

# 低温干馏炉热工评价与分析

华建社,陈海波,王建宏

(西安建筑科技大学 冶金工程学院 陕西 西安 710055)

**摘要:**介绍了JS直立干馏炉的炉型结构,同时分析了神府煤在JS直立干馏炉中进行低温干馏的生产过程。对入炉煤成分和半焦成分进行分析,利用温度、流量测试仪、红外测温仪等测试工具对JS低温干馏炉进行热工测试。经过物料平衡、热平衡计算,得出炉体的热效率为83.87%。根据低温干馏炉炉型结构、入炉煤气成分和兰炭质量的情况,探讨低温干馏过程的影响因素。结果表明:JS干馏炉具有效率高、结构简单、易于操作等特点。结合实际生产情况,提出可行的节能措施,实现干馏炉热工效率和低温干馏综合利用水平的提高。

**关键词:** SJ-低温干馏炉;热平衡;热效率

中图分类号: TD849; TQ523.1

文献标识码: A

文章编号: 1006-6772(2012)04-0065-03

## Thermal evaluation and analysis of low-temperature coal carbonization furnace

HUA Jian-she, CHEN Hai-bo, WANG Jian-hong

(College of Metallurgy Engineering, Xi'an University of Architecture and Technology, Xi'an 710055, China)

**Abstract:** Introduce the furnace profile of JS upright coal carbonization furnace, analyse the process of low-temperature carbonization of Shenfu coal in the furnace. Test the properties of coal as fired and semi-coke with the help of thermometer, flow meter, Infrared radiation thermometer and other testers, thermal test for the furnace. Through material balance and heat balance calculation, get that the thermal efficiency is 83.87 percent. Based on the furnace structure, the components of carbonization gas and the quality of semi-coke, discuss the influencing factors of low-temperature carbonization. The results show that the furnace has the characteristics of high efficiency, simple structure, easy to operate and so on. Combined with practical production, the thermal efficiency of the furnace is higher.

**Key words:** JS low-temperature carbonization furnace; heat balance; thermal efficiency

近年来陕北煤干馏工业发展迅速,仅榆林市兰炭(半焦)产能已达0.18亿~0.2亿t/a,成为地方经济的支柱产业之一。榆林地区煤炭资源丰富,煤种属于弱黏、不黏的低阶长焰煤,具有低灰、低硫、低磷、高碳、高挥发分的特点,经低温热解生产兰炭、焦油和煤气是其综合利用行之有效的途径<sup>[1-2]</sup>。目前神府煤的低温干馏生产主要采用JS直立炭化炉,根

据其工艺特点,对神木四海煤化公司4号干馏炉进行热工测试,在物料平衡和热量平衡计算的基础上,进行热工评价与分析,实现低温干馏炉的节能降耗。

### 1 JS干馏炉简介

JS干馏炉结构如图1所示。

收稿日期: 2012-05-22 责任编辑: 宫在芹

作者简介: 华建社(1960—),男,陕西武功人,教授,硕士,主要从事资源综合利用、煤化工、热能工程及节能工作。

引用格式: 华建社,陈海波,王建宏.低温干馏炉热工评价与分析[J].洁净煤技术,2012,18(4):65-67.

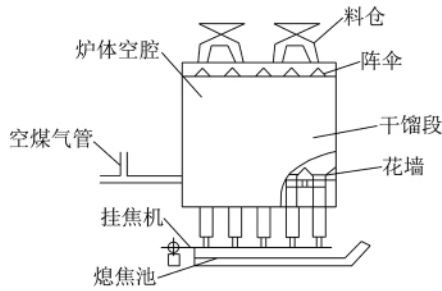


图1 JS干馏炉结构示意图

JS干馏炉主要采用内热式低温干馏工艺。符合入炉煤标准的低阶煤由斗式提升机进入料仓,入炉煤在重力作用下自然下落。燃气和入炉空气通过支管混合器进入燃烧室,产生高温热载体对下落的入炉煤进行热解。入炉煤分别经过干馏炉预热段和干馏段,最后落入熄焦槽进行冷却,冷却后用刮焦机刮出进行半焦筛选。干馏过程中产生的荒煤气,一部分送往净化段,一部分与入炉空气混合进行燃烧。

JS方形干馏炉的主要特点有:①炉体内部为空腔结构,由料仓、炉体、熄焦装置三部分构成;②采用内热式加热,燃气由支管混合器供给,通过花墙布气实现均匀加热;③炉体上部设有集气阵伞,集气均匀;④结构简单、投资低。

