



# (12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 115575518 A

(43) 申请公布日 2023. 01. 06

(21) 申请号 202211048552.0

(22) 申请日 2022.08.29

(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 黄华州 吴正清 桑树勋 周效志  
刘世奇 常羨彤 韩思杰

(74) 专利代理机构 南京经纬专利商标代理有限公司 32200

专利代理师 潘文龙

(51) Int. Cl.

G01N 30/02 (2006.01)

G01N 30/06 (2006.01)

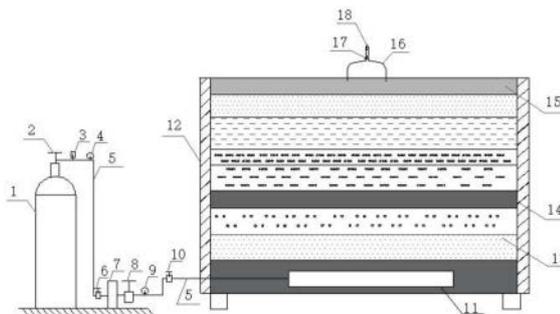
权利要求书2页 说明书5页 附图2页

## (54) 发明名称

一种采空区煤层气微渗漏的土壤游离气排放通量监测系统

## (57) 摘要

本发明公开了一种采空区煤层气微渗漏的土壤游离气排放通量监测系统,系统内的采空区上覆地层模拟系统用于采空区上覆地层模拟系统;系统内的采空区煤层气O形气源模拟与控制系统用于模拟采空区游离煤层气以及提供气源并控制气源压力、成分浓度、赋存位置;系统内的土壤层微渗漏气体排放通量测试采样测试装置用于采集微渗漏至表层土壤的气体样品,便于测试土壤游离气成分浓度、排放通量;本系统能够实现室内模拟地下煤炭采空区煤层气在不同的气体压力、甲烷浓度、赋存空间位置等条件下的微渗漏,并采样测试地表土壤游离气甲烷、二氧化碳浓度及排放通量。



1. 一种采空区煤层气微渗漏的土壤游离气排放通量监测系统,用于地下采空区煤层气穿过上覆地层至近地表土壤层的微渗漏过程模拟和地表土壤层微渗漏气体采样分析,其特征在于:包括采空区上覆地层模拟系统、采空区煤层气O形气源模拟与控制系统、土壤层微渗漏气体排放通量测试采样装置;

所述采空区上覆地层模拟系统用于采空区上覆地层模拟系统,其包括地层模拟仓(12)、模拟地层,所述模拟地层填充于地层模拟仓内;

所述采空区煤层气O形气源模拟与控制系统用于模拟采空区游离煤层气以及提供气源并控制气源压力、成分浓度、赋存位置,其包括O形模拟裂隙圈(11)、气源控制装置,所述O形模拟裂隙圈(11)置于所述模拟地层底部,所述气源控制装置位于地层模拟仓(12)外,通过管路与O形模拟裂隙圈(11)连通;

所述土壤层微渗漏气体排放通量测试采样测试装置放置于模拟地层顶部,用于采集微渗漏至表层土壤的气体样品,便于测试土壤游离气成分浓度、排放通量。

2. 如权利要求1所述的一种采空区煤层气微渗漏的土壤游离气排放通量监测系统,其特征在于:所述模拟地层参照采空区上覆地层柱状自下而上依次填充,从下到上依次填充有模拟岩层(13)、模拟煤层(14)、土壤层(15)。

3. 如权利要求2所述的一种采空区煤层气微渗漏的土壤游离气排放通量监测系统,其特征在于:所述土壤层微渗透气体排放通量测试采样系统包括若干测试腔体(16),所述测试腔体(16)底部开口并置入模拟地层内,所述测试腔体(16)顶部设有出气孔并设有可拆卸的密封胶塞(17),所述出气孔用于气体采集器(18)采集气体。

4. 如权利要求1所述的一种采空区煤层气微渗漏的土壤游离气排放通量监测系统,其特征在于:所述地层模拟仓为立方体结构,其底面与四个侧面及相连的侧面之间均密封处理,地层模拟仓(12)顶部为敞口,为防止气体从模拟地层与地层模拟仓(12)间隙溢出,所述模拟地层四周与地层模拟仓(12)之间均涂有胶质密封层,模拟地层顶部的土壤层(15)为敞口状态。

