



(12)实用新型专利

(10)授权公告号 CN 210995782 U

(45)授权公告日 2020.07.14

(21)申请号 201921835424.4

(22)申请日 2019.10.29

(73)专利权人 浙江大学

地址 310058 浙江省杭州市西湖区余杭塘路866号

(72)发明人 胡宝兰 周猛 王家骐 李雨芬
叶天强 郑平

(74)专利代理机构 杭州求是专利事务有限公司 33200

代理人 傅朝栋 张法高

(51)Int.Cl.

B09C 1/00(2006.01)

G01D 21/02(2006.01)

(ESM)同样的发明创造已同日申请发明专利

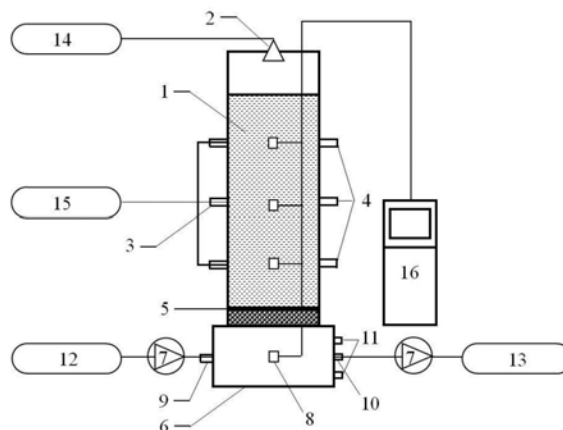
权利要求书1页 说明书5页 附图1页

(54)实用新型名称

污染场地土壤-地下水一体式模拟修复装置

(57)摘要

本实用新型提供一种污染场地土壤-地下水一体式模拟修复装置及方法,其中所述装置包括土柱模拟装置、地下水模拟装置、降雨模拟装置、监测装置四个部分。其中土柱模拟装置主要包括筒体、透水土工布和土壤采样口。地下水模拟装置主要包括箱体、地下水注入口、地下水流出口、地下水采样口、蠕动泵、进出水管和储液罐。监测装置包括集成式监测探头。本实用新型装置利用降雨及渗流模拟装置实现了对土壤包气带降雨渗透作用和水流渗透作用的联合模拟,采用集成式监测探头实现土壤层和地下水层温度、pH、溶解氧和地下水流速等参数的实时监测,能准确模拟包气带复杂结构,实现土壤/地下水一体化修复模拟及修复过程监测与评估。



1. 一种污染场地土壤-地下水一体式模拟修复装置,其特征在于,包括土柱模拟装置、地下水模拟装置、人工降雨装置(2)和监测装置;所述土柱模拟装置贴合置于地下水模拟装置上方;所述土柱模拟装置包括筒体(1)、渗流注入口(3)和土壤采样口(4),所述筒体(1)侧壁上不同高度处分别设有若干渗流注入口(3)和若干土壤采样口(4),筒体(1)内底部填充有砾石层,砾石层上方铺设透水土工布(5),透水土工布(5)上方用于填充待模拟土壤,所述渗流注入口(3)通过管道外接模拟渗流储液罐(15);所述地下水模拟装置包括箱体(6)、地下水注入口(9)、地下水流出口(10)和地下水采样口(11),所述箱体(6)顶部与筒体(1)底部通过穿孔连通,使两者之间的水流能够通过砾石层垂直迁移;箱体(6)侧壁一侧设有地下水注入口(9),另一侧分别设有地下水流出口(10)和地下水采样口(11);所述地下水注入口(9)通过进水管外接第一储液罐(12),所述地下水流出口(10)通过出水管外接第二储液罐(13),且进水管和出水管上设有蠕动泵(7);所述人工降雨装置(2)位于土柱模拟装置中填充的待模拟土壤上方,其进口通过管道外接模拟降雨储液罐(14);所述监测装置包括若干集成式监测探头(8),分别设于筒体(1)中的待模拟土壤不同高度处以及箱体(6)内部,用于监测各设置位置的温度、pH、溶解氧以及地下水流速。

