

强力锚杆支护系统在深部高应力软岩巷道中的应用

刘传勇 张士强

(新汶矿业集团 华丰煤矿, 山东 泰安271413)

摘要 主要介绍了强力锚杆支护系统支护技术在华丰煤矿深部高应力软岩巷道中的应用与实践, 并取得了很好的经济效益和社会效益。

关键词 强力锚杆; 支护技术; 深部巷道; 高应力软岩

华丰煤矿是一个具有上百年开采历史的矿井, 水、火、瓦斯、煤尘、冲击地压灾害俱全。现在, 矿井生产五水平垂深已达到1 250 m, 随着开采深度的不断增加, 深部地压问题越来越突出, 巷道围岩在一定程度上表现为高地压软岩特性, 巷道变形和破坏也较为严重, 给巷道的布置和支护带来了一系列的问题。根据现场观测, 深部巷道断面收缩率达30%以上, 巷道支护方式的合理选择, 已成为安全生产和经济效益的重大问题。

2004年11月至2005年9月, 华丰煤矿与北京天地公司共同试验深部巷道强力锚杆支护系统取得成功, 并进行工业应用, 取得了预期效果。

1 工程概况

五水平-1 010 m东岩石集中巷位于一采区-1 010 m, 沿煤7(2)掘进, -1 010 m东岩石集中巷总长度为1 000 m。该巷主要用于形成-1 010 ~-920 m工作面生产系统, 满足采煤工作面通风、行人、运输、管线敷设的需要, 服务年限约为10 a。

2 支护参数确定

根据巷道用途、围岩性质及现有技术装备条件, -1 010 m岩石集中巷选用直墙半圆拱断面, 光面爆破, 全断面一次成巷的施工方法, 初喷50 mm混凝土作临时支护, 锚带喷作永久支护。主要支护参数如下:

巷道尺寸: 净宽4 300 mm, 净高3 700 mm。

锚杆: $\phi 22 \text{ mm} \times 2 400 \text{ mm}$ 左旋无纵筋专用强力锚杆。杆尾罗纹M27, 锚杆螺母拧紧力矩不少于500 N·m(初锚力125 kN), 锚固力200 kN。锚杆间排距: 800 mm \times 800 mm。

锚固剂: 树脂药卷, 一支规格为K2835, 另一支规格为Z2860, 每根锚杆配2块药卷加长锚固。

金属网: 采用规格为5 000 mm \times 900 mm的10#冷拔黑铁丝编织的金属经纬网, 网格为80 mm \times 80 mm。

托盘: 规格为150 mm \times 150 mm \times 12 mm的拱形高强度碟形托盘, 配合高强

安全科普知识

- ◆ 不断发展的三维地震勘探技术
- ◆ 钻探勘查技术
- ◆ 中国煤炭能源新产业发展现状
- ◆ 中国煤炭煤质特征
- ◆ 中国煤炭煤质特征1
- ◆ 中国煤炭分类国家标准中各类煤
- ◆ 怎样做好煤矿新工人安全教育培训
- ◆ 我国煤矿职业危害的防治对策
- ◆ 数字解读山西煤炭
- ◆ 数字化矿井筑起安全保障线

更多>>

专家答疑

- ◆ 主巷道的风力
- ◆ 煤矿启封密闭的安全技术措施
- ◆ 主井的防腐处理
- ◆ 上隅角瓦斯治理
- ◆ 请问有没有办法让烟煤变成无烟煤变无烟煤
- ◆ 请问缺失挥发份的值怎么计算
- ◆ 证件
- ◆ 皮带断带的问题
- ◆ 抽出式局部风机的用途

更多>>

度螺母、高强度心球垫和尼龙垫圈，力学性能与锚杆杆体配套。

护板：规格为280 mm×300 mm×5 mm的“W”护板。喷厚150 mm，其中初喷30 mm，复喷120 mm。

3 施工设备及施工工艺

3.1 施工设备

7665型风动掘岩机4台，中空六棱钻杆2~4根，柱齿钻头若干个。

3.2 施工工艺

施工巷道光面爆破→临时支护→扒装矸石→打锚杆眼→安装锚杆→复喷→成巷。

采取单班循环作业方式，循环进尺1.6 m，最大空顶1.8 m，最小空顶0.2 m。

支护说明：

① $S_{掘}=15.7 \text{ m}^2$ ， $S_{净}=14.14 \text{ m}^2$ ；

② 支护形式：锚带喷；

③ 支护主要参数及支护材料： $\phi 22 \text{ mm} \times 2400 \text{ mm}$ 金属强力锚杆，树脂药卷加长锚固，锚杆间排距 $800 \text{ mm} \times 800 \text{ mm}$ ，全断面挂金属经纬网；

