(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 112978828 A
(43)申请公布日 2021.06.18

(21)申请号 202110274883.5

(22)申请日 2021.03.15

(71)申请人 山东建筑大学
地址 250101 山东省济南市临港开发区凤鸣路

(72)发明人 杨洛鹏 张林华 盖殿臣 李安桂

(74)专利代理机构 大连星海专利事务所有限公司 21208
代理人 郭海英 花向阳

(51)Int.Cl.
C02F 1/04(2006.01)
C02F 1/14(2006.01)
C02F 103/08(2006.01)

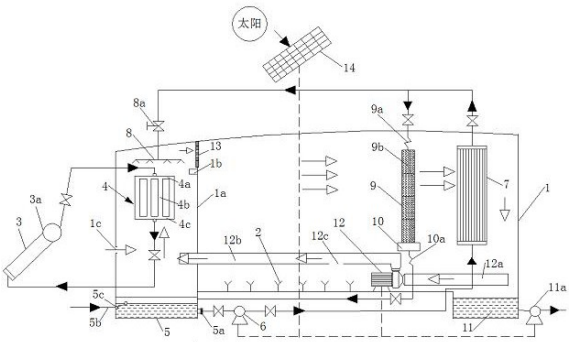
权利要求书2页 说明书6页 附图2页

(54)发明名称

一种冬季太阳能农用大棚加湿-增温型苦咸水淡化处理系统及处理方法

(57)摘要

一种冬季太阳能农用大棚加湿-增温型苦咸水淡化处理系统及处理方法，属于太阳能苦咸水淡化领域。该处理系统将太阳能苦咸水淡化技术和通风增温技术有机结合。太阳能集热装置加热产生的热源能够满足苦咸水喷淋液滴进行降膜蒸发的条件，能够在较为宽泛的温度范围内稳定运行，对温度波动比较大的太阳能供热系统有较好的适应性。热水循环系统采用自动循环，能耗低且能够充分的利用太阳能。该系统结构简单，部件较少，不需要复杂的盐水预处理过程，且各系统是分离的，可以采用具有针对性的技术，来强化苦咸水淡化中的各个过程，提高各过程的能量利用效率，器件的材料有很大的选择空间，成本较低且可控，经济效益好，可以很好的适应黄河流域冬季大棚种植。



CN 112978828 A

1.一种冬季太阳能农用大棚加湿-增温型苦咸水淡化处理系统,它包括大棚(1)和种植于大棚(1)内部的农作物(2),大棚(1)的上方设置太阳能电池板(14),其特征在于:它还包括热水循环系统、苦咸水循环系统和空气循环系统;

所述热水循环系统包含设在大棚(1)外部的太阳能集热装置(3)和设在大棚(1)内部的水平管加湿装置(4),水平管加湿装置(4)和农作物(2)之间设置隔离墙(1a),水平管加湿装置(4)包含进水管(4a)、水平管(4b)和出水管(4c),水平管(4b)的进水口连接进水管(4a),出水口连接出水管(4c),太阳能集热装置(3)顶部的太阳能集热水箱(3a)的出水口连接进水管(4a)的热水进口,出水管(4c)的热水出口连接太阳能集热装置(3)底部的回水口,太阳能集热水箱(3a)的出口和进水管(4a)间的高度差至少为1米;

所述苦咸水循环系统包含苦咸水池(5)、苦咸水泵(6)、除湿冷却器(7)、喷淋装置(8)、二级加湿装置(9)、集水箱(10)和淡水池(11),水平管加湿装置(4)的正下方设置苦咸水池(5),正上方设置喷淋装置(8),二级加湿装置(9)和除湿冷却器(7)从左至右依次设在农作物(2)的右上方,苦咸水池(5)的苦咸水出水口(5a)通过苦咸水泵(6)连接除湿冷却器(7)底部的进水口,除湿冷却器(7)顶部的出水口一个支路通过喷淋阀(8a)连接喷淋装置(8)的进水口,另一个支路通过伸缩进水管(9a)连接二级加湿装置(9)顶部的进水口,二级加湿装置(9)底部的出水口连接集水箱(10)的进水口,集水箱(10)的出水口通过伸缩排水管(10a)连接苦咸水池(5)右侧的进水口,补水管(5b)连接设置在苦咸水池(5)内部的浮球阀(5c),苦咸水出水口(5a)上设置过滤网,除湿冷却器(7)的正下方设置淡水池(11),淡水池(11)的出水口通过淡水泵(11a)连接排水管道;

