(19)国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 116750077 A
(43)申请公布日 2023.09.15

(21)申请号 202310484816.5

(22)申请日 2023.04.28

(71)申请人 中国第一汽车股份有限公司
地址 130011 吉林省长春市长春汽车经济技术开发区新红旗大街1号

(72)发明人 何睦 邓建交 李允

(74)专利代理机构 长春吉大专利代理有限责任公司 22201
专利代理师 杜森垚

(51)Int.Cl.
B62D 6/00(2006.01)
B62D 7/22(2006.01)

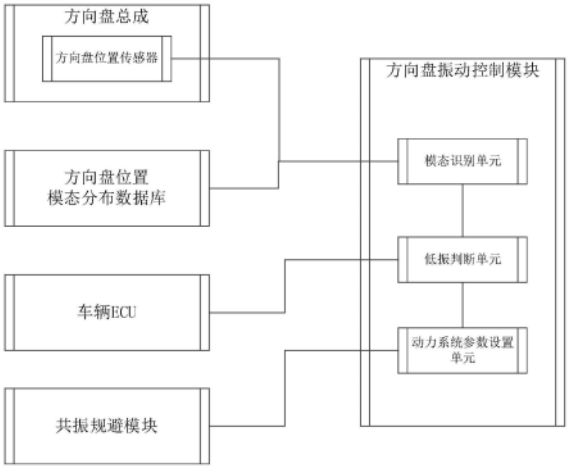
权利要求书2页 说明书5页 附图3页

(54)发明名称

一种基于主动控制策略的汽车方向盘振动控制系统及方法

(57)摘要

本发明公开了一种基于主动控制策略的汽车方向盘振动控制系统及方法，通过方向盘位置传感器获取方向盘位置信号，并将获取的方向盘位置信息发送至方向盘振动控制模块；调用方向盘位置模态分布数据库，根据方向盘位置信号获得此刻方向盘对应的模态参数；检测车辆ECU信号，获得动力系统转速、扭矩、功率信号；判断动力系统激励频率与方向盘模态间隔是否满足低振动要求，如动力系统激励频率与方向盘模态间隔不满足低振动要求，依据共振规避模块的激励频率与模态频率避频准侧，生成调整动力系统扭矩、功率、转速信号的参数信息输入至ECU控制模态，使动力系统运行参数调整至所需的转速、扭矩、功率，实现动力系统与方向盘模态避频。



CN 116750077 A

1.一种基于主动控制策略的汽车方向盘振动控制系统,其特征在于,包括:

方向盘总成,其包括方向盘位置传感器,用于采集方向盘位置信号,并将采集的方向盘位置信号发送至方向盘振动控制模块;

方向盘位置模态分布数据库,其设有不同方向盘位置对应的方向盘模态频率数据,供方向盘振动控制模块调用;

车辆ECU,用于获取车辆动力系统转速、扭矩、功率信号,并至方向盘振动控制模块;以及根据向盘振动控制模块发送的动力系统参数信息调整动力系统转速、扭矩、功率;

共振规避模块,其设有激励频率与模态频率避频准侧数据,体现车辆不同方向盘位置对应的低振动发动机工况点,供方向盘振动控制模块调用;

方向盘振动控制模块,其分别与方向盘位置传感器、方向盘位置模态分布数据库、车辆ECU以及共振规避模块通讯连接;方向盘振动控制模块用于通过方向盘位置信号调用方向盘位置模态分布数据库,号获得此刻方向盘对应的模态参数,并结合动力系统转速、扭矩信息判断动力系统激励频率与方向盘模态间隔是否满足低振动要求,如果不满足低振动要求,则依据共振规避模块的激励频率与模态频率避频准侧生成动力系统参数信息,输入至车辆ECU进行动力系统控制。

2.如权利要求1所述的一种基于主动控制策略的汽车方向盘振动控制系统,其特征在于,所述方向盘振动控制模块包括:

模态识别单元,其获取方向盘位置传感器采集的方向盘位置信号,调用方向盘位置模态分布数据库,根据方向盘位置信号获得此刻方向盘对应的模态参数;

低振判断单元,其通过模态识别单元获得的方向盘模态数据以及车辆ECU获得的动力系统转速、扭矩信息,计算激励频率与模态频率的频率间隔,通过频率间隔判断动力系统激励频率与方向盘模态间隔是否满足低振动要求;

