



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 113062762 A

(43) 申请公布日 2021.07.02

(21) 申请号 202110324406.5

E21B 43/26 (2006.01)

(22) 申请日 2021.03.26

G06F 30/20 (2020.01)

(71) 申请人 太原理工大学

G06F 111/10 (2020.01)

地址 030024 山西省太原市万柏林区迎泽西大街79号

G06F 119/14 (2020.01)

(72) 发明人 严国超 柳梧泽 梁紫栋 董金发  
陈炫来 相海涛 丁宏强 寇凯博  
冯志忠

(74) 专利代理机构 青岛智地领创专利代理有限公司 37252

代理人 陈海滨

(51) Int. Cl.

E21F 7/00 (2006.01)

E21B 43/00 (2006.01)

E21B 43/30 (2006.01)

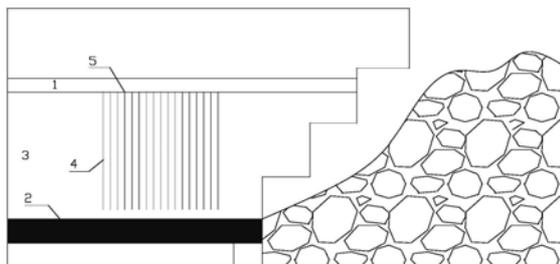
权利要求书3页 说明书6页 附图1页

(54) 发明名称

一种提高高抽巷瓦斯抽采效率的方法

(57) 摘要

本发明公开了一种提高高抽巷瓦斯抽采效率的方法,该方法主要包括在待采工作面上邻近岩层设置高抽巷,计算确定钻孔间距和顶板跨落步距,在高抽巷中每隔一段距离打两个主副孔,直接在高抽巷中循环向下打孔,钻孔终孔位置应到工作面上,平行于工作面煤壁;再用无声碎胀剂采用主孔装药、副孔不填装的方式,待无声碎胀剂装填完成后,预先在直接顶及基本顶内形成裂缝,即主孔预裂顶板,副孔抽排工作面瓦斯。本发明在高抽巷抽采采空区瓦斯,邻近层以及围岩瓦斯基础上增加悬顶裂隙率,达到预裂顶板,稀释并排出工作面瓦斯的,防止瓦斯超限。



1. 一种提高高抽巷瓦斯抽采效率的方法,其特征在于,所述方法包括以下步骤:

步骤1、在待采工作面上邻近岩层设置高抽巷;

步骤2、计算确定主、副孔钻孔间距以及顶板跨落步距,确定最佳钻孔间距并确保顶板跨落步距减小并能满足及时垮落且不影响后续瓦斯抽采的顶板跨落步距;

步骤3、根据确定的主、副孔钻孔最佳钻孔间距,在高抽巷中设置多个主、副孔,主孔与副孔交替设置,主、副孔的钻孔终孔位置到工作面上方且平行于工作面煤壁;

步骤4、向主孔内填装无声碎胀剂、副孔不装药;

步骤5、瓦斯抽采设备与副孔连接,通过副孔抽排工作面瓦斯。

2. 根据权利要求1所述的一种提高高抽巷瓦斯抽采效率的方法,其特征在于,高抽巷布置在煤层顶板以上15米层位,距轨顺水平距离20米,高抽巷断面高为2m,宽为2.2m,巷道断面 $4\sim 5\text{m}^2$ 。

3. 根据权利要求1所述的一种提高高抽巷瓦斯抽采效率的方法,其特征在于,所述步骤2中,主、副孔之间的最佳钻孔间距计算方法如下:

制定多个主、副孔的钻孔间距,对制定的多个钻孔间距,依据裂纹扩展模型确定得出相应的裂纹扩展理论半径,然后根据得出裂纹扩展理论半径进行数值模拟裂纹扩展,成缝效果最好的裂纹扩展理论半径确定为最佳孔间距。

4. 根据权利要求3所述的一种提高高抽巷瓦斯抽采效率的方法,其特征在于,裂纹扩展半径计算如下:

根据膨胀压力作用下岩石的劈裂机理建立裂纹扩展模型,视整个裂纹扩展模型处在一个无限的介质中,无限远裂纹扩展模型受裂纹面垂直的分布应力 $q(t)$ ,裂纹尖端应力强度因子为:

$$K_I^* = 2\sqrt{\frac{a}{\pi}}q(t)\arcsin\left(\frac{d}{a}\right)$$

式中: $K_I^*$ —裂纹尖端应力强度因子, $\text{N}/\text{mm}^{3/2}$ ;  $d$ —钻孔直径, $\text{mm}$ ;  $a$ —先发生裂纹产生裂纹长度, $\text{mm}$ ;  $q(t)$ —受裂纹面垂直的分布应力, $\text{Pa}$ ;

当 $a$ 远大于 $d$ 时,裂纹扩展模型可视为在中央上下表面作用一对集中应力 $P$ 的裂纹, $P = \lim_{r \rightarrow 0} 2q(t)d$ ,  $r$ 为任一点与钻孔中心的距离;

则裂纹尖端应力强度因子又可表示为:

$$K_{先}^* = \frac{P}{\sqrt{\pi a}}$$

$$K_{后}^* = \frac{P}{\sqrt{\pi b}}$$

式中: $K_{先}^*$ —先发生裂纹时裂纹尖端应力强度因子, $\text{N}/\text{mm}^{3/2}$ ;  $K_{后}^*$ —后发生裂纹时裂纹尖端应力强度因子, $\text{N}/\text{mm}^{3/2}$ ;  $P$ —集中应力, $\text{Pa}$ ;  $b$ —后发生裂纹产生裂纹长度, $\text{mm}$ ;

当裂纹尖端应力强度因子达到岩石断裂强度时,裂纹开始向外扩展,通过测得岩石的单轴抗压强度 $\sigma_c$ ,获得相应岩石的断裂韧性 $K_{IC}$ :

$$K_{IC} = 0.0265\sigma_c + 0.0014$$

式中： $K_{IC}$ —岩石的断裂韧度， $N/mm^{3/2}$ ； $\sigma_c$ —岩石的单轴抗压强度，Pa；

一般情况下 $a < b$ ，则 $K_{\#}^* < K_{\#}^*$ ，根据裂纹扩展最小止裂方程：

$$K_{\#}^* = K_{IC}$$

得到裂纹长度计算公式：

$$a = \frac{q^2(t)}{\pi(0.0256\sigma_c + 0.0014)^2}$$

根据现场施工经验以及井下施工条件的限制引入环境因数 $K$ ；考虑煤层、岩层的坚固性系数 $F$ 得出裂纹扩展理论半径 $A$ ：

$$A = KFa$$

式中： $K$ 为环境因数， $F$ 为煤层、岩层的坚固性系数。

5. 根据权利要求3所述的一种提高高抽巷瓦斯抽采效率的方法，其特征在于，顶板跨落步距的计算方法如下：

根据板的简化理论，可将悬顶分成若干个伪倾斜条梁，由材料力学公式，伪倾斜条梁中任一点 $x$ 的弯矩 $M_x$ 为：

$$M_x = \frac{q \cos \alpha}{12} (6x^2 - 6Lx + L^2)$$

其中， $x$ 为任一点到端点的距离； $q$ 为均布载荷； $L$ 为伪倾斜条梁长度； $\alpha$ 为伪倾斜条梁倾角；在 $M_x$ 作用下，伪倾斜条梁上任一点的弯曲应力 $\sigma_1$ 为：

$$\sigma_1 = \frac{M_x y}{J}$$

式中： $y = \pm \frac{h}{2}$ ，老顶中性轴之上 $y$ 取正值，反之 $y$ 取负值， $y$ —横截面高度； $J$ —惯性矩，

$$J = \frac{h^3}{12} ; h \text{—老顶的厚度；}$$

中性轴在垂直载荷 $q \cos \alpha$ 和平行载荷 $q \sin \alpha$ 的作用下，中性轴下表面应力 $\sigma$ 可表示为：

$$\sigma = \frac{q \cos \alpha (6Lx - 6x^2 - L^2)}{2h^2} + \frac{q \sin \alpha (2x - L)}{2h} \quad (0 \leq x \leq L)$$

令 $\frac{d\sigma}{dx} = 0$ ，当 $\sigma$ 达到极限时 $x = \frac{L}{2} + \frac{h}{6} \tan \alpha$ ，即中性轴上距离端点 $\frac{L}{2} + \frac{h}{6} \tan \alpha$ 处最先被破坏，一般情况下，伪倾斜条梁断裂点与最大下沉点是同一位置，中性轴下表面应力表示成：

$$\sigma_{\max} = \frac{L_{\max}^2 q \cos \alpha}{4h^2} + \frac{q \tan \alpha \tan \alpha}{12}$$

