(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 110149095 A
(43)申请公布日 2019.08.20

(21)申请号 201910527215.1

(22)申请日 2019.06.18

(71)申请人 东北林业大学
地址 150040 黑龙江省哈尔滨市香坊区和兴路26号

(72)发明人 王松庆 宓雪 刘丽芳 贺士晶

(74)专利代理机构 哈尔滨市松花江专利商标事务所 23109
代理人 侯静

(51)Int.Cl.
H02S 40/42(2014.01)
H02S 40/44(2014.01)
F24D 17/00(2006.01)
F24D 19/10(2006.01)

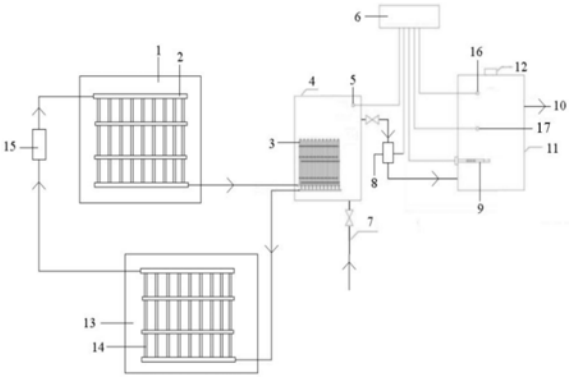
权利要求书1页 说明书6页 附图1页

(54)发明名称

一种利用毛细管回收废热的太阳能光伏光热一体化系统

(57)摘要

一种利用毛细管回收废热的太阳能光伏光热一体化系统，涉及一种太阳能光伏光热一体化系统。本发明是要解决现有的太阳能光伏板的温度严重制约着自身的光电转化效率，且太阳能光伏板产生的热量浪费的技术问题。本发明利用毛细管网作为换热器为太阳能光伏板降温，另外，水的比热大，与空气相比水作为降温介质极大地提高了传热效率。本发明在利用热量的过程中，一方面与城市上水系统换热制备生活热水，减少了建筑能耗；另一方面加热植物根部以促进植物的生长发育，应用于城市美化。本发明系统性能较优，在冷却单位面积光伏板后，光伏板的发电效率提高10％以上。



CN 110149095 A

1.一种利用毛细管回收废热的太阳能光伏光热一体化系统,其特征在于利用毛细管回收废热的太阳能光伏光热一体化系统是由太阳能光伏板(1)、第一毛细管网(2)、第二毛细管网(3)、换热水箱(4)、第一水位传感器(5)、控制器(6)、第一水泵(8)、电加热器(9)、加热水箱(11)、温度压力安全阀(12)、第三毛细管网(14)、第二水泵(15)、第二水位传感器(16)和温度传感器(17)组成;

所述的第一毛细管网(2)固定在太阳能光伏板(1)的外壁,第一毛细管网(2)的出水口与第二毛细管网(3)的进水口连通,第二毛细管网(3)的出水口与第三毛细管网(14)的进水口连通,第三毛细管网(14)的出水口与第一毛细管网(2)的进水口连通,第三毛细管网(14)的出水口与第一毛细管网(2)的进水口之间的管路上设置第二水泵(15);

第二毛细管网(3)设置在换热水箱(4)中,换热水箱(4)上设置自来水进水管(7),换热水箱(4)内设置第一水位传感器(5),第一水位传感器(5)的信号输出端与控制器(6)的信号输入端连接,换热水箱(4)的出水口与加热水箱(11)的进水口连通,换热水箱(4)的出水口与加热水箱(11)的进水口之间的管路上设置第一水泵(8),加热水箱(11)内设置电加热器(9)、温度传感器(17)和第二水位传感器(16),且电加热器(9)、温度传感器(17)和第二水位传感器(16)的信号输出端分别与控制器(6)的信号输入端连接,加热水箱(11)上设置温度压力安全阀(12)和出水管(10);所述的第三毛细管网(14)埋于植被的土壤(13)中。

2.根据权利要求1所述的一种利用毛细管回收废热的太阳能光伏光热一体化系统,其特征在于所述的第一毛细管网(2)的主管的外径为20mm,壁厚为2mm;所述的第一毛细管网(2)的毛细管的外径为4.3mm,壁厚为0.8mm。

