



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 115751769 A

(43) 申请公布日 2023. 03. 07

(21) 申请号 202211548594.0

F25B 43/02 (2006.01)

(22) 申请日 2022.12.05

F25B 49/02 (2021.01)

(71) 申请人 青岛理工大学

F24S 10/70 (2018.01)

地址 266525 山东省青岛市黄岛区嘉陵江
东路777号

(72) 发明人 梁士民 胡松涛 季永明 朱辉
郑进福 高学锋 田晓慧 申寿恒
王心如

(74) 专利代理机构 济南圣达知识产权代理有限
公司 37221

专利代理师 李琳

(51) Int. Cl.

F25B 30/02 (2006.01)

F25B 27/00 (2006.01)

F25B 41/40 (2006.01)

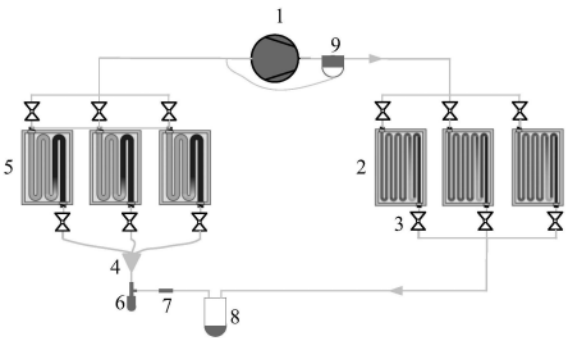
权利要求书2页 说明书7页 附图3页

(54) 发明名称

一种太阳能源热泵系统的设计方法、系统及
控制方法

(57) 摘要

本发明公开一种太阳能源热泵系统的设计方法、系统及控制方法,包括主机模块,以及阵列式设置的太阳能直膨集热模块和直凝蓄热模块,太阳能直膨集热模块和直凝蓄热模块通过主机模块相连,并对主机模块、太阳能直膨集热模块和直凝蓄热模块的选型进行设计;通过实时监测室外太阳能辐射强度,切换热泵制热模式和辅助制热模式。通过耦合空气源直凝热泵和太阳能直膨式热泵,避免空气源直凝热泵结霜、低温影响,以及太阳能直膨式热泵稳定性差的问题,节能优势显著,暖温度稳定性强。



1. 一种太阳能源热泵系统的设计方法,其特征在于,所述太阳能源热泵系统包括主机模块,以及阵列式设置的太阳能直膨集热模块和直凝蓄热模块,太阳能直膨集热模块和直凝蓄热模块通过主机模块相连;对主机模块、太阳能直膨集热模块和直凝蓄热模块的设计过程包括:

根据建筑辐射热负荷,确定主机模块容量;

根据建筑辐射热负荷和直凝蓄热模块的可敷设面积,确定直凝蓄热模块单位面积供热热指标,并以此确定单个直凝蓄热模块面积和可敷设数量;

根据建筑辐射热负荷确定直凝蓄热模块的蓄热量,以此确定单个直凝蓄热模块内的蓄热材料的填充高度;

根据建筑辐射热负荷、热泵制热能效系数和建筑地点太阳能辐射强度,确定太阳能直膨集热模块的敷设面积和单位面积热指标,并以此确定单个太阳能直膨集热模块面积和敷设数量。

2. 如权利要求1所述的一种太阳能源热泵系统的设计方法,其特征在于,

根据建筑辐射热负荷 Q_f 确定的直凝蓄热模块的蓄热量 Q_x 为: $Q_x = Q_f \times t_x$;式中, t_x 为需要的相变释热时间;

或,单个直凝蓄热模块内的蓄热材料的填充高度 h 为: $h = Q_x / (\gamma \times \rho \times F_n)$;式中, γ 为蓄热材料相变潜热, F_n 为直凝蓄热模块的可敷设面积, ρ 为蓄热材料密度。

3. 如权利要求1所述的一种太阳能源热泵系统的设计方法,其特征在于,

根据建筑辐射热负荷 Q_f 、热泵制热能效系数COP和建筑地点太阳能辐射强度 D ,确定的太阳能直膨集热模块的敷设面积 F_w 为: $F_w = Q_f / (COP \times D \times y)$,式中, y 为热转换效率;

或,太阳能直膨集热模块的单位面积热指标 $q_{e,0}$ 为: $q_{e,0} = D \times y$ 。

4. 一种太阳能源热泵系统,其特征在于,包括:采用权利要求1-3任一项所述的设计方法进行构建。

5. 如权利要求4所述的一种太阳能源热泵系统,其特征在于,所述太阳能直膨集热模块包括第一制冷剂管、导热材料、第一外保温结构、真空盖板和太阳能纳米涂层;所述第一制冷剂管敷设在第一外保温结构内部,且在第一外保温结构内填充导热材料;在第一外保温结构的顶部设真空盖板,且在真空盖板上设太阳能纳米涂层。

6. 如权利要求4所述的一种太阳能源热泵系统,其特征在于,所述直凝蓄热模块包括第二制冷剂管、蓄热材料、第二外保温结构、辐射盖板和电加热丝;所述第二制冷剂管敷设在第二外保温结构内部,且在第二外保温结构内填充蓄热材料;在第二外保温结构的顶部设辐射盖板,且在辐射盖板上设电加热丝。

7. 如权利要求4所述的一种太阳能源热泵系统,其特征在于,所述主机模块包括压缩机、分液头、节流装置、过滤器、储液器和油分离器;