当伪倾斜条梁断裂时 $\sigma_{\max} = R_t$ ，则伪倾斜条梁的极限跨距 $L_{\max}$ 为：

$$L_{\max} = h \sqrt{\frac{4R_t}{q \cos \alpha} - \frac{\tan^2 \alpha}{3}}$$

式中： $R_t$ —伪倾斜条梁断裂时的极限应力； $L_{\max}$ —伪倾斜条梁的极限跨距；

当 $\alpha = 0$ 时，极限跨距为：

$$L_{max} = 2h\sqrt{\frac{R_t}{q}}$$

考虑煤层、岩层的坚固性系数F,顶板垮落步距C应为:

$$C = 2h\sqrt{\frac{R_t}{q}F}$$

式中:F—煤层、岩层的坚固性系数。

## 一种提高高抽巷瓦斯抽采效率的方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种瓦斯抽采方法,具体涉及一种提高高抽巷瓦斯抽采效率的方法。

### 背景技术

[0002] 近期我国发生的煤与瓦斯突出引发瓦斯爆炸事故,都是由于煤矿向深部开采过程中瓦斯灾害升级所致因而必须抓住瓦斯这个煤矿安全生产的关键因素,狠抓治理,只有这样才能将瓦斯事故降下来,才能使我国煤矿安全生产局面发生根本性的改变。瓦斯问题特别是低透气性煤层瓦斯治理是世界性难题,长期以来没有解决,因而导致煤矿瓦斯事故多发、生产效率低下,安全高效开采难以实现。随着矿井开采深度加大,地质条件更复杂,地应力、瓦斯含量和压力增加,瓦斯治理难度进一步增大。

[0003] 目前我国瓦斯治理技术有本煤层抽采、邻近层抽采、采空区抽采等。在解决工作面瓦斯超限问题方面,目前的手段主要有改进工作面通风方式、增大工作面风量、增强对煤层的瓦斯预先抽采力度等。通风系统的改变会带来通风管理工作的压力;增大通风量虽然能够带走更多的工作面瓦斯,但同时也增大了工作面与采空区之间的压力差,使得采空区的瓦斯涌出量增大;在加大瓦斯抽采力度方面,钻孔抽采具有快捷方便的优点,但其抽采效果受抽采时间、设备条件的影响较大,并且在松软煤层中塌孔率高,抽采孔易堵塞,治理效果有限。瓦斯抽采的难易程度与所处的地质条件关系密切,在煤层透气性好、裂隙发育的地质条件下,瓦斯抽采难度较低、抽采效率较高;而在坚硬的厚顶板条件下,由于煤层上覆岩层的应力挤压作用,顶板岩层致密完整、裂隙不发育,采用传统的瓦斯抽采技术,一方面成本较高,另一方面在深部地应力的作用下,钻孔逐渐趋于闭合,瓦斯抽采效果减弱。大部分矿井煤层开采后悬顶的时间较长,不易冒落,常形成较长时间周期压力,若不进行强制放顶,容易造成大面积来压,此外,即使是低瓦斯矿井,悬顶形成的三角区域是通风的死角,常常积聚大量瓦斯,潜在的危害很大。因此,在工作面煤层顶板布置高抽巷进行瓦斯抽采,成为解决工作面瓦斯超限问题的一种重要措施。为此,本发明提供一种提高高抽巷瓦斯抽采效率的方法,用于解决高抽巷抽采瓦斯效果不佳的问题,在工作面推过时,高抽巷可通过上覆岩层中的裂隙将该岩层的瓦斯以及工作面瓦斯在负压的情况下抽入至巷道中,工作面瓦斯超限问题基本能够得到解决,不影响工作面的正常回采,有效防止瓦斯超限。

### 发明内容

[0004] 为了提高高抽巷瓦斯抽采效率,本发明提供一种提高高抽巷瓦斯抽采效率的方法,用最佳钻孔间距和最优裂隙在高抽巷上覆岩层开采前进行预裂,提高裂隙勾通率,有效防止瓦斯超限,提高高抽巷瓦斯抽采效率。

[0005] 为达到上述目的,本发明提供如下技术方案:

[0006] 一种提高高抽巷瓦斯抽采效率的方法,所述方法包括以下步骤:

[0007] 步骤1.在待采工作面上邻近岩层设置高抽巷;

[0008] 步骤2.计算确定主、副孔钻孔间距以及顶板跨落步距,确定最佳钻孔间距和确保

顶板垮落步距减小并能满足及时垮落且不影响后续瓦斯抽采的顶板跨落步距；

[0009] 步骤3. 根据确定的主、副孔钻孔最佳钻孔间距, 在高抽巷中设置多个主、副孔, 主孔与副孔交替设置, 主、副孔的钻孔终孔位置到工作面上方且平行于工作面煤壁；

[0010] 步骤4. 向主孔内填装无声碎胀剂、副孔不装药；

[0011] 步骤5. 瓦斯抽采设备与副孔连接, 通过副孔抽排工作面瓦斯。

[0012] 其中: 高抽巷布置在煤层顶板以上15米层位, 距轨顺水平距离20米, 高抽巷断面高为2m, 宽为2.2m, 巷道断面4~5m<sup>2</sup>。

[0013] 主、副孔之间的最佳钻孔间距计算方法: 制定多个主副孔的钻孔间距, 对制定的多个钻孔间距, 依据裂纹扩展模型确定得出相应的裂纹扩展理论半径, 然后根据得出裂纹扩展理论半径进行数值模拟裂纹扩展, 成缝效果最好的裂纹扩展理论半径确定为最佳孔间距。

[0014] 裂纹扩展半径计算方法: 根据膨胀压力作用下岩石的劈裂机理建立裂纹扩展模型, 视整个裂纹扩展模型处在一个无限的介质中, 无限远裂纹扩展模型受裂纹面垂直的分布应力 $q(t)$ , 裂纹尖端应力强度因子为:

$$[0015] \quad K_I^* = 2\sqrt{\frac{a}{\pi}}q(t)\arcsin\left(\frac{d}{a}\right)$$

[0016] 式中:  $K_I^*$ —裂纹尖端应力强度因子, N/mm<sup>3/2</sup>;  $d$ —钻孔直径, mm;  $a$ —先发生裂纹产生裂纹长度, mm;  $q(t)$ —受裂纹面垂直的分布应力, Pa;

[0017] 当 $a$ 远大于 $d$ 时, 裂纹扩展模型可视为在中央上下表面作用一对集中应力 $P$ 的裂纹,

$P = \lim_{r \rightarrow 0} 2q(t)d$ ,  $r$ 为任一点与钻孔中心的距离;

[0018] 则裂纹尖端应力强度因子又可表示为:

$$[0019] \quad K_{先}^* = \frac{P}{\sqrt{\pi a}}$$

$$[0020] \quad K_{后}^* = \frac{P}{\sqrt{\pi b}}$$

[0021] 式中:  $K_{先}^*$ —先发生裂纹时裂纹尖端应力强度因子, N/mm<sup>3/2</sup>;  $K_{后}^*$ —后发生裂纹时裂纹尖端应力强度因子, N/mm<sup>3/2</sup>;  $P$ —集中应力, Pa;  $b$ —后发生裂纹产生裂纹长度, mm;

[0022] 当裂纹尖端应力强度因子达到岩石断裂强度时, 裂纹开始向外扩展, 通过测得岩石的单轴抗压强度 $\sigma_c$ , 获得相应岩石的断裂韧度 $K_{IC}$ :

$$[0023] \quad K_{IC} = 0.0265\sigma_c + 0.0014$$

[0024] 式中:  $K_{IC}$ —岩石的断裂韧度, N/mm<sup>3/2</sup>;  $\sigma_c$ —岩石的单轴抗压强度, Pa;

[0025] 一般情况下 $a < b$ , 则 $K_{先}^* < K_{后}^*$ , 根据裂纹扩展最小止裂方程:

$$[0026] \quad K_{先}^* = K_{IC}$$

[0027] 得到裂纹长度计算公式:

$$[0028] \quad a = \frac{q^2(t)}{\pi(0.0256\sigma_c + 0.0014)^2}$$

[0029] 根据现场施工经验以及井下施工条件的限制引入环境因数K;考虑煤层、岩层的坚固性系数F得出裂纹扩展理论半径A:

$$[0030] \quad A = KFa$$

[0031] 式中:K为环境因数,F为煤层、岩层的坚固性系数。

[0032] 顶板跨落步距的计算方法:根据板的简化理论,可将悬顶分成若干个伪倾斜条梁,由材料力学公式,伪倾斜条梁中任一点x的弯矩 $M_x$ 为:

$$[0033] \quad M_x = \frac{qc \cos \alpha}{12} (6x^2 - 6Lx + L^2)$$

[0034] 其中,x为任一点到端点的距离;q为均布载荷;L为伪倾斜条梁长度; $\alpha$ 为伪倾斜条梁倾角;在 $M_x$ 作用下,伪倾斜条梁上任一点的弯曲应力 $\sigma_1$ 为:

$$[0035] \quad \sigma_1 = \frac{M_x y}{J}$$

[0036] 式中: $y = \pm \frac{h}{2}$ ,老顶中性轴(中性轴即梁的中性层和横截面的交线)之上y取正值,

反之y取负值,y—横截面高度;J—惯性矩, $J = \frac{h^3}{12}$ ;h—老顶的厚度;

[0037] 中性轴在垂直载荷 $qc \cos \alpha$ 和平行载荷 $qs \sin \alpha$ 的作用下,中性轴下表面应力 $\sigma$ 可表示为:

$$[0038] \quad \sigma = \frac{qc \cos \alpha (6Lx - 6x^2 - L^2)}{2h^2} + \frac{qs \sin \alpha (2x - L)}{2h} \quad (0 \leq x \leq L)$$

[0039] 令 $\frac{d\sigma}{dx} = 0$ ,当 $\sigma$ 达到极限时 $x = \frac{L}{2} + \frac{h}{6} \tan \alpha$ ,即中性轴上距离端点 $\frac{L}{2} + \frac{h}{6} \tan \alpha$ 处最先被破坏,一般情况下,伪倾斜条梁断裂点与最大下沉点是同一位置,中性轴下表面应力表示成:

$$[0040] \quad \sigma_{max} = \frac{L_{max}^2 qc \cos \alpha}{4h^2} + \frac{qtan \alpha \tan \alpha}{12}$$

[0041] 当伪倾斜条梁断裂时 $\sigma_{max} = R_t$ ,则伪倾斜条梁的极限跨距 $L_{max}$ 为:

$$[0042] \quad L_{max} = h \sqrt{\frac{4R_t}{qc \cos \alpha} - \frac{\tan^2 \alpha}{3}}$$

[0043] 式中: $R_t$ —伪倾斜条梁断裂时的极限应力; $L_{max}$ —伪倾斜条梁的极限跨距;

[0044] 当 $\alpha = 0$ 时,极限跨距为:

$$[0045] \quad L_{max} = 2h \sqrt{\frac{R_t}{q}}$$

[0046] 考虑煤层、岩层的坚固性系数F,顶板跨落步距C应为:

$$[0047] \quad C = 2h \sqrt{\frac{R_t F}{q}}$$

[0048] 式中:F—煤层、岩层的坚固性系数。

[0049] 本发明采用主孔装药、副孔不填充的方式形成的裂纹最连续稳定。即主孔采用无

声碎胀剂预裂,副孔为主孔涨裂提供自由面,主孔预裂顶板,副孔抽排工作面瓦斯。

[0050] 有益效果:提供了一种提高高抽巷抽采效率的方法,用最佳钻孔间距和最优裂隙在高抽巷上覆岩层开采前进行预裂,提高裂隙勾通率,同时主副孔的应用也使无声碎胀剂产生的应力充分释放,使成缝效果连续稳定,防止因深部应力作用导致钻孔闭合,对提高高抽巷抽采效率,抽排工作面瓦斯以及防范工作面瓦斯超限具有重要的意义。

### 附图说明

[0051] 图1为本发明示意图的正视图;

[0052] 图2为本发明示意图的平面图。

[0053] 附图标记:1、高抽巷,2、待采工作面,3、上邻近岩层,4、主孔,5、副孔。

### 具体实施方式

[0054] 为了使本发明的目的、技术方案及优点更加清楚明白,以下结合实施例,对本发明进行进一步详细说明。应当理解,此处所描述的具体实施例仅用以解释本发明,并不用于限定本发明,即所描述的实施例仅仅是本发明一部分实施例,而不是全部的实施例。

