

青年博士学术专栏



移动扫码阅读

张金虎.大采高综采异常矿压影响因素及支架适应性研究[J].煤炭科学技术,2019,47(12):234-241. doi: 10.13199/j.cnki.cst.2019.12.034

ZHANG Jinhu.Study on factors affecting abnormal mine pressure of large mining height fully-mechanized mining and support adaptability [J]. Coal Science and Technology, 2019, 47 (12): 234 - 241. doi: 10.13199/j.cnki.cst.2019.12.034

大采高综采异常矿压影响因素及支架适应性研究

张 金 虎^{1,2}

(1.煤炭科学研究总院 开采研究分院,北京 100013;2.天地科技股份有限公司 开采设计事业部,北京 100013)

摘 要:为确定神东矿区大采高综采矿压显现规律及支架适应性,通过支架工作阻力和宏观矿压显现现场实测,基于支架“支、护、采”3个主要作用,运用模糊数学方法通过隶属度的计算对支架适应性进行定量评价。结果表明:神东矿区大采高综采有2种不同矿压类型,补连塔煤矿和榆家梁煤矿周期来压步距分别为14.3、11.4 m,片帮冒顶一般小于100 mm,支架超限比例约1%,支架适应性定量计算为良;布尔台煤矿周期来压强度大(支架超限比例51.6%)、来压频率高(周期来压步距7.8 m)、片帮和冒顶范围大于1 000 mm,支架适应性定量评价为极差,必须将大采高采煤法更换为放顶煤开采。将支架适应性定量评价为极差,必须改变采煤方法的矿压定义为异常矿压。破碎顶板、开采布局、采空区“孤岛”煤柱和复杂地质构造是异常矿压的主要成因。

关键词:大采高综采;异常矿压;孤岛煤柱;支架适应性;隶属度

中图分类号:TD323

文献标志码:A

文章编号:0253-2336(2019)12-0234-08

Study on factors affecting abnormal mine pressure of large mining height fully-mechanized mining and support adaptability

ZHANG Jinhu^{1,2}

(1. Coal Mining Research Branch, China Coal Research Institute, Beijing 100013, China;

2. Coal Mining and Design Department, Tiandi Science and Technology Co., Ltd., Beijing 100013, China)

Abstract: In order to determine law of large mining height and adaptability of support in Shendong Mining Area, the field measurement was carried out by the working resistance of support and macroscopic mine pressure. Based on three main functions of support, protection and mining, the fuzzy mathematics method was used to quantitatively evaluate the support adaptability. The results show that there are two different types of mining pressure in the large mining height of Shendong mining area. The pressure step distance of Bulianta coal mine and Yujialiang Coal Mine is 14.3 m and 11.4 m respectively, and the rib spalling distance is generally less than 100 mm. The support overrun ratio is about 1%, the quantitative calculation of the adaptability of the support is good; the periodical pressure of the Bultai coal mine is high (the overrun ratio is 51.6%), the frequency of the pressure is high (the periodical roof weighting distance is 7.8 m), and the range of the rib spalling and the roof caving is greater than 1 000 mm, the quantitative evaluation of the adaptability of the support is extremely poor, and so the large mining height coal mining method must be replaced with the top coal mining. Quantitative evaluation of the adaptability of the support is extremely poor, and the mine pressure must be changed as abnormal mine pressure. Broken roof, mining layout, “isolated island” coal pillars and complex geological structures in the gob are the main causes of abnormal mine pressure.

Key words: large mining height fully-mechanized mining; abnormal mine pressure; isolated-island coal pillar; support adaptability; membership degree

收稿日期:2019-05-25;责任编辑:杨正凯

基金项目:国家自然科学基金资助项目(51704157);国家重点研发计划资助项目(2017YFC0804308);中国煤炭科工集团科技创新创业资金专项青年项目(2018QN018)

作者简介:张金虎(1986—),男,山东德州人,副研究员,博士研究生。E-mail:zhangjinhu@tdkcsj.com

0 引 言

作为赋存条件优良且易于实现高产、高效的厚及特厚煤层为我国煤炭工业的效益保持提供了重要支撑。我国厚煤层储量及产量约占全国煤炭储量及产量的 40%~46%,目前厚煤层开采已是我国实现安全高效开采的主力技术,我国千万吨级的矿井均以厚煤层开采为主。其中,大采高一次采全厚开采方法由于产量大、效率高、煤损少、含矸率低、工艺流程简单等优点已成为我国 3.5~8.0 m 中硬及以上厚煤层实现高效开采的主要技术选择^[1-3]。在神东矿区针对厚煤层一次采全高、快速推进工作面生产技术条件下的开采进行了大量覆岩破坏实测及部分理论分析,并对浅埋深大采高矿压显现规律进行了一定的研究^[4-8]。通过对已有文献资料分析,目前针对大柳塔、上湾和榆家梁等中心区部分矿井的研究相对较为深入,但位于神东矿区北部区的布尔台、寸草塔等煤矿相关研究较少,特别是曾经发生过的严重影响大采高综采效能并导致转变采煤工艺的异常矿压其影响因素的研究相对较少,大采高采煤法及