5. 如权利要求1所述的一种采空区煤层气微渗漏的土壤游离气排放通量监测系统,其特征在于:所述模拟地层中的模拟岩层(13)、模拟煤层(14)基于相似原理,参照采空区上覆岩层、煤层物理性质并利用相似材料制作,所述模拟岩层(13)中骨架的制作材料包括石英砂、重晶石、浮石粉,胶结剂利用水石膏、硅酸钠;所述模拟煤层(14)中骨架的制作材料包括煤粉、沙子,胶结剂采用石膏。

6. 如权利要求3所述的一种采空区煤层气微渗漏的土壤游离气排放通量监测系统,其特征在于:所述气源控制装置包括气瓶(1),所述气瓶(1)的出口通过管路(5)依次与开关阀(2)、压力恒定阀(3)、压力表(4)、储气阀门(6)、储气仓(7)、气样采集控制器(8)、压力表(9)、进气阀门(10)、O形模拟裂隙圈(11)连接。

7. 如权利要求1所述的一种采空区煤层气微渗漏的土壤游离气排放通量监测系统,其特征在于:所述O形模拟裂隙圈(11)包括十字杆(20)和中空的环形管线,所述十字杆(20)的四端分别与环形管线的四边固定形成田字形,所述环形管线上设置若干连通其内腔的出气筛孔(19),所述环形管线的内腔通过管路(5)与气源控制装置内的气瓶(1)连通。

8. 一种如权利要求6所述的采空区煤层气微渗漏的土壤游离气排放通量监测系统的监测方法,其特征在于,包括以下步骤:

S1、参照煤矿采空区煤层气气体成分以及浓度,配制采空区煤层气气源,灌注于气瓶(1);

S2、利用气瓶(1)完成储气仓(7)气体充注,注入压力为实际煤矿采空区煤层气气体压力;

S3、完成储气仓(7)气体充注后,关闭储气阀门(6),打开进气阀门(10),气体流入O形模拟裂隙圈(11);

S4、当压力表(9)压力降低0.1MPa后,在土壤层(15)上布置多个测试腔体(16),采样点覆盖土壤层(15);

S5、将摘除密封胶塞(17)的测试腔体(16)置入土壤层(15)表面之下10-30mm,供气体涌入测试腔体(16)内;

S6、经过3-5min后,利用密封胶塞(17)密封测试腔体(16),利用气体采集器(18)穿过密封胶塞(17)并延伸至测试腔体(16)内部进行气样采集;

S7、按预定的时间间隔,利用气体采集器(18)在测试腔体(16)中抽取气体样品到气样瓶,用气相色谱仪测定样品中气体成分以及浓度,获取气体浓度随采样时间的变化曲线,计算气体成分以及排放通量。

9.如权利要求8所述的一种采空区煤层气微渗漏的土壤游离气排放通量监测系统的监测方法,其特征在于,步骤S7中设置时间间隔为0min,2min,4min,8min,10min依次类推。

## 一种采空区煤层气微渗漏的土壤游离气排放通量监测系统

### 技术领域

[0001] 本发明涉及采空区煤层气微渗漏的土壤游离气排放通量监测领域,具体涉及一种采空区煤层气微渗漏的土壤游离气排放通量监测系统。

### 背景技术

[0002] 固体地球表层存在甲烷或轻烃微渗漏现象,如国内外绝大多数已知油气藏近地表存在轻烃微渗漏,油气地球化学勘探即是利用地下油气藏轻烃微渗漏形成近地表的地球化学异常,圈定、识别地下的油气藏。地下煤矿采空区煤层气微渗漏现象已在波兰、捷克等多地煤矿区地表被发现,这种煤层气微渗漏现象也可在地表土壤形成地球化学异常,包括土壤游离气甲烷、二氧化碳等浓度及排放通量异常。但国内井工煤矿形成的地下采空区煤层气微渗漏尚未受到学术界与工业界重视,地下采空区煤层气微渗漏的相关报导尚未见诸于公开报导。

