



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 116923359 A

(43) 申请公布日 2023. 10. 24

(21) 申请号 202210319673.8

B60W 50/00 (2006.01)

(22) 申请日 2022.03.29

(71) 申请人 比亚迪股份有限公司

地址 518118 广东省深圳市坪山新区比亚
迪路3009号知识产权部

(72) 发明人 肖程欢 廖银生 童云春 王鑫

(74) 专利代理机构 北京润泽恒知识产权代理有
限公司 11319

专利代理师 杨爱平

(51) Int.Cl.

B60W 10/18 (2012.01)

B60W 10/20 (2006.01)

B60W 30/02 (2012.01)

B60W 30/045 (2012.01)

B60W 40/10 (2012.01)

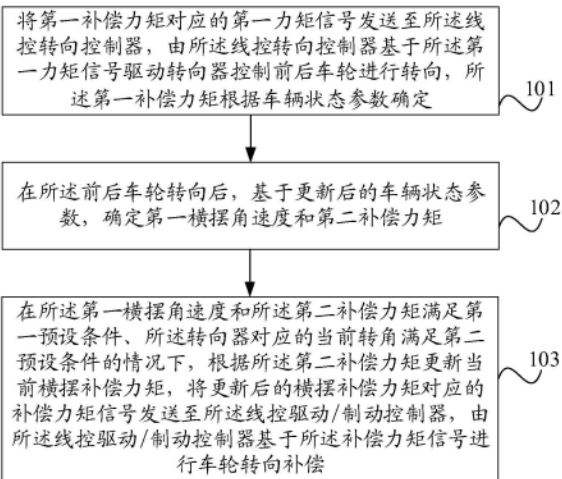
权利要求书4页 说明书21页 附图7页

(54) 发明名称

侧风横摆稳定控制方法、装置及系统

(57) 摘要

本申请提供一种侧风横摆稳定控制方法、装置及系统,该方法包括:将第一补偿力矩对应的第一力矩信号发送至线控转向控制器,由线控转向控制器驱动转向器控制前后车轮进行转向,第一补偿力矩根据车辆状态参数确定;在前后车轮转向后,基于更新后的车辆状态参数确定第一横摆角速度和第二补偿力矩;在第一横摆角速度和第二补偿力矩满足第一预设条件、转向器对应的当前转角满足第二预设条件时,根据第二补偿力矩更新当前横摆补偿力矩,将更新后的横摆补偿力矩对应的补偿力矩信号发送至线控驱动/制动控制器,由线控驱动/制动控制器基于补偿力矩信号进行车轮转向补偿。本申请可以通过协同操作,实现车身的侧风横摆稳定主动控制,保障行车安全。



1. 一种侧风横摆稳定控制方法,应用于协同控制器,其特征在于,所述协同控制器与线控转向控制器、线控驱动/制动控制器通信,所述方法包括:

将第一补偿力矩对应的第一力矩信号发送至所述线控转向控制器,由所述线控转向控制器基于所述第一力矩信号驱动转向器控制前后车轮进行转向,所述第一补偿力矩根据车辆状态参数确定;

在所述前后车轮转向后,基于更新后的车辆状态参数,确定第一横摆角速度和第二补偿力矩;

在所述第一横摆角速度和所述第二补偿力矩满足第一预设条件、所述转向器对应的当前转角满足第二预设条件的情况下,根据所述第二补偿力矩更新当前横摆补偿力矩,将更新后的横摆补偿力矩对应的补偿力矩信号发送至所述线控驱动/制动控制器,由所述线控驱动/制动控制器基于所述补偿力矩信号进行车轮转向补偿。

2. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,在所述线控驱动/制动控制器基于所述补偿力矩信号进行车轮转向补偿之后,还包括:

在目标横摆角速度和目标补偿力矩不满足所述第一预设条件时,停止转向补偿,所述目标横摆角速度和所述目标补偿力矩基于获取的最新车辆状态参数确定;

在所述目标横摆角速度和所述目标补偿力矩满足所述第一预设条件、所述转向器对应的最新转角满足所述第二预设条件的情况下,根据所述目标补偿力矩更新最新横摆补偿力矩,将更新后确定的目标补偿力矩信号发送至所述线控驱动/制动控制器,由所述线控驱动/制动控制器基于所述目标补偿力矩信号进行车轮转向补偿,然后重新确定所述目标横摆角速度和所述目标补偿力矩,直至停止转向补偿;

在所述目标横摆角速度和所述目标补偿力矩满足所述第一预设条件、所述转向器对应的最新转角不满足所述第二预设条件的情况下,将所述目标补偿力矩对应的目标力矩信号发送至所述线控转向控制器。

3. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述协同控制器与风速测量设备通信,所述方法还包括:

根据所述风速测量设备传输的测量信号,计算侧风风速,所述测量信号包括风速和风向;

在所述侧风风速大于风速阈值的情况下,基于所述测量信号获取气动力和气动力矩;

根据所述气动力、所述气动力矩及车辆状态参数计算所述第一补偿力矩,所述车辆状态参数至少包括:轮胎转角、横摆角速度、纵向速度和侧向速度。

4. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述在所述第一横摆角速度和所述第二补偿力矩满足第一预设条件、所述转向器对应的当前转角满足第二预设条件的情况下,根据所述第二补偿力矩更新当前横摆补偿力矩,将更新后的横摆补偿力矩对应的补偿力矩信号发送至所述线控驱动/制动控制器,包括:

在所述第一横摆角速度大于横摆角速度阈值,和/或,所述第二补偿力矩大于补偿力矩阈值的情况下,确定所述第一横摆角速度、所述第二补偿力矩满足所述第一预设条件;

在所述转向器当前对应的前轮转角达到对应的第一阈值、当前对应的后轮转角达到对应的第二阈值时,确定所述转向器对应的当前转角满足所述第二预设条件;

在满足所述第一预设条件和所述第二预设条件的情况下,基于所述第二补偿力矩确定

更新后的横摆补偿力矩,向所述线控驱动/制动控制器发送更新后的横摆补偿力矩对应的补偿力矩信号。

5. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述方法还包括:

在所述第一横摆角速度、所述第二补偿力矩不满足所述第一预设条件的情况下,停止转向补偿;

在所述第一横摆角速度、所述第二补偿力矩满足所述第一预设条件,所述转向器对应的当前转角不满足所述第二预设条件的情况下,将所述第二补偿力矩对应的第二力矩信号发送至所述线控转向控制器。

6. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,在所述线控驱动/制动控制器基于所述补偿力矩信号进行车轮转向补偿时,所述线控驱动/制动控制器根据车辆的摆动情况,基于所述补偿力矩信号控制车轮制动或者控制车轮电机输出扭矩,以进行车轮转向补偿;

其中,在检测到制动信号,或者,未检测到所述制动信号且轮胎滑移率大于滑移率阈值的情况下,所述线控驱动/制动控制器控制车轮制动;在未检测到所述制动信号且轮胎滑移率小于或者等于滑移率阈值的情况下,所述线控驱动/制动控制器控制车轮电机输出扭矩。

7. 一种侧风横摆稳定控制方法,应用于线控驱动/制动控制器,其特征在于,所述线控驱动/制动控制器与协同控制器通信,所述方法包括:

接收所述协同控制器发送的补偿力矩信号;

在检测到制动信号,或者,未检测到所述制动信号且轮胎滑移率大于滑移率阈值的情况下,根据车辆的摆动情况,基于所述补偿力矩信号控制车轮制动,以进行车轮转向补偿;

在未检测到所述制动信号且轮胎滑移率小于或者等于滑移率阈值的情况下,根据车辆的摆动情况,基于所述补偿力矩信号控制车轮电机输出扭矩,以进行车轮转向补偿;

其中,所述补偿力矩信号由所述协同控制器根据第二补偿力矩更新横摆补偿力矩后确定,且所述补偿力矩信号在所述第二补偿力矩、第一横摆角速度满足第一预设条件,转向器对应的转角满足第二预设条件时确定并发送,所述第一横摆角速度和所述第二补偿力矩在线控转向控制器基于第一补偿力矩对应的第一力矩信号驱动所述转向器控制前后车轮进行转向、基于更新后的车辆状态参数确定,所述第一力矩信号由所述协同控制器基于车辆状态参数确定所述第一补偿力矩后发送至所述线控转向控制器。

8. 根据权利要求7所述的方法,其特征在于,所述根据车辆的摆动情况,基于所述补偿力矩信号控制车轮制动,以进行车轮转向补偿,包括:

在车辆向左侧摆动的情况下,基于所述补偿力矩信号驱动制动系统控制右侧车轮制动;

在车辆向右侧摆动的情况下,基于所述补偿力矩信号驱动制动系统控制左侧车轮制动。

9. 根据权利要求7所述的方法,其特征在于,所述根据车辆的摆动情况,基于所述补偿力矩信号控制车轮电机输出扭矩,包括:

在车辆向左侧摆动的情况下,基于所述补偿力矩信号驱动左侧车轮电机提高转速;

在车辆向右侧摆动的情况下,基于所述补偿力矩信号驱动右侧车轮电机提高转速。

10. 根据权利要求7所述的方法,其特征在于,在进行车轮转向补偿之后,所述方法还包括:

当接收到所述协同控制器基于目标补偿力矩更新最新横摆补偿力矩后所发送的目标补偿力矩信号后,基于所述目标补偿力矩信号控制车轮制动或控制所述车轮电机输出扭矩,以进行车轮转向补偿;

当接收不到最新目标补偿力矩信号时,停止进行车轮转向补偿;

其中,目标横摆角速度和所述目标补偿力矩由所述协同控制器基于获取的最新车辆状态参数确定,且在所述目标横摆角速度和所述目标补偿力矩满足所述第一预设条件、所述转向器对应的最新转角满足所述第二预设条件的情况下,所述协同控制器根据所述目标补偿力矩更新最新横摆补偿力矩,将更新后确定的所述目标补偿力矩信号发送至所述线控驱动/制动控制器。

11.一种侧风横摆稳定控制系统,其特征在于,包括:协同控制器,与所述协同控制器的输出端连接的线控转向控制器、线控驱动/制动控制器;

所述协同控制器用于:根据车辆状态参数确定第一补偿力矩,将所述第一补偿力矩对应的第一力矩信号发送至所述线控转向控制器;

所述线控转向控制器用于:基于所述第一力矩信号驱动转向器控制前后车轮进行转向;

所述协同控制器还用于:在所述前后车轮转向后,基于更新后的车辆状态参数,确定第一横摆角速度和第二补偿力矩;在所述第一横摆角速度和所述第二补偿力矩满足第一预设条件、所述转向器对应的当前转角满足第二预设条件的情况下,根据所述第二补偿力矩更新当前横摆补偿力矩,将更新后的横摆补偿力矩对应的补偿力矩信号发送至所述线控驱动/制动控制器;

所述线控驱动/制动控制器用于:接收所述协同控制器发送的补偿力矩信号;在检测到制动信号,或者,未检测到所述制动信号且轮胎滑移率大于滑移率阈值的情况下,根据车辆的摆动情况,基于所述补偿力矩信号控制车轮制动,以进行车轮转向补偿;在未检测到所述制动信号且轮胎滑移率小于或者等于滑移率阈值的情况下,根据车辆的摆动情况,基于所述补偿力矩信号控制车轮电机输出扭矩,以进行车轮转向补偿。

12.一种侧风横摆稳定控制装置,应用于协同控制器,其特征在于,所述协同控制器与线控转向控制器、线控驱动/制动控制器通信,所述装置包括:

第一发送模块,用于将第一补偿力矩对应的第一力矩信号发送至所述线控转向控制器,由所述线控转向控制器基于所述第一力矩信号驱动转向器控制前后车轮进行转向,所述第一补偿力矩根据车辆状态参数确定;

确定模块,用于在所述前后车轮转向后,基于更新后的车辆状态参数,确定第一横摆角速度和第二补偿力矩;

第一处理模块,用于在所述第一横摆角速度和所述第二补偿力矩满足第一预设条件、所述转向器对应的当前转角满足第二预设条件的情况下,根据所述第二补偿力矩更新当前横摆补偿力矩,将更新后的横摆补偿力矩对应的补偿力矩信号发送至所述线控驱动/制动控制器,由所述线控驱动/制动控制器基于所述补偿力矩信号进行车轮转向补偿。

13.一种侧风横摆稳定控制装置,应用于线控驱动/制动控制器,其特征在于,所述线控驱动/制动控制器与协同控制器通信,所述装置包括:

