

基于缺陷法孤岛工作面冲击地压防治技术研究

潘立友¹ 张若祥² 孔繁鹏²

(1. 山东科技大学 采矿工程研究院 山东 泰安 271019; 2. 山东科技大学 资源与环境工程学院 山东 青岛 266510)

摘要: 针对孤岛工作面冲击地压事故频发的问题,通过在孤岛工作面高应力区域采用缺陷法防治冲击地压的技术,在孤岛工作面采用人为缺陷体转移应力场,在应力场转移过程中伴随着能量持续、缓慢的释放,并且能够形成卸压保护区,降低冲击地压危险性。采取卸压巷、爆破钻孔、大直径钻孔等人为缺陷技术方法,能够有效起到应力向工作面深部转移、能量释放的效果,并采用主动应力监测技术进行了效果检验。观测结果表明:通过缺陷体预先卸压,应力得到了有效降低与转移,工作面未出现应力积聚的现象。

关键词: 缺陷法; 孤岛工作面; 冲击地压; 应力转移

中图分类号: TD324 **文献标志码:** A **文章编号:** 0253-2336(2013)06-0014-03

Study on Mine Pressure Bumping Prevention and Control Technology of Coal Mining Face in Seam Island Based on Defect Method

PAN Li-you¹ ZHANG Ruo-xiang² KONG Fan-peng²

(1. Research Institute of Mining Engineering, Shandong University of Science and Technology, Tai'an 271019, China;

2. School of Resources and Environment Engineering, Shandong University of Science and Technology, Qingdao 266510, China)

Abstract: According to the problems of the mine pressure bumping accident frequently occurred in coal mining face in the seam island, the defect method was applied to prevent and control the mine pressure bumping in the high stress region of the coal mining face in the seam island. The artificial defect mass was applied to migrate the stress field of the coal mining face in the seam island. The energy continuously and slowly releasing could form a pressure releasing and protection zone during the stress field migration process and thus the danger of the mine pressure bumping could be reduced. The pressure released gateway, blasting boreholes, large diameter boreholes and other artificial defect technical method applied could effectively make the stress migration forward to the deep of the coal mining face and could have an energy released effect. An active stress monitoring and measuring technology was applied to the effect inspection. The observation results showed that based on the artificial defect mass pressure pre-release, the pressure was decreased and migrated efficiently. The coal mining face didn't appear the phenomenon of stress accumulation.

Key words: defect method; coal mining face in seam island; mine pressure bumping; stress migration

0 引言

冲击地压事故严重危害着世界范围内的各大煤矿,我国大多数矿井煤层与岩层均具有不同程度和等级的冲击倾向性,冲击地压早已是我国煤矿开采中的主要灾害之一^[1-3]。近几年,我国建井较早的矿井逐渐进入深部开采,部分地区新建井田的煤层埋藏较深,也进入深部开采,但是由于老矿井受开采

布局不合理、断层、回收煤柱等影响形成的孤岛工作面;新建矿井为了保护地面建筑物等,前期采取防止地面沉陷的条带开采,条带开采结束后形成孤岛工作面开采,因此形成的大量深部孤岛工作面受冲击地压威胁的情况越来越严重,已经成为矿井深部煤层开采所面临的主要问题之一。但是现今对深部孤岛工作面冲击地压发生机理、预测和防治方法的研究还没有形成一套较为科学合理的结论和体系。特

收稿日期:2013-02-24;责任编辑:杨正凯

基金项目:国家自然科学基金资助项目(51074101);山东省科技发展计划资助项目(2011GSF12010)

作者简介:潘立友(1965—),男,山东昌乐人,教授,博士生导师,现任山东科技大学采矿工程研究院常务副院长。

引用格式:潘立友,张若祥,孔繁鹏.基于缺陷法孤岛工作面冲击地压防治技术研究[J].煤炭科学技术,2013,41(6):14-16,45.

