



(21) 申请号 201410027264.6

(22) 申请日 2014.01.21

(71) 申请人 同济大学

地址 200092 上海市杨浦区四平路 1239 号

(72) 发明人 许鹏 张量 史建国 沙华晶  
陈璐

(74) 专利代理机构 上海科盛知识产权代理有限  
公司 31225

代理人 赵继明

(51) Int. Cl.

A01G 9/24(2006.01)

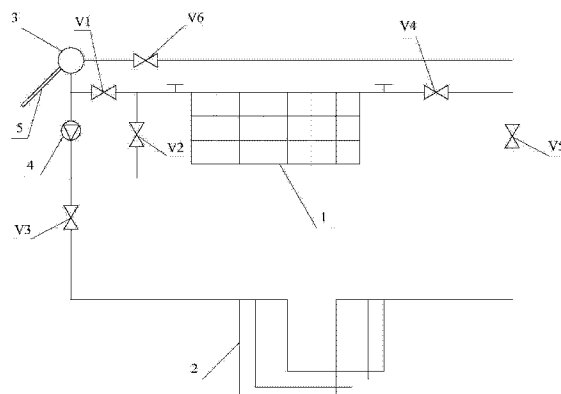
权利要求书2页 说明书5页 附图3页

(54) 发明名称

基于季节性太阳能土壤蓄热的农业大棚供热系统

(57) 摘要

本发明涉及一种基于季节性太阳能土壤蓄热的农业大棚供热系统,该系统包括:太阳能集热子系统、大棚散热器、土壤换热器、水循环子系统和控制子系统,所述的水循环子系统分别连接太阳能集热子系统、大棚散热器和土壤换热器,分别与水循环系统中的循环水进行换热,所述的控制子系统与水循环子系统连接,控制水循环子系统的流通或关断,所述的大棚散热器位于大棚内部,所述的土壤换热器位于大棚下方的土壤中,所述的太阳能集热子系统、水循环子系统和控制子系统位于大棚外部。与现有技术相比,本发明具有能源利用率高、低碳环保、运行费用低等优点。



1. 一种基于季节性太阳能土壤蓄热的农业大棚供热系统,其特征在于,该系统包括:太阳能集热子系统、大棚散热器、土壤换热器、水循环子系统和控制子系统,所述的水循环子系统分别连接太阳能集热子系统、大棚散热器和土壤换热器,分别与水循环子系统中的循环水进行换热,所述的控制子系统与水循环子系统连接,控制水循环子系统的流通或关断,所述的大棚散热器位于大棚内部,所述的土壤换热器位于大棚下方的土壤中,所述的太阳能集热子系统、水循环子系统和控制子系统位于大棚外部。

2. 根据权利要求1所述的一种基于季节性太阳能土壤蓄热的农业大棚供热系统,其特征在于,所述的大棚散热器为毛细管换热器,毛细管的面积为大棚面积的  $1/4 \sim 2/5$ 。

3. 根据权利要求1所述的一种基于季节性太阳能土壤蓄热的农业大棚供热系统,其特征在于,所述的土壤换热器为垂直U形地埋管。

4. 根据权利要求1所述的一种基于季节性太阳能土壤蓄热的农业大棚供热系统,其特征在于,所述的垂直U形地埋管为管径为30~35毫米的PE管,埋地深度为10-15米,所述的垂直U形地埋管的数量为20-30根垂直U形地埋管/200平方米大棚面积,管与管之间的间距为3-4米。

5. 根据权利要求1所述的一种基于季节性太阳能土壤蓄热的农业大棚供热系统,其特征在于,所述的水循环子系统包括水箱、循环泵和电磁阀V1~V6,所述的水箱与太阳能集热子系统,所述的循环泵、电磁阀V1和电磁阀V6分别通过水管连接水箱,所述的电磁阀V2的一端通过水管连接循环泵,另一端通过水管连接电磁阀V1,所述的电磁阀V3的一端通过水管连接循环泵,另一端连接通过水管电磁阀V5,所述的电磁阀V5分别通过水管连接电磁阀V4和电磁阀V6,所述的电磁阀V4通过水管与电磁阀V1连接,所述的大棚散热器设在电磁阀V1与电磁阀V4间,与电磁阀V1与电磁阀V4间的水管进行热交换,所述的土壤换热器设在电磁阀V3与电磁阀V5间,与电磁阀V3与电磁阀V5间的水管进行热交换。

6. 根据权利要求5所述的一种基于季节性太阳能土壤蓄热的农业大棚供热系统,其特征在于,所述的太阳能集热子系统包括太阳能集热器、电磁阀V7和集热泵,所述的水箱、电磁阀V7、集热泵、水箱依次通过水管连接,所述的太阳能集热器设在电磁阀V7与集热泵间,与电磁阀V7与集热泵间的水管进行热交换。

