

# 切顶卸压在预防巷道变形中的应用与研究

牛志明 张振龙

(山西兰花科技创业股份有限公司大阳煤矿分公司)

**摘 要:** 本文通过对大阳煤矿 3404 回采工作面运输顺槽切顶卸压进行设计和实施, 保证 3405 工作面运输顺槽巷道不发生重大变化, 从而保障工作面的正常生产, 为后续回采工作面提供理论支撑和技术参考。

**关键词:** 切顶卸压; 上覆载荷; 力学环境

## 1 工作面概况

大阳煤矿分公司 3405 工作面位于四采区中部, 西部为车山井田, 北部为 3405 准备工作面(实体煤), 南部为 3404 回采工作面运输顺槽。3405 运输顺槽以 20m 的保安煤柱与 3404 运输顺槽平行布置, 3405 运输顺槽担负 3405 工作面原煤运输任务, 兼作为进风巷道。3405 运输顺槽沿 3 号煤层顶板掘进(开口前 70 米沿 3 号煤底板掘进), 该运输顺槽设计长度为 1325m。

3405 运输顺槽地面位于上河掌村西北部, 地表以山梁和山谷居多, 沟壑发育。地面标高为 +1102.21~+1173.39m, 井下标高为 +655~+705m, 埋深

为 +447.21~+468.39m, 平均为 +457.8m。

煤(岩)层赋存特征:

3#煤层节理发育、煤质普遍松软。3#煤层构造颇多, 含有夹矸 1~2 层, 硬度平均  $f=3$ , 煤层倾角平均在 0~10%, 为缓倾斜煤层, 通过 KT2 地质钻孔资料显示, 煤层厚度平均在 5.6~6m。

3404 工作面煤层伪顶为灰黑色泥岩, 厚度 0~0.5m; 直接顶为砂质泥岩, 中上部有小煤层, 平均厚度为 3.2m; 基本顶为中砂岩或粗砂岩, 厚度平均为 8.5m; 直接底为砂质泥岩或细砂岩, 厚度平均为 8.5m。

## 2 切顶卸压设计

为减小3404工作面采动压力传递至3405运输顺槽,造成3405工作面回采困难,对邻近3405运输顺槽的回采工作面进行切顶卸压,消除悬顶为悬臂梁现象,降低侧向顶板悬臂梁上覆岩荷载和旋转变形压力造成的载荷集聚,从而减小顶板传递到煤柱所显现的压力,从根本上改善巷道所承受的力学环境,保证3405运输顺槽满足工作面回采时的巷道属性要求。

### 2.1 爆破器材与施工机具

#### (1) 炸药

品种:三级煤矿许用乳化炸药

规格:Φ60×480mm

密度:1180kg/m<sup>3</sup>

炸药爆速:3500m/s

单卷药量:1.5±0.1kg/卷

#### (2) 雷管

所用雷管为煤矿许用8#普通瞬发电雷管(或同段位毫秒延期电雷管)

#### (3) 导爆索

导爆索采用煤矿许用导爆索,导爆索是以太安、黑索金炸药为药芯、用棉线和塑料编织丝等作包缠物,并以塑料为防潮层组成,规格为Φ5.2~5.5mm(或Φ6.5±0.3mm),爆速≥6000m/s。

#### (4) 钻孔施工机具

钻机采用ZLJ-350煤矿用坑道钻机1台(也可用矿上已有钻机,不管何种型号完成炮孔即可)。并配备Φ63.5mm钻杆,金刚石钻头,钻头直径70~75mm。炮泥规格Φ60×200mm,炮泥采用沙子与黄土制作。

