



# (12)实用新型专利

(10)授权公告号 CN 206339506 U

(45)授权公告日 2017. 07. 18

(21)申请号 201621451072.9

(22)申请日 2016.12.28

(73)专利权人 塔里木大学

地址 843300 新疆维吾尔自治区阿拉尔市  
塔里木大道1487号

(72)发明人 李宏伟 杨晓松 韩天红 黎亮

(51)Int. Cl.

G01N 25/16(2006.01)

(ESM)同样的发明创造已同日申请发明专利

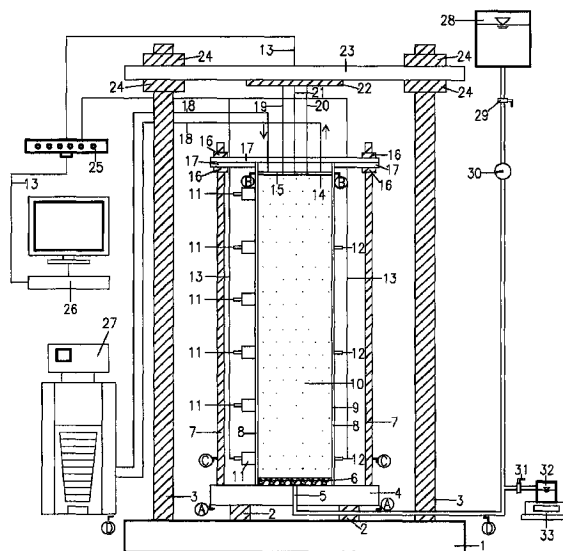
权利要求书1页 说明书5页 附图3页

## (54)实用新型名称

一种测试一维土柱冻胀变形的试验装置

## (57)摘要

本实用新型公开了一种测试一维土柱冻胀变形的试验装置,包括用于盛装一维圆柱形土柱的有机玻璃模具、通过制冷使土柱冻胀的循环器、冻胀过程中对土柱进行冻胀变形的测试装置、制冷过程中实时监测土样内部温度沿土柱高度变化的监测装置、模拟地下水由下至上对土柱内部进行补水的补水装置和排水装置、冻胀过程中测试土柱孔隙水压力的测试装置,一维土柱为圆柱状土样,盛装土柱的模具为竖直布设的圆柱形透明双层有机玻璃,补水装置通过补水管与一维圆柱状土柱底部相连以及数据采集系统。本实用新型结构简单、设计合理且实用操作简便、实用效果好,能在室内模拟土体的冻胀变形过程,并能对冻胀变形过程中土体内部温度、孔隙水压力、竖向冻胀量、竖向体积变形以及冻胀力进行有效测试。



CN 206339506 U

1. 一种测试一维土柱冻胀变形的试验装置,包括支架装置、模具装置、检测装置、数据采集装置、补水装置、制冷装置,其特征在于,所述模具装置安装在支架装置上,模具装置包括底座、固定杆、法兰、土柱模具,底座安装在支架装置上,法兰通过固定杆连接底座,土柱模具放置在底座上,所述检测装置包括温度传感器、孔压传感器、应力传感器、应变传感器、位移传感器,温度传感器、孔压传感器均安装在土柱模具侧壁上且深入到土柱试样内部,应力传感器、应变传感器、位移传感器均设置在土柱试样顶部且与土柱试样顶部接触,所述数据采集装置包括数据采集仪、数据采集线、电脑,数据采集线连接全部传感器并通过数据采集仪连接电脑,所述补水装置包括补水箱、补水排水管、排水箱,补水排水管两端分别连通补水箱及土柱模具底部,补水箱高于土柱模具设置,排水箱连通补水排水管且低于土柱模具设置,所述制冷装置包括制冷循环器、制冷液流通管、制冷盘管,制冷盘管设置在土柱试样顶部。

2. 如权利要求1所述的一种测试一维土柱冻胀变形的试验装置,其特征在于,所述支架装置包括基座、支脚、立柱、横梁传感器基座,底座通过支脚安装在基座上,横梁通过立柱限位螺母连接横梁,横梁连接基座,横梁上设有传感器基座。

