



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 110486779 A

(43)申请公布日 2019. 11. 22

(21)申请号 201910762147.7

(22)申请日 2019.08.19

(71)申请人 东北电力大学

地址 132012 吉林省吉林市船营区长春路
169号

(72)发明人 邱国栋 聂丽君 曹亚兴 王金杰
蔡伟华 高磊 李倩 杨柳

(74)专利代理机构 北京君泊知识产权代理有限公司 11496

代理人 王程远

(51)Int.Cl.

F24D 3/18(2006.01)

F24D 19/10(2006.01)

H02S 40/42(2014.01)

H02S 40/44(2014.01)

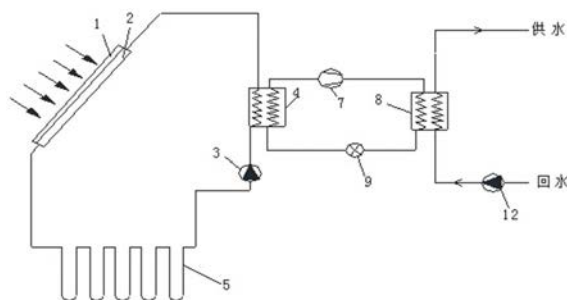
权利要求书3页 说明书7页 附图2页

(54)发明名称

一种利用土壤冷量冷却光伏电池的太阳能综合利用系统

(57)摘要

本发明属于光伏发电领域,特别是涉及一种利用土壤冷量冷却光伏电池的太阳能综合利用系统。该系统包括光伏冷却系统、热泵系统和热水供应系统,光伏冷却系统包括光伏电池、冷却通道、防冻液泵、地埋管换热器;热泵系统包括蒸发器、压缩机、冷凝器、膨胀阀。光伏冷却系统中的光伏电池接收太阳能产生电能,太阳辐射热由冷却通道内的低温防冻液带走使光伏电池冷却,防冻液吸收太阳辐射热后流入地埋管换热器将热量蓄存到地下或流入蒸发器,作为所述热泵系统的低温热源,热水供应系统将低温水送入热泵冷凝器使水温升高,再输送给热水用户。该系统通过在不同季节运行不同的模式来实现全年光伏和光热收益最大化。



1. 一种利用土壤冷量冷却光伏电池的太阳能综合利用系统,其特征在于,包括光伏冷却系统、热泵系统和热水供应系统,

所述光伏冷却系统包括光伏电池、冷却通道、防冻液泵、地埋管换热器和相应的连接管路;

所述热泵系统包括蒸发器、压缩机、冷凝器、膨胀阀和相应的连接管路;所述热水供应系统包括水泵和相应的连接管路;

所述光伏冷却系统中的光伏电池接收太阳能产生电能,太阳辐射热由冷却通道内的低温防冻液带走使光伏电池冷却,防冻液吸收太阳辐射热后流入地埋管换热器将热量蓄存到地下或流入蒸发器,作为所述热泵系统的低温热源,热水供应系统将低温回水送入热泵冷凝器使水温升高,再输送给采暖房间。

2. 如权利要求1所述的一种利用土壤冷量冷却光伏电池的太阳能综合利用系统,其特征在于,所述光伏冷却系统的冷却通道的出口端与地埋管换热器的入口端连通,地埋管换热器的出口端与防冻液泵的入口端连通,防冻液泵的出口端与蒸发器内防冻液通道的入口端连通,防冻液通道的出口端与冷却通道的入口端连通;

所述热泵系统中压缩机的排气口与冷凝器内制冷剂通道的入口端连通,冷凝器内制冷剂通道的出口端与膨胀阀的入口端连通,膨胀阀的出口端与蒸发器内制冷剂通道的入口端连通,蒸发器内制冷剂通道的出口端与压缩机的吸气口连通;

所述热水供应系统的低温水与冷凝器水通道的入口端连通,冷凝器水通道的出口端与高温热水连通。

3. 如权利要求2所述的一种利用土壤冷量冷却光伏电池的太阳能综合利用系统,其特征在于,所述系统还包括第一防冻液阀、第二防冻液阀和第三防冻液阀,所述防冻液泵的出口端同时与蒸发器内防冻液通道的入口端和第三防冻液阀相连通,蒸发器内防冻液通道的出口端同时与第一防冻液阀和第二防冻液阀相连通,防冻液经第一防冻液阀与冷却通道的入口端连通,防冻液经第二防冻液阀的出口端与冷却通道的出口端连通;

所述系统还包括第四防冻液阀、第五防冻液阀,冷却通道的出口端同时与第四防冻液阀和第五防冻液阀入口端连通,所述防冻液经第四防冻液阀出口端与地埋管换热器的入口端连通,防冻液泵的入口端同时与地埋管换热器和第五防冻液阀的出口端连通。

4. 如权利要求3所述的一种利用土壤冷量冷却光伏电池的太阳能综合利用系统,其特征在于,所述系统还包括高温换热器、第六防冻液阀、第七防冻液阀、第八水阀、第九水阀、第十水阀和第十一水阀,所述防冻液泵的出口端同时与第六防冻液阀、第七防冻液阀的入口端连通,第六防冻液阀的出口端与高温换热器内防冻液通道的入口端连通,防冻液经高温换热器的出口端分两路分别与第一防冻液阀和第二防冻液阀连通,第七防冻液阀的出口端与蒸发器内防冻液通道的入口端连通;所述水泵的出口端分两路分别与第八水阀、第九水阀连通,第八水阀的出口端与冷凝器内水通道的入口端连通,冷凝器内水通道的出口端同时与第九水阀的出口端、第十水阀、第十一水阀入口端连通,第十一水阀的出口端与高温换热器内水通道的入口端连通,高温换热器内水通道的出口端与第十水阀的出口端连通。

