

内蒙古呼吉尔特矿区新建矿井冲击地压治理模式探索

翁明月¹, 王书文^{2,3}

(1. 中天合创能源有限责任公司, 内蒙古 鄂尔多斯 017020; 2. 煤炭科学研究总院 开采研究分院, 北京 100013;
3. 天地科技股份有限公司 开采设计事业部, 北京 100013)

[摘 要] 呼吉尔特矿区深部煤炭资源开发过程中面临冲击地压灾害难题, 主要发生临空巷道超前段冲击、工作面临空侧煤壁冲击、临空留巷滞后冲击等 3 类冲击。基于矿区煤层赋存及开采设计特殊性, 针对性提出积极利用保护层开采、推行小煤柱护巷、多盘区跳采等超前防范措施。以葫芦素煤矿为例, 提出微震台网优化方法及利用微震数据调节回采速度、判断多采空区联动及断层活化方法。开发“钻-切-压”一体化高效预裂坚硬顶板技术, 利用高压水射流切缝为水力压裂提供起始裂纹, 操作工艺更为简化、高效, 压裂半径可达 15m 以上, 巷帮压力降幅约 50%。

[关键词] 呼吉尔特矿区; 冲击地压; 治理模式; 微震; 顶板预裂

[中图分类号] TD324.2 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1006-6225 (2018) 01-0060-05

Exploration of Rock Burst Governance Model of New Built Coal Mine in Hujerte Mine Area in Inner Mongolia

WENG Ming-yue¹, WANG Shu-wen^{2,3}

(1. Zhongtian Hechuang Energy Co., Ltd., Erdos 017020, China; 2. Mining Institute, China Coal Research Institute, Beijing 100013, China;
3. Coal Mining & Designing Department, Tiandi Science & Technology Co., Ltd., Beijing 100013, China)

Abstract: Some disaster difficulty problems of rock burst appeared during coal resource development in deep of Hujerte mine area, the following three classifications of rock burst appeared, which included rock burst in advanced section of roadway along gob, coal wall burst of working face along gob, hysteresis burst of roadway along gob. Based on coal seam storage and special of coal mining design, and then some advanced precautionary measures were put forward, which included that utilizing protective layer mining, implementing roadway protection with small coal pillar, more panel skip mining and so on, it taking Hulusu coal mine as example, and then the method that microseism platform network optimization method and adjusting mining speed by microseism data and judging more gob linkage and fault activation and so on, ‘drilling-cutting-pressing’ integration highly effective hard roof presplitting technique was developed, the starting fracture was formed by highly pressure water jet cutting, operation process simplify and high effectively, splitting radius could reached 15m, pressure of roadway side decreasing amplitude about 50 %.

Key words: hujerte mine area; rock burst; governance model; microseism; roof presplitting

呼吉尔特矿区划属鄂尔多斯市乌审旗呼吉尔特乡和图克镇等管辖, 深部煤炭资源丰富。自“十一五”以来, 煤炭资源开发力度逐步加大, 已建成 6 座特大型现代化矿井, 为当地经济发展起到重要推动作用。在矿区建设及生产过程中, 出现了早期未预料的冲击地压灾害, 并逐步成为区域性技术难题, 对各矿井建设及生产造成不同程度的影响。呼吉尔特矿区煤炭资源赋存条件、矿井建设规模、技术水平、管理模式具有其特殊性, 该条件下冲击地压灾害科学治理模式亟需探索, 从而为后期大规模投产、达产奠定基础。针对呼吉尔特矿区特殊条件, 对冲击地压治理模式进行探索, 并以葫芦素煤

矿为例进行说明, 以期对呼吉尔特矿区的安全高效开发提供借鉴。

1 呼吉尔特矿区基本情况

呼吉尔特矿区划分为 7 个井田、2 个勘查区和 1 个远景区, 建设规模 60Mt/a。矿区含可采煤层 8 层, 煤层厚度 0.8~7.1m, 煤系地层厚度平均为 280m, 煤种为不粘煤和长焰煤。煤炭平均发热量在 7000 大卡左右, 属低灰分、低硫、特低磷、高发热量的优质动力煤。呼吉尔特矿区主采煤层埋深较大, 一般为 600~800m, 矿井普遍赋存 2~4 个可采煤层, 多为近水平中厚煤层, 适用于综合机械化

