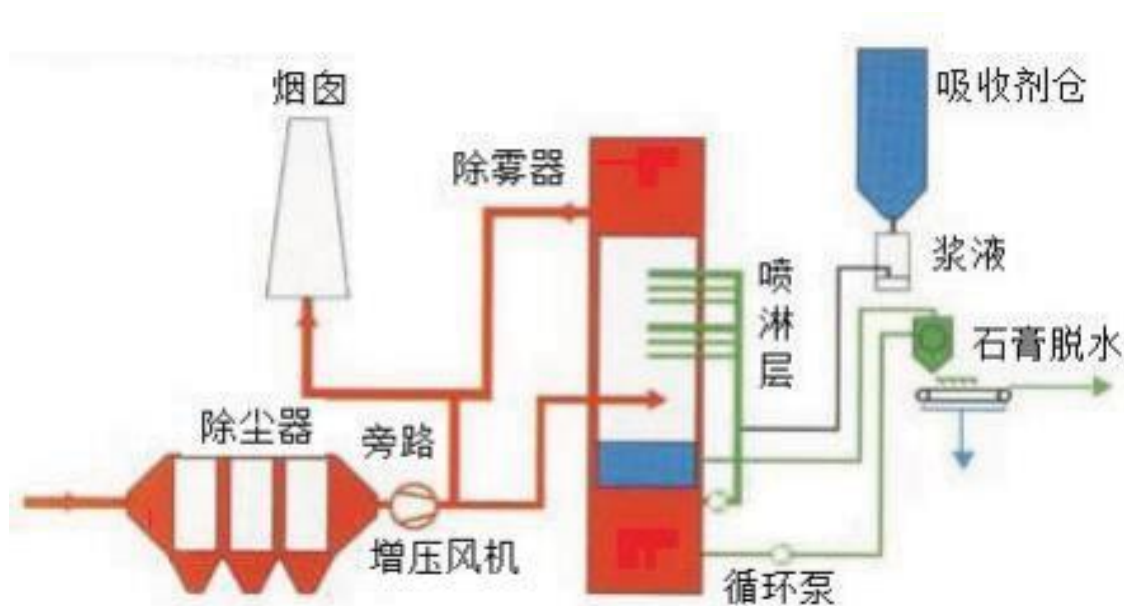


图 7 湿法脱酸工艺示意图

目前，“半干法+干法”脱酸技术是国内外生活垃圾焚烧发电企业应用最为广泛的脱酸技术。

表 8 干法、半干法、湿法脱酸特点比较一览表

比较项目	干法	半干法	湿法
脱酸效率	一般	较高	高
技术成熟性	成熟	成熟	成熟
应用广泛性	较广泛	较广泛	一般
有无后续废水	无	无	有
初期投资	较低	中等	高
运行费用	一般	较低	高
操作性	简单	较复杂	较复杂

3.氮氧化物控制技术

目前常用的氮氧化物控制技术主要包括低氮燃烧技术、选择性催化还原技术(SCR)、选择性非催化还原技术(SNCR)等。省内部分企业正在对传统 SNCR 技术进行优化，开发高效 SNCR 脱硝技术，实现精准脱硝，大幅提高脱硝效率。

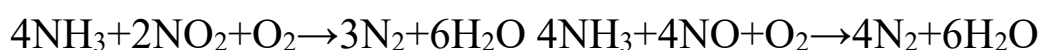
低氮燃烧技术包含低空燃比、分阶段燃烧、烟气再循环三部分。

①低空燃比：减少入炉一次风和二次风配比，降低焚烧炉的空气过剩系数，使得 O₂ 的量以用于生活垃圾焚烧但不足以生成大量的 NO_x 和 CO。

②分阶段燃烧：通过设置燃料和助燃空气的入口，实现垃圾分阶段焚烧的目的，逐步焚毁离开前面反应区时未被焚毁的污染物，避免垃圾焚烧区域局部氧气浓度过高。

③烟气再循环：将烟气循环回到高温焚烧区域，稀释入炉助燃空气中的 O_2 浓度，同时降低焚烧温度。

选择性催化还原（SCR）技术是一种炉外脱硝技术，还原剂采用氨或尿素，催化剂一般为钒钛催化剂。在催化剂的作用下，烟气中的 NO_x 与还原剂在 SCR 触媒反应塔内发生氧化还原反应，生成 N_2 和水，反应的温度一般控制 $300\sim 400^{\circ}C$ 之间。SCR 系统脱硝效率为 80%以上，目前已广泛应用于钢铁、水泥、玻璃、电厂等行业，缺点是建设周期较长，设备投资大，催化剂寿命大约 3 年，运行维护成本较高，占地面积较大，且为达到最佳的反应温度，进入反应塔的烟气（约 $150^{\circ}C$ ）需进行再升温，主要反应为：



