

文章编号: 1001-1986(2016)06-0055-04

# 煤矿区地面煤层气抽采效果评价方法探讨 ——以寺河煤矿某区块为例

龙威成<sup>1</sup>, 孙四清<sup>1</sup>, 李国富<sup>2</sup>

- (1. 中煤科工集团西安研究院有限公司, 陕西 西安 710077;  
2. 山西晋城无烟煤矿业集团有限责任公司, 山西 晋城 048000)

**摘要:** 评价煤矿区地面煤层气抽采的效果, 可为煤层气后续开发和矿井开采设计提供技术依据。通过分析目前地面煤层气抽采效果评价现状, 结合煤层气资源开发和煤矿安全生产对煤层气抽采效果评价的需要, 提出了以煤层气含量降低率和煤层剩余气含量作为评价指标、以煤储层地质条件相近为评价单元划分原则, 并在评价单元内实施一定数量检测并实测煤层剩余气含量的煤矿区地面煤层气抽采效果检测与评价方法。在煤储层地质条件划分的前提下, 还提出了以煤层气含量降低率和煤层剩余气含量结果为划分依据的煤矿区地面煤层气抽采效果分级方法供探讨。该方法在晋城寺河矿某区块的应用, 一定程度上证明了该套煤矿区地面煤层气抽采效果评价方法的合理性和可操作性。

**关键词:** 抽采效果; 评价方法; 地面煤层气; 寺河矿

**中图分类号:** P618.13 **文献标识码:** A **DOI:** 10.3969/j.issn.1001-1986.2016.06.010

## Evaluation method of coalbed methane surface drainage effect in coal mines ——Take a block of Sihe mine as an example

LONG Weicheng<sup>1</sup>, SUN Siqing<sup>1</sup>, LI Guofu<sup>2</sup>

- (1. Xi'an Research Institute, China Coal Technology and Engineering Group Corp., Xi'an 710077, China;  
2. Jincheng Anthracite Mining Group, Jincheng 048000, China)

**Abstract:** CBM surface exploitation in coal mining area is not only makes use of CBM as a clean energy, but also reduces the risk of coal mine gas accident. Evaluation of CBM surface drainage effect in coal mining area would provides the technical basis for the subsequent CBM development and mining design. Based on the analysis of the surface CBM drainage effect evaluation status, combined with CBM resources development and the coal mine safety, the testing detection and evaluation method of CBM surface drainage effect in coal mining area was proposed, which takes the reduction rate of CBM content and the residual gas content as evaluation indexes, the similar geological conditions of coal reservoir as classification principle of evaluation unit. Under the premise of the classification of the geological conditions of coal reservoir, the classification method of the CBM drainage effect in coal mining area, which is based on the reduction rate of CBM content and residual CBM content, was put forward too. The application of this method in a block of Sihe mine, Jincheng, to a certain extent, proved the rationality and operability of the evaluation method of surface CBM extraction efficiency.

**Keywords:** drainage effect; evaluation method; surface coalbed methane; Sihe mine

地面煤层气开发,在消除煤矿安全威胁的同时,也有效弥补了能源紧缺,并减少了大气温室效应。国外主要煤层气生产国在煤层气开发方面已取得显

著的经济效益,并在一次性能源消费中占相当大的比例<sup>[1]</sup>。我国晋城、韩城等矿区地面煤层气开发起步较早,地面煤层气开发已具规模,取得了较好的

收稿日期: 2016-03-09

基金项目: 国家科技重大专项课题(2011ZX05067-001)

**Foundation item:** National Science and Technology Major Project(2011ZX05067-001)

第一作者简介: 龙威成(1982—),男,广西博白人,硕士,工程师,从事煤矿瓦斯灾害预测与治理、煤层气测试及开发研究工作。E-mail: longweicheng@cctegxian.com

引用格式: 龙威成,孙四清,李国富. 煤矿区地面煤层气抽采效果评价方法探讨——以寺河煤矿某区块为例[J]. 煤田地质与勘探, 2016, 44(6): 55-58.