[收稿日期] 2017-12-26

[DOI] 10.13532/j.cnki.cn11-3677/td.2018.01.015

[基金项目] 国家重点研发计划 (2017YFFC0804204); 天地科技重点基金 (KJ-2016-TDKC-01)

[作者简介] 翁明月 (1972-), 男, 陕西商南人, 高级工程师, 主要从事煤矿开采技术及安全管理工作。

[引用格式] 翁明月, 王书文. 内蒙古呼吉尔特矿区新建矿井冲击地压治理模式探索 [J]. 煤矿开采, 2018, 23 (1): 60-64.

开采。矿区内各矿井均为瓦斯矿井，煤层自然发火周期一般为30~70d。多数矿井的回采工作面设计借鉴了神东设计模式，双巷掘进，外侧巷道继续为下一工作面服务，巷间煤柱普遍为30~40m。

2 呼吉尔特矿区冲击地压灾害情况

“十一五”期间，呼吉尔特矿区各大型矿井陆续建设，在开拓、准备及初采阶段，采掘巷道并未出现明显的动力现象。但随着采掘范围的不断扩大，覆岩活动范围更大，活动强度更高，临空采掘工作面动力显现问题日益突出。据不完全统计，呼吉尔特矿区各深部矿井均出现过不同程度的冲击地压，严重的可造成数百米巷道严重损坏。具体显现规律如下：

(1) 以回采工作面超前巷道冲击地压为主，部分综采工作面邻近采空区侧可发生煤壁冲击，多巷布置工作面的临空留巷可发生滞后冲击。3类冲击地压发生地如图1所示。

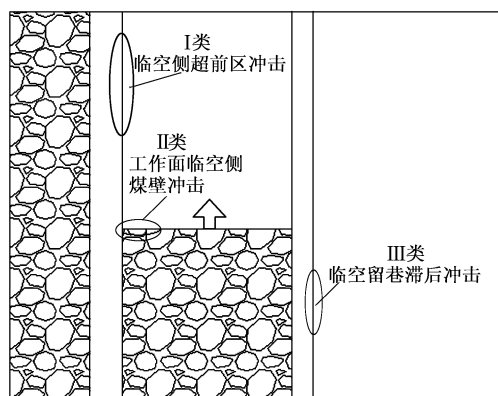
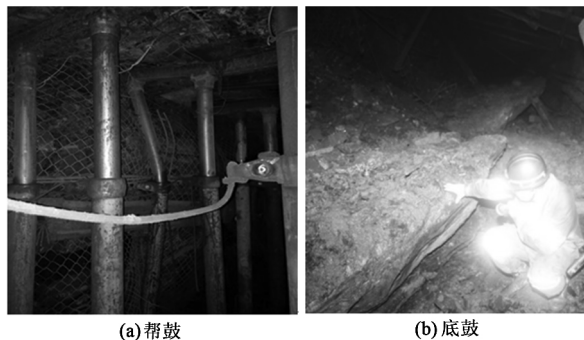


图1 呼吉尔特矿区3类冲击地压主要发生地点

(2) 冲击显现以底鼓、帮鼓为主，存在顶煤的巷道冲击可引起局部冒顶，底板即使不留底煤，岩石底板也可能强烈破坏，如图2所示。



(a) 帮鼓

(b) 底鼓

图2 呼吉尔特矿区冲击地压显现

(3) 多数冲击地压发生在宽煤柱护巷的临空巷道内，煤柱帮压力大。

(4) 不同煤层冲击危险程度差异较大，如3-1

煤层坚硬，具有强冲击倾向性，顶板厚硬程度高，冲击地压灾害普遍严重。

(5) 大巷开拓期间及首采工作面回采期间，动力现象并不明显，临空工作面回采后，冲击地压问题较为突出。

3 冲击地压灾害治理模式探索

3.1 因地制宜开展冲击地压超前防范

区域性超前防范对于冲击地压治理具有重要意义，科学的开采设计可对冲击地压静载荷源实现宏观调控，避免大规模应力集中，最大限度地延后冲击地压发生时间，大幅度降低后期采掘过程中的冲击危险程度和防治难度^[1]。实践证明，新出现的冲击地压矿井多是由于开采初期无冲击地压防范意识，进行开采设计时人为造成大量有利于冲击地压发生的条件，最终积重难返，灾害日益突出。呼吉尔特矿区各矿井应基于冲击地压防范原则，审视现有开采设计，优化采掘布局，从源头上规避冲击地压的发生条件。

