镇城底矿 22213 工作面过断层注浆加固技术的应用

苑江龙（西山煤电集团有限责任公司镇城底矿，山西　太原　030053）

摘　要：煤岩体注浆加固是采用化学浆液来充填和固结围岩的断裂面，提高围岩整体性，保证围岩稳定。镇城底矿为了解决过断层巷道顶板变形大的问题，本文以 22213 工作面为工程背景，利用数值模拟软件对注浆前后及不同注浆材料下的顶板下沉量进行分析，发现加固后顶板下沉量明显减小，且随着注浆孔距离的减小，顶板下沉量逐步减小，顶板稳定性好，为煤矿安全生产提供参考与借鉴。

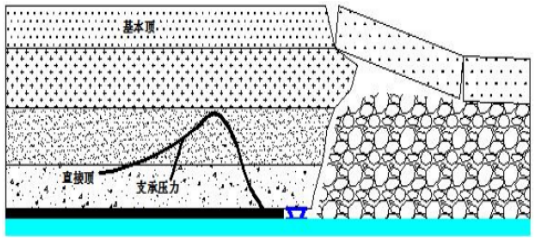
关键词：注浆加固；断层构造带；数值模拟；煤体强度

1 引言

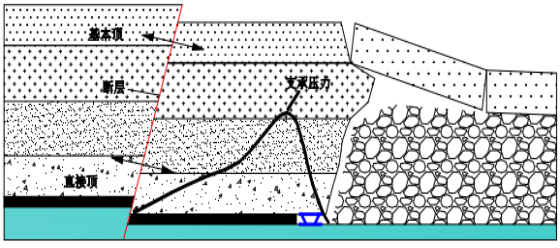
随着我国开采年限的不断增加，煤炭资源的开采由赋存较为简单的煤层逐步向着赋存较为复杂的煤层进行转移。煤矿进行作业过程中，各种地质特征的存在对矿山开采十分重要，一旦遭遇断层工作面时，工作面的顶板变形量增大，导致工作面控制难度增加，十分容易导致冒顶、片帮事故，威胁矿山的正常生产。此前众多学者对此进行过一定的研究。本文以镇城底矿为研究背景，利用数值模拟软件对巷道过断层注浆支护进行研究，为矿山安全生产提供一定的参考。

2 矿井概况及数值模拟研究

镇城底矿位于山西省古交市西北处，矿井田占地面积约 16.63km^2，矿井西北走向 6.6km，南北走向平均宽度约为 3.6km，镇城底矿年设计生产能力为 190 万 t。22213 工作面现主要开采太原组 2#、3# 煤层，采用的是综采放顶煤采煤工艺。3# 煤层的 22213 工作面进行开切眼布置时，遇到正断层，造成工作面破碎而不稳定，造成工作面支护困难，所以本文对断层注浆支护进行研究。



（a）无断层围岩受力



（b）有断层围岩受力

图 1　无断层与有断层围岩受力

当大倾角的综采面回采过程中遇到断层的破碎带，此时由于断层区域的岩体完整性较差，岩体的强度较低，此时在破碎带周边的顶板出现大变形和运移的可性大幅度提升，尤其是在倾斜工作面的上端顶板岩体。所以在此范围内的应力情况十分复杂，围岩的控制难度也十分大，特别是由于大倾角走向长壁工作面的支护本来就是一个难题，当遇到断层后无疑十分困难。在遇到断层后难以保证顶板的稳定和支架的稳定。当回采工作面推进至断层破碎带时，断层的倾向沿着开采的方向，工作面推进至应力集中位置时，此时回采工作面前方的煤（岩）体支承压力会出现大幅度的提升。此时煤体或岩石中会出现明显的缝隙，煤层及煤柱的强度降低大幅度降低，底板的稳定性减小，峰值压力出现的位置逐渐向着岩体前端进行转移，且峰值压力增加 [1]。无断层与有断层围岩受力对比如图 1 所示。

