

软岩煤层不规则煤柱对冲击地压的影响

王 玮, 冀瑞锋, 赵 艺

国家能源集团乌海能源有限责任公司老石旦煤矿, 内蒙古 乌海
Email: zlc200802116@163.com

收稿日期: 2020年9月19日; 录用日期: 2020年10月7日; 发布日期: 2020年10月14日

摘 要

本文基于老石旦煤矿031604工作面为研究对象, 其顶板为软岩, 局部地区采深超过400 m, 现对煤层中的应力集中情况进行分析, 受回采需要, 随着工作面031604推进, 与邻近采空区031601缩面后形成不规则煤柱, 及后期与采空区形成煤柱时内部应力集中情况, 采用现场监测数据及FLAC数值模拟分析, 运用多因素耦合法, 经研究发现随着回采工作面的推进, 应力集中情况由不规则煤柱中心部分逐渐转移到煤柱031604工作面实体煤一侧。结果表明在此地质条件下031604工作面不会发生冲击地压。

关键词

软岩, 不规则煤柱, 冲击地压, 应力集中, 回采工作面

Influence of Irregular Coal Pillars in Soft Rock Seam on Rock Burst

Wei Wang, Ruifeng Ji, Yi Zhao

Laoshidan Coal Mine of National Energy Group Wuhai Energy Co., Ltd., Wuhai Inner Mongolia
Email: zlc200802116@163.com

Received: Sep. 19th, 2020; accepted: Oct. 7th, 2020; published: Oct. 14th, 2020

Abstract

Based on Laoshidan Coal Mine 031604 working face as the research object, its roof is soft rock, and the mining depth in some areas is more than 400 m, the stress concentration in coal seam is analyzed. With the advance of working face 031604, irregular coal pillars are formed after contraction with adjacent goaf 031601, and the internal stress concentration of coal pillars formed with goaf in the later stage is adopted. Based on the field monitoring data and FLAC numerical simulation analysis, using the multi-factor coupling method, it is found that with the advance of the

mining face, the stress concentration gradually shifts from the irregular central part of the coal pillar to the solid coal side of the coal pillar 031604 working face. The results show that no rock burst will occur in 031604 working face under this geological condition.

Keywords

Soft Rock, Irregular Coal Pillar, Rock Burst, Stress Concentration, Mining Face

Copyright © 2020 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

冲击地压是一种由于受到采动影响, 集聚在煤岩层中的弹性能瞬时释放而引发的动力灾害, 经研究表明开采深度与冲击地压发生频率呈正相关关系, 开采深度越大, 冲击地压显现越频繁[1]。据统计, 煤矿发生冲击地压的采深最少在 400 m 以下, 但是近年来我国新疆、内蒙古地区发生冲击地压的矿井采深都小于 400 m, 随着采掘深度的增加, 发生冲击地压事件将越发频繁, 但由于冲击地压发生的类型和影响因素众多, 目前还没有一种理论或模型对每种冲击地压进行合理解释, 大都仅存在理论和实验室阶段, 因此有必要对冲击地压发生的机理进行深入的研究。另外, 不规则煤柱在其拐点位置出现应力叠加现象, 给工作面的顶板回采期间的顶板控制带来了很大的困难[2]。尤其是当工作面回采到不规则煤柱的拐点附近时回采工作面正前方的应力集中带与不规则煤柱拐点处应力叠加区又一次发生重合, 出现三重应力叠加现象, 如果采取的应对措施不当及其容易造成煤壁片帮或顶板垮落事故[3]。本文以国家能源集团乌海能源有限责任公司老石旦煤矿 031604 工作面为研究对象, 通过采用支架压力监测手段, 应用 FLAC3D 数值模拟方法, 揭示了 031604 临近采空区时进行一次缩面形成不规则煤柱时在 400 m 采深对冲击地压的影响。

2. 矿井及工作面概况

国家能源集团乌海能源公司老石旦煤矿位于内蒙古自治区桌子山煤田西翼的老石旦矿区, 行政区划属乌海市海南区管辖。老石旦煤矿技改完成后采用主斜井-副斜井-回风立井混合式开拓方式, 采用单一水平采区式开采, 共划分南采区、北一采区、北二采区, 北三采区四个采区。现南采区、北一采区和北二采区已全部开采结束, 并封闭完毕。矿井共布置主斜井、缓坡副斜井、回风立井三个井筒。矿井主要开采的是石炭二叠纪的 12[#]、16[#]煤层, 但是目前主要回采的是 16[#]煤层北三采区的 031604 综采放顶煤工作面。

