

定向水力压裂技术在川南矿区无煤柱自成巷中的 研究与应用

银正川 胡雷 王克雄 张望 王传镜

筠连川煤芙蓉新维煤业有限公司 四川 宜宾 645250

【摘要】：川南矿区在沿空留巷过程中，因定向钻孔施工、聚能管安设角度控制较差，顶板难以按直线断裂，爆破时对切顶锚索有较大影响等问题，导致成巷巷帮不直，顶板整体下沉，锚索失效，影响沿空留巷效果。采用直接顶聚能爆破切顶和老顶线性水力致裂转移应力的组合方式，近距离利用聚能爆破切断巷道与采空区上方直接顶岩层，远距离采用线性水力致裂进行定向压裂，弱化深部岩层结构连接状态，将老顶岩层及覆岩重量转移至采空区，改善沿空巷道应力环境，现护巷处于应力较低区域，为川南矿区沿空护巷留下一套成熟的技术体系。

【关键词】：川南矿区；无煤柱自成巷；水力致裂；转移应力；技术体系

引言

自何满潮院士提出“切顶短臂梁”理论^[1]，利用在采空区侧定向切顶、恒阻大变形锚索对巷道顶板进行控制^[2]，利用顶板部分岩体，实现自动成巷，减少顶板事故的发生，形成切顶卸压自成巷无煤柱开采技术，并于2010年在川煤芙蓉白皎煤矿1102工作面成功应用^[3]。同时提出了切顶卸压自成巷开采工艺，实现了长壁开采110工法，取消区段煤柱，实现了无煤柱开采，开始了我国第三次矿业技术变革探索^[4-6]，沿空切顶留巷即无煤柱自成巷110工法在我国大部分矿井开始推广应用，部分煤炭企业此项技术应用已经趋于成熟^[7-9]。

川南矿区大部分煤矿开采均使用爆破切顶无煤柱自成巷技术，但在实施沿空留巷过程中，因定向钻孔施工、聚能管安设角度控制较差，顶板难以按直线断裂，爆破时对切顶锚索有较大影响等问题，导致成巷巷帮不直，顶板整体下沉，锚索失效，影响沿空留巷效果，增加巷道的返修工程量^[10-11]。

采用直接顶聚能爆破切顶和老顶线性水力致裂转移应力的组合方式，近距离利用聚能爆破切断巷道与采空区上方直接顶岩层，远距离采用线性水力致裂进行定向压裂，弱化深部岩层结构连接状态，将老顶岩层及覆岩重量转移至采空区，改善沿空巷道应力环境，确保护巷处于应力较低区域，形成川南特色的沿空切顶成巷技术体系。

1 无煤柱自成巷支护参数

无煤柱自成巷技术是在通过在工作面回采过程中对巷道顶板切顶、护帮后在采空区压力作用下，自动形成巷道的一种技术。

无煤柱自成巷施工切顶锚索，具体参数如下：

工作面煤壁侧采用恒阻锚索进行支护，恒阻锚索采用 $\Phi 21.6\text{mm}$ 钢绞线锚索加工制作，长度7300mm，沿巷道倾斜方向平行布置，工作面煤壁为650mm，锚索间距2000mm；锚索钻孔深度为7000mm，锚索张拉后外露长度为250-300mm，角度不小于 75° 。巷道中线采用普通锚索进行支护，锚索采用 $\Phi 15.24\text{mm}$ 钢绞线锚索加工制作，长度7300mm，沿巷道倾斜方向平行布置，工作面煤壁为2150mm，锚索间距3000mm，锚索钻孔深度为7000mm，锚索张拉后外露长度为250-300mm，角度不小于 75° 。

工作面超前20m采用单体戴帽点柱为超前支护，当支护完毕后，沿工作面侧顶板施工切顶眼，切顶眼距工作面侧顶板的距离为100mm。

采用两根U25型钢搭接的方式沿切顶线方向进行支护，长度分别为2400mm、1640mm，搭接长度1000mm，搭接段两端分别采用2付抱箍固定牢固；U25型钢间距为700mm；铺设U25型钢时，必须“穿鞋带帽”，且必须施工到底板的“硬底”上，同时采用单体液压支柱将U25型钢撑紧。在切顶U25型钢的采空区侧挂金属网+风筒布背帮。

2 切顶技术参数

2.1 爆破切顶施工技术参数

切距工作面侧距离为150mm，眼距为500mm，眼孔布置成一条线，使用钻头直径为 $\Phi 46\text{mm}$ 施工切顶眼，眼深为5m，必须沿工作面走向方向成水平夹角 78° 施工。

