

文章编号:1673-9469(2009)03-0093-04

锚网索支架联合支护技术在深井巷道维修中的应用

杨军辉¹,赵祥¹,朱明²

(1. 河北金牛能源股份公司邢东矿,河北 邢台 054000;2. 河北理工大学 资源与环境学院,河北 唐山 063009)

摘要:针对河北金牛能源公司邢东煤矿深部轨道大巷失修严重的现实问题,对原锚网支护方式做了理论分析,提出锚网索支架联合支护维修的技术方案,并在力学机理分析基础上,对邢东矿深井锚网索支架联合支护技术进行了系统分析和应用研究。现场效果表明,锚网索支架联合支护巷修技术是适用于邢东矿高应力条件的经济可靠的支护方式。

关键词:联合支护;巷道稳定性;锚杆支护

中图分类号: **文献标识码:**A

Research on combining support technology of roadway

YANG Jun-hui¹, ZHAO Xiang¹, ZHU Ming²

(1. Xingdong Coal Mine, Jinniu Energy Co. Ltd., Hebei Xingtai 054026, China, 2. College of Resource and Environment, Hebei Polytechnic University, Hebei Tangshan 063009, China)

Abstract: In view of the difficult roadway support problem of deep portion soft coal seam in Jinneng group Xingdong Coal Mine, the combining support plan was proposed based on the analysis of support mode, and mechanics mechanism analysis was carried on comprehensive and systematical analysis and the combining support technology was researched in deep high stress soft crag roadway in Xingdong Coal Mine. The result shows that the roadway support in Xingdong Coal Mine has obtained good technology effect and economic effect.

Key words: combining support; roadway stability; bolt reinforcement

长期以来,深井支护一直是煤矿生产建设中的难题。随着煤炭工业发展,开采深度逐渐增加,巷道支护问题越来越突出。深井巷道,围岩压力大,稳定性差,巷道掘进和支护十分困难。而且掘成后,巷道在服务期间屡遭破坏,因此对巷道翻修技术研究有着重要的实际意义。

河北省金牛能源股份公司邢东煤矿-760m轨道大巷埋藏深度为810m,巷道围岩所处的地质力学环境十分复杂,特别是在高地应力及复杂的地质构造作用下,巷道围岩变得更加松散破碎,不易支护。邢东煤矿-760m轨道大巷采用锚喷支护方式,经过约半年的使用,巷道喷层多处开裂,严重变形,对邢东矿安全生产构成了严重的威胁。为了解决这一难题,实现安全快速的返修,本文对邢

东矿-760m轨道大巷的返修支护技术进行了试验研究。

1 工程概况及深部松岩巷道矿压特点

1.1 工程支护概况

河北省金牛能源股份公司邢东矿-760m轨道大巷从2002年5月掘成,全长450m。巷道为半圆拱形断面,采用锚杆、金属网、喷射混凝土的支护方式。原巷道规格4.5m×3.5m(宽×高)。采用锚喷支护,采用 $\phi 22\text{mm} \times 2\ 400\text{mm}$ 普通螺纹锚杆,间排距800mm×800mm,金属网 $\phi 5\text{mm} - 100\text{mm} \times 100\text{mm}$,喷射C20混凝土,混凝土喷层厚度为100mm。

1.2 巷道破坏情况及特点

巷道在使用过程中破坏严重,主要表现在顶板大范围下沉,出现很多的网兜,肩、帮部大面积的开裂片帮,大范围的底鼓,大部分锚杆被扭弯,钢筋网被拉断,喷射混凝土破碎脱落等。巷道多处不够 2.3m 高,最窄处仅 3.3m 高。

2 巷道失稳破坏原因分析

2.1 地应力高

邢东矿 - 760m 轨道大巷埋深为 810m,自重应力达 18MPa,集中应力可达 50MPa,处于较高应力水平状态,而巷道围岩的平均强度弱,造成整个巷道极易失稳破坏。

2.2 围岩强度弱

该轨道大巷埋藏深度为 810m,巷道位于 2 号煤层底板当中,而 2 号煤层底板岩性主要为粉砂岩(79.3%),其次为中细砂岩(11%),局部为泥岩和炭质泥岩(9.7%)。矿井 2 号煤层与 2 号下煤间距较小,平均 1.2m。另外 - 760m 轨道大巷所处位置地质构造复杂,断层多、层理节理发育,围岩破碎。

