

北平硐矿综采工作面巷道布置 及矿山压力分析

彭跃金¹, 李青锋^{2*}, 谷洪飞¹, 黄启云¹

(1. 湖南科技大学 资源环境与安全工程学院, 湖南 湘潭 411201; 2. 湖南科技大学 矿业工程研究院, 湖南 湘潭 411201)

摘要: 为研究采动影响下工作面支承压力的变化对巷道布置以及区段煤柱宽度的影响, 基于宝源矿业公司北平硐矿工程地质条件, 结合 UDEC 模拟还原工作面开采煤层顶板断裂、来压等现象, 并对工作面支承压力分布、巷道布置、煤柱宽度和煤壁片帮等进行了分析。研究结果表明, 为减少应力集中现象, 应合理设置区段煤柱使回采巷道布置在支承压力减压区, 从而确保煤炭的高效、安全回收。

关键词: 采动影响; 巷道布置; 支承压力; 数值模拟

中图分类号: TD323 **文献标志码:** A **文章编号:** 1672-9102(2018)03-0008-06

Study On Roadway Layout and Ground Pressure of Fully-mechanized Face in North Adit Mine

Peng Yuejin¹, Li Qingfeng², Gu Hongfei¹, Huang Qiyun¹

(1. School of Resources, Environment and Safety Engineering, Hunan University of Science and Technology, Xiangtan 411201, China;

2. Institute of Mineral Engineering, Hunan University of Science and Technology, Xiangtan 411201, China)

Abstract: In order to study the influence of changes in abutment pressure under the influence of mining on the roadway layout and segment coal pillar retaining, this paper based on the geological conditions of North Adit mine of Baoyuan Mining Co. Ltd., and combined with the UDEC simulation reduction workface mining roof breaking, roof weighting and other phenomena, and abutment pressure distribution, roadway layout, analyzes the coal pillar width and coal wall caving. Research results show that in order to reduce the stress concentration, the section coal pillars should be set reasonably, and mining gateway should be arranged in the supporting pressure decompression zone to ensure the efficient and safe recovery of coal.

Keywords: mining influence; roadway layout; abutment pressure; numerical simulation

存在于地层中未受到工程扰动的天然应力称之为原岩应力^[1]。在没有对矿山岩体进行开挖及破坏以前, 矿山岩体中原岩应力处于平衡状态, 当矿山开始开挖巷道硐室以及进行回采作业时, 受到采动等因素影响, 岩体内部的原始应力平衡状态被打破, 形成了非平衡状态, 此时岩体内部的应力开始重新分布, 在重新分布过程中, 若出现原岩内部应力比煤岩体中的最大承受能力大时, 则会使煤岩体发生破坏, 而煤岩体破坏持续一段时间后, 煤岩体内部应力迅速发生变化, 应力重新分布直到达到重新平衡状态为止。这种由于进行矿山开挖作业, 在矿井巷道硐室周围岩体形成和作用于巷道硐室支护物上的力, 称之为矿山压力^[2-5]。工作面矿山压力会引起顶板事故、冲击地压、煤与瓦斯突出事故等, 其分布规律是采场支架管理、

收稿日期: 2018-06-14

基金项目: 湖南省自然科学基金面上资助项目(2018JJ2130)

* 通信作者, E-mail: liqingfeng0712@163.com

回采巷道支护设计的基础。

为更好地指导现场安全生产,以宝源矿业公司北平硐矿工程地质条件为例,结合 UDEC 离散元数值模拟软件对矿山压力分布进行分析,对巷道布置、煤柱留设、煤壁片帮治理以及巷道支承压力的增压区和减压区影响范围进行了探讨分析。

1 回采巷道布置

1.1 区段划分

北平硐矿 425₂ 采区属倾斜煤层,且区内地质构造比较复杂,根据走向长壁、综采机械化采煤工作面长度的适宜长度要求,以及±0 回风大巷、-200 运输大巷和±0 水平井底车场需留煤柱的现实情况,为力求区段划分的一致性,原则上确定区段采高为 50 m,区段斜长平均 115 m,整个采区沿倾斜方向大致划分为 3 个区段。

