4月

2011 年

文章编号:0253-9993(2011)04-0544-07

白家庄煤矿垮落法残采区上行开采相似模拟实验研究

冯国瑞1 任亚峰1 ,王鲜霞2 ,栗继祖1 ,康立勋1

(1. 太原理工大学 矿业工程学院 山西 太原 030024;2. 太原理工大学 理学院 山西 太原 030024)

摘 要:针对白家庄煤矿垮落法残采区上覆煤层开采问题,通过室内相似模拟实验研究发现,受两 次采动影响,上行开采层间岩层出现了裂隙产生、扩展甚至贯通的过程,导致其层间岩层发生了结 构性变化。掌握了垮落法残采区上行开采层间岩层的应力传递规律,再现了垮落法残采区上行开 采层间岩层受两层煤开采共同影响作用下的移动变形全过程和岩层结构演化过程,揭示了垮落法 残采区上行开采层间岩层存在块体梁 – 半拱结构控制层的结构机理与其力学特性。

关键词: 白家庄煤矿; 垮落法残采区; 上行开采; 相似模拟

中图分类号: TD821 文献标志码: A

Experimental study on the upward mining of the left-over coal above gob area mined with caving method in Baijiazhuang Coal Mine

FENG Guo-rui¹ ,REN Ya-feng¹ ,WANG Xian-xia² ,LI Ji-zu¹ ,KANG Li-xun¹

(1. Institute of Mining Technology , Taiyuan University of Technology , Taiyuan 030024 , China; 2. Institute of Sciences , Taiyuan University of Technology , Taiyuan 030024 , China)

Abstract: The upward mining of the left-over coal above gob area mined with caving method in Baijiazhuang Coal Mine that was studied through experiment. It was found that the genesis of fissures and the crack propagation process of rock and joints transfixion in strata between coal seams ,from that strata structure between coal seams has been changed. Stress transferring rules of surrounding rocks was mastered ,and the process of movement and deformation of the rock strata between coal seams and the evolution the structure of the rock strata between coal seams were recurrent. Mechanism of block beam-semi-arch structure in the rock control strata between coal seams and it's mechanical properties were revealed.

Key words: Baijiazhuang Coal Mine; the gob area mined with caving method; upward mining; similar simulation

垮落法残采区上行开采 从下部煤层开采到上部 煤层开采 层间岩层要经历多个工序的影响 ,包括下 部煤层开采的影响、上部煤层巷道掘进和工作面采动 的影响^[1-6]。这些阶段致使上行开采围岩约束条件 及载荷条件的复杂变化 ,造成矿压显现及层间岩层稳 定性不同 ,而其根源是层间岩层结构及力学机理 ,一 些文献虽有相关研究^[7-12] ,但鲜有从结构本质及其 力学特性上详细分析 ,所以本文针对白家庄煤矿实际 情况通过相似模拟实验研究垮落法残采区 6 号煤层 上行开采层间结构及其应力特征。

1 模拟方案

模拟原型白家庄煤矿垮落法残采区上覆6号煤 层情况:主要含煤地层为石炭二叠系太原组和山西 组 地层平缓,煤层平均倾角为3°,共含煤层及煤线 13 层。20 世纪90 年代因市场原因遗弃了上部6号 煤层(7号煤层不可采)而开采了下部8号煤层8号 煤厚3.8 m,底板为5 m厚砂岩,顶板为3.8 m石灰 岩,采高2 m;现在因资源枯竭需重新开采白家庄煤 矿垮落法采空区上方可采的6号煤层,其厚1.7 m,

收稿日期: 2011-02-16 责任编辑: 常 琛

基金项目:国家自然科学基金资助项目(50704024);国家科技支撑计划资助项目子课题(2009BAB48B02);山西省高等学校优秀青年学术带 头人支持计划

作者简介: 冯国瑞(1976—) 男 山西阳城人 副教授 博士生导师 博士。Tel: 0351 - 8835659 E - mail: fguorui@163. com