7. 根据权利要求6所述的一种基于季节性太阳能土壤蓄热的农业大棚供热系统,其特征在于,所述的太阳能集热器与水平面的夹角为 $36^\circ$ 至 $38^\circ$ ,太阳能集热面积为大棚面积的 $1/6 \sim 1/4$ 。

8. 根据权利要求6所述的一种基于季节性太阳能土壤蓄热的农业大棚供热系统,其特征在于,所述的控制子系统包括电控箱和五个分别与电控箱连接的温度探头,所述的水箱、电磁阀V1~V7,所述的温度探头根据电控箱中存储的控制逻辑来开启或关闭相应的电磁阀和泵。

9. 根据权利要求8所述的一种基于季节性太阳能土壤蓄热的农业大棚供热系统,其特征在于,所述的五个温度探头测量的温度包括大棚地表温度、太阳能集热器出口水温、太阳能集热器入口水温、水箱水温和土壤换热器出口水温。

10. 根据权利要求1所述的一种基于季节性太阳能土壤蓄热的农业大棚供热系统,其特征在于,所述的控制子系统中存储的控制逻辑分为三个模式:

春秋夏季蓄热模式,把夏季经太阳加热的热水通过循环泵与土壤换热加热土壤,供冬

季使用；

冬季有日照直接加热模式，冬季有阳光的情况下把太阳能加热的热水直接通过大棚内的毛细管换热器，使热水与大棚空气直接换热，加热大棚空气；

冬季无日照土壤取热模式，冬季无日照或者日照低于设定值的情况下，通过循环泵使得水与土壤换热，水被加热后通过大棚内的毛细管换热器，使热水与大棚内空气换热，加热大棚空气。

## 基于季节性太阳能土壤蓄热的农业大棚供热系统

### 技术领域。

[0001] 本发明属于新能源、供热和设施农业领域,涉及一种基于季节性太阳能土壤蓄热的农业大棚供热系统。

### 背景技术

[0002] 中国传统农业大棚主要的加热方式有:燃煤热风炉、燃烧秸秆、电加热丝等,这些传统的加热方式能耗高,污染大,温室气体排放量大,能源效率低。

[0003] 常用的新型的加热方式有为通过太阳能集热系统对农业大棚进行加热,但是传统太阳能集热系统加热用于农业大棚有一个很大的缺点:春、秋、夏季大多数时间大棚温度足够高,不需要加热,而此期间太阳能比较充足,导致很多太阳能资源的浪费;而到了冬季,当大棚急需加热的时候,冬季太阳能资源又比较匮乏。导致太阳能资源夏季盈余、冬季匮乏的情况。

### 发明内容

[0004] 本发明的目的就是为了解决上述现有技术存在的缺陷而提供一种能源利用率高、低碳环保、成本低的基于季节性太阳能土壤蓄热的农业大棚供热系统。

[0005] 本发明的目的可以通过以下技术方案来实现:

[0006] 一种基于季节性太阳能土壤蓄热的农业大棚供热系统,该系统包括:太阳能集热子系统、大棚散热器、土壤换热器、水循环子系统和控制子系统,所述的水循环子系统分别连接太阳能集热子系统、大棚散热器和土壤换热器,分别与水循环子系统中的循环水进行换热,所述的控制子系统与水循环子系统连接,控制水循环子系统的流通或关断,所述的大棚散热器位于大棚内部,所述的土壤换热器位于大棚下方的土壤中,所述的太阳能集热子系统、水循环子系统和控制子系统位于大棚外部。

[0007] 所述的大棚散热器为毛细管换热器,毛细管的面积为大棚面积的  $1/4 \sim 2/5$ 。

[0008] 所述的土壤换热器为垂直 U 形地埋管。

[0009] 所述的垂直 U 形地埋管为管径为 30 ~ 35 毫米的 PE 管,埋地深度为 10-15 米,所述的垂直 U 形地埋管的数量为 20-30 根垂直 U 形地埋管 / 200 平米大棚面积,管与管之间的间距为 3-4 米。

