

# Texaco 煤气化装置长周期运行 影响因素分析

国蓉<sup>1</sup> 程光旭<sup>1</sup> 王毅<sup>1</sup> 郑宝祥<sup>2</sup> 王会民<sup>2</sup>

(1. 西安交通大学环境与化工学院, 陕西 西安 710049; 2. 陕西渭河化肥厂, 陕西 渭南 714000)

**摘要:**介绍了 Texaco 煤气化工艺流程, 从原料煤种、水煤浆浓度、操作工艺、关键设备等几个方面讨论了影响装置长周期运行的因素, 提出了延长气化装置运行周期的措施。

**关键词:**Texaco 煤气化装置; 影响因素; 运行周期

**中图分类号:** TQ546

**文献标识码:** A

**文章编号:** 0253-4320(2004)01-0050-04

## Analysis of factors influencing long-period running of Texaco coal gasification units

GUO Rong<sup>1</sup>, CHENG Guang-xu<sup>1</sup>, WANG Yi<sup>1</sup>, ZHENG Bao-xiang<sup>2</sup>, WANG Hui-min<sup>2</sup>

(1. School of Environmental and Chemical Engineering, Xi'an Jiaotong University, Xi'an 710049, China;

2. Weihe Fertilizer Plant of Shaanxi Province, Weinan 714000, China)

**Abstract:** Process flow of Texaco coal gasification technology was introduced, factors which affect long period running of the units were analyzed, including various kinds of raw material coal, concentration of coal water mixture, operating conditions and key equipment. Some measures which could extend running period of the units were proposed.

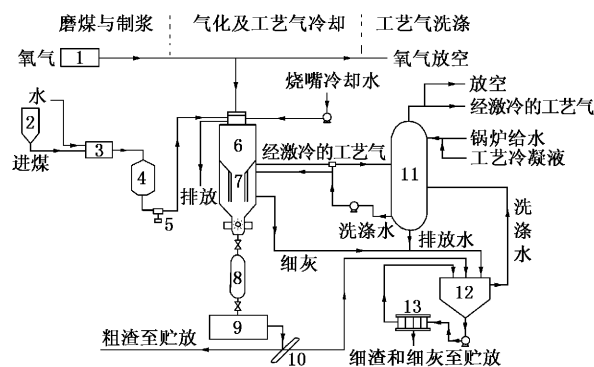
**Key words:** Texaco coal gasification units; effective factors; running period

Texaco 煤气化技术, 也称之为水煤浆气化技术, 是由美国 Texaco 公司在重油气化的基础上开发出的第二代煤气化技术, 属于加压气流床气化工艺, 是目前发展最迅速、商业化装置最多的煤气化技术。与其他气化工艺相比, Texaco 水煤浆气化工艺具有对煤种适应性强、整体热利用率高、碳的转化率高、产气品质高等优点。目前, 国外运行中的 Texaco 气化装置有 3 套: 日本宇部 1 套装置、美国田纳西州伊士曼化学公司的 1 套装置和美国佛罗里达州 1996 年 8 月投产的 1 套装置。国内目前运行 Texaco 气化装置的单位有山东鲁南化肥厂、上海焦化厂、淮南化工集团以及陕西渭河化肥厂等 4 家。一直以来, Texaco 气化装置运行周期短, 是制约生产的瓶颈问题。认真研究和分析装置的长周期运行影响因素, 不仅可以增加产品产量, 提高产品质量, 还可节约装置维修费用, 降低生产成本, 提高企业经济效益<sup>[1]</sup>。

## 1 工艺流程介绍<sup>[2]</sup>

Texaco 煤气化核心技术是加压气流床并流气化工艺, 其关键设备是气化炉, 具体气化流程见图 1。

气化炉是圆柱形加压容器, 内衬耐火材料, 由上、下 2 部分组成, 上部为燃烧室, 下部为激冷室, 见图 2。



1—氧气贮罐; 2—煤斗; 3—磨煤机; 4—煤浆槽; 5—煤浆泵;  
6—德士古气化炉; 7—激冷室; 8—锁渣罐; 9—渣池;  
10—渣分离器; 11—碳洗涤塔; 12—沉降槽; 13—压滤机

