

采动围岩裂隙动态演化规律研究

许传峰

(山西保利裕丰煤业有限公司, 山西 临汾 042100)

摘要: 为研究采动围岩裂隙的动态演化规律, 采用钻孔电视法观测顶底板裂隙, 采用声测法测试工作面前方煤体裂隙。观测数据处理结果表明: 顶底板裂隙存在离层裂隙、竖向裂隙、斜交裂隙、横向裂隙等多种裂隙形态; 根据距离工作面不同位置处裂隙密度的不同, 采动裂隙分为原生区、扩展区、贯通区和缩减区; 根据声速波形特点和超前支承压力分布, 煤壁前方煤体裂隙分为原生区、衍生区、扩展区和贯通区, 这为完善瓦斯抽采系统提供了参考。

关键词: 采动裂隙; 钻孔电视法; 声测法; 裂隙密度; 裂隙分区

中图分类号: TD322.5 文献标志码: A 文章编号: 0253-2336(2013)04-0020-04

Study on Crack Dynamic Evolution Law of Mining Surrounding Rock

XU Chuan-feng

(Shanxi Poly Yufeng Coal Company Ltd., Linfen 042100, China)

Abstract: In order to study the crack dynamic evolution law of the mining surrounding rock, with the study method of the site test and observation, a borehole TV method was applied to the observation of the roof and floor cracks and the acoustic detection method was applied to the seam cracks in front of the coal mining face. The results of the observation data processing showed that the cracks in the roof and floor would be a separation crack, vertical crack, oblique crack, lateral crack and other crack forms. According to the different crack density at the different distance locations of the coal mining face, the mining cracks could be divided to an original zone, a derivative zone, linkage zone and a reduction zone. According to the acoustic velocity wave features and the advance support pressure distribution, the seam cracks in the front of the coal wall could be divided into an original zone, a derivative zone, an expanded zone and a linkage zone and could provide the references to improve the gas drainage system.

Key words: mining cracks; borehole TV method; acoustic detection method; crack density; crack subarea

0 引言

浅部煤层开采时瓦斯治理的难度就很大, 随煤开采深度的增加, 瓦斯问题更加严重, 灾害机理更加复杂, 预防瓦斯的要求也越高, 对瓦斯防治机理的深入研究显得尤为迫切。采动围岩裂隙是瓦斯扩散、聚集的通道, 研究围岩裂隙随采动的动态演化规律, 可对完善瓦斯抽采系统、预防瓦斯灾害有重要的基础意义^[1-3]。在工程应用上研究采动围岩破坏或裂隙发育规律有理论分析、数值模拟、相似材料模拟和现场试验等方法^[4-7], 其中现场试验方法是在煤矿现场利用观测仪器在布置的观测站实时测量并对测量数据借助数学、软件、统计等工具分析、处理, 总

结一般规律的过程, 具有数据来源可靠、结果清楚真实的特点, 获得的一般规律也最符合煤矿实际。

1 工程概况

某矿是我国最早的深部煤炭开采矿井之一, 目前, 该矿井生产主要集中在十三水平(-1 100 m), 开拓水平为十四水平(-1 200 m), 随开采深度的加大, 发生煤与瓦斯等突出事故的风险增大, 瓦斯问题变得极为严重。现场试验观测选在十三水平 3137 工作面进行, 该工作面主采 12 号煤层, 结构简单, 厚度为 9.1~11.4 m, 平均厚度 10.3 m, 煤层沉积稳定。12 号煤层之上依次为 11、9、5 号煤层, 其中 5 号煤层为复合煤层, 平均厚度 0.88 m, 局部可采; 9

收稿日期: 2012-10-22; 责任编辑: 曾康生

作者简介: 许传峰(1964—), 男, 山东日照人, 高级工程师, 现任山西保利裕丰煤业有限公司副矿长。

引用格式: 许传峰. 采动围岩裂隙动态演化规律研究[J]. 煤炭科学技术, 2013, 41(4): 20-23.