1.2 工作面顺槽布置方式

采煤工作面上下顺槽必须布置在煤层中,与长壁工作面上下出口相连,其断面应符合运输、通风、行人和安全需要^[6]。一般来说,1 个回采工作面的回采巷道通常由 1 条运输顺槽和 1 条回风顺槽 2 条巷道组成,即掘进时一般按腰线先掘回风顺槽摸清煤层的走向、倾角和厚度变化情况,然后按中线掘进运输顺槽,通常使得回采工作面在走向上长度不是等长,给回采工作面带来增加和减少液压支架数的麻烦^[7,8]。另外,因 425₂ 采区上覆的 4[#] 煤层已采空,为保证上覆采空区积水不对 5₂ 煤层产生影响,425₂ 采区的区段开采顺序采取由下往上开采;而运输顺槽按中线掘进势必造成巷道起伏比较大,不利于排水,故本采区的回采巷道增加到 3 条,除 1 条运输顺槽和一条回风顺槽外,还应在运输顺槽下侧增加 1 条泄水巷。该泄水巷的作用^[9]一是作为运输顺槽和工作面的泄水池,减轻工作面涌水和用水对生产和运输的影响;二是作为 425₂ 采区的最下一个工作面运输顺槽的先掘巷道,摸清运输顺槽的煤层走向,为巷道中线的确定提供依据。除 425₂ 采区的最下一个工作面按腰线掘进泄水巷,其余工作面的泄水巷由下一区段的回风顺槽沿空留巷形成。工作面巷道布置图如图 1 所示。

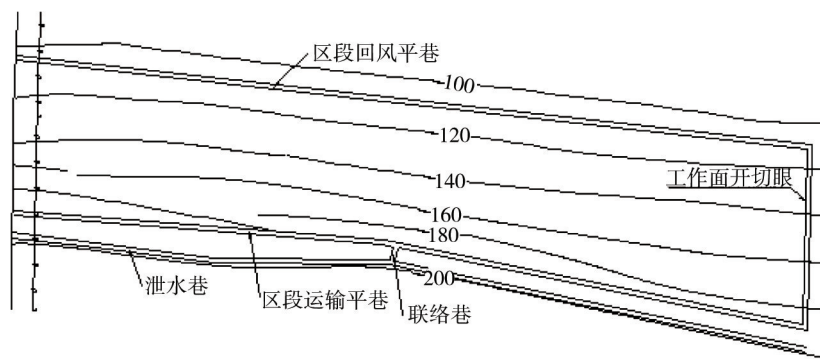


图 1 工作面区段巷道布置

2 区段巷道支承压力状况分析

2.1 工作面模型的建立

北平硐矿 425₂ 采区在-100 及-120 等高线之间掘进 1 条回风平巷,在-180 及-200 等高线之间掘进 1 条运输平巷,在工作面开采过程中,产生的矿山压力可能会使顶板发生断裂等现象。本文根据宝源矿业公司北平硐矿工程地质条件,煤层柱状图如图 2 所示。利用 UDEC 模拟还原工作面开采煤层顶板断裂、来压等现象,分别建立煤层开采走向和倾向数值模型,其模型如图 3 所示,并在煤层顶板走向和倾向方向布置测线,以监测煤层开采过程中走向方向和倾向方向支承压力变化。

柱状	层名	层厚/m		累计厚度/m	岩性描述
		最大-最小	一般		
	1	12.85—2.98 6.13		583.29	深灰-黑色砂质泥岩:含植物化石和铁质结核,局部夹薄层细-中粒粗砂岩
	2	3.07—0 1.12		584.41	四煤:单一结构,块状,半亮型。质佳,全区主要可采煤层
	3	3.34—0.36 1.56		585.91	黑色泥岩,含植物化石
	4	1.26—0 0.37		586.28	五煤:单结构,块状,半亮型,局部可采
	5	5.32—0.21 1.72		588.00	深灰色砂质泥岩:含植物根部化石及菱铁质结核,局部地段结核内含瓣鳃类化石
	6	0.93—0 0.20		588.20	黑色炭质泥岩,含煤线
	7	19.68—1.43 6.92		595.12	深褐色砂质泥岩:含铁质结核和植物根部化石
	8	11.83—0.39 3.34		598.46	浅灰-灰色细砂岩:夹泥质包裹体,硅质胶结致密坚硬,具波状斜层理
	9	9.78—0.56 1.86		600.32	灰-深灰色砂质泥岩:夹煤线、煤纹
	10	25.13—0.67 2.07		602.39	浅灰-灰色含砾粗砂岩:以石英为主,含少量燧石砾,硅质胶结,致密坚硬,分选性差磨圆度差,次棱角状和棱角状,含黄铁矿晶体。砾径为0.2~1 cm不等
	11	12.82—0.67 1.39		603.78	深-黑色砂质泥岩:含植物化石,并夹较多的煤线、煤纹
	12	38.10—0 0.95		604.73	浅灰-灰色粗砂岩:以石英为主,长石次之,硅质胶结,致密坚硬,粒度不均,具波状斜层理
	13	17.05—0.74 3.30		608.03	灰-深灰色砂质泥岩:含植物化石碎片,中夹细砂岩条带
	14	28.93—1.76 14.95		622.98	浅灰-灰份以石英砾为主,含少量燧石砾,并具有一定方向性的树干公石,硅质胶结,致密坚硬,分选性、滚圆度差,次棱角状,砾径为0.5~2 cm不等,对下覆地层常有冲刷现象,为本区的下标志层色,上部为粗砂岩;中部为深灰色砂质泥岩,含植物化石碎片;下部为粗砾砂岩
	15	23.84—0 6.50		629.48	深灰色砂质泥岩:含细砂岩条带,局部含炭质
	16	1.9—4.5 3.2		631.75	五二煤:复杂结构,鳞片状,半暗型,本区15线以北较发育,局部可采
	17	51.86—8.38 21.80		653.55	灰-深灰色砂质泥岩:含植物根部化石,并含有铁质结核,中下部夹一层鲕状结构的粉砂岩,具微波状水平层理

