(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 110890012 A
(43)申请公布日 2020.03.17

(21)申请号 201911290402.9

(22)申请日 2019.12.16

(71)申请人 吉林大学
地址 130012 吉林省长春市市辖区前进大街2699号

(72)发明人 吴坚 杨维宏 劳德杏 陈志成

(74)专利代理机构 长春吉大专利代理有限责任公司 22201
代理人 崔斌

(51)Int.Cl.
G09B 25/02(2006.01)

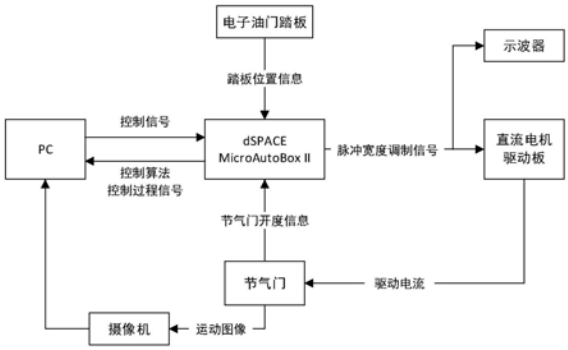
权利要求书3页 说明书8页 附图4页

(54)发明名称

一种基于电子节气门的快速控制原型教学装置及控制方法

(57)摘要

本发明属于汽车智能化领域及教学演示装置技术领域，具体的说是一种基于电子节气门的快速原型教学装置及控制方法。该装置包括踏板式电子油门踏板、亚克力板、直流电机驱动板、导轨式接线端子、220V交流转12V直流导轨式电源、电子节气门、铝型材板、L型固定板、摄像机固定件、摄像机、空气开关、铝制导轨、滑块螺母、快速原型控制器和PC机。本装置结构简单，零件数目少，对装配要求精度低，装配简单、容易控制，且具有良好的可维修性。通过对节气门控制中关键参数的实时更改以及示波器、PC机中相关信号的显示，本演示装置能对快速控制原型的控制过程及原理进行直观、清晰的演示。对传感器测量特性的标定保证了节气门控制算法的控制精度。



CN 110890012 A

1.一种基于电子节气门的快速控制原型教学装置,其特征在于,该装置包括踏板式电子油门踏板(1)、亚克力板(2)、直流电机驱动板(3)、导轨式接线端子(4)、220V交流转12V直流导轨式电源(5)、电子节气门(6)、铝型材板(7)、L型固定板(8)、摄像机固定件(9)、摄像机(10)、空气开关(11)、铝制导轨(12)、滑块螺母(13)、快速原型控制器、示波器和PC机;所述踏板式电子油门踏板(1)通过滑块螺母(13)固定在铝型材板(7)的一端;所述L型固定板(8)通过滑块螺母(13)固定在铝型材板(7)的另一端;所述铝制导轨(12)通过滑块螺母(13)固定在铝型材板(7)的中间位置;所述亚克力板(2)设置在导轨式接线端子(4)的前端并且通过滑块螺母(13)固定在铝型材板(7)上;所述直流电机驱动板(3)固定在亚克力板(2)上;所述L型固定板(8)设置在铝制导轨(12)的前端,并且通过滑块螺母(13)固定在铝型材板(7)上;所述220V交流转12V直流导轨式电源(5)、导轨式接线端子(4)以及空气开关(11)的下端卡接在铝制导轨(12)上;所述空气开关(11)装配在铝制导轨(12)上;所述电子节气门(6)的下端通过螺钉与L型固定板(8)固定;所述摄像机固定件(9)设置在铝型材板(7)上并且通过螺栓与L型固定板(8)固定;所述摄像机(10)固定在摄像机固定件(9)的顶部;所述12V直流导轨式电源5与快速原型控制器相连;所述220V交流转12V直流导轨式电源(5)经过空气开关(11)与直流电机驱动板(3)相连;所述电子节气门(6)上的节气门位置传感器和踏板式电子油门踏板(1)上的踏板位置传感器均通过导轨式接线端子(4)与快速原型控制器相连;所述直流电机驱动板(3)通过导轨式接线端子(4)与电子节气门(6)相连;所述快速原型控制器通过导轨式接线端子(4)与直流电机驱动板(3)相连;所述快速原型控制器通过以太网与PC机之间的双向通信;所述PC机通过USB与摄像机(10)相连;所述示波器通过导轨式接线端子(4)与直流电机驱动板(3)的输出端相连。

2.根据权利要求1所述的一种基于电子节气门的快速控制原型教学装置,其特征在于,所述快速原型控制器采用MicroAutoBox II。

3.根据权利要求1所述的一种基于电子节气门的快速控制原型教学装置,其特征在于,所述亚克力板(2)为一矩形板,其上两端设置有两个与滑块螺母(13)连接的通孔,中间设置有四个与直流电机驱动板(3)连接的通孔。

4.根据权利要求1所述的一种基于电子节气门的快速控制原型教学装置,其特征在于,所述铝型材板(7)的上、下端均设置有与滑块螺母(13)滑动配合的凹槽。

5.根据权利要求1所述的一种基于电子节气门的快速控制原型教学装置,其特征在于,所述L型固定板(8)呈“L”字型,由一个水平矩形板和与一个水平矩形板垂直的垂直矩形板组成,其中垂直矩形板上开有与电子节气门(6)连接的通孔,水平矩形板上开有与摄像机固定件(9)连接的通孔。

6.根据权利要求1所述的一种基于电子节气门的快速控制原型教学装置,其特征在于,所述摄像机固定件(9)呈“凸”字型,左、右两端的凸台上开有与L型固定板(8)连接的通孔。

7.根据权利要求1所述的一种基于电子节气门的快速控制原型教学装置,其特征在于,所述铝制导轨(12)开有矩形槽,矩形槽的底端开有与滑块螺母(13)配合的通孔。

8.根据权利要求1所述的一种基于电子节气门的快速控制原型教学装置的控制方法,其特征在于,该控制方法包括以下步骤:

步骤一、对电子节气门(6)上的节气门位置传感器及踏板式电子油门踏板(1)上的油门踏板位置传感器进行标定,获得传感器的输出特性表;

步骤二、基于Matlab/Simulink中完成电子节气门的控制算法的搭建，控制算法的输入部分为节气门开度位置与油门踏板开度位置，采用的是ADC采集模块，将在硬件中输入至快速原型控制器中的数模转换接口的传感器信号能在Simulink中进行操作；传感器信号经位置—电压曲线查表后得到相应的位置信息；输出端采用Simulink RTI模块库中的PWM模块库提供的用于离散信号输出的PWM模块，控制端采用了增量式PID控制器；

步骤三、在完成电子节气门(6)上的节气门位置传感器及踏板式电子油门踏板(1)上的油门踏板位置传感器的标定工作后，将标定好的传感器测量特性即位置—电压曲线输入到步骤二中编写的节气门开度闭环控制算法中，对其传感器测量特性进行更新；