顶板为6m厚页岩,采高1.7m(图1)。各岩层物理 力学参数见表1。

| 层位 | 柱状图 | 厚度/ m | 岩石名称 | 岩性描述 |
|----------------|-----------------------------|----------|------|------------------------|
| 6 | | 1.9 | 页岩 | 黑色,含砂质 |
| 日日 | | 2.1 | 石灰岩 | 深灰色,坚硬,有化石 |
| 顶板 | | 6.0 | 页岩 | 黑色,坚硬,层理发 育,层面充填方解石 |
| 6 | | 1.7 | 6号煤 | 煤层结构复杂 |
| <mark>우</mark> | | 1.5 | 页岩 | 黑色,含砂质 |
| 」」 | ╱ <mark>╠╼┸┿┰┶┰┶┰┶┰┥</mark> | 2.5 | 石灰岩 | 深灰色,坚硬,有化石 |
| 191 | | 1.4 | 钙质页岩 | 黑色, 坚硬, 含钙多 |
| | | 0.8 | 7号煤 | 结构不稳定 |
| | | 0.6 | 炭质页岩 | 黑色较硬 |
| | ***** | 3.0 | 砂岩 | 深灰色,细、中粒砂岩 |
| 6 早 | | 3.6 | 钙质页岩 | 黑色,坚硬,含钙多 |
| 「底板 | | 7.5 | 石灰岩 | 深灰色,坚硬,有化石 |
| | | 3.2 | 钙质页岩 | 黑色,坚硬,含钙多 |
| | | 3.8 | 石灰岩 | 深灰色,坚硬,有化石 |
| 8 号 | | 3.8 | 8号煤 | 煤层结构稳定 |
| _煤 | | 5.0 | 砂岩 | 深灰色,细、中粒砂岩 |

图1 6号煤层顶底板综合柱状图

Fig. 1 The histogram of roof and floor of No. 6 coal seam 方案一 以该煤矿 8 号煤采空区上方 6 号煤开 采为模拟原型,其石灰岩顶板分层明显,下部煤层为 长壁开采,采高2m(模型1)。

方案二 在以上方案基础上,把石灰岩的厚度改 小为1m,下部仍为长壁采空区,其8号煤层采高为 4m(模型2)。

2 实验概述

试验采用太原理工大学二维试验台,试验台尺 寸:3 000 mm×3 000 mm×200 mm(长×高×宽) 根 据工程地质调查 按 70% 的折减系数折减矿岩强度。 根据实验模拟的开采范围和模型实验台尺寸,设计模 型长度为 1.5 m(实际模拟走向长度 120 m)、高度 3 m(实际模拟岩层总厚度 145.1 m)。模型几何相似 常数 $C_i = 80$ 容重相似常数 $C_{\gamma} = 1.733$ (煤为 1),模 型材料的应力相似常数 $C_{\sigma} = C_i C_{\gamma} = 138.64$ (煤为 80)、试验模拟各岩层的相似材料力学参数见表 1, 相似模型煤岩的厚度、强度指标及模型材料配比见表 2。本试验铺设总厚度为 181.43 cm,铺设过程中严 格按照各煤岩层实际模拟尺寸施工。每层尽量保证 平稳均匀 同时岩层之间加云母粉使模型层理分明。

表1 6号煤层顶底板岩层物理力学参数

| 序号 | 岩石名称 | 密度/(g・cm ⁻³) | 抗拉强度/MPa | 单轴抗压强度/MPa | 泊松比 | 弹性模量/GPa | 体积模量/GPa | 剪切模量/GPa |
|----|------|--------------------------|----------|------------|-------|----------|----------|----------|
| 1 | 石灰岩 | 2. 71 | 4.0 | 102.4 | 0. 22 | 5.95 | 3.54 | 2.44 |
| 2 | 页岩 | 2.16 | 0.9 | 15.9 | 0.22 | 0.72 | 0.43 | 0.30 |
| 3 | 6 号煤 | 1.34 | 0.4 | 5.8 | 0.32 | 0.21 | 0.19 | 0.08 |
| 4 | 钙质页岩 | 2.72 | 2.1 | 107.1 | 0.18 | 4.86 | 2. 53 | 2.06 |
| 5 | 7 号煤 | 1.34 | 0.4 | 5.8 | 0.32 | 0.21 | 0.19 | 0.08 |
| 6 | 炭质页岩 | 2.52 | 1.1 | 64. 2 | 0.13 | 1.54 | 0. 69 | 0. 68 |
| 7 | 砂岩 | 2.61 | 2.6 | 70.4 | 0.14 | 1.95 | 0.90 | 0.86 |

