



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 105717275 A

(43)申请公布日 2016.06.29

(21)申请号 201610060968.2

(22)申请日 2016.01.28

(71)申请人 东南大学

地址 210096 江苏省南京市四牌楼2号

(72)发明人 毛柏杨 刘松玉 刘志彬

(74)专利代理机构 南京苏高专利商标事务所

(普通合伙) 32204

代理人 柏尚春

(51)Int.Cl.

G01N 33/24(2006.01)

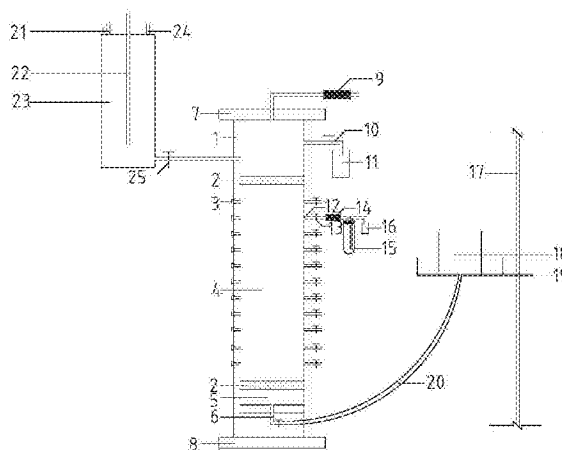
权利要求书1页 说明书5页 附图1页

(54)发明名称

一种模拟土中挥发性有机污染物运移一维试验装置

(57)摘要

本发明涉及一种模拟土中可挥发性有机污染物运移一维试验装置,该装置包括试验土样室、逸出气体量测系统、恒压供污系统和变水头供水系统;试验土样室包括试样筒(1)、位于试样筒(1)内且将该试样筒分为三段的两透石(2)、设置于试样筒(1)侧壁的预制孔(3)、放置于试样筒(1)内两个透石之间的土样(4)和下层透石与试样筒底壁之间的砾石层(5)、位于砾石层(5)下方的水位升降控制阀(6)、位于水位升降控制阀(6)下方的底座(8)、位于试样筒(1)上方的顶盖(7)。本发明可对挥发性有机污染物运移过程中侧向逸出气体体积及挥发性有机物质量进行定量监测。



1. 一种模拟土中可挥发性有机污染物运移一维试验装置,其特征在於,该装置包括试验土样室、逸出气体量测系统、恒压供污系统和变水头供水系统;

试验土样室包括试样筒(1)、位於试样筒(1)内且将该试样筒分为三段的一个透水石(2)、设置於试样筒(1)侧壁的预制孔(3)、放置於试样筒(1)内两个透水石之间的土样(4)和下层透水石与试样筒底壁之间的砾石层(5)、位於砾石层(5)下方的水位升降控制阀(6)、位於水位升降控制阀(6)下方的底座(8)、位於试样筒(1)上方的顶盖(7)、从顶盖(7)向外延伸的活性炭柱(9)、从试样筒(1)侧壁延伸出的污染物溢出阀(10)和位於污染物溢出阀(10)下方的量筒(11);

逸出气体量测系统包括从试样筒(1)侧壁引出的气体逸出控制阀门(13)、覆盖於气体逸出控制阀门(13)处试样筒(1)筒壁内侧的防水透气膜(12)、活性炭管(14)、位於气体逸出控制阀门(13)下方的排液管(15)和位於活性炭管(14)下方微型量筒(16);

变水头供水系统包括可量测高度的升降架(17)、分别位於该升降架上的水箱(18)和托盘(19),连接水箱和试样筒(1)的软管(20);

恒压供污系统包括经容积标定的玻璃瓶(23)、位於该玻璃瓶外壁的注液孔(21)和放气阀(24)、位於该玻璃瓶内部且与外部联通的空气联通管(22)、与试样筒(1)连接的污染物输入控制阀(25)。

2. 根据权利要求1所述的模拟土中可挥发性有机污染物运移一维试验装置,其特征在於,所述的防水透气膜(12)贴在试样筒(1)侧壁排气孔上,通过气体逸出阀(13)控制是否排气,排出气体中的挥发性有机物成分通过活性炭管(14)进行吸附,其余气体通过排液管(15)和微型量筒(16)量测其体积。