动力系统参数设置单元,其依据共振规避模块的激励频率与模态频率避频准侧,判断当前方向盘模态下动力系统激励频率与模态频率共振的风险,并生成调整动力系统扭矩、功率、转速信号的动力系统参数信息;将动力系统参数信息输入至车辆ECU。

3.如权利要求1所述的一种基于主动控制策略的汽车方向盘振动控制系统的控制方法,其特征在于,包括以下步骤:

步骤一、振动控制激活:方向盘位置调整时,启动方向盘振动控制模块,方向盘振动控制模块从方向盘位置传感器获取信号;

步骤二、方向盘位置信号获取:通过方向盘位置传感器获取方向盘位置信号,并将获取的方向盘位置信息发送至方向盘振动控制模块;

步骤三、方向盘模态识别:方向盘振动控制模块调用方向盘位置模态分布数据库,根据方向盘位置信号获得此刻方向盘对应的模态参数;

步骤四、检测车辆ECU信号,获得动力系统转速、扭矩、功率信号,并发送至方向盘振动控制模块;

步骤五、判断动力系统激励频率与方向盘模态间隔是否满足低振动要求:方向盘振动控制模块的低振判断单元通过所述步骤三获得的方向盘模态数据以及步骤四获得的动力系统转速、扭矩信息,判断动力系统激励频率与方向盘模态间隔是否满足低振动要求,如动力系统激励频率与方向盘模态间隔不满足低振动要求,则执行步骤五;

步骤六、共振规避控制:方向盘振动控制模块依据共振规避模块的激励频率与模态频率避频准侧,判断当前方向盘模态下,动力系统激励频率与模态频率共振的风险,生成调整动力系统扭矩、功率、转速信号的参数信息,并将动力系统参数信息输入至ECU控制模态,使动力系统运行参数调整至所需的转速、扭矩、功率,实现动力系统与方向盘模态避频。

4.如权利要求3所述的一种基于主动控制策略的汽车方向盘振动控制系统的控制方法,其特征在于,所述方向盘位置模态分布数据库的建立过程为:通过测试不同方向盘位置时,整车方向盘安装状态的模态,获取不同方向盘位置对应的方向盘模态频率,建立方向盘位置模态分布数据库。

5.如权利要求3所述的一种基于主动控制策略的汽车方向盘振动控制系统的控制方法,其特征在于,所述步骤五判断动力系统激励频率与方向盘模态间隔是否满足低振动要求的方法为:方向盘振动控制模块通过方向盘模态数据以及动力系统转速、扭矩信息,计算激励频率与模态频率的频率间隔,如果激励频率与模态频率的频率间隔超过安全频率间隔,则满足低振动要求。

6.如权利要求5所述的一种基于主动控制策略的汽车方向盘振动控制系统的控制方法,其特征在于,所述安全频率间隔为预设值。

7.如权利要求3所述的一种基于主动控制策略的汽车方向盘振动控制系统的控制方法,其特征在于,所述激励频率与模态频率避频准侧的建立过程为:

1)选择样车,测试不同方向盘位置时,方向盘的模态数据;

2)整车状态下,根据不同方向盘位置,绘制方向盘模态分布图;

3)测试发动机怠速工况,不同方向盘位置、不同发动机转速工况下的方向盘振动数据;

4)针对不同方向盘位置,进行振动主观评价打分,绘制主观评价与方向盘位置关系图;

5)绘制不同方向盘位置的方向盘模态分布图;

6)依据方向盘振动主观评价结果制定方向盘振动与主观评价对应关系表;

7)依据方向盘模态分布图、怠速方向盘振动幅值数据、方向盘振动与主观评价对应关系表,绘制不同方向盘位置、不同发动机转速工况、方向盘振动三维数据图;

8)依据方向盘振动三维数据图,制定不同方向盘位置对应的低振动发动机工况点,将上述对应关系作为激励频率与模态频率规避共振的准则。

一种基于主动控制策略的汽车方向盘振动控制系统及方法

技术领域

[0001] 本发明属于汽车方向盘振动控制领域，具体涉及一种基于主动控制策略的汽车方向盘振动控制系统及方法。

背景技术

[0002] 伴随汽车行业的发展，汽车的振动噪声品质越来越高，通过J.D.Power统计，方向盘振动是用户比较关注的项目，混合动力汽车，发动机转速一般在700-1400rpm，方向盘模态一般在35-45之间，极易引起发动机点火激励频率与方向盘模态共振的现象，方向盘振动控制较传统车更加困难。

