

Research on the Impact Ground Pressure Risk Based on Microseism

Kuangmin Shi Xiufeng Wang

Datun Coal and Power Company, Xuzhou, Jiangsu, 221611, China

Abstract

During the mining period of 7313 working face in Xuzhuang Coal Mine, there are irregular coal pillars above the material track of the working face, the danger area of the first-view square is in the double-layer influence area of coal pillar and fault, the superimposition of fault tectonic stress and advance support pressure increases the risk during the working face. Based on the monitoring data of microseismic, the paper evaluates the overall risk during the viewing period, and puts forward preventive measures.

Keywords

first-view square; advance support pressure; pressure fault

基于微震的见方期间冲击地压危险性研究

史矿民 王秀峰

大屯煤电公司, 中国·江苏徐州 221611

摘要

徐庄煤矿 7313 工作面回采期间, 工作面材料道上方为不规则的煤柱, 一次见方危险区处于煤柱和断层的双层影响区域, 断层构造应力与采空区超前支撑压力的叠加作用使工作面见方期间危险性增大。论文基于微震的监测数据对见方期间整体的危险性进行评价, 提出防范性措施。

关键词

一次见方; 超前支撑压力; 断层

1 工作面概况

1.1 7313 工作面概况

7313 工作面西部为 II 1 采区上山, 南部为 7311 工作

面, 东部为 II 3 下采区上部车场, 北部为未开采区域 (如图 1 所示)。工作面走向长度 1273m, 倾向长度 225m; 煤厚 4.3~5.76m, 平均厚度 4.95m; 煤层倾角 $25.1^{\circ} \sim 28.9^{\circ}$, 平均 26.5° ; 工作面标高 -615.78~-754.08m。

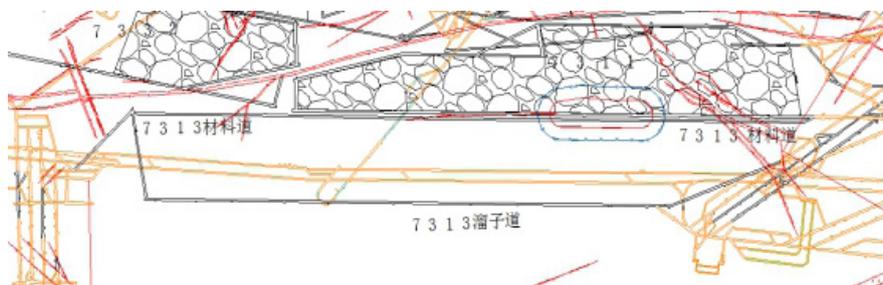


图 1 工作面布置平面图

1.2 煤层顶底板

煤层直接顶为砂质泥岩厚度 3.32m~5.78m, 平均厚度 4.7m。老顶为中砂岩, 工作面由西向东逐渐过渡为砂泥岩互

层并且厚度逐渐变厚, 两级厚度为 10.74~23.09m, 平均厚度 16.1m。底板为砂质泥岩, 两极厚度 2.05~20.99m, 平均 11.2m (如图 2 所示)。

