

河北省生活垃圾焚烧大气污染控制标准

(征求意见稿)

编制说明

《河北省生活垃圾焚烧大气污染控制标准》编制组

2020年4月

目 录

1 项目背景	1
1.1 任务来源	1
1.2 工作过程	2
2 行业概况	4
2.1 我国生活垃圾焚烧行业发展概况	4
2.2 河北省生活垃圾焚烧行业发展概况	5
3 标准制定必要性	9
3.1 行业污染物减排压力需要	9
3.2 京津冀区域大气环境质量改善的迫切需要	9
3.3 规范生活垃圾焚烧行业绿色、持续、健康发展需要	9
4 行业产排污情况及污染控制技术分析	10
4.1 生产工艺及产污分析	10
4.2 污染物控制技术	14
4.3 河北省生活垃圾焚烧行业污染物排放现状	21
5 标准主要内容	32
5.1 编制原则	32
5.2 标准内容结构	32
5.3 适用范围	33
5.4 术语和定义	33
5.5 选址要求	34
5.6 入炉废物要求	34
5.7 工艺要求	34
5.8 运行要求	36
5.9 大气污染物排放控制要求	37
5.10 污染物监测要求	49
5.11 大气污染物达标判定要求	50
6 实施本标准的技术经济分析	51
6.1 实施本标准的技术可行性分析	51
6.2 实施本标准经济分析	53
7 实施本标准的环境效益分析	57
7.1 现有垃圾焚烧发电厂提标改造减排量分析	57
7.2 2020 年生活垃圾焚烧行业减排量分析	57

1 项目背景

1.1 任务来源

近年来随着河北省经济迅速发展,工业化程度不断提高,河北省主要污染物环境容量已近饱和,同时人民群众对优美生态环境的需求也越来越高,对生态环境保护工作,特别是环境空气质量的改善提出了更高的要求。

随着河北省城市化速度加快,居民生活水平不断提高,城市垃圾量不断增多。当前全省大多数市县生活垃圾处理方式仍以填埋为主,不仅占用大量的土地资源并且存在二次污染风险,生活垃圾无害化处理方式逐步转为“焚烧为主,填埋为辅”,因此垃圾焚烧发电项目得以迅猛发展。截至 2019 年,河北省已建成焚烧发电厂 21 座,日处理垃圾 23950 吨/日。根据《河北省生活垃圾焚烧发电中长期专项规划(2018-2030 年)》(修订版),到 2020 年全省生活垃圾产生量将达到 6.16 万吨/日,到 2030 年全省生活垃圾产生量将达到 7.02 万吨/日。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 2025 年,全省拟陆续新建垃圾焚烧发电项目 66 项,项目全部建成投产后将排放大量颗粒物、二氧化硫、氮氧化物、一氧化碳、氯化氢、重金属、二噁英等污染物,对河北省已近饱和的环境容量以及环境空气质量的改善提出严峻的考验。

当前,河北省生活垃圾焚烧项目执行原环境保护部 2014 年发布的《生活垃圾焚烧污染控制标准》(GB 18485-2014)及修改单,该标准已使用 5 年时间,近年来随着高效除尘、脱硫和脱硝等一系列焚烧炉烟气末端治理技术及源头控制技术迅速发展并广泛应用,为生活垃圾焚烧行业污染控制提供了强有力的技术支撑。此外,结合河北省发布的生活垃圾焚烧行业提标的文件,现行排放标准大气污染物排放限值已无法适应新形势下我省生活垃圾焚烧行业环保要求。

综上所述,为改善我省大气环境质量,打赢蓝天保卫战,保护河北省生态环境,为河北省环境污染治理工作保驾护航,同时为缓解规划建设的生活垃圾焚烧项目建成后对我省环境容量以及环境空气质量改善所带来的冲击,河北省生态环境厅委托河北省生态环境监测中心和河北省众联能源环保科技有限公司,共同编制《河北省生活垃圾焚烧大气污染控制标准》。

1.2 工作过程

接受任务后，河北省生态环境监测中心和河北省众联能源环保科技有限公司迅速成立了标准编制组，进行了任务分工并拟定了工作计划和技术路线。编制组围绕标准的制定开展的主要工作情况如下：

(1) 2019年6月至2019年12月，编制组对省内外生活垃圾焚烧技术发展历程、焚烧炉和污染控制技术现状、焚烧技术应用现状进行了文献调研，并研究分析了省内外生活垃圾焚烧技术的发展趋势。

编制组收集了欧盟、海南省、福建省、上海市、深圳市、东莞市发布的有关生活垃圾焚烧污染控制的标准、管控文件以及生活垃圾焚烧发电企业自行监测、污染控制等方面的技术规范。收集了河北省生活垃圾发电相关规划以及拟建生活垃圾焚烧项目环评基本信息，同时收集了生态环境部发布的生活垃圾焚烧发电建设项目准入条件、住房和城乡建设部以及部分省市发布的涉及生活垃圾焚烧发电企业选址、运行、监管、评价等文件。

(2) 2019年7月，编制组对河北省内现有生活垃圾焚烧电厂建设情况、污染控制情况以及相关政策资料进行了收集，汇总分析了省内已建成的生活垃圾焚烧电厂的建成时间、焚烧炉炉型、规模、分布区域等信息。

(3) 2019年8月~9月，综合考虑省内现有生活垃圾焚烧电厂的建成时间、建设规模、区域分布等因素，编制组在省内已建成的生活垃圾焚烧电厂中选择了6家进行了实地调研，收集了企业的相关监测报告以及省内稳定运行的11家垃圾焚烧厂在线监测数据，并对监测数据进行了汇总和分析，掌握了省内典型炉型现有污染控制技术所能达到的排放水平。

(4) 2019年9月~12月，编制组前往广东省、海南省、山东省和福建省进行调研，与海南省、山东省和福建省生态环境厅以及生活垃圾焚烧控制相关标准编制单位进行座谈，并对广东省东莞麻涌垃圾处理厂、光大环保能源(三亚)有限公司、光大环保能源(潍坊)有限公司和创冠环保(福清)有限公司进行了现场调研。学习、借鉴了省外生活垃圾焚烧地方标准制定过程中的经验。

(5) 2019年12月，在以上工作的基础上形成了《河北省生活垃圾焚烧大气污染控制标准(草稿)》及编制说明。

(6) 2019年12月底，编制组召开了开题报告论证会，邀请了中国环境科

学研究院、国家环境分析测试中心、中国城市建设研究院、国电环保研究院等机构的7名专家组成专家评审组，对开题报告、标准(草稿)和标准(草稿)编制说明进行了论证。

(7) 2020年1月，组织省内部分已建和在建或拟建企业等12家代表进行了集中座谈，介绍了《河北省生活垃圾焚烧大气污染控制标准(草稿)》的主要内容及控制限值制定情况，听取了企业的意见和建议。

(8) 2020年1月~2月，编制组根据论证会和座谈会的意见及建议修改完善了标准(草稿)及编制说明，形成了《河北省生活垃圾焚烧大气污染控制标准》(征求意见稿)及编制说明。

(9) 2020年3月，编制组组织了标准(征求意见稿)审查会，邀请了中国环境科学研究院、国家环境分析测试中心、中国城市建设研究院、国电环保研究院等机构的7名专家对《河北省生活垃圾焚烧大气污染控制标准》(征求意见稿)及编制说明进行了审查。编制组按照专家意见修改后形成了《河北省生活垃圾焚烧大气污染控制标准》(征求意见稿)及编制说明。

2 行业概况

2.1 我国生活垃圾焚烧行业发展概况

近年来,我国生活垃圾焚烧处理行业发展迅速。根据《城市建设统计年报(2008~2017年)》,2017年我国垃圾焚烧厂数量为286座,焚烧处理能力达到298062吨/日,焚烧能力占无害化处理能力比例达到43.8%,比2008年的51606吨/日增加了4.8倍多,2008年至2017年之间,我国生活垃圾焚烧量年均增长率为21.5%。具体数据见表2-1。

表 2-1 我国生活垃圾焚烧状况数据统计表

年份	焚烧厂数量 (座)	焚烧厂平均规模 (吨/日)	无害化处理 能力(吨/日)	焚烧处理能力 (吨/日)	焚烧占无害化处 理能力比例(%)
2008	74	697	315153	51606	16.4
2009	93	766	356130	71253	20.0
2010	104	817	387607	84940	21.9
2011	109	863	409119	94114	23.0
2012	138	889	446268	122649	27.5
2013	166	955	492300	158488	32.2
2014	188	989	533455	185957	34.9
2015	220	996	576894	219080	38.0
2016	249	1028	621351	255850	41.2
2017	286	1042	679889	298062	43.8

注:数据来源于2008~2017年城市建设统计年鉴。

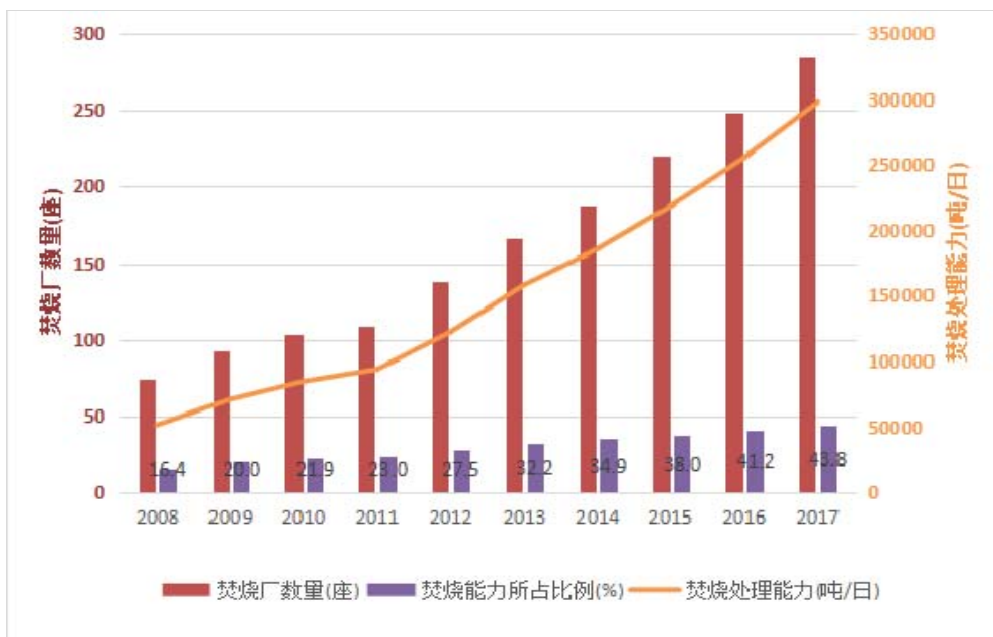


图2-1 全国生活垃圾焚烧状况统计图

2.2 河北省生活垃圾焚烧行业发展概况

(1) 河北省已建成生活垃圾焚烧发电企业概况

截至2019年底,我省已建成生活垃圾焚烧发电厂21座,其中19家采用炉排炉焚烧工艺,2家采用循环流化床炉焚烧工艺。21座生活垃圾焚烧发电厂布局相对均匀,分布于我省10个设区市以及定州和辛集市,焚烧处理规模主要集中在500~2400吨/天,总焚烧处理能力为23950吨/天。我省现有21家生活垃圾焚烧发电厂具体情况见表2-2。

表2-2 我省现有生活垃圾焚烧电厂基本情况

序号	所在区域	公司名称	服务范围	处理规模(吨/天)
1	唐山市丰南区	唐山洁城能源股份有限公司	唐山市	2250
2	石家庄市栾城区	中节能(石家庄)环保能源有限公司	石家庄市	2500
3	廊坊市安次区	创冠环保(廊坊)有限公司	廊坊市	1500
4	邢台市巨鹿县	巨鹿县聚力环保有限公司	巨鹿县、平乡县、隆尧县、任县	1500
5	保定市清苑区	中节能(保定)环保能源有限公司	保定市	1200

续表 2-2 我省现有生活垃圾焚烧电厂基本情况

序号	所在区域	公司名称	服务范围	处理规模 (吨/天)
6	秦皇岛市海港区	中节能(秦皇岛)环保能源有限公司	海港区、北戴河区、山海关区、开发区	1000
7	沧州市新华区	中节能(沧州)环保能源有限公司	沧州, 沧县, 青县, 南皮	800
8	邯郸市魏县	魏县德尚环保有限公司	魏县、成安县、广平县	800
9	辛集市	辛集冀清环保能源有限公司	辛集市	600
10	定州市	定州市瑞泉固废处理有限公司	定州市	600
11	承德市双桥区	承德环能热电有限公司	承德市	500
12	石家庄市井陘县	石家庄厦能焔环保科技有限公司	石家庄市、井陘县	1200
13	石家庄市元氏县	石家庄市冀粤生物质能发电有限公司	石家庄市、元氏县	1000
14	石家庄市无极县	石家庄嘉盛新能源有限公司	无极县、藁城县、深泽县、正定县	2400
15	晋州市	晋州华融清润环保能源有限公司	晋州市	600
16	唐山市丰润区	唐山嘉盛新能源有限公司	唐山市	500
17	唐山市迁安市	迁安德清环保能源有限公司	迁安市	600
18	廊坊霸州市	霸州中电环保发电有限公司	霸州市	1200
19	保定市涑水县	中节能(涑水)环保能源有限公司	涑州、涑水、定兴、白沟	1000
20	衡水市高新区	中节能(衡水)环保能源有限公司	衡水市	1000
21	邢台市柏乡县	河北锦宝石循环资源开发集团有限公司	柏乡、隆尧、内丘	1200
合计				23950

根据《城市建设统计年报(2008~2017年)》，2008年我省垃圾焚烧厂数量为2座，焚烧处理能力为1200吨/日。截止2019年底，我省已建成生活垃圾焚烧发电厂21座，总焚烧处理能力为23950吨/天，比2008年的1200吨/日增加了18.6倍多。2008年至2019年之间，我省生活垃圾焚烧量年均增长率为31%。具体数据见表2-3。

表 2-3 河北省生活垃圾焚烧状况数据统计表

年份	焚烧厂数量(座)	焚烧厂平均规模(吨/日)	无害化处理能力(吨/日)	焚烧处理能力(吨/日)	焚烧占无害化处理能力比例(%)
2008	2	600	12522	1200	9.6
2009	1	400	12242	400	3.3
2010	4	613	13614	2450	18.0
2011	4	647	13163	2589	19.7
2012	4	713	13629	2850	20.9
2013	3	867	12345	2600	21.1
2014	7	929	17184	6500	37.8
2015	11	964	22864	10600	46.4
2016	10	1010	23140	10100	43.6
2017	9	1078	24606	9700	39.4
2018	11	1077	未统计	11850	未统计
2019	21	1121	未统计	23950	未统计

注：数据来源于 2008~2017 年城市建设统计年鉴及《河北省生活垃圾焚烧发电中长期专项规划（2018-2030 年）》

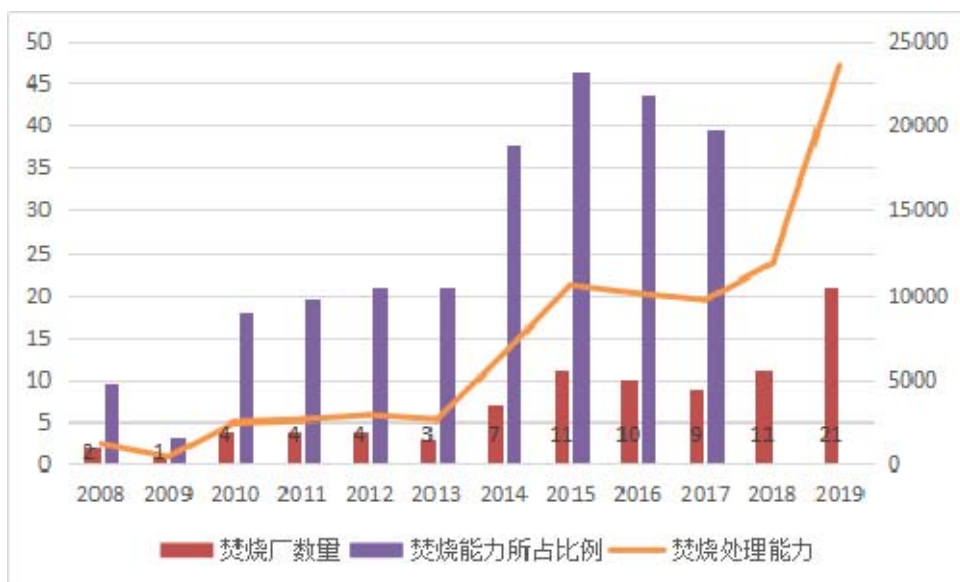


图2-2 河北省生活垃圾焚烧状况统计图

(2) 河北省拟建或在建生活垃圾焚烧发电项目概况

根据《河北省生活垃圾焚烧发电中长期专项规划（2018-2030 年）》（修订版）中相关内容，到 2020 年底，拟建成垃圾焚烧发电项目 45 项，新增垃圾

焚烧处理能力 39100 吨/日；2020 年至 2025 年，拟建成垃圾焚烧发电项目 21 项，新增垃圾焚烧处理能力 12950 吨/日。到 2025 年河北省拟建垃圾焚烧项目详见表 2-4。

