

陕北侏罗纪浅埋煤层开采固液耦合模拟研究

王化齐^{1,2,3)}, 张茂省^{1,2)}, 党学亚^{1,2)}, 徐友宁¹⁾, 张江华¹⁾

1) 中国地质调查局西安地质调查中心, 西安, 710054; 2) 陕西省水资源与环境工程技术研究中心, 西安, 710054; 3) 干旱半干旱区地下水与生态重点实验室, 西安, 710054

陕北侏罗纪煤田水资源短缺和突水溃砂现象, 如何规避矿井突水溃砂灾害, 是可持续发展中普遍面临的科学问题。鉴于神北区的粗放式大规模开发中潜水流失、生态环境不断恶化的教训(张杰, 2006; 侯忠杰等, 2007)人对浅埋煤层三带高度以及开采对水资源的影响做了详细研究, 取得了一系列成果(李涛, 2001; 郭欣, 2013)。针对大保当榆树湾矿区, 本次开展固—液耦合相似性材料模拟试验和数值模拟, 获取采动条件下岩体破裂损伤以及流场的响应由量变到质变(不发生突水溃砂事件)过程, 分析其破坏对上覆萨拉乌苏组生态潜水的影 响, 为煤炭资源、水资源、生态环境及社会经济系统协调发展提供技术支撑。

1 矿区概况

陕北侏罗纪煤田整体为单斜构造, 以大保当榆树湾矿区为例(图 1), 矿区为 2⁻² 主采煤层上覆岩土类型为砂土基型, 从垂向上构成“含水砂层—隔水土层—基岩层—2⁻² 主采煤层”的结构特征。区内属于第四系萨拉乌苏组水流系统。新近系上新统保德组(N₂b)“三趾马红土”和第四系离石黄土(Qp^{2eol})共同构成了区内的隔水层, 由于该隔水层直接赋存于生态潜水下方, 其破坏与否, 将直接决定生态潜水是否会发生渗漏。

2 固液耦合相似性材料数值模拟

基于有限单元法, 采用 RFPA-2D 渗流版进行煤岩基本渗流特性和破裂过程数值模拟, 每层开挖形成采空区负空间相当于一次卸载。以水文地质柱状图为基础, 根据弹性模量、抗压强度、泊松比等力学性质参数建立数值模拟模型, 进行开挖模拟。

模型参数参考《陕北能源化工基地水文地质勘查研究》(张茂省等, 2009)关于研究区内钻孔资料及取样测试数据资料。

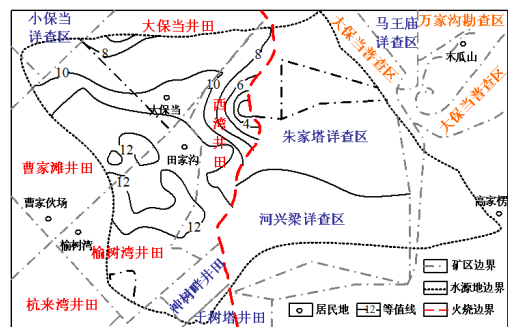


图 1 示范矿区地理位置概况

模拟结果如图 2, 裂纹总体向上扩展, 扩展形式复杂, 表现出断断续续的特征。模拟结果显示, 冒落带角度大致 59°; 冒落带高度约 140m、裂隙带高度大约 83m; 破裂过程为收缩性破裂。



图 2 榆树湾矿区采煤的动态模拟过程

3 固液耦合相似性材料模拟试验

3.1 试验设计

本次相似性材料骨料选取大白粉、沙子, 凝胶剂选择非亲水性有机凝胶材料石蜡, 液体仍以原型

注: 本文为陕西省科学技术研究发展计划项目的成果。

收稿日期: 2015-02-02; 改回日期: 2015-02-28; 责任编辑: 费红彩。

作者简介: 王化齐, 女, 1980 年生, 博士, 高级工程师, 水文学及水资源专业。Email: whqi321@163.com。

水来代替。从大量试件试验的数据中得到试件的物理力学参数随配比不同的变化规律,从而获得与煤层覆岩力学参数相似的模型材料配比。室内模型水平长 200m,垂直 300m,开采强度为 10m/step,共开挖 20 步。模型边界条件是垂直方向自由移动,水平方向采用固定端约束。由于涌水溃沙模拟实验难度大,具有一定的探索性,为了使实验接近原型,考本实验几何比例确定为 1:200。

