

神府矿区 5⁻² 煤层煤质特征及其气/液化性能评价

何建国^{1,2}, 秦云虎¹, 王双美¹, 张 静¹, 马 荣¹, 朱士飞¹, 杨 柳¹

(1. 江苏地质矿产设计研究院, 江苏 徐州 221006; 2. 中国矿业大学, 江苏 徐州 221006)



扫码移动阅读

摘 要: 为了查明不同煤质煤炭资源清洁利用的最优途径, 实现资源的高效清洁转化, 以神府矿区为研究区, 利用工业分析、显微组分鉴定等手段, 对其 5⁻² 煤层的煤岩、煤质特征进行了系统分析。在此基础上, 结合建立的气化用煤和液化用煤评价指标体系, 对 5⁻² 煤层最佳利用方式进行了评价。结果表明: 神府矿区煤质具有低灰、低硫、高挥发分, 热稳定性好, 黏结性低、可磨性指数较高和较低灰熔点等特点; 全区煤质满足固定床固态排渣气化和气流床气化工用煤一级指标要求, 可作为优质的气化用煤; 神府矿区孙家岔、柠条塔、郭家湾, 红柳塔和沙沟岔等井田部分区域煤质符合液化用煤指标二级指标要求, 可作为直接液化用煤。

关键词: 气化用煤; 液化用煤; 煤质特征; 煤岩特征; 神府矿区

中图分类号: TQ529.1

文献标志码: A

文章编号: 0253-2336(2018)10-0228-07

Evaluation on gasification and liquefaction performance for No.5⁻² coal seam and its coal quality characteristics in Shenfu Mining Area

HE Jianguo^{1,2}, QIN Yunhu¹, WANG Shuangmei¹, ZHANG Jing¹, MA Rong¹, ZHU Shifei¹, YANG Liu¹

(1. Jiangsu Geology and Mineral Resources Design and Research Institute, Xuzhou 221006, China;

2. China University of Mining and Technology, Xuzhou 221006, China)

Abstract: In order to find out the best way of utilizing coal resources with different coal quality, taking No.5⁻² coal seam of Shenfu Mining Area as study objects, the characteristics of coal rock and coal quality are systematically analyzed by means of the proximate analysis and macerals of coal and rock testing. On this basis, in combination with the established gasification coal and liquefaction coal evaluation index system, the best utilization mode of No.5⁻² coal seam is evaluated. The results show that coal has the characteristics of low ash, low sulfur, high volatile, good thermal stability, low adhesion, high grindability index and lower ash melting point in Shenfu Mining Area, the whole area of coal meet the first rank indicators of the fixed bed solid-state slagging gasification and entrained flow gasification, can be used as high-quality gasification coal. The coal quality of partial areas in Sunjiacha, Ningtiaota, Guojiawan, Hongliuta and Shagoucha coalfield meets the secondary rank indicators of liquefaction coal, can be used as ordinary direct liquefaction of coal.

Key words: gasification coal; direct liquefaction coal; coal quality characteristics; coal petrology characteristics; Shenfu Mining Area

0 引 言

“富煤、贫油、少气”是我国能源发展面临的实际国情, 随着产业结构调整 and 生态文明建设的不断推进, 煤制油气的清洁化利用已成为优化能源结构、保障能源安全、改善环境质量的重要举措。国内外科研院所和煤制油气企业对煤制油气过程

中煤质的技术条件进行了大量研究和试验, 获得许多煤气液化工艺过程中煤质评价指标。吴秀章等^[1]在对神华直接液化示范工程试验中首次确定了工业化直接液化用煤煤质指标条件; 张继臻等^[2]通过测试不同煤质指标对 Texaco 气化装置运行的影响, 确定了气化用煤煤质指标; 陈鹏^[3]通过大量试验分析了不同气化工工艺对煤质的要求。目

收稿日期: 2018-02-08; 责任编辑: 代艳玲 DOI: 10.13199/j.cnki.est.2018.10.036

基金项目: 中国地质调查局资源调查资助项目(DD20160187)

作者简介: 何建国(1982—), 男, 陕西绥德人, 工程师, 工程硕士研究生。E-mail: 279835670@qq.com

引用格式: 何建国, 秦云虎, 王双美, 等. 神府矿区 5⁻² 煤层煤质特征及其气/液化性能评价[J]. 煤炭科学技术, 2018, 46(10): 228-234.

HE Jianguo, QIN Yunhu, WANG Shuangmei, et al. Evaluation on gasification and liquefaction performance for No.5⁻² coal seam and its coal quality characteristics in Shenfu Mining Area[J]. Coal Science and Technology, 2018, 46(10): 228-234.

