

密相干塔技术在危险废物侧吹炉焚烧烟气处理中的应用

袁胜利

(中国恩菲工程技术有限公司, 北京 100038)

[摘要] 本文介绍危险废物侧吹焚烧的工艺及产出的烟气特点,并针对该烟气特点,提出了烟气净化流程并在具体项目中应用。重点介绍了密相干塔技术在危险废物侧吹炉焚烧烟气处理中首次应用的效果,达到了预期目的。同时指出了生产实践中的出现问题和改进情况,为同类项目设计提供了参考。

[关键词] 密相干塔;侧吹炉焚烧危废;烟气处理

[中图分类号] X701.3 [文献标志码] B [文章编号] 1003-8884(2022)04-0036-04

DOI:10.19611/j.cnki.cn11-2919/tg.2022.04.008

0 前言

危险废物焚烧处置作为危险废物处置的主要形式,在其推进危险废物减量化和无害化方面发挥着重要的作用,在危险废物焚烧处置过程中,也出现了不少新的焚烧工艺,中国恩菲工程技术有限公司推出侧吹浸没燃烧熔池熔炼技术(SCC)处理危险废物。目前 SSC 技术已发展成为先进成熟的熔池熔炼技术,正在向危废焚烧行业大面积推广运用。但侧出炉处理危废烟气条件更为复杂,同时近年来《危险废物焚烧污染控制标准》的新标准中对各种污染物排放的限值也降低了,排放标准越来越严格。所以,对新建采用侧吹炉处理危废项目的烟气处理工艺流程有必要进一步改进提

升,应能适应焚烧工艺,并能达到最新的排放标准,同时还应做到流程短、能耗低、可靠性高、投资省的要求。

1 侧吹炉焚烧危废工艺及焚烧烟气特性

侧吹浸没燃烧熔池熔炼是以多通道侧吹喷枪亚音速向熔池内喷入富氧空气和燃料(天然气、发生炉煤气、粉煤)以激烈搅动熔体和直接燃烧向熔体补热为特征。SSC 工艺物料适应性强,特别适用于不发热物料的处理。当炉料加入熔炼区后,碳酸盐或硫酸盐物料随熔体的搅动快速分布于熔体之中,与周围熔体快速传热、传质,完成炉料的加热、分解、熔化等过程。危废经侧吹炉焚烧后典型的烟气条件,如表 1 所示。

表 1 典型的侧吹炉出口烟气条件

N ₂	O ₂	H ₂ O	CO ₂	HF	HCl	SO ₂	As ₂ O ₃	NO _x	二噁英 ngTEQ/m ³	烟气含尘 g/Nm ³
41.31	5.95	37.94	14.44	0.07	0.11	0.17	0.000 1	1 200	~ 1	17.6

从表 1 中可以看出,侧吹炉处理危险废物的烟气特性。

(1)烟气含水高。含水高的原因是侧吹炉适应性强,物料不需要深度干燥即可入炉焚烧,这是物料中含水高造成的;另一个原因是,侧吹炉喷入的是富氧空气,进入炉内的气体量较少,稀释不了水的含

[收稿日期] 2022-04-09

[作者简介] 袁胜利(1980—),男,陕西乾县人,高级工程师,硕士,主要从事有色冶炼烟气收尘工程设计工作,现任中国恩菲工程技术有限公司冶金化工事业部主任工程师。

[引用格式] 袁胜利.密相干塔技术在危险废物侧吹炉焚烧烟气处理中的应用[J].有色设备,2022,36(4):36-39.

量。而且富氧空气的氧含量越高,烟气含水就越高。此外,如果侧吹炉补充的燃料为天然气时,更会增加烟气中的水含量。烟气再经过喷水骤冷降温后水含量超过50%。这么高的水含量对后续布袋正常运行、活性炭吸附二噁英以及低温SCR脱硝均造成不利的影响。

(2)SO₂含量高。烟气中的SO₂主要来源于入炉物料中的硫的燃烧氧化,有少量是燃料中的硫燃烧产生的。由于各种危废含硫量不同,配料上也不能保证混料均匀,短时间有可能SO₂含量会更高。

(3)NO_x含量高,达到了1200 mg/m³,一级脱硝很难达标排放。NO_x高的原因之一,是侧吹炉除了喷枪喷入燃料补热外,主要靠顶部加煤作为燃料,煤中含氮的挥发分的高温燃烧造成的。同样,再由于补充富氧空气,烟气量少,所以氮氧化物的含量较回转窑高(一般回转窑的燃料为焦炭,挥发分低)。

