

地质构造复杂条件下的不规则工作面不同开采阶段的应力分布研究

Research on Stress Distribution in Different Mining Stages of Irregular Working Face under Complex Geological Structure

周玉秋

Yuqiu Zhou

中煤集团大屯煤电公司孔庄煤矿 中国·江苏 徐州 221600

Kongzhuang Coal Mine, Datun Coal Power Company, China Coal Group, Xuzhou, Jiangsu, 221600, China

摘要: 针对孔庄煤矿 7303 工作面, 由于地质构造条件复杂, 工作面内断层多落差大, 在设计时布置成不规则工作面, 对不规则工作面推采期间不同阶段的应力分布进行划分, 分别对初采阶段、初次“见方”阶段、转弯调斜和缩面阶段以及末采阶段的应力分布进行分析, 根据 SOS 微震监测系统的震源分布范围, 结合震源能量大小及震源集中程度, 分析不同区域的应力影响范围及影响程度以及在顶、底板的影响范围, 通过震动频次、总震能量、 10^3 及以上的震动次数以及推出进度之间的关系, 推导 7303 工作面在不同区域合理的推采速度, 为后续工作提供理论依据。

Abstract: In view of the 7303 working face of Kongzhuang Coal Mine, due to the complex geological structure conditions and the large multiple faults in the working face, the irregular working face is arranged in the design. The stress distribution of the irregular working face in different stages during mining is divided, and the stress distribution of the initial mining stage, the initial “square” stage, the turning and deflating stage and the final mining stage are analyzed respectively. According to the source distribution range of SOS microseismic monitoring system, combined with the source energy size and concentration degree of the source, the stress influence range and influence degree in different regions and the influence range in the top and bottom plate are analyzed, and the relationship between the vibration frequency, the total earthquake energy, the vibration frequency of 10^3 and above and the launch progress is analyzed. Reasonable mining speed of 7303 working face in different areas is deduced to provide theoretical basis for subsequent working face.

关键词: 不规则工作面; 应力分布; 推采速度; 震源分布

Keywords: irregular face; stress distribution; mining speed; source distribution

DOI: 10.12346/se.v5i3.9243

1 引言

随着煤矿开采年限逐渐的增长, 部分煤矿条件好易开采的资源或埋藏浅部的资源逐渐枯竭, 矿井向着深部或赋存条件恶劣的区域迈进。为减少煤炭资源浪费, 提高煤炭资源回收率, 受煤厚变化、断层构造等因素的影响, 综合考虑后期回采的方便, 将工作面布置成不规则工作面和进行转向设计, 这样不规则布置、转向区域及断层构造影响区域导致应力分布发生变化, 对不同阶段的应力分布进行研究, 分析其应力影响范围, 为同类型的其他工作面提供经验数据^[1]。

2 研究背景

孔庄煤矿 7303 工作面 III₅ 采区中上部, 工作面走向平

均长度 886.1m, 倾向长度 167~210m, 工作面标高 -630~-768m。工作面煤层平均厚度 3.1m, 煤层平均倾角 23° , 工作面采用走向长壁一次采全高的综采工艺, 采用全部垮落法管理采空区顶板。工作面内共有断层 25 条, 其中落差大于 5m 的断层有 5 条, 落差为 2~5m 的断层有 7 条, 其他断层落差均在 2m 以下。切眼受落差 8.5m 的 Fg14 断层影响, 切眼上口与 7303 材料道之间施工 7303 斜材料道, 导致工作面形成不规则工作面。工作面内受落差 6.5m 的 KF12 断层影响, 工作面进行转向调整 (布置见图 1)。经鉴定其开采的 7 煤层为弱冲击倾向性, 顶板为强冲击倾向性, 底板为弱冲击倾向性。经综合指数法评价 7303 工作面的冲击危险综合指数为 0.381, 属于弱冲击危险工作。

