



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 107505244 A

(43)申请公布日 2017. 12. 22

(21)申请号 201710684028.5

(22)申请日 2017.08.11

(71)申请人 上海岩土工程勘察设计研究院有限公司

地址 200032 上海市徐汇区小木桥路681号18楼

(72)发明人 许丽萍 李韬 王蓉 沈超
张亚娇 陈展 李梅 宋晓光

(74)专利代理机构 上海申蒙商标专利代理有限公司 31214

代理人 徐小蓉 黄明凯

(51)Int. Cl.

G01N 15/08(2006.01)

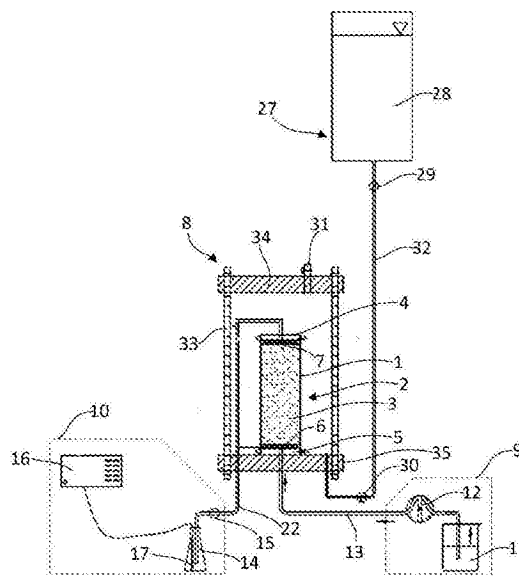
权利要求书2页 说明书6页 附图1页

(54)发明名称

一种适用于低渗透性土的弥散试验方法

(57)摘要

本发明公开了一种适用于低渗透性土的弥散试验方法,该方法包括以下步骤:向具有柔性侧壁的渗透仪腔内部装填试验土柱;所述渗透仪腔设置在水压室的内部;分别在所述渗透仪腔的两端连接示踪剂注入组件以及示踪剂收集检测组件;所述水压室连接有加压组件,使用所述加压组件对所述水压室的内部注水加压;在保持所述水压室内部水压的同时,使用所述示踪剂注入组件以及所述示踪剂收集检测组件检测所述试验土柱的弥散参数。本发明的优点是,在水压室内的水压作用下,试验土柱被柔性侧壁紧紧包裹,避免了试验土柱与柔性侧壁之间的空隙导致的侧壁渗透;同时水压使得试验土柱维持密实状态,不易断裂。



1. 一种适用于低渗透性土的弥散试验方法,其特征在于所述弥散试验方法包括以下步骤:向具有柔性侧壁的渗透仪腔内部装填试验土柱;所述渗透仪腔设置在水压室的内部;分别在所述渗透仪腔的两端连接示踪剂注入组件以及示踪剂收集检测组件;所述水压室连接有加压组件,使用所述加压组件对所述水压室的内部注水加压;在保持所述水压室内部水压的同时,使用所述示踪剂注入组件以及所述示踪剂收集检测组件检测所述试验土柱的弥散参数。

2. 根据权利要求1所述的一种适用于低渗透性土的弥散试验方法,其特征在于装填所述试验土柱的过程包括以下步骤:在所述渗透仪腔的仪腔底盘上依次放置第一透水石片、所述试验土柱、第二透水石片以及仪腔顶盘;在所述试验土柱的侧面套设筒形的所述柔性侧壁,并将所述柔性侧壁的两端分别与所述仪腔顶盘以及所述仪腔底盘密封连接。

3. 根据权利要求1所述的一种适用于低渗透性土的弥散试验方法,其特征在于所述加压组件包括压力水箱、调压阀以及减压阀;所述压力水箱通过供水管连接所述水压室底部的进水口;所述调压阀以及所述减压阀依次安装在所述供水管上;所述水压室的顶部设置有排气孔,所述排气孔安装有排气孔阀;向所述水压室注水加压具体包括以下步骤:打开所述排气孔阀以及所述调压阀,使用所述压力水箱向所述水压室注水并排出空气;当所述排气孔阀有水溢出时,关闭所述排气孔阀以及所述调压阀。

