

**《关中地区生活垃圾焚烧大气污染物排放
标准》编制说明
(征求意见稿)**

**标准编制组
二零二三年八月**

目 录

1	项目背景.....	1
1.1	任务来源	1
1.2	工作过程	2
1.3	技术路线	3
1.4	制订原则	4
2	标准编制必要性	6
2.1	大气环境质量改善的迫切需要.....	6
2.2	行业排放占比大，具有较大减排空间	6
2.3	规范行业可持续发展，推动“减污降碳、协同增效”	7
2.4	完善陕西省大气污染物排放标准体系	7
3	陕西生活垃圾焚烧行业概况	9
3.1	陕西省生活垃圾焚烧行业发展情况	9
3.1.1	垃圾焚烧行业规划情况	9
3.1.2	已建成生活垃圾焚烧厂概况.....	10
3.1.3	在建生活垃圾焚烧厂概况.....	11
3.1.4	关中生活垃圾焚烧厂初始烟气浓度	11
3.2	生活垃圾焚烧工艺及产污分析.....	15
3.2.1	生产过程.....	15
3.2.2	废气产排污环节	15
3.3	大气污染治理技术介绍	18
3.3.1	颗粒物控制技术	18
3.3.2	酸性气体控制技术	19
3.3.3	氮氧化物控制技术	21
3.3.4	一氧化碳控制技术	25
3.3.5	重金属控制技术	26
3.3.6	二噁英类控制技术	26
3.4	垃圾焚烧大气污染物排放现状.....	26
3.4.1	颗粒物	27

3.4.2	二氧化硫.....	28
3.4.3	氮氧化物.....	30
3.4.4	一氧化碳.....	32
3.4.5	氯化氢	34
3.4.6	重金属类.....	36
3.4.7	二噁英	37
3.4.8	氨	37
3.5	关中地区管理要求、政策贴补及存在困难	38
3.5.1	管理要求.....	38
3.5.2	补贴政策情况.....	38
3.5.3	企业现状及困难	41
4	标准内容研究	43
4.1	适用范围	43
4.2	术语和定义	43
4.3	运行要求	43
4.4	大气污染物排放限值	44
4.4.1	选择污染物项目	44
4.4.2	排放限值确定方法	45
4.4.3	确定排放限值.....	46
4.5	污染物监测	56
4.6	污染物达标判定.....	58
4.7	实施与监督	59
5	国内外生活垃圾焚烧大气污染物排放标准	60
5.1	国外标准	60
5.1.1	欧盟标准.....	60
5.1.2	美国标准.....	60
5.1.3	日本标准.....	60
5.2	国内相关标准.....	62
5.3	本标准与相关标准的对比研究.....	65
6	技术经济可达性分析	67

6.1	技术可达性分析.....	67
6.1.1	颗粒物	67
6.1.2	二氧化硫、氯化氢	67
6.1.3	氮氧化物.....	69
6.1.4	一氧化碳.....	71
6.1.5	重金属类.....	71
6.1.6	二噁英	71
6.2	经济可行性分析.....	72
6.2.1	脱硝技术改造及成本核算.....	72
6.2.2	脱酸技术改造及成本核算.....	78
6.3	环境效益分析.....	82
7	标准实施建议	84
7.1	强制性实施建议.....	84
7.2	标准实施建议.....	84
7.2.1	组织保障.....	84
7.2.2	技术保障.....	84
7.2.3	政策保障.....	85

1 项目背景

1.1 任务来源

随着城镇化的快速推进，居民生活水平不断提高，城乡生活垃圾产生量明显增加，尤其是人口密度较大的关中地区垃圾围城问题日益凸显，具有占地小、减量效果明显、余热资源可利用等显著优点的生活垃圾焚烧发电项目，成为解决这一问题的有效手段。

《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。截至2023年6月，陕西省已建成并投入使用了16家生活垃圾焚烧厂，拥有32台焚烧炉，生活垃圾处理能力达到1.97万吨/日，其中关中地区有13家生活垃圾焚烧厂，共28台焚烧炉，生活垃圾处理能力占全省的90.4%。

《陕西省生活垃圾焚烧发电中长期专项规划（2020-2030年）》（陕发改能新能源〔2019〕1718号）提出：到2025年，全省累计规划建设生活垃圾焚烧发电项目36个，建成投产规模达到3.278万吨/日，装机容量66.57万千瓦；到2030年全省累计规划建设生活垃圾焚烧发电项目41个，建成投产规模达到3.493万吨/日，装机容量70.87万千瓦，其中关中地区处理量达到2.443万吨/日，占全省70%。待此类项目建成后，颗粒物、二氧化硫、氮氧化物等污染物的排放量均会增加，这将对陕西省尤其是关中地区已近饱和的环境容量及环境空气质量的改善提出严峻的考验。

当前，陕西省生活垃圾焚烧项目仍执行《生活垃圾焚烧污染控制标准》（GB 18485-2014）及修改单。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。现行标准中大气污染物排放限值已无法适应新形势下我省特别是关中地区生活垃圾焚烧行业的环保要求。

综上所述，为改善我省关中地区大气环境质量，打赢蓝天保卫战，缓解现有及规划建设生活垃圾焚烧项目对关中地区环境容量以及环境空气质量改善所带来的影响，2022年12月，陕西省生态环境厅办

公室发布了《关于做好 2023 年度生态环境地方标准制修订项目计划申报工作的通知》，拟制定关中地区生活垃圾焚烧大气污染物排放标准，为关中地区大气污染防治工作提供有效抓手。

1.2 工作过程

编制组开展的工作计划如下：

（1）成立标准编制组

2022 年 12 月，接受任务后，西安市环境保护科学研究院在省厅大气办和西安市生态环境局大气处的指导下，联合中国启源工程设计研究院有限公司、中国环境监测总站、中科院地球环境研究所、西安建筑科技大学等单位迅速成立标准编制组，拟定了标准编制的工作目标和工作内容，讨论了编制过程中可能出现的问题，确定了标准编制工作计划、责任分工、小组工作任务成果体现方式和完成节点。

（2）收集整理相关资料

2022 年 12 月-2023 年 6 月，编制组查阅了相关文献，收集汇总了近年来国内外及各地方省市发布的生活垃圾焚烧污染排放标准、污染防治技术、行业政策文件以及相关管理要求等；摸清了全国及陕西省内生活垃圾焚烧近年来的行业发展情况；整理并系统分析了 2022 年-2023 年关中地区生活垃圾焚烧企业基本资料及监测数据。

（3）完成立项

2023 年 4-6 月，召开标准立项审查会，邀请行业专家组成专家评审组，对开题报告、标准草稿和标准编制说明进行了论证；陕西省市场监督管理局发布了《关于下达〈关中地区生活垃圾焚烧大气污染物排放〉省级地方标准制定项目计划的函》，项目编号为 SDBXM289-2023。

（4）调研座谈

2023 年 6 月，编制组对关中地区 13 家垃圾焚烧企业开展现场调研，从大气污染治理工艺、排放现状、控制参数、运行成本、改造技术难度及经费投入等方面进行了深入了解，汇总了企业技改措施和面临困难，为标准编制工作积累了详实的基础资料。

2023 年 7 月，编制组赴天津市、深圳市进行调研，与当地生态环境厅以及生活垃圾焚烧相关标准编制单位进行座谈，并对相关企业

进行了参观交流。编制组就外省地方标准的出台背景、环保管控要求、烟气治理工艺、技改难度及成本、政府支持力度等方面进行了深入学习，借鉴了省外生活垃圾焚烧地方标准制定过程中的经验。

（5）实际排放情况综合分析

2022 年 12 月-2023 年 6 月，利用 2022 至 2023 年企业自行监测数据和在线监测数据，全面分析了主要污染物实际排放情况，并对拟定标准限值的达标情况进行了计算分析。

（6）编制标准及编制说明草案

2022 年 1 月-2023 年 7 月，编制组梳理归纳前期收集的材料，确定标准框架、标准内容和各项污染物排放限值。经过研究讨论，编制完成标准草案及标准说明的征求意见稿。

（7）修改文本

2023 年 8 月-X 月，综合汇总生态环境主管部门管理需求、技术评审会专家意见，广泛征求行业主管等相关单位及企业代表的意见，对标准及编制说明文本进行修改。

1.3 技术路线

根据资料收集和调研情况，经编制组多次研究讨论，形成本标准的制定技术路线，见图 1-1。

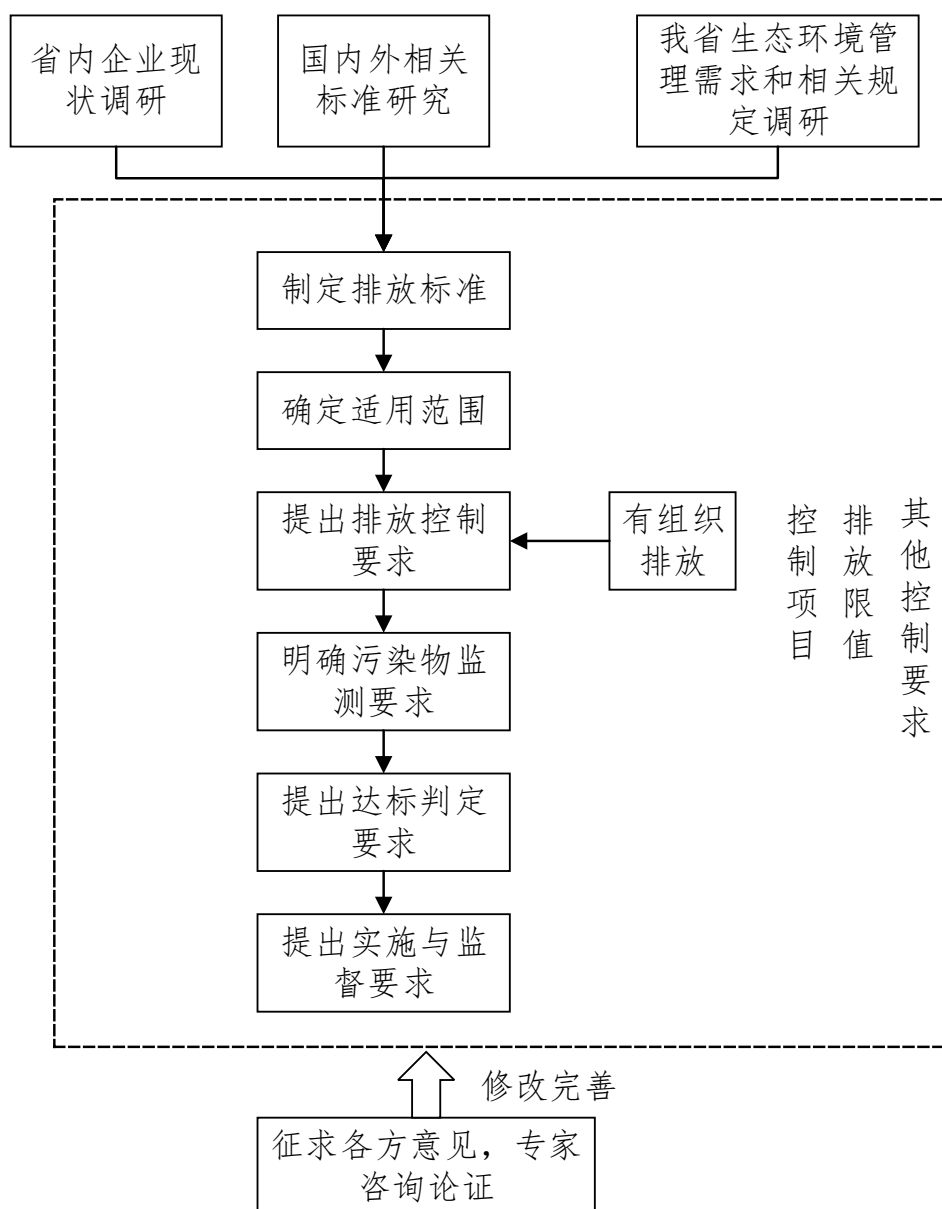


图 1-1 技术路线

1.4 制订原则

1、科学定位，系统谋划

遵循现行国家和陕西省相关法律法规和政策文件，充分做好与《生活垃圾焚烧污染控制标准》（GB 18485-2014）、《排污许可证申请与核发技术规范 生活垃圾焚烧》（HJ 1039-2019）、《排污单位自行监测技术指南 固体废物焚烧》（HJ 1205-2021）和我省其他相关地标的衔接，将持续改善环境空气质量、助力“碳达峰、碳中和”作为出发点和落脚点，系统谋划关中地区生活垃圾焚烧污染控制项目和排放限值。

2、立足当前，兼顾长远

从关中地区生活垃圾焚烧行业当前实际发展情况出发，聚焦“十四五”乃至 2030 年的长期发展，结合深入打好污染防治攻坚战、生态文明建设等需求，科学制定宽严适宜的生活垃圾焚烧大气污染物排放标准，为当前及未来空气质量改善提供有力技术支撑。

3、统筹兼顾，差异化管控

围绕生活垃圾焚烧行业适应区域环境承载力、切实保障民生等目标，借鉴国内、国外相关行业标准，综合考虑技术可行性、环境效益和经济成本，并合理划分新建企业和现有企业的执行时间，确保地标的科学性、针对性和可操作性。

2 标准编制必要性

2.1 大气环境质量改善的迫切需要

关中地区集中了全省 60%以上的人口和经济总量，污染物排放强度较大，加之特殊地形地貌和不利气象条件易形成较差的扩散条件，2022 年至今关中城市群空气质量出现反弹，在全国重点城市排名靠后，环境质量改善形势严峻。相比细颗粒物（PM_{2.5}）和臭氧（O₃），近年来，西安、咸阳和渭南三地二氧化氮（NO₂）污染年均浓度均处于全国重点城市的较后位次，甚至比颗粒物污染和臭氧污染排名差，成为拖累关中地区空气质量排名的最大短板。

为贯彻落实《陕西省大气污染治理专项行动方案（2023-2027 年）》（陕发〔2023〕4 号）、《陕西省重点行业 and 重点设施深度治理（超低排放改造）专项工作方案（2023-2027 年）》的通知（陕环发〔2023〕32 号），实施生活垃圾焚烧行业深度治理行动，倒逼该行业提升污染治理技术、装备水平和运行管理水平，削减该行业大气污染物排放量，是我省大气污染治理专项行动中重要环节。

生活垃圾焚烧会产生大量的氮氧化物等大气污染物，影响我省环境空气质量全面改善。在这大气环境治理攻坚的关键时刻，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，制定严于国标的强制性地方标准，成为了环境容量已近饱和的关中地区大气污染控制工作的有效抓手。

2.2 行业排放占比大，具有较大减排空间

垃圾焚烧行业是我省工业源氮氧化物排放量较大的行业。关中地区 2022 年已建成并正常运行的 10 家¹生活垃圾焚烧企业颗粒物、二氧化硫、氮氧化物、氯化氢和一氧化碳的总排放量分别为 44.8 吨、597.3 吨、2232.4 吨、256.4 吨和 162.9 吨，其中西安市已投运的 4 座垃圾焚烧发电企业氮氧化物排放总量较大，为 1668 吨，占比 74.7%。

依据在线监测数据，2021 年，仅光大环保能源（蓝田）有限公司一家的污染物排放总量（烟尘、二氧化硫、氮氧化物合计 631.8 吨）

¹ 2022 年关中地区正常投产运行的生活垃圾焚烧企业共 10 家，其中 2 家投产较晚，无整年度在线监测数据。

就超过了大唐西安热电厂（烟尘、二氧化硫、氮氧化物合计 612 吨）。2021 年，西安市生活垃圾焚烧企业排放的 SO₂、NO_x、VOCs、NH₃ 和 PM_{2.5} 总量占全市工业源的比例分别为 12.3%、16.6%、6.2%、15.9%、4.2%。氮氧化物和氨的排放量在工业源中占比均超过 15%，这与我省大气污染物减排压力和环境空气质量改善目标不相适应。

截至 2021 年，我省钢铁、焦化、火力发电、燃煤锅炉等行业已实施超低排放，但生活垃圾焚烧项目仍执行《生活垃圾焚烧污染控制标准》（GB 18485-2014）及其修改单。该标准中颗粒物、二氧化硫、氮氧化物等指标的排放限值较为宽松，远低于同类型的陕西省《锅炉大气污染物排放标准》（DB 61/1226-2018）中限值，现行生活垃圾焚烧标准已难以适应新形势下环保工作的要求，行业存在较大的减排空间。此外，GB 18485-2014 也未对脱硝过程中存在的氨逃逸设置控制要求，难以发挥污染物管控的作用。

针对生活垃圾焚烧行业，河北省、天津市、深圳市等多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，因此收严污染物排放标准有利于实现生活垃圾焚烧发电行业污染减排。

2.3 规范行业可持续发展，推动“减污降碳、协同增效”

制定生活垃圾焚烧大气污染物排放地方标准，对于新建企业，可引导企业提前制定建设方案，选用先进技术。对于现有焚烧工艺、污染治理技术和运行管理水平参差不齐的企业，可倒逼行业提升污染治理技术和运行管理水平，在提高生活垃圾处理能力的同时切实减少污染物的排放，从而全面引导行业可持续发展，为生活垃圾焚烧行业发展留足余量。

生活垃圾的处理方式主要包括填埋、堆肥和焚烧。相较于填埋和堆肥，焚烧属于较为清洁的垃圾处理方式。垃圾焚烧替代填埋，减少了甲烷排放，碳排放量显著降低。制定生活垃圾焚烧大气污染物排放标准，在现有基础上收紧排放限值，将能进一步促进生活垃圾焚烧企业做好减污降碳、源头治理工作。

2.4 完善陕西省大气污染物排放标准体系

根据陕西省关中地区生活垃圾焚烧企业的发展水平、管理水平等

实际情况，重新梳理研究范围、制定排放限值，开展生活垃圾焚烧大气污染物排放地方标准制定工作，为形成一套既能与国家现行标准有效衔接，又能与陕西省生态环境管理相关政策文件匹配程度高的大气污染物排放标准体系提供科技支撑。

3 陕西生活垃圾焚烧行业概况

3.1 陕西省生活垃圾焚烧行业发展情况

陕西省生活垃圾焚烧行业起步较晚,但增速较大。2019 年至 2023 年,我省生活垃圾焚烧厂由 2 家发展为 16 家,增长了 7 倍;焚烧处理能力由 2346 吨/日发展为 19700 吨/日,年均增长率达到 80.7%;焚烧量占无害化处理比例逐年提高,由 2.23%上升至 2021 年的 57.28%,见表 3-1。

表 3-1 陕西省生活垃圾焚烧情况数据统计表

年份	焚烧厂数量(家)	焚烧处理能力(吨/日)	无害化处理量(万吨/年)	焚烧量(万吨/年)	焚烧量占无害化处理比例
2019	2	2346	632.13	14.08	2.23%
2020	4	6911	549.64	247.01	44.94%
2021	6	11550	669.39	383.43	57.28%
2022	13	15450	/	/	/
2023	16	19700	/	/	/
备注	2019-2021 年数据来源于历年城市建设统计年鉴,2022-2023 年数据来源于陕西省生活垃圾焚烧发电厂自动监测数据公开平台。				

3.1.1 垃圾焚烧行业规划情况

按照《陕西省生活垃圾焚烧发电中长期专项规划(2020-2030 年)》,关中地区的垃圾焚烧发电厂规划布局如下:

西安市(含代管西咸新区):2020 年前,西安市开工建设五座生活垃圾焚烧发电项目,分别是高陵、鄠邑、蓝田、西咸新区、灞桥区江村生活垃圾焚烧发电厂,总处理能力 12750 吨/日,总装机容量 27 万千瓦,焚烧发电处理垃圾量占应处理量的 100%。

铜川市:2020 年前,铜川市开工建设一座生活垃圾焚烧发电项目,焚烧线处理能力 600 吨/日,装机容量 1.2 万千瓦,服务区域为王益区、印台区、新区、耀州区等。预测到 2030 年,项目投产后,全市生活垃圾焚烧线总规模 600 吨/日,焚烧发电处理垃圾量占应处理量的 63.4%。

宝鸡市：2020 年前，宝鸡市开工建设两座生活垃圾焚烧发电项目，分别为宝鸡城区和扶风项目，总处理能力 1780 吨/日，总装机容量 3.42 万千瓦；2021-2025 年，规划建设岐山县生活垃圾焚烧发电厂，装机容量 1.2 万千瓦。预测到 2030 年前规划项目全部投产后，全市生活垃圾焚烧线总规模 2380 吨/日，焚烧发电处理垃圾量占应处理量的 59.7%。

咸阳市：2020 年前，咸阳市开工建设三座生活垃圾焚烧发电项目，分别为咸阳、兴平和乾县生活垃圾焚烧发电项目，总处理能力 2500 吨/日，总装机容量 6 万千瓦；2021-2025 年，规划建设彬州市生活垃圾焚烧发电项目；2026-2030 年，规划建设三原县生活垃圾焚烧发电项目。预测到 2030 年前规划项目全部投产后，全市生活垃圾焚烧线总规模 3600 吨/日，焚烧发电处理垃圾量占应处理量的 77.9%。