3.根据权利要求1所述的一种利用毛细管回收废热的太阳能光伏光热一体化系统,其特征在于所述的第二毛细管网(3)的主管的外径为20mm,壁厚为2mm;所述的第一毛细管网(2)的毛细管的外径为4.3mm,壁厚为0.8mm。

4.根据权利要求1所述的一种利用毛细管回收废热的太阳能光伏光热一体化系统,其特征在于所述的第三毛细管网(14)的主管的外径为20mm,壁厚为2mm;所述的第一毛细管网(2)的毛细管的外径为4.3mm,壁厚为0.8mm。

5.根据权利要求1所述的一种利用毛细管回收废热的太阳能光伏光热一体化系统,其特征在于换热水箱(4)的出水口与加热水箱(11)的进水口之间的管路上设置阀门。

一种利用毛细管回收废热的太阳能光伏光热一体化系统

技术领域

[0001] 本发明涉及一种太阳能光伏光热一体化系统。

背景技术

[0002] 由于化石能源危机和环境污染问题日益严重，可再生能源的开发和利用逐渐成为人们的研究热点。地球上可利用的能源有99.98％来自于太阳能，太阳能光伏电池依靠其输入光能的储量无限性特点，在国内外越来越受到人们的青睐。但在其应用过程中，太阳能电池的发电效率会随着电池表面温度的升高而降低，因此有专家提出回收这部分使光伏板温度升高的热量。理论研究表明，单晶硅太阳电池在0℃时的最大理论转换效率仅有30％左右，而且光伏电池的温度严重制约着自身的光电转化效率。在光强一定的条件下，当硅电池自身温度升高时其输出功率将下降，研究表明，光伏电池组件温度每升高1℃，光电转化效率降低0.5％。在实际应用中，标准条件下硅电池转换效率约为12％～17％，照射到电池表面上的83％以上的太阳能未能转换为有用能量，且有相当一部分能量转化成为热能，使电池温度升高，导致电池效率下降。

[0003] 为尽可能使电池效率保持在较高水平，可以在电池背面敷设流体通道带走热量以降低电池温度。早期研究一般用空冷面板冷却太阳能电池，但空气比热小，热吸收效率低，空气工质收集到的热量又比较分散，难以利用，如果直接排入环境又造成部分热能的浪费。因此，一些国家加强了对冷却方法和余热利用的研究，用水作为冷却介质进行传热，但在选择换热装置时往往伴随着成本的增加，换热和冷却效果十分有限，同时系统性能受外界环境影响很大，这些都在一定程度上影响了一体化技术的发展和推广。

[0004] 近年来，屋顶绿化成为改善城市生态环境的新选择。屋顶种植除了能改善城市环境面貌，提高市民生活和工作环境质量，还能保温隔热，降低室内冷负荷，节约能源，同时保护建筑物顶部，延长屋顶建材使用寿命。屋顶绿化美观整洁、节能减排，越来越受到人们的欢迎。植物的根温可以直接影响植物生长，且植物根部适宜生长温度一般为20℃～30℃。低根温减少水分吸收，降低了根部的矿质吸收速率，降低内源生长素含量；土壤温度过高又极易出现根系早衰的情况，最终导致植株早衰。由此可见，维持屋顶植物的根温在合理范围具有重要意义。

发明内容

[0005] 本发明是要解决现有的太阳能光伏板的温度严重制约着自身的光电转化效率，且太阳能光伏板产生的热量浪费的技术问题，而提供一种利用毛细管回收废热的太阳能光伏光热一体化系统。

[0006] 本发明的利用毛细管回收废热的太阳能光伏光热一体化系统是由太阳能光伏板1、第一毛细管网2、第二毛细管网3、换热水箱4、第一水位传感器5、控制器6、第一水泵8、电加热器9、加热水箱11、温度压力安全阀12、第三毛细管网14、第二水泵15、第二水位传感器16和温度传感器17组成；

[0007] 所述的第一毛细管网2固定在太阳能光伏板1的外壁，第一毛细管网2的出水口与第二毛细管网3的进水口连通，第二毛细管网3的出水口与第三毛细管网14的进水口连通，第三毛细管网14的出水口与第一毛细管网2的进水口连通，第三毛细管网14的出水口与第一毛细管网2的进水口之间的管路上设置第二水泵15；

