巨厚煤层放顶煤开采的相似模拟研究

朱运华[1], 李文乔[2], 陈永超[1], 韦志东[3]
(1. 河南理工大学 安全学院, 河南 焦作 454000; 2. 煤炭工业郑州设计研究院有限公司, 河南 郑州 450007;
3. 河南理工大学 能源学院, 河南 焦作 454000)

[摘　要] 以河南义马煤业集团公司千秋煤矿二$_1$煤的地质条件为研究依据, 通过相似模拟实验, 可以直接观测巨厚放顶煤层顶板岩层的变形特征和上覆岩层冒落后的结构特征, 借助试验仪器对工作面顶板超前支撑应力的变化规律进行了分析, 为巨厚煤层放顶开采提供了一定的依据。

[关键词] 巨厚煤层; 放顶煤; 相似模拟实验
[中图分类号] TD822$^+$.1 [文献标识码] A [文章编号] 1672-9943(2008)02-0011-03

1　模型实验的地质条件

本相似模拟实验是以义煤集团千秋矿二$_1$煤为研究对象进行相似模拟实验研究。该矿 21181 工作面开采煤层为二$_1$煤, 煤层为黑色块状及粉末状, 结构复杂, 含矸 3~6 层, 夹矸岩性分别为粉砂岩, 细砂岩及泥岩, 煤体干燥, 松弱破碎, 煤岩类型为半亮型-半暗型, 煤层厚度变化较大, 16.81~26.78 m之间, 平均 21.79 m, 煤层平均倾角12°, 煤层较为平稳。该煤层易自燃, 自燃发火期为30 d, 煤尘具有爆炸危险。采用 ZFSB-4400A-18.2/28 型低位放顶煤支架, 两采一放、采放平行, 放煤步距 1.2 m, 煤层直接顶为泥岩, 厚37 m, 盘区内东薄西厚, 泥岩抗拉强度 1.56~2.37 MPa, 抗压强度 18.0 MPa, 抗剪强度 0.38 MPa。老顶以砾岩、细砂岩、泥岩互层为主, 具有透水性。盘区上部直接底为砾岩、砂砾岩, 盘区下部直接底板为含砾粘土岩, 砾岩厚度为 26.7 m, 砾岩抗压强度为98.5 MPa, 含砾粘土岩平均抗压强度 35.7 MPa。

工作面走向长度: 上巷长 1 035 m、下巷长 1 039 m, 平均长度 1 037 m, 方位 N89°34′W。倾斜104 m(切眼), 采深为 616.5~702.5 m, 平均采深 659.5 m, 可采面积为 124 300 m^2。

2　模型的建立[1,2]

模型架要求有足够大的刚度, 且具有一定的宽度, 以保证模型的稳定性。根据现有试验条件, 决定在2.5 m×0.20 m×1.4 m(长×宽×高)规格的刚模型架上进行试验。相似材料是按不同材料配比把各种材料混合而成的, 在进行相似模拟试验前, 为了了解所选材料的性质以便使模型与原型保持较好的物理力学特性相似, 要选取合适的相似材料配比。相似材料配比如表 1 所示。

表 1　模型相似材料配比表

岩性	实际厚度/m	实际强度/MPa	模拟厚度/m	模拟强度/kPa	相似材料配比 /(砂子 水泥 石膏)	备注
粉砂岩	8.50	88.32	0.0580	600.576	9∶5∶5	①水量为 1/10;
泥岩	9.50	18.00	0.0950	122.400	8∶7∶3	②煤层的相似材料配比按骨胶比 3∶1。其中骨料由砂子、粉煤灰共同组成, 且砂子∶粉煤灰为 3∶7; 胶料由碳酸钙和石膏组成, 且碳酸钙∶石膏=1∶1
细砂岩	8.96	74.72	0.0896	508.096	8∶7∶3	
粗粒砂岩	10.34	78.00	0.1034	530.400	8∶7∶3	
中粒砂岩	10.50	82.87	0.1050	563.516	8∶7∶3	
泥岩	37.00	18.00	0.3700	122.400	8∶7∶3	
2煤	21.80	11.00	0.2180	74.800	8∶7∶3	
砾岩	26.70	98.50	0.2670	669.800	9∶5∶5	③硼砂质量为水量

3　模型观测[4,5]