步骤四、在Matlab/Simulink环境中，将更新过后的节气门开度闭环控制算法经编译器初步进行代码生成；通过快速原型控制器的上位机软件ControlDesk将Simulink所生成的的控制算法C语言代码下载至快速原型控制器中；

步骤五、在ControlDesk中的布局页面Layout内，将节气门实际开度、实际油门踏板开度、PID控制算法中比例部分的输出、积分部分的输出及PWM信号设置成Plotter的形式，将PID控制算法的比例增益及积分增益设置成Variables的形式；还需要将摄像机(10)传输的图像数据也拖入至Layout中；

步骤六、在PC机中点击ControlDesk中的Go Online之后点击Star Measuring，装置开始进行硬件在环实验，并对步骤五中的数据进行绘图；若学生使得油门踏板产生一位移后或采用阶跃波形输入作为标准节气门开度时，在ControlDesk、示波器中可以观察到节气门位置变化曲线、踏板位置变化曲线、节气门位置变化图像、MicroAutoBox II输出的PWM信号变化曲线；同时，学生可通过改变阶跃信号的幅值、斜坡信号及斜坡信号的斜率、幅值观察实际节气门开度在不同期望开度下的响应；

步骤七、若控制算法当前的PID控制参数对节气门开度的控制效果较差或进行PID控制原理的教学时，可在PC机中对PID参数进行整定，具体为：根据实际节气门开度对实际油门踏板或理想节气门开度的响应，在节气门开度不出现震荡或失稳的现象下，增大或减小比例、积分和微分项的增益值。

9.根据权利要求8所述的一种基于电子节气门的快速控制原型教学装置的控制方法，其特征在于，所述步骤一的具体方法如下：

标定的方法为通过电子节气门(6)与踏板式电子油门踏板(1)在两个极限位置即节气门的全开状态与全闭状态，油门踏板没有发生任何运动与油门踏板被踩到底时，将两传感器的输出电压记录下来，并作为传感器输出特性表中电压部分的起点与终点；将电子节气门(6)与踏板式电子油门踏板(1)的极限位置以节气门开度，单位为百分比，及油门踏板开度，单位：百分比，替代，具体为：电子节气门(6)全闭状态及全开状态的节气门开度为0％及100％；踏板式电子油门踏板(1)未发生任何运动及油门踏板踩到底时的油门踏板开度分别为0％与100％；传感器的标定工作在装置停机或传感器的信号线的接线发生改变后，开始运行演示时，进行标定一次即可。

10.根据权利要求8所述的一种基于电子节气门的快速控制原型教学装置的控制方法，其特征在于，所述步骤二的具体方法如下：

当有油门踏板位置信号输入时，快速原型控制器根据节气门位置传感器及油门踏板位置传感器的输出电压及传感器的测量特性，将其换算为实际踏板开度；为更好的进行快速

控制原型的工作过程的展示,将控制算法的输入端设置有开关转换模块及触发模块,这两个模块均为Simulink提供的标准模块;开关转换模块的输入分别为阶跃波形输入、斜坡波形输入、正弦波形输入及踏板实时信号输入,输出为节气门期望开度θ*,触发模块用于对开关转换模块的输出进行控制;

PWM信号放大直流电机驱动板(3)后,输出至电子节气门驱动电机中,使得电子节气门(6)中的节气门片运动;节气门位置传感器将实时的节气门位置不断发送至快速原型控制器中,实现节气门控制的闭环控制。

一种基于电子节气门的快速控制原型教学装置及控制方法

技术领域

[0001] 本发明属于汽车智能化领域及教学演示装置技术领域，具体的说是一种基于电子节气门的快速控制原型教学装置及控制方法。

背景技术

[0002] 随着汽车电控系统的广泛应用，一方面要求产品质量、可靠性和工作性能等满足要求，而另一方面，全球汽车市场的激烈竞争要求生产商能适应消费者需求，依托现有技术，迅速、灵活地开发汽车电控系统产品。传统开发模式，即先开发出完善的硬件，再开发控制策略算法，由于其固有的缺点已经难以满足要求。而现代开发方法由于可实现各开发流程快速、无缝衔接的集成式一体化开发平台而越发受到生产厂商的青睐。

[0003] 现代控制器开发流程即V型开发流程包括：功能设计与离线仿真——快速控制原型——代码自动生成——硬件在环仿真——标定/整车测试。快速控制原型(Rapid Control Prototype，RCP)利用实时硬件系统在控制算法模型和被控对象之间搭建起一座实时的桥梁，实现被控对象对控制系统控制算法的实时反馈，对功能设计与离线仿真阶段设计的控制算法进行实际运行条件下的验证，检验控制算法对被控对象的控制效果，以快速设计迭代迅速开发出最适合被控对象或环境的控制方案。RCP演示实验主要是对其实现过程进行展示，在教学中开展RCP实验能极大的提升学生对现代开发流程的理解。

[0004] 电子节气门控制(Electric Throttle Control，ETC)作为一种非常成熟的汽车电控技术，其组成结构简单，易于实现，成本较低，在快速控制原型演示上应用前景广泛。现有的电子节气门控制硬件结构简单，这为生产、维修以及成本控制等带来好处，但是大部分功能单一，只能示范ETC的机械原理，无法展示对电子节气门控制过程中有关控制信号变化状态等信息。专利号为CN 208938498 U的专利对该部分进行改进，能进行部分的控制信号的展示，但仍未涉及快速控制原型教学演示部分。

[0005] 综合所述，现有的快速控制原型教学装置主要有如下的缺点：

[0006] 1)机械(硬件)部分结构复杂、对装配的精确度要求高；且往往需要占用比较大的空间；部分RCP装置在使用时会采用较多的传感器、抗电磁干扰的信号线、驱动能力强的驱动板等，这些附件会使得装置的成本大幅提升；所述均不利于装置的复现与演示；

[0007] 2)电气部分接线较多，出现电气故障时，需要检查的电气部件多，检查成本高，且会存在有大电流驱动执行机构的现象，对驱动整个装置的电源有一定的电气保护、最大供电电流及供电电压要求，适应性较差；

[0008] 3)RCP装置的控制原理复杂，造成学生难以迅速理解，严重影响RCP装置的演示效果；

[0009] 4)现有的电子节气门的功能单一，只能演示电子节气门控制的机械原理或其电子节气门控制过程中部分的控制信号变化状态，无法演示电子节气门控制的电气原理及控制过程中所有参与控制的信号变化状态，这使得学生难以对电子节气门的原理有深刻认知，进而影响学生对后续的RCP的理解；

[0010] 4)在教学过程中对于RCP及现代V型开发流程的讲述往往都流于形式,学生很难对现代V型开发流程有很深的理解,因此,迫切需要一种RCP教学平台,来直观的对V型开发流程进行讲解;

