

榆林煤干馏技术的研究

张卫东

(湖南华银能源技术有限公司, 湖南 长沙 410007)

摘要:通过对原煤性质的分析,说明榆林煤是一种低水分、低灰分、高挥发分、低硫分、中高发热量的优质煤,较适于低温干馏。对榆林原煤进行破碎处理,分析了加热温度、加热方式、分段方式和原煤粒度等对榆林煤干馏工艺的影响,并最终确定了适于榆林煤干馏的最佳工艺条件。试验表明:榆林原煤强度较好,有利于提高煤炭利用率;干馏温度为600℃时,焦油产率最高,达到9.0%以上;内热式加热方式具有加热效率高、加热均匀等优点,其焦油产率比外热式约高0.7%;在保证干馏产品产率及品质的条件下,三段炉的分段工艺较适宜榆林煤干馏;干馏原煤最佳粒度为5~50mm。最后分析了煤焦油和半焦性质,说明榆林煤干馏技术更应将煤焦油作为主要产品。

关键词:煤干馏;榆林煤;煤焦油;半焦;低温干馏;内热式

中图分类号:TD849;TQ523

文献标识码:A

文章编号:1006-6772(2013)04-0041-04

Dry distillation of Yulin coal

ZHANG Weidong

(Hunan Huaying Energy Technology Co., Ltd., Changsha 410007, China)

Abstract: The analysis of Yulin raw coal quality show that it's high-quality coal with low moisture, ash and sulphur, high volatile, medium-high calorific value, which is suitable for low-temperature carbonization. First crush the Yulin raw coal, then analyse the influence of heating temperature and method, segmentation methods, raw coal particle size on dry distillation. Determine the suitable condition of carbonization process for Yulin coal. The results show that Yulin coal has higher strength, which help to improve utilization rate. When the carbonization temperature reaches 600℃, the tar yield reaches up to above 9.0 percent. The tar yield gotten by inner-heating technology is 0.7 percent higher than outer-heating method. The inner-heating technology has high heating efficiency, uniform heating and the like. To ensure the yield and quality of product, contrast one, two, three sections of the furnace, find that the three-stage furnace staging process is more suitable for Yulin coal carbonization. The optimum coal particle size for dry distillation ranges from 5 mm to 50 mm. Analyse the characteristics of coal tar and semi-coke, find that coal tar should be the main product in the carbonization process.

Key words: coal carbonization; Yulin coal; coal tar; semi-coke; low-temperature carbonization; inner heating

收稿日期:2013-05-18 责任编辑:白娅娜

作者简介:张卫东(1982—),男,河北黄骅人,从事煤炭低温干馏工艺设计方面的研究及煤炭气化、煤化工产品应用方面的工作。

引用格式:张卫东.榆林煤干馏技术的研究[J].洁净煤技术,2013,19(4):41-44.

0 引言

煤炭干馏是在惰性气氛下,通过加热的方式将煤炭转化为半焦、煤焦油和煤气三态产品。根据加热温度的不同,煤炭干馏可分为低温干馏、中温干馏和高温干馏。加热温度在 500~600℃ 为低温干馏,700~900℃ 为中温干馏,900~1100℃ 为高温干馏。目前,煤炭干馏技术较多,在加热温度和加热方式等方面存在较大差异,应根据煤种性质和用户需求选择合适的干馏技术。在煤种性质^[1-2]方面,强黏结性且低灰分煤种适于采用高温干馏生产焦炭产品,无黏结性且高挥发分煤种适于低温干馏。在用户需求方面,获得更多液态焦油产品采用气载体、内热式技术;获得更多高热值气体选用外热式技术^[3-4];最终产品用作燃料采用低温干馏;使用低灰煤种生产高炉喷吹煤选用中温干馏。因此,煤炭干馏技术的选择主要依据煤种特性及用户需求而定。本文依据陕西榆林地区煤种特性,对其干馏适用工艺进行研究。

1 原煤性质

1.1 工业分析和元素分析

选用榆林地区具有代表性的榆林煤作为试验煤种。原煤性质见表 1。

表 1 原煤性质

$M_{ar}/\%$	$A_{ar}/\%$	$V_{ar}/\%$	$FC_{ar}/\%$	$S_{t,d}/\%$	$Q_{net,ar}/(MJ \cdot kg^{-1})$
8.28	4.53	35.23	51.96	0.21	26.08

