

多膛炉在活性炭工业上的应用

傅 翔^{1,2}

(1. 煤炭科学研究总院 北京煤化工研究分院 北京 100013;
2. 煤炭资源高效开采与洁净利用国家重点实验室(煤炭科学研究总院) 北京 100013)

摘要: 为了提高颗粒活性炭的利用效率,必须对已经饱和的活性炭进行再生。多炉膛是活性炭生产和再生的主要设备。介绍了多炉膛的结构及其工艺流程,并从5个方面介绍了其主要优点。详细分析了多炉膛在活性炭生产和再生过程中的主要工艺参数,包括炉内温度、中轴转速、炉膛压力和活化蒸汽量。最后指出随着颗粒活性炭在水处理、果葡糖浆脱色等行业的大量应用,多炉膛用于规模化生产和再生颗粒活性炭的前景也十分广阔。

关键词: 活性炭;再生;多膛炉;工艺参数;水处理

中图分类号: TD849; TQ424; TF806

文献标识码: A 文章编号: 1006-6772(2012)04-0057-04

Application of multiple hearth furnace in activated carbon industry

FU Xiang^{1,2}

(1. Beijing Research Institute of Coal Chemistry, China Coal Research Institute Beijing 100013, China;

2. State Key Laboratory of High Efficient Mining and Clean Utilization of Coal Resources

(China Coal Research Institute) Beijing 100013, China)

Abstract: To improve utilization rate of granular activated carbon, the spent activated carbon exhausted with wastewater treatment and other fields has to be regenerated. The multiple hearth furnace is an indispensable device for activated carbon production and regeneration. Introduce its structure, technological process as well as its five advantages. Emphasize its main technological parameters such as furnace temperature, shaft rotary speed, hearth pressure and steam volume. The results show that, with the growing consumption of activated carbon in wastewater treatment and HFCS (high fructose corn syrup) decolorization, it would be a trend that multiple hearth furnace was applied to most of the granular activated carbon production and regeneration.

Key words: activated carbon; regenerate; multiple hearth furnace; technological parameter; wastewater treatment

随着国家环保力度的加大,活性炭需求量不断增多,出口量也逐年上升。活性炭如何在污水处理和饮用水处理中循环使用成为研究的热点。近年来,国外在工业废水和饮用水深度处理,尤其是活性

炭吸附法处理废水领域已经取得了较大进展。

用颗粒活性炭处理工业废水和生活废水时,其吸附水中的有机污染物,一段时间达到饱和后便会失去吸附能力,此时需要对已饱和的活性炭进行再

收稿日期: 2012-06-11 责任编辑: 宫在芹

基金项目: 国际科技合作计划项目(2010DFB62870)

作者简介: 傅翔(1974—),男,重庆人,硕士,主要从事活性炭产品开发研究。

引用格式: 傅翔. 多膛炉在活性炭工业上的应用[J]. 洁净煤技术, 2012, 18(4): 57-60.

生。因活性炭价格较高,所以其再生是选择活性炭吸附工业装置时必须解决的问题。目前,国外普遍采用的活性炭生产和再生方法是热再生活化法,炉型有多膛炉、卧式回转炉、流化床炉及斯列普炉,其中以多膛炉应用较多。中国大型活性炭生产企业都在考虑使用多膛炉提升产品品质和规模。

1 多膛炉结构及特点

1.1 结 构

多膛炉起源于美国,至今已有近百年的历史。它最初用于矿石焙烧。1939年 Nichols Engineering 公司设计的第1台多膛炉就应用在 Freeport 硫磺公司的实验室。1950年后,多膛炉广泛应用于煤质活性炭的制造。

多膛炉也称多段炉,因为炉膛分成很多层(或段)而成名。多膛炉层数的确定,取决于所需要处理的物料。多膛炉一般有4,6,8,10,12,15,16,17层。其中对于大型活性炭生产企业,以15,16,17层居多。

图1为多膛炉结构。多膛炉炉体外壳为钢制圆筒体^[1-2],内衬为耐火材料或隔热材料。沿炉体垂直方向相隔一定距离设置多个水平圆形炉床。每个炉床上都有下料孔,从上往下的开孔位置分别为单数层中央开一个下料孔,双数层周边开若干个下料孔。炉体中央为一带夹套的空心转轴,其上装有耙臂^[3-4],耙臂对称布置,各层间相互错开。每对耙臂上装有耙齿,耙齿与耙臂约呈 30° ,其间隔为150 mm。