渭南市：2020 年前，渭南市开工建设四座生活垃圾焚烧发电项目，分别为渭南市中心城区、富平一期、大荔一期、蒲城一期项目，总处理能力 2700 吨/日，总装机容量 5.2 万千瓦；2021-2025 年，扩建大荔二期，蒲城二期、富平二期，新建澄城和华阴生活垃圾焚烧发电项目，总处理能力 2200 吨/日，总装机容量 3.75 万千瓦。预测到 2030 年前规划项目全部投产后，全市生活垃圾焚烧线总规模 5100 吨/日，焚烧发电处理垃圾量占应处理量的 93.9%。

杨凌示范区：作为中国第一个农业高科城，为提升示范区形象，营造友好型社会，通过区域统筹，2019-2030 年建设杨凌示范区生活垃圾焚烧发电项目，装机容量 1 万千瓦，焚烧发电处理垃圾量占应处理量的 100%。

韩城市：2019-2030 年开工建设韩城市生活垃圾焚烧发电项目，装机容量 0.6 万千瓦；预测到 2030 年前规划项目投产后，焚烧发电处理垃圾量占应处理量的 74%。

3.1.2 已建成生活垃圾焚烧厂概况

截至 2023 年 6 月，陕西省已建成 16 家生活垃圾焚烧厂，分布于全省 7 个地级市，焚烧处理能力达 1.97 万吨/日。其中关中地区较为集中，共建成 13 座生活垃圾焚烧厂，处理能力达 1.78 万吨/日，占到全省总处理能力的 90.4%。全省焚烧炉共计 32 个，其中 30 个为炉排

炉，2 个为循环流化床焚烧炉，关中地区 28 个焚烧炉全部为炉排炉，见表 3-2。

3.1.3 在建生活垃圾焚烧厂概况

据调查，目前陕西省内已批复环评且在建的垃圾焚烧厂共 3 家，均位于关中地区，分别为：宝鸡市生活垃圾处理项目、华阴市生活垃圾焚烧发电项目和澄城县生活垃圾焚烧发电项目，建成后每日生活垃圾处理量增加 2400 吨。具体情况见表 3-3。

3.1.4 关中生活垃圾焚烧厂初始烟气浓度

目前关中地区已完成环保竣工验收的生活垃圾焚烧厂共计 10 家，编制组从西安、咸阳和渭南三个城市分别选取一家企业作为代表，对其竣工验收监测报告中烟气初始浓度进行统计，结果如表 3-4。

可知，关中地区生活垃圾焚烧厂的颗粒物初始浓度（实测值）范围为：116.5~2145 mg/m³，处理效率大于 99.5%；二氧化硫初始浓度范围为：69~651 mg/m³，处理效率范围为 58%~95.5%；氯化氢初始浓度范围为：30.7~613 mg/m³，处理效率范围为 84.7%~97%。此外验收报告数据显示，氧含量基本维持在 6.5%~8.5%范围内。

表 3-2 我省现有生活垃圾焚烧厂基本情况

序号	企业	行政区划	投产日期	炉型	焚烧炉数	处理能力（t/d）
1	西咸新区北控环保科技有限公司	西安	2019/11/01	炉排炉	4	3000
2	光大环保能源（蓝田）有限公司	西安	2019/12/11		3	2250
3	西安泾渭康恒环境能源有限公司	西安	2020/01/20		3	2250
4	中节能（西安）环保能源有限公司	西安	2020/03/24		3	2250
5	西安白鹿原益恒环境能源有限公司	西安	2022/11/25		4	3000
6	咸阳海创环境能源有限责任公司	咸阳	2020/07/18		2	1500
7	彬州海创环保能源有限责任公司	咸阳	2022/01/20		1	300
8	兴平金源环保有限公司	咸阳	2022/06/30		1	500
9	光大环保能源（富平）有限公司	渭南	2020/10/22		2	600
10	光大绿色环保城乡再生能源（大荔）有限公司	渭南	2021/04/12		1	400
11	蒲城天楹环保能源有限公司	渭南	2022/12/23		2	500
12	渭南产投三峰环保能源有限公司	渭南	2023/06/15		1	750
13	铜川海创环境能源有限责任公司	铜川	2021/10/22		1	500
14	榆林绿能新能源有限公司	榆林	2020/11/30	流化床	2	1000
15	洋县海创环保科技有限公司（垃圾焚烧）	汉中	2020/01/01	炉排炉	1	300
16	中节能（汉中）环保能源有限公司	汉中	2021/07/01		1	600

表 3-3 我省在建生活垃圾焚烧厂基本情况

序号	项目名称	行政区划	环评批复文号	环评批复时间	炉型	焚烧炉数	处理能力 (t/d)	烟气处理工艺
1	宝鸡市生活垃圾处理项目	宝鸡	陕环评批复〔2019〕43号	2019/08	炉排炉	2	1500	SNCR+减温塔（含低浓度消石灰）+干法（消石灰）喷射+活性炭喷射+袋式除尘器+湿法（NaOH 溶液）+烟气再加热（GGH1）+烟气再加热（GGH2）+烟气加热器（SGH）+SCR
2	华阴市生活垃圾焚烧发电项目	渭南	陕环评批复〔2022〕16号	2022/06		1	400	SNCR（选择性非催化还原法）+半干法（旋转喷雾反应塔）+干法（喷射氢氧化钙）+活性炭喷射+袋式除尘器
3	澄城县生活垃圾焚烧发电项目	渭南	陕环评批复〔2022〕38号	2022/10		1	500	SNCR（选择性非催化还原法）炉内脱硝+半干法脱酸（旋转喷雾反应塔）+干法喷射（消石灰干粉喷射）+活性炭喷射+袋式除尘器

表 3-4 关中地区生活垃圾焚烧厂烟气初始浓度¹

企业	焚烧炉编号	颗粒物 (mg/m ³)			二氧化硫 (mg/m ³)			氮氧化物 (mg/m ³)			氯化氢 (mg/m ³)		
		进口	出口	处理效率 ²	进口	出口	处理效率 ²	进口	出口	处理效率 ²	进口	出口	处理效率 ²
西安某企业	1#	848~1156	0.9~1.4	99.8%	69~147	<2~45	58.0%	/	111~137	/	41.9~78.4	0.79~1.94	97%
	2#	613~809	<1	99.9%	211~285	16~32	88.5%	/	100~130	/	30.7~45	0.44~1.09	97%
	3#	708~1090	0.9~2.6	99.7%	113~557	<3~18	96.1%	/	127~161	/	54.5~400	2.2~10.7	95.3%
	4#	686~882	<1	99.9%	75~108	19~34	63.1%	/	120~142	/	347~521	16.4~23	94.3%
咸阳某企业	1#	1193~2145	3.7~6.8	99.7%	598~651	9~35	95.5%	/	166~217	/	63.1~82.5	8.99~13.6	84.7%
渭南某企业	1#	116.5~165.5	1.9~4.0	/	443~478	11~28	/	/	139~155	/	508~613	3.66~14.5	/
	2#	129.9~179.3	0.7~2.9	/	420~443	26~32	/	/	143~181	/	178~279	7.1~17.2	/
备注	1 各进口浓度均为实测值，出口浓度均为折算值 2 处理效率为“/”表示无数据												

3.2 生活垃圾焚烧工艺及产污分析

3.2.1 生产过程

垃圾发电是指通过特殊的焚烧锅炉燃烧城市固体垃圾，再通过蒸汽轮机发电机组发电的一种发电形式。

生活垃圾由专用车辆运送到厂区垃圾接收系统入口，经称量后卸入垃圾储坑堆储发酵。由于生活垃圾组成复杂、尺寸差别大、各批次甚至各车次的特性差异明显，为了均质化稳定焚烧，需用行车抓斗（吊车）进行不停的撒布和翻混。垃圾坑中经过均质化处理的垃圾，按负荷量要求送入炉排炉焚烧。焚烧炉燃烧空气由鼓风机从垃圾储坑上部抽引过来，作为一次风送入炉膛，二次风则从焚烧炉间就地抽取。在焚烧炉正常运行时，垃圾经干燥、燃烧、燃烬、冷却四个阶段后完成焚烧，产生的热量通过锅炉受热面吸收，并经过热器后产生中温超高压过热蒸汽送往汽轮发电机组发电。

主要生产设施分为生活垃圾卸料平台、垃圾仓、焚烧炉、汽轮发电系统、烟气净化系统、渗滤液处理系统、灰渣飞灰收集系统以及公用系统等。主要生产过程见图 3-1。

3.2.2 废气产排污环节

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。其中焚烧炉产生的焚烧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、不完全燃烧产物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 3-5。

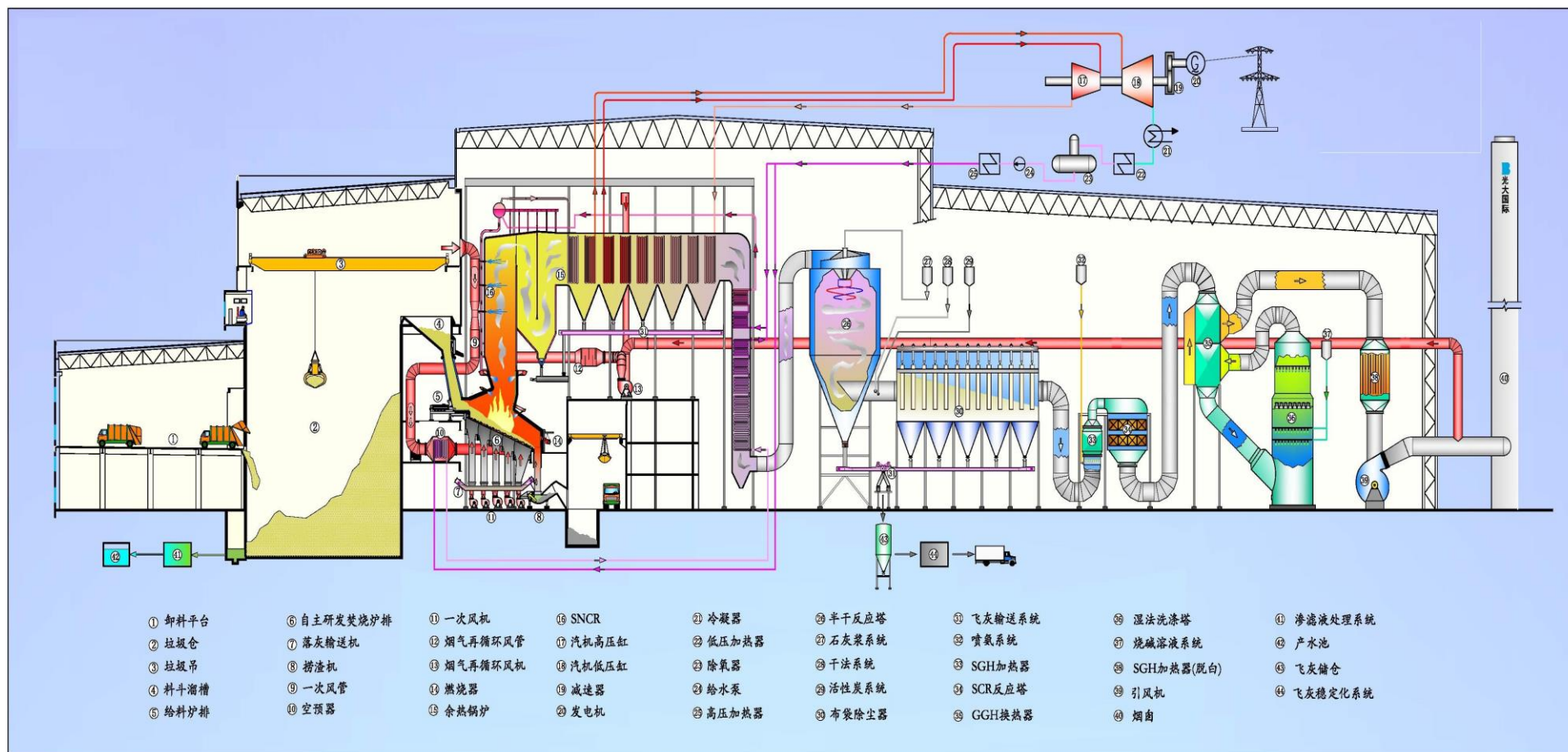


图 3-1 生活垃圾焚烧发电行业工艺流程及烟气净化示意图²

² 引自《天津生活垃圾焚烧大气污染物排放标准编制说明》，2021 年。

表 3-5 生活垃圾焚烧厂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，汞及其化合物，镉、铊及其化合物，锑、砷、铅、铬、钴、铜、锰、镍及其化合物，二噁英类
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、氨气
	飞灰固化物贮存车间			氨气
	炉渣库			颗粒物
	危废暂存间			硫化氢、氨、臭气浓度
装卸贮存预处理单元	生活垃圾运输通道	运输	有组织/无组织	硫化氢、氨、臭气浓度
	卸料大厅	装卸、贮存		硫化氢、氨、臭气浓度
	贮存预处理车间	贮存、预处理		颗粒物、硫化氢、氨、臭气浓度
	脱硝剂储罐	装卸、贮存		氨
	燃油储罐	装卸、贮存		非甲烷总烃
	污泥库	装卸、贮存		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	有组织/无组织	硫化氢、氨、臭气浓度

3.3 大气污染治理技术介绍

生活垃圾焚烧烟气系统由除尘、脱酸、除二噁英类和重金属等各独立单元优化组合而成。

3.3.1 颗粒物控制技术

经过烟气脱酸工艺后还含有大量的细小颗粒，需要通过除尘设备加以去除。垃圾焚烧厂一般采用静电除尘器和袋式除尘器两种方式。

(1) 静电除尘器

静电除尘器是在高压电场的作用下，使粉尘带电被吸附从而实现气固相分离。静电除尘器除尘效率较高，具有脱除重金属化合物效果好、可以在高温下使用等优点，但对于粒径在 $1.0\mu\text{m}$ 以下颗粒物的捕集效率却不如袋式过滤器，同时一次性投资较大，占地面积也大，所以在垃圾焚烧烟气处理工艺中使用并不经济。经过脱酸系统后的烟气在经过静电除尘器时，本来已经被高温破坏分解的二噁英会经静电除尘器极板的催化，重新生成二噁英类物质，即发生所谓的“再合成现象”，因此在生活垃圾焚烧电厂的粉尘捕集设施不适用静电除尘器。

(2) 袋式除尘器

袋式除尘器的工作原理是当含尘烟气通过过滤器时，烟气中的微小颗粒被滤料形成的滤层和滤袋上形成的粉尘层捕集而拦截下来，从而达到气固分离。“半干法+袋式过滤器”的组合工艺目前在垃圾焚烧的烟气处理上使用最广，袋式过滤器在捕集粒径在 $0.1\sim 1.0\mu\text{m}$ 的细小颗粒物时的效果要好于静电除尘器，而且袋式过滤器通常安装在干法或半干法脱酸系统后，进入过滤器的烟气温度已低于 200°C ，不存在二噁英的再合成现象。

袋式除尘器最大的缺点是对滤袋材质的质量要求较高，滤袋受烟气温度、含水率和酸性气体的腐蚀等影响较大。如何选择合适的滤袋材质是决定袋式过滤器稳定高效运行的关键。目前随着 PTFE 滤料材质的开发和使用，可极大改善袋式过滤器的缺陷，由于其运行阻力小、透气过滤性好等优点，有些老装置在改造时选用 PTFE 替代原先的滤料后，大大提高了颗粒物的拦截效果。

3.3.2 酸性气体控制技术

酸性气体主要包括二氧化硫和氯化氢。硫元素在垃圾中的存在十分广泛，而垃圾中氯元素的来源分为两类：一类是有机氯化物如聚氯乙烯塑料(PVC)、氯苯和氯酚等，主要分布在废塑料、废纸、废木料以及草木中；另一类是无机的氯化物如氯化钠、氯化镁等，主要分布在厨余、灰土等无机组分中。酸性气体通常采用碱性介质吸收法，工业上普遍采用的是 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 和 NaOH ，净化工艺有干法、半干法、湿法或上述方法联用。

1、干法脱酸工艺

一般使用碱性吸附剂以干基形式直接喷入位于省煤器与除尘装置之间的水平烟道内，或使吸附剂与酸性气体在干式反应塔内接触，吸附剂与酸性气体之间通过气固相接触并发生中和反应，来去除烟气中的酸性气体。干法工艺设备简单，投资较少。由于干法存在吸附剂与烟气接触面积小、反应时间短，因此干法脱酸效率低，一般为 30%~50%。一般喷入的吸附剂如消石灰会过量很多（钙酸比大于 3），因此会导致下游的除尘设备负荷增加。常规的干法脱酸工艺单独使用目前已经很难达到规定的排放要求，因此一般大型的生活垃圾焚烧厂已经很少单独采用该法。

2、半干法脱酸工艺

半干法脱酸工艺是目前应用最广泛的，国内大型垃圾焚烧厂大都采用该工艺。半干法工艺一般吸收剂也采用 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ，首先制成 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 浆液，然后由安装在半干式反应塔顶部的雾化器把吸收剂浆液喷入反应塔，雾化器的高速产生剪切作用，使浆液形成极小粒径的液滴，然后与烟气充分接触，通过液滴中的水分挥发来降低烟气的温度，同时提高烟气湿度。石灰浆液滴与酸性气体进行反应，生成中性盐类，得以去除酸性气体。

在半干法脱酸工艺中，一般反应塔安装在除尘装置（一般为袋式除尘器）的前面，以便能够捕集含有少量消石灰的烟气。同时，部分未反应的消石灰将附着于袋过滤器上，经过脱酸塔的烟气将会在袋过滤器上与吸附剂进一步反应，以提高脱酸效率。碱性吸附剂与烟气的进入接触方式包括顺流和逆流两种方式，各有优缺点，吸附剂都由塔顶进

入,烟气可选择由塔顶部或下部进入。反应塔的结构包括导流叶片、直径等的设计,主要考虑为反应提供足够的空间和反应时间,达到最佳的脱酸效率。

半干法的脱酸效率和吸附剂的利用率要大大高于干法,正常情况下对烟气中 HCl 的脱除效率可达 90%以上。半干法脱酸过程中也不产生废水,浆液中的水分主要用来冷却高温烟气,降低烟气温度,以提高反应效率。半干法工艺的操作温度一般在 $150\sim 170^{\circ}\text{C}$ 左右,高于烟气的露点温度,因此烟气经过除尘器后可直接排放。

3、湿法脱酸工艺

湿法脱酸工艺一般使用湿式洗涤塔,烟气中的 HCl 和 SO_2 等酸性气体在洗涤塔内与喷入的碱性吸收剂(一般为氢氧化钠溶液或消石灰溶液)接触并进行中和反应,以便脱除酸性气体。湿法工艺在欧美等发达国家应用较多,在工业装置上的运行数据证明,脱氯效率可达到 95%以上,脱硫效率也可达到 90%以上;同时湿式洗涤塔在去除酸性气体的同时能够有效的降低二噁英和重金属的浓度,因此湿法工艺具有高效全面脱除污染物的优点,是今后发展的重点。

湿法工艺中的湿式洗涤塔一般安装在袋式除尘器的后面,以避免高湿度饱和烟气中的颗粒物堵塞滤布。同时由于烟气先经过袋式除尘器,所以在除尘器前应安装降温塔,使从省煤器出来的高温烟气经过降温后进入除尘器,提高滤布的寿命。

湿法工艺最大的优点是对酸性气体去除的比较彻底,但也有一些不足之处,主要包括:将产生大量的高浓度的无机盐和重金属的废水,容易造成二次污染,增加污水处理的负荷和运行费用。经湿式洗涤塔后的烟气一般温度在 $60\sim 70^{\circ}\text{C}$ 左右,在烟气露点以下,需在系统中增加再加热器,提高烟气的温度后才能排放,否则烟囱出口会造成白烟现象。湿法工艺一次性投资额高,工艺路线复杂,运行费用也较高。干法、半干法、湿法脱酸各性能比较见表 3-6。

表 3-6 干法、半干法、湿法脱酸一览表

技术方法内容	干法	半干法	湿法
脱酸效率	一般（30~50%）	较高（80~90%）	高（90~95%）
技术成熟性	成熟	成熟	成熟
应用广泛性	较广泛	较广泛	一般
有无后序废水	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

根据 NO_x 的生成机理，控制技术主要包括两方面：一是通过对垃圾焚烧过程的控制，减少 NO_x 的生成；二是在后处理中，通过化学或物理的方法对已经生成的 NO_x 进行去除。

1、控制焚烧条件

通过控制焚烧条件，即燃烧温度、停留时间、较大的湍流度和过量的空气来减少氮氧化物的产生。要综合平衡各因素的影响，选择最佳的运行参数。譬如高温对去除二噁英有利，但会增加热力型 NO_x 的浓度，因此一般炉排炉焚烧系统炉温控制在 900°C ；在实际燃烧过程中还要控制一、二次空气的配风比例、控制燃烧过程的低含氧量等，来降低 NO_x 的生成。