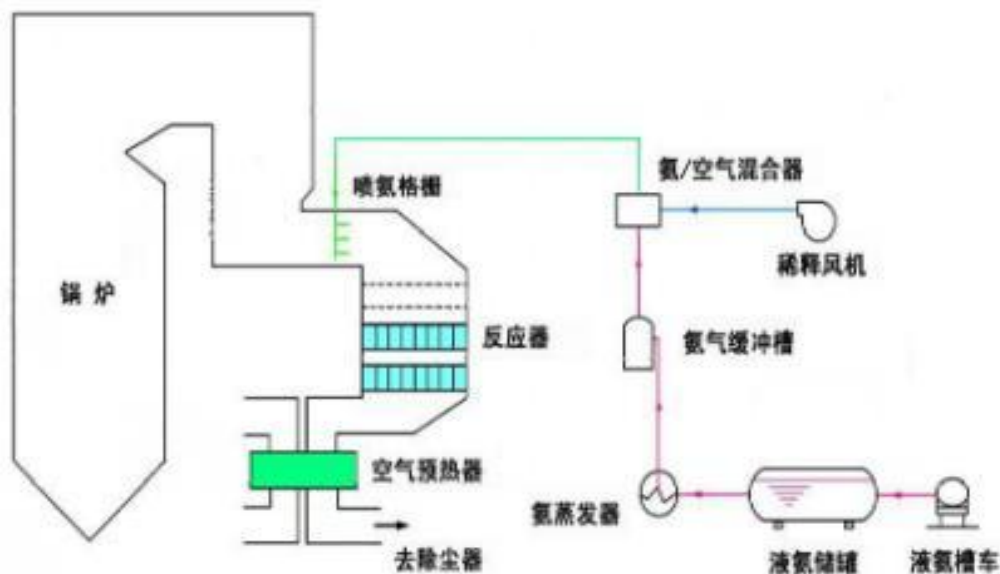
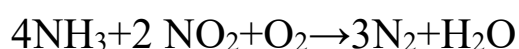
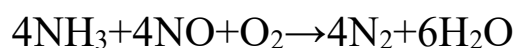


图 8 SCR 脱硝工艺示意图

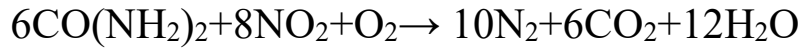
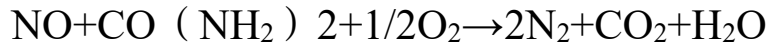
选择性非催化还原 (SNCR) 技术是一种炉内脱硝技术，是指在不使用催化剂的情况下，在炉膛烟气温度的适宜处 (850℃~1150℃) 喷入含氨基的还原剂 (一般为氨水或尿素等)，利用炉内高温促使氨和 NO_x 反应，将烟气中的 NO_x 还原为 N_2 和 H_2O 。SNCR 系统建设周期短，设备投资低，运行维护成本较低，占地面积小，对氮氧化物的去除效率为 40~60%。

在 850-1150℃ 范围内， NH_3 或尿素还原 NO_x 的主要反应为：

NH_3 为还原剂：



尿素为还原剂：



高分子脱硝工艺（PNCR）近年来新兴的一种炉内脱硝技术，高分子脱硝剂是一种高分子活性组合物质，是整个PNCR技术的核心。脱硝剂是以高分子材料作为载体，把氨基成分聚合负载在高分子材料上，形成粉体状材质。高分子材料利用气力输送装置直接喷入炉膛中，喷射的温度窗口在800~900℃之间，高温下氨基和高分子连接的化学键断裂，释放出大量的含氨基官能团，氨基与烟气中NO_x发生反应，还原成N₂和H₂O，进而达到脱除NO_x目的，系统脱硝效率为60%~70%。PNCR工艺系统建设周期较短，设备投资小，运行维护成本较SCR系统低，占地面积较小。

PNCR工艺总反应方程式为：

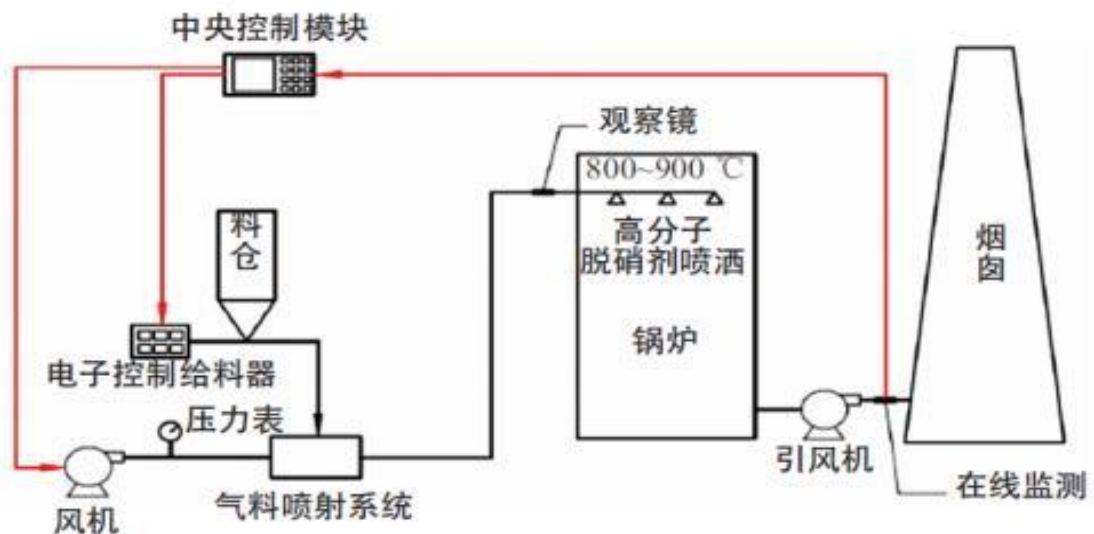
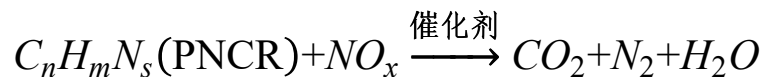