LONG Weicheng, SUN Siqing, LI Guofu. Evaluation method of coalbed methane surface drainage effect in coal mines—Take a block of Sihe mine as an example[J]. Coal Geology & Exploration, 2016, 44(6): 55-58.

安全和经济效益<sup>[2]</sup>。目前,地面煤层气抽采主要关注煤层气资源产出情况,其抽采效果主要从煤层气资源开发角度考虑,采用某时间段内的累计产气量、日最高产气量、采收率等进行描述<sup>[3]</sup>。由于目前煤矿区煤层气地面抽采主要目的是为了减少煤矿井下煤层气抽采的压力、区域上超前解决井下瓦斯问题,因此累计产气量、日最高产气量等参数不能直观反映煤矿区煤层气地面抽采的效果。此外,目前主要采用排采资料统计法考察地面煤层气抽采效果,而布置地面检测井并进行实际检测抽采效果的方法鲜见报道。鉴于目前煤矿区抽采实际,笔者试图从煤矿区安全生产和煤层气资源开发实际出发,建立地面煤层气抽采效果评价指标及检测方法,以期煤矿区地面煤层气高效持续开发提供技术支持。

## 1 煤矿区地面煤层气抽采效果评价方法的总体思路

影响煤层气抽采效果的因素众多<sup>[4]</sup>,如煤层气开发方式、煤层气井型、抽采年限等,建立考虑上述各种因素的煤层气抽采效果评价体系是相当复杂的。笔者试图仅从煤层气抽采前后煤层气赋存状态的地质因素考虑,忽略工程因素,从而简化煤层气抽采效果评价方法。

评价指标的建立是煤层气抽采效果评价的前提。目前煤层气井多采用累计产气量、日均产气量、采收率等指标来衡量,上述指标虽能反映煤层气资源采收效果,但不能直观反映抽采后煤层剩余气含量的分布,更不能满足煤矿建设和生产需要。煤层气含量降低率是在实测煤层原始气含量和煤层剩余气含量的基础上测算得来,其能够反映煤矿区煤层气抽采前后的变化情况。煤矿井下一一般采用瓦斯抽采浓度、抽采流量等指标评价钻孔抽采瓦斯效果<sup>[5-7]</sup>;矿井采掘设计前,了解煤层中赋存瓦斯含量的大小,实测煤层剩余气含量能够为矿井采掘设计提供基础技术依据<sup>[8-9]</sup>。因此,将煤层气含量降低率和煤层剩余气含量作为煤矿区地面煤层气抽采效果评价的指标。

由于煤层气含量分布的不均衡性,各点的煤层气含量结果不尽相同,需要将地质条件相同或相似的区域划分成一个块段,在该块段中测定的煤层气参数才有代表性,因此,提出了评价单元划分的原则和方法。此外,为了获取评价单元具有代表性的煤层气参数,兼顾考虑工程投入方面的原因,提出煤层气井数量参考值。

## 2 抽采效果评价指标

煤层气含量降低率能够反映抽采前后煤层气含

量的变化,又能反映煤层气产出的情况,因此可作为抽采效果评价指标,其测算方法如式(1)。

$$\alpha_c = (C_0 - C_i) / C_0 \times 100\% \quad (1)$$

式中  $\alpha_c$  为煤层气含量降低率,%;  $C_0$  为抽采前煤层气含量,  $\text{m}^3/\text{t}$ ;  $C_i$  为抽采  $i$  年后的煤层剩余气含量,  $\text{m}^3/\text{t}$ 。

煤层剩余气含量能客观反映抽采后煤层气赋存情况,应采用实测值;抽采前煤层气含量一般采用煤层气井实测值,若无煤层气井实测值,可由地勘钻孔瓦斯含量值经校正后获得。

## 3 效果评价指标检测方法

为准确评价煤矿区煤层气地面抽采效果和煤层剩余气含量分布状况,煤层气含量等参数应以实测为准,测定抽采前后煤层气含量后,计算煤层气含量降低率。在没有实际检测条件的区域可用统计法测算煤层气采收率代替煤层气含量降低率。

