



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 107575204 A

(43)申请公布日 2018.01.12

(21)申请号 201711021085.1

(22)申请日 2017.10.26

(71)申请人 重庆大学

地址 400030 重庆市沙坪坝区沙正街174号

(72)发明人 葛兆龙 卢义玉 左少杰 汤积仁

夏彬伟 仲建宇 程玉刚 程亮

(74)专利代理机构 重庆华科专利事务所 50123

代理人 康海燕

(51)Int.Cl.

E21B 43/26(2006.01)

E21F 7/00(2006.01)

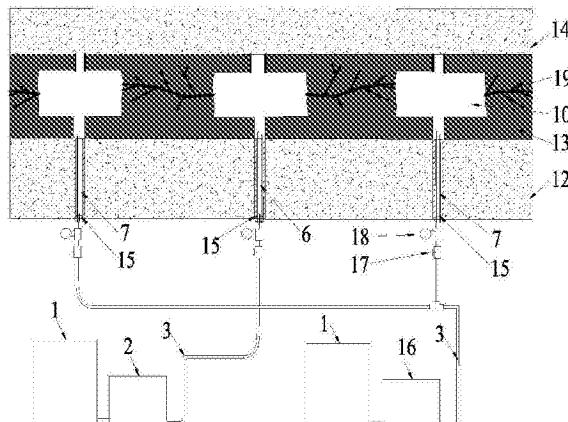
权利要求书2页 说明书6页 附图2页

(54)发明名称

一种煤矿井下割缝保压导向压裂增透方法

(57)摘要

本发明公开了一种煤矿井下割缝保压导向压裂增加煤层透气性的方法,适用于低透气煤层的增透作业。该种导向压裂增透方法的特点在于在布置压裂孔的同时也布置导向孔,并根据煤层地质状况设计出合适的割缝参数,对压裂孔和导向孔进行割缝,之后对导向孔保持一定的水压,对压裂孔进行水力压裂。该导向压裂方法与常规水力压裂相比能够有效引导裂缝扩展,达到对裂缝扩展的控制效果,减少水力压裂“空白带”,增大压裂孔的压裂范围;同时该方法能使煤体产生局部卸压区,有效降低水力压裂的起裂压力,克服了破坏顶底板并造成次生灾害等缺点,强化裂缝形态,最终达到增强压裂效果、高效抽采瓦斯的目的。



1. 一种煤矿井下割缝保压导向压裂增透方法,其特征在于包括如下步骤:

步骤1,确定施工参数,包括导向孔数量n₁、压裂孔及导向孔缝槽数量n₂、缝槽长轴a、缝槽短轴b、缝槽方位角α、压裂孔注水压力p_w、导向孔注水压力p_d;

(1) 根据煤层的远场地应力σ₁、σ₃,煤的弹性模量E,抗拉强度为σ_t,计算得到起裂压力p_f;

(2) 通过以下公式计算缝槽设计参数:

$$\left. \begin{array}{l} \sigma_{\theta} = \sigma_1 A_1 + \sigma_3 A_2 - p_w A_3 \\ \sigma_p = \sigma_1 B_1 + \sigma_3 B_2 + p_w B_3 \end{array} \right\}$$

上式中,σ_p应力重新分布前的最小主应力,σ_θ应力重新分布前的最大主应力,A₁、A₂、A₃、B₁、B₂、B₃为系数,p_w为压裂孔注水压力;

且系数A₁、A₂、A₃、B₁、B₂、B₃满足下列方程式:

$$\left. \begin{array}{l} A_1 = \frac{(\cos 2\alpha - m)[2\rho^4 + 2m\rho^2 + (1+m^2)(m-3\rho^2)]}{2(\rho^2-m)^3} + \frac{1+m^2+m+\rho^2-(m+\rho^2+2)\cos 2\alpha}{2(\rho^2-m)} \\ A_2 = \frac{-(\cos 2\alpha + m)[2\rho^4 + 2m\rho^2 + (1+m^2)(m-3\rho^2)]}{2(\rho^2-m)^3} + \frac{1+m^2+m+\rho^2+(m+\rho^2+2)\cos 2\alpha}{2(\rho^2-m)} \\ A_3 = \frac{\rho^4(1+m^2)+\rho^2(m^3-6m^2+m)+2m^3}{(\rho^2-m)^3} \\ B_1 = \frac{-(\cos 2\alpha - m)[2\rho^4 + 2m\rho^2 + (1+m^2)(m-3\rho^2)]}{2(\rho^2-m)^3} + \frac{-1-m^2+m+\rho^2+(\rho^2+m-2)\cos 2\alpha}{2(\rho^2-m)} \\ B_2 = \frac{(\cos 2\alpha + m)[2\rho^4 + 2m\rho^2 + (1+m^2)(m-3\rho^2)]}{2(\rho^2-m)^3} + \frac{-1-m^2+m+\rho^2-(m+\rho^2-2)\cos 2\alpha}{2(\rho^2-m)} \\ B_3 = \frac{\rho^4(-m^2+4m-1)+\rho^2(-m^3-2m^2-m)+2m^3}{(\rho^2-m)^3} \end{array} \right\}$$

