

中能袁大滩煤矿首采区导水裂缝带技术研究

张毅

陕西中能煤田有限公司, 陕西 榆林 719000

[摘要] 为了查清袁大滩煤矿在生产过程中面临的主要水害问题, 采用“相似模拟”、“经验公式”、“实测经验”对比等研究方法, 研究2煤采后导水裂缝带发育高度, 在此基础上, 综合分析矿井充水因素, 提出有针对性的防治水方法和措施。

[关键词] 防治水; 相似模拟; 导水裂缝带; 立体防治

DOI: 10.33142/aem.v4i8.6781

中图分类号: P641.461

文献标识码: A

Research on Water Diversion Fracture Zone Technology in the First Mining Area of Zhongneng Yuandatan Coal Mine

ZHANG Yi

Shaanxi Zhongneng Coalfield Co., Ltd., Yulin, Shaanxi, 719000, China

Abstract: In order to find out the main water damage problems faced by Yuandatan coal mine in the production process, the development height of water diversion fracture zone after mining of No. 2 coal mine is studied by using the research methods of "similar simulation", "empirical formula", "measured experience" and so on. On this basis, the water filling factors of the mine are comprehensively analyzed, and the targeted water prevention and control methods and measures are put forward.

Keywords: water prevention and control; similar simulation; water conducting fracture zone; stereoscopic control

引言

袁大滩煤矿处于榆横矿区的东部, 主要的充水水源为2煤层含水。随着矿井逐步投产, 将面临众多的水文地质问题, 为此, 在矿井回采前对首采区导水裂隙带进行研究, 从而制定有针对性的防治水措施。

1 矿井概况

1.1 矿井基本情况

矿井设计生产能力为 5.00Mt/a。井田含煤地层为延安组, 可采煤层为 7 层, 当前袁大滩煤矿回采煤层为 2 号煤, 2 号煤层埋深 245.65~406.82m, 可采煤厚 1.21~4.12m。煤层底板标高+810~+1020m。煤层顶板岩性主要为细粒砂岩、粉砂岩, 次为泥岩或中粒砂岩。

1.2 井田构造

地质构造简单, 无较大断裂与褶皱, 未揭露断层。总体构造形态为东南高西北低的单斜构造, 煤层平均倾角 $<1^\circ$ 。

《陕西中能煤田有限公司袁大滩井田首采面三维地震勘探报告》中查明了 2、3⁻¹、4⁻²、5 煤层发育的断层, 其中可靠断层 1 条, 为 DF04 断层, 为本次勘探新发现断层位于首采面附近, 走向 NWW, 倾向 NEE, 倾角 $45^\circ \sim 55^\circ$, 落差 0~6m;

1.3 井田水文地质条件

井田先期开采地段的含水层由上自下划分为 3 个含水层段。其中: 第四系松散层及白垩系下统洛河组孔隙、裂隙潜水含水层为第一含水层段, 侏罗系直罗组砂岩孔隙、裂隙承压含水层为第二含水层段, 2-3-1 煤间砂岩孔隙、裂隙承压含水层为第三含水层段。

2 导水裂缝带发育规律研究

2.1 导水裂缝带发育高度数值模拟研究

2.1.1 模型构建

在构建数值计算模型时, 选取首采盘区 11201 工作面中间区域的岩层进行分析, 风积沙层厚度约 94m, 按照矿井实际开采顺序, 将 2 煤中 11201 工作面模型距离左端 40m 处回采至 560m 处, 共推进 520m, 11201 工作面位置如图标所示, 模型左右两端留设煤体长度均为 40m。

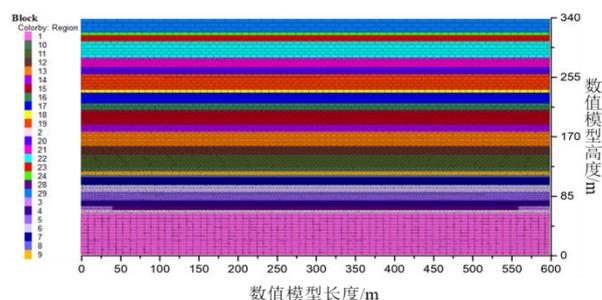


图1 构建数值模型设计

根据数值模拟实验需要, 在煤层顶板布置顶板应力测线, 在主要观测岩层中布置岩层位移测线累积 3 条如上图 1 所示, 由下至上依次为 1#、2#、3#测线, 其中 1#测线位于煤层顶板, 3#测线位于关键层, 2#测线介于顶板与关键层的中间岩层中。

外形尺寸(长×宽×高)=600×1×340m, 模型中由下往上的倾斜岩层依次定义为第 1 至第 24 岩层, 其中第 3 层为 2 煤。模型底部第 1 层与第 2 层为煤层底部岩层,