4. 根据权利要求1所述的一种适用于低渗透性土的弥散试验方法,其特征在于检测所述试验土柱的弥散参数包括以下步骤:使用所述示踪剂注入组件向所述试验土柱注入蒸馏水,以便驱除所述试验土柱内的气体和盐分;使用所述示踪剂注入组件自下而上向所述试验土柱的下端注入示踪剂溶液,同时使用示踪剂收集检测组件收集所述试验土柱的上端流出的所述示踪剂溶液,并间隔预定时间重复检测从所述试验土柱流出的所述示踪剂溶液的电导率数据;所述示踪剂收集检测组件根据检测到的电导率数据计算流出的所述示踪剂溶液的浓度以及示踪剂的穿透曲线;所述示踪剂收集检测组件根据示踪剂的穿透曲线以及所述试验土柱孔隙度和达西流速计算所述试验土柱的弥散参数。

5. 根据权利要求4所述的一种适用于低渗透性土的弥散试验方法,其特征在于向所述试验土柱注入蒸馏水的过程中使用所述示踪剂收集检测组件检测穿过所述试验土柱的蒸馏水的电导率,当测得的电导率小于停止阈值或不发生变化时,停止向所述试验土柱注入蒸馏水。

6. 根据权利要求4所述的一种适用于低渗透性土的弥散试验方法,其特征在于所述示踪剂溶液为5g/L的氯化钠溶液。

7. 根据权利要求4所述的一种适用于低渗透性土的弥散试验方法,其特征在于所述示踪剂注入组件包括示踪剂容器以及蠕动泵,所述蠕动泵的进水口通过柔性管连接所述示踪剂容器,所述蠕动泵的出水口通过进水管连接所述渗透仪腔的仪腔底盘上的进水口。

8. 根据权利要求4或5所述的一种适用于低渗透性土的弥散试验方法,其特征在于所述示踪剂收集检测组件包括示踪剂收集容器、流量计以及弥散参数计算装置;所述示踪剂收集容器通过出水管连接所述渗透仪腔的仪腔顶盘上的出水口,所述流量计安装在所述出水管上,所述弥散参数计算装置的电导率探针设置在所述示踪剂收集容器内部。

9. 根据权利要求8所述的一种适用于低渗透性土的弥散试验方法,其特征在于所述弥散参数计算装置还包括电导率电极模块、信号转化模块以及处理器模块;所述信号转化模

块连接在所述电导率电极模块与所述处理器模块之间,所述电导率探针与所述电导率电极模块连接;所述处理器模块间隔预定时间通过所述电导率电极模块采集所述电导率探针检测到的电导率数据,所述处理器模块根据检测到电导率数据计算示踪剂溶液的浓度以及示踪剂溶液的穿透曲线;所述处理器模块根据示踪剂溶液的穿透曲线以及所述试验土柱孔隙度和达西流速计算所述试验土柱的弥散参数。

10. 根据权利要求2所述的一种适用于低渗透性土的弥散试验方法,其特征在于所述柔性侧壁为柔性橡胶薄模。

一种适用于低渗透性土的弥散试验方法

技术领域

[0001] 本发明属于环境岩土工程领域,具体涉及一种适用于低渗透性土的弥散试验方法。

背景技术

[0002] 弥散参数是研究污染物在土壤及地下水中迁移转化的最重要参数之一,测定弥散度最可靠办法是进行弥散试验。目前关于水动力弥散参数的研究主要是通过示踪剂模型,采用一维砂柱试验来实现,即装填土柱后用水箱或马氏瓶送示踪剂人工读取电导率间接测定浓度的方式,试验多孔介质主要为粗砂、卵石等,土柱采用烘干的重塑土装填,与原状土存在较大差距。

