

大阳煤矿回采巷道支护优化设计方案

怀亮亮

(山西兰花科技创业股份有限公司大阳煤矿分公司)

摘 要:为缓解大阳煤矿采掘接替紧张的局面,提高掘进效率,进一步提高巷道围岩支护刚度和强度,对巷道支护系统整体性优化,通过理论计算和 ANSYS、FLAC 数值模拟对方案进行对比分析,提出了短锚索-长锚索新的支护方案,再通过巷道施工对新方案进行实践验证。结果表明新支护方案在实践中效果显著,掘进效率提升达 43%,快速掘进新工艺一定程度上降低了工人的劳动强度,有效缓解了该矿采掘失调的风险。

关键词:短锚索;长锚索支护;快速掘进;ANSYS;FLAC;数值模拟

1 工程概况

大阳煤矿主要回采 3 号煤层,煤厚平均 5.7m,其 3306 胶带顺槽断面 5000mm × 3100mm,几年来的应用实践证明,现行的支护方式与参数能够满足巷道掘进与服务期间的安全要求,但存在支护密度较大,采掘接替稍微紧张的局面,一线职工掘进工作量大,且锚杆系统刚度稍有不足,为解决大阳煤矿目前存在的采掘衔接较为紧张的问题,在充分分析目前锚杆支护技术和支护材料现状的基础上,进行这次优

化设计,对锚杆-锚索,长锚索-短锚索两种优化设计方案进行数值模拟对比分析,选择出最佳支护方式。

2 支护强度理论计算

方案一:锚杆-锚索支护,锚杆长 2.5m,锚固长度 2.1m,锚固力 251KN,间排距 1.15m × 1.2m;锚索长度 8.3m,锚固长度 3.2m,锚固力 642KN,间排距 1.5m × 2.4m;其支护强度

$$P_1 = \frac{N_b}{S_c \times S_l} + \frac{N_c}{S_c' \times S_l'} = \frac{0.251}{1.15 \times 1.2} + \frac{0.642}{1.5 \times 2.4} = 0.36 MPa$$

P 为支护强度, MPa; N 为锚固力, KN; S_c 为锚杆(索)间距, m; S_l 为锚杆(索)排距, m。

方案二: 短锚索-长锚索支护, 锚索长 5.3m, 锚固长度 2.04m, 锚固力 412KN, 间排距 1.4m × 2m; 锚索长度 8.3m, 锚固长度 3.2m, 锚固力 642KN, 间排距 1.5m × 2m; 其支护强度

$$P_2 = \frac{N_b}{S_c \times S_l} + \frac{N_c}{S_c' \times S_l'} = \frac{0.412}{1.4 \times 2} + \frac{0.642}{1.5 \times 2} = 0.362 MPa$$

可见方案二支护强度略高于方案一。

3 两种方案数值模拟分析

3.1 模型建立

选取 3306 胶带顺槽为研究对象, 巷道断面 5m × 3.1m。本文根据矿方岩层属性, 使用 ANSYS 建立模型, 导入 FLAC3D 进行数值模拟, 模型范围 40m × 40m × 1m, 根据模型赋存条件, 顺槽埋藏深度约 345m, 在模型上方施加等同于上覆岩体产生的自重压力值, 其表达式为:

$$\sigma_G = \gamma g H$$

式中: γ ——容重, kg/m^3 ; H ——巷道埋深, m

γ 取均值为 $2500 kg/m^3$; 为保守计, H 取最大埋深 345m, 则模型上方的垂直应力值为:

$$\sigma_G = \gamma g H = 2500 \times 10 \times 345 = 8.63 (MPa)$$

侧应力系数 λ 取 1, 所以确定巷道水平、垂直应力为:

垂直应力:

$$S_{yy} = \sigma_G = \gamma H = 2500 \times 10 \times 345 = 8.63 (MPa)$$

$$\text{水平应力: } S_{xx} = S_{yy} = 8.63 (MPa)$$

本次模拟试验分别对锚杆-锚索和短锚索-长锚索支护两种支护方案进行模拟对比分析。固定模型两边界, 上部为自由边界, 下部边界的水平位移和竖直位移都为零, 为全约束边界。根据矿方岩层属性, 运用 ANSYS 和 FLAC 建立模型(如图 1)。