Table 1 Physical and mechanical parameters of coal seam No. 6 roof and floor strata

表2 原形模型中各岩(煤)层相似材料配比(模型2)

Table 2 Prototype model of the rock (coal) layer similar material ratio (model 2)

| | 岩性及厚度 | | 模型厚 | 业厚 体积/ | 模型质 | 抗压强度/MPa | | | 砂子/ | 石灰/ | 石膏/ | 硼砂/ | 水/ |
|----|-------|------|-------|----------------|--------|----------|--------|---------|------|-------|-------|-------|-------|
| | 岩性 | 厚度/m | 度/cm | m ³ | 量/kg | 原型 | 模型 | 一能化亏 | kg | kg | kg | g | kg |
| 19 | 上覆岩层5 | 20.0 | 25.00 | 0.075 | 112.50 | 54.90 | 0.396 | 319 | 84.4 | 2.80 | 25.40 | 112.5 | 11.25 |
| 18 | 上覆岩层4 | 17.0 | 21.25 | 0.064 | 96.00 | 8.20 | 0.059 | 682 | 82.3 | 11.00 | 2.74 | 96.0 | 9.60 |
| 17 | 上覆岩层3 | 15.0 | 18.75 | 0.056 | 84.00 | 15.60 | 0.113 | 1001646 | 72.0 | 4.80 | 7.20 | 84.0 | 8.40 |
| 16 | 上覆岩层2 | 15.0 | 18.75 | 0.056 | 84.00 | 22. 20 | 0.160 | 528 | 70.0 | 2.80 | 11.20 | 84.0 | 8.40 |
| 15 | 上覆岩层1 | 20.0 | 25.00 | 0.075 | 112.50 | 56.40 | 0.406 | 255 | 75.0 | 18.75 | 18.75 | 112.5 | 11.25 |
| 14 | 石灰岩 | 2.1 | 2.63 | 0.008 | 11.80 | 102.40 | 0.738 | 237 | 7.9 | 1.20 | 2.80 | 11.8 | 1.20 |
| 13 | 页岩 | 6.0 | 7.50 | 0.022 | 33.50 | 15.90 | 0.115 | 246 | 22.4 | 4.50 | 6.70 | 33.5 | 3.40 |
| 12 | 6 号煤层 | 1.7 | 2.13 | 0.001 | 9.60 | 5.80 | 0.042 | 528 | 8.0 | 0.30 | 1.30 | 9.6 | 1.00 |
| 11 | 页岩 | 1.5 | 1.88 | 0.005 | 8.50 | 15.90 | 0.114 | 446 | 6.8 | 0.70 | 1.00 | 8.5 | 0.90 |
| 10 | 石灰岩 | 2.5 | 3.13 | 0.009 | 14.00 | 102.40 | 0. 591 | 346 | 10.5 | 1.40 | 2.10 | 14.0 | 1.40 |