2.2 直接顶聚能爆破切顶+老顶线性水力致裂应力转移技术参数

在工作面顺槽超前支护段内靠近煤壁侧顶板斜向工作面方向施工水力压裂钻孔, 钻孔直径 $\Phi 75\text{mm}$, 孔深 10m, 孔距 5m, 钻孔与工作面走向方向成水平夹角 78° , 钻孔布置成一条直线, 开孔位置距煤壁 0.15m。施工完 3 个钻孔后, 分别对 3 个钻孔进行封孔, 然后同时压裂 3 个钻孔, 封孔深度 7m 左右, 聚能爆破切顶钻孔布置参数及装药与上述一致; 先进行老顶线性水力致裂, 弱化老顶岩层连接状态, 再进行直接顶聚能爆破, 切断巷道和采空区上方直接顶岩层。如图 1 所示:



图 1 聚能爆破切顶+水力致裂示意图

3 沿空留巷效果分析

3.1 经济效益

切顶成巷的推广与运用具有很好的社会效益、技术效益和经济效益。以新维煤业工作面为例, 采用沿空留巷技术下的沿空巷道每米巷道的材料成本为 1970.218 元, 比原支护条件下采用巷内锚网喷 3788.98 元节约了 1998.762 元, 按切顶成巷巷道总长度 600m 计算, 直接经济效益约为 163 万元。

3.2 安全、社会效益

煤炭开采采用 110 工法沿空留巷技术, 降低巷道因应力集中变形而产生的维护成本和也通过沿空护巷解放下覆煤

层, 使下覆 3、8#煤层均处于卸压区内, 对下覆煤层顶板控制起很大的推动作用, 且对安全管理有积极作用, 具有较大的安全效益。

节约资源, 提高回采率, 增加了回采工作面的可采储量; 1 块工作面减少煤柱损失 1.2 万吨, 按市场价 420 元/吨计算, 可以间接创收 500 万元, 少掘进巷道 600m, 降低矿井掘进率且下覆 3、8#煤层全部处于卸压范围内, 大大减少顶板治理的成本, 通过采用沿空切顶留巷技术还能缓解了采掘接续矛盾。

根据实践表明, 采用研究所提出的直接顶聚能爆破切顶+老顶线性水力致裂应力转移技术 110 工法沿空留巷技术的新支护技术之后, 控制护巷段巷道的返修率减低至 10% 以下, 有利于提高生产效率, 减小掘进人员的工作量, 节省掘进开支, 从另一方面提高矿井总体收入水平。

4 结语

无煤柱开采技术在全国范围内已经比较成熟, 川南矿区采用沿空切顶留巷(无煤柱)开采工艺是大势所趋, 这项技术的推广不仅可以节约资源, 更重要的是从根本上消除了留设保安煤柱带来的一系列灾害隐患, 为推动新维煤矿实现安全高产高效的建目标做出巨大贡献。沿空切顶成巷无煤柱开采技术的应用研究, 为新维煤矿创造了良好的社会 and 经济效益, 也标志着新维煤矿在被保护层切顶成巷无煤柱开采技术的应用与推广的道路上迈出了一大步。

针对沿空切顶留巷顶板来压特征, 提出锚杆、恒阻锚索+普通锚索主动支护及单体支柱加强支护的联合支护技术, 双向聚能切顶成线+老顶线性水力致裂应力转移技术, 实现岩体定向断裂, 采用可变形 U 型钢+双层金属网+风筒布+喷浆挡矸支护体系, 不仅增加支护强度也保证了巷道气密性, 针对新维煤矿岩石特性, 研究出最佳支护、切顶技术体系。

参考文献:

- [1] 孙恒虎, 吴健, 邱运新. 沿空留巷的矿压规律及岩层控制[J]. 煤炭学报, 1992, 01: 007.
- [2] 石连松, 宋衍昊, 陈斌. 聚能爆破技术的发展及研究现状[J]. 山西建筑, 2010(36): 5.
- [3] 张玉明, 员永峰, 张奇. 切缝药包相似模型试验研究[J]. 西安矿业学院学报, 1999.
- [4] 何满潮, 曹伍富, 单仁亮, 王树理. 双向聚能拉伸爆破新技术[J]. 岩石力学与工程学报, 2003, 22(12): 2047-2051.
- [5] 何满潮, 俞学平, 魏正均, 汤晓东等. 煤矿切顶卸压沿空成巷无煤柱开采关键技术研究[R]. 四川芙蓉集团实业有限责任公司, 2010.
- [6] 黄玉诚, 孙恒虎. 沿空留巷护巷带参数的设计方法[J]. 煤炭学报, 1997, 02: 004

- [7] 张国峰,何满潮,俞学平,等.白胶矿保护层沿空切顶成巷无煤柱开采技术研究.采矿与安全工程学报 2011,28(4):511-516.
- [8] 刘小强,张国锋.软弱破碎围岩切顶卸压沿空留巷技术门.煤炭科学技术,2013,41(Sup1):133-134.
- [9] 宋润权,谢家鹏.切顶卸压技术在工作面及沿空巷道维护中的应用门煤炭科技,2012,(3):52-54
- [10] 王巨光,王刚.切顶卸压沿空留巷技术探讨门.煤炭工程,2012,(1):24-26.

第一作者简介:

银正川（1991-），男，汉族。现在筠连川煤芙蓉新维煤业公司工作，技术管理部主任师，采矿工程师。