[0008] 第二毛细管网3设置在换热水箱4中，换热水箱4上设置自来水进水管7，换热水箱4内设置第一水位传感器5，第一水位传感器5的信号输出端与控制器6的信号输入端连接，换热水箱4的出水口与加热水箱11的进水口连通，换热水箱4的出水口与加热水箱11的进水口之间的管路上设置第一水泵8，加热水箱11内设置电加热器9、温度传感器17和第二水位传感器16，且电加热器9、温度传感器17和第二水位传感器16的信号输出端分别与控制器6的信号输入端连接，加热水箱11上设置温度压力安全阀12和出水管10；所述的第三毛细管网14埋于植被的土壤13中。

[0009] 本发明设计了一套利用毛细管回收废热技术的太阳能光伏光热一体化系统，该系统分为吸热系统和放热系统两部分。吸热系统主要由太阳能光伏板1和给它降温的第二毛细管网3组成。太阳能光伏板1因太阳长时间照射表面温度不断上升，第二毛细管网3内的流动水能源源不断地将太阳能光伏板1的热量带走，降低了太阳能光伏板1表面的温度，以维持其相对较高的发电效率。

[0010] 放热系统又分为一次放热和二次放热：一次放热是指将从太阳能光伏板1吸收来的热量与城市上水在换热水箱4中进行换热制备生活热水(城市上水通过自来水进水管7进入换热水箱4，生活热水通过出水管10从加热水箱11引出)，当此过程制备的生活热水的温度无法达到用户需求时，可将利用加热水箱11的电加热器9进行加热以达到用户需求；二次放热是指将一次放热后带有余温的冷却水流过植被的土壤13中，调控植物根部达到稳定温度以促进植物的生长发育。由于毛细管体积小、重量轻、成本低、换热效率高，所以吸热及放热系统皆采用毛细管作为换热器。整个系统由水泵提供动力。

[0011] 本发明在换热水箱4和加热水箱11中，水温和水位皆由控制器6智能控制，以实现建筑设备自动化调控和管理，节省人力物力。

[0012] 本发明在二次放热系统依旧采用毛细管网作为放热装置，由于种满植被的肥沃土壤热量传输得慢又少，而且土层越深，土壤温度受外界温度的影响越小。此处的毛细管埋于植被及土层下，因此放热过程随环境温度变化影响小，可以充分放热，有效维持了系统的稳定循环运行。本发明根据太阳能光伏板1所在的位置，就近选择植被的位置，可以是屋顶的植被也可以是地面的植被。经过二次放热后的冷却水经过第二水泵15再次回到第一毛细管网2对太阳能光伏板1进行降温，以次循环。

[0013] 本发明的优点：

[0014] 1)本发明以清洁能源太阳能为主要能源应用于建筑中，一部分直接利用照射在光伏板的太阳光进行光伏发电；另一部分收集并利用因太阳直射光伏板而产生的热量，减少了建筑能耗；

[0015] 2)本发明在吸热和放热系统皆采用体积小、重量轻、成本低、换热效率高的毛细管网作为换热装置，同时采用比热较大的水作为传热介质，极大地增强了传热效果，保证太阳能的光电转换效率；

[0016] 3)本发明中被光伏板加热的冷却水在与生活用水换热后，又辅助植物生长，以实

现废热的多级利用。

[0017] 经实验研究，本发明的利用毛细管回收废热的太阳能光伏光热一体化系统性能较优，在冷却单位面积光伏板后，光伏板的发电效率提高10％以上，一次放热系统的节电量为263.90W，二次放热系统的节电量为121.48W，节能效果良好。

[0018] 与以往的研究成果相比，本系统降低了光伏板温度，解决了在阳光直射下，处于高温环境的太阳能光伏板发电效率降低的问题；设置一次和二次放热系统，解决了光伏板周围余热废热难以收集利用的问题；采用毛细管网作为吸热和放热系统的换热装置，缓解了以往系统在选择换热装置时，往往伴随着成本的增加，换热和冷却效果十分有限的问题；设置加热水箱11维持热水温度恒定，以及在一定厚度的土层下设置毛细官网，缓解了系统性能受外界环境影响很大的问题，大大优化了系统方案，并通过实验证明具有一定的经济性和可行性。