地层	累计厚度 /m	厚度 /m	柱状 1: 200	层号	岩石名称	岩性描述
下石盒子组	14.22	$\frac{4.86-37.9}{14.22}$		1	粗砂岩	灰至灰白色, 局部见肉红色, 底部含砾, 成分以石英、长石为主, 含少量暗色矿物, 分选差磨圆中等。
山	26.75	$\frac{3.85-14.11}{12.53}$		2	泥岩	深灰色粘土质, 致密较坚硬, 团块状层理。
	36.23	$\frac{3.20-19.09}{9.48}$		3	粉砂岩	深灰色, 粉砂质, 灰白至灰黑色细砂岩夹中砂岩薄层, 偶见植物化石碎片。
	45.53	$\frac{3.65-14.83}{9.30}$		4	泥岩	深灰色, 团块状, 局部相变为细砂岩, 含少量植物根叶化石, 有少量滑面。
	45.69	$\frac{0-0.5}{0.16}$		5	6 煤	深灰色, 块状, 质纯, 玻璃光泽。
	49.55	$\frac{2.06-5.89}{3.86}$		6	砂质泥岩	灰黑色, 含砂量不均, 裂隙发育, 含大量植物根化石, 局部地区为泥岩。
西	65.65	$\frac{10.74-23.09}{16.10}$		7	中砂岩	老顶为灰白色中砂岩, 成分以石英、长石为主, 滚圆度较好, 分选中等, 泥质胶结, 局部地区为粉砂岩, 工作面内由西向东逐渐变薄。
	70.35	$\frac{3.32-5.78}{4.70}$		8	砂质泥岩	深灰色, 含砂不均, 水平层理, 含植物化石及黄铁矿薄膜, 局部破碎, 局部过渡为泥岩。
	75.48	$\frac{3.20-7.00}{5.13}$		9	7 煤	黑色, 块状, 以半亮煤为主, 局部煤层底部发育一层夹矸, 夹矸以泥岩为主, 最大厚度 1.0m。
组	86.68	$\frac{2.05-20.99}{11.20}$		10	砂质泥岩	深灰色, 局部为泥岩, 水平层理, 富含植物化石碎片及黄铁矿薄膜, 局部过渡为泥岩。
	90.18	$\frac{0-4.33}{3.50}$		11	8 煤	黑色, 小块状, 以半暗煤为主, 有少量黄铁矿薄膜, 工作面东部 8 煤局部缺失。
P ₁ kh	93.00	$\frac{1.33-26.20}{2.82}$		12	泥岩	深灰色, 含有碳质及少量黄铁矿薄膜, 见植物化石, 局部地区为砂质泥岩。
	103.25	$\frac{6.32-15.77}{10.25}$		13	细砂岩	灰至灰白色, 以石英为主, 含少量长石, 有暗色矿物, 缓波状层理。

图 2 徐庄煤矿 7313 工作面综合柱状图

1.3 地质构造

7313 工作面回采前期主要受 4 条断层影响, 北部 2 号断层倾角 24° 最大落差 1.2m, 南部 1 断层倾角 13~50° 最大落差 8m, 东部 4 号断层倾角 59° 最大落差 1.8m, 西部 3 号断层倾角 59° 最大落差 1.1m, 四条均为正断层 (如图 3 所示)。

7313 工作面材料道侧附近 7332、7311 工作面采空后, 残留一块不规则的孤岛煤柱区域, 煤岩体应力集中程度较高。同时受 7311 切眼长度小, 加之赋存厚硬顶板, 煤柱区顶板破断发育高度有限, 7311 工作面回采期间, 切眼处顶板垮落不充分, 当受到开采扰动影响, 煤柱悬顶易出现顶板破断下沉, 不规则煤柱区积聚的弹性能极易释放, 具有较高的冲击危险性, 煤柱区域如图 3 所示。

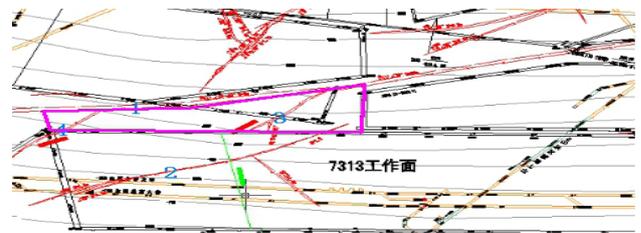


图 3 遗留煤柱区

1.4 回采情况

截止 4 月 27 日工作面材料道推进 220.8m, 溜子道推进 223.2m 材料道距一次见方 8.3m, 溜子道距一次见方 5.9m。

1.5 一次见方危险区域划分

7313 工作面面长约为 225m, 所以当工作面回采约 225m 附近时, 进入本工作面一次“见方”阶段, “见方”阶段前后 50m 范围为冲击危险区域。

2 回采以来的监测数据分析

2.1 微震监测数据分析

2.1.1 总体情况

7313工作面自回采以来共发生微震事件共计2157次其中三次方事件共计326次,平均每日释放能量 $1.72E+04J$,平均每米释放能量 $1.23E+04J$,震源位置见图4(图中不同颜色圆代表不同月份微震事件)。

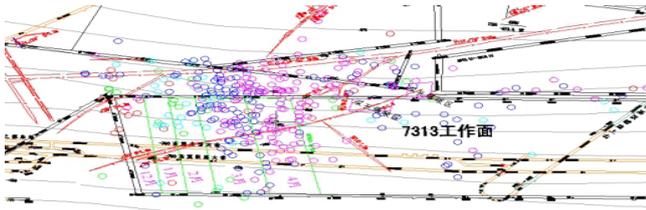


图4 微震事件落图

○12月 ○1月 ○2月 ○3月 ○4月

表1 各月份微震事件占比统计

月份	总频次(次)	总能量(J)	频次百分比	能量百分比	月度进尺(m)
12	132	$1.65E+04$	6%	6%	23.4
1	199	$2.99E+04$	9%	12%	48.8
2	315	$3.22E+04$	15%	13%	30.9
3	859	$8.54E+04$	40%	33%	58.5
4	652	$9.35E+04$	30%	36%	70

