



# (12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 106145335 A

(43) 申请公布日 2016. 11. 23

(21) 申请号 201510163183. 3

(22) 申请日 2015. 04. 08

(71) 申请人 北京建工环境修复股份有限公司  
地址 100015 北京市朝阳区京顺东街 6 号院  
北京领科时代中心 2 号楼 3 单元

(72) 发明人 高艳丽 李书鹏 张秋子 孙尧  
全燕苹 魏晓飞 王璇 李洪毅

(74) 专利代理机构 北京三聚阳光知识产权代理  
有限公司 11250

代理人 李敏

(51) Int. Cl.  
C02F 3/28(2006. 01)  
C02F 3/34(2006. 01)

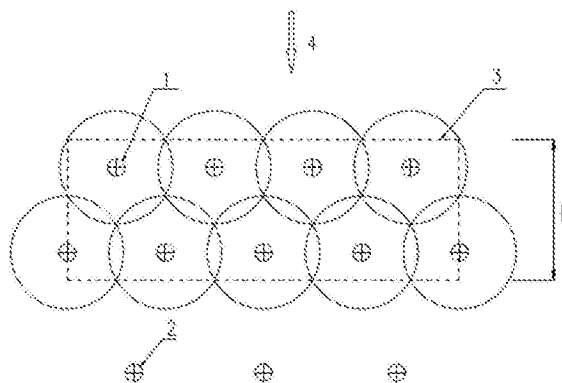
权利要求书2页 说明书6页 附图1页

## (54) 发明名称

一种非连续式渗透反应墙修复污染地下水的系统及方法

## (57) 摘要

本发明提供一种非连续式渗透反应墙修复污染地下水的系统,利用所述高压泵将所述修复药剂以一定压力注入所述注入井中,使得所述修复药剂从所述注入井的出水孔喷出并向四周均匀扩散,并且从相邻各注入井喷出的修复药剂的扩散范围相互叠加,形成一道垂直于地下水流向的类似墙体的修复反应带,使得通过该修复反应带的地下水得到修复,本发明所述的非连续式渗透反应墙修复污染地下水的系统,施工简单,方便更换修复材料,不存在修复盲区,对污染地下水的修复效率高达 80% -99%。



1. 一种非连续式渗透反应墙修复污染地下水的系统,其特征在于,包括:

注入单元,所述注入单元设置于地表,所述注入单元包括修复药剂储罐和高压泵,所述修复药剂储罐的出液口与所述高压泵的入口通过管道连通,所述修复药剂储罐内的修复药剂经所述高压泵加压后输出;

注入井群,所述注入井群设置于地下,所述注入井群包括一排或多排均匀分布的注入井,所述注入井的入口与所述高压泵的出口通过管道相连通,所述注入井的中下部贯通设有出水孔。

2. 根据权利要求1所述的非连续式渗透反应墙修复污染地下水的系统,其特征在于,所述注入井为竖井,所述注入井包括井管和位于所述井管外侧的填料层;

从井口至井底,所述填料层依次包括混凝土浇注段、混凝土和膨润土混合浇注段、膨润土浇注段以及石英砂段,所述石英砂段以石英砂作为井管外填料,所述石英砂段位于地下蓄水层,在位于所述石英砂段内侧的井管上设置所述出水孔。

3. 根据权利要求2所述的非连续式渗透反应墙修复污染地下水的系统,其特征在于,从井口至井底,所述混凝土浇注段、混凝土和膨润土混合浇注段、膨润土浇注段以及石英砂段的高度之比为1:1-2:1-20:1-8。

4. 根据权利要求1-3任一所述的非连续式渗透反应墙修复污染地下水的系统,其特征在于,所述井管为不锈钢管;

在所述石英砂段与所述井管之间设置不锈钢网,所述不锈钢网的网孔小于所述石英砂的粒径。

5. 根据权利要求1-4任一所述的非连续式渗透反应墙修复污染地下水的系统,其特征在于,所述注入井的内径为25-50mm;

所述出水孔为圆孔,所述出水孔的孔径为2-10mm。

6. 根据权利要求1-5任一所述的非连续式渗透反应墙修复污染地下水的系统,其特征在于,垂直于水流方向,所述注入井设有两排,位于同排的相邻两个注入井之间的距离为3-15m,位于不同排的相邻两个注入井之间的距离为3-18m;

