

捣固焦炉烟尘无组织排放治理及经济效益分析

余 洲（贵州盘江电投天能焦化有限公司，贵州 盘州 553531）

摘 要：焦炉是生产焦炭的大型工业炉，是传统钢铁行业上游工序。一直以来，焦炉给人的印象是脏乱差、污染严重。随着环境保护要求的越来越严，焦炉烟尘治理技术已越来越引起全社会的重视。国家先后下发了《中共中央国务院关于全面加强生态环境保护坚决打好污染防治攻坚战的意见》、《炼焦化学工业污染物排放标准》（GB16171-2012）等文件和法律法规，为焦炉烟尘治理指明了方向、确定了目标。推进焦炉烟尘系统综合性治理，杜绝烟尘直接向大气排放，既改善了企业工作环境，为企业减轻了环保压力，又提高了企业的经济效益，节能、减排、环保、经济效果十分明显。

关键词：捣固焦炉；烟尘；综合治理；经济效益

1 捣固焦炉烟尘无组织排放状况

捣固焦炉是焦炉的一种，其在装煤、推焦和熄焦等过程中，吨焦产生烟尘 1kg 左右，对于一个日产 5000t 焦炭的焦炉组来说，每天产生 5t 左右烟尘，若排放到大气中，将严重污染生态环境和人的身心健康。

2 捣固焦炉烟尘来源分布

焦炉烟尘来源主要分布于装煤推焦过程、炉顶区域、机焦侧和熄焦过程，还包括焦炉加热系统煤气燃烧产生的烟道气。具体可分为：炼焦过程来源和焦炉机械操作过程来源。

炼焦过程中产生的烟尘主要产生于炉门（含炉门框）、除尘孔盖、上升管及小炉头。当炉门（包括炉门框）、除尘孔盖、上升管及小炉头密封不严、集气管压力波动大时会产生冒烟、冒火现象，甚至导致荒煤气大量放散，严重污染大气。

焦炉机械操作过程中的烟尘主要产生于炉门摘开、装煤、推焦与熄焦过程。焦炉机械无配套环保设施设备时，装煤、推焦、熄焦烟尘处于无序状态逸散，是焦炉烟尘的主要来源。当焦炉窜漏严重、焦炉热工管理不善，焦炭成熟不好，产生的烟尘更多。

3 捣固焦炉烟尘治理技术与工艺

3.1 炉顶烟尘控制及治理

炉顶烟尘来源于除尘孔盖、上升管盖、桥管及清扫孔、上升管底座、桥管承插口等。目前已采取的主要措施有：

①除尘孔盖、上升管底座采用人工用耐火泥密封，把泥浆浇灌在孔盖周边加以密封，同时加强巡检，发现冒烟冒火及时处理；②上升管盖密封普遍采用水封式上升管盖，水封采用动态补水，水封高度对应压力大于集气管压力，确保荒煤气不逸散；③桥管承插口

采用耐火泥、石棉绳、精矿粉混合封堵；④目前除尘孔盖除采用耐火泥密封外，除尘孔也可采用水封式，水封高度对应压力大于炭化室压力，保证炭化室内荒煤气不外逸；⑤同时岗位人员要加强巡检，严格执行定期工作，对损坏变形的炉圈及时进行更换；每出一炉必须确认桥管氨水喷洒正常，及时清理上升管水槽内积灰等；精密调整集气管压力等。

3.2 炉门烟尘控制及治理

①炉门刀边变形、断裂，炉门密封不严等都会导致炉门冒烟。老式焦炉采用敲打刀边，但不能彻底消除刀边变形引起的冒烟现象。最新空冷式炉门采用带弹性腹板的不锈钢刀边，用小弹簧持续施加作用力来保证刀边与炉门框的密封性，有效避免了炉门刀边冒烟现象；②加强设备维护，炉门、炉门框出一炉清理一炉，炉门定期倒换维护，上炉门时需精准对位。