河北省到 2025 年共计新增垃圾焚烧发电项目 66 项，新增垃圾焚烧处理能力 52050 吨/日，加上现有垃圾焚烧处理能力 23950 吨/日，预计河北省 2025 年共计垃圾焚烧处理能力为 76000 吨/日。

表 2-4 到 2025 年河北省拟建垃圾焚烧项目统计表

区域	2020 年新增项目		2020~2025 年新增项目	
	数量(项)	总建设规模(吨/日)	数量(项)	总建设规模(吨/日)
石家庄市	3	3000	2	1000
承德市	1	500	3	1300
张家口市	2	2600	2	1100
秦皇岛市	1	500	4	2100
唐山市	6	3200	—	—
廊坊市	4	4550	3	1600
保定市	4	3600	4	3400
沧州市	7	6300	1	600
衡水市	4	2700	—	—
邢台市	4	3300	1	1200
邯郸市	7	6000	1	650
辛集市	1	600	—	—
定州市	—	—	—	—
雄安新区	1	2250	—	—
合计	45	39100	21	12950

3 标准制定必要性

3.1 行业污染物减排压力需要

到2025年,河北省拟新增垃圾焚烧发电项目66项,增加垃圾焚烧处理能力52050吨/日。项目实施后,将排放大量的颗粒物、二氧化硫、氮氧化物等污染物,且相应一氧化碳、氯化氢、重金属及二噁英等污染物排放量均会相应增加。针对垃圾焚烧行业,海南省、广东省东莞市等地陆续出台地标或管控措施,欧盟标准的部分指标也严于国标。但是我省垃圾焚烧项目仍执行2014年发布的《生活垃圾焚烧污染控制标准》(GB18485-2014),与我省的环境空气质量改善目标和减排压力不相适应,亟需制定严于国标的地方标准,为环境污染防治和环境执法提供依据。

3.2 京津冀区域大气环境质量改善的迫切需要

我省环绕京津,地理位置特殊,当前面临京津冀协同发展、建设雄安新区等重大政治任务,环境质量改善任务十分艰巨。我省2019年PM_{2.5}浓度为50毫克/立方米,是国家空气质量二级标准的1.43倍。我省钢铁、焦化、水泥、平板玻璃以及锅炉等行业已出台超低排放标准,火力发电行业在超低排放改造基础上进一步实施了深度减排改造工作,目前已进入大气环境治理攻坚的关键期。随着我省生活垃圾焚烧行业项目的大批投运,需要采用国内先进的治理技术和更加科学的控制标准来减少污染物的排放。

3.3 规范生活垃圾焚烧行业绿色、持续、健康发展需要

全省现有生活垃圾焚烧电厂采用的焚烧工艺、污染治理技术和运行管理水平参差不齐。通过收严排放标准,可倒逼行业提升污染治理技术、装备配备和运行管理水平。同时,标准的制定可引导企业提前制定方案,选用先进适用技术,进行科学管理,变“邻避效应”为“邻利效应”,引导生活垃圾焚烧行业绿色、持续、健康发展。

4 行业产排污情况及污染控制技术分析

4.1 生产工艺及产污分析

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

目前最常用焚烧炉为机械炉排炉，具有对垃圾的预处理要求不高，对垃圾热值适应范围广，运行及维护简便等优点。

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，垃圾在炉排上经过三个区段：预热干燥段、燃烧段和燃烬段。焚烧炉炉膛内燃烧温度应达到850℃及以上，且炉膛内烟气停留时间不少于2s。

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。

焚烧炉设有点火燃烧器和辅助燃烧器，用柴油或天然气等燃料作为辅助燃料。点火燃烧器的作用是焚烧炉点火时炉内在无垃圾状态下，通过燃气使炉内温度升至850℃以上，然后才能开始向炉内投入垃圾；辅助燃烧器的作用是在炉内垃圾未完全燃烬或炉内温度无法达到850℃以上时，需要辅助燃烧以维持炉内温度在850℃以上。

燃烧后的炉渣经溜渣管进入排渣机，经直接水冷后进入炉渣输送系统。

(3) 热力系统

垃圾焚烧炉产生的高温烟气经配套余热锅炉回收余热产生饱和蒸汽，经过

进一步吸收热量变为过热蒸汽，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烟尘、SO₂、NO_x、HCl、CO、重金属、二噁英以及氨等多种有害物质，经过脱硝、脱酸、除尘、除重金属及二噁英等措施净化，处理达标的烟气通过引风机送入排气筒排放。

生活垃圾焚烧处理工艺及产排污情况详见图 4-1 和图 4-2。

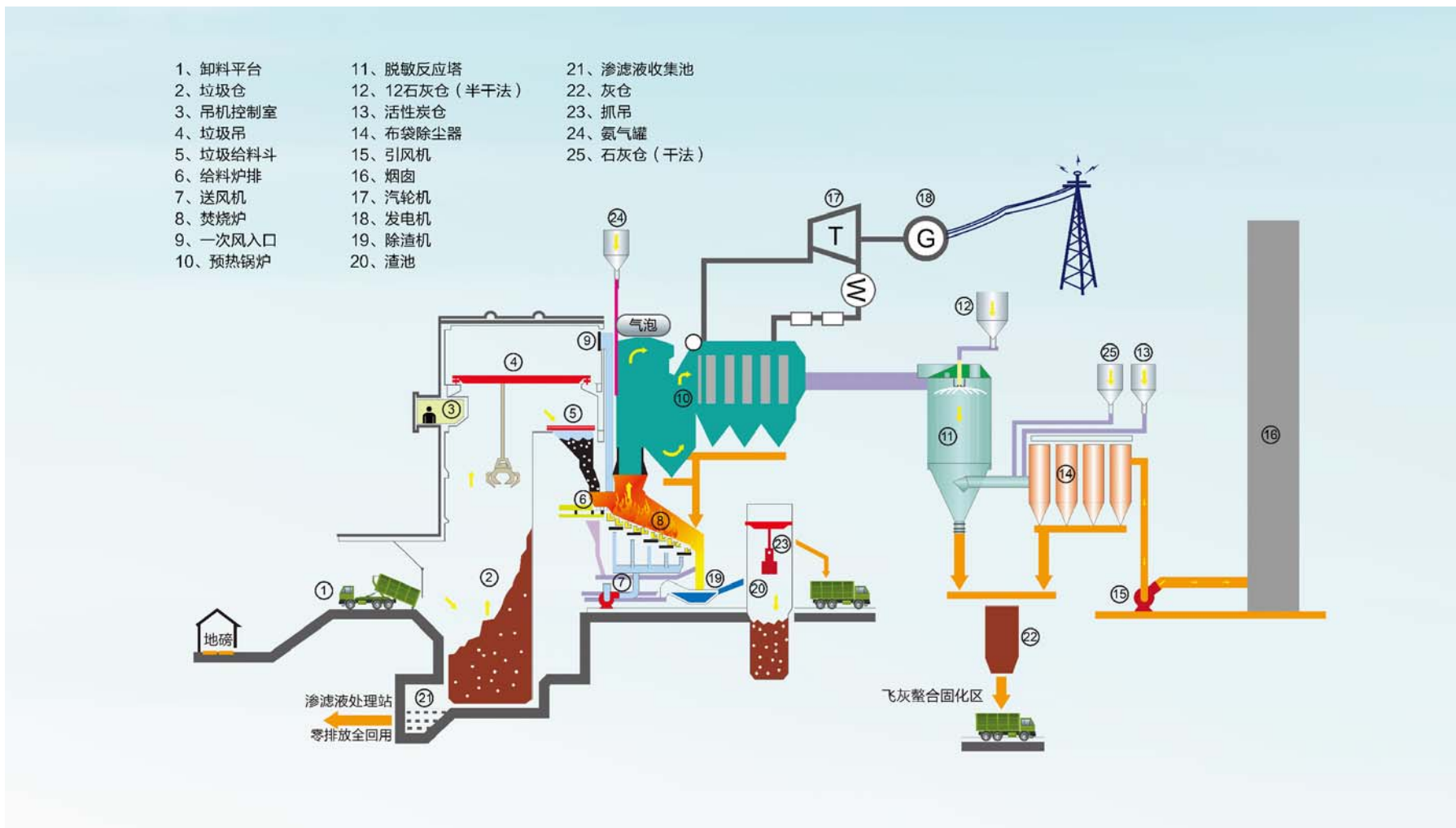


图4-1 生活垃圾焚烧及烟气净化工艺示意图

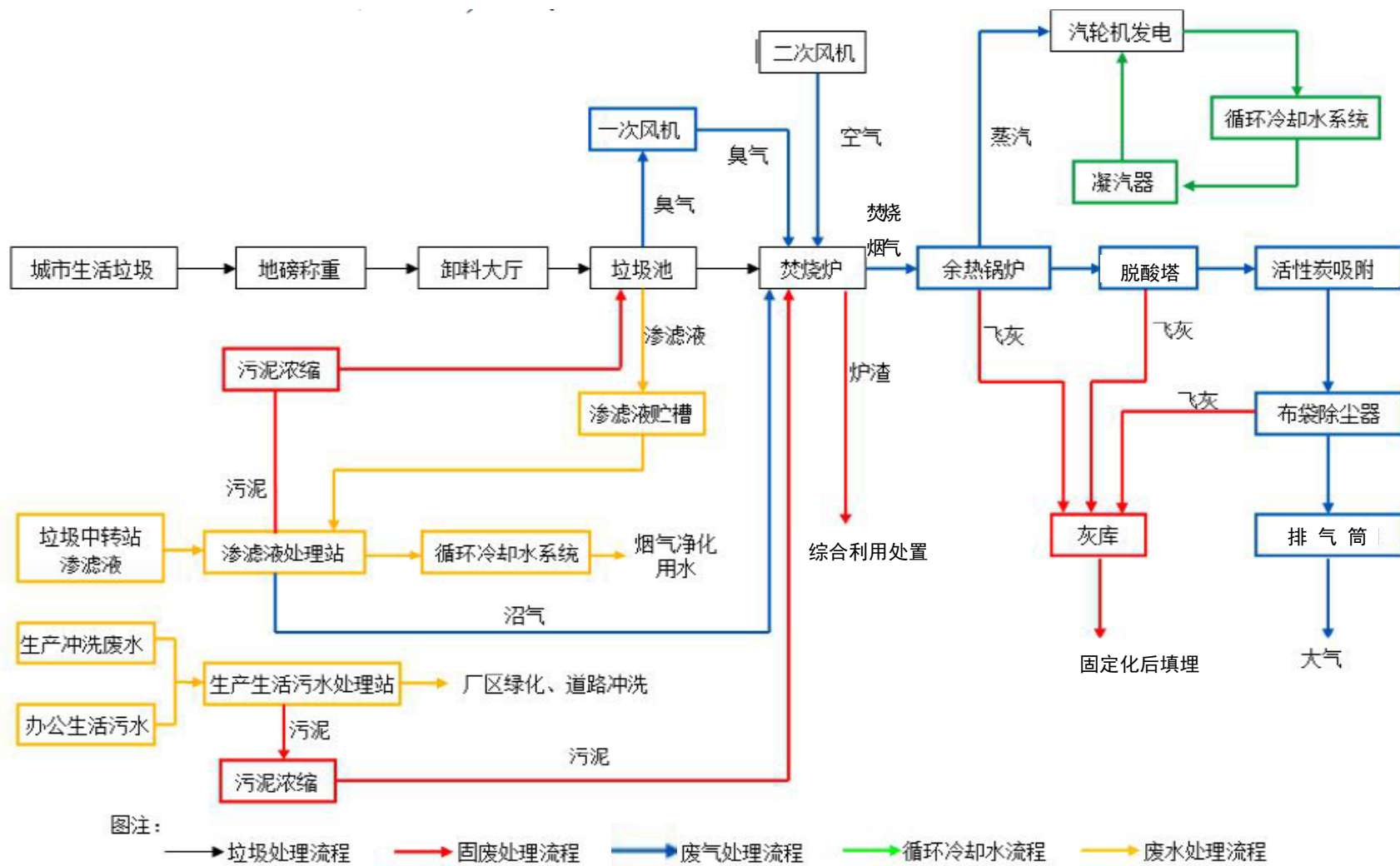


图4-2 生活垃圾焚烧及烟气净化工艺示意图

4.2 污染物控制技术

4.2.1 颗粒物控制技术

目前生活垃圾焚烧烟气中颗粒物控制最常用技术为袋式除尘器，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。

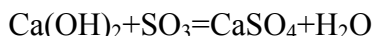
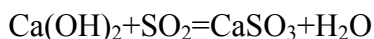
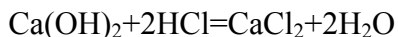
4.2.2 二氧化硫、氯化氢等酸性气体控制技术

(1) 半干法脱酸

半干式脱酸系统最常用的是喷雾干燥系统，作为一种实用而高效的烟气净化工艺获得广泛的工程应用。半干式脱酸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。

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：



(2) 干法脱酸

干式脱酸法是用压缩空气法将碱性固体粉末（消石灰或碳酸氢钠）直接喷入烟管或烟管上某段反应器内，使碱性消石灰粉与酸性废气充分接触和反应，从而去除酸性气体。

干式脱酸塔结合布袋除尘器组成的干式脱酸工艺是尾气净化系统中较为常见的组合工艺，设备简单，维修容易，造价便宜，消石灰输送管线不易阻塞，但由于固体与气体的接触时间有限且传质效果不佳，常需超量加药，药剂的消耗量大。同其他两种方法相比，干法的整体去除效率也较低。