图2 煤层综合柱状图

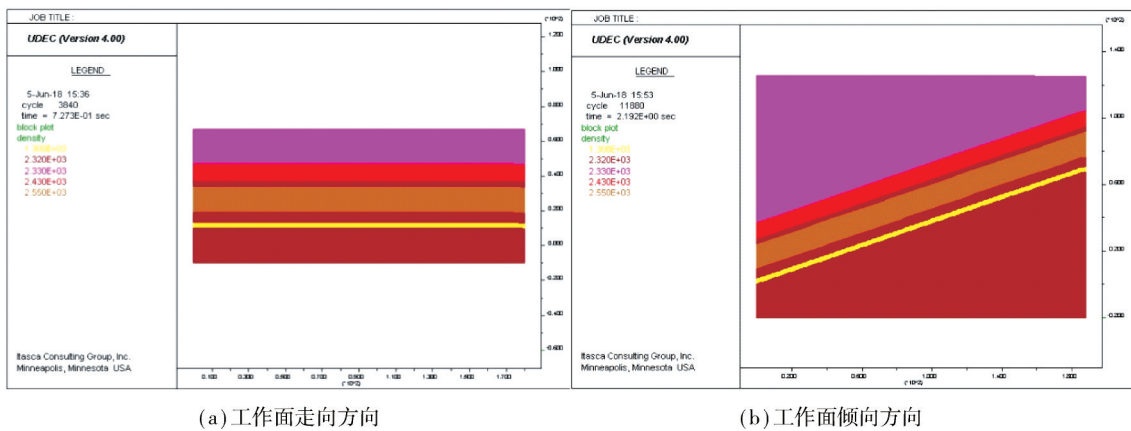


图3 工作面模型

2.2 支承压力影响范围

采动支承压力是矿山压力的重要组成部分,一般将在煤层或巷道开挖后,巷道两侧或回采工作面周围

煤壁上形成高于原岩应力的垂直集中应力称为支承压力^[10,11]。采动支承压力与回采巷道围岩变形、煤壁片帮等现象密切相关。因此,十分有必要对采动支承压力的分布规律及其性质进行深入的分析和研究。模拟设计煤层走向长 180 m,从第 60 m 处开始开采煤层,回采宽度为第 60 m 到第 105 m,当工作面煤层被采出后,采场走向和倾向方向采动支承压力如图 4 所示。

