

# 灵新煤矿导水裂隙带发育高度数值模拟研究

张小五<sup>1</sup>, 陈鑫<sup>2</sup>, 芦震<sup>1</sup>

(1.宁夏回族自治区煤炭地质勘查院,宁夏银川 750001; 2.西安科技大学地质与环境学院,陕西西安 710054)

**摘要:**煤矿的开采利用给国民经济发展带来巨大的收益,但也引发了许多环境地质问题,特别在煤层开采过程中,煤层上覆基岩变形破坏形成的裂隙通道极易发生矿井涌(突)水事故,时刻威胁着井下工人的生命安全。本文以灵新煤矿 051505 工作面为研究对象,利用 Flac3D 数值模拟软件,对 14 号主采煤层上覆基岩导水裂隙带发育高度进行了模拟研究。模拟结果表明:当煤层开采厚度为 2.5 m 时,导水裂隙带发育最大高度为 59.5 m。同时选取经验公式法对导水裂隙带高度进行了计算。最终通过钻孔实测法得到的结果与前两种方法对比分析,数值模拟结果与钻孔实测结果基本吻合,认为数值模拟方法能够高效、简单、合理达到预测导水裂隙带高度的目的,也为同类矿井安全、绿色生产提供一定的借鉴。

**关键词:**灵新煤矿;导水裂隙带;数值模拟;钻孔实测;对比分析

**中图分类号:**TD325 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-7428(2019)07-0064-06

## Numerical simulation study of development height of water flowing fractured zone in Lingxin Coalmine

ZHANG Xiaowu<sup>1</sup>, CHEN Xin<sup>2</sup>, LU Zhen<sup>1</sup>

(1.Ningxia Hui Autonomous Region Coal Geological Prospecting Institute, Yinchuan Ningxia 750001, China; 2.College of Geology and Environment, Xi'an University of Science and Technology, Xi'an Shaanxi 710054, China)

**Abstract:** The exploitation of coal mines has brought great benefits to the development of the national economy, but it has also caused many environmental geological problems, especially in the process of coal seam mining, where the fracture channel formed by deformation and failure of the overlying bedrock in coal seams is prone to mine gushing (figure) water accidents, threatening the lives of underground workers at any time. In this paper, taking the 051505 working face of Lingxin Mine as the research object, the height of the water flowing fractured zone in the overlying bedrock in the No.14 main mining coal seam is simulated by using the Flac3D numerical simulation software. The simulation results show that when the mining thickness of the coal seam is 2.5m, the maximum height of the water flowing fractured zone is 59.5m. At the same time, the empirical formula method is selected to calculate the height of the water flowing fractured zone. Finally, the results obtained by borehole measurements are compared with the first two methods. The numerical simulation results are in good agreement with the measured borehole results. It is concluded that the numerical simulation method can achieve the purpose of predicting the height of the water flowing fractured zone efficiently, simply and reasonably. It also provides some reference for the safety and green production of the similar mines.

**Key words:** Lingxin Mine; water flowing fractured zone; numerical simulation; borehole measurement; comparative analysis

## 0 引言

煤炭资源作为宁夏回族自治区的优势矿产资源,煤炭开采给当地的经济带来了巨大的收益,然而许多环境地质问题也随之而来,如破坏地下水源、水土流失加重、人居环境恶化、植被破坏严重、地质灾害频发等,给人们的生产生活带来了难以挽回的损失。同时,煤炭开采过程中会引发矿井涌水和煤层顶板突水事故,对煤矿的经济效益和矿井工人的生命安

全造成严重威胁。这些安全事故的发生与煤层上覆岩层变形破坏有着密切的关系,而导水裂隙带发育情况是反映上覆岩层破坏的重要指标,也是矿井涌水和煤层顶板突水事故发生的重要通道。因此,探明煤层开采上覆岩层破坏变形特征及导水裂隙带发育高度对煤层安全开采具有极其重要的意义。

关于这一问题,许多专家学者已经展开了深入的研究且取得了大量的研究成果<sup>[1-8]</sup>。许武等<sup>[9]</sup>通

收稿日期:2019-04-24 DOI:10.12143/j.tkgc.2019.07.011

作者简介:张小五,男,汉族,1973年生,水文地质及工程地质专业,从事工程管理工作,宁夏回族自治区银川市兴庆区兰溪谷。

引用格式:张小五,陈鑫,芦震.灵新煤矿导水裂隙带发育高度数值模拟研究[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2019,46(7):64-69.

