



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 108105918 A

(43)申请公布日 2018.06.01

(21)申请号 201711474323.4

(22)申请日 2017.12.29

(71)申请人 南京航空航天大学

地址 210016 江苏省南京市秦淮区御道街  
29号

(72)发明人 张朋磊 张大林 李先庭 李荣嘉  
荣星月 石文星 王宝龙

(74)专利代理机构 江苏圣典律师事务所 32237  
代理人 贺翔

(51)Int.Cl.

F24F 5/00(2006.01)

F25B 30/06(2006.01)

F24S 10/95(2018.01)

H02J 7/35(2006.01)

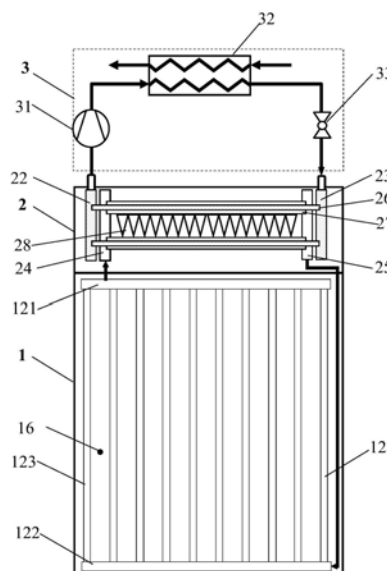
权利要求书2页 说明书5页 附图3页

(54)发明名称

双源复合热泵与光伏热管理一体化系统及其控制方法

(57)摘要

本发明公开了双源复合热泵与光伏热管理一体化系统及其控制方法,涉及太阳能综合能量利用和暖通空调领域。本发明包括:光伏光热模块、三介质换热模块、热泵模块,光伏光热模块上方安装三介质换热模块,光伏光热模块和三介质换热模块构成一体化结构,作为光伏光热一体化组件,三介质换热模块和热泵模块连接并构成热泵供热系统。光伏光热模块和三介质换热模块进行热量交换;三介质换热模块和热泵模块进行热量交换。本发明适用于能够在供暖季同时利用太阳能和空气源进行供热,提高供热保障率和太阳能利用率;在非供暖季利用热管循环进行光伏热管理,降低背板温度,提高光伏发电效率;同时结构紧凑简洁,能够模块化设计生产,造价低,施工量小。



1. 双源复合热泵与光伏热管理一体化系统,其特征在於,包括:光伏光热模块(1)、三介质换热模块(2)、热泵模块(3),光伏光热模块(1)上方安装三介质换热模块(2),光伏光热模块(1)和三介质换热模块(2)为一体化结构,三介质换热模块(2)和热泵模块(3)连接;

光伏光热模块(1)和三介质换热模块(2)进行热量交换;

三介质换热模块(2)和热泵模块(3)进行热量交换。

2. 根据权利要求1所述的双源复合热泵与光伏热管理一体化系统,其特征在於,光伏光热模块(1)自上而下依次设置玻璃盖板(13)、空气夹层(14)、光伏电池组件(11)、热管集热器(12)、保温层(15);

热管集热器(12)包括上集管(121)、下集管(122)、垂直立管(123),上集管(121)和下集管(122)通过竖直设置的垂直立管(123)连接;

热管集热器(12)上面安装光伏电池组件(11),温度传感器(16)紧密安装于光伏电池组件(11)的背面。

3. 根据权利要求2所述的双源复合热泵与光伏热管理一体化系统,其特征在於,三介质换热模块(2)包括散热风扇(21)、第一介质气体集管(22)、第一介质液体集管(23)、第二介质气体集管(24)、第二介质液体集管(25)、第一介质水平管(26)、第二介质水平管(27)和散热翅片(28);

第一介质气体集管(22)和第一介质液体集管(23)通过水平设置的若干组第一介质水平管(26)连接;

第一介质水平管(26)外部设置第二介质水平管(27),第二介质气体集管(24)和第二介质液体集管(25)通过第二介质水平管(27)连接;

第二介质气体集管(24)和上集管(121)连接,第二介质液体集管(25)和下集管(122)连接,

上集管(121)、下集管(122)、垂直立管(123)、第二介质气体集管(24)、第二介质液体集管(25)、第二介质水平管(27)内部均充注相变工质,构成热管循环;

