

文章编号: 1001-1986(2016)01-0123-05

新景煤矿3号煤层煤体结构测井曲线判识及其分布规律

张坤鹏^{1,2}, 姜波¹, 李明¹, 刘杰刚¹, 李磊¹, 李佩¹

(1. 中国矿业大学资源与地球科学学院, 江苏 徐州 221116;

2. 江苏省核工业二七二地质大队, 江苏 南京 211102)

摘要: 在对井下不同结构煤体变形及分布特征观测分析的基础上, 结合其在测井曲线上的响应特征, 对新景煤矿3号煤层不同煤体结构进行了判识和划分。结果表明, 新景煤矿3号煤层煤体结构以I类煤和II类煤为主, III类煤局部发育。煤体结构破坏程度严重的煤主要分布在不同期次构造叠加区域以及背、向斜的轴部, 小断层附近也可见到; 煤体结构破坏程度弱的煤主要分布在煤层产状平缓以及褶曲翼部地区。

关键词: 新景煤矿; 煤体结构; 测井曲线; 分布规律; 成因机制

中图分类号: P631.8 **文献标识码:** A **DOI:** 10.3969/j.issn.1001-1986.2016.01.024

Identification and distribution of structure of seam No.3 in Xinjing Mine on the basis of well logs

ZHANG Kunpeng^{1,2}, JIANG Bo¹, LI Ming¹, LIU Jiegang¹, LI Lei¹, LI Pei¹

(1. School of Resources and Earth Science, China University of Mining and Technology, Xuzhou 221116, China;

2. Key Laboratory of CBM Resources and Reservoir Formation Process, Ministry of Education, Nanjing 211102, China)

Abstract: Based on observation and analysis of deformation and distribution of different coal structure, combined with different response characteristics of different coal structure on logs, this paper identifies and divides different coal structures of seam No.3 in Xinjing Mine. The results show that structures of seam No.3 are primarily of coal of class I and class II, and locally coal of class III develops. The coal structure which has been seriously destroyed mostly develops in the superposition area of tectonic movements of different periods, axis of anticline and syncline, small faults also can be seen in the vicinity. Coal structures suffering minor damage are mainly located in the area with seams of gentle occurrence and wings of folds.

Key words: Xinjing Mine; coal structure; well logs; distribution law; genetic mechanism

原生煤体经受不同程度的应力变形后, 物理化学性质发生改变, 称之为构造煤^[1]。由于所遭受应力变形作用的类型、强度不同, 构造煤变形程度有强弱之分^[2]。变形较弱的碎裂煤类构造煤发育区是煤层气勘探的有利区块^[3]。变形强烈构造煤煤质松软易碎, 瓦斯吸附能力较强, 孔隙度相对降低, 煤层渗透率随之大幅度降低, 从而容易造成瓦斯富集, 引发煤与瓦斯突出^[1]。因此, 煤体结构是煤层气开发和煤与瓦斯突出防治的重要研究内容之一^[4]。

由于受到岩心完整程度和数量的限制, 钻井取心识别煤体结构较为困难。国内学者^[5-10]在利用测井曲线判识煤体结构方面做了大量的研究工作, 认

为电阻率、密度(伽马伽马)、自然伽马、井径、自然电位和声波时差等测井曲线对不同煤体结构类型响应特征明显。龙王寅等^[5]将实地观测的煤体结构与邻近钻孔测井曲线进行对比, 总结了不同煤体结构的测井曲线响应特征, 并分析了有可能对测井曲线变化造成影响的其他因素。傅雪海等^[8]总结了利用测井曲线判识煤体结构的步骤和方法; 利用聚类分析将两淮煤田各矿井煤体结构划分为原生结构-碎裂煤, 碎斑煤和糜棱煤。陈跃等^[9]对不同煤体结构煤层在不同方向扩径特征进行了对比分析, 在煤体结构分层划分方面取得了较好的效果。但是不同区域的不同煤层由于物质来源、沉积环境等差异具

收稿日期: 2014-10-03

基金项目: 国家科技重大专项(2011ZX05034); 国家自然科学基金项目(41430317; 41402136)

Foundation item: National Science and Technology Major Project(2011ZX05034); National Natural Science Foundation of China(41430317; 41402136)

作者简介: 张坤鹏(1990—), 男, 河南商丘人, 硕士, 从事瓦斯地质研究工作, E-mail: nightexplorer@163.com

引用格式: 张坤鹏, 姜波, 李明, 等. 新景煤矿3号煤层煤体结构测井曲线判识及其分布规律[J]. 煤田地质与勘探, 2016, 44(1): 123-127.