(4)F、Cl含量高,这主要与处理危废的种类有关,事实上,进入侧吹炉的危废中F、Cl含量有增高的趋势。F、Cl首先是污染物,而且对设备腐蚀影响很大;其次,Cl的含量是烟气中产生二噁英的主要原因,导致烟气中二噁英含量超标;再次,如果采用湿法净化时,有F、Cl进入废水中,而且无处理含Cl⁻的合理方法,只能采用结晶法,设备及能耗均较高,一般企业难以接受。

(5)污染物种类繁多,除了常规的烟尘、SO₂、NO_x、F、Cl外,出炉烟气中还可能含有未燃尽的有机物、CO,烟尘中会含有各种重金属,给常规处理流程带来众多问题,造成烟气处理流程长、费用及消耗能耗高。

2 烟气处理流程选择

常规危废焚烧采用回转窑处理工艺,其烟气处理技术也基本成熟。基本流程为:回转窑→二燃室→余热锅炉(含SNCR)→烟气急冷→干法脱酸→布袋收尘(含活性炭吸附二噁英)→湿式脱硫。但根据所述的危险废物侧吹炉焚烧的烟气特点,相比于回转窑焚烧危废,烟气特点主要区别是含水高、酸性气体的含量高,烟气易结露,因此干法脱酸工艺的选择就很重要。干法/半干法脱酸技术的选择时首先确保袋式收尘器能正常运行,不板结;其次,要求干法/半干法脱硫有较高的脱酸效率,应尽量减少湿法

脱硫产生的废水,并将产生的废水全部加入到急冷塔内蒸发,从而实现脱硫废水零排放。针对这两点要求,结合现有的干法半干法脱硫技术,设计选择了脱酸效率较高的密相干塔脱硫技术来实现。

3 密相干塔技术特点

密相干塔烟气脱硫工艺主要由烟气净化和脱硫剂循环两个过程组成:烟气从脱硫塔的上部与脱硫剂同向并行进入塔体,在内构件的搅拌作用下,烟气与脱硫剂均匀混合,充分反应。反应后的烟气由脱硫塔底部夹带着大量颗粒物进入布袋除尘设备,除尘后的干净烟气送湿法脱硫系统。密相干塔、除尘器收集到的烟灰经气力输送至脱硫塔,作为循环灰继续使用。

此工艺具有以下主要特点:(1)系统采用脱硫剂循环利用的方法,使除尘器脱下的循环灰与新灰均匀混合,经加湿机加湿活化后布入塔内与烟气反应。脱硫剂循环系统解决了钙基干法脱硫技术中钙利用率低的问题,且使副产物的处理量大幅度减少。(2)脱硫塔内安装了重要的内构件——搅拌轴,它能加强烟气与脱硫剂的混合和系统湍流烈度,强化传质、传热,提高反应速率;而且能延长脱硫剂的反应停留时间。搅拌设备会使脱硫剂颗粒之间剧烈碰撞、摩擦,剥去表面的反应产物,不断地暴露出新的表面,使内部的CaO充分反应,可使脱硫效率和脱硫剂的利用率得到充分提高,脱硫效率较高。(3)脱硫剂在含湿量为3%~5%的脱硫剂亦具有较好的流动性,系统不易发生板结、堵塞和腐蚀等湿法和部分半干法常出现的问题。

4 烟气处理流程

4.1 烟气处理流程简述

根据上述分析,本文以某工程侧吹熔炼烟气为例,介绍危废侧吹炉焚烧的烟气处理流程,如图1所示。

危废侧吹炉产出的高温烟气在二次燃烧室1100℃以上停留时间大于2s后,在进入余热锅炉前采用SNCR法初步脱硝。余热锅炉将烟气降温至500℃,再进入喷水急冷降温至200℃,骤冷脱酸塔出口设密相干法脱硫塔,投加消石灰进行脱酸及脱硫反应,在布袋收尘器入口加活性炭吸附二噁英,再