031604 综采放顶煤工作面位于北三采区 16[#]煤层, 属稳定的中厚煤层。工作面煤层倾角 1°~4°, 煤层平均总厚度为 8.8 m, 纯煤平均厚度为 7.5 m, 含 3~4 层夹矸, 煤层结构复杂, 煤层走向为 147°, 倾向为 237°。煤层可采指数为 1, 变异系数 15%, 煤层赋存较稳定, 该工作面煤层较松软, 局部顶板可能破碎。工作面走向全长约 2500 m, 工作面分南北翼部分, 南翼部分走向长 1060 m, 北翼部分走向长 1440 m, 现南翼部分剩余 73.8 m (含三条下山 44.76 m), 北翼还未开采, 031604 工作面南翼部分开采时, 倾斜长 264 m, 南翼过旧系统三条下山开采结束后, 要求变为单翼开采, 变成单一开采后进行缩面形成不规则煤柱, 此时工作面倾斜长为 213 m, 近水平煤层。如下图 1 所示。

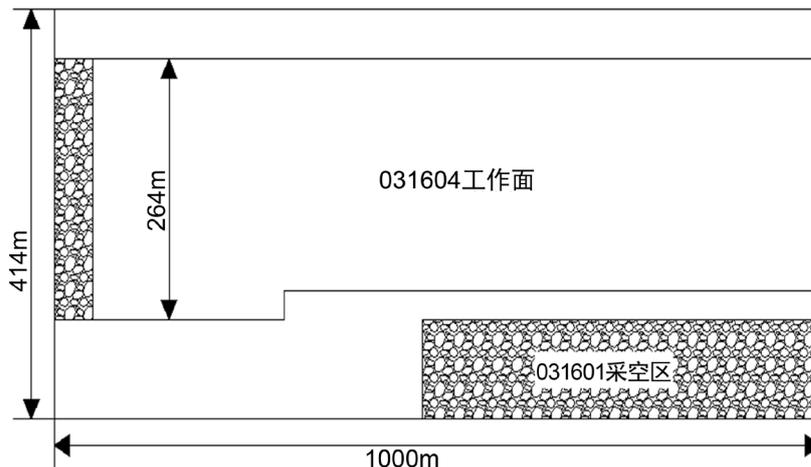


Figure 1. 031604 working face simulation top view
图 1. 031604 工作面模拟俯视图

3. 支架应力监测及运用 FLAC3D [4]模拟分析

3.1. 031604 工作面支架工作情况

自 2018 年 6 月 1 日至 2018 年 6 月 15 日，取 15 天数据进行分析，如下图 2 所示：通过统计分析可以看出整个工作面支架阻力(由于支架的工作阻力和顶板压力是一对作用力和反作用力关系，两者大小相等，方向相反)平均值在 14~19 MPa 之间，整个工作面最大阻力不超过 25 MPa，根据《煤矿安全生产标准化》规定，工作面液压支架的初撑力不低于额定值的 80%来分析，由于该工作面液压支架的额定值为 32 MPa，所以工作面液压支架的初撑力均不低于 25.6 MPa，从观测的支架阻力数值来看，031604 工作面最大阻力不超过 25 MPa，即整个工作面的顶板压力不超过 25 MPa，所以均在于工作面液压支架的初撑力 25.6 MPa 以下，即在液压支架有效支撑范围之内，因此发生冲击地压危险性较小。

