



# (12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102841315 A

(43) 申请公布日 2012. 12. 26

(21) 申请号 201110170393. 7

(22) 申请日 2011. 06. 22

(71) 申请人 同济大学

地址 200092 上海市杨浦区四平路 1239 号

(72) 发明人 魏学哲 孙泽昌 戴海峰 王佳元

(74) 专利代理机构 上海科盛知识产权代理有限公司 31225

代理人 赵志远

(51) Int. Cl.

G01R 31/36 (2006. 01)

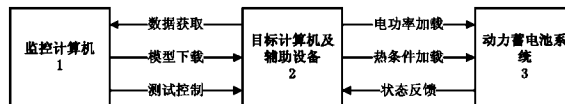
权利要求书 1 页 说明书 5 页 附图 3 页

## (54) 发明名称

一种动力蓄电池系统硬件在环仿真测试平台

## (57) 摘要

本发明涉及一种动力蓄电池系统硬件在环仿真测试平台,包括监控计算机、目标计算机、电子负载、环境舱、可编程数字电源以及硬线信号发生器,所述的监控计算机与目标计算机连接,所述的电子负载、环境舱、可编程数字电源以及硬线信号发生器分别接在目标计算机与动力蓄电池系统之间。与现有技术相比,本发明具有可以减少实车测试次数、节省开发费用,简化试验流程,并实现了测试过程的自动化等优点。



1. 一种动力蓄电池系统硬件在环仿真测试平台,其特征在于,包括监控计算机、目标计算机、电子负载、环境舱、可编程数字电源以及硬线信号发生器,所述的监控计算机与目标计算机连接,所述的电子负载、环境舱、可编程数字电源以及硬线信号发生器分别接在目标计算机与动力蓄电池系统之间;

监控计算机建立需要仿真测试车型的数学模型,并进行工况条件和外部环境参数设定,并将数学模型及工况条件和外部环境参数转换 C 代码后,通过交叉编译生成供目标计算机实时运行的测试模型;

将测试模型通过以太网发送到目标计算机上,作为可运行与其实时操作系统上的应用程序;运行工况进行仿真测试时,测试模型实时地产生功率需求信号以及动力蓄电池系统热管理系统边界条件参数;

目标计算机根据产生的功率需求信号与动力蓄电池系统热管理系统边界条件参数通过总线分别控制电子负载和环境舱,对动力蓄电池系统进行电功率加载和热环境条件加载模拟,同时目标计算机通过根据试验工况控制硬线信号发生器发出硬线信号和控制可编程数字电源调节辅助电源的供应。

2. 根据权利要求 1 所述的一种动力蓄电池系统硬件在环仿真测试平台,其特征在于,所述的数学模型包括驾驶员模型、车辆控制器模型、动力系统模型、传动系统模型、车辆纵向动力学模型;

首先,比较当前实际车速和期望车速之差,通过驾驶员模型模拟出油门和刹车操作信号,并将其发送给车辆控制器模型;

车辆控制器模型接收到此信号后按照动力蓄电池系统发送回来的当前状态,结合设定的控制策略产生转矩需求信息,并将该转矩需求信息发送到动力系统模型;

动力系统模型将转矩需求信息转化为电流需求信息,并电流需求信息通过总线发送到电子负载并对动力蓄电池系统进行加载;同时动力系统模型按照动力蓄电池系统受到加载后的电压变化情况,计算实际输出功率信息,并将其发送给传动系统模型;

传动系统模型根据实际输出功率信息计算驱动力,并根据轮上的驱动力、路面滚阻、风阻数据通过车辆纵向动力学模型得到实际车速;通过以上一个过程完成某一时刻的计算,并为下一时刻的计算提供条件参数,从而形成动力系统在环仿真。