5. 如权利要求3或4所述的一种利用土壤冷量冷却光伏电池的太阳能综合利用系统,其特征在于,所述系统根据瞬时收益最大确定运行模式时,其蒸发器进口防冻液的温度 t 与净

收益 g 可通过关系式 $g = I \cdot A \cdot \eta(t) \cdot \tau \cdot P_1 - \frac{Q_h \cdot P_2}{COP_h(t)}$ 表达,式中: g 为净收益(元), t 为蒸发器进口防冻液的温度($^{\circ}\text{C}$), I 为辐射照度(kW/m^2), A 为光伏面积(m^2); $\eta(t)$ 为光伏转换效率(其数值与 t 有关), τ 为光伏发电时间(h), P_1 为光伏上网电价(元/ $\text{kW} \cdot \text{h}$), Q_h 为热泵系统的制热量($\text{kW} \cdot \text{h}$), P_2 为热泵系统工作时的电价(元/ $\text{kW} \cdot \text{h}$), $COP_h(t)$ 为热泵系统的能效比(其数值与 t 有关);当太阳能的辐射强度为 I 时,存在一个温度 t_1 使净收益 g 取得最大值,此时系统的运行方法为:调节第四防冻液阀和第五防冻液阀的开度,控制进入地埋管换热器中防冻液的流量,进到地埋管换热器中的防冻液将热量传递给周围的土壤或从周围的土壤吸收热量,出来后与另一部分防冻液混合后温度接近或等于 t_1 。

6.如权利要求1或2或3或4所述的一种利用土壤冷量冷却光伏电池的太阳能综合利用系统,其特征在于,所述系统根据全年收益最大确定运行模式时,光伏电池的容量与所述地埋管换热器和热泵系统的容量根据全年最优土壤平均温度 $T_m(\text{opt})$ 进行设计和配置, $T_m(\text{opt})$ 为全年净收益 G 达到最大时所对应的全年土壤平均温度,所述全年净收益 G 的表达式为: $G = I A \eta(T_m) \tau P_1 - \frac{Q_h P_2}{COP_h(T_m)} + Q_h P_3$,式中: T_m 为全年土壤平均温度($^{\circ}\text{C}$), G 为全年净收益

(元), I 为辐射照度(kW/m^2), A 为光伏面积(m^2), $\eta(T_m)$ 为光伏转换效率(其数值与 T_m 有关), τ 为光伏发电时间(h), P_1 为光伏上网电价(元/ $\text{kW} \cdot \text{h}$), Q_h 为热泵系统的制热量($\text{kW} \cdot \text{h}$), P_2 为热泵系统工作时的电价(元/ $\text{kW} \cdot \text{h}$), P_3 为供热的热价(元/ $\text{kW} \cdot \text{h}$), $COP_h(T_m)$ 为热泵系统的能效比(其数值与 T_m 有关)。

7.如权利要求3或4所述的一种利用土壤冷量冷却光伏电池的太阳能综合利用系统,其特征在于,夏季和过渡季节太阳能充足时,所述系统的运行方法为:第一防冻液阀打开,其余阀门关闭,热泵系统和热水供应系统停止工作;光伏冷却系统的工作原理为:从冷却通道出来的防冻液经第一防冻液阀进入地埋管换热器中,将热量传递给周围的土壤,出来的低温防冻液经防冻液泵加压后回到冷却通道中继续吸热冷却光伏电池。

8.如权利要求4所述的一种利用土壤冷量冷却光伏电池的太阳能综合利用系统,其特征在于,冬季太阳能足以直接供热时,所述系统的运行方法为:第五防冻液阀、第九水阀和第十一水阀打开,其余阀门关闭,热泵系统和热水供应系统停止工作;光伏冷却系统的工作原理为:从冷却通道出来的防冻液经第五防冻液阀和防冻液泵加压后,进到高温换热器中,加热完供热回水后回到冷却通道中继续吸热冷却光伏电池;热水供应系统的工作原理为:采暖回水经第九水阀和第十一水阀进到高温换热器中加热后进到采暖房间供热。

9.如权利要求3所述的一种利用土壤冷量冷却光伏电池的太阳能综合利用系统,其特征在于,冬季太阳能不足以直接供热但比土壤温度高时,所述系统的运行方法为:第一防冻液阀、第五防冻液阀开启,其余阀门关闭,热泵系统和热水供应系统开启;光伏冷却系统的工作原理为:从冷却通道出来的防冻液经第五防冻液阀出来,再经防冻液泵加压后进到蒸发器中,将热量传递给制冷剂,出来的防冻液进到冷却通道中继续吸热冷却光伏电池,此时系统运行供热优先,不需经过地埋管;热泵系统的工作原理为:从压缩机出来的高温排气进到冷凝器中加热采暖回水,之后经膨胀阀节流降压后,进到蒸发器中吸收防冻液的热量蒸发,然后被压缩机吸入;所述热水供应系统的工作原理为:采暖回水经水泵到冷凝器换热后进到采暖房间。

10.如权利要求3所述的一种利用土壤冷量冷却光伏电池的太阳能综合利用系统,其特

征在于,冬季没有太阳能时,第二防冻液阀和第四防冻液阀打开,其余防冻液阀关闭,热泵系统和热水供应系统开启,所述系统工作原理为:防冻液从土壤吸热后流经蒸发器为热泵提供低位热源,防冻液温度降低后重新流进地埋管完成循环。

