《海南省危险废物焚烧污染控制标准》

编制说明

**目录**

1项目背景 1

2必要性 2

3指导思想和编制原则 4

3.1指导思想 4

3.2编制原则 4

4危险废物焚烧处置技术及污染控制技术分析 5

4.1焚烧技术简介 5

4.2污染控制技术 6

4.3主要污染物 9

5国内外危险废物焚烧大气污染物控制标准对比 11

5.1国外危废焚烧大气污染物控制标准 11

5.2国内危废焚烧大气污染物控制标准 15

5.3国内外焚烧大气污染物排放限值对比分析 17

6标准主要内容及确定依据 21

6.1标准适用范围 21

6.2污染控制技术要求 21

6.3污染物控制指标选取与设置 22

6.4污染物排放限值制订依据 23

6.5环境监测要求 35

6.6实施与监督 36

7环境、社会经济效益分析 36

1项目背景

2019年4月中办、国办印发了《国家生态文明试验区（海南）实施方案》（以下简称“方案”），将海南正式列入第四个国家生态文明试验区。《方案》颁布以来，海南省各级政府部门积极开展相关工作，为海南国家生态文明试验区建设添砖加瓦，试验区建设取得了良好开局。为加快海南国家生态文明试验区建设步伐，海南省生态环境厅根据《方案》重点任务要求，组织开展固体废物污染环境防治管理工作，2021年计划完成危险废物焚烧污染控制标准制定专项工作，落实《固体废物污染环境防治法》，进一步提高海南省固体废物污染环境防治管理工作水平。

2021年5月，海南省生态环境厅下达了《海南省危险废物焚烧污染控制标准》的编制任务，由海南省环境科学研究院承担该标准的编制工作。接到任务后，编制组梳理现有相关法律标准，收集了解国外发达国家已出台的相关法律标准及国内部分地区制定的地方标准，已收集美国、欧盟、日本等发达国家及北京、上海危险废物焚烧标准，并结合《海南省垃圾焚烧污染控制标准》、海南省危废中心焚烧烟气排放设计值进行对比分析。

2021年1月邀请沈阳市环境科学研究院陈刚、清华大学聂永丰、中国光大绿色环保有限公司刘朝阳、苏伊士（上海）环境服务有限公司康瑾4位专家，以及省内危险废物处置单位等代表初步对海南省危险废物焚烧设施烟气污染物排放浓度限值进行讨论，同时对制定海南地方标准进行了梳理、讨论，为项目实施奠定了基础。

2必要性

危险废物焚烧是一个环境敏感的行业，其大气污染物控制及排放情况一直是环境保护工作的重点管控内容。我国在1999年发布《危险废物焚烧污染控制标准》，在2001年及2020年进行了两次修订，污染防治力度进一步加强。随着我国经济发展及环境质量的改善，城市之间经济发展及环境保护要求存在差异，国家《危险废物焚烧污染物控制标准》（GB18484-2001）不能完全适应所有省市，如北京市及上海市在国家标准的基础上，根据本地的环境管理要求制定了严于国家标准的地方标准。

近年来，我国大气污染防治力度逐步加强，对多个行业加严了大气污染物排放限值指标。同时，我国危险废物焚烧设施无论从系统技术集成的角度，还是从设施规模角度，都取得了长足的发展；国家针对危险废物处置行业颁布了各项政策规划，对行业发展提出了更高的要求。为进一步提高危险废物处置行业整体环境管理水平，推动行业规范化规模化发展，2020年生态环境部完成了《危险废物焚烧污染物控制标准》的修订，并于2020年11月26日发布；《危险废物焚烧污染物控制标准》（GB18484-2020）将于2021年7月1日起正式实施。

海南省作为我国对外开放鲜明旗帜和重要门户，肩负着建设一流水平的生态环境质量的重任。为了进一步完善海南省危险废物焚烧设施污染控制要求，建立健全高效生态环境监管体系，制定污染物排放控制与治理成本同经济发展和环境保护要求相适应的排放标准是十分必要的。2019年，全省工业源危险废物申报产生单位341家，申报登记量21.6万吨；社会源危险废物产生量逐年加大，据不完全统计，2019年全省社会源危险废物产生量超过5万吨。医疗废物逐年增长，“十三五”以来，我省医疗卫生机构数量和床位数持续增加，根据海南省统计年鉴估算，2019年全省医疗废物理论产生量7120.23吨，到2025年医疗废物产生量增速基本保持稳定。

目前，我省危险废物焚烧企业仅有一家，且焚烧设施为单独焚烧设施，处置量为6600吨/年。医疗废物处置能力不足，随着危废产生量逐年增加，危险废物处置能力建设正在逐步实施，为了确保生态环境质量达到世界领先水平，亟需出台更严格的污染物排放标准。

生态环境部门和质量监督部门以污染控制标准为重要抓手，对标国际先进水平，采取更高的建设标准，始终将保护生态环境作为立省之本。为了更好的实现未来的发展目标，对我省危险废物焚烧行业加强环境管控也势在必行，尽快制定适合本地区要求的《海南省危险废物焚烧污染控制标准》十分必要。

3指导思想和编制原则

**3.1指导思想**

以习近平新时代中国特色社会主义思想为指导，全面贯彻党的十九大和十九届二中、三中、四中、五中全会精神，贯彻习近平生态文明思想，认真落实执行中共中央、国务院《关于支持海南全面深化改革开放的指导意见》和《中共海南省委关于进一步加强生态文明建设谱写美丽中国海南篇章的决定》要求，以实现经济、社会的可持续发展为目标，以国家环境保护相关法律、法规、规章、政策和规划为依据，制定符合海南实际的地方污染物控制标准，保障人体健康、保护生活环境和生态环境、改善环境质量，促进环境效益、经济效益和社会效益的统一。

**3.2编制原则**

3.2.1以相关法律、法规、标准为准绳原则

本标准的编制遵循《中华人民共和国环境保护法》《中华人民共和国水污染防治法》《中华人民共和国大气污染防治法》《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》《中华人民共和国土壤污染防治法》《中华人民共和国环境影响评价法》《建设项目环境保护管理条例》《建设项目环境影响评价分类管理目录》、《海南省环境保护条例》以及《海南省大气污染防治条例》等有关法律法规和标准的要求，并与现行的环境保护方针相一致，从技术角度来贯彻实施上述条例和规定的要求。

3.2.2与发展水平相适应原则

本次标准制定，以危险废物焚烧以最佳实用或最佳可行的技术为依据，与经济、技术发展水平和相关方的承受能力相适应，在技术可达基础上实施最严标准，突出新标准的全面、科学、合理与严谨。

3.2.3可操作性原则

明确控制范围、控制因子、技术方法及监测手段，使标准适应新形势下我省的发展要求，做到实际可操作；在标准编制的过程中，与我省主要焚烧运行企业积极沟通，并邀请专家讨论，广泛吸纳企业及专家意见和建议，确保标准实施的可达性。

3.2.4针对性原则

在参照国内外的先进标准的基础上，结合我省现有焚烧厂运营实际以及经济发展和环境保护要求，强化运行控制全过程管理。

4危险废物焚烧处置技术及污染控制技术分析

**4.1焚烧技术简介**

目前国内工业危险废物焚烧技术通用流程一般包括预处理、配料、进料、焚烧、余热回收、急冷、脱酸和活性炭吸附、除尘、洗涤净化、消白烟等工序。目前国内危险废物焚烧处理95%以上采用回转窑焚烧工艺。