第二介质水平管(27)外部设置散热翅片(28),沿散热翅片(28)空气流通方向设置若干个散热风扇(21)。

4. 根据权利要求2所述的双源复合热泵与光伏热管理一体化系统,其特征在於,热泵模块(3)由制冷剂管路上依次设置的压缩机(31)、水冷冷凝器(32)、节流装置(33)构成;

压缩机(31)进口与第一介质气体集管(22)连接,节流装置(33)的出口与第一介质液体集管(23)连接;

所述制冷剂管路内部充注制冷剂,构成热泵循环。

5. 根据权利要求1所述的双源复合热泵与光伏热管理一体化系统,其特征在於,热泵模块(3)与若干组三介质换热模块(2)和光伏光热模块(1)组成的光伏光热一体化组件并联连接。

6. 根据权利要求2所述的双源复合热泵与光伏热管理一体化系统,其特征在於,垂直立管(123)为铜管、平行流多孔扁管。

7. 根据权利要求3所述的双源复合热泵与光伏热管理一体化系统,其特征在於,第一介质水平管(26)和第二介质水平管(27)为铜管、平行流多孔扁管。

8. 根据权利要求2所述的双源复合热泵与光伏热管理一体化系统,其特征在於,热管集

热器(12)液体管路中设有驱动工质循环的毛细芯或液泵。

9. 根据权利要求2所述的双源复合热泵与光伏热管理一体化系统,其特征在于,三介质换热模块(2)包括散热风扇(21)、第一介质气体集管(22)、第一介质液体集管(23)、第二介质气体集管(24)、第二介质液体集管(25)、第一介质水平管(26)、第二介质水平管(27)和散热翅片(28);

第一介质气体集管(22)和第一介质液体集管(23)通过水平设置的若干组第一介质水平管(26)连接;

第一介质水平管(26)内部设置第二介质水平管(27),第二介质气体集管(24)和第二介质液体集管(25)通过第二介质水平管(27)连接;

第二介质气体集管(24)和上集管(121)连接,第二介质液体集管(25)和下集管(122)连接,

上集管(121)、下集管(122)、垂直立管(123)、第二介质气体集管(24)、第二介质液体集管(25)、第二介质水平管(27)内部均充注相变工质,构成热管循环;

第一介质水平管(26)外部设置散热翅片(28),沿散热翅片(28)空气流通方向设置若干个散热风扇(21)。

10. 双源复合热泵与光伏热管理一体化系统的控制方法,其特征在于,包括:

(1) 冬季需要供暖且太阳辐射较强,供热量足够时,散热风扇(21)关闭,热泵模块(3)运行,热管集热器(12)收集光伏电池组件(11)背板热量,通过热泵模块(3)提升温度后用于供暖,系统工作于太阳能热泵供暖模式;

(2) 冬季需要供暖但太阳辐射较弱时,供热量不足时,散热风扇(21)开启,热泵模块(3)运行,热泵模块(3)同时吸收光伏电池组件(11)背板热量和空气中热量用于供暖,系统工作于太阳能-空气源热泵联合供暖模式;

当热泵模块(3)和多个所述光伏光热一体化组件并联供暖,且某个所述光伏光热一体化组件的散热翅片(28)结霜时,可通过阀门切断相应支路,关闭散热风扇(21),实现太阳能自动除霜;

(3) 夏季或过渡季不需要供暖时,热泵模块(3)关闭,通过温度传感器(16)监测光伏电池组件(11)的背板温度,当所述背板温度 $T < a$ 时,其中 $a$ 为系统的预设温度值,散热风扇(21)关闭,系统工作于热管自然散热模式;

(4) 夏季或过渡季不需要供暖时,热泵模块(3)关闭,通过温度传感器(16)监测光伏电池组件(11)背板温度,当所述背板温度 $T > a$ 时,其中 $a$ 为系统的预设温度值,散热风扇(21)开启,系统工作于热管强制散热模式;并根据所述背板温度 $T$ 调节风扇开启台数和风扇转速,控制所述背板温度 $T$ 小于 $a$ 。

## 双源复合热泵与光伏热管理一体化系统及其控制方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及太阳能综合能量利用和暖通空调领域,尤其涉及双源复合热泵与光伏热管理一体化系统及其控制方法。

### 背景技术

[0002] 太阳能是一种清洁、高效的可再生能源,充分利用太阳能可切实降低对化石燃料的依赖,缓解能源危机和环境污染问题。太阳能的利用一般分为自然采光、光电(光伏)和光热,其中光电和光热是应用最广泛的形式。近年来发展出的光伏光热一体化(PV/T)技术可综合利用光伏和光热,且降低光伏电池组件背板温度,提高光伏发电效率,切实提高太阳能综合利用效率(其中光伏效率达10%同时光热效率达50%)。