ZHANG Xiaowu, CHEN Xin, LU Zhen. Numerical simulation study of development height of water flowing fractured zone in Lingxin in Coalmine[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2019,46(7):64-69.

过对现已有的导水裂隙带高度经验公式的适应性和可信性进行探讨,提出了能够反映导水裂隙带高度和开采强度关系的经验公式,并就榆树湾井田导水裂隙带发育规律进行了深入研究。杨勇国等<sup>[10]</sup>从影响导水裂隙带发育高度的不同影响因素进行分析、量化,提出了预测导水裂隙带发育高度的层次分析-模糊聚类分析方法,并通过实例验证了该方法的合理性。张建民等<sup>[11]</sup>采用系统理论与模拟相结合的方法,建立采动-爆裂模型对山东兴隆庄矿区进行了实例应用和分析,结果表明导水裂隙带计算高度与实测数据的平均相对误差为 8.8%,预测结果相对较好。邵良杉等<sup>[12]</sup>采用随机森林回归算法筛选出影响导水裂隙带发育高度的主要因素,借助遗传算法优化筛选后的 2 个关键因素,建立遗传算法-随机森林回归算法(QGA-RFR)的导水裂隙带高度预测模型,并对模型的合理性进行了实例检验。从以上可以看出,虽然目前对导水裂隙带发育高度的研究成果众多,但仍然处于经验积累和探索阶段。

灵新煤矿地处黄河上游、毛乌素沙地南缘,生态环境脆弱,煤矿开采对矿区及周围居民生活环境造成了严重影响,同时煤层开采形成的裂隙带成为矿井涌水、煤层顶板突水的重要通道,时刻威胁着井下工人的生命安全。因此,开展煤层上覆基岩变形破坏特征及导水裂隙带发育高度研究,对煤矿合理安全开采具有重要的实际意义。本论文以灵新煤矿 051505 工作面为研究对象,利用 Flac3D 数值模拟、经验公式、钻孔实测等方法,通过分析不同方法的结果差异对灵新煤矿导水裂隙带发育高度进行了深入研究。

## 1 地质条件及主采煤层特征

灵新煤矿位于宁夏回族自治区灵武市磁窑堡镇境内,西部、北部以煤层露头为界,东部以向斜轴为界,南部为人为边界,以 13 勘探线与磁窑堡煤矿为界。矿井南北走向长 11 km,平均倾向宽 2.4 km,面积 27.5 km<sup>2</sup>。全矿井划分为 6 个采区,其中一至五采区为上山采区,六采区为下山采区。截止 2012 年末,矿井实际期末保有资源储量 17749.8 万 t。

灵新煤矿整体为一简单的向斜构造,是一个蓄水构造,生产采区属于单斜构造,东陡西缓,地形总的趋势南高北低,四周高,中间低,受水面积大,有利于地下水及地表水的汇集。地表多被风积沙覆盖,有利于大气降水的汇集和入渗,第四系风积沙层中

地下水沿河谷以下降泉形式向西天河排泄。根据井田含水层和矿井的水文地质特征,灵新煤矿共分为第四系含水层组、侏罗系中统直罗组砂岩含水层组、侏罗系中下统延安组砂岩含水层组。矿区为侏罗系陆相含煤地层,岩性变化大,而煤层顶、底板多为泥岩及粉砂岩组成,岩性致密,与煤层本身形成良好的隔水层,但大多数不稳定,据统计较为稳定的隔水层有:直罗组底部隔水层、2 号煤层顶底板粉砂岩及泥岩隔水层、7 号煤层至 8 号煤层底板粉砂岩及泥岩隔水层、13 号煤层顶板沥青质泥岩隔水层、15 号煤层顶底板粉砂岩及泥岩隔水层。