别是针对具体现场实际生产中遇到的冲击地压问题, 还未得到一套防治冲击地压的行之有效的实施方法和技术。鉴于此, 笔者通过对缺陷介质不连续性、非均匀性、各向异性和受水、温度、应力场影响等特征的分析, 和缺陷对煤岩体自身性质影响的研究, 以缺陷转移应力分析为基础, 参考数值模拟研究得到的应力和声发射分布变形情况, 阐述了缺陷法控制冲击地压的原理。针对孤岛工作面冲击地压防治问题, 建立了通过人为布置大直径钻孔和爆破钻孔构造缺陷的冲击地压防治技术。笔者以开滦集团唐山煤矿孤岛冲击煤层条件下的 T₁391 工作面为试验研究对象, 以期达到采用缺陷法防治孤岛工作面冲击地压的目的。

1 缺陷法控制冲击地压原理

1.1 缺陷介质特征

采矿工程中的介质是由各种岩石组成的地质体, 是在各种宏观地质界面(断层、节理、破碎带、接触带、片理等) 分割下形成的有一定结构的地质介质^[4-5]。由于岩体在其形成和存在的整个地质历史时期中, 经受过多种复杂的地质作用, 使其工程性质变得复杂, 其复杂性表现为: ①不连续性, 岩体中存在着各种结构面, 从岩体整体看是不连续的介质, 导致岩体力学性质与连续介质有很大差别; ②非均匀性, 岩体的物理力学性质随空间位置不同而有性质的差异, 岩体的这一特性, 使其试验结果具有离散性; ③各向异性, 岩体中结构面的分布有一定的方向, 导致岩体性质随岩体结构分布存在差异; ④岩体中存在着不同于自重应力场的天然应力场; ⑤岩体中的水、温度、应力场对岩体性质有较大影响。

地下采矿工程中面对的工程岩体不仅具有上述特征, 而且还存在断层、空洞、断裂面等缺陷^[6-9]。缺陷的存在能从根本上控制缺陷周围介质的力学性质和工程稳定性, 表现为缺陷周围应力环境发生重大变化、缺陷体与周围介质的力学性质有本质区别。缺陷介质引起应力变化, 缺陷的存在, 打破了岩体原来的连续性, 改变了其力学的传递性质, 通常造成局部应力集中现象。缺陷介质改变煤岩体的均质度。缺陷体本身及其周围介质的单元力学性质发生突变性(跳跃性) 变化, 表现为不同单元的强度、弹性模量、泊松比等参数的高度差异性, 这种局部区域介质力学性质、工程稳定性的突变现象, 改变了该区域煤

岩的均质度, 使得该区域煤岩的均质度降低。

1.2 缺陷防治冲击地压原理

缺陷包括原始缺陷和人为制造缺陷, 原始缺陷具有不规则性和无序性, 人为制造缺陷是施工中遗留下来的, 有时候为消除动力现象专门施工这种缺陷。由于缺陷切断了介质的连续性, 在采矿活动等外力扰动下, 在空洞周围形成应力集中现象。可以利用缺陷的特性转移工作面及巷道的应力集中现象, 从而保证工作面及巷道的安全。缺陷体防治冲击地压的原理主要体现在 3 个方面: ①能够使应力场向工作面深部转移, 如图 1 所示; ②应力场的转移同时带动了能量向远距离位置释放, 而且应力场转移过程中使能量逐渐、缓慢地释放; ③在缺陷体附近的能量释放, 能够使缺陷保护区域形成卸压保护带, 从而降低保护区域的冲击地压危险性。

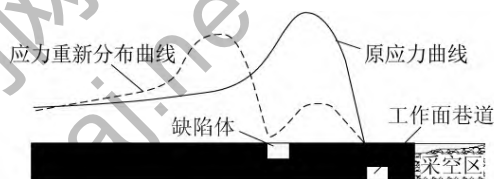


图1 缺陷应力转移示意

采用 RFPA 软件模拟高应力区域爆破与钻孔卸压的效果, 得出主应力和声发射结果。当人为施工缺陷后, 缺陷区域逐渐出现变形破坏和声发射现象, 说明被保护区域的应力场得以转移、能量得以在缺陷区域释放, 缺陷区域变形逐渐增大, 最终形成了卸压保护带, 缺陷区域得到很好的能量释放, 提前消除了被保护区域冲击地压危险。