所述空气循环系统包含引风机(12)和气液分离筛(13),引风机(12)设置在大棚(1)的外侧底部,引风机(12)的进风管(12a)穿过大棚壁伸至大棚(1)内除湿冷却器(7)的侧下方,出风管(12b)穿过大棚壁伸至大棚(1)内水平管加湿装置(4)的侧下方,出风管(12b)上设有外排风口(12c),气液分离筛(13)设在隔离墙(1a)的上部,苦咸水回收盒(1b)设在隔离墙(1a)上气液分离筛(13)正下方的位置,大棚(1)上水平管加湿装置(4)左侧的位置设置进风口(1c);

所述太阳能电池板(14)电连接苦咸水泵(6)、淡水泵(11a)和引风机(12)。

2.根据权利要求1所述的一种冬季太阳能农用大棚加湿-增温型苦咸水淡化的处理方法,其特征在于,包含以下步骤:

在热水循环系统中,循环水在太阳能集热装置(3)中加热到50～70℃进入太阳能集热水箱(3a),热水在热虹吸的作用下,从太阳能集热水箱(3a)进入到水平管(4b)内,水平管(4b)内的热水放出显热加热管外的空气和苦咸水液膜,换热后35～45℃的水在重力作用下,通过出水管(4c)的热水出口返回到太阳能集热装置(3)中循环加热;

在空气循环系统中,经除湿冷凝器(7)除湿后20～30℃的干空气, 在引风机(12)的驱动下,25～35%的干空气由外排风口(12c)向大棚外排出,剩余65～75%的干空气经出风管(12b)进入水平管加湿装置(4)的下方,与通过进风口(1c)进入大棚(1)内的外部-15～-5℃的冷空气混合,混合后的7～11℃的空气向上横掠过水平管加湿装置(4)的水平管束,空气在水平管(4b)外被管内热水加热,同时被管外的苦咸水液膜加湿,25～30℃相对湿度为85～90%的湿空气经气液分离筛(13)分离出苦咸水液滴后,进入隔离墙(1a)右侧的大棚内,流过农作物(2)上方时吸收太阳能辐射的热量,温度升高到30～35℃、相对湿度下降到65～

70%的湿空气进入二级加湿装置(9)内被蜂窝纸填料(9b)二次加湿,变成温度为28～33℃相对湿度为90～95%的湿空气,二次加湿后的湿空气进入除湿冷凝器(7)除湿后得到20～30℃的干空气,干空气在引风机(12)的作用下返回至水平管加湿装置(4)的下方循环重复利用,除湿过程产生的冷凝淡水,在重力作用下汇集到淡水池(11);

在苦咸水循环系统中,苦咸水池(5)中5～10℃的苦咸水经苦咸水出水口(5a)上的过滤网过滤后进入除湿冷凝器(7)的冷凝管内,管内苦咸水吸收管外28～33℃湿空气放出的热量后,温度升高到13～18℃,13～18℃的苦咸水分成两部分,10～15%的13～18℃的苦咸水通过伸缩进水管(9a)进入二级加湿装置(9)中,对空气进行二次加湿后汇集到集水箱(10)中再返回到苦咸水池(5),剩余85-90%的13～18℃的苦咸水经喷淋阀(8a)进入喷淋装置(8),经喷淋装置(8)喷淋到水平管加湿装置(4)的水平管(4b)的外壁面形成均匀的苦咸水液膜,液膜吸收水平管(4b)内的热量发生降膜蒸发,生成的蒸汽被管外的空气吸收,未蒸发的苦咸水在重力的作用下返回苦咸水池(5);

当苦咸水池(5)中的水位下降到水位下限时,浮球阀(5c)开启向苦咸水池(5)中补充苦咸水到设定的上限液位,淡水池(11)的淡水由淡水泵(11a)抽出用于大棚(1)内农作物的灌溉。

一种冬季太阳能农用大棚加湿-增温型苦咸水淡化处理系统及处理方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种冬季太阳能农用大棚加湿-增温型苦咸水淡化处理系统及处理方法，属于苦咸水淡化和农业大棚技术领域。

背景技术

[0002] 中国人均淡水占有量仅为1968立方米，为世界平均水平的 1/4，同时我国水资源分布极不平衡，超过的80%的水资源总量分布在南方地区，作为我国主要的产粮区的北方黄河流域成为我国水资源最为短缺的地区。我国可开采苦咸水资源也主要分布在黄河中下游的鄂尔多斯高原、银川平原和黄河三角洲，同时该地区也是我国太阳能辐射最充沛的地区。随着国家黄河流域生态保护和高质量发展国家战略的实施，高效利用太阳能进行苦咸水淡化成为黄河流域生态高质量发展的必由之路。

[0003] 现有的苦咸水淡化方法主要有蒸馏法、反渗透膜法、冷冻法、电渗析法、溶剂萃取法、水合物法、离子交换法、材料吸收与吸附法和空气加湿与除湿法等。目前应用于苦咸水淡化的技术主要有蒸馏法与反渗透膜法。苦咸水淡化现场没有余热或废热，使得蒸馏法淡化的能耗过高，苦咸水水质复杂容易引起膜污染从而导致水处理效率下降，更换反渗透膜使得水处理成本增大，其它苦咸水淡化方法的投资、运行和输送成本等较高。现有的苦咸水淡化技术没有因地制宜的结合当地的自然条件，因此难以在黄河流域推广使用。