[0010] 所述的水循环子系统包括水箱、循环泵和电磁阀 V1 ~ V6,所述的水箱与太阳能集热子系统,所述的循环泵、电磁阀 V1 和电磁阀 V6 分别通过水管连接水箱,所述的电磁阀 V2 的一端通过水管连接循环泵,另一端通过水管连接电磁阀 V1,所述的电磁阀 V3 的一端通过水管连接循环泵,另一端连接通过水管电磁阀 V5,所述的电磁阀 V5 分别通过水管连接电磁阀 V4 和电磁阀 V6,所述的电磁阀 V4 通过水管与电磁阀 V1 连接,所述的大棚散热器设在电磁阀 V1 与电磁阀 V4 间,与电磁阀 V1 与电磁阀 V4 间的水管进行热交换,所述的土壤换热器设在电磁阀 V3 与电磁阀 V5 间,与电磁阀 V3 与电磁阀 V5 间的水管进行热交换。

[0011] 所述的太阳能集热子系统包括太阳能集热器、电磁阀 V7 和集热泵,所述的水箱、

电磁阀 V7、集热泵、水箱依次通过水管连接,所述的太阳能集热器设在电磁阀 V7 与集热泵间,与电磁阀 V7 与集热泵间的水管进行热交换。

[0012] 所述的太阳能集热器与水平面的夹角为  $36^{\circ}$  至  $38^{\circ}$ , 太阳能集热面积为大棚面积的  $1/6 \sim 1/4$ 。

[0013] 所述的控制子系统包括电控箱和五个分别与电控箱连接的温度探头,所述电控箱分别连接电磁阀 V1 ~ V7,所述的温度探头根据电控箱中存储的控制逻辑来开启或关闭相应的电磁阀和泵。

[0014] 所述的五个温度探头测量的温度包括大棚地表温度、太阳能集热器出口水温、太阳能集热器入口水温、水箱水温和土壤换热器出口水温。

[0015] 所述的控制子系统内存储的控制逻辑分为三个模式:

[0016] 春秋夏季蓄热模式,把夏季经太阳加热的热水通过循环泵与土壤换热加热土壤,供冬季使用;

[0017] 冬季有日照直接加热模式,冬季有阳光的情况下把太阳能加热的热水直接通过大棚内的毛细管换热器,使热水与大棚空气直接换热,加热大棚空气;

[0018] 冬季无日照土壤取热模式,冬季无日照或者日照低于设定值的情况下,通过循环泵使得水与土壤换热,水被加热后通过大棚内的毛细管换热器,使热水与大棚内空气换热,加热大棚空气。

[0019] 与现有技术相比,本发明的优点和积极效果是:

[0020] 1、把春、夏、秋季储存的太阳能热量转移到冬季使用,解决了太阳能在温室大棚供热应用中太阳能夏季盈余、冬季匮乏的情况;

[0021] 2、本系统完全利用太阳能实现供热,比传统的农业大棚加热方式更加低碳环保,有利于环境保护。

#### 附图说明

[0022] 图 1 为本发明系统的原理简图;

[0023] 图 2 为模式一下系统运行示意图;

[0024] 图 3 为模式二下系统运行示意图;

[0025] 图 4 为模式三下系统运行示意图;

[0026] 图 2- 图 4 中,粗线代表水循环走水换热管道的路线;

[0027] 图 5 为一个具体施工示意图。

#### 具体实施方式

[0028] 下面结合附图和具体实施例对本发明进行详细说明。本实施例以本发明技术方案为前提进行实施,给出了详细的实施方式和具体的操作过程,但本发明的保护范围不限于下述的实施例。

[0029] 如图 1 所示,一种基于季节性太阳能土壤蓄热的农业大棚供热系统,该系统包括:太阳能集热子系统、大棚散热器 1、土壤换热器 2、水循环子系统和控制子系统,本系统是靠水循环来传热换热,所述的水循环子系统分别连接太阳能集热子系统、大棚散热器 1 和土壤换热器 2,分别与水循环子系统中的循环水进行换热,所述的控制子系统与水循环子系统

连接,控制水循环子系统的流通或关断,所述的大棚散热器 1 位于大棚内部,所述的土壤换热器 2 位于大棚下方的土壤中,所述的太阳能集热子系统、水循环子系统和控制子系统位于大棚外部。

[0030] 所述的大棚散热器 1 为毛细管换热器,毛细管的面积为大棚面积的  $1/4 \sim 2/5$ 。

[0031] 所述的土壤换热器 2 为垂直 U 形地埋管,该垂直 U 形地埋管为管径为 30 ~ 35 毫米的 PE 管,埋地深度为 10-15 米,所述的垂直 U 形地埋管的数量为 20-30 根垂直 U 形地埋管 / 200 平方米大棚面积,管与管之间的间距为 3-4 米。