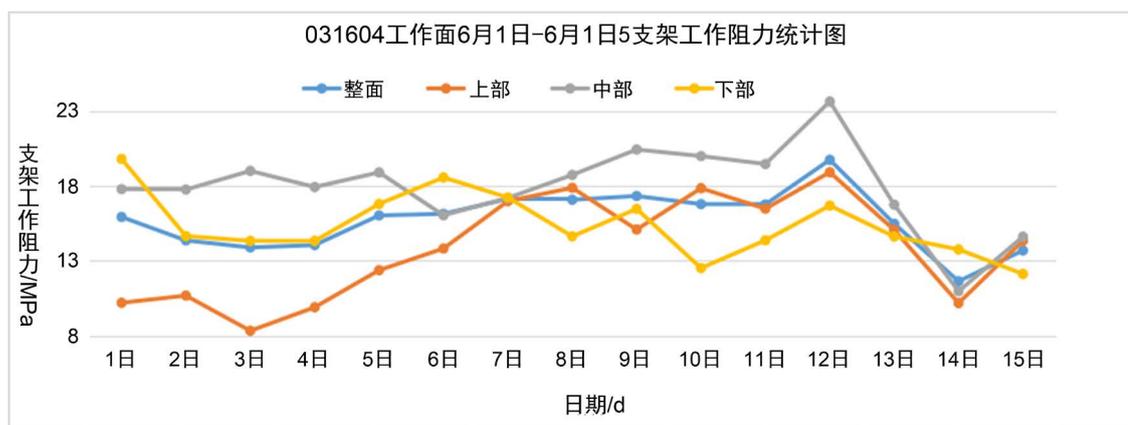


Figure 2. 15-day support resistance changes at 031604 working face
图 2. 031604 工作面 15 天支架阻力变化情况

3.2. 运用 FLAC3D 数值模拟 031604 工作面缩面后应力集中情况

基于回采工作面 031604 推进，逐渐临近采空区 031601 工作面，为了形成合理煤柱进行一次缩面形成 80 m 煤柱及与采空区 031601 相邻时形成 30 m 煤柱时煤柱中应力集中情况。

(1) 如图 3: 当工作面推进时, 031604 工作面与采空区 03601 工作面之间会形成 80 m 煤柱(图中 8.54×10^6 MPa 的红颜色部位为 80 m 煤柱所在的位置), 煤柱的应力峰值与工作面未开采时相比较, 有明显升高, 峰值为 8.54 MPa 且集中在煤柱中心部位, 此时煤柱处于应力平衡状态。

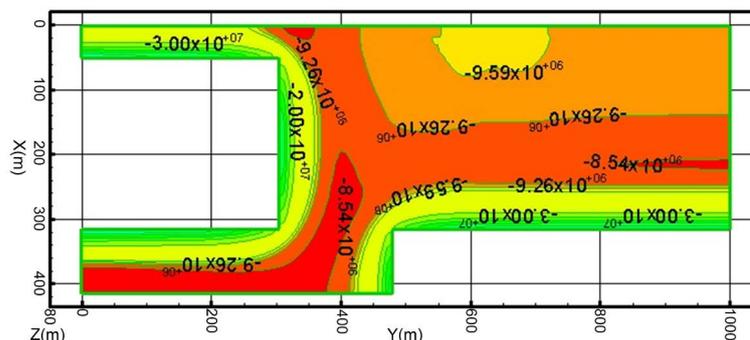


Figure 3. Stress distribution diagram of 031604 working face from mining to contraction face
图 3. 031604 工作面开采到缩面位置的应力分布图

(2) 如图 4: 031604 工作面一次缩面后与 031601 工作面形成 60 m 煤柱时, 煤柱中应力升高, 峰值达到 9.21 MPa, 此时煤柱仍然处于应力平衡状态。

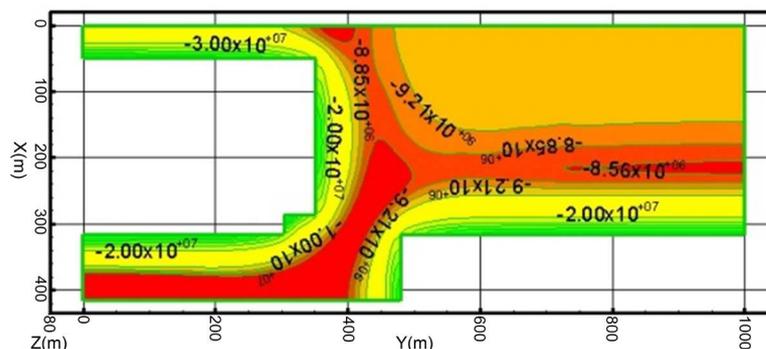


Figure 4. Stress distribution diagram of mining 50 m after 031604 working face shrinkage
图 4. 031604 工作面缩面后开采 50 m 时的应力分布图

(3) 如图 5: 031604 工作面一次缩面后继续推进与 031601 采空区形成 30 m 煤柱, 其煤柱的应力峰值为 9.20 MPa, 应力峰值集中在 031604 实体煤一侧, 此时煤柱应力平衡。

