



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 112253324 B

(45) 授权公告日 2021.12.21

(21) 申请号 202010977188.0

F02D 1/16 (2006.01)

(22) 申请日 2020.09.17

F02D 41/40 (2006.01)

(65) 同一申请的已公布的文献号

审查员 张广宇

申请公布号 CN 112253324 A

(43) 申请公布日 2021.01.22

(73) 专利权人 东风汽车集团有限公司

地址 430056 湖北省武汉市武汉经济技术
开发区东风大道特1号

(72) 发明人 秦龙 刘磊 王恺

(74) 专利代理机构 北京众达德权知识产权代理
有限公司 11570

代理人 李娇

(51) Int.Cl.

F02D 41/38 (2006.01)

F02D 1/08 (2006.01)

权利要求书2页 说明书11页 附图3页

(54) 发明名称

用于控制高压共轨燃油压力的方法、装置、
系统及介质

(57) 摘要

本发明公开了一种用于控制高压共轨燃油压力的方法、装置、系统及介质,通过先获取高压油泵的当前行程周期内高压共轨管路中的油轨压力变化量,然后,根据油轨压力变化量,得到当前行程周期对应的燃油补给量,并根据燃油补给量确定第一泵油控制量,接着,根据目标油轨压力与当前的实际油轨压力之间的压力差、压力差变化率以及预设的模糊控制规则,确定第二泵油控制量,最后基于第一泵油控制量以及第二泵油控制量,对高压油泵下一行程周期内泵油阶段的起始时刻进行控制,以控制高压共轨管路的燃油压力。这样能够在各工况下基于目标油压控制高压油泵,实现实际油压快速稳定地跟随目标油压。



1. 一种用于控制高压共轨燃油压力的方法,其特征在于,所述方法包括:

获取高压油泵的当前行程周期内,高压共轨管路中的油轨压力变化量;

根据所述油轨压力变化量,得到所述当前行程周期对应的燃油补给量,包括:根据所述高压共轨管路中燃油的弹性模量、所述油轨压力变化量以及预设的高压共轨管道体积,得到所述当前行程周期的燃油体积变化量;根据所确定的燃油体积变化量、所述高压共轨管路中的当前燃油温度以及预设对应关系,确定目标修正因子,其中,所述预设对应关系为预先设置的燃油体积变化量、燃油温度与预设修正因子之间的对应关系;基于所述目标修正因子对所确定的燃油体积变化量进行修正,得到所述当前行程周期对应的燃油补给量;根据所述燃油补给量确定第一泵油控制量;

根据目标油轨压力与当前的实际油轨压力之间的压力差、压力差变化率以及预设的模糊控制规则,确定第二泵油控制量;

基于所述第一泵油控制量以及所述第二泵油控制量,对所述高压油泵下一行程周期内泵油阶段的起始时刻进行控制,以控制高压共轨管路的燃油压力。

2. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述获取高压油泵的当前行程周期内,高压共轨管路中的油轨压力变化量,包括:

在检测到高压油泵的当前行程周期开始时,获取当前曲轴角度,并以所述当前曲轴角度为基准,确定曲轴转动预设周期对应的油轨压力变化量,其中,预设周期为高压油泵的每个行程周期对应的曲轴转动角度。

3. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述根据所述燃油补给量确定第一泵油控制量,包括:

将所述燃油补给量除以预设的最大泵油量,得到第一泵油控制量。

4. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述根据目标油轨压力与当前的实际油轨压力之间的压力差、压力差变化率以及预设的模糊控制规则,确定第二泵油控制量,包括:

分别将目标油轨压力与当前的实际油轨压力之间的压力差,以及压力差变化率进行模糊化处理,得到第一模糊量和第二模糊量;

根据所述第一模糊量、所述第二模糊量以及预设的模糊控制规则,得到模糊控制量;

对所述模糊控制量进行去模糊化处理,得到所述第二泵油控制量。

5. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述根据目标油轨压力与当前的实际油轨压力之间的压力差、压力差变化率以及预设的模糊控制规则,确定第二泵油控制量,还包括:

当检测到油轨压力传感器存在异常时,则将所述第二泵油控制量调整为0。

6. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述基于所述第一泵油控制量以及所述第二泵油控制量,对所述高压油泵下一行程周期内泵油阶段的起始时刻进行控制,包括:

将所述第一泵油控制量以及所述第二泵油控制量进行求和,得到目标泵油控制量;

根据所述目标泵油控制量对所述高压油泵下一行程周期内泵油阶段的起始时刻进行控制。

7. 一种用于控制高压共轨燃油压力的装置,其特征在于,所述装置包括:

获取模块,用于获取高压油泵的当前行程周期内,高压共轨管路中的油轨压力变化量;

第一确定模块,用于根据所述油轨压力变化量,得到所述当前行程周期对应的燃油补

给量,包括:根据所述高压共轨管路中燃油的弹性模量、所述油轨压力变化量以及预设的高压共轨管道体积,得到所述当前行程周期的燃油体积变化量;根据所确定的燃油体积变化量、所述高压共轨管路中的当前燃油温度以及预设对应关系,确定目标修正因子,其中,所述预设对应关系为预先设置的燃油体积变化量、燃油温度与预设修正因子之间的对应关系;基于所述目标修正因子对所确定的燃油体积变化量进行修正,得到所述当前行程周期对应的燃油补给量;根据所述燃油补给量确定第一泵油控制量;

第二确定模块,用于根据目标油轨压力与当前的实际油轨压力之间的压力差、压力差变化率以及预设的模糊控制规则,确定第二泵油控制量;

控制模块,用于基于所述第一泵油控制量以及所述第二泵油控制量,对所述高压油泵下一行程周期内泵油阶段的起始时刻进行控制,以控制高压共轨管路的燃油压力。

8. 一种高压共轨系统,其特征在于,包括:发动机控制单元EMS、油轨压力传感器、电控高压油泵总成、高压共轨管路和电控喷油器,

其中,所述高压油泵总成包含电磁阀和油泵本体,

所述发动机控制单元EMS包括存储器、处理器及存储在存储器上并可在处理器上运行的计算机程序,所述处理器执行所述程序时实现权利要求1-6任一项所述方法的步骤。

9. 一种计算机可读存储介质,其特征在于,其上存储有计算机程序,该程序被处理器执行时实现权利要求1-6任一项所述方法的步骤。

用于控制高压共轨燃油压力的方法、装置、系统及介质

技术领域

[0001] 本发明涉及汽车发动机控制技术领域,尤其涉及一种用于控制高压共轨燃油压力的方法、装置、系统以及存储介质。

背景技术

[0002] 对于直喷增压发动机而言,由于燃油直接喷入到缸内,需要一定的油压才能保证油气混合雾化达到较好的结果,但是油压过高不仅会因为燃油加压导致内耗大,同样会造成燃油压力过高而喷射至气缸壁,容易导致缸内气体混合局部浓稀不均匀。为了更好应对这样的问题,针对不同的发动机工况需要设置不同的高压燃油压力。例如,在雾化效果不佳的工况应该选择较高的燃油压力;而在雾化效果较理想时,应尽量选择较低的燃油压力。

