

碳素焙烧烟气电捕焦油器使用效果及问题分析

曹增志 程世宇

济南巨高环保设备有限公司 山东济南 250002

摘要:我国大部分地区要求排放烟气的沥青烟含量不得高于 $10\text{mg}/\text{m}^3$ 。碳素企业通常采取电捕焦油器艺捕集沥青烟使烟气达标排放。沥青烟气及捕集的焦油均含易燃成分,电捕焦油器运行时长期处于高压电场环境易引发火灾。选择合适的运行方案处理沥青烟气,不仅可以提高烟气净化效率、解决能耗,还可以最大化保证设备安全运行和稳定的生产。

关键词:焙烧炉;沥青烟;电捕焦油器

概述

电解铝用阳极、阴极碳素块在生产过程中,会通过添加沥青作起到粘结和填充的作用,使石油焦粉粘结后进行下一步的混捏、成型等工艺后加工成为碳块坯。碳块坯需经过焙烧后成为碳素块。其中添加的沥青在焙烧炉升温过程中,会因高温分解、挥发为沥青烟。焙烧炉烟气成分较为复杂,通常含有二氧化硫、氮氧化物、灰分、碳粉、苯并芘、沥青烟、水蒸气等。复杂的烟气成分使烟气的腐蚀性较大、可燃性较高,处理起来难度较大。目前处理沥青烟气的工艺以电捕焦油器为主流,部分地区对A级企业的烟气处理工艺要求在后端加上燃烧法,以保证更加彻底的去除VOC气体。焙烧烟气电捕焦油器工艺的应用占比超过80%以上。随着经济的发展和国家对环境保护越来越重视,对碳素企业的烟气排放指标有了更严格的要求,企业需根据生产线的不同参数选择合理的处理工艺,以符合环保要求,并且所选的环保设备必须更稳定、更高效。

一、沥青烟捕集效率低的危害

焙烧炉沥青烟气的捕集效率不好,焙烧烟气会对尾部烟道造成严重危害,首当其冲的就是脱硫塔(本文所指为以碳酸钙或氢氧化钙为反应剂的湿法脱硫)。沥青烟颗粒被捕集后就会形成焦油(因为焦油内含有大量的烃类、苯系物质、灰分、碳粉等成分,所以行业内不会将其称为沥青。)烟气里残留过多的焦油会被脱硫塔循环浆液吸附,进入脱硫循环水内,使水中的含油量急剧上升。通常脱硫循环池内焦油会分为浮油和悬浊油,两种焦油会包裹在脱硫剂上(碳酸钙或氢氧化钙),使得脱硫反应

剂和烟气的接触效率下降,降低脱硫塔的反应效率。循环水内过多的焦油还会使得石膏脱水变得更困难,除此之外,焦油会堵塞石膏压滤机的滤布,降低了滤布的使用寿命,必须要采用高压水冲洗,堵塞严重者需采用更换滤布的方式才能解决,增加了生产人员的劳动量,降低企业的生产效率。脱硫塔并不能将烟气中的沥青烟全部吸附,脱硫塔之后的湿电除尘器同样会捕集沥青烟,沥青烟形成的焦油会黏附在湿电除尘器的阳极板上,湿电冲洗水很难将其冲洗干净,日积月累,就会导致阳极板上附着物厚度增加,产生电弧放电,放电会引起湿电除尘器输出电压剧烈波动,严重者会因火花放电使阴极线断裂,断裂的极线会和阳极板直接接触,造成电场短路的现象,短路后的湿电无法运行,会导致排放烟气的颗粒物严重超标。必须停机检修方可恢复生产。因此,如何采用高效、安全的方式捕集沥青烟,是碳素企业必须面对的问题。