一种利用土壤冷量冷却光伏电池的太阳能综合利用系统

技术领域

[0001] 本发明属于光伏发电领域,特别是涉及一种利用土壤冷量冷却光伏电池的太阳能综合利用系统。

背景技术

[0002] 光伏发电作为一种清洁能源发电技术,发电效率一直是制约其推广的重要因素,提高发电效率一直是研究热门。理论研究表明,落到光伏电池板表面的太阳能80%以热辐射的形式散射到外界,并引起光伏电池板温度升高,使发电效率降低。一般来说,电池板每升高1℃,发电效率约下降0.3%,如果能把太阳能辐射热快速带走和利用,维持光伏电池板高发电效率的同时还能利用多余的太阳辐射热,不仅能增加太阳能的利用效率,节约能源,还能减少太阳能光伏电池板数量和占地面积,太阳能光伏光热一体化成为了本领域研究人员研究的热点。

[0003] 现有的光伏光热一体化技术基本都是在光伏发电模块的背部增设保温板,保温板和光伏发电模块之间走换热介质,将光伏发电中过多的太阳辐射热带走用于供暖或制取生活热水。对于供暖,光热一般在冬季使用,在不需要供暖时,光伏板中的热量无法被带走,光伏板温度升高,这时保温板反而会降低发电效率;对于制取生活热水,由于夏季太阳能充足,产热量一般大于用热量,依然会出现光伏板温度过高的现象。现有的光伏光热一体化技术一般只有在全年都有热负荷的场所使用时才会同时提高光伏和光热效率,这样就会大大减小光伏光热一体化技术的使用范围。鉴于上述弊端,很有必要对光伏电池的太阳能综合利用进行创新优化,以扩大其使用范围,提高利用率。

发明内容

[0004] 为解决光伏发电技术中因光伏板中的热量无法被带走,导致光伏板温度升高,不利于提高发电效率的问题,本发明提出一种利用土壤冷量冷却光伏电池的太阳能综合利用系统,该系统是利用土壤冷量冷却光伏电池以及热量循环利用的耦合技术,通过在不同季节运行不同的模式来实现全年光伏和光热收益最大化。

[0005] 为达到上述目的,本发明是通过下述技术方案实现的:

一种利用土壤冷量冷却光伏电池的太阳能综合利用系统,包括光伏冷却系统、热泵系统和热水供应系统,所述光伏冷却系统包括光伏电池、冷却通道、防冻液泵、地埋管换热器和相应的连接管路;所述热泵系统包括蒸发器、压缩机、冷凝器、膨胀阀和相应的连接管路;所述热水供应系统包括水泵和相应的连接管路;所述光伏冷却系统中的光伏电池接收太阳能产生电能,太阳辐射热由冷却通道内的低温防冻液带走使光伏电池冷却,防冻液吸收太阳辐射热后流入地埋管换热器将热量蓄存到地下或流入蒸发器,作为所述热泵系统的低温热源,热水供应系统将低温水送入热泵冷凝器使水温升高,再输送到采暖房间。

[0006] 所述的一种利用土壤冷量冷却光伏电池的太阳能综合利用系统,光伏冷却系统的冷却通道的出口端与地埋管换热器的入口端连通,地埋管换热器的出口端与防冻液泵的入

口端连通,防冻液泵的出口端与蒸发器内防冻液通道的入口端连通,防冻液通道的出口端与冷却通道的入口端连通;所述热泵系统中压缩机的排气口与冷凝器内制冷剂通道的入口端连通,冷凝器水通道的出口端与膨胀阀的入口端连通,膨胀阀的出口端与蒸发器内制冷剂通道的入口端连通,蒸发器内制冷剂通道的出口端与压缩机的吸气口连通;所述热水供应系统的低温水与冷凝器水通道的入口端连通,制冷剂通道的出口端与高温热水连通。

[0007] 所述的一种利用土壤冷量冷却光伏电池的太阳能综合利用系统,还包括第一防冻液阀、第二防冻液阀和第三防冻液阀,所述防冻液泵的出口端同时与蒸发器内防冻液通道的入口端和第三防冻液阀相连通,蒸发器内防冻液通道的出口端同时与第一防冻液阀和第二防冻液阀相连通,防冻液经第一防冻液阀与冷却通道的入口端连通,防冻液经第二防冻液阀的出口端与冷却通道的出口端连通;所述系统还包括第四防冻液阀、第五防冻液阀,冷却通道的出口端同时与第四防冻液阀和第五防冻液阀入口端连通,所述防冻液经第四防冻液阀出口端与地埋管换热器的入口端连通,防冻液泵的入口端同时与地埋管换热器和第五防冻液阀的出口端连通。

[0008] 所述的一种利用土壤冷量冷却光伏电池的太阳能综合利用系统,还包括高温换热器、第六防冻液阀、第七防冻液阀、第八水阀、第九水阀、第十水阀和第十一水阀,所述防冻液泵的出口端同时与第六防冻液阀、第七防冻液阀的入口端连通,第六防冻液阀的出口端与高温换热器内防冻液通道的入口端连通,防冻液经高温换热器的出口端分两路分别与第一防冻液阀和第二防冻液阀连通,第七防冻液阀的出口端与蒸发器内防冻液通道的入口端连通;所述水泵的出口端分两路分别与第八水阀、第九水阀连通,第八水阀的出口端与冷凝器水通道的入口端连通,冷凝器水通道的出口端同时与第九水阀的出口端、第十水阀、第十一水阀入口端连通,第十一水阀的出口端与高温换热器内水通道的入口端连通,高温换热器内水通道的出口端与第十水阀的出口端连通。

[0009] 所述的一种利用土壤冷量冷却光伏电池的太阳能综合利用系统,根据瞬时收益最大确定运行模式时,其蒸发器进口防冻液的温度 t 与净收益 g 可通过关系式

$$g = LA\eta(t)\tau P_1 - \frac{Q_k P_2}{COP_h(t)} \text{ 表达, 式中: } g \text{ 为净收益(元), } t \text{ 为蒸发器进口防冻液的温度(}^\circ\text{C)}, I \text{ 为}$$