图 9 PNCR 脱硝工艺示意图

表 9 生活垃圾焚烧行业三种常见脱硝技术的优缺点汇总

内容	SCR	SNCR	PNCR
反应温度	300-400℃	850-1150℃	800-900℃
催化剂	催化剂，成分主要为 TiO_2 、 V_2O_5	不使用催化剂	不使用催化剂
脱硝效率	80%以上	40-60%	60-70%
反应剂喷射位置	多选择于省煤器与 SCR 反应器烟道内	通常炉膛内喷射	适合温度窗口
氨逃逸	低	高	高
对空气预热器影响	催化剂中的 V、Mn、Fe 等多种金属会对 SO_2 氧化起催化作用， SO_2 被氧化为 SO_3 ，而 NH_3 与 SO_3 易形成 NH_4HSO_4 造成堵塞或腐蚀	不会因催化剂导致 SO_2 氧化	不会因催化剂导致 SO_2 氧化
系统压力损失	催化剂会造成较大的压力损失	基本没有压力损失	基本没有压力损失
燃料的影响	高灰分、碱金属会使催化剂磨耗和中毒	无影响	无影响
锅炉的影响	受省煤器及出口烟气温度的影响	受炉膛内烟气流速、温度分布及 NO_x 分布的影响	受烟气流速、温度的分布影响较小
占地空间	大（需增加大型催化剂反应器和供氨或尿素系统）	中（无需增加催化剂反应器，需要供氨或尿素系统）	中（无需增加催化剂反应器，需要供氨或尿素系统）
安全性	液氨法有安全隐患	氨水有隐患	PNCR 脱硝剂为固体粉末状，运输、储存安全
现有基础上改造	工程复杂，工期较长，约 2-3 个月	工程相对简单，安装周期约 15-30 天	工程相对简单，安装周期约 15-30 天
工程造价	800-1200 万元/条生产线	140 万元/条生产线	300 万元/条生产线
运行费用	17.8-21.6 元/吨垃圾	1.8-2.7 元/吨垃圾	6.8-9.0 元/吨垃圾

4.重金属控制技术

目前常见的控制烟气中重金属的方法是“活性炭+布袋除尘器”净化措施,即在布袋除尘器上游烟道中设置活性炭喷入装置,通过喷入一定比例的活性炭,利用活性炭的多孔性及吸附能力,不仅可以吸附烟气中的二噁英及其它碳氢化合物,而且可以吸附一部分布袋除尘器无法捕集的超细粉尘以及吸附在这些粉尘上的重金属及其化合物,然后通过布袋除尘器净化后经排气筒排放。

5.二噁英控制技术

二噁英类的排放可从控制来源、减少炉内形成、避免炉外低温区再合成以及提高尾气净化效率四个方面着手。

(1) 源头控制: 避免含二噁英类物质以及含有机氯高的废物进入焚烧炉。

(2) 减少炉内合成: 目前应用最广泛的是“3T+E”技术,即炉膛内焚烧温度(Temperature)、烟气停留时间(Time)、烟气湍流强度(Turbulence)、过量空气(Excess-Air),确保生活垃圾中有害物质、不完全燃烧产物的分解,并抑制焚烧中二噁英等污染物的生成,其中,焚烧炉内焚烧温度应不低于 850℃,烟气停留时间在高温区停留时间不低于 2 秒,保持充分的气固湍动程度,烟气中 O₂ 含量处于 6~11%。

(3) 减少炉外低温再合成: 炉外低温再合成现象多发生在锅炉内(尤其在节热器的部位)以及粒状污染物控制设

备之前，二噁英在焚烧炉外低温再合成的最佳温度区间为 200℃~400℃。通过在烟气排放管道中安装急冷设备，将高温烟气迅速冷却，以防止二噁英在低温区的再次合成。例如，在二燃室烟气排放管道中串接缩径管，并通过喷水头喷淋冷却水，使高温烟气迅速降温至 200℃以下。

（4）提高尾气净化效率：二噁英为高沸点物质，气化压力很低，在布袋除尘器附近烟气中的二噁英为细小颗粒，当烟气穿过布袋除尘器时，二噁英便会得到过滤并逐渐积聚在粉层上，同时烟气净化装置在布袋除尘器前加喷活性炭，可对二噁英起到吸附作用，吸附后的活性炭被布袋除尘器过滤下来，将焚烧烟气中所含的大部分二噁英类物质去除。

