(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 108990452 A
(43)申请公布日 2018.12.14

(21)申请号 201810516742.8

(22)申请日 2018.05.25

(71)申请人 河海大学
地址 211100 江苏省南京市江宁开发区佛城西路8号

(72)发明人 鲁春辉 张加旭 叶逾

(74)专利代理机构 南京经纬专利商标代理有限公司 32200
代理人 石艳红

(51)Int.Cl.
A01B 77/00(2006.01)

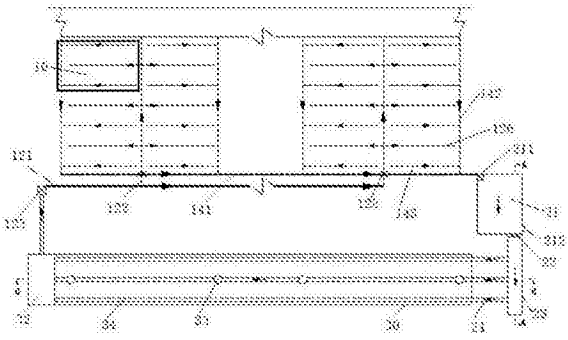
权利要求书2页 说明书8页 附图4页

(54)发明名称

一种耦合潜水层咸淡水替换及淋洗脱盐装置

(57)摘要

本发明公开了一种耦合潜水层咸淡水替换及淋洗脱盐装置，包括田间脱盐组件、盐水处理组件和雨水收集湿地。田间脱盐组件包括若干个脱盐单元、进水部件和排水部件，每个脱盐单元均包括脱盐单元轮廓、进水分支部件和分区隔板；盐水处理组件包括沉淀池、溢流堰、生态走廊和过滤管；雨水收集湿地包括不透水层、集水池、配水井、穿孔连通管和储水多孔介质。本发明一方面对盐碱土地地下水进行换水，通过若干个循环使地下水逐渐淡化；另一方面采用微咸水和雨水轮灌的方式，既节约了滨海地区珍贵的淡水资源，又充分利用收集的雨水加入到地下潜水层的循环中，从而，从根本上解决滨海盐碱地脱盐问题。



CN 108990452 A

1.一种耦合潜水层咸淡水替换及淋洗脱盐装置，其特征在于：包括田间脱盐组件、盐水处理组件和雨水收集湿地；

田间脱盐组件包括若干个脱盐单元、进水部件和排水部件；

脱盐单元的数量与田间地块的数量相等，每个脱盐单元均包括脱盐单元轮廓、进水分支部件和分区隔板；其中，脱盐单元轮廓为对应田间地块的轮廓，包括横向轮廓和竖向轮廓；

进水部件包括进水干渠、进水支渠、淡水提水泵和若干个原位抽水井；

进水分支部件包括进水管、微咸水提水泵、定水头水井和取水闸；

排水部件包括排水干渠、排水支渠和排盐暗管；

排盐暗管布置方向与进水管方向平行，每根排盐暗管等距埋设在脱盐单元的横向轮廓地下0.8m-1.2m的范围内；

进水管设置在前后相邻两根排盐暗管中间地带的田间地块表面，进水管的进水端通过微咸水提水泵与原位抽水井相连接；

原位抽水井设置在左右相邻两个脱盐单元的的中间交接处，且均位于对应进水支渠的轴线上，所有进水支渠均通过取水闸与进水干渠相连通，进水干渠上设置淡水提水泵；

位于前后相邻两根排盐暗管之间的田间地块表面，以排水管为中心，等距布设有若干块分区隔板；

分区隔板的高度从进水管侧向两端逐渐递减，分区隔板的最大高度不高于脱盐单元轮廓的高度；

排水支渠与排盐暗管相垂直，且与远离原位抽水井的脱盐单元的竖向轮廓相邻近；每根排盐暗管的一端与排水支渠相连通，另一端封闭；每根排水支渠均与排水干渠相连通；

定水头水井等距布设在排水支渠的中心轴线上，定水头水井的底部贯穿整个田间地块的地下潜水层；

盐水处理组件包括沉淀池、溢流堰、生态走廊和过滤管；排水干渠的出水口端伸入沉淀池中，溢流堰设置在位于生态走廊侧的沉淀池中上部，过滤管的一端与生态走廊的渗水层相连通，过滤管内填充有过滤颗粒；

雨水收集湿地包括不透水层、集水池、配水井、穿孔连通管和储水多孔介质；不透水层布设在开挖的地下，储水多孔介质铺设在不透水层上方，且储水多孔介质周围铺设有防渗土工膜；配水井均匀布设在储水多孔介质中，穿孔连通管的一端与过滤管的出水端相连接，穿孔连通管中部与所有配水井相连通，穿孔连通管尾端与集水池相连接；集水池与进水干渠的进水端相连接；

配水井还通过连通管与脱盐单元中的每个定水头水井相连通。

2.根据权利要求1所述的耦合潜水层咸淡水替换及淋洗脱盐装置，其特征在于：溢流堰上设置有盐度传感器，沉淀池上设置有排盐孔。

3.根据权利要求1所述的耦合潜水层咸淡水替换及淋洗脱盐装置，其特征在于：排水干渠的出水端设置有流速控制泵。

4.根据权利要求1所述的耦合潜水层咸淡水替换及淋洗脱盐装置，其特征在于：田间地块从上至下依次包括腐殖质层、混合层和原土层，混合层为掺合料与表层盐碱土的混合物。

5.根据权利要求4所述的耦合潜水层咸淡水替换及淋洗脱盐装置，其特征在于：掺合料

为砂、碎石和木屑，掺合料通过深耕的方式与表层盐碱土混合均匀；腐殖质层包括秸秆和木屑。

6.根据权利要求1所述的耦合潜水层咸淡水替换及淋洗脱盐装置，其特征在于：储水多孔介质上种植有滩涂植物。

7.根据权利要求1所述的耦合潜水层咸淡水替换及淋洗脱盐装置，其特征在于：排盐暗管直径为15-25cm，排盐暗管周围铺设有一圈碎石层。

8.根据权利要求1所述的耦合潜水层咸淡水替换及淋洗脱盐装置，其特征在于：每个脱盐单元布设五口定水头水井，定水头水井顶高程低于配水井顶高程50-100cm，且连通定水头水井与配水井之间的连通管上设置有阀门。