[0003] 采空区形成后,在其上覆地层垂向上会形成冒落带、(断裂)裂隙带、弯曲下沉带,平面上形成了采动裂隙O形圈,采动卸压解吸的游离态煤层气平面上富集于采动裂隙O形圈。地下采动裂隙O形圈内富集煤层气的部分成分分子以胶体大小的微气泡形式相对快速的通过上覆岩层向地表运移,这种微气泡以近乎垂直的方式穿过采空区上覆煤岩层和含水层,即微渗漏,微渗漏气体会在地表土壤中形成地表土壤中的游离气组分及游离气排放通量等地球化学异常。地表土壤中地球化学异常位置和异常指标与采空区煤层气的赋存特征密切相关,但目前尚未有相关的室内实验装置,可以模拟采空区煤层气赋存形态(如气体压力、甲烷浓度、赋存空间位置),在采空区煤层气微渗漏的条件下,分析采空区煤层气的赋存特征与地表土壤游离气组分与排量通量等地球化学异常的响应关系。

### 发明内容

[0004] 针对上述存在的技术不足,本发明的目的是提供一种采空区煤层气微渗漏的土壤游离气排放通量监测系统,其能够实现在室内模拟地下煤炭采空区煤层气在不同的气体压力、甲烷浓度、赋存空间位置等条件下的微渗漏,并采样测试地表土壤游离气甲烷、二氧化碳浓度及排放通量。

[0005] 为解决上述技术问题,本发明采用如下技术方案:

[0006] 本发明提供一种采空区煤层气微渗漏的土壤游离气排放通量监测系统,用于地下采空区煤层气穿过上覆地层至近地表土壤层的微渗漏过程模拟和地表土壤层微渗漏气体采样分析,其特征在于:包括采空区上覆地层模拟系统、采空区煤层气O形气源模拟与控制系统、土壤层微渗漏气体排放通量测试采样装置;

[0007] 所述采空区上覆地层模拟系统用于采空区上覆地层模拟系统,其包括地层模拟仓、模拟地层,所述模拟地层填充于地层模拟仓内;

[0008] 所述采空区煤层气O形气源模拟与控制系统用于模拟采空区游离煤层气以及提供气源并控制气源压力、成分浓度、赋存位置,其包括O形模拟裂隙圈、气源控制装置,所述O形

模拟裂隙圈置于所述模拟地层底部,所述气源控制装置位于地层模拟仓外,通过管路与O形模拟裂隙圈连通;

[0009] 所述土壤层微渗漏气体排放通量测试采样测试装置放置于模拟地层顶部,用于采集微渗漏至表层土壤的气体样品,便于测试土壤游离气成分浓度、排放通量。

[0010] 优选地,所述模拟地层参照采空区上覆地层柱状自下而上依次填充,从下到上依次填充有模拟岩层、模拟煤层、土壤层。

[0011] 优选地,所述土壤层微渗透气体排放通量测试采样系统包括若干测试腔体,所述测试腔体底部开口并置入模拟地层内,所述测试腔体顶部设有出气孔并设有可拆卸的密封胶塞,所述出气孔用于气体采集器采集气体。

[0012] 优选地,所述地层模拟仓为立方体结构,其底面与四个侧面及相连的侧面之间均密封处理,地层模拟仓顶部为敞口,为防止气体从模拟地层与地层模拟仓间隙溢出,所述模拟地层四周与地层模拟仓之间均涂有胶质密封层,模拟地层顶部的土壤层为敞口状态。

[0013] 优选地,所述模拟地层中的模拟岩层、模拟煤层基于相似原理,参照采空区上覆岩层、煤层物理性质并利用相似材料制作,所述模拟岩层中骨架的制作材料包括石英砂、重晶石、浮石粉,胶结剂利用水石膏、硅酸钠;所述模拟煤层中骨架的制作材料包括煤粉、沙子,胶结剂采用石膏。

[0014] 优选地,所述气源控制装置包括气瓶,所述气瓶的出口通过管路依次与开关阀、压力恒定阀、压力表、储气阀门、储气仓、气样采集控制器、压力表、进气阀门、O形模拟裂隙圈连接。

