

(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国际局

(43) 国际公布日
2020 年 11 月 19 日 (19.11.2020)



(10) 国际公布号
WO 2020/228230 A1

- (51) 国际专利分类号:
G01N 3/56 (2006.01) *G01N 15/08* (2006.01)
G01N 5/02 (2006.01) *G01C 5/00* (2006.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2019/110702
- (22) 国际申请日: 2019 年 10 月 12 日 (12.10.2019)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:
201910399763.0 2019 年 5 月 14 日 (14.05.2019) CN
- (71) 申请人: 浙江大学 (ZHEJIANG UNIVERSITY) [CN/
CN]; 中国浙江省杭州市西湖区余杭塘路
866 号, Zhejiang 310058 (CN)。
- (72) 发明人: 王立忠 (WANG, Lizhong); 中国浙江省
杭州市西湖区余杭塘路 866 号, Zhejiang 310058

(CN)。 芮圣洁 (RUI, Shengjie); 中国浙江省杭
州市西湖区余杭塘路 866 号, Zhejiang 310058
(CN)。 国振 (GUO, Zhen); 中国浙江省杭州市
西湖余杭塘路 866 号, Zhejiang 310058 (CN)。 张
皓杰 (ZHANG, Haojie); 中国浙江省杭州市西
湖余杭塘路 866 号, Zhejiang 310058 (CN)。 李
玲玲 (LI, Lingling); 中国浙江省杭州市西湖余
杭塘路 866 号, Zhejiang 310058 (CN)。 吕同令
(LI, Tongling); 中国浙江省杭州市西湖余杭塘
路 866 号, Zhejiang 310058 (CN)。

(74) 代理人: 杭州求是专利事务所有限
公司 (HANGZHOU QIUSHI PATENT OFFICE CO.,
LTD.); 中国浙江省杭州市西湖区玉古路
147 号黄鸿年科技综合楼 215 室万尾
甜, Zhejiang 310013 (CN)。

(54) Title: INDOOR TEST APPARATUS FOR MEASURING SEEPAGE EROSION CHARACTERISTICS OF MULTILAYER SOIL SAMPLES UNDER IN-SITU PRESSURE

(54) 发明名称: 一种测定原位压力下多层土样渗流侵蚀特性的室内试验装置

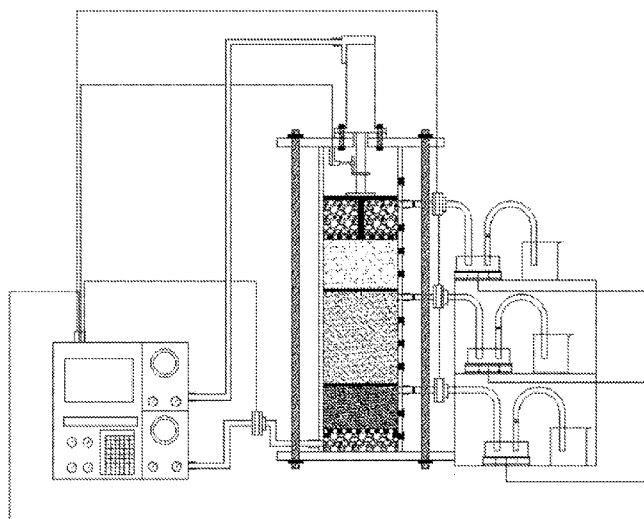


图 1

(57) Abstract: Disclosed is an indoor test apparatus for measuring seepage erosion characteristics of multilayer soil samples under in-situ pressure, comprising an experiment chamber body, a servo hydraulic loading system, a constant head water-pressure system, a vertical displacement sensor, a water flow sensor, a fine particle migration measurement system, and a computer integrated control system; the experiment chamber body is used for holding soil samples; the servo hydraulic loading system is used for providing the in-situ pressure of a normal load to simulate a soil sample; the fine particle migration measurement system is used for counting the mass of the fine particles washed out by the water flow in the soil sample under the effect of seepage; the computer integrated control system is used for controlling the operation of the experimental instrument and collecting, calculating, and storing the experimental



WO 2020/228230 A1

(81) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW。

(84) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的地区保护): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

本国际公布:

— 包括国际检索报告 (条约第21条(3))。

parameters monitored by the sensors; the present apparatus can provide in-situ pressure and constant head seepage erosion conditions for multiple layers of soil samples indoors, and can also timely determine the change in the coefficient of permeability of the soil sample, the amount of settlement of the soil sample, and the amount of fine particles in each layer of the soil sample, and finally, analyze the seepage erosion characteristics of each layer of soil samples.

(57) 摘要: 本发明公开了一种测定原位压力下多层土样渗流侵蚀特性的室内试验装置, 包括实验箱体、伺服液压加载系统、定水头水压系统、竖向位移传感器、水流流量传感器、细小颗粒运移量计量系统、计算机集成控制系统; 实验箱体用于盛放土样; 伺服液压加载系统用于提供法向荷载模拟土样的原位压力; 细小颗粒运移量计量系统用于统计土样在渗蚀作用下被水流冲出的细小颗粒的质量; 计算机集成控制系统用于控制实验仪器的操作并收集、计算、储存传感器所监测的实验参数; 本装置可以在室内对多层土样提供原位压力和定水头水流渗透侵蚀的条件, 并能及时测定土样渗透系数变化量、土样沉降量和每层土样中细颗粒的运移量, 最终能够对各层土样的渗流侵蚀特性进行分析。