2、后处理工艺

燃烧生成的 NO_x 主要是指 NO 和 NO_2 两种物质。大量的研究结果表明，燃烧生成的 NO_x 可分为三类：燃料型、热力型、快速型。燃料型 NO_x 是指燃料中的氮在燃烧过程中经过一系列氧化还原反应生成的 NO 和 NO_2 ，由垃圾中的氮元素形成的燃料型氮氧化物约为 70%-80%；热力型 NO_x 源于在燃烧过程中空气中的 N_2 被氧化而成 NO_x ，占垃圾焚烧烟气氮氧化物生成量的 20~30%；快速型 NO_x 主要指碳氢燃料燃烧时所产生的烃与燃烧空气中的 N_2 分子发生反应，形成 CN 、 HCN ，继而氧化成 NO_x ，焚烧烟气中此类氮氧化物占比较少。

垃圾焚烧烟气中的 NO_x 以 NO_2 为主，目前烟气脱硝技术主要包

括炉内低 NO_x 燃烧、烟气再循环 (Flue Gas Recirculation, 简称 FGR)、选择性催化还原法 (Selective Catalytic Reduction, 简称 SCR)、选择性非催化还原法 (Selective Non-Catalytic Reduction, 简称 SNCR)、高分子脱硝工艺 (PNCR) 和协效还原法 (SER) 等, SCR、SNCR 和 PNCR 技术比较详见下表。

表 3-7 生活垃圾焚烧烟气常见脱硝技术一览表

技术方法内容	SCR	SNCR	PNCR
还原剂	氨或尿素	氨或尿素	固态高分子脱硝剂
反应温度	低温: 160~210℃ 中温: 210~250℃ 高温: 250~450℃	尿素: 900~1100℃ 氨水溶液: 850~1050℃	850~1050℃
脱硝效率	70~90%	40~60%	60~80%
催化剂	使用催化剂, 成分主要为 TiO_2 、 V_2O_5	不使用催化剂	不使用催化剂
反应剂喷射位置	SCR 反应器	通常炉膛内喷射	高温炉膛或烟道
NH_3 逃逸	较低	较高	较高
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 的氧化起催化作用, SO_2 氧化率较高, 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, 造成堵塞或腐蚀的机会为三者最低
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)	小 (适合受场地限制的提标改造)
安全性	液氨法有安全隐患	氨水有隐患	脱硝剂为固体粉末状, 运输、储存安全

技术方法 内容	SCR	SNCR	PNCR
风机要求	平衡通风或强制通风锅炉需要更大的 FD/ID 风机	无	无
环保性	中和氨气会产生废氨水	氨水气味	无
现有基础上改造	工程复杂，附加转向叶片、混合器、导流板、氨喷射格栅以及液氨处理系统吹灰器等。工期较长，约 2-3 个月	工程相对简单，喷射器安装 MNL 支撑和滑道、温度监视。安装周期约 30 天	工程相对简单，安装周期约 30 天
工程造价	1200-1500 万元/条生产线	140 万元/条生产线	250~350 万元/条生产线
运行费用	50~60 元/吨垃圾	2-3 元/吨垃圾	10-15 元/吨垃圾

(1) 炉内低 NO_x 燃烧

炉内低 NO_x 燃烧方法是通过降低燃烧温度、较少过量空气系数、缩短烟气在高温区的停留时间来达到控制 NO_x 的目的。此种方法脱硝效率相对较低，但仍是垃圾焚烧厂降低 NO_x 的措施之一。

(2) FGR 脱硝技术

烟气再循环 (Flue Gas Recirculation, 简称 FGR) 技术是利用再循环风机抽取焚烧炉尾部烟道中一部分低温烟气 (烟温约 150-180℃), 回流至垃圾焚烧炉, 在焚烧炉炉排上部形成湍流区, 从而改善炉膛烟气混合情况, 实现对燃烧温度和氮氧化物浓度的控制, 降低峰值火焰温度及反应过剩空气量, 提高锅炉出力, 形成炉内贫氧燃烧区抑制 NO_x 生成的脱硝技术。生活垃圾焚烧时产生的 NO_x 通常为 300~500 mg/m³, 其中约 90% 为 NO₂, 且以燃料型 NO_x 为主。燃料型 NO_x 主要在氧化性气氛下大量产生, 因而降低燃烧时的氧含量, 可以抑制燃料型 NO_x 的生成。烟气再循环系统是通过向炉内注入烟气, 降低局部区域的含氧量, 从而抑制燃料型氮氧化物的形成。

烟气再循环技术是一般再循环烟气回流率 20~30%, 排烟中 NO_x 降低 5~15%。

(3) SNCR 脱硝技术

选择性非催化还原 (Selective Non-Catalytic Reduction, 简称 SNCR) 技术是一种炉内脱硝技术。脱硝原理是在不需要催化剂的情

况下，将氨基还原剂（氨水或尿素）喷入温度为 850~1100℃的烟气中，还原剂有选择性地与烟气中的 NO_x 发生化学反应，将 NO_x 还原成 N_2 和 H_2O 的方法。SNCR 技术不需要催化剂，运行成本较经济，配置较简单，目前关中地区生活垃圾焚烧厂均使用 SNCR 技术。但该系统设计脱硝效率较低，一般为 40~60%。此外没有完全反应的氨会随烟气逃逸到大气当中，产生氨逃逸问题。

（4）SCR 脱硝技术

选择性催化还原（Selective Catalytic Reduction，简称 SCR）技术是一种后燃烧控制技术。脱硝原理是在催化剂的作用下，还原剂在一定温度下与烟气中的 NO_x 发生反应，生成 N_2 和 H_2O 的脱硝方法。

SCR 系统催化剂一般为钒钛催化剂，还原剂为氨水或尿素，温度一般控制为 160~450℃（当温度低于 300℃时，需使用低温或中温催化剂；当温度高于 450℃时，氨会被分解）。此种方法常见布置有两种：一种是中温布置、一种是低温布置。中温布置：催化剂反应温度 230℃左右；烟气处理流程为“除尘器+烟气换热器（GGH）+蒸汽-烟气换热器（SGH）+SCR 反应器+烟气换热器（GGH）+引风机”。低温布置：催化剂反应温度 180℃左右，烟气处理流程为“除尘器+蒸汽-烟气换热器（SGH）+SCR 反应器+引风机”，低温布置一般设有催化剂热解析系统。我国部分垃圾焚烧企业将 SCR 反应器布置在湿法脱酸之后，脱硝反应器前设有烟气换热器（GGH1）+烟气换热器（GGH2）+蒸汽-烟气换热器（SGH）。

一般来说，对于新催化剂，氨逃逸量很低。但是，随着催化剂失活或者表面被飞灰覆盖或堵塞，氨逃逸量就会增加，为了维持必要的 NO_x 脱除率，就必须增加反应器中 NH_3/NO_x 摩尔比。SCR 系统设备投资较高、占地较大，运行维护成本较高，但该系统脱硝效率可达 70%~90%，原料消耗相对较低，氨逃逸率较低，目前国内外垃圾焚烧厂也常用采用此法控制 NO_x 的排放。

（5）PNCR 脱硝技术

固态高分子材料脱硝工艺（PNCR）是指无催化剂的条件下，在适合脱硝反应的“温度窗口”内喷入高分子还原剂（高分子活性物 CnHmNs ）将烟气中的氮氧化物有选择性的还原为无毒无污染的氮

气、二氧化碳和水。反应温度对 PNCR 反应中 NO_x 的脱除率有重要影响，最佳温度为 $850\sim 1050^\circ\text{C}$ 。如果温度太低，会导致 CnHmNs 未激活，反应不完全；随着温度升高，高分子脱硝剂分子活性被激活，化学反应速率明显加快，在 $850\sim 900^\circ\text{C}$ 间， NO_x 的消减率达到最大；然而随着温度的继续升高，超过 950°C 后，CnHmNs 被直接分解，脱硝率反而下降，粉末状/半颗粒状脱硝剂极易堵塞，系统无法长期稳定运行。

高分子脱硝剂是整个 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。PNCR 系统不使用催化剂，占地面积较小，建设周期较短，设备投资及运行维护成本较低，该系统脱硝效率一般为 $60\sim 80\%$ 。

(6) SER 脱硝技术

协效还原脱硝法 (SER) 技术是采用特定脱硝剂 (由高分子分散剂、催化剂、高分子助剂、改性尿素组成，高分子分散剂将增效剂均匀分散在尿素中，提高反应活性)，用气力输送装置把粉末状脱硝剂直接送入炉膛是在炉内适当位置喷入脱硝剂颗粒，使脱硝剂与烟气充分混合反应，从而达到脱硝目的。与 NO_x 气体反应温度区间 $750\sim 950^\circ\text{C}$ (最佳温度 900°C)。脱硝剂成分既含有采用尿素等含低化合价的氨源作为还原剂的改性氨，也含有催化性成份，催化剂能够有效地提高氨与 NO_x 的转化速度和程度，反应后主要产物： N_2 、 H_2O 、 CO_2 。最高脱硝效率不低于 85% ，脱硝剂在 50 kPa 压强下不成团、不形成结块。该方法目前还处于新技术推广应用阶段。

3.3.4 一氧化碳控制技术

炉膛燃烧温度 (Temperature)、混合湍流度 (Turbulence)、气体停留时间 (Time) 及过剩空气率 (Excessoxygen) 合称为生活垃圾焚烧炉的四大控制参数 (一般称为“3T+E”)。一氧化碳的排放浓度与焚烧炉运行情况有关，目前通常采用“3T+E”燃烧控制技法对一氧化碳进行控制。要求在焚烧过程中通过炉排的运动对垃圾进行充分的翻动和混合，避免局部的缺氧造成一氧化碳的生成；在炉膛内喷入适量的二次空气与烟气混合，使一氧化碳进一步氧化。

3.3.5 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。气化温度较高的重金属及其化合物在烟气处理系统降温过程中凝结成粒状物质，然后被除尘设备收集去除；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。

目前生活垃圾焚烧厂通常采用“活性炭喷射+袋式除尘器”来控制烟气中重金属物质的排放，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》（HJ 1039-2019）中的可行技术。

3.3.6 二噁英类控制技术

一般通过“3T+E”燃烧控制+活性炭喷射+袋式除尘器的方式，对二噁英类排放进行有效控制。

（1）“3T+E”燃烧控制。通过维持炉内高温、延长气体在高温区的停留时间、加强炉内垃圾湍动，促进空气与烟气的扩散、混合来合理组织焚烧炉内的燃烧。要求炉内温度保持在 $850^{\circ}\text{C}\sim 950^{\circ}\text{C}$ ，烟气在超过 850°C 温度下停留时间大于 2s，在垃圾充分燃烧的同时，使含二噁英类的未燃气体完全燃烧，从而把二噁英的生成抑制到最低水平。

（2）除尘器。袋式除尘器对固体颗粒具有高效的拦截效果，可以拦截烟气中固相的二噁英，去除率可达 90% 以上。

（3）活性炭喷射吸附去除。在袋式除尘器的前面烟气中喷射少量活性炭，能够更为高效率地吸附二噁英类。

3.4 垃圾焚烧大气污染物排放现状

关中地区目前已建成 13 家垃圾焚烧企业，其中西安白鹿原益恒环境能源有限公司、蒲城天楹环保能源有限公司和渭南产投三峰环保能源有限公司尚未完成竣工环境保护验收，故为掌握关中地区生活垃

圾焚烧发电厂的大气污染物排放水平，编制组收集整理了已完成验收的 10 家垃圾焚烧企业的在线监测数据、竣工验收数据和手工监测数据。

关中垃圾焚烧企业均安装了在线监测系统，在线监测项目为颗粒物、二氧化硫、氮氧化物、一氧化碳和氯化氢。编制组统计了 10 家企业的在线监测数据日均值和小时值，2022 年 7 月前投产的使用 2022 年 1-12 月在线监测数据，2022 年 7 月后投产的使用 2023 年 1-6 月在线监测数据。二噁英和重金属类的排放水平使用企业 2022 年的手工监测数据。

按照《生活垃圾焚烧污染控制标准》（GB 18485-2014）中各污染物的排放限值，关中地区已运行的垃圾焚烧企业均可稳定达标。各项污染物具体排放情况如下：

3.4.1 颗粒物

编制组共收集到关中地区生活垃圾焚烧发电厂的颗粒物有效数据情况为：159947 个 1 小时均值和 5987 个 24 小时均值。颗粒物 24 小时均值的整体分布情况见图 3-2，1 小时值和 24 小时值在各浓度区间的占比见表 3-8 和表 3-9。

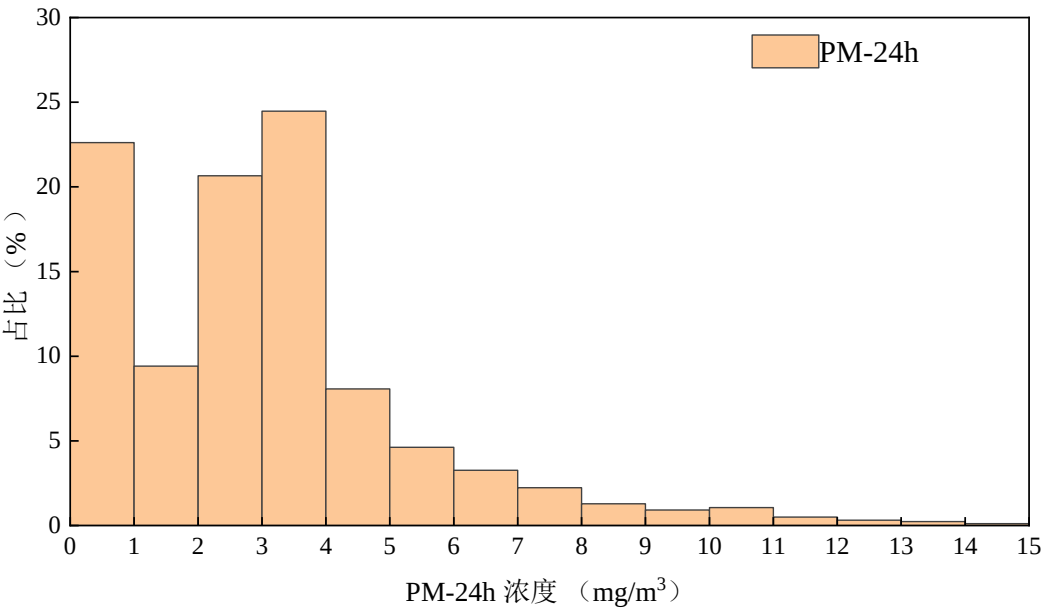


图 3-2 颗粒物 24 小时均值在线监测数据分布情况

如图 3-2 所示，颗粒物的浓度主要集中在 0~5 mg/m³ 之间，合计占比达到 85%。

表 3-8 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/m^3)	有效数据量 (个)	占比 (%)		
$c \leq 1$	42774	93.6	96.0	98.2
$1 < c \leq 8$	107035			
$8 < c \leq 10$	3675			
$10 < c \leq 20$	3657			
$20 < c$	2806			
合计	159947			

如表 3-8 所示，颗粒物 1 小时均值小于 $8 \text{ mg}/\text{m}^3$ 的有 149809 个数据，占比 93.6%；排放浓度小于 $10 \text{ mg}/\text{m}^3$ 的有 153484 个数据，占比 96.0%；排放浓度小于 $20 \text{ mg}/\text{m}^3$ 的有 157141 个数据，占比 98.2%。

表 3-9 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/m^3)	有效数据量 (个)	占比 (%)		
$c \leq 1$	1378	94.0	96.0	98.1
$1 < c \leq 8$	4252			
$8 < c \leq 10$	120			
$10 < c \leq 20$	126			
$20 < c$	111			
合计	5987			

如表 3-9 所示，颗粒物 24 小时均值小于 $8 \text{ mg}/\text{m}^3$ 的有 5630 个数据，占比 94.0%；排放浓度小于 $10 \text{ mg}/\text{m}^3$ 的有 5750 个数据，占比 96.0%；排放浓度小于 $20 \text{ mg}/\text{m}^3$ 的有 5876 个数据，占比 98.1%。

3.4.2 二氧化硫

编制组共收集到关中地区生活垃圾焚烧发电厂的二氧化硫有效数据情况为：156345 个 1 小时均值和 5834 个 24 小时均值。二氧化硫 24 小时均值的整体分布情况见图 3-3，1 小时值和 24 小时值在各浓度区间的占比见表 3-10 和表 3-11。

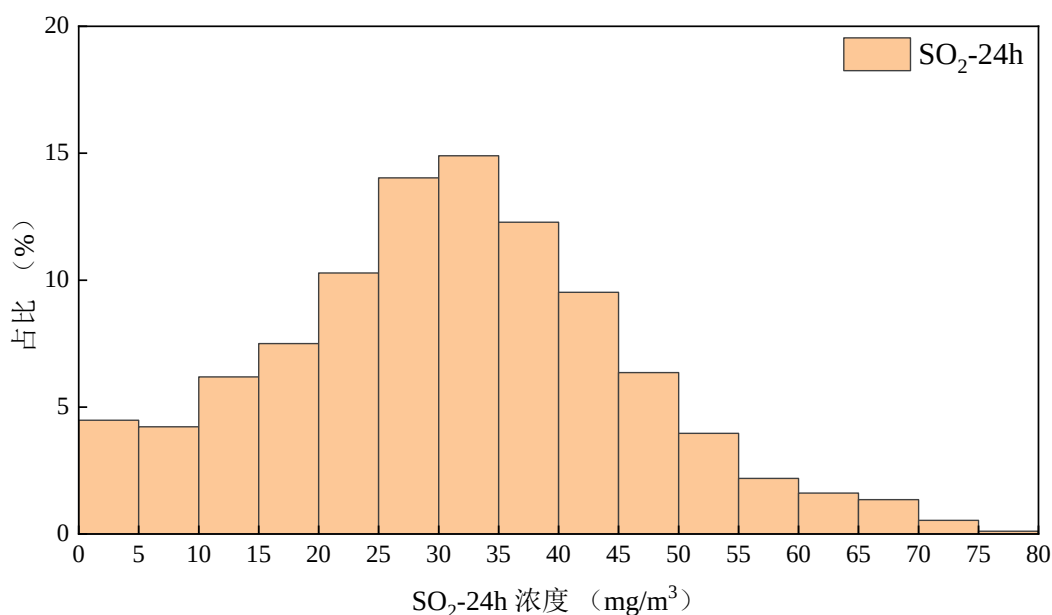


图 3-3 二氧化硫 24 小时均值在线监测数据分布情况

如图 3-3 所示，二氧化硫的浓度主要集中在 15~50 mg/m³ 之间，合计占比达到 75%。

表 3-10 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/m ³)	有效数据量 (个)	占比 (%)			
$c \leq 20$	45930	29.4	72.7	94.2	99.2
$20 < c \leq 40$	67661				
$40 < c \leq 60$	33637				
$60 < c \leq 80$	7922				
$80 < c \leq 100$	816				
$100 < c$	379				
合计	156345				

如表 3-10 所示，二氧化硫 1 小时均值小于 20 mg/m³ 的有 45930 个数据，占比 29.4%；小于 40 mg/m³ 的有 113591 个数据，占比 72.7%；小于 60 mg/m³ 的有 147228 个数据，占比 94.2%；小于 100 mg/m³ 的有 155966 个数据，占比 99.2%。

表 3-11 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/m^3)	有效数据量 (个)	占比 (%)				
$c \leq 20$	1221	20.9	45.6	75.1	95.9	99.5
$20 < c \leq 30$	1437					
$30 < c \leq 40$	1723					
$40 < c \leq 60$	1211					
$60 < c \leq 80$	197					
$80 < c \leq 100$	15					
$100 < c$	30					
合计	5834					

如表 3-11 所示，二氧化硫 24 小时均值小于 $20 \text{ mg}/\text{m}^3$ 的有 1221 个数据，占比 20.9%；小于 $30 \text{ mg}/\text{m}^3$ 的有 2658 个数据，占比 45.6%；小于 $40 \text{ mg}/\text{m}^3$ 的有 4381 个数据，占比 75.1%；小于 $60 \text{ mg}/\text{m}^3$ 的有 5592 个数据，占比 95.9%；小于 $100 \text{ mg}/\text{m}^3$ 的有 5804 个数据，占比 99.5%。

3.4.3 氮氧化物

编制组共收集到关中地区生活垃圾焚烧发电厂的氮氧化物有效数据情况为：159973 个 1 小时均值和 5991 个 24 小时均值。氮氧化物 24 小时均值的整体分布情况见图 3-4，1 小时值和 24 小时值在各浓度区间的占比见表 3-12 和表 3-13。