## 2 热工测试方法

(1) 入炉煤工业分析、半焦工业分析采用原煤成分分析仪。

(2) 入炉煤气流量、温度和助燃空气流量、温度均利用自动检测装置进行实时监测。

(3) 炉体表面散热采用红外测温仪。

## 3 热工测试结果与分析

### 3.1 煤干馏物料平衡、热平衡分析

原煤工业分析见表1,物料平衡和热平衡分析见表2和表3。由表2、表3可知:①本次物料平衡和热平衡的误差均小于5%,测量较为准确;②半焦转化率为63.843%;③入炉煤水分为6.00%,小于经验值10%。入炉煤水分每降低1%,每千克煤的炼焦耗热量就会相应降低60~80kJ;④炉体表面散热损失占总热量的2.29%。炉体北侧墙散热量为 $83.54 \times 10^3$  kJ/h,大于东侧墙散热量 $30.64 \times 10^3$  kJ/h。建议厂方改善炉墙保温材料,降低表面温度;⑤荒煤气带走热量为 $100.6 \times 10^3$  kJ/t,约占总热量的11.11%,说明废气带走热量多,空气过剩系数大。

一般燃气烧嘴空气消耗系数控制在1.05~1.20,提高燃烧度,降低炼焦耗热量。

表1 原煤工业分析 %

$M_t$	$M_{ad}$	$A_{ad}$	$V_{ad}$	$FC_{ad}$
10.01	4.03	3.54	33.35	59.09

表2 物料平衡

项目	数值/( $kg \cdot t^{-1}$ )	比例/%
物料平衡收入方		
入炉干煤	899.90	53.90
入炉煤水分	100.10	6.00
入炉煤气体	304.57	18.24
助燃空气	354.59	21.23
差值	10.53	0.63
合计	1669.69	100.00
物料平衡支出方		
全焦	638.43	38.24
焦油	38.90	2.33
粗苯	12.18	0.73
氨	1.62	0.10
全煤气	830.59	49.74
化合水	47.87	2.86
入炉煤水分	100.10	6.00
合计	1669.69	100.00

表3 热平衡分析

项目	数值/( $MJ \cdot t^{-1}$ )	比例/%
收入项		
入炉煤气燃烧热	846.83	93.55
入炉煤气显热	5.96	0.66
助燃空气显热	10.26	1.13
入炉干煤显热	31.69	3.50
入炉煤水分显热	10.48	1.16
合计	905.22	100.00
支出项		
兰炭带走热量	638.63	70.54
煤气带走热量	100.60	11.11
水分带走热量	19.45	2.15
焦油带走热量	77.76	8.59
粗苯带走热量	20.56	2.27
氨带走热量	2.85	0.32
炉体表面散热	20.74	2.29
其它热损	24.63	2.73
合计	905.22	100.00

### 3.2 干馏炉热效率

JS干馏炉单体测试热效率为83.87%<sup>[3]</sup>,与传统干馏炉(热效率为50%~75%)相比效率较高。主要是因为JS干馏炉入料和气体加热均匀,炉腔内容积较大。

相比于传统鲁奇炉,JS干馏炉属于常压发生炉,更适应弱黏、不黏的低阶长焰煤的气化,不易结渣。由于JS干馏炉属于单段炉,容易生成沥青和重

质焦油,而且生成的煤气发热量较低,为了提高煤气发热量通常采用两段式煤气发生炉,而两段炉更适应高挥发的烟煤气化<sup>[4]</sup>。因此JS干馏炉对低阶弱黏煤低温干馏是较好的炉型之一,值得推广应用。

### 3.3 干馏炉内温度分布及对热解影响

炉内不同测点温度随时间变化趋势如图2所示。

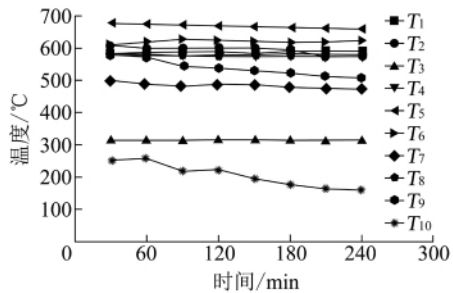


图2 炉内不同测点温度随时间变化趋势

由图2可以看出,炉内温度从炉底 $T_1$ 、 $T_2$ 到炉顶 $T_{10}$ 逐渐降低,在 $T_5$ 和 $T_6$ 处温度达到最高,分别为665、619℃,达到热解反应的温度要求。