接收模块,用于接收所述协同控制器发送的补偿力矩信号;

第一控制模块,用于在检测到制动信号,或者,未检测到所述制动信号且轮胎滑移率大于滑移率阈值的情况下,根据车辆的摆动情况,基于所述补偿力矩信号控制车轮制动,以进行车轮转向补偿;

第二控制模块,用于在未检测到所述制动信号且轮胎滑移率小于或者等于滑移率阈值的情况下,根据车辆的摆动情况,基于所述补偿力矩信号控制车轮电机输出扭矩,以进行车轮转向补偿;

其中,所述补偿力矩信号由所述协同控制器根据第二补偿力矩更新横摆补偿力矩后确定,且所述补偿力矩信号在所述第二补偿力矩、第一横摆角速度满足第一预设条件,转向器对应的转角满足第二预设条件时确定并发送,所述第一横摆角速度和所述第二补偿力矩在线控转向控制器基于第一补偿力矩对应的第一力矩信号驱动所述转向器控制前后车轮进行转向、基于更新后的车辆状态参数确定,所述第一力矩信号由所述协同控制器基于车辆状态参数确定所述第一补偿力矩后发送至所述线控转向控制器。

14.一种电子设备,其特征在于,包括:处理器、通信接口、存储器和通信总线;其中,处理器、通信接口以及存储器通过通信总线完成相互间的通信;

存储器,用于存放计算机程序;

处理器,用于执行存储器上所存放的程序时,实现如权利要求1至6或者7至10任一项所述的侧风横摆稳定控制方法中的步骤。

15.一种计算机可读存储介质,其上存储有计算机程序,其特征在于,该程序被处理器执行时实现如权利要求1至6或者7至10任一项所述的侧风横摆稳定控制方法中的步骤。

侧风横摆稳定控制方法、装置及系统

技术领域

[0001] 本申请涉及汽车技术领域,尤其涉及一种侧风横摆稳定控制方法、装置及系统。

背景技术

[0002] 汽车在高速行驶时,受侧风特别是强侧风(强阵风)的影响,容易出现较大的车身“摇摆”现象,既降低了乘坐的舒适性,又增加了驾驶员操作失误的风险,容易造成车身失稳,存在较大的安全隐患。

[0003] 现有技术中通常采用以下方式针对受侧风影响的车辆进行稳定性控制:

[0004] 1、通过车辆自带的车身稳定系统(Electronic Stability Program,ESP)进行控制,而该系统只能在紧急驾驶条件下防止车辆打滑失稳,对侧风稳定性的控制效果不理想。

[0005] 2、通过主动前轮转向进行力矩补偿,但前轮受附着系数的限制,容易出现力矩补偿不足,对侧风稳定性的控制效果不理想。

[0006] 由此可见,现有技术中针对受侧风影响的车辆进行稳定性控制的方案存在控制效果不理想的问题。

发明内容

[0007] 本申请实施例提供一种侧风横摆稳定控制方法、装置及系统,以解决现有技术中针对受侧风影响的车辆进行稳定性控制时所存在的控制效果不理想的问题。

[0008] 第一方面,本申请实施例提供一种侧风横摆稳定控制方法,应用于协同控制器,所述协同控制器与线控转向控制器、线控驱动/制动控制器通信,所述方法包括:

[0009] 将第一补偿力矩对应的第一力矩信号发送至所述线控转向控制器,由所述线控转向控制器基于所述第一力矩信号驱动转向器控制前后车轮进行转向,所述第一补偿力矩根据车辆状态参数确定;

[0010] 在所述前后车轮转向后,基于更新后的车辆状态参数,确定第一横摆角速度和第二补偿力矩;

[0011] 在所述第一横摆角速度和所述第二补偿力矩满足第一预设条件、所述转向器对应的当前转角满足第二预设条件的情况下,根据所述第二补偿力矩更新当前横摆补偿力矩,将更新后的横摆补偿力矩对应的补偿力矩信号发送至所述线控驱动/制动控制器,由所述线控驱动/制动控制器基于所述补偿力矩信号进行车轮转向补偿。

[0012] 第二方面,本申请实施例提供一种侧风横摆稳定控制方法,应用于线控驱动/制动控制器,所述线控驱动/制动控制器与协同控制器通信,所述方法包括:

[0013] 接收所述协同控制器发送的补偿力矩信号;

[0014] 在检测到制动信号,或者,未检测到所述制动信号且轮胎滑移率大于滑移率阈值的情况下,根据车辆的摆动情况,基于所述补偿力矩信号控制车轮制动,以进行车轮转向补偿;

[0015] 在未检测到所述制动信号且轮胎滑移率小于或者等于滑移率阈值的情况下,根据

车辆的摆动情况,基于所述补偿力矩信号控制车轮电机输出扭矩,以进行车轮转向补偿;

[0016] 其中,所述补偿力矩信号由所述协同控制器根据第二补偿力矩更新横摆补偿力矩后确定,且所述补偿力矩信号在所述第二补偿力矩、第一横摆角速度满足第一预设条件,转向器对应的转角满足第二预设条件时确定并发送,所述第一横摆角速度和所述第二补偿力矩在线控转向控制器基于第一补偿力矩对应的第一力矩信号驱动所述转向器控制前后车轮进行转向、基于更新后的车辆状态参数确定,所述第一力矩信号由所述协同控制器基于车辆状态参数确定所述第一补偿力矩后发送至所述线控转向控制器。

[0017] 第三方面,本申请实施例提供一种侧风横摆稳定控制装置,应用于协同控制器,所述协同控制器与线控转向控制器、线控驱动/制动控制器通信,所述装置包括:

[0018] 第一发送模块,用于将第一补偿力矩对应的第一力矩信号发送至所述线控转向控制器,由所述线控转向控制器基于所述第一力矩信号驱动转向器控制前后车轮进行转向,所述第一补偿力矩根据车辆状态参数确定;

[0019] 确定模块,用于在所述前后车轮转向、基于更新后的车辆状态参数,确定第一横摆角速度和第二补偿力矩;

[0020] 第一处理模块,用于在所述第一横摆角速度和所述第二补偿力矩满足第一预设条件、所述转向器对应的当前转角满足第二预设条件的情况下,根据所述第二补偿力矩更新当前横摆补偿力矩,将更新后的横摆补偿力矩对应的补偿力矩信号发送至所述线控驱动/制动控制器,由所述线控驱动/制动控制器基于所述补偿力矩信号进行车轮转向补偿。