[0011] 5)装置的实现功能单一,构建完教学演示功能后,往往只能进行单一功能的教学演示。这往往是由于装置提供的接口少,或是装置为一“黑箱子”,装置中存在有部分不清晰或全部为不清晰的内容,改造装置的成本高或不方便改造。

发明内容

[0012] 针对上述现有技术存在的不足,本发明公开了一种结构、方法简单的基于电子节气门的快速原型教学装置及控制方法。

[0013] 本发明技术方案结合附图说明如下:

[0014] 一种基于电子节气门的快速控制原型演示装置,该装置包括踏板式电子油门踏板1、亚克力板2、直流电机驱动板3、导轨式接线端子4、220V交流转12V直流导轨式电源5、电子节气门6、铝型材板7、L型固定板8、摄像机固定件9、摄像机10、空气开关11、铝制导轨12、滑块螺母13、快速原型控制器、示波器和PC机;所述踏板式电子油门踏板1通过滑块螺母13固定在铝型材板7的一端;所述L型固定板8通过滑块螺母13固定在铝型材板7的另一端;所述铝制导轨12通过滑块螺母13固定在铝型材板7的中间位置;所述亚克力板2设置在导轨式接线端子4的前端并且通过滑块螺母13固定在铝型材板7上;所述直流电机驱动板3固定在亚克力板2上;所述L型固定板8设置在铝制导轨12的前端,并且通过滑块螺母13固定在铝型材板7上;所述220V交流转12V直流导轨式电源5、导轨式接线端子4以及空气开关11的下端卡接在铝制导轨12上;所述电子节气门6的下端通过螺钉与L型固定板8固定;所述摄像机固定件9设置在铝型材板7上并且通过螺栓与L型固定板8固定;所述摄像机10固定在摄像机固定件9的顶部;

[0015] 所述12V直流导轨式电源5与快速原型控制器相连;所述220V交流转12V直流导轨式电源5经过空气开关11与直流电机驱动板3相连;所述电子节气门6上的节气门位置传感器和踏板式电子油门踏板1上的踏板位置传感器均通过导轨式接线端子4与快速原型控制器相连;所述直流电机驱动板3通过导轨式接线端子4与电子节气门6相连;所述快速原型控制器通过导轨式接线端子4与直流电机驱动板3相连;所述快速原型控制器通过以太网与PC机之间的双向通信;所述PC机通过USB与摄像机10相连;所述示波器通过导轨式接线端子4与直流电机驱动板3的输出端相连。

[0016] 所述快速原型控制器采用MicroAutoBox II。

[0017] 所述亚克力板2为一矩形板,其上两端设置有两个与滑块螺母13连接的通孔,中间设置有四个与直流电机驱动板3连接的通孔。

[0018] 所述铝型材板7的上、下端均设置有与滑块螺母13滑动配合的凹槽。

[0019] 所述L型固定板8呈“L”字型,由一个水平矩形板和与一个水平矩形板垂直的垂直矩形板组成,其中垂直矩形板上开有与电子节气门6连接的通孔,水平矩形板上开有与摄像机固定件9连接的通孔。

[0020] 所述摄像机固定件9呈“凸”字型,左、右两端的凸台上开有与L型固定板8连接的通孔。

[0021] 所述铝制导轨12开有矩形槽,矩形槽的底端开有与滑块螺母13配合的通孔。

[0022] 一种基于电子节气门的快速控制原型演示装置的控制方法,该控制方法包括以下步骤:

[0023] 步骤一、对电子节气门6上的节气门位置传感器及踏板式电子油门踏板1上的油门踏板位置传感器进行标定,获得传感器的输出特性表;

[0024] 步骤二、基于Matlab/Simulink中完成电子节气门的控制算法的搭建,控制算法的输入部分为节气门开度位置与油门踏板开度位置,采用的是ADC模块,将在硬件中输入至快速原型控制器中的数模转换器的传感器电压信号转换为能在离散的实时电压信号;传感器离散电压信号经位置—电压曲线查表后得到相应的位置信息;输出端采用Simulink RTI模块库提供的用于离散信号输出的PWM模块,控制端采用了增量式PID控制器;

[0025] 步骤三、在完成电子节气门6上的节气门位置传感器及踏板式电子油门踏板1上的油门踏板位置传感器的标定工作后,将标定好的传感器测量特性即位置—电压曲线输入到步骤二中编写的节气门开度闭环控制算法中,对其传感器测量特性进行更新;

[0026] 步骤四、在Matlab/Simulink环境中,将更新过后的节气门开度闭环控制算法经编译器初步进行代码生成;通过快速原型控制器的上位机软件ControlDesk将Simulink所生成的的控制算法C语言代码下载至快速原型控制器中;

[0027] 步骤五、在ControlDesk中的布局页面Layout内,将节气门实际开度、实际油门踏板开度、PID控制算法中比例部分的输出、积分部分的输出及PWM信号设置成Plotter的形式,将PID控制算法的比例增益及积分增益设置成Variables的形式;还需要将摄像机10传输的图像数据也拖入至Layout中;

[0028] 步骤六、在PC机中点击ControlDesk中的Go Online之后点击Star Measuring,装置开始进行硬件在环实时实验,并对步骤五中的数据进行绘图;若学生使得油门踏板产生一位移后或采用阶跃波形输入(也可为斜坡波形输入或正弦波形输入)作为标准节气门开度时,可在ControlDesk、示波器中可以观察到节气门位置变化曲线、踏板位置变化曲线、节气门位置变化图像、MicroAutoBox II输出的PWM信号变化曲线。同时,学生可通过改变阶跃信号的幅值、斜坡信号及斜坡信号的斜率、幅值观察实际节气门开度在不同期望开度下的响应。

[0029] 步骤七、若控制算法当前的PID控制参数对节气门开度的控制效果较差或进行PID控制原理的教学时,可在PC机中对PID参数进行整定,具体为:根据实际节气门开度对实际油门踏板或理想节气门开度的响应,在节气门开度不出现震荡或失稳的现象下,适当的增大或减小比例、积分和微分项的增益值。

[0030] 所述步骤一的具体方法如下:

[0031] 标定的方法为通过电子节气门6与踏板式电子油门踏板1在两个极限位置时,即节气门的全开状态与全闭状态,油门踏板没有发生任何运动与油门踏板被踩到底时,将两传感器的输出电压记录下来,并作为传感器输出特性表中电压部分的起点与终点;将电子节气门6与踏板式电子油门踏板1的极限位置以节气门开度,单位为百分比,及油门踏板开度,单位:百分比,替代,具体为:电子节气门6全闭状态及全开状态的节气门开度为0%及100%;踏板式电子油门踏板1未发生任何运动及油门踏板踩到底时的油门踏板开度分别为0%与100%;传感器的标定工作在装置停机或传感器的信号线的接线发生改变后,开始运