[0032] 所述的水循环子系统包括水箱 3、循环泵 4 和电磁阀 V1 ~ V6,所述的水箱 3 与太阳能集热子系统,所述的循环泵 4、电磁阀 V1 和电磁阀 V6 分别通过水管连接水箱,所述的电磁阀 V2 的一端通过水管连接循环泵 4,另一端通过水管连接电磁阀 V1,所述的电磁阀 V3 的一端通过水管连接循环泵 4,另一端连接通过水管电磁阀 V5,所述的电磁阀 V5 分别通过水管连接电磁阀 V4 和电磁阀 V6,所述的电磁阀 V4 通过水管与电磁阀 V1 连接,所述的大棚散热器 1 设在电磁阀 V1 与电磁阀 V4 间,与电磁阀 V1 与电磁阀 V4 间的水管进行热交换,所述的土壤换热器 2 设在电磁阀 V3 与电磁阀 V5 间,与电磁阀 V3 与电磁阀 V5 间的水管进行热交换。水箱 3 的容量为 1 吨 / 200 平方米大棚面积。

[0033] 所述的太阳能集热子系统包括太阳能集热器 5、电磁阀 V7 和集热泵 6,所述的水箱 3、电磁阀 V7、集热泵 6、水箱 3 依次通过水管连接,所述的太阳能集热器 5 设在电磁阀 V7 与集热泵 6 间,与电磁阀 V7 与集热泵 6 间的水管进行热交换。太阳能集热器 5 为太阳能工程联管,与水平面的夹角为  $36^\circ$  至  $38^\circ$ ,太阳能集热面积为大棚面积的  $1/6 \sim 1/4$ ,为了使得在冬季这个季节更多地获得太阳能的热量(针对上海地区),可将太阳能集热器 5 的方向设为正南。

[0034] 所述的控制子系统包括电控箱和五个分别与电控箱连接的温度探头,所述的水箱 3 分别连接电磁阀 V1 ~ V7,所述的温度探头根据电控箱中存储的控制逻辑来开启或关闭相应的电磁阀和泵。所述的五个温度探头测量的温度包括大棚地表温度、太阳能集热器出口水温、太阳能集热器入口水温、水箱水温和土壤换热器出口水温。温度探头的形式是 Pt100 热电阻。

[0035] 为了实现春秋夏季蓄热和冬季用能的运行,电控箱内存储的逻辑运行模式分为三种模式,先根据当前的季节手动调节季节旋钮,之后系统会自动进入正确的模式运行:

[0036] 1) 模式一:春秋夏季蓄热模式,把夏季经太阳加热的热水通过循环泵与土壤换热加热土壤,供冬季使用。

[0037] 春秋夏季大多数时间大棚无需供热,且需要降温 and 通风。所以在春秋夏季蓄热模式中,太阳能集热器 5 收集的热量加热水箱 3 中的水,通过开启循环泵 4 把热量通过水储存在土壤中。在此模式下,关闭电磁阀 V1、电磁阀 V2 和电磁阀 V4,使得太阳能集热器 5 通过热水把热量传递到垂直 U 形地埋管中。如图 2 所示。

[0038] 2) 模式二:冬季有日照直接加热模式,冬季有阳光的情况下把太阳能加热的热水直接通过大棚内的毛细管换热器,使热水与大棚空气直接换热,加热大棚空气。

[0039] 冬季有日照时,室外温度为  $0-5^\circ\text{C}$ ;没有供暖的条件下,农业大棚内的温度为  $10^\circ\text{C}$  左右;一般来说,作物需要  $15^\circ\text{C}$  的生长环境,这时需要系统供热。在此模式下,太阳能集热

器 5 加热的热水不经过垂直 U 形地埋管,而是直接送到农业大棚中的表层毛细管中,对作物进行直接加热。这时,关闭电磁阀 V1、电磁阀 V3 和电磁阀 V5,使得太阳能集热器 5 通过热水把热量传递到农业大棚中。如图 3 所示。

[0040] 3) 模式三:冬季无日照土壤取热模式,冬季无日照或者日照低于设定值的情况下,通过循环泵使得水与土壤换热,水被加热后通过大棚内的毛细管换热器,使热水与大棚内空气换热,加热大棚空气。

[0041] 在冬季的夜晚或者阴天的条件下,室外温度为  $-5-0^{\circ}\text{C}$  左右;没有供暖的条件下,农业大棚内的温度为  $5^{\circ}\text{C}$  左右,此时采用第三种供热模式。在此模式下,太阳能集热器不工作,把夏季储存在土壤中的热量通过循环水取出,输送到农业大棚中的表层毛细管中,对作物进行加热。这时,关闭电磁阀 V2 和电磁阀 V6,把垂直 U 形地埋管中储存的热量通过水输送到毛细管换热器中。如图 4 所示。