3. 如权利要求1所述的一种测试一维土柱冻胀变形的试验装置,其特征在于,所述土柱模具为双层透明有机玻璃制成。

4. 如权利要求1所述的一种测试一维土柱冻胀变形的试验装置,其特征在于,所述土柱模具内土柱试样底部及四周设有保温膜,有机玻璃模具内土柱试样顶部设有滤纸,土柱试样底部设有透水石,补水排水管接触透水石。

5. 如权利要求1所述的一种测试一维土柱冻胀变形的试验装置,其特征在于,所述法兰通过固定杆限位螺母连接限位杆。

6. 如权利要求1所述的一种测试一维土柱冻胀变形的试验装置,其特征在于,所述补水排水管上位于补水箱下方还设有补水阀门及水压表盘。

7. 如权利要求1所述的一种测试一维土柱冻胀变形的试验装置,其特征在于,所述补水排水管上连接排水箱的支路上还设有排水阀门,排水箱底部设有电子称。

8. 如权利要求1所述的一种测试一维土柱冻胀变形的试验装置,其特征在于,所述温度传感器沿土柱试样高度方向等间距设置。

9. 如权利要求8所述的一种测试一维土柱冻胀变形的试验装置,其特征在于,所述孔压传感器与温度传感器间隔对应设置。

10. 如权利要求1所述的一种测试一维土柱冻胀变形的试验装置,其特征在于,所述制冷盘管采用黄铜盘管制成。

## 一种测试一维土柱冻胀变形的试验装置

### 技术领域

[0001] 本实用新型具体涉及一种测试一维土柱冻胀变形的试验装置,属于土工试验仪器技术领域。

### 背景技术

[0002] 我国冻土面积分布广泛,其中多年冻土约占国土面积的22.3%,高海拔多年冻土面积世界之最,而季节性冻土分布更广泛。近年来,随着寒区工程(冻土区或季冻区所建工程,包括道路、油气管线等)的大量兴建,冻胀已成为我国寒区工程建设过程中所面临的最主要的工程灾害。陆上油气管道历经上述冻土区等地质复杂地段时,由于其输送的高温高压油气易使沿线的冻土发生冻胀和融沉灾害,寒区埋地管道易发生“露管”现象,严重时产生屈曲变形;寒区等级公路途径冻土区时,环境温度的变化易使道路发生不均匀变形和路基纵向裂缝、冻胀融沉和翻浆现象。上述寒区工程的病害特征有所不同,但病害形成的原因归结于(1)寒区工程沿线土体温度的变化,(2)土体内部水分的迁移与结冰膨胀及(3)土体的冻胀变形。土体在冻胀变形过程中,其内部温度随环境温度的变化而变化,土中水结冰膨胀、体积增大,因此,温度变化引起土体中含水量、孔隙水压力等发生变化,并引起土体的孔隙率、渗透特性等主要参数及水-温-力耦合特性的改变;温度变化易使土体内部产生温度梯度,而土中水因温度梯度发生迁移,土中部分水因温度梯度结冰膨胀,从而造成土体冻胀变形。

[0003] 目前,在冻土的研究和勘察实践中,我国主要采用《土工试验标准》和《冻土工程地质勘察规范》,其规定了研究冻土性能的几种主要试验,包括原位试验和室内试验,其中,几种室内试验分别由不同的仪器完成,不仅操作复杂,而且每次试验获得的试验数据有限。冻结仪是近年来得到应用的一种冻土性能试验设备,中国实用新型专利申请号:201510313671,公开了一种连续变温式多级梯度冻结仪,其仪器只能研究冻土的冻结过程的性能,不能同时获得更多的试验数据。为了研究土体在不同温度梯度作用下的冻胀变形规律,方便在相同温度变化条件下,同时观测土体内部温度梯度引起的温度场、位移场、水分和孔压场。因此需要一种测试一维土柱冻胀变形的试验装置,将圆柱形土样的四周及底部衬以隔热性能良好的透明保温膜,并置于双层透明有机玻璃中,从而保证只在土样顶部进行热交换的一种测试土样冻胀变形的测试装置。