号煤层为厚煤层, 距离 12 号煤层 30~40 m, 煤层厚度 0~13.50 m, 平均厚度 5.18 m, 局部含 1~4 层夹矸, 全区可采, 但该煤层为高瓦斯突出煤层, 且煤层顶板较为坚硬, 不易管理, 作为被保护层开采; 11 号煤层为薄煤层, 煤厚 0.05~2.82 m, 平均厚度 1.12 m, 局部可采。影响 12 号煤层开采比较明显的关键层有 2 层, 即距离 12 号煤层较近的称为第 1 亚关键层, 较远的是第 2 亚关键层, 该矿煤层赋存局部综合柱状及关键层分布如图 1 所示。

柱状	岩层	层厚/m	关键层位置
	粗砂岩, 砂质	15.0	亚关键层 2
	9 号煤层	4.0	
	砂质页岩	1.5	
	中砂岩, 灰色	5.5	
	砂质页岩	3.0	
	11 号煤层	1.0	
	中砂岩	4.0	
	页岩	5.5	
	细砂岩, 砂质	13.2	亚关键层 1
	泥岩	4.3	
	12 号煤层	10.3	
	粉砂岩	1.6	
	细砂岩	2.9	
	中砂岩	4.5	

图 1 综合柱状图

2 试验方法选择及观测站布置

2.1 试验方法选择

顶底板采动裂隙的试验观测采用钻孔电视法, 钻孔电视法仪器携带方便, 操作工艺简单, 探测结果清晰、直观, 具有一定的空间效果, 但不宜于观测色泽较暗的煤体破坏。

工作面前方的煤壁采动裂隙观测采用声测法, 声测法仪器也较轻便, 操作简单, 技术成熟可靠, 测试需用水作耦合剂, 钻孔一般向下倾斜 $2^{\circ} \sim 3^{\circ}$, 也不适宜顶底板裂隙的观测, 所以本试验采用钻孔电视法和声测法 2 种观测方法^[8]。

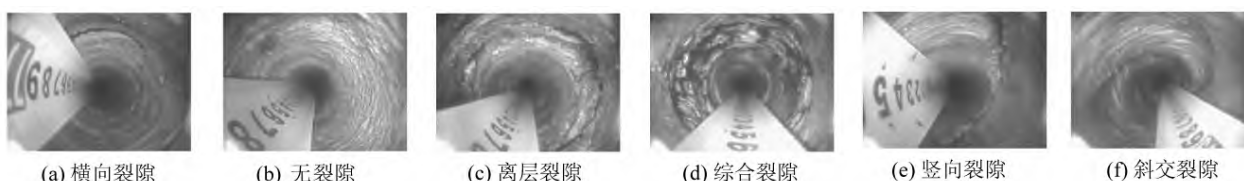


图 3 采动裂隙窥视结果

2.2 观测站布置

1) 顶底板裂隙观测站布置。在回采 12 号煤层的 3137 工作面回风巷布置 10 个测站, 测站 1 在煤壁前方, 离煤壁 50 m, 测站之间距离 10 m, 测站 6 在煤壁处, 煤壁后方依次布置测站 7—10; 12 号煤层和 9 号煤层的平均间距 38 m, 顶板钻孔长 40 m, 底板钻孔长 20 m, 如图 2 所示。

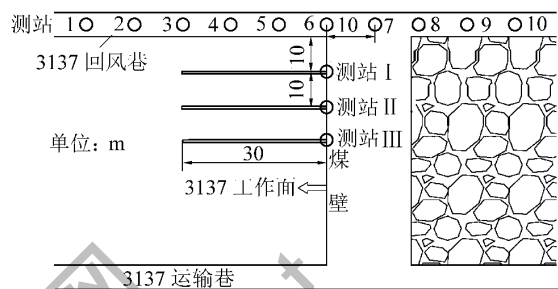


图 2 观测站平面布置示意

2) 煤壁裂隙观测站布置。在 3137 工作面煤壁上距回风巷 10 m 处布置第 1 组测站, 每隔 10 m 布置另外 2 组测站, 每组测站有 2 个钻孔, 两孔保持平行, 钻孔向下倾斜 $2^{\circ} \sim 3^{\circ}$, 便于注水后使水能够淹没传感器, 保证传感器与孔壁接触良好, 两孔中一孔安装发射传感器, 另一孔在相应深度安装接收传感器, 每组的 2 个钻孔间距为 50 cm, 钻孔深度为 30 m, 钻孔内每隔 1 m 观测一组数据, 如图 2 所示。