固体废物经预处理和科学配比后，经行车抓斗到给料机再传送到料斗，并由此进入回转窑；液体废物通过喷雾器送入回转窑或二燃室。回转窑连续旋转，物料不停翻动、加热、干燥、汽化和燃烧，燃烧温度约为 800~950℃。燃烧后的残渣自窑尾落入渣斗，由出渣系统排出。燃烧产生的烟气从窑尾进入二燃室高温燃烧，燃烧温度 1000~1200℃，停留2s以上。在二燃室充分燃烧的高温烟气经余热锅炉回收热量，将热能转换为热水和蒸汽，烟气温度降至600~500℃，然后进入急冷塔，快速冷却至 200℃，再后进入布袋除尘器除去粉尘，经洗涤塔充分洗涤后降至80℃，最后经加热器、引风机、烟囱排入大气。

**4.2污染控制技术**

4.2.1烟尘控制技术

危险废物及其它工业固体废物焚烧烟尘是烟气成分中毒性最大的物质的集合，不仅包含大量重金属及其氧化物质，还含有大量以颗粒形态存在的二噁英类物质，所以烟气中颗粒物的控制对于减少焚烧炉对环境空气的影响具有非常重要的意义。由于飞灰中二噁英类有害物质在采用湿法除尘时会造成水的二次污染问题，通常都采用干法除尘，最常用的除尘方法为电除尘和布袋除尘。早期垃圾焚烧烟气的高效除尘器以电除尘器为主，但是由于其初期投资和运行费用较高，对粒径较小的焚烧炉飞灰的除尘效率有限，再提高的可能性不大，且国外己发现静电除尘器内有二噁英与呋喃的再合成现象。因此，自上世纪90年代以来，焚烧烟气除尘基本以布袋除尘为主，滤料的品质是决定焚烧烟气颗粒物净化效果和运行可靠性的关键，目前应用较多效果较好的滤料品种是聚四氟乙烯滤料、P84、PPS 等，聚四氟乙烯滤料的性能最佳，设计运行良好的布袋除尘器可将焚烧烟气中颗粒物的排放浓度控制在 10mg/m3以下，但成本也很高。

4.2.2酸性物质控制技术

通常情况下，脱酸工艺主要包括干式脱酸、湿式脱酸和半干式脱酸三种处理方式，半干式脱酸法由于设备相对简单，可利用烟气的高温加强脱酸效果，不会产生二次污染，同时在资金投入方面也不大，在垃圾焚烧烟气处理中应用广泛。从危险废物和医疗废物焚烧过程产生的原始HCl，HF浓度要较生活垃圾焚烧烟气高，通过半干法脱酸+脉冲袋式除尘器的脱酸方式基本可将HCl 的排放浓度控制在 50mg/m3以下，国内外很多焚烧单位通过对半干法脱酸+脉冲袋式除尘器精心设计和运行，并在在布袋除尘器下游增设洗涤塔的方式已实现稳定控制HCl排放浓度在 10mg/m3以下。烟气中SO2的排放量主要取决于焚烧物中的还原硫含量，从技术角度出发，烟气净化系统中的酸性气体洗涤过程对SO2也有一定的去除作用，半干法脱酸+脉冲袋式除尘器对烟气中的SO2也有较好的净化效果。NOx 排放的控制途径主要采用低氮燃烧和烟气还原脱硝，在烟气脱硝方法中，主流技术是选择性催化还原（SCR）和选择性非催化还原（SNCR），实际工程中应用最多的足SCR法脱硝，其NOx 的脱除效率达到 80%～90%。目前，SCR脱硝系统的整体造价较高，主要原因在于催化剂完全依赖进口，单纯依靠SCR系统进行脱硝，要耗用较多的催化剂，且催化剂的再生较麻烦，应该在SCR脱硝系统的基础上，联合使用炉内脱硝技术。由于大多焚烧企业脱硝和脱硫系统几乎均是独立设置，成本和运行维护工作量大，联合脱硫脱硝技术将是今后一段时间内焚烧烟气净化的发展方向。

4.2.3重金属控制技术

控制烟气中重金属的浓度，首先要做好废物的分类处理工作，将含有重金属的废物（如电池、日光灯管、杀虫剂、印刷油墨等）先回收处理。焚烧烟气中挥发状态的重金属污染物，部分在温度降低时可自行凝结成颗粒、在飞灰表面凝结或被吸附，从而被布袋除尘器收集去除，因此，焚烧烟气净化系统的温度越低，则重金属的净化效果越好。部分无法凝结及被吸附的重金属的氯化物，经湿式洗气塔洗涤后从废气中吸收脱除。通常情况下，良好的颗粒物净化技术可以同时得到良好的重金属净化效果，当在布袋上游喷入活性炭时往往也可进一步提高重金属净化效果。

4.2.4二噁英控制技术

根据二噁英的形成原理，控制危险废物焚烧工艺中二噁英的形成源、切断二噁英的形成途径以及采取有效的二噁英净化技术是防治二噁英污染最为关键的问题，因此可以从 “燃烧前、燃烧中和燃烧后”三个环节对其实现全面控制。燃烧前对废物进行预处理尽量减少进入焚烧系统中对二噁英的生成起作用的物质的量，源头控制垃圾中氯和重金属含量高的物质进入焚烧炉，从而减少二噁英合成反应中所需的反应物和重金属催化剂的量。燃烧过程中确保燃烧温度保持在 1100℃以上，在高温区送入二次空气，充分搅拌混合增强湍流度，延长气体在高温区的停留时间。采用急冷的方法降低烟气温度，缩短烟气在处理和排放过程中处于300～500℃温度区域的时间，避开二噁英产生的温度区域，控制烟气进入除尘器入口的温度低于200℃，防止焚烧后再合成。在烟气处理过程中喷入活性炭吸附烟气中的二噁英也是世界上控制二噁英排放的比较通用和成熟的技术，国外发达国家的经验表明，当采用活性炭喷射+布袋净化工艺时，高效的颗粒物净化系统是保证排放烟气中二噁英浓度低于0.1ngTEQ/m3 的必要条件。

**4.3主要污染物**

4.3.1烟尘（颗粒物）

烟尘是焚烧过程中产生的微小颗粒性物质，主要是被燃烧空气和烟气吹起的小颗粒灰分、未充分燃烧的碳等可燃物、因高温而挥发的盐类和重金属等在烟气冷却污染控制措施处理过程中冷凝或发生化学反应而产生的物质，包括金属的氧化物和氢氧化物、碳酸盐、磷酸盐及硅酸盐、来源于垃圾中的不熔氧化物、不挥发金属及不完全燃烧的有机物等。

4.3.2酸性气体

焚烧烟气中的酸性气体主要由 HCl、HF、NOx、SO2 组成。NOx主要来源于各类废物中含氮化合物的分解转换和空气中氮气的高温氧化，主要成分为NO；HCl、HF 主要是垃圾中的含氯化合物、塑料（如PVC）燃烧时产生的，同时，废物中所含的碱金属氯化物（如NaCl），在烟气中与SO2、O2等反应也会生成HC1气体；SOx由各类废物中的含硫化合物氧化燃烧生成，主要成分为SO2。

4.3.3重金属

许多危险废物中的可燃和不可燃部分都含有金属和金属化合物，在燃烧过程中，废物中的部分不可燃组份与其所含的金属物质一起被助燃空气裹携出燃烧炉。在整个过程中，重金属不会被破坏和生成，只发生迁移和转化，形成金属及化合物蒸气或亚微米颗粒，重金属及其化合物又可根据沸点及挥发性再加以区分，部分重金属的沸点小于1100℃，因此焚烧中更容易挥发至烟气中，铅的沸点为1700℃，大部分存在于炉渣中。