7313工作面回采以来12月到2月份微震事件整体较少,进入3月份以后微震频次、能量增加较快,4月份微震事件频次下降但能量仍持续增长;单次微震事件能量释放量锯齿状波动,整体呈上升趋势。

微震3次方及以上微震震源位置主要分布在切眼前方100m到200m以材料道为中心两条断层之间(断层间距126m);震源沿断层延展方向分布。

微震能量释放受回采速度影响较大,4.18日回采进尺由2.2m/天降为0.8m/天,微震频次和能量呈大幅下降趋势,保持稳定的较低的回采速度可以缩短周期来压步距,减少顶板能量释放。

微震频次、能量变化可以辅助预测顶板周期来压,当微震能量和频次均呈上升趋势并到达近期一个峰值后,工作面3到5天内进入周期来压^[4],如4月份工作面井下观测4.13日和4.26日煤壁片帮严重进入周期来压,在4.7、4.23日前后微震能量和频次分别进入阶段高峰。

2.1.2 在时间上的展布分析

为精确掌握7313工作面微震事件的变化,对12月份(11月份试采不进行统计)以来 1×10^2J 以上数据进行了精确统计,共计统计有效数据1642个,统计发现工作面回采以来 1×10^2J 和 1×10^3J 的微震频次分别占震动总数的15.1%和52.3%;通过按每月统计的微震频次分析,2019年11-2020年2月份微震频次释放较少,能量释放也较少,主要以低能量释放为主,处于能量释放稳定阶段,2020年3月-4月,微震频次上升趋势较明显,且2次方和3次方微震事件开始增多,但3次方微震事件的增长速率明显大于2次方微震事件的增长速率^[5]。按不同统计标准对月度内微震事件发生情况进行了分类统计,具体数据见表2、表3、表4。

表2 以微震事件发生范围为标准判定的应力集中影响范围

月度	工作面上部超前应力影响范围(m)	工作面下部超前应力影响范围(m)	不规则煤柱距离工作面最大距离(m)	采空区滞后工作面最大影响范围(m)	月度进尺(m)	能量/J	能量百分比/%
1月	81	69	80	58	48.8	$1.16E+04$	45.00%
2月	92	93	63	73	30.9	$2.06E+04$	0.80%
3月	114	162	69	78	58.5	$4.64E+04$	17.90%
4月	178	75	170	130	70	$5.22E+04$	20.00%

表3 月度内微震事件在不同区域的频次统计

月度	工作面上部发生次数	工作面下部发生次数	不规则煤柱段发生次数	采空区滞后发生次数
12月	15	9	30	14
1月	15	31	32	79
2月	50	35	37	195
3月	50	35	37	195
4月	121	39	183	267

表 4 12 月份以来月度进尺、微震释放总能量的比值变化

月度	月度进尺 (m)	能量/J	相比上月度总能量的变化量 E (倍)	相比上月度进尺变化量 R (倍)	变化指数 R/E
1 月	48.8	1.16E+04	9.51	2.09	0.22
2 月	30.9	2.06E+04	1.78	0.63	0.36
3 月	58.5	4.64E+04	2.25	1.89	0.84
4 月	70	5.22E+04	1.13	1.20	1.06

