

深部矿井工作面开采与灾害耦合关系分析

刘 虎¹, 张呈祥², 张 凡³, 刘志刚⁴

(1. 陕西正通煤业有限责任公司, 陕西 咸阳 713600; 2. 淄博矿业集团 煤炭产业部, 山东 淄博 255199;
3. 陕西煤矿安全监察局 咸阳分局, 陕西 西安 710001; 4. 中国矿业大学 煤炭资源与安全开采国家重点实验室, 江苏 徐州 221116)

[摘 要] 针对深部矿井工作面开采与灾害耦合关系, 采用现场观测及数值模拟方法进行研究。研究表明: 工作面微震事件数目、能量变化受工作面回采影响明显; 工作面涌水量随工作面推进距离增加而增大; 工作面硫化氢浓度随工作面后方采空区顶板垮落范围加大, 整体呈现上升趋势; 工作面回风流 CO 与回风隅角 CO 变化有一定关联性, 在推采至 200m 时回风流 CO 达到最大值, 为 23×10^{-6} , 随后出现下降。该研究成果对类似条件矿井具有一定的参考价值。

[关键词] 深部矿井; 微震事件; 涌水量; 多灾害共存; 推采进度

[中图分类号] TD71 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1006-6225 (2017) 03-0024-04

Analysis of Compound Relation Between Working Face Mining and Disaster in Deep

LIU Hu¹, ZHANG Cheng-xiang², ZHANG Fan³, LIU Zhi-gang⁴

(1. Shaanxi Zhengtong Coal Co., Ltd., Xianyang 713600, China; 2. Coal Production Department, Zibo Mine Corporation, Zibo 255199, China;
3. Xian yang Mine Safety Supervision Division Bureau, Shaanxi Coal Mine Safety Supervision Bureau, Xi'an 710001, China;
4. State Key Laboratory of Coal Resources and Safety Mining, China University of Mine Technology, Xuzhou 221116, China)

Abstract: To compound relation of working face mining and disasters in deep mine, and field observation and numerical simulation was applied. The results showed that the number of micro seismic event of working face, energy variation were influenced by working face mining obviously, water inrush amount increased with working face advanced distance increased, and hydrogen sulfide density increased with goaf roof collapse scope increased backward of working face, its total appeared upward trend, some relation between CO of working face air flow and return airway corner CO, working face air flow CO reached its the maximal, its about 23×10^{-6} , then the value decreased. It references for similar situation.

Key words: mine in deep, micro seismic event, water inrush amount, many disasters coexistence, mining speed

高家堡井田东西长约 25.7km, 南北宽约 16.6km, 井田面积 219.1681km²。井田内含煤地层主要为延安组。本区延安组第一段发育的 4 号煤层为厚煤层, 结构简单, 全区大部可采, 4 号煤层在东区 and 西区局部分叉, 编号为 4-1 煤; 第二段在东区东北部和西区发育薄煤层, 编号 4[±] 煤。矿井一盘区 4 煤层赋存深度在 800~1000m 之间, 属于较为典型的深井开采^[1-3]。

矿井地质条件复杂、煤层埋藏深、地压大, 具有冲击倾向性^[4], 伴随瓦斯、硫化氢、煤层自燃、顶板承压水等灾害, 因此应对首采面的回采情况进行多灾害耦合的系统分析, 找到灾害显现的一般规律, 为后续工作面的安全开采提供基础资料。

1 工作面基本情况

1.1 工作面位置及顶底板概况

101 工作面为陕西正通煤业高家堡矿井首采工

作面, 井下位于一盘区西翼中部, 西部为一盘区回风大巷、一盘区胶带大巷、一盘区辅助运输大巷; 东部为 F2 断层保护煤柱; 其余四周均为实炭区。

101 工作面宽 120m, 走向推采长度 350m, 平均煤厚 10.5m, 工作面共布置 3 条巷道, 分别为运输巷、回风巷、辅助运输巷。以上巷道均留 1.5~2.0m 底煤布置, 工作面回风巷、运输巷坡度为 3~4°。101 工作面整体为俯采, 运输巷巷道底板标高整体比回风巷高。

工作面平面位置示意如图 1 所示, 工作面顶底板情况如表 1 所示。

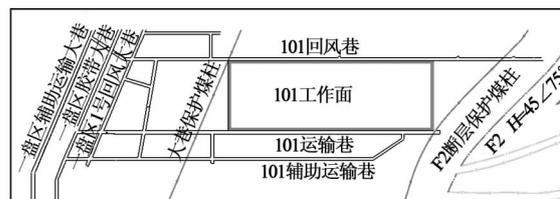


图 1 高家堡矿井 101 工作面平面位置示意

[收稿日期] 2016-11-03

[基金项目] 江苏省普通高校研究生科研创新计划项目 (KYLX16_0556)

[作者简介] 刘 虎 (1982-), 男, 山东济南人, 硕士, 工程师, 主要从事矿井动力灾害监测、防治技术研究工作。

[引用格式] 刘 虎, 张呈祥, 张 凡, 等. 深部矿井工作面开采与灾害耦合关系分析 [J]. 煤矿开采, 2017, 22 (3): 24-27.