ZHANG Kunpeng, JIANG Bo, LI Ming, et al. Identification and distribution of structure of seam No.3 in Xinjing Mine on the basis of well logs[J].

Coal Geology & Exploration, 2016, 44(1): 123-127.

有不同的测井响应特征。本文针对新景煤矿 3 号煤层不同煤体结构建立了特定的测井响应特征组合,利用丰富的测井信息判识其煤体结构分布规律,并结合区域构造运动和井田构造特征探讨了其成因机制。对于新景煤矿煤与瓦斯突出防治以及构造煤成因研究具有一定的现实意义。

1 地质背景

新景煤矿隶属于阳泉矿区,阳泉矿区位于沁水盆地的东北缘,矿区煤系形成以后主要经历了印支、燕山和喜马拉雅多期次不同性质构造运动的改造,其中以燕山期 NW-SEE 向挤压作用最为强烈,对研究区主体构造的形成具有重要控制作用,并在一定程度上改造了煤层赋存状态和煤体结构。新景煤矿构造特征与整个矿区相近,主要为一走向 NW,倾向 SW 的单斜构造,地层倾角 $5^{\circ}\sim 11^{\circ}$,被次一级较为发育的 NE-NNE 向褶曲复杂化(图 1);次级褶皱剖面上多以上部开阔平缓,下部中常或较紧闭的直立褶曲为主,不同时期的褶曲相互叠加形成穹窿或鞍状等构造;区内大型断裂构造不发育,层间小断裂常见,走向以 NW 向为主,落差一般小于 5 m。2005 年经煤炭科学研究总院抚顺研究院鉴定,新景煤矿 3 号煤层为突出煤层,矿井为突出矿井,瓦斯突出防治成为了制约矿井安全生产和经济效益的突出问题。

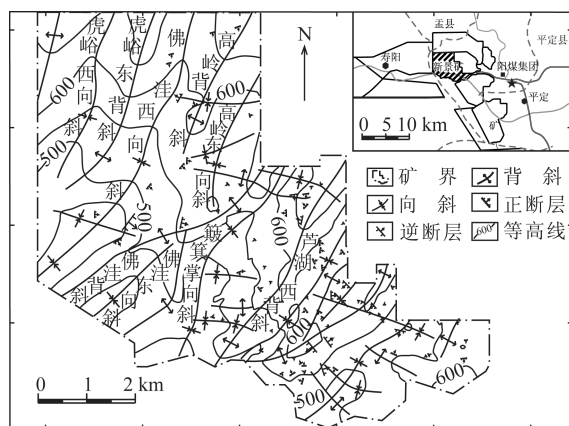


图 1 新景煤矿 3 号煤层底板等高线及构造纲要图

Fig.1 Structural outline and floor contour of seam No.3 in Xinjing coal mine

2 不同结构煤体的判识

2.1 不同结构煤体的测井响应特征

测井曲线受多种因素的影响,对于不同区域的不同煤层测井曲线响应特征具有差异性,因此需要建立针对研究区的测井曲线响应组合来判识该区煤体结构。同一井田范围内特定煤层的沉积环境、

物质来源等基本一致,宏观、微观煤岩组成及物性等也相近,因此,同一煤层的不同物性参数曲线,在一定的区域范围内有着各自相类似的基本形态特征^[8]。

煤田勘探较常用的测井曲线包括电阻率、自然电位、伽马-伽马(密度)、自然伽马以及井径测井等,对于不同结构煤体物性差异反映明显的主要是电阻率曲线、伽马-伽马(密度)曲线和自然伽马曲线。前人研究表明构造煤受到应力作用,煤体结构遭受破坏,大量的自由基和小分子与煤中水分子共同作用,使煤的电阻率降低,破坏程度越大,煤体电阻率越低^[9];随煤体破坏程度的增加,孔隙、裂隙发育,密度降低,伽马-伽马曲线反映明显;单位体积内放射性物质含量减少,自然伽马表现为低异常^[8];煤层中央矸层的出现会使得电阻率曲线和伽马-伽马曲线均呈现低幅值^[6]。