### 3.1 评价单元划分方法

煤层气地面抽采效果的评价,须划定评价范围,明确评价对象。单元的划分主要考虑煤层的赋存相对稳定、煤质相同或相似、煤层含气量的分布相对均衡等。单元的范围按如下方法确定:

a. 单井抽采 井型为垂直井时,单元范围为以井为中心,以压裂缝半长为半径圈定的区域;井型为水平井等其他井型时,单元范围可根据采用的井型工程及煤层卸压范围等实际情况确定。

b. 井组抽采 单元范围为包括全部煤层气井分布范围,并以边缘井为中心外推 1/2 井间距划定的区域。边缘井为垂直井时,以边缘井为中心外推 1/2 井间距划定的区域,参考 DZ/T 0216—2010《煤层气资源/储量规范》中煤层含气面积划界方法;边缘井为除垂直井外其他井型时,由于井型众多,其抽采影响范围难以界定,原则上可按井型工程及煤层卸压程度来考虑。

### 3.2 检测井布置原则及数量

为了测定煤层剩余气含量,须布置检测井。检测井布置应避开断层、陷落柱等地质异常区域,同时还应满足煤矿建设和生产需要、煤层气开发部署要求,尽可能实现“一井多用”。

检测井数量,以能查明煤层剩余含气量赋存状况为原则,视地质条件复杂程度布置。参考目前山西沁水盆地等主要地面煤层气抽采区块的井组规模、井网等数据<sup>[10-12]</sup>,并考虑检测井工程成本等因素,一般不少于单元内已有抽采井数的 5%。

## 4 抽采效果分级

煤矿区地面煤层气抽采效果的分级评价,目的

是为了指导煤层气井后期生产、为区块后期实施煤层气井的设计提供依据<sup>[13]</sup>。

鉴于煤层原始地质条件的差别大,不可能用同一临界值进行抽采效果分级。为此,笔者以煤层气含量为依据,结合国内煤层气赋存状况,将煤层气含量分为 1~8 m<sup>3</sup>/t、8~16 m<sup>3</sup>/t 及 ≥16 m<sup>3</sup>/t 三类<sup>[14]</sup>;从防治矿井煤与瓦斯突出方面考虑,抽采后实测煤层剩余气含量以 8 m<sup>3</sup>/t 为界(目前《防治煤与瓦斯突出规定》中将煤层气含量达到 8 m<sup>3</sup>/t 作为预测煤与瓦斯突出的经验值);通过分析沁水盆地煤层气地面抽采工程实践资料,获取煤层气含量降低率的临界经验值。分级方法详见表 1。

表 1 煤矿区地面煤层气抽采效果分级  
Table1 Classification method of the CBM surface drainage effect in coal mining area

抽采前煤层气含量/(m <sup>3</sup> ·t <sup>-1</sup> )	抽采后实测煤层剩余气含量/(m <sup>3</sup> ·t <sup>-1</sup> )	煤层气含量降低率/%	抽采效果评价(级)
1~8		≥40%	I
		20%~40%	II
		<20%	III
8~16	<8	≥50%	I
		30%~40%	II
		<30%	III
≥16	≥8	≥50%	II
		<50%	III
	<8	≥60%	I
		40%~60%	II
		<40%	III
	≥8	≥50%	II
		<50%	III

从表 1 可知,当煤矿区地面煤层气抽采效果为 I 级,煤层气抽采具有资源和安全两方面的显著效益;当煤矿区地面煤层气抽采效果为 II 或 III 级,表明评价单元煤层气抽采资源效益欠佳或煤与瓦斯突出的安全风险未消除。

