镇城底矿 22212 工作面采动影响下覆岩裂隙破坏规律研究

张　亮（西山煤电集团有限责任公司镇城底矿，山西　太原　030053）

摘　要：为深入研究浅埋厚基岩回采工作面巷道围岩应力演化及覆岩破坏规律，以镇城底矿 22212 工作面为工程案例，采用 FLAC 3D 数值模拟软件构建回采工作面模型，对工作面采掘过程中上覆岩层应力拱的演化，覆岩破坏和裂隙发育进行研究，结果表明：随着工作面推进，在顶板围岩形成稳定的“压力拱”结构；超前支承压力稳定在工作面前方 25m 左右；通过工作面覆岩切向应力曲线发现未充分采动时，超前支承压力变化较大；充分采动时，超前支承压力逐渐趋向稳定，同时也为矿井地质条件相类似工作面的安全回采提供参考与借鉴。

关键词：综采工作面；覆岩应力；数值模拟；塑性区；卸压区

0 引言

在煤层开采过程中，采场围岩应力复杂多变。开采初期，只在切眼，工作面及两帮煤壁附近形成应力集中区域。随工作面的推进，采空区中部一部分原有卸压区域逐渐压实，形成应力集中区。

特别是工作面回采期间自开切眼到采空区初次来压期间，基本顶与老顶的应力发生卸荷，导致采空区周围出现明显的应力集中，而在回采工作面的推进过程中，煤壁前方的超前支承压力长期处于动态的变化过程，支承压力的显现特征通常通过支承压力的分布范围，分布形式以及应力峰值来表示。

本文以镇城底矿 22212 工作面为工程背景，通过建立数值模拟模型对煤层回采工作面前方煤壁的应力及塑性破坏进行探究，得到回采工作面采动应力的分布特征及其演化规律，为矿井的安全回采提供参考与借鉴。

1 矿井概况

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。22212 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。镇城底矿 22212 回采工作面位于南二采区，工作面走向长度 1795m，倾向长度 193m，煤层平均厚度 3.2m。

2 围岩应力分布规律分析

地下煤体在开下之前，原岩体处于应力平衡状态，而煤炭的开采破坏了原岩应力的力学平衡状态，从而引起回采工作面周围岩体的增压与卸荷。

随着工作面的向前推进，在工作面前方形成应力分区，根据切向应力大小可以分为增压区、减压区和稳压区。在煤层开采完以后，采空区上部岩层重量向采空区周围岩体转移，从而在采空区周围形成支承压力带。随着工作面向前推进，在煤壁前方形成超前支承压力，在工作面后方形成采空区支承压力，在倾向方向形成残余支承压力。

近水平煤层开采，工作面长度方向和推进方向“压力拱”壳基本呈对称形态，覆岩内“压力拱”主要有以下特征：

①顶板岩层破裂并在自重作用下逐渐冒落充填采空区，岩体内应力达到一种新的平衡而不再移动。随着工作面的推进，又打破新的平衡，顶板岩层破裂继续充填采空区。岩体的移动就是这种“破裂 – 平衡”往复循环过程，直至形成一个整体的自稳状态；

