

(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国际局

(43) 国际公布日
2024 年 4 月 11 日 (11.04.2024)



(10) 国际公布号
WO 2024/074064 A1

- (51) 国际专利分类号:
B60H 1/00 (2006.01) **B60L 58/26** (2019.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2023/104547
- (22) 国际申请日: 2023 年 6 月 30 日 (30.06.2023)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:
202211222544.3 2022 年 10 月 8 日 (08.10.2022) CN
- (71) 申请人: 江苏大学 (JIANGSU UNIVERSITY) [CN/CN]; 中国江苏省镇江市京口区学府路 301 号, Jiangsu 212013 (CN)。
- (72) 发明人: 李蒙 (LI, Meng); 中国江苏省南京市京口区学府路 301 号, Jiangsu 212013 (CN)。高游游 (GAO, Youyou); 中国江苏省南京市京口区学府路 301 号, Jiangsu 212013 (CN)。徐兴 (XU, Xing); 中国江苏省南京市京口区学府路 301 号, Jiangsu 212013 (CN)。李勇 (LI, Yong); 中国江苏省南京市京口区学府路 301 号, Jiangsu 212013 (CN)。廉玉波

(LIAN, Yubo); 中国江苏省南京市京口区学府路 301 号, Jiangsu 212013 (CN)。凌和平 (LING, Heping); 中国江苏省南京市京口区学府路 301 号, Jiangsu 212013 (CN)。邱嵩 (QIU, Song); 中国江苏省南京市京口区学府路 301 号, Jiangsu 212013 (CN)。

(74) 代理人: 南京智造力知识产权代理有限公司 (NANJING IPZHI INTELLECTUAL PROPERTY AGENCY CO., LTD.); 中国江苏省南京市江宁区芝兰路 18 号 4 幢 1202 室, Jiangsu 211100 (CN)。

(81) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW。

(54) Title: INDIRECT MULTI-LEVEL WASTE HEAT RECOVERY HEAT PUMP AIR-CONDITIONING SYSTEM, AND CONTROL METHOD THEREFOR

(54) 发明名称: 一种间接式多层级余热回收的热泵空调系统及其控制方法

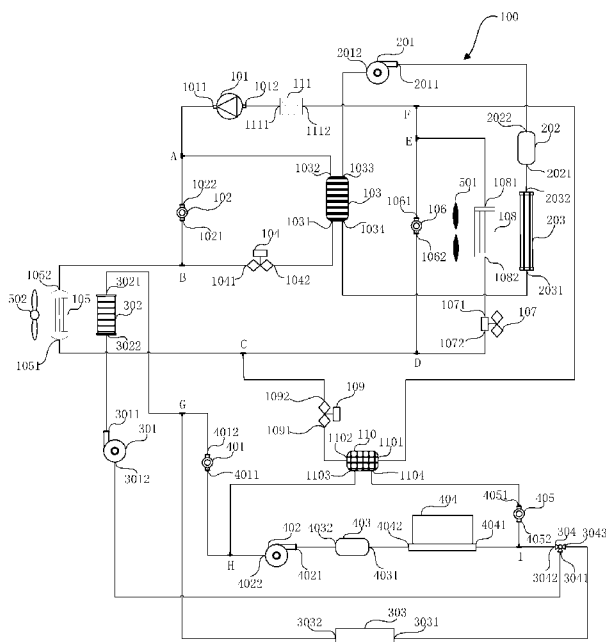


图 1

(57) Abstract: An indirect multi-level waste heat recovery heat pump air-conditioning system, and a control method therefor. The control method comprises: by means of a compressor, controlling the flow of a refrigerant; by means of a first water pump (201), a second water pump (301) and a third water pump (402), controlling the flow of a cooling liquid; by means of a blower (501) and a fan (502), controlling the flow of air; controlling the heating power of a first heater (202) and a second heater (403); and, by means of a first one-way valve (102), a first electronic expansion valve (104), a second one-way valve (106), a second electronic expansion valve (107), a third electronic expansion valve (109), a three-way valve (304), a third one-way valve (401), and a fourth one-way valve (405), controlling communication and disconnection of fluids, or achieving specified flow states, thus satisfying various thermal management requirements under all-weather conditions, and reducing energy consumption by means of reasonable utilization of waste heat.

(84) 指定国(除另有指明, 要求每一种可提供的地区保护): ARIPO (BW, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, ME, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

本国际公布:
— 包括国际检索报告(条约第21条(3))。

(57) 摘要: 一种间接式多层级余热回收的热泵空调系统及其控制方法, 通过压缩机控制制冷剂流量, 通过第一水泵(201)、第二水泵(301)和第三水泵(402)控制冷却液流量, 通过鼓风机(501)和风扇(502)控制空气流量, 控制第一加热器(202)和第二加热器(403)的加热功率, 通过第一单通阀(102)、第一电子膨胀阀(104)、第二单通阀(106)、第二电子膨胀阀(107)、第三电子膨胀阀(109)、三通阀(304)、第三单通阀(401)和第四单通阀(405)控制流体的连通、断开或者实现指定的流动状态, 满足涵盖全天候状况下多种热管理需求, 并通过合理的余热利用降低能耗。

一种间接式多层级余热回收的热泵空调系统及其控制方法

技术领域

本发明涉及新能源汽车热管理技术领域，具体涉及一种间接式多层级余热回收的热泵空调系统及其控制方法。

背景技术

续航里程是制约新能源汽车发展的瓶颈之一，除了研发大容量、高密度的电池外，整车热管理技术也得到了广泛的关注。低温环境下，热泵效能高，可以节约电能并提供舒适的乘员舱环境。电池在低温启动时，为避免低温放电造成的容量大量衰减，需要对电池进行加热；在正常行驶时，电池需维持在特定的温度区间，使得其容量和使用寿命不至于出现大幅度衰减。此外，电驱等热量不仅需要散热，还需对其余热进行利用，对乘员舱加热和电池加热。然而，传统的直接式热泵空调大多只能从环境中吸热，工作模式单一，难以实现对电池和电驱系统的余热回收。

发明内容

针对现有技术中存在不足，本发明提供了一种间接式多层级余热回收的热泵空调系统及其控制方法，能够在低温下进行多层级余热回收，在中、高温下同时充分冷却电池、电驱和座舱，并且在全天候状况下以低能耗满足多种热管理需求。

本发明是通过以下技术手段实现上述技术目的的。

一种间接式多层级余热回收的热泵空调系统，包括：

依次连通的压缩机、第一单通阀、室外换热器、第二单通阀和气液分离器，所述第一单通阀两端连通水冷凝器和第一电子膨胀阀，所述第二单通阀两端连通蒸发器和第二电子膨胀阀，所述第二单通阀两端还连通第三电子膨胀阀和冷水机；

依次连通的第一水泵、第一加热器和加热器芯，所述水冷凝器还分别与第一水泵和加热器芯连通；

依次连通的第二水泵、散热器、电驱动系统和三通阀；

依次连通的第三单通阀、第三水泵、第二加热器、动力电池和第四单通阀，所述第三单通阀还与散热器连通，所述第四单通阀还与三通阀连通；所述冷水机还分别与第三水泵和第四单通阀连通。

上述技术方案中，所述散热器处设有风扇。

上述技术方案中，所述蒸发器和加热器芯处设有鼓风机。

上述技术方案中，所述压缩机、第一单通阀、第一电子膨胀阀、第二单通阀、第二电子膨胀阀、第三电子膨胀阀、第一水泵、第一加热器、第二水泵、三通阀、第三单通阀、第三水泵、第二加热器、第四单通阀、鼓风机、风扇均与控制模块通讯连接。