上式中,α为缝槽方位角(与最大主应力σ₁夹角),ρ为映射导向距离,m=(a-b)/(a+b),a、b为椭圆形割缝孔的长轴和短轴;

当径向应力σ_p>切向应力σ_θ时,裂纹能按照设计的方向持续扩展,同时,上式可化简为:
 $\sigma_1 g f(\rho) + \sigma_3 g g(\rho) + P_w g h(x) \geq 0$

即满足该条件时,能对裂纹进行导向,式中各参数意义如下:

$$\left. \begin{array}{l} f(\rho) = k(m - \cos 2\alpha) + j \cdot \cos 2\alpha + c \\ g(\rho) = k(m + \cos 2\alpha) - j \cdot \cos 2\alpha + c \\ h(x) = \frac{4m}{t-m} \\ k = \frac{2t^3 - (3m^2 - 2m + 3)t + m^3 + m}{(t-m)^3} \\ j = \frac{t+m}{t-m} \\ c = \frac{-m^2 - 1}{t-m} \\ t = \rho^2 \end{array} \right.$$

(3) 根据上述关系,得到压裂孔注水压力p_w、缝槽长轴a、短轴b、缝槽方位角α与映射导向距离ρ的关系,即压裂孔注水压力p_w、缝槽长轴a与映射导向距离ρ正相关,短轴b、缝槽方位角α(取弧度,范围为0~π/2)与映射导向距离ρ负相关,并根据上述关系在最大主应力侧少

布置且远距离布置导向孔，在最小主应力侧多布置且近距离布置导向孔，最终应根据施工地点参数确定导向孔位置及数量；其中，导向孔数量一般与压裂孔缝槽数量相同，且位于压裂孔缝槽的延长线上；导向孔缝槽一般按照压裂孔缝槽布置方式进行布置，压裂孔注水压力 p_w 大于起裂压力 p_f ，导向孔注水压力 p_d 小于起裂压力 p_f 且大于最小水平主应力 σ_3 ；

步骤2，按照步骤1对压裂孔与导向孔的设计，从岩巷向煤层钻进压裂孔及导向孔，导向孔布置位置及数量结合煤层地质情况进行设计，一般为2~8个且距压裂孔为15~35m；

步骤3，按照步骤1中对缝槽方位角 α 、缝槽长轴 a 、缝槽短轴 b 的设计，对压裂孔及导向孔进行水力割缝，缝槽一般为矩形，沿导向孔或压裂孔轴向布置，方位角 α 接近最小主应力 σ_3 方向，缝槽数量一般为2~8个，缝槽深度一般为1~3m；

步骤4，对压裂孔及导向孔进行封孔，封孔至煤层底板，养护；

步骤5，连接各个导向孔与压裂泵A，一般多个导向孔连接一个压裂泵，导向孔孔口安装有压力表，导向孔与压裂泵间装有截止阀，也可根据需要导向孔连接多个压裂泵以产生不同压力的导向孔；

步骤6，连接压裂孔与压裂泵B，压裂孔孔口安装有压力表，压裂孔与压裂泵间装有截止阀和流量计；

步骤7，启动压裂泵A至设计压力 p_d 并保持恒定，该压力 p_d 小于起裂压力 p_f 且大于最小水平主应力 σ_3 ；

步骤8，待导向孔压力稳定后启动压裂泵B，缓慢升高泵压直至煤层起裂，然后保持压裂泵压力稳定；

步骤9，压裂过程中随时观察各个导向孔的压力，若导向孔压力升高，则表明已压裂至该导向孔，关闭该压裂孔与压裂泵A之间的截止阀，待各个导向孔全部连通之后关闭压裂泵A；

步骤10，先关闭压裂孔与压裂泵B之间的截止阀，再关闭压裂泵B，开始对是压裂孔进行保压。

2. 根据权利要求1所述的方法，其特征在于：若地应力差在4MPa以下，导向孔数量一般为2~6个；地应力差在4MPa以上，导向孔数量一般为4~8个。

3. 根据权利要求1所述的方法，其特征在于：水力割缝装置安装在钻头和第一节钻杆之间，射流喷嘴方向垂直于钻杆，水力割缝装置内部装有调节阀，低压水时喷嘴闭合，高压水时喷嘴开启。

4. 根据权利要求1所述的方法，其特征在于：水力割缝时所用钻杆为高压密封钻杆。

5. 根据权利要求1所述的方法，其特征在于：所述压裂孔及导向孔均按照压裂孔的封孔标准进行封孔，孔内装有筛管及压裂管。

6. 根据权利要求1所述的方法，其特征在于：所述压裂孔及导向孔孔口装有三通，连接顺序由上至下为压裂管-三通-截止阀-高压胶管，法向处连接压力表。

7. 根据权利要求1所述的方法，其特征在于：在压裂期间，也对导向孔进行注水并使水压保持恒定，该压力 p_d 小于起裂压力 p_f 且大于最小水平主应力 σ_3 。

