

煤油气共生矿井底板油型气赋存特征及防治

牟全斌

(中煤科工集团西安研究院有限公司 陕西 西安 710054)

摘要: 为了提高煤油气共生矿井油型气灾害治理的科学性,以黄陵二矿为例,采用现场测试、钻探取芯、跟踪观测、地质分析等多种方法,研究了采掘工作面煤层底板油型气分布特征、涌出规律和运移机理,并初步探讨了底板油型气灾害防治措施。结果表明:底板油型气涌出点多位于底板砂岩储层上倾尖灭端和砂岩透镜体附近,呈现不连续区带状分布特征,涌出的油型气主要来自富县组砂岩层,涌出的动力主要为地层流体压力差,底板油型气通过地层中存在大量的断裂和裂缝、微裂缝系统进入采掘空间,采掘扰动是底板油型气异常涌出的工程诱导因素。建议加强油型气综合探查技术、油型气灾害预测预报技术、油型气综合抽采技术和智能化矿井建设等方面的研究。

关键词: 油型气;煤层底板;涌出规律;砂岩透镜体;采掘扰动;治理措施

中图分类号: P618.1

文献标志码: A

文章编号: 1003-0506(2020)12-0076-05

Occurrence characteristics and prevention of oil-type gas in coal-gas symbiosis mine floor

Mou Quanbin

(Xi'an Research Institute of China Coal Technology & Engineering Group Corp, Xi'an 710054, China)

Abstract: In order to improve the scientific nature of the treatment of oil-type gas disasters in coal-gas symbiosis mines, it was took Huangling No. 2 Mine as an example, various methods such as field testing, drilling and coring, tracking observation and geological analysis were used to study the coal seam floor oil type gas distribution characteristics, gushing regularity and migration mechanism, and preliminarily discussed the prevention and control measures of floor oil-type gas disasters. The results showed that the gushing point of floor oil-type gas was mostly located near the upper dip pinch end of the floor sandstone reservoir and the sandstone lens, presenting a discontinuous zone distribution. The gushing oil-type gas mainly came from the sandstone layer of the Fuxian Formation. The driving force of the gushing was mainly the pressure difference of the formation fluid. Floor oil-type gas enters the mining space through a large number of fractures, cracks and micro-fracture systems in the formation. The excavation disturbance was the engineering inducement factor for the abnormal gushing of floor oil-type gas. It was recommended to strengthen research on oil-type gas comprehensive exploration technology, oil-type gas disaster prediction and prediction technology, oil-type gas comprehensive extraction technology and intelligent mine construction.

Keywords: oil-type gas; coal seam floor; emission law; sandstone lens; mining disturbance; control measures

0 引言

煤油气共生现象在我国部分煤矿区普遍存在,在陕西焦坪和黄陵、甘肃窑街等矿区均有所发

现^[1-3]。由于煤层下部有油气储集层分布,受采掘扰动影响,通常会出现油气向采掘空间突然大量涌出的现象,严重威胁着矿井安全高效生产。黄陵矿区位于鄂尔多斯盆地南部,近年来随着矿井采掘范围

收稿日期: 2020-08-18; 责任编辑: 陈朋磊 DOI: 10.19389/j.cnki.1003-0506.2020.12.016

基金项目: 陕西省自然科学基金基础研究计划资助项目(2019JM-314); 中煤科工集团西安研究院有限公司科技创新基金资助项目(2019XAYZD10-3)

作者简介: 牟全斌(1982—),男,陕西汉中,人,副研究员,2008年毕业于河南理工大学,主要从事矿井地质及瓦斯治理研究。

引用格式: 牟全斌. 煤油气共生矿井底板油型气赋存特征及防治[J]. 能源与环保, 2020, 42(12): 76-80, 88.

Mou Quanbin. Occurrence characteristics and prevention of oil-type gas in coal-gas symbiosis mine floor[J]. China Energy and Environmental Protection, 2020, 42(12): 76-80, 88.