所述压缩机通过电动阀与太阳能直膨集热模块连接,太阳能直膨集热模块的另一端通过电动阀与分液头连接,分液头与节流装置连接,节流装置通过过滤器与储液器连接;

所述压缩机与油分离器的一端连接,油分离器的另一端通过电动阀与直凝蓄热模块连接,直凝蓄热模块的另一端通过电动阀与储液器连接。

8. 一种太阳能源热泵系统的控制方法,其特征在于,采用权利要求4-7任一项所述的太阳能源热泵系统,包括:

获取室外太阳能辐射强度；

根据室外太阳能辐射强度与设定阈值的比较结果，切换热泵制热模式或辅助制热模式。

9. 如权利要求8所述的一种太阳能热泵系统的控制方法，其特征在于，当室外太阳能辐射强度大于设定阈值时，为热泵制热模式；所述热泵制热模式的控制方法包括：

(1) 实时监测室外太阳能辐射强度 D 、室外环境温度 T_a 、室内环境温度 T_n 、直凝蓄热模块内的压力 P ，并计算负荷需求率 $\varphi = 1 - (T_n - T_a) / (T_{n_0} - T_a)$ ， T_{n_0} 为室外设计温度；

(2) 当室外太阳能辐射强度 D 小于额定太阳能辐射强度阈值 D_{set_1} 时，根据 $N = N_0 \times (D / D_{set_1})$ 进行PID调节，控制压缩机频率，进而控制系统制热输出；其中， N_0 为额定压缩机频率；

此时，进行累计计时 t_1 ，当 $t_1 > t_{set_1}$ 且 $\varphi > z\%$ 时，按照 $N = N_0 \times \varphi$ 进行调节；当 $t_1 > t_{set_1}$ 且 $\varphi < z\%$ 时，按照 $N = N_0 \times (D / D_{set_1})$ 进行调节；其中， $z\%$ 为运行 t_{s1} 累计时间下的负荷需求， t_{set_1} 为设定的时间阈值；

(3) 当 $D \geq D_{set_1}$ 时；

若 $P < P_{y0}$ ， P_{y0} 为液态体积分数最高时直凝蓄热模块内的压力，则控制压缩机满频运行；

若 $P \approx P_{y0}$ ，按照 $N = N_0 \times \varphi$ 进行调节，控制压缩机频率。

10. 如权利要求8所述的一种太阳能热泵系统的控制方法，其特征在于，当室外太阳能辐射强度不大于设定阈值时，为辅助制热模式；所述辅助制热模式的控制方法包括：

(1) 实时监测室内环境温度 T_n 和直凝蓄热模块内的压力 P ；

(2) 当 $|T_n - T_{n_0}| / T_{n_0} \leq 5\%$ 时， T_{n_0} 为室内设计温度；

若 $P > P_{y1}$ ， P_{y1} 为液态体积分数最低时直凝蓄热模块内的压力，则以蓄热材料释热供热为主；

若 $P \approx P_{y1}$ ，则开启电辅热辅助供热；

(3) 当 $|T_n - T_{n_0}| / T_{n_0} > 5\%$ 时，蓄热材料能够持续释热，但释热量不足，此时开启电辅热辅助供热。

一种太阳能源热泵系统的设计方法、系统及控制方法

技术领域

[0001] 本发明涉及热泵产品设计和运行控制技术领域,特别是涉及一种太阳能源热泵系统的设计方法、系统及控制方法。

背景技术

[0002] 本部分的陈述仅仅是提供了与本发明相关的背景技术信息,不必然构成在先技术。

[0003] 热泵技术已被广泛应用于建筑业,满足供暖、供热水等需求。

[0004] 其中,空气源直凝热泵技术由于以舒适度较高的辐射供热方式,在工程中得到了广泛应用;但是,冬季空气源直凝热泵的结霜、低温问题是制约机组稳定高效运行的关键因素,同时也存在末端辐射铜管的敷设工艺复杂的问题。

[0005] 另外,在太阳能热泵方面,太阳能直膨式热泵多以水循环作为末端热量输送介质,该系统受制于太阳能资源的非连续性影响,工程应用稳定性也受影响。

发明内容

[0006] 为了解决上述问题,本发明提出了一种太阳能源热泵系统的设计方法、系统及控制方法,耦合空气源直凝热泵和太阳能直膨式热泵,避免空气源直凝热泵结霜、低温影响,以及太阳能直膨式热泵稳定性差的问题,节能优势显著,暖温度稳定性强。

[0007] 为了实现上述目的,本发明采用如下技术方案:

[0008] 第一方面,本发明提供一种太阳能源热泵系统的设计方法,所述太阳能源热泵系统包括主机模块,以及阵列式设置的太阳能直膨集热模块和直凝蓄热模块,太阳能直膨集热模块和直凝蓄热模块通过主机模块相连;对主机模块、太阳能直膨集热模块和直凝蓄热模块的设计过程包括:

[0009] 根据建筑辐射热负荷,确定主机模块容量;

[0010] 根据建筑辐射热负荷和直凝蓄热模块的可敷设面积,确定直凝蓄热模块单位面积供热热指标,并以此确定单个直凝蓄热模块面积和可敷设数量;

[0011] 根据建筑辐射热负荷确定直凝蓄热模块的蓄热量,以此确定单个直凝蓄热模块内的蓄热材料的填充高度;

