



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 110031608 A

(43)申请公布日 2019.07.19

(21)申请号 201910364902.6

(22)申请日 2019.04.30

(71)申请人 西南交通大学

地址 610031 四川省成都市二环路北一段

(72)发明人 张建经 周永毅

(74)专利代理机构 成都正华专利代理事务所

(普通合伙) 51229

代理人 何凡

(51)Int.Cl.

G01N 33/24(2006.01)

G01N 1/28(2006.01)

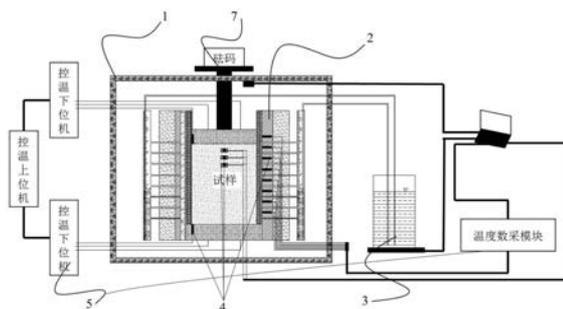
权利要求书2页 说明书5页 附图3页

(54)发明名称

多年冻土冻胀融沉特性试验装置及其试验方法

(57)摘要

本发明公开了一种多年冻土冻胀融沉特性试验装置及其试验方法,其中多年冻土冻胀融沉特性试验装置,其包括恒温箱、放置于恒温箱内的试验箱、给试验箱内的试样补水的补水系统及调整试验箱内试样冻结温度的控温系统;试验箱包括两端为开端的箱体及密封箱体上下端的顶部控温装置和底部控温装置;箱体在高度方向的至少一个侧面上开设有若干放置毫米级微管的贯穿孔及放置控温系统中温度探头的安装孔,补水渗流层下方的箱体内放置有与底部控温装置内表面接触的蓄冷导热片;补水系统包括穿过贯穿孔、并与箱体内部导通的毫米级微管及与毫米级微管导通的补水储存装置;控温系统、顶部控温装置和底部控温装置均与控制系统电连接。



CN 110031608 A

1. 多年冻土冻胀融沉特性试验装置,其特征在于,包括恒温箱、放置于所述恒温箱内的试验箱、给所述试验箱内的试样补水的补水系统及调整试验箱内试样冻结温度的控温系统;

所述试验箱包括两端为开端的箱体及密封箱体上下端的顶部控温装置和底部控温装置;所述箱体在高度方向的至少一个侧面上开设有若干放置毫米级微管的贯穿孔及放置控温系统中温度探头的安装孔,所述补水渗流层下方的箱体内放置有与底部控温装置内表面接触的蓄冷导热片;

所述补水系统包括穿过贯穿孔、并与箱体内部导通的毫米级微管及与所述毫米级微管导通的补水储存装置;所述控温系统、顶部控温装置和底部控温装置均与控制系统电连接。

2. 根据权利要求1所述的多年冻土冻胀融沉特性试验装置,其特征还在于,还包括两侧分别与箱体内表面和试验箱内的试样接触的补水渗流层,所述毫米级微管与补水渗流层接触或延伸至补水渗流层内。

3. 根据权利要求1所述的多年冻土冻胀融沉特性试验装置,其特征还在于,所述补水储存装置包括放置于恒温箱内的补水量筒,所述补水量筒通过穿出恒温箱的连通管与恒温箱外的储水量筒导通,所述储水量筒放置在与控制系统连接的电子天平上。

4. 根据权利要求1所述的多年冻土冻胀融沉特性试验装置,其特征还在于,所述控温系统包括安装于所述安装孔内的温度探头、与试验箱内的土样上表面和蓄冷导热片接触的控温探头及多个采集试验箱内的试样孔隙水压、湿度的孔隙水压力计和土壤湿度计;所述温度探头、控温探头、孔隙水压力计和土壤湿度计均与控制系统连接。

5. 根据权利要求4所述的多年冻土冻胀融沉特性试验装置,其特征还在于,所述控制系统包括控温下位机、上位机和温度采集模块,所述温度探头通过温度采集模块与上位机电连接,所述控温探头、顶部控温装置和底部控温装置通过控温下位机与上位机电连接;所述电子天平、孔隙水压力计和土壤湿度计均与上位机电连接。

