

# 切顶留巷技术工程应用研究

Study on engineering application of gob-side entry retaining technology

孙俊峰(西山煤电马兰矿,山西古交 030205)

**摘要:**山西某煤矿 125220 胶运顺槽实施切顶留巷技术,为研究该技术工程应用问题,对留巷围岩取样进行了力学参数测定实验,采用 FLAC<sup>3D</sup>进行了不同切缝深度、不同切缝角度数值模拟研究。最终确定切缝深度 10 m,切缝角度 10°最佳,切缝孔孔间距 0.6 m、孔深 10 m、装药 5 m、封孔 3 m、10 个孔一组同时爆破。回采推进期间,切顶留巷巷道顶板深部最大位移量 176 mm、浅部最大位移量 78 mm,在留巷段使用的单体液压支架产生应力波动,最大值为 42 MPa,支护措施安全可靠。

**关键词:**留巷切顶;数值模拟;切缝

**中图分类号:** TD263      **文献标志码:** A      **文章编号:** 1672-609X(2021)06-0074-05

**Abstract:** The gob-side entry retaining technology is adopted for the 125220 belt conveyor entry of a coal mine in Shanxi Province, in order to study the engineering application of the technology, the entry surrounding rock is sampled to carry out a measuring test of mechanical parameters, followed by a FLAC<sup>3D</sup> based numerical simulation study by different cutting depths and angles. Finally, it is determined that the optimal cutting depth is 10 m, the cutting angle is 10°, the spacing of cutting holes is 0.6 m, the hole depth is 10 m, the charging depth is 5 m, the hole sealing is 3 m, and a group of 10 holes is blasted at the same time. During the advance of stopping, the maximum displacement of the entry roof in the deep part is 176 mm and in the shallow part is 78 mm. The single hydraulic support used in the entry retaining section produces stress fluctuation, with the maximum value of 42 MPa. The support measures are safe and reliable.

**Key words:** entry retaining with roof cutting; numerical simulation; cutting

## 1 前言

矿井回采过程中,传统的方法相邻工作面分别掘进运输顺槽和回风顺槽,工作面中间预留保护煤柱。该回采工艺存在资源浪费量大、工程量大的问题<sup>[1-7]</sup>。由于需要预留煤柱宽度达到 40 m,甚至更多,产生资源浪费量达到十几万吨,每个工作面单独掘进运输顺槽和回风顺槽,多一条巷道掘进支护工程量。近年来,沿空留巷技术在我国较大大型煤矿回采中得到了广泛推广<sup>[8-13]</sup>,该技术将上一个工作面的巷道作为下一个工作面的备用巷道,两个工作面之间不存在安全煤柱,极大的降低了工程量,减低了资源浪费。本文以山西某煤矿 125220 工作面为

研究对象,对该工作面实施的切顶留巷技术工程实施展开研究。

## 2 矿井及工作面概况

山西某煤矿核定产能 120 万 t/a,目前矿井在采煤层为 5<sup>-2</sup>煤层,煤层平均厚度 1.7 m,煤层直接顶板为泥质粉砂岩,平均厚度 4.81 m;基本顶为中粒砂岩,平均厚度 13.1 m;煤层直接底为泥质粉砂岩,平均厚度 10.51 m;基本底为粉砂岩,平均厚度 6.5 m;试验工作面 125220 工作面位于二盘区,南面为 5<sup>-2</sup>煤可采边界线,北面为 125218 综采工作面。该工作面走向长度 930 m,倾向长度 270 m,设计采高 2 m。矿井采用一次采全高走向长壁综合机械化采煤法。

## 3 切顶留巷技术数值模拟研究

矿井工作面回采完毕后,工作面自然垮落,工作面上覆岩层和巷道顶板岩层存在连续性,如果直接垮落将严重影响留巷稳定性。为解决该问题,在预留巷道靠近采空区实施切顶技术,影响切顶效果的

[作者简介] 孙俊峰(1991-),男,汉,河南省商丘市人,本科,助理工程师,从事煤炭开采工作。

[基金项目] 国债资金水害治理工程(马兰矿中央水泵房改造工程)(STC-G1-17020)

[引用格式] 孙俊峰.切顶留巷技术工程应用研究[J].中国矿山工程,2021,50(6):74-78.

