

# 煤矿保护层开采覆岩破断移动特征研究

王中华 薛静璇

冀中能源邯郸矿业集团有限公司

**[摘要]**移动角是研究岩层移动与变形的重要角值参数,用于圈定地下开采工程中的岩层移动范围。然而由于充填开采下覆岩移动角变化规律的不明,在采用充填开采技术进行地下开采时,矿山仍使用传统方法来确定覆岩的移动角,并以此圈定地表移动范围,往往导致圈定的地表移动范围过大,从而造成开采成本高、资源浪费严重等问。本文主要分析煤矿保护层开采覆岩破断移动特征研究。

**[关键词]**膏体充填开采;数值模拟;覆岩变形;移动角;回归分析

**[DOI]** 10.12252/j.issn.2096-6288.2021.10.1145

## 1、覆岩运动特征

15米防护极限煤柱留在模型两侧的边缘,用于消除极限应力对开挖过程中的土-应力的影响。在左侧煤炭保护柱(宽10米)的旁边设计了一个开放截面。对模型的左右边界施加了水平约束,即边界的水平位移为0。模型的下边界是固定边界。剖面设计宽度为10米,工作尺寸开挖长度为220米,开挖长度为每次2m,共计110次,将依次进行分析。当工作尺寸提前30米时,直接屋顶整体倒塌,基础屋顶倒塌后暴露,上层建筑没有明显的裂缝和位移。当工作尺寸为40米时,直接屋顶再次倒塌,基本屋顶开始弯曲,基本屋顶顶部表面出现锂片裂缝。采矿空间两侧出现横向裂缝,基本屋顶上方的岩石质量不受采矿活动的干扰。当工作尺寸向前推进50米时,屋顶的基本裂缝延伸到地层产量极限,基本屋顶破裂,破裂后填充雷区。断裂后的最大坡度值为2.42m,屋顶基面上的剥离裂缝逐渐增大,基础底板暴露面积不断增大。当工作尺寸前进70米时,基本屋顶会定期断裂,断裂过程约为20米。断裂后,基岩会定期以一定的权重形成砌体梁屋顶。工作尺寸的直接屋顶上有四次周期性地学时间,落在采空区下方,逐渐压缩。基顶包租值约为2.12米,底面暴露面积-基顶继续增加,脱层现象越来越明显。当工作尺寸前进90米时,出现第二个周期加权现象,底层地层开始下沉,弯曲的沉积层延伸到泥岩层和siltstone层。塌陷岩石压实过程中,破碎基底顶板两侧的岩石块逐渐压缩,当工作尺寸前进120米时,上部地层的弯曲屈服区延伸到M8煤层上方的砾石层,采空区内的岩层变得更加密集当工作尺寸前进150米时,将再次出现周期性权重,并在曲面坡度和坡度角的顶部形成沟渠。这可能是由于煤脉的埋深越小,对地表的影 响越大,此时的地表下沉约为1.27米。当工作尺寸增大到190米时,曲面运动的幅度会增大。当工作尺寸前进到220米时,开放天空横截面的垂直顶面会下沉,曲面的总最大变坡点值不会改变。数字模拟表明,当工作尺寸在30米之内时,屋顶会直接倒塌,屋顶主要暴露在外。随着工作尺寸的增加,基本屋顶和底面的暴露面积不

断增加。当工作尺寸在50米处埋设地雷时,屋顶基本破损,造成第一个加权现象。当工作尺寸在70米处埋设地雷时,基本屋顶第二次破损,然后每隔20米左右发生一次加权现象,因此周期性破裂阶段约为20米。

## 2、采动覆岩层结构及运动特征相似模拟实验

### 2.1相似模拟实验目的

类比实验,即在实验室中,根据地下煤矿的地质工程条件,使用与煤和岩体的物理和机械性质相似的材料,建立相应比例的实验模型,然后,根据实际采矿情况进行采矿模拟,并使用传感器和模型中的其他设备持续记录采矿过程中岩石压力变化的相关数据,以分析工作尺寸中的sus-基础层的运动特性,这些特征可以提供一个在这次实验中,根据盘古煤矿9-301工作尺寸的边坡剖面,建立了模拟和分析煤层采过程中顶板变形和应力变化的模型。

### 2.2实验装备及观测系统

XTDIC三维光成型系统用于仿真实验,主要由可调测量头、控制箱和高性能计算机组成。它可以测量和分析被测物体的表面形貌、位移和变形,三维变形场可以通过计算机直观地显示出来。在填充相似仿真模型的过程中,模型中设置了应力监测装置,以观察工作尺寸提取过程中采矿支撑应力的分布和变化。更具体地说,YJZ-32A智能数值应力计用于采集模型中内置BW-5微型压力箱的信号数据,并对数据进行分析 and 打印。

### 2.3实验结果分析

在类似模拟实验过程中,模拟了煤矿开采的煤脉。为了消除边界效果,将距模型边界65厘米的距离设置为初始数据挖掘位置。根据工作规模的实际情况,采矿方向由下而上。根据现场实际情况,最初的3.5厘米矿区(实际面积5.25米)将不用于煤炭地质。随着工作规模的增加,煤炭地质开始在采矿后9厘米(13.5米)的位置。此后,随着采矿位置的变化,煤层学工作一直密切关注。当工作尺寸提高到35厘米(52.5米实际)时,屋顶首次倒塌,地层学高度为9.24厘米

