

深井厚煤层综放扩大跨度开切眼快速施工及支护技术

安 伯 义

(山东能源新汶矿业集团有限责任公司 华丰煤矿, 山东 泰安 271413)

摘要: 针对深井厚煤层综放扩大跨度 7 m 宽开切眼变形严重、施工支护困难的情况, 采用新型高预应力锚杆锚索联合支护方式, 合理选择支护参数, 采用高强度高预应力锚杆锚索一次成巷施工工艺。试验结果表明: 该施工支护技术可使开切眼变形得到有效控制, 顶板下沉量小于 160 mm, 两帮移近量小于 150 mm, 施工时间缩短 50 d, 实现了快速安全施工。

关键词: 大跨度开切眼; 厚煤层; 联合支护; 快速施工; 深井

中图分类号: TD353 文献标志码: A 文章编号: 0253-2336(2012)06-0012-03

Rapid Construction and Support Technology of Large Span Open-off Cut for Fully Mechanized Caving Mining Face in Thick Seam of Deep Mine

AN Bo-yi

(Huafeng Mine, Shandong Energy Xinwen Mining Group Corporation Ltd., Tai'an 271413, China)

Abstract: According to the serious deformation, difficult construction and support of the large span 7 m wide open-off cut for fully mechanized top coal caving mining face in thick seam of a deep mine, a new high pre-stressed bolt and anchor combined support method was applied, rational support parameters were selected and bolt and anchor of high strength and high prestress technique of the mine roadway was applied. The experiment results showed that the construction and support technology could effectively control the deformation of the open-off cut, the roof subsidence value was less than 160 mm, the convergence between the two sidewalls of the gateway was less than 150 mm and the construction time was reduced by 50 days. Thus a rapid and safe construction was realized.

Key words: large span open-off cut; thick seam; combined support; rapid construction; deep shaft

华丰煤矿是有 100 多年开采历史的矿井, 目前矿井开采 -1 100 m 水平, 开采深度为 1 150 m。随着开采深度的增加, 其顶煤软、高冲击地压倾向性、大变形、难支护的特点越发突出, 综放工作面开切眼的施工支护难度大。按照厚煤层综放工作面大跨度开切眼传统施工支护模式, 该矿 1409 工作面开切眼采用了普通全螺纹钢锚杆锚索联合支护, 导硐施工后二次扩帮成巷, 该支护施工方式施工速度慢、支护强度不足、顶板离层下沉明显、整修困难。为此, 华丰煤矿采用深井厚煤层综放工作面大跨度开切眼高强高预应力锚杆锚索联合支护一次成巷技术, 2011 年在 1410 综放工作面开切眼施工支护中成功应用。

1 工程概况

华丰煤矿 4 号煤层为矿井主采煤层, 1410 综放工作面开切眼位于 -1 100 m 水平一采区第二亚阶段, 埋深 950~1 030 m, 西为采区隔离设计煤柱, 东为未开采区, 上部为 1409 工作面采空区, 下部为未开采区。煤层倾角 33~35°, 煤层平均厚 6.0 m, 煤层普氏系数 1.5~2.0, 煤层层状结构明显, 节理发育, 煤体比较松软, 在开掘过程中极易发生煤层抽冒现象。煤层顶板为粉砂岩、细砂岩及中粒砂岩, 并且上覆极厚的第三系砾岩, 受其影响, 4 号煤层具有强烈的冲击倾向性。

收稿日期: 2012-01-28; 责任编辑: 张 扬

作者简介: 安伯义(1968—), 男, 山东胶南人, 高级工程师, 现任华丰煤矿副矿长。E-mail: aby123@126.com

网络出版时间: 2012-06-15 10:27:00; 网络出版地址: http://www.cnki.net/kcms/detail/11.2402.TD.20120615.1027.201206.12_004.html

引用格式: 安伯义. 深井厚煤层综放扩大跨度开切眼快速施工及支护技术 [J]. 煤炭科学技术, 2012, 40(6): 12~14, 18.