[0021] 第四方面,本申请实施例提供一种侧风横摆稳定控制装置,应用于线控驱动/制动控制器,所述线控驱动/制动控制器与协同控制器通信,所述装置包括:

[0022] 接收模块,用于接收所述协同控制器发送的补偿力矩信号;

[0023] 第一控制模块,用于在检测到制动信号,或者,未检测到所述制动信号且轮胎滑移率大于滑移率阈值的情况下,根据车辆的摆动情况,基于所述补偿力矩信号控制车轮制动,以进行车轮转向补偿;

[0024] 第二控制模块,用于在未检测到所述制动信号且轮胎滑移率小于或者等于滑移率阈值的情况下,根据车辆的摆动情况,基于所述补偿力矩信号控制车轮电机输出扭矩,以进行车轮转向补偿;

[0025] 其中,所述补偿力矩信号由所述协同控制器根据第二补偿力矩更新横摆补偿力矩后确定,且所述补偿力矩信号在所述第二补偿力矩、第一横摆角速度满足第一预设条件,转向器对应的转角满足第二预设条件时确定并发送,所述第一横摆角速度和所述第二补偿力矩在线控转向控制器基于第一补偿力矩对应的第一力矩信号驱动所述转向器控制前后车轮进行转向、基于更新后的车辆状态参数确定,所述第一力矩信号由所述协同控制器基于车辆状态参数确定所述第一补偿力矩后发送至所述线控转向控制器。

[0026] 第五方面,本申请实施例提供一种侧风横摆稳定控制系统,包括:协同控制器,与所述协同控制器的输出端连接的线控转向控制器、线控驱动/制动控制器;

[0027] 所述协同控制器用于:根据车辆状态参数确定第一补偿力矩,将所述第一补偿力矩对应的第一力矩信号发送至所述线控转向控制器;

[0028] 所述线控转向控制器用于:基于所述第一力矩信号驱动转向器控制前后车轮进行转向;

[0029] 所述协同控制器还用于：在所述前后车轮转向后，基于更新后的车辆状态参数，确定第一横摆角速度和第二补偿力矩；在所述第一横摆角速度和所述第二补偿力矩满足第一预设条件、所述转向器对应的当前转角满足第二预设条件的情况下，根据所述第二补偿力矩更新当前横摆补偿力矩，将更新后的横摆补偿力矩对应的补偿力矩信号发送至所述线控驱动/制动控制器；

[0030] 所述线控驱动/制动控制器用于：接收所述协同控制器发送的补偿力矩信号；在检测到制动信号，或者，未检测到所述制动信号且轮胎滑移率大于滑移率阈值的情况下，根据车辆的摆动情况，基于所述补偿力矩信号控制车轮制动，以进行车轮转向补偿；在未检测到所述制动信号且轮胎滑移率小于或者等于滑移率阈值的情况下，根据车辆的摆动情况，基于所述补偿力矩信号控制车轮电机输出扭矩，以进行车轮转向补偿。

[0031] 第六方面，本申请实施例提供一种电子设备，包括：处理器、通信接口、存储器和通信总线；其中，处理器、通信接口以及存储器通过通信总线完成相互间的通信；

[0032] 存储器，用于存放计算机程序；

[0033] 处理器，用于执行存储器上所存放的程序时，实现上述第一方面或者第二方面所述的侧风横摆稳定控制方法中的步骤。

[0034] 第七方面，本申请实施例提供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或者第二方面所述的侧风横摆稳定控制方法中的步骤。

[0035] 针对在先技术，本申请具备如下优点：

[0036] 本申请实施例中，通过基于车辆状态计算第一补偿力矩，由线控转向控制器基于第一补偿力矩驱动转向器控制前后车轮转向，在控制前后车轮转向后，确定第一横摆角速度和第二补偿力矩，在第一横摆角速度和第二补偿力矩满足第一预设条件、转向器对应的转角满足第二预设条件时，根据第二补偿力矩更新横摆补偿力矩并确定补偿力矩信号，由线控驱动/制动控制器基于补偿力矩信号进行车轮转向补偿，可以实现协同线控转向控制器和线控驱动/制动控制器提供对应的补偿力矩，实现车身的侧风横摆稳定主动控制，减轻侧风对车辆行驶的影响，增加车辆高速行驶时的抗侧风能力，保障行车安全。

[0037] 且通过协同线控转向控制器和线控驱动/制动控制器进行力矩补偿，可以在提供宽域的补偿力矩的同时，保证控制时的驾乘舒适性，达到较为理想的控制效果。

[0038] 上述说明仅是本申请技术方案的概述，为了能够更清楚了解本申请的技术手段，而可依照说明书的内容予以实施，并且为了让本申请的上述和其它目的、特征和优点能够更明显易懂，以下特举本申请的具体实施方式。

附图说明

[0039] 为了更清楚地说明本申请实施例或现有技术中的技术方案，下面将对实施例描述中所需要使用的附图作简单地介绍。

[0040] 图1为本申请实施例提供的侧风横摆稳定控制方法示意图一；

[0041] 图2为本申请实施例提供的基于测量信号计算气动力和气动力矩的示意图；

[0042] 图3为本申请实施例提供的车辆受力示意图；

[0043] 图4为本申请实施例提供的确定补偿力矩的示意图；

- [0044] 图5为本申请实施例提供的补偿力矩对应的计算模型示意图；
- [0045] 图6为本申请实施例提供的侧风横摆稳定控制方法示意图二；
- [0046] 图7为本申请实施例提供的横摆补偿力矩计算模型示意图；
- [0047] 图8为本申请实施例提供的协同线控转向控制器和线控驱动/制动控制器进行力矩补偿的示意图；
- [0048] 图9为本申请实施例提供的侧风横摆稳定控制系统示意图；
- [0049] 图10为本申请实施例提供的侧风横摆稳定控制装置示意图一；
- [0050] 图11为本申请实施例提供的侧风横摆稳定控制装置示意图二；
- [0051] 图12为本申请实施例提供的电子设备结构框图。

具体实施方式

[0052] 下面将结合本申请实施例中的附图,对本申请实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述,显然,所描述的实施例是本申请一部分实施例,而不是全部的实施例。基于本申请中的实施例,本领域普通技术人员在没有作出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例,都属于本申请保护的范围。

