

青年博士学术专栏



移动扫码阅读

孙学阳,张齐,夏玉成,等.韩城矿区煤炭资源有利开采区块辨识的原理与方法[J].煤炭科学技术,2020,48(11):232-240. doi:10.13199/j.cnki.est.2020.11.029

SUN Xueyang,ZHANG Qi,XIA Yucheng,*et al.* Principle and method of identifying favorable coal mining area in Hancheng[J]. Coal Science and Technology, 2020, 48(11):234-240. doi:10.13199/j.cnki.est.2020.11.029

韩城矿区煤炭资源有利开采区块辨识的原理与方法

孙学阳^{1,2,3},张齐^{1,2,3},夏玉成^{1,2,3},杜荣军^{1,2,3},郭晨^{1,2,3}

(1.西安科技大学 地质与环境学院,陕西 西安 710054; 2.陕西省煤炭绿色开发地质保障重点实验室,陕西 西安 710054;

3.西安科技大学 煤炭绿色开采地质研究院,陕西 西安 710054)

摘要:地质灾害是煤矿安全生产的主要影响因素。开展矿区煤炭资源开采有利区块辨识,进行开采区块合理划分,对煤炭资源的精准、安全、高效开采具有指导作用。本文以韩城矿区3煤、11煤为研究对象,分别以可采煤层厚度、地质构造相对复杂程度、水害危险性、瓦斯地质灾害危险性为一级评价指标,对开采区块进行划分;根据4个一级指标划分出的等级,采用图形层次叠加分析法,将各指标的图形依次叠加,将韩城矿区内地块划分为:不利开采区块、可改造开采区块、较有利开采区块和有利开采区块。研究结果表明:矿区3煤主要为可改造区块和不利区块;11煤考虑顶板水对煤炭开采的影响,主要为较有利区块和可改造区块,考虑底板水的影响主要为不利开采区块和可改造区块。将研究结果与矿区已开采区域的实际情况对比分析可知,区内已发生的瓦斯突出、突水等事故的位置都位于综合评判的可改造区块内,一定程度上反映了采用的判识方法可行,判识结果可信。

关键词:煤炭资源;有利区块辨识;层次叠加分析;韩城矿区

中图分类号:P622.1;TD163 文献标志码:A 文章编号:0253-2336(2020)11-0232-09

Principle and methods of identifying favorable mining blocks of coal resources in Hancheng Mining Area

SUN Xueyang^{1,2,3},ZHANG Qi^{1,2,3},XIA Yucheng^{1,2,3},DU Rongjun^{1,2,3},GUO Chen^{1,2,3}

(1. College of Geology and Environment, Xi'an University of Science and Technology, Xi'an 710054, China;

2. Shaanxi Provincial Key Laboratory of Geological Support for Coal Green Exploitation, Xi'an 710054, China;

3. Geological Research Institute for Coal Green Mining, Xi'an University of Science and Technology, Xi'an 710054, China)

Abstract: Geological disasters are the main influencing factors of coal mine safety production, which seriously threaten people's life and property safety. Identification of favorable coal mining blocks and rational division of mining blocks in mining areas have a guiding role in accurate, safe and efficient mining of coal resources. In this paper, the No.3 and No.11 coal seams in Hancheng Mining Area are taken as the research objects, and the thickness of the minable coal seam, the relative complexity of geological structure, the risk of water damage and the risk of gas geological disaster are respectively taken as the first-level evaluation indexes to divide the mining blocks. According to the grades of the four first-level indicators, the graph hierarchy superposition analysis method is adopted to superimpose the graphs of each indicator in turn, and the mining blocks in Hancheng Mining Area is divided into unfavorable mining blocks, reformable mining blocks, more favorable mining blocks and favorable mining blocks. The results show that the No.3 coal seam in the mining area is mainly the reformable blocks and the unfavorable blocks. Considering the influence of roof water on coal mining, No.11 coal seam is mainly more favorable and reformable block, while considering the influence of floor water, it is mainly unfavorable mining block and reformable block. By comparing and analyzing the research results with the actual situation of the mining area, it can be seen that the locations of gas outburst, water inrush and other accidents that have occurred in the area are all located in the comprehensively judged reformable block of com-

收稿日期:2019-11-22;责任编辑:曾康生

基金项目:国家自然科学基金资助项目(41272388,51674195);陕西省煤炭绿色开发地质保障重点实验室基础研究计划资助项目(Mty2019-08)

作者简介:孙学阳(1976—),男,安徽涡阳人,副教授,博士。E-mail:sxy163@163.com

hensive evaluation, which to some extent reflects that the identification method adopted is feasible and the identification result is credible.

Key words: coal resources; identifying favorable area; hierarchical superposition analysis; Hancheng Mining Area

0 引言

构造相对复杂程度量化预测研究,尤其是煤炭资源有利开采区块划分研究已成为煤田地质领域最具活力的亮点之一。夏玉成等^[1-3]提出以构造规律及变形介质条件分析为基础,以多元统计、灰色系统理论方法、模糊综合评判、分形几何学、人工神经网络为手段,全面开展在构造条件复杂矿区寻找适合不同采煤工艺要求的最佳开采场地的新思路和新方法;开发出“煤炭开采地质条件量化预测系统”,为煤矿最佳开采区段的选择提供了科学依据和智能化工具。曹代勇等^[4-6]已从定性描述了矿井构造规律逐步发展到定性与定量相结合。张少宁^[7]采用取参数法初步预测了商业价值较高的煤层气开采区。张宁等^[8]用聚类分析法对41个有利区进行了分类,优选出了15个煤层气勘查开采有利区。夏玉成等^[9]通过灰色关联分析和逐步回归分析法研究发现,断层特征与断裂构造的相对复杂程度呈正相关关系。徐文军等^[10]采用层次分析法对织纳煤田6号煤储层构造复杂程度进行了定量化研究和评价,划分了煤储层构造复杂程度分区。崔剑等^[11]在对韩城地区煤层气井的测井资料和排采数据分析的基础上,采用模糊综合评价法优选出韩城地区煤层气勘探开发有利区。徐凤银等^[12]研究出1套从理论到实际定量评价和预测构造复杂程度的方法。何松霖等^[13]采用灰色模糊综合评价法,针对盘江矿区提出了一种地质构造复杂程度评价方法,且评价结果与生产实际基本吻合。谢朋等^[14]在采用层次分析法确定出各因素的权重的基础上,建立基于GIS的信息融合性评价模型,从而实现对志丹群水害危险性分区。方家虎等^[15]采用灰色模糊综合评价方法对断层密度、断层强度、断层走向影响指数和褶皱平面变形系数4个评价指标进行定量划分,将芦岭煤矿地质构造划分为构造简单、构造中等、构造复杂和构造极复杂4类构造复杂程度等级,划分结果与煤矿实际基本一致。前人在构造复杂程度^[16]、矿井水害危险性^[17]、矿井瓦斯地质灾害危险性^[18]等方面分别已开展了较多的研究,对煤矿生产起到了一定的指导作用,但是韩城矿区地质构造相对复杂、受矿井水害影响大、矿井瓦斯危害较大,目前的研究成果难以以为矿区煤炭精准、安全、高效开采提高地质保障。