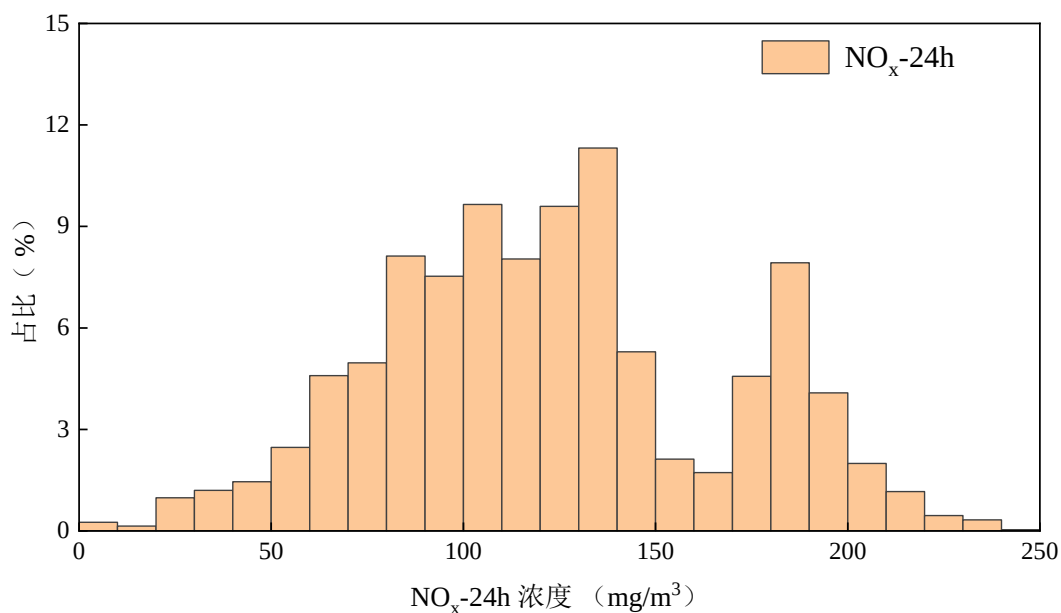


图 3-4 氮氧化物 24 小时均值在线监测数据分布情况

如图 3-4 所示，氮氧化物的浓度主要集中在 60~150 mg/m³ 和 170~200 mg/m³ 两个区间，占比分别为 70%和 17%。出现高值区的原因是：目前除西安市以外的关中其他地区均执行国家标准（250 mg/m³），由于标准限值较为宽松，企业达标率较高，排放浓度偏高。

表 3-12 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 ³)	有效数据量 (个)	占比（%）					
c≤50	17260	26.6	42.9	58.6	75.6	95.4	
50<c≤80	25229						
80<c≤100	26099						
100<c≤120	25186						
120<c≤150	27108						
150<c≤200	31749						
200<c	7342						
合计	159973						

如表 3-12 所示，氮氧化物 1 小时均值小于 80 mg/m³ 的有 42489 个数据，占比 26.6%；小于 100 mg/m³ 的有 68588 个数据，占比 42.9%；小于 120 mg/m³ 的有 93774 个数据，占比 58.6%；小于 150 mg/m³ 的有 120882 个数据，占比 75.6%；小于 200 mg/m³ 的有 152631 个数据，

占比 95.4%。

表 3-13 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 ³)	有效数据量 (个)	占比 (%)					
c≤50	265	19.1	36.0	52.7	76.8	95.6	
50<c≤80	878						
80<c≤100	1015						
100<c≤120	997						
12<c≤150	1445						
150<c≤200	1126						
200<c	265						
合计	5991						

如表 3-13 所示，氮氧化物 24 小时均值小于 $80 \text{ mg}/\text{m}^3$ 的有 1143 个数据，占比 19.1%；小于 $100 \text{ mg}/\text{m}^3$ 的有 2158 个数据，占比 36.0%；小于 $120 \text{ mg}/\text{m}^3$ 的有 3155 个数据，占比 52.7%；小于 $150 \text{ mg}/\text{m}^3$ 的有 4600 个数据，占比 76.8%；小于 $200 \text{ mg}/\text{m}^3$ 的有 5726 个数据，占比 95.6%。

3.4.4 一氧化碳

编制组共收集到关中地区生活垃圾焚烧发电厂的一氧化碳有效数据情况为：153194 个 1 小时均值和 5989 个 24 小时均值。一氧化碳 24 小时均值的整体分布情况见图 3-5，1 小时值和 24 小时值在各浓度区间的占比见表 3-14 和表 3-15。

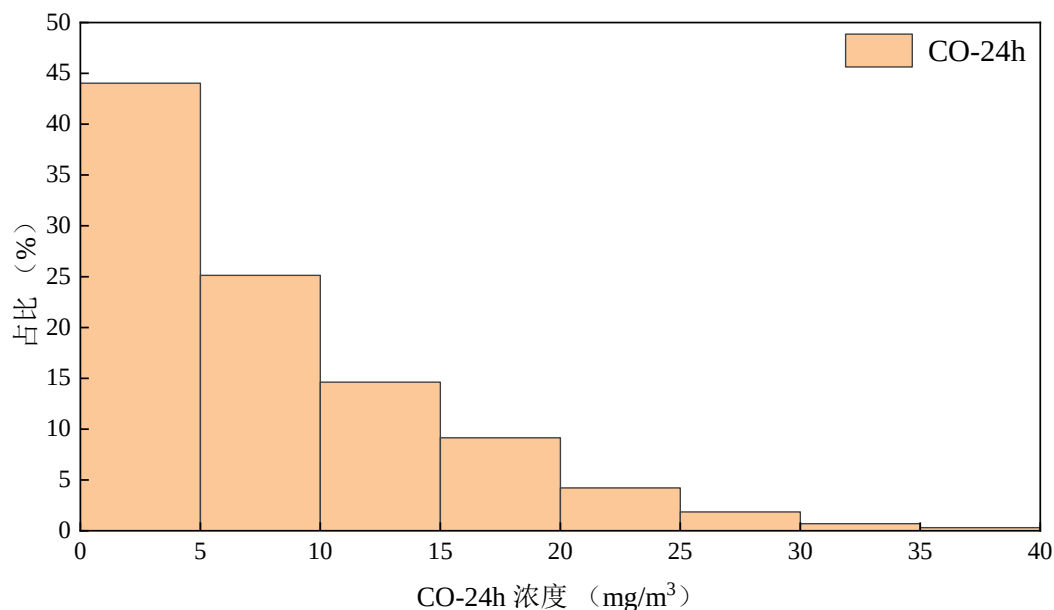


图 3-5 一氧化碳 24 小时均值在线监测数据分布情况

如图 3-5 所示，一氧化碳的浓度主要集中在 0~15 mg/m³ 之间，合计占比达到 84%。

表 3-14 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/m ³)	有效数据量 (个)	占比 (%)			
c≤10	116641	88.0	93.9	98.5	99.7
10<c≤20	18161				
20<c≤30	9041				
30<c≤50	7091				
50<c≤80	1739				
80<c	521				
合计	153194				

如表 3-14 所示，一氧化碳 1 小时均值小于 20 mg/m³ 的有 134802 个数据，占比 88.0%；小于 30 mg/m³ 的有 143843 个数据，占比 93.9%；小于 50 mg/m³ 的有 150934 个数据，占比 98.5%；小于 80 mg/m³ 的有 152673 个数据，占比 99.7%。

表 3-15 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)	有效数据量 (个)	占比 (%)			
c≤10	4212	92.5	98.1	99.3	99.8
10<c≤20	1327				
20<c≤30	334				
30<c≤50	77				
50<c≤80	27				
80<c	12				
合计	5989				

如表 3-15 所示，一氧化碳 24 小时均值小于 $20 \text{ mg}/\text{m}^3$ 的有 5539 个数据，占比 92.5%；小于 $30 \text{ mg}/\text{m}^3$ 的有 5873 个数据，占比 98.1%；小于 $50 \text{ mg}/\text{m}^3$ 的有 5950 个数据，占比 99.3%；小于 $80 \text{ mg}/\text{m}^3$ 的有 5977 个数据，占比 99.8%。

3.4.5 氯化氢

编制组共收集到关中地区生活垃圾焚烧发电厂的氯化氢有效数据情况为：159922 个 1 小时均值和 5374 个 24 小时均值。氯化氢 24 小时均值的整体分布情况见图 3-6，1 小时值和 24 小时值在各浓度区间的占比见表 3-16 和表 3-17。

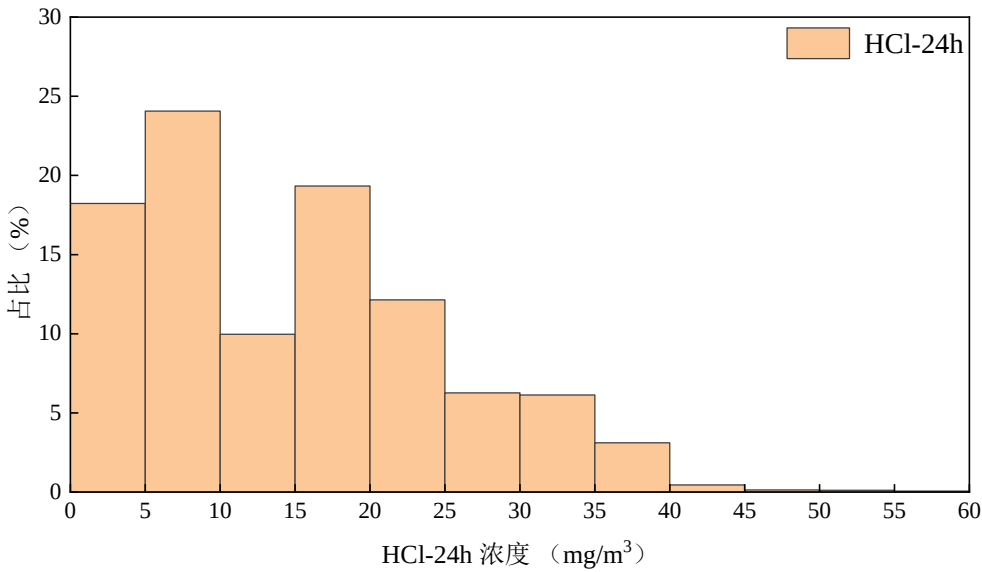


图 3-6 氯化氢 24 小时均值在线监测数据分布情况

如图 3-6 所示，氯化氢的浓度主要集中在 0~25 mg/m³ 之间，合计占比达到 83%。

表 3-16 氯化氢 1 小时均值在线监测数据分布情况

排放浓度范围 (mg/m ³)	有效数据量 (个)	占比 (%)			
c≤5	44160	48.9	74.6	89.8	99.6
5<c≤8	23055				
8<c≤10	10937				
10<c≤20	41152				
20<c≤30	24295				
30<c≤50	15763				
50<c	560				
合计	159922				

如表 3-16 所示，氯化氢 1 小时均值小于 10 mg/m³ 的有 78152 个数据，占比 48.6%；小于 20 mg/m³ 的有 119304 个数据，占比 74.6%；小于 30 mg/m³ 的有 143599 个数据，占比 89.8%；小于 50 mg/m³ 的有 159362 个数据，占比 99.6%。

表 3-17 氯化氢 24 小时均值在线监测数据分布情况

排放浓度范围 (mg/m ³)	有效数据量 (个)	占比 (%)			
c≤5	44160	42.6	71.7	89.9	99.6
5<c≤8	23055				
8<c≤10	10937				
10<c≤20	41152				
20<c≤30	24295				
30<c≤50	15763				
50<c	560				
合计	159922				

如表 3-17 所示，氯化氢 24 小时均值小于 10 mg/m³ 的有 2290 个数据，占比 42.6%；小于 20 mg/m³ 的有 3855 个数据，占比 71.7%；小于 30 mg/m³ 的有 4832 个数据，占比 89.9%；小于 50 mg/m³ 的有 5353 个数据，占比 99.6%。

3.4.6 重金属类

根据关中地区生活垃圾焚烧发电企业重金属类自行监测数据，统计分析现有企业各类重金属的排放情况，见表 3-18、表 3-19、表 3-20。

(1) 汞及其化合物

表 3-18 汞及其化合物排放分布情况

排放浓度范围 (mg/m^3)	有效数据量 (个)	占比 (%)		
$c \leq 0.01$	194	89.0%	96.8%	99.5%
$0.01 < c \leq 0.02$	17			
$0.02 < c \leq 0.05$	6			
$c > 0.05$	1			
合计	218			

本次共收集 218 个汞及其化合物有效监测数据，最大值为 $0.5217 \text{ mg}/\text{m}^3$ 。其中，浓度小于 $0.01 \text{ mg}/\text{m}^3$ 的有 194 个数据，占全部数据的 89.0%；小于 $0.02 \text{ mg}/\text{m}^3$ 的有 211 个数据，占全部数据的 96.8%；小于 $0.05 \text{ mg}/\text{m}^3$ 的有 217 个数据，占全部数据的 99.5%。

(2) 镉、铊及其化合物

表 3-19 镉、铊及其化合物排放分布情况

排放浓度范围 (mg/m^3)	有效数据量 (个)	占比 (%)		
$c \leq 0.02$	212	97.2%	98.6%	98.6%
$0.02 < c \leq 0.04$	3			
$0.04 < c \leq 0.05$	0			
$c > 0.05$	3			
合计	218			

本次共收集 218 个镉、铊及其化合物有效监测数据，最大值为 $0.451 \text{ mg}/\text{m}^3$ 。其中，浓度小于 $0.02 \text{ mg}/\text{m}^3$ 的有 212 个数据，占全部数据的 97.2%；小于 $0.04 \text{ mg}/\text{m}^3$ 的有 215 个数据，占全部数据的 98.6%；小于 $0.05 \text{ mg}/\text{m}^3$ 的有 215 个数据，占全部数据的 98.6%。

(3) 锑、砷、铅、铬、钴、铜、锰、镍及其化合物

表 3-20 锑、砷、铅、铬、钴、铜、锰、镍及其化合物排放分布情况

排放浓度范围 (mg/m^3)	有效数据量 (个)	占比 (%)		
$c \leq 0.2$	213	97.7%	99.5%	99.5%
$0.2 < c \leq 0.4$	4			
$0.4 < c \leq 0.5$	0			
$c > 0.5$	1			
合计	218			

本次共收集 218 个锑、砷、铅、铬、钴、铜、锰、镍及其化合物有效监测数据，最大值为 $4.89 \text{ mg}/\text{m}^3$ 。其中，浓度小于 $0.2 \text{ mg}/\text{m}^3$ 的有 213 个数据，占全部数据的 97.7%；小于 $0.4 \text{ mg}/\text{m}^3$ 的有 217 个数据，占全部数据的 99.5%；小于 $0.5 \text{ mg}/\text{m}^3$ 的有 217 个数据，占全部数据的 99.5%。

3.4.7 二噁英

根据关中地区生活垃圾焚烧企业二噁英类自行监测数据，统计分析二噁英类的排放情况见表 3-21。

表 3-21 二噁英类监测数据排放分布情况统计分析

排放浓度范围 (ngTEQ/m^3)	有效数据量 (个)	占比 (%)		
$c \leq 0.03$	32	88.9	99.4	100
$0.03 < c \leq 0.05$	2			
$0.05 < c \leq 0.1$	2			
$0.1 < c$	0			
合计	36			

本次共收集 36 个二噁英类有效监测数据，最大值为 $0.05533 \text{ ngTEQ}/\text{m}^3$ 。其中，浓度小于 $0.03 \text{ ngTEQ}/\text{m}^3$ 的有 32 个数据，占全部数据的 88.9%；小于 $0.05 \text{ ngTEQ}/\text{m}^3$ 的有 34 个数据，占全部数据的 99.4%；小于 $0.1 \text{ ngTEQ}/\text{m}^3$ 占全部数据的 100%。

3.4.8 氨

对光大环保能源（蓝田）有限公司 2023 年 4 月氨小时排放浓度

统计分析情况见表 3-22。

表 3-22 氨排放分布情况

排放浓度范围 (mg/m^3)	有效数据量 (个)	占比 (%)			
$c \leq 3$	10	1.9%	25.2%	60.2%	75.0%
$3 < c \leq 5$	123				
$5 < c \leq 8$	185				
$8 < c \leq 10$	78				
$c > 10$	132				
合计	528				

本次共收集 528 个氨排放有效监测数据。其中，浓度小于 $5 \text{ mg}/\text{m}^3$ 的有 133 个数据，占全部数据的 25.2%；小于 $8 \text{ mg}/\text{m}^3$ 的有 318 个数据，占全部数据的 60.2%；小于 $10 \text{ mg}/\text{m}^3$ 的有 396 个数据，占全部数据的 75.0%。

3.5 关中地区管理要求、政策贴补及存在困难

3.5.1 管理要求

进一步控制垃圾焚烧发电行业大气污染物排放，西安市城市管理和综合执法局于 2022 年 7 月 22 日印发了《关于西安市生活垃圾焚烧厂提标改造工作推进情况的函》，提出了西安市生活垃圾焚烧发电厂主要大气污染物排放限值的指导意见：即颗粒物 $8 \text{ mg}/\text{Nm}^3$ 、二氧化硫 $40 \text{ mg}/\text{Nm}^3$ 、氮氧化物 $120 \text{ mg}/\text{Nm}^3$ ，具体实施步骤为：高陵、鄠邑、西咸等 3 座生活垃圾焚烧发电厂从 2022 年 8 月 1 日起开始执行；灞桥生活垃圾焚烧发电厂自焚烧垃圾时（预计 2022 年 8 月底）开始执行；蓝田生活垃圾焚烧发电厂 2022 年 12 月底前启动相关提标改造工作，2023 年 6 月 30 日前完成相关提标改造工作，7 月 1 日起开始执行。目前，西安市 5 家企业均已按照指导意见中规定的排放浓度达标排放。

3.5.2 补贴政策情况

1、补贴政策

（1）电价补贴

国家发布多项文件进一步完善垃圾焚烧发电价格政策。

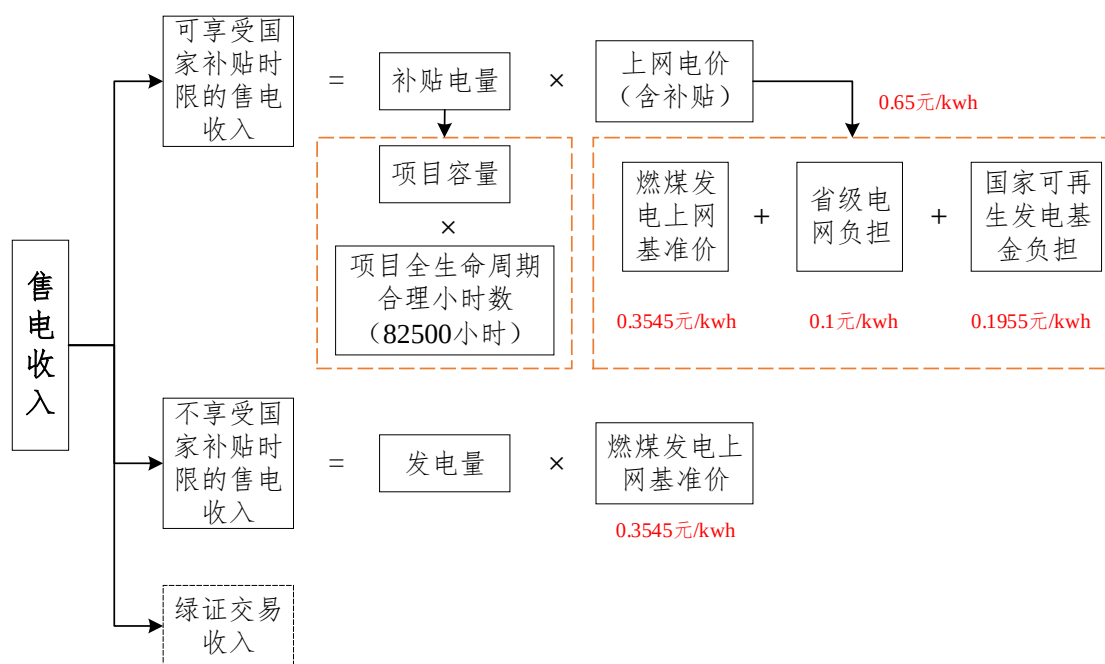
——《关于完善垃圾焚烧发电价格政策的通知》（发改价格〔2012〕801号）有关规定：以生活垃圾为原料的垃圾焚烧发电项目，均先按其入厂垃圾处理量折算成上网电量进行结算，每吨生活垃圾折算上网电量暂定为 280 千瓦时，并执行全国统一垃圾发电标杆电价每千瓦时 0.65 元（含税，下同）；其余上网电量执行当地同类燃煤发电机组上网电价。

——《关于促进非水可再生能源发电健康发展的若干意见》（财建〔2020〕4号）和《关于〈关于促进非水可再生能源发电健康发展的若干意见〉有关事项的补充通知》（财建〔2020〕426号）对电价补贴的规定：确定了垃圾发电项目“全生命周期合理利用小时数为 82500 小时”和“自并网之日起满 15 年后，不再享受中央财政补贴资金，只参与绿证交易”的国家补贴限制。

目前，生活垃圾焚烧厂售电收入为“可享受国家补贴时限的售电收入+不享受国家补贴时限的售电收入+绿证交易收入”，见图 3-6。

可享受国家补贴时限的售电收入为全生命周期内补贴总电量与上网电价的乘积，上网电价 0.65 元/千瓦时。上网电价包括各地燃煤发电上网基准价，河北、天津、海南、福建、山东、河南、江苏分别为 0.3644、0.3655、0.4298、0.3932、0.3949、0.3779、0.391 元/千瓦时，陕西为 0.3545 元/千瓦时，属于国内较低水平；省级电网负担 0.1 元/千瓦时；剩余部分由国家可再生发电基金负担。