6. 根据权利要求1所述的多年冻土冻胀融沉特性试验装置,其特征还在于,还包括位于顶部控温装置上方用于测量试验箱内的试样高度变化的激光位移计,所述激光位移计与所述控制系统连接。

7. 根据权利要求1所述的多年冻土冻胀融沉特性试验装置,其特征还在于,还包括给试验箱内的试样提供荷载的荷载系统,所述荷载系统包括放置于顶部控温装置上的传力柱,所述传力柱上设置有放置荷载加载件的加荷托盘。

8. 根据权利要求1-7任一所述的多年冻土冻胀融沉特性试验装置,其特征还在于,所述顶部控温装置和底部控温装置为低温冷却液循环泵控温板,或者采用半导体制冷片、蓄冷块、水冷头封装而成的控温板。

9. 一种权利要求1-8任一所述的多年冻土冻胀融沉特性试验装置的试验方法,其特征还在于,包括:

(1) 制备试样:当试样为原状土时,采用削土刀将试样削至截面尺寸小于等于箱体内腔尺寸、高度小于箱体高度,并在试样上开孔将孔隙水压力计和土壤湿度计放置于试样内;

当试样为重塑土时,将土体风干、粉碎、过筛,消除土体的历史应力状态后测定土体的物理参数;之后根据试验需求的初始密度和初始含水率,称取相应质量的土体,采用分层击实法制备截面尺寸小于等于箱体内腔尺寸、高度小于箱体高度的试样,在击实试样过程中

将孔隙水压力计和土壤湿度计放置于试样的相应高度处；

(2) 将试样放置于试验箱底部的蓄冷导热片上,并将顶部控温装置放置在土样之上,使控温探头与土样的顶面紧密贴合；

(3) 将试验箱置入恒温箱内,使用连通管连通补水量筒与储水筒,调整恒温箱、顶部控温装置、底部控温装置的温度为 1°C ,保持24h；

(4) 调整顶部控温装置和底部控温装置至 -10°C ,并保持顶部控温装置和底部控温装置持续处于 -10°C ,直至温度探头所测温度发生突变；

(5) 采用控温探头监测试样当前温度并传回控温下位机,控温下位机将当前温度值与上位机中恒定控温、线性控温或正弦控温条件对应的设定预期值进行对比；

(6) 当当前温度与设定预期值存在差异时,计算得到底部控温装置23和顶部控温装置22的控温功率,并输出相应的电压值,之后进入步骤(7)；

当当前温度等于设定预期值时,进入步骤(8)；

(7) 底部控温装置和顶部控温装置根据控温下位机输出的电压值输出相应的制冷/制热量,调节其温度至预期值；

(8) 判断试样试验时间是否达到设定时长,若达到则停止试验,否则返回步骤(5)。

10. 根据权利要求9所述的试验方法,其特征在于,所述物理参数包括土体的颗粒级配、最大干密度、最优含水率、液限和塑限。

多年冻土冻胀融沉特性试验装置及其试验方法

技术领域

[0001] 本发明涉及冻胀融沉特性试验设备,具体涉及一种多年冻土冻胀融沉特性试验装置及其试验方法。

背景技术

[0002] 冻胀融沉特性是冻土的最突出的特征之一,严重影响着工程结构物的长期稳定性。特别是对于多年冻土地地区,气候条件恶劣、地质条件复杂,由土体冻胀融沉导致的工程结构物失稳问题频发,带来的经济损失巨大,比如Style学者的论文提及美国每年由于冻胀融沉导致的道路破坏损失高达20亿美元(Style R W,Peppin S S L,Cocks AC F,et al.Ice-lens formation and geometrical supercooling in soils and other colloidal materials[J].Physical Review E,2011,84(4):041402.)。

[0003] 虽然我国没有明确的统计数据,但考虑到我国冻土分布广泛,由此产生的损失也不容小视。当前规范也对测定冻土冻胀融沉特性做出了规定,如我国《土工试验方法标准》(GB/T50123-1999)、《铁路工程土工试验规程》(TB10102-2010)、美国ASTM协会冻土规范(ASTM D5918-13)、日本岩土工程协会冻土规范(JGS 0172-2003)等,但是各个规范的冻结、补水方式差异明显,比如我国规范为从下往上冻结、从上往下补水,与季节性冻土相比,多年冻土最为明显的差异是其冻结方式为双向冻结。