图 1 Texaco 气化工艺流程简图

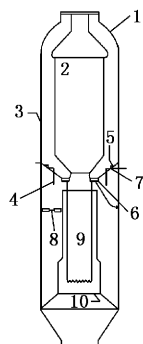
Texaco 水煤浆气化过程包括煤浆制备、煤浆气化、灰水处理和 CO 变换等工序。

煤、石灰石(助熔剂)、添加剂和 NaOH 经称量后加入到磨煤机中, 与一定量的水混合, 磨成一定粒度

收稿日期: 2003-07-24

基金项目: 陕西省科学技术研究发展计划资助项目(项目号: 2002K08-G17)

作者简介: 国蓉(1972-), 女, 博士生, 029-2665578, 13572237050, guorong\_xjtu@sohu.com; 程光旭(1960-), 男, 教授, 博士生导师, 西安交通大学环境与化工学院院长。



1—球形封头;2—耐火衬里;3—壳体;4—气体挡板;  
5—耐火砖支撑架;6—支撑板;7—激冷环;  
8—导气管上部可调支架;9—下降管;10—导气管

图 2 Texaco 气化炉

分布、质量分数为 65% ~ 70% 的水煤浆,通过滚筒筛滤去较大颗粒后,进入磨机出口槽,最后经磨机出口槽泵和振动筛送进煤浆槽中。煤浆槽中的煤浆由高压给料泵送至气化炉工艺喷嘴,与空分装置来的氧气一起进入气化炉,在 1 300 ~ 1 400℃ 下进行部分氧化生成粗煤气,经气化炉底部的激冷室激冷后,气体和固渣分开。粗煤气经喷嘴洗涤器进入碳洗涤塔,冷却除尘后进入 CO 变换工序。气化炉出口灰水经灰水处理工段四级闪蒸处理后,一部分灰水返回碳洗涤塔用作洗涤水,经泵进入气化炉,另一部分灰水送废水处理工序。熔渣被激冷固化后进入破渣机,特大块渣经破碎进入锁斗,定期排入渣池,由捞渣机捞出定期外运。

## 2 装置运行现状<sup>[3]</sup>

国内 Texaco 煤气化装置运行情况见表 1。

表 1 国内 Texaco 煤气化装置运行状况

	1996 年	1997 年	1998 年	1999 年	2000 年	2001 年
上海焦化厂						
停车次数/次	34	64	40	—	—	—
启停一次平均寿命/天	14.2	10.4	17	—	—	—
山东鲁南化肥厂						
停车次数/次	31	25	24	—	—	—
启停一次平均寿命/天	10.6	13.4	14.5	—	—	—
陕西渭河化肥厂						
停车次数/次	59	40	41	54	49	36
启停一次平均寿命/天	3.39	9.37	10.87	10.30	13.56	23.00

对陕西渭河化肥厂(以下简称渭化)的数据进行分析,在各种因素导致的停车中,除计划停车外,大约有 38% 的临时停车是因气化本身出现问题而被迫停车检修的。因此,研究影响气化装置长周期运行的关键因素是迫切而有必要的。

## 3 影响装置长周期运行的因素分析

### 3.1 原料的影响<sup>[4]</sup>

#### 3.1.1 灰分的影响

煤中的灰分含量高,对水煤浆气化有以下影响:

①增加消耗。灰分是不直接参加气化反应的惰性物质,但却要消耗煤在氧化反应中的反应热用于灰的熔化,因此,送入气化炉同体积的煤浆,灰分高的煤产气量少,碳转化率低,氧气和煤的消耗增加。

②缩短气化炉耐火砖的寿命。煤浆在气化炉内燃烧,灰分以熔融状态沿砖流下,灰渣中某些组分浸入砖中,砖中有效成分  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  就熔入灰渣中随渣一起排出。灰渣量越大,耐火砖浸蚀、磨损越快,极大地降低了耐火砖的寿命。

