

# Research on Anchor Cable Grouting Reinforcement Technology for Roadway under Goaf of Close Coal Seam Group in Lujiayao Coal Mine

Yuhong Ren Jianhua Mi

Pangzhuang Coal Mine of Xukuang Energy Co., Ltd., Shuozhou, Shanxi, 036800, China

## Abstract

In view of the difficulty in supporting the coal seam roadway under the goaf of the close coal seam in Lujiayao Coal Mine, the theoretical analysis is adopted to scientifically study the position and support mode of the lower coal seam 84208 return air gateway. This paper mainly uses the anchor mesh cable of grouting anchor cable+H-shaped steel belt support method to support the coal roadway below. The grouting material is ZHM-S quick setting grouting reinforcement material and monitored by roof separation meter, anchor cable dynamometer, etc., and uses FLAC3D numerical simulation software to simulate and analyze the grouting anchor cable support technology, compare the deformation of surrounding rock before and after grouting and the range of molding area, and carry out engineering practice in Lujiayao Coal Mine, it effectively solved the serious deformation problem of Lujiayao Coal Mine, and provided theoretical and technical support for roadway deformation control.

## Keywords

near coal seam; grouting anchor cable; support; numerical simulation

# 芦家窑煤矿近距离煤层群采空区下方巷道锚索注浆加固技术研究

任玉红 米建华

徐矿能源股份有限公司庞庄煤矿, 中国·山西朔州 036800

## 摘要

针对芦家窑煤矿在近距离煤层采空区下煤层巷道支护困难的问题,采用理论分析科学地对下位煤层84208回风顺槽位置与支护方式进行研究。论文主要使用了注浆锚索的锚网索+H型钢带支护方式对下方煤巷进行支护,注浆材料使用ZHM-S速凝注浆加固材料并用顶板离层仪、锚杆锚索测力计等监测,并用FLAC3D数值模拟软件对注浆锚索支护工艺进行模拟分析,对注浆前后围岩变形量和塑形区范围进行比较,并在芦家窑煤矿进行工程实践,有效解决了芦家窑煤矿变形严重问题,为巷道变形治理提供理论和技术支持。

## 关键词

近距离煤层; 注浆锚索; 支护; 数值模拟

## 1 引言

煤矿资源为重要不可再生资源,通过科学合理地利用各种资源,对于提升国家安全生产效益有着重大意义。中国的煤炭资源赋存条件相当复杂。煤层地质条件丰富,矿区中多为多层煤层<sup>[1-5]</sup>。煤层间距也不相同,它们的长度从几米到几十米不等。鉴于煤层地质条件的复杂性,也提高了矿并安全生产的危险性,所以针对不同地质条件制定科学合理的采矿对策是矿上关注的问题。论文根据山西芦家窑煤业84208回风巷道的地质情况,对巷道支护技术进行了研究,

并给出了相应的巷道支护方法。

## 2 工程背景

芦家窑煤矿84208综采工作面主采4-1号煤层,平均厚3.2m,可采走向长为1200m,倾向长220m。煤层结构复杂,一般含2~3层夹矸,夹矸总厚度0.6~1.2m,平均0.8m,单层厚度0.1~0.5m。煤层走向NE128~140°,倾向SW,倾角平均3°,该工作面正上方约6m左右为4-2号煤采空区。

## 3 回风巷围岩变形影响因素

变形或断裂不仅因变形程度而异,而且因机理而异。影响隧道变形的原因有许多,包括了周围岩体的物理力学特性、矿石成分、岩体构造和断层、褶皱、褶皱等构造带的影

【作者简介】任玉红(1995-),男,中国山西大同人,本科,助理工程师,从事煤矿自动化研究。

响<sup>[1]</sup>。水、气、温度、设计、支护结构、施工技术和质量等对巷道都有一定的影响。根据芦家窑煤矿 84208 回风顺槽地质条件分析,影响其围岩变形与破坏程度的各种因素。