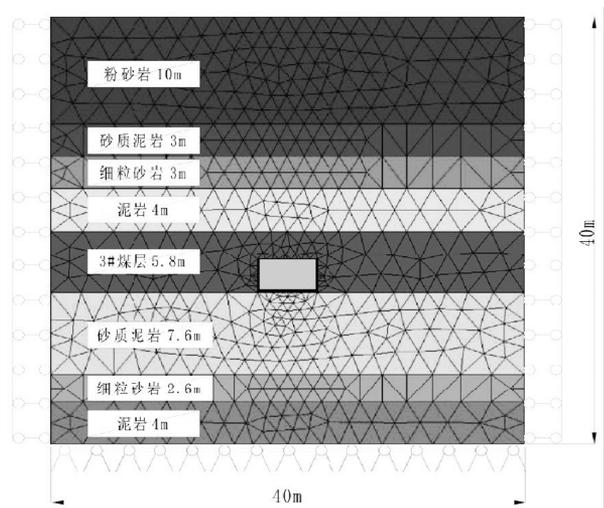


图 1 数值计算力学模型

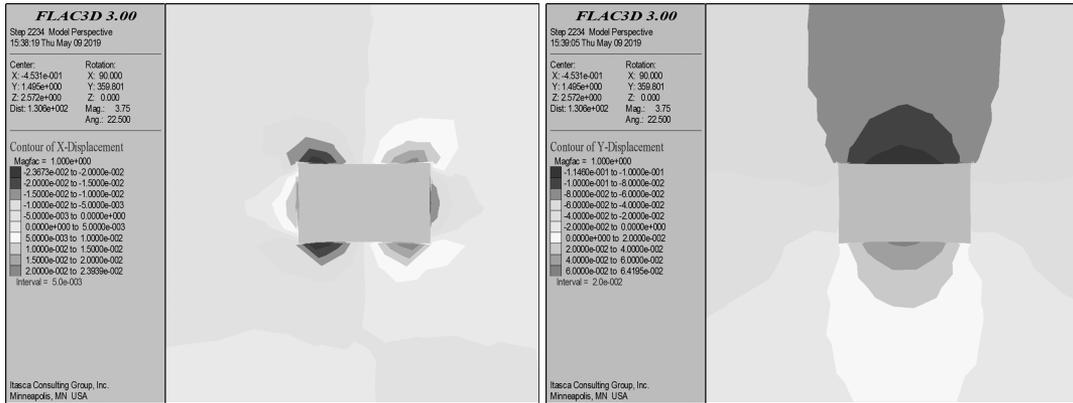
3.2 数值模拟

(1) 位移分析

图 2 显示, 两种支护方案水平方向位移均主要显现在巷道的顶底板上侧和下侧, 以及巷帮中心位置, 方案一最大水平位移量为 27mm, 方案二最大水平位移量为 23mm; 两种支护方案垂直位移主要出现在巷道顶底板的中心位置, 方案一最大垂直位移量为 125mm, 方案二最大垂直位移量为 114mm, 两种方案最大位移均为顶板下沉, 巷道底鼓均在 60mm。说明短锚索-长锚索支护对控制围岩变形效果更好。