【作者简介】周玉秋 (1987-), 男, 中国湖南永州人, 本科, 工程师, 从事煤矿冲击地压防治研究。

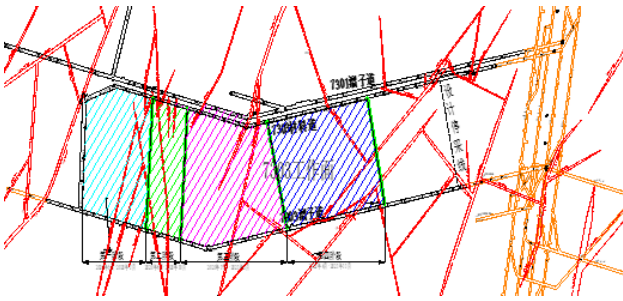


图 1 7303 工作面布置及回采不同阶段划分图

3 不同推采区域应力分布分析

通过对 SOS 微震监测系统接收到的监测数据震源分布和 7303 工作面冲击地压影响因素分析, 针对 7303 工作面回采期间对应力分布影响较大的区域进行分析。首先为 7303 工作面初采期间所处区域(工作面初次放顶、老顶初次来压以及工作面变长阶段, 其范围在 0~100m 范围); 其次为工作面推采至初次“见方”影响区域(工作面推采范围在 100~210m 范围); 然后为工作面进入二次“见方”及旋转调面影响区域(工作面推采范围在 210~415m)^[2]; 最后为工作面旋转调面完成后推采速度上升区域(工作面推采范围在 415~705m), 针对 4 次不同区域进行分析, 具体见图 1。

3.1 工作面初采期间所处区域应力分布分析

7303 工作面于 2020 年 5 月份开始进行回采作业, 工作面从出切眼、机头调斜、初次来压到初次放顶, 工作面倾斜长度逐渐变长至正常区域, 对该段区域 SOS 微震监测到的震源分布进行投影分析(见图 2), 在工作面出切眼至往外 35m 期间, 工作面以机头调刀生产为主, 整体上震动事件数极少, 主要为推采扰动影响下的应力释放; 工作面在推采 35~53m, 工作面开始进入初次来压阶段, 支架工作阻力上升, 工作面初次来压由下往上分台阶式蔓延, 震动事件主要分布在工作面前方 0~40m 范围, 根据震源标高, 多以工作面直接顶板的震动事件为主。当工作面推采 50m 后, 后方采空区内震动事件逐渐增多, 同时推采扰动影响范围进一步增大, 在工作面前方 200m 范围内均有震动事件分布, 震源也由分散分布逐渐往断层影响区域进行集聚。随工作面进入初次来压阶段, 工作面老顶逐渐来压发生弯曲变形, 产生裂隙, 采空区内 $10^3 \sim 10^4$ J 的微震事件增多且震源能量也有明显增大的趋势, 工作面前方受 Fg17 断层和小断层切割影响, 煤岩体内裂隙发育, 此时推采扰动影响下断层影响区域应力释放明显, 断层导致的煤岩破碎形成的塑性区成为应力释放的主要区域^[3]。

3.2 工作面初次“见方”影响区域应力分布分析

7303 工作面在推采 100m 至 210m 范围, 工作面逐渐进入初次“见方”影响区域, 工作面的采空区直接顶随工作面推采移架而直接垮落, 采空区冒落严实, 机头调刀生产, 机头进入初次“见方”时机尾距初次“见方”还有 30m 左右,

对工作面所产生的“见方”效能影响有明显的减缓作用。机头进入“见方”影响区域后, 机头前方 80m 范围内震源集中程度明显上升, 根据采空区后方 $10^3 \sim 10^4$ J 的震源标高, 后方采空区老顶有来压趋势, 机尾区域以工作面前方 150m 范围 $< 10^3$ J 的小能量震动事件为主。此时震源分布范围较初采阶段要广, 推采扰动影响的范围在前方 KF12 断层区域有明显的分割, 工作面两道超前范围来压明显, 巷道逐渐变形, 表现为巷道底鼓和帮鼓, 顶板出现明显下沉。其主要为工作面前方 KF12 断层切割煤体, 形成不规则的断层应力煤柱, 推采扰动导致煤柱内应力承载达到上限失稳而进行释放, 震动事件多为 10^3 J 以下的小能量震动事件(见图 3), 小能量震动事件的集聚释放以巷道来压变形的形式表现出来, 整体过程属于缓慢的蠕变过程, 冲击地压风险程度有所上升。