[0004] 通过有效利用太阳能，大棚种植农作物能够忽视季节和减弱外部环境影响而长期获得农作物。黄河流域的气候存在光照强、蒸发大、湿度小、温差大等特点，同时农作物的种植受季节、外界环境和水文条件等的影响，因此太阳能苦咸水淡化技术是一种解决黄河流域农业种植缺水和气候问题从而提高农作物产量的有效途径。

[0005] 公布号为CN208639229U的中国专利公开了一种用于苦咸水淡化和无土栽培的光能大棚，采用太阳能光能集热系统和低温多效苦咸水淡化系统相结合，但集热器、储热器和换热器等的投资高，造成了系统的造水成本高无法应用于普通的农业灌溉。

[0006] 公布号为CN108476823A的中国专利公开了一种农用大棚加湿-除湿型苦咸水淡化系统，将农用大棚、加湿-除湿分离技术和太阳能蒸发技术相结合，但仅依靠蒸发产生的湿热空气相对湿度低、单次循环时间长，产水效率低。 黄河流域风沙大的天气特征会造成系统采用的高透光薄膜材料易被沙土遮挡，导致太阳能蒸发苦咸水效率下降，因此该系统也不适用于黄河流域的农用大棚种植。

[0007] 冬季是农用大棚种植农作物温度变化最为剧烈的时期。棚室早晚气温偏低，如遇晴好天气，白天气温则会迅速上升，温度的大幅度变化，会产生湿害、冻害，更为病害的发生创造了温床，因此冬季农用大棚需要做好保温通风工作。现有的用于冬季冬季太阳能农用大棚保温通风系统主要有太阳能集热器搭配强制通风系统、太阳能日光大棚热风压通风系统、设置缓冲室等。太阳能集热器搭配强制通风系统中太阳能集热器安装在大棚的墙壁上，太阳能集热器造价昂贵，成本高。对于太阳能日光大棚热风压通风系统，当温度过低的室外

空气进入大棚后，由于换热不充分，接触农作物会冻伤农作物。设置缓冲室通风间隔时间较长，对湿害问题的减弱效果有限，不能连续有效的控制湿害问题，而且缓冲室占用额外的土地会挤占有限的土地种植资源。

[0008] 现有的黄河流域冬季太阳能苦咸水淡化农用大棚存在以下问题：

(1)常用太阳能苦咸水淡化方式中集热器、储热器和换热器等投入成本过高，不适用于大规模经济作物的种植。

[0009] (2)以太阳能蒸发技术结合高透光性材料的太阳能苦咸水淡化农用大棚不适应黄河流域的风沙大的气候特点。

[0010] (3)常用的冬季太阳能农用大棚保温通风系统存在功能单一，成本高，易冻伤作物等问题，重要的是没有利用黄河流域的苦咸水而要消耗大量的淡水资源，该地区淡水资源的短缺制约了该技术的推广发展。

发明内容

[0011] 为了克服现有技术的不足，本发明提出一种冬季太阳能农用大棚加湿-增温型苦咸水淡化处理系统及处理方法。该处理系统将太阳能苦咸水淡化技术和通风增温技术有机结合，利用太阳能热驱动的水平管加湿装置对进入大棚的空气进行加热和加湿，利用大棚种植区对空气进行二次加热和加湿，既提高了苦咸水淡化的产水量，满足了大棚种植的淡水需求，又经济有效地实现了对大棚内温度和湿度的有效调节，提高了农作物的产量。

[0012] 本发明采用的技术方案如下：一种冬季太阳能农用大棚加湿-增温型苦咸水淡化处理系统，它包括大棚和种植于大棚内部的农作物，大棚的上方设置太阳能电池板，它还包括热水循环系统、苦咸水循环系统和空气循环系统；

所述热水循环系统包含设在大棚外部的太阳能集热装置和设在大棚内部的水平管加湿装置，水平管加湿装置和农作物之间设置隔离墙，水平管加湿装置包含进水管、水平管和出水管，水平管的进水口连接进水管，出水口连接出水管，太阳能集热装置顶部的太阳能集热水箱的出水口连接进水管的热水进口，出水管的热水出口连接太阳能集热装置底部的回水口，太阳能集热水箱和进水管间的高度差至少为1米；