前我国也相继制定了直接液化用煤^[4]、固定床气化用煤^[5]、气流床气化用煤^[6]、流化床气化用煤技术条件^[7],确定了相应工艺原料用煤煤质技术要求。然而,现行的气化、液化煤质评价指标相对独立,对煤炭资源利用的评价较为单一,也未分级,不能全面评价煤炭资源利用性能。因此,需要制定一套综合煤质评价指标来评价煤炭资源,提高煤炭资源的清洁利用潜力。

神府矿区是我国重要的煤炭资源和煤化工产业基地,矿区煤炭资源丰富,开发程度较高,保有资源储量约 148.5 亿 t,煤类主要为低变质的长焰煤、不黏煤,具有发热量高、低灰、低硫和高挥发分等特点,前人研究表明^[8-10],该煤可作为良好的高炉吹喷用煤、动力用煤、气化用煤和液化用煤。目前,矿区煤炭气化、液化性能研究大多停留在不可以作为气化、液化原料用煤,并未对煤炭气化、液化指标进行分级评价。基于此,笔者以神府矿区主采 5⁻²煤层为研究对象,测试并分析了原煤工业分析、工艺性能和煤岩组分特征,建立了煤炭液化、气化评价指标体系,并以此为基础,划分了 5⁻²煤层煤炭气化、液化资源特性和等级,以期为当地煤化工企业煤炭资源综合开发和高效利用提供技术支持。

1 神府矿区地质概况

神府矿区位于鄂尔多斯盆地东北缘,构造单元处于鄂尔多斯地台二级构造单元-伊(克昭盟)陕(西)单斜东缘中部。矿区内含煤地层为侏罗系中下统延安组,属内陆湖泊三角洲沉积^[4],全区煤层分布范围广,煤层发育层数较多,共含 7 层煤,其中 1⁻²煤层零星可采,2⁻²、3⁻¹、4⁻³煤层大部可采,3⁻²、4⁻²煤层局部可采,5⁻²煤层全区可采,各可采煤层单层厚度 1.10~6.29 m,平均 1.25~4.45 m,不含夹矸,属稳定性中厚层煤。目前开采最广泛的煤层为 5⁻²煤,位于延安组下部。

2 煤质与煤岩特征

笔者对神府矿区 13 个井田的延安组 5⁻²煤层 306 件样品,包括工业分析、元素分析、全硫、灰成分分析、煤灰熔融性、哈氏可磨指数、黏结指数、热稳定性等煤质指标及煤岩显微组分进行测定。

2.1 工业分析

工业分析主要是了解煤的特性,通过工业分析评价煤质的优劣,初步判断煤的性质、种类、各种煤的加工利用效果及其工业用途^[11]。神府矿区 5⁻²煤层工业分析结果见表 1。

表 1 神府矿区 5⁻²煤层工业分析结果

Table 1 Results of proximate analysis of No.5⁻² coal seam in Shenfu Mining Area

矿区	$M_{ad}/\%$	$A_d/\%$	$V_{ad}/\%$	$w(S)_{1,d}/\%$	H/C	煤灰熔融性		热稳定性 (TS_{+6})/%	可磨性 指数 HGI
						$ST/^\circ C$	$FT/^\circ C$		
杨伙盘	4.56~7.32	2.14~6.55	28.74~42.16	0.17~0.42	0.66~0.72	1 110~1 400	1 140~1 480	79.9~98.7	57~72
	5.90	4.16	37.30	0.24					
红柳林	4.64~5.64	4.91~7.40	36.40~38.40	0.23~0.38	0.60~0.72	1 170~1 440	1 200~1 480	92.8~99.0	55~67
	5.14	6.34	37.60	0.28					
柠条塔	4.97~8.14	2.50~30.50	29.3~44.2	0.24~5.44	0.64~0.81	1 122~>1 500	1 140~>1 500	80.6~96.6	64~92
	6.48	6.63	36.80	0.95					
张家峁	1.04~6.92	2.30~11.10	34.0~42.6	0.23~0.90	0.51~0.77	1 130~>1 500	1 150~>1 500	87.8~99.0	59~85
	5.37	6.04	37.40	0.37					
青龙寺	4.25~7.08	5.30~24.40	32.5~49.3	0.16~0.50	0.61~0.77	1 130~1 390	1 160~1 410	83.2~97.0	60~68
	6.06	13.70	39.00	0.22					
郭家湾	6.17~7.62	3.40~13.40	30.4~41.2	0.17~0.47	0.53~0.81	1 150~>1 500	1 170~>1 500	75.1~91.0	62~73
	6.94	5.60	34.40	0.27					
南梁	3.72~8.32	2.10~21.60	31.7~42.3	0.08~0.56	0.61~0.72	1 130~1 470	1 170~1 500	73.7~98.2	59~73
	6.25	5.60	37.70	0.24					
三道沟	4.55~7.66	4.20~16.30	31.7~39.4	0.15~0.49	0.61~0.84	1 160~1 330	1 180~1 1360	76.5~89.6	58~71
	6.28	7.70	34.80	0.24					

