DOI：10.13532/j.cnki.cn11-3677/td.2011.02.015
第 16卷 第 2期 (总第 99期)
2011年 4月
煤 矿 开 采
Coalmining Technology
Vol.16No.2 (Series No.99)
April 2011

大倾角炮采工作面转综采切眼支护技术

杨永刚[1]，张海燕[2]，侯圣权[1]
(1.安徽省煤炭科学研究院 采矿支护中心，安徽 合肥 230001；2.解放军电子工程学院 基础部，安徽 合肥 230037)

[摘 要] 以淮南矿区李嘴孜煤矿大倾角炮采工作面转综采切眼特殊施工条件为背景，采用理论分析、数值模拟和工业试验等手段，综合分析介绍了在大倾角、软底等不利条件下的锚梁网索和单体组合梁支护、局部加强支护等联合支护方法，揭示了切眼内围岩压力及顶板离层发展规律，成功解决了大倾角炮采工作面转综采切眼的支护技术难题。切眼可近似认为是为无煤柱沿空留巷和沿空掘巷的组合，是一种全新的沿空留 (掘) 巷的形式，也是对完全沿空巷道支护形式的一次成功尝试。

[关键词] 大倾角；炮采工作面；综采切眼；沿空巷道
[中图分类号] TD353 [文献标识码] A [文章编号] 1006-6225 (2011) 02-0041-04

Supporting Technology of Open-off Cut in Full-mechanized Mining Face Transferred from Blasting Mining Face with Large Inclined Angle

YANG Yong-gang[1], ZHANG Hai-yan[2], HOU Sheng-quan[1]
(1.Mining Supporting Centre, Coal Research Institute of Anhui Province, Hefei 230001, China;
2.Base Department, Electrical Engineering Institute of Liberation Army, Hefei 230037, China)

Abstract: For the special construction condition of open-off cut in full-mechanized mining face transferred from blasting mining face with large inclined angle of Lizhuizi Colliery in Huainan mining area, applying theoretical analysis, numerical simulation and industry test, stress distribution of surrounding rock and roof separation rule was obtained by introducing combined supporting method of anchored mesh and rope, combined beam of single prop and intensifying supporting. The supporting difficult problem of open-off cut in full-mechanized mining face transferred from blasting mining face with large inclined angle was solved. Open-off cut might be seem as combination of driving and retaining roadway along gob, the combined supporting method was a successful trial for supporting roadway along gob.

Key words: large inclined angle; blasting mining face; open-off cut of full-mechanized mining; roadway along gob

目前国内各煤矿的工作面，无论是炮采面还是综采面，切眼大部分均在实体煤中掘进，切眼四周为未经扰动的岩层。该类切眼的支护技术已较为成熟，有很多的成功经验可以借鉴。

淮南矿业集团李嘴孜煤矿 3232 (3) 综采面，煤层倾角平均为 42°，是该矿 13槽煤层第 1个大倾角综采面。由于该工作面上巷与煤层走向呈 30°的交角，因此，工作面倾斜长度沿煤层走向发生较大变化，从切眼处的 70m增长到 135m左右，形成了工作面回采初期的梯形面积块段。根据矿方要求，在梯形块段内采用炮采，待工作面推进到上下巷基本平行时将炮采面收作，改用综采，届时炮采工作面倾向长亦即综采面切眼长度 135m。保证炮采工作面转综采面切眼的安全施工是李嘴孜矿 13槽煤首个综采面能否顺利投产的关键，也是以前煤巷切眼锚梁网支护未曾遇到过的新问题。本文利用数值计算、现场监测等方法，针对上述问题提出了一系列支护对策，成功解决了大倾角炮采工作面转综采切眼的支护技术难题。

1 现场工程地质条件

李嘴孜矿 3232 (3) 工作面为该矿首个综采工作面，位于李嘴孜井田的东部采区，回采煤层为 13-1煤层，沿煤层走向布置。根据使用要求，切眼沿煤层顶板掘进，掘进宽度 7m，高 2.6m，断面积 18.2m^2。具体地质条件如下：