一种模拟土中挥发性有机污染物运移一维试验装置

技术领域

[0001] 本发明涉及一种模拟土中挥发性有机污染物运移一维试验装置,特别是涉及一种量测运移过程中逸出的挥发性有机气体的一维试验装置。

背景技术

[0002] 近年来,随着中国经济的快速发展、城镇化进程的加速推进和国家产业布局的调整,大量位于城市中心以及城郊地区的石油化工企业因搬迁而遗留的工业污染场地被再开发为人居环境。由于工业“三废”排放以及生产过程中“跑、冒、滴、漏”等原因,许多有毒有害物质进入土壤和地下水。在这些污染中,有机物污染占有相当大的比例,如地下储油设施及输油管线泄漏引起的土壤、地下水污染。作为一类污染范围广、危害程度大的工业污染物,有机污染物长期以来受到人们高度重视,如多环芳烃、硝基苯、氯苯等。这些有机污染物一旦进入地下环境后,会伴随着一系列物理、化学和生物作用。当前许多发达国家将石油类等有机物列为环境中应优先控制的潜在危险性大的毒害性污染物,即优先控制污染物,这也是我国环境保护中面临的最紧迫问题。

[0003] 大部分有机污染物在水中溶解度小,与水的物理性质差别很大,称为非水相液体(Non-Aqueous Phase Liquids:NAPLs),也有称不混溶液体(Immiscible Liquids)。根据其密度不同可将NAPLs分为密度比水小的轻非水相液体(Light Non-Aqueous Phase Liquids:LNAPLs);和密度比水大的重非水相液体(Dense None-Aqueous Phase Liquids:DNAPLs)。LNAPLs主要包含石油碳氢液体,如汽油、柴油、煤油等, DNAPLs主要包括三氯乙烯(trichloroethylene:TCE)、四氯乙烯(tetrachloroethylene:PCE)等。

[0004] 除难溶于水外,在土中所有有机污染物中,挥发性有机污染物和半挥发性有机物占有相当大的比例。挥发性有机物简称VOCs(Volatile Organic Compounds),是一类有机化合物的统称,但目前国际上对VOCs的定义尚未统一,各国家和组织根据控制的出发点不同而有不同的定义。一般而言,VOCs是指在常压下沸点低于260℃或室温时饱和蒸汽压大于71Pa的有机化合物。挥发性有机物作为一类特殊的土体污染物有不同于其他污染物的特性,并因其成分的复杂性和危害性,被列为环境中潜在危险性大、应优先控制的污染物。

[0005] 挥发性有机污染物在地下环境系统中的运移过程为多组分多相流问题,即非水相液体-水-气三相共存的状态。由于大部分挥发性有机污染物难溶于水并不易降解的特性,泄漏进入地下环境系统后,滞留的污染物可能会作为地下环境中长期污染源存在,污染土壤和地下水,破坏生态环境。土中挥发的有机污染物蒸汽通过挥发等过程进入大气或建筑物内,污染大气,损害健康。因此进行挥发性有机污染物在地下环境中运移的试验研究对预测地下水污染发展趋势以及土壤蒸汽入侵具有重要意义。

发明内容

[0006] 技术问题:在实际非饱和区污染场地中,有机污染物从污染源泄漏出来,在自重和毛细力等作用下向下运移并进入土中孔隙,驱逐孔隙气向下和向周边的区域排出,一部分

有机污染物滞留在土中孔隙。因此,掌握挥发性有机物运移过程中污染区排出孔隙气体的体积对研究运移过程中土中各相分布有重要意义。在挥发性有机污染物二维运移试验中,在横断面内污染区和未污染并存,污染区驱赶的气体能够自由地进入未污染区。然而,对于挥发性有机污染物一维运移试验中,污染区充满全断面,污染物入渗驱赶的气体需要通过引导排出,才符合实际的入渗情况。迄今为止尚未有公开发表文献对有机污染物运移过程中气体驱赶过程进行研究,因此,研制一种能模拟不同水文地质和工程地质条件下可挥发性有机污染物运移分布和气体挥发情况的土中挥发性有机污染物运移一维试验装置具有重要意义。

[0007] 发明内容:为解决上述技术问题,本发明提供了一种模拟土中可挥发性有机污染物运移一维试验装置,该装置包括试验土样室、逸出气体量测系统、恒压供污系统和变水头供水系统;