基于此,笔者以韩城矿区为研究区,矿区内地质构造、水文地质、瓦斯地质等信息为支撑,选取可采煤层厚度、地质构造复杂程度、水害危险性、瓦斯地质灾害危险性等4个一级评价指标,通过建立层次分析模型,对韩城矿区煤炭资源有利开采区块进行辨识,为韩城矿区煤炭深部开采提供地质保障。

造相对复杂程度、矿井水害危险性以及矿井瓦斯地质灾害危险性为评价指标,采用图形层次叠加分析法,系统地对韩城矿区煤炭资源有利开采区块进行辨识,为韩城矿区煤炭深部开采提供地质保障。

1 韩城矿区地质背景

韩城矿区位于鄂尔多斯地块东南缘晋西褶曲带与渭北隆起的交汇地带。矿区基本构造形态为走向北东,倾向北西的单斜构造,产状平缓,地层倾角3°~20°,一般3°~8°。矿区构造总的特点是东西分带、南北分区,南强北弱,东强西弱,边浅部复杂,中深部简单。北区挤压构造形迹发育较多,南区伸展构造形迹占据主导,主要构造变形带集中在矿区东南边缘地带。

韩城矿区发育石炭二叠纪煤系,3煤、11煤为全区分布的主要可采煤层。3煤属于大部可采的较稳定煤层,厚度为0.8~20.0 m,北厚南薄;11煤属于可采的较稳定煤层,厚度为1~10 m,南区厚度大于北区厚度。

矿区内对煤层开采具有威胁的含水层主要为各个煤层顶板砂岩含水层以及11煤底板的奥陶系石灰岩含水层。煤系及其上覆砂岩地层单位涌水量为0.000 011 3~0.360 000 L/(s·m),渗透系数为0.000 090 3~1.07 m/d,为富水性较弱渗透性中等的含水层。奥灰岩溶含水层单位涌水量为0.000 074~7.38 L/(s·m),渗透系数为0.000 08~9.140 00 m/d,属于富水性中等,渗透性中等的含水层。区内煤层瓦斯含量较高,3煤一般为4~12.00 m³/t,最高达27.46 m³/t,11煤一般为5.00~12.00 m³/t,最高达26.75 m³/t,均具有北高南低、西高东低的特点。

2 韩城矿区煤炭资源有利开采区块辨识指标体系

矿区煤炭资源开采的有利区块,是指在矿区或井田范围内可实现安全高效开采的区块。安全指的是开采区域内构造类型简单、无水害危险、无瓦斯地质灾害危险;高效指的是开采区域内煤层厚、适合综放综采。据此,将煤层厚度、地质构造相对复杂程度、矿井水害危险性、矿井瓦斯地质灾害危险性等因素作为影响韩城矿区煤炭资源有利开采区块辨识的4个一级指标。

2.1 煤层厚度(M1)

煤层厚度(M1)是划分有利区块的重要指标,煤层厚,则有利于进行综放综采,实现高效开采。根据综放综采对煤层发育情况的要求,结合韩城矿区主

采煤层发育情况,将其划分为3个等级,即>3 m、3~1 m、<1 m。即煤层厚度3 m的有利于综放综采,3~1 m较有利于实现综采,而煤厚小于1 m的不能实现高效开采。目前区内的桑树坪井田主采3煤,下峪口井田主采2煤和3煤,象山井田主采3煤和5煤。11煤煤层属于全区可采的较稳定煤层,为后续主要开采煤层。结合各煤层分布特征,选取3煤、11煤建立煤层厚度指标,用于划分韩城矿区开采区块。

根据韩城矿区钻孔资料以及地质资料,统计全区范围内3煤、11煤的厚度并按照等级进行划分。3煤、11煤厚度等级划分结果如图1、图2所示。

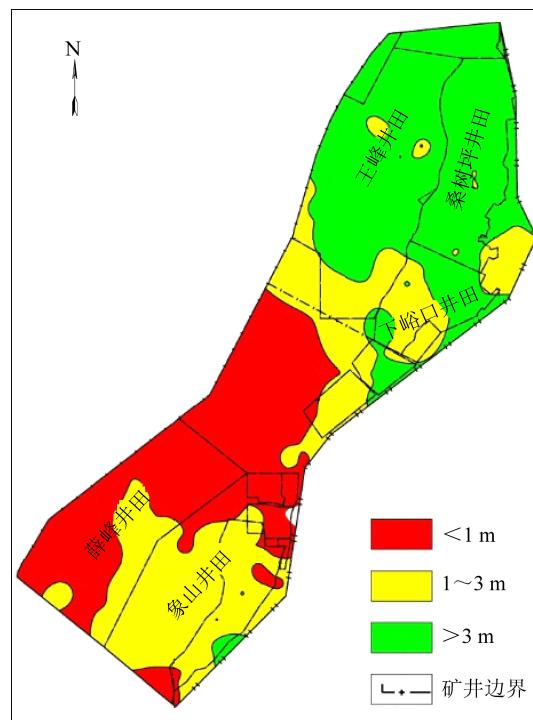


图1 韩城矿区3煤厚度分区

Fig.1 Thickness zoning of No.3 coal seam in Hancheng Mining Area

2.2 地质构造相对复杂程度(M2)

