

文章编号: 1673-3363-(2012)03-0344-07

7.0 m 支架综采面矿压显现规律研究

鞠金峰, 许家林, 朱卫兵, 王庆雄, 郝宪杰

(中国矿业大学煤炭资源与安全开采国家重点实验室, 矿业工程学院, 江苏 徐州 221116)

摘要 基于神东矿区补连塔煤矿 22303 工作面矿压实测结果, 对世界首个 7.0 m 支架综采面不同开采阶段的矿压显现规律进行了总结, 并结合神东矿区各类大采高综采面的矿压显现, 对比分析了不同采高综采面矿压显现规律的差异。结果表明: 上覆遗留煤柱区下开采时 7.0 m 支架工作面矿压显现正常, 但在临近推出煤柱区时, 工作面内煤壁片帮现象严重, 直接导致刮板输送机被压死。而长壁采空区下开采时, 7.0 m 支架工作面在煤层间单一关键层结构和 2 层关键层结构区域呈现出不同的矿压显现。煤层间单一关键层结构区域, 关键层距离煤层越近, 矿压显现各项参数 (除来压步距外) 越大; 而在煤层间 2 层关键层结构区域, 工作面来压步距及动载系数呈现出大小交替的周期性变化规律, 且大来压步距对应小动载系数。通过对比 7.0 m 支架综采面与神东矿区其它几个大采高综采面的矿压显现规律发现, 随着采高的增加, 支架支护强度缓慢增加, 而动载系数随之减小, 且采高越大、亚关键层 1 距离煤层越近, 越易形成亚关键层 1 的“悬臂梁”结构, 从而来压持续长度越长。

关键词 浅埋煤层; 7.0 m 支架; 矿压显现; 关键层; “悬臂梁”结构

中图分类号 TD 323

文献标识码 A

Strata Behavior of Fully-Mechanized Face with 7.0 m Height Support

JU Jin-feng, XU Jia-lin, ZHU Wei-bing, WANG Qing-xiong, HAO Xian-jie

(State Key Laboratory of Coal Resources and Mine Safety, School of Mines,
China University of Mining & Technology, Xuzhou, Jiangsu 221116, China)

Abstract Based on the measured results of ground pressure in No. 22303 working face of Bulianta Coal Mine, Shendong mining area, the strata behaviors in different stages of the first 7.0m height fully-mechanized face around the world are summarized in this paper, and combining with the strata behaviors in various fully-mechanized faces of Shendong mining area, the differences of various fully-mechanized faces are comparatively analyzed in detail. The results show that the strata behavior of 7.0 m support fully-mechanized face remains regular when mining under the overlying coal pillars, but when nearly mining out of the pillar area, the coal wall caves, largely which directly leads to the crushing death of the scraper conveyor. While mining under the long wall goaf, the strata behavior of single key stratum structure in 7.0 m fully-mechanized face differs from that in double key strata structure. Within the single key stratum structure, the nearer the key stratum structure to the coal seam is, the larger the parameters of strata behavior are (except the roof weighting step), while within the double

收稿日期: 2011-06-22

基金项目: 江苏高校优势学科建设工程项目; 国家自然科学基金项目 (50974116); 国家自然科学基金和神华集团有限公司联合资助项目 (51174288)

作者简介: 鞠金峰 (1986-), 男, 江苏省如皋市人, 博士, 从事岩层移动与绿色开采方面的研究。

E-mail: jjf19860614@163.com

Tel: 13776583410

key strata structure, the roof weighting step and dynamic load coefficient present periodical alternating changes, and the large roof weighting step comes along with the small dynamic load coefficient. Through comparing the strata behaviors between 7.0 m fully-mechanized face and several other fully-mechanized faces in Shendong mining area, we conclude that the higher the mining height is, the larger the support strength is, and the smaller the dynamic load coefficient is. In addition, the higher the mining height is, and the nearer the first inferior key strata to the coal seam is, it is more easier to form “cantilever” structure in the first inferior key strata, so as to lengthen the roof weighting.