位于不同排的注入井为交错设置。

7. 根据权利要求1-6任一所述的非连续式渗透反应墙修复污染地下水的系统,其特征在于,在所述注入井群的上下游均设有监测井。

8. 根据权利要求1-7任一所述的非连续式渗透反应墙修复污染地下水的系统,其特征在于,经所述高压泵加压后输出所述修复药剂的流速为0.5-5m<sup>3</sup>/h,压力为0.1-15MPa。

9. 基于权利要求1-8任一所述系统的非连续式渗透反应墙修复污染地下水的方法,包括如下步骤:

(1) 利用所述高压泵对所述修复药剂储罐内的修复药剂进行加压后输出并注入至所述注入井内;

(2) 所述修复药剂从所述出水孔喷出并向四周均匀扩散,从相邻各注入井喷出的修复药剂的扩散范围相互叠加,形成一道垂直于地下水流向的类似墙体的修复反应带,对通过该修复反应带的地下水进行修复。

10. 根据权利要求9所述的非连续式渗透反应墙修复污染地下水的方法,其特征在于,包括如下步骤:

(1) 场地地下水的污染调查

对污染区域进行污染调查,通过详细的取样检测,了解目标修复区域的地下水污染状况,找出污染源及污染羽的空间分布范围;

(2) 水文地质勘查

通过土工实验获得该污染场地地下蓄水层的土质参数;通过示踪试验获得蓄水层弥散系数;通过抽水试验获得蓄水层渗透系数;通过注入影响半径试验获得修复药剂注入的辐射范围和反应时间,并获取目标修复区域的蓄水层厚度、孔隙度、颗粒粒径分布状况、地下水流速、流向和水力梯度和地下水埋深度;

(3) 建立非连续式渗透反应墙修复污染地下水系统

根据前述水文地质勘查得到的各项数据,建立所述的非连续式渗透反应墙修复污染地下水系统;

(4) 非连续式渗透反应墙修复污染地下水

利用所述高压泵对所述修复药剂储罐内的修复药剂进行加压后输出并注入至所述注入井内;

所述修复药剂从所述注入井下方的出水孔喷出并向四周均匀扩散,从相邻各注入井喷出的修复药剂的扩散范围相互叠加,形成一道垂直于地下水流向的类似墙体的修复反应带,对流过该修复反应带的地下水进行修复。

## 一种非连续式渗透反应墙修复污染地下水的系统及方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种非连续式渗透反应墙修复污染地下水的系统及方法,属于污染地下水的原位修复技术。

### 背景技术

[0002] 地下水作为人类宝贵的淡水资源,随着现代社会工业化进程的不断发 展,出现了不同程度的污染问题。从上个世纪 60 年代开始,地下水污染逐渐加剧,于是地下水的修复技术也随之发展起来。

[0003] 地下水污染修复技术包括异位修复、原位修复和监测自然衰减技术。异位修复技术是将受污染的地下水抽出至地表再进行处理的技术。该技术在短期内处理量大、处理效率较高,但长期应用普遍存在拖尾、反弹等现象,最终降低了处理效率,增加处理成本。监测自然衰减技术是充分依靠自然净化能力的修复技术,需要的修复时间很长。加之地下水中污染物的种类日益增多,除有机物外,还包括重金属、无机盐和放射性元素等,于是地下水污染原位修复技术便以其修复彻底、处理污染物种类多,时间相对较短,成本相对低廉等优势在地下水污染修复领域得以广泛应用。

[0004] 可渗透性反应墙技术 (Permeable Reactive Barrier, 简称 PRB 技术) 是 20 世纪 90 年代发展起来的一项新技术。PRB 是一个填充有活性反应介质材料的被动反应区,当被污染的地下水通过渗透反应墙时,污染物质能被降解或固定。污染物质依靠自然水力运输通过预先设计好的反应介质时,介质可对溶解的有机物、金属、核素及其他污染物进行降解、吸附、沉淀或去除地下水修复。PRB 一般安装在地下蓄水层中,垂直于地下水流方向。当地下水流在自身水力梯度作用下通过渗透性反应墙时,从污染源释放出来的污染物质在向 下渗透过程中,形成一个污染羽。PRB 就是在污染羽流动路径的横截面上设置一道墙体,墙体内填充不同的介质材料。当污染羽流经墙内,与墙体介质材料接触时,经过墙体材料的还原反应、降解、吸附、淋滤等一系列物理、化学、生物过程,污染羽中的污染组分得到降解,或者滞留在墙体中,从而达到对地下水环境修复的目的。渗透性反应墙一旦安装完毕,几乎不需要其他运行和维护费用。但是可渗透性反应墙最主要的问题是墙中介质失活更换困难,墙体堵塞问题难以解决。此外,上述可渗透性反应墙难以实现对超过一定深度的污染地下水的修复。