因素主要有切顶钻孔长度和切顶角度。为研究适合125220工作面留巷切顶留巷技术参数,现采用FLAC软件进行数值模拟研究。

### 3.1 模拟参数

为确定模拟参数,到现场取煤样到实验室送检,取样位置分别为煤层基本顶位置点、煤层直接顶位置点、煤层位置点、煤层直接底位置点、煤层基本底位置点。取样采用的设备为ZDY650型钻机,钻头为 $\phi 89\text{ mm}$ 的合金钢钻头,取岩心为 $\phi 75\text{ mm}$ 的岩心,对岩心样本进行切割,然后记性测试。使用的设备如图1所示,岩石样本如图2所示,力学参数设备如图3所示。所测得力学参数见表1。

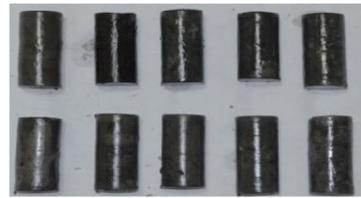


图1 取样钻机(ZDY650钻机)

### 3.2 切顶钻孔深度数值模拟研究

切顶角度不同,工作面回采后采空区垮落面积也有所不同。采用软件FLAC<sup>3D</sup>进行不同切割倾角数值模拟研究,分别模拟切顶深度为5 m、10 m、15 m情况下,围岩位移变化量云图。模拟结果如图4所示。

根据图4可知,当切缝距离为5 m时,工作面回



(a) 煤样



(b) 底板岩层样本



(c) 顶板岩层样本

图2 取样样本图



图3 实验设备图

表1 围岩应力参数表

位置点	岩性	密度/ $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$	单轴抗压 强度/MPa	弹性模量/ GPa	泊松比	内聚力/ MPa	内摩擦角/ ( $^{\circ}$ )	备注
基本顶位置点	泥质粉砂岩	2 752	69.95	23.65	1.37	3.75	30.15	
直接顶位置点	中粒砂岩	1 902	23.25	11.15	1.44	2.55	26.15	
煤层位置点	5-2#煤层	1 902	23.25	11.15	1.44	2.55	26.15	
直接底板位置点	泥质粉砂岩	2 682	48.75	18.95	1.39	3.45	32.15	
基本底位置点	粉砂岩	2 752	69.95	23.65	1.37	3.75	1.35	

采后,采空区内产生应力集中的区域较小,留巷靠近未回采一侧的影响范围约为3 m,上覆岩层5 m以上的范围内岩层存在连续性,会出现整体水平位移;当切缝为10 m时,留巷周围岩体应力集中点较少,留巷周围岩体均为非应力集中区域,应力为 $-5 \sim 0.4\text{ MPa}$ ,对原先支护影响比较小,且留巷正上方上覆围

岩5 m范围内未出现大的位移,整体比较稳定;当切缝为15 m时,留巷周围围岩应力集中区域出现变大的情况,应力在 $-5 \sim 0.4\text{ MPa}$ ,留巷正上方上覆围岩6 m范围内为出现大的位移,留巷采空区一侧产生了较大的水平位移,将严重影响留巷围岩整体稳定性。