2.3 原支护设计不当

单一的锚网支护结构和围岩没有形成一个较耦合的支护体系。锚杆—钢筋网强度和刚度过低造成巷道表层围岩产生不均匀、不协调变形,在此情况下又无锚索调动深层稳定围岩强度来遏制顶板的下沉。顶板的下沉造成其上覆岩层的压力通过两肩(帮)传递到底板,造成了两肩(帮)的严重开裂片帮,一旦喷层开裂,会引起岩体风化、碎裂,进而使得原锚杆支护失效,进一步加速巷道的破坏进程。同时引起大范围的底鼓,进一步加剧了巷道的破坏。

3 新支护方案设计

3.1 锚网支架联合支护机理分析

要实现软岩巷道的成功支护,必须消除支护体与围岩之间的不耦合现象。因此,深部开采软岩巷道耦合支护就是对软岩巷道围岩产生的变形不协调部位,限制围岩产生有害的变形损伤,同时

最大限度地发挥围岩的自承能力,实现支护一体化、荷载均匀化,达到巷道稳定的目的。

锚杆与围岩体粘结在一起提高了围岩的整体刚度,增强了岩体的抗变形能力和自承能力,当锚杆穿过破碎岩体并且深入到较稳定岩体时,可对不稳定岩体起组合梁及悬吊作用,由于锚杆与围岩的相互作用使得巷道围岩受力状态发生改变。由于锚杆的挤压作用,可改变巷道边界岩体的受力状态,使其由二向受力状态转化为三向受力状态,锚网支护中金属网可将锚杆之间未锚固岩层载荷传递给锚杆,托住挤入巷道的煤体,防止碎裂煤体垮落。但单一锚杆支护刚度过低,并且支护不均匀,个别支护失效部位容易诱发整体支护系统失效。并且考虑返修巷道的围岩非常破碎,单一锚杆支护预紧力很难达到,容易造成空帮的现象,起不到应有的效果。在增加锚网支护强度同时采用拱形支架。拱形支架支护具有较高的支护强度,并且通过支架后填实可促使巷道荷载均匀化、保证巷道围岩处于三向受力状态,防止岩体表面破裂深入发展,提高巷道径向强度,防止由局部支护体破坏造成的大面积巷道破坏。

由于在实际工程中巷道产生的高应力腐蚀现象不易观察,因此,根据具体情况,采用锚索及 29U 直腿可缩性三心拱型支架耦合支护紧跟掘进工作面施工。

3.2 耦合支护施工过程

在修复位置对规格尺寸小于毛断面的巷道进行扩帮、挑顶、卧底并将原支护锚杆用液压剪截掉。按设计直墙半圆拱毛断面,铺网片及上钢筋梯子梁,锚杆支护,初喷混凝土 60mm。大锚索及进行直腿三心拱型支架加强支护,最后全断面二次复喷 40mm,进行变形监测。

根据以上分析,结合复合型围岩变形力学机制及矿井生产实际,设计了符合深井软岩巷道特性的邢东矿 - 760m 轨道大巷耦合支护施工方案。

3.3 支护参数设计

1)初次耦合支护设计参数。根据以上分析,联合支护设计如图 1 所示。

为保证在充分释放高应力变性能的同时又不损害围岩的支撑能力,预留间隙尺寸为

$$C_p = k_p a \quad (1)$$

式中 C_p - 预留间隙厚度; k_p - 预留空间系数,取

0.05; a - 巷道设计断面宽度, 4.3m。

考虑到第二次支护架设支架等因素, 确定刷大后断面达到 4.9m × 4.1m。

第一次支护采用锚网梁索支护: 锚杆采用 $\phi 22\text{mm} \times 3000\text{mm} 20$ 硅锰钢螺纹锚杆, 每孔使用 Z2360 树脂锚固剂两卷全长锚固, 间排距为 800mm × 800mm, 使用 $\phi 14\text{mm}$ 钢筋梁, 配合穹形托盘, 金属网 $\phi 5\text{mm} - 100 \times 100\text{mm}$, 网规格 1.0mm × 1.0m; 采用 $\phi 22\text{mm} \times 6 500\text{mm}$ 钢绞线锚索加强支护, 每孔使用 Z2360 树脂锚固剂四卷全长锚固, 间排距 1 600mm × 800mm, 每排三根, 配合钢托盘、木垫板等。