一种测定原位压力下多层土样渗流侵蚀特性的室内试验装置

技术领域

本发明属于建筑工程技术领域，具体涉及一种测定原位压力下多层土样渗流侵蚀特性的室内试验装置。

背景技术

随着城市化的进一步发展，城市地面沉降越来越引起了人们的关注，全球许多国家许多地区均发生了此类问题，如德国、香港、西班牙、印尼等，每年由地面沉降造成的经济损失严重。在中国累积沉降超过 200 mm 的区域有 $7.9 \times 10^4 \text{km}^2$ ，而且仍有扩大的趋势。导致地面沉降的一个重要因素就是地层在渗流过程中细颗粒在土孔隙中的迁移、流动，也就是地层发生的渗流侵蚀现象。

土中水的渗流对土的工程性质有很大影响，土的强度、变形和稳定都与土中水的渗流有关。水在土中渗流会对土颗粒施加渗透力，引起土体内部应力状态、结构、强度发生改变。当渗透力过大时，土颗粒间会发生相对运动甚至土体的整体移动，颗粒的流失基本上可分为两个过程，首先是大小颗粒分离，接着是小颗粒的迁移。土样内部基本上可分为两种颗粒，一种是位置上基本上不变的骨架颗粒，它可支撑荷载传递应力；另一种便是存在于骨架空隙中的可动颗粒，其位置随时在变，且不能传递应力，由于土体内部的结构复杂，随机性大，

孔隙的尺寸随时间、位置而变，颗粒的移动特性与骨架颗粒、可动颗粒以及水之间的相互作用行为是密切相关的，流过孔隙的渗透水流总会有使孔隙内的可动颗粒沿流动方向迁移的趋势，如果可动颗粒粒径比受到的限制尺寸要小，它们就会从一个孔隙流入临近的另一个孔隙，直到被排出土体，这就产生了颗粒渗流侵蚀现象。

而地层发生渗流侵蚀现象不仅与地层土体的自身基本参数和水头高度有关，也与地层的原位压力有关。目前，已有研究采用现场试验和室内模型试验模拟研究渗透力对渗流侵蚀作用的影响，但已有的装置未能考虑到原位压力对土体渗流侵蚀作用的影响，尤其对于揭示渗透过程细颗粒运移量侵蚀机理的实验装置与量测方法的研究还很欠缺。

发明内容

本发明的目的在于针对现有技术的不足，提供一种测定原位压力下多层土样渗流侵蚀特性的室内试验装置。

本发明采取以下技术方案：

一种测定原位压力下多层土样渗流侵蚀特性的室内试验装置，包括实验箱体、细小颗粒运移量计量系统、伺服液压加载系统、定水头水压系统计算机集成控制系统；

其中，所述的实验箱体用于装入土样并进行土样渗流侵蚀实验，所述的实验箱体包括实验箱体壁、箱体上盖和箱体底座；所述的实验箱体壁是透明的，所述的箱体上盖和箱体底座都有互相对应的孔洞用

于反力柱的穿入，箱体的上盖和底座之间用四根反力柱相互连接，反力柱的两端有螺纹，用螺母将反力柱分别与箱体上盖和底座固定；

所述的实验箱体从上往下按照其用途分为四个部分，实验箱体的第一部分安装有液压千斤顶的传力轴和竖向位移传感器，所述的传力轴上设置有定位平台，所述的竖向位移传感器安装在箱体上盖上，从而传感器能够实时监测并记录传力轴的竖向位移，进而能够实现实时监测并记录土样的沉降量；实验箱体的第二部分是由两片钢板组成的钢性腔室，两片钢板通过钢性轴焊接连接，下钢片上设有孔洞，用于水流和土壤的细小颗粒通过，腔体内部装有双峰型非均匀粗颗粒材料，该钢性腔室可随着土样的沉降而下滑；实验箱体的第三部分用于盛装实验土样，且不同土样间用透水薄膜隔离，该透水薄膜只能通过水流而不能通过任何大小的土壤细小颗粒；实验箱体的第四部分是由固定的带孔钢板和箱体底座构成的腔体，腔体内装有双峰型非均匀粗颗粒材料；实验箱体的第二和第三部分的箱壁上均开设有出水口，实验箱体的第四部分箱壁上设有入水口；

所述的细小颗粒运移量计量系统与所述的实验箱体体壁上设置的出水口连接，用于测定土样在渗流侵蚀作用下被水流冲出的细小颗粒的质量；

所述的伺服液压加载系统包括千斤顶，所述的千斤顶与所述的实验箱体的箱体上盖相连，用于提供法向荷载模拟土样的原位压力；

所述的定水头水压系统与所述的实验箱体的入水口通过水流导入管连接，定水头水压系统能够提供定水头压力，能够提供实验所需

水头高度的水压，从而实现对实验土样进行渗流侵蚀作用；

所述的计算机集成控制系统用于控制各系统，并收集、计算、储存实验参数。

在本发明的装置中，进一步地，所述的细小颗粒运移量计量系统包括依次连接的水流导出管、精密筛网、水流流量传感器、精密天平、滤网、U型水流排出管和排出水收集瓶，所述的水流导出管与U型水流排出管的最高点齐平；所述的精密筛网安装在水流导出管的入水端内，用于防止大粒径的颗粒流出，可用于定量控制渗蚀颗粒的大小，具体可根据试验需要进行选择；所述的滤网安装在U型水流排出管的入水端内。从实验箱体排出的土样细小颗粒流过水流导出管最终会沉淀到精密天平的称重面，滤网的作用就是防止细小颗粒的流出，从而保证实验结果的精确。