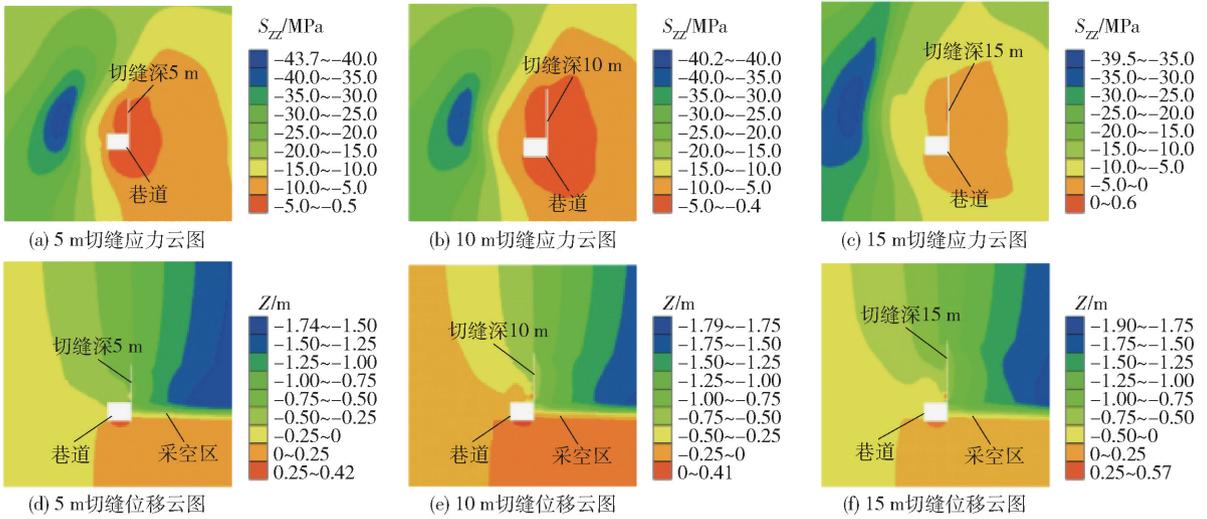


图4 不同切割深度应力、位移分布云图

### 3.3 切顶倾角数值模拟研究

切顶深度不同,工作面回采完毕后采空区垮落

面积不同。现分别模拟切顶倾角为0°、10°、20°,围岩应力、位移变化量云图如图5所示。

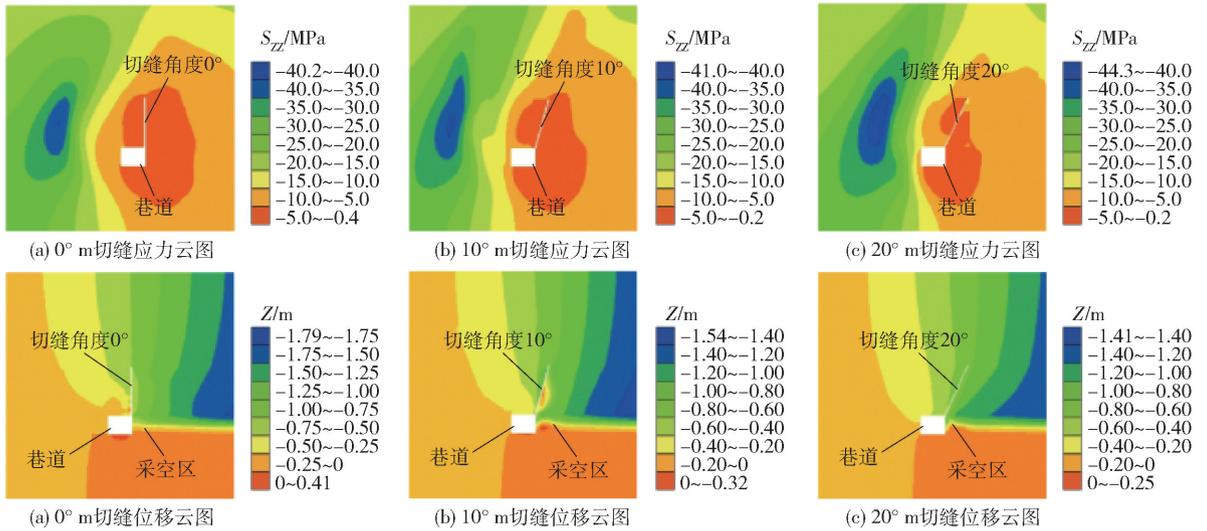


图5 不同切割角度应力、位移分布云图

根据图5可知,当切缝角度为0°时,留巷顶部应力集中区域较大,留巷靠近未回采工作面一侧出现了局部应力释放区域,释放区域区域较小,留巷靠近采空区一侧出现位移量水平位移量较小,在竖向应力作用下,留巷顶板竖向上覆岩层会出现整体位移,甚至垮落。当切缝角度为10°时,留巷竖向上覆岩层无应力集中现象,留巷沿着采空区一侧整体位移量较大,留巷上覆岩层有效垮落到采空区内,有效控制了采空区上覆岩层对留巷的影响。当切缝角度为20°时,留巷未回采一侧区域出现大面积应力释放区域,已经回采一侧的采空区内应力集中区域较小,且采空区上覆围岩出现整体水平位移,且位移量比较大。

综合分析,切缝深度5m时,无法起到切缝效果,上覆围岩存在连续应力集中情况;切缝深度为15m时,工程量过大,且形成位移形变区域过大,无法达到预期效果,切缝深度10m最佳。切缝角度0°时,影响区域太小,切缝角度为20°时,对为开采区域影响较大,切割角度10°最佳。

## 4 切顶留巷技术工程实施

切顶留巷技术施工情况如图6所示。施工位置点位于工作面超前距离50m范围内,沿着工作面推进方形,在预留巷道顶部施工钻孔,钻孔深度为10m,钻孔倾角为10°,钻孔内装药实施预裂爆破,通过预裂爆破作用产生的裂纹形成切顶的作用。炮孔直

径为 50 mm,选用矿用二级乳化炸药,  $\phi 35 \text{ mm} \times 180 \text{ mm}$  规格,炸药爆速  $\geq 3000 \text{ m/s}$ ,单卷药量 200 g。装药长度为 5 m,封孔长度为 3 m,封孔采用炮泥封孔,钻孔布置及装药情况如图 7 所示。只有切缝空内装药,煤 10 个切缝孔为一组进行同时爆破,每次产生裂缝切割顶部纵向长度为 6 m。