③增加设备磨蚀。灰分高的煤,黑水中固体含量大,对管道、阀门设备磨损严重,直接威胁设备的稳定运行。

④增大灰渣处理难度。煤中灰分高,灰渣量大,压滤机、灰渣输送皮带等设备使用频繁,增加了故障率,同时提高了运输费用及渣场贮放费用。

#### 3.1.2 灰熔点的影响

①对气化温度的影响。在 Texaco 气化工艺中,为了延长炉砖的使用寿命,在确保气化顺利进行的前提下,尽可能地选择较低的操作温度。因此,气化温度是依据灰渣的黏温特性及煤的化学活性而定的,一般取高于煤灰熔点 50 ~ 70℃。

②对氧气耗量的影响。煤的灰熔点低,操作温度就相应低一些,无需耗过多的氧与碳反应生成  $\text{CO}_2$  来维持较高的操作温度,因此降低耗氧量,相应的煤耗亦低,且有效气产率高。

③对助熔剂用量的影响。煤中灰熔点低,所用的助熔剂可大大减少。

#### 3.1.3 煤中杂质的影响

①砷含量。煤中的部分砷可转移到煤气中,引起后续工序的催化剂中毒。因此,应尽量选用砷含量低的煤种。

②氯含量。煤气中若有氯,对设备和管道,特别是不锈钢材质的设备与管道都会造成腐蚀,因此,含氯质量分数超过 0.5% 的煤不能采用。

③氮含量。煤种的氮含量决定煤气中氨含量和煤气冷凝水的 pH 值。冷凝水中氨含量高, pH 值高, 可减轻腐蚀作用, 但碳酸钙结垢严重。因此, 应正确考虑氮含量的影响, 才有利于设备材质的选择。

④硫含量。煤中不可燃硫随渣排出, 可燃硫则燃烧生成硫化氢, 存在于工艺气中, 需要后续工序对硫进一步处理, 因此要求煤中可燃硫含量稳定, 以便选择正确的脱硫方法。

#### 3.1.4 煤种性能的影响

在煤种物理和化学性能方面, Texaco 工艺与其他煤气化工艺类似, 对原料的要求也集中在热值、化学活性和机械强度几个方面。出于减低耗煤量、气化反应易于进行的考虑, 该工艺选择高热值、高化学活性的煤种。另外, 该工艺以水煤浆为原料, 原料煤需经磨煤、制浆的工序制备成煤浆, 因此, 要求选用可磨指数大的煤种。

通过上述分析可以看到, 虽然从工艺理论角度看, Texaco 工艺适合的煤种范围很宽, 但从经济角度看, 最适合的煤种应具备的特征是: 低内水、低灰分、低灰熔点、煤中有害物质少、化学活性高以及可磨性好。以此为依据, 渭化选择了甘肃华亭煤作为气化原料煤种, 有效地保证了气化装置的长周期运行。

### 3.2 水煤浆浓度的影响

水煤浆浓度是 Texaco 气化工艺的重要参数之一, 对气化效率、煤气质量、原料消耗、水煤浆的输送及雾化等均有很大影响。若煤浆浓度低, 则有效成分量少, 蒸发水分所需要的热量多, 这样会降低气化效率, 增加煤耗。但是, 若煤浆浓度增加, 当氧/碳比一定时, 气化炉温度随之增加。因此, 水煤浆浓度既不能太高, 也不能太低, 目前, 国内各 Texaco 厂家煤浆质量分数均为 60% ~ 65%, 渭化平均为 61.5%, 确保了装置的稳定运行。

### 3.3 操作工艺的影响<sup>[5-6]</sup>

#### 3.3.1 氧/煤配比的影响

Texaco 气化工艺中, 氧/煤比是工艺主要操作参数之一。理论上, 气化过程的氧/碳原子比趋近于 1.0, 但在工业生产过程中, 合理的氧/碳原子比和煤种、排渣状况等因素有着密切联系, 经常偏离于理论值。氧/碳比越高, 气化炉温度也越高, 工艺气中 CO<sub>2</sub> 含量升高, 有效气体成分(H<sub>2</sub> + CO)降低, CH<sub>4</sub> 含量会降低; 反之, 氧/碳比越低, 气化温度就越低, CO<sub>2</sub> 含量就会降低, 工艺气中的有效气体成分就会升高, 但 CH<sub>4</sub> 含量就会升高, 碳的转化率就会降低, 有可能造成气化排渣困难, 影响气化炉正常运行。

