



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104018848 A

(43) 申请公布日 2014. 09. 03

(21) 申请号 201410280663. 3

(22) 申请日 2014. 06. 21

(71) 申请人 西安科技大学

地址 710054 陕西省西安市雁塔路中段 58 号

(72) 发明人 于远祥

(74) 专利代理机构 西安创知专利事务所 61213

代理人 景丽娜

(51) Int. Cl.

E21D 11/00(2006. 01)

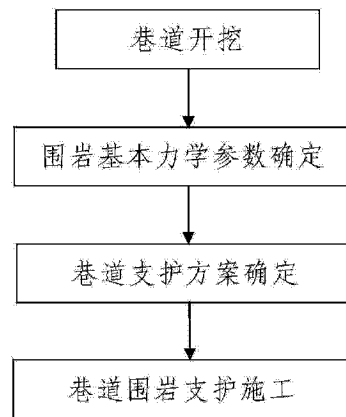
权利要求书3页 说明书9页 附图2页

(54) 发明名称

一种矩形巷道顶板冒落防治方法

(57) 摘要

本发明公开了一种矩形巷道顶板冒落防治方法,包括以下步骤:一、巷道开挖:对需进行顶板冒落防治的巷道进行开挖,该巷道为矩形巷道;二、围岩基本力学参数确定;三、巷道支护方案确定,过程如下:301、巷道帮部失稳判断;302、巷道帮部处于稳定状态下冒落拱矢高确定;303、巷道帮部处于不稳定状态下巷道帮部滑动岩体的宽度及冒落拱矢高确定;304、巷道帮部支护体系与顶板支护体系确定;四、巷道围岩支护施工:根据步骤三中所确定的巷道支护方案,对矩形巷道进行支护施工。本发明方法步骤简单、实现方便且使用效果好,能对矩形巷道顶板冒落进行有效防治,避免了矩形巷道的返修工作,且施工成本低。



1. 一种矩形巷道顶板冒落防治方法,其特征在于该方法包括以下步骤:

步骤一、巷道开挖:对需进行顶板冒落防治的巷道进行开挖;所述巷道为横断面为矩形的矩形巷道(1);

步骤二、围岩基本力学参数确定:通过对现场所取岩样进行室内试验,对步骤一中开挖后的所述矩形巷道(1)的围岩基本力学参数进行测试,并对测试结果进行同步记录;

步骤三、巷道支护方案确定:所采用的巷道支护方案为沿巷道延伸方向由前至后布设在矩形巷道(1)内的多个巷道支护单元,多个所述巷道支护单元的结构均相同;

所述巷道支护单元为巷道支护单元一或巷道支护单元二;所述巷道支护单元一包括布设在矩形巷道(1)顶板上的顶板支护体系一;所述巷道支护单元二包括布设在矩形巷道(1)顶板上的顶板支护体系二和布设在矩形巷道(1)左右两侧巷道帮上的巷道帮部支护体系二,所述顶板支护体系二和所述巷道帮部支护体系二均布设在同一巷道断面上;对所述巷道支护方案进行确定时,需对所述顶板支护体系一或所述顶板支护体系二和所述巷道帮部支护体系二的支护结构分别进行确定,且确定过程如下:

步骤 301、巷道帮部失稳判断:首先,结合步骤二中所确定的围岩基本力学参数,且根据公式
$$h_{cr} = \frac{2}{\gamma_1} \left[\frac{c_1 \sec^2(45^\circ + 0.5\varphi)}{\tan(45^\circ + 0.5\varphi) - \tan\varphi} - \gamma_2 H \right] \quad (1)$$
, 计算得出巷道帮部失稳时的临界高度

h_{cr} ;之后,对计算得出的巷道帮部失稳时的临界高度 h_{cr} 与矩形巷道(1)的开挖高度 H_0 进行比较:当 $H_0 \leq h_{cr}$ 时,矩形巷道(1)的巷道帮部处于稳定状态,之后进入步骤 302;反之,矩形巷道(1)的巷道帮部处于不稳定状态,之后进入步骤 303;

式(1)中, c_1 和 φ 分别为矩形巷道(1)的巷道两帮岩体剪切滑动面上的粘结力和摩擦角, c_1 的单位为 N, γ_1 为矩形巷道(1)的巷道两帮岩体的平均容重且其单位为 N/m^3 , γ_2 为矩形巷道(1)的上覆岩层的平均容重且其单位为 N/m^3 , H 为矩形巷道(1)的埋深且其单位为 m, H_0 的单位为 m;

步骤 302、巷道帮部处于稳定状态下冒落拱矢高确定:结合步骤二中所确定的围岩基本力学参数,且根据公式
$$h_1 = \frac{a}{f} \quad (2)$$
, 计算得出巷道帮部处于稳定状态时所形成自然冒落拱(5-1)的矢高 h_1 , 式(2)中 $a = \frac{B}{2}$, B 为矩形巷道(1)的宽度且其单位为 m, f 为矩形巷道(1)顶板岩层的坚固性系数;

步骤 303、巷道帮部处于不稳定状态下巷道帮部滑动岩体的宽度及冒落拱矢高确定:首先,结合步骤二中所确定的围岩基本力学参数,且根据公式

$$b = h \sqrt{\cos\left(45^\circ + \frac{\varphi}{2}\right) \tan\varphi \cdot \cot\left(45^\circ + \frac{\varphi}{2}\right)} \quad (3)$$
, 计算得出巷道帮部处于不稳定状态下巷道帮部

滑动岩体的宽度 b , 式(3)中 φ 为矩形巷道(1)的巷道两帮岩体剪切滑动面上的摩擦角, h 为矩形巷道(1)的内部高度且 $h = H_0$;结合步骤二中所确定的围岩基本力学参数,且根据公式

$$h_2 = \frac{b+a}{f} \quad (4)$$
, 计算得出巷道帮部发生有拉裂面滑动的巷帮单斜面剪切破坏时所形成极

限冒落拱一 (5-2) 的矢高 h_2 ; 根据公式 $h_3 = \frac{h \cot(45^\circ - 0.5\varphi) + a}{f}$ (5), 计算得出巷道帮部发

生无拉裂面滑动的巷帮单斜面剪切破坏时所形成极限冒落拱二 (5-3) 的矢高 h_3 ; 所述极限冒落拱一 (5-2) 和极限冒落拱二 (5-3) 均为处于极限平衡状态时的冒落拱;

步骤 304、巷道帮部支护体系与顶板支护体系确定:

当巷道帮部处于稳定状态时, 根据步骤 301 中所确定的自然冒落拱 (5-1) 的矢高 h_1 , 对所述顶板支护体系一所采用的支护结构进行确定;