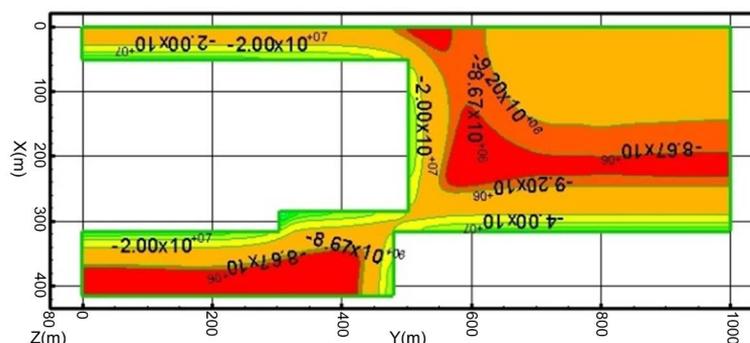


Figure 5. Stress distribution diagram of mining 200 m after 031604 working face shrinkage
图 5. 031604 工作面缩面后开采 200 m 时的应力分布图

(4) 如图 6: 031604 工作面推进与 031601 采空区形成 200 m 长 30 m 宽煤柱时, 煤柱的应力峰值下降到 8.94 MPa, 此时 30 m 煤柱区域应力集中较小, 应力峰值集中在 031604 实体煤一侧, 此时煤柱应力平衡。

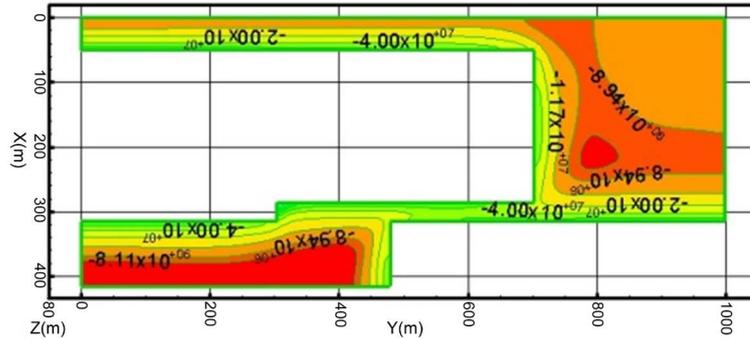


Figure 6. Stress distribution diagram of mining 400 m after 031604 working face shrinkage
图 6. 031604 工作面缩面后开采 400 m 时的应力分布图

4. 冲击地压危险性评价

4.1. 影响冲击地压发生的地质因素及指数[5]

通过对 031604 工作面的危险因素进行评定, 并对其评定结果计算[6], 评定 031604 工作面地质因素评定结果如表 1 所示。

计算的到的冲击地压危险因素指数为 W_{t1}

Table 1. The factors and index that geological conditions affect the dangerous state of rock burst
表 1. 地质条件影响冲击地压危险状态的因素及指数

序号	影响因素	因素说明	因素分类	评估指数	该项取值
1	W_1	同一水平煤层冲击地压发生历史次数/n	$n = 0$	0	0
			$n = 1$	1	
			$2 \leq n < 3$	2	
			$n \geq 3$	3	
2	W_2	开采深度/h	$h \leq 400$ m	0	0
			400 m $< h \leq 600$ m	1	
			600 m $< h \leq 800$ m	2	
			$h > 800$ m	3	
3	W_3	上覆裂隙带内坚硬厚层岩层距煤层的距离/d	$d > 100$ m	0	0
			50 m $< d \leq 100$ m	1	
			20 m $< d \leq 50$ m	2	
			$d \leq 20$ m	3	
4	W_4	煤层上方 100 m 范围顶板岩层厚度特征参数/ L_{st}	$L_s < 50$ m	0	0
			50 m $< L_{st} \leq 70$ m	1	
			70 m $< L_{st} \leq 90$ m	2	
			$L_{st} > 90$ m	3	