在大倾角工作面开采时会造成围岩应力不均匀分布，所以造成不同位置的矿压显现情况不同，且由于应力分布不均匀使得顶板的垮落速度与底板破坏的速度也是不同的，导致工作面的围岩支架系统不稳定，使得工作面容易发生事故。

本次对过断层注浆加固的研究是以镇城底矿 22213 为研究对象，对工作面断层破碎顶板稳定性的一种注浆加固技术。采用数值模拟对断层注浆支护进行一定的研究，注浆加固技术研究可以实现的数值模拟主要含有限元法、离散元和有限差分法等。本文，主要通过对比注浆材料、注浆参数等因素对断层破碎顶板的加固效果进行分析，本文采用有限差分法模拟软件 FLAC3D 进行模拟分析。

在选择注浆材料时，通常可以分为水泥类浆液与化学类的浆液。常见的化学类浆液主要是由环氧树脂类的固化剂。跟前先前的研究发现水泥浆在水灰比为 1:0.8 时的扩散性好，但是其加固的强度较低，所以不予选择。当水泥浆在水灰比为 1:1 时，此时的扩散性差但强度较好，所以本文为了保障单一变量的原则，决定选择水泥浆在水灰比为 1:0.8 时进行数值模拟研究 [2]。

首先进行数值模拟模型的建立，对实际的地质条件进行一定的简化，设计三维立体模型。由于本文主要研究断层破碎顶板区域，所以对断层破碎区进行设计，根据资料可知断层破碎带的影响的范围大致为沿着走向长度 60m 的范围内，且断层的类型为正断层，正断层的倾角为 50°，上下落差达到 5m。工作面的长度设计为 180m，但是由于模拟存在一定的边界效应，边界效应的存在在一定程度上会影响模拟的结果，所以为了避

免边界效应，在模型的两端各留 150m 的边界效应区，所以模型的总长度为 480m。开切眼巷道的宽度设计为 7.8m，煤层高约为 3m，煤岩层为近水平分布，巷道顶板的冒落高度为 10m。所以模型的宽度及分别为 200m 和 65m。将模型视为均匀连续介质。模型选用 Mohr-Coulomb 准则，完成模型设计。对模型进行边界条件设置，在整个模型的下边界设定为固定约束，限制模型 X，Y，Z 方向的移动。在模型的四周设定水平方向的约束，限制四边水平方向的位移。在模型的上端施加均布分的载荷，根据实际计算，设定在模型上端施加的覆岩自重应力为 5.56MPa。根据实际地质情况对岩石的属性进行设置，完成所有设置后对模型进行计算 [3]。

3 数值模拟分析

在巷道直接顶布置监测点，监测切眼巷道开挖过程中的顶板的变化情况，监测点的布置按照随着距离断层距离的减小而密的原则进行布置，一共布置 104 个监测点。首先对加固前的位移云图进行研究，模拟云图如图 2 所示。

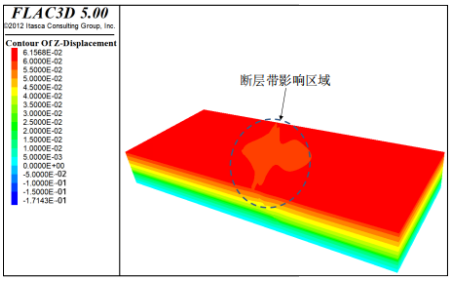


图 2 加固前模拟云图

如图 2 所示，模拟负值代表顶板向下位移，可以看出加固前的岩层的位移量较大，在模型的位移量最大值已经达到 171.43mm。同时，在断层带的影响区域覆岩层位移量与其他区域的覆岩位移量大不相同，这是由于断层的存在使得覆岩发生一定的错动，使得覆岩变形量增大 [4]。

