

文章编号: 0253-9993(2012)08-1315-05

基于上覆基岩特征的赵固一矿井田煤层 瓦斯富集区的判识方法

魏国营^{1,2}, 门金龙¹, 贾安立³, 贾天让^{1,2}

(1. 河南理工大学 安全科学与工程学院, 河南 焦作 454003; 2. 河南省瓦斯地质与瓦斯治理重点实验室——省部共建国家重点实验室培育基地, 河南 焦作 454003; 3. 焦作煤业集团赵固(新乡)能源有限责任公司, 河南 新乡 453634)

摘要: 为了有效控制瓦斯矿井煤层瓦斯赋存的不均衡性, 提出了煤矿煤层瓦斯富集区概念, 给出了煤矿瓦斯富集区的一般特征, 并基于赵固一矿井田具体地质条件, 通过对其瓦斯地质特征的讨论, 分析了厚黄土薄基岩煤层瓦斯富集区形成机理, 确定了根据上覆基岩特征识别煤层瓦斯富集区的方法。以上覆基岩特征为判识标准, 对赵固一矿井田煤层瓦斯富集区进行了初步的判识, 井田煤层上覆基岩厚度 > 50 m 且煤层上覆基岩梯度 > 0.06 或煤层上覆基岩厚度 > 150 m 的区域为煤层瓦斯富集区, 井田内煤炭开采验证了煤层瓦斯富集区识别与实际瓦斯赋存的一致性。

关键词: 瓦斯富集区; 瓦斯地质; 基岩特征; 瓦斯含量

中图分类号: TD712.54 **文献标志码:** A

Gas enrichment area identification methods by the overlying bedrock characteristic for Zhaogu No. 1 Coal Mine

WEI Guo-ying^{1,2}, MEN Jin-long¹, JIA An-li³, JIA Tian-rang^{1,2}

(1. College of Safety Science and Engineering, Henan Polytechnic University, Jiaozuo 454003, China; 2. State Key Laboratory Cultivation Base for Gas Geology and Gas Control (Henan Polytechnic University), Jiaozuo 454003, China; 3. Zhaogu (Xinxiang) Energy Company of Jiaozuo Coal Mining Group, Xinxiang 453634, China)

Abstract: In order to effectively control gas unbalance phenomenon of gas occurrence in coal mine, this paper put forward the concept of gas enrichment area and gave the general characteristics of gas enrichment area. Based on geological condition in Zhaogu No. 1 Coal Mine, the paper discussed the gas geological features and analyzed the formation mechanism of gas enrichment area in the thick loess-thin bedrock coal seam, and then obtained the recognition method of gas enrichment area by the overlying bedrock characteristic of coal seam. On the basis of which, the gas enrichment area of Zhaogu No. 1 Coal Mine was confirmed, that was the bedrock layer thickness greater than 50 m and coal seam overlying bedrock gradient greater than 0.06 or the bedrock layer thickness greater than 150 m area. Coal mining practice verified gas enrichment area identification and actual gas occurrence consistency.

Key words: gas enrichment area; gas geology; bedrock characteristic; gas content

煤层瓦斯是一种气体地质体, 其生成、运移和赋存是由地质作用及构造演化决定的^[1], 煤层瓦斯的赋存特征是煤矿安全开采和瓦斯作为清洁能源开发的重要依据。众多学者对煤层瓦斯赋存特征的影响因素进行了大量研究, 区域地质煤层气藏的储集特

征^[2-4]及储层评价^[5-6]理论研究为煤层气资源工业开发奠定了基础。在煤层气开采领域, 按照地质综合评价和经济评价煤层气富集体(煤层气资源量)^[7], 不同煤矿区瓦斯富集区控制特征迥异, 如层滑构造控制^[8]、构造演化控制瓦斯富集区模式等^[9]; 瓦斯富集

收稿日期: 2012-04-26 责任编辑: 毕永华

基金项目: “十二五”国家科技重大专项课题基金资助项目(2011ZX05040-005)