[0012] 根据建筑辐射热负荷、热泵制热能效系数和建筑地点太阳能辐射强度,确定太阳能直膨集热模块的敷设面积和单位面积热指标,并以此确定单个太阳能直膨集热模块面积和敷设数量。

[0013] 作为可选择的实施方式,根据建筑辐射热负荷 Q_f 确定的直凝蓄热模块的蓄热量 Q_x 为: $Q_x = Q_f \times t_x$;式中, t_x 为需要的相变释热时间。

[0014] 作为可选择的实施方式,单个直凝蓄热模块内的蓄热材料的填充高度 h 为: $h = Q_x / (\gamma \times \rho \times F_n)$;式中, γ 为蓄热材料相变潜热, F_n 为直凝蓄热模块的可敷设面积, ρ 为蓄热材料密度。

[0015] 作为可选择的实施方式,根据建筑辐射热负荷 Q_f 、热泵制热能效系数COP和建筑地点太阳能辐射强度D,确定的太阳能直膨集热模块的敷设面积 F_w 为: $F_w = Q_f / (COP \times D \times y)$,式中, y 为热转换效率。

[0016] 作为可选择的实施方式,太阳能直膨集热模块的单位面积热指标 q_{e_0} 为: $q_{e_0} = D \times y$ 。

[0017] 第二方面,本发明提供一种太阳能源热泵系统,包括:采用第一方面所述的设计方法进行构建。

[0018] 作为可选择的实施方式,所述太阳能直膨集热模块包括第一制冷剂管、导热材料、第一外保温结构、真空盖板和太阳能纳米涂层;所述第一制冷剂管敷设在第一外保温结构内部,且在第一外保温结构内填充导热材料;在第一外保温结构的顶部设真空盖板,且在真空盖板上设太阳能纳米涂层。

[0019] 作为可选择的实施方式,所述直凝蓄热模块包括第二制冷剂管、蓄热材料、第二外保温结构、辐射盖板和电加热丝;所述第二制冷剂管敷设在第二外保温结构内部,且在第二外保温结构内填充蓄热材料;在第二外保温结构的顶部设辐射盖板,且在辐射盖板上设电加热丝。

[0020] 作为可选择的实施方式,所述主机模块包括压缩机、分液头、节流装置、过滤器、储液器和油分离器;

[0021] 所述压缩机通过电动阀与太阳能直膨集热模块连接,太阳能直膨集热模块的另一端通过电动阀与分液头连接,分液头与节流装置连接,节流装置通过过滤器与储液器连接;

[0022] 所述压缩机与油分离器的一端连接,油分离器的另一端通过电动阀与直凝蓄热模块连接,直凝蓄热模块的另一端通过电动阀与储液器连接。

[0023] 第三方面,本发明提供一种太阳能源热泵系统的控制方法,采用第二方面所述的太阳能源热泵系统,包括:

[0024] 获取室外太阳能辐射强度;

[0025] 根据室外太阳能辐射强度与设定阈值的比较结果,切换热泵制热模式或辅助制热模式。

[0026] 作为可选择的实施方式,当室外太阳能辐射强度大于设定阈值时,为热泵制热模式;所述热泵制热模式的控制方法包括:

[0027] (1) 实时监测室外太阳能辐射强度D、室外环境温度 T_a 、室内环境温度 T_n 、直凝蓄热模块内的压力P,并计算负荷需求率 $\varphi = 1 - (T_n - T_a) / (T_{n_0} - T_a)$, T_{n_0} 为室外设计温度;

[0028] (2) 当室外太阳能辐射强度D小于额定太阳能辐射强度阈值 D_{set_1} 时,根据 $N = N_0 \times (D / D_{set_1})$ 进行PID调节,控制压缩机频率,进而控制系统制热输出;其中, N_0 为额定压缩机频率;

[0029] 此时,进行累计计时 t_1 ,当 $t_1 > t_{set_1}$ 且 $\varphi > z\%$ 时,按照 $N = N_0 \times \varphi$ 进行调节;当 $t_1 > t_{set_1}$ 且 $\varphi < z\%$ 时,按照 $N = N_0 \times (D / D_{set_1})$ 进行调节;其中, $z\%$ 为运行 t_{s1} 累计时间下的负荷需求, t_{set_1} 为设定的时间阈值;

[0030] (3) 当 $D \geq D_{set_1}$ 时;

[0031] 若 $P < P_{y0}$, P_{y0} 为液态体积分数最高时直凝蓄热模块内的压力,则控制压缩机满频

运行；

[0032] 若 $P \approx P_{y0}$ ，按照 $N = N_0 \times \varphi$ 进行调节，控制压缩机频率。

[0033] 作为可选择的实施方式，当室外太阳能辐射强度不大于设定阈值时，为辅助制热模式；所述辅助制热模式的控制方法包括：

[0034] (1) 实时监测室内环境温度 T_n 和直凝蓄热模块内的压力 P ；

[0035] (2) 当 $|T_n - T_{n0}| / T_{n0} \leq 5\%$ 时， T_{n0} 为室内设计温度；

[0036] 若 $P > P_{y1}$ ， P_{y1} 为液态体积分数最低时直凝蓄热模块内的压力，则以蓄热材料释热供热为主；

[0037] 若 $P \approx P_{y1}$ ，则开启电辅热辅助供热；

[0038] (3) 当 $|T_n - T_{n0}| / T_{n0} > 5\%$ 时，蓄热材料能够持续释热，但释热量不足，此时开启电辅热辅助供热。

[0039] 与现有技术相比，本发明的有益效果为：

[0040] 为了有效避免传统空气源直凝热泵结霜、低温影响，响应分布式供暖的高舒适需求，实现安装便捷，高效稳定运行，本发明耦合空气源直凝热泵和太阳能直膨式热泵，提出一种模块化“双直”太阳能源热泵系统及其设计和运行控制方法，实现热泵产品分布式供暖的高舒适性、高效性，并丰富热泵产品市场，推动热泵技术的良性发展。

