



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 109297717 A
(43)申请公布日 2019.02.01

(21)申请号 201811197864.1

(22)申请日 2018.10.15

(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 俞小莉 陈芬放 黄瑞 陈俊玄
刘慧军 董桥桥 薛松

(74)专利代理机构 杭州求是专利事务有限公司 33200

代理人 郑海峰

(51)Int.Cl.

G01M 15/05(2006.01)

G01M 15/04(2006.01)

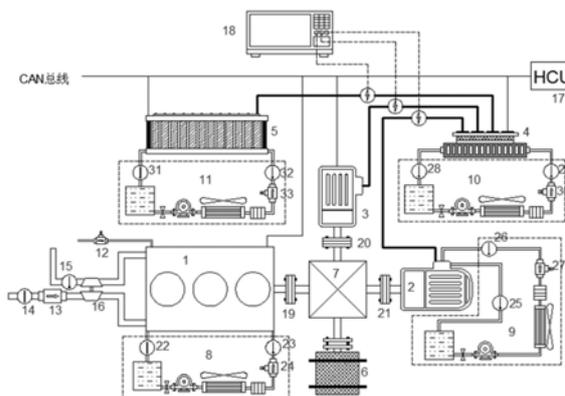
权利要求书2页 说明书6页 附图3页

(54)发明名称

一种混合动力总成能量流试验台及试验方法

(57)摘要

本发明公开了一种混合动力总成能量流试验台及试验方法,由热管理系统以及测控系统组成。热管理系统包括四个独立的液流换热系统,每个液流换热系统均包括膨胀水箱、阀门、电子水泵、散热器、电子风扇、过滤器和管道;测控系统包括上位机、NI控制器、油耗仪、温度传感器、流量传感器、扭矩转速仪、功率分析仪、测功机、测功机控制器。上位机通过NI控制器向待测混合动力总成控制器、测功机控制器发出控制信号,实现混合动力总成的运行和加载。热管理系统负责控制混合动力总成运行中的温度。通过测控系统对运行参数的测量,可以计算得到混合动力总成中能量转化、传递和损耗情况,从而进行效能评估,为混合动力总成的开发和优化提供试验依据。



1. 一种混合动力总成能量流试验台,其特征在于包括热管理系统和测控系统;

热管理系统包括第一液流换热系统、第二液流换热系统、第三液流换热系统和第四液流换热系统;每个液流换热系统均包括膨胀水箱、阀门、电子水泵、散热器、电子风扇、过滤器和管道,膨胀水箱、阀门、电子水泵、散热器、过滤器通过管道顺次连接,电子风扇对散热器进行强制风冷;膨胀水箱的入口、过滤器的出口分别与待测试混合动力总成系统中的需要冷却的部件相连组成回路,第一液流换热系统与待测试混合动力总成系统的发动机连接、第二液流换热系统与待测试混合动力总成系统的动力电池连接、第三液流换热系统与待测试混合动力总成系统的电机控制器连接、第四液流换热系统与待测试混合动力总成系统的电动机连接;

测控系统包括上位机、NI控制器、油耗仪、温度传感器、气体流量计、涡轮流量计、功率分析仪、扭矩转速仪、测功机、测功机控制器;

所述的油耗仪安装在油箱和发动机之间的油管;气体流量计安装在发动机空气滤清器出口的进气管;涡轮流量计安装在每一个液流换热系统回路中的过滤器出口;温度传感器安装在发动机空气滤清器出口的进气管、发动机涡轮出口的排气管、发动机进出水口、电动机进出水口、电机控制器进出水口、动力电池进出水口;功率分析仪的不同相分别连接到待测试混合动力总成系统的动力电池与电机控制器、电机控制器与电动机、电机控制器与发电机之间;扭矩转速仪安装在待测试混合动力总成内部传递机械功的部件之间;测功机与待测试混合动力总成总输出端同轴连接;上位机与NI控制器相连;测功机控制器与测功机电连接;NI控制器分别与油耗仪、温度传感器、气体流量计、涡轮流量计、扭矩转速仪、功率分析仪、测功机控制器、混合动力总成控制器电连接。

2. 根据权利要求1所述的混合动力总成能量流试验台,其特征在于所述的扭矩转速仪包括扭矩传感器和转速传感器。

3. 根据权利要求1或2所述的混合动力总成能量流试验台,其特征在于:

对于串联式混合动力总成,扭矩转速仪安装在发动机与发电机之间的轴上,测功机安装在电动机输出端;