当巷道帮部处于不稳定状态时, 根据步骤 302 中所确定的巷道帮部滑动岩体的宽度 b , 对所述巷道帮部支护体系二所采用的支护结构进行确定; 同时, 根据所确定的极限冒落拱一 (5-2) 的矢高 h_2 和极限冒落拱二 (5-3) 的矢高 h_3 , 对巷道帮部单斜面剪切破坏时所述顶板支护体系二所采用的支护结构进行确定;

步骤四、巷道围岩支护施工: 根据步骤三中所确定的所述巷道支护方案, 对矩形巷道 (1) 进行支护施工。

2. 按照权利要求 1 所述的一种矩形巷道顶板冒落防治方法, 其特征在于: 步骤四中对矩形巷道 (1) 进行支护施工时, 当巷道帮部处于稳定状态时, 对所述顶板支护体系一所采用的支护结构进行施工; 当巷道帮部处于不稳定状态时, 先对所述顶板支护体系二所采用的支护结构进行施工, 之后再对所述巷道帮部支护体系二所采用的支护结构进行施工。

3. 按照权利要求 1 或 2 所述的一种矩形巷道顶板冒落防治方法, 其特征在于: 步骤 303 中当巷道帮部处于稳定状态时, 所述顶板支护体系一所采用的支护结构为预应力锚杆支护结构;

当巷道帮部处于不稳定状态时, 所述顶板支护体系二所采用的支护结构为锚索与锚杆联合支护结构, 所述巷道帮部支护体系二所采用的支护结构为预应力锚杆支护结构。

4. 按照权利要求 3 所述的一种矩形巷道顶板冒落防治方法, 其特征在于: 所述巷道帮部支护体系二所采用的支护结构包括两个分别对称布设在矩形巷道 (1) 左右两侧巷道帮上的帮部支护结构, 两个所述帮部支护结构的结构相同;

所述帮部支护结构包括多个由上至下布设在矩形巷道 (1) 巷道帮部上的锚杆一 (2); 多个所述锚杆一 (2) 的长度均等于 $L_1 = l_1 + b + l_2$, 其中 $l_1 = 0.1\text{m} \sim 0.2\text{m}$, b 为步骤 303 中所确定的巷道帮部滑动岩体的宽度, $l_2 = 0.3\text{m} \sim 0.5\text{m}$ 。

5. 按照权利要求 4 所述的一种矩形巷道顶板冒落防治方法, 其特征在于: 多个所述锚杆一 (2) 的数量大于 3 个, 多个所述锚杆一 (2) 中位于最上部的锚杆一 (2) 为巷帮顶部锚杆, 多个所述锚杆一 (2) 中位于最下部的锚杆一 (2) 为巷帮底部锚杆, 且多个所述锚杆一 (2) 中位于所述巷帮顶部锚杆和所述巷帮底部锚杆之间的锚杆一 (2) 为巷帮中部锚杆; 所述巷帮中部锚杆呈水平向布设, 所述巷帮顶部锚杆由内至外逐渐向上倾斜且其与水平方向的夹角为 $10^\circ \sim 15^\circ$, 所述巷帮底部锚杆由内至外逐渐向下倾斜且其与水平方向的夹角为 $10^\circ \sim 15^\circ$; 多个所述锚杆一 (2) 中上下相邻两个所述锚杆一 (2) 内端部之间的间距为 $0.8\text{m} \sim 1\text{m}$ 。

6. 按照权利要求 4 所述的一种矩形巷道顶板冒落防治方法, 其特征在于: 两个所述巷帮支护结构呈左右对称布设。

7. 按照权利要求 3 所述的一种矩形巷道顶板冒落防治方法, 其特征在于: 当巷道帮部

处于稳定状态时,所述顶板支护体系一包括多个由左至右布设在矩形巷道(1)的巷道顶板上的锚杆三(6),多个所述锚杆三(6)的长度均等于 $L_2 = l_1 + h_1 + l_2$, $l_1 = 0.1\text{m} \sim 0.2\text{m}$, h_1 为步骤302中所确定的自然冒落拱(5-1)的矢高, $l_2 = 0.3\text{m} \sim 0.5\text{m}$;

当巷道帮部处于不稳定状态时,所述顶板支护体系二所采用的支护结构包括对矩形巷道(1)的巷道顶板进行浅层支护的巷道顶板浅层支护结构和对矩形巷道(1)的巷道顶板进行深层支护的巷道顶板深层支护结构;所述巷道顶板浅层支护结构包括多个由左至右布设在矩形巷道(1)的巷道顶板上的锚杆二(3),多个所述锚杆二(3)的长度均等于 $L_3 = l_1 + h_2 + l_2$, $l_1 = 0.1\text{m} \sim 0.2\text{m}$, h_2 为步骤303中所确定的极限冒落拱一(5-2)的矢高, $l_2 = 0.3\text{m} \sim 0.5\text{m}$;所述巷道顶板深层支护结构包括多个由左至右布设在矩形巷道(1)的巷道顶板上的锚索(4),多个所述锚索(4)的长度均不小于 L_4 ,其中 $L_4 = l_1 + h_3 + l_2$, h_3 为步骤303中所确定的极限冒落拱二(5-3)的矢高。

8. 按照权利要求7所述的一种矩形巷道顶板冒落防治方法,其特征在于:多个所述锚杆二(3)的数量大于3个,多个所述锚杆二(3)中位于最左侧的锚杆二(3)为顶板左侧锚杆二,多个所述锚杆二(3)中位于最右侧的锚杆二(3)为顶板右侧锚杆二,且多个所述锚杆二(3)中位于所述顶板左侧锚杆二与所述顶板右侧锚杆二之间的锚杆二(3)为顶板中部锚杆二,所述顶板中部锚杆二呈竖直向布设,所述顶板左侧锚杆二由内至外逐渐向左倾斜且其与竖直方向的夹角为 $15^\circ \sim 30^\circ$,所述顶板右侧锚杆二由内至外逐渐向右倾斜且其与竖直方向的夹角为 $15^\circ \sim 30^\circ$;多个所述锚杆二(3)中左右相邻两个所述锚杆二(3)内端部之间的间距为 $0.8\text{m} \sim 1\text{m}$;

多个所述锚杆三(6)的数量大于3个,多个所述锚杆三(6)中位于最左侧的锚杆三(6)为顶板左侧锚杆三,多个所述锚杆三(6)中位于最右侧的锚杆三(6)为顶板右侧锚杆三,且多个所述锚杆三(6)中位于所述顶板左侧锚杆三与所述顶板右侧锚杆三之间的锚杆三(6)为顶板中部锚杆三,所述顶板中部锚杆三呈竖直向布设,所述顶板左侧锚杆三由内至外逐渐向左倾斜且其与竖直方向的夹角为 $15^\circ \sim 30^\circ$,所述顶板右侧锚杆三由内至外逐渐向右倾斜且其与竖直方向的夹角为 $15^\circ \sim 30^\circ$;多个所述锚杆三(6)中左右相邻两个所述锚杆三(6)内端部之间的间距为 $0.8\text{m} \sim 1\text{m}$ 。