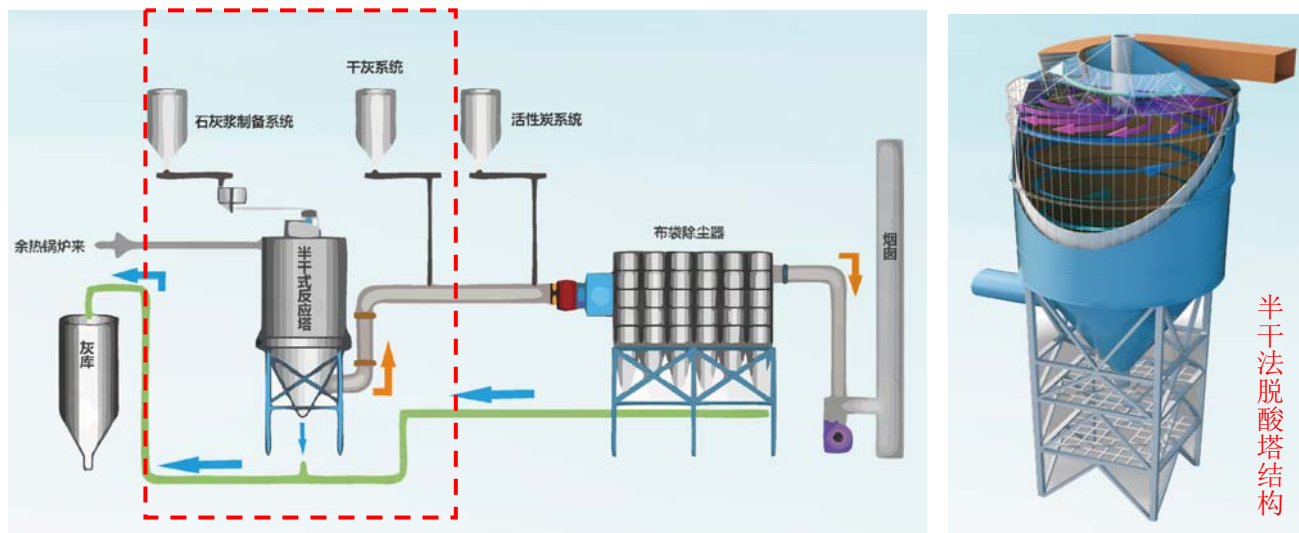


图4-3 半干法+干法脱酸工艺（虚线框内）示意图

(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，因为高湿度之饱和烟气将造成粒状物堵塞滤布，造成糊袋，影响除尘效率。湿式洗涤塔产生的废水经浓缩后，污泥进入除尘器前设置的干燥塔内进行干燥以干态形式排出。湿式洗涤塔所使用的碱液通常为NaOH或NaHCO₃，较少使用石灰浆液Ca(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SO₂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。

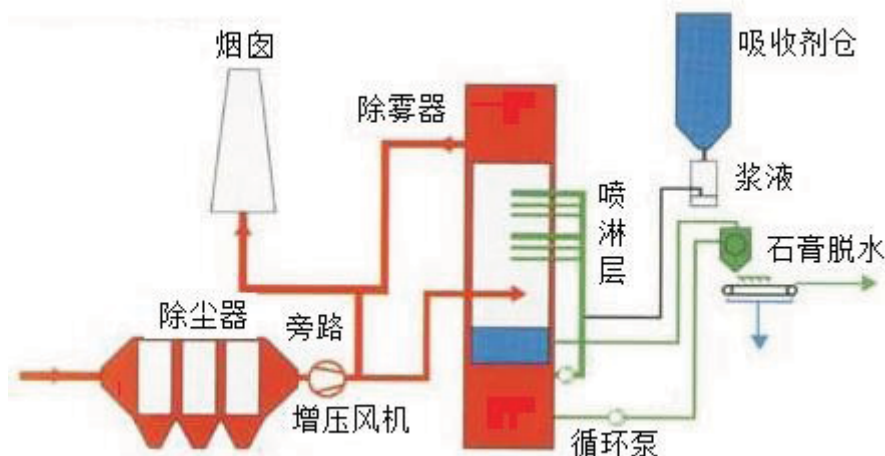


图4-4 湿法脱酸工艺示意图

目前，“半干法脱酸+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。

4.2.3 氮氧化物控制技术

（1）低氮燃烧技术

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的量足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

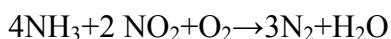
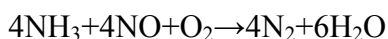
将烟气循环回到高温焚烧区域，稀释入炉助燃空气中的O₂浓度，同时降低焚烧温度。

（2）SNCR脱硝技术

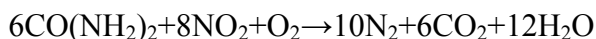
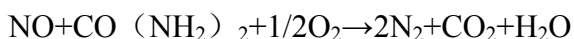
选择性非催化还原 (SNCR) 技术是一种炉内脱硝技术, 是指在不使用催化剂的情况下, 在炉膛烟气温度适宜处 (850℃~1150℃) 喷入含氨基的还原剂 (一般为氨水或尿素等), 利用炉内高温促使氨和NO_x反应, 将烟气中的NO_x还原为N₂和H₂O。SNCR系统建设周期短, 设备投资低, 运行维护成本较低, 占地面积小, 对氮氧化物的去除效率为40~60%。

在850-1150℃范围内, NH₃或尿素还原NO_x的主要反应为:

NH₃为还原剂:

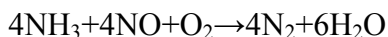
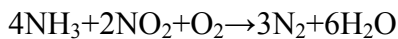
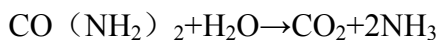


尿素为还原剂:



(3) SCR脱硝技术

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N₂和水, 反应的温度一般控制300~400℃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℃)需进行再升温, 主要反应为:



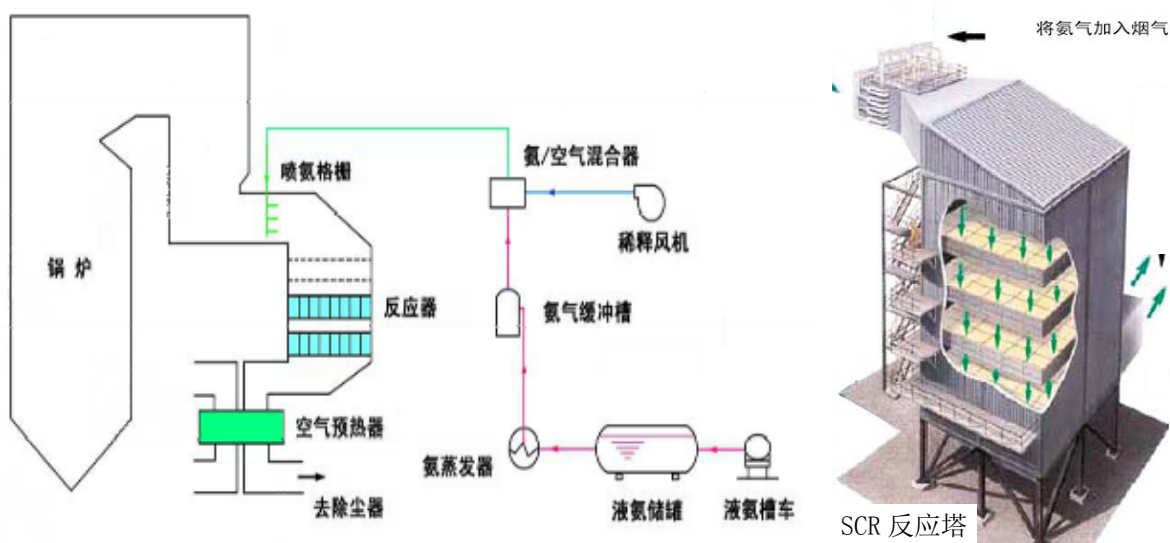


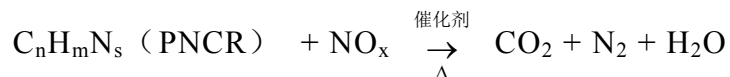
图4-5 SCR脱硝工艺示意图

(4) PNCR脱硝技术

高分子脱硝工艺（PNCR）是一种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，是整个PNCR技术的核心。

脱硝剂是以高分子材料为载体，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：



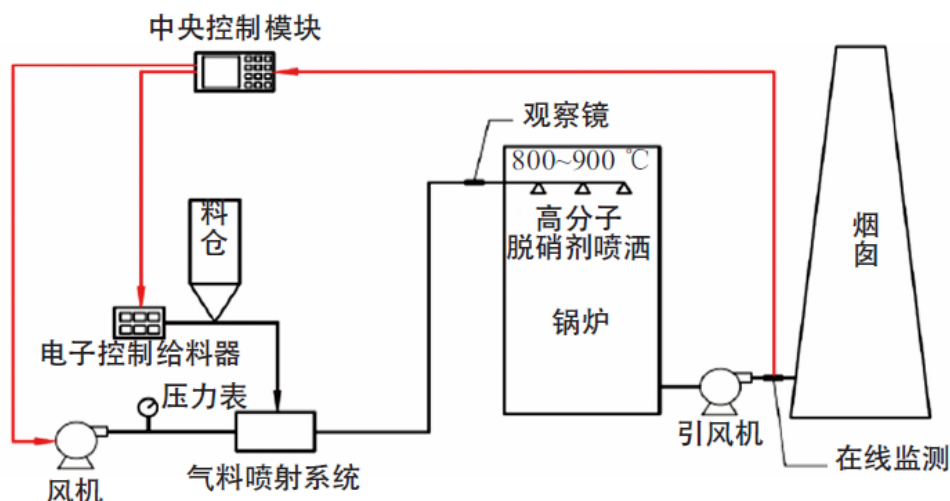


图4-6 PNCR脱硝工艺示意图

表4-1 生活垃圾焚烧行业三种常见脱硝技术的优缺点汇总

内容	脱硝技术		
	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 ₂ O 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 ₄ HSO 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损和中毒	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

4.2.4 重金属控制技术

生活垃圾焚烧烟气中重金属主要以气态或吸附态形式存在。部分重金属污染物在温度降低时可自行凝结成颗粒态，并在飞灰表面凝结或被吸附；部分气态重金属污染物可被飞灰或活性炭吸附，从而可通过布袋除尘器收集去除。因此，垃圾焚烧烟气净化系统的温度越低，则重金属的净化效果越好。

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来吸附烟气中的重金属以及吸附重金属的飞灰等颗粒，然后通过布袋除尘器净化后经排气筒排放。该工艺在生活垃圾焚烧行业广泛应用，且属于《排污许可证申请与核发技术规范 生活垃圾焚烧》(HJ1039-2019)中的可行技术。

4.2.5 二噁英控制技术

控制焚烧厂烟气中二噁英类的排放，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。

焚烧温度：保证焚烧炉内焚烧温度不低于850℃；

烟气停留时间：保证烟气在高温区的停留时间不低于2.0秒；

烟气湍流强度：保持充分的气固湍动程度；

过量空气：保证烟气中O₂含量处于6~11%。

(3) 减少炉外低温再合成。二噁英在焚烧炉外低温再合成的最佳温度区间为200℃~400℃，在催化剂铜或铁的化合物等过渡金属的作用下，二噁英类的前驱体物质(如苯、氯苯、酚类、烃类等)再次合成二噁英类物质。

(4) 提高尾气净化效率。目前常用的末端净化措施为“活性炭+布袋除尘器”工艺，二噁英主要以颗粒状态存在于烟气中或者吸附在飞灰颗粒上，通过喷入一定量活性炭，将二噁英吸附，从而通过布袋除尘器净化活性炭或飞灰颗粒，达到减少二噁英排放的目的。

4.3 河北省生活垃圾焚烧行业污染物排放现状

4.3.1 颗粒物、二氧化硫、氮氧化物、氯化氢、一氧化碳排放现状

编制组对全省已稳定运行的11家生活垃圾焚烧企业2018年1月至2019年12月烟气中颗粒物、二氧化硫、氮氧化物、氯化氢、一氧化碳5项因子在线监测数据进行了统计汇总，共收集到55585个24h均值数据和1358480个小时均值数据。

5项污染因子的24h均值浓度分布详见表4-2，小时均值浓度分布详见表4-3。5项因子24h均值和小时均值浓度范围分布图详见图4-7至图4-11。5项因子24h均值数据占比月度趋势详见表4-4至表4-8。

表 4-2 24h 均值浓度在线数据统计分析表

有效数据数	氮氧化物		二氧化硫		颗粒物		氯化氢		一氧化碳	
	浓度范围 (mg/m ³)	比例 (%)	浓度范围 (mg/m ³)	比例 (%)	浓度范围 (mg/m ³)	比例 (%)	浓度范围 (mg/m ³)	比例 (%)	浓度范围 (mg/m ³)	比例 (%)
11117 组数据 (共计 55585 个数据)	≤100	11.3	≤20	54.5	≤8	74.9	≤10	61.0	≤50	92.4
	100~120	4.7	20~30	22.9	8~10	8.9	10~20	28.2	50~80	3.2
	120~150	18.0	30~50	20.0	10~20	15.1	20~50	10.1	80~100	0.8
	≥150	66.0	≥50	2.6	≥20	1.1	≥50	0.7	≥100	3.6

表 4-3 小时均值浓度在线数据统计分析表

有效数据数	氮氧化物		二氧化硫		颗粒物		氯化氢		一氧化碳	
	浓度范围 (mg/m ³)	比例 (%)	浓度范围 (mg/m ³)	比例 (%)	浓度范围 (mg/m ³)	比例 (%)	浓度范围 (mg/m ³)	比例 (%)	浓度范围 (mg/m ³)	比例 (%)
271696 组数据 (共计 1358480 个数据)	≤120	18.9	≤30	77.0	≤10	85.8	≤10	63.4	≤50	93.1
	120~150	18.4	30~40	11.1	10~15	11.3	10~20	22.2	50~80	4.3
	150~200	46.8	40~80	11.1	15~30	2.5	20~60	13.9	80~100	0.6
	≥200	15.9	≥80	0.8	≥30	0.4	≥60	0.5	≥100	2.0

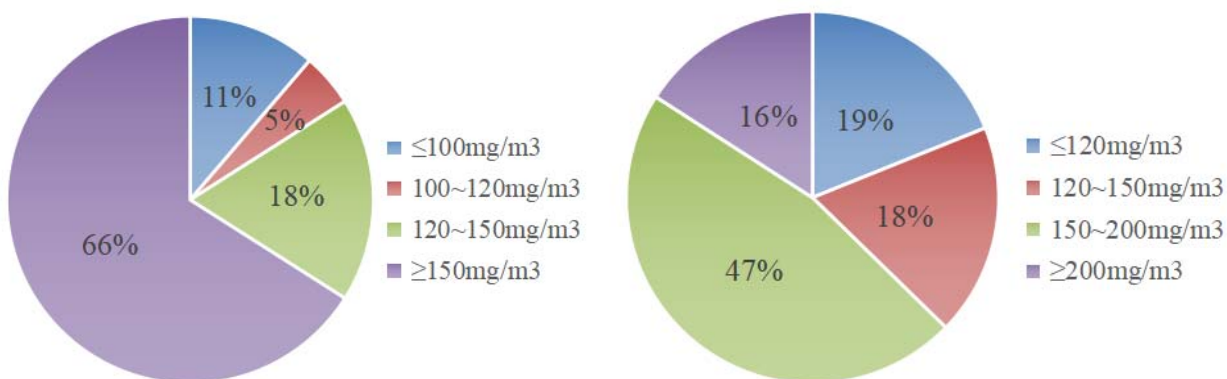


图4-7(a) 氮氧化物24h均值浓度分布图

图4-7(b) 氮氧化物小时均值浓度分布图

由图4-7(a)分析可知,氮氧化物24h均值小于 $100\text{mg}/\text{m}^3$ 的数据组占比为11%, $100\sim 120\text{mg}/\text{m}^3$ 的数据组占比为5%, $120\sim 150\text{mg}/\text{m}^3$ 的数据组占比为18%,大于 $150\text{mg}/\text{m}^3$ 数据组占比为66%。

由图4-7(b)分析可知,氮氧化物小时均值小于 $120\text{mg}/\text{m}^3$ 的数据组占比为19%, $120\sim 150\text{mg}/\text{m}^3$ 的数据组占比为18%, $150\sim 200\text{mg}/\text{m}^3$ 的数据组占比为47%,大于 $200\text{mg}/\text{m}^3$ 数据组占比为16%。

表 4-4 氮氧化物 24h 均值小于 $120\text{mg}/\text{m}^3$ 数据占比表 单位: %

月份	河北某企业一 1#炉	河北某企业一 2#炉	河北某企业二 3#炉	河北某企业二 4#炉	河北某企业三 1#炉	河北某企业三 3#炉	河北某企业四 3#炉
2018年1月	5	0	7	0	3	—	—
2018年2月	43	—	0	0	4	—	—
2018年3月	—	0	0	0	0	—	—
2018年4月	20	0	0	0	9	—	—
2018年5月	0	0	0	0	8	—	—
2018年6月	17	0	0	0	17	—	—
2018年7月	19	15	0	22	0	—	—
2018年8月	42	0	0	14	0	—	—
2018年9月	7	0	0	4	0	—	—
2018年10月	23	0	0	0	0	—	—
2018年11月	0	0	0	0	0	—	0
2018年12月	0	0	0	0	12	—	0
2019年1月	3	14	0	0	0	—	0
2019年2月	5	0	0	0	21	—	0