[0004] 当前规范及各类文献资料所述的冻结方式多为单向冻结,其原因在于由于试验装置补水方式的限制(顶部或者底部单向补水),无法开展开放补水条件下的双向冻结特性试验、测定多年冻土的冻胀融沉特性。

发明内容

[0005] 针对现有技术中的上述不足,本发明提供的多年冻土冻胀融沉特性试验装置及其试验方法通过试验箱和补水系统的相互结合能够实现层层补水。

[0006] 为了达到上述发明目的,本发明采用的技术方案为:

[0007] 第一方面,提供一种多年冻土冻胀融沉特性试验装置,其包括恒温箱、放置于恒温箱内的试验箱、给试验箱内的试样补水的补水系统及调整试验箱内试样冻结温度的控温系统;

[0008] 试验箱包括两端为开端的箱体及密封箱体上下端的顶部控温装置和底部控温装置;箱体在高度方向的至少一个侧面上开设有若干放置毫米级微管的贯穿孔及放置控温系统中温度探头的安装孔,补水渗流层下方的箱体内放置有与底部控温装置内表面接触的蓄冷导热片;

[0009] 补水系统包括穿过贯穿孔、并与箱体内部导通的毫米级微管及与毫米级微管导通的补水储存装置;控温系统、顶部控温装置和底部控温装置均与控制系统电连接。

[0010] 进一步地,多年冻土冻胀融沉特性试验装置还包括两侧分别与箱体内表面和试验箱内的试样接触的补水渗流层,毫米级微管与补水渗流层接触或延伸至补水渗流层内。

[0011] 进一步地,补水储存装置包括放置于恒温箱内的补水量筒,补水量筒通过穿出恒温箱的连通管与恒温箱外的储水量筒导通,储水量筒放置在与控制系统连接的电子天平上。

[0012] 进一步地,控温系统包括安装于安装孔内的温度探头、与试验箱内的土样上表面和蓄冷导热片接触的控温探头及多个采集试验箱内的试样孔隙水压、湿度的孔隙水压力计和土壤湿度计;温度探头、控温探头、孔隙水压力计和土壤湿度计均与控制系统连接。

[0013] 进一步地,控制系统包括控温下位机、上位机和温度采集模块,温度探头通过温度采集模块与上位机电连接,控温探头、顶部控温装置和底部控温装置通过控温下位机与上位机电连接;电子天平、孔隙水压力计和土壤湿度计均与上位机电连接。

[0014] 进一步地,多年冻土冻胀融沉特性试验装置还包括位于顶部控温装置上方用于测量试验箱内的试样高度变化的激光位移计,激光位移计与控制系统连接。

[0015] 进一步地,多年冻土冻胀融沉特性试验装置还包括给试验箱内的试样提供荷载的荷载系统,荷载系统包括放置于顶部控温装置上的传力柱,传力柱上设置有放置荷载加载件的加荷托盘。

[0016] 进一步地,顶部控温装置和底部控温装置为低温冷却液循环泵控温板,或者采用半导体制冷片、蓄冷块、水冷头封装而成的控温板。

[0017] 第二方面,提供一种多年冻土冻胀融沉特性试验装置的试验方法,其包括:

[0018] (1) 制备试样:当试样为原状土时,采用削土刀将试样削至截面尺寸小于等于箱体内腔尺寸、高度小于箱体高度,并在试样上开孔将孔隙水压力计和土壤湿度计放置于试样内;

[0019] 当试样为重塑土时,将土体风干、粉碎、过筛,消除土体的历史应力状态后测定土体的物理参数;之后根据试验需求的初始密度和初始含水率,称取相应质量的土体,采用分层击实法制备截面尺寸小于等于箱体内腔尺寸、高度小于箱体高度的试样,在击实试样过程中将孔隙水压力计和土壤湿度计放置于试样的相应高度处;

[0020] (2) 将试样放置于试验箱底部的蓄冷导热片上,并将顶部控温装置放置在土样之上,使控温探头与土样的顶面紧密贴合;

[0021] (3) 将试验箱置入恒温箱内,使用连通管连通补水量筒与储水筒,调整恒温箱、顶部控温装置、底部控温装置的温度为 1°C ,保持24h;

