



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103149339 A

(43) 申请公布日 2013. 06. 12

(21) 申请号 201310033930. 2

(22) 申请日 2013. 01. 29

(71) 申请人 中国科学院力学研究所
地址 100190 北京市海淀区北四环西路 15 号

(72) 发明人 赵颖 李世海 刘晓宇 魏作安
许利凯 孟达 范永波 吕祥锋

(74) 专利代理机构 北京和信华成知识产权代理
事务所 (普通合伙) 11390
代理人 王艺

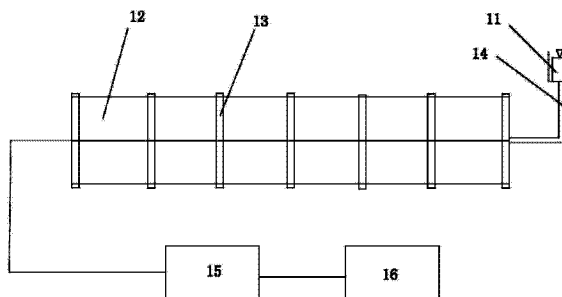
(51) Int. Cl.
G01N 33/24 (2006. 01)

权利要求书2页 说明书4页 附图2页

(54) 发明名称
单裂隙非饱和渗流试验系统

(57) 摘要

本发明公开了一种单裂隙非饱和渗流试验系统,包括:常水头供水系统、两块条石、两个垫片、支架和数据采集系统,常水头供水系统用于提供实验用水并保证入水口压力恒定;两块条石叠放在一起,其相对的两个面上粘贴有均匀的沙粒;垫片为细长形状,位于两块条石之间长边的两侧;支架用于固定条石;数据采集系统包括相连的水流位置检测电路和工控机,水流位置检测电路在石缝中设置有多个监测点,工控机监测水流流到各个监测点的时刻,实现石缝内水流位置监测。本发明可通过改变常水头供水系统的水头高度,裂缝厚度、裂隙表面粗糙度等,监测并记录水流流到某位置的时刻,实现水平干裂隙中水流从无到有这个非稳态过程的流体流动规律实验研究。



1. 一种单裂隙非饱和渗流试验系统,其特征在于,包括:常水头供水系统、两块条石、两个垫片、支架和数据采集系统,其中,

所述常水头供水系统用于提供实验用水,通过导流管将水输送至两块条石的石缝中,并控制石缝入水口的压力恒定;

所述两块条石叠放在一起,两块条石相对的两个面上粘贴有均匀的沙粒,两块条石除入水口和出水口之外的石缝四周密封,实现不透水边界;

所述垫片为细长形状,与条石的长度相等,位于两块条石之间长边的两侧,用于实现缝宽控制,形成水平单裂缝;

所述支架用于固定条石;

所述数据采集系统包括相连的水流位置检测电路和工控机,所述水流位置检测电路在石缝中设置多个监测点,利用水的导电原理,工控机监测水流流到各个监测点的时刻,实现石缝内水流位置监测。

2. 如权利要求1所述的系统,其特征在于,

所述常水头供水系统包含有水箱,水箱设有进水口和出水口,水箱的出水口通过恒定水箱内的水面高度来保持恒定压力,通过改变水箱的高度实现进水口的不同定压边界。

3. 如权利要求2所述的系统,其特征在于,

通过改变如下信息中的一种或多种,进行单裂隙非饱和渗流试验:

(1) 水箱内的水面高度;

(2) 垫片的厚度;

(3) 沙粒的粒径;

(4) 沙粒的密度。

4. 如权利要求1所述的系统,其特征在于,

所述垫片的厚度为0.5~2毫米,沙粒的粒径为0.1~0.5mm。

5. 如权利要求1所述的系统,其特征在于,

所述水流位置检测电路包括多个位置测试电路,每个位置测试电路对应一个监测点;