地质构造相对复杂程度(M2)等级划分为3级,即复杂、中等、简单。

熵函数,自从玻耳兹曼(L. Boltzmann)提出以后,已在生物学、气象学、天文学、经济学、社会学等诸多领域得到了广泛的应用。在信息论中,熵值反映了信息无序化的程度,其值越小,系统无序度越小,因此可用信息熵评价所获系统信息的有序度及其效用。采用熵值法对构造复杂程度进行评判,计算公式如下:

$$S = \sum_{i=0}^n P_i \ln P_i \quad (1)$$

式中:S为系统的熵;P_i为系统中i状态出现的概率;n为系统中状态数。

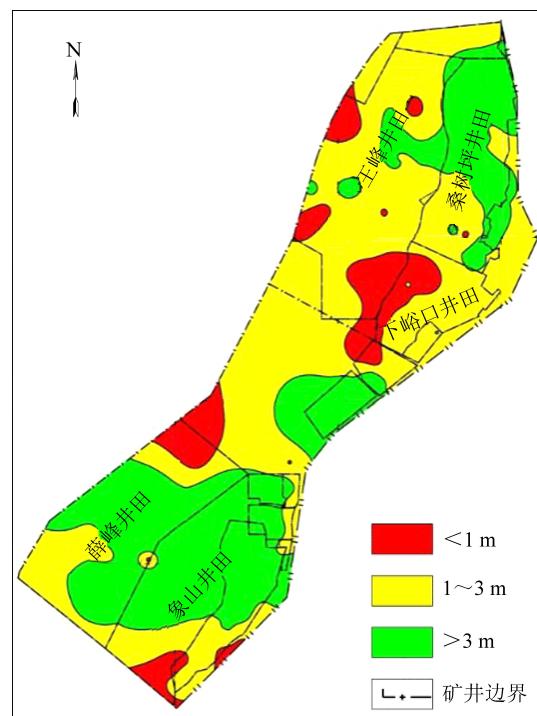


图2 韩城矿区11煤厚度分区

Fig.2 Thickness zoning of No.11 coal seam in Hancheng Mining Area

熵具有下列重要性质:只有当P₁, P₂, ..., P_n之一等1,而其余等于0时才为0,其他情况恒为正值;当n个可能状态出现的概率相等时,S_{max}=ln n。

为了消除系统状态不同对系统熵的影响,引入相对熵的概念,即有

$$S' = S/S_{\max} = S/\ln n \quad (2)$$

式中:S'为系统的相对熵;S_{max}为系统的最大熵值。

多个系统的熵具有加和性。在信息理论中,信息熵是指信息在传播中的不确定性,高信息度的信息熵是很低的,低信息度的熵则高。所以,可以认为在构造相对复杂程度评价中,熵函数的熵值越小构造越复杂,熵值越大构造越简单。

相对熵值的计算主要用于井田已采区内。在计算相对熵值时,共有5个状态量参与计算,即断层总条数、大型断层条数、中型断层条数、小型断层条数以及褶皱类型。单纯的利用断层条数和褶皱个数不能准确反映构造复杂程度,所以要依据断层和褶曲的规模赋值,即权重,进行熵的计算。因为计算后熵值需要相互比较大小,所以赋值时只注重数值的相对大小,不强调其绝对大小,但应遵从的原则是,断层和褶曲规模大的赋值大,反之,赋值小,这样就能大大消除人为赋值对评价结果的影响。按表1的赋值系列给研究区断层和褶曲赋值。

在进行构造相对复杂程度评价预测时,首先量化评价已采区的构造相对复杂程度,建立相对熵值

的回归方程后,再量化预测未采区的构造相对复杂程度。将构造相对复杂程度等级划分为三级,即复杂、中等、简单。

表1 熵值计算赋值

Table1 Entropy values are calculated in assignment

构造	断层				褶皱		
	大型	中型	小型	总断层	单斜	向斜	背斜
赋值	7	5	3	9	2	3	4

在井田已采区内,根据断层、褶皱等构造计算相对熵值,作为划分构造相对复杂程度的依据。相对熵值介于0~1,根据熵的特征,在构造相对复杂程度评价中,相对熵值越小构造越复杂,熵值越大构造则越简单,因此其与构造相对复杂程度等级之间的对应关系见表2。

表2 构造相对复杂程度与熵值关系对照

Table 2 Correlation between relative complexity and entropy value

构造相对复杂程度	复杂	中等	简单
相对熵值	<0.65	0.65~0.85	>0.85

一般而言,构造相对复杂,则不利于进行综放综采,不利于实现高效开采。根据上述计算方法,划分出3煤、11煤煤层构造相对复杂程度等级,结果如图3、图4所示。

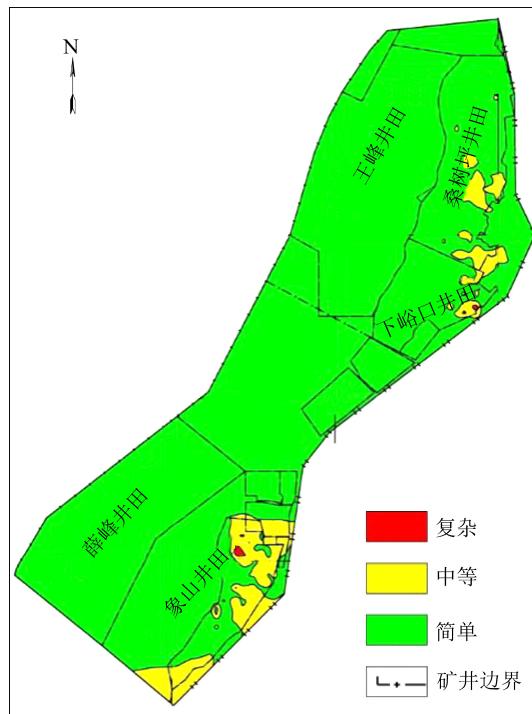


图3 韩城矿区3煤构造相对复杂程度分区

Fig.3 Structure relatively complex degree of zoning

No.3 coal seam in Hancheng Mining Area

韩城矿区3煤煤层地质构造相对复杂程度分

区如图3所示,矿区南部的构造相对复杂程度强于北部,东部强于西部。韩城矿区11煤煤层地质构造相对复杂程度分区如图4所示,矿区北部的构造相对复杂程度强于南部,东部强于西部。