煤炭学报

| 续表 | | | | | | | | | | | | | |
|----|-------|-------|--------|----------------|--------|----------|-------|-----|-------|-------|--------|-------|-------|
| | 岩性及厚度 | | 模型厚 | ፪ 体积/ | 模型质 | 抗压强度/MPa | | ᆂᄔᄆ | 砂子/ | 石灰/ | 石膏/ | 硼砂/ | 水/ |
| | 岩性 | 厚度/m | 度/cm | m ³ | 量/kg | 原型 | 模型 | 能比与 | kg | kg | kg | g | kg |
| 9 | 页岩煤混层 | 2.8 | 3.50 | 0.011 | 15.80 | 64. 20 | 0.371 | 319 | 11.8 | 0.40 | 3.50 | 15.8 | 1.60 |
| 8 | 砂岩 | 3.0 | 3.75 | 0.011 | 16.80 | 70.40 | 0.507 | 673 | 14.4 | 1.70 | 0.70 | 16.8 | 1.70 |
| 7 | 钙质页岩 | 3.6 | 4.50 | 0.014 | 20.30 | 107.10 | 0.773 | 319 | 15.2 | 0.50 | 4.60 | 20.3 | 2.00 |
| 6 | 石灰岩 | 7.5 | 9.38 | 0.030 | 45.00 | 102.40 | 0.739 | 319 | 33.8 | 1.10 | 10.10 | 45.0 | 4.50 |
| 5 | 钙质页岩 | 3.2 | 4.00 | 0.012 | 18.10 | 107.10 | 0.772 | 228 | 12.0 | 1.20 | 4.80 | 18.1 | 1.81 |
| 4 | 石灰岩 | 3.8 | 4.75 | 0.014 | 20.80 | 102.40 | 0.739 | 537 | 17.0 | 1.00 | 2.40 | 20.4 | 2.00 |
| 3 | 8 号煤层 | 3.8 | 4.75 | 0.014 | 20.40 | 4.40 | 0.055 | 655 | 17.8 | 1.50 | 1.50 | 20.8 | 2.10 |
| 2 | 底板岩层 | 1.6 | 2.03 | 0.006 | 9.00 | 32.66 | 0.235 | 455 | 7.2 | 0.90 | 0.90 | 9.00 | 0.90 |
| 1 | 底板岩层 | 15.0 | 18.75 | 0.056 | 84.00 | 32.66 | 0.235 | 455 | 67.2 | 8.40 | 8.40 | 84.0 | 8.40 |
| | 合计 | 145.1 | 181.43 | 0. 539 | 816.60 | | | | 635.7 | 64.95 | 116.09 | 816.6 | 81.81 |

模型制作完成后 根据相应内容在煤层及顶底板 岩层中布置应力传感器及位移测点(图2~6)。采用 YJ-5型动态应变仪及计算机自动数据采集系统进 行应力测量 同时用 DTM-531E 全站仪记录位移测 点变化 用图形素描法和拍摄法记录开采过程中各阶 段的岩层垮落运动情况。



图 2 应力测点布置及 YJ - 5 型动态应变仪 Fig. 2 Stress points layout and YJ - 5-based dynamic strain gauge



图 3 DTM – 531E 型全站仪安装及调试

Fig. 3 Install and debug of DTM - 531E-based total station

为了真实反映开采过程中煤层和岩层应力的变 化趋势和大小,铺设模型时,在工作面煤层和岩层中 设置应力测点,采用灵敏度极高的 BQ120-3BA 型应 力片来测量。

模型1 布置横向测线6 条,纵向测线4 条,共计 测点19 个(图 6(a))。其中:测线1 包括测点1、2、 3 ,布置在下煤层底板11.35 cm(9.1 m)处;测线2 包 括测点7、8 布置在下煤层中间;测线3 包括测点11、



图 4 模型全貌及测点 Fig. 4 Model picture and measuring points



图 5 层间岩层移动变形过程位移测点 Fig. 5 Layers of strata movement and deformation measuring point

12、13、14,布置在层间岩层4 cm(3.2 m)处;测线4 包括测点19、20、21、22,布置在层间岩层8.5 cm (6.8 m)处;测线5包括测点27、28、29、30,布置在层 间岩层21.1 cm(16.88 m)处;测线6包括测点35、 36 布置在顶板31.7 cm(25.36 m)处。