### 实用新型内容

[0004] 因此,针对现有技术的上述不足,本实用新型目的旨在提供一种测试一维土柱冻胀变形的试验装置。以期达到不同温度变化条件下,实现土样冻胀变形过程中的温度场、位移场、水分场和孔压场的同时监测。该装置是将包裹有透明保温膜的圆柱形土样置于隔热性能良好的土柱模具中,使其四周与底部不与外界环境进行热交换,通过制冷循环器,只在试样顶部进行热交换,测试不同水分场、温度场作用下的土样冻胀变形。

[0005] 具体的,一种测试一维土柱冻胀变形的试验装置,包括支架装置、模具装置、检测

装置、数据采集装置、补水装置、制冷装置,所述模具装置安装在支架装置上,模具装置包括底座、固定杆、法兰、土柱模具,底座安装在支架装置上,法兰通过固定杆连接底座,土柱模具放置在底座上,所述检测装置包括温度传感器、孔压传感器、应力传感器、应变传感器、位移传感器,温度传感器、孔压传感器均安装在土柱模具侧壁上且深入到土柱试样内部,应力传感器、应变传感器、位移传感器均设置在土柱试样顶部且与土柱试样顶部接触,所述数据采集装置包括数据采集仪、数据采集线、电脑,数据采集线连接全部传感器并通过数据采集仪连接电脑,所述补水装置包括补水箱、补水排水管、排水箱,补水排水管两端分别连通补水箱及土柱模具底部,补水箱高于土柱模具设置,排水箱连通补水排水管且低于土柱模具设置,所述制冷装置包括制冷循环器、制冷液流通管、制冷盘管,制冷盘管设置在土柱试样顶部。

[0006] 进一步的,所述支架装置包括基座、支脚、立柱、横梁传感器基座,底座通过支脚安装在基座上,横梁通过立柱限位螺母连接横梁,横梁连接基座,横梁上设有传感器基座。

[0007] 进一步的,所述土柱模具为双层透明有机玻璃制成。

[0008] 进一步的,所述土柱模具内土柱试样底部及四周设有保温膜,土柱模具内土柱试样顶部设有滤纸,土柱试样底部设有透水石,补水排水管接触透水石。

[0009] 进一步的,所述法兰通过固定杆限位螺母连接限位杆。

[0010] 进一步的,所述补水排水管上位于补水箱下方还设有补水阀门及水压表盘。

[0011] 进一步的,所述补水排水管上连接排水箱的支路上还设有排水阀门,排水箱底部设有电子称。

[0012] 进一步的,所述温度传感器沿土柱试样高度方向等间距设置。

[0013] 进一步的,所述孔压传感器与温度传感器间隔对应设置。

[0014] 进一步的,所述制冷盘管采用黄铜盘管制成。

[0015] 本实用新型的有益效果在于:

[0016] 1、本实用新型采用制冷循环器为双层有机玻璃模具内土样进行降温冻结,实现土样冻胀变形,并可以同时监测土样在不同温度梯度下的温度场、位移场和孔压场。

[0017] 2、本实用新型带有补水、排水装置,可以达到土样冻胀变形过程中补水的目的,监测土样冻胀过程中的孔隙水压力及体积冻胀变形,能更好地模拟原状土土样。

[0018] 3、本实用新型带有温度监测装置,利用数据采集仪和电脑实时监测土样内部的温度场变化,可更好地监测土样冻胀变形过程中孔压场、位移场与温度场之间的关系。

[0019] 4、本实用新型带有监测土样冻胀变形过程中的位移场和温度场的实时监控装置,利用数据采集仪和电脑实时监测土样内部的温度梯度,可更好地监测土样在冻胀变形过程中位移场、体积冻胀变形与温度场之间的关系。

