



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 112572086 A

(43) 申请公布日 2021.03.30

(21) 申请号 202011530881.X

(22) 申请日 2020.12.22

(71) 申请人 华为技术有限公司

地址 518129 广东省深圳市龙岗区坂田华为总部办公楼

(72) 发明人 刘方诚 辛凯 刘云峰

(74) 专利代理机构 广州三环专利商标代理有限公司 44202

代理人 熊永强 李稷芳

(51) Int. Cl.

B60G 17/015 (2006.01)

B60G 17/019 (2006.01)

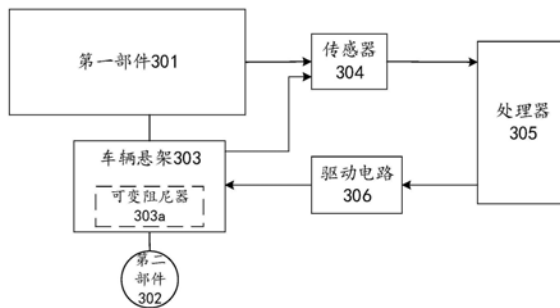
权利要求书3页 说明书11页 附图4页

(54) 发明名称

车辆、车辆悬架的控制方法及其相关设备

(57) 摘要

本申请实施例提供了一种车辆、车辆悬架的控制方法及其相关设备,该车辆包括第一部件、第二部件和车辆悬架,其中车辆悬架位于第一部件与第二部件之间;第一部件为车辆悬架承载的部件,第二部件用于承载车辆悬架与第一部件,车辆悬架包括连接于第一部件与第二部件之间的可变阻尼器。该可变阻尼器用于根据第一部件的第一加速度,向第一部件提供第一作用力,以控制第一部件在沿车辆的高度方向上与第二部件的相对位移。实施本申请实施例,可以有效地减少了车辆在行驶过程中的颠簸,提高了车辆乘坐的舒适度。



1. 一种车辆,所述车辆包括第一部件、第二部件和车辆悬架,其中所述车辆悬架位于所述第一部件与所述第二部件之间;所述第一部件为所述车辆悬架承载的部件,所述第二部件用于承载所述车辆悬架与所述第一部件,所述车辆悬架包括连接于所述第一部件与所述第二部件之间的可变阻尼器,其特征在于,

所述可变阻尼器用于根据所述第一部件的第一加速度,向所述第一部件提供第一作用力,以控制所述第一部件在沿所述车辆的高度方向上与所述第二部件的相对位移。

2. 根据权利要求1所述的车辆,其特征在于,所述第一加速度为所述第一部件在沿所述车辆的高度方向上的加速度;

所述可变阻尼器用于根据所述第一加速度与第一预设控制参数的第一乘积,向所述第一部件提供所述第一作用力。

3. 根据权利要求2所述的车辆,其特征在于,所述可变阻尼器用于根据所述第一乘积以及第二乘积,向所述第一部件提供所述第一作用力,其中,所述第二乘积为第一速度与第二预设控制参数的乘积,所述第一速度为所述第一部件在沿所述车辆的高度方向上的速度。

4. 根据权利要求3所述的车辆,其特征在于,所述可变阻尼器用于根据所述第一乘积、所述第二乘积以及第三乘积,向所述第一部件提供所述第一作用力,其中,所述第三乘积为相对速度与所述可变阻尼器的第一阻尼系数的乘积,所述相对速度为所述第一部件在沿所述车辆的高度方向上与所述第二部件的相对速度。

5. 根据权利要求2-4任一项所述的车辆,其特征在于,所述可变阻尼器用于根据所述第一乘积以及第四乘积,向所述第一部件提供所述第一作用力,其中所述第四乘积为参考加速度与所述第一预设控制参数的乘积。

6. 根据权利要求1-5任一项所述的车辆,其特征在于,所述车辆还包括驱动电路,所述驱动电路与所述可变阻尼器连接;

所述驱动电路用于接收驱动信号,并基于所述驱动信号向所述可变阻尼器输出大小为目标驱动电流值的目标驱动电流,其中所述目标驱动电流值为根据所述第一作用力以及相对速度确定的,所述相对速度为所述第一部件在沿所述车辆的高度方向上与所述第二部件的相对速度。

7. 根据权利要求1-6任一项所述的车辆,其特征在于,相对速度与第一速度的乘积大于零,其中,所述相对速度为所述第一部件在沿所述车辆的高度方向上与所述第二部件的相对速度;所述第一速度为所述第一部件在沿所述车辆的高度方向上的速度。

8. 根据权利要求7所述的车辆,其特征在于,所述可变阻尼器还用于在所述相对速度与所述第一速度的乘积不大于零的情况下,根据所述相对速度与自身的第二阻尼系数,向所述第一部件提供所述第一作用力。

9. 根据权利要求1-8任一项所述的车辆,其特征在于,在所述第一作用力大于所述可变阻尼器的最大阻尼力时,所述可变阻尼器用于将自身的最大阻尼力作为所述第一作用力向所述第一部件提供。

10. 一种车辆悬架的控制方法,所述车辆悬架位于第一部件与第二部件之间,所述第一部件为所述车辆悬架承载的部件,所述第二部件用于承载所述车辆悬架与所述第一部件,所述车辆悬架包括连接于所述第一部件与所述第二部件之间的可变阻尼器,其特征在于,所述控制方法包括:

根据所述第一部件的第一加速度,确定所述可变阻尼器向所述第一部件提供第一作用力,以控制所述第一部件在沿车辆的高度方向上与所述第二部件的相对位移。

11. 根据权利要求10所述的方法,其特征在于,所述根据所述第一部件的第一加速度,向所述第一部件提供第一作用力包括:

根据所述第一加速度与第一预设控制参数的第一乘积,确定所述可变阻尼器向所述第一部件提供的所述第一作用力,其中,所述第一加速度为所述第一部件在沿所述车辆的高度方向上的加速度。

12. 根据权利要求11所述的控制方法,其特征在于,所述根据所述第一加速度与第一预设控制参数的第一乘积,确定所述可变阻尼器向所述第一部件提供的所述第一作用力包括:

根据所述第一乘积以及第二乘积,确定所述可变阻尼器向所述第一部件提供的所述第一作用力,其中,所述第二乘积为第一速度与第二预设控制参数的乘积,所述第一速度为所述第一部件在沿所述车辆的高度方向上的速度。

13. 根据权利要求12所述的控制方法,其特征在于,所述根据所述第一乘积以及第二乘积,确定所述可变阻尼器向所述第一部件提供的所述第一作用力包括:

根据所述第一乘积、所述第二乘积以及第三乘积,确定所述可变阻尼器向所述第一部件提供的所述第一作用力,其中,所述第三乘积为相对速度与所述可变阻尼器的第一阻尼系数的乘积,所述相对速度为所述第一部件在沿所述车辆的高度方向上与所述第二部件的相对速度。

14. 根据权利要求11-13任一项所述的控制方法,其特征在于,所述根据所述第一部件的第一加速度,确定所述可变阻尼器向所述第一部件提供的所述第一作用力包括:

根据所述第一乘积以及第四乘积,确定所述可变阻尼器向所述第一部件提供的所述第一作用力,其中所述第四乘积为参考加速度与所述第一预设控制参数的乘积。

15. 根据权利要求10-14任一项所述的控制方法,其特征在于,所述方法还包括:

根据所述第一作用力以及相对速度,确定目标驱动电流值,其中所述相对速度为所述第一部件在沿所述车辆的高度方向上与所述第二部件的相对速度;