续表 4-4 氮氧化物 24h 均值小于 120mg/m³ 数据占比表 单位：%

月份	河北某企业一 1#炉	河北某企业一 2#炉	河北某企业二 3#炉	河北某企业二 4#炉	河北某企业三 1#炉	河北某企业三 3#炉	河北某企业四 3#炉
2019年3月	0	0	0	0	7	—	0
2019年4月	0	0	0	0	14	—	0
2019年5月	0	0	0	0	—	—	0
2019年6月	0	0	0	0	—	88	0
2019年7月	0	5	0	0	100	100	0
2019年8月	0	—	0	0	100	100	0
2019年9月	5	0	0	0	100	100	3
2019年10月	0	0	3	0	100	100	0
2019年11月	0	0	0	20	100	100	0
2019年12月	4	5	3	3	92	100	0

由表4-4分析可知，廊坊某生活垃圾焚烧电厂3#炉(采用SNCR+PNCR脱硝工艺)从2019年7月至12月氮氧化物24h均值小于120mg/m³的数据组占比均为100%，由此分析，“SNCR+PNCR脱硝工艺”可实现氮氧化物24h均值低于120mg/m³。其他生活垃圾焚烧电厂烟气脱硝均采用“SNCR工艺”，氮氧化物24h均值小于120mg/m³的数据组占比基本低于20%。

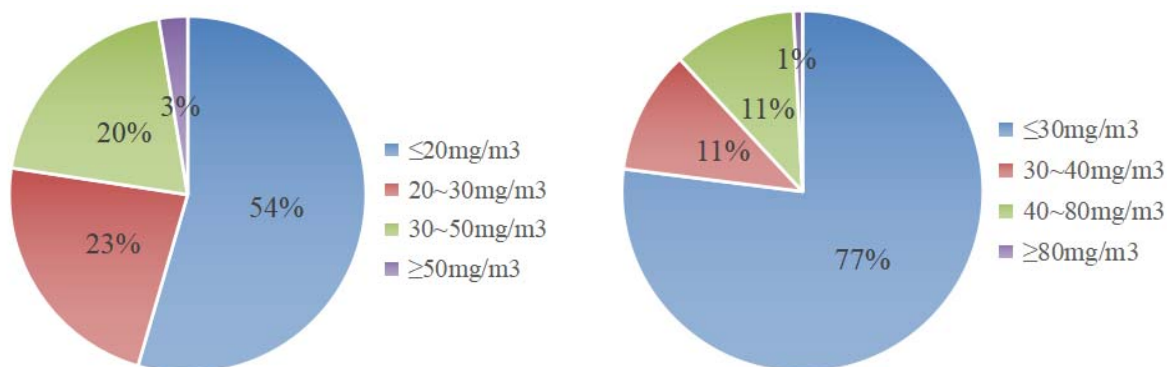


图4-8(a) 二氧化硫24h均值浓度分布图 图4-8(b) 二氧化硫小时均值浓度分布图

由图4-8(a)分析可知，二氧化硫24h均值小于20mg/m³的数据组占比为54%，20~30mg/m³的数据组占比为23%，30~50mg/m³的数据组占比为20%，大于50mg/m³数据组占比为3%。

由图4-8(b)分析可知，二氧化硫小时均值小于30mg/m³的数据组占比为77%，

30~40mg/m³的数据组占比为11%，40~80mg/m³的数据组占比为11%，大于80mg/m³数据组占比为1%。

表 4-5 二氧化硫 24h 均值小于 20mg/m³ 数据占比表 单位：%

月份	河北某企业一 1#炉	河北某企业一 2#炉	河北某企业二 3#炉	河北某企业二 4#炉	河北某企业三 1#炉	河北某企业三 3#炉	河北某企业四 3#炉
2018年1月	18	0	100	96	0	—	—
2018年2月	29	—	100	100	15	—	—
2018年3月	—	0	100	100	6	—	—
2018年4月	40	11	100	100	4	—	—
2018年5月	36	13	100	100	17	—	—
2018年6月	86	28	100	100	50	—	—
2018年7月	67	50	77	96	24	—	—
2018年8月	79	40	100	100	78	—	—
2018年9月	96	75	86	100	25	—	—
2018年10月	86	86	100	100	10	—	—
2018年11月	82	65	100	100	16	—	0
2018年12月	54	39	100	100	58	—	3
2019年1月	26	5	100	96	71	—	3
2019年2月	86	33	96	100	84	—	27
2019年3月	50	55	100	100	61	—	0
2019年4月	88	17	100	100	32	—	0
2019年5月	55	3	100	100	—	—	17
2019年6月	60	8	96	87	—	96	0
2019年7月	48	63	52	56	100	97	0
2019年8月	30	—	100	97	96	100	7
2019年9月	19	0	82	100	100	100	0
2019年10月	94	61	97	96	100	96	0
2019年11月	96	77	93	96	100	100	0
2019年12月	86	85	100	100	100	100	0

由表4-5分析可知，河北某企业二3#炉(采用半干法+干法脱酸工艺)从2018年1月至6月二氧化硫24h均值小于20mg/m³的数据组占比均为100%；河北某企业二4#炉(采用半干法+干法脱酸工艺)从2018年2月至6月、8月至12月二氧化硫24h

均值小于 $20\text{mg}/\text{m}^3$ 的数据组占比均为100%。由此分析,“半干法+干法脱酸工艺”通过优化技术和管理水平,可实现二氧化硫24h均值可实现低于 $20\text{mg}/\text{m}^3$ 。

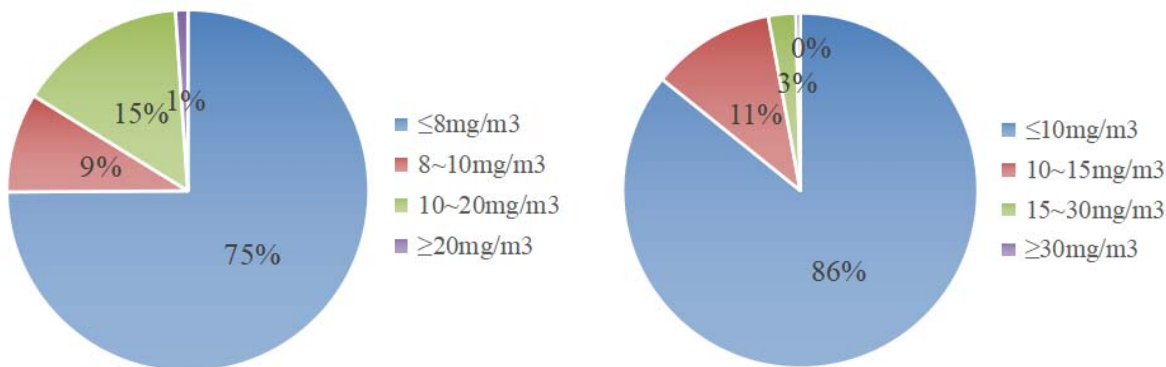


图4-9(a) 颗粒物24h均值浓度分布图 图4-9(b) 颗粒物小时均值浓度分布图

由图4-9(a)分析可知,颗粒物24h均值小于 $8\text{mg}/\text{m}^3$ 的数据组占比为75%, $8\sim 10\text{mg}/\text{m}^3$ 的数据组占比为9%, $10\sim 20\text{mg}/\text{m}^3$ 的数据组占比为15%,大于 $20\text{mg}/\text{m}^3$ 数据组占比为1%。

由图4-9(b)分析可知,颗粒物小时均值小于 $10\text{mg}/\text{m}^3$ 的数据组占比为86%, $10\sim 15\text{mg}/\text{m}^3$ 的数据组占比为11%, $15\sim 30\text{mg}/\text{m}^3$ 的数据组占比为3%,大于 $30\text{mg}/\text{m}^3$ 数据组占比小于1%。

表 4-6 颗粒物 24h 均值小于 $8\text{mg}/\text{m}^3$ 数据占比表 单位: %

月份	河北某企业一 1#炉	河北某企业一 2#炉	河北某企业二 3#炉	河北某企业二 4#炉	河北某企业三 1#炉	河北某企业三 3#炉	河北某企业四 3#炉
2018年1月	100	50	100	100	0	—	—
2018年2月	100	—	100	100	4	—	—
2018年3月	—	100	97	100	0	—	—
2018年4月	80	100	100	97	0	—	—
2018年5月	95	79	100	100	8	—	—
2018年6月	52	0	100	100	8	—	—
2018年7月	59	15	85	100	0	—	—
2018年8月	42	17	94	100	0	—	—
2018年9月	11	100	93	100	4	—	—

续表 4-6 颗粒物 24h 均值小于 8mg/m³ 数据占比表 单位：%

月份	河北某企业一 1#炉	河北某企业一 2#炉	河北某企业二 3#炉	河北某企业二 4#炉	河北某企业三 1#炉	河北某企业三 3#炉	河北某企业四 3#炉
2018年10月	0	100	100	100	0	—	—
2018年11月	43	19	100	100	0	—	100
2018年12月	0	0	100	100	15	—	100
2019年1月	0	23	100	96	3	—	100
2019年2月	0	89	96	100	11	—	100
2019年3月	0	35	100	100	0	—	100
2019年4月	54	0	100	100	18	—	100
2019年5月	28	0	93	100	—	—	100
2019年6月	0	0	100	100	—	100	100
2019年7月	0	0	100	94	100	100	100
2019年8月	0	—	100	100	93	100	100
2019年9月	0	0	93	100	100	100	100
2019年10月	45	0	100	96	96	100	96
2019年11月	69	0	100	96	100	100	100
2019年12月	90	20	100	100	100	100	100

由表4-6分析可知，河北某企业四3#炉(采用袋式除尘工艺)从2018年11月至2019年9月颗粒物24h均值小于8mg/m³的数据组占比均为100%；河北某企业二4#炉(采用袋式除尘工艺)2018年12个月中有11个月颗粒物24h均值小于8mg/m³的数据组占比均为100%，由此分析，“袋式除尘工艺”可实现颗粒物24h均值低于8mg/m³。

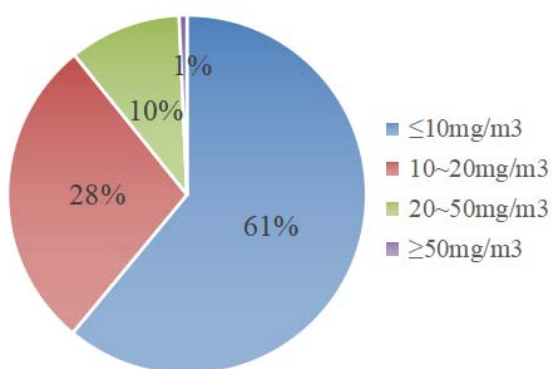


图4-10(a) 氯化氢24h均值浓度分布图

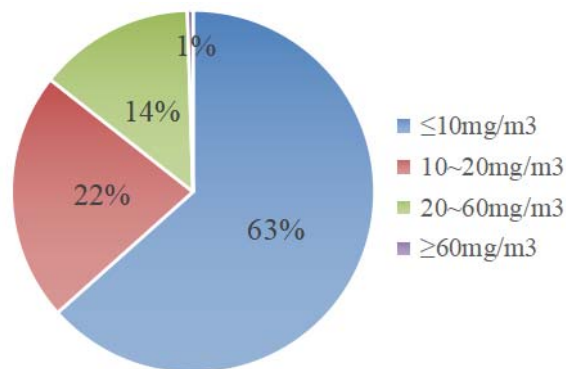


图4-10(b) 氯化氢小时均值浓度分布图

由图4-10(a)分析可知,氯化氢24h均值小于 $10\text{mg}/\text{m}^3$ 的数据组占比为61%, $10\sim 20\text{mg}/\text{m}^3$ 的数据组占比为28%, $20\sim 50\text{mg}/\text{m}^3$ 的数据组占比为10%,大于 $50\text{mg}/\text{m}^3$ 数据组占比为1%。

由图4-10(b)分析可知,氯化氢小时均值小于 $10\text{mg}/\text{m}^3$ 的数据组占比为63%, $10\sim 20\text{mg}/\text{m}^3$ 的数据组占比为22%, $20\sim 60\text{mg}/\text{m}^3$ 的数据组占比为14%,大于 $60\text{mg}/\text{m}^3$ 数据组占比为1%。

表 4-7 氯化氢 24h 均值小于 $10\text{mg}/\text{m}^3$ 数据占比表 单位: %

月份	河北某企业一 1#炉	河北某企业一 2#炉	河北某企业二 3#炉	河北某企业二 4#炉	河北某企业三 1#炉	河北某企业三 3#炉	河北某企业四 3#炉
2018年1月	62	0	100	96	0	—	—
2018年2月	43	—	78	88	0	—	—
2018年3月	—	75	86	100	0	—	—
2018年4月	80	78	100	100	74	—	—
2018年5月	36	12	100	85	100	—	—
2018年6月	14	28	94	93	25	—	—
2018年7月	4	25	100	87	14	—	—
2018年8月	58	40	100	100	48	—	—
2018年9月	50	78	96	92	82	—	—
2018年10月	73	83	97	97	32	—	—
2018年11月	89	54	100	86	68	—	0
2018年12月	58	13	100	100	62	—	39
2019年1月	13	32	94	96	97	—	97
2019年2月	29	22	91	100	95	—	15
2019年3月	29	3	100	100	100	—	13
2019年4月	15	70	100	93	86	—	4
2019年5月	38	50	97	93	—	—	12
2019年6月	57	62	100	100	—	58	18
2019年7月	48	58	100	100	100	97	21
2019年8月	77	—	97	100	96	100	0
2019年9月	100	33	100	100	100	100	0
2019年10月	100	70	100	93	96	70	0
2019年11月	73	46	100	92	100	92	0
2019年12月	41	0	100	71	96	80	0

由表 4-7 分析可知,河北某企业二 3#炉 2019 年中有 8 个月氯化氢 24h 均值低于 $10\text{mg}/\text{m}^3$;河北某企业二 4#炉 2019 年中有 6 个月氯化氢 24h 均值低于 $10\text{mg}/\text{m}^3$ 。由此分析,“旋转喷雾半干法脱酸+干法脱酸”工艺可满足氯化氢 24h 均值低于 $10\text{mg}/\text{m}^3$ 的控制要求。

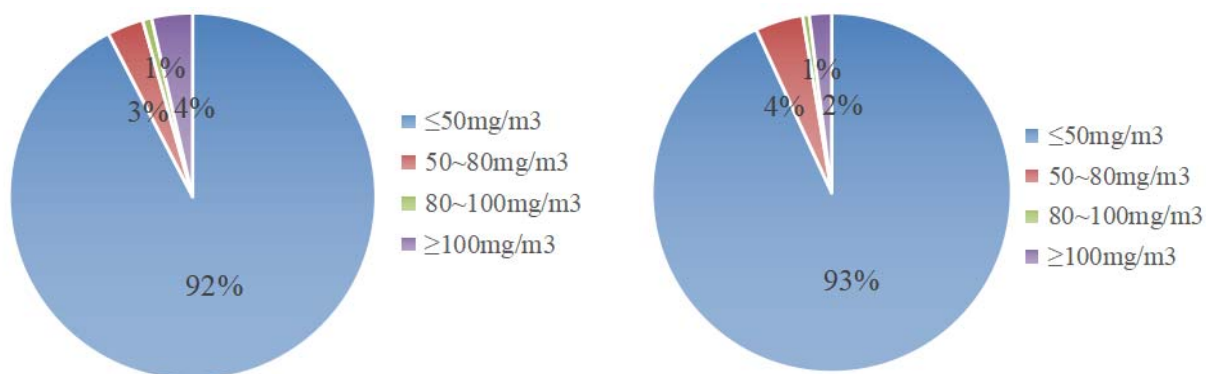


图4-11(a) 一氧化碳24h均值浓度分布图 图4-11(b) 一氧化碳小时均值浓度分布图

由图4-11(a)分析可知,一氧化碳24h均值小于 $50\text{mg}/\text{m}^3$ 的数据组占比为92%, $50\sim 80\text{mg}/\text{m}^3$ 的数据组占比为3%, $80\sim 100\text{mg}/\text{m}^3$ 的数据组占比为1%,大于 $100\text{mg}/\text{m}^3$ 数据组占比为4%。