(1) 埋深为 483～548m。

(2) 煤层倾角 31～53°，平均 42°。

(3) 煤层厚度为 2.5～7m，平均 4.7m。

(4) 切眼上口紧靠 Fc-2断层布置，该断层落差 21m，断层带附近存在构造应力，围岩破碎。

(5) 煤层顶板为砂质黏土岩，厚度 6.4～10.3m，平均 8.3m，该层泥岩成块状结构，岩性松软破碎、强度低。

[收稿日期] 2010-11-05
[作者简介] 杨永刚 (1979-)，男，河北定州人，工程师，硕士，主要从事矿山压力、巷道支护等方面的研究。

2 支护技术分析

(1) 巷道顶板岩层倾角大，炮采工作面顶板冒落矸石在采空区沿工作面倾斜方向的非均匀充填和约束作用，使得支承压力分布规律和围岩变形、垮落出现非对称性和时序性[1]。工作面上口采空区内充填不充分，形成顶板大面积悬空，增加了顶板断裂、垮落的危险性；在工作面转切眼改造支护时，顶板岩层的层面下滑力对锚杆、锚索支护产生不利影响，容易造成锚杆、索的剪切破坏[2-4]，而底板的滑移给单体支架的稳定性带来影响，容易造成支架倾倒等问题。

(2) 炮采工作面收作形成的综采切眼为完全沿空巷道。切眼一般是在实体煤中掘进的，巷道围岩为未经扰动的岩体。而现在的切眼是由炮采收作面改造形成的，切眼一侧为推进了 100余米的采空区，为完全的沿空巷道。受工作面超前支承压力影响，顶板已发生弯曲、离层甚至破坏，将会大幅降低锚梁网支护效果；切眼空间内的顶板成为悬臂顶板，且悬臂长度远远大于一般的沿空巷道，给切眼支护强度的确定带来难度。

(3) 切眼处煤层厚度 5m左右，切眼掘进高度为 2.6m，切眼底板留有 2m以上的煤底。采用锚梁网和架棚联合支护时，易造成单体支柱插底，引起其工作载荷降低，甚至失去支撑作用。

(4) 切眼顶板为厚层状松软泥岩顶板，块状结构，强度低。在切眼收作前采用炮采，冲击扰动作用强烈，加大了顶板破碎程度；泥岩厚度大，可锚性差，给锚梁网支护带来困难。

3 炮采工作面转综采切眼数值模拟

3.1 离散元计算模型的建立

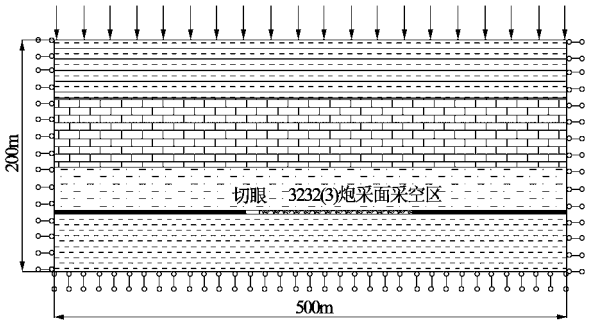
模拟采用离散元软件 UDEC3.1，计算模型采用矩形，宽 500m，高 200m。模型两侧限制水平方向移动，模型底边限制水平方向和垂直方向移动，模型上表面施加 8.7MPa的载荷，用来模拟上覆岩体的自重边界。材料破坏遵循 Mohr—Coulomb强度准则，锚索、单体支柱和工字钢梁分别采用 CABLE单元、SUPPORT单元和 STRUCTURE单元模拟。模拟步骤依次为初始平衡、炮采面推进 100m，炮采面收作与支护、综采面扩面掘进与支护、切眼加强支护等。数值计算模型见图 1。