2 施工支护方式选择

2.1 1409 综放工作面开切眼施工支护方案

1409 综放工作面开切眼掘进时采用全螺纹钢等强锚杆、普通钢绞线锚索及单体支柱组合支护方式，断面为矩形，宽 7.0 m，高 3.0 m，采用 $\phi 22 \text{ mm} \times 2400 \text{ mm}$ 全螺纹钢锚杆，间排距 $800 \text{ mm} \times 800 \text{ mm}$ 。开切眼首先采取小断面掘进，贯通后 2 次扩帮至设计断面（图 1）。由于多次放炮对顶板震动破坏、支护间隔时间长，导致部分锚索锚具下滑退锚，个别锚杆锚索被拉断，整体支护强度明显不足，顶板出现了台阶弯曲下沉，后期不得不重新挑顶挖底并加密锚杆锚索。开切眼施工速度极慢，用时 79 d。

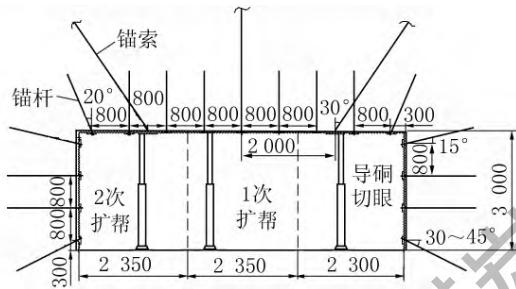


图 1 1409 综放工作面开切眼断面支护示意

2.2 1410 综放工作面开切眼施工支护方案

在放顶煤工作面开切眼中，顶煤较厚且酥软，整体性不强，其跨度较大，承载能力相当薄弱。1409 综放工作面开切眼虽然采用锚杆锚索联合支护方式，但整体支护强度不足。为此从提高巷道整体承载能力入手，确定巷道支护设计方案为：高强度高韧性抗冲击锚杆 + 高强高预应力锚索组合支护技术方案，围岩表面采用 W 钢带和钢筋网片。为尽量缩短开切眼时间，减少开切眼后期修整工作量，在 1410 综放工作面开切眼确保有大强度支护条件前提下，确定 1410 工作面开切眼一次成巷。由于开切眼跨度大，故采用导硐扩帮错茬方式施工，先施工宽 3.5 m 的导硐，滞后导硐掘进工作面不大于 1.0 m 再扩帮至设计断面。1410 综放工作面开切眼高强锚杆高强锚索支护断面如图 2 所示。

2.3 支护设计

2.3.1 顶板支护

1) 高强度高韧性抗冲击锚杆。顶板锚杆为 $\phi 22 \text{ mm} \times 2400 \text{ mm}$ 新型 KMG600 高强度高韧性抗冲击锚杆，间排距 $800 \text{ mm} \times 800 \text{ mm}$ ，每孔装 2 支 Z2335 树脂药卷加长锚固，锚固剂长度为 700 mm。