[0053] 应理解,说明书通篇中提到的“一个实施例”或“一实施例”意味着与实施例有关的特定特征、结构或特性包括在本申请的至少一个实施例中。因此,在整个说明书各处出现的“在一个实施例中”或“在一实施例中”未必一定指相同的实施例。此外,这些特定的特征、结构或特性可以任意适合的方式结合在一个或多个实施例中。

[0054] 在本申请的各种实施例中,应理解,下述各过程的序号的大小并不意味着执行顺序的先后,各过程的执行顺序应以其功能和内在逻辑确定,而不对本申请实施例的实施过程构成任何限定。

[0055] 本申请的侧风横摆稳定控制方法针对受侧风影响车辆发生摆动的场景,可以对发生摆动的车辆进行稳定性控制,以提高行车安全系数。下面对本申请实施例的应用于协同控制器的侧风横摆稳定控制方法进行介绍,协同控制器与线控转向控制器、线控驱动/制动控制器通信,线控转向控制器、线控驱动/制动控制器与协同控制器的输出端连接,用于接收协同控制器传输的信号。参见图1所示,该方法包括如下步骤:

[0056] 步骤101、将第一补偿力矩对应的第一力矩信号发送至所述线控转向控制器,由所述线控转向控制器基于所述第一力矩信号驱动转向器控制前后车轮进行转向,所述第一补偿力矩根据车辆状态参数确定。

[0057] 协同控制器基于车辆状态参数确定第一补偿力矩,在确定第一补偿力矩之后,生成第一补偿力矩对应的第一力矩信号,基于与线控转向控制器的通信将第一力矩信号发送至线控转向控制器,由线控转向控制器基于第一力矩信号驱动转向器,进而使得转向器控制前后车轮进行转向。

[0058] 其中,转向器包括用于控制前车轮的第一转向组件和用于控制后车轮的第二转向组件。协同控制器需要向线控转向控制器发送前后车轮转向力矩补偿分配系数 K ,由线控转向控制器基于分配系数 K 确定第一转向组件对应的补偿力矩、第二转向组件对应的补偿力矩。第一转向组件基于对应的补偿力矩确定前轮补偿转角,以控制前轮进行转向,第二转向组件基于对应的补偿力矩确定后轮补偿转角,以控制后轮进行转向。

[0059] 步骤102、在所述前后车轮转向后,基于更新后的车辆状态参数,确定第一横摆角速度和第二补偿力矩。

[0060] 在线控转向控制器驱动转向器控制前后车轮转向之后,协同控制器获取更新后的车辆状态参数,基于更新后的车辆状态参数确定第一横摆角速度以及第二补偿力矩。第一横摆角速度与第二补偿力矩关联,具体为第一横摆角速度为确定第二补偿力矩的参数。第一横摆角速度为更新后的车辆状态参数中的某个参数。

[0061] 步骤103、在所述第一横摆角速度和所述第二补偿力矩满足第一预设条件、所述转向器对应的当前转角满足第二预设条件的情况下,根据所述第二补偿力矩更新当前横摆补偿力矩,将更新后的横摆补偿力矩对应的补偿力矩信号发送至所述线控驱动/制动控制器,由所述线控驱动/制动控制器基于所述补偿力矩信号进行车轮转向补偿。

[0062] 在确定第一横摆角速度和第二补偿力矩之后,检测第一横摆角速度和第二补偿力矩是否满足第一预设条件,在满足第一预设条件的情况下,检测转向器对应的当前转角是否满足第二预设条件,若满足,则确定满足由线控驱动/制动控制器进行转向补偿的条件,根据第二补偿力矩更新当前横摆补偿力矩,即,将第二补偿力矩赋值给横摆补偿力矩,实现横摆补偿力矩的更新,然后将更新后的横摆补偿力矩对应的补偿力矩信号发送至线控驱动/制动控制器,由线控驱动/制动控制器基于补偿力矩信号进行车轮转向补偿。

[0063] 本申请上述实施过程,通过基于车辆状态计算第一补偿力矩,由线控转向控制器基于第一补偿力矩驱动转向器控制前后车轮转向,在控制前后车轮转向后,确定第一横摆角速度和第二补偿力矩,在第一横摆角速度和第二补偿力矩满足第一预设条件、转向器对应的转角满足第二预设条件时,根据第二补偿力矩更新横摆补偿力矩并确定补偿力矩信号,由线控驱动/制动控制器基于补偿力矩信号进行车轮转向补偿,可以实现协同线控转向控制器和线控驱动/制动控制器提供对应的补偿力矩,实现车身的侧风横摆稳定主动控制,减轻侧风对车辆行驶的影响,增加车辆高速行驶时的抗侧风能力,保障行车安全。

[0064] 且通过协同线控转向控制器和线控驱动/制动控制器进行力矩补偿,可以在提供宽域的补偿力矩的同时,保证控制时的驾乘舒适性,达到较为理想的控制效果。

[0065] 下面对确定第一补偿力矩的过程进行介绍,协同控制器还与风速测量设备通信,具体为风速测量设备与协同控制器的输入端连接,用于向协同控制器传输信号,协同控制器在向线控转向控制器发送第一补偿力矩对应的第一力矩信号之前,所述方法还包括:

[0066] 根据所述风速测量设备传输的测量信号,计算侧风风速,所述测量信号包括风速和风向;

[0067] 在所述侧风风速大于风速阈值的情况下,基于所述测量信号获取气动力和气动力矩;

[0068] 根据所述气动力、所述气动力矩及车辆状态参数计算所述第一补偿力矩,所述车辆状态参数至少包括:轮胎转角、横摆角速度、纵向速度和侧向速度。

[0069] 风速测量设备可安装于车顶、车头、车尾或鲨鱼鳍,也可安装于左右后视镜上,感知流经车身的风速大小和方向,生成测量信号,将测量信号传输至协同控制器。风速测量设备可以为超声波风速测量设备或者其他形式的风速测量设备。

[0070] 协同控制器获取测量信号之后,计算气动力以及气动力矩,具体可参见图2所示:协同控制器基于风速和风向(通过风向角表示)计算侧风大小,将侧风风速与风速阈值进行