所述位置测试电路包括第一电阻和第二电阻,所述第一电阻一端接电源及工控机,另一端连接第一端点;所述第二电阻的一端接电源,另一端接工控机和第二端点,其中,

所述第一端点位于条石入水口,第二端点位于监测点;或者,所述第一端点位于监测点,第二端点位于条石入水口。

6. 如权利要求1所述的系统,其特征在于,

所述第一电阻为小电阻,第二电阻为大电阻。

7. 如权利要求6所述的系统,其特征在于,

所述小电阻是指:100~200欧姆的电阻;

大电阻是指:大于等于1M欧姆的电阻。

8. 如权利要求1所述的系统,其特征在于,

所述条石为天然花岗岩,长度为1米,宽度和厚度均为10厘米;

所述垫片的长度为1米,宽度为1厘米。

9. 如权利要求1所述的系统,其特征在于,

所述数据采集系统还包括压力传感器,所述压力传感器设置在石缝入水口处,与工控

机相连,用于校核定压边界。

10. 如权利要求 1 所述的系统,其特征在于,

所述工控机包含 16 位多功能数据采集卡(DAQ)可提供高达 16 位精度的测量,并可与 LabVIEW 软件轻松集成,监测电压从而采集水流流到某监测点的时刻。

单裂隙非饱和渗流试验系统

技术领域

[0001] 本发明涉及裂隙非饱和渗流特性测试技术领域,尤其涉及一种单裂隙非饱和渗流试验系统。

背景技术

[0002] 在裂隙岩体渗流分析中,为了更好的描述裂隙岩体的非均质各向异性,通常采用离散裂隙网络模型作为数学模型。即认为岩块本身不透水,整个地下水运动是通过较大尺度的裂隙网络来进行的。

[0003] 传统的离散裂隙网络模型假定立方定律适用于单裂隙渗流,并通过实验和数值模拟研究证明该假定在以下条件下是合理的:(i) 裂隙内水流是恒定流;(ii) 壁面上下基本平行、不可渗透,粗糙度很小,且足够宽以能忽略其边界效应;(iii) 速度场是一维的。

[0004] 由于立方定律的应用范围受到了上述条件的限制,因此不能正确描述非平面、非平行等特殊裂隙的水流流动规律和平行裂隙内的非恒定流动问题。为了研究各种不同条件下的裂隙水流规律,室内模型实验是一种有效的途径。以往试验采用有机玻璃或钢板形成单裂缝,不能真实模拟裂隙岩体材料,而且试验多是验证立方定律的适用范围,即裂隙内水流是饱和恒定流且壁面光滑。

发明内容

[0005] 本发明针对现有单裂隙渗流试验不能准确、真实的反映裂隙岩体材料变水头、变裂缝厚度、变裂隙表面粗糙度的水平干裂隙中水流从无到有这个非稳态过程,提供一种单裂隙非饱和渗流试验系统,其测试过程简单、操作方便,结果更符合实际。

[0006] 为了解决上述问题,本发明提供一种单裂隙非饱和渗流试验系统,包括:常水头供水系统、两块条石、两个垫片、支架和数据采集系统,其中,

[0007] 所述常水头供水系统用于提供实验用水,通过导流管将水输送至两块条石的石缝中,并控制石缝入水口的压力恒定;

[0008] 所述两块条石叠放在一起,两块条石相对的两个面上粘贴有均匀的沙粒,两块条石除入水口和出水口之外的石缝四周密封,实现不透水边界;

[0009] 所述垫片为细长形状,与条石的长度相等,位于两块条石之间长边的两侧,用于实现缝宽控制,形成水平单裂缝;

[0010] 所述支架用于固定条石;

[0011] 所述数据采集系统包括相连的水流位置检测电路和工控机,所述水流位置检测电路在石缝中设置多个监测点,利用水的导电原理,工控机监测水流流到各个监测点的时刻,实现石缝内水流位置监测。

[0012] 优选地,上述系统还具有以下特点:

[0013] 所述常水头供水系统包含有水箱,水箱设有进水口和出水口,水箱的出水口通过恒定水箱内的水面高度来保持恒定压力,通过改变水箱的高度实现进水口的不同定压边

界。

[0014] 优选地,上述系统还具有以下特点:

[0015] 通过改变如下信息中的一种或多种,进行单裂隙非饱和渗流试验:

[0016] (1) 水箱内的水面高度;

[0017] (2) 垫片的厚度;

[0018] (3) 沙粒的粒径;

[0019] (4) 沙粒的密度。

[0020] 优选地,上述系统还具有以下特点:所述垫片的厚度为 0.5 ~ 2 毫米,沙粒的粒径为 0.1 ~ 0.5mm。

[0021] 优选地,上述系统还具有以下特点:

[0022] 所述水流位置检测电路包括多个位置测试电路,每个位置测试电路对应一个监测点;

[0023] 所述位置测试电路包括第一电阻和第二电阻,所述第一电阻一端接电源及工控机,另一端连接第一端点;所述第二电阻的一端接电源,另一端接工控机和第二端点,其中,

[0024] 所述第一端点位于条石入水口,第二端点位于监测点;或者,所述第一端点位于监测点,第二端点位于条石入水口。

[0025] 优选地,上述系统还具有以下特点:

[0026] 所述第一电阻为小电阻,第二电阻为大电阻。

[0027] 所述小电阻是指:100 ~ 200 欧姆的电阻;

[0028] 大电阻是指:大于等于 1M 欧姆的电阻。

[0029] 优选地,上述系统还具有以下特点:

[0030] 所述条石为天然花岗岩。

[0031] 优选地,上述系统还具有以下特点:

[0032] 所述条石的长度为 1 米,宽度和厚度均为 10 厘米。

[0033] 优选地,上述系统还具有以下特点:

[0034] 所述垫片的长度为 1 米,宽度为 1 厘米。

[0035] 优选地,上述系统还具有以下特点:

[0036] 所述数据采集系统还包括压力传感器,所述压力传感器设置在石缝入水口处,与工控机相连,用于校核定压边界。

[0037] 优选地,上述系统还具有以下特点:

[0038] 所述工控机包含 16 位多功能数据采集卡(DAQ)可提供高达 16 位精度的测量,并可与 LabVIEW 软件轻松集成,监测电压从而采集水流流到某监测点的时刻。

[0039] 本发明利用单裂隙非饱和渗流试验系统可完成变水头(改变水箱水面高度)、变裂隙厚度(改变垫片厚度)、变裂隙表面粗糙度(改变沙粒的粒径和密度)的水平干裂隙中水流从无到有这个非稳态过程的实验研究。具有预定长度的两块天然花岗岩条石叠放形成水平单裂缝;变水头(常水头供水系统);通过在条石上增加垫片实现缝宽控制,再通过不锈钢支架固定两块花岗岩条石,并四周密封实现石缝四周不透水边界;天然裂隙壁面粗糙度模拟采用人工加粗方法,将砂子一次性粘贴在花岗岩壁面,用千分表测壁面绝对粗糙度;利用水的导电原理,通过工控机监测电压从而记录下水流流到监测点的时刻,实现石缝内水流位

置监测,最终实现单裂隙非饱和渗流试验。本发明结构和测试过程简单、操作方便,结果更符合实际。

附图说明

- [0040] 图 1 是本发明实施例的单裂隙非饱和渗流试验系统示意图 ;
[0041] 图 2 是本发明实施例的条石和垫片位置关系示意图 ;
[0042] 图 3 是本发明实施例的石缝内监测点位置示意图 ;
[0043] 图 4 是本发明实施例的位置测试电路示意图。

具体实施方式

[0044] 下文中将结合附图对本发明的实施例进行详细说明。需要说明的是,在不冲突的情况下,本申请中的实施例及实施例中的特征可以相互任意组合。

[0045] 如图 1 和图 2 所示,单裂隙非饱和渗流试验系统,包括:常水头供水系统 11、两块条石 12、两个垫片 19、支架 13 和数据采集系统,其中,

[0046] 所述常水头供水系统 11 用于提供实验用水,通过导流管 14 将水输送至两块条石的石缝中。该常水头供水系统 11 包含有水箱,水箱设有进水口和出水口,缓慢进水对实验用水进行补充,出水口通过恒定水箱内的水面高度来保持恒定压力,通过改变水箱的高度实现进水口的不同定压边界。

