

# 腾辉矿 2202 工作面巷道围岩控制技术研究

陈思哲 (霍州煤电集团腾辉煤业有限责任公司, 山西 临汾 041000)

**摘要:** 近距离煤层采用下行开采方式时, 下部煤层布置巷道将受到上部采空区的影响, 巷道支护难度较大。本文以腾辉矿 2202 工作面近距离煤层开采围岩控制为工程背景。通过理论计算对近距离煤层的支护进行了研究, 设计出支护优化方案, 现场实践效果良好, 经监测优化后的孩子们巷道围岩变形量得到有效控制, 有效提高巷道的稳定性, 同时也为矿井地质条件相类似工作面巷道围岩控制提供了参考。

**关键词:** 近距离煤层; 下行开采; 锚索支护; 围岩变形; 支护优化

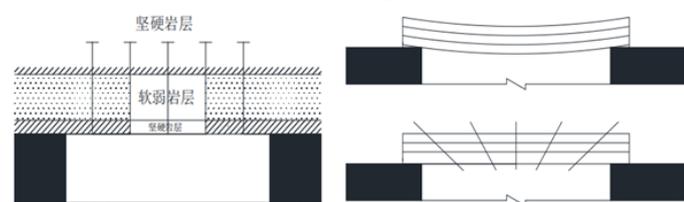
## 0 引言

随着矿井开采年限的不断增大, 煤层开采逐步面临地质条件复杂的问题。近距离煤层采用下行开采方式时, 下部煤层布置巷道将受到上部采空区的影响, 巷道支护难度较大, 使得上煤层开采会影响下煤层巷道的稳定性, 为解决近距离下煤层巷道围岩失稳问题, 本文以腾辉矿 2202 工作面为工程背景, 通过理论分析结合现场实测对近距离煤层支护进行分析研究。

## 1 矿井概况及支护方案研究

腾辉矿位于山西乡宁县枣岭乡店沟村, 设计年生产能力 120 万 t。井田结构相对简单, 主要构造形式为单斜延伸构造, 井田的地层的坡度均值在 5° 左右, 2202 工作面现主要开采 2# 煤层, 煤层厚度 3.2m~6.0m, 煤层的平均厚度为 5.6m。

2202 工作面开采的太原组 2# 煤层属近距离煤层, 在开采后导致巷道的围岩应力重新分布, 上煤层巷道的区段煤柱会形成应力集中区, 在进行下煤层开采时, 下煤层巷道受到上部煤层巷道底板应力集中的影响出现一定的变形, 承载压力是一种自上而下的力, 随着传递的距离逐步增大, 支撑压力逐步降低至原岩应力水平, 所以为了降低下煤层巷道变形需要将下煤层巷道设置在上煤层巷道底板承载应力扩散区域以外, 当煤层距离一定时, 支护可以有效削减承载应力的传递性, 所以选定合适的支护方案对近距离下煤层巷道稳定性十分重要。



(a) 悬吊支护示意图 (b) 分层组合梁示意图

图 1 锚杆支护作用示意图

在近距离煤层支护时, 如果巷道顶板有部分软弱岩石, 此时利用锚杆将软弱岩石与坚硬岩层进行联系, 此时的锚杆起到悬吊作用, 如图 1 (a)。当巷道的顶板出现分层时, 锚杆支护不仅可以提升顶板岩层间的摩擦力, 降低顶板离层现象, 同时能够提供岩层足够的抗剪强度, 避免出现剪切破坏, 如图 1 (b) 所示。同时在

易破碎区为防止破碎面积进一步增大, 通过预应力锚杆支护可以形成锥形压应力区, 当支护锚杆的间排距很小时, 此时的压应力区会形成一个组合拱, 此时围岩的强度会有大幅度的提升。

在进行近距离煤层巷道支护时需要遵循以下原则:

①及时主动原则, 通过及时进行支护降低围岩发生变形的几率, 使围岩达到受力均衡状态;

②可缩性支护, 要根据实际围岩情况选定合适的支护方案及支护参数, 使得整个支护系统具备一定的可缩性;

③扩散及预应力施加原则, 锚杆的支护主要是依赖预先施加的预应力, 所以在进行预应力施加时充分分析围岩特性, 选定合适的预应力使其锚固区与围岩较好的联合, 形成整体承压结构;