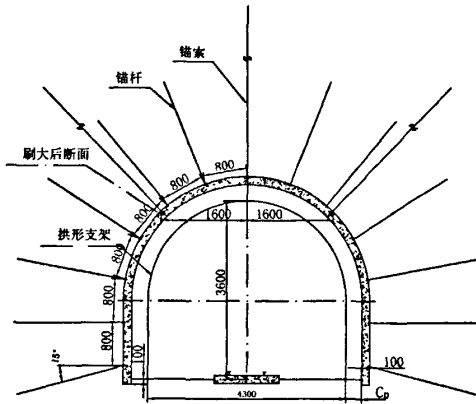


图1 巷道联合支护设计

Fig.1 The design of combining support

第二次支护方式的确定: 第二次支护采用拱形支架支护, 采用 29U 型钢拱形可缩性金属支架。喷射混凝土 C20, 喷厚 100mm。

2) 金属拱形支架支护计算。当使用 29U 直腿三心拱型支架进行巷道支护, 巷宽 4 300mm, 架间

距 800mm, 直接顶厚度 2.5m, 取直接顶容重 $\gamma = 2.4\text{t/m}^3$, 则自然平衡拱支架所承受的载荷为

$$Q = L \times 3.14 \times 0.5 \times \gamma (a \times h - a_1 \times b_1)$$

式中 a - 巷道断面宽度的 1/2, 即 $a = 4.3/2 = 2.15\text{m}$; b - 巷高, $b = 3.6\text{m}$; L - 棚距, 考虑棚距的允许误差 $\pm 100\text{mm}$, 取 $L = 0.8 + 0.1 = 0.9\text{m}$; a_1 - 梁弦长的 1/2, m ; h - 巷高的 1/2 加冒落拱高 b' , 即 $h = 3.6/2 + 1.5 = 3.3\text{m}$ 。

$$b_1 = \frac{a'}{f} = \frac{a + b \cdot \text{tg}(45^\circ - \phi/2)}{f}$$

式中 a' - 岩石冒落自然平衡拱宽度的 1/2, m ; b' - 岩石冒落自然平衡拱高度, m ;

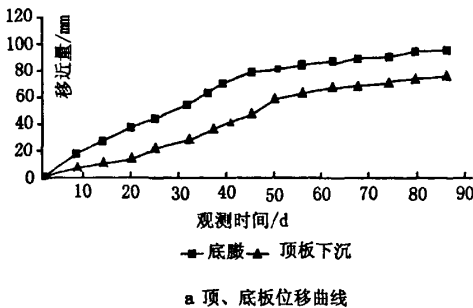
取摩擦角 $\phi = 36^\circ$, 岩石硬度系数取 $f = 3.0$, 则有 $b_1 = 1.33\text{m}$ 。考虑地质构造的影响, 取 $b_1 = 1.5\text{m}$ 。则自然平衡拱支架所承受的载荷为

$$Q = 0.9 \times 3.14 \times 0.5 \times 2.4 \times (2.15 \times 3.3 - 1.56 \times 1.5) = 16.13\text{t}$$

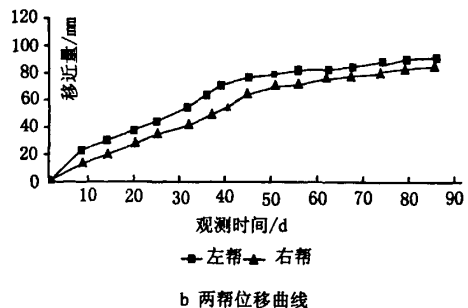
直腿三心拱型支架的承载能力为 27t, 符合支护强度要求。但当遇到不良地质构造时, 应适当缩小棚距。

4 支护效果分析

为了监测支护的效果, 对巷道采用了十字布点法进行了表面位移监测以及安装顶板离层仪和多点位移计进行了离层监测, 以分析围岩是否进入了稳定状态。巷道位移监测包括两帮相对移近、顶板下沉、底鼓 3 项内容。其监测结果表明, 从 2007 年 8 月起观测巷道表面位移开始, 截止到 2007 年 11 月, 最大累计顶板下沉量为 80mm, 两帮累计移近量为 170mm, 如图 2 所示。



a 顶、底板位移曲线



b 两帮位移曲线

图2 掘进期间5号测点位移曲线

Fig.2 The displacement curve of 5th measuring point during tunneling

由变形监测结果可知,经过初次锚喷支护之后,应力集中引起的巷道成型问题得到了一定的改善,在锚索的二次耦合支护下,及时地抑制了顶板的下沉,进一步保证了岩体的完整性及其工程质量。作为二次支护的可缩性金属拱形支架起到为围岩表面提供刚性抗力,保持较高的支护强度,限制巷道围岩位移。同时在底角锚杆的作用下,巷道底鼓一定程度上得到了控制,整个支护结构形成了一个受力均匀的整体,巷道变形趋于稳定。

5 结论

1)单一的锚杆支护由于支护强度弱,并且无法实现匀称支护,由于巷道表面岩体破碎,多发生空帮,无法达到设计预应力,起不到锚杆支护的效果,是单一锚杆支护不适应深井巷道的主要原因。