[0003] 因此,如何针对不同的发动机工况进行高压燃油压力的准确控制,是目前急需解决的问题。

发明内容

[0004] 本发明提供了一种用于控制高压共轨燃油压力的方法、装置、系统以及存储介质,能够在各工况下基于目标油压控制高压油泵实现实际油压快速稳定地跟随。

[0005] 第一方面,本说明书实施例提供了一种用于控制高压共轨燃油压力的方法,所述方法包括:获取高压油泵的当前行程周期内,高压共轨管路中的油轨压力变化量;根据所述油轨压力变化量,得到所述当前行程周期对应的燃油补给量,并根据所述燃油补给量确定第一泵油控制量;根据目标油轨压力与当前的实际油轨压力之间的压力差、压力差变化率以及预设的模糊控制规则,确定第二泵油控制量;基于所述第一泵油控制量以及所述第二泵油控制量,对所述高压油泵下一行程周期内泵油阶段的起始时刻进行控制,以控制高压共轨管路的燃油压力。

[0006] 进一步地,所述获取高压油泵的当前行程周期内,高压共轨管路中的油轨压力变化量,包括:在检测到高压油泵的当前行程周期开始时,获取当前曲轴角度,并以所述当前曲轴角度为基准,确定曲轴转动预设周期对应的油轨压力变化量,其中,预设周期为高压油泵的每个行程周期对应的曲轴转动角度。

[0007] 进一步地,所述根据所述油轨压力变化量,得到所述当前行程周期对应的燃油补给量,包括:根据所述高压共轨管路中燃油的弹性模量、所述油轨压力变化量以及预设的高压共轨管道体积,得到所述当前行程周期的燃油体积变化量;根据所确定的燃油体积变化量、所述高压共轨管路中的当前燃油温度以及预设对应关系,确定目标修正因子,其中,所述预设对应关系为预先设置的燃油体积变化量、燃油温度与预设修正因子之间的对应关系;基于所述目标修正因子对所确定的燃油体积变化量进行修正,得到所述当前行程周期对应的燃油补给量。

[0008] 进一步地,所述根据所述燃油补给量确定第一泵油控制量,包括:将所述燃油补给量除以预设的最大泵油量,得到第一泵油控制量。

[0009] 进一步地,所述根据目标油轨压力与当前的实际油轨压力之间的压力差、压力差变化率以及预设的模糊控制规则,确定第二泵油控制量,包括:分别将目标油轨压力与当前的实际油轨压力之间的压力差,以及压力差变化率进行模糊化处理,得到第一模糊量和第二模糊量;根据所述第一模糊量、所述第二模糊量以及预设的模糊控制规则,得到模糊控制量;对所述模糊控制量进行去模糊化处理,得到所述第二泵油控制量。

[0010] 进一步地,所述根据目标油轨压力与当前的实际油轨压力之间的压力差、压力差变化率以及预设的模糊控制规则,确定第二泵油控制量,还包括:当检测到油轨压力传感器存在异常时,则将所述第二泵油控制量调整为0。

[0011] 进一步地,所述基于所述第一泵油控制量以及所述第二泵油控制量,对所述高压油泵下一行程周期内泵油阶段的起始时刻进行控制,包括:将所述第一泵油控制量以及所述第二泵油控制量进行求和,得到目标泵油控制量;根据所述目标泵油控制量对所述高压油泵下一行程周期内泵油阶段的起始时刻进行控制。

[0012] 第二方面,本说明书实施例提供了一种用于控制高压共轨燃油压力的装置,所述装置包括:获取模块,用于获取高压油泵的当前行程周期内,高压共轨管路中的油轨压力变化量;第一确定模块,用于根据所述油轨压力变化量,得到所述当前行程周期对应的燃油补给量,并根据所述燃油补给量确定第一泵油控制量;第二确定模块,用于根据目标油轨压力与当前的实际油轨压力之间的压力差、压力差变化率以及预设的模糊控制规则,确定第二泵油控制量;控制模块,用于基于所述第一泵油控制量以及所述第二泵油控制量,对所述高压油泵下一行程周期内泵油阶段的起始时刻进行控制,以控制高压共轨管路的燃油压力。

[0013] 第三方面,本说明书实施例提供了一种高压共轨系统,包括:发动机控制单元EMS、油轨压力传感器、电控高压油泵总成、高压共轨管路和电控喷油器。其中,所述高压油泵总成包含电磁阀和油泵本体。所述发动机控制单元EMS包括存储器、处理器及存储在存储器上并可在处理器上运行的计算机程序,所述处理器执行所述程序时实现上述第一方面提供的用于控制高压共轨燃油压力的方法的步骤。

[0014] 第四方面,本说明书实施例提供了一种计算机可读存储介质,其上存储有计算机程序,该程序被处理器执行时实现上述第一方面提供的用于控制高压共轨燃油压力的方法的步骤。

[0015] 本说明书一个实施例提供的用于控制高压共轨燃油压力的方法,通过先获取高压油泵的当前行程周期内高压共轨管路中的油轨压力变化量,然后,根据油轨压力变化量,得到当前行程周期对应的燃油补给量,并根据燃油补给量确定第一泵油控制量,接着,根据目标油轨压力与当前的实际油轨压力之间的压力差、压力差变化率以及预设的模糊控制规则,确定第二泵油控制量,最后基于第一泵油控制量以及第二泵油控制量,对高压油泵下一行程周期内泵油阶段的起始时刻进行控制,以控制高压共轨管路的燃油压力。上述方案中,结合了前馈控制以及闭环模糊控制来对高压共轨管路中的燃油量进行控制,从而调节管路中的燃油压力,由于前馈控制的响应速度快,有利于提高轨压控制的响应时间和稳定性,同时,通过模糊控制策略能够进一步补偿实际油轨压力与目标油轨压力之间的偏差,更加精准的对油轨燃油压力进行控制,能够在各工况下基于目标油压控制高压油泵,实现实际油压快速稳定地跟随目标油压。