续表1 神府矿区5⁻²煤层工业分析结果Table 1 Results of proximate analysis of No.5⁻² coal seam in Shenfu Mining Area

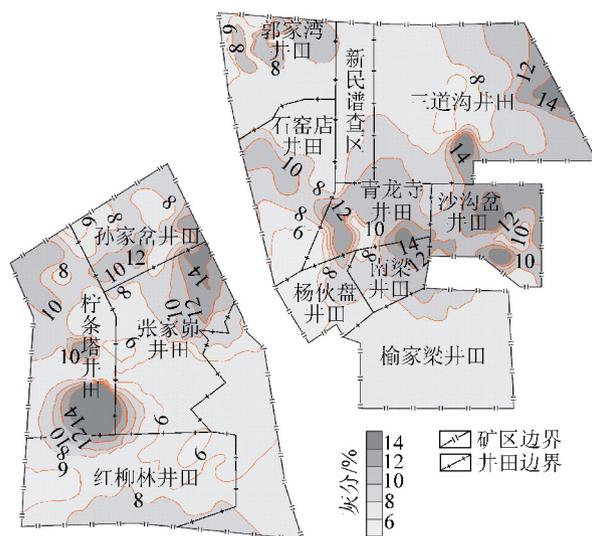
矿区	$M_{ad}/\%$	$A_d/\%$	$V_{daf}/\%$	$w(S)_{1,d}/\%$	H/C	煤灰熔融性		热稳定性 (TS_{+6})/%	可磨性 指数HGI
						$ST/^\circ C$	$FT/^\circ C$		
沙沟岔	5.68~6.85	5.00~9.70	34.60~39.10	0.20~0.39	0.63~0.77	1 180~1 300	1 200~1 320	92.3~94.6	58~65
	6.37	7.30	34.80	0.25					
榆家梁	4.28~6.40	4.20~12.70	30.50~39.30	0.16~0.59	0.62~0.72	1 100~1 500	1 130~1 500	80.9~97.0	60~74
	5.57	7.30	35.50	0.26					
石窑店	6.27~8.04	5.80~10.20	33.00~37.30	0.21~0.23	0.58~0.73	1 130~1 180	1 160~1 240	88.7~93.5	63~74
	6.63	7.70	35.30	0.22					
孙家岔	7.06~8.06	2.70~10.40	33.00~39.90	0.26~0.87	0.64~0.79	1 110~1 460	1 130~1 500	81.4~92.9	63~74
	7.81	5.40	36.90	0.42					

注:ST为软化温度;FT为流动温度;5⁻²煤黏结指数为0。

1) 水分:5⁻²煤层原煤 M_{ad} 变化在 3.72%~8.32%, 平均为 6.29%, 水分较低。其中, 矿区北部孙家岔和郭家湾井田、石窑店井田水分较其他井田偏高, 平均为 7.81% 和 6.94%, 西南区域红柳林井田水分则偏低, 平均为 5.14%。全层原煤水分在平面上呈北部高, 西南部低的变化特点。对于煤炭液化、气化而言, 水分高会造成大量热量损失, 使煤炭液化、气化效率降低, 成浆浓度效果变差^[12-14]。因而, 研究区北部煤比南部略好, 同时全区煤层整体水分较低, 利于煤炭气化和液化。

2) 灰分:5⁻²煤层原煤灰分为 2.10%~30.50%, 平均为 6.70%。全区原煤灰分以低灰煤占绝大部分面积, 高值主要位于柠条塔井田东南部, 灰分大于 30%, 在青龙寺井田北部也有灰分大于 20% 的区域。总体上, 神府矿区 5⁻²煤层原煤灰分展布特征表现为矿区中部灰分最高, 向南、向北灰分逐渐降低(图 1)。对于煤炭液化、气化, 灰分高不仅会造成液化、气化工序管道系统磨损堵塞和设备磨损, 还会造成煤灰熔融性流动温度过高, 影响气化炉的安全运行^[15-16]。从灰分的角度看, 研究区北部和南部优于中部, 同时全区煤层整体灰分低, 利于煤炭气化和液化。