分别为最底层中粒砂岩与煤层底板泥岩。

2.1.2 覆岩裂隙演化规律

通过对模型中 11201 工作面依次开采过程中的速度矢量加以分析,比较工作面开采过程中的裂隙场分布规律,研究工作面开采的导水裂隙带发育高度及范围。并结合数值模型 11201 工作面开采过程中的覆岩演化特征,综合分析模型 11201 工作面开采过程中“两带”高度范围。

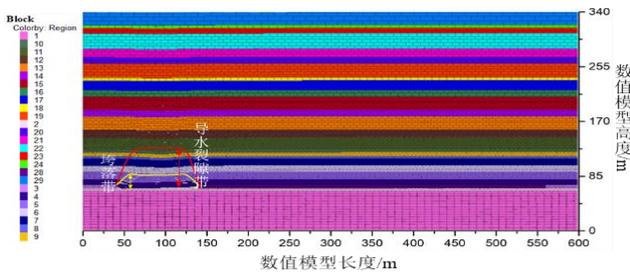


图2 工作面回采 100m 时覆岩演化及两带分布规律

在 11201 面采至 100m 时的覆岩演化规律如图 2 所知,在 11201 工作面回采至 100m 时,由于已垮落顶板的铰接起到了一定的支撑作用,垮落带的高度位于 22.9~24.4m 范围内,直接顶岩层出现离层现象,岩层裂隙向上扩展,导水裂隙带的高度位于 82.7~84.4m。

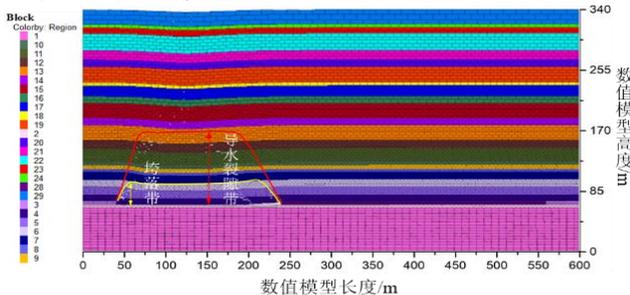


图3 工作面回采 200m 时覆岩演化及两带分布规律

在 11201 面采至 200m 时覆岩演化特征,由图可知,在 11201 工作面回采至 200m 时,40~207m 范围内的工作面顶板充分垮落,垮落带的高度位于 24.3~25.2m 范围内,207~240m 的工作面顶板在 207m 处出现明显的裂隙,产生明显的垮断现象,存在明显的弯曲变形,裂隙逐渐向上扩展,使得导水裂隙带的高度位于 93.5~95.1m 范围内。

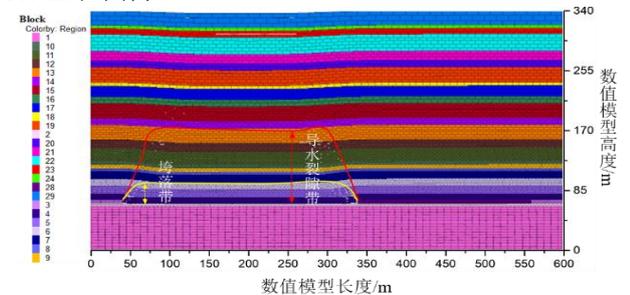


图4 工作面回采 300m 时覆岩演化及两带分布规律

在 11201 面采至 300m 时的覆岩演化特征,由图可知,在 11201 工作面回采至 300m 时,由于 40~340m 范围内的工作面顶板充分垮落,垮落带的高度位于 24.1~25.1m 范围内,采空区上部岩层产生破坏较为明显,存在明显的弯曲变形,裂隙向上扩展,使得导水裂隙带的高度位于 107.3~110.6m 范围内。

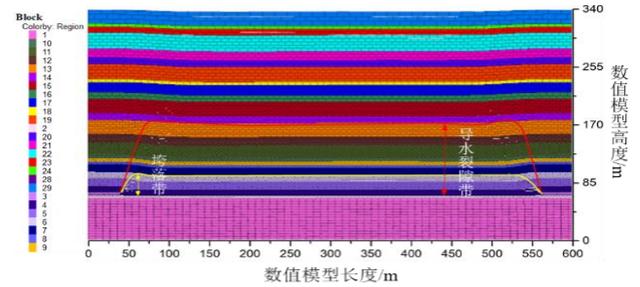


图5 工作面采至 520m 时覆岩演化及两带分布规律

在 11201 面采至 520m 时的覆岩演化特征,由图可知,在 11201 工作面回采至 520m 时,由于 40~560m 范围内的工作面顶板充分垮落,垮落带的高度位于 24.3~25.4m 范围内,采空区上部岩层产生破坏较为明显,存在明显的弯曲变形,裂隙向上扩展,使得导水裂隙带的高度位于 104.3~110.6m 范围内。