[0003] 现有技术中有一种利用空气-水-制冷剂三介质换热模块综合利用太阳能和空气热量的方案。三介质换热模块内管为水路循环,与太阳能集热器连接;外管为制冷剂循环,与热泵连接;管外带翅片,与空气进行换热。太阳辐射较强时,吸收水路中太阳能热量供热;太阳辐射较弱时,吸收空气中热量用于供热。但该系统存在以下问题:1)该系统只针对光热利用,未考虑光伏电池温度控制问题,非供暖季时光伏电池背板温度异常升高(可到80℃),导致发电效率大幅降低;2)该系统需要水路连接,冬季存在冻结风险和泄漏风险,且系统复杂、集成度低,需要现场施工,施工量大;3)该系统利用翅片管式三介质换热模块,制造困难、造价高。

[0004] 综上,现有技术中缺乏一种供热系统,能够在供暖季同时利用太阳能和空气供热,在非供暖季表面避免背板温度过高的问题,且结构紧凑,可靠性高,造价低,施工量小,维护简便。

### 发明内容

[0005] 本发明提供双源复合热泵与光伏热管理一体化系统及其控制方法,能够在供暖季同时利用太阳能和空气进行供热,提高供热保障率和太阳能利用率;在非供暖季利用热管循环进行光伏热管理,降低背板温度,提高光伏发电效率;同时结构紧凑简洁,能够模块化设计生产,造价低,施工量小。

[0006] 为达到上述目的,本发明采用如下技术方案:

[0007] 双源复合热泵与光伏热管理一体化系统,包括:光伏光热模块、三介质换热模块、热泵模块,光伏光热模块上方安装三介质换热模块,三介质换热模块和光伏光热模块连接并构成一体结构,作为光伏光热一体化组件,三介质换热模块和热泵模块连接。

[0008] 光伏光热模块和三介质换热模块进行热量交换;三介质换热模块和热泵模块进行热量交换。

[0009] 进一步的,光伏光热模块自上而下依次设置玻璃盖板、空气夹层、光伏电池组件、热管集热器、保温层。

[0010] 热管集热器包括上集管、下集管、垂直立管,上集管和下集管通过竖直设置的垂直

立管连接。热管集热器上面安装光伏电池组件,温度传感器紧密安装于光伏电池组件的背面,检测光伏电池组件背板温度。

[0011] 进一步的,三介质换热模块包括散热风扇、第一介质气体集管、第一介质液体集管、第二介质气体集管、第二介质液体集管、第一介质水平管、第二介质水平管和散热翅片。

[0012] 第一介质气体集管和第一介质液体集管通过水平设置的若干组第一介质水平管连接;第一介质水平管内部设置第二介质水平管,第二介质气体集管和第二介质液体集管通过第二介质水平管连接。

[0013] 第二介质气体集管和上集管连接,第二介质液体集管和下集管连接。上集管、下集管、垂直立管、第二介质气体集管、第二介质液体集管、第二介质水平管内部均充注相变工质,构成热管循环。相变工质为制冷剂、水、乙醇或丙酮中的一种。第二介质水平管外部设置散热翅片,沿散热翅片空气流通方向设置若干个散热风扇,散热风扇为直流调速型风扇。

[0014] 进一步的,热泵模块由制冷剂管路上依次设置的压缩机、水冷冷凝器、节流装置构成。

[0015] 压缩机进口与第一介质气体集管连接,节流装置的出口与第一介质液体集管连接,制冷剂管路内部充注制冷剂,构成热泵循环。

[0016] 进一步的,热泵模块与若干组三介质换热模块和光伏光热模块组成的一体化组件并联连接,构成多蒸发器的热泵供热系统。

[0017] 进一步的,垂直立管为铜管、平行流多孔扁管。

[0018] 进一步的,第一介质水平管和第二介质水平管为铜管、平行流多孔扁管。

[0019] 进一步的,热管集热器液体管路中设有驱动工质循环的毛细芯或液泵,构成毛细芯驱动热管循环或液泵驱动热管循环,提高热循环效率。

[0020] 进一步的,三介质换热模块包括散热风扇、第一介质气体集管、第一介质液体集管、第二介质气体集管、第二介质液体集管、第一介质水平管、第二介质水平管和散热翅片。