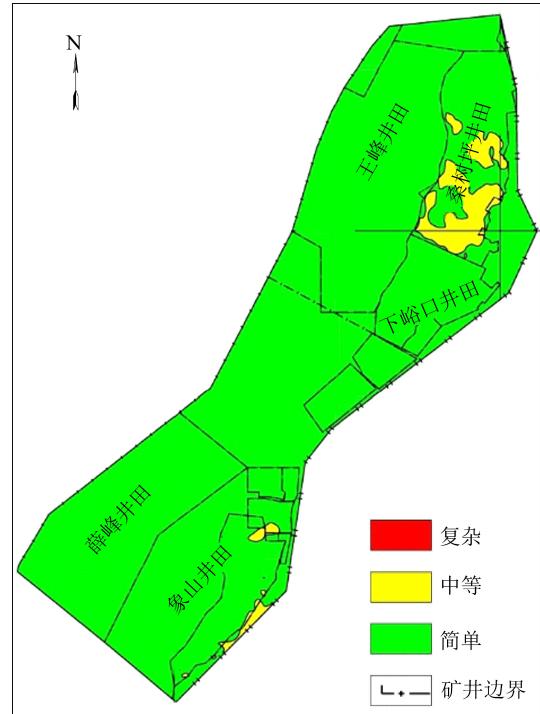


图4 韩城矿区11煤构造相对复杂程度分区

Fig.4 Structure relatively complex degree of zoning

No.11 coal seam in Hancheng Mining Area

2.3 矿井水害危险性(M3)

为解决煤层顶板充水水源、充水强度和充水通道这3大问题的水害,武强等^[19]提出了煤层顶板水害评价的“三图法”。

根据韩城矿区水文地质条件及矿井突水情况分析,含水层的富水性和导水性是引发矿井水害的主要因素。影响含水层富水性的主要因素是涌水量、渗透系数和含水层厚度,影响导水性的主要因素是导水裂隙带和断层。因此,综合确定该区顶板水害的分区评价指标有涌水量、渗透系数、含水层厚度、导水裂隙带和断层等5个。

矿井水害危险性对矿区开采区块的划分,需要区分底板水和顶板水。底板奥灰水水害危险性主要针对11煤,顶板砂岩水水害危险性主要针对3煤、11煤。根据对区内水文地质条件及矿井生产情况的分析,将煤层顶板水害危险性划分为危险、较危险、相对安全3个等级。

通过对韩城矿区11煤煤底板隔水层性能、奥灰含水层富水性和构造发育程度的分析,确定底板奥灰含水层水害主控因素为底板有效隔水层厚度、奥

灰含水层富水性(包括含水层单位涌水量、渗透系数、含水层厚度、脆塑性岩厚度比和岩心采取率)和构造分布这3个因素。通过对矿区地质、水文地质条件的分析,采用专家打分法,依据层次分析法(AHP)确定出这3个主控因素的权重。再通过自然分级法对底板脆弱性指数进行分析,最终得到3级分级结果,即危险、较危险、相对安全3个等级。

3煤、11煤全区发育,根据“三图法”叠加原理,采用综合信息叠加方法,对水害危险性等级进行划分。11煤底板水害危险性等级划分结果如图5所示。3煤、11煤顶板水害危险性等级划分结果如图6、图7所示。

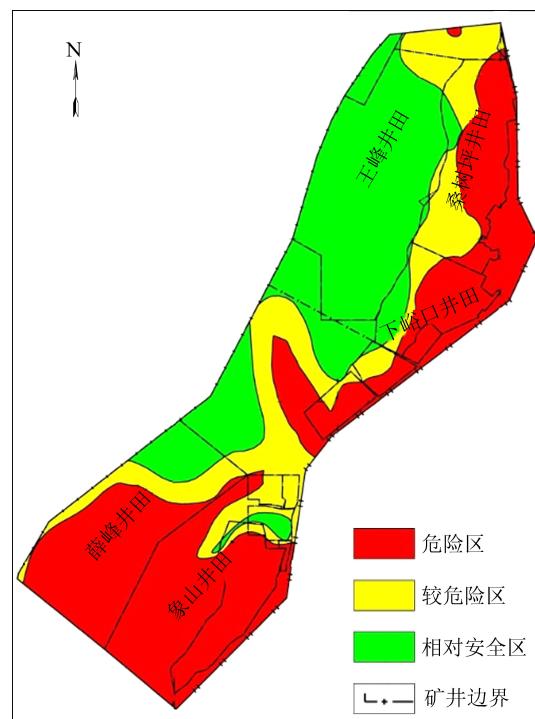


图5 11煤底板水害危险性分区

Fig.5 Water hazard zoning of No.11 coal seam floor

2.4 矿井瓦斯地质灾害危险性(M4)

采用多因素加权分析法对韩城矿区瓦斯地质灾害危险性进行评判,计算公式如下

$$D = \sum_{k=1}^n W_k f_k(x, y) \quad (3)$$

式中: D 为突出危险性指数; W_k 为影响因素的权重值; f_k 为单因素得分函数, x, y 为坐标; n 为影响因素的个数。

根据韩城矿区目前瓦斯突出情况,结合韩城矿区历史瓦斯突出情况,采用专家打分法对构造煤、埋深、瓦斯含量、煤层厚度、挥发分产率、顶板岩性、上覆砂岩厚度7个影响瓦斯危险性评价的主要因素进行打分,然后根据层次分析法所确定的单因素权重系数,建立韩城矿区瓦斯灾害危险性评价的综合指标D,将区内瓦斯灾害危险性综合指标D的分区阈值确定为45和65。据此将研究区域以瓦斯灾害危险性由高到低的顺序依次划分为:危险区,较危险区和相对安全区3个区域(表3)。