3 顶底板采动裂隙观测结果及分析

3.1 观测结果

钻孔窥视的裂隙使用分形处理或者视窗法都会受到限制, 所以采用裂隙密度分析法处理窥视结果。通过观察钻孔电视记录裂隙主要形态, 如图 3 所示。

对于综合裂隙按其破坏程度裂隙数目取 4~8 倍单条裂隙, 对于竖向裂隙按其破坏程度取 2~4 倍单条裂隙, 对于离层裂隙按其破坏程度取 1~4 倍单条裂隙, 其他形态裂隙按其破坏程度取 1~2 倍单条裂隙, 单条裂隙以横向发育钻孔的半周为准, 如图 3a 所示。按此标准处理窥视结果, 所得的各测站裂

隙密度分布散点如图4所示。

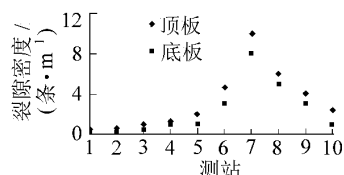


图4 顶底板各测站采动裂隙密度分布

3.2 观测结果分析

窥视结果是以电视的形式记录下来的,通过对10个测站观测结果的分析比较及裂隙密度的对比分析,10个测站顶、底板裂隙发育程度分别分为4组,各对应4个裂隙分区,如图5所示。

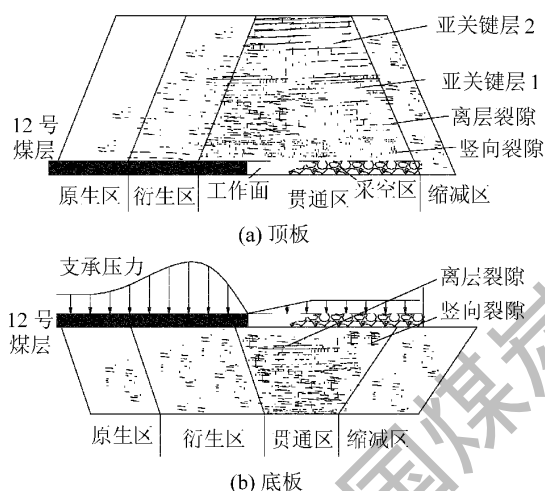


图5 沿工作面走向顶底板裂隙分区

1) 顶板1—2号测站、底板1—3号测站在原岩应力区,不受采动影响,或受采动影响较小。顶底板裂隙在浅部(5 m以内)发育程度较小,深部煤岩体保持完整,裂隙密度较小,按照应力分区和裂隙密度归类可称为原生裂隙区。

2) 顶板3—4号测站在超前支承压力峰值开始减小的区域,受超前支承压力的作用,裂隙开始衍生并逐渐扩大,底板4—5号测站在支承压力峰值前、后的一定区域,受超前支承压力的挤压作用,煤岩体呈现剪切破坏,裂隙斜向衍生并逐渐扩大。顶板裂隙在15 m内,底板裂隙在9 m内有发育,深部明显稀少,发育密度开始增大,横向裂隙多于其他形态的裂隙,可称为裂隙扩展区。

3) 顶板5—8号测站在应力卸压区内,覆岩悬臂梁张开破断,离层和竖向破断都很严重,受压缩的裂隙也同时扩张、扩大并贯通,底板6—9号测站也在应力卸压区,受压应力作用的煤岩体忽然卸压,煤

岩体膨胀变形,原先的压剪破坏变成张剪、拉张破坏,出现张剪裂隙或拉张裂隙。顶底板裂隙在钻孔所及范围内都有大量发育,存在各种形态的裂隙,其中在岩性变化处离层最为明显,顶板在第一亚关键层以内竖向裂隙发育较多,破断明显,底板受张剪破坏的综合裂隙较多,可称为裂隙贯通区。