(1)位移观测方法。

本次模型实验的测点位移采用电子经纬仪进行位移观测的方法。

(2)应力观测方法。

采用的应力测量系统为: YJW-16 数字静态电阻应变仪, DYB-1 型电阻应变式土压力计传感

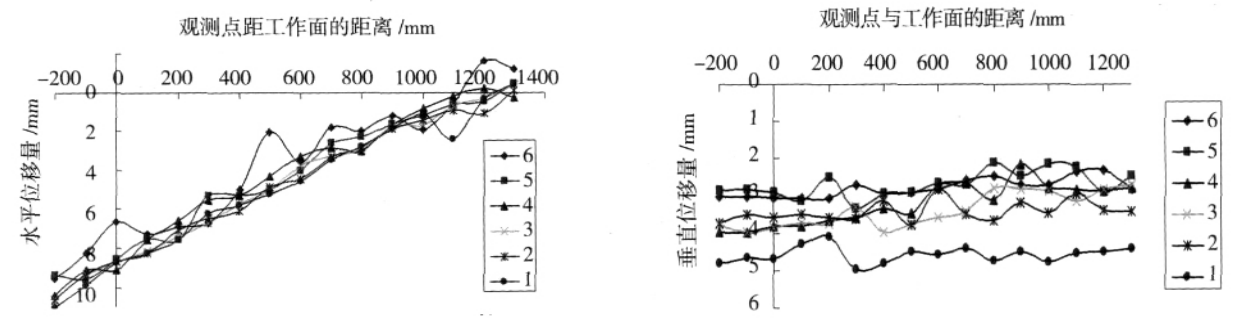
© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

器。DYB 系列土式传感器的工作原理为:在电阻应变式传感器的结构中，将电阻应变片贴在传感器的变形膜上,当变形膜受力变形时,电阻应变片的电阻值将随之发生变化。通过电阻应变仪接受,并显示其微应变值,使用时,根据事先标定的“压力-微应变值”关系的直线,即可得出作用在该土压力计上的压力值。

4　模拟结果及分析

4.1　上覆岩层移动规律

在开采初期,在工作面推进 100~400 mm(相当于现场 10~40 m),上覆岩层的移动以水平位移为主，采空区上方的水平位移明显大于未采出煤层上方的水平位移；每条测线所观测点的垂直位移几乎是同步的，采空区上方和煤层上方的位移都不明显。不管是水平位移还是垂直位移,都是距煤层最近的岩层位移较大，如图 1 所示。开采 800 mm(相当于现场 80 m)以后,上覆岩层的移动仍以垂直位移为主，并且采空区上方的位移明显大于未开采煤层上方的位移量，上覆岩层向采空区倾斜的趋势并没有停止。在采空区上方,1 号测线的前 5 个点位移量增大，并在 2 号测线的下方 10 mm的岩层已垮落，垮落角为 42°，厚度为 90 mm左右。在 2 号测线的上方 5 cm的位置出现了离层，长度约 550 mm的离层延伸至工作面上方的上覆岩层,并在垂直方向上有裂纹贯穿,离层位置距煤层顶板 250 mm (相当于现场 25 m)因此,可认为这 250 mm厚的岩层为不规则垮落带。

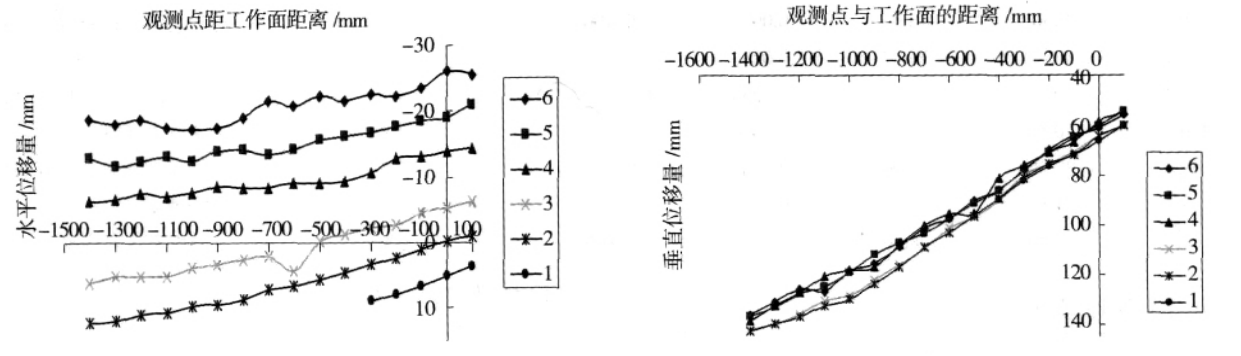


(a)水平位移　　(b)垂直位移

图 1　工作面推进 400 mm 各测点的位移量

煤层开采 1 600 mm(相当于现场 160 m)后,上覆岩层的水平位移趋向于稳定，说明上覆岩层向采空区旋转已经稳定,1、2、3 号测线在采空区侧大部分测点位正值（范围为 200 mm的岩层),是因为模型左边留有 300 mm的煤柱。其上方的岩层也向采空区移动；在 3 号与 4 号观测线之间产生离层,距煤层顶板 340 mm左右,最大离层高度大约为12 mm，离层长度其本上贯穿了整个上覆岩层,并有垂直裂隙向上发展,如图 2 所示。