[0005] 为了解决上述问题,中国专利文献 CN102153241A 公开了一种化学与生物组合反应带原位修复被污染地下水的方法,在污染源的下游 3-5m 处设有与水流方向垂直,且线性排列的一个以上化学反应井构成的化学反应带,在化学反应带下游 3-5m 处设有与化学反应带平行的一个以上由第一生物反应井构成的第一生物反应带,在第一生物反应带下游 3-5m 处设有与第一生物反应带平行的一个以上由第二生物反应井构成的第二生物反应带; 化学反应井、第一生物反应井或第二生物反应井的井深均为被污染的地下水赋水层底板,井的内径 20cm、井距 3m;在化学反应井内装有按体积 1:1 混合的铁屑和活性炭,铁屑粒径为 0.5-2.0mm,第一生物反应井的底部装有曝气头,其上装有生物膜组件,第二生物反应井

的底部装有曝气头,其上装有固化硝基苯降解菌和苯胺降解菌的活性炭。然而,上述方法中需要建立大口径的井群,且井群数量较多,施工成本较高,并且井群间存在修复盲区,从而不可避免将会造成部分污染地下水流过反应带而未得到修复的问题。

## 发明内容

[0006] 本发明所要解决的技术问题在于现有技术中修复污染地下水的系统不仅需要建立大口径的井群,且井群数量较多,施工成本较高,并且井群间存在修复盲区,从而提出一种非连续式渗透反应墙修复污染地下水的系统和方法。此外,本申请所述非连续式渗透反应墙修复污染地下水的系统无需进行深挖沟,大大缩短工期,节约成本,当修复药剂耗尽或失效时,可方便快捷再次注入修复药剂,从而能有效解决传统 PRB 技术存在墙中介质失活更换困难、墙体堵塞难以解决的问题。

[0007] 为解决上述技术问题,本发明的技术方案为:

[0008] 一种非连续式渗透反应墙修复污染地下水的系统,其包括:

[0009] 注入单元,所述注入单元设置于地表,所述注入单元包括修复药剂储罐和高压泵,所述修复药剂储罐的出液口与所述高压泵的入口通过管道连通,所述修复药剂储罐内的修复药剂经所述高压泵加压后输出;

[0010] 注入井群,所述注入井群设置于地下,所述注入井群包括一排或多排均匀分布的注入井,所述注入井的入口与所述高压泵的出口通过管道相连通,所述注入井的中下部贯通设有出水孔。

[0011] 所述注入井为竖井,所述注入井包括井管和位于所述井管外侧的填料层;

[0012] 从井口至井底,所述填料层依次包括混凝土浇注段、混凝土和膨润土混合浇注段、膨润土浇注段以及石英砂段,所述石英砂段以石英砂作为井管外填料,所述石英砂段位于地下蓄水层,在位于所述石英砂段内侧的井管上设置所述出水孔。

[0013] 从井口至井底,所述混凝土浇注段、混凝土和膨润土混合浇注段、膨润土浇注段以及石英砂段的高度之比为 1:1-2:1-20:1-8。

[0014] 所述井管为不锈钢管;

[0015] 在所述石英砂段与所述井管之间设置不锈钢网,所述不锈钢网的网孔小于所述石英砂的粒径。

[0016] 所述注入井的内径为 25-50mm;

[0017] 所述出水孔为圆孔,所述出水孔的孔径为 2-10mm。

[0018] 垂直于水流方向,所述注入井设有两排,位于同排的相邻两个注入井之间的距离为 3-15m,位于不同排的相邻两个注入井之间的距离为 3-18m;

[0019] 位于不同排的注入井为交错设置。

[0020] 在所述注入井群的上下游均设有监测井。

[0021] 经所述高压泵加压后输出所述修复药剂的流速为  $0.5-5\text{m}^3/\text{h}$ ,压力为 0.1-15MPa。

[0022] 基于所述系统的非连续式渗透反应墙修复污染地下水的方法,包括如下步骤:

[0023] (1) 利用所述高压泵对所述修复药剂储罐内的修复药剂进行加压后输出并注入至所述注入井内;

[0024] (2) 所述修复药剂从所述出水孔喷出并向四周均匀扩散,从相邻各注入井喷出的

修复药剂的扩散范围相互叠加,形成一道垂直于地下水流向的类似墙体的修复反应带,对通过该修复反应带的地下水进行修复。

[0025] 所述的非连续式渗透反应墙修复污染地下水的方法,其包括如下步骤:

[0026] (1) 场地地下水的污染调查

[0027] 对污染区域进行污染调查,通过详细的取样检测,了解目标修复区域的地下水污染状况,找出污染源及污染羽的空间分布范围;

[0028] (2) 水文地质勘查

[0029] 通过土工实验获得该污染场地地下蓄水层的土质参数;通过示踪试验获得蓄水层弥散系数;通过抽水试验获得蓄水层渗透系数;通过注入影响半径试验获得修复药剂注入的辐射范围和反应时间,并获取目标修复区域的蓄水层厚度、孔隙度、颗粒粒径分布状况、地下水流速、流向和水力梯度和地下水埋深度;

[0030] (3) 建立非连续式渗透反应墙修复污染地下水系统

[0031] 根据前述水文地质勘查得到的各项数据,建立所述的非连续式渗透反应墙修复污染地下水系统;

[0032] (4) 非连续式渗透反应墙修复污染地下水

[0033] 利用所述高压泵对所述修复药剂储罐内的修复药剂进行加压后输出并注入至所述注入井内;

[0034] 所述修复药剂从所述注入井下方的出水孔喷出并向四周均匀扩散,从相邻各注入井喷出的修复药剂的扩散范围相互叠加,形成一道垂直于地下水流向的类似墙体的修复反应带,对流过该修复反应带的地下水进行修复。

[0035] 本发明的上述技术方案相比现有技术具有以下优点:

[0036] (1) 本发明所述的非连续式渗透反应墙修复污染地下水的系统,先利用所述高压泵将所述修复药剂加压注入所述注入井中,使得所述修复药剂从所述注入井的出水孔喷出并向四周均匀扩散,并且从相邻各注入井喷出的修复药剂的扩散范围相互叠加,形成一道垂直于地下水流向的类似墙体的修复反应带,使得通过该修复反应带的地下水得到修复,有效解决现有技术中的地下水修复系统需要建立大口径的井群,井群数量较多,施工成本较高,且井群间存在修复盲区的问题,本发明所述的非连续式渗透反应墙修复污染地下水的系统,不存在修复盲区,对污染地下水的修复效率高达 80% -99%。

[0037] (2) 本发明所述的非连续式渗透反应墙修复污染地下水的系统,在所述注入井群的上下游均设置监测井,以监测流过所述非连续式渗透反应墙的地下水中污染物浓度是否超标,从而对所述非连续式渗透反应墙的修复效果进行有效评价。

[0038] (3) 本发明所述的非连续式渗透反应墙修复污染地下水的系统,通过与所述高压泵的出口端还连接设有流量计、压力传感器和电控单元,所述电控单元从压力传感器和流量计上采集信息并对高压泵进行控制,使得高压泵按照反馈信息及时对修复药剂进行流量和压力的调整,实现了自动化控制,极大地提高了修复效率。

## 附图说明

[0039] 为了使本发明的内容更容易被清楚的理解,下面根据本发明的具体实施例并结合附图,对本发明作进一步详细的说明,其中

[0040] 图 1 是本发明所述的非连续式渗透反应墙修复污染地下水的系统的俯视图。

[0041] 图中附图标记表示为：1- 注入井，2- 监测井，3- 修复反应带，4- 地下水流向。

## 具体实施方式

[0042] 实施例 1

[0043] 本实施例提供一种非连续式渗透反应墙修复污染地下水的系统，包括注入单元和注入井群。

[0044] 利用所述的非连续式渗透反应墙修复污染地下水的系统对某受六价铬污染的垃圾填埋场的场地地下水进行修复，该场地地下水受到六价铬污染，污染深度超过达到 10m，六价铬浓度超过了 100mg/L，选用 EHC 药剂（由北京宜为凯姆环境技术有限公司提供）作为修复药剂，将六价铬还原为三价铬，降低毒性。