[0003] 行业内，各汽车厂均将方向盘振动作为一级的整车NVH目标来控制，为了降低方向盘振动，较多车辆在方向盘位置均增加了动力吸振器，以实现避频降振的效果，同时吸振器有两大劣势，其一一个吸振器额外增加几十元的材料成本和几千克的重量成本，其二，针对同一个车辆，方向盘位置不同(可调节位置方向盘)，方向盘模态不同，但吸振器的模态固定，会导致不同方向盘位置，吸振器降振效果有差异。对客户来说，不同方向盘位置会感觉方向盘振动幅值不同。

[0004] 在类似文献中(CN201922401791.X)，应用方向盘增加减震器的方法，通过改变方向盘系统结构模态规避共振，减小振动响应，实现降低方向盘的振动。该发明专利使用的改变机械结构模态，实现方向盘降低振动。其存在的问题在于：增加了吸振器，增加方向盘整体成本，同时由于不同方向盘的位置，方向盘结构模态不同，会导致不同方向盘位置时，方向盘振动幅值不同。

发明内容

[0005] 为了解决现有技术存在的上述问题，本发明提供一种基于主动控制策略的汽车方向盘振动控制系统及方法，通过识别方向盘位置，分析方向盘不同位置的固有频率，对其实施不同的发动机转速控制策略，实现发动机激励频率与方向盘模态避频，从而实现降低方向盘振动。本发明基于主动控制策略避频的方式，规避方向盘共振区域，降低方向盘振动，对混合动力汽车有更加重要的指导意义。

[0006] 本发明的目的是通过以下技术方案实现的：

[0007] 作为本发明的一方面，提供一种基于主动控制策略的汽车方向盘振动控制系统，包括：

[0008] 方向盘总成，其包括方向盘位置传感器，用于采集方向盘位置信号，并将采集的方向盘位置信号发送至方向盘振动控制模块；

[0009] 方向盘位置模态分布数据库，其设有不同方向盘位置对应的方向盘模态频率数据，供方向盘振动控制模块调用；

[0010] 车辆ECU，用于获取车辆动力系统转速、扭矩、功率信号，并至方向盘振动控制模块；以及根据向盘振动控制模块发送的动力系统参数信息调整动力系统转速、扭矩、功率；

[0011] 共振规避模块，其设有激励频率与模态频率避频准侧数据，体现车辆不同方向盘位置对应的低振动发动机工况点，供方向盘振动控制模块调用；

[0012] 方向盘振动控制模块，其分别与方向盘位置传感器、方向盘位置模态分布数据库、车辆ECU以及共振规避模块通讯连接；方向盘振动控制模块用于通过方向盘位置信号调用方向盘位置模态分布数据库，号获得此刻方向盘对应的模态参数，并结合动力系统转速、扭矩信息判断动力系统激励频率与方向盘模态间隔是否满足低振动要求，如果不满足低振动要求，则依据共振规避模块的激励频率与模态频率避频准侧生成动力系统参数信息，输入至车辆ECU进行动力系统控制。

[0013] 进一步地，所述方向盘振动控制模块包括：

[0014] 模态识别单元，其获取方向盘位置传感器采集的方向盘位置信号，调用方向盘位置模态分布数据库，根据方向盘位置信号获得此刻方向盘对应的模态参数；

[0015] 低振判断单元，其通过模态识别单元获得的方向盘模态数据以及车辆ECU获得的动力系统转速、扭矩信息，计算激励频率与模态频率的频率间隔，通过频率间隔判断动力系统激励频率与方向盘模态间隔是否满足低振动要求；

[0016] 动力系统参数设置单元，其依据共振规避模块的激励频率与模态频率避频准侧，判断当前方向盘模态下动力系统激励频率与模态频率共振的风险，并生成调整动力系统扭矩、功率、转速信号的动力系统参数信息；将动力系统参数信息输入至车辆ECU。

