

湿法脱酸系统工艺优化的研究与应用

赵仁杰² 付强¹ 周丹¹

1 中国光大绿色环保有限公司固废管理中心 2 光大绿色环保固废处置(南通)有限公司

DOI:10.12238/eep.v7i10.2265

[摘要] 本文通过研究单流体喷嘴在不同压力对雾化粒径(VMD)及其分布的影响,选择适合于固体废物焚烧湿法脱酸系统的雾化喷枪。采用小流量雾化喷射替代传统大流量喷淋湿法脱酸工艺,在保证烟气达标排放的前提下,达到降低系统运行能耗并解决传统湿法脱酸系统存在的运行问题。研究及焚烧项目生产运行数据表明:雾化喷射压力0.4–0.6MPa、雾化粒径100–600 μm范围,湿法脱酸系统运行稳定,能耗可降低92%以上,小流量雾化喷射湿法脱酸工艺表现出良好的应用前景。

[关键词] 固体废物; 湿法脱酸; 雾化喷射; 雾化粒径; 烟气净化

中图分类号: V444.3+8 文献标识码: A

Research and application of process optimization of wet deacidification system

Renjie Zhao² Qiang Fu¹ Dan Zhou¹

1 Solid Waste Management Center of China Everbright Green Environmental Protection Co., LTD

2 Everbright Green Solid Waste Disposal (Nantong) Co., LTD

[Abstract] By studying the influence of a single fluid nozzle at different pressures on the atomized particle size (VMD) and its distribution, we select the atomized spray gun suitable for the wet deacidification system of solid waste incineration. The small flow atomization jet is adopted to replace the traditional large flow spray wet deacidification process, which reduces the operation energy consumption of the system and solves the operation problems of the traditional wet deacidification system. The production and operation data of the research and incineration project show that the atomized injection pressure is 0.4–0.6MPa, the atomized particle size is 100–600 μm, the wet deacidification system is stable, the energy consumption can be reduced by more than 92%, and the small flow atomized jet wet deacidification process shows a good application prospect.

[Key words] solid waste; wet deacidification; atomized particle size; flue gas purification

前言

湿法脱酸是一种常用的烟气净化技术之一^[1]。在烟气湿法脱酸系统中,一般采用大流量碱液循环喷淋传统工艺,形成液滴粒径较大,需通过提高液气比以增加相界面面积,达到提高传质与脱酸效率的目的。由此,存在系统运行能耗较高的问题。另外,随着烟气中的酸性污染物持续脱除,脱酸系统内的循环碱液存在pH与TDS两个运行变量,通过间歇排放脱酸废水,再间歇补充碱液与工业水,形成脱酸循环液水质波动较大且不可控,会产生系统结盐、设备故障率高等一系列的运行问题。

本研究将从两个方面对传统湿法脱酸系统进行工艺优化,以解决上述运行问题:(1)选型雾化喷射液滴粒径更细的喷嘴,以提高雾滴比表面积,从而提高传质与脱酸效率,并降低雾化喷射流量,以解决大流量喷淋能耗较高的问题;(2)在湿法脱酸系统之外,配置一定量的碱液浓度,通过脱酸塔内连续雾化喷射碱液、连续外排脱酸废水,系统仅存在脱酸废水pH调整变量,TDS

可控,从而解决上述一系列的运行问题。该湿法脱酸系统的工艺优化在某固废焚烧项目得到验证与应用,运行表现良好^[2]。

1 雾化喷嘴选择

1.1 雾化喷嘴选型

在不同流量与压力条件下,选型喷嘴表现出的液滴分布有明显差别。为达到90%以上的雾化碱液能够覆盖脱酸塔内有效面积,需要选择单流体雾化喷嘴。在喷嘴下方雾化一定高度区域,雾化液滴集中分布范围需大于塔内有效直径,以控制烟气酸性组分逃逸。雾化液滴最大分布范围与集中分布范围之间的少量碱液将雾化喷到塔内壁,持续冲刷内壁形成液膜,对塔内壁形成良好的保护,并解决塔内结盐问题。

1.2 不同喷射压力对雾化液滴分布的影响

本研究以清水为介质,对选型喷嘴在0.4MPa和0.6Ma时的雾化液滴分布进行了测试。通过测试结果的雾化液滴分布表明,液滴分布可覆盖直径3.0m区域。项目脱酸塔有效直径2.6m,所选