3. 根据权利要求 2 所述的一种动力蓄电池系统硬件在环仿真测试平台,其特征在于,所述的数学模型还包括试验控制模型,该试验控制模型接受来自动力系统模型的电流需求,并转换为 CAN 消息,通过一路 CAN 接口发送到电子负载上,进行对被测对象的电功率加载;同时,从另一路 CAN 上接受来自动力蓄电池系统的状态信息,为其他模型的计算提供输入参数;此外,试验控制模型还将根据试验工况设定,控制硬线信号发生器对动力蓄电池系统给出硬线信号;试验控制模型实现与监控计算机的通信功能,将试验监控所需的信息实时地通过以太网发送给监控计算机。

4. 根据权利要求 2 所述的一种动力蓄电池系统硬件在环仿真测试平台,其特征在于,所述的数学模型还包括车辆热系统模型,该车辆热系统模型根据外部热环境参数和当前整车热环境状态,实时地计算出动力蓄电池系统热环境的边界条件。

5. 根据权利要求 1 所述的一种动力蓄电池系统硬件在环仿真测试平台,其特征在于,所述的监控计算机在试验过程中与目标计算机通信,获取、显示并存储试验数据。

## 一种动力蓄电池系统硬件在环仿真测试平台

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种动力蓄电池系统仿真测试平台,尤其是涉及一种动力蓄电池系统硬件在环仿真测试平台。

### 背景技术

[0002] 动力蓄电池系统(power battery system,简称 PBS)是各类电动及混合动力汽车的主要储能设备之一。PBS 包括有动力蓄电池(power battery,简称 PB)及电池管理系统(battery management system,简称 BMS)两部分。其主要完成的功能的包括:单体电池状态监控,电池包状态监控,热管理,故障监测与报警,包内通信以及整车通信。PBS 硬件在环仿真试验平台将不易于建立数学模型 PB 及 BMS 一起实现硬件在环。以实时计算平台为工作环境,在其之上运行整车动力系统模型,车辆纵向动力学模型和整车热管理模型,通过控制电子负载及环境舱模拟 PBS 在各种车型平台及不同工况下的工作条件环境。从而为 PBS 的控制策略优化,特别是为 BMS 对 PB 的状态估计算法的测试验证提供基础测试平台。与纯软件仿真相比,由于实现了 PBS 的硬件在环,因此对 PB 加载的工况与手工加载相比更加接近实车运行中的情况,以此工况验证的 PBS 更加符合实际情况。此外,对于实车运行中不易重现的特殊或极端情况,也可以通过此平台进行模拟,从而检验 PBS 在这些条件下的鲁棒性。使用此平台开发 PBS 可以优化开发阶段的仿真与测试流程,并能提高大大减少实车测试的次数,缩短开发周期。目前尚未有 PBS 硬件在环测试平台。

### 发明内容

[0003] 本发明的目的就是为了克服上述现有技术存在的缺陷而提供一种动力蓄电池系统硬件在环仿真测试平台。

[0004] 本发明的目的可以通过以下技术方案来实现:

[0005] 一种动力蓄电池系统硬件在环仿真测试平台,其特征在于,包括监控计算机、目标计算机、电子负载、环境舱、可编程数字电源以及硬线信号发生器,所述的监控计算机与目标计算机连接,所述的电子负载、环境舱、可编程数字电源以及硬线信号发生器分别接在目标计算机与动力蓄电池系统之间;

[0006] 监控计算机建立需要仿真测试车型的数学模型,并进行工况条件和外部环境参数设定,并将数学模型及工况条件和外部环境参数转换 C 代码后,通过交叉编译生成供目标计算机实时运行的测试模型;

[0007] 将测试模型通过以太网发送到目标计算机上,作为可运行与其实时操作系统上的应用程序;运行工况进行仿真测试时,测试模型实时地产生功率需求信号以及动力蓄电池系统热管理系统边界条件参数;

[0008] 目标计算机根据产生的功率需求信号与动力蓄电池系统热管理系统边界条件参数通过总线分别控制电子负载和环境舱,对动力蓄电池系统进行电功率加载和热环境条件加载模拟,同时目标计算机通过根据试验工况控制硬线信号发生器发出硬线信号和控制可