由图4-11(b)分析可知,一氧化碳小时均值小于 $50\text{mg}/\text{m}^3$ 的数据组占比为93%, $50\sim 80\text{mg}/\text{m}^3$ 的数据组占比为4%, $80\sim 100\text{mg}/\text{m}^3$ 的数据组占比为1%,大于 $100\text{mg}/\text{m}^3$ 数据组占比为2%。

表 4-8 一氧化碳 24h 均值小于 $50\text{mg}/\text{m}^3$ 数据占比表 单位: %

月份	河北某企业一 1#炉	河北某企业一 2#炉	河北某企业二 3#炉	河北某企业二 4#炉	河北某企业三 1#炉	河北某企业三 3#炉	河北某企业四 3#炉
2018 年 1 月	95	17	100	92	84	—	—
2018 年 2 月	86	—	100	96	59	—	—
2018 年 3 月	—	88	100	100	67	—	—
2018 年 4 月	80	100	100	100	13	—	—
2018 年 5 月	86	88	100	100	29	—	—
2018 年 6 月	100	97	100	100	75	—	—
2018 年 7 月	96	75	92	91	97	—	—
2018 年 8 月	79	87	100	96	96	—	—
2018 年 9 月	96	100	100	96	93	—	—
2018 年 10 月	96	100	100	100	97	—	—

续表 4-8 一氧化碳 24h 均值小于 50mg/m³ 数据占比表 单位：%

月份	河北某企业一 1#炉	河北某企业一 2#炉	河北某企业二 3#炉	河北某企业二 4#炉	河北某企业三 1#炉	河北某企业三 3#炉	河北某企业四 3#炉
2018 年 11 月	89	85	100	100	88	—	—
2018 年 12 月	100	91	100	100	92	—	97
2019 年 1 月	90	77	100	92	100	—	100
2019 年 2 月	86	70	96	100	84	—	100
2019 年 3 月	88	97	100	100	100	—	100
2019 年 4 月	96	91	100	100	86	—	92
2019 年 5 月	90	90	100	100	—	—	96
2019 年 6 月	100	96	100	100	—	88	100
2019 年 7 月	95	84	96	94	100	97	100
2019 年 8 月	97	—	100	100	93	94	100
2019 年 9 月	95	33	93	100	97	97	100
2019 年 10 月	100	96	97	93	93	87	91
2019 年 11 月	100	100	100	76	100	100	100
2019 年 12 月	100	95	100	100	96	80	100

由表4-8分析可知，河北某企业二4#炉从2018年12个月中有11个月一氧化碳24h均值小于50mg/m³的数据组占比均为100%，河北某企业四3#炉从2018年12个月中有9个月一氧化碳24h均值小于50mg/m³的数据组占比均为100%，且其他焚烧厂一氧化碳24h均值小于50mg/m³的数据组占比多处于80%-100%范围内。

由此分析，目前垃圾焚烧厂工况的控制水平可实现一氧化碳24h均值低于50mg/m³。

4.3.2 重金属排放现状

编制组分别收集了石家庄市、承德市、邢台市、秦皇岛市、唐山市和廊坊市5家代表性生活垃圾焚烧电厂2019年1月至10月的自行监测数据，并对烟气中重金属浓度数据进行了统计汇总，统计结果详见表4-9。

表 4-9 重金属自行监测数据统计分析表

汞及其化合物 (GB18485-2014 限值 0.05mg/m ³)			镉、铊及其化合物 (GB18485-2014 限值 0.1mg/m ³)			锑、砷、铅、铬、钴、铜、锰、 镍及其化合物 (GB18485-2014 限值 1.0mg/m ³)		
浓度范围	数据 个数	比例	浓度范围	数据 个数	比例	浓度范围	数据 个数	比例
≤0.02	76	97.44%	≤0.03	87	100.00%	≤0.3	81	95.29%
0.02~0.05	2	2.56%	0.03~0.04	0	0.0	0.3~0.5	3	3.53%
≥0.05	0	0.00%	0.04~0.05	0	0.0	0.5~1.0	1	1.18%
——	——	——	0.05~0.1	0	0.0	≥1.0	0	0
——	——	——	≥0.1	0	0.0	——	——	——
合计	78	100%	合计	87	100%	合计	85	100%

由表4-9分析可知,汞及其化合物78个数据组中,浓度低于0.02mg/m³的数据占比为97.44%;镉、铊及其化合物87个数据组浓度均低于0.03mg/m³;锑、砷、铅、铬、钴、铜、锰、镍及其化合物85个数据组中,浓度低于0.3mg/m³的数据占比为95.29%。

4.3.3 二噁英排放现状

编制组收集了部分企业自行监测、监督性监测二噁英数据等,并对收集到的数据进行了统计汇总,具体统计数据见 4-10。

表 4-10 二噁英类数据统计分析表

有效数据数	二噁英(ngTEQ/m ³)		
	浓度范围	数据个数	比例
20	<0.05	16	80%
	0.05~0.1	4	20%
	≥0.1	0	0

5 标准主要内容

5.1 编制原则

(1) 遵循现行环境保护相关法律、法规、政策，与现行环境保护方针和生活垃圾焚烧发电规划相一致。

(2) 坚持保障民生原则。

(3) 坚持与区域环境承载力相适应原则。

(4) 坚持标准先进性、前瞻性原则。

对标国内、国外相关行业标准，充分结合河北省生活垃圾焚烧发电现状与中长期规划，保证标准制定的先进性、前瞻性。

(5) 坚持污染治理技术可达性原则。

(6) 坚持统筹兼顾和差异化管控原则。本着与我省环境承载力相适应的原则和环境减排任务要求，综合考虑技术可行性、环境效益及经济成本，科学确定污染物项目、排放限值及控制要求；新建企业与现有企业的标准执行时间不同，预留现有企业提标改造时间。

5.2 标准内容结构

本标准主要包括以下内容：

- (1) 适用范围
- (2) 规范性引用文件
- (3) 术语与定义
- (4) 选址要求
- (5) 入炉废物要求
- (6) 工艺要求
- (7) 运行要求
- (8) 大气污染物排放控制要求
- (9) 污染物监测要求
- (10) 大气污染物达标判定要求
- (11) 实施与监督

5.3 适用范围

本标准规定了河北省生活垃圾焚烧厂的选址要求、入炉废物要求、工艺要求、运行要求、大气污染物排放控制要求、污染物监测要求、大气污染物达标判定要求、实施与监督等内容。

本标准适用于河北省现有生活垃圾焚烧厂的大气污染物控制和监督管理以及生活垃圾焚烧建设项目的环境保护设施设计、环境影响评价、排污许可管理、竣工环境保护验收、运行过程中的大气污染控制与监督管理。

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

生活垃圾焚烧厂除焚烧炉以外污染源排放的恶臭污染物适用相应的国家或地方排放标准。

5.4 术语和定义

本节为对执行本标准制定的专门的术语，GB 18485 界定的术语和定义适用于本标准。本标准在 GB 18485 界定的术语和定义的基础上进行了补充和完善。本标准中与 GB 18485 中表述不相同的术语和定义，以本标准为准。

本标准列出的术语和定义包括：烟气停留时间、烘炉、启炉、停炉、停炉降温、热灼减率、现有生活垃圾焚烧炉、新建生活垃圾焚烧炉、测定均值、24 小时均值。

(1) 关于术语中“烟气停留时间”定义的说明

本标准采用了《生活垃圾焚烧污染控制标准》(GB 18485-2014)修改单中“烟气停留时间”的定义。

(2) 关于术语中“烘炉、启炉、停炉、停炉降温”定义的说明

本标准参考《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 第 50 号)中烘炉、启炉、停炉、停炉降温的有关标记规则并结合生活垃圾焚烧厂实际情况对烘炉、启炉、停炉、停炉降温进行定义。

(3) 关于术语中“热灼减率”定义的说明

本标准在《生活垃圾焚烧污染控制标准》(GB 18485-2014)界定的“热灼减率”的基础上根据 HJ 1024 对原焚烧炉渣质量的干燥温度进行了完善。

(4) 关于属于中术语中“测定均值、小时均值、24 小时均值”定义的说明

本标准在制定时采用了《生活垃圾焚烧污染控制标准》(GB 18485-2014)及修改单中“测定均值、小时均值、24小时均值”的定义。

5.5 选址要求

本部分结合 GB 18485 内容对生活垃圾焚烧厂的选址要求进行了规定,增加了焚烧厂的选址应符合国家及河北省的环境保护法律法规以及行业规范的要求。

5.6 入炉废物要求

本标准结合河北省已建和在建垃圾焚烧厂的地域特点,同时吸纳了相关文件的要求,在《生活垃圾焚烧污染控制标准》(GB 18485-2014)的入炉废物的范围的基础增加了“生活污水处理设施产生的污泥,生活垃圾焚烧厂生产过程中产生的渗滤液处理系统污泥和浓缩液、除臭系统废活性炭,以及其他行业一般工业固体废物”。

生活污水处理设施产生的污泥、一般工业固体废物的入炉要求参照《生活垃圾焚烧污染控制标准》(GB 18485-2014)中相关要求。

《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)中明确提出垃圾焚烧厂“产生的污泥或浓缩液应当在厂内妥善处置”,垃圾焚烧厂产生的污泥主要是渗滤液处理站污泥,浓缩液主要是渗滤液处理站产生的浓缩液,具有一定热值,此外垃圾焚烧厂除臭系统活性炭属于一般工业固体废物,均可入炉焚烧,上述废物纳入入炉废物中既可实现综合利用,又可减少后续运输及处置成本。

除生活垃圾以外的其他固废废物的掺烧比例、掺烧时机必须经过充分讨论、论证,做好工况异常预案,确保不影响焚烧炉焚烧工况,保证污染物达标排放。

5.7 工艺要求

6.1.1条,恶臭污染物的控制要求在《生活垃圾焚烧污染控制标准》(GB 18485-2014)的基础对于垃圾运输过程,垃圾卸料贮存设施、渗滤液收集处理设施、恶臭气体处理进行了细化。对垃圾运输的车辆、路线以及出入口提出了控制要求,垃圾运输廊道出入口宜采取设置密闭出入口、空气幕等密闭措施。

6.1.2条,垃圾卸料大厅和垃圾仓是垃圾焚烧厂恶臭气体的主要产生源,本标

准对卸料大厅提出了定期喷洒除臭剂的要求,并对垃圾仓和卸料大厅密闭性、负压性做出了要求,若需进一步控制恶臭气体的逸散,垃圾焚烧厂可以在垃圾卸料门设置空气幕,并与卸料门联锁进一步控制垃圾仓臭气的逸散。

6.1.3条,渗滤液收集处置设施是厂区内恶臭源,本标准对渗滤液导排口、导排沟的清理提出了要求,并对渗滤液收集、处理设施的密闭性、负压性提出了要求。

6.1.4条,在《生活垃圾焚烧污染控制标准》(GB 18485-2014)基础增加了除臭材料的检查、更换要求,避免企业除臭装置使用频次低导致的除臭材料净化效率降低或失效问题。

6.1.5条,鉴于生活垃圾焚烧厂可能会涉及液氨或者氨水的运输、贮存,本标准规定了厂内氨水或液氨采用全封闭罐车运输,输送、使用、贮存等过程均密闭,可能发生氨气泄漏的场所或部位应按照相关标准规范要求设置氨气泄漏检测装置。

生活垃圾焚烧厂垃圾仓会产生氨、硫化氢、沼气等,渗沥液在收集池以及处理过程中同样会产生氨、硫化氢、沼气等,上述气体危险特性是有毒、易燃易爆,在恶臭污染物净化和控制过程中,若措施和控制不当,可能会引发中毒、窒息或火灾爆炸事故。为此,本说明对作业场所以及渗滤液收集、处理设施应采取安全措施提出了建议,作业场所应按GBZ/T 223、GB/T 50493等相关文件要求设置固定式有毒、易燃气体检测报警装置。

氨水和液氨贮存设施易逸散氨气,氨气的危险特性是有毒,易燃易爆,为此,本说明对氨水或液氨贮存的安全措施提出了建议。氨水或液氨贮存、使用设施应按GB 50058等有关规定划分的爆炸危险区选择防爆检测设施。

6.2条中“炉膛内烟气温度及停留时间”参照《欧盟工业排放指令》(2010/75/EC)进行了完善,烟气温度和停留时间必须同时满足才能有效减少二噁英类的产生,且在焚烧炉的设计、建造、运行过程中均要考虑、落实,才能保证烟气温度和停留时间在复杂的运行工况的情况下满足要求。同时,考虑到垃圾焚烧行业特点,垃圾成分不稳定、工况波动较大,因此本标准提出了“最不利工况”的要求。基于上述考虑,本标准将炉膛内烟气温度及停留时间指标要求规定为“在焚烧炉设计、建设和运行阶段,应保证在垃圾焚烧过程中即使在最不利工

况下,二次空气喷入点所在断面以上的炉膛内烟气温度不低于850℃且停留时间不少于2秒”。

6.2条中“炉渣热灼减率”的检验方法采用了2019年发布的《固体废物 热灼减率的测定 重量法》(HJ 1024)的要求。

6.3条、6.4条规定了烟气净化措施、排气筒及在线监测装置的要求。每台焚烧炉必须配置1套烟气净化系统和1根排气筒,保证了每台焚烧炉都能独立运行,可使焚烧厂能够不间断的接收垃圾,确保垃圾能够及时处理。

6.5条主要是控制启炉、停炉期间二噁英的产生,并且对助燃系统的功率提出了要求。启炉期间,需要不断增加垃圾的投入量直至入炉垃圾达到额定处理量。停炉期间,炉内可燃烧垃圾不断减少,直至炉内垃圾完全燃尽。在启炉和停炉过程中炉内工况不稳定,需要助燃系统保证炉内温度,避免因垃圾焚烧不充分导致二噁英前驱体物等污染物产生量增大的情况。

5.8 运行要求

7.1条 规定了焚烧炉正常运行期间必须保证系统处于微负压状态,避免减少炉内烟气无组织逸散产生的污染;焚烧炉运行工况必须满足本标准表1的要求,即通过烟气温度及停留时间、炉渣热灼减率的要求,达到控制焚烧炉工况的目的。

7.2条、7.3条和7.4条分别规定了启炉、停炉以及故障或者事故条件下应满足的要求焚烧炉启动、关闭和故障或事故时污染物的产生量明显增大。本标准规定了启炉时炉膛温度、垃圾投入时机以及启炉时长;规定了停炉时助燃系统要求、停炉结束条件;故障或事故的时间、处理方式以及记录档案要求。上述要求都是为了尽可能减少启动、关闭和故障或事故时污染物的排放量,减少单次启动、故障、事故的持续时间。

7.5条则规定了一个自然年内启炉、停炉、故障或者事故的总时长,通过总时长控制一个自然年内启炉、停炉、故障或者事故的次数。

7.6条参照《生活垃圾焚烧发电厂自动监测数据应用管理规定》(生态环境部令第10号)文件制定。

7.7条规定了环保物料使用台账和质量参数台账的要求。脱酸剂、脱硝剂、活性炭的质量和用量可以直接影响烟气净化设施的净化效率,影响污染物排放水平。相关台账的建立有利于企业进行烟气净化设施的精细化管理,同时企业应

设立自动计量装置,以便于管理部门对垃圾焚烧厂的监督。

5.9 大气污染物排放控制要求

5.9.1 焚烧烟气排放限值的确定

参照《生活垃圾焚烧污染控制标准》(GB18485-2014)、《深圳市生活垃圾处理设施运营规范》(SZDB/Z 233-2017)、《上海市生活垃圾焚烧大气污染物排放标准》(DB31/ 768-2013)、《欧盟工业排放指令》(2010/75/EC)、《海南省生活垃圾焚烧污染控制标准》(DB46/ 484-2019)以及《福建省生活垃圾焚烧发电氮氧化物排放限值(征求意见稿)》(2018年9月),并对焚烧烟气中各污染物的理论排放浓度进行了分析,同时分析了河北省生活垃圾焚烧行业污染物排放现状,综合确定了本标准颗粒物、二氧化硫、氮氧化物、氯化氢、一氧化碳、重金属和二噁英、氨等污染物的排放限值,详见表5-1。