辐射照度 (kW/m^2), A 为光伏面积 (m^2); $\eta(t)$ 为光伏转换效率 (其数值与 t 有关), τ 为光伏发电时间 (h), P_1 为光伏上网电价 ($\text{元}/\text{kW} \cdot \text{h}$), Q_k 为热泵系统的制热量 ($\text{kW} \cdot \text{h}$), P_2 为热泵系统工作时的电价 ($\text{元}/\text{kW} \cdot \text{h}$), $COP_h(t)$ 为热泵系统的能效比 (其数值与 t 有关); 当太阳能的辐射强度为 I 时, 存在一个温度 t_1 使净收益 g 取得最大值, 此时系统的运行方法为: 调节第四防冻液阀和第五防冻液阀的开度, 控制进入地埋管换热器中防冻液的流量, 进到地埋管换热器中的防冻液将热量传递给周围的土壤或从周围的土壤吸收热量, 出来后与另一部分防冻液混合后温度接近或等于 t_1 ;

所述的一种利用土壤冷量冷却光伏电池的太阳能综合利用系统, 根据全年收益最大确定运行模式时, 光伏电池的容量与所述地埋管换热器和热泵系统的容量根据全年最优土壤平均温度 $T_m(\text{opt})$ 进行设计和配置, $T_m(\text{opt})$ 为全年净收益 G 达到最大时所对应的全年土壤平均温度, 所述全年净收益 G 的表达式为: $G = LA\eta(T_m)\tau P_1 - \frac{Q_k P_2}{COP_h(T_m)} + Q_k P_3$, 式中: T_m 为全年土壤平均温度 ($^\circ\text{C}$), G 为全年净收益 (元), I 为辐射照度 (kW/m^2), A 为光伏面积 (m^2), $\eta(T_m)$ 为

光伏转换效率(其数值与 T_m 有关), τ 为光伏发电时间(h), P_1 为光伏上网电价(元/kW·h), Q_h 为热泵系统的制热量(kW·h), P_2 为热泵系统工作时的电价(元/kW·h), P_3 为供热的热价(元/kW·h), $COP_h(T_m)$ 为热泵系统的能效比(其数值与 T_m 有关)。

[0010] 所述的一种利用土壤冷量冷却光伏电池的太阳能综合利用系统,在最优全年土壤温度 T_m 条件下,且夏季和过渡季节太阳能充足时,所述系统的运行方法为:第一防冻液阀打开,其余阀门关闭,热泵系统和热水供应系统停止工作;光伏冷却系统的工作原理为:从冷却通道出来的防冻液经第一防冻液阀进入地埋管换热器中,将热量传递给周围的土壤,出来的低温防冻液经防冻液泵加压后,经蒸发器、高温换热器回到冷却通道中继续吸热冷却光伏电池。

[0011] 所述的一种利用土壤冷量冷却光伏电池的太阳能综合利用系统,在最优全年土壤温度 T_m 条件下,且冬季太阳能充足且室外温度大于 0°C 时,所述系统的运行方法为:第五防冻液阀、第九水阀(19)和第十一水阀打开,其余阀门关闭,热泵系统停止工作;光伏冷却系统的工作原理为:从冷却通道出来的防冻液经第五防冻液阀和防冻液泵加压后,进到高温换热器中,加热完采暖回水后回到冷却通道中继续吸热冷却光伏电池;热水供应系统的工作原理为:采暖回水经第九水阀(19)和第十一水阀进到高温换热器中加热后进到采暖房间供热。

[0012] 所述的一种利用土壤冷量冷却光伏电池的太阳能综合利用系统,在最优全年土壤温度 T_m 条件下,冬季太阳能不足以直接供热但比土壤温度高时,所述系统的运行方法为:第一防冻液阀、第五防冻液阀和第七防冻液阀、第十一水阀、水泵、第八水阀打开,其余阀门关闭,热泵系统和热水供应系统开启;光伏冷却系统的工作原理为:从冷却通道出来的防冻液经第五防冻液阀出来,再经防冻液泵加压后进到蒸发器中,将热量传递给制冷剂,出来的防冻液进到冷却通道中继续吸热冷却光伏电池,此时系统运行供热优先,不需经过地埋管;热泵系统的工作原理为:从压缩机出来的高温排气进到冷凝器中加热采暖回水,之后经膨胀阀节流降压后,进到蒸发器中吸收防冻液的热量蒸发,然后被压缩机吸入;所述热水供应系统的工作原理为:采暖回水经水泵到冷凝器换热后进到采暖房间。

[0013] 所述的一种利用土壤冷量冷却光伏电池的太阳能综合利用系统,在最优全年土壤温度 T_m 条件下,冬季没有太阳能时,第二防冻液阀和第四防冻液阀打开,其余防冻液阀关闭,热泵系统和热水供应系统开启,所述系统工作原理为:防冻液从土壤吸热后流经蒸发器为热泵提供低位热源,防冻液温度降低后重新流进地埋管完成循环。

[0014] 综上所述,本发明的有益效果包括:

- 1) 利用土壤冷量冷却光伏电池维持光伏电池板高发电效率
- 2) 通过与热泵、供热系统耦合,利用多余的太阳辐射热,提高光热效率。

[0015] 3) 夏季太阳辐射热量存到土壤里,冬季用,热量不浪费

前面所述的为本申请的概述,因此必然有简化、概括和细节省略的情况;本领域的技术人员应该认识到,概述部分仅是对本申请的说明,而不应看作是对本申请的任何限定。本说明书中描述的装置和/或方法和/或其他主题的其他方面、特征和优点将会由于本说明书的阐述而变得清晰。概述部分是用来以一种简化的方式导入多个将在以下具体实施方式部分进一步描述的概念。本概述部分既非用于确定所要求保护主题的关键特征或必要特征,也非用来作为确定所要求保护主题的范围的辅助手段。