在模型 11201 工作面回采过程中,稳定后的导水裂隙带高度范围为 104.3~110.6m,约为采高的 32.59~34.56 倍。

表 1 模型开采过程中两带高度

推进度/m	导水裂隙带	
	高度范围/m	采高倍数
100m	82.7~84.4m	26.44~26.38
200m	93.5~95.1m	29.22~29.72
300m	104.3~110.6m	32.59~34.56
520m	104.3~110.6m	32.59~34.56

2.2 导水裂缝带发育高度经验公式计算

2.2.1 经验公式总结

(1)《建筑物、水体、铁路及主要井巷煤柱留设与压煤开采规程》(以下简称“三下”采煤)中提出了工作面采后导水裂缝带高度的计算公式(表 2)。

表 2 “三下”采煤中采后覆岩冒落裂隙带高度经验计算式

岩性	计算公式之一 (m)	计算公式之二 (m)
坚硬	$H = \frac{100 \sum M}{1.2 \sum M + 2.0} \pm 8.9$	$H = 30\sqrt{\sum M} + 10$
中硬	$H = \frac{100 \sum M}{1.6 \sum M + 3.6} \pm 5.6$	$H = 20\sqrt{\sum M} + 10$
软弱	$H = \frac{100 \sum M}{3.1 \sum M + 5.0} \pm 4.0$	$H = 10\sqrt{\sum M} + 5$
极软弱	$H = \frac{100 \sum M}{5.0 \sum M + 8.0} \pm 3.0$	

(2)中国矿业大学(北京)许延春等教授(2011)收集了 40 多个综采工作面不同覆岩类型的“两带”高度实测数据,采用回归分析法,建立了适用于综放综采工作

面中硬、软弱覆岩条件下的“两带”高度计算经验公式(表3)。

表3 综采“两带”高度的经验公式

覆岩岩性		计算公式
垮落带高度	中硬	$H_m = \frac{100M}{0.49M + 19.12} \pm 4.71$
	软弱	$H_m = \frac{100M}{-1.19M + 28.57} \pm 4.76$
导水裂缝带高度	中硬	$H_{li} = \frac{100M}{0.26M + 6.88} \pm 11.49$
	软弱	$H_{li} = \frac{100M}{-0.33M + 10.81} \pm 6.99$

(3) 唐山煤科院提出的“导水裂缝带”发育高度高度计算经验公式为: 坚硬岩层为 $H_{li}=30M+10$; 中硬岩层为 $H_{li}=20M+10$; 软弱岩层 $H_{li}=10M+10$ 。(式中: M 为煤层有效采厚, 单位为 m。)

2.2.2 经验公式法计算

根据《袁大滩煤矿水文地质补充勘探报告》, 袁大滩煤矿 2 号煤。首采盘区煤层顶板属中硬岩层, 选用中硬岩层经验公式计算“导水裂缝带”发育高度。

(1) “三下”采煤计算公式为:

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

式中:

H: “导水裂缝带”发育高度, m;

M: 采高, m。

(2) 中国矿业大学计算公式为:

$$H_{li} = \frac{100M}{0.26M + 6.88} \pm 11.49$$

式中:

H: “导水裂缝带”发育高度, m;

M: 采高, m。

(3) 唐山煤科院计算公式为:

$H=20M+10$

式中:

H: “导水裂缝带”发育高度, m;

M: 采高, m。

表4 经验公式法计算袁大滩煤矿“导水裂缝带”发育高度成果表

采高	“三下”采煤经验公式		北京矿大经验公式		唐山院经验公式	
	导高	裂采比	导高	裂采比	导高	裂采比
2.0	35.01	17.51	38.52	19.26	50.00	25.00
3.5	43.64	12.47	56.42	16.12	80.00	22.86

根据袁大滩井田首采盘区范围内的 53 个钻孔资料可知, 2 号煤煤层厚度为 1.09~4.26m, 平均厚度约为 1.82m; 2 号煤顶板埋深为 231.37m~388.72m, 平均埋深约为 325.75m; 2 号煤底板标高为+838.80~+1198.87m, 平均约为 900.41m。

袁大滩井田 2 号煤回采过程中的平均采高为 2.2m, 根据经验公式计算, 导水裂缝带发育高度为 36.50~54.00m, 裂采比为 16.59~24.55 倍; 厚煤层区域开采时, 采高为 3.6m, 根据经验公式计算, 导水裂缝带发育高度为 44.06~82.00m, 裂采比为 12.24~22.78 倍。

2.3 实测经验对比计算

周边矿井综采工作面实测裂采比统计:

(1) 2012 年, 陕西省煤田地质局一八五队和中国矿业大学在中能榆阳煤矿施工了两个“三带”探查钻孔, 采高 3.5m, 煤层埋深 190~210m。根据钻孔冲洗液消耗量观测成果综合确定的导水裂隙带高度为 84.8~96.3m, 裂采比为 24.2~27.5。