进一步地，所述的计算机集成控制系统分为控制单元和计算与储存单元；其中控制单元用于控制实验装置各个系统的操作，包括伺服液压加载系统的压力调节、定水头水压系统的水头高度调节；计算与储存单元用于实时的收集、计算并储存实验期间监测的各个参数，其参数包括水流流量传感器测定的水流流量、竖向位移传感器测定的土样沉降量、精密天平测定的包括土壤细颗粒在内的水的重量。计算机能够结合水头高度，水流流量和土样的横截面最终得出需要的土样的渗透系数变化量，并可以根据土壤细颗粒运移量、土样的渗透系数变化量和土样的沉降量，最终能够实现科学的探究和分析土样的渗流侵蚀特性。

进一步地，所述的伺服液压加载系统与液压千斤顶之间采用液压管连接，液压千斤顶的油缸用螺栓固定于箱体上盖，液压千斤顶的油压由伺服电机提供，能够使液压千斤顶提供实验需要的恒定的竖向压力。

进一步地，所述的水流导入管上设置有水流流量传感器，水流流量传感器连接在定水头水压系统和实验箱体的水流导入管中间，用于实时测量并记录流过导管的水流流量。

进一步地，所述的实验箱体的第三部分的实验箱体壁上出水口的设置方式具体为：除了与第二部分相连的土样外，装有其它层土样的试验箱体壁上部也设有出水口，包含每层土样的细小颗粒的水流会从出水口流出，该装置可满足多层不同厚度的土样的实验需求。

进一步地，所述的实验箱体壁上还设置有预留出水口，用于试验完成后排出装置内残余的水。

本发明的有益效果在于：

本发明的装置可以在室内的条件下，用现场采取的土样作为实验对象，对多层土样提供竖向压力和定水头水压水流渗透侵蚀的条件，从而模拟土层在实际的工程现场的渗流侵蚀状态，并能够实时观测并记录多层土样在渗流侵蚀过程中的土壤细颗粒运移量、土样的渗透系数变化量和土样的沉降量，最终能够实现科学的探究和分析土样的渗流侵蚀特性。

附图说明

图1 是本发明装置的一种整体结构外观图（正面图）；

图2 是本发明装置的一种整体结构示意图（正视图）；

图3 是本发明装置的 A 部分示意图（正视图）；

图4 是本发明装置的 A 部分示意图（俯视图）；

图5 是本发明装置的 B 部分示意图（正视图）；

其中，A. 实验箱体、B. 细小颗粒运移量计量系统、1. 计算机集成控制系统、2. 伺服液压加载系统、3. 定水头水压系统、4. 液压管、5. 液压千斤顶、6. 水流导入管、7. 水流流量传感器、8. 箱体底座、9. 固定螺栓、10. 竖向位移传感器、11. 箱体上盖、12. 钢性腔室、13. 实验箱体壁、14. 带孔钢板、15. 入水口、16. 千斤顶传力轴、17. 定位平台、18. 出水口、19. 双峰型非均匀粗颗粒材料、20. 反力柱、21. 土样（a）、22. 土样（b）、23. 土样（c）、23. 精密天平、24. 透水薄膜、25. 预留出水口、26. 精密筛网、27. 水流导出管、28. 精密天平、29. 滤网、30. U 型水流排出管、31. 排出水收集瓶。

具体实施方式

本发明的一种测定原位压力下多层土样渗流侵蚀特性的室内试验装置，包括实验箱体 A、伺服液压加载系统 2、定水头水压系统 3、竖向位移传感器 10、水流流量传感器 7、细小颗粒运移量计量系统 B、计算机集成控制系统 1。

参照图 1-3，伺服液压加载系统 2 与液压千斤顶 5 之间用液压管 4 连接；定水头水压系统 3 与入水口 15 之间连接有水流导入管 6 和水流流量传感器 7。

参照图 3 及图 4，实验箱体 A 包括箱体上盖 11、实验箱体壁 13、箱体底座 8、反力柱 20，箱体上盖 11 与液压千斤顶 5 用四根螺栓 9 固定，箱体上盖 11 和箱体底座 8 各有四个对应的孔，四根反力柱 20 插入孔中后，端头用螺丝进行固定。实验箱体 A 内部空间从上往下按照功能不同共分为四个部分，第一部分主要是放置传力轴 16，传力轴 16 上装有定位平台 17，竖向位移传感器 10 安装在箱体上盖，竖向位移传感器 10 的定位针放置在定位平台 17 上面；第二部分是由两片钢板组成的钢性腔室 12，两片钢板通过钢性轴焊接连接，腔室的下部钢板为带孔钢板，腔室内填充有双峰型非均匀粗颗粒材料 19，该钢性腔室可随着土样的沉降而下滑；第三部分主要是盛放实验土样，土样 (a) 21 与土样 (b) 22、土样 (b) 22 与土样 (c) 23 之间均采用透水薄膜 24 隔离；第四部分的上方固定了带有孔洞的钢板 14，下方同样填充满了双峰型非均匀粗颗粒 19；实验箱体壁 13 上设置有预留出水口 25，预留出水口 25 可打开作为出水口，用于清理实验装置，实验箱体 A 的第二部分和第三部分的试验箱体壁上开设有出水口 18。实验箱体 A 的第四部分箱壁上设有入水口 15。

第三部分的实验箱体壁上出水口的设置方式具体为：除了与第二部分相连的土样外，装有其它层土样的试验箱体壁上部也设有出水口，包含每层土样的细小颗粒的水流会从出水口流出，该装置可满足多层不同厚度的土样的实验需求。

