



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 109464885 A

(43)申请公布日 2019.03.15

(21)申请号 201811140176.1

F26B 21/08(2006.01)

(22)申请日 2018.09.28

F24S 60/00(2018.01)

(71)申请人 浙江大学

地址 310058 浙江省杭州市西湖区余杭塘路866号

(72)发明人 张春伟 张学军 邱利民 赵阳

(74)专利代理机构 杭州求是专利事务有限公司 33200

代理人 傅朝栋 张法高

(51) Int. Cl.

B01D 53/26(2006.01)

B01D 53/06(2006.01)

F24S 20/40(2018.01)

F28D 15/02(2006.01)

F25B 40/06(2006.01)

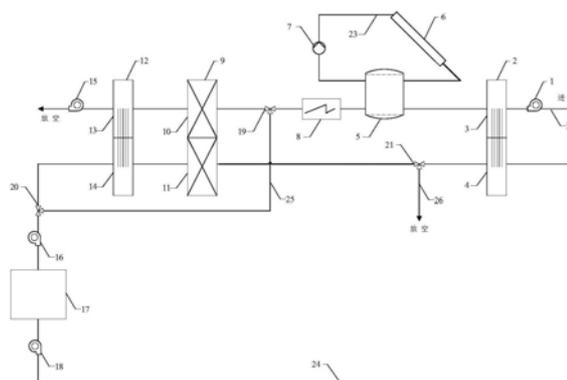
权利要求书2页 说明书5页 附图1页

(54)发明名称

一种双级回热太阳能驱动转轮干燥系统及其运行方法

(57)摘要

本发明公开了一种双级回热太阳能驱动转轮干燥系统及其运行方法。系统包括再生空气进口风机、第一热管回热器、储热器、太阳能集热器、循环工质泵、辅助电加热器、转轮除湿器、第二热管回热器、再生空气出口风机、干燥室进口风机、干燥室、干燥室出口风机等。转轮干燥系统通过太阳能光热驱动,并采用储热技术,克服太阳能间歇性缺点,减少能源消耗,同时设置辅助电加热器,保证系统稳定性。采用双级回热技术,最大化能量利用率。此外,系统具有开式和闭式两种运行模式,可针对干燥需求及工况条件进行调整,应用范围广。



1. 一种双级回热太阳能驱动转轮干燥系统,其特征在於:包括再生空气进口风机(1)、第一热管回热器(2)、储热器(5)、太阳能集热器(6)、循环工质泵(7)、辅助电加热器(8)、转轮除湿器(9)、第二热管回热器(12)、再生空气出口风机(15)、干燥室进口风机(16)、干燥室(17)、干燥室出口风机(18);整个系统分为太阳能储热系统、再生空气系统与除湿空气系统;对于太阳能储热系统,通过循环工质通道(23)将太阳能集热器(6)、储热器(5)、循环工质泵(7)顺次首尾相连,从而构成太阳能储热循环;对于再生空气系统,再生空气管道(22)自进气口开始,依次连接再生空气进口风机(1)、第一热管回热器(2)的再生空气通道(3)、储热器(5)、辅助电加热器(8)、第一三通阀(19)、转轮除湿器(9)的再生空气通道(10)、第二热管回热器(12)的再生空气通道(13)和再生空气出口风机(15)后放空,从而构成开式转轮再生空气流路;对于除湿空气系统,通过除湿空气管道(24)将干燥室出口风机(18)、第一热管回热器(2)的除湿空气通道(4)、第三三通阀(21)、转轮除湿器(9)的除湿空气通道(11)、第二热管回热器(12)的除湿空气通道(14)、第二三通阀(20)、干燥室进口风机(16)、干燥室(17)顺次首尾相连,从而构成闭式转轮除湿空气流路;此外,在再生空气系统与除湿空气系统之间,还设有一条中间空气通道(25),中间空气通道(25)的两端分别连接第一三通阀(19)和第二三通阀(20),通过第一三通阀(19)和第二三通阀(20)控制其开启;除湿空气管道(24)还连接空气排空通道(26),通过第三三通阀(21)控制其开启。