4.3.4二噁英

二噁英实际上是二噁英类（Dioxins）的一个简称，它指的并不是一种单一物质，而是结构和性质都很相似的包含众多同类物或异构体的两大类有机化合物，二噁英不是天然产物，而是含氯的碳氢化合物在燃烧过程中形成的，主要产生于废物焚烧、农药生产等过程，有氯和金属元素存在条件下的有机物燃烧均会产生二噁英。二噁英在850℃以上会很快分解，但在250～350℃温度下，在铜等作催化剂和CO浓度较高的还原条件下很容易合成。

5国内外危险废物焚烧大气污染物控制标准对比

**5.1国外危废焚烧大气污染物控制标准**

美国拥有比较完善的环境保护法律法规体系, 先后颁布的一系列有关废物管理的法律, 其中《资源保护与回收利用法》（RCRA）授权环境保护总署控制危险废物从“摇篮到坟墓”整个过程，涉及到危险废物的产生、运输、处理、贮存和处置。《资源保护与回收利用法》（RCRA）与《清洁空气法》（CAA）直接适用危险废物焚烧处置，这两部法律主要从污染控制、设施性能评价和运行管理等方面提出危险废物焚烧的管理要求，形成了从废物进场开始到废物最终处置全过程的控制技术体系，以保证危险焚烧处置的环境安全性和设施运行稳定性，进而引导危险废物焚烧处置向环境友好的方向发展。

1990年的《清洁空气法》修正案建立了基于技术考量的排放法规，称为最大可达控制技术（MACT）标准。该法案要求控制列出的188种（后减为187种）有毒空气污染物的排放。美国在1992年发布了一系列源类别，这些源会排放一种或多种有毒空气污染物。当这些排放源每年排放大于10短吨的任意一种有毒空气污染物或每年排放总量大于25短吨有毒空气污染物时，必须采用最大可达控制技术。

表5-1 美国国家危险废物焚烧大气污染排放标准（含共烧）

|  |  |
| --- | --- |
| 污染物 | 排放限值 |
| 现有污染源 | 新建污染源 | 现有污染源 | 新建污染源 |
| 7%氧含量 | 11%氧含量 |
| 颗粒物 | 0.013gr/dscfa | 0.0015gr/dscfa | 21.25mg/m3 | 2.45mg/m3 |
| 总氯（氯化氢+氯气） | 32ppmvb | 21ppmvb | 36.21mg/m3 | 23.76mg/m3 |
| 汞 | 130ug/dscm | 8.1ug/dscm | 0.093mg/m3 | 0.0058mg/m3 |
| 半挥发金属（Cd+Pb） | 230ug/dscm | 10ug/dscm | 0.16mg/m3 | 0.0071mg/m3 |
| 低挥发金属（As+Be+Cr） | 92ug/dscm | 23ug/dscm | 0.066mg/m3 | 0.016mg/m3 |
| 一氧化碳（CO）或碳氢化合物（HC） | 100ppmvcCO或100ppmvcHC | 100ppmvcCO或100ppmvcHC | 89.25mg/m3 | 89.25mg/m3 |
| 二恶英类 | 0.2-0.4ngTEQ/dscm | 0.11-0.2ngTEQ/dscm | 0.14-0.29ngTEQ/m3 | 0.079-0.14ngTEQ/m3 |
| 焚毁率 | 主要有机物99.99%以上焚毁率， 而对于一些特殊有机物要求大于99.9999%。 |
| a污染源可选择符合微粒物质标准和去除效率的替代方案；b污染源可选择遵守特定地点的基于风险的氯化氢和氯气排放限值；c选择遵守CO标准的源必须在一个全面的性能测试期间证明符合HC标准，该测试证明符合销毁和移除效率要求。 |

注：1.新建设施执行时间为2005年；

2.我国的数据单位基本采用mg/m3，而美国数据单位与我国不同，采用μg/dscm、gr/dscf、ppmv等单位，为了便于比较表中进行了换算比较。我国的检测数据都是修正到11％氧含量的情况下，标态下干烟气来计算，但美国的检测数据则是换算到7％氧含量的标态下的干烟气，因此表中将所有的数据按11％氧含量来计算。

3.单位换算公式：

1μg/dscm=0.001mg/m3

1gr/dscf=2289.71mg/m3

C（mg/m3）=C＇（ppmv）\*M/22.4，C、C＇为浓度；M为物质摩尔质量

C（11％）=C（7％）\*0.714，C（11％）为修正到11％氧含量下的污染物浓度数据，mg/m3；C（7％）为修正到7％氧含量下的污染物浓度数据，mg/m3。

欧盟的法律文件主要由法规、指令、决议等组成。法规要求所有成员国强制执行；指令只对必须达到的结果进行限定，成员国可自行决定采取何种形式及方法；决议只对其接受者具有直接约束力。2008年欧盟推出《废物框架指令》（2008/98/EC）,取代了原有的废物框架指令（2006/12/EC）、危险废物指令（91/689/EEC）及废油指令（75/439/EEC）。针对废物焚烧，2000年12月欧盟出台《废物焚烧指令》（2000/76/EC），指令规定了废物运输和接受的要求、焚烧大气污染物排放控制和监测要求、焚烧废渣管理及循环利用要求以及焚烧厂许可制度要求等。该指令为推进危险废物焚烧处置设施的安全运行和管理提供了管理和技术依据。2010年欧盟发布了《工业排放指令》（2010/75/EU），该指令替代了《废物焚烧指令》（2000/76/EC）。《工业排放指令》不仅规定了专用焚烧炉排放限制和废物共焚烧时的排放限值，还对许可证申请和发放以及废物的运输和接受、运行条件、残渣、信息公开等内容进行了规定。另外，为了推进废物处置行业最佳可行技术的应用，欧盟提出了《废物处理行业最佳可行技术参考文件》和《废物焚烧最佳可行技术参考文件》，用于指导欧盟各国的废物处置，包括危险废物处置。

表5-2 欧盟危险废物焚烧大气污染排放标准

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **污染物** | **日均值（mg/m3）** | **半小时均值（mg/m3）** |
| **100%** | **97%** |
| 总粉尘 | 10 | 30 | 10 |
| 总有机碳（TOC） | 10 | 20 | 10 |
| 氯化氢（HCl） | 10 | 60 | 10 |
| 氟化氢（HF） | 1 | 4 | 2 |
| 二氧化硫（SO2） | 50 | 200 | 50 |
| 一氧化碳（CO） | 50 | 100 |
| 氮氧化物（以NO2计） | 发电厂标称容量每小时超过6吨的现有废物或新的废物焚化厂 | 200 | 400 | 200 |
| 标称容量为每小时6吨或以下的发电厂 | 400 | - | - |
| 镉、铊（Cd+Tl） | 0.05 | - | - |
| 汞（Hg） | 0.05 | - | - |
| 锑、砷、铅、铬、钴、铜、锰、镍、钒（Sb+As+Pb+Cr+Co+Cu+Mn+Ni+V） | 0.5 | - | - |
| 二噁英（ngTEQ/m3 ） | 0.1（6-8小时采样值） |

注：100%：所有半小时均值都未超过表格规定限值；

97%：一年中97%半小时均值都未超过表格规定限值。

日本1970年制定《废弃物处理法》，作为日本废弃物管理的核心法律，对废弃物的产生、转移、处理处置等环节以及相关方的责任等方面进行规定。2003年制定循环型社会形成推进基本计划，目前日本危险废物主要依据《循环型社会形成促进法》进行管理。由于产生的废物主要采取回收利用方式进行处理，日本废物末端处理厂的数量很少，仅对需要特别处理的废物采用焚烧处置方式。针对焚烧处置，日本将烟气二噁英控制作为重点。相继制定了《二噁英对策特别实施法》和《二噁英对策推进基本指南》。日本通过专门性的法律，将二噁英管理从其他环境管理的体系中剥离出来。不仅通过法律确立了二噁英治理、污控、减排的管理程序，而且使其管理在立法上形成独立的管理章节。