②“压力拱”线位于工作面覆岩弯曲带和采场周围未失稳煤岩体中，在工作面长度和推进方向上具有几何形态近似对称性；

③“压力拱”拱壳存在于尚未断裂的覆岩中，拱高一般大于采动覆岩裂隙发育的最大高度；

④“压力拱”以内的岩体均受压应力作用，以拉应力为 0 的曲线作为最低的“压力拱”线。

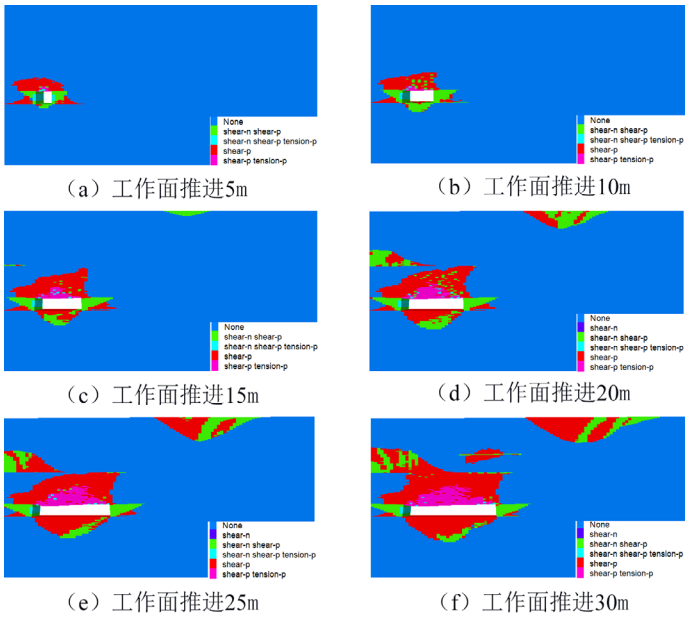
3 数值模型建立及参数设计

基于镇城底矿 22212 工作面地质条件，构建尺寸为 100m × 40m × 10m 数值模型，煤层顶板岩体成分组成主要为粉砂岩和泥砂岩，底板岩体成分组成主要为细粒砂岩和中粒砂岩。根据平面应力条件，在模型的前后、左右以及下表面采用应力约束，在上表面施加 10MPa 压力用来模拟上覆岩层重量，煤层顶底板具体物理参数自上而下依次是粉砂岩平均厚度 17m，密度 2540kg · m^{-3}，抗拉强度 3.8MPa；泥岩平均厚度 10m，密度 2500kg · m^{-3}，抗拉强度 1.8MPa；煤层平均厚度 4m，密度 1390kg · m^{-3}，抗拉强度 1.53MPa；细粒砂岩平均厚度 4m，密度 2560kg · m^{-3}，抗拉强度 3.6MPa；中粒砂岩平均厚度 15m，密度 2550kg · m^{-3}，抗拉强度 3.4MPa。同时，在煤层覆岩布置 29 个应力监测点以监测工作面前后方覆岩应力变化。

4 覆岩塑性区分布演化特征

图 1 为工作面覆岩塑性区形态，从图中可以看出随着工作面的向前推进，采空区上方基本顶塑性区形态为拉破裂与剪破裂，说明基本顶的垮落原因主要是由于基本顶上部岩层重量所造成的拉剪混合破裂。在工作面前方的煤体破坏主要以剪切破坏为主。

