

韩亮,何晓义,梁开山,等.微震-应力联合监测的工作面采动影响规律[J].湖南科技大学学报(自然科学版),2022,37(2):13-17. doi:10.13582/j.cnki.1672-9102.2022.02.003

HAN L, HE X Y, LIANG K S, et al. Mining Influence Law of Working Face Based on Microseismic Stress Joint Monitoring [J]. Journal of Hunan University of Science and Technology (Natural Science Edition), 2022, 37(2): 13-17. doi: 10.13582/j.cnki.1672-9102.2022.02.003

微震-应力联合监测的工作面采动影响规律

韩亮^{1*},何晓义²,梁开山²,辛崇伟³,孙伟²,程刚²

(1.华北科技学院 安全工程学院,北京 101601;2.山东枣庄矿业集团滕东煤矿,山东 枣庄 277522;
3.北京科技大学 土木与资源工程学院,北京 100083)

摘要:基于微震-应力联合监测手段,分析工作面回采期间的采动影响规律.结果表明:工作面初采阶段,采动应力的影响范围为70~73 m,覆岩破裂高度集中在40 m以内;见方期间,采动应力的影响范围为140~150 m,覆岩破裂高度集中在80 m以内.相对于初采阶段,见方期间应力集中程度进一步增加.将得到的采动影响规律应用于现场实际,确定了超前支护距离和停采线位置,并对煤体的冲击危险性评价起到了积极作用.

关键词:微震;应力;采动应力;覆岩破裂高度;应力集中系数

中图分类号:TD323 文献标志码:A 文章编号:1672-9102(2022)02-0013-05

Mining Influence Law of Working Face Based on Microseismic Stress Joint Monitoring

HAN Liang¹, HE Xiaoyi², LIANG Kaishan², XIN Chongwei³, SUN Wei², CHENG Gang²

(1. Safety Engineering College, North China Institute of Science and Technology, Beijing 101601, China;

2. Tengdong Coal Mine, Shandong Zaozhuang Mining Group, Zaozhuang 277522, China;

3. School of Civil and Resources Engineering, University of Science and Technology Beijing, Beijing 100083, China)

Abstract: Based on the joint monitoring method of microseism and stress, the influence law of mining during mining was obtained. The results show that in the initial mining stage, the influence range of mining stress is 70~73 m, and the fracture height of overburden is concentrated within 40 m; in the period of square cutting, the influence range of mining stress is 140~150 m, and the fracture height of overburden is concentrated within 80 m. Compared with the initial mining stage, the stress concentration degree is further increased during the period of square. The influence law of mining is applied to the field practice, and the advance support distance and stopping line position are determined, which plays a positive role in the impact risk assessment of coal body.

Keywords: microseism; stress; mining induced stress; rupture height of overburden; stress concentration factor

在工作面的开采过程中,受回采扰动的影 响,应力将在岩体内重新分布和调整,随着应力的转移,部分煤体的应力值将超过其单轴抗压强度.对于冲击倾向性煤层,应力集中是导致冲击地压发生的直接原因.因此,掌握工作面的采动影响规律对冲击地压的评价、防治是至关重要的.现阶段,已有不少学者对采动影

收稿日期:2020-01-10

修改日期:2022-05-03

基金项目:2022 年度河北省高等学校科学技术研究项目资助(ZC2022047);2021 年度教育科学研究课题资助(HKJYZD202106);中央高校基本科研业务费资助项目(3142017092);河北省自然科学基金资助项目(E2019508088)