[0042] 太阳能集热器 5、水箱 3、土壤换热器 1、大棚散热器 2、水循环子系统的位置和管道的布置、温度测点的位置如图 5 所示。该具体施工中,太阳能集热器 5 为 50 支  $\times$  6 组的太阳能工程联管,水管的直径为 80 毫米,毛细管的直径为 20 毫米,土壤换热器为管径为 32 毫米的 PE 管,埋地深度为 15 米,管间距为 3 米,共设有 25 根。图 5 中,C1 为  $\Phi 100 \times 1000$  的分水器,C2 为  $\Phi 100 \times 1000$  的集水器,V1 ~ V4、V6 ~ V7 为电动二通阀,V5 为手动球阀。

[0043] 自动控制策略:

[0044] 1) 用于控制的温度测点位置和标号如表 1 所示。

[0045] 表 1

[0046]

控制温度测点			
数据类型	监测点位置	测点标号	精度要求
大棚内地表温度	陇上埋地 5cm	T1	$0.1^{\circ}\text{C}$
集热循环	集热器出口水温(水管)	T2	$0.1^{\circ}\text{C}$
	集热器入口水温(水管)	T3	$0.1^{\circ}\text{C}$
	水箱温度(水管)	T4	$0.1^{\circ}\text{C}$
垂直 U 形地埋管出口水温	垂直 U 形地埋管出口(水管)	T5	$0.1^{\circ}\text{C}$

[0047] 2) 用温度测点的值控制各个模式的运行逻辑

[0048] 模式一:春秋夏季蓄热模式

[0049] 春夏季:

[0050] 热水循环: $T_2-T_3 \geq 8^{\circ}\text{C}$ ,太阳能集热循环开始启动; $T_2-T_3 < 4^{\circ}\text{C}$ ,停止。

[0051] 蓄热循环:

[0052] 12:00am 前: $T_4 \geq 40^{\circ}\text{C}$  &  $T_4-T_5 \geq 10^{\circ}\text{C}$ ,蓄热循环开始启动; $T_4-T_5 < 5^{\circ}\text{C}$ ,停止。

[0053] 12:00am 后: $T_4 \geq 45^{\circ}\text{C}$ , &  $T_4-T_5 \geq 10^{\circ}\text{C}$ ,蓄热循环开始启动; $T_4-T_5 < 5^{\circ}\text{C}$ ,停止。

[0054] 秋季:

[0055] 热水循环:

[0056]  $T_2-T_3 \geq 8^{\circ}\text{C}$ ,太阳能集热循环开始启动;

- [0057]  $T_2 - T_3 < 4^\circ\text{C}$ , 停止。
- [0058] 12:00am 前 :  $T_4 \geq 45^\circ\text{C}$ , &  $T_4 - T_5 \geq 8^\circ\text{C}$ , 蓄热循环开始启动 ;  $T_4 - T_5 < 3^\circ\text{C}$ , 停止。
- [0059] 12:00am 后 :  $T_4 \geq 48^\circ\text{C}$ , &  $T_4 - T_5 \geq 8^\circ\text{C}$ , 蓄热循环开始启动 ;  $T_4 - T_5 < 3^\circ\text{C}$ , 停止。
- [0060] 模式二 : 冬季有日照直接加热模式
- [0061] 热水循环 :
- [0062]  $T_2 - T_3 \geq 8^\circ\text{C}$ , 太阳能集热循环开始启动 ;  $T_2 - T_3 < 4^\circ\text{C}$ , 停止。
- [0063] 蓄热循环 :
- [0064]  $T_1 < 14^\circ\text{C}$  &  $T_4 \geq 25^\circ\text{C}$ , 启动水箱 - 大棚散热器循环, 直接加热模式开启 ;  $T_1 \geq 15^\circ\text{C}$  或者  $T_4 < 18^\circ\text{C}$ , 停止水箱 - 大棚散热器循环, 直接加热模式关闭。
- [0065] 模式三 : 冬季无日照土壤取热模式
- [0066] 取热循环 :
- [0067] 若  $T_4 < 18^\circ\text{C}$  &  $T_1 < 14^\circ\text{C}$ , 启动垂直 U 形地埋管 - 大棚散热器循环, 取热模式开启 ; 若  $T_1 \geq 15^\circ\text{C}$ , 停止垂直 U 形地埋管 - 大棚散热器循环, 取热循环停止。