[0021] 第一介质气体集管和第一介质液体集管通过水平设置的若干组第一介质水平管连接;第一介质水平管内部设置第二介质水平管,第二介质气体集管和第二介质液体集管通过第二介质水平管连接。

[0022] 第二介质气体集管和上集管连接,第二介质液体集管和下集管连接。上集管、下集管、垂直立管、第二介质气体集管、第二介质液体集管、第二介质水平管内部均充注相变工质,构成热管循环。

[0023] 第一介质水平管外部设置散热翅片,沿散热翅片空气流通方向设置若干个散热风扇。

[0024] 本发明还提供了双源复合热泵与光伏热管理一体化系统的控制方法,根据负荷需求和太阳辐射状况,可实现太阳能热泵单独供暖、太阳能-空气源热泵联合供暖、热管自然散热、热管强制散热四种工作模式。

[0025] (1) 冬季需要供暖且太阳辐射较强,供热量足够时,散热风扇关闭,热泵模块运行,热管集热器收集光伏电池组件背板热量,通过热泵模块提升温度后用于供暖,系统工作于太阳能热泵供暖模式;

[0026] (2) 冬季需要供暖但太阳辐射较弱时,供热量不足时,散热风扇开启,热泵模块运行,热泵模块同时吸收光伏电池组件背板热量和空气中热量用于供暖,系统工作于太阳能-

空气源热泵联合供暖模式；

[0027] 当热泵模块和多个光伏光热一体化组件并联供暖,且某个光伏光热一体化组件散热翅片结霜时,可通过阀门切断相应支路,关闭散热风扇,实现太阳能自动除霜；

[0028] (3) 夏季或过渡季不需要供暖时,热泵模块关闭,通过温度传感器监测光伏电池组件11背板温度,当背板温度 $T < a$ 时,其中 $a$ 为系统的预设温度值,散热风扇关闭,系统工作于热管自然散热模式；

[0029] (4) 夏季或过渡季不需要供暖时,热泵模块关闭,通过温度传感器监测光伏电池组件背板温度,当背板温度 $T > a$ 时,其中 $a$ 为系统的预设温度值,散热风扇开启,系统工作于热管强制散热模式；并根据背板温度 $T$ 调节风扇开启台数和风扇转速,控制背板温度 $T$ 小于 $a$ 。

[0030] 本发明具有如下有益效果：

[0031] 本发明利用平行流三介质(制冷剂-相变工质-空气)换热器和热管循环换热器,构成结构紧凑的双热源热泵与光伏热管理一体化系统,通过三介质换热模块减少了换热器个数,可实现模块化设计生产和安装施工,提高产品标准化,降低了成本和占地空间,且无冬季冻结风险；在供暖季时,三介质换热模块作为热泵蒸发器和热管集热器的冷凝器,同时从太阳能和空气中取热,实现了太阳能和空气源热泵联合供热,提高供热保障率和太阳能利用率；在非供暖季时,三介质换热模块作为热管集热器的冷凝器,通过热管循环向空气散热,切实降低背板温度,提高光伏发电效率。

## 附图说明

[0032] 为了更清楚地说明本发明实施例中的技术方案,下面将对实施例中所需要使用的附图作简单地介绍,显而易见地,下面描述中的附图仅仅是本发明的一些实施例,对于本领域普通技术人员来讲,在不付出创造性劳动的前提下,还可以根据这些附图获得其它的附图。

[0033] 图1为本发明的正视图；

[0034] 图2为本发明的结构原理图；

[0035] 图3为光伏光热模块截面图；

[0036] 图4为本发明多个一体化光伏光热模块并联系统图。

[0037] 其中,1—光伏光热模块、11—光伏电池组件、12—热管集热器、121—上集管、122—下集管、123—垂直立管、13—玻璃盖板、14—空气夹层、15—保温层、16—温度传感器、2—三介质换热模块、21—散热风扇、22—第一介质气体集管、23—第一介质液体集管、24—第二介质气体集管、25—第二介质液体集管、26—第一介质水平管、27—第二介质水平管、28—散热翅片、3—热泵模块、31—压缩机、32—水冷冷凝器、33—节流装置。

## 具体实施方式

[0038] 为使本领域技术人员更好地理解本发明的技术方案,下面结合具体实施方式对本发明作进一步详细描述。

[0039] 本发明实施例提供双源复合热泵与光伏热管理一体化系统,如图1所示,包括：

[0040] 光伏光热模块1、三介质换热模块2、热泵模块3,光伏光热模块1上方安装三介质换热模块2。三介质换热模块2和热泵模块3连接并构成一体结构,作为光伏光热一体化组件。

