



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 111521069 A

(43)申请公布日 2020.08.11

(21)申请号 202010438189.8

F42B 3/22(2006.01)

(22)申请日 2020.05.21

F42D 3/04(2006.01)

E21D 9/00(2006.01)

(71)申请人 煤科集团沈阳研究院有限公司

地址 113122 辽宁省抚顺市抚顺经济开发
区滨河路11号

(72)发明人 苏伟伟 秦玉金 李杰 周睿
田富超 闫比男 马金魁 郭怀广
李豪君 闫循强 任发科 张文柯
袁圣秋 陈煜朋

(74)专利代理机构 北京五洲洋和知识产权代理
事务所(普通合伙) 11387

代理人 刘春成 刘素霞

(51)Int.Cl.

F42B 3/04(2006.01)

F42B 3/06(2006.01)

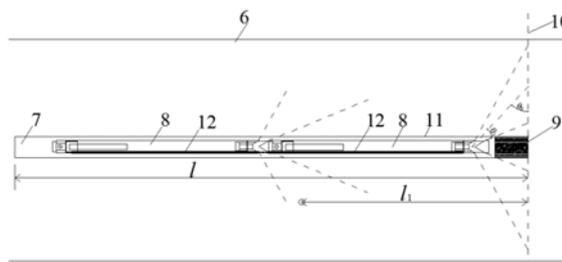
权利要求书2页 说明书6页 附图2页

(54)发明名称

一种掘进用二氧化碳相变定向泄压致裂器
及其使用方法

(57)摘要

本发明提供掘进用二氧化碳相变定向泄压致裂器及其使用方法,致裂器包括用于存储液态二氧化碳的储液管、充装阀、发热器和泄爆头;泄爆头包括Y型结构的泄爆管路,包括相互连通的第一管路、第二管路和第三管路,第一管路的一端与储液管连接,第一管路的另一端倾斜连接第二管路和第三管路的首端,第二管路和第三管路的末端朝向待掘进巷道自由面,第二管路和第三管路的末端为泄爆口,通过泄爆口将二氧化碳气体泄爆,泄爆口与钻孔轴线的夹角小于90°。将致裂器采用倒置方式固定在钻孔内,能够使施爆过程中泄爆方向沿斜角冲击孔壁,具备冲击波沿反射角向孔口释放的优势,解决现有致裂器在钻孔内稳固的难题。不仅减少能量损失,又消除致裂器反冲危险。



1. 一种掘进用二氧化碳相变定向泄压致裂器,其特征在于,所述致裂器包括:
 储液管,用于存储二氧化碳液体;
 充装阀,所述充装阀与所述储液管连接,用于向所述储液管中充装液态二氧化碳;
 加热器,用于给所述储液管加热以气化所述液态二氧化碳,并增加所述储液管中的气体压力;

泄爆头,所述泄爆头包括泄爆管路,所述泄爆管路为Y型结构,包括相互连通的第一管路、第二管路和第三管路,所述第一管路的一端与储液管连接,所述第一管路的另一端倾斜连接所述第二管路和第三管路的首端,所述第二管路和第三管路的末端朝向待掘进巷道自由面,所述第二管路和所述第三管路的末端为泄爆口,所述泄爆口用于将二氧化碳气体压力进行泄爆,所述泄爆口与钻孔轴线的夹角小于 90° 。

2. 根据权利要求1所述的掘进用二氧化碳相变定向泄压致裂器,其特征在于,所述泄爆头还包括定压泄能片,所述定压泄能片设置在所述第一管路和所述储液管之间;用于控制二氧化碳气体冲向泄爆口。

3. 根据权利要求2所述的掘进用二氧化碳相变定向泄压致裂器,其特征在于,所述充装阀与所述储液管之间设置有密封垫,用于密封所述储液管的进口。

4. 根据权利要求1所述的掘进用二氧化碳相变定向泄压致裂器,其特征在于,所述泄爆口与钻孔轴线的夹角为 $30^{\circ}\sim 60^{\circ}$ 。

5. 根据权利要求1所述的掘进用二氧化碳相变定向泄压致裂器,其特征在于,所述泄爆口与钻孔轴线的夹角的计算方式为:

$$\alpha = \arctan\left(\frac{W_{\max}}{l_1}\right)$$

式中: α 为泄爆口与钻孔轴线的夹角, $^{\circ}$;

l_1 为爆破点距孔口的长度,m;