表 5-1 本标准中排放限值确定依据

序号	控制项目	单位	数值含义	GB18485-2014 生活垃圾焚烧污染控制标准	DB31/768-2013 上海市生活垃圾焚烧大气污染物排放标准	SZDB/Z 233-2017 深圳市生活垃圾处理设施运营规范 ^{注1}		《欧盟工业排放指令》 (2010/75/EC)	海南省生活垃圾焚烧污染控制标准(DB46/484-2019)	福建省生活垃圾焚烧发电氮氧化物排放限值(征求意见稿)(2018年9月)	东莞市蓝天保卫战行动方案(东大气办[2019]36号)	监测数据		本标准建议值
						新建设施	现有设施					监测结果	占比(%)	
1	颗粒物	mg/Nm ³	24小时均值	20	10	8	10	10	8	—	—	≤8	74.9	8
												>8	25.1	
			1小时均值	30	10	10	30	30(半小时平均)	10	—	—	≤10	85.8	10
												>10	14.2	
2	氮氧化物	mg/Nm ³	24小时均值	250	200	80	80	200 ^{注2}	120	100	100	≤120	16.0	120
												>120	84.0	
			1小时均值	300	250	80	200	400 ^{注2} (半小时平均)	150	120	—	≤150	37.3	150
												>150	62.7	
3	二氧化硫	mg/Nm ³	24小时均值	80	50	30	50	50	20	—	—	≤20	54.5	20
												>20	45.5	
			1小时均值	100	100	30	100	200(半小时平均)	30	—	—	≤40	88.1	40
												>40	11.9	
4	一氧化碳	mg/Nm ³	24小时均值	80	50	30	50	50	30	—	—	≤50	92.4	50
												>50	7.6	
			1小时均值	100	100	50	100	100 (半小时平均)	50	—	—	≤100	98.0	100
												>100	2.0	

续表 5-1 本标准中排放限值确定依据

序号	控制项目	单位	数值含义	GB18485-2014 生活垃圾焚烧污染控制标准	DB31/768-2013 上海市生活垃圾焚烧大气污染物排放标准	SZDB/Z 233-2017 深圳市生活垃圾处理设施运营规范 ¹¹		《欧盟工业排放指令》 (2010/75/EC)	海南省生活垃圾焚烧污染控制标准(DB46/484-2019)	福建省生活垃圾焚烧发电氮氧化物排放限值(征求意见稿)(2018年9月)	东莞市蓝天保卫战行动方案(东大气办[2019]36号)	已调研企业监测数据		本标准建议值	
						新建设 施	现有 设施					监测结果	占比 (%)		
5	氯化氢	mg/Nm ³	24小时均值	50	10	8	10	10	8	—	—	≤10	61.0	10	
			1小时均值	60	50	8	60	60 (半小时平均)	10	—	—	≤20	85.6		20
													>10	39.0	
														>20	14.4
6	汞及其化合物	mg/Nm ³	测定均值	0.05	0.05	0.02	0.05	0.05	0.02	—	—	≤0.02	97.4	0.02	
													>0.02		2.6
7	镉、铊及其化合物	mg/Nm ³	测定均值	0.1	0.5	0.3	0.5	0.05	0.03	—	—	≤0.03	100	0.03	
													>0.03		0
8	锑、砷、铅、铬、钴、铜、锰、镍及其化合物	mg/Nm ³	测定均值	1.0	0.5	0.3	0.5	0.5	0.3	—	—	≤0.3	95.3	0.3	
													>0.03		4.7

续表 5-1 本标准中排放限值确定依据

序号	控制项目	单位	数值含义	GB18485-2014 生活垃圾焚烧污染控制标准	DB31/768-2013 上海市生活垃圾焚烧大气污染物排放标准	SZDB/Z 233-2017 深圳市生活垃圾处理设施运营规范 ^①		《欧盟工业排放指令》 (2010/75/EC)	海南省生活垃圾焚烧污染控制标准(DB46/484-2019)	福建省生活垃圾焚烧发电氮氧化物排放限值(征求意见稿)(2018年9月)	东莞市蓝天保卫战行动方案(东大气办[2019]36号)	已调研企业监测数据		本标准建议值
						新建	现有					监测结果	占比(%)	
9	二噁英类	ng TEQ/Nm ³	测定均值	0.1	0.1	0.05	0.05	0.1	0.05	—	—	<0.05	80	0.1
												0.05-0.1	20	
												≥0.1	0	
10	氨	mg/Nm ³	1小时均值	SCR 脱硝工艺								2.5		
				SNCR-SCR 联合脱硝工艺								3.8		
				其他脱硝工艺								8		
11	飞灰仓、脱酸中和剂储罐(仓)、活性炭仓、水泥仓	mg/Nm ³	1小时均值	—								10		

注：①*注1：深圳市新建设施为2017年1月1日以后建成的设施；现有设施未能达到该规范要求的，应进行改造，并于2018年12月31日以前达到该规范要求

②*注2：为现有处理能力>144t/d的焚烧炉或新建炉；*注3：包括Sb、As、Pb、Cr、Co、Cu、Mn、Ni、V及其化合物排放限值；

③本表中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含氧量排放浓度。

5.9.1.1 焚烧烟气颗粒物标准限值的确定

本标准颗粒物小时均值为 $10\text{mg}/\text{m}^3$ 、24 小时均值限值为 $8\text{mg}/\text{m}^3$ ，推荐的满足本标准限值的可行性技术为袋式除尘器。

a) 排放限值确定理论分析

编制组查阅相关文献、技术资料并结合生活垃圾焚烧炉净化设施进口监测数据，确定焚烧烟气中颗粒物初始浓度为 $4000\sim 6000\text{mg}/\text{m}^3$ 。袋式除尘（覆膜滤料）工艺是《生活垃圾焚烧处理工程技术规范》（CJJ90-2009）中明确要求采用的除尘技术，同时是《排污许可证申请与核发技术规范 生活垃圾焚烧》（HJ 1039-2019）中推荐的可行性技术。袋式除尘器(覆膜滤料)对颗粒物的去除效率可达到99.9%以上，颗粒物排放浓度约为 $4\sim 6\text{mg}/\text{m}^3$ ，可达到本标准排放限值。

b) 在线监测数据分析

根据本说明4.3章节统计结果，在采用袋式除尘器工艺的情况下，根据在线数据统计结果，颗粒物日均值低于 $8\text{mg}/\text{m}^3$ 的数据组占比为74.9%。河北某企业四的3#焚烧炉烟气(采用袋式除尘器除尘工艺)从2018年11月至2019年9月颗粒物24h均值均低于 $8\text{mg}/\text{m}^3$ ；河北某企业二的4#焚烧炉烟气(采用袋式除尘器除尘工艺)从2018年5月至12月颗粒物24h均值均低于 $8\text{mg}/\text{m}^3$ 。由此分析，“袋式除尘工艺”可实现颗粒物24h均值低于 $8\text{mg}/\text{m}^3$ 。

综上所述，本标准将颗粒物小时均值限值定为 $10\text{mg}/\text{m}^3$ ，24 小时均值限值定为 $8\text{mg}/\text{m}^3$ 。

5.9.1.2 焚烧烟气重金属标准限值的确定

本标准汞及其化合物测定均值限值为 $0.02\text{mg}/\text{m}^3$ ，镉、铊及其化合物测定均值限值为 $0.03\text{mg}/\text{m}^3$ ，锑、砷、铅、铬、钴、铜、锰、镍及其化合物测定均值限值为 $0.3\text{mg}/\text{m}^3$ 。推荐的满足本标准限值的可行性技术为活性炭喷射+袋式除尘器。

a) 排放限值确定理论分析

生活垃圾中的重金属可能来源于垃圾中掺杂的废干电池、荧光灯、体温计、颜料和电子材料等。对于进入焚烧炉的重金属，经高温燃烧后，按各种重金属的不同挥发性，一部分进入灰渣中，一部分进入废气中。

当废气经余热锅炉冷却后，大部分重金属(如铅和镉等在 300°C 以下是以固体存在的)被凝聚于飞灰并通过除尘设备除去。气化温度较低的重金属元素无法充

分凝结,但飞灰表面的催化作用可能使其转化成气化温度较高、较易凝结的金属氧化物或氯化物,从而被除尘设备收集去除;仍以气态存在的重金属物质,将被吸附于飞灰上或被喷入的活性炭粉末吸附而被除尘设备一并收集去除。活性炭粉末不仅可以吸附烟气中呈气态的重金属元素及其化合物,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而被除尘设备一并收集去除。

由此分析,烟气中重金属的排放水平受颗粒物的排放水平影响较大。袋式除尘(覆膜滤料)在生活垃圾焚烧行业的广泛应用,颗粒物排放水平可以达到 $10\text{mg}/\text{m}^3$ (小时均值)以下,相应的重金属的排放水平也会降低。本标准将颗粒物的小时均值由GB 18485-2014规定的 $30\text{mg}/\text{m}^3$ 调整为 $10\text{mg}/\text{m}^3$,收严约60%。

本标准将汞及其化合物测定均值由GB 18485-2014规定的 $0.05\text{mg}/\text{m}^3$ 调整为 $0.02\text{mg}/\text{m}^3$,收严约60%;镉、铊及其化合物测定均值由GB 18485-2014规定的 $0.1\text{mg}/\text{m}^3$ 调整为 $0.03\text{mg}/\text{m}^3$,收严约70%;锑、砷、铅、铬、钴、铜、锰、镍及其化合物测定均值由GB 18485-2014规定的 $1.0\text{mg}/\text{m}^3$ 调整为 $0.3\text{mg}/\text{m}^3$,收严约70%。

b) 手工监测数据分析

根据手工监测数据统计结果,在采用活性炭喷射+袋式除尘器工艺的情况下,现有企业中汞及其化合物测定均值低于 $0.02\text{mg}/\text{m}^3$ 的数据组占比为97.44%,镉、铊及其化合物测定均值均低于 $0.03\text{mg}/\text{m}^3$,锑、砷、铅、铬、钴、铜、锰、镍及其化合物测定均值低于 $0.3\text{mg}/\text{m}^3$ 的数据组占比为95.29%。由此分析,采用“活性炭喷射+袋式除尘工艺”的条件下,重金属排放浓度可满足本标准排放限值。

综上分析,本标准将汞及其化合物测定均值限值定为 $0.02\text{mg}/\text{m}^3$,镉、铊及其化合物测定均值限值定为 $0.03\text{mg}/\text{m}^3$,锑、砷、铅、铬、钴、铜、锰、镍及其化合物测定均值限值定为 $0.3\text{mg}/\text{m}^3$ 。

5.9.1.3 二氧化硫、氯化氢标准限值的确定

本标准二氧化硫小时均值为 $40\text{mg}/\text{m}^3$,24小时均值限值为 $20\text{mg}/\text{m}^3$;氯化氢小时均值为 $20\text{mg}/\text{m}^3$,24小时均值限值为 $10\text{mg}/\text{m}^3$ 。推荐的满足本标准限值的可行性技术为优化后的“旋转喷雾半干法脱酸+干法脱酸”、“旋转喷雾半干法脱酸+

干法脱酸+湿法脱酸”或“旋转喷雾半干法脱酸+湿法脱酸”。

a) 排放水平理论分析

编制组查阅相关文献、技术资料并结合生活垃圾焚烧炉净化设施进口监测数据,焚烧烟气中二氧化硫初始浓度为 $300\sim 350\text{mg}/\text{m}^3$,焚烧烟气中氯化氢初始浓度为 $150\text{mg}/\text{m}^3$ 。“旋转喷雾半干法脱酸+干法脱酸”、“旋转喷雾半干法脱酸+干法脱酸+湿法脱酸”或“旋转喷雾半干法脱酸+湿法脱酸”是《排污许可证申请与核发技术规范 生活垃圾焚烧》(HJ 1039-2019)中推荐的可行性技术。

“旋转喷雾半干法脱酸+干法脱酸+湿法脱酸”或“旋转喷雾半干法脱酸+湿法脱酸”对二氧化硫和氯化氢的去除效率可达95%以上,二氧化硫排放浓度为 $15\sim 17.5\text{mg}/\text{m}^3$,氯化氢排放浓度为 $7.5\text{mg}/\text{m}^3$,可达到本标准排放限值。

目前企业常用的“旋转喷雾半干法脱酸+干法脱酸(常作为应急使用)”对二氧化硫和氯化氢的去除效率达90%以上。若需要进一步提升去除效率,企业可通过采取以下优化措施提高去除效率,如提升管理水平、优化旋转喷雾效果、适当加大袋式除尘器压差(增长烟气与脱酸剂的反应时间)、调整脱酸反应温度、优化脱酸剂种类、加大药剂喷射量以及在半干法脱酸塔上增加NaOH溶液喷射等措施,进一步提高该工艺对二氧化硫和氯化氢的去除效率。在企业采取了上述优化措施的前提下,二氧化硫、氯化氢排放浓度可达到本标准排放限值。

b) 在线监测数据分析

根据在线数据统计结果,旋转喷雾半干法脱酸+干法脱酸工艺条件下二氧化硫满足24h均值小于 $20\text{mg}/\text{m}^3$ 的数据组占比为54.5%,氯化氢满足24h均值小于 $10\text{mg}/\text{m}^3$ 的数据组占比为61.0%。

根据统计结果,全省已运行企业均采用旋转喷雾半干法脱酸+干法脱酸的脱酸工艺,其中有6家企业至少连续1个月时间实现了二氧化硫24h均值稳定低于 $20\text{mg}/\text{m}^3$,且河北某企业二的3#焚烧炉烟气从2018年1月至6月二氧化硫24h均值均低于 $20\text{mg}/\text{m}^3$;河北某企业二的4#焚烧炉烟气从2018年2月至6月、8月至12月二氧化硫24h均值低于 $20\text{mg}/\text{m}^3$ 的数据组占比均为100%。由此分析,“旋转喷雾半干法脱酸+干法脱酸”工艺可满足二氧化硫24h均值低于 $20\text{mg}/\text{m}^3$ 的控制要求。

根据统计结果,河北某企业二的3#焚烧炉烟气2019年中有8个月氯化

氢 24h 均值低于 $10\text{mg}/\text{m}^3$ ，且其他 4 个月氯化氢 24h 均值低于 $10\text{mg}/\text{m}^3$ 占比均高于 90%；河北某企业二的 4#焚烧炉烟气 2019 年中有 6 个月氯化氢 24h 均值低于 $10\text{mg}/\text{m}^3$ ，且其他 5 个月氯化氢 24h 均值低于 $10\text{mg}/\text{m}^3$ 占比均高于 90%。由此分析，“旋转喷雾半干法脱酸+干法脱酸”工艺可满足氯化氢 24h 均值低于 $10\text{mg}/\text{m}^3$ 的控制要求。

本标准实施后可倒逼企业对脱酸工艺进行进一步优化，进一步降低二氧化硫和氯化氢的排放水平。

“旋转喷雾半干法脱酸+干法脱酸+湿法脱酸”和“旋转喷雾半干法脱酸+湿法脱酸”的脱酸效率较“旋转喷雾半干法脱酸+干法脱酸”更高，可满足二氧化硫和氯化氢的限值控制要求。

综上所述，本标准将二氧化硫小时均值定为 $40\text{mg}/\text{m}^3$ ，24 小时均值限值定为 $20\text{mg}/\text{m}^3$ ；氯化氢小时均值定为 $20\text{mg}/\text{m}^3$ ，24 小时均值限值定为 $10\text{mg}/\text{m}^3$ 。

