



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 108398453 A

(43)申请公布日 2018.08.14

(21)申请号 201810126074.8

(22)申请日 2018.02.08

(71)申请人 中国科学院寒区旱区环境与工程研究所

地址 730000 甘肃省兰州市城关区东岗西路320号

(72)发明人 杨成松 马巍 王丹 张莲海

(74)专利代理机构 兰州中科华西专利代理有限公司 62002

代理人 马正良

(51)Int.Cl.

G01N 25/00(2006.01)

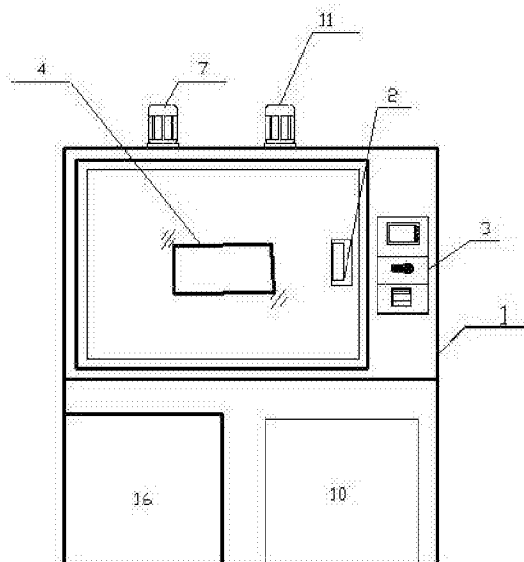
权利要求书1页 说明书4页 附图4页

(54)发明名称

一种用于实时模拟土体冻融过程的三样品联动冻融试验系统

(57)摘要

本发明涉及一种用于实时模拟土体冻融循环过程的三样品联动冻融试验系统,试验箱体由工作室、制冷机组、空调送风装置、控制系统、安全保护系统四大部分组成;补水系统实时监测和观察试样冻融过程中水分的变化和孔隙水压力的状态;冷源循环槽系统由冷浴槽采用抽屉式布局构成的整体式结构;制冷系统采用高精度温湿度控制系统,有效、安全地保护制冷系统运行;空气调节系统控制系统自动达到动态平衡,并实现温度变化的目的;电气测控系统保证系统的自动化程度,由人机交互界面呈现试验过程中的重要参数;安全保护系统实时保护系统安全运行。本发明具有实时高效、安全稳定、自动化、节能方便、模拟过程简单、稳定可靠以及精度高的特点。



1. 一种用于实时模拟土体冻融过程的三样品联动冻融试验系统,包括试验箱体、补水系统、冷源循环槽系统、制冷系统、空气调节系统、电气测控系统和安全保护系统;其特征在于:

a. 试验箱体(1)由工作室(5)、制冷机组(10)、空调送风装置(7)、人机界面控制系统(3)、安全保护系统(11)五大部分组成,工作室(5)包括保温箱体和工作门(2),所述工作室(5)能够同时容纳三个试样进行冻融试验,三个试样放置室内的底座(8)上,位移传感器位于试样的上方,孔隙水压力探头和温度探头埋置在试样内;工作室(5)保温箱体内胆采用不锈钢材料,外壳为冷轧钢板加静电喷塑保护,内胆和外壳之间采用一次性发泡保温;工作门中部可视窗(4)为镶嵌防凝露中控玻璃观察窗;制冷机组(10)安装在机械室内,用于三个试样装置底板冷浴槽(14)和顶板冷浴槽(15))控温;空调送风装置(7)采用风冷凝器前进风,后出风,保持箱体温度恒定;所述人机界面控制系统(3),将控制器与累时器安置于一次成型的控制面板上,实现方便的人机操作;所述安全保护系统(11)安置超温保护设定器,实时监测仪器的安全状态;

b. 补水系统由箱体外壁设置的补水支架(12)的马缪特瓶和内部补水装置(13)组成,放置于补水支架(12)上的马缪特瓶,上端与压力传感器相连,下端与系统内部补水装置(13)相连;