[0003] 对于颗粒小、渗透系数低的土(如砂质粉土、粉砂)若采用土柱法,则装填重塑土所需时间长,人力成本大;低渗透性重塑土柱在一定水头压力下存在土柱易断裂、出水量小等现象,对于实验的正常进行造成了较多不便。此外,当前室内弥散试验大都是每隔一定的时间间隔取水样,利用便携式电导率仪测定电导率,这种方法不仅不能保证整个试验过程中对电导率监测的连续型,而且无法较为准确的获得整个试验中电导率的变化值,同时浪费了大量的人力、物力。故针对低渗透性土弥散室内试验研究亟需一种简单高效、连续测量的测试方法。

发明内容

[0004] 本发明的目的是根据上述现有技术的不足之处,提供一种适用于低渗透性土的弥散试验方法,该弥散试验方法对渗透仪腔进行加压消除试验土柱与渗透仪腔之间的空隙;使得试验土柱可以更准确地模拟一维柱体一端持续注入示踪剂水动力弥散过程。

[0005] 本发明目的实现由以下技术方案完成:

[0006] 一种适用于低渗透性土的弥散试验方法,其特征在于所述弥散试验方法包括以下步骤:向具有柔性侧壁的渗透仪腔内部装填试验土柱;所述渗透仪腔设置在水压室的内部;分别在所述渗透仪腔的两端连接示踪剂注入组件以及示踪剂收集检测组件;所述水压室连接有加压组件,使用所述加压组件对所述水压室的内部注水加压;在保持所述水压室内部水压的同时,使用所述示踪剂注入组件以及所述示踪剂收集检测组件检测所述试验土柱的弥散参数。

[0007] 装填所述试验土柱的过程包括以下步骤:在所述渗透仪腔的仪腔底盘上依次放置第一透水石片、所述试验土柱、第二透水石片以及仪腔顶盘;在所述试验土柱的侧面套设筒形的所述柔性侧壁,并将所述柔性侧壁的两端分别与所述仪腔顶盘以及所述仪腔底盘密封连接。

[0008] 所述加压组件包括压力水箱、调压阀以及减压阀;所述压力水箱通过供水管连接所述水压室底部的进水口;所述调压阀以及所述减压阀依次安装在所述供水管上;所述水压室的顶部设置有排气孔,所述排气孔安装有排气孔阀;向所述水压室注水加压具体包括

以下步骤:打开所述排气孔阀以及所述调压阀,使用所述压力水箱向所述水压室注水并排出空气;当所述排气孔阀有水溢出时,关闭所述排气孔阀以及所述调压阀。

[0009] 检测所述试验土柱的弥散参数包括以下步骤:使用所述示踪剂注入组件向所述试验土柱注入蒸馏水,以便驱除所述试验土柱内的气体和盐分;使用所述示踪剂注入组件自下而上向所述试验土柱的下端注入示踪剂溶液,同时使用示踪剂收集检测组件收集所述试验土柱的上端流出的所述示踪剂溶液,并间隔预定时间重复检测从所述试验土柱流出的所述示踪剂溶液的电导率数据;所述示踪剂收集检测组件根据检测到的电导率数据计算流出的所述示踪剂溶液的浓度以及示踪剂的穿透曲线;所述示踪剂收集检测组件根据示踪剂的穿透曲线以及所述试验土柱孔隙度和达西流速计算所述试验土柱的弥散参数。

[0010] 向所述试验土柱注入蒸馏水的过程中使用所述示踪剂收集检测组件检测穿过所述试验土柱的蒸馏水的电导率,当测得的电导率小于停止阈值或不发生变化时,停止向所述试验土柱注入蒸馏水。

[0011] 所述示踪剂溶液为5g/L的氯化钠溶液。

[0012] 所述示踪剂注入组件包括示踪剂容器以及蠕动泵,所述蠕动泵的进水口通过柔性管连接所述示踪剂容器,所述蠕动泵的出水口通过进水管连接所述渗透仪腔的仪腔底盘上的进水口。