作者简介: 魏国营(1970—), 男, 河南遂平人, 副教授, 博士。Tel: 0391-3986278, E-mail: wgy@hpu.edu.cn

区识别则采用 AVO、地震反演、三维三分量地震探测等地震勘探技术进行分析预测^[10-12]。尽管煤层瓦斯富集区作为瓦斯赋存的重要特征之一,是直接影响煤矿开采和安全管理的重要因素^[13-16],但是在煤炭安全生产领域对煤层瓦斯富集区进行系统研究甚少。本文从煤矿安全生产视角出发,在定义煤层瓦斯富集区的基础上,分析赵固井田煤层瓦斯赋存特征,提出并确定基岩特征法判识赵固一矿井田二₁煤层瓦斯富集区。

1 煤层瓦斯富集区定义及特征

煤层瓦斯的分布是煤系地层地质作用的结果^[1]。煤层瓦斯的运移,受地质构造、岩浆岩的侵入、围岩透气性、水文地质、煤层埋藏深度和上覆基岩的影响。

在煤炭开采过程中,常遇到以下情形:

- (1) 同一煤层的某一采区的煤层瓦斯含量明显高于相邻采区的煤层瓦斯含量;
- (2) 同一采区的某一工作面的瓦斯含量明显高于毗邻工作面的煤层瓦斯含量;
- (3) 同一工作面的某一区段的瓦斯含量明显高于其它区段的煤层瓦斯含量。

我们把出现上述情形的区域称之为瓦斯富集区。因此煤层瓦斯富集区是指煤矿井田范围内煤层中瓦斯含量较高或局部瓦斯明显高于周围的区域。基于煤矿瓦斯防治相关规定^[17-18],煤层瓦斯含量大于 $8 \text{ m}^3/\text{t}$ 的区域是煤层瓦斯富集区,同标高同一煤层瓦斯含量高于周边 20% 以上的局部区域,也认为是煤层瓦斯富集区。瓦斯富集区是煤矿瓦斯灾害易发、高发地区,是瓦斯事故发生的物质基础。

2 试验矿井煤层瓦斯赋存特征

2.1 矿井概况

赵固一矿井田位于焦作煤田东部,走向长 2.0 ~ 5.5 km,倾向宽 9.5 ~ 11.0 km,含煤面积 43.77 km²。主采二叠系下统山西组二₁煤层,煤层为单一近水平厚煤层,赋存稳定,倾角为 3° ~ 6°,平均煤厚 5.29 m;标高为 -300 ~ -800 m,埋藏深度 410 ~ 860 m。煤质为无烟煤,煤层瓦斯含量 4.8 ~ 17.0 m³/t。立井开拓,盘区分层全部采用垮落法开采。

2.2 煤层上覆地层及其顶底板岩性

新生界覆盖层厚度 410 ~ 518 m,大部分为黏土、粉砂质黏土,其次为中、细砂。煤层顶板基岩保留地层(以下简称基岩)主要为 P_{1x}、P_{1sh} 的砂岩、砂质泥岩地层,大面积为 P_{1sh} 地层,厚度一般大于 30 m。总体

看基岩保留厚度由东向西逐渐增厚,为 10 ~ 300 m,井巷工程揭露情况表明:35 ~ 50 m 多为破碎状态,结构疏松,原岩颜色已改变,呈灰黄或铁锈黄色,形成煤层瓦斯逸散通道,如图 1 所示;厚度超过 50 m 的基本保持原岩特征。



图 1 直接顶结构

Fig. 1 Immediate roof structure

二₁煤层伪顶主要为 0.3 ~ 0.5 m 的泥岩、炭质泥岩,零星分布。直接顶板厚度一般 3 ~ 6 m;基本顶多为厚度 8 ~ 12 m 的粗、中、细粒砂岩(大占砂岩),局部相变为砂质泥岩,岩块坚硬,稳定性较好。

基本顶大占砂岩厚度 4.36 ~ 13.00 m,平均为 7.00 m 左右,岩块强度较高,高角度各向节理、裂隙发育(图 2)。其上的岩层以砂质泥岩为主,局部演变为粉砂岩,其中夹 1 ~ 3 层中砂岩。