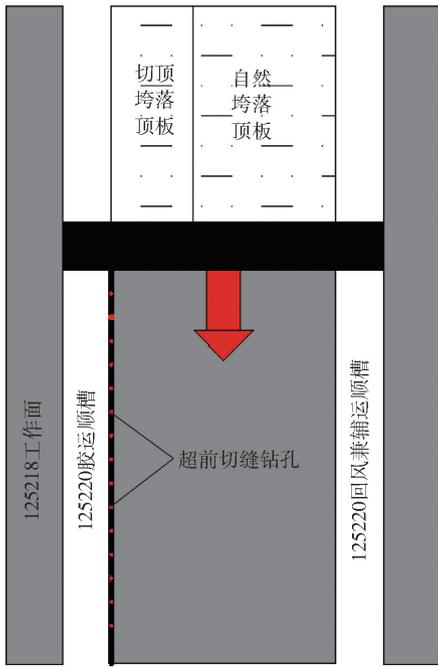


图 6 定向切顶技术施工工序示意图

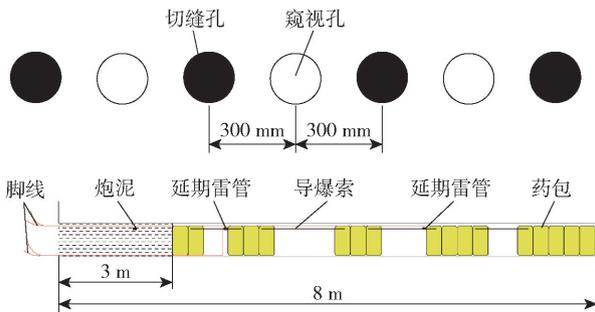


图 7 钻孔布置及装药示意图

爆破后对留巷进行二期支护,支护方式采用工字钢和单体液压支架进行支护。该工序具体实施位置点如图 8 所示。

### 5 切顶留巷技术效果考察

施工完成以上钻孔后,对切顶区域顶板离层仪数据进行了检测,结合切顶区域支护使用的单体液压支架应力进行统计分析,分析结果如图 9、图 10 所示。

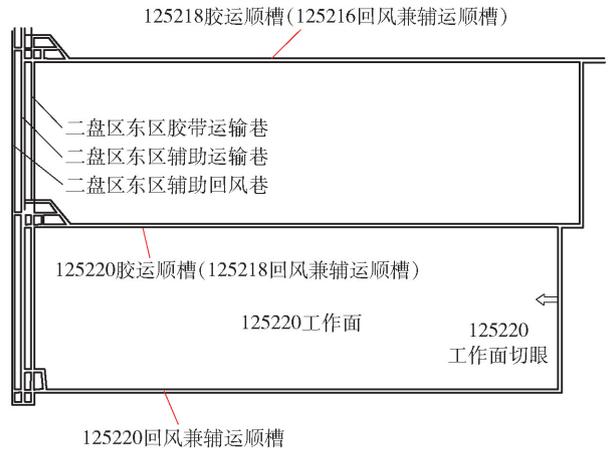


图 8 切顶留巷施工位置点区域示意图

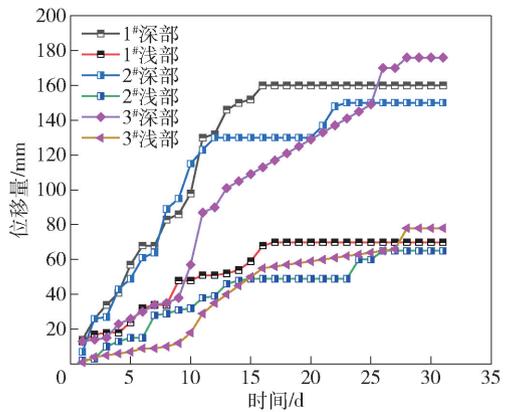


图 9 切顶区域留巷顶板离层仪数据统计图

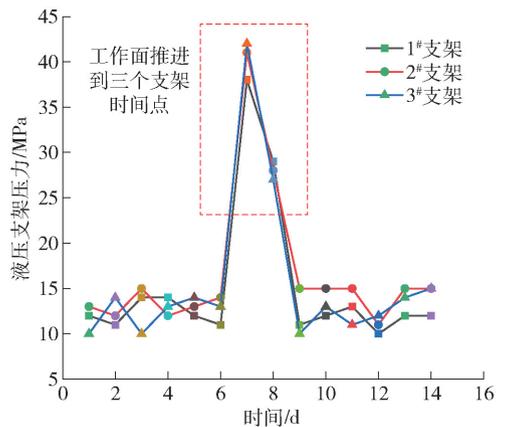


图 10 切顶技术施工区域单体液压支架应力统计图

采方向依次排列,三个测点间距为 30 m,对三个测点进行为期 31 d 的数据监测,监测结果可知,1#测点深部数据最大位移量为 160 mm,浅部测点最大位移量为 70 mm,深部和浅部均在第 15 d 趋向平稳。根据现场回采进度情况可知,125220 胶运顺槽在第 13 d 回采通过该测点位置,在该时间节点上,1#测点出现了位移量突增的现象;2#测点在第 14 ~ 15 d、第