的拓展,出现了围岩油型气异常涌出现象。特别是以煤层底板异常涌出尤为严重,且具有突发性、隐蔽性和涌出量大等特点。煤层底板油型气异常涌出总量达 $0.85 \times 10^4 \sim 21.0 \times 10^4 \text{ m}^3$,导致采掘工作面瓦斯浓度超限、采掘停滞、设备被腐蚀,且存在燃烧或爆炸的风险,成为影响矿井安全高效开采新的隐蔽致灾因素。

近年来,国内学者围绕煤矿区油型气鉴别、成因类型、爆炸特性等展开了研究,取得了初步成果。戴金星^[4]系统研究了油型气与煤成气的鉴别方法与指标;唐恩贤^[5]对工作面异常涌出气体成因类型进行了分析,认为属于油型气且并非来源于煤层;李贵红^[6]分析了黄陵矿区侏罗系煤层气来源,认为煤层及围岩中油型混合气主要为裂解凝析气、生物气和石油伴生气,且主要来源于下部三叠系延长组泥页岩;张俭让等^[7]模拟分析了油型气中的 CH_4 在掘进巷道底板不同位置涌出的扩散规律;司俊鸿等^[8]分析了瓦斯—油型气混合气体爆炸范围变化规律。上述研究丰富了对煤油气共生矿井油型气富集规律的认识。然而,目前对煤油气共生矿井煤层底板油型气赋存特征认识程度不足,缺乏有效的油型气异常涌出灾害防治措施。鉴于此,笔者以黄陵二矿为例,结合作业面采掘过程中钻探取芯、跟踪观测、地质分析等手段,并结合前人研究,对煤油气共生矿井底板油型气赋存特征及防治措施进行探讨,以期为进一步煤油气共生矿井油型气灾害防治工作提供科学依据。

1 地质背景

黄陵二矿位于鄂尔多斯盆地黄陇侏罗纪煤田东部,地层由老至新主要有三叠系、侏罗系、白垩系和第四系。含煤地层为侏罗系中统延安组,共含煤 4 层,依次为 0 号、1 号、2 号和 3 号煤。其中,2 号煤层是井田内主要可采煤层,位于延安组第一段的中、上部,煤层厚度 $0.05 \sim 6.75 \text{ m}$,平均厚 3.91 m ,煤层底板以泥岩、细粒砂岩为主;3 号煤为局部可采煤层,距 2 号煤层平均 2.09 m ,在部分区域有合并及分叉现象。井田地质构造简单,整体上为一倾向北西—北西西的单斜构造,大中型断层不发育。根据煤田综合勘探资料分析,井田范围内存在直罗组下段底部直罗砂岩、延安组二段底部七里镇砂岩、富县组下部砂岩和瓦窑堡组顶部砂岩 4 个连续分布的油气储集层(图 1)。

地层	单位	类别	综合柱状	岩性
系统	组			
侏罗系中统	直罗组 J _{2z}	盖层	— — —	泥岩
		储集层	•• •• ••	细粒砂岩
			•• •• ••	中粒砂岩
	延安组 J _{2y}	延四段	— — —	泥岩
			••••••••	粉砂岩
		延三段	— — —	泥岩
			••••••••	粉砂岩
			•• •• ••	细粒砂岩
		延二段	— — —	泥岩
			•• •• ••	细粒砂岩
			— — —	泥岩
			•• •• ••	细粒砂岩
			— — —	泥岩
		延一段	••••••••	粉砂岩
侏罗系下统	富县组 J _{1f}	盖层	— — —	泥岩
		储集层	•• •• ••	细粒砂岩
三叠系上统	瓦窑堡组 T _{3w}	盖层	— — —	泥岩
		储集层	•• •• ••	细粒砂岩