*通信作者,E-mail:hanliang_1985@sina.com

响规律进行了深入细致的研究.余学义等^[1]通过现场应力监测结合数值模拟的方法,确定了大采高双巷布置工作面巷间煤柱的合理尺寸;吕坤等^[2]采用理论分析、现场监测、实验室试验、数值模拟和工业性试验等方法,对上下煤层在叠加采动影响下巷道围岩的破坏特征和采动应力时空演化规律等进行了研究;李铁等^[3]在高精度微震监测和现场调查的基础上,利用 UDEC 数值模拟软件分析了巷道围岩动力响应规律;郑建彬等^[4]基于 FLAC^{2D}数值模拟和现场实测,分析了重复采动下巷道的围岩变形规律;潘宏宇等^[5]利用自主研发的固气耦合物理相似模拟实验平台,得出采空区煤层底板支撑压力的分布规律及其影响范围;任建喜等^[6]利用数值模拟与现场实测相结合的方法,分析了深埋特厚煤层采动的影响范围及其对邻近巷道的影 响;李树仁等^[7]通过理论模型分析了工作面超前支撑压力分布规律,并基于微震监测确定超前支撑压力的影响范围以及采场上方的裂隙发育情况;刘海全^[8]通过理论分析与现场监测方法,得出采动影响下工作面底板的破坏深度与支撑压力对底板巷道的影响范围与程度;王猛等^[9]采用现场实测、理论分析、数值模拟和工业性试验等方法,分析了黑龙江煤业 2[#]煤层试验巷道围岩变形破坏特征,研究了单次采动支撑应力演化以及重复采动应力叠加效应;冯国瑞等^[10]运用现场调研、理论分析和数值模拟等方法,分析了西山煤电白家庄煤矿上下煤层不同开采顺序对中部遗留煤层及其围岩应力分布、移动变形和破坏特征的影响.但上述研究多为理论分析、数值模拟或相似模拟实验,缺少原位监测数据支撑,现场监测也仅限于单一技术手段,研究成果与现场还存在一定差异,缺少对实际采动规律的整体把握.基于此,本文采用微震和应力联合监测手段,探索工作面回采过程中的采动影响规律,为冲击地压的预测和防治提供重要信息和保障.

1 工程概况

滕东煤矿位于山东省滕州市鲍沟镇,矿井所辖的滕东煤矿 3_下 113 工作面位于一采区北部,埋深 930~990 m,工作面长 150 m,走向推进距离 920 m,揭露煤厚 2.4~6.5 m,平均厚 4.2 m,煤层赋存稳定,结构简单,具有弱冲击倾向性.由于设计原因,本工作面开掘 2 个切眼,新切眼内布置三机等回采设备,原切眼位于新切眼前方 160 m.面内存在断层、褶曲等地质构造,对工作面回采影响一般.工作面南部为 3_下 107、3_下 105 及 3_下 103 工作面采空区,中间留设一条 60~100 m 的煤柱,工作面北部为实体煤,现场概况如图 1 所示.3_下 113 工作面自 2017 年 7 月 31 日开始回采,2018 年 8 月 1 日回采结束,平均月推进度为 60 m.

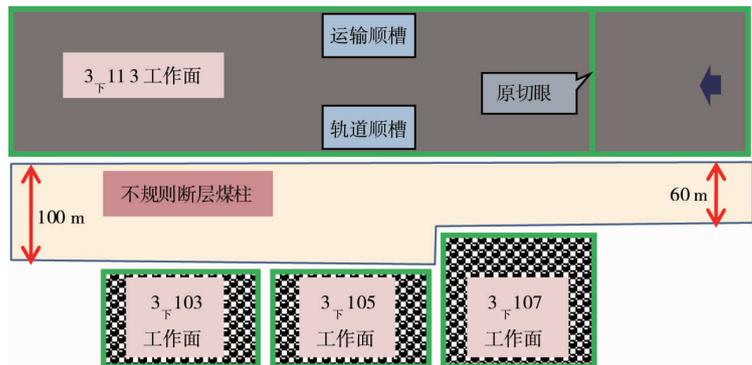


图1 现场概况

2 监测方案设计

采动影响范围及应力变化情况可通过微震-应力联合监测得到,其中,微震事件所覆盖的区域表明煤岩体发生了破裂,此区域总是与高应力差区域相重合,并与高应力场区域接近^[11].再通过应力监测,可进一步验证并明确高应力场的分布范围及应力变化情况.