附图说明

[0016] 通过下面说明书和所附的权利要求书并与附图结合,就会更加充分地清楚理解本申请的上述和其他特征。应当理解,这些附图仅是对本申请若干实施方式的描述,不应认为是对本申请范围的限定,通过附图,本申请内容将会得到更加明确和详细地说明。

[0017] 图1是本发明的土壤冷量冷却光伏电池系统。

[0018] 图2是本发明的土壤源热泵耦合系统。

[0019] 图3是本发明的耦合系统瞬时收益最大的运行模式。

[0020] 图4是本发明的土壤冷量冷却光伏电池系统的太阳能综合利用的多种运行模式。

具体实施方式

[0021] 在下面的具体实施方式部分中,结合作为说明书一部分的附图进行说明。在附图中,相同/类似的标记通常表示相同/类似的部件,除非说明书中另有说明。具体实施方式、附图和权利要求书中描述的用来举例说明的实施方式不应认为是对本申请的限定。在不偏离本申请表述的主题的精神或范围的情况下,可以采用本申请的其他实施方式,并且可以对本申请做出其他变化。应该很容易理解,可以对本说明书中一般性描述的、附图中图解说明的本申请的各个方面进行各种不同构成的配置、替换、组合,设计,而所有这些改变都显然在预料之中,并构成本申请的一部分。

[0022] 本发明提供一种利用土壤冷量冷却光伏电池的太阳能综合利用系统,包括光伏冷却系统、热泵系统和热水供应系统。

[0023] 参照图1,土壤冷量冷却光伏电池的太阳能综合利用系统包括光伏电池1、冷却通道2、防冻液泵3、地埋管换热器5、蒸发器4、压缩机7、冷凝器8、膨胀阀9、水泵12。光伏电池1接收太阳光产生电能,太阳光产生的热能被冷却通道2中的防冻液带走进入地埋管换热器5,通过低温土壤使防冻液温度降低,降低温度的防冻液经过防冻液泵3出口端进入蒸发器4中防冻液的入口端,再流出回到冷却通道2中形成一个回路。热泵系统包括蒸发器4、压缩机7、冷凝器8、膨胀阀9,热泵系统中各部件连接形成一个回路,从压缩机7排出的气体制冷剂进入冷凝器8,经过冷凝放热进入膨胀阀9,经节流后进入蒸发器4。蒸发器4中的制冷剂与防冻液管路在蒸发器4中换热,温度降低的防冻液继续流入冷却通道2带走太阳光产生的热能,从而达到冷却光伏的目的。热水供应系统中低温水经过冷凝器8,冷凝器中制冷剂向外放热,加热采暖回水使温度升高,高温热水用于生活、生产。

[0024] 参照图2,该系统还包括第一防冻液阀6、第二防冻液阀10,蒸发器4内防冻液通道的出口端同时与第一防冻液阀6和第二防冻液阀10所在通道连通,第一防冻液阀6的出口端与冷却通道2的入口端连通,第二防冻液阀11的出口端与冷却通道2的出口端连通。管路之间的单独运行过程之一为:光伏电池1接收太阳光产生电能,太阳光产生的热能被冷却通道2中的防冻液带走经过第四防冻液阀13打开进入地埋管换热器5,通过低温土壤使防冻液温度降低,降低温度的防冻液经过防冻液泵3出口端进入蒸发器4中防冻液的入口端,再流出回到冷却通道2继续冷却光伏,此过程形成一个回路;过程二为:第一防冻液阀6和第二防冻液阀11都开启,从蒸发器4出来的低温防冻液经第二防冻液阀11和第一防冻液阀6进到地埋管换热器5中,吸收周围土壤的热量,然后经防冻液泵3加压后进到蒸发器4中加热制冷剂。

[0025] 参照图3,该系统还包括第四防冻液阀13、第五防冻液阀14,运行过程一为:从冷却

通道2出来的防冻液经第四防冻液阀13后进入地埋管换热器5,经防冻液泵3加压后,回到冷却通道2中继续吸热冷却光伏电池1;运行过程二为:通过调节第一防冻液阀6和第四防冻液阀13的开度来控制从冷却通道2出来的防冻液进入地埋管换热器5中的流量,进到地埋管换热器5中的防冻液将热量传递给周围的土壤或从周围的土壤吸收热量,而后与经过蒸发器之后的防冻液相混合回到冷却通道2继续吸热冷却光伏电池1。