择喷嘴在0.4-0.6MPa喷射压力下均可满足覆盖要求。另外,雾化喷射压力越大,集中覆盖区域内的液滴分布有所降低,覆盖更趋于均量化。

1.3不同喷射压力对雾化液滴颗粒度的影响

通过增加雾化喷射液体压力,使液体经细小的喷嘴或孔隙形成高速喷射的液体流。由于液体速度急剧增加,液体表面张力超过液体内聚力,液体会分散成微小的液滴,这些分散在气体中的小液滴具有较大的表面张力和较大的比表面积,液滴的比表面积越大,也即液体分子与溶质分子之间的接触面积越大,扩散速率就会增加;液体分子与气体分子之间的相互作用越强,溶解速率和反应速率也会相应增加^[3]。

考虑到湿法脱酸塔内酸性烟气与雾化喷射碱液逆向接触反应方式,在尽可能降低雾化喷射液滴粒径,增大液滴比表面,提高脱酸效率的同时,还需考虑烟气上升流速对液滴进行气体夹带的影响,选用单流体喷嘴的碱液雾化喷射粒径 $<600\mu\text{m}$ 为宜。

以清水为介质,对选型喷嘴在0.4MPa和0.6Ma时的雾化液滴体积中位数直径(VMD)的频度与累计分布进行测试。通过雾化液滴颗粒度分布表明,0.4MPa与0.6MPa压力下频度分布最高的体积中位数粒径(VMD)分别为 $522\mu\text{m}$ 与 $369\mu\text{m}$,说明雾化喷射压力越大,液滴粒径越细。液滴粒径累计分布方面,0.4MPa雾化喷射压力下, $600\mu\text{m}$ 以下液滴粒径累计分布接近100%;0.6MPa雾化喷射压力下, $400\mu\text{m}$ 以下液滴粒径累计分布接近100%。所选喷嘴在喷射压力0.4-0.6MPa条件下,其雾化液滴粒径分布满足项目使用需求^[3]。

2 湿法脱酸系统工艺优化前后对比

2.1现有脱酸工艺运行情况

在固废焚烧处置行业中,湿法脱酸系统均采用常规大循环湿法喷淋脱酸技术,其工艺流程框图如图1所示:

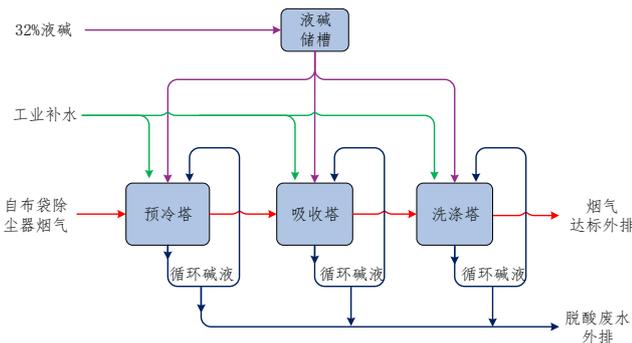


图1 湿法脱酸工艺流程框图

来自布袋除尘器含有酸性组分的烟气进入脱酸塔内,与自上而下的大流量喷淋液碱接触进行脱酸反应。反应后的碱液在脱酸塔底部保持一定的液位,通过脱酸塔底部的循环泵再连续循环输送至塔上部的喷淋系统。脱酸后的烟气温度在 70°C 左右,通过再热器进行消白,经烟囱达标排放。

该湿法脱酸系统脱酸效率较高, HCl与SO₂脱除效率分别在99%和95%以上。但现有工艺有其局限性,主要体现在:(1)运行

能耗较高。湿法脱酸系统均采用常规的大循环湿法喷淋脱酸技术,碱液循环泵运行能耗较高;(2)脱酸系统控制较为复杂。单塔均配置补工业水、补32%液碱、外排脱酸废水三套间歇操作点,以控制单塔pH、电导率两个变量,存在系统碱液用量无法精准控制的问题;(3)设备故障率偏高。脱酸废水所含盐分波动较大,长时间循环易导致工艺管道堵塞及泵机封故障频繁;(4)在处置高卤素焚烧物料时,脱酸塔内存在高盐分液滴的气体夹带问题,排放烟气的粉尘指标波动较大;(5)湿法脱酸系统排烟温度约 70°C 偏低,烟气含水率偏低,产生脱水废水量偏大。