3.3 装煤烟尘控制及治理

①高压氨水装煤。目前焦化企业普遍在装煤时采用 2.5MPa~4.0MPa 高压氨水喷射，使炭化室形成负压，将装煤孔炭化室产生的烟气经过 U 型导烟管导入相邻炭化室，以实现无烟装煤。但机侧煤饼下部的冒烟或垮煤时的冒烟收集效果不佳；②导烟车与地面除尘站净化处理组合方式。装煤时，导烟车从导烟孔处抽吸装煤烟尘，将其点燃焚烧，再经水平烟道和集尘干管、吸附装置抽吸至地面除尘站，净化后排入大气。机侧设置炉头罩，收集机侧装煤从炉门逸散出的烟尘，经导烟车抽吸至地面除尘站净化；③装煤车设置密封框，机侧炉头设置炉头挡烟板和集尘干管，将机侧装煤散出的烟尘引至机侧炉头罩抽吸至地面除尘站净化。

3.4 推焦烟尘控制及治理

①拦焦车与地面站净化系统。在拦焦车上方设置

集尘罩,覆盖熄焦车厢或焦罐区域,收集焦炭进入熄焦车厢或焦罐过程时产生的大量烟尘,再通过水封密封、皮带密封或推焦除尘闸板使烟尘进入集尘干管、冷却式分离阻火器,经过冷却和预除尘,最后经脉冲袋式除尘器净化后排入大气。焦侧安装炉头挡烟板,拦焦车上安装增压风机,辅助收集推焦过程中导焦栅与焦炉缝隙逸散的烟尘;②推焦时机侧炉头逸散的烟尘由炉头挡烟板和集尘干管,经除尘风机抽吸至地面除尘站,净化后排入大气。在装煤车、推焦车增加车载除尘装置并配套地面除尘站,将托煤底板、推焦杆运行过程中产生的烟尘收集起来进行集中处理;③干熄焦代替水熄焦。水熄焦过程逸散的熄焦蒸汽含有烟尘及其他有机污染物,污染大气环境。建设干法熄焦代替水熄焦,不仅能回收焦炭显热,降低炼焦工序能耗,产生额外可观的经济效益,还能避免熄焦蒸汽污染及熄焦水净化处理成本。干法熄焦过程中的尘源主要有干熄炉顶部装入装置、干熄炉顶部预存段放散口、干熄焦循环风机后放散口等处,首先将干熄炉顶盖装焦处、干熄炉顶部预存放散口产生的高温且含易燃易爆气体成分及火星的烟气导入阵发性高温烟尘冷却分离阻火器进行冷却降温并分离火星;干熄炉底部排焦带式输送机落料点气体导入阵发性高温烟气冷却分离阻火器下部,并与经过冷却的高温部分烟气混合,混合后烟气进入袋式除尘器净化;④强化焦炉温度、压力过程管理,定期测量焦饼中心温度、横排温度、炉顶空间温度等,提高焦炉温度横向、纵向均匀性,确保焦炭在规定结焦内成熟均匀,减少生焦导致的冒烟。严格配煤管理,稳定配合煤水分;规范生产调度和操作,用好环保设备。

3.5 焦炉燃烧废气(烟道气)控制及治理

焦炉加热过程中煤气燃烧产生的烟道气中含有大量的二氧化硫(SO_2)、氮氧化物(NO_x)和粉尘,若直接排入大气, SO_2 和 NO_x 会参与和加剧光化学污染、土壤酸化污染,严重影响大气环境质量和土壤及地下水质量。

①加强焦炉调火操作,在确保焦炭成熟的情况科学制定标准温度,合理控制空气过剩系数,减少废气产生量;②强化焦炉热修维护,发现炉体窜漏及时修补,减少焦炉窜漏特别是荒煤气窜漏至燃烧系统,进而降低烟道气中污染物浓度;③及时跟踪回炉煤气中硫化氢(H_2S)含量,浓度超标立即联系煤气净化工段调整,减少煤气燃烧过程中污染物的产生量;④建