基于所述目标驱动电流值生成驱动信号,并将所述驱动信号发送至所述可变阻尼器的驱动电路,以使所述可变阻尼器的驱动电路基于所述驱动信号,向所述可变阻尼器输出大小为所述目标驱动电流值的目标驱动电流。

16. 根据权利要求10-15任一项所述的控制方法,其特征在于,相对速度与第一速度的乘积大于零,其中,所述相对速度为所述第一部件在沿所述车辆高度方向上与所述第二部件的相对速度;所述第一速度为所述第一部件在沿所述车辆高度方向上的速度。

17. 根据权利要求16所述的控制方法,其特征在于,所述方法还包括:

当所述相对速度与所述第一速度的乘积不大于零时,根据所述相对速度与所述可变阻尼器的第二阻尼系数,确定所述可变阻尼器向所述第一部件提供的所述第一作用力。

18. 根据权利要求10-17任一项所述的控制方法,其特征在于,所述方法还包括:

当所述第一作用力大于所述可变阻尼器的最大阻尼力时,将所述可变阻尼器的最大阻尼力作为所述第一作用力。

19. 一种车辆悬架,所述车辆悬架位于第一部件与第二部件之间,所述第一部件为所述

车辆悬架承载的部件,所述第二部件用于承载所述车辆悬架与所述第一部件,其特征在于,所述车辆悬架包括连接于所述第一部件与所述第二部件之间的可变阻尼器,其中所述可变阻尼器用于根据所述第一部件的第一加速度,向所述第一部件提供第一作用力。

20. 一种车辆悬架的控制设备,其特征在于,所述控制设备包括:收发器、处理器和存储器,所述收发器、所述处理器和所述存储器通过总线系统相连;

所述存储器用于存储指令;

所述处理器用于调用所述存储器中存储的指令,执行上述权利要求10-18中任一项的方法。

车辆、车辆悬架的控制方法及其相关设备

技术领域

[0001] 本申请涉及车辆技术领域,尤其是一种车辆、车辆悬架的控制方法及其相关设备。

背景技术

[0002] 为了保证车辆在行驶过程中发生不必要的颠簸,车辆中设置有车辆悬架。如图1所示,该车辆悬架是位于车架与车轮之间的装置。车辆悬架由多个部件组成,例如弹性元件、可变阻尼减震器(即可变阻尼器)等。车辆悬架的具体结构图可以参考图2,如图2所示,可变阻尼器围绕弹性元件设置。弹性元件和可变阻尼器将车架与车轮连接起来,当车辆与地面发生冲击时可通过弹性元件来减小冲击,还可以通过可变阻尼器给车架提供反向作用力来降低因冲击而引起的振动。弹性元件与可变阻尼器同时作用,保证车辆行驶时的平顺性。弹性元件的刚度一般是固定的,随着实际的路面情况不同,车辆悬架中可变阻尼器需要给车架提供的作用力应该是不同的。如何调节可变阻尼器给车架提供的作用力,减轻车辆的振动是目前研究的问题之一。

[0003] 现有技术通常采用二状态天棚控制法来对可变阻尼器的阻尼力进行调节。根据车辆悬架两端的相对运动趋势以及车架的运动速度,选择可变阻尼器的两个阻尼系数中的一个,可变阻尼器的阻尼力与自身的阻尼系数相关,不同的阻尼系数对应不同的阻尼力大小。换句话说,现有技术是通过选择可变阻尼器的阻尼系数来调节该可变阻尼器的阻尼力,这种控制策略调节得到的阻尼力不够准确。

发明内容

[0004] 本申请实施例提供了一种车辆、车辆悬架的控制方法及其相关设备,可以有效地减少了车辆在行驶过程中的颠簸,提高了车辆乘坐的舒适度。

[0005] 第一方面,本申请实施例提供了一种车辆,该车辆包括第一部件、第二部件和车辆悬架,其中该车辆悬架位于上述第一部件与上述第二部件之间;上述第一部件为该车辆悬架承载的部件,上述第二部件用于承载该车辆悬架与上述第一部件,该车辆悬架包括连接于上述第一部件与上述第二部件之间的可变阻尼器,该可变阻尼器用于根据上述第一部件的第一加速度,向上述第一部件提供第一作用力,以控制上述第一部件在沿车辆的高度方向上与上述第二部件的相对位移。

[0006] 本申请实施例是直接控制可变阻尼器向第一部件提供的第一作用力,并在第一作用力的控制过程中引入了第一部件的第一加速度来进行闭环控制,实现对第一部件的第一加速度的准确控制,实施本申请实施例,可以有效地减少了车辆在行驶过程中的颠簸,提高了车辆乘坐的舒适度。

[0007] 结合第一方面,在第一种可能的实现方式中,上述第一加速度为上述第一部件在沿车辆的高度方向上的加速度;

[0008] 上述可变阻尼器用于根据该第一加速度与第一预设控制参数的第一乘积,向上述第一部件提供上述第一作用力。

[0009] 结合第一方面第一种可能的实现方式,在第二种可能的实现方式中,上述可变阻尼器用于根据上述第一乘积以及第二乘积,向上述第一部件提供上述第一作用力,其中,该第二乘积为第一速度与第二预设控制参数的乘积,该第一速度为上述第一部件在沿车辆的高度方向上的速度。

[0010] 本申请实施例在第一作用力的控制过程中除了引入第一部件的第一加速度之外,还进一步引入了第一部件的第一速度,从而可以更加准确地对第一部件的第一加速度进行控制,进一步提高了车辆乘坐的舒适度。

[0011] 结合第一方面第二种可能的实现方式,在第三种可能的实现方式中,上述可变阻尼器用于根据上述第一乘积、上述第二乘积以及第三乘积,向上述第一部件提供上述第一作用力,其中,该第三乘积为相对速度与上述可变阻尼器的第一阻尼系数的乘积,该相对速度为上述第一部件在沿车辆的高度方向上与上述第二部件的相对速度。

[0012] 实施本申请实施例,考虑了可变阻尼器自身的阻尼力,在第一作用力的控制过程中除了引入第一部件的第一加速度和第一部件的第一速度之外,还进一步引入了可变阻尼器自身的阻尼力,从而可以更加准确地对第一部件的第一加速度进行控制,进一步提高了车辆乘坐的舒适度。

[0013] 结合第一方面第一种可能的实现方式至第三种可能的实现方式中的任意一种,在第四种可能的实现方式中,上述可变阻尼器用于根据上述第一乘积以及第四乘积,向上述第一部件提供上述第一作用力,其中该第四乘积为参考加速度与上述第一预设控制参数的乘积。

[0014] 结合第一方面或结合第一方面上述任意一种可能的实现方式中,在第五种可能的实现方式中,上述车辆还包括驱动电路,该驱动电路与上述可变阻尼器连接;该驱动电路用于接收驱动信号,并基于该驱动信号向上述可变阻尼器输出大小为目标驱动电流值的目标驱动电流,其中该目标驱动电流值为根据上述第一作用力以及相对速度确定的,该相对速度为上述第一部件在沿车辆的高度方向上与上述第二部件的相对速度。

[0015] 结合第一方面或结合第一方面上述任意一种可能的实现方式,在第六种可能的实现方式中,相对速度与第一速度的乘积大于零,其中,该相对速度为上述第一部件在沿车辆的高度方向上与上述第二部件的相对速度;该第一速度为上述第一部件在沿车辆的高度方向上的速度。

[0016] 结合第一方面第六种可能的实现方式,在第七种可能的实现方式中,上述可变阻尼器还用于在上述相对速度与上述第一速度的乘积不大于零的情况下,根据上述相对速度与自身的第二阻尼系数,向上述第一部件提供上述第一作用力。