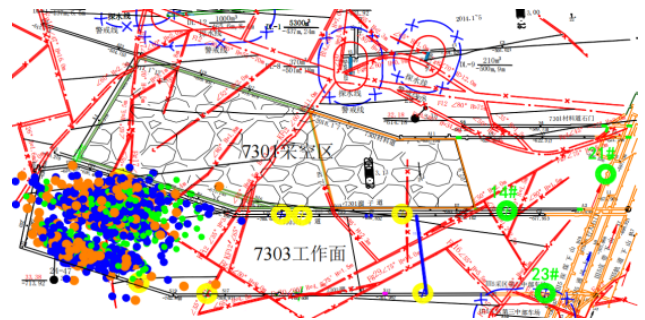


图 2 7303 工作面初采阶段微震投影平面图

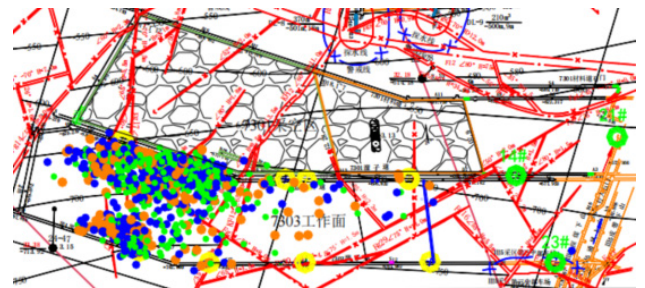


图 3 7303 工作面初次“见方”阶段微震投影平面图

3.3 工作面二次“见方”和旋转调面影响区域应力分布分析

7303 工作面在推采至 210m 至 415m 范围, 逐步进入二次“见方”和旋转调面影响区域, 工作面机头区域先进入转向区域, 以机头多进尺, 机尾少进尺的方式进行调面, 打破原有的周期来压步距及顶板垮落顺序, 在此期间 7303 溜子道后方因调面造成采空区悬顶面积增大, 采空区顶板大面积垮落时, 导致震动事件数明显上升(见图 4)。在旋转调面期间, 工作面不断揭露断层, 最多时同时存在 5 条断层, 加上 KF12 断层落差较大, 推采过后采空区高位顶板来压周期短, $10^3 \sim 10^4$ J 的震动能量事件频发, 导致工作面断层区域的顶板破碎程度加剧, 工作面发生片帮和漏顶的风险增大。此时在 KF12 断层和 Fg31 断层之间切割的煤柱内 $10^3 \sim 10^4$ J 能量的震动事件也逐渐增加, 工作面与两条断层切割成的煤柱

尺寸最大超 60m, 形成高应力煤柱。在 Fg3 断层前方, 推采扰动强度影响和断层构造影响明显降低, 震动事件多以 10^3J 以下的震源释放出来^[4]。

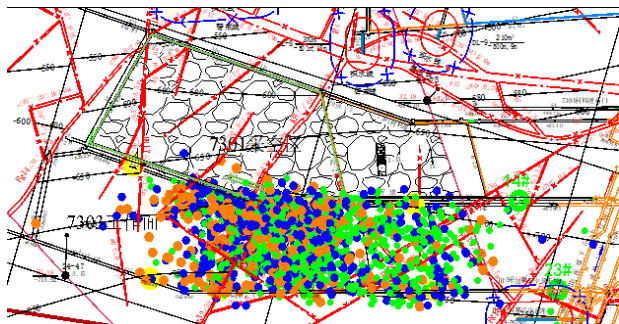


图 4 7303 工作面转弯调斜、缩面阶段微震投影平面图

3.4 工作面推采速度上升区域应力分布分析

7303 工作面在推采过 KF12 断层后, 完成旋转调面进入正常推采阶段, 在推采至 415m 至 705m 范围, 工作面内断层落差均较小, 推采速度逐渐加快, 日推采进度保持在 5~6 刀, 导致采空区顶板垮落不及时出现悬顶。此时震动事件的能量分布呈现明显的两极变化 (见图 5), 采空区范围内由于悬顶后顶板应力不断增高, 顶板来压垮落造成的震动能量多为 $10^3\sim 10^4\text{J}$ 的震动事件; 而在工作面前方小断层影响区域震动能量多为 10^3J 以下的震动事件, 且在推采速度加快的情况下, 释放极为频繁, 工作面两道超前范围内整体变形量较小。