图 1 黄陵二矿油气储集层分布

Fig. 1 Distribution of oil gas reservoirs in Huangling No. 2 Mine

2 煤层底板油型气赋存特征

2.1 油型气分布特征

在 203、205、207 等工作面掘进过程中,向煤层底板施工油型气探查钻孔,并采取井下绳索取芯工艺对底板岩相、油型气的分布情况进行探测,检测了不同层位油型气涌出量大小,综合分析了煤层底板油型气富集区的范围,发现底板油型气分布具有特征:①油型气异常涌出点在平面上呈现不连续区带状分布特征,油型气富集区的面积仅占工作面采掘面积的 10%~30%;②油型气异常涌出位置与底板砂岩形态有关,表现在绝大多数位于砂岩储层的上倾尖灭端和砂岩透镜体附近;③油型气涌出量大小与砂岩透镜体周围泥岩的质量、厚度及砂体的物性和产状有关,砂体越厚、泥岩厚度与砂体厚度比越大的区域,油型气富集程度越高。

以 205 掘进工作面为例,延安组底部 2 号煤层和 3 号煤层的细粒砂岩上倾尖灭端,富县组砂岩储集层的上倾尖灭端,在取芯过程中均发生了明显的油型气涌出(图 2)。在巷道掘进过程中,油型气富集区瓦斯体积分数通常在 50%~100%,而其他区域瓦斯体积分数一般小于 20%,两者有明显差异。

油型气涌出点主要集中在距离掘进面 8~10 m 的位置,尤其是在巷道中部底鼓较明显的部位涌出量较大,这些部位因采掘扰动影响,最大底鼓量达 500~600 mm,裂隙较为发育且呈连片分布。

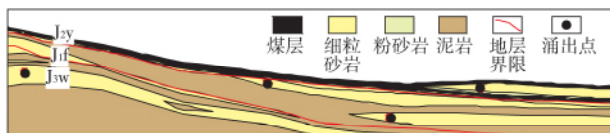


图 2 205 工作面煤层底板油型气异常涌出点位置

Fig. 2 Location for abnormal emission point of typical oil-type gas in 205 working face floor

2.2 油型气大小及涌出规律

在 205 工作面辅运巷施工 2 组底板探采钻孔对油型气压力进行测试,结果表明,底板油型气压力在 0.85~1.12 MPa(表压),高于 2 号煤层瓦斯压力值。根据现场观测,在封孔装表后 1.5~2.0 h 内基本达到稳定,其压力恢复周期明显小于煤层瓦斯压力测试过程,表明煤层底板砂岩层油型气赋存以游离态为主。

根据现场测试与分析,205 工作面油型气涌出量在 0.024~1.96 m³/min,在同一巷道中,油型气涌出量大小和砂岩储层与煤层底板的间距有关,涌出量随着砂岩储层与底板间距的增大而呈现涌出量减小的趋势(图 3)。究其原因,间距越大,油型气向上运移的距离和阻力增大,且采掘卸压对砂岩层扰动效应变小,引起地层流体压力差不足,限制了油型气向上运移。

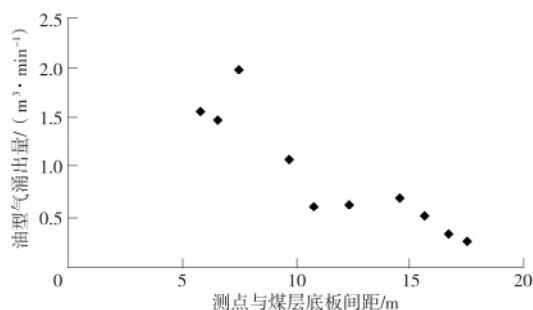


图 3 不同间距测点油型气涌出量

Fig. 3 Oil-type gas emission at different measuring points

通过对工作面回采过程不同位置钻孔油型气涌出量进行监测,发现钻孔油型气涌出量随回采距离呈现先增大、后减小的趋势。当采煤工作面推进至距离观测钻孔 10~15 m 时,钻孔油型气浓度开始明