一种间接式多层级余热回收的热泵空调系统的控制方法：

控制模块通过压缩机控制制冷剂流量，通过第一水泵、第二水泵和第三水泵控制冷却液流量，通过鼓风机和风扇控制空气流量，控制第一加热器和第二加热器的加热功率，通过第一单通阀、第一电子膨胀阀、第二单通阀、第二电子膨胀阀、第三电子膨胀阀、三通阀、第三单通阀和第四单通阀控制流体的连通、断开或者实现指定的流动状态，实现如下工作模式：低温环境下热泵加热座舱，低温环境下热泵加热座舱和电驱余热加热电池，中温环境下电驱散热器冷却，在高温环境下热泵空调冷却座舱、电驱散热器冷却及电池冷水机冷却。

进一步地，所述低温环境下热泵加热座舱，通过如下过程实现：

控制第一单通阀、第二电子膨胀阀、第三电子膨胀阀、第三单通阀、第四单通阀、三通阀和第二加热器关闭，控制第一电子膨胀阀、第二单通阀打开，控制压缩机的制冷剂流量，控制第一水泵的冷却液流量，控制风扇和鼓风机的空气流量，控制第一加热器的加热功率。

进一步地，所述低温环境下热泵加热座舱和电驱余热加热电池，通过如下过程实现：

控制第一单通阀、第二电子膨胀阀、第三电子膨胀阀、第四单通阀以及三通阀第一端口关闭，控制第一电子膨胀阀、第二单通阀、第三单通阀打开，控制三通阀的第二端口和第三端口打开，控制压缩机的制冷剂流量，控制第一水泵和第三水泵的冷却液流量，控制风扇和鼓风机的空气流量，控制第一加热器和第二加热器的加热功率。

进一步地，所述中温环境下电驱散热器冷却，通过如下过程实现：

控制第一电子膨胀阀、第一单通阀、第二电子膨胀阀、第二单通阀、第三电子膨胀阀、三通阀的第二端口、第一加热器、第二加热器和第四单通阀关闭，控制三通阀的第一端口和第三端口打开，控制第二水泵的冷却液流量，控制风扇的空气流量。

进一步地，所述在高温环境下热泵空调冷却座舱、电驱散热器冷却及电池冷水机冷却，通过如下过程实现：

控制第一电子膨胀阀、第二单通阀、第一加热器、第三单通阀以及三通阀的第二端口关闭，控制第一单通阀、第二电子膨胀阀、第三电子膨胀阀、第四单通阀打开，控制三通阀的第一端口和第三端口打开，控制第二水泵和第三水泵的冷却液流量，控制第二加热器的加热功率，控制风扇和鼓风机的空气流量。

一种车辆，包括上述热泵空调系统。

本发明的有益效果为：

(1) 本发明的热泵空调系统包括压缩机、第一单通阀、水冷凝器、第一电子膨胀阀、室外换热器、第二单通阀、第二电子膨胀阀、蒸发器、第三电子膨胀阀、冷水机、气液分离器、第一水泵、第一加热器、加热器芯、第二水泵、散热器、电驱动系统、三通阀、第三单通阀、第三水泵、第二加热器、动力电池和第四单通阀，其中压缩机、第一单通阀、水冷凝器、第一电子膨胀阀、室外换热器、第二单通阀、第二电子膨胀阀、蒸发器、第三电子膨胀阀、冷水机和气液分离器构成热泵制冷剂循环，第一水泵、第一加热器和加热器芯构成座舱加热循环，第二水泵、散热器、电驱动系统、三通阀和第三单通阀构成电驱冷却液循环，第三水泵、第二加热器、动力电池和第四单通阀构成电池冷却液循环；本申请的热泵空调系统通过简明的拓扑结构能够提供多个工作模式，从而满足不同的热管理需求。

(2) 本发明的热泵空调系统能够实现如下工作模式：低温环境下热泵加热座舱，低温环境下热泵加热座舱和电驱余热加热电池，中温环境下电驱散热器冷却，在高温环境下热泵空调冷却座舱、电驱散热器冷却及电池冷水机冷却，涵盖了全天候状况下多种热管理需求，并通过合理的余热利用降低了能耗。

(3) 本发明中低温环境下热泵加热座舱的工作模式利用了热泵制冷剂循环提供加热，从而降低了热管理系统的能耗；低温环境下热泵加热座舱的同时还可以达到通过电驱余热加热电池的目的，从而缓解低温下电池内阻升高和老化严重等问题；中温环境下电驱散热器冷却，能确保中温环境下电驱的热安全，并达到降低热管理能耗的效果；在高温环境下热泵空调冷却座舱、电驱散热器冷却及电池冷水机冷却，保证了高温下座舱的舒适性及电驱和电池热管理安全性，解决了电池散热器冷却在高温下散热不足的问题。

附图说明

本申请的特征和优点可以通过参照附图阅读以下详细说明得到更好地理解，在整车附图中，相同的附图标记表示相同的部件，其中：

图 1 为本发明一个实施例的热泵空调系统图；

图 2 为本发明所述控制模块与热泵空调系统各执行器的通讯连接示意图；

图 3 为本发明所述控制模块示意性的内部结构图；

图 4 为本发明所述热泵空调系统在低温环境下热泵加热座舱模式下的系统图；

图 5 为本发明所述热泵空调系统在低温环境下热泵加热座舱和电驱余热加热电池模式下的系统图；

图 6 为本发明所述热泵空调系统在中温环境下电驱散热器冷却模式下的系统图；

图 7 为本发明所述热泵空调系统在高温环境下热泵空调冷却座舱、电驱散热器冷却及电

池冷水机冷却模式下的系统图；

图中：100-热泵空调系统、101-压缩机、102-第一单通阀、103-水冷凝器、104-第一电子膨胀阀、105-室外换热器、106-第二单通阀、107-第二电子膨胀阀、108-蒸发器、109-第三电子膨胀阀、110-冷水机、111-气液分离器、201-第一水泵、202-第一加热器、203-加热器芯、301-第二水泵、302-散热器、303-电驱动系统、304-三通阀、401-第三单通阀、402-第三水泵、403-第二加热器、404-动力电池、405-第四单通阀、501-鼓风机、502-风扇、1011-压缩机排气口、1012-压缩机吸气口、1021-第一单通阀第一端、1022-第一单通阀第二端口、1031-水冷凝器制冷剂通道出口、1032-水冷凝器制冷剂通道入口、1033-水冷凝器冷却液通道出口、1034-水冷凝器冷却液通道入口、1041-第一电子膨胀阀第一端口、1042-第一电子膨胀阀第二端口、1051-室外换热器第一端口、1052-室外换热器第二端口、1061-第二单通阀第一端口、1062-第二单通阀第二端口、1071-第二电子膨胀阀第一端口、1072-第二电子膨胀阀第二端口、1081-蒸发器第一端口、1082-蒸发器第二端口、1091-第三电子膨胀阀第一端口、1092-第三电子膨胀阀第二端口、1101-冷水机制冷剂通道出口、1102-冷水机制冷剂通道入口、1103-冷水机冷却液通道出口、1104-冷水机冷却液通道入口、1111-气液分离器出口、1112-气液分离器入口、2011-第一水泵出水口、2012-第一水泵入水口、2021-第一加热器第一端口、2022-第一加热器第二端口、2031-加热器芯第一端口、2032-加热器芯第二端口、3011-第二水泵出水口、3012-第四单通阀第一端口、3021-散热器第一端口、3022-散热器第二端口、3031-电驱动系统第一端口、3032-电驱动系统第二端口、3041-三通阀第一端口、3042-三通阀第二端口、3043-三通阀第三端口、4011-第三单通阀第一端口、4012-第三单通阀第二端口、4021-第三水泵出水口、4022-第三水泵入水口、4031-第二加热器第一端口、4032-第二加热器第二端口、4041-动力电池第一端口、4042-动力电池第二端口、4051-第四单通阀第一端口、4052-第四单通阀第二端口、8000-控制模块、8001-总线、8002-输入接口、8003-存储器、8004-处理器、8005-输出接口、8101-接口 A、8102-接口 B、8103-接口 C、8104-接口 D、8105-接口 E、8106-接口 F、8107-接口 G、8108-接口 H、8109-接口 I、8110-接口 J、8111-接口 K、8112-接口 L、8113-接口 M、8114-接口 N、8115-接口 O、8116-接口 P、8200-连接。