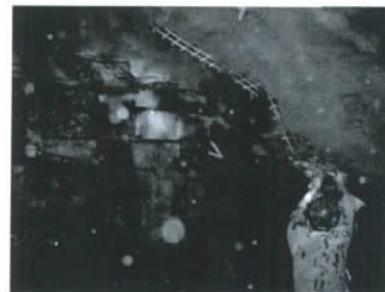


图 2 基本顶大占砂岩结构

Fig. 2 Main roof sandstones structure

煤层顶板整体上属于厚度较小的薄基岩,厚表土层结构,埋深较大而基岩很薄,而且基岩段岩层节理、裂隙、层理发育,在基岩部分,岩性整体偏弱,稳定性差。二₁煤层底板以泥岩、砂质泥岩为主,局部夹粉砂岩分层。

2.3 井田瓦斯地质特征

焦作煤田煤系地层历经印支期的 SN 向挤压作用、燕山期的 NE-NNE 向挤压作用以及喜马拉雅期等多次构造运动的影响^[19],被各种构造所切割和改造,结构和应力异常复杂。而赵固井田位于新生代形成的 NW 向峪河口正断层上升盘,如图 3 所示,上部隆起使煤系地层经历了长期暴露和强烈剥蚀,造成煤层上覆基岩残留大部分较薄,基岩抬升剥蚀,瓦斯逸

散,原始地层压力降低,原始的吸附平衡状态被打破,煤层瓦斯含量降低,总体上井田瓦斯逸散条件较好。井田地质构造以断距较大的高角度开放性正断层为主,局部发育的次级褶曲对煤层瓦斯赋存影响较小。在构造破碎带内煤体应力变化较大,瓦斯赋存表现异常。

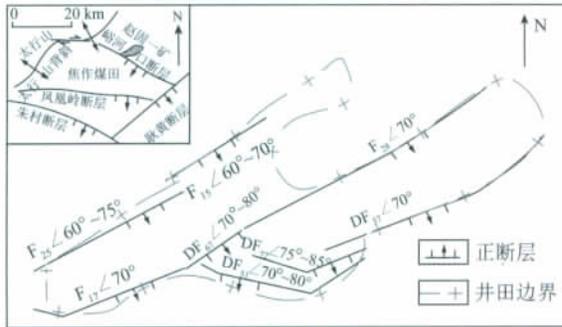


图3 赵固一矿构造纲要

Fig. 3 Structure outline of Zhaogu No. 1 Coal Mine

在矿井采掘过程中,煤层上覆基岩厚度不同的区域,煤层瓦斯分带特征明显。在矿井东部接近瓦斯风化带,煤层上覆基岩厚度残留较薄,瓦斯含量普遍较低;矿井西部,煤层上覆基岩厚度逐渐增加,煤层瓦斯含量逐步增大,局部瓦斯含量异常。分析现象产生的原因:新生界覆盖层主要为黄土层,胶结性不好,孔隙度大,连通性好,容易释放瓦斯。在不受断层等构造影响区域内,稳定的煤层上覆基岩厚度越大,瓦斯向地面逸散的距离越大,相应的瓦斯逸散阻力增加,容易形成瓦斯富集;在煤层上覆基岩厚度梯度变化明显区域,发生应力集中现象,造成煤体致密,高构造带应力对瓦斯赋存起到封闭作用^[20],不利于瓦斯流动,容易发生瓦斯富集。

矿井采掘瓦斯资料显示,在煤层上覆基岩厚度梯度变化明显区域,瓦斯含量明显增大,煤层上覆基岩厚度梯度是影响煤层瓦斯赋存的主要因素,控制着煤层瓦斯分布,是造成煤层局部瓦斯富集的主要原因。