设焦炉烟道气脱硫脱硝系统。系统从焦炉总烟道碰口处抽吸焦炉烟道气,脱硫剂系统通过气力或泵将脱硫剂或脱硫溶液喷入烟道气管道或脱硫塔中,脱硫剂经高温分解和雾化,与烟道气中的 SO_2 充分接触并发生化学反应,除去 SO_2 。脱硫后烟气进入除尘脱硝一体化装置,烟气在除尘脱硝一体化装置内先经布袋除尘,除尘后的烟气与喷氨装置送入的还原剂(如氨气)充分混合均匀。混合后的烟气进入脱硝催化剂层,在催化剂作用下发生还原反应,脱除烟道气中 NO_x 。净化后的烟气经余热锅炉换热后($>145^\circ\text{C}$),在脱硫脱硝风机作用下送回焦炉主烟囱,排入大气。净化烟气的排气温度约 150°C ,可以有效避免烟囱内烟气温度低于酸露点而导致的腐蚀,保持烟囱热备。

3.6 综合治理

①建设焦炉机侧、焦侧封闭大棚,覆盖焦炉机侧、焦侧作业区域,收集焦炉区域多点零星逸散烟尘,在大棚设置吸尘管道,将收集的烟尘抽吸至地面除尘站净化,实现无组织烟尘排放变成有组织捕集处理排放,同时可减少风向变化对机侧除尘效果的影响,可明显减少焦炉烟尘排放,有效改善焦炉环境。同时可以将炉头除尘及车载除尘接入焦炉封闭大棚地面除尘站,预留除尘站烟气脱硫装置,确保排放指标稳定达标;②建设熄焦水净化处理装置,减少熄焦水蒸汽带来的烟尘污染,同时回收焦炭热量,提高焦炭热强度和冷强度。其主要工艺是:待处理的熄焦水中加入混凝剂聚合硫酸铁(PFS),使污染物与PFS发生混凝反应。因投加PFS,废水此时呈酸性,在反应段出水处投加助凝剂与碱的混合药剂[聚丙烯酰胺(PAM)与氢氧化钠混合溶液],在混合反应搅拌机的搅拌下,混凝剂等药剂与废水充分混合反应,其主要目的是使废水中的悬浮物形成较大的絮凝体,以便于从废水中分离出来。同时废水的pH调回6~9范围内。加药量可根据实际需要投加。混合反应池溢流水自流到斜板沉淀池进行泥水沉淀分离。当废水中氰化物、COD、酚等污染物超标时,应相应地在混合反应池中投加适量的脱氰、降COD、除酚的复合药剂,保证熄焦水水质指标要求;③建设上升管余热回收系统,减少上升管石墨产生量,进而减少清扫石墨时带来的烟尘污染。上升管余热回收系统采用带有换热器的上升管装置及换热系统,以介质如除盐水将 $650^\circ\text{C}\sim 750^\circ\text{C}$ 的高温焦炉荒煤气冷却至 $80^\circ\text{C}\sim 90^\circ\text{C}$,同时产生大量低压饱和蒸汽,进而达到回收高温荒煤气显热的目的。带有换热器的