附图说明

[0016] 通过阅读下文优选实施方式的详细描述,各种其他的优点和益处对于本领域普通技术人员将变得清楚明了。附图仅用于示出优选实施方式的目的,而并不认为是对本说明书的限制。而且在整个附图中,用相同的参考符号表示相同的部件。在附图中:

[0017] 图1为本说明书实施例第一方面提供的一种用于控制高压共轨燃油压力的方法的流程图;

[0018] 图2为本说明书实施例提供的高压油泵一个行程周期的示意图;

[0019] 图3为本说明书实施例第一方面提供的油轨压力差对应的模糊集隶属函数示意图;

[0020] 图4为本说明书实施例第一方面提供的模糊控制量对应的隶属函数示意图;

[0021] 图5为本说明书实施例第二方面提供的一种用于控制高压共轨燃油压力的装置的模块框图;

[0022] 图6为本说明书实施例第三方面提供的一种发动机控制单元的结构示意图。

具体实施方式

[0023] 为了更好的理解本说明书实施例提供的技术方案,下面通过附图以及具体实施例对本说明书实施例的技术方案做详细的说明,应当理解本说明书实施例以及实施例中的具体特征是对本说明书实施例技术方案的详细的说明,而不是对本说明书技术方案的限定,在不冲突的情况下,本说明书实施例以及实施例中的技术特征可以相互组合。

[0024] 第一方面,本说明书实施例提供了一种用于控制高压共轨燃油压力的方法,应用于高压共轨系统。

[0025] 本说明书实施例中,高压共轨系统包括:发动机控制单元EMS (Engine Management System),油轨压力传感器,电控高压油泵总成,高压共轨管路和电控喷油器。其中,高压油泵总成包含电磁阀、油泵本体。高压油泵中的电磁阀为一种进气流量阀,通过发动机控制单元EMS请求PWM (Pulse Width Modulation,脉冲宽度调制) 信号控制高压油泵电磁阀,从而控制高压共轨管路中的燃油体积流量,燃油体积流量的变化能够引起共轨管路中燃油压力的变化。因此,可以通过对燃油体积流量的调节实现对燃油压力的控制。

[0026] 如图1所示,本说明书实施例提供的一种用于控制高压共轨燃油压力的方法至少可以包括以下步骤S101至步骤S104。

[0027] 步骤S101,获取高压油泵的当前行程周期内,高压共轨管路中的油轨压力变化量。

[0028] 如图2所示,高压油泵的一个行程周期主要分成三个阶段:吸油阶段、回流阶段和泵油阶段。吸油阶段是指油泵执行器从上止点 (Top Dead Center, TDC) 到下止点 (Bottom Dead Center, BDC) 过程中,油泵腔室内会吸收燃油;回流阶段是指将一部分燃油回流到低压油路管路中;泵油阶段为是指将在吸油阶段吸收的燃油减去回流到低压油路油管的燃油,便是进入共轨燃油管里的燃油。回流阶段和泵油阶段合并起来就是油泵执行器从下止点BDC到达下一个上止点TDC的阶段。因此,本实施例中对高压油泵电磁阀的控制就是控制泵油阶段的起始时刻。起始时刻确定后便确定了此次TDC-BDC-TDC行程过程中泵入燃油轨道的燃油流量。

[0029] 在发动机一个运行周期(曲轴转 720°)内,根据油泵选型和结构决定,油泵执行器

会经历N次行程周期即TDC-BDC-TDC。可见N越大且行程越大,油泵增压的能力越大。例如,N为4,也就是在一个发动机运行周期内,曲轴每转动 $720^{\circ}/N=180^{\circ}$,高压油泵执行一次吸油、回流和泵油的工作循环。

[0030] 在此基础上,本说明书实施例中,对高压共轨管路中的燃油压力控制包括前馈控制部分以及模糊控制部分。

[0031] 对于前馈控制部分,其目的是保证共轨管路中燃油压力的稳定,本说明书实施例中,通过步骤S101和步骤S102来实现前馈控制。根据油泵执行器行程的变化,可知要保证油压的恒定,需要对任意一个行程周期执行前馈控制,得到第一泵油控制量,用于对预设周期内燃油体积的变化量进行补给,以保持油轨压力的恒定。

[0032] 高压共轨管路中可以安装有油轨压力传感器,通过油轨压力传感器能够采集管路中的油轨压力,从而在高压油泵运行的当前行程周期内,读取高压共轨管路中的油轨压力变化量。需要说明的是,油轨压力的变化是高压油泵泵油可能存在泄漏,以及电控喷油器喷油导致的。具体的,上述油轨压力变化量为高压油泵的当前行程周期中,结束时刻获取到的油轨压力与起始时刻获取到的油轨压力之差。

[0033] 作为一种实施方式,可以通过以下方式得到上述油轨压力变化量:在检测到高压油泵的当前行程周期开始时,获取当前曲轴角度,并以当前曲轴角度为基准,确定曲轴转动预设周期对应的油轨压力变化量。其中,预设周期为高压油泵的每个行程周期对应的曲轴转动角度,也就是在一个发动机运行周期内,高压油泵执行器完成一个行程周期(TDC-BDC-TDC)需要曲轴转动的角度,例如,在发动机一个运行周期内,若油泵执行器执行4次行程周期即TDC-BDC-TDC,则预设周期为 180° 。

[0034] 以预设周期为 180° 为例,在检测到高压油泵的当前行程周期开始时,读取当前曲轴角度,并读取油轨压力传感器采集的第一油轨压力,从当前曲轴角度开始,曲轴转动 180° 时,读取油轨压力传感器采集的第二油轨压力,第二油轨压力与第一油轨压力之差即为高压油泵当前行程周期内的油轨压力变化量。

[0035] 步骤S102,根据油轨压力变化量,得到当前行程周期对应的燃油补给量,并根据燃油补给量确定第一泵油控制量。

[0036] 可以理解的是,燃油属于液体,液体在发生弹性形变时,其应力和应变成正比关系,其比例系数也称为液体的弹性模量。因此,基于液体的这个特性,就可以根据高压共轨管路中燃油的弹性模量、上述油轨压力变化量以及预设的高压共轨管道体积,确定当前行程周期对应的燃油补给量。