2. 根据权利要求1所述的一种双级回热太阳能驱动转轮干燥系统,其特征在於:系统内回热器,即第一热管回热器(2)和第二热管回热器(12)选用热管型空气换热器。

3. 根据权利要求1所述的一种双级回热太阳能驱动转轮干燥系统,其特征在於:第一热管回热器(2)的再生空气通道(3)设置在再生空气进口风机(1)和储热器(5)之间;第一热管回热器(2)的除湿空气通道(4)设置在转轮除湿器(9)和干燥室出口风机(18)之间。

4. 根据权利要求1所述的一种双级回热太阳能驱动转轮干燥系统,其特征在於:第二热管回热器(12)的再生空气通道(13)设置在转轮除湿器(9)和再生空气出口风机(15)之间;第二热管回热器(12)的除湿空气通道(14)设置在转轮除湿器(9)和干燥室进口风机(16)之间。

5. 根据权利要求1所述的一种双级回热太阳能驱动转轮干燥系统,其特征在於:第一热管回热器(2)的蒸发端连接除湿空气管道(24),第一热管回热器(2)的冷凝端连接再生空气管道(22);第二热管回热器(12)的冷凝端连接除湿空气管道(24),第二热管回热器(12)的蒸发端连接再生空气管道(22)。

6. 根据权利要求1所述的一种双级回热太阳能驱动转轮干燥系统,其特征在於:储热器(5)内部装有储热材料,并通过循环工质将太阳能集热器(6)的热量导入。

7. 根据权利要求1所述的一种双级回热太阳能驱动转轮干燥系统,其特征在於:储热器(5)后设有辅助电加热器(8),辅助电加热器(8)只有在储热器(5)和第二热管回热器(12)供热不足时,才进行工作。

8. 一种利用权利要求1所述转轮干燥系统的运行方法,其特征在於,包括闭式运行和开式运行两种模式;所述的太阳能储热系统在开式运行或闭式运行模式下均需工作,具体步骤如下:太阳能集热器(6)吸收热量,加热其内部的循环工质,加热后的工质在循环工质泵(7)的作用下,沿循环工质通道(23)流入储热器(5)并对其内部的储热材料进行放热,放热后的循环工质温度降低,在循环工质泵(7)的作用下继续进入太阳能集热器(6)吸热,不断

循环；

所述的闭式运行模式具体如下：

在闭式运行模式下，第一三通阀 (19) 连通再生空气管道 (22)，第二三通阀 (20) 和第三三通阀 (21) 连通除湿空气管道 (24)；在所述再生空气系统中，再生空气首先通过再生空气进口风机 (1) 进入再生空气管道 (22)，随后进入第一热管回热器 (2) 的再生空气通道 (3)，进行预热并对除湿空气通道 (4) 中的除湿空气进行冷却除湿，随后依次通过储热器 (5) 和辅助电加热器 (8) 继续加热，加热后的空气进入转轮除湿器 (9) 的再生空气通道 (10)，对转轮的吸附剂进行加热，再生排出的高温、高湿空气继续通入第二热管回热器 (12) 的再生空气通道 (13)，加热除湿空气系统的除湿空气，最终通过再生空气出口风机 (15) 排出；在所述除湿空气系统中，高温、高湿空气自干燥室 (17) 通过干燥室出口风机 (18) 排出后，首先通过除湿空气管道 (24) 流入第一热管回热器 (2) 的除湿空气通道 (4)，进行初步冷却除湿并预热再生空气通道 (3) 中的再生空气，随后继续进入转轮除湿器 (9) 的除湿空气通道 (11) 进行深度除湿，除湿完成后，进入第二热管回热器 (12) 的除湿空气通道 (14)，利用转轮再生排出气的余热进行升温，最终通过干燥室进口风机 (16) 送入干燥室 (17) 进行干燥；

