

重庆市《生活垃圾焚烧大气污染物排放标准  
(征求意见稿)》  
编制说明

标准编制组

二〇二五年十二月

# 目 录

<b>1</b>	<b>项目背景 .....</b>	<b>1</b>
1.1	任务来源 .....	1
1.2	标准制定必要性分析 .....	2
1.3	工作过程 .....	4
1.4	技术路线 .....	5
<b>2</b>	<b>行业基本情况.....</b>	<b>6</b>
2.1	相关政策文件 .....	6
2.2	市内行业发展现状 .....	7
<b>3</b>	<b>产排污情况及污染控制技术分析 .....</b>	<b>8</b>
3.1	焚烧炉炉型 .....	8
3.2	污染物产生情况 .....	10
3.3	污染控制技术 .....	12
<b>4</b>	<b>国内外标准研究现状.....</b>	<b>20</b>
4.1	国外相关标准 .....	20
4.2	国内相关标准 .....	22
4.3	其他省份标准 .....	23
4.4	本标准与国家、其他省份标准对比情况.....	24
<b>5</b>	<b>生活垃圾焚烧厂调研及污染物排放现状 .....</b>	<b>27</b>
5.1	企业污染治理设施情况 .....	27
5.2	企业在线监测情况 .....	27

5.3	企业现场监测情况 .....	33
5.4	企业自行监测情况 .....	34
<b>6</b>	<b>标准制定主要内容说明 .....</b>	<b>35</b>
6.1	标准范围 .....	35
6.2	术语和定义 .....	36
6.3	大气污染物排放控制要求 .....	36
<b>7</b>	<b>技术经济可达性分析 .....</b>	<b>47</b>
7.1	技术可达性分析 .....	47
7.2	经济可行性分析 .....	49
7.3	环境效益 .....	51
<b>8</b>	<b>贯彻标准的措施建议 .....</b>	<b>52</b>

# 1 项目背景

## 1.1 任务来源

随着我国经济快速发展与城镇化进程加速推进，城市人口持续增长，生活垃圾产生量也随之不断攀升。“十三五”之前，全国大多数省市的生活垃圾处理以集中堆放和填埋为主，该方式不仅大量占用土地资源，还引发了显著的“邻避效应”与“城市病”问题。与此同时，公众对环境质量的诉求日益提升，城市管理也趋向精细化，原有垃圾处理模式已难以适应新形势要求，矛盾日渐突出。

生活垃圾焚烧发电作为一种具备明显优势的处理方式，是实现资源循环利用的重要途径之一。自 2016 年起，全国大力推进垃圾焚烧发电项目建设，对推动垃圾减量化、资源化和无害化处理，改善城乡环境卫生，应对“垃圾围城”及“垃圾上山下乡”等环境问题发挥了关键作用。

截至 2025 年 12 月，重庆市已建成生活垃圾焚烧发电企业 23 家。为进一步加强生活垃圾焚烧过程的大气污染防控，持续改善全市环境空气质量，推动行业绿色低碳高质量发展，重庆市生态环境局组织提出了《生活垃圾焚烧大气污染物排放标准》的制定计划，并由重庆市生态环境科学研究院等单位承担该标准的编制任务。

## 1.2 标准制定必要性分析

### 1.2.1 大气环境质量改善的迫切需要

重庆市地处中国西南、长江上游地区，以山地和丘陵为主。独特的地形条件严重制约大气污染物的扩散能力，尤其在冬季受盆地效应影响，易形成静稳天气，导致污染物持续累积，环境空气质量改善任务十分艰巨。近十年来，我国垃圾焚烧及烟气污染控制技术取得显著进步，部分省市已陆续出台严于国家标准的生活垃圾焚烧大气污染物排放地方标准，以应对持续改善空气质量的需求。在此背景下，重庆市也亟需结合自身环境承载能力与污染防治目标，制定适合本地实际的大气污染物排放标准。

制定重庆市生活垃圾焚烧大气污染物排放地方标准，将有助于推动行业全面提升污染治理技术、优化装备配置、加强运行管理，有效降低大气污染物排放，是深入打好大气污染防治攻坚战、推动区域生态环境质量持续改善的重要举措之一。

### 1.2.2 完善重庆市大气污染物排放标准体系

目前，生活垃圾焚烧厂执行《生活垃圾焚烧污染控制标准》(GB 18485-2014)及其修改单。该国家标准中，颗粒物、氮氧化物、氯化氢、汞及其化合物等多项污染物的排放限值，均宽于重庆市《大气污染物综合排放标准》(DB 50/418-2016)，难以满足当前生态环境精细化管理需求。

同时,《排污许可证申请与核发技术规范生活垃圾焚烧》(HJ 1039-2019)与《排污单位自行监测技术指南固体废物焚烧》(HJ 1205-2021)虽对一般废气排放口及无组织排放提出申报与监测要求,并规定执行《大气污染物综合排放标准》(GB 16297-1996)和《恶臭污染物排放标准》(GB 14554-93)或更严地方标准,但相关污染物的排放限值仍分散于多个标准之中,缺乏系统整合。

因此,有必要结合重庆市生活垃圾焚烧企业的实际发展水平与管理现状,科学设定排放限值、规范监测要求,制定适用于本市的地方标准,构建既与国家规范有效衔接、又与本地管理需求高度契合的大气污染物排放标准体系。

### **1.2.3 规范生活垃圾焚烧行业可持续发展**

《国务院关于加强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)明确提出,应加快城镇生活垃圾处理设施建设,推进生活垃圾焚烧发电,减少填埋处理。《重庆市提质建设全域“无废城市”工作方案(2024—2027年)》提出,到2027年实现原生生活垃圾“零填埋、全焚烧”。《重庆市生活垃圾焚烧发电中长期专项规划(2021—2035年)》进一步明确,2025年实现焚烧发电能力100%满足中期覆盖区域无害化处理需求,2035年全面满足远期处理需求。重庆市目前共有生活垃圾焚烧处理企业23家,总处理能力约2.2万吨/日。

在此背景下，制定生活垃圾焚烧大气污染物排放地方标准，对新建企业可引导其科学规划、优选先进技术；对现有企业，则可推动其提升工艺水平与运营管理能力，在保障处理规模的同时实现污染物减排，全面促进行业绿色、可持续发展。

#### **1.2.4 推动“减污降碳、协同增效”**

生活垃圾处理主要包括填埋、堆肥和焚烧三种方式。其中，焚烧在减量化、资源化方面具有明显优势，属于相对清洁的处理途径。以焚烧替代填埋，可有效减少甲烷等温室气体排放，实现显著的碳减排效益。

通过制定更严格的地方排放标准，收紧污染物排放限值，将推动生活垃圾焚烧企业进一步加强源头治理与过程控制，实现大气污染物与温室气体协同减排，助力“减污降碳、协同增效”目标落实。

### **1.3 工作过程**

标准编制组对国家以及其他省市地方标准进行了研究，制定了标准文本和编制说明大纲。编制组经过实地调研、现场监测、资料收集和文献查阅等工作，编制本标准的主要工作过程如下：

前期调研阶段：编制组对生活垃圾焚烧企业进行现场考察，实地调研了焚烧能力、焚烧炉型等，了解生活垃圾焚烧企业大气污染物的产生、治理、排放情况、治理设施投资及

运行费用。编制组较为全面地收集了其他省市生活垃圾焚烧大气污染物排放标准，对现行《生活垃圾焚烧污染控制标准》（GB 18485-2014）污染物排放标准进行梳理和分析，总结制定重庆市生活垃圾焚烧污染大气污染物排放标准的必要性和可行性。

研究报告编制阶段：通过研究重庆市环境空气质量变化情况，结合前期资料以及实地监测分析梳理了重庆市生活垃圾焚烧污染现状，总结生活垃圾焚烧污染企业分布情况、排放控制现状和大气污染物排放特征，进一步分析标准研究的可行性，确定标准制定的技术内容，开展标准实施的效益和可行性分析，形成研究报告。

标准研究阶段：以标准控制因子的确定、大气污染物排放标准限值的确定为重点，对标准框架、控制因子、限值、大气污染物监测要求、达标判定以及实施与监督等标准主要技术内容进行深入研究，形成标准草案。

编制说明阶段：结合研究报告、草案基本内容对标准制定的过程、必要性、污染控制技术可行性、标准对比、标准实施技术分析和风险评估以及标准实施的措施建议等开展说明，形成编制说明。

#### 1.4 技术路线

通过全面系统的调研，初步掌握我市生活垃圾焚烧企业现状、大气污染物排放现状等情况；对现行的各种污染物治



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 and 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生活垃圾焚烧大气污染物排放标准制定的经验，确定了标准的污染物排放限值，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。