[0019] 当下我国太阳能发电产业快速成长，已经启动了大型光伏电站、光热电站、分布式光伏发电及离网光伏系统等多元化的太阳能发电市场。利用毛细管回收废热的太阳能光伏光热一体化系统，一为国内广大太阳能发电市场的高效运行提供保障，二利用余热废热提供生活所需。

[0020] 随着研究的深入，在未来的光伏光热一体化系统中，吸热及放热系统(装置)将与自动控制装置有效结合，使结构设计逐步趋于完美，并可能走进千万座住宅、公共建筑，节能减排，造福全民。

[0021] 本发明利用毛细管网作为换热器为太阳能光伏板降温，由于毛细管体积小，重量轻，成本低，并且其管径小而增大了传热面积，具有良好的经济效益。另外，水的比热大，与空气相比水作为降温介质极大地提高了传热效率。本发明基于冷辐射毛细管的应用，设计了光伏光热一体化系统，该系统结构独特、安装方便、运行调节相对简单。在利用热量的过程中，一方面与城市上水系统换热制备生活热水，减少了建筑能耗；另一方面加热植物根部以促进植物的生长发育，应用于城市美化。综上，本发明中利用毛细管回收光伏板的废热的太阳能光伏光热一体化系统在我国具有比较广大的应用前景，可促进太阳能大规模发电的普及和完善，进一步降低建筑能耗，实现节能减排。

[0022] 本发明从选择拥有良好传热性能的毛细管网作为换热装置出发，设计的太阳能发电同时制备热水的一体化系统，既能降低光伏电池组件的温度，提高光伏电池的光电转化效率，又能够向外提供热能，从而获得双重收益，极大地提高了太阳能的综合性能效率。

附图说明

[0023] 图1为具体实施方式一的利用毛细管回收废热的太阳能光伏光热一体化系统的示意图。

具体实施方式

[0024] 具体实施方式一：本实施方式为一种利用毛细管回收废热的太阳能光伏光热一体化系统，如图1所示，具体是由太阳能光伏板1、第一毛细管网2、第二毛细管网3、换热水箱4、第一水位传感器5、控制器6、第一水泵8、电加热器9、加热水箱11、温度压力安全阀12、第三毛细管网14、第二水泵15、第二水位传感器16和温度传感器17组成；

[0025] 所述的第一毛细管网2固定在太阳能光伏板1的外壁，第一毛细管网2的出水口与第二毛细管网3的进水口连通，第二毛细管网3的出水口与第三毛细管网14的进水口连通，第三毛细管网14的出水口与第一毛细管网2的进水口连通，第三毛细管网14的出水口与第一毛细管网2的进水口之间的管路上设置第二水泵15；

[0026] 第二毛细管网3设置在换热水箱4中，换热水箱4上设置自来水进水管7，换热水箱4内设置第一水位传感器5，第一水位传感器5的信号输出端与控制器6的信号输入端连接，换热水箱4的出水口与加热水箱11的进水口连通，换热水箱4的出水口与加热水箱11的进水口之间的管路上设置第一水泵8，加热水箱11内设置电加热器9、温度传感器17和第二水位传感器16，且电加热器9、温度传感器17和第二水位传感器16的信号输出端分别与控制器6的信号输入端连接，加热水箱11上设置温度压力安全阀12和出水管10；所述的第三毛细管网14埋于植被的土壤13中。

[0027] 本实施方式设计了一套利用毛细管回收废热技术的太阳能光伏光热一体化系统，该系统分为吸热系统和放热系统两部分。吸热系统主要由太阳能光伏板1和给它降温的第二毛细管网3组成。太阳能光伏板1因太阳长时间照射表面温度不断上升，第二毛细管网3内的流动水能源源不断地将太阳能光伏板1的热量带走，降低了太阳能光伏板1表面的温度，以维持其相对较高的发电效率。