表5-3 日本危险废物焚烧大气污染排放标准

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **污染物** | **规模** | **排放限值（mg/m3）** |
| **现有污染源** | **新建污染源** |
| 颗粒物 | - | 40 |
| 一氧化碳 | - | 88 |
| 二氧化硫 | - | 57 |
| 氯化氢 | - | 25 |
| 氮氧化物 | - | 105 |
| 汞及其化合物 | - | 0.5 |
| 二噁英类（ngTEQ/m3） | ＞4 t/h | 1.0 | 0.1 |
| 2~4 t/h | 5.0 | 1.0 |
| ＜2 t/h | 10.0 | 5.0 |

注：新建设施执行时间为1997年。

**5.2国内危废焚烧大气污染物控制标准**

上海市2013年制定《危险废物焚烧大气污染物排放标准》地方标准，于2014年实施。标准规定了危险废物（含医疗废物）焚烧设施12类大气污染物排放限值，颗粒物，一氧化碳，二氧化硫，氮氧化物，氯化氢，氟化氢，汞及其化合物，铊、镉及其化合物，砷及其化合物，铅及其化合物，铬、锡、锑、铜、锰及其化合物和二噁英类的排放限值。

表5-4 上海市危险废物焚烧大气污染物排放限值

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **序号** | **污染物项目** | **排放限值****（mg/m3）** | **数值含义a** |
| 1 | 颗粒物 | 20 | 测定均值 |
| 2 | 一氧化碳（CO） | 50 | 小时均值 |
| 3 | 氮氧化物（以NO2计） | 250 | 日均值 |
| 400 | 小时均值 |
| 4 | 二氧化硫（SO2） | 50 | 日均值 |
| 100 | 小时均值 |
| 5 | 氯化氢（HCl） | 10 | 日均值 |
| 50 | 小时均值 |
| 6 | 氟化氢（HF） | 2 | 测定均值 |
| 7 | 汞及其化合物（以Hg计） | 0.05 | 测定均值 |
| 8 | 镉、铊及其化合物（以Cd+T1计） | 0.05 | 测定均值 |
| 9 | 砷、镍及其化合物（以As+Ni计） | 0.5 | 测定均值 |
| 10 | 铅及其化合物（以Pb计） | 0.5 | 测定均值 |
| 11 | 铬、锡、锑、铜、锰、钒及其化合物（以Cr+Sn+Sb+Cu+Mn+V计） | 1.0 | 测定均值 |
| 12 | 二噁英类（ng TEQ/Nm3） | 0.1 | 测定均值 |
| 注：a手工监测时，表中的小时均值为测定均值  |

北京于2007年发布《危险废物焚烧大气污染物排放标准》地方标准，于2008年开始实施。标准规定了危险废物（包括医疗废物）焚烧烟气中烟尘，烟气黑度，不透光率，一氧化碳，氮氧化物，氯化氢，氟化氢，二噁英，二氧化硫，汞及其化合物，镉及其化合物，砷、镍及其化合物，铅及其化合物，铬、锡、锑、铜、锰、及其化合物等14项危险废物焚烧大气污染物排放限值。

表5-5 北京市危险废物焚烧炉大气污染物排放限值

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **序号** | **控制项目** | **单位** | **数值含义** | **排放标准值** |
| 1 | 烟尘 | mg/m3 | 小时均值 | 30 |
| 2 | 烟气黑度 | 林格曼，级 | 测定值 | 1 |
| 3 | 烟气不透光率 | % | 小时均值 | 10 |
| 4 | 一氧化碳 | mg/m3 | 小时均值 | 55 |
| 5 | 氮氧化物 | mg/m3 | 小时均值 | 500 |
| 6 | 二氧化硫 | mg/m3 | 小时均值 | 200 |
| 7 | 氯化氢 | mg/m3 | 小时均值 | 60 |
| 8 | 氟化氢 | mg/m3 | 小时均值 | 4 |
| 9 | 汞及其化合物 | mg/m3 | 测定均值 | 0.1 |
| 10 | 镉及其化合物 | mg/m3 | 测定均值 | 0.1 |
| 11 | 砷、镍及其化合物（以As+Ni计） | mg/m3 | 测定均值 | 1.0 |
| 12 | 铅及其化合物（以Pb计） | mg/m3 | 测定均值 | 1.0 |
| 13 | 铬、锡、锑、铜、锰、及其化合物（以Cr+Sn+Sb+Cu+Mn计） | mg/m3 | 测定均值 | 4.0 |
| 14 | 二噁英类（ng TEQ/Nm3） | ngTEQ/m3 | 测定均值 | 0.1 |

海南省2019年制定并实施了《生活垃圾焚烧污染控制标准》地方标准，标准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，并规定了颗粒物，一氧化碳，氟化氢，氮氧化物，二氧化硫，氯化氢，总有机碳，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，二噁英等11项危险废物焚烧大气污染物排放限值。

表5-6 生活垃圾焚烧炉排放烟气中污染物限值

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **序号** | **污染物项目** | **限值（mg/m3）** | **取值时间** |
| 1 | 颗粒物 | 8 | 24小时均值 |
| 10 | 1小时均值 |
| 2 | 一氧化碳（CO） | 30 | 24小时均值 |
| 50 | 1小时均值 |
| 3 | 氮氧化物（NOx） | 120 | 24小时均值 |
| 150 | 1小时均值 |
| 4 | 二氧化硫（SO2） | 20 | 24小时均值 |
| 30 | 1小时均值 |
| 5 | 氯化氢（HC1） | 8 | 24小时均值 |
| 10 | 1小时均值 |
| 6 | 氟化氢（HF） | 1 | 24小时均值 |
| 2 | 1小时均值 |
| 7 | 总有机碳（TOC） | 10 | 24小时均值 |
| 20 | 1小时均值 |
| 8 | 汞及其化合物（以Hg计） | 0.02 | 测定均值 |
| 9 | 镉、铊及其化合物（以Cd+T1计） | 0.03 | 测定均值 |
| 10 | 锑、砷、铅、铬、钴、铜、锰、镍及其化合物（以 Sb+As+Pb+Cr+Co+Cu+Mn+Ni计） | 0.3 | 测定均值 |
| 11 | 二噁英类（ngTEQ/m3） | 0.05 | 测定均值 |

**5.3国内外焚烧大气污染物排放限值对比分析**

危险废物焚烧大气污染物控制指标主要为烟尘、颗粒物、一氧化碳、二氧化碳、氟化氢、氯化氢、氮氧化物、重金属因子及二噁英等，整体而言欧盟执行的排放标准最严。

（1）颗粒物。欧盟限值为10mg/m3，美国限值为2.45mg/m3，日本限值为40mg/m3。国标限值为20 mg/m3（日均值），上海地标限值为20，宽于欧盟和美国要求。海南生活垃圾焚烧地方标准颗粒物排放限值为8mg/m3，严于欧盟标准限值。

（2）一氧化碳。欧盟限值为50mg/m3，美国限值为89.25mg/m3，日本标准限值为88mg/m3，国标限值为80mg/m3，仅严于美国、日本。北京及上海地标与欧盟基本一致。海南生活垃圾焚烧地方标准一氧化碳排放限值为30mg/m3，严于欧盟标准限值。