2.2 煤体结构的识别方法

在掌握研究区内煤层原生结构煤的地球物理性质及其各测井参数曲线幅值变化和基本形态特征的基础上,了解所研究的煤层测井参数曲线幅值和基本形态在区域上及层域上的变化规律。

首先依据测井曲线识别的精确度以及实际工作的需要将煤体结构类型按照破坏程度划分为三大类:Ⅰ类煤原生结构保存较好,基本未遭受构造应力破坏,煤质较为坚硬,裂隙发育较为稀疏且延伸性差;Ⅱ类煤原生结构遭到破坏,裂隙较为发育,煤质相对较硬,容易破碎成较小块体;Ⅲ类煤遭受强烈构造应力破坏,原生结构基本不可见,煤质松软易碎,手捏呈碎粒、碎粉状,常可见到韧性变形的形迹。对已采区煤壁进行观察、描述和编录,按照不同煤体结构类型将煤层在垂向上进行分层、定厚。

其次选择 1:50 的测井曲线,对煤层按 1 m 或 0.5 m 的间隔采集一组测井响应值,将收集到的测井数据进行归一化处理,利用聚类分析法对处理后数据进行煤体结构类型的划分,总结各结构类型煤的测井曲线响应特征。

对于新景煤矿 3 号煤层煤体结构测井曲线响应特征总结如下:

Ⅰ类煤:视电阻率曲线最大幅值可达 $1\ 032\ \Omega\cdot m$,基本集中在 $300\sim 800\ \Omega\cdot m$,曲线较为陡直,峰顶平滑且对称,呈现柱状形态;密度曲线峰顶平直略有起伏(图 2a)。Ⅱ类煤:视电阻率曲线幅值集中在 $150\sim 300\ \Omega\cdot m$,最大值不超过 $500\ \Omega\cdot m$,相对Ⅰ类煤幅值降低,峰顶为微弱的波浪状起伏;密度曲线较原生

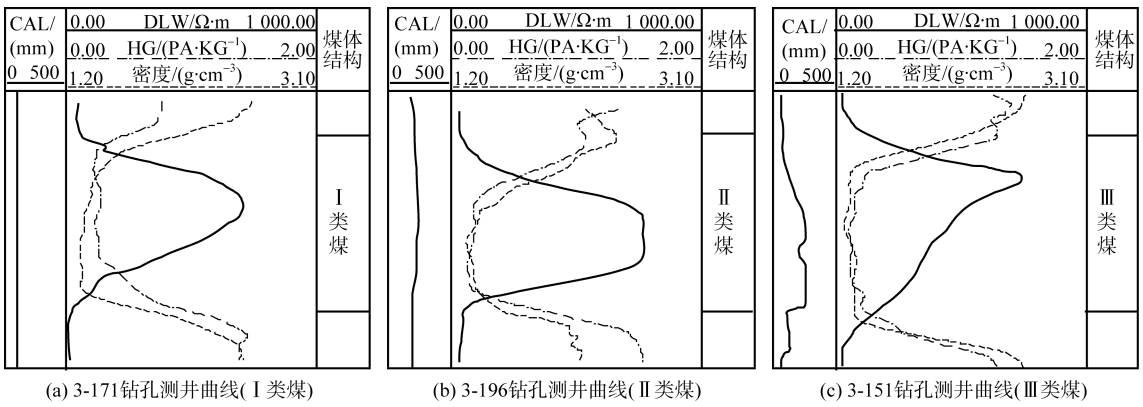


图 2 不同煤体结构测井曲线特征

Fig.2 Characteristics of different coal structure on logs

结构煤略有降低；井径测井出现扩径但不明显(图 2b)。III 类煤：视电阻率曲线幅值整体明显降低，基本小于 $150\ \Omega\cdot\text{m}$ ，峰顶常常出现起伏，曲线形态变化不稳定；密度曲线出现低异常；井径测井曲线有明显的扩径现象(图 2c)。3 号煤层中上部稳定发育有一层夹矸，范围较广，测井曲线反应为电阻率低异常，自然伽马曲线和密度曲线高异常。