[0028] 放热系统又分为一次放热和二次放热：一次放热是指将从太阳能光伏板1吸收来的热量与城市上水在换热水箱4中进行换热制备生活热水(城市上水通过自来水进水管7进入换热水箱4，生活热水通过出水管10从加热水箱11引出)，当此过程制备的生活热水的温度无法达到用户需求时，可将利用加热水箱11的电加热器9进行加热以达到用户需求；二次放热是指将一次放热后带有余温的冷却水流过植被的土壤13中，调控植物根部达到稳定温度以促进植物的生长发育。由于毛细管体积小、重量轻、成本低、换热效率高，所以吸热及放热系统皆采用毛细管作为换热器。整个系统由水泵提供动力。

[0029] 本实施方式在换热水箱4和加热水箱11中，水温和水位皆由控制器6智能控制，以实现建筑设备自动化调控和管理，节省人力物力。

[0030] 本实施方式在二次放热系统依旧采用毛细管网作为放热装置，由于种满植被的肥沃土壤热量传输得慢又少，而且土层越深，土壤温度受外界温度的影响越小。此处的毛细管埋于植被及土层下，因此放热过程随环境温度变化影响小，可以充分放热，有效维持了系统的稳定循环运行。本发明根据太阳能光伏板1所在的位置，就近选择植被的位置，可以是屋顶的植被也可以是地面的植被。经过二次放热后的冷却水经过第二水泵15再次回到第一毛细管网2对太阳能光伏板1进行降温，以次循环。

[0031] 本实施方式的优点：

[0032] 1)本实施方式以清洁能源太阳能为主要能源应用于建筑中，一部分直接利用照射在光伏板的太阳光进行光伏发电；另一部分收集并利用因太阳直射光伏板而产生的热量，减少了建筑能耗；

[0033] 2)本实施方式在吸热和放热系统皆采用体积小、重量轻、成本低、换热效率高的毛细管网作为换热装置，同时采用比热较大的水作为传热介质，极大地增强了传热效果，保证太阳能的光电转换效率；

[0034] 3)本实施方式中被光伏板加热的冷却水在与生活用水换热后，又辅助植物生长，

以实现废热的多级利用。

[0035] 经实验研究，本实施方式的利用毛细管回收废热的太阳能光伏光热一体化系统性能较优，在冷却单位面积光伏板后，光伏板的发电效率提高10％以上。

[0036] 与以往的研究成果相比，本系统降低了光伏板温度，解决了在阳光直射下，处于高温环境的太阳能光伏板发电效率降低的问题；设置一次和二次放热系统，解决了光伏板周围余热废热难以收集利用的问题；采用毛细管网作为吸热和放热系统的换热装置，缓解了以往系统在选择换热装置时，往往伴随着成本的增加，换热和冷却效果十分有限的问题；设置加热水箱11维持热水温度恒定，以及在一定厚度的土层下设置毛细官网，缓解了系统性能受外界环境影响很大的问题，大大优化了系统方案，并通过实验证明具有一定的经济性和可行性。

[0037] 具体实施方式二：本实施方式与具体实施方式一不同的是：所述的第一毛细管网2的主管的外径为20mm，壁厚为2mm；所述的第一毛细管网2的毛细管的外径为4.3mm，壁厚为0.8mm。其他与具体实施方式一相同。

[0038] 具体实施方式三：本实施方式与具体实施方式一或二不同的是：所述的第二毛细管网3的主管的外径为20mm，壁厚为2mm；所述的第一毛细管网2的毛细管的外径为4.3mm，壁厚为0.8mm。其他与具体实施方式一或二相同。

[0039] 具体实施方式四：本实施方式与具体实施方式一至三之一不同的是：所述的第三毛细管网14的主管的外径为20mm，壁厚为2mm；所述的第一毛细管网2的毛细管的外径为4.3mm，壁厚为0.8mm。其他与具体实施方式一至三之一相同。

[0040] 具体实施方式五：本实施方式与具体实施方式四不同的是：换热水箱4的出水口与加热水箱11的进水口之间的管路上还需设置阀门。其他与具体实施方式四相同。

[0041] 用以下试验对本发明进行验证：

[0042] 试验一：本试验为一种利用毛细管回收废热的太阳能光伏光热一体化系统，如图1所示，具体是由太阳能光伏板1、第一毛细管网2、第二毛细管网3、换热水箱4、第一水位传感器5、控制器6、第一水泵8、电加热器9、加热水箱11、温度压力安全阀12、第三毛细管网14、第二水泵15、第二水位传感器16和温度传感器17组成；

