

急倾斜软煤层煤巷锚网支护技术研究

秦立堂, 李振, 岳博

(兖矿科技有限公司, 山东 济南 250102)

摘要 针对青海省某煤矿开采煤层为急倾斜煤层且较松软,煤巷掘进巷道支护难度大,支护方式相对落后的问题,提出采用管缝式锚杆、金属网、钢筋梯的锚网支护方式。通过现场施工试验段进行验证,试验结果表明支护方案能够有效控制巷道围岩变形,取得了良好的技术经济效果,降低了支护成本,减轻工人的劳动强度。

关键词 急倾斜软煤层;煤巷锚网支护;管缝式锚杆;安全高效

中图分类号:TD353.6 **文献标志码**:A **文章编号**:1009-0797(2017)04-0004-03

Study on support of mine roadway in steep soft seam

Qin Litang, Li Zhen, Yue Bo

(Yankuang technology Co., Ltd., Shandong Jinan 250102)

Abstract: According to the problem that supporting in steep soft seam is very difficult in a certain coal mine of Qinghai Province. The style of supporting in mine roadway is very backward. According to above problems, bolt net support with slit wedge bolt, metal net, steel ladder was put forward. Field test showed that the support scheme could effectively control the surrounding rock deformation and achieved good technical and economic effects.

Key words: steeply inclined soft coal seam; bolt-net supporting in coal roadway; slit wedge bolt; safety and high efficiency

该煤矿煤层为急倾斜煤层,煤层倾角 $55^{\circ} \sim 70^{\circ}$,煤层厚度平均22m,煤的硬度系数0.8~1.5。目前采用水平分段放顶煤开采工艺,巷道大多采用坑木支护方式,存在支护成本高、掘进进尺低、工人劳动强度大、巷道变形量严重等问题。通过对井下支护情况进行调研,并对调研结果进行理论分析研究,提出了利用管缝式锚杆、金属网、钢筋托梁的锚网支护方案。

1 工作面巷道情况

1.1 巷道位置及地质条件

3750工作面地质构造和全井田一致,为单斜构造。煤层顶板比较稳定,布置运输顺槽;底板变化相对较大,布置为回风顺槽。工作面煤层平均厚度为22m,倾角多在 60° 以上,煤的硬度系数0.8~1.5,顶底板强度较低,裂隙发育,均易坍塌冒落。直接顶为灰色细砂岩,厚度平均12.9m,伪顶为粗砂岩,厚度平均1.59m;巷道底板伪底为炭质泥岩,厚度平均0.8m,直接底为灰白色石英质砾岩,厚度平均1.5m。

1.2 巷道原支护情况

3750工作面两顺槽均采用梯形木架支护,两顺槽巷道规格:上净宽为1600mm,下净宽为2600mm;净高为1800mm,架距700mm,净断面 3.78m^2 。从观测结果来看,在掘进工程中巷道变形较为严重,巷

道两帮下部移近量累计达0.5m左右,在工作面回采时距离工作面煤壁20m范围内巷道变形更为严重,此外巷道内还存在断梁折柱现象,严重影响工作面的安全生产。

2 巷道支护难点分析

2.1 煤层开采矿压显现较激烈

急倾斜特厚煤层水平分段开采,顶板岩层破坏、移动具有特殊性和复杂性^[1]。3750工作面煤层倾角在 60° 左右,倾角较大,采场围岩应力分布形态不对称特性较明显^[2],在水平开采过程中顶板岩层移动方式较为复杂,存在向重力下沉、沿法线向底板移近、沿底板向下转移等多种形式^[3]。应力场分布和顶板岩层移动的不均匀性造成在开采过程中矿压显现具有明显的不均匀性。主要表现为:煤层顶板侧巷道压力明显大于底板巷,并且在顶板侧巷附近,应力集中程度较高,致使巷道难维护;巷道变形具有不对称性,顶板巷主要表现为来自顶板方向的挤压变形和顶板侧煤帮的破取,底板巷受到较大水平应力的作用,易发生底鼓。

2.2 煤层较松软支护难度大

煤层较软,造成锚固较为困难。现场采用树脂锚杆进行拉拔测试,拉拔力均在20kN以下,导致锚杆的主动支护难以得到发挥,不能使锚杆将各层顶

板岩层锚固在一起,从而使各岩层之间发生离层、错动,不能发挥其组合梁的抗弯强度和承载能力^[4]。

3 煤巷支护方案设计

3.1 支护方式的确定

由于原木架支护属于被动支护,不能在巷道掘进早期对顶板施加较大的支护阻力,以至于巷道出现严重的变形破坏。锚杆支护能够主动及时支护围岩,安装以后在围岩内部对围岩进行加固,迅速形成一个围岩-支护的整体承载结构,能够充分发挥围岩自身的承载能力,减小围岩早期变形破坏,提高围岩的峰值强度和残余强度,保持围岩的完整性和稳定性。此外锚网支护后会使顶板处于预应力刚性梁状态,有效减轻顶板中部的拉压破坏以及顶角的剪切应力集中,减小顶板下沉,避免出现垮冒。因此选用锚网支护方式代替原有的木架支护方式。