为了研究采动过程中震动场的演化情况,3_下 113 工作面安设了 KJ551 微震监测系统.在工作面前方间隔 50~60 m 安装一组微震检波器,随着工作面的推进向前移组,每条顺槽布置 4~5 组,实时监测工作面覆岩震动场的动态演化过程.

为了研究采动过程中应力场的演化情况,3_下 113 工作面安设了 KJ550 应力在线监测系统.在工作面前方间隔 15~25 m 安装一组钻孔应力计(浅孔 8 m、深孔 14 m),随着工作面的推进向前移组,每条顺槽始终保持 10 组应力测点,实时监测工作面前方 200 m 左右应力场的变化趋势.现场微震及应力测点布置如图 2 所示.

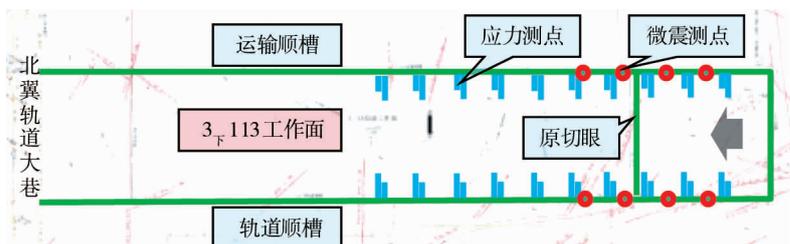


图2 现场微震及应力测点布置

3 基于微震监测的采动影响规律

3.1 初采期间超前支承压力影响范围及覆岩破裂高度分析

图3为3_下113工作面2017.07.31—2017.08.24微震事件“固定工作面”展示图,期间工作面推进至距新切眼40 m左右位置.由图3可知:现场微震事件主要集中在工作面前方73 m左右、工作面后方40 m左右区域.图4为3_下113工作面2017.07.31—2017.08.24微震事件倾向剖面.由图4可知:开采过程中覆岩空间结构平均破裂高度集中在40 m以内.

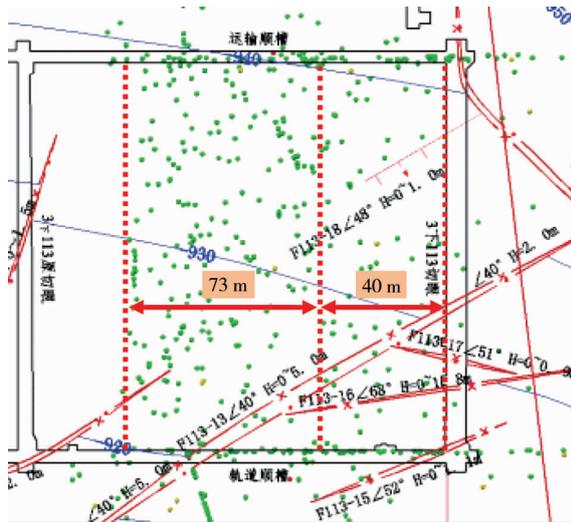


图3 3_下113工作面2017.07.31—2017.08.24微震事件“固定工作面”展示

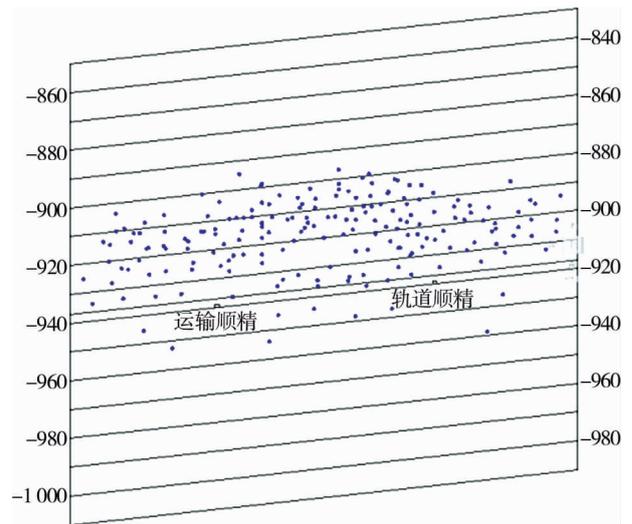


图4 3_下113工作面2017.07.31—2017.08.24微震事件倾向剖面(单位:m)

综合3_下113工作面初采期间微震事件的分布特点,可判断随着开采区域内煤体的不断采出,上覆岩层产生不同程度的破裂,同时,断层附近的微震事件表明采动引起周边断层的活化,覆岩破裂高度进一步增大,需要提前采取卸压防治措施.