[0017] 作为本发明的另一方面，提供一种基于主动控制策略的汽车方向盘振动控制系统的控制方法，其特征在于，包括以下步骤：

[0018] 步骤一、振动控制激活：方向盘位置调整时，启动方向盘振动控制模块，方向盘振动控制模块从方向盘位置传感器获取信号；

[0019] 步骤二、方向盘位置信号获取：通过方向盘位置传感器获取方向盘位置信号，并将获取的方向盘位置信息发送至方向盘振动控制模块；

[0020] 步骤三、方向盘模态识别：方向盘振动控制模块调用方向盘位置模态分布数据库，根据方向盘位置信号获得此刻方向盘对应的模态参数；

[0021] 步骤四、检测车辆ECU信号，获得动力系统转速、扭矩、功率信号，并发送至方向盘振动控制模块；

[0022] 步骤五、判断动力系统激励频率与方向盘模态间隔是否满足低振动要求：方向盘振动控制模块的低振判断单元通过所述步骤三获得的方向盘模态数据以及步骤四获得的动力系统转速、扭矩信息，判断动力系统激励频率与方向盘模态间隔是否满足低振动要求，如动力系统激励频率与方向盘模态间隔不满足低振动要求，则执行步骤五；

[0023] 步骤六、共振规避控制：方向盘振动控制模块依据共振规避模块的激励频率与模态频率避频准侧，判断当前方向盘模态下，动力系统激励频率与模态频率共振的风险，生成调整动力系统扭矩、功率、转速信号的参数信息，并将动力系统参数信息输入至ECU控制模态，使动力系统运行参数调整至所需的转速、扭矩、功率，实现动力系统与方向盘模态避频。

[0024] 进一步地，所述方向盘位置模态分布数据库的建立过程为：通过测试不同方向盘位置时，整车方向盘安装状态的模态，获取不同方向盘位置对应的方向盘模态频率，建立方向盘位置模态分布数据库。

[0025] 进一步地，所述步骤五判断动力系统激励频率与方向盘模态间隔是否满足低振动

要求的方法为:方向盘振动控制模块通过方向盘模态数据以及动力系统转速、扭矩信息,计算激励频率与模态频率的频率间隔,如果激励频率与模态频率的频率间隔超过安全频率间隔,则满足低振动要求。

[0026] 更近一步地,所述安全频率间隔为预设值。

[0027] 进一步地,所述激励频率与模态频率避频准侧的建立过程为:

[0028] 1)选择样车,测试不同方向盘位置时,方向盘的模态数据;

[0029] 2)整车状态下,根据不同方向盘位置,绘制方向盘模态分布图;

[0030] 3)测试发动机怠速工况,不同方向盘位置、不同发动机转速工况下的方向盘振动数据;

[0031] 4)针对不同方向盘位置,进行振动主观评价打分,绘制主观评价与方向盘位置关系图;

[0032] 5)绘制不同方向盘位置的方向盘模态分布图;

[0033] 6)依据方向盘振动主观评价结果制定方向盘振动与主观评价对应关系表;

[0034] 7)依据方向盘模态分布图、怠速方向盘振动幅值数据、方向盘振动与主观评价对应关系表,绘制不同方向盘位置、不同发动机转速工况、方向盘振动三维数据图;

[0035] 8)依据方向盘振动三维数据图,制定不同方向盘位置对应的低振动发动机工况点,将上述对应关系作为激励频率与模态频率规避共振的准则。

[0036] 本发明具有以下有益效果:

[0037] 本发明提供一种基于主动控制策略的汽车方向盘振动控制系统及方法,通过主动控制策略,识别方向盘位置,调用方向盘模态数据库,调整动力总成的激励频率,规避激励频率与方向盘的固有模态共振,实现降低方向盘的振动。

[0038] 针对控制策略建立了激励频率与模态频共振规避准侧,针对特定工况,实现不同方向盘位置时,方向盘振动大小处在同一水平。

[0039] 核心的收益通过主动控制策略实现硬件吸振器避频的效果,同时解决了以往技术不同方向盘位置,振动不同的问题。

附图说明

[0040] 为了更清楚地说明本发明实施例中的技术方案,下面将对本发明实施例描述中所要使用的附图作简单的介绍,显而易见地,下面描述中的附图仅仅是本发明的一些实施例,对本领域普通技术人员来讲,在不付出创造性劳动的前提下,还可以根据本发明实施例的内容和这些附图获得其他的附图。

[0041] 图1为本发明实施例1所述一种基于主动控制策略的汽车方向盘振动控制系统原理框图;

[0042] 图2为本发明实施例2所述一种基于主动控制策略的汽车方向盘振动控制方法流程图;