④ 巷道坡度：按中腰线。巷道永久支护断面如图1所示



图1巷道永久支护断面图

4 矿压观测

4.1 测区布置及观测内容

在-1 010 m东大巷共设3个测区，每个测区布置2个观测断面。测区间距100 m，观测断面间距5 m。主要观测内容有：围岩表面位移观测、顶板离层观测、锚固力观测和宏观描述。围岩表面位移观测包括顶底板移近量、顶板

下沉量、两帮移近量；顶板离层观测主要有顶板2 m、6 m处的离层量；锚固力观测使用锚杆测力计进行观测，每个表面位移测区布置3台锚杆测力计，这3台锚杆测力计布置在1个断面上，顶板及两帮各1台，观测出锚杆端部受力大小。巷道宏观矿压描述主要对巷道在不同时期的表面破坏情况进行记录描述。

4.2 测点布置

巷道表面位移采用“十”字布点法，在巷道开挖后4 h内布置表面位移测点。顶板离层观测采用安设离层仪的方式。锚固力观测时，观测断面的锚杆按时在顶部、两帮的锚杆端部安设锚杆测力计，并读取初读数。

4.3 观测结果分析

4.3.1 巷道表面位移

对所观测的数据进行整理，根据整理的观测数据的平均值分别作出围岩表面位移曲线、位移速度曲线。根据巷道位移曲线可以看出，可以把巷道变形分为3个阶段，即开挖影响阶段、相对稳定阶段、稳定阶段，如图2所示。



图2-1 010 m东岩巷围岩表面位移量、位移速度曲线图

(1) 开挖影响阶段

在巷道开挖后的1~15 d，掘进1~23 m，围岩变形达到最大值。巷道开挖后15 d，掘进23 m，围岩变形趋于稳定。在整个开挖影响阶段：顶板平均下沉移近量为31 mm，平均下沉速度为2.07 mm/d，最大位移速度为5.0 mm/d；两帮平均移近量为154 mm，平均移近速度为10.3 mm/d，最大位移速度为20 mm/d。

(2) 相对稳定阶段

在相对稳定阶段，共经历了29 d。顶底板平均移近量为103 mm，平均移近速度为3.55 mm/d，最大位移速度为11 mm/d；顶板平均下沉移近量为14 m，平均下沉速度为0.48 mm/d，最大位移速度为1.0 mm/d；两帮平均移近量为70 mm，平均移近速度为2.41 mm/d，最大位移速度为6.0 mm/d。

底鼓量为89 mm，底鼓速度为3.07 mm/d。

(3) 稳定阶段

在稳定阶段，共经历了113 d。顶底板平均移近量为103 mm，平均移近速度为0.91 mm/d，最大位移速度为1.60 mm/d；顶板平均下沉移近量为29 mm，平均下沉速度为0.26 mm/d，最大位移速度为0.8 mm/d，两帮平均移近量为70 mm，平均移近速度为0.62 mm/d，最大位移速度为1.1 mm/d。底鼓量为74 mm，底鼓速度为0.65 mm/d。

4.3.2 巷道顶板深部位移观测

测点距离掘进工作面20 m范围内，顶板离层量较大，该期间为巷道围岩活动期，深浅部基点平均离层速度分别为0.67 mm/d、2.33 mm/d，深浅部累计离层量分别为8 mm、28 mm。距离掘进工作面20~142 m为趋于稳定期，该期间深浅部基点平均离层速度分别为0.1 mm/d、0.29 mm/d，深浅部累计离层量分别为13 mm、38 mm；观测期间巷道顶板在6 m范围内总离层量为64 mm。距离掘进工作面18 m范围内，顶板离层量较大，该期间为巷道围岩活动期，深浅部基点平均离层速度分别为0.6 mm/d、1.30 mm/d，深浅部累计离层量分别为6 mm、13 mm。距离掘进工作面18~98 m为趋于稳定期，该期间深浅部基点平均离层速度分别为0.09 mm/d、0.29 mm/d，深浅部累计离层量分别为15 mm、35 mm。可以看出，试验段的顶板总离层量为50 mm，而原支护段总离层量为64 mm，这说明试验段的离层量比原支护段小，顶板整体锚固性强。在深部高地压下，锚杆锚固范围内，巷道顶板仍产生松动离层现象。

4.3.3 锚固力观测

将观测数据进行统计整理得到：顶板、上下帮锚固力保持整体上升的趋势，下帮达到37 MPa、上帮达到29 MPa、顶板达到28 MPa，说明巷道顶板、上下帮一直处于应力集中区，该实验段的支护锚杆强度比原支护锚杆强度较高。从以上来看，锚杆受力符合巷道压力变化影响规律，并且可以看出有锚杆支护设计能够满足巷道支护要求。如图3所示。



