



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 114575813 A

(43) 申请公布日 2022. 06. 03

(21) 申请号 202210210457.X

(22) 申请日 2022.03.05

(71) 申请人 中国矿业大学

地址 221116 江苏省徐州市铜山区大学路1号

(72) 发明人 张磊 曾世攀 李明雪 阚梓豪
袁小川 郭鲁成 李佳程

(74) 专利代理机构 北京智行阳光知识产权代理
事务所(普通合伙) 11738

专利代理师 杨效忠

(51) Int.Cl.

E21B 43/26 (2006.01)

E21B 43/30 (2006.01)

E21B 7/04 (2006.01)

E21B 49/00 (2006.01)

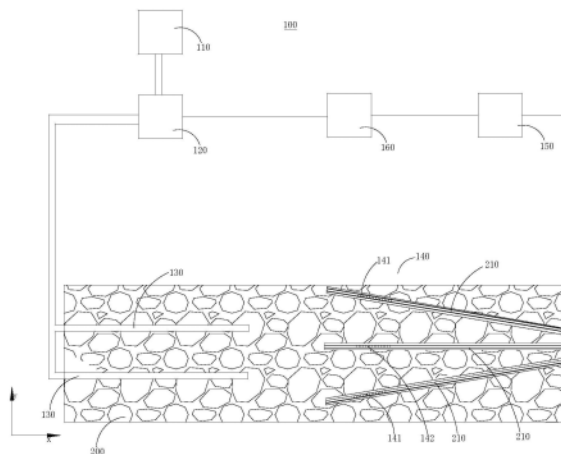
权利要求书2页 说明书8页 附图2页

(54) 发明名称

液氮致裂装置及施工方法和具有致裂装置的致裂系统

(57) 摘要

本发明公开了一种液氮致裂装置及施工方法和具有致裂装置的致裂系统,包括:储氮罐(110);阀门(120),与储氮罐(110)相连通;液氮注射管(130),其一端与所述阀门(120)相连通,另一端延伸至煤体(200)中;感测组件(140),其配置为感测所述煤体(200)的应变信号;计算机(160),其一端与阀门(120)相耦接,另一端与感测组件(140)相耦接,并配置为从所述感测组件(140)接收所述应变信号,并基于所述应变信号调节所述阀门(120)的流量。该液氮致裂装置100能够保证煤层得到足够致裂的同时尽可能节约液氮的使用量,达到环保节能的目的,而且该致裂装置监测灵敏度高,调节准确。



1. 一种液氮致裂装置,其特征在于,包括:

储氮罐 (110);

阀门 (120),与所述储氮罐 (110) 相连通;

液氮注射管 (130),其一端与所述阀门 (120) 相连通,另一端延伸至煤体 (200) 中;

感测组件 (140),其配置为感测所述煤体 (200) 的应变信号;

计算机 (160),其一端与所述阀门 (120) 相耦接,另一端与感测组件 (140) 相耦接,并配置为从所述感测组件 (140) 接收所述应变信号,并基于所述应变信号调节所述阀门 (120) 的流量。

2. 根据权利要求1所述的液氮致裂装置,其特征在于,

所述感测组件 (140) 包括:

至少一个光纤光栅应变传感器 (141),用于监测在注入液氮后的煤体 (200) 结构变化所造成的应变;

至少一个温度补偿传感器 (142),用于监测在注入液氮后的煤体 (200) 由于温度变化所造成的应变;

光栅解调仪 (150),其一端与所述光纤光栅应变传感器 (141)、所述温度补偿传感器 (142) 相耦接,其另一端与计算机 (160) 相耦接。

3. 根据权利要求2所述的液氮致裂装置,其特征在于,

所述感测组件 (140) 还包括:

多个钻孔 (210),开设于所述煤体 (200) 中,所述光纤光栅应变传感器 (141)、所述温度补偿传感器 (142) 一一对应设置在所述钻孔 (210) 中,并通过环氧树脂固定在所述钻孔 (210) 中。

4. 根据权利要求3所述的液氮致裂装置,其特征在于,

所述钻孔 (210) 内壁还配置有金属保护层 (170)。

5. 根据权利要求3所述的液氮致裂装置,其特征在于,

所述钻孔 (210) 由背离所述液氮注射管 (130) 的一侧向靠近所述液氮注射管 (130) 的一侧延伸,多个钻孔 (210) 位于同一切面内,且相邻的两个钻孔 (210) 之间为锐角夹角;其中,所述切面与由煤体 (200) 的水平方向 (x) 和延伸方向 (z) 所形成的水平面之间具有夹角。