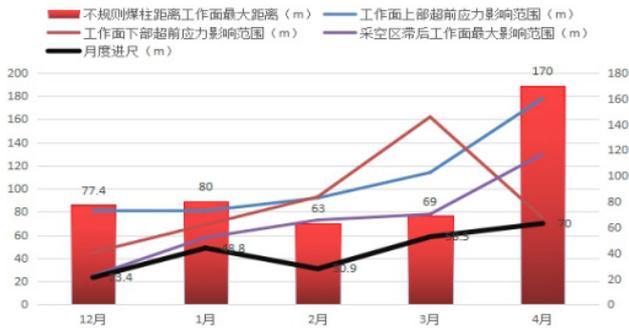


图 5 利用微震事件变化判定的工作面及不规则煤柱段应力集中变化情况

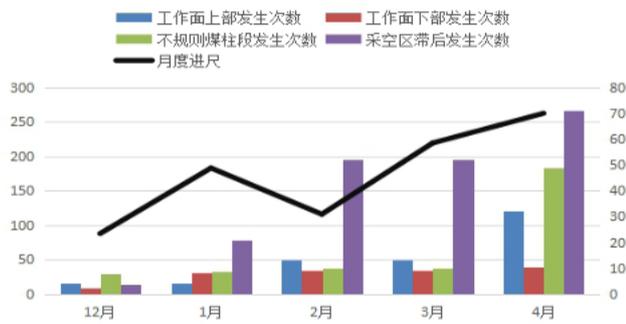


图 6 各月度微震事件分布图

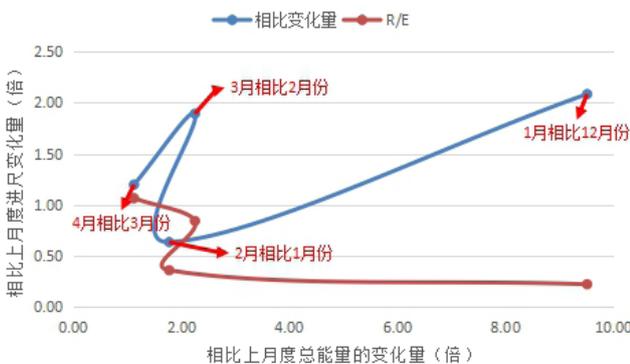


图 7 相比上月度微震事件、总进尺比值变化拟合曲线图

7313 工作面 12 月份以来，按照月度内发生的微震事件统计，从图 5、图 6、图 7 上可以明显看出，随工作面的推采，在不考虑采深的影响下，其事件的集中分布范围与推采进尺、不规则煤柱、断层有明显的关系，若考虑微震监测事件的变化和分布情况作为超前应力集中的判定标准，具体表现在以下几点。

2.2 影响因素及范围分析

2.2.1 1 月份相对 12 月份

工作面进尺由 23.4m 增加至 48.8m，此时材料道不规则煤柱的尚能起到较为明显的支撑作用，冲击地压的主要影响因素是回采扰动的影响，工作面材料道超前主要影响范围集中在 80m 以里，溜子道稍短为 45m 以里；采空区受初次来压影响，工作面上部侧受煤柱侧向支撑压力、断层的影响，顶板有明显断裂来压^[4]，跨度约为滞后工作面 25m。

2.2.2 2 月份相对 1 月份

工作面进尺由 48.4m 降低至 30.9m，此时工作面采空区受周期来压等影响，直接顶逐渐垮冒，材料道受不规则煤柱、采动和断层影响，煤柱段局部应力开始缓慢积聚，并伴随着断层部分活化开始释放部分集中应力（局部发生 10⁴J 事件），此时开采扰动、断层和采空区变化成为了冲击地压的影响因素，但由于开采进尺缩短，不规则煤柱影响区段距离下降但相对集中，工作面材料道超前主要影响范围集中在 60m 范围，但工作面超前两道应力集中相对增加至 90m 范围，采空区直接顶缓慢释放。

2.2.3 3 月份相对 2 月份

受 2 月份进尺降低开采扰动虽有增加，但整个工作面在 2 月份相对休整期的影响下，受不规则煤柱由宽变窄并在 2 月份大能量事件释放的影响下，断层活化、不规则煤柱的应力再次积聚及开采扰动成为了此阶段冲击地压的主要影响因素。同时采空区由上部断裂向下部直接顶开始缓慢破裂，表现为上部 10³J 事件增多并下部延展，下部 10²J 事件相对增多。工作面材料道超前主要影响范围集中在 120m 范围，不规则煤柱影响区段相对距离变化平缓。

2.2.4 4 月份相对 3 月份

随着工作面距离一次见方的缩短，且 3 月份整体微震能量呈现平稳中积聚，4 月份进尺相对增加的基础上，工作面微震事件增多，主要表现为 10³J 及以上事件相比前几个月大面积频发，此阶段冲击地压影响因素主要是采动、不规则煤

柱由窄变宽影响和造成的断层活化影响,其中采动、不规则煤柱及其诱动影响的断层成为了主要影响因素^[2]。工作面材料道超前、不规则煤柱主要影响范围集中在170m范围,工作面采空区影响由3月份的相对变缓向集中释放转移,采空区直接顶开始逐次垮冒。