3.2 见方期间超前支承压力影响范围及覆岩破裂高度分析

图5为3_下113工作面2017.10.05—2017.11.04微震事件“固定工作面”展示图,期间工作面推进至距离新切眼150 m左右位置.由图5可知:现场微震事件主要集中在工作面前方150 m左右、工作面后方60 m左右区域.图6为3_下113工作面2017.10.05—2017.11.04微震事件倾向剖面.由图6可知:开采过程中覆岩空间结构平均破裂高度集中在80 m以内.

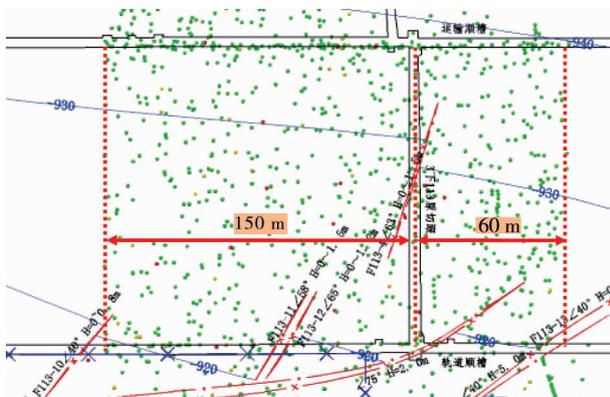


图5 3_下113工作面2017.10.05—2017.11.04微震事件“固定工作面”展示

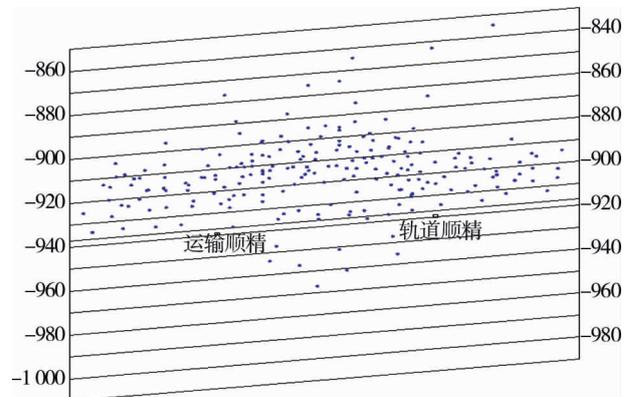


图6 3_下113工作面2017.10.05—2017.11.04微震事件倾向剖面(单位:m)

综合3_下113工作面见方期间微震事件的分布特点可知:当工作面推采至见方位置时,上覆岩层的破裂高度达到该地层条件下的最大高度,形成“O”型覆岩空间结构,工作面两顺槽超前支承压力的影响范围

增加至 150 m 左右,覆岩破裂高度增加至 80 m,应力集中程度进一步增加.

4 基于应力监测的采动影响规律

4.1 初采期间超前支承压力影响范围及应力集中程度

图 7 为 3_下 113 工作面轨道顺槽第 4 组测点应力变化情况.测点自 2017 年 7 月 30 日安设,安设位置为距离新切眼前方 115 m,2017 年 9 月 16 日移组,主要监测工作面初采期间采动应力的变化情况.