6. 根据权利要求5所述的液氮致裂装置,其特征在于,

所述钻孔 (210) 包括三个,在三个所述钻孔 (210) 中,其中一个钻孔 (210) 沿着水平方向 (x) 开设,另外两个钻孔 (210) 对称布置在其两侧,使得相邻两个钻孔 (210) 之间的夹角开口朝向液氮注射管 (130);其中,温度补偿传感器 (142) 安装在水平方向 (x) 的钻孔 (210) 内,光纤光栅应变传感器 (141) 安装在另外两个钻孔 (210) 内。

7. 一种根据权利要求1所述的液氮致裂装置的施工方法,其特征在于,包括如下步骤:

S10:由进风巷朝向回风巷方向钻凿钻孔 (210),并在所述钻孔 (210) 内安装感测组件 (140);

S20:由回风巷朝向进风巷方向钻凿安置孔,并在安置孔内放置液氮注射管 (130);

S30:打开阀门 (120),液氮与煤体 (200) 相接触,煤体 (200) 发生冻融破坏与收缩变形,由感测组件 (140) 监测煤体 (200) 的应变信号并传输至计算机 (160);

S40:所述计算机 (160) 基于所述应变信号调节所述阀门 (120) 的流量,当煤体 (200) 的

致裂完毕时,计算机(160)控制阀门(120)关闭。

8.根据权利要求7所述的液氮致裂装置,其特征在于,

所述步骤S10包括:由进风巷朝向回风巷方向钻凿水平钻孔(210),再分别在与水平方向(x)倾斜的方位钻凿两个倾斜钻孔(210),其中,在水平钻孔(210)内安装温度补偿传感器(142),在倾斜钻孔(210)内安装光纤光栅应变传感器(141)。

9.一种煤体应变致裂系统,其特征在于,包括:

多个如权利要求1至权利要求6中任意一项所述液氮致裂装置(100),其中,所述液氮注射管(130)沿着回风巷延伸方向(z)间隔排布,所述钻孔(210)沿着进风巷的延伸方向(z)间隔设置。

10.根据权利要求9所述的煤体应变致裂系统,其特征在于,

同一切面内的所述钻孔(210)在朝向回风巷方向的投影位于两个相邻的液氮注射管(130)之间。

液氮致裂装置及施工方法和具有致裂装置的致裂系统

技术领域

[0001] 本发明涉及煤体致裂监测设备领域,尤其涉及一种液氮致裂装置及施工方法和具有致裂装置的致裂系统。

背景技术

[0002] 液氮对环境无污染,容易制备且成本低廉,有极低的温度(-196℃),煤体在注入低温液氮后,可使煤体冻结损伤弱化、原生微裂隙扩展以及产生新裂隙,形成冻融致裂带,在煤层有限的空间中,液氮气化后体积迅速膨胀,产生巨大膨胀力致裂煤层;在井下进行瓦斯抽采时可以采用液氮致裂从而提高瓦斯抽采率,而不同煤层的液氮注射量也不同,现有技术中,由于液氮使用量的不确定性会造成液氮的浪费或者煤体致裂效果不理想。因此需要一种能实时监测并控制煤层的注氮量,以达到最佳煤体致裂效果的装置与系统。

发明内容

[0003] 本方案针对上文提出的问题和需求,提出一种液氮致裂装置及施工方法和具有致裂装置的致裂系统,由于采取了如下技术特征而能够实现上述技术目的,并带来其他多项技术效果。

[0004] 本发明的一个目的在于提出一种液氮致裂装置,包括:

[0005] 储氮罐;

[0006] 阀门,与所述储氮罐相连通;

[0007] 液氮注射管,其一端与所述阀门相连通,另一端延伸至煤体中;

[0008] 感测组件,其配置为感测所述煤体的应变信号;

[0009] 计算机,其一端与所述阀门相耦接,另一端与感测组件相耦接,并配置为从所述感测组件接收所述应变信号,并基于所述应变信号调节所述阀门的流量。

[0010] 在本发明的一个示例中,所述感测组件包括:

[0011] 至少一个光纤光栅应变传感器,用于监测在注入液氮后的煤体结构变化所造成的应变;

[0012] 至少一个温度补偿传感器,用于监测在注入液氮后的煤体由于温度变化所造成的应变;

[0013] 光栅解调仪,其一端与所述光纤光栅应变传感器、所述温度补偿传感器相耦接,其另一端与计算机相耦接。

[0014] 在本发明的一个示例中,所述感测组件还包括:

[0015] 多个钻孔,开设于所述煤体中,所述光纤光栅应变传感器、所述温度补偿传感器一一对应设置在所述钻孔中,并通过环氧树脂固定在所述钻孔中。

[0016] 在本发明的一个示例中,所述钻孔内壁还配置有金属保护层。

[0017] 在本发明的一个示例中,所述钻孔由背离所述液氮注射管的一侧向靠近所述液氮注射管的一侧延伸,多个钻孔位于同一切面内,且相邻的两个钻孔之间为锐角夹角;其中,