3 井田瓦斯富集区识别

3.1 厚黄土薄基岩煤层瓦斯富集区识别

煤层上覆基岩厚度梯度即在井田范围内,沿煤层面单位距离上覆基岩厚度的变化量,即

$$\mu = \frac{dh}{dl} \quad (1)$$

式中 μ 为煤层上覆基岩梯度, m/m ; h 为煤层上覆基岩厚度, m ; l 为煤层上覆基岩厚度在煤层面发生一定变化的最短距离, m 。

为便于工程应用,定义煤层上覆基岩厚度每增加

$\Delta h = 10 m$ 时,相对的两条煤层上覆基岩厚度等值线的距离 Δl 的增加量即为煤层上覆基岩厚度梯度。

如前所述,在非构造影响区内,如图4所示,基岩厚度为 $50 m$ 的A区由于煤层与地表连通性较好,有利于瓦斯逸散,不具有瓦斯富集的条件;在煤层上覆基岩厚度 $50 m \leq h \leq 150 m$ 的B区,煤层上覆基岩厚度逐渐加厚,当煤层上覆基岩厚度梯度变化较大时,如其中的D区域,上覆基岩厚度突然增大,同时岩性致密完整性好,出现条带应力集中现象,造成煤体致密低透,不利于瓦斯流动,容易发生瓦斯富集现象;在煤层上覆基岩厚度 $h \geq 150 m$ 的C区,煤层上覆基岩厚度较大,岩性致密完整,瓦斯向地面逸散阻力增大,容易形成瓦斯富集。

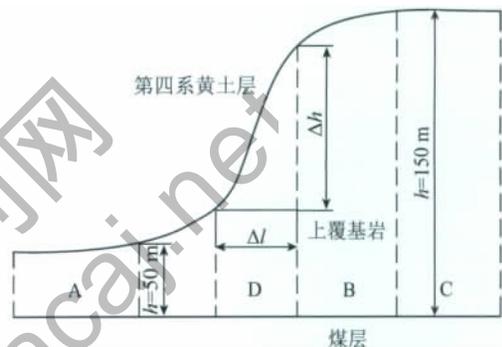


图4 厚黄土薄基岩煤层瓦斯富集区形成机理

Fig. 4 Formation mechanism of coal seam gas enrichment in thin bedrock with thick surface soil

3.2 井田煤层瓦斯富集区识别

根据矿井实测煤层瓦斯含量,结合煤层基岩厚度等值线,统计得出煤层瓦斯含量上覆基岩厚度梯度(表1)。具体为在相同的地质条件下,以煤层上覆基岩厚度每变化 $10 m$ 为一个区间,在某一条煤层基岩等厚线上取 n 个离散点,分别在这些点上作法线,与另一条煤层上覆基岩等厚线相交,以两条煤层上覆基岩等厚线间的距离 l 计算煤层上覆基岩梯度。

对煤层上覆基岩厚度为 $50 \sim 150 m$ 的煤层瓦斯含量和煤层上覆基岩厚度梯度进行回归,如图5所示,得以下回归方程:

$$W = 3450.9u^2 - 362.22u + 15.85, \quad (2)$$

$$R^2 = 0.7672$$

根据矿井现场测试数据,在煤层上覆基岩厚度 $50 \sim 150 m$ 的区域,由回归方程计算得,煤层上覆基岩厚度梯度 > 0.06 时,煤层瓦斯含量普遍大于 $8 m^3/t$,属于瓦斯富集区。由此确定瓦斯富集区识别原则:

(1) 煤层上覆基岩厚度 $h \leq 50 m$ 时,由实测矿井煤层瓦斯含量数据和矿井实际生产情况知煤层瓦斯含量全部小于 $8 m^3/t$,不具备瓦斯富集的条件;

表1 煤层瓦斯含量与上覆基岩厚度梯度
Table 1 Coal seam gas content and the bedrock thickness gradient