4) 顶板9—10号测站、底板10号测站在工作面后方一定距离的采空区,此区域受覆岩自重应力的作用,扩张、贯通的裂隙逐渐受压闭合,但由于采空区矸石即使被压也恢复不到开采之前的状态,应力恢复到原岩应力的50%~80%,煤岩体裂隙仍然较多。顶底板裂隙在钻孔所及范围内都有发育,可以见到各种形态的裂隙,较工作面邻近覆岩裂隙变得狭小,有闭合的趋势,可称为裂隙缩减区^[9-10]。

4 煤壁前方采动围岩裂隙演化规律分析

4.1 观测结果

工作面前方煤体声速测试的观测数据如图6所示,可以明显看到声速曲线有3个拐点,分别在工作面前方4、10和23 m处,3个拐点将曲线分成4段。

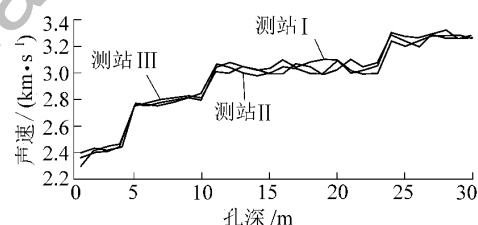


图6 工作面前方煤体声速测试结果

4.2 观测结果分析

在工作面前方4 m以内是应力卸压区和裂隙贯通区,已经受到峰值压应力的煤体忽然受拉,超过煤体的强度极限,煤体产生破裂,裂隙宽度扩展并贯通,而使煤体的声速显示为最小值;工作面前方4~10 m为应力增高阶段和裂隙扩展区,煤体承受采动应力作用,有的已超过煤体的承载极限,煤体产生塑性破坏,受压煤体的裂隙逐渐扩展;工作面前方10~23 m为应力降低阶段和裂隙衍生区,在煤体处于弹性压缩阶段,处在应力峰值附近煤体的变形活动最为剧烈,裂隙开始逐渐的衍生、发展;工作面前方23 m以外的距离是原始应力和原生裂隙区,应力回到原岩应力状态,煤体裂隙发育不明显,煤体的声速这时也是最大的^[11]。

工作面前方煤体的裂隙发育和应力变化过程的

关系如图 7 所示。

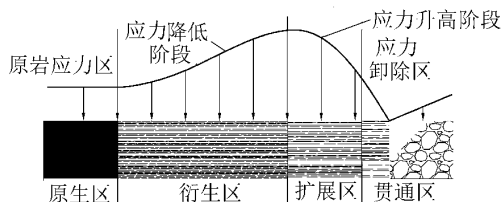


图 7 工作面前方煤体裂隙发育和应力变化过程

5 结 论

1) 煤矿现场试验方法操作简单方便, 数据采集真实, 结果处理可靠。顶底板采动裂隙观测采用钻孔电视法, 煤壁前方煤体裂隙检测采用声测法, 各自观测方法简单易行, 又可避免试验缺陷。钻孔电视法观测采用裂隙密度处理采集结果, 以横向裂隙做标准, 其他裂隙形态按破坏程度做概化处理; 声测法通过分析声速波形曲线特征获得处理结果。

2) 处理结果表明, 采动裂隙随距离工作面位置的不同, 裂隙发育程度不同, 顶底板裂隙分为原生区、扩展区、贯通区和缩减区, 煤壁前方煤体裂隙分为原生区、衍生区、扩展区和贯通区。

(上接第 19 页)

响。试验结果表明, 钢管树脂锚固剂固定式搅拌头锚索的锚固效果较好, 锚固力达到 150 kN 以上; 锚固剂采用型号 K2835 + M4250 快慢速混合使用的方法, 锚固力达到 180 kN, 满足了巷道底板预应力锚索初始支护的要求。

2) 底板锚索自由段注浆加固。采用锚索专用止浆塞进行封孔, 封孔速度快, 效果好, 可以随时对锚索自由段带压注浆, 有利于浆液在钻孔围岩内扩散, 增强了底板围岩的强度, 保证了底板锚索的锚固性能。

3) 预应力锚索加固巷道底板的方法和工艺, 保证了加固效果, 提高了底板加固施工的速度, 降低了成本, 是一种有效、快速、经济的深井巷道底鼓防治手段。

参考文献:

[1] 康红普, 王金华. 煤巷锚杆支护理论与成套技术[M]. 北京: 煤炭工业出版社, 2007: 143-150.
[2] 王卫军, 侯朝炯, 冯涛. 动压巷道底鼓[M]. 北京: 煤炭工业出版社, 2003: 125-160.