不享受国家补贴时限的售电收入，上网电价执行各地燃煤发电上网基准价。



注：项目容量的单位是千瓦，假设一个项目的项目容量为 15000 千瓦，则全生命周期内补贴总电量=15000kw*82500h=12.375 亿千瓦时。项目容量按核准(备案)时确定的容量为准。如项目实际容量小于核准(备案)容量的，以实际容量为准。

图 3-7 生活垃圾焚烧发电企业售电收入构成

(2) 垃圾处理服务费

据了解，上海市和深圳市吨垃圾处理服务费一般为 100~250 元、北京市约为 150 元/吨、河北省为 70~160 元/吨、天津市为 70~95 元/吨、浙江省为 70~150 元、海南省为 75~90 元、福建省为 65~80 元、山东省为 60~100 元、黑龙江省约为 80 元，陕西省关中地区为 35~65 元，远低于其他省份。

2、税收政策

(1) “三免三减半”

根据《中华人民共和国企业所得税法实施条例》（国务院令 512 号）有关规定：垃圾焚烧企业自项目取得第一笔生产经营收入（包括试营业）所属纳税年度起，第一年至第三年免征企业所得税，第四年至第六年减半征收企业所得税。

(2) 增值税即征即退

根据《资源综合利用产品和劳务增值税优惠目录》（财税〔2015〕78 号）有关规定：垃圾焚烧企业按税法规定缴纳的税款，由税务机关在征税时按 70% 的退税率退还纳税人的税收优惠。

3.5.3 企业现状及困难

目前，关中地区生活垃圾焚烧厂普遍存在亏损现象，部分企业难以维持生存，主要原因如下：

1、垃圾源不足、垃圾热值低

关中地区所有生活垃圾焚烧厂的垃圾源均存在不同程度的不足，特别是渭南市三家县域垃圾焚烧厂，甚至发生了因垃圾源不够而自费跨区域抢垃圾现象。部分企业因原料不足而频繁停产，每次起炉还需额外投入成本购买助燃剂，造成了一定经济损失。此外，垃圾热值也存在明显区域差异，城市较高，县域较低，这对县域企业无疑是雪上加霜。

2、生产负荷低、上网电量少

由于入厂垃圾量不足，几乎所有垃圾焚烧厂均不能满负荷生产，生产负荷最低为 40%。企业的主要收入取决于上网电量，若长期低负荷生产，上网电量无法实现设计值，且部分发电量还要用于维持企业基本运行，势必造成上网电量的进一步减少，因此造成企业收入大幅降低。

3、垃圾补贴低、回款时间长

占垃圾焚烧发电厂收入 20%的垃圾处理服务费较低。同 3.5.2 章节中其他省市的垃圾处理服务费相比，关中地区生活垃圾处理收费仅为 35~65 元/吨，远低于上海、深圳和北京等经济发达地区，也不及河北、天津、海南、福建等地。入厂垃圾量不足，垃圾补贴发放不及时，都造成垃圾处理服务费减少。

4、基础电价低、补贴已退坡

陕西省基础电价仅为 0.3545 元/度，处于国内较低水平。在发电量不足、基础电价较低、国省两级对可再生能源发电补贴“退坡”政策与国补难以兑现四重困难的叠加下，企业利润不高，收益延迟。

以深圳市南山区垃圾焚烧发电厂二期工程为例，生活垃圾处理费用为 238 元/吨，远高于关中地区的 35-65 元/吨；吨垃圾发电量可达 560 千瓦时，上网电量可达 110 万千瓦时/日，高于关中地区的 20-68 万千瓦时/日；上网电价为 0.68 元/千瓦时，略高于关中地区的 0.65 元/千瓦时。关中地区生活垃圾焚烧发电企业在垃圾处理费、吨垃圾

发电量、上网电费三方面均与深圳市存在较大差距。

4 标准内容研究

4.1 适用范围

本标准规定了陕西省关中地区生活垃圾焚烧厂的运行要求、大气污染物排放限值、污染物监测、污染物达标判定和实施与监督。

本标准适用于关中地区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、排污许可管理、竣工环境保护验收及其投产后的大气污染物控制与监督管理。

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。

4.2 术语和定义

本标准中规定了焚烧炉、关中地区、烘炉、启炉、停炉、现有生活垃圾焚烧炉、新建生活垃圾焚烧炉等 7 个术语。GB 18485 界定的术语和定义适用于本标准，重复列出 GB 18485 中某些术语和定义，涉及表述不相同的，以本标准为准。

（1）关于术语中“关中地区”定义的说明

本标准在《关中地区重点行业大气污染物排放标准》（DB 61/941-2018）中“关中地区”定义的基础上进行了修改。

（2）关于术语中“烘炉、启炉、停炉”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、停炉进行定义。

4.3 运行要求

针对生活垃圾焚烧厂运行过程中可能出现的情况，本标准对以下内容进行规定：

4.1 条规定了焚烧炉在启炉、停炉以及运行过程中的工况控制应满足 GB 18485 的规定。焚烧炉每年启炉、停炉过程排放污染物的持续时间以及故障或事故排放污染物持续时间累计不应超过 60h。

4.2 条规定了焚烧炉在启炉、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,但在此期间内颗粒物浓度的 1 小时均值不得大于 150 mg/m^3 。

4.3 条规定了其他运行要求应符合 GB 18485、HJ 1039 等国家标准和相关技术规范的要求。

4.4 大气污染物排放限值

4.4.1 选择污染物项目

根据废气来源,结合生产过程中原辅用料、生产工艺、中间及最终产品类型,重点选择对 $\text{PM}_{2.5}$ 和臭氧贡献显著、本地毒性高以及周围人群关注度高的污染物,并综合考虑国标以及现有其他省市相关标准,从而确定污染物指标。

生活垃圾焚烧过程有组织废气主要包括焚烧炉原生废气和焚烧伴生废气两大类。

(1) 焚烧炉原生废气

生活垃圾焚烧炉产生的焚烧烟气是有组织废气的主要来源,含有颗粒物、酸性气体(氯化氢、二氧化硫、氟化氢等)、氮氧化物、重金属类污染物(汞及其化合物,铊、镉及其化合物,锑、砷、铅、铬、钴、铜、锰、镍及其化合物等)、有机类污染物(二噁英类、呋喃及其他有机污染物)以及不完全燃烧产物(一氧化碳)。

垃圾焚烧排放的颗粒物不仅包括烟尘,还包括脱硫脱硝过程中烟气雾滴中携带的未溶硫酸盐、亚硫酸盐以及未反应吸收剂等被滤膜过滤的颗粒物,使用湿法脱硫的还可能夹带石膏浆液等,化学成分复杂。这些颗粒物对人体的危害同其大小有关,其中细颗粒物影响尤为显著,是雾霾的主要组成部分,必须严格控制。二氧化硫和氮氧化物是我国废气总量减排控制的主要污染物,其中二氧化硫是 3 类致癌物,作为环境空气中气溶胶硫酸盐的重要来源之一,通过与大气颗粒物的协同作用,毒害人类呼吸系统;氮氧化物与其他污染物在一定条件下能产生光化学烟雾,是臭氧和细颗粒物等二次污染物的主要前体物,对大气复合污染具有严重影响。氯化氢作为生活垃圾焚烧中产生的主要酸性气体,是酸雨的重要来源,对土壤、水体、森林以及人文景观均会造成危害,必须严加管控。二噁英类属于持久性有机污染物,具

有致癌、致畸、致突变性，易在人类及动物体内积累且难以排除，易被土壤、矿物表面吸附，对生态环境和人体健康具有巨大危害，是生活垃圾焚烧废气中最“著名”的污染物。重金属污染具有长期性、累积性、潜伏性和不可逆等特点，对生态环境和群众健康造成严重威胁，在环保部印发的《重金属污染综合防治“十二五”规划》中将铅、汞、镉、铬和砷作为重点防控的污染物，同时还需兼顾镍、铜、锌、银、钒、锰、钴、铈、锑等其他污染物。一氧化碳作为燃烧过程中生成的重要污染物之一，既能表征焚烧的彻底程度，同时在二噁英监测手段复杂的情况下，也能间接反映二噁英的排放情况，必须纳入管控。

（2）焚烧伴生废气

以尿素、氨水、液氨或其他含氮物质作为还原剂去除烟气中氮氧化物的生活垃圾焚烧炉，还将产生氨逃逸。氨作为一种重要的前体污染物，易在空气中与其他气态污染物发生反应生成细颗粒物，产生严重的空气复合污染。

根据以上分析，并参照 GB 18485 和各地方标准，初步筛选出的有组织废气控制因子包括：颗粒物、二氧化硫、氮氧化物、氯化氢、一氧化碳、二噁英类、氨、汞及其化合物和镉、铈及其化合物以及锑、砷、铅、铬、钴、铜、锰、镍及其化合物。

4.4.2 排放限值确定方法

利用企业在线监测、日常手工监测及其他监督性监测数据，统计分析各污染物排放现状。借鉴国内外现有相关标准，从关中地区生活垃圾焚烧企业污染物处理工艺实际出发，在兼顾技术可达性、经济可行性，以及生态环境管理需求的基础上，最终确定标准限值。

（1）统计分析污染物排放现状。借鉴现有生活垃圾焚烧国内外相关标准中污染物的排放限值，合理划分污染物排放浓度区间，对关中地区生活垃圾焚烧企业监测数据开展达标情况分析，全面了解污染物排放现状。针对企业在线监测数据，依次划分颗粒物、氮氧化物、二氧化硫、一氧化碳、氯化氢等 5 个污染物指标的 1 小时均值、24 小时均值排放浓度区间；针对自行监测数据，依次划分二噁英类，汞及其化合物，镉、铈及其化合物以及锑、砷、铅、铬、钴、铜、锰、镍及其化合物等 4 个污染物指标的测定均值排放浓度区间，并分别统

计分析相应的监测数据量及其占比情况。

(2) 基于生态环境管理需求初步确定污染物排放限值可选范围。从各污染物的危害程度出发,围绕《陕西省大气污染防治专项行动方案(2023-2027年)》中关中地区生态环境管理需求,初步确定污染物排放限值可选范围。

(3) 基于技术可达性最终确定排放限值。分析焚烧烟气中各污染物的理论排放水平,并分别统计分析不同污染物处理工艺下,各污染物在上述污染物排放限值可选范围内不同浓度区间的达标率。在充分考虑技术可达性和经济可行性的基础上,最终确定污染物排放限值,并提出企业实现达标的实施建议。

4.4.3 确定排放限值

本标准在确定焚烧炉烟气中颗粒物、二氧化氯、氮氧化物、一氧化碳、氯化氢、重金属、二噁英和氨等污染物排放限值时,参照《生活垃圾焚烧污染控制标准》(GB 18485-2014)及修改单、《河北省生活垃圾焚烧大气污染控制标准》(DB 13/5325-2021)、《天津市生活垃圾焚烧大气污染物排放标准》(DB 12/1101—2021)、《海南省生活垃圾焚烧污染控制标准》(DB 46/484-2019)、《福建省生活垃圾焚烧发电氮氧化物排放限值》(DB 35/1976-2021)、《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》(DB 31/768-2013)以及未发布的《河南省生活垃圾焚烧大气污染物排放标准(征求意见稿)》、《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)》和《山东省生活垃圾焚烧大气污染物排放标准(征求意见稿)》中的污染物排放限值,见表 4-1。同时分析了陕西省关中地区现有垃圾焚烧厂污染物排放情况,并对焚烧烟气中各污染物的理论排放浓度进行了分析,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。

表 4-1 国内生活垃圾焚烧控制标准与本标准排放限值对比情况

污 染 物 ¹		国 标 GB18485- 2014	上 海 DB31/7 68-2013	深 圳 ZDB/Z 233-2017		海 南 DB46/4 84-2019	河 北 DB13/5 325-202 1	福 建 DB35/1 976-202 1	天 津 DB12/10 11-2021	江 苏 征 求 意 见 稿 (二)	山 东 征 求 意 见 稿	河 南 征 求 意 见 稿	监 测 数 据		本 标 准
				新 建 设 施	现 有 设 施								监 测 结 果	占 比 %	
标准实施时间		2014.7.1	2014.1.1	2017.3.1		19.12.15	2022.5.1	2021.6.1	2022.1.1	未发布	未发布	未发布			
现有企业执行时间		2016.1.1	2016.7.1	17.1.1	19.1.1	2024.1.1	2025.1.1	2022.1.1	2023.11.1						
颗 粒 物	1h 均值	30	10	10	30	10	10	/	10	10	10	10	≤ 10	96.0	10
													> 10	4.0	
	24h 均值	20	10	8	10	8	8	/	8	/	8	8	≤ 8	94.0	8
													> 8	6.0	
二 氧 化 硫	1h 均值	100	100	30	100	30	40	/	40	30	40	35	≤ 50	85.6	50
													> 50	14.4	
	24h 均值	80	50	30	50	20	20	/	20	/	30	30	≤ 40	75.1	40
													> 40	24.9	
氮 氧 化 物	1h 均值	300	250	80	200	150	150	200 ² 150 ³	150	80	150	150	≤ 150	75.6	150
													> 150	24.4	
	24h 均值	250	200	80	80	120	120	150 ² 120 ³	100	/	120	120	≤ 100	36.0	100
													> 100	64.0	
氯 化 氢	1h 均值	60	50	8	60	10	20	/	20	10	20	20	≤ 30	89.8	30
													> 30	10.2	
	24h 均值	50	10	8	10	8	10	/	10	/	10	10	≤ 20	71.7	20
													> 20	28.3	
一 氧 化 碳	1h 均值	100	100	50	100	50	100	/	100	50	100	50	≤ 50	98.5	50
													> 50	1.5	
	24h 均值	80	50	30	50	30	80	/	50	/	80	30	≤ 30	98.1	30
													> 30	1.9	
氨	1h 均值	/	/	/	/	/	8	/	8	8	8	8	≤ 8	60.2	8
													> 8	39.8	
汞及其化合物	测定均值	0.05	0.05	0.02	0.05	0.02	0.02	/	0.02	0.01	0.02	0.02	≤ 0.02	96.8	0.02
													> 0.02	3.2	
镉、铊及其化合物	测定均值	0.1	0.05	0.04	0.05	0.03	0.03	/	0.03	0.03	0.03	0.03	≤ 0.04	98.6	0.04
													> 0.04	1.4	
锑、砷、铅、铬、钴、铜、锰、镍及其化合物	测定均值	1.0	0.5	0.3	0.5	0.3	0.3	/	0.3	0.3	0.3	0.3	≤ 0.4	99.5	0.4
													> 0.4	0.5	
二噁英类(ngTEQ/Nm ³)	测定均值	0.1	0.1	0.05	0.05	0.05	0.1	/	0.1	0.05	0.1	0.1	≤ 0.1	100	0.1
													> 0.1	0	

注：1 排放限值（mg/Nm³），二噁英类除外；2 表示现有企业；3 表示新、改、扩建企业

4.4.4.1 颗粒物标准限值的确定

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

(1) 排放限值确定理论分析

编制组查阅相关文献、技术资料并参考其他地区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 $4000\sim 6000 \text{ mg/m}^3$ 。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》（CJJ 90-2009）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 $4\sim 6 \text{ mg/m}^3$ ，可达到本标准排放限值。

(2) 在线监测数据分析

关中地区生活垃圾焚烧厂均采用袋式除尘器除尘技术工艺。根据本说明 3.4.1 章节统计结果，颗粒物 24 小时均值低于 8 mg/m^3 的数据组占比为 94.0%；小时均值低于 10 mg/m^3 的数据组占比为 96.0%。由此可见，在袋式除尘器运行正常，及时维护、检修的前提下，现有除尘技术水平能够达到这一标准要求。

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

4.4.4.2 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 50 mg/m^3 ，24 小时均值限值为 40 mg/m^3 ；氯化氢小时均值为 30 mg/m^3 ，24 小时均值限值为 20 mg/m^3 。推荐的满足本标准限值的可行性技术为“优化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”。

(1) 排放限值确定理论分析

编制组查阅相关文献、技术资料并参考其他地区生活垃圾焚烧炉净化设施进口监测数据，确定焚烧烟气中二氧化硫初始浓度为 $200\sim 500 \text{ mg/m}^3$ ，焚烧烟气中氯化氢初始浓度为 $100\sim 600 \text{ mg/m}^3$ 。“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。

目前企业常用的“旋转喷雾半干法脱酸+干法脱酸”工艺，对二氧化硫和氯化氢的去除效率达 85%以上。还可通过提升管理水平、优化选择喷雾效果、适当加大袋式除尘气压差（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、加大脱酸剂喷射量以及在半干法脱酸塔上增加 NaOH 溶液喷射等措施，进一步提升去除效率至 90%以上。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。

（2）在线监测数据分析

关中地区已投运生活垃圾焚烧发电厂均采用“旋转喷雾半干法脱酸+干法脱酸”工艺。根据本说明 3.4.2 章节和 3.4.5 章节统计结果，二氧化硫 24 小时均值低于 40 mg/m^3 的数据组占比为 75.1%；小时均值低于 50 mg/m^3 的数据组占比为 85.6%；氯化氢 24 小时均值低于 20 mg/m^3 的数据组占比为 71.7%；小时均值低于 30 mg/m^3 的数据组占比为 89.8%。

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。由统计数据可以看出，对于二氧化硫、氯化氢来讲，目前部分企业无法满足本标准的排放要求，需对企业装备水平或管理水平进行升级提高。当企业环保处理设施陈旧或受其他因素影响采取“半干法脱酸+干法脱酸”工艺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。湿式脱酸工艺去除效率高，对二氧化硫和氯化氢去除率可达 98%以上，同时可协同去除可溶性盐类（如氯化物、硫酸物、铵盐等）以及高挥发性重金属物质（如汞）等物质。目前湿法脱酸工艺已在国内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，本标准将二氧化硫小时均值限值定为 50 mg/m^3 ，24 小时均值限值定为 40 mg/m^3 ；将氯化氢小时均值限值定为 30 mg/m^3 ，24 小时均值限值定为 20 mg/m^3 。

4.4.4.3 氮氧化物标准限值的确定

本标准氮氧化物小时均值为 150 mg/m^3 ；24 小时均值限值为 100 mg/m^3 。推荐的满足本标准限值的可行性技术为“SNCR+SCR”、“SNCR+PNCR”或“SNCR+PNCR+烟气再循环”。

（1）排放限值确定理论分析

编制组查阅相关文献、技术资料并参考其他地区生活垃圾焚烧炉净化设施进口监测数据，确定焚烧烟气中氮氧化物初始浓度为 $300\sim 500 \text{ mg/m}^3$ 左右。

“SNCR+SCR”对氮氧化物的去除效率可达 85%以上，氮氧化物排放浓度为 70 mg/m^3 以下，可达到本标准排放限值。“SNCR+PNCR+烟气再循环”对氮氧化物的去除效率可达 75%以上，氮氧化物排放浓度为 87.5 mg/m^3 ，可达到本标准排放限值。

（2）在线监测数据分析

关中地区除西安市 4 家及咸阳 1 家企业已建成“SNCR+SCR”外，其它地市的生活垃圾焚烧厂目前广泛采用 SNCR 炉内脱硝工艺，该方法处理效率一般为 40%~60%左右。

根据本说明 3.4.3 章节统计结果，关中地区所有垃圾焚烧厂氮氧化物 24 小时均值低于 100 mg/m^3 的数据组占比为 36%；小时均值低于 150 mg/m^3 的数据组占比为 75.6%。企业氮氧化物 24 小时均值达标率较低。

根据本说明 6.1.3 章节统计结果，西安市各企业氮氧化物 24 小时平均排放水平均在 120 mg/m^3 以下，其它地区在 200 mg/m^3 以下。西安市氮氧化物 24 小时均值小于 100 mg/m^3 的数据占比为 46.1%，小时均值低于 150 mg/m^3 的数据组占比为 93.1%；关中地区其它地市企业氮氧化物 24 小时均值小于 100 mg/m^3 的数据占比为范围为 0~33.6%，咸阳市企业小时均值低于 150 mg/m^3 的数据组占比为 80.0%，铜川市和渭南市的占比分别为 7.1%和 22.6%。西安市企业氮氧化物排放浓度低于其他地区的原因是：西安市所辖生活垃圾焚烧厂氮氧化物按照 120 mg/m^3 （24 小时排放限值）进行自主减排，关中地区其他地市所辖企业的氮氧化物均执行较为宽松的国标（ 250 mg/m^3 ）。为降低运行成本，部分企业未启用 SCR，部分虽启用 SCR，但使用的国产催化剂，部分喷氨（尿素）量较低，因此新地标达标率

普遍偏低。

参考河北省某企业三的 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 24 小时均值低于 120 mg/m^3 ，说明“SNCR+PNCR”可满足本标准限值要求。