总体而言，焚烧炉烟气系统由除尘、除酸、除二噁英和重金属等各单元优化组合而成，主要处理技术如表 10 所示：

表 10 生活垃圾焚烧烟气处理技术

污染物种类	可行技术
颗粒物	袋式除尘、袋式除尘+电除尘
氮氧化物	SNCR、SCR、SNCR+SCR
二氧化硫、氯化氢	半干法+干法、半干法+湿法、干法+湿法、半干法+干法+湿法、半干法
一氧化碳	“3T+E”燃烧控制
汞、镉、铊、锑、砷、铅、铬、钴、铜、锰、镍及其化合物	活性炭喷射+袋式除尘
二噁英类	“3T+E”燃烧控制+活性炭喷射+袋式除尘

目前生活垃圾焚烧企业主要采用以下组合控制技术：

(1) “SNCR 脱硝+半干法喷雾反应器脱酸+‘3T+E’燃烧控制+活性炭喷射吸附二噁英+布袋除尘”技术；

(2) “SNCR 脱硝+半干法脱酸+干法脱酸+‘3T+E’燃烧控制+活性炭喷射吸附二噁英+袋式除尘”技术；

(3) “SNCR 脱硝+半干法喷雾反应器脱酸+干法脱酸+‘3T+E’燃烧控制+活性炭喷射吸附二噁英+袋式除尘+SCR 脱硝”技术；

(4) “SNCR 脱硝+半干法反应塔脱酸+干法脱酸+‘3T+E’燃烧控制+活性炭喷射吸附二噁英+袋式除尘+SCR 脱硝+湿法脱酸+GGH(烟气再加热)”技术。

(四) 实施本标准的环境效益和社会效益

1.环境效益

本标准拟定的排放限值将严于现行国家标准，若未达本标准要求，企业需要在生产工艺、环保设施等方面加大投资，进行脱硫脱硝除尘技术升级改造。全省生活垃圾焚烧企业污染治理水平参差不齐，本标准实施后将能有效控制我省生活垃圾焚烧大气污染物排放，大幅度降低主要污染物排放量，有效提升我省生活垃圾焚烧技术水平和清洁生产水平，从而达到改善我省大气环境质量的目的。

本标准发布后，我省生活垃圾焚烧炉氮氧化物 24 小时排放均值浓度由 $250\text{mg}/\text{m}^3$ 降到 $100\text{mg}/\text{m}^3$ ，按我省现有已建

运行的生活垃圾焚烧厂核算，可削减氮氧化物年排放量 6480 吨，约占全省现有氮氧化物排放总量 3.8%。

2.社会效益

标准实施后，企业进一步加大治理力度，有利于淘汰落后工艺和治理技术，促进清洁化生产，优化全省产业结构和产业布局。同时能够促进新的生产技术、治理技术和产业发展，提高区域竞争力，推动区域发展。通过标准的实施，倒逼企业加强污染治理，促进大气环境质量的持续改善，不断满足人民日益增长的美好生活环境的需要，将达到较好的社会效益。

（五）实施本标准的成本分析

根据调研，我省生活垃圾焚烧企业普遍采用“袋式除尘器+SNCR 脱硝+半干法/干法脱酸+活性炭喷射+‘3T+E’燃烧控制”废气处理工艺，普遍存在氮氧化物无法达到本标准规定的限值等问题，部分企业存在二氧化硫、颗粒物不能稳定达到本标准规格的限值等问题。主要需开展以下改造：

（1）脱硝设施优化改造

全省所有垃圾焚烧企业均采用 SNCR 脱硝工艺，需增加 SCR 工艺才能确保稳定达到本标准氮氧化物的排放限值要求。

企业目前采用的 SNCR 烟气脱硝技术，以 500 t/d 的焚烧炉测算，通常 SNCR 投资费用约 200 万元（折合吨垃圾投资

成本约 0.4 万元），还原剂、耗材、人工等运行成本约 3 元/吨垃圾。

升级改造采用 SCR 烟气脱硝技术，500 t/d 的焚烧炉采用低温 SCR 脱硝系统，投资费用约 800 万元（折合吨垃圾投资成本约 1.6 万元），还原剂、催化剂、电耗、蒸汽加热、耗材、人工等费用运行成本大约 15 元/吨垃圾。

按全省目前生活垃圾焚烧产能约 4 万吨/日计，全省现有生活垃圾焚烧设施完成改造需增加设备投资约 6 亿元（不含企业征地拆迁等土建费用），年增加运行成本约 2 亿元。

（2）脱酸设施优化改造

我省约有 79% 的企业采用“半干法+干法”脱酸工艺，其余企业均采用半干法脱酸工艺。经与本标准拟定的二氧化硫和氯化氢排放限值对比，约有 77% 的企业二氧化硫可以稳定达标排放，所有企业氯化氢均可以达标排放。不能稳定达标排放企业可以通过调整工艺参数、优化设施运行等达到标准限值要求。

