

Research on Purification Measures for Hazardous Waste Incineration Smoke

Tao Yang

Hanzhong Shimen Reservoir Management Bureau, Hanzhong, Shaanxi, 723000, China

Abstract

Incineration disposal of hazardous waste is one of the important ways to dispose of hazardous waste at present, which has the advantages of thorough treatment, significant reduction, and high degree of harmlessness. However, due to the diverse types and complex composition of hazardous waste, incineration smoke containing harmful substances such as nitrogen oxides, sulfur dioxide, hydrogen chloride, hydrogen fluoride, particulate matter, heavy metals, dioxins, etc. will be generated during the incineration process. Therefore, in the incineration and disposal of hazardous waste, various measures must be taken to reduce the generation and content of harmful substances, ultimately achieving national emission standards. This paper takes the incineration disposal system of a solid waste company as an example to explore the process of hazardous waste incineration system and flue gas purification process.

Keywords

hazardous waste; incineration disposal; smoke purification; pollution control

危险废物焚烧烟气净化措施研究

杨涛

汉中市石门水库管理局, 中国·陕西 汉中 723000

摘要

危险废物的焚烧处置是现阶段处置危险废物的重要方式之一, 其具有处理较为彻底、减量较为明显、无害化程度高等优点。但因危险废物种类多、成分较为复杂, 在焚烧过程中会产生含有氮氧化物、二氧化硫、氯化氢、氟化氢、颗粒物、重金属、二噁英类等有害物质的焚烧烟气, 因此, 在焚烧处置危险废物过程中, 必须采取多种措施减少有害物质的生成、降低有害物质含量, 最终达到国家标准排放。论文以固废公司焚烧处置系统为实例, 探讨危废焚烧系统工艺及烟气净化工艺。

关键词

危险废物; 焚烧处置; 烟气净化; 污染控制

1 引言

目前, 由于中国工业生产过程中产生的危险废物较多, 这就需要根据相关政策要求, 对危险废物进行利用或集中处置, 危险废物具有腐蚀性、毒性、易燃性、反应性或感染性等危险特性, 其不仅对大气、水源以及土壤造成了严重的危害, 还会经过各种方式对生态环境和人类健康造成影响, 因此必须严格控制和处置。焚烧处置时产生的有害烟气, 也需要经过净化后达到国家规范要求后才能排放。

2 危险废物定义

根据《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》的规定, 危险废物是指列入国家危险废物名录或者根据国家规定的危险废物鉴别标准和鉴别方法认定的具有腐蚀性、毒性、易燃性、反应性或者感染性等一种或几种危险特性的固

体废物(包括液态废物)^[1,2]。

3 焚烧烟气的有害成分

危险废物的焚烧处置是现阶段处置危险废物重要方式之一, 其具有处理较为彻底、减量较为明显、无害化程度高等特点。这种方法主要是通过 850°C~1100°C 以上的高温来焚毁分解危险废物中的有机有害成分, 而在焚烧过程中, 又产生了含有氮氧化物、二氧化硫、氯化氢、颗粒物、重金属、二噁英等物质的烟气, 这些物质如处理不当, 会产生二次污染, 严重影响大气环境和人体健康。

3.1 氮氧化物、二氧化硫、氯化氢等酸性气体污染物

烟气中的氮氧化物根据其生成机理主要包括热力型、燃料型和快速型三类。

热力型氮氧化物是指, 空气中的氮气在高温下(1000°C~1400°C以上)被氧化成氮氧化物, 当温度足够高时, 热力型氮氧化物可达 20%。热力氮氧化物的生成量与空气过剩系数有很大关系, 即氧浓度增大, 氮氧化物生成量也增

【作者简介】杨涛(1985-), 男, 中国陕西汉中, 本科, 工程师, 从事固废处置研究。

大。当出现 15% 的过量空气时，氮氧化物生成量达到最大；当过量空气超过 15% 时，由于氮氧化物被稀释，反而会导致氮氧化物生成量减少。热力型氮氧化物的生成还与烟气在高温区的停留时间有关，停留时间越长，氮氧化物越多。