编制技术路线图如下。

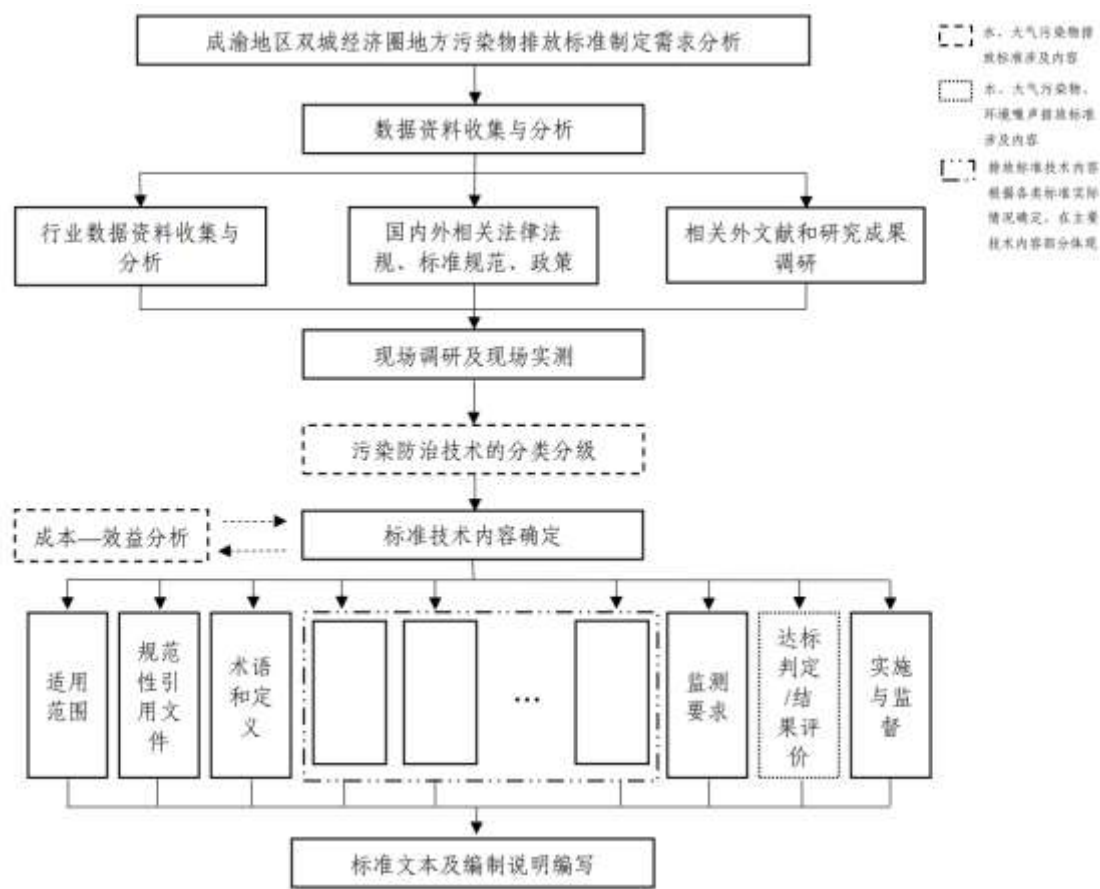


图 1-1 标准编制技术路线图

2 行业基本情况

2.1 相关政策文件

2023 年 12 月 17 日，重庆市人民政府办公厅发布《重庆市全面推进垃圾分类治理工作实施方案》(渝府办发〔2023〕

97号)，方案要求加快垃圾分类处置设施规划建设，落实国土空间规划要求，重点推进生活垃圾焚烧、厨余垃圾资源化利用等设施建设，推动开展小型焚烧处置设施试点。

2023年4月26日，重庆市生态环境局会同市级9部门联合印发了《重庆市提质建设全域“无废城市”工作方案（2024年—2027年）》明确了提质建设“全域无废城市”目标，到2027年，实现“无废城市”建设总体水平全国领先，川渝“无废城市”共建引领示范，全市大宗工业固废综合利用率超过75%，原生生活垃圾零填埋全焚烧，危险废物填埋处置量占比稳中有降，累计建设“无废细胞”5000个以上。

## 2.2 市内行业发展现状

按照“科学统筹、区域共享”的原则，在《重庆市生活垃圾焚烧发电中长期专项规划（2021-2035年）》及相关政策指导下，近年来，垃圾焚烧发电处理方式处于快速增长阶段。重庆市已建成的23座生活垃圾焚烧发电厂，焚烧日处理量达22350t/d，较2015年增加17座，处理能力增加11850t/d。随着重庆市“多中心、组团式”的城市发展结构的不断完善，“一区两群”布局特征日趋成熟，面临日益突出的生活垃圾处理问题，需要采用减量化程度高、有利于节约土地资源、资源回收利用效益可观的垃圾焚烧发电等先进处理方式。规划预计至2035年，全市生活垃圾焚烧设计总规模为31000t/d（含已建、在建及新建、扩建规模），生活垃圾焚烧发电厂

数量约在 40 座左右。

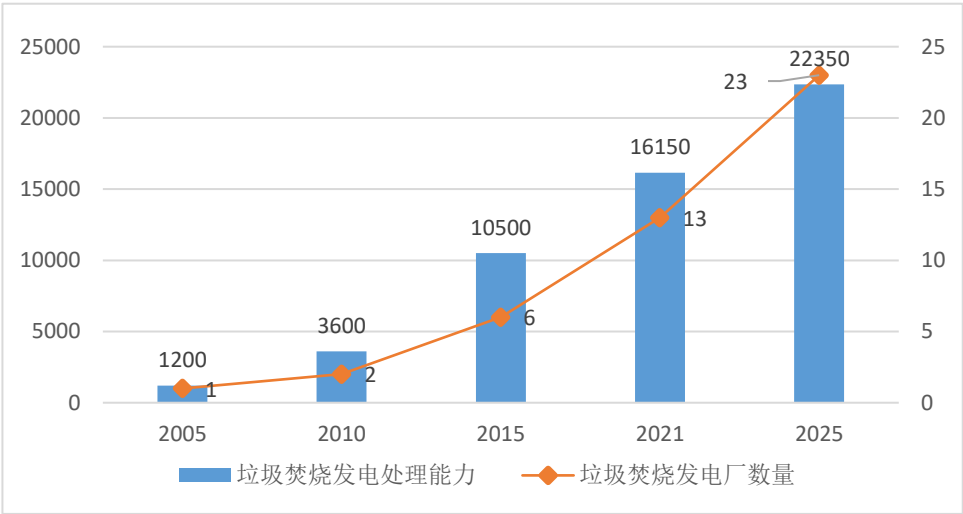


图 2-1 重庆市现有生活垃圾焚烧发电企业发展情况

### 3 产排污情况及污染控制技术分析

#### 3.1 焚烧炉炉型

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。

热解干馏气化炉采用热解、干馏、气化等技术设计，垃圾在炉内温度和水蒸气的作用下发生化学反应，垃圾得到充分碳化，最终生成一氧化碳 CO 可燃气体；整个反应过程均在厌氧环境下完成，有效避让了重金属和二噁英的生成条件和环境。可燃气体经平底双竖管、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。

回转式焚烧炉工作原理：回转式焚烧炉是用冷却水管或耐火材料沿炉体排列，炉体水平放置并略为倾斜。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 焚烧炉工作原理：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  $600^{\circ}\text{C}$ ），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  $860^{\circ}\text{C}$  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。

脉冲抛式炉排焚烧炉工作原理：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。如此下去，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。

机械炉排炉工作原理：垃圾经由给料装置推送至倾斜炉排上，在炉排上通常经过预热干燥段、燃烧段和燃烬段三个区段。炉排上着火的垃圾通过炉排的往复运动，使垃圾层强烈的翻动和搅动，引起垃圾底部的燃烧。连续的翻动和搅动，使垃圾层松动，透气性加强，有利于垃圾的干燥、着火、燃烧和燃烬。垃圾在炉排上的燃烧空气从炉排下方通过炉排之间的空隙进入炉膛内，起到助燃和清洁炉排的作用。正常运行时，炉温维持在  $850\sim 950^{\circ}\text{C}$ ，氮氧化物产生浓度控制在  $400\text{mg}/\text{m}^3$  以下。

循环流化床焚烧炉工作原理：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  $850\sim 950^{\circ}\text{C}$ ，氮氧化物产生浓度较低，可控制在  $60\sim 300\text{mg}/\text{m}^3$ 。

### 3.2 污染物产生情况

生活垃圾成分复杂，在焚烧过程中会出现较多的污染物。废气中所含污染物质的成分和含量与焚烧物质的成分、焚烧效率、炉型、焚烧条件、进料方式等有密切关系，主要包括

颗粒物、酸性气体、重金属以及二噁英类等污染物：

**(1)碳氢化合物：**燃烧后主要产物为水蒸气和二氧化碳，通常直接排入大气中；当由于缺氧或停留时间不足等原因造成部分碳氢化合物未按照设计要求达到完全燃烧时，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)金属粒子及其化合物：**焚烧炉的高温条件致使部分重金属如铅(Pb)、汞(Hg)、铬(Cr)、镉(Cd)、砷(As)等的元素态、氧化物等蒸发进入烟气中，遇到烟道的较冷部分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所含的卤素、硫、磷等物质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适当的热力条件下也可以生成酸性气体氮氧化物( $\text{NO}_x$ )。

**(5)二噁英类有机物：**含有有机物的生活垃圾进行燃烧时都有生成二噁英类毒性物质的可能，特别是燃烧含有多氯联苯(PCBs)、氯乙烯、有机氯等高的物质，以及铜、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。

### 3.3 污染控制技术

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，目前市内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+电袋复合除尘+SCR 脱硝”技术；