图3-1 010 m东岩巷锚固力观测曲线

4.4 结论与建议

① 从以上观测结果可以看出，采用22#左旋无纵筋锚杆专用螺纹钢筋锚杆，巷道进入稳定阶段后，围岩的变形趋于减弱，而顶底板移近量、两帮移近量也逐渐变小。

② 采用强力锚杆支护系统，加强了顶板、两帮整体支护强度，从而底鼓

量较小，两帮移进量比较小。从而说明巷道采用22#左旋无纵筋锚杆专用螺纹钢加固后支护强度加强，能够有效控制巷道整体位移量变形，满足巷道支护设计要求。

③ 观测结果表明，巷道围岩变形经过开挖影响阶段后，巷道变形基本处于稳定阶段，说明现在的支护方式能够满足-1 010 m东岩巷的支护要求。

④ 从观测结果来看，在巷道顶板下沉基本稳定后，顶底板移近量仍继续上升，说明巷道底鼓速度大于顶板下沉速度，底鼓量较大。所以在深部地压下，应对巷道底板进行支护，特别是应保证底角锚杆的支护质量。

⑤ 通过巷道顶板深部位移观测结果看出，浅部范围离层量占巷道顶板总离层量的1 / 2，说明巷道主要在浅部(2 m范围内)产生离层。

⑥ 综合本次观测结果看出，巷道采用强力锚杆支护系统，加强了顶板、两帮整体支护强度，从而底鼓量较小，两帮移进量比较小，支护效果明显好于原支护段。因此，建议在深部地压下，巷道应推广使用强力锚杆支护系统，以提高巷道整体支护强度。

5 支护效果分析

5.1 支护机理

锚杆支护能及时加固围岩，从而减少围岩变形，防止顶板早期离层和片帮，顶板下沉量和两帮移近量明显小于架棚巷道，减少了巷道维修量。

树脂锚固剂锚固时间短，在10 min内即能给锚杆施加125 kN以上的初锚力，将松散的围岩体与锚杆黏结为一体，从而增大了围岩的自身强度和完整性。

高强度锚杆、高强度托盘可以承受冲击地压影响，具有较强的柔性放压作用，并难保持锚杆及托盘的完好，从而保证锚杆的支护效果。

5.2 分析比较

采用强力锚杆支护系统与传统的喷锚喷、锚网喷支护工艺相比，具有施工工艺简单、施工进度快、支护主动可靠的优点，从根本上改善深部巷道的支护状况，保证了安全生产。

采用强力锚杆支护系统，能够有效地控制围岩变形量。-1 010 m岩巷自使用强力锚杆支护以来，巷道失修率从往年的60%下降到10%，断面利用率提高了30%。-1 010 m岩石集中巷除在生产中进行过简单的落底外，无需维修即可保证正常使用。每米每年节约巷道维修费用400元以上。

从深部位移及顶板离层观测来看，巷道开挖30 d内为开挖的变形不稳定活跃期，之后进入稳定期，强力锚杆支护系统利用锚固剂、锚杆、托板及各种构件，给围岩达到125 kN以上的支护强度，与围岩共同组成支护体系，承受各种围岩应力和采动应力，达到支护目的，即所谓的主动支护。辅助支护构件能有效地防止煤岩体片落，保持围岩整体性和稳定性，从而更能发挥锚

杆的效能。

从巷道断面尺寸可以看出，深部巷道断面尺寸选择较大，巷道断面收缩30%后，断面尺寸仍能满足生产需要。从巷道宏观矿压描述来看，巷道下帮肩窝表面破坏较重，可以在下帮肩窝沿巷道走向与原支护五花布置2排锚杆，以增加下帮肩窝的支护强度。

6 现场检验

采用强力锚杆支护系统后，省略了巷道二次支护工序，提高了巷道单进水平，减少了巷道后尾工作量。

大段面岩巷月进尺达到90 m以上，最高进尺达到116 m / 月。

强力锚杆支护技术在华丰煤矿深部巷道中的试验取得了显著的经济效益和社会效益，现已在华丰煤矿深部巷道中应用。

[版权声明](#) [商铺介绍](#) [理事会章程](#) [广告招商](#) [CCTE网站联盟](#) [友情链接](#) [帮助中心](#)

主办单位：煤矿与煤炭城市发展工作委员会

协办单位：北京嘉诚禾力广告有限公司

联系地址：北京市海淀区恩济庄18号院4号楼 邮政编码：100036

电话：010-88124838 88127046 传真：010-88127046

E-mail: master@mtsboxn.com mtsboxn@163.com

网站备案号：京ICP备05035317号

