

doi:10.13301/j.cnki.ct.2015.07.023

跨采动压大变形巷道缓冲层支护技术研究*

李伟清¹, 邓小林¹, 卞景强¹, 谭贤君^{2,3}

(1. 兖州煤业股份有限公司 东滩煤矿, 山东 邹城 273512; 2. 兖矿集团有限公司 博士后科研工作站, 山东 邹城 273500; 3. 中国科学院 武汉岩土力学研究所 岩土力学与工程国家重点实验室, 武汉 430071)

摘 要: 随着矿井开采条件日趋复杂, 巷道围岩变形控制越来越困难, 严重制约着矿井的高产、高效。针对东滩煤矿跨采动压大变形巷道围岩地质条件, 提出了一种新的锚网喷-缓冲层-U 形钢联合支护方案及其配套施工方法。现场实践与测试表明: 采用本支护方案后, 围岩变形最大值达到 30 mm, 而后变形逐渐趋于稳定, 且整体稳定性好, 能够满足生产和安全需要, 对类似条件下的巷道支护有一定的推广应用价值。

关键词: 巷道断面设计; 控制围岩变形; 支护技术

中图分类号: TD353 文献标志码: A 文章编号: 1008 - 8725(2015)07 - 0061 - 03

Research on Support Technology for Soft Roadway with Multiple Span Mining

LI Wei-qing¹, DENG Xiao-lin¹, BIAN Jing-qiang¹, TAN Xian-jun^{2,3}

(1. Dongtan Coal Mine, Yanzhou Coal Industry Co., Ltd., Zoucheng 273512, China; 2. Postdoctoral Research Station, Yankuang Group Co., Ltd., Zoucheng 273500, China; 3. China State Key Laboratory of Geomechanics and Geotechnical Engineering, Wuhan Institute of Rock and Soil Mechanics, Chinese Academy of Sciences, Wuhan 430071, China)

Abstract: With the growing complexity of mining conditions, roadway deformation control more difficult, which is seriously restricting the efficient development of the mine. Based on the geological conditions of Dongtan mining for the large deformation dynamic pressure roadway, an anchor spray-buffer layer-U steel joint support programs and supporting construction method were proposed. Field tests show that with this support scheme, surrounding rock deformation reaches a maximum 30 mm, then the deformation gradually stabilized, and it has good overall stability, can meet the security and production needs of the roadway, which have certain application value under similar conditions.

Key words: section design for roadways; control surrounding rock deformation; supporting technology

0 前言

我国在可缩性金属支架的应用上取得了很大的发展, 形成了 U18、U25、U29、U36 等一系列定型 U 形钢。由于 U 形钢可压缩支架特别适用于围压极为软弱地段, 一些公路铁路隧道修建水平较高的国家, 广泛采用 U 形钢可缩性支架进行隧道开挖初期支护。在大变软岩隧道家竹箐隧道施工中, 采用 U29 可缩性支架作为初期支护, 架设后先用薄层喷混凝土封闭, 待围岩变形基本稳定后, 再复喷混凝土限制支架变形, 取得了良好的效果。与 U 形钢支架相配套的就是壁后充填技术, 人们先后进行了有益的探索和尝试, 进行过矸石、毛石、水泥砂浆、炉渣、粉煤灰袋装材料和高水灰渣材料等多种材料的巷道支架壁后充填试验, 支架壁充填作用十分明显, 但是主要工序还没有实现机械化作业, 劳动强度大, 充填速度缓慢, 充填材料力学性能不佳, 充填效果不够理想。因此, 开发矿山跨采动压巷道的刚柔结合新支护技

术及其配套施工方法具有重要的意义。

1 工程概况

东滩煤矿新北轨石门是十四采区主要运输线路, 埋深在-700 m 以下, 顶底板岩层主要以泥岩为主。原设计为三心拱形, 净宽 5 m、净高 4.3 m, 采用锚网喷支护, 受多次跨采影响, 巷道变形严重, 顶板浆皮开裂、下沉、出现网兜, 两帮浆皮开裂、片帮、内移、底鼓等变化, 帮部内移最大可达 0.8 m, 严重影响矿井的正常运输。