[0055] 在待采工作面2上邻近岩层3设置高抽巷1,在高抽巷1中打多个主孔4和副孔5,主孔与副孔交替排列分别,钻孔终孔位置应到待采工作面2上方,平行于工作面煤壁。具体钻孔间距、顶板垮落步距的确定有如下步骤:根据裂纹扩展模型确定最佳裂纹扩展半径公式,考虑井下施工条件及切顶顶板岩性特点得出最终公式,再由得出的三组孔间距进行数值模拟裂纹扩展,成缝效果最好的就是最佳孔间距;根据力学分析和材料力学公式得出伪倾斜条梁的极限跨距,考虑岩性特点确保顶板垮落步距减小并能满足及时垮落,不影响后续抽采工作。再用无声碎胀剂采用主孔4装药、副孔5不填装的方式,待无声碎胀剂装填完成后,预先在直接顶及基本顶内形成裂缝。即主孔预裂顶板,副孔抽排工作面瓦斯。

[0056] 为确保工作面高抽巷1的布置已经具备良好的抽采瓦斯效果,通过理论分析初步确定工作面高抽巷布置在煤层顶板以上15米层位,距轨顺水平距离20米。高抽巷断面高为2m左右,宽为2.2m左右,巷道断面4~5m<sup>2</sup>左右。

[0057] 根据膨胀压力作用下岩石的劈裂机理建立裂纹扩展模型,视整个裂纹扩展模型处在一个无限的介质中,无限远该模型受裂纹面垂直的分布应力 $q(t)$ ,裂纹尖端应力强度因子为:

$$[0058] \quad K_I^* = 2\sqrt{\frac{a}{\pi}}q(t)\arcsin\left(\frac{d}{a}\right)$$

[0059] 式中: $K_I^*$ —裂纹尖端应力强度因子,N/mm<sup>3/2</sup>;d—钻孔直径,mm;a—先发生裂纹产生裂纹长度,mm;q(t)—受裂纹面垂直的分布应力,Pa;

[0060] 当a远大于d时,裂纹扩展模型可视为在中央上下表面作用一对集中应力P的裂纹,

$$P = \lim_{r \rightarrow 0} 2q(t)d, r \text{ 为任一点与钻孔中心的距离};$$

[0061] 则裂纹尖端应力强度因子又可表示为:

$$[0062] \quad K_{I\text{先}}^* = \frac{P}{\sqrt{\pi a}}$$

$$[0063] \quad K_{后}^* = \frac{P}{\sqrt{\pi b}}$$

[0064] 式中： $K_{先}^*$ —先发生裂纹时裂纹尖端应力强度因子， $N/mm^{3/2}$ ； $K_{后}^*$ —后发生裂纹时裂纹尖端应力强度因子， $N/mm^{3/2}$ ； $P$ —集中应力，Pa； $b$ —后发生裂纹产生裂纹长度，mm；

[0065] 当裂纹尖端应力强度因子达到岩石断裂强度时，裂纹开始向外扩展，通过测得岩石的单轴抗压强度 $\sigma_c$ ，获得相应岩石的断裂韧度 $K_{IC}$ ：