[0041] 如图3所示,光伏光热模块1自上而下依次设置玻璃盖板13、空气夹层14、光伏电池组件11、热管集热器12、保温层15。

[0042] 热管集热器12包括上集管121、下集管122、垂直立管123,上集管121和下集管122通过竖直设置的垂直立管123连接,垂直立管123上下两端分别插入上集管121和下集管122中。热管集热器12上面安装光伏电池组件11,温度传感器16紧密安装于光伏电池组件11的背面,检测光伏电池组件11背板温度。

[0043] 如图2所示,三介质换热模块2包括散热风扇21、第一介质气体集管22、第一介质液体集管23、第二介质气体集管24、第二介质液体集管25、第一介质水平管26、第二介质水平管27和散热翅片28。

[0044] 第一介质气体集管22和第一介质液体集管23通过水平设置的若干组第一介质水平管连接26;第二介质水平管27内部设置第一介质水平管26,第二介质气体集管24和第二介质液体集管25通过第二介质水平管27连接。

[0045] 第二介质气体集管24和上集管121连接,第二介质液体集管25和下集管122连接。第二介质液体集管25和下集管122内部充注相变工质,构成热管循环,相变工质为乙醇。第二介质水平管27外部设置散热翅片28,沿散热翅片28空气流通方向设置若干个散热风扇21,散热风扇21为直流调速型风扇。

[0046] 热泵模块3由制冷剂管路上依次设置的压缩机31、水冷冷凝器32、节流装置构成33。

[0047] 压缩机31进口与第一介质气体集管22连接,节流装置33的出口与第一介质液体集管23连接,制冷剂管路内部充注制冷剂,构成热泵循环。

[0048] 如图4所示,热泵模块3还可以与若干组三介质换热模块2和光伏光热模块1并联连接,构成多蒸发器的热泵供热系统。

[0049] 本发明实施例还提供了本发明所述系统的控制方法,根据负荷需求和太阳辐射状况,可实现太阳能热泵供暖、太阳能-空气源热泵联合供暖、热管自然散热、热管强制散热四种工作模式,如下表所示:

[0050]

季节	条件	工作模式	风扇	热泵模块
供暖季	辐射较强, 太阳能供热量足够 ( $\Phi > L$ )	太阳能热泵	关闭	开启
	辐射较弱, 太阳能供热量足够 ( $\Phi < L$ )	太阳能空气源复合热泵	开启	关闭
非供暖季	光伏电池组件背板温度 $T < a$	热管自然散热	关闭	关闭
	光伏电池组件背板温度 $T > a$	热管强制散热	开启	关闭

[0051] (1) 冬季需要供暖且太阳辐射较强,供热量足够时,散热风扇21关闭,热泵模块3运行。此时热管循环和热泵循环复叠运行,热管集热器12收集光伏电池组件11背板热量,通过三介质换热模块2传递给热泵系统蒸发器,热泵模块3提升温度后用于供暖,系统工作于太

阳能热泵供暖模式；

[0052] (2) 冬季需要供暖但太阳辐射较弱,供热量不足时,散热风扇21开启,热泵模块3运行。热泵系统通过三介质换热模块换热模块2同时吸收光伏电池组件11背板热量和空气中热量用于供暖,系统工作于太阳能-空气源热泵联合供暖模式;若热泵模块3和多个光伏光热一体化组件并联供暖,且某个三介质换热模块2的散热翅片28结霜时,可通过阀门切断相应支路,关闭散热风扇21,实现太阳能自动除霜,无需传统逆向除霜;

[0053] (3) 夏季或过渡季不需要供暖时,热泵模块3关闭,通过温度传感器16监测光伏电池组件11背板温度,当背板温度 $T < a$ 时,其中 $a$ 为系统的预设温度值,约为 $25^{\circ}\text{C}$ ,散热风扇21关闭,热管集热器收集光伏组件背板热量,并通过三介质换热模块2把热量散到空气中,系统工作于热管自然散热模式;

[0054] (4) 夏季或过渡季不需要供暖时,热泵模块3关闭,通过温度传感器16监测光伏电池组件11背板温度,当背板温度 $T > a$ 时,其中 $a$ 为系统的预设温度值,散热风扇21开启,系统工作于热管强制散热模式;并根据背板温度 $T$ 调节风扇开启台数和风扇转速,控制背板温度 $T$ 小于 $a$ 。