（4）“纳米催化反应器+半干法反应塔脱酸+‘3T+E’燃烧控制+袋式除尘”技术。

表 3-1 有组织焚烧烟气处理技术

废气名称	污染物种类	可行技术
生活垃圾焚烧炉烟气	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
	汞及其化合物	活性炭喷射+袋式除尘
	镉、铊及其化合物	
	锑、砷、铅、铬、钴、铜、锰、镍及其化合物	

	二噁英类	“3T+E” 燃烧控制+活性炭喷射+袋式除尘
--	------	------------------------

### 3.3.1 颗粒物控制技术

颗粒物控制可以采用静电分离、过滤、离心沉降及湿法洗涤等几种方式。目前，常用的处理方法有静电除尘器和袋式除尘器两种。袋式除尘器是含尘气体由进风口进入进风管道内，通过分隔板分流后，使烟气均匀地分布至每一室，在每一灰斗挡板作用下气流均匀平稳上升，较大粉尘在初级沉降及自身重力的作用下，沉降至灰斗中。另一部分较细粉尘随气流在引风机的作用下，吸附在滤袋表面上，洁净空气穿过滤袋进入净气室，汇集于出风管道内由出风口排出，可有效去除直径为  $0.005 \sim 20\mu\text{m}$  粉尘。

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。

静电除尘器是含尘气体在通过高压电场进行电离的过程中使尘粒荷电，并在电场力的作用下使尘粒从含尘气体中分离出来的一种除尘设备，可有效去除直径为  $0.01 \sim 50\mu\text{m}$  粉尘。

### 3.3.2 酸性气体控制技术

焚烧过程产生的酸性气体的净化方法主要有干法、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（ $\text{Ca(OH)}_2$ ），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。

### （2）半干法脱酸

半干法脱酸是利用旋转喷雾器将吸附剂  $\text{Ca(OH)}_2$  浆液喷入半干式反应器中，形成粒径极小的液滴。利用焚烧炉烟气中的余热使  $\text{Ca(OH)}_2$  中的水分蒸发，从而降低烟气的温度并提高其湿度，使酸性气体与石灰浆反应成为盐类，掉落至底部的灰斗，烟气中的酸性气体  $\text{HCl}$ 、 $\text{SO}_2$  等得到去除。

半干式脱酸具有设备成本低、运转成本低、净化效率高、

维护简单、且无需对反应产物进行二次处理等优点，可适用于不同的炉型。其缺点是对自控水平要求高，另外，对喷嘴的要求也高，不但雾化效果要好，而且要抗腐、蚀耐磨损、且不易堵塞。

**(3) 湿法脱酸**

湿法脱酸多采用洗涤塔形式，利用碱性物质作为吸收剂使酸性气态污染物得以高效净化。洗涤塔分为吸收部和减湿部，在吸收部喷入 NaOH 溶液，烟气进入吸收部后经过与 NaOH 溶液充分接触得到很高的脱酸效果。经吸收部处理后的烟气进入减湿部，在减湿部喷入大量自来水，使烟气急剧冷却达到饱和温度以下，降低烟气中水分。洗涤塔设置在除尘器的下游，以防止粒状污染物阻塞喷嘴而影响其正常操作。湿法洗涤塔产生的废水经处理后，其产生的污泥经浓缩脱水后，以干态形式排出。

**表 3-2 脱酸方法比较一览表**

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

**3.3.3 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。此外,市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  $O_2$  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。

SCR 技术是采用催化剂促进喷入的还原剂发生还原反应,生成  $N_2$  和  $H_2O$  以脱除烟气中的  $NO_x$ ,反应温度一般为  $200\sim 400^{\circ}C$ ,烟气在进入催化脱氮器之前需要加热。SCR 法不仅需要催化剂,还要在除尘器后进行重新加热,需要耗用大量热能,但脱硝效率高,达到 85%以上。影响其运行的主要参数包括烟气温度、烟气流速、烟道尺寸、烟气微粒含量、逃逸氨浓度、 $SO_2$  氧化率、催化剂活性等。采用的主要还原剂为液氨、尿素和氨水。

SNCR 技术是在无催化剂的条件下将喷入的还原剂与焚烧烟气中的  $\text{NO}_x$  发生还原反应，生成  $\text{N}_2$  和水，以脱除烟气中的  $\text{NO}_x$ ，反应温度一般为  $800 \sim 1000^\circ\text{C}$ ，需设置在焚烧炉膛内完成。SNCR 法能够减少  $\text{NO}_x$  在锅炉出口的原生浓度，但脱硝效率为  $40 \sim 60\%$ ，对脱硝效率造成影响的因素主要有包括反应温度、还原剂类型、合适温度下停留的时间、还原剂与烟气的混合程度、 $\text{NH}_3/\text{NO}_x$  摩尔比、初始  $\text{NO}_x$  浓度水平、烟气中  $\text{O}_2$  和  $\text{CO}$  浓度等。采用的主要还原剂为液氨、尿素和氨水。

HSNCR 技术是在传统 SNCR 技术基础上，采用专用脱硝喷枪，实现智能化、精准化脱硝。建设智能化系统，通过数据信息收集，实时跟踪工况，及时调整并分别控制氨水的喷射位置及喷射量，从而达到提高脱硝效率、减少氨水用量、降低氨逃逸的目的。与比传统 SNCR 脱硝系统相比，氨水耗量可节约  $30\% \sim 40\%$ ，氨水利用率得到了有效提升；可以稳定控制  $\text{NO}_x$  排放浓度在  $120 \sim 150 \text{mg}/\text{m}^3$ ，脱硝效率大幅提升，该技术目前已在水泥等行业应用。

表 3-3 常用脱硝技术优缺点一览表

比较项目	SCR	SNCR
反应温度	$200 \sim 400^\circ\text{C}$	$800 \sim 1000^\circ\text{C}$
反应地点	炉外的催化脱氮器	炉膛内
催化剂	主要成分为 $\text{TiO}_2$ 、 $\text{V}_2\text{O}_5$	不使用
净化效率	$>85\%$	$40 \sim 60\%$
烟气再加热	需要加热到 $200^\circ\text{C}$ 以上	不需要
投资及运行费用	高（烟气需重新加热）	低

NO <sub>x</sub> 的最高保证值	50~100mg/Nm <sup>3</sup> ( O <sub>2</sub> 11% )	190~200mg/Nm <sup>3</sup> ( O <sub>2</sub> 11% )
占地面积	需要烟气再加热器和催化剂反应塔, 占地面积较大	无需烟气再加热器和催化剂反应塔, 需要供氨或尿素系统, 占地面积较小

### 3.3.4 重金属控制技术

活性炭吸附+布袋除尘器的组合技术可以起到很好的重金属去除作用。焚烧烟气处理系统中采用的布袋除尘器, 是通过在烟气流通过程中喷入活性炭。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而被除尘设备一并收集去除。该技术对焚烧炉烟气中重金属去除效率可达 90% 左右。

### 3.3.5 二噁英控制技术

生活垃圾焚烧烟气中二噁英类物质一般采用“3T+E”+活性炭+袋式除尘器方法去除。“3T+E”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 )。二噁英在 850℃ 以上会很快分解, 因此, 一般控制焚烧温度 850℃, 停留时间 2.0 秒, 保持充分的气固湍动程度, 以及过量的空气量, 使烟气中 O<sub>2</sub> 的浓度处于 6~11%。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。

## 4 国内外标准研究现状

### 4.1 国外相关标准

目前，国外发达国家如美国、欧盟、日本等国家和地区生活垃圾焚烧大气污染物排放标准要求比我国国家标准《生活垃圾焚烧污染控制标准》（GB 18485-2014）稍微严格。

#### （1）美国

美国标准采用分级管理生活垃圾焚烧炉，250t/d 以上为大型焚烧炉、35~250t/d 为中型焚烧炉、35t/d 以下为小型焚烧炉。标准规定的控制排放限值的参数主要有：颗粒物、二噁英、酸性气体（二氧化硫和氯化氢）、重金属（镉、铅、汞）和氮氧化物。

美国 1990 年以前建立的垃圾焚烧厂，对控制二噁英的效率较差，1990 年以后的垃圾焚烧厂，大多数安装了高效烟气污染排放控制装置，控制效果大大提高。1994 年 EPA 提出要控制二噁英的排放，1995 年对二噁英排放制定了标准：对现有的生活垃圾焚烧厂（即 1995 年以前建立的）二噁英排放标准：

①大型生活垃圾焚烧厂。焚烧厂采用电除尘的污染控制系统的限值为  $60\text{ng}/\text{m}^3$ ，约为  $1\text{ng TEQ}/\text{m}^3$ ；焚烧厂采用非电除尘的污染控制系统的限值为  $30\text{ng}/\text{m}^3$ ，约为  $0.5\text{ng TEQ}/\text{m}^3$ 。

②小型生活垃圾焚烧厂。焚烧厂排放限值为  $125\text{ng}/\text{m}^3$ ，约为  $2\text{ng TEQ}/\text{m}^3$ 。对于 1995 年以后建立的生活垃圾焚烧厂

二噁英排放标准：大型和小型生活垃圾焚烧厂二噁英排放标准均为  $13\text{ng}/\text{m}^3$ ，约为  $0.2\text{ng TEQ}/\text{m}^3$ 。