模型2布置横向测线6条,纵向测线4条,共计 测点19个(图6(b))。其中:测线1包括测点4、5、 6 布置在煤层底板11.35 cm(9.1 m)处;测线2包括 测点9、10 布置在煤层中间;测线3包括测点15、16、 17、18 ,布置在顶板4 cm(3.2 m)处;测线4包括测点



图6 应力传感器布置

Fig. 6 Layout of stress sensor

23、24、25、26,布置在顶板 8.5 cm(6.8 m) 处; 测线 5 包括测点 31、32、33、34,布置在顶板 21.1 cm (16.88 m) 处; 测线 6 包括测点 37、38,布置在顶板 31.7 cm(25.36 m) 处。

- 3 实验结果分析
- 3.1 垮落法残采区上行开采层间岩层结构宏观演化 规律

随着下部煤层的采出、不同开采方式、不同岩性 构成、不同层间距的层间岩层结构演化存在共性: 随 着煤层采出 顶板岩层内产生相应裂隙 大多自开切 眼向采空区方向呈 60°~90°范围,并且呈动态变化, 表现为岩层开裂产生新裂隙和已产生裂隙扩展变化 两种方式,两种方式交替为主出现。导致顶板岩层在 垂直方向上自下往上形成4种特征的岩层区域:垮落 岩层区、裂隙切割岩层区、有裂隙但未被切割的岩层 区、无裂隙岩层区。直接赋存于煤层顶部的岩层裂隙 经过产生、扩展、贯通所在岩层的过程 在横向上基本 均匀分布 导致岩层随工作面的推进垮断冒落 ,堆积 在煤层的底板处,形成典型的垮落岩层区(图7);由 于碎胀效应使其与上方运移后的裂隙切割岩层接触, 成为裂隙切割岩层的力学支撑 致使裂隙切割岩层可 以形成一定的结构 此为裂隙切割岩层区。其上方岩 层之间由于回转、弯曲下沉不同出现离层。离层空间 成为上部岩层变形的自由空间 变形空间的减小使裂 隙竖直分量小于本岩层厚度的岩层下沉受限 破断条 件不充分 导致岩层的完整性受到损伤但并未完全失 去宏观的连续性 即有裂隙但未被切割的岩层区(图

7)。再往上的岩层基本未见裂隙产生,仅有一些略微的弯曲变形,保持所在岩层较好的完整性和宏观连续性,即所谓的无裂隙岩层区,呈现典型的梁、板结构(图8)。







图 8 下部煤层采出后裂隙岩层上方无裂隙岩层 Fig. 8 Non-fractured rock formation above fractured rock over the mined seam

关于层间岩层结构,实验观测到:下部煤层采出 围岩变形稳定后,垮落岩层区上位岩层经裂隙的产 生、扩展、贯穿到最后闭合的过程,在其下部岩层碎胀 充填作用下,虽已破断但因剪胀效应使得破断块体之 间排列整齐、相互挤压形成一定的结构——梁 – 拱结 构,该结构的半拱部分即采空区上方四周面接触块体 半拱结构,该结构的梁部分即采空区上方中部断裂块 体相互挤压形成的虽有裂隙却不失整体性的类梁结 构(图9),本文把这种结构归结为块体梁 – 半拱结 构。

由于下部煤层开采的影响,上部煤层开采时顶板 的裂隙更为集中、更为发育,其断裂的块体长度明显 小于开采下部煤层时的块体断裂长度,即周期来压步 距小于开采下部煤层时的周期来压步距,这是因为开 采下部煤层时上部煤层及其顶板损伤影响所致。上 部煤层的垮落带较下部煤层的垮落带经过损伤以及 两次采动影响以后更为破碎,堆积效应更好,碎胀系 数偏小。同时,下部煤层的顶板岩层(上部煤层的底 板岩层)受上部煤层的开采影响(采动影响及其传 递)进一步压缩、变形,原先的垮落岩层区更为密实, 碎胀效应减小,裂隙切割岩层区和有裂隙但未被切割 的岩层区进一步回转、挤压、下沉,弯曲带一些岩层产 生裂隙演化为裂隙带,即裂隙岩层区(含裂隙切割岩 层区和有裂隙但未被切割的岩层区)向高位扩展,从 而导致无裂隙岩层区也进一步向高位扩展。而裂隙 岩层区离层空间逐步消失,最终仍然存在的那部分离 层空间的上方岩层即为上行开采层间岩层的控制 层^[13-15]。其破断块体之间的块体梁 – 半拱结构更为 典型(图9)。