3.2 模拟结果及分析

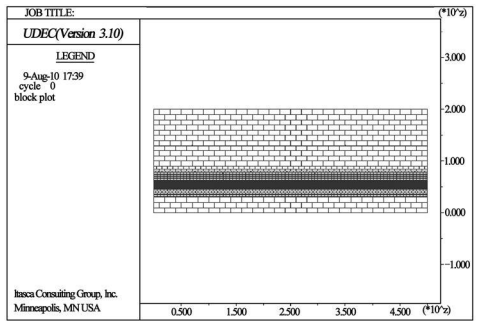
计算结果如图 2和表 1。

(1)煤帮位移量小，仅 91mm，施工时可对煤帮不进行支护。

(2) 切眼底鼓量为 137.2mm，分析原因为切

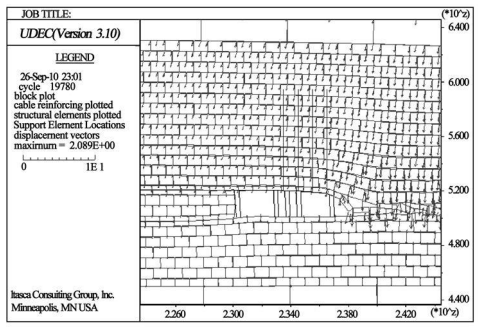


(a) 力学模型

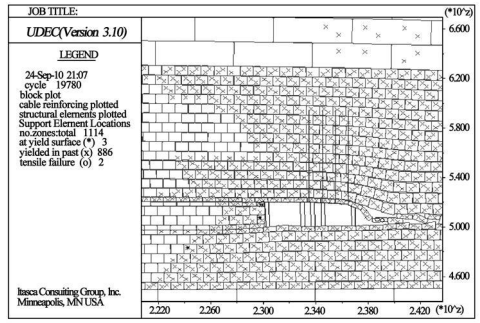


(b) 网格划分

图 1 数值计算模型



(a) 位移矢量分布



(b) 塑性区分布

图 2 数值计算结果

表 1 围岩变形计算结果

指标	底鼓量	顶板下沉	左帮位移
变形量 /mm	137.2	342.9	91.2

眼断面大，且顶板形成的压力并不能有效传递到底板，但单体将产生明显的插底现象，施工时可考虑给单体穿高强度铁鞋，避免单体支护作用降低。

(3) 由于顶板为厚层状松软泥岩，采空区内顶板冒落较为充分，切眼上方顶板产生大范围的塑性破坏和剧烈的回转下沉[5-8]，顶板最大下沉量为342.9mm，需采用锚索主动支护＋单体组合梁被动支护的联合支护方法，防止顶板大范围冒落而危及施工安全。

4 炮采工作面转综采切眼的工业性试验

4.1 炮采收作面支护

收作面控顶宽度 3.6m，采用 DZ25－25/100单体支柱配合 HDDJ－1200金属铰接顶梁走向棚支护，巷道高度控制在 2m。顶板采用 8号金属网背护，并在采空区侧悬垂到底板以阻止矸石进入工作面。在收作面采空区外侧每隔 10m增设木垛。

4.2 综采切眼扩面掘进与临时支护

为了加快扩面速度及顶板的及时支护，采用单体支柱配合金属铰接顶梁进行临时支护，并用 8号金属网背顶。当走向扩面深度达到 2000mm时，在每 2棚单体支架之间沿走向铺设 W 钢带。由于相互联接的铰接顶梁整体性差，当顶板不平整时容易形成弯翘，造成支柱歪斜或倾倒。因此，当扩面结束后，立即将金属铰接顶梁替换成工字钢，工字钢沿走向并列铺设，形成单体支柱与 4m长工字钢组成的单体支架走向棚支护。

4.3 综采切眼加强支护

(1) 沿切眼倾斜方向布置 5排顺山棚。顺山棚由 4m长 7号 π型钢梁与 DZ32－30/110单体液压支柱构成，一梁四柱形式。顺山棚靠煤壁和采空区侧各布置 1排，其余 3排布置在切眼中部。所有单体支柱均穿底面积不小于 260mm×260mm的铁鞋，减小支柱插底量和提高支柱工作载荷。