参照图 2 及图 5，细小颗粒运移量计量系统 B 由水流导出管 27、精密筛网 26、水流流量传感器 7、精密天平 28、U 型水流排出管 30、

滤网 29、排出水收集瓶 31 顺次连接，精密筛网 26 安装在水流导出管 27 的入水端，滤网 29 安装 U 型水流排出管 30 的入水端；在安装时保证水流导出管 27 与 U 型水流排出管 30 的最高点齐平。

参照图 1-5，计算机集成控制系统 1 分为控制单元和计算与储存单元；其中控制单元用于控制实验装置各个系统的操作，包括伺服液压加载系统 2 的压力调节、定水头水压系统 3 的水头高度调节；计算与储存单元用于实时的收集、计算并储存实验期间监测的各个参数，其参数包括水流流量传感器 7 测定的水流流量、竖向位移传感器 10 测定的土样沉降量、精密天平 28 测定的包括土壤细小颗粒在内的水的重量。

计算各个出水口处的水流流量的总和，并与入水口处的水流流量进行比较，若两者相差不大，则认为装置的气密性良好。具体计算土样的渗流侵蚀时采用入水口处的水流流量进行计算。

下面以沙土试样为例，简述采用本发明装置的试验过程：

1、工作时，先拆卸实验箱体 A 的反力柱，使实验箱体 A 的箱体上盖 11 脱离实验箱体，拿出装有双峰型非均匀粗颗粒材料 19 的钢性腔室 12，并将要求厚度的土样（c）23、透水薄膜 24、要求厚度的土样（b）22、透水薄膜 24、要求厚度的土样（a）21 依次放置在实验箱体 A 中，然后放入钢性腔室，再放置箱体上盖 11，并用反力柱 20 和螺丝将箱体上盖 11 和箱体底座 8 固定牢靠；连接出水口 18 和细小颗粒运移量计量系统 B；连接千斤顶与实验箱体的箱体上盖；将定水头水压系统 3 与实验箱体 A 上的入水口 15 连接。

2、打开计算机集成控制系统 1，调节伺服液压加载系统 2 对土样施加预荷载，使土体变形直至逐渐稳定，模拟土体固结状态，然后将竖向荷载加至实验所需大小。

3、利用计算机集成控制系统 1 调节定水头水压控制系统 3，向土样施加实验要求水头高度的水流，期间让水流流量传感器 7、竖向位移传感器 10、精密天平 28 实时收集数据。计算机能够结合水头高度，水流流量和土样的横截面最终得出需要的土样的渗透系数变化量，并可以根据土壤细颗粒运移量、土样的渗透系数变化量和土样的沉降量，最终能够实现科学的探究和分析土样的渗流侵蚀特性。

4、试验结束后，打开预留出水口 25 排出装置内残余的水，并仔细清理实验装置，准备下一组试验。

权 利 要 求 书

1. 一种测定原位压力下多层土样渗流侵蚀特性的室内试验装置，其特征在于，包括实验箱体（A）、细小颗粒运移量计量系统（B）、伺服液压加载系统（2）、定水头水压系统（3）计算机集成控制系统（1）；

其中，所述的实验箱体（A）用于装入土样并进行土样渗流侵蚀实验，所述的实验箱体（A）包括实验箱体壁（13）、箱体上盖（11）和箱体底座（8）；所述的实验箱体壁（13）是透明的，所述的箱体上盖（11）和箱体底座（8）间通过反力柱（20）进行固定连接；所述的实验箱体（A）从上往下分为四个部分，实验箱体（A）的第一部分安装有液压千斤顶（5）的传力轴（16）和竖向位移传感器（10），所述的传力轴（16）上设置有定位平台（17），所述的竖向位移传感器（10）安装在箱体上盖（11）上，竖向位移传感器（10）的定位针位于定位平台（17）上；实验箱体（A）的第二部分是由两片钢板组成的钢性腔室，两片钢板通过钢性轴焊接连接，下钢片上设有孔洞，用于水流和土壤的细小颗粒通过，腔体内部装有双峰型非均匀粗颗粒材料（19），该钢性腔室可随着土样的沉降而下滑；实验箱体（A）的第三部分用于盛装实验土样，且不同土样间用透水薄膜（24）隔离；实验箱体（A）的第四部分是由固定的带孔钢板（14）和箱体底座（8）构成的腔体，腔体内装有双峰型非均匀粗颗粒材料（19）；实验箱体（A）的第二和第三部分的实验箱体壁（13）上均开设有出水口（18），实验箱体（A）的第四部分箱壁上设有入水口（15）；

所述的细小颗粒运移量计量系统（B）与实验箱体壁（13）上设

置的出水口（18）连接，用于测定土样在渗流侵蚀作用下被水流冲出的细小颗粒的质量；

所述的伺服液压加载系统（2）包括千斤顶（5），所述的千斤顶（5）与所述的实验箱体（A）的箱体上盖（11）相连，用于提供法向荷载模拟土样的原位压力；

所述的定水头水压系统（3）与所述的实验箱体（A）的入水口（15）通过水流导入管（6）连接，用于向土样施加实验要求水头高度的水流；

所述的计算机集成控制系统（1）用于控制以上各系统，并收集、计算、储存实验参数。

2. 根据权利要求 1 所述的一种测定原位压力下多层土样渗流侵蚀特性的室内试验装置，其特征在于，所述的细小颗粒运移量计量系统（B）包括依次连接的水流导出管（27）、精密筛网（26）、水流流量传感器（7）、精密天平（28）、滤网（29）、U型水流排出管（30）和排出水收集瓶（31），所述的水流导出管（27）与U型水流排出管（30）的最高点齐平；所述的精密筛网（26）安装在水流导出管（27）的入水端；所述的滤网（29）安装在U型水流排出管（30）的入水端内。