[DOI] 10.13532/j.cnki.cn11-3677/td.2017.03.007

表 1 101 工作面 4 煤顶底板情况

名称	岩性	平均厚度/m	岩性特征
基本顶	中粒砂岩	9.9	浅灰白色, 成分以石英为主, 颗粒次棱角状, 分选均匀, 钙质、硅质胶结, 不显层理, 含植物炭化碎屑, 与下伏层明显接触
直接顶	泥岩	3.66	深灰色, 具水平层理, 含植物炭化碎屑及镜煤条带, 与下伏层明显接触
直接底	铝质泥岩	5.5	深灰~灰色, 团块状, 斑块状, 含植物根系化石, 吸水性强, 易风化
老底	泥岩	未穿过	浅灰~浅紫红色, 团块状, 斑块状, 具滑面, 吸水性强, 易风化, 夹粉砂岩薄层

1.2 影响回采的主要灾害因素分析

(1) 冲击倾向性 根据冲击倾向性鉴定结果, 101 工作面主采煤层 4 煤属Ⅲ类, 为具有强冲击倾向性的煤层; 4 煤的顶底板岩层均属于Ⅱ类, 为弱冲击倾向性的顶底板岩层。

(2) 瓦斯赋存 2014 年 7 月由陕西省咸阳市救护大队对矿井进行了瓦斯等级鉴定, 经测定, 矿井绝对瓦斯涌出量为 $1.54\text{m}^3/\text{min}$ 。2015 年 1 月由煤科集团沈阳研究院有限公司在首采工作面 101 回风巷距门口 200m 处、320m 处各取了 1 个煤样进行分析, 经测定原煤瓦斯含量 $0.84\sim 1.45\text{m}^3/\text{t}$, 其中可解析瓦斯含量 $0.45\sim 0.88\text{m}^3/\text{t}$, 预计 101 首采工作面的瓦斯绝对涌出量为 $2.8\text{m}^3/\text{min}$ 。

(3) 工作面承压水 井田水文地质勘探类型属以裂隙充水为主, 矿区水文地质类型划分为复杂型。对工作面有影响的隔、含水层自上而下为: 第四系松散层孔隙含水层; 白垩系下统华池、洛河组、宜君孔隙~裂隙承压含水层组; 中侏罗统安定组泥岩隔水层; 侏罗系中统直罗组砂岩裂隙承压含水层; 侏罗系中统延安组煤层及其顶板砂岩承压含水层; 下侏罗统富县组相对隔水层组。其中, 河谷区的第四系含水层与宜君、洛河组承压含水层是本井田主要含水层, 其余含水层含水微弱。依据邻近生产矿井经验^[5], 101 工作面最大涌水量取为正常涌水量的 1.5 倍, 即 $505\text{m}^3/\text{h}$ 。

(4) 煤的自然倾向性 101 工作面主采煤层 4 煤属自燃煤层, 最短自然发火期 37d。

(5) 硫化氢含量偏高 硫化氢气体 (H_2S) 是煤矿井下有毒有害气体之一, 含量较高时, 对人体具有一定伤害。由于 101 工作面为矿井首采面, 因此硫化氢气体含量存在一定风险。

1.3 工作面配置及开采工艺设计

工作面装备采煤机 1 台, 型号为 MG500/1280

-WD; 液压支架 72 架, 其中中部支架 64 架, 型号为 ZF16000/22/40; 过渡支架 7 架, 型号为 ZFG16000/25/40H; 端头支架 1 组 2 架, 型号分别为 ZTZ19500/24/40, ZTZ6500/24/40; 运输巷、回风巷各配置 1 套超前架组, 型号为 ZCZ18720/24/40, 长度 21m; 工作面前部刮板输送机 1 部, 型号为 SGZ1000/2000; 后部刮板输送机 1 部, 型号为 SGZ1200/2000; 转载机 1 部, 型号为 SZZ1350/700; 巷道带式输送机 1 部, 型号为 DSJ140/250/4×400。