[0026] 参照图4,该系统包括所述系统还包括高温换热器15、第六防冻阀16、第七防冻阀17、第八水阀18、第九水阀19,第十水阀20、第十一水阀21,防冻液泵3的出口端同时与第六防冻阀16、第七防冻阀17所在的通道入口端连通,第六防冻阀16的出口端与高温换热器15内防冻液通道的入口端连通,防冻液通道的出口端同时与第一防冻阀6和第二防冻阀10的入口端连通,第七防冻阀17的出口端与蒸发器4内防冻液通道的入口端连通,水泵12的出口端同时与第八水阀18、八水阀18所在的入口端连通,第八水阀18的出口端与冷凝器8内水通道的入口端连通,水通道的出口端同时与八水阀18的出口端、第十水阀20、第十一水阀21的入口端连通。土壤冷量冷却光伏电池一路运行过程:从冷却通道2出来的防冻液经第三防冻液阀14后进入地埋管换热器5或者直接经过第四防冻液阀14,再经防冻液泵3加压后,经过第六防冻液阀16进入高温换热器15换热,经第一防冻液阀6回到冷却通道2中继续吸热冷却光伏电池1。热泵系统一路过程:一方面,从压缩机7出来的高温排气进到冷凝器8中加热采暖回水,之后经膨胀阀9节流降压后,进到蒸发器4中吸收防冻液的热量蒸发,然后被压缩机7吸入;另一方面,经蒸发器4出来的低温防冻液与从地埋管换热器5出来的经高温换热器15的防冻液相混合,再经过冷却通道2吸收光伏电池产生的热量,而后进到地埋管换热器5中吸收周围土壤的热量,然后经防冻液泵加压后进到蒸发器中加热制冷剂。热水供应系统一路过程:采暖回水经第八水阀18进入冷凝器8加热后,经第十一水阀21进入高温换热器15换热,进到采暖房间供热;或者关闭第八水阀18,直接经第九水阀19、第十一水阀21进入高温换热器15换热;关闭第九水阀19、第十一水阀21,直接进入冷凝器8加热后经第十水阀20进入采暖房间。

[0027] 参照图3,根据瞬时收益最大确定运行模式时,其蒸发器4进口防冻液的温度 t 与净收益 g 可通过关系式 $g = I \cdot A \cdot \eta(t) \cdot \tau \cdot P1 - \frac{Qh \cdot P2}{COPh(t)}$ 表达,式中: g 为净收益(元), t 为蒸发器进口防冻液的温度($^{\circ}\text{C}$), I 为辐射照度(kW/m^2), A 为光伏面积(m^2); $\eta(t)$ 为光伏转换效率(其数值与 t 有关), τ 为光伏发电时间(h), $P1$ 为光伏上网电价(元/ $\text{kW} \cdot \text{h}$), Qh 为热泵系统的制热量($\text{kW} \cdot \text{h}$), $P2$ 为热泵系统工作时的电价(元/ $\text{kW} \cdot \text{h}$), $COPh(t)$ 为热泵系统的能效比(其数值与 t 有关);当太阳能的辐射强度为 I 时,存在一个温度 $t1$ 使净收益 g 取得最大值,此时系统的运行方法为:调节第四防冻液阀13和第五防冻液阀14的开度,控制进入地埋管换热器5中防冻液的流量,进到地埋管换热器5中的防冻液将热量传递给周围的土壤或从周围的土壤吸收热量,出来后与另一部分防冻液混合后温度接近或等于 $t1$;

参照图4,根据全年收益最大确定运行模式时,光伏电池的容量与地埋管换热器5和热泵系统的容量根据全年最优土壤平均温度 $Tm(opt)$ 进行设计和配置, $Tm(opt)$ 为全年净收益 G 达到最大时所对应的全年土壤平均温度,全年净收益 G 的表达式为: $G = I \cdot A \cdot \eta(Tm) \cdot \tau \cdot P1 - \frac{Qh \cdot P2}{COPh(Tm)} + Qh \cdot P3$,式中: Tm 为全年土壤平均温度($^{\circ}\text{C}$), G 为全年净收益(元), I 为辐射照度(kW/m^2), A 为光伏面积(m^2), $\eta(Tm)$ 为光伏转换效率(其数值与 Tm 有关), τ 为光伏发

电时间(h), P_1 为光伏上网电价(元/kW·h), Q_h 为热泵系统的制热量(kW·h), P_2 为热泵系统工作时的电价(元/kW·h), P_3 为供热的热价(元/kW·h), $COP_h(T_m)$ 为热泵系统的能效比(其数值与 T_m 有关)。

[0028] 在最优全年土壤温度 T_m 条件下,且夏季和过渡季节太阳能充足时,系统的运行方法为:第一防冻液阀6打开,其余阀门关闭,热泵系统和热水供应系统停止工作;光伏冷却系统的工作原理为:从冷却通道2出来的防冻液经第一防冻液阀6进入地埋管换热器5中,将热量传递给周围的土壤,出来的低温防冻液经防冻液泵3加压后,经蒸发器4、高温换热器15回到冷却通道2中继续吸热冷却光伏电池1。

[0029] 在最优全年土壤温度 T_m 条件下,且冬季太阳能充足且室外温度大于0℃时,系统的运行方法为:第五防冻液阀14、第九水阀19和第十一水阀21打开,其余阀门关闭,热泵系统停止工作;光伏冷却系统的工作原理为:从冷却通道2出来的防冻液经第五防冻液阀14和防冻液泵3加压后,进到高温换热器15中,加热完采暖回水后回到冷却通道2中继续吸热冷却光伏电池1;热水供应系统的工作原理为:采暖回水经第九水阀19和第十一水阀21进到高温换热器15中加热后进到采暖房间。

[0030] 在最优全年土壤温度 T_m 条件下,且冬季太阳能不足以直接供热但比土壤温度高时,系统的运行方法为:第一防冻液阀6、第五防冻液阀14和第七防冻液阀17、第十一水阀21、水泵12、第八水阀18打开,其余阀门关闭;光伏冷却系统的工作原理为:从冷却通道2出来的防冻液经第五防冻液阀14出来,再经防冻液泵3加压后进到蒸发器4中,将热量传递给制冷剂,出来的防冻液进到冷却通道2中继续吸热冷却光伏电池1,此时系统运行供热优先,不需经过地埋管;热泵系统的工作原理为:从压缩机7出来的高温排气进到冷凝器8中加热采暖回水,之后经膨胀阀9节流降压后,进到蒸发器4中吸收防冻液的热量蒸发,然后被压缩机7吸入;热水供应系统的工作原理为:采暖回水经水泵12到冷凝器8换热后,经第十一水阀21进入高温换热器15换热,最后进到采暖房间。