[0047] 所述两块条石 12 叠放在一起,两块条石 12 相对的两个面上粘贴有均匀的沙粒,两块条石除入、出水口之外的石缝四周密封(通过在石缝连接处粘贴密封带,如胶皮),实现不透水边界。在本实施例中,该条石 12 为天然花岗岩,长度为 1 米,宽度和厚度均为 10 厘米。

[0048] 天然裂隙壁面粗糙度模拟可采用人工加粗方法,选取粒径 0.5mm 左右的砂子,将花岗岩表面均匀涂刷 502 胶,再将砂子一次性粘贴在花岗岩壁面,待胶干后将浮动砂子用水冲去。用千分表(精度 0.001mm)测壁面绝对粗糙度,每平方厘米测读 15-20 个值,待整个壁面测完后进行统计分析。最后,以两个面的平均粗糙度再平均作为该模型所模拟的裂隙绝对粗糙度。

[0049] 所述垫片 19 为细长形状,与条石 12 的长度相等,位于两块条石 12 之间长边的两侧,用于实现缝宽控制,形成水平单裂缝。在本实施例中,垫片 19 采用钢卷尺,粘贴在一块条石 12 的两侧,长度为 1 米,宽度为 1 厘米,厚度为 0.5 毫米。

[0050] 所述支架 13 用于固定条石,为不锈钢材质。

[0051] 所述数据采集系统包括相连的水流位置检测电路 15 和工控机 16,所述水流位置检测电路 15 在石缝中设置有多监测点,利用水的导电原理,工控机 16 监测电压从而记录下水流流到各个监测点的时刻,实现石缝内水流位置监测。

[0052] 如图 3 所示,为石缝内监测点位置示意图,在本实施例中,有 6 个监测点,其中标号为 1~6 的点为监测点,标号为 7 的点为入水口的点。

[0053] 所述水流位置检测电路 15 包括多个位置测试电路,每个位置测试电路对应一个监测点。

[0054] 如图 4 所示,为一个位置测试电路的示意图,位置测试电路包括第一电阻和第二电阻,所述第一电阻一端接第六端点及第四端点,另一端连接第一端点;所述第二电阻的一

端接第五端点,另一端接第三端点和第二端点,其中,

[0055] 第三端点和第四端点接电源(1.5V),第三端点和第四端点接工控机,第一端点位于条石入水口,第二端点位于监测点;或者,第一端点位于监测点,第二端点位于条石入水口。

[0056] 所述第一电阻为小电阻,第二电阻为大电阻,其中小电阻是指:100 ~ 200 欧姆的电阻,大电阻是指:大于等于 1M 欧姆的电阻。

[0057] 在本实施例中,第一电阻为 120 欧姆,第二电阻为 1M 欧姆。

[0058] 当监测点有水流过,则第一端点和第二端点联通导电,第三端点和第四端点采集到的电压会突变,工控机 16 通过 16 位多功能数据采集卡(DAQ)可提供高达 16 位精度的测量,并可与 LabVIEW 软件轻松集成,从而监测到这个电压突变,最终记录下水流流到该位置的时刻。

[0059] 另外,数据采集系统还可包括压力传感器(图中未示出),所述压力传感器设置在石缝入水口处,与工控机 16 相连,用于校核定压边界。

[0060] 为了得到其他工况不变、变水头的试验结果,可采用将裂缝中的水吹干的装置,即使用氮气瓶向裂缝中吹气使裂隙在下次试验开始时为干裂缝。

[0061] 本发明可以实现变水头(改变水箱水面高度)、变裂缝厚度(改变垫片厚度)、变裂隙表面粗糙度(改变沙粒的粒径和密度)的水平干裂隙中水流从无到有这个非稳态过程的实验研究。其中,垫片的厚度通常为 0.5 ~ 2 毫米,沙粒的粒径通常为 0.1 ~ 0.5mm。