[0055] 本发明的有益效果是:

[0056] 本发明利用平行流三介质(制冷剂-相变工质-空气)换热器和热管循环换热器,构成结构紧凑的双热源热泵与光伏热管理一体化系统,通过三介质换热模块换热模块减少了换热器个数,可实现模块化设计生产和安装施工,提高产品标准化,降低了成本和占地空间;在供暖季时,三介质换热模块作为热泵蒸发器和热管集热器的冷凝器,同时从太阳能和空气中取热,实现了太阳能和空气源热泵联合供热,提高供热保障率和太阳能利用率;在非供暖季时,三介质换热模块作为热管集热器的冷凝器,通过热管循环向空气散热,切实降低背板温度,提高光伏发电效率;

[0057] 该系统为热管循环和直膨式热泵复叠系统,传热环节少,传热效率高,可充分利用光伏背板热量,且系统中无水路,避免了冬季冻结和管路泄漏风险,提高了系统可靠性;

[0058] 三介质换热模块和光伏光热模块为模块化一体构造,结构紧凑简洁,通过三介质换热模块减少了换热器个数,可实现模块化设计生产和安装施工,提高产品标准化,降低了成本和占地空间,且现场只需要连接制冷剂管路,降低了现场施工量;

[0059] 若热泵模块和多个光伏光热一体化组件并联供暖,且在某个三介质换热模块散热翅片结霜时,可通过阀门切断相应支路,关闭散热风扇,实现太阳能热量通过热管循环为翅片自动除霜,避免了热泵系统复杂的除霜设计,以及传统逆向除霜带来的能量损失和不舒适性问题。

[0060] 以上所述,仅为本发明的具体实施方式,但本发明的保护范围并不局限于此,任何熟悉本技术领域的技术人员在本发明揭露的技术范围内,可轻易想到的变化或替换,都应涵盖在本发明的保护范围之内。因此,本发明的保护范围应该以权利要求的保护范围为准。