大采高液压支架适应性问题的研究是神东矿区厚煤层安全、高效开采急需解决的问题,笔者以大采高生产过程中出现的顶板控制及支架适应性问题为切入点,分析大采高综采异常矿压的影响因素,可为大采高综采支架围岩关系的研究及开采效率的提升提供有力保障。

1 神东矿区大采高综采矿压显现实测及支架适应性评价

布尔台、寸草塔等矿井,煤层埋深明显增加,顶底板岩性明显松软且破碎,开采布局与采掘接替等与大柳塔、补连塔等中心区矿井不同,因此回采工作面和巷道矿压显现强烈、巷道底鼓和冒顶严重,严重影响工作面快速推进和高产高效生产,制约了矿井建设的健康、高速发展^[9-11]。

1.1 工作面地质和开采条件

在神东矿区选取 3 个有代表性的大采高综采工作面进行矿压显现规律的现场实测,3 个矿井工作面设计采高 5.0~6.8 m,回采工作面煤层柱状图及设备配置基本情况见表 1 和图 1。

表 1 神东矿区大采高综采工作面设备
Table 1 Fully-mechanized equipments of large mining height working face in Shendong Mining Area

工作面	设备配置及参数	
	液压支架	采煤机
补连塔 22303 工作面	ZY16800/32/70 两柱掩护式液压支架,支架中心距 2 050 mm,支护强度 1.39~1.44 MPa	7LS7-629 型双滚筒采煤机,采高为 6.0~6.8 m,滚筒直径为 3 450 mm,滚筒截深为 865 mm
榆家梁 42212 工作面	ZY10800/28/63 两柱掩护式液压支架,支架中心距 1 750 mm,支护强度 1.07~1.21 MPa	SL1000 型双滚筒采煤机,采高为 5.0~6.0 m,滚筒直径为 3 200 mm,滚筒截深为 865 mm
布尔台 42102-1 工作面		

神东矿区不同区域煤层赋存条件存在着较大差异,位于中心区的补连塔和榆家梁煤矿工作面埋深小于 250 m,具有浅埋深矿井的特点,位于北部区的布尔台煤矿埋深超过 400 m,具有中等埋深之特点;各矿井基岩厚度差别较大,同矿井不同位置基岩变化也存在差异,具有各矿井相异及同矿井不同区域相异特征。

1.2 矿压实测结果及支架-围岩关系分析

工作面矿压实测通过压力传感器记录的立柱载荷数据,在工作面上、中和下部各布置 1 个测点进行数据采集并整理绘制支架工作阻力变化曲线。

1.2.1 神东矿区中心区大采高工作面矿压实测

在补连塔 22303 工作面 35 号、75 号、115 号支架和榆家梁 42212 工作面 35 号、85 号和 135 号支架

各设立 1 个测点,观测期内 22303 工作面、42212 工作面分别累计推进约 180 m,平均日推进 13 刀和 10 刀,支架工作阻力曲线如图 2 所示。

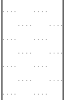
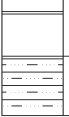
由支架工作阻力观测得出:补连塔和榆家梁矿压显现较平缓,22303 工作面上、中、下测点来压步距为 15.5、14.5、13.0 m,平均 14.3 m,42212 工作面对应部位来压步距为 11.9、10.5、11.8 m,平均 11.4 m,安全阀开启率约 1%,片帮和冒顶大部分小于 100 mm,未对生产造成明显影响,大采高优势明显。

1.2.2 神东矿区北部区大采高工作面矿压实测

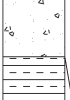
1) 支架工作阻力实测。在工作面上、中和下部 35 号、95 号和 135 号支架处布置工作阻力监测站。实测数据如图 3 所示^[12]。

柱状	厚度/m	岩性描述
	$\frac{2.3\sim13.2}{10.6}$	以砂质泥岩为主，深灰色，致密，厚层状，平坦断口，上部为砂岩与泥岩互层
	$\frac{5.00\sim6.80}{5.73}$	1-2煤：黑色，光泽暗淡，梯型断口，外生裂隙发育，含黄铁矿结核
	$\frac{4.30\sim5.98}{4.45}$	粉砂岩：深灰色及灰色，致密，厚层状，平坦断口
	$\frac{8.1\sim20.2}{11.5}$	中砂岩：灰色，致密厚层状及局部为工 薄层状，平坦断口，具斜层理
	$\frac{5.6\sim10.9}{8.7}$	粉砂岩：灰色，石英为主，次为风化长石，含海绿石
	$\frac{0.96\sim4.20}{2.00}$	泥岩：灰色，致密，中厚层状，平坦断口，上下夹煤线
	$\frac{6.80\sim7.81}{7.51}$	2-2煤：层状构造，暗煤光泽暗淡，半亮煤层沥青或玻璃光泽，裂隙发育，且多被方解石或黄铁矿充填，暗煤较坚硬，半亮煤、亮煤性脆，半亮煤发育的层段煤心较易破碎
	$\frac{1.50\sim24.09}{6.94}$	粉砂岩：灰色，致密，厚层状，平坦断口，含云母碎片及炭化物。上部有0.48 m泥岩和0.05 m煤