所述切面与由煤体的水平方向和延伸方向所形成的水平面之间具有夹角。

[0018] 在本发明的一个示例中,所述钻孔包括三个,在三个所述钻孔中,其中一个钻孔沿着水平方向开设,另外两个钻孔对称布置在其两侧,使得相邻两个钻孔之间的夹角开口朝向液氮注射管;其中,温度补偿传感器安装在水平方向的钻孔内,光纤光栅应变传感器安装在另外两个钻孔内。

[0019] 本发明的另一个目的在于提出一种液氮致裂装置的施工方法,其特征在于,包括如下步骤:

[0020] S10:由进风巷朝向回风巷方向钻凿钻孔,并在所述钻孔内安装感测组件;

[0021] S20:由回风巷朝向进风巷方向钻凿安置孔,并在安置孔内放置液氮注射管;

[0022] S30:打开阀门,液氮与煤体相接触,煤体发生冻融破坏与收缩变形,由感测组件监测煤体的应变信号并传输至计算机;

[0023] S40:所述计算机基于所述应变信号调节所述阀门的流量,当煤体的致裂完毕时,计算机控制阀门关闭。

[0024] 在本发明的一个示例中,所述步骤S10包括:由进风巷朝向回风巷方向钻凿水平钻孔,再分别在水平方向倾斜的方位钻凿两个倾斜钻孔,其中,在水平钻孔内安装温度补偿传感器,在倾斜钻孔内安装光纤光栅应变传感器。

[0025] 本发明的再一个目的在于提出一种煤体应变致裂系统,包括:

[0026] 多个如上述所述液氮致裂装置,其中,所述液氮注射管沿着回风巷延伸方向间隔排布,所述钻孔沿着进风巷的延伸方向间隔设置。

[0027] 在本发明的一个示例中,同一切面内的所述钻孔在朝向回风巷方向的投影位于两个相邻的液氮注射管之间。

[0028] 下文中将结合附图对实施本发明的最优实施例进行更加详尽的描述,以便能容易理解本发明的特征和优点。

附图说明

[0029] 为了更清楚地说明本发明实施例的技术方案,下文中将对本发明实施例的附图进行简单介绍。其中,附图仅仅用于展示本发明的一些实施例,而非将本发明的全部实施例限制于此。

[0030] 图1为根据本发明实施例的液氮致裂装置的结构示意图;

[0031] 图2为根据本发明实施例的钻孔的结构示意图;

[0032] 图3为根据本发明实施例的煤体应变致裂系统的结构示意图。

[0033] 附图标记列表:

[0034] 应变致裂系统 1000;

[0035] 煤体 200;

[0036] 钻孔 210;

[0037] 应变致裂装置 100;

[0038] 储氮罐 110;

[0039] 阀门 120;

[0040] 液氮注射管 130;

- [0041] 感测组件 140;
- [0042] 光纤光栅应变传感器 141;
- [0043] 温度补偿传感器 142;
- [0044] 光栅解调仪 150;
- [0045] 计算机 160;
- [0046] 金属保护层 170;
- [0047] 水平方向 x ;
- [0048] 厚度方向 y ;
- [0049] 延伸方向 z 。

具体实施方式

[0050] 为了使得本发明的技术方案的目的、技术方案和优点更加清楚,下文中将结合本发明具体实施例的附图,对本发明实施例的技术方案进行清楚、完整地描述。附图中相同的附图标记代表相同部件。需要说明的是,所描述的实施例是本发明的一部分实施例,而不是全部的实施例。基于所描述的本发明的实施例,本领域普通技术人员在无需创造性劳动的前提下所获得的所有其他实施例,都属于本发明保护的范围。

[0051] 除非另作定义,此处使用的技术术语或者科学术语应当为本发明所属领域内具有一般技能的人士所理解的通常意义。本发明专利申请说明书以及权利要求书中使用的“第一”、“第二”以及类似的词语并不表示任何顺序、数量或者重要性,而只是用来区分不同的组成部分。同样,“一个”或者“一”等类似词语也不必然表示数量限制。“包括”或者“包含”等类似的词语意指出现该词前面的元件或物件涵盖出现在该词后面列举的元件或者物件及其等同,而不排除其他元件或者物件。“连接”或者“相连”等类似的词语并非限定于物理的或者机械的连接,而是可以包括电性的连接,不管是直接的还是间接的。“上”、“下”、“左”、“右”等仅用于表示相对位置关系,当被描述对象的绝对位置改变后,则该相对位置关系也可能相应地改变。