[0020] 综上所述,本实用新型结构简单、设计合理且操作简便、实用效果好,能在室内模拟圆柱形土样冻胀变形过程,并能对土样在冻胀变形过程中的温度场、位移场、孔压场和体积冻胀变形进行有效测试。

## 附图说明

[0021] 图1是本实用新型试验装置的结构示意图。

[0022] 图2是有机玻璃模具支脚与基座连接部分图1中A-A剖面的示意图。

[0023] 图3是土样顶部制冷盘管布置部分图1中B-B剖面的示意图。

[0024] 图4是温度、孔压传感器布置部分图1中C-C剖面的示意图。

[0025] 图5是基座顶部连接剖面部分图1中D-D剖面的示意图。

[0026] 附图标记如下：

[0027]	1-基座；	2-支脚；	3-立柱；
[0028]	4-底座；	5-补水排水管；	6-透水石；
[0029]	7-固定杆；	8-土柱模具；	9-保温膜；
[0030]	10-圆柱形土柱；	11-温度传感器；	12-孔压传感器；
[0031]	13-数据采集线；	14-滤纸；	15-制冷盘管；
[0032]	16-固定杆限位螺母；	17-法兰；	18-制冷液流通管；
[0033]	19-应力传感器；	20-应变传感器；	21-位移传感器；
[0034]	22-传感器基座；	23-横梁；	24-立柱限位螺母；
[0035]	25-数据采集仪；	26-电脑；	27-制冷循环器；
[0036]	28-补水箱；	29-补水阀门；	30-水压表盘；
[0037]	31-排水阀门；	32-排水箱；	33-电子秤；

### 具体实施方式

[0038] 下面结合附图对本实用新型的具体实施方式进行说明：

[0039] 如图1所示，本实用新型包括装有圆柱形土样10的双层透明有机玻璃制成的土柱模具8、通过制冷使圆柱形土样10的制冷循环器装置、冻胀变形过程中监测圆柱形土样10冻胀变形的监控装置、保证圆柱形土样10饱和的补水排水装置、测试圆柱形土样10温度场、孔压场、变形场的实时监测装置。圆柱形土样10的底部设置有透水石6，补水装置通过补水管5对被测圆柱形土样10进行补水，并通过补水排水管5进行排水，排水收集到排水箱31。

[0040] 本实用新型采用的制冷循环器27 (JULABO) 可以自主调节温度值，恒温效果好，操作简单方便。制冷循环器27与制冷液流通管18、制冷盘管15共同组成制冷循环系统，同时给双层透明有机玻璃内部的圆柱形土样10进行降温制冷，实现土样的冻胀变形过程，圆柱形土样10四周与底部包裹有透明保温膜9，底部的保温膜9需设置透水孔透水，保证土样冻胀变形由上至下；补水箱28连通补水管5通过透水石6给圆柱形土样10进行补水，补水排水管5上装有水压表盘30和补水阀门29，可以根据制样要求设定水压，从而达到为圆柱形土样10补水的目的；圆柱形土样10中多余水通过排水管5排出到排水箱32；应力传感器19、位移传感器21、应变传感器20分别置于圆柱形土样10顶部，传感器探头与圆柱形土样10顶面接触，实时监测土样冻胀变形过程中的竖向冻胀量和体积变形；温度传感器11布置于双层透明有机玻璃土柱模具8侧面，沿土样高度方向等间距布置，与土样侧壁接触，孔压传感器12等间距布置于双层透明有机玻璃13另一侧面，与温度传感器11间隔相对应，即每间隔1个温度传感器11，设置1个孔压传感器12，实时监测土样冻胀变形过程中的温度场和孔压场变化；传感器通过数据采集线13与数据采集仪25连接，数据采集仪25又与电脑26连接，对采集到的数据进行整理分析。包裹有透明保温膜9的圆柱形土样10置于双层透明有机玻璃18内，从而阻断土样与外界环境的热交换，保证冻胀变形只从圆柱形土样10顶部发生。