Key words shallow seam; 7.0 m height support; strata behavior; key strata; “cantilever” structure

自 20 世纪 80 年代以来，随着煤炭开采设备及液压支架制造水平的不断提升，大采高一次采全厚综采技术在我国各大矿区得到广泛应用。神东矿区补连塔煤矿 22303 工作面采用世界第一个 7.0 m 液压支架进行回采，使得单面产量创下历史新高。然而，煤层一次采出厚度的大幅增大必然导致覆岩破坏范围的加大，造成采场矿压显现异于一般采高的工作面，由此引发一系列的新问题。近年来，众多学者对大采高综采面的覆岩结构、顶板管理以及矿压规律进行了大量的研究^[1-9]，但相关研究主要围绕 6.0 m 以下采高的综采面进行，这类研究成果对 7.0 m 支架特大采高综采面是否适用却不得而知。因此，有必要对世界首个 7.0 m 支架综采面的矿压显现规律进行研究，并找出它与其它大采高综采面矿压显现规律的差异，为神东后续 7.0 m 支架综采面设备的选型、矿山压力控制与顶板管理提供借鉴和参考。

1 工作面开采条件

补连塔煤矿是中国神华能源股份有限公司神东煤炭集团开发建设的世界第一大井工矿，设计年生产煤炭 2 000 万 t，矿井井田面积 106.43 km²，可采储量 15.1 亿 t。该矿 22303 工作面位于 2⁻² 煤三盘区，是世界上首个 7.0 m 支架特大采高综采面（如图 1）。设计采高 6.8 m，采用郑州煤机厂 ZY16800/32/70 型双柱掩护式液压支架，额定工作阻力 16 800 kN，支架各项基本技术特征见表 1。



图 1 7.0 m 支架综采面井下照片
Fig.1 Underground photograph of the fully mechanized face with 7.0 m support

表 1 神东矿区大采高综采面不同采高液压支架工作特性对比表

Table 1 Comparison of support working characteristics with different mining height in the large mining height fully mechanized faces of Shendong coalfield

项 目	单位	补连塔煤矿 22303 工作面	补连塔煤矿 22301 工作面	活鸡兔井 21305 工作面
支架型号	—	ZY16800/32/70	ZT10800/28/63	ZY12000/25/50D
额定工作阻力	kN	16800	10800（11300）	12000
初撑力	kN	12370	6329	6413
支护强度	MPa	1.39~1.44	1.07~1.21	1.13~1.29
支架中心距	m	2.05	1.75	1.75

22303 工作面走向推进长度 4 966 m，倾向长 301 m，煤层平均厚 7.55 m，煤层倾角 1°~3°，可采储量 1 343.42 万 t，与上部已开采的 1⁻² 煤相距 32.0~44.4 m。上覆基岩厚 120~310 m，煤层直接顶以粉砂岩、砂质泥岩为主，基本顶为粉砂岩及中砂岩。底板在最初回采的 400~800 m 内为泥岩、粉砂岩，以后均为砂质泥岩。工作面开采初期 1 130

m 范围内，对应上部 1⁻² 煤遗留的 1 030 m 宽的旺采煤柱区和 100 m 宽的倾向煤柱，而在剩余的开采范围内直至回撤通道，对应上部 1⁻² 煤长壁采空区及 20 m 宽的区段走向煤柱，如图 2 所示。工作面回风巷一侧紧邻已采的 22302 工作面采空区，运输巷一侧则紧邻 22304 工作面未采实体煤。