行演示时，进行标定一次即可，不必进行重复的标定。

[0032] 所述步骤二的具体方法如下：

[0033] 当有油门踏板位置信号输入时，快速原型控制器根据节气门位置传感器及油门踏板位置传感器的输出电压及传感器的测量特性，将其换算为实际踏板开度。为更好的进行快速控制原型的工作过程的展示，将控制算法的输入端设置有开关转换模块及触发模块，这两个模块均为Simulink提供的标准模块。开关转换模块的输入分别为阶跃波形输入、斜坡波形输入、正弦波形输入及踏板实时信号输入，输出为节气门期望开度θ^*，触发模块用于对开关转换模块的输出进行控制。

[0034] 控制算法的控制器根据节气门期望开度θ^*与实际节气门开度θ，作差求得节气门实际开度与期望开度的误差e，并作为增量式PID控制器的输入，PID控制器根据该输入，决策出PWM信号；

[0035] PWM信号经直流电机驱动板3放大后，输出至电子节气门6的驱动电机中，使得电子节气门6中的节气门片运动；节气门位置传感器将实时的节气门位置不断发送至快速原型控制器中，实现节气门控制的闭环控制。

[0036] 本发明的有益效果为：

[0037] 1)本装置结构简单，除却导轨式接线端子4、220V转12V直流电源5采用的是卡扣的形式安装在铝制导轨12外，其余的零件均采用了螺纹连接的形式进行装配固定。同时，本装置的零件数目少，使得本装置的装配简单，对装配要求精度低，装配过程容易控制。

[0038] 2)本装置的零件布局紧凑，能在较小的空间内完成装置的演示，装置总体的质量较轻。

[0039] 3)本装置除却电子油门踏板1、电子节气门6、驱动板3及12V直流电源5外，大部分均为标准件，包括型材、导轨、滑块螺母13及连接螺钉。这样，一方面，本装置的实现成本低，再加上电子油门踏板1、电子节气门6、驱动板3及12V直流电源这些零件均为现有的非常成熟的产品，因此，本装置的可复现性良好，具有较好的推广价值。

[0040] 4)本装置对装置的供电电源要求低，具有过载功能，运行安全性高。首先，本装置所采用的电子节气门伺服电机功率小，在演示装置的运行过程中不存在大电流驱动的情况，且对驱动所述装置运行的电源要求低，采用220V市电即可驱动装置运行，其次，12V直流电源5和空气开关11有过载保护功能，最后，当发生危险时，可以通过空气开关切断直流电机驱动板3的供电，防止出现进一步的危险状况，实现紧急停车功能，因此所述装置在运行过程中的电气安全性较高。

[0041] 5)本装置采用摄像头通过USB传输数据信息。使得学习者能很方便的在电脑的显示器中观察到节气门片的运动状态。这样，能避免学习者在进行电子节气门控制时，在电子油门踏板与电子节气门之间来回移动以进行现象的观察。

[0042] 6)本装置通过快速原型控制器MicroAutoBox II、以太网通信、PC机以及示波器(观察PWM信号)，使得学习者可在PC的显示器中观察到电子节气门控制过程中所有参与节气门开度控制的信号变化状态及其随时间变化曲线和借助摄像头传输的节气门运动图像，学习者可对电子节气门工作原理有更深刻的理解，能直观、清晰地展现汽车电子节气门控制的工作原理，利于后续学生对快速控制原型的工作原理的理解。

[0043] 7)本装置通过在PC机中实时地对节气门开度闭环控制算法中的控制参数进行实

时地修改,以及对更改后及更改前的节气门开度闭环控制算法的控制效果进行展示,可让观察者对快速控制原型的控制原理及其优点有着更直观的理解。

[0044] 8)本装置在机械及电气布置上采用的是输入——控制——输出——反馈的环型布置,方便学习者能快速看懂本装置的电气连接及其工作原理。

[0045] 9)本装置采用了导轨式接线端子进行电气连接的中转,这样,第一,方便学生通过完成电气连接的部分接线工作,而能提升学生的实践能力,加深对以电子节气门控制为例的快速原型控制的工作原理的理解;第二,在确保学生能完成大部分电气部分的接线工作并能自身理解装置电气连接原理的前提下,减少对关键部分或维修不易部分的接口的插拔;第三,采用导轨式接线端子能在不影响装置正常工作的前提下,清晰的呈现装置的电气连接原理。

[0046] 10)在本装置的基础上可实现更多的教学演示功能,能提升装置的使用效率,实现装置的重复利用。例如,基于dSPACE公司生产制造的Simulator,可实现电子节气门控制的故障注入(Fault Insertion)与检测,包含了对传感器及ECU的故障注入与检测,且不会对硬件造成不可逆转的损坏。另外,还可实现:HiL(Hardware in Loop,硬件在环)测试功能、CAN(Controller Area Network,控制器局域网络)通信实验功能。

[0047] 11)本装置中,电子节气门6、电子油门踏板1、12V直流电源5、空气开关11均为模块化的零件,零件的固定均采用螺纹连接。使得一旦本装置在运行时出现机械性故障,具有良好的可维修性,且维修简单方便,维修速度快,维修成本低。

[0048] 12)本装置的节气门位置传感器与油门踏板位置传感器均采用了冗余设计,即均采用了两套传感器采集位置信息数据。对节气门位置传感器与踏板位置传感器而言,两套传感器之间互不干扰,且有着不同的数学关系:对节气门位置传感器而言,两传感器输出电压互补;对踏板位置传感器,两传感器的输出电压为倍数关系。基于此能提升演示装置的传感器采集部分的运行稳定性,同时,直流电机驱动板3采用了2套性能相同的驱动电路,保证驱动电路的冗余,这样可以降低演示装置的故障发生率,减少演示装置的维修率。

[0049] 13)本装置不仅可以用于教学用途,在科研领域同样具有广大的应用前景。一方面,在节气门开度控制算法的开发开发过程中,能迅速及时的对多种控制算法,例如滑模控制、模糊控制、MPC(Model Predictive Control,模型预测控制)的结构、逻辑进行优化,并进行反复验证,观察与实际的控制对象相连时,控制算法的特性,可极大地缩短控制算法的开发周期,加快产品的开发速度;另一方面,本装置可结合车辆其余系统,进行ADAS基于自动驾驶功能的验证。

[0050] 14)本装置在每次停机或传感器的信号线的接线发生改变后都需要进行传感器的标定工作,即对传感器输出的位置—电压特性进行重新标定。这样,一方面能保证本装置对节气门控制精度的可靠性,从而提升本装置的演示效果;另一方面,通过传感器的标定工作也能及早的发现传感器的故障,方便故障的检修,避免装置停机以从头检修,节约时间。