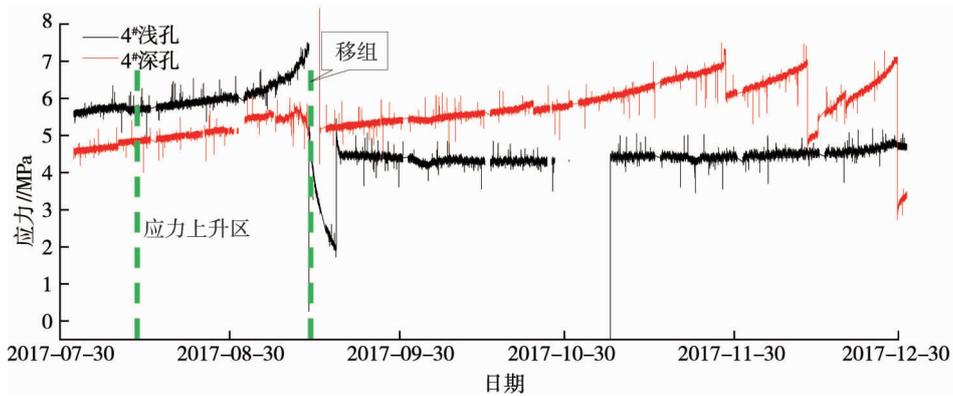


图 7 轨道顺槽第 4 组测点应力变化情况

由图 7 可知:自 2017 年 8 月 15 日起,深孔、浅孔应力值开始出现不同程度的上升,此时工作面距离前方应力测点为 70 m;浅孔应力测点能够较为客观地反映应力峰值的变化情况,应力上升期间,应力值的增幅逐渐加快,至工作面推进至接近应力测点位置时(2017 年 9 月 15 日,距离应力测点 5 m),相对应力达到 7.5 MPa.

4.2 见方期间超前支承压力影响范围及应力集中程度

图 8 为 3_下 113 工作面轨道顺槽第 3 组测点应力变化情况.测点自 2017 年 7 月 30 日安设,2017 年 8 月 21 日移组,移组后测点位于距离新切眼前方 310 m,主要监测工作面见方期间采动应力的变化情况.

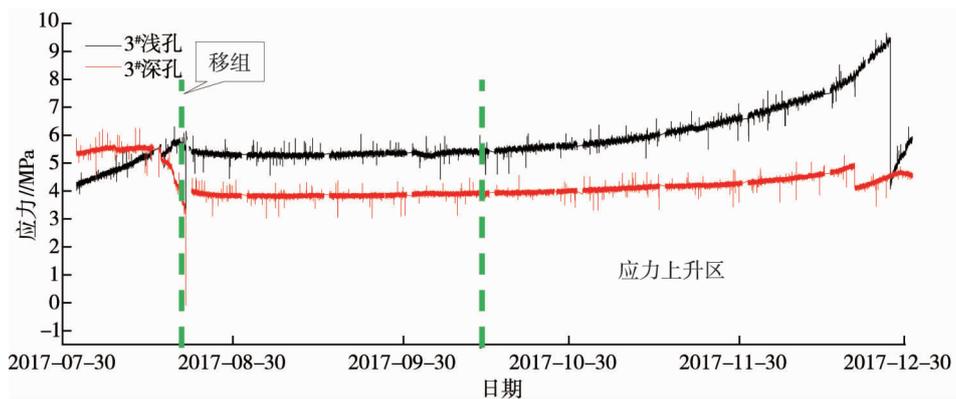


图 8 轨道顺槽第 3 组测点应力变化情况

由图 8 可知:自 2017 年 10 月 16 日起,浅孔应力值开始上升,此时工作面距离前方应力测点为 140 m;浅孔应力测点能够较为客观地反映应力峰值的变化情况,应力上升期间,应力值的增幅逐渐加快,至工作面推进至接近应力测点位置时(2017 年 12 月 28 日,距离应力测点 22 m),相对应力达到 9.5 MPa.