[0041] 本发明提出一种太阳能源热泵系统的设计方法、系统及控制方法，有效避免传统空气源直凝热泵结霜、低温影响，以及太阳能直膨式热泵稳定性差的问题，节能优势显著，暖温度稳定性好，且安装简便，实用性强。

[0042] 本发明提出一种太阳能源热泵系统的设计方法、系统及控制方法，可以保持系统稳定运行，室内供暖温度平稳且可以实现分区控制，节能优势显著。

[0043] 本发明附加方面的优点将在下面的描述中部分给出，部分将从下面的描述中变得明显，或通过本发明的实践了解到。

附图说明

[0044] 构成本发明的一部分的说明书附图用来提供对本发明的进一步理解，本发明的示意性实施例及其说明用于解释本发明，并不构成对本发明的不当限定。

[0045] 图1为本发明实施例1提供的太阳能源热泵系统原理图；

[0046] 图2为本发明实施例1提供的太阳能直膨集热模块示意图；

[0047] 图3为本发明实施例1提供的直凝蓄热模块示意图；

[0048] 图4为本发明实施例2提供的太阳能源热泵系统运行控制方法流程图；

[0049] 其中，1、压缩机，2、直凝蓄热模块，3、电动阀，4、分液头，5、太阳能直膨集热模块，6、节流装置，7、过滤器，8、储液器，9、油分离器，10、第一制冷剂管，11、导热材料，12、第一外保温结构，13、第一连接螺纹，14、真空盖板，15、太阳能纳米涂层，16、第二连接螺纹，17、第二制冷剂管，18、蓄热材料，19、第二外保温结构，20、辐射盖板，21、电加热丝。

具体实施方式

[0050] 下面结合附图与实施例对本发明做进一步说明。

[0051] 应该指出，以下详细说明都是示例性的，旨在对本发明提供进一步的说明。除非另

有指明,本文使用的所有技术和科学术语具有与本发明所属技术领域的普通技术人员通常理解相同含义。

[0052] 需要注意的是,这里所使用的术语仅是为了描述具体实施方式,而非意图限制根据本发明的示例性实施方式。如在这里所使用的,除非上下文另外明确指出,否则单数形式也意图包括复数形式,此外,还应当理解的是,术语“包括”和“具有”以及他们的任何变形,意图在于覆盖不排他的包含,例如,包含了一系列步骤或单元的过程、方法、系统、产品或设备不必限于清楚地列出的那些步骤或单元,而是可包括没有清楚地列出的或对于这些过程、方法、产品或设备固有的其它步骤或单元。

[0053] 在不冲突的情况下,本发明中的实施例及实施例中的特征可以相互组合。

[0054] 实施例1

[0055] 如图1所示,本实施例提供一种太阳能热泵系统,包括,太阳能直膨集热模块5、主机模块和直凝蓄热模块2;

[0056] 在本实施例中,所述太阳能直膨集热模块5为阵列式布置,包括多个太阳能直膨集热模块5,如图2所示,每个太阳能直膨集热模块5包括第一制冷剂管10、导热材料11、第一外保温结构12、真空盖板14和太阳能纳米涂层15;

[0057] 所述第一制冷剂管10按照蛇形、迂回形等布置方式敷设在第一外保温结构12内部,且在第一外保温结构12内填充导热材料11;

[0058] 在第一外保温结构12的顶部设真空盖板14,且在真空盖板14上设太阳能纳米涂层15。

[0059] 作为可选择的一种实施方式,所述导热材料11采用导热硅胶、导热金属等。

[0060] 在本实施例中,所述直凝蓄热模块2为阵列式布置,包括多个直凝蓄热模块2,如图3所示,每个直凝蓄热模块2包括第二制冷剂管17、蓄热材料18、第二外保温结构19、辐射盖板20和电加热丝21;

[0061] 所述第二制冷剂管17按照蛇形、迂回形等布置方式敷设在第二外保温结构19内部,且在第二外保温结构19内填充蓄热材料18;

[0062] 在第二外保温结构19的顶部设辐射盖板20,且在辐射盖板20上设电加热丝21。

[0063] 作为可选择的一种实施方式,所述蓄热材料18采用石蜡等相变蓄热材料。

[0064] 在本实施例中,所述主机模块包括压缩机1、分液头4、节流装置6、油分离器9、储液器8和过滤器7;

[0065] 所述压缩机1通过电动阀3与太阳能直膨集热模块5连接,太阳能直膨集热模块5的另一端通过电动阀3与分液头4连接,分液头4与节流装置6连接,节流装置6通过过滤器7与储液器8连接;