3.2 试验分析

如图 3,自开切眼推进 30cm,初次来压向上冒落,冒落高度 3.5cm;工作面推进 40cm,第二次周期来压,冒落高度 7.5cm,宽度 20cm;推进 67cm,冒落高度 10cm,宽度 40cm;推进 89cm,冒落高度 39cm,宽度 38cm,裂隙到达红土层,潜水水位变化不大,潜水不会进入工作面;推进 114cm,冒落高度 39cm,宽度 72cm。经仔细观察,裂隙沿水平方向发育较多,易出现离层现象;垂向裂隙较少,都是微小细纹。

3.2.1 红土层沉降变化分析

本次,在隔水土层的顶界面每隔 10cm 布置一个测点(如图 3)。随着工作面的推进,处于弯曲带的红土层随着基岩产生沉降(如图 4),中部 5—11 测点,沉降变化较为明显,由于受到水压力的缓冲作用,红土层变形较大,大多处于弯曲变形带。

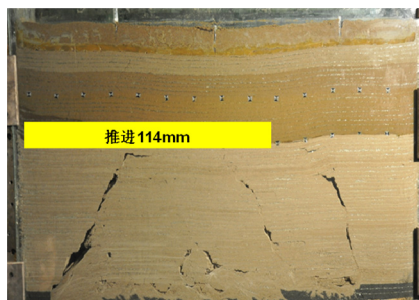


图 3 采煤推进过程中岩体破坏过程

3.2.2 基岩层沉降变化分析

随着工作面的推进,基岩层顶面 14 个测点的沉降变化位移如图 5,基岩和红土层沉降变化趋势比较相似,测点 5—11,沉降变化最大;相对对红土层来说,没有水压力的缓冲作用,基岩沉降稍显滞后,沉降集中。基岩大多处于裂隙带和冒落带,相变较为集中。随着工作面的推进,冒落带高度变化呈指数变化趋势(如图 6 所示)。工作面推进 114m,地表下沉 3.2m;冒落带高度 123m;裂隙带高度 56m;

弯曲下沉带高度 53m,冒落角度为 63°。

综合室内试验和数值模拟试验,榆树湾矿区冒落带高度约 130m,裂隙带高度约 70m,冒落角度约为 60°。

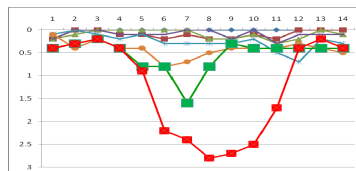


图 4 随工作面推进红土层变形

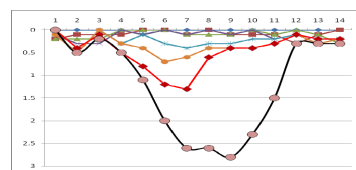


图 5 随工作面推进基岩变形动态过程

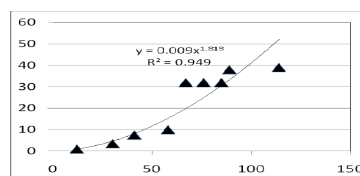


图 6 随工作面推进冒落高度变化情况

4 结论

工作面多次周期来压没有表现出覆岩全厚度切落,即“三带合一”现象,而是出现一般开采下的“三带”,弯曲下沉带的存在;数值模拟和室内试验实现了相互验证,结果相似,冒落带高度约 130m,裂隙带高度约 70m,冒落角度约为 60°;要使萨拉乌苏组地下水场响应不发生质变,导水裂隙最大高度临界值应小于基岩厚度,不导通关键隔水层,为榆树湾煤矿煤炭开采提供了重要的科学依据。

参考文献 / References

- 郭欣. 2013. 榆神矿区煤炭开采对地下水资源的影响. 洁净煤技术, 19(4): 88-90.
- 侯忠杰, 肖民, 张杰, 等. 2007. 陕北沙土基型覆盖层保水开采合理采高的确定. 辽宁工程技术大学学报, 26(2): 161-164.
- 李涛, 李文平, 常金源, 等. 2011. 陕北近浅埋煤层开采潜水位动态相似模拟试验. 煤炭学报, 36(5): 722-726.
- 张杰, 侯忠杰. 2006. 榆树湾浅埋煤层保水开采三带发展规律研究. 湖南科技大学学报(自然科学版), 21(4): 10-13.
- 张茂省, 党学亚, 等. 2009. 陕北能源化工基地地下水勘查研究. 中国地质调查局西安地质调查中心..