图 9 中,1#测点、2#测点、3#测点沿着工作面回

23~25 d 出现了数据突增;3<sup>#</sup>测点在13~15 d、25~28 d 出现了数据突增;之后均区域平稳。2<sup>#</sup>测点深部最大位移量150 mm,浅部最大位移量65 mm,出现数据波动时,回采面推进至靠近测点10 m、18 m;3<sup>#</sup>测点深部最大位移量176 mm,浅部最大位移量78 mm,出现数据波动时,回采面推进至距离测点38 m、50 m。根据数据观测结果可知,工作面推进对于整个留巷顶板不同测点的相应时相互的,留巷与支护强度满足安全要求,巷道整体未出现大的变形。

图10中,1<sup>#</sup>支架、2<sup>#</sup>支架、3<sup>#</sup>支架沿着工作面回采方向依次分布,三个支架间距1 m,根据数据监测结果分析,三个支架在第7 d 出现应力波动,最大应力达到42 MPa,出现应力突变情况主要因为顶板来压,之后区域平缓是由于切顶技术的实施将留巷上覆岩层与采空区上覆岩层有效分离,分离后,支架主要作用于留巷上覆岩层。

## 5 结论

本文以125220 胶带运输顺槽实施留巷切顶为研究对象,进行了不同切缝长度、切缝角度数值模拟研究,现场施工并进行后期监测,得出以下结论:

(1)数值模拟演技结果表明,留巷切缝长度10 m,切缝角度10°为最佳,可保证切缝效果,对留巷周围岩层影响较小。

(2)留巷切顶技术实施采用矿用炸药,装药5 m,封孔3 m 可达到预期效果。

(3)工作面回采通过位置点,深部最大位移量176 mm,浅部最大位移量78 mm;工作面液压支架产生波动,之后整体区域平稳。支护措施满足安全要求,巷道整体未出现大的变形。

## [参考文献]

- [1] 王炯,李文飞,刘雨兴,等.塔山煤矿复合坚硬顶板切顶留巷围岩变形机理及控制技术[J].采矿与安全工程学报,2020,37(5):871-880.
- [2] 陈上元,何满潮,郭志彪,等.深部沿空切顶成巷围岩稳定性控制对策[J].工程科学与技术,2019,51(5):107-116.
- [3] 王雷.深部采区高强锚注自成巷控制机理研究[D].济南:山东大学,2019.
- [4] 张盛,王小良,吴自强,等.切顶卸压沿空留巷爆破孔关键参数选择及留巷效果现状分析[J].河南理工大学学报(自然科学版),2019,38(6):1-9.
- [5] 张彦.深井无巷旁充填切顶卸压沿空留巷关键切顶参数及围岩控制研究[D].淮南:安徽理工大学,2019.
- [6] 周府伟.三软煤层超前钻孔弱化引导切顶留巷技术研究[D].西安:西安科技大学,2019.
- [7] 马资敏.店坪矿中厚煤层切顶成巷覆岩运动特征及矿压规律研究[D].北京:中国矿业大学(北京),2019.
- [8] 马新根,何满潮,李钊,等.复合顶板无煤柱自成巷切顶爆破设计关键参数研究[J].中国矿业大学学报,2019,48(2):236-246,277.
- [9] 陈上元,赵菲,王洪建,等.深部切顶沿空成巷关键参数研究及工程应用[J].岩土力学,2019,40(1):332-342,350.
- [10] 何东升,刘旦龙,张洋.复合顶板中厚煤层切顶卸压留巷无煤柱开采技术[J].煤炭科学技术,2018,46(9):126-132.
- [11] 高玉兵.柠条塔煤矿厚煤层110工法关键问题研究[D].北京:中国矿业大学(北京),2018.
- [12] 郭鹏飞.延安禾二矿切顶卸压沿空留巷无煤柱开采研究及应用[D].北京:中国矿业大学(北京),2018.
- [13] 杨红运.特定地质条件沿空留巷应用技术及理论研究[D].重庆:重庆大学,2016.