(a) 补连塔22303工作面

柱状	层厚/m	岩性描述
	42.8~122.1	第四系第三系压黏土
	5.53	粉砂岩：灰白色，主要成为石英、长厂及岩屑，含少量暗色矿物，泥质胶结，中厚层状，平坦断口水平层理，波状层理。夹煤屑，具滑面
	2.75	泥岩粉砂岩互层：泥岩灰色，水平层理，均一致密，粉砂岩浅灰色，泥质胶结，水平层理
	3.69	细砂岩：浅灰色，中厚层，泥质胶结，波状层理
	6.10	泥岩：浅灰色，水平层理及微波状层理，见植物化石碎片，具滑面
	3.45	4-2 煤：层状构造，断口参差状，局部贝壳状断口，为半光亮型煤。夹矸上部为泥岩,下部为粉砂岩
	2.60	粉砂质泥岩：深灰色、灰色，粉砂泥质结构，中厚层状，致密半坚硬，发育水平层理

(b) 榆家梁42212工作面

柱状	埋深/m	层厚/m	岩性描述
	347.8	$\frac{2.76\sim3.86}{3.30}$	2-2 煤：黑色，条痕黑褐色，以暗煤为主，块状结构，沥青光泽，暗淡型
	352.9	$\frac{1.3\sim12.1}{5.1}$	砂质泥岩：深灰色，致密，中厚层状，平坦断口，夹煤线
	361.6	$\frac{3.4\sim16.2}{8.7}$	细粒砂岩：灰白色，成分以石英，长石为主分选好，小型交错层理，局部钙质胶结，含云母碎片及炭屑
	376.3	$\frac{4.6\sim24.6}{15.2}$	砂质泥岩：灰色，波状层理，参差状断口，含少量植物化石
	392.4	$\frac{3.1\sim25.4}{15.6}$	粉砂岩：浅灰白色，中厚层状，含少量云母碎片见色岩屑，水平纹理，夹砂质泥岩薄层
	411.8	$\frac{8.2\sim35.0}{19.4}$	砂质泥岩：灰色，水平纹理，断口平坦状，含植物叶部化石及炭屑，局部相变为细粉砂岩。
	418.5	$\frac{6.45\sim7.24}{6.71}$	4-2上煤：黑色，条痕褐黑色，以暗煤为主，沥青光泽，条带状结构，含少量黄铁矿结核，半暗型-暗淡型
	426.7	$\frac{1.0\sim17.3}{8.2}$	砂质泥岩：深灰色，均匀层理，贝壳状断口，含植物化石碎片含炭质。

(c) 布尔台42102-1工作面

图 1 煤层柱状图

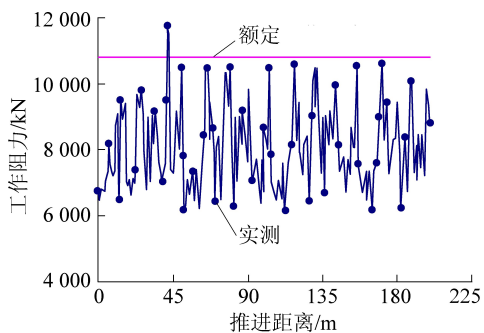
Fig.1 Coal seam histogram

布尔台煤矿支架工作阻力曲线分析得知:直接顶初次来压时工作阻力为 8 279 ~9 753 kN,平均

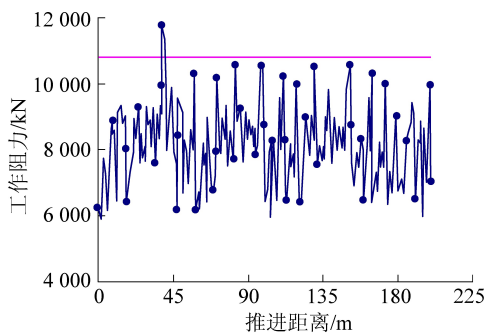
8 845 kN,动载系数为 1.33;基本顶初次来压时工作阻力为 8 306 ~10 141 kN,平均 9 030 kN,动载系数

为1.10;正常回采阶段基本顶周期来压时工作阻力10 968~11 264 kN,平均11 077 kN,动载系数为

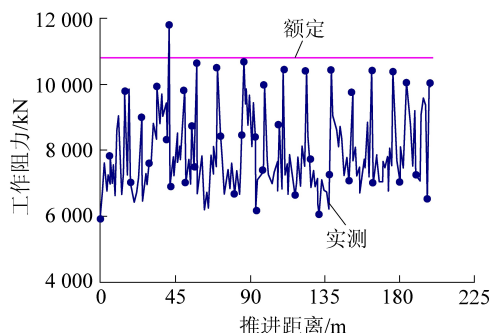
1.22,支架工作阻力超出其额定工作阻力2.6%,支架超限比例51.6%,周期来压步距7.8 m。