显增大;当推过观测点后 10~15 m 时,油型气浓度达到最大,而后维持在 80%~95% 的高浓度范围内;当推进至观测点以后 40~60 m 处,油型气浓度逐渐下降;当推进至 60~80 m 后,油型气浓度从 80% 迅速下降至 20% 以下(图 4)。

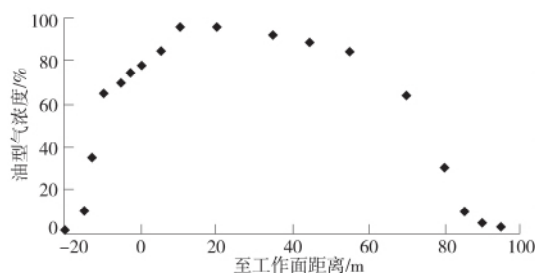


图 4 回采工作面油型气浓度与工作面距离散点

Fig. 4 Scatter diagram of oil-type gas concentration and distance for working face

从采掘过程分析,采掘活动扰动改变了煤层底板应力分布,打破了底板砂岩储层油型气的原有相对平衡状态,是油型气异常涌出的诱导因素。煤层底板受巷道开挖扰动拉剪破坏影响,形成明显的卸压带和变形带,其最大变形区域多处于巷道中部,当底板砂岩储层位于该卸压影响范围内时,油型气在压力差的驱动下通过底板裂隙大量涌入采掘空间,形成底板油型气异常涌出现象。该影响范围与巷道断面大小、底板岩层物理力学性质、掘进速度等有关,一般深度可达 10~20 m。井田内富县组下部砂岩层与煤层底板距离在 5~20 m,全部处于底板卸压影响范围内,由此判断采掘期间涌出的油型气主要来自富县组。

2.3 油型气运移机理

(1) 运移模式。鄂尔多斯盆地三叠系延长组长 7 张家滩页岩烃源岩为其主要生油层位,区内延长组油气圈闭具有明显的“相控”和“源控”的分布特征^[9],延长组层位大致相当于煤炭系统命名的瓦窑堡组,且具有有机质含量高、生烃能力强、油气运移距离短等特点。油气运移存在穿层运移和顺层运移 2 种模式。在中生代晚期早白垩世时,地温梯度高,发生热构造事件^[10],导致长 7 段烃源岩大量生烃,由于延长组下部广泛发育欠压实泥岩而产生异常过剩压力,为油气初次运移提供了主要动力^[11]。延长组不同泥岩层厚度和性质的差异,导致各油层组异常过剩压力在横向和纵向上的不平衡分布,为油气横向和垂向运移提供了驱动力^[12],驱使油气向过剩

压力低值区运移聚集成藏。在无断层沟通的砂岩透镜体附近,由于泥岩生烃作用,泥岩较砂岩压实程度大,所产生的流体压差将油气驱向砂岩透镜体,毛细管压力差将泥岩与砂岩接触带的油气驱入砂岩透镜体^[13],当砂岩层中油气浮力足够大且能克服毛细管压力差时,油气向上运移并向下排水,最终在砂岩透镜体顶部形成油气聚集^[14](图 5)。

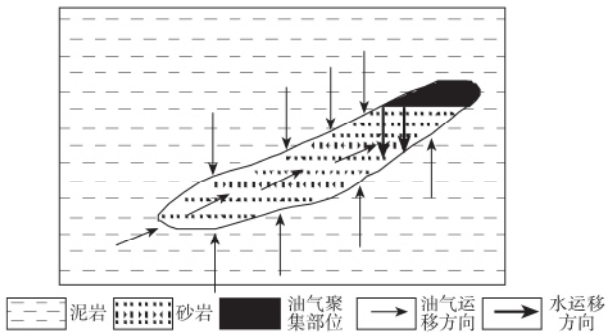


图 5 砂岩透镜体油气运移模式

Fig. 5 Oil-gas migration model of sandstone lens

另一方面,采掘活动引起煤层底板岩层失稳并产生明显卸荷效应,岩层发生压曲破坏,形成张性破裂,进一步扩大了地层流体间的压力差,诱导砂岩透镜体顶部油气沿着底板裂隙继续向上运移进入采掘空间。