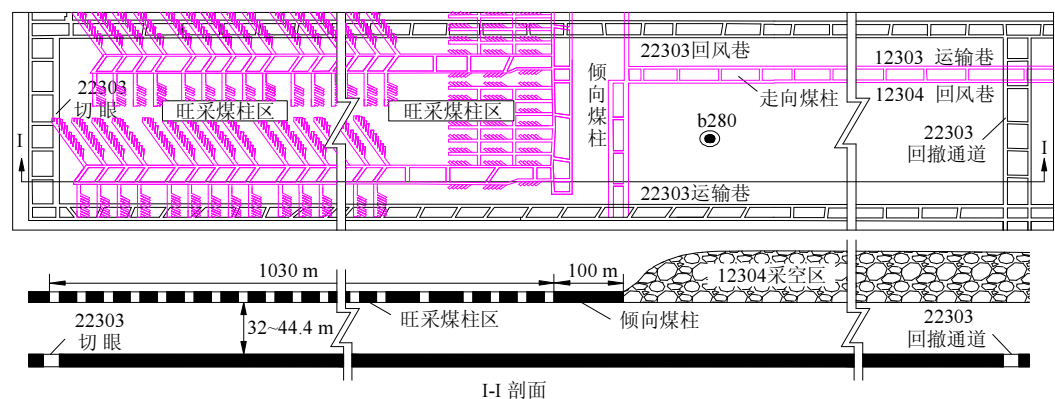


图 2 22303 工作面上覆煤柱分布平剖面图
Fig.2 Layout of coal pillars above 22303 working face

2 7.0 m 支架综采面不同开采阶段矿压显现规律

22303 工作面共安装支架 152 台, 为实时监控支架压力情况, 开采过程中对每个支架均安装了 PM4 数字压力记录仪, 进行支架压力数据的采集。根据上部 1⁻² 煤的开采情况, 矿压观测时沿工作面推进方向分成 2 个区段进行, 区段 I 对应上覆遗留煤柱区(旺采煤柱和倾向煤柱), 区段 II 则对应着上覆长壁采空区。对于区段 II, 由于工作面推进长度较长, 在此区段内基岩赋存难免发生改变; 根据区段 II 工作面内 3 个钻孔柱状及其关键层的判别结

果可知^[10-11], 区段 II 存在 3 个不同基岩赋存及关键层结构的区域, 如图 3 所示。其中, b280 钻孔和 SK16 钻孔区域对应两煤层间仅有一层亚关键层, 但 b280 钻孔区域关键层距离 2-2 煤层较远, 达 17.27 m, 而 SK16 钻孔区域关键层距离 2-2 煤层仅 4.02 m, 两钻孔位置分别距离切眼 1 250, 3 253 m; 而 b115 钻孔区域则对应两煤层间有两层邻近的亚关键层, 且第一层亚关键层距离煤层 8.7 m, 钻孔位置距离切眼 2 742 m。覆岩结构的不同必然导致工作面矿压显现的差异, 因此, 对于区段 II 分别对 3 个钻孔对应区域进行观测。

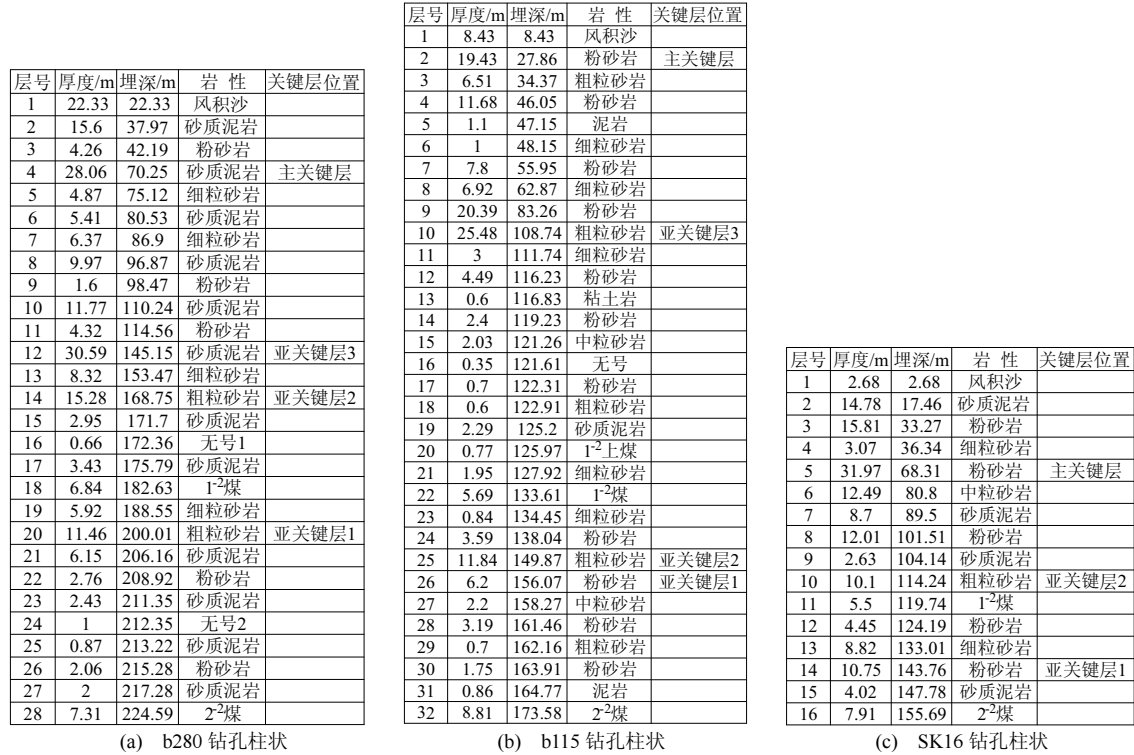


图 3 22303 工作面长壁采空区下不同位置覆岩关键层结构

Fig.3 Key strata structure in different position of 22303 working face under the goaf