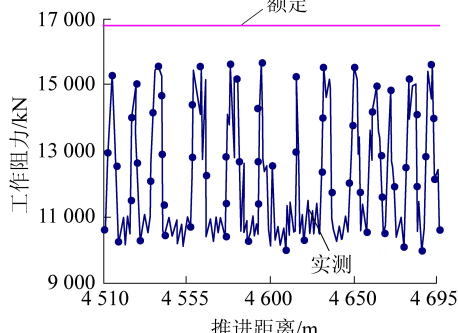
(a) 补连塔35号支架



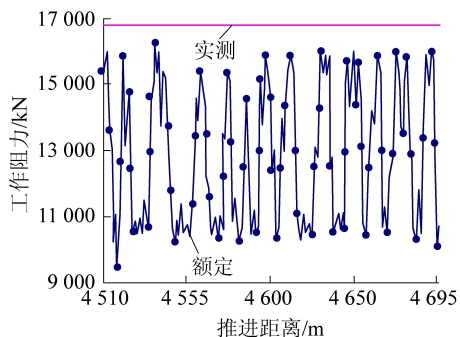
(b) 补连塔75号支架



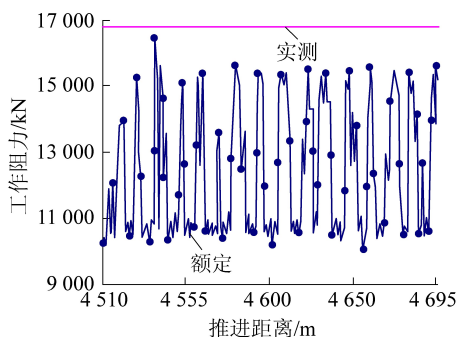
(c) 补连塔115号支架



(d) 榆家梁35号支架



(e) 榆家梁85号支架



(f) 榆家梁135号支架

图2 补连塔22303工作面和榆家梁42212工作面支架工作阻力变化曲线

Fig.2 Curve of working resistance of No.22303 working face support in Bulianta Coal Mine and No.42212 working face support in Yujialiang Coal Mine

由此可知工作面来压强度大,来压频率高,支架不能满足周期来压时对顶板控制的要求。

2)宏观矿压实测。工作面煤壁片帮和冒顶频繁,煤壁片帮平均在1 000 mm以上,最大2 000 mm以上,基本冒顶高度1.0~2.2 m,最大冒顶高度8.0 m,冒顶范围大于10个支架宽度,严重影响工作面产量和安全。采用最大采高为6.2 m的大采高综采支架,开采过程中,平均采高只能达到5.2 m,工作面回采率76%;另回采巷道矿压显现十分剧烈,巷道经过3次以上的加强支护仍然不能满足使用要求^[12]。

1.3 液压支架适应性评价

液压支架是综采工作面三机装备的核心,要

想保证安全、高产和高效首先应保证液压支架的适应性,支架适应性能够代表采煤方法与装备的整体适应性,液压支架要支得住,走得动,这是综采系统的核心^[13-16],但目前对于液压支架的适应性评价并没有一个统一的标准及定量的评价体系,下面将结合神东矿区不同矿压类型支架使用效果的分析并用定量的方式对支架适应性进行评价。