3.1.1 积极利用保护层开采

保护层开采是典型的冲击地压区域型防范手段^[2-3]。鉴于呼吉尔特矿区各矿井普遍赋存2~4个煤层，煤层间距多为20~60m，是开采保护层的先天有利条件。可首先开采冲击倾向性和冲击危险性较低、顶板厚硬程度小的煤层，从而对其上、下一定范围的煤层形成应力解放，降低应力水平，缓解冲击灾害风险。鉴于3-1煤层冲击倾向性较强，应将其作为被保护层，即先开采其上部或下部的低冲击地压风险煤层。对于目前已经投产的矿井，可针对未采区域进行重新规划、设计，以实现卸压开采。

3.1.2 推行小煤柱护巷

为实现快速掘进，呼吉尔特矿区各矿井多采用双巷掘进，巷间煤柱宽度30~40m，工作面回采后，临空巷道处于采空区侧向支承压力影响范围内，集中静载荷水平较高，为冲击地压的发生提供了基础载荷源。目前，6m宽小煤柱护巷技术在石拉乌素等矿已经开始应用，葫芦素煤矿、门克庆煤矿也在积极探索之中。鉴于呼吉尔特矿区多数矿井水文地质类型为复杂型，小煤柱护巷要确保其防水性能。

3.1.3 积极开拓，多盘区跳采

呼吉尔特矿区矿井设计生产能力巨大，由于煤层多为中厚水平，在面临冲击地压灾害的大背景下，不允许推采过快。因此，往往需要2~3个回

采工作面同采才能够达产。为避免采掘相互扰动诱发冲击地压风险,应严格执行一区一面,同时待采空区彻底稳定后再进行下一工作面巷道掘进。这要求在开拓设计时,应积极扩大开拓范围,为多盘区跳采创造条件。

3.2 开展区域性微震监测综合分析

依据冲击地压启动理论,需对诱发冲击启动动静载荷源分源监测,分源防治^[4]。动载荷监测手段主要包括微震监测、地音监测等,静载荷监测以采动应力监测为主。目前,呼吉尔特矿区内葫芦素煤矿、门克庆煤矿、巴彦高勒等矿井均引进了波兰 ARAMIS 微震监测系统,用于监测全矿井范围微震活动。

3.2.1 基于误差分析的微震台网布置优化

微震台网布置对微震监测范围、微震事件定位精度具有重要影响^[5]。在综合考虑有效台站数、最大空隙角、近台震中距以及微震监测台网灵敏度和拾震器灵敏度的基础上,葫芦素煤矿积极利用多巷布置条件,设计了多种微震监测台网,并利用 D 值最优化算法计算了各个方案的平面定位误差和垂直定位误差,最终确定了最优微震台网布置方案,如图 3 所示。该方案能够实现对葫芦素矿井范围内所有采掘活动区域的监测,同时对 21102 和 21103 等潜在冲击地压回采工作面进行了重点覆盖,其水平定位误差约为 $\pm 5\text{m}$,垂直定位误差为 $\pm 15\text{m}$ 。