3. 根据权利要求 1 所述的一种测定原位压力下多层土样渗流侵蚀特性的室内试验装置，其特征在于，所述的计算机集成控制系统（1）分为控制单元和计算与储存单元；其中控制单元用于控制实验装置各个系统的操作，包括伺服液压加载系统（2）的压力调节、定水头水压系统（3）的水头高度调节；计算与储存单元用于实时的收集、计

算并储存实验期间的各个参数。

4. 根据权利要求 1 所述的一种测定原位压力下多层土样渗流侵蚀特性的室内试验装置，其特征在于，所述的伺服液压加载系统（2）与液压千斤顶（5）之间采用液压管（4）连接。

5. 根据权利要求 1 所述的一种测定原位压力下多层土样渗流侵蚀特性的室内试验装置，其特征在于，所述的水流导入管（6）上设置有水流流量传感器（7）。

6. 根据权利要求 1 所述的一种测定原位压力下多层土样渗流侵蚀特性的室内试验装置，其特征在于，所述的实验箱体（A）的第三部分的实验箱体壁（13）上出水口（18）的设置方式具体为：除了与第二部分相连的土样外，装有其它土样的实验箱体壁上部也设有出水口。

7. 根据权利要求 1 所述的一种测定原位压力下多层土样渗流侵蚀特性的室内试验装置，其特征在于，所述的实验箱体壁（13）上还设置有预留出水口（25）。

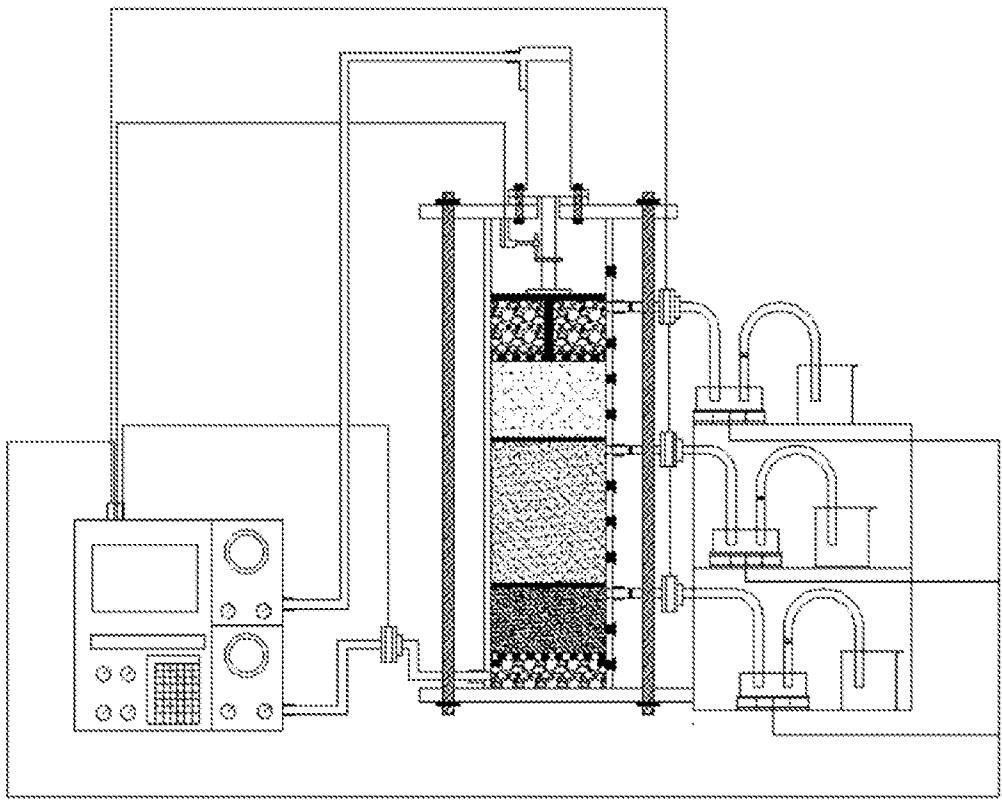


图 1

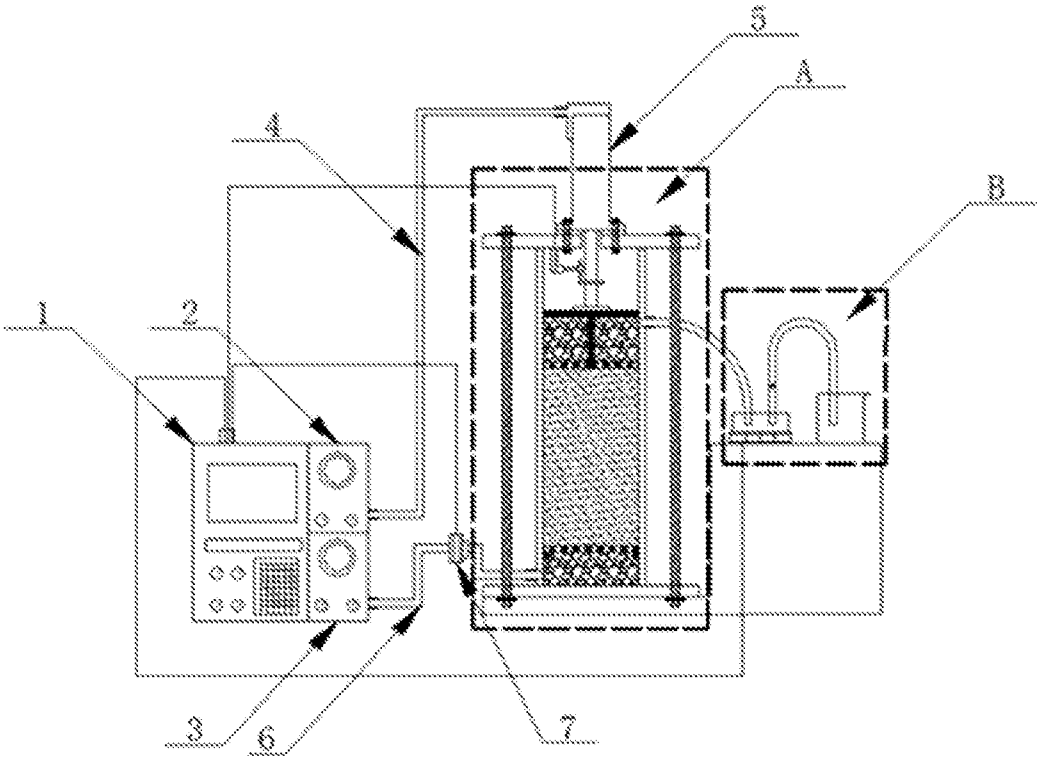


图 2

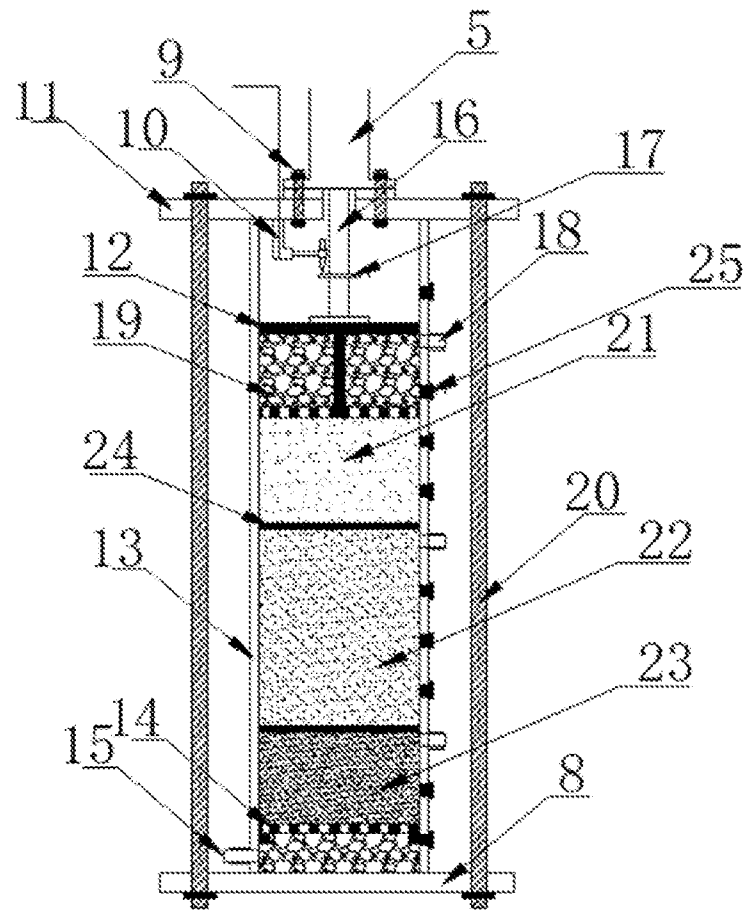


图 3

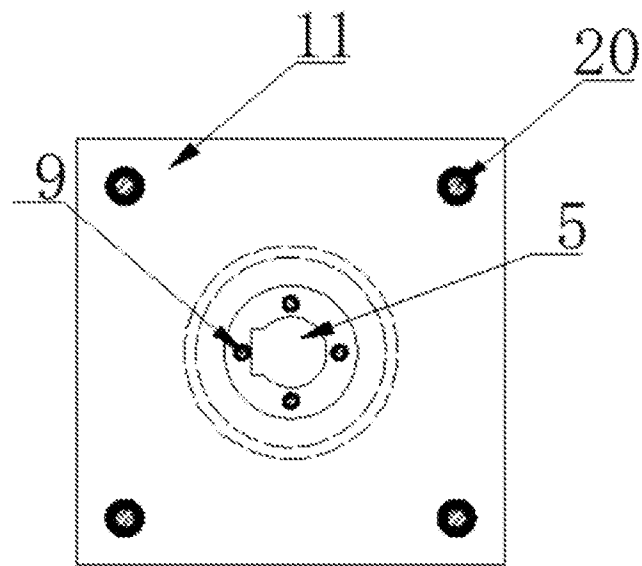


图 4

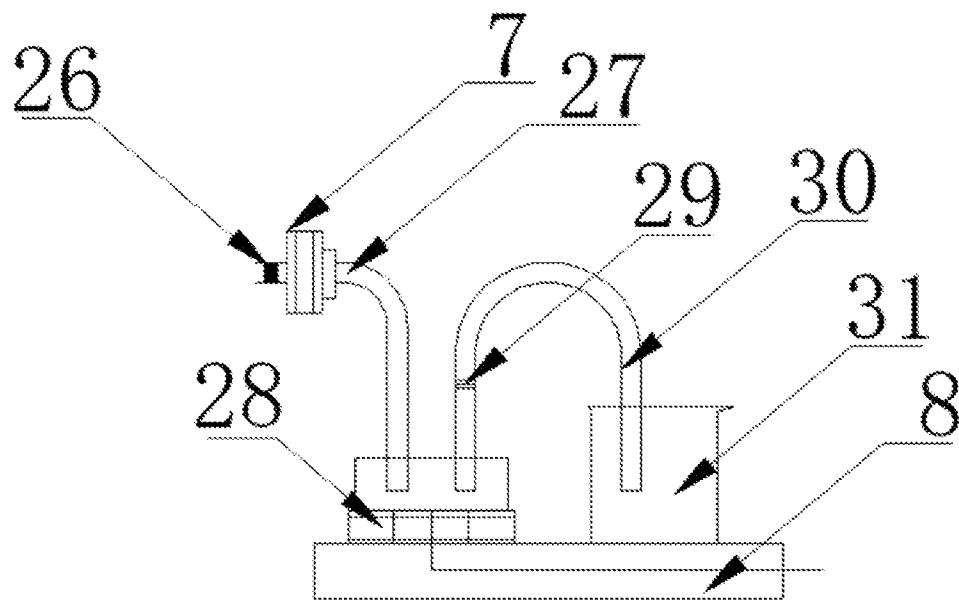


图 5

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2019/110702

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01N 3/56(2006.01)i; G01N 5/02(2006.01)i; G01N 15/08(2006.01)i; G01C 5/00(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G01N; G01C

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

CNABS, CNTXT, CNKI: 渗流, 渗透, 侵蚀, 腐蚀 VEN, EPTXT, WOTXT, USTXT: vadose, interstitial flow, permeate, infiltrate, osmosis, erosion, corrosion, erode, corrode