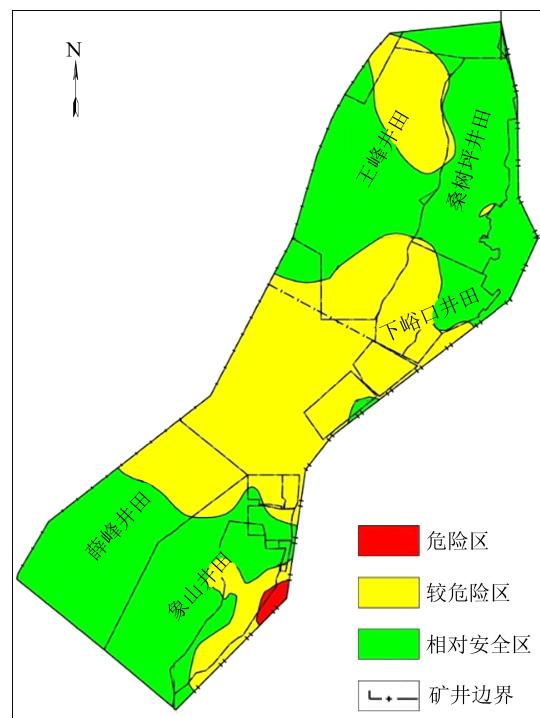


图6 3煤顶板水害危险性分区

Fig.6 Water hazard zoning of No.3 coal seam roof

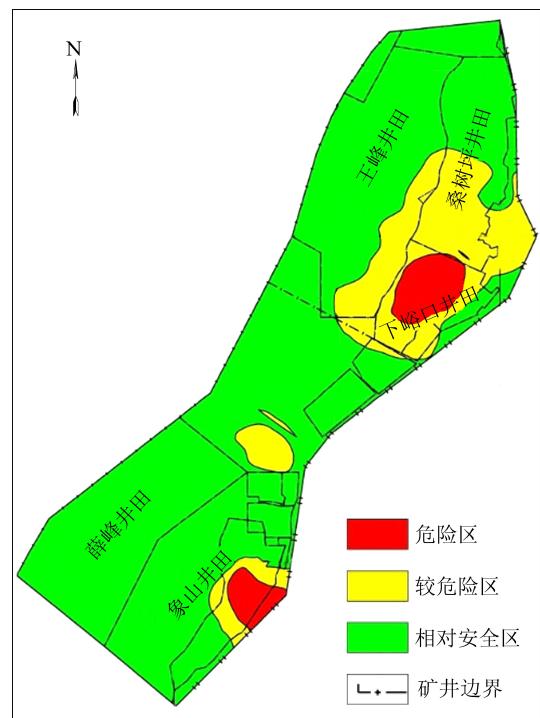


图7 11煤顶板水害危险性分区

Fig.7 Water hazard zoning of No.11 coal seam roof

系数,建立韩城矿区瓦斯灾害危险性评价的综合指标D,将区内瓦斯灾害危险性综合指标D的分区阈值确定为45和65。据此将研究区域以瓦斯灾害危险性由高到低的顺序依次划分为:危险区,较危险区和相对安全区3个区域(表3)。

将韩城矿区3煤59个钻孔数据、11煤50个钻

孔数据代入综合指标模型进行计算(式(3)),并绘制等值线,结合分区阀值,即可获得3煤、11煤的瓦斯灾害危险性分区,如图8、图9。

表3 阀值计算赋值

Table 3 Entropy values are calculated

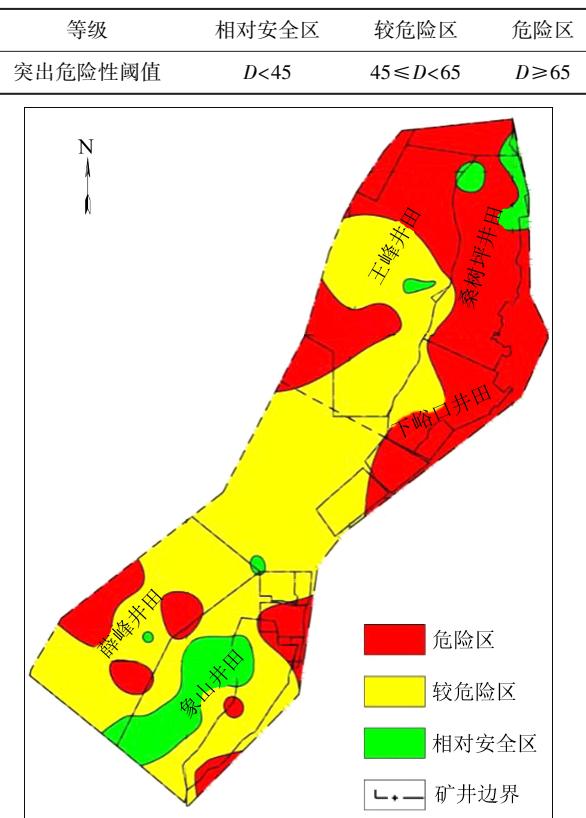


图8 3煤瓦斯地质灾害危险性分区

Fig.8 Hazard zoning of No. 3 coal seam gas geological disaster

3 图形层次叠加分析法

在有利开采区块辨识时,主要采用图形层次叠加分析的方法,即根据4个一级指标划分出的等级,将各指标的图形依次叠加,突出主要指标的权重,实现开采区域的划分。

矿区煤炭资源的开采区块,分为4种类型,即有利开采区块、较有利开采区块、可改造开采区块、不利开采区块。在4个一级指标中,煤层厚度和构造相对复杂程度有“一票否决权”。具体分析过程如下:

1)根据煤层厚度,将矿区划分出有利区块和不利区块。其中,有利区块是指煤层厚度 $>3\text{ m}$ 、煤层厚度介于 $3\sim 1\text{ m}$ 的区域;而煤层厚度 $<1\text{ m}$ 的区域即为不利区块。在不利区块内,不论构造相对复杂程度、矿井水害危险性、矿井瓦斯地质灾害危险性如何,均认为此区域无法实现安全高效开采,体现煤层厚度的“一票否决权”。

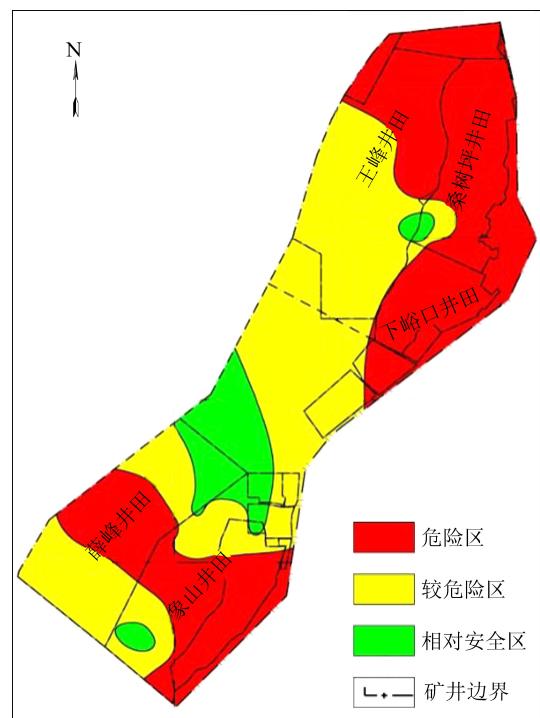


图9 11煤瓦斯地质灾害危险性分区

Fig.9 Hazard zoning of No.11 coal seam gas geological disaster

2)根据第1步划分出的有利区块,叠加构造相对复杂程度,将构造相对复杂的区域作为不利区块;将构造相对中等、简单的区域作为有利区块。在不利区块内,不论矿井水害危险性、矿井瓦斯地质灾害危险性如何,均认为此区域无法实现安全高效开采,体现构造相对复杂程度的“一票否决权”。