编程数字电源调节辅助电源的供应。

[0009] 所述的数学模型包括驾驶员模型、车辆控制器模型、动力系统模型、传动系统模型、车辆纵向动力学模型；

[0010] 首先,比较当前实际车速和期望车速之差,通过驾驶员模型模拟出油门和刹车操作信号,并将其发送给车辆控制器模型；

[0011] 车辆控制器模型接收到此信号后按照动力蓄电池系统发送回来的当前状态,结合设定的控制策略产生转矩需求信息,并将该转矩需求信息发送到动力系统模型；

[0012] 动力系统模型将转矩需求信息转化为电流需求信息,并电流需求信息通过总线发送到电子负载并对动力蓄电池系统进行加载；同时动力系统模型按照动力蓄电池系统受到加载后的电压变化情况,计算实际输出功率信息,并将其发送给传动系统模型；

[0013] 传动系统模型根据实际输出功率信息计算驱动力,并根据轮上的驱动力、路面滚阻、风阻数据通过车辆纵向动力学模型得到实际车速；通过以上一个过程完成某一时刻的计算,并为下一时刻的计算提供条件参数,从而形成动力系统在环仿真。

[0014] 所述的数学模型还包括试验控制模型,该试验控制模型接受来自动力系统模型的电流需求,并转换为 CAN 消息,通过一路 CAN 接口发送到电子负载上,进行对被测对象的电功率加载；同时,从另一路 CAN 上接受来自动力蓄电池系统的状态信息,为其他模型的计算提供输入参数；此外,试验控制模型还将根据试验工况设定,控制硬线信号发生器对动力蓄电池系统给出硬线信号；试验控制模型实现与监控计算机的通信功能,将试验监控所需的信息实时地通过以太网发送给监控计算机。

[0015] 所述的数学模型还包括车辆热系统模型,该车辆热系统模型根据外部热环境参数和当前整车车热环境状态,实时地计算出动力蓄电池系统热环境的边界条件。

[0016] 所述的监控计算机在试验过程中与目标计算机通信,获取、显示并存储试验数据。

[0017] 与现有技术相比,本发明具有以下优点：

[0018] (1) 实现了 PBS,特别其中难以建模的 PB 的硬件在环仿真测试。试验平台结合了电功率加载和热环境加载条件,从而使得对 PBS 管理算法的验证更加准确可靠。

[0019] (2) 在整车开发前期,可以采用此平台在各类工况下,特别是难以重现的极端工况下,对 PBS 管理算法的鲁棒性进行评估改进。可以减少实车测试次数,节省开发费用。

[0020] (3) 简化试验流程,并实现了测试过程的自动化,测试得到的各项结果指标与优化效果更加接近实车运行状况。

## 附图说明

[0021] 图 1 为本发明的结构框图；

[0022] 图 2 为本发明的详细结构框图；

[0023] 图 3 为本发明动力系统在环仿真流程图；

[0024] 图 4 为本发明动力系统在环仿真结构框图；

[0025] 图 5 为本发明车辆热系统模型仿真流程图；

[0026] 图 6 为本发明车辆热系统模型结构框图。

## 具体实施方式

[0027] 下面结合附图和具体实施例对本发明进行详细说明。

[0028] 实施例

[0029] 本发明的技术问题是要提供一套由监控计算机、实时计算平台及配套外部辅助设备的工作环境,实现对 PBS 进行不同车型背景下各种类型工况的运行模拟。工作环境需要能够建立车辆相关系统模型,模拟设定工况条件下的电功率加载需求以及 PBS 的热环境边界条件加载(主要为温湿度条件);同时,工作环境也将接受 PBS 当前的状态监控信息,通过数学模型模拟实车控制器策略,并按照下一时刻的期望输出与当前时刻的整车及环境状态实时地调整这些功率与温湿度加载的要求;工作环境也应当能够实现测试流程的控制及测试数据的获取;从而实现 PBS 与工作环境中的各数学模型实时联合在环测试。

