

壳牌气化炉长周期运行

朴峻名

国家能源集团鄂尔多斯煤制油分公司

DOI: 10.12238/ems.v6i3.7079

[摘要] 为实现壳牌气化炉长周期运行的目标、提升装置生产能力, 文章分析了影响壳牌气化炉长周期运行的主要因素, 提出针对性的解决措施。壳牌气化炉长周期运行是否稳定, 直接影响煤气化系统的生产效率, 决定了企业生产的经济效益和资源利用率。研究认为, 主要影响壳牌气化炉长周期运行的因素为飞灰, 飞灰粒度过大、黏附性较强、炉内温度过高等都可能影响壳牌气化炉稳定运行, 需要根据入炉粉煤影响气化炉稳定运行的因素制定针对性的应对措施, 保障生产装置的稳定性。

[关键词] 壳牌气化炉; 入炉粉煤; 长周期运行

Long cycle operation of Shell gasifier

Park Jung ming

Ordos Coal to Oil Branch of National Energy Group

[Abstract] In order to achieve the goal of long-term operation of Shell gasifier and improve the production capacity of the device, this article analyzes the main factors affecting the long-term operation of Shell gasifier and proposes targeted solutions. The stability of the long-term operation of the Shell gasifier directly affects the production efficiency of the gasification system, determining the economic benefits and resource utilization of the enterprise's production. Research suggests that the main factor affecting the long-term operation of the Shell gasifier is fly ash. Excessive fly ash particles, strong adhesion, and high temperature inside the furnace may all affect the stable operation of the Shell gasifier. Therefore, targeted measures need to be developed based on the factors that affect the stable operation of the gasifier caused by incoming coal powder to ensure the stability of the production equipment.

[Key words] Shell gasifier; Coal powder entering the furnace; Long cycle operation

引言:

在煤气化系统当中, 壳牌气化炉发挥着重要作用, 该装置的适用煤种较广, 具有较高碳转化率与能量利用率, 清洁性与环保性比较突出, 实现装置长周期运行, 有利于降低停车和开车成本, 避免长时间停车造成的不必要损失。壳牌气化炉连续运行周期一般在 200d 以上, 单次运行费用较高, 停车检修周期较长, 因此要尽量保证气化炉长周期稳定性运行。壳牌气化炉在实际使用过程中, 还面临许多因素会影响其长周期稳定性运行, 怎样解决这些影响因素是行业企业关注的重点。

一、壳牌气化炉的特点

气流床气化工艺中, 壳牌气化炉运行稳定一般超过 1400℃, 主要采用水冷壁和液态排渣方法。水冷壁外部设置

为耐火材料, 内部设置适量金属销钉, 耐火材料不能在高温条件下停留过长时间, 否则会影响材料的使用寿命, 引起水冷壁故障。气化炉下部设置粉煤烧嘴, 直接插入水冷壁。当气化炉在运行的时候, 烧嘴能快速喷出大量粉煤, 粉煤在装置的炉膛内进行转换, 在运行将粉煤中的灰分熔化并转化为微小颗粒。由灰分转化成的微小颗粒受离心作用影响会比较均匀地覆盖在水冷壁上, 形成两层厚度不一的渣层, 这些渣层对耐火材料具有一定保护作用, 其中一层属于固定渣层, 其厚度始终不变, 另一层为液态渣层, 其厚度会随着灰分含量的变化以及粉煤气中微小颗粒的变化发生改变^[1]。如果渣层的厚度变小, 耐火材料产生的热传导效应会使渣层内部温度开始下降, 使顶层和整体层的厚度增加, 导致渣层热阻上升, 传递速度下降, 随后再对液态渣层进行升温, 逐渐增加

渣层的流动性, 从而形成一种平衡。当粉煤和氧气同时进入炉膛后, 如果二者的比例适宜, 能让水冷壁保持相对稳定的状态, 降低气化温度波动可能对装置正常运行造成的影响。