（3）二氧化硫。欧盟二氧化硫限值为50mg/m3，日本限值为57mg/m3，国标限值为80mg/m3，北京地标为200mg/m3，上海地标与欧盟一致。海南生活垃圾焚烧地方标准二氧化硫排放限值为20mg/m3，严于欧盟标准限值。

（4）氟化氢。欧盟限值为1mg/m3，国标限值为2mg/m3，北京及上海地标限值分别为10mg/m3、4mg/m3。海南生活垃圾焚烧地方标准氟化氢排放限值为1mg/m3，与欧盟标准限值一致。

（5）氯化氢。欧盟排放限值为10mg/m3，美国排放限值为23.76mg/m3，日本排放限值为25mg/m3，国标限值为50mg/m3，北京地标为60mg/m3，上海地标为10mg/m3。海南生活垃圾焚烧地方标准氯化氢排放限值为8mg/m3，严于欧盟标准限值。

（6）氮氧化物。欧盟排放限值在200-400mg/m3之间，日本排放限值为105mg/m3，国标限值为250mg/m3，日本标准最严格。海南生活垃圾焚烧地方标准氮氧化物排放限值为120mg/m3，严于欧盟标准限值。

（7）重金属类污染物。大多数国家仅对汞、镉等指标作了限定，欧盟和美国的控制指标相对更全。比较我国和美国、欧盟标准，国标中汞、镉等指标控制要求基本处于较严水平，其余重金属类污染物各有侧重。

（8）二噁英。各国控制要求基本达到了0.1ngTEQ/m3，国标限值为0.5ngTEQ/m3，要求偏宽。北京及上海地标均为0.1ngTEQ/m3，海南生活垃圾焚烧地方标准二噁英排放限值为0.05ngTEQ/m3，严于各国标准限值。

对以上不同国家和地区的污染物排放限值比较可知，欧盟和日本的标准限值较为严格，二噁英的限值基本都控制在0.1ngTEQ/m3。我国地方标准上海执行标准整体严于北京。各国控制指标存在差异，一是各国对于危险废物的定义不尽相同，管控的重点也各有特点，废物类别和特征有所差别；二是标准制定时间不同，排放限值与当下社会经济发展水平及处置工艺和装备水平也密切相关。

在本标准的制定过程中，参照发达国家标准限值，结合海南省实际环境质量要求以及目前焚烧工艺及污染物治理水平，本标准规定限值基本可达到海南省生活垃圾焚烧排放标准限值，严于欧盟、美国及日本标准。生态环境对于海南的社会经济发展有着重要作用，因此对于大气质量要求也相对较高，本标准规定限值处于世界领先水平，一是顺应海南建设自由贸易港发展要求，二是与我国全面推进《全国危险废物和医疗废物处置设施建设规划》的成果密不可分，在目前经济、技术条件情况下，本标准污染物的排放限值符合时代发展的趋势。

6标准主要内容及确定依据

**6.1标准适用范围**

本标准适用于现有危险废物焚烧设施（包含医疗废物专用焚烧设施）的大气污染控制和环境管理，以及新建危险废物焚烧设施建设项目的环境影响评价、危险废物焚烧设施的设计与施工、竣工验收、排污许可制度管理及建成后运行过程中的污染控制和环境管理。

**6.2污染控制技术要求**

6.2.1入炉废物要求

危险废物进入焚烧炉前需进行配伍，依照废物的组份、灰分、热值等参数，以及各批次废物的分析数据，通过计算制定配伍方案。合理的配伍能够保证装置高效焚烧、降低运行成本并提高处理效果。

废物配伍主要目前国内外普遍采取混合、充分搅拌等方法使得配伍后的废物中主要有毒有害物质、重金属、有机氯等尽可能分布均匀，并保证其含量满足焚烧炉设计的焚毁去除率、重金属去除率、氯化氢去除率及热值等指标的要求。

为保证焚烧设备安全，首先焚烧废物间需性质相容，防止危废变化产生大量热量或产生毒性更强产物。其次，危废和焚烧设备相容性也需要考量，如不能焚烧可腐蚀设备的危险废物。

危险废物的配比还需考量产物环保性，不同配比产生不同尾气、炉渣，应控制焚烧气体酸性、有害气体含量及炉渣中重金属比例。不同配比产生不同热值，采用最小辅助燃料换最大焚烧余热具有最大经济性，确保设备稳定下，最大程度提高回收热。

6.2.2焚烧技术要求

我国常见的危险废物焚烧处置炉有回转窑焚烧炉、多膛炉、流化床焚烧炉、固定膛炉、两室炉等。

现阶段常见的焚烧模式是回转窑加炉排型焚烧炉，通过回转窑，可以将危险废物进行分解、干燥、燃烧，直到燃尽，没有彻底燃烧完成的肥料会进到移动式炉排再燃烧，全部的炉渣会进入到出渣系统。一般焚烧危险废物的温度范围在850～1200℃间，反应时间、氧气充足的情况下，能够最大程度的对有毒有害物质实施分解以及消除，除此之外，回转窑和炉排燃烧形成的高温烟气会进到二燃室，由于其中含有挥发性有毒有害的物质，要想全面的氧化分解，就需要操作人员掌握好烟气温度，应该在850～1200℃范围内，给二燃室内输送足够的氧气，让这些物质可以全面氧化分解。

**6.3污染物控制指标选取与设置**

 本标准中有关危险废物焚烧炉污染物控制指标的选取参照国家危险废物焚烧污染控制标准 GB18484 及欧盟标准，规定了13项危险废物焚烧染物排放限值指标：1）颗粒物；2） 一氧化碳；3）SO2 ；4）NOx ；5）氯化氢；6）氟化氢；7）汞及其化合物；8）铅及其化合物；9）镉、铊及其化合物； 10）砷及其化合物；11）铬及其化合物；12）锡、锑、铜、锰、镍及其化合物；13）二噁英类。

**6.4污染物排放限值制订依据**

6.4.1颗粒物

颗粒物是指燃料和其他物质燃烧、合成、分解以及各种物料在机械处理过程中所产生的悬浮于排放气体中的固体和液体颗粒状物质，其浓度与性质与焚烧废物的成分、焚烧炉类型、燃烧条件等有关。颗粒物包含粉尘、烟尘等污染物，在焚烧过程中产生的污染物以烟尘为主。在焚烧烟气中，烟尘是毒性最大的物质的集合，焚烧烟气中的二噁英类物质部分也是以颗粒形态存在，所以烟气中颗粒物的控制对于减少焚烧炉对环境空气的影响具有非常重要的意义。

为了减少生活垃圾焚烧发电工艺中烟气中粉尘等有害物质的排放，需要将烟气中的颗粒物从烟气中分离出来，因此在安装除烟装置时需要把惯性力、重力以及扩散附着力和离心力灯光作为除尘的作用力，例如静电除尘器和布袋除尘器等。

早期垃圾焚烧烟气的高效除尘器以静电除尘器为主，电除尘器主要是通过高压负极放电产生电晕，将烟气中带有负荷电的颗粒物从烟气中分离出来的一种设备。

布袋除尘器主要是通过过滤袋把烟气中含有的尘气进行过滤、筛选，把尘气体和烟气分离开来，并让除尘器气体附着在过滤袋上，然后再通过喷吹等方式进行清除。这种方式的除尘效率比较高，使用和维护都比较方便。

布袋除尘器与静电除尘器相比可以把烟气中的小颗粒烟尘和二噁英去除得更干净。根据我国现有各类除尘技术的除去效率以及实际的监测结果，袋式除尘器能较好地处理尘颗粒，有效除尘效率高达99%，并且适应性强，在一定条件下，进口浓度的变化几乎不影响出口浓度，在我国应用已较为广泛。上世纪90年代以来，焚烧烟气除尘基本已布袋除尘为主。设计运行良好的布袋除尘器可将焚烧烟气中颗粒物的排放浓度控制在10mg/m3以下。