图 9 残采区上行开采层间岩层结构演化



3.2 垮落法残采区上行开采围岩应力分布规律 3.2.1 超前支承压力分布特征

图 10 分别为模型 1 纵向测线 III、IV 上各测点支 承压力(变量) 随与工作面距离的变化曲线。残采区 上行开采层间岩层受两煤层开采的共同作用影响,不 同的层位超前支承压力分布不同,同一层位不同位置 的超前支承压力略有不同。岩层层位不同,支承压力 参数不同,其影响范围变化不大:层位越低,支承压力 峰值越小,距煤壁距离也越小;层位越高,支承压力峰 值越大,距煤壁距离也越大,煤壁的塑性区也越大。 这主要是因为残采区上行开采是在下层煤开采围岩 稳定后才开采上层煤,所以影响支承压力的因素主要 是上煤层开采,其使层间岩层的下位坚硬岩层更容易 成为控制层为上行开采提供保障。

3.2.2 工作面煤壁前方的水平应力变化特征分析

图 11(a) 为模型 1 纵向测线 II 各点水平应力随 上部煤层工作面推进的动态曲线,从图中可以看出, 当工作面推过该测线 14 m 左右时,测点 12、20 所属 岩层出现最大水平拉应力,测点 2、7 所属岩层水平应 力略有降低,此时工作面推进 62 m 左右,说明层间岩 层尤其是石灰岩层(作为控制岩层)在此并没有完全 失去整体性而是呈现一定的层间岩层结构,所以此控 制岩层的上覆岩层才能不完全破断垮落。图 11(b) 为模型 1 纵向测线 III 各点水平应力随上部煤层工作 面推进的动态曲线,当工作面推过该测线后,测点 3、 8、13 均出现最大水平拉应力。由图 11(b) 可以看 出:随着测线与工作面的临近,各测点水平压应力略 有增大,当工作面推过测线以后,随着工作面的远离 水平压应力逐渐减小,根据岩层层位的不同,应力减 小程度不同,距离上层煤越近岩层的水平压应力减小 程度越大,逐渐转化为水平拉应力,并且不断增大,直 至上层煤顶板断裂、破坏。



图 10 模型 1 纵向测线Ⅲ和Ⅳ各点支承压力的变化曲线 Fig. 10 Abutment pressure variation curves of points in vertical line Ⅲ and Ⅳ of model 1



图 11 模型 1 纵向测线 Ⅱ和Ⅲ各点水平应 力随工作面推进的动态曲线

Fig. 11 Horizontalstress dynamic curves of points in the vertical line II and III of Model 1 along with pushing of working face

4 结 论

(1)垮落法残采区上行开采,随着煤层采出上部 岩层内产生相应裂隙,并且呈动态变化,其表现为两 种方式:岩层开裂产生新裂隙和已产生裂隙扩展变 化。两种方式交替为主出现。直接赋存于煤层顶部 的岩层经过裂隙的产生、扩展甚至贯通整个岩层,裂 隙自开切眼向采空区方向多呈 60°~90°,贯通岩层 的裂隙基本上呈均匀分布状态。

(2) 垮落法残采区上行开采的层间岩层,经历裂隙的产生、扩展、贯穿到最后闭合的过程,导致岩层虽然有破断但是由于剪胀效应使得破断块体之间整齐排列、相互挤压形成一定的结构——块体梁-半拱结构,该结构的拱部分即采空区上方四周面接触块体半拱结构,该结构的梁部分即采空区上方中部断裂块体相互挤压形成的虽有裂隙却不失整体性的类梁结构。