因此, 维持氧/煤比在 1.0 左右波动, 是控制气化温度, 保证气化装置正常运行的重要因素。

通常, 可以通过 CH<sub>4</sub> 含量、排放粗渣中的残炭含量、粗渣中的 Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 含量以及所排粗渣的形状来判断气化炉炉膛温度, 图 3 所示是工艺气中 CH<sub>4</sub> 含量与气化温度之间的关系<sup>[7]</sup>。

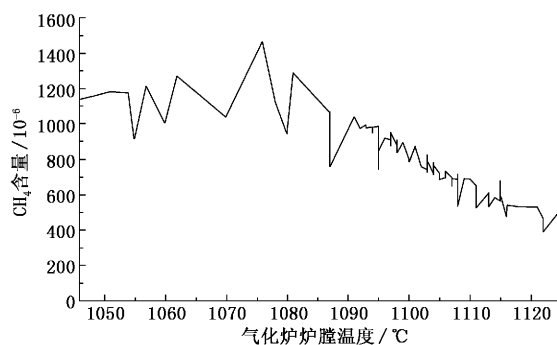


图 3 气化炉炉膛温度与甲烷含量趋势图

#### 3.3.2 气化反应温度的影响

气化反应温度是一个很重要的工艺运行参数, 反应温度高, 能提供较多的热量, 对气化反应有利。但反应温度过高, 会极大地缩短气化炉内衬耐火砖的使用寿命, 影响气化装置的长周期运行。因此, 选取适当的气化温度, 并在气化过程中维持温度在一定的范围内波动是极为重要的。目前, 具体的气化温度是依据灰渣的黏温特性、原料煤的化学活性及耐火砖的性能综合考虑而选择的, 良好工况时的气化温度为 1 200 ~ 1 300 °C。

#### 3.3.3 气化压力的影响

Texaco 煤气化反应是体积增大的反应, 提高压力对化学平衡不利。但增加气化压力, 反应物浓度增加, 反应速率加快, 提高了气化效率。同时, 加压气化有利于提高水煤浆的雾化质量, 减少设备投资, 提高单位容积产气率, 便于实现大型化, 并降低后工序气体压缩功耗。因此, 生产中广泛采用加压气化, 根据需要可选择 2.6、4.0、6.5 MPa 等不同的压力等级。渭化选择的压力是 6.5 MPa。

### 3.4 关键设备的影响

#### 3.4.1 气化炉的影响

气化部分的关键设备包括工艺烧嘴、气化炉燃烧室、气化炉激冷室。气化炉燃烧室的工况是高温、高压、强还原性气氛以及酸性熔渣的冲蚀, 并随着频繁开停车而不断地有温度、压力的波动, 因此, 气化炉燃烧室内衬耐火材料的寿命就成为制约装置运行周期的关键。目前已经投入使用的耐火砖主要有铬

铝锆型砖、铬镁砖等,国外产品的使用寿命约为 2 年,国产耐火砖使用寿命仅 1 年左右。因此,应开发高质量耐火砖,延长其使用寿命<sup>[8]</sup>。

激冷室对气化装置运行的影响主要表现在激冷室液位上。激冷室液位高,会造成激冷室内部黑水循环量急剧增大,产生工艺气严重带灰、带水的工况,继而对后续工段产生影响;激冷室液位偏低会造成出口工艺气激冷饱和不充分,工艺气温度偏高等问题。以渭化为例,如果液位控制在设计液位的 70% 左右,就会产生严重的带水现象,带水量一般达到激冷室正常水量的 15% ~ 30%,甚至更大。