[0037] 不同类型的燃油,对应的弹性模量不同,在确定弹性模量时,可以预先设置燃油类型和弹性模量之间的对应关系表,在确定了高压共轨管路中的燃油类型之后,通过查表来确定出对应的弹性模量。

[0038] 确定弹性模量后,就可以通过弹性模量的计算公式,确定当前行程周期的燃油体积变化量,也即曲轴转动一个预设周期(如上述 180°)时,高压共轨管路燃油体积的变化量。

[0039] 具体的弹性模量计算公式为:

$$[0040] \quad K = \frac{dP}{dV/V_0}$$

[0041] 其中, K 为弹性模量; dP 为末态的燃油压力(压强)与初始燃油压力之差,也就是上述的油轨压力变化量; V_0 为初始燃油体积,可以预先根据实际高压共轨管道体积设置,例如,在一种应用场景中,初始燃油体积可以为45ml; dV 为末态与初始燃油体积的变化量,也就是当前行程周期的燃油体积变化量。

[0042] 由于当前行程周期会存在燃油体积变化,因此,为了保证共轨管路中燃油压力的稳定,需要进行相应量的燃油补给。在一种实施方式中,可以将计算得到的燃油体积变化量,确定为当前行程周期对应的燃油补给量。

[0043] 考虑到燃油温度会影响到燃油体积,在本说明书一可选的实施例中,在根据高压共轨管路中燃油的弹性模量、油轨压力变化量以及预设的高压共轨管道体积,得到当前行程周期的燃油体积变化量后,可以进一步基于当前燃油温度对所确定的燃油体积变化量进行修正,得到当前行程周期对应的燃油补给量。这样能够得到更准确的燃油补给量,有利于提高前馈控制的准确性。

[0044] 需要说明的是,高压共轨管路中还设置有温度传感器,用于采集高压共轨管路中的燃油温度。具体来讲,基于当前燃油温度对所确定的燃油体积变化量进行修正的过程可以包括:根据所确定的燃油体积变化量、高压共轨管路中的当前燃油温度以及预设对应关系,确定目标修正因子;然后,基于目标修正因子对所确定的燃油体积变化量进行修正,得到当前行程周期对应的燃油补给量。

[0045] 其中,预设对应关系为预先设置的燃油体积变化量、燃油温度与预设修正因子之间的对应关系。如表1所示,为本说明书实施例提供的一种燃油体积变化量、燃油温度与修正因子之间的预设对应关系表,表1中, dV 表示曲轴角度旋转 180° 燃油体积产生的变化量, T_{RailFuel} 表示燃油温度, $k(dV, T_{\text{RailFuel}})$ 表示修正因子。

[0046] 表1

$k(dV, T_{\text{RailFuel}})$		dV (取 180° 曲轴角度的燃油体积变化量, ml)						
		0	0.020	0.040	0.060	0.080	0.100	0.140
[0047] T_{RailFuel} ($^\circ\text{C}$)	-30	1	1.181	1.095	1.234	1.339	1.463	1.470
	0	1	1.182	1.097	1.234	1.339	1.465	1.473
	50	1	1.183	1.099	1.235	1.339	1.467	1.476
	120	1	1.184	1.101	1.238	1.405	1.469	1.479

[0048] 举例来讲,若当前行程周期的燃油体积变化量为0.02,当前燃油温度为 0° 时,通过查询表1,得到目标修正因子为1.182,那么最终需要进行补给的目标燃油补给量为 $dV \times k(dV, T_{\text{RailFuel}}) = 0.02 \times 1.182 = 0.02364\text{ml}$ 。

[0049] 进一步,在得到燃油补给量后,可以用燃油补给量除以预设的最大泵油量 V_{PumpMax} ,得到第一泵油控制量。也就是说,第一泵油控制量为 $dV \times k(dV, T_{\text{RailFuel}}) / V_{\text{PumpMax}}$ 。其中,最大泵油量 V_{PumpMax} 用于表征高压油泵的最大泵油能力,最大泵油能力为高压油泵的性能决定的,可以用泵油阶段的起始点到泵油阶段结束点这段时间内对应的燃油体积来表示,在一种应用场景中, V_{PumpMax} 为0.228ml。

[0050] 第一泵油控制量即为前馈控制部分输出的控制量。在一种可选的实施例中,泵油控制量可以用泵油量在吸油量中的占比表征。本说明书实施例通过准确识别高压油泵工作特性引入前馈控制量,“早知道”闭环控制请求,有利于提高油泵控制的响应时间和稳定性。

[0051] 另外,为了提高燃油压力控制的准确性,在引入前馈控制的基础上,本实施例提供的技术方案还结合了闭环控制,具体通过以下步骤S103来实现。

[0052] 步骤S103,根据目标油轨压力与当前的实际油轨压力之间的压力差、压力差变化率以及预设的模糊控制规则,确定第二泵油控制量。

[0053] 其中,目标油轨压力是根据不同工况,综合雾化效果和燃油经济性确定出的最佳燃油压力,实际油轨压力是在高压共轨管路中实际采集到的油轨压力。油轨压力差变化率为目标油轨压力与实际油轨压力之间的压力差除以时间间隔得到,该时间间隔是指从获取到目标油轨压力到检测到当前实际油轨压力经过的时间。

[0054] 可以理解的是,实现模块控制需要建立隶属度函数。隶属度函数的建立有一定的原则,由于模糊控制过程对于语言变量值的隶属度函数形状并不敏感,只是对隶属度数的范围有一定的敏感,本实施例中,可以采用三角形或梯形的隶属函数,有利于计算隶属度,具体如图3所示。

[0055] 具体实施过程中,需要构建一个模糊控制器,该模糊控制器的输入量为:油轨压力差(即目标油轨压力与当前的实际油轨压力之间的压力差),以及压力差变化率。模糊控制器的输出为:模糊控制量。上述根据目标油轨压力与当前的实际油轨压力之间的压力差、压力差变化率以及预设的模糊控制规则,确定第二泵油控制量的过程可以包括:分别将目标油轨压力与当前的实际油轨压力之间的压力差,以及压力差变化率进行模糊化处理,得到第一模糊量和第二模糊量;根据第一模糊量、第二模糊量以及预设的模糊控制规则,得到模糊控制量;对所述模糊控制量进行去模糊化处理,得到第二泵油控制量。