2.1 煤柱区下开采工作面矿压规律

工作面上覆煤柱区下开采时矿压实测结果显示，该区域工作面来压呈现明显的区域性，两端 1[#]~25[#]及 140[#]~152[#]支架基本无来压，中部来压显著。工作面初次来压步距 48.5 m，周期来压步距为 8.0~18.5 m，平均为 15.4 m；来压期间支架载荷为 15 770~15 935 kN，平均 15 870 kN；来压持续长度 1.6~7.3 m，平均 3.4 m；动载系数 1.32~1.37，平均 1.35。来压时支架安全阀开启率普遍不高，处于 7%~20%之间，活柱压缩量为 37~200 mm，说明支架能够满足该区域顶板控制的要求。

由于工作面采高较大，加之受到上覆倾向煤柱集中应力的影响，工作面在临近推出倾向煤柱时，发生了片帮煤块及端面漏冒矸石压死刮板输送机的现象。当时工作面距离出煤柱边界还有 30 m，顶板大范围来压造成煤壁大量片帮、端面漏冒严重，片帮深度最大达 1.0 m，漏冒矸石堆积高度达 3.5~5 m。大量片帮煤块及漏冒矸石将刮板输送机直接压死，导致工作面停产 1 d。

大量实测数据及研究结果表明，大采高综采时，煤壁片帮始终是影响工作面高产高效的主要原因之一，随着采高的增大，煤壁片帮现象将会愈加严重^[8]，尤其是在受到上覆遗留煤柱集中应力的影

响下开采时。因此，7.0 m 支架综采面在推出上覆遗留煤柱的过程中，应注意缩小工作面端面距离，并及时跟机移架将护帮板打到位，防止煤壁片帮影响安全生产。

2.2 长壁采空区下开采工作面矿压规律

区段 II 长壁采空区下开采时，由于 1⁻² 煤已采，因此该区域的开采属于近距离煤层重复采动情况，工作面矿压显现主要受煤层间关键层的控制。然而，该区域工作面推进长度较长，煤层间存在单一关键层和 2 层关键层等 2 种不同的关键层结构区域，因此，分别对这两个区域进行了观测。

1) 煤层间单一关键层结构区域工作面矿压规律

煤层间单一关键层区域对应着 b280 钻孔和 SK16 钻孔区域，两区域工作面矿压实测结果见表 2。从表 2 可看出，两区域除周期来压步距相差不大外，SK16 钻孔区域各项矿压指标均大于 b280 钻孔区域，其中最明显的是来压持续长度，SK16 钻孔区域明显高出 90.6%。显然，两区域对应煤层间关键层赋存位置的差别造成了工作面矿压显现的差异，从图 3 和表 2 可看出，SK16 钻孔区域亚关键层 1 所处层位明显偏低。

表 2 神东矿区不同采高综采面矿压显现对比表
Table 2 Strata behavior comparison of different mining height fully mechanized faces in Shendong coalfield

项 目	补连塔 22303 工作面				补连塔 22301 工作面		活鸡兔 21305 工作面	
	b280 钻孔区域		SK16 钻孔区域		长壁采空区	走向煤柱区	长壁采空区	走向煤柱区
	长壁采空区	走向煤柱区	长壁采空区	走向煤柱区				
设计采高/m	6.8	6.8	6.8	6.8	6.1	6.1	4.3	4.3
亚关键层 1 距煤层距离/m	17.27	17.27	4.02	4.02	1.40	1.40	5.03	5.03
来压步距/m	13.2	15.0	13.8	15.7	17	19	11.2	11.9
来压时末阻力/kN	15828	15763	16393	15966	11517	12026	10596	10344
非来压时末阻力/kN	11010	11228	11394	10939	7527	8017	6559	6555
支护强度/MPa	1.35	1.35	1.40	1.37	1.27	1.33	1.14	1.12
动载系数	1.42	1.40	1.44	1.42	1.53	1.50	1.62	1.58
来压持续长度/m	3.2	2.6	6.1	5.3	7.7	7.5	3.3	3.9