5 现场应用

根据微震及应力监测得到的采动影响规律可知:3_下 113 工作面初采阶段,随着直接顶的垮落,上覆基本顶的暴露面积逐渐增大,初次来压前,超前支承压力将持续升高,影响范围不断增加,采动应力的影响范围为 70~73 m,覆岩破裂高度近似为采空区短边的一半,由于受到周边断层活化的影响,覆岩破裂高度集

中在 40 m 以内;见方期间,上覆岩层活动频繁,覆岩空间结构逐步向上发展,受高位岩层的控制,采动应力的影响范围进一步增大,采动应力的影响范围为 140~150 m,覆岩破裂高度达到本工作面开采过程中的最大值,集中在 80 m 以内.相对于初采阶段,见方期间的应力集中程度更高,根据应力监测结果显示,相对应力峰值由 7.5 MPa 增至 9.5 MPa,应力集中系数进一步增大.将得到的采动影响规律应用于现场实际,可解决如下问题.

5.1 超前支护距离的确定

受冲击地压的影响,区域应根据不同危险程度和巷道实际围岩性质,适度加强巷道支护强度,防止工作面前方采场在来压情况下出现冲击变形.对于 3_下 113 工作面,轨道顺槽的超前支护距离设置为 150 m,运输顺槽的超前支护距离设置为 120 m.

5.2 停采线位置的确定

根据采动应力的影响范围,综合大巷周边地质构造情况,3_下 113 工作面停采线设计为 110 m,后续工作面应与 3_下 113 工作面停采线平齐,不得内错.

5.3 冲击危险性评价

利用多因素耦合评价法对 3_下 113 工作面进行冲击危险性评价时,可根据覆岩破裂高度判断上覆关键层的演化情况,进而评估是否充分采动.多因素耦合时可根据应力集中系数进行计算,本文的应力监测结果对应力集中系数的估算提供了数据支撑.

6 结论

1)通过微震监测手段得到:3_下 113 工作面初采阶段,采动应力的影响范围为 73 m,覆岩破裂高度集中在 40 m 以内;见方期间,采动应力的影响范围为 150 m,覆岩破裂高度集中在 80 m 以内.

2)通过应力监测手段得到:3_下 113 工作面初采阶段,采动应力的影响范围为 70 m;见方期间,采动应力的影响范围为 140 m.相对于初采阶段,见方期间的应力集中系数进一步增大.

3)将得到的采动影响规律应用于现场实际,确定了超前支护距离和停采线位置,并对煤体的冲击危险性评价起到了积极作用.

参考文献:

- [1] 余学义,王琦,赵兵朝,等.大采高双巷布置工作面巷间煤柱合理宽度研究[J].岩石力学与工程学报,2015,34(s1):3328-3336.
- [2] 吕坤,邓志刚,冯吉成,等.叠加采动影响下保留巷道围岩破坏机理及其控制技术[J].采矿与安全工程学报,2019,36(4):685-695.
- [3] 李铁,王维,何宗礼,等.远距离煤层群开采下山巷道震动显现成因[J].煤炭学报,2014,39(s1):1-7.
- [4] 郑建彬,王其洲,杨森,等.重复采动影响下巷道围岩变形规律及其稳定控制技术[J].煤矿开采,2015,20(3):76-80.
- [5] 潘宏宇,肖鹏,李树刚,等.采动影响下卸压瓦斯渗流规律物理相似模拟实验研究[J].煤炭工程,2013(2):87-90.
- [6] 任建喜,张卫军,张琨,等.深埋特厚煤层采动应力特征及对邻近巷道影响研究[J].煤炭工程,2019,51(1):77-81.
- [7] 李树仁,王翰秋,王颜亮,等.纳林河二号矿井采动影响下强矿压显现规律研究[J].煤炭工程,2018,50(5):71-74.
- [8] 刘海全.近距离煤层采动影响下底板巷道稳定性研究[J].煤炭工程,2017,49(5):44-46.
- [9] 王猛,郑冬杰,李杰,等.动压作用大巷破碎围岩分区域差异性修复技术研究[J].煤炭科学技术,2019,47(11):255-262.
- [10] 冯国瑞,王胜伟,郭峰.开采顺序对复合残采区层间煤岩层矿压显现影响规律研究[J].煤炭工程,2019,51(9):100-105.
- [11] 姜福兴,杨淑华,成云海,等.煤矿冲击地压的微地震监测研究[J].地球物理学报,2006(5):1511-1516.