5 应用实例

晋城矿区地面煤层气开发起步较早,区内地面煤层气开发已成规模,取得了较好的安全和经济效益。本次选取寺河矿某区块进行地面煤层气抽采效果评价。

5.1 评价单元划分

该区块包括 YH-051、YH-052、YH-043 等煤层气地面抽采井,共计 12 口(图 1)。

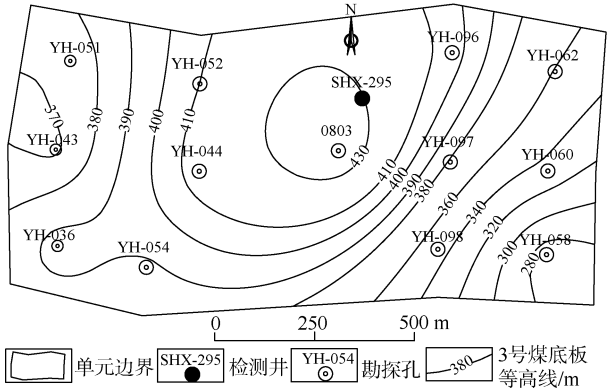


图 1 单元地面抽采井分布图  
Fig.1 Distribution of surface CBM wells in a unit

由图 1 可知,区块内地面平缓,地质构造较简单,仅在区块中北部(YH-052 井附近)发育一小断层;区块内煤层气井均为垂直井,井位分布均匀,抽采年限相同。3 号煤层赋存稳定,煤层厚度一般为 5.41~6.06 m,煤层厚度及煤层埋深变化见图 2、图 3;区块内有 5 口煤层气井和 1 个地质勘探孔实测了 3 号煤层原始气含量,因地质勘探煤层气含量数据严重偏低剔除,统计区块内煤层气含量为 15.56~19.71 m<sup>3</sup>/t(表 2)。综合分析上述地质条件和井型、抽采年限等,该区块可作

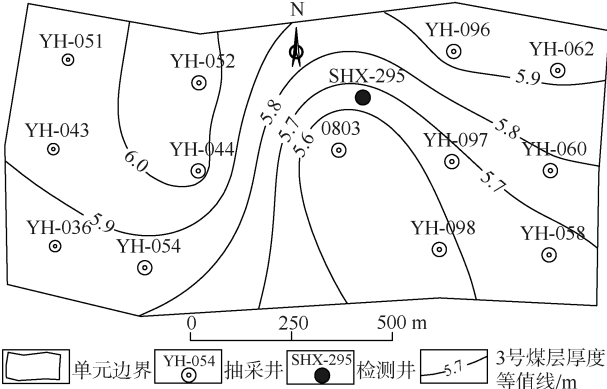


图 2 煤层厚度等值线  
Fig.2 Contour map of coal seam thickness

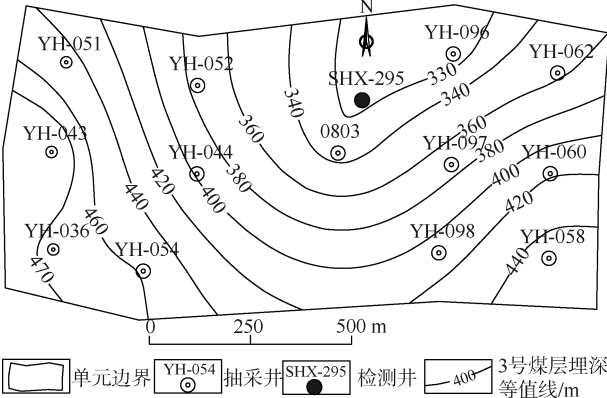


图 3 煤层埋深等值线  
Fig.3 Contour map of coal seam buried depth

表 2 原始煤层气含量统计  
Table 2 Statistics of original coal seam gas content

井号	埋深/m	煤厚/m	气含量/( $\text{m}^3 \cdot \text{t}^{-1}$ )	备注
0803	331	5.41	5.41	偏低,剔除
YH-052	373	6.06	15.56	
YH-096	324	5.95	16.53	
YH-043	485	5.93	17.01	
YH-054	460	5.85	17.28	
YH-062	355	5.92	19.71	