[0031] 在最优全年土壤温度 T_m 条件下,且冬季没有太阳能时,无需进行光伏冷却;热泵系统和热水供应系统的工作原理与冬季太阳能不足时一致;防冻液从土壤吸热后流经蒸发器为热泵提供低位热源,防冻液温度降低后重新流进地埋管完成循环。

[0032] 本发明提供的一种利用土壤冷量冷却光伏电池的太阳能综合利用系统能够实现利用土壤冷量冷却光伏电池维持光伏电池板高发电效率,并通过与热泵、供热系统耦合,利用多余的太阳辐射热,提高光热效率,夏季太阳辐射热量存到土壤里,冬季用,热量不浪费。

[0033] 前述已通过框图、流程图和/或实施例子进行了详细描述,阐明了本申请装置和/或方法的不同实施方式。当这些框图、流程图和/或实施例包含一个或多个功能和/或操作时,本领域的技术人员会明白,这些框图、流程图和/或实施例中的各功能和/或操作可以通过各种硬件、软件、固件或实质上它们的任意组合而单独地和/或共同地实施。本领域的技术人员会认识到,以本说明书中说明的方式描述装置和/或方法,然后进行工程实践以将所描述的装置和/或方法集成到数据处理系统中,在本领域里是很常见的。也就是说,本说明书中描述的装置和/或方法中的至少一部分,可通过合理数量的实验集成到数据处理系统中。对于本说明书中所用的基本上任何复数和/或单数术语,本领域的技术人员可以将复数解释为单数和/或将单数解释为复数,只要这样做从上下文和/或应用上看是合适的即可。为了清楚起见,在本说明书中可能将各种单数/复数组合明确地表述出来。

[0034] 本申请中公开了本申请的多个方面和实施方式,本领域的技术人员会明白本申请的其它方面和实施方式。本申请中公开的多个方面和实施方式只是用于举例说明,并非是对本申请的限定,本申请的真正保护范围和精神应当以下面的权利要求书为准。