对于每个钻孔的测井曲线，首先看的是电阻率值的大小以及变化幅度，对其煤体类型进行分类，其次参考密度曲线和自然伽马曲线的幅值变化。对于电阻率曲线变化不明显，但是其他两条曲线变化较为明显也可进行煤体结构的划分。对于所要分析的层点测井曲线，如若整体为 I 类煤，主要测井曲线在局部发生明显变化，但是幅度不大者定为 II 类煤分层，幅度变化较大则定为 III 类煤分层。

2.3 煤体结构类型的分层定厚

对于煤体结构类型的分层定厚应在反映较为明显的主要测井参数曲线上进行，结合相关参数曲线的幅值变化情况，以发生变化的始、末点作为分界点，两点之间的煤厚即为该类型煤的分层厚度。

3-153 钻孔电阻率参数曲线(图 3a)整体幅值较大，峰顶最大值达到 $705\ \Omega\cdot\text{m}$ ，煤层上部出现电阻率低异常和自然伽马高异常，判定为灰分较高的夹矸层；煤层的中下部电阻率低异常，幅度不大，密度曲线呈现对应的低异常，判识为 II 类过渡结构煤；其余部分判定为 I 类煤分层。3-172 钻孔电阻率参数曲线(图 3b)整体幅值中等，峰顶最大值为 $380\ \Omega\cdot\text{m}$ ，上部煤层判识 II 类过渡结构煤；煤层中下部分电阻率出现幅度较大的低异常，密度曲线也发生了相应的低异常变化，判识为破坏严重的 III 类煤分层。对于同一钻孔出现不同煤体结构类型，若 III 类煤分层厚度超过 $0.5\ \text{m}$ ，则定为 III 类煤类型钻孔。其余钻孔按照分层厚度超过煤层总厚度 50% 的煤体结构代表

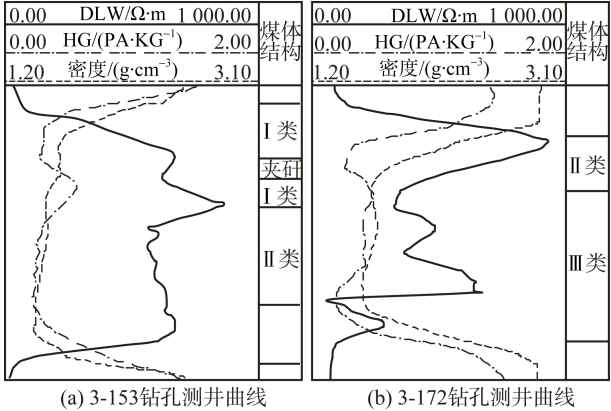


图 3 煤体结构分层定厚实例

Fig.3 Stratification of different coal structure

该钻孔的煤体结构类型。根据测井资料对 3 号煤层煤体结构进行划分和部分钻孔分层定厚结果见表 1。

3 不同结构煤体分布特征

作为新景煤矿主采的 3 号煤层，属于高变质无烟煤，煤层顶板岩性变化十分频繁，但封闭性良好^[11]。井田整体瓦斯含量较大，平均瓦斯含量为 $10.39\ \text{m}^3/\text{t}$ 。通过对矿井已采区煤体结构观察和样品采集(图 4)，发现保安区南部采区煤层轨道巷、南二、南四正副巷道煤层节理发育较为紊乱，煤体松软、破碎，采取的煤样 X1-X11 和 X147-X170，属于破坏严重的 III 类结构煤，与附近钻孔 3-99、3-136 判识一致。该区位于 NNE 向高岭背斜与 NEE 向褶曲叠加处或附近。二采区北部 7024 工作面位于背、向斜过渡翼部，煤体结构破坏程度较弱，采取的煤样 X173-X184 属于 I 类结构煤。

根据井下煤体结构的系统观察，结合矿井地质资料分析可知，新景煤矿强烈破坏的构造煤只是局部发育，因此对于发育 III 类煤的钻孔控制的范围是有限的。依据以上测井参数曲线特征和分层定厚原则，对新景煤矿 3 号煤层 112 个钻孔进行了煤体结

表 1 3 号煤层煤体结构分层厚度统计(不含夹矸层)
Table 1 Statistics of thickness of coal structure in seam No.3 (parting not included)