为一个评价单元进行评价。评价单元的外边界为边缘井外推 1/2 井间距,如图 1—图 3 中所示。

## 5.2 煤层气抽采效果检测及评价

根据单元内煤层气井数量和井位分布情况,布置了 1 口地面煤层气抽采效果检测井(SHX-295),位于单元内中部偏北(图 1),抽采影响相对较弱的区域,并靠近 YH-052、YH-096 等参数孔。按照 GB/T 19559—2008《煤层气含量测定方法》的要求对 3 号煤层进行取心采样,测定煤层剩余气含量,测定结果为  $13.23 \text{ m}^3/\text{t}$ 。

根据表 2 中煤层气井实测气含量数据,采用插值法绘制了煤层原始气含量等值线(图 4),单元煤层原始气含量采用面积均衡法求得,计算结果为  $18.31 \text{ m}^3/\text{t}$ 。

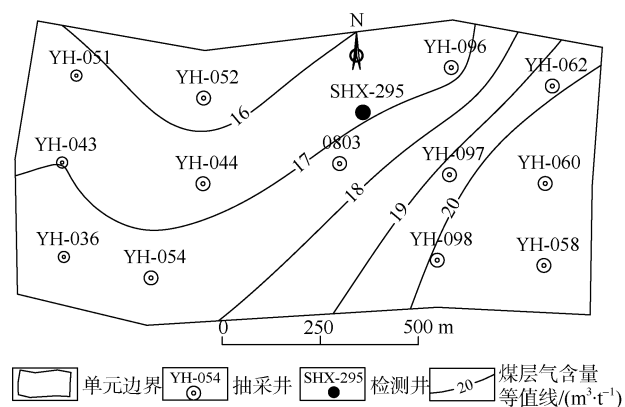


图 4 煤层原始气含量等值线

Fig.4 Contour map of original coal seam gas content

由式(1)计算得,单元内煤层气含量降低率为 28%,结合检测井实测煤层剩余气含量结果( $13.23 \text{ m}^3/\text{t}$ ),依据表 1 中评价指标及临界值划分本单元地面煤层气抽采效果等级为 III 级。

## 6 结 论

a. 从煤层气资源开发和煤矿安全生产角度出发,提出了以煤层气含量降低率和煤层剩余气含量作为评价指标;以煤储层地质条件相近为评价单元划分原则,并在评价单元内实施一定数量检测井,

实测煤层剩余气含量的煤矿区地面煤层气抽采效果检测与评价方法;在煤储层地质条件划分的前提下,还提出了以煤层气含量降低率和煤层剩余气含量结果为划分依据的煤矿区地面煤层气抽采效果分级方法。

b. 选取晋城寺河矿地面一个区块进行地面煤层气抽采效果评价,采用面积均衡法求得区块原始气含量为  $18.31 \text{ m}^3/\text{t}$ ,实测抽采后煤层剩余气含量为  $13.23 \text{ m}^3/\text{t}$ ,测算出单元煤层气含量降低率为 28%,依据煤层气抽采效果分级,划分该单元地面煤层气抽采效果等级为 III 级。评价结果可为该区块煤层气地面抽采和后期井下开采提供技术依据。

需要指出的是,文中煤矿区地面煤层气抽采效果评价指标分级的临界值是仅基于沁水盆地部分煤层气抽采区域的经验值,检测井数量等亦仅参考了工程单位的经验值。因此,本套煤矿区地面煤层气抽采效果评价指标及分级方法仅供科技工作者探讨和参考。