[0066] 所述压缩机1与油分离器9的一端连接,油分离器9的另一端通过电动阀3与直凝蓄热模块2连接,直凝蓄热模块2的另一端通过电动阀3与储液器8连接。

[0067] 作为可选择的一种实施方式,所述压缩机1和节流装置6与常规热泵机组的部件类型一致,如压缩机1可选转子式或涡旋式变频压缩机,节流装置6可选电子膨胀阀。

[0068] 作为可选择的一种实施方式,所述太阳能直膨集热模块5上设有第一连接螺纹13,第一连接螺纹13与电动阀3连接。

[0069] 作为可选择的一种实施方式,所述直凝蓄热模块2上设有第二连接螺纹16,第二连

接螺纹16与电动阀3连接。

[0070] 在本实施例中,太阳能热泵系统的运行原理为:压缩机将制冷剂压缩至高温高压的气态,进入直凝蓄热模块,制冷剂将热量释放给蓄热材料以及周围介质(比如地板)后冷凝成高压液态制冷剂,然后汇集至储液器中,从储液器流向电子膨胀阀,变成低温低压液态的制冷剂进入太阳能直膨集热模块,并吸收太阳能纳米涂层的太阳能蒸发汽化,变成低压低温气态制冷剂进入压缩机,如此循环。

[0071] 基于上述太阳能热泵系统的结构,本实施例还提供一种太阳能热泵系统的设计方法,主要涉及对主机模块、太阳能直膨集热模块和直凝蓄热模块的设计选型,具体步骤如下:

[0072] (1) 确定建筑辐射热负荷 Q_f ;

[0073] 根据建筑设计参数确定建筑热负荷 Q_c ,进而根据建筑热负荷确定建筑辐射热负荷 Q_f :

[0074] $Q_f = \mu Q_c$;

[0075] 式中, μ 为修正系数,一般取0.8~0.95。

[0076] 作为可选择的一种实施方式,所述建筑设计参数包括建筑地点室外设计温度 T_{a_0} 、室内设计温度 T_{n_0} 、建筑面积 S 以及维护结构参数。

[0077] (2) 根据建筑辐射热负荷 Q_f ,确定主机模块容量 Q_n :

[0078] $Q_n = Q_f \times \beta_1$;

[0079] 式中, β_1 为安全系数。

[0080] (3) 确定直凝蓄热模块单位面积供热热指标 q_{n_0} ;

[0081] 根据建筑辐射热负荷 Q_f 以及房间内直凝蓄热模块的可敷设面积 F_n ,计算直凝蓄热模块单位面积供热热指标 q_{n_0} :

[0082] $q_{n_0} = Q_f / F_n$

[0083] 作为可选择的一种实施方式,所述面积 F_n 根据建筑实际尺寸确定。

[0084] (4) 根据直凝蓄热模块单位面积供热热指标 q_{n_0} ,按照经验公式,选配直凝蓄热模块,并确定单个直凝蓄热模块面积 F_{n_0} :

[0085] $q_{n_0} = f(T_{con}, d_1, r_1, l_1)$;

[0086] 式中, T_{con} 为冷凝温度, d_1 为第二制冷剂管的管间距、 r_1 为管径, l_1 为管长,该公式一般可以通过实验获得。

[0087] (5) 根据选配的直凝蓄热模块,确定房间内直凝蓄热模块的可敷设数量 n_1 : $n_1 = F_n / F_{n_0}$ 。

[0088] (6) 根据建筑辐射热负荷 Q_f 确定直凝蓄热模块的蓄热量 Q_x :

[0089] $Q_x = Q_f \times t_x$;

[0090] 式中, t_x 为需要的相变释热时间。

[0091] (7) 确定单个直凝蓄热模块内的蓄热材料的填充高度 h :

[0092] $h = Q_x / (\gamma \times \rho \times F_n)$;

[0093] 式中, γ 为蓄热材料相变潜热, ρ 为蓄热材料密度。

[0094] (8) 确定室外的太阳能直膨集热模块的敷设面积 F_w 和太阳能直膨集热模块单位面积积热指标 q_{e_0} ;

[0095] 根据建筑辐射热负荷 Q_f 、热泵制热能效系数COP和设计地点的太阳能辐射强度D,确定太阳能直膨集热模块的敷设面积 F_w :

[0096] $F_w = Q_f / (COP \times D \times y)$;

[0097] 式中, y 为热转换效率;

[0098] 进而按照式 $q_{e_0} = D \times y$,确定太阳能直膨集热模块单位面积热指标 q_{e_0} 。

[0099] (9) 根据太阳能直膨集热模块单位面积热指标 q_{e_0} ,按照经验公式,选配太阳能直膨集热模块,并确定单个太阳能直膨集热模块面积 F_{w_0} :

[0100] $q_{e_0} = f(D, T_e, d_2, r_2, l_2)$;

[0101] 式中, T_e 为蒸发温度, D 为太阳辐射强度, d_2 为第一制冷剂管的管间距、 r_2 为管径, l_2 为管长,该公式一般可以通过实验获得。

[0102] (10) 确定太阳能直膨集热模块的可敷设数量 n_2 :

[0103] $n_2 = F_w / F_{w_0}$ 。

[0104] 在本实施例中,结合某建筑某办公室实际工程,详细描述太阳能热泵系统的设计流程,具体如下:

[0105] (1) 根据某建筑房间设计图,确定室外冬季空调设计温度 T_{a_0} 为 -7.2°C ,采暖面积 S 为 100m^2 ,参考《民用建筑供暖通风与空气调节设计规范》GB50736-2016,确定室内设计温度 T_{n_0} 为 20°C ,根据图纸中的维护结构设计参数,计算得到建筑热负荷 Q_c 为 6kW ,按照公式 $Q_f = \mu Q_c$,式中 μ 为修正系数,一般取 $0.8 \sim 0.95$,本实施例取值 0.8 ,确定辐射热负荷为 4.8kW 。