燃料型氮氧化物指的是燃料中的有机氮化物在燃烧过程中热分解并与氧化合而生成的氮氧化物，其生成量与燃料中氮的含量有很大关系。

快速氮氧化物是指燃料在燃烧过程中，空气中的氮和燃料中的碳氢离子团（CH）等反应而生成的氮氧化物。其生成速度极快，主要在火焰面上形成，且生成量较小，一般在 5% 以下。

二氧化硫、氯化氢等物质主要来源于焚烧含有硫、氯等成分的危险废物。

酸性气体污染物一般采取脱硝、干法脱酸、湿法脱酸等办法来降低或去除。

3.2 颗粒物

烟气中的颗粒物主要来源于危险废物中的灰分，经焚烧后更加碎化、细化成为容易被烟气裹挟的细小颗粒。危险废物焚烧灰渣等大颗粒物可伴随二噁英与重金属，

属于次生废物，需要稳定化固化后填埋处置。

3.3 重金属

烟气中的重金属成分来源于危险废物。焚烧后，这些重金属成分一部分进入灰渣中，另一部分进入烟气，因重金属具有稳定的性质，难以通过化学法来脱除，对于尾气中的重金属，当前主要还是采取物理吸附的方法来脱除重金属。

3.4 二噁英类

二噁英的来源主要包括以下几个方面，废物中自带的二噁英；在一定温度区间下（250℃~450℃）再生的二噁英。

危险废物在回转窑本体中高温焚烧，焚烧后产生的高温烟气，进入二燃室。根据焚烧理论，烟气充分焚烧的原则是 3T+1E 原则，即保证足够的温度、足够的停留时间、足够的扰动，足够的过剩氧气。在此条件下，烟气中的二噁英和其他有害成分的 99.99% 以上将被分解掉。

4 焚烧系统工艺及烟气净化工艺

4.1 焚烧系统工艺

危险废物焚烧处置系统一般分为焚烧段、余热利用段和烟气净化段（图 1）。

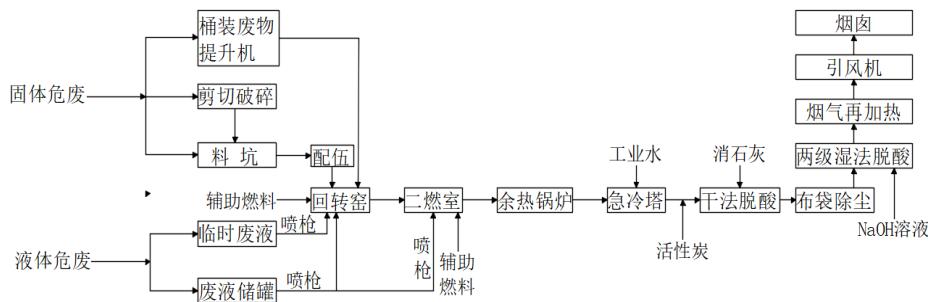


图 1 危险废物焚烧处置系统

针对综合危废焚烧，因其特有的高复杂性、高危害性、种类多等特点，且需焚烧的废物具有固态、液态、半固态、气态等多种形态，结合危废处置行业应用经验，采用较为成熟的“回转窑+二燃室”两段燃烧技术。

二燃室出口焚烧烟气温度较高，为便后续烟气处理，同时也节约能耗，一般采取余热回收措施。余热锅炉是目前在危废行业余热利用段应用最广泛的一种方式，水与高温烟气在膜式壁换热面换热，形成一定压力的饱和蒸汽，可较为容易地用于下游烟气加热、设备管线伴热、双效蒸发、日用取暖等。

烟气净化段主要是处理危险废物焚烧时产生的酸性气体污染物、颗粒物、二噁英、重金属类污染物，以达到达标排放的目的。

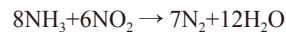
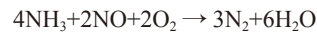
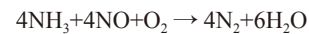
4.2 烟气净化工艺