按照处理设施成本 50 万元/座、增加运行成本 5 元/吨垃圾计算，全省约有 10 家企业 15 座焚烧炉需要改造，全省现有生活垃圾焚烧设施完成改造需增加设备投资约 750 万元，年增加运行成本约 1000 万元。

（3）活性炭喷射优化调整

与国家标准相比，本标准收严了颗粒物、重金属类污染物的排放限值，根据调研情况，企业基本可以达到本标准规

定的排放限值要求，但部分企业存在数据波动等情况，需要在加强管理、调整工艺运行技术参数的基础上，增加活性炭的喷射量。按照目前活性炭的运行成本约 4 元/吨垃圾，增加 20%的使用量计，按全省目前生活垃圾焚烧产能约 4 万吨/日计，则每年增加运行成本约 1000 万元。

(4) 布袋除尘器优化调整

根据调研情况，企业排放的颗粒物均可以达到本标准限值要求，但部分企业未采用高效覆膜布袋，除尘效率较低，需要更换为滤膜滤袋。该项优化调整可结合企业运维计划在下次布袋更换时予以调整。

综上所述，全省对现有生活垃圾焚烧企业污染治理设施进行提标改造，并适当增加活性炭的使用量，更换高效过滤布袋，约增加治理设施建设及改造费用 6 亿元，增加运行维护成本 2.2 亿元/年。相关投资可以通过申报中央大气污染防治专项资金、延长运营年限、提高垃圾处理费用等途径解决。

五、国内外现行相关法律、法规和标准情况

(一) 本标准与相关法律法规的关系

本标准基于《中华人民共和国环境保护法》《中华人民共和国大气污染防治法》《建设项目环境保护管理条例》《排污许可管理条例》《排污许可管理办法》《生态环境行政处罚办法》《生态环境标准管理办法》《污染源自动监控设施现场检查办法》《湖南省大气污染防治条例》《湖南省

重污染天气防治若干规定》等法律法规要求制定，与现行法律法规无冲突和矛盾。

（二）本标准与相关标准的关系

1.国外标准制定情况

目前，美国、欧盟、日本等国家和地区均制订了生活垃圾焚烧大气污染物排放标准，且主要污染物排放限值严于我国《生活垃圾焚烧污染控制标准》(GB 18485-2014)。

（1）美国

美国标准规定的控制排放限值的参数主要有：颗粒物、酸性气体（二氧化硫和氯化氢）、氮氧化物、二噁英、重金属（镉、铅、汞）。美国联邦政府针对不同类型的垃圾焚烧设备出台了不同的排放标准，具体分为四类，其对象分别为大型市政垃圾焚烧炉（大于 250 t/d），小型市政垃圾焚烧炉（35~250 t/d），商业和工业固体废弃物焚烧炉以及其他焚烧炉（包括小于 35 t/d 处理能力的生活垃圾焚烧炉和位于公共设施内的垃圾焚烧炉）。

表 11 美国垃圾焚烧污染物排放限值

污染物	单位	大型市政垃圾焚烧炉	小型市政垃圾焚烧炉	商业和工业固体废弃物焚烧炉	其他焚烧炉
dioxin/furan	ng/m ³	13	13	33	
CDD/CDF	ngTEQ/m ³				0.41

Cd	mg/Nm ³	0.01	0.02	0.018	0.004
Pb	mg/Nm ³	0.14	0.2	0.226	0.04
Hg	mg/Nm ³	0.05	0.08	0.074	0.47
PM	mg/Nm ³	20	24		70
HCl	mg/Nm ³	40.7	40.7	21	101
SO ₂	mg/Nm ³	85.7	85.7	8.5	57.1
NOX	mg/Nm ³	370	308	211	797
CO	mg/Nm ³		67	40	210
飞灰	%		5		

(2) 欧盟

2000 年 12 月 4 日, 欧盟新制定的指令 2000/76/EC 规定了垃圾焚烧炉的相关要求, 以及对远距离跨界大气污染设定了二噁英具有法律约束力的限制, 二噁英的排放极限值为 0.1 ng-TEQ/m³。欧盟第五届环境行动计划提议为了减少大气污染, 到 2005 年对二噁英的排放相对于 1985 年的水平要减少 90%, Cd、Hg、Pb 的排放相对于 1995 年至少减少 70%。

表 12 欧盟垃圾焚烧指令标准限值

序号	控制指标	限值 (mg/m ³)	
1	颗粒物 (TSP)	10(日均值)	30(半小时均值)
2	汞	0.05(测定均值)	
3	镉、铊	0.05(测定均值)	
4	铅及其他	0.5(测定均值)	

5	氯化氢	10(日均值)	60(半小时均值)
6	二氧化硫	50(日均值)	200(半小时均值)
7	氮氧化物	200(日均值, 规模>6 吨/小时的焚烧炉) 400(日均值, 规模≤6 吨/小时的焚烧炉)	
8	二噁英类	0.1 ng-TEQ/m ³ (测定均值)	
9	一氧化碳	50(日均值)	100(半小时均值)