[0045] 所述非连续式渗透反应墙修复污染地下水的方法包括如下步骤：

[0046] (1) 场地地下水的污染调查

[0047] 根据《场地环境调查技术导则》(HJ 25.1-2014) 规范要求，对污染区域进行污染调查，通过详细的取样检测，了解目标修复区域的地下水污染状况，找出污染源及污染羽的空间分布范围；

[0048] (2) 水文地质勘查

[0049] 参照《土工试验方法标准》(GBT50123-1999)，通过土工实验获取该污染场地地下蓄水层的土质参数；参照《供水水文地质勘察规范》(GB50027-2001)；通过示踪试验获得蓄水池弥散系数，通过抽水试验获得蓄水池渗透系数，通过注入影响半径试验获得乳化油注入的辐射范围，并获取目标修复区域的蓄水池厚度、孔隙度、颗粒粒径分布状况、地下水流速、流向和水力梯度、地下水埋深等参数；

[0050] 其中，注入影响半径试验为核心实验，其通过在中心注入井中注入一定量的 EHC 药剂，在周边不同方向不同间距的监测井中取水样监测其浓度，根据监测数据获得注入影响半径为 6m；

[0051] (3) 所述的非连续式渗透反应墙修复污染地下水的系统的建立

[0052] 根据前述水文地质勘查得到当地的地下水流速约为 0.9m/d，EHC 药剂的反应时间为 120h，所需反应墙厚度为  $120/24 \times 0.9 = 4.5\text{m}$ ，仅需一排注入井即可满足反应时间要求；

[0053] (4) 非连续式渗透反应墙修复污染地下水

[0054] 利用所述高压泵对所述修复药剂储罐内的修复药剂进行加压后输出并注入至所述注入井内；

[0055] 所述修复药剂从所述注入井下方的出水孔喷出并向四周均匀扩散，从相邻各注入井喷出的修复药剂的扩散范围相互叠加，形成一道垂直于地下水流向的类似墙体的修复反应带 3，对流过该修复反应带 3 的地下水进行修复；本实施例中，所述修复反应带 3 的厚度 h 为 6m；

[0056] 采集并检测修复后地下水中六价铬的浓度小于 1mg/L，去除率超过 99%。

[0057] 所述注入单元设置于地表，所述注入单元包括修复药剂储罐、高压泵、电控系统、流量计和压力传感器。所述修复药剂储罐的出液口与所述高压泵的入口通过管道连通，使得所述修复药剂储罐内的修复药剂经所述高压泵加压后输出，本实施例中，经所述高压泵

加压后输出所述修复药剂的流速为  $2\text{m}^3/\text{h}$ , 压力为  $2\text{MPa}$ 。

[0058] 本实施例中, 所述高压泵的出口还连接所述电控单元、流量计和压力传感器, 所述电控单元从所述压力传感器和流量计上采集信息并对高压泵进行控制, 以对输出所述修复药剂的流量和压力进行调整。

[0059] 所述注入井群设置于地下, 所述注入井群包括一排均匀分布的注入井, 所述注入井的入口与所述高压泵的出口通过管道相连通, 本实施例所述注入井的内径为  $50\text{mm}$ , 相邻两个注入井之间的距离为  $10\text{m}$ 。

[0060] 所述注入井为竖井, 所述注入井包括井管和位于所述井管外侧的填料层, 所述井管为不锈钢管。本实施例中, 从井口至井底, 所述填料层依次包括混凝土浇注段、混凝土段和膨润土混合浇注段、膨润土浇注段以及石英砂段, 其中, 所述混凝土浇注段、混凝土段和膨润土混合浇注段、膨润土浇注段和石英砂段高度之比为  $1:1:5:4$ 。

[0061] 所述石英砂段以石英砂作为井管外填料, 所述石英砂段位于地下蓄水层, 在位于所述石英砂段内侧的井管上设置所述出水孔, 所述出水孔为圆孔, 所述出水孔的孔径为  $6\text{mm}$ 。本实施例中, 在所述石英砂段与所述井管之间设置不锈钢网, 所述不锈钢网的网孔小于所述石英砂的粒径, 以防止所述石英砂从出水孔进入井管中, 形成堵塞。