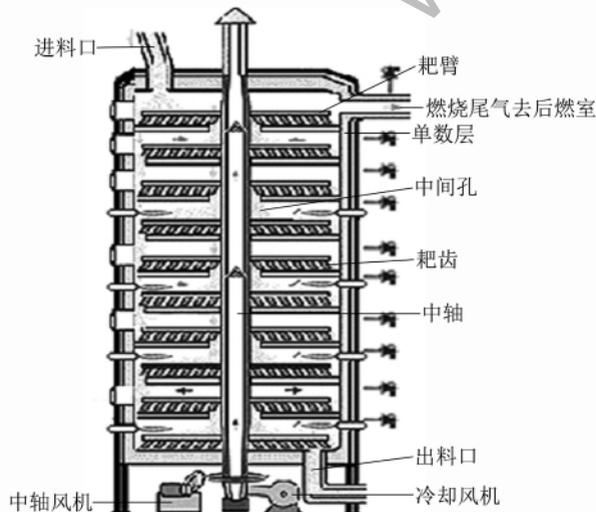


图1 多膛炉结构

图2为耙臂、耙齿方向及物料在炉床上的运动方向。由图2可以看出,单数层和双数层的耙齿相对于耙臂在水平投影上的角度是不同的,这是为了使物料能以螺旋线轨迹运动,即单数层的炉膛通过内旋模式从外围将物料运至炉膛中心后落入下面的双数层,再由双数层的耙齿以外旋模式将物料从炉膛中心运至炉膛外围的料孔。如此反复,直至物料从炉底的出料孔卸出。中心轴由铸造合金(含镍铬)精铸而成,多膛炉底部由轴承支撑,驱动电机带动其缓慢旋转,同时配备专门的冷却风机以提供强制冷却中心轴及耙臂的空气,防止其由于过热造成变形和损坏。

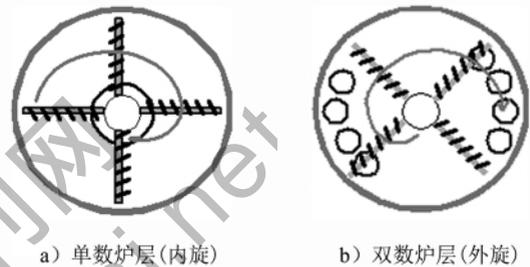


图2 耙臂、耙齿方向及物料在炉床上的运动方向

多膛炉炉顶设有中轴支撑结构和密封结构,中轴冷却排风口、烟气出口等。密封结构常用密封环室水封,防止多段炉气体外泄和吸入空气,环室中充满水封。

从多膛炉出来的烟气通过后燃室完全燃烧,后燃室温度控制在 1000°C 以上,彻底分解烟气中的有害物质和可燃成分。后燃室由耐火材料衬里的碳钢筒体组成,配备1~2台燃烧器和4个空气注入喷嘴。

多膛炉的燃烧系统由燃烧器、空气调节阀、电动阀、限位开关、比例调节阀、点火变压器、火花塞、紫外线火焰探测器组成。每个燃烧器都有独立的控制器、监测火焰、控制温度、吹扫联锁。

多膛炉配有自动控制系统,采用DCS或PLC自动控制,具备可编程逻辑控制,自动监控调整报警,实时打印历史查询等功能,实现计算机自动操作。

1.2 优 点

(1) 炉内物料借助中轴带动的耙臂和耙齿缓慢、连续地翻动,通过中轴电机的调节,控制中轴的转速和相对于耙臂的耙齿角度,可以严格控制物料在炉内的停留时间从而达到控制反应时间的目的。

(2) 分层独立设置燃烧器,精确控制温度,满足

活化各阶段的不同需求。

(3) 精确注入活化气体,准确控制活化深度,连续进料,连续出料,产品质量均匀。

(4) 在耙齿的连续翻动作用下,增加了物料表面与活化气体的接触面积,提高了活化率和产品质量。

(5) 采用立式结构,平面占地小。一个处理能力 1.25 t/h 的多膛炉炉膛外径为 7848 mm,高 24.8 m; 而一个处理能力 1.44 ~ 1.68 t/d 回转窑的炉膛内径至少为 1200 mm,长度大于 15 m。

2 多膛炉用于活性炭活化

活性炭的炭化料从炭化车间运来后储存在炭化料料仓中,料仓底部出口下设带式输送机,炭化料通过底部出口落在带式输送机上输送到斗式提升机的料斗中,通过斗式提升机提升至合适高度,倒在带式输送机上,通过输送方向的正反调整,使炭化料分别落入储仓中。储仓底部的卸料装置速度可控。炭化料从储仓底部分别掉落到带式输送机上,然后输送至对应的进料口中。进料口中设有双翻板阀以保证密封。每台多膛炉顶部设有 2 个进料口,通过带式输送机将炭化料输送至进料口后落入炉内。在活化过程中,持续向炉里注入适量的蒸汽^[5]。