作者已有的研究表明^[12]，相同采高情况下，亚关键层 1 距离煤层越近，越易形成关键层的“悬臂梁”结构，且关键层以“悬臂梁”结构形态回转运动时，将会造成工作面来压持续长度的明显增加。根据文献[12]的判别可知，SK16 钻孔区域亚关键层 1 以“悬臂梁”结构形态运动，而 b280 钻孔区域亚关键层 1 则呈现“砌体梁”结构形态。由

于“悬臂梁”结构相比“砌体梁”结构少受到后方破断块体的约束，因此其结构块体破断回转的速度也会较大，进而造成支架载荷及动载系数的增大。所以，正是由于 SK16 钻孔区域煤层间亚关键层 1 所处层位较低，才造成了上述矿压显现的差异。因此，工作面实际开采过程中应及时注意基岩赋存的变化，在关键层靠近煤层的区域加强防护。

对比两钻孔区域对应长壁采空区及走向煤柱区开采时工作面的矿压显现可以发现,走向煤柱区下开采时周期来压步距明显大于长壁采空区,而动载系数则小于长壁采空区;而对比前面所述区段 I 煤柱区以及本区段长壁采空区下的开采,也呈现出同样的矿压显现差异。已有的研究成果已证实^[9],下煤层开采时上覆岩层中是否仍存在完好的承载结构是导致上述差异的主要原因。

2) 煤层间 2 层关键层结构区域工作面矿压规律

b115 钻孔区域即为煤层间 2 层关键层区域,该区域开采时工作面来压步距及动载系数呈现出大小交替的周期性变化规律,且大的来压步距对应着小的动载系数。具体来压特征及支架压力曲线如表 3 和图 4 所示。其中,小周期来压步距 8.8~10.6 m,平均 9.7 m,大周期来压步距 12.4~15.7 m,平均 13.9 m;小动载系数 1.35~1.41,平均 1.37,大动载系数 1.38~1.45,平均 1.41。来压期间支架载荷平均 16 198 kN,来压持续长度平均 3.8 m。对于该区域工作面出现大小交替的矿压显现的原因,作者已进行了相关的研究^[12],该区域 13.9 m 的大来压步

距对应着亚关键层 1 的破断,而 9.7 m 的小来压步距则对应着上部亚关键层 2 的破断造成亚关键层 1 的提前破断,即亚关键层 2 的实测平均周期破断距为 $13.9+9.7=23.6$ m。由于亚关键层 2 周期破断距较长,其破断时施加给支架的载荷也更大些,因此亚关键层 2 破断时对应工作面动载系数较亚关键层 1 破断时要大,即,最终造成了工作面大步距对应小动载系数的现象。

表 3 b115 钻孔区域 70 号支架来压特征表
Table 3 Weighing characteristic of NO.70 support in b115 drilling area

来压次数	来压步距/m	来压时支架载荷/kN	动载系数	来压持续长度/m	备注
1	15.0	16190	1.36	5.6	A
2	10.6	16249	1.43	4.2	B
3	12.4	16131	1.36	4.0	A
4	8.8	16131	1.38	3.3	B
5	12.4	16014	1.35	1.6	A
6	9.3	16131	1.38	3.2	B
7	15.7	16308	1.41	3.8	A
8	10.0	16426	1.45	4.2	B