根据开采设计, 101 工作面前期 120m 采用综采工艺, 采高 3.5m; 后期 210m 采用综放工艺, 采放总高度 6.0m; 剩余 20m 为撤面创造条件, 采用综采工艺, 采高 3.5m。

可采储量 = $270 \times 120 \times 6.0 \times 1.39 \times 85\% + 80 \times 120 \times 3.5 \times 1.39 \times 95\% = 274$ (kt)。

2 推进距离与覆岩运动规律研究

2.1 工作面覆岩运动数值模拟分析

基于离散元方法, 通过建立 UDEC 数值模拟模型^[6], 依据 101 工作面实际开采条件, 模拟分析工作面覆岩运动规律^[7-8], 评价工作面开采对覆岩运动的影响。

图 2 为工作面采高为 3.5m 时上覆岩层结构演化特征。

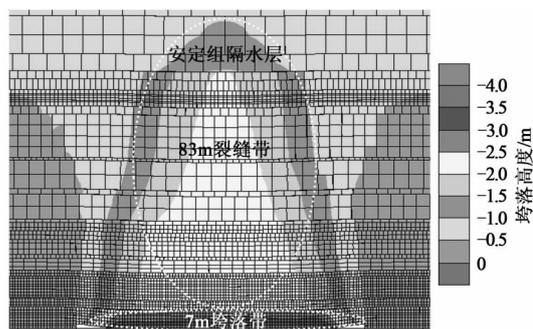


图 2 工作面采高为 3.5m 时上覆岩层结构演化特征

分析图 2 可以判定, 当 101 工作面采高为 3.5m 时, 垮落带发育高度为 7m 左右, 裂缝带发育高度为 83m 左右, 裂缝带可达安定组隔水层, 裂缝带以上直至地表为弯曲下沉带。

图 3 为工作面采高为 6m 时上覆岩层结构演化特征。

由图 3 可以判定, 当 101 工作面采高达到 6m 时, 垮落带发育高度为 11m 左右, 裂缝带发育高度为 105m 左右, 裂缝带可达安定组砂质泥岩层, 裂缝带以上直至地表为弯曲下沉带。

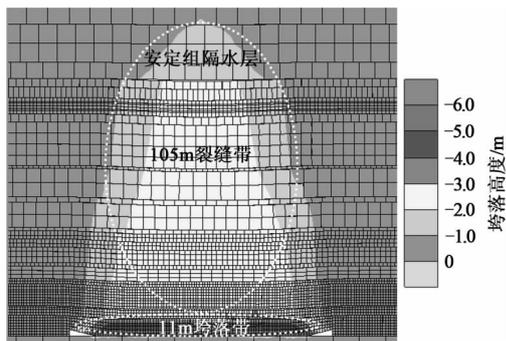


图 3 工作面采高为 6m 时上覆岩层结构演化特征

2.2 工作面来压实测统计

(1) 工作面推进距离 0~50m 生产时间为 2015.12.9-2015.12.29, 共生产 20d (12 月 17 日未生产), 平均推采速度为 2.5m/d。12 月 28 日, 推采至 47.5m 时初次来压。

(2) 工作面推进距离 51~100m 生产时间为 2015.12.30-2016.1.20, 共生产 21d (12 月 31 日未生产), 平均推采速度为 2.38m/d。1 月 8 日, 推采至 70.5m 时, 第 1 次周期来压, 步距为 23m。1 月 19 日, 推采至 95.5m, 第 2 次周期来压, 步距为 25m。

(3) 工作面推进距离 101~150m 生产时间为 2016.1.21-2016.2.23, 共生产 20d (2.3-2.16 春节放假停产), 平均推采速度为 2.5m/d。1 月 28 日, 推采至 120.5m 时, 工作面 1 次见方, 第 3 次周期来压, 步距为 25m。2 月 22 日, 推采至 145.5m 时, 工作面第 4 次周期来压, 步距为 25m。

(4) 工作面推进距离 151~200m 生产时间为 2016.2.24-2016.3.9, 生产 13d (2.28-2.29 日未生产), 平均推采速度 3.85m/d。3 月 3 日, 推采至 170.5m 时, 工作面第 5 次周期来压, 步距为 25m。3 月 9 日, 推采至 195.5m 时, 工作面第 6 次周期来压, 步距为 25m。

(5) 工作面推进距离 201~250m 生产时间为 2016.3.10-2016.3.20, 共生产 11d, 平均推采速度为 4.55m/d。3 月 13 日, 推采至 220.5m 时, 工作面第 7 次周期来压, 步距为 25m。3 月 18 日, 推采至 240m 时, 工作面 2 次见方。3 月 19 日, 推采至 245.5m 时, 工作面第 8 次周期来压, 步距为 25m。

