(19)国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 114802425 A
(43)申请公布日 2022.07.29

(21)申请号 202210498248.X

(22)申请日 2022.05.09

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

(72)发明人 公博健 王宇 张建 刘秋铮 高乐 周添 张鸿

(74)专利代理机构 北京远智汇知识产权代理有限公司 11659
专利代理师 刘欣

(51)Int.Cl.
B62D 5/04(2006.01)
B62D 6/00(2006.01)
B62D 119/00(2006.01)
B62D 101/00(2006.01)

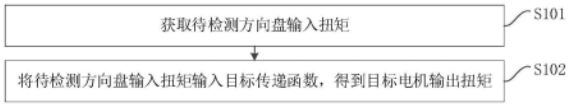
权利要求书3页 说明书12页 附图2页

(54)发明名称

一种电机输出扭矩确定方法、装置、设备和存储介质

(57)摘要

本发明公开了一种电机输出扭矩确定方法、装置、设备和存储介质。该方法包括:获取待检测方向盘输入扭矩;将待检测方向盘输入扭矩输入目标传递函数,得到目标电机输出扭矩,其中,目标传递函数为根据至少一组第一传递函数和至少一组第二传递函数确定的,第一传递函数通过第一样本集训练第一函数得到,第二传递函数通过第二样本集训练第一函数得到,其中,第一样本包括:方向盘输入扭矩样本和方向盘输入扭矩样本对应的电机输出扭矩,第二样本包括:电机输入扭矩样本和电机输入扭矩样本对应的方向盘输出扭矩。本发明实施例将电动转向助力系统看作一个整体,减少了系统物理量计算的步骤,同时可以防止对部分模块的遗漏,提高了识别的准确性。



CN 114802425 A

1.一种电机输出扭矩确定方法,其特征在于,包括:

获取待检测方向盘输入扭矩;

将所述待检测方向盘输入扭矩输入目标传递函数,得到目标电机输出扭矩,其中,所述目标传递函数为根据至少一组第一传递函数和至少一组第二传递函数确定的,所述第一传递函数通过第一样本集训练第一函数得到,所述第二传递函数通过第二样本集训练第一函数得到,其中,所述第一样本包括:方向盘输入扭矩样本和方向盘输入扭矩样本对应的电机输出扭矩,所述第二样本包括:电机输入扭矩样本和电机输入扭矩样本对应的方向盘输出扭矩。

2.根据权利要求1所述的方法,其特征在于,通过第一样本集训练第一函数,包括:

建立第一函数;

将所述第一样本集中的方向盘输入扭矩样本输入所述第一函数,得到预测电机输出扭矩;

根据所述方向盘输入扭矩样本对应的电机输出扭矩和所述预测电机输出扭矩训练所述第一函数的阶次;

返回执行将所述第一样本集中的方向盘输入扭矩样本输入所述第一函数,得到预测电机输出扭矩的操作,直至得到至少一组第一传递函数。

3.根据权利要求1所述的方法,其特征在于,通过第二样本集训练第二函数,包括:

建立第一函数;

将所述第二样本集中的电机输入扭矩样本输入所述第一函数,得到预测方向盘输出扭矩;

根据所述电机输入扭矩样本对应的方向盘输出扭矩和所述方向盘输出扭矩训练所述第一函数的阶次;

返回执行将所述第二样本集中的电机输入扭矩样本输入所述第一函数,得到预测方向盘输出扭矩的操作,直至得到至少一组第二传递函数。

4.根据权利要求1所述的方法,其特征在于,根据至少一组第一传递函数和至少一组第二传递函数确定目标传递函数,包括:

获取所述至少一组第一传递函数对应的第一目标阶数、所述至少一组第一传递函数对应的相似度、所述至少一组第二传递函数对应的第二目标阶数以及所述至少一组第二传递函数对应的相似度;

根据所述至少一组第一传递函数对应的相似度确定所述至少一组第一传递函数中相似度最大的第一传递函数;

根据所述至少一组第二传递函数对应的相似度确定所述至少一组第二传递函数中相似度最大的第二传递函数;

根据所述相似度最大的第一传递函数和所述相似度最大的第二传递函数确定目标传递函数。

5.根据权利要求4所述的方法,其特征在于,根据所述相似度最大的第一传递函数和所述相似度最大的第二传递函数确定目标传递函数,包括:

若所述相似度最大的第一传递函数的阶数和所述相似度最大的第二传递函数的阶数不同,则将所述相似度最大的第一传递函数和相似度最大的第二传递函数中相似度最大的

传递函数确定为目标传递函数；

若所述相似度最大的第一传递函数的阶数和所述相似度最大的第二传递函数的阶数相同，则根据所述相似度最大的第一传递函数的相似度和所述相似度最大的第二传递函数的相似度确定所述相似度最大的第一传递函数的第一权重和所述相似度最大的第二传递函数的第二权重；

将所述第一权重和所述相似度最大的第一传递函数的乘积，与所述第二权重和所述相似度最大的第二传递函数的乘积之和确定为目标传递函数。

6.根据权利要求5所述的方法，其特征在于，根据所述相似度最大的第一传递函数的相似度和所述相似度最大的第二传递函数的相似度确定所述相似度最大的第一传递函数的第一权重和所述相似度最大的第二传递函数的第二权重，包括：

基于如下公式计算得到第一权重：

$$H_{第一}=\frac{p}{p+q};$$

其中，$H_{第一}$表示相似度最大的第一传递函数的第一权重，p表示相似度最大的第一传递函数的相似度，q表示相似度最大的第二传递函数的相似度。

基于如下公式计算得到第二权重：

$$H_{第二}=\frac{q}{p+q};$$

其中，$H_{第二}$表示相似度最大的第一传递函数的第一权重，p表示相似度最大的第一传递函数的相似度，q表示相似度最大的第二传递函数的相似度。

7.一种电机输出扭矩确定装置，其特征在于，包括：

获取模块，用于获取待检测方向盘输入扭矩；

确定模块，用于将所述待检测方向盘输入扭矩输入目标传递函数，得到目标电机输出扭矩，其中，所述目标传递函数为根据至少一组第一传递函数和至少一组第二传递函数确定的，所述第一传递函数通过第一样本集训练第一函数得到，所述第二传递函数通过第二样本集训练第一函数得到，其中，所述第一样本包括：方向盘输入扭矩样本和方向盘输入扭矩样本对应的电机输出扭矩，所述第二样本包括：电机输入扭矩样本和电机输入扭矩样本对应的方向盘输出扭矩。