### 2.2 孔网参数

#### 1) 布孔方式

沿胶带巷回采侧肩角布一排平行孔,直径=

75mm,倾角=75°,见图1。

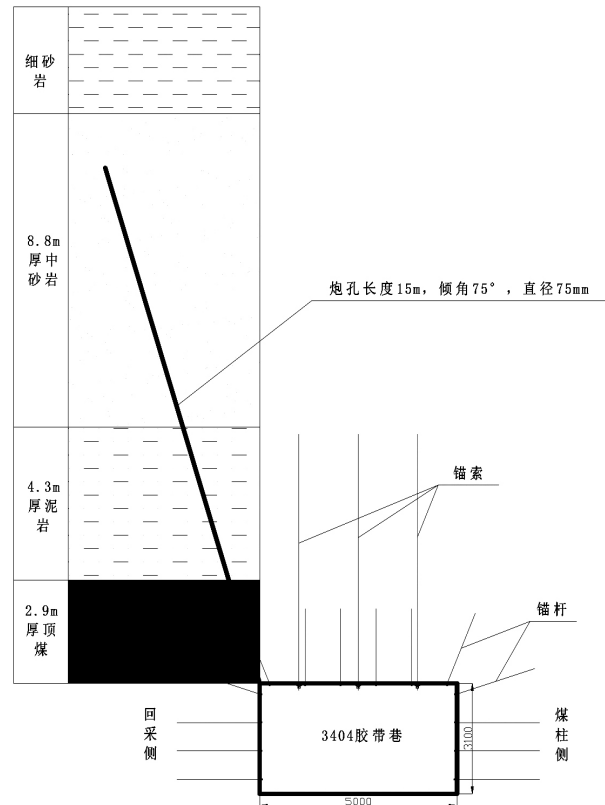


图1 预裂爆破炮孔布置方式

#### 2) 炮孔长度计算

##### (1) 切顶高度计算

为使综放工作面顶板垮落岩石能够使采空区填充完全,则切顶高度 $M_z$ 可根据如下公式计算:

$$M_z = \frac{H + T - S_A - C}{K_A - 1}$$

$$C = (1 - \eta)TK_m$$

式中: $M_z$ —切顶高度;

$K_A$ —冒落岩石的破碎胀大系数,取1.35;

$H$ —割煤高度,取2.7m;

$T$ —顶煤厚度,取3.3m;

$S_A$ —老顶下位岩梁触矸处的沉降值,在一般采场 $S_A=0.2H$ ;

C—残煤厚度;

$\eta$ —放出率,取0.85;

$K_m$ —顶板垮落碎胀系数,取1.2;

经计算得: $M_z=14m$ 。

### (2)炮孔长度计算

根据以上计算,顶煤和顶板矸石完全充满采空区的垮落高度为14m,确定巷道顶板上方垂直高度14m范围为主要处理对象。结合顶板岩层结构和施工条件,确定取 $L=15m$ 。

### 3)炮孔间距计算

(1)按应力波叠加作用计算(采用不耦合装药)

$$a = 2(b \cdot p_2 / \sigma_t)^{1/a} \cdot r_b$$

$$p_2 = \frac{1}{8} P_0 D^2 \left( \frac{d_c}{d_b} \right)^3 \cdot n$$

式中: $a$ —炮孔间距(m);

$\sigma_t$ —岩石的抗拉强度(MPa),此处为3.9MPa;

$p_2$ —炮孔壁初始压力峰值(MPa);

$P_0, D$ —炸药密度和爆速;

$n$ —压力增大倍数,此处 $n=10$ ;

$b$ —侧应力系数,  $b = \mu / (1 - \mu)$ , 此处,  $b = 0.25 / (1 - 0.25) = 0.33$ ;

$a$ —应力波峰值在岩体内的衰减指数,  $a = 2 - b$ , 此处  $a = 1.67$ 。

$$P_2 = \frac{1}{8} \times 1180 \times 3500^2 \times \left( \frac{60}{75} \right)^3 \times 10 = 9251.2 \text{MPa}$$

$$a_1 = 2(0.33 \times 9251.2 / 3.9)^{1/1.67} \times 0.0375 = 4.05 \text{m}$$

(2)按应力波与爆生气体准静压共同作用计算

密封在炮孔内的爆生气体以准静压的方式作用在炮孔壁,其应力状态类似于均匀内压的厚壁筒。根据弹性力学的厚壁圆筒理论及岩石中的抗拉强度准则,有

$$a = 2(p_0 / \sigma_t)^{1/2} \cdot r_b$$

式中: $p_0$ —作用于炮孔壁的准静态压力,当采用柱状不耦合装药时,有

$$p_0 = \frac{1}{8} p_0 \cdot D^2 \times \left( \frac{d_c}{d_b} \right)^6 = \frac{1}{8} \times 1180 \times 3500^2 \times$$

$$\left( \frac{60}{75} \right)^2 = 473.66 \text{MPa}$$

$$a_2 = 2(p_0 / \sigma_t)^{1/2} \cdot r_b = 2 \times (473.66 / 3.9)^{0.5} \times 0.0375 = 0.83 \text{m}$$

因此,按照应力波与爆生气体准静压共同作用原理,炮孔间距为  $a = a_1 + a_2 = 4.05 + 0.83 = 4.88 \text{m}$

由于 $p_2$ 和 $p_0$ 均远大于岩石抗压强度,所以孔壁会产生压碎破坏,产生能量损失,为使裂隙可靠发展, $a$ 暂取3m。最终炮孔间距须根据顶板岩性、岩层结构和切缝效果对炮孔间距进行动态调整。

