

深部开采底板裂隙突水机理及防治关键技术研究

高校旗 (霍州煤电集团河津腾晖煤业有限责任公司, 山西 临汾 033000)

摘要: 随着矿井采掘深度的不断延伸, 由于煤层赋存条件复杂, 矿井底板突水、冲击地压和煤与瓦斯突出等矿井地质灾害频繁发生。霍州煤电晋南煤业某矿为防治底板裂隙突水, 以该矿南五盘区 2202 工作面底板裂隙突水未研究背景, 对底板裂隙突水进行危险性评价, 采用 FLAC^{3D} 软件建立力学过程数值模拟模型, 结果表明: 裂隙上方扩张宽度约 0.028m, 随着监测层向下, 裂隙扩张宽度逐渐变小, 采用注浆加固技术对底板进行支护, 钻探验证后钻孔的最大涌水量为 6.9m³/h, 每个钻孔的涌水量都小于 10m³/h, 加强了底板的隔水性能, 保证了矿井的安全回采。

关键词: 底板裂隙; 突水机理; 数值模拟; 采掘扰动

Abstract: with the continuous extension of the mining depth of the mine, due to the complex coal seam occurrence conditions, mine floor water inrush, rock burst, coal and gas outburst and other mine geological disasters occur frequently. In order to prevent and control floor fissure water inrush in a coal mine in Jinnan coal industry of Huozhou coal power plant, based on the background that the floor fissure water inrush in 2202 working face in South panel 5 of the mine is not studied, the risk of floor fissure water inrush is evaluated, and the numerical simulation model of mechanical process is established by FLAC^{3D} software. The results show that the expansion width above the fissure is about 0.028m, and the expansion width of the fissure decreases gradually with the downward of the monitoring layer, The grouting reinforcement technology is used to support the bottom plate. After drilling verification, the maximum water inflow of the borehole is 6.9m³/h, and the water inflow of each borehole is less than 10m³ / h, which strengthens the water isolation performance of the bottom plate and ensures the safe mining of the mine.

Key words: floor crack; Water inrush mechanism; Numerical simulation; Mining disturbance

煤炭作为我国的基础能源, 占我国的一次能源消费比例达到 70% 左右。而我国的近 90% 以上的矿井采取的地下开采模式, 由于煤层赋存条件复杂, 矿井透水、冲击地压和煤与瓦斯突出等矿井地质灾害频繁发生。近几年, 随着矿井采掘深度的不断增加, 揭露含水层数量增加和距强含水层近的煤层开采, 煤矿井下底板突水事故频繁发生, 突水量大造成井下人员、设备的安全受到严重威胁, 特别是煤矿采掘机电设备被淹后, 造成巨大的经济损失。为此, 受岩溶裂隙水威胁煤层的突水机理研究和防治水成为保证矿井安全生产的重要课题之一。霍州煤电晋南煤业某矿主要含煤地层是太原组和大同组, 南五盘区 2202 工作面是井田内可采煤层, 可采长度为 750m, 工作面中部及北部的煤层厚度为 1.85m, 南部煤层厚度为 1.3m, 埋藏深度为 450m, 煤层变异系数为 26.5%, 中部含有 1 至 2 层细砂岩夹石, 受采掘扰动影响, 底板裂隙突水事故频发, 严重威胁矿井的安全生产, 为防治矿井底板突水事故, 本文对煤层底板裂隙的突水危险性和防治技术进行分析研究^[1]。

1 矿井地质概况

晋南煤业某矿 2202 工作面主要开采太原组 2[#] 煤层, 煤层平均厚度 6.5m, 煤层倾角为 2.6°, 直接顶是中砂岩, 平均厚度 2.3m, 直接底是细砂岩, 厚度为 1m, 在 2202 工作面掘进期间, 底板裂隙高度发育, 含水层主要是奥灰水裂隙含水层组, 单位涌水量为 0.835L/s·m,