对于并联式混合动力总成,扭矩转速仪有两个,分别安装在发动机与耦合器之间和电机与耦合器之间,测功机安装在耦合器输出端;

对于混联式混合动力总成,扭矩转速仪有三个,分别安装在发动机与动力分离装置、电动机与动力分离装置、发电机与动力分离装置之间,测功机安装在动力分离装置的输出端。

4. 根据权利要求1所述的混合动力总成能量流试验台,其特征在于在每个液流换热系统中均安装电子水泵和电子风扇,并采用NI控制器对其转速进行控制。

5. 一种如权利要求1所述试验台的混合动力总成能量流试验方法,其特征在于:

(1) 上位机发出控制信号到NI控制器,NI控制器控制热管理系统中的受控部件,使发动机、动力电池、电机控制器和电动机各自的液冷换热系统工作在设定工况;

(2) 上位机发出控制信号到NI控制器,NI控制器控制测功机,使测功机对混合动力总成加载相应的阻力矩;

(3) 待测试混合动力总成各部件按照能量管理策略工作在设定工况;

(4) 待系统达到热平衡后进行数据测量,确定在该工况及冷却强度下混合动力总成能量流分布以及能量损耗的情况;

(5) 按照测试要求继续单独或同时调节热管理系统冷却强度和混合动力总成工况,进行能量流测试。

一种混合动力总成能量流试验台及试验方法

技术领域

[0001] 本发明涉及油-电混合动力总成,特别涉及油-电混合动力总成能量流试验台及试验方法。

背景技术

[0002] 随着世界各国对节能减排要求的不断提高,纯内燃机动力车辆的生产和销售将逐步受到法律法规的限制。为了应对不断出台的法规,同时实现节能减排,车辆电动化正如火如荼地开展。然而,受到基础设施、续航里程、电池安全性等诸多关键因素的限制,纯电动车辆的市场接受度及所占的份额仍旧有限。而混合动力汽车作为燃油与电动的结合,同时具备两种技术的优点,包括续航里程长、效率高、能耗低、排放低等,并且技术较为成熟,在未来一段时间内将会成为纯内燃机动力车辆的很好的替代品。

[0003] 混合动力汽车作为燃油动力与电动的结合,动力总成内部的能量转化和传递过程较为复杂,且受到工况、零部件热状态等诸多因素的影响。为了确定混合动力总成在不同工况和不同热状态下的能量流分布、零部件效能及损耗,需要对其进行能量流测试。通过能量流测试,可以评估整个混合动力总成系统在全工况范围内能量利用和转换效率,进而为混合动力总成的匹配优化、热管理系统和能量回收系统的开发以及上述系统控制策略的制定及优化提供指导,

[0004] 针对内燃机的能量流测试在很早之前就受到重视,并日趋完善。随着车辆电动化的发展,针对纯电动及混合动力汽车的能量流计算和测试研究逐渐开展,并越来越受到重视。但是,目前尚未有针对混合动力总成的系统的能量流试验台及方案。

发明内容

[0005] 本发明的目的是提出一种针对混合动力总成能量流试验台及试验方法。

[0006] 为解决技术问题,本发明的解决方案是:

[0007] 本发明公开了一种用于混合动力总成能量流试验台,包括热管理系统和测控系统;

[0008] 热管理系统包括第一液流换热系统、第二液流换热系统、第三液流换热系统和第四液流换热系统;每个液流换热系统均包括膨胀水箱、阀门、电子水泵、散热器、电子风扇、过滤器和管道,膨胀水箱、阀门、电子水泵、散热器、过滤器通过管道顺次连接,电子风扇对散热器进行强制风冷;膨胀水箱的入口、过滤器的出口分别与待测试混合动力总成系统中的需要冷却的部件相连组成回路,第一液流换热系统与待测试混合动力总成系统的发动机连接、第二液流换热系统与待测试混合动力总成系统的动力电池连接、第三液流换热系统与待测试混合动力总成系统的电机控制器连接、第四液流换热系统与待测试混合动力总成系统的电动机连接;

[0009] 测控系统包括上位机、NI控制器、油耗仪、温度传感器、气体流量计、涡轮流量计、功率分析仪、扭矩转速仪、测功机、测功机控制器;