### 2.3 装药参数

采用孔底不耦合连续装药,装药长度9m。单孔装药量

$$Q = q \times l$$

式中: $q$ —每米装药量(kg/m),此处 $q = 3 \text{kg/m}$ ;

$l$ —装药长度(m)。

$$Q = q \times l = 27 \text{kg} (18 \text{卷})$$

### 2.4 装药结构

炮孔总长度15m,其中装药长度9m,封孔长度6m。雷管塞入最外端药卷内,正向起爆,2根脚线引入孔外。1根导爆索绑扎在炸药上,导爆索总长度为9.5m,装药结构见图2。

### 2.5 爆破网络与起爆方式

采用煤矿许用毫秒电雷管串联接法,试炮时不采用延时爆破,考虑到巷道顶板稳定性,单次最多起爆3个炮孔。当爆破参数调整合适后,视炮孔变形情况,采用毫秒延时爆破,但总延时不超过130毫秒。

### 2.6 切缝试验

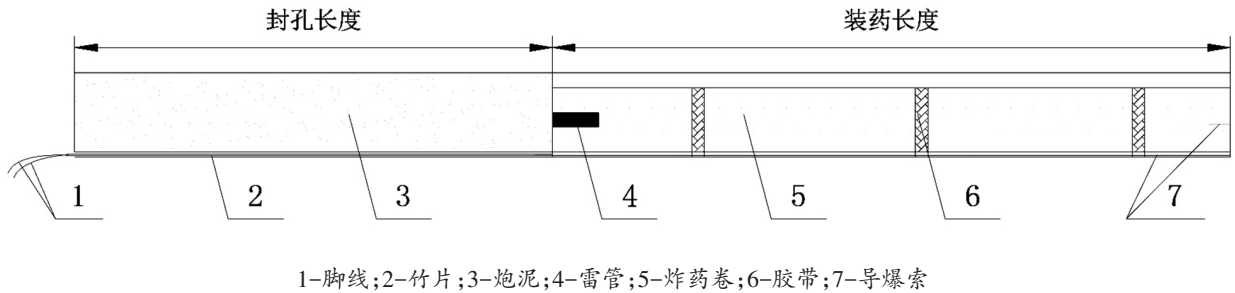


图2 炮孔装药结构

(1)初始装药炮孔间距确定为3m,为了提高切缝效果,在两个装药炮孔之间增加空孔;

(2)首先根据试验方案进行单孔试验,确定合理的装药量和封孔长度。当顶板岩性或岩层结构变化较大时必须重新进行单孔爆破试验,确定合理的装药量和封孔长度;

(3)然后进行间隔爆破,通过钻孔窥视仪观测两相邻装药孔间空孔内裂纹情况;

(4)如两相邻装药孔间空孔裂纹未达到预裂缝要求标准,再进行一次连续爆破试验,最终确定一次爆破孔数以及爆破方式。

### 3 结论

(1)爆破完成后,通过对预留空孔观察,孔内裂隙明显,起到了切顶爆破的作业,有效地降低了侧向

顶板悬臂梁上覆荷载以及旋转变形压力,改善了巷道应力环境。

(2)减缓了工作面局部巷道顶底板移近量和巷道收敛量,确保了回采工作面的正常生产,并且积累了丰富的技术经验。

(3)收集和完善了合理的爆破参数,实现顶板按照管理人员的意志进行跨落,为今后接续工作面的回采提供了理论支撑和经验参考。

#### 参考文献:

- [1]林大力,煤矿掘进巷道顶板事故预防与断面优化研究[J].现代矿业,2011(4):40-42.
- [2]钱鸣高,缪协兴,许佳林,茅献彪.岩层控制中的关键层理论[M].中国矿业大学出版社,2000.
- [3]杨相海,张杰,余学义.强制放顶爆破参数研究[J].西安科技大学学报,2010(03)287-290.

(上接第21页)

#### 参考文献:

- [1]杨海云,郝宏伟.化工工艺中常见节能降耗技术措施探究[J].中国化工贸易,2019,011(033):166.
- [2]雷嵩.探究化工工艺中常见的节能降耗技术措施[J].

区域治理,2019,000(013):287.

- [3]王国忠,王先鲁.探究化工工艺中常见的节能降耗技术措施[J].中国化工贸易,2018,010(024):150.