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
PX	CN 110146395 A (ZHEJIANG UNIVERSITY) 20 August 2019 (2019-08-20) claims 1-7, description, paragraphs 28-39, and figures 1-5	1-7
PY	CN 110208123 A (ZHEJIANG UNIVERSITY) 06 September 2019 (2019-09-06) claims 1-5, description, paragraphs 25-34, and figures 1-5	1-7
Y	CN 104535470 A (SHANGHAI JIAO TONG UNIVERSITY) 22 April 2015 (2015-04-22) description, paragraphs 7-96, and figures 1-2	1-7
Y	CN 107192535 A (MCC HUATIAN ENGINEERING & TECHNOLOGY CORPORATION) 22 September 2017 (2017-09-22) description, paragraphs 19-26, and figures 1-5	1-7
Y	CN 108195742 A (ZHEJIANG UNIVERSITY) 22 June 2018 (2018-06-22) description, paragraphs 22-30, and figure 1	1-7
Y	CN 206788002 U (YULIN UNIVERSITY) 22 December 2017 (2017-12-22) description, paragraphs 28-43, and figure 1	1-7
A	CN 107063962 A (HOHAI UNIVERSITY) 18 August 2017 (2017-08-18) entire document	1-7



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

06 January 2020

Date of mailing of the international search report

11 February 2020

Name and mailing address of the ISA/CN

China National Intellectual Property Administration
No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao Haidian District, Beijing
100088
China

Facsimile No. (86-10)62019451

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2019/110702**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	CN 103868838 A (TONGJI UNIVERSITY) 18 June 2014 (2014-06-18) entire document	1-7
A	CN 208239264 U (MCC HUATIAN ENGINEERING & TECHNOLOGY CORPORATION) 14 December 2018 (2018-12-14) entire document	1-7
A	JP 2013228384 A (DAIKI RIKI KOGYO KK) 07 November 2013 (2013-11-07) entire document	1-7

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2019/110702

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
CN	110146395	A	20 August 2019	None			
CN	110208123	A	06 September 2019	None			
CN	104535470	A	22 April 2015	CN	104535470	B	10 May 2017
CN	107192535	A	22 September 2017	CN	207147753	U	27 March 2018
CN	108195742	A	22 June 2018	CN	207908316	U	25 September 2018
				WO	2019153782	A1	15 August 2019
				JP	3220586	U	22 March 2019
CN	206788002	U	22 December 2017	None			
CN	107063962	A	18 August 2017	None			
CN	103868838	A	18 June 2014	CN	103868838	B	06 April 2016
CN	208239264	U	14 December 2018	None			
JP	2013228384	A	07 November 2013	None			