(2) 安装锚索与工字钢组合支护。在距离煤壁处 500mm和 2500mm处分别安装 1组 2根，共 4根锚索。2根锚索安装在沿走向铺设的每棚工字钢梁的两侧，并用 12号短槽钢作为外锚装置，将工字钢梁托住或悬吊住。从上巷向下，共安装这种结构的组合悬吊锚索 50棚，支护切眼倾向长度 30m。

(3) 在煤壁处和采空区外侧安装密集背护材料。紧贴采空区侧和煤壁处安装 2排支柱，并用木板和塘材背护，防止切眼煤壁片帮和采空区碎矸进入切眼。切眼煤壁未安装锚杆。

5 矿压观测与分析

5.1 单体支柱载荷观测结果分析

在整个切眼施工过程中，对所有支柱均进行了每日观测。沿顺山单体柱号从上风巷往下共 190棚，每 5棚取 1数值，共 38根单体进行分析。图 3为切眼到位后煤壁侧第 2排、第 3排和采空区侧第 2排、第 3排支柱载荷分布。由图可见，煤壁侧第 2排和第 3排单体液压支柱载荷平均值为 8MPa和 7.9MPa，而采空区侧单体支柱载荷平均值为 9.6MPa和 9MPa。

通过对比扩面前后的单体支柱载荷值可见，扩面前切眼内单体支护载荷平均值为 7.3MPa，扩面后单体支护载荷平均值为 8.83MPa，引起切眼内部支护体载荷的增大约 1.4倍，说明随着切眼宽度的增大，切眼顶板悬伸长度增加，顶板压力增大，从而引起切眼内支护体的载荷增大。

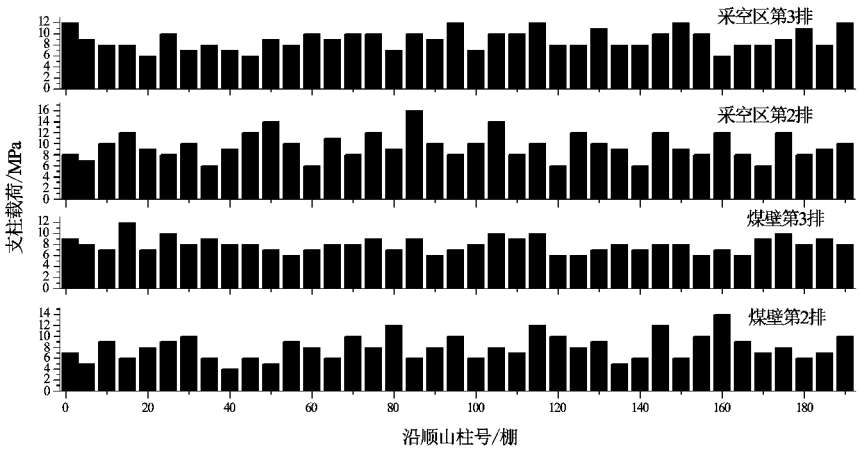


图 3 切眼内单体支护载荷分布

图 4为采空区侧第 2排部分单体支柱载荷分布随日期变化曲线。由图可见，随着切眼宽度加大、观测日期的延长，排除人为影响补液、换柱等因

素，同一根单体支柱载荷有逐渐增大的趋势。

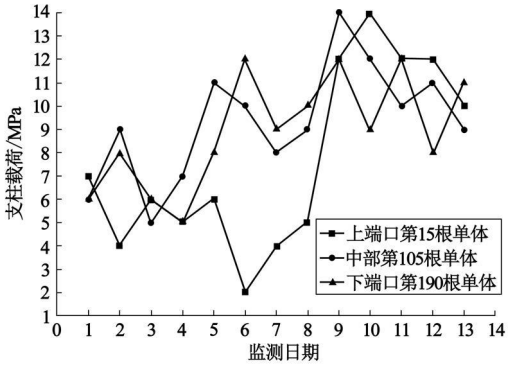


图 4　单体载荷随日期变化曲线

5.2 顶板离层分析

通过对顶板离层的监测，切眼上端口和下端口中部，3.5～4.5m深度离层明显，4.5～5m深度少量离层，5～7m深度未离层；而在切眼顺山方向中部，从 0～7m深度均存在离层，表明顺山方向中部顶板的破坏高度大于上下端口处顶板破坏高度。