[0008] 试验土样室包括试样筒、位于试样筒内且将该试样筒分为三段两个透水石、设置于试样筒侧壁的预制孔、放置于试样筒内两个透水石之间的土样和下层透水石与试样筒底壁之间的砾石层、位于砾石层下方的水位升降控制阀、位于水位升降控制阀下方的底座、位于试样筒上方的顶盖、从顶盖向外延伸的活性炭柱、从试样筒侧壁延伸出的污染物溢出阀和位于污染物溢出阀下方的量筒;

[0009] 逸出气体量测系统包括从试样筒侧壁引出的气体逸出控制阀门、覆盖于气体逸出控制阀门的防水透气膜、活性炭管、位于气体逸出控制阀门下方的排液管和位于活性炭管下方微型量筒;

[0010] 变水头供水系统包括可量测高度的升降架、分别位于该升降架上的水箱和托盘,连接水箱和试样筒的软管;

[0011] 恒压供污系统包括经容积标定的玻璃瓶、位于该玻璃瓶外壁的注液孔和放气阀、位于该玻璃瓶内部且与外部联通的空气联接管、与试样筒连接的污染物输入控制阀。

[0012] 优选的,所述的防水透气膜贴在试样筒侧壁排气孔上,通过气体逸出阀控制是否排气,排出气体中的挥发性有机物成分通过活性炭管进行吸附,其余气体通过排液管和微型量筒量测其体积。

[0013] 有益效果:本发明与现有技术相比,具有以下优点:

[0014] (1)本装置可以根据现场地质条件,采用分层装填土样的方法模拟现场土体分层及非均质等情况,通过变水头供水系统控制再现现场土层饱和及非饱和带,在此基础上进行各种复杂条件下的挥发性有机污染物运移试验。

[0015] (2)本装置在土样筒的顶部连接有一个马略特瓶,通过调整大气连通管的高度调节有机污染物的水头,可实现常压、变压或定量供给有机污染物,以模拟现场不同工况下的污染物泄露情况。

[0016] (3)本装置设置了变水头供水装置,可以通过调节水箱高度,实现试验土样饱和/减饱和过程,模拟地下水位波动,还原现场地下水变化,因而可以研究地下水位波动对有机污染物运移与分布的影响。

[0017] (4)本装置在试样筒侧壁设置了气体逸出量测系统,通过对气体溢出阀的开启/关闭,控制试验过程中土中挥发性气体从侧面排出,通过活性炭管对挥发性成分进行吸附,并通过排液法对其余气体进行体积量测。气体逸出量测系统实现了试验过程排出气相的准确

量测。

附图说明

[0018] 图1是本发明装置结构示意图。

[0019] 图中：试样筒1、透水石2、预制孔3、土样4、砾石层5、水位升降控制阀6、顶盖7、底座8、活性炭柱9、污染物溢出阀10和量筒11、防水透气膜12、气体逸出控制阀门13、活性炭管14、排液管15和微型量筒16、可量测高度的升降架17、水箱18、托盘19、连接水箱和土样室的软管20、注液孔21、空气联通管22、经容积标定的玻璃瓶23、放气阀24和与试样筒连接的污染物输入控制阀25。

具体实施方式

[0020] 下面结合附图对本发明做进一步说明。

[0021] 本发明涉及一种模拟土中挥发性有机污染物运移的一维试验装置,该装置包括试验土样室、挥发性气体逸出量测系统、恒压供污系统、变水头供水系统等组成。试验土样室为圆柱形的有机玻璃筒,其侧面开有一系列便于安装传感器或取样的预制孔。挥发性气体逸出量测系统主要由防水透气膜、活性炭、排液管和微型量筒组成。恒压供污系统由可以调整水头高度的马略特瓶组成。变水头供水系统主要由可升降水箱和可记录高度的升降架组成。由于在实际非饱和区污染场地中,有机污染物从污染源泄漏出来,在自重和毛细力等作用下向下运移并进入土中孔隙,驱逐孔隙气向下和向周边的区域排出,一部分有机污染物滞留在土中孔隙。因此,掌握挥发性有机物运移过程中污染区排出孔隙气体的体积对研究运移过程中土中各相分布有重要意义。在挥发性有机污染物二维运移试验中,在横断面内污染区和未污染并存,污染区驱赶的气体能够自由地进入未污染区。然而,对于挥发性有机污染物一维运移试验中,污染区充满全断面,污染物入渗驱赶的气体需要通过引导排出,才符合实际的入渗情况。迄今为止尚未有公开发表文献对有机污染物运移过程中气体驱赶过程进行研究,本发明可对挥发性有机污染物运移过程中侧向逸出气体体积及挥发性有机物质量进行定量监测,通过预制孔采用其他监测手段,模拟不同水文地质和工程地质条件下可挥发性有机污染物运移分布和气体挥发情况。此外,本发明还能够模拟一般条件下土中非挥发性有机污染物运移。