[0022] (4) 调整顶部控温装置和底部控温装置至 -10°C ,并保持顶部控温装置和底部控温装置持续处于 -10°C ,直至温度探头所测温度发生突变;

[0023] (5) 采用控温探头监测试样当前温度并传回控温下位机,控温下位机将当前温度值与上位机中恒定控温、线性控温或正弦控温条件对应的设定预期值进行对比;

[0024] (6) 当当前温度与设定预期值存在差异时,计算得到底部控温装置23和顶部控温装置22的控温功率,并输出相应的电压值,之后进入步骤(7);

[0025] 当当前温度等于设定预期值时,进入步骤(8);

[0026] (7) 底部控温装置和顶部控温装置根据控温下位机输出的电压值输出相应的制冷/制热量,调节其温度至预期值;

[0027] (8) 判断试样试验时间是否达到设定时长,若达到则停止试验,否则返回步骤(5)。

[0028] 进一步地,物理参数包括土体的颗粒级配、最大干密度、最优含水率、液限和塑限。

[0029] 本发明的有益效果为:本方案在箱体侧壁高度方向开设的若干贯穿孔与安装在贯穿孔内连通补水储存装置的毫米级微管相互配合,在试验时可以给土样的不同高度进行补水,使得本试验装置能开展开放补水条件下的双向冻结试验,为多年冻土的冻胀融沉特性试验研究提供了试验手段。

[0030] 通过增加孔隙水压力计和土样湿度计监测冻融过程中土体基质吸力的动态变化过程,为冻土水迁移的研究提供试验数据。并且在试验装置中通过电子天平精确测量试验过程的补水量,相较于现有的补水量量化分析方法更为精确。

附图说明

[0031] 图1为多年冻土冻胀融沉特性试验装置的结构示意图。

[0032] 图2为未设置顶部控温装置和底部控温装置的试验箱内放置上补水渗流层后的结构示意图。

[0033] 图3为补水系统的结构示意图。

[0034] 图4为控温系统的局部示意图。

[0035] 图5为控温系统去除图4示出部分结构的示意图。

[0036] 图6为荷载系统的结构示意图。

[0037] 其中,1、恒温箱;2、试验箱;21、箱体;211、贯穿孔;212、安装孔;22、顶部控温装置;23、底部控温装置;24、蓄冷导热片;25、补水渗流层;26、保温层;27、标尺;3、补水系统;31、毫米级微管;32、补水储存装置;321、补水量筒;322、连通管;323、储水量筒;324、电子天平;

[0038] 4、控温系统;41、温度探头;42、控温探头;43、孔隙水压力计;44、土壤湿度计;5、控制系统;51、控温下位机;52、上位机;53、温度采集模块;6、激光位移计;7、荷载系统;71、传力柱;72、加荷托盘;73、砝码。

具体实施方式

[0039] 下面对本发明的具体实施方式进行描述,以便于本技术领域的技术人员理解本发明,但应该清楚,本发明不限于具体实施方式的范围,对本技术领域的普通技术人员来讲,只要各种变化在所附的权利要求限定和确定的本发明的精神和范围内,这些变化是显而易见的,一切利用本发明构思的发明创造均在保护之列。

[0040] 参考图1,图1示出了多年冻土冻胀融沉特性试验装置的结构示意图;如图1所示,该多年冻土冻胀融沉特性试验装置包括恒温箱1、放置于恒温箱1内的试验箱2、给试验箱2内的试样补水的补水系统3及调整试验箱2内试样冻结温度的控温系统4。

[0041] 如图2所示,试验箱2包括两端为开端的箱体21及密封箱体21上下端的顶部控温装置22和底部控温装置23;其中的顶部控温装置22和底部控温装置23为低温冷却液循环泵控温板,或者采用半导体制冷片、蓄冷块、水冷头封装而成的控温板。

[0042] 本方案顶部控温装置22和底部控温装置23在使用时,既可以充当顶板和底板对箱体21进行密封,又可以对箱体21内的试样的温度进行调整。

[0043] 箱体21在高度方向的至少一个侧面上开设有若干放置毫米级微管31的贯穿孔211及放置控温系统4中温度探头41的安装孔212,补水渗流层25下方的箱体21内放置有与底部控温装置23内表面接触的蓄冷导热片24。优选毫米级微管31的直径为1~2mm。