8.根据权利要求7所述的装置，其特征在于，通过第一样本集训练第一函数，包括：

第一建立单元，用于建立第一函数；

第一输入单元，用于将所述第一样本集中的方向盘输入扭矩样本输入所述第一函数，得到预测电机输出扭矩；

第一训练单元，用于根据所述方向盘输入扭矩样本对应的电机输出扭矩和所述预测电机输出扭矩训练所述第一函数的阶次；

第一执行单元，用于返回执行将所述第一样本集中的方向盘输入扭矩样本输入所述第一函数，得到预测电机输出扭矩的操作，直至得到至少一组第一传递函数。

9.一种电子设备，其特征在于，所述电子设备包括：

至少一个处理器；以及

与所述至少一个处理器通信连接的存储器；其中，

所述存储器存储有可被所述至少一个处理器执行的计算机程序，所述计算机程序被所述至少一个处理器执行，以使所述至少一个处理器能够执行权利要求1-6中任一项所述的电机输出扭矩确定方法。

10.一种计算机可读存储介质，其特征在于，所述计算机可读存储介质存储有计算机指令，所述计算机指令用于使处理器执行时实现权利要求1-6中任一项所述的电机输出扭矩确定方法。

一种电机输出扭矩确定方法、装置、设备和存储介质

技术领域

[0001] 本发明涉及汽车电动转向系统技术领域，尤其涉及一种电机输出扭矩确定方法、装置、设备和存储介质。

背景技术

[0002] 电动转向系统包含方向盘、中间轴以及下方的转向助力机(电机、控制器、减速传动机构和扭矩转角传感器)等几部分，控制器根据方向盘手力矩、车速等信号计算并驱动电机提供助力帮助驾驶员完成车辆的转向。系统的输入(驾驶员手力矩)和输出(电机力矩)之间经过了扭矩放大，如果不对系统的前向通道进行补偿会造成系统发散不稳定。因此，需要知道整个转向系统的开环传递函数，进而研究其频率特性(幅频特性和相频特性)。现有技术通常将整个转向系统从输入到输出拆散为各个单独的模块，已知各个单独模块的质量、惯量、尺寸、刚度等物理量，再进行数学建模得到各部分的动力学方程，最后将各部分的动力学模型方程进行拉式变换，得到整体的开环传递函数。将整个转向系统拆散为各个单独的模块使得系统物理量计算复杂，且可能会造成部分模块的遗漏。

[0003] 在识别得到传递函数的频率特性后，系统大多数都是不稳定的，一般的EPS系统(Electric Power Steering，电动助力转向系统)都需要进行两次或者多次校正才能得到稳定的系统频率特性，整车表现才能稳定。现有方案通常仅使用超前和滞后模块进行校正，大概率下可以满足一般的EPS实车使用需要，但在某些特定频率点下会有稳定裕度不合适的情况。

发明内容

[0004] 本发明提供了一种电机输出扭矩确定方法、装置、设备和存储介质，以解决系统物理量计算复杂且可能会造成部分模块的遗漏的问题，通过将电动转向助力系统看作一个整体，减少了系统物理量计算的步骤，同时可以防止对部分模块的遗漏；通过正向方案和反向方案同时做系统识别，中和两种方案的情况，使得覆盖度更全，求得的传递函数更准确。

[0005] 根据本发明的一方面，提供了一种电机输出扭矩确定方法，该方法包括：

[0006] 获取待检测方向盘输入扭矩；

[0007] 将所述待检测方向盘输入扭矩输入目标传递函数，得到目标电机输出扭矩，其中，所述目标传递函数为根据至少一组第一传递函数和至少一组第二传递函数确定的，所述第一传递函数通过第一样本集训练第一函数得到，所述第二传递函数通过第二样本集训练第一函数得到，其中，所述第一样本包括：方向盘输入扭矩样本和方向盘输入扭矩样本对应的电机输出扭矩，所述第二样本包括：电机输入扭矩样本和电机输入扭矩样本对应的方向盘输出扭矩。

[0008] 根据本发明的另一方面，提供了一种电机输出扭矩确定装置，该装置包括：

[0009] 获取模块，用于获取待检测方向盘输入扭矩；

[0010] 确定模块，用于将所述待检测方向盘输入扭矩输入目标传递函数，得到目标电机

输出扭矩，其中，所述目标传递函数为根据至少一组第一传递函数和至少一组第二传递函数确定的，所述第一传递函数通过第一样本集训练第一函数得到，所述第二传递函数通过第二样本集训练第一函数得到，其中，所述第一样本包括：方向盘输入扭矩样本和方向盘输入扭矩样本对应的电机输出扭矩，所述第二样本包括：电机输入扭矩样本和电机输入扭矩样本对应的方向盘输出扭矩。

[0011] 根据本发明的另一方面，提供了一种电子设备，所述电子设备包括：

[0012] 至少一个处理器；以及与所述至少一个处理器通信连接的存储器；其中，所述存储器存储有可被所述至少一个处理器执行的计算机程序，所述计算机程序被所述至少一个处理器执行，以使所述至少一个处理器能够执行本发明任一实施例所述的电机输出扭矩确定方法。

[0013] 根据本发明的另一方面，提供了一种计算机可读存储介质，所述计算机可读存储介质存储有计算机指令，所述计算机指令用于使处理器执行时实现本发明任一实施例所述的电机输出扭矩确定方法。

[0014] 本发明实施例的技术方案，通过获取待检测方向盘输入扭矩，将待检测方向盘输入扭矩输入目标传递函数，得到目标电机输出扭矩。本发明实施例通过将电动转向助力系统看作一个整体，减少了系统物理量计算的步骤，同时可以防止对部分模块的遗漏；通过正向方案和反向方案同时做系统识别，中和两种方案的情况，使得覆盖度更全，求得的传递函数更准确。

[0015] 应当理解，本部分所描述的内容并非旨在标识本发明的实施例的关键或重要特征，也不用于限制本发明的范围。本发明的其它特征将通过以下的说明书而变得容易理解。

附图说明

[0016] 为了更清楚地说明本发明实施例中的技术方案，下面将对实施例描述中所需要使用的附图作简单地介绍，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，对于本领域普通技术人员来讲，在不付出创造性劳动的前提下，还可以根据这些附图获得其他的附图。