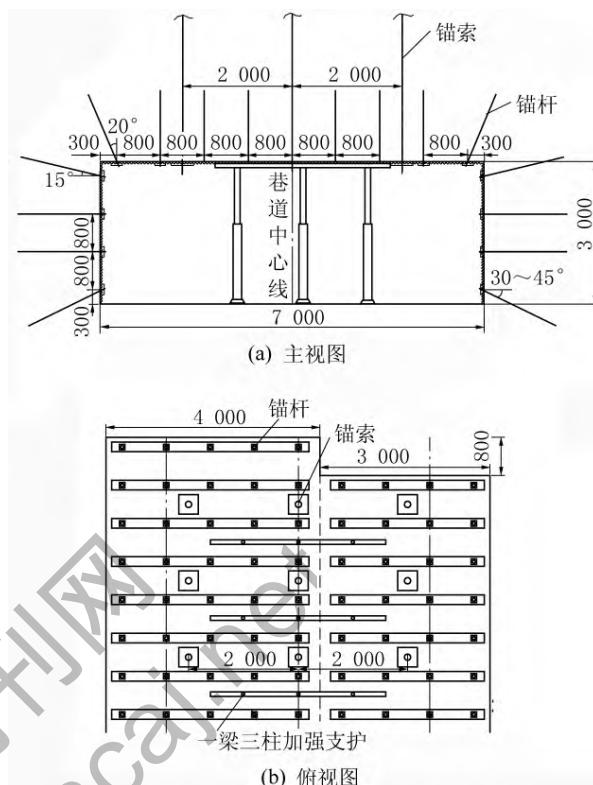


图 2 1410 综放开切眼高强锚杆高强锚索支护断面

锚杆扭紧力矩不小于 $400 \text{ N} \cdot \text{m}$ ，锚固力不小于 130 kN 。采用全断面铺设 6 号铁丝编制的钢筋网片，长 \times 宽为 $3200 \text{ mm} \times 900 \text{ mm}$ ，网孔规格为 $50 \text{ mm} \times 50 \text{ mm}$ 。开切眼导硐侧顶板铺网后，铺 $3700 \text{ mm} \times 270 \text{ mm} \times 3 \text{ mm}$ 的 W 钢带配合锚杆加强支护；开切眼扩帮侧顶板铺 $2900 \text{ mm} \times 270 \text{ mm} \times 3 \text{ mm}$ 的 4 孔 W 钢带，孔间距 800 mm ，配 $200 \text{ mm} \times 200 \text{ mm} \times 12 \text{ mm}$ 的高强托盘，中心孔直径为 24 mm ，两帮底角采用同规格的异形托盘。

2) 高强高预应力锚索。采用由 9 根 $\phi 7 \text{ mm}$ 钢丝组成的 $\phi 35 \text{ mm} \times 7000 \text{ mm}$ 新型强力锚索配合 2 根 $\phi 36 \text{ mm} \times 750 \text{ mm}$ 的加长树脂药卷加长锚固。锚索间排距 $2000 \text{ mm} \times 1600 \text{ mm}$ ，滞后工作面不大于 3.2 m ，锚索扭紧力矩不小于 $300 \text{ N} \cdot \text{m}$ ，锚索预应力不小于 250 kN 。新型强力注浆锚索主要由预应力锚头、钢丝、注浆管、骨架、搅拌头等组成，去掉了注浆管，专门设计了 $\phi 400 \text{ mm} \times 12 \text{ mm}$ 的圆凸形托盘，该新型强力锚索承载能力较大。

2.3.2 巷帮支护

采用 $\phi 20 \text{ mm} \times 2200 \text{ mm}$ 金属全螺纹钢等强锚杆，间排距均为 $800 \text{ mm} \times 800 \text{ mm}$ ，采用 7665 型风钻配合 ZSM-60 风动煤钻打孔，每孔装 2 支 Z2835

树脂药卷加长锚固。

2.3.3 辅助加强支护

采用29U型钢梁配单体液压支柱进行一梁三柱加强支护，棚梁长2800 mm，采用单体液压支柱支护，隔一排布置一排棚，棚与锚索前后交替布置，单体支柱初撑力不小于90 kN。支设加强棚形成了新的支撑点，减少了开切眼组合梁的跨度。

2.3.4 锚杆让压装置

为缓解巷道作用在锚杆上的力，在1410综放工作面开切眼顶板高强高预应力锚杆处安装让压管。根据锚杆的实际屈服载荷确定让压点载荷略小于锚杆的实际屈服载荷，由此确定了让压管让压载荷150~200 kN，让压范围大于20 mm。现场巷道观测表明，锚杆让压管很好地控制了巷道变形。

2.4 施工工艺

采用钻眼爆破法掘进，掘进工作面采用人力扒装，开切眼采用双塑料溜槽运输，下平巷及运输石门采用SPJ-800带式输送机运输。施工顺序为导硐爆破→支护→扒装→扩帮成巷→支护→扒装→导硐施工（反复循环）。采取单班循环作业方式，循环进尺0.8 m，最大空顶距1.0 m，最小空顶距0.2 m。

3 巷道矿压观测

1) 巷道表面位移。1410综放工作面开切眼施工130 m，从图3可看出，开切眼顶底板移近在观测的第15天开始趋于稳定，经过40 d的设点观测，顶板未发生明显下沉，顶底板移近量小于160