结合行业经验和实践，目前，危险废物焚烧烟气净化工艺常采用“SNCR 脱硝+烟气急冷+干法脱酸（消石灰）+活性炭喷射+布袋除尘+两级湿法脱酸+烟气再加热”的组合式工艺。

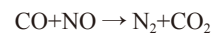
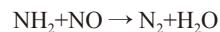
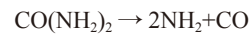
SNCR（选择性非催化还原法）控制氮氧化物，即

在无催化剂的作用下，在适合发生脱硝反应的温度区间（900℃~1100℃）设置还原剂喷入口，喷入还原剂将烟气中的氮氧化物还原为无害的氮气和水的。

采用氨水作为还原剂，还原氮氧化物的化学反应方程式主要为：



采用尿素作为还原剂还原氮氧化物的主要化学反应为：



尿素经济性好，存储安全，运用也较多。将尿素配制成溶液喷入余热锅炉第一回程内，与烟气中的氮氧化物在 900℃~1100℃ 下进行反应，生成氮气、二氧化碳和水，从而达到降低氮氧化物浓度的效果。

烟气急冷是指焚烧烟气经余热锅炉换热降温至 550℃ 后进入急冷塔，再喷入一定量的雾化水，与高温烟气接触换热。

在 1s 内将焚烧烟气从 550℃ 温度迅速降至 195℃ ± 5℃，避开二噁英再生反应的温度区间，达到抑制二噁英再生降低尾气二噁英浓度的目的。

脱酸系统是对焚烧过程中产生的烟气中的氮氧化物、二氧化硫、氯化氢及重金属进行中和、吸附处理，使污染物的指标达到项目环保要求，目前国际国内用于脱酸处理的方法有：干法、半干法、湿法脱酸法几种，干法技术简单，但效果不是太理想，一般用于脱酸效率要求不高的场合；半干法效果不错，但存在喷头易堵以及用水量较大等问题；湿法脱酸有着较高的脱酸效率，而且对消石灰的要求较低，耗水量小，没有喷头易堵的技术问题。干法脱酸作为初级脱酸，初步脱除烟气中的酸性污染物，降低对袋式除尘器的酸腐蚀，延长设备使用寿命，再搭配活性炭喷射装置对去除二噁英与重金属有很好的作用。将活性炭喷入干法脱酸塔前部烟道内，与焚烧烟气接触，吸附烟气中的重金属与二噁英。消石灰喷入干法脱酸塔内，与烟气中的二氧化硫等酸性污染物发生反应，初步脱除。干法脱酸的效率在 30%~40%。

布袋除尘是利用 PTFE 材质的过滤袋来过滤烟气中细小尘粒。烟气经烟道进入布袋除尘器，其中所含粉尘、微粒被阻挡在滤袋表层，形成过滤层。过滤层中含有来自干法脱酸塔的未反应完全的消石灰和未吸附饱和的活性炭，一方面可以与烟气中的有害酸性气体继续进行反应，进一步脱除酸性气体；另一方面可进一步过滤吸附二噁英与重金属。

两级湿法脱酸包括一级洗涤塔及二级脱酸塔，其中洗涤塔主要作用为降温和初步脱酸，脱酸塔的主要作用为深度脱酸和除雾。在一级洗涤塔内设置稀碱液喷淋系统，一是将烟气温度调节到 75℃ 左右，实现湿法脱酸较好的反应效率；二是实现脱除烟气中部分二氧化硫、氯化氢等酸性污染物。在二级脱酸塔内设置多层稀碱液喷淋系统，并设置筛板增加与烟气的接触、停留时间。烟气从下往上，30% 的氢氧化钠溶液从上往下，二者充分接触，确保烟气脱酸达到较高的脱除效果，从而实现尾气较好的排放指标。湿法脱酸效率可达 95% 以上。在脱酸的过程中，同步对袋式除尘器未除尽的粉尘在碰撞、拦截、凝聚、粘附中进一步脱除。酸碱反应后的烟气上升进入塔顶设置的除雾器装置进行气液分离，保证出口烟气含湿率不大于 75mg/Nm³。除雾后的烟气进入后续处理装置。整套除雾装置都是有效降低烟气含湿量的举措，使后续设备正常运行。