所述的开式运行模式具体如下：

在开式运行模式下，第一三通阀 (19) 和第二三通阀 (20) 连通中间空气通道 (25)，第三三通阀 (21) 连通空气排空通道 (26)；再生空气首先通过再生空气进口风机 (1) 进入再生空气管道 (22)，随后进入第一热管回热器 (2) 的再生空气通道 (3) 进行预热，随后依次通过储热器 (5) 和辅助电加热器 (8) 继续加热，加热后的空气进入中间空气通道 (25)，在干燥室进口风机 (16) 的作用下，进入干燥室 (17)，干燥室 (17) 的排出空气经干燥室出口风机 (18) 吹入第一热管回热器 (2) 的除湿空气通道 (4)，预热第一热管回热器 (2) 的再生空气通道 (3) 内的再生空气，最终通过空气排空通道 (26) 排出。

一种双级回热太阳能驱动转轮干燥系统及其运行方法

技术领域

[0001] 本发明涉及干燥除湿技术领域,特指一种双级回热太阳能驱动转轮干燥系统。

背景技术

[0002] 农副产品是人们生活的必需品,具有需求量大、品种多和生产的季节性强等特点,同时,由于许多农副产品富含水分、糖、蛋白质和维生素等营养物质,在常温下易于发生腐败变质。因此,农产品的产后干燥处理逐渐受到人们的重视。我国农产品的产后干燥处理领域使用最为广泛的是燃煤式热风烘房,具有设备简单、操作方便和成本适中等诸多优点。但是农产品成熟期热风烘房集中启动,燃烧大量煤炭,空气污染严重,引起严重的环境问题,所以农业部目前大力推广燃煤式热风烘房的替代设备。热泵干燥技术由于其高效节能等特点得到广泛关注,但其在农副产品的干燥加工中并没有得到普遍应用。关键原因在于热泵干燥装置本身的缺陷,一是热泵干燥装置常设计为封闭式结构,循环空气既作为干燥介质,又作为制冷系统冷凝器的冷却介质,循环空气的温度上升导致冷凝器的冷凝压力升高、制冷压缩机的排气温度上升,从而使得制冷压缩机出现高压保护或过热保护频繁动作,热泵干燥装置无法正常工作;二是在热泵干燥装置在干燥后期无凝结水,即热泵干燥装置失去干燥功能;此外,我国许多地方的电能供应还相对紧张,尤其是高峰时期的农业用电,限制了热泵技术的应用。

发明内容

[0003] 本发明的目的在于提供一种双级回热太阳能驱动转轮干燥系统。干燥系统通过太阳能光热驱动,并采用储热技术,克服太阳能间歇性缺点,节约能源,设置辅助电加热器,保证系统稳定性。采用双级回热方式,最大化能量利用率。系统还具有开式和闭式两种运行模式,可针对不同干燥需求进行调整,应用范围广。

[0004] 本发明拟用如下技术方案实现本发明的目的:

[0005] 双级回热太阳能驱动转轮干燥系统,它包括再生空气进口风机、第一热管回热器、储热器、太阳能集热器、循环工质泵、辅助电加热器、转轮除湿器、第二热管回热器、再生空气出口风机、干燥室进口风机、干燥室、干燥室出口风机;整个系统分为太阳能储热系统、再生空气系统与除湿空气系统;对于太阳能储热系统,通过循环工质通道将太阳能集热器、储热器、循环工质泵顺次首尾相连,从而构成太阳能储热循环;对于再生空气系统,再生空气管道自进气口开始,依次连接再生空气进口风机、第一热管回热器的再生空气通道、储热器、辅助电加热器、第一三通阀、转轮除湿器的再生空气通道、第二热管回热器的再生空气通道和再生空气出口风机后放空,从而构成开式转轮再生空气流路;对于除湿空气系统,通过除湿空气管道将干燥室出口风机、第一热管回热器的除湿空气通道、第三三通阀、转轮除湿器的除湿空气通道、第二热管回热器的除湿空气通道、第二三通阀、干燥室进口风机、干燥室顺次首尾相连,从而构成闭式转轮除湿空气流路;此外,在再生空气系统与除湿空气系统之间,还设有一条中间空气通道,中间空气通道的两端分别连接第一三通阀和第二三通