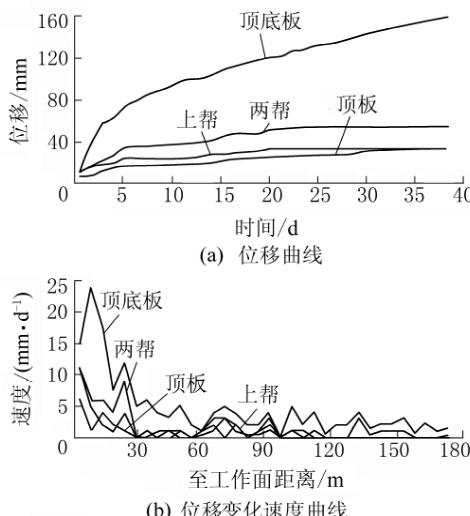


图3 1410综放工作面开切眼监测曲线

mm，平均4.5 mm/d；两帮移近量小于150 mm，平均3.86 mm/d。锚杆及锚索均未出现拉断、退锚、顶板超过离层临界值等现象。观测结果表明，采用高强预应力锚杆锚索支护后，加强了顶板、两帮整体支护强度，顶底板及两帮的相对移近量大幅减小，巷道稳定性高。

2) 顶板离层监测。锚索锚固端1.9 m(5.1—7.0 m)左右处粉砂岩整体情况良好，没有裂隙离层。在2.2—5.1 m煤层整体比较完整，0—2.2 m是离层或破碎的位置，有2~3个较大的离层。因此，巷道必须使用高强高预应力锚索加强支护，确保围岩变形得到有效控制。

4 支护效果

1410综放工作面开切眼采用一次成巷施工工艺，新型高预应力抗冲击锚杆配合强力锚索支护，具有施工工艺简单，施工速度快，支护主动可靠，整体支护效果好等优点，改变了传统的“小断面导硐—扩帮—二次扩帮至设计断面”的施工模式，应用效果良好。

1) 大幅度提高了掘进速度，缩短了施工工期。1409综放工作面开切眼从小断面导硐开始到二次扩帮及多次挑顶挖底修整共用时79 d，而1410工作面开切眼高强度高预应力锚杆锚索一次成巷工艺仅用时29 d，大幅度提高了掘进速度及掘进工效，确保了工作面的正常接替。

2) 断面变形量小。观测结果表明，1410综放工作面开切眼开始施工至综放设备全部安装完毕，顶板未发生明显下沉，顶底板移近量小于160 mm，两帮移近量小于150 mm，支护效果明显。

3) 直接经济效益得到显著提高。这种大断面开切眼一次成巷相对于开切眼二次、三次扩帮成巷大幅节省了材料的消耗和人工成本，降低了工人的劳动强度。

4) 安全状况得到明显改善。1409综放工作面开切眼施工和综放液压支架安装过程中，经常出现局部冒顶、压架等事故，在1410综放工作面开切眼施工及综采支架安装中未发生此类顶板事故。

5) 支护效果好。1410开切眼全断面一次成巷施工，不用二次扩帮和修整，减少爆破对顶板煤层的震动破坏，有利于整个开切眼顶板的完整性。

(下转第18页)

2.4 微震监测系统拾震器布置原则优化

微震监测系统拾震器布置在干燥、相对安静、非瓦斯积聚区等基本要求基础上，为增强微震监测系统的可靠性，降低误差，根据上述微震初至波在岩层中传播路径的分析，拾震器布置在矿区应该遵循以下4条原则：①为了使微震波传播路径尽可能地直接，避开多层界面反射、折射造成能量的损耗，尽量将拾震器布置在坚硬岩层中；②靠近采动区域布置拾震器时，要将拾震器布置在距离冲击区域较近，且坚硬的顶板或底板岩层中；③由于井下条件复杂，当出现避不开煤层布置的情况下，尽量靠近煤层顶底板较坚硬者布置；④一般微震波长分布在30~1 000 m，如果存在巨厚煤层顶板或底板冲击的情况，不应将拾震器布置在煤层顶板以下或底板以上。