具体实施方式

为了便于理解本发明，下面将参照相关附图对本发明进行更全面的描述。附图中给出了本发明的较佳实施例。但是，本发明可以以许多不同的形式来实现，并不限于本文描述的实施例。例如电子膨胀阀、单通阀可以通过其他合理的阀门种类进行替换。相反地，提供这些实施例的目的是使对本发明公开内容的理解更加透彻全面。下面将参考构成说明书一部分的

附图对本发明的各种具体实施方案进行描述。应该理解的是，本申请中所使用的诸如“第一”、“第二”等序数词仅仅用于区分和标识，而不具有任何其他含义，如未特别指明则不表示特定的顺序，也不具备特定的关联性。例如，例如术语“第一水泵”本身并不暗示“第二水泵”的存在，术语“第二加热器”本身也不暗示“第一加热器”的存在。

图1是本申请一个实施例的热泵空调系统100的系统图，以示出热泵空调系统100中各部件及其连接关系。如图1所示，热泵空调系统100包括压缩机101、第一单通阀102、水冷凝器103、第一电子膨胀阀104、室外换热器105、第二单通阀106、第二电子膨胀阀107、蒸发器108、第三电子膨胀阀109、冷水机110、气液分离器111、第一水泵201、第一加热器202、加热器芯203、第二水泵301、散热器302、电驱动系统303、三通阀304、第三单通阀401、第三水泵402、第二加热器403、动力电池404、第四单通阀405、鼓风机501和风扇502，以及用连线表示的各个部件之间的连接管路。热泵空调系统100各个部件的选型和作用描述如下。其中，压缩机101选用涡旋式或其他种类的电动压缩机，其作用是将制冷剂蒸发压缩成过热蒸汽，并推动其在制冷剂循环系统中流动。其中，第一水泵201、第二水泵301和第三水泵402使用的水泵类型为电动水泵，推动冷却液在冷却液循环系统中流动，且第一水泵201、第二水泵301和第三水泵402均与外部水源连通。其中，水冷凝器103和冷水机110为水侧换热器，提供冷却液和制冷剂间的热量交换。其中，室外换热器105和蒸发器108为空气侧换热器，提供空气和制冷剂之间的热量交换。其中，加热器芯203和散热器302为空气侧换热器，提供空气与冷却液之间的热量交换。其中，第一单通阀102、第二单通阀106、第三单通阀401和第四单通阀405可以是电磁阀式单通阀或者电动式单通阀，控制阀门的开关。其中，第一电子膨胀阀104、第二电子膨胀阀107和第三电子膨胀阀109可以是电磁式膨胀阀或者电动式膨胀阀，通过控制阀孔开度达到过热度或过冷度的温度精度。其中，三通阀304可以是电磁阀，也可以设置为其他类型的阀，只要符合特定的连通方式就可以进行合理的替换。其中，鼓风机501可以是不同类型的电动鼓风机，不仅为蒸发器108制冷剂与空气热量交换提供所需要的空气流量，还为加热器芯203冷却液与空气热量交换提供所需要的空气流量。其中，风扇502可以是不同类型的风扇，不仅为室外换热器105制冷剂与空气热量交换提供所需要的空气流量，还为散热器302冷却液与空气热量交换提供所需要的空气流量。其中，气液分离器111使得制冷剂循环中的液态制冷剂和气态制冷剂分离。其中，三通阀304仅仅连通三通阀第二端口3042和三通阀第三端口3043、仅仅连通三通阀第一端口3041和三通阀第三端口3043。第一单通阀102、第二单通阀106、第三单通阀401、第四单通阀405和三通阀304目的是为了控制其阀门端口相邻部件的连通和断开，达到在不同模式下运行的目的。

热泵空调系统 100 各个部件之间的连接管路描述如下。压缩机吸气口 1012 与气液分离器出口 1111 连通；管道节点 A 分别与压缩机排气口 1011、制冷剂通道入口 1032 和第一单通阀第二端口 1022 连通；管道节点 B 分别与第一单通阀第一端口 1021、第一电子膨胀阀第一端口 1041 和室外换热器第二端口 1052 连通；制冷剂通道出口 1031 与第一电子膨胀阀第二端口 1042 连通；管道节点 C 分别与室外换热器第一端口 1051、管道节点 D 和第三电子膨胀阀第二端口 1092 连通；冷水机制冷剂通道入口 1102 与第三电子膨胀阀第一端口 1091 连通；管道节点 D 分别与管道节点 C、第二单通阀第二端口 1062 和第二电子膨胀阀第二端口 1072 连通；蒸发器第二端口 1082 与第二电子膨胀阀第一端口 1071 连通；管道节点 E 分别与管道节点 F、第二单通阀第一端口 1061 和蒸发器第一端口 1081 连通；管道节点 F 分别与冷水机制冷剂通道出口 1101、管道节点 E 和气液分离器入口 1112 连通；第一水泵出水口 2011 与第一加热器第二端口 2022 连通；加热器芯第二端口 2032 与第一加热器第一端口 2021 连通；水冷凝器冷却液通道入口 1034 与加热器芯第一端口 2031 连通；第一水泵入水口 2012 与水冷凝器冷却液通道出口 1033 连通；第二水泵出水口 3011 与散热器第二端口 3022 连通；管道节点 G 分别与散热器第一端口 3021、电驱动系统第二端口 3032 和第三单通阀第二端口 4012 连通；管道节点 H 分别与第三单通阀第一端口 4011、第三水泵入水口 4022 和冷水机冷却液通道出口 1103 连通；第二加热器第二端口 4032 与第三水泵出水口 4021 连通；动力电池第二端口 4042 与第二加热器第一端口 4031 连通；管道节点 I 分别与动力电池第一端口 4041、三通阀第二端口 3042 和第四单通阀第二端口 4052 连通；冷水机冷却液通道入口 1104 与第四单通阀第一端口 4051 连通；三通阀第一端口 3041 与第二水泵入水口 3012 连通；电驱动系统第一端口 3031 与三通阀第三端口 3043 连通；风扇 502 为室外换热器 105 中的制冷剂与空气热交换提供所需要的空气流量；风扇 502 为散热器 302 中的冷却液与空气热交换提供所需要的空气流量；鼓风机 501 为蒸发器 108 中的制冷剂与空气热交换提供所需要的空气流量；鼓风机 501 为加热器芯 203 中的冷却液与空气热交换提供所需要的空气流量。本申请的热泵空调系统通过简明的拓扑结构提供多个工作模式，从而满足不同的热管理需求。

图 2 控制模块与热泵空调系统各个执行器的通讯连接示意图。如图 2 所示，控制模块 8000 决定热泵空调系统 100 各个执行器的工作状态。控制模块 8000 输出接口 8005 的接口 A8101、接口 B8102、接口 C8103、接口 D8104、接口 E8105、接口 F8106、接口 G8107、接口 H8108、接口 I8109、接口 J8110、接口 K8111、接口 L8112、接口 M8113、接口 N8114、接口 O8115 和接口 P8116 分别与压缩机 101、第一单通阀 102、第一电子膨胀阀 104、第二单通阀 106、第二电子膨胀阀 107、第三电子膨胀阀 109、第一水泵 201、第一加热器 202、第二水泵 301、三通阀 304、第三单通阀 401、第三水泵 402、第二加热器 403、第四单通阀 405、鼓风机 501