W_{\max} 为最小抵抗线的最大值,m。

6. 根据权利要求5所述的掘进用二氧化碳相变定向泄压致裂器,其特征在于,所述最小抵抗线的最大值计算公式为:

$$W_{\max} = \sqrt{\frac{Pgdt}{\gamma \cdot u}}$$

式中: W_{\max} 为最小抵抗线的最大值,m;

P 为二氧化碳致裂器的爆破压力,MPa;

g 为重力加速度, 9.8m/s^2 ;

d 为钻孔直径,mm;

t 为爆破作用时间,s;

γ 为岩石比重, t/m^3 ;

u 为爆破气体冲击速度,m/s。

7. 根据权利要求6所述的掘进用二氧化碳相变定向泄压致裂器,其特征在于,最小抵抗线最大值的取值为 $1\text{m} < W_{\max} < 1.5\text{m}$ 。

8. 一种如权利要求1-7任一所述掘进用二氧化碳相变定向泄压致裂器的使用方法,其

特征在于,所述使用方法包括如下步骤:

步骤1,安装致裂器;

步骤2,所述步骤1完成后,通过控制所述充装阀向所述储液管中充装液态二氧化碳;

步骤3,将至少一个致裂器沿钻孔的轴向倒置放入待掘进巷道的钻孔中,所述倒置放入是指将Y型结构的泄爆口朝向待掘进巷道自由面,且所述泄爆口与转孔轴线的夹角为 $30^{\circ}\sim 60^{\circ}$;

步骤4,通过控制所述加热器进行加热,以使所述储液管中的液态二氧化碳气化;

步骤5,当储液管中达到设定压力时,二氧化碳气体冲破定压泄能片,沿泄爆口向外喷射,进行爆破致裂。

9. 根据权利要求8所述的掘进用二氧化碳相变定向泄压致裂器的使用方法,其特征在于,所述步骤3中多组钻孔内致裂器的炮线通过起爆电缆相连。

10. 根据权利要求8所述的掘进用二氧化碳相变定向泄压致裂器的使用方法,其特征在于,所述使用方法还包括步骤6,将所述步骤5结束后的致裂器进行清理回收,以备再利用。

一种掘进用二氧化碳相变定向泄压致裂器及其使用方法

技术领域

[0001] 本发明属于致裂爆破装置技术领域,具体涉及一种掘进用二氧化碳相变定向泄压致裂器及其使用方法。

背景技术

[0002] 在煤矿井下的巷道掘进过程中,除中大型矿井配有综掘机之外,多数小型矿井仍然以炸药爆破掘进为主。由于掘进工作面环境的特殊性,炸药爆破会产生火花外漏和巨能爆轰波,一旦掘进工作面瓦斯超限,炸药外漏火花极易引发瓦斯爆炸事故,特别对于突出煤层来讲,炸药产生的爆轰波还容易诱发煤与瓦斯突出重大事故,同时,火药爆破后的验炮工序也存在一定危险。

[0003] 为了提高爆破过程的安全性,技术人员开始采用二氧化碳致裂器作为掘进工作面爆破设备,其原理是利用二氧化碳的物理性质,在地面对气态二氧化碳进行加压液化,然后带至井下经加热瞬间汽化,体积膨胀600倍,当储液管中气体压力达到一定值时,高压气化的二氧化碳气体瞬间冲破破裂片,从泄爆头的泄气孔喷出,起到爆破致裂效应,整个爆破过程只有无可燃性的惰性气体二氧化碳参与,无外漏火焰产生。

[0004] 二氧化碳致裂器在使用过程中,需要在岩石或山体表面钻炮眼并开凿有一定深度的凹槽,然后将二氧化碳致裂器放入凹槽内,因二氧化碳致裂器的泄气孔一般设置在致裂器的侧壁上,当爆破完成后,碎石在岩体的凹槽中会覆盖致裂器,碎石块清理难度增大,严重影响凹槽内二氧化碳致裂器的回收,导致爆破工艺流程周期延长,影响爆破开采效率。此外,现有的致裂器由于如图5所示的泄爆头(圆圈实线标注部分)进行泄爆时,泄爆方向(虚线所示区域)与自由面几乎没有夹角,呈垂直方式布置,即L型,导致垂直反射的冲击波会原路返回至泄爆口,抵消一部分输出气体能量,降低气体能量利用率,另外,爆破产生的碎石被冲击波携带堆积在致裂器表面,难以将碎石粉碎并抛出。