参考文献:

[1] 胡宝林, 陈赓, 张影, 等. 中厚岩层顶板煤层采动裂隙发育特征分析[J]. 煤炭科学技术, 2011, 39(7): 17-20.
[2] 林海飞, 李树刚, 成连华, 等. 覆岩采动裂隙带动态演化模型的实验分析[J]. 采矿与安全工程学报, 2011, 28(2): 298-303.
[3] 张西斌, 张勇, 刘传安, 等. 基于采空区瓦斯运移规律的抽采钻场设计[J]. 煤炭科学技术, 2012, 40(3): 56-61.
[4] 张勇, 刘传安, 张西斌, 等. 煤层群上行开采对上覆煤层运移的影响[J]. 煤炭学报, 2011, 36(12): 1990-1995.
[5] 康建荣, 王金庄. 采动覆岩力学模型及断裂破坏条件分析[J]. 煤炭学报, 2002, 27(1): 16-20.
[6] 林海飞, 李树刚, 成连华, 等. 覆岩采动裂隙演化形态的相似材料模拟实验[J]. 西安科技大学学报, 2010, 30(5): 507-511.
[7] 赵洪亮. 综放开采覆岩结构破坏与裂隙演化的数值分析[J]. 煤炭科学技术, 2009, 37(5): 107-110.
[8] 李智, 王汉鹏, 李术才, 等. 煤层开采过程中上覆岩层裂隙演化规律研究[J]. 山东大学学报: 工学版, 2011, 41(3): 142-147.
[9] 靳钟铭, 魏锦平, 靳文学. 综放工作面煤体裂隙演化规律研究[J]. 煤炭学报, 2000, 25(12): 43-45.
[10] 张西斌, 张勇, 刘传安, 等. 近距离煤层群采动卸压规律及瓦斯抽采技术[J]. 煤矿安全, 2011, 42(12): 22-25.
[11] 柏立田, 张兴阳, 徐钧. 泥岩顶板巷道裂隙演化规律及控制的应用研究[J]. 煤炭工程, 2010(9): 66-69.
[12] M 奥顿哥. 巷道底鼓的防治[M]. 王茂松, 译. 北京: 煤炭工业出版社, 1985: 13-61.
[13] 王洪立, 王玉白, 胡冠英. 巷道底鼓的原因及防治措施[J]. 煤矿安全, 2005, 36(8): 43-45.
[14] 高明中. 巷道压曲性底鼓的机理与控制[J]. 安徽理工大学学报: 自然科学版, 2008, 28(1): 20-24.
[15] 郭保华, 陆庭侃. 深井巷道底鼓机理及切槽控制技术分析[J]. 采矿与安全工程学报, 2008, 25(1): 91-94.
[16] 康红普. 软岩巷道底鼓的机理及防治[M]. 北京: 煤炭工业出版社, 1993: 81-101.
[17] 姜耀东, 陆士良. 巷道底鼓机理的研究[J]. 煤炭学报, 1994, 19(4): 343-351.
[18] 何满潮, 张国锋, 王桂莲, 等. 深部煤巷底鼓控制机制及应用研究[J]. 岩石力学与工程学报, 2009, 28(S0): 2593-2598.
[19] 王卫军, 侯朝炯. 沿空巷道底鼓力学原理及控制技术研究[J]. 岩石力学与工程学报, 2004, 23(1): 69-74.
[20] 张振普, 郭军杰. 深井巷道底鼓防治技术研究[J]. 中国煤炭, 2009, 35(4): 61-63.
[21] 王卫军, 冯涛. 加固两帮控制深井巷道底鼓的机理研究[J]. 岩石力学与工程学报, 2005, 24(5): 808-811.
[22] 刘少伟, 张辉. 倾斜煤层回采巷道上方煤体滑移危险分析与应用[J]. 中国矿业大学学报, 2011, 40(1): 14-17.
[23] 康红普, 林健. 我国巷道围岩地质力学测试技术新进展[J]. 煤炭科学技术, 2001, 29(7): 27-30.