3) 挥发分:5⁻²煤层原煤挥发分为 28.70%~49.30%, 平均 36.70%, 以中高挥发分煤为主, 含部分高挥发分煤。平面上, 矿区内大部分区域原煤的挥发分在 33.00%~37.00%, 矿区中部石窑店井田、中东部以及矿区南部红柳林井田大部分区域挥发分较高, 超过 37.00%。总体上, 神府矿区 5⁻²煤层原煤挥发分变化不大, 呈现出东部带挥发分较高, 向南、向

图1 神府矿区5⁻²煤层原煤灰分等值线Fig.1 Ash contour map of No.5⁻² coal seam in Shenfu Mining Area

北有所减小(图 2)。前人研究表明, 液化用煤一般采用挥发分较高的煤, 挥发分越高越易液化, 通常选择挥发分大于 35.00% 的煤作为直接液化煤类^[17]。

4) 氢碳原子比:5⁻²煤层原煤氢碳原子比为 0.47~0.81, 平均 0.68。平面上, 矿区内绝大部分区域 H/C 介于 0.65~0.75, H/C 在 0.70 以上主要为矿区西部孙家岔、柠条塔、张家峁等井田以及矿区北端的郭家湾井田北部和沙沟岔井田东南部, 其他井田亦零星存在小面积超过 0.70。总体而言, 矿区西部、北部 H/C 高于其他区域(图 3)。对于煤炭直接液化, 低变质的煤 H/C 相对较高, 煤易于加氢液化, H/C 越高, 液化时消耗的氢越少, 转换率和油产率也提高^[18]。

5) 硫分:5⁻²煤层原煤全硫含量为0.08%~5.44%,平均0.37%,主要为特低硫煤,部分为低硫煤,极少部分为中高硫煤。矿区大部分区域硫分含量小于0.50%,为特低硫煤,矿区东北部的三道沟井田和东南部的榆家梁井田大部区域硫分小于2.00%,在矿区西北部的孙家岔、柠条塔、张家峁3个井田交汇处硫分含量相对较高,均在0.40%以上,高值位于柠条塔井田东北部,高达5.44%。总体上,矿区西北部硫分含量相对较高,其余区域较低(图4)。硫是有害的物质,但在煤加氢液化过程中,煤中硫分对煤直接液化具有催化或助催化作用,有利于煤的转化^[19]。