(a)方案一:锚杆-锚索支护



(b)方案二:短锚索-长锚索支护

图2 水平、垂直位移对比分析

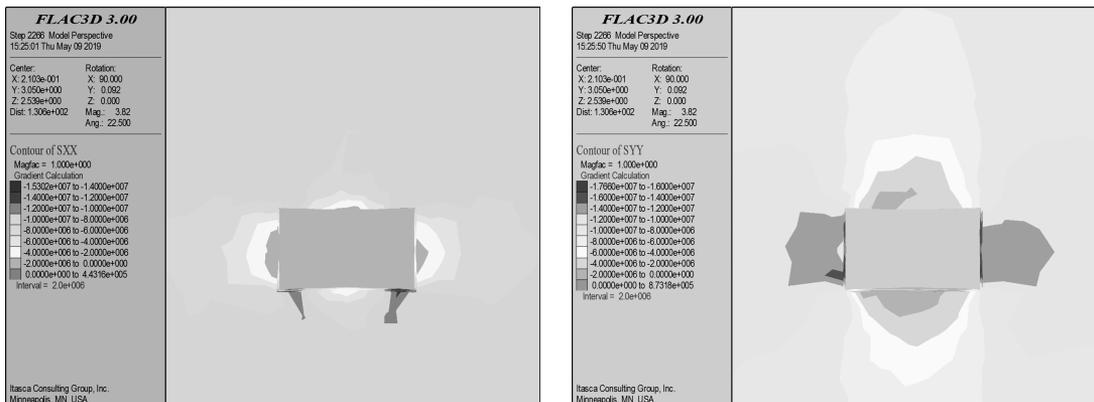
(2)应力分析

水平应力是致使巷道围岩顶底板变形的关键条件,垂直应力是引起巷道围岩巷帮变形的关键条件。从图3中可以看出,两种支护方案水平应力主要集中在巷道底板边角处,方案一最大水平应力为15.3MPa,方案二最大水平应力为16.3MPa;两种支护方案垂直应力主要集中在两帮,方案一最大垂直应力为17.6MPa,方案二最大垂直应力为18.1MPa。从应力对比分析,短锚索-长锚索支护状态下,水平应力和垂直应力略大于锚杆-锚索支护,说明短锚索-长锚索支护对巷道围岩的破坏程度较低,应力释放低,能够控制应力集中向围岩深部转移,避免产

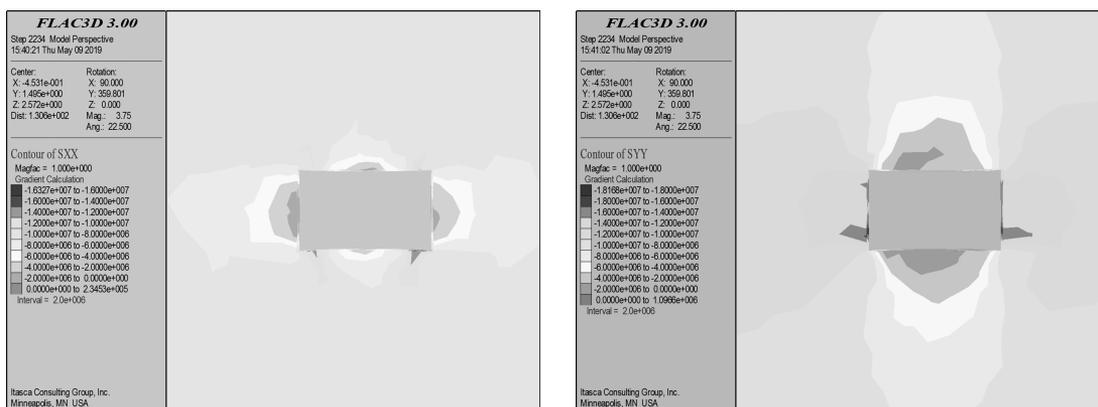
生二次围岩破碎区。可见方案二的支护状态优于方案一。

(3)塑性区对比分析

巷道围岩内塑性区域的分布形状、大小是影响围岩稳固性的关键条件。从图4中可以明显看出方案一的塑性区明显大于方案二,且塑性区破坏均为剪切破坏,与锚杆-锚索支护相比较,短锚索-长锚索支护形式的应用,改善了巷道围岩的应力分布状态,优化了巷道围岩的塑性区分布,提高了围岩的稳定性,充分发挥围岩的自承能力,使得围岩内部变形与其周边变形相互协调。