与部分国家和地区的同类标准相比，本标准所确定的颗粒物的排放限值（10mg/m3），与欧盟烟尘排放标准限值、日本部分地区颗粒物排放限值持平。虽严于多数国家和地区，但通过采取相应措施，颗粒物达到本标准确定的限值是可能的。

6.4.2一氧化碳

焚烧过程中，焚烧不完全会产生一氧化碳，焚烧烟气中一氧化碳浓度可反映焚烧过程的完全程度，有研究表明，当一氧化碳的排放浓度稳定在50-100mg/m3范围时，就可判定燃烧过程是完全的。许多国家对CO的排放浓度控制要求较严格。欧盟要求焚烧烟气中一氧化碳排放浓度日均值为50mg/m3，半小时均值为100mg/m3；美国一氧化碳排放浓度要求为89mg/m3。上海地方标准一氧化碳排放浓度小时均值为50mg/m3。本标准的一氧化碳排放浓度日均值为30mg/m3，小时均值为50mg/m3。烟气中CO浓度的控制手段主要是加强对燃烧过程的管理控制以及焚烧炉焚烧过程中控制二次空气量，将二次风送入二次燃烧室入口使CO完全燃烧。通过燃烧过程的控制，现阶段设施一氧化碳可达到本标准的排放要求。

6.4.3氮氧化物（NOx）

氮氧化物类型非常繁多，例如 NO、NO2、N2O、N2O4、N2O5等。当危险废物中含有N元素的成分经过高温燃烧后发生氧化分解反应产生NO和NO2。一般而言，NO体积比可以占到烟气中NOx总量的95%。NOx是造成大气污染的主要污染物，是形成酸雨、光化学烟雾的重要气体。当其进入大气平流层时，对臭氧层会产生破坏作用。在污染严重的许多地区，植物也受到不同程度的损害，另外，NO还能够与血红蛋白结合降低血液输氧能力，接触较高浓度气体时会危及人体健康。另外，NOx的次级产物硝酸、硝酸盐会引起材料腐蚀。

烟气中氮氧化物属于酸性气体，其产生原因与废物中氮的含量有关，同时受燃烧条件影响。废物中的氮即使在较低的温度（600-900℃）下也可被氧化为NOx。如果废物中含0.5%的氮且全部转化为NOx，则排气中NOx的浓度可达1000ppm以上。

根据研究，NOx的产生有三种可能的途径：高温下氮气和氧气反应生成NOx；相对低温下有机物和氮气、氧气反应生成NOx、CO和水；含氮有机物燃烧和含氮无机物分解生成NOx、CO2和水。NOx包括NO2和NO，在高温下主要为NO2。危险废物燃烧温度在1100℃以上之间，在如此高的温度下，NOx的产生主要来源于高温下氮气和氧气的反应，由废物本身产生的NOx比重不大。

目前NOx排放的控制途径主要是低氮燃烧和烟气还原脱硝。

低氮燃烧技术，是将部分低温低氧的烟气循环喷入炉膛内， 降低炉膛平均温度和助燃空气中的氧含量，抑制NOx的生成。但该方法炉膛温度一般在950～1070℃范围内，而危险废物焚烧炉膛温度在1100℃以上，因此该方法难以适应。

选择性非催化还原法脱硝（SNCR）技术是在不加入催化剂的情况下将带有氨基的还原剂喷入炉膛内，运用还原剂热分解生成的 NH3将烟气中的 NOx还原成 N2和H2O。该技术的核心在于反应温度的控制，当温度小于900℃，则会导致 NH3反应不充分; 温度大于900℃，则会使NO生成量增加。反应过程温度控制较困难，且脱硝效率较低，一般不超过60%。该工艺对烟气中NOx的脱除能力十分有限，常规可使烟气NOx达到低于200mg/Nm3的标准，能满足国家标准GB18485—2014和欧盟2010/75/EC标准，但难以达到更低标准。

选择性催化还原法脱硝（SCR）技术是在催化剂存在的条件下，在合适的温度反应区间，用还原剂NH3有选择性的将烟气中的NOx还原为N2和H2O。根据催化剂的活性温度区间，可分为高温SCR技术（280～420℃）和低温SCR技术（120～250℃）。NOx的超低排放一般通过高温SCR技术实现，SCR布置在脱硫除尘之前的“高温高含尘”段，温度区间为300～420℃，催化剂普遍采用工业应用较为成熟的高温钒钛系催化剂。近年来低温催化剂得到很大的发展，脱硝效率可达80%以上。由于脱硝效果显著，在目前烟气治理领域得到广泛应用。

SCR技术和SNCR技术各自具有其优点，也各有不足，单独使用其中任何一种技术，均不能在脱硝效果和经济上同时满足项目要求。当两种技术同时联合使用时，可以有效中和两种技术的缺点，在投资费用和脱硝效率间找到最优平衡。所以当要在节约投资和控制运营成本的情况下，同时保证达到超过80%的脱硝效率，还要保证低的氨逃逸率，可采取将 SNCR和 SCR 两种工艺组合的方式，合理分配 NOx脱除负荷，满足排放要求，并尽可能降低造价。由于SCR 进口的 NOx大部分已经被前序SNCR除去，所以SCR所需的催化剂和反应器都将变小，投资成本也将降低很多。

SCR—SNCR联合技术是在SNCR区将还原剂喷入高温炉膛，使其与部分NOx反应生成 NH3进入SCR区，在催化剂的作用下进一步与剩余的NOx反应,SCR 进口的 NOx大部分已经被前序SNCR除去，所以SCR所需的催化剂和反应器都将变小，投资成本也将降低很多。相对于两种单一方法来说，该方法的优点是不需要复杂的还原剂喷射系统，催化剂用量少，同时减少催化剂的回收处理量，节约成本，且脱硝效率接近于SCR技术，同时减少SO2向SO3的转化，降低了腐蚀危害和堵塞问题。

一般情况下，焚烧炉排气中NOx浓度多在200～310mg/m3，本标准确定的NOx排放限值为日均值200mg/m3，小时均值250mg/m3。危险废物由于焚烧温度高及原料复杂原因，烟气初始NOx浓度较高，在采用SCR—SNCR联合技术的情况下，NOx浓度可稳定在150mg/m3水平，在只采用SNCR技术条件下，可保证达到本标准制定浓度限值。综合考虑废物焚烧客观排放情况、现阶段技术水平及经济条件，本标准制定限值是比较合理的。

6.4.4二氧化硫、氯化氢、氟化氢

烟气中SOx中绝大部分为SO2形式，硫氧化物源于废物中硫化物的燃烧，转化率接近100%。SOx是酸雨形成的主要原因之一。

HCl气体源于废物中含Cl元素的成分燃烧生成，废物中所含的碱金属氯化物（如NaCl，在烟气中与SO2、O2等反应也会生成HC1气体，以有机氯化物（以聚氯乙烯为代表）及无机氯化物（以KCl为代表）为主。通常而言，烟气中HCl气体的含量可高达SOx含量的10倍，因此HCl是焚烧烟气酸性成分中最为主要的成分。