## 参考文献

- [1] 张新民,赵靖舟,宋岩,等. 中国煤层气技术可采资源潜力[M]. 北京: 科学出版社, 2010.
- [2] 贺天才. 晋城寺河煤矿井煤层气抽采实践与展望[J]. 中国煤层气, 2005, 2(3): 10-18.  
HE Tiancai. Practice and prospects of CMM recovery in Sihe mine of Jincheng[J]. China Coalbed Methane, 2005, 2(3): 10-18.
- [3] 降文萍. 地面煤层气抽采效果评价指标初探[J]. 资源与产业, 2010, 12(5): 61-67.  
JIANG Wenping. Evaluation index of surface extraction of coalbed methane[J]. Resources & Industries, 2010, 12(5): 61-67.
- [4] 贾占伟,石必明,穆朝明. 地面钻井瓦斯抽采影响因素分析及效果考察[J]. 煤炭技术, 2014, 33(12): 162-165.  
JIA Zhanwei, SHI Biming, MU Chaoming. Analysis of factors influencing gas extraction of surface borehole and investigation of effect[J]. Coal Technology, 2014, 33(12): 162-165.
- [5] 杨相玉,杨胜强,路培超. 本煤层钻孔抽采瓦斯的效果评价及优化分析[J]. 煤矿安全, 2013, 44(6): 162-164.  
YANG Xiangyu, YANG Shengqiang, LU Peichao. Effect assessment and optimization analysis of drilling gas extraction in mining-coal bed[J]. Safety in Coal Mines, 2013, 44(6): 162-164.
- [6] 孙福龙,王魁军,梁忠秋. 底板抽采巷瓦斯抽采效果评价[J]. 煤炭科学技术, 2014, 42(4): 105-106.  
SUN Fulong, WANG Kuijun, LIANG Zhongqiu. Effect evaluation of gas drainage through floor drainage roadway[J]. Coal Science and Technology, 2014, 42(4): 105-106.
- [7] 公衍伟,兰玉海,解庆雪. 林华煤矿瓦斯抽采效果评价体系研究[J]. 煤炭技术, 2015, 34(8): 159-161.

- (I)——煤孔隙结构与固气作用[J]. 天然气工业, 2005, 25(1): 13–15.
- SANG Shuxun, ZHU Yanming, ZHANG Shiyin, et al. Solid-gas interaction mechanism of coal-adsorbed gas(I)—coal pore structure and solid-gas interaction[J]. Natural Gas Industry, 2005, 25(1), 13–15.
- [6] 陈萍, 唐修义. 低温氮吸附法与煤中微孔隙特征的研究[J]. 煤炭学报, 2001, 26(5): 552–556.
- CHEN Ping, TANG Xiuyi. The research on the adsorption of nitrogen in low temperature and micro-pore properties in coal[J]. Journal of China Coal Society, 2001, 26(5): 552–556.
- [7] 唐书恒, 蔡超, 朱宝存, 等. 煤变质程度对煤储层物性的控制作用[J]. 天然气工业, 2008, 28(12): 30–33.
- TANG Shuheng, CAI Chao, ZHU Baocun, et al. Control effect of coal metamorphic degree on physical properties of coal reservoirs[J]. Natural Gas Industry, 2008, 28(12): 30–33.
- [8] 赵兴龙, 汤达祯, 许浩, 等. 煤变质作用对煤储层孔隙系统发育的影响[J]. 煤炭学报, 2010, 35(9): 1506–1511.
- ZHAO Xinglong, TANG Dazhen, XU Hao, et al. Effect of coal metamorphic process on pore system of coal reservoirs[J]. Journal of China Coal Society, 2010, 35(9): 1506–1511.
- [9] 降文萍, 宋孝忠, 钟玲文. 基于低温液氮实验的不同煤体结构煤的孔隙特征及其对瓦斯突出影响[J]. 煤炭学报, 2011, 36(4): 609–614.
- JIANG Wenping, SONG Xiaozhong, ZHONG Lingwen. Research on the pore properties of different coal body structure coals and the effects on gas outburst based on the low-temperature nitrogen adsorption method[J]. Journal of China Coal Society, 2011, 36(4): 609–614.
- [10] 李子文, 林柏泉, 郝志勇, 等. 煤体孔径分布特征及其对瓦斯吸附的影响[J]. 中国矿业大学学报, 2013, 42(6): 1047–1053.
- LI Ziwen, LIN Baiquan, HAO Zhiyong, et al. Characteristics of pore size distribution of coal and its impacts on gas adsorption[J]. Journal of China University of Mining & Technology, 2013, 42(6): 1047–1053.
- [11] 张松航, 汤达祯, 唐书恒, 等. 鄂尔多斯盆地东缘煤储层微孔隙结构特征及其影响因素[J]. 地质学报, 2008, 82(10): 1341–1349.
- ZHANG Songhang, TANG Dazhen, TANG Shuheng, et al. The characters of coal beds micropores and its influence factors in the eastern margin of Ordos basin[J]. Acta Geologica Sinica, 2008, 82(10): 1341–1349.
- [12] 郭立稳, 齐艺裴, 王月红, 等. 基于综合评价法的煤显微组分与比表面积影响[J]. 辽宁工程技术大学学报: 自然科学版, 2012, 31(5): 770–773.
- GUO Liwen, QI Yipei, WANG Yuehong, et al. Comprehensive evaluation on relationship of coal maceral and specific surface area[J]. Journal of Liaoning Technical University(Natural Science Edition), 2012, 31(5): 770–773.