所述苦咸水循环系统包含苦咸水池、苦咸水泵、除湿冷却器、喷淋装置、二级加湿装置、集水箱和淡水池，水平管加湿装置的正下方设置苦咸水池，正上方设置喷淋装置，二级加湿装置和除湿冷却器从左至右依次设在农作物的右上方，苦咸水池的苦咸水出水口通过苦咸水泵连接除湿冷却器底部的进水口，除湿冷却器顶部的出水口一个支路通过喷淋阀连接喷淋装置的进水口，另一个支路通过伸缩进水管连接二级加湿装置顶部的进水口，二级加湿装置底部的出水口连接集水箱的进水口，集水箱的出水口通过伸缩排水管连接苦咸水池右侧的进水口，补水管连接设置在苦咸水池内部的浮球阀，苦咸水出水口上设置过滤网，除湿冷却器的正下方设置淡水池，淡水池的出水口通过淡水泵连接排水管道；

所述空气循环系统包含引风机和气液分离筛，引风机设置在大棚的外侧底部，引风机的进风管穿过大棚壁伸至大棚内除湿冷却器的侧下方，出风管穿过大棚壁伸至大棚内水平管加湿装置的侧下方，气液分离筛设在隔离墙的上部，苦咸水回收盒设在隔离墙上气液分离筛正下方的位置，大棚上水平管加湿装置左侧的位置设置进风口；

所述太阳能电池板电连接苦咸水泵、淡水泵和引风机。

[0013] 所述的一种冬季太阳能农用大棚加湿-增温型苦咸水淡化的处理方法包含以下步骤：

a)在热水循环系统中，循环水在太阳能集热装置中加热到50～70℃进入太阳能集热水箱，热水在热虹吸的作用下，从太阳能集热水箱进入到水平管内，水平管内的热水放出显热加热管外的空气和苦咸水液膜，换热后35～45℃的水在重力作用下，通过出水管的热水出口返回到太阳能集热装置中循环加热；

b)在空气循环系统中，经除湿冷凝器除湿后20～30℃的干空气，25～35%的干空气由外排风口向大棚外排出，剩余65～75%的干空气在引风机的驱动下，经出风管进入水平管加湿装置的下方，与通过进风口进入大棚内的外部-15～-5℃的冷空气混合，混合后的7～11℃的空气向上横掠过水平管加湿装置的水平管束，空气在水平管外被管内热水加热，同时被管外的苦咸水液膜加湿，25～30℃相对湿度为85～90%的湿空气经气液分离筛分离出苦咸水液滴后，进入隔离墙右侧的大棚内，流过农作物上方时吸收太阳能辐射的热量，温度升高到30～35℃、相对湿度下降到65～70%的湿空气进入二级加湿装置内被蜂窝纸填料二次加湿，变成温度为28～33℃相对湿度为90～95%的湿空气，二次加湿后的湿空气进入除湿冷凝器除湿后得到20～30℃的干空气，干空气在引风机的作用下返回至水平管加湿装置的下方循环重复利用，除湿过程产生的冷凝淡水，在重力作用下汇集到淡水池；

c)在苦咸水循环系统中，苦咸水池中5～10℃的苦咸水经苦咸水出水口上的过滤网过滤后进入除湿冷凝器的冷凝管内，管内苦咸水吸收管外28～33℃湿空气放出的热量后，温度升高到13～18℃，13～18℃的苦咸水分成两部分，10～15%的13～18℃的苦咸水通过伸缩进水管进入二级加湿装置中，对空气进行二次加湿后汇集到集水箱中再返回到苦咸水池，剩余85-90%的13～18℃的苦咸水经喷淋阀进入喷淋装置，经喷淋装置喷淋到水平管加湿装置的水平管的外壁面形成均匀的苦咸水液膜，液膜吸收水平管内的热量发生降膜蒸发，生成的蒸汽被管外的空气吸收，未蒸发的苦咸水在重力的作用下返回苦咸水池；

d)当苦咸水池中的水位下降到水位下限时，浮球阀开启向苦咸水池中补充苦咸水到设定的上限液位，淡水池的淡水由淡水泵抽出用于大棚内农作物的灌溉。

[0014] 上述技术方案的特点是：采用太阳能集热装置作为水平管加湿装置的热源，提高了冷空气加湿的温度，实现了无需外部动力热源条件下的冷空气高效加湿；湿空气在大棚内吸收太阳辐射后提高了温度并降低了相对湿度，实现了湿空气的二次加湿；除湿后的干空气重复利用提高了水平管加湿装置进口空气的温度，实现了太阳能热量的循环利用。