9.根据权利要求1所述的耦合潜水层咸淡水替换及淋洗脱盐装置，其特征在于：位于前后相邻两根排盐暗管之间的田间地块表面，等距布设六块分区隔板，六块分区隔板对称分布在进水管两侧，位于进水管单侧的三块分区隔板从进水管侧算起，高度分别为15cm、10cm和5cm。

10.根据权利要求1所述的耦合潜水层咸淡水替换及淋洗脱盐装置，其特征在于：生态走廊底部敷设有砾石过滤层，砾石过滤层上种植有抗盐性植物。

一种耦合潜水层咸淡水替换及淋洗脱盐装置

技术领域

[0001] 本发明涉及盐碱地灌溉领域，特别是一种耦合潜水层咸淡水替换及淋洗脱盐装置。

背景技术

[0002] 沿海滩涂是我国重要的后备土地资源，是解决我国人地矛盾的有效措施。

[0003] 沿海滩涂的开发最大的限制因素是土地盐碱化严重，难以实现大规模围垦种植等农业活动。造成土地盐碱化主要原因是地下水盐碱化严重，具体有如下三种情况。

[0004] 1.当雨季来临时，地下潜水水位升高，将盐水带到土体表面，当潜水水位下降时，盐分会吸附到固体颗粒上留在土体中。

[0005] 2.土地表面蒸发加剧土体表面水分的散失，造成更加严重的盐分析出，残留于土地表面。

[0006] 3.毛细管返盐也是不容忽视的一个造成土地盐碱化原因。

[0007] 通过上述分析，造成土地盐碱化的主要问题还是土壤潜水盐碱化严重，如何降低土壤潜水盐碱化程度将会从根本上解决滨海盐碱地脱盐问题。

发明内容

[0008] 本发明要解决的技术问题是针对上述现有技术的不足，而提供一种耦合潜水层咸淡水替换及淋洗脱盐装置，该耦合潜水层咸淡水替换及淋洗脱盐装置一方面对盐碱土地地下水进行换水，通过若干个循环使地下水逐渐淡化；另一方面采用微咸水和雨水轮灌的方式，既节约了滨海地区珍贵的淡水资源，又充分利用收集的雨水加入到地下潜水层的循环中，从而，从根本上解决滨海盐碱地脱盐问题。

[0009] 为解决上述技术问题，本发明采用的技术方案是：

一种耦合潜水层咸淡水替换及淋洗脱盐装置，包括田间脱盐组件、盐水处理组件和雨水收集湿地。

[0010] 田间脱盐组件包括若干个脱盐单元、进水部件和排水部件。

[0011] 脱盐单元的数量与田间地块的数量相等，每个脱盐单元均包括脱盐单元轮廓、进水分支部件和分区隔板；其中，脱盐单元轮廓为对应田间地块的轮廓，包括横向轮廓和竖向轮廓。

[0012] 进水部件包括进水干渠、进水支渠、淡水提水泵和若干个原位抽水井。

[0013] 进水分支部件包括进水管、微咸水提水泵、定水头水井和取水闸。

[0014] 排水部件包括排水干渠、排水支渠和排盐暗管。

[0015] 排盐暗管布置方向与进水管方向平行，每根排盐暗管等距埋设在脱盐单元的横向轮廓地下0.8m-1.2m的范围内。

[0016] 进水管设置在前后相邻两根排盐暗管中间地带的田间地块表面，进水管的进水端通过微咸水提水泵与原位抽水井相连接。

[0017] 原位抽水井设置在左右相邻两个脱盐单元的的中间交接处，且均位于对应进水支渠的轴线上，所有进水支渠均通过取水闸与进水干渠相连通，进水干渠上设置淡水提水泵。

[0018] 位于前后相邻两根排盐暗管之间的田间地块表面，以排水管为中心，等距布设有若干块分区隔板。

[0019] 分区隔板的高度从进水管侧向两端逐渐递减，分区隔板的最大高度不高于脱盐单元轮廓的高度。

[0020] 排水支渠与排盐暗管相垂直，且与远离原位抽水井的脱盐单元的竖向轮廓相邻近；每根排盐暗管的一端与排水支渠相连通，另一端封闭；每根排水支渠均与排水干渠相连通。

[0021] 定水头水井等距布设在排水支渠的中心轴线上，定水头水井的底部贯穿整个田间地块的地下潜水层。

[0022] 盐水处理组件包括沉淀池、溢流堰、生态走廊和过滤管；排水干渠的出水口端伸入沉淀池中，溢流堰设置在位于生态走廊侧的沉淀池中上部，过滤管的一端与生态走廊的渗水层相连通，过滤管内填充有过滤颗粒。

[0023] 雨水收集湿地包括不透水层、集水池、配水井、穿孔连通管和储水多孔介质；不透水层布设在开挖的地下，储水多孔介质铺设在不透水层上方，且储水多孔介质周围铺设有防渗土工膜；配水井均匀布设在储水多孔介质中，穿孔连通管的一端与过滤管的出水端相连接，穿孔连通管中部与所有配水井相连通，穿孔连通管尾端与集水池相连接；集水池与进水干渠的进水端相连接。

[0024] 配水井还通过连通管与脱盐单元中的每个定水头水井相连通。

[0025] 溢流堰上设置有盐度传感器，沉淀池上设置有排盐孔。

[0026] 排水干渠的出水端设置有流速控制泵。

[0027] 田间地块从上至下依次包括腐殖质层、混合层和原土层，混合层为掺合料与表层盐碱土的混合物。

[0028] 掺合料为砂、碎石和木屑，掺合料通过深耕的方式与表层盐碱土混合均匀；腐殖质层包括秸秆和木屑。

[0029] 储水多孔介质上种植有滩涂植物。

[0030] 排盐暗管直径为15-25cm，排盐暗管周围铺设有一圈碎石层。

[0031] 每个脱盐单元布设五口定水头水井，定水头水井顶高程低于配水井顶高程50-100cm，且连通定水头水井与配水井之间的连通管上设置有阀门。

[0032] 位于前后相邻两根排盐暗管之间的田间地块表面，等距布设六块分区隔板，六块分区隔板对称分布在进水管两侧，位于进水管单侧的三块分区隔板从进水管侧算起，高度分别为15cm、10cm和5cm。