3.2 管缝式锚杆支护加固机理

管缝式锚杆是一种全长锚固,主动加固围岩的新型锚杆,它立体部分是一根纵向开缝的高强度钢管,当安装比管径稍小的钻孔时,利用钢管的弹性对孔壁产生径向外力,可立即在全长范围内对孔壁施加径向压力和阻止围岩下滑的摩擦力,加上锚杆托盘托板的承托力,从而使围岩处于三向受力状态,这三种力使得围岩更加稳固。在爆破振动围岩锚移等情况下,锚固力会明显增大,当围岩发生显著位移时,锚杆并不失去其支护抗力。管缝式锚杆安装简单,及时支护有效,锚固力强,支护成本较低等优势。

通过前期在该矿工作面两顺槽进行的锚杆拉拔试验表明,树脂锚杆拉拔力均在 20kN 以下,不能满足支护要求。采用规格 $\Phi 39\text{mm} \times 1800\text{mm}$,壁厚 2.3mm 锚杆,在该地质条件下,工作面煤层顶板侧巷道顶板和帮部处拉拔力均在 45kN 以上,最高可达 117kN,因此选择管缝式锚杆作为锚网支护材料。

3.3 辅助支护系统设计

研究表明,单根锚杆支护预应力的范围是有限的^[5],通过托盘、钢筋梯、金属网等护表构件将锚杆预紧力传递到深部岩层中,将顶板组成一个整体,有效削弱两帮围岩的应力集中,阻止围岩变形。因此选用 $200\text{mm} \times 200\text{mm} \times 10\text{mm}$ 拱型高强度托盘; $\Phi 10\text{mm}$ 钢筋焊接而成,宽 80mm、长 3500mm 钢筋梯; $\Phi 3.5\text{mm}$ 镀锌铁丝制作成菱形金属网,有效加强锚杆支护效果。

3.4 巷道断面

考虑到设备尺寸、通风要求、巷道围岩变形预留量及煤矿现实际巷道断面尺寸等方面,设计巷道断面尺寸如下:

断面为矩形,巷道掘进宽度 2.7m,高度 2.3m,掘进断面积 6.21m^2 ;巷道净宽度 2.5m,净高度 2.1m,净断面积 5.25m^2 。巷道支护断面如图 1 所示。

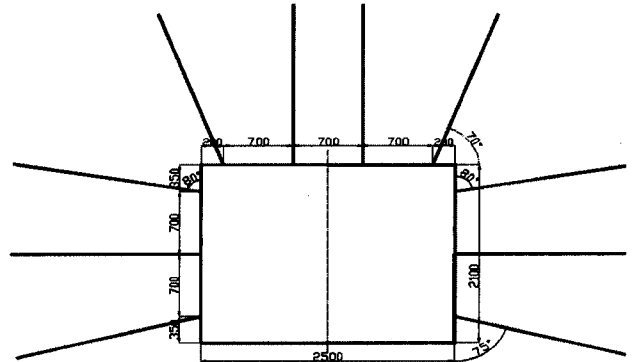


图1 巷道支护断面图

3.5 支护参数的确定

(1) 顶板支护:4条锚杆,间排距为 $700\text{mm} \times 700\text{mm}$,巷道中线两侧各布置2条,分别距巷道中线 350mm、1050mm;靠近巷帮的锚杆斜打入顶板,与垂直方向夹角为 20° ,规格为 $\Phi 39\text{mm} \times 1800\text{mm}$,壁厚 2.3mm 管缝式锚杆。

(2) 帮部支护:每帮3条锚杆,间排距为 $700\text{mm} \times 700\text{mm}$,最上部一条帮部锚杆从顶板往下依次为 350mm、1050mm、1750mm 布置;两帮底脚锚杆距离底板最大距离不得超过 350mm。靠近巷道顶角的巷帮锚杆斜打入顶板,与水平方向夹角成 10° ,靠近巷道底角的巷帮锚杆安设角度与水平线成 15° ,锚杆规格型号与顶锚杆相同。

(3) 钢筋梯与金属网:巷道全断面铺设菱形金属网并对顶板每排锚杆配以钢筋梯,作为辅助支护。

4 井下工业性试验

为检验本次支护优化设计方案的可行性及支护效果,在该矿工作面运输顺槽和回风顺槽各施工 50m 试验巷道。

4.1 试验地点

根据矿井回采工作面生产接续计划,通过对工作面地质开采技术条件综合分析比较,选择在 3750 工作面两顺槽进行锚网支护试验。运输顺槽、回风顺槽分别在距切眼 20~70m 的范围内施工掘进 50m,锚网支护试验段位置如图 2 所示。