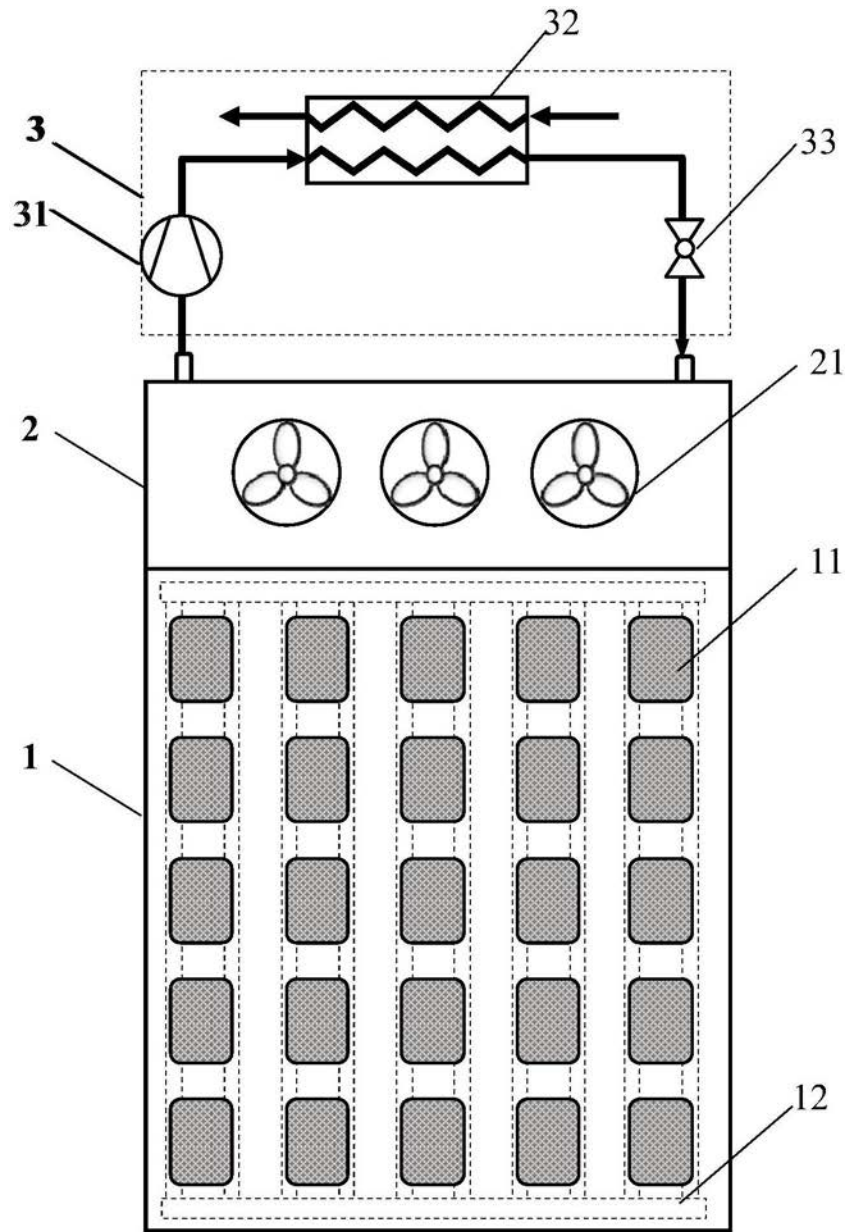


图1

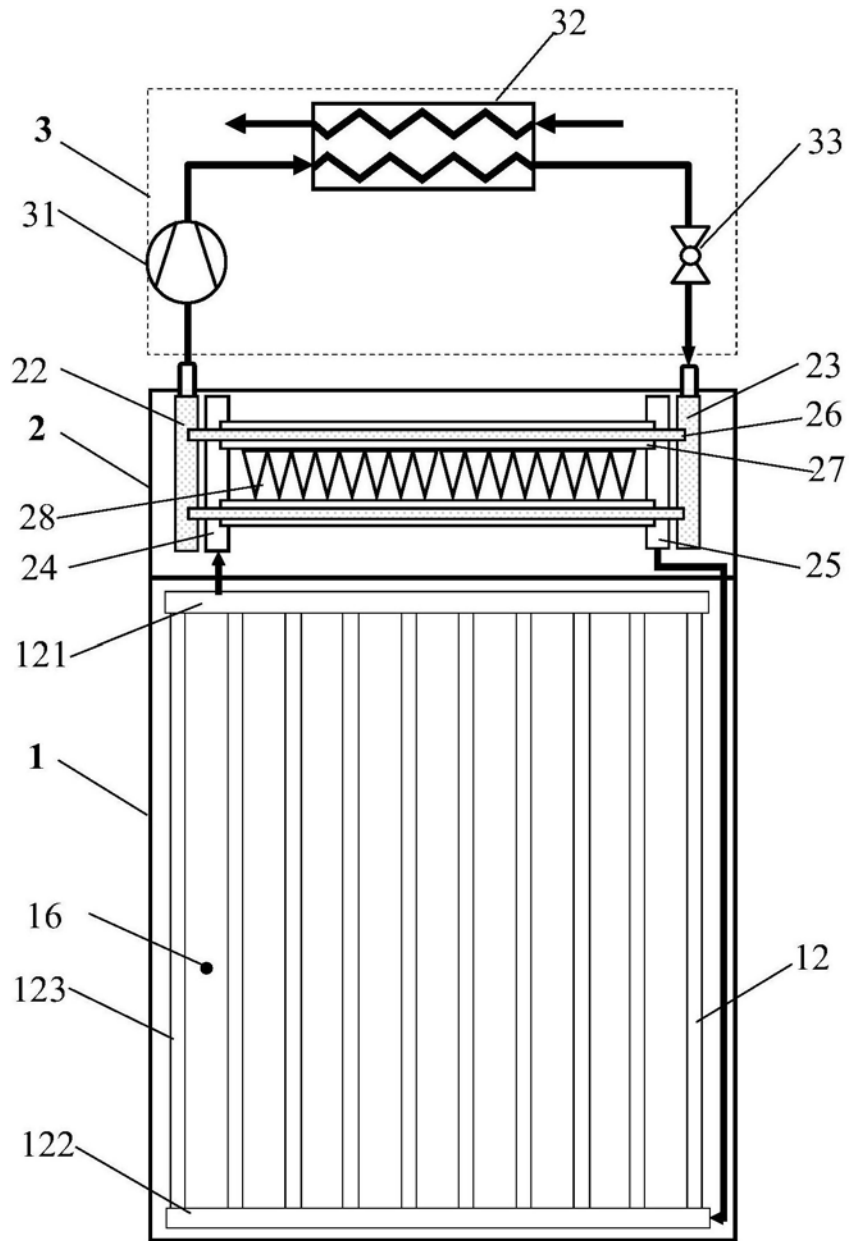


图2