3 工程应用

在上述某矿4603工作面采动影响范围内，微震事件常发生在煤层上方30 m处，8.1 m厚的细砂岩中，而拾震器S₆布置在厚的底煤上，且周围是煤巷，微震波在底煤及周围煤巷破碎圈内的传播速度远小于其在坚硬顶底板中的传播速度。因此，按照拾震器布置原则，重新制定了S₆的安装位置，将其布置在工作面上方坚硬的细砂岩底板中。调整S₆拾震器后，S₄仍然较S₆先接收到放炮信号，但是S₄、S₆拾震器接收校检炮初至波的时间与其所处的空间位置相符，异常现象不明显。经校检炮定位实验，此种拾震器布置方案，水平定位误差5.7 m，垂直方向定位误差3 m，符合微震监测系统定位精度要求，满足现场需要，为该回采工作面冲击地压的实时、在线监测冲击危险等级评价提供了可靠的数据资料。

4 结语

采用地震波传播理论分析研究了微震初至波在煤岩体中的传播路径，并建立了相关传播模型，在此基础上优化了微震监测系统拾震器的布置原则。通过现场实际应用，研究成果能够较好地解决微震波传播路径的异常现象，降低微震监测系统定位误差，为后续煤矿冲击地压微震监测拾震器的优化布置提供了理论依据。

参考文献：

- [1] 邓志刚,任勇,王传朋,等.微震、地音数据综合分析法初探[J].煤矿开采,2010,15(1):18~20.
- [2] 姜福兴,宋广东,孔令海,等.微地震波在煤矿岩层中的传播特征研究[J].岩石力学与工程学报,2009,28(1):91~96.
- [3] 夏永学,潘俊锋,王元杰,等.基于高精度微震监测的煤岩破裂与应力分布特征研究[J].煤炭学报,2011,36(2):65~69.
- [4] 姜福兴,王存文,杨淑华,等.冲击地压及煤与瓦斯突出和透水的微震监测技术[J].煤炭科学技术,2007,36(1):26~29.
- [5] 姚姚.地震波场与地震勘探[M].北京:地质出版社,2006:35~36.
- [6] 牛滨华,孙春岩.地震波理论研究进展:介质模型与地震波传播[J].地球物理学进展,2004,19(2):255~263.
- [7] 齐庆新,陈尚本,王怀新,等.冲击地压、岩爆、矿震的关系及其数值模拟研究[J].岩石力学与工程学报,2003,22(11):90~96.
- [8] 任勇.华丰煤矿微震监测与冲击地压影响因素分析[J].煤炭科学技术,2010,38(7):1~6.
- [9] 张宗文,安伯义,刘金亮,等.千米深井强冲击倾向煤层的冲击地压防治技术[J].煤炭科学技术,2010,38(7):17~20.
- [10] 苗素军,牟宗龙,窦林名,等.深部复杂地质条件下矿井冲击地压分析及防治[J].煤炭科学技术,2010,38(9):43~46.

(上接第14页)

参考文献：

- [1] 余孝民.浅析锚杆支护在大断面开切眼施工中的应用[J].煤炭科学技术,2006,34(6):26~28.
- [2] 马允刚,王海龙,麻开辉.厚煤层综采一次采全高大跨度开切眼施工技术[J].煤炭科学技术,2007,35(5):36~38.
- [3] 李希勇,张秀峰.高强度预应力注浆锚索研制与应用[J].煤矿开采,2008,13(3):48~49.
- [4] 靳洪文,段晨辉,曲天智,等.高强锚杆支护系统抗撕裂钢带的研究[J].煤炭科学技术,2003,31(12):16~19.
- [5] 李秀华.“三软”煤层中炮采改为轻放开采的开切眼支护实践[J].煤炭科学技术,2003,31(11):46~47.
- [6] 郑复伟.大断面综采开切眼联合支护技术[J].煤炭技术,2007,26(8):26~27.
- [7] 易先春,沈五名.大采深综采开切眼全锚支护技术[J].煤炭科学技术,2003,31(4):28~29.
- [8] 赵健,李焕斌.崔家寨矿锚索支护技术的应用[J].煤炭科学技术,2006,34(10):17~19.
- [9] 胡平.应用锚索支护开切眼的探索[J].煤矿开采,2006,11(1):46~47.
- [10] 何满潮,孙晓明,苏永华,等.综放工作面大断面开切眼锚网索支护技术研究[J].煤炭科学技术,2002,30(1):36~39.