和风扇 502 实现通讯连接。控制模块 8000 通过压缩机 101 控制制冷剂流量。控制模块 8000 通过第一水泵 201、第二水泵 301 和第三水泵 402 控制冷却液流量。控制模块 8000 控制第一加热器 202 和第二加热器 403 的加热功率。控制模块 8000 通过第一单通阀 102、第一电子膨胀阀 104、第二单通阀 106、第二电子膨胀阀 107、第三电子膨胀阀 109、三通阀 304、第三单通阀 401 和第四单通阀 405，控制流体的连通、断开或者实现指定的流动状态。控制模块 8000 通过鼓风机 501 和风扇 502 控制空气流量。

图 3 控制模块示意性的内部结构图。如图 3 所示，控制模块 8000 包括总线 8001、输入接口 8002、存储器 8003、处理器 8004 以及输出接口 8005。具体来说，存储器 8003 用于存储程序、指令和数据，而处理器 8004 从存储器 8003 读取程序、指令和数据，并且能向存储器 8003 写入数据。通过执行存储器 8003 读取程序和指令，处理器 8004 通过输入接口 8002 和输出接口 8004 实现信号交换。如图 3 所示，控制模块 8000 输入接口 8002 通过连接 8200 接受热泵空调系统 100 的运行请求与其他运行参数。通过执行器 8003 中的程序和指令，处理器 8004 控制热泵空调系统 100 的运行。具体来说，控制装置 8000 可以通过输入接口 8002 接受控制热泵空调系统 100 的运行请求或者其他部件的信号，并通过输出接口 8005 向各被控部件发出控制信号，从而使得热泵空调系统 100 能够在指定的工作模式运行并可以在不同模式之间进行切换。

图 4-7 示出热泵空调系统 100 在不同工作模式下运行的流体流动状态，其中，中空线箭头表示制冷剂的流向和流动路径，加粗实线箭头表示冷却液的流向和流动路径，其他实线表示无流体流动。下面详述图 4-7 所示的各个工作模式。

图 4 热泵空调系统 100 在低温环境下热泵加热座舱模式下的系统图。在低温环境下，热泵空调系统 100 在收到座舱加热指令（或控制模块 8000 自动产生座舱加热指令）后可以通过热泵加热模式将热量转移到座舱。具体地，控制第一单通阀 102、第二电子膨胀阀 107、第三电子膨胀阀 109、第三单通阀 401、第四单通阀 405、三通阀 304 和第二加热器 403 关闭，控制第一电子膨胀阀 104、第二单通阀 106 打开，控制压缩机 101 的制冷剂流量，控制第一水泵 201 的冷却液流量，控制风扇 502 和鼓风机 501 的空气流量，控制第一加热器 202 的加热功率。如图 4 所示，从压缩机排气口 1011 流出的高温高压的制冷剂经管道节点 A 流入水冷凝器制冷剂通道入口 1032，在水冷凝器 103 冷凝作用下，制冷剂由气态变成液态。液态高压制冷剂由水冷凝器制冷剂通道出口 1031 流出，经第一电子膨胀阀 104 减压增积的作用下，形成低温低压的液雾状混合物再经过管道节点 B 流向室外换热器第二端口 1052，此时，室外换热器 105 用作蒸发器，其会吸收环境空气中大量热量，使得制冷剂变成气态，并从室外换热器第一端口 1051 流出，依次经过管道节点 C、管道节点 D、第二单通阀 106、管道节点 E 和

管道节点 F 后流入气液分离器入口 1112，经过气液分离器 111 将液态制冷剂和气态制冷剂进行分离。压缩机进气口 1012 从气液分离器出口 1111 吸入气态制冷剂，开始下一个制冷剂循环的工作。另一方面，低温冷却液流经水冷凝器 103 冷却液通道时会吸收制冷剂的热量从而产生高温冷却液，高温冷却液之后会由第一水泵出水口 2011 泵出并流入第一加热器第二端口 2022，第一加热器 202 可以根据需要向冷却液释放热量，从而提升座舱加热的功率和系统效率。接着，冷却液由第一加热器第一端口 2021 流入到加热器芯第二端口 2032，高温冷却液在经过加热器芯 203 时会向鼓风机 501 吹出的空气释放热量加热座舱，并在加热器芯第一端口 2031 处变回低温冷却液，再经水冷凝器 103 冷却液通道流入第一水泵入水口 2012 形成座舱加热冷却液循环。

图 5 热泵空调系统 100 在低温环境下热泵加热座舱和电驱余热加热电池模式下的系统图。在热泵空调系统 100 识别到热泵效率较低并且电驱动系统 302 出口冷却液温度较高时，可以直接利用电驱余热来加热电池。具体地，控制第一单通阀 102、第二电子膨胀阀 107、第三电子膨胀阀 109、第四单通阀 405 以及三通阀 304 第一端口关闭，控制第一电子膨胀阀 104、第二单通阀 106、第三单通阀 401 打开，控制三通阀 304 的第二端口和第三端口打开，控制压缩机 101 的制冷剂流量，控制第一水泵 201 和第三水泵 402 的冷却液流量，控制风扇 502 和鼓风机 501 的空气流量，控制第一加热器 202 和第二加热器 403 的加热功率。由于制冷剂循环和座舱加热循环与图 4 所示的工作模式完全相同，因此在这里不再赘述。在该模式下电驱动系统第二端口 3032 冷却液温度较高，高温冷却液会依次经过管道节点 G、第三单通阀 401 和管道节点 H 流入第三水泵入水口 4022，高温冷却液会从第三水泵出水口 4021 流出并经第二加热器 403 流入动力电池第二端口 4042，高温冷却液会对动力电池 404 进行加热并在动力电池第一端口 4041 形成低温冷却液，再经管道节点 I、三通阀第二端口 3042 和三通阀第三端口 3043 流入电驱动系统第一端口 3031，形成电驱余热加热电池的冷却液循环。

图 6 是热泵空调系统 100 在中温环境下电驱散热器冷却模式下的系统图。在中温环境下，座舱无加热和冷却需求时要对电驱进行冷却，一般此环境温度适合并且电驱产热量不大，电驱能利用散热器散热，从而减低压缩机载荷，起到了降低压缩机能耗的作用。具体地，控制第一电子膨胀阀 104、第一单通阀 102、第二电子膨胀阀 107、第二单通阀 106、第三电子膨胀阀 109、三通阀 304 的第二端口、第一加热器 202、第二加热器 403 和第四单通阀 405 关闭，控制三通阀 304 的第一端口和第三端口打开，控制第二水泵 301 的冷却液流量，控制风扇 502 的空气流量。在该模式下，第二水泵出水口 3011 泵出的高温冷却液流入散热器第二端口 3022，在风扇 502 的风扇控制下，散热器第二端口 3022 的高温冷却液与空气发生热量交换和降温，在散热器第一端口 3021 形成低温冷却液，再经过管道节点 G 流入电驱动系统第二端口 3032

进行冷却，接着冷却液由电驱动系统第一端口 3031 流出并经过三通阀第三端口 3043 和三通阀第一端口 3041 后，流入第二水泵第二端口 3012，形成中温环境下电驱散热器冷却循环。