(3) 在块体梁 – 半拱结构岩层上方的岩层基本 裂隙较少 (仅有一些略微的弯曲变形,保持所在岩层 较好的完整性和宏观连续性,呈现典型的梁、板结构。

(4)下部煤层开采后运移稳定的层间岩层受上 部煤层的开采影响进一步压缩,原先的垮落带更为压 缩,碎胀效应减小,裂隙带岩层进一步回转、挤压、下 沉,弯曲带一些岩层产生裂隙演化为裂隙带,即裂隙 带向高位扩展,从而导致弯曲带也进一步向高位扩 展。而裂隙带离层空间逐步消失,最终仍然保留的一 部分离层上方岩层即为上行开采层间岩层的控制岩 层。其破断块体之间的块体梁 – 半拱结构中半拱结 构更为典型。

(5)残采区上行开采层间岩层受两层煤层开采的共同作用影响,不同的层位超前支承压力分布不同,同一层位上不同位置的超前支承压力略有不同。 岩层层位不同,支承压力参数不同,支承压力影响范 围变化不大:残采区上行开采层间岩层层位越低,峰 值越小,峰值距煤壁距离也越小;层位越高,峰值越 大,峰值距煤壁距离也越大,煤壁的塑性区也就越大, 也是上部煤层顶板形成力学支撑传递结构的佐证。 随着上行开采工作面的推移,各测点水平压应力略有 增大,当工作面推过测线以后,随工作面的远离水平 压应力逐渐减小,根据岩层层位的不同,应力减小程度 度不同,距离上层煤越近岩层的水平压应力减小程度 越大,逐渐转化为水平拉应力,并且不断增大,直至上 层煤顶板断裂、破坏。

参考文献:

37.

- [1] Feng Guorui , Wang Xianxia , Kang Lixun. A probe into "mining technique in the condition of floor failure" for coal seam above longwall goafs [J]. Journal of Coal Science & Engineering 2008, 14(1): 19 -23.
- [2] 冯国瑞.煤矿残采区上行开采基础理论与实践[M].北京:煤炭 工业出版社 2010.

Feng Guorui. The theory and its practice of the upward mining of the left-over coal [M]. Beijing: China Coal Industry Publishing House, 2010.

[3] 成根明.矿井特殊开采方法[M].太原:山西高校联合出版社, 1994.

Cheng Genming. Special mining method in coal mine [M]. Taiyuan: Shanxi Colleges and Universities United Press ,1994.

- [4] 李红涛,刘长友,汪理全.上位直接顶"散体拱"结构的形成及失 稳演化[J].煤炭学报 2008 33 (4):378-381.
 Li Hongtao,Liu Changyou,Wang Liquan. Generating and destabilization evolutionary of granular arch structure of upper immediate roof [J]. Journal of China Coal Society 2008 33(4):378-381.
- [5] 钱鸣高,石平五.矿山压力与岩层控制[M].徐州:中国矿业大学 出版社 2003.

Qian Minggao Shi Pingwu. Underground pressure and strata control [M]. Xuzhou: China University of Mining and Technology Press, 2003.

- [6] Su W H Peng S S Hsiung S M. Interactions in multiple-seam mining [J]. Soc. of Mining Engineers ,1986: 31 – 44.
- [7] 冯国瑞,王鲜霞 康立勋.采场上覆岩层面接触块体结构的力学 机理分析[J].煤炭学报 2008 33(1):33-37.
 Feng Guorui, Wang Xianxia, Kang Lixun. Anaysis on the mechanism of the face-contacted blocks structure in overlying strata above the longwall face[J]. Journal of China Coal Society 2008 33(1):33 -
- [8] Kripakov N P ,Beckett L A ,Donato D A. Loading on underground mining structures influenced by multiple seam interaction [R]. Soc.

of Mining Engineers of AIME ,1986: 225 - 236.