烟气中的氟化氢，主要由含氟塑料燃烧分解产生。氟与氯是同族元素，性质也相似，其生成机理与氯化氢基本相同。HF的含量主要取决于废物中氟的含量。

对酸性气体去除主要通过SNCR脱硝、干法脱酸、半干法脱酸和湿法脱酸达到去除的目的。

**干法脱酸**

干法脱酸工艺一般设置在烟道（多为文丘里管形式）中，往烟道内喷入碳酸氢钠或者熟石灰粉末，使其与烟气充分混合均匀，发生中和反应，去除酸性气体。干法脱酸工艺只需喷入干态吸收剂，装置简单，运行费用低，无废液生成。在实际应用过程中，干法工艺中脱酸剂依旧存在与烟气混合还不够均匀、反应效率相对较低、脱酸效率仅能达到50%、有可能造成系统除尘负荷增加等问题。

**半干法脱酸**

半干法脱酸工艺是目前应用最为广泛的技术之一。该工艺喷射的反应物主要为石灰浆液。半干法脱酸装置主要包括给料、制浆和反应3个系统：在给料系统中，首先将脱酸剂 Ca（OH）2 制成粉末状，再经过制浆系统与水混合配制成浆液，最后通过喷枪雾化形成雾滴喷入急冷塔。碱性吸附剂一般由塔顶上部进入，烟气可选择顺流或者逆流的方式分别由塔顶上部或下部进入。石灰浆液与烟气中的酸性气体充分接触并完成反应生成中性盐，降低 HCl、SO2等气体浓度。吸收塔反应温度通过喷液体量来实现控制。正常情况下，半干法工艺的吸附剂利用率以及其脱酸效果都要远高于干法。该工艺对HCl的去除效率可达90%左右。浆液中的水分蒸发后降低烟气温度，可以提高反应效率，且反应过程中不生成废液。

**湿法脱酸**

湿法脱酸工艺中常见的脱酸装置主要为湿式洗涤塔，根据 焚烧操作数据表明，NaOH所能吸收的SO2量远大于熟石灰，因此一般选用NaOH溶液作为脱酸吸收剂，烟气中主要酸性气体充分溶解在NaOH溶液并发生中和反应生成盐类。工业运行数据表明，湿法脱酸工艺对于HCl脱除效率高达95%，对于SO2脱除效率高达90%。湿法系统不仅可以去除酸性气体，对于粉尘、重金属等都有着高效的去除效果，因此湿法工艺发展迅速并被广泛应用。其缺点为造价较高，用电量及用水量亦较高，此外为避免尾气排放后产生白烟现象需另加装废气再热器，废水亦需加以妥善处理。

随着危险废物焚烧烟气大气污染物排放限值的越来越严格，单纯的工艺方法已基本不能满足环保要求。近年来，国内外对多种复合型烟气脱酸处理技术进行了实验和探究，不断有烟气脱酸复合工艺出现并应用于实践项目处理中。目前，“SNCR+半干急冷塔+干式反应器+布袋除尘器+湿式洗涤塔+烟气再热器”的烟气净化复合处理工艺已逐渐成熟。该复合方法脱酸效率更高、系统运行更加稳定，成为目前危险废物焚烧烟气脱酸处理的重要工艺方法。

通常情况下，危险废物和医疗废物焚烧过程产生的原始HCL，HF浓度要较生活垃圾焚烧烟气高，通过半干法脱酸+脉冲袋式除尘器的脱酸方式基本可将HCL的排放浓度控制在50mg/m3以下，但要求稳定的控制HCL浓度在40mg/m3或更低的排放浓度下则需要对半干法脱酸+脉冲袋式除尘器精心设计和运行，国内外不少焚烧单位通过在布袋除尘器下游增设洗涤塔的方式来实现稳定控制HCL排放浓度在10mg/m3以下。半干法脱酸+脉冲袋式除尘器同时对烟气中的SO2也有较好的净化效果。

本标准SO2、HCL、HF浓度限值分别为20～30mg/m3、8～10mg/m3、1～2mg/m3，与海南省生活垃圾焚烧污染控制标准一致。在满足配伍的前提下，目前技术水平可达到该排放水平。

6.4.5重金属

重金属是焚烧炉烟气中毒害性相对较大的一类污染物，高温焚烧促使重金属从危险废物中释放出来，且其在焚烧过程中不能被破坏，只能迁移和转化。

重金属净化主要从低温控制和颗粒物捕集两方面进行。首先烟气通过喷雾干燥塔，高露点重金属凝结附着在颗粒物上，再通过向烟道中喷活性炭对重金属二次吸附，最后用布袋除尘器将烟尘和活性炭进行收集。气化温度较低的，飞灰表面的催化作用可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，进而被除尘设备收集去除，或利用其溶于水的特性, 经湿式洗气塔洗涤后从废气中吸收脱除。其次，使用活性炭吸附加强净化效果，喷入的活性炭粉末可吸附部分气态重金属物质，再通过布袋等除尘器将含重金属物质的活性炭脱出。且活性炭粉末的使用加强了对汞的吸附作用。汞饱和蒸气压较高，不易凝结，只能靠布袋上的飞灰层对气态汞的吸附作用而去除一部分，其净化效果与尾气中飞灰含量及布袋中飞灰层厚度有直接关系。活性炭粉末还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于粉尘上的重金属。

目前工业上烟气中重金属控制方法以“半干法＋活性碳吸附＋布袋除尘布袋除尘器”为主，该技术方法对重金属类的去除效率总体可达70%以上。由于汞的饱和蒸气压较高，不易凝结，汞的去除效率约35%；通过严格控制汞的入炉焚烧量，可实现重金属类污染物的达标排放。

本标准根据海南地方环境要求，结合现有污染控制技术，对重金属因子排放限值作如下规定：

Hg及其化合物：0.02mg/m3；Cd及其化合物：0.02mg/m3；T1及其化合物：0.02mg/m3；Pb及其化合物：0.1mg/m3；As及其化合物0.1mg/m3；Cr及其化合物：0.1mg/m3；Sn、Sb、Cu、Mn、Ni、Co及其化合物：0.5mg/m3。本标准所制定限值在现有污染控制技术水平下可实现，海南省现有危险废物焚烧重金属排放浓度基本可达到该标准。本标准重金属排放限值严于欧盟及美国标准，达到国际先进水平。

6.4.6二噁英类

二噁英（PCDD）及呋喃（PCDF）是到目前为止发现的无意识合成的副产品中毒性最强的物质，是由苯环与氧、氯等组成的芳香族有机化合物，被认为是能致癌、致畸形、影响生殖机能的微量污染物。PCDD有75种以上的同分异构体，PCDF有135种以上的同分异构体，其中毒性最强的是2,3,7,8四氯联苯（2,3,7,8-PCDD）。

二噁英类物质的生成主要分为3个途径：（1）废物中本身含有二噁英类物质，在燃烧过程中未被分解，然后随烟气和固体颗粒排放进入环境；（2）在炉膛高温段（500~800 ℃），垃圾由于缺氧等原因，而生成的不完全燃烧前驱物经过分子的解构或重组发生高温气相反应生成；（3）在炉膛尾部低温段（200~400℃），反应前驱物聚氯乙烯、氯代苯、五氯苯酚等，在燃烧中前体物分子通过重排、自由基缩合、脱氯或其他分子反应等过程会生成二噁英。该过程是低温区形成二噁英的重要途径，这部分二噁英在高温燃烧条件下大部分也会被分解。