[0043] 图3为本发明实施例2中建立激励频率与模态频共振规避准侧流程图。

具体实施方式

[0044] 下面结合附图和实施例对本发明作进一步的详细说明。可以理解的是,此处所描

述的具体实施例仅仅用于解释本发明，而非对本发明的限定。另外还需要说明的是，为了便于描述，附图中仅示出了与本发明相关的部分而非全部结构。

[0045] 实施例1

[0046] 如图1所示，一种基于主动控制策略的汽车方向盘振动控制系统，包括：

[0047] 方向盘总成，其包括方向盘位置传感器，用于采集方向盘位置信号，并将采集的方向盘位置信号发送至方向盘振动控制模块；

[0048] 方向盘位置模态分布数据库，其设有不同方向盘位置对应的方向盘模态频率数据，供方向盘振动控制模块调用；

[0049] 车辆ECU，用于获取车辆动力系统转速、扭矩、功率信号，并至方向盘振动控制模块；以及根据向盘振动控制模块发送的动力系统参数信息调整动力系统转速、扭矩、功率；

[0050] 共振规避模块，其设有激励频率与模态频率避频准侧数据，体现车辆不同方向盘位置对应的低振动发动机工况点，供方向盘振动控制模块调用；

[0051] 方向盘振动控制模块，其分别与方向盘位置传感器、方向盘位置模态分布数据库、车辆ECU以及共振规避模块通讯连接；方向盘振动控制模块用于通过方向盘位置信号调用方向盘位置模态分布数据库，号获得此刻方向盘对应的模态参数，并结合动力系统转速、扭矩信息判断动力系统激励频率与方向盘模态间隔是否满足低振动要求，如果不满足低振动要求，则依据共振规避模块的激励频率与模态频率避频准侧生成动力系统参数信息，输入至车辆ECU进行动力系统控制。

[0052] 所述方向盘振动控制模块包括：

[0053] 模态识别单元，其获取方向盘位置传感器采集的方向盘位置信号，调用方向盘位置模态分布数据库，根据方向盘位置信号获得此刻方向盘对应的模态参数；

[0054] 低振判断单元，其通过模态识别单元获得的方向盘模态数据以及车辆ECU获得的动力系统转速、扭矩信息，计算激励频率与模态频率的频率间隔，通过频率间隔判断动力系统激励频率与方向盘模态间隔是否满足低振动要求；

[0055] 动力系统参数设置单元，其依据共振规避模块的激励频率与模态频率避频准侧，判断当前方向盘模态下动力系统激励频率与模态频率共振的风险，并生成调整动力系统扭矩、功率、转速信号的动力系统参数信息；将动力系统参数信息输入至车辆ECU的ECU控制模态。

[0056] 实施例2

[0057] 如图2所示，一种基于主动控制策略的汽车方向盘振动控制系统的控制方法，包括以下步骤：

[0058] 第一步 振动控制激活：方向盘位置调整时，启动方向盘振动控制模块，方向盘振动控制模块从方向盘位置传感器获取信号；

[0059] 第二步 方向盘位置信号获取：通过方向盘位置传感器获取方向盘位置信号，识别方向盘处在前、后、左、右的位置，并将获取的方向盘位置信息发送至方向盘振动控制模块，为进一步识别方向盘系统的模态提供数据；

[0060] 第三步 方向盘模态识别：方向盘振动控制模块的模态识别单元调用方向盘位置模态分布数据库，根据方向盘位置信号获得此刻方向盘对应的模态参数；

[0061] 所述方向盘位置模态分布数据库的建立过程为：通过测试不同方向盘位置时，整

车方向盘安装状态的模态，获取不同方向盘位置对应的方向盘模态频率，建立方向盘位置模态分布数据库。

[0062] 第四步 检测车辆ECU信号，获得动力系统转速、扭矩、功率信号，并将动力系统信号发送至方向盘振动控制模块。

[0063] 第五步 判断动力系统激励频率与方向盘模态间隔是否满足低振动要求：方向盘振动控制模块的低振判断单元通过第三步获得的方向盘模态数据以及第四步获得的动力系统转速、扭矩信息，计算激励频率与模态频率的频率间隔，通过频率间隔判断动力系统激励频率与方向盘模态间隔是否满足低振动要求(如果激励频率与模态频率的频率间隔超过安全频率间隔，即超过设定值，则满足低振动要求)；如动力系统激励频率与方向盘模态间隔满足低振动要求，则返回到第一步；如动力系统激励频率与方向盘模态间隔不满足低振动要求，则执行第六步。