通过对不同注浆材料下的巷道顶板下沉量进行模拟研究，利用 Origin 软件绘制曲线图如图 3 所示。

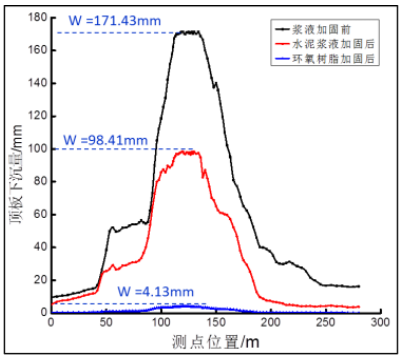


图 3 不同注浆材料下顶板下沉量对比曲线

从图 3 可以看出，在不经过注浆加固和选择两种注浆加固方法后，顶板的下沉曲线随测点位置的变化均呈现出先增大后减小的趋势，且均在测点位置为 125m 的位置取到最大值。同时未经注浆加固时顶板的下沉量最大值为 171.43mm，而经过水泥浆注浆加固后的顶板的下沉量最大值为 98.41mm，当选择环氧树脂注浆加固后，此时的巷道顶板最大下沉量仅为 4.13mm。环氧树脂浆液能够更好的强化对顶板的稳定性，加固后顶板的下沉量明显减小，且加固效果明显大于水泥浆 [5]。

对注浆工艺参数对加固的影响，根据浆液的扩散性质，设计对比值 λ，用于表示注浆孔的间排距和浆液扩散距离的几何倍数关系，分别选择 1、1.5、2 进行分析，模拟结果绘制如图 4。

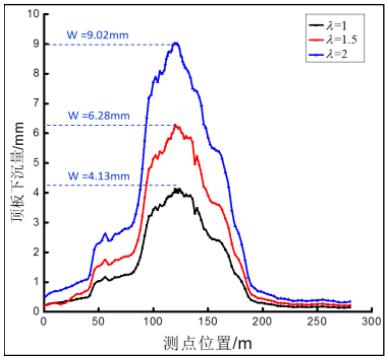


图 4 不同 λ 值下顶板下沉量曲线

从图 4 可以看出，顶板下沉量曲线随着测点距离的增大同样呈现出先增大后减小的趋势，同样在 12m 的位置取到三种 λ 值的下沉最大值。当 λ 为 2 时，此时的顶板下沉量取到最大值为 9.02mm，为三种 λ 值中的最大值。当 λ 为 1.5 时，此时的顶板下沉量取到最大值为 6.28mm，当 λ 为 1 时，此时的顶板下沉量取到最大值为 4.13mm，为三种取值中的最小值，可以看出随着间排距的增大，巷道顶板的加固效果降低，巷道顶板下沉量增大，岩石的稳定性下降。

4 结论

①为了研究过断层巷道支护技术，本文以镇城底矿为研究背景，对有无断层的围岩受力进行分析，并建立了数值模拟模型，为后续的模拟研究提供基础；

②利用数值模拟软件对不同注浆材料及无注浆条件下的巷道顶板下沉量进行分析，发现注浆加固后顶板的变形量显著降低，且利用环氧树脂加固后顶板下沉量最小；

③利用数值模拟软件对不同 λ 值下的巷道顶板下沉量进行分析，发现随着 λ 值的增大，顶板下沉量逐步降低，当 λ 值为 1 时下沉量最小。

参考文献：

[1] 董凯 . 注浆加固在倾斜煤层综采面过断层带中的应用 [J]. 煤 ,2015(08):19-21.

[2] 马智慧 . 煤层巷道过断层带加固技术应用研究 [J]. 煤矿现代化 ,2015(03):108-109.

[3] 赵春波 . 大采高工作面过断层深孔注浆加固技术研究 [J]. 山东煤炭科技 ,2019(11):21-23.

[4] 耿峰 . 双巷掘进工作面过断层注浆技术应用研究 [J]. 山东煤炭科技 ,2019(6):35-36.

[5] 刘昊鹏 . 西铭矿综采工作面过断层注浆技术应用 [J]. 煤矿现代化 ,2018(1):8-10.