9. 按照权利要求7所述的一种矩形巷道支护结构,其特征在于:多个所述锚索(4)中位于最左侧的锚索(4)为顶板左侧锚索,多个所述锚索(4)中位于最右侧的锚索(4)为顶板右侧锚索,且多个所述锚索(4)中位于所述顶板左侧锚索与所述顶板右侧锚索之间的锚索(4)为顶板中部锚索,所述顶板中部锚索呈竖直向布设,所述顶板左侧锚索由内至外逐渐向左倾斜且其与竖直方向的夹角为 $15^\circ \sim 20^\circ$,所述顶板右侧锚索由内至外逐渐向右倾斜且其与竖直方向的夹角为 $15^\circ \sim 20^\circ$;多个所述锚索(4)中左右相邻两个所述锚索(4)之间的间距为 $1.3\text{m} \sim 2.0\text{m}$ 。

10. 按照权利要求1或2所述的一种矩形巷道顶板冒落防治方法,其特征在于:步骤三中前后相邻两个所述巷道支护单元之间的间距为 $0.8\text{m} \sim 1.2\text{m}$ 。

一种矩形巷道顶板冒落防治方法

技术领域

[0001] 本发明属于巷道支护技术领域,具体涉及一种矩形巷道顶板冒落防治方法。

背景技术

[0002] 普氏冒落拱基本理论的基本假设为:①岩体中存在很多节理、裂隙及各种软弱夹层,岩体被上述非连续夹层切割成几何尺寸相对很小的岩块,其间还存在黏结力,因此巷道围岩可以视为一种有一定黏结力,但抗拉、抗弯及抗剪能力都很弱的松散体;②巷道开挖后,如不及时进行支护,巷道顶部岩体将冒落成一个拱;当巷道两帮稳定时,则初期冒落拱随塌落的发展而不断增高;若两帮不稳定,则拱跨和拱高会同时增大;当巷道埋深 H 大于5倍拱跨时,冒落拱不会无限发展,最终将在围岩中形成一个自然平衡拱;③拱脚处的摩擦抵抗着拱脚的移动并维护拱的稳定;④在拱脚处的水平推力小于拱脚处岩体的最大摩擦力,多余的摩擦力保证拱的稳定性,避免偶然移动而破坏,并且用这个储备为最大的条件来决定冒落拱的矢高。

[0003] 实践表明,普氏冒落拱基本理论在一定程度上反映了客观地压规律,但其尚存在以下不足:第一、缺乏对巷道帮部失稳条件的研究:研究表明,巷道帮部的稳定性与岩体自身的强度、巷道埋深及巷道高度等因素密切相关:当巷帮岩性及巷道埋深一定时,巷道高度越大,其稳定性越差;反之亦然;因此,对于某一确定的巷帮而言,应存在一个使巷帮失稳的临界高度;第二、缺乏对巷帮不同情况剪切滑动的研究:当矩形巷道两帮不稳定时,巷帮将发生单斜面剪切破坏,表现为巷帮岩体沿单个软弱面发生滑动。视拉裂面的存在与否,巷帮单斜面剪切滑动又分为有拉裂面滑动和无拉裂面滑动。现有的普氏冒落拱理论仅对无拉裂面滑动时的情况进行了讨论。事实上,多数情况下,作为常见的沉积岩,巷帮岩体多发育有垂直或接近垂直的裂隙面。这些裂隙面在巷帮上方支承压力的综合作用下将不断扩展延伸,从而导致剪切滑动面上部往往与裂隙面衔接,并不直接穿出上部顶部与巷帮的界面,最终形成拉裂面滑动。因而,应用普氏冒落拱基本理论计算冒落拱高度并确定围岩压力时往往存在偏差,这直接影响巷道支护参数确定的准确性。

发明内容

[0004] 本发明所要解决的技术问题在于针对上述现有技术中的不足,提供一种矩形巷道顶板冒落防治方法,其方法步骤简单、实现方便且使用效果好,能对矩形巷道顶板冒落进行有效防治,避免了矩形巷道的返修工作,且施工成本低。

[0005] 为解决上述技术问题,本发明采用的技术方案是:一种矩形巷道顶板冒落防治方法,其特征在于该方法包括以下步骤:

[0006] 步骤一、巷道开挖:对需进行顶板冒落防治的巷道进行开挖;所述巷道为横断面为矩形的矩形巷道;

[0007] 步骤二、围岩基本力学参数确定:通过对现场所取岩样进行室内试验,对步骤一中开挖后的所述矩形巷道的围岩基本力学参数进行测试,并对测试结果进行同步记录;

[0008] 步骤三、巷道支护方案确定：所采用的巷道支护方案为沿巷道延伸方向由前至后布设在矩形巷道内的多个巷道支护单元，多个所述巷道支护单元的结构均相同；

[0009] 所述巷道支护单元为巷道支护单元一或巷道支护单元二；所述巷道支护单元一包括布设在矩形巷道顶板上的顶板支护体系一；所述巷道支护单元二包括布设在矩形巷道顶板上的顶板支护体系二和布设在矩形巷道左右两侧巷道帮上的巷道帮部支护体系二，所述顶板支护体系二和所述巷道帮部支护体系二均布设在同一巷道断面上；对所述巷道支护方案进行确定时，需对所述顶板支护体系一或所述顶板支护体系二和所述巷道帮部支护体系二的支护结构分别进行确定，且确定过程如下：

[0010] 步骤 301、巷道帮部失稳判断：首先，结合步骤二中所确定的围岩基本力学参数，

且根据公式
$$h_{cr} = \frac{2}{\gamma_1} \left[\frac{c_1 \sec^2(45^\circ + 0.5\varphi)}{\tan(45^\circ + 0.5\varphi) - \tan\varphi} - \gamma_2 H \right] \quad (1)$$
，计算得出巷道帮部失稳时的临界

高度 h_{cr} ；之后，对计算得出的巷道帮部失稳时的临界高度 h_{cr} 与矩形巷道的开挖高度 H_0 进行比较；当 $H_0 \leq h_{cr}$ 时，矩形巷道的巷道帮部处于稳定状态，之后进入步骤 302；反之，矩形巷道的巷道帮部处于不稳定状态，之后进入步骤 303；

[0011] 式 (1) 中， c_1 和 φ 分别为矩形巷道的巷道两帮岩体剪切滑动面上的粘结力和摩擦角， c_1 的单位为 N， γ_1 为矩形巷道的巷道两帮岩体的平均容重且其单位为 N/m^3 ， γ_2 为矩形巷道的上覆岩层的平均容重且其单位为 N/m^3 ， H 为矩形巷道的埋深且其单位为 m， H_0 的单位为 m；