(责任编辑 范章群)

## (上接第 58 页)

- GONG Yanwei, LAN Yuhai, XIE Qingxue. Research on evaluation system of effect of coal mine gas drainage in Linhua mine[J]. Coal Technology, 2015, 34(8): 159–161.
- [8] 秦勇, 吴财芳, 胡爱梅, 等. 煤炭安全开采最高允许含气量估算模型[J]. 煤炭学报, 2007, 32(10): 1009–1013.
- QIN Yong, WU Caifang, HU Aimei, et al. Mathematical model of permissive coalbed-gas content for safe coal-mining[J]. Journal of China Coal Society, 2007, 32(10): 1009–1013.
- [9] 李国富, 龙威成. 晋城矿区瓦斯含量井上下测试结果对比分析[J]. 煤炭科学技术, 2015, 43(2): 44–48.
- LI Guofu, LONG Weicheng. Comparison analysis on underground mine and mine surface gas content measuring and testing results in Jincheng mining area[J]. Coal Science and Technology, 2015, 43(2): 44–48.
- [10] 贺天才, 王保玉, 田永东. 晋城矿区煤与煤层气共采研究进展及急需研究的基本问题[J]. 煤炭学报, 2014, 39(9): 1779–1785.
- HE Tiancai, WANG Baoyu, TIAN Yongdong. Development and issues with coal and coal-bed methane simultaneous exploitation in Jincheng mining area[J]. Journal of China Coal Society, 2014, 39(9): 1779–1785.
- [11] 田永东, 张遂安, 张典坤, 等. 山西晋城采煤扰动区地面煤层气井抽采效果地质分析[J]. 高校地质学报, 2012, 18(3): 563–567.
- TIAN Yongdong, ZHANG Suian, ZHANG Diankun, et al. Geological analysis of drainage effects on CBM wells in the coal-mining-disturbed area of Jincheng, Shanxi Province[J]. Geological Journal of China Universities, 2012, 18(3): 563–567.
- [12] 李国富, 李桂红, 刘 Gang. 分析典型区煤层床甲烷地面抽采效果[J]. 中国煤炭学报, 2014, 39(9): 1932–1937.
- LI Guofu, LI Guihong, LIU Gang. Analysis on the ground extraction effect of coal-bed methane at typical area in Jincheng, China[J]. Journal of China Coal Society, 2014, 39(9): 1932–1937.
- [13] 张培河. 煤层气资源分级及利用方案探讨[J]. 中国煤层气, 2009, 6(3): 24–26.
- ZHANG Peihe. Discussion on proposal for classification & utilization of CBM resources[J]. China Coalbed Methane, 2009, 6(3): 24–26.
- [14] 武华太. 煤矿区瓦斯三区联动立体抽采技术的研究和实践[J]. 煤炭学报, 2011, 36(8): 1312–1316.
- WU Huatai. Study and practice on technology of three-zones linkage 3D coalbed methane drainage in coal mining area[J]. Journal of China Coal Society, 2011, 36(8): 1312–1316.

(责任编辑 范章群)