[0015] 本发明的有益效果是：一种冬季太阳能农用大棚加湿-增温型苦咸水淡化处理系统及处理方法，该处理系统包括大棚、种植于大棚内部的农作物、热水循环系统、苦咸水循环系统和空气循环系统，大棚的上方设置太阳能电池板。这种冬季太阳能农用大棚加湿-增温型的苦咸水淡化处理系统及处理方法，利用太阳能和大棚进行苦咸水淡化，解决了大棚种植的淡水需求，适用于淡水缺乏、苦咸水丰富和冬季寒冷的黄河流域。利用太阳能集热装置中的热水自动循环为水平管加湿装置提供热量，在无需消耗外界电能和燃料的条件下提高了空气加湿的温度，从而提高了空气加湿的效率，依据环境冷空气的温度调节太阳能集热装置中的太阳能集热水箱温度，从而拓宽了冬季冷空气加湿的温度适用范围。利用大棚的长度空间对湿空气升温，从而实现了对湿空气的二次加湿，提高了苦咸水淡化效率。除湿后的干空气被循环用于一次加湿过程，提高了一次加湿过程的干空气进口温度，提高了一

次加湿过程的效率，减少了水平管加湿装置需要的热量从而降低了太阳能集热装置的投资。

附图说明

[0016] 图1是一种冬季太阳能农用大棚加湿-增温型苦咸水淡化系统的结构示意图。

[0017] 图2是图1中水平管加湿装置的侧视图。

[0018] 图3是图1中空气循环系统的结构示意图。

[0019] 图中：1、大棚，1a、隔离墙，1b、苦咸水回收盒，1c、进风口，2、农作物，3、太阳能集热装置，3a、太阳能集热水箱，4、水平管加湿装置，4a、进水管，4b、水平管，4c、出水管，5、苦咸水池，5a、苦咸水出水口，5b、补水管，5c、浮球阀，6、苦咸水泵，7、除湿冷却器，8、喷淋装置，8a、喷淋阀， 9、二级加湿装置，9a、伸缩进水管，9b、蜂窝纸填料，10、集水箱，10a、伸缩排水管，11、淡水池，11a、淡水泵，12、引风机，12a、进风管，12b、出风管，12c、外排风口，13、气液分离筛。

具体实施方式

[0020] 下面将结合本发明的实施例及附图，对本发明的技术方案进行清楚、完整地描述。在本发明的描述中，设备之间的连接均指采用管道连接。

[0021] 图1示出了一种冬季太阳能农用大棚加湿-增温型苦咸水淡化系统的结构示意图。图中，这种冬季太阳能农用大棚加湿-增温型苦咸水淡化处理系统包括大棚1和种植于大棚1内部的农作物2，大棚1的上方设置太阳能电池板14，它还包括热水循环系统、苦咸水循环系统和空气循环系统。

[0022] 热水循环系统包含设在大棚1外部的太阳能集热装置3和设在大棚1内部的水平管加湿装置4，水平管加湿装置4和农作物2之间设置隔离墙1a，水平管加湿装置4包含进水管4a、水平管4b和出水管4c，水平管4b的进水口连接进水管4a，出水口连接出水管4c(如图2所示)，太阳能集热装置3顶部的太阳能集热水箱3a的出水口连接进水管4a的热水进口，出水管4c的热水出口连接太阳能集热装置3底部的回水口，太阳能集热水箱3a和进水管4a间的高度差至少为1米。

[0023] 苦咸水循环系统包含苦咸水池5、苦咸水泵6、除湿冷却器7、喷淋装置8、二级加湿装置9、集水箱10和淡水池11，水平管加湿装置4的正下方设置苦咸水池5，正上方设置喷淋装置8，二级加湿装置9和除湿冷却器7从左至右依次设在农作物2的右上方，苦咸水池5的苦咸水出水口5a通过苦咸水泵6连接除湿冷却器7底部的进水口，除湿冷却器7顶部的出水口一个支路通过喷淋阀8a连接喷淋装置8的进水口，另一个支路通过伸缩进水管9a连接二级加湿装置9顶部的进水口，二级加湿装置9底部的出水口连接集水箱10的进水口，集水箱10的出水口通过伸缩排水管10a连接苦咸水池5右侧的进水口，补水管5b连接设置在苦咸水池5内部的浮球阀5c，苦咸水出水口5a上设置过滤网，除湿冷却器7的正下方设置淡水池11，淡水池11的出水口通过淡水泵11a连接排水管道。

[0024] 所述空气循环系统包含引风机12和气液分离筛13，引风机12设置在大棚1的外侧底部，引风机12的进风管12a穿过大棚壁伸至大棚1内除湿冷却器(7)的侧下方，出风管12b穿过大棚壁伸至大棚1内水平管加湿装置4的侧下方，气液分离筛13设在隔离墙1a的上部，