[0052] 需要指出的是,水平方向 x 、厚度方向 y 和延伸方向 z 三者之间彼此相互垂直。

[0053] 根据本发明第一方面的一种液氮致裂装置100,如图1所示,包括:

[0054] 储氮罐110,内部存储有液氮;

[0055] 阀门120,与所述储氮罐110相连通;

[0056] 液氮注射管130,其一端与所述阀门120相连通,另一端延伸至煤体200中;

[0057] 感测组件140,其配置为感测所述煤体200的应变信号;

[0058] 计算机160,其一端与所述阀门120相耦接,另一端与感测组件140相耦接,并配置为从所述感测组件140接收所述应变信号,并基于所述应变信号调节所述阀门120的流量;

[0059] 也就是说,计算机160控制阀门120打开,储氮罐110内的液氮由液氮注射管130注入煤体200中,煤体200开始发生冻融破坏与收缩变形,而此时由感测组件140感测煤体200的应变并获得煤体200的应变信号,再由计算机160接收所述应变信号,并基于该信号调节阀门120的流量,直至致裂完毕自动关闭阀门120;该液氮致裂装置100能够保证煤层得到足够致裂的同时尽可能节约液氮的使用量,达到环保节能的目的,而且该致裂装置监测灵敏度高,调节准确。

[0060] 值得说明的是,由进风巷朝内安装感测组件140;由回风巷朝内放置液氮注射管130;当然也可以由进风巷朝内安装液氮注射管130;由回风巷朝内放置感测组件140。

[0061] 在本发明的一个示例中,所述感测组件140包括:

[0062] 至少一个光纤光栅应变传感器141,用于监测在注入液氮后的煤体200结构变化所造成的应变;

[0063] 至少一个温度补偿传感器142,用于监测在注入液氮后的煤体200由于温度变化所造成的应变;

[0064] 光栅解调仪150,其一端与所述光纤光栅应变传感器141、所述温度补偿传感器142相耦接,其另一端与计算机160相耦接;例如,光栅解调仪150与光纤光栅应变传感器141、温度补偿传感器142之间均通过光纤耦接。

[0065] 由于煤体200在与液氮接触后,煤体200产生的应力变化主要包括两部分,其中一部分是液氮作用于煤体200,使得煤体200发生冻融破坏与收缩变形而产生的应变,另一部分是由于光线光栅传感器从常温到液氮超低温状态会产生光纤的应变,此部分应变由温度补偿传感器142所测得,也就是说,设置温度补偿传感器142是为了消除液氮注射过程中温度急剧下降对光纤光栅测量数据的影响;该感测组件140将煤体200的应变转化为光纤光栅的中心波长变化,由光纤将中心波长变化的信号传输给解调器解调并由计算机160进行解算分析而获得煤体200的应变大小。

[0066] 在本发明的一个示例中,所述感测组件140还包括:

[0067] 多个钻孔210,开设于所述煤体200中,所述光纤光栅应变传感器141、所述温度补偿传感器142一一对应设置在所述钻孔210中,并通过环氧树脂固定在所述钻孔210中;

[0068] 也就是说,其中一个钻孔210用于安装光纤光栅应变传感器141、其中一个钻孔210用于安装温度补偿传感器142;通过设置钻孔210可以便于光纤光栅应变传感器141、所述温度补偿传感器142的安装,环氧树脂附着能力强,从而通过环氧树脂的固定可以将传感器固定在钻孔210中;而且环氧树脂能够传递应变并对光纤光栅应变传感器141起到保护的作用。

[0069] 在本发明的一个示例中,如图2所示,所述钻孔210内壁还配置有金属保护层170;例如,金属保护层170为不锈钢保护层;这是因为在煤体200发生应变变形时,会对深埋入煤体200中的感测组件140造成损伤,从而影响感测组件140的监测精度;通过设置金属保护层170可以对感测组件140起到保护作用。

[0070] 在本发明的一个示例中,所述钻孔210由背离所述液氮注射管130的一侧向靠近所述液氮注射管130的一侧延伸,多个钻孔210位于同一切面内,且相邻的两个钻孔210之间为锐角夹角;其中,所述切面与由煤体200的水平方向x和延伸方向z所形成的水平面之间具有夹角;

[0071] 也就是说,钻孔210朝向液氮注射管130的一侧延伸可以提高钻孔210内的感测组件140监测煤体200的应变的灵敏度和准确度;而将多个钻孔210开设在同一切面上,可以提高液氮致裂的均匀性,同时也便于施工。

[0072] 在本发明的一个示例中,所述钻孔210包括三个,在三个所述钻孔210中,其中一个钻孔210沿着水平方向x开设,另外两个钻孔210对称布置在其两侧,使得相邻两个钻孔210之间的夹角开口朝向液氮注射管130;其中,温度补偿传感器142安装在水平方向x的钻孔