二、壳牌气化炉长周期运行面临的影响因素

(一) 飞灰因素

煤气化过程中, 气化炉对进入炉膛的粉煤灰含量的要求较高, 这些灰分在煤气化会转变为两种形态, 一种是渣, 另一种是飞灰。气化炉中的渣和飞灰是相同物质, 但二者在排出装置时产生的物理反应不同, 所以二者的外观形态有很大的差别。粉煤进入气化炉后, 炉内属于高温、高压和高氧的状态, 其能在很短时间内气化, 与炉内的氧气和碳发生反应, 原本在粉煤中的大量有机质会全部转化至气氛中。高温条件下, 粉煤中的无机物会熔融为微小液滴。

在 SCGP 气化工艺中, 粉煤的喷入方向和气化炉在该点的径向存在 $4^{\circ} \sim 6^{\circ}$ 的夹角, 这会导致液态渣滴与气态合成气在炉内呈旋转形态并快速气化炉的炉壁, 在这个过程中部分液滴会发生碰撞、再生, 随后摔打在气化炉的炉壁上, 以液态排渣的形式排出。粒径较小的液体会随着合成气的流动经输气导管和激冷段、气化返混室到达废热锅炉的入口。在这个时候, 受水冷壁冷却的影响, 合成气的温度会开始下降, 在温度下降的过程中小液滴会再次凝固转化为固体颗粒, 成为原始形态的飞灰。飞灰随着合成气经废热锅炉时, 会开始进入换热器和水冷壁, 温度再次下降并离开废锅进入除灰单元^[2]。在此期间, 换热器盘管上会不断积累飞灰, 这些飞灰在积累到一定厚度后会给装置的换热效率产生影响, 容易引发装置故障, 必须停车检修才能让装置恢复正常运行。受合成气流动的影响, 沉淀的飞灰可能被磨损剥离, 导致盘管表面缺少飞灰的保护, 合成气高速流动过程中其中的飞灰会加剧换热盘管的磨损程度, 直接使换热器的盘管变薄, 甚至引发泄漏故障, 阻碍装置正常运行。

(二) 烧嘴罩损坏因素

烧嘴罩是壳牌气化炉的重要组成部分, 各个烧嘴罩从气化炉外延伸到水冷壁和承压壳体的中间, 烧嘴和壳体通过烧嘴罩来衔接。烧嘴罩主要由冷却水管环绕组成, 中压循环水经分布总管将锅炉给水截留分布进组成烧嘴的环管, 其作用是为烧嘴罩提供一条通道, 做好对烧嘴的保护, 避免渣与烧嘴接触, 避免影响烧嘴罩正常运行。此外, 可以在烧嘴罩周边换热来降低烧嘴罩周边的温度。当壳牌气化炉投入使用后, 受生产工艺、仪表、装置等影响, 烧嘴罩也可能出现损坏, 导致漏水并影响壳牌气化炉的正常运行。

烧嘴罩损坏主要和煤质有关:

(三) “十字架”吹灰器堵塞

壳牌气化炉蒸发器的“十字架”上设置有吹灰器, 其功

能是减少“十字架”上的飞灰, 主要采用高流速氮气进行吹扫。未进行吹扫时, 吹灰器被供入一股恒定的热高压氮气流, 避免吹扫空被飞灰堵塞。吹灰器的吹灰孔按垂直向上的方式布置时, 只能清除吹灰空上部的飞灰, 无法将吹灰空四周的飞灰清除, 所以在长周期运行时会导致反吹管积灰, 导致“十字架”上方被飞灰堵满并引起设备停车。

(四) 激冷系统波动

在湿洗单元与除灰单元的出口, 一定比例的合成气在标准温度下, 利用激冷气压缩机通过加压的方式把合成气送出炉膛, 形成气化装置激冷气, 这些激冷气具有对合成气降温的效果。一般壳牌气化炉的湿洗单元的洗涤塔气相出口温度有一个标准值, 且有固定的蒸汽分压比例, 在饱和条件下, 湿洗合成气所带走的水汽量非常稳定。在煤种、负荷和合成气量出现变化时, 洗涤塔气相出口温度会有所上升, 可能会引起激冷气温度变化, 制约气化炉的激冷效果^[3]。在激冷水中含水量增加后, 合成气中未完全过滤的灰分可能附着在激冷管线和压缩机叶轮上, 在工况发生变化后这些积累的灰分会脱落导致滤网被堵塞, 影响叶轮的动平衡, 在影响气化炉激冷效果的同时导致合成气冷却器积灰, 影响气化炉正常运行。