2. 根据权利要求1所述的一种污染场地土壤-地下水一体式模拟修复装置,其特征在于,各管道上均设有控制管道开闭的阀门。

3. 根据权利要求1所述的一种污染场地土壤-地下水一体式模拟修复装置,其特征在于,所述筒体(1)的高径比为1:1~4:1。

4. 根据权利要求1所述的一种污染场地土壤-地下水一体式模拟修复装置,其特征在于,所述箱体(6)顶部与筒体(1)底部之间的穿孔直径为1mm~10mm。

5. 根据权利要求1所述的一种污染场地土壤-地下水一体式模拟修复装置,其特征在于,所述砾石层中的砾石粒径大于底部穿孔直径。

6. 根据权利要求1所述的一种污染场地土壤-地下水一体式模拟修复装置,其特征在于,所述集成式监测探头(8)在筒体(1)内的土壤中从上到下均匀布置有多个,在箱体(6)内部至少布置有1个。

7. 根据权利要求1所述的一种污染场地土壤-地下水一体式模拟修复装置,其特征在于,所述渗流注入口(3)和土壤采样口(4)均设置多个,且分别沿筒体(1)侧壁垂向均匀设置;所述地下水采样口(11)也设置多个,且沿箱体(6)侧壁垂向均匀设置。

8. 根据权利要求1所述的一种污染场地土壤-地下水一体式模拟修复装置,其特征在于,所述箱体(6)为透明有机玻璃材质,外围设有不锈钢支撑架。

9. 根据权利要求1所述的一种污染场地土壤-地下水一体式模拟修复装置,其特征在于,所述集成式监测探头(8)中包括温度监测探头、pH监测探头和溶解氧监测探头,且位于箱体(6)内部的集成式监测探头(8)中还集成有水流流速监测探头。

污染场地土壤-地下水一体式模拟修复装置

技术领域

[0001] 本实用新型属于污染场地修复研究技术领域,具体涉及一种污染场地土壤-地下水一体式模拟修复装置。

背景技术

[0002] 污染场地是指因生产、经营、处理、贮存有毒有害物质,堆放或处理处置危险废弃物,以及从事矿山开采等活动造成污染,且对人体健康或生态环境产生危害的场地。随着我国经济发展、产业结构升级和城镇化进程加快,一些重污染企业遗留场地的土壤也受到污染,环境隐患日益突出。由于降水或地表水入渗,污染物不可避免地通过土壤进入地下水,造成地下水污染。

[0003] 土壤可分为包气带(不饱和带)和饱水带(饱和带),在饱水带的那部分水统称为地下水。浅层地下水以垂向循环为主,补给主要为大气降水、地表水和田间灌溉,大气降水量的多少、降水强度、降水历时直接影响地下水的补给特征变化。排泄主要为蒸发蒸腾、人工开采和地下水开采。土壤包气带是地下水补给和排泄的主要通道,也是污染物在土壤-地下水体系中迁徙转化的重要一环。

[0004] 常用的场地污染修复技术大致可分为物理、化学、生物等三种。其中微生物修复技术是一项清洁高效、便于应用、发展潜力极大的新兴技术。目前无论是原位微生物修复技术,还是预制床、堆制处理、生物反应器等异位微生物修复技术,仅服务于单一介质(土壤或地下水),没有实现对土壤/地下水的一体式修复。此外,目前对污染物质在土壤-地下水系统迁移转化的模拟主要采用室内土柱或者渗流槽实验开展研究,这些方法均未模拟土壤包气带雨水淋滤和渗流的联合作用,而且缺乏对土壤-地下水系统,特别是土壤包气带温度、pH和溶解氧等参数的监测评估,不满足场地污染修复过程监测和后评估要求。

[0005] 基于以上问题,本实用新型提出一种污染场地土壤-地下水一体式模拟修复装置,能准确模拟包气带复杂结构,实现土壤/地下水一体化修复模拟及修复过程监测与评估。

实用新型内容

[0006] 本实用新型目的在于克服现有装置模拟方式过于简单、不满足污染修复过程检测和后评估要求等不足,提供一种污染场地土壤-地下水一体式模拟系统及修复方法,准确模拟包气带复杂结构,实现多介质一体化修复模拟,支持修复过程检测与评估。