阀,通过第一三通阀和第二三通阀控制其开启;除湿空气管道还连接空气排空通道,通过第三三通阀控制其开启。

[0006] 优选的,系统内回热器,即第一热管回热器和第二热管回热器选用热管型空气换热器。

[0007] 优选的,第一热管回热器的再生空气通道设置在再生空气进口风机和储热器之间;第一热管回热器的除湿空气通道设置在转轮除湿器和干燥室出口风机之间。

[0008] 优选的,第二热管回热器的再生空气通道设置在转轮除湿器和再生空气出口风机之间;第二热管回热器的除湿空气通道设置在转轮除湿器和干燥室进口风机之间。

[0009] 优选的,第一热管回热器的蒸发端连接除湿空气管道,第一热管回热器的冷凝端连接再生空气管道;第二热管回热器的冷凝端连接除湿空气管道,第二热管回热器的蒸发端连接再生空气管道。

[0010] 优选的,储热器内部装有储热材料,并通过循环工质将太阳能集热器的热量导入。

[0011] 优选的,储热器后设有辅助电加热器,辅助电加热器只有在储热器和第二热管回热器供热不足时,才进行工作。

[0012] 本发明的另一目的在于提供一种利用上述转轮干燥系统的运行方法,它包括闭式运行和开式运行两种模式;所述的太阳能储热系统在开式运行或闭式运行模式下均需工作,具体步骤如下:太阳能集热器吸收热量,加热其内部的循环工质,加热后的工质在循环工质泵的作用下,沿循环工质通道流入储热器并对其内部的储热材料进行放热,放热后的循环工质温度降低,在循环工质泵的作用下继续进入太阳能集热器吸热,不断循环;

[0013] 所述的闭式运行模式具体如下:

[0014] 在闭式运行模式下,第一三通阀连通再生空气管道,第二三通阀和第三三通阀连通除湿空气管道;在所述再生空气系统中,再生空气首先通过再生空气进口风机进入再生空气管道,随后进入第一热管回热器的再生空气通道,进行预热并对除湿空气通道中的除湿空气进行冷却除湿,随后依次通过储热器和辅助电加热器继续加热,加热后的空气进入转轮除湿器的再生空气通道,对转轮的吸附剂进行加热,再生排出的高温、高湿空气继续流入第二热管回热器的再生空气通道,加热除湿空气系统的除湿空气,最终通过再生空气出口风机排出;在所述除湿空气系统中,高温、高湿空气自干燥室通过干燥室出口风机排出后,首先通过除湿空气管道流入第一热管回热器的除湿空气通道,进行初步冷却除湿并预热再生空气通道中的再生空气,随后继续进入转轮除湿器的除湿空气通道进行深度除湿,除湿完成后,进入第二热管回热器的除湿空气通道,利用转轮再生排出气的余热进行升温,最终通过干燥室进口风机送入干燥室进行干燥;

[0015] 所述的开式运行模式具体如下:

[0016] 在开式运行模式下,第一三通阀和第二三通阀连通中间空气通道,第三三通阀连通空气排空通道。再生空气首先通过再生空气进口风机进入再生空气管道,随后进入第一热管回热器的再生空气通道进行预热,随后依次通过储热器和辅助电加热器继续加热,加热后的空气进入中间空气通道,在干燥室进口风机的作用下,进入干燥室,干燥室的排出空气经干燥室出口风机吹入第一热管回热器的除湿空气通道,预热第一热管回热器的再生空气通道内的再生空气,最终通过空气排空通道排出。