二、电捕焦油器的适应工况

1. 电捕焦油器的分类

电捕焦油器通常分为2类:立式蜂窝结构和卧式平板结构,立式电捕以正六边形蜂窝管作为沉淀极,烟气方向由下而上,较为节省空间;卧式电捕通常分为2-3个电场,烟气横向依次通过各电场,占地面积较大。沥青烟在平板式沉淀极上聚集。两种电捕的功能和运行原理相同,企业会根据自身情况选择合适的构型。电捕焦油器通常在前端设置预除尘器或喷淋降温塔配合使用,预除尘可以降低碳粉等颗粒物浓度,降温塔通常采用水淋或喷雾冷却方式对烟气进行降温,以降低到达电捕焦油器的烟气温度,防止高温导致电捕焦油器内部的焦油

自燃导致着火并引发火灾。

2.电捕焦油器工作的关键指标

以某碳素企业A的54室焙烧炉为例,经过改造后,其卧式电捕焦油器参数如下:

处理烟气量: 120000m³/h, 有效断面: 45m²

设备阻损: ≤ 300Pa, 电场数量: 3

电场流速: 0.8m/s

烟气含沥青烟: 300mg/m³, 烟气颗粒物浓度: 200mg/m³

出口焦油浓度: ≤ 10mg/m³, 出口粉尘浓度: ≤ 10mg/m³

净化效率: 沥青焦油>95%, 粉尘>95%

电场长度: 15m, 电场高度: 7.2m

通道个数: 15个, 同极距: 420mm

阳极板型式: 型号480C, 阴极线型式: Φ4mm 2205 不锈钢圆形线

设备漏风率: ≤ 3%, 高压电源配置: 3台 300mA/90KV 高频恒流源

2.1 电捕焦油器在工作时需要较为适宜的温度区间,通常设定工作温度区间为为80-120℃。温度低于80℃后,会导致焦油和灰尘的混合粘度升高,物黏附在阳极板上,不容易向下滴落,时间超过1个月就会导致极板裹油、极线肥大,导致电场有效间距变小、电场有效断面面积减小,如图1所示。在适宜的温度区间内运行,极板极线上的焦油粘度会下降,更容易因重力自然掉落,运行时的安全系数更高,如图2所示。焦油附着过多的表现为变压器二次电压波动剧烈,且电压不能维持高位。

运行温度超过120℃以后,焦油内部分成分有自燃特性,所以大多数情况下会在电捕焦油器烟气进口前端增设一个水喷淋降温塔,防止烟温过高。



图1 偏低温电场内焦油附着情况



图2 偏高温电场内焦油附着情况

极板、极线焦油附着过多会引发一系列的严重后果,首先是电场有效间距变窄,而电捕焦油器高压电源工作电压通常为40-100KV,通道变窄极易发生火花放电,一旦发生连续火花放电现象,电弧会引燃焦油,导致电场着火。附着的焦油通常采用高温蒸汽熏蒸的方式进行清理,特别顽固的焦油需采用人工清理。因此低温运行时会增加停机清理焦油的频率,我国北方地区冬季的电捕设备在烟气温度较低时这种现象尤为严重。

2.2 电捕焦油器运行时需要合理的绝缘措施。电捕焦油器对地绝缘通常采用绝缘瓷瓶或者瓷支柱,为了避免烟气直接接触瓷瓶或瓷支柱导致放电短路现象,通常会在保温箱和电场之间覆盖一层聚四氟乙烯板。聚四氟乙烯板下表面会和烟气直接接触,时间变久会使焦油在表面累积,由于焦油内含碳粉、无机盐等杂质,焦油积累过多便会在聚四氟乙烯板表面产生放电现象,如图3,表现为变压器二次电压剧烈波动、放电检测装置报警,需人工清理聚四氟乙烯板后方可继续使用,可采用有机溶剂清理聚四氟乙烯板。

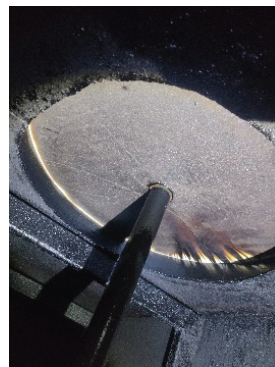


图3 聚四氟乙烯板放射状放电痕迹

我们在电捕焦油器运行时总结了以下几点方案使氟板上可以黏附较少的焦油,增加电捕单次运行的时间:

①在聚四氟乙烯板下方设置防尘筒，防尘筒下部增设烟气导流装置，可以大量减小烟气向聚四氟乙烯板流动，延长聚四氟乙烯板的使用时间。②提高保温箱的温度，通常将温度区间设置在90-120℃。较高的保温箱温度会使保温箱内的瓷支柱上没有冷凝水，聚四氟乙烯板下方同样不容易出现冷凝水，可以避免保温箱内水汽过大导致绝缘子爬电。③提高引风机的出力，提高电捕焦油器内的负压可以使烟气从电捕焦油器内不易扩散到保温箱内。④烟气进口加装双层气流均布板可以使进口烟气更加均匀，减少局部气流过快现象，避免出现进口喇叭位置烟气直冲向聚四氟乙烯板。

2.3将阴芒刺型阴极线改为Φ4mm圆线。芒刺线尖端放电的现象一直存在，尤其在运行一段时间之后，焦油颗粒会因电场的库仑力作用在芒刺线尖端沉积成块状焦油，并形成拉丝现象，不及时清理的话极易在此处产生放电，引燃焦油，导致电捕焦油器着火。更换为圆丝之后，电场分布更加均匀，且焦油在圆形极线上更容易滑落，不易发生尖端放电现象。

2.4电捕焦油器产生的废弃物

2.4.1捕集的焦油

电捕焦油器由于焙烧炉室数量和焙烧曲线的原因，会导致每天产生的焦油量不固定，采用本台电捕焦油器设备每天产生约0.8吨焦油，捕集的焦油属于危废，因为焦油内成分较为复杂，且含有大量的灰分、水分、硫化物等成分，所以直接利用的方式不多，需要专业的厂家进行回收处理，处理费用约1000-2000元/吨。以中间值1500元/吨计算，每年所需的焦油处理费用约为43.8万元。

2.4.2高温蒸汽熏蒸电场产生的含油废水

通常碳素企业会使用0.4MPa，约150℃的高温蒸汽对电捕内部进行熏蒸，以去除极板、极线上附着的焦油。熏蒸时间从24h-72h不等，熏蒸时间越长，产生的含油废水越多。含油废水的处理难度较大，需要专门的水处理设备才能净化为中水，根据含油量的区别，每吨含油

废水处理费用约50-200元/吨。每次熏蒸约产生含油废水40吨为例，每月熏蒸1次，每年产生废水480吨，以100元/吨的处理费用计算，每年的水处理费用约4.8万元。

2.5电捕焦油器运行费用。电捕运行时产生的费用主要是高压电源运行时产生的电费，以及前端水喷淋降温塔水泵用电费用。以3台300mA/90KV高频恒流源为例，正常运行时输出电压75KV，输出电流200mA，输出功率15KW，三台高压电源每天用电量合计1080KW·h，以商业用电平均单价0.8元计算，每年的运行费用约1080*365*0.8=39.4万元。

降温水泵以功率20KW计算，每天耗电480KW·h每年运行费用约13.8万元。

三、电捕焦油器改造后使用效果

电捕焦油器的高压电源更换为高频恒流源后，火花放电时变压器以毫秒级的响应速度降低输出电压，不会产生连续火花，不会引燃电场内部的焦油。从安全性能上来讲，高频电源对火花响应的灵敏度对设备的安全系数有着至关重要的影响因素。

结语

由于电捕焦油器属于极易着火的工业设备，且使用数量较多。合理的运行方式和结构设计可以有效降低着火风险，保证设备的正常运行和企业安全生产。通过对电捕焦油器的运行和改造经验总结，根据产生的问题改进工艺类型，可以显著提高设备的使用寿命，降低运行时出现问题的概率。

参考文献

- [1]付翠霞.阳极焙烧过程污染物的产生、处理以及综合利用[J].轻金属, 2017.01.009.
- [2]衡少亭,陈鄞.我国炭素阳极焙烧烟气的几种净化方法[J].有色金属, 2004, (04): 129-131.
- [3]刘凡,郭静,李安.国内碳素焙烧炉沥青烟气净化技术的进展[J].民营科技, 2009, (05): 18.