[0106] (2) 采用部分地板辐射+部分墙面辐射的供暖形式,测量地面和墙面可敷设直凝蓄热模块的面积 F_n 为 80m^2 (其中,地面 60m^2 ,墙面 20m^2),按照公式 $q_{n_0} = Q_f / F_n$,计算直凝蓄热模块单位面积供热热指标 q_{n_0} 为 $60\text{W}/\text{m}^2$ 。

[0107] (3) 根据直凝蓄热模块单位面积供热热指标 q_{n_0} 为 $60\text{W}/\text{m}^2$,为了避免地面和墙面温度过高,模块内制冷剂冷凝温度 T_{con} 为 35°C ,并综合考虑经济型,确定ZNXM-60系列模块,其中,管间距 d_1 为 20cm 、管径 r_1 为 9mm ,单路管长 l_1 为 5m ,单个模块面积 F_{n_0} 为 4m^2 (尺寸 $2\text{m} \times 1\text{m}$)。

[0108] (4) 按照公式 $n_1 = F_n / F_{n_0}$,计算房间可敷设的直凝蓄热模块数量 n_1 为20块。

[0109] (5) 按照公式 $Q_x = Q_f \times t_x$,计算直凝蓄热模块蓄热量约为 207MJ ,式中 t_x 为需要的相变释热时间,本实施例取 12h 。

[0110] (6) 按照公式 $h = Q_x / (\gamma \times \rho \times F_n)$,计算单块直凝蓄热模块内的蓄热材料填充高度 h 为 30mm ,式中 γ 为蓄热材料相变潜热, ρ 为蓄热材料密度,本实施例中 γ 为 $99.7\text{kJ}/\text{kg}$, ρ 为 $0.9\text{g}/\text{mL}$ 。

[0111] (7) 按照公式 $F_w = Q_f / (COP \times D \times y)$,计算室外太阳能直膨集热模块面积 F_w 为 29m^2 ,热转换效率 y 取 50% ,COP取 2.0 , D 取 $165\text{W}/\text{m}^2$;按照公式 $q_{e_0} = D \times y$,计算太阳能直膨集热模块单位面积热指标 q_{e_0} 约为 $80\text{W}/\text{m}^2$ 。

[0112] (8) 根据 q_{e_0} 为 $80\text{W}/\text{m}^2$,并从热泵高效运行角度,模块蒸发温度 T_e 设计为 -10°C ,确定ZPMK-80系列模块,管间距 d_2 为 25cm 、管径 r_2 为 9mm ,管长 l_2 为 5m ,并确定单个模块面积 F_{w_0} 为 4m^2 (尺寸 $2\text{m} \times 1\text{m}$)。

[0113] (9) 按照公式 $n_2 = F_w / F_{w_0}$,计算太阳能直膨集热模块数量 n_2 为8块。

[0114] (10) 根据辐射热负荷 Q_f ,按照公式 $Q_n = Q_f \times \beta_1$,计算主机模块容量 Q_n 为 5.3kW ,式中 β_1 取 1.1 。

[0115] 实施例2

[0116] 本实施例提供一种太阳能源热泵系统的控制方法,如图4所示,包括:

[0117] 实时监测室外太阳能辐射强度 D (W/m^2),当室外太阳能辐射强度 D 大于设定阈值 D_{set_0} 时,则判定为热泵制热模式,否则为辅助制热模式;

[0118] 所述热泵制热模式为热泵系统制热为主,同时兼顾蓄热,其运行控制方法包括:

[0119] (1) 实时监测室外太阳能辐射强度 D 、室外环境温度 T_a 、室内环境温度 T_n 、直凝蓄热模块内的压力 P ,并实时计算负荷需求率 $\varphi = 1 - (T_n - T_a) / (T_{n_0} - T_a)$, T_{n_0} 为室外设计温度。

[0120] (2) 当室外太阳能辐射强度 D 小于额定太阳能辐射强度阈值 D_{set_1} 时,按照公式 $N = N_0 \times (D/D_{set_1})$ 进行PID调节,控制主机模块的压缩机频率,进而控制系统制热输出;其中, N_0 为额定压缩机频率,额定太阳能辐射强度阈值 D_{set_1} 大于设定阈值 D_{set_0} ;

[0121] 此时,进行累计计时 t_1 ,当 $t_1 > t_{set_1}$ 且 $\varphi > z\%$ 时,按照 $N = N_0 \times \varphi$ 进行PID调节,控制主机模块压缩机的频率,进而控制系统制热输出;

[0122] 反之,当 $t_1 > t_{set_1}$ 且 $\varphi < z\%$ 时,按照公式 $N = N_0 \times (D/D_{set_1})$ 进行调节;

[0123] 其中, $z\%$ 为运行 t_{s1} 累计时间下的负荷需求, t_{set_1} 为设定的时间阈值。

[0124] (3) 当 $D \geq D_{set_1}$ 时;

[0125] 若微压传感器测量值 $P < P_{y0}$, P_{y0} 为液态体积分数最高时直凝蓄热模块内的压力,意味着蓄热材料的蓄热量不够,此时主机模块的压缩机按照满频运行;

[0126] 若 $P \approx P_{y0}$ 时,此时基本完成蓄热,按照 $N = N_0 \times \varphi$ 进行PID调节,控制主机模块的压缩机频率,进而控制系统制热输出。