[0056] 需要说明的是,在执行上述步骤S103之前,可以预先将预设的模糊控制规则整理成模糊控制规则表并进行存储。下面以一具体示例对模糊控制规则表的构建过程进行说明。当然,具体实施过程中,所划分的模糊集数量以及论域的设置范围可以根据实际需要以及多次试验设置。

[0057] 将油轨压力差划分为5个模糊集,论域可以设为 $[-5, 5]$,即表示在油轨压力差低于 -5MPa 时,模块控制规则属于负大(NB),在油轨压力差高于 5MPa 时,模块控制规则属于正大(NB)。需要说明的是,论域选择为 $[-5, 5]$ 的原因是在表明油压在 -5MPa 和 5MPa 之间(油压差较小)时才进行调整控制规则,从而提高控制精度(油压差大采用“大步调”,提高控制响应时间,油压差小采用“小步调”,控制响应精度),其模糊集隶属函数如图3所示。其中,负大(NB)表明实际油压比目标油压低 3MPa 左右;负小(NS)表明实际油压比目标油压低 1MPa 左右;零(ZO)表明实际油压与目标油压接近;正小(PS)表明实际油压比目标油压高 1MPa 左右;正大(PB)表明实际油压比目标油压高 3MPa 左右。

[0058] 将油轨压力差变化率同样划分为5个模糊集,论域可以设为 $[-4, 4]$,即表示在油轨压力差变化率低于 -4MPa/s 时,模块控制规则属于负大(NB),在油轨压力差变化率高于 4MPa/s 时,模块控制规则属于正大(NB)。论域选择为 $[-4, 4]$ 的原因是在表明油压在 -4MPa/s 和 4MPa/s 之间(油压差变化率较小)时才进行调整控制规则,从而提高控制精度(油压差变化率大采用“大步调”,提高控制响应时间,油压差变化率小采用“小步调”,控制响应精度)。其中,负大(NB)表明油轨压力差变化率为 -1.5MPa/s 左右;负小(NS)表明油轨压力差变化率为 -0.5MPa/s 左右;零(ZO)表明温差变化率为 0MPa/s 左右;正小(PS)表明油轨压力差变化率为 0.5MPa/s 左右;正大(PB)表明油轨压力差变化率为 1.5MPa/s 左右。

[0059] 模糊控制器的输出为模糊控制量,论域可以设为 $[0,1]$,即表明最终模糊控制量被限制在0到1范围内,其隶属函数可以如图4所示。

[0060] 举例来讲,模糊控制规则设计的标准可以为:“油轨实际油压高于目标油压越多、油压上升速度越快,模糊控制量增加越大”;“油轨实际油压接近目标油压、油压变化不大,模糊控制量基本保持不变”;“油轨实际油压低于目标油压越多、油压下降速度越快,模糊控制量减小越大”。

[0061] 相应地,可以采用了下列25条模糊控制规则:

[0062] Rule 1:if当前油压大大小于目标油压且油压快速下降,then大大减小模糊控制量;

[0063] Rule 2:if当前油压大大小于目标油压且油压较慢下降,then大大减小模糊控制量;

[0064] Rule 3:if当前油压大大小于目标油压且油压基本不变,then大大减小模糊控制量;

[0065] Rule 4:if当前油压大大低于目标油压且油压较慢上升,then中等减小模糊控制量;

[0066] Rule 5:if当前油压大大低于目标油压且油压快速上升,then稍微减小模糊控制量;

[0067] Rule 6:if当前油压略低于目标油压且油压快速下降,then大大减小模糊控制量;

[0068] Rule 7:if当前油压略低于目标油压且油压较慢下降,then中等减小模糊控制量;

[0069] Rule 8:if当前油压略低于目标油压且油压基本不变,then稍微减小模糊控制量;

[0070] Rule 9:if当前油压略低于目标油压且油压较慢上升,then基本保持模糊控制量;

[0071] Rule 10:if当前油压略低于目标油压且油压较快上升,then稍微增大模糊控制量;

[0072] Rule 11:if当前油压基本等于目标油压且油压较快下降,then大大减小模糊控制量;

[0073] Rule 12:if当前油压基本等于目标油压且油压较慢下降,then稍微减小模糊控制量;

[0074] Rule 13:if当前油压基本等于目标油压且油压基本不变,then基本保持模糊控制量;

[0075] Rule 14:if当前油压基本等于目标油压且油压较慢上升,then稍微增大模糊控制量;

[0076] Rule 15:if当前油压基本等于目标油压且油压较快上升,then中等增大模糊控制量;

[0077] Rule 16:if当前油压略高于目标油压且油压较快下降,then中等减小模糊控制量;

[0078] Rule 17:if当前油压略高于目标油压且油压较慢下降,then基本保持模糊控制量;

[0079] Rule 18:if当前油压略高于目标油压且油压基本不变,then稍微增大模糊控制量;

- [0080] Rule 19: if当前油压略高于目标油压且油压较慢上升, then中等增加模糊控制量;
- [0081] Rule 20: if当前油压略高于目标油压且油压较快上升, then中等增加模糊控制量;
- [0082] Rule 21: if当前油压大大高于目标油压且油压较快下降, then稍微减小模糊控制量;
- [0083] Rule 22: if当前油压大大高于目标油压且油压较慢下降, then稍微增加模糊控制量;
- [0084] Rule 23: if当前油压大大高于目标油压且油压基本不变, then中等增加模糊控制量;
- [0085] Rule 24: if当前油压大大高于目标油压且油压较慢上升, then中等增加模糊控制量;
- [0086] Rule 25: if当前油压大大高于目标油压且油压快速上升, then大大增加模糊控制量。

[0087] 此时, 就可以将上述模糊控制规则整理成如表2所示的模糊控制规则表。

[0088] 表2

模糊控制输出 压差 压差 变化率	NB	NS	ZO	PS	PB
NB	NB	NB	NB	NM	NS
NS	NB	NM	NS	ZO	PS
ZO	NB	NS	ZO	PS	PM
PS	NM	ZO	PS	PM	PM
PB	NS	PS	PM	PM	PB

[0089] 分别将当前检测到的油轨压力差以及油轨压力差变化率模糊化到对应的模糊集后, 确定第一模糊量和第二模糊量后, 就可以根据上述模糊控制规则表, 得到模糊控制量。

