

白鹤煤矿切顶卸压自动成巷无煤柱开采研究 ——“110”工法推广应用

钟 军

四川省古叙煤田开发股份有限公司 四川泸州 646000

【摘要】白鹤煤矿位于犍为县城北东 22° 方向，直距约19.5km，隶属乐山市犍为县罗城镇大石村一组管辖。矿区有约300m矿区公路与犍为~罗城公路相接，至犍为县城约21km，至乐宜高速约20km，至仁沐新高速2km。交通较为便利。

白鹤煤矿前身为国营井研县白鹤煤矿，经过多年技术升级改造，现核定生产能力为30万t/a。

本次无煤柱开采试验煤层为K10d煤层，K10d煤层工业类型属高热值、中灰分、中硫、低磷，1/3焦煤，可用于炼焦配煤及动力用煤，民用煤，煤层开采价值较高。

伴随着矿井收缩性开采和机械化程度的不断提高，提高资源回收率亟须解决。为进一步减少巷道掘进工程量，降低万吨掘进率，缓解采掘接续紧张局面。煤矿决定在K10d煤层试验聚能切顶卸压自动成巷，该煤层顶板为灰色薄层状粘土岩，K10d煤层底板为灰、褐黄色薄层状粘土岩，属于复合型顶板，含植物根化石及碎片。白鹤煤矿复合型顶板聚能切顶卸压自动成巷无煤柱开采技术对推动周边邻近煤矿高效开采具有重要借鉴意义。

【关键词】聚能切顶；复合型顶板；提高煤炭回收率

前言

本次芙蓉集团实业责任有限公司白皎煤矿与犍为白鹤煤矿合作，在K10d煤层1019S采煤工作面实施复合型顶板“切顶卸压自动成巷项目”，拟通过安全高效经济的沿空留巷方式实现无煤柱开采。

1 试验区基本情况

1.1 工作面参数

1019S采煤工作面位于K10d煤层，走向长100m，倾向长730m，平均煤厚0.55m，容重 $1.40\text{t}/\text{m}^3$ ，可采储量为53130吨，工作面采高0.9m。

1.2 煤层顶底板岩性情况

煤层直接顶为II类，老顶为II级。K10d煤层顶板为灰色薄层状粘土岩，底板为灰、褐黄色薄层状粘土岩，含植物根化石及碎片。

2 切顶卸压自动成巷方案

2.1 切顶和支护方案

2.1.1 方案描述

第一步：在1109S采煤工作面超前区，即待留设巷道超前煤壁一定距离，沿走向施工竖直向上的切顶孔和实施聚能爆破，并提前施工锚索对待留巷道顶板进行加固支护，为后续切顶做准备；第二步：在工作面动压区，即滞后工作面后方，在已完成切顶的风巷内沿切顶线均匀布置长单柱支护，并铺接金属挡矸网确保采空区动压范围的支护可靠和垮冒后自动形成留巷；第三步：在工作面稳定区，即采空区垮冒后方稳定的留巷内，将长单柱替换为工字钢或木料支护，修复破损金属网，并对巷旁喷浆支护、收整巷道多余矸石最终成巷^[1]。

2.1.2 技术方案

2.1.2.1 聚能爆破参数

(1) 切顶孔位置和间距

采用“切顶孔+聚能管+炸药”的组合方式对顶板进行布孔、充填炸药和实施爆破。切顶孔沿风巷顶板帮迹线竖直向上布置。聚能管充填时，聚能方向与切缝线一致。切缝线距离巷道轮廓边缘为0.2m（即靠1019S采面煤壁侧施工），切顶孔按0.3m的开口间隔距离布置^[2]。

(2) 聚能爆破器材的准备

①材质：PVC管材；②管径：试验工作面采用锚杆钻机配 $\phi 46\text{mm}$ 特殊钻头，用于切顶孔施工；选用外径 $\phi 40\text{mm}$ ，内径 $\phi 36\text{mm}$ 的PVC管材。确保炸药能放入管材，管材能放入成孔，做到“三径”配套；③管材强度：根据试验区工作面岩性特征，聚能管单轴抗压强度要求不小于 1.6MPa ；④双向聚能孔加工方法：采用普通手持电钻配 $\phi 4\text{mm}$ 钻头自行在PVC管材上加工双向聚能孔。聚能孔沿管长方向整齐成排，各排孔间中心距 $8\sim 10\text{mm}$ ，各孔均在管外壁开孔，钻入管内后再沿管截面圆心钻穿管内壁，形成双向聚能孔，开孔与出孔夹角 180° ，即聚能角 180° 。