[0062] 实施例 2

[0063] 本实施例提供一种非连续式渗透反应墙修复污染地下水的系统, 包括注入单元、注入井群和监测井。

[0064] 利用所述的非连续式渗透反应墙修复污染地下水的系统对某垃圾填埋场的场地地下水进行修复, 该场地地下水受到硝酸盐污染, 污染深度超过  $15\text{m}$ , 硝酸盐浓度超过了  $50\text{mg}/\text{L}$ , 选用乳化植物油作为修复药剂, 利用其作为碳源, 提高该场地地下区域反硝化细菌的活性和数量, 利用所述反硝化细菌反硝化硝酸盐, 以使得地下水中硝酸盐的浓度降低。

[0065] 所述非连续式渗透反应墙修复污染地下水的方法包括如下步骤:

[0066] (1) 场地地下水的污染调查

[0067] 根据《场地环境调查技术导则》(HJ 25.1-2014) 规范要求, 对污染区域进行污染调查, 通过详细的取样检测, 了解目标修复区域的地下水污染状况, 找出污染源及污染羽的空间分布范围;

[0068] (2) 水文地质勘查

[0069] 参照《土工试验方法标准》(GBT50123-1999), 通过土工实验获得该污染场地地下水蓄水层的土质参数; 参照《供水水文地质勘察规范》(GB50027-2001), 通过示踪试验获得蓄水层弥散系数; 通过抽水试验获得蓄水层渗透系数; 通过注入影响半径试验获得乳化油注入的辐射范围, 并获取目标修复区域的蓄水层厚度、孔隙度、颗粒粒径分布状况、地下水流速、流向和水力梯度、地下水埋深等参数;

[0070] 其中, 注入影响半径试验为核心实验, 其通过在中心注入井中注入一定量的乳化油, 在周边不同方向不同间距的监测井中取水样监测 COD 浓度以表征乳化油浓度, 根据监测数据获得注入影响半径为  $3\text{m}$ ;

[0071] (3) 所述的非连续式渗透反应墙修复污染地下水的系统的建立

[0072] 根据前述水文地质勘查得到当地的地下水流速约为  $0.65\text{m}/\text{d}$ , 乳化植物油的反应时间为  $150\text{h}$ , 所需反应墙厚度为  $90/24*0.45 = 4.06\text{m}$ , 需两排注入井 1 方可满足要求;

[0073] (4) 非连续式渗透反应墙修复污染地下水

[0074] 利用所述高压泵对所述修复药剂储罐内的修复药剂乳化油进行加压后输出并注入至所述注入井 1 内；

[0075] 所述修复药剂从所述注入井 1 下方的出水孔喷出并向四周均匀扩散，从相邻各注入井 1 喷出的修复药剂的扩散范围相互叠加，形成一道垂直于地下水流向 4 的类似墙体的修复反应带 3，如图 1 所示，对流过该修复反应带 3 的地下水进行修复；本实施例中，所述修复反应带 3 的厚度  $h$  为 7.5m；

[0076] 最后，利用下游的所述监测井采集修复后的地下水，检测其硝酸盐的浓度小于 10mg/L，去除率超过 80%。

[0077] 所述注入单元设置于地表，所述注入单元包括修复药剂储罐、高压泵、电控系统、流量计和压力传感器。所述修复药剂储罐的出液口与所述高压泵的入口通过管道连通，使得所述修复药剂储罐内的修复药剂经所述高压泵加压后输出，本实施例中，经所述高压泵加压后输出所述修复药剂的流速为  $1.2\text{m}^3/\text{h}$ ，压力为 10.5MPa。

[0078] 本实施例中，所述高压泵的出口还连接所述电控单元、流量计和压力传感器，所述电控单元从所述压力传感器和流量计上采集信息并对高压泵进行控制，以对输出所述修复药剂的流量和压力进行调整。

[0079] 所述注入井群设置于地下，所述注入井群包括两排均匀分布的注入井 1，所述注入井 1 的入口与所述高压泵的出口通过管道相连通，如图 1 所示，本实施例所述两排注入井 1 为交错设置，所述注入井 1 的内径为 25mm，位于同排的相邻两个注入井 1 之间的距离为 5m，位于不同排的相邻两个注入井 1 之间的距离为 5m。沿水流方向，相邻两排注入井 1 之间的垂直距离为 4m；