钻孔 名称	厚度/m			钻孔 类型		钻孔 名称	厚度/m			钻孔 类型
	I 类煤	II 类煤	III 类煤				I 类煤	II 类煤	III 类煤	
3-28	0.93	1.82		II		3-35			2.72	III
3-45		2.21		II		3-52	2.44			I
3-70	0.74	1.88		II		3-75	2.75			I
3-92		0.67	1.58	III		3-95	1.35	1.07		I
3-108	2.38			I		3-122	0.94	1.89		II
3-129	0.83	1.60		II		3-130	2.06	0.50		I
3-133	2.15			I		3-134	1.86	1.16		I
3-136	1.00	1.48		III		3-137		0.98	1.42	III
3-141	1.80	0.21	0.50	III		3-146	0.94	1.35		II
3-147	1.56	0.65		I		3-149	0.79	1.31		II
3-151			2.15	III		3-152	1.05	1.20		II
3-153	0.83	1.64		II		3-154		0.98	1.22	III
3-155		1.02	1.13	III		3-157		1.37	1.20	III
3-160	2.61	1.60		I		3-171	1.90			I
3-172		0.49	1.32	III		3-186		1.91		II
3-196		1.7		II		3-213		0.61	0.79	III

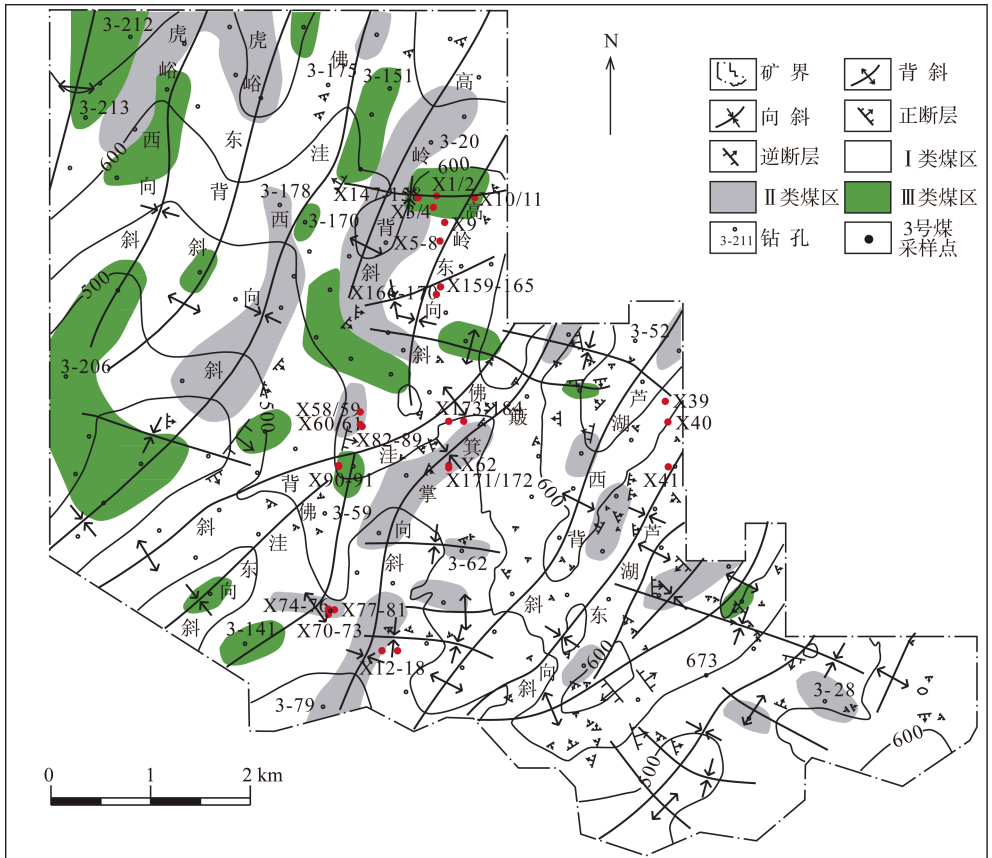


图 4 3 号煤层煤体结构平面分布
Fig.4 Planar distribution of coal structures in seam No.3

构类型划分，平面分布如图 4 所示。

3 号煤层在研究区内均有分布，厚度 1.00~4.32 m。井田中西部的卢北区煤层厚度较大；保安区西部和井田西北部煤层厚度较小，含有 1~3 层夹矸。从图 4 可以看出，3 号煤层煤体结构以 I 类煤和 II 类煤为主，III 类煤局部发育，且 II、III 类煤主要沿褶曲轴部以及不同方向褶曲叠加破坏地区分布。III 类煤多发育在向斜轴部以及不同方向褶曲叠加破坏区域，发育具有一定的连续性。例如：矿井西南部佛洼西向斜与虎峪西向斜尾端交汇，造成附近 3-184、3-185、3-187、3-188、3-204、3-206 钻孔 III 类煤层厚度较大或者全层破坏严重。还有少部分 III 类煤发育在背斜轴以及小断层附近，呈现孤立状分布，连续性较差，例如虎峪东背斜轴部地区。类过渡

结构煤分布范围较广, 且连续性较好, 多沿褶曲轴部呈条带状展布, 例如佛洼西向斜中部、高岭背斜北部以及簸箕掌向斜周边地区均发育条带状 类过渡结构煤。