[0015] 优选地,所述O形模拟裂隙圈包括十字杆和中空的环形管线,所述十字杆的四端分别与环形管线的四边固定形成田字形,所述环形管线上设置若干连通其内腔的出气筛孔,所述环形管线的内腔通过管路与气源控制装置内的气瓶连通。

[0016] 本发明还提供上述采空区煤层气微渗漏的土壤游离气排放通量监测系统的监测方法,包括以下步骤:

[0017] S1、参照煤矿采空区煤层气气体成分以及浓度,配制采空区煤层气气源,灌注于气瓶;

[0018] S2、利用气瓶完成储气仓气体充注,注入压力为实际煤矿采空区煤层气气体压力;

[0019] S3、完成储气仓气体充注后,关闭储气阀门,打开进气阀门,气体流入O形模拟裂隙圈;

[0020] S4、当压力表压力降低0.1MPa后,在土壤层上布置多个测试腔体,采样点覆盖土壤层;

[0021] S5、将摘除密封胶塞的测试腔体置入土壤层表面之下10-30mm,供气体涌入测试腔体内;

[0022] S6、经过3-5min后,利用密封胶塞密封测试腔体,利用气体采集器穿过密封胶塞并延伸至测试腔体内部进行气样采集;

[0023] S7、按预定的时间间隔,利用气体采集器在测试腔体中抽取气体样品到气样瓶,用气相色谱仪测定样品中气体成分以及浓度,获取气体浓度随采样时间的变化曲线,计算气体成分以及排放通量。

[0024] 优选地,步骤S7中设置时间间隔为0min,2min,4min,8min,10min依次类推。

[0025] 本发明的有益效果在于：

[0026] (1) 本发明中的采空区上覆地层模拟系统通过在地层模拟仓内设置模拟地层，提供采空区煤层气微渗漏的地质条件，实现了采空区上覆地质模型的搭建；

[0027] (2) 本发明中的采空区煤层气O形气源模拟与控制系统，模拟气体压力、成分浓度、赋存位置等关键采空区煤层气赋存状态，提供了可控制和监测的实验条件；

[0028] (3) 本发明中的土壤层微渗漏气体排放通量测试采样装置可获取采空区煤层气微渗漏到地表在不同平面位置、不同时间的土壤层气体样品，以便测试分析排放通量、游离气成分浓度。

## 附图说明

[0029] 为了更清楚地说明本发明实施例或现有技术中的技术方案，下面将对实施例或现有技术描述中所需要使用的附图作简单地介绍，显而易见地，下面描述中的附图仅仅是本发明的一些实施例，对于本领域普通技术人员来讲，在不付出创造性劳动的前提下，还可以根据这些附图获得其他的附图。

[0030] 图1为本发明实施例提供的一种采空区煤层气微渗漏的土壤游离气排放通量监测系统的结构示意图；

[0031] 图2为本发明实施例提供的O形模拟裂隙圈的结构示意图；

[0032] 图3为本发明实施例提供的测试腔体的安装示意图。

[0033] 附图标记说明：

[0034] 1、气瓶；2、开关阀；3、压力恒定阀；4、压力表；5、管路；6、储气阀门；7、储气仓；8、气样采集控制器；9、压力表；10、进气阀门；11、O形模拟裂隙圈；12、地层模拟仓；13、模拟岩层；14、模拟煤层；15、土壤层；16、测试腔体；17、密封胶塞；18、气体采集器；19、出气筛孔；20、十字杆。

## 具体实施方式

[0035] 下面将结合本发明实施例中的附图，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在没有做出创造性劳动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。

[0036] 如图1至图3所示，一种采空区煤层气微渗漏的土壤游离气排放通量监测系统，用于地下采空区煤层气穿过上覆地层至近地表土壤层的微渗漏过程模拟和地表土壤层微渗漏气体采样分析，

[0037] 系统组装前首先获得实验背景信息，如某煤矿采空区上覆地层柱状、主要岩层的物理性质（如岩性、岩石力学性质、孔隙参数等）、煤矿采空区煤层气气体压力、气体成分浓度等，采集煤矿采空区上覆近地表土壤样品；