[0005] 因此,需要提供一种针对上述现有技术不足的改进技术方案。

发明内容

[0006] 本发明的目的是提供一种掘进用定向泄压致裂器及其使用方法,用以克服上述现有二氧化碳致裂器在使用过程中存在气体能量利用率低、爆破效果差、二氧化碳致裂器回收阻力大、爆破工程周期长等问题。

[0007] 为了实现上述目的,本发明提供如下技术方案:

[0008] 一种掘进用二氧化碳相变定向泄压致裂器,包括:

[0009] 储液管,用于存储液态二氧化碳;

[0010] 充装阀,所述充装阀与所述储液管连接,用于向所述储液管体中充装液态二氧化碳;

[0011] 加热器,用于给所述储液管加热以气化所述液态二氧化碳,并增加所述储液管中的气体压力;

[0012] 泄爆头,所述泄爆头包括泄爆管路,所述泄爆管路为Y型结构,包括相互连通的第一管路、第二管路和第三管路,所述第一管路的一端与储液管连接,所述第一管路的另一端倾斜连接所述第二管路和第三管路的首端,所述第二管路和第三管路的末端朝向待掘进巷道自由面,所述第二管路和所述第三管路的末端为泄爆口,所述泄爆口用于将二氧化碳气体压力进行泄爆,所述泄爆口与钻孔轴线的夹角小于 90° 。

[0013] 进一步的,所述泄爆头还包括定压泄能片,所述定压泄能片设置在所述第一管路和所述储液管之间;用于控制二氧化碳气体冲向泄爆口。所述定压泄能片用于密封储液管和控制冲击压力,可配合不同型号的加热器和储液管共同使用,达到不同致裂强度。

[0014] 进一步的,所述充装阀与所述储液管之间设置有密封垫,用于密封所述储液管的进口。

[0015] 进一步的,所述泄爆口与钻孔轴线的夹角为 $30^{\circ}\sim 60^{\circ}$ 。

[0016] 进一步的,所述泄爆口与钻孔轴线的夹角的计算方式为:

$$[0017] \quad \alpha = \arctan\left(\frac{W_{\max}}{l_1}\right)$$

[0018] 式中: α 为泄爆口与钻孔轴线的夹角, $^{\circ}$;

[0019] l_1 为爆破点距孔口的长度,m;

[0020] W_{\max} 为最小抵抗线的最大值,m。

[0021] 进一步的,所述最小抵抗线的最大值计算公式为:

$$[0022] \quad W_{\max} = \sqrt{\frac{Pgdt}{\gamma \cdot u}}$$

[0023] 式中: W_{\max} 为最小抵抗线的最大值,m;

[0024] P为二氧化碳致裂器的爆破压力,MPa;

[0025] g为重力加速度, 9.8m/s^2 ;

[0026] d为钻孔直径,mm;

[0027] t为爆破作用时间,s;

[0028] γ 为岩石比重, t/m^3 ;

[0029] u为爆破气体冲击速度,m/s。

[0030] 进一步的,最小抵抗线最大值的取值为 $1\text{m} < W_{\max} < 1.5\text{m}$ 。

[0031] 为实现上述目的,本发明还提供一种掘进用二氧化碳相变定向泄压致裂器的使用方法,所述使用方法包括如下步骤:

[0032] 步骤1,安装致裂器;

[0033] 步骤2,所述步骤1完成后,通过控制所述充装阀向所述储液管充满液态二氧化碳;

[0034] 步骤3,将至少一个致裂器沿钻孔的轴向倒置放入待掘进巷道的钻孔中,所述倒置放入是指将Y型结构的泄爆口朝向待掘进巷道自由面,且所述泄爆口与所述钻孔内壁自由面和待掘进巷道自由面的夹角均 $30^{\circ}\sim 60^{\circ}$;

[0035] 步骤4,通过控制所述加热器进行加热,以使所述储液管中液体二氧化碳气化;

[0036] 步骤5,在达到设定压力时,二氧化碳气体冲破定压泄能片,沿泄爆口向外喷射,进行爆破致裂。

[0037] 进一步的,所述步骤3,多组钻孔内致裂器的炮线通过起爆电缆相连,实现多组钻孔同时起爆。

[0038] 进一步的,所述使用方法还包括步骤6,将所述步骤5结束后的致裂器进行清理回收,以备再利用。

[0039] 与最接近的现有技术相比,本发明提供的技术方案具有如下优异效果:

[0040] 现行二氧化碳致裂器泄爆头呈L字型,泄爆方向与孔壁自由面垂直夹角为 90° ,而本发明中的二氧化碳致裂器的泄爆头呈Y字型,泄爆方向与孔壁自由面夹角为 $30^{\circ}\sim 60^{\circ}$,Y字型的设置方式可使爆破高压二氧化碳的气体走向斜交于孔壁,避免了气体冲击波以直角路线作用在孔壁后又原路直角反射而造成的冲击能量抵消、减弱,本发明极大降低了直角爆破的局部损失,显著提高二氧化碳高压气体能量的利用率。

[0041] 本发明采用倒置方式将二氧化碳致裂器固定在钻孔内,充气端位于钻孔深处也即前端,泄爆头位于孔口也即后端,与传统安置方式正好相反,该固定方式实现了泄爆气体朝孔口斜角方向冲击孔壁,具备冲击波沿反射角向孔口释放的优势,消除了传统安置方式存在气体冲击孔底又反冲致裂器的问题,防止反冲气体将致裂器冲出孔外,解决了现行致裂器难以在孔内稳固的难题。该发明不仅减少了能量损失,又消除了致裂器反冲危险。

[0042] 本发明中的二氧化碳致裂器安置在掘进工作面,并且有序设置在致裂孔内,孔口用封孔材料封堵,通过将致裂器反向放置,以及二氧化碳致裂器的泄爆头呈Y字型,使二氧化碳致裂器泄爆方向与巷道掘进自由面的夹角也为 $30^{\circ}\sim 60^{\circ}$,本发明在提高气体能量利用率和降低致裂器反冲危险基础上,反向冲击波还能够将爆破产生的碎石从钻孔内的夹角空隙抛出,不仅具备爆破致裂优势,还可以实现掘进巷道内煤岩碎块实时快速抛出目的,减少了重复清运爆破产物的复杂工序。

附图说明

[0043] 构成本申请的一部分的说明书附图用来提供对本发明的进一步理解,本发明的示意性实施例及其说明用于解释本发明,并不构成对本发明的不当限定。其中:

[0044] 图1为本发明实施例中二氧化碳致裂器结构示意图;

[0045] 图2为本发明连接安装的二氧化碳致裂器进行爆破时的示意图;

[0046] 图3为本发明实施例中二氧化碳致裂器泄爆头的轴向剖面示意图;

[0047] 图4为本发明巷道掘进时炮眼的布置图;

[0048] 图5为现有二氧化碳致裂器的结构示意图。

[0049] 图中:1、充装阀;2、密封垫;3、加热器;4、储液管;5、泄爆头;501、第一管路;502、第二管路;503、第三管路;504、定压泄能片;6、待掘进巷道;7、钻孔;8、二氧化碳致裂器;9、封孔材料;10、待掘进巷道自由面;11、钻孔内壁自由面;12、内置导线。

具体实施方式

[0050] 下面将对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述,显然,所描述的实施例仅仅是本发明的一部分实施例,而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例,本领域普通技术人员所获得的所有其他实施例,都属于本发明保护的范围。

[0051] 下面将参考附图并结合实施例来详细说明本发明。需要说明的是,在不冲突的情

况下,本发明中的实施例及实施例中的特征可以相互组合。

[0052] 在工程爆破中,最小抵抗线是指爆破时,岩石阻力最小的方向,在这个方向上岩石运动速度最高,爆破作用也最集中,因而最小抵抗线是爆破作用的主导方向,也是抛掷作用的主导方向。因此,最小抵抗线是一个非常重要的参数,能够直接影响每米钻孔爆破量、抛散距离和块度的破碎效果。

[0053] 在工程爆破中,通常将药包中心或重心到最近自由面的最短距离,称为最小抵抗线,一般常用W表示,最小抵抗线的大小取决于爆破工程的要求、地形条件和药包的布置方式。最小抵抗线方向是岩石阻力最小的方向,也是最易产生飞石的方向。最小抵抗线因所在岩石的性质和爆破材料以及爆破形式而不同。