[0030] 如图 1、图 2 所示,本发明包括监控计算机 1,目标计算机及辅助设备 2 和被测的动力蓄电池系统 3。监控计算机 1 在系统中的主要功能是完成模型建立,模型下载和测试流程控制功能。目标计算机 21 用于实时地在测试中根据模型计算相关输入输出,并通过辅助设备对动力蓄电池系统 3 进行加载。目标计算机 21 还配备有通信单元,可以与监控计算机 1 以及动力蓄电池系统 3 完成状态数据反馈与控制指令发送等功能。

[0031] 图 2 所示为系统结构图,它是对图 1 的进一步描述与完善。在具体实施时,监控计算机 1 上用于建模的软件可以是 Matlab/Simulink,也可以采用 Matlab/Simlink 与其他商业软件建立联合仿真环境完成,比如说,AMESim 等。目标计算机 21 运行实时操作系统平台,这里以运行 xPC 实时系统为例。xPC 是 Matlab/Simulink 的内置的实时系统软件,可以单独运行在普通工控计算机上。目标计算机 21 上的 xPC 系统与监控计算机 1 上的 Matlab 程序通过以太网进行通信并交换信息。Matlab 通过交叉编译的方法,将数学模型的 C 语言编译成为可在 xPC 上执行的代码,通过以太网下载到 xPC 上。xPC 在试验时主要将运行车辆纵向动力学模型、整车动力系统模型和整车热系统模型。按照这些模型的输出,通过目标计算机 21 的 CAN 接口卡,对电子负载 Digatron 22 输出 CAN 控制指令完成对动力蓄电池系统 3 的电功率加载,同时将电子负载 22 的电压电流状态返回到模型。目标计算机 21 还通过 CAN 接口卡,与动力蓄电池系统 3 进行通信,发送其工作必须的指令,并返回动力蓄电池系统 3 的状态至模型。目标计算机 21 还将通过 RS232 接口对 Espec 环境舱 25 进行控制,完成对动力蓄电池系统 3 的热环境边界条件的调整。环境舱 25 除了能够调节温湿度外还应当根据动力蓄电池系统 3 的热管理要求,提供辅助的冷/热源。由于动力蓄电池系统 3 的运行需要必要的硬线信号与辅助电源供应,因此,目标计算机 21 根据试验工况控制 NI PCI-6528 硬线信号发生器 24 发出硬线信号,同时控制 Agilent N5700 可编程数字电源 23 调节辅助电源的供应。

[0032] 图 3 所示为动力蓄电池系统与车辆动力系统模型的硬件在环仿真试验流程。由期望车速和当前车速之差在驾驶员模型 11 中计算得到车辆控制器模型 12 的输入参数。车辆控制器模型 12 再通过进一步计算得到动力系统模型 13 的输入参数。动力系统模型 13 的输出是动力蓄电池系统实物的电功率加载输入。动力蓄电池系统实物的状态输出也是动力系统模型 13 进一步计算的输入。动力系统模型 13 的输出最终通过传动系统模型 14 的转换成为车辆纵向动力学模型 15 的输入,并计算出本步运行最终的当前车速,从而为下一步的运算做好准备。

[0033] 图 4 所示为车辆动力系统模型结构,更加详细地说明了图 3 所示各模型输入输出

的关系。以 AMESim 和 Matlab/Simulink 联合环境为例,按照系统各模块来逐步构建车辆模型。以集中电机驱动的纯电动汽车的系统构架为例,各模型关系详述如下:

[0034] (1) 车辆纵向力学模型 15,对选定的车辆平台进行受力分析,通过驱动力矩、制动力矩、行驶阻力等计算出车辆的纵向加速度,对加速度进行积分可得到车速和位移数据。此模型在 AMESim 中实现。

[0035] (2) 驾驶员模型 11,通过参考当前车速与实车工况的接近程度来执行油门和刹车踏板的操作,目的是使当前车速与实车工况相吻合。在模型中采用 PID 控制策略,合适选择 PID 三项系数来实现当前车速与工况的跟随。此模型在 AMESim 中实现。