苦咸水回收盒1b设在隔离墙1a上气液分离筛13的正下方的位置，大棚1上水平管加湿装置4左侧的位置设置进风口1c。

[0025] 太阳能电池板14电连接苦咸水泵6、淡水泵11a和引风机12。

[0026] 这种冬季太阳能农用大棚加湿-增温型苦咸水淡化处理系统的处理方法，包含以下步骤：

a)在热水循环系统中，循环水在太阳能集热装置3加热到50～70℃，太阳能集热水箱3a与水平管加湿装置4的进水管4a的热水进口间的高度差为1米，热水在热虹吸作用下，从太阳能集热水箱3a沿着热水上水管由进水管4a的热水进口进入到水平管加湿装置4的水平管4b内，水平管4b内的热水放出显热加热管外苦咸水液膜，换热后水平管4b内35～45℃的水在重力作用下，从水平管加湿装置的出水管4c的热水出口经热水下水管和太阳能集热装置底部的回水口返回到太阳能集热装置3中循环加热。

[0027] b)在空气循环系统中，为保持大棚内的空气质量，经除湿冷凝器7除湿后20～30℃的干空气，在引风机12的驱动下，25～35%的干空气由外排风口12c向大棚外排出，剩余65～75%的干空气经过出气管12b进入水平管加湿装置4管外侧的底部下方。大棚1外-15～-5℃的冷空气在压差的作用下从进风口1c进入水平管加湿装置4的下方，与除湿后的干空气混合后的7～11℃的混合空气向上横掠过水平管加湿装置4的水平管束，空气在水平管4b外被管内热水加热和被管外的苦咸水液膜加湿，经加热加湿后25～30℃的相对湿度85～90%的湿空气在气液分离筛13的作用下，分离出湿空气中夹杂的苦咸水液滴，苦咸水液滴汇集到苦咸水液滴回收盒1b后溢流到苦咸水池5，分离后的湿空气在农作物2的上方流过时吸收太阳能辐射热量后，温度升高到30～35℃，相对湿度下降到65～70%，依据大棚内的温度沿大棚长度方向调整二级加湿装置9的位置，从而调节进行二次加湿未饱和空气的相对湿度，未饱和湿空气经过二级加湿装置9内的蜂窝纸填料9b被二次加湿，由于二级加湿装置9中苦咸水的蒸发吸热作用，湿空气温度降低为28～33℃，相对湿度增加到90～95%。二次加湿后的湿空气在除湿冷凝器7的管外完成除湿过程得到20～30℃的干空气，湿空气中的水蒸气冷凝成为淡水，在重力作用下汇集到淡水池11，干空气经由进风管道12a在引风机12的作用下返回水平管加湿装置4的下方循环重复利用。

[0028] c)在苦咸水循环系统中，在苦咸水泵6的泵功作用下，苦咸水池5中5～10℃左右的苦咸水经苦咸水出水口5a上的过滤网过滤后进入除湿冷凝器7的冷凝管内，管内苦咸水吸收管外28～33℃湿空气冷却放出的热量后，温度升高到13～18℃的苦咸水由除湿冷凝器7的出水口流出后分为两路，其中10～15%的苦咸水由伸缩进水管9a进入二级加湿装置9，经过二次加湿过程后的苦咸水汇集到二级加湿装置9底部的集水箱10内后再返回到苦咸水池5，剩余85-90%的苦咸水由喷淋阀8a进入喷淋装置8，喷淋装置8内的苦咸水经喷淋管喷淋到水平管加湿装置4的水平管束外壁面形成均匀液膜，液膜吸收水平管4b内热水释放的热量发生降膜蒸发，部分液膜蒸发生成的蒸汽被管外的空气吸收，未蒸发的苦咸水在重力作用下返回苦咸水池5。

[0029] d)当苦咸水池5中水位下降到水位下限时，浮球阀5c开启向苦咸水池5中补充苦咸水到设定的上限液位， 苦咸水池5中的苦咸水经过滤网过滤去除水中的颗粒后，由苦咸水泵6抽出进入除湿冷凝器7的冷凝管内。除湿冷凝器7管外侧湿空气除湿后的凝结水在重力作用下进入淡水池11，淡水池11中的淡水由淡水泵11a抽出用于大棚农作物的灌溉。

[0030] 采用以上技术方案将太阳能苦咸水淡化技术和通风增温技术有机结合，利用太阳能和大棚进行苦咸水淡化，解决了大棚种植的淡水需求，适用于淡水缺乏、苦咸水丰富和冬季寒冷的黄河流域；利用太阳能集热装置中的热水自动循环为水平管加湿装置提供热量，在无需消耗外界电能和燃料的条件下提高了空气加湿的温度，从而提高了空气加湿的效率，依据环境冷空气的温度调节太阳能集热装置中的太阳能集热水箱温度，从而拓宽了冬季冷空气加湿的温度适用范围；利用大棚的长度空间对湿空气升温，从而实现了对湿空气的二次加湿，提高了苦咸水淡化效率；除湿后的干空气被循环用于一次加湿过程，提高了一次加湿过程的干空气进口温度，提高了一次加湿过程的效率，减少了水平管加湿装置需要的热量从而降低了太阳能集热装置的投资。