[0064] 举例：4缸发动机整车，发动机旋转一圈，气缸点火2次，在发动机转速1200转/分钟，对应发动机激励频率计算公式为，1200*2/60＝40Hz；一般方向盘模态频率，分布在35-45Hz范围，不同方向盘位置对应不同模态频率。如发动机激励频率为40Hz，方向盘模态也为40Hz附件，均会引起共振，导致方向盘振动大。

[0065] 第六步 共振规避控制：方向盘振动控制模块的动力系统参数设置单元依据共振规避模块建立的激励频率与模态频率避频准侧，判断当前方向盘模态下，动力系统激励频率与模态频率共振的风险，调整动力系统扭矩、功率、转速信号等参数信息；将动力系统参数信息输入至ECU控制模态，使动力系统运行参数调整至所需的转速、扭矩、功率，实现动力系统与方向盘模态避频。

[0066] 如图3所示，所述激励频率与模态频率避频准侧的建立过程为：

[0067] 1.选择样车，测试不同方向盘位置时，方向盘的模态数据。

[0068] 2.整车状态下，根据不同方向盘位置，绘制方向盘模态分布图。

[0069] 3.测试发动机怠速工况，不同方向盘位置，不同发动机转速工况下，方向盘振动数据，比如混合动力车型，怠速时发动机转速可选择范围比较1000-1500rpm。在方向盘不同的位置时，设定发动机转速调节在1000至1500rpm工作区间，测试不同发动机转速所对应的方向盘振动数据，作为一组数据。

[0070] 4.针对不同方向盘位置，进行振动主观评价打分，绘制主观评价与方向盘位置关系图。

[0071] 5.绘制不同方向盘位置，方向盘模态分布图。

[0072] 6.依据方向盘振动主观评价打分，分析振动与主观评价的关系，制定方向盘振动与主观评价对应关系表。

[0073] 7.依据方向盘模态分布图，怠速方向盘振动幅值数据，振动主观评价表，绘制不同方向盘位置，不同发动机转速工况，方向盘振动三维数据图。

[0074] 8.依据方向盘振动三维数据图，制定不同方向盘位置对应的低振动发动机工况点，将该对应关系作为激励频率与模态频率规避共振的准则。

[0075] 尽管已经示出和描述了本发明的实施例，对于本领域的普通技术人员而言，可以理解在不脱离本发明的原理和精神的情况下可以对这些实施例进行多种变化、修改、替换和变型，本发明的范围由所附权利要求及其等同物限定。