注:备注栏中 A 表示亚关键层 1 断, B 表示亚关键层 2 断

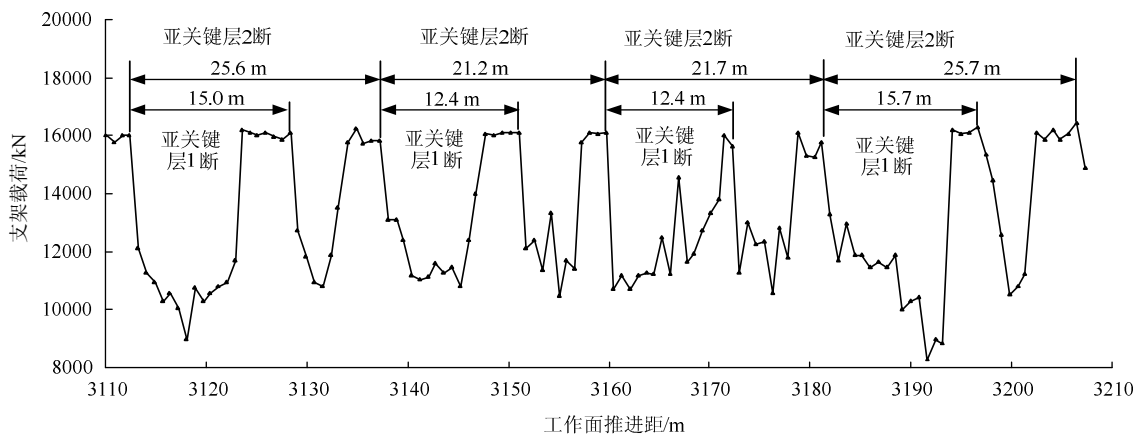


图 4 b115 钻孔区域 70 号支架压力曲线图
Fig.4 Resistance curve of NO.70 support in b115 drilling area

3 神东矿区大采高综采面矿压显现差异

近年来,神东矿区各工作面已普遍采用大采高一次采全高综采的方法进行回采,这些工作面在支架采高大小、地质条件等方面均存在着差异,同时也造成了工作面矿压显现的不同。为了探究 7.0 m 支架特大采高综采面区别于这些大采高综采面矿压显现的特点,同时找出大采高开采时不同采高综采面矿压显现的差异,特针对神东矿区几个典型的

大采高综采面的矿压实测结果与 22303 工作面进行了对比分析。对比时,选取了补连塔煤矿 22301 和活鸡兔井 21305 的 2 个大采高综采面进行,各工作面所用支架工作特性对比见表 1。其中,补连塔煤矿 22301 工作面实际开采时发现其工作阻力不能很好的满足顶板支护的要求,因此将其安全阀开启压力人为提高到了 11 300 kN。

由于上述 2 个大采高综采面及 7.0 m 支架综采面开采时,均经历了上覆长壁采空区及走向煤柱区

下的开采，为此对这 2 个区域分别进行了对比，各工作面矿压显现对比结果见表 2。从表 2 可以看出，随着采高的增加，支架载荷随之增加，支护强度缓慢增加，而动载系数则呈现下降的趋势，且当采高由 6.1 m 升至 6.8 m 时，动载系数呈现出跳跃下降的变化规律，如图 5 所示。当采高超过 6.0 m 后，覆岩破坏运动的范围将大幅增大，上覆关键层的结构也将发生根本性改变，覆岩第 1 层亚关键层将普遍以“悬臂梁”结构形式运动，而上覆第 2 层亚关键层的破断也会对第 1 层亚关键层的破断和工作面的矿压产生影响^[12]，由此最终造成了动载系数跳跃式的变化规律。

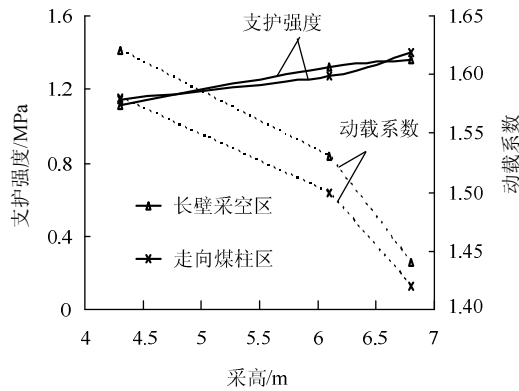


图 5 支护强度与动载系数随采高的变化曲线
Fig. 5 Variation curve of support strength and dynamic load coefficient under different mining height

层号	厚度/m	埋深/m	岩 性	关键层位置
1	14.41	14.47		
2	4.48	18.99	粉砂岩	
3	7.92	26.81	砂质泥岩	
4	3.53	30.34	细粒砂岩	
5	8.56	38.9	砂质泥岩	
6	3.5	42.4	粉砂岩	
7	16.97	59.37	砂质泥岩	
8	2.5	61.87	粉砂岩	
9	23.63	85.5	砂质泥岩	
10	13.06	98.56	细粒砂岩	
11	31.86	130.42	粉砂岩	主关键层
12	9.85	140.27	砂质泥岩	
13	16.72	156.99	粉砂岩	亚关键层3
14	7.5	164.49	细粒砂岩	
15	13.53	178.02	中粒砂岩	亚关键层2
16	3.98	182	细粒砂岩	
17	0.7	182.7	泥岩	
18	0.84	183.54	无号1	
19	2.9	186.44	砂质泥岩	
20	3.14	189.58	细粒砂岩	
21	5.59	195.17	1 ² 煤	
22	3.95	199.12	细粒砂岩	
23	11.64	210.76	中粒砂岩	
24	0.7	211.46	无号2	
25	3.95	215.41	粉砂岩	
26	8.16	223.57	中粒砂岩	
27	13.72	237.29	粗粒砂岩	亚关键层1
28	1.4	238.69	砂质泥岩	
29	8.18	246.87	2 ² 煤	