(2) 2014 年, 陕西煤田地质局一八五队在金鸡滩煤矿首采工作面共布置 3 个钻孔。采用钻孔冲洗液消耗量观测判定导水裂隙带最大高度为 109.72m, 为煤层采高的 19.95 倍。

(3) 2018~2019 年, 陕西省煤层气开发利用有限公司开展了小保当煤矿首采工作面“三带”探查工作。此次探查成果报告中小保当煤矿煤层平均采高为 5.80m, 导水裂隙带发育高度为 152.013~158.779m, 裂采比为 26.21~27.38。

3 结论

表5 不同方法导水裂缝带发育高度结果对比表

计算方法		裂采比 (最小值~最大值/平均值)
经验公式	“三下”采煤经验公式	12.24~16.59/14.41
	北京矿大经验公式	15.99~18.64/17.31
	唐山院经验公式	22.78~24.55/23.66
对比分析法	周边实测-榆阳矿	24.2~27.5/25.85
	周边实测-金鸡滩	19.95
	周边实测-小保当	26.21~27.38
数值模拟		32.59~34.56

对比不同方法预测计算的结果可以看到, 采用经验公式, 计算得到的裂采比相对偏小; 而袁大滩煤矿周边矿井对比分析以及数值模拟计算的结果裂采比则相对较大。与袁大滩煤矿同处于侏罗纪煤田的榆阳矿, 地质条件与袁大滩煤矿比较相似, 参照其实测结果计算得到的裂采比也与数值模拟结果相近, 因此认为, 其结果在袁大滩煤矿的适用性相对较好。

通过以上研究, 袁大滩煤矿 2 号煤开采后“导水裂缝带”发育的“裂采比”约为 30 倍采高。在最大采高为 2.2m 的情况下, 2 煤采后“导水裂缝带”发育高度为 66m; 在最大采高为 3.6m 的情况下, 2 煤采后“导水裂缝带”发育高度为 108m。

4 矿井生产过程中可能遇到的水文地质问题

通过对矿井首采盘区的导水裂缝带研究表明, 袁大滩

煤矿2号煤开采后,采场上覆岩层的导水裂缝带发育高度不会超过直罗组顶板,主要在煤层顶板延安组和直罗组中发育。

2号煤开采直接充水水源为,侏罗系中统延安组砂岩孔隙裂隙承压含水层、直罗组砂岩孔隙裂隙承压含水层,间接充水水源为第四系萨拉乌苏组含水层水、风化基岩裂隙水。

5 顶板水防治技术路线

根据矿井充水水源情况,袁大滩矿井顶板水疏放应以地质与水文地质尤其是沉积相地质分析为基础,以物探富水区查找为指导,以井下疏放水钻孔预疏放为主,回采完成后,顶板垮落自流疏放残余水量的联合疏水方式。应当增加疏水孔数量,提高放水效率。尽可能消耗静储量,引流、截流动态补给量,在实现矿井涌水量“消峰平谷”的同时,减少采空区涌水量。

在日常防治水工作中,采掘工作面应坚持“预测预报,有疑必探,先探后掘,先治后采”的防治水工作原则。具体而言,“预测预报”是在查清矿井水文地质条件的基础上,分采区分工作面进行水害预测预报,针对有可能出现的水害制定防治水措施;“有疑必探”指在预测预报的基础上,对没有把握的区域块段进行综合探查;“先探后掘”

是在综合探查的基础上,确保无水害威胁时,实施采掘和回采作业;“先治后采”指对存在水害威胁的区域,必须采取有效措施确保水害威胁消除后再组织正常生产。

【参考文献】

- [1]宋振骥,宋扬,刘义学.关于采场支承压力的显现规律及其应用[J].山东矿业学院学报,1982,12(12):24-25.
- [2]任德惠,鲜学福,谢晋洋.用相似模型研究采场压力分布规律[J].煤炭科学技术,1981,10(22):33-38.
- [3]鲁岩,樊胜强,邹喜正.工作面超前支承压力分布规律[J].辽宁工程技术大学学报(自然科学版),2008,27(2):184-187.
- [4]薛诚,赵建峰,王港胜.东曲煤矿工作面超前支承压力分布规律研究[J].煤炭科学技术,2011,39(6):9-11.
- [5]张小康,何峰.近距离下煤层综采工作面侧向支承压力分布研究[J].煤炭科学技术,2012,40(6):37-40.
- [6]康天合,薛亚东,靳钟铭.基于围岩条件与动载作用的回采巷道锚杆支护设计原则[J].岩石力学与工程学报,1996,15(12):571-576.

作者简介:张毅(1992-)男,陕西榆林人,大学本科学历,助理工程师,研究方向为煤炭开采工作。