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 4-2。此外，光大环保能源（天津）有限公司脱硝工艺是 SNCR+SCR，2020 年底建成投运，运行情况为正常稳定运行。2021 年上半年氮氧化物日均值控制在 80 mg/m^3 以下的比例占 54%，日均值控制在 100 mg/m^3 以下比例为 100%。

表 4-2 国内配套 SCR 生活垃圾焚烧厂 NO_x 排放情况

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

由以上可知，采用“SNCR+SCR”脱硝工艺的生活垃圾焚烧厂焚烧烟气中氮氧化物浓度可满足本标准限值要求。

目前关中地区部分现有生活垃圾焚烧厂单纯采用 SNCR 技术进行脱硝，无法达到本标准要求的，可对其进行“SNCR+SCR”、“SNCR+PNCR”或“SNCR+PNCR+烟气再循环”等升级改造，理论上应用上述脱硝工艺氮氧化物排放浓度可达到本标准排放限值。

综上所述，本标准将氮氧化物小时均值定为 150 mg/m^3 ，24 小时均值限值为 100 mg/m^3 。

4.4.4.4 一氧化碳标准限值的确定

生活垃圾焚烧发电行业中一氧化碳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主要指标之一，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。一氧化碳是不完全燃烧的产物，其浓度越低说明焚烧炉内燃烧越充分，反之说明垃圾燃烧不充分，会导致烟气中二噁英排放浓度的增加。在遵循“3T + E”原则的前提下，通过烟气中一氧化碳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，确保一氧化碳稳定达标。

《生活垃圾焚烧污染控制标准》（GB 18485-2014）中一氧化碳小时均值限值为 100 mg/m^3 ，24 小时均值限值为 80 mg/m^3 。近些年，随着我国焚烧炉技术水平和装备水平的提高，同时垃圾质量有了一定幅度提升，垃圾成分趋于稳定化，炉内垃圾燃烧效率随之提高，一氧化碳浓度更加易于控制。根据 3.4.4 章节的统计结果，一氧化碳 24 小时均值浓度低于 30 mg/m^3 的占比为 98.1%，小时均值浓度低于 50 mg/m^3 的占比为 98.5%。因此，本标准对一氧化碳 24 小时均值限值收严至 30 mg/m^3 ，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，确定一氧化碳小时均值限值与国标保持一致，为 50 mg/m^3 。

4.4.4.5 氨标准限值的确定

氨气是一种碱性气体，生活垃圾焚烧厂的氨逃逸会给大气带来二次污染。生活垃圾焚烧厂烟气中氨主要来自脱硝环节，主流脱硝工艺（SCR、SNCR、PNCR 等）均使用含有氨基的还原剂（SCR、SNCR 采用氨水或尿素作为还原剂，PNCR 是把氨基成分聚合负载在高分子材料上）。在实际运行过程中，脱硝剂在焚烧炉内难以做到均匀分布，氨浓度低的区域不能充分与烟气的 NO_x 发生催化还原反应，而浓度高的区域氨过剩，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氮氧化物的达标排放，导致会有部分氨发生逃逸。氨气与三氧化硫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，而氨气进入大气后可与硝酸或硫酸等酸性气体（气体来源是大气中的 SO_2 及 NO_x 等气态污染物）发生反应，生成铵盐气溶胶，形成了雾霾前体物从而影响空气质量。因此，生活垃圾焚烧厂需要对氨进行排放控制。

综合考虑国家发布的相关标准和技术规范,同时借鉴燃煤电厂相关标准规范中氨逃逸控制限值。本标准中氮氧化物 24 小时均值限值为 $100\text{mg}/\text{m}^3$, 1 小时均值为 $150\text{mg}/\text{m}^3$ 。推荐满足本标准限值的脱硝工艺为 SNCR+SCR、SNCR+PNCR+烟气再循环等工艺,这也是燃煤电厂常用的脱硝工艺。表 4-3 列出了我国关于氨逃逸控制限值的标准规范。

表 4-3 氨的排放限值确定依据

标准名称		氨排放限值 (mg/m^3)
《关中地区重点行业大气污染物排放标准》(DB 61/941-2018) 水泥工业		8
《玻璃工业大气污染物排放标准》(GB 26453-2022)		8
《水泥工业大气污染物排放标准》(GB 4915-2013)		10/8 (特排限值)
山东省《建材工业大气污染物排放标准》(DB 37/2373-2018)		8
福建省《水泥工业大气污染排放标准》(DB 35/1311-2013)		8 (第 II 时段)
北京市《水泥工业大气污染物排放标准》(DB 11/1054-2013)		5 (第 II 时段)
重庆市《水泥工业大气污染物排放标准》(DB 50/656-2016)		8 (主城区)、10 (其他区域)
河北省《平板玻璃工业大气污染物超低排放标准》(DB 13/2168-2020)		8
燃煤电厂超低排放烟气治理 工程技术规范 (HJ 2053-2018)	SCR 脱硝技术	2.5
	SNCR 脱硝技术	8
	SNCR-SCR 联合脱硝技术	3.8
火电厂污染防治可行性技术 指南 (HJ2301-2017)	SCR 脱硝技术	2.5
	SNCR 脱硝技术	8
	SNCR-SCR 联合脱硝技术	3.8

目前,关中地区现有生活垃圾焚烧厂氨排放浓度范围为 $2\sim 20\text{mg}/\text{m}^3$ 。根据 3.4.8 章节的统计结果,光大环保能源(蓝田)有限公司采取 SNCR+PNCR 脱硝工艺,氮氧化物 24h 均值浓度在 $100\sim 150\text{mg}/\text{m}^3$ 之间。根据统计结果,氨逃逸浓度小于 $5\text{mg}/\text{m}^3$ 的有

133 个数据，占全部数据的 25.2%；小于 8 mg/m^3 的有 318 个数据，占全部数据的 60.2%；氨逃逸浓度大于 8 mg/m^3 的数据占比为 39.8%。

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。引起脱硝机组氨逃逸的原因有很多，如氨混合不匀、流场不均、通道堵塞、烟温过低、催化剂失活等。而通过优化喷氨格栅或涡流混合器设计确保氨混合均匀、结合实际工况进行优化流场设计、在 SCR 入口竖向烟道增设大颗粒拦截网以及确保喷氨温度、定期抽检催化剂活性等手段，确保系统运行的优化状态，可有效减少氨逃逸。

“SNCR+SCR”及“SNCR+PNCR”技术可利用在前端 SNCR 系统喷入的适当过量的还原剂，在后端进一步利用将烟气中的 NO_x 还原，在保证机组 NO_x 排放达标的前提下，有效降低逃逸氨的排放。

综上所述，本标准将氨的小时均值定为 8 mg/m^3 。

4.4.4.6 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 mg/m^3 ，镉、铊及其化合物测定均值限值为 0.04 mg/m^3 ，锑、砷、铅、铬、钴、铜、锰、镍及其化合物测定均值限值为 0.4 mg/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。

(1) 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 mg/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 1 小时均值由 GB 18485-2014 规定的 30 mg/m^3 调整为 10 mg/m^3 , 24 小时均值由 20 mg/m^3 调整为 8 mg/m^3 , 收严约 60%。

本标准中汞及其化合物测定限值由 GB 18485-2014 规定的 0.05 mg/m^3 调整为 0.02 mg/m^3 , 收严 60%; 镉、铊及其化合物测定限值由 GB 18485-2014 规定的 0.1 mg/m^3 调整为 0.04 mg/m^3 , 收严 60%; 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 mg/m^3 调整为 0.4 mg/m^3 , 收严 60%。

(2) 手工监测数据分析

根据本说明 3.4.6 章节统计结果,在采用活性炭喷射+袋式除尘器工艺的情况下,汞及其化合物测定值低于 0.02 mg/m^3 的数据组占比为 96.8%; 镉、铊及其化合物测定值低于 0.04 mg/m^3 的数据组占比为 98.6%; 锑、砷、铅、铬、钴、铜、锰、镍及其化合物测定值低于 0.4 mg/m^3 的数据组占比为 99.5%。

由此可见,现有生活垃圾企业焚烧设备及烟气处理工艺水平能够达到上述标准要求。

4.4.4.7 二噁英标准限值的确定

根据本标准编制说明 3.4.7 章节内容,关中地区现有企业二噁英浓度均低于《生活垃圾焚烧污染控制标准》(GB18485-2014) 规定的 0.1 ngTEQ/m^3 ,其中浓度小于 0.03 ngTEQ/m^3 占全部数据的 88.9%,小于 0.05 ngTEQ/m^3 占全部数据的 99.4%,小于 0.1 ngTEQ/m^3 占全部数据的 100%。

二噁英类作为生活垃圾焚烧中最为典型的污染物,具有致癌、致畸、致突变性,受到全社会的普遍关注。与国际相关标准限值比较,目前 GB 18485 中二噁英的排放限值已处于较低水平。

关中地区垃圾焚烧厂广泛采用的“‘3T+E’+活性炭喷射+袋式除尘”技术已是国际最先进的控制技术，考虑到二噁英目前尚无成熟的在线监测系统，无法对生产及烟气处理进行及时的监控调节；同时因二噁英的手工采样和实验室分析存在较大的人为误差，易造成监测结果不稳定，若因此造成超标会使企业无法享受“三免三减半”的税收政策，同时还会被追讨之前已免除的税费，为企业带来极大的利益损失。综合以上因素，并参考其他省市对二噁英的控制标准，本标准与 GB 18485 保持统一，二噁英的测定均值的排放限值为 0.1 ngTEQ/m³。

4.5 污染物监测

污染物监测要求主要从企业自行监测和在线监测两个方面对垃圾焚烧厂的污染物监测提出了要求，主要规定了监测的采样要求、监测频次要求以及采样分析方法等内容。

6.1 条参照《排污单位自行监测技术指南 固体废物焚烧》（HJ 1205-2021）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，建立监测制度，制定监测方案。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。

6.2 条参照《生活垃圾焚烧污染控制标准》（GB 18485-2014）及修改单的要求规定了监测采样口、采样平台、采样口标识牌的相关要求。

6.3 条参照《生活垃圾焚烧污染控制标准》（GB 18485-2014）及修改单的要求规定了生活垃圾焚烧厂排放废气的采样，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、HJ 75 等有关规定执行。

6.4 条参照《排污单位自行监测技术指南 固体废物焚烧》（HJ 1205-2021）对除氨以外的其他污染物的监测频次和采样时间等进行了规定。目前关中地区的生活垃圾焚烧厂均安装了烟气中氨的在线监测设备，且上述企业的锅炉额定蒸汽量均大于 20 t/h，参照《排污单位自行监测技术指南 火力发电及锅炉》（HJ820-2017）表 1 中“燃煤、锅炉或燃气轮机规模 14MW 或 20t/h 以上”氨的监测频次，确定

本标准中氨的监测频次为每季度至少开展 1 次。

6.5 条提出手工分析测定应采用表 4-4 所列的方法标准，在线监测应采用表 4-5 所列的方法标准。

表 4-4 大气污染物分析方法标准

序号	污染物项目	标准名称	标准编号
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
		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
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
		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
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
		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
		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
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
		固定污染源废气 氯化氢的测定 硝酸银容量法	HJ 548
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
6	汞	固定污染源废气 汞的测定 冷原子吸收分光光度法 (暂行)	HJ 543
7	锑、砷、铬、钴、铜、锰	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	铅	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
		固定污染源废气 铅的测定 火焰原子吸收分光光度法	HJ 685
		固定污染源废气 铅的测定 火焰原子吸收分光光度法 (暂行)	HJ 538
9	镉	大气固定污染源 镉的测定 火焰原子吸收分光光度法	HJ/T 64.1
		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

10	铊	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
11	镍	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
		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
		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
12	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/T 77.2
13	氨	环境空气和废气 氨的测定 纳氏试剂分光光度法	HJ 533

表 4-5 大气污染物分析方法标准

序号	污染物项目	标准名称	标准编号
1	颗粒物	固定污染源烟气（SO ₂ 、NO _x 、颗粒物）排放连续监测技术规范	HJ 75
	二氧化硫		
	氮氧化物		

4.6 污染物达标判定

针对采用手工监测和在线监测，分别给出污染物达标判定要求和焚烧炉烟气基准氧含量折算公式。

针对焚烧炉烟气采用手工监测的，7.1 条提出按照监测规范要求测得的任意 1h 均值浓度、测定均值浓度超过本文件规定的限值，可判定为超标。

针对焚烧炉烟气采用在线监测的，7.2 条提出应根据《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）要求执行，即正常运行的焚烧炉在一个自然日内排放的颗粒物、二氧化硫、氮氧化物、一氧化碳和氯化氢的自动监测日均值数据，任意一项超过本文件规定的 24h 均值限值，可判定为超标。自动监测日均值数据计算按照 HJ 212 执行。

7.3 条明确提出焚烧炉烟气应进行基准氧含量折算。正常工况下，焚烧炉实测污染物排放浓度应按照相应公式换算成基准氧含量状态下的基准排放浓度，以此作为判定排放是否达标的依据。

4.7 实施与监督

明确了本标准的执行时段、实施和监督实施责任主体。

8.1 条规定了陕西省关中地区现有和新建生活垃圾焚烧炉大气污染物排放标准执行时段。

根据对关中地区现有生活垃圾焚烧厂污染控制措施的调研结果，大部分企业需进行烟气治理提升改造，综合考虑此过程中工程设计、施工、验收等时间，企业需要一定的期限完成技改，实现污染物控制水平的提高。对于现有生活垃圾焚烧发电厂，在 2025 年 1 月 1 日之前，执行 GB 18485-2014 或当地生态环境主管部门要求的排放限值，从 2025 年 1 月 1 日开始执行本标准表 1 规定的限值；对于新建生活垃圾焚烧炉，自本标准实施之日起按本标准表 1 执行。

8.2 条和 8.3 条明确监督实施责任主体是各级生态环境行政主管部门。实施责任主体是生活垃圾焚烧排污单位，应采取必要措施，达到本文件规定的污染物排放控制要求。

8.4 条明确本标准实施部门在对生活垃圾焚烧厂进行监督性检查时，可将现场采样或监测的结果作为判定排污行为是否符合排放标准要求的依据。

8.5 条明确本标准中未作规定的其他内容和要求，按照现行的标准执行。

5 国内外生活垃圾焚烧大气污染物排放标准

5.1 国外标准

5.1.1 欧盟标准

1984 年（84/360/EEC）欧盟理事会提议应采用合适的技术方法和设备对生活垃圾焚烧厂的烟气排放水平开展控制。2000 年制定《欧盟工业排放指令》（2000/76/EC），提出生活垃圾焚烧炉的相关要求，对远距离跨界大气污染设定了二噁英排放限值，并要求重金属和二噁英每年监测 2 次。2010 年欧盟又发布《欧盟工业排放指令》（2010/75/EC），对焚烧烟气中的烟尘、CO、SO₂、HCl、氮氧化物、二噁英以及重金属排放限值制定了更为严格的控制要求，详见表 5-1。

5.1.2 美国标准

根据生活垃圾焚烧炉处理能力，对其实施分级管理，其中 250 t/d 以上的是大型焚烧炉，35-250 t/d 的是中型焚烧炉，35 t/d 以下的是小型焚烧炉。主要对颗粒物、二噁英、酸性气体（二氧化硫和氯化氢）、重金属（汞、镉、铅）、氮氧化物等指标制定了排放控制要求，其中二噁英排放限值为 13 ng/m³（约为 0.2 ngTEQ/m³），主要污染物排放标准见表 5-2。

5.1.3 日本标准

日本对于废弃物焚烧炉的排放限值标准主要包括《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》，主要污染物排放标准见表 5-3。

表 5-1 《欧盟工业排放指令》（2010/75/EU）(11%含氧量)

序号	污染物名称（单位：mg/Nm ³ ）	排放限值	
		日均值	10
1	颗粒物	30 分钟平均值	30
		日均值	10
2	HCL	30 分钟平均值	60
		日均值	1
3	HF	30 分钟平均值	4
		日均值	50
4	SO ₂	30 分钟平均值	200
		日均值	200 ¹ 400 ²
5	NO _x （以 NO ₂ 计）	30 分钟平均值	400
		日均值	50
6	CO	30 分钟平均值	100
		10 分钟平均值	150
		日均值	10
7	TOC	30 分钟平均值	20
		0.5~8 小时测定均值	0.05
8	Hg 及其化合物	0.5~8 小时测定均值	0.05
9	镉、铊及其化合物（以 Cd+T1 计）	0.5~8 小时测定均值	0.05
10	锑、砷、铅、铬、钴、铜、锰、镍、钒及其化合物（以 Sb+As+Pb+Cr+Co+Cu+Mn+Ni+V 计）	0.5~8 小时测定均值	0.5
11	二噁英类（ngTEQ/m ³ ）	6~8 小时测定均值	0.1
备注	注：1 为现有处理能力>6t/h 的焚烧炉；2 为现有处理能力≤6t/h 的焚烧炉。		

表 5-2 美国垃圾焚烧污染物排放限值

污染物	单位	大型炉 (>250t/d)	中型炉 (35~250t/d)
二噁英/呋喃	ng/m ³	13	13
Cd	mg/Nm ³	0.01	0.02
Pb	mg/Nm ³	0.14	0.2
Hg	mg/Nm ³	0.05	0.08
PM	mg/Nm ³	20	24
HCl	mg/Nm ³	40.7	40.7
SO ₂	mg/Nm ³	85.7	85.7
NO _x	mg/Nm ³	370	308
CO	mg/Nm ³	/	67

表 5-3 日本标准中规定的污染物排放限值

污染控制因子	焚烧能力 (t/h)		
	大于 4	2-4	小于 2
烟尘排放限值 (mg/m ³)	40	80	150
二噁英排放限值 (ngTEQ/m ³)	0.1	1.0	5.0
氮氧化物排放标准 (ppm)	300 (标准氧气浓度 12%)		
氯化氢 (mg/m ³)	700 (标准氧气浓度 12%)		
硫氧化物排放控制量	基于将硫氧化物最大落地浓度控制在一定数值以下的思维方式, 将排放口高度及 K 值 (每个地区的规定限值) 计算得出的数值规定为允许排放量 (q), $q=K \times 10^{-3} \times H_e^2$		

5.2 国内相关标准

生态环境部 2014 年发布了《生活垃圾焚烧污染控制标准》(GB 18485-2014) 并于同年 7 月 1 日起正式实施。2020 年 1 月 1 日, 生态环境部发布了《生活垃圾焚烧污染控制标准》(GB 18485-2014) 的修改单, 针对该标准的前言、规范性引用文件、废气采样、监测频次

及测定方法等内容进行了修改，但未涉及排放限值。随着源头控制技术以及高效除尘、脱硫脱硝等焚烧炉烟气末端治理技术的不断提高，为生活垃圾焚烧行业污染控制提供了有利的技术支撑。随着各省市大气污染形势变化以及垃圾焚烧企业排放污染物的占比，GB 18485-2014 的标准限值已越显宽松，在实际应用过程中，无法更好地发挥行业标准的指导作用。

目前，海南、河北、福建、上海、天津、深圳等省市结合自身特点，先后发布了生活垃圾焚烧大气污染物排放地方标准；山东、河南和江苏省初步完成了地方标准的征求意见稿，但并未发布。此外，还有一些省市在相关政策中对垃圾焚烧发电厂的排放标准做了相应的规定，例如《东莞市环境空气质量达标规划（2018-2025）》要求生活垃圾焚烧发电机组烟气氮氧化物排放浓度控制在 100 mg/m^3 以下，《武汉市 2018 年拥抱蓝天行动方案》提出垃圾焚烧发电企业实施烟气脱硝提标改造后排放氮氧化物浓度不高于 100 mg/m^3 。整体来看，各地方标准的排放限值普遍严于 GB 18485-2014，污染物指标也有不同程度的扩充，详见表 5-4。

表 5-4 国内生活垃圾焚烧污染排放标准制定情况

标准名称	实施时间	发布单位	标准内容
《生活垃圾焚烧污染控制标准》（GB 18485-2014）	2014 年 7 月 1 日	环境保护部、国家质量监督检验检疫总局	规定了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、排放控制要求、监测要求、实施与监督等内容。
《生活垃圾焚烧污染控制标准》（GB 18485-2014）修改单	2020 年 1 月 1 日	生态环境部、国家质量监督检验检疫总局	修改前言、规范性引用文件、废气采样、监测频次及测定方法等内容，未对排放限值进行修改。
《生活垃圾焚烧大气污染物排放标准》（DB 31/768-2013）	2014 年 1 月 1 日	上海市环保局、上海市质量技术监督局	规定了生活垃圾焚烧设施大气污染物排放限值、监测与监控要求、标准的实施与监督等；污染物排放限值基本严于 GB 18485-2014
《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 30 日		修改现有生活垃圾（包括其他非危险废物）焚烧设施执行地标的时间，并修改颗粒物排放限值
《生活垃圾处理设施运营规范》（SZDB/Z 33-2017）	2017 年 3 月 1 日	深圳市市场监督管理局	规定了生活垃圾处理设施运营的一般要求、技术要点和污染物排放控制要求，对现有设施和新建设施分别提出了排放限值要求；增加了氟化氢、总有机碳的排放限值；其他限值均严于国标。
《生活垃圾焚烧污染控制标准》（DB 46/484-2019）	2019 年 12 月 15 日	海南省市场监督管理局	规定了生活垃圾焚烧厂的选址要求、入炉废物要求、技术要求、运行要求、污染物排放控制要求、监测要求、实施与监督等内容；增加氟化氢、总有机碳的排放限值；其他指标限值均严于国标。
《生活垃圾焚烧氮氧化物排放标准》（DB 35/1976-2021）	2021 年 6 月 1 日	福建省市场监督管理局、福建省生态环境厅	规定了生活垃圾焚烧氮氧化物的排放控制要求、监测要求、运行管理以及标准的实施与监督。按照现有和新、改、扩建生活垃圾焚烧炉分别制定了氮氧化物排放限值。
《生活垃圾焚烧大气污染控制标准》（DB 13/5325-2021）	2022 年 5 月 1 日	河北省生态环境厅、河北省市场监督管理局	规定了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；增加氨的排放限值；其他指标排放限值均严于 GB 18485-2014。
《生活垃圾焚烧大气污染物控制标准》（DB 12/1101-2021）	/	天津市生态环境局、天津市市场监督管理委员会	规定了生活垃圾焚烧厂的大气污染物排放控制要求、其他控制要求、监测要求、实施与监督等内容；增加氨的排放限值；其他指标排放限值均严于 GB 18485-2014。