c. 冷源循环槽系统(16)为一个三样品联用底板冷浴槽(14)和三个顶板冷浴槽(15),四个单独的冷浴槽采用抽屉式布局构成的整体式结构;四个冷浴槽中的一个为试样装置底板冷浴槽(14)控温,三个为试样装置顶板冷浴槽(15)控温,均安装于试验箱体(1)的后面;所述的冷浴槽安装全封闭磁力驱动循环泵,外壁材料采用冷轧钢板,表面静电喷塑处理,内壁材料采用进口不锈钢板;

d. 制冷系统由试验箱制冷系统(10)和冷浴槽制冷系统(16)构成,试验箱制冷系统(10)采用全封闭压缩机,全封闭压缩机采用热气旁路节能和吸气冷却旁路保护压缩机的安全,所述的冷浴槽制冷系统(16)同样采用全封闭压缩机,采用环保工质的制冷剂,以及风冷的冷却方式;

e. 空气调节系统由试验箱体(1)内的空调送风装置(7)以及散热风机(17)组成,空气调节系统特指试验箱空气调节系统,空气调节系统所采用的空气控制方式为强制循环通风,所述的空气调节系统所采用的循环装置内置空调间、循环风道及不锈钢长轴通风机;

f. 电气测控系统由试验箱电气测控系统和冷浴槽电气控制系统组成,所述的试验箱电气测控系统箱体内采用铂电阻进行温度测量;试验箱电气测控系统控制器硬件采用二次开发的触摸屏,呈现人机交互界面,实时显示当前目标温度、测量温度、加热输出量、制冷输出量、运行时间、程序运行的过程等重要参数;

g. 试验箱体(1)四周由耐高温硬质聚胺酯泡沫作为保温材料(18),试验箱安全保护系统由安全可靠的接地保护装置、电源欠相、漏电保护功能、工作室超温保护、加热器短路/过载保护、制冷压缩机超压/过载保护以及鼓风电机过载保护构成;所述的冷浴槽安全保护系统由安全的接地保护装置、漏电保护功能、工作槽超温保护、加热器短路保护和压缩机超压保护组成。

一种用于实时模拟土体冻融过程的三样品联动冻融试验系统

技术领域

[0001] 本发明涉及一种用于实时模拟土体冻融过程的三样品联动冻融试验系统,具体是指提供模拟土体冻融循环的试验系统。利用本试验系统可快速完成对试验土样冻融循环的模拟,同时可以测量不同冻结层的温度、冻融下沉量、冻胀量等,并结合系统研制的补水测试装置用于测定土样冻融过程中孔隙水压力的变化,是模拟土体冻融循环试验的一种有效的试验系统。

背景技术

[0002] 冻融循环作为土体温度变化的一种具体形式,对寒区土体的结构性有着强烈的影响,造成土体的冻胀和融沉,给寒区工程建设带来了极大的危害。无论在广大的季节冻土区,还是多年冻土区的上部活动层,土体随着季节更替和昼夜温差而经受着反复的冻融作用,冻融循环可以被理解为一种特殊的强风化作用,改变着土的物理力学性质。

[0003] 在室内,一般采用开放系统单向冻融试验来模拟现场土样的冻融过程。在开放系统单向冻融过程中,一般只采用单个试样进行冻融过程的模拟。为了模拟多个土样冻融过程不同时刻,不同初始条件以及不同温度下的变化情况,采用的室内单样冻融模拟试验,既耗费时间和人力,浪费能源,又不能方便、快捷地做严格的平行试验。

[0004] 因此,对于模拟土样的冻融试验,要确保试验的成功及快速高效地完成,目前亟需一种稳定、可靠、方便、控制精度高以及节能的试验装置系统。

发明内容

[0005] 鉴于上述,本发明目的旨在提供一种稳定、可靠、使用方便、控制精度高以及节能的、用于实时模拟土体冻融循环过程的试验装置。

[0006] 本发明目的是采用以下技术方案来实现:

一种用于实时模拟土体冻融过程的三样品联动冻融试验系统,包括试验箱体、补水系统、冷源循环槽系统、制冷系统、空气调节系统、电气测控系统和安全保护系统;其特征在于:

a. 试验箱体由工作室、制冷机组、空调送风装置、人机界面控制系统、安全保护系统五大部分组成,工作室包括保温箱体和工作门,所述工作室能够同时容纳三个试样进行冻融试验,三个试样放置室内的底座上,位移传感器位于试样的上方,孔隙水压力探头和温度探头埋置在试样内;工作室保温箱体内胆采用不锈钢材料,外壳为冷轧钢板加静电喷塑保护,内胆和外壳之间采用一次性发泡保温;工作门中部可视窗为镶嵌防凝露中控玻璃观察窗;制冷机组安装在机械室内,用于三个试样装置底板冷浴槽和顶板冷浴槽控温;空调送风装置采用风冷凝器前进风,后出风,保持箱体温度恒定;所述人机界面控制系统,将控制器与累时器安置于一次成型的控制面板上,实现方便的人机操作;所述安全保护系统安置超温保护设定器,实时监测仪器的安全状态;

b. 补水系统由箱体外壁设置的补水支架的马缪特瓶和内部补水装置组成,放置于补

水支架上的马缪特瓶,上端与压力传感器相连,下端与系统内部补水装置相连;

c. 冷源循环槽系统为一个三样品联用底板冷浴槽和三个顶板冷浴槽,四个单独的冷浴槽采用抽屉式布局构成的整体式结构;四个冷浴槽中的一个为试样装置底板冷浴槽控温,三个为试样装置顶板冷浴槽控温,均安装于试验箱体的后面;所述的冷浴槽安装全封闭磁力驱动循环泵,外壁材料采用冷轧钢板,表面静电喷塑处理,内壁材料采用进口不锈钢板;

d. 制冷系统由试验箱制冷系统和冷浴槽制冷系统构成,试验箱制冷系统采用全封闭压缩机,全封闭压缩机采用热气旁路节能和吸气冷却旁路保护压缩机的安全,所述的冷浴槽制冷系统同样采用全封闭压缩机,采用环保工质的制冷剂,以及风冷的冷却方式;

e. 空气调节系统由试验箱体内的空调送风装置以及散热风机组成,空气调节系统特指试验箱空气调节系统,空气调节系统所采用的空气控制方式为强制循环通风,所述的空气调节系统所采用的循环装置内置空调间、循环风道及不锈钢长轴通风机;

f. 电气测控系统由试验箱电气测控系统和冷浴槽电气控制系统组成,所述的试验箱电气测控系统箱体内采用铂电阻进行温度测量;试验箱电气测控系统控制器硬件采用二次开发的触摸屏,呈现人机交互界面,实时显示当前目标温度、测量温度、加热输出量、制冷输出量、运行时间、程序运行的过程等重要参数;

g. 试验箱体四周由耐高温硬质聚胺酯泡沫作为保温材料,试验箱安全保护系统由安全可靠的接地保护装置、电源欠相、漏电保护功能、工作室超温保护、加热器短路/过载保护、制冷压缩机超压/过载保护以及鼓风电机过载保护构成;所述的冷浴槽安全保护系统由安全的接地保护装置、漏电保护功能、工作槽超温保护、加热器短路保护和压缩机超压保护组成。

[0007] 本发明与现有技术相比具有以下优点:

1、本发明可满足在室内快速、便捷的模拟土体的冻融过程,并实时监测土样的不同冻结层的温度、冻融下沉量和孔隙水压力变化;

2、本发明可同时满足三个样品的冻融试验,同时可以通过设置不同的顶板温度,提供简单高效的对比试验方案,既节省人工又节省时间;

3、本发明能够自我诊断故障,自我调节并维持安全稳定的运行,保证了试验过程的稳定性,并且在试验过程中可进行系统的自我调温;