2 孤岛工作面缺陷法卸压技术

孤岛工作面开采前, 在回采巷道附近掘进一条卸压巷道, 当煤层较厚时, 工作面巷道沿底板掘进, 卸压巷沿顶板掘进布置; 当煤层较薄时, 工作面巷道沿煤层布置, 卸压巷布置在煤层上部的顶板中。在工作面巷道采用大直径钻孔, 卸压巷采用钻孔爆破。爆破钻孔和大直径钻孔的方向均向卸压巷与工作面巷道间煤柱深部位置, 钻孔立体交叉布置(图2)。

当爆破钻孔爆破后, 爆破卸压钻孔、大直径卸压、钻孔爆破后破碎区域会在孤岛煤柱内部形成缺陷体。随着应力场向工作面深部转移, 最终爆破区域和钻孔区域连为一体, 在卸压巷与工作面巷道间煤柱内部共同成为一个立体释放能量的大缺陷体,

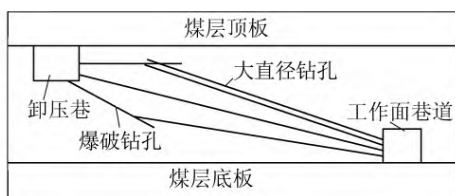


图2 孤岛工作面缺陷群卸压示意

该区域能量得到很好的释放,使孤岛工作面应力向内部转移,能量随着应力场转移缓慢的释放。

3 工程实践

3.1 缺陷群卸压布置参数

唐山煤矿 T_1391 工作面平均煤厚 10.1 m。当 T_1391 小工作面回采完毕,进行 T_1391 大工作面回采,其为孤岛工作面,具有较高的冲击地压危险性,对该工作面的回采形成威胁。 T_1391 大工作面回采前,在距离其回风巷 24 m 处沿煤层顶板掘进一条卸压巷道,在卸压巷邻近 T_1391 大工作面回风巷一侧布置斜向下预爆破卸压钻孔,在 T_1391 大工作面回风巷(沿煤层底板巷道)一侧平行和斜向上的大直径预卸压钻孔,即人为卸压体。卸压巷爆破卸压钻孔孔深 8 m,孔间距 5 m,孔径 42 mm,长 500 mm 类型的单孔药卷 3 个,采用 5 个钻孔同时起爆的方式爆破。 T_1391 大工作面大直径预卸压钻孔孔深 10 m,孔间距 2 m,孔径 110 mm,其中爆破卸压钻孔与大直径预卸压钻孔都采用交叉式布置(图 3)。

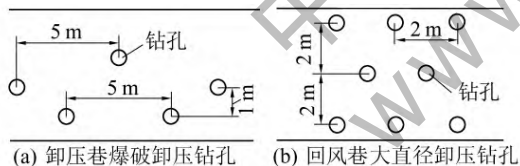
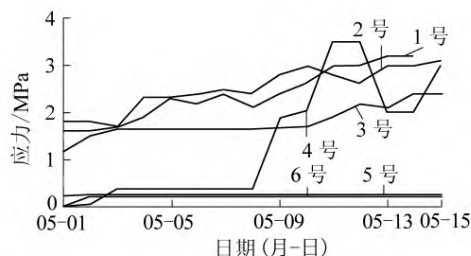


图3 钻孔布置方式

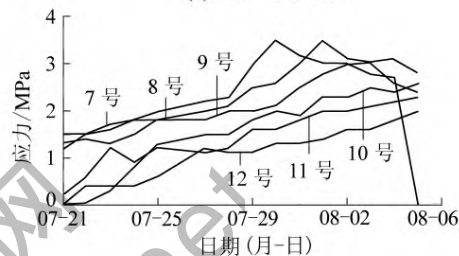
3.2 卸压效果应力监测

2012 年在 T_1391 大工作面回风巷进行钻孔应力计观测,主动式钻孔应力计布置在大工作面回风巷与卸压巷道之间的煤柱上,布置 2 个测区,每个测区范围为 40 m,每个测区内钻孔应力计间距为 8 m,钻孔深度为 6 m,共计 12 个。根据监测数据得出钻孔应力曲线(图 4),由现场观测可知,当钻孔应力超过 6 MPa 时,工作面会出现煤炮、钻粉监测卡钻等冲击地压现象。由图 4 可知,卸压处理后高应力区域的压力为 0~4 MPa,只有 4 号钻孔数据出现较小的突变,其他钻孔应力基本呈逐渐增大趋势,说明通过