[0091] 进一步, 还需要对得到的模糊控制量进行去模糊化处理, 得到精确的控制量。去模糊化的方法有很多种, 例如, 最常用的有最大隶属度法, 重心法和加权平均法。

[0092] 举例来讲, 本实施例可以利用重心法进行去模糊化处理, 采用以下公式求出油轨压力差和油轨压力差变化率对应下的模糊控制输出量 u , 该模糊控制输出量 u 即为第二泵油控制量。

$$[0093] \quad u = \frac{\sum_i \mu_c(u_i) u_i}{\sum_i \mu_c(u_i)}$$

[0094] 式中, $\mu_c(u_i)$ 为 u_i 的隶属度, u_i 表示第 i 个模糊控制输入量。需要说明的是, 重心法是现有的去模糊化方法, 具体计算方法可以参加现有技术中的相关描述, 此处不作详述。

[0095] 由于一些发动机设计的高压功能系统结构复杂, 具有非线性、时变和大延迟的特性, 对油轨压力的控制采用常规的PID控制比较困难, 本说明书实施例采用了模糊控制策略

实现闭环控制,可以在一定程度上模仿人的控制,不需要准确的控制对象模型,能够将相关专家的知识 and 思维、学习与推理、联想和决策过程由计算机来实现辨识和建模,并进行控制,实现自整定,进一步提高油轨压力的控制精度。

[0096] 在上述模糊控制过程中,由于目标油轨压力是模糊控制策略中的一个参数,因此其具有一定的灵活性,在实际应用过程中,可将目标油轨压力设定为可变值,来适应内燃机在不同工况下对油压的要求。

[0097] 另外,在一种可选的实施例中,在执行上述步骤S103之前或过程中,需要检测油轨压力传感器是否存在异常,当检测到油轨压力传感器存在异常时,则将所述第二泵油控制量调整为0。油轨压力传感器存在异常说明油轨压力传感器出现故障,此时会导致闭环控制不准确,因此需要将第二泵油控制量调整为0,此时,最终用于控制高压油泵电磁阀的为前馈控制部分输出的第一泵油控制量。

[0098] 步骤S104,基于第一泵油控制量以及第二泵油控制量,对高压油泵下一行程周期内泵油阶段的起始时刻进行控制,以控制高压共轨管路的燃油压力。

[0099] 在具体实施过程中,可以先将第一泵油控制量与第二泵油控制量进行求和,或者加权求和,得到目标泵油控制量。然后,基于目标泵油控制量对高压油泵的电磁阀进行控制,以调整高压油泵下一行程周期内的泵油阶段的起始时刻,从而实现对燃油压力的控制。

[0100] 通过目标泵油控制量可以控制高压油泵的电磁阀的开启或闭合时间,以控制泵油阶段的起始时刻。具体来讲,泵油阶段的起始时刻提前,可以增加泵入共轨管路的燃油流量,泵油阶段的起始时刻延迟,可以减少泵入共轨管路中的燃油流量,从而达到控制共轨管路中燃油压力的效果。

[0101] 综上所述,本说明书实施例提供的技术方案,通过前馈控制与模糊控制相结合来控制油泵执行器每个TDC-BDC-TDC循环中开始泵油的时刻,从而实现对高压共轨管路中燃油压力的控制。由于前馈控制响应速度快,通过准确识别高压油泵工作特性引入前馈控制量,“早知道”闭环控制请求,能够有效地弥补闭环控制的延迟,显著提高燃油压力控制的响应时间和稳定性。在此基础上,将相关专家的知识 and 思维、学习与推理、联想和决策过程由计算机来实现辨识和建模,并进行控制,实现自整定,能够进一步升级油轨压力的智能化控制,补偿实际油轨压力与目标油轨压力之间的偏差,有利于实现对油轨燃油压力的准确控制,能够在各工况下基于目标油压控制高压油泵,实现实际油压快速稳定地跟随目标油压的技术效果。

[0102] 第二方面,基于与前述第一方面实施例提供的用于控制高压共轨燃油压力的方法同样的发明构思,本说明书实施例还提供了一种用于控制高压共轨燃油压力的装置。如图5所示,该装置50包括:

[0103] 获取模块51,用于获取高压油泵的当前行程周期内,高压共轨管路中的油轨压力变化量;

[0104] 第一确定模块52,用于根据所述油轨压力变化量,得到所述当前行程周期对应的燃油补给量,并根据所述燃油补给量确定第一泵油控制量;

[0105] 第二确定模块53,用于根据目标油轨压力与当前的实际油轨压力之间的压力差、压力差变化率以及预设的模糊控制规则,确定第二泵油控制量;

[0106] 控制模块54,用于基于所述第一泵油控制量以及所述第二泵油控制量,对所述高

压油泵下一行程周期内泵油阶段的起始时刻进行控制,以控制高压共轨管路的燃油压力。

[0107] 在一种可选的实施例中,上述获取模块51用于:在检测到高压油泵的当前行程周期开始时,获取当前曲轴角度,并以所述当前曲轴角度为基准,确定曲轴转动预设周期对应的油轨压力变化量,其中,预设周期为高压油泵的每个行程周期对应的曲轴转动角度。

[0108] 在一种可选的实施例中,上述第一确定模块52包括:

[0109] 变化量确定子模块521,用于根据所述高压共轨管路中燃油的弹性模量、所述油轨压力变化量以及预设的高压共轨管道体积,得到所述当前行程周期的燃油体积变化量;

[0110] 修正因子确定子模块522,用于根据所确定的燃油体积变化量、所述高压共轨管路中的当前燃油温度以及预设对应关系,确定目标修正因子,其中,所述预设对应关系为预先设置的燃油体积变化量、燃油温度与预设修正因子之间的对应关系;

[0111] 修正子模块523,用于基于所述目标修正因子对所确定的燃油体积变化量进行修正,得到所述当前行程周期对应的燃油补给量。

[0112] 在一种可选的实施例中,上述第一确定模块52包括:控制量确定子模块524,用于将所述燃油补给量除以预设的最大泵油量,得到第一泵油控制量。

[0113] 在一种可选的实施例中,上述第二确定模块53用于分别将目标油轨压力与当前的实际油轨压力之间的压力差,以及压力差变化率进行模糊化处理,得到第一模糊量和第二模糊量;根据所述第一模糊量、所述第二模糊量以及预设的模糊控制规则,得到模糊控制量;对所述模糊控制量进行去模糊化处理,得到所述第二泵油控制量。