[0013] 所述示踪剂收集检测组件包括示踪剂收集容器、流量计以及弥散参数计算装置;所述示踪剂收集容器通过出水管连接所述渗透仪腔的仪腔顶盘上的出水口,所述流量计安装在所述出水管上,所述弥散参数计算装置的电导率探针设置在所述示踪剂收集容器内部。

[0014] 所述弥散参数计算装置还包括电导率电极模块、信号转化模块以及处理器模块;所述信号转化模块连接在所述电导率电极模块与所述处理器模块之间,所述电导率探针与所述电导率电极模块连接;所述处理器模块间隔预定时间通过所述电导率电极模块采集所述电导率探针检测到的电导率数据,所述处理器模块根据检测到电导率数据计算示踪剂溶液的浓度以及示踪剂溶液的穿透曲线;所述处理器模块根据示踪剂溶液的穿透曲线以及所述试验土柱孔隙度和达西流速计算所述试验土柱的弥散参数。

[0015] 所述柔性侧壁为柔性橡胶薄模。

[0016] 本发明的优点是,(1)试验土柱可快速制备,试验土柱的状态贴近野外实际情况,节省了烘土、装填、捣实等工序;(2)在水压室内的水压作用下,试验土柱被柔性侧壁紧紧包裹,避免了试验土柱与柔性侧壁之间的空隙导致的侧壁渗透;同时水压使得试验土柱维持密实状态,不易断裂;(3)采用蠕动泵送示踪剂溶液,泵送过程中可调节水压和流速,以便维持水压和流速的稳定,同时可缩短试验时间;(4)试验过程中对流出的示踪剂溶液的浓度变化进行连续监测,可随时获取渗滤液浓度的检测信息。

附图说明

[0017] 图1为本发明中的弥散试验方法采用的试验装置的示意图;

[0018] 图2为本发明中的弥散参数计算装置的结构框图。

具体实施方式

[0019] 以下结合附图通过实施例对本发明的特征及其它相关特征作进一步详细说明,以便于同行业技术人员的理解:

[0020] 如图1-2,图中标记1-35分别为:柔性侧壁1、渗透仪腔2、试验土柱3、仪腔顶盘4、仪腔底盘5、第一透水石片6、第二透水石片7、水压室8、示踪剂注入组件9、示踪剂收集检测组件10、示踪剂容器11、蠕动泵12、进水管13、示踪剂收集容器14、流量计15、弥散参数计算装置16、电导率探针17、计时模块18、电导率电极模块19、信号转化模块20、处理器模块21、出水管22、输入设备23、数据存储与输出模块24、显示屏25、电源模块26、加压组件27、压力水箱28、调压阀29、减压阀30、排气孔阀31、供水管32、水压室筒壁33、水压室顶盖34、水压室底座35。

[0021] 实施例:如图1所示,本实施例具体涉及一种适用于低渗透性土的弥散试验方法,该弥散试验方法包括以下步骤:

[0022] 1)如图1所示,向渗透仪腔2内部装填试验土柱3;渗透仪腔2具有筒形的柔性侧壁1;渗透仪腔2主要包括仪腔顶盘4以及仪腔底盘5;在装填试验土柱3的过程中,首先使用土柱制样器制备低渗透性土的试验土柱3;随后依次在仪腔底盘5上放置第一透水石片6、试验土柱3、第二透水石片7以及仪腔顶盘4;随后在试验土柱3的侧面套设筒形的柔性侧壁1;分别将两个O型密封圈套设在柔性侧壁1的两端外侧,使得柔性侧壁1的两端分别与仪腔顶盘4以及所述仪腔底盘5构成密封连接;本实施例中,渗透仪腔2设置在水压室8的底部。

[0023] 如图1所示,本实施例中,柔性侧壁1由柔性膜制成;仪腔底盘5上安装有圆形底座,圆形底座用于支撑试验土柱3;在仪腔底盘5上设置有进水口,在仪腔顶盘4上设置有出水口。