缺陷体预先的卸压措施,应力得到了有效降低和转移。 T_1391 大工作面回风巷附近未形成应力积聚的现象。



(a) 1号—6号钻孔



(b) 7号—12号钻孔

图4 钻孔应力变化曲线

4 结 语

利用多个缺陷体的破坏作用,通过在立体空间的缺陷组合形成的缺陷群能有效有序地释放能量,降低孤岛工作面的冲击危险性。通过现场采用缺陷群卸压后,孤岛工作面的应力监测结果表明,缺陷群能够起到良好的效果,可为孤岛工作面的冲击地压防治提供新的防治措施。

参考文献:

- [1] 潘立友,张立俊,刘先贵. 冲击地压预测与防治实用技术[M]. 徐州:中国矿业大学出版社,2006:10-50.
- [2] 潘立友,钟亚平. 深井冲击地压及其防治[M]. 北京:煤炭工业出版社,1997:20-80.
- [3] 窦林名,何学秋. 冲击矿压防治理论与技术[M]. 徐州:中国矿业大学出版社,2001:20-60.
- [4] 宋振骐. 实用矿山压力与控制[M]. 徐州:中国矿业大学出版社,1988:10-90.
- [5] 佩霍霍夫. 煤矿冲击地压[M]. 王佑安,译. 北京:煤炭工业出版社,1980:30-90.
- [6] 赵本钧,滕学军. 冲击地压及其防治[M]. 北京:煤炭工业出版社,1995:10-30.
- [7] 李玉生. 冲击地压机理及其初步应用[J]. 中国矿业学院学报,1985(3):39-43.
- [8] 刘心广,韩跃勇,刘涛. 11302 孤岛工作面开采冲击地压的监测与防治[C]//山东省煤矿冲击地压防治研讨会论文集. 济南: [s. n.], 2007:2.

(下转第45页)

缓,至工作面后方 158 m,变形速度稳定在 2 mm/d。留巷两帮移近速度曲线如图 5b 所示。154307 工作

面沿空留巷实施锚带索组合支护技术,有效控制巷道围岩变形,沿空留巷稳定后巷道断面 8 m² 以上。

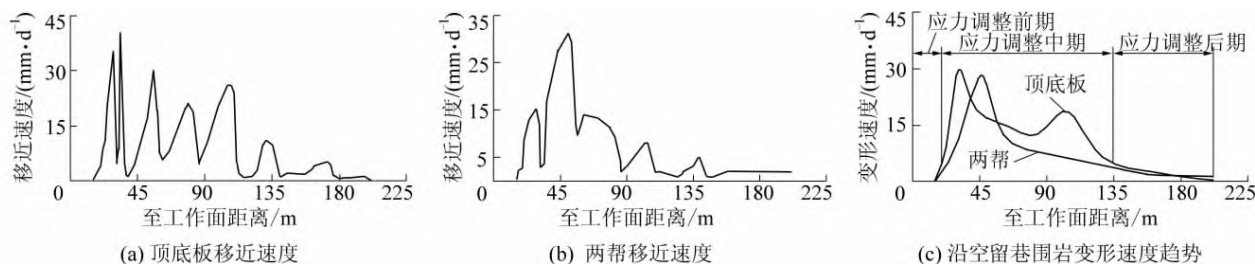


图 5 沿空留巷围岩变形速度曲线

3) 沿空留巷围岩变形的阶段性特征。巷道围岩变形在采场应力调整期间体现出明显的阶段性特征,沿空留巷围岩变形速度趋势如图 5c 所示。①采动应力调整前期:此阶段采空区边缘基本顶以缓慢移动为主,对巷道与墙体施加的载荷并不明显。②采动应力调整中期:工作面后方 18 ~ 135 m,留巷侧采空区顶板活动开始加剧,对墙体与巷道的影响不断增加。侧向悬臂在旋转下沉过程中,墙体承载达到最大、留巷变形达到峰值。③采动应力调整后期:工作面后方 135 ~ 200 m,墙体载荷趋于稳定,巷道变形速度稳定在 1 ~ 2 mm/d,但巷道累计变形量较大,稳定后可对部分巷段进行扩修。