2.3 月度释放总能量与总进尺之间的比重关系分析

释放总能量随采掘进尺的增加,有明显变化,由表4可见,1月份总进尺是12月份的2.09倍,但释放总能量是12月份的9.51倍;2月份总进尺是1月份的0.63倍,但释放总能量是1月份的1.78倍;3月份总进尺是2月份的1.89倍,但释放总能量是2月份的2.25倍;4月份总进尺是3月份的1.2倍,但释放总能量是12月份的1.13倍。由图2-7可见,月度总进尺与上月度总进尺的比值R与月度释放总能量与上月度释放总能量E的变化指数在对工作面重点防冲区域超前不规则煤柱影响下的材料道充分卸压的前提下超过1(即推采进尺在临近一次见方及外界影响因素较多的情况下不超过3刀/2.4m/天)相对安全。且月度之间的推采进尺相比不宜变化较大,如1月份相对12月份进尺在增加2.09倍时,R/E相比变小,冲击危险增大^[1]。因此,结合有限的数据分析,控制总进尺的变化即可基本控制总释放能量的变化,R/E月度总进尺与月度释放总能量控制0.4~1之间较为合理。

3 一次见方期间的冲击危险状态分析

工作面一次见方后,主要应力集中区域影响有不规则煤柱由窄变宽的影响将持续、沿材料道走向的三条倾向断层和7332老巷影响。在工作面向前推采过程中,不规则煤柱持续由窄变宽、有长变短的过程中,在考虑工作面采空区侧顶板将加剧断裂和高位岩层顶板的裂隙发育、弯曲下沉与不规则煤柱受水平应力、垂直应力的叠加影响,工作面见方后不规则煤柱段将在见方后形成一轮新的应力集中释放^[6],按历史微震监测数据结果,释放期预计在见方后的第一个周期来压前后,虽然该区段已采取了断顶爆破、水力致裂和大直径卸压钻孔等措施,但按照月度释放总能量与总进尺之间的比重关系指数对比,再综合考虑卸压措施时效性的基础上,建议一次见方后50m范围,降低日推采进尺,每日不超过3刀(2.4m/天),以控制在2刀(1.6m为宜),同时对该区段加强支护,对超前支护的方式和距离选取,建议在现用防冲支架的基础上,向外增设至7311老切眼位置,可选取单排架设,支架形

式可选用现防冲支架或7335回收的综采阻力支架,间距控制在5m以内,支架工作阻力不低于24mpa。人员管控措施要严格执行当前要求,控制距离建议至7311老切眼以外^[1]。

4 结语

微震能量释放受回采速度影响较大,4.18日回采进尺由2.2m/天降为0.8m/天,微震频次和能量呈大幅下降趋势,保持稳定的较低的回采速度可以缩短周期来压步距,减少顶板能量释放。建议一次见方后50m范围,降低日推采进尺,每日不超过3刀(2.4m/天),以控制在2刀(1.6m为宜)。

(1)通过按每月统计的微震频次分析,2019年11-2020年2月份微震频次释放较少,能量释放也较少,主要以低能量释放为主,处于能量释放稳定阶段,2020年3月-4月,微震频次上升趋势较明显,且2次方和3次方微震事件开始增多,但3次方微震事件的增长速率明显大于2次方微震事件的增长速率。

(2)7313工作面12月份以来,随工作面的推采,在不考虑采深的影响下,其微震事件的集中分布范围与推采进尺、不规则煤柱、断层有明显的关系。

(3)工作面材料道超前、不规则煤柱主要影响范围集中在170m范围,工作面采空区影响由3月份的相对变缓向集中释放转移,采空区直接顶开始逐次垮冒。

(4)工作面一次见方后,主要应力集中区域影响有不规则煤柱由窄变宽的影响将持续;沿材料道走向的三条倾向断层和7332老巷影响。

参考文献

[1] 潘友友.冲击地压前兆信息的可识别性研究及应用[D].泰安:山东科技大学,2003.

[2] 茅献彪,钱鸣高.采动覆岩中关键层的破断规律研究[J].中国矿业大学学报,1998(01):39-42

[3] 章梦涛.我国冲击地压预测和防治[J].辽宁工程技术大学学报,2001(04):434-435.

[4] 姜福兴,杨淑华.微地震监测揭示的采场围岩空间破裂形态[J].煤炭学报,2003(04):356-360

[5] 赵向东,王育平,陈波,等.微地震研究及在深部采动围岩监测中的应用[J].合肥工业大学学报,2003(03):363-367.

[6] 冯恩杰,李伟清.在应力集中区防治冲击矿压的实践与认识[J].煤矿开采,2003(06):4-6.