图 7 是热泵空调系统 100 在高温环境下热泵空调冷却座舱、电驱散热器冷却及电池冷水机冷却模式下的系统图。当空气温度较高时，电池高温冷却液无法通过散热器与环境空气发生热量交换，因此需要通过冷水机进行冷却。当热泵空调系统 100 收到座舱空调制冷指令（或者控制模块 8000 自动产生座舱制冷指令）制冷剂循环对座舱制冷。具体地，控制第一电子膨胀阀 104、第二单通阀 106、第一加热器 202、第三单通阀 401 以及三通阀 304 的第二端口关闭，控制第一单通阀 102、第二电子膨胀阀 107、第三电子膨胀阀 109、第四单通阀 405 打开，控制三通阀 304 的第一端口和第三端口打开，控制第二水泵 301 和第三水泵 402 的冷却液流量，控制第二加热器 403 的加热功率，控制风扇 502 和鼓风机 501 的空气流量。从压缩机排气口 1011 流出的高温高压制冷剂经管道节点 A、第一单通阀 102 和管道节点 B 后流入室外换热器第二端口 1052，此时，室外换热器 105 用作冷凝器，在其冷凝作用下制冷剂由气态冷凝成液态，并向环境中散热。制冷剂由室外换热器第一端口 1051 流出并依次经管道节点 C 和管道节点 D 后流入部分打开的第二电子膨胀阀第二端口 1072，在其减压增积的作用下，制冷剂形成低温低压液雾状的混合物由第二电子膨胀阀第一端口 1071 流出到蒸发器第二端口 1082，此时，制冷剂从鼓风机 501 吹出的空气中吸收热量并通过空气制冷降低湿度。制冷剂从蒸发器第一端口 1081 流出并经管道节点 E 和管道节点 F 流入气液分离器第二端口 1112。与此同时，当制冷剂流经管道节点 C 时，会有一路流入第三电子膨胀阀第二端口 1092，在其减压增积的作用下，制冷剂形成低温低压的液雾状的混合物并从第三电子膨胀阀第一端口 1091 流出到冷水机制冷剂通道入口 1102。此时，制冷剂和第三水泵 402 泵出的冷却液在冷水机 110 中进行热量交换，形成低温低压状态。接着，制冷剂由冷水机制冷剂通道出口 1101 流出经管道节点 F 流入气液分离器第二端口 1112，气液分离器 111 会将液态制冷剂和气态制冷剂进行分离。压缩机进气口 1012 从气液分离器第一端口 1111 吸入气态制冷剂，开始下一个制冷剂循环的工作。该模式下的电驱散热器冷却与图 6 完全相同，因此在这里不再赘述。不同的是，第三水泵出水口 4021 泵出的高温冷却液流经第二加热器 403、动力电池 404、管道节点 I 和第四单通阀 405 后流入冷水机冷却液通道入口 1104，高温冷却液会与制冷剂发生热量交换，并在冷水机冷却液通道出口 1103 形成低温冷却液，再经管道节点 H 流入第三水泵入水口 4022，形成电池冷水机冷却循环。

上述各工作模式中，压缩机 101 的制冷剂流量通过控制其转速实现，第一水泵 201、第二水泵 301 和第三水泵 402 的冷却液流量通过控制其转速实现，风扇 502、鼓风机 501 的空气流量通过控制其转速实现，第一加热器 202、第二加热器 403 的加热功率通过控制其电流

实现，且转速和电流的控制均根据热管理需求确定，为现有技术。

所述实施例为本发明的优选的实施方式，但本发明并不限于上述实施方式，在不背离本发明的实质内容的情况下，本领域技术人员能够做出的任何显而易见的改进、替换或变型均属于本发明的保护范围。

权利要求书

1.一种间接式多层级余热回收的热泵空调系统，其特征在于，包括：

依次连通的压缩机（101）、第一单通阀（102）、室外换热器（105）、第二单通阀（106）和气液分离器（111），所述第一单通阀（102）两端连通水冷凝器（103）和第一电子膨胀阀（104），所述第二单通阀（106）两端连通蒸发器（108）和第二电子膨胀阀（107），所述第二单通阀（106）两端还连通第三电子膨胀阀（109）和冷水机（110）；

依次连通的第一水泵（201）、第一加热器（202）和加热器芯（203），所述水冷凝器（103）还分别与第一水泵（201）和加热器芯（203）连通；

依次连通的第二水泵（301）、散热器（302）、电驱动系统（303）和三通阀（304）；

依次连通的第三单通阀（401）、第三水泵（402）、第二加热器（403）、动力电池（404）和第四单通阀（405），所述第三单通阀（401）还与散热器（302）连通，所述第四单通阀（405）还与三通阀（304）连通；所述冷水机（110）还分别与第三水泵（402）和第四单通阀（405）连通。

2.根据权利要求1所述的热泵空调系统，其特征在于，所述散热器（302）处设有风扇（502）。

3.根据权利要求2所述的热泵空调系统，其特征在于，所述蒸发器（108）和加热器芯（203）处设有鼓风机（501）。

4.根据权利要求3所述的热泵空调系统，其特征在于，所述压缩机（101）、第一单通阀（102）、第一电子膨胀阀（104）、第二单通阀（106）、第二电子膨胀阀（107）、第三电子膨胀阀（109）、第一水泵（201）、第一加热器（202）、第二水泵（301）、三通阀（304）、第三单通阀（401）、第三水泵（402）、第二加热器（403）、第四单通阀（405）、鼓风机（501）、风扇（502）均与控制模块（8000）通讯连接。

5.一种基于权利要求1-4任一项所述的热泵空调系统的控制方法，其特征在于：

控制模块（8000）通过压缩机（101）控制制冷剂流量，通过第一水泵（201）、第二水泵（301）和第三水泵（402）控制冷却液流量，通过鼓风机（501）和风扇（502）控制空气流量，控制第一加热器（202）和第二加热器（403）的加热功率，通过第一单通阀（102）、第一电子膨胀阀（104）、第二单通阀（106）、第二电子膨胀阀（107）、第三电子膨胀阀（109）、三通阀（304）、第三单通阀（401）和第四单通阀（405）控制流体的连通、断开或者实现指定的流动状态，实现如下工作模式：低温环境下热泵加热座舱，低温环境下热泵加热座舱和电驱余热加热电池，中温环境下电驱散热器冷却，在高温环境下热泵空调冷却座舱、电驱散热器冷却及电池冷水机冷却。

6.根据权利要求5所述的控制方法，其特征在于，所述低温环境下热泵加热座舱，通过如下过程实现：

控制第一单通阀（102）、第二电子膨胀阀（107）、第三电子膨胀阀（109）、第三单通阀（401）、第四单通阀（405）、三通阀（304）和第二加热器（403）关闭，控制第一电子膨胀阀（104）、第二单通阀（106）打开，控制压缩机（101）的制冷剂流量，控制第一水泵（201）的冷却液流量，控制风扇（502）和鼓风机（501）的空气流量，控制第一加热器（202）的加热功率。

7.根据权利要求 5 所述的控制方法，其特征在于，所述低温环境下热泵加热座舱和电驱余热加热电池，通过如下过程实现：

控制第一单通阀（102）、第二电子膨胀阀（107）、第三电子膨胀阀（109）、第四单通阀（405）以及三通阀（304）第一端口关闭，控制第一电子膨胀阀（104）、第二单通阀（106）、第三单通阀（401）打开，控制三通阀（304）的第二端口和第三端口打开，控制压缩机（101）的制冷剂流量，控制第一水泵（201）和第三水泵（402）的冷却液流量，控制风扇（502）和鼓风机（501）的空气流量，控制第一加热器（202）和第二加热器（403）的加热功率。

8.根据权利要求 5 所述的控制方法，其特征在于，所述中温环境下电驱散热器冷却，通过如下过程实现：

控制第一电子膨胀阀（104）、第一单通阀（102）、第二电子膨胀阀（107）、第二单通阀（106）、第三电子膨胀阀（109）、三通阀（304）的第二端口、第一加热器（202）、第二加热器（403）和第四单通阀（405）关闭，控制三通阀（304）的第一端口和第三端口打开，控制第二水泵（301）的冷却液流量，控制风扇（502）的空气流量。

9.根据权利要求 5 所述的控制方法，其特征在于，所述在高温环境下热泵空调冷却座舱、电驱散热器冷却及电池冷水机冷却，通过如下过程实现：

控制第一电子膨胀阀（104）、第二单通阀（106）、第一加热器（202）、第三单通阀（401）以及三通阀（304）的第二端口关闭，控制第一单通阀（102）、第二电子膨胀阀（107）、第三电子膨胀阀（109）、第四单通阀（405）打开，控制三通阀（304）的第一端口和第三端口打开，控制第二水泵（301）和第三水泵（402）的冷却液流量，控制第二加热器（403）的加热功率，控制风扇（502）和鼓风机（501）的空气流量。