(2) 运移通道。黄陵矿区附近发育有永寿—柳林、庆阳—佳县 2 组较大的北东向断裂和一组固原—韩城东西向断裂,尤其是 2 组北东向断裂为张性断裂,对延长组砂体分布有明显的控制作用且参与了油气运移聚集。区内延长组各段垂直裂缝、高角度裂缝十分发育^[15],裂缝倾角 $80^{\circ} \sim 90^{\circ}$,最长 7.4 m,宽达 1 mm,且未充填,极大提高了地层的渗流能力。同时在工作面采掘过程中,受采掘扰动影响在底板关键层产生 O-X 型破坏后形成反三铰拱结构^[16],并产生新的裂缝和微裂缝系统,沟通了底板砂岩储层与采掘空间。上述断裂和裂缝、微裂缝系统构成了底板油型气运移的主要通道。

3 防治措施

3.1 加强油型气综合探查工作

坚持“有疑必探、先探后掘(采)”的方针,综合运用大地电磁法、地质雷达、声波测井、气测录井、瞬变电磁现代地球物理勘探技术,采用“井、地、孔”联合探查模式,结合随钻随探、随掘随探、随采随探等

动态探测方式,探明煤层底板砂岩透镜体、构造、裂隙带的分布及产状,综合分析煤层下部油型气富集特征及空间分布规律,构建有效的油型气综合探查理论与技术体系。

3.2 开展油型气灾害预测预报技术研究

开展采掘工作面油型气在线监测技术及装备研究,探索不同巷道布置、采掘方式、采掘强度和地质条件下油型气涌出变化规律,建立底板油型气涌出量预测方法,研究采掘工作面油气浓度和底板变形光纤光栅连续监测技术,研究井下受限空间混合气体状态下油型气燃烧、爆炸模型,提出油型气涌出灾害预测指标及临界值,划分出采掘工作面油型气涌出危险区。

3.3 开展油型气综合抽采技术研究

根据底板油型气富集规律和矿井采掘工程部署,研究煤炭与油型气协调开发技术,开展煤层气(瓦斯)—油型气综合抽采技术研究,在采掘规划区,探索井上下“井—孔”联合油型气抽采技术,利用地面定向钻进技术,开展多底水平井油型气抽采技术研究(图 6),实现煤层及顶底板岩层瓦斯—油型气多层合采。在准备区,开展底板定向长钻孔预抽技术研究(图 7);在生产区,开展底板抽采钻孔优化布置和精准抽采技术研究,研究底板抽采孔成孔及排渣排水技术,在掘进工作面向煤层底板施工超前探孔,覆盖煤层底板垂深 20 m 和巷道两帮 15 m 范围。

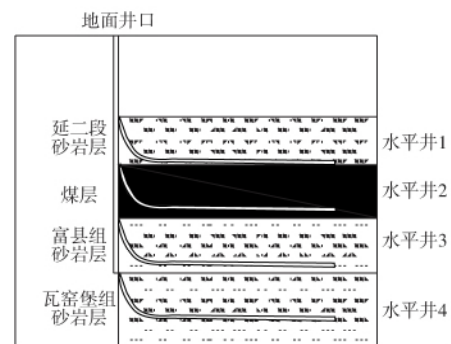


图 6 多底水平井示意

Fig. 6 Schematic diagram of multi bottom horizontal well

3.4 推进智能化矿井建设

以大数据、物联网、人工智能、5G 等现代信息技术为基础,建立基于煤油气共生条件的矿井智能化生产模式,在现有的人工远程干预的无人开采技术基础上,进一步加强智能化钻探系统、智能化掘—