[0033] 生态走廊底部敷设有砾石过滤层，砾石过滤层上种植有抗盐性植物。

[0034] 本发明具有如下有益效果：

1、采用原位盐碱地地下微咸水对盐碱地脱盐，不仅节约滨海地区珍贵的地下淡水资源，而且产生了不错的洗盐效果，同时节约了输送淡水管道的投资。

[0035] 2、原位抽水井抽取地下水对盐碱地脱盐的同时，利用定水头水井对地下潜水层补充淡水，以较高的效率完成了对地下潜水层实行换水处理，降低盐碱地地下水盐度，从根本

解决地下水返盐和表层土积盐现象。

[0036] 3、采用微咸水、雨水轮灌的方式，提高盐碱地脱盐效率。

[0037] 4、定水头水井所补充的淡水为滩涂收集的雨水，有效节约滨海地区地下水淡水资源。

[0038] 5、脱盐盐碱地表面采用分区灌溉的方式，在盐碱地内部形成较大驱动水头，靠近排盐暗管位置形成较小驱动水头，提高了盐碱地脱盐效率。

[0039] 6、土层表面添加掺合料，并做深耕均匀处理，增加表层土壤的渗透系数，增加脱盐效率，并且为后期植物种植提供碳源及腐殖质。

[0040] 7、本脱盐渠系系统在完成脱盐任务后，田间地块在后期种植过程中，还可以作为农田的灌排系统使用，满足农田灌溉排水的同时，也对滨海地区灌溉水实现循环使用，增加灌溉水使用效率。

[0041] 8、本设计还有一个数值模拟结果，进行佐证用咸淡水交换的方式可以有效降低地下潜水地下水的盐度。

附图说明

[0042] 图1显示了本发明一种耦合潜水层咸淡水替换及淋洗脱盐装置的结构示意图。

[0043] 图2显示了图1中A-A截面示意图。

[0044] 图3显示了图1中B-B截面示意图。

[0045] 图4显示了相邻两个脱盐单元的放大示意图。

[0046] 图5显示了图4中M-M截面示意图。

[0047] 图6显示了定水头水井布置示意图。

[0048] 图7显示了潜水层咸淡水替换过程中潜水层浓度场等值线变化图。

[0049] 图8显示了地表下2m地下水盐度场等值线变化图。

[0050] 其中有：

10.脱盐单元；

11.脱盐单元轮廓；

121.进水干渠；122.进水支渠；123.淡水提水泵；124.原位抽水井；125.微咸水提水泵；126.进水管；127.定水头水井；128.取水闸；

13.分区隔板；

141.排水干渠；142.排水支渠；143.排盐暗管；144.碎石层；

15.田间地块；151.腐殖质层；152.混合层；153.原土层；

21.沉淀池；211.流速控制泵；212.排盐孔；

22.溢流堰；23.生态走廊；231.砾石过滤层；24.过滤管；

30.雨水收集湿地；

31.不透水层；32.集水池；33.配水井；34.穿孔连通管；35.储水多孔介质；

40.地面高程。

具体实施方式

[0051] 下面结合附图和具体较佳实施方式对本发明作进一步详细的说明。

[0052] 如图1所示，一种耦合潜水层咸淡水替换及淋洗脱盐装置，也即灌排系统，包括田间脱盐组件、盐水处理组件和雨水收集湿地30。

[0053] 田间脱盐组件包括若干个脱盐单元10、进水部件和排水部件。

[0054] 脱盐单元的数量与田间地块的数量相等，在图1中，田间脱盐组件在横向和竖向上包括了若干个如加粗黑框所示的脱盐单元。本申请中，横向也称为左右向，竖向也称为纵向或前后向。

[0055] 每个脱盐单元均包括脱盐单元轮廓11、进水分支部件和分区隔板13。

[0056] 脱盐单元轮廓为对应田间地块的轮廓，包括横向轮廓和竖向轮廓。

[0057] 如图1和图4所示，进水部件包括进水干渠121、进水支渠122、淡水提水泵123和若干个原位抽水井124。

[0058] 排水部件包括排水干渠141、排水支渠142和排盐暗管143。

[0059] 排盐暗管布置方向与进水管方向平行，每根排盐暗管等距埋设在脱盐单元的横向轮廓地下0.8m-1.2m的范围内。每根排盐暗管均贯穿相邻两块田间地块，也即相邻两块田间地块共用一套排盐暗管。

[0060] 排盐暗管直径优选为15-25cm，排盐暗管周围优选铺设有如图5所示的一圈碎石层144。碎石层的作用是加快排水效率，同时防止堵塞排盐暗管。

[0061] 如图1和图4所示，进水分支部件包括进水管126、微咸水提水泵125、定水头水井127和取水闸128。

[0062] 进水管设置在前后相邻两根排盐暗管中间地带的田间地块表面，且与排盐暗管相平行；进水管的进水端通过微咸水提水泵与原位抽水井相连接。

[0063] 原位抽水井设置在左右相邻两个脱盐单元的的中间交接处，且均位于对应进水支渠的轴线上，所有进水支渠均通过取水闸与进水干渠相连通，进水干渠上设置淡水提水泵，也即两个脱盐单元共用一个原位抽水井，从而能保证其为左右两块脱盐单元提供淹灌水源。

[0064] 位于前后相邻两根排盐暗管之间的田间地块表面，以排水管为中心，等距布设有若干块分区隔板13。

[0065] 分区隔板的高度从进水管侧向两端逐渐递减，分区隔板的最大高度不高于脱盐单元轮廓的高度。

[0066] 如图5所示，位于前后相邻两根排盐暗管之间的田间地块表面，优选等距布设有六块分区隔板，六块分区隔板对称分布在进水管两侧，位于进水管单侧的三块分区隔板从进水管侧算起，高度分别为15cm、10cm和5cm。

[0067] 分区隔板的设置，能够采用分区灌溉排盐的方式，即在两条排盐暗管中间部分先灌溉，然后逐步通过溢流方式逐步向两侧扩展，最终整个脱盐土地表面都有完整贮水。根据本发明设置，脱盐土地表面通过分区隔板分成三个不同水位区，从内部到两边水位依次为15cm、10cm、5cm。