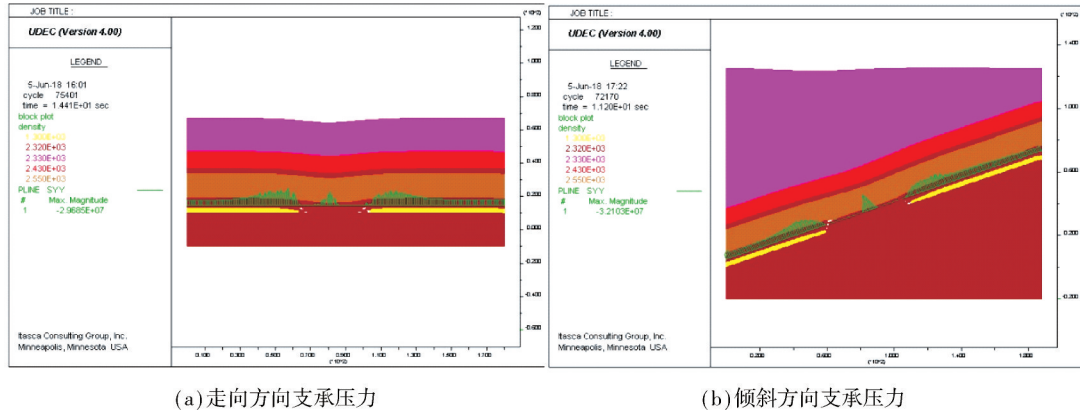


图 4 工作面支承压力分布

由图 4 可知,在煤层被采出后,工作面走向和倾斜方向上支承压力分布规律保持一致:在煤层被采出后,在煤壁前方出现了应力集中现象,并在煤壁前方一定范围内达到峰值;而采空区中部应力降低,在采空区内,距工作面煤壁 20 m 左右的采空区顶板有应力大幅增加的现象,反映了采空区顶板断裂前的应力峰值现象,此时需要对工作面煤壁和上下两巷进行加强支护。其详细的应力变化过程如图 5 所示。

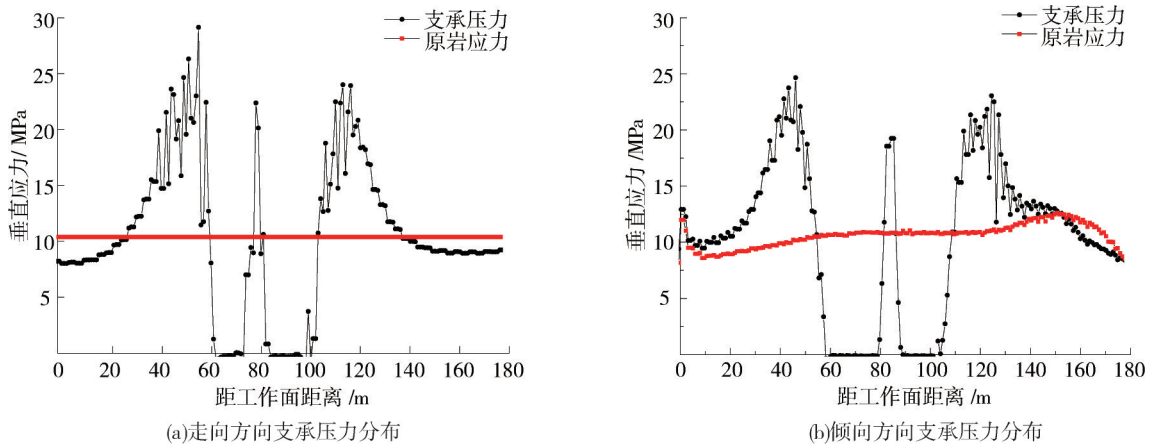


图 5 工作面支承压力变化

由图 5 可知,根据采场周围重新分布后的应力大小,工作面煤壁前方应力可分为减压区和增压区。同时,由图 5 可知,支承压力在煤壁前方约 20 m 处达到峰值,而减压区分布范围则在煤壁前方 3~5 m,即是说在煤壁走向方向和倾斜方向上煤壁前方 3~5 m 范围内的围岩应力小于原岩应力。因此,根据支承压力的分布规律可将回采巷道布置于减压区,以便于巷道维护。

2.3 泄水巷及区段煤柱的确定

泄水巷作为运输顺槽和工作面的泄水池,减轻工作面涌水和用水对生产和运输的影响以及作为下一个工作面运输顺槽的先掘巷道,都必须考虑在掘进过程中受到上部回采工作面的影响。根据采动支承压力影响范围可以确定工作面煤壁前方应力的大体分布情况,根据工作面采动支承压力分布规律,在煤壁前方

3~5 m 内存在减压区,巷道应尽量布置在减压区范围内.而对于区段窄煤柱的宽度设定,利用 UDEC 模拟在不同煤柱尺寸条件下,回采巷道变形情况,其结果如图 6 所示.