[0024] 2)如图1所示,分别在渗透仪腔2的两端连接示踪剂注入组件9以及示踪剂收集检测组件10。

[0025] 如图1所示,示踪剂注入组件9用于向试验土柱3注入蒸馏水或示踪剂溶液;示踪剂注入组件9包括示踪剂容器11以及蠕动泵12,蠕动泵12的进水口通过柔性管连接示踪剂容器11,蠕动泵12的出水口通过进水管13连接渗透仪腔2的仪腔底盘5上的进水口。

[0026] 本实施例中示踪剂容器11为烧杯,进水管13是玻璃管;示踪剂容器11以及蠕动泵12设置在水压室8的外侧,进水管13穿过水压室8延伸至水压室8内部与仪腔底盘5的进水口连接;蠕动泵12可以按照预定的流速稳定地将示踪剂容器11中的液体输送至试验土柱3;蠕动泵12具有一个触摸屏,通过调节触摸屏可以调节蠕动泵12的水压和流速。

[0027] 如图1所示,示踪剂收集检测组件10包括示踪剂收集容器14、流量计15以及弥散参数计算装置16;示踪剂收集容器14通过出水管22连接渗透仪腔2的仪腔顶盘4上的出水口,流量计15安装在出水管22上;本实施例中,示踪剂收集检测组件10设置在水压室8的外侧;流量计15可检测单位时间内流过出水管22的液体的流量,根据流量计15的检测结果,可以计算出试验土柱的饱和时间以及达西流速。

[0028] 如图2所示,弥散参数计算装置16包括电导率探针17、计时模块18、电导率电极模块19、信号转化模块20以及处理器模块21;电导率探针17设置在示踪剂收集容器14内部,电导率探针17与所述电导率电极模块19连接;电导率电极模块19以及计时模块18连接信号转化模块20;信号转化模块20连接处理器模块21;计时模块18每隔预定时间通过信号转化模块20向处理器模块21发送触发信号;处理器模块21接收到触发信号后,通过信号转化模块

20控制电导率电极模块19对电导率探针17检测到的电导率数据进行采样;信号转化模块20可将电导率电极模块19采样得到的电导率数据进行放大处理后发送至处理器模块21;处理器模块21还可以调节计时模块18的计时周期,以便调节电导率数据的采样时间间隔。

[0029] 如图2所示,弥散参数计算装置16还包括输入设备23、数据存储与输出模块24、显示屏25以及电源模块26;输入设备23连接处理器模块21,输入设备23可以使键盘或触摸屏,使用人员可以通过输入设备23调节计时模块18的计时周期,还可以通过输入设备23输入弥散参数的各种计算参数;数据存储与输出模块24连接在显示屏25与处理器模块21之间,用于将处理器模块21输出的信息转换为视频信号输出至显示屏25,数据存储与输出模块24还可以存储处理器模块21输出的各种数据;电源模块26用于向弥散参数计算装置16中的各个模块供电。

[0030] 3) 如图1所示,水压室8连接有加压组件27,使用加压组件27对水压室8的内部注水加压。

[0031] 如图1所示,本实施例中加压组件27包括压力水箱28、调压阀29以及减压阀30;压力水箱28通过供水管连接水压室8底部的进水口;调压阀29以及减压阀30依次安装在供水管32上;水压室8的顶部设置有排气孔,排气孔安装有排气孔阀31;本实施例中,水压室8为气密性良好的有机玻璃圆筒;水压室8包括水压室筒壁33、水压室顶盖34、水压室底座35。

[0032] 如图1所示,向水压室8注水加压具体包括以下步骤:打开排气孔阀31以及调压阀29,使用压力水箱28向水压室8注水并排出空气;当所述排气孔阀31有水溢出时,关闭排气孔阀31以及调压阀29,此时水压室8内的水压会挤压渗透仪腔2的柔性侧壁1,使得柔性侧壁1牢牢包裹住试验土柱3。