10.一种车辆，其特征在于，包括权利要求 1-4 任一项所述的热泵空调系统。

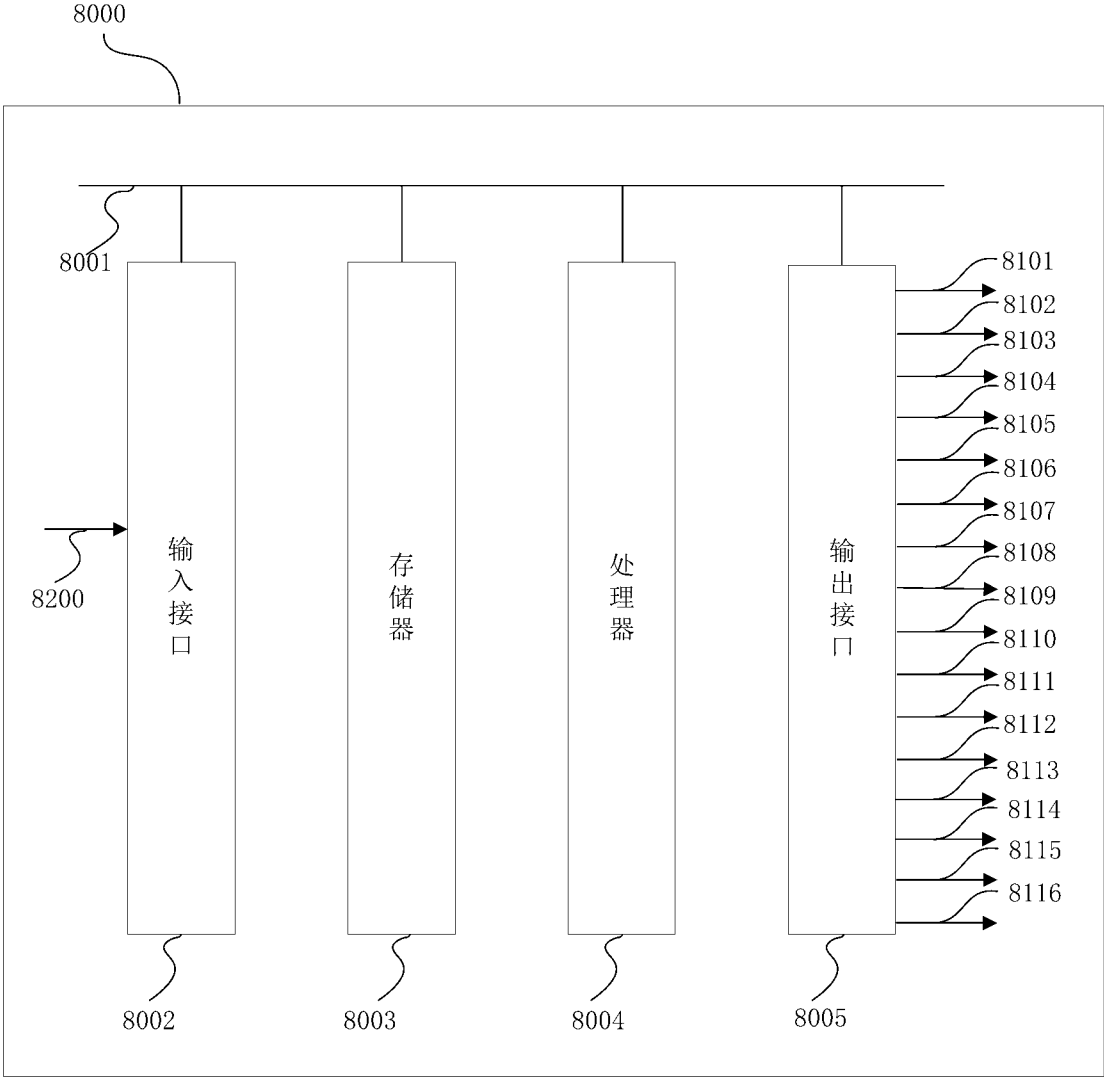


图 3

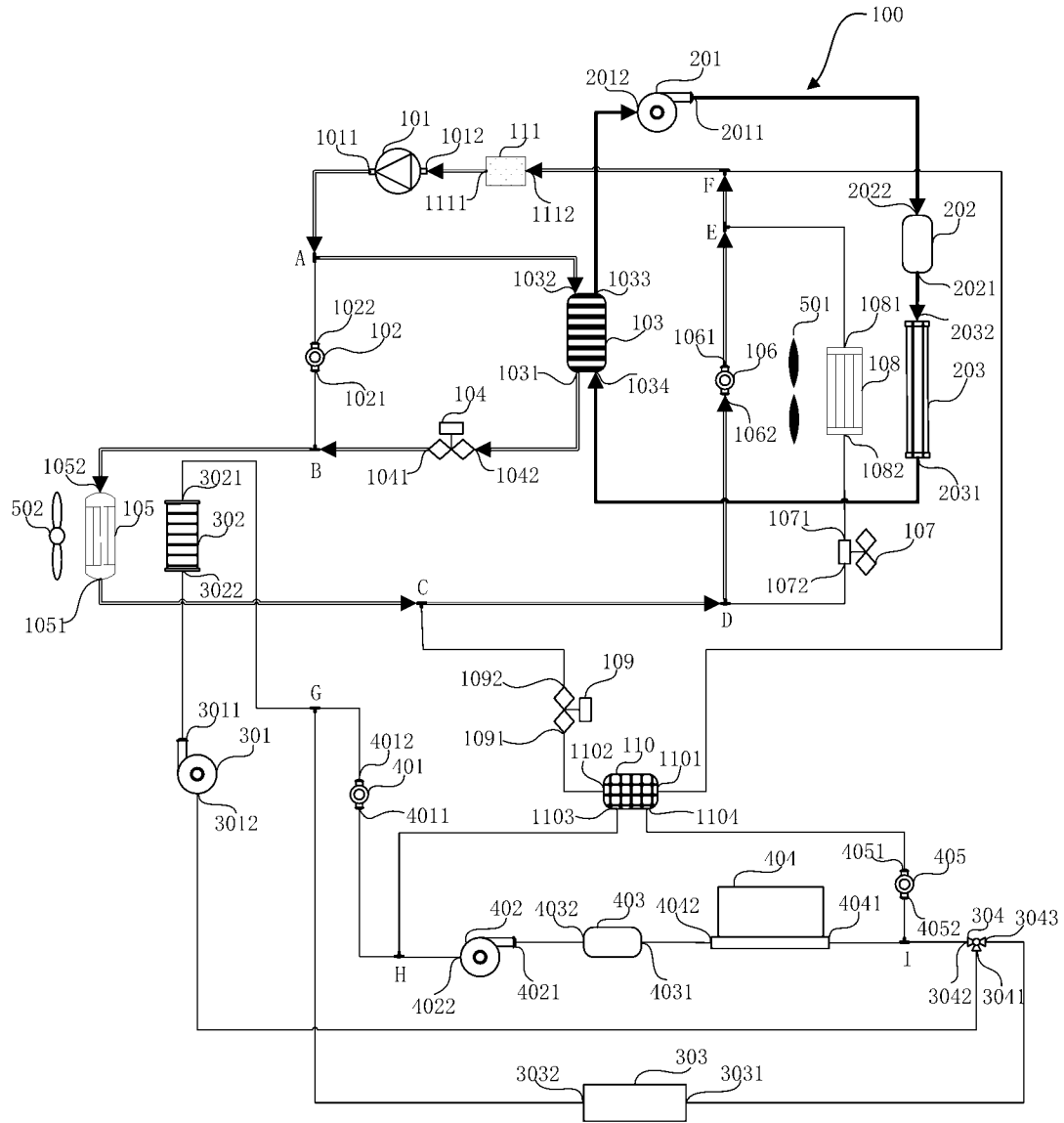


图 4

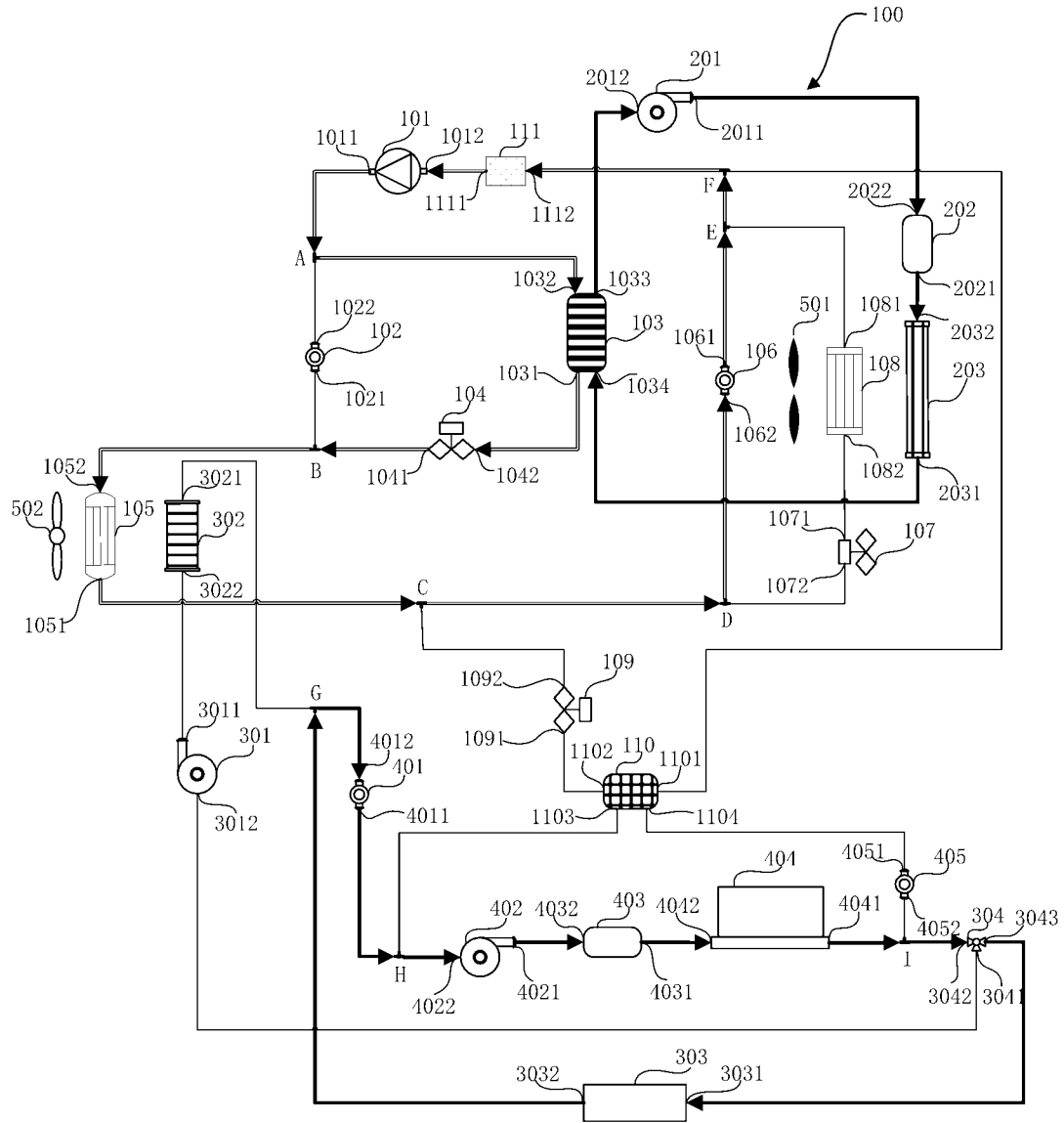


图 5

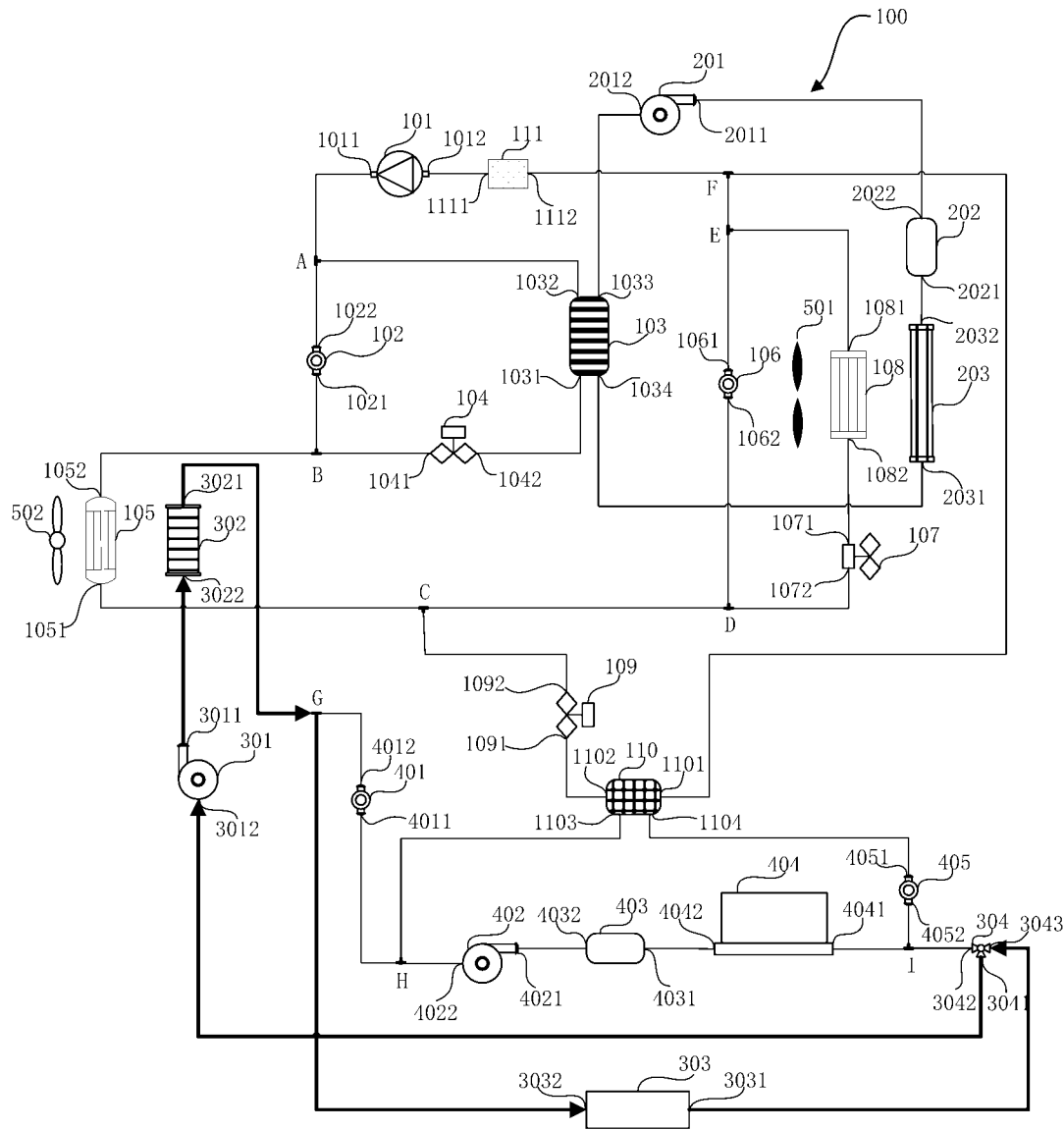


图 6

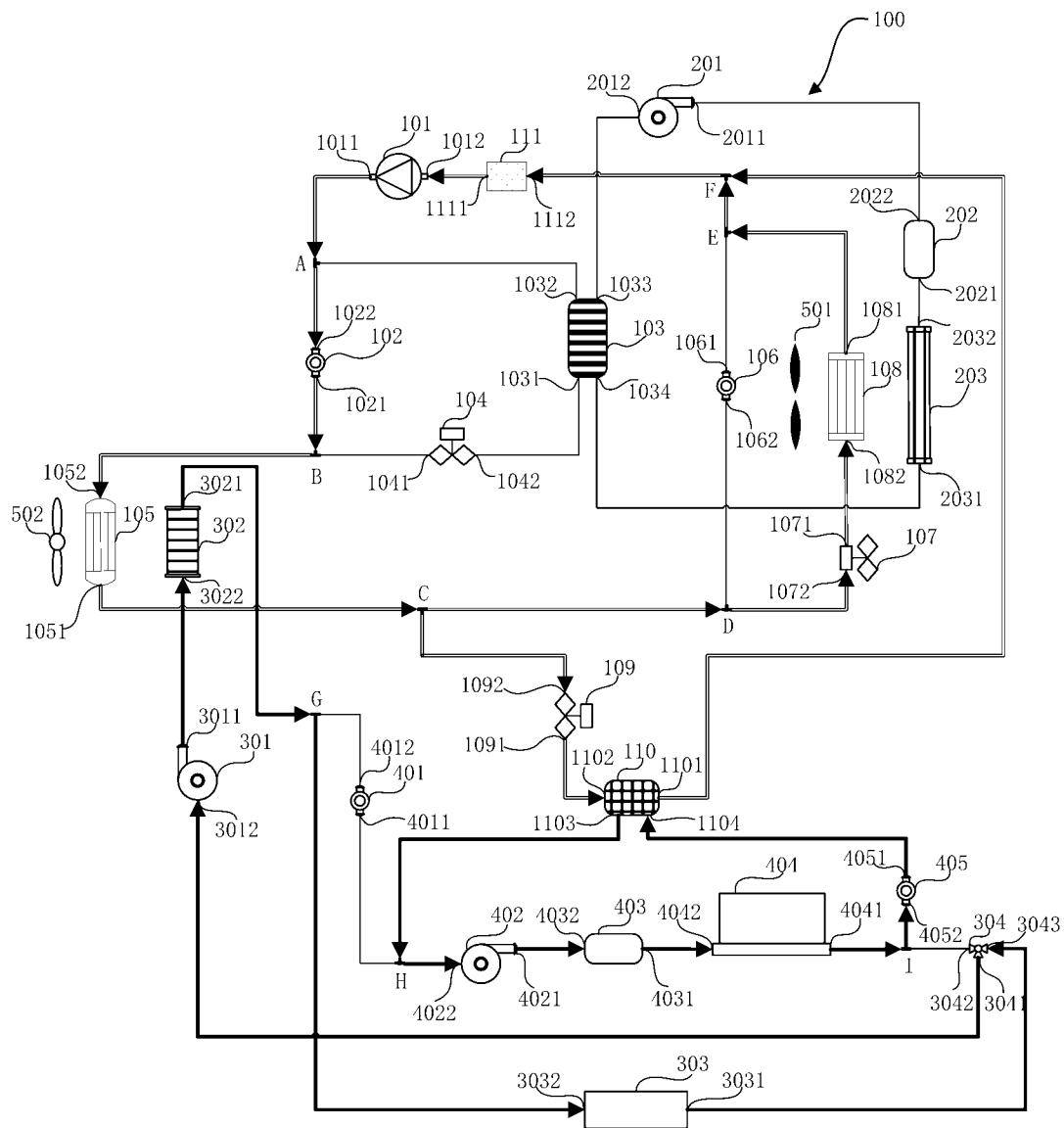


图 7

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2023/104547

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

B60H1/00(2006.01)i; B60L58/26(2019.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC:B60H,B60L

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

CNTXT, ENTXTC, ENTXT, VEN, DWPL, WPABS, CJFD: 间接, 余热, 热泵, 空调, 压缩机, 单通阀, 换热, 分离器, 连通, 冷凝器, 膨胀, 蒸发器, 冷水, 加热器, indirect, waste, heat, pump, air, conditioner, compressor, one, way, valve, heat, exchange, separator, communication, condenser, expansion, evaporator, cold, water, heater

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
PX	CN 115489262 A (JIANGSU UNIVERSITY) 20 December 2022 (2022-12-20) claims 1-10	1-10
A	CN 114407611 A (JIANGSU UNIVERSITY) 29 April 2022 (2022-04-29) description, paragraphs [0055]-[0076], and figures 1-16	1-10
A	CN 114683803 A (JIANGSU UNIVERSITY) 01 July 2022 (2022-07-01) entire document	1-10
A	CN 114905935 A (JIANGSU UNIVERSITY) 16 August 2022 (2022-08-16) entire document	1-10
A	JP 2014098547 A (NIPPON PMAC CO., LTD.) 29 May 2014 (2014-05-29) entire document	1-10