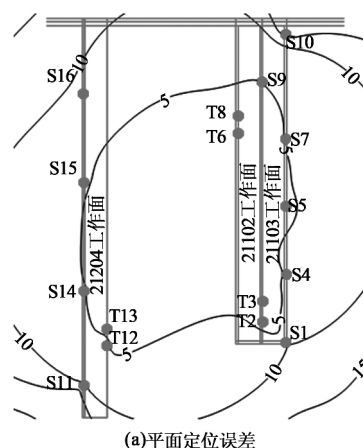
3.2.2 基于微震活动监测的推采速度调节

呼吉尔特矿区内煤矿产能较大,设计推采速度快,覆岩活动范围和强度大。过高的推采速度会导致煤岩层弹性能释放不及时、不均匀,发生局部能量过度积聚及瞬间大规模释放,进而诱发冲击^[6-7]。为此,针对各采掘工作面,应积极利用微震系统监测分析采掘速度与微震活动强度的相关性。图 4、图 5 为葫芦素煤矿 21103 工作面微震活动与推进度的关系曲线,可见,回采引起的动载扰动与推进速度密切相关,因此可通过微震监测结果合理调节工作面推进速度,实现煤岩体能量的缓慢释放。

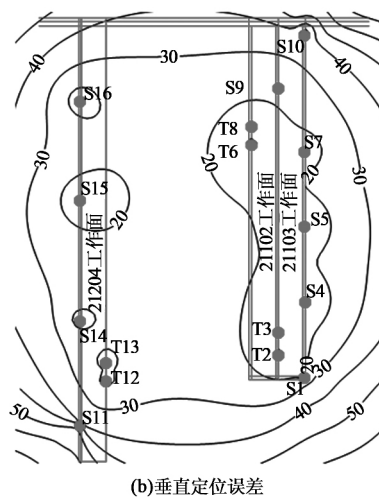
3.2.3 基于微震丛集现象的煤岩活动规律分析

微震事件是煤岩层活动的结果,微震丛集现象表明煤岩活动异常活跃。葫芦素煤矿微震监测表明,工作面回采过程中微震分布存在 2 处丛集现象,如图 6 所示,其发生机制如下:

(1) 断层活化诱发强动载 F16 断层附近微震密集分布,是大能量事件的主要发生区。分析认为 F16 断层附近煤岩层结构遭到破坏,在回采扰动下



(a) 平面定位误差



(b) 垂直定位误差

图 3 葫芦素煤矿微震台网布置误差反演

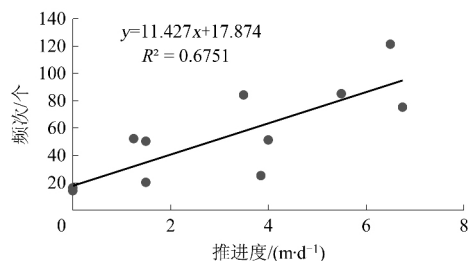


图 4 21103 工作面微震频次与推进度的相关性

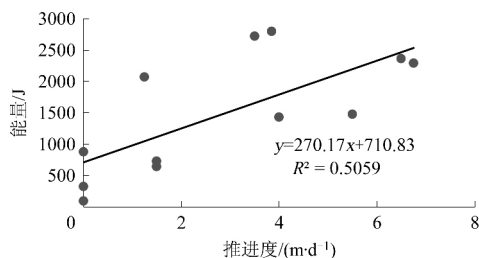


图 5 21103 工作面微震能量与推进度的相关性

发生断层活化,能量释放速率偏大,持续时间长,可成为重要的冲击启动诱发载荷源,是矿井需要重点关注的冲击致灾源。

(2) 多工作面采空区覆岩联动 微震监测发

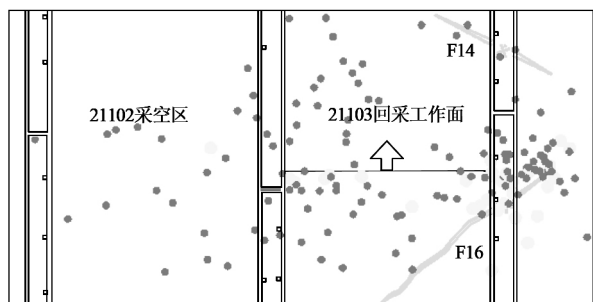


图 6 葫芦素煤矿回采工作面微震事件平面投影

现, 21103 工作面回采过程中, 21102 工作面采空区内存在微震事件, 这表明本工作面回采可引起相邻采空区顶板的二次活动, 其活动范围一般位于超前本工作面 80m 至滞后工作面 100m 范围内。该现象表明, 21102 工作面回采 16 个月后, 仍未实现充分采动, 上覆岩层存在滞后断裂现象。2 个工作面采空区顶板可发生联动效应, 形成更大范围的微震活动群。