[0017] 本发明相比现有技术突出且有益的技术效果是:采用太阳能作为系统驱动热源,

减少能耗,并利用储热系统克服太阳能间歇性问题;热管作为一种高效的换热元件,具有导热性优良、热流密度高、传热温差小、单向传热性等特点,适宜用于余热回收;第一热管回热器有效利用干燥室出风预热再生进口空气,同时对自身进行降温除湿,有利于除湿空气在转轮区域的深度除湿,第二热管回热器利用转轮再生的高温排气加热除湿后的除湿空气,使其达到干燥室进气要求;双级回热设计模式高效地利用了余热,提高了能量利用率;干燥系统既有闭式运行模式,又有开式运行模式。例如对于烟草、药材等干燥品质要求较高的产品,可采用闭式运行模式,对于谷物等干燥品质要求较低的产品,可采用开式运行模式,具体可根据干燥及能耗要求而定,应用范围更广。

[0018] 以下将结合附图对本发明的构思、具体结构及产生的技术效果做进一步说明,以充分的了解本发明的目的、特征和效果。

附图说明

[0019] 图1是本发明一种双级回热太阳能驱动转轮干燥系统的结构示意图。

[0020] 图中:再生空气进口风机1、第一热管回热器2、第一热管回热器再生空气通道3、第一热管回热器除湿空气通道4、储热器5、太阳能集热器6、循环工质泵7、辅助电加热器8、转轮除湿器9、转轮除湿器再生空气通道10、转轮除湿器除湿空气通道11、第二热管回热器12、第二热管回热器再生空气通道13、第二热管回热器除湿空气通道14、再生空气出口风机15、干燥室进口风机16、干燥室17、干燥室出口风机18、第一三通阀19、第二三通阀20、第三三通阀21、再生空气管道22、循环工质通道23、除湿空气管道24、中间空气通道25、空气排空通道26。

具体实施方式

[0021] 下面结合附图以及具体实施例对本发明作进一步描述。

[0022] 参见图1,一种双级回热太阳能驱动转轮干燥系统,该系统的主要部件包括再生空气进口风机1、第一热管回热器2、储热器5、太阳能集热器6、循环工质泵7、辅助电加热器8、转轮除湿器9、第二热管回热器12、再生空气出口风机15、干燥室进口风机16、干燥室17、干燥室出口风机18。整个系统按功能可分为太阳能储热系统、再生空气系统与除湿空气系统。

[0023] 对于太阳能储热系统,通过循环工质通道23将太阳能集热器6、储热器5、循环工质泵7顺次首尾相连,从而构成太阳能储热循环。在该系统中,循环工质通道23中具有循环工质,通过循环工质泵7的驱动在太阳能集热器6和储热器5之间不断循环流动,用于将太阳能集热器6收集的热量转移至储热器5中进行存储。储热器5内部装有储热材料,并通过循环工质将太阳能集热器6的热量导入。

[0024] 对于再生空气系统,再生空气管道22自进气口开始,依次连接再生空气进口风机1、第一热管回热器2的再生空气通道3、储热器5、辅助电加热器8、第一三通阀19、转轮除湿器9的再生空气通道10、第二热管回热器12的再生空气通道13和再生空气出口风机15后放空,从而构成开式转轮再生空气流路。该系统的主要作用是对从进气口进入的空气进行三级加热,三级加热分别为第一热管回热器2的再生空气通道3、储热器5和辅助电加热器8。辅助电加热器8只有在储热器5和第二热管回热器12供热不足时,才进行工作。经过加热的热空气进入转轮除湿器9的再生空气通道10,利用空气余热对转轮中的吸附剂进行加热,加热

过程中吸附剂中的水汽进入空气中,形成高温、高湿空气,吸附剂则实现再生,高温、高湿空气在第二热管回热器12的再生空气通道13中再次换热后被排出放空。

[0025] 对于除湿空气系统,通过除湿空气管道24将干燥室出口风机18、第一热管回热器2的除湿空气通道4、第三三通阀21、转轮除湿器9的除湿空气通道11、第二热管回热器12的除湿空气通道14、第二三通阀20、干燥室进口风机16、干燥室17顺次首尾相连,从而构成闭式转轮除湿空气流路。干燥室17用于利用高温、干燥空气进行除湿干燥处理,处理后的高温、高湿空气在干燥室出口风机18的驱动下,沿除湿空气管道24循环。循环过程中,空气首先在第二热管回热器12的除湿空气通道14中与从再生空气管道22的进气口进入的空气换热并初步冷凝除湿,然后再进入转轮除湿器9的除湿空气通道11,通过内部的吸附剂进行深度除湿,形成干燥的除湿空气进入第二热管回热器12的除湿空气通道14,与再生空气通道13中的高温空气进行换热后,以高温、干燥空气形式重新进入干燥室17进行干燥除湿处理。