2)通过锚索二次耦合支护调动深层围岩的强度及底角锚杆来限制岩层移动,可以有效地控制围岩的变形。可缩性金属拱形支架可以起到为围

岩表面提供强大的刚性抗力,保持较高的支护强度,限制巷道围岩位移,减少不协调变形。锚杆锚索拱形支架与表层围岩通过刚度、强度和结构的耦合形成了一个整体的支护结构。

3)深井软岩返修巷道采用锚杆锚索拱形支架联合支护是行之有效的,可在一定时期内有效控制巷道过大变形。

参考文献:

- [1] 樊克恭,翟德元. 巷道围岩弱结构破坏失稳分析与非对称控制机理[M]. 北京:煤炭工业出版社, 2004.
- [2] 姜耀东. 巷道底鼓机理的及其控制方法的研究[D]. 徐州:中国矿业大学, 2005.
- [3] 孙晓明. 煤矿软岩巷道耦合支护理论研究及其设计系统开发[D]. 北京:中国矿业大学, 2007.
- [4] 王石民(译). 软岩掘进与支护[M]. 北京:煤炭工业出版社, 1993.
- [5] 孙晓明,何满潮. 深部开采软岩巷道耦合支护数值模拟研究[J]. 中国矿业大学学报, 2005(2): 33-35.

(责任编辑 刘存英)

(上接第 88 页)

- [4] RS-BT神经网络融合建模及应用[J]. 河北工程大学学报, 2007, 24(1): 89-91.
- [5] 郭广礼. 老采空区上方建筑地基变形机理及其控制[M]. 北京:中国矿业大学出版社, 2001.
- [6] 吕金虎,陆君安,陈士华. 混沌时间序列分析及其运用[M]. 武汉:武汉大学出版社, 2002.
- [7] 于广明. 矿山开采沉陷非线性理论与实践[M]. 北京:煤炭工业出版社, 1998.
- [8] 马军海,陈予恕. 动力系统实测数据的非线性混沌模型重构[J]. 应用数学和力学, 1999, 20(11): 481-

488.

- [9] 张安兵,高井祥,张兆江,等. 老采空区地表沉陷混沌特征及时变规律研究[J]. 中国矿业大学学报(自然科学版), 2009, (38): 170-174.
- [10] 张安兵,高井祥,刘新侠,等. 边坡变形时序非线性判定及混沌预测研究[J]. 中国安全科学学报, 2008, (18)4: 55-60.
- [11] DARVE F, LAOUAFA F. Instabilities in granular materials and application to landslides [J]. Mechanics of Cohesive - Frictional Materials, 2000, 5(8): 627-652.

(责任编辑 马立)

锚网索支架联合支护技术在深井巷道维修中的应用

作者: [杨军辉](#), [赵祥](#), [朱明](#), [YANG Jun-hui](#), [ZHAO Xiang](#), [ZHU Ming](#)
作者单位: [杨军辉, 赵祥, YANG Jun-hui, ZHAO Xiang \(河北金牛能源股份公司邢东矿, 河北, 邢台, 054000\)](#), [朱明, ZHU Ming \(河北理工大学资源与环境学院, 河北, 唐山, 063009\)](#)
刊名: [河北工程大学学报 \(自然科学版\)](#) 
英文刊名: [JOURNAL OF HEBEI UNIVERSITY OF ENGINEERING \(NATURAL SCIENCE EDITION\)](#)
年, 卷(期): 2009, 26 (3)
被引用次数: 2次

参考文献(5条)

1. [樊克恭](#), [翟德元](#) [巷道围岩弱结构破坏失稳分析与非对称控制机理](#) 2004
2. [姜耀东](#) [巷道底鼓机理的及其控制方法的研究](#) 2005
3. [孙晓明](#) [煤矿软岩巷道耦合支护理论研究及其设计系统开发](#) 2007
4. [王石民](#) [软岩掘进与支护](#) 1993
5. [孙晓明](#); [何满潮](#) [深部开采软岩巷道耦合支护数值模拟研究\[期刊论文\]-中国矿业大学学报](#) 2005 (02)

引证文献(2条)

1. [王利](#), [王庆伟](#), [张召玉](#) [高地压硐室综合支护技术研究与应用\[期刊论文\]-煤炭技术](#) 2011 (3)
2. [李新建](#), [魏忠诚](#) [新发煤矿沿空留巷综合支护技术\[期刊论文\]-黑龙江科技学院学报](#) 2010 (3)

本文链接: http://d.wanfangdata.com.cn/Periodical_hbjzkjxyxb200903023.aspx