- [9] 马立强,汪理全,乔京利,等. 平四矿近距煤层上行开采研究
 [J]. 采矿与安全工程学报 2008 25(3):357-360.
 Ma Liqiang, Wang Liquan, Qiao Jingli, et al. Study of ascending mining of short-range-seams in Pingdingshan Coal Mine No. 4 [J].
 Journal of Mining and Safety Engineering 2008 25(3):357-360.
- [10] 康立勋 杨双锁 浅鸣高.大同综采工作面直接顶端面块体失稳 与平衡分析[J].煤炭学报,1999 24(3):247-251. Kang Lixun,Yang Shuangsuo Qian Minggao. The study on the destabilization and equilibrium of the block at the end face of the fully mechanised face in Datong [J]. Journal of China Coal Society, 1999 24(3):247-251.
- [11] 韩万林,汪理全,周劲锋.平顶山四矿上行开采的观测与研究
 [J].煤炭学报,1998 23(3):267-270.
 Han Wanlin, Wang Liquan, Zhou Jinfeng. Observation and investigation of ascending mining of seams in Pindingshan Mine No. 4
 [J]. Journal of China Coal Society, 1998 23(3):267-270.
- [12] 山西焦煤西山煤电集团公司,太原理工大学.白家庄煤矿6号 煤层蹬空综采技术研究报告[R].太原:太原理工大学 2006. Xishan Coal Electricity Group Company of Shanxi Coking Coal Group Jaiyuan University of Technology. Research report on min-

ing No. 6 coal above the longwall goaf in Baijiazhuang Mine [R]. Taiyuan: Taiyuan University of Technology 2006.

- [13] 冯国瑞,郑 婧 任亚峰,等. 垮落法残采区上行综采技术条件 判定理论及方法[J]. 煤炭学报 2010 35(11):1863-1867.
 Feng Guorui, Zheng Jing, Ren Yafeng, et al. Decision theory and method on feasibility on the upward fully mechanized mining of the left-over coal above gob area mined with caving method [J]. Journal of China Coal Society 2010 35(11):1863-1867.
- [14] 蒋建平 高广运.地下工程引起的不均衡地表沉陷分析[J].煤炭学报 2003 28(3):225-229.
 Jiang Jianping ,Gao Guangyun. Analysis of non-uniform settlement at the ground induced by underground engineering[J]. Journal of China Coal Society 2003 28(3):225-229.
- [15] 冯国瑞, 闫永敢 杨双锁, 等. 长壁开采上覆岩层损伤范围及上 行开采的层间距分析 [J]. 煤炭学报, 2009, 34(8):1032 – 1036.

Feng Guorui ,Yan Yonggan ,Yang Shuangsuo ,et al. Analysis on the damage zone of overlying strata and safety layer distance on the upward mining above the longwall goaf [J]. Journal of China Coal Society 2009 34(8):1 032 - 1 036.

2011 第二届采矿、安全与环境保护国际会议—— 矿山通风与安全征文通知

西安科技大学与美国密苏里科技大学拟于 2011 年 10 月 10 日—12 日在西安举办 "2011 第二届采矿、安全 与环境保护国际会议"。会议主题:矿井通风、矿山灾害防治与应急救援。

- 征稿范围:
- (1) 矿井通风与安全管理;
- (2) 通风模拟计算及软件应用;
- (3) 煤自燃与矿井火灾;
- (4) 矿井瓦斯控制与利用;
- (5) 矿山应急救援技术与设备;
- (6) 矿井热害防治;

(7) 矿山风险评价与安全系统工程;

(8) 矿山职业健康。

经评审录用后正式出版论文集 送相关国际检索机构(EI ,ISTP),并择优在《Journal of Coal Science & Engineering(China)》发表。

重要日期:

- (1) 论文摘要截止日期 2011 年 3 月 31 日
- (2) 论文摘要录用通知日期 2011 年 5 月 1 日
- (3) 论文全文截止日期 2011 年 5 月 31 日
- (4) 论文全文录用通知日期 2011 年 6 月 30 日

更多会议相关信息请登录网站 http://www.xustnet.com/ICMSE2011