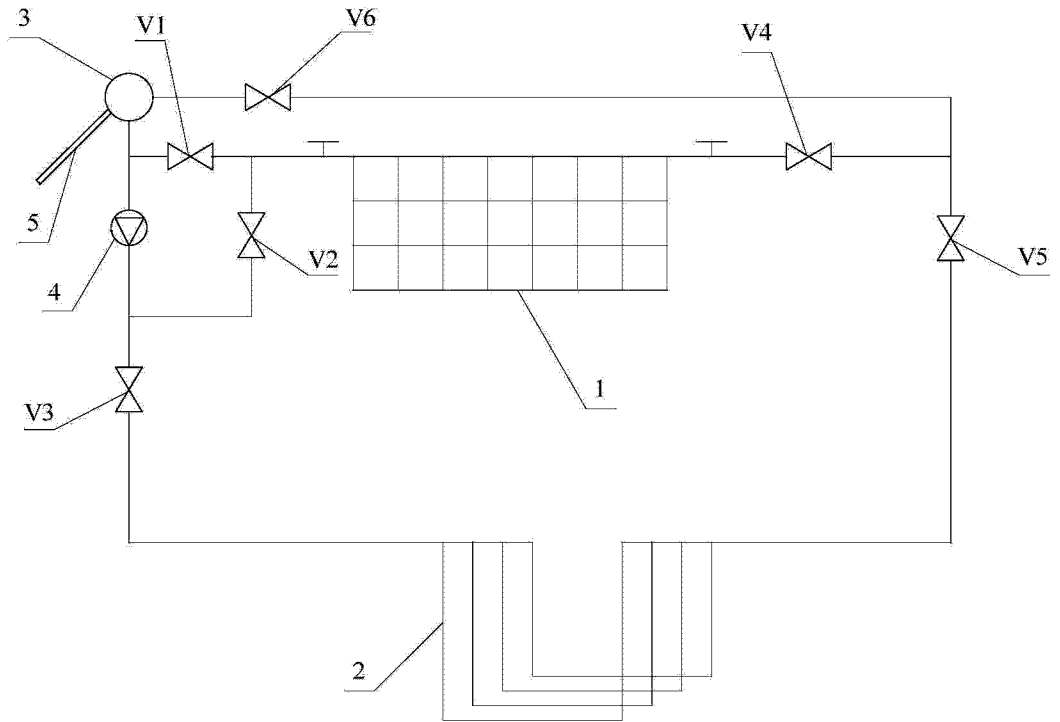


图 1

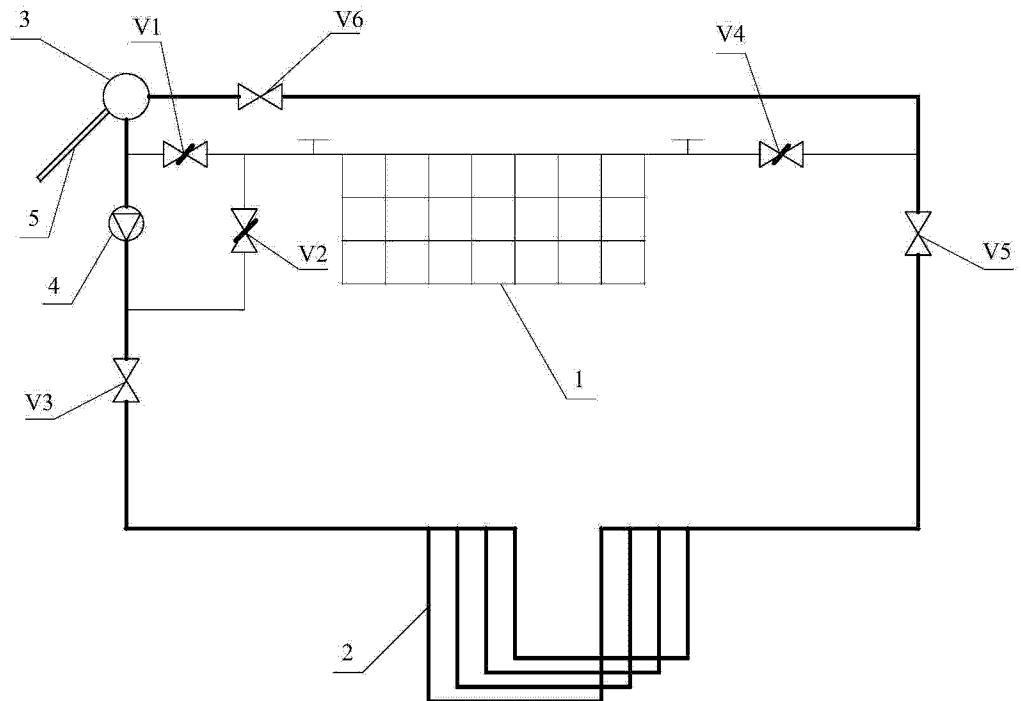