## 4 巷道支护方案

巷道保护方式,主要是锚网索+H 钢带的结合保护。顶部锚杆,使用  $\phi 20 \times 2000\text{mm}$  的左旋无纵筋螺纹钢锚杆,锚杆托盘采用 Q235 钢,规格为  $150\text{mm} \times 150\text{mm} \times 10\text{mm}$  的方形托片。中间两根锚杆之间距离  $1600\text{mm}$ ,与两肩角锚杆之间分别相距  $1550\text{mm}$ ,排距是  $900\text{mm}$ ;帮部锚杆采用  $\phi 18 \times 1800\text{mm}$  的圆钢锚杆,锚杆托盘采用  $150\text{mm} \times 150\text{mm} \times 10\text{mm}$  的长方体托片,锚杆间排距为  $900\text{mm} \times 900\text{mm}$ 。每根锚杆使用 1 节 msck23/40 锚固剂和 1 节中速树脂锚固剂(先放入 1 节 msck23/40 锚固剂,再放入 1 节中速树脂锚固剂,搭配使用)。

顶板锚索采用  $\phi 21.8 \times 6300\text{mm}$  钢绞线和  $\phi 22 \times 6300\text{mm}$  中空注浆锚索。 $\phi 21.8\text{mm}$  钢绞线按照“3-0-3”布局,间排距为  $1600\text{mm} \times 1800\text{mm}$ ,锚索托盘采用  $270\text{mm} \times 270\text{mm} \times 16\text{mm}$  的钢板;中空注浆锚索直径  $22\text{mm}$ ,按照“3-2-3”设计,间排距  $1600\text{mm} \times 1800\text{mm}$ ,锚索托盘采用  $270\text{mm} \times 270\text{mm} \times 16\text{mm}$  的钢板。西侧帮部采用  $\phi 22\text{mm} \times 4300\text{mm}$  中空注浆锚索,间排距为  $1800\text{mm} \times 1800\text{mm}$ ,托盘采用  $270\text{mm} \times 270\text{mm} \times 16\text{mm}$  的钢板。每根锚索均使用两节 msck23/40 锚固剂和 1 节中速树脂锚固剂。

## 5 锚注加固支护施工措施

### 5.1 锚注加固支护施工要点

#### 5.1.1 锚注加固支护工艺流程

新型锚注一体化支护工艺流程一般为:巷道成巷支护—巷道收敛变形观测—注浆锚索施工—选择注浆加固时机—效果检查及补强措施。

#### 5.1.2 巷道收敛变化观测

巷道成巷支护后,立即进行巷道收敛变化观测,根据顶板离层、围岩移近量等观测数据,判断围岩裂隙发育情况。

#### 5.1.3 注浆锚索施工

注浆锚索施工原理与普通锚索相类似,不同的地方在于,在锚固注浆锚索后,应先安装注浆器,再安装托盘和锁紧器。注浆锚索安装完毕后,要根据围岩裂隙发育情况适时进行注浆加固。普通锚索与注浆锚索施工工序流程为施工锚索钻孔—放入锚固剂进行锚固—孔口塞入棉纱或安装止浆塞—安装托盘、锁具—张拉—注浆。

### 5.2 注浆工艺

①将与注浆管连接的接头拧入空心注浆锚索末端的内螺纹,并缓慢紧固注浆机。保证注浆缝和锚索紧密连接,并通过铁丝二次密封保护,以防止在注浆过程中压力过大,使注浆缝断开,回弹损伤。

②注浆时,不得站在锚索下方或锚索两侧  $45^\circ$  以内。

③当注浆时,每排从空心注浆锚索两侧的底部开始,依次向上。

④可以缓慢启动注浆泵,但不能一次将注浆阀开到最大;注浆时也应同时搅拌,以避免浆液沉淀的发生。在注浆完毕后,关闭注浆泵,等待 2~3 分钟,再继续注浆料。

⑤在注浆过程中要小心检查注浆压力。当压力达到  $3\text{MPa}$  以上或注浆泵憋死的情况时暂停注浆,如确认锚索注满后,完成此锚索注浆工作,如没有问题,可检查一下情况,处理完毕等四五分钟后再注浆料<sup>[4]</sup>。

⑥注浆时,应注意检查锚索周围的浆液渗漏情况,并及时使用砂浆、锚固剂等堵漏处理物,若因漏浆面积过大而不能堵漏处理的,则停止注浆。其他锚索也可先注浆,漏水的锚索可在半小时左右后注浆。