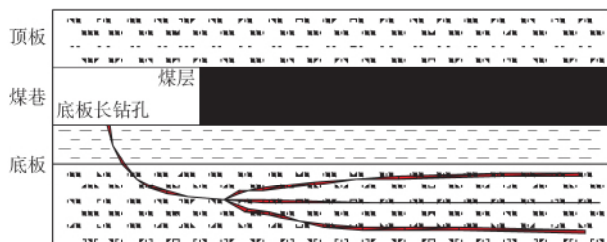


图 7 底板定向长钻孔示意

Fig. 7 Schematic diagram of directional long drilling in floor

支一运系统、智能化运输系统、智能化救援系统等方面的技术研究和工程试验,减少采掘空间作业人员数量,最大限度减少采掘工作面油型气涌出可能造成的伤亡事故。

4 结论

(1) 黄陵二矿工作面采掘期间涌出的油型气主要来自富县组砂岩层,油型气异常涌出点在平面上呈现不连续区带状分布特征,多位于底板砂岩储层上倾尖灭端和砂岩透镜体附近。掘进工作面油型气涌出点主要集中在距离掘进面 8~10 m 的位置,涌出量随着砂岩储层与底板间距的增大而减小,回采工作面油型气涌出量随回采距离呈现先增大、后减小的趋势。

(2) 延长组烃源岩产生的油气在过剩压力驱动下直接进入砂岩储层,在浮力的作用下沿砂体上倾方向进入侧向顺层运移,聚集在砂岩透镜体顶部。油型气涌出的动力主要为地层流体压力差。底板油型气向上运移的主要通道是地层中存在大量的断裂和裂缝、微裂缝系统,采掘扰动扩大了地层流体间的压力差并驱使砂岩层油气向采掘空间运移,是底板油型气涌出的工程诱导因素。

(3) 建议从油型气综合探测技术、油型气灾害预测预警技术、油型气井上下综合抽采技术、推进智能化矿井建设方面对煤油气共生条件煤层底板油型气灾害进行防治。

参考文献(References):

- [1] 孟召平. 铜川焦坪矿区油气显示及成因探讨[J]. 西安矿业学院学报, 1989(1): 51-56.
Meng Zhaoping. Exploration on oil and gas display and genesis in Jiaoping Mining Area of Tongchuan[J]. Journal of Xi'an Mining University, 1989(1): 51-56.
- [2] 王生全, 孔令义, 刘双民, 等. 煤油气共生矿井的瓦斯地质及安

全开采技术[C]//瓦斯地质研究与应用——中国煤炭学会瓦斯地质专业委员会第三次全国瓦斯地质学术研讨会, 2003.