[0017] 图1是根据本发明实施例一提供的一种电机输出扭矩确定方法的流程图；

[0018] 图2是根据本发明实施例一提供的一种电机输入扭矩样本的示意图；

[0019] 图3是根据本发明实施例二提供的一种电机输出扭矩确定装置的结构示意图；

[0020] 图4是实现本发明实施例的电机输出扭矩确定方法的电子设备的结构示意图。

具体实施方式

[0021] 为了使本技术领域的人员更好地理解本发明方案，下面将结合本发明实施例中的附图，对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述，显然，所描述的实施例仅仅是本发明一部分的实施例，而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例，本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例，都应当属于本发明保护的范围。

[0022] 需要说明的是，本发明的说明书和权利要求书及上述附图中的术语“第一”、“目标”等是用于区别类似的对象，而不必用于描述特定的顺序或先后次序。应该理解这样使用

的数据在适当情况下可以互换，以便这里描述的本发明的实施例能够以除了在这里图示或描述的那些以外的顺序实施。此外，术语“包括”和“具有”以及他们的任何变形，意图在于覆盖不排他的包含，例如，包含了一系列步骤或单元的过程、方法、系统、产品或设备不必限于清楚地列出的那些步骤或单元，而是可包括没有清楚地列出的或对于这些过程、方法、产品或设备固有的其它步骤或单元。

[0023] 实施例一

[0024] 图1是根据本发明实施例一提供的一种电机输出扭矩确定方法的流程图，本实施例可适用于电机输出扭矩确定情况，该方法可以由电机输出扭矩确定装置来执行，该电机输出扭矩确定装置可以采用硬件和/或软件的形式实现，该电机输出扭矩确定装置可集成在任何提供电机输出扭矩确定功能的电子设备中。如图1所示，该方法包括：

[0025] S101、获取待检测方向盘输入扭矩。

[0026] 可以知道的是，EPS系统(Electric Power Steering，电动助力转向系统)包含方向盘、中间轴以及下方的转向助力机(电机、控制器、减速传动机构和扭矩转角传感器)等几部分，控制器根据方向盘手力矩、车速等信号计算并驱动电机提供助力帮助驾驶员完成车辆的转向。

[0027] 其中，方向盘输入扭矩可以作为整个EPS系统的输入，具体的，方向盘输入扭矩可以是扭矩转角传感器检测到的驾驶员转动方向盘时产生的力和角度。

[0028] 需要说明的是，待检测方向盘输入扭矩可以是驾驶员通过转动方向盘所产生的扭矩，可以是用于检测EPS系统的输出是否准确。具体的，驾驶员可以在如下工况转动方向盘产生待检测方向盘输入扭矩：在不同转速下左打方向盘、右打方向盘，在中心位置来回不同速率的快速换向、慢速换向、边位保持等。

[0029] 具体的，驾驶员通过在不同工况下转动方向盘，获取待检测方向盘输入扭矩。

[0030] S102、将待检测方向盘输入扭矩输入目标传递函数，得到目标电机输出扭矩。

[0031] 需要说明的是，目标传递函数可以是整个EPS系统的传递函数。具体的，目标传递函数的输入可以是方向盘输入扭矩，输出可以是电机输出扭矩；在本实施例中，目标传递函数的输入也可以是电机输入扭矩，输出也可以是方向盘输出扭矩。目标传递函数具有频率特性，其中，频率特性包括幅频特性和相频特性。

[0032] 需要解释的是，当方向盘输入扭矩作为传递函数的输入时，输出为电机输出扭矩。具体的，电机输出扭矩可以是电动机的输出扭矩，即电机根据驾驶员转动方向盘产生的方向盘输入扭矩所产生的对应的输出扭矩。目标电机输出扭矩可以是根据待检测方向盘输入扭矩产生的电机输出扭矩。

[0033] 其中，目标传递函数为根据至少一组第一传递函数和至少一组第二传递函数确定的。

[0034] 需要解释的是，第一传递函数可以是将方向盘输入扭矩作为输入，将电机输出扭矩作为输出时，整个EPS系统的传递函数。第二传递函数可以是将电机输入扭矩作为输入，将方向盘输出扭矩作为输出时，整个EPS系统的传递函数。

[0035] 第一传递函数通过第一样本集训练第一函数得到，第二传递函数通过第二样本集训练第一函数得到。

[0036] 需要说明的是，第一样本集可以是由至少一个第一样本组成的样本集。其中，第一

样本包括:至少一个方向盘输入扭矩样本和至少一个方向盘输入扭矩样本对应的电机输出扭矩。其中,方向盘输入扭矩样本可以是驾驶员在如下工况转动方向盘产生的方向盘输入扭矩:在不同转速下左打方向盘、右打方向盘,在中心位置来回不同速率的快速换向、慢速换向、边位保持等。其中,方向盘输入扭矩样本对应的电机输出扭矩可以是方向盘对应电机电流采样,采样频率可以是20毫秒/次。

[0037] 需要说明的是,第二样本集可以是由至少一个第二样本组成的样本集。其中,第二样本包括:至少一个电机输入扭矩样本和至少一个电机输入扭矩样本对应的方向盘输出扭矩。其中,电机输入扭矩样本可以是设计的不同频率的正弦信号并交替随机激励形成。图2是根据本发明实施例一提供的一种电机输入扭矩样本的示意图。如图2所示,电机输入扭矩样本由不同频率的正弦信号和随机激励交替形成,其中,正弦信号所采用的频率为通过分析正常驾驶员转动方向盘时所能涉及的频率所得,一般取0.1Hz到500Hz之间,优选的,本发明实施例选择如下特定频率:0.1Hz、0.5Hz、1Hz、2Hz、3Hz、5Hz、10Hz、20Hz、50Hz、100Hz、200Hz和500Hz,这样交替随机激励的好处在于覆盖度更广,更加贴合真实的转向工况。其中,电机输入扭矩样本对应的方向盘输出扭矩可以是实车采集原EPS系统的输入也就是方向盘扭矩,通过这一方法可以有效地避免驾驶员操作的不稳定随机性,从而提高EPS系统数据采集的准确性。

[0038] 值得注意的是,系统的传递函数虽然只与系统本身结构有关,与系统的输入和输出形式无关,但系统识别的方法对于识别时的准确性与系统的输入和输出的匹配形式相关,所以当采用不同的输入形式时,得到的传递函数是有差别的。