[0033] 4) 如图1、2所示,在保持水压室8内部水压的同时,使用示踪剂注入组件9以及示踪剂收集检测组件10检测试验土柱3的弥散参数;检测试验土柱3的弥散参数具体包括以下步骤:

[0034] 4.1) 使用示踪剂注入组件9向试验土柱3注入蒸馏水,以便驱除试验土柱3内的气体和盐分;在注入蒸馏水的过程中,首先向示踪剂注入组件9的示踪剂容器11中装入蒸馏水,随后打开蠕动泵12的开关,通过蠕动泵的触摸屏调整泵压和流速,流速控制在5ml/min以内;蠕动泵12将蒸馏水以稳定的流速注入试验土柱3中,在水头差的作用下,蒸馏水从试验土柱3的底部将试验土柱3缓缓湿润,并驱除试验土柱3中的气体和盐分;试验土柱3中的蒸馏水饱和后继续使用蒸馏水冲洗试验土柱3;在注入蒸馏水的过程中使用示踪剂收集检测组件10检测穿过试验土柱3的蒸馏水的电导率;当流出试验土柱3的蒸馏水的电导率小于停止阈值或不发生变化时,表明盐分冲洗完成,停止向试验土柱3注入蒸馏水;本实施例中停止阈值为 $200\mu\text{s}/\text{cm}$ 。

[0035] 在使用示踪剂注入组件9向试验土柱3注入蒸馏水的过程中,使用示踪剂收集检测组件10的流量计15检测流出试验土柱3的蒸馏水的流量,当蒸馏水的流量读数稳定时,表示试验土柱3的土样已经饱和,记录此时流量计15的读数 Q ,并根据此时的流量计算试验土柱的达西流速 v ,达西流速 v 的计算公式如下所示:

[0036] $v=Q/A$

[0037] 式中: Q 代表单位时间的出水流量, A 代表试验土柱3的横截面积。

[0038] 4.2) 使用示踪剂注入组件9自下而上向试验土柱3的下端注入示踪剂溶液,同时使

用示踪剂收集检测组件10收集试验土柱3的上端流出的示踪剂溶液,并间隔预定时间重复检测从试验土柱3流出的示踪剂溶液的电导率数据;示踪剂收集检测组件10根据检测到的电导率数据计算流出的示踪剂溶液的浓度以及示踪剂的穿透曲线;当流出的示踪剂溶液的电导率与注入试验土柱3的示踪剂溶液的导电率接近,或流出的示踪剂溶液的导电率持续1小时稳定在某个数值不再跃升时,停止向试验土柱注入示踪剂溶液。

[0039] 如图1所示,本实施例中,示踪剂溶液为5g/L氯化钠溶液;在示踪剂溶液注入的过程中,示踪剂溶液逐渐驱替试验土柱3中的蒸馏水;同时示踪剂溶液逐渐向试验土柱3的顶端弥散,并从试验土柱3的顶端流出,汇集在示踪剂收集检测组件10的示踪剂收集容器14的内部。

[0040] 如图1、2所示,在本实施例中,示踪剂收集检测组件10通过弥散参数计算装置16检测从试验土柱3中流出的示踪剂溶液的电导率数据;具体的,弥散参数计算装置16的处理器模块21每隔5分钟通过电导率电极模块19对电导率探针17检测到的电导率数据进行采样;处理器模块21根据采样得到的电导率数据计算流出的示踪剂溶液的浓度;处理器模块21将计算出的示踪剂溶液的浓度汇总成示踪剂的穿透曲线。