底板隔水层为 45m, 煤层构造简单, 仅发育一些宽缓褶皱, 掘进期间共揭露断层 19 条, 1m 以上的断层 8 条, 影响范围达 350m, 断层呈带状分布, 附近伴有节理, 有较好的透水性, 在过断层时, 会出现活化, 造成导水裂隙带发育, 引发突水事故。

2 底板裂隙突水评价研究

2.1 底板裂隙突水数值模拟

霍州煤电晋南煤业某矿 2202 工作面倾向长度为 165m, 中细砂岩煤层厚度为 39m, 细砂岩厚度为 9.5m, 底板断层发育, 给模型上方施加岩石自身重应力以及太灰孔隙水压力, 模型示意图如图 1 所示。

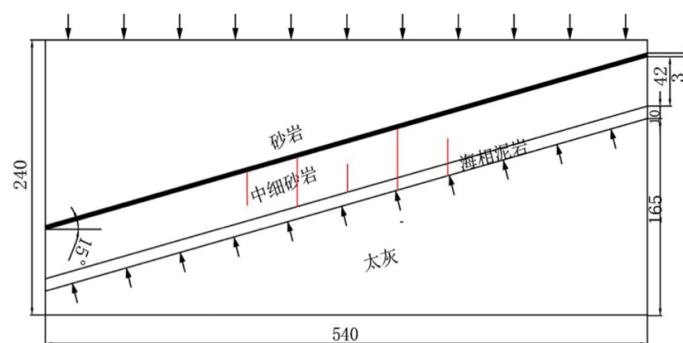


图 1 工程模型示意图

根据矿井的地质概况, 综合考虑岩石的物理力学特性, 运用三维有限差分算法, 采用 FLAC^{3D} 软件建立力

学过程数值模拟模型，建立沿走向长度 300m，倾向宽度 540m，高度 240m 的模型，共划分 87480 个单元，93940 个结点，对模型的侧面进行水平约束，底面进行垂直约束，上面施加垂直载荷。现场取得岩石力学参数结果如表 1 所示。

表 1 岩石力学参数

岩性	容重 / kg/m ³	弹性模量 / GPa	内摩擦角 / °	泊松比	粘聚力 / MPa	抗拉强度 / MPa
中砂岩	2650	79.52	41	0.298	11	4.6
煤	1440	2.81	36	0.463	2.09	0.35
细砂岩	2660	54.83	36.5	0.297	4.41	3.3
泥岩	2660	46.1	36.7	0.335	2.77	1.71
太灰	2670	60.4	41	0.295	12.16	8.46
破裂带介质	1320	0.913	30	0.268	0.072	0.12

2.2 底板裂隙突水分析

煤层底板裂隙发育，在上覆采动作用影响下，形成导水通道，从而引发底板裂隙突水，在采动过程中，工作面周围引起应力集中，采空区两侧出现压应力集中，煤层顶底板出现张应力，底板导通裂隙没有出现张应力集中。在开采长度 90m，距离切眼 45m，沿煤层倾斜方向的切面剪应力增量，可以看出，在裂隙发育地带，剪应力的增量达到最大值，垂直位移也较大，且裂隙左侧的位移向左，裂隙右侧的位移向右，在垂直应力和太灰孔隙压力的作用下，使裂隙扩张，使不导水的裂隙也出现导水危险，使导水裂隙导通性增强，越靠近工作面，扩张越厉害。