2.2 煤的工艺性能分析

煤炭在气化、液化过程中对工艺性质的要求也各有所异,通过了解煤的工艺性能,才能正确选择煤的加工利用方法和利用途径,才能合理利用煤炭资源^[20]。

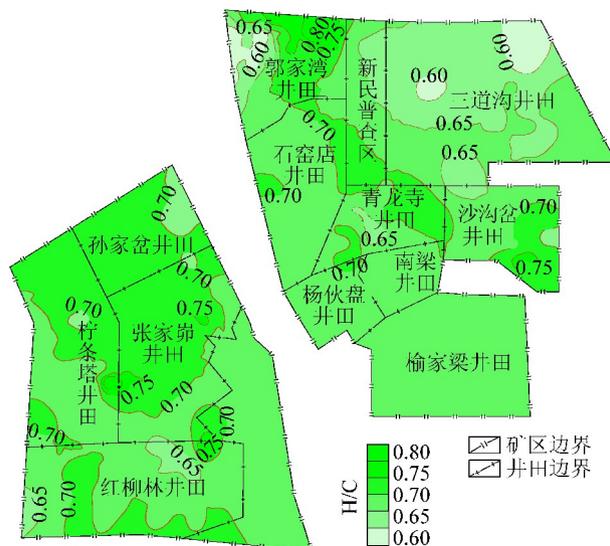


图3 神府矿区5⁻²煤层原煤H/C等值线

Fig.3 H/C contour map of No.5⁻² coal seam in Shenfu Mining Area

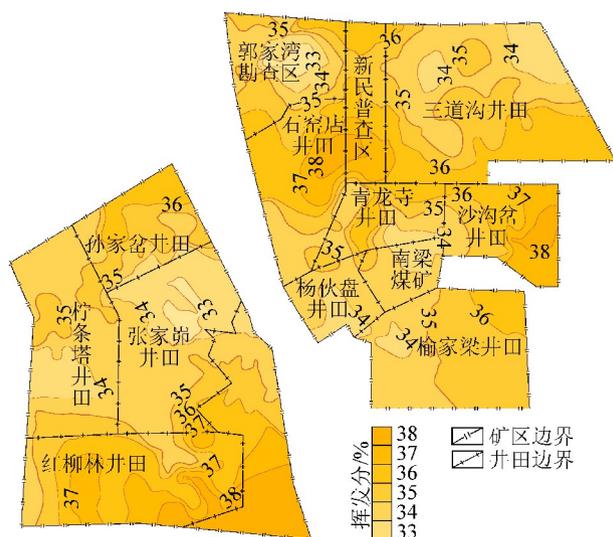


图2 神府矿区5⁻²煤层原煤挥发分等值线

Fig.2 Volatile contour map of No.5⁻² coal seam in Shenfu Mining Area

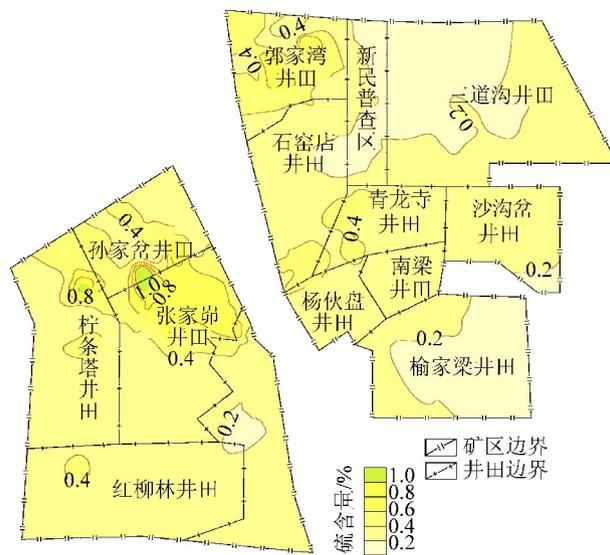


图4 神府矿区5⁻²煤层原煤硫分等值线

Fig.4 Sulfur contour map of No.5⁻² coal seam in Shenfu Mining Area

1) 煤灰熔融性:神府矿区5⁻²煤的灰熔融性软化温度为1100~>1500℃,绝大多数在1150~1350℃,属于较低~中等软化温度。煤灰熔融性流动温度范围为1280~>1500℃,绝大多数在1200~1350℃,属于较低~中等流动温度。煤灰熔融性是影响煤炭气化的重要因素之一,同时也是煤炭气化炉工艺设计重要指标,气流床气化工艺灰熔融温度均要求在1350℃以下,过高的灰熔融温度会导致气化炉运行困难,不仅会缩短气化炉耐火材料寿命,还会影响气化炉安全稳定运行。

2) 煤的黏结指数:神府矿区5⁻²煤的黏结指数为0,为无黏结性煤。对于固定床气化用煤一般要用不黏结或弱黏结块煤。

3) 煤的热稳定性:神府矿区5⁻²煤的热稳定性为73.7%~99.4%,平均88.44%,大部分属于高热稳定性煤,其次为较高热稳定性煤,另有少量中等热稳定性和较低热稳定性煤。对于固定床气化炉,稳定性太差的煤在进入气化炉后,随着温度的升高会发生碎裂,产生细粒和煤末,妨碍气流在固定床气化炉内正常流动和均匀分布,影响气化过程的正常运行。

4) 哈氏可磨性指数: 神府矿区 5⁻²煤的可磨性指数为 55~92, 平均 66, 绝大多数在 60~70, 属中等可磨性。对于气流床, 可磨性好, 易制成高浓度的水煤浆, 同时会降低生产过程中的能耗, 减少设备磨损, 降低配件、材料消耗和生产成本^[21]。

2.3 煤的显微煤岩特性分析

选取部分煤层样品进行显微煤岩组分鉴定, 见表 2 和图 5, 从研究结果来看, H/C 和挥发分与镜质

组呈正相关, 与惰质组呈负相关, 煤中镜质组含量高, 挥发分和 H/C 也高。已有研究表明, 挥发分和 H/C 含量高, 有利于煤的液化^[18,22-24]。通过对研究区内挥发分和 H/C 统计, 研究区内孙家岔井田东部、柠条塔井田中部和中东部、郭家湾井田北部, 红柳塔井田南部和沙沟岔井田东南部区域煤中挥发分大于 35.00%, H/C 含量大于 0.70, 具备直接液化的潜力。