[0041] 4.3) 示踪剂收集检测组件10根据步骤4.2)中得到的示踪剂的穿透曲线以及试验土柱孔隙度和达西流速计算试验土柱3的弥散参数;本实施例中,使用示踪剂收集检测组件10的弥散参数计算装置16计算试验土柱3的弥散系数;具体计算过程包括以下步骤:处理器模块21在示踪剂的穿透曲线上确定流出的示踪剂溶液的相对浓度为0.159和0.841所对应的时间 $t_{0.159}$ 以及 $t_{0.841}$;检测人员通过弥散参数计算装置16的计算参数输入试验土柱3的孔隙度(孔隙度可对试验土柱进行土工试验获取)和达西流速 v ;处理器模块21根据弥散系数和弥散度计算原理和公式计算出各弥散参数。

[0042] 弥散系数和弥散度计算过程为:

$$[0043] \quad D_L = \frac{1}{8} \left(\frac{x - V t_{0.159}}{2\sqrt{t_{0.159}}} - \frac{x - V t_{0.841}}{2\sqrt{t_{0.841}}} \right)^2$$

[0044] 式中: D_L 代表弥散系数。 $t_{0.159}$ 为穿透曲线上相对浓度为0.159时所对应的时间; $t_{0.841}$ 为穿透曲线上相对浓度为0.841时所对应的时间。 V 代表平均孔隙流速,与前述达西流速 v 的关系为 $v = nV$, n 为孔隙度,孔隙度在试验前采用环刀法测量。

[0045] 根据所求得的弥散系数 D_L ,含水层的纵向弥散度 α_L 由下式计算:

$$[0046] \quad \alpha_L = \frac{D_L}{v}$$

[0047] 式中: α_L 代表弥散度, D_L 代表弥散系数, v 代表平均孔隙流速。

[0048] 在本实施例中,数据存储与输出模块24可用于将处理器模块21获得的电导率数据、示踪剂溶液的浓度、监测时间、相对浓度以及弥散参数等数据的存储和传送;输入设备23和显示屏25供使用者操作和查看数据信息。

[0049] 本实施例的有益技术效果为:

[0050] (1) 试验土柱可快速制备,试验土柱的状态贴近野外实际情况,节省了烘土、装填、捣实等工序;

[0051] (2) 在水压室内的水压作用下,试验土柱被柔性侧壁紧紧包裹,避免了试验土柱与柔性侧壁之间的空隙导致的侧壁渗透;同时水压使得试验土柱维持密实状态,不易断裂;

[0052] (3) 采用蠕动泵送示踪剂溶液,泵送过程中可调节水压和流速,以便维持水压和流速的稳定,同时可缩短试验时间;