4、本发明可满足 $-30^{\circ}\text{C}\sim+30^{\circ}\text{C}$ 温度范围内的冻融试验,可以很好地契合实际冻土冻融过程;

5、本发明结合特别研发的马缪特瓶补水装置能够准确自动的测量试样冻融过程中水分的变化情况,并实时监测冻融过程中试样孔隙水压力的变化;

6、本发明可模拟周期较长的冻融试验,整套系统采用两套制冷机组,均装置输气系数高的涡旋压缩机组,具有相对较低的耗能,简化系统的同时又节能环保;

7、本发明可快速完成对试样冻融过程的模拟,甚至在一天内即可实现试样模拟和测量,具有重大的经济价值和重要的社会价值;

8、本发明通过通讯接口,由PC计算机实现正弦线性混合编程调控系统温度的变化,尤其适合冻融过程中高低温动态变化的正弦、线性温度控制;

9、本发明自动化程度高,设备可自动判定运行状态,无须用户过多操作或监控。

附图说明

[0008] 图1为本发明的主视图。

[0009] 图2为图1的剖视图。

[0010] 图3为图1的侧视图。

[0011] 图4为本发明测得的孔隙水压力变化图。

[0012] 图5为本发明测得的温度和冻胀量变化图。

[0013] 图中:1-试验箱;2-工作门;3-人机界面控制系统;4-可视窗;5-工作室;6-测试孔;7-空调送风装置;8-底座;9-三样品制冷顶板;10-制冷机组;11-安全保护系统;12-补水支架;13-内部补水装置;14-底板冷浴槽;15-顶板冷浴槽;16-冷浴槽循环系统;17-散热风机;18-保温材料。

具体实施方式

[0014] 下面结合附图对本发明的具体实施方式再作进一步的说明:

如图1-3所示,一种用于实时模拟土体冻融过程的三样品联动冻融试验系统,包括试验箱体、补水系统、冷源循环槽系统、制冷系统、空气调节系统、电气测控系统和安全保护系统。

[0015] 试验箱体1由位于工作门2右侧的人机界面控制系统3,工作门中部的可视窗4,工作室5左侧的测试孔6,位于工作室5内的空调送风装置7、三样品底座8、三样品制冷顶板9,位于试验箱体1下方的制冷机组10,以及试验箱体1上部的安全保护系统11和外部的散热风机17组成。

[0016] 试验箱体1由工作室5、制冷机组10、空调送风装置7、人机界面控制系统3、安全保护系统11五大部分组成,工作室5包括保温箱体和工作门2,在工作室5内,三个试样放置室内的底座8上,分别在各个试样不同层面埋置5个孔隙水压力探头测定冻融过程中孔隙水压力变化;埋置8个温度探头实时测定试样温度的变化;在试样上部放置位移传感器,测定试样冻胀量的变化。上述各探头通过测试孔6与数采仪相连,利用PC计算机实时采集数据。同时三个样品底座8均与补水循环装置13和冷冻循环装置一端相连接,制冷循环管道采用优质无氧铜管,充氮保护焊接。

[0017] 补水系统由箱体外壁设置的补水支架12的马缪特瓶和内部补水装置13组成,放置于补水支架12上的马缪特瓶,上端与压力传感器相连,下端与系统内部补水装置13相连。

[0018] 冷源循环槽系统16为一个三样品联用底板冷浴槽14和三个顶板冷浴槽15,四个单独的冷浴槽采用抽屉式布局构成的整体式结构;四个冷浴槽中的一个为试样装置底板冷浴槽14控温,三个为试样装置顶板冷浴槽15控温,均安装于试验箱体1的后面。试验箱体1后部安装六个冷冻液进液循环管道,用于三个样品底座8和三样品制冷顶板9控温,同时后部还安装三个补水循环装置,用于三个试样补水。补水循环系统只是模拟冻融循环的开放系统,孔隙水压力可通过直接在试样中埋置探头测量。开启冷浴槽循环系统16,并运行整个试验装置,此时冷浴槽的冷冻液通过进液装置控制并达到各个顶板和底板的目标温度,可进行高温试验、低温试验、高低温试验;