烟气再加热是以余热锅炉的余热蒸汽对烟气进行二次加热，使烟气达到 130℃ 以上，有效减少烟卤“冒白烟”现象。

5 烟气排放情况

项目正常运行后，经有资质的第三方检测公司检测，采用“SNCR 脱硝 + 烟气急冷 + 干法脱酸（消石灰）+ 活性炭喷射 + 布袋除尘 + 两级湿法脱酸 + 烟气再加热”烟气净化工艺的危险废物焚烧系统，烟气中汞及其化合物（以 Hg 计）三次平均折算值为 0.000604mg/m³，铊及其化合物（以 Tl 计）三次平均折算值为 0.000101mg/m³，镉及其化合物（以 Cd 计）三次平均值为 0.000324mg/m³，铅及其化合物（以 Pb 计）三

次平均值为 0.0221mg/m³，砷及其化合物（以 As 计）三次平均值为 0.00553mg/m³，铬及其化合物（以 Cr 计）三次平均值为 0.0191mg/m³，锡、锑、铜、锰、镍、钴及其化合物（以 Sn+Sb+Cu+Mn+Ni+Co 计）三次平均值为 0.0536mg/m³，二噁英类三次平均值为 0.022ngTEQ/Nm³，一氧化碳、氮氧化物、二氧化硫、氯化氢，颗粒物为在线自动检测，均能达到 GB 18484—2020《危险废物焚烧污染控制标准》焚烧设施烟气污染物排放（表 1）要求排放^[1]。

表 1 危险废物焚烧设施烟气污染物排放浓度限值
(单位: mg/m³)

序号	污染物项目	限值	取值时间
1	颗粒物	30	1 小时均值
		20	24 小时均值或日均值
2	一氧化碳 (CO)	100	1 小时均值
		80	24 小时均值或日均值
3	氮氧化物 (NO _x)	300	1 小时均值
		250	24 小时均值或日均值
4	二氧化硫 (SO ₂)	100	1 小时均值
		80	24 小时均值或日均值
5	氟化氢 (HF)	4.0	1 小时均值
		2.0	24 小时均值或日均值
6	氯化氢 (HCL)	60	1 小时均值
		50	24 小时均值或日均值
7	汞及其化合物 (以 Hg 计)	0.05	测定均值
8	铊及其化合物 (以 Tl 计)	0.05	测定均值
9	镉及其化合物 (以 Cd 计)	0.05	测定均值
10	铅及其化合物 (以 Pb 计)	0.5	测定均值
11	砷及其化合物 (以 As 计)	0.5	测定均值
12	铬及其化合物 (以 Cr 计)	0.5	测定均值
13	锡、锑、铜、锰、镍、钴及其化合物 (以 Sn+Sb+Cu+Mn+Ni+Co 计)	2.0	测定均值
14	二噁英类 (ngTEQ/Nm ³)	0.5	测定均值

注：表中污染物限值为基准氧含量排放浓度

6 结语

目前中国普遍使用回转窑焚烧方法处理危险废物，能够很好地达到处理效果，消除危险性，但在焚烧时，还会产生有害物质。在采用“SNCR 脱硝 + 烟气急冷 + 干法脱酸（消石灰）+ 活性炭喷射 + 布袋除尘 + 两级湿法脱酸 + 烟气再加热”烟气净化工艺后，这些有害物质均得到了有效的去除，该工艺已经比较完善，经济有效。

参考文献

- [1] 全国人民代表大会常务委员会. 中华人民共和国固体废物污染环境防治法(2020年修订)[Z]. 2020-04-29.
- [2] 生态环境部、国家发展和改革委员会、公安部、交通运输部、国家卫生健康委员会. 国家危险废物名录(2021年版)[Z]. 2020-11-25.
- [3] GB18484—2020 生态环境部、国家市场监督管理总局. 危险废物焚烧污染控制标准[S].