煤的热解过程一般经历3个阶段:

(1) 干燥脱气段(常温~300℃),煤中的水分受热蒸发,同时将吸附在煤孔隙中的气体脱出,并在200℃以上发生脱羧基反应;

(2) 第1热分解阶段(约300~600℃),主要是煤大分子的解聚和分解反应,生成并逸出大量挥发物质、焦油等;

(3) 第2热分解阶段(约600~900℃),以聚合反应和芳香烃边缘联结的小分子侧链( $-\text{CH}_3$ )或氢的脱除反应为主<sup>[5-6]</sup>。如果热解温度过低,煤中大分子的解聚和分解反应发生得不彻底,无法逸出大量的挥发物质和焦油。而温度较高焦油组分又会发生裂解反应,从而降低焦油的产率。

### 3.4 干馏炉煤气成分及对热解影响

检测的入炉煤气中 $\text{CH}_4$ 体积分数为13.15%, $\text{H}_2$ 体积分数为33.5%, $\text{N}_2$ 体积分数为27.85%。相比于一般的干馏炉煤气( $\text{CH}_4$ 体积分数40%~50%, $\text{H}_2$ 体积分数20%~35%, $\text{N}_2$ 体积分数5%~15%)都比较低,特别是 $\text{N}_2$ 的含量过高。干馏过程中煤气燃烧生成的高温气体进入干馏炉对煤进行加热,随后进入荒煤气中一同排出,导致煤气中 $\text{N}_2$ 含量高、发热量低,仅为 $7.879 \times 10^3 \text{ kJ/m}^3$ ,与一般干馏炉煤气发热量 $17.00 \times 10^3 \sim 18.90 \times 10^3 \text{ kJ/m}^3$ 相比差别

很大,直接影响焦油的产率和煤气的高效利用,研究表明采用富氧燃烧<sup>[7]</sup>可以有效提高煤气发热量。

### 3.5 干馏兰炭质量

兰炭工业分析见表4。

表4 兰炭工业分析

$M_t$	$M_{ad}$	$A_{ad}$	$V_{ad}$	$FC_{ad}$
9.10	1.42	7.24	8.25	83.09

研究表明,陕北地区低阶煤在低温干馏炉内生产出的半焦产品,其灰分、S含量、P含量、电阻率等指标符合国家优质铁合金焦的质量指标。本次检测的 $M_t$ 为9.10%,高于国家标准8%,主要是由于采用了湿法出焦工艺,建议厂方采用干熄焦法,以冷煤气作为惰性气体的介质,降低助燃空气量和煤气量,减少兰炭中的水分。本次检测中 $FC_{ad}$ 为83.09%,符合铁合金行业要求。

## 4 结 论

研究表明JS方型低温干馏炉具有效率高、结构简单、易于操作等特点,可以广泛应用于低阶弱黏煤低温干馏。同时发现,炉型内部主要采用大空腔设计,对于入炉煤粒度较小的粉煤干馏效率低甚至无法转化,且由于采用内热式生产方式,使得煤气发热量较低。只有通过不断改造炉型结构,优化炉内热解温度等工艺参数,改善炉内反应气氛,才能提高兰炭质量和焦油产率,实现煤低温干馏综合利用水平的提高。

参考文献:

- [1] 杜铭华,吴立新.中国洁净煤技术发展重点及对策[J].煤化工,2003,106(3):3-7.
- [2] 张林生.神府煤干馏工艺研究[J].洁净煤技术,2000,6(2):49-54.
- [3] 杜铭华,吴立新.焦炉的物料平衡与热平衡[M].北京:冶金工业出版社,1988.
- [4] 惠世恩,庄正宁,周屈兰,等.煤的清洁利用与污染防治[M].北京:中国电力出版社,2008.
- [5] 李美芬.低煤级煤热解模拟过程中主要气态产物的生成动力学[D].太原:太原理工大学,2009.
- [6] 战书鹏.水蒸汽和氢气气氛下褐煤固定床催化气化实验研究[D].上海:华东理工大学,2011.
- [7] 赵俊学,李惠娟,李小明,等.低变质煤低温干馏生产兰炭的技术进展与分析[J].洁净煤技术,2010,16(6):20-23.