④大工作阻力原则, 施加具有高阻力的支护体系, 保证回采空间, 避免巷道变形过大造成作业困难的问题。

腾辉矿主采煤层为 2# 及 3# 煤层, 2# 煤层的平均厚度为 4m, 3# 煤层平均厚度为 4.3m, 两煤层间的距离为 6m, 属于近距离煤层, 在实际生产过程中选定下行式开采, 上煤层巷道预留 20m 护巷煤柱, 2# 煤层巷道选定锚杆锚索 + 金属网的联合支护方案, 但由于巷道的应力属于非对称分布, 所以造成巷道两帮的移近量较大, 帮部的变形严重。帮部锚杆收到不同程度的破坏, 严重影响下煤层巷道的开采。

为了降低下煤层巷道变形程度, 提升下煤巷道的稳定性, 对 5 号煤层巷道支护方案进行优化设计, 首先进行巷道锚杆长度的计算, 锚杆长度计算公式如下:

$$L_0 \geq L_1 + L_2 + L_3$$

公式中:  $L_0$  为锚杆长度, m;  $L_1$  为锚杆垫板及螺母厚度, m;  $L_2$  为锚杆有效长度, m;  $L_3$  为锚杆锚固长度, m。根据地质资料可知巷道的半宽为 2m, 上部帮部破碎区的宽度为 2.4m, 岩石的普氏硬度系数为 2.5, 所以上部巷道锚杆的有效长度计算可得:  $(2.4m+2m)/2.5=1.76m$ , 下部巷道帮部破碎区的宽度为 2.9m, 岩石的普氏硬度系数为 2.5, 所以上部巷道锚杆的有效长度计算可得:  $(2.9m+2m)/2.5=1.96m$ ,  $L_1$  根据实际情况一般选定 0.1m, 锚固长度一般为 0.3m, 所以上部下部煤层巷道顶板锚杆长度均选定为 2.4m。同样的对底板锚杆

进行计算，计算得出上下煤层巷道底板锚杆长度分别为 3.4m 和 3.8m，帮锚杆的长度分别选定为 2.9m 和 3.4m。

对锚杆的间排距进行计算，计算公式一般为：

$$a \leq 0.5L_0$$

公式中：a 为间排距，m； $L_0$  为锚杆长度，m。所以根据计算可知上部煤层巷道顶板间排距为 1200mm × 1200mm，底板及帮部锚杆间排距根据实际工程情况确定，分别为：830mm × 830mm，900mm × 900mm。下部煤层巷道顶板间排距为 1200mm × 1200mm，底板及帮部锚杆间排距根据实际工程情况确定，分别为：850mm × 850mm，1000mm × 1000mm。锚杆的直径与锚固力及锚杆材料抗拉强度有关，其具体表达公式如下：

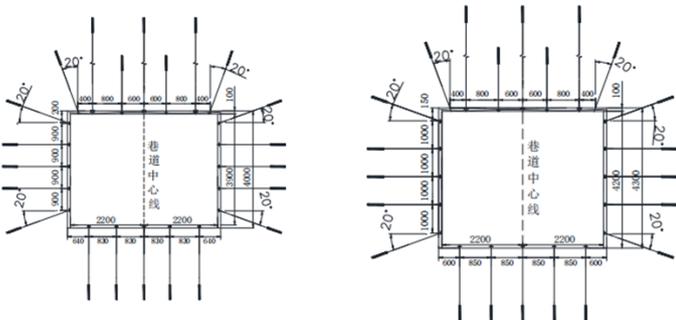
$$Q \leq \pi d^2 \sigma_1 / 4$$

公式中：Q 为锚杆锚固力，MPa； $\sigma_1$  为材料抗拉强度，MPa。根据计算可知锚杆的直径应大于 18mm，所以选定锚杆直径 200mm。

对上煤层巷道及下煤层巷道进行支护方案设计，上部煤层巷道顶板锚杆选用  $\phi 20 \times 2400$ mm 左旋树脂锚杆，顶板每排布置 4 根，间排距选定为 1200mm × 1200mm，每支锚杆选定 2 支 Z2360 中树脂锚固剂，配置 150 × 150 × 8mm 的高强度托盘，靠近两帮的锚杆向内侧偏移 20°，顶板的锚索选定为  $\phi 18 \times 7000$  的钢绞线，沿巷道中心对称布置，共三根，间排距选定为 1400mm × 2100mm。

巷道底板锚杆选用  $\phi 20 \times 3400$ mm 左旋树脂锚杆，底板每排布置 5 根，间排距选定为 830mm × 830mm，每支锚杆选定 2 支 Z2360 中树脂锚固剂，配置 150 × 150 × 8mm 的高强度托盘，同时配置高强度垫圈，采用金属网进行铺平拉紧。