[0044] 如图3所示,补水系统3包括穿过贯穿孔211、并与箱体21内部导通的毫米级微管31及与毫米级微管31导通的补水储存装置32;控温系统4、顶部控温装置22和底部控温装置23均与控制系统5电连接。

[0045] 实施时,本方案优选多年冻土冻胀融沉特性试验装置还包括两侧分别与箱体21内表面和试验箱2内的试样接触的补水渗流层25,毫米级微管31与补水渗流层25接触或延伸至补水渗流层25内。

[0046] 补水渗流层25设置后,可以通过不同高度的毫米级微管31将水导入补水渗流层25内部,使得水量均匀地分布在补水渗流层25内,补水渗流层25由于与试样外表面完全贴合,可以使水从试样的每个位置进入试样内,以使得补水更加均匀。

[0047] 实施时,本方案优选在箱体21的侧壁外表面设置有与其接触的保温层26;在进行试验时,为了方便试验完成后直观地查看试样的变形量,可以在箱体21的内侧壁边缘放置一高度等于箱体21的标尺27。

[0048] 在本发明的一个实施例中,补水储存装置32包括放置于恒温箱1内的补水量筒321,补水量筒321通过穿出恒温箱1的连通管322与恒温箱1外的储水量筒323导通,储水量筒323放置在与控制系统5连接的电子天平324上。

[0049] 储水量筒323、补水量筒321及毫米级微管31的相互配合,可以形成马略特瓶无压补水,通过电子天平324的设置,其能够对补入试样内的水进行精准测量,以保证试验过程中测量数据的准确性。

[0050] 如图5所示,控温系统4包括安装于安装孔212内的温度探头41、与试验箱2内的土样上表面和蓄冷导热片24接触的控温探头42及多个采集试验箱2内的试样孔隙水压、湿度的孔隙水压力计43和土壤湿度计44;温度探头41、控温探头42、孔隙水压力计43和土壤湿度计44均与控制系统5连接。其中,孔隙水压力计43配合土壤湿度计44构建土体基质吸力监测系统,可以为冻土活动层内的水迁移分析提供试验数据。

[0051] 如图4和图5所示,控制系统5包括控温下位机51、上位机52和温度采集模块53,温度探头41通过温度采集模块53与上位机52电连接,控温探头42、顶部控温装置22和底部控温装置23通过控温下位机51与上位机52电连接;电子天平324、孔隙水压力计43和土壤湿度计44均与上位机52电连接。

[0052] 如图1和图5所示,多年冻土冻胀融沉特性试验装置还包括位于顶部控温装置22上方用于测量试验箱2内的试样高度变化的激光位移计6,激光位移计6与控制系统5连接。

[0053] 在试验时,激光位移计6将其发射的光源打在顶部控温装置22上,并发生反射,激光位移计6通过返回的光源能够对试样的的高度变化情况进行精准采集,激光位移计6可以动态的反应试样的不同温度下的变形情况。

[0054] 如图6所示,多年冻土冻胀融沉特性试验装置还包括给试验箱2内的试样提供荷载的荷载系统7,荷载系统7包括放置于顶部控温装置22上的传力柱71,传力柱71上设置有放置荷载加载件的加荷托盘72,其中的荷载加载件优选采用砝码73。

[0055] 设置荷载系统7后,使得本方案提供的装置既可以做有荷载的多年冻土冻胀融沉特性试验,又可以做无荷载的多年冻土冻胀融沉特性试验。

[0056] 本方案还提供一种多年冻土冻胀融沉特性试验装置的试验方法,其包括:

[0057] (1) 制备试样:当试样为原状土时,采用削土刀将试样削至截面尺寸小于等于箱体

21内腔尺寸、高度小于箱体21高度,并在试样上开孔将孔隙水压力计43和土壤湿度计44放置于试样内;

[0058] 当试样为重塑土时,将土体风干、粉碎、过筛,消除土体的历史应力状态后测定土体的物理参数;之后根据试验需求的初始密度和初始含水率,称取相应质量的土体,采用分层击实法制备截面尺寸小于等于箱体21内腔尺寸、高度小于箱体21高度的试样,在击实试样过程中将孔隙水压力计43和土壤湿度计44放置于试样的相应高度处;