[0039] 在实际操作过程中,假设在方向盘给输入,驾驶员很难给到不同频率的手力,覆盖度较小,而通过输入和输出的颠倒设计,通过控制器软件可以直接在电机处给到随机激励叠加不同频率的电流正弦曲线,同时不影响最终的传递函数,进一步降低了人为的不稳定性,提高了识别准确性。

[0040] 其中,第一函数可以是传递函数。一般情况下,EPS系统的传递函数的阶次为2-4阶,也就是当传递函数被设定为4阶时,分母的项数为5,分母多项式的最高次项为z的4次方,最低次项为z的0次方,分子阶次小于或等于分母阶次。示例性的,第一函数可以表示为$G=\frac{b_n z^n + b_{n-1} z^{n-1} + \cdots + b_1 z^1 + b_0}{a_n z^n + a_{n-1} z^{n-1} + \cdots + a_1 z^1 + a_0}$,其中,G表示第一函数,n为第一函数的阶数(在本发明实施例中,n可以是2、3或4),b_n、b_{n-1}、…、b_1和b_0为分子中各次项的参数,a_n、a_{n-1}、…、a_1和a_0为分母中各次项的参数。

[0041] 具体的,在MATLAB中建立第一函数,通过第一样本集训练第一函数得到第一传递函数,通过第二样本集训练第一函数得到第二传递函数,根据至少一组第一传递函数和至少一组第二传递函数确定目标传递函数,将待检测方向盘输入扭矩输入目标传递函数,得到目标电机输出扭矩。

[0042] 本发明实施例的技术方案,通过获取待检测方向盘输入扭矩,将待检测方向盘输入扭矩输入目标传递函数,得到目标电机输出扭矩。本发明实施例通过将电动转向助力系统看作一个整体,减少了系统物理量计算的步骤,同时可以防止对部分模块的遗漏;通过正向方案和反向方案同时做系统识别,中和两种方案的情况,使得覆盖度更全,求得的传递函数更准确。

[0043] 可选的，通过第一样本集训练第一函数，包括：

[0044] 建立第一函数。

[0045] 具体的，可在MATLAB中建立形如$G=\frac{b_n z^n + b_{n-1} z^{n-1} + \cdots + b_1 z^1 + b_0}{a_n z^n + a_{n-1} z^{n-1} + \cdots + a_1 z^1 + a_0}$的第一函数，其中，G表示第一函数，n为第一函数的阶数(在本发明实施例中，n可以是2、3或4)，b_n、b_{n-1}、…、b_1和b_0为分子中各次项的参数，a_n、a_{n-1}、…、a_1和a_0为分母中各次项的参数。

[0046] 将第一样本集中的方向盘输入扭矩样本输入第一函数，得到预测电机输出扭矩。

[0047] 其中，预测电机输出扭矩可以是将第一样本集中的方向盘输入扭矩样本输入建立的第一函数后得到的电机输出扭矩。

[0048] 具体的，将第一样本集中的方向盘输入扭矩样本进行预处理，预处理例如可以是对第一样本集中的方向盘输入扭矩样本进行去偏移，以提高数据的准确度。之后将去偏移后的第一样本集中的方向盘输入扭矩样本输入到MATLAB中建立的第一函数，得到预测电机输出扭矩。

[0049] 根据方向盘输入扭矩样本对应的电机输出扭矩和预测电机输出扭矩训练第一函数的阶次。

[0050] 具体的，MATLAB算法根据方向盘输入扭矩样本和方向盘输入扭矩样本对应的电机输出扭矩估算出传递函数，并得到预测电机输出扭矩，将预测电机输出扭矩和方向盘输入扭矩样本对应的电机输出扭矩进行比对，得到该阶次传递函数的相似度。若相似度大于设定阈值(示例性的，在本发明实施例中设定阈值可以是85％)，则得到该阶次的第一传递函数。

[0051] 返回执行将第一样本集中的方向盘输入扭矩样本输入第一函数，得到预测电机输出扭矩的操作，直至得到至少一组第一传递函数。

[0052] 具体的，将预测电机输出扭矩和方向盘输入扭矩样本对应的电机输出扭矩进行比对，得到该阶次传递函数的相似度。若相似度小于或者等于设定阈值(示例性的，在本发明实施例中设定阈值可以是85％)，则返回执行将第一样本集中的方向盘输入扭矩样本输入第一函数，得到预测电机输出扭矩的操作，直至得到至少一组第一传递函数。

[0053] 可选的，通过第二样本集训练第二函数，包括：

[0054] 建立第一函数。

[0055] 具体的，可在MATLAB中建立形如$G=\frac{b_n z^n + b_{n-1} z^{n-1} + \cdots + b_1 z^1 + b_0}{a_n z^n + a_{n-1} z^{n-1} + \cdots + a_1 z^1 + a_0}$的第一函数，其中，G表示第一函数，n为第一函数的阶数(在本发明实施例中，n可以是2、3或4)，b_n、b_{n-1}、…、b_1和b_0为分子中各次项的参数，a_n、a_{n-1}、…、a_1和a_0为分母中各次项的参数。

[0056] 将第二样本集中的电机输入扭矩样本输入第一函数，得到预测方向盘输出扭矩。

[0057] 其中，预测方向盘输出扭矩可以是将第二样本集中的电机输入扭矩样本输入建立的第一函数后得到的方向盘输出扭矩。

[0058] 具体的，将第二样本集中的电机输入扭矩样本进行预处理，预处理例如可以是对第二样本集中的电机输入扭矩样本进行去偏移，以提高数据的准确度。之后将去偏移后的第二样本集中的电机输入扭矩样本输入到MATLAB中建立的第一函数，得到预测方向盘输出

扭矩。

[0059] 根据电机输入扭矩样本对应的方向盘输出扭矩和方向盘输出扭矩训练所述第一函数的阶次。

[0060] 具体的，MATLAB算法根据电机输入扭矩样本和电机输入扭矩样本对应的方向盘输出扭矩估算出传递函数，并得到预测方向盘输出扭矩，将预测方向盘输出扭矩和电机输入扭矩样本对应的方向盘输出扭矩进行比对，得到该阶次传递函数的相似度。若相似度大于设定阈值(示例性的，在本发明实施例中设定阈值可以是85％)，则得到该阶次的第二传递函数。

[0061] 返回执行将第二样本集中的电机输入扭矩样本输入第一函数，得到预测方向盘输出扭矩的操作，直至得到至少一组第二传递函数。

[0062] 具体的，将预测方向盘输出扭矩和电机输入扭矩样本对应的方向盘输出扭矩进行比对，得到该阶次传递函数的相似度。若相似度小于或者等于设定阈值(示例性的，在本发明实施例中设定阈值可以是85％)，则返回执行将第二样本集中的电机输入扭矩样本输入第一函数，得到预测方向盘输出扭矩的操作，直至得到至少一组第二传递函数。