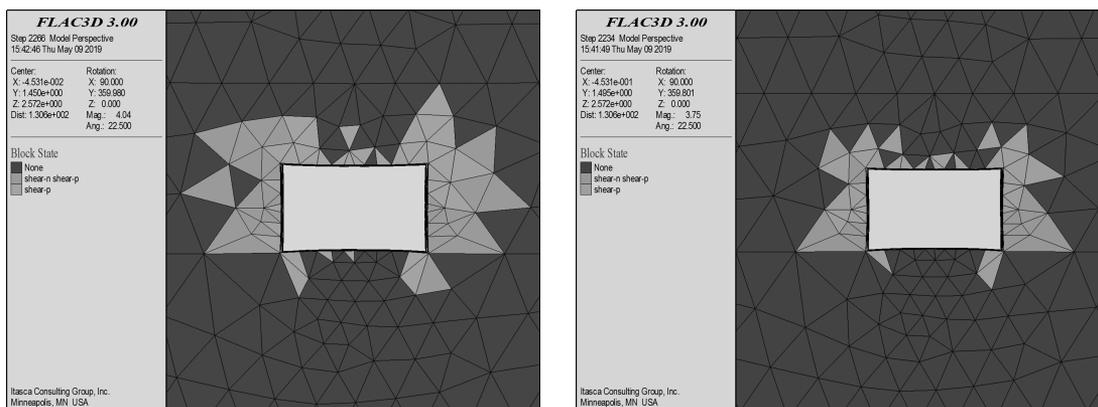


(a) 方案一: 锚杆-锚索支护



(b) 方案二: 短锚索-长锚索支护

图3 水平、垂直应力对比分析



(a) 方案一: 锚杆-锚索支护

(b) 方案二: 短锚索-长锚索支护

图4 塑性区对比分析

4 现场实践

现对两种支护方案进行现场工业试验,选取3306胶带顺槽200-250m段采用锚杆-锚索支护形式,选取环边界探水巷850-900m段采用短锚索-长锚索支护形式。每10m布置一组测点。依照两种支护方案,分别同时施工两条巷道,进行为期两个月的巷道围岩观测,每天观测一次。采集各组测点围岩的顶底板和两帮位移收敛数据,取平均收敛量绘制巷道围岩随时间的位移曲线图(图5)。

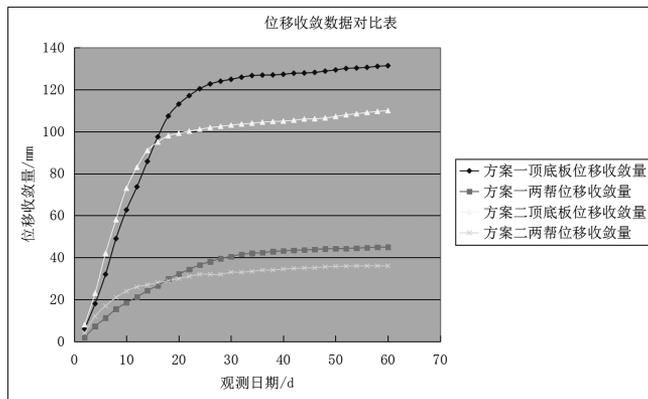


图5 围岩随时间位移曲线图

从数据分析可以得知,方案一顶底板最大位移收敛量131mm,两帮最大位移收敛量45mm;方案二顶底板最大位移收敛量110mm,两帮最大位移收敛量36mm。从图中可以看出,方案二于18天左右巷道趋于稳定,方案一于26天左右趋于稳定。综合现场实际数据分析,方案二优于方案一。

5 结论

本文基于巷道支护原则,通过完善巷道支护工艺,增加锚网支护间排距,提出了新的支护方案。通过理论计算支护强度,并应用数值模拟分析软件ANSYS和FLAC^{3D}对两种新支护方案分别从围岩应

力,围岩位移和塑性区分布进行对比分析得出,方案二:短锚索-长锚索支护更能有效控制围岩变形,对巷道围岩的破坏程度较低,应力释放低,能够控制应力集中向围岩深部转移,避免产生二次围岩破碎区,改善了巷道围岩的应力分布状态,优化了巷道围岩的塑性区分布,提高了围岩的稳定性,充分发挥围岩的自承能力,使得围岩内部变形与其周边变形相互协调。在实践应用中,掘进效率提升近43%,有效缓解了太阳煤矿采掘接替紧张的局面。

参考文献:

- [1]何满潮,彭涛. 高应力软岩的工程地质特征及变形力学机制[J]. 矿山压力与顶板管理,1995(2):6-12.
- [2]李书勇. 锚杆支护、锚杆-锚索协调支护、全断面短锚索支护的对比分析研究[J]. 山西煤炭,2014.04(34):35-37.
- [3]高三宝. 锚杆支护在煤矿采区的应用[J]. 科学之友,2005(7):16-17.
- [4]张洪涛. 煤巷锚杆支护的施工工艺[J]. 煤炭技术,2006(4):74-76.
- [5]袁和生. 煤矿巷道锚杆支护技术[M]. 北京:煤炭工业出版社,1997.
- [6]彭文斌. FLAC^{3D}实用教程[M]. 北京:机械工业出版社,2007.
- [7]刘波,韩彦辉. FLAC原理、实例与应用指南[M]. 北京:人民交通出版社,2005.
- [8]靖洪文,宋宏伟,郭志宏. 软岩巷道围岩松动圈变形机理及控制技术研究[J]. 中国矿业大学学报,1999,28(6):560-564.
- [9]宋泽方,查文华,张亮,张若飞. 道顶板锚杆锚索支护耦合影响研究[J]. 煤炭技术,2017.03(36):108-109.
- [10]谢文兵,陈晓祥,郑百生. 采矿工程问题数值模拟研究与分析[M]. 徐州:中国矿业大学出版社,2005.
- [11]李大伟. 软岩巷道锚喷支护破坏分析与对策[J]. 河南理工大学学报(自然科学版),2007,26(6):641-646.