(3) 切顶孔直径

根据炸药（炸药药卷直径为 32mm ）、聚能管（聚能管内径为 36mm 、外径为 40mm ）和切顶孔“三径”相匹配的原则，确定切顶孔（炮孔）直径为 46mm 。

(4) 炮眼参数

①炮眼深度L

炮眼深度L按照何满潮教授提出的按采高 $2\sim 2.5$ 倍施工，1019s采高为 0.9m ，采高取大值，即 2.25m 。

$$L=h采 \times K$$

$$=0.9 \times 2.5$$

$$=2.25 \text{ (m)}$$

式中：h采—采高，m；K—切顶炮孔系数，取2.5；

根据切顶卸压沿空留巷技术要求和本工作面上赋煤岩分布情况分析，在老顶与软岩分界面实现切顶，加速结合部分分离，有利于下一步采空区顶板的垮落充填巷帮；以及在切缝过程中保持一定富余系数，确定切顶孔实际设计长度L=3m。

②炮孔间距

根据经验数据切顶炮孔间距300mm-400mm。

(5) 炸药量Q

根据矿井实测K10d煤层顶板围岩力学参数，结合经验公式计算得出：粘土岩的线装药量62.9g/m；砂质泥岩的线装药量205.8g/m；细砂岩与砂质泥岩互层的线装药量286.6g/m。

根据K10d煤层探眼孔揭露的围岩厚度，计算了所需炸药量，见下表。

表1 K10d煤层切顶装药量取值参考表

序号	炮眼深度 (m)	岩性	厚度 (m)	装药量 (g)	药卷 (条)
1	3	泥岩	1.6	555.3	2
		砂质泥岩	1.2 (1)		
		砂岩	0.2 (0.4)		

从表中数据分析来看，所需炸药量基本接近，因此1019S风巷实施切顶每个眼孔的装药量为555.3g，即2条药卷。

2.1.2.2 封泥长度L

为了保证有良好的定向预裂爆破效果，同时结合白鹤煤矿试验采面顶板为工程软岩，为保护直接顶，避免爆破损坏，暂定封泥长度L为600mm。

2.1.2.3 炸药品种

选用Φ32mm的3号岩石乳化炸药（煤矿三级许用炸药）。

2.1.2.4 爆破个数

采取连孔爆破方式起爆，每次起爆长度控制在9m，即每次爆破30个连孔，炮孔布设成一条线，聚能管切缝方向对

准预裂线装药，采用串联起爆。

2.1.2.5 切顶孔装药结构

根据1019风巷的围岩岩性，为复合型顶板（顶板从泥岩→粉砂岩→煤层→细砂岩→粉砂岩、泥岩等），且根据现场探钻的情况看，各层岩石之间间隔分明、岩性差异大，在岩层切缝过程中必须尽量避免由于岩层岩性的差异性导致设计深度范围内岩层切缝不充分的现象。本次定向聚能切缝爆破装药结构设计以爆破过程中尽量减小对留巷巷道顶板岩层破坏为原则，同时兼顾解决复合型顶板各岩层间隔分明、岩性差异大的难题，如下图2-1-2-1所示，可采用了聚能管间隔空气柱的装药方式【即采用了1根0.5m、2根1m聚能管，在孔底细砂岩、粉砂岩段装1条煤矿3级乳化炸药，在孔口泥岩层段装1条煤矿3级乳化炸药】。

2.1.3 加固支护

2.1.3.1 锚索加固支护

(1) 根据现场实测1019S风巷机尾前后30m观测，巷道顶板围岩发生变化，其主要原因是锚固区岩体相对于稳定区岩体的相对位移。该相对位移与锚固区长度有相关，针对首采区巷道帮侧煤层松软的实际情况，需要超前工作面施工并加大锚索长度（现有锚索长5.2m），增大锚固范围，才能有效地控制围岩变形。