[0022] 本发明的模拟土中挥发性有机污染物运移一维试验装置,包括试验土样室、逸出气体量测系统、恒压供污系统和变水头供水系统。其中试验土样室由土样筒、透水石、预制孔、土样、砾石层、水位升降控制阀、顶盖、底座、活性炭柱、污染物溢出阀和量筒组成。气体逸出量测系统由防水透气膜、气体逸出控制阀门、活性炭管、排液管和微型量筒组成。变水头供水装置主要由可量测高度的升降架、水箱、托盘、连接水箱和土样室的软管组成。恒压供污系统主要由注液孔、空气连通管、经容积标定的玻璃瓶、放气阀和与试样筒连接的污染物输入控制阀组成。本发明中,防水透气膜贴在样筒侧壁排气孔上,通过气体逸出阀控制是否排气,排出气体中的挥发性有机物成分通过活性炭管进行吸附,余下气体通过排液管和微型量筒量测其体积。

[0023] 参见图1,本发明提供的模拟土中可挥发性有机污染物运移一维试验装置,该装置包括试验土样室、逸出气体量测系统、恒压供污系统和变水头供水系统;

[0024] 试验土样室包括试样筒1、位于试样筒1内且将该试样筒分为三段的两个透水石2、设置于试样筒1侧壁的预制孔3、放置于试样筒1内两个透水石之间的土样4和下层透水石与试样筒底壁之间的砾石层5、位于砾石层5下方的水位升降控制阀6、位于水位升降控制阀6下方的底座8、位于试样筒1上方的顶盖7、从顶盖7向外延伸的活性炭柱9、从试样筒1侧壁延伸出的污染物溢出阀10和位于污染物溢出阀10下方的量筒11；

[0025] 逸出气体量测系统包括从试样筒1侧壁引出的气体逸出控制阀门13、覆盖于气体逸出控制阀门13处试样筒1筒壁内侧的防水透气膜12、活性炭管14、位于气体逸出控制阀门13下方的排液管15和位于活性炭管14下方微型量筒16；

[0026] 变水头供水系统包括可量测高度的升降架17、分别位于该升降架上的水箱18和托盘19,连接水箱和试样筒1的软管20；

[0027] 恒压供污系统包括经容积标定的玻璃瓶23、位于该玻璃瓶外壁的注液孔21和放气阀24、位于该玻璃瓶内部且与外部联通的空气连通管22、与试样筒1连接的污染物输入控制阀25。

[0028] 所述的防水透气膜12贴在试样筒1侧壁排气孔上,通过气体逸出阀13控制是否排气,排出气体中的挥发性有机物成分通过活性炭管14进行吸附,其余气体通过排液管15和微型量筒16量测其体积。

[0029] 试样筒1的高度为80cm,内径为8cm,壁厚为1cm,材质为透明有机玻璃。标有容积刻度的玻璃瓶23的高度为70cm,横截面为圆形,内径为5cm,壁厚为1cm,材质为遮光有机玻璃,容积为1.5L,并经过体积标定。空气连通管22高度为75cm,内径为1cm,其底部距马氏瓶底部5cm。标有容积刻度的马略特瓶与试样室之间通过硅胶软管进行连接,硅胶软管的内径为1cm。试样筒1的一侧共设置了10个预制孔3,孔径为1cm,相邻孔距为5cm,位于底部的预制孔距试样筒底20cm。试样筒1的另一侧径向与预制孔相对位置装有气体逸出测量系统,其空间布置与预制孔类似。

[0030] 本发明装置在使用时,可根据试验要求在预制孔内放置所需的传感器等量测元件,同步对试验过程中试样的图像、电阻率、吸力等进行实时监测。利用该装置可以模拟天然条件下挥发性(包括非挥发性)有机污染物向地下非饱和及饱和带泄露入渗过程,以及由于水文地质条件变化引起的污染物迁移和再分布过程。下面以地下水升降引起的挥发性有机污染物在地下水土中的分布一维模型试验为例,介绍试验的主要操作步骤:

[0031] A、先将试验土样按特定的干密度装入试样筒1中利用可测量高度的升降架17和托盘19将水箱18抬升至高出土样顶面5cm处,将水箱注入蒸馏水,打开水位升降控制阀6,对土样进行饱和。根据试验对初始水位的要求,将水箱18将至指定位置处,等水位稳定并形成稳定的饱和带、非饱和带时,关闭水位升降阀6。

[0032] B、将标有容积刻度的玻璃瓶23放置到一定高度处,使玻璃瓶23的底部略高于土样4的顶面。根据实验要求可调整空气连通管22的位置,实现污染物定水头入渗或变水头入渗。打开注液孔21和放气阀24,向注液孔21内添加经苏丹IV染色的污染物。待污染物添加完毕,关闭注液孔21和放气阀24,打开污染物入渗控制阀25,污染物开始入渗。

[0033] C、污染物入渗过程中,实时观测或拍照记录污染物锋面运移情况,打开非饱和区侧面所有的气体逸出控制阀13,通过活性炭管16通过排液管15和微型量筒16量测排出的孔隙气的体积。在整个试验过程中,实时观测逸出气体的体积变化。当污染物锋面运动到饱

和-非饱和界面时,关闭污染物入渗控制阀25。

[0034] D、利用连通器原理,计算出水位上升到一定高度时,水箱18所需放置的高度。利用可量测高度的升降架17、托盘19等系统将水箱18抬升至预定高度处,打开水位升降阀门4,打开污染物溢出阀10。

[0035] E、当污染物溢出停止时,即水位稳定时,关闭污染物溢出阀10。利用连通器原理,计算水位下降到设定高度时,水箱18需应处的高度。利用可量测高度的升降架17、托盘19等系统将水箱18降低至预定高度处,直至标有容积刻度的玻璃瓶23中无气泡产生,即说明污染物的再分布过程结束。

[0036] F、通过对B、C、D和E步骤的重复,可以实现模拟复杂土层条件和不同地下水位波动模式下,土中挥发性有机污染物运移的发展状况以及逸出气体分布的情况。结合预制孔3中的进行的测试,对装置主体的试验所得数据进行分析,可以得出挥发性有机污染物运移过程中土的各相分布变化情况和侧向气体逸出情况。

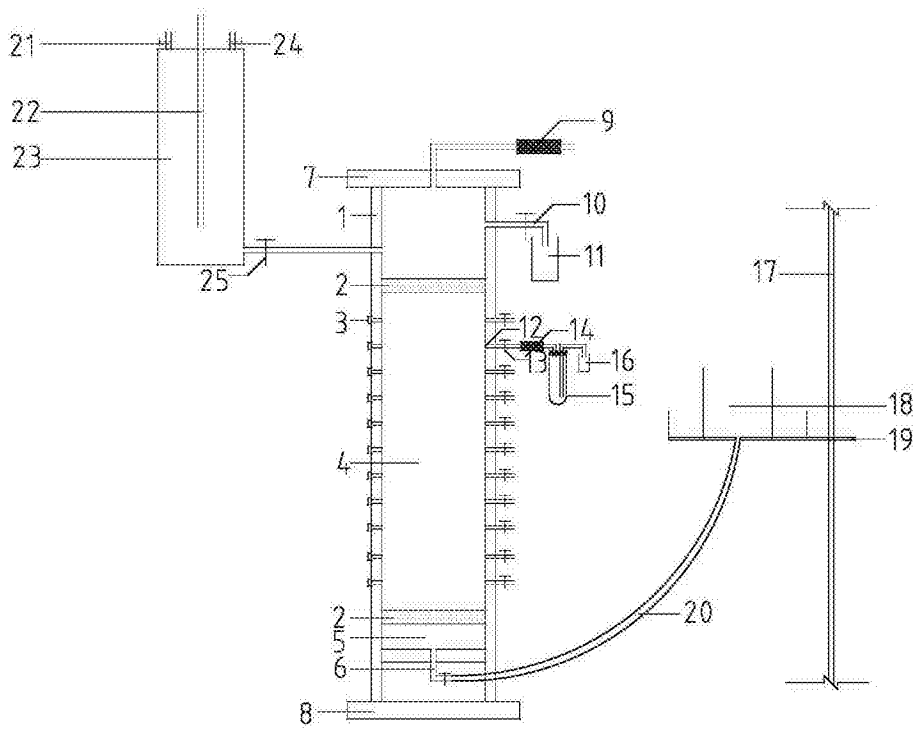


图1