Continued

5	W_5	开采区域内构造引起的 应力增量与正常应力值之比/ $\gamma = (\sigma_g - \sigma) / \sigma$	$\gamma \leq 10\%$	0	1
			$10\% < \gamma \leq 20\%$	1	
			$20\% < \gamma \leq 30\%$	2	
			$\gamma > 30\%$	3	
6	W_6	煤的单轴抗压强度/Rc	$Rc \leq 10 \text{ MPa}$	0	1
			$10 \text{ MPa} < Rc \leq 14 \text{ MPa}$	1	
			$14 \text{ MPa} < Rc \leq 20 \text{ MPa}$	2	
7	W_7	煤的弹性能指数/ W_{ET}	$Rc > 20 \text{ MPa}$	3	1
			$W_{ET} < 2$	0	

$$U_{Ic} = \begin{cases} 0.5Ic & Ic \leq 1.0 \\ Ic - 0.5 & 1.0 < Ic < 1.5 \\ 1.0 & Ic \geq 1.5 \end{cases} \quad (\text{式 1})$$

得出影响冲击地压的地质因素为 $W_{t1} = 0.41$ 。

4.2. 影响冲击地压危险状态的开采技术因素及指数

(1) 根据开采技术条件、开采历史,煤柱、停采线等这些开采历史和开采技术因素(表 2),确定相应的影响冲击地压危险状态的指数,从而为冲击地压的预测预报和危险性评估,冲击地压的治理提供依据[7]。

Table 2. Factors and indexes of the dangerous state of rock burst are affected by mining technical conditions

表 2. 开采技术条件影响冲击地压危险状态的因素及指数

序号	影响因素	因素说明	因素分类	评估指数	评估取值
1	W_1	保护层的卸压程度	好	0	0
			中等	1	
			一般	2	
			很差	3	
2	W_2	工作面距上保护层开采 遗留的煤柱的水平距离 h_z	$h_z \geq 60 \text{ m}$	0	1
			$30 \text{ m} \leq h_z < 60 \text{ m}$	1	
			$0 \text{ m} \leq h_z < 30 \text{ m}$	2	
			$h_z < 0 \text{ m}$ (煤柱下方)	3	
3	W_3	工作面与临近采空区的关系	实体煤工作面	0	1
			一侧采空	1	
			两侧采空	2	
			三侧及以上采空	3	
4	W_4	工作面长度 L_m	$L_m > 300 \text{ m}$	0	1
			$150 \text{ m} \leq L_m < 300 \text{ m}$	1	
			$100 \text{ m} \leq L_m < 150 \text{ m}$	2	
			$L_m < 100 \text{ m}$	3	

Continued

			$d \leq 3 \text{ m}$, 或 $d \geq 50 \text{ m}$	0	
5	W_5	区段煤柱宽度 d	$3 \text{ m} < d \leq 6 \text{ m}$	1	3
			$6 \text{ m} < d \leq 10 \text{ m}$	2	
			$10 \text{ m} < d < 50 \text{ m}$	3	
			$t_d = 0 \text{ m}$	0	
6	W_6	留底煤厚度 t_d	$0 \text{ m} < t_d \leq 1 \text{ m}$	1	0
			$1 \text{ m} < t_d \leq 2 \text{ m}$	2	
			$t_d > 2 \text{ m}$	3	
			$L_{jc} \geq 150 \text{ m}$	0	
7	W_7	向采空区掘进的巷道, 停掘位置与采空区的距离 L_{jc}	$100 \text{ m} \leq L_{jc} < 150 \text{ m}$	1	无
			$50 \text{ m} \leq L_{jc} < 100 \text{ m}$	2	
			$< 50 \text{ m}$	3	
			$L_{mc} \geq 300 \text{ m}$	0	
8	W_8	向采空区推进的工作面, 停采线与 采空区的距离 L_{mc}	$200 \text{ m} \leq L_{mc} < 300 \text{ m}$	1	无
			$100 \text{ m} \leq L_{mc} < 200 \text{ m}$	2	
			$L_{mc} < 100 \text{ m}$	3	
			$L_d \geq 100 \text{ m}$	0	
9	W_9	向落差大于 3 m 的断层推进的工作 面或巷道, 工作面或迎头与断层的 距离 L_d	$50 \text{ m} \leq L_d < 100 \text{ m}$	1	0
			$20 \text{ m} \leq L_d < 50 \text{ m}$	2	
			$L_d < 20 \text{ m}$	3	
			$L_z \geq 50 \text{ m}$	0	
10	W_{10}	向煤层倾角剧烈变化($>15^\circ$)的向斜 或背斜推进的工作面或巷道, 工作 面或迎头与之的距离 L_z	$20 \text{ m} \leq L_z < 50 \text{ m}$	1	无
			$10 \text{ m} \leq L_z < 20 \text{ m}$	2	
			$L_z < 10 \text{ m}$	3	
			$L_b \geq 50 \text{ m}$	0	
11	W_{11}	向煤层侵蚀、合层或厚度变化部分 推进的工作面或巷道, 接近煤层变 化部分的距离 L_b	$20 \text{ m} \leq L_b < 50 \text{ m}$	1	无
			$10 \text{ m} \leq L_b < 520 \text{ m}$	2	
			$L_b < 510 \text{ m}$	3	