3 工作面推采与各参数耦合分析研究

3.1 推采距离与微震规律耦合分析

图 4 所示为 101 工作面开采过程中微震活动与推进距离的相互关系。从图中可以看出受 101 工作

面开采设计影响, 前 120m (采高为 3.5m), 该阶段微震事件数量总体维持在 1000 个左右。当采高改为 6m 后, 工作面微震事件首先出现了下降^[9], 该阶段主要受 2 月 28-29 日工作面停采检修影响。之后工作面微震事件数量出现大范围增长^[10], 可以看出采高对于 101 工作面微震事件数量具有一定影响。同时, 可以看出微震事件能量与微震事件数量在工作面推采过程中受推进距离影响较大, 在 200m 区域呈现了较大幅度的增长^[11], 受工作面开采设计和停产检修影响较为明显^[12]。

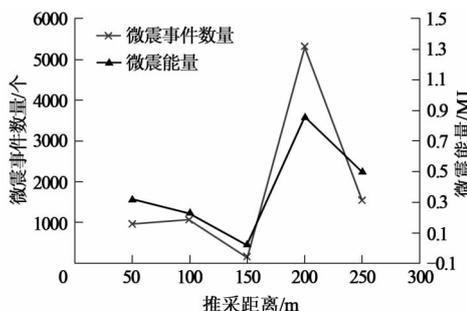


图 4 微震事件数量、能量与推进距离关系

3.2 推采距离与涌水量耦合分析

图 5 所示为 101 工作面涌水量与推采距离相互关系。从图中可以看出受顶板承压水影响, 101 工作面整体水文情况较为复杂, 涌水量一直随工作面推采距离增加而增大, 随着工作面推采面积加大, 开采设计改变, 工作面涌水出现增大。工作面推过运输巷疏放水孔终孔位置后, 后部顶板垮落折断放水孔, 导致钻孔涌水进入面后。受工作面见方及周期来压影响, 根据 UDEC 数值模拟分析, 上覆承压水岩层裂隙发育明显, 导致涌水量增大。

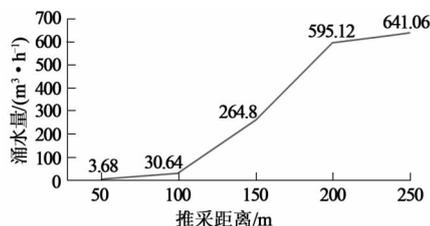


图 5 工作面涌水量与推采距离关系

3.3 推采距离与工作面 H₂S、CO 涌出量耦合分析

图 6 所示为 101 工作面 H₂S、CO 涌出量与推采距离的相互关系, 从图中可以看出 H₂S 随 101 工作面推采整体呈现增加趋势, 由最低 2.6×10⁻⁶ 增大至 4.3×10⁻⁶。主要原因是受面后垮落造成顶板及围岩体裂隙增大, 使 H₂S 气体得到释放, 从而引起浓度升高。同时, 从图 6 可以看出回风流 CO 含量大小直接体现出采空区遗煤自燃性, CO 浓度

异常升高, 则表明面后遗煤出现自燃前兆现象的可能性增大。从图中亦可看出, 101 工作面回风流 CO 与回风隅角 CO 变化与推采距离有一定关联性, 在工作面推采至 200m 时回风流 CO 达到最大值, 为 23×10^{-6} , 随后出现下降。

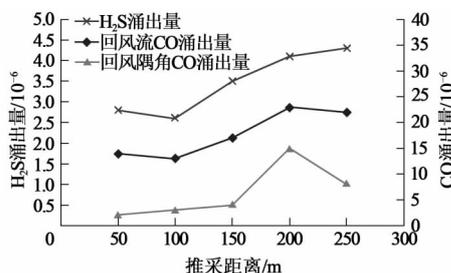


图6 工作面硫化氢涌出量与推采距离关系

4 结 论

(1) 工作面微震事件数目、能量变化受推进距离影响明显。通过微震数据总结分析可得出结论, 101 工作面在保持采高 3.5m 不变的前提下, 日推采速度不超过 5m 可保证工作面安全推采, 在放煤情况下的合理推采速度仍有待进一步确定。

(2) 101 工作面涌水量一直随工作面推进距离增加而增大。

(3) 工作面 H_2S 浓度整体呈现上升趋势, 由 2.6×10^{-6} 增大至 4.3×10^{-6} , 分析为面后垮落造成 H_2S 释放引起浓度升高。回风流 CO 与回风隅角 CO 变化有一定关联性, 在推采至 200m 时回风流