[0059] (2) 将试样放置于试验箱2底部的蓄冷导热片24上,并将顶部控温装置22放置在土样之上,使控温探头42与土样的顶面紧密贴合;

[0060] (3) 将试验箱2置入恒温箱1内,使用连通管322连通补水量筒321与储水筒,调整恒温箱1、顶部控温装置22、底部控温装置23的温度为1℃,保持24h;

[0061] (4) 调整顶部控温装置22和底部控温装置23至-10℃,并保持顶部控温装置22和底部控温装置23持续处于-10℃,直至温度探头41所测温度发生突变;

[0062] (5) 采用控温探头42监测试样当前温度并传回控温下位机51,控温下位机51将当前温度值与上位机52中恒定控温、线性控温或正弦控温条件对应的设定预期值进行对比;

[0063] (6) 当当前温度与设定预期值存在差异时,计算得到底部控温装置23和顶部控温装置22的控温功率,并输出相应的电压值,之后进入步骤(7);

[0064] 当当前温度等于设定预期值时,进入步骤(8);

[0065] (7) 底部控温装置23和顶部控温装置22根据控温下位机51输出的电压值输出相应的制冷/制热量,调节其温度至预期值;

[0066] (8) 判断试样试验时间是否达到设定时长,若达到则停止试验,否则返回步骤(5)。

[0067] 其中的物理参数包括土体的颗粒级配、最大干密度、最优含水率、液限和塑限。

[0068] 综上所述,本方案通过试验箱2和补水系统3结构的改进,使得试验的渗流条件更加符合自然条件下的渗流边界,以达到评估多年冻土的冻胀融沉特性;孔隙水压力计43配合土壤湿度计44可以为冻土活动层内的水迁移分析提供试验数据。