[0068] 排水支渠与排盐暗管相垂直，且与远离原位抽水井的脱盐单元的竖向轮廓相邻近；每根排盐暗管的一端与排水支渠相连通，另一端封闭；每根排水支渠均与排水干渠相连通。

[0069] 每个脱盐单元优选布设五口定水头水井，定水头水井等距布设在排水支渠的中心

轴线上，定水头水井的底部与田间地块的地下潜水层相连通。

[0070] 如图5所示，田间地块从上至下优选依次包括腐殖质层151、混合层152和原土层153，混合层优选为掺合料与表层盐碱土的混合物。覆盖秸秆为了提供碳源和减少土壤蒸发。

[0071] 掺合料优选为砂、碎石和木屑等，掺合料优选通过深耕的方式与表层盐碱土混合均匀；腐殖质层优选包括秸秆和木屑等。添加掺合料是为了提高表层土渗透性和提供碳源。

[0072] 盐水处理组件包括沉淀池21、溢流堰22、生态走廊23和过滤管24。

[0073] 排水干渠的出水口端伸入沉淀池中，排水干渠的出水端优选设置有流速控制泵211。

[0074] 如图2所示，溢流堰设置在位于生态走廊侧的沉淀池中上部，溢流堰上优选设置有盐度传感器，沉淀池上设置有排盐孔212。

[0075] 如图3所示，生态走廊底部优选敷设有砾石过滤层231，砾石过滤层上优选种植有抗盐性植物。

[0076] 过滤管的一端与生态走廊的渗水层相连通，过滤管内填充有过滤颗粒。

[0077] 雨水收集湿地包括不透水层31、集水池32、配水井33、穿孔连通管34和储水多孔介质35。不透水层布设在开挖的地下，储水多孔介质铺设在不透水层上方，且储水多孔介质周围铺设有防渗土工膜，储水多孔介质上种植有滩涂植物。

[0078] 配水井均匀布设在储水多孔介质中，穿孔连通管的一端与过滤管的出水端相连接，穿孔连通管中部与所有配水井相连通，穿孔连通管尾端与集水池相连接；集水池与进水干渠的进水端相连接。

[0079] 如图6所示，配水井还通过连通管与脱盐单元中的每个定水头水井相连通，定水头水井顶高程优选低于配水井顶高程50-100cm，且连通定水头水井与配水井之间的连通管上优选设置有阀门。

[0080] 一种耦合水循环的滩涂脱盐方法，包括如下步骤。

[0081] 步骤1，灌排系统及脱盐单元布设：根据滨海盐碱地的地形、地貌的情况，假设与海边界平行的方向为横向，与海边界垂直方向为纵向；进水干渠、排水干渠分别与海边界平行，以进水干渠、排水干渠布置方向为基准，布置整个滩涂灌排系统，即顺着海边界灌排系统能布置长达5-10km，其中整个灌排系统中镶嵌着若干个脱盐单元，脱盐单元横向尺寸设置在100-200m之间，脱盐单元纵向(或竖向)尺寸设在20-40m之间。

[0082] 步骤2，钻设原位抽水井：原位抽水井布置在进水支渠轴线上，原位抽水井流量应根据脱盐单元大小设置，一口原位抽水井能够为左右相邻两块脱盐单元提供淹灌水源。

[0083] 步骤3，布置定水头井：定水头水井布置于排水支渠轴线上，每块脱盐单元对应五口定水头井，间距根据抽水单元的尺寸而定，定水头井与配水井通过连通管相连通，配水井顶高程高于定水头水井顶高程50-100cm，保证定水头水井水位不低于排盐暗管顶高程，优选高于排盐暗管顶高程0-1m。

[0084] 步骤4，布置排盐暗管：排盐暗管等距埋设在脱盐单元的横向轮廓地下0.8m-1.2m的范围内，且与排水支渠轴线方向相垂直，排盐暗管直径为15-25cm，排盐暗管间距与选取的脱盐单元尺寸相对应，间距尺寸在20-40m之间。

[0085] 步骤5，田间地块平整：先将掺合料添加到表层盐碱土中，掺合料包括砂、碎石和木

屑，利用深耕深翻的方式将掺合料与表层盐碱土混合均匀并平整，形成混合层；然后，在混合层表面覆盖一层腐殖质层，腐殖质层包括秸秆或木屑等；故田间地块从上至下依次分为腐殖质层、混合层和原土层。腐殖质层和混合层的厚度优选分别为5cm、50-100cm。

[0086] 步骤6，微咸水洗盐：利用原位抽水井抽取盐碱地原位地下潜水层中微咸水对田间地块进行灌溉洗盐，保持田间灌溉深度为5-15cm；同时利用布置在脱盐单元两侧的定水头水井向原位地下潜水层中补充淡水，从而对盐碱地原位地下水进行咸淡水交换。

[0087] 步骤7，微咸水洗盐排水：利用排盐暗管将淋洗盐水排出至沉淀池进行沉淀，位于沉淀池上部的淡咸水经过溢流堰流入生态走廊，经生态走廊过滤后经过滤层，再经穿孔连通管回收至集水池中，为回收中水。

[0088] 溢流堰上优选设置有盐度传感器，用于监测流经溢流堰的回收水的盐浓度；当检测到盐浓度大于3‰时，溢流堰关闭，沉淀池上的排盐孔打开，回水废弃；当检测到盐浓度不低于3‰时，溢流堰再次开启，排盐孔关闭，进行回水回收。

[0089] 另外，溢流堰堰顶高程优选高于沉淀池底部高程1.5-2m。

[0090] 步骤8，雨水收集：雨水汇流至雨水收集湿地表面，经过滩涂植物和储水多孔介质过滤后，进入配水井、定水头水井及集水池中，为天然淡水。

[0091] 雨水收集湿地布置在靠海边界一侧，雨水收集湿地的顶高程较邻近区域海岸带的高程略低，故容易使雨水汇流至雨水收集湿地处，同时，位于海边界一侧，也能够一定程度上阻止海水入侵。