[0017] 结合第一方面或结合第一方面上述任意一种可能的实现方式,在第八种可能的实现方式中,在上述第一作用力大于上述可变阻尼器的最大阻尼力时,该可变阻尼器用于将自身的最大阻尼力作为上述第一作用力向上述第一部件提供。

[0018] 第二方面,本申请实施例提供了一种车辆悬架的控制方法,该车辆悬架位于第一部件与第二部件之间,该第一部件为上述车辆悬架承载的部件,该第二部件用于承载上述车辆悬架与上述第一部件,该车辆悬架包括连接于上述第一部件与上述第二部件之间的可变阻尼器,上述控制方法包括:

[0019] 根据上述第一部件的第一加速度,确定上述可变阻尼器向上述第一部件提供第一

作用力,以控制上述第一部件在沿车辆的高度方向上与上述第二部件的相对位移。

[0020] 结合第二方面,在第一种可能的实现方式中,上述根据上述第一部件的第一加速度,向上述第一部件提供第一作用力具体实现为:

[0021] 根据上述第一加速度与第一预设控制参数的第一乘积,确定上述可变阻尼器向上述第一部件提供的上述第一作用力,其中,上述第一加速度为上述第一部件在沿车辆的高度方向上的加速度。

[0022] 结合第二方面第一种可能的实现方式,在第二种可能的实现方式中,上述根据上述第一加速度与第一预设控制参数的第一乘积,确定上述可变阻尼器向上述第一部件提供的上述第一作用力具体实现为:

[0023] 根据上述第一乘积以及第二乘积,确定上述可变阻尼器向上述第一部件提供的上述第一作用力,其中,该第二乘积为第一速度与第二预设控制参数的乘积,该第一速度为上述第一部件在沿车辆的高度方向上的速度。

[0024] 结合第二方面第二种可能的实现方式,在第三种可能的实现方式中,上述根据上述第一乘积以及第二乘积,确定上述可变阻尼器向上述第一部件提供的上述第一作用力具体实现为:

[0025] 根据上述第一乘积、上述第二乘积以及第三乘积,确定上述可变阻尼器向上述第一部件提供的上述第一作用力,其中,该第三乘积为相对速度与上述可变阻尼器的第一阻尼系数的乘积,该相对速度为上述第一部件在沿车辆的高度方向上与上述第二部件的相对速度。

[0026] 结合第二方面第一种可能的实现方式至第三种可能的实现方式中的任意一种,在第四种可能的实现方式中,上述根据上述第一部件的第一加速度,确定上述可变阻尼器向上述第一部件提供的上述第一作用力具体实现为:

[0027] 根据上述第一乘积以及第四乘积,确定上述可变阻尼器向上述第一部件提供的上述第一作用力,其中该第四乘积为参考加速度与上述第一预设控制参数的乘积。

[0028] 结合第二方面或结合第二方面上述任意一种可能的实现方式中,在第五种可能的实现方式中,上述方法还包括:

[0029] 根据上述第一作用力以及相对速度,确定目标驱动电流值,其中该相对速度为上述第一部件在沿车辆的高度方向上与上述第二部件的相对速度;

[0030] 基于该目标驱动电流值生成驱动信号,并将该驱动信号发送至上述可变阻尼器的驱动电路,以使该可变阻尼器的驱动电路基于上述驱动信号,向上述可变阻尼器输出大小为上述目标驱动电流值的目标驱动电流。

[0031] 结合第二方面或结合第二方面上述任意一种可能的实现方式,在第六种可能的实现方式中,相对速度与第一速度的乘积大于零,其中,该相对速度为上述第一部件在沿车辆高度方向上与上述第二部件的相对速度;该第一速度为上述第一部件在沿上述车辆高度方向上的速度。

[0032] 结合第二方面第六种可能的实现方式,在第七种可能的实现方式中,上述方法还包括:

[0033] 当上述相对速度与上述第一速度的乘积不大于零时,根据该相对速度与上述可变阻尼器的第二阻尼系数,确定上述可变阻尼器向上述第一部件提供的上述第一作用力。

[0034] 结合第二方面或结合第二方面上述任意一种可能的实现方式,在第八种可能的实现方式中,上述方法还包括:

[0035] 当上述第一作用力大于上述可变阻尼器的最大阻尼力时,将上述可变阻尼器的最大阻尼力作为上述第一作用力。

[0036] 第三方面,本申请实施例提供了一种车辆悬架,该车辆悬架位于第一部件与第二部件之间,该第一部件为上述车辆悬架承载的部件,该第二部件用于承载上述车辆悬架与上述第一部件,上述车辆悬架包括连接于上述第一部件与上述第二部件之间的可变阻尼器,其中该可变阻尼器用于根据上述第一部件的第一加速度,向上述第一部件提供第一作用力。

[0037] 第四方面,本申请实施例提供了一种车辆悬架的控制设备,该控制设备包括:收发器、处理器和存储器,该收发器、该处理器和该存储器通过总线系统相连;

[0038] 上述存储器用于存储指令;

[0039] 上述处理器用于调用上述存储器中存储的指令,执行上述第二方面或执行结合上述第二方面任意一种可能实现方式中的方法步骤。

[0040] 第五方面,本申请实施例提供了一种计算机程序产品,包括计算机可读指令,当所述计算机可读指令被一个或多个处理器运行时执行上述第二方面或执行结合上述第二方面任意一种可能实现方式中的方法步骤。

[0041] 第六方面,本申请实施例还提供了一种计算机存储介质,包括计算机可读指令,当所述计算机可读指令被一个或多个处理器运行时执行上述第二方面或执行结合上述第二方面任意一种可能实现方式中的方法步骤。

[0042] 应理解的是,本申请上述多个方面的实现和有益效果可互相参考。

附图说明

[0043] 图1为车辆的结构示意图;

[0044] 图2为车辆悬架的结构示意图;

[0045] 图3为本申请实施例提供的车辆悬架的控制系统的示意图;

[0046] 图4为本申请实施例提供的车辆悬架的一等效模型示意图;

[0047] 图5为本申请实施例提供的车辆悬架的控制方法的一模型示意图

[0048] 图6为本申请实施例提供的车辆悬架的输出特性示意图;

[0049] 图7为本申请实施例提供的车辆悬架的控制方法的另一模型示意图;

[0050] 图8为本申请实施例提供的第一加速度波形示意图。

具体实施方式

[0051] 下面结合附图来对本申请的技术方案的实施作进一步的详细描述。

[0052] 参见图3,图3为本申请实施例提供的车辆悬架的控制系统的示意图。如图3所示,车辆悬架的控制系统包括但不限于第一部件301、第二部件302、车辆悬架303、传感器304、处理器305和驱动电路306。其中,车辆悬架303位于第一部件301与第二部件302之间。

[0053] 第一部件301连接车辆悬架303的一端,车辆悬架303承载第一部件301(即第一部件301为车辆悬架303承载的部件),可选的,第一部件301也可以称为簧载质量,包括车架

(即车身)、发动机、变速箱等。

[0054] 第二部件302连接车辆悬架303的另一端,第二部件302用于承载车辆悬架303与第一部件301。可选的,第二部件302也可以称为非簧载质量,非簧载质量指的是车辆中除上述簧载质量以外的部分,包括车轮(即轮胎)、轮圈、刹车碟、卡钳、摆臂、传动半轴等。