[0010] 所述的油耗仪安装在油箱和发动机之间的油管;气体流量计安装在发动机空气滤清器出口的进气管;涡轮流量计安装在每一个液流换热系统回路中的过滤器出口;温度传感器安装在发动机空气滤清器出口的进气管、发动机涡轮出口的排气管、发动机进出水口、电动机进出水口、电机控制器进出水口、动力电池进出水口;功率分析仪的不同相分别连接到待测试混合动力总成系统的动力电池与电机控制器、电机控制器与电动机、电机控制器与发电机之间;扭矩转速仪安装在待测试混合动力总成内部传递机械功的部件之间;测功机与待测试混合动力总成总输出端同轴连接;上位机与NI控制器相连;测功机控制器与测功机电连接;NI控制器分别与油耗仪、温度传感器、气体流量计、涡轮流量计、扭矩转速仪、功率分析仪、测功机控制器、混合动力总成控制器电连接。

[0011] 优选的,所述的扭矩转速仪包括扭矩传感器和转速传感器。

[0012] 优选的,对于串联式混合动力总成,扭矩转速仪安装在发动机与发电机之间的轴上,测功机安装在电动机输出端;

[0013] 对于并联式混合动力总成,扭矩转速仪有两个,分别安装在发动机与耦合器之间和电机与耦合器之间,测功机安装在耦合器输出端;

[0014] 对于混联式混合动力总成,扭矩转速仪有三个,分别安装在发动机与动力分离装置、电动机与动力分离装置、发电机与动力分离装置之间,测功机安装在动力分离装置的输出端。

[0015] 优选的,在每个液流换热系统中均安装电子水泵和电子风扇,并采用NI控制器对其转速进行控制。

[0016] 本发明还公开了所述试验台的混合动力总成能量流试验方法:

[0017] (1) 上位机发出控制信号到NI控制器,NI控制器控制热管理系统中的受控部件,使发动机、动力电池、电机控制器和电动机各自的液冷换热系统工作在设定工况;

[0018] (2) 上位机发出控制信号到NI控制器,NI控制器控制测功机,使测功机对混合动力总成加载相应的阻力矩;

[0019] (3) 待测试混合动力总成各部件按照能量管理策略工作在设定工况;

[0020] (4) 待系统达到热平衡后进行数据测量,确定在该工况及冷却强度下混合动力总成能量流分布以及能量损耗的情况;

[0021] (5) 按照测试要求继续单独或同时调节热管理系统冷却强度和混合动力总成工况,进行能量流测试。

[0022] 该试验台和试验方法可以测试混合动力总成运行在不同工况下内部的能量流分布以及各部件的效率情况,该数据可以为混合动力总成设计时的匹配、优化及效能评估提供指导。此外,还可以调节热管理系统使混合动力总成处于不同的热状态,并测试得到不同热状态下总成的效能,为热管理系统的设计提供指导。

附图说明

[0023] 图1.混合动力总成能量流试验台结构示意图;

[0024] 图2.液流换热系统示意图;

[0025] 图3A.典型串联式混合动力总成下扭矩、转速传感器布置示意图;

[0026] 图3B.典型并联式混合动力总成下扭矩、转速传感器布置示意图;

[0027] 图3C.典型混联式混合动力总成下扭矩、转速传感器布置示意图；

[0028] 图4.测控系统示意图。

具体实施方式

[0029] 下面结合说明书附图对本发明作进一步说明。

[0030] 本混合动力总成能量流试验台主要包括混合动力总成系统、热管理系统和测控系统。

[0031] 图1为以典型的混联式混合动力总成为测试对象时能量流试验台结构示意图，混合动力总成包括发动机1、电动机2、发电机3、电机控制器4、动力电池5、动力分离装置7、混合动力总成控制器17等。

[0032] 热管理系统包括第一液流换热系统8、第二液流换热系统9、第三液流换热系统10、第四液流换热系统11四个独立的液冷换热系统。每个液冷换热系统均由膨胀水箱、阀门、电子水泵、散热器、电子风扇、过滤器和管道组成，如图2所示，膨胀水箱、阀门、电子水泵、过滤器、散热器通过管道顺次连接，风扇安装在散热器一侧对散热器进行强制风冷。膨胀水箱的入口、过滤器的出口分别与混合动力总成中各受热零部件相连组成回路。在图1所示的试验台中，第一液流换热系统8与发动机1、第二液流换热系统9与电动机2、第三液流换热系统10与电机控制器4、第四液流换热系统11与动力电池5通过管道连接组成回路。

[0033] 测控系统包括油耗仪12、气体流量计13、第一扭矩转速仪19、第二扭矩转速仪20、第三扭矩转速仪21、第一涡轮流量计24、第二涡轮流量计27、第三涡轮流量计30、第四涡轮流量计33、第一温度传感器14、第二温度传感器15、第三温度传感器22、第四温度传感器23、第五温度传感器25、第六温度传感器26、第七温度传感器28、第八温度传感器29、第九温度传感器31、第十温度传感器32、功率分析仪18、测功机6、测功机控制器、上位机和NI控制器。