3)根据第2步的划分出的有利区块,在叠加矿井水害危险性时,将矿井水分为主板水和底板水。叠加主板水害危险性时,将富水的区域作为可改造区块,将中等富水的区域作为较有利区块,将少水的区域作为有利区块。叠加底板水害危险性时,将危险的区域作为不利区块,将中等危险的区域作为可改造区块,将相对安全的区域作为有利区块。

4)根据第3步中矿井水害危险性的区块内,叠加矿井瓦斯地质灾害危险性,将危险的区域作为可改造区块,将中等危险的区域作为较有利区块,将相对安全的区域作为有利区块。

4 辨识原理

4.1 指标体系量化

根据前述各一级指标的等级划分,将一级指标的各等级进行量化,一级指标“煤层厚度”用M1表示,其他指标的M2~M5的意义及各指标的量化数值结果见表4。

表4 韩城矿区煤炭资源开采区块指标体系等级量化**Table 4 Index system grade quantification of coal mining block in Hancheng Mining Area**

一级指标	二级指标	量化数值
煤层厚度(M1)	<1 m	0
	1~3 m	1
	>3 m	2
构造相对复杂程度(M2)	复杂	0
	中等	1
	简单	2
顶板水害危险性(M3-1)	富水	1
	中等	2
	少水	3
底板水害危险性(M3-2)	危险	0
	中等	1
	安全	2
瓦斯地质灾害危险性(M4)	危险	1
	中等	2
	安全	3

4.2 辨识原理

根据开采区块辨识方法和指标体系等级量化表(表4),各指标等级依次叠加时,量化叠加数值与开采区块对应关系见表5。

表5 韩城矿区煤炭资源开采区块划分量化数值对照**Table 5 Numerical comparison of coal mining block division in Hancheng Mining Area**

指标体系	量化数值			
	有利区块	较有利区块	可改造区块	不利区块
M1	1	—	—	0
M1,M2	1	—	—	0
M1,M2,M3-1	3	2	1	0
M1,M2,M3-1,M4	9	6	1,2,3,4	0
M1,M2,M3-2	2	1	—	0
M1,M2,M3-2,M4	6	3,4	1,2	0

5 煤炭资源有利开采区块的综合辨识

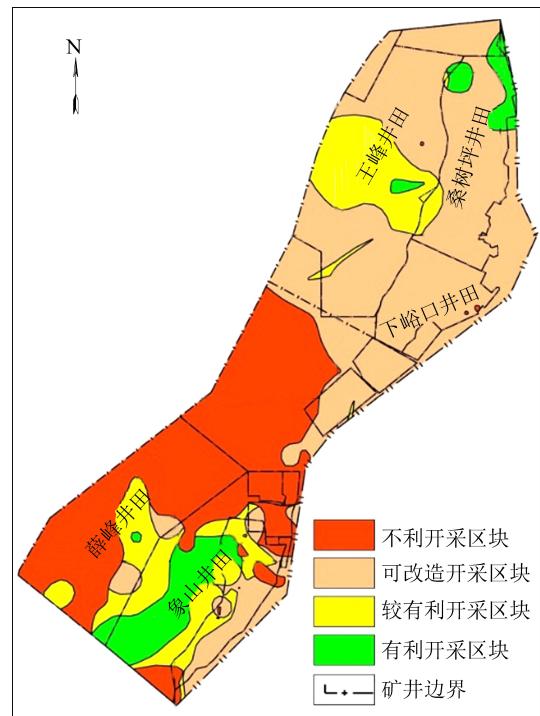
5.1 综合辨识结果

根据上述确定的量化指标体系、辨识规则和辨识方法,对韩城矿区3煤、11煤煤层开采区块进行辨识划分,结果如图10、图11所示,其中11煤考虑煤层顶板水和底板水的影响,分别进行辨识。

从3煤煤层开采区块分区图可见,韩城矿区以可改造区块和较有利开采区块为主,可改造区块主要分布于矿区的北部区域,而较有利开采区块则主要分布在矿区的中部区域。

从11煤开采区块分区图可见,韩城矿区内以可改造区块和较有利开采区块为主,可改造区块主要

分布于矿区的北端和南端区域,而较有利区块则主要分布在矿区的中部区域。

**图10 3煤开采有利区块分区****Fig.10 Section of No.3 coal seam mining block**

5.2 开采区块分析

1)3煤。从开采区块分区图可见,3煤主要为可改造区块和不利区块,有利开采区块和较有利区块分布范围较小。桑树坪井田主要为可改造区块,在井田的北端则存在小范围的有利区块;在下峪口井田为可改造区块;在王峰井田主要分布可改造区块,在井田的中部则存在较大范围的较有利区块和较小范围的有利区块;象山井田有利区块、较有利区块、可改造区块并存,并分布有零星不利区块;在薛峰井田内主要是不利区块,仅在井田中部存在小范围的较有利区块。

2)11煤。考虑11煤顶板水对煤炭开采的影响,根据开采区块分区图可见(图12a),11煤主要为较有利区块和可改造区块,在分区面积中,较有利区块面积约占总面积的35%,可改造区块面积约占总面积的48%,有利区块和不利区块零星分布,范围较小,其面积总计占开采区总面积的17%。桑树坪井田主要为可改造区块,在井田的南端存在小范围的较有利区块;下峪口井田主要为可改造区块和不利区块,不利区块主要分布在井田西侧边界的区域,其余区域则为可改造区块;王峰井田主要分布较有利区块和可改造区块,不利区块零星分布于井田北端和西侧边界的局部区域;象山井田主要为