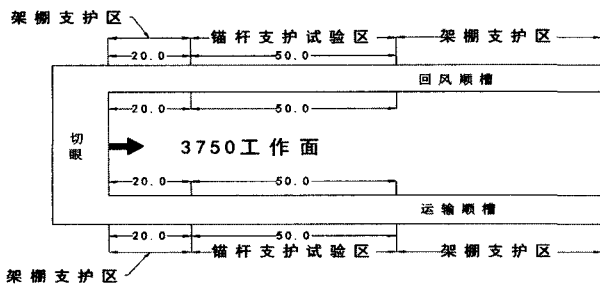


图2 3750工作面两顺槽煤巷锚网支护试验位置示意图

4.2 试验巷道矿压监测数据分析

为检验巷道设计支护参数的合理性,评价锚网支护巷道的支护效果,分别观测3750工作面两顺槽锚网支护试验期间巷道围岩变形、顶板离层、锚杆受力等矿压参数。

4.2.1 围岩变形监测数据分析

4.2.1.1 掘进期间围岩变形观测数据分析

在3750工作面运输顺槽、回风顺槽试验段掘进期间分别设置了4组围岩变形测点,间距15m。采用十字布点法对巷道顶板下沉量、两帮位移量和底鼓量数据采集^[6],对数据进行分析结果如下:

巷道初掘的3~5天的时间内,围岩变形量较大,7天后,即距离巷道迎头20m以后,巷道围岩变形趋于稳定。两顺槽掘进期间巷道成型较好,围岩变形量较小,支护效果良好。

4.2.1.2 回采期间围岩变形观测数据分析

3750工作面运输顺槽、回风顺槽回采期间分别设置了6组围岩变形测点,两顺槽测点间距10m。对数据进行分析结果如下:

现场观测表明,两顺槽受工作面采动影响,锚网支护方式下顶底板移近量平均为143mm,两帮移近量平均为104mm;原坑木支护方式下顶底板移近量平均为450mm,两帮移进量平均为750mm。可见,采用锚网支护的巷道围岩变形明显减小,支护效果较好,能够满足工作面回采要求。

4.2.2 顶板离层观测数据分析

在3750工作面设置4组顶板离层测点,观测数据分析结果如下:

巷道顶板离层在巷道初掘的3天左右的时间,离层变化量较大,7天后,即距掘进迎头20m左右时,顶板离层趋于稳定,与巷道围岩变形规律一致。运输顺槽和回风顺槽的顶板离层值差异不大,离层量均较小,两顺槽深部离层大于浅部离层,说明锚杆锚固效果较好。

4.2.3 锚网支护巷道锚杆受力观测数据分析

3750工作面两顺槽共安设5组锚杆受力观测点,其中运输顺槽内安设2组,回风顺槽内安设3组。巷道锚杆受力观测结果如下:

(1)运输顺槽锚杆受力观测结果。顶板锚杆受力平均增阻值为9kN。外帮锚杆受力平均增阻值为18kN。内帮锚杆受力平均增阻值为5kN。

(2)回风顺槽锚杆受力观测结果。顶板锚杆受力平均增阻值为5kN。外帮锚杆受力平均增阻值为9kN。内帮锚杆受力平均增阻值为20kN。

可见,运输顺槽和回风顺槽锚杆受力增阻值较小,说明巷道围岩较为稳定。

5 结论

(1)现场矿压观测结果表明,回采过程中巷道矿压显现具有不均匀性,煤层顶板侧帮围岩变形量和锚杆末阻力均明显高于煤层底板侧。

(2)采用该锚网支护方式后巷道围岩总体变形量明显减小,顶板离层量不大,锚网支护效能发挥充分,巷道支护状态良好,验证了支护参数合理性,满足工作面回采要求。

(3)该项锚网支护技术的成功应用,提高了巷道支护强度和断面利用率,减少了巷道维护工作,降低了支护成本,减轻了职工的劳动强度,具有较高的推广应用价值。

参考文献:

- [1] 石平五.急倾斜煤层老顶破断运动的复杂性[J].矿山压力与顶板管理,1999,16(3-4).
- [2] 赵春光,李男男,王创业.不同煤岩倾角下采场倾向矿压规律数值模拟[J].煤矿安全,2014,45(10).
- [3] 鞠文君,李前,魏东,戴华阳.急倾斜特厚煤层水平分层开采矿压特征[J].煤炭学报,2006,31(5).
- [4] 阎石,于雷.道清矿巷道修复推广锚杆支护的可行性[J].煤炭技术,2008,27(2).
- [5] 陈晓详,勾攀峰,范增哲,等.深井高应力高突区域回采巷道变形特征及控制[J].采矿与安全工程学报,2013,30(3).
- [6] 刘泉声,张伟,卢兴利,等.断层破碎带大断面巷道的安全监控与稳定性分析[J].岩石力学与工程学报,2010,29(10).

作者简介:

秦立堂(1989-),男,毕业于山东科技大学,助理工程师,现从事兖矿科技有限公司矿压与支护研究所技术管理工作。

(收稿日期:2016-12-30)