6 结论

(1) 控制采高、采空区内冒落充分是本次项目试验取得成功的关键，同时单体配合高强度铁鞋、上下两端倾向方向用破断力大于 150kN的钢丝绳连接起来等方法有效地防止了支柱插底，倾倒等不利情况，从而有效控制了顶板下沉。

(2) 在大倾角、软底等不利条件下，采用锚梁网索和单体组合梁联合支护方法，通过架设密集木垛、顺山棚加强支护等组合支护形式是能够保证支护强度的。

(3) 扩面后的单体支柱载荷值大于扩面前，即随着宽度的增大载荷增大，且随时间延长压力也表现为增大的趋势；在切眼顺山方向中部顶板发生离层破坏的高度大于上下端口处顶板破坏高度。

(4) 炮采工作面转综采切眼，切眼一部分为原工作面，一部分为新掘巷道，可近似认为是为无煤柱沿空留巷和沿空掘巷的组合。这是一种全新的沿空留 (掘) 巷的形式，目前在国内少见，项目的成功实施是对完全沿空巷道支护形式的一次成功尝试。

[参考文献]

[1] 伍永平．大倾角煤层开采 “R－S－F” 系统动力学控制基础研究 [M]．西安：陕西科学技术出版社，2006.
[2] 杨永刚，张海燕，解盘石．复杂围岩环境下大断面巷道支护系统研究与实践 [J]．采矿与安全工程学报，2009 (3)．
[3] 周　宏．大断面切眼复合支护技术在枣泉煤矿的应用 [J]．煤矿开采，2008，13 (4)：68－69.
[4] 马念杰，侯朝炯．采准巷道矿压理论及应用 [M]．北京：煤炭工业出版社，1995.
[5] 钱鸣高，刘听成．矿山压力及其控制 [M]．北京：煤炭工业出版社，1984.
[6] 康红普，王金华，等．煤巷锚杆支护理论与成套技术 [M]．北京：煤炭工业出版社，2007.
[7] 侯朝炯，勾攀峰．巷道锚杆支护围岩强度强化机理研究 [J]．岩石力学与工程学报，2000，19 (3)：342－345.
[8] 朱振环．复杂顶板条件大断面综采切眼支护与回收降耗 [J]．煤矿开采，2010，15 (4)：78－79.
[9] 杨永刚，张海燕．巷道支护效果各影响因素的数值模拟分析 [J]．采矿技术，2009 (4)．

[责任编辑：邹正立]

(上接 34页)

基本不存在空隙，避免了顶板事故，确保了顶板和人员的安全。

(3) 实现了安全、经济、高产高效目标，试验区域薄煤层成功实现综合机械化采煤，在厚度发生变化的条件下，采用放炮落煤，采煤机装煤，可以实现两机配套——炮采机装工艺。为本矿及集团公司相似煤层的回采提供了借鉴经验，为变厚度薄煤层回采提供了一种新方法，进一步丰富了薄煤层综采技术。

4.2 存在问题

但从挡煤板变形情况来看，爆破落煤对其形成的冲击较大；炮眼布置参数及装药量需进一步优化，以便提高一次爆破落煤量。

[参考文献]

[1] 王国法，刘东财，刘加启，等．薄煤层自动化工作面装备技术的发展 [J]．煤矿开采，2001，6 (4)：11－14.
[2] 蒲宝山，徐亚军，王国法，等．含硬夹矸薄煤层高产高效工作面爆破参数的研究 [J]．煤矿开采，2005，10 (1)：50－52，63.
[3] 邹吉波，王洪木，王明会，等．如何实现薄煤层工作面高产高效 [J]．煤炭技术，2005 (6)：23－29.
[4] 俞家新，栾照明．高档普采工作面高产高效技术 [J]．煤矿开采，1999，4 (1)：12－13.
[5] 陈胜利．对薄煤层回采工作面高产高效的思考 [J]．煤炭工程师，1994 (2)：18－20.

[责任编辑：周景林]