[0080] 所述注入井 1 为竖井，所述注入井 1 包括井管和位于所述井管外侧的填料层，所述井管为不锈钢管。本实施例中，从井口至井底，所述填料层依次包括混凝土浇注段、混凝土段和膨润土混合浇注段、膨润土浇注段以及石英砂段，其中，所述混凝土浇注段、混凝土和膨润土混合浇注段、膨润土浇注段和石英砂段高度之比为 1:2:10:6。

[0081] 所述石英砂段以石英砂作为井管外填料，所述石英砂段位于地下蓄水层，在位于所述石英砂段内侧的井管上设置所述出水孔，所述出水孔为圆孔，所述出水孔的孔径为 2mm。本实施例中，在所述石英砂段与所述井管之间设置不锈钢网，所述不锈钢网的网孔小于所述石英砂的粒径，以防止所述石英砂从出水孔进入井管中，形成堵塞。

[0082] 所述监测井 2 分别位于所述注入井群的上下游方向，沿水流方向，上游的所述监测井 2 与所述注入井 1 之间的最小垂直距离为 15 米，下游的所述监测井 2 与所述注入井 1 之间的最小垂直距离为 12 米，所述监测井 2 的内径为 50mm，所述监测井 2 用于监测流过所述非连续式渗透反应墙的地下水中污染物浓度是否达到修复标准，从而对所述非连续式渗透反应墙的修复效果进行有效评价。

[0083] 显然，上述实施例仅仅是为清楚地说明所作的举例，而并非对实施方式的限定。对于所属领域的普通技术人员来说，在上述说明的基础上还可以做出其它不同形式的变化或变动。这里无需也无法对所有的实施方式予以穷举。而由此所引伸出的显而易见的变化或变动仍处于本发明创造的保护范围之内。

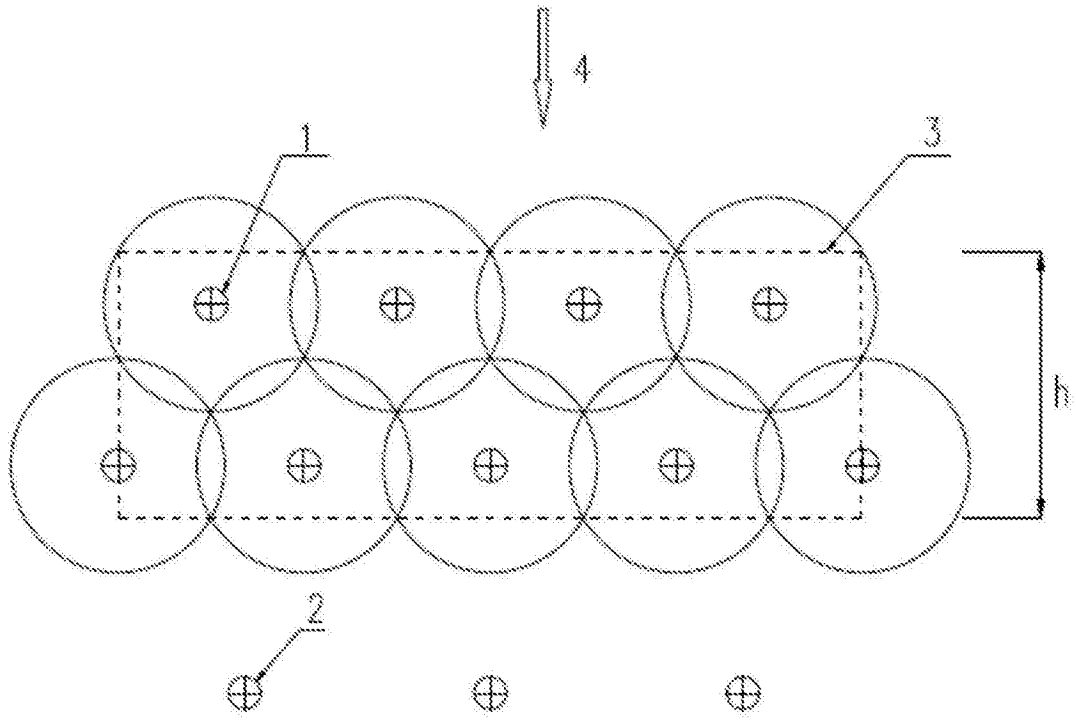


图 1