5.9.1.4 焚烧烟气氮氧化物标准限值的确定

本标准氮氧化物小时均值为 $150\text{mg}/\text{m}^3$ ，24 小时均值限值为 $120\text{mg}/\text{m}^3$ 。推荐的满足本标准限值的可行性技术为“SNCR+SCR”或“SNCR+PNCR”。

a) 排放水平理论分析

编制组查阅相关文献、技术资料等，焚烧烟气中氮氧化物初始浓度约为 $350\text{mg}/\text{m}^3$ 左右。“SNCR+SCR”对氮氧化物的去除效率可达 80% 以上，氮氧化物排放浓度为 $70\text{mg}/\text{m}^3$ 以下，可达到本标准排放限值。

“SNCR+PNCR”对氮氧化物的去除效率可达 70% 以上，氮氧化物排放浓度为 $105\text{mg}/\text{m}^3$ ，可达到本标准排放限值。

b) 在线监测数据分析

①“SNCR+PNCR”脱硝工艺数据分析

河北某企业三的 3#焚烧炉烟气采取了“SNCR+PNCR”脱硝工艺，2019 年 7 月-12 月氮氧化物 24h 均值均低于 $120\text{mg}/\text{m}^3$ 。由此分析，“SNCR+PNCR 工艺”可满足本标准限值要求。

②“SNCR+SCR”脱硝工艺数据分析

目前，已成功应用 SCR 脱硝技术的国内生活垃圾焚烧电厂案例见表 5-2。

表 5-2 国内生活垃圾焚烧电厂配套 SCR 脱硝技术

序号	项目	规模	净化设施出口 NOx 浓度	投运时间	脱硝剂
1	光大南京垃圾焚烧厂	2×450t/d	80mg/m ³	2012 年	氨水
2	宁波鄞州垃圾焚烧厂	3×750t/d	75mg/m ³	2015 年	氨水
3	北京密云垃圾焚烧厂	2×300t/d	80mg/m ³	2015 年	尿素
4	广州增城垃圾焚烧厂	3×750t/d	100mg/m ³	2016 年	氨水
5	深能源盐田垃圾焚烧厂	2×225t/d	80mg/m ³	2016 年	氨水
6	深能源宝安三期垃圾焚烧厂	5×850t/d	50mg/m ³	2017 年	氨水
7	桑德青州垃圾焚烧厂	2×400t/d	80mg/m ³	2017 年	氨水
8	余姚姚北垃圾焚烧厂	1×600t/d	80mg/m ³	2017 年	氨水

由表 5-3 分析可知,采用“SNCR+SCR”脱硝工艺的生活垃圾焚烧电厂焚烧烟气中氮氧化物浓度可满足本标准限值要求。

综上所述,本标准将氮氧化物小时均值定为150mg/m³,24小时均值限值为120mg/m³。

5.9.1.5 焚烧烟气一氧化碳的标准限值的确定

CO 浓度不仅是污染物的排放指标,也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,可用于评价燃烧效率,同时可在一定程度上反映烟气中二噁英浓度的高低。通过烟气中CO浓度和氧含量的高低变化可实时调节炉膛送风量,进而调控燃烧状况。CO 浓度越低表明炉膛内燃烧越充分,反之,则燃烧不充分,可能导致二噁英超标以及炉渣热灼减率不符合标准要求。

《生活垃圾焚烧污染控制标准》(GB 18485-2014)中CO小时均值限值为100mg/m³,24小时均值限值为80mg/m³。近年来,随着我国焚烧炉技术水平和装备水平的提升,同时垃圾质量有了一定幅度提升,垃圾成分趋于稳定化,炉内垃圾燃烧效率得到提高,一氧化碳浓度更加易于控制。结合全省已运行生活垃圾焚烧企业在线监测数据统计结果,CO 24h均值浓度低于50 mg/m³的占比为92.4%。因此,本标准对CO 24h均值限值收严至50 mg/m³,与欧盟标准保持一致,同时考虑到生活垃圾成分波动较大以及区域差异性,确定CO小时均值限值与国标保持一致,为100 mg/m³。

5.9.1.6 焚烧烟气氨的标准限值的确定

河北省已稳定运行的11家生活垃圾焚烧电厂以及在建的生活垃圾焚烧项目基本上采用的脱硝工艺为SNCR脱硝、SCR脱硝、PNCR脱硝以及低氮燃烧技术或者上述脱硝工艺的组合。SNCR脱硝和SCR脱硝均采用氨或者尿素为还原剂，将烟气中的NO_x还原为N₂和水。PNCR脱硝采用的脱硝剂是以高分子材料作为载体，把氨基成分聚合负载在分子材料上，形成粉体状材质，高温下氨基和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。NO_x脱除率随氨氮摩尔比的增加而增加，氨氮摩尔比小于1时，其影响更明显。若脱硝剂投入量偏低，NO_x脱除受限，若脱硝剂投入量超过需要量，氧化副反应分反应速率将增大，同时也增加了氨逃逸量，氨氮摩尔比与NO_x的去除效率的关系见图5-1。

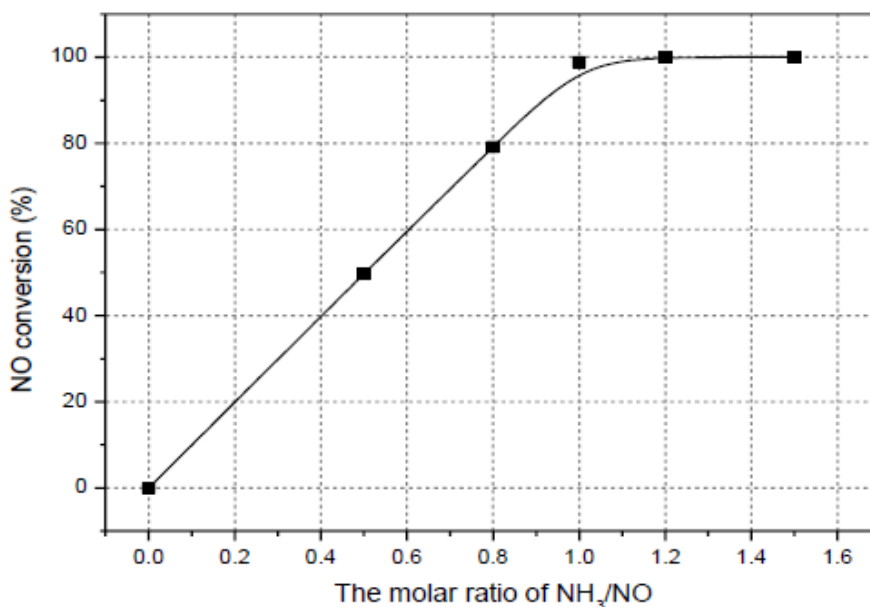


图 5-1 氨氮摩尔比与 NO 的去除效率关系图

在实际运行过程中，脱硝剂在焚烧炉内难以做到均匀分布，NH₃浓度低的区域不能充分与烟气的NO_x发生催化还原反应，而浓度高的区域NH₃过剩，会形成氨逃逸。在实际操作中，需要喷入过量的脱硝剂来保证NO_x的达标排放，导致会有部分氨发生逃逸。氨气与SO₃反应生成粘着性较强的硫酸氢铵，如果氨逃逸浓度过大会导致下游设备的腐蚀和堵塞，同时增大运行成本，而且硫酸铵是雾霾的成因之一，所以本标准规定了不同脱硝工艺下的氨逃逸限值。

SCR脱硝工艺在反应器的入口有喷氨格栅，可使氨在反应器中分布较为均匀，产生的氨逃逸量较少。SNCR脱硝则由喷嘴喷入焚烧炉内，脱硝剂分布不易

控制，且焚烧炉内工况复杂，导致脱硝效率较低，产生的氨逃逸较多。

编制组统计了石家庄某焚烧厂6800个氨逃逸的在线监测数据，该焚烧厂采取了SNCR脱硝工艺，氮氧化物24h均值浓度在120mg/m³以上。根据统计结果，氨逃逸浓度≤2.5mg/m³的数据占比为84.5%，氨逃逸浓度在2.5-3.8mg/m³的数据占比为7.5%，在3.8-8mg/m³的数据占比为6.6%，氨逃逸浓度≥8mg/m³的数据占比为1.4%。

本标准氮氧化物小时均值为120mg/m³，生活垃圾焚烧炉烟气中NO_x初始浓度约为300mg/m³，推荐的脱硝工艺为SCR脱硝、SNCR-SCR联合脱硝或者SNCR联合其他脱硝工艺。综合考虑国家及河北省发布的相关标准和技术规范，详见表5-3，同时借鉴燃煤电厂相关标准规范中氨逃逸控制限值（燃煤电厂煤粉锅炉烟气中NO_x初始浓度约为260~400mg/m³，与生活垃圾焚烧发电行业氮氧化物初始浓度相近，具有一定的可比性），并考虑生活垃圾焚烧行业工况不稳定性以及企业在控制氮氧化物排放方面的压力，本标准将氨的小时均值限值定为2.5mg/m³（SCR脱硝工艺）、3.8mg/m³（SNCR-SCR联合脱硝工艺）、8mg/m³（采用其他脱硝工艺）。

表 5-3 本标准氨的排放限值确定依据

标准或技术规范	氨逃逸限值/技术指标 (mg/m ³)			备注
	SCR	SNCR-SCR	SNCR	
燃煤电厂超低排放烟气治理工程技术规范 (HJ 2053-2018)	2.5	3.8	8	---
火电厂烟气脱硝工程技术规范 选择性催化还原法 (HJ 562-2010)	2.5	--	--	---
火电厂烟气脱硝工程技术规范 选择性非催化还原法 (HJ 563-2010)	--	--	8	---
河北省水泥工业大气污染物超低排放标准 (DB13/2167-2020)	8			水泥窑及窑尾余热利用系统 NO _x 排放浓度限值≤100mg/m ³
河北省平板玻璃工业大气污染物超低排放标准 (DB13/2168-2020)	8			玻璃熔窑烟气 NO _x 排放浓度限值≤200mg/m ³

5.9.1.7 焚烧烟气二噁英的标准限值的确定

根据本标准编制说明表4-10省内部分企业二噁英自行监测和监督性监测结果，焚烧炉烟气中二噁英浓度小于0.05 ngTEQ/m³ 的比例为80%，0.05~

0.1ngTEQ/m³ 的比例为20%，尚未收集到大于0.1 ngTEQ/m³的数据。由此可知，目前我国现有生活垃圾焚烧技术和装备水平能够将二噁英控制在一个较低的水平。结合生活垃圾焚烧特点，二噁英产生受炉型、垃圾成分均匀性、燃烧稳定性及烟气净化措施的有效性等多方面影响，二噁英浓度存在一定的波动性，因此本标准确定二噁英测定均值限值为0.1 ngTEQ/m³，与GB18485和欧盟标准保持一致。

5.9.2 料仓含尘废气排放限值的确定

根据《排污许可证申请与核发技术规范 生活垃圾焚烧》（HJ 1039-2019），料仓含尘废气在排污许可申请阶段进行相应的申报。根据《排污单位自行监测技术指南 固体废物焚烧》（征求意见稿），企业需针对上述污染源开展自行监测。目前，部分生活垃圾焚烧厂料仓未设置排气筒，本标准实施可倒逼企业加设料仓排气筒，减少无组织排放。部分企业已经设置了排气筒，但是执行标准仍为《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996），标准限值宽松，与当前的颗粒物控制技术水平和河北省大气污染防治要求不适应。综上所述，本标准规定了料仓含尘废气的排放限值。

生活垃圾焚烧厂主要有飞灰仓、脱酸中和剂储罐（仓）、活性炭仓、水泥仓等产尘点，主要采取的措施为仓顶袋式除尘器。袋式除尘器对颗粒物去除效率可达到99.9%以上，参考北京市《水泥工业大气污染物排放标准》（DB11/1054-2013）和河北省《水泥工业大气污染物超低排放标准》（DB 13/ 2167-2020），本标准将飞灰仓、脱酸中和剂储罐（仓）、活性炭仓、水泥仓产生的含尘废气中颗粒物的排放限值定为10mg/m³。

5.9.3 无组织排放监控点浓度限值确定依据

根据生活垃圾焚烧厂企业的排放特点，本标准规定颗粒物无组织排放监控点浓度限值，恶臭污染物的无组织排放限值应符合 GB14554 的要求。

目前，生活垃圾焚烧厂无组织废气中颗粒物浓度执行《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）中 1.0mg/m³，国标发布实施的时间已有 20 余年，限值要求已不能满足河北省环境改善的需要。本标准参考河北省《水泥工业大气污染物超低排放标准》（DB 13/ 2167-2020）并结合生活垃圾焚烧厂无组织颗粒物实

测数据，本标准将无组织颗粒物排放限值收严至 $0.5\text{mg}/\text{m}^3$ 。

5.9.4 标准的执行时段

考虑到河北省现有生活垃圾焚烧企业的污染控制措施及排放水平，大部分企业需要实施脱酸或脱硝的提升改造，并进行其他污染物的控制优化；通过对目前已通过环评审批的建设项目污染设施统计情况，80%的建设项目（含已预留提升改造空间的建设项目）需进行脱酸或脱硝设施的提升。考虑到标准收严的可能性，部分企业已着手实施提升改造工作。

综合企业提升改造调研、设计、环评、施工、调试、验收等时间，同时结合河北省大气环境形势改善的迫切性，对于现有生活垃圾焚烧炉，自本标准实施之日起至2022年12月31日前执行现行国家标准GB 18485，从2023年1月1日开始执行本标准；对于新建生活垃圾焚烧炉，自本标准实施之日起按本标准执行。

5.10 污染物监测要求

第9章污染物监测要求，主要从企业自行监测、监督性监测、在线监测三个方面对垃圾焚烧厂的污染物监测提出了要求，主要规定监测的采样要求、监测频次要求以及在线监测装置的运维、校准要求。

9.1条参照《环境监测管理办法》、《污染源自动监控管理办法》以及《排污单位自行监测技术指南 总则》（HJ 819-2017）的要求规定了企业自行监测的基本要求。企业应按照相关要求自行监测，为保证监测结果的可追溯性，企业应留档保存监测数据报告，保存时间结合当地环境保护主管部门要求确定。

9.2条和9.3条参照《生活垃圾焚烧污染控制标准》（GB 18485-2014）修改单的要求规定了监测过程中采样的要求以及采样口、采样平台、采样口标识牌的相关要求。

9.4条中炉渣热灼减率的监测要求参照《生活垃圾焚烧污染控制标准》（GB 18485-2014）修改单制定，其他污染物的监测要求参照《排污单位自行监测技术指南 固体废物焚烧(征求意见稿)》的要求制定。

9.5条参照《排污单位自行监测技术指南 固体废物焚烧(征求意见稿)》的要求制定。

9.6条参照《生活垃圾焚烧污染控制标准》（GB 18485-2014）修改单制定。

9.7条和9.8条主要对焚烧烟气自动监控设备和工况在线监测装置的监测因子、联网、运维管理以及校准进行了规定。

生活垃圾焚烧厂生产场所局部存在沼气、氨等爆炸危险区域以及硫化氢、氨等有毒有害气体环境，为保证相关人员健康、安全，本说明对爆炸危险区域布置的监测装置以及布置在有毒气体环境的采(取)样口应采取安全措施提出了建议。爆炸危险区域布置的监测装置应采用符合有关标准、规范要求的相应防爆等级、防护等级的监测装置；布置在有毒气体环境的采(取)样口、监测仪表等场所应设置符合有关标准规范要求的有毒气体检测报警装置。

5.11 大气污染物达标判定要求

(1) 达标判定

对于本标准有组织废气，采用手工监测时，按照监测规范要求测得的任意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规定的限值，均判定为超标。各级生态环境主管部门在对企业进行监督性检查时，可以将现场即时采样或检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。

对于生活垃圾焚烧行业在线监测数据达标判定依照《生活垃圾焚烧发电厂自动监测数据应用管理规定》(生态环境部令 第10号)中文件要求，该规定首次提出自动监测数据可作为生活垃圾焚烧发电行业污染物排放超标等违法行为的认定和处罚的依据。即一个自然日内，焚烧炉烟气中颗粒物、氮氧化物、二氧化硫、氯化氢、一氧化碳等污染物的自动监测有效日均值数据，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，则认定其污染物排放超标。