[0007] 本实用新型具体采用的技术方案如下:

[0008] 一种污染场地土壤-地下水一体式模拟修复装置,其包括土柱模拟装置、地下水模拟装置、人工降雨装置和监测装置;所述土柱模拟装置贴合置于地下水模拟装置上方;所述土柱模拟装置包括筒体、渗流注入口和土壤采样口,所述筒体侧壁上不同高度处分别设有若干渗流注入口和若干土壤采样口,筒体内底部填充有砾石层,砾石层上方铺设透水土工布,透水土工布上方用于填充待模拟土壤,所述渗流注入口通过管道外接模拟渗流储液罐;所述地下水模拟装置包括箱体、地下水注入口、地下水流出口和地下水采样口,所述箱

体顶部与筒体底部通过穿孔连通,使两者之间的水流能够通过砾石层垂直迁移;箱体侧壁一侧设有地下水注入口,另一侧分别设有地下水流出口和地下水采样口;所述地下水注入口通过进水管外接第一储液罐,所述地下水流出口通过出水管外接第二储液罐,且进水管和出水管上设有蠕动泵;所述人工降雨装置位于土柱模拟装置中填充的待模拟土壤上方,其进口通过管道外接模拟降雨储液罐;所述监测装置包括若干集成式监测探头,分别设于筒体中的待模拟土壤不同高度处以及箱体内部,用于监测各设置位置的温度、pH、溶解氧以及地下水流速。

[0009] 作为优选,各管道上均设有控制管道开闭的阀门。

[0010] 作为优选,所述筒体的高径比为1:1~4:1。

[0011] 作为优选,所述箱体顶部与筒体底部之间的穿孔直径为1mm~10mm。

[0012] 作为优选,所述砾石层中的砾石粒径大于底部穿孔直径。

[0013] 作为优选,所述集成式监测探头在筒体内的土壤中从上到下均匀布置有多个,在箱体内部至少布置有1个。

[0014] 作为优选,所述渗流注入口和土壤采样口均设置多个,且分别沿筒体侧壁垂向均匀设置;所述地下水采样口也设置多个,且沿箱体侧壁垂向均匀设置。

[0015] 作为优选,所述箱体为透明有机玻璃材质,外围设有不锈钢支撑架。

[0016] 作为优选,所述集成式监测探头中包括温度监测探头、pH监测探头和溶解氧监测探头,且位于箱体内部的集成式监测探头中还集成有水流流速监测探头。

[0017] 本实用新型的另一目的还在于提供一种利用如上所述的污染场地土壤-地下水一体式模拟修复装置进行模拟修复的方法,包括如下步骤:

[0018] 1) 从被研究区域分层采集土壤样品,分别进行均匀细化及干燥处理;

[0019] 2) 在筒体底部填充砾石层以模拟饱水层,砾石层顶部铺设透水土工布;在透水土工布上方按照原始土壤的分层顺序依次填充步骤1)中处理后的土壤样品,填充的土壤高度高于筒体侧壁上开设的最上方的渗流注入口,填充的土壤用于模拟含水层;

[0020] 3) 从被研究区域原位钻孔获取实际地下水样注入第一储液罐,将模拟降雨溶液注入模拟降雨储液罐,将模拟渗流液注入模拟渗流储液罐;

[0021] 4) 根据待模拟的降雨强度,通过控制人工降雨装置将模拟降雨储液罐中的模拟降雨溶液均匀淋滤至筒体内填充的土壤中;并将模拟渗流储液罐中的模拟渗流液通过渗流注入口正压注入土壤层,同时通过控制蠕动泵将实际地下水经地下水注入口注入箱体内部;

[0022] 5) 随着注水的进行,箱体内的水流逐渐流出地下水模拟装置进入第二储液罐,形成地下水模拟;通过对蠕动泵的控制,将流经箱体内部地下水的水位稳定在设定值,模拟污染物在场地土壤-地下水体系的迁移转化;