210内,光纤光栅应变传感器141安装在另外两个钻孔210内;

[0073] 也就是说,通过设置两个光纤光栅应变传感器141可以提高监测煤体200应变的精度,而将光纤光栅应变传感器141对称设置在温度补偿传感器142的两侧可以进一步提高测量的准确度;作为优选地,相邻两个钻孔210之间的夹角为 10° ,从而可以保证相邻两个钻孔210的开口较小,避免较大过大钻孔210而穿出煤体200,不便于安装感测组件140。

[0074] 在本发明的一个示例中,多个所述钻孔210所处的所述切面与所述水平面之间垂直设置;也就是说,钻孔210沿着煤体200的厚度方向y间隔设置在所述煤体200中,从而有助于提高钻孔210内的感测组件140对应变的感知准确度。当然本发明并不限制于此,多个钻孔210所处的切面与水平面之间也可以为锐角或者钝角夹角。

[0075] 在本发明的一个示例中,所述液氮注射管130包括多个,且沿着延伸方向z和厚度方向y阵列设置;

[0076] 通过等间隔设置多个液氮注射管130可以提高煤体200致裂的均匀性,实现最佳的致裂效果。

[0077] 例如,在本发明中,按照图1所示方式在煤体200中开设三个钻孔210布设光纤光栅应变传感器141和温度补偿传感器142,同时在煤体200中开设安置孔用于放置液氮注射管130,通过在钻孔210内布置光纤光栅应变传感器141、温度补偿传感器142并用环氧树脂进行封堵,然后通过向液氮注射管130注入液氮,致使煤体200产生收缩变形,此变形会通过不锈钢保护层与环氧树脂传递至光纤光栅应变传感器141,使得传感器的中心波长与折射率发生变化,改变值会通过光缆传输至光纤光栅解调仪150再至计算机160,通过计算判断传感器变形量到达一定程度即关闭液氮注射阀门120,这样既可以保证液氮致裂煤层的效果,又可以确保在煤体200得到足够致裂的同时尽可能节约液氮使用量,达到环保节能节约成本的目的。

[0078] 以三个钻孔210位于同一切面内,且该切面与水平面之间呈直角夹角为例,进行说明煤体200收缩变形与光纤发生变形之间的原理:

[0079] 本发明使用应变传递理论计算煤体200收缩形变与光纤发生形变的关系如下:

[0080] 光纤光栅的一小段的受力分析如下:

$$[0081] \quad \frac{d\sigma_g}{dx} = -\frac{2\tau(x, \gamma_g)}{\gamma_g}$$

[0082] 对于环氧树脂胶结段有:

$$[0083] \quad \tau(x, \gamma) = \frac{\gamma_g}{\gamma} \tau(x, \gamma_g) - \frac{(\gamma^2 - \gamma_g^2)d\sigma_c}{2\gamma dx}$$

[0084] 两式联立可得:

$$[0085] \quad \tau(x, \gamma) = -\frac{\gamma_g^2 d\sigma_g}{2\gamma dx} - \frac{(\gamma^2 - \gamma_g^2)d\sigma_c}{2\gamma dx}$$

$$[0086] \quad \text{忽略泊松效应则有: } \tau(x, \gamma) = \frac{\gamma_g^2}{-2\gamma} E_g \frac{d\varepsilon_g}{dx} - \frac{\gamma^2 - \gamma_g^2}{2\gamma} E_c \frac{d\varepsilon_c}{dx}$$

$$[0087] \quad \text{光纤光栅与环氧树脂同步变形则有: } \frac{d\varepsilon_g}{dx} \cong \frac{d\varepsilon_c}{dx}$$

[0088] 又因为光纤与环氧树脂弹性模量相差10倍以上,则有:

$$[0089] \quad \frac{\gamma^2 - \gamma_g^2}{\gamma_g^2} \frac{E_c}{E_g} \frac{d\varepsilon_c}{dx} \cong o\left(\frac{d\varepsilon_g}{dx}\right)$$

$$[0090] \quad \text{由上述三式可得: } \tau(x\gamma) = -\frac{r_g^2}{2r} \frac{d\sigma_g}{d\gamma} = -\frac{r_g^2}{2r} E_g \frac{d\varepsilon_g}{dx}$$