[0114] 在一种可选的实施例中,上述第二确定模块53还用于:当检测到油轨压力传感器存在异常时,则将所述第二泵油控制量调整为0。

[0115] 在一种可选的实施例中,上述控制模块54用于:将所述第一泵油控制量以及所述第二泵油控制量进行求和,得到目标泵油控制量;根据所述目标泵油控制量对所述高压油泵下一行程周期内泵油阶段的起始时刻进行控制。

[0116] 需要说明的是,本说明书实施例所提供的用于控制高压共轨燃油压力的装置,其中各个模块执行操作的具体方式已经在上述第一方面提供的方法实施例中进行了详细描述,具体实施过程可以参照上述第一方面提供的方法实施例,此处将不做详细阐述说明。

[0117] 第三方面,基于与前述第一方面实施例提供的用于控制高压共轨燃油压力的方法同样的发明构思,本说明书实施例还提供了一种高压共轨系统,包括:发动机控制单元EMS、油轨压力传感器、电控高压油泵总成、高压共轨管路和电控喷油器。其中,高压油泵总成包含电磁阀和油泵本体。如图6所示,发动机控制单元EMS可以包括:存储器604、一个或多个处理器602及存储在存储器604上并可在处理器602上运行的计算机程序,处理器402执行该程序时实现前文第一方面提供的用于控制高压共轨燃油压力的方法的任一实施例的步骤。

[0118] 其中,在图6中,总线架构(用总线600来代表),总线600可以包括任意数量的互联的总线和桥,总线600将包括由处理器602代表的一个或多个处理器和存储器604代表的存储器的各种电路链接在一起。总线600还可以将诸如外围设备、稳压器和功率管理电路等之类的各种其他电路链接在一起,这些都是本领域所公知的,因此,本文不再对其进行进一步描述。总线接口605在总线600和接收器601和发送器603之间提供接口。接收器601和发送器603可以是同一个元件,即收发机,提供用于在传输介质上与各种其他装置通信的单元。处理器602负责管理总线600和通常的处理,而存储器604可以被用于存储处理器602在执行操

作时所使用的数据。

[0119] 可以理解的是,图6所示的结构仅为示意,本说明书实施例提供的发动机控制单元EMS还可包括比图6中所示更多或者更少的组件,或者具有与图6所示不同的配置。图6中所示的各组件可以采用硬件、软件或其组合实现。

[0120] 第四方面,基于与前述实施例中提供的用于控制高压共轨燃油压力的方法同样的发明构思,本说明书实施例还提供了一种计算机可读存储介质,其上存储有计算机程序,该程序被处理器执行时实现前文第一方面提供的用于控制高压共轨燃油压力的方法的任一实施例的步骤。

[0121] 本说明书是参照根据本说明书实施例的方法、设备(系统)、和计算机程序产品的流程图和/或方框图来描述的。应理解可由计算机程序指令实现流程图和/或方框图中的每一流程和/或方框、以及流程图和/或方框图中的流程和/或方框的结合。可提供这些计算机程序指令到通用计算机、专用计算机、嵌入式处理机或其他可编程数据处理设备的处理器以产生一个机器,使得通过计算机或其他可编程数据处理设备的处理器执行的指令产生用于实现在流程图一个流程或多个流程和/或方框图一个方框或多个方框中指定的功能的设备。

[0122] 这些计算机程序指令也可存储在能引导计算机或其他可编程数据处理设备以特定方式工作的计算机可读存储器中,使得存储在该计算机可读存储器中的指令产生包括指令设备的制品,该指令设备实现在流程图一个流程或多个流程和/或方框图一个方框或多个方框中指定的功能。

[0123] 这些计算机程序指令也可装载到计算机或其他可编程数据处理设备上,使得在计算机或其他可编程设备上执行一系列操作步骤以产生计算机实现的处理,从而在计算机或其他可编程设备上执行的指令提供用于实现在流程图一个流程或多个流程和/或方框图一个方框或多个方框中指定的功能的步骤。

[0124] 在本文中,诸如第一和第二等之类的关系术语仅仅用来将一个实体或者操作与另一个实体或操作区分开来,而不一定要求或者暗示这些实体或操作之间存在任何这种实际的关系或者顺序。而且,术语“包括”、“包含”或者其任何其他变体意在涵盖非排他性的包含,从而使得包括一系列要素的过程、方法、物品或者设备不仅包括那些要素,而且还包括没有明确列出的其他要素,或者是还包括为这种过程、方法、物品或者设备所固有的要素。在没有更多限制的情况下,由语句“包括一个……”限定的要素,并不排除在包括所述要素的过程、方法、物品或者设备中还存在另外的相同要素。术语“两个以上”包括两个或大于两个的情况。

[0125] 尽管已描述了本说明书的优选实施例,但本领域内的技术人员一旦得知了基本创造性概念,则可对这些实施例作出另外的变更和修改。所以,所附权利要求意欲解释为包括优选实施例以及落入本说明书范围的所有变更和修改。

[0126] 显然,本领域的技术人员可以对本说明书进行各种改动和变型而不脱离本说明书的精神和范围。这样,倘若本说明书的这些修改和变型属于本说明书权利要求及其等同技术的范围之内,则本说明书也意图包含这些改动和变型在内。