[0023] 6) 在模拟过程中,利用集成式监测探头对不同深度土壤和地下水的温度、pH、溶解氧及地下水流速进行实时监测;同时通过土壤采样口和地下水采样口分别采集土壤和地下水样品。

[0024] 本实用新型具有的有益效果:1) 服务于土壤-地下水介质,实现一体式修复模拟;2) 利用降雨及渗流模拟装置实现对土壤包气带降雨渗透作用和水流渗透作用的联合模拟,能够有效模拟污染物在场地土壤-地下水体系的迁移转化;3) 利用集成式监测探头实现了土壤层和地下水层温度、pH、溶解氧和地下水的流速等参数的实时监测,能够精准监测污染

场地土壤-地下水体系的环境条件,支持场地污染修复过程监测和后评估。

附图说明

[0025] 图1是本实用新型的污染场地土壤-地下水一体式模拟修复装置示意图;

[0026] 图中:筒体1、人工降雨装置2、渗流注入口3、土壤采样口4、透水土工布5、箱体6、蠕动泵7、集成式监测探头8、地下水注入口9、地下水流出口10、地下水采样口11、第一储液罐12、第二储液罐13、模拟雨水储液罐14、模拟渗流储液罐15、数据采集装置16。

具体实施方式

[0027] 为了进一步理解本实用新型,下面结合附图和具体实施方式对本实用新型做进一步阐述和说明,但是应当理解,这些描述只是为进一步说明本实用新型的特征和优点,而不是对本实用新型权利要求的限制。

[0028] 如图1所示,一种污染场地土壤-地下水一体式模拟修复装置,包括土柱模拟装置、地下水模拟装置、人工降雨装置2和监测装置,其中土柱模拟装置贴合置于地下水模拟装置上方,土柱模拟装置下端和地下水模拟装置上端固定连接。地下水模拟装置顶部可以将土柱模拟装置底部完全承接,以便从土柱模拟装置中流下的水能全部进入地下水模拟装置。

[0029] 土柱模拟装置包括筒体1、渗流注入口3和土壤采样口4。筒体1是整个土柱模拟装置的主体,渗流注入口3和土壤采样口4均设于筒体1侧壁上,且渗流注入口3和土壤采样口4均可以根据需要分别沿筒体1侧壁垂向均匀设置多个,以便模拟实际渗流和采集不同深度的土壤。筒体1内底部填充有一层砾石层,而砾石层上方铺设有一层透水土工布5,透水土工布5上方用于填充待模拟土壤。当土壤填充完毕后,土壤层可以模拟含水层,而砾石层则模拟饱水层,两者之间的透水土工布5可以保证水流垂向流动,但阻隔土壤掉落。筒体1底部与地下水模拟装置顶部之间设有若干穿孔,穿孔直径为1mm~10mm,以便使渗流液向下流入至地下水模拟装置,砾石的粒径应当大于这些穿孔直径,以免从孔中掉落。渗流注入口3通过管道外接模拟渗流储液罐15,管道上可设控制阀门。

[0030] 地下水模拟装置包括箱体6、地下水注入口9、地下水流出口10和地下水采样口11。其中箱体6是整个地下水模拟装置的主体,箱体6为透明有机玻璃材质,外围设有不锈钢支撑架。箱体6顶部与筒体1底部通过前述的穿孔连通,使两者之间的水流能够通过砾石层垂直迁移,进而实现对土壤包气带降雨渗透作用和水流渗透作用的联合模拟。箱体6侧壁一侧设有地下水注入口9,另一侧分别设有地下水流出口10和地下水采样口11,其中地下水采样口11可以根据需要沿箱体6侧壁垂向均匀设置多个,以便采集不同深度的地下水样。而地下水注入口9通过进水管外接第一储液罐12,地下水流出口10通过出水管外接第二储液罐13,且进水管和出水管上设有蠕动泵7,同时管道上可设控制阀门。第一储液罐12中的水可以在蠕动泵7的驱动下进入箱体6,然后再排入第二储液罐13中,以模拟地下水的流动。进水管和出水管均优选为硅胶管,其各自夹持于不同的蠕动泵7中,能够便于分别控制水流流速,调整地下水模拟装置中液位高低。