2.2湿法脱酸系统工艺优化

本研究湿法脱酸系统仅对预冷塔与吸收塔进行工艺优化,对洗涤塔及配套循环系统不做调整,将采用小流量雾化喷射湿法脱酸工艺为主,洗涤塔脱酸运行工艺为辅的运行方式。优化后的工艺流程框图如图2所示:

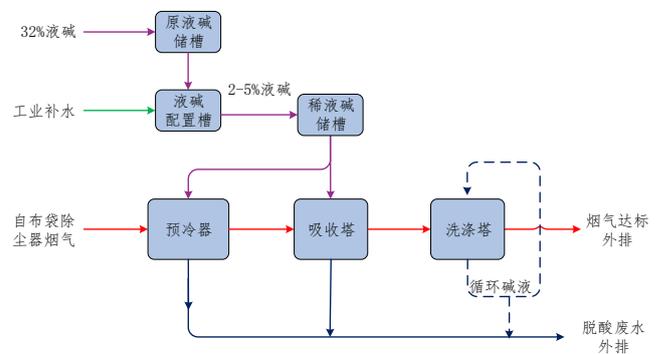


图2 湿法脱酸优化后工艺流程框图

来自布袋除尘器含有酸性组分的烟气进入预冷塔,与连续雾化喷射的3-5%新鲜稀液碱进行自上而下的接触与脱酸反应。在预冷塔及吸收塔内仍保持湿法脱酸运行模式,产生的脱酸废水偏碱性,TDS控制在5%左右。预冷塔及吸收塔底部的脱酸废水保持低液位,并通过塔底部水封管道连续外排至排污管网。雾化碱液喷射量根据外排脱酸废水pH及外排烟气CEMS酸性组分指标,变频调整稀碱液的喷射泵流量。经预冷塔与吸收塔脱酸后的烟气从塔上部排出时再进入备用的洗涤塔,脱酸后的烟气温度降低至 $70-75^{\circ}\text{C}$ 左右,通过再热器进行消白,经烟囱达标排放。优化后的湿法脱酸工艺具有提升脱酸效率、降低能耗、操作简便等特点。

3 运行效果分析

在固废焚烧系统满负荷条件下,工艺优化后的运行数据如下表1所示:

通过实际生产运行表明,以CEMS烟气达标及脱酸塔外排脱酸废水pH在10-11为控制原则,配碱浓度调整范围在1.5-3.0%,液碱雾化喷射流量 $3.5-3.8\text{m}^3/\text{h}$ 为最佳控制范围。在焚烧处置污染物指标符合入炉标准的固体废物期间,新系统能够完全实现小流量雾化喷射替代三级脱酸塔大流量循环喷淋的工艺优化目标。在处置高卤素特殊焚烧物料处置期间,通过配合启动洗涤塔备用大循环系统运行,也满足项目外排烟气指标达到地方标准(粉尘 $<5\text{mg}/\text{m}^3$,SO₂ $<25\text{mg}/\text{m}^3$)。

表1 湿法脱酸系统平均运行数据一览表

技改后运行时间	处置量 t	液碱单耗 kg/t	配碱浓度 %	碱液流量 m ³ /h	喷射压力 (MPa)		脱酸废水 外排		外排 温度 ℃	CEMS 烟气排放指标				
					预冷塔	吸收塔	流量 m ³ /h	pH		含水率 %	HCl mg/m ³	SO ₂ mg/m ³	颗粒物 mg/m ³	烟气流 量 Nm ³ /h
Day1	71.4	140.9	3.6	3.8	0.42	0.33	3.2	11.1	73.5	27.8	2.8	5.4	1.5	18368
Day2	76.1	113.7	2.6	4.0	0.47	0.37	3.3	11.2	74.0	30.4	1.0	5.7	2.3	17908
Day3	72.4	130.9	2.3	3.8	0.44	0.34	3.0	11.0	72.4	31.6	1.2	4.6	2.4	17672
Day4	69.3	140.1	2.5	3.9	0.49	0.38	3.2	10.9	71.3	31.2	1.7	3.4	4.6	17836
Day5	84.9	102.5	2.6	3.8	0.52	0.41	3.2	10.5	75.4	33.9	2.4	6.0	5.5	17638
Day6	71.7	119.3	2.3	3.6	0.49	0.21	2.9	9.1	75.4	31.6	1.7	0.5	0.5	17758
Day7	66.9	80.4	1.5	3.8	0.56	0.24	3.2	10.4	75.4	32.0	2.1	5.3	0.7	17488
Day8	65.7	94.0	1.9	3.7	0.52	0.23	3.0	10.7	76.2	33.0	2.9	6.1	0.7	16363

