

大采高首采工作面顶板预裂技术研究与应用

马海胜

(山西兰花科创玉溪煤矿有限责任公司)

摘 要:1301工作面为玉溪煤矿首采工作面,工作面老顶为一层坚硬厚实的中粒砂岩。本文针对1301大采高首采工作面地质情况,通过对预裂参数进行计算分析,最终确定了深孔预裂爆破设计,实施后缩短了初次来压步距,减小了悬顶面积,防止了大面积垮落时工作面瓦斯超限,减弱初次来压对支架的冲击破坏性。

关键词:首采工作面;顶板预裂;初次来压

1 工程概况

玉溪煤矿1301工作面采用综合机械化一次采全高采煤法回采3#煤层,煤层平均厚度6m,工作面长200m。根据玉溪煤矿1301工作面辅助运输巷道顶板岩层结构钻孔窥视结果可知,3#煤层顶板从下至上依次为平均厚度2.4m的泥岩,5.3m的中砂岩,7.4m的泥岩,强度均大于60MPa,属于坚硬不易垮断岩层(2018年8月1日国家煤矿安全监察局颁布实施的《防治煤矿冲击地压细则》第十条对坚硬岩层定义为单轴抗压强度大于60MPa)。

由于玉溪煤矿为新建矿井,1301工作面为首采工作面,顶板垮落特征与矿压规律不明确,工作面老

顶中砂岩厚度大且坚硬,初次回采过程中顶板可能存在不易垮落、垮落步距大、大面积悬顶等问题。因此在回采前对1301工作面顶板进行预裂,对改善工作面通风条件,防止初采期间顶板大面积垮落时工作面瓦斯超限及减弱对支架的冲击破坏性都有重要的现实意义。

2 顶板预裂参数

根据地质资料及顶板岩层钻孔窥视结果,玉溪煤矿3#煤层1301工作面开切眼顶板的老顶岩层为主要弱化处理对象,根据国内外控制坚硬顶板经验,玉溪煤矿1301工作面开切眼选用深孔预裂爆破方法对其坚硬顶板进行弱化处理。

2.1 顶板处理高度确定

根据矿山压力与岩层控制的相关理论及已有地质资料,判断顶板岩层中坚硬的中粒砂岩为关键层^[1]。为使1301工作面顶板在回采初期及时垮落,放顶切断的目标岩层为顶板关键层(老顶),即5.3m厚的中粒砂岩。因此,初步确定1301工作面开切眼顶板弱化处理的主要对象为5.3m厚的中粒砂岩(老顶)。

根据玉溪煤矿1301工作面辅助运输巷道顶板岩层结构钻孔窥视结果可知,3#煤层顶板从下至上依次为平均厚度2.4m的泥岩(直接顶),5.3m的中砂岩(老顶),7.4m的泥岩。老顶之上泥岩的完整性应适当破坏,设计深孔预裂垂直深度需深入到老顶之上的泥岩内3m,因此顶板垂直处理高度约为10.7m。考虑岩层厚度可能存在局部变化,综合确定顶板深孔预裂处理垂直高度为11m。

2.2 破碎圈及裂隙圈半径确定

(1) 压碎圈半径

采用原苏联提出的理想流体介质模型,对于柱状药包,如果采用不耦合装药,且不耦合系数较小时,则相应的压碎圈半径为:

$$R_c = \left[\frac{\rho_0 D_v^2 n K^{-2\eta} l_c B}{8\sqrt{2}\sigma_{cd}} \right]^{\frac{1}{\alpha}} r_b \quad (2-1)$$

式中: $B = [(1+b)^2 + (1+b^2) - 2\mu_d(1-\mu_d)(1-b)^2]^{\frac{1}{2}}$, 其它参数同前。

(2) 裂隙区半径

岩体中任一点的应力强度为:

$$\sigma_i = \frac{1}{\sqrt{2}} \sigma_r B \quad (2-2)$$

式中: $B = [(1+b)^2 - 2\mu_d(1-b)^2(1-\mu_d) + (1+b)^2]^{\frac{1}{2}}$ 。

在压碎圈之外既是裂隙区,在两者的分界面上,由式2-2变形为:

$$\sigma_R = \sigma_r \Big|_{r=R_c} = \frac{\sqrt{2}\sigma_{cd}}{B} \quad (2-3)$$

式中: σ_R —压碎区与裂隙区分界面上的径向应力,MPa。

根据强度准则,岩体出现裂隙,则得裂隙区半径为:

$$R_p = \left(\frac{\sigma_R B}{\sqrt{2}\sigma_{td}} \right)^{\frac{1}{\beta}} R_c \quad (2-4)$$