2 支护设计及施工工艺

2.1 支护设计

通过对高应力软弱跨采挤压巷道大变形特征分析, 提出一种锚网喷-缓冲层-U 形钢联合支护方案。在喷锚网支护的基础上, 增设既有一定变形能力又能够提供稳定摩擦阻力的 U 形钢可压缩支架, 为了更好地保证可压缩支架的缩动性能, 在围岩和 U 形钢之间增设一种具有高压缩性能的泡沫混凝土材料, 支护形式如图 1 所示。

* 中国博士后基金资助项目(2014M550365)

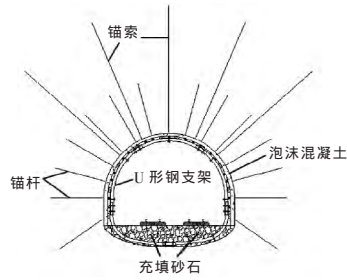


图1 锚喷-缓冲层-U形钢联合支护方案

各支护单元功能说明如下:

(1)锚网喷初次支护 采用树脂锚固剂锚杆+喷射混凝土+钢筋网+锚索组成锚(锁)网喷联合支护,封闭围岩,防止围岩力学性能劣化,同时需保证与软弱围岩紧密粘结。

(2)可缩型U形钢支架 全封闭U形钢可缩性支架,保证巷道支护结构的整体性。

(3)泡沫混凝土缓冲层 通过发泡机的发泡系统将发泡剂用机械方式充分发泡,并将泡沫与水泥浆均匀混合,然后经过发泡机的泵送系统进行现浇施工,经自然养护形成了一种含有大量封闭气孔的新型轻质保温材料。泡沫混凝土的多孔性使其具有低容重、低弹模等特点,使其具有良好的变形能力及对冲击载荷具有良好的吸收和分散能力。

(4)碎石垫平层 使得底板U形钢也能保持滑动,保持U形钢整体稳定性。

2.2 施工工艺

2.2.1 锚网喷施工

锚杆间排距为 $800\text{ mm}\times 1\ 000\text{ mm}$,误差 $\pm 100\text{ mm}$,挂设单层钢筋网,搭接为1个网格,喷厚为 50 mm 。材料规格如下:

(1)锚杆 规格为 $\phi 20\text{ mm}\times 2\ 500\text{ mm}$ 的高强度全螺纹快速安装螺帽树脂锚杆;

(2)锚固剂 每根锚杆用2块CK2550;

(3)锚杆托盘 锚杆托盘采用厚 10 mm 钢板压成弧形,规格为 $150\text{ mm}\times 150\text{ mm}$;

(4)钢筋网 $\phi 6.5\text{ mm}$ 的钢筋编织而成,规格为 $1\ 760\text{ mm}\times 1\ 160\text{ mm}$,网格为 $120\text{ mm}\times 120\text{ mm}$ 。

2.2.2 U形钢架设与底板回填

(1)打固定锚杆 U形钢棚首尾2个棚要采用固定锚杆配合压板固定,固定锚杆有4组,每组2根锚杆,其中拱腰各1组,底拱2组。锚杆外露适当长度以便固定U形钢棚,顶拱及拱腰固定锚杆可在卧底前打注。

(2)架棚 架U形钢棚,按照由下向上的顺序进行,首先集中铺设底拱,然后充填石子、沙子,之后架设拱腰,然后架设顶拱,铺设塑料网、塑料纸后腰帮、背顶。

2.2.3 充填泡沫混凝土

架棚后,首先由下向上铺设双层塑料网、旧风筒布,塑料网、旧风筒布顺巷道方向铺设,一次铺设长度约20棚,最下排塑料网、旧风筒布深入底板约 500 mm ,依次向上铺设,相邻塑料网、旧风筒布之间搭接 100 mm ,两帮(肩窝)交替布置。