⑦按照注浆顺序进行注浆。

在巷道断面:首先在底板进行钻孔注浆,在底板填满后,再从两侧自下而上对称钻孔注浆,最后进行顶板注浆,其顺序为  $1 \rightarrow 2 \rightarrow 3 \rightarrow 4 \rightarrow 5 \rightarrow 6 \rightarrow 7 \rightarrow 8 \rightarrow 9 \rightarrow 10 \rightarrow 11$ ,见图 1a)。

巷道纵向:若围岩裂隙较发育,可选择顺序注浆。其顺序为 1-1 断面  $\rightarrow$  2-2 断面  $\rightarrow$  3-3 断面  $\rightarrow$  4-4 断面  $\rightarrow$  5-5 断面  $\rightarrow$  6-6 断面。如围岩裂隙面积较小,在巷道纵向方向可采取隔排注浆的方式,其顺序为 1-1 断面  $\rightarrow$  3-3 断面  $\rightarrow$  5-5 断面  $\rightarrow$  2-2 断面  $\rightarrow$  4-4 断面  $\rightarrow$  6-6 断面,然后再重复以上过程;待围岩裂隙发育或破碎变形增加时对未注浆锚索进行补注,如图 1b) 所示。

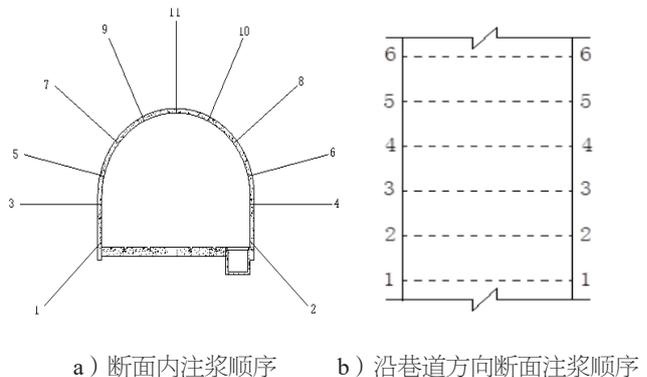


图 1 注浆施工顺序示意图

⑧在注浆过程中,每个孔应一次填满。如果中途停止,注浆管可能堵塞。

⑨在灌注完成后,需要打开注浆泵上的卸压球阀。待注浆管内压力气体全部排出后,再拆开锚索端部的注浆装置,拧紧锚索端部的线栓,如图为支护前后的巷道。

⑩整体注浆原则是先填墙后填顶。空心注浆锚索的注浆时间必须考虑到工作面顶板裂缝的发展,不能盲目加强顶板支护而造成后悬顶板的情况。当工作面顶板超前段巷道顶板完好,支护可靠时,不宜进行注浆。

## 6 巷道支护效果分析

### 6.1 移近量分析

本巷道支护方式为锚网索+H钢带联合支护。为了确定新方案支护效果,使用FLAC3D数值模拟软件进行模拟仿真,模型长×宽×高为109.4m×80m×35.15m,采用摩尔一库伦本构模拟进行计算,以此确认方案的可行性。论文利用对注浆锚索的有无进行模拟对比,通过对两个不同方案x方向移近量和y方向移近量进行研究,得出的结果见图2~图5。