[0012] 步骤 302、巷道帮部处于稳定状态下冒落拱矢高确定：结合步骤二中所确定的围岩基本力学参数，且根据公式
$$h_1 = \frac{a}{f} \quad (2)$$
，计算得出巷道帮部处于稳定状态时所形成自然冒

落拱的矢高 h_1 ，式 (2) 中 $a = \frac{B}{2}$ ， B 为矩形巷道的宽度且其单位为 m， f 为矩形巷道顶板岩层的坚固性系数；

[0013] 步骤 303、巷道帮部处于不稳定状态下巷道帮部滑动岩体的宽度及冒落拱矢高确定：首先，结合步骤二中所确定的围岩基本力学参数，且根据公式

$$b = h \sqrt{\cos\left(45^\circ + \frac{\varphi}{2}\right) \tan\varphi \cdot \cot\left(45^\circ + \frac{\varphi}{2}\right)} \quad (3)$$
，计算得出巷道帮部处于不稳定状态下巷道帮

部滑动岩体的宽度 b ，式 (3) 中 φ 为矩形巷道的巷道两帮岩体剪切滑动面上的摩擦角， h 为矩形巷道的内部高度且 $h = H_0$ ；结合步骤二中所确定的围岩基本力学参数，且根据公式

$$h_2 = \frac{b+a}{f} \quad (4)$$
，计算得出巷道帮部发生有拉裂面滑动的巷帮单斜面剪切破坏时所形成极限

冒落拱一的矢高 h_2 ；根据公式
$$h_3 = \frac{h \cot(45^\circ - 0.5\varphi) + a}{f} \quad (5)$$
，计算得出巷道帮部发生无拉裂

面滑动的巷帮单斜面剪切破坏时所形成极限冒落拱二的矢高 h_3 ；所述极限冒落拱一和极限冒落拱二均为处于极限平衡状态时的冒落拱；

[0014] 步骤 304、巷道帮部支护体系与顶板支护体系确定：

[0015] 当巷道帮部处于稳定状态时,根据步骤 301 中所确定的自然冒落拱的矢高 h_1 ,对所述顶板支护体系一所采用的支护结构进行确定;

[0016] 当巷道帮部处于不稳定状态时,根据步骤 302 中所确定的巷道帮部滑动岩体的宽度 b ,对所述巷道帮部支护体系二所采用的支护结构进行确定;同时,根据所确定的极限冒落拱一的矢高 h_2 和极限冒落拱二的矢高 h_3 ,对巷道帮部单斜面剪切破坏时所述顶板支护体系二所采用的支护结构进行确定;

[0017] 步骤四、巷道围岩支护施工:根据步骤三中所确定的所述巷道支护方案,对矩形巷道进行支护施工。

[0018] 上述一种矩形巷道顶板冒落防治方法,其特征是:步骤 303 中当巷道帮部处于稳定状态时,所述顶板支护体系一所采用的支护结构为预应力锚杆支护结构;

[0019] 当巷道帮部处于不稳定状态时,所述顶板支护体系二所采用的支护结构为锚索与锚杆联合支护结构,所述巷道帮部支护体系二所采用的支护结构为预应力锚杆支护结构。

[0020] 上述一种矩形巷道顶板冒落防治方法,其特征是:步骤四中对矩形巷道进行支护施工时,当巷道帮部处于稳定状态时,对所述顶板支护体系一所采用的支护结构进行施工;当巷道帮部处于不稳定状态时,先对所述顶板支护体系二所采用的支护结构进行施工,之后再对所述巷道帮部支护体系二所采用的支护结构进行施工。

[0021] 上述一种矩形巷道顶板冒落防治方法,其特征是:所述巷道帮部支护体系二所采用的支护结构包括两个分别对称布设在矩形巷道左右两侧巷道帮上的帮部支护结构,两个所述帮部支护结构的结构相同;

[0022] 所述帮部支护结构包括多个由上至下布设在矩形巷道巷道帮部上的锚杆一;多个所述锚杆一的长度均等于 $L_1 = l_1 + b + l_2$,其中 $l_1 = 0.1\text{m} \sim 0.2\text{m}$, b 为步骤 303 中所确定的巷道帮部滑动岩体的宽度, $l_2 = 0.3\text{m} \sim 0.5\text{m}$ 。

[0023] 上述一种矩形巷道顶板冒落防治方法,其特征是:两个所述巷帮支护结构呈左右对称布设。

[0024] 上述一种矩形巷道顶板冒落防治方法,其特征是:多个所述锚杆一的数量大于 3 个,多个所述锚杆一中位于最上部的锚杆一为巷帮顶部锚杆,多个所述锚杆一中位于最下部的锚杆一为巷帮底部锚杆,且多个所述锚杆一中位于所述巷帮顶部锚杆和所述巷帮底部锚杆之间的锚杆一为巷帮中部锚杆;所述巷帮中部锚杆呈水平向布设,所述巷帮顶部锚杆由内至外逐渐向上倾斜且其与水平方向的夹角为 $10^\circ \sim 15^\circ$,所述巷帮底部锚杆由内至外逐渐向下倾斜且其与水平方向的夹角为 $10^\circ \sim 15^\circ$;多个所述锚杆一中上下相邻两个所述锚杆一内端部之间的间距为 $0.8\text{m} \sim 1\text{m}$ 。

[0025] 上述一种矩形巷道顶板冒落防治方法,其特征是:当巷道帮部处于稳定状态时,所述顶板支护体系一包括多个由左至右布设在矩形巷道的巷道顶板上的锚杆三,多个所述锚杆三的长度均等于 $L_2 = l_1 + h_1 + l_2$, $l_1 = 0.1\text{m} \sim 0.2\text{m}$, h_1 为步骤 302 中所确定的自然冒落拱的矢高, $l_2 = 0.3\text{m} \sim 0.5\text{m}$;

[0026] 当巷道帮部处于不稳定状态时,所述顶板支护体系二所采用的支护结构包括对矩形巷道的巷道顶板进行浅层支护的巷道顶板浅层支护结构和对矩形巷道的巷道顶板进行深层支护的巷道顶板深层支护结构;所述巷道顶板浅层支护结构包括多个由左至右布设在矩形巷道的巷道顶板上的锚杆二,多个所述锚杆二的长度均等于 $L_3 = l_1 + h_2 + l_2$, $l_1 = 0.1\text{m} \sim$

0.2m, h_2 为步骤 303 中所确定的极限冒落拱一的矢高, $l_2 = 0.3\text{m} \sim 0.5\text{m}$; 所述巷道顶板深层支护结构包括多个由左至右布设在矩形巷道的巷道顶板上的锚索, 多个所述锚索的长度均不小于 L_4 , 其中 $L_4 = l_1 + h_3 + l_2$, h_3 为步骤 303 中所确定的极限冒落拱二的矢高。