[0051] 15)本装置的信号线及电源线的使用周期长,对线材性能要求较低,线材成本低。这主要是由于所采用的节气门位置传感器及加速踏板位置传感器在输出位置信号时,对信号线线阻及抗电磁干扰要求低,直流电机驱动板最大驱动电流有限,不存在大电流驱动时引起的电磁干扰,使得PWM信号线同样不需要较高的抗电磁干扰性能。同时,线材的两端采用的都是针式冷压端子进行压接,能避免两端裸露的铜线在使用的过程中耗损。

[0052] 16)本方法在控制算法部分采用了增量式PID控制算法,实现离散系统的控制,这样,一方面能减轻学习者对控制算法部分的理解负担,能尽量的演示快速控制原型的内容,方便学习者能尽快的掌握演示装置的演示内容,另一方面,该算法也是工程中应用最为广泛的算法,能有效而简洁的对节气门开度进行控制。

附图说明

[0053] 图1a为本发明的整体结构一种角度示意图;

[0054] 图1b为本发明的整体结构另一种角度示意图;

[0055] 图2为本发明中亚克力板的结构示意图;

[0056] 图3为本发明中直流电机驱动板的安装示意图;

[0057] 图4为本发明中的铝型材板的截面图;

[0058] 图5为本发明中的L型固定板的结构示意图;

[0059] 图6为本发明中摄像机固定件的结构示意图;

[0060] 图7为本发明中铝制导轨的结构示意图;

[0061] 图8为本发明所采用的电气连接示意图;

[0062] 图9为本发明所采用的电子节气门控制算法的控制逻辑示意图;

[0063] 图10为本发明的整体布局示意图。

[0064] 图中:1、踏板式电子油门踏板;2、亚克力板;3、直流电机驱动板;4、导轨式接线端子;5、12V直流导轨式电源;6、电子节气门;7、铝型材板;8、L型固定板;9、摄像机固定件;10、摄像机;11、空气开关;12、铝制导轨;13、滑块螺母。

具体实施方式

[0065] 参阅图1a、图1b和图10,一种基于电子节气门的快速控制原型演示装置,该装置包括踏板式电子油门踏板1、亚克力板2、直流电机驱动板3、导轨式接线端子4、12V直流导轨式电源5、电子节气门6、铝型材板7、L型固定板8、摄像机固定件9、摄像机10、空气开关11、铝制导轨12、滑块螺母13、MicroAutoBox II、示波器和PC机。

[0066] 所述踏板式电子油门踏板1通过滑块螺母13固定在铝型材板7的一端;所述L型固定板8通过滑块螺母13固定在铝型材板7的另一端;所述铝制导轨12通过滑块螺母13固定在铝型材板7的中间位置;所述亚克力板2设置在导轨式接线端子4的前端并且通过滑块螺母13固定在铝型材板7上;

[0067] 参阅图2—图7,所呼直流电机驱动板3四角处开有光孔,方便与亚克力板2固定,亚克力板2在两端同样开有光孔,以实现与放置于型材板7的内的滑块螺母13连接。

[0068] 驱动板接线端子是通过焊接实现与直流电机驱动板3的连接。铝制导轨12通过滑块螺母13与铝型材板7固定后,将12V直流导轨式电源5、导轨式接线端子4及空气开关11装配在导轨12上,这三者均是采用的卡扣的形式进行装配。电子节气门6下方铸有两通孔,通过螺钉实现与L型固定板8的连接。最后,利用螺栓将摄像机固定件9、L型固定板与滑块螺母13接合,从而将电子节气门6固定在铝型材板7上。将摄像机通过粘合剂或胶带等方法固定在摄像机固定件9的顶部,以清楚的拍摄电子节气门6中节气门片的运动,并将其在电脑的显示器中显示。

[0069] 在完成机械部分的安装之后，进行电气部分的连接，具体电气连接图见图8，其中点划线代表电源线，细实线代表信号线。首先，将MicroAutoBox II输出的5V电压通过ZIF(零插入力，Zero Insertion Force)连接器连接至导轨式接线端子4上，进而连接至电子节气门6中的节气门位置传感器及电子油门踏板1中的踏板位置传感器的供电端。将12V直流导轨式电源5的输出端通过电源线连接至空气开关11的输入端，将空气开关11的输出端以导轨式接线端子4的中转而连接至直流电机驱动板3及MicroAutoBox II的供电端，以向直流电机驱动板3及MicroAutoBox II供电。采用杜邦线以及导轨式接线端子4，将直流电机驱动板3的输出端连接至电子节气门6中的直流电机的供电端。

[0070] 之后，将节气门位置传感器及踏板位置传感器输出的节气门位置信号及踏板位置信号输出端通过导轨式接线段子4连接至MicroAutoBox II的模/数转换接口即输入端。将PWM信号输出端即MicroAutoBox II的输出端连接至导轨式接线段子4中，上述两者均是通过ZIF连接器的形式连接至导轨式接线端子4。从导轨式接线段子4中一方面将PWM信号连接至直流电机驱动板3的信号输入端。另一方面，将PWM信号通过导轨式接线段子4连接至示波器中。最后，通过Ethernet(以太网)实现MicroAutoBox II与PC之间的双向通信，通过USB可以从摄像机中读取节气门片的运动图像并将其在PC的显示器中显示。

[0071] 在进行教学任务时，为减少传感器接口和驱动板接口的插拔次数，提升装置的使用寿命，在完成对机械部分的安置之后，部分电气连接进行预连接，具体步骤为：

[0072] 1)采用杜邦线(另一端已替换为针式冷压端子)将驱动板的输入(PWM信号)及输出端(驱动电流)与接线端子4的一端连接至一起；

[0073] 2)将踏板位置传感器及节气门位置传感器的输入及输出接口连接至接线端子4的一端。

[0074] 参阅图9，一种基于电子节气门的快速控制原型演示装置的控制方法，该控制方法包括以下步骤：

[0075] 步骤一、对电子节气门6上的节气门位置传感器及踏板式电子油门踏板1上的油门踏板位置传感器进行标定，获得传感器的输出特性表；

[0076] 标定的方法为通过电子节气门6与踏板式电子油门踏板1在两个极限位置即节气门的全开状态与全闭状态，油门踏板没有发生任何运动与油门踏板被踩到底时，将两传感器的输出电压记录下来，并作为传感器输出特性表中电压部分的起点与终点；将电子节气门6与踏板式电子油门踏板1的极限位置以节气门开度，单位为百分比，及油门踏板开度，单位：百分比，替代，具体为：电子节气门6全闭状态及全开状态的节气门开度为0％及100％；踏板式电子油门踏板1未发生任何运动及油门踏板踩到底时的油门踏板开度分别为0％与100％；传感器的标定工作在装置停机或传感器的信号线的接线发生改变后，开始运行演示时，进行标定一次即可。