[0036] (3) 车辆控制器模型 12,对于纯电动汽车的结构,其动力控制策略较为简单。动力控制系统根据驾驶员的油门踏板和刹车踏板的操作以及电机转速计算出电机的转矩需求,并发送给动力系统模型。车辆控制器还将比较电子负载给出的母线电压电流和动力蓄电池系统给出的母线电压电流,对非正常情况作出判别。此模型在 AMESim 中实现。

[0037] (4) 动力系统模型 13,主要包括电机及其控制器模型。电机控制器收到转矩需求后,参照当前动力蓄电池系统给出的 SOC 及允许充放电功率,按照电机当前转速,电机特性计算出功率需求,并按照电子负载给出的母线电压计算出电流需求。模型还需要按照电子负载返回的电流电压以及传动系统模型输出的当前转速,计算电机的输出转矩。此模型在 AMESim 中实现。

[0038] (5) 试验控制模型 16,此模型主要完成目标计算机上其他模型与动力蓄电池系统进行通信并加载功能。试验控制模型接受来自动力系统模型的电流需求,并转换为 CAN 消息,通过一路 CAN 接口发送到电子负载 Digatron 上,从而进行对被测对象的电功率加载。同时,从另一路 CAN 上接受来自动力蓄电池系统的状态信息,为其他模型的计算提供输入参数。此外,试验控制模型还将根据试验工况设定,控制 NI PCI-6528 硬线信号发生设备,对动力蓄电池系统给出必要的硬线信号。试验控制模型还需要实现与监控计算机的通信功能,将试验监控所需的信息实时地通过以太网发送给监控计算机。此模型在 Matlab/Simulink 中实现。

[0039] (6) 传动系统模型 14,对于集中电机驱动的纯电动汽车主要为减速齿轮模型。向动力系统模型提供当前转速,并接受来自动力系统模型计算的转矩输出,从而将电机的动力输出参数给到车辆驱动轮,作为车身纵向力学模型的输入。此模型在 AMESim 中实现。

[0040] 图 5 所示为动力蓄电池系统与车辆热系统模型仿真试验流程。由外部环境设定与当前整车热环境状态通过整车热系统模型 17 计算得到动力蓄电池系统的热边界条件。动力蓄电池系统的热边界条件状态作为整车热环境状态计算的输入参数之一返回到整车热系统模型 17,计算出受到动力蓄电池系统热影响后的整车热环境状态。

[0041] 图 6 所示为车辆热系统模型结构,更加详细的说明了图 5 模型与实物之间的关系。以空气强制冷却电池系统为例,动力蓄电池系统直接从乘客舱内环境换气,各模型关系详述如下:

[0042] (1) 环境参数 171,外部环境参数设定为整车外部热环境及流体环境的参数或工况设定。包括有:迎风面空气质量流量,室外温湿度,大气压力,光照强度等。这些参数是其他热系统子模型计算所需的基本参数。

[0043] (2) 冷却风扇模型 172,此为车辆前部冷凝器的冷却风扇,模型计算输入参数来自

环境参数。计算结果为风扇后方空气质量流量、压力、温湿度等,作用于冷凝器模型。

[0044] (3) 车辆空调系统回路模型,由冷凝器模型 173,压缩机模型 174,蒸发器模型 175,膨胀阀模型 176 组成。主要根据车内外部的换热量,计算冷却工质通过各模型后的质量流量、工质密度及压力等参数变化。流进蒸发器工质计算所得换热量参数作用于乘客舱模型 177。

[0045] (4) 乘客舱模型 177,按照蒸发器模型 175 的换热量以及车外环境参数计算总换热量,得到乘客舱模型的温湿度状态参数。将这些状态参数通过 RS232 发送给环境舱,调节被测动力蓄电池系统的热边界条件。