[0063] 可选的，根据至少一组第一传递函数和至少一组第二传递函数确定目标传递函数，包括：

[0064] 获取至少一组第一传递函数对应的第一目标阶数、至少一组第一传递函数对应的相似度、至少一组第二传递函数对应的第二目标阶数以及至少一组第二传递函数对应的相似度。

[0065] 其中，第一目标阶数指的是第一传递函数的阶数。第一传递函数对应的相似度可以是将预测电机输出扭矩和方向盘输入扭矩样本对应的电机输出扭矩进行比对，得到的该阶次的第一传递函数的相似度。

[0066] 其中，第二目标阶数指的是第二传递函数的阶数。第二传递函数对应的相似度可以是将预测方向盘输出扭矩和电机输入扭矩样本对应的方向盘输出扭矩进行比对，得到的该阶次的第二传递函数的相似度。

[0067] 具体的，获取MATLAB中得到的至少一组第一传递函数对应的第一目标阶数、至少一组第一传递函数对应的相似度、至少一组第二传递函数对应的第二目标阶数以及至少一组第二传递函数对应的相似度。

[0068] 根据至少一组第一传递函数对应的相似度确定至少一组第一传递函数中相似度最大的第一传递函数。

[0069] 具体的，将至少一组第一传递函数对应的相似度进行比较，找出其中相似度最大的第一传递函数。示例性的，至少一组第一传递函数中相似度最大的第一传递函数可以用 $G_{第一}=\frac{b_n'z^n+b_{n-1}'z^{n-1}+\cdots+b_1'z^1+b_0'}{a_n'z^n+a_{n-1}'z^{n-1}+\cdots+a_1'z^1+a_0'}$ 进行表示，其中，$G_{第一}$表示相似度最大的第一传递函数，n为第一传递函数的阶数(在本发明实施例中，n可以是2、3或4)，b_n'、b_{n-1}'、…、b_1'和b_0'为分子中各次项的参数，a_n'、a_{n-1}'、…、a_1'和a_0'为分母中各次项的参数。示例性的，至少一组第一传递函数中相似度最大的第一传递函数$G_{第一}$的相似度可以用p进行表示。

[0070] 根据至少一组第二传递函数对应的相似度确定至少一组第二传递函数中相似度最大的第二传递函数。

[0071] 具体的，将至少一组第二传递函数对应的相似度进行比较，找出其中相似度最大的第二传递函数。示例性的，至少一组第二传递函数中相似度最大的第二传递函数可以用$G_{第二}=\frac{b_n''z^n+b_{n-1}''z^{n-1}+\cdots+b_1''z^1+b_0''}{a_n''z^n+a_{n-1}''z^{n-1}+\cdots+a_1''z^1+a_0''}$进行表示，其中，$G_{第二}$表示相似度最大的第二传递函数，n为第二传递函数的阶数(在本发明实施例中，n可以是2、3或4)，b_n''、b_{n-1}''、…、b_1''和b_0''为分子中各次项的参数，a_n''、a_{n-1}''、…、a_1''和a_0''为分母中各次项的参数。示例性的，至少一组第二传递函数中相似度最大的第二传递函数$G_{第二}$的相似度可以用q进行表示。

[0072] 根据相似度最大的第一传递函数和相似度最大的第二传递函数确定目标传递函数。

[0073] 具体的，根据相似度最大的第一传递函数$G_{第一}$和相似度最大的第二传递函数$G_{第二}$确定目标传递函数。

[0074] 可选的，根据相似度最大的第一传递函数和相似度最大的第二传递函数确定目标传递函数，包括：

[0075] 若相似度最大的第一传递函数的阶数和相似度最大的第二传递函数的阶数不同，则将相似度最大的第一传递函数和相似度最大的第二传递函数中相似度最大的传递函数确定为目标传递函数。

[0076] 具体的，当相似度最大的第一传递函数$G_{第一}$和相似度最大的第二传递函数$G_{第二}$的阶数不同时，将两者中相似度最大的传递函数确定为目标传递函数。一般情况下，在相似度更优为主的基础上，第二权重比更高。

[0077] 若相似度最大的第一传递函数的阶数和相似度最大的第二传递函数的阶数相同，则根据相似度最大的第一传递函数的相似度和相似度最大的第二传递函数的相似度确定相似度最大的第一传递函数的第一权重和相似度最大的第二传递函数的第二权重。

[0078] 具体的，当相似度最大的第一传递函数$G_{第一}$和相似度最大的第二传递函数$G_{第二}$的阶数相同时，则采用权重法求得目标传递函数，中和两种方案的情况，使得覆盖度更全，求得的传递函数更准确。

[0079] 将第一权重和相似度最大的第一传递函数的乘积，与第二权重和相似度最大的第二传递函数的乘积之和确定为目标传递函数。

[0080] 具体的，将第一权重和相似度最大的第一传递函数各参数的乘积，与第二权重和相似度最大的第二传递函数各参数的乘积之和确定为目标传递函数的各参数。

[0081] 可选的，根据相似度最大的第一传递函数的相似度和相似度最大的第二传递函数的相似度确定相似度最大的第一传递函数的第一权重和相似度最大的第二传递函数的第二权重，包括：

[0082] 基于如下公式计算得到第一权重：

[0083] $$H_{第一}=\frac{p}{p+q};$$

[0084] 其中，$H_{第一}$表示相似度最大的第一传递函数的第一权重，p表示相似度最大的第一传递函数的相似度，q表示相似度最大的第二传递函数的相似度。

[0085] 基于如下公式计算得到第二权重：

[0086] $$H_{第二}=\frac{q}{p+q};$$

[0087] 其中，$H_{第二}$表示相似度最大的第一传递函数的第一权重，p表示相似度最大的第一传递函数的相似度，q表示相似度最大的第二传递函数的相似度。

[0088] 相应的，基于如下公式计算目标传递函数的各参数：

[0089] $b_n''' = H_{第一} \times b_n' + H_{第二} \times b_n''$；

[0090] …

[0091] $a_0''' = H_{第一} \times a_0' + H_{第二} \times a_0''$；

[0092] 最终得到的目标传递函数的表达式为：

[0093] $$G_{目标}=\frac{b_n'''z^n+b_{n-1}'''z^{n-1}+\cdots+b_1'''z^1+b_0'''}{a_n'''z^n+a_{n-1}'''z^{n-1}+\cdots+a_1'''z^1+a_0'''};$$