一种煤矿井下割缝保压导向压裂增透方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种煤矿井下割缝保压导向压裂增透方法，属于煤矿井下区域瓦斯治理技术领域，尤其适合于压裂效果不均衡、存在大量压裂“空白带”的矿井。

背景技术

[0002] 瓦斯(煤层气)作为一种主要以吸附状态存储于煤层的非常规天然气，是威胁煤矿安全生产的主要因素，也是我国未来重点开发的清洁能源。近年来，为了消除瓦斯对煤矿安全生产带来的威胁、综合利用瓦斯提高经济效益等，我国对煤矿瓦斯治理愈来愈重视。自“水力化”瓦斯治理手段被推广应用以后，国内外很多学者都致力于改良现阶段的瓦斯抽采技术，先后提出常规水力压裂、高压水射流割缝、水力割缝压裂等，其中常规水力压裂、水力割缝压裂应用较为广泛。这些水力压裂技术的优点是能够对煤层卸压或者产生裂缝，提高煤层透气性，瓦斯流量及浓度均能在压裂后的初期达到较高的水平。但仍然均存在不足之处：包括压裂起裂压力较高，对顶底板稳定性破坏较大，不利于后续的采掘和支护工作，裂缝在煤层中的起裂位置及扩展延伸难以控制，容易转向顶底板并扩展延伸导致难以有效对煤层实施压裂，单一主裂缝极易形成压裂“空白带”，且瓦斯抽采浓度衰减较快，抽采效率低，抽采效果不明显，开采时易发生瓦斯突出事故，施工成本较高，压裂效果不完全等(王耀锋，何学秋，王恩元，等.水力化煤层增透技术研究进展及发展趋势[J].煤炭学报,2014,39(10):1945—1955.)。

[0003] 为了引导裂缝扩展，达到对裂缝扩展方向控制的效果，国内学者提出了导向槽或者导向孔改善水力压裂的方法，如专利公开号为：CN102619552A、名称为“导向槽定向水力压穿增透及消突方法”的专利仅提出了导向槽引导裂缝扩展的不同布置方式，并未说明不同导向槽布置方式的使用条件及导向槽的尺寸设计准则；专利公开号为：CN103133028A、名称为“井下煤层水力压裂裂缝导向扩展的方法”的专利采用了圆盘状缝槽且仅对割缝深度进行了探讨。但在现场应用中发现，上述导向压裂效果并不理想。分析发现，主要原因因为圆盘状缝槽对裂缝起裂位置的控制能力较差，无水压的导向孔对裂缝的引导能力较弱。

发明内容

[0004] 针对上述水力压裂技术的不足，本发明提出一种煤矿井下割缝保压导向压裂增透方法，即分别对压裂孔和导向孔采用轴向割缝技术且在压裂期间对导向孔提供水压，克服现有水力压裂技术起裂压力较高、对煤层顶底板破坏严重、瓦斯抽采浓度衰减较快等缺点。该方法能够引导裂缝起裂扩展，减少水力压裂“空白带”，增大压裂孔的压裂范围，降低水力压裂的起裂压力，减少对顶底板的破坏，强化裂缝形态，最终达到增强压裂效果、高效抽采瓦斯的目的。

[0005] 本发明的煤矿井下保压导向压裂增透方法包括如下步骤：

[0006] 步骤1，确定施工参数，包括导向孔数量n₁、压裂孔及导向孔缝槽数量n₂、缝槽长轴a、缝槽短轴b、缝槽方位角α、压裂孔注水压力p_w、导向孔注水压力p_d。

[0007] (1) 根据煤层的远场地应力 σ_1, σ_3 , 煤的弹性模量E, 抗拉强度为 σ_t , 计算得到起裂压
力 p_f 。

[0008] (2) 通过以下公式计算缝槽设计参数:

$$\left. \begin{array}{l} \sigma_\theta = \sigma_1 A_1 + \sigma_3 A_2 - p_w A_3 \\ \sigma_p = \sigma_1 B_1 + \sigma_3 B_2 + p_w B_3 \end{array} \right\}$$

[0010] 上式中, σ_p 应力重新分布前的最小主应力, σ_θ 应力重新分布前的最大主应力, $A_1, A_2, A_3, B_1, B_2, B_3$ 为系数, p_w 为压裂孔注水压力;

[0011] 且系数 $A_1, A_2, A_3, B_1, B_2, B_3$ 满足下列方程式:

$$\left. \begin{array}{l} A_1 = \frac{(\cos 2\alpha - m)[2\rho^4 + 2m\rho^2 + (1+m^2)(m-3\rho^2)]}{2(\rho^2-m)^3} + \frac{1+m^2+m+\rho^2-(m+\rho^2+2)\cos 2\alpha}{2(\rho^2-m)} \\ A_2 = \frac{-(\cos 2\alpha + m)[2\rho^4 + 2m\rho^2 + (1+m^2)(m-3\rho^2)]}{2(\rho^2-m)^3} + \frac{1+m^2+m+\rho^2+(m+\rho^2+2)\cos 2\alpha}{2(\rho^2-m)} \\ A_3 = \frac{\rho^4(1+m^2) + \rho^2(m^3 - 6m^2 + m) + 2m^3}{(\rho^2-m)^3} \\ B_1 = \frac{-(\cos 2\alpha - m)[2\rho^4 + 2m\rho^2 + (1+m^2)(m-3\rho^2)]}{2(\rho^2-m)^3} + \frac{-1-m^2+m+\rho^2+(\rho^2+m-2)\cos 2\alpha}{2(\rho^2-m)} \\ B_2 = \frac{(\cos 2\alpha + m)[2\rho^4 + 2m\rho^2 + (1+m^2)(m-3\rho^2)]}{2(\rho^2-m)^3} + \frac{-1-m^2+m+\rho^2-(m+\rho^2-2)\cos 2\alpha}{2(\rho^2-m)} \\ B_3 = \frac{\rho^4(-m^2+4m-1) + \rho^2(-m^3-2m^2-m) + 2m^3}{(\rho^2-m)^3} \end{array} \right\}$$

[0013] 上式中, α 为缝槽方位角, ρ 为映射导向距离, $m = (a-b) / (a+b)$, a, b 为椭圆形割缝孔的长轴和短轴;

[0014] 由此可确定压裂孔缝槽外的应力变化曲线, 当 $\sigma_p > \sigma_\theta$ 时 (径向应力>切向应力), 裂纹能按照设计的方向持续扩展, 如图1所示。同时, 上式可化简为:

[0015] $\sigma_1 \cdot f(\rho) + \sigma_3 \cdot g(\rho) + P_w \cdot h(x) \geq 0$

[0016] 即满足该条件时, 能对裂纹进行导向, 式中各参数意义如下:

$$\left. \begin{array}{l} f(\rho) = k(m - \cos 2\alpha) + j \cos 2\alpha + c \\ g(\rho) = k(m + \cos 2\alpha) - j \cos 2\alpha + c \\ h(x) = \frac{4m}{t-m} \\ k = \frac{2t^2 - (3m^2 - 2m + 3)t + m^3 + m}{(t-m)^3} \\ j = \frac{t+m}{t-m} \\ c = \frac{-m^2 - 1}{t-m} \\ t = \rho^2 \end{array} \right.$$

[0018] (3) 根据上述关系, 得到压裂孔注水压力 p_w 、缝槽长轴 a 、短轴 b 、缝槽方位角 α 与映射导向距离 ρ 的关系, 即压裂孔注水压力 p_w 、缝槽长轴 a 与映射导向距离 ρ 正相关, 短轴 b 、缝槽方位角 α (取弧度, 范围为 $0 \sim \pi/2$)与映射导向距离 ρ 负相关。并根据上述关系在最大主应力侧少布置且远距离布置导向孔, 在最小主应力侧多布置且近距离布置导向孔, 最终应根

据施工地点参数确定导向孔位置及数量。其中，导向孔数量一般与压裂孔缝槽数量相同，且位于压裂孔缝槽的延长线上；导向孔缝槽一般按照压裂孔缝槽布置方式进行布置，压裂孔注水压力 p_w 大于起裂压力 p_f ，导向孔注水压力 p_d 小于起裂压力 p_f 且大于最小水平主应力 σ_3 。

[0019] 具体地，在进行导向孔及缝槽参数设计过程中，首先考虑地应力差。若地应力差较小(4MPa以下)，导向孔数量一般为2~6个；地应力差较大(4MPa以上)，导向孔数量一般为4~8个。导向孔一般分布在地应力小的两侧，呈对称状分布。导向孔方位角 α (即缝槽方位角，缝槽方向位于导向孔和压裂孔连线上)一般为30°、45°、60°、75°、90°，也可根据施工现场情况进行调整。然后计算在该施工条件下(实际地应力、缝槽深度取现阶段最大切割深度2.5m、注水压力取起裂压力等)不同缝槽方位角的导向距离，若最远导向距离仍达不到预期效果，则适当提高注水压力，最终确定导向孔及缝槽布置参数。为保证压裂效果，一个所述压裂孔有2~8个导向孔且距压裂孔为5~35m。

[0020] 本步骤是根据上述方程式及图1的变化曲线得到缝槽方位角、缝槽长轴、缝槽短轴、压裂孔注水压力、压裂孔与导向孔距离等参数的设计依据。该设计准则的优势是能够在压裂施工之前根据煤层地质情况设计出合理的参数，保证压裂范围最大化。如在控制成本的情况下适当增加压裂孔数量能够有效增大压裂范围，增大压裂孔注水压力和缝槽深度能够增大导向距离，并以此为依据布置导向孔，能够最大效率的利用导向能力，使压裂范围最大化。

[0021] 步骤2，按照步骤1对压裂孔与导向孔的设计，从岩巷向煤层钻进压裂孔及导向孔，导向孔布置位置及数量根据煤层地质情况进行设计，一般为2~8个且距压裂孔为15~35m；