[0038] 该系统包括采空区上覆地层模拟系统、采空区煤层气O形气源模拟与控制系统、土壤层微渗漏气体排放通量测试采样装置；

[0039] 所述采空区上覆地层模拟系统用于采空区上覆地层模拟系统，其包括地层模拟仓12、模拟地层，所述模拟地层填充于地层模拟仓内；

[0040] 所述模拟地层参照采空区上覆地层柱状自下而上依次填充,从下到上依次填充有模拟岩层13、模拟煤层14、土壤层15。

[0041] 模拟地层的总厚度为1.4m,土壤层15的厚度为0.4m;模拟地层中土壤层15,由采集自煤矿采空区上覆近地表土壤填充。

[0042] 所述模拟地层中的模拟岩层13、模拟煤层14基于相似原理,参照采空区上覆岩层、煤层物理性质并利用相似材料制作,所述模拟岩层13中骨架的制作材料包括石英砂、重晶石、浮石粉,胶结剂利用水石膏、硅酸钠;所述模拟煤层14中骨架的制作材料包括煤粉、沙子,胶结剂采用石膏。

[0043] 所述地层模拟仓为立方体结构,其底面与四个侧面及相连的侧面之间均密封处理,地层模拟仓12顶部为敞口,为防止气体从模拟地层与地层模拟仓12间隙溢出,所述模拟地层四周与地层模拟仓12之间均涂有胶质密封层,模拟地层顶部的土壤层15为敞口状态。

[0044] 所述采空区煤层气0形气源模拟与控制系统用于模拟采空区游离煤层气以及提供气源并控制气源压力、成分浓度、赋存位置,其包括0形模拟裂隙圈11、气源控制装置,所述0形模拟裂隙圈11置于所述模拟地层底部,所述气源控制装置位于地层模拟仓12外,通过管路与0形模拟裂隙圈11连通;

[0045] 所述土壤层微渗漏气体排放通量测试采样测试装置放置于模拟地层顶部,用于采集微渗漏至表层土壤的气体样品,便于测试土壤游离气成分浓度、排放通量。

[0046] 所述土壤层微渗透气体排放通量测试采样系统包括若干测试腔体16,测试腔体16直径50mm,所述测试腔体16底部开口并置入模拟地层内,所述测试腔体16顶部设有出气孔并设有可拆卸的密封胶塞17,所述出气孔用于气体采集器18采集气体。

[0047] 所述气源控制装置包括气瓶1,所述气瓶1的出口通过管路5依次与开关阀2、压力恒定阀3、压力表4、储气阀门6、储气仓7、气样采集控制器8、压力表9、进气阀门10、0形模拟裂隙圈11连接。

[0048] 储气仓7为一耐高压密封气仓,用于提供不同压力下固定体积的稳定气源,结合压力表9,用于监测采空区煤层气逸散形成的气体压力变化;

[0049] 所述0形模拟裂隙圈11包括十字杆20和中空的环形管线,所述十字杆20的四端分别与环形管线的四边固定形成田字形,所述环形管线上设置若干连通其内腔的出气筛孔19,所述环形管线的内腔通过管路5与气源控制装置内的气瓶1连通。

[0050] 本实施例中所述0形模拟裂隙圈11尺寸为50×50cm,0形模拟裂隙圈11的环形管线布置有12个出气筛孔,每个出气筛孔的直径为2.0cm,所述0形模拟裂隙圈11置于模拟地层下部,距地层模拟仓12底面10cm,0形模拟裂隙圈11用于模拟采动裂隙0形圈,通气后形成模拟采空区游离煤层气富集区。

[0051] 本发明还提供上述采空区煤层气微渗漏的土壤游离气排放通量监测系统的监测方法,包括以下步骤:

[0052] S1、参照煤矿采空区煤层气气体成分以及浓度,配制采空区煤层气气源,灌注于气瓶1;

[0053] S2、利用气瓶1完成储气仓7气体充注,注入压力为实际煤矿采空区煤层气气体压力;

[0054] S3、完成储气仓7气体充注后,关闭储气阀门6,打开进气阀门10,气体流入0形模拟

裂隙圈11;

[0055] S4、当压力表9压力降低0.1MPa后,在土壤层15上布置多个测试腔体16,采样点覆盖土壤层15;