(a) 补连塔 22301 工作面 SK18 钻孔柱状

层号	厚度/m	埋深/m	岩 性	关键层位置
1	6.47	6.47	黄土	
2	2.78	9.25	细粒砂岩	
3	8.15	17.4	粉砂岩	
4	2.92	20.32	细粒砂岩	
5	2.85	23.17	粉砂岩	
6	0.6	23.77	细粒砂岩	
7	3.45	27.22	粉砂岩	
8	4.41	31.63	细粒砂岩	
9	6.61	38.24	粗粒砂岩	
10	2.11	40.35	粉砂岩	
11	1.8	42.15	细粒砂岩	
12	14.25	56.67	粉砂岩	主关键层
13	13.82	70.49	粗粒砂岩	
14	2.07	72.56	粗粒砂岩	
15	1.29	73.85	1 ¹ 煤	
16	1.78	75.63	粉砂岩	
17	1.8	77.43	粉砂岩	
18	2.15	79.58	细粒砂岩	
19	1.2	80.78	粉砂岩	
20	12.9	93.68	粗粒砂岩	亚关键层2
21	3.78	97.46	1 ² 上煤	
22	1.05	98.51	粉砂岩	
23	12.83	111.34	粗粒砂岩	亚关键层1
24	2.13	113.47	粉砂岩	
25	0.52	113.99	中粒砂岩	
26	0.48	114.47	粉砂岩	
27	1.9	116.37	细粒砂岩	
28	5.79	122.16	1 ² 煤	

(b) 活鸡兔 21305 工作面 H86 钻孔柱状

图 6 神东矿区 2 个大采高综采面钻孔柱状

Fig.6 Histogram of the two large mining height fully mechanized faces in Shendong coalfield

而对于工作面的来压持续长度，其随采高的变化规律则不明显。由前节的分析可知，覆岩亚关键层 1 形成“悬臂梁”结构时，将会造成来压持续长度的明显增大。而关键层“悬臂梁”结构的形成条件为^[12]：

$$M + (1 - K_p) \sum h_i > h - \sqrt{\frac{2ql^2}{\sigma_c}} \tag{1}$$

式中： M 为煤层采高； K_p 为直接顶垮落岩块碎胀系数； $\sum h_i$ 为关键层下部直接顶厚度； h 为亚关键层 1 厚度； l 为亚关键层 1 的断裂步距； q 为亚关键层 1 上覆载荷； σ_c 为亚关键层 1 破断岩块抗压强度。

由此，可根据式（1）及图 6 对 2 个大采高综采面覆岩亚关键层 1 所形成的结构状态进行判别。取关键层下部直接顶碎胀系数 K_p 为 1.3，各岩层容重均取值 25 kN/m^3 。对于补连塔 22301 工作面 SK18 钻孔区域，根据该区域矿压观测的来压步距值取亚关键层 1 断裂步距 l 为 17 m，亚关键层 1 粗粒砂岩的抗压强度 σ_c 取 33.82 MPa ^[11]。计算可得式（1）两侧结果分别为 5.68 m 和 3.65 m，因此，该工作面 SK18 钻孔区域亚关键层 1 将破断形成“悬臂梁”结构。同理对于活鸡兔井 21305 工作面 H86 钻孔区域，计算可得式（1）两侧结果分别为 2.79 m 和 5.92 m，因此，该工作面 H86 钻孔区域亚关键层 1 将破断形成“砌体梁”结构。

因此,从以上的计算结果可以看出,虽然活鸡兔井 22303 工作面亚关键层 1 所处层位与补连塔 22303 工作面 SK16 钻孔区域相差不大,但由于其采高较小,关键层以“砌体梁”结构形态出现,最终造成其较小的来压持续长度。而补连塔 22301 工作面亚关键层 1 距离煤层最近,且采高较大,关键层以“悬臂梁”结构形态出现,因而其来压持续长度较大。因此,覆岩亚关键层 1 结构形态的不同是造成上述各工作面来压持续长度差异的根本原因,且采高越大、亚关键层 1 距离煤层越近,来压持续长度越长。