(2) 焚烧炉烟气基准氧含量折算

正常工况下，对于焚烧炉排气，实测大气污染物排放浓度应按相应公式换算为基准氧含量状态下的基准排放浓度，并以折算后浓度作为判定排放是否达标的依据。飞灰仓、脱酸中和剂储罐(仓)、活性炭仓、水泥仓等排气按实测浓度判定是否达标。

(3) 国家对达标判定另有要求的，从其规定。

6 实施本标准的技术经济分析

6.1 实施本标准的技术可行性分析

编制组立足调研过程中企业实际情况并对河北省现状已稳定运行的 11 家生活垃圾焚烧企业 2018 年 1 月至 2019 年 12 月在线监测数据进行了统计，同时查阅的相关文献、技术性资料以及在建或待建项目的环评文件确定了颗粒物、二氧化硫、氮氧化物、重金属执行本标准的可行性技术。分别如下：

(1) SNCR 脱硝+PNCR 脱硝+优化后的半干法脱酸+干法脱酸+活性炭喷射+袋式除尘器。

(2) SNCR 脱硝+优化后的半干法脱酸+干法脱酸+活性炭喷射+袋式除尘器+SCR 脱硝。

(3) SNCR 脱硝+PNCR 脱硝+半干法脱酸+干法脱酸+活性炭喷射+袋式除尘器+湿法脱酸。

(4) SNCR 脱硝+半干法脱酸+干法脱酸+活性炭喷射+袋式除尘器+湿法脱酸+SCR 脱硝”。

上述技术为目前生活垃圾焚烧行业应用相对较为广泛、成熟的工艺技术，其他列入国家及河北省发布的相关规范、技术指南、技术目录的防治技术，并经过充分讨论、论证及实践应用后污染物排放浓度可稳定满足本标准限值的技术或专利，也可作为生活垃圾焚烧行业污染物控制的可行技术。

6.1.1 颗粒物执行本标准技术可行性

河北省生活垃圾焚烧行业广泛使用除尘设施为袋式除尘器，根据本说明4.3 节分析，虽然企业采取的除尘设施均为袋式除尘器，但是颗粒物的排放水平有一定的差异性。

根据本说明表4-6分析，河北某企业四的3#焚烧炉烟气中颗粒物连续11个月达到本标准限值，河北某企业三的3#焚烧炉自投运至今，颗粒物连续7个月达到本标准限值。经调研，上述两个企业焚烧炉为新建焚烧炉，袋式除尘器及相关配套设施完好、无损。河北某企业一的1#炉和2#炉颗粒物排放浓度较高，经了解，该焚烧厂袋式除尘器运行时间较长，袋式除尘器有轻微破损，部分布袋卡口松动，导致颗粒物排放水平高于本标准限值。在除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。

因此，在加强袋式除尘器更换频次，加强袋式除尘器检修、维护，提升管理水平的条件下，颗粒物的排放可满足本标准限值。袋式除尘器可通过布袋两侧压差判定布袋的过滤效果，做到及时检修、维护或更换，技术成熟。

通过袋式除尘器理论净化效率分析，焚烧烟气颗粒物理论排放浓度可以满足本标准限值要求。

综上所述，采用袋式除尘器技术可满足颗粒物达到本标准限值。

6.1.2 二氧化硫、氯化氢执行本标准技术可行性

河北省生活垃圾焚烧企业目前广泛采取的脱酸设施为“旋转喷雾半干法脱酸+干法脱酸”，其中干法脱酸仅半干法故障、维修或效率较低时作为应急使用。根据本说明4.3节分析，虽然企业采取的脱酸设施一样，但是二氧化硫和氯化氢的排放水平相差较大。主要是由于二氧化硫、氯化氢的排放水平受垃圾本身含硫量、含氯量以及企业的管理、脱酸剂的种类、脱酸设施的运行管理水平有关。

根据本说明表4-5和表4-7分析，河北某企业二的3#焚烧炉烟气中二氧化硫可以连续6个月达到本标准限值，氯化氢连续4个月达到本标准限值，主要是采用了增加脱酸剂投加量或干法脱酸的脱酸剂调整为碳酸氢钠。河北某企业三的1#炉从2019年7月起，焚烧炉烟气中二氧化硫、氯化氢排放水平明显降低，且二氧化硫连续4个月达到本标准限值，经与企业沟通，企业采取了提高布袋压差、增加药剂喷射量、调节反应温度、增加干法脱酸启用频次等措施，显著降低了二氧化硫和氯化氢的排放水平。综上所述，企业在优化半干法脱酸设施并且增加干法脱酸启用频次的情况下，“旋转喷雾半干法脱酸+干法脱酸”工艺可以满足本标准限值。

二氧化硫、氯化氢为在线监测因子，当二氧化硫、氯化氢浓度偏高，企业可及时调节药剂喷射量，及时通过调节调温水的用量进而调节反应温度，通过降低袋式除尘器清灰频次进而增加布袋压差，通过及时开启干法脱酸设施等提高脱酸效率。此外，还可考虑在半干法脱酸塔顶部或管道上设置碱液喷射装置，提高脱酸效果。

若企业装备水平一般或受其他因素影响需将二氧化硫或氯化氢控制在较低水平，采用优化的“旋转喷雾半干法脱酸+干法脱酸”仍无法满足本标准限值时，

可通过增设“湿法脱酸”工艺进一步提高脱酸效率。通过“旋转喷雾半干法脱酸+干法脱酸+湿法脱酸”和“旋转喷雾半干法脱酸+湿法脱酸”去除效率分析，焚烧烟气理论排放水平可以满足本标准限值要求。湿法脱酸工艺已在深圳、上海、杭州等地部分生活垃圾焚烧厂应用，且运行效果及脱酸效果较好，可满足本标准限值。

综上所述，采用优化后的“旋转喷雾半干法脱酸+干法脱酸”工艺、“旋转喷雾半干法脱酸+干法脱酸+湿法脱酸”或“旋转喷雾半干法脱酸+湿法脱酸”工艺，二氧化硫、氯化氢可达到本标准限值。

6.1.3 氮氧化物执行本标准技术可行性

本说明推荐的脱硝可行性技术为“SNCR+SCR”或“SNCR+PNCR”脱硝工艺。通过脱硝工艺去除效率分析，采取上述脱硝工艺条件下，焚烧烟气理论排放水平可以满足本标准限值要求。

河北某企业三的3#焚烧炉烟气采取了“SNCR+PNCR”脱硝工艺，根据本说明表4-4分析，该焚烧厂实现了氮氧化物连续5个月满足本标准限值要求。“SNCR+SCR”工艺已在北京、深圳、上海、杭州等地的生活垃圾焚烧厂应用，且运行效果及脱硝效果较好，可满足本标准限值。

综上所述，采用“SNCR+SCR”或“SNCR+PNCR”脱硝工艺，氮氧化物可达到本标准限值。

6.1.4 重金属执行本标准技术可行性

河北省生活垃圾焚烧行业广泛采取的重金属去除设施为“活性炭喷射+袋式除尘器”。根据本说明表4-9分析，重金属的排放水平已经基本可以满足本标准限值要求，且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，重金属可达到本标准限值。

6.2 实施本标准经济分析

目前河北省内现有企业焚烧炉烟气多采用“SNCR 脱硝+半干法脱酸+干法脱酸（仅应急时启用）+活性炭喷射+袋式除尘器”治理措施，该工艺条件下二氧化硫、氮氧化物、氯化氢等不能稳定达到拟定标准限值，需对现有治

理工艺优化或提标改造，因此标准提标后生活垃圾焚烧企业增加的经济成本主要集中在二氧化硫、氮氧化物（氯化氢可随二氧化硫协同治理）控制。此外，通过收集河北省 2020 年拟建或在建的 45 个生活垃圾焚烧发电建设项目的环评及批复文件，新建项目多采用“SNCR 脱硝+半干法脱酸+干法脱酸+活性炭喷射+袋式除尘器”基础工艺，其中 22%的项目在基础工艺上已计划实施脱硝工艺改造（增加 SCR、PNCR 或者烟气再循环脱硝工艺）和脱酸工艺改造（采用湿法脱酸或者优化后的半干法+干法脱酸工艺），后续提标后不需另行改造脱硝和脱酸设施；40%的项目在基础工艺上已计划实施脱硝工艺改造（增加 SCR、PNCR 或者烟气再循环脱硝工艺），后续提标后需进一步进行脱酸工艺的改造或优化；剩余 38%的项目需要在基础工艺上同时进行脱硝和脱酸工艺改造或优化。

编制组调研及座谈过程中收集了实施焚烧炉烟气控制技术所需的成本以及提标改造所需成本，如下所示：

（1）颗粒物

通过定期检修布袋或及时更换布袋，加强运行管理等措施，颗粒物可稳定达到本标准拟定限值，基本不需要增加一次性投资和运行成本。

（2）二氧化硫

通过对河北省已稳定运行的 11 家生活垃圾焚烧企业在线数据统计，二氧化硫 24 小时均值、小时均值低于本标准限值的数据占比分别为 54.5%、88.1%。达到本标准控制限值，二氧化硫在原有工艺基础上采用优化的“半干法脱酸+干法脱酸”脱酸工艺需要增加的运行成本约 1.8~2.4 元/吨垃圾，需增加一次性投资约 40~50 万元/条生产线；采用“半干法脱酸+干法脱酸+湿法脱酸”脱酸工艺需要增加的运行成本约 30~32 元/吨垃圾，需增加一次性投资约 1800~2000 万元/条生产线。

（3）氮氧化物

达到本标准控制限值，控制氮氧化物在原有工艺基础上增加 PNCR 脱硝工艺需要增加的运行成本约 6.8~9.0 元/吨垃圾，需增加一次性投资约 250~300 万元/条生产线；增加 SCR 脱硝工艺需要增加的运行成本约 17.8~21.6 元/吨垃圾，需增加一次性投资约 800~1000 万元/条生产线。

(4) 其他污染物

重金属主要附着在颗粒物上或被活性炭吸附，与颗粒物被袋式除尘器协同去除；氯化氢和二氧化硫均为酸性气体，与二氧化硫协同去除；一氧化碳是反映焚烧炉运行工况的性能指标；氨为焚烧炉烟气脱硝过程中逃逸的污染物，通过调整氨的投加量控制氮氧化物浓度。

因此，上述指标在控制颗粒物、二氧化硫、氮氧化物的基础上，不需要额外增加一次性投资和运行成本。

执行本标准限值及成本核算详见表 6-1。

表 6-1 颗粒物、二氧化硫、氮氧化物运行成本核算

24h 均值控制水平(mg/m ³)		颗粒物		二氧化硫		氮氧化物	
		可行性技术	成本 (元/吨垃圾)	可行性技术	成本 (元/吨垃圾)	可行性技术	成本 (元/吨垃圾)
GB18485-2014	颗粒物≤20 二氧化硫≤80 氮氧化物≤250	袋式除尘器 (覆膜滤袋)	2.2~3.4	半干法脱酸+ 干法脱酸	7.0~9.8	SNCR	1.8~2.7
本标准	颗粒物≤8 二氧化硫≤20 氮氧化物≤120	袋式除尘器 (覆膜滤袋)	2.2~3.4	优化的半干法 脱酸+干法脱 酸	8.8~12.2	SNCR+PNCR	8.6~ 11.7
				半干法脱酸+ 干法脱酸+湿 法脱酸	37.0~ 41.8	SNCR+SCR	19.6~ 24.3
达到本标准增加的成本		—	0	优化的半干法 脱酸+干法脱 酸	1.8~2.4	SNCR+PNCR	6.8~9.0
				半干法脱酸+ 干法脱酸+湿 法脱酸	30~32	SNCR+SCR	17.8~ 21.6

注：活性炭喷射运行成本为 3.1~4.3 元/吨垃圾。

在此基础上调研组初步确定了 4 种可达到本标准限值的可行性工艺，即：

(1) “SNCR 脱硝+PNCR 脱硝+优化后的半干法脱酸+干法脱酸+活性炭喷射+袋式除尘器”，该工艺运行成本约为 22.7~31.6 元/吨垃圾。

(2) “SNCR 脱硝+优化后的半干法脱酸+干法脱酸+活性炭喷射+袋式除尘器+SCR 脱硝”，该工艺运行成本约为 33.7~44.2 元/吨垃圾。

(3) “SNCR 脱硝+PNCR 脱硝+半干法脱酸+干法脱酸+活性炭喷射+袋式除尘器+湿法脱酸”，该工艺运行成本约为 50.9~61.2 元/吨垃圾。

(4) “SNCR 脱硝+半干法脱酸+干法脱酸+活性炭喷射+袋式除尘器+湿法脱酸+SCR 脱硝”，该工艺运行成本约为 61.9~73.8 元/吨垃圾。

例如：一家一条 500 吨/日生产线的垃圾焚烧发电企业，现有环保设施为“SNCR 脱硝+半干法脱酸+干法脱酸+活性炭喷射+袋式除尘器”，上述设施环保投资为 1500 万元，焚烧烟气治理运行成本（不含飞灰和炉渣处置成本）约 280 万元/年。若脱硝采用 SCR 工艺改造，并优化现有脱酸工艺，第一年改造成本增加约 945 万元，以后每年运行成本增加约 360 万元；若脱硝采用 PNCR 工艺改造，并优化现有脱酸工艺，第一年改造成本增加约 300 万元，以后每年运行成本增加约 165 万元。

7 实施本标准的环境效益分析

7.1 现有垃圾焚烧发电厂提标改造减排量分析

编制组统计了河北省具有代表性、运行时间较长且运行稳定的 10 条处理规模为 500 吨/日垃圾焚烧炉 2019 年全年在线监测数据中焚烧炉烟气量数据, 根据统计结果, 1 条 500 吨/日的垃圾焚烧炉排放烟气量约为 81000 万 m^3 /年。

河北省现有 21 个垃圾发电厂垃圾处理规模为 2.395 万吨/日, 按达到《生活垃圾焚烧污染控制标准》(GB 18485-2014)计算, 吨垃圾排放颗粒物、二氧化硫、氮氧化物分别为 0.1kg、0.39kg、1.23kg, 全年产生颗粒物、二氧化硫、氮氧化物分别为 0.08 万吨、0.31 万吨、0.97 万吨。按本标准 24 小时均值限值(颗粒物 $8\text{mg}/\text{m}^3$ 、二氧化硫 $20\text{mg}/\text{m}^3$ 、氮氧化物 $120\text{mg}/\text{m}^3$) 计算, 全年产生颗粒物、二氧化硫、氮氧化物分别为 0.03 万吨/年、0.08 万吨/年、0.47 万吨/年。与执行国家排放标准相比, 颗粒物、二氧化硫、氮氧化物减排量为 0.05 万吨/年、0.23 万吨/年、0.50 万吨/年。

7.2 2020 年全省生活垃圾焚烧行业减排量分析

根据《河北省生活垃圾焚烧发电中长期专项规划(2018-2030 年)》(修订版), 到 2020 年我省生活垃圾产生量达到 6.16 万吨/日。按全年 6.16 万吨/日的焚烧处理量计, 执行《生活垃圾焚烧污染控制标准》(GB 18485-2014) 时, 主要污染物排放量颗粒物、二氧化硫、氮氧化物分别为 0.1kg/吨垃圾、0.39kg/吨垃圾、1.23kg/吨垃圾, 全年排放颗粒物、二氧化硫、氮氧化物分别为 0.20 万吨、0.79 万吨、2.50 万吨。按本标准 24 小时均值限值(颗粒物 $8\text{mg}/\text{m}^3$ 、二氧化硫 $20\text{mg}/\text{m}^3$ 、氮氧化物 $120\text{mg}/\text{m}^3$) 计算, 全年产生颗粒物、二氧化硫、氮氧化物分别为 0.08 万吨/年、0.20 万吨/年、1.20 万吨/年。与执行国家排放标准相比, 颗粒物、二氧化硫、氮氧化物减排量为 0.12 万吨/年、0.59 万吨/年、1.30 万吨/年。