比较,在侧风风速大于风速阈值的情况下,确定气动力系数和气动力矩系数,基于气动力系数和气动力矩系数确定气动力和气动力矩。

[0071] 需要说明的是,车辆行驶中所受的气动载荷包括气动力和气动力矩,参见图3所示,气动力包括气动阻力 F_d 、侧向力 F_s 、升力 F_l ;气动力矩包括横摆力矩 M_l 、侧倾力矩 M_d 和俯仰力矩 M_s ,如果风压中心PC与质心GC重合,则车辆所受的气动力矩为零,如果风压中心与质心不重合,则车辆不仅受到气动力的作用,还受到气动力矩的影响。由于车辆的风压中心PC一般不与车辆质心GC重合,且风压中心PC的位置与风向角和风速有关,因此在实际的车辆行驶中,风压中心的位置是实时变化的,即存在所谓的风压中心漂移现象,气动力和气动力矩也实时变化。为便于分析,通常引入气动力系数 CF_i 和气动力矩系数 CM_i 消除风速的影响,建立气动力系数/气动力矩系数随风向角变化的数据库,并根据实时的风向角利用线性插值确定实时的气动力系数/气动力矩系数。

[0072] 下面对如何确定气动力系数/气动力矩系数以及基于气动力系数和气动力矩系数确定气动力和气动力矩的过程进行阐述。首先基于下述公式确定气动力系数/气动力矩系数。

$$[0073] \quad CF_i = CF_{i0} + (\alpha_i - \alpha_{i0}) \frac{CF_{i1} - CF_{i0}}{\alpha_{i1} - \alpha_{i0}} \quad \text{公式 1}$$

$$[0074] \quad CM_i = CM_{i0} + (\alpha_i - \alpha_{i0}) \frac{CM_{i1} - CM_{i0}}{\alpha_{i1} - \alpha_{i0}} \quad \text{公式 2}$$

[0075] 上述公式中, CF_i 为气动力系数, CM_i 为气动力矩系数, i 为 d 、 s 和 l ,分别表示阻力系数、侧向力系数、升力系数、侧倾力矩系数、俯仰力矩系数和横摆力矩系数, α 为风向角, $\alpha_{i0} < \alpha_i < \alpha_{i1}$ 。其中, α_i 为当前风向角, α_{i0} 为数据库中小于当前风向角且最接近当前风向角的第一风向角, α_{i1} 为数据库中大于当前风向角且最接近当前风向角的第二风向角, α_{i0} 对应的气动力系数为 CF_{i0} , α_{i1} 对应的气动力系数为 CF_{i1} , α_{i0} 对应的气动力矩系数为 CM_{i0} , α_{i1} 对应的气动力矩系数为 CM_{i1} 。

[0076] 基于上述公式1和公式2可以确定出当前风向角对应的气动力系数 CF_i 和气动力矩系数 CM_i 。然后基于气动力系数和气动力矩系数,进一步计算气动力 F_i 和气动力矩 M_i ,详见下述公式。

$$[0077] \quad F_i = CF_i \cdot \frac{1}{2} \rho v^2 \cdot A \quad \text{公式 3}$$

$$[0078] \quad M_i = CM_i \cdot \frac{1}{2} \rho v^2 \cdot A \quad \text{公式 4}$$

[0079] 上述公式中, ρ 为空气密度, v 为测量的风速, A 为车身纵向投影面积。至此可以获取气动力和气动力矩。在获取气动力和气动力矩之后,需要基于气动力、气动力矩及车辆状态参数计算第一补偿力矩。在确定第一补偿力矩时,具体过程可参见图4所示,首先基于气动力、气动力矩及车辆状态参数确定轮胎侧偏角和轮胎滑移率,基于轮胎侧偏角和轮胎滑移率计算轮胎纵向力和轮胎侧向力,然后根据轮胎纵向力和轮胎侧向力计算第一补偿力矩。

[0080] 其中,车辆状态参数至少包括:轮胎转角、横摆角速度、纵向速度和侧向速度。轮胎转角、横摆角速度、纵向速度可以通过测量获取,侧向速度通过计算确定。具体的,可以基于气动力和气动力矩,并结合实时测得的轮胎转角 δ 建立整车的纵向和侧向受力平衡方程,并

建立状态观测器模型,依据建立的状态观测器模型,通过检测到的横摆角速度 ω 、纵向速度 v_x 等计算得到侧向速度 v_y 。然后通过计算,得到前后轮胎的侧偏角 ϕ 和滑移率 λ ,进而通过轮胎魔术公式可得到前后轮胎的纵向力 F_x 和侧向力 F_y ,计算前后轮胎的侧偏角 ϕ 的公式如下:

$$[0081] \quad \phi_f = \delta_f - \arctan\left(\frac{v_y - L_f \omega}{v_x}\right) \quad \text{公式 5}$$

$$[0082] \quad \phi_r = \delta_r - \arctan\left(\frac{v_y + L_r \omega}{v_x}\right) \quad \text{公式 6}$$

[0083] 其中公式5中, ϕ_f 表示前轮侧偏角, δ_f 表示前轮转角, v_y 表示前轮侧向速度, v_x 表示前轮纵向速度, L_f 表示质心至前轴的距离;在公式6中, ϕ_r 表示后轮侧偏角, δ_r 表示后轮转角, v_y 表示后轮侧向速度, v_x 表示后轮纵向速度, L_r 表示质心至后轴的距离。即,上述过程,需要依据气动力、气动力矩以及轮胎转角构建模型,基于模型、横摆角速度和纵向速度计算得到侧向速度,然后基于轮胎转角、横摆角速度、纵向速度以及侧向速度计算侧偏角。

[0084] 其中,滑移率 λ 基于车辆速度和车轮转速确定,滑移率计算方式属于本领域技术人员的公知常识,这里不再阐述,车辆速度基于侧向速度和纵向速度确定,而上述的 v_y 的计算为现有技术。

[0085] 在通过轮胎魔术公式计算前后轮胎的纵向力 F_x 和侧向力 F_y 时,参见下述公式:

$$[0086] \quad F = D \sin(C \arctan(B(X+S_h)(1-E))) + E \arctan(B(X+S_h)) + S_v \quad \text{公式 7}$$

[0087] 上述公式中,参数 D 、 C 、 B 、 E 、 S_h 和 S_v 可通过轮胎试验获取, F 代表纵向力时 X 为滑移率, F 代表侧向力时 X 为侧偏角 ϕ 。由于前后轮胎的侧偏角、滑移率在理论上相区别,因此在计算前轮胎的纵向力 F_x 和侧向力 F_y 时带入相应的参数,在计算后轮胎的纵向力 F_x 和侧向力 F_y 时带入相应的参数。