[0092] 另外，雨水收集湿地四周堆砌有开挖土地形成的地垄，地垄高20cm，且雨水收集湿地储水四周用土工膜做防渗，防止含水层中咸水倒灌进入雨水收集湿地。

[0093] 雨水收集湿地宽度为5-7m，长度与灌排系统长度相对应；雨水收集湿地上种植有滩涂植物。

[0094] 步骤9，淡水洗盐：在平水季，利用地下微咸水灌溉洗盐48小时后，停止利用微咸水洗盐；接着，取水闸开启，淡水提水泵工作，将集水池中的淡水依次通过进水干渠、进水支渠和进水管，进行淡水洗盐6小时；在丰水季，配合天气预报，降雨之前，先利用地下微咸水灌溉洗盐，待降雨量达到预定程度，优选灌溉为48小时，然后停止抽取微咸水，利用雨水洗盐。

[0095] 步骤10，淡水洗盐排水：按照步骤7的方式，进行排水，并形成回收中水。当检测到盐浓度大于3‰时，溢流堰关闭，沉淀池上的排盐孔打开，回水废弃；当检测到盐浓度不低于3‰时，溢流堰再次开启，排盐孔关闭，进行回水回收。

[0096] 步骤11，洗盐水循环：重复步骤6至步骤10，形成洗盐水循环。

[0097] 本发明具有如下有益效果：

1、本发明能完成前期滩涂盐碱地脱盐开发时的灌溉排水任务。

[0098] 2、本发明能够有效减少滩涂脱盐过程中水资源的浪费，增加水利用效率。

[0099] 3、能够使田间地块、雨水收集湿地形成一个完整的水循环过程，能够有效降低田间区域内土壤盐度含量。

[0100] 4、盐分处理组件能够回收一部分盐碱水再次加入到水循环中，降低了弃水率。

[0101] 5、雨水收集湿地能够对雨水进行过滤，提高储存淡水质量。同时，雨水收集湿地表面种植滩涂盐生植物，能够吸收滩涂盐分，并且有利于保护滩涂环境，缓解滩涂盐碱地开发导致的水头流失。

[0102] 6、雨水收集湿地位于近海一侧，能够抵御一部分非承压含水层的海水入侵，保证待滩涂盐碱地地下水开发过程中造成的海水倒灌。(比如，海岸带抽水井抽水时，会导致海水倒灌，海水倒灌将会对海岸带地下水带来永久性破坏)

本发明针对上述效果，采用了如下两种优选实施案例进行说明。

[0103] 案例分析1

展示本发明所设计的咸淡水交换降低盐碱地潜水层地下水盐度的效率，使用数值模拟的方式模拟了咸淡水交换后含水层中盐水浓度分布图。

[0104] 使用Groundwater Vistas软件包进行数值模拟，利用其中MODFLOW模块模拟流场和MT3D模块模拟溶质运移。

[0105] 模拟非承压含水层中溶质运移，选取本发明处理的典型盐碱地脱盐单元尺寸，设置脱盐单元(以下简称模型)长、宽、高尺寸分别为200m×40m×10m，长、宽、高离散间距为1m、1m、0.5m，模型离散元素的总个数为160,000。模型为均质、各向同性的渗透场，渗透系数K=10m/d，渗透场孔隙率n=0.35，释水系数s=0.01，纵向弥散系数(顺水流方向)D_L=2m，横向弥散系数D_T、垂向弥散系数D_V均为0.2m，含水层地下水初始浓度为10kg/m^3。模型模拟总时长为45天，模拟流场的时间步长为1d，模拟溶质运移的时间步长为0.2d。

[0106] 上述离散间距为数值模拟计算的一种专业用语，主要是指用模型计算“脱盐单元”这个区块模型的水位、盐分含量的时候，需要把整个脱盐单元进行离散，变成一个一个小元素进行计算，通过离散，能使计算结果更加接近实际情况，离散就是把一个大块，变成一个个小块，增加了计算精度，使计算更加接近真实情况。

[0107] 此处的1m、1m、0.5m分别指在长宽高三个方向上，划分的最小距离，离散元素就是把这个脱盐单元划分为多少个小块。

[0108] 如图7所示，所显示的为抽水井所在截面的地下水浓度场等值线变化图，由于模型在长度方向上是左右对称的，故只绘制左侧模拟结果。X代表长度方向，Z代表深度方向，坐标原点位于地下水潜水面(由于海岸带坡度较缓，假设地下潜水面为水平)，定水头井位于X=0m轴线上，原位抽水井位于X=100m轴线上，其中等值线单位为kg/m^3。由图7可以看出，从5天到45天内，高浓度等值线一直向右侧推移，这是因为左侧边界为定水头水井，右侧边界为原位抽水井，在原位抽水井抽取地下水的同时，左侧定水头井向含水层不断补充淡水，导致高浓度等值线向右侧推移，从而逐渐降低含水层地下水盐度。从图7中还可以看出，该模型运行到45天时，2kg/m^3等值线几乎已经到抽水井周围，显示出该方法能够很快对地下水进行咸淡水交换，显示出该发明能够快速降低盐碱地地下含水层地下水盐度。

[0109] 案例分析2

证明分区灌溉比不分区灌溉增加脱盐效率，运用数值模拟的方式模拟盐碱土的脱盐过程，同时，也证明了微咸水对盐碱地灌溉脱盐也有很好的效果。

[0110] 使用Groundwater Vistas软件包进行数值模拟，利用其中MODFLOW模块模拟流场和MT3D模块模拟溶质运移。

[0111] 模拟盐碱地脱盐过程中的盐分运移规律，脱盐单元尺寸选取为20m×0.1m×2m，由于两条排盐暗管之间的间距一般设置为20m，由于盐分运移规律依两条排盐暗管之间的中间截面呈对称分布，故模拟只选取一半尺寸，即10m，故模拟模型的长、宽、高分别设置为10m×0.1m×2m，离散间距分别为0.1m、0.1m、0.05m，故模型离散元素的总个数为4,000。由于脱

盐单元顺着排盐暗管方向盐分运动规律相似，故可在顺着排盐暗管方向将模型尺寸设置为0.1m。另外，由于脱盐过程仅仅关注表层土的盐分运移规律，故只选取自表层土至地下两米的范围。