通过制冷系统可改变试验的不同温度,快速高效的进行平行冻融试验。工作室5保温箱

体附有保温材料18,内胆采用不锈钢材料,外壳为冷轧钢板加静电喷塑保护,内胆和外壳之间采用一次性发泡保温;工作室中部可视窗4为镶嵌防凝露中控玻璃观察窗;制冷机组10安装在机械室内,用于三个试样装置底板冷浴槽14和顶板冷浴槽15控温;空调送风装置7采用风冷凝器前进风,后出风,保持箱体温度恒定。人机界面控制系统3设定三个试样所需的顶板温度和底板温度,并确定箱体温度;控制器与累时器安置于一次成型的控制面板上,实现方便的人机操作。

[0019] 冷浴槽安装全封闭磁力驱动循环泵,外壁材料采用冷轧钢板,表面静电喷塑处理,内壁材料采用进口不锈钢板。

[0020] 试验箱体1正面左侧设置两个测试孔6,用于给三个试样连接探头,测定冻融过程中试样不同层面温度、冻融下沉量、冻胀量以及补水情况和孔隙水压力的变化,模拟整个试样的冻融变化过程。

[0021] 安全保护系统11安置超温保护设定器,实时监测仪器的安全状态。若在试验过程中出现故障,安全保护系统11将自动报告故障并调节,否则发出停机预警并自动停机。

[0022] 由冻融试验系统测定的孔隙水压力、温度、冻胀量等,用来分析并认识土体的冻融过程。如图4、图5为本发明孔隙水压力、温度和试样冻胀量的变化图。从图4、图5可以看出:试样冻融过程中,孔隙水压力随温度的变化呈现周期性变化;冻结过程中,冻结区产生冻胀变形,导致土样抬升,融化过程中,产生固结变形,导致土样的下沉。