$$[0066] \quad K_{IC} = 0.0265\sigma_c + 0.0014$$

[0067] 式中： $K_{IC}$ —岩石的断裂韧度， $N/mm^{3/2}$ ； $\sigma_c$ —岩石的单轴抗压强度，Pa；

[0068] 一般情况下 $a < b$ ，则 $K_{先}^* < K_{后}^*$ ，根据裂纹扩展最小止裂方程：

$$[0069] \quad K_{先}^* = K_{IC}$$

[0070] 得到裂纹长度计算公式：

$$[0071] \quad a = \frac{q^2(t)}{\pi(0.0256\sigma_c + 0.0014)^2}$$

[0072] 根据现场施工经验以及井下施工条件的限制引入环境因数 $K$ ；考虑煤层、岩层的坚固性系数 $F$ 得出裂纹扩展理论半径 $A$ ：

$$[0073] \quad A = KFa$$

[0074] 式中： $K$ 为环境因数， $F$ 为煤层、岩层的坚固性系数。

[0075] 以前述计算公式推导得出的钻孔裂隙区半径 $A$ 的值，尚不能完全确定合理的钻孔间距，需要通过数值模拟对钻孔的合理孔间距进行分析。根据上述理论可知，孔径越大，膨胀剂产生的膨胀压力相应也越大，但由于井下施工条件的限制，钻孔直径并不能无限制选用，考虑井下钻孔常用尺寸及切顶顶板岩性特点，选择成孔孔径为80mm的钻头进行钻孔施工。因此，采用孔径为80mm、钻孔膨胀内压为80MPa、尺寸为3.0m\*3.0m\*1.0m的砂岩模型进行孔间距为0.6、0.8m、1.0m的数值模拟研究。从裂隙扩展图中可以看出，采用0.6m、0.8m、1.0m的孔间距时，虽与理论计算的结果大致一致，都能在两孔之间形成贯通裂缝，但从裂隙的扩展发育情况来看，明显0.6m和0.8m孔间距的成缝效果更好，且由于外界因素的复杂性，孔间距为1.0m时并不能完全保证形成贯通缝，所以在进行施工中也不宜选择此参数。在现场施工中，间距为0.6m时钻孔数量较多，资源浪费较大，而且不利于巷道顶板维护，所以根据上述分析，选择0.8m的孔间距为此工艺的最优参数。

[0076] 根据板的简化理论，可将悬顶分成若干个伪倾斜条梁，由材料力学公式，伪倾斜条梁AB中任一点 $x$ 的弯矩 $M_x$ 为：

$$[0077] \quad M_x = \frac{qc\cos\alpha}{12}(6x^2 - 6Lx + L^2)$$

[0078] 其中， $x$ —任一点到端点A的距离； $q$ 为均布载荷； $L$ 为伪倾斜条梁长度； $\alpha$ 为伪倾斜条梁倾角；在 $M_x$ 作用下，AB上任一点的弯曲应力 $\sigma_1$ 为：

$$[0079] \quad \sigma_1 = \frac{M_x y}{J}$$

[0080] 式中： $y = \pm \frac{h}{2}$ ，老顶中性轴之上 $y$ 取正值，反之 $y$ 取负值；

[0081]  $y$ —横截面高度

[0082]  $J$ —惯性矩,  $J = \frac{h^3}{12}$ ;

[0083]  $h$ —老顶的厚度。

[0084] 中性轴在垂直载荷 $q\cos\alpha$ 和平行载荷 $q\sin\alpha$ 的作用下,中性轴下表面应力 $\sigma$ 可表示为:

$$[0085] \quad \sigma = \frac{q\cos\alpha(6Lx - 6x^2 - L^2)}{2h^2} + \frac{q\sin\alpha(2x-L)}{2h} \quad (0 \leq x \leq L)$$

[0086] 令 $\frac{d\sigma}{dx} = 0$ ,当 $\sigma$ 达到极限时 $x = \frac{L}{2} + \frac{h}{6}\tan\alpha$ ,即中性轴上距离A点 $\frac{L}{2} + \frac{h}{6}\tan\alpha$ 处最先被破坏。一般情况下,伪倾斜条梁断裂点与最大下沉点是同一位置,该公式又可表示成:

$$[0087] \quad \sigma_{max} = \frac{L_{max}^2 q\cos\alpha}{4h^2} + \frac{q\tan\alpha\tan\alpha}{12}$$

[0088] 当岩梁断裂时 $\sigma_{max} = R_t$ ,则岩梁的极限跨距 $L_{max}$ 为:

$$[0089] \quad L_{max} = h\sqrt{\frac{4R_t}{q\cos\alpha} - \frac{\tan^2\alpha}{3}}$$

[0090] 式中: $R_t$ —伪倾斜条梁断裂时的极限应力; $L_{max}$ —伪倾斜条梁的极限跨距;

[0091] 当 $\alpha = 0$ 时,极限跨距为:

$$[0092] \quad L_{max} = 2h\sqrt{\frac{R_t}{q}}$$

[0093] 考虑煤层、岩层的坚固性系数 $F$ ,顶板垮落步距 $C$ 应为:

$$[0094] \quad C = 2h\sqrt{\frac{R_t}{q}F}$$

[0095] 式中: $F$ —煤层、岩层的坚固性系数;

[0096] 若岩石较为坚硬,断裂时所需的 $\sigma_{max}$ (即: $R_t$ )偏大,导致该区域的极限跨距偏大,往往在液压支架未支护时不能及时垮落,导致高抽巷1对垮落岩层进行瓦斯抽采未能及时展开,故应用公式得出极限跨距,对提高抽采效率具有重要的意义。