## （2）欧盟

1984 年欧盟理事会提议采用合适的方法和设备来限制生活垃圾焚烧厂的烟气排放水平。2000 年 12 月 4 日新制定的指令 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  $0.1\text{ng TEQ}/\text{m}^3$ 。并每年需要对重金属和二噁英测量两次。

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 4-1 欧盟垃圾焚烧指令标准限值

序号	控制指标	限值 ( $\text{mg}/\text{m}^3$ )	
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	$0.1\text{ng-TEQ}/\text{m}^3$ (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》。其中规定了主要的污染物排放标准，见表 4-20 至表 4-4。

表 4-2 日本废弃物焚烧炉氮氧化物排放限值

炉型	排放限值 ( $\text{cm}^3/\text{m}^3$ )
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 $\text{m}^3$ 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 40000 $\text{m}^3$ 的焚烧炉）	250

表 4-3 日本废弃物焚烧炉烟尘排放限值

焚烧能力	排放限值 ( $\text{mg}/\text{m}^3$ )
大于 4000 $\text{kg}/\text{h}$	40
2000-4000 $\text{kg}/\text{h}$	80
小于 2000 $\text{kg}/\text{h}$	150

表 4-4 日本废弃物焚烧炉二噁英类排放限值

焚烧能力	排放限值 ( $\text{ngTEQ}/\text{m}^3$ )
大于 4000 $\text{kg}/\text{h}$	0.1
2000-4000 $\text{kg}/\text{h}$	1.0
小于 2000 $\text{kg}/\text{h}$	5.0

#### 4.2 国内相关标准

国家针对生活垃圾焚烧制定了标准，现行的为 2014 年发布的《生活垃圾焚烧污染控制标准》（GB 18485-2014）、2019 年 11 月底发布的《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 A。具体指标限值见表 4-5。

---《生活垃圾焚烧污染控制标准》（GB 18485-2014）

---《生活垃圾焚烧污染控制标准》（GB 18485-2014）修改单

---《排污许可证申请与核发技术规范生活垃圾焚烧》（HJ 1039-2019）

---《生活垃圾处理技术指南》（建城〔2010〕61号）

---《生活垃圾焚烧飞灰污染控制技术规范（试行）》（HJ 1134-2020）

#### 4.3 其他省份标准

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。具体指标限值见表 4-5。

---上海市《生活垃圾焚烧大气污染物排放标准》（DB 31/768-2013）、第 1 号修改单（2014 年 9 月）

---深圳市《生活垃圾处理设施运营规范》（SZDB/Z233-2017）

---海南省《生活垃圾焚烧污染控制标准》（DB 46484-2019）

---河北省《生活垃圾焚烧大气污染控制标准》（DB 13/5325-2021）

---福建省《生活垃圾焚烧氮氧化物排放标准》（DB 35/1976-2021）

---天津市《生活垃圾焚烧大气污染物排放标准》（DB 12/1101-2021）

---广东省《村镇生活垃圾小型热解焚烧处理工程技术规范》（T/GDAEPI08-2022）

#### 4.4 本标准与国家、其他省份标准对比情况

本标准拟定的排放限值分别为：颗粒物 1 小时均值和 24 小时均值分别为  $10\text{mg}/\text{m}^3$ 、 $8\text{mg}/\text{m}^3$ ；氮氧化物 1 小时均值和 24 小时均值分别为  $100\text{mg}/\text{m}^3$ 、 $80\text{mg}/\text{m}^3$ ；二氧化硫 1 小时均值和 24 小时均值分别为  $40\text{mg}/\text{m}^3$ 、 $20\text{mg}/\text{m}^3$ ；一氧化碳 1 小时均值和 24 小时均值分别为  $50\text{mg}/\text{m}^3$ 、 $30\text{mg}/\text{m}^3$ ；氯化氢 1 小时均值和 24 小时均值分别为  $20\text{mg}/\text{m}^3$ 、 $10\text{mg}/\text{m}^3$ ；汞及其化合物的测定均值为  $0.02\text{mg}/\text{m}^3$ ；镉、铊及其化合物的测定均值为  $0.03\text{mg}/\text{m}^3$ ；锑、砷、铅、铬、钴、铜、锰、镍及其化合物的测定均值为  $0.3\text{mg}/\text{m}^3$ ；二噁英类测定均值为  $0.05\text{ng TEQ}/\text{m}^3$ ；氨 1 小时均值为  $8\text{mg}/\text{m}^3$ 。

与国家标准对比，本标准颗粒物、氮氧化物、二氧化硫、氯化氢、一氧化碳、重金属类和二噁英类污染物限值均严于国家标准限值；增加氨排放限值要求。

与其他省份标准对比，总体来说，本标准限值与其他省份大致相当，氮氧化物略微严格。具体情况见表 4-5。

表 4-5 我国生活垃圾焚烧主要污染物控制指标汇总表

单位: mg/m<sup>3</sup> ( 注明的除外 )

标准名称	主要污染物排放限值										备注
	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 ( ngTEQ/m <sup>3</sup> )	氨	
《生活垃圾焚烧污染控制标准》( GB 18485-2014 )	30 <sup>a</sup> /20 <sup>b</sup>	300 <sup>a</sup> /250 <sup>b</sup>	100 <sup>a</sup> /80 <sup>b</sup>	100 <sup>a</sup> /80 <sup>b</sup>	60 <sup>a</sup> /50 <sup>b</sup>	0.05 <sup>c</sup>	0.1 <sup>c</sup>	1.0 <sup>c</sup>	0.1 <sup>c</sup>	/	基准氧含量 11%
本标准	10 <sup>a</sup> /8 <sup>b</sup>	100 <sup>a</sup> /80 <sup>b</sup>	40 <sup>a</sup> /20 <sup>b</sup>	50 <sup>a</sup> /30 <sup>b</sup>	20 <sup>a</sup> /10 <sup>b</sup>	0.02 <sup>c</sup>	0.03 <sup>c</sup>	0.3 <sup>c</sup>	0.05 <sup>c</sup>	8 <sup>a</sup>	基准氧含量 11%
上海市《生活垃圾焚烧大气污染物排放标准》( DB 31/768-2013 )	10(20) <sup>a</sup> /10 <sup>b</sup>	250 <sup>a</sup> /200 <sup>b</sup>	100 <sup>a</sup> /50 <sup>b</sup>	100 <sup>a</sup> /50 <sup>b</sup>	50 <sup>a</sup> /10 <sup>b</sup>	0.05 <sup>c</sup>	0.05 <sup>c</sup>	0.5 <sup>c</sup> [ 以 Sb+As+Pb+Cr+Co+Cu+Mn+Ni+V 计 ]	0.1 <sup>c</sup>	/	基准氧含量 11%
深圳市《生活垃圾处理设施运营规范》( SZDB/Z 233-2017 )	10 <sup>a</sup> /8 <sup>b</sup>	80 <sup>a</sup> /80 <sup>b</sup>	30 <sup>a</sup> /30 <sup>b</sup>	50 <sup>a</sup> /30 <sup>b</sup>	8 <sup>a</sup> /8 <sup>b</sup>	0.02 <sup>c</sup>	0.04 <sup>c</sup>	0.3 <sup>c</sup> [ 以 Sb+As+Pb+Cr+Co+Cu+Mn+Ni+V 计 ]	0.05 <sup>c</sup>	/	总有机碳 10 <sup>a</sup> /10 <sup>b</sup> 基准氧含量 11%
海南省《生活垃圾焚烧污染控制标准》( DB 46/484-2019 )	10 <sup>a</sup> /8 <sup>b</sup>	150 <sup>a</sup> /120 <sup>b</sup>	30 <sup>a</sup> /20 <sup>b</sup>	50 <sup>a</sup> /30 <sup>b</sup>	10 <sup>a</sup> /8 <sup>b</sup>	0.02 <sup>c</sup>	0.03 <sup>c</sup>	0.3 <sup>c</sup>	0.05 <sup>c</sup>	/	总有机碳 20 <sup>a</sup> /10 <sup>b</sup>
河北省《生活垃圾焚烧大气污染物排放标准》( DB 13/5325-2021 )	10 <sup>a</sup> /8 <sup>b</sup>	150 <sup>a</sup> /120 <sup>b</sup>	40 <sup>a</sup> /20 <sup>b</sup>	100 <sup>a</sup> /80 <sup>b</sup>	20 <sup>a</sup> /10 <sup>b</sup>	0.02 <sup>c</sup>	0.03 <sup>c</sup>	0.3 <sup>c</sup>	0.1 <sup>c</sup>	8 <sup>a</sup>	基准氧含量 11%
天津市《生活垃圾焚烧大气污染物排放标准》( DB 12/1101-2021 )	10 <sup>a</sup> /8 <sup>b</sup>	120 <sup>a</sup> /80 <sup>b</sup>	40 <sup>a</sup> /20 <sup>b</sup>	80 <sup>a</sup> /50 <sup>b</sup>	20 <sup>a</sup> /10 <sup>b</sup>	0.02 <sup>c</sup>	0.03 <sup>c</sup>	0.3 <sup>c</sup>	0.1 <sup>c</sup>	8 <sup>a</sup>	基准氧含量 11%