由表 1 可知,榆林煤是一种低水分、低灰分、高挥发分、低硫分、中高发热量的优质煤,较适于低温干馏。榆林煤水分仅为 8.28%,低温干馏时不需耗费太多能量去除煤中水分,有利于提高能效;原煤灰分较低,仅为 4.53%,低温干馏后灰分一般增加不到 1 倍,因此产品半焦中灰分约为 8% 左右,有利于生产高附加值产品;原煤挥发分高达 35.23%,属于高挥发分煤种,直接利用会造成能源浪费,而且由于自燃问题,不适于长途运输,采用低温干馏处理,不但可得到高收率煤焦油产品,也可解决原煤运输问题,提高煤炭附加值,实现煤炭分级利用,提高能源利用效率。

1.2 粒度组成

试验采用内热式、气载体试验方法,需将煤炭

破碎到一定粒度,破碎后原煤粒度组成见表 2。

表 2 榆林煤粒度组成 %

粒级/mm	产率	累计产率
13~10	9.30	9.30
10~8	43.70	53.00
8~6	40.60	93.60
6~4	6.20	99.80
-4	0.20	100.00

由表 2 可知,榆林煤 10~8 mm 产率最高为 43.70%,其次为 8~6 mm,产率为 40.60%, -4 mm 产率最小为 0.20%, 6~4 mm 产率为 6.20%。因此原煤粒度大多集中在 10~6 mm,小粒度较少,说明煤种强度较好,有利于提高煤炭利用率。

2 干馏试验

2.1 加热温度

加热温度是煤炭干馏最重要的影响因素,对产品品质和产品收率有很大影响。加热温度过低,煤中挥发分不能充分析出,导致焦油产率下降,造成煤中挥发分过高;加热温度过高,虽然能降低煤中挥发分,但焦油组分在高温下易发生二次裂解,同样会导致焦油产率下降,所以在温度选择上要根据煤种特性及产品价值总体考虑。榆林煤是低灰分、高挥发分、高含油率煤种,采用适当技术将煤中焦油最大限度地提取出来显得尤为重要。同时由于煤焦油产品具有重要的市场价值及经济价值,在干馏技术温度的选择上应首先保证煤焦油产率。

加热温度对焦油产率的影响如图 1 所示。

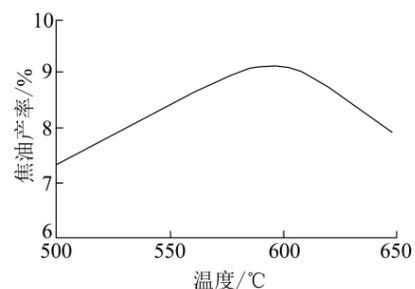


图 1 加热温度对焦油产率的影响

由图 1 可知,随着加热温度的升高,焦油产率先升高后降低^[5],当加热温度为 500℃ 时,焦油产率约为 7.3% 左右,温度为 550℃ 时,焦油产率增至 8.3% 左右,温度升高至 600℃ 时,焦油产率继续升

高,达到了9.0%以上,此后继续增加温度,焦油产率呈下降趋势。主要原因为:加热温度过低时,煤中挥发分不能充分析出,造成煤焦油产率降低;而当温度超过600℃时,煤焦油二次裂解严重,即产生的煤焦油产品又裂解为其他组分,造成焦油产率下降。因此,榆林煤最佳加热温度为600℃。

2.2 加热方式

煤炭干馏的加热方式主要有内热式和外热式。内热式加热方式具有加热效率高、加热均匀等优点,但由于需要惰性气体作为热载体,造成热解气热值较低,不利于热解气的回收利用^[6];外热式加热方式产生的热解气热值高,易于利用,但存在热效率低、加热不均匀等缺点,造成产品半焦质量不均匀,影响焦油产率。