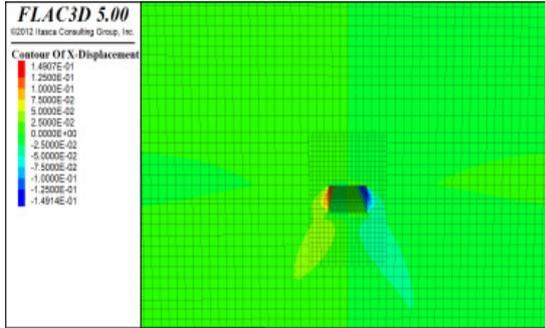


图2 有注浆锚索方案 x 移近量

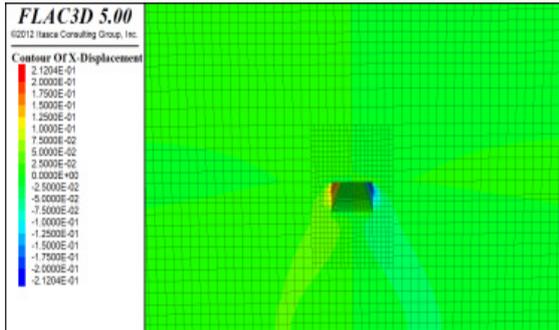


图3 无注浆锚索方案 x 移近量

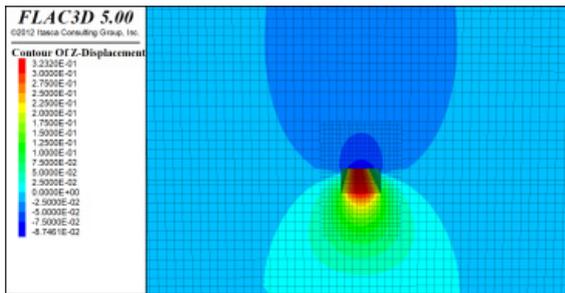


图4 有注浆锚索方案 y 移近量

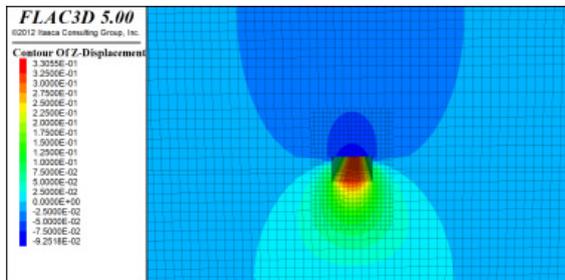


图5 无注浆锚索方案 y 移近量

由上述模拟,有注浆锚索方案的x移近量为14.9cm、y移近量为8.75cm,无注浆锚索方案的x移近量为21.2cm、y移近量为9.25cm,可以得出在有注浆锚索的情况下能大大加强支护的效果,巷道围岩变形较小,且稳定性好,用此支护方案无误。

### 6.2 裂隙间距分析

利用监测仪器进行顶板离层监测、锚杆(索)受力监测、巷道围岩表面位移监测和钻孔窥视,开展锚注加固支护效果监测评价工作。论文基于芦家窑煤业84208工作面巷道围岩的地质条件,进行试验性数据实测,针对近距离煤层支护技术进行了分析仿真与计算,大致模拟出了裂缝间距随掘进工作面距离变化的曲线,可以从巷道施工后围岩裂隙分布与变化特征的实测结果看,也反映了围岩在有效支护条件下,围岩表面裂隙存在闭合和压密的过程。

裂隙间距随掘进工作面距离变化见图6。

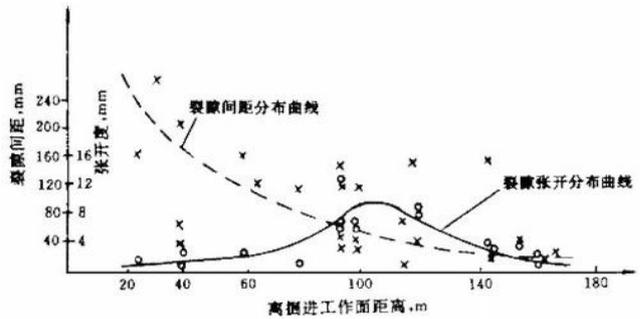


图6 裂隙间距随掘进工作面距离变化图

## 7 结语

作为一种特殊的煤层赋存形式,近距离煤层中下部煤层的回采一直是采矿生产的难题所在,特别是如何实现对下部回采巷道的合理支护,对近距离煤层的安全开采尤为重要。结合芦家窑煤业84208巷道支护情况,设计使用了锚网索+H型钢带的联合保护方法,并通过作FLAC3D数值模拟对支护效果进行了分析,结果表明锚网索+H型钢带支护方案能有效控制巷道围岩的变形总量和变形速率,该支护方案对围岩变形的控制具有良好效果。

### 参考文献

- [1] 梁旭黎.深埋巷道围岩稳定性分析[D].保定:河北大学,2006.
- [2] 牛明路.煤矿粉煤灰煤矸石综合利用研究[J].煤炭与化工,2016,39(10):48-50.
- [3] 和兰根.近距离煤层采空区下作业面巷道支护分析[J].能源与节能,2021(2):57-58+68.
- [4] 王俊奇.东曲矿新型锚固注浆体系支护研究与应用标准[J].中国石油和化工标准与质量,2021,41(10):146-147.
- [5] 陈洋,臧传伟,瞿晨明,等.松软煤层巷帮变形特征及围岩稳定性研究[J].中国矿业,2021,30(6):120-126.