(2) 根据巷道布置和煤层产状情况，为确保锚索伸入到老顶粉砂岩一定长度中，参考现场的锚索长度，确定为6.0m较为合理，采用Φ15.24mm钢绞线制作。

2.1.3.2 钢筋网

从类似地质条件巷道顶板及帮侧的破坏状况来看，使用菱形铁丝网产生网兜现象，说明其刚度不够，应该选用刚度较大的焊接钢筋网。由于围岩比较破碎，需适当加密网孔，网与网之间逐扣连接。

2.1.3.3 基本支护材料及参数

(1) 顶板锚杆：采用Φ16mm左旋无纵筋等强螺纹钢锚杆，长度1700mm，每排3根，间排距为900×1000mm。锚杆采用树脂药卷端头锚固，树脂锚固剂型号为K2350，用量为2支/根。(2) 锚索：Φ15.24mm钢绞线制作，长度为6300mm。锚索外张紧力为20MPa。锚索布置为两排交错布置，距两帮800mm，间距2000mm；钢筋梁沿巷道方

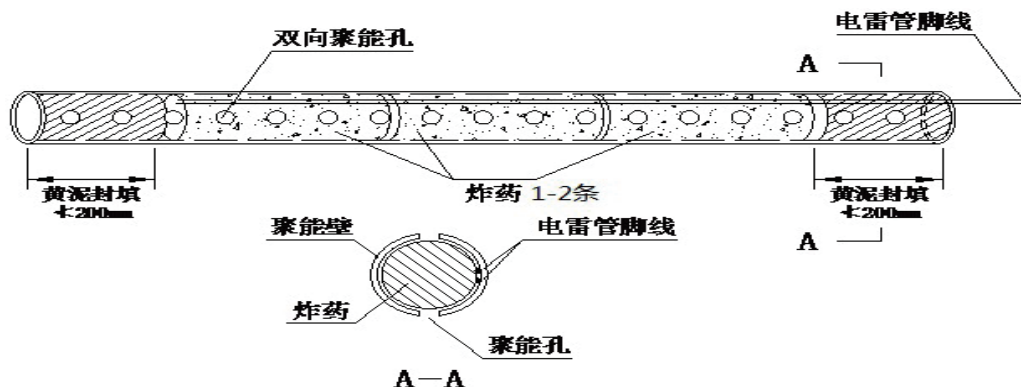


图2-1-2-1 装药结构示意图

向铺设,首尾重叠压入铰接顶梁托盘;铰接顶梁托盘垂直于钢筋梁。(3)锚固剂:选用MSCK2350的超快速树脂锚固剂,直径23mm、长度500mm。每条锚固剂最大锚固力150KN。(4)托盘:采用废旧铰接顶梁制作而成,托盘长150~200mm。安装托盘必须与梁垂直。(5)金属网:金属网采用 Φ 4mm钢筋焊接而成,网片尺寸为2400 \times 1000mm,网格尺寸80 \times 80mm,网片搭接长度为100mm,网与网搭接处每隔300mm用双股12#铁丝绑扎牢固。(6)回采期间护巷支护:①为了防止周期来压时顶板垮落岩石冲入巷道,工作面机尾风巷内后方30m范围内采用由超后可回收主动支护结构、钢筋网、工字钢、单体液压支柱组成的挡矸桁架支护。②沿巷道中心线两侧各打一排单体支柱(DW28-250/100型或DW3.15-200/100型单体液压支柱),支柱间距2.0m,排距1.0m,要求单体支柱成一条直线。同时在靠工字钢顶端架设一组戗棚进行加固。③对巷道加强支护后在矿工钢后面挂设金属网和铅丝网组成的复合网,并用铁丝捆扎牢固。④当切顶护巷顶板垮落达到50m时(依据白鹤煤矿现有工作面回采后10m后发生垮冒,暂定为垮落稳定段距综采工作面采场线50m),确认工字钢支设牢固后方可回撤该段巷道内的戗棚及中心支柱。⑤巷道稳定后,对垮落不充分的地方进行填充,撤除单体支柱,根据矿压观测情况对巷道进行整形、喷浆等处理,满足使用要求,待下一工作面使用。