[0094] 其中，$G_{目标}$表示目标传递函数，n为目标传递函数的阶数(在本发明实施例中，n可以是2、3或4)，b_n'''、b_{n-1}'''、…、b_1'''和b_0'''为分子中各次项的参数，a_n'''、a_{n-1}'''、…、a_1'''和a_0'''为分母中各次项的参数。

[0095] 在得到了EPS系统的目标传递函数以后，我们需要对该系统进行校正。一般的EPS开环传递函数经过超前和滞后补偿以后，EPS系统会达到较为良好的稳态和瞬态性能。但是，超前校正虽然可以提高系统响应速度，提高系统相位裕度，改善瞬态特性，但会增大高频增益；而滞后校正虽然可以在高频时降低系统幅值，改善稳态特性，但同时也会增大系统延迟。超前和滞后校正有时不能很好地解决EPS系统频率曲线在某些频率点位置出现的尖峰，这对EPS系统的正常工作是不利的。因此本发明实施例引进陷波校正方法，来消除某些频率点位置的尖峰，从而提高系统的稳定性。

[0096] 本发明实施例在一般的超前和滞后校正之外，还引用了陷波校正方法，可以有效地对EPS系统中某些特定不稳定频率点进行校正，在较小影响原系统响应下，改善了EPS系统频率曲线的整体光滑度，提高系统的稳定性。

[0097] 实施例二

[0098] 图3是根据本发明实施例二提供的一种电机输出扭矩确定装置的结构示意图。如图3所示，该装置包括：获取模块201和确定模块202。

[0099] 其中，获取模块201，用于获取待检测方向盘输入扭矩；

[0100] 确定模块202，用于将所述待检测方向盘输入扭矩输入目标传递函数，得到目标电机输出扭矩，其中，所述目标传递函数为根据至少一组第一传递函数和至少一组第二传递函数确定的，所述第一传递函数通过第一样本集训练第一函数得到，所述第二传递函数通过第二样本集训练第一函数得到，其中，所述第一样本包括：方向盘输入扭矩样本和方向盘输入扭矩样本对应的电机输出扭矩，所述第二样本包括：电机输入扭矩样本和电机输入扭矩样本对应的方向盘输出扭矩。

[0101] 可选的，所述确定模块202包括：

[0102] 第一建立单元，用于建立第一函数；

[0103] 第一输入单元，用于将所述第一样本集中的方向盘输入扭矩样本输入所述第一函数，得到预测电机输出扭矩；

[0104] 第一训练单元，用于根据所述方向盘输入扭矩样本对应的电机输出扭矩和所述预测电机输出扭矩训练所述第一函数的阶次；

[0105] 第一执行单元，用于返回执行将所述第一样本集中的方向盘输入扭矩样本输入所述第一函数，得到预测电机输出扭矩的操作，直至得到至少一组第一传递函数。

[0106] 可选的，所述确定模块202包括：

[0107] 第二建立单元，用于建立第一函数；

[0108] 第二输入单元，用于将所述第二样本集中的电机输入扭矩样本输入所述第一函数，得到预测方向盘输出扭矩；

[0109] 第二训练单元，用于根据所述电机输入扭矩样本对应的方向盘输出扭矩和所述方向盘输出扭矩训练所述第一函数的阶次；

[0110] 第二执行单元，用于返回执行将所述第二样本集中的电机输入扭矩样本输入所述第一函数，得到预测方向盘输出扭矩的操作，直至得到至少一组第二传递函数。

[0111] 可选的，所述确定模块202包括：

[0112] 获取单元，用于获取所述至少一组第一传递函数对应的第一目标阶数、所述至少一组第一传递函数对应的相似度、所述至少一组第二传递函数对应的第二目标阶数以及所述至少一组第二传递函数对应的相似度；

[0113] 第一确定单元，用于根据所述至少一组第一传递函数对应的相似度确定所述至少一组第一传递函数中相似度最大的第一传递函数；

[0114] 第二确定单元，用于根据所述至少一组第二传递函数对应的相似度确定所述至少一组第二传递函数中相似度最大的第二传递函数；

[0115] 第三确定单元，用于根据所述相似度最大的第一传递函数和所述相似度最大的第二传递函数确定目标传递函数。

[0116] 可选的，所述第三确定单元包括：

[0117] 第一确定子单元，用于若所述相似度最大的第一传递函数的阶数和所述相似度最大的第二传递函数的阶数不同，则将所述相似度最大的第一传递函数和相似度最大的第二传递函数中相似度最大的传递函数确定为目标传递函数；

[0118] 第二确定子单元，用于若所述相似度最大的第一传递函数的阶数和所述相似度最大的第二传递函数的阶数相同，则根据所述相似度最大的第一传递函数的相似度和所述相似度最大的第二传递函数的相似度确定所述相似度最大的第一传递函数的第一权重和所述相似度最大的第二传递函数的第二权重；

[0119] 第三确定子单元，用于将所述第一权重和所述相似度最大的第一传递函数的乘积，与所述第二权重和所述相似度最大的第二传递函数的乘积之和确定为目标传递函数。

[0120] 可选的，所述第二确定子单元具体用于：

[0121] 基于如下公式计算得到第一权重：

[0122] $$H_{第一}=\frac{p}{p+q};$$

[0123] 其中，$H_{第一}$表示相似度最大的第一传递函数的第一权重，p表示相似度最大的第一传递函数的相似度，q表示相似度最大的第二传递函数的相似度。

[0124] 基于如下公式计算得到第二权重：

[0125] $$H_{第二}=\frac{q}{p+q};$$

[0126] 其中，$H_{第二}$表示相似度最大的第一传递函数的第一权重，p表示相似度最大的第一传递函数的相似度，q表示相似度最大的第二传递函数的相似度。

[0127] 本发明实施例所提供的电机输出扭矩确定装置可执行本发明任意实施例所提供的电机输出扭矩确定方法，具备执行方法相应的功能模块和有益效果。

[0128] 实施例三

[0129] 图4示出了可以用来实施本发明的实施例的电子设备30的结构示意图。电子设备旨在表示各种形式的数字计算机，诸如，膝上型计算机、台式计算机、工作台、个人数字助理、服务器、刀片式服务器、大型计算机、和其它适合的计算机。电子设备还可以表示各种形式的移动装置，诸如，个人数字处理、蜂窝电话、智能电话、可穿戴设备(如头盔、眼镜、手表等)和其它类似的计算装置。本文所示的部件、它们的连接和关系、以及它们的功能仅仅作为示例，并且不意在限制本文中描述的和/或者要求的本发明的实现。