4 煤体变形的构造控制

深化构造煤的成因研究是构造煤研究的基础。通过开展区域构造控制下不同成因、不同类型构造及构造群落对构造煤形成的控制作用, 建立构造煤的控制模式, 是今后构造煤研究的核心^[12]。煤层形成以后, 煤体结构的破坏程度与构造应力作用密切相关; 不同煤体结构煤的分布明显受到构造作用的控制。

阳泉矿区煤系主要经历了印支期、燕山期和喜马拉雅期构造运动, 其中以燕山期 NWW-SEE 向挤压运动最为强烈, 形成了 NE-NNE 方向背斜、向斜相间发育的褶皱呈斜列式、并列式组合, 为区内的主要构造形态, 局部与印支期形成的 NW-NWW 向褶皱发生叠加, 形成穹窿和鞍状构造的不均一分布。喜马拉雅期区域构造应力场转变为 NNE-SSW 向挤压, 形成了较多的 NW-NWW 向小型逆断层。

由于研究区内大断裂构造不发育, 小断裂对煤体结构的影响范围较小, 所以褶皱构造控制着区内煤体结构的分布。不同构造对煤体的破坏程度不同, 不同方向褶皱叠加地区受到多期次构造应力作用, 煤体结构破坏严重, 多形成碎粉煤和糜棱煤, 例如佛洼西向斜、虎峪西向斜南部尾端与 NW-NWW 向的向斜叠加破坏, 造成该区附近煤体结构破坏严重且范围较广; 向斜轴部埋藏深度较大, 挤压作用强烈, 煤体结构以碎粒、碎粉为主, 例如虎峪西向斜北端、高岭东向斜北端、佛洼东向斜等地煤体结构破坏程度高; 背斜轴部埋藏深度小, 挤压作用相对较弱, 多形成 II 类过渡结构煤, 例如高岭背斜和虎峪东背斜的北端; 在煤层产状平缓以及背、向斜的翼部煤体以原生结构煤和碎裂煤为主。

5 结 语

a. 通过测井曲线的解释与识别, 将新景煤矿 3 号煤层划分为 3 种不同煤体结构类型, I 类煤体结构煤电阻率幅值较大, 集中在 $300\sim 800\ \Omega\cdot\text{m}$, 曲线较为陡直, 峰顶平滑对称, 基本不发生扩径现象; II 类煤体结构煤电阻率幅值略有降低, 集中在 $150\sim 300\ \Omega\cdot\text{m}$, 最大不超过 $500\ \Omega\cdot\text{m}$, 峰顶略有波浪状起伏, 密度相对降低, 且出现轻微扩径现象; III 类

煤体结构煤电阻率幅值较小, 集中在 $150\ \Omega\cdot\text{m}$ 以下, 峰顶起伏变化明显, 密度曲线低异常, 出现严重扩径现象。

b. 新景煤矿 3 号煤层煤体结构破坏程度中等, I 类煤和 II 类煤分布范围较广, III 类煤局部发育。煤体结构分布的构造控制作用明显, II 类煤和 III 类煤主要分布在不同期次构造叠加区域以及背、向斜的轴部, 小断层附近也可见到; I 类煤主要分布在煤层产状平缓以及背、向斜的翼部。