(13.86米实际)。当工作尺寸被推到48厘米(72米实际)时,屋顶的隔热层高度为13.85厘米(20.78米实际)。当工作尺寸增加到78厘米(117米实际)时,屋顶装饰区域的高度为13.85厘米(20.78米实际),屋顶裂缝区域的高度为46.19厘米(69.29米实际)。当工作尺寸增加到128厘米(192米)时,屋顶装饰区域的高度为13.85厘米(20.78米),屋顶裂缝区域的高度为46.19厘米(69.29米),屋顶弯曲区域的高度为39.26厘米(58.89米)。当采矿的长度达到133厘米(实际上是200米)时,——土地和采矿造成的破坏的范围扩大到模型的极限。受倾斜角度的影响,雷区边界角度不对称,上升方向79,下降方向70。苏-基地层的运动呈下降趋势,容易导致工作尺寸下半部分和主要道路周围的岩石压力增大。

### 3、力链特征

在PFC中,力链作为应力的传递路径,具有一定的承载特性。力链按照是否存在黏性分为黏性力链和无黏性力链,按照强度相对大小分为强力链(宽线条)和弱力链(细线条)。强黏性力链区产生的应力集中极易导致黏性力链破坏,进而导致微裂隙产生。因此,微裂隙的产生是黏性力链破坏的结果,有必要分析覆岩力链的演化特征来揭示微裂隙的发育特征及机理。煤层开采前,覆岩受自重作用力链以竖直为主,随埋深的增大而逐渐增强,且整体处于平衡状态。当煤层开采后,围岩力链的平衡状态被打破,力链重新分布并发生偏转。在非连续跳跃式微裂隙发育阶段,覆岩力链产生明显的多层重叠强黏性力链拱,两侧拱脚分别位于采空区两端围岩中,强力链拱支撑上部岩层荷载。随着工作面的不断向前推进,强黏性力链拱自下而上逐渐沿拱顶中部和拱脚外侧发生破坏,破坏处强力链消失或变为二次接触的无黏结弱力链,进而导致微裂隙非连续发育。采空区两端上方微裂隙两侧,由于应力的传递使得外侧力链逐渐增强,裂隙处力链减弱。在连续贯通式微裂隙发育阶段,强力链拱发育至地表,拱顶破坏产生地裂缝。采空区两侧拱脚位置处黏性力链不断贯通破坏至地表,形成地裂缝。覆岩内强力链分布基本处于微裂隙的周围。因此,黏性力链的破坏与微裂隙的发育基本同步发生。横向扩展微裂隙发育阶段,切眼侧覆岩力链基本达到新的平衡状态,工作面上方力链周期性贯通破坏至地表,使得地表裂缝周期性发育。地表裂缝两侧力链增强,裂缝处无力链或形成二次无黏结接触弱力链。综合分析可知,煤层开采扰动过程中,覆岩内部具有黏性的力链发生断裂破坏时,产生微裂隙,一部分应力释放,另一部分传递至周围黏性力链。随着应力的传递,微裂隙处的力链逐渐消失

或减弱,形成弱力链区。微裂隙尖端部和两侧的力链因应力传递而逐渐增强,形成强力链区。

### 4、采动覆岩破坏高度实测技术

覆岩破坏高度与特征的探测技术和手段常用的主要有钻孔法和物探法2大类。随着地质条件的变化,新的探测技术的发展和其他观测影响因素的要求,探测技术——地形和新技术的结合更加密切,探测技术——地形的高度和特征也在扩大因为钻探方法的观察原理符合水下采煤的实际要求,能真正反映出土地失败率的客观规律。钻探方法主要是通过观察地钻中冲洗液的泄漏和观察向上游地洞的分段注水。随着采矿深度的增加,地下钻井观测成为主要的观测手段。与此同时,在观测过程中,采用了钻井电视、钻井超声波成像、钻井声速、数字记录等手段,为定量描述采空区的裂缝提供了依据。目前,地球物理勘探方法主要包括高密度电阻率法、瞬态电磁法、地震探测法和连续电导率法等。观测结果可以对地形断层的形式作出很好的空间解释。近年来,在实地测量中也广泛使用了微震监测、光纤探测试验和示踪气体方法等新技术和方法,但观测的准确性和确定导水断裂带的顶部必须具有真正的水文地质意义充分利用各种检测方法,不仅可以减少钻井工程的数量和成本,而且可以提高检测效果,提高观测精度和适用性,在工程实践中取得良好效果。

### 结束语

通过对不同充填体灰砂比和不同充填率影响下的地表移动进行模拟,发现随着充填体灰砂比的增大,地表下沉程度降低。同时在较高充填率下,地表下沉随灰砂比增大而降低的程度会更好。根据某矿山充填开采下的覆岩倾斜变形等值线,确定该矿地面未出现危险变形区,处于安全状态,并得出了覆岩危险变形区的发育高度会随着充填率和充填体灰砂比的增大而减小的变化规律。同时通过曲线拟合,发现危险变形区的发育高度与充填体灰砂比之间存在指数函数关系。

### 参考文献

- [1]吴爱祥,王勇,王洪江.膏体充填技术现状及趋势[J].金属矿山,2016,45(7):1-9.
- [2]柯愈贤,王新民,张钦礼,等.基于全尾砂充填体非线性本构模型的深井充填强度指标[J].东北大学学报(自然科学版),2017,38(2):280-283.
- [3]陈庆发,牛文静,刘严中,等.Knothe模型改进及充填开采岩层移动动态过程分析[J].中国矿业大学学报,2017,46(2):250-256.