3.1 运行能耗

原湿法脱酸系统设计运行功率150kW(两用一备),改造后设计运行功率约5kW。以7200小时/年、0.63元/kW·h核算,与设计运行能耗相比,降低设计用电成本约65.8万元/年。

3.2 脱酸废水水质对系统运行的影响

工艺优化后,配置稀碱液连续雾化喷射塔内,与烟气接触进行脱酸反应,所产生的脱酸废水实现连续外排,不存在盐分在系统内积存的问题。技改后脱酸废水水质TDS与pH指标相对稳定且可控,pH=9-11,电导率3-5万us/cm,废水含盐量比技改前明显降低,远低于技改前10-20万us/cm电导率指标,从而解决了脱酸塔底部结盐问题,且脱酸系统腐蚀性问题得到有效缓解。

3.3 脱酸废水产生量

脱酸废水产生量取决于雾化喷射的碱液流量以及系统烟气外排温度。其中,雾化喷射碱液流量基于烟气排放达标的要求,根据脱酸废水排放pH控制指标及配碱浓度进行适时调整。通过工艺优化前后运行数据分析,外排脱酸废水量没有明显变化。系统外排温度均高于70℃以上,耗水量0.6-0.8m³/h,外排脱酸废水控制在2.8-3.3m³/h范围。

3.4 碱液消耗量

固废焚烧过程中脱酸系统的耗碱量波动相对较大,这与焚烧物料的酸性组分关联紧密。从工艺优化前后固废处置量及液碱消耗量数据对比来看,液碱耗量基本与技改前持平。因此,工艺优化前后的耗碱量变化不明显。另外一方面,由于配碱浓度及雾化喷射流量根据烟气排放指标及脱酸废水外排pH指标实施精细化运行,脱酸系统的耗碱量相对可控。

3.5 对高卤素物料焚烧的适应性

由于原脱酸系统内大流量循环会存在粉尘与盐的富集现象,

易造成烟气粉尘指标超标,从而影响到高卤素物料的焚烧处置。技改后的脱酸系统采用新鲜碱液雾化喷射,实现反应后脱酸废水连续外排,避免了塔内粉尘与盐的富集问题,因此烟气粉尘指标控制稳定。技改后对高卤素物料焚烧处置,通过技改雾化喷射与洗涤塔大流量循环联动,其脱酸效果比改造前得到明显提升。

4 结论

(1)采用液滴粒径200-600 μm、喷射压力0.4-0.6MPa范围的单流体雾化喷嘴适用于固废焚烧湿法脱酸系统。(2)在保证烟气排放达标的前提下,小流量碱液雾化喷射替代传统大流量循环喷淋方式,湿法脱酸系统运行能耗将得到大幅降低。(3)配置新鲜稀碱液连续雾化喷射脱酸,脱酸废水连续从系统外排,其pH控制在10-11范围时,盐分在5%左右且可控,从而解决系统内盐分积聚堵塞及运行设备故障率偏高等一系列运行问题。与工艺优化前的系统相比,系统的耗碱量及脱酸废水外排量无明显变化。因优化工艺解决了系统内粉尘与盐的富集问题,烟气粉尘指标控制稳定,对高卤素物料处置的适应性明显增强。

参考文献

- [1]聂永丰.固体废物处理工程技术手册[D].北京:化学工业出版社,2016.
[2]张蕾.固体废物污染控制工程[D].徐州:中国矿业大学出版社,2014.
[3]冷士良.化工单元过程及操作[D].北京:化学工业出版社,2002.

作者简介:

赵仁杰(1982--),男,汉族,江苏泰兴人,本科,研究方向:一般固废、危险废物无害化、资源化。