3.3 “钻-切-压”一体化顶板预裂技术

坚硬顶板是采掘巷道常规矿压及冲击地压的关键影响因素, 顶板超前预裂是防治冲击地压的有效手段。目前, 深孔爆破预裂和水力化压裂是处理顶板问题的常规方法。深孔爆破预裂顶板的效果直接、可控, 是早期最为常见的顶板处理方法, 应用最为广泛。但受安全管控影响, 炸药的供应时常被中断, 无法按计划开展顶板处理工作, 顶板水力化预裂方法逐步推广开来。葫芦素煤矿针对坚硬顶板问题, 引进“钻-切-压”一体化技术, 实现了顶板高效切缝及预裂。

常规水力压裂技术采用刀片割缝, 现场操作时必须先后 3 次推送钻杆, 工艺复杂, 耗时多, 施工效率低, 刀片成本高。为解决以上问题, 采用“钻-切-压”一体化顶板预裂技术。钻孔后, 在不退杆的情况下, 直接切换高压进行定点旋转水射流, 对指定位置顶板进行割缝, 为后续压裂工序提供初始裂缝, 减小起裂压力, 引导裂纹扩张方向, 提高定向压裂效果。

如图 7 所示, 在回采工作面侧和煤柱侧各布置 1 组钻孔, 孔间距均为 15m, 工作面侧孔深 30m, 煤柱侧孔深 24m。孔内首先进行高压水射流切缝, 然后利用封隔器定点压裂, 在初始裂缝基础上继续扩展、贯通。压裂过程中, 在高压胶管中部连接压力记录仪, 实时捕捉裂缝扩展过程中压力变化情况, 如图 8 所示, 根据压力变化曲线可分析裂纹扩展过程。

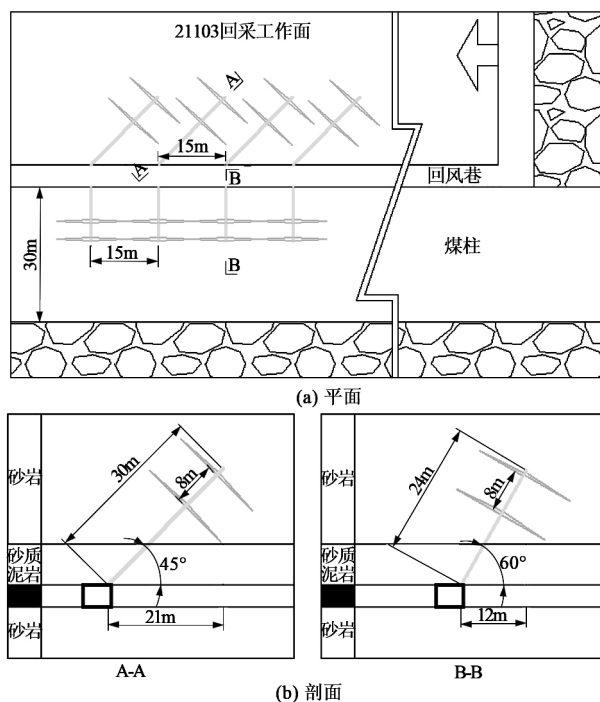


图 7 顶板“钻-切-压”布置方案

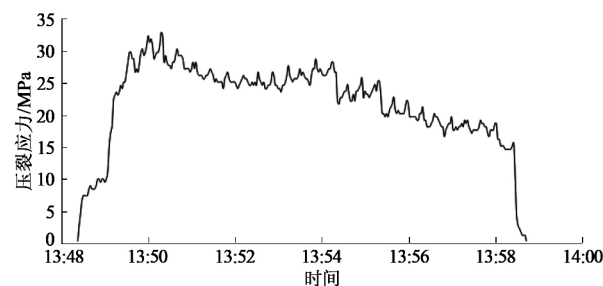
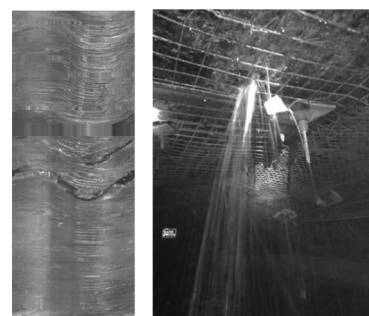