巷道帮锚杆选用  $\phi 20 \times 2900$ mm 左旋树脂锚杆，两帮每排布置 5 根，间排距选定为 900mm × 900mm，每支锚杆选定 2 支 Z2360 中树脂锚固剂，配置 150 × 150 × 8mm 的高强度托盘，靠近顶底板的锚杆向内侧偏移 20°。下煤层巷道支护优化方式类似，这里就不赘述，上部下部煤层巷道支护优化示意图如图 2 所示。

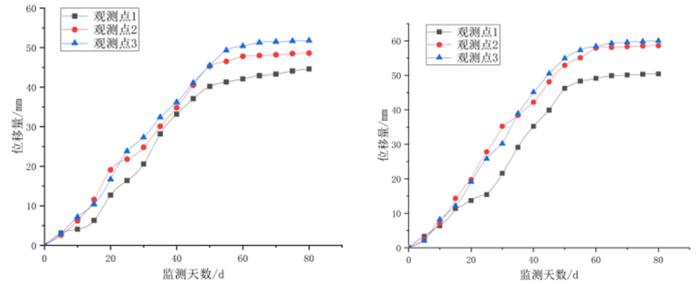


(a) 上部煤层巷道支护图 (b) 下部煤层巷道支护图  
图 2 巷道支护图

## 2 现场实践

对巷道优化支护效果进行分析，选定上下煤层顺槽部位进行表面位移监测，不影响正常施工任务的前提下对巷道顶板及两帮距离运输巷巷 10m、30m 和 50m 的位置依次布置 3 个监测点，用于监测顶底板及两帮的位移

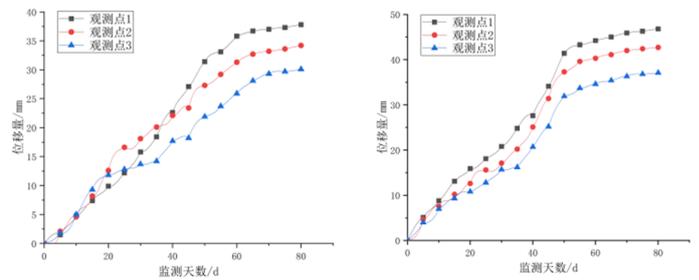
变形，顶板监测结果如图 3 所示。



(a) 上煤层顶板位移变形曲线 (b) 下煤层顶板位移变形曲线

图 3 巷道顶板位移变形曲线

在支护初期，上部煤层的顶板下沉速度很快，下沉速度的平均值为 0.72m/d，在 50 天时，此时的顶板变形速度明显下降，在 72 天时顶板的下沉量达到最大值 52mm，相比上煤层，下煤层下沉速度的平均值为 0.78m/d，在 58 天时，此时的顶板变形速度明显下降，在 77 天时顶板的下沉量达到最大值 60mm，顶板的变形均在可接受范围内。底板及两帮监测结果如图 4 所示。



(a) 上煤层底板位移变形曲线 (b) 下煤层底板位移变形曲线

图 4 巷道围岩位移变形曲线

在支护初期，上部煤层的底板的变形速度较快，变形速度的平均值为 0.53m/d，在 65 天时，此时的底板变形速度明显下降，在 76 天时顶板的下沉量达到最大值 38mm。下煤层底鼓速度的平均值为 0.92m/d，在 77 天时底板变形量的最大值 47mm，顶板的变形均在可接受范围内。两帮的变形量同样可控，所以根据以上分析可以看出经过支护优化后，巷道变形量得到了明显的控制，巷道稳定性增加。

## 3 结论

本文通过理论分析，对锚杆支护机理进行了研究，并给出了近距离煤层巷道支护时需要遵循的原则。采用理论计算，得到了近距离煤层上部、下部巷道支护方案，为矿山巷道支护提供一定的参考。并现场实践对支护方案进行验证，发现经过支护优化后巷道变形量得到了明显的控制，巷道稳定性增加。

### 参考文献：

- [1] 李斌. 近距离煤层开采下软弱煤层巷道围岩控制技术研究 [J]. 煤矿现代化, 2019(06):61-63.
- [2] 张步元. 近距离煤层采空区下回采巷道围岩控制技术研究与应用 [J]. 煤矿现代化, 2019(05):1-3.