三、壳牌气化炉长周期运行的对策

(一) 飞灰控制策略

一是, 为防止大量飞灰可能造成换热器通道堵塞, 可以通过调整粉煤中灰的组分, 降低其沾污特性。部分粉煤中含有一定的碱金属和碱土金属, 粉煤在气化时这些杂质容易挥发并富集在飞灰当中。企业可以通过调整原煤中灰的成分, 起到控制飞灰粒度的目的, 降低废热锅炉中飞灰的沾污特性。

二是, Shell 煤气化工艺中, 气化反应中涉及的气化剂有氧气、二氧化碳和水蒸气, 气化剂浓度的大小和粉煤气化程度以及飞灰粒度有关, 其中氧气是主要的气化剂, 但只调整参与气化的氧气的比例, 会导致炉内温度发生变化。为了使得气化炉在特定工况下仍然保持稳定运行的状态, 企业要避免调整氧气比例, 要想调节飞灰粒度, 可以通过调整二氧化碳和水蒸气比率来达到这一目标。例如, 煤制油工艺中, 下游装置对合成气内的氮含量有较高敏感度, 通常选择二氧化碳作为气化剂^[4]。如粉煤中挥发分偏低, 固定碳偏高, 在炉内温度恒定的条件下特定氧气比率无法完全气化固定碳, 因此可以加入适量水蒸气作为气化剂, 通过调整水蒸气比率达到控制飞灰粒度的目的。

三是, 壳牌气化炉的操作压力和飞灰粒度有直接关系, 一般操作压力越高, 形成的飞灰粒度越小, 飞灰大颗粒聚合物越少。因此, 企业可以在满足生产条件和不影响正常生产效率的基础上, 适当增加气化压力, 通过控制飞灰细度避免

飞灰堵塞换热器通道或者大量沉积可能引发的停车问题。

四是,控制好煤质,灵活调节煤种的外水率和水煤浆的内水含量,通过动态调节控制煤种浓度,对成浆性较差的煤种进行复配使用。粉煤气化对原煤全水含量的要求越低,煤质影响装置长周期运行的程度越小,因此企业还要控制好原煤的全水含量,在提升煤质的基础上减少粉煤烘干时可能造成的额外能耗。

(二) 烧嘴罩损坏的防范策略

一是,要严格控制好烧嘴罩周边的温度,在煤灰熔点过高超煤气化温度阈值时,可以采用添加石灰石的方式降低煤气化煤种的灰熔点,避免气化炉运行温度过高导致烧嘴罩损坏。添加石灰石时,企业要严格控制石灰石的添加剂量,由于石灰石在高温条件下会反应生成CaO,这些物质与飞灰接触会增加飞灰的黏附性,促进飞灰中其他碱金属元素恢复,导致飞灰粒度增加。因此,企业要根据炉内温度高低,确定好石灰石的添加量,避免过量添加影响飞灰粒度,避免添加量过小影响降温效果。

二是,可以利用熔融炉渣在水冷壁上形成液态渣层,利用液态渣层来保护气化炉的内件和耐火材料,避免气化炉内件和耐火材料直接承受高温的冲击积极高速合成气流的模式。企业要尽量控制好粉煤和氧气的比例,提高水冷壁内系统的稳定性,减少气化温度波动,在增加固态和液态渣层厚度的基础上,提高渣层稳定性,持续发挥渣层保护气化炉内件与耐火材料的效果,降低炉内温度升高和灰分升高可能导致烧嘴罩损坏。