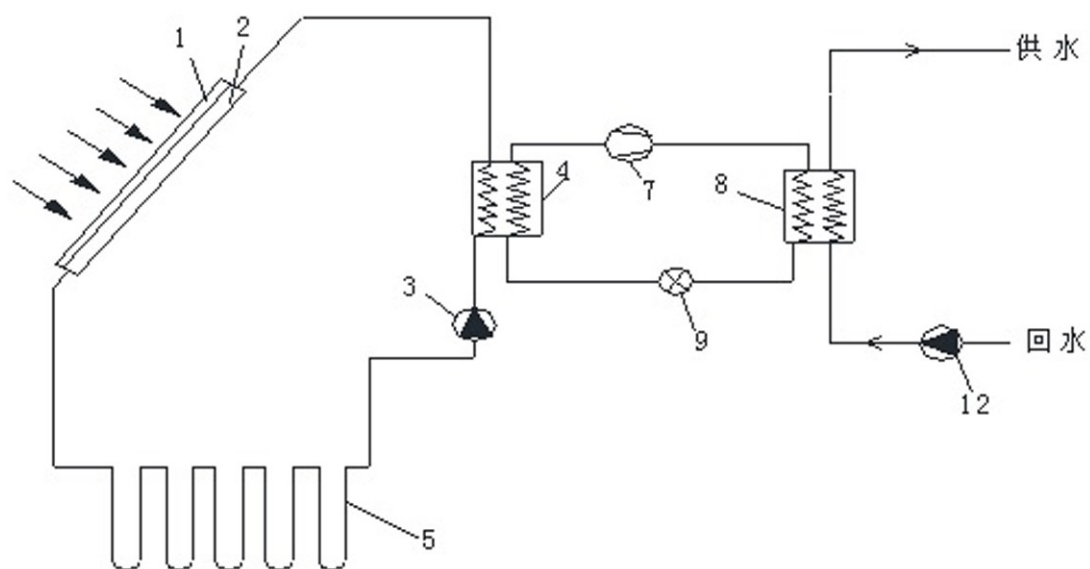


图1

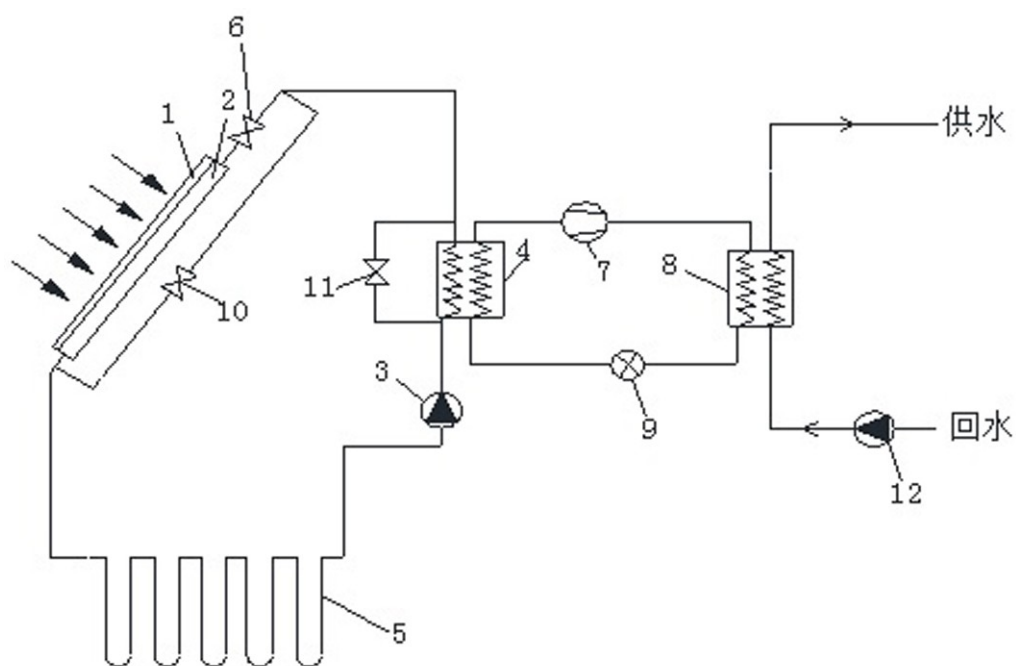


图2

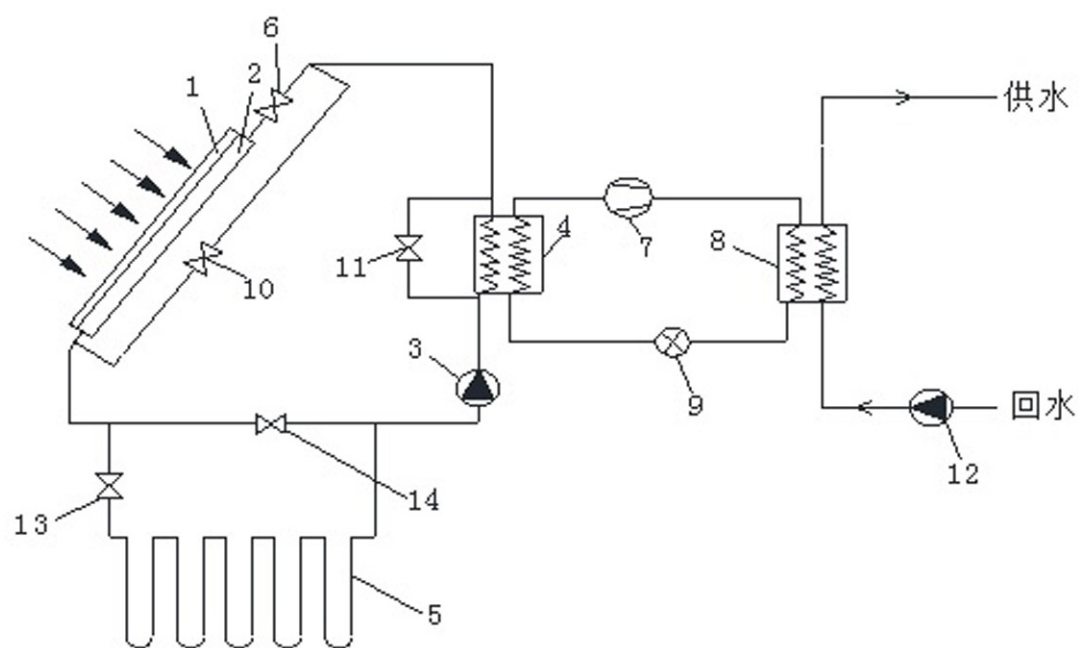


图3

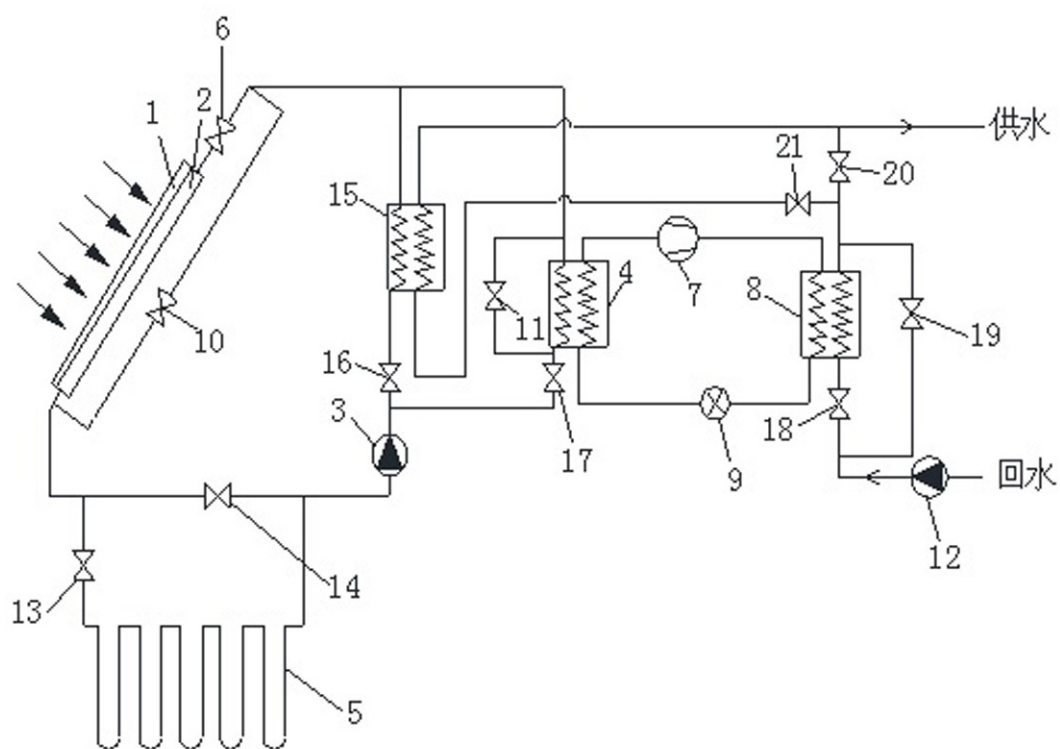


图4