

正利矿切顶卸压围压稳定性控制技术研究

冀明星（山西焦煤集团岚县正利煤业有限公司，山西 岚县 033500）

摘要：切顶卸压沿空留巷技术有增加煤炭采出率，减少巷道掘进量等优点，得到广泛应用。正利矿为解决14-1104工作面坚硬顶板难垮难落难题，采用切顶卸压沿空留巷工艺，并采用数值模拟结合工业试验的研究方法，对不同切顶高度及不同切顶角度下围岩的变形量进行研究，实践取得良好效果，为不同地质条件下的切顶卸压围岩压力控制提供参考。

关键词：切顶卸压；围岩变形；沿空留巷；数值模拟；覆岩变形机理

0 引言

在煤矿的日常生产过程中，坚硬顶板难垮难落一直是困扰其生产的重要因素，坚硬顶板是指巷道覆岩由硬度较大的岩石组成，在开采过程中极难发生垮落，形成大面积的悬顶，悬顶一旦垮落极易造成大面积飓风，威胁着矿山人员内的安全生产，同时大面积的悬顶造成工作面变形严重，支护难度大，对于留煤柱开采的矿山，大面积悬顶会造成煤柱尺寸的增大，降低矿山经济效益。所以对坚硬顶板的治理成为了矿山学者的重要研究课题，目前针对坚硬顶板常见的切顶卸压方法主要有聚能爆破切顶卸压、水力压裂切顶卸压等，其原理主要通过预制钻孔中进行聚能，使得在覆岩中形成多条裂缝，以此来降低覆岩稳定性，达到及时垮落卸压的目的，但在切顶卸压过程中切顶参数对于巷道稳定性有着至关重要的影响，本文以正利矿14-1104工作面为研究背景，利用数值模拟软件对不同切顶参数下巷道稳定性进行研究，为提升矿山稳定性作出一定的参考。

1 矿井概况

正利矿位于山西省吕梁市岚县社科乡葛铺村，井田面积9.26km²，资源储量2.2亿t，可采储量7062万t，设计生产能力150万t/a。14-1106工作面标高910m~925m，煤层埋深为326m~407m，工作面主采3#煤。14-1104工作面位于正利矿南六采区，主要开采3#煤层，3#煤层平均厚度为3.72m，煤层平均倾角为3°，其巷道覆岩主要是由细砂岩、砂质页岩、中砂岩等岩石组成。覆岩强度较大，造成工作面形成大面积悬顶，所以为了解决14-1104工作面顶板难垮难落的问题，对工作面进行切顶卸压是十分有必要的。

2 数值模拟建模分析

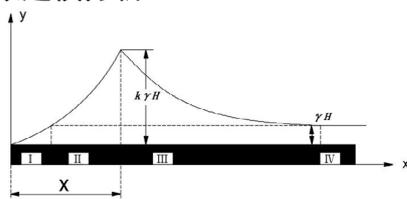


图1 煤体的塑性变形区应力分布示意图

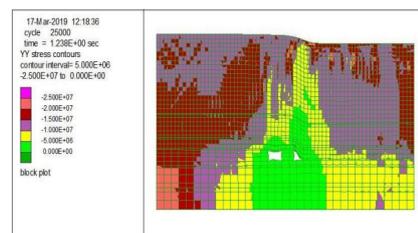
在14-1104工作面进行回采后，此时的巷道围岩应力重新分布，巷道的护巷煤柱支撑着上覆岩层的重力，此时随着回采工作面的推进，煤体受到的应力逐步向着

工作面推进方向转移，且随着推进距离的不断增加，此时的巷道覆岩的自重逐步向着煤柱侧帮移动，极易造成巷道工作面的失稳现象。如图1为煤体的塑性变形区应力分布示意图。

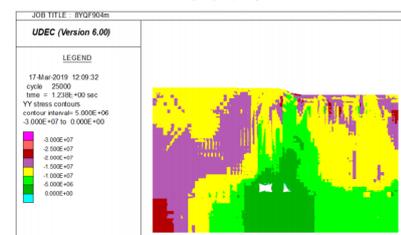
由图1可知，煤柱受到的超前支撑应力随着工作面推进逐步呈现出先增大后减小的趋势，此时根据超前支撑影响范围可将受力区分为4个区域，分别为I破碎区、II塑性分布区、III弹性分布区、IV原岩应力区，切顶卸压可以有效降低煤柱承载力。