[0112] 模型为均质、各向同性的渗透场，渗透系数K=10m/d，渗透场孔隙率n=0.35，释水系数s=0.01，纵向弥散系数（顺水流方向）D_L=2m，横向弥散系数D_T、垂向弥散系数D_V均为0.2m，含水层地下水初始浓度为10kg/m^3。模型模拟总时长为10天，模拟流场的时间步长为1d，模拟溶质运移的时间步长为0.2d。

[0113] 该模拟过程将设置两种灌溉方式进行比较，一种传统灌溉脱盐方式，施加在模型表面10cm高驱动水头（即灌溉脱盐时在脱盐土地表面保持10cm高贮水），另一种为本发明所提出的分区灌溉排盐方式，即在两条排盐暗管中间部分先灌溉，然后逐步通过溢流方式逐步向两侧扩展，最终整个脱盐土地表面都有完整贮水。根据本发明设置，脱盐土地表面通过分区隔板分成三个不同水位区，从内部到两边水位依次为15cm、10cm、5cm。该模型选取脱盐土地的一半进行模拟，故从右往左水位依次为15cm、10cm、5cm。由于模拟微咸水脱盐效果，故在模拟过程中施加于脱盐土地表面的淋洗水为定浓度微咸水，浓度为2.5kg/m^3。同时，在模型左侧边界1m高程处设置排盐暗管。

[0114] 如图8所示，图中左半部分为传统灌溉脱盐方式，右半部分为分区灌溉脱盐方式。图8中曲线代表等值线，单位为kg/m^3。

[0115] 在图8中，显示了两种不同灌溉方式下表层土盐分运移结果，X代表长度方向，Z代表深度方向，坐标原点位于地面。其中左侧为传统灌溉脱盐方式的盐分运移结果，右侧为本发明提供的分区灌溉脱盐方式的盐分运移结果，其中等值线单位为kg/m^3。由于分区灌溉脱盐方式是从内部通过溢流方式逐步向两侧扩展，最终整个脱盐土地表面都有完整贮水，但此过程的时间较短，较之与天比较的尺度上，可以忽略不予考虑。

[0116] 从第一天到第十天模拟结果来看，两种灌溉方式中盐度等值线一直向下退，说明微咸水灌溉对盐碱土脱盐有很好的效果。此外，对比两侧浓度等值线分布图可以发现，分区灌溉脱盐方式的比传统脱盐方式效率高、效果好，在传统灌溉脱盐方式中，从第六天开始，4kg/m^3等值线位置几乎不再变化，而分区灌溉脱盐方式4kg/m^3等值线位置仍然向下退，在两条排盐暗管中间区域脱盐的效果也更佳。