CO 达到最大值, 为 23×10^{-6} , 随后出现下降。

[参考文献]

- [1] 何 江, 窦林名, 贺 虎, 等. 综放面覆岩运动诱发冲击矿压机理研究 [J]. 岩石力学与工程学报, 2011, 30 (S2): 3920-3927.
- [2] 刘 虎, 李 民. 深部矿井条带煤柱稳定性监测及变化规律分析 [J]. 煤炭科学技术, 2010, 38 (9): 30-33.
- [3] 刘 虎, 李振中. 千米深井围岩松动圈范围的研究 [J]. 山东煤炭科技, 2011 (1): 120-121.
- [4] 林 青, 乔 伟. 崔木煤矿顶板离层水防治技术 [J]. 煤炭科学技术, 2016, 44 (3): 129-134.
- [5] 张 勇, 田刚军. 崔木煤矿综放开采顶板涌突水机理研究 [J]. 陕西煤炭, 2015, 34 (5): 12-14.
- [6] 刘志刚, 李锦秀, 张贵银. 深部冲击危险性特厚煤层开采技术研究 [J]. 煤炭技术, 2015, 34 (10): 26-28.
- [7] 鞠文君, 李文洲. 急倾斜特厚煤层水平分段开采老顶断裂力学模型 [J]. 煤炭学报, 2008, 33 (6): 606-608.
- [8] 许延春, 李俊成, 刘世奇, 等. 综放开采覆岩“两带”高度的计算公式及适用性分析 [J]. 煤矿开采, 2011, 16 (2): 4-7.
- [9] 邵昌尧, 刘志刚. 深部大采高综采工作面微震活动规律多因素分析 [J]. 山东理工大学学报 (自然科学版), 2015 (2): 76-78.
- [10] 邹德蕴, 姜福兴. 煤岩体中储存能量与冲击地压孕育机理及预测方法的研究 [J]. 煤炭学报, 2004, 29 (2): 159-163.
- [11] 杜涛涛. 基于微震监测的综放工作面覆岩“两带”高度确定 [J]. 煤矿开采, 2016, 21 (5): 79-82, 74.
- [12] 刘志刚. 基于声发射原理的冲击地压监测装备研究及应用 [D]. 青岛: 山东科技大学, 2011. [责任编辑: 潘俊锋]

(上接 31 页)

大, 综采工作面两巷超前压力越来越显现, 巷道超前支护液压支架已基本解决了两巷超前支护要求, 但针对不同的煤层赋存条件、巷道断面及机巷设备配置等因素又对巷道超前支护液压支架提出越来越高的要求。

本文主要介绍了宽体横向顶梁可上下摆动型超前支架在钱营孜煤矿应用的实例, 该型超前支架是根据钱营孜煤矿综采工作面机巷特殊条件所研制, 实际使用效果达到了设计预期。该型巷道超前支护液压支架在机巷断面、角度较大, 转载机尺寸较宽的综采工作面具有较高的推广价值。

宽体横向顶梁可上下摆动型超前支架虽然解决了特殊条件下机巷超前支护要求, 但仍未解决“U”型棚支护巷道替棚难度大的问题, 下一步在设备改进过程中需对“U”型棚替棚方面进行研究。

[参考文献]

- [1] 倪兴华, 苗素军, 杨永杰, 等. 综放工作面端头及顺槽超前液压支架支护技术 [M]. 北京: 煤炭工业出版社, 2008.
- [2] 王国法. 放顶煤液压支架与综采放顶煤技术 [M]. 北京: 煤炭工业出版社, 2010.
- [3] 徐亚民. 付村煤矿综放工作面回采巷道超前支架支护实践 [J]. 煤炭科学技术, 2010, 38 (7): 35-37.
- [4] 王朗朗, 刘混举. 兖州矿区综放面端头及两巷超前液压支架研制与应用 [J]. 煤矿机械, 2014, 35 (5): 10-12.
- [5] 罗 文. 工作面顺槽超前液压支架的研制及应用 [J]. 煤炭工程, 2009, 41 (11): 98-99.
- [6] 张崇宏. 兖州矿区综放面端头及两巷超前液压支架研制与应用 [J]. 煤矿开采, 2010, 15 (3): 80-81.
- [7] 乔中栋, 李海宁. 一种新型综放(采)工作面端头液压支架 [J]. 煤矿开采, 2006, 11 (3): 31-33.
- [8] 郑旭鹤. ZTC 超前液压支架在大采高综采工作面中的应用 [J]. 煤炭与化工, 2013, 36 (8): 68-69.

[责任编辑: 徐亚军]