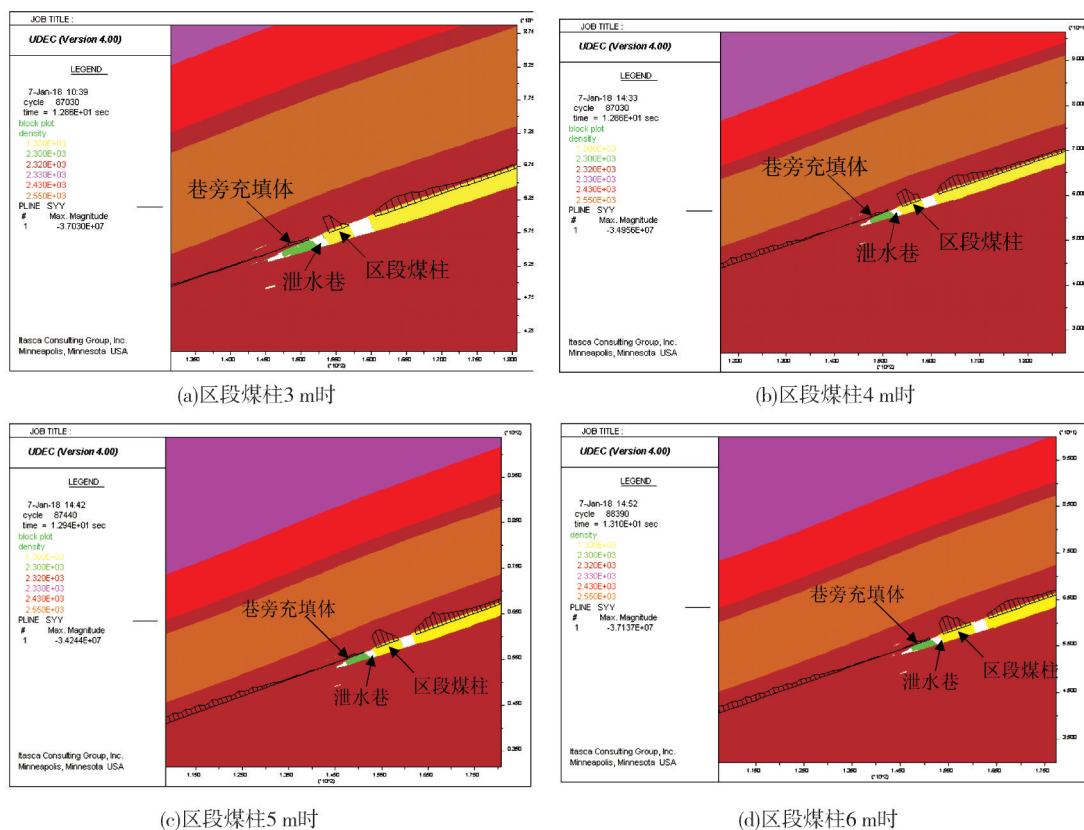


图 6 不同区段煤柱宽度下回采巷道变形

由图 6 可知,在不同区段煤柱宽度条件下,煤柱受力状态不同.当区段煤柱宽度为 3 m 时,垂直应力峰值区较小,且在区段煤柱边缘出现了应力卸载;当煤柱宽度为 4 m 时,应力峰值区范围增大,说明煤柱内弹性稳定区有所增加;当煤柱宽度分别为 5, 6 m 时,煤柱应力峰值范围逐步增大,煤柱承载能力逐步增加.不同煤柱宽度下,煤柱内应力峰值能够反应出煤柱内应力集中状态,当区段煤柱宽度分别为 3, 4, 5, 6 m 时,其对应的应力峰值分别为 37.03, 34.95, 34.24, 37.13 MPa. 煤柱应力峰值呈现先减小后增大的规律.这是由于当煤柱宽度为 3 m 时,煤柱承载范围较小造成明显的应力增大现象;当煤柱宽度增加,煤柱承载范围也增大,其应力集中程度有所缓解;当煤柱宽度增加至 6 m 时,其承载的上覆岩层范围变大,在更大范围覆岩重力作用下,煤柱内受力增大,从而使得其应力峰值增大.

综上所述,当区段煤柱宽度为 5 m 时,其承载的上覆岩层范围较为合理,同时也不会造成煤柱内过大的应力集中.

3 煤壁片帮防治的数值模拟

在采动影响下,煤壁支承压力发生明显变化,导致产生新的节理裂隙,对煤壁稳定性产生重大的影响.目前研究表明,煤壁片帮的影响因素主要有煤层采高、煤层节理裂隙以及支架初撑力和工作阻力等.煤壁片帮严重影响了矿井的生产安全,若发生片帮现象,极有可能会导导致端面距增加而发生冒顶事故,并且会在工作面出现刮板输送机压死及阻碍采煤机正常通过的现象.因此,为了更好的控制由于支承压力剧烈变化而导致的煤壁片帮发生,利用 UDEC 数值模拟对煤壁在不同支护强度作用下发生煤壁片帮的程度.模拟针对在无支护状态以及支护强度为 0.4 MPa 时煤壁片帮现象的对比,模拟结果如图 7 所示.