5.3 本标准与相关标准的对比研究

与生态环境部发布的《生活垃圾焚烧污染控制标准》和国内其它城市发表的地方生活垃圾焚烧地方标准对比,本标准针对有组织废气增加了氨排放控制指标,并全面收严了其它有组织废气污染物排放限值。本标准各污染物排放限值与其它标准中规定的限值对比见图 5-1。

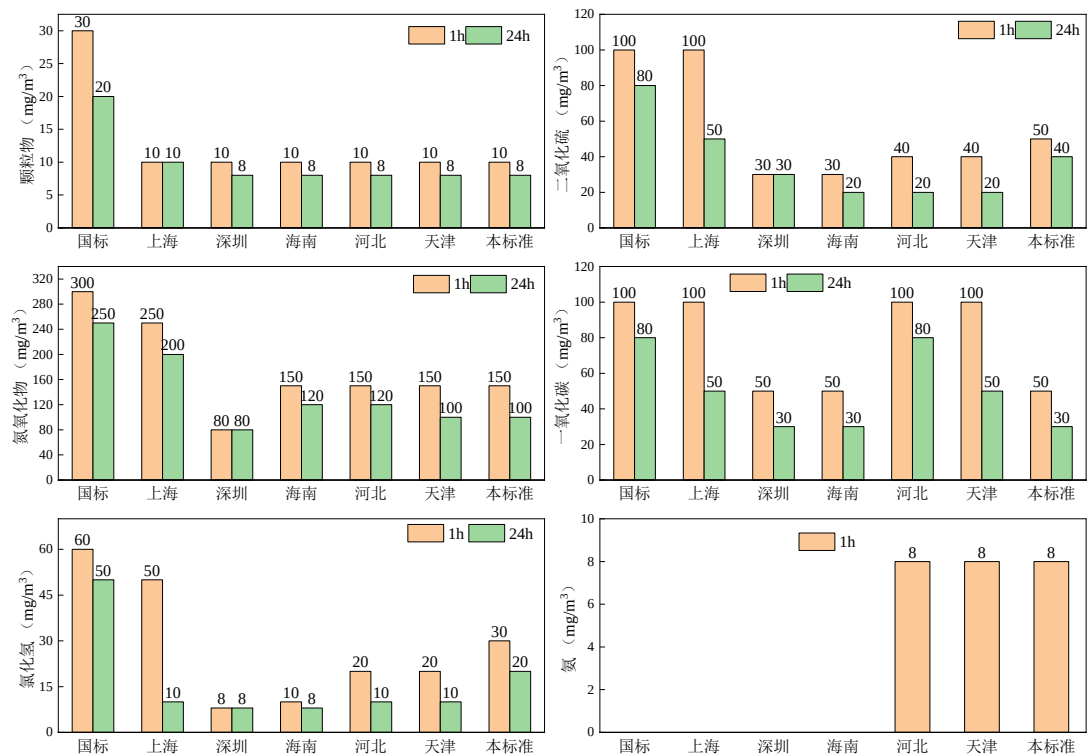


图 5-1 新标准 PM、SO₂、NO_x、CO、HCl、NH₃ 限值对比

本标准中大部分污染物的排放限值严于国标 GB 18485-2014 和上海市。与其他各省市地方标准相比,颗粒物排放限值与海南省、河北省、天津市以及深圳市的新建设施一致。二氧化硫排放限值均比海南省、深圳市、河北省、天津市宽松。氮氧化物排放限值与天津市持平,比海南省、河北省严格,比深圳市宽松。一氧化碳排放限值与深圳市、海南省一致,严于河北省、天津市。氯化氢排放限值与河北省、天津市一致,比深圳市、海南省宽松。

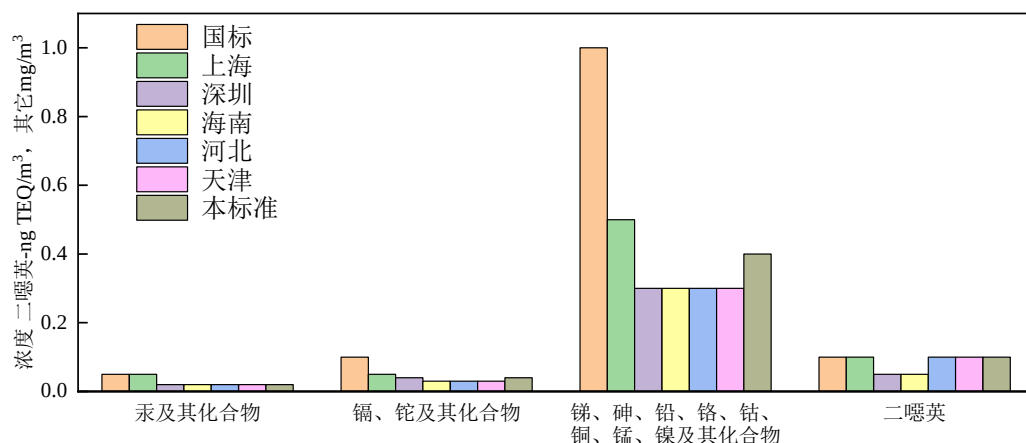


图 5-2 新标准重金属及二噁英类限值对比

重金属类指标，包括汞及其化合物，镉、铊及其化合物以及锑、砷、铅、铬、钴、铜、锰、镍及其化合物。本标准中汞及其化合物严于国标和上海市，与深圳市、海南省、河北省和天津市持平；镉、铊及其化合物、锑、砷、铅、铬、钴、铜、锰、镍及其化合物排放限值均严于国标和上海市，较海南省、河北省和天津市宽松。二噁英本标准限值与国标、上海市、河北省、天津市持平，较深圳市和海南省宽松。

6 技术经济可达性分析

6.1 技术可达性分析

6.1.1 颗粒物

生活垃圾焚烧发电企业颗粒物处理技术主要为袋式除尘器。《生活垃圾焚烧处理工程技术规范》（CJJ 90-2009）明确要求烟气净化系统必须设置袋式除尘器，《排污许可证申请与核发技术规范 生活垃圾焚烧》（HJ 1039-2019）也将其列为推荐的可行性技术。

经过调研，关中地区垃圾焚烧企业均采用袋式除尘（覆膜滤料）工艺对颗粒物进行处理。按照本标准制定的颗粒物 24 小时均值排放限值 8 mg/m^3 ，目前关中地区焚烧炉 94%时段可达标排放；1 小时均值排放限值 10 mg/m^3 ，当前焚烧炉 96%时段可达标排放。

根据相关文献、技术资料以及生活垃圾焚烧炉净化设施进口监测数据，焚烧烟气中颗粒物的初始浓度为 $4000\sim 6000 \text{ mg/m}^3$ ，而袋式除尘器（覆膜滤料）对颗粒物的去除效率达 99.9% 以上，颗粒物排放浓度约为 $4\sim 6 \text{ mg/m}^3$ 。考虑到焚烧烟尘颗粒细、密度小，并且有较强的吸湿性，烟尘的平均粒径为 $20\sim 30 \mu\text{m}$ ，本标准将焚烧烟气中颗粒物适当放宽至 1 小时均值排放限值 10 mg/m^3 。

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。

6.1.2 二氧化硫、氯化氢

关中地区现有 13 家生活垃圾焚烧发电企业均使用“半干法+干法”的工艺对酸性气体进行处理。按照本标准制定的二氧化硫 1 小时均值排放限值 50 mg/m^3 、24 小时均值排放限值 40 mg/m^3 ；氯化氢 1 小时均值排放限值 30 mg/m^3 、24 小时均值排放限值 20 mg/m^3 ；对比分析现有垃圾焚烧企业在线监测数据中二氧化硫、氯化氢与新标准的达标情况见下表。

表 6-1 二氧化硫、氯化氢排放现状与新标准达标率 (%)

	西安市	咸阳市	渭南市	铜川市	关中地区
二氧化硫-1h	90.7	42.1	59.1	45.7	72.6
二氧化硫-24h	62.6	2.6	26.5	13.4	45.6
氯化氢-1h	94.2	75.6	93.6	63.1	89.8
氯化氢-24h	77.9	50.6	86.4	20.8	71.7

综合来看，关中地区垃圾焚烧厂现有排放水平与新标准中二氧化硫、氯化氢排放限值均有一定差距。关中地区二氧化硫 1 小时均值浓度达标率达到 72.6%，与新标准差距很小；二氧化硫 24 小时均值达标率 75.1%。氯化氢 1 小时均值达标率 89.8%；24 小时达标率 71.7%。两项酸性气体的排放情况中，西安市、渭南市达标率较高，咸阳市和铜川市仍需要进一步提高。

不同城市生活垃圾中含硫量、含氯量不同。同样采用“半干法+干法”去除酸性气体时，脱硫剂的种类、用量，雾化器的品牌、效率以及脱酸设施设计和运行管理水平等因素均对二氧化硫和氯化氢的排放水平产生影响。通过查阅文献和调研省内 13 家垃圾焚烧企业实际运行状态，结合天津市、深圳市开展垃圾焚烧企业大气污染物标准的制定过程，正常情况下“半干法+干法”对烟气中 SO_2 、 HCl 的脱除效率可达 90%以上，可以满足本标准制定的 SO_2 、 HCl 排放限值。

半干法脱酸是将吸收剂雾化后喷入反应塔中，酸性气体与吸收剂反应的同时，利用烟气余热使吸收剂中的水分蒸发，碱性吸收剂与酸性气体进行充分的传质传热，不但提高了效率，同时也可以使反应生成物得到干燥，产物以干态固体的形式排出。半干法工艺较成熟、设备简单、一次性投资相对较低。其优点为：净化效率高、流程简单、设备少；生成物易处理；控制系统温湿度，可避免设备腐蚀；对负荷波动适应性好，吸收剂用量可按烟气中污染物浓度进行调节；水耗量少，占地面积小。半干法脱酸已具有良好的应用实践，国内外焚烧厂业绩表明其可靠性高、性能良好。

干式脱酸是将干态吸收剂喷入烟气中，吸收剂颗粒表面直接和酸性气体接触发生反应生成中性盐反应产物，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。干法吸收剂大多采用消石灰或碳酸氢钠。干式脱酸法设备工艺简单、工程费用低，投资与半干法接近，但对酸性气体的去除效果较差，净化效率相对较低，吸收剂消耗量大。

经综合评价，酸性气体净化工艺以采用半干法工艺为较佳方案。

目前关中地区执行较为宽松的国标，企业考虑到运行成本，通常把二氧化硫和氯化氢控制在 60 mg/m^3 、 50 mg/m^3 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。

6.1.3 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。关中地区已建成的 13 家垃圾焚烧企业中，脱硝均采用了 SNCR 技术。西安市 5 家垃圾焚烧企业在 SNCR 的基础上，2 家增加了“PNCR+烟气再循环系统”；2 家增加了烟气再循环系统。此外，除光大环保能源（蓝田）有限公司，西安市其余 4 家均已建成 SCR 系统，但由于运行成本高，只有 1 家投运。咸阳市、渭南市和铜川市的生活垃圾焚烧发电厂中，咸阳海创环境能源有限责任公司脱硝工艺为“SNCR+SCR”，其它企业均为 SNCR。

按照本标准制定的氮氧化物 1 小时均值排放限值 150 mg/m^3 ，24 小时均值排放限值 100 mg/m^3 ；对比分析现有垃圾焚烧企业在线监测数据氮氧化物与新标准的达标情况见表 6-2。

表 6-2 氮氧化物排放现状与新标准达标率（%）

	西安市	咸阳市	渭南市	铜川市	关中地区
氮氧化物-1h	93.1	80.0	22.6	7.1	75.6
氮氧化物-24h	46.1	33.6	9.6	0.0	36.0

关中地区生活垃圾焚烧发电企业氮氧化物排放水平与新标准规

定的排放限值有一定差距，且不同城市不同企业氮氧化物排放水平差异较大。西安市、咸阳市氮氧化物排放水平 1h 达标率 80%以上，24 小时达标率 30%以上，优于渭南市、铜川市氮氧化物达标水平。这与当地环境主管部门的要求和采用的脱硝技术息息相关。一是由于西安市辖区内生活垃圾焚烧企业进行自主减排，氮氧化物排放限值为 120 mg/m³；二是不同生活垃圾焚烧企业采取的处理工艺不同，联合脱硝技术可以大幅降低氮氧化物排放水平。

关中地区垃圾焚烧企业对比新标准氮氧化物达标率总体不高，尤其是渭南市和铜川市，这是由于现有企业采用的 SNCR 工艺难以满足本标准要求。经过调研，SNCR 处理效率为 40~60%；PNCR 脱硝效率为 60~80%；烟气再循环系统可对氮氧化物排放浓度减少 5~15%；使用 SCR 后氮氧化物可达到 80 mg/m³ 以下。

对比现有脱硝工艺，对标新标准进行技术可达性分析，见表 6-3。SER 脱硝目前处于新技术推广应用阶段，表 6-3 中未作分析。

表 6-3 脱硝工艺技术可达性分析
(NO_x 标准建议值：24 小时均值 100 mg/m³)

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

为达到本标准排放限值要求，部分企业需将 SNCR 技术提标改造为“SNCR+PNCR+烟气再循环系统”或“SNCR+SCR”技术。经过对关中 13 家企业调研，企业在综合考虑现场情况、一次性投入成本和运行成本后，均选择了适合自己的组合脱硝技术。综上所述，采用

“SNCR+PNCR+烟气再循环系统”或“SNCR+SCR”等工艺，可以达到本标准氮氧化物排放限值要求。

6.1.4 一氧化碳

对标新标准中一氧化碳排放限值 $50/30 \text{ mg/m}^3$ （1 小时均值/24 小时均值），关中地区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 98.5%、98.1%，基本可以达到新标准的要求。

关中地区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。

6.1.5 重金属类

我省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。按照本标准制定的汞及其化合物（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）测定均值排放限值分别为 0.02mg/m^3 、 0.04mg/m^3 和 0.4 mg/m^3 。关中地区生活垃圾焚烧企业这三项污染物对本标准的达标率均大于 96%，基本满足本标准要求，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。

6.1.6 二噁英

我省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 0.1 ngTEQ/m^3 ，关中地区现有生活垃圾焚烧发电企业二噁英新标准的达标率为 100%，已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。

6.2 经济可行性分析

我省关中地区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、重金类属和二噁英基本可以满足新标准的排放限值;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。因此新标准发表后,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。

6.2.1 脱硝技术改造及成本核算

关中地区 13 家生活垃圾焚烧发电企业脱硝工艺均有 SNCR,其中西安市 4 家和咸阳市 1 家企业安装了 SCR。但由于 SCR 运行成本高,暂行标准较宽松,整个关中地区仅 2 家企业的 SCR 投入使用。

6.2.1.1 不同标准限值技改及成本核算

为了科学合理又经济可行地制定 NO_x 排放限值,特提出三档浓度水平,并针对每档所需进行的技改措施和经济成本进行逐项分析,详细内容见下表。

表 6-4 氮氧化物不同标准限值所需技改措施及成本分析

浓度限值 (mg/m ³)		技改措施					一次性 投入 (万元)	新增垃圾 处理费 (元/吨)
		优化 SNCR 系统	调整燃烧工况	新建 PNCR 系统	新建烟气再 循环系统	新建 SCR 系统		
氮 氧 化 物	150 (1 小时 均值)	(1) 优化喷枪布置位置和数量，达到最佳的 NH ₃ /NO _x 混合效果； (2) 加强喷枪雾化效果； (3) 优化 SNCR 控制系统； (4) 必要时进行 CFD 数值模拟，找出最佳气体流场	(1) 保证脱硝温度窗口区间在 850℃ 以上及停留时间； (2) 燃烧工况调整，尤其是氧量控制	少部分企业达此标准确有困难，可根据需要新增 PNCR 系统或烟气再循环系统		/	/	2
	120 ^a (24 小时 均值)							
	150 (1 小时 均值)	(1) 优化喷枪布置位置和数量，达到最佳的 NH ₃ /NO _x 混合效果； (2) 加强喷枪雾化效果； (3) 优化 SNCR 控制系统； (4) 必要时进行 CFD 数值模拟，找出最佳气体流场	(1) 保证脱硝温度窗口区间在 850℃ 以上及停留时间； (2) 燃烧工况调整，尤其是氧量控制	新建 PNCR 系统并投运	新建烟气再 循环系统	/	4740	15~20
	100 ^b (24 小时 均值)							
	120 (1 小时 均值)	(1) 优化喷枪布置位置和数量，达到最佳的 NH ₃ /NO _x 混合效果； (2) 加强喷枪雾化效果； (3) 优化 SNCR 控制系统； (4) 必要时进行 CFD 数值模拟，找出最佳气体流场	(1) 保证脱硝温度窗口区间在 850℃ 以上及停留时间； (2) 燃烧工况调整，尤其是氧量控制	/	新建烟气再 循环系统 (可选)	新建 SCR 系统并投 运	15122	20~32
	80 ^a (24 小时 均值)							
备注	a 氨逃逸满足 8 mg/m ³ 排放标准 b 氨逃逸无法稳定满足 8 mg/m ³ 排放标准							

6.2.1.2 SCR 技改后成本核算

统计了国内多个中节能、康恒环境、深能环保等建有 SCR 脱硝装置的项目，因 SCR 投运需要消耗饱和蒸汽，消耗的蒸汽量约占余热锅炉总蒸汽量近 10%，最终导致企业发电量减少约 10%；同时，引风机全压增加导致风机运行电耗增加约 35~50%；此外，SCR 系统还需使用一定量的脱硝剂和催化剂。目前 SCR 催化剂主要依赖进口，1 台 500 t/d 的生活垃圾焚烧炉催化剂初装费用近 200 万元，后期每年加装催化剂费用约 70 万元左右。综上，待 SCR 投运后，吨垃圾处理增加的费用主要为蒸汽损耗、风机电耗、氨水耗材、催化剂四个方面，此外还有设备维护、人工成本及设备折旧等其他费用。以焚烧炉设计处理量为 500 t/d，烟气处理系统设计风量为 105000 m³/h 为基础条件，综合考虑上述各方面，计算 SCR 投运后处理 1 吨垃圾增加的费用为 20.9~31.7 元。

6.2.1.3 关中地区各企业改造及费用明细

编制组通过实地调研，统计关中地区生活垃圾焚烧发电厂脱硝工艺、NO_x 最佳排放水平以及改造意愿，对标排放限制 100 mg/m³（24 小时均值），对 13 家现有企业达标所需的脱硝工艺技术改造见表 6-5。结果分以下两种情况：

1、不进行 SCR 技改

实现目标：NO_x 100 mg/m³（24 小时均值）、氨逃逸不可控

手段：通过优化 SNCR 系统、调整燃烧工况、新建 PNCR 或烟气再循环系统，总改造费用约 4740 万元，后期吨垃圾处理费用增加约 2~20 元。

详细情况如下：

（1）**无需技改：**咸阳海创环境能源有限责任公司已经安装并使用 SCR，达到新标准排放限值，无需进行技术改造。

表 6-5 关中地区生活垃圾焚烧发电企业脱硝工艺对标新标准技改措施及成本分析

序号	企业名称	目前脱硝工艺	目前 NO _x 排放水平 (mg/m ³)		调研企业愿接受的技改措施、建设成本 及增加的运行成本			SCR ^b 技改及建设和运维（含催化 剂、还原剂、引风机电耗等）成本	
			最佳排放 水平	与新标 准 ^a 差值	技改措施	一次性投 入(万元)	运行成本 (元/吨)	一次性投入 (万元)	运行成本(元/吨)
1	西咸新区北控环保科技发展有限公司	SNCR+烟气再循环 (SCR 备用)	100	0	建设备用 PNCR 系统	800	10~15	已建成	20~32
2	中节能（西安）环保能源有限公司	SNCR+烟气再循环 (SCR 备用)	100	0	调运维参数	/	/	已建成	20~32
3	西安泾渭康恒环境能源有限公司	SNCR+烟气再循环 (SCR 备用)	100	0	建设备用 PNCR 系统	600	10~15	已建成	20~32
4	光大环保能源（蓝田）有限公司	SNCR+PNCR+烟气 再循环	120	20	调运维参数	/	/	4500	20~32
5	西安白鹿原益恒环境能源有限公司	SNCR+SCR	120	20	烟气再循环	600	2~7	已建成	/
6	铜川海创环境能源有限责任公司	SNCR	220	120	PNCR+烟气 再循环	300	15~20	1500	20~32
7	彬州海创环保能源	SNCR	150	50	PNCR+烟气 再循环	300	15~20	1200	20~32
8	咸阳海创环境能源有限责任公司	SNCR+SCR	100	0	/	/	/	已建成	/
9	兴平金源环保有限公司	SNCR	150	50	PNCR+烟气 再循环	300	15~20	1500	20~32
10	光大环保能源（富平）有限公司	SNCR	160	60	PNCR+烟气 再循环	600	15~20	2000	20~32
11	光大绿色环保城乡再生能源（大荔）有限公司	SNCR	200	100	PNCR+烟气 再循环	300	15~20	1100	20~32