[0026] 此外,在再生空气系统与除湿空气系统之间,还设有一条中间空气通道25,中间空气通道25的两端分别连接第一三通阀19和第二三通阀20,通过第一三通阀19和第二三通阀20控制其开启。第一三通阀19的两个阀口连接在再生空气管道22中,剩余第三个阀口连接中间空气通道25一端;第二三通阀20的两个阀口连接在除湿空气管道24中,剩余第三个阀口连接中间空气通道25另一端。由此,可以通过切换第一三通阀19和第二三通阀20,控制从再生空气管道22的进气口进入的空气从再生空气出口风机15后放空,或者被干燥室进口风机16输送至干燥室17中,前者形成闭式干燥,后者形成开式干燥。在开式干燥模式下,空气需要在除湿空气系统中排放,因此除湿空气管道24还连接空气排空通道26,通过第三三通阀21控制其开启。第三三通阀21的两个阀口连接除湿空气管道24,第三个阀口连接空气排空通道26一端,通过切换第三三通阀21可以将干燥室17排出的空气直接通过空气排空通道26排空。

[0027] 在本发明中,干燥系统内回热器均选用热管型空气换热器,即第一热管回热器与第二热管回热器。第一热管回热器2的再生空气通道3、第二热管回热器12的再生空气通道13分别是第一热管回热器2和第二热管回热器12中的一部分,两端均通过接口连接外部的再生空气管道22。第一热管回热器2的再生空气通道3设置在再生空气进口风机1和储热器5之间;第一热管回热器2的除湿空气通道4设置在转轮除湿器9和干燥室出口风机18之间。第二热管回热器12的再生空气通道13设置在转轮除湿器9和再生空气出口风机15之间;第二热管回热器12的除湿空气通道14设置在转轮除湿器9和干燥室进口风机16之间。在本实施例中,第一热管回热器2的蒸发端对应除湿空气通道4,连接除湿空气管道24;第一热管回热器2的冷凝端对应再生空气通道3,连接再生空气管道22;第二热管回热器12的冷凝端对应除湿空气通道14,连接除湿空气管道24,第二热管回热器12的蒸发端对应再生空气通道13,连接再生空气管道22。

[0028] 基于上述装置,本发明还可以提供一种双级回热太阳能驱动转轮干燥系统的干燥方法,根据干燥需求及工况条件,可分为开式运行模式与闭式运行模式,其具体步骤如下:

[0029] 对于太阳能储热系统,无论在开式运行或闭式运行模式下均需工作,其具体运行方式如下:太阳能集热器6吸收热量,加热其内部的循环工质,加热后的工质在循环工质泵7的作用下,沿循环工质通道23流入储热器5并对其内部的储热材料进行放热,放热后的循环工质温度降低,在循环工质泵7的作用下继续进入太阳能集热器6吸热,不断循环。