(2) 根据影响冲击地压危险状态的开采技术因素, 经计算冲击地压危险指数为 0.24。

(3) 用下式来确定采掘工作面周围开采技术条件对冲击地压危险状态的影响程度及冲击地压危险状态等级评定的指数 W_{t2} [8]。

$$W_{t2} = \frac{\sum_{i=1}^{n_2} W_i}{\sum_{i=1}^{n_2} W_{i\max}} \quad (\text{式 } 2)$$

(4) 以上给出了采掘工作面周围地质因素和采矿技术因素对冲击地压的影响程度及冲击地压危险状

态等级评定的指数 W_{r1} 和 W_{r2} 的具体表达式, 根据这两个指数, 用下式就可以确定出采掘工作面周围冲击地压危险状态等级评定的综合指数 W_r [9]。

$$W_r = \max \{W_{r1}, W_{r2}\} \quad (\text{式 3})$$

(5) 式中, W_r 为某采掘工作面的冲击地压危险状态等级评定综合指数, 以此可以圈定冲击地压危险程度[10]。

根据以上分级, 确定 031604 工作面冲击危险综合指数为 0.24, 为无冲击危险。

5. 结论

(1) 分析了老石旦煤矿 031604 工作面地质条件和开采条件的多因素耦合影响因素, 以支架数据分析可知: 无强烈开采扰动条件下不会发生冲击地压事故。

(2) 采用 FLAC3D 数值模拟分析了老石旦煤矿 031604 工作面开采过程中的应力分布及其演化规律; 分析了 031604 工作面推进和采空区形成不规则煤柱中的应力集中情况。

(3) 采用综合指数法对老石旦煤矿 031604 工作面冲击地压危险性进行了评估, 结果表明, 老石旦煤矿 031604 工作面不具备发生冲击地压的可能性, 属于无冲击地压危险矿井, 按照常规管理进行开采即可。

参考文献

- [1] 张晓明, 卢刚, 毕建成. 冲击地压 Fisher 判别分析预测[J]. 辽宁工程技术大学学报(自然科学版), 2014, 33(33): 313-316.
- [2] 孙永富, 张伟, 原登亮. 基于指数法的矿井冲击危险性评价[J]. 中州煤炭, 2015(12): 1-3.
- [3] 金佩剑, 王恩元, 刘晓斐, 等. 冲击地压危险性综合评价的突变级数法研究[J]. 采矿与安全工程学报, 2013, 30(2): 256-261.
- [4] 梁赛江, 武光峰, 吕高元, 等. 工作面回采期间冲击地压危险性分析及防治[J]. 煤矿安全, 2017, 48(12): 183-186.
- [5] 杜则铭, 刘广运. 浅谈冲击地压工作面危险性的评价方法[J]. 工程技术, 2016(28): 58-59.
- [6] 张书敬. 浅部煤层工作面冲击地压与采动应力场关系研究[J]. 煤矿开采, 2018, 23(3): 79-83.
- [7] 邓志刚. 基于三维地应力场反演的宏观区域冲击危险性评价[J]. 煤炭科学技术, 2018, 46(10): 78-82.
- [8] 李伟. 煤矿冲击地压防治技术与应用研究[J]. 山东工业技术, 2019(10): 79.
- [9] 姜福兴, 刘懿, 翟明华, 等. 基于应力与围岩分类的冲击地压危险性评价研究[J]. 岩石力学与工程学报, 2017, 36(5): 1041-1052.
- [10] 李宏艳, 莫云龙, 孙中学, 等. 煤矿冲击地压灾害防控技术研究现状及展望[J]. 煤炭科学技术, 2019, 47(1): 62-68.