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“D” document cited by the applicant in the international application

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

07 September 2023

Date of mailing of the international search report

23 September 2023

Name and mailing address of the ISA/CN

China National Intellectual Property Administration (ISA/
CN)
China No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao, Haidian District,
Beijing 100088

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2023/104547

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
CN	115489262	A	20 December 2022	None	
CN	114407611	A	29 April 2022	None	
CN	114683803	A	01 July 2022	None	
CN	114905935	A	16 August 2022	None	
JP	2014098547	A	29 May 2014	None	

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2023/104547

A. 主题的分类 B60H1/00(2006.01)i; B60L58/26(2019.01)i 按照国际专利分类(IPC)或者同时按照国家分类和IPC两种分类		
B. 检索领域 检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号) IPC:B60H, B60L 包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献 在国际检索时查阅的电子数据库(数据库的名称, 和使用的检索词(如使用)) CNTXT, ENTXTC, ENTXT, VEN, DWPI, WPABS, CJFD:间接, 余热, 热泵, 空调, 压缩机, 单通阀, 换热, 分离器, 连通, 冷凝器, 膨胀, 蒸发器, 冷水, 加热器, indirect, waste, heat, pump, air, conditioner, compressor, one, way, valve, heat, exchange, separator, communication, condenser, expansion, evaporator, cold, water, heater		
C. 相关文件		