[0054] 最小抵抗线修正后的计算公式如下:

$$[0055] \quad W_{\max} = \sqrt{\frac{Pgdt}{\gamma \cdot u}}$$

[0056] 式中: W_{\max} 为最小抵抗线的最大值,m;

[0057] P为爆破压力,MPa;

[0058] g为重力加速度, 9.8m/s^2 ;

[0059] d为钻孔直径,mm;

[0060] t为爆破作用时间,s;

[0061] γ 为岩石比重, t/m^3 ;

[0062] u为爆破气体冲击速度,m/s。

[0063] 爆破气体冲击速度u计算公式如下:

$$[0064] \quad u = \frac{Q}{S} = \frac{4 \cdot Q}{\pi(d^2 - r^2)}$$

[0065] 式中:Q为泄爆口二氧化碳气体冲出的流量, m^3/s ;

[0066] S为钻孔安装二氧化碳致裂器后的气体出口面积,钻孔内表面积减去二氧化碳致裂器外表面积, m^2 ;

[0067] r为二氧化碳致裂器的外直径。

[0068] 在本实施例中,采用的二氧化碳致裂器的长度l为800mm,二氧化碳致裂器的外直径r为51mm,考虑掘进工作面的空间布置,放置二氧化碳致裂器的钻孔内直径d为73mm,二氧化碳致裂器的爆破压力P的最大值为216MPa,爆破作用时间t为20ms,岩石比重为 $1.2 \sim 2.8\text{t/m}^3$,爆破气体冲击速度u约为 $2 \times 10^6\text{m/s}$ 。

[0069] 根据上述的最小抵抗线修正后的公式,同时考虑到岩石比重不均匀的情况,可以算出二氧化碳致裂器作用时最小抵抗线的最大值取值区间为 $1\text{m} < W_{\max} < 1.5\text{m}$ (如1.2m、1.3m、1.4m、1.45m、1.49m)。

[0070] 自由面指爆破岩体与空气的交界面,爆破岩体的自由面方向岩石的抵抗力最小,因此,在岩石爆破后,其能量是向着自由面释放的,导致爆轰波最先在自由面一方突破,将岩石破碎甚至抛掷出去。根据 W_{\max} 的取值,当致裂器冲出角度具有一定的倾角 α 时,可以扩大钻孔布置间距,并能达到良好的爆破抛煤岩的效果,减少施工工程量。因此采取泄爆头的泄爆口与待掘进巷道自由面有一定的夹角,致裂过程中实现煤岩碎块随冲击波一起抛出。

[0071] 此时：

$$[0072] \quad \alpha = \arctan \left(\frac{W_{\max}}{l_1} \right)$$

[0073] 式中： α 为泄爆口与钻孔轴线的夹角，°；

[0074] l_1 为爆破点距孔口的长度，m。

[0075] 结合 W_{\max} 和 l_1 取值， l_1 长度根据钻孔长度 l 而定，当 l 大于1m时， l_1 长度不小于0.5m；当 l 大于2.5m时， l_1 长度不小于1.0m。因此，工程实践中 α 的最佳取值区间为 $30^\circ \sim 60^\circ$ （如 30° 、 35° 、 45° 、 50° 、 55° 、 60° ），使泄爆口与致裂器呈Y型方式布置。

[0076] 根据上述致裂机理，本发明对现有的致裂器进行了结构上的重新改进，本发明的二氧化碳致裂器结构如图1所示，二氧化碳致裂器8包括充装阀、密封垫、加热器、储液管和泄爆头。

[0077] 储液管体4用于存储液态二氧化碳；作为其他实施方式，储液管也可为储液罐，能够实现安全存储液态二氧化碳。

[0078] 充装阀1通过密封垫2与储液管4固定连接，通过控制充装阀1的阀门开合状态实现将液态二氧化碳充装入储液管4中。密封垫2保证了储液管进气口的密封性。

[0079] 加热器3给储液管4加热，液态二氧化碳吸热气化，储液管4中的气体压力增加，当储液管4中的气压突破定压泄能片504设定压力后，高压二氧化碳气体沿泄爆口方向喷射，实现泄能爆破作业。