在多膛炉最底层设置 2 个出料口,1 用 1 备。在日常用出料口下接冷却滚筒用来冷却活性炭产品。备用出料口仅用于紧急出料。出料口和冷却滚筒之间设格栅,用来分离结块的大颗粒。出料口和冷却滚筒之间安装双翻板阀,用于控制产品流量和保证炉体密封性。冷却滚筒采用水冷却,可将活性炭产品冷却至 60 °C。产品从冷却滚筒出料后通过带式输送机输送至活化料仓统一处理。冷却滚筒的冷却水可经降温软化处理后循环使用。

多膛炉中排出的烟气在后燃室中完全燃烧,除去烟气中的挥发分、 H_2 和 CO 等可燃气体的同时,使烟气温度升高至 1000 °C,利用余热锅炉吸收烟气中热量,产生蒸汽。

从后燃室排出的烟气经过余热锅炉之后,温度降至 180 °C 左右。在此过程中产生压力 0.6 MPa 左右的过热蒸汽,可供多膛炉进行活化反应,此外剩余蒸汽还可用于工厂其他用途。

离开锅炉的 180 °C 烟气将进行脱硫、除尘处理,以减少空气污染物,最终尾气通过引风机进入烟囱

达标排放。

3 多膛炉用于活性炭再生

使用后的活性炭(饱和炭)一般是以浆状运到一个贮罐后,定量送到脱水旋转-倾斜式螺旋输送机,其中的脱水旋转使炭浆脱水。脱水后的饱和炭在重力作用下进入多膛炉。从顶层炉床边缘进入的饱和炭在耙臂和耙齿的作用下向炉床中心运动,并从中心的料孔落到下一层炉床的中心,耙齿再通过外旋式运动,将饱和炭推向边缘。通过这样的运动,饱和炭被多膛炉中的热蒸汽加热而再生^[6]。最后再生炭从底层炉床边缘卸出。

再生过程中需要严格控制炉内温度、空气含量、蒸汽量及惰性气体量。通过提高中轴的旋转速度、增加耙臂上的耙齿数量及调节耙臂上耙齿的方向可以使饱和炭较快地从多膛炉中再生。在再生阶段,尽量保证供料连续。如果供料经常中断,多膛炉的上部炉床温度经常处于高温状态,对炉床运行和维护不利。饱和炭脱水不当,会使上部炉床受到破坏。钠化合物会侵蚀耐火砖形成熔渣和烧结疤块,从而使炉床抬高,增加与耙齿的碰撞,破坏炉床。这种熔渣是由炉内耐火砖中的硅铝化合物与从炭中排出的钠或有机磷等物质反应生成。通常需要将炭进行预处理,并控制炉内温度和压力状态,可以生成最少熔渣。同时定期对炉床进行清理维护,延长炉床使用寿命。

4 工艺参数

4.1 炉内温度

多膛炉用于活性炭生产和再生主要是活化作用。根据多膛炉的层数要求,一般分为三部分。以 15 层的多膛炉为例,从上往下的第 1 ~ 2 层炉层为升温层,主要用于干燥活性炭,该炉层温度控制在 600 °C 以内^[7]。第 3 ~ 13 层为活化层,温度控制在 700 ~ 1100 °C。在活化层上部,水分随着温度的升高继续蒸发。如果用多膛炉生产活性炭,通入空气和蒸汽作为活化剂,在高温下与炭化料接触发生氧化还原反应进行活化,生成 CO 、 CO_2 、 H_2 以及其它碳氢化合物气体,通过炭的烧失达到炭粒的造孔。如果用多膛炉再生活性炭,随着温度的逐渐升高,使被吸附的有机物挥发、脱附或热分解为游离残炭留在微孔中。随着空气和蒸汽的通入,使残留在微孔中

的游离炭氧化而去除,达到重新造孔而不过分损坏基本孔的结构。第 14 ~ 15 层为冷却段,温度控制在 900 °C 以下,以使活性炭缓慢降温出料。

当多膛炉处于稳定的工况下,其各个炉层的温度应分别维持在一定的温度范围内^[8]。在此工艺过程中存在 2 种不同的能量反应形式:气化吸热反应和氧化燃烧放热反应。气化过程以炭与水蒸汽发生化学反应为主,产生 CO 和 H₂ 等可燃气体,并从外界吸收一定的热量。燃烧器燃料和烟气里的可燃气体进行氧化燃烧时,释放出大量的热量。若要达到最佳活化温度条件,平衡吸热和放热反应是关键。