类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求
PX	CN 115489262 A (江苏大学) 2022年12月20日 (2022 - 12 - 20) 权利要求1-10	1-10
A	CN 114407611 A (江苏大学) 2022年4月29日 (2022 - 04 - 29) 说明书第[0055]-[0076]段, 附图1-16	1-10
A	CN 114683803 A (江苏大学) 2022年7月1日 (2022 - 07 - 01) 全文	1-10
A	CN 114905935 A (江苏大学) 2022年8月16日 (2022 - 08 - 16) 全文	1-10
A	JP 2014098547 A (NIPPON PMAC CO LTD) 2014年5月29日 (2014 - 05 - 29) 全文	1-10
☐ 其余文件在C栏的续页中列出。 ☒ 见同族专利附件。		
<p>* 引用文件的具体类型: “A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件 “D” 申请人在国际申请中引证的文件 “E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利 “L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件(如具体说明的) “O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件 “P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件</p> <p>“T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件 “X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性 “Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性 “&” 同族专利的文件</p>		
国际检索实际完成的日期 2023年9月7日		国际检索报告邮寄日期 2023年9月23日
ISA/CN的名称和邮寄地址 中国国家知识产权局 中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088		授权官员 朱艳香 电话号码 (+86) 010-62089940

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2023/104547

检索报告引用的专利文件			公布日 (年/月/日)	同族专利	公布日 (年/月/日)
CN	115489262	A	2022年12月20日	无	
CN	114407611	A	2022年4月29日	无	
CN	114683803	A	2022年7月1日	无	
CN	114905935	A	2022年8月16日	无	
JP	2014098547	A	2014年5月29日	无	