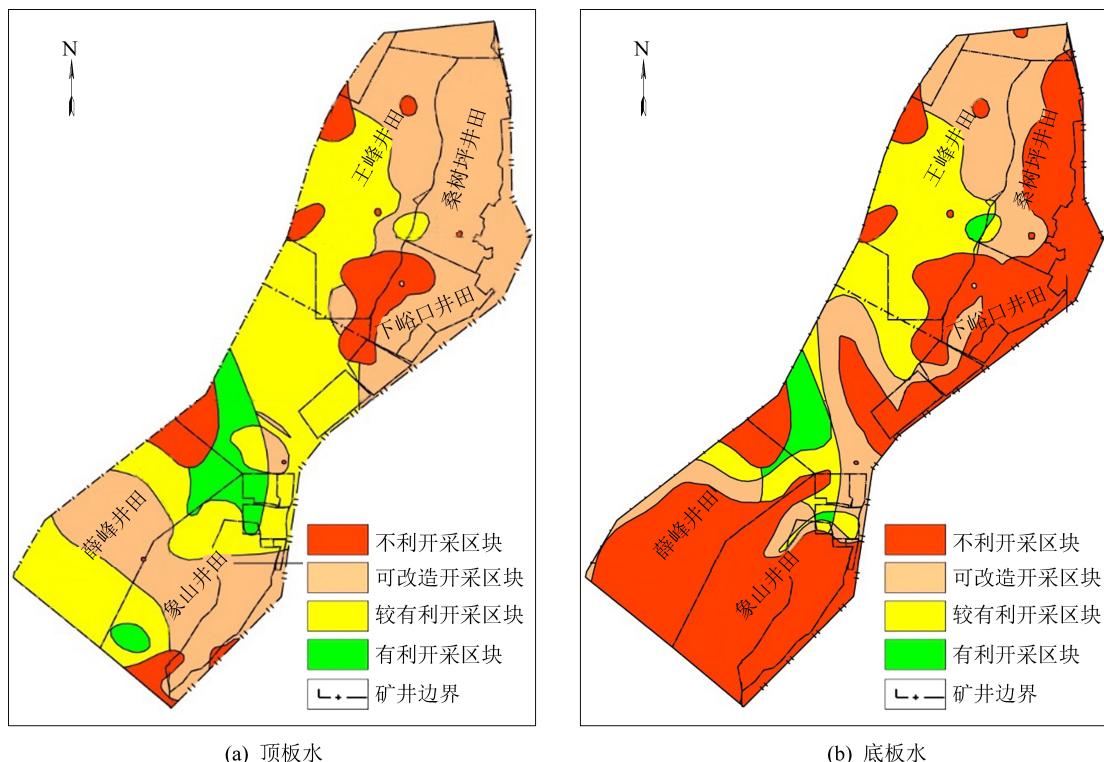


图 11 11 煤开采有利区块分区

Fig.11 Section of No.11 coal seam favorable mining block

可改造区块和较有利区块,在井田的南端、北端存在小范围的有利区块;薛峰井田主要是较有利区块和可改造区块,可改造区块主要分布于井田中部,在井田南端和北部是较有利区块的主要分布区域,同时,在井田北端分布有小范围的有利区块和不利区块。

考虑 11 煤底板水的影响,根据开采区块分区图可见(图 11b),11 煤主要为不利开采区块和可改造区块,较有利区块分布范围小,有利区块零星分布。在分区面积中,不利开采区块面积约占总面积的 52%,可改造区块面积约占总面积的 25%,有利区块和不利区块面积总计占开采区总面积的 23%。桑树坪井田主要为可改造区块和不利区块;在下峪口井田主要为不利区块,仅在井田南端存在 1 个条带状的可改造区块;王峰井田主要为较有利区块,在井田的北部则分布有较大范围的可改造区块,在井田北端和西侧边界的局部区域有零星分布的不利区块;象山井田绝大部分区域为不利区块,在井田北部分布有小范围的可改造区块;薛峰井田绝大部分区域为不利区块,在井田北西一侧边界至北部的范围内分布有条带状的可改造区块和较有利区块,在井田北部边界分布小范围的有利区块。

5.3 辨识结果与实际情况对比分析

韩城矿区已发生的煤与瓦斯突出主要在桑树坪矿和下峪口矿,且突出点均位于瓦斯灾害危险性分

区评估的危险区和较危险区内;3 煤顶板砂岩裂隙含水层突水主要发生在象山矿、桑树坪矿和下峪口矿,大部分突水点落在顶板水害危险性分区的较危险区,与辨识结果一致。11 煤瓦斯含量高值区均位于瓦斯灾害危险性分区评估的危险区;11 煤顶板砂岩突水主要发生在桑树坪矿,突水点位于顶板水害危险性分区的危险区和较危险区;11 煤底板突水问题严重,矿区共发生突水事故 17 次,其中有 14 个突水点位于底板水害危险性分区危险区,有 2 个突水点位于较危险区。

6 结 论

1) 针对韩城矿区特殊的地质条件,综合选取煤层厚度、构造相对复杂程度、矿井水害危险性及瓦斯地质灾害 4 个指标,提出了基于图形层次叠加分析的有利开采区块辨识方法,该方法通过将各指标的图形依次叠加,突出主要指标的权重,进而实现开采区域的划分。

2) 采用图形层次叠加分析法进行开采区域划分,综合评价矿区 3 煤主要为可改造区块和不利区块;11 煤考虑顶板水对煤炭开采的影响,主要为较有利区块和可改造区块,考虑底板水的影响主要为不利开采区块和可改造区块。

3) 将韩城矿区开采区块辨识结果与已开采区

域的实际情况进行对比分析,矿井已发生的瓦斯突出、突水等事故的位置都位于综合评判的可改造区块内,反映了采用的判识方法可行,判识结果可信。

参考文献(References) :