[0031] 人工降雨装置2位于土柱模拟装置中填充的待模拟土壤上方,其进口通过管道外接模拟降雨储液罐14,管道上可设控制阀门控制降雨开闭或者强度。监测装置包括若干集成式监测探头8,分别设于筒体1中的待模拟土壤不同高度处以及箱体6内部,用于监测各设

置位置的温度、pH、溶解氧以及地下水流速。集成式监测探头8中可以根据监测需要集成温度监测探头、pH监测探头、溶解氧监测探头、水流流速监测探头,用于监测温度、pH、溶解氧、水流流速情况。集成式监测探头8在筒体1内的土壤中从上到下均匀布置有多个,在箱体6内部至少布置有1个,具体布置数量根据整个装置的尺寸以及监测要求确定。在本实施例中,在筒体1内的土壤中布置3个集成式监测探头8,这3个集成式监测探头8中均集成有温度监测探头、pH监测探头和溶解氧监测探头,用于实时监测土壤含水层中不同深度的温度、pH、溶解氧。而在箱体6内部布置有1个集成式监测探头8,箱体6内部的集成式监测探头8中除了集成温度监测探头、pH监测探头、溶解氧监测探头之外,还集成有水流流速监测探头,用于实时监测地下水中的温度、pH、溶解氧和水流流速。这些探头能够精准监测污染场地土壤-地下水体系的环境条件,以支持场地污染修复过程监测和后评估。当然,各集成式监测探头8中具体集成的探头类型还可以根据检测需要进行调整。各集成式监测探头8可以通过线路与装置外部的数据采集设备16相连。数据采集设备16可以是一台中控计算机,以便于直观显示、存储和分析数据。

[0032] 另外,为了方便控制,本实用新型的装置中各管道上均设有控制管道开闭的阀门。本实用新型中的筒体1可以是圆筒状的,其高径比可以根据需要调整,范围可以为1:1~4:1,当然也可以是其他的形状。

[0033] 一种利用如上所述的污染场地土壤-地下水一体式模拟修复装置进行模拟修复的方法,包括如下步骤:

[0034] 1) 从待被研究区域的土壤中分层采集土壤样品,将样品进行均匀细化、干燥等预处理;

[0035] 2) 在筒体1底部填充砾石,以便模拟实际土壤的饱水层;砾石层顶部铺设透水土工布5,在透水土工布5上方依次填充步骤1)中经预处理的分层土壤样品,样品在填充的时候可以与按照原始土壤的分层顺序依次填充,每层填充的土壤厚度也可以与实际该层土壤保持相同,也可以根据试验需要调整土壤的填充方式。另外,为了保证渗流的稳定,填充土壤总高度应高于筒体1侧壁上开设的位于最上方的渗流注入口3,以使水流渗流流入土壤,填充的土壤用于模拟实际土壤含水层;

[0036] 3) 从被研究区域原位钻孔获取实际地下水样注入第一储液罐12,将预先制备的模拟降雨溶液注入模拟降雨储液罐14,将预先制备的模拟渗流液注入模拟渗流储液罐15;

[0037] 4) 根据试验要求将单位时间降水量换算成所要求的降雨强度,通过控制人工降雨装置2将模拟降雨储液罐14中的模拟降雨溶液根据该降雨强度均匀淋滤至土壤上表面中,然后再垂直渗入土层中。然后,打开筒体1上渗流注入口3对应的连通管路上的阀门,将模拟渗流储液罐15中的模拟渗流液通过渗流注入口(3)注入土壤层,注入时模拟渗流液应当保持一定的正压力,使其能顺利形成渗流。另外,打开箱体6上地下水注入口9对应的连通管路上的阀门,通过控制蠕动泵7将预先原位采集的实际地下水泵入箱体6内部;