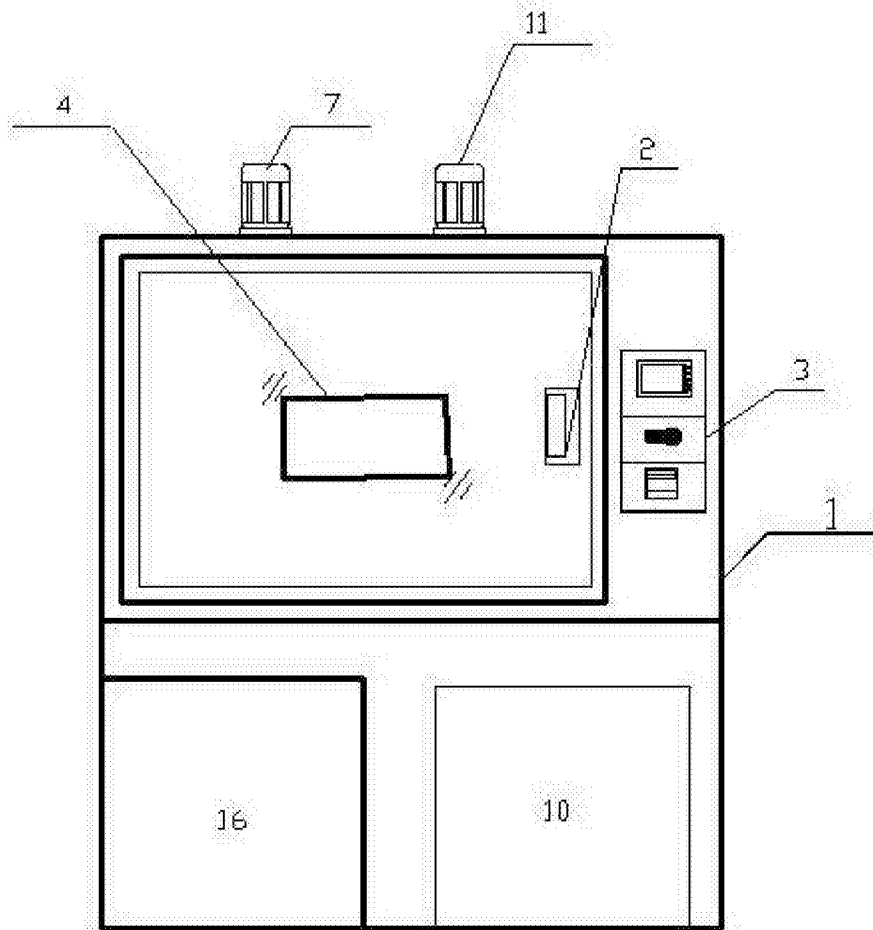


图1

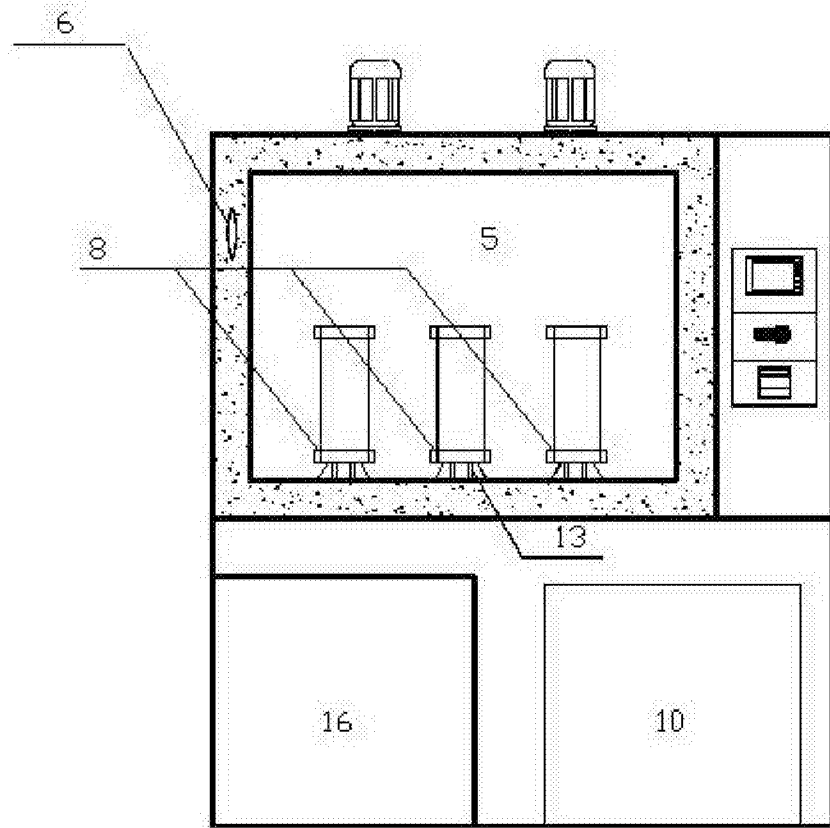