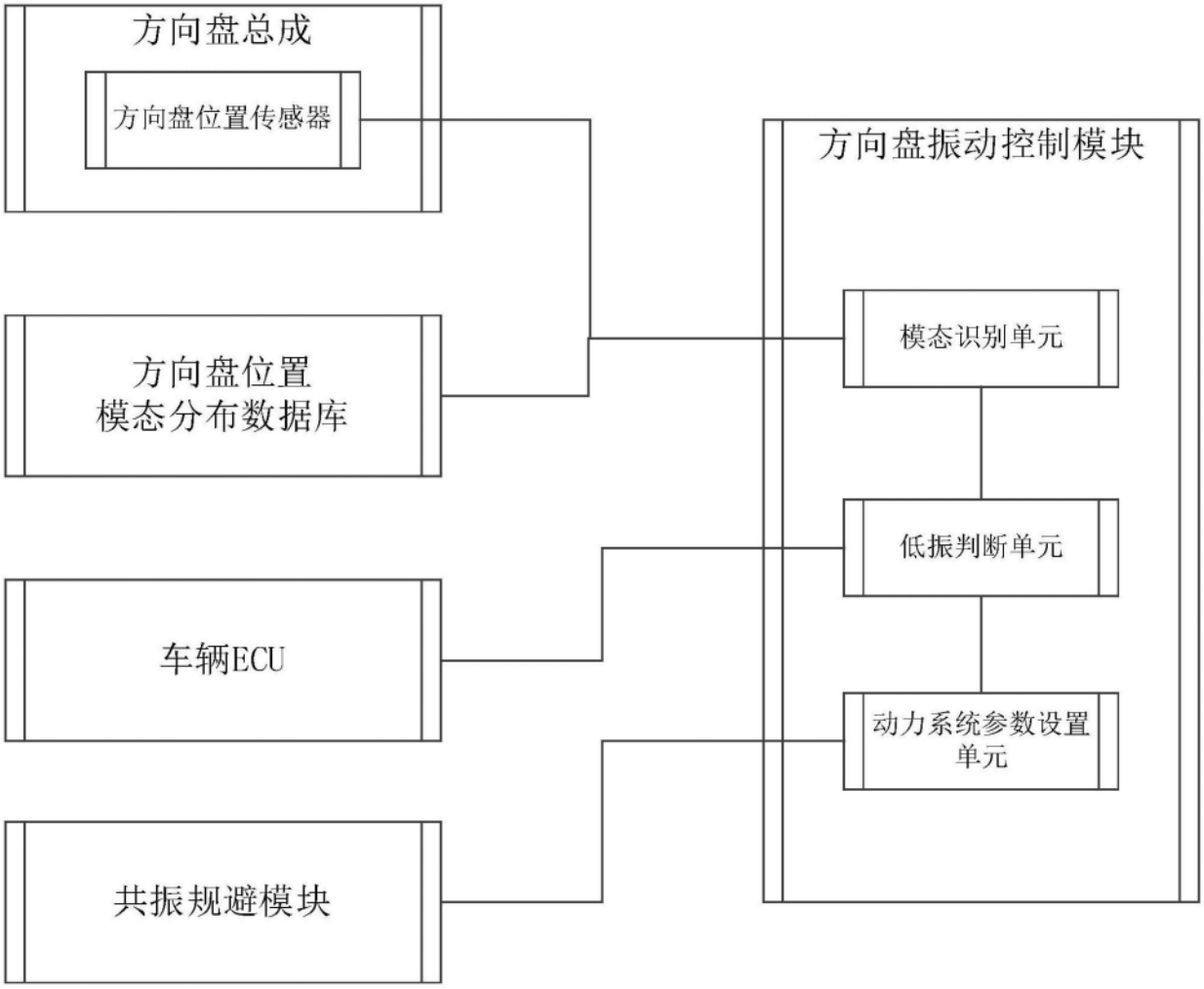

方向盘总成
方向盘位置传感器
方向盘位置
模态分布数据库
车辆ECU
共振规避模块
方向盘振动控制模块
模态识别单元
低振判断单元
动力系统参数设置
单元

图1

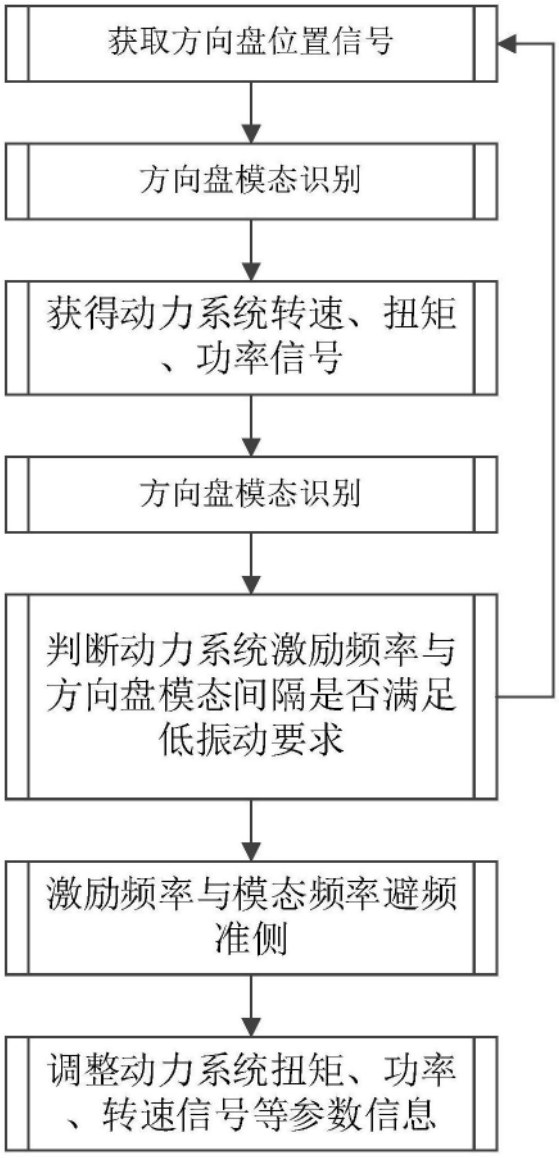

获取方向盘位置信号
方向盘模态识别
获得动力系统转速、扭矩、功率信号
方向盘模态识别
判断动力系统激励频率与方向盘模态间隔是否满足低振动要求
激励频率与模态频率避频准侧
调整动力系统扭矩、功率、转速信号等参数信息