[0127] 所述辅助制热模式为热泵系统停止运行,依靠蓄热量供热,不足时电辅热补充,其运行控制方法包括:

[0128] (1) 实时监测室内环境温度 T_n 和直凝蓄热模块内的压力 P 。

[0129] (2) 当 $|T_n - T_{n_0}| / T_{n_0} \leq 5\%$ 时, T_{n_0} 为室内设计温度;

[0130] 若微压传感器测量值 $P > P_{y1}$, P_{y1} 为液态体积分数最低时直凝蓄热模块内的压力,意味着蓄热材料能够持续释热,此时以蓄热材料释热供热为主;

[0131] 若 $P \approx P_{y1}$ 时,意味着蓄热材料释热不足,此时开启电辅热辅助供热。

[0132] (3) 当 $|T_n - T_{n_0}| / T_{n_0} > 5\%$ 时,意味着蓄热材料能够持续释热,但释热量不足,此时开启电辅热辅助供热。

[0133] 上述虽然结合附图对本发明的具体实施方式进行了描述,但并非对本发明保护范围的限制,所属领域技术人员应该明白,在本发明的技术方案的基础上,本领域技术人员不需要付出创造性劳动即可做出的各种修改或变形仍在本发明的保护范围以内。

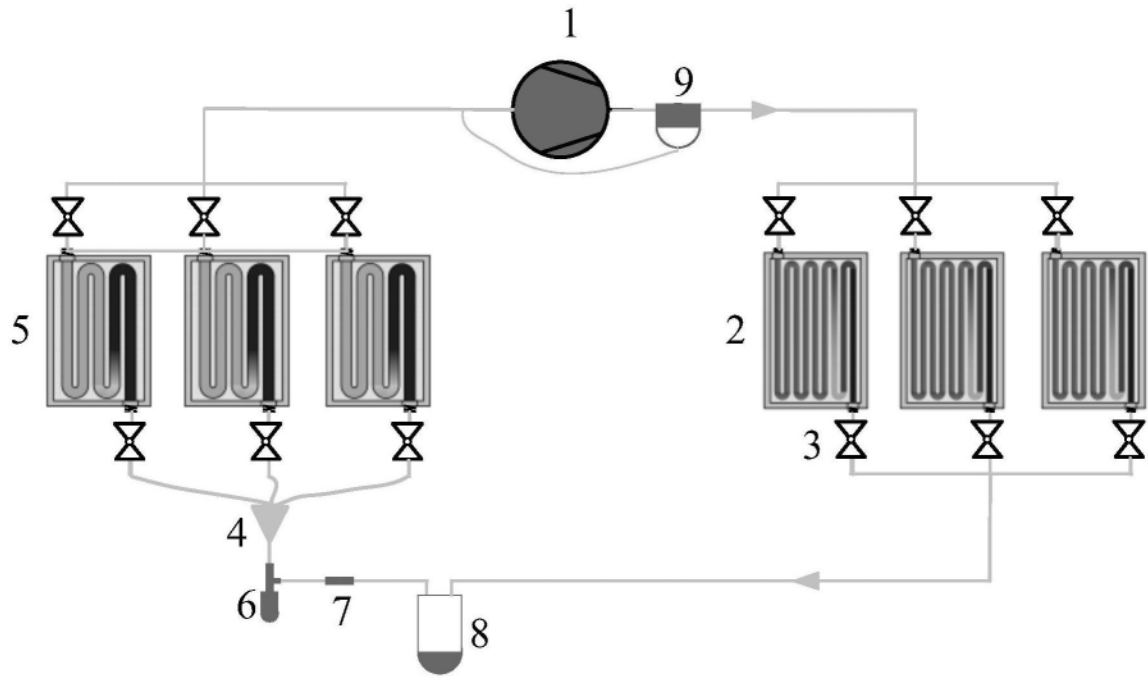


图1

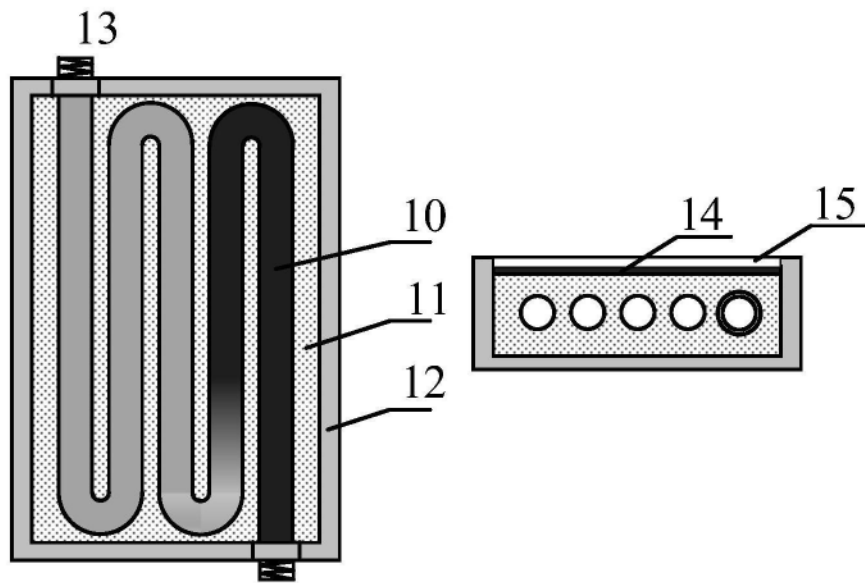


图2

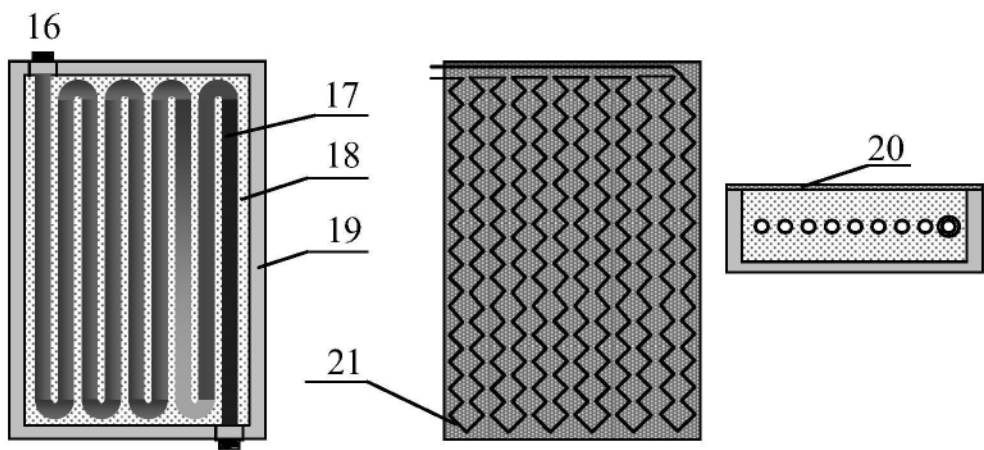


图3

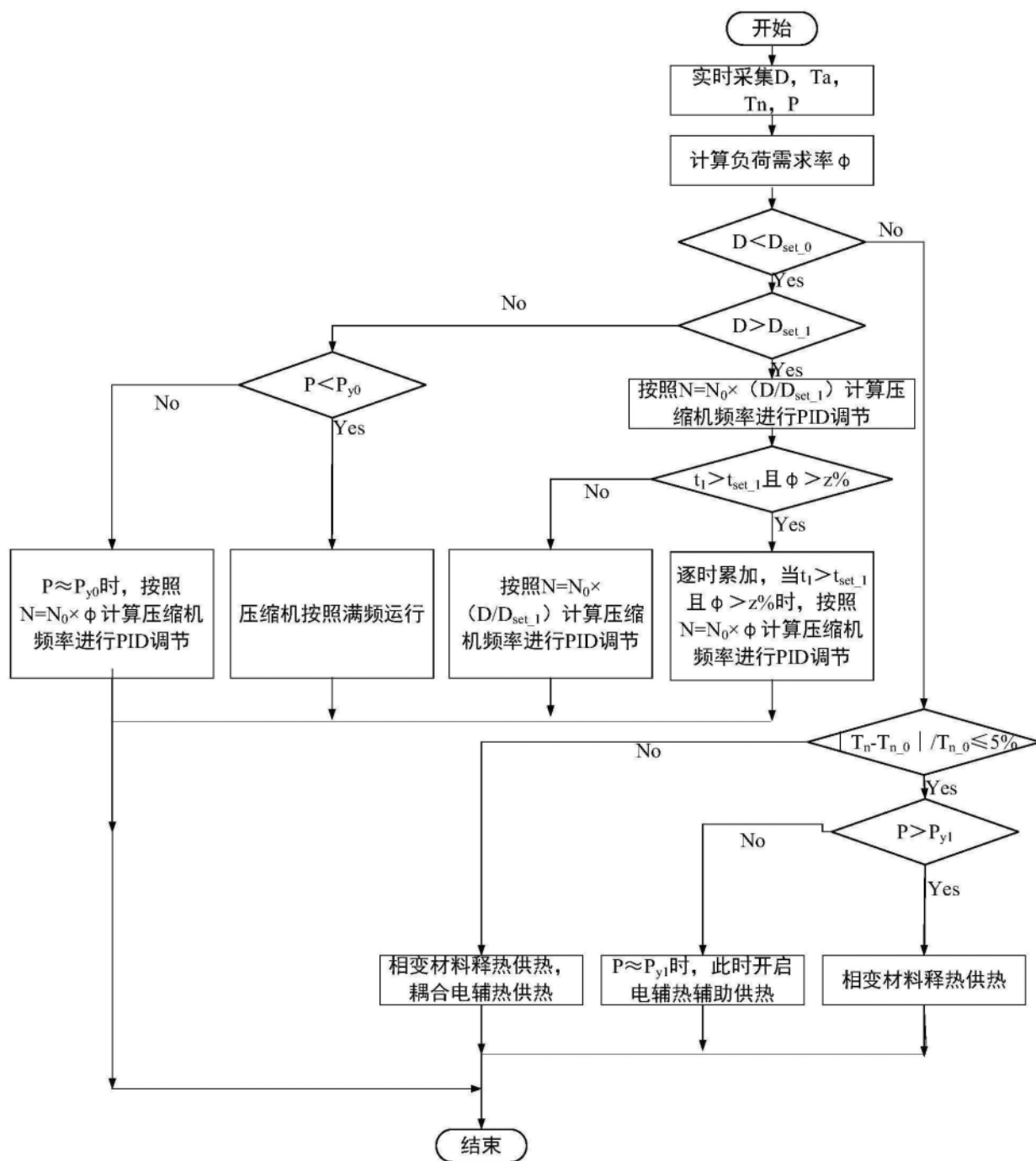


图4