图 2

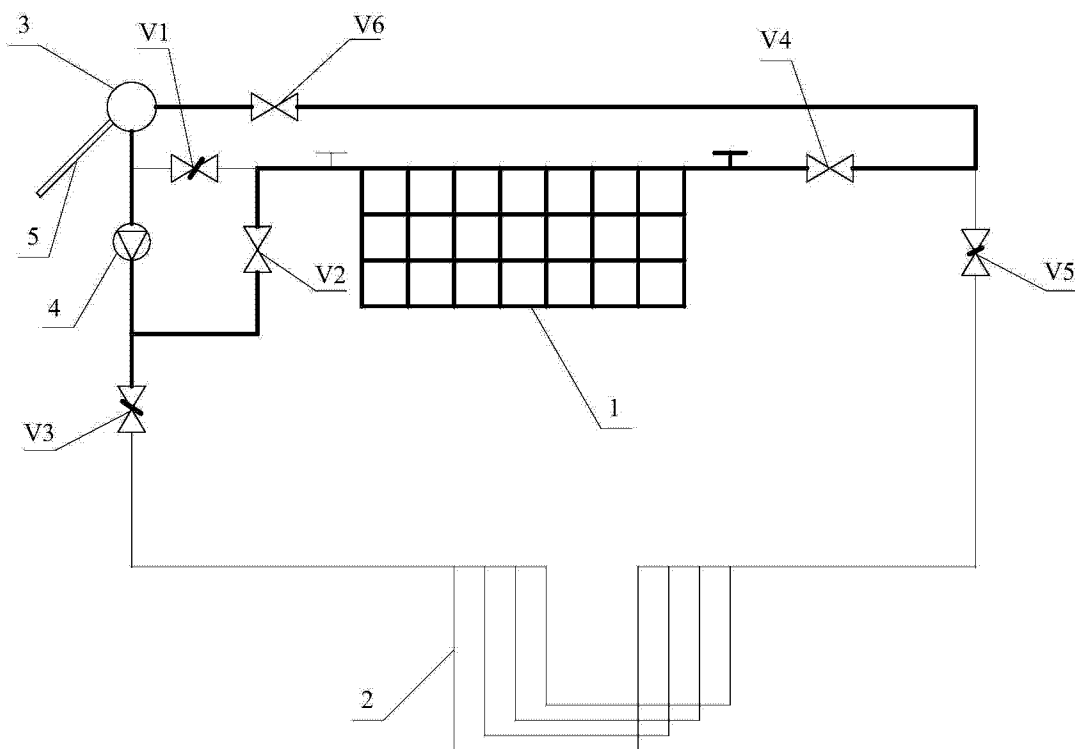


图 3