(3) 日本

日本对于废弃物焚烧炉的排放限制标准包括两部分，《大气污染防治法施行规则》和《二噁英类对策特别措施法施行规则》，分别见[错误！未定义书签。](#)。

表 13 氮氧化物排放限值

炉型	排放限值(mg/m ³)
回转式悬浮燃烧(限于连续炉)	450
生产、使用硝基化合物、氨基化合物或者氰化合物或者其衍生物的设施，以及使用氨的水处理设施产生的废弃物焚烧(限于排气量小于 40000 m ³ 的连续炉)	700
上述焚烧炉之外的焚烧炉(限于连续炉之外、排气量大于 40000m ³ 的焚烧炉)	250

表 14 烟尘和二噁英排放限值

焚烧能力	烟尘排放限值(mg/m ³)	二噁英排放限值(ng TEQ/m ³)
大于 4000 kg/h	40	0.1
2000-4000 kg/h	80	1.0
小于 2000 kg/h	150	5.0

(4) 中国

中国垃圾焚烧行业现行国家标准为《生活垃圾焚烧污染控制标准》（GB 18485-2014），该标准首次发布于 2000 年，2001 年第一次修订，2014 年第二次修订，2019 年发布修改单。2019 年修改单主要修改了相关定义、完善了部分因子的监测方法、修正了部分术语定义、规范了采样方法，未对排放限值作出修改。

对比各国污染物排放限值，污染物排放浓度换算到相同的 11% O₂ 的标准干烟气基准下，检测时间均为 24h 均值。

表 15 各国垃圾焚烧污染物排放限值比较

污染物项目	单位	中国	欧盟	美国 (>250t/d)	美国 (35~250t/d)
颗粒物	mg/Nm ³	20	10	14	17
HCl	mg/Nm ³	50	10	29	29
SO ₂	mg/Nm ³	80	50	61	61
NO _x	mg/Nm ³	250	200	264	220
CO	mg/Nm ³	80	50		
Hg	mg/Nm ³	0.05	0.05	0.036	0.057
二噁英类	ngTEQ/m ³	0.1	0.1		
	ng/m ³			9.3	9.3
镉、铊及其化合物(以 Cd+TI 计)	mg/Nm ³	0.1	0.05	0.007	0.014
锑、砷、铅、铬、钴、铜、锰、镍及其化合物	mg/Nm ³	1	0.5	0.1	0.14
HF	mg/Nm ³	—	1	—	—
总有机碳(气态有机物)	mg/Nm ³	—	10	—	—

从表中可以看出，各国排放差别较大。比较中国标准和欧盟标准，中国标准仅在 Hg 和二噁英类两组对比中达到欧盟水平，其余各项均较欧盟水平宽松，其中颗粒物，镉、铊及其化合物，锑、砷、铅、铬、钴、铜、锰、镍及其化合物的排放均增加了 100%，HCl 增加了 400%，SO₂ 和 CO 均增加了 60%，NO_x 增加了 25%。目前中国尚未对烟气中的 HF 和总有机碳两类做出排放限值的要求。

比较中国标准和美国标准(>250 t/d)，中国标准在 NO_x 的排放上严于美国，为美国标准的 94.7%，其余各项均较美国水平宽松，其中颗粒物的排放增加了 42.9%，HCl 增加了 72.4%，SO₂ 增加了 31.1%，Hg 增加了 38.9%，镉、铊及其化合物增加了 1328%，锑、砷、铅、铬、钴、铜、锰、镍及其化合物增加了 900%。对于重金属的排放，考虑到美国标准中仅以镉和铅单列，实际增加值可能会更大。目前美国标准中尚未涉及对 CO 排放的要求。

对于二噁英类的排放，中国和欧盟采用的是毒性当量浓度，即各二噁英类同类物浓度折算为相当于 2,3,7,8-四氯代苯并-对-二噁英毒性的等价浓度，毒性当量浓度为实测浓度与该异构体的毒性当量因子的乘积。

三个标准的对比中，中国和欧盟标准适用范围类似，美国标准则根据不同类型的焚烧炉制订了四类不同的标准，便于细化管理；从排放限值上看，中国和欧盟标准在主要排放物(如二噁英类)上一致，在气态和重金属污染物上，欧盟标

准严于中国标准；美国标准在各项重金属相关的排放上都严于中国和欧盟的标准，二噁英排放较中国和欧盟宽松，其他污染物排放限值基本介于中欧之间。

2.国家及其他省市标准制定情况

国家针对生活垃圾焚烧行业现行的为 2014 年发布的《生活垃圾焚烧污染控制标准》（GB 18485-2014）和 2019 年 11 月发布的《生活垃圾焚烧污染控制标准》(GB 18485-2014) 修改单。修订后标准主要包括以下内容：适用范围、规范性引用文件等、术语和定义、选址要求、技术要求、入炉废物要求、运行要求、排放控制要求、监测要求、实施与监督、附录等。具体指标限值见表 17。

为进一步提高对生活垃圾焚烧企业污染物排放的管控要求，改善当地空气质量，国内一些地方也出台了生活垃圾焚烧大气污染物排放地方标准，制定情况见表 16，具体指标限值见表 17。