在相同工艺条件下,内热式、外热式焦油产率分别为9.1%和8.4%。内热式焦油产率比外热式约高0.7%,产生这种现象的主要原因为:①内热式炉的气体与原煤直接接触,加热更加充分,因此煤炭受热更加均匀,而外热式炉的加热方式使原煤加热不均匀,导致部分煤炭不能充分热解,造成焦油产率下降;②内热式的气体与原煤直接接触,有利于挥发分及时析出,并最终转化为焦油,而外热式易造成挥发分在炉内长时间停留,不利于挥发分转化为焦油产品。

2.3 分段方式

分段方式主要是依据煤干馏加热步骤进行分类。主要分段方式有以下几种:

1) 一段炉

将原煤装入炉中,采用一步加热方式,炉体内既发生了干燥反应,也发生了热解反应和煅烧反应,这种方式称为一段炉。由于将干燥、热解等反应集中在一个炉体中,这种炉型整套设备投资相对较低,但缺点很多。首先,由于干燥、热解不能分开,导致干燥气与热解气混合,造成排放气中含有大量热解气,污染环境^[7]。其次,干燥、热解同炉体导致煤层厚度增加,由于热解要求煤层有较好透气性,导致一段炉无法大规模放大,炉型最大处理能力仅为10 t/a。最后,干燥、热解同炉体导致热解气中含有大量水分,致使焦油水分过高。

2) 两段炉

两段炉将干燥和热解两段分开,采用一个炉体专门干燥,去除煤中水分,干馏段主要去除煤中大量挥发分。两段炉在一定程度上解决了一段炉的

缺陷,可避免污染环境,解决焦油中含水过高的问题。但两段炉需要同时考虑焦油收集和产品半焦的品质。为实现最佳的焦油收集率,热解温度不能过高,造成产品半焦挥发分过高,不能达到喷吹煤等指标;若要实现半焦挥发分达到10%以下,就要调整加热温度到650℃左右,造成焦油产率降低。因此,两段炉只能实现一种产品效益的最大化,不利于总体效益的提高。

3) 三段炉

在干燥、热解段再增加一段炉对半焦进行提质,提供半焦附加值,这样的分段称为三段炉。三段炉的主要优势为既保证焦油品质,利于环保,又可得到高附加值的半焦产品,高热值热解气可作为整个系统的燃料。

目前常用的干馏技术分段方式主要有一段炉和两段炉2种形式。针对榆林煤特点,综合考虑经济效益和产品品质后,确定榆林煤较适合采用三段炉干馏技术,即分为干燥段、干馏段及煅烧段。干燥段的主要目的是除去原煤中水分,降低后续焦油产品水分,保证热解气的高热值。干馏段的作用是通过加热提取煤中挥发分,并回收煤焦油产品,调整干馏段工艺参数,保证焦油产率最佳。煅烧段的作用是进一步提高半焦品质,并生成高热值热解气作为整个系统的热源。

2.4 原煤粒度

原煤粒度对热解的影响主要通过传热和传质实现。煤粒大小直接影响煤的比表面积、密度、孔隙结构等,因此对热载体和煤粒的传热会产生很大影响。当煤粒较小时,颗粒与热载体之间的传热速度较快,能快速、均匀地将煤粒升温至所需温度,有效减小煤粒内部热解气体向外扩散时的阻力,加快热解气体从煤粒中析出^[8-9],从而减少二次反应的发生,提高焦油产率。反之,煤粒较大时,热载体与煤粒的传热不均匀,热解气体在析出时会受到较大阻力,造成热解气在煤中停留时间增长,焦油组分发生二次裂解反应的机会增加,导致焦油产率下降。

粉煤热解技术目前也有使用。粉煤热解技术可解决煤粉利用问题,但粉煤在热解过程中易转移到焦油组分中,造成焦油质量下降,并进一步影响管道输送,最终影响整个系统的运行。因此,粉煤热解技术还有待进一步研究。

综上所述,干馏原煤既不适宜采用大颗粒块煤,也不适于粉煤,最佳粒度为5~50 mm,此时既可

提高焦油收率,又有利于系统的稳定运行。

3 产品分析

煤炭干馏产品主要有煤焦油和半焦(兰炭)。长期以来,榆林地区都将半焦作为主要产品,但从国家战略及未来市场看,焦油同样具有较大优势。榆林煤焦油含量较高,因此,榆林煤干馏技术更应将煤焦油作为主要产品,至少应与半焦并重。焦油基本性质分析见表3。煤焦油密度(20℃)为1.08 g/cm³,煤焦油可用作燃料油、化工原料或加氢合成汽、柴油等,用途十分广泛^[10-11]。