4.2 中轴转速

中轴转速由中轴变频电机控制,转速在 0.5 ~ 1.5 r/min 内可调,以此来控制物料在炉床上的停留时间。

4.3 炉膛压力控制

利用变频调速器改变引风机的转速,可以实时控制烟气流量并保持炉膛压力稳定。在多膛炉与后燃室的连接烟道内,安装有压力变送器;为了避免炉膛内的烟气外逸,可以调节变频器改变风机转速并让压力稳定在微负压 0 ~ 0.5 kPa。

4.4 活化蒸汽用量

活化蒸汽用量与炭量比为 (0.5 ~ 1.5):1,根据活性炭生产或再生工艺确定具体用量。

5 结 语

随着颗粒活性炭在水处理、果葡糖浆脱色等领

域的广泛应用,以及环境要求日趋严格,颗粒活性炭的生产和再生必将成为规模化发展。多膛炉将成为活性炭规模化生产和再生的有效设备。研究多膛炉的结构、生产工艺及操作,必将对活性炭产业升级,提高产品质量,节能减排等方面产生积极的作用。

参考文献:

- [1] Dreusche Jr, Charles Von F. High temperature multiple hearth furnace structures [P]. US patent: US3419254, 1968-12-31.
- [2] Dreusche Jr, Charles Von F. Apparatus and method for distributing material being processed over a furnace hearth floor [P]. US patent: US3905757, 1978-09-16.
- [3] 白桦. 多膛炉设计 [J]. 工程设计与研究, 2009(127): 7-9.
- [4] 刘海成. 每层四耙臂多膛炉的设计特点 [J]. 有色设备, 1998(2): 12-14.
- [5] Stuart S Spater. Method and apparatus for regenerating and manufacturing activated carbon [P]. US patent: US4115317, 1978-09-19.
- [6] Hanceford L Allen, William W Berry, Robert W Leifried. Regeneration of activated carbon [P]. US patent: US4407725, 1983-10-04.
- [7] 据成新, 高玉川. 多膛炉焙烧钼精矿的温度调节与控制 [J]. 中国钼业, 2010, 24(5): 28-31.
- [8] Nichols engineering & Res Corp. Methods and apparatus for regeneration of granular activated carbon [P]. GB patent: GB941635, 1963-11-13.
- [15] 刘旭光, 李保庆. 褐煤的热处理改质研究 [J]. 煤炭转化, 2000, 23(1): 39-43.
- [16] 郝爱民, 李新生, 宋永玮. 煤的改性提质对水煤浆成浆性的影响 [J]. 煤炭转化, 2001, 24(3): 47-50.
- [17] 常鸿雁, 徐文娟, 张德祥, 等. 加压水蒸气下年轻煤脱氧改质的研究 [J]. 煤炭转化, 2005, 28(1): 26-29.
- [18] 龚志华, 顾兆云, 徐志强, 等. 提高印尼褐煤成浆性的试验研究 [J]. 煤炭加工与综合利用, 2008(1): 26-28.
- [19] 袁善录, 戴爱军. 制备高浓度水煤浆的影响因素探讨 [J]. 应用化工, 2007, 36(12): 1242-1251.
- [20] 高志芳. 提质褐煤制浆及配煤成浆特性的研究 [D]. 北京: 中国矿业大学(北京), 2009.
- [21] 尉迟唯, 李保庆, 李文. 混合煤制浆对水煤浆性质的影响 [J]. 燃料化学学报, 2004, 32(1): 31-36.
- [22] 李寒旭, 纪明俊, 李军, 等. 配合煤对水煤浆性能的影响 [J]. 选煤技术, 2001(3): 54-56.
- [23] 叶向荣, 刘定平, 陈其. 粒度级配对混煤水煤浆浓度与黏度的影响 [J]. 煤炭转化, 2008, 31(2): 28-30.
- [24] 刘定平, 叶向荣, 邓华裕. 基于 LSSVM - MODE 的水煤浆生产优化控制 [J]. 选煤技术, 2008(3): 16-22.
- [25] 纪明俊, 李寒旭, 燕春福. 淮化 Texaco 气化配煤制取水煤浆的研究 [J]. 安徽化工, 2002(6): 4-6.
- [26] 陈晓玲. 配煤线性规划模型的研究 [J]. 煤炭加工与综合利用, 2003(2): 34-37.
- [27] A Rushdi, A Sharma, R Gupta. An experimental study of the effect of coal blending on ash deposition [J]. Fuel, 2004, 83(4-5): 495-506.
- [28] Seiji Nomura, Takashi Arirna, Kenji Kato. Coal blending theory for dry coal charging process [J]. Fuel, 2004, 83(13): 1771-1776.