二噁英类物质控制技术：

对二噁英类的控制，主要通过合理配伍进料和控制焚烧工况来减少炉内生成，以及加强后续净化处理控制二噁英类排放的相结合方法。

（1）分类收集，根据废物成分、热值等参数合理配伍，加强进料废物的混合预处理，保证进窑废物热值均匀，确保燃烧完全。严禁高含氯物质集中进炉。

（2）采用3T控制燃烧工况，从源头抑制二噁英类的生成。二燃室温度控制在1100℃以上，使二噁英类完全分解；烟气在二燃室中停留时间在2s以上，使可燃物完全燃烧；提高烟气的湍流度，改善传热、传质效果；保证足够的炉膛空气供给量，过量的氧气能够保证充分燃烧，但是过多的氧气会促进氯化氢转化为氯气，因此须保证适量的氧气含量，二燃室出口氧含量控制在6%～10%。通过以上工艺控制，减少二噁英类生成。

（3）采用烟气急冷技术，遏制二噁英类再合成。焚烧烟气在含有二噁英类前驱物、活性氯、氧、铜、铁等物质并在适宜温度（250～450℃）的条件下极易再形成二噁英类物质。为了遏制烟气净化过程中二噁英类的再合成，焚烧烟气从余热锅炉出来后，采用急冷技术使烟气在1s以内由500℃以上急速冷却至200℃以下，避免二噁英类的形成。

（4）结合活性炭吸附和袋滤式除尘器，高效去除二噁英类。在袋式除尘器之前的管道内喷射活性炭，可有效吸附二噁英类，在布袋除尘器中当烟气通过由颗粒物形成的滤层时，残存的微量二噁英仍能与滤层中未反应的氢氧化钙以及活性炭粉末发生反应而得到进一步净化。焚烧烟气从急冷塔出来的温度在200℃以下，布袋除尘器正常工作温度可在120～260℃，既满足烟气温度要求又可有效防止二噁英类物质生成。

目前一般采用活性碳+布袋净化除去二噁英类物质。经验表明，当采用活性炭喷射净化工艺时，高效的颗粒物净化系统是保证排放烟气中二噁英浓度低于0.1TEQng/m3的必要条件。由于二噁英的毒性及公众关注程度，本标准确定的排放限值与发达国家同水平的0.1TEQng/m3。

**6.5环境监测要求**

本标准规定了焚烧处置过程环境监测一般规定、大气污染物监测、水污染物的监测、环境监测及其他监测要求，在其他监测要求里规定了热灼减率的监测频率、方法要求，以及焚烧炉运行工况监测要求。监测遵守《环境监测管理办法》和《污染源自动监控管理办法》等文件要求。

**6.6实施与监督**

本标准规定本标准由县级以上生态环境主管部门负责监督实施。各级生态环境主管部门在对危险废物焚烧设施进行监督性检查时，可以现场即时采样或监测，其结果作为判定排污行为是否符合排放标准要求以及实施相关环境保护管理措施的依据。同时，本标准还规定，自动监控系统的小时均值数据可作为判定排污行为是否符合排放标准的依据；另外，本标准还明确炉膛内热电偶测量温度未达到相关要求，可参照《生活垃圾焚烧发电厂自动监测数据应用管理规定》有关规定，判定是否“按照国家有关规定采取有利于减少持久性有机污染物排放措施”。

7环境、社会经济效益分析

海南省现有危险废物焚烧企业目前仅有海南省危险废物处置中心（海南宝来工贸有限公司）一家，其焚烧规模为6600t/a，焚烧烟气经“旋风除尘塔+余热锅炉+急冷塔+活性炭粉和消石灰喷射装置+布袋除尘器+湿法脱酸塔+烟气再加热器”处理后，通过一根内径1.0m、高35m的排气筒排放。

根据海南省规划，计划在洋浦新建一座危险废物处置中心，项目焚烧处理规模为3万吨/年。项目的烟气净化工艺采用“烟气高温脱氮+SNCR脱硝+急冷+干法脱酸+布袋除尘+湿法脱酸”的烟气净化工艺和技术。建设项目总投资31802.90万元，烧设施的烟气处理系统建设成本是总投资的6~12%，则其烟气处理设施投资为1908~3816万元。同时对海南省危险废物处置中心实施改扩建，改扩建后项目焚烧处理危险废物1.5万吨/年（拆旧建新），采用组合烟气净化系统，即余热锅炉（SNCR脱硝）+急冷塔+干式反应器+气箱脉冲袋式除尘器+湿法脱酸+烟气再加热，环保投资1805万元。

以上投入对于海南现有的社会经济发展水平而言是可以接受的。本标准的执行时段划分充分考虑到本省对危险废物控制规划要求，对于现有污染源，考虑到历史现实因素及管理操作可行性的原因，在过渡期间继续执行现行的国家标准。由于旧危险废物焚烧设施在规划中计划拆除，不存在设备技术提标改造工程，新建企业适应新标准相对容易，有利于新标准的实施。

海南省新、改扩建项目完成后，全省危险废物处置量为45000t/a。1吨废物焚烧后会产生约4000-7000 m3的烟气，以此估算海南省地方标准执行后，危险废物焚烧烟气中各项污染物的排放量及减排效果，详见表7-1。

由表7-1 可知，海南省地方标准执行后，除氮氧化物外，焚烧烟气中各项污染物减排率可达50%以上。

本标准实施后，可大幅减少有毒有害物质的排放，对焚烧设置周围的环境起到积极改善作用。进一步改善海南的空气质量，保障公众的健康利益，顺应海南现阶段发展要求，促进海南建设一流水平的生态环境质量。

**表7-1 执行海南省地方标准后各项污染物的减排效果**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 污染物名称 | 烟气量（m3/t危险废物） | 危险废物处置规模（t/a） | GB18484-2020标准 | 海南地方标准 | 减排效果 |
| 排放限值（mg/m3） | 排放量（t/a） | 排放限值（mg/m3） | 排放量（t/a） |
| 颗粒物 | 4000~7000 | 45000 | 30（1小时均值） | 5.40~9.45 | 8（1小时均值） | 1.80~3.15 | 66.6% |
| 一氧化碳 | 100（1小时均值） | 18.00~31.50 | 50（1小时均值） | 9.00~15.75 | 50% |
| 氮氧化物 | 300（1小时均值） | 54.00~94.5 | 250（1小时均值） | 45.00~78.75 | 16.67% |
| 二氧化硫 | 100（1小时均值） | 18.00~31.50 | 30（1小时均值） | 5.40~9.45 | 70% |
| 氯化氢 | 60（1小时均值） | 10.80~18.9 | 10（1小时均值） | 1.80~3.15 | 83.33% |
| 氟化氢 | 4（1小时均值） | 0.72~1.26 | 2（1小时均值） | 0.36~0.63 | 50% |
| 汞及其化合物 | 0.05（测定均值） | 0.009~0.016 | 0.02（测定均值） | 0.0036~0.0063 | 60% |
| 镉及其化合物 | 0.05（测定均值） | 0.009~0.016 | 0.02（测定均值） | 0.0036~0.0063 | 60% |
| 铊及其化合物 | 0.05（测定均值） | 0.009~0.016 | 0.02（测定均值） | 0.0036~0.0063 | 60% |
| 铅及其化合物 | 0.5（测定均值） | 0.09~0.16 | 0.1（测定均值） | 0.018~0.032 | 80% |
| 砷及其化合物 | 0.5（测定均值） | 0.09~0.16 | 0.1（测定均值） | 0.018~0.032 | 80% |
| 铬及其化合物 | 0.5（测定均值） | 0.09~0.16 | 0.1（测定均值） | 0.018~0.032 | 80% |
| 锡、锑、铜、锰、镍、钴及其化合物 | 2.0（测定均值） | 0.36~0.63 | 0.5（测定均值） | 0.09~0.16 | 75% |
| 二噁英类 | 0.5ngTEQ/m3（测定均值） | 0.09~0.16 gTEQ/a | 0.1ngTEQ/m3（测定均值） | 0.018~0.032gTEQ/a | 80% |