[0022] 步骤3，按照割缝设计方案对压裂孔及导向孔进行水力割缝，缝槽方位角 α 一般接近最小主应力 σ_3 方向，缝槽数量一般为2~8个，缝槽深度(缝槽长轴 a 的一半)一般为1~3m，缝槽数量及深度与煤层强度、埋深、地应力等相关，缝槽深度由泵压来控制，缝槽形状为矩形，且缝槽所在平面平行于缝槽所在导向孔或压裂孔。

[0023] 步骤4，对压裂孔及导向孔进行封孔，封孔至煤层底板，养护时间为48h；

[0024] 步骤5，连接各个导向孔与压裂泵A，一般多个导向孔连接一个压裂泵，导向孔孔口安装有压力表，导向孔与压裂泵间装有截止阀，也可根据需要导向孔连接多个压裂泵以产生不同压力的导向孔；

[0025] 步骤6，连接压裂孔与压裂泵B，压裂孔孔口安装有压力表，压裂孔与压裂泵间装有截止阀和流量计；

[0026] 步骤7，启动压裂泵A至设计压力并保持恒定，该压力 p_d 小于起裂压力 p_f 且大于最小水平主应力 σ_3 ；

[0027] 步骤8，待导向孔压力稳定后启动压裂泵B，缓慢升高泵压直至煤层起裂，然后保持压裂泵压力稳定；

[0028] 步骤9，压裂过程中随时观察各个导向孔的压力，若导向孔压力升高，则表明已压裂至该导向孔，关闭该压裂孔与压裂泵A之间的截止阀，待各个导向孔全部连通之后关闭压裂泵A；

[0029] 步骤10，先关闭压裂孔与压裂泵B之间的截止阀，再关闭压裂泵B，开始对是压裂孔进行保压，保压时间一般为20天。

[0030] 本发明方法在布置压裂孔的同时也布置导向孔，并根据煤层地质状况设计出合适

的割缝参数,对压裂孔和导向孔进行割缝,之后对导向孔保持一定的水压,对压裂孔进行水力压裂。该导向压裂方法与常规水力压裂相比能够有效引导裂缝扩展,达到对裂缝扩展的控制效果,减少水力压裂“空白带”,增大压裂孔的压裂范围;同时该方法能使煤体产生局部卸压区,有效降低水力压裂的起裂压力,克服了破坏顶底板并造成次生灾害等缺点,强化裂缝形态,最终达到增强压裂效果、高效抽采瓦斯的目的。

附图说明

- [0031] 图1压裂孔缝槽外应力变化曲线
- [0032] 图2为本发明的水力割缝施工图。
- [0033] 图3为本发明的保压导向压裂施工图,也是图4的A-A剖面图。
- [0034] 图4为本发明的导向压裂效果平面图。
- [0035] 图中各标记如下:1—水箱,2—压裂泵B,3—高压胶管,4—钻机,5—密封钻杆,6—压裂孔,7—导向孔,8—水力割缝装置,9—钻头,10—缝槽,11—高压水射流,12—底板,13—煤层,14—顶板,15—封孔段,16—压裂泵A,17—截止阀,18—压力表,19—水力裂缝。

具体实施方式

- [0036] 下面结合附图和实施例对本发明做进一步描述:
- [0037] 假设煤层地应力 σ_1 为10MPa、 σ_3 为8MPa,煤的弹性模量为15GPa,抗拉强度为 σ_t 为0.5MPa时,根据现有理论计算得起裂压力约为9MPa。
- [0038] a.通过以下公式计算缝槽设计参数:

$$\left. \begin{array}{l} \sigma_\theta = \sigma_1 A_1 + \sigma_3 A_2 - p_w A_3 \\ \sigma_\rho = \sigma_1 B_1 + \sigma_3 B_2 + p_w B_3 \end{array} \right\}$$

[0040] 上式中, σ_ρ 应力重新分布前的最小主应力, σ_θ 应力重新分布前的最大主应力, A_1 、 A_2 、 A_3 、 B_1 、 B_2 、 B_3 为系数, σ_1 、 σ_3 为远场地应力, p_w 为注水压力;

[0041] 且系数 A_1 、 A_2 、 A_3 、 B_1 、 B_2 、 B_3 满足下列方程式:

$$\left. \begin{array}{l} A_1 = \frac{(\cos 2\alpha - m)[2\rho^4 + 2m\rho^2 + (1+m^2)(m-3\rho^2)]}{2(\rho^2 - m)^3} + \frac{1+m^2 + m + \rho^2 - (m + \rho^2 + 2)\cos 2\alpha}{2(\rho^2 - m)} \\ A_2 = \frac{-(\cos 2\alpha + m)[2\rho^4 + 2m\rho^2 + (1+m^2)(m-3\rho^2)]}{2(\rho^2 - m)^3} + \frac{1+m^2 + m + \rho^2 + (m + \rho^2 + 2)\cos 2\alpha}{2(\rho^2 - m)} \\ A_3 = \frac{\rho^4(1+m^2) + \rho^2(m^3 - 6m^2 + m) + 2m^3}{(\rho^2 - m)^3} \\ B_1 = \frac{-(\cos 2\alpha - m)[2\rho^4 + 2m\rho^2 + (1+m^2)(m-3\rho^2)]}{2(\rho^2 - m)^3} + \frac{-1-m^2 + m + \rho^2 + (\rho^2 + m - 2)\cos 2\alpha}{2(\rho^2 - m)} \\ B_2 = \frac{(\cos 2\alpha + m)[2\rho^4 + 2m\rho^2 + (1+m^2)(m-3\rho^2)]}{2(\rho^2 - m)^3} + \frac{-1-m^2 + m + \rho^2 - (m + \rho^2 - 2)\cos 2\alpha}{2(\rho^2 - m)} \\ B_3 = \frac{\rho^4(-m^2 + 4m - 1) + \rho^2(-m^3 - 2m^2 - m) + 2m^3}{(\rho^2 - m)^3} \end{array} \right\}$$