[0117] 以上详细描述了本发明的优选实施方式，但是，本发明并不限于上述实施方式中的具体细节，在本发明的技术构思范围。

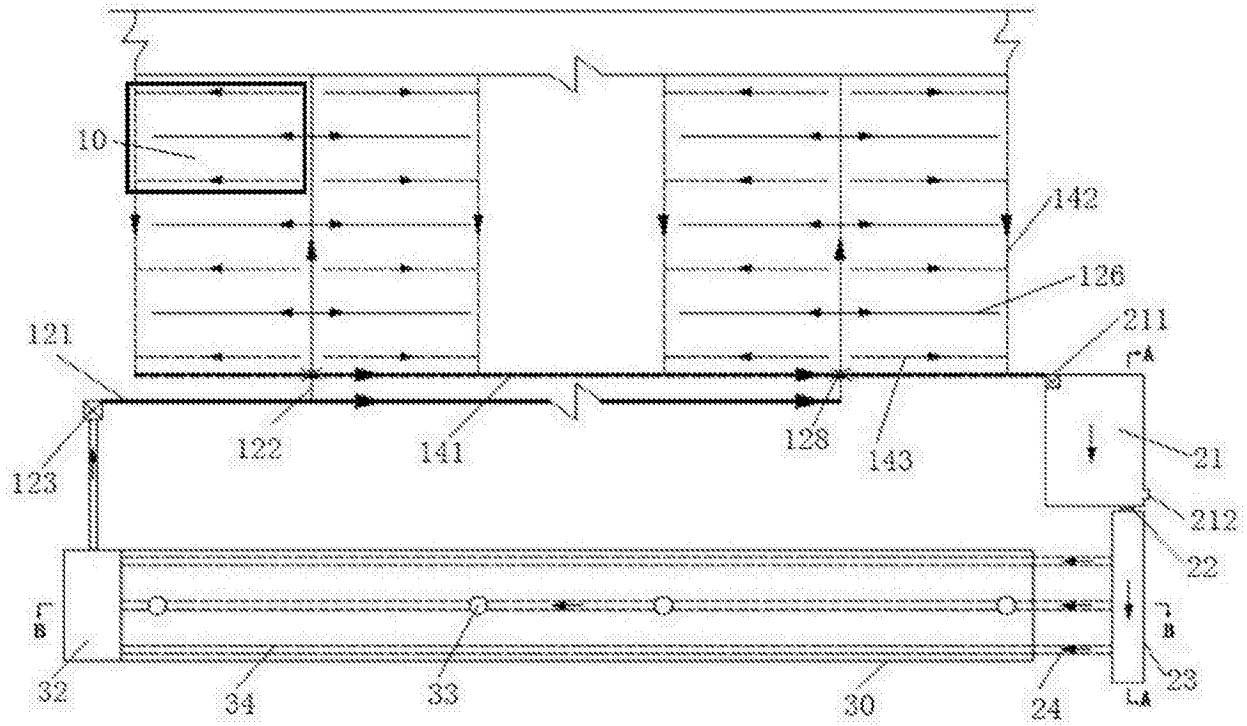

10
142
126
211
121
122
141
128
143
21
123
212
22
32
34
33
30
24
23

图1

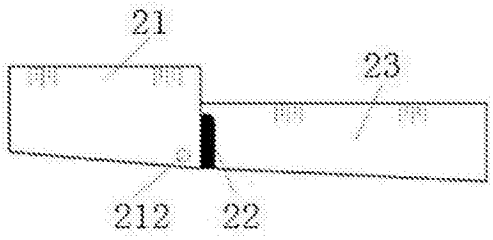

21
23
212
22

图2

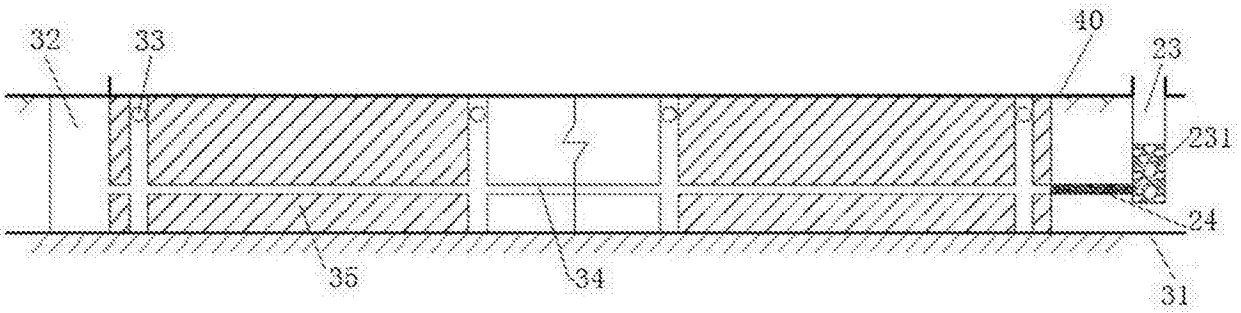

32
33
40
23
231
24
35
34
31

图3

