

# 高应力巷道锚杆支护参数优化探讨

## Optimization of bolt supporting

### parameters in high stress roadway

王 君 (山西汾西矿业集团南关煤业有限责任公司, 山西 灵石 031300)

Wang jun (Shanxi Fenxi Mining Group Nanguan Coal Industry Co., LTD., Shanxi LingShi 031300)

**摘 要:** 本次研究对工程基本情况概后, 对高应力巷道锚杆支护参数优化策略进行刍议, 主要目的为掌握工程状况后, 对高应力巷道锚杆支护参数作以优化处理, 保证各项参数设置更加科学、合理。

**关键词:** 高应力巷道; 锚杆支护; 参数设计

**Abstract:** After the basic situation of the project is summarized, the optimization strategy of high stress roadway bolt support parameters is discussed. The main purpose is to master the engineering situation and optimize the parameters of high stress roadway bolt support to ensure that the parameters are set more scientific and reasonable.

**Key words:** high stress roadway; Bolt support; Parameter design

#### 0 引言

能源结构中需实行煤炭能源开发、应用, 通过研究发现绝大部分矿井巷道会受到采动因素所影响, 而这也是导致巷道顶板开裂、下沉、围岩移近等情况发生主要原因。所以, 需采取相似模拟、数值模拟方式处理, 不断优化高应力巷道锚杆支护参数。

#### 1 工程基本情况概述

以 7192 回风巷为例, 其属于深部矿井、埋深约为 980m, 巷道顺着 19 号煤顶板进行掘进, 这一矿区煤层厚度约为 2.6m, 煤岩成分中多为半亮煤, 硬度系数为  $f=3$ 、煤层倾角度数为  $25^\circ$ 。直接顶砂质页岩, 具有性脆致密特点, 水平层理发育且破碎率、冒落率非常高, 厚度在 4m 左右。直接底砂质页岩厚度为 1m 左右, 这一巷道使用水压致裂地应力测量方式, 对地应力进行测试, 测试结果显示最大水平应力在 40MPa 左右, 方向  $N40^\circ E$ , 最小水平应力、垂直应力分别为 21MPa 左右、29MPa 左右。

深部高地应力巷道矿压显效比较明显, 巷道围岩蠕变特征突出, 还会发生底鼓、围岩变形的问题。巷道断面为梯形断面, 顶板通过锚杆方式支护。其中巷道宽度、高度、断面积分别为 3m、3m、 $12m^2$ , 巷道支护使用的为全螺纹钢等强锚杆, 数量为 5 根、间排距设置为  $800mm \times 800mm$ 。使用长度为 3.5mW 钢带, 两帮使用的为  $\phi 15 \times 1800mm$  全螺纹钢等强锚杆, 上、下帮锚杆使用数量分别为 3 根、5 根, 间排距  $800mm \times 800mm$ 、为长锚固作业。通过以往支护方法处理, 无法有效避免发生围岩变形情况, 两帮移近量、顶底板移近量分别为

550mm 左右、720mm 左右。

巷道岩层和主要特征分析:

①基本顶岩性为细砂岩, 厚度、围岩强度、岩性分别为: 8.3m、82MPa, 灰白色以石英为主, 属于钙质胶结、质地坚硬的状态; ②直接顶岩性为砂质页岩, 厚度、围岩强度、岩性分别为: 4.1m、52MPa, 为灰色、质地坚硬, 可见贝壳状的断口; ③煤层岩性为 19 号煤层, 厚度、围岩强度、岩性分别为: 2.65m、11.5MPa, 黑色、半亮状态且结构比较简单; ④老底岩性为细砂岩, 厚度、围岩强度、岩性分别为: 7.8m、73MPa, 可见灰色、水平层理状态发育; ⑤老底岩性为砂质页岩, 厚度、围岩强度、岩性分别为: 1.18m、45MPa, 呈灰色状态, 为少量层理发育。

#### 2 高应力巷道锚杆支护参数优化策略刍议

##### 2.1 构建模型、准确计算相关参数

锚杆支护设计的过程, 使用的为有限差分数值计算程序, 能获得锚杆支护初始设计, 模拟长度、宽度分别为 78m、35m, 网络长度及宽度为  $180m \times 78mm$ 。通过应力边界条件来看, 模型表面存在垂直压应力, 模型两侧可施加水平压应力, 这时模型下表面位移为固定的状态。为明确巷道围岩变形主要特征, 尤其为岩石屈服后力学情况, 应严格控制计算的速度, 建议使用力学模型模拟岩层, 即为应变软化模型模拟四周巷道煤层, 岩层使用摩尔-库仑模型, 通过截面单元对岩层层面进行模拟处理。巷道围岩物理力学参数分析:

①页岩的密度、弹性模量、泊松比, 以及黏结力、内摩擦角和抗拉强度分别为:  $2550kg/m^3$ 、550MPa、0.18、

1.2MPa、 $40^\circ$ 、0.12MPa；②砂质页岩的密度、弹性模量、泊松比，以及黏结力、内摩擦角和抗拉强度分别为：2600kg/m<sup>-3</sup>、880MPa、0.23、1.5MPa、 $40^\circ$ 、0.12MPa；③19号煤的密度、弹性模量、泊松比，以及黏结力、内摩擦角和抗拉强度分别为：1510kg/m<sup>-3</sup>、500MPa、0.31、1.2MPa、 $35^\circ$ 、0.05MPa；④细粒砂岩的密度、弹性模量、泊松比，以及黏结力、内摩擦角和抗拉强度分别为：2680kg/m<sup>-3</sup>、980MPa、0.24、1.4MPa、 $40^\circ$ 、0.12MPa；⑤砂质页岩的密度、弹性模量、泊松比，以及黏结力、内摩擦角和抗拉强度分别为：2650kg/m<sup>-3</sup>、890MPa、0.21、1.3MPa、 $40^\circ$ 、0.14MPa；