[0041] 制冷装置包括制冷循环器27、制冷液流通管18和由供制冷液流通管18盘绕而成的

制冷盘管15,将制冷盘管设置在圆柱形土柱10顶部。

[0042] 圆柱形土柱冻胀变形测试装置包括测试土柱冻胀过程中的应力传感器19、应变传感器20,测试土柱竖向冻胀量的位移传感器21,传感器通过数据采集线13与数据采集仪25相连,并与电脑26相连,进行数据整理分析。

[0043] 圆柱形土柱温度监测装置包括测试土柱冻胀过程中的温度传感器11,将其沿土柱高度方向均匀布置在双层透明有机玻璃8试模外侧,传感器探头与土柱侧面相接触,传感器通过数据采集线13与数据采集仪25相连,并与电脑26相连,进行数据整理分析。

[0044] 圆柱形土柱孔压监测装置包括测试土柱冻胀过程中的孔压传感器11,将其沿土柱高度方向均匀布置在双层透明有机玻璃8模具外侧,传感器探头与土柱侧面相接触,传感器通过数据采集线13与数据采集仪25相连,并与电脑26相连,进行数据整理分析。

[0045] 补水、排水装置包括补水箱28连通补水管5通过土柱底部透水石6与圆柱形土柱10相连对土柱进行补水,通过补水排水管5上的补水阀门29和水压表盘30控制补水量,补水过程中关闭排水阀门31;将土柱冻胀过程中多余的水经排水管5排水到排水箱32,通过电子秤33称量排水箱在排水前后的差值来计算土柱冻胀过程中的孔隙水含量,排水过程中关闭补水阀门29。

[0046] 本实施例中图2是有机玻璃土柱模具8的支脚2与基座1连接剖面A-A结构示意图。如图2所示,有机玻璃底座4下部布置4个等高度支脚2,支脚之间夹角为 $90^{\circ}$ ,保证有机玻璃试模的垂直度。

[0047] 本实施例中图3是圆柱形土柱10顶部制冷盘管15布置剖面B-B结构示意图。如图3所示,制冷盘管15采用黄铜管盘绕而成,其与制冷循环器27之间通过制冷液流通管18相连,黄铜管直径为10mm。

[0048] 本实施例中图4是温度传感器11、孔压传感器12沿土柱10高度布置剖面C-C结构示意图。如图4所示,底座4上沿环向均匀布置4根有机玻璃固定杆7,固定杆7与支脚2共线,温度传感器11与孔压传感器12共线,固定杆7与温度传感器11之间呈 $45^{\circ}$ 夹角。

[0049] 本实施例中图5是基座1顶部连接剖面D-D结构示意图。如图5所示,基座1成长方形形状的钢板,其上沿基座1长度方向布置2根立柱3,保证有机玻璃模具的稳定性,基座1与支脚2之间呈 $45^{\circ}$ 夹角。

[0050] 在本实施例中,法兰17上需要设置用于数据采集线13、制冷液流通管18穿过的开孔,土柱模具8上需要设置用于安装温度传感器11、水压传感器12的安装孔,这些开孔和安装孔可根据实际需要设置,开孔位置应做好隔热处理。

[0051] 本实用新型采用制冷循环器制冷土样,实现土样的冻胀变形,制冷循环器操作简单,温度易控;带有补水、排水装置,满足试验要求的饱和度以及冻胀变形中的补水和排水;可实时监测土样的温度场、位移场、水分场以及孔压场。

[0052] 在本实施例中,具体的器件型号为:制冷循环器:JULABO F25-ED;数据采集仪:Datetaker DT80;温度传感器:Geo-expert Thermo PT100;孔压传感器:Geo-expert PWP1000;位移传感器:Geo-expert LVDT100;应力传感器:Geo-expert LC10;应变传感器:Microstrain M-DVRT。也可以根据实际条件选用其它型号的器件。

[0053] 以上所述是本实用新型的优选实施方式,应当指出,对于本技术领域的普通技术人员来说,在不脱离本实用新型所述原理的前提下,还可以作出若干改进和润饰,这些改进