3 切顶卸压自动成巷试验记录

3.1 试验记录

施工 Φ 28mm密集小孔径硬切钻孔60个;施工 Φ 46mm大直径放炮切顶孔20个,实施爆破20个。

第一次试验记录:分两段施工。第一段,距工作面切眼开口点约4m施工密集切顶孔20个、孔径为 Φ 28、孔间距约0.2~0.3m、孔深3m、单孔角度约80~90°;第二段,距工作面切眼80m位置施工探眼6个、长30m、孔径为 Φ 46、孔间距约6m、孔深3m、单孔角度约70~80°;根据现场实际情况决定在距工作面切眼86m位置处开始施工放炮切顶孔5个、孔径为 Φ 46、孔间距约0.3m、孔深3m、单孔角度约70~80°;并放切顶孔5个,装药为2条,封泥形式为孔口封泥,聚能管内采用钢丝固定炸药、聚能管位置,封泥全长约为1m;放炮后,顶板孔口切顶线明显,顶板垮冒1m³矸石。第二次试验按第一次试验参数施工密集切顶孔施工20个,施工切顶孔7个。每孔装药条数改为1条,封泥长度改为1.2m,其余施工参数无变化。放炮后顶板孔口切顶线较为明显,顶板无破损。第三次试验记录:按第一次密集钻孔和切顶炮孔施工参数施工密集切顶孔20个、放炮切顶孔8个,切顶炮孔装药1.5条。封泥长度约为1.1m;放炮后顶板孔口切顶线明显,顶板有一定破损^[3]。

3.2 切缝分析

3.2.1 切顶孔装药爆破

第一次爆破:根据方案设计1-5#切顶孔装药2条,砖泥

封孔0.6m以上。放炮后,顶板孔口切顶拉缝线明显,但顶板靠上帮金属网被炸损,以及顶板危岩破碎垮冒1m³矸石。第二次爆破:总结第一次放炮装药量过大造成直接顶板受损情况,修改单孔装药量为1条,并增加砖泥封孔长度。6-12#切顶孔放炮后,顶板孔口切顶拉缝线不明显,根据切顶爆破经验分析,孔内拉缝效果理想。第三次爆破:总结第一次装药偏大,第二次装药略小的情况,修改第三次爆破装药量为1.5条,维持第二次砖泥封孔长度。13-20#切顶孔放炮后,顶板孔口切顶拉缝线较明显,但顶板有一定破碎。总结前三次爆破装药试验:第四次将继续维持1.5条装药量,将其中半条药爆破时位置移至2.0m高位,同时确保孔口封泥质量,可确保拉缝效果的同时,改善对顶板的潜在破损情况。

3.2.2 巷道支护力学分析

首先超前施切顶孔硬切或放炮拉缝,再利用采场周期来压沿空切顶,形成对上覆老顶岩梁的支撑结构,控制老顶的回转和下沉变形,实现卸压作用;切落的顶板形成巷帮,从而保留工作面下顺槽,作为邻近工作面上顺槽。

4 切顶卸压自动成巷开采技术总结

通过爆破试验和长期数据监测分析。装药结构和爆破参数已基本确定,拉缝试验已取得一定效果。经过后期周期来压观测数据收集和巷道围岩变形量统计,直至工作面回采结束,沿空留巷段巷道围岩变形量小,采空区顶板垮落充分,证明此次复合顶板聚能切顶成巷取得了较好的效果。

5 结论

5.1 经济效益

有效缓解矿井采掘接续紧张的局面,缩短采煤工作面的形成时间,为巷道掘进提供空间和时间,节省一条回采巷道的掘进费用,减少煤柱提高煤炭回收率。

5.2 社会效益

过去,白鹤煤矿煤炭开采时留设煤柱,存在资源的浪费情况,留设煤柱加大了巷道维护管理难度,此次课题对充分利用自然资源,节约生产成本,有效防范顶板安全事故提供了技术对策。且为邻近两河口、桅杆坝、金龙等几个煤矿在K10d煤层聚能切顶技术方面提供了基础数据,K10d煤层无煤柱开采降低了采区万吨掘进率和生产成本,十分有利于矿井综合经济效益的提高。

参考文献:

- [1]陈炎光,徐永圻.煤矿开采学[M].中国矿业大学出版社,1991.8.
- [2]钱鸣高,刘听成.矿山压力及其控制[M].煤炭工业出版社,1991.3.
- [3]宋振骥.实用矿山压力控制[M].中国矿业大学出版社,1988.

作者简介:

钟军(1988-)男,四川自贡人,采矿工程师,中级注册安全工程师,爆破初级工程师,研究方向:采掘技术管理。