[0031] 太阳能集热装置加热后的热源能够满足苦咸水喷淋液滴进行降膜蒸发的条件，对温度的反应不强烈，可以在较为宽泛的温度范围内稳定运行，对温度变化波动比较大的太阳能供热系统有较好的适应性。热水循环系统实现自动循环，能耗低，能够充分利用太阳能。系统不需要复杂的盐水预处理过程，结构简单，部件较少，且各部分是分离的，可以采用具有针对性的技术，来强化苦咸水淡化中的各个过程，提高各过程的能量利用效率，器件的材料有很大的选择空间，成本较低且可控，经济效益好。可以很好的适应黄河流域冬季大棚种植。

[0032] 以上实施例仅用以说明本发明的技术方案，而非对其限制。尽管参照前述实施例对本发明进行了详细的说明，本领域的普通技术人员依然可以对前述各实施事例所记载的技术方案进行修改，或者对其中部分或者全部技术特征进行等同替换；而这些修改或者替换，并不使相应技术方案的本质脱离本发明各实施例技术方案的范围。

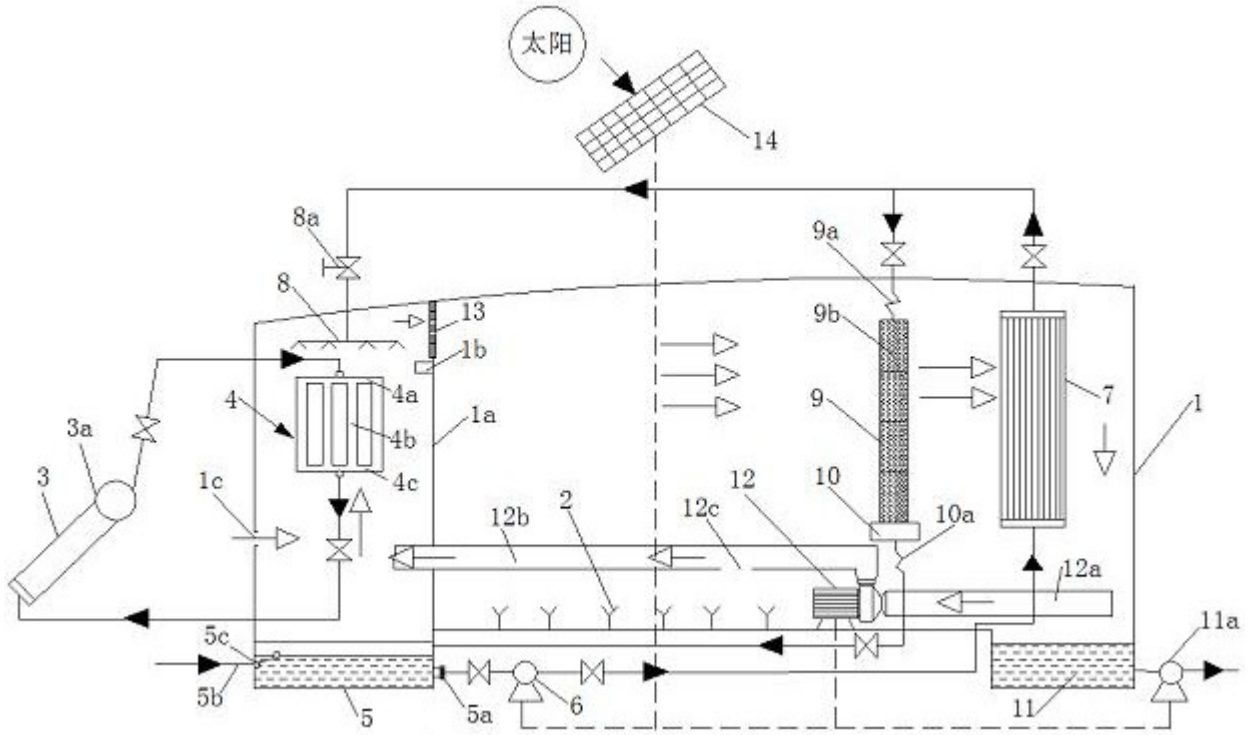

太阳
14
8a
8
13
1b
4
4a
4b
4c
3a
3
1c
1a
9a
9b
9
7
1
10
12
12c
12b
2
10a
12a
11a
5c
5b
5
5a
6
11