[0034] 所述的油耗仪12安装在发动机油箱和发动机1之间，用于测量发动机油耗；气体流量计13安装在发动机空气滤清器出口的进气管中，用于测量发动机进气流量；涡轮流量计安装在每一个液流换热系统的过滤器出口管路中，用于测量四个液流换热系统中冷却液流量，其中：第一涡轮流量计24安装在第一液流换热系统8中、第二涡轮流量计27安装在第二液流换热系统9中、第三涡轮流量计30安装在第三液流换热系统10中、第四涡轮流量计33安装在第四液流换热系统11中；第一温度传感器14安装在发动机1空气滤清器出口的进气管中间，用于测量发动机进气温度；第二温度传感器15安装在发动机1涡轮出口的排气管，用于测量发动机涡轮后排气温度；第三温度传感器22和第四温度传感器23分别安装在第一液流换热系统8中发动机1的出水口和进水口，分别测量发动机出水、进水温度；第五温度传感器25和第六温度传感器26分别安装在第二液流换热系统9中电动机2的出水口和进水口，分别测量电动机出水、进水温度；第七温度传感器28和第八温度传感器29分别安装在第三液流换热系统10中电机控制器4的出水口和进水口，分别测量电机控制器出水、进水温度；第九温度传感器31和第十温度传感器32分别安装在第四液流换热系统11中动力电池5的出水口和进水口，分别测量动力电池出水、进水温度；功率分析仪18分别接至动力电池5与电机控制器4、电机控制器4与电动机2、电机控制器4与发电机3之间的导线，分别测量动力电池与电机控制器、电机控制器与电动机、电机控制器与发电机之间传输的电压和电流；

[0035] 扭矩转速仪安装在混合动力总成内部所有传递机械功两个部件之间，测功机与混

合动力总成总输出端同轴连接。由于混合动力总成有多种架构,不同架构下扭矩转速仪和测功机的安装位置也不同。具体地,结合图3,对典型的串联式、并联式和混联式混合动力总成中的扭矩转速仪布置进行说明:

[0036] 对于图3(A)所示的典型的串联式混合动力总成,扭矩转速仪7A安装在发动机1A与发电机3A之间的轴上,用于测量发动机输出给发电机的机械功,测功机6A与电动机2A的输出轴同轴相连,测量电动机输出的机械功率;

[0037] 对于图3(B)所示的典型的并联式混合动力总成,第一扭矩转速仪8B安装在发动机1B与耦合器7B之间的轴上,第二扭矩转速仪9B安装在电机2B与耦合器7B之间的轴上,分别用于测量发动机输出功率和电机输出/输入功率,测功机6B与耦合器7B输出端相连,用于测量耦合器输出机械功;

[0038] 对于图3(C)所示的典型的混联式混合动力总成,第一扭矩转速仪8C安装在发动机1C与动力分离装置7C之间,第二扭矩转速仪9C安装在发电机3C与力分离装置7C之间、第三扭矩转速仪10C安装在电动机2C与动力分离装置7C之间,分别用于测量发动机输出至发电机、动力分离装置输出至发电机、电动机输出至动力分离装置的机械功率,测功机6C与动力分离装置7C输出轴相连,用于测量动力分离装置输出机械功率。

[0039] 图4为混合动力总成能量流测试台架测控系统结构示意图。NI控制器与混合动力控制单元、测功机控制器、热管理系统连接,分别向其发送控制信号,实现对混合动力总成的加载、控制和热状态调节,而上述油耗仪、气体流量计、涡轮流量计、温度传感器、扭矩转速仪、测功机、功率分析仪等采集到的流量、温度、功率和电信号,由NI控制器采集后传输至上位机。测控软件可以采用labview语言开发,可以对所有的被测物理量进行实时监控,并对异常水温、转速自动报警;可以将试验过程中的所有测量数据自动保存,并对数据进行分析。

[0040] NI控制器包括NI CompactRIO底座、模拟输出板卡、模拟输入板卡、温度采集板卡和高速CAN模块,模拟输出板卡与液流换热系统中的电子水泵和电子风扇相连,并向其发出控制信号;模拟输入板卡接收传感器的信号,包括空气流量计、涡轮流量计、油耗仪信号;温度采集板卡接收所有温度传感器的信号;高速CAN模块向混合动力总成控制器发出控制信号。