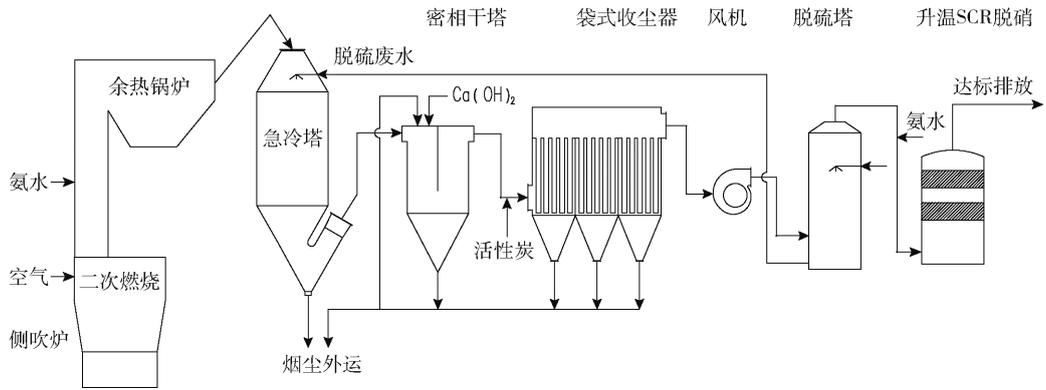


图1 危废侧吹炉焚烧烟气处理流程

经袋式收尘器去除全部固体颗粒物,实现多污染物的协同治理。考虑到实际生产中原料成分的波动会造成SO₂和NO_x浓度波动,为了保证SO₂和NO_x达标排放,布袋出口烟气设置了湿法脱酸以及升温SCR脱硝设施。

4.2 各种污染物的去除过程

(1) NO_x

在余热锅炉上升烟道设脱硝反应系统,配备好的尿素溶液或氨水通过管路流入储罐,最后通过输送泵、喷枪,进入余热锅炉上升烟道内,在烟气温度约900℃的条件下与烟气中NO_x发生NO_x的还原反应,达到初步脱氮目的。在湿法脱硫后,烟气经烟气在加热至220℃,进行低温SCR脱硝。

(2) 烟气急冷

高温烟气经过余热锅炉温度降至500℃,经烟道从上方进入急冷塔,急冷塔上设置气助式喷头,经喷枪及喷嘴雾化后的冷却水滴接触,冷却水滴在高温烟气中迅速汽化,将烟气的显热变成水蒸气潜热而重新回到烟气中,使烟气的温度得以迅速下降,采用先进的控制系统控制喷水量,稳定维持急冷塔出口烟气温度在200℃。

(3) 干法脱酸

采用密相干塔进行酸性气体的脱除,详见上文描述。

(4) 脱除二噁英

侧吹炉产生的高温烟气在二次燃烧室1100℃以上停留时间大于2s后,在进入余热锅和急冷塔降温至200℃,在袋式除尘器之前喷入活性炭,采用活性炭吸附烟气中少量的二噁英,活性炭吸附剂还有兼顾去除重金属的功能。

(5) 布袋除尘

采用布袋收尘器,可将重金属烟尘、干法脱硫反应产物、吸附二噁英的活性炭等各种颗粒物去除,然后将处理后的烟气导入到下一步处理工序中。

(6) 烟气湿法脱酸

在完成干法脱酸处理后的烟气,需要经过布袋除尘处理后导入到湿法脱酸塔。在湿法脱酸塔中将处理过的烟气进行多级洗涤,并以碱洗的方法来消除烟气中的酸性气体,从而可以进行更深度地脱酸处理,使各种污染物均满足达标排放的要求。

5 实际运行效果

5.1 烟囱排放情况

项目建成投入运行后,系统运行情况良好。经检测,外排净烟气中各种污染物全部达到《危险废物焚烧污染控制标准》(GB 18484—2020)限值要求的排放标准要求,监测结果如表2所示。

表2 烟气排放检测结果

(单位:二噁英 TEQng/m³,其它 mg/m³)

污染物	颗粒物	SO ₂	NO _x	HCl	HF	CO	二噁英
排放浓度	8.5	35	126	25.4	2.34	65	0.018
标准限值	20	100	300	60	4	100	0.5

5.2 密相干塔的脱酸效率

密相干塔脱酸系统进、出口的SO₂、HF、HCl的检测结果显示如表3、表4、表5所示。根据检测结果,可以看出密相干塔在稳定运行的情况下,可脱除烟气中90%以上的HF、HCl;可脱除烟气中75%

~80% SO₂。密相塔脱酸处理能力设计值 4 000 mg/Nm³, 当实际 SO₂ 浓度波动较大时, SO₂ 脱酸效果仍到达预期。脱硫剂采用粉末消石灰, 纯度 70% ~ 90%, 80% 介于 200 ~ 325 目。密相塔排灰中消石灰占比 2% ~ 12%, 消石灰有效成分较低。

表 3 密相干塔脱硫系统烟气二氧化硫检测数据

进口测定值/ppm	2 461	3 136	3 627	3 736	4 072	4 483
出口测定值/ppm	276	602	646	630	919	1 112
脱硫效率/%	88.8	80.8	82.2	83.1	77.4	75.2