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2019/110702

A. 主题的分类 G01N 3/56(2006.01)i; G01N 5/02(2006.01)i; G01N 15/08(2006.01)i; G01C 5/00(2006.01)i 按照国际专利分类(IPC)或者同时按照国家分类和IPC两种分类																													
B. 检索领域 检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号) G01N; G01C 包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献 在国际检索时查阅的电子数据库(数据库的名称, 和使用的检索词(如使用)) CNABS, CNTXT, CNKI:渗流, 渗透, 侵蚀, 腐蚀VEN, EPTXT, WOTXT, USTXT:vadose, interstifial flow, permeate, infiltrate, osmosis, erosion, corrosion, erode, corrode																													
C. 相关文件 <table border="1"> <thead> <tr> <th>类 型*</th> <th>引用文件, 必要时, 指明相关段落</th> <th>相关的权利要求</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>PX</td> <td>CN 110146395 A (浙江大学) 2019年 8月 20日 (2019 - 08 - 20) 权利要求1-7, 说明书28-39段, 图1-5</td> <td>1-7</td> </tr> <tr> <td>PY</td> <td>CN 110208123 A (浙江大学) 2019年 9月 6日 (2019 - 09 - 06) 权利要求1-5, 说明书25-34段, 图1-5</td> <td>1-7</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>CN 104535470 A (上海交通大学) 2015年 4月 22日 (2015 - 04 - 22) 说明书7-96段, 图1-2</td> <td>1-7</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>CN 107192535 A (中冶华天工程技术有限公司) 2017年 9月 22日 (2017 - 09 - 22) 说明书19-26段, 图1-5</td> <td>1-7</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>CN 108195742 A (浙江大学) 2018年 6月 22日 (2018 - 06 - 22) 说明书22-30段, 图1</td> <td>1-7</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>CN 206788002 U (榆林学院) 2017年 12月 22日 (2017 - 12 - 22) 说明书28-43段, 图1</td> <td>1-7</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 107063962 A (河海大学) 2017年 8月 18日 (2017 - 08 - 18) 全文</td> <td>1-7</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 103868838 A (同济大学) 2014年 6月 18日 (2014 - 06 - 18) 全文</td> <td>1-7</td> </tr> </tbody> </table>			类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求	PX	CN 110146395 A (浙江大学) 2019年 8月 20日 (2019 - 08 - 20) 权利要求1-7, 说明书28-39段, 图1-5	1-7	PY	CN 110208123 A (浙江大学) 2019年 9月 6日 (2019 - 09 - 06) 权利要求1-5, 说明书25-34段, 图1-5	1-7	Y	CN 104535470 A (上海交通大学) 2015年 4月 22日 (2015 - 04 - 22) 说明书7-96段, 图1-2	1-7	Y	CN 107192535 A (中冶华天工程技术有限公司) 2017年 9月 22日 (2017 - 09 - 22) 说明书19-26段, 图1-5	1-7	Y	CN 108195742 A (浙江大学) 2018年 6月 22日 (2018 - 06 - 22) 说明书22-30段, 图1	1-7	Y	CN 206788002 U (榆林学院) 2017年 12月 22日 (2017 - 12 - 22) 说明书28-43段, 图1	1-7	A	CN 107063962 A (河海大学) 2017年 8月 18日 (2017 - 08 - 18) 全文	1-7	A	CN 103868838 A (同济大学) 2014年 6月 18日 (2014 - 06 - 18) 全文	1-7
类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求																											
PX	CN 110146395 A (浙江大学) 2019年 8月 20日 (2019 - 08 - 20) 权利要求1-7, 说明书28-39段, 图1-5	1-7																											
PY	CN 110208123 A (浙江大学) 2019年 9月 6日 (2019 - 09 - 06) 权利要求1-5, 说明书25-34段, 图1-5	1-7																											
Y	CN 104535470 A (上海交通大学) 2015年 4月 22日 (2015 - 04 - 22) 说明书7-96段, 图1-2	1-7																											
Y	CN 107192535 A (中冶华天工程技术有限公司) 2017年 9月 22日 (2017 - 09 - 22) 说明书19-26段, 图1-5	1-7																											
Y	CN 108195742 A (浙江大学) 2018年 6月 22日 (2018 - 06 - 22) 说明书22-30段, 图1	1-7																											
Y	CN 206788002 U (榆林学院) 2017年 12月 22日 (2017 - 12 - 22) 说明书28-43段, 图1	1-7																											
A	CN 107063962 A (河海大学) 2017年 8月 18日 (2017 - 08 - 18) 全文	1-7																											
A	CN 103868838 A (同济大学) 2014年 6月 18日 (2014 - 06 - 18) 全文	1-7																											
☒ 其余文件在C栏的续页中列出。 ☒ 见同族专利附件。																													
* 引用文件的具体类型: “A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件 “E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利 “L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件(如具体说明的) “O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件 “P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件 “T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件 “X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性 “Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性 “&” 同族专利的文件																													
国际检索实际完成的日期 2020年 1月 6日		国际检索报告邮寄日期 2020年 2月 11日																											
ISA/CN的名称和邮寄地址 中国国家知识产权局(ISA/CN) 中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088 传真号 (86-10)62019451		授权官员 罗亚梅 电话号码 86-(20)-28950595																											

C. 相关文件

类 型*	引用文件，必要时，指明相关段落	相关的权利要求
A	CN 208239264 U (中冶华天工程技术有限公司) 2018年 12月 14日 (2018 - 12 - 14) 全文	1-7
A	JP 2013228384 A (DAIKI RIKI KOGYO KK) 2013年 11月 7日 (2013 - 11 - 07) 全文	1-7

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2019/110702

检索报告引用的专利文件			公布日 (年/月/日)	同族专利	公布日 (年/月/日)
CN	110146395	A	2019年 8月 20日	无	
CN	110208123	A	2019年 9月 6日	无	
CN	104535470	A	2015年 4月 22日	CN 104535470	B 2017年 5月 10日
CN	107192535	A	2017年 9月 22日	CN 207147753	U 2018年 3月 27日
CN	108195742	A	2018年 6月 22日	CN 207908316	U 2018年 9月 25日
				WO 2019153782	A1 2019年 8月 15日
				JP 3220586	U 2019年 3月 22日
CN	206788002	U	2017年 12月 22日	无	
CN	107063962	A	2017年 8月 18日	无	
CN	103868838	A	2014年 6月 18日	CN 103868838	B 2016年 4月 6日
CN	208239264	U	2018年 12月 14日	无	
JP	2013228384	A	2013年 11月 7日	无	