[0041] 本发明还公开了一种利用上述混合动力总成能量流试验台进行能量流测试的方法,该方法包括以下步骤:

[0042] (1) 上位机发出控制信号到NI控制器再到热管理系统,控制发动机、动力电池组、电机控制器和电动机各自的液冷换热系统工作在设定工况;

[0043] (2) 上位机发出控制信号到NI控制器再到测功机控制器,使测功机对混合动力总成加载相应的阻力矩;

[0044] (3) 上位机发出控制信号到NI控制器再到混合动力总成控制器,使混合动力总成各部件按照能量管理策略工作在设定工况;

[0045] (4) 待系统达到热平衡后进行数据测量,通过计算得到该工况下混合动力总成能量流分布以及能量损耗的情况;

[0046] (5) 按照测试要求继续单独或同时调节热管理系统冷却强度和混合动力总成工况,进行能量流测试。

[0047] 本发明的数据处理原理如下:在混合动力总成特定的工况和特定的冷却强度下,测量混合动力总成和热管理系统的各部分参数。发动机内部能量流可以分为以下部分:发动机燃烧放热量、发动机有效输出功、发动机冷却液散热量、发动机排气热损失和发动机余项损失。发动机燃烧放热量可由油耗仪12测量得到的发动机油耗 \dot{m}_{fuel} 计算得到,计算公式为: $Q_{fuel} = \dot{m}_{fuel} \cdot H_u$,其中, H_u 为燃料的低热值;发动机有效输出功 Q_{ICE} 可由扭矩转速仪19测得的扭矩 T_{ICE} 和转速 n_{ICE} 计算得到: $Q_{ICE} = \frac{T_{ICE} \cdot n_{ICE}}{9550}$;发动机冷却液散热量 Q_{c_ICE} 可由第一涡轮流量计24测得的流量 \dot{m}_{c_ICE} 、第三温度传感器22测得的冷却液出水温度 T_{outlet_ICE} 和第四温度传感器23测得的冷却液进口温度 T_{inlet_ICE} 计算得到:

$Q_{c_ICE} = \dot{m}_{c_ICE} C_{p_c} (T_{outlet_ICE} - T_{inlet_ICE})$,其中, C_{p_c} 为冷却液比热容;发动机排气损失可由第一温度传感器14测得的进气(环境)温度 T_{amb} 、第二温度传感器15测得的排气温度 T_{exh} 、油耗仪12测得的油耗 \dot{m}_{fuel} 、气体流量计13测得的 \dot{m}_{intake} 进气流量计算得到:

$Q_{exh_ICE} = (\dot{m}_{fuel} + \dot{m}_{intake}) \bar{C}_{p_exh} (T_{exh} - T_{amb})$,其中, \bar{C}_{p_exh} 为排气平均比热容;发动机的杂项损失可由以下公式计算得到: $Q_{mis} = Q_{fuel} - Q_{ICE} - Q_{c_ICE} - Q_{exh_ICE}$ 。发动机输出给动力分离装置7的机械功率即为发动机输出功率;动力分离装置输出给发电机的机械功率 Q_{c_G} 可由扭矩转速仪20测得的 T_{c_G} 和转速 n_{c_G} 计算得到: $Q_{c_G} = \frac{T_{c_G} \cdot n_{c_G}}{9550}$;电动机输出给动力分离装置的机械功

率 Q_{M_C} 可由扭矩转速仪21测得的扭矩 T_{M_C} 和转速 n_{M_C} 计算得到: $Q_{M_C} = \frac{T_{M_C} \cdot n_{M_C}}{9550}$;动力分离

装置输出机械功率 Q_C 可由测功机6测得的扭矩 T_C 和转速 n_C 计算得到: $Q_C = \frac{T_C \cdot n_C}{9550}$;发电机输

入电机控制器的交流电功率可由功率分析仪18测得的发电机3与电机控制器4之间导线上第1-3相之间电压 U_{G_AC} 、第2-3相之间的电压 U_{G_BC} 、第1相电流 I_{G_A} 、第2相电流 I_{G_B} 计算得到:

$P_{G_PE} = U_{G_AC} I_{G_AC} \cos \phi_{G_1} + U_{G_BC} I_{G_BC} \cos \phi_{G_2}$, ϕ_{G_1} 和 ϕ_{G_2} 分别为 \dot{U}_{G_AC} 与 \dot{I}_{G_A} 、 \dot{U}_{G_BC} 与 \dot{I}_{G_B} 之