[0077] 步骤二、基于Matlab/Simulink中完成电子节气门的控制算法的搭建，控制逻辑见图9，控制算法的输入部分为节气门开度位置与油门踏板开度位置，由于节气门位置传感器及油门踏板位置传感器的输出形式为模拟信号，现代电控系统普遍采用的是离散化控制方案，因此采用Simulink提供的ADC模块(Analog-Digital Converter，模/数转换模块)实现Simulink与dSPACE实时硬件的对接，将在硬件中输入至MicroAutoBox II中的数模转换器的节气门位置传感器及油门踏板位置传感器的模拟电压信号转换为能在Simulink离散控

制系统中进行操作、读取的实时电压信号。之后节气门位置传感器及油门踏板位置传感器的电压信号经位置—电压曲线查表后转换为相应的位置信息。输出端采用Simulink RTI模块库中用于离散信号输出的的PWM模块，用于将占空比信号按所需的频率进行信号调制，得到PWM信号。

[0078] 设计的控制算法具体为：

[0079] 在控制算法的输入段设置有开关转换模块及触发模块，这两个模块均为Simulink提供的标准模块。开关转换模块的输入分别为阶跃波形输入、斜坡波形输入、正弦波形输入及踏板实时信号输入，输出为节气门期望开度θ*，触发模块用于实现当节气门期望开度θ*为阶跃波形输入、斜坡波形输入或正弦波形输入时，能按操作人员的期望进行触发。

[0080] 当有油门踏板位置信号输入时，MicroAutoBox II根据节气门位置传感器及油门踏板位置传感器的输出电压及传感器的测量特性，将其换算为油门踏板开度开度θ*与实际节气门开度θ，之后作差求得节气门实际开度与期望开度的误差e，并作为增量式PID控制器的输入，PID控制器根据该输入，决策出占空比信号，该占空比数值经PWM模块调制后得到用于电机控制的PWM信号；

[0081] PWM信号放大直流电机驱动板3后，输出至电子节气门驱动电机中，使得电子节气门6中的节气门片运动；节气门位置传感器将实时的节气门位置不断发送至MicroAutoBox II中，实现节气门控制的闭环控制。

[0082] 步骤三、在完成电子节气门6上的节气门位置传感器及踏板式电子油门踏板1上的油门踏板位置传感器的标定工作后，将标定好的传感器测量特性即位置—电压曲线输入到步骤二中所编写的节气门开度闭环控制算法中，对其传感器测量特性进行更新；

[0083] 步骤四、在Matlab/Simulink环境中，将更新过后的节气门开度闭环控制算法经编译器(Real Time Workshop，RTW)初步进行代码生成；通过MicroAutoBox II的上位机软件ControlDesk将Simulink所生成的的控制算法C语言代码下载至MicroAutoBox II中；

[0084] 步骤五、在ControlDesk中的布局页面Layout中，将节气门实际开度、实际油门踏板开度、PID控制算法中比例部分的输出、积分部分的输出及PWM信号设置成Plotter的形式，以便对信号进行实时的绘图，将PID控制算法的比例增益及积分增益设置成Variables的形式，以方便对控制变量进行实时更改，还需要将摄像头传输的图像数据也拖入至Layout中。

[0085] 步骤六、在PC机中点击ControlDesk中的Go Online之后点击Star Measuring，装置开始进行硬件在环实验，并对步骤五中的数据进行绘图。若学生使得油门踏板产生一位移后或采用阶跃波形输入(也可为斜坡波形输入或正弦波形输入)作为标准节气门开度时，可在ControlDesk、示波器中可以观察到节气门位置变化曲线、踏板位置变化曲线、节气门位置变化图像、MicroAutoBox II输出的PWM信号变化曲线。同时，学生可通过改变阶跃信号的幅值、斜坡信号及斜坡信号的斜率、幅值观察实际节气门开度在不同期望开度下的响应。

[0086] 步骤七、若控制算法当前的PID控制参数对节气门开度的控制效果较差或进行PID控制原理的教学时，可在PC机中对PID参数进行整定，具体为：根据实际节气门开度对实际油门踏板或理想节气门开度的响应，在节气门开度不出现震荡或失稳的现象下，适当的增大或减小比例、积分和微分的增益。