[0043] 上式中, α 为缝槽方位角, ρ 为映射导向距离, $m = (a-b) / (a+b)$, a 、 b 为椭圆形割缝孔的长轴和短轴;当 $\sigma_\rho > \sigma_\theta$ 时(径向应力>切向应力),裂纹能按照设计的方向持续扩展。同时,上式可化简为: $\sigma_{1gf}(\rho) + \sigma_{3gg}(\rho) + P_{wgh}(x) \geq 0$

[0044] 即满足该条件时,能对裂纹进行导向,式中各参数意义如下:

$$\begin{aligned}
 f(\rho) &= k(m - \cos 2\alpha) + j \cdot \cos 2\alpha + c \\
 g(\rho) &= k(m + \cos 2\alpha) - j \cdot \cos 2\alpha + c \\
 h(x) &= \frac{4m}{t-m} \\
 [0045] \quad k &= \frac{2t^2 - (3m^2 - 2m + 3)t + m^3 + m}{(t-m)^3} \\
 j &= \frac{t+m}{t-m} \\
 c &= \frac{-m^2 - 1}{t-m} \\
 t &= \rho^2
 \end{aligned}$$

[0046] 将不同参数分别代入上式,得:

[0047] 在注水压力为15MPa、缝槽长轴2.5m时,导向距离(两个导向缝槽尖端的距离)与方位角(弧度)的关系为:

$$[0048] l = 309.35116 - 8.82011x + 0.06164x^2$$

[0049] 在注水压力为15MPa、方位角60°时,导向距离(两个导向缝槽尖端的距离)与缝槽长轴(缝槽长轴为缝槽短轴的x倍,一般缝槽短轴取0.05m)的关系为:

$$[0050] l = -0.02726 + 0.07485x$$

[0051] 在方位角60°、缝槽长轴2.5m时,导向距离(两个导向缝槽尖端的距离)与压裂孔注水压力的关系为:

$$[0052] l = 1.31852 + 0.23403x - 0.00166x^2;$$

[0053] 综合上述关系上,得到在压裂孔注水压力15MPa,导向孔注水压力为8.5MPa,缝槽长轴为2.5m,短轴为0.05m时较为合理,此时方位角(与最大主应力夹角)为30°的缝槽最远导向距离(两个导向缝槽尖端的距离)可达29m,方位角(与最大主应力夹角)为90°的缝槽最远导向距离(两个导向缝槽尖端的距离)可达6m,能够对压裂孔周围全范围压裂,减少存在压裂空白带的可能性。

[0054] 最终设计导向孔为6个,方位角(与最大主应力夹角)为30°的导向孔为4个,距离压裂孔25m;方位角为90°的导向孔为2个,距离压裂孔为15m。每个压裂孔或导向孔的缝槽为6个,缝槽方位角为30°及90°,缝槽长轴为2.5m,短轴为0.05m。如图3所示。

[0055] b.按照设计方案施工压裂孔及导向孔,施工完成后对其进行水力割缝,缝槽10为矩形,沿轴向布置,缝槽高度一般为煤层厚度(图例中为显示缝槽形状并未完全切割煤层厚度);

[0056] c.全部割缝完成后对压裂孔及导向孔进行封孔,封孔方式全部按照压裂孔的标准进行封孔,封孔至煤层底板12,养护时间为48h;

[0057] d.连接各个导向孔与压裂泵A16,导向孔孔口安装有压力表18,导向孔与压裂泵间装有截止阀17;

[0058] e.连接压裂孔与压裂泵B2,压裂孔孔口安装有压力表18,压裂孔与压裂泵间装有截止阀17和流量计;

[0059] f.确认管路连接无误后,启动压裂泵A16至8.5MPa并保持恒定;

[0060] g. 待导向孔压力稳定后启动压裂泵B2, 缓慢升高泵压至15MPa, 然后保持压裂泵压力稳定;

[0061] h. 压裂过程中随时观察各个导向孔的压力, 若导向孔压力升高, 则表明已压裂至该导向孔, 关闭该压裂孔与压裂泵A16之间的截止阀17, 待各个导向孔全部连通之后关闭压裂泵A16;