为了切顶卸压进行研究，本文采用数值模拟软件对其进行模拟研究，首先进行模型的建立，在建立数值模拟模型时考虑镇城底矿实际地质情况建立，基于摩尔库伦模型建立模型的长宽分别为120m、56m，选取煤层厚度2.5m，巷道的长宽分别为4m、3m，根据勘察地质情况对模型进行物理参数设定，分别对模型密度kg/m³、体积模量GPa、剪切模量GPa、内摩擦角°、粘聚力MPa、抗拉强度MPa等进行设定，完成物理参数设定后对模型进行约束设置，限制模型左右两边水平方向的位移，限制底面移动，完成模型设定后，进行模拟计算。

3 数值模拟分析



(a) 围岩受力云图



(b) 围岩变形云图

图2 切顶高度4m下围岩应力应变云图

为验证切顶卸压沿空留巷的效果，本文对不同切顶高度下的围岩稳定性进行模拟研究，首先给定切顶角度为90°，选定模型的切顶高度分别为4m、8m、12m和

16m, 切顶高度 4m 的应力应变模拟结果如图 2 所示。

当设定切顶高度为 4m 时, 此时在煤帮左侧的位置出现应力集中的现象, 此处的应力最大值为 17MPa, 应力集中系数为 3.2, 承担着主要的围岩应力, 在距离巷帮 3.8m 左右位置出现侧应力集中, 侧应力的集中对于围岩的控制较为复杂, 所以会造成巷帮出现较大的变形, 从而导致巷道的维护成本加重, 严重时会导致留巷的失败, 威胁矿山人员的安全。切顶高度为 4m 时巷道两帮的移近量为 0.61m, 此时的顶板变形量为 0.41m, 底板的底鼓量为 0.26m, 为了更好的对比不同切顶高度下的围岩变形量, 将四种切顶高度下的围岩变形量进行绘制, 绘制的折线图如图 3 所示。