液压支架的主要作用有3个方面:①支:支撑顶板,控制顶板下沉;②护:护煤壁,防冒顶;③采:与采煤机、刮板输送机等装备相互配合发挥采煤方法的优势,实现高产、高效。

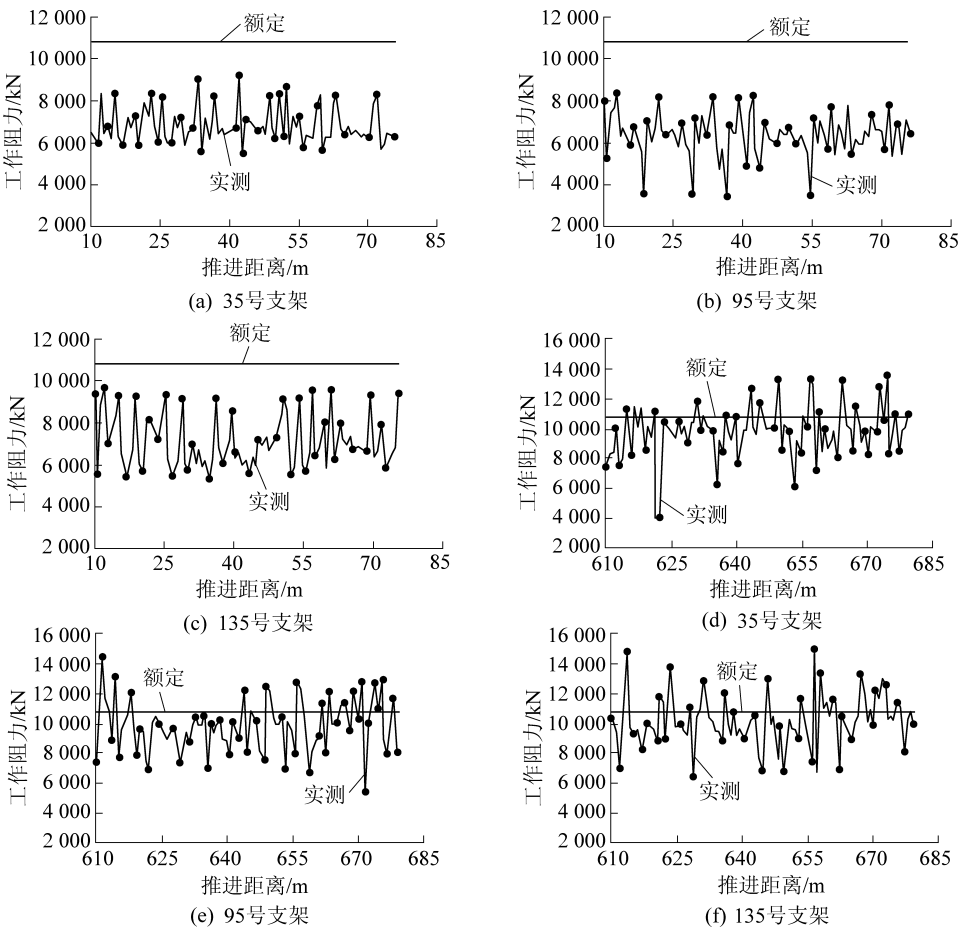


图 3 布尔台 42102-1 工作面支架工作阻力变化曲线
Fig.3 Working resistance curves of No.42102-1 working face support of Buertai Coal mine

3 个因素对支架适应性的影响程度是不一致的,为了综合分析各因素对支架适应性的影响,又便于现场工程技术人员对支架适应性进行定量评价,采用模糊数学的方法分别对各因素进行研究,最终基于液压支架的 3 个主要作用建立“三因素指标体系”对液压支架适应性进行评价^[12]。

根据已有现场支架实际使用效果研究,各影响因素的重要程度由大到小排列为:支>护>采,其中液压支架对顶板的支撑作用可以通过 3 个指标进行考核,即顶板下沉量、来压强度(支架超限比例)和来压频率,各影响因素重要性程度以“权重”表示,见表 2。

为定量分析各影响因素对支架适应性的作用,引入隶属度 μ ,各影响因素隶属度 μ 赋值见表 3。则

支架适应性综合隶属度 μ :

$$\mu = \sum_{i=1}^6 A_i \mu_i / \sum_{i=1}^6 A_i = \sum_{i=1}^6 A_i \mu_i$$

式中: A_i 为第 i 项影响因素所占权重; u_i 为第 i 项影响因素隶属度赋值。

表 2 支架适应性影响因素权重分配

因素	支			护		采
	顶板下沉量	支架超限比例	来压频率	片帮	冒顶	
权重 A_i	0.25	0.25	0.05	0.20	0.20	0.05

根据隶属度值不同范围,可将支架适应性分为五大类,见表 4。

表 3 不同影响因素隶属度值

Table 3 Membership values of different influencing factors									
顶板下沉量/mm	≤100	100~250	251~400	≥401	片帮/mm	≤100	101~300	301~500	≥501
隶属度 μ_1	0.95	0.80	0.60	0.20	隶属度 u_4	0.95	0.80	0.60	0.30
支架超限比例/%	≤5	5~15	15~25	≥25	冒顶范围/mm	≤100	101~400	401~600	≥601
隶属度 u_2	0.95	0.80	0.60	0.40	隶属度 u_5	0.95	0.80	0.60	0.30
来压频率/(次·d ⁻¹)	≤0.5	0.5~1.0	1.0~2.0	≥2	生产效率/(m·d ⁻¹)	> <i>a</i>	0.8 <i>a</i> ~ <i>a</i>	0.5 <i>a</i> ~0.8 <i>a</i>	≤0.5 <i>a</i>
隶属度 μ_6	0.50	0.45	0.40	0.30	隶属度 u_6	1.0	0.90	0.75	0.40

注:a 为作业规程规定日进尺。

表 4 支架适应性分类

Table 4 adaptability classification of hydraulic support

μ	0.85~1.00	0.75~0.85	0.65~0.75	0.50~0.65	<0.50
支架适应性	优	良	一般	差	极差

根据现场实测布尔台煤矿 $\mu_1 \sim \mu_6$ 分别取值为 0.6、0.4、0.3、0.3、0.3 和 0.4,则 $\mu = \sum_{i=1}^6 A_i \mu_i = 0.405$,即支架适应性为极差;补连塔煤矿和榆家梁煤矿 $\mu_1 \sim \mu_6$ 分别取值为 0.8、0.95、0.5、0.80、0.80 和 1.00,则

表 5 神东矿区大采高综采矿压综合参数对比

Table 5 Comparison of comprehensive pressure parameters of large mining height fully mechanized mining face in Shendong Mining Area