上升管采用新型材料如纳米涂层,保证上升管换热器的运行安全前提下具备防漏水、防石墨粘结等功能,有效降低岗位工人维护上升管的工作强度,改善了工作环境;④建设上升管石墨机械清扫装置和上升管点火装置,提高上升管石墨清扫速度和效果,降低工人劳动强度,在拉开上升管盖的同时进行自动点火,减少了清扫过程的烟尘逸散;⑤建设焦炉加热优化控制管理系统,即在焦炉顶部安装立火道在线连续自动测温系统,实时监视焦炉运行状态;在桥管安装荒煤气温度在线测量系统,实现焦炭结焦状态管理,在确保焦炭产量与质量的前提下,优化机、焦侧标准温度,使焦炉温度更加合理、稳定,减少煤气消耗;在焦炉地下室富煤气加热支管上安装调节阀,通过智能加热控制模型,自动调整焦炉加热煤气主管和支管流量,消除局部高温点,减少焦炉平均温度波动,提高焦炉纵向温度均匀性,有助于延长炉体寿命,提高焦炭成熟均匀性和焦炭质量;⑥建设焦炉单炭化室压力控制系统,通过精准实时测量和调节每个炭化室的压力,实现焦炉无烟装煤以及结焦过程中各炭化室的压力稳定,有效减少装煤过程和煤饼结焦过程的烟尘排放,提高焦炉环保控制水平,改善焦炉操作环境,同时提升焦炉生产操作自动化水平和精准性,延长了焦炉使用寿命;⑦焦炉煤气低氮燃烧技术。在焦炉地下室分烟道建设焦炉烟道气引风机和回配管道烟道气从地下室的机、焦侧分烟道碰口引出,经引风机、回配管道进入废气盘,与废气盘进入的空气进行混合,降低空气中的含氧量,进而降低煤气燃烧速度和温度,在提高高向加热均匀性的同时降低了 NO_x 的产生量;⑧建设干熄焦高硫烟气脱硫装置和焦炉推焦烟气脱硫装置,确保各排口烟气指标达标排放;⑨煤饼捣固过程中,捣固锤上、下往复运动捣固煤饼时产生大量粉尘,危害岗位人员的身体健康。在捣固站设置集尘罩,经除尘管道接入机侧除尘地面站,通过除尘风机的抽吸作用,控制捣固站内的烟尘不外逸。

4 经济效益分析

4.1 降低企业环保风险,提高市场竞争力

通过系统性治理,焦炉各排口主要污染物达到国家标准要求,同时大大减少了 SO_2 、 NO_x 排放量,企业合法经营得到保证,市场竞争力得到提升。

4.2 回收焦粉及烟道气余热

将推焦过程逸散的烟尘回收后销售或用于掺配炼焦,以1t焦炭推焦过程中产生1kg粉尘计,每吨焦粉

800元左右,则130万t/a,焦化企业每年可增加经济效益104万元。

在烟道气脱硫脱硝装置中,通过设置余热锅炉回收烟道气余热产生低压蒸汽,则130万t/a焦化企业每年可产生蒸汽约10万t,低压蒸汽每吨65元,则每年可增加经济效益650万元。

在干熄炉中炽热焦炭与惰性气体直接进行热交换,焦炭被冷却至平均 200°C 以下,高温惰性气体再与除盐水热交换产生蒸汽,回收焦炭显热。

4.3 改善操作环境

通过治理,焦炉装煤、推焦及焦炉炉体逸散的烟尘得到了有效收集净化处理,降低了烟尘对大气和焦炉周边环境的污染,有效保证焦炉的正常生产,同时大大改善了员工的工作环境,进一步保障了员工的身心健康。

5 结语

经过一系列烟尘治理,焦炉逸散烟尘大为减少,环境明显改善。“党的十八大”把生态文明建设纳入中国特色社会主义事业“五位一体”总体布局,焦化企业在谋划发展时要树立正确的发展思路,同时,也应根据企业实际选择合适的环保技术和工艺,确保在合规合法的前提下成本最优、效果最佳。

参考文献:

- [1] 刘武镛,孙红艳.炼焦热工管理[M].北京:冶金工业出版社,2011.
- [2] 姚昭章,郑明东.炼焦学[M].北京:冶金工业出版社,2005.
- [3] 胡学毅,薄以匀.焦炉炼焦除尘[M].北京:化学工业出版社,2010.
- [4] 赵景,陈伟.捣固焦炉装煤除尘的优化和改进[J].燃料与化工,2022,53(5):22-24.
- [5] 李克成.捣固焦炉装煤烟尘治理技术[J].工程建设与设计,2016(8):169-169.
- [6] 张庆梅.捣固焦炉装煤时烟尘处理设备及技术经济分析[J].化工管理,2013(12):126-128.
- [7] 罗鹏飞,王富平,魏凯.包钢庆华捣固焦炉装煤烟尘逸散治理[J].包钢科技,2022(03):48.
- [8] 孔令彬,丁清华,林冬梅.焦炉烟尘污染及综合治理技术与装备[J].设备管理与维修,2018(6):2.
- [9] 杨勇,李波,张琼芳.捣固焦炉烟尘综合治理技术的应用[J].燃料与化工,2019(01):23-24.