把式2-3代入式2-4得不耦合装药条件下裂隙区半径为:

$$R_p = \left[\frac{\sigma_{cd}}{\sigma_{td}} \right]^{\frac{1}{\beta}} \left[\frac{\rho_0 D_v^2 n K^{-2\eta} l_c B}{8\sqrt{2}\sigma_{cd}} \right]^{\frac{1}{\alpha}} r_b \quad (2-5)$$

式中: $\beta = 2 - \frac{\mu_d}{1 - \mu_d}$, 其它参数同前。

把顶板岩层物理力学参数和3号乳化炸药参数(炸药的密度1194kg/m³,炸药爆速2800m/s,不耦合系数1.25)代入到2-1和2-3式中,初步计算得破碎区半径约为0.6m,裂隙区半径约为3.1m^[2]。

2.3 主要设计参数

根据理论计算和实践经验^[3],结合1301工作面开采情况,1301工作面初采前顶板预裂主要设计参数如下:

- (1) 顶板处理高度:顶板处理最大垂直高度11m;
- (2) 孔径75mm;
- (3) 炸药密度:1194.265kg/m³;
- (4) 炸药爆速:2800m/s;
- (5) 径向装药不耦合系数:1.25;
- (6) 破碎区半径平均为0.6m;
- (7) 裂隙区半径平均为3.1m;
- (8) 孔距:每组内5.0m;
- (9) 炮孔角度(水平仰角):30±2°;

(10)封泥长度:7.5m。

3 预裂爆破设计

3.1 炮孔布置

根据理论计算和实践经验,结合1301工作面开采情况,1301工作面开切眼内共施工预裂炮孔20个,从回风顺槽1向胶带运输顺槽方向分别用1~20编号表示,共分为5组,每组布置4个钻孔,其中3个

钻孔为装填炸药的爆破孔。施工炮眼总长440m;装药总长度217.5m,炸药用量650kg;封泥长度112.5m。第1-2组为第一茬,3-5组为第二茬,分两次装药与爆破,同一炮孔内的电雷管并联,一次起爆的炮孔串联,炮眼布置如图1所示。