[0030] 另外两个系统的运行具有两种模式。

[0031] 1) 闭式运行模式

[0032] 在闭式运行模式下,第一三通阀19连通再生空气管道22,第二三通阀20和第三三通阀21连通除湿空气管道24;在所述再生空气系统中,再生空气首先通过再生空气进口风机1进入再生空气管道22,随后进入第一热管回热器2的再生空气通道3,进行预热并对除湿空气通道4中的除湿空气进行冷却除湿,随后依次通过储热器5和辅助电加热器8继续加热,加热后的空气进入转轮除湿器9的再生空气通道10,对转轮的吸附剂进行加热,再生排出的高温、高湿空气继续流入第二热管回热器12的再生空气通道13,加热除湿空气系统的除湿空气,最终通过再生空气出口风机15排出;在所述除湿空气系统中,高温、高湿空气自干燥室17通过干燥室出口风机18排出后,首先通过除湿空气管道24流入第一热管回热器2的除湿空气通道4,进行初步冷却除湿并预热再生空气通道3中的再生空气,随后继续进入转轮除湿器9的除湿空气通道11进行深度除湿,除湿完成后,进入第二热管回热器12的除湿空气通道14,利用转轮再生排出气的余热进行升温,最终通过干燥室进口风机16送入干燥室17进行干燥;

[0033] 2) 开式运行模式

[0034] 在开式运行模式下,第一三通阀19和第二三通阀20连通中间空气通道25,第三三通阀21连通空气排空通道26。再生空气首先通过再生空气进口风机1进入再生空气管道22,随后进入第一热管回热器2的再生空气通道3进行预热,随后依次通过储热器5和辅助电加热器8继续加热,加热后的空气进入中间空气通道25,在干燥室进口风机16的作用下,进入干燥室17,干燥室17的排出空气经干燥室出口风机18吹入第一热管回热器2的除湿空气通道4,预热第一热管回热器2的再生空气通道3内的再生空气,最终通过空气排空通道26排出。

[0035] 以上所述,仅为本发明较佳的具体实施方式,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。

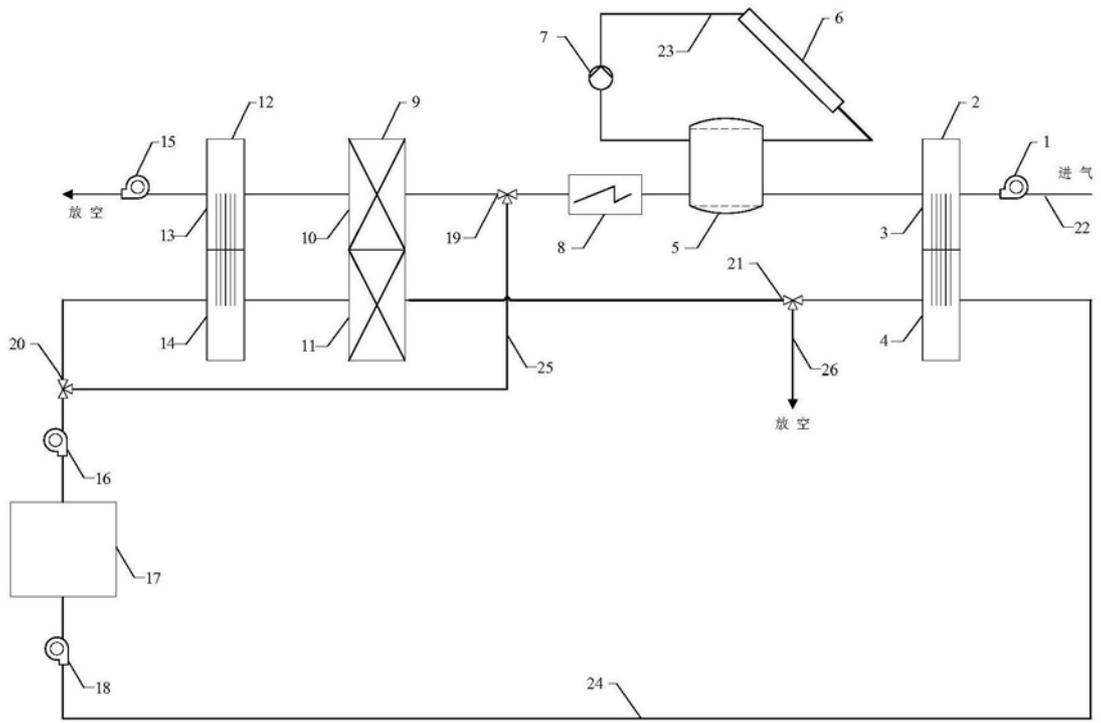


图1