工作面	补连塔 22303 工作面	榆家梁 42212 工作面	布尔台 42102-1 工作面
采高/m	6.0~6.8	5.0~6.0	5.0~6.0
埋深/m	120~310	120~300	382~447
生产效率/(m·d ⁻¹)	10.6	8.7	6.2
理论回采率/%	90.7	87.3	77.6
超额定工作阻力的 80%比例 /%	27.2	34.9	82.0
超过额定工作阻力比例 /%	0.9	1.2	51.6
周期来压步距/m	14.3	11.4	7.8
片帮、冒顶	除末采期间片帮加剧以外(小于 400 mm),其余时间片帮和冒顶概率很小	除来压期间片帮 > 100 mm 外,其他时间片帮、冒顶概率很小	工作面片帮较大,在 494~1 937 mm,工作面大部片帮深度在 1 m 以上,发生 3 次大规模冒顶,造成停产约 5 d
支架适应性	良	良	极差

补连塔、榆家梁等煤矿大采高工作面矿压基本在正常可控范围内,支架适应性定量评价为良,能有效发挥大采高高产高效优势属于正常矿压;布尔台 42102-1 工作面矿压显现异常剧烈,来压强度大,来压频率高,煤壁片帮和工作面冒顶格外严重^[12],支架适应性定量评价为极差,不能保证国家厚煤层工作面回采率要求,严重影响大采高综采工作面生产效能甚至必须改变工作面采煤方法,将此种矿压定义为异常矿压。

3 异常矿压成因分析

通过对神东矿区 3 个有代表性矿井的大采高综采工作面的现场实测,初步摸清神东矿区大采高矿压存在正常矿压和异常矿压两种不同类型。神东矿区工作面开采后存在不同矿压显现类型的成因是多方面的,下面只作初步探讨。

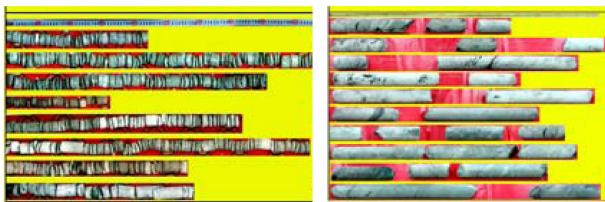
1) 顶板条件。布尔台工作面煤层顶板以砂质泥岩为主,节理构造发育,岩体完整性差,容易发生冒落,厚度 8.2~35.0 m,平均 19.4 m,普氏系数 3.06~7.09,抗压强度 20.29~29.91 MPa,平均 25.1 MPa,布尔台矿与补连塔矿顶板岩心对比如图 4 所示,由图

$$\mu = \sum_{i=1}^6 A_i \mu_i = 0.832\ 5, \text{支架适应性为良。}$$

2 矿压显现规律分析

通过对神东矿区不同大采高矿井现场实测研究发现虽然同处神东矿区且均采用大采高综采一次采全高采煤方法,但不同区域矿井生产效率、矿压显现等方面截然不同,对比见表 5。

可知布尔台煤矿顶板的取心率较低,顶板的完整性较差。



(a) 布尔台煤矿岩心 (b) 补连塔煤矿岩心

图 4 布尔台煤矿与补连塔煤矿顶板岩心对比
Fig.4 Comparison of core of the top of Boertai Mine and Bulianta Mine

2) 开采布局及采空区“孤岛”煤柱。布尔台煤矿各可采煤层层间距较小,属于近距离煤层群开采,4-2 煤层距上部 2-2 煤层间距 20~30 m,42102-1 工作面在开采前其顶板经受了 22101 工作面、22102 工作面采动的影响,相邻工作面超前支承压力及回采巷道掘进多次采动影响。其中 22102 工作面主运巷保护煤柱在 42102 工作面内侧约 20 m,当护巷煤柱两侧采空时,此时的煤柱便形成了“孤岛”煤柱,此时作用在煤柱上的力来自煤柱上覆岩层的载荷和煤柱两侧采空区悬露岩层转移到煤柱上的部分载荷

所引起,如图5所示。

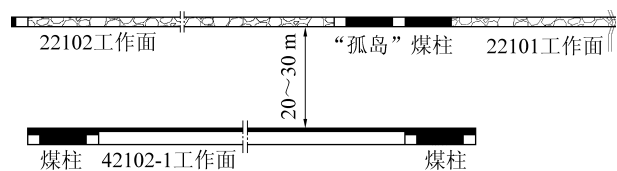


图5 42102-1工作面与上覆采空区层位关系

Fig.5 Horizon relationship No.42102-1 working face and overlying goaf layer

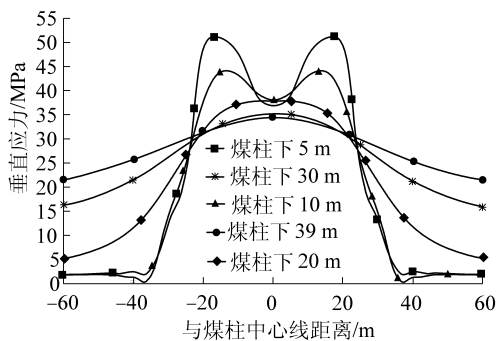


图6 “孤岛”煤柱下方不同位置垂直应力分布曲线

Fig.6 Vertical stress distribution curves at different locations below the “island” coal pillar