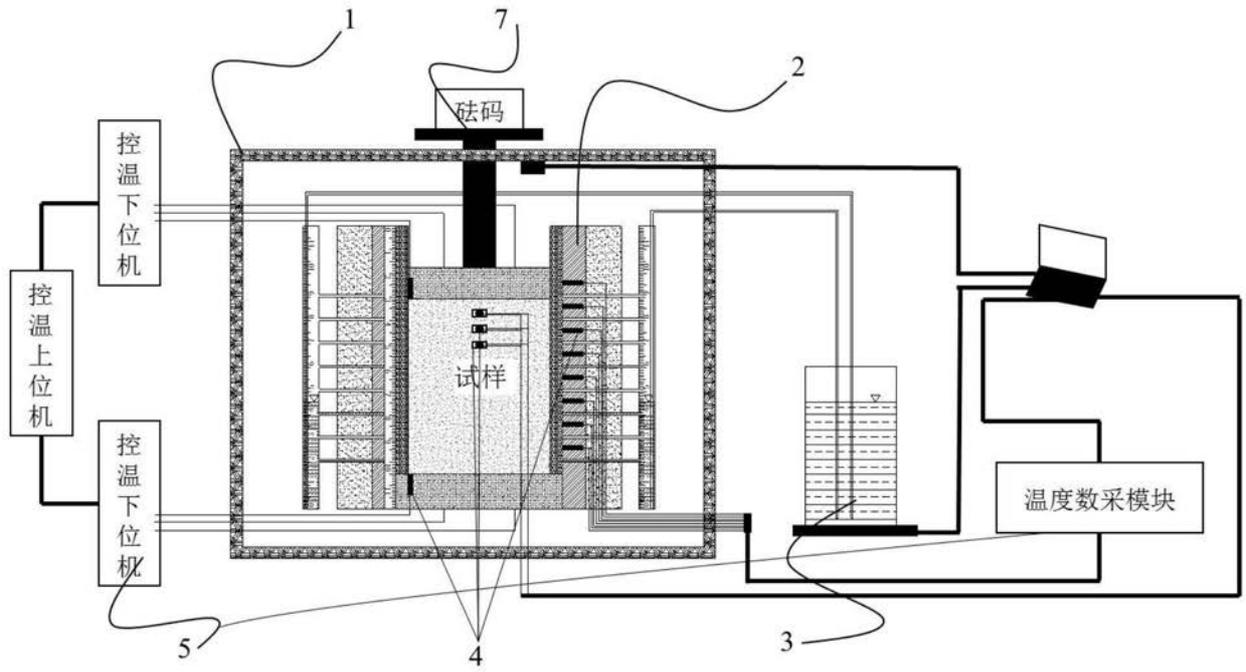


图1

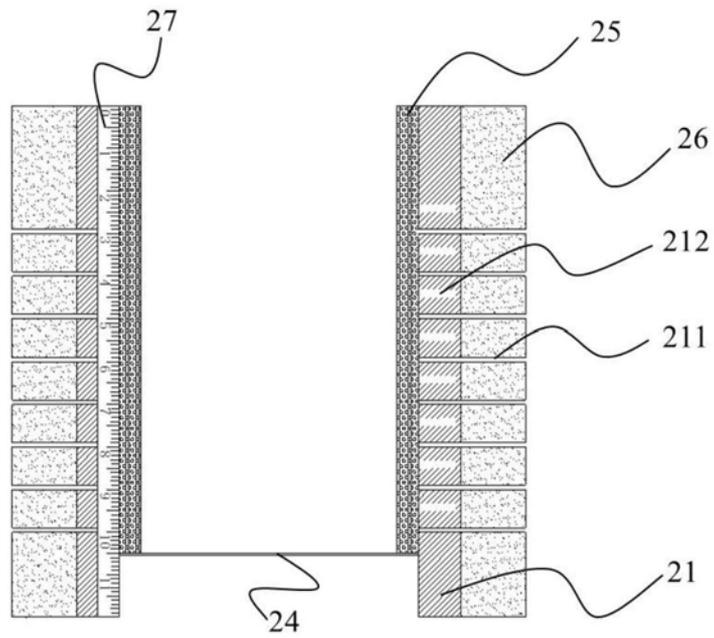


图2

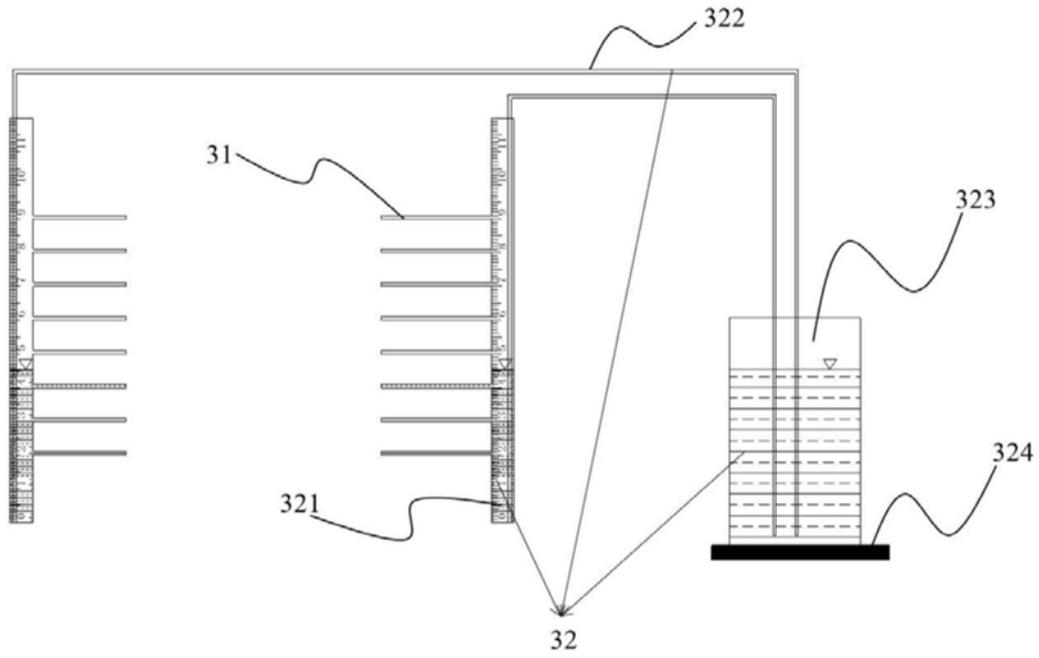


图3