标准名称	主要污染物排放限值										备注
	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（ngTEQ/m <sup>3</sup> ）	氨	
福建省《生活垃圾焚烧氮氧化物排放标准》（DB 35/1976-2021）	/	150 <sup>a</sup> /120 <sup>b</sup>	/	/	/	/	/	/	/	/	基准氧含量 11%
河南省《生活垃圾焚烧大气污染物排放标准》（DB 41/2556-2023）	10 <sup>a</sup> /8 <sup>b</sup>	150 <sup>a</sup> /120 <sup>b</sup>	35 <sup>a</sup> /30 <sup>b</sup>	100 <sup>a</sup> /80 <sup>b</sup>	20 <sup>a</sup> /10 <sup>b</sup>	0.02 <sup>c</sup>	0.03 <sup>c</sup>	0.3 <sup>c</sup>	0.1 <sup>c</sup>	12 <sup>a</sup> /8 <sup>b</sup>	基准氧含量 11%
陕西省《关中地区生活垃圾焚烧大气污染物排放标准》（DB 61/1830-2024）	10 <sup>a</sup> /8 <sup>b</sup>	150 <sup>a</sup> /120 <sup>b</sup>	60 <sup>a</sup> /40 <sup>b</sup>	50 <sup>a</sup> /30 <sup>b</sup>	30 <sup>a</sup> /20 <sup>b</sup>	0.02 <sup>c</sup>	0.05 <sup>c</sup>	0.5 <sup>c</sup>	0.1 <sup>c</sup>	12 <sup>b</sup>	基准氧含量 11%
《浙江省生活垃圾焚烧厂超低排放改造实施方案》（浙环发〔2024〕61号）	10 <sup>a</sup>	80 <sup>a</sup>	30 <sup>a</sup>	/	10 <sup>a</sup>	/	/	/	/	8 <sup>a</sup>	基准氧含量 11%
山东省《生活垃圾焚烧大气污染物排放标准（征求意见稿）》2021 年	10 <sup>a</sup> /8 <sup>b</sup>	150 <sup>a</sup> /120 <sup>b</sup>	40 <sup>a</sup> /30 <sup>b</sup>	100 <sup>a</sup> /80 <sup>b</sup>	20 <sup>a</sup> /10 <sup>b</sup>	0.02 <sup>c</sup>	0.03 <sup>c</sup>	0.3 <sup>c</sup>	0.1 <sup>c</sup>	8 <sup>a</sup>	基准氧含量 11%
江苏省《生活垃圾焚烧大气污染物排放标准（二次征求意见稿）》2023 年	10 <sup>a</sup>	80 <sup>a</sup>	30 <sup>a</sup>	50 <sup>a</sup>	10 <sup>a</sup>	0.01 <sup>c</sup>	0.03 <sup>c</sup>	0.3 <sup>c</sup>	0.05 <sup>c</sup>	8 <sup>a</sup>	基准氧含量 11%
湖北省《生活垃圾焚烧大气污染物排放标准（征求意见稿）》2024 年	10 <sup>a</sup> /8 <sup>b</sup>	120 <sup>a</sup> /100 <sup>b</sup>	40 <sup>a</sup> /20 <sup>b</sup>	100 <sup>a</sup> /80 <sup>b</sup>	20 <sup>a</sup> /10 <sup>b</sup>	0.02 <sup>c</sup>	0.03 <sup>c</sup>	0.3 <sup>c</sup>	0.1 <sup>c</sup>	8 <sup>a</sup>	基准氧含量 11%
上海市《生活垃圾焚烧大气污染物排放标准（征求意见稿）》2024 年	10(20) <sup>a</sup> /8 <sup>b</sup>	150 <sup>a</sup> /80 <sup>b</sup>	40 <sup>a</sup> /30 <sup>b</sup>	50 <sup>a</sup> /30 <sup>b</sup>	20 <sup>a</sup> /8 <sup>b</sup>	0.05 <sup>c</sup>	0.05 <sup>c</sup>	0.5 <sup>c</sup>	0.1 <sup>c</sup>	/	基准氧含量 11%

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。

## 5 生活垃圾焚烧厂调研及污染物排放现状

参考国家及我市大气污染物排放标准体系建设情况，生活垃圾焚烧大气污染物排放限值执行国家《生活垃圾焚烧污染控制标准》（GB 18485-2014），编制组收集了企业目前污染治理设施情况、环境监测信息，汇总了在线监控数据、现场监测数据等。通过梳理、统计，分析污染物排放水平，得到以下污染排放分析结果。

### 5.1 企业污染治理设施情况

我市现有的生活垃圾焚烧炉炉型以机械炉排焚烧炉为主，52%的企业采用“袋式除尘器+半干法+SNCR”工艺进行除尘脱酸脱硝设施，40%的企业在此基础上加上干法脱酸工艺。仅一家企业使用“袋式除尘+电除尘+干法+湿法+SNCR+SCR”工艺，一家小型垃圾焚烧企业污染治理设施为“布袋除尘+半干法+纳米催化反应器”，目前正在开展技术改造。

表 5-1 重庆市现有生活垃圾焚烧企业污染治理设施情况

除尘脱酸脱硝设施	企业数量 (家)	总设计处理能力 (t/d)
袋式除尘器+半干法+SNCR	12	10000
袋式除尘器+干法，半干法+SNCR	9	9200
袋式除尘+电除尘+干法+湿法 +SNCR+SCR	1	3000
布袋除尘+半干法+纳米催化反应器	1	150

### 5.2 企业在线监测情况

编制组共收集到重庆市生活垃圾焚烧发电厂的各项污

染物排放有效数据情况如下。

表 5-2 颗粒物 1 小时均值在线监测数据分布情况

排放浓度范围 ( mg/m³ )	统计数据量 ( 个 )	达标率 ( % )						
c<4	47942	97.4%	98.6%	99.6%	100.0%			
4≤c<8	10176							
8≤c<10	676							
10≤c<15	421							
15≤c<20	215							
20≤c<25	158							
25≤c<30	37							
c≥30	28							
合计	59653							

如表 5-2 所示,颗粒物 1 小时均值小于 8mg/m<sup>3</sup>的有 58118 个数据, 占比 97.4%; 排放浓度小于 10mg/m<sup>3</sup>的有 58794 个数据, 占比 98.6%; 排放浓度小于 20mg/m<sup>3</sup>的有 59430 个数据, 占比 99.6%。

表 5-3 颗粒物 24 小时均值在线监测数据分布情况

排放浓度范围（mg/m³）	统计数据量（个）	达标率（%）			
c<4	3429	96.2%	99.5%	99.8%	99.8%
4≤c<8	1416				
8≤c<10	165				
10≤c<15	14				
15≤c<20	1				
c≥20	10				
合计	5035				

如表 5-3 所示,颗粒物 24 小时均值小于 8mg/m<sup>3</sup>的有 4845 个数据, 占比 96.2%; 排放浓度小于 10mg/m<sup>3</sup>的有 5010 个数据, 占比 99.5%; 排放浓度小于 20mg/m<sup>3</sup>的有 5025 个数据, 占比 99.8%。

表 5-4 二氧化硫 1 小时均值在线监测数据分布情况

排放浓度范围 ( mg/m³ )	统计数据量 ( 个 )	达标率 ( % )				
5≤c<10	7669	33.6%	64.2%	79.4%	97.4%	100.0%
10≤c<20	12393					
20≤c<30	9237					
30≤c<35	4420					
35≤c<40	4594					
40≤c<50	9071					
50≤c<60	6739					
60≤c<70	3983					
70≤c<100	1537					
c≥100	10					
合计	59653					

如表 5-4 所示，二氧化硫 1 小时均值小于 20mg/m<sup>3</sup>的有 20062 个数据，占比 33.6%；排放浓度小于 40mg/m<sup>3</sup>的有 38313 个数据，占比 64.2%；排放浓度小于 50mg/m<sup>3</sup>的有 47384 个数据，占比 79.4%。

表 5-5 二氧化硫 24 小时均值在线监测数据分布情况

排放浓度范围 ( mg/m³ )	统计数据量 ( 个 )	达标率 ( % )				
5≤c<10	585	40.4%	62.0%	82.2%	99.0%	99.9%
10≤c<20	734					
20≤c<30	716					
30≤c<35	459					
35≤c<40	628					
40≤c<50	1015					
50≤c<60	643					
60≤c<70	204					
70≤c<100	48					
c≥100	3					
合计	5035					



如表 5-5 所示，二氧化硫 24 小时均值小于 30mg/m<sup>3</sup>的有 2035 个数据，占比 40.4%；排放浓度小于 40mg/m<sup>3</sup>的有 3122 个数据，占比 62.0%；排放浓度小于 50mg/m<sup>3</sup>的有 4137 个数据，占比 82.2%。

表 5-6 氮氧化物 1 小时均值在线监测数据分布情况

排放浓度范围 ( mg/m <sup>3</sup> )	统计数据量 ( 个 )	达标率 ( % )				
c<80	494	3.1%	26.1%	65.5%	99.4%	99.9%
80≤c<100	1381					
100≤c<120	3288					
120≤c<150	10377					
150≤c<180	11002					
180≤c<200	12513					
200≤c<220	12414					
220≤c<250	7843					
250≤c<300	307					
c≥300	34					
合计	59653					

如表 5-6 所示，氮氧化物 1 小时均值小于 100mg/m<sup>3</sup>的有 1875 个数据，占比 3.1%；小于150mg/m<sup>3</sup>的有 15540 个数据，占比 26.1%；小于 200mg/m<sup>3</sup>的有 39055 个数据，占比 65.5%。