[0055] 车辆悬架303包括连接于第一部件301与第二部件302之间的可变阻尼器303a(也可以称为可变阻尼减震器),可变阻尼器303a的具体结构可以参考图2。可变阻尼器303a例如可以是磁流变阻尼器、电流变阻尼器等,可以基于不同的电流值向第一部件301提供不同的第一作用力。

[0056] 需要说明的是,本申请实施例中涉及的车辆可以是电动汽车、燃油汽车或摩托车等。以车辆是电动汽车为例,该电动汽车包括四个车轮,每个车轮均对应设置有一个车辆悬架,各个车辆悬架可以相互独立。则本申请实施例提供的车辆悬架可以理解为车辆上设置的所有车辆悬架中的任意一个。

[0057] 传感器304用于感测第一部件301和/或第二部件302的状态变量,例如第一部件301的速度和/或加速度、第二部件302的速度等。

[0058] 在一些可行的实施方式中,传感器304包括第一速度传感器和第二速度传感器,其中第一速度传感器用于感测第一部件301在沿车辆的高度方向上的速度,并将第一部件301在沿车辆的高度方向上的速度发送至处理器305或微分电路的输入端,此时,处理器305或微分电路可以根据第一部件301在沿车辆的高度方向上的速度,计算得到第一部件301在沿车辆的高度方向上的加速度(即第一加速度)。示例性的,第一速度传感器可以设置于第一部件301与车辆悬架303的连接处。第二速度传感器用于感测第二部件302在沿车辆的高度方向上的速度,并将第二部件302在沿车辆的高度方向上的速度发送至处理器305。示例性的,第二速度传感器可以设置于车辆悬架303与第二部件302的连接处。

[0059] 进一步的,传感器304还包括加速度传感器,该加速度传感器用于感测第一部件301的第一加速度,并将该第一加速度发送至处理器305。示例性的,加速度传感器可以设置于第一部件301与车辆悬架303的连接处。

[0060] 本申请实施例提供的车辆悬架的控制方法可以由处理器305执行。示例性的,处理器305与传感器304连接,处理器305可以接收传感器304发送的信号,例如第一部件301和第二部件302的状态变量,并根据接收到传感器304发送的信号,确定可变阻尼器向第一部件301提供第一作用力。进一步的,处理器305基于该第一作用力,实时计算可变阻尼器的目标驱动电流值,基于该目标驱动电流生成驱动信号,并将该驱动信号发送至驱动电路306。

[0061] 处理器305可以是中央处理单元(central processing unit,CPU)、其他通用处理器、数字信号处理器(digital signal processor,DSP)、专用集成电路(application specific integrated circuit,ASIC)、现成可编程门阵列(field-programmable gate array,FPGA)或者其他可编程逻辑器件、分立门或者晶体管逻辑器件、分立硬件组件等。

[0062] 驱动电路306的输入端与处理器305连接,驱动电路306的输出端与车辆悬架303中的可变阻尼器303a连接。驱动电路306可以接收处理器305发送的驱动信号,并基于该驱动信号向可变阻尼器303a输出上述目标驱动电流,目标驱动电流值可以理解为可变阻尼器303a输出第一作用力对应需要的电流大小。

[0063] 驱动电路306可以由电子元器件构成,例如可以是线性电源或开关电源。以驱动电

路306是开关电源中的buck电路为例,上述驱动信号可以是脉冲宽度调制波形(Pulse Width Modulation,PWM波),PWM波用于控制buck电路中各个开关管的导通时长,以使驱动电路306输出上述目标驱动电流。

[0064] 参见图4,图4为本申请实施例提供的车辆悬架的一等效模型示意图。如图4所示,K2表示车辆悬架的弹性元件,D2表示车辆悬架的可变阻尼器,K1表示车轮。第一部件401在沿车辆的高度方向上的位移表示为 Z_1 ,第二部件402在沿车辆的高度方向上的位移表示为 Z_2 。

[0065] 弹性元件K2和可变阻尼器D2的两端分别连接第一部件401和第二部件402。弹性元件K2和可变阻尼器D2用于承载第一部件401。车轮K1是第二部件402中的一部分,用于承载除车轮之外的其他部件,例如第一部件401、弹性元件K2、可变阻尼器D2等。

[0066] 为了方便理解,假设在第一部件401与固定位置不变的天棚之间设置有天棚阻尼器,参见图5,图5为本申请实施例提供的车辆悬架的控制方法的一模型示意图。如图5所示,天棚与天棚阻尼器都不是真实存在的,可以用来帮助理解如何抑制第一部件401与天棚之间的相对运动。即天棚与天棚阻尼器是为了衡量第一部件401的摆动程度而假设的,例如第一部件401靠近天棚(即沿车辆的高度方向向上摆动),为了限制第一部件401的摆动,设想天棚阻尼器可以向第一部件401提供推力,阻止第一部件401靠近天棚,但是由于天棚阻尼器是虚拟的,具体实现中是通过可变阻尼器D2向第一部件401提供拉力来阻止第一部件401靠近天棚。又例如第一部件401远离天棚(即沿车辆的高度方向向下摆动),为了限制第一部件401的摆动,设想天棚阻尼器可以向第一部件401提供拉力,阻止第一部件401远离天棚,具体实现中是通过可变阻尼器D2向第一部件401来阻止第一部件401远离天棚,但是可以理解的是,可变阻尼器D2无法提供推力,只能通过维持自身已有的刚度来阻碍第一部件401远离天棚。

[0067] 处理器可以获取第一部件在沿车辆的高度方向上与第二部件的相对速度以及第一速度,并判断该相对速度与第一速度的乘积与零的大小关系。需要说明的是,本申请实施例中涉及的相对速度是指第一部件在沿车辆的高度方向上与第二部件的相对速度,第一速度是指第一部件在沿车辆的高度方向上的速度。

[0068] 在一些可行的实施方式中,当相对速度与第一速度的乘积大于零时,可变阻尼器D2可以根据第一部件401的第一加速度,向第一部件401提供第一作用力。

[0069] 具体实现中,可变阻尼器D2与处理器连接,该处理器基于第一部件401的第一加速度,计算可变阻尼器D2向第一部件401提供的第一作用力。示例性的,处理器将第一加速度乘以第一预设控制参数,得到第一乘积(即可变阻尼器D2向第一部件401提供的第一作用力),公式表示为:

$$[0070] \quad \dot{F}_1 = \pm C_a \cdot \ddot{Z}_1 \quad \text{公式 1}$$

[0071] 其中 C_a 为第一预设控制参数, \ddot{Z}_1 是第一部件401的第一加速度。可以理解的是, \ddot{Z}_1 是 Z_1 的二阶微分表示,即将第一部件401在沿车辆的高度方向上的位移 Z_1 对时间进行两次求微分可以得到第一加速度。

[0072] 进一步的,车辆在行驶过程中的颠簸主要是由第一部件401的加速度来衡量的,为了将第一部件401的加速度控制在参考加速度附近,处理器将第一预设控制参数乘以参考

加速度,得到第四乘积。处理器根据第一乘积与第四乘积,确定第一作用力,公式表示为:

$$[0073] \quad \dot{F}_1 = \pm C_a \cdot (\ddot{Z}_1^* - \ddot{Z}_1) \quad \text{公式 2}$$

[0074] 其中 \ddot{Z}_1^* 为参考加速度。示例的, \ddot{Z}_1^* 可以预先设置为0。

[0075] 可选的,在一些可行的实施方式中,当相对速度与第一速度的乘积不大于零时,可变阻尼器D2可以根据相对速度与自身的第二阻尼系数,向第一部件401提供第一作用力。即将相对速度乘以第二阻尼系数,得到第一作用力,公式表示为:

$$[0076] \quad \dot{F}_1 = \pm C_1 \cdot (\dot{Z}_1 - \dot{Z}_2) \quad \text{公式 3}$$