6 结 语

凤凰山煤矿 154307 工作面沿空留巷采用深孔预裂爆破处理和锚带索组合支护技术,有效控制巷道变形;留巷稳定后巷道断面 8 m² 以上满足生产要求。快速留巷巷旁充填工艺系统,充填工艺先进,效果良好,材料性能稳定有效,有效维护巷道顶板完整性和稳定性,保证工作面安全开采,节省了 1 条回采巷道,实现连续开采,缓解了接替紧张问题,取消了区段煤柱,最大限度提高了矿井煤炭资源采出率。

参考文献:

- [1] 苏清政,郝海金.巷旁充填体可缩性对沿空留巷顶板运动的适应性分析[J].焦作工学院学报,2002,21(5):321-323.
- [2] 权景伟,柏建彪,种道雪.沿空留巷锚杆支护技术研究及应用[J].煤炭科学技术,2006,34(12):60-68.
- [3] 杨万斌,蔡美峰,董传彤.锚索支护沿空留巷技术研究[J].煤炭科学技术,2006,34(9):65-67.
- [4] 钱鸣高.20 年来采场围岩控制理论与实践的回顾[J].中国矿业大学学报,2000,29(1):1-4.
- [5] 张东升,茅献彪,马文顶.综放沿空留巷围岩变形特征的试验研究[J].岩石力学与工程学报,2002,21(3):331-334.
- [6] 宋振骐.实用矿山压力与控制[M].徐州:中国矿业大学出版社,1988.

- [7] 缪协兴,钱鸣高.中国煤炭资源绿色开采研究现状与展望[J].采矿与安全工程学报,2009,26(1):1-13.
- [8] 赵国贞,马占国.小煤柱沿空掘巷围岩变形控制机理研究[J].采矿与安全工程学报,2010,27(4):517-520.
- [9] 刘增辉,高谦.沿空掘巷围岩控制的时效特征[J].采矿与安全工程学报,2009,26(4):465-468.
- [10] 杨科,谢广祥.窄煤柱综放巷道围岩应力场特征[J].采矿与安全工程学报,2007,24(3):311-315.
- [11] 石平五,许少东,陈治中.综放沿空掘巷矿压显现规律研究[J].矿山压力与顶板管理,2004,21(1):31-33.
- [12] 李顺才,柏建彪,董正筑.综放沿空掘巷窄煤柱受力变形与应力分析[J].矿山压力与顶板管理,2004,21(3):17-19.
- [13] 姜福兴.采场覆岩空间结构观点及其应用研究[J].采矿与安全工程学报,2006,23(1):30-33.
- [14] 文志杰.无煤柱沿空留巷控制力学模型及关键技术研究[D].青岛:山东科技大学,2011:29-30.
- [15] 侯朝炯,李学华.综放沿空掘巷围岩大、小结构的稳定性原理[J].煤炭学报,2001,26(1):1-7.

(上接第 16 页)

- [10] 王来贵,潘一山,梁冰,等.冲击地压的分叉分析[C]//第四届全国岩石动力学学术会议论文选集,武汉:[s.n.],1994:209-214.
- [11] 谭云亮,李芳成.冲击地压声发射前兆模式初步研究[J].岩石力学与工程学报,2000,19(4):425-428.
- [12] 齐庆新,刘天泉,史元伟.冲击地压的摩擦滑动失稳机理[J].矿山压力与顶板管理,1995,12(3):174-177.
- [13] 潘立友.冲击地压前兆信息的可识别性研究及应用[D].青岛:山东科技大学,2003:10-80.
- [14] 杜青炎,杨超.孤岛巨厚砾岩层冲击地压预测预报及综合防治[J].中州煤炭,2010(7):93-96.
- [15] 刘晓斐,王恩元,赵恩来,等.孤岛工作面冲击地压危险综合预测及效果验证[J].采矿与安全工程学报,2010,27(2):216-218.
- [16] 王同旭,刘传孝,王小平.孤岛煤柱侧向支承压力分布的数值模拟与雷达探测研究[J].岩石力学与工程学报,2002,21(S1):2484-2487.