[0080] 泄爆头5，泄爆头为Y型结构如图1和图3所示，泄爆头包括泄爆管路和定压泄能片504，泄爆管路包括相互连通的第一管路501、第二管路502和第三管路503，第一管路501、第二管路502与第三管路503构成Y型结构，第一管路501一端设置有定压泄能片504，第一管路501通过定压泄能片504与储液管4连接，当储液管4中的气体压力达到一定值时，气化的二氧化碳就会冲破定压泄能片504，然后通过Y型结构的泄爆管路冲向巷道。第一管路501的另一端连接第二管路502的首端和第三管路503的首端，第二管路502的末端和第三管路503的末端均靠近且朝向待掘进巷道自由面，通过第二管路502的末端和第三管路503的末端进行泄爆。

[0081] 第二管路502和第三管路503靠近待掘进巷道自由面的末端为泄爆头5的泄爆方向，泄爆方向与第一管路501、储液管4呈Y型结构，如图1所示，泄爆头5的第一管路501径向方向与待掘进巷道自由面10垂直，因二氧化碳致裂器8进行调整改进的Y型布置结构，使得泄爆头5的泄爆方向与钻孔7轴线方向成一定的夹角，即二氧化碳致裂器8的泄爆头5的泄爆方向与钻孔内壁自由面11的夹角为 θ_1 ，泄爆头5的泄爆方向与待掘进巷道自由面10的夹角为 θ_2 ，通过调整 θ_1 和 θ_2 ，使泄爆口方向与待掘进巷道面最小抵抗线一致，能够在二氧化碳致裂器8进行爆破致裂后保证岩石顺利抛出。

[0082] 采用本发明的二氧化碳致裂器8在掘进工作面迎头的使用方法包括如下步骤：

[0083] 步骤1，施工准备：

[0084] 1. 根据待掘进巷道6的面积和二氧化碳致裂单孔有效半径，合理布置致裂钻孔。以图4为例，二氧化碳单孔致裂有效半径 h_1 为0.4m，在保证两个钻孔之间的煤岩能够全部被二氧化碳高压气体致裂爆碎的前提下，则钻孔之间最大间距 h_2 为0.8m，因此，掘进断面下方三排钻孔每相邻两个钻孔的左右和上下间距均设置为 $h_2=0.8m$ ；考虑巷道断面呈“拱形”，上

部半圆区域布置的致裂钻孔应在第一排中心孔为圆心、 h_1 为半径0.4m的半圆弧上,并确保处于圆弧上致裂钻孔与其相邻致裂钻孔的直线间距小于 $h_2=0.8m$;为了不破坏掘进巷道的断面轮廓线,周边致裂钻孔距巷道断面轮廓线的垂直距离 h_3 大于 $h_1=0.4m$,本实施例设定为0.5m。

[0085] 2.按照设计钻孔参数,选择性能匹配的钻机,依次施工致裂钻孔。

[0086] 3.首先将充装阀1、密封垫2、加热器3、储液管4、泄爆头5组装成二氧化碳致裂器;然后通过控制充装阀1的阀头状态开启以向二氧化碳致裂器8中充入液态二氧化碳,充满安装完毕后,将二氧化碳致裂器8运输至待掘巷道6,将二氧化碳致裂器8沿轴向倒置放入钻孔7内,具体是将充装阀1靠近钻孔深处放置,泄爆头一端且泄爆口靠近待掘进巷道自由面10,钻孔轴线与钻孔内壁自由面11平行,钻孔内壁自由面11与待掘进巷道自由面10垂直。泄爆口与钻孔内壁自由面和待掘进巷道自由面的夹角分别同为 $30^\circ\sim 60^\circ$ 。

[0087] 如图2所示,为了在一次爆破中实现更深的爆破效果,可将至少两个安装好的二氧化碳致裂器8进行首尾连接,通过内置导线12实现两组以上二氧化碳致裂器8导电;然后利用起爆电缆电连多个钻孔里的二氧化碳致裂器,在钻孔7的孔口处用封孔材料9进行有效封堵,封孔材料9可采用黄泥或聚氨酯等。

[0088] 步骤2,控制爆破:

[0089] 多个内置导线12通过起爆电缆与矿用起爆器连接,使用矿用起爆器进行起爆,二氧化碳致裂器8爆破产生的高压二氧化碳气体沿着泄爆孔方向直接作用在致裂钻孔7的孔壁上,如图2所示,致裂器的泄爆口与待掘进巷道自由面10的夹角 θ_2 ,能够消除泄爆孔向孔壁垂直释放冲击波存在反射波抵消气体能量的缺陷,在加热的作用下,储液管4中的液体二氧化碳逐渐气化,当储液管4中的气体压力突破定压泄能片504设定压力后,高压二氧化碳气体沿泄爆口方向顺利喷射出去,Y型结构的泄爆头可以减少反射波冲抵,降低气体能量损失,并保证泄爆方向朝向待掘进巷道自由面10,促进高能气体高效破碎煤岩,并借助反射冲击波气体携带碎石抛出巷道。另外,在爆破过程中,因二氧化碳致裂器8倒置的安置方式,高压气体释放冲击孔壁后产生的反冲作用,会将致裂器反冲向钻孔7深处,有效避免致裂器被冲击波冲出孔外,降低能量损耗,提高致裂安全系数。

[0090] 步骤3,回收致裂器:

[0091] 清理碎石,将致裂器取出,清洁以备再次使用,由于本发明中的致裂器为物理爆破,致裂器本身没有受到破坏,可以重复再利用,这也在一定程度上节省了下一次的爆破成本,以及减少了巷道掘进时现场遗留物干扰。

[0092] 综上所述,本发明为了使二氧化碳致裂器8能在巷道掘进中得到更好的应用,对二氧化碳致裂器8的致裂机理进行了研究,借助于泄爆方向可调的泄爆头5,反向放置致裂器,将泄爆方向与待掘进巷道自由面10成一定的夹角 θ_2 进行爆破,达到掘进爆破破碎煤岩和煤岩碎块快速抛出的双重效果。本发明的二氧化碳相变致裂器泄爆口与钻孔7中心轴线具有一定夹角,呈Y字型分布,消除了现行L字型泄爆口存在的能量冲抵缺陷,极大降低了直角爆破的局部损失,提高了二氧化碳气体能量利用率。同时,采用倒置致裂器方式,有效避免致裂器被冲击波冲出孔外,解决了致裂器难以固定的难题,消除了致裂器冲出孔外的风险。

[0093] 以上所述仅为本发明的较佳实施例而已,并不用以限制本发明,凡在本发明的精神和原则之内,所作的任何修改、等同替换、改进等,均在本发明待批权利要求保护范围之内。