[0088] 在确定前后轮胎的纵向力和侧向力后,确定第一补偿力矩时,可以参见如下公式:

$$[0089] \quad M_c = M_l - M_f - M_r - M_h \quad \text{公式 8}$$

$$[0090] \quad M_f = (F_{xf} \sin \delta_f + F_{yf} \cos \delta_f) L_f \quad \text{公式 9}$$

$$[0091] \quad M_r = (F_{xr} \sin \delta_r + F_{yr} \cos \delta_r) L_r \quad \text{公式 10}$$

[0092] 其中, M_c 为第一补偿力矩, M_l 为侧风对应的横摆力矩, M_f 为前轮转向补偿力矩, M_r 为后轮转向补偿力矩, M_h 为驱动/制动系统的横摆补偿力矩,未执行驱动/制动时可视为0; F_{xf} 为前轮总的纵向力, F_{yf} 为前轮总的侧向力, δ_f 表示前轮转角, δ_{fmax} 为前轮转角最大阈值, F_{xr} 为后轮总的纵向力, F_{yr} 为后轮总的侧向力, δ_r 为后轮补偿转角, δ_{rmax} 为后轮转角最大阈值, L_f 和 L_r 分别为质心至前轴和后轴的距离。

[0093] 需要说明的是,计算第一补偿力矩时所对应的计算模型可参见图5所示。基于上述公式中的参数可以计算前后车轮转向力矩补偿分配系数 K ,具体可以参见下述公式:

$$[0094] \quad K = \frac{(F_{xf} \sin \delta_{fmax} + F_{yf} \cos \delta_{fmax}) L_f}{(F_{xr} \sin \delta_{rmax} + F_{yr} \cos \delta_{rmax}) L_r} \quad \text{公式 11}$$

[0095] 其中,协同控制器确定分配系数 K 之后,需要向线控转向控制器发送,由线控转向控制器基于分配系数 K 确定前轮补偿力矩和后轮补偿力矩,进而由转向器控制前后车轮进行转向。

[0096] 上述过程,可以基于侧风大小以及车辆状态确定第一补偿力矩,以通过风速测量,

结合实时测量的车辆状态计算第一补偿力矩。

[0097] 在本申请一实施例中,在所述第一横摆角速度和所述第二补偿力矩满足第一预设条件、所述转向器对应的当前转角满足第二预设条件的情况下,根据所述第二补偿力矩更新当前横摆补偿力矩,将更新后的横摆补偿力矩对应的补偿力矩信号发送至所述线控驱动/制动控制器,包括:

[0098] 在所述第一横摆角速度大于横摆角速度阈值,和/或,所述第二补偿力矩大于补偿力矩阈值的情况下,确定所述第一横摆角速度、所述第二补偿力矩满足所述第一预设条件;

[0099] 在所述转向器当前对应的前轮转角达到对应的第一阈值、当前对应的后轮转角达到对应的第二阈值时,确定所述转向器对应的当前转角满足所述第二预设条件;

[0100] 在满足所述第一预设条件和所述第二预设条件的情况下,基于所述第二补偿力矩确定更新后的横摆补偿力矩,向所述线控驱动/制动控制器发送更新后的横摆补偿力矩对应的补偿力矩信号。

[0101] 在向线控驱动/制动控制器发送补偿力矩信号之前,需要检测第一横摆角速度和第二补偿力矩是否满足第一预设条件,在第一横摆角速度大于横摆角速度阈值(最低阈值),和/或,第二补偿力矩大于补偿力矩阈值(最低阈值)的情况下,确定第一横摆角速度、第二补偿力矩满足第一预设条件。在第一横摆角速度小于或者等于横摆角速度阈值且第二补偿力矩小于或者等于补偿力矩阈值的情况下,确定不满足第一预设条件。

[0102] 在第一横摆角速度和第二补偿力矩满足第一预设条件时,继续检测转向器当前对应的前轮转角是否达到对应的第一阈值、当前对应的后轮转角是否达到对应的第二阈值,这里的第一阈值为前轮最大转角、第二阈值为后轮最大转角。在前轮转角达到对应的第一阈值、后轮转角达到对应的第二阈值时,确定转向器对应的当前转角满足第二预设条件。

[0103] 在满足第一预设条件和第二预设条件的情况下,需要基于第二补偿力矩确定更新后的横摆补偿力矩,即,根据第二补偿力矩更新横摆补偿力矩,将第二补偿力矩的值赋给横摆补偿力矩,以实现横摆补偿力矩的更新。然后将更新后的横摆补偿力矩对应的补偿力矩信号发送至线控驱动/制动控制器,由线控驱动/制动控制器基于补偿力矩信号进行车轮转向补偿。

[0104] 上述实施过程,在获取第一横摆角速度和第二补偿力矩之后,检测第一横摆角速度和第二补偿力矩是否满足第一预设条件,在满足时,继续检测转向器对应的当前转角是否满足第二预设条件,在第一预设条件与第二预设条件均满足的情况下,由线控驱动/制动控制器控制车轮转向以进行转向补偿,实现在车辆满足补偿条件的情况下进行车轮转向补偿。

[0105] 需要说明的是,在线控转向控制器基于第一力矩信号驱动转向器控制前后车轮进行转向之后,需要重新获取车辆状态参数,在重新获取车辆状态参数时需要依据重新获取的测量信号,然后基于重新获取的车辆状态参数确定第一横摆角速度和第二补偿力矩。其中,在确定第一横摆角速度时,基于重新获取的测量信号重新确定气动力以及气动力矩,然后基于气动力和气动力矩,并结合实时测得的轮胎转角建立整车的纵向和侧向受力平衡方程,并建立状态观测器模型,进而重新获取车辆状态参数,以实现获取第一横摆角速度。然后基于重新获取的车辆状态参数进行计算(参见上述相关描述),获取第二补偿力矩。

[0106] 在本申请一实施例中,在检测第一横摆角速度和第二补偿力矩是否满足第一预设

条件的情况下,还包括:

[0107] 在所述第一横摆角速度、所述第二补偿力矩不满足所述第一预设条件的情况下,停止转向补偿;