图 8 水力压裂过程中压力变化曲线

现场切缝及压裂效果如图 9 所示, 高压水可在完整的岩层段切割成缝, 压裂过程中, 压裂孔两侧 15m 的邻近孔出水, 这表明通过切缝、压裂作用, 顶板内形成了贯通裂缝, 顶板完整性降低。利用钻孔应力计获取采取“钻-切-压”措施后巷道回采帮和煤柱帮应力最大值, 如图 10 所示。顶板被处理后, 煤柱帮和回采帮最大应力值分别降低 48% 和 52%, 卸压效果显著。



(a) 水射流切缝效果 (b) 15m 外邻近钻孔出水

图 9 高压水切缝及压裂效果

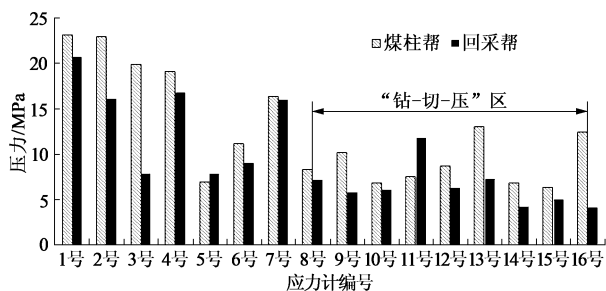


图 10 采取“钻-切-压”措施后巷帮压力变化情况

4 结 论

(1) 呼吉尔特矿区冲击地压主要有 3 种类型: 临空巷道超前段冲击、工作面临空侧煤壁冲击、临空留巷滞后冲击。

(2) 呼吉尔特矿区煤层赋存及开采设计具有其特殊性, 可积极利用保护层开采、推行小煤柱护巷、多盘区跳采等冲击地压超前防范措施。

(3) 针对微震监测, 积极利用工作面多巷布置条件优化微震台网布置, 利用微震活动强度调节推采速度, 基于微震丛集现象分析多工作面采空区联动及断层活化问题。

(4) 开发“钻-切-压”一体化高效预裂坚硬

顶板技术, 利用高压水射流切缝为水力压裂提供起始裂纹, 操作工艺更为简化、高效, 压裂半径可达 15m 以上, 巷帮压力降幅约 50%。

[参考文献]

- [1] 潘俊锋, 宁 宇, 杜涛涛, 等. 区域大范围防范冲击地压的理论及体系 [J]. 煤炭学报, 2012, 37 (11): 1790-1795.
- [2] 秦子晗, 蓝 航. 开采上下保护层卸压效果的数值模拟分析 [J]. 煤矿开采, 2012, 17 (4): 86-89.
- [3] 沈荣喜, 王恩元, 刘贞堂, 等. 近距离下保护层开采防冲机理及技术研究 [J]. 煤炭学报, 2011, 36 (5): 63-67.
- [4] 潘俊锋, 宁 宇, 毛德兵, 等. 煤矿开采冲击地压启动理论 [J]. 岩石力学与工程学报, 2012, 31 (3): 586-596.
- [5] 夏永学, 潘俊锋, 王元杰, 等. 基于高精度微震监测的煤岩破裂与应力分布特征研究 [J]. 煤炭学报, 2011, 36 (2): 239-243.
- [6] 田利军. 忻州窑矿冲击地压发生规律研究 [J]. 煤炭工程, 2013, 45 (8): 104-106.
- [7] 张世东, 李 岩, 乔京利, 等. 郧城煤矿微震活动规律研究 [J]. 中国煤炭, 2015, 41 (9): 28-31.
- [8] 周龙寿, 丁立丰, 郭啟良. 不同压裂介质影响下绝对应力测值的试验研究 [J]. 岩土力学, 2013, 34 (10): 2869-2876.