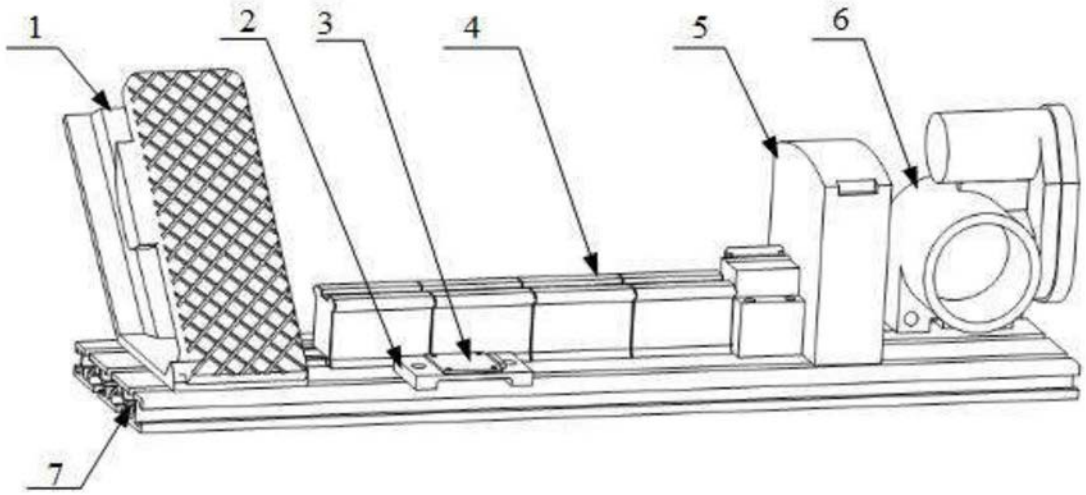


图1a

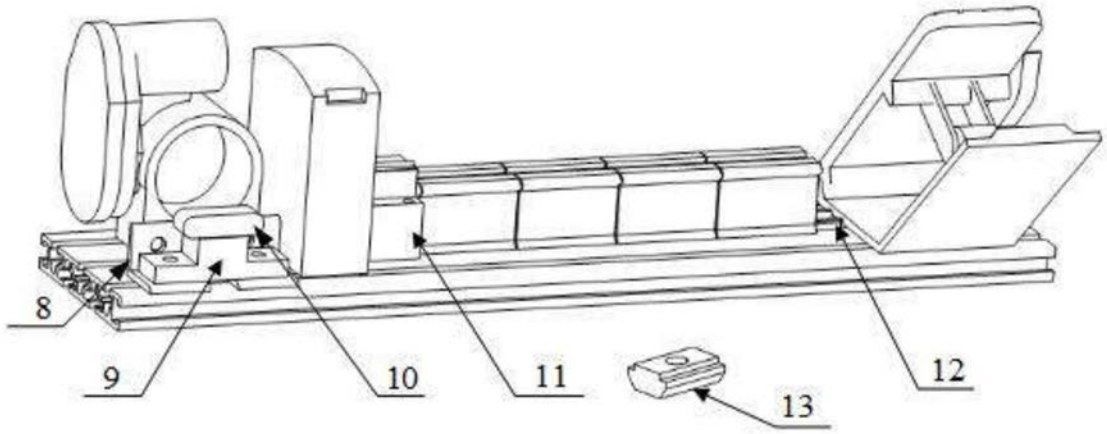


图1b

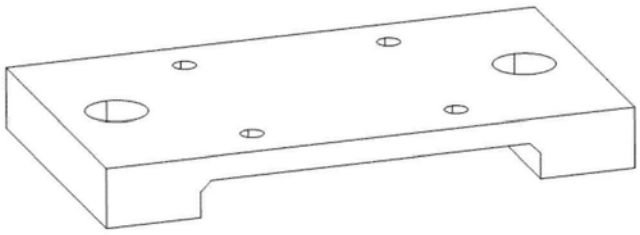


图2

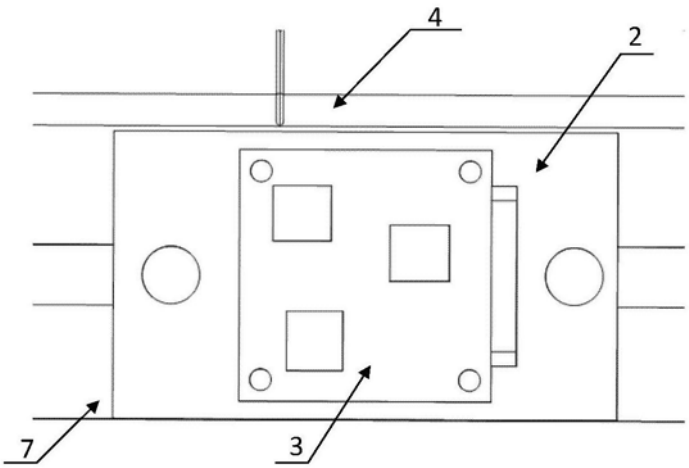


图3

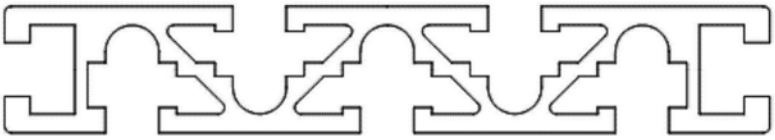


图4

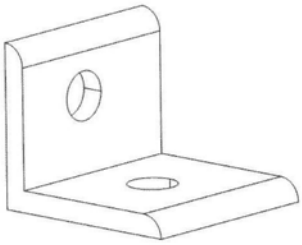


图5

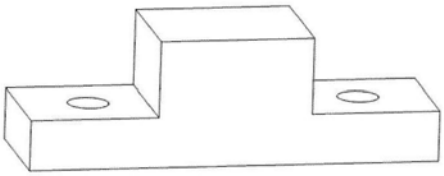


图6

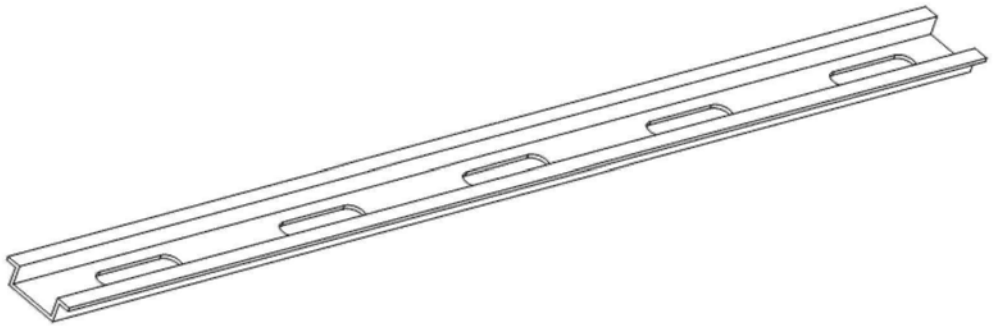


图7

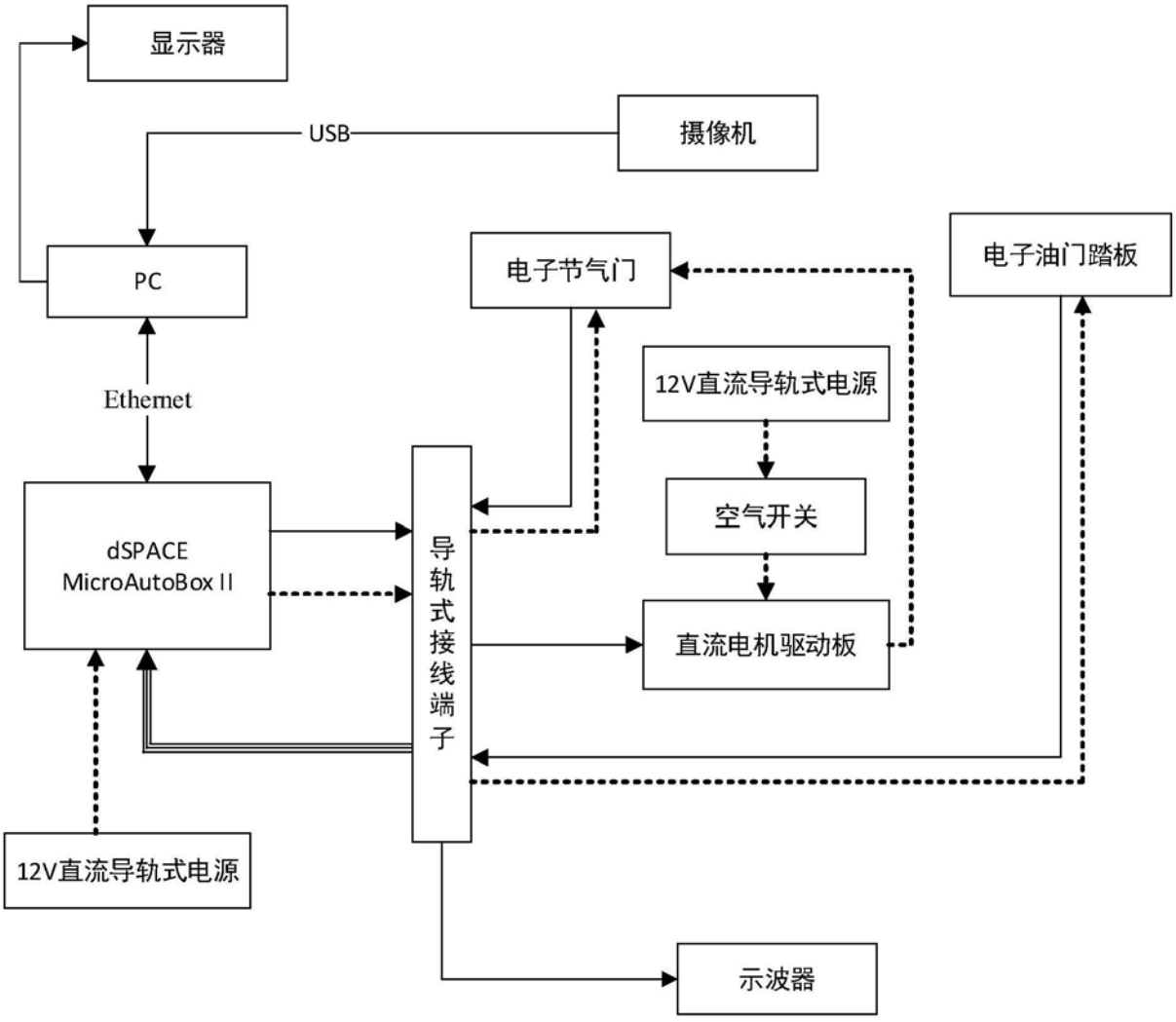