---

和润饰也应视为本实用新型的保护范围。

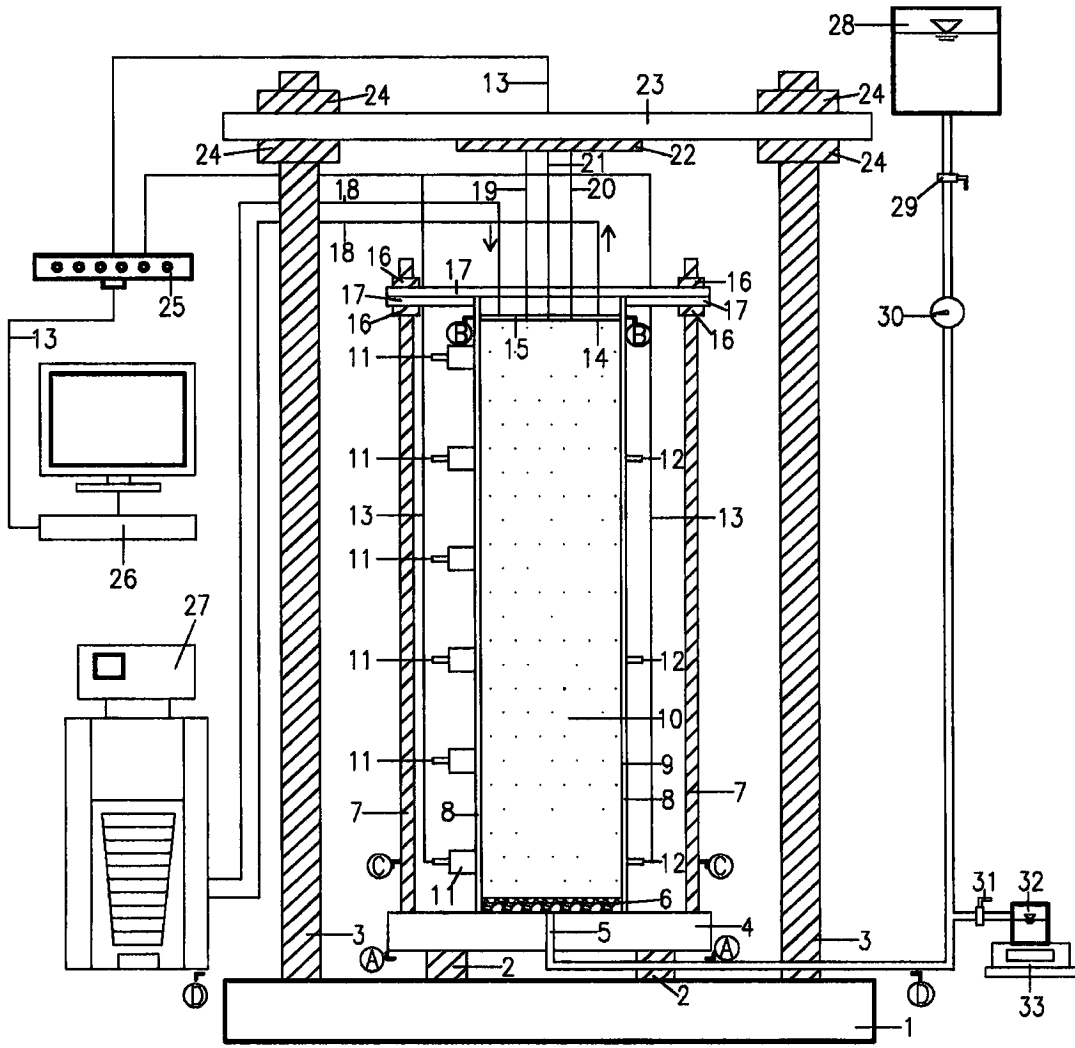


图1

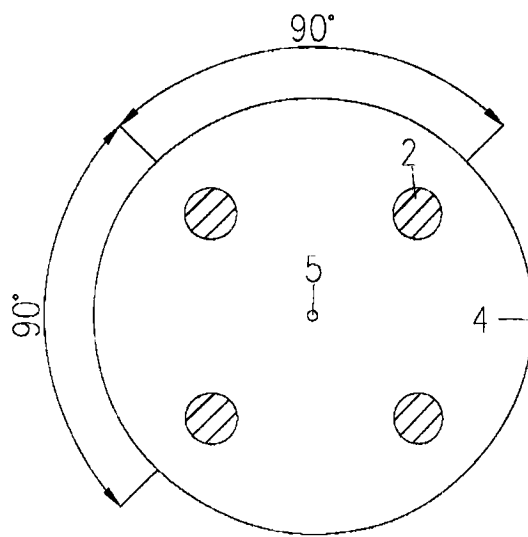


图2