[0053] (4) 试验过程中对流出的示踪剂溶液的浓度变化进行连续监测,可随时获取渗滤液浓度的检测信息。

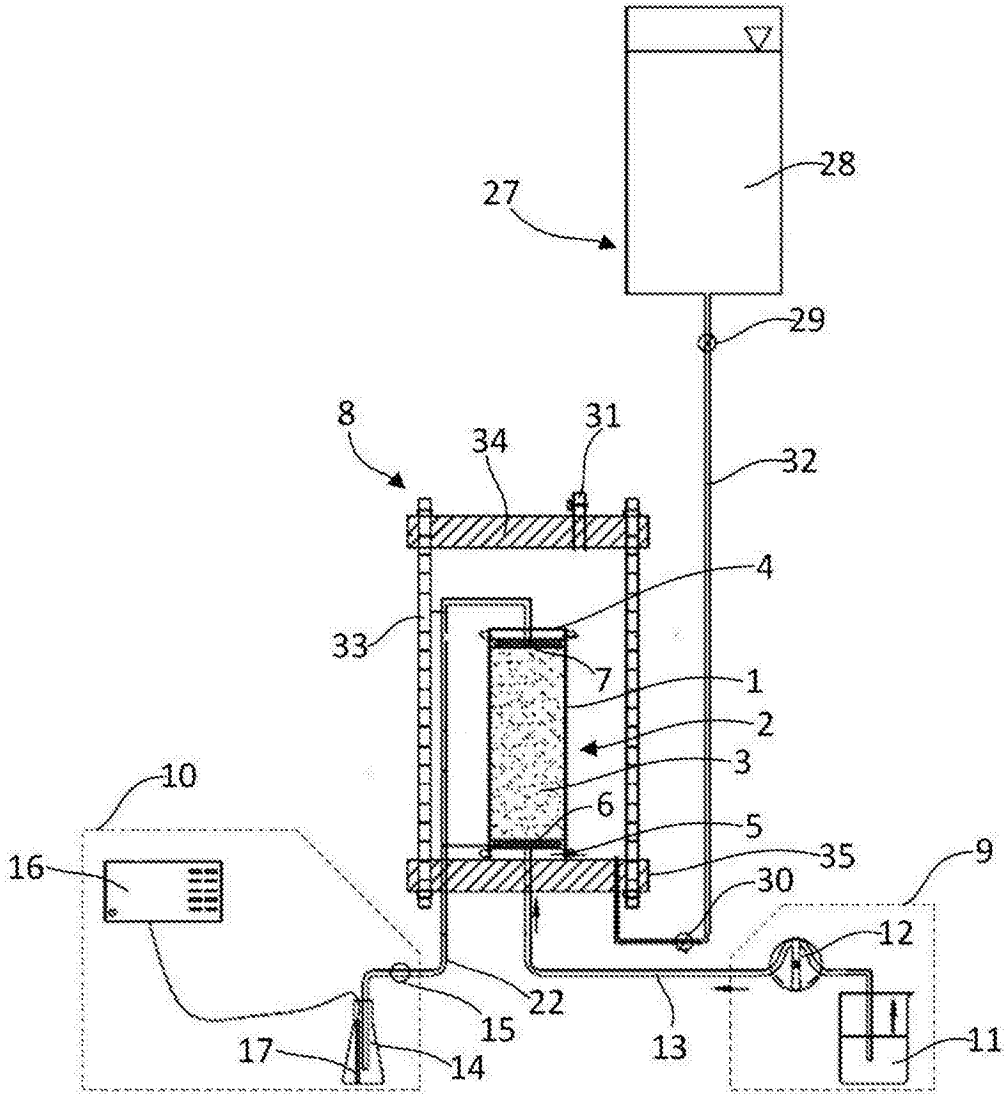


图1

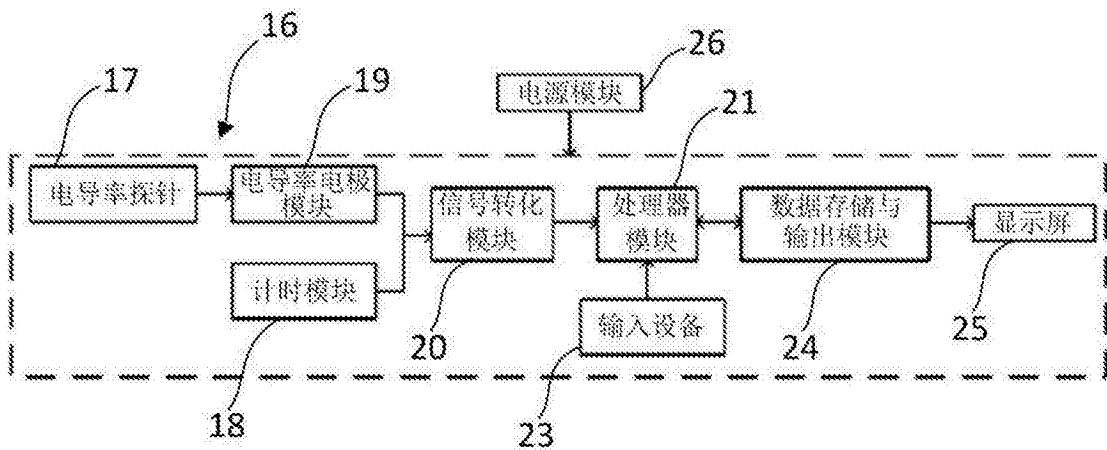


图2