表3 焦油基本性质

馏分	馏出温度范围/℃	质量分数/%
轻油	<170	3.23
酚油	170~210	15.16
萘油	210~230	1.37
洗油	230~300	3.12
葱油	300~360	18.40
沥青	>360	58.72

半焦的性质随工艺参数的不同有较大差异,当温度为550℃时,半焦基本性质见表4。由表4可知,半焦是一种高固定碳、高发热量、低硫分、低灰分的产品。半焦可用作优质动力煤燃料,同时也可通过加工用作高炉喷吹煤原料、电石领域、制气及活性炭行业等^[12-16]。

表4 半焦基本性质

$M_{ar}/\%$	$A_{ar}/\%$	$V_{ar}/\%$	$FC_{ar}/\%$	$S_{t,d}/\%$	$Q_{net,ar}/(MJ \cdot kg^{-1})$
1.28	6.53	14.23	77.96	0.31	29.08

4 结 语

榆林煤炭资源丰富,含油率高,需根据原煤性质和用户需求选择合适的干馏技术,以达到产品优、质量优、环保优、效益优的目的。

1) 榆林煤是一种含油率极高的煤种,适于采用先提油后利用的分级利用模式。为更好地保证干馏产品产率及品质,榆林煤干馏工艺适于采用三段炉的分段工艺。

2) 榆林煤干馏工艺需保证焦油产品的最佳产率,干馏温度不宜过高或过低,最佳加热温度为600℃。

3) 从能源效率和产品产率方面考虑,榆林煤干馏工艺适合采用内热式、气载体干馏技术。

4) 干馏原料煤既不适宜采用大颗粒块煤,也不适于粉煤,最佳原煤粒度为5~50 mm。

参考文献:

- [1] 王鹏,文芳,步学朋,等.煤热解特性研究[J].煤炭转化,2005,28(1):8-13.
- [2] 朱文栋,朱子彬.煤化程度和升温速率对热分解影响的研究[J].煤炭转化,1999,22(2):43-47.
- [3] 张颢.不同热解终温对化产品收率的影响[J].洁净煤技术,2012,18(5):76-79.
- [4] 张志刚,闵小建,尚建选,等.以煤中低温热解为基础的煤电多联产技术路线分析与建议[J].洁净煤技术,2012,18(6):1-3.
- [5] Tyler R J. Flash pyrolysis of coals. 1. Devolatilization of a Victorian brown coal in a small fluidized-bed reactor [J]. Fuel, 1979, 58(9): 680-686.
- [6] 张亚秦,徐瑞芳,陈亚妮,等.陕北煤低温干馏炉气综合利用技术[J].洁净煤技术,2012,18(5):52-55.
- [7] 龚雅玲,刘辉,程靖,等.低阶煤热解多联产系统评价体系及其指标权重确定[J].洁净煤技术,2013,19(2):69-73.
- [8] 张翠珍,衣晓青,刘亮.煤热解特性及热解反应动力学研究[J].热力发电,2006(4):17-20.
- [9] 韩德虎,胡耀青,王进尚,等.煤热解影响因素分析研究[J].煤炭技术,2011,30(7):164-166.
- [10] 熊道陵,陈玉娟,欧阳接胜,等.煤焦油深加工技术研究进展[J].洁净煤技术,2012,18(6):53-57,83.
- [11] 胡发亭,张晓静,李培霖.煤焦油加工技术进展及工业化现状[J].洁净煤技术,2011,17(5):31-35.
- [12] 张颢,孙会青,白效言,等.低温煤焦油的基本特性及综合利用[J].洁净煤技术,2009,15(6):57-60.
- [13] 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.
- [14] 李丽娟,李彦旭,韩锋.改性半焦在废气治理中的应用研究[J].洁净煤技术,2007,13(2):90-93.
- [15] 刘文郁,白士邦,杜铭华,等.半焦粉生产冶金型焦研究[J].洁净煤技术,2006,12(1):34-37.
- [16] 孙会青,曲思建,王利斌.半焦的生产加工利用现状[J].洁净煤技术,2008,14(6):62-65.