表 2 神府矿区 5⁻²煤层显微煤岩组分测定结果

Table 2 Test results of coal petrology in No.5⁻² coal seam of Shenfu Mining Area

样品编号	样品 1	样品 2	样品 3	样品 4	样品 5	样品 6	样品 7	样品 8	样品 9	样品 10
镜质组含量/%	42.40	43.60	46.20	65.60	50.30	63.80	68.90	48.10	53.40	64.70
惰质组含量/%	46.20	48.00	41.90	33.50	44.60	32.10	25.00	49.80	44.00	28.80
挥发分/%	40.90	37.72	39.45	39.94	38.80	39.44	40.86	34.67	39.95	41.41
H/C	0.63	0.70	0.70	0.69	0.71	0.73	0.72	0.65	0.70	0.74

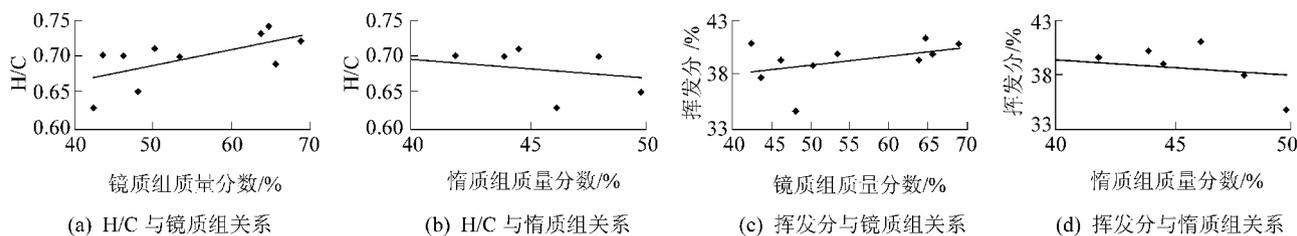


图 5 H/C、挥发分与煤岩组分关系

Fig. 5 Relationship between H/C, volatile and coal petrology

3 神府矿区煤炭资源利用评价

通过对测试样品的分析, 神府矿区 5⁻²煤层煤质具有低灰、低硫、高挥发分, 热稳定性好, 黏结性低、可磨性指数较高和较低的灰熔点等特点。通过建立气化、液化用煤评价指标体系, 结合本次神府矿区煤质测试成果, 可对 5⁻²煤层煤炭资源特性和分级进行评价。

3.1 气化用煤、直接液化用煤评价指标体系的建立

根据煤气化、液化工艺以及气化炉的特点, 结合液化、气化原料煤技术要求和煤在液化、气化过程中对煤的工艺性能要求, 分析不同煤质指标对化工工艺的影响特征及机理, 确定了不同工艺气化用煤和直接液化用煤关键煤质评价指标。其中, 气化用煤评价指标包含固定床气化、水煤浆气流床气化和干

煤粉气流床气化 3 种工艺, 对固定床气化工艺评价指标主要为黏结指数、煤灰熔融性温度(软化温度、流动温度)、块煤热稳定性、灰分; 水煤浆气流床气化工艺评价指标主要是煤灰熔融性温度(软化温度)、水分、哈氏可磨性指数、灰分; 干煤粉气流床气化工艺评价指标主要是煤灰熔融性温度(软化温度)、哈氏可磨性指数、灰分; 直接液化用煤工艺评价指标主要是挥发分、镜质体最大反射率、H/C、惰质组含量和灰分, 每种工艺评价指标划分为 2 级。一级指标煤质条件要求较高, 是从原料煤或商品煤角度出发, 符合液化、气化用煤煤质评价指标要求; 二级指标较一级各项评价指标适当放宽, 主要是从各勘查阶段的煤炭资源和原煤资源角度考虑, 满足液化、气化用煤煤质评价指标要求(表 3、表 4), 二级评价资源可作为我国能源战略储备。

表3 气化用煤煤质评价指标体系

Table 3 Evaluation index system of coal quality for gasification

气化工艺	指标分级	黏结指数 G	煤灰熔融性温度		块煤热稳定性 $TS_{+6}/\%$		水分 $M_{ad}/\%$	哈氏可磨性指数	灰分 $A_d/\%$
			固态排渣软化温度 $ST/^\circ\text{C}$	液态排渣流动温度 $FT/^\circ\text{C}$	常压	加压			
固定床气化	一级指标	≤ 20	$\geq 1\ 250$	$\leq 1\ 250$	>60	>80	—	—	<25
	二级指标	>20~50	$\geq 1\ 050\sim 1\ 250$	>1\ 250~1\ 450	—	—	—	—	—
水煤浆气 流床气化	一级指标	—	—	$\leq 1\ 350$	—	—	≤ 10	>60	≤ 10
	二级指标	—	—	—	—	—	—	$\geq 50\sim 60$	>10~25
干燥煤粉气 流床气化	一级指标	—	—	$\leq 1\ 450$	—	—	—	>60	≤ 20
	二级指标	—	—	—	—	—	—	$\geq 50\sim 60$	>20~35