12	蒲城天楹环保能源有限公司	SNCR	200	100	PNCr+烟气再循环	600	15~20	1800	20~32
13	渭南产投三峰环保能源有限公司	SNCR	190	90	PNCr+烟气再循环	340	15~20	1522	20~32
合计		/	/	/	/	4740	/	15122	/
备注		a 新标准指 NO _x 24 小时均值为 100 mg/m ³ b SCR 技改并投运后，NO _x 可控制在 80 mg/m ³ 以下，氨逃逸控制在 8 mg/m ³ 以下							

(2) **调整参数**：中节能（西安）环保能源有限公司和光大环保能源（蓝田）有限公司意愿通过调整运行参数即可达到新标准排放限值，新标准发布后增加部分运维费用，没有新增一次性建设投入；

(3) **新增设备**：其余 10 家企业需要新增 1~4 套 PNCR、烟气再循环或 PNCR+烟气再循环系统，增加一次性投入和运行维护成本。

经过技术调研，结合企业提供的技改费用，在咨询相关工程治理专家后，关中垃圾焚烧企业新增 PNCR 的一次性投入费用约 200 万/套，其中 88%为设备费用，3%为建筑工程费，9%为安装费；PNCR 运行费用为每吨垃圾 10~15 元。

新增烟气再循环系统，对 750 t/d 的焚烧炉一次性投入 150~180 万元；对 500 t/d 及以下的炉子，一次性投入 120 万元；其中设备费占比 64%，安装费占比 29%，其它费用占比 7%。新增烟气再循环系统后，生活垃圾处理运行费用每吨增加约 5 元。

2、进行 SCR 技改

实现目标： NO_x 80 mg/m³（24 小时均值）、氨 8 mg/m³（1 小时均值）

手段：主要通过新建或投运 SCR 系统，辅助以优化 SNCR 系统、调整燃烧工况、新建 PNCR 或烟气再循环系统等手段，仅 SCR 技改费用约 15122 万元，后期吨垃圾处理费用增加约 20~32 元。

详细情况如下：

(1) **无需技改**：咸阳海创环境能源有限责任公司和西安白鹿原益恒环境能源有限公司均已安装并使用 SCR 系统，达到新标准排放限值，无需进行技术改造。

(2) **SCR 投运**：中节能（西安）环保能源有限公司、西咸新区北控环保科技发展有限公司、西安泾渭康恒环境能源有限公司均已安装 SCR 系统但未投运，新标准发布后需购买催化剂并增加部分运维费用。

(3) **新增 SCR**：除上述 5 家企业外的其余 8 家企业，要新增 1~4 套 SCR 系统（含催化剂），同时增加一次性投入和运行维护成本。

750 t/d 的焚烧炉建设 SCR 系统需一次性投入约 1500 万/套，500 t/d 及其以下的焚烧炉一次性需投入约 1200 万；其中设备费占比 60%，

建筑工程费占比 18%，安装费占比 12%，催化剂更换占比 10%左右。SCR 系统运行成本较高，每吨垃圾处理成本将增加 20~32 元。

综上所述，关中地区 13 家现有垃圾焚烧企业若仅满足新标准的氮氧化物排放限值，可通过优化 SNCR 系统、调整燃烧工况、新建 PNCR 或烟气再循环系统，不增设 SCR 系统，技改工程的一次性投入约为 4740 万元，每吨垃圾处理费用将增加 15~20 元；若要同时满足新地标中氮氧化物和氨的排放限值，需进行 SCR 技改，需一次性投入 15122 万元，每吨垃圾处理费用将增加 20~32 元。

6.2.2 脱酸技术改造及成本核算

调研发现，关中地区 13 家生活垃圾焚烧发电企业脱酸的工艺均为“半干法+干法”。关中部分企业脱硫剂消耗量分析见表 6-6。由表可知，脱硫塔出口烟气温度为 150℃的设计工况下，企业二氧化硫 24 小时均值的浓度范围为 50~70 mg/m³，且飞灰和脱硫剂耗量等运行参数满足设备经济运行工况。

6.2.2.1 不同标准限值技改及成本核算

为了科学合理又经济可行地制定 SO₂ 排放限值，特提出三档浓度水平，并针对每档所需进行的技改措施和经济成本进行逐项分析，详细内容见表 6-7。

表 6-6 关中部分企业脱硫剂消耗量分析表

序号	企业名称 (日处理规模)	工艺技术	排放限值(24 小时均值)(mg/m ³)	氢氧化钙耗量 (kg/t 垃圾)	氢氧化钙单价(元/t)	脱硫塔烟气出口温度(℃)	运行成本 (元/t 垃圾)	存在问题
1	咸阳某企业 (≥500t/d)	半干法+干法 (备用)	50(实际排放水平)	8	700	150	5.6	/
			40*	10	700	130	7	烟温较低, 腐蚀较大; 飞灰量较大
			30*	13	700	115	9.1	烟温低, 腐蚀大; 飞灰量大
2	渭南某企业 (≥500t/d)	半干法+干法 (备用)	60(实际排放水平)	12	750	150	9	/
			40*	15	750	130	11.25	烟温较低, 腐蚀较大; 飞灰量较大
			30*	18	750	120	13.5	烟温低, 腐蚀大; 飞灰量大
3	渭南某企业 (500t/d)	半干法+干法 (备用)	50(实际排放水平)	12	850	150	10.2	/
			40*	15	850	125	12.75	烟温较低, 腐蚀较大; 飞灰量较大
			30*	18	850	115	15.3	烟温低, 腐蚀大; 飞灰量大
4	铜川某企业 (500t/d)	半干法+干法 (备用)	70(实际排放水平)	6.5	680	150	4.42	/
			40*	8	680	135	5.44	烟温较低, 腐蚀较大; 飞灰量较大
			30*	11	680	115	7.48	烟温低, 腐蚀大; 飞灰量大
备注		*表示新标准拟采取的二氧化硫浓度限值						

表 6-7 二氧化硫不同标准限值所需技改措施及成本分析

浓度限值 (mg/m ³)		技改措施				一次性 投入 (万元)	新增垃圾 处理费 (元/吨)
		优化半干法+干法 系统	调整参数或提高 管理水平	湿法脱 酸	存在问题		
二 氧 化 硫	60 (1 小 时均值)	(1) 根据累计含硫 量适当加大脱硫剂 耗量; (2) 必要时叠加使 用干法脱酸系统; (3) 更换脱酸剂种 类	(1) 控制余热锅 炉出口氧量; (2) 检查并减少 漏风率; (3) 提高雾化器 雾化效果; (4) 保证脱酸塔 烟气停留时间大 于 20s; (5) 控制烟气排 放温度; (6) 使用高品质 脱硫剂	/	(1) 脱硫剂耗量加大降低了脱硫塔出口烟温, 部分烟气温度 降至酸露点温度以下, 增加后端处理设备的腐蚀可能性, 降低 后端烟气处理设备的使用寿命; (2) 脱硫剂消耗随着排放限值的降低成倍增加, 可能致使半 干法脱硫系统偏离最佳设计和设备运行工况	/	3~8
	40 (24 小 时均值)						
	40 (1 小 时均值)	(1) 根据累计含硫 量加大脱硫剂耗 量; (2) 更换脱酸剂种 类; (3) 须叠加使用干 法脱酸系统; (4) 对现有干法脱 酸系统进行改造升 级		/	(1) 脱硫剂耗量加大降低了脱硫塔出口烟温, 部分烟气温度 降至酸露点温度以下, 增加后端处理设备的腐蚀可能性, 降低 后端烟气处理设备的使用寿命; (2) 脱硫剂消耗随着排放限值的降低成倍增加, 致使半干法 系统偏离最佳设计和设备运行工况, 系统运行经济性差; (3) 因半干法脱硫塔和除尘器间烟道距离短, 气固间干法脱 硫反应主要依靠除尘器滤袋(滤饼)进行, 但粉状脱硫剂在每 仓室及仓室内各滤袋的分布很不均匀, 加之干法脱硫气固间比 表面积小, 脱硫反应效率较低, 为提高脱硫效率, 只能成倍加 大钙硫比(钠硫比), 导致脱硫剂耗量大、飞灰量增加	2800	6~10
	30 (24 小 时均值)						
	40 (1 小 时均值)	根据新建湿法脱酸 系统进行适当调整	根据新建湿法脱 酸系统进行适当 调整	新建湿 法脱酸	/	20000	2~5
	20 (24 小 时均值)						

6.2.2.2 湿法脱酸技改

若执行 $40/20 \text{ mg/m}^3$ （1 小时均值/24 小时均值）的排放限值，通过优化的半干法+干法工艺很难实现，尤其是关中地区全部企业满足此排放限值难度较大，建议考虑湿法脱硫。

湿法脱硫工艺烟气处理流程见图 6-1、6-2、6-3。

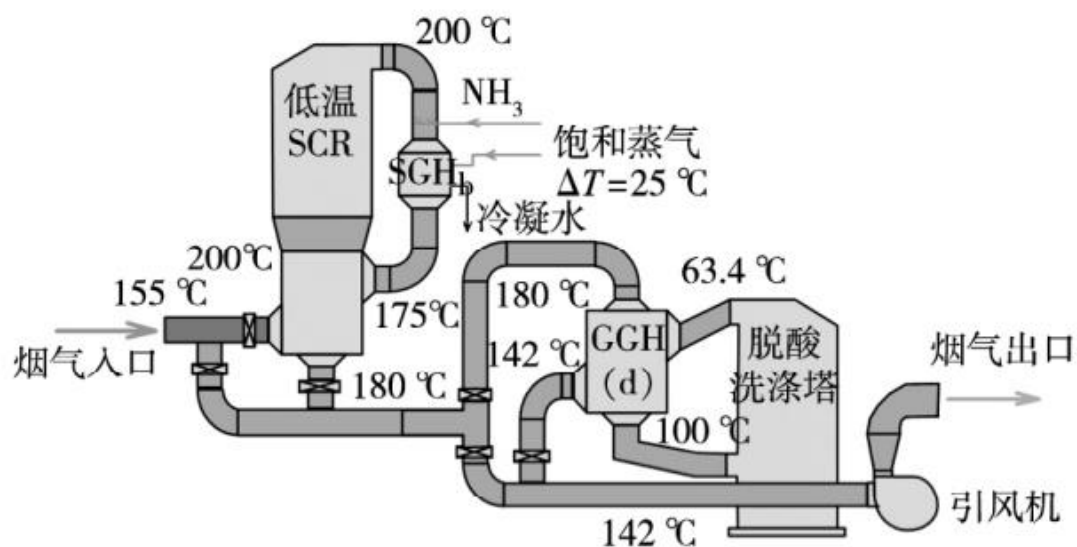


图 6-1 湿法脱酸处理工艺一

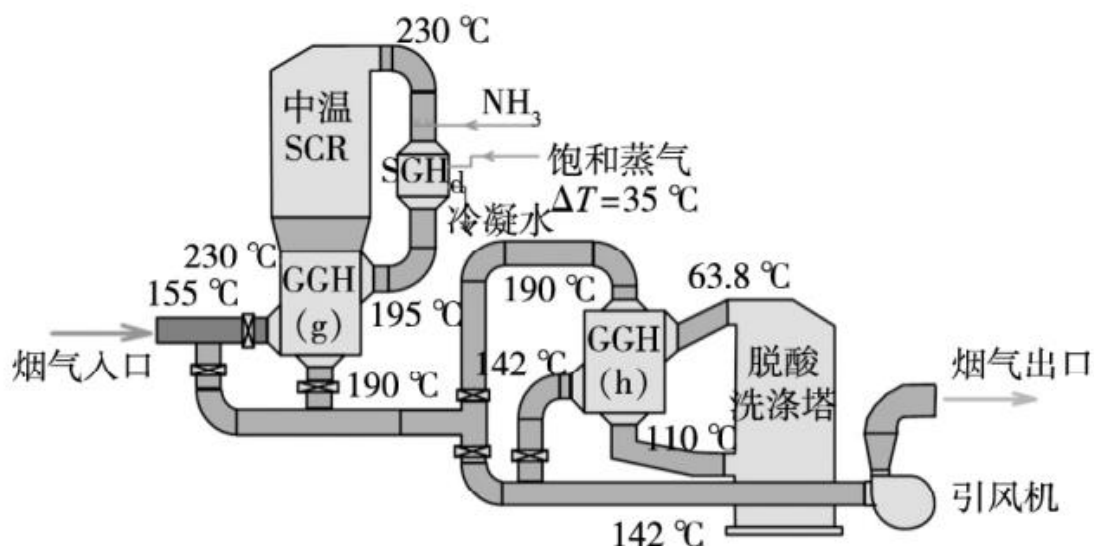


图 6-2 湿法脱酸处理工艺二

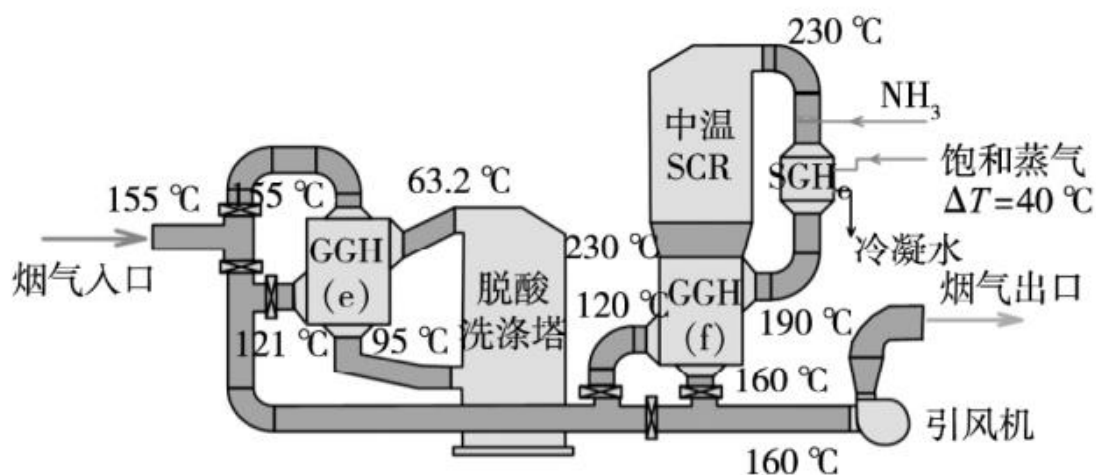


图 6-3 湿法脱酸处理工艺三

图 6-1 湿法工艺方案是为更好利用布袋出口的烟气热量，减少系统补充能耗，将 SCR 系统前置布置。图 6-2 湿法工艺方案烟气先经过湿式洗涤，脱除酸性气体后，再进入 SCR 系统进行脱硝。在酸洗过程中，烟气温度降低，湿度增加，烟气量上升。图 6-3 湿法工艺方案湿法烟气洗涤前置，脱除酸性气体后进入 SCR 系统脱硝。SCR 运行温度 230℃。

湿法脱酸技术脱硫效率可以达到 98%以上，排放浓度 SO_2 小于 20 mg/m^3 （1 小时均值），HCL 小于 10 mg/m^3 （1 小时均值）。关中地区现有生活垃圾焚烧发电企业新建湿法脱酸系统一次性投入约 2 亿元，后期每吨垃圾处理费增加约 2 元。

6.2.2.3 氯化氢达标分析

结合查询资料、实地调研与计算分析的多方结果，优化后的半干法脱硫工艺技术可以实现 HCL 排放满足 $30/20 \text{ mg/m}^3$ （1 小时均值/24 小时均值）的要求，系统的一次性投资和运行费用变化不大。

综合考虑工艺技术可达性、初投资、运行费用及企业可接受程度，本标准建议 SO_2 排放限值为 $40/30 \text{ mg/m}^3$ （1 小时均值/24 小时均值），HCl 排放限值为 $30/20 \text{ mg/m}^3$ （1 小时均值/24 小时均值）。

6.3 环境效益分析

根据关中地区已完成验收的 10 家生活垃圾焚烧发电企业竣工环境保护验收报告，获取关中地区生活垃圾焚烧发电企业废气流量，按

照《生活垃圾焚烧污染控制标准》（GB 18485-2014）中各污染物的排放限值，每家生活垃圾焚烧发电企业年生产 330 天，核算关中地区 10 家垃圾焚烧厂颗粒物、二氧化硫、氮氧化物、一氧化碳和氯化氢的年排放量分别为 350.1 吨、1400.2 吨、4375.7 吨、1400.2 吨和 875.1 吨。

根据本标准设置的颗粒物、二氧化硫、氮氧化物、一氧化碳和氯化氢 24h 均值排放限值，计算得到减排情况详见表 6-8。

表 6-8 实施新标准的污染物减排情况

	颗粒物	二氧化硫	氮氧化物	一氧化碳	氯化氢
现状（吨）	350.1	1400.2	4375.7	1400.2	875.1
实施本标准（吨）	140.0	525.1	1750.3	525.1	350.1
削减量（吨）	210.1	875.1	2625.4	875.1	525.0
削减率	60.0%	62.5%	60.0%	62.5%	60.0%

本标准实施后，能够有效减少生活垃圾焚烧发电企业的大气污染物排放量，规范企业发展，具有较好的环境效益。

7 标准实施建议

7.1 强制性实施建议

根据原国家环境保护总局令第3号《环境标准管理办法》中的相关规定：为防治环境污染，维护生态平衡，保护人体健康，国务院环境保护行政主管部门和省、自治区、直辖市人民政府依据国家有关法律规定，对环境保护工作中需要统一的各项技术规范和技术要求，制定环境标准。其中地方环境标准包括地方环境质量和地方污染物排放标准（或控制标准）。地方环境标准在颁布该标准的省、自治区、直辖市辖区范围内执行。环境标准分为强制性环境标准和推荐性环境标准。环境质量和污染物排放标准和法律、行政法规规定必须执行的其他环境标准属于强制性环境标准，强制性环境标准具有法律限值，一经颁布，必须贯彻执行。

《陕西省大气污染防治条例》规定：省市场监督管理、生态环境行政主管部门依据法律规定，结合本省大气环境质量状况及经济技术条件，可以制定和发布高于国家标准的本省大气环境质量标准、大气污染物排放标准和燃煤、燃油有害物质控制标准且地方污染物排放标准优先于国家污染物排放标准执行。

因此，本标准属强制性标准范畴，需强制性实施。

7.2 标准实施建议

7.2.1 组织保障

坚决贯彻落实省委、省政府关于大气污染防治的战略部署，大力推进本标准的执行工作，地方区县政府负责综合协调、组织指导、进度检查等工作，加强本标准的监管力量，明确权利，落实责任，齐抓共管，确保本标准扎实推进。

7.2.2 技术保障

基于关中地区的经济社会发展水平、区域特点、自然地理条件 and 环境目标不尽相同，应采用经济有效、因地制宜、简便易行、节约资源、工艺可靠并能够与当地环境治理高度融合的垃圾焚烧发电技术，

实现生活垃圾的无害化和资源化利用。主管部门应积极采取措施为企业运行创造条件，并保持企业运行的稳定性。

① 加强现有污染处置设施改造实施。生活垃圾焚烧发电企业提前做好规划计划，对现有污染处理设施进行改造，在不影响焚烧厂正常运转的基础上，确保持续稳定达到排放标准要求。

② 严格掌控焚烧过程、产污点以及环保设施运行等各环节，并按照国家有关规定要求开展自行监测，自觉排查整改，切实将标准执行落实到位。

③ 有效推行垃圾分类政策。在全省范围内有效推进生活垃圾分类工作，从源头上不断削减污染物的产生，并提高资源循环利用率，从而有效降低烟气中污染物的产生量和排放量，促进我省环境空气质量持续改善。

7.2.3 政策保障

加强标准宣贯培训和日常监督管理，建议全省各级生态环境主管部门加大宣贯力度，组织执法单位、排污单位相关人员参加培训，尽快掌握本标准的要求，更好地开展环境管理和污染防治活动。