图1

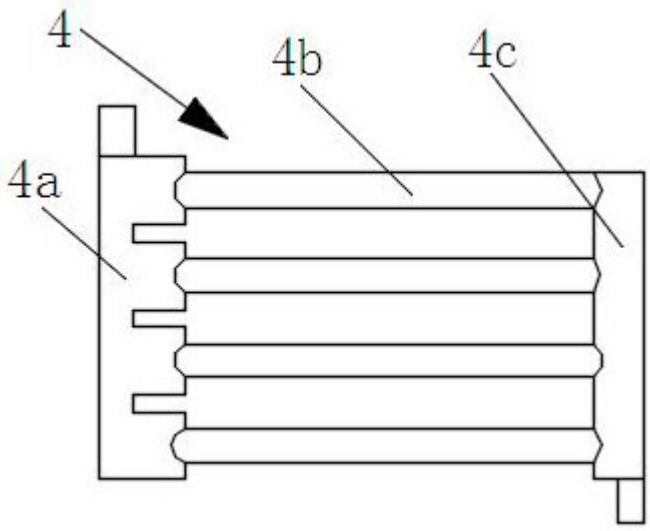

4
4b
4c
4a

图2

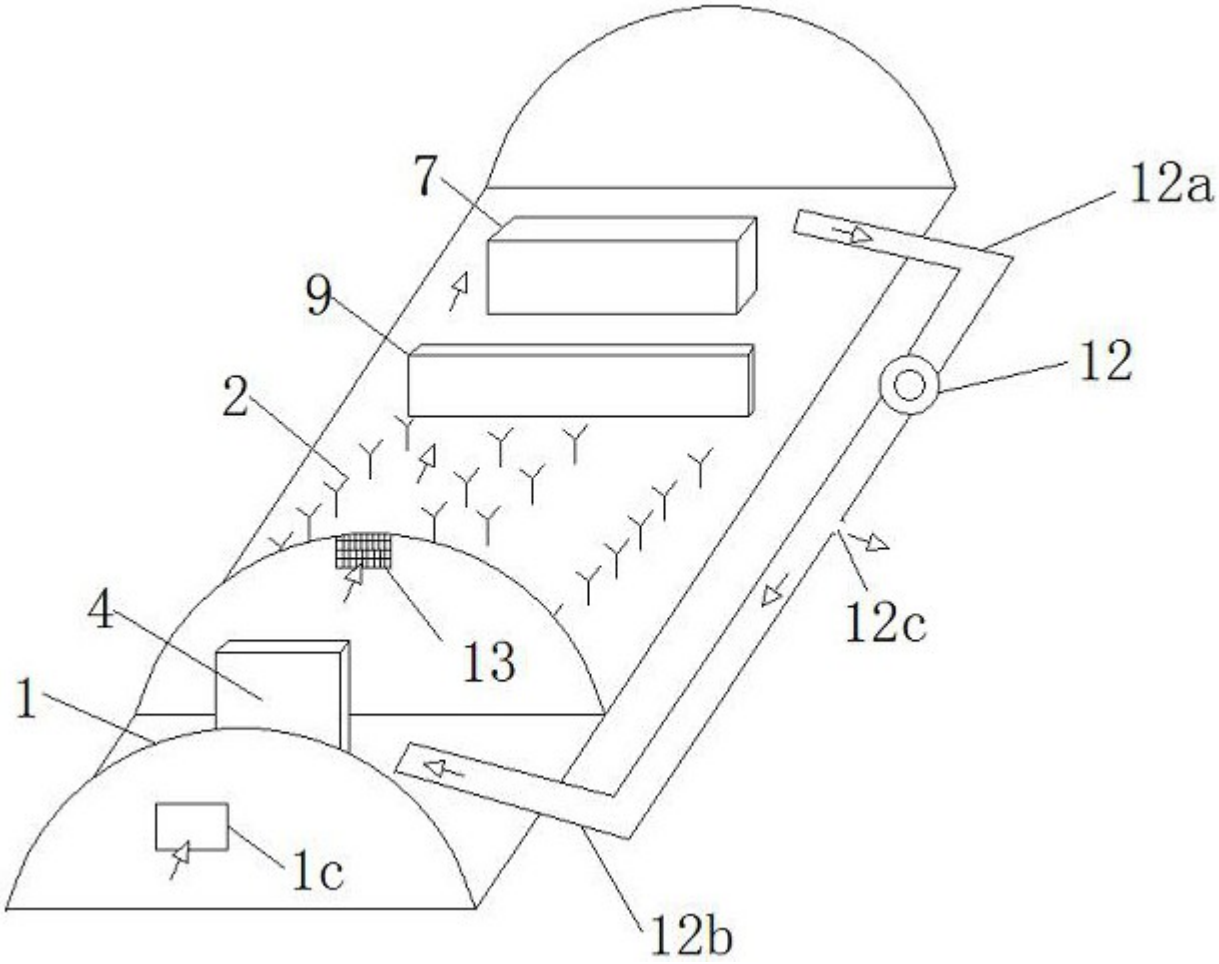


图3