表 16 垃圾焚烧行业地方标准或管控政策制定情况

序号	省市	标准号	标准名称	批准日期	实施日期
1	上海	DB31/768-2013	生活垃圾焚烧大气污染物排放标准	2013-12-19	2014-01-01
			《生活垃圾焚烧大气污染物排放标准》第 1 号修改单	2014-09-27	2014-09-27
		征求意见稿	生活垃圾焚烧大气污染物排放标准	2023-10-16	—
2	深圳	SZDB/Z 233-2017	深圳市生活垃圾处理设施运营规范	2017-02-27	2017-03-01
3	海南	DB48/484-2019	生活垃圾焚烧污染控制标准	2019-11-04	2019-12-15
4	河北	DB13/5325-2021	生活垃圾焚烧大气污染控制标准	2021-01-06	2022-05-01
5	福建	DB35/1976-2021	生活垃圾焚烧氮氧化物排放标准	2021-04-30	2021-06-01
6	山东	征求意见稿	生活垃圾焚烧大气污染物排放标准	2021-10-13	—
7	天津	DB12/1101-2021	生活垃圾焚烧大气污染物排放标准	2021-12-15	2022-01-01
8	河南	DB41/2556-2023	生活垃圾焚烧大气污染物排放标准	2023-12-12	2024-01-01
9	陕西	DB61/1830-2024	关中地区生活垃圾焚烧大气污染物排放标准	2024-04-12	2024-04-15
10	江苏	报批稿	生活垃圾焚烧大气污染物排放标准	2024-06-04	—
11	湖北	征求意见稿	生活垃圾焚烧大气污染物排放标准	2024-11-21	—
12	安徽	征求意见稿	生活垃圾焚烧大气污染物排放标准	2025	

3.本标准与其他标准控制水平对比

表 17 国家及各地区生活垃圾焚烧主要污染物控制指标汇总表

单位：mg/m³(注明的除外)

标准名称	主要污染物排放限值									
	颗粒物	氮氧化物	二氧化硫	一氧化碳	氯化氢	汞及其化合物（以 Hg 计）	镉、铊及其化合物（以 Cd+Tl 计）	锑、砷、铅、铬、钴、铜、锰、镍及其化合物（以 Sb+As+Pb+Cr+Co+Cu+Mn+Ni 计）	二噁英类（ng TEQ/m ³ ）	氨
国家 2014 年版	30 ^a /20 ^b	300 ^a /250 ^b	100 ^a /80 ^b	100 ^a /80 ^b	60 ^a /50 ^b	0.05 ^c	0.1 ^c	1.0 ^c	0.1 ^c	/
上海 2013 年版	20 ^a /10 ^b	250 ^a /200 ^b	100 ^a /50 ^b	100 ^a /50 ^b	50 ^a /10 ^b	0.05 ^c	0.05 ^c	0.5 ^c	0.1 ^c	/
上海 2014 年修改单	10 ^a /10 ^b	250 ^a /200 ^b	100 ^a /50 ^b	100 ^a /50 ^b	50 ^a /10 ^b	0.05 ^c	0.05 ^c	0.5 ^c	0.1 ^c	/
深圳 2017 年版	10 ^a /8 ^b	80 ^a /80 ^b	30 ^a /30 ^b	50 ^a /30 ^b	8 ^a /8 ^b	0.02 ^c	0.04 ^c	0.3 ^c	0.05 ^c	/
海南 2019 年版	10 ^a /8 ^b	150 ^a /120 ^b	30 ^a /20 ^b	50 ^a /30 ^b	10 ^a /8 ^b	0.02 ^c	0.03 ^c	0.3 ^c	0.05 ^c	/
河北 2021 年版	10 ^a /8 ^b	150 ^a /120 ^b	40 ^a /20 ^b	100 ^a /80 ^b	20 ^a /10 ^b	0.02 ^c	0.03 ^c	0.3 ^c	0.1 ^c	8 ^a

福建 2021 年版	/	120 ^a /100 ^b	/	/	/	/	/	/	/	/
天津 2021 年版	10 ^a /8 ^b	150 ^a /100 ^b	40 ^a /20 ^b	100 ^a /50 ^b	20 ^a /10 ^b	0.02 ^c	0.03 ^c	0.3 ^c	0.1 ^c	8 ^a
河南 2023 年版	10 ^a /8 ^b	150 ^a /120 ^b	35/30 ^b	100 ^a /80 ^b	20 ^a /10 ^b	0.02 ^c	0.03 ^c	0.3 ^c	0.1 ^c	/
陕西 2024 年版	10 ^a /8 ^b	150 ^a /120 ^b	60 ^a /40 ^b	50 ^a /30 ^b	30 ^a /20 ^b	0.02 ^c	0.05 ^c	0.5 ^c	0.1 ^c	12
江苏 2024 报批稿	10 ^a	80 ^a	30 ^a	50 ^a	10 ^a	0.01 ^c	0.03 ^c	0.3 ^c	0.05 ^c	8 ^a
山东 2021 征求意见稿	10 ^a /8 ^b	150 ^a /120 ^b	40 ^a /30 ^b	100 ^a /80 ^b	20 ^a /10 ^b	0.02 ^c	0.03 ^c	0.3 ^c	0.1 ^c	8 ^a
上海 2023 征求意见稿	10 ^a /8 ^b	150 ^a /80 ^b	40 ^a /30 ^b	50 ^a /30 ^b	20 ^a /8 ^b	0.05 ^c	0.05 ^c	0.5 ^c	0.1 ^c	/
湖北 2024 征求意见稿	10 ^a /8 ^b	120 ^a /100 ^b	40 ^a /20 ^b	100 ^a /80 ^b	20 ^a /10 ^b	0.02 ^c	0.03 ^c	0.3 ^c	0.1 ^c	8 ^a
安徽 2025 征求意见稿	10 ^a	80 ^a	30 ^a	50 ^a	10 ^a	0.01 ^c	0.03 ^c	0.3 ^c	0.05 ^c	8 ^a
本文件 征求意见稿	10 ^a /8 ^b	120 ^a /100 ^b	50 ^a /40 ^b	50 ^a /30 ^b	20 ^a /10 ^b	0.02 ^c	0.03 ^c	0.3 ^c	0.1 ^c	8 ^a