表4 直接液化用煤煤质评价指标体系

Table 4 Evaluation index system of coal quality for direct coal liquefaction

指标分级	挥发分 $V_{daf}/\%$	镜质体最大反射率 $R_{max}/\%$	氢碳原子比 H/C	惰质组质量分数/ $\%$	灰分 $A_d/\%$
一级指标	>35.00	<0.65	>0.75	≤ 15.00	≤ 12.00
二级指标	—	—	$\geq 0.70\sim 0.75$	>15.00~35.00	>12.00~25.00

3.2 神府矿区煤炭资源气化、液化利用性能评价

神府矿区全区5⁻²煤层灰分大部分小于10%,水分均低于9%,热稳定性大多在80%以上,煤灰熔融性流动温度大多位于1 200~1 350 $^\circ\text{C}$,哈氏可磨性指数大多在60以上,均满足固定床和气流床气化用煤指标要求。对于气化用煤,当工艺为固定床气化固态排渣,5⁻²煤层基本满足一级指标气化工艺用煤要求,当为液态排渣5⁻²煤层基本符合二级指标气化工艺用煤要求;对于水煤浆气流床气化和干燥煤粉气流床气化,5⁻²煤层基本满足一级指标气化工艺用煤要求,是优质的气流床气化原料。对于直接液化用煤,5⁻²煤层仅孙家岔井田东部、柠条塔井田中部和中东部、郭家湾井田北部,红柳塔井田南部和沙沟岔井田东南部区域挥发分在35%以上, H/C 大部分在0.7以上,但5⁻²煤层惰质组含量较高,均超过12%,满足二级指标要求,可作为普通液化用煤(图6)。

4 结 论

1)神府矿区5⁻²煤层煤质具有低灰、低硫、高挥发分,热稳定性好,黏结性低、可磨性指数较高和较低的灰熔点等特点,满足气化用煤煤质评价指标体系中固定床气化和气流床气化用煤一级指标,是优质的气化用煤,可作为我国重点煤化工产业基地。

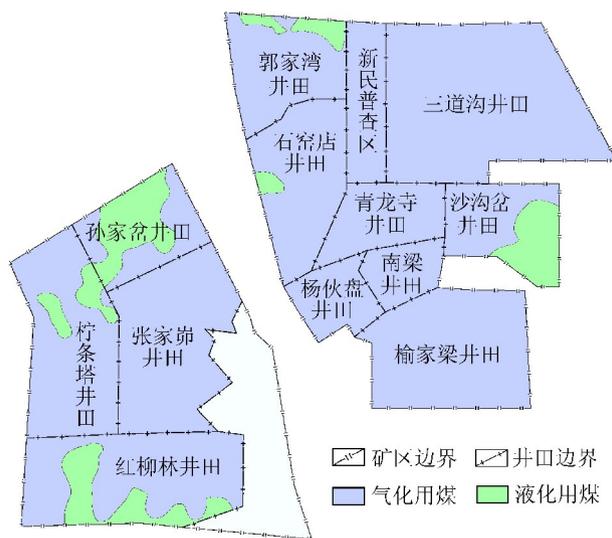


图6 神府矿区5⁻²煤层煤炭资源气化、液化利用评价结果
Fig.6 Results of coal resources gasification and liquefaction utilization evaluation of No.5⁻² coal seam in Shenfu Mining Area

2)神府矿区5⁻²煤层中仅有孙家岔井田东部、柠条塔井田中部和中东部、郭家湾井田北部,红柳塔井田南部和沙沟岔井田东南部区域挥发分在35%以上, H/C 大部分在也0.7以上,由于神府矿区5⁻²煤层惰质组含量普遍较高,惰质组含量普遍大于12%,符合液化用煤煤质评价指标体系中二级指标,为普通的液化用煤,可作为液化用煤战略储备资源。

参考文献 (References):