[0062] i. 先关闭压裂孔与压裂泵B2之间的截止阀17, 再关闭压裂泵B2, 开始对是压裂孔进行保压, 保压时间一般为20天。

[0063] 图2使用的水力割缝装置8是安装在钻头9和第一节钻杆5之间, 射流喷嘴方向垂直于钻杆5, 水力割缝装置8内部装有调节阀, 低压水时喷嘴闭合, 高压水时喷嘴开启, 水力割缝时所用钻杆为高压密封钻杆。

[0064] 本例中, 压裂孔6及导向孔7均按照压裂孔的封孔标准进行封孔, 孔内装有筛管及压裂管。

[0065] 本例中, 压裂孔及导向孔孔口装有三通, 连接顺序由上至下为压裂管-三通-截止阀-高压胶管, 法向处连接压力表18。

[0066] 本压裂方法在压裂期间, 也对导向孔进行注水并使水压保持恒定, 该压力小于起裂压力且大于最小水平主应力。

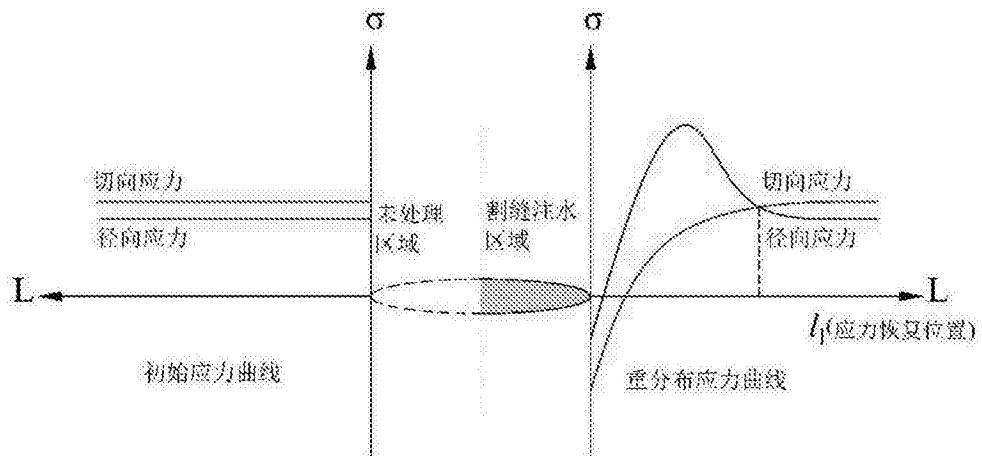


图1

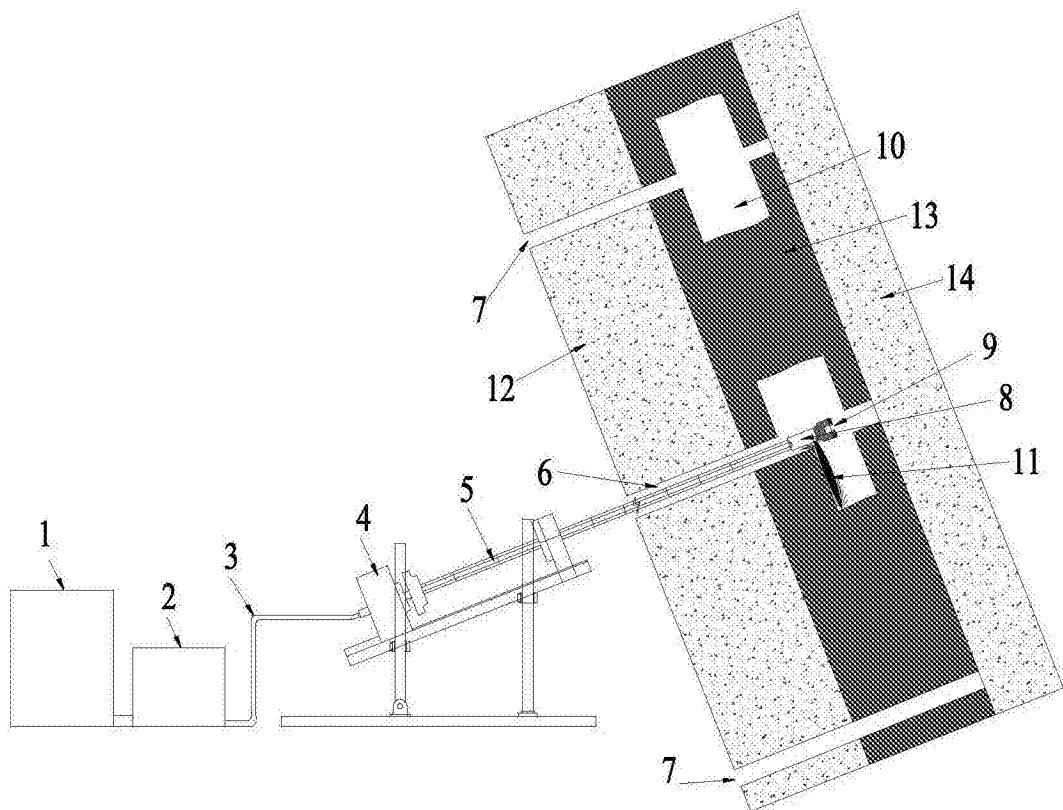


图2

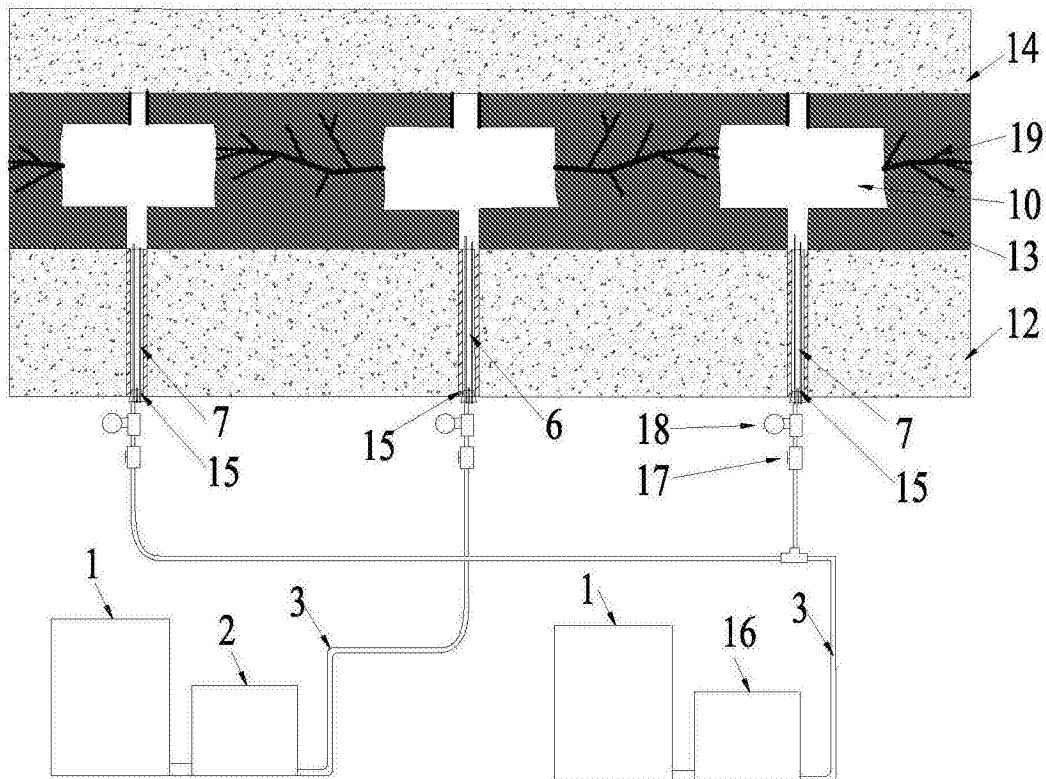


图3

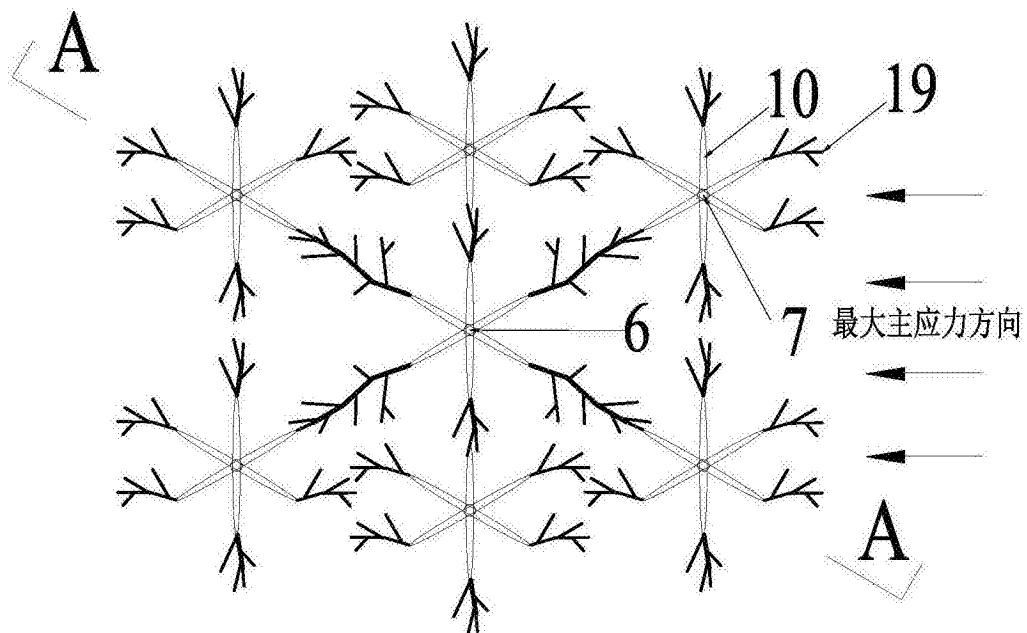


图4