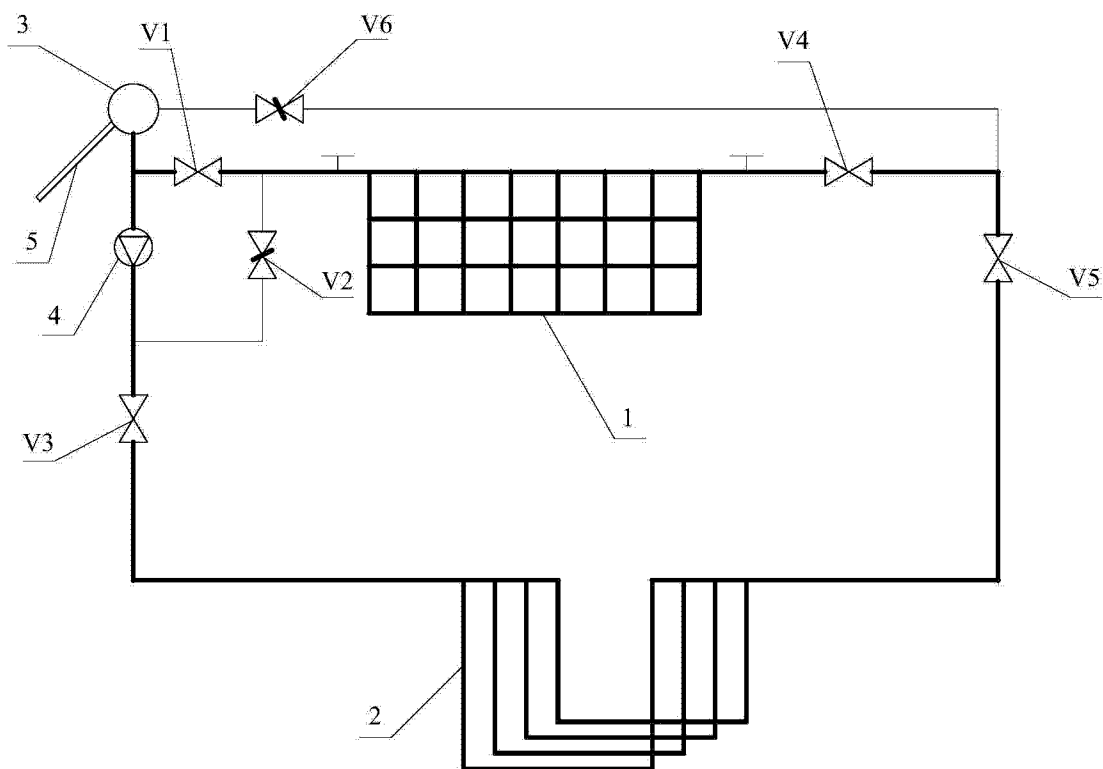


图 4

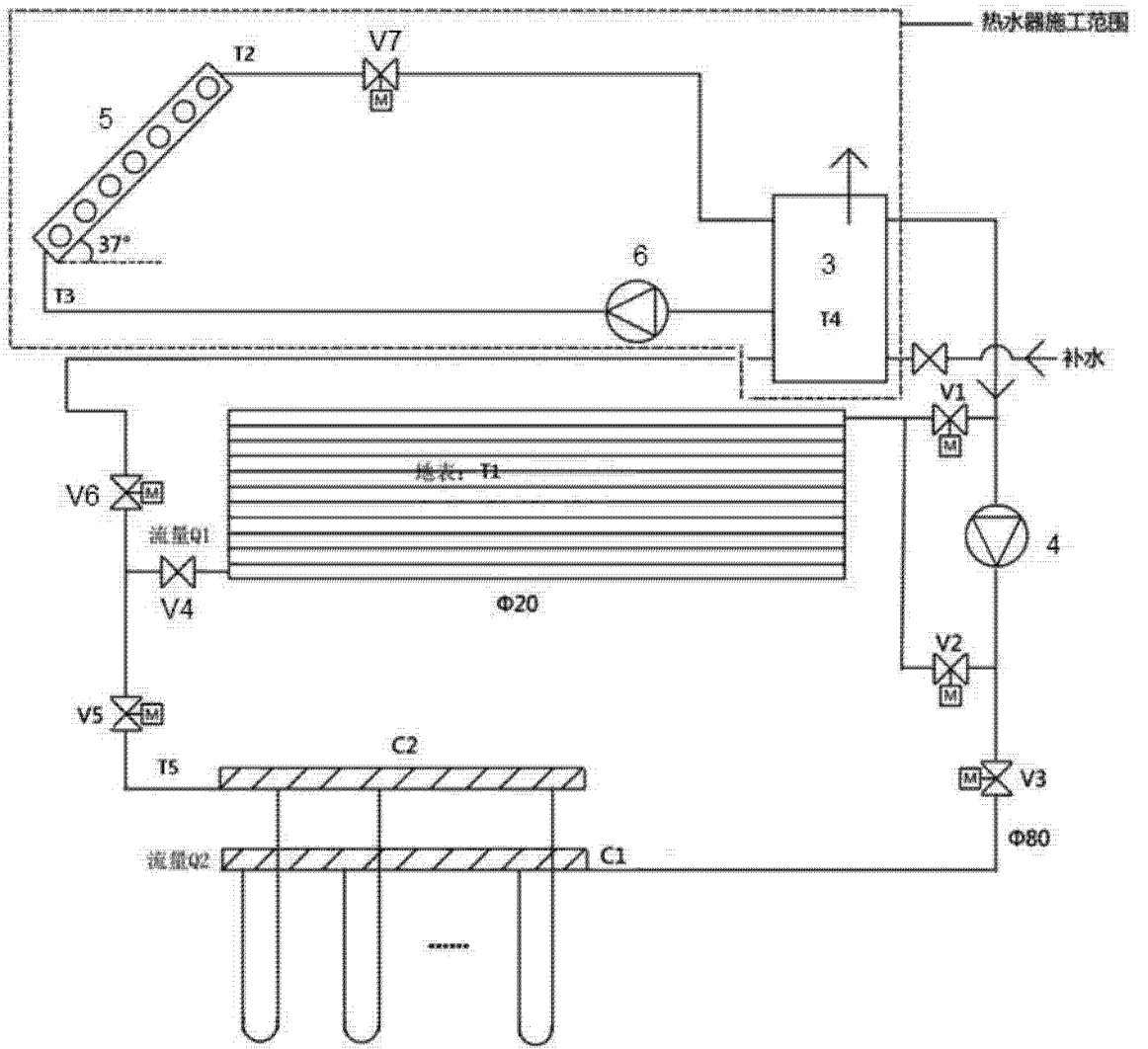


图 5