- [1] 夏玉成,贾海莉. 矿井构造相对复杂程度自动量化预测技术[J]. 煤炭学报,2000,25(S1):22-25.
XIA Yucheng, JIA Haili. Automatic quantitative technique to predict relative complexity degrees of mine structure[J]. Journal of China Coal Society, 2000, 25(S1): 22-25.
- [2] 夏玉成,王 佟. 煤炭开采地质条件量化预测技术及程序设计[M]. 西安:陕西科学技术出版社,2002.
- [3] 夏玉成,王 锐,马 丽. 矿井地质灾害要素与地质灾源体辨识评价[J]. 中国煤炭地质,2019,31(2):51-55.
XIA Yucheng, WANG Rui, MA Li. Coal mine geological hazard elements and geological disaster source bodies identification assessment[J]. Coal Geology of China, 2019, 31(2): 51-55.
- [4] 曹代勇,张守仁,穆宣社,等. 中国含煤岩系构造变形控制因素探讨[J]. 中国矿业大学学报,1999,28(1):32-35.
CAO Daiyong, ZHANG Shouren, MU Xuanshe, et al. Study on control factors of deformation of coal measures in China[J]. Journal of China University of Mining & Technology, 1999, 28(1): 32-35.
- [5] 曹代勇,宁树正,郭爱军,等. 中国煤田构造研究进展[J]. 中国煤炭地质,2014,26(8):57,68.
CAO Daiyong, NING Shuzheng, GUO Aijun, et al. Progresses in Chinesecoalfield structural research[J]. Coal Geology of China, 2014, 26(8): 57, 68.
- [6] 曹代勇,孙红波,孙军飞. 青海东北部木里煤田控煤构造样式与找煤预测[J]. 地质通报,2010,29(11):1696-1703.
CAO Daiyong, SUN Hongbo, SUN Junfei. Coal controlled structural styles and looking for coal resources in muli coalfield, northeastern Qinghai, China[J]. Geological Bulletin of China, 2010, 29(11): 1696-1703.
- [7] 张少宁. 西山煤田古交区块节理发育特征及 2 号煤煤层气有利开采区预测[D]. 太原:太原理工大学,2018.
- [8] 张 宁,朱 杰,王遂正,等. 全国煤层气资源勘查开采有利区优选[J]. 中国煤炭地质,2015,27(7):48-51.
ZHANG Ning, ZHU Jie, WANG Suizheng, et al. Optimization of nationwide CBM resources exploration and exploitation favorable areas[J]. Coal Geology of China, 2015, 27(7): 48-51.
- [9] 夏玉成,白红梅,孙学阳. 断裂信息维在矿井构造相对复杂程度预测中的应用[J]. 湖南科技大学学报(自然科学版),2005(2):14.
XIA Yucheng, BAI Hongmei, SUN Xueyang. Application of fault information dimension in forecast of relative complexity degree of mine structures [J]. Journal of Hunan University of Science & Technology (Natural Science Edition), 2005(2): 14.
- [10] 徐文军,张莎莎,吴财芳,等. 基于层次分析法的煤储层构造复杂程度定量评价[J]. 河南理工大学学报(自然科学版),2019,38(2):20-26.
XU WenJun, ZHANG ShaSha, WU CaiFang, et al. Quantitative assessment of structure complexity of coal reservoir based on analyt-
- ical hierarchy process[J]. Journal of Henan Polytechnic University: Natural Science, 2019, 38(2): 20-26.
- [11] 崔 剑,要惠芳,刘利宝. 韩城地区煤层气有利区优选[J]. 煤炭技术,2018,37(3):4951.
CUI Jian, YAO Huifang, LIU Libao. Targeting favorable area for coalbed methane in Hancheng [J]. Coal Technology, 2018, 37(3): 4951.
- [12] 徐凤银,龙荣生,夏玉成,等. 矿井地质构造定量评价及其预测[J]. 煤炭学报,1991,16(4):93-102.
XU Fengyin, LONG Rongsheng, XIA Yucheng, et al. Quantitative assessment and prediction of geological structure in coal mine[J]. Journal of China Coal Society, 1991, 16(4): 93-102.
- [13] 何松霖,刘 勇,康向涛,等. 盘江矿区煤系地质构造复杂程度评价研究[J]. 煤炭科学技术,2017,45(6):196-200,60.
HE Songlin, LIU Yong, KANG Xiangtao, et al. Research on evaluation of complexity of geological structure of coal measures in Panjiang Mining Area[J]. Coal Science and Technology, 2017, 45(6): 196-200, 60.
- [14] 谢 朋,李文平,刘强强,等. 石拉乌素矿首采面顶板志丹群水害危险性分区[J]. 煤炭技术,2017,36(2):200-202.
XIE Peng, LI Wenping, LIU Qiangqiang, et al. Partition of water hazard on first mining face of Shilawusu Coal Mine [J]. Coal Technology, 2017, 36(2): 200-202.
- [15] 方家虎,李 志,张 洋,等. 芦岭煤矿 8 煤层地质构造复杂程度综合评价[J]. 煤田地质与勘探,2016,44(1):22-26,30.
FANG Jiahu, LI Zhi, ZHANG Yang, et al. Comprehensive evaluation of geological structure complexity of 8th seam in Luling mine [J]. Coal Geology & Exploration, 2016, 44(1): 22-26, 30.
- [16] 孙学阳,夏玉成,李 成,等. 韩城矿区构造控煤样式与构造控煤模式[J]. 西安科技大学学报,2019,39(1):50-55.
SUN Xueyang, XIA Yucheng, LI Cheng, et al. Coal-control structural patterns and coal-control structural modes of Hancheng mine area[J]. Journal of Xi'an University of Science and Technology, 2019, 39(1): 50-55.
- [17] 郭 晨,夏玉成,卫兆祥,等. 韩城矿区煤层气成藏条件及类型划分[J]. 煤炭学报,2018,43(S1):192-202.
GUO Chen, XIA Yucheng, WEI Zhaoxiang, et al. Coalbed methane accumulation characteristics and type classification in Hancheng mining area[J]. Journal of China Coal Society, 2018, 43(S1): 192-202.
- [18] 贺晓浪,夏玉成,丁 湘,等. 毛乌素沙漠区广域适应型保水安全厚度计算及开采影响分区评价[J]. 煤炭学报,2019,44(3):796-804.
HE Xiaolang, XIA Yucheng, DING Xiang, et al. Calculation of water-retention thickness for broad applicability and mining influence in Mu Us Desert area[J]. Journal of China Coal Society, 2019, 44(3): 796-803.
- [19] 武 强,徐 华,赵颖旺,等. 基于“三图法”煤层顶板突水动态可视化预测[J]. 煤炭学报,2016,41(12):2968-2974.
WU Qiang, XU Hua, ZHAO Yingwang, et al. Dynamic visualization and prediction for water bursting on coal roof based on “three maps method”[J]. Journal of China Coal Society, 2016, 41(12): 2968-2974.