[0062] 综上所述,本发明采用两块天然花岗岩条石,通过不锈钢固定和防渗支架形成水平裂隙,可以更真实的模拟裂隙岩体材料;并利用水的导电原理,在裂隙内布设导线,采用工控机监测电压从而记录水流流到监测点的时刻,实现非恒定非饱和裂隙渗流实验;变水头;变裂缝厚度;并通过人工加粗方法模拟天然裂隙壁面粗糙度,最终形成可以实现变水头、变裂缝厚度、变裂隙表面粗糙度的水平干裂隙中水流从无到有这个非稳态过程模拟的单裂隙非饱和渗流试验系统。

[0063] 以上所述仅为本发明的优选实施例而已,并不用于限制本发明,对于本领域的技术人员来说,本发明可以有各种更改和变化。凡在本发明的精神和原则之内,所作的任何修改、等同替换、改进等,均应包含在本发明的保护范围之内。

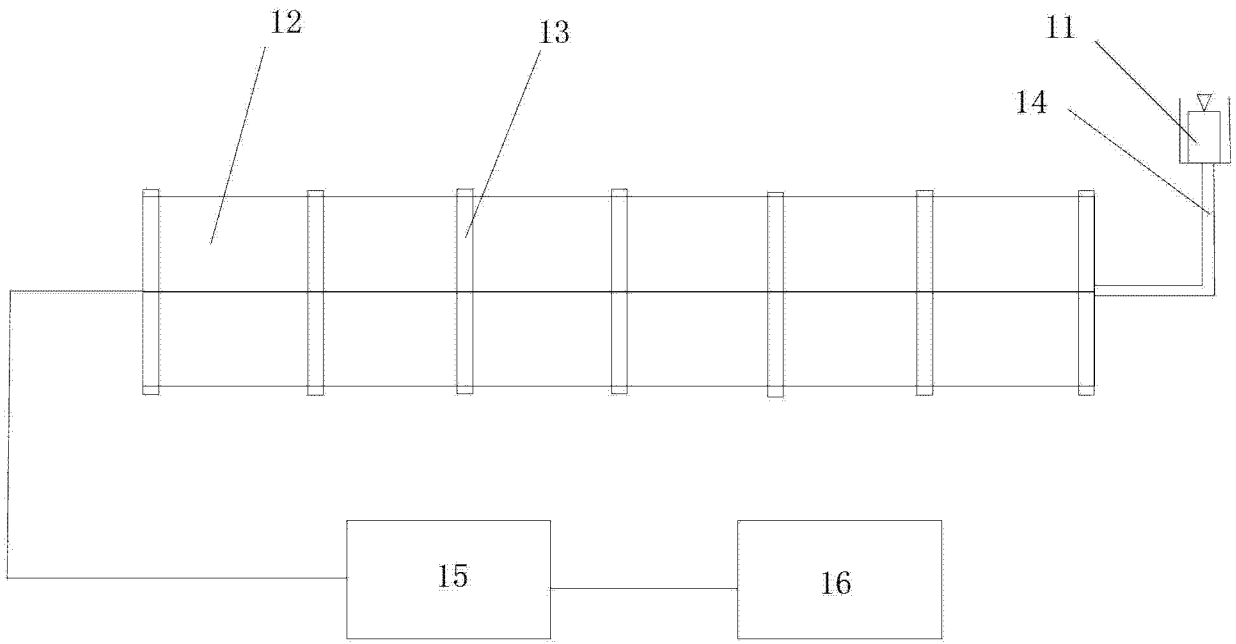


图 1

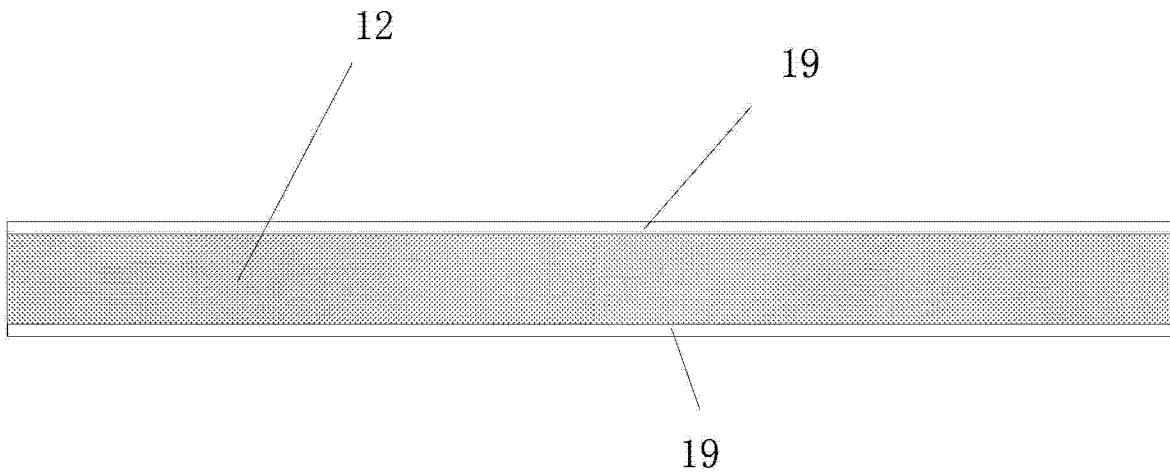


图 2

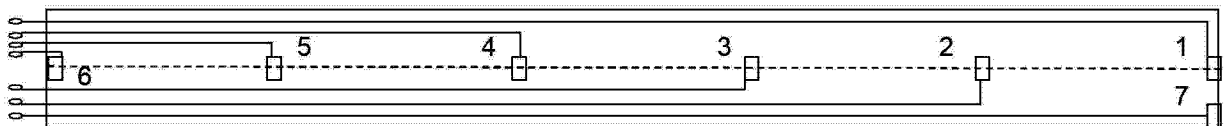


图 3

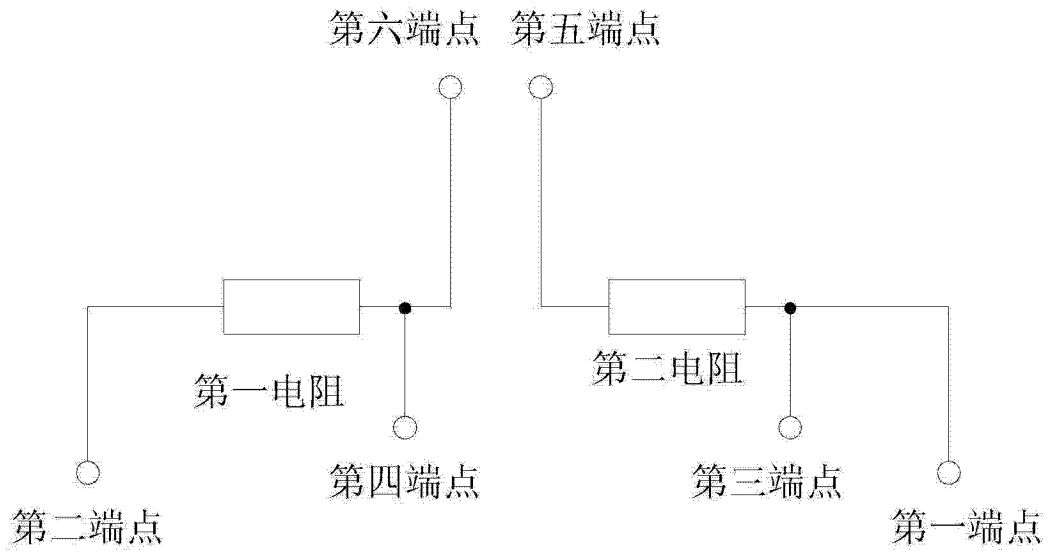


图 4