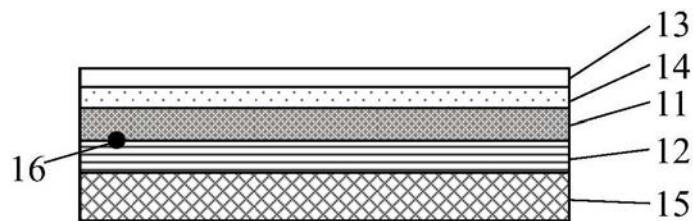


图3

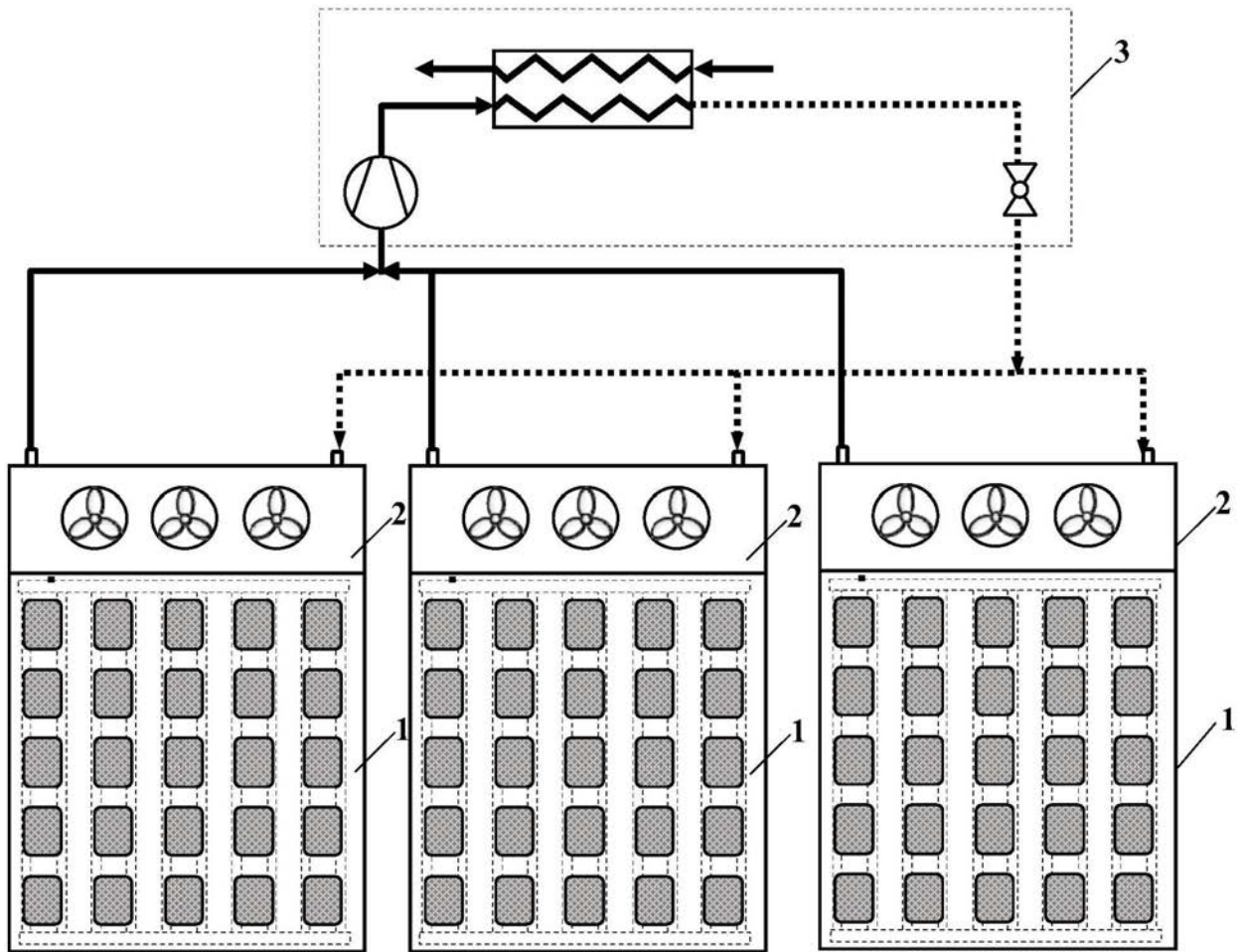


图4