[0043] 所述的第一毛细管网2固定在太阳能光伏板1的外壁，第一毛细管网2的出水口与第二毛细管网3的进水口连通，第二毛细管网3的出水口与第三毛细管网14的进水口连通，第三毛细管网14的出水口与第一毛细管网2的进水口连通，第三毛细管网14的出水口与第一毛细管网2的进水口之间的管路上设置第二水泵15；

[0044] 第二毛细管网3设置在换热水箱4中，换热水箱4上设置自来水进水管7，换热水箱4内设置第一水位传感器5，第一水位传感器5的信号输出端与控制器6的信号输入端连接，换热水箱4的出水口与加热水箱11的进水口连通，换热水箱4的出水口与加热水箱11的进水口之间的管路上设置第一水泵8，加热水箱11内设置电加热器9、温度传感器17和第二水位传感器16，且电加热器9、温度传感器17和第二水位传感器16的信号输出端分别与控制器6的信号输入端连接，加热水箱11上设置温度压力安全阀12和出水管10；所述的第三毛细管网14埋于植被的土壤13中。

[0045] 本试验设计了一套利用毛细管回收废热技术的太阳能光伏光热一体化系统，该系统分为吸热系统和放热系统两部分。吸热系统主要由太阳能光伏板1和给它降温的第二毛

细管网3组成。太阳能光伏板1因太阳长时间照射表面温度不断上升，第二毛细管网3内的流动水能源源不断地将太阳能光伏板1的热量带走，降低了太阳能光伏板1表面的温度，以维持其相对较高的发电效率。

[0046] 放热系统又分为一次放热和二次放热：一次放热是指将从太阳能光伏板1吸收来的热量与城市上水在换热水箱4中进行换热制备生活热水(城市上水通过自来水进水管7进入换热水箱4，生活热水通过出水管10从加热水箱11引出)，当此过程制备的生活热水的温度无法达到用户需求时，可将利用加热水箱11的电加热器9进行加热以达到用户需求；二次放热是指将一次放热后带有余温的冷却水流过植被的土壤13中，调控植物根部达到稳定温度以促进植物的生长发育。由于毛细管体积小、重量轻、成本低、换热效率高，所以吸热及放热系统皆采用毛细管作为换热器。整个系统由水泵提供动力。

[0047] 本试验在换热水箱4和加热水箱11中，水温和水位皆由控制器6智能控制，以实现建筑设备自动化调控和管理，节省人力物力。

[0048] 本试验在二次放热系统依旧采用毛细管网作为放热装置，由于种满植被的肥沃土壤热量传输得慢又少，而且土层越深，土壤温度受外界温度的影响越小。此处的毛细管埋于植被及土层下，因此放热过程随环境温度变化影响小，可以充分放热，有效维持了系统的稳定循环运行。本发明根据太阳能光伏板1所在的位置，就近选择植被的位置，可以是屋顶的植被也可以是地面的植被。经过二次放热后的冷却水经过第二水泵15再次回到第一毛细管网2对太阳能光伏板1进行降温，以次循环。

[0049] 本试验的优点：

[0050] 1)本实施方式以清洁能源太阳能为主要能源应用于建筑中，一部分直接利用照射在光伏板的太阳光进行光伏发电；另一部分收集并利用因太阳直射光伏板而产生的热量，减少了建筑能耗；

[0051] 2)本实施方式在吸热和放热系统皆采用体积小、重量轻、成本低、换热效率高的毛细管网作为换热装置，同时采用比热较大的水作为传热介质，极大地增强了传热效果，保证太阳能的光电转换效率；

[0052] 3)本实施方式中被光伏板加热的冷却水在与生活用水换热后，又辅助植物生长，以实现废热的多级利用。

[0053] 经实验研究，本试验的利用毛细管回收废热的太阳能光伏光热一体化系统性能较优，在冷却单位面积光伏板后，光伏板的发电效率提高10％以上。

[0054] 与以往的研究成果相比，本系统降低了光伏板温度，解决了在阳光直射下，处于高温环境的太阳能光伏板发电效率降低的问题；设置一次和二次放热系统，解决了光伏板周围余热废热难以收集利用的问题；采用毛细管网作为吸热和放热系统的换热装置，缓解了以往系统在选择换热装置时，往往伴随着成本的增加，换热和冷却效果十分有限的问题；设置加热水箱11维持热水温度恒定，以及在一定厚度的土层下设置毛细官网，缓解了系统性能受外界环境影响很大的问题，大大优化了系统方案，并通过实验证明具有一定的经济性和可行性。