[0077] 其中 C_1 为可变阻尼器处于压缩状态下的固有系数(即第二阻尼系数), \dot{Z}_1 为第一部件401在沿车辆的高度方向上的速度(即第一速度), \dot{Z}_2 为第二部件402在沿车辆的高度方向上的速度, $\dot{Z}_1 - \dot{Z}_2$ 表示第一部件401在沿车辆的高度方向上与第二部件402的相对速度。

[0078] 综合公式2和公式3可以得到以下公式表示:

$$[0079] \quad \dot{F}_1 = \begin{cases} \pm C_a \cdot (\ddot{Z}_1^* - \ddot{Z}_1) \cdot (\dot{Z}_1 - \dot{Z}_2) \cdot \dot{Z}_1 > 0 \\ \pm C_1 \cdot (\dot{Z}_1 - \dot{Z}_2) \cdot (\dot{Z}_1 - \dot{Z}_2) \cdot \dot{Z}_1 \leq 0 \end{cases} \quad \text{公式 4}$$

[0080] 在一些可行的实施方式中,第一部件401的第一加速度是由加速度传感器感测到的。示例性的,在第一部件401与可变阻尼器D2和/或弹性元件K2的连接处设置加速度传感器,该加速度传感器可以感测第一部件401的第一加速度,并将该加速度传感器感测到的第一加速度发送至处理器。

[0081] 可选的,在一些可行的实施方式中,第一部件401的第一加速度是由速度传感器感测到之后,经过处理器计算得到的。示例性的,在第一部件401与可变阻尼器D2和/或弹性元件K2的连接处设置速度传感器,该速度传感器可以感测第一部件401在沿车辆的高度方向上的速度,并将该速度发送至处理器或微分单元,处理器或微分单元对第一部件401在沿车辆的高度方向上的速度对时间进行微分运算,得到第一部件401在沿车辆的高度方向上的第一加速度。

[0082] 进一步的,处理器可以根据第一作用力以及相对速度,确定目标驱动电流值。在一些可行的实施方式中,处理器可以获取车辆悬架的输出特性,车辆悬架的输出特性可以理解为相对速度、第一作用力以及驱动电流三者之间的关系。换句话说,车辆悬架在相对速度不同的情况下,第一作用力与驱动电流之间具有映射关系。

[0083] 示例性的,车辆悬架的输出特性可以参见图6,图6为本申请实施例提供的车辆悬架的输出特性示意图。相对速度可以由速度传感器感测得到的,例如,在第一部件401与可变阻尼器D2和/或弹性元件K2的连接处设置第一速度传感器,感测第一部件401的速度;在第一部件402与可变阻尼器D2和/或弹性元件K2的连接处设置第二速度传感器,感测第二部件402的速度。以第一部件401的速度的方向为正方向,将第一部件401的速度减去第二部件402的速度,得到第一部件401与第二部件402的相对速度。处理器将第一作用力与相对速度进行拟合。例如将第一作用力与相对速度在图6示出的二维坐标系中求交点(即图6示出的黑点),此时该黑点恰好位于电流1的曲线上,则电流1的大小即为目标驱动电流值。又例如,若上述交点不位于图6中示出的任一曲线上,位于两条曲线之间,此时可以将该交点附近两条曲线对应的电流值求和取平均值作为目标驱动电流值,或者获取该交点最近的曲线

对应的电流值作为目标驱动电流值。可以理解的是,此处只是对如何根据第一作用力以及相对速度,确定目标驱动电流值作出示例性说明,并不应理解为对本申请实施例构成限制。

[0084] 在一些可行的实施方式中,车辆悬架的输出特性可以具体表现为表格,该表格包括多个第一作用力、多个相对速度以及多个目标驱动电流值,该表格中的各个数据是经过多次试验得到的。例如表格1所示:

[0085] 表格1

第一作用力/(N)	相对速度/(m/s)	目标驱动电流值/(A)
10	2	0.9
20	5	4
100	2	6
.....		

[0087] 示例性的,处理器计算得到第一作用力是20N,获取到的相对速度是5m/s,则处理器通过查询表格1可以确定目标驱动电流值是0.9A。可选的,若第一作用力是15N,相对速度是5m/s,此时处理器没有在表格1中查询到对应的目标驱动电流,处理器可以在第一作用力的预设的范围内进行查找,从而确定目标驱动电流值;或者处理器在相对速度的预设范围内进行查找,确定目标驱动电流值。需要说明的是,本申请实施例并不对如何对第一作用力以及相对速度的数据处理进行限制。

[0088] 可选的,在一些可行的实施方式中,车辆悬架的输出特性可以具体表现为公式,可以将经过多次试验得到的多个第一作用力、多个相对速度以及多个目标驱动电流值拟合成公式,自变量为第一作用力和相对速度,因变量为目标驱动电流值。处理器将计算得到的第一作用力和获取到的相对速度代入该公式中,可以求得目标驱动电流值。

[0089] 处理器基于目标驱动电流值生成驱动信号,并将该驱动信号发送至可变阻尼器D2的驱动电路。该驱动电路的输入端与处理器连接,该驱动电路的输出端与可变阻尼器D2连接。驱动电路基于驱动信号,向可变阻尼器D2输出大小为目标驱动电流值的目标驱动电流。示例性的,该驱动电路可以具体表现为线性电源或开关电源,例如buck电路。此时驱动信号为PWM波,PWM波控制buck电路中各个开关管的导通时长,使得buck电路向可变阻尼器D2输出目标驱动电流。

[0090] 可变阻尼器D2可以基于该目标驱动电流向第一部件401提供第一作用力。在一些可行的实施方式中,处理器在计算得到第一作用力之后,还将第一作用力与可变阻尼器D2的最大阻尼力进行比较。可以理解的是,可变阻尼器D2的最大阻尼力是可变阻尼器D2的固有属性,是一个固定值。在第一作用力大于可变阻尼器D2的最大阻尼力时,可变阻尼器D2将自身最大的阻尼力作为第一作用力向第一部件401提供。换句话说,处理器将可变阻尼器D2的最大阻尼力作为第一作用力来确定上述目标驱动电流值。

[0091] 区别于现有技术中从两个阻尼器系数中选择其中一个阻尼系数来改变阻尼力,本申请实施例是直接控制可变阻尼器向第一部件提供的第一作用力,并在第一作用力的控制过程中引入了第一部件的第一加速度来进行闭环控制,实现对第一部件的第一加速度的准确控制,有效地减少了车辆在行驶过程中的颠簸,提高了车辆乘坐的舒适度。

[0092] 参见图7,图7为本申请实施例提供的车辆悬架的控制方法的另一模型示意图。如

图7所示,K4表示车辆悬架的弹性元件,D3表示车辆悬架的可变阻尼器,K3表示车轮。第一部件701在沿车辆的高度方向上的位移表示为 Z_3 ,第二部件702在沿车辆的高度方向上的位移表示为 Z_4 。各个部件的作用可以参考前文结合图4对车辆的模型描述,此处不作赘述。