灵新煤矿的主采煤层为 14 号煤层,属中厚煤层,平均厚度 2.8 m,煤层采厚 2.5 m,煤层倾角 8.8°~12.0°,结构简单,层状构造,硬度小。煤层直接顶为泥岩,深灰色、厚层状;上部为粉细砂岩互层,矿物成分石英为主,长石、云母次之;上覆含水层厚 58.20~132.93 m,岩性以灰、灰白色细粒砂岩为主,中粒砂岩次之。

## 2 导水裂隙带发育高度数值模拟

### 2.1 模型建立

此次数值模拟以灵新煤矿 051505 工作面的开采条件为依据,模型沿 X 方向 500 m, Y 方向长 150 m, Z 方向长 97 m,煤层上覆岩土层共 9 层,煤层厚度 2.5 m,采高 2.5 m,整个模型由 29700 个单元组成,有 313100 个节点数,模型网格规格为 5 m×5 m,模型如图 1 所示。试验采用 Mohr-Coulomb 准则,模型约束条件为:上边界为自由边界,底边界为全约束,左右边界为单边约束<sup>[13]</sup>。

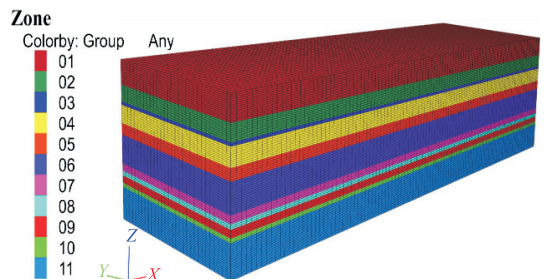


图 1 三维地质模型

Fig.1 3-D geological model

### 2.2 模型参数

本次 Flac3D 数值模拟试验中,煤层上覆基岩的力学参数参考煤矿勘察报告中实验室测定结果确定,且模拟 13 号煤层与 14 号煤层间上覆岩层塑性

变形破坏过程,若某个岩层缺失实测数据,则根据本矿区相邻矿井的岩石物理力学参数进行类比,从而确定灵新煤矿 051505 工作面上覆基岩的物理力学参数,如表 1 所示。

表 1 上覆岩层及煤层物理力学参数

Table 1 Physical and mechanical parameters of overlying strata and coal seams

编号	岩性	厚度/ m	剪切 模量/ MPa	粘结 力/ MPa	抗拉 强度/ MPa	内摩擦 角/ (°)	岩石密 度/(kg· m <sup>-3</sup> )
01	粗粒砂岩	15.0	480	3.0	3.7	29.4	2470
02	粉细砂互层 3	10.0	240	3.4	3.0	31.0	2520
03	粗粒砂岩	2.0	440	2.8	2.8	29.4	2470
04	粉细砂互层 2	11.0	680	2.5	2.2	32.8	2460
05	泥岩	7.0	260	1.9	1.7	31.3	2470
06	粉细砂互层 1	17.5	380	1.2	1.1	32.3	2540
07	泥岩	4.5	250	0.58	0.61	32.0	2500
08	粗粒砂岩	3.0	470	0.43	0.48	29.3	2470
09	泥岩	4.5	380	0.91	0.69	31.2	2520
10	14 号煤层	2.5	270	4.1	4.7	38.2	1360
11	底板	20.0	350	8.2	76.0	40.3	2840

## 2.3 模拟过程

模型采用分步开挖方式,开采上分层,开挖步长为 20 m,上覆岩层自然垮落,形成塑性区。开挖时在如图 2 所示的模型中,按从左到右进行开挖。在进行模型开挖计算前,需要对建立的模型进行初始平衡力计算,通过计算,使得岩层处于原岩应力状态。最大不平衡力见图 3。

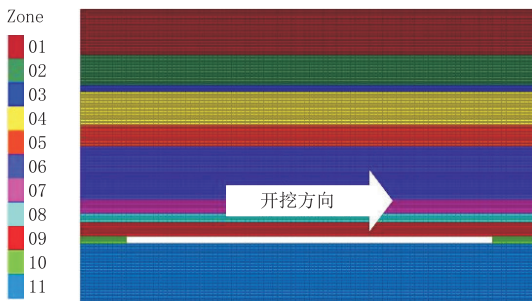


图 2 模型开挖方向

Fig.2 Excavating direction in the model

## 2.4 模拟结果

由于塑性区发育的最大高度可以反映煤层上覆基岩导水裂隙带发育高度<sup>[14]</sup>,故本实验采用“塑性区”法来分析煤矿开采过程中导水裂隙带发育高度。如图 4 所示,工作面推进到 100 m 时(图 4a),煤层上覆岩层中导水裂隙带高度为 11.5 m,煤层上方基岩破坏变形中部以剪切-拉张破坏为主,两端以剪切