4 结 论

1) 7.0 m 支架综采面上覆遗留煤柱区开采时,初次来压步距 48.5 m,周期来压步距 15.4 m,来压期间支架载荷 15 870 kN,来压持续长度 3.4 m,动载系数 1.35。在工作面临近推出煤柱区时,出现了严重的煤壁片帮和端面漏冒现象,直接导致刮板输送机被压死。大采高综采时,煤壁片帮随采高的增大逐趋严重,尤其是受到上覆遗留煤柱集中应力影响时。因此,7.0 m 支架综采面在推出上覆遗留煤柱区的过程中,应注意缩小工作面端面距离,并及时跟机移架将护帮板打到位;同时,在两侧巷道端头超前维护时,应提前加大支护范围和密度。

2) 7.0 m 综采面长壁采空区下开采时,分别在煤层间单一关键层结构和 2 层关键层结构区域呈现出不同的矿压显现。煤层间单一关键层结构区域开采时,走向煤柱区对应工作面来压步距明显大于长壁采空区,而动载系数则小于长壁采空区;且煤层间关键层距离煤层越近,其矿压显现各项参数(除来压步距外)越大,工作面实际开采过程中应及时注意基岩赋存的变化,在关键层靠近煤层的区域加强防护。煤层间 2 层关键层结构区域开采时,工作面来压步距及动载系数呈现出大小交替的周期性变化规律,且大来压步距对应小动载系数。

3) 通过对神东矿区几个大采高综采面与 7.0 m 支架综采面矿压显现规律的对比发现,随着采高的增加,支架支护强度缓慢增加,而动载系数则随之减小,且当工作面采高超过 6.0 m 时,动载系数随采高的增加呈现跳跃递减的变化规律,上覆关键层结构的改变是造成这一现象的主要原因。而对于来压持续长度,它不仅与工作面采高有关,还与亚关键层 1 距煤层的距离有关,采高越大、亚关键层 1 距离煤层越近,来压持续长度越长。

致谢:研究工作得到了神东煤炭集团、补连塔煤矿和神东煤炭集团技术中心领导的大力支持,特致感谢!

参考文献:

- [1] 赵宏珠,宋秋爽.特大采高液压支架发展与研究[J].采矿与安全工程学报,2007,24(3):265-269.
ZHAO Hong-zhu, SONG Qiu-shuang. Development of hydraulic support for super great mining height[J]. Journal of Mining & Safety Engineering, 2007, 24(3): 265-269.
- [2] 弓培林,靳钟铭.大采高综采采场顶板控制力学模型研究[J].岩石力学与工程学报,2008,27(1):193-198.
GONG Pei-lin, JIN Zhong-min. Mechanical model study on roof control for fully-mechanized coal face with large mining height[J]. Chinese Journal of Rock Mechanics and Engineering, 2008, 27(1): 193-198.
- [3] 弓培林,靳钟铭.大采高综采覆岩结构特征及运动规律研究[J].煤炭学报,2004,29(1):7-11.
GONG Pei-lin, JIN Zhong-min. Study on the structure characteristics and movement laws of overlying strata with large mining height[J]. Journal of China Coal Society, 2004, 29(1): 7-11.
- [4] 郝海金,吴健,张勇,等.大采高开采上位岩层平衡结构及其对采场矿压显现的影响[J].煤炭学报,2004,29(2):137-141.
HAO Hai-jin, WU Jian, ZHANG Yong, et al. The balance structure of main roof and its action to immediate roof in large cutting height workplace[J]. Journal of China Coal Society, 2004, 29(2): 137-141.
- [5] 柴敬,高登彦,王国旺,等.厚基岩浅埋大采高加长工作面矿压规律研究[J].采矿与安全工程学报,2009,26(4):437-440.
CHAI Jing, GAO Deng-yan, WANG Guo-wang, et al. Study of ground pressure behavior of an extended mining face in a shallow seam with thick bedrock[J]. Journal of Mining & Safety Engineering, 2009, 26(4): 437-440.
- [6] 胡国伟,靳钟铭.大采高综采工作面矿压观测及其显现规律研究[J].太原理工大学学报,2006,37(2):127-130.