表 5-7 氮氧化物 24 小时均值在线监测数据分布情况

排放浓度范围 ( mg/m <sup>3</sup> )	统计数据量 ( 个 )	达标率 ( % )				
c<80	10	1.3%	25.3%	69.8%	99.7%	99.8%
80≤c<100	54					
100≤c<120	223					
120≤c<150	986					
150≤c<180	877					
180≤c<200	1362					
200≤c<220	837					

排放浓度范围 ( mg/m³ )	统计数据量 ( 个 )	达标率 ( % )			
220≤c<250	669				
250≤c<300	5				
c≥300	12				
合计	5035				

如表 5-7 所示，氮氧化物 24 小时均值小于  $100\text{mg}/\text{m}^3$  的有 64 个数据，占比 1.3%；小于  $150\text{mg}/\text{m}^3$  的有 1273 个数据，占比 25.3%；小于  $200\text{mg}/\text{m}^3$  的有 3512 个数据，占比 69.8%。

表 5-8 氯化氢 1 小时均值在线监测数据分布情况

排放浓度范围 ( $\text{mg}/\text{m}^3$ )	统计数据量 (个)	达标率 (%)				
$c < 5$	8897	34.3%	57.9%	79.3%	95.7%	100.0%
$5 \leq c < 10$	11564					
$10 \leq c < 15$	7756					
$15 \leq c < 20$	6320					
$20 \leq c < 25$	6317					
$25 \leq c < 30$	6423					
$30 \leq c < 35$	5784					
$35 \leq c < 40$	4049					
$40 \leq c < 50$	2408					
$50 \leq c < 60$	122					
$c \geq 60$	13					
合计	59653					

如表 5-8 所示，氯化氢 1 小时均值小于  $10\text{mg}/\text{m}^3$  的有 20461 个数据，占比 34.3%；小于  $20\text{mg}/\text{m}^3$  的有 34537 个数据，占比 57.9%；小于  $30\text{mg}/\text{m}^3$  的有 47277 个数据，占比 79.3%。

表 5-9 氯化氢 24 小时均值在线监测数据分布情况

排放浓度范围 ( $\text{mg}/\text{m}^3$ )	统计数据量 (个)	达标率 (%)				
$c < 5$	913	35.2%	59.7%	78.6%	96.7%	99.9%

排放浓度范围 ( mg/m³ )	统计数据量 ( 个 )	达标率 ( % )				
5≤c<10	858					
10≤c<15	733					
15≤c<20	504					
20≤c<25	423					
25≤c<30	524					
30≤c<35	557					
35≤c<40	355					
40≤c<50	161					
c≥50	7					
合计	5035					

如表 5-9 所示，氯化氢 24 小时均值小于  $10\text{mg}/\text{m}^3$  的有 1771 个数据，占比 35.2%；小于  $20\text{mg}/\text{m}^3$  的有 3008 个数据，占比 59.7%；小于  $30\text{mg}/\text{m}^3$  的有 3995 个数据，占比 78.6%。

表 5-10 一氧化碳 1 小时均值在线监测数据分布情况

排放浓度范围 ( mg/m³ )	统计数据量 ( 个 )	达标率 ( % )				
c<5	37773	80.2%	96.1%	98.8%	99.5%	99.8%
5≤c<10	10066					
10≤c<20	7106					
20≤c<30	2390					
30≤c<40	1085					
40≤c<50	530					
50≤c<60	264					
60≤c<70	148					
70≤c<100	154					
c≥100	137					
合计	59653					

如表 5-10 所示，一氧化碳 1 小时均值小于  $10\text{mg}/\text{m}^3$  的有 47839 个数据，占比 80.2%；小于  $50\text{mg}/\text{m}^3$  的有 58950 个数据，占比 98.8%；小于  $100\text{mg}/\text{m}^3$  的有 59516 个数据，占比 99.8%。

表 5-11 一氧化碳 24 小时均值在线监测数据分布情况

排放浓度范围 ( mg/m3 )	统计数据量 ( 个 )	达标率 ( % )				
c<5	3195	84.6%	97.5%	98.9%	99.4%	99.5%
5≤c<10	1065					
10≤c<20	549					
20≤c<30	100					
30≤c<40	47					
40≤c<50	27					
50≤c<60	16					
60≤c<70	7					
70≤c<100	5					
c≥100	26					
合计	5037					

如表 5-11 所示，一氧化碳 24 小时均值小于 10mg/m<sup>3</sup>的有 4260 个数据，占比 84.6%；小于 50mg/m<sup>3</sup>的有 4983 个数据，占比 98.9%；小于 100mg/m<sup>3</sup>的有 5011 个数据，占比 99.5%。

### 5.3 企业现场监测情况

截至 2025 年 11 月底，编制组共对 16 家生活垃圾焚烧企业开展现场监测，氮氧化物的排放浓度在 143 至 313mg/m<sup>3</sup>之间，1 家企业超标，均值为 226mg/m<sup>3</sup>；二氧化硫的排放浓度在未检出至 41mg/m<sup>3</sup>之间，检出均值为 17mg/m<sup>3</sup>；一氧化碳的排放浓度为未检出至 24mg/m<sup>3</sup>之间，检出均值为 15mg/m<sup>3</sup>；汞及其化合物的排放浓度为未检出至 0.0162mg/m<sup>3</sup>之间，检出均值为 0.0075mg/m<sup>3</sup>；镉、铊及其化合物的排放浓度为 0.0000297~0.04172mg/m<sup>3</sup>之间，均值为 0.000165mg/m<sup>3</sup>；锑、砷、铅、铬、钴、铜、锰、镍及其化合物的排放浓度为

0.0194~0.23927mg/m<sup>3</sup>之间，均值为 0.060mg/m<sup>3</sup>；二噁英类的排放浓度为 0.0021~0.15ng TEQ/Nm<sup>3</sup>之间，1 家企业超标，其余企业均值为 0.0038ng TEQ/Nm<sup>3</sup>。

#### 5.4 企业自行监测情况

编制组收集了近一年部分生活垃圾焚烧企业的自行监测数据，限值均达标。颗粒物排放均值约 4.3mg/m<sup>3</sup>，二氧化硫排放均值约 22.5mg/m<sup>3</sup>，氮氧化物排放均值约 169.1mg/m<sup>3</sup>，一氧化碳检出排放均值约 12.6mg/m<sup>3</sup>；汞及其化合物排放均值约 0.0045mg/m<sup>3</sup>；镉、铊及其化合物排放均值约 0.000165mg/m<sup>3</sup>；锑、砷、铅、铬、钴、铜、锰、镍及其化合物排放均值约 0.0467mg/m<sup>3</sup>；二噁英类排放均值约 0.000827ng TEQ/Nm<sup>3</sup>。

## 6 标准制定主要内容说明

### 6.1 标准范围

本标准规定了重庆市生活垃圾焚烧厂的大气污染物排放控制要求、监测要求以及标准的实施与监督等内容。

本标准适用于重庆市现有生活垃圾焚烧厂的大气污染物排放管以及新建、改建、扩建生活垃圾焚烧厂的环境影响评价、环境保护设施设计、环境保护设施验收、排污许可及投产后的大气污染物排放管理。

本标准不适用于处理量 50 吨/日及以下的村镇生活垃圾小型热解焚烧装置，相关设施执行 GB 18485 和有关技术规范的相关规定。

参加生活垃圾质量超过入炉（窑）物料总质量 30%的协同处置工业炉窑的污染控制参照本标准执行。

本标准未规定的生活垃圾焚烧厂的选址要求、工艺要求、入炉废物要求、运行要求等执行 GB 18485 和有关技术规范的相关要求。

表 6-1 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、食品加工移机其他为城市生活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

条款	内容
	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。

## 6.2 术语和定义

本标准列出的术语和定义包括生活垃圾、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、标准状态、测定均值、1 小时均值、24 小时均值、日均值、基准含氧量，共计 11 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）的定义。

“日均值、基准含氧量”采用国家新发布的大气污染物排放标准中的定义。

## 6.3 大气污染物排放控制要求

### 6.3.1 控制因子的选取

根据生活垃圾焚烧炉污染物产生情况、国家相关标准管

控要求，以及我市大气环境管理要求，综合确定控制因子，主要包括颗粒物、酸性气体、有毒重金属以及二噁英类等污染物，共计 10 项。

根据《生活垃圾焚烧污染控制标准》(GB 18485-2014)，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，二噁英类等 10 项控制因子。

烟气中喷入过量脱硝剂会产生氨逃逸，一方面氨是 PM<sub>2.5</sub> 和臭氧生成的重要前体物；另一方面，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。因此，增加氨作为控制指标。

### **6.3.2 排放限值的确定**

当前焚烧炉烟气治理技术均相对成熟，本标准根据当前生活垃圾焚烧其余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。

#### **6.3.2.1 颗粒物限值的确定**

本标准规定的颗粒物 1 小时均值为 10mg/m<sup>3</sup>、24 小时均值限值为 8mg/m<sup>3</sup>。我市垃圾焚烧行业广泛应用的除尘设施为袋式除尘器（100%），部分焚烧炉在此基础上增加了活性炭吸附、静电除尘工艺。袋式除尘工艺对颗粒物的去除效率可达到 99.9%以上，技术成熟、操作管理简便，便于及时检修、