[0091] 仅考虑轴向变形有:

$$[0092] \quad \tau(x, r) = G_c \gamma(x, r) \cong G_c \frac{dv}{dx}$$

[0093] 式中 v 为环氧树脂层的轴向位移,而 γ 为环氧树脂层的剪应变,将上述两式联立并积分可得

$$[0094] \quad \int_{r_g}^{r_m} \left[G_c \frac{dv}{dr} \right] dr = \int_{r_g}^{r_m} \left[-\frac{r_g}{2r} E_g \frac{d\varepsilon_g}{dx} \right] dr$$

$$[0095] \quad v_m - v_g = -\frac{E_g d\varepsilon_g}{2G_c dx} r_g^2 \ln\left(\frac{r_m}{r_g}\right) = -\frac{d\varepsilon_g}{k^2 dx}$$

$$[0096] \quad k^2 = \frac{2G_c}{\gamma_g^2 E_g \ln\left(\frac{r_m}{r_g}\right)} = \frac{1}{(1+\mu) \frac{E_g}{E_c} \gamma_g^2 \ln\left(\frac{r_m}{r_g}\right)}$$

[0097] 其中 $G_c = E_c / (2+2\mu)$ 为环氧树脂层的剪切模量将式对 x 求导可得

$$[0098] \quad \frac{d^2 \varepsilon_g(x)}{dx^2} - k^2 \varepsilon_g(x) = -k^2 \varepsilon_m$$

[0099] 其通解为:

$$[0100] \quad \varepsilon_g(x) = c_1 e^{kx} + c_2 e^{-kx} + \varepsilon_m$$

[0101] 边界条件可以确定为

$$[0102] \quad \varepsilon_g(L) = \varepsilon_g(-L) = 0$$

[0103] 解得积分常数为

$$[0104] \quad c_1 = c_2 = \frac{\varepsilon_m}{-2\cosh(kL)}$$

[0105] 光纤内轴向应变分布为

$$[0106] \quad \varepsilon_g(x) = \varepsilon_m \left(1 - \frac{\cosh(kx)}{\cosh(kL)} \right)$$

[0107] 得到的光纤光栅应变传感器在埋入试件内部时的平均应变计算方法为

$$[0108] \quad \varepsilon_{\text{平均}} = \frac{\varepsilon_g}{\varepsilon_m} = 1 - \frac{\sinh(kL)}{kL \cosh(kL)}$$

[0109] 由于光纤光栅应变传感器141从常温到液氮超低温状态也会产生光纤的应变,此部分应变记为 ε_T ,即温度补偿传感器142所测得的应变,而置于钻孔2104、6内的光纤光栅应变传感器所测得的应变为

$$[0110] \quad \varepsilon_A = \varepsilon_T + \varepsilon_S$$

[0111] 其中 ε_S 为纯岩石变形传递至光纤的变形量。可由上式计算忽略温度后的光纤光栅

形变量。

[0112] 根据本发明第二方面的一种液氮致裂装置100的施工方法,包括如下步骤:

[0113] S10:由进风巷朝向回风巷方向钻凿钻孔210,并在所述钻孔210内安装感测组件140;

[0114] S20:由回风巷朝向进风巷方向钻凿安置孔,并在安置孔内放置液氮注射管130;例如,安置孔的直径为50mm,深度为2~3m。

[0115] S30:打开阀门120,液氮与煤体200相接触,煤体200发生冻融破坏与收缩变形,由感测组件140监测煤体200的应变信号并传输至计算机160;

[0116] S40:所述计算机160基于所述应变信号调节所述阀门120的流量,当煤体200的致裂完毕时,计算机160控制阀门120关闭;

[0117] 在步骤S10中包括:由进风巷朝向回风巷方向钻凿水平钻孔210,再分别在与水平方向 x 倾斜的方位钻凿两个倾斜钻孔210,其中,在水平钻孔210内安装温度补偿传感器142,在倾斜钻孔210内安装光纤光栅应变传感器141;例如,在进风巷中钻凿一个高度约为1.5m,直径为20mm深度为2~3m的水平钻孔210,再分别打与水平方向 x 成 10° 角的上向、下向钻孔210直径为20mm,深度为2~3m;当为致裂系统时,相邻两个切面的钻孔210之间距离为3~5m。

[0118] 当然也可以将感测组件140由回风巷安装,而液氮注射管130由进风巷安装。

[0119] 首先在进风巷的一侧开设钻孔210用于安装感测组件140,在回风巷的一侧开设安置孔用于安装液氮注射管130;然后通过向液氮注射管130注入液氮,致使煤体200产生收缩变形,此变形会通过不锈钢保护层与环氧树脂传递至光纤光栅应变传感器141,使得传感器的中心波长与折射率发生变化,改变值会通过光缆传输至光纤光栅解调仪150再至计算机160,通过计算判断传感器变形量到达一定程度即关闭液氮注射阀门120,这样既可以保证液氮致裂煤层的效果,又可以确保在煤体200得到足够致裂的同时尽可能节约液氮使用量,达到环保节能节约成本的目的。简言之,通过在煤层中布置应变传感器监测液氮致裂煤层的情况同时根据致裂情况调控液氮注射阀门120,达到液氮使用量的精确控制与实时调控。此方法会提高现场施工对液氮致裂效果的实时感知,提高了煤层致裂效果,且精确控制了液氮使用量,较好的控制了成本、节约了资源。