[0093] 处理器获取相对速度以及第一速度,并判断相对速度与第一速度的乘积与零的大小关系。

[0094] 在一些可行的实施方式中,当相对速度与第一速度的乘积大于零时,处理器将第一加速度乘以第一预设控制参数,得到第一乘积;处理器将第一部件701在沿车辆的高度方向上的速度(即第一速度)乘以第二预设控制参数,得到第二乘积。此时处理器可以根据第一乘积与第二乘积,确定为可变阻尼器D3向第一部件701提供的第一作用力,公式表示为:

$$[0095] \quad \dot{F}_1 = \pm C_a \cdot \ddot{Z}_3 \pm C_s \cdot \dot{Z}_3 \quad \text{公式 5}$$

[0096] 其中 C_a 为第一预设控制参数, C_s 为第二预设控制系数, \ddot{Z}_3 是第一部件701的第一加速度, \dot{Z}_3 是第一部件701的第一速度。

[0097] 进一步的,车辆在行驶过程中的颠簸主要是由第一部件701的加速度来衡量的,为了将第一部件701的加速度控制在参考加速度附件,处理器将第一预设控制参数乘以参考加速度,得到第四乘积。处理器根据第一乘积、第二乘积以及第四乘积,确定第一作用力,公式表示为:

$$[0098] \quad \dot{F}_1 = \pm C_a \cdot (\ddot{Z}_3^* - \ddot{Z}_3) \pm C_s \cdot \dot{Z}_3 \quad \text{公式 6}$$

[0099] 其中 \ddot{Z}_3^* 为参考加速度。示例性的, \ddot{Z}_3^* 可以预先设置等于0。

[0100] 可选的,在一些可行的实施方式中,当相对速度与第一速度的乘积不大于零时,可变阻尼器D3可以根据相对速度与自身的第二阻尼系数,向第一部件701提供第一作用力。即将相对速度乘以第二阻尼系数,得到第一作用力,公式表示为:

$$[0101] \quad \dot{F}_1 = \pm C_1 \cdot (\dot{Z}_3 - \dot{Z}_4) \quad \text{公式 7}$$

[0102] 其中 \dot{Z}_4 为第二部件702在沿车辆的高度方向上的速度, $\dot{Z}_3 - \dot{Z}_4$ 表示第一部件701在沿车辆的高度方向上与第二部件702的相对速度。

[0103] 综合公式6和公式7可以得到以下公式表示:

$$[0104] \quad \dot{F}_1 = \begin{cases} \pm C_a \cdot (\ddot{Z}_3^* - \ddot{Z}_3) \pm C_s \cdot \dot{Z}_3 (\dot{Z}_3 - \dot{Z}_4), & \dot{Z}_3 > 0 \\ \pm C_1 \cdot (\dot{Z}_3 - \dot{Z}_4) (\dot{Z}_3 - \dot{Z}_4), & \dot{Z}_3 \leq 0 \end{cases} \quad \text{公式 8}$$

[0105] 可以理解的是,如何获取第一部件701的第一加速度、第一速度和/或第二部件的速度,以及基于第一作用力确定目标驱动电流值的具体实现方式,可以参考前文结合图4至图6的描述实施例,此处不作赘述。

[0106] 本申请实施例在第一作用力的控制过程中除了引入第一部件的第一加速度之外,还进一步引入了第一部件的第一速度,从而可以更加准确地对第一部件的第一加速度进行控制,进一步提高了车辆乘坐的舒适度。

[0107] 在一些可行的实施方式中,还可以进一步考虑可变阻尼器D3自身阻尼力对第一作用力的影响。具体实现中,处理器将可变阻尼器D3的第一阻尼系数乘以相对速度,得到第三乘积。处理器根据第一乘积、第二乘积、第三乘积以及第四乘积,确定第一作用力,公式表示为:

$$[0108] \quad \dot{F}_1 = \pm C_a \cdot (\ddot{Z}_3^* - \ddot{Z}_3) \pm C_s \cdot \dot{Z}_3 \pm C_2 \cdot (\dot{Z}_3 - \dot{Z}_4) \quad \text{公式 9}$$

[0109] 其中 C_2 为可变阻尼器处于拉伸状态下的固有系数(即第一阻尼系数)。

[0110] 此时可以基于公式9可以将公式8更新为:

$$[0111] \quad \dot{F}_1 = \begin{cases} \pm C_a \cdot (\ddot{Z}_3^* - \ddot{Z}_3) \pm C_s \cdot \dot{Z}_3 \pm C_2 \cdot (\dot{Z}_3 - \dot{Z}_4) \cdot \dot{Z}_3 > 0 \\ \pm C_1 \cdot (\dot{Z}_3 - \dot{Z}_4) \cdot (\dot{Z}_3 - \dot{Z}_4) \cdot \dot{Z}_3 \leq 0 \end{cases} \quad \text{公式 10}$$

[0112] 实施本申请实施例,考虑了可变阻尼器自身的阻尼力,在第一作用力的控制过程中除了引入第一部件的第一加速度和第一部件的第一速度之外,还进一步引入了可变阻尼器自身的阻尼力,从而可以更加准确地对第一部件的第一加速度进行控制,进一步提高了车辆乘坐的舒适度。

[0113] 为了说明本申请实施例提供的车辆乘坐的舒适度得到了提高,本申请的发明人采用现有技术的二状态天棚控制法,选择可变阻尼器的两个阻尼系数中的一个,以及采用本申请实施例提供的引入第一部件的第一加速度、第一部件的第一速度以及可变阻尼器自身的阻尼力做了对比实验。具体的实验结果可以参见图8,图8为本申请实施例提供的第一加速度波形示意图。如图8所示,虚线波形是采用现有技术时,第一加速度的波形;实线波形是采用本申请实施例时,第一加速度的波形。可以理解的是,车辆乘坐的舒适度可以由第一部件的第一加速度来衡量。第一加速度越小,代表第一部件的摆动幅度越小,车辆的颠簸程度越低,乘坐的舒适度越高;反之第一加速度越大,代表第一部件的摆动幅度越大,车辆的颠簸程度越高,乘坐的舒适度越低。由图8示出的波形图可以看出,虚线波形的加速度变化幅值超过实线波形,即现有技术中的车辆颠簸程度高于本申请实施例中的车辆的颠簸程度,即本申请实施例提供的车辆的乘坐舒适度高。

[0114] 本申请实施例提供了一种车辆悬架的控制方法,该方法适用于图1至图7所描述的车辆。具体实现中,该方法可以由处理器执行。该方法包括以下步骤:

[0115] 该处理器根据第一部件的第一加速度,确定可变阻尼器向第一部件提供第一作用力,以控制第一部件在沿车辆的高度方向上与第二部件的相对位移。

[0116] 在一些可行的实施方式中,该处理器根据第一加速度与第一预设控制参数的第一乘积,确定可变阻尼器向第一部件提供的所述第一作用力,其中,该第一加速度为第一部件在沿所述车辆的高度方向上的加速度。

[0117] 进一步的,该处理器可以根据第一乘积以及第二乘积,确定可变阻尼器向第一部件提供的第一作用力,其中,该第二乘积为第一速度与第二预设控制参数的乘积,该第一速度为第一部件在沿车辆的高度方向上的速度。

[0118] 更进一步的,该处理器可以根据第一乘积、第二乘积以及第三乘积,确定可变阻尼器向第一部件提供的第一作用力,其中,该第三乘积为相对速度与可变阻尼器的第一阻尼系数的乘积,该相对速度为第一部件在沿车辆的高度方向上与第二部件的相对速度。

[0119] 在一些可行的实施方式中,该处理器可以根据第一乘积以及第四乘积,确定可变阻尼器向第一部件提供的第一作用力,其中该第四乘积为参考加速度与第一预设控制参数的乘积。

[0120] 可选的,在一些可行的实施方式中,该方法还包括:

[0121] 该处理器可以根据第一作用力以及相对速度,确定目标驱动电流值,其中该相对

速度为第一部件在沿车辆的高度方向上与第二部件的相对速度；

[0122] 基于目标驱动电流值生成驱动信号，并将该驱动信号发送至可变阻尼器的驱动电路，以使可变阻尼器的驱动电路基于驱动信号，向可变阻尼器输出大小为目标驱动电流值的目标驱动电流。

[0123] 示例性的，相对速度与第一速度的乘积大于零，其中，该相对速度为第一部件在沿车辆高度方向上与第二部件的相对速度；该第一速度为第一部件在沿车辆高度方向上的速度。

[0124] 进一步的，当相对速度与第一速度的乘积不大于零时，根据该相对速度与可变阻尼器的第二阻尼系数，确定可变阻尼器向第一部件提供的第一作用力。

[0125] 在一些可行的实施方式中，当第一作用力大于可变阻尼器的最大阻尼力时，将可变阻尼器的最大阻尼力作为第一作用力。

[0126] 本申请实施例还提供了一种车辆悬架，该车辆悬架位于第一部件与第二部件之间，该第一部件为车辆悬架承载的部件，该第二部件用于承载车辆悬架与第一部件。该车辆悬架包括连接于第一部件与第二部件之间的可变阻尼器，其中该可变阻尼器可以用于实现图3至图8所描述的功能。

[0127] 本申请实施例还提供了一种车辆悬架的控制设备，该控制设备包括：收发器、处理器和存储器。该收发器、该处理器和该存储器通过总线系统相连。该存储器用于存储指令；该处理器用于调用存储器中存储的指令，实现图3至图8所描述的功能。

[0128] 需要说明的是，上述术语“第一”、“第二”仅用于描述目的，而不能理解为指示或暗示相对重要性。

[0129] 本领域普通技术人员可以理解：实现上述方法实施例的全部或部分步骤可以通过程序指令相关的硬件来完成，前述的程序可以存储于一计算机可读取存储介质中，该程序在执行时，执行包括上述方法实施例的步骤；而前述的存储介质包括：移动存储设备、只读存储器 (ROM, Read-Only Memory)、随机存取存储器 (RAM, Random Access Memory)、磁碟或者光盘等各种可以存储程序代码的介质。

[0130] 或者，本发明上述集成的单元如果以软件功能模块的形式实现并作为独立的产品销售或使用，也可以存储在一个计算机可读取存储介质中。基于这样的理解，本发明实施例的技术方案本质上或者说对现有技术做出贡献的部分可以以软件产品的形式体现出来，该计算机软件产品存储在一个存储介质中，包括若干指令用以使得一台计算机设备（可以是个人计算机、服务器、或者网络设备）执行本发明各个实施例所述方法的全部或部分。而前述的存储介质包括：移动存储设备、ROM、RAM、磁碟或者光盘等各种可以存储程序代码的介质。