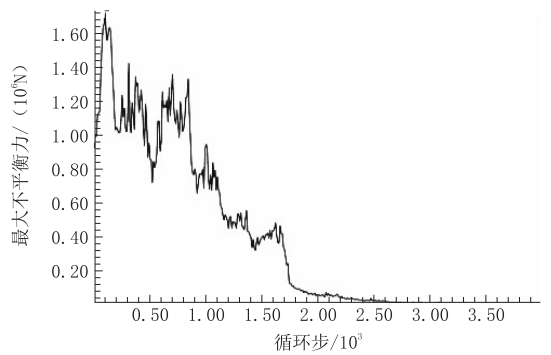


图 3 最大不平衡力

Fig.3 Maximum unbalanced force

破坏为主;随着工作面继续推进,煤层开挖到 200 m 时(图 4b),导水裂隙带高度为 35.5 m,上覆基岩破坏以横向延展为主,破坏类型为剪切-拉张,采空区两端以剪切破坏为主且向上发展;当工作面推进至 300 m 时(图 4c),上覆岩层破坏连续性较好,导水裂隙带高度为 50.5 m;当工作面推进至 380 m 时(图 4d),采空区左上方塑性变形区贯通,导水裂隙带高度达到 59.5 m,上覆基岩破坏类型与开挖至 300 m 时一致,且随着煤层 400 m(图 4e)开挖完成,导水裂隙带高度处于稳定状态,故认为 59.5 m 为此次数值模拟导水裂隙带高度的最大值。

为了进一步反映模型计算过程中导水裂隙带高度的变化情况,遂从每一步开挖完成图中提取高度,制成图 5。从图 5 中可以看出,导水裂隙带高度发育符合从发生到发展再到最大高度、回降最终稳定的全过程。煤层上覆基岩破坏范围从开始的缓慢沉降、破坏到突然呈直线性上升,可以看出煤层开采导致上覆顶板破坏严重,故裂隙带高度也随之增高,而后由于顶板不断垮落,基岩间隙不断压实,裂隙带高度会略有回降,最终导水裂隙带高度稳定在 59.5 m。

## 3 导水裂隙带发育高度对比分析

### 3.1 经验公式法

根据《建筑物、水体、铁路及主要井巷煤柱留设与压煤开采规范》(安监总煤装[2017]66号)(简称《开采规范》)中煤层导水裂隙带最大高度计算公式<sup>[15-16]</sup>:

$$H_{\text{导}} = \frac{100 \sum M}{1.6 \sum M + 3.6} \pm 5.6 \quad (1)$$

式中:  $H_{\text{导}}$ ——导水裂隙带最大高度, m;  
 $\sum M$ ——累计采厚, m。

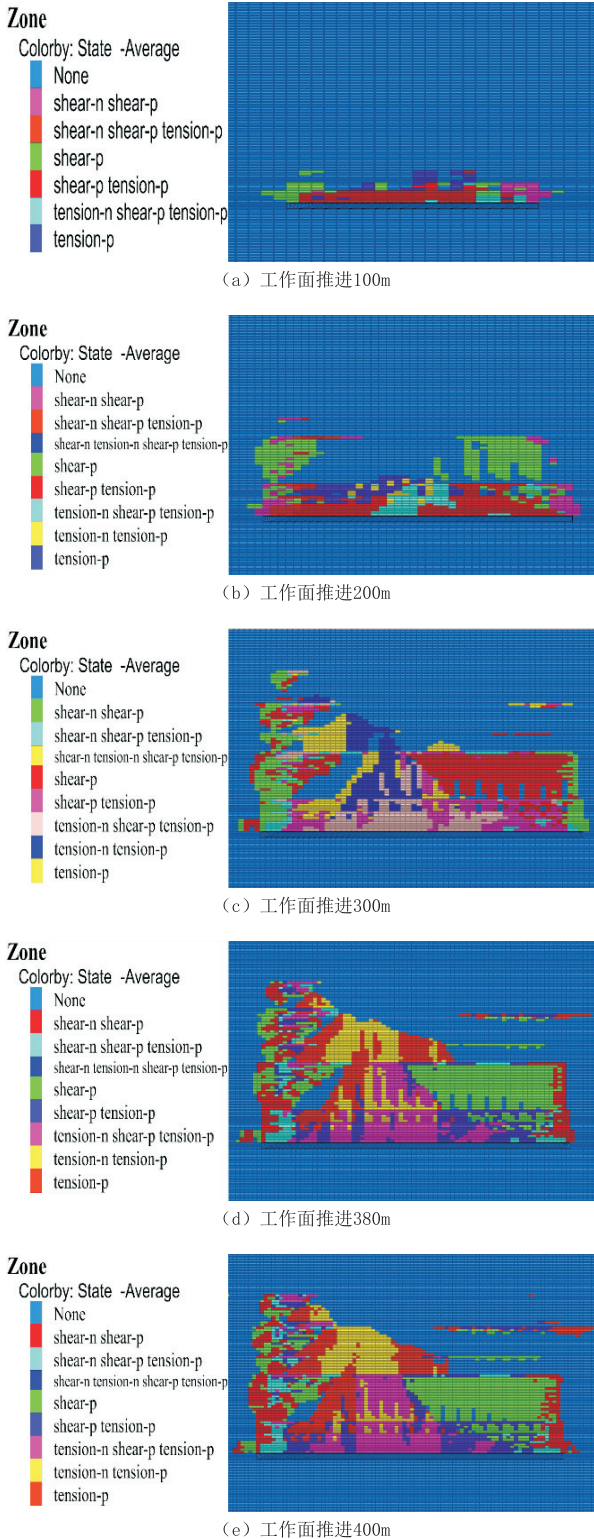


图 4 工作面不同推进距离时上覆岩层塑性区分布

Fig.4 Distribution of plastic zone in overburden strata at different advance distances of the working face

灵新煤矿 14 号煤层开采厚度为 2.5 m,代入式(1)得到煤层开采后导水裂隙带高度为 27.3~38.5 m,

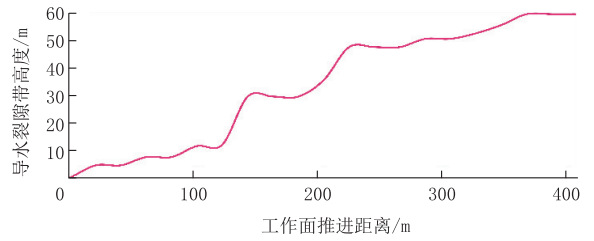


图 5 导水裂隙带发育高度

Fig.5 Height of the water flowing fractured zone

裂采比为 10.92~15.4。

根据《矿区水文地质工程地质勘探规范》(GB 12719-1991) (简称《勘探规范》)[17] 中煤层导水裂隙带最大高度计算公式:

$$H_{导} = \frac{100 \sum M}{3.3n + 3.8} + 5.1 \quad (2)$$

式中:  $H_{导}$ ——导水裂隙带最大高度, m;  $\sum M$ ——累计采厚, m;  $n$ ——开采层数,  $n$  取 1。

将煤层采厚 2.5 m 代入式(2)得到煤层开采后导水裂隙带高度为 40.3 m, 裂采比为 16.1。

### 3.2 钻孔实测法

#### 3.2.1 冲洗液消耗观测

根据 LD1 孔冲洗液消耗观测数据(见图 6), 钻至 148.4 m 处冲洗液漏失量开始显著增加, 并且

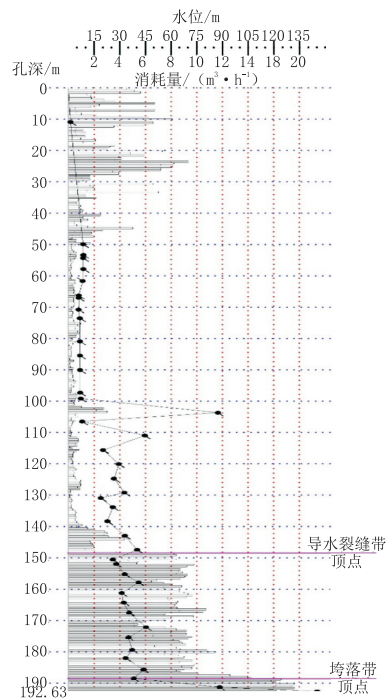


图 6 LD1 孔单位时间冲洗液消耗量与深度关系曲线

Fig.6 Curve of fluid consumption per unit time vs depth of Borehole LD1

呈现出随着钻孔深度增加而增大的趋势。另外,钻孔水位在上钻后至下钻前的时间段内,水位下降幅度显著增大。因此,根据冲洗液消耗观测结果判定14号煤层导水裂缝带顶点深度为:孔深148.4m处,导水裂隙带发育高度55.6m。

### 3.2.2 钻孔彩色电视观测

野外钻探施工结束后,神华宁煤集团于2014年3月28日对LD1孔进行了钻孔彩色电视观测,采用GD3Q-A/B型钻孔全孔壁成像系统,利用360°成像技术对钻孔内孔壁进行拍照,钻孔成像过程中,用计算机对图像进行采集处理,形成连续的全孔壁展开图像,观测现场见图7。

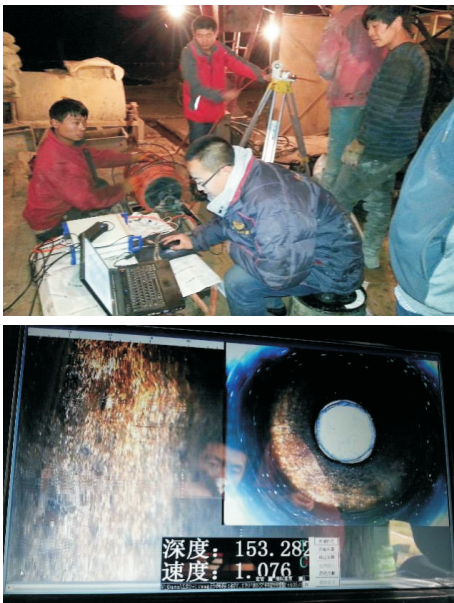


图7 彩色电视观测现场

Fig.7 Color TV observation site

根据钻孔彩色电视观测结果(见图8),LD1孔从146.4m开始出现连续裂隙,故将孔深146.4m判定为14号煤层导水裂缝带顶点,导水裂隙带发育高度为57.6m,且孔深从188.4m开始,岩体破坏严重,裂隙发育纵横交错,钻孔底部可见各种岩性松散堆积,杂乱且无规律,可见是上部地层垮落后重新堆积的特征。故将孔深188.4m处判定为14号煤层垮落带顶点。