间的相位差;电池输入、输出电机控制器的交流电功率可由功率分析仪18测得的电池5与电机控制器4之间导线上第1-3相之间电压 U_{B_AC} 、第2-3相之间的电压 U_{B_BC} 、第1相电流 I_{B_A} 、第2相电流 I_{B_B} 计算得到: $P_{B_PE} = U_{B_AC} I_{B_AC} \cos \phi_{B_1} + U_{B_BC} I_{B_BC} \cos \phi_{B_2}$, ϕ_{B_1} 和 ϕ_{B_2} 分别为 \dot{U}_{B_AC} 与

\dot{I}_{B_A} 、 \dot{U}_{B_BC} 与 \dot{I}_{B_B} 之间的相位差;电池与电机控制器之间传输的直流电功率可由功率分析

仪18测得的电池5与电机控制器4之间的导线的电流 I_B 和电压 U_B 计算得到: $P_{Battery} = U_B I_B$ 。电动机冷却液散热量可由第二涡轮流量计27测得的流量 \dot{m}_{c_M} 、第五温度传感器25测得的冷

却液出水温度 T_{outlet_M} 和第六温度传感器26测得的冷却液进口温度 T_{inlet_M} 计算得到:

$Q_{c_M} = \dot{m}_{c_M} C_{p_c} (T_{outlet_M} - T_{inlet_M})$;电机控制器冷却液散热量可由第三涡轮流量计30测得的

流量 \dot{m}_{c_PE} 、第七温度传感器28测得的冷却液出水温度 T_{outlet_PE} 和第八温度传感器29测得的

冷却液进口温度 T_{inlet_PE} 计算得到: $Q_{c_PE} = \dot{m}_{c_PE} C_{p_c} (T_{outlet_PE} - T_{inlet_PE})$;电池冷却液散热量