- [3] 王君得. 海石湾煤矿煤层伴生油页岩层自燃原因及对策[J]. 煤矿安全, 2014, 45(8): 183-185.
Wang Junde. Causes and countermeasures of spontaneous combustion in oil shale seam of Haishiwan Mine[J]. Safety in Coal Mines, 2014, 45(8): 183-185.
- [4] 戴金星. 煤成气及鉴别理论研究进展[J]. 科学通报, 2018, 63(14): 1291-1305.
Dai Jinxing. Coal-derived gas theory and its discrimination[J]. Chinese Science Bulletin, 2018, 63(14): 1291-1305.
- [5] 唐恩贤. 黄陵矿区煤层底板异常涌出气体成因类型[J]. 煤田地质与勘探, 2015, 43(6): 8-11.
Tang Enxian. Genetic type of abnormal gas emission from coal seam floor in Huangling Mining Area[J]. Coal Geology and Exploration, 2015, 43(6): 8-11.
- [6] 李贵红. 鄂尔多斯盆地黄陵地区侏罗系煤层气来源判识[J]. 煤炭学报, 2018, 43(4): 1052-1057.
Li Guihong. Source identification of the Jurassic coalbed gas in Huangling Area, Ordos Basin[J]. Journal of China Coal Society, 2018, 43(4): 1052-1057.
- [7] 张俭让, 张荃, 董丁稳, 等. 掘进巷道油型气扩散规律数值模拟[J]. 西安科技大学学报, 2015, 35(3): 307-312.
Zhang Jianrang, Zhang Quan, Dong Dingwen, et al. Numerical simulation of oil-type gas diffusion regularities in roadway excavation[J]. Journal of Xi'an University of Science and Technology, 2015, 35(3): 307-312.
- [8] 司俊鸿, 许敏, 郑凯凯, 等. 黄陵矿区瓦斯—油型气混合气体爆炸特性及预警技术研究[J]. 煤炭科学技术, 2019, 47(8): 251-256.
Si Junhong, Xu Min, Zheng Kaikai, et al. Characteristics and early warning technology for gas-oil explosion in Huanglong Mining Area[J]. Coal Science and Technology, 2019, 47(8): 251-256.
- [9] 屈红军, 杨县超, 曹金舟, 等. 鄂尔多斯盆地上三叠统延长组深层油气聚集规律[J]. 石油学报, 2011, 32(2): 243-248.
Qu Hongjun, Yang Xianchao, Cao Jinzhou, et al. Oil accumulation rules in deep zones of upper triassic Yanchang Formation in Ordos Basin[J]. Acta Petrolei Sinica, 2011, 32(2): 243-248.
- [10] 任战利, 于强, 崔军平, 等. 鄂尔多斯盆地热演化史及其对油气的控制作用[J]. 地学前缘, 2017, 24(3): 137-148.
Ren Zhanli, Yu Qiang, Cui Junping, et al. Thermal history and its controls on oil and gas of the Ordos Basin[J]. Earth Science Frontiers, 2017, 24(3): 137-148.
- [11] 李荣西, 段立志, 张少妮, 等. 鄂尔多斯盆地低渗油气藏形成研究现状与展望[J]. 地球科学与环境学报, 2011, 33(4): 364-372.
Li Rongxi, Duan Lizhi, Zhang Shaoni, et al. Review on oil/gas accumulation with low preliminary in Ordos Basin[J]. Journal of Earth Sciences and Environment, 2011, 33(4): 364-372.

(下转第 88 页)

硫、中灰煤。煤质分析成果详见表 1。该区主采 2 号煤为气煤及焦煤,可用于炼焦配煤,也可作为动力或民用燃料用煤。

表 1 煤质分析成果统计

Tab. 1 Statistics of coal quality analysis results

煤层名称	$A_d/\%$	$V_{daf}/\%$	$S_{t,d}/\%$	$Q/(MJ\cdot kg)$	Y/mm	煤类
2 号煤	10.97	38.80	0.48	34.03	15.1	气煤
9 号煤	17.30	38.81	3.83	34.09	29.7	气肥煤

4 煤的可选性

2 号煤与 9 号煤皆为易选煤,但 9 号煤的可选性优于 2 号煤。9 号煤的镜质组与半镜质组含量高,达 88.1%,惰质组含量低,只有 10.0%;2 号煤镜质组、半镜质组含量较低,只有 67.6%,但惰质组却达到 26.1%。镜质组、半镜质组分密度较小,惰质组分密度稍大,造成了它们可选性的差异。

5 矿区主要开采煤层的优势

奇胜煤矿的商品煤有 3 大优势:①质量优势。区内主要开采的 2 号煤发热量高,洗精煤灰分低,平均灰分 6.56%。当精煤灰分为 9% 时,原煤易洗,精煤回收率高,低温干馏时焦油产率高。②环保优势。2 号煤硫分特低,最近几年商品煤硫分只有 0.2%~0.3%,燃烧、炼焦、气化、干馏不腐蚀设备,不污染环境,属于绿色煤炭,对企业的可持续发展具有重要的战略意义。③地理优势。奇胜矿位于华北地区中部,紧临工业发达的华东地区,煤炭运输距离短,运费低。