[责任编辑: 潘俊锋]

(上接 55 页)

[参考文献]

- [1] 王金华. 特厚煤层大采高综放开采关键技术 [J]. 煤炭学报, 2013, 38 (12): 2089-2098.
- [2] 金智新, 于海湧. 特厚煤层综放顶煤开采理论与实践 [M]. 北京: 煤炭工业出版社, 2006.
- [3] 毛德兵, 姚建国. 大采高综放开采适应性研究 [J]. 煤炭学报, 2010, 35 (11): 1837-1841.
- [4] 曹胜根. 综放高效开采关键技术研究与应用 [J]. 采矿与安全工程学报, 2008, 25 (2): 207-212.
- [5] 王金华. 综放开采是解决厚煤层开采难题的有效途径 [J]. 煤炭科学技术, 2005, 33 (2): 1-6.
- [6] 韩 军, 张宏伟, 高照宇, 等. 巨厚煤层软弱覆岩分层综放开采覆岩破坏高度研究 [J]. 采矿与安全工程学报, 2016, 33 (2): 226-230.
- [7] 张顶立, 翟明华. 综放工作面覆岩结构型式及矿压显现 [J]. 采矿与安全工程学报, 1994 (4): 13-17.
- [8] 毛德兵. 综放支架支护强度与煤层采出厚度关系的研究 [J]. 煤炭科学技术, 2009, 37 (1): 41-48.
- [9] 于 斌. 大同矿区特厚煤层综放开采强矿压显现机理及顶板控制研究 [D]. 徐州: 中国矿业大学, 2014.
- [10] 于 斌, 朱卫兵, 高 瑞, 等. 特厚煤层综放开采大空间采场覆岩结构及作用机制 [J]. 煤炭学报, 2016, 41 (3): 571-580.
- [11] 刘长友, 杨敬轩, 于 斌, 等. 覆岩多层坚硬顶板条件下特厚煤层综放工作面支架阻力确定 [J]. 采矿与安全工程学

- 报, 2015, 32 (1): 7-13.
- [12] Yu Bin, Zhao Jun, Kuang Tiejun, et al. In situ investigations into overburden failures of a super-thick coal seam for longwall top coal caving [J]. International Journal of Rock Mechanics & Mining Sciences, 2015 (78): 155-162.
- [13] 闫少宏, 尹希文. 大采高综放开采几个理论问题的研究 [J]. 煤炭学报, 2008, 33 (5): 481-484.
- [14] 闫少宏. 特厚煤层大采高综放开采支架外载的理论研究 [J]. 煤炭学报, 2009, 34 (5): 590-593.
- [15] 于 雷, 闫少宏, 刘全明. 特厚煤层综放开采支架工作阻力的确定 [J]. 煤炭学报, 2012, 37 (5): 737-742.
- [16] 李化敏, 蒋东杰, 李东印. 特厚煤层大采高综放工作面矿压及顶板破坏特征 [J]. 煤炭学报, 2014, 39 (10): 1956-1960.
- [17] 孔令海, 姜福兴, 杨淑华, 等. 基于高精度微震监测的特厚煤层综放工作面顶板运动规律 [J]. 北京科技大学学报, 2010, 32 (5): 552-558, 588.
- [18] 于 雷, 闫少宏, 毛德兵, 等. 基于 ARAMIS M/E 微震监测的大采高综放顶板活动规律 [J]. 煤炭学报, 2011, 36 (S1): 293-298.
- [19] 刘全明. 千树塔煤矿特厚煤层综放开采覆岩活动规律研究 [D]. 北京: 煤炭科学研究总院, 2016.
- [20] 樊运策, 毛德兵. 缓倾斜特厚煤层综放开采合理开采厚度的确定 [J]. 煤矿开采, 2009, 14 (2): 3-4.
- [21] 傅裕寿. 土力学与地基基础 [M]. 北京: 清华大学出版社, 2009.
- [22] 钱鸣高, 石平五, 许家林. 矿山压力与岩层控制 [M]. 徐州: 中国矿业大学, 2010.

[责任编辑: 王兴库]