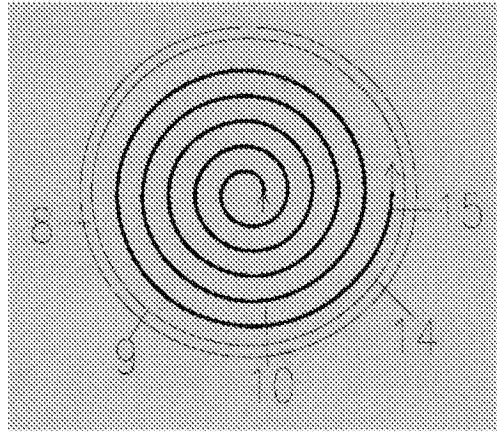


图3

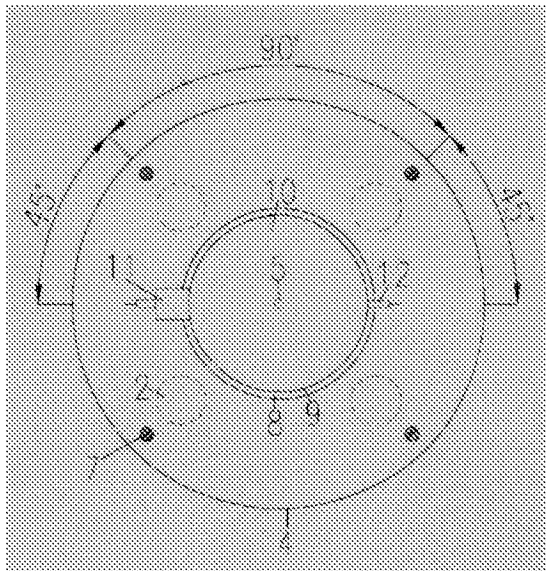


图4

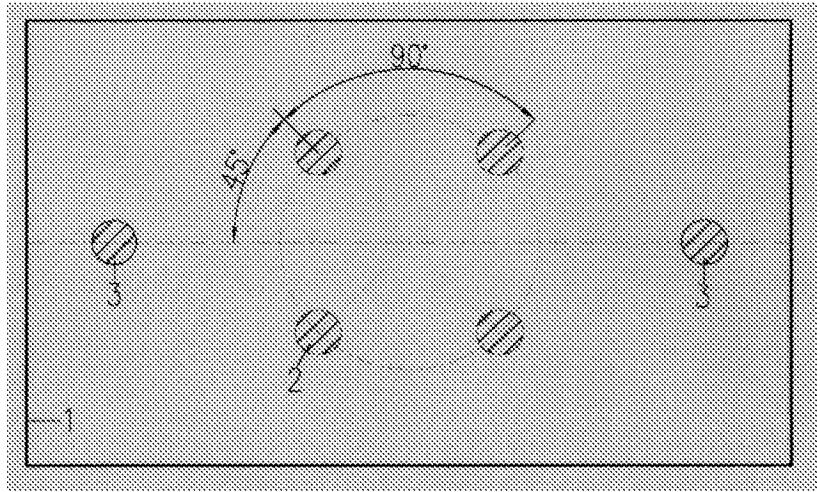


图5