每铺设高度约 $1\sim 1.5\text{ m}$,对U形钢棚与顶、帮之间空隙喷射泡沫混凝土,平均厚度 200 mm 。充填由下向上进行,先帮后顶,充填从下部向上部逐步进行,帮部及肩窝处充填时,棚体两侧交替喷浆充填,每次充填高度约 1 m ,以防止充填物重力造成棚体移动。

充填中顶时,每 $3\sim 4$ 棚充填1次,先铺设塑料网、旧风筒布,然后人员站在充填区域下一棚棚档内对充填区域进行充填,充填完毕后再进行下一区段充填。

3 实施效果现场监测

3.1 监测方案

在北轨石门最大变形段布设多点位移计测试围岩深部位移,传感器布置如图2所示,具体操作步骤如下:

(1)按照地下工程原位观测仪器安装埋设与观测技术要求规定选择孔位,采用金刚石或合金钢钻头,保证孔壁光滑,采用套芯钻头,取出岩芯;

(2) $\phi 110\text{ mm}$ 钻头入孔 1 m 后,采用 $\phi 90\text{ mm}$ 的钻头钻孔,其中一侧布设2个孔,孔深 28 m ,另一侧布设1个孔,孔深 10 m ,安装多点位移计,分别在距离巷壁 $1、2、5、10、25\text{ m}$ 的位置布设位移传感器。

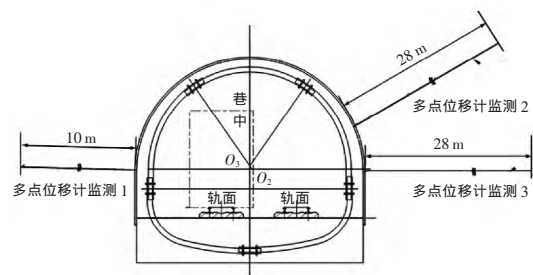


图2 多点位移计布置图

3.2 监测结果分析

围岩深部位移多点位移计监测曲线如图3所示。从图3可以看出:由于围岩处于跨采范围之内,在巷道开挖之后,经历了几次跨采,受跨采影响,巷道围岩比较破碎,蠕变特性明显,尤其巷道左侧的围岩处于2条巷道之间,受跨采影响更大,围岩变形更加严重。巷道开挖后,随着时间的推移,各监测点的位移都有不同程度的增加。在监测初期,巷道围岩深部位移变化较小,主要是因为多点位移计安装之后,钻孔中的浆液未凝固所致。在安装 $5\sim 20\text{ d}$,位移迅速增加, 20 d 之后,围岩深部位移增加速率变缓,位移呈现缓慢增加的趋势。观察3个多点位移计监测曲线,

doi:10.13301/j.cnki.ct.2015.07.024

残留塑性煤柱区巷道支护研究

桑宗其^{1,2}

(1. 太原理工大学 矿业工程学院, 太原 030024; 2. 煤炭工业太原设计研究院, 太原 030001)

摘要:以某矿 3# 煤层的残煤区为背景, 采用 FLAC^{3D} 软件对处于残留塑性煤柱区的巷道支护方式进行了分析研究。研究表明:在塑性煤柱中掘进巷道,采用锚杆+锚索+锚网以及帮注水泥浆的联合支护方式能够有效地控制巷道变形。

关键词:塑性区;煤柱;巷道支护;FLAC^{3D}

中图分类号:TD322 文献标志码:A 文章编号:1008-8725(2015)07-0063-03

Study of Roadway Support in Plastic Pillar by Numerical Simulation

SANG Zong-qi^{1,2}

(1. College of Mining Engineering, Taiyuan University of Technology, Taiyuan 030024, China; 2. Taiyuan Design Research Institute for Coal Industry, Taiyuan 030001, China)

Abstract: Takes the residual coal area of No.3 coal seam in some coal mine and after the numerical simulation experiments for the roadway in plastic pillar area through the FLAC^{3D} software, concludes: roadway in plastic pillar area, using anchor arm, anchor wire, anchor net and help water slurry combination support can effectively control the roadway deformation.