[0027] 上述一种矩形巷道顶板冒落防治方法, 其特征是: 多个所述锚杆二的数量大于 3 个, 多个所述锚杆二中位于最左侧的锚杆二为顶板左侧锚杆二, 多个所述锚杆二中位于最右侧的锚杆二为顶板右侧锚杆二, 且多个所述锚杆二中位于所述顶板左侧锚杆二与所述顶板右侧锚杆二之间的锚杆二为顶板中部锚杆二, 所述顶板中部锚杆二呈竖直向布置, 所述顶板左侧锚杆二由内至外逐渐向左倾斜且其与竖直方向的夹角为 $15^\circ \sim 30^\circ$, 所述顶板右侧锚杆二由内至外逐渐向右倾斜且其与竖直方向的夹角为 $15^\circ \sim 30^\circ$; 多个所述锚杆二中左右相邻两个所述锚杆二内端部之间的间距为 $0.8\text{m} \sim 1\text{m}$;

[0028] 多个所述锚杆三的数量大于 3 个, 多个所述锚杆三中位于最左侧的锚杆三为顶板左侧锚杆三, 多个所述锚杆三中位于最右侧的锚杆三为顶板右侧锚杆三, 且多个所述锚杆三中位于所述顶板左侧锚杆三与所述顶板右侧锚杆三之间的锚杆三为顶板中部锚杆三, 所述顶板中部锚杆三呈竖直向布置, 所述顶板左侧锚杆三由内至外逐渐向左倾斜且其与竖直方向的夹角为 $15^\circ \sim 30^\circ$, 所述顶板右侧锚杆三由内至外逐渐向右倾斜且其与竖直方向的夹角为 $15^\circ \sim 30^\circ$; 多个所述锚杆三中左右相邻两个所述锚杆三内端部之间的间距为 $0.8\text{m} \sim 1\text{m}$ 。

[0029] 上述一种矩形巷道顶板冒落防治方法, 其特征是: 多个所述锚索中位于最左侧的锚索为顶板左侧锚索, 多个所述锚索中位于最右侧的锚索为顶板右侧锚索, 且多个所述锚索中位于所述顶板左侧锚索与所述顶板右侧锚索之间的锚索为顶板中部锚索, 所述顶板中部锚索呈竖直向布置, 所述顶板左侧锚索由内至外逐渐向左倾斜且其与竖直方向的夹角为 $15^\circ \sim 20^\circ$, 所述顶板右侧锚索由内至外逐渐向右倾斜且其与竖直方向的夹角为 $15^\circ \sim 20^\circ$; 多个所述锚索中左右相邻两个所述锚索之间的间距为 $1.3\text{m} \sim 2.0\text{m}$ 。

[0030] 上述一种矩形巷道顶板冒落防治方法, 其特征是: 步骤三中前后相邻两个所述巷道支护单元之间的间距为 $0.8\text{m} \sim 1.2\text{m}$ 。

[0031] 本发明与现有技术相比具有以下优点:

[0032] 1、防治方法步骤简单、实现方便且投入成本低。

[0033] 2、设计合理且实现方便, 通过合理设计顶板支护体系和巷道帮部支护体系所采用的支护结构, 对矩形巷道进行有效加固, 能有效解决因应用普氏冒落拱基本理论计算冒落拱高度并确定围岩压力时存在偏差使巷道支护参数准确性低的问题, 首先对巷道帮部失稳进行判断, 并根据巷道帮部失稳判断结果, 选取对应的巷道支护方案; 并且, 确定巷道支护方案时, 考虑巷帮单斜面剪切滑动, 因而确保巷道支护的有效性和稳定性。也就是说, 根据根据巷道帮部失稳判断结果, 所采用的巷道支护方案有所区别, 在满足支护稳定、可靠且安全的前提下, 达到节约成本的目的。

[0034] 其中, 当巷道帮部处于稳定状态下, 巷道顶板采用锚杆支护结构, 且无需对巷道帮部进行支护; 当巷道帮部处于不稳定状态下, 巷道顶板采用锚杆与锚索联合支护结构, 并且根据巷道帮部处于不稳定状态下巷道帮部滑动岩体的宽度对巷道帮部支护结构进行确定, 根据巷道帮部处于不稳定状态下巷道冒落拱矢高对巷道顶板支护结构进行确定, 具有经济、投入施工成本较低、安全可靠等优点, 因而能为矿山正常生产提供有力保障。

[0035] 3、使用效果好,能对矩形巷道进行有效加固,并能对矩形巷道顶板冒落进行有效防治,避免了矩形巷道的返修工作。

[0036] 综上所述,本发明方法步骤简单、实现方便且使用效果好,能对矩形巷道顶板冒落进行有效防治,避免了矩形巷道的返修工作,且施工成本低。

[0037] 下面通过附图和实施例,对本发明的技术方案做进一步的详细描述。

附图说明

[0038] 图1为本发明的方法流程框图。

[0039] 图2为本发明所建立巷帮单斜面剪切破坏时的巷帮力学计算模型的结构示意图。

[0040] 图3为本发明巷道帮部处于稳定状态下所采用围岩支护方案的结构示意图。

[0041] 图4为本发明巷道帮部处于不稳定状态下所采用围岩支护方案的结构示意图。

[0042] 附图标记说明:

[0043] 1—矩形巷道; 2—锚杆一; 3—锚杆二;

[0044] 4—锚索; 5-1—自然冒落拱; 5-2—极限冒落拱一;

[0045] 5-3—极限冒落拱二; 6—锚杆三。

具体实施方式

[0046] 如图1所示的一种矩形巷道顶板冒落防治方法,包括以下步骤:

[0047] 步骤一、巷道开挖:对需进行顶板冒落防治的巷道进行开挖;所述巷道为横断面为矩形的矩形巷道1,详见图3和图4。

[0048] 步骤二、围岩基本力学参数确定:通过对现场所取岩样进行室内试验,对步骤一中开挖后的所述矩形巷道1的围岩基本力学参数进行测试,并对测试结果进行同步记录。

[0049] 本实施例中,需确定的围岩基本力学参数至少应包括矩形巷道1的巷道两帮岩体剪切滑动面上的粘结力 c_1 和摩擦角 φ 、矩形巷道1的内部高度 h (或矩形巷道1的开挖高度 H_0)、矩形巷道1的巷道两帮岩体的平均容重 γ_1 、矩形巷道1的上覆岩层的平均容重 γ_2 、矩形巷道1顶板岩层的坚固性系数 f 、矩形巷道1的埋深 H 以及矩形巷道1的宽度 B 。

[0050] 步骤三、巷道支护方案确定:所采用的巷道支护方案为沿巷道延伸方向由前至后布设在矩形巷道1内的多个巷道支护单元,多个所述巷道支护单元的结构均相同。

[0051] 所述巷道支护单元为巷道支护单元一或巷道支护单元二;所述巷道支护单元一包括布设在矩形巷道1顶板上的顶板支护体系一;所述巷道支护单元二包括布设在矩形巷道1顶板上的顶板支护体系二和布设在矩形巷道1左右两侧巷道帮上的巷道帮部支护体系二,所述顶板支护体系二和所述巷道帮部支护体系二均布设在同一巷道断面上。对所述巷道支护方案进行确定时,需对所述顶板支护体系一或所述顶板支护体系二和所述巷道帮部支护体系二的支护结构分别进行确定,且确定过程如下:

[0052] 步骤301、巷道帮部失稳判断:首先,结合步骤二中所确定的围岩基本力学参数,

且根据公式
$$h_{cr} = \frac{2}{\gamma_1} \left[\frac{c_1 \sec^2(45^\circ + 0.5\varphi)}{\tan(45^\circ + 0.5\varphi) - \tan\varphi} - \gamma_2 H \right] \quad (1)$$
, 计算得出巷道帮部失稳时的临界

高度 h_{cr} ;之后,对计算得出的巷道帮部失稳时的临界高度 h_{cr} 与矩形巷道1的开挖高度 H_0 进

行比较:当 $H_0 \leq h_{cr}$ 时,矩形巷道 1 的巷道帮部处于稳定状态,之后进入步骤 302;反之,矩形巷道 1 的巷道帮部处于不稳定状态,之后进入步骤 303。

[0053] 式 (1) 中, c_1 和 φ 分别为矩形巷道 1 的巷道两帮岩体剪切滑动面上的粘结力和摩擦角, c_1 的单位为 N, γ_1 为矩形巷道 1 的巷道两帮岩体的平均容重且其单位为 N/m^3 , γ_2 为矩形巷道 1 的上覆岩层的平均容重且其单位为 N/m^3 , H 为矩形巷道 1 的埋深且其单位为 m, H_0 的单位为 m。

[0054] 如图 2 所示,由于巷道两帮的稳定性随其高度的增加而不断降低,因而存在一个巷道帮部失稳时的临界高度 h_{cr} ,并且该临界高度 h_{cr} 取决于巷道两帮岩体的粘结力 c_1 和摩擦角 φ 、巷道两帮岩体的平均容重 γ_1 、上覆岩层的平均容重 γ_2 和巷道埋深 H 。实际进行巷道开挖时,当开挖高度 H_0 小于其临界高度 h_{cr} 时,巷帮处于稳定状态,此时顶板冒落后形成自然冒落拱 5-1;当开挖高度 H_0 超过临界高度 h_{cr} 时,巷帮在上部支承压力及其自重的作用下发生剪切滑动,其剪切滑动面为 $\triangle ABC$ 的斜边 BC 所在的平面,即出现巷帮单斜面剪切破坏,进而导致顶板失稳后形成极限冒落拱。图 2 中, q 为矩形巷道 1 的顶板压力, w 为 $\triangle ABC$ 所处区域的岩体自重,矩形巷道 1 的内部高度, α 为线段 BC 与水平面之间的夹角。本实施例中, $\alpha = 45^\circ$ 。

[0055] 步骤 302、巷道帮部处于稳定状态下冒落拱矢高确定:结合步骤二中所确定的围岩基本力学参数,且根据公式 $h_1 = \frac{a}{f}$ (2),计算得出巷道帮部处于稳定状态时所形成自然冒落拱 5-1 的矢高 h_1 ,式 (2) 中 $a = \frac{B}{2}$, B 为矩形巷道 1 的宽度且其单位为 m, f 为矩形巷道 1 顶板岩层的坚固性系数。

[0056] 步骤 303、巷道帮部处于不稳定状态下巷道帮部滑动岩体的宽度及冒落拱矢高确定:首先,结合步骤二中所确定的围岩基本力学参数,且根据公式

$$b = h \sqrt{\cos\left(45^\circ + \frac{\varphi}{2}\right) \tan \varphi \cdot \cot\left(45^\circ + \frac{\varphi}{2}\right)} \quad (3),$$

计算得出巷道帮部处于不稳定状态下巷道帮部滑动岩体的宽度 b ,式 (3) 中 φ 为矩形巷道 1 的巷道两帮岩体剪切滑动面上的摩擦角, h 为矩形巷道 1 的内部高度且 $h = H_0$;结合步骤二中所确定的围岩基本力学参数,且根据公式

$$h_2 = \frac{b+a}{f} \quad (4),$$

计算得出巷道帮部发生有拉裂面滑动的巷帮单斜面剪切破坏时所形成极限冒落拱一 5-2 的矢高 h_2 ;根据公式 $h_3 = \frac{h \cot(45^\circ - 0.5\varphi) + a}{f}$ (5),计算得出巷道帮部发生无

拉裂面滑动的巷帮单斜面剪切破坏时所形成极限冒落拱二 5-3 的矢高 h_3 。所述极限冒落拱一 5-2 和极限冒落拱二 5-3 均为处于极限平衡状态时的冒落拱。也就是说,所述极限冒落拱一 5-2 和极限冒落拱二 5-3 均为平衡拱。由于围岩在冒落时其顶部的冒落范围是有限的,冒落拱是指未冒落的顶板上部岩石形成的一个平衡拱。

[0057] 实际施工时,结合图 2,待巷道开挖后,围岩应力发生重新分布,巷帮一定范围内形成支承压力,而巷帮在支承压力及其自重的综合作用下产生近似于直立的拉裂缝时,即巷道帮部发生有拉裂面滑动的巷帮单斜面剪切破坏时,该拉裂缝至巷帮的距离为 b ,并且该拉

裂缝深入至单斜面剪切滑动面且其深度为 z 。巷道帮部发生有拉裂面滑动的巷帮单斜面剪切破坏时,顶板失稳后形成极限冒落拱一 5-2。

[0058] 另外,当不存在拉裂缝时,巷道帮部发生无拉裂面滑动的巷帮单斜面剪切破坏,即巷道帮部发生三角形单斜面剪切破坏时,顶板失稳后形成极限冒落拱二 5-3。

[0059] 步骤 304、巷道帮部支护体系与顶板支护体系确定:

[0060] 当巷道帮部处于稳定状态时,根据步骤 301 中所确定的自然冒落拱 5-1 的矢高 h_1 ,对所述顶板支护体系一所采用的支护结构进行确定。

[0061] 当巷道帮部处于不稳定状态时,根据步骤 302 中所确定的巷道帮部滑动岩体的宽度 b ,对所述巷道帮部支护体系二所采用的支护结构进行确定;同时,根据所确定的极限冒落拱一 5-2 的矢高 h_2 和极限冒落拱二 5-3 的矢高 h_3 ,对巷道帮部单斜面剪切破坏时所述顶板支护体系二所采用的支护结构进行确定。