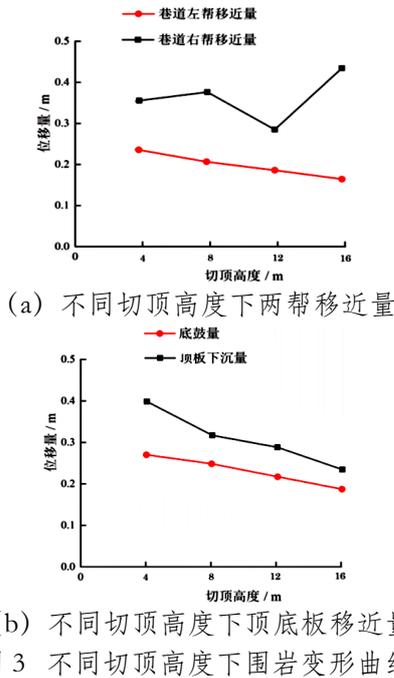


图 3 不同切顶高度下围岩变形曲线

如图 3 (a) 不同切顶高度下两帮移近量可以看出, 随着切顶高度的增大, 巷道左帮的移近量逐步减小, 当切顶高度为 4m 时此时的左帮移近量为 0.24m, 当切顶高度增大至 8m、12m、16m 时的左帮移近量分别为 0.21m、0.18m 和 0.16m, 而随着切顶高度的增大, 右帮的移近量呈现出不规则变化, 当切顶高度为 12m 时, 此时的巷道右帮移近量最小为 0.28m。随着切顶高度的不断增加, 巷道的顶板下沉量及底板的底鼓量局呈现出单调递减的趋势, 当切顶高度为 4m 时, 此时的巷道顶板下沉量为 0.41m, 巷道的底鼓量为 0.26m, 当切顶高度为 16m 时, 此时的巷道顶板下沉量为 0.26m, 巷道的底鼓量为 0.2m。可以看出以为的增大切顶高度并不是最佳选择, 选定合适的切顶高度即可以保障巷道的稳定性, 在一定程度上也可以降低成本, 本文模拟出的合理切顶高度为 12m。切顶角度对于切顶卸压效果也是重要的影响因素, 所以合理的选择切顶角度对于护巷也十分重要, 所以对不同切顶角度下巷道的稳定性进行一定的研究, 本文选定的切顶角度分别为 10°、15°、20°、30°、45°, 模拟结果如图 4 所示。

从图 4 (a) 可以看出, 当切顶角度为 10° ~ 30° 时,

此时的两帮移近量呈现逐步降低的趋势, 当切顶角度为 10° 时, 此时的左右帮移近量分别为 0.31m 和 0.25m, 当切顶角度为 30° 时此时的左右帮移近量出现曲线最小值分别为 0.28m 和 0.18m, 当切顶角度继续增大值 45° 时, 此时的左右帮移近量分别为 0.39m 和 0.23m。从图 4 (b) 可以看出, 随着切顶角度的增大, 顶板下沉曲线出现不规则变化, 当切顶角度为 15° 和 30° 时, 顶板下沉量出现最小值 0.39m, 而底板的底鼓量随着切顶角度的增大出现先减小后增大的趋势, 在切顶角度为 15° 时出现最小值为 0.22m, 切顶角度为 30° 时底板的变形量为 0.24m。从不同切顶角度下围岩变形情况可以看出, 围岩的变形量大小与切顶角度有着密切的关系, 当切顶角度为 30° 时, 此时两帮移近量与顶底板变形量均较小, 所以本次模拟的最佳切顶角度为 30°。

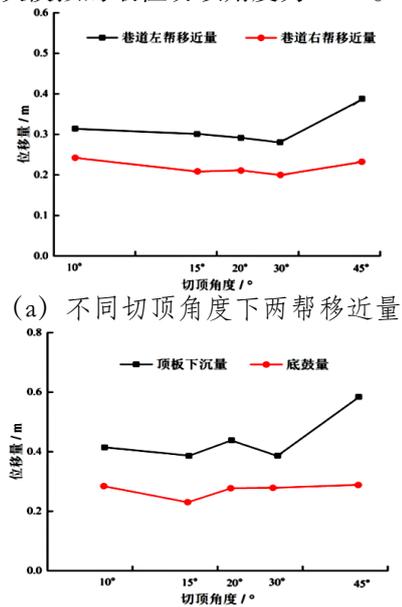


图 4 不同切顶角度下围岩变形研究

4 结论

①本文利用数值模拟软件对切顶卸压围岩受力及变形情况进行了分析, 发现煤帮左侧的位置出现应力集中, 应力值为 17MPa; ②利用数值模拟对不同切顶高度下的围岩变形情况进行研究, 确定最佳的切顶高度为 12m; ③利用数值模拟对不同切顶角度下的围岩变形情况进行研究, 确定最佳的切顶角度为 30°。

参考文献:

- [1] 张功. 水力压裂弱化技术在坚硬顶板采煤工作面的应用 [J]. 山东煤炭科技, 2020(06):21-23.
- [2] 王成帅, 杨永康, 等. 大采高工作面矿压显现规律及顶板控制技术研究 [J]. 山西煤炭, 2020,40(02):10-13+22.
- [3] 王振. 水力压裂切顶卸压技术在煤峪口矿 8712 工作面的应用研究 [J]. 煤矿现代化, 2020(04):28-31.
- [4] 秦红强. 工作面切顶卸压沿空留巷无煤柱开采技术 [J]. 煤, 2020,29(06):27-29.
- [5] 汤朝均, 盛建发. 切顶卸压护巷技术研究与应用 [J]. 煤炭技术, 2015,34(008):78-81.