

# 脉冲水力致裂技术在无煤柱自成巷 110 工法中的研究与应用

银正川 黄正谷 王克雄 杨 成

川煤华荣能源新维煤业公司 四川 筠连 645250

**【摘要】**：西南矿区在 110 工法的实施过程中，传统的聚能爆破切顶成巷因施工切顶眼和聚能管安装方向控制较差，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加老顶脉冲水力致裂转移应力的组合方式，近距离利能爆破切断巷道与上覆直接顶岩层，远距离脉冲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，为西南矿区无煤柱开采留下一套成熟的技术体系。

**【关键词】**：无煤柱自成巷；脉冲水力致裂；转移应力；技术体系

## Research and Application of Pulse Hydraulic Fracturing Technology in 110 Construction Method of Self formed Roadway without Coal Pillar

Zhengchuan Yin, Zhenggu Huang, Kexiong Wang, Cheng Yang

Sichuan Coal Group Furong Company Xinwei Coal Mine Sichuan Qunlian 645250

**Abstract:** During the implementation of 110 construction method in southwest mining area, the traditional roof-cutting roadway with shaped charge blasting is difficult to break in straight line because of the poor control of the construction roof-cutting hole and the installation direction of shaped charge pipe, when blasting, there are some problems, such as the influence on the cut roof anchor cable, which leads to the roadway side not straight, the whole roof sinking, the anchor cable failure, and affects the gob-side entry retaining effect. In this paper, the combination method of cutting the roof by direct shaped charge blasting and the transfer stress of hydraulic fracturing in the main roof is adopted, and the directional fracturing is carried out by cutting off the roadway and the overlying rock layer by short-distance shaped charge blasting and long-distance pulse hydraulic fracturing, weakening the connection state of deep strata structure, transferring the weight of main roof strata and overburden strata to goaf, improving the stress environment of gob-side entry, it leaves a set of mature technical system for non-pillar mining in southwest mining area.

**Keywords:** Non-pillar roadway; Pulse hydraulic fracturing; Transfer stress; Technical system

### 引言

自何院士提出“切顶短臂梁”理论<sup>[1]</sup>，在采空区侧利用定向切顶技术，切断部分顶板的矿山压力传递，再实施高预应力 NPR 恒阻锚索对巷道顶板进行主动支护，确保采动影响区沿空护巷的围岩变形稳定，控制顶板岩层压力<sup>[2]</sup>，利用顶板部分岩体，实现自动成巷和无煤柱开采，消除或减少事故灾害的发生，形成切顶卸压自成巷无煤柱开采技术，并于 2010 年在白皎煤矿 1102 工作面成功应用<sup>[3]</sup>。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，即回采一个工作面，只需掘进一个顺槽巷道，另一个顺槽巷道自动形成，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<sup>[4-6]</sup>，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<sup>[7-9]</sup>。

西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<sup>[10-11]</sup>。

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

### 1.1 无煤柱自成巷技术

无煤柱自成巷技术是在采煤工作面煤层回采后，在矿山压力作用下，顶板通过预裂爆破后的预裂切缝垮落形成巷帮，利用原巷道部分空间和支护自动形成新巷道，作为下一工作面回采巷道的技术。如图 1 所示：



接头处因高压脱开伤人，管路固定的时候要留有一定的富余量，防止管路因受压膨胀导致接头脱开；水力致裂孔封孔要用专用的封孔器和安装杆，封孔完毕后，要把孔口露出的安装杆固定牢固。封孔的原则是：封孔完毕，立即致裂，致裂完毕，泄压检查，立即拆除封孔器，不宜久放。因为钻孔一般有一定的角度，如果封孔器和安装杆没有固定牢固，放置时间过久的话，一旦冲出巷道，容易撞伤行人。

### 3 沿空留巷效果分析

#### 3.1 经济效益

切顶成巷在被保护层的推广与运用不仅具有很好的社会效益、技术效益，而且同时具有良好的经济效益。以2110工作面为例，采用切顶沿空成巷技术下的沿空巷道每米巷道的材料成本为1120.218元，比原支护条件下采用巷内锚网喷3767.8元节约了2647.582元，按切顶成巷巷道总长度400m计算，直接经济效益约为106万元，优化支护参数后，挡矸U型钢90%以上均能安全回撤且直接供下一工作面使用，大大的节约成本。

#### 3.2 安全、社会效益

井下首采保护层采煤工作面利用无煤柱开采技术，对下覆煤层开采时的顶板控制起大很大的推动作用，降低巷道变形，且对矿井顶板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；以2110工作面计算，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，由于前期社会经济形势所迫，我矿提前进入工作面回采，导致采掘接替紧张，通过采用沿空切顶留巷技术，

大大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到10%以下，在基本不需返修的前提下能够保证下一工作面巷道断面的使用要求，达到安全高效生产。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，西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安全隐患，为推动新维煤矿实现安全高产高效的建设目标做出巨大贡献。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和经济效益，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+脉冲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。

实践证明，以理论研究加现场试点摸索确定的无煤柱自成巷110工法技术，可以实现综采面开采高产高效的目标，实现无煤柱开采，从根本上防治高突矿井因为留设煤柱带来的瓦斯突出、应力集中引起的下覆巷道难维护一系列的技术难题，为西南复杂煤层的安全开采创造了条件。

### 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] 刘化文.孙恭明.苏琪.王朝华等.<四川省川南煤田筠连矿区维新井田精查地质报告>.
- [8] 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.
- [9] 刘小强,张国峰.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.
- [10] 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
- [11] 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.

作者信息：第一作者银正川（1991-），男，汉族。现在筠连川煤芙蓉新维煤业公司工作，生产技术部技术副部长，采矿工程师。