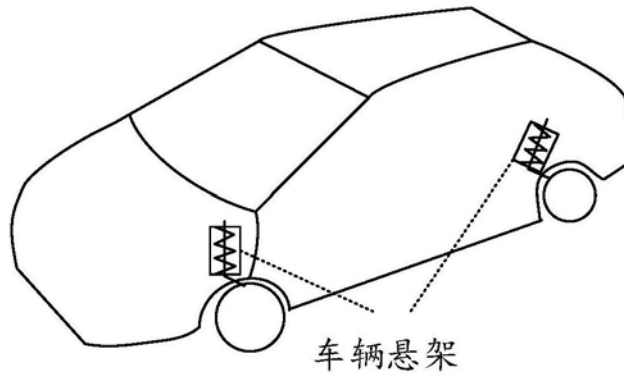


图1

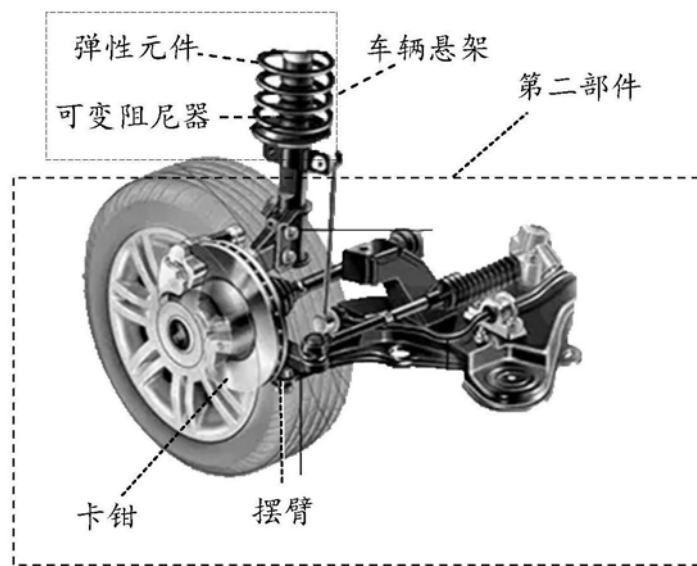


图2

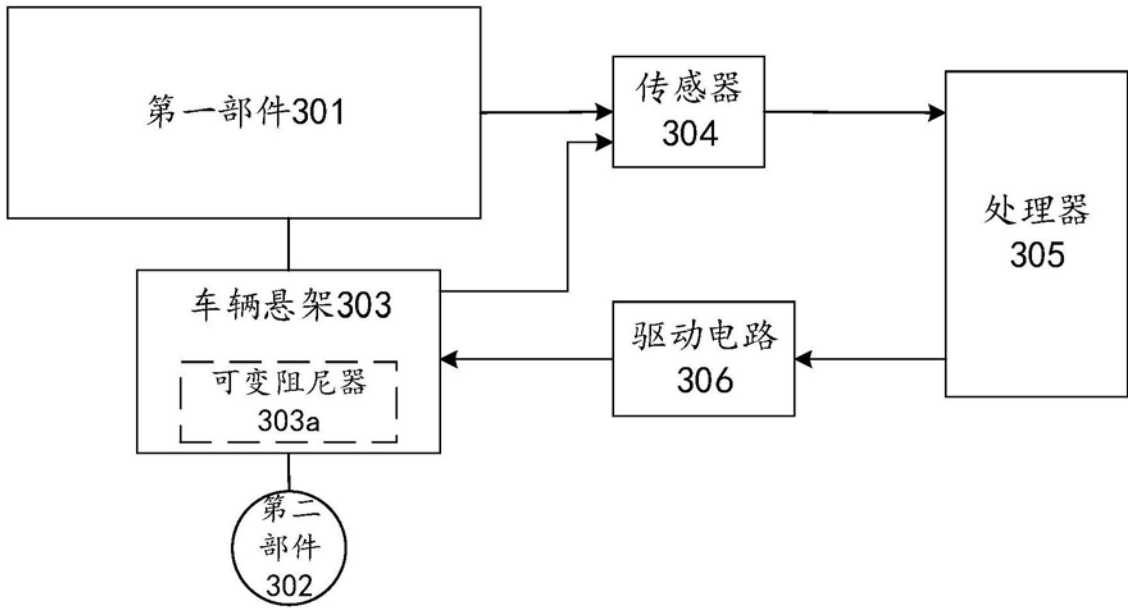


图3

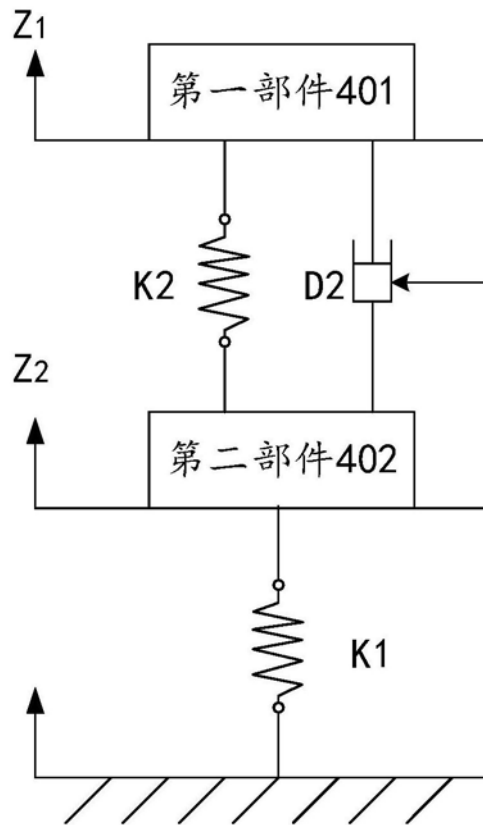


图4

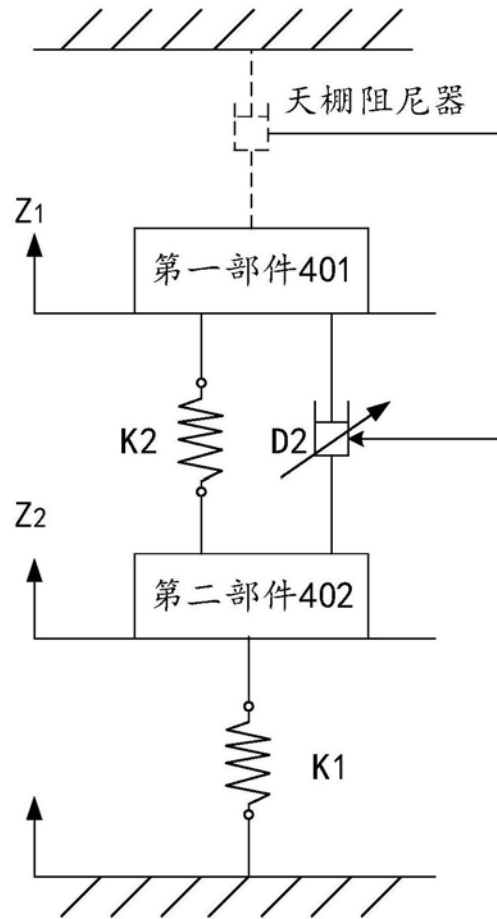


图5

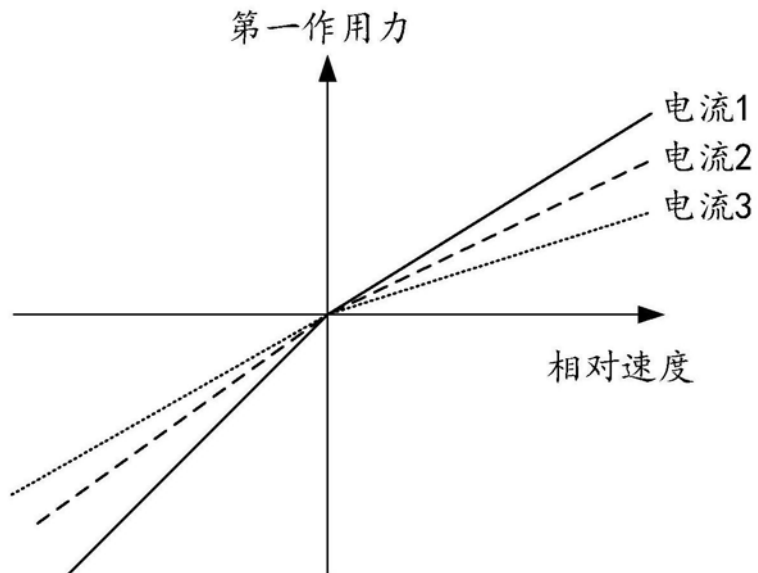


图6

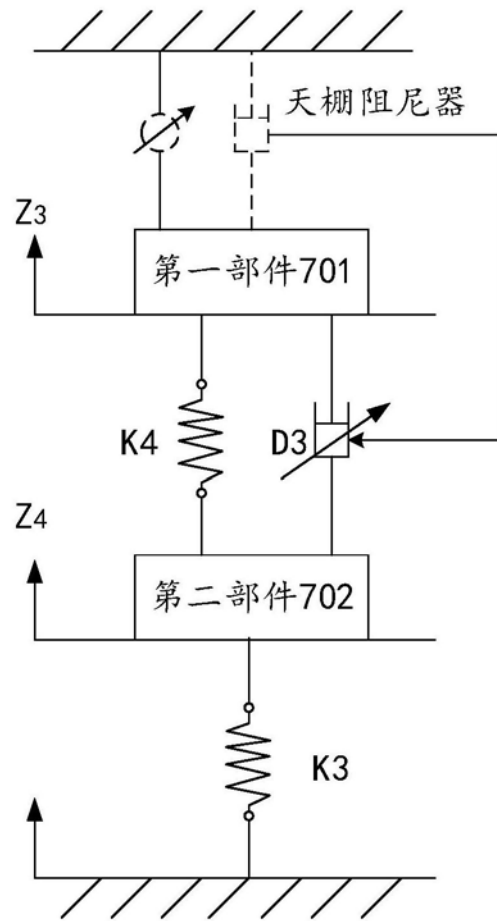


图7

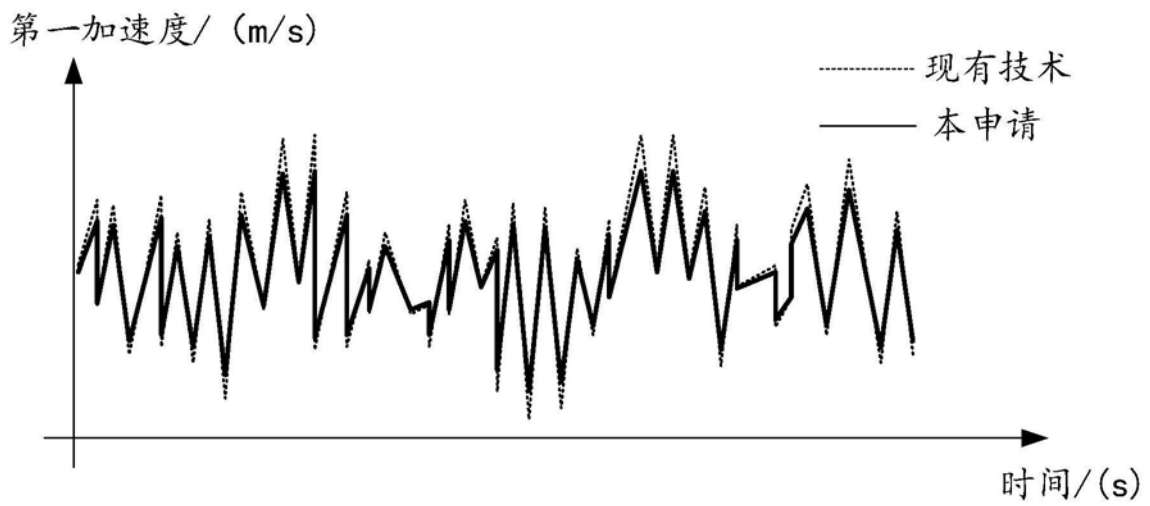


图8