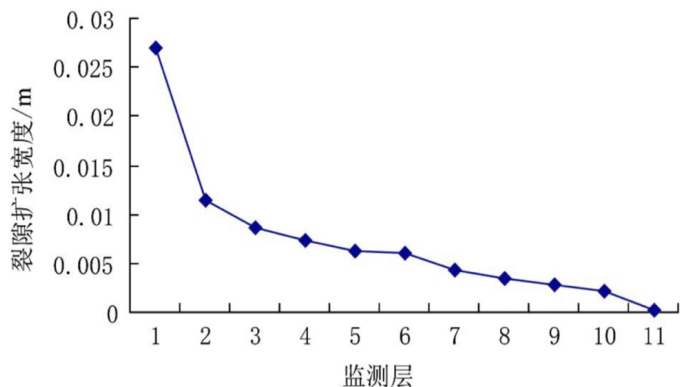


图 2 监测层裂隙扩张宽度

建立裂隙模型，在裂隙旁设置 22 个监测点全程监测该点在 X 方向的位移，即可得到该层裂隙扩张宽度，如图 2 所示，可以看出，裂隙上方扩张比较严重，扩张宽度约 0.028m，随着监测层向下，裂隙扩张宽度逐渐变小。

3 底板裂隙防治水技术应用分析

3.1 防治方案

晋南煤业在对底板裂隙突水进行防治时，采取底板注浆对工作面进行注浆支护，为了使浆液分布均匀，封堵导水裂隙，将底板分为采动破坏层、加固层和改造层，通过打钻孔对改造层进行注浆，形成加固层，确保底板采动破坏层稳固，注浆加固支护图如图 3 所示。具体地，采用网格法布置钻孔，在工作面运输顺槽共布置 16 个钻场，在回风顺槽共布置 14 个钻场，每个钻场上下间隔 33m，左右间隔 58m，布置钻孔 200 个，选用水泥和粉煤灰作为注浆材料，注浆压力为 15MPa，注浆浆液扩散半径为 25m，钻孔直径为 75mm，在每个钻孔上安装二级套管，共施工注浆加固钻孔 3153m。

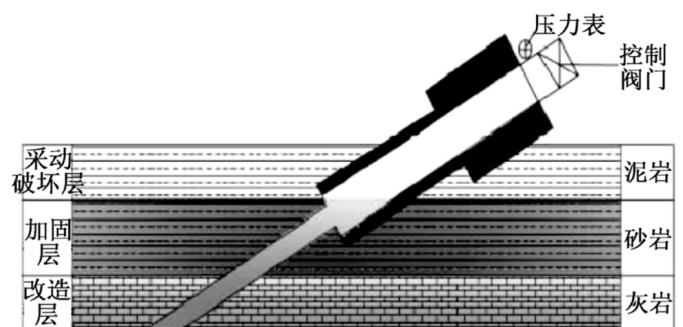


图 3 底板注浆示意图

3.2 效果分析

对注浆加固后的钻孔进行钻探验证，在工作面运输巷和回风巷交叉布置 5 个验证钻孔，钻孔深度为 45m，检验钻孔的涌水量，可以看出，1# 钻孔的涌水量为 1.7m³/h，2# 钻孔的涌水量为 3.3m³/h，3# 钻孔的涌水量为 3.5m³/h，4# 钻孔的涌水量 4.1m³/h，5# 钻孔的涌水量为 6.9m³/h，可见，检验钻孔的最大涌水量为 6.9m³/h，每个钻孔的涌水量都小于 10m³/h，使用底板注浆加固技术可以加强底板的隔水性能，提高回采的安全性。

4 结论

霍州煤电晋南煤业某矿为防治该矿南五盘区 2202 工作面底板裂隙突水，对底板裂隙突水进行危险性评价，采用 FLAC^{3D} 软件建立力学过程数值模拟模型，模拟研究结果：裂隙上方扩张比较严重，扩张宽度约 0.028m，随着监测层向下，裂隙扩张宽度逐渐变小。钻孔的最大涌水量为 6.9m³/h，每个钻孔的涌水量都小于 10m³/h，使用底板注浆加固技术可以加强底板的隔水性能，有效保证矿井的安全回采作业。

参考文献：

[1] 姚邦华, 王连成, 魏建平, 等. 煤矿陷落柱突水的变形 - 渗流 - 冲蚀耦合模型及应用 [J]. 煤炭学报, 2018(7):2007-2013.

作者简介：

高校旗 (1992-)，2017 年 7 月毕业于安徽理工大学地质工程专业，本科，工程师，从事煤矿地质管理工作。