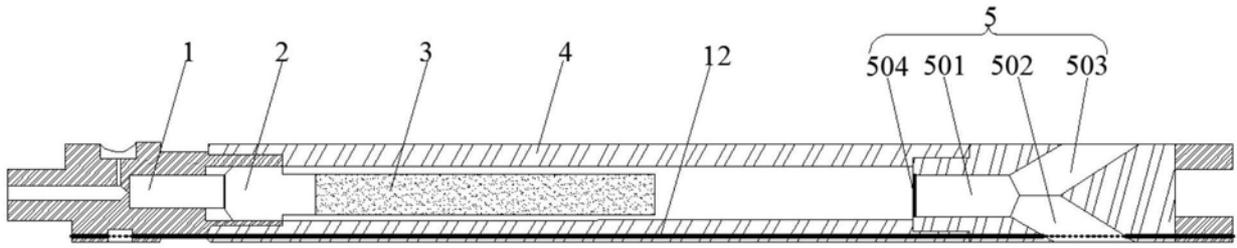


图1

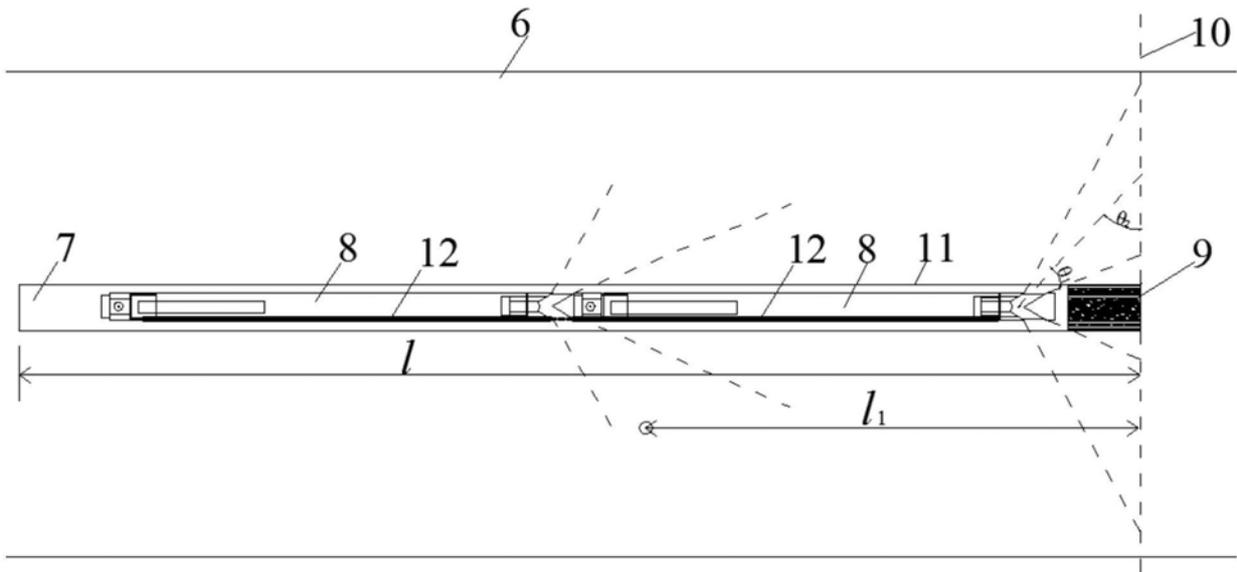


图2

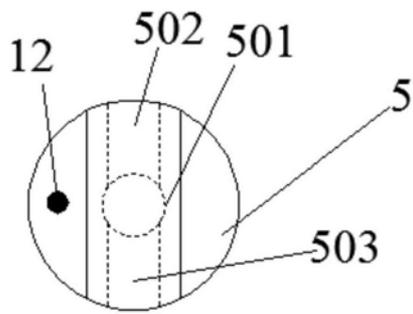


图3

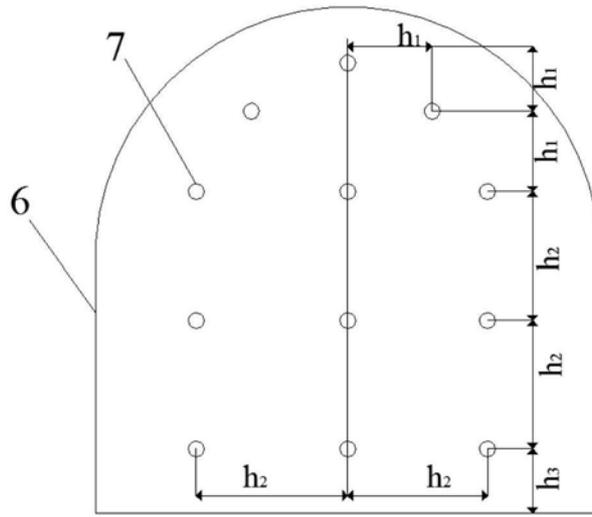


图4

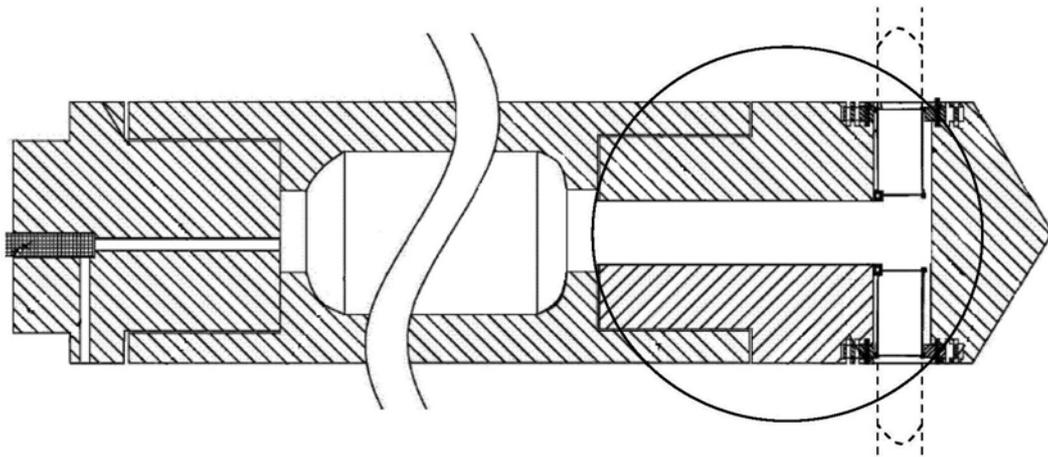


图5