图2

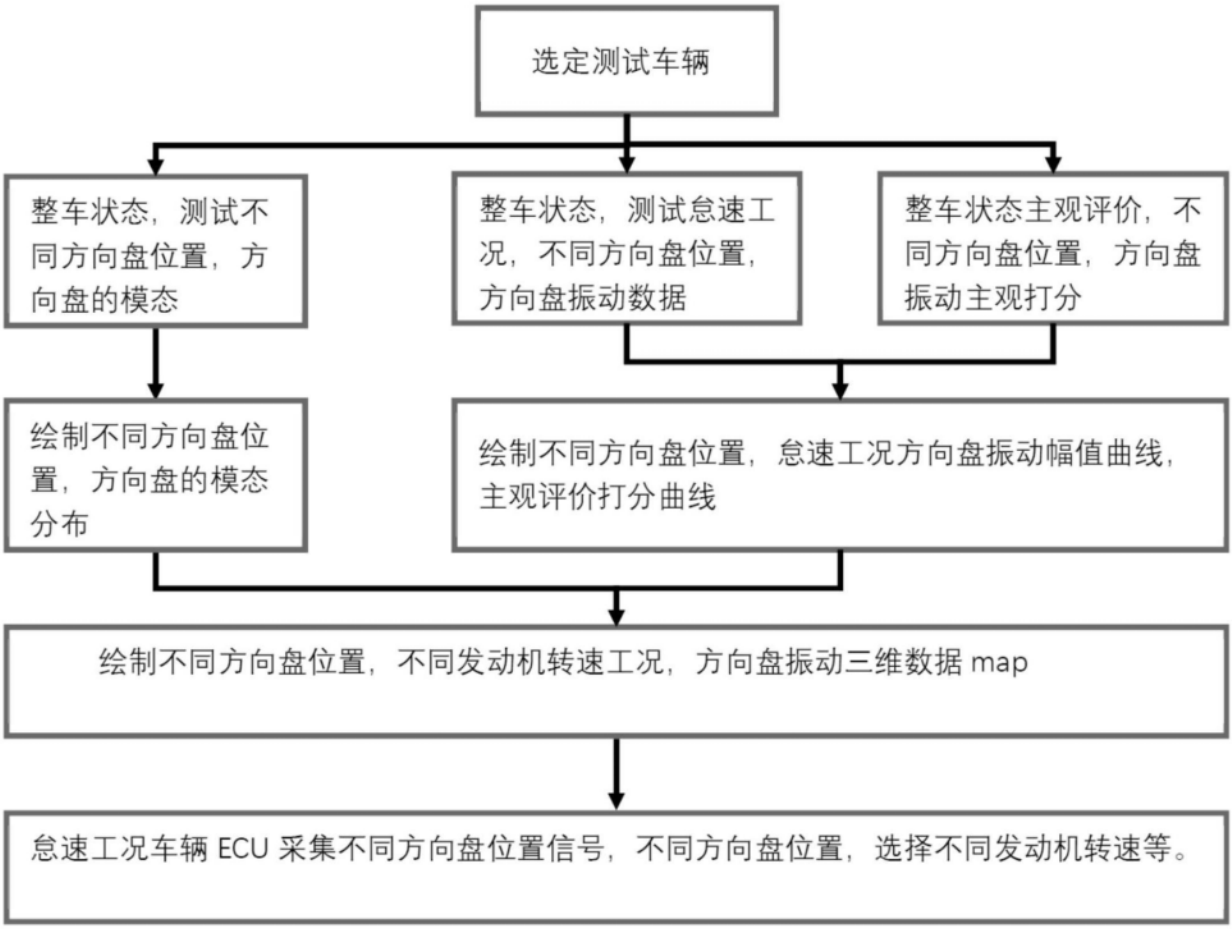

选定测试车辆
整车状态，测试不同方向盘位置，方向盘的模态
整车状态，测试怠速工况，不同方向盘位置，方向盘振动数据
整车状态主观评价，不同方向盘位置，方向盘振动主观打分
绘制不同方向盘位置，方向盘的模态分布
绘制不同方向盘位置，怠速工况方向盘振动幅值曲线，主观评价打分曲线
绘制不同方向盘位置，不同发动机转速工况，方向盘振动三维数据 map
怠速工况车辆 ECU 采集不同方向盘位置信号，不同方向盘位置，选择不同发动机转速等。

图3