[0056] S5、将摘除密封胶塞17的测试腔体16置入土壤层15表面之下10-30mm,供气体涌入测试腔体16内;

[0057] S6、经过3-5min后,利用密封胶塞17密封测试腔体16,利用气体采集器18穿过密封胶塞17并延伸至测试腔体16内部进行气样采集;

[0058] S7、按预定的时间间隔,利用气体采集器18在测试腔体16中抽取气体样品到气样瓶,用气相色谱仪测定样品中气体成分以及浓度,如CH<sub>4</sub>和CO<sub>2</sub>,获取气体浓度随采样时间的变化曲线,计算气体成分如CH<sub>4</sub>和CO<sub>2</sub>排放通量。

[0059] 步骤S7中设置时间间隔为0min,2min,4min,8min,10min依次类推。

[0060] 本发明实现了对煤矿采空区上覆地质体的真实模拟。采空区煤层气O形气源模拟与控制系统,模拟出气体压力、成分浓度、赋存位置等关键采空区煤层气赋存状态,提供了可控制和监测的实验条件;土壤层微渗漏气体排放通量测试采样装置,可采集采空区煤层气微渗漏到地表在不同平面位置、不同时间的土壤层气体,以便测试分析气体排放通量、游离气成分浓度。本发明可以实现在采空区煤层气微渗漏的条件下,分析采空区煤层气的赋存特征(如气体压力、甲烷浓度、赋存空间位置)与地表土壤地球化学异常的响应关系。

[0061] 显然,本领域的技术人员可以对本发明进行各种改动和变型而不脱离本发明的精神和范围。这样,倘若本发明的这些修改和变型属于本发明权利要求及其等同技术的范围之内,则本发明也意图包含这些改动和变型在内。