[0130] 如图4所示，电子设备30包括至少一个处理器31，以及与至少一个处理器31通信连接的存储器，如只读存储器(ROM)32、随机访问存储器(RAM)33等，其中，存储器存储有可被至少一个处理器执行的计算机程序，处理器31可以根据存储在只读存储器(ROM)32中的计算机程序或者从存储单元38加载到随机访问存储器(RAM)33中的计算机程序，来执行各种适当的动作和处理。在RAM 33中，还可存储电子设备30操作所需的各种程序和数据。处理器31、ROM 32以及RAM 33通过总线34彼此相连。输入/输出(I/O)接口35也连接至总线34。

[0131] 电子设备30中的多个部件连接至I/O接口35，包括：输入单元36，例如键盘、鼠标等；输出单元37，例如各种类型的显示器、扬声器等；存储单元38，例如磁盘、光盘等；以及通信单元39，例如网卡、调制解调器、无线通信收发机等。通信单元39允许电子设备30通过诸如因特网的计算机网络和/或各种电信网络与其他设备交换信息/数据。

[0132] 处理器31可以是各种具有处理和计算能力的通用和/或专用处理组件。处理器31的一些示例包括但不限于中央处理单元(CPU)、图形处理单元(GPU)、各种专用的人工智能(AI)计算芯片、各种运行机器学习模型算法的处理器、数字信号处理器(DSP)、以及任何适当的处理器、控制器、微控制器等。处理器31执行上文所描述的各个方法和处理，例如电机输出扭矩确定方法：

[0133] 获取待检测方向盘输入扭矩；

[0134] 将所述待检测方向盘输入扭矩输入目标传递函数，得到目标电机输出扭矩，其中，所述目标传递函数为根据至少一组第一传递函数和至少一组第二传递函数确定的，所述第一传递函数通过第一样本集训练第一函数得到，所述第二传递函数通过第二样本集训练第一函数得到，其中，所述第一样本包括：方向盘输入扭矩样本和方向盘输入扭矩样本对应的电机输出扭矩，所述第二样本包括：电机输入扭矩样本和电机输入扭矩样本对应的方向盘输出扭矩。

[0135] 在一些实施例中，电机输出扭矩确定方法可被实现为计算机程序，其被有形地包含于计算机可读存储介质，例如存储单元38。在一些实施例中，计算机程序的部分或者全部可以经由ROM 32和/或通信单元39而被载入和/或安装到电子设备30上。当计算机程序加载到RAM 33并由处理器31执行时，可以执行上文描述的电机输出扭矩确定方法的一个或多个

步骤。备选地，在其他实施例中，处理器31可以通过其他任何适当的方式(例如，借助于固件)而被配置为执行电机输出扭矩确定方法。

[0136] 本文中以上描述的系统和技术的各种实施方式可以在数字电子电路系统、集成电路系统、场可编程门阵列(FPGA)、专用集成电路(ASIC)、专用标准产品(ASSP)、芯片上系统的系统(SOC)、负载可编程逻辑设备(CPLD)、计算机硬件、固件、软件、和/或它们的组合中实现。这些各种实施方式可以包括：实施在一个或者多个计算机程序中，该一个或者多个计算机程序可在包括至少一个可编程处理器的可编程系统上执行和/或解释，该可编程处理器可以是专用或者通用可编程处理器，可以从存储系统、至少一个输入装置、和至少一个输出装置接收数据和指令，并且将数据和指令传输至该存储系统、该至少一个输入装置、和该至少一个输出装置。

[0137] 用于实施本发明的方法的计算机程序可以采用一个或多个编程语言的任何组合来编写。这些计算机程序可以提供给通用计算机、专用计算机或其他可编程数据处理装置的处理器，使得计算机程序当由处理器执行时使流程图和/或框图中所规定的功能/操作被实施。计算机程序可以完全在机器上执行、部分地在机器上执行，作为独立软件包部分地在机器上执行且部分地在远程机器上执行或完全在远程机器或服务器上执行。

[0138] 在本发明的上下文中，计算机可读存储介质可以是有形的介质，其可以包含或存储以供指令执行系统、装置或设备使用或与指令执行系统、装置或设备结合地使用的计算机程序。计算机可读存储介质可以包括但不限于电子的、磁性的、光学的、电磁的、红外的、或半导体系统、装置或设备，或者上述内容的任何合适组合。备选地，计算机可读存储介质可以是机器可读信号介质。机器可读存储介质的更具体示例会包括基于一个或多个线的电气连接、便携式计算机盘、硬盘、随机存取存储器(RAM)、只读存储器(ROM)、可擦除可编程只读存储器(EPROM或快闪存储器)、光纤、便捷式紧凑盘只读存储器(CD-ROM)、光学储存设备、磁储存设备、或上述内容的任何合适组合。

[0139] 为了提供与用户的交互，可以在电子设备上实施此处描述的系统和技术，该电子设备具有：用于向用户显示信息的显示装置(例如，CRT(阴极射线管)或者LCD(液晶显示器)监视器)；以及键盘和指向装置(例如，鼠标或者轨迹球)，用户可以通过该键盘和该指向装置来将输入提供给电子设备。其它种类的装置还可以用于提供与用户的交互；例如，提供给用户的反馈可以是任何形式的传感反馈(例如，视觉反馈、听觉反馈、或者触觉反馈)；并且可以用任何形式(包括声输入、语音输入或者、触觉输入)来接收来自用户的输入。

[0140] 可以将此处描述的系统和技术实施在包括后台部件的计算系统(例如，作为数据服务器)、或者包括中间件部件的计算系统(例如，应用服务器)、或者包括前端部件的计算系统(例如，具有图形用户界面或者网络浏览器的用户计算机，用户可以通过该图形用户界面或者该网络浏览器来与此处描述的系统和技术的实施方式交互)、或者包括这种后台部件、中间件部件、或者前端部件的任何组合的计算系统中。可以通过任何形式或者介质的数字数据通信(例如，通信网络)来将系统的部件相互连接。通信网络的示例包括：局域网(LAN)、广域网(WAN)、区块链网络和互联网。