[0062] 步骤四、巷道围岩支护施工:根据步骤三中所确定的所述巷道支护方案,对矩形巷道 1 进行支护施工。

[0063] 本实施例中,如图 3 所示,步骤 303 中当巷道帮部处于稳定状态时,所述顶板支护体系一所采用的支护结构为预应力锚杆支护结构。步骤四中对矩形巷道 1 进行支护施工时,当巷道帮部处于稳定状态时,对所述顶板支护体系一所采用的支护结构进行施工。

[0064] 本实施例中,所述顶板支护体系一包括多个由左至右布设在矩形巷道 1 的巷道顶板上的锚杆三 6,多个所述锚杆三 6 的长度均等于 $L_2 = l_1 + h_1 + l_2$, $l_1 = 0.1\text{m} \sim 0.2\text{m}$, h_1 为步骤 302 中所确定的自然冒落拱 5-1 的矢高, $l_2 = 0.3\text{m} \sim 0.5\text{m}$ 。

[0065] 多个所述锚杆三 6 的数量大于 3 个,多个所述锚杆三 6 中位于最左侧的锚杆三 6 为顶板左侧锚杆三,多个所述锚杆三 6 中位于最右侧的锚杆三 6 为顶板右侧锚杆三,且多个所述锚杆三 6 中位于所述顶板左侧锚杆三与所述顶板右侧锚杆三之间的锚杆三 6 为顶板中部锚杆三,所述顶板中部锚杆三呈竖直向布设,所述顶板左侧锚杆三由内至外逐渐向左倾斜且其与竖直方向的夹角为 $15^\circ \sim 30^\circ$,所述顶板右侧锚杆三由内至外逐渐向右倾斜且其与竖直方向的夹角为 $15^\circ \sim 30^\circ$ 。多个所述锚杆三 6 中左右相邻两个所述锚杆三 6 内端部之间的间距为 $0.8\text{m} \sim 1\text{m}$ 。

[0066] 本实施例中,所述锚杆三 6 的数量为 4 个。实际施工时,可以根据具体需要,对锚杆三 6 的数量、所述顶板左侧锚杆三与竖直方向的夹角以及所述顶板右侧锚杆三与竖直方向的夹角进行相应调整。

[0067] 如图 4 所示,步骤 303 中当巷道帮部处于不稳定状态时,所述顶板支护体系二所采用的支护结构为锚索与锚杆联合支护结构,所述巷道帮部支护体系二所采用的支护结构为预应力锚杆支护结构。

[0068] 并且步骤四中对矩形巷道 1 进行支护施工时,当巷道帮部处于不稳定状态时,先对所述顶板支护体系二所采用的支护结构进行施工,之后再对所述巷道帮部支护体系二所采用的支护结构进行施工。

[0069] 本实施例中,所述巷道帮部支护体系二所采用的支护结构包括两个分别对称布设在矩形巷道 1 左右两侧巷道帮上的帮部支护结构,两个所述帮部支护结构的结构相同。

[0070] 所述帮部支护结构包括多个由上至下布设在矩形巷道 1 巷道帮部上的锚杆一 2;多个所述锚杆一 2 的长度均等于 $L_1 = l_1 + b + l_2$,其中 $l_1 = 0.1\text{m} \sim 0.2\text{m}$, b 为步骤 303 中所

确定的巷道帮部滑动岩体的宽度, $l_2 = 0.3\text{m} \sim 0.5\text{m}$ 。

[0071] 本实施例中,多个所述锚杆一2的数量大于3个,多个所述锚杆一2中位于最上部的锚杆一2为巷帮顶部锚杆,多个所述锚杆一2中位于最下部的锚杆一2为巷帮底部锚杆,且多个所述锚杆一2中位于所述巷帮顶部锚杆和所述巷帮底部锚杆之间的锚杆一2为巷帮中部锚杆。所述巷帮中部锚杆呈水平向布置,所述巷帮顶部锚杆由内至外逐渐向上倾斜且其与水平方向的夹角为 $10^\circ \sim 15^\circ$,所述巷帮底部锚杆由内至外逐渐向下倾斜且其与水平方向的夹角为 $10^\circ \sim 15^\circ$ 。多个所述锚杆一2中上下相邻两个所述锚杆一2内端部之间的间距为 $0.8\text{m} \sim 1\text{m}$ 。

[0072] 本实施例中,两个所述巷帮支护结构呈左右对称布置。

[0073] 如图4所示,本实施例中,所述顶板支护体系二所采用的支护结构包括对矩形巷道1的巷道顶板进行浅层支护的巷道顶板浅层支护结构和对矩形巷道1的巷道顶板进行深层支护的巷道顶板深层支护结构;所述巷道顶板浅层支护结构包括多个由左至右布置在矩形巷道1的巷道顶板上的锚杆二3,多个所述锚杆二3的长度均等于 $L_3 = l_1 + h_2 + l_2$, $l_1 = 0.1\text{m} \sim 0.2\text{m}$, h_2 为步骤303中所确定的极限冒落拱一5-2的矢高, $l_2 = 0.3\text{m} \sim 0.5\text{m}$ 。所述巷道顶板深层支护结构包括多个由左至右布置在矩形巷道1的巷道顶板上的锚索4,多个所述锚索4的长度均不小于 L_4 ,其中 $L_4 = l_1 + h_3 + l_2$, h_3 为步骤303中所确定的极限冒落拱二5-3的矢高。

[0074] 本实施例中,多个所述锚索4的长度均为 L_4 。

[0075] 实际施工时,多个所述锚索4中位于最左侧的锚索4为顶板左侧锚索,多个所述锚索4中位于最右侧的锚索4为顶板右侧锚索,且多个所述锚索4中位于所述顶板左侧锚索与所述顶板右侧锚索之间的锚索4为顶板中部锚索,所述顶板中部锚索呈竖直向布置,所述顶板左侧锚索由内至外逐渐向左倾斜且其与竖直方向的夹角为 $15^\circ \sim 20^\circ$,所述顶板右侧锚索由内至外逐渐向右倾斜且其与竖直方向的夹角为 $15^\circ \sim 20^\circ$;多个所述锚索4中左右相邻两个所述锚索4之间的间距为 $1.3\text{m} \sim 2.0\text{m}$ 。

[0076] 本实施例中,多个所述锚索4的数量为两个,即所述顶板支护体系二所采用的支护结构中仅包括一个顶板左侧锚索和一个顶板右侧锚索。

[0077] 实际施工时,多个所述锚索4的数量也可以为三个。

[0078] 本实施例中,步骤三中前后相邻两个所述巷道支护单元之间的间距为 $0.8\text{m} \sim 1.2\text{m}$ 。实际施工过程中,可以根据具体需要,对前后相邻两个所述巷道支护单元之间的间距进行相应调整。