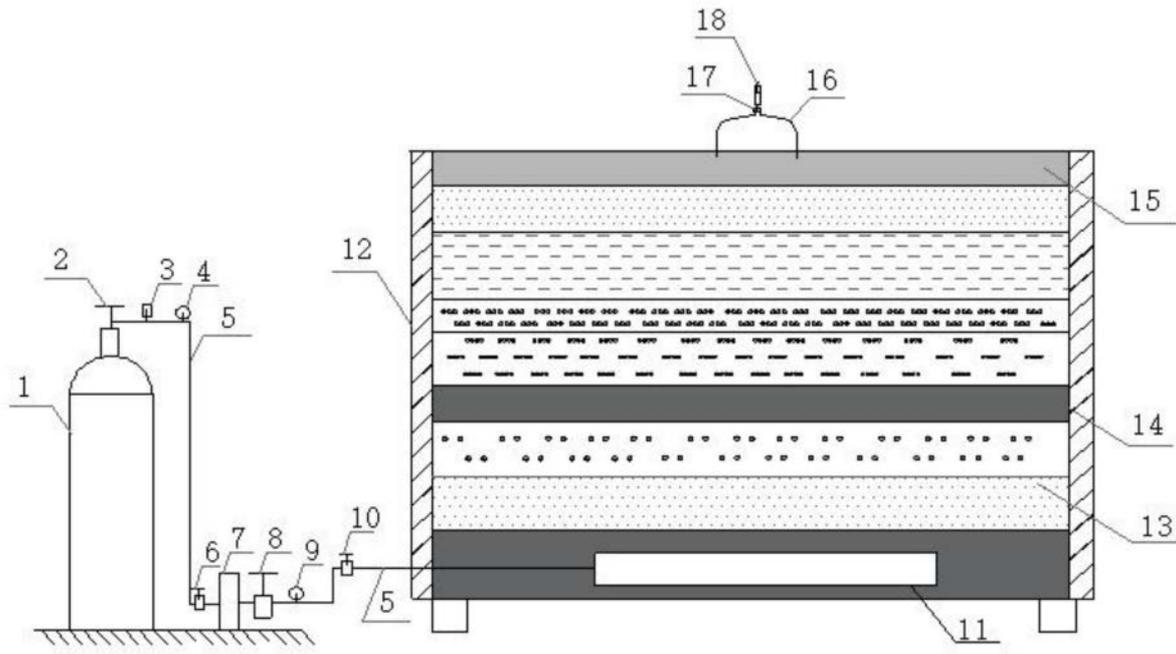


图1

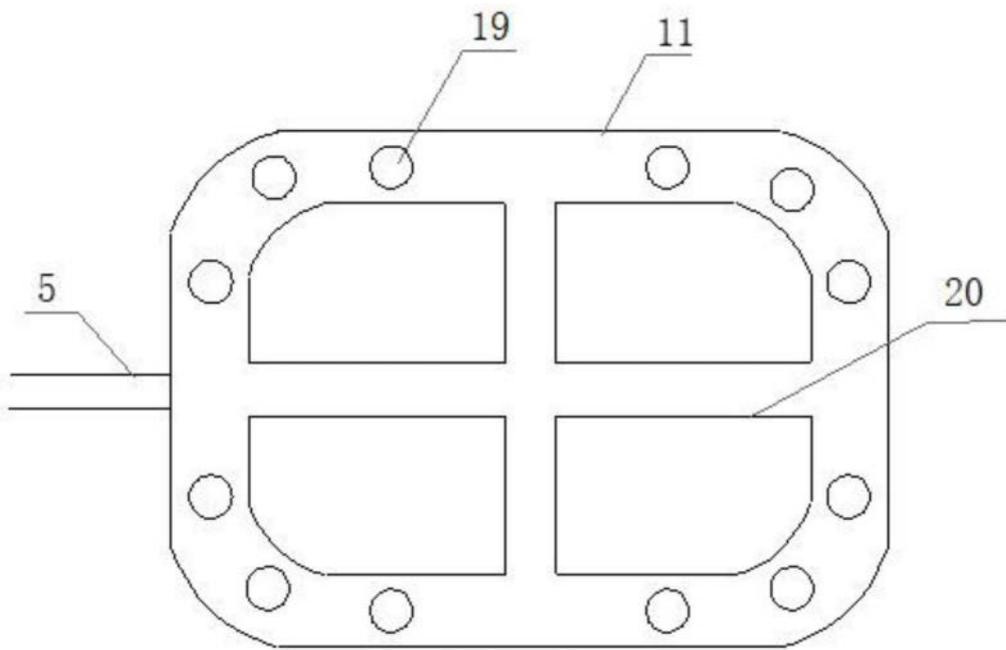


图2

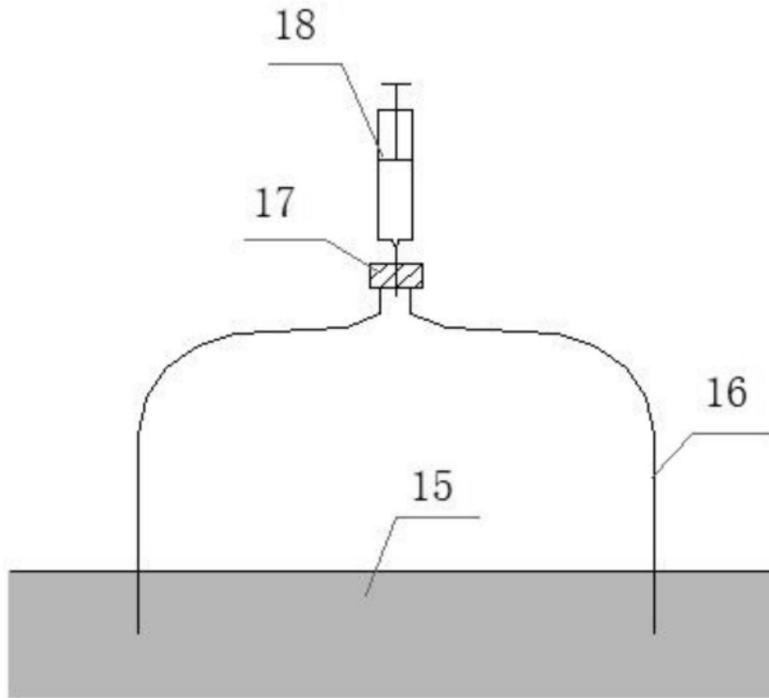


图3