显示器
USB
摄像机
PC
电子节气门
电子油门踏板
12V直流导轨式电源
Ethernet
空气开关
dSPACE
MicroAutoBox II
导轨式接线端子
直流电机驱动板
12V直流导轨式电源
示波器

图8

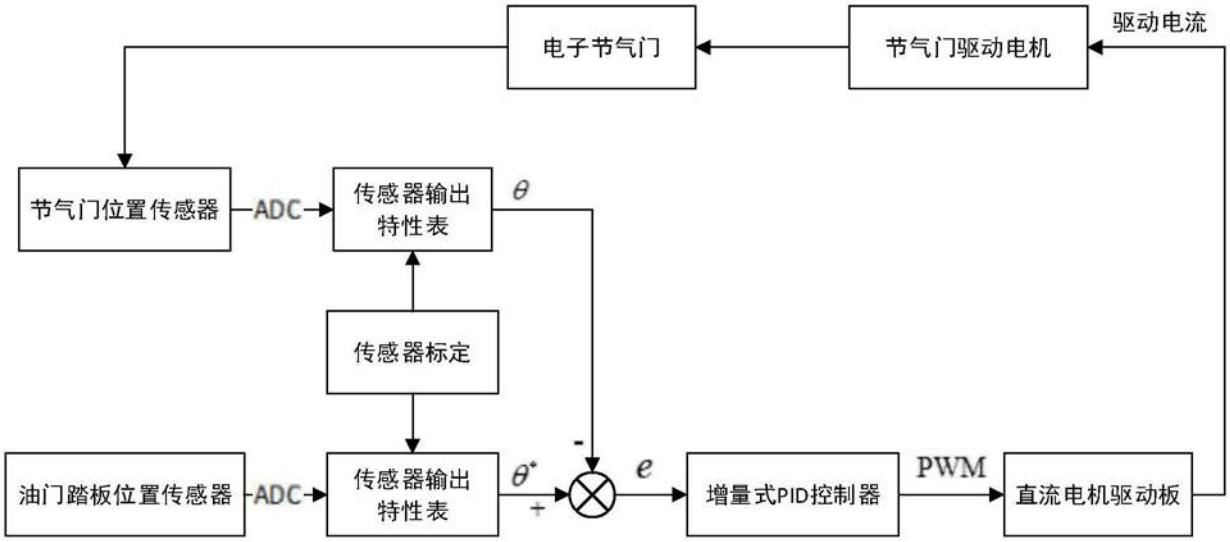

电子节气门
节气门驱动电机
驱动电流
节气门位置传感器
ADC
传感器输出特性表
θ
传感器标定
油门踏板位置传感器
ADC
传感器输出特性表
θ*
-
+
e
增量式PID控制器
PWM
直流电机驱动板

图9

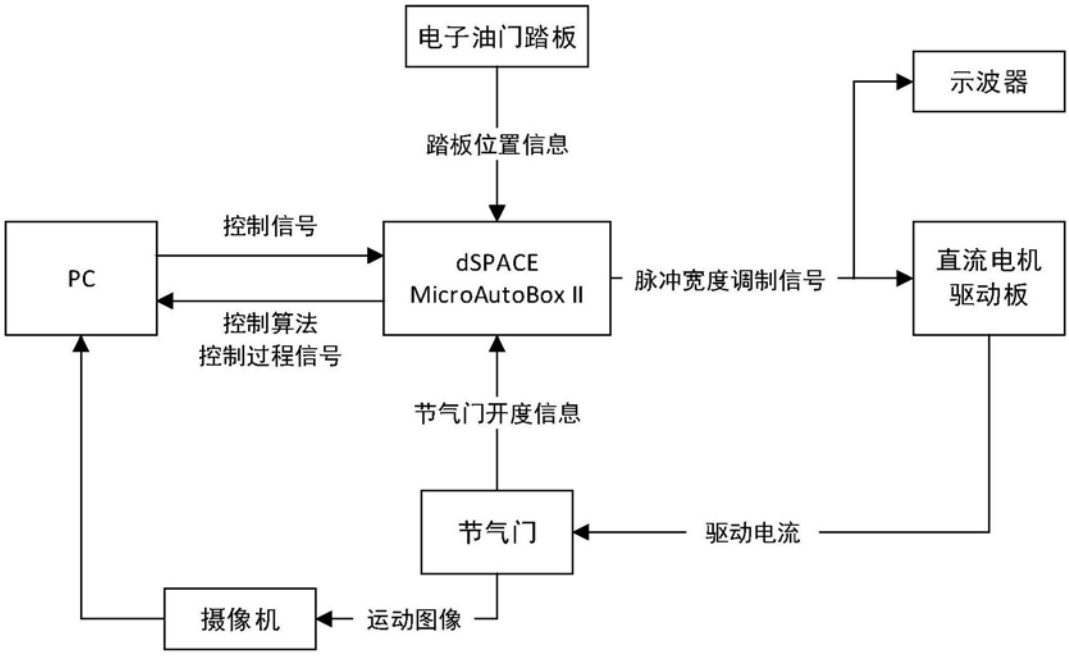

电子油门踏板
踏板位置信息
示波器
控制信号
PC
dSPACE MicroAutoBox II
脉冲宽度调制信号
直流电机驱动板
控制算法
控制过程信号
节气门开度信息
节气门
驱动电流
摄像机
运动图像

图10