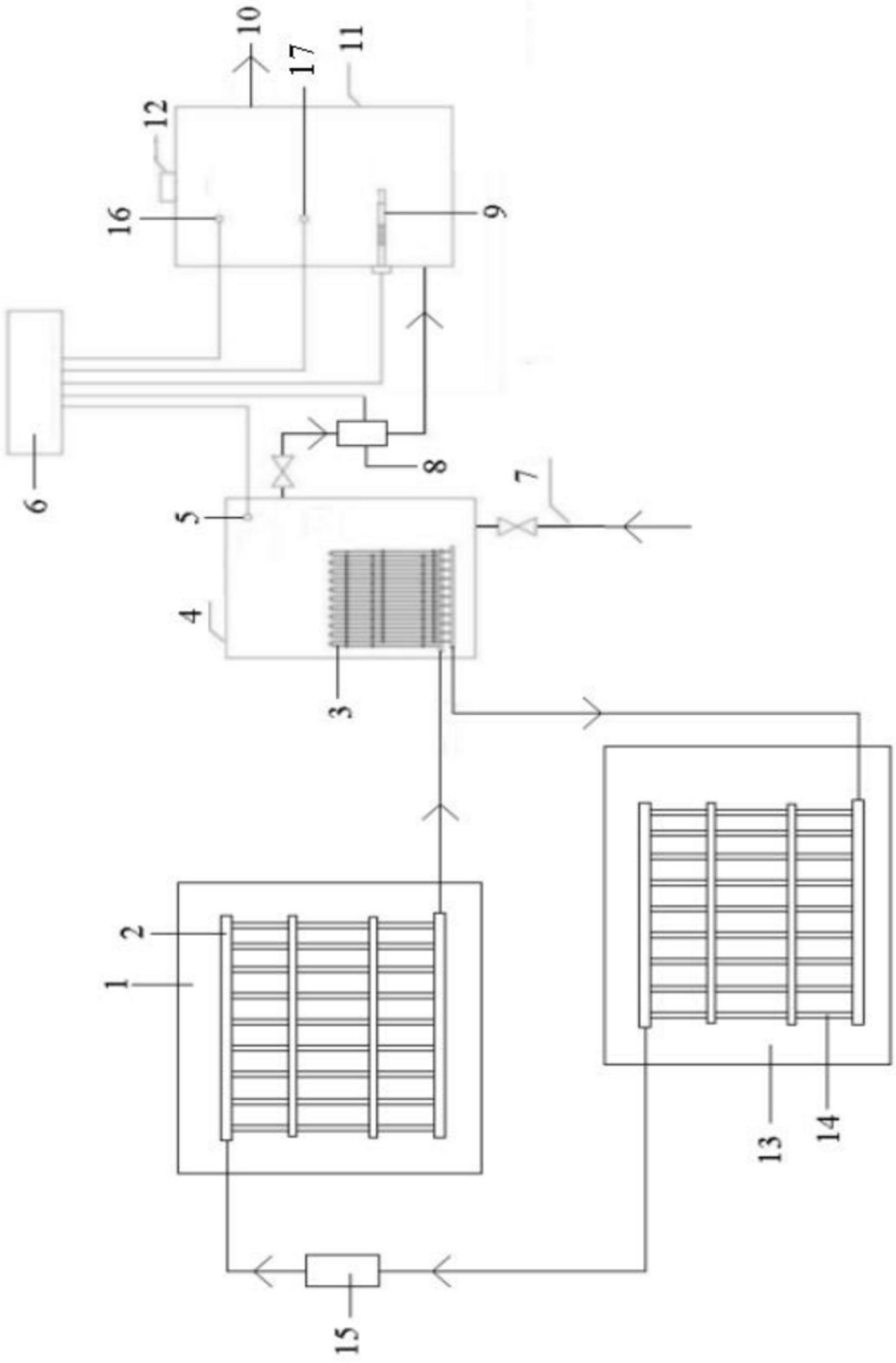


图1