图2

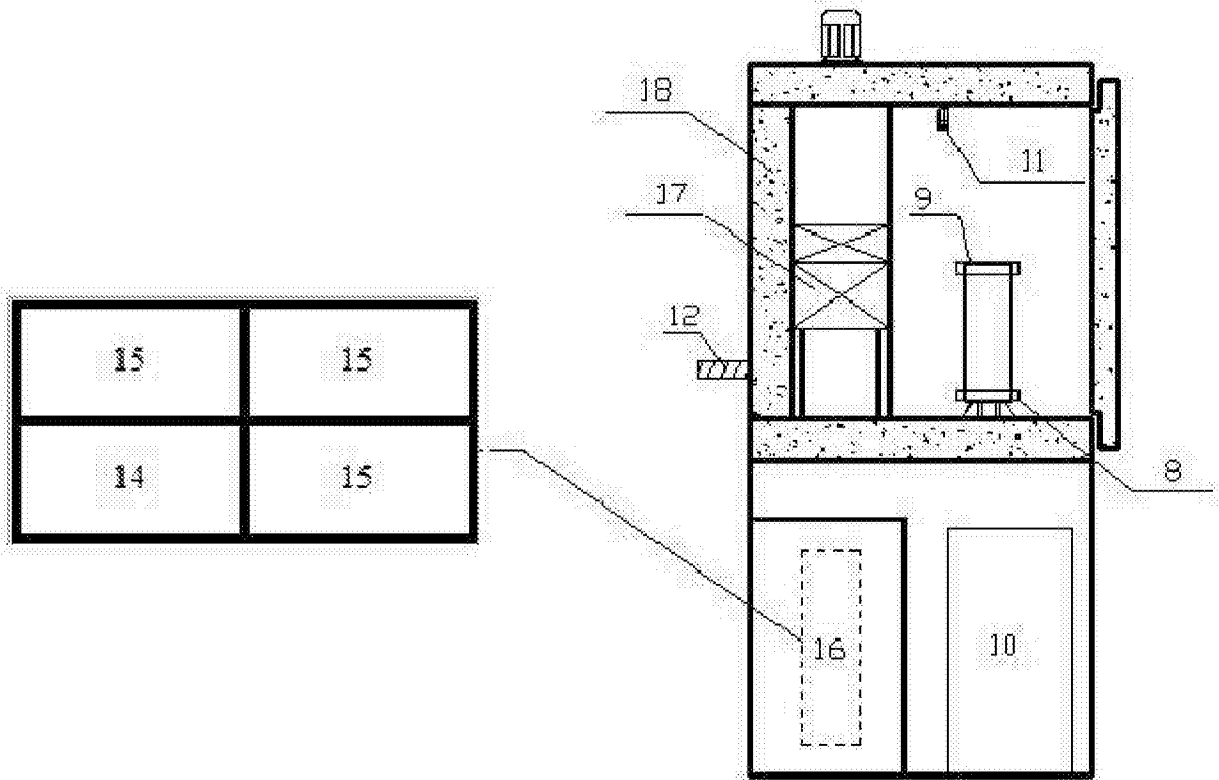


图3