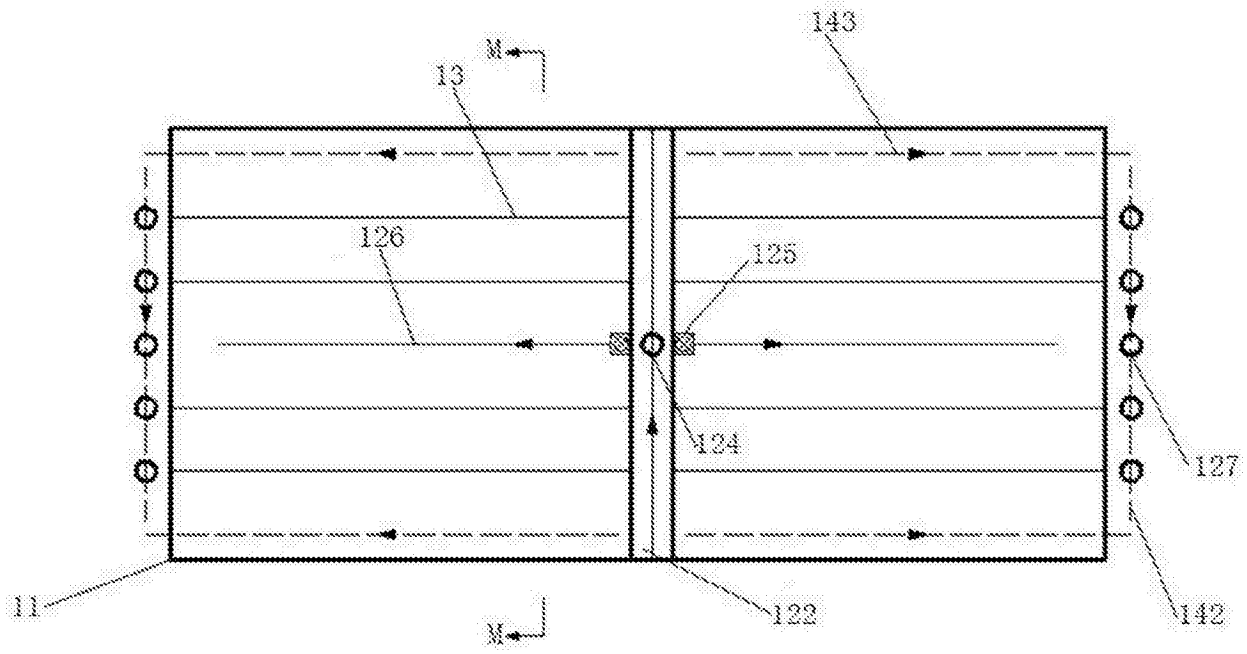

M
13
143
126
125
124
127
11
122
142
M

图4

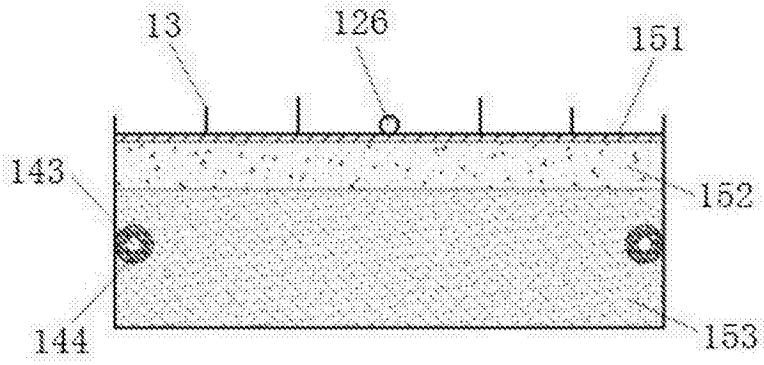

13
126
151
143
152
144
153

图5

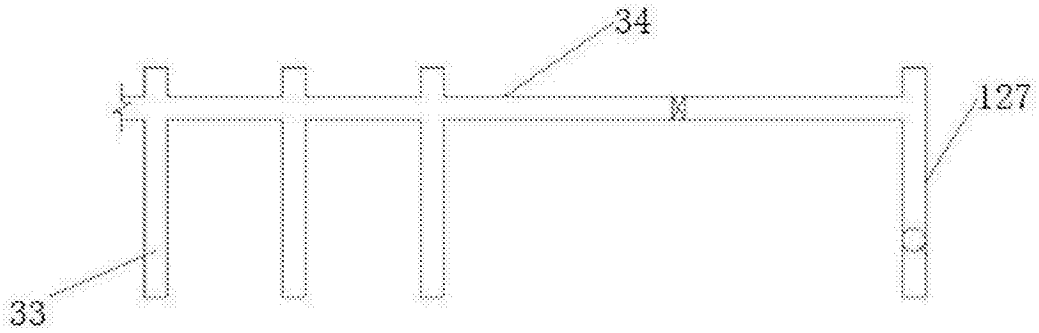

34
127
33

图6

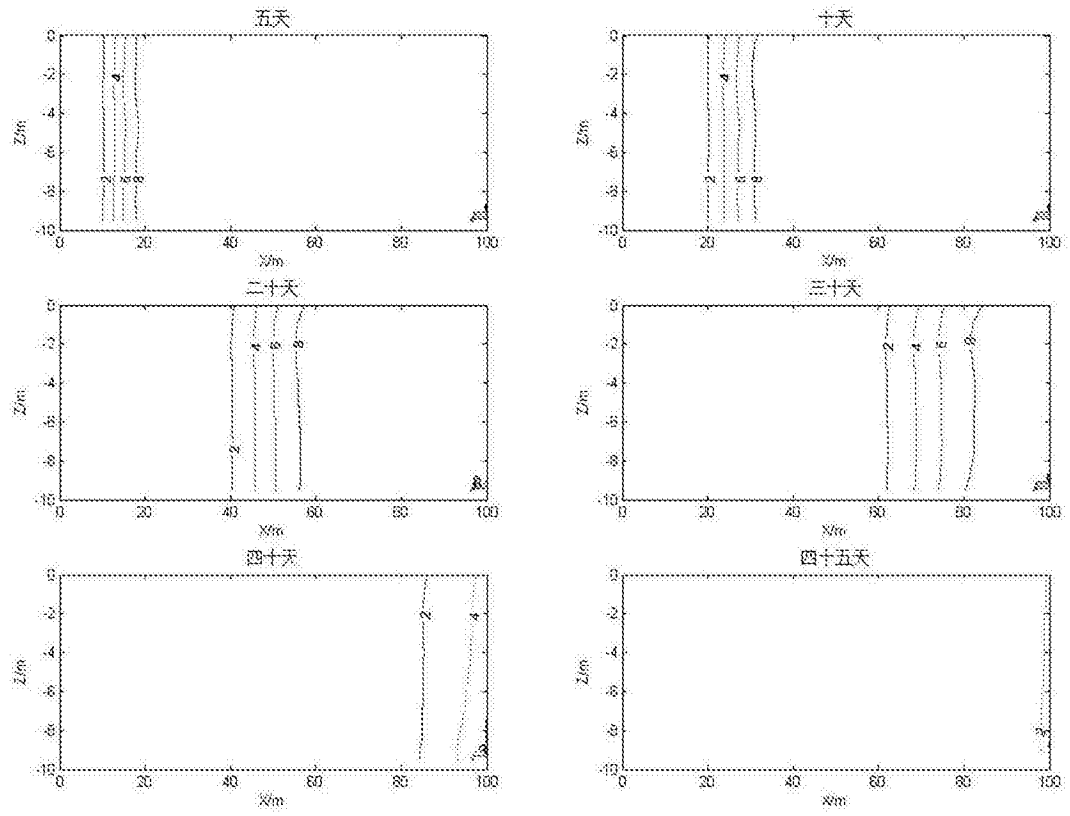


图7

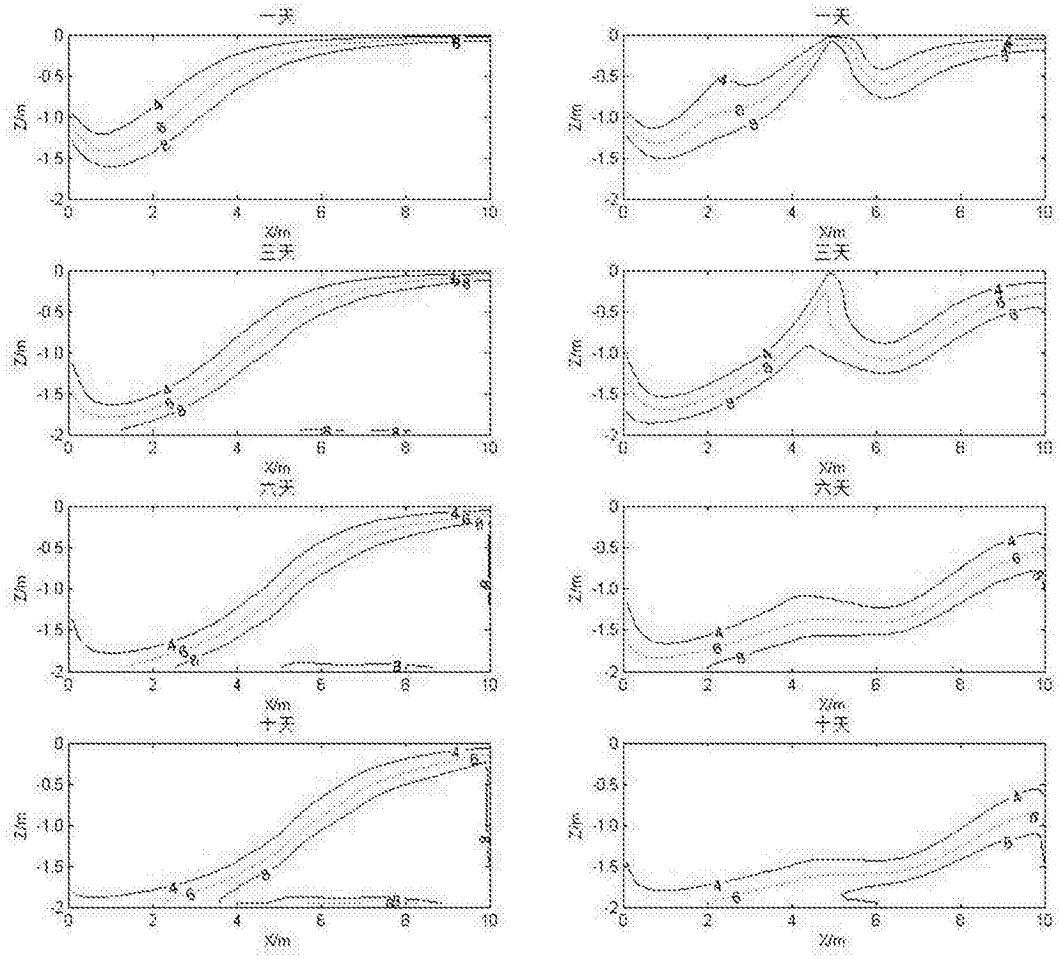


图8