可由第四涡轮流量计33测得的流量 \dot{m}_{c_B} 、第九温度传感器31测得的冷却液出水温度 T_{outlet_B}

和第十温度传感器 32 测得的冷却液进口温度 T_{inlet_B} 计算得到：

$$Q_{c_B} = \dot{m}_{c_B} C_{p_c} (T_{outlet_B} - T_{inlet_B})。$$

[0048] 通过以上计算可以得到各部件的输出、输入功率,对于特定的部件,只需将其输出功率除以输入功率,即可得到其功率 η 。

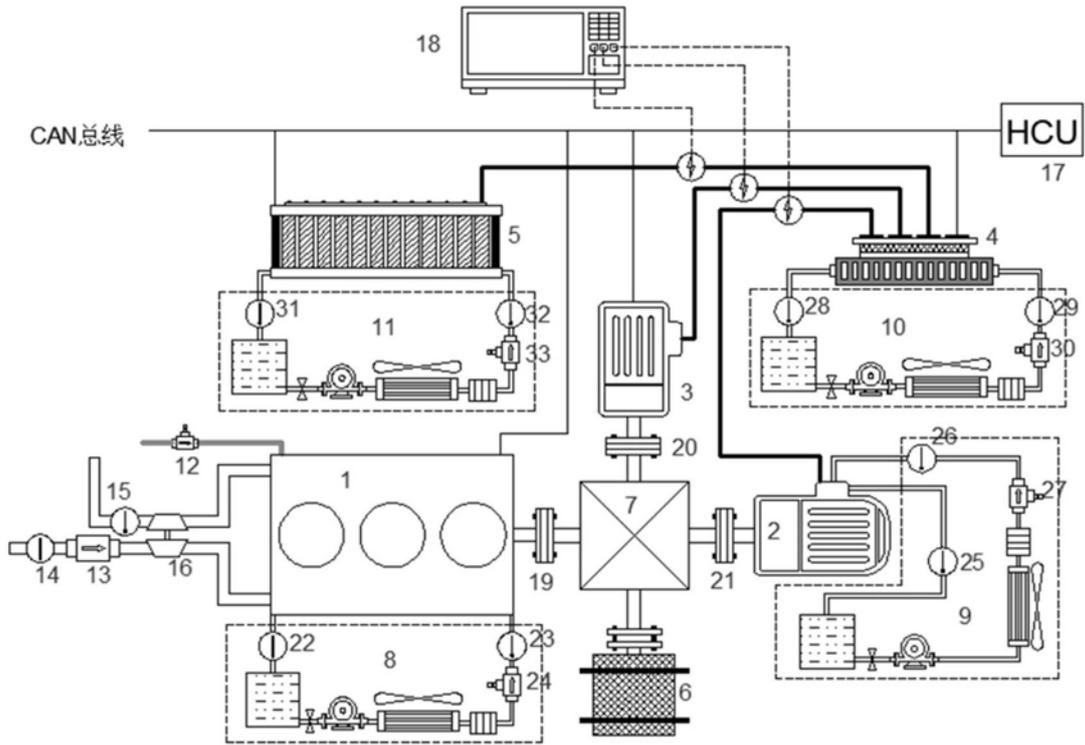


图1

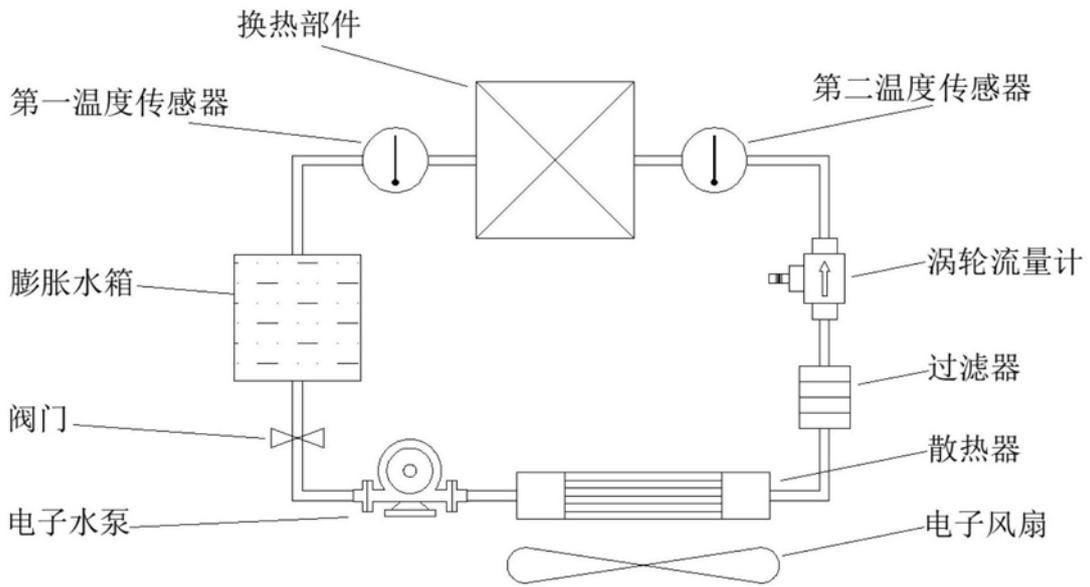


图2

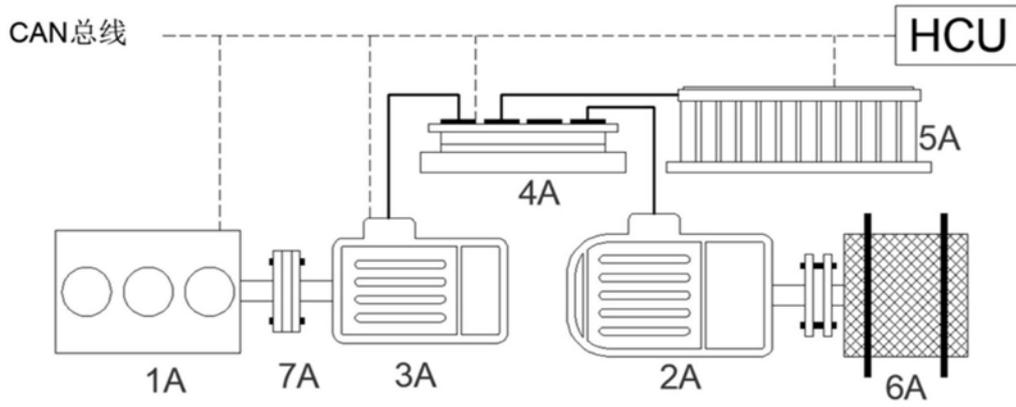


图3A

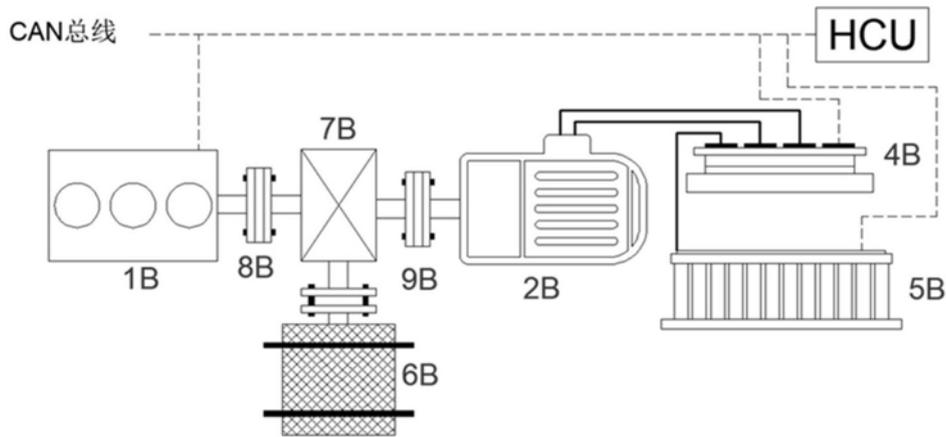


图3B

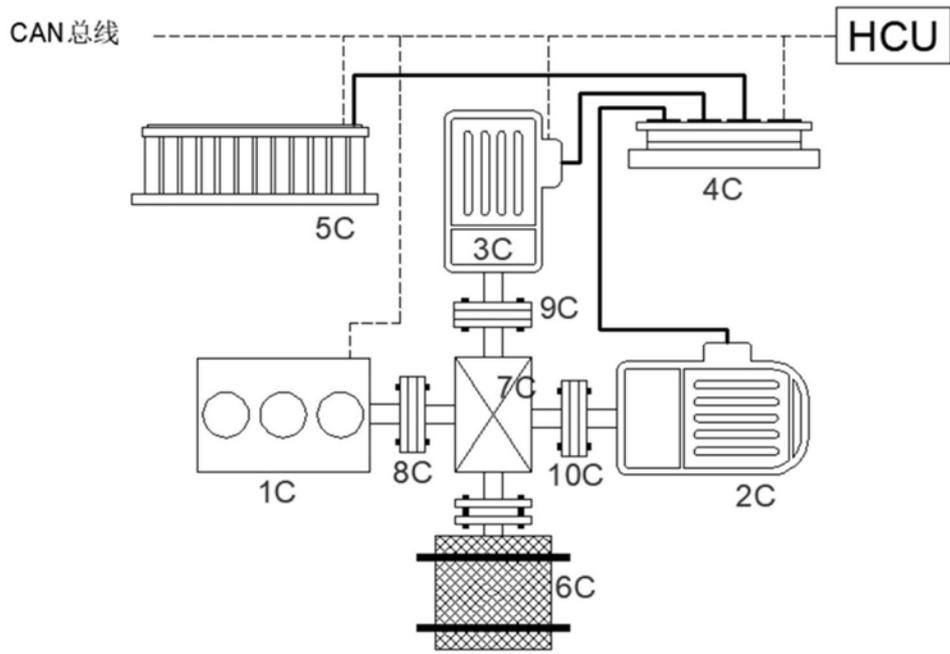


图3C

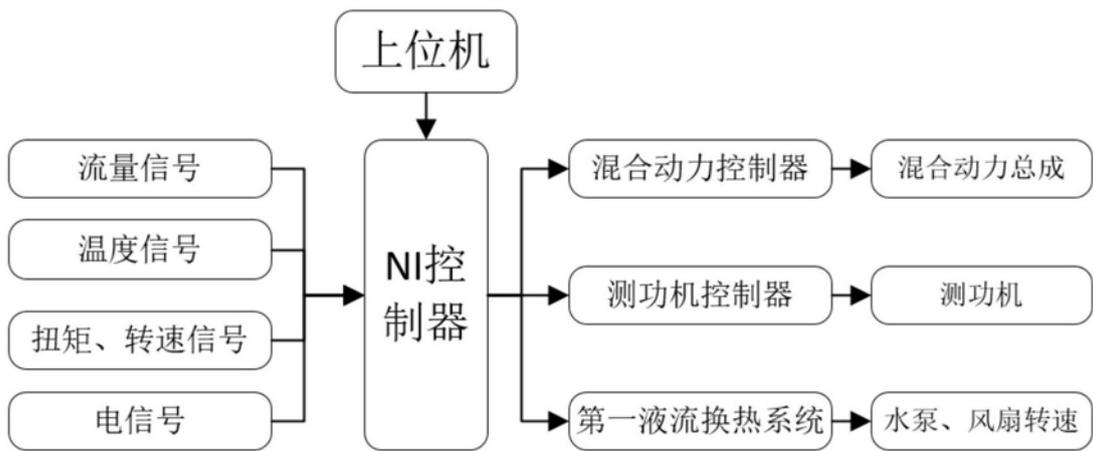


图4