[0097] 当采用单孔装药时,孔内的能量未完全释放,膨胀压力继续产生,导致形成多条不规则裂纹,影响后续抽采效果,根据现场试验和对裂纹的数值模拟综合分析得到采用主孔4装药、副孔5不填装的方式形成的裂纹最连续稳定。即主孔4采用无声碎胀剂预裂,副孔5为主孔4涨裂提供自由面,主孔4预裂顶板,副孔5抽排工作面瓦斯。同时采用这种方式能够最大化地发挥无声碎胀剂的效果,通过一段时间的反应,得到最佳的直接顶及基本顶内裂缝。

[0098] 当然,上述说明并非是对本发明的限制,本发明也并不仅限于上述举例,本技术领域的技术人员在本发明的实质范围内所做出的变化、改型、添加或替换,也应属于本发明的保护范围。

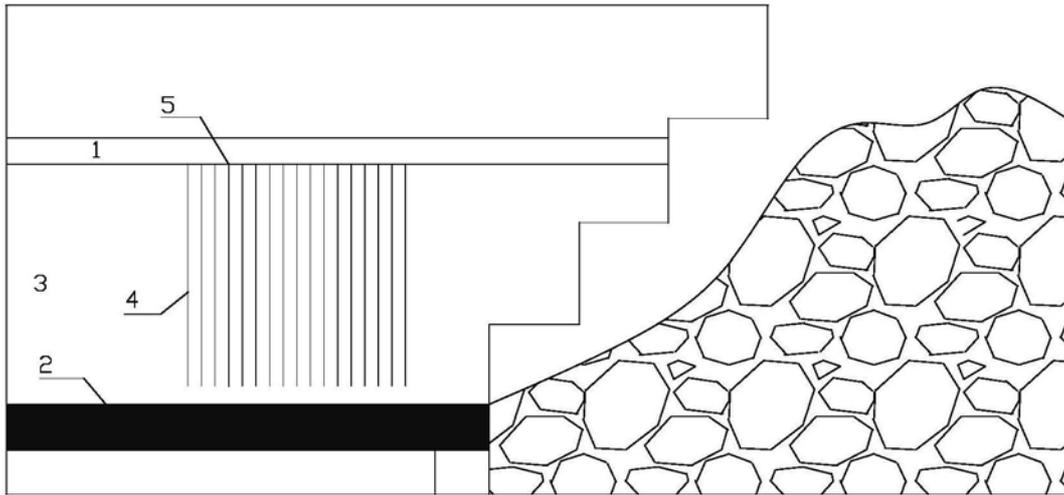


图1

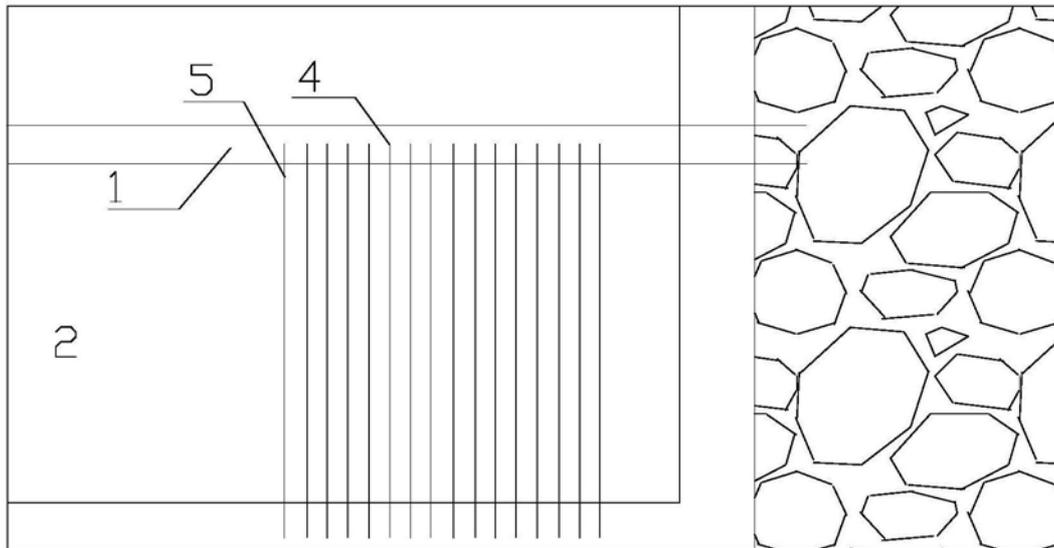


图2