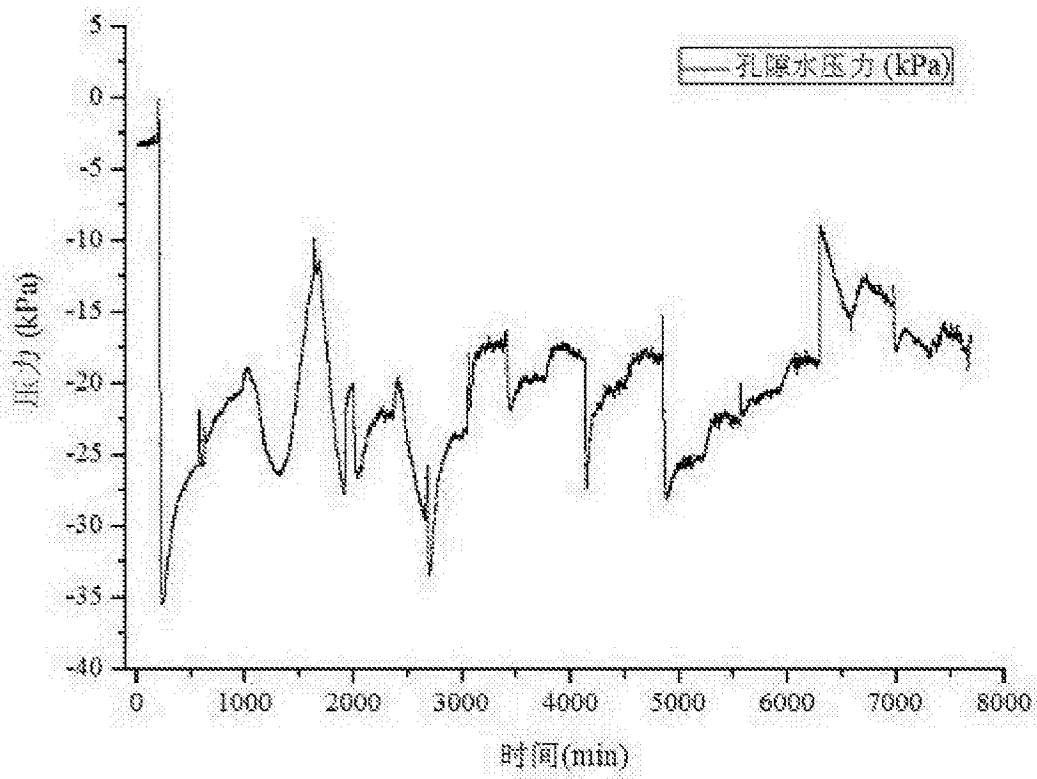


图4

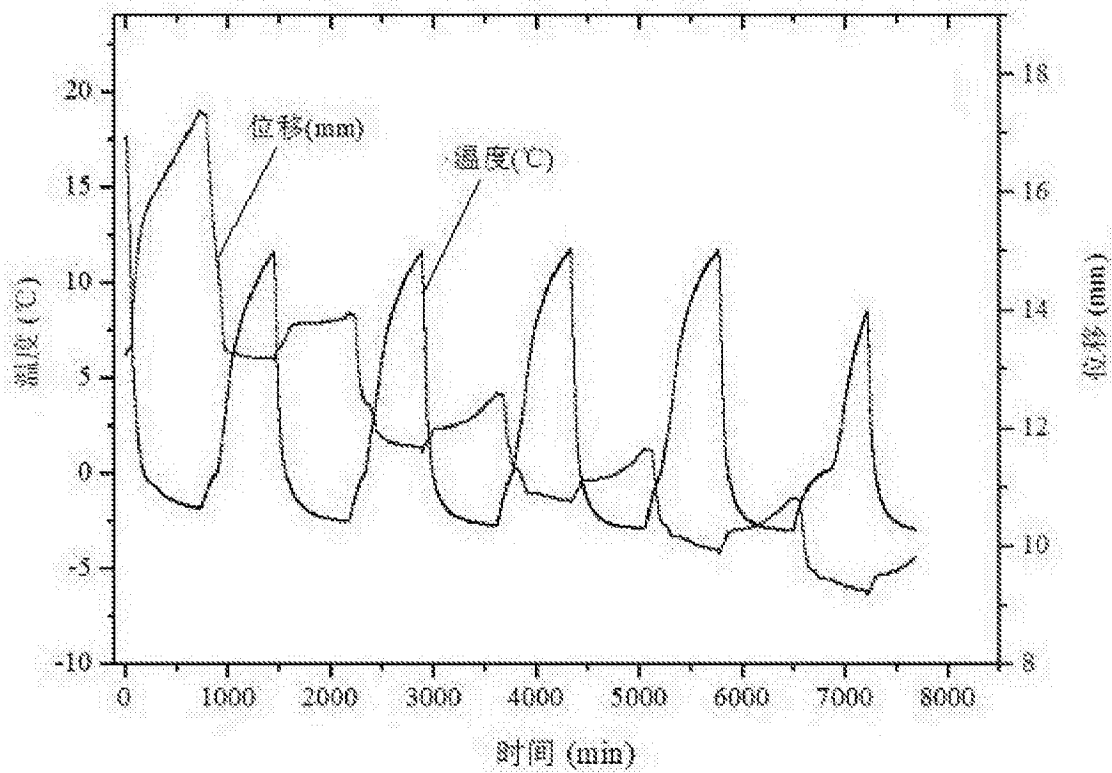


图5