[0038] 5) 随着注水的进行,打开箱体(6)地下水流出口(10)连通管路上的阀门,使水流逐渐流出地下水模拟装置进入第二储液罐(13),形成对地下水流动的模拟。同时,通过对进水管和出水管上蠕动泵(7)的流速控制,可以将流经箱体(6)内部地下水的水位稳定在试验的设定值,以模拟不同的情况下污染物在场地土壤-地下水体系的迁移转化;

[0039] 6) 在模拟过程中,利用集成式监测探头(8)对不同深度土壤和地下水的温度、pH、

溶解氧及地下水流速进行实时监测；同时通过土壤采样口(4)和地下水采样口(11)分别采集土壤和地下水样品。

[0040] 由此可见，该污染场地土壤-地下水一体式模拟修复装置，能准确模拟包气带复杂结构，同时通过不同探头采集的参数结合对从各采样口采集的样品进行分析，可以实现土壤/地下水一体化修复模拟及修复过程监测与评估。

[0041] 以上所述仅为本实用新型实施的一种较优方案，并不用以限制本实用新型。对于本技术领域的普通技术人员，凡在本实用新型的精神和范围之内，所作的任何修改，等效替换等，均因包含在本实用新型的保护范围之内。

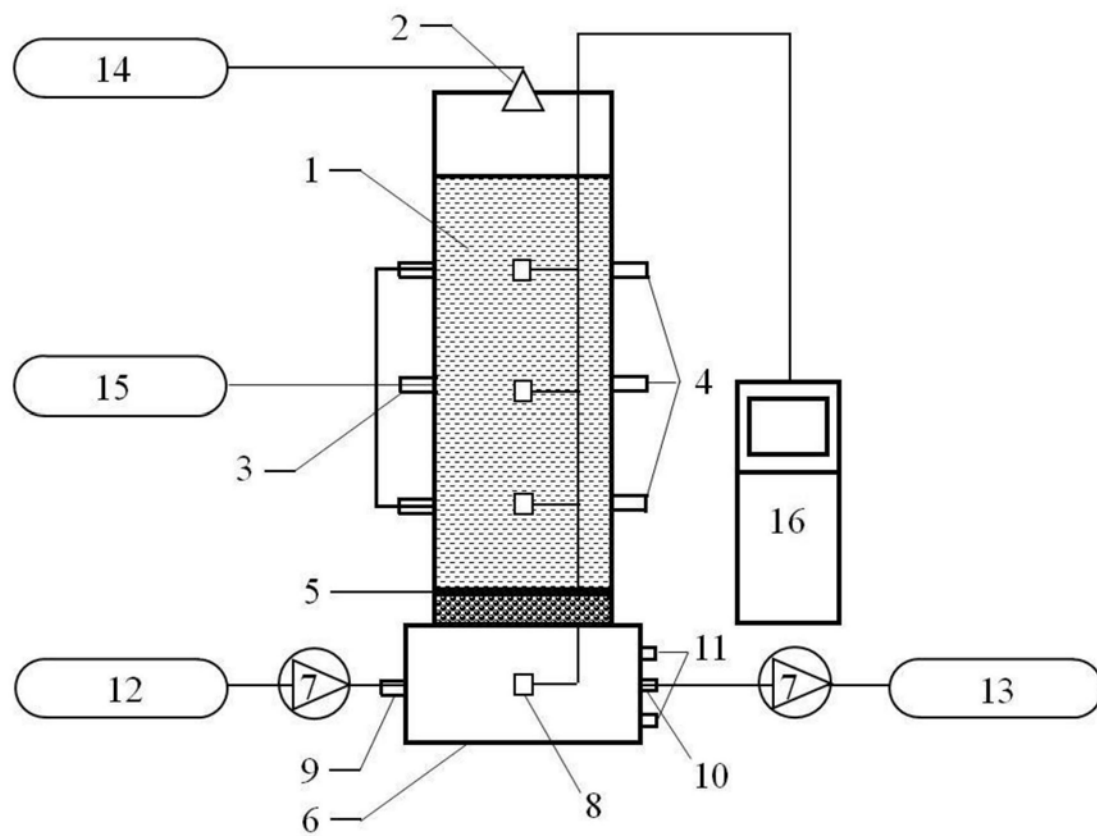


图1