通过运行实践可以认为,激冷室容积适当增大对优化激冷室液位控制,提高操作弹性,大幅度减少工艺气带灰量,避免带水现象有一定的好处。

#### 3.4.2 烧嘴的影响<sup>[9]</sup>

烧嘴是 Texaco 气化工艺装置中最关键的设备之一,目前使用的烧嘴有 2 种:预热烧嘴和工艺烧嘴。气化炉养护及气化炉预热的初始阶段,使用预热烧嘴;工艺烧嘴用于煤气化阶段,水煤浆及氧化剂通过工艺烧嘴进入气化炉反应室,发生气化反应。

工艺烧嘴直接决定了气化装置的效能和系统的稳定性,单台气化炉的合理运行周期主要取决于烧嘴的使用寿命。目前生产中面临的主要问题是喷嘴的使用寿命短,据统计,进口喷嘴可使用约 60 天,国产喷嘴可使用约 52 天,大大影响了气化装置的长周期运行,成为制约气化装置运行周期的瓶颈问题。喷嘴使用寿命短的主要原因在于气化过程中,水煤浆在较高的线速度下(约 30 m/s)对喷嘴金属材料产生冲刷磨蚀,导致喷嘴的磨损严重。因此,延长喷嘴寿命,首先要提高金属材料的高温耐磨性。然而实践表明,只靠材质来提高烧嘴寿命也是不实际的。只有把合理选择并改善烧嘴结构同提高材料的耐磨性结合起来,才能有效延长烧嘴寿命。以渭化为例,工艺烧嘴采用 Texaco 专利技术——三流式工艺烧

嘴,材质选用耐磨损的 Inconel 600,有效保证了气化装置的长周期稳定运行。

## 4 结论

①虽然 Texaco 水煤浆加压气化工工艺适应的煤种范围广,但也存在最佳的原料煤种与组分,严格选择原料煤种,才能确保装置的稳定运行。

②Texaco 工艺烧嘴是整个气化工工艺的关键设备之一,其使用寿命直接影响装置的运行周期,应从完善烧嘴结构和提高材料的耐磨性两方面着手,延长烧嘴寿命。

③水煤浆浓度是 Texaco 气化工工艺的重要参数之一,对气化效率、煤气质量、原料消耗、水煤浆的输送及雾化等均有很大影响。应在保证不沉降,流动性性能好,黏度小的条件下,进一步提高水煤浆浓度。

④主要工艺操作参数(如氧/煤比、气化温度、气化压力)在工业生产中的优化量值标准的确定,需通过对煤质、煤浆浓度、排渣情况、气体成分、气化炉耐火砖等因素综合分析、判断,才能优化工况,延长装置运行周期。

⑤Texaco 煤气化工工艺的关键设备如磨煤机、煤浆泵、工艺烧嘴、气化炉等,种类繁多,结构严密,其运行状况直接影响气化装置的稳定运行,应严格按照具体的运行工况选择参数,确保设备的稳定运行。

## 参考文献

- [1] 许波.[J].煤化工,1997,25(2):3-11.
- [2] 韩梅.[J].煤炭加工与综合利用,1999,17(1):15-17.
- [3] 王治普.[J].煤化工,1998,26(2):40-43.
- [4] 赵勇平,郑宝祥.[J].大氮肥,1999,22(3),155-156.
- [5] 王旭宾.[J].化肥工业,1999,26(4),53-55.
- [6] 蒋威德,韩伯琦.[J].煤化工,1997,25(2):18-26.
- [7] 王旭宾.[J].化肥工业,1998,25(3):35-38.
- [8] 王旭宾.[J].上海化工,2000,25(11):15-18.
- [9] 党梦海.[J].大氮肥,1995,18(5):366-369. ■

## 《现代化工》网站介绍

《现代化工》网站网址为: <http://www.xdhg.cn>、<http://xdhg.periodicals.net.cn> 和 <http://xdhg.chinajournal.net.cn>, 欢迎广大读者访问。从网上,您可以查到近年《现代化工》文章目录,了解对稿件的要求及投稿注意事项,也可以在网上了解我们的广告联系办法、期刊订阅方法以及近期授权和申请的中国化工专利。另外,如果您对本刊有什么建议和意见,也可以在网上留言。