[0141] 计算系统可以包括客户端和服务器。客户端和服务器一般远离彼此并且通常通过通信网络进行交互。通过在相应的计算机上运行并且彼此具有客户端-服务器关系的计算机程序来产生客户端和服务器的关系。服务器可以是云服务器，又称为云计算服务器或云

主机，是云计算服务体系中的一项主机产品，以解决了传统物理主机与VPS服务中，存在的管理难度大，业务扩展性弱的缺陷。

[0142] 应该理解，可以使用上面所示的各种形式的流程，重新排序、增加或删除步骤。例如，本发明中记载的各步骤可以并行地执行也可以顺序地执行也可以不同的次序执行，只要能够实现本发明的技术方案所期望的结果，本文在此不进行限制。

[0143] 上述具体实施方式，并不构成对本发明保护范围的限制。本领域技术人员应该明白的是，根据设计要求和其他因素，可以进行各种修改、组合、子组合和替代。任何在本发明的精神和原则之内所作的修改、等同替换和改进等，均应包含在本发明保护范围之内。

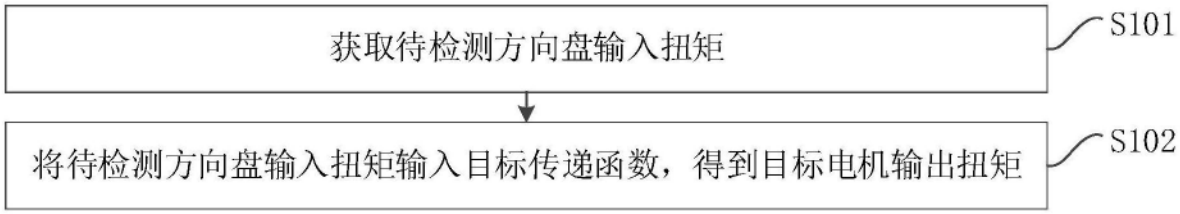

获取待检测方向盘输入扭矩
S101
将待检测方向盘输入扭矩输入目标传递函数，得到目标电机输出扭矩
S102

图1

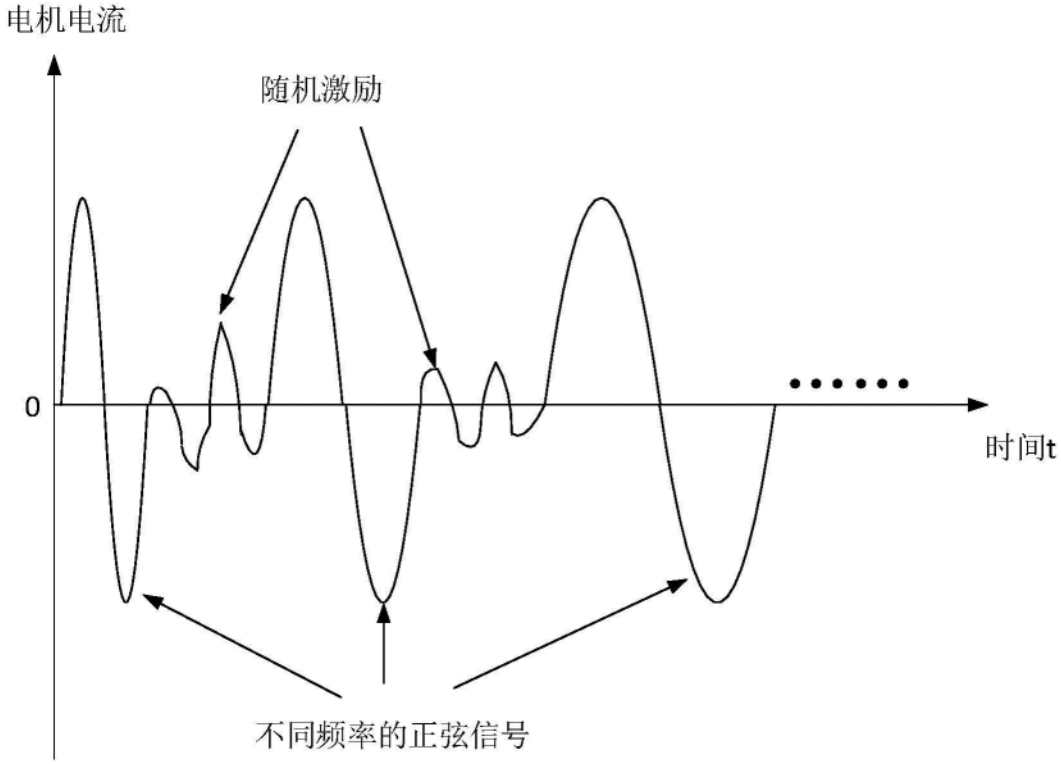

电机电流
随机激励
0
时间t
不同频率的正弦信号

图2

获取模块
201
确定模块
202

图3

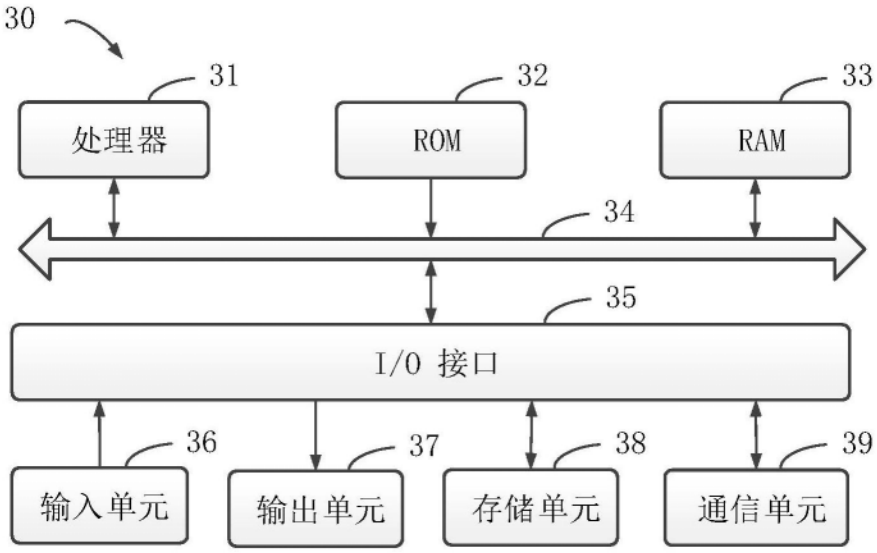


图4