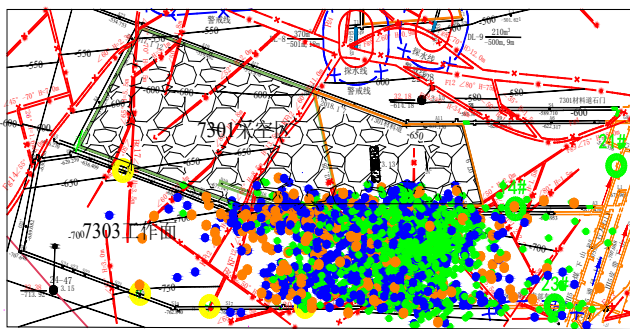


图 5 7303 工作面未采阶段微震投影平面图

4 推采速度对应力分布影响分析

工作面前方支撑压力的分布、大小与工作面推进速度存在密切关系。对 7303 工作面所分析应力变化影响区域的月度震动次数和每月的推采进度进行统计对比分析 (见表 1)。正常推采情况下日推进度越高, 其推采扰动影响下的震动频次越多, 推采速度与震动频次和震动能量呈现正比的关系。而在工作面出现调面生产推采不均衡的情况下, 其应力分布的规律性得到破坏, 推采速度快的区域应力释放将明显增加, 特别是采空区内的 $10^3\sim 10^4\text{J}$ 能量级别的震动事件增多, 工作面前方受推采扰动的小能量的频次也明显上升。结合对不同区域的推采速度对震源能量的释放分析。当 7303 工作

面日推采速度在 3m 以内时, 能量释放比较充分, 震动频次和总震能量均处于较低的值; 当 7303 工作面日推采速度在 3~5m 时, 日总震频次和总震能量都出现明显的上升趋势, 且最大能量接近 10^4J 级别, 通过对比分析, 将 7303 工作面日推采速度控制在 4m 以内相对较为合理。

表 1 7303 工作震动频次、能量和月进尺统计表

日期	震动能量 (J)				震动总数	月进尺 (m)	
	$<10^2$	$10^2\sim 10^3$	$10^3\sim 10^4$	$>10^4$		机头	机尾
2020.05	107	145	38	0	290	39.7	27.3
2020.06	151	222	105	0	478	63	49.5
2020.07	252	422	146	0	820	27.1	37.1
2020.08	226	276	142	0	644	44.7	39.1
2020.09	124	76	70	0	270	18.2	20.7
2020.10	362	268	99	0	729	64.4	49.7
2020.11	543	312	139	0	994	76.9	38.2
2020.12	422	291	170	0	883	69	43.1

5 结语

① 7303 工作面在过断层、初次“见方”、转向调斜等特殊区域对应力分布影响较大, 尤其是工作面大于 3m 断层区域影响较为明显。在过低于 3m 的小断层时应力变化相对平缓, 以小能量的震动事件释放为主。

② 根据震源分布范围, 在 7303 工作面两条断层之间的煤柱内应力往往要高于其他地方, 由于断层将煤体切割开来, 断层之间的煤柱形成“孤岛”一样的应力煤柱, 在采动扰动和构造应力相互叠加, 成为应力主要集中释放区域。

③ 7303 工作面日推采速度对应力分布范围及程度影响较大, 工作面在转向调斜工作面时, 7303 材料道和 7303 溜子道不均衡推采容易导致局部区域的应力集聚。7303 工作面在正常区域日推采速度控制在 4m 以内, 在初次“见方”、过大于 3m 断层及旋转调面期间的日推采速度控制在 3m 以内相对较为合理。

④ 7303 工作面开采过程中的微震能量的释放呈周期性释放的特点。每一次较大总震能量的释放之后, 工作面都会进入暂时的活动低谷期, 活动低谷期内工作面围岩主要以能量积聚为主, 当能量不断积累达到围岩的能量承载极限就会引发再一轮的能量剧烈释放。

参考文献

[1] 李志华, 窦林名, 陈国祥, 等. 采动影响下断层冲击矿压危险性研究[J]. 中国矿业大学学报, 2010(4): 490-495.
 [2] 窦林名, 陆菜平, 牟宗龙, 等. 冲击矿压的强度弱化减冲理论及其应用[J]. 煤炭学报, 2005, 30(6): 690-694.
 [3] 杨旭明, 张百胜, 李亚鹏. 断层对工作面顶板结构及稳定性影响研究[J]. 煤炭技术, 2016(3): 103-105.
 [4] 孟召平, 彭苏萍, 冯玉, 等. 断裂结构面对回采工作面矿压及顶板稳定性的影响[J]. 煤田地质与勘探, 2006, 34(3): 24-27.