[0120] 根据本发明第三方面的一种煤体应变致裂系统1000,如图3所示,包括:

[0121] 多个如上述所述煤体200应变致裂装置100,其中,所述液氮注射管130沿着回风巷延伸方向 z 间隔排布,所述钻孔210沿着进风巷的延伸方向 z 间隔设置;

[0122] 也就是说,煤体200应变检测系统包括多个煤体200应变致裂装置100,从而可以大大提高煤体200致裂的效率;而作为优选地,所述液氮注射管130沿着回风巷延伸方向 z 等间隔排布,所述钻孔210沿着进风巷的延伸方向 z 等间隔设置,这样可以提高致裂的均匀性。

[0123] 在本发明的一个示例中,同一切面内的所述钻孔210在朝向回风巷方向的投影位于两个相邻的液氮注射管130之间;这样可以提高液氮致裂的均匀性的同时也能够提高感测组件140感知煤体200应变的灵敏度和准确度。

[0124] 上文中参照优选的实施例详细描述了本发明所提出的液氮致裂装置及施工方法和具有致裂装置的致裂系统的示范性实施方式,然而本领域技术人员可理解的是,在不背离本发明理念的前提下,可以对上述具体实施例做出多种变型和改型,且可以对本发明提

出的各种技术特征、结构进行多种组合,而不超出本发明的保护范围,本发明的保护范围由所附的权利要求确定。

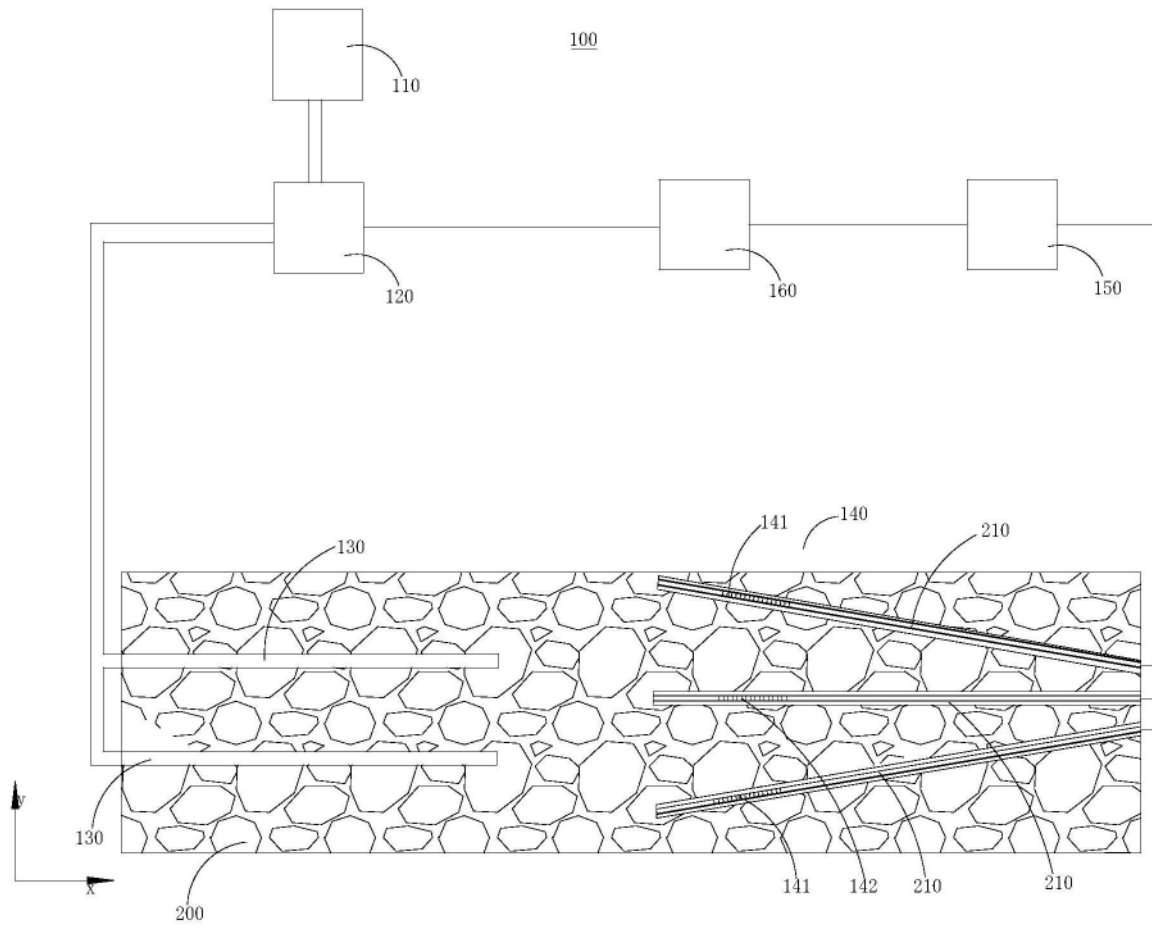


图1

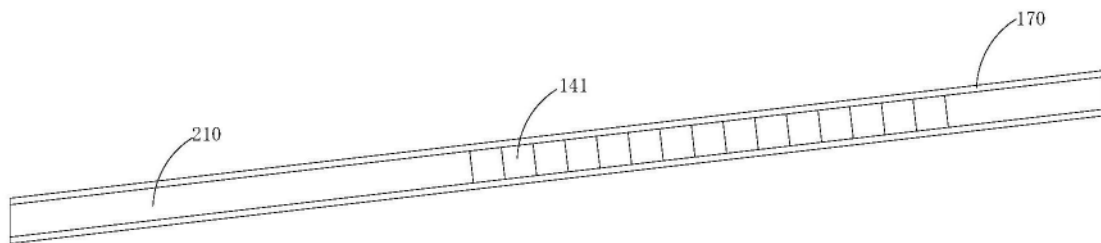


图2

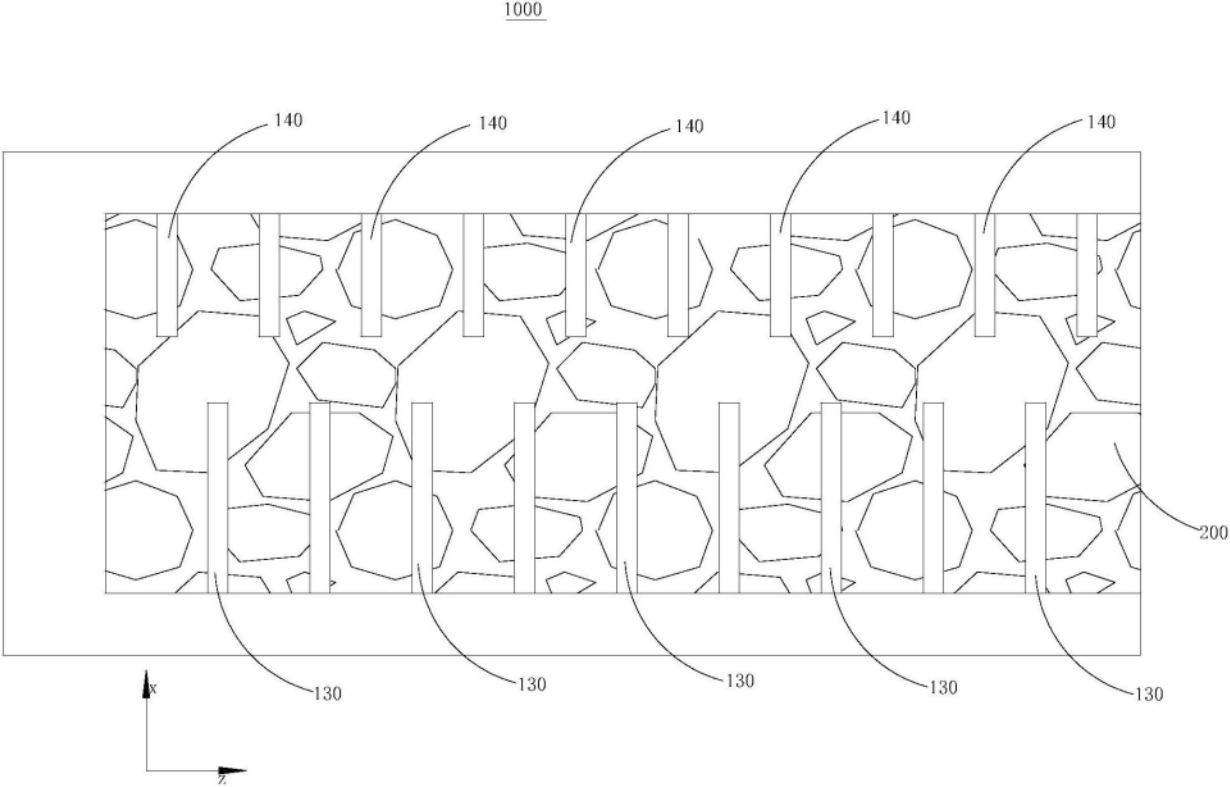


图3