煤层开采完成后,由于上覆岩层整体旋转,使得大部分观测点的水平位移均为负值。由于顶板岩层的移动,使得原先的离层空间愈合,然后,又产生了新的离层空间，位置位于 3 号测线和 4 号测线之间,距煤层顶板大约 380 mm,即泥岩与中粒砂岩的交接处，并且贯穿了原先在 340 mm产生的离层。而中粒砂岩为强度较大的硬岩,因此可认为该位置为垮落带规则垮落的上限。



(a)水平位移　　(b)垂直位移

图 2　工作面推进 1 600 mm 各测点的位移量

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

4.2　综放采场压力分析

工作面推进到三种不同位置时三条水平测线在同一时刻测得的应力值，按应力传感器距工作面的不同距离绘出的应力曲线如图 3 所示。

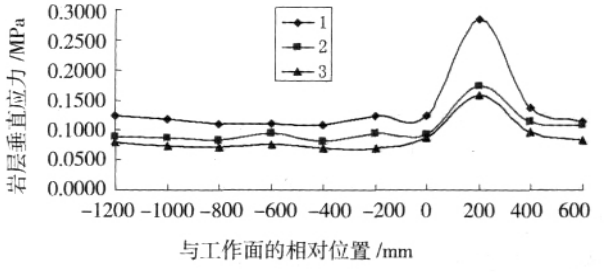


图 3　工作面推进 1 600 mm 的应力分布图曲线图

在工作面煤壁前方，应力逐渐增大，并在 200 mm(相当于现场 20 m)的位置出现峰值，而在 400 mm(相当于现场 40 m)左右应力降低至原岩应力，在采空区侧，应力基本恢复到原岩应力状态。说明工作面推进过程中采场上覆岩层中的应力是不断变化的。随岩层高度的增大岩层应力集中区越来越小。应力集中区影响煤壁前方的范围大约是 40 m左右。

随着工作面的推进，岩层中的同一测点的应力是不断变化的，随工作面的逼近，应力逐渐增大，当工作面接近或推到压力计正下方时，应力增大到最大值；当工作面推过一段距离后，应力降低；随着工作面的继续推进，应力值恢复到原岩应力左右。由此，反映了同一上覆岩层在采动过程中应力的变化过程和规律。

5　结　论

采用相似材料模拟试验方法，研究了巨厚煤层综放采场上覆岩层活动规律，得到了以下主要结论：

(1) 实验观测岩层不规则垮落带为 250 mm (相当于现场 25 m)，规则垮落带为距煤层顶板 250 mm~380 mm(相当于现场 25~38 m)，形成稳定的老顶结构位于顶板 380 mm (相当于现场 38 m)。

(2)开采完成后，上覆岩层最大累积垂直移动量为 142.43 mm(相当于现场 14.24 m)，最小累积垂直移动量为 97.67 mm (相当于现场 9.77 mm)，下沉系数分别为 0.65、0.45，最大水平移动量 34.28 mm(相当于现场 3.4 m)，水平移动系数为 0.156。

(3) 顶板应力峰值一般出现在工作面煤壁 20 m的范围内，应力集中影响的范围约 40~50 m。岩层中同一测点的应力士不断变化的。

[参 考 文 献]

[1] 刘玉堂. 中国厚煤层综放开采技术 [J]. 中国煤炭，1999,25(7):7-10.

[2] 宁宇. 综放开采技术回顾与展望 [J]. 煤矿开采,2003,(1):1-3.

[3] 张世豪. 我国厚煤层放顶煤开采技术的现状及发展方向[J]. 山西煤炭,2006,26(1):19-21.

[4] 钱鸣高，刘听成.矿山压力及其控制(修订版)[M]. 北京：煤炭工业出版社，1992.

[5] 宋振骐.实用矿山压力控制[M]. 徐州：中国矿业大学出版社,1988.

[作者简介]

朱运华(1978-)，河南驻马店人，河南理工大学安全学院在读硕士研究生，主要从事安全系统工程方面的研究。

[收稿日期：2007-11-28]

Giant thick seam of coal caving mining similar simulation study

ZHU Yun-hua[1], LI Wen-qiao[2], CHEN Yong-chao[1], WEI Zhi-dong[3]

(1.School Of Safety Science And Engineering, Henan Polytechnic, Jiaozuo 454000,China;

2.Zhengzhou Design And Research Institute Of Industry CO. Lid, Zhengzhou 450007, China;

3.School Of Energy Science And Engineering, Henan Polytechnic, Jiaozuo 454000,China)

Abstract: In this paper, the 21 seam geological conditions of HenanCoal Mine Yima Coal Industry Group Corporation is analyzed with simulation experiment of similar material. Simulated results offer some theoretical foundation for coal caving mining.

Key Words: Giant thick seam; coal caving mining; simulation experiment of similar material

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net