6 结语

2 号和 9 号煤层为奇胜煤矿分布的 2 个稳定厚煤层,平均厚度分别为 4.08、4.24 m。鉴于煤层的物理化学性质,2 号煤属特低硫、低灰、易选的气煤,9 号煤属高硫、中灰、易选的气肥煤。其中 2 号煤为矿区的主采煤层,具有质量高、污染低、地理位置好的优势,可用于炼焦配煤,也可作为动力或民用燃料用煤。

参考文献(References):

- [1] 武晶. 河北煤炭工业遗产开发利用研究[J]. 中国煤炭, 2015, 41(10): 24-27.
Wu Jing. Study on exploitation and utilization of the coal industrial heritage in Hebei Province[J]. China Coal, 2015, 41(10): 24-27.
- [2] 马吉群, 李彦敏, 杨广田. 河北省石炭二叠纪聚煤环境和聚煤规律[J]. 煤田地质与勘探, 1989, 2(6): 4-8.
Ma Jiqun, Li Yanmin, Yang Guangtian. Carboniferous Permian coal accumulation environment and coal accumulation law in Hebei Province[J]. Coal Geology & Exploration, 1989, 2(6): 4-8.
- [3] 赵克明. 邢北深部勘查区低角度正断层成因浅析[J]. 中国煤炭地质, 2009, 21(7): 10-11, 18.
Zhao Keming. Low angle normal fault genetic analysis in Xingbei deep part exploration area[J]. Coal Geology of China, 2009, 21(7): 10-11, 18.
- [4] 张路锁, 占文峰, 曹代勇. 太行山东麓含煤区构造特征与深部找煤方向[J]. 中国煤炭地质, 2008, 20(10): 22-24, 30.
Zhang Lusuo, Zhan Wenfeng, Cao Daiyong. Structural characteristics and deep part look for coal orientation in eastern Taihang Mountains foot coal-bearing zone[J]. Coal Geology of China, 2008, 20(10): 22-24, 30.
- [5] 学—中国地质大学学报, 2004, 29(4): 483-488.
Chen Dongxia, Pang Xiongqi, Zhang Jun, et al. Accumulation and filling mechanism of lenticular sandbody reservoirs[J]. Earth Science-Journal of China University of Geosciences, 2004, 29(4): 483-488.
- [6] 姚泾利, 徐丽, 邢蓝田, 等. 鄂尔多斯盆地延长组长 7 和长 8 油层组流体过剩压力特征与油气运移研究[J]. 天然气地球科学, 2015, 26(12): 2219-2226.
Yao Jingli, Xu Li, Xing Lantian, et al. Fluid overpressure and oil migration in Chang 7 and Chang 8 subsections of Yanchang Formation in Ordos Basin[J]. Natural Gas Geoscience, 2015, 26(12): 2219-2226.
- [7] 赵文智, 邹才能, 谷志东, 等. 砂岩透镜体油气成藏机理初探[J]. 石油勘探与开发, 2007, 34(6): 273-284.
Zhao Wenzhi, Zou Caineng, Gu Zhidong, et al. Preliminary discussion on accumulation mechanism of sand lens reservoirs[J]. Petroleum Exploration and Development, 2007, 34(6): 273-284.
- [8] 陈冬霞, 庞雄奇, 张俊, 等. 砂岩透镜体成藏机理[J]. 地球科学—中国地质大学学报, 2004, 29(4): 483-488.
- [9] 陈晓磊, 刘鑫, 陈振波, 等. 鄂尔多斯盆地东南部黄陵地区延长组裂缝特征及形成期次探讨[J]. 科学技术与工程, 2015, 19(7): 10-14.
Zhang Xiaolei, Liu Xin, Chen Zhenbo, et al. Fracture characteristics and stages of Yanchang Formation in Huangling area of South-eastern Ordos Basin[J]. Science Technology and Engineering, 2015, 19(7): 10-14.
- [10] 钱鸣高, 石平五, 许家林. 矿山压力与岩层控制[M]. 徐州: 中国矿业大学出版社, 2010.