综上所述,钻孔实测法得到的导水裂隙带高度为55.6~57.6m,采裂比为22.24~23.04。

### 3.3 不同方法结果对比分析

根据以上分析,利用经验公式法、钻孔实测法、数值模拟法得到的灵新煤矿051505工作面上覆

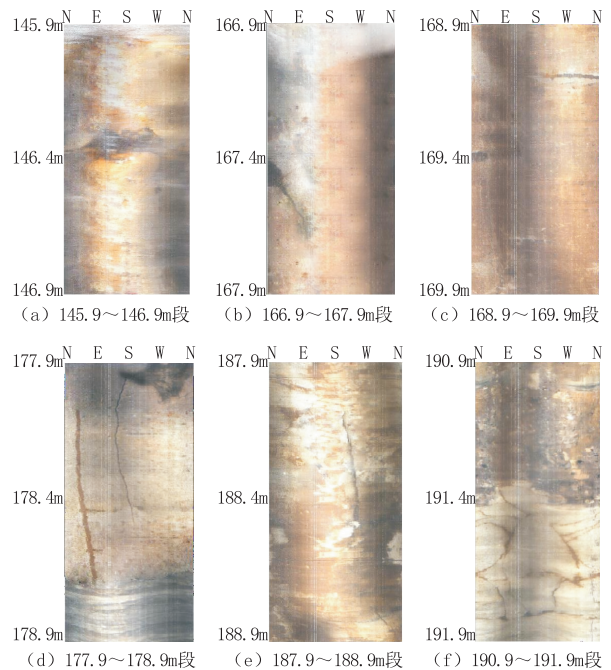


图8 LD1孔彩色电视观测结果

Fig.8 Color TV observation results of Borehole LD1

基岩导水裂隙带高度见表2所示。通过对比分析可以得到,由于煤层上覆岩层导水裂隙带发育高度的因素不仅受煤层采厚影响,还受煤层开采的方法、工作面斜长、上覆岩层物理力学参数及采煤推进速度等因素影响,所以利用经验公式法计算的导水裂隙带高度与钻孔实测值相差比较大,而《开采规范》和《勘探规范》中仅仅只考虑了单一因素,故具有一定的局限性。通过数值模拟方法得到的导水裂隙带高度与钻孔实测值基本吻合,由于计算约束条件增加,动态模拟上覆岩层变形破坏过程,故模拟结果更接近真实值,更合理。而由于Flac3D模拟软件中是连续介质,无法真实模拟上覆岩层破坏后产生的裂隙阻碍力的传递,所以数值模拟中上覆基岩所受的各种力都比现实情况下大,故采用数值模拟方法得到的导水裂隙带高度比实测值偏大<sup>[18]</sup>。

表2 不同方法导水裂隙带发育高度

Table 2 Height of the water flowing fractured zone by different methods

方 法	导水裂隙带高度/m	
经验公式法	《开采规范》	27.3~38.5
	《勘探规范》	40.3
钻孔实测法	冲洗液消耗观测	55.6
	钻孔彩色电视观测	57.6
数值模拟法		59.5

## 4 结论

(1)根据《开采规范》和《勘探规范》得到的导水裂隙带高度由于考虑因素单一,其合理性和可行性都大大降低,而数值模拟方法通过实地勘察资料建立模型,约束条件增加,得到导水裂隙带最大高度为 59.5 m,与钻孔实测结果基本接近,故数值模拟方法对煤矿合理开采具有较高的科学依据。

(2)导水裂隙带高度除了受煤层采厚影响,还受煤层开采方式、上覆基岩物理力学参数和结构特征、煤层顶板管理方式、时间等因素影响,数值模拟方法弥补了经验公式方法中的不足,动态模拟煤层开采过程中上覆基岩变形破坏的范围及塑性分布情况,导水裂隙带高度模拟结果更接近实测值,其高效、简单、合理的优点对煤矿确定开采上限,提高煤炭资源利用率具有一定的现实价值。

## 参考文献 (References):

- [1] H. J. Hargraves. Subsidence in mines[M]. The Australasian Institute of Metallurgy, 1973.
- [2] Helmut Kratzsch. Mining subsidence engineering[M]. Berlin: Springer Verlag, 1983.
- [3] 张杰,侯忠杰.浅埋煤层导水裂隙带发育规律物理模拟分析[J]. 矿山压力与顶板管理,2004(4):32-34,118.  
ZHANG Jie, HOU Zhongjie. The simulation experiment analysis of water fluid crack's development law in the shallow coal seam[J]. Ground Pressure and Strata Control, 2004(4):32-34,118.
- [4] 胡小娟,李文平,曹丁涛,等.综采导水裂隙带多因素影响指标研究与高度预计[J].煤炭学报,2012,37(4):613-620.  
HU Xiaojuan, LI Wenping, CAO Dingtao, et al. Index of multiple factors and expected height of fully mechanized water flowing fractured zone[J]. Journal of China Coal Society, 2012,37(4):613-620.
- [5] 伍永平,于水,高喜才,等.综放工作面导水裂隙带高度研究[J].煤炭工程,2012(10):59-61.  
WU Yongping, YU Shui, GAO Xicai, et al. Study on height of water flow fracture zone in fully mechanized caving face[J]. Coal Engineering, 2012(10):59-61.
- [6] 栾元重,李静涛,班训海,等.近距煤层开采覆岩导水裂隙带高度观测研究[J].采矿与安全工程学报,2010,27(1):139-142.  
LUAN Yuanzhong, LI Jingtao, BAN Xunhai, et al. Observational research on the height of water flowing fractured zone in repeat demining of short-distance coal seams[J]. Journal of Mining & Safety Engineering, 2010,27(1):139-142.
- [7] 王永全,周毓.钻探技术在煤矿水害防治工作中的应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2017,44(11):35-41.  
WANG Yongquan, ZHOU Jing. Application of drilling technology in coal mine water hazard control[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2017,44(11):35-41.
- [8] 姬中奎.复杂突水条件下矿井注浆堵水技术[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2014,41(5):61-65.  
JI Zhongkui. Grouting and water blocking technology under