该“孤岛”煤柱像大桥的桥墩一样把上方的固定支承应力集中向下传递^[17-18]。由于4-2煤顶板强度较低、裂隙发育、完整性较差,加上上部2-2煤层的采动影响,造成2-2煤底板即4-2煤顶板的围岩应力重新分布,致使围岩裂隙进一步扩大、贯通,更加降低了其完整性。

通过数值模拟建立模型分析得知:煤柱下方底板岩层与煤柱垂距大于20m时,应力沿煤柱中心线向煤柱边缘方向递减,最大集中应力在煤柱中心线附近,应力分布呈现“钟形”;煤柱下方底板岩层与煤柱垂距小于20m时,应力沿煤柱中心线向煤柱边缘方向递增,在煤柱边缘附近出现两个峰值,随着与煤柱边缘距离的增加应力再次递减,应力分布呈现“马鞍形”。

3)复杂地质构造。布尔台煤矿原地质详查报告矿井为构造简单类型,但在开采中揭露中小型层滑断层和高角度的正断层10条^[19],断层造成顶底板和煤层裂隙发育、结构破碎、岩性脆弱,进一步降低了顶底板和煤层的完整性;由于顶板砂岩或砂质泥岩和煤层中裂隙发育,在滑动变形过程中煤呈固流状态被挤入砂岩裂隙而形成煤刺构造。同时,砂岩沿裂隙的尖端进入煤层,并与煤层一起发生塑性流变,形成岩楔构造。煤层中夹矸则被拉断呈岩块,斜列式分布,煤层的完整性因为此种构造的存在变的非常脆弱,在采动的影响下极易发生塑性变形,发生大面积冒顶和片帮,如图7所示。

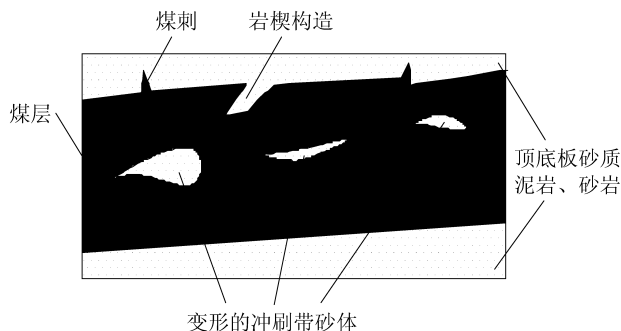


图7 煤刺和岩楔构造

Fig.7 Coal spur and rock wedge structure

4 结 论

1)通过现场实测得出补连塔22303工作面和榆家梁42212工作面矿压显现缓和,平均14.3、11.8m,工作面来压期间压力较小,偶有安全阀部分开启,超限比例低于1%,片帮和冒顶大部分小于100mm,大采高优势明显;布尔台煤矿支架超限比例51.6%,周期来压步距7.8m,来压强度大,来压频率高,工作面煤壁片帮和冒顶频繁,煤壁片帮平均在1000mm以上,基本冒顶高度1.0~2.2m,严重影响工作面产量和安全。煤层厚度6.7m,实际采高5.2m,工作面回采率77.6%;另回采巷道矿压显现十分剧烈,巷道经过3次以上的加强支护仍然不能满足使用要求。

2)通过“三因素指标体系”确定支架适应性综合隶属度对液压支架适应性定量评价,补连塔和榆家梁大采高支架适应性为良,布尔台煤矿大采高支架适应性为极差,造成布尔台煤矿必须改变采煤方法的矿压定义为异常矿压。

3)通过对煤层赋存及开采条件进行综合分析可知开采布局、采空区“孤岛”煤柱和复杂地质构造是异常矿压的主要成因。

参考文献(References):

- [1] 王国法,庞义辉,李明忠,等.超大采高工作面液压支架与围岩耦合作用关系[J].煤炭学报,2017,42(2):518-526.
WANG Guofa, PANG Yihui, LI Mingzhong, et al. Hydraulic support and coal wall coupling relationship in ultra large height mining face[J]. Journal of China Coal Society, 2017, 42(2): 518-526.
- [2] 高进,贺海涛.厚煤层综采一次采全高技术在神东矿区的应用[J].煤炭学报,2010,35(11):1888-1892.
GAO Jin, HE Haitao. Application of fully mechanized full seam one passing mining technology to thick seam in Shendong mining area [J]. Journal of China Coal Society, 2010, 35(11): 1888-1892.
- [3] 李建伟,刘长友,赵杰,等.沟谷区域浅埋煤层采动矿压发生机理及控制研究[J].煤炭科学技术,2018,46(9):104-110.