[0046] 由于实现了对难以建模的试验对象,动力蓄电池,的硬件在环。因此,通过上述架构构建的试验平台可以获得与实车工况非常接近的试验结果,有助于动力蓄电池系统的开发,设计与优化,并能大大缩短试验时间,减少开发费用。

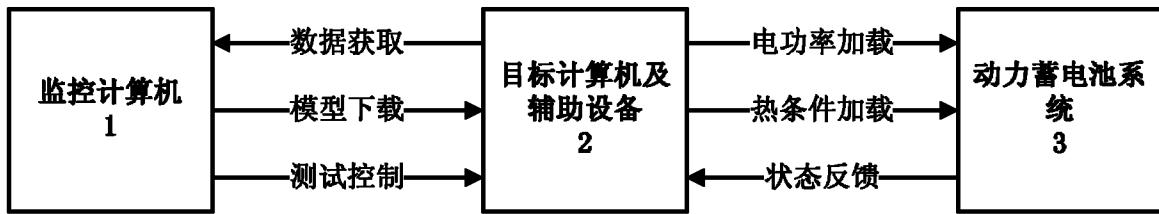


图 1

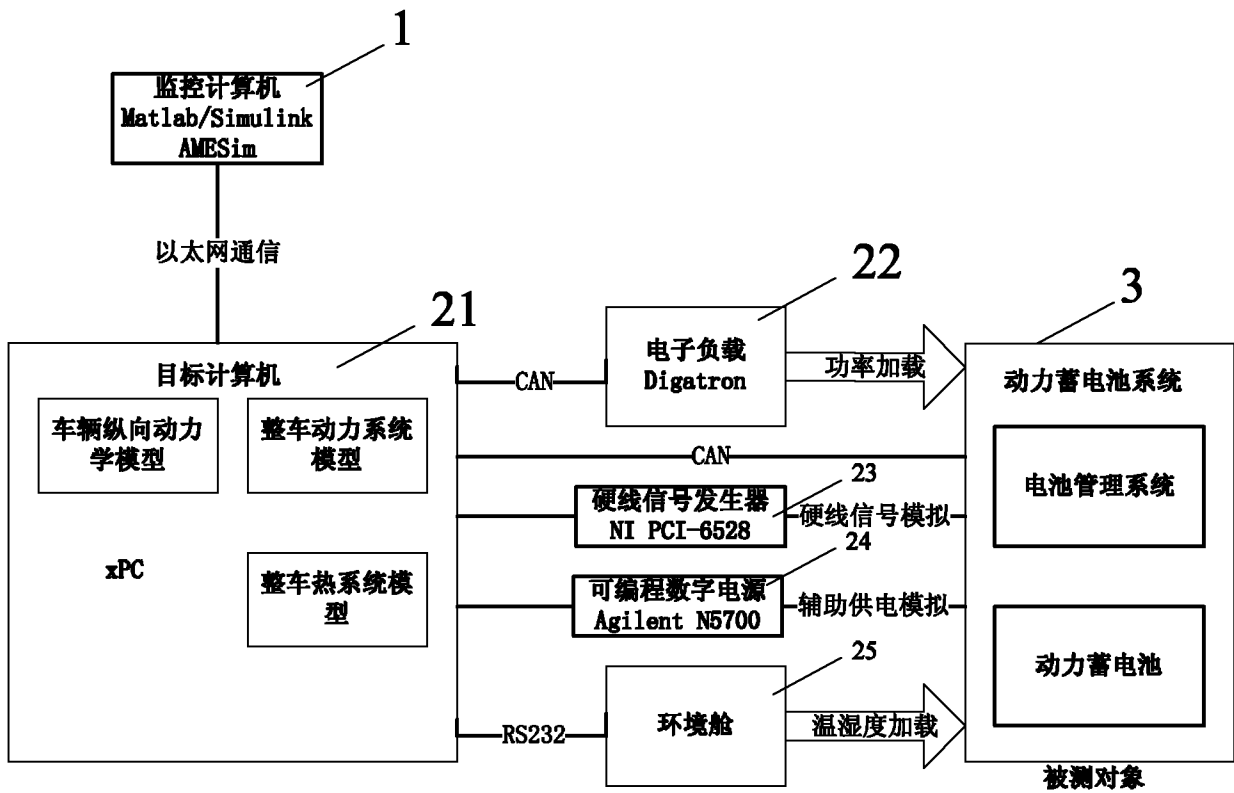


图 2

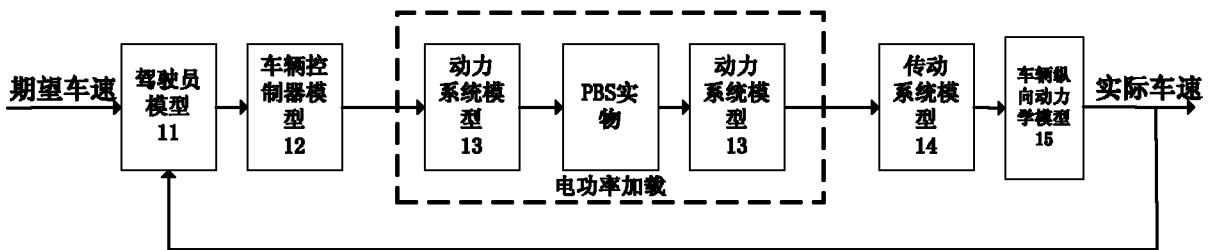


图 3