Key words: plastic area; coal pillar; roadway support; FLAC^{3D}

孔口处围岩变形最大,最大值达到 30 mm,而后变形逐渐趋于稳定。

种新的锚网喷-缓冲层-U形钢联合支护方法,实现了软-硬组合支护的有机结合,经过了现场检验。

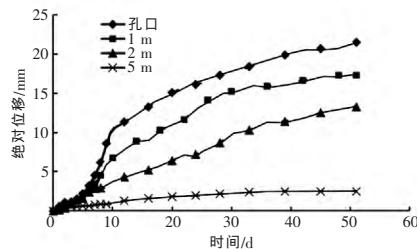
(2)现场监测结果表明,围岩变形在硐室开挖 5~20 d 迅速增加,20 d 之后,围岩深部位移增加速率变缓,位移呈现缓慢增加的趋势。孔口处围岩变形最大,最大值达到 30 mm,而后变形逐渐趋于稳定。经过近 3 a 的检验,巷道基本无变形,整体结构保持完好。

参考文献:

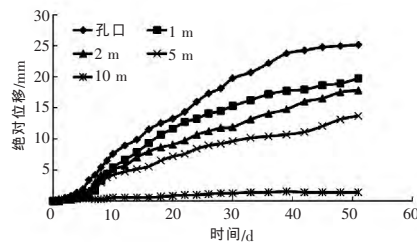
- [1]陈晓坡,刘建庄,浑宝炬,等.过断层巷道修复技术研究与实践[J].煤矿安全,2012,43(11):77-80.
- [2]张浩.深井核心硐室“二次锚网注”围岩控制技术[J].煤矿安全,2011,42(2):45-48.
- [3]钱鸣高,缪协兴,许家林,等.岩层控制的关键层理论[M].徐州:中国矿业大学出版社,2003.
- [4]钱鸣高,石平五.矿山压力与岩层控制[M].徐州:中国矿业大学出版社,2003.
- [5]何满潮,孙晓明.中国煤矿软岩巷道工程支护设计与施工指南[M].北京:科学出版社,2004.
- [6]董方庭,宋宏伟,郭志宏,等.巷道围岩松动圈支护理论[J].煤炭学报,1994,19(1):21-32.
- [7]孟金锁.综放开采“原位”沿空掘巷探讨[J].岩石力学与工程学报,1999,18(2):205-208.
- [8]柏建彪,王卫军,侯朝炯,等.综放沿空掘巷围岩控制机理及支护技术研究[J].煤炭学报,2000,25(5):478-451.
- [9]李奎来,郑厚发.综放开采沿空窄煤柱巷道支护技术研究[J].煤矿开采,2007(3):53-54,62.

作者简介:李伟清(1971-),山东邹城人,高级工程师,从事煤炭生产技术工作,电子信箱:qixianyin002@qq.com.

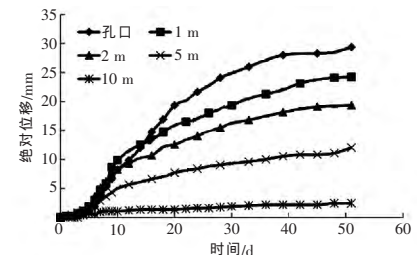
责任编辑:王凤英 收稿日期:2015-03-04



(a)多点位移计监测 1



(b)多点位移计监测 2



(c)多点位移计监测 3

图 3 围岩深部位移多点位移计监测曲线

4 结语

(1)在深刻理解新奥法原理的基础上,提出了一