随着工作面推进，上覆岩层发生应力重分布，在回采空间上方形成“压力拱”结构，而该结构随着回采面的向前推进在不断失稳及重新形成，在上覆岩层形成一个稳定结构。



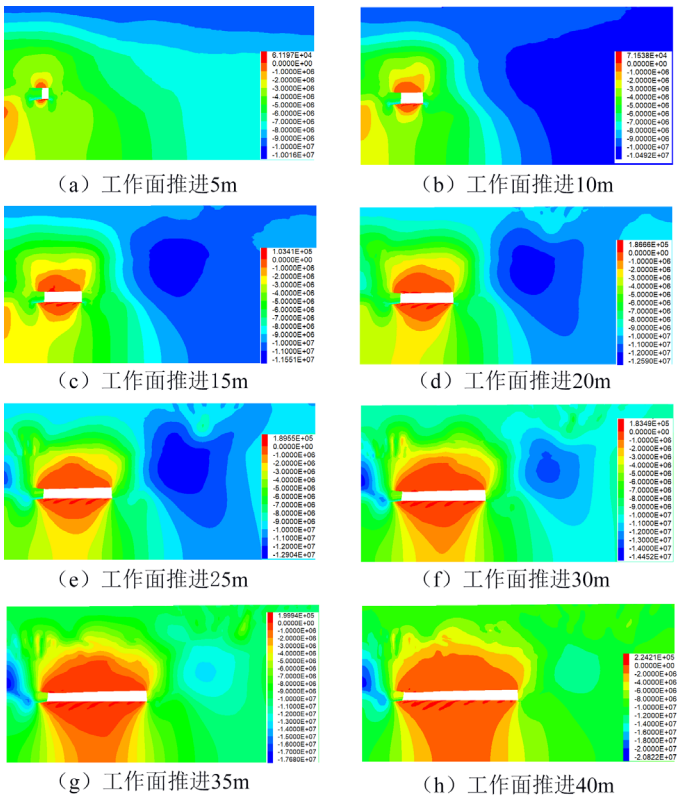
（a）工作面推进5m　（b）工作面推进10m

（c）工作面推进15m　（d）工作面推进20m

（e）工作面推进25m　（f）工作面推进30m

图 1 覆岩塑性区分布

5 采动应力分布演化特征



（a）工作面推进5m　（b）工作面推进10m

（c）工作面推进15m　（d）工作面推进20m

（e）工作面推进25m　（f）工作面推进30m

（g）工作面推进35m　（h）工作面推进40m

图 2 回采工作面切向应力分布

图 2 为工作面向前推进时切向应力云图，当工作面第一次向前推进时（见图 2，a），可以明显的看出在巷道周围出现了不同程度的泄压，上覆岩层的重量向工作面前后方深部围岩转移，而在工作面顶底板围岩出现了拉应力集中，说明顶底板容易发生拉破坏，在煤层开采的时候应采取相应的对顶底板的支护措施。随着煤层向前推进，工作面前方 25m 左右逐渐出现超前集中应力（见图 2，c–d），当工作面推进 25m 时，在停采线后方同样出现应力集中，而工作面前方的集中应力逐渐向深部转移。随着工作面的向前推进，应力集中系数在逐渐变大，集中应力向围岩深部转移。通过切向应力云图可以看出“应力拱”结构随着工作面的推进逐渐向深部发育，使得采场上方形成一个稳定的应力结构。

在 FLAC3D 中调出 29 个应力监测点的切向应力（见图 3），在工作面推进 5m 时，覆岩受采动影响应力均低于原岩应力，切向应力处于减压区范围，但应力曲线呈先减小后增大的趋势。当工作面推进 10m 时，覆岩进一步卸压，切向应力仍处于减压区。当工作面推进 15m 时，覆岩卸压至 0，说明工作面后方切向应力为 0 的监测点所处的基本顶均已垮落，由此可判断本煤层的初次来压步距为 15m 左右，此时覆岩切向应力曲线出现了明显的应力峰值。随着工作面进一步推进，应力为 0 的区域进一步变大，曲线应力峰值变大且向深部转移。而在未充分采动时，超前支承压力变化较大，当充分采动时，超前支撑压力逐渐趋于稳定。

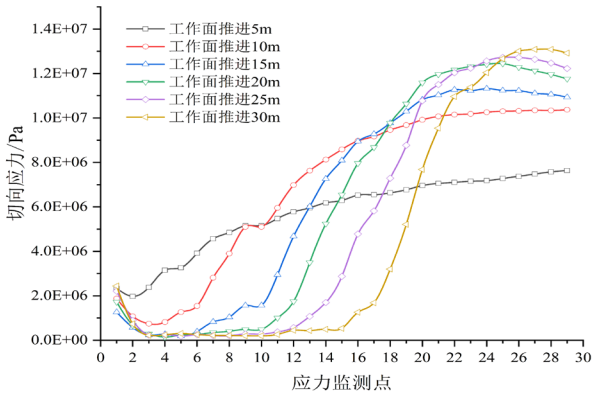


图 3 覆岩切向应力

6 结论

通过以上模拟研究分析得出以下结论：

①工作面推进 5m–30m 期间得到了覆岩塑性区分布特征及切向应力演化特征，发现回采面后方基本顶垮落是由于岩层拉剪混合破裂造成的，而在切向应力云图中，一个稳定的“应力拱”随着工作面推进逐渐形成；

②通过调出覆岩切应力曲线，发现初次来压步距在 15m 左右，在未充分采动时，超前支承压力变化较大，当充分采动时，超前支撑压力逐渐趋于稳定，超前支承压力基本位于 25m 左右。

参考文献：

[1] 张学成 . 两次采动影响下巷道围岩变形规律研究 [J]. 现代矿业 ,2010,26(08):113-115.

[2] 靳苏平 . 王庄煤矿综放开采地表移动与覆岩破坏规律研究 [J]. 矿山测量 ,2009(03):42-43+92.

[3] 邸晟钧、张少彦、曹勇、薛磊 . 综采工作面采动覆岩破坏形态与应力演化规律研究 [J]. 山西焦煤科技 ,2020,44(9):5.

[4] 姚晋宝 , 杨昌永 , 郝春生 , 等 . 平舒矿 81112 综采面采动影响下覆岩裂隙破坏规律研究 [J]. 中州煤炭 ,2019,41(05):136-140.

[5] 樊晓飞 . 综放采动影响下煤巷围岩变形破坏规律研究 [J]. 山西焦煤科技 ,2019,43(09):49-52.