注：a 为小时均值；b 为 24 小时均值；c 为测定均值；d 为日均值。

与国家标准对比，本标准中二噁英类与国家标准限值保持一致，颗粒物、氮氧化物、二氧化硫、氯化氢、一氧化碳、重金属类及其它污染物限值均严于国家标准限值；与国家标准相比，增加氨排放限值要求。

与其他省份标准对比，总体上来说，本标准限值与湖北省、福建省、天津市、陕西省大致相当，宽松于江苏省、安徽省、上海市、深圳市，部分指标略微严于海南省、河北省、河南省、山东省。

对于**颗粒物、重金属类、氨**，各省份限值基本一致；

对于**氮氧化物**，与湖北省、天津市、福建省一致，严于陕西省、河南省、山东省、天津市、河北省、海南省，宽松于上海市、安徽省、江苏省、深圳市；

对于**二氧化硫**，与陕西省基本一致，宽松于其他省市；

对于**一氧化碳**，与安徽省、上海市、江苏省、陕西省、海南省、深圳市限值一致，宽松于湖北省、山东省、河南省、天津市、河北省；

对于**氯化氢**，与安徽省、湖北省、山东省、江苏省、河南省、天津市、河北省限值一致，宽松于上海市、海南省、深圳市，严于陕西省。

六、实施地方标准要求和措施建议

（一）标准实施建议

根据《生态环境标准管理办法》（生态环境部令第17号）第五条规定：国家和地方生态环境质量标准、生态环境风险管控标准、污染物排放标准和法律法规规定强制执行的其他生态环境标准，以强制性标准的形式发布。第六条规定：省级人民政府依法制定地方生态环境质量标准、地方生态环境风险管控标准和地方污染物排放标准，并报国务院生态环境主管部门备案。第二十条规定：为改善生态环境质量，控制排入环境中的污染物或者其他有害因素，根据生态环境质量标准和经济技术条件，制定污染物排放标准。地方污染物排放标准是地方为进一步改善生态环境质量和优化经济社会发展，对本行政区域提出的国家污染物排放标准补充规定或者更加严格的规定。第四十条规定：有下列情形之一的，应当制定比国家污染物排放标准更严格的地方污染物排放标准：现有污染物排放标准不能满足行政区域内环境质量要求的。

本标准属强制性地方污染物排放标准范畴，建议强制实施。

（二）措施建议

加强标准宣贯培训和日常监督管理。标准发布后，全省各级生态环境主管部门和行业主管部门要加大宣贯力度，组织执法人员、相关企业参加培训，尽快明确本标准的主要技术要求。生态环境主管部门和行业主管部门加强对生活垃圾

焚烧企业的日常监管，严格按照监测标准和监测方法开展执法检查，督促企业全面稳定达标排放。

企业应加强自身管理，并做好全过程控制。从垃圾经垃圾车运入厂内开始的各环节的管控、垃圾操作人员的职业素质、烟气处理系统等均关系到《标准》的实施。操作人员要熟悉掌握垃圾焚烧厂工艺流程、产污环节以及“三废”处理方法等环节。同时，应严格按照国家有关规定要求开展自行监测，将标准切实执行到位。

加快现有污染防治设施的升级改造。行业主管部门和生态环境、财政等部门将生活垃圾焚烧企业污染治理设施升级改造作为“十五五”期间的重点工作，制定积极的产业政策，加强建设和运行经费的支持保障。各生活垃圾焚烧企业提前做好规划计划，对升级改造污染治理设施制定实施计划，在不影响垃圾焚烧正常运行的基础上，确保持续稳定达到标准要求。严格监控入炉垃圾成分，掌控焚烧过程、产污节点以及环保设施运行等各环节，按照国家和省有关规定要求开展自行监测，自觉排查整改，切实严格执行标准要求。

积极推行垃圾分类政策。持续深入推进生活垃圾分类，从源头上提高资源循环利用效率，降低垃圾产生量，有效降低垃圾焚烧烟气中污染物的产生量和排放量，推进我省环境空气质量持续改善。