参考文献

- [1] 姜波, 据宜文. 构造煤结构及其储层物性特征[J]. 天然气工业, 2004, 24(5): 27-29.
JIANG Bo, JU Yiwen. Tectonic coal structure and its petrophysical features[J]. Natural Gas Industry, 2004, 24(5): 27-29.
- [2] 据宜文, 姜波, 侯泉林, 等. 构造煤结构-成因新分类及其地质意义[J]. 煤炭学报, 2004, 29(5): 513-517.
JU Yiwen, JIANG Bo, HOU Quanlin, et al. The new structure-genetic classification system in tectonically deformed coals and its geological significance[J]. Journal of China coal Society, 2004, 29(5): 513-517.
- [3] 陈玮胤, 姜波, 屈争辉, 等. 碎裂煤显微裂隙分形结构及其孔渗特征[J]. 煤田地质与勘探, 2012, 40(2): 31-34.
CHEN Weiyin, JIANG Bo, QU Zhenghui, et al. Fractal structure of microfractures and characteristics of porosity and permeability in cataclastic coals[J]. Coal Geology & Exploration, 2012, 40(2): 31-34.
- [4] 侯泉林, 李会军, 范俊佳, 等. 构造煤结构与煤层气赋存研究进展[J]. 中国科学: 地球科学, 2012, 42(10): 1487-1495.
HOU Quanlin, LI Huijun, FAN Junjia, et al. Structure and coalbed methane occurrence in tectonically deformed coals[J]. Science China: Earth Science, 2012, 42(10): 1487-1495.
- [5] 龙王寅, 朱文伟, 徐静, 等. 利用测井曲线判识煤体结构探讨[J]. 中国煤田地质, 1999, 11(3): 64-69.
LONG Wangyin, ZHU Wenwei, XU Jing, et al. The discussion of classification of coalbody structure with log curves[J]. Coal Geology of China, 1999, 11(3): 64-69.
- [6] 严家平, 王定武. 利用测井曲线判别煤的破坏类型及意义[J]. 东北煤炭技术, 1999(3): 50-53.
YAN Jiaping, WANG Dingwu. Judging damage types of coal by well log[J]. Coal Technology of Northeast China, 1999(3): 50-53.
- [7] 张玉贵, 樊孝敏, 王世国. 测井曲线在研究构造煤中的应用[J]. 焦作矿业学报, 1995, 14(1): 76-78.
ZHANG Yugui, PAN Xiaomin, WANG Shiguo. Application of logging curve in the study of tectonic coal[J]. Journal of Jiaozuo Mining Institute, 1995, 14(1): 76-78.

5 结 语

煤矿坑道钻机用 BLY 260/9 型履带式全液压泥浆泵车采用整体履带式结构, 将钻机配套用附属装置集成到有动力、可自主行走的履带平台上, 填补了我国煤矿坑道钻机配套用泥浆泵车的空白。

现场试验表明, BLY 260/9 型泥浆泵车配套坑道钻机尤其是定向钻机, 可以显著提高瓦斯抽采钻孔施工综合施工效率, 人员劳动强度和作业安全性明显改善。该泥浆泵车具有大流量、高压、高度的集成性、履带行走及配套附属设备, 能有效提高作业安全和便捷性, 符合人机工程学等特点, 对瓦斯抽采钻孔设备的推广有一定的促进作用。