- complex conditions of water inrush in coal mine[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2014, 41(5):61-65.
- [9] 许武,夏玉成,杜荣军,等.导水裂隙带预计经验公式的“三性”探究[J].矿业研究与开发,2013,33(6):63-67.  
XU Wu, XIA Yucheng, DU Rongjun, et al. Study on three properties of the empirical formula for estimating the height of water flowing fractured zone[J]. Mining Research and Development, 2013,33(6):63-67.
- [10] 杨国勇,陈超,高树林,等.基于层次分析-模糊聚类分析法的导水裂隙带发育高度研究[J].采矿与安全工程学报,2015,32(2):206-212.  
YANG Guoyong, CHEN Chao, GAO Shulin, et al. Study on the height of water flowing fractured zone based on analytic hierarchy process and fuzzy clustering analysis method[J]. Journal of Mining & Safety Engineering, 2015,32(2):206-212.
- [11] 张建民,张凯,曹志国,等.基于采动-爆裂模型的导水裂隙带高度计算方法[J].煤炭学报,2017,42(6):1557-1564.  
ZHANG Jianmin, ZHANG Kai, CAO Zhiguo, et al. Mining-bursting simulation and height calculation method for conducting-water fractured zone[J]. Journal of China Coal Society, 2017,42(6):1557-1564.
- [12] 邵良杉,周玉.QGA-RFR 模型在导水裂隙带高度预测中的应用[J].中国安全科学学报,2018,28(3):19-24.  
SHAO Liangshan, ZHOU Yu. Application of QGA-RFR model in prediction of height of water flowing fractured zone[J]. China Safety Science Journal, 2018,28(3):19-24.
- [13] 袁喜东,邓念东,王克,等.榆神矿区采煤失水危险性分区研究[J].中国地质调查,2018,5(3):89-94.  
YUAN Xidong, DENG Niandong, WANG Ke, et al. Study on risk zoning of coal mining water loss in Yulin-Shenmu Coal Mine Area[J]. Geological Survey of China, 2018,5(3):89-94.
- [14] 刘玥.三台界矿区导水裂隙带发育高度预计与数值模拟[J].煤矿安全,2013,44(12):179-182.  
LIU Yue. Numerical simulation and prediction of water flowing fractured zone in Santanjie Coal Mining Area[J]. Safety in Coal Mines, 2013,44(12):179-182.
- [15] 国家安全监管总局,国家煤矿安监局.建筑物、水体、铁路及主要井巷煤柱留设与压煤开采规范:安监总煤装[2017]66号[S]. National Coal Mine Safety Administration, State Administration of Work Safety. Code for the coal mining of pillar setting and overburden about buildings, water bodies, railways and main tunnels: No.66, 2017[S].
- [16] 王建国,刘伟韬,宋文成.覆岩采动导水裂隙带发育高度数值模拟与测试分析[J].煤炭技术,2017,36(10):149-151.  
WANG Jianning, LIU Weitao, SONG Wencheng. Numerical simulation and test analysis of development height of fractured zone in overlying strata[J]. Coal Technology, 2017,36(10):149-151.
- [17] GB 12719-1991,矿区水文地质工程地质勘探规范[S]. GB 12719-1991, Exploration specification of hydrogeology and engineering geology in mining areas[S].
- [18] 刘伟涛,周华强.水体下开采导水裂隙带发育高度模拟与实测[J].煤炭技术,2016,35(10):206-208.  
LIU Weitao, ZHOU Huaqiang. Measure and simulation for development height of water conducted crack zone of mining under water[J]. Coal Technology, 2016,35(10):206-208.