维护或更换。此外，采用湿式除尘器不仅可以获得较高的除尘效率，而且还能明显减少有害酸性气体成分的排放。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。

因此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。

### 6.3.2.2 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  $100\text{mg}/\text{m}^3$ 、24 小时均值限值为  $80\text{mg}/\text{m}^3$ 。氮氧化物是臭氧和细颗粒物等二次污染物的前体物，是复合型污染重大贡献源之一，因此氮氧化物的排放限值必须从严要求。我市新制修订的陶瓷、水泥、锅炉、砖瓦、炉窑等标准的氮氧化物基本处于  $100\text{mg}/\text{m}^3$  左右。同时考虑到垃圾焚烧行业发展规模、排放现状，以及下一步国家开展行业超低排放改造的未来前景，拟将生活垃圾焚烧企业氮氧化物的 1h 均值排放限值从严要求为  $100\text{mg}/\text{m}^3$ 。

垃圾焚烧炉烟气中氮氧化物处理前浓度在  $200\sim 400\text{mg}/\text{m}^3$ 。目前主流的脱硝技术有 SNCR、PNCR、HSNCR、“SNCR+SCR”、SCR 等。

SNCR 技术去除效率可达到 50%左右，处理后浓度一般可达到  $200\text{mg}/\text{m}^3$ 左右。PNCR 技术去除效率可达到 40~70%，

HSNCR 技术去除效率可达到 30~50%左右，处理后浓度一般可达到 150mg/m<sup>3</sup>左右。“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 80mg/m<sup>3</sup>以下。

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 100mg/m<sup>3</sup>、24 小时均值限值为 80mg/m<sup>3</sup>。可行技术为“SNCR+SCR”、SCR。

### 6.3.2.3 二氧化硫、氯化氢限值的确定

本标准规定的二氧化硫 1 小时均值为 40mg/m<sup>3</sup>、24 小时均值限值为 20mg/m<sup>3</sup>；氯化氢 1 小时均值为 20mg/m<sup>3</sup>、24 小时均值限值为 10mg/m<sup>3</sup>。根据调研情况，烟气中二氧化硫、氯化氢处理前浓度分别在 300~350mg/m<sup>3</sup>、150mg/m<sup>3</sup>左右，“半干法+干法+湿法”、“半干法+湿法”对酸性气体的去除效率可达到 95%以上，处理后二氧化硫、氯化氢浓度一般可达到 20mg/m<sup>3</sup>、10mg/m<sup>3</sup>以下，能够达到本标准限值；“半干法+干法”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 50mg/m<sup>3</sup>、20mg/m<sup>3</sup>以下，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，可达到本标准限值。

### 6.3.2.4 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 50mg/m<sup>3</sup>、24 小时均值限值为 30mg/m<sup>3</sup>。根据在线监测数据，目前 97%以上的

焚烧炉监测数据可实现 CO 达标排放。对于一些暂时无法达标的，企业可通过提升管理水平、以及实施一些技术手段来实现达标。

#### **6.3.2.5 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  $0.02\text{mg}/\text{m}^3$ ，铊、镉及其化合物测定均值为  $0.03\text{mg}/\text{m}^3$ ，锑、砷、铅、铬、钴、铜、锰、镍及其化合物测定均值为  $0.3\text{mg}/\text{m}^3$ 。由于烟气中重金属的排放水平受颗粒物排放水平影响较大，“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，可以起到很好的重金属去除作用。

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”。

#### **6.3.2.6 二噁英类限值的确定**

本标准规定的二噁英类测定均值为  $0.05\text{ng-TEQ}/\text{m}^3$ ，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，根据现场监测及企业自行监测情况现有企业二噁英类排放水平已基本达到本标准规定限值。

#### **6.3.2.7 氨限值的确定**

燃煤电厂  $\text{NO}_x$  初始浓度与生活垃圾焚烧  $\text{NO}_x$  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  $2.5\sim 8\text{mg}/\text{m}^3$ ；河北、天津生活垃圾标准中氨浓度限值为  $8\text{mg}/\text{m}^3$ 。

综上，考虑焚烧工况不稳定性以及  $\text{NO}_x$  控制压力，本标准规定的氨 1 小时均值为  $8\text{mg}/\text{m}^3$ ，在采用可行的  $\text{NO}_x$  控制技术，并合理控制脱硝剂投入量的基础上，能够达标。

#### **6.3.2.8 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  $100\text{mg}/\text{m}^3$ 。

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。

### **6.3.3 排放限值执行时段的要求**

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。自本文件实施之日起一年后，各区现有的生活垃圾焚烧炉烟气中污染物浓度执行表 1 规定的限值；自本文件实施之日起两年后，全市所有的现有生活垃圾焚烧炉烟气中污染物浓度执行表 1 规定的限值。

### **6.3.4 无组织排放控制要求**

企业厂界无组织颗粒物排放监测点浓度限值为  $1.0\text{mg}/\text{m}^3$ 。属于 GB 37822 定义的 VOCs 物料的危险废物，其贮存、运输、预处理等环节的挥发性有机物无组织排放控制应符合 GB 37822 的相关规定。

### **6.3.5 监测要求**

(1) 生活垃圾焚烧厂运行企业应按照有关法律和《环境监测管理办法》（总局令第 39 号）等规定，建立企业监测制度，制定监测方案，并向当地生态环境主管部门和行业行政主管部门备案。对污染物排放状况及其对周边环境质量的影响开展自行监测，保存原始监测记录，并公布监测结果。自行监测方案的制定、监测质量保证和质量控制等应符合 HJ 819 和 HJ 1039 等相关标准的要求。

(2) 生活垃圾焚烧厂运行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、维护永久采样口、采样测试平台和排污口标志。

(3) 对生活垃圾焚烧厂运行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。烟气中二噁英类监测的采样按 HJ 77.2、HJ 916 的有关规定执行;其他污染物监测的采样按 GB/T 16157、HJ/T 397 和 HJ 75 等相关规定执行。

(4) 生活垃圾焚烧厂运行企业应设置焚烧炉运行性能指标在线监测装置,监测结果应采用电子显示板进行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。焚烧炉运行性能指标在线监测指标应至少包括烟气中一氧化碳浓度、炉膛内焚烧温度和氧含量。

(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 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、氯化氢等

(6) 生活垃圾焚烧炉大气污染物浓度监测时的污染物浓度测定方法采用表 6-2 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 6-2 监测分析方法

序号	污染物项目	方法标准名称	标准编号
1	颗粒物	固定污染源排气中颗粒物测定与气态污染物采样方法	GB/T 16157
		固定污染源废气 低浓度颗粒物的测定 重量法	HJ 836
2	二氧化硫	固定污染源废气 二氧化硫的测定 定电位电解法	HJ 57
		固定污染源废气 二氧化硫的测定 非分散红外吸收法	HJ 629
		固定污染源废气 二氧化硫的测定 便携式紫外吸收法	HJ 1131
		固定污染源废气 气态污染物（SO <sub>2</sub> 、NO、NO <sub>2</sub> 、CO、CO <sub>2</sub> ）的测定 便携式傅立叶变换红外光谱法	HJ 1240
		固定污染源排气中二氧化硫的测定 碘量法	HJ/T 56
3	氮氧化物	固定污染源废气 氮氧化物的测定 非分散红外吸收法	HJ 692
		固定污染源废气氮氧化物的测定 定电位电解法	HJ 693
		固定污染源废气 氮氧化物的测定 便携式紫外吸收法	HJ 1132
		固定污染源废气 气态污染物（SO <sub>2</sub> 、NO、NO <sub>2</sub> 、CO、CO <sub>2</sub> ）的测定 便携式傅立叶变换红外光谱法	HJ 1240
		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
		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
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
		固定污染源排气 氯化氢的测定 硝酸银容量法	HJ 548
		环境空气和废气 氯化氢的测定 离子色谱法	HJ 549
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
		固定污染源废气 一氧化碳的测定 定电位电解法	HJ 973
		固定污染源废气 气态污染物（SO <sub>2</sub> 、NO、NO <sub>2</sub> 、CO、CO <sub>2</sub> ）的测定 便携式傅立叶变换红外光谱法	HJ 1240
6	汞	固定污染源废气 汞的测定 冷原子吸收分光光度法	HJ 543
7	镉、铊、砷、铅、铬、锰、镍、锡、锑、铜、钴	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
		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
8	二噁英类	环境空气和废气 二噁英类的测定 同位素稀释高分辨气相色谱-高分辨质谱法	HJ 77.2
9	氨	环境空气和废气 氨的测定 纳氏试剂分光光度法	HJ 533

(7)本标准规定的各项污染物浓度的排放限值,均指在标准状态下以 11% (V/V%) O<sub>2</sub> (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:

$$c = c' \times \frac{21 - 11}{O_2 - O_2'}$$

式中:

$c$ ——大气污染物基准氧含量排放浓度, mg/m<sup>3</sup>;

$c'$ ——实测的大气污染物排放浓度, mg/m<sup>3</sup>;

$O_2$ ——助燃空气初始含氧量, %, 以空气助燃时取 21;