表 4 密相干塔脱硫系统烟气 HF 检测数据

进口测定值/(mg/Nm ₃)	324.2	788.9	1 872.1	1 030.4
出口测定值/(mg/Nm ₃)	未检出	未检出	102.1	未检出
脱硫效率/%	100	100	94.5	100

表 5 密相干塔脱硫系统烟气 HCl 检测数据

进口测定值/(mg/Nm ₃)	882.3	809.2	4 347.3	1 953.4
出口测定值/(mg/Nm ₃)	83.9	10.2	356.3	48.6
脱硫效率/%	90.5	98.7	91.8	97.5

5.3 布袋除尘器运行情况

实际运行中, 布袋收尘器内烟灰流动较好, 布袋运行稳定可靠, 使用效果良好, 在没有预收尘的情况下, 高含水烟气进入烟气系统, 布袋出口小于 10 mg/Nm³; 脱硫剂保护布袋不粘结糊死, 阻隔大部分未完分解的有机原料、结焦抑制剂和阻盐剂进入后续湿法脱硫系统, 在高含水率(40% ~ 60%) 条件下脱硫剂亦具有较好的流动性, 系统不易发生板结、堵塞和腐蚀等湿法和部分半干法常出现的问题。

5.4 废水零排放情况

采用的密相干塔脱酸, 脱酸效率较高, 90% F/Cl 会被脱除, 脱除的 F/Cl 可以随脱硫产物干式开路, 会极大减少湿法脱硫废水的产生量。湿法脱硫产生

的少量废水加入急冷塔汽化, 废水中的杂质随半干法脱硫的产物开路, 实际运行中达到了平衡, 不外排废水。

6 现场问题及解决

由于烟气未预除尘, 有一定的含尘量, 密相塔再运行时, 灰量会逐渐加大, 由于设计时未充分考虑含尘的影响, 灰斗容积能力不足, 在未及时排灰的情况, 发生了几次塔体堵塞的情况。现场分析清原因后, 切割了部分密相塔隔板, 增大灰斗容积。同时, 加强操作管理, 及时排灰, 最终解决了此问题。

7 结论

通过密相干塔技术在危险废物侧吹炉焚烧烟气处理中首次应用的生产实践, 密相干塔有较高的脱酸效率, 能在高含水和高含酸的条件下维持布袋收尘器正常运行, 布袋寿命也较高, 同时也实现的整改系统的水平衡, 不外排废水, 选用的烟气净化流程能满足最新排放标准的要求, 为同类项目设计提供了参考。相比现有的干法脱酸技术, 本工程采用密相干塔技术投资和运行成本较高, 应该在设备选型、操作参数的优化方面进一步的研究和改进, 在保障系统运行稳定的前提下降低投资和运行成本。

[参考文献]

- [1] 陈学刚. 侧吹浸没燃烧熔池熔炼技术的现状与持续发展[J]. 中国有色冶金, 2017, 46(1): 5-10+20.
- [2] 唐斌, 刘旸, 杨卫严, 等. 侧吹熔炼处理含铜危废技术开发与应用[J]. 有色金属(冶炼部分), 2019(1): 24-26.
- [3] 郑显鹏, 姜会敏, 张丽娜. 危险废物焚烧及废气治理工程实例[J]. 资源节约与环保, 2018(9): 101.
- [4] 张晓刚, 宋存义, 王亮, 等. 密相干塔技术在烧结烟气脱硫中的应用[J]. 钢铁, 2007(7): 79-82.

(下转第 44 页)

more complex and danger increases. As a result, finite element analysis (FEA) software has been used to analyze the structural safety of the vessels. To better accommodate the characteristics of the autoclave structure, we made some secondary development based on the existing FEA software using APDL and VB languages, to customize the data input and output modules. The secondary development automates the manual process of model building, grid setting, and complex parameters setting, greatly increasing the efficiency of equipment analysis and design.

Key words: HPAL; secondary development; autoclave; finite element analysis



(上接第 39 页)

The Application of Dense Flow Absorbers in Treating the Flue-Gas of Hazardous Waste Side-Blown Furnaces

YUAN Sheng-li

Abstract: The article first describes the process of side-blown incineration of hazardous waste and the characteristics of the flue-gas, and then gives an introduction to the gas cleaning process accordingly, followed by a case study of its application in a commercial operation. The focus of the study is on the dense flow absorber and the effect of its first application in the treatment of the flue-gas from side-blown furnaces for hazardous waste incineration is described. The results show that the expected aim has been achieved. The article also explores the issues and improvements made during real operation, hence a reference for the design of projects of the same nature.

Key words: dense flow absorber; side-blown furnaces for hazardous waste incineration; flue-gas cleaning