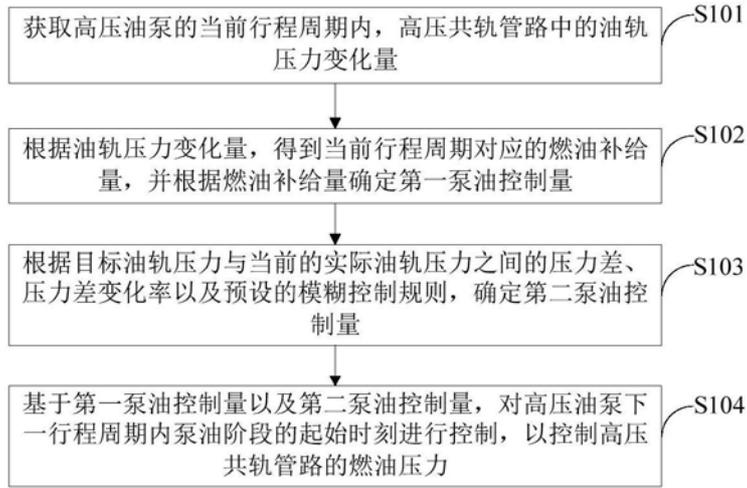


图1

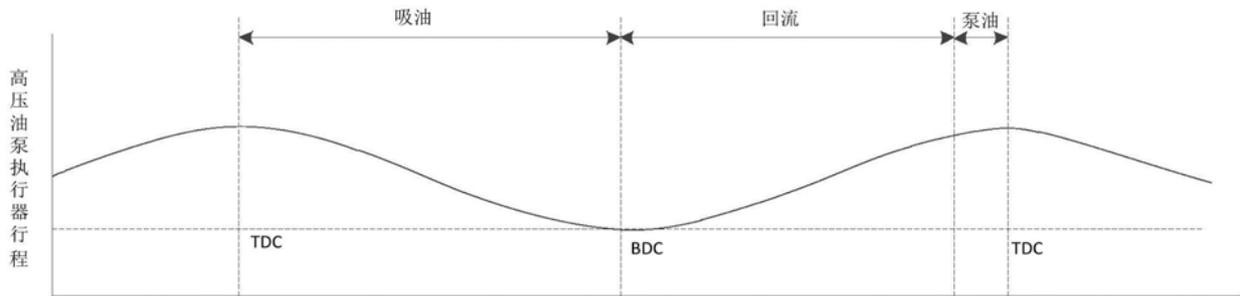


图2

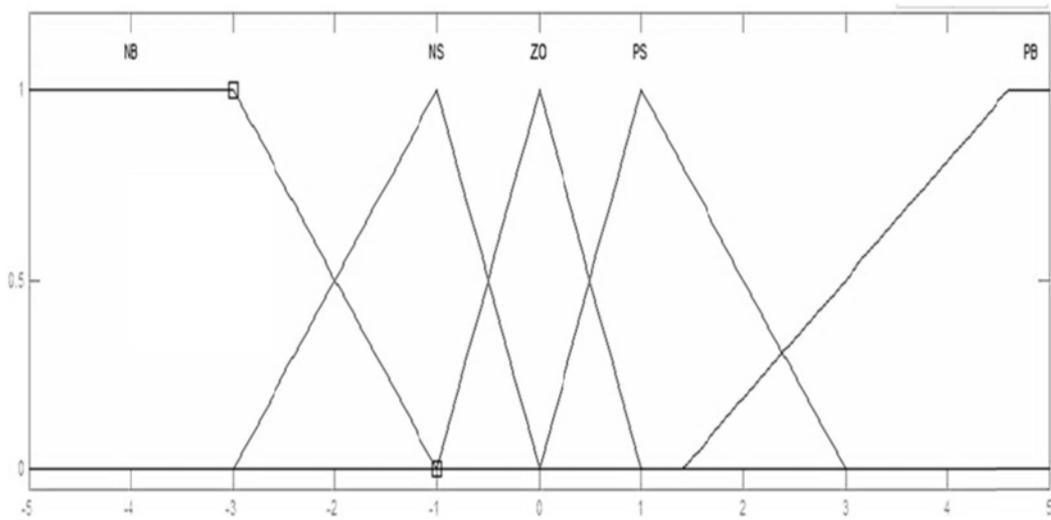


图3

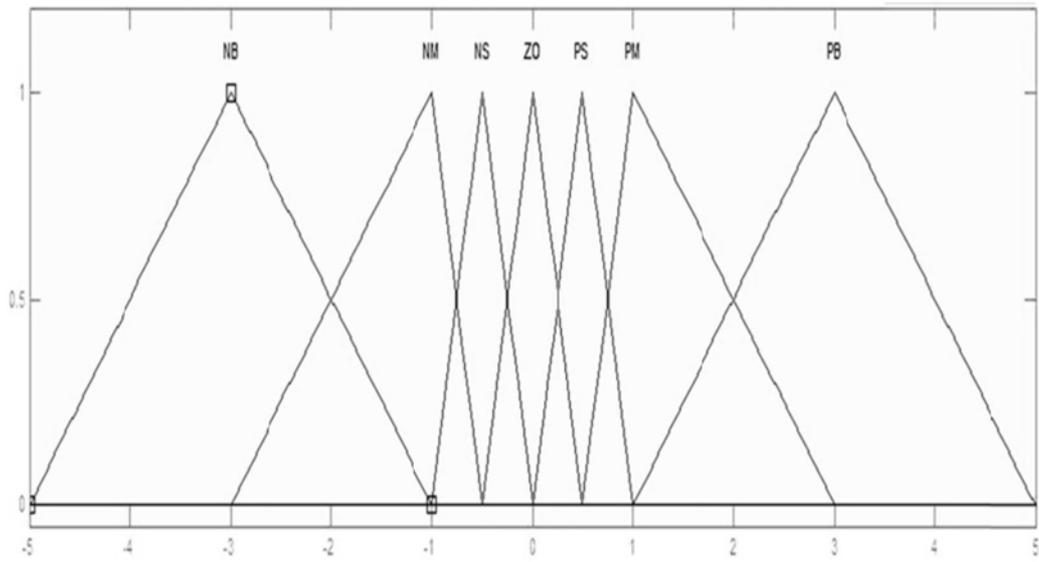


图4



图5

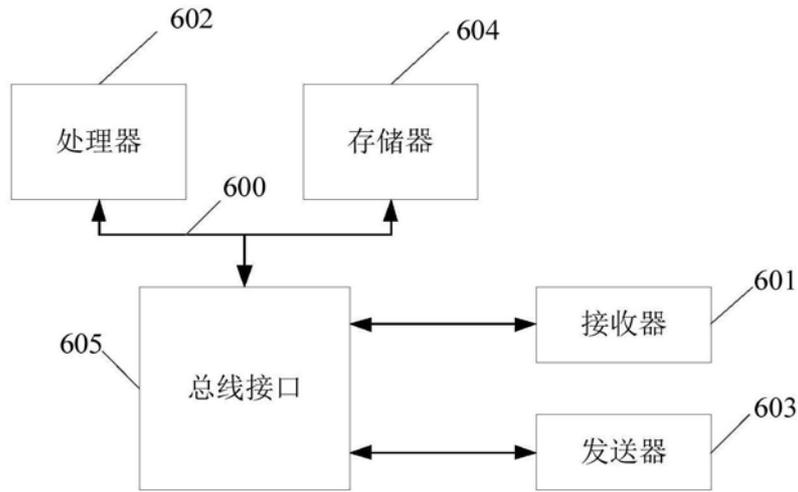


图6