## 2.2 深入分析数值模拟结果

在无支护、原锚杆支护、强力锚支护等状况下，巷道围岩会发生位移、受损的现象，因深部开采高地应力作用下无支护巷道矿压显现比较显著，而且巷道围岩会发生变形问题，主要体现在巷道收缩变形方面。巷道围岩大范围受损后，没有在第一时间作以支护处理，引发大面积片帮、冒顶的概率增加。除此之外，巷道底板、量帮围岩受到破坏，围岩变形量减小致使巷道围岩变形状况发生。通过强力锚杆支护系统处理，巷道围岩变形问题、受到破坏问题得到很好的控制，此时围岩破坏区域缩小，多在巷道表面进行分布。

## 2.3 支护参数优化对策

通过研究发现，强力锚杆支护系统的应用，利于有效控制深井巷道围岩变形情况发生率，但这个过程需要注意的是各支护参数，在支护效果方面有较大差异，比方说：锚杆预紧力、排距，以及直径和长度等支护参数。所以，为确保整体支护的效果建议合理设置锚杆支护的参数，可以FLAC3.3为例对相关支护参数巷道支护作以模拟处理。

### 2.3.1 优化锚杆预紧力支护参数

对锚杆预紧力模拟，分别模拟预紧力0t、预紧力2t、预紧力4t，以及预紧力6t、预紧力8t、预紧力10t和预紧力15t几种状况，通过研究发现预紧力加大，巷道顶底、两帮移近量成反比例关系。而巷道表面变形量预紧力<10t时降低不明显，预紧力为10t巷道表面变形量降低，表示过大预紧力可维护巷道围岩，满足对围岩稳定的需要。各锚杆预紧力状况巷道围岩移变量分析：

①预紧力为0t，上帮移近量、下帮移近量、顶板下沉量及底鼓量分别为：126mm、321mm、193mm、305mm；②预紧力为2t，上帮移近量、下帮移近量、顶板下沉量及底鼓量分别为：127mm、321mm、194mm、307mm；③预紧力为4t，上帮移近量、下帮移近量、顶板下沉量及底鼓量分别为：128mm、320mm、194mm、306mm；④预紧力为6t，上帮移近量、下帮移近量、顶

板下沉量及底鼓量分别为：130mm、320mm、194mm、306mm；⑤预紧力为8t，上帮移近量、下帮移近量、顶板下沉量及底鼓量分别为：130mm、320mm、194mm、306mm；⑥预紧力为10t，上帮移近量、下帮移近量、顶板下沉量及底鼓量分别为：128mm、320mm、194mm、306mm；⑦预紧力为15t，上帮移近量、下帮移近量、顶板下沉量及底鼓量分别为：90mm、302mm、169mm、288mm。

### 2.3.2 优化锚杆直径支护参数

经研究发现锚杆直径更大、巷道围岩位移量更小， $\phi 25\text{mm}$ 为最合理锚杆直径，锚杆直径及围岩变形量分析：

①锚杆直径为18mm，上帮和下帮移近量、顶板下沉量、底鼓量分别为：131mm、332mm、203mm、313mm；②锚杆直径为20mm，上帮和下帮移近量、顶板下沉量、底鼓量分别为：131mm、327mm、196mm、310mm；③锚杆直径为22mm，上帮和下帮移近量、顶板下沉量、底鼓量分别为：131mm、324mm、197mm、308mm；④锚杆直径为25mm，上帮和下帮移近量、顶板下沉量、底鼓量分别为：89mm、302mm、169mm、288mm。

### 2.3.3 优化锚杆长度支护参数

锚杆长度加大、巷道变形量会降低，巷道变形量下降的幅度比较大，经研究发现锚杆长度为2400mm最佳。锚杆长度和围岩变形量情况分析：

①锚杆长度1800mm，上、下帮移近量、顶板下沉、底鼓量分别为：129mm、334mm、202mm、314mm；②锚杆长度2000mm，上、下帮移近量、顶板下沉、底鼓量分别为：129mm、329mm、199mm、311mm；③锚杆长度2200mm，上、下帮移近量、顶板下沉、底鼓量分别为：128mm、324mm、199mm、308mm；④锚杆长度2400mm，上、下帮移近量、顶板下沉、底鼓量分别为：89mm、302mm、169mm、288mm。

## 3 结语

高应力巷道中使用传统锚杆支护技术，无法达到安全生产的相关标准，因而需发挥围岩承载力，有效防范巷道围岩变形情况的发生。通过优化锚杆支护参数方式，有效降低两帮、巷道顶底板等位移量，并且提高巷道整体支护质量。

### 参考文献：

- [1] 赵景川. 高应力放顶煤工作面回风巷锚杆支护参数优化设计研究[J]. 黑龙江科技信息, 2018, 000(008): 60-61.
- [2] 刘武团, 高忠, 赵文奇, 等. 基于锚杆支护作用的高应力软岩巷道控制技术[J]. 中国矿业, 2018, 027(001): 109-114.
- [3] 曹仁贵. 深部高应力软岩巷道支护参数优化[J]. 化工矿物与加工, 2013, (8): 24-25.