$O_2'$ ——实测的氧含量, %。

### 6.3.6 达标判定

(1) 各级生态环境部门按照相关手工监测技术规范获取的任意 1 小时均值浓度、24 小时均值浓度、测定均值浓度超过本标准排放浓度限值的,判定为排放超标。

(2) 各级生态环境部门在对生活垃圾焚烧厂进行监督检查时,可以现场即时采样,监测结果可以作为判定排污行为是否符合排放标准以及实施相关环境保护管理措施的依据。

——《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”。

（3）按照《生活垃圾焚烧发电厂自动监测数据应用管理规定》（部令第 10 号），一个自然日内，生活垃圾焚烧厂任一焚烧炉排放烟气中颗粒物、氮氧化物、二氧化硫、氯化氢、一氧化碳等污染物的自动监测日均值数据，有一项或者一项以上超过本标准规定的相应污染物 24 小时均值限值的，判定为排放超标。

（4）国家对达标判定另有规定的，从其规定。

## 7 技术经济可达性分析

### 7.1 技术可达性分析

#### 7.1.1 颗粒物

生活垃圾焚烧企业颗粒物处理技术主要为袋式除尘器。我市所有现有垃圾焚烧企业均采用袋式除尘工艺对颗粒物进行处理。通过袋式除尘器理论除尘效率分析和目前排放水平分析，颗粒物排放浓度可以达到本标准的限值要求。对于偶尔出现的颗粒物超标情况，企业可通过提升管理水平、及时更新维护袋式除尘器等方式来实现稳定达标。

#### 7.1.2 二氧化硫、氯化氢

目前我市执行国标，企业考虑到运行成本，通常把二氧化硫和氯化氢控制在标准要求限值以下，因此导致现有排放水平与新标准有一定差距。建议未达标企业首选通过提高布袋压差、及时调整脱酸剂种类及喷射量、调节反应温度、增加干法脱酸启用频次等措施来实现达标。此外，还可考虑在半干法脱酸塔顶部或管道上设置碱喷淋装置，提高脱酸效果。综合以上分析，采用“优化半干法+干法工艺”可以达到本标准二氧化硫、氯化氢的排放限值要求。

#### 7.1.3 氮氧化物

目前氮氧化物后处理技术主要包括选择性催化还原法（SCR）、选择性非催化还原法（SNCR）、高分子脱硝工艺（PNCR）和烟气再循环技术。

表 7-1 脱硝工艺技术可达性分析

( $\text{NO}_x$  标准限值: 24 小时均值  $100\text{mg}/\text{m}^3$ )

序号	工艺技术	设计指标 ( $\text{mg}/\text{m}^3$ )	效率	设计排放指标 ( $\text{mg}/\text{m}^3$ )	工艺可行性	优缺点
1	烟气再循环	400	5~15%	$\leq 380$	不可行	无需还原剂
2	SNCR	400	40~60%	$\leq 240$	不可行	氨氮摩尔比高, 氨逃逸不可控
3	PNCr	400	60~80%	$\leq 160$	不可行	
4	烟气再循环 +SNCR	400	$> 43\%$	$\leq 228$	不可行	
5	SNCR+PNCr	400	$> 76\%$	$\leq 96$	不可行	
6	烟气再循环 +PNCr+SNCR	400	$> 77\%$	$\leq 92$	不可行	氨氮摩尔比可 控, 氨逃逸可控
7	SCR	400	$> 80\%$	$\leq 80$	可行	

综上所述, 采用“SNCR+SCR”等工艺, 可以达到本标准氮氧化物排放限值要求。

#### 7.1.4 一氧化碳

对标新标准中一氧化碳排放限值  $50/30\text{mg}/\text{m}^3$  (1 小时均值/24 小时均值), 我市生活垃圾焚烧发电企业一氧化碳 1 小时均值、24 小时均值达标率分别为 96.1%、98.9%, 基本可以达到新标准的要求。

我市现有生活垃圾焚烧发电企业广泛使用“3T+E”燃烧控制法对一氧化碳进行处理。通过“3T+E”燃烧控制法理论去除效率分析, 一氧化碳排放浓度可以达到本标准的限值要求。

在后续运维过程中，建议通过加强检修维护，提升管理水平，实现一氧化碳的稳定达标排放。综上分析，采用“3T+E”燃烧控制法可以达到本标准一氧化碳排放限值要求。

### **7.1.5 重金属类**

我市生活垃圾焚烧行业广泛采用活性炭喷射+袋式除尘器去除重金属。根据监测数据，重金属污染物基本满足本标准的要求，未来随着颗粒物排放限值的收严，重金属排放水平还会进一步降低。综上所述，采用活性炭喷射+袋式除尘器工艺，可以达到本标准重金属的排放限值要求。

### **7.1.6 二噁英类**

我市生活垃圾焚烧发电行业广泛采用“3T+E”燃烧控制+活性炭喷射+袋式除尘器技术去除二噁英类。按照本标准制定的二噁英类测定均值  $0.05\text{ng TEQ/m}^3$ ，现有生活垃圾焚烧发电企业基本可满足本标准的排放限值要求。未来随着颗粒物排放限值的收严，二噁英排放水平还会进一步降低。

## **7.2 经济可行性分析**

我市现有生活垃圾焚烧企业目前采用的废气处理工艺，颗粒物、一氧化碳、重金属类和二噁英基本可以满足新标准的排放限值要求；对于少数企业存在一定差异的，通过调整运行工况可以达标新标准排放限值，不需要新增一次性投入和运行成本。二氧化硫、氮氧化物、氯化氢的排放现状与新标准有较大差距，尚无法稳定达标。因此新标准发布后，生活垃圾焚烧企

业的技改主要集中围绕脱酸、脱硝设施进行。

编制组对江苏和浙江关于执行新标准及垃圾焚烧行业超低排放改造开展调研,了解到因 SCR 投运后催化剂对于处理烟温的要求需要消耗饱和蒸汽,同时,引风机全压增加导致风机运行电耗增加;此外,SCR 系统还需使用一定量的脱硝剂和催化剂。部分催化剂对进气的二氧化硫浓度有要求,必须增加干法脱硫等工艺才能保证催化剂活性。江浙地区目前采用技术路线为“SNCR+半干法脱酸+干法脱酸+活性炭吸附+布袋除尘器+SCR 脱硝+湿法脱酸”。目前达到我市标准限值的成本核算如表 7-2 所示。

表 7-2 污染物不同处理工艺成本核算 (以 500t/d 焚烧炉为例)

污染物	执行 GB 18485-2014		实施二氧化硫、氮氧化物、氯化氢 小时均值 30、80、10mg/m <sup>3</sup>			增加的成本	
	可行性技术	运行成本 (元/吨垃圾)	可行性技术	处理设施成本 (万元/条生产线)	运行成本 (元/吨垃圾)	处理设施成本 (万元/条生产线)	运行成本 (元/吨垃圾)
二氧化硫、氯化氢	半干法+干法脱酸	7.0-9.8	优化的半干法+干法脱酸	40-50	8.8-12.2	40-50	1.8-2.4
			半干法+干法+湿法脱酸	800-1200	3.6-41.8	800-1200	3.6-32
氮氧化物	SNCR	1.8-2.7	SNCR+SCR	800-1350	19.6-35.7	800-1200	17.8-33
二噁英、重金属类	活性炭喷射+袋式除尘器	3.1-4.3 (不含袋式除尘器费用)	活性炭喷射+袋式除尘器	0	4.5 (不含袋式除尘器费用)	0	0.4

我市限值较江浙限值要求略微宽松,运行成本略小,按

照不同规模焚烧炉处理设施改造成本（350 吨/天焚烧炉约 1100 万元、500 吨/天焚烧炉约 1300 万元，600 吨/天焚烧炉约 1500 万元，750 吨/天约焚烧炉 1600 万元），增加运行成本 27 元/吨垃圾计算，预估全市现有企业处理设施改造成本约 5.3 亿元，每年增加运行成本约 2.0 亿元。江浙部分企业在投产时就已经要求企业加装 SCR 处理设施，需要改造企业费用部分江浙主要通过申请相关资金补助处理设施建设、根据企业情况适当提高垃圾处置费用以及延长企业特许经营年限等方式推动企业开展改造。

7.3 环境效益

根据重庆市 2024 年污染物排放清单全市生活垃圾焚烧行业全年排放颗粒物、二氧化硫和氮氧化物的总量分别为 428 吨、437 吨、5797 吨。

表 7-3 实施本标准的污染物排放情况比较

污染物排放情况	颗粒物	二氧化硫	氮氧化物
2024 年排放量（吨）	428	437	5797
实施本标准排放量（吨）	163	142	2257
削减量（吨）	265	295	3540

本标准的实施预计减少颗粒物、二氧化硫和氮氧化物分别为 265 吨、295 吨、3540 吨，将能有效减少生活垃圾焚烧企业的大气污染物排放量。并且进一步规范企业发展，随着行业规模增加，污染物减排量也将持续增加，具有较好的环境效益。

## 8 贯彻标准的措施建议

为保证本标准的顺利实施，提出建议如下：

（1）本标准由县级以上人民政府环境保护行政主管部门负责监督实施。

（2）企业应遵守本标准的污染物排放控制要求，采取必要措施保证污染防治设施正常运行。

（3）各级环保部门在对企业进行监督性检查时，可以将现场采样监测的结果作为判定排污行为是否符合排放标准以及实施相关环境保护管理措施的依据。