3.2 预裂爆破材料

爆破所用设备、炸药、雷管及导爆索规格及用量见表1。

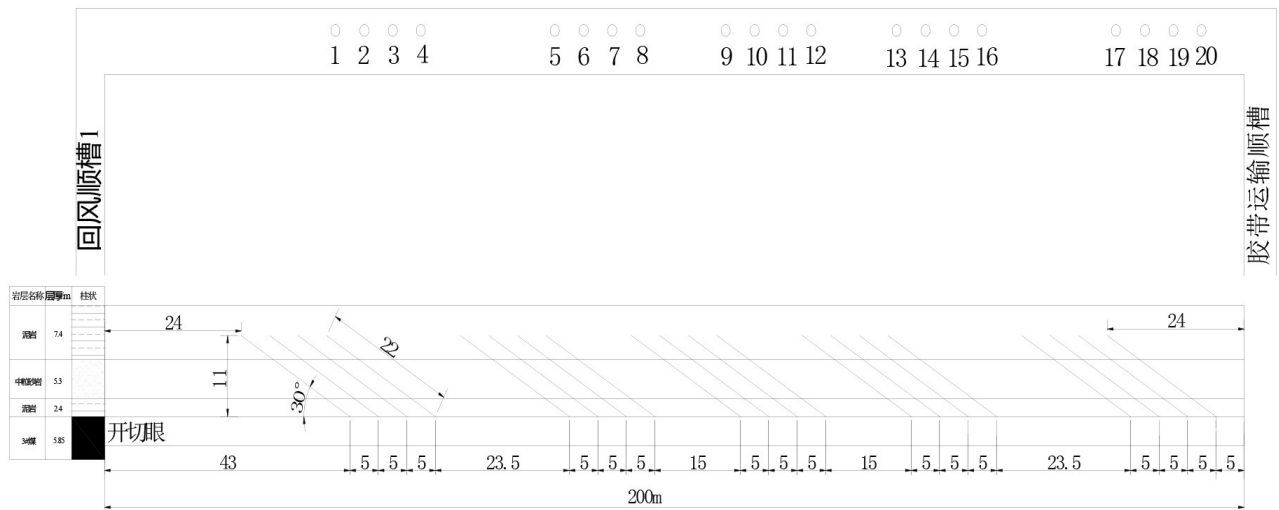


图1 1301工作面开切眼炮眼布置示意图

表1 爆破所需设备和火工品汇总表

设备或火工品	规格	数量	备注
钻机	ZLJ-350煤矿用坑道钻机(仅供参考)	2台	钻机与钻杆配套,成孔直径 $\Phi 75\text{mm}$ 。
炸药	煤矿许用3号乳化炸药 $\Phi 60 \times 500\text{mm}$	650kg	$\Phi 60 \times 500\text{mm}$, $1.5 \pm 0.1\text{kg/卷}$,购买时核实清楚规格。
雷管	煤矿许用8号普通瞬发电雷管	40个	7号或9号雷管,但必须同一型号。
导爆索	煤矿许用导爆索 $\Phi 6.5 \pm 0.3\text{mm}$	8卷(800m)	$\Phi 6.5 \pm 0.3\text{mm}$,每卷100m,无接头。
装药炮棍	$\Phi 40\text{mm} \times 1.0\text{m}$	80节	胶木,配专用炮头4个
炮泥机	PNJ(仅供参考)	1台	制作 $\Phi 50\text{mm} \times 200\text{mm}$ 炮泥
钢丝绳	$\Phi 3\text{mm}$ 若干长	若干	可采用猴车、输送机闭锁线代替

4 爆破切顶工业性试验

4.1 爆破操作流程

领取工具→领取爆破材料→运送爆破材料→存放爆破材料→将工作面支架调至合适位置→切眼内所有电气设备停电闭锁→搭设作业平台→装配起爆药卷前检查炮眼并进行清空、验孔→检查作业地点瓦斯浓度→装药→清理人员、设置警戒→再次检查瓦斯浓度→连线→发出信号→起爆→爆破后检查(残药、拒爆及瓦斯浓度)→撤除警戒→收尾。

4.2 爆破连接

爆破连线方式采用“局部并联、总体串联”的方式进行,使用BF-200型起爆器,单组爆破连接如图2。

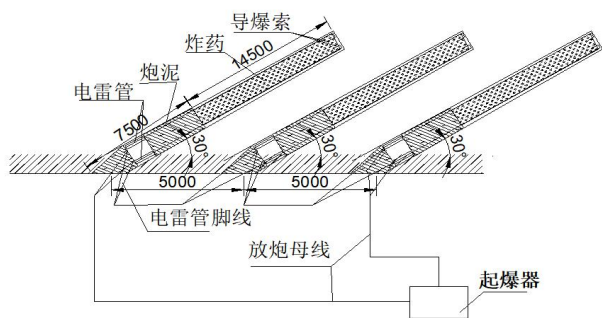


图2 单组爆破连接示意图

5 预裂爆破效果分析

5.1 预裂完成现场情况

分组预裂后15个炮眼均未出现喷孔现象。

5.2 预裂完成跟踪情况

为加强矿压观测,摸索顶板活动规律,工作面每架支架上均装有压力表,两侧胶带、辅运及回风顺槽每隔100m安装一组顶板位移传感器及锚索(锚杆)应力传感器,靠采帮侧每隔20m布置一个煤体应力传感器,预裂完成后对支架压力表、顶板位移传感器、锚索(锚杆)传感器、煤体应力传感器进行跟踪观

测。

预裂完成后对支架压力表持续观测,支架压力从平均30MPa逐步增加至35MPa,工作面前方100m范围内锚索应力传感器数值由150KN逐步增加至185KN,围岩应力传感器由18MPa逐步增加至25MPa,顶板离层值由初期0mm逐步增加,大部分增加至20mm左右。工作面推进3.5m后爆破钻孔周围出现不同程度的开裂及局部垮落现象,推进16m后直接顶基本全部垮落,推进23m后采空区全部被垮落矸石填充,支架压力表数据先急剧增加至36.3MPa,接着下降至31MPa,煤体应力传感器也出现突然增加后缩小的现象,并随着回采呈现周期性变化,判定初次来压步距23m。

6 结 语

玉溪煤矿1301工作面老顶为一层坚硬厚实的中粒砂岩,采用深孔预裂爆破方法对顶板进行了弱化处理,实施后采用支架压力表、顶板位移传感器、锚索(锚杆)应力传感器、煤体应力传感器全方位进行矿压监测,并结合采空区顶板垮落情况,判定初次来压步距为23m,大大缩短了初次来压步距,减小了悬顶面积,防止了大面积垮落时工作面瓦斯超限,减弱初次来压对支架的冲击破坏性,大大减轻了矿井安全管理压力。

参考文献:

- [1]柴士彬,关兴华.复杂地质条件综合机械化采煤技术探讨[J].《中国科技信息》,2010.
- [2]李斌.综放工作面水力预裂初次放顶实践研究[J].《中国科技博览》,2017.
- [3]李文峰.检验顶板深孔预裂爆破初次放顶技术研究与应用[J].《煤炭技术》,2015.