三是,要控制好粉煤力度和清洁度。Shell 气化主要根据粉煤密度和速度来计算气化炉各煤线的进煤量,一般要求力度为 $5\sim 90\mu\text{m}$ 的粉煤占比超过80%。因此,企业在壳牌气化炉的长周期运行管理中,要严格控制好粉煤的粒度,避免粉煤粒度不达标导致炉内温度升高^[5]。此外,粉煤在运输过程中可能混入少量纤维杂质,在长期运行过程中纤维杂质逐渐积累可能进入气化炉的角阀,在角阀被杂质堵塞后回火导致烧嘴罩被烧坏。为保证粉煤的清洁度,企业可以在壳牌气化炉的上煤端设置多层筛网用于清除杂质,在磨煤单元设置原纤维分离器进行处理,避免纤维等杂质堆积引起烧嘴罩损坏。

(三) “十字架”吹灰器堵塞的处理

传统壳牌气化炉在经过长期运行后,必然会造成“十字架”吹灰器堵塞。为解决这一问题,企业可以通过对吹灰器进行改造,通过取消水冷夹套结构以及吹灰器吹扫方向的方式,减少吹灰器垂直吹扫时周边积灰的问题。企业还可以在吹灰器周边设置盖板吹灰器,通过“十字架”吹灰器向上吹

扫和盖板吹灰器向下吹扫,将整个吊臂长度的积灰清除,避免盖板和膜式壁周边积灰。

(四) 激冷系统波动的处理

一是,要合理控制壳牌气化炉的运行负荷,防止炉内温度升高导致合成气流速加快加剧气化炉内件磨蚀,避免造成激冷系统波动。

二是,严格控制洗涤塔气相出口的温度,避免其温度超过设计阈值。洗涤塔气相出口的温度高低会影响壳牌气化炉的激冷效果,此外在合成气中水汽分压较高时会引起激冷气管线黏灰^[6]。针对上述问题,企业可以适当改造洗涤塔气相出口,通过在洗涤塔气相出口布置换热装置的方式实时调节出口温度,利用冷却液对洗涤塔的循环水进行降温处理,通过控制冷却液喷淋量达到动态调节温度的目的,降低湿洗后合成气的带水量以及激冷气的温度和水汽分压,由此提升气化炉的激冷效率,降低合成气中飞灰的黏度,有效改善壳牌气化炉的运行工作,为装置的长周期运行创造良好条件。

结语:

综上所述,壳牌气化炉长周期运行过程中,可能随着装置运行时间的延长暴露出许多影响装置稳定运行的缺陷。其中飞灰是主要影响装置长周期运行的因素,可以通过控制煤质、温度、灰熔点和改造装置内部结构等方式来降低飞灰可能对装置长周期运行造成的影响。本文认为企业在具体使用壳牌气化炉的过程中,要根据生产周期、生产工艺、煤种、煤质等因素,评估装置长周期运行面临的风险,在开车前提前采取解决方案,降低各类因素可能对装置稳定运行造成的影响。

[参考文献]

[1]赵波涛,贾慧杰. 气化炉长周期稳定运行探索分析[J]. 山西化工, 2024, 44 (01): 172-174+177.

[2]王艳武,吴波,闫吉臣,李志,杨海永. 炼厂重油气化炉进料油泵及长周期运行[J]. 山东化工, 2023, 52 (11): 171-174.

[3]韩鹏. 制约壳牌气化炉长周期稳定运行因素分析[J]. 化学工程与装备, 2022, (11): 229-230.

[4]张家秋. 气化炉长周期运行瓶颈问题分析[J]. 氮肥与合成气, 2022, 50 (09): 52-54.

[5]郭志鹏. 浅析飞灰粒度与气化炉长周期运行的关系[J]. 山西化工, 2020, 40 (06): 86-87+103.

[6]潘阳. 壳牌气化炉长周期运行仪表测控优化[J]. 仪器仪表用户, 2019, 26 (12): 17-20.

作者简介: 朴峻名 (1982-), 男, 朝鲜族, 辽宁省营口市人, 本科, 工程师, 研究方向: 煤化工相关。