含量测试地点坐标	基岩厚度 h/m	基岩厚度梯度 $u/(m \cdot m^{-1})$	对应瓦斯含量 $W/(m^3 \cdot t^{-1})$	标高/ m
(66317, 20383)	81.5	0.065	6.52	-536.5
(66116, 19284)	123.0	0.087	11.40	-557.8
(65207, 19294)	126.7	0.103	14.35	-604.3
(65260, 19291)	130.0	0.097	17.00	-607.0
(65227, 19211)	122.0	0.091	9.51	-606.3
(65284, 19204)	125.6	0.086	9.02	-608.4
(64937, 19602)	123.0	0.095	12.30	-581.6
(64401, 19319)	132.0	0.095	9.22	-584.0
(65339, 19242)	131.0	0.091	12.48	-612.0
(64465, 19321)	134.0	0.092	10.38	-593.0
(64655, 19362)	135.0	0.035	7.16	-594.0
(64603, 19369)	134.0	0.048	6.99	-591.2
(64557, 19377)	132.0	0.063	6.85	-588.8
(64691, 19179)	140.8	0.036	6.85	-630.2
(65090, 19314)	122.0	0.096	15.49	-600.7
(67931, 20846)	67.0	0.072	7.85	-481.0
(68156, 20553)	50.6	0.047	6.80	-457.5
(68382, 20851)	63.0	0.059	6.87	-457.6

(2) 煤层上覆基岩厚度 $50 m \leq h \leq 150 m$ 时,煤

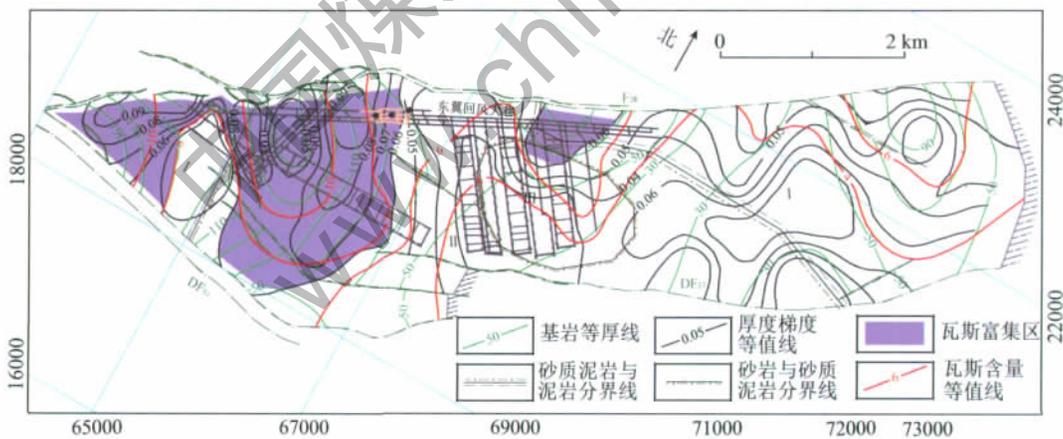


图6 赵固一矿生产区域瓦斯富集区和瓦斯含量分布

Fig. 6 Gas enrichment area and gas content distribution of production area in Zhaogu No. 1 Coal Mine

4 瓦斯富集区识别结果验证

在矿井的采掘过程中,煤层上覆基岩厚度 $h \leq 50 m$ 的区域为矿井东部,煤层瓦斯含量低于 $8 m^3/t$,多为 $4.00 \sim 7.80 m^3/t$,绝对瓦斯涌出量普遍较低且均匀;在煤层上覆基岩厚度 $50 m \leq h \leq 150 m$ 的区域,煤层瓦斯含量 $3.99 \sim 17.00 m^3/t$,特别是在西区局部区域,煤层瓦斯含量普遍在 $10 m^3/t$ 以上,瓦斯涌出不均衡,表现为瓦斯富集区,对应基岩梯度 >0.06 ,与

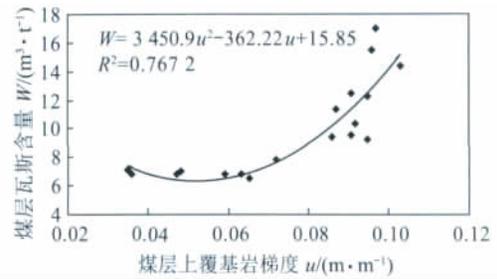


图5 煤层瓦斯含量与上覆基岩厚度梯度趋势线

Fig. 5 Relation between gas content and bedrock thickness gradient

煤层上覆基岩厚度梯度 >0.06 的区域为煤层瓦斯富集区;