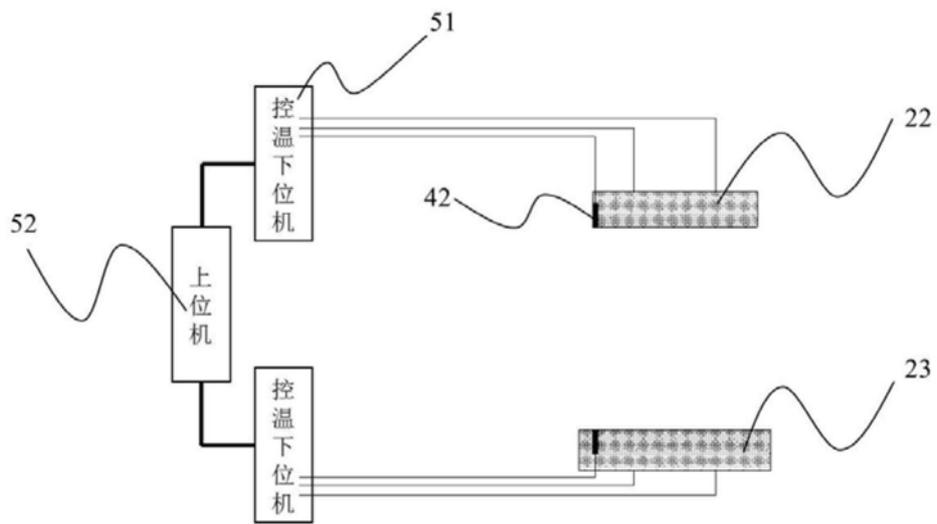


图4

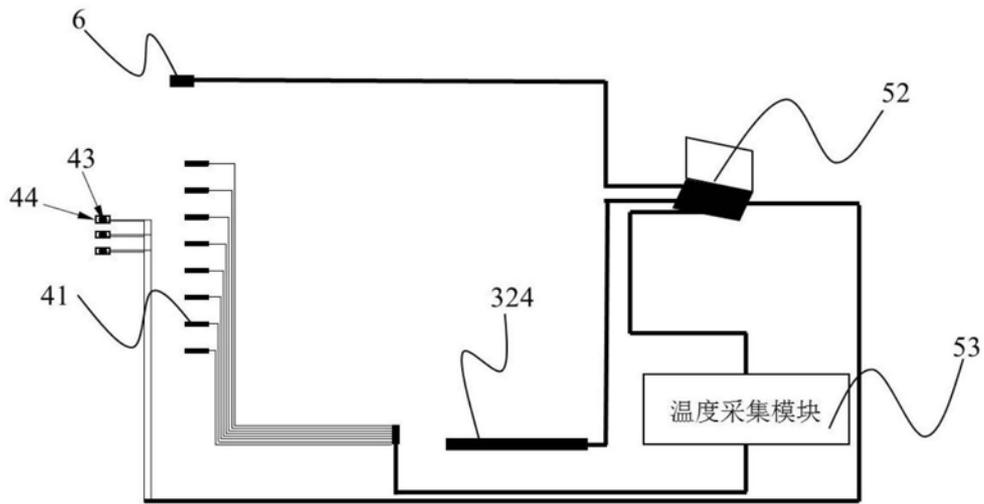


图5

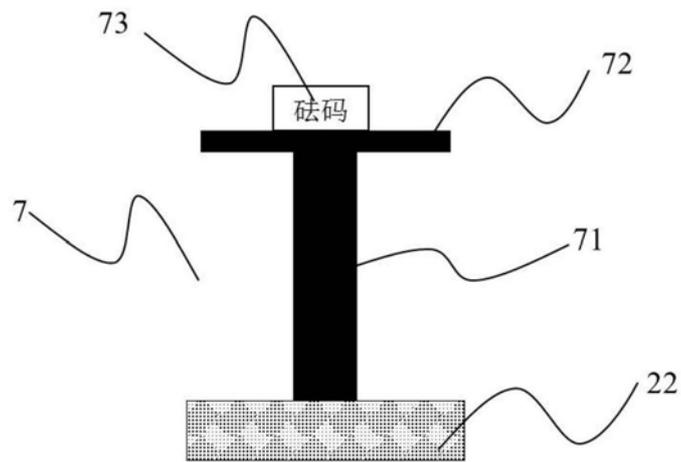


图6