[0079] 实际施工过程中,巷道顶板锚杆的作用机理包括悬吊、组合梁及挤密加固三种作用,并且这三种作用并非孤立存在的,而是相互补充的相互作用,只不过在不同地质条件下某种作用机理占主导作用而已。目前,人们常按照悬吊作用来设计锚杆的长度,而事实上当锚杆的挤密加固占主导作用时,锚杆只需锚入顶板松动岩层一定长度即可在预应力的作用下形成锥形的连续压缩带,此时不仅能保持其自身的稳定,而且能够承受地压,阻止上部围岩的变形和松动。此时,若按照悬吊作用来设计锚杆的长度会导致人力、物力及财力的巨大浪费。

[0080] 本实施例中,所述顶板支护体系一中锚杆三6的作用机理为悬吊。所述顶板支护体系二中锚索4的作用机理为悬吊,锚杆二3的作用机理为挤密加固。

[0081] 以上所述,仅是本发明的较佳实施例,并非对本发明作任何限制,凡是根据本发明技术实质对以上实施例所作的任何简单修改、变更以及等效结构变化,均仍属于本发明技术方案的保护范围内。

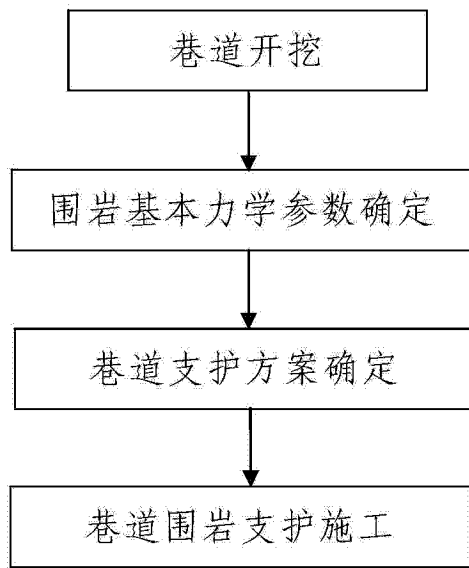


图 1

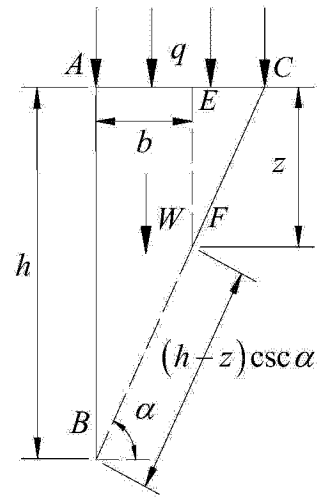


图 2

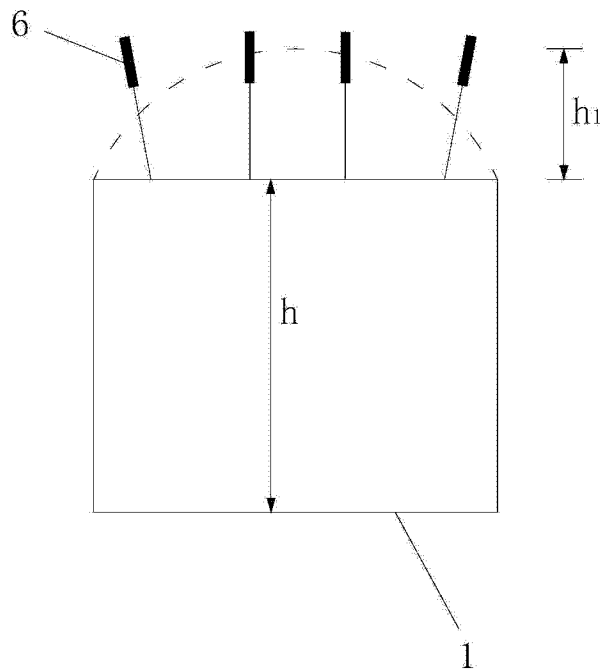


图 3

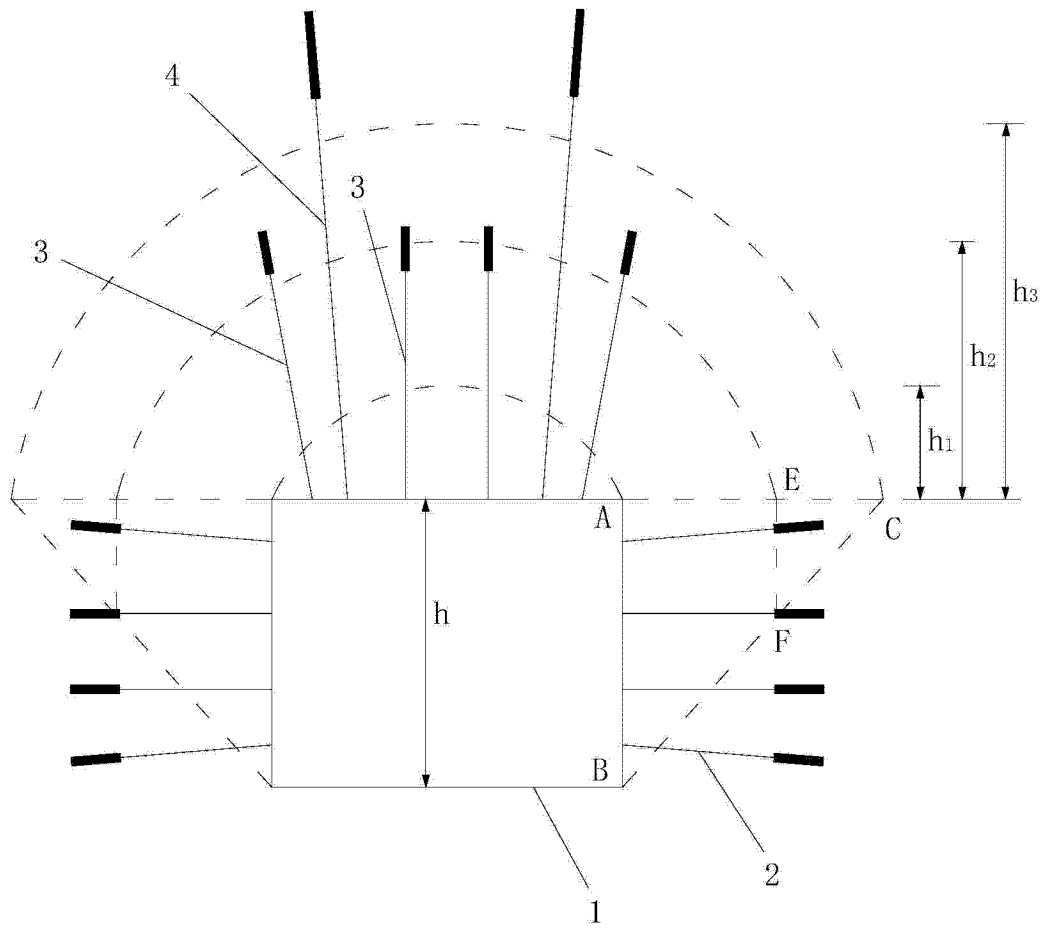


图 4