(3) 煤层上覆基岩厚度 $h \geq 150 m$ 的区域,都是瓦斯富集区。

根据地质构造和顶板岩性将矿井东南部划分为3个地质单元(I, II, III),煤层顶板为泥岩的区域为I单元,煤层顶板为砂质泥岩的区域为II单元,煤层顶板为砂岩的区域为III单元。泥岩和砂质泥岩顶板都对煤层瓦斯具有良好的保存作用,具备瓦斯富集的条件;煤层顶板为砂岩的III单元上覆基岩一般不超过 $60 m$,且砂岩顶板有利于煤层瓦斯逸散,认为III单元不具备瓦斯富集的条件,如图6所示。

煤层瓦斯富集区识别结果一致;煤层上覆基岩厚度 $h \geq 150 m$ 的区域,煤层瓦斯含量 $9.44 \sim 15.14 m^3/t$,瓦斯富集,如图6所示。

5 结论

(1) 煤矿井田范围内煤层中瓦斯含量较高或局部瓦斯明显高于周围的区域为瓦斯富集区。其特征为区域内煤层瓦斯含量大于 $8 m^3/t$,或区域内同标高同一煤层瓦斯含量高于周边 20% 以上。

(2) 基于赵固一矿井田具体地质条件, 讨论得出煤层上覆基岩和断层构造是控制瓦斯赋存的瓦斯地质特征。根据厚黄土薄基岩煤层瓦斯富集区形成机理, 确定了上覆基岩特征识别煤层瓦斯富集区的方法。

(3) 以上覆基岩特征为判识标准, 对赵固一矿井田煤层瓦斯富集区进行了初步的判识。矿井东南部煤层上覆基岩厚度 $>50\text{ m}$ 的区域且煤层上覆基岩梯度 ≥ 0.06 或煤层上覆基岩厚度 $>150\text{ m}$ 的区域为煤层瓦斯富集区, 井田内煤炭开采验证了煤层瓦斯富集区识别结果与实际瓦斯赋存的一致性。

参考文献:

- [1] 张子敏. 煤矿地质学[M]. 徐州: 中国矿业大学出版社, 2009: 264-266.
- [2] Sparks D P, McLendon T H, Saulsberry J L, et al. The effects of stress on coalbed reservoir performance, Black Warrior Basin, U. S. A [A]. SPE 1995: Paper of the SPE Annual Technical Conference and Exhibition [C]. Society of Petroleum Engineers, Inc, 1995: 339-351.
- [3] Pashin J C, Groshong Jr R H. Structural control of coalbed methane production in Alabama [J]. International Journal of Coal Geology, 1998, 38: 89-113.
- [4] Pashin J C. Variable gas saturation in coalbed methane reservoirs of the Black Warrior Basin: implications for exploration and production [J]. International Journal of Coal Geology 2010, 82: 135-146.
- [5] Pashin J C. Subsurface models of coal occurrence, Oak Grove field, Black Warrior Basin, Alabama [A]. AAPG 1991 [C]. Tuscaloosa, Alabama, 1991: 275-291.
- [6] 贾承造. 煤层气资源储量评估方法[M]. 北京: 石油工业出版社, 2007: 84-99.
- [7] DZ/T 0216—2002 煤层气资源/储量规范 [S]. DZ/T 0216—2002, Specifications for coalbed methane/reserves [S].
- [8] 王桂梁, 徐凤银. 芙蓉矿区层滑构造对瓦斯形成富集的制约作用[J]. 中国矿业大学学报, 1999, 28(1): 9-13. Wang Guiliang, Xu Fengyin. Restrictions of layer slip structure on formation and concentration of gas in Furong mining area [J]. Journal of China University of Mining & Technology, 1999, 28(1): 9-13.
- [9] 韩军, 张宏伟, 朱志敏, 等. 阜新盆地构造应力场演化对煤与瓦斯突出的控制[J]. 煤炭学报, 2007, 32(9): 934-938. Han Jun, Zhang Hongwei, Zhu Zhimin, et al. Control of tectonic stress field of evolution to coal and gas outburst in Fuxin Basin [J]. Journal of China Coal Society 2007, 32(9): 934-938.
- [10] 彭苏萍, 高云峰, 杨瑞召, 等. AVO 探测煤层瓦斯富集的理论探讨和初步实践——以淮南煤田为例[J]. 地球物理学报, 2005, 48(6): 1475-1486. Peng Suping, Gao Yunfeng, Yang Ruizhao, et al. Theory and application of AVO for detection of coalbed methane—a case from the Huainan coalfield [J]. Chinese Journal of Geophysics, 2005, 48(6): 1475-1486.
- [11] 贺天才, 秦勇. 煤层气勘探与开发利用技术[M]. 徐州: 中国矿业大学出版社, 2007: 171-170.
- [12] 崔若飞, 钱进, 陈同俊, 等. 利用地震 P 波确定煤层瓦斯富集带的分布[J]. 煤田地质与勘探, 2007, 35(6): 54-57. Cui Ruofei, Qian Jin, Chen Tongjun, et al. Locating the distribution of coalbed methane enriched area using seismic P-wave data [J]. Coal Geology & Exploration 2007, 35(6): 54-57.
- [13] 国家安全生产监督管理总局. 防治煤与瓦斯突出规定[M]. 北京: 煤炭工业出版社, 2009: 23-25.
- [14] 孙继平. 屯兰煤矿“2·22”特别重大瓦斯爆炸事故原因及教训[J]. 煤炭学报, 2010, 35(1): 72-75. Sun Jiping. The causes and lessons of “2·22” gas explosion disaster at Tunlan Coal Mine [J]. Journal of China Coal Society, 2010, 35(1): 72-75.
- [15] 刘俊杰, 乔德清. 对我国煤矿瓦斯事故的思考[J]. 煤炭学报, 2006, 31(1): 58-62. Liu Junjie, Qiao Deqing. Some aspects on the gas outburst/explosion hazard in coal mine of China [J]. Journal of China Coal Society, 2006, 31(1): 58-62.
- [16] 曹树刚, 王艳平, 刘延保, 等. 基于危险源理论的煤矿瓦斯爆炸风险评价模型[J]. 煤炭学报, 2006, 31(4): 470-474. Cao Shugang, Wang Yanping, Liu Yanbao, et al. Risk assessment model of gas explosion in coal mine based on the hazard theory [J]. Journal of China Coal Society, 2006, 31(4): 470-474.
- [17] 周心权, 陈国新. 煤矿重大瓦斯爆炸事故致因的概率分析及启示[J]. 煤炭学报, 2008, 33(1): 42-46. Zhou Xinquan, Chen Guoxin. The probability analysis of occurrence causes of extraordinarily serious gas explosion accidents and its revelation [J]. Journal of China Coal Society, 2008, 33(1): 42-46.
- [18] 国家安全生产监督管理总局. 煤矿安全规程[M]. 北京: 煤炭工业出版社, 2011: 58-59.
- [19] 孟召平, 彭苏萍. 焦作矿区二₁煤储层特征评价[J]. 中国矿业大学学报, 1998, 27(2): 162-166. Meng Zhaoping, Peng Suping. Assessment of II₁ coal seam reservoir in Jiaozuo mining area [J]. Journal of China University of Mining & Technology, 1998, 27(2): 162-166.
- [20] 张子敏, 张玉贵. 三级瓦斯地质图与瓦斯治理[J]. 煤炭学报, 2005, 30(4): 455-458. Zhang Zimin, Zhang Yugui. Three grades of gas-geological maps and their application to gas controlling [J]. Journal of China Coal Society, 2005, 30(4): 455-458.