- LI Jianwei, LIU Changyou, ZHAO Jie, *et al.* Study on occurrence mechanism and control technology of mining-induced strata pressure in shallow depth coal seams of valley region[J]. *Coal Science and Technology*, 2018, 46(9): 104-110.
- [4] 王安. 现代化亿吨矿区生产技术[M]. 北京: 煤炭工业出版社, 2005.
- [5] 刘英杰. 神东矿区大采高综采工作面关键层移移规律研究[J]. *煤矿安全*, 2017, 48(S1): 5-9.
- LIU Yingjie. Study on critical layer movement laws of large mining height fully mechanized working face in Shendong Mining Area[J]. *Safety in Coal Mines*, 2017, 48(S1): 5-9.
- [6] 高登彦, 杨金楼. 大柳塔煤矿 52 煤 7m 大采高综采工作面支架工作阻力分析[J]. *中国矿业*, 2016, 25(2): 80-84, 101.
- GAO Dengyan, YANG Jinlou. Shield resistance analysis of 7m large mining height fully mechanized longwall face in 52 coal seam of Daliuta coal mine[J]. *China Mining Magazine*, 2016, 25(2): 80-84, 101.
- [7] 周坤友, 张宏伟, 李云鹏, 等. 近距离采空区下工作面矿压显现分区特征研究[J]. *煤炭科学技术*, 2018, 46(3): 54-60, 154.
- ZHOU Kunyou, ZHANG Hongwei, LI Yunpeng, *et al.* Study on the zoning characteristics of strata behaviors during the primary mining of mining face under contiguous goaf[J]. *Coal Science and Technology*, 2018, 46(3): 54-60, 154.
- [8] 朱卫兵, 于斌. 大空间采场远场关键层破断形式及其对矿压显现的影响[J]. *煤炭科学技术*, 2018, 46(1): 99-104.
- ZHU Weibing, YU Bin. Breakage form and its effect on strata behavior of far field key stratum in large space stope[J]. *Coal Science and Technology*, 2018, 46(1): 99-104.
- [9] 杨荣明, 陈长华, 宋佳林, 等. 神东矿区覆岩破坏类型的探测研究[J]. *煤矿安全*, 2013, 44(1): 25-27.
- YANG Rongming, CHEN Changhua, SONG Jialin, *et al.* Detection study of overlying strata failure types in Shendong Mining Area[J]. *Safety in Coal Mines*, 2013, 44(1): 25-27.
- [10] 张立辉, 李男男. 8 m 大采高综采工作面矿压显现规律研究[J]. *煤炭科学技术*, 2017, 45(11): 21-26.
- ZHANG Lihui, LI Nannan. Study on strata behavior law of fully-mechanized mining face with 8 m large mining height[J]. *Coal Science and Technology*, 2017, 45(11): 21-26.
- [11] 吴玉文, 宋选民, 欧阳辉. 布尔台 3-1 煤回采巷道底鼓机理分析与防治对策[J]. *煤矿开采*, 2010, 15(5): 92-95.
- WU Yuwen, SONG Xuanmin, OUYANG Hui. Floor heave mechanism and prevention measurement of mining roadway in 3-1 coal seam of Buertai Colliery[J]. *Coal Mining Technology*, 2010, 15(5): 92-95.
- [12] 张金虎, 王国法, 侯刚, 等. 布尔台煤矿厚煤层大采高液压支架适应性分析[J]. *煤炭科学技术*, 2014, 42(9): 95-98, 103.
- ZHANG Jinhu, WANG Guofa, HOU Gang, *et al.* Adaptability analysis on high cutting hydraulic powered support applied to thick seam in Buertai mine[J]. *Coal Science and Technology*, 2014, 42(9): 95-98, 103.
- [13] 王国法. 液压支架控制技术[M]. 北京: 煤炭工业出版社, 2010.
- [14] 王国法, 陈忠恕. 液压支架技术[M]. 北京: 煤炭工业出版社, 1999.
- [15] 王国法, 刘俊峰, 任怀伟. 大采高放顶煤液压支架围岩耦合三维动态优化设计[J]. *煤炭学报*, 2011, 36(1): 145-151.
- WANG Guofa, LIU Junfeng, REN Huaiwei. Design and optimization of high seam caving hydraulic support based on model of support and wall rock coupling[J]. *Journal of China Coal Society*, 2011, 36(1): 145-151.
- [16] 王国法. 工作面支护与液压支架技术理论体系[J]. *煤炭学报*, 2014(8): 1593-1601.
- WANG Guofa. Theory system of working face support system and hydraulic roof support technology[J]. *Journal of China Coal Society*, 2014(8): 1593-1601.
- [17] 陆士良. 中国煤矿巷道围岩控制[M]. 徐州: 中国矿业大学出版社, 1994.
- [18] 张金虎, 杨正凯. 综采工作面矿压监测数据处理方法研究及应用[J]. *煤矿开采*, 2018, 23(1): 96-99, 87.
- ZHANG Jinhu, YANG Zhengkai. Study and application of mine pressure monitoring data processing method of fully mechanized coal mining face[J]. *Coal Mining Technology*, 2018, 23(1): 96-99, 87.
- [19] 张金虎, 王国法, 杨正凯, 等. 高韧性较薄直接顶特厚煤层四柱综放支架适应性和优化研究[J]. *采矿与安全工程学报*, 2018, 35(6): 1164-1169.
- ZHANG Jinhu, WANG Guofa, YANG Zhengkai, *et al.* Adaptability analysis and optimization study of four-leg shield caving support in ultra thick seam with high toughness and thinner immediate roof[J]. *Journal of Mining & Safety Engineering*, 2018, 35(6): 1164-1169.