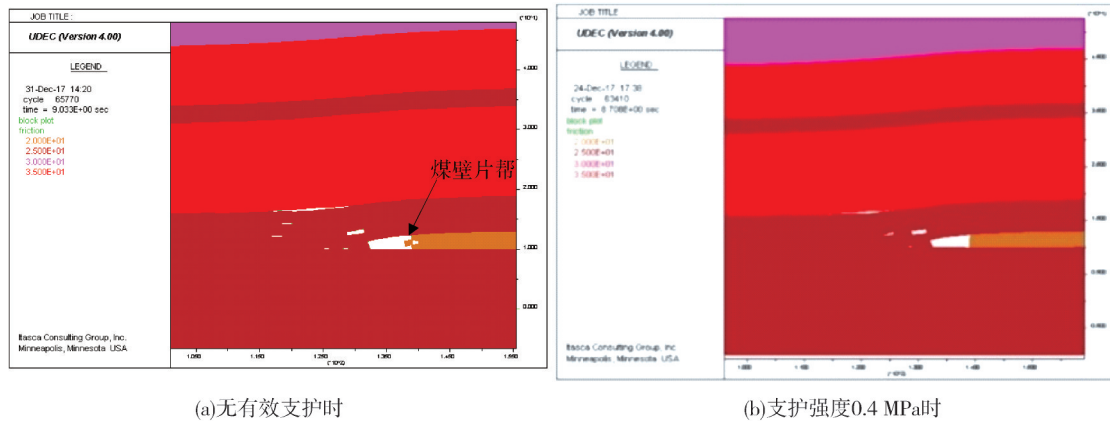


图7 工作面煤壁片帮情况

根据模拟结果可知,提高采场支护强度可以有效减小煤壁片帮现象.由图7所示,当采煤工作面无有效支护时,煤壁产生了明显的片帮现象.由图7可知,当工作面支护强度为0.4 MPa时,工作面煤壁片帮现象得到了有效改善,此时,煤壁无明显片帮现象.说明合理的支撑力和工作面支护强度能够起到支撑顶板和减轻煤壁压力的作用,进而减少煤壁片帮现象的发生.

4 结论

- 1) 结合宝源矿业北平矿地质条件,支承压力在煤壁前方20 m处达到峰值,而减压区部分位于煤壁前方3~5 m处.
- 2) 在减压区部分,煤柱留设5 m时,应力值为最小的34.24 MPa,承载的上覆岩层范围较为合理.
- 3) 对工作面进行有效的支护对煤壁片帮具有重要的作用.

参考文献:

- [1] 金小川,周宗红,陈学辉.浅谈原岩应力及测量方法[J].矿产与地质,2012,26(5):363-365.
- [2] 钱鸣高,石平五.矿山压力与岩层控制[M].徐州:中国矿业大学出版社,2003.
- [3] 刘飞,马华,丁言露.矿山压力及岩层控制原理[J].煤矿现代化,2011(1):98-100.
- [4] 陈海波,曹仁举,马成民,等.矿山压力的影响因素[J].煤炭技术,2014,33(3):54-56.
- [5] 郭文彬,孙志文.矿山压力与岩层控制原理[J].内蒙古煤炭经济,2017(22):35.
- [6] 杨钢.单一走向长壁采煤法采煤系统分析[J].黑龙江科技信息,2015(29):108.
- [7] 李青锋.湖南煤矿复杂煤层条件下实施综采对策[J].矿业工程研究,2014,29(2):37-41.
- [8] 杨荣明,吴士良.神东矿区大采高综采工作面过空巷顶板结构和支护方式研究[J].煤炭工程,2013,45(4):55-58.
- [9] 王毅武,金向阳.开采煤层上方老空区积水防治技术[J].煤炭工程,2013,45(4):53-54.
- [10] 司荣军,王春秋,谭云亮.采场支承压力分布规律的数值模拟研究[J].岩土力学,2007,28(2):351-354.
- [11] 孙广义,徐方成,李佳臻.城山煤矿回采巷道支承压力观测分析[J].煤炭技术,2014,33(4):73-76.