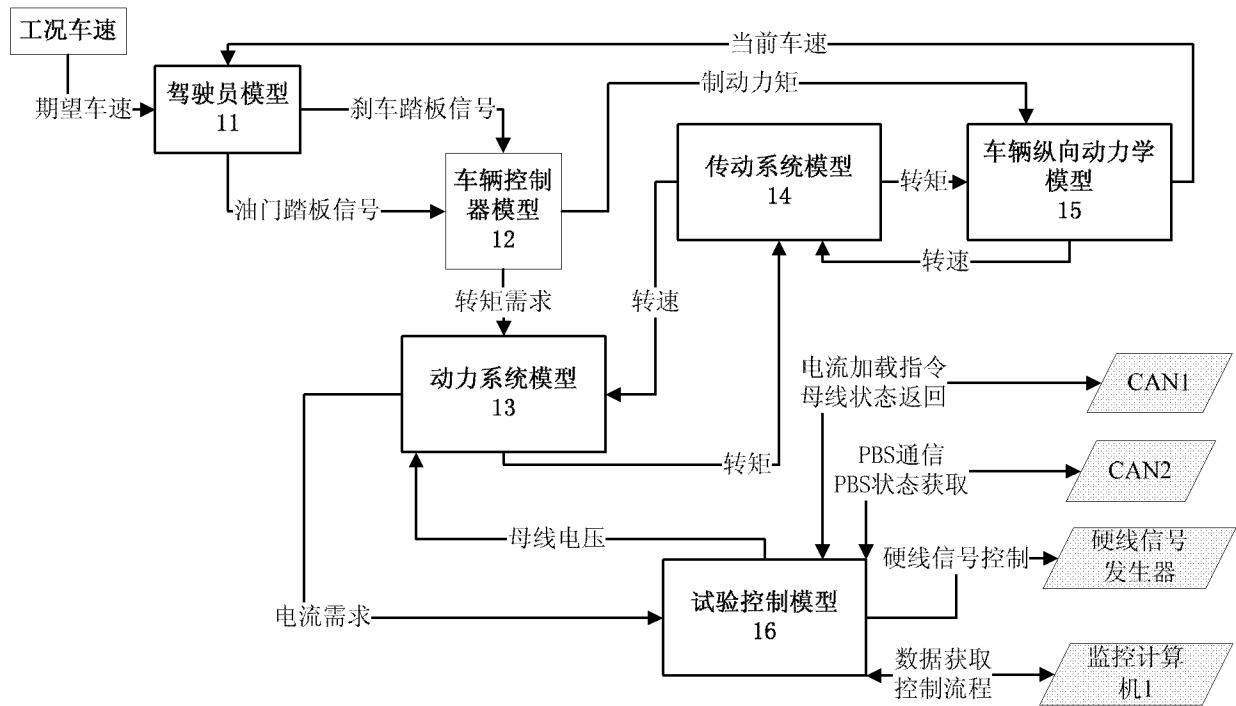


图 4

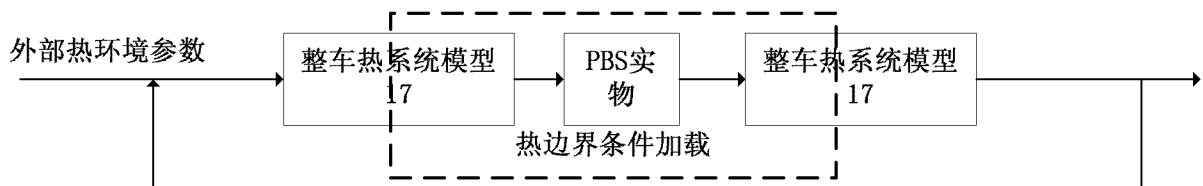


图 5

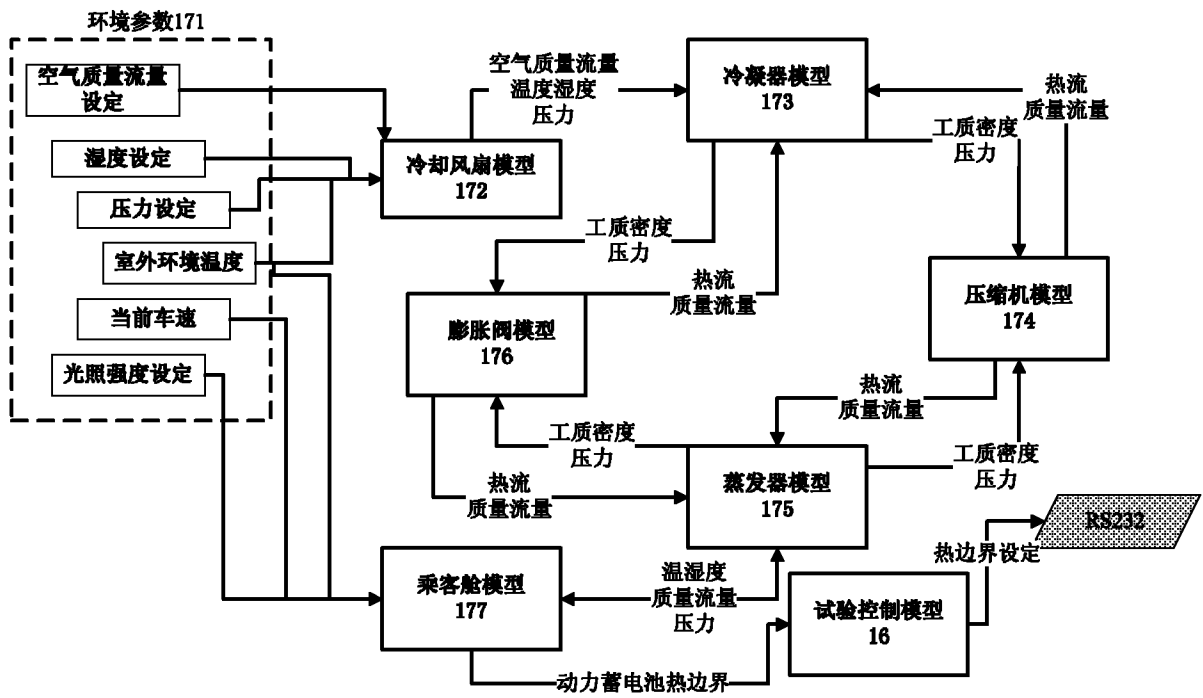


图 6