- [1] 吴秀章,舒歌平,李克健,等.煤炭直接液化工艺与工程[M].北京:科学出版社,2015.
- [2] 张继臻,种学峰.煤质对 Texaco 气化装置运行的影响及其选择[J].化肥工业,2002,29(3):1-7.
ZHANG Jizhen, ZHONG Xuefeng. Effect of coal quality on operation of Texaco gasifier and coal selection[J]. Journal of the Chemical Fertilizer Industry, 2002, 29(3): 1-7.
- [3] 陈鹏.中国煤炭性质、分类和利用[M].北京:化学工业出版社,2006.
- [4] GB/T 23810—2009,直接液化用原料煤技术条件[S].
- [5] GB/T 9143—2008,常压固定床气化用煤技术条件[S].
- [6] GB/T 29722—2013,气流床气化用原料煤技术条件[S].
- [7] GB/T 29721—2013,流化床气化用原料煤技术条件[S].
- [8] 赵新法.神木煤煤质特征与气化性能的研究[D].西安:陕西科技大学,2005:7-30.
- [9] 刘善德.陕西永陇矿区某勘查区煤质特征分析[J].煤质技术,2015(5):42-46.
LIU Shande. Coal quality characteristics analysis of an exploration area in Yonglong Mining Area of Shaanxi Province [J]. Coal Quality Technology, 2015(5): 42-46.
- [10] 魏云讯.神府矿区郭家湾勘查区煤质特征及液化性能[J].煤质技术,2017(3):9-12.
WEI Yunxun. Coal quality characteristics and liquefaction properties of Guojiawan exploration area in Shenfu Mining Area [J]. Coal Quality Technology, 2017(3): 9-12.
- [11] 杨金和,陈文敏.煤炭化验手册[M].北京:煤炭工业出版社,2004.
- [12] 冯婉璐,吴诗勇,尤全,等.合成气气氛下含水量对锡林浩特煤液化性能的影响[J].华东理工大学学报:自然科学版,2017,43(2):156-161.
FENG Wanlu, WU Shiyong, YOU Quan, et al. Effect of moisture amount on liquefaction of Xilinhaote coal under syngas [J]. Journal of East China University of Science and Technology: Natural Science Edition, 2017, 43(2): 156-161.
- [13] 李磊,路文学,傅进军.气化对煤质的要求[J].燃料与化工,2011,42(2):4-6.
LI Lei, LU Wenxue, FU Jinjun. Requirement of gasification on coal quality [J]. Fuel & Chemical Processes, 2011, 42(2): 4-6.
- [14] 邢荔波.煤质对水煤浆加压气化炉操作性能的影响探析[J].煤质技术,2016(1):34-38.
XING Libo. Discussion on how the coal quality affected the performance of coal water mixture pressurized gasifier [J]. Coal Quality Technology, 2016(1): 34-38.
- [15] 姜从斌,朱玉莹.航天炉运行现状及煤种适应性分析[J].煤炭加工与综合利用,2014(10):23-28.
JIANG Congbin, Zhu Yuying. The current situation of the space furnace and the analysis of the adaptability of coal [J]. Coal Processing and Comprehensive Utilization, 2014(10): 23-28.
- [16] 蒋立翔.煤质对煤液化效果的影响分析[J].煤质技术,2008(5):46-49.
JIANG Lixiang. Analysis on the effect of coal quality on coal liquefaction [J]. Coal Quality Technology, 2008(5): 46-49.
- [17] 贾凤君.煤质特性与煤直接液化[J].洁净煤技术,2008,14(6):49-50.
JIA Fengjun. Analyse the connection of coal quality characteristics and direct coal liquefaction [J]. Clean Coal Technology, 2008, 14(6): 49-50.
- [18] 吴春来.煤炭直接液化[M].北京:化学工业出版社,2010.
- [19] 田新娟,杨平平,李育辉,等.硫含量对煤直接液化性能的影响[J].煤田地质与勘探,2009,37(6):19-21.
TIAN Xinjuan, YANG Pingping, LI Yuhui, et al. The effect of sulfur content on the direct liquefaction reactivity of coals [J]. Coal Geology & Exploration, 2009, 37(6): 19-21.
- [20] 王学军.山西煤炭特征及煤的工业利用[M].北京:煤炭工业出版社,2014.
- [21] 于遵宏,王辅臣,周志杰,等.煤炭气化技术[M].北京:化学工业出版社,2010.
- [22] 秦云虎,李壮福,王双美,等.华东地区液化煤资源评价指标及总体构成[J].中国煤炭地质,2009,21(6):14-16.
- [23] 李小彦.论煤岩组分的液化性能[J].煤田地质与勘探,2010,38(3):80-86.
LI Xiaoyan. Discussion on liquefaction reactivity of lithotype and maceral of low rank coal [J]. Coal Geology & Exploration, 2010, 38(3): 80-86.
- [24] 晋香兰,降文萍,李小彦,等.低煤阶煤的煤岩成分液化性能及实验研究[J].煤炭学报,2010,35(6):992-997.
JIN Xianglan, JINAG Wenping, LI Xiaoyan, et al. Liquefaction properties and experiment on lithotype of low rank coal [J]. Journal of China Coal Society, 2010, 35(6): 992-997.