参考文献

- [1] 崔兆华. 2001—2008 年我国煤矿瓦斯事故统计及原因分析[J]. 科技情报开发与经济, 2009, 19(21): 139-140.
CUI Zhaohua. Statistics on the data of coal mine gas accidents in our country between year 2001-2008 and causal analysis[J]. Sci-Tech Information Development & Economy, 2009, 19(21): 139-140.
- [2] 石智军, 胡少韵, 姚宁平, 等. 煤矿井下瓦斯抽采(放)钻孔施工新技术[M]. 北京: 煤炭工业出版社, 2008: 16-40.
- [3] 申宝宏, 刘见中, 张泓. 我国煤矿瓦斯治理的技术对策[J]. 煤炭学报, 2007, 32(7): 673-679.
SHEN Baohong, LIU Jianzhong, ZHANG Hong. The technical measures of gas control in China coal mines[J]. Journal of China Coal Society, 2007, 32(7): 673-679.
- [4] 程健平, 付建华, 俞启香. 中国煤矿瓦斯抽采技术的发展[J]. 采矿与安全工程学报, 2009, 26(2): 5-17.
CHENG Jianping, FU Jianhua, YU Qixiang. Development of gas extraction technology in coal mines of China[J]. Journal of Mining & Safety Engineering, 2009, 26(2): 5-17.
- [5] 李栋. 基于模糊理论的煤矿坑道钻机可靠性预测[J]. 煤矿安全, 2011, 42(9): 163-165.
LI Dong. Reliability prediction based on fuzzy theory about coal mine tunnel rig[J]. Safety in Coal Mines, 2011, 42(9): 163-165.
- [6] 武汉地质学院. 岩心钻探设备及设计原理[M]. 北京: 地质出版社, 1980: 311-312.
- [7] 姚志功. 定向钻进用中压大流量泥浆泵动力端的设计与仿真[D]. 武汉: 中国地质大学, 2008: 7-11.
- [8] 姚克, 李栋, 石智军, 等. 煤矿井下定向钻进用全液压履带泵车: 103334696 A [P]. 2013-10-2.
YAO Ke, LI Dong, SHI Zhijun, et al. Full-hydraulic crawler pump truck for coal mine underground directional drilling: 103334696 A [P]. 2013-10-2.
- [9] 方鹏, 田宏亮, 邬迪, 等. ZDY6000LD(A)型履带式全液压定向钻机及其应用[J]. 煤田地质与勘探, 2011, 39(4): 74-77.
FANG Peng, TIAN Hongliang, WU Di, et al. Development and application of the track-mounted ZDY6000LD(A) hydraulic directional drilling rig[J]. Coal Geology & Exploration, 2011, 39(4): 74-77.
- [10] 石智军, 董书宁, 姚宁平, 等. 煤矿井下近水平随钻测量定向钻进技术与装备[J]. 煤炭科学技术, 2013, 41(3): 74-77.
SHI Zhijun, DONG Shuning, YAO Ningping, et al. Technology and equipment of horizontal measuring directional drilling in underground coal mine[J]. Coal Science & Technology, 2013, 41(3): 74-77.

(责任编辑 聂爱兰)

(上接第 127 页)

- [8] 傅雪海, 姜波, 秦勇, 等. 用测井曲线划分煤体结构和预测煤储层的渗透率[J]. 测井技术, 2003, 27(2): 140-143.
FU Xuehai, JIANG Bo, QIN Yong, et al. Classification of coalbody structure and prediction of coal reservoir permeability with log curves[J]. Well Logging Technology, 2003, 27(2): 140-143.
- [9] 陈跃, 汤达祯, 许浩, 等. 基于测井信息的韩城地区煤体结构的分布规律[J]. 煤炭学报, 2013, 38(8): 1435-1442.
CHEN Yue, TANG Dazhen, XU Hao, et al. The distribution of coal structure in Hancheng based on well logging data[J]. Journal of China Coal Society, 2013, 38(8): 1435-1442.
- [10] 孙四清, 陈志胜, 韩保山, 等. 测井曲线识别构造软煤技术预测煤与瓦斯突出[J]. 煤田地质与勘探, 2006, 34(4): 65-68.
SUN Siqing, CHEN Zhisheng, HAN Baoshan, et al. Technology of identifying deformed soft coal using well log: an approach to the regional prediction of coal and gas outburst in coal mine[J]. Coal Geology & Exploration, 2006, 34(4): 65-68.
- [11] 刘最亮, 胡敏. 阳泉新景矿 3_下砂体厚度对 3 号煤层瓦斯涌出量的控制作用[J]. 中国煤炭地质, 2012, 24(9): 25-27.
LIU Zuiliang, HU Min. Control function of sand body thickness on No.3 coal seam gas emission in Xinjing Coalmine, Yangquan[J]. Coal Geology of China, 2012, 24(9): 25-27.
- [12] 王恩营, 殷秋朝, 李丰良. 构造煤的研究现状与发展趋势[J]. 河南理工大学学报(自然科学版), 2008, 27(3): 278-281.
WANG Enying, YIN Qiuchao, LI Fengliang. Research state and its development trends of structure coal[J]. Journal of Henan Polytechnic University (Natural Science Edition), 2008, 27(3): 278-281.

(责任编辑 聂爱兰)