[0108] 在所述第一横摆角速度、所述第二补偿力矩满足所述第一预设条件,所述转向器对应的当前转角不满足所述第二预设条件的情况下,将所述第二补偿力矩对应的第二力矩信号发送至所述线控转向控制器,以循环所述线控转向控制器驱动前后车轮进行转向、所述线控驱动/制动控制器进行车轮转向补偿的流程,直至停止转向补偿。

[0109] 在第一横摆角速度和第二补偿力矩不满足第一预设条件的情况下,即,第一横摆角速度小于或者等于横摆角速度阈值且第二补偿力矩小于或者等于补偿力矩阈值,此时第一横摆角速度与第二补偿力矩的取值均较小,不满足转向补偿条件,需要停止转向补偿。

[0110] 在第一横摆角速度、第二补偿力矩满足第一预设条件时,继续检测转向器对应的当前转角是否满足第二预设条件,在不满足的情况下(即,转向器当前对应的前轮转角未达到对应的第一阈值、当前对应的后轮转角未达到对应的第二阈值,此时,转向器对应的转角未达到最大值),需要将第二补偿力矩对应的第二力矩信号发送至线控转向控制器,由线控转向控制器基于第二力矩信号驱动转向器控制前后车轮进行转向,并在前后车轮转向后,协同控制器再次重新获取车辆状态参数,然后确定新的横摆角速度和新的补偿力矩,检测二者是否满足第一预设条件,若不满足停止转向补偿,若满足,继续检测转向器对应的最新转角是否满足第二预设条件,若满足,由线控驱动/制动控制器进行车轮转向补偿,若不满足,则将新的补偿力矩发送至线控转向控制器,循环上述过程,直至转向补偿停止。

[0111] 本申请上述实施过程,在第一横摆角速度、第二补偿力矩不满足第一预设条件时,确定不满足转向补偿条件,停止转向补偿;在第一横摆角速度、第二补偿力矩满足第一预设条件时,检测转向器对应的当前转角是否满足第二预设条件,在不满足时,由线控转向控制器继续控制车轮转向。

[0112] 在本申请一实施例中,在所述线控驱动/制动控制器基于所述补偿力矩信号进行车轮转向补偿之后,还包括:

[0113] 在目标横摆角速度和目标补偿力矩不满足所述第一预设条件时,停止转向补偿,所述目标横摆角速度和所述目标补偿力矩基于获取的最新车辆状态参数确定;

[0114] 在所述目标横摆角速度和所述目标补偿力矩满足所述第一预设条件、所述转向器对应的最新转角满足所述第二预设条件的情况下,根据所述目标补偿力矩更新最新横摆补偿力矩,将更新后确定的目标补偿力矩信号发送至所述线控驱动/制动控制器,由所述线控驱动/制动控制器基于所述目标补偿力矩信号进行车轮转向补偿,然后重新确定所述目标横摆角速度和所述目标补偿力矩,直至停止转向补偿;

[0115] 在所述目标横摆角速度和所述目标补偿力矩满足所述第一预设条件、所述转向器对应的最新转角不满足所述第二预设条件的情况下,将所述目标补偿力矩对应的目标力矩信号发送至所述线控转向控制器,以循环所述线控转向控制器驱动前后车轮进行转向、所述线控驱动/制动控制器进行车轮转向补偿的流程,直至停止转向补偿。

[0116] 在线控驱动/制动控制器基于补偿力矩信号进行车轮转向补偿之后,协同控制器获取最新车辆状态参数。在获取最新车辆状态参数时,基于最新气动力、最新气动力矩获取最新车辆状态参数。

[0117] 在获取最新车辆状态参数之后,基于最新车辆状态参数获取目标横摆角速度和目标补偿力矩,其中,在获取目标补偿力矩时,可参见公式8,将当前侧风对应的横摆力矩 M_l 作为被减数,最新前轮转向补偿力矩 $M_{F'}$ 、最新后轮转向补偿力矩 $M_{R'}$ 、最新横摆补偿力矩 $M_{h'}$ 作为减数,确定目标补偿力矩。

[0118] 然后检测目标横摆角速度和目标补偿力矩是否满足第一预设条件,在目标横摆角速度大于横摆角速度阈值(最低阈值),和/或,目标补偿力矩大于补偿力矩阈值(最低阈值)的情况下,确定目标横摆角速度、目标补偿力矩满足第一预设条件,在目标横摆角速度小于或者等于横摆角速度阈值且目标补偿力矩小于或者等于补偿力矩阈值的情况下,确定不满足第一预设条件。

[0119] 在目标横摆角速度和目标补偿力矩不满足第一预设条件时,目标横摆角速度与目标补偿力矩的取值均较小,不满足转向补偿条件,需要停止转向补偿。

[0120] 在目标横摆角速度和目标补偿力矩满足第一预设条件时,检测转向器对应的最新转角是否满足第二预设条件,即,检测转向器当前对应的最新前轮转角是否达到对应的第一阈值、当前对应的最新后轮转角是否达到对应的第二阈值,若达到则确定满足第二预设条件。此时,需要由线控驱动/制动控制器进行车轮转向补偿,具体为:协同控制器根据目标补偿力矩更新最新横摆补偿力矩,在完成更新后确定对应的目标补偿力矩信号、发送至线控驱动/制动控制器,线控驱动/制动控制器基于获取的目标补偿力矩信号进行车轮转向补偿。在线控驱动/制动控制器基于目标补偿力矩信号控制车轮进行转向补偿之后,协同控制器重新确定目标横摆角速度和目标补偿力矩,并循环上述流程直至停止转向补偿。

[0121] 在目标横摆角速度和目标补偿力矩满足第一预设条件,转向器对应的最新转角不满足第二预设条件时,将目标补偿力矩对应的目标力矩信号发送至线控转向控制器,由线控转向控制器基于目标力矩信号驱动转向器控制前后车轮进行转向,并在前后车轮转向后,协同控制器再次重新获取车辆状态参数,然后确定新的目标横摆角速度和新的目标补偿力矩,检测二者是否满足第一预设条件,若不满足停止转向补偿,若满足,继续检测转向器对应的最新转角是否满足第二预设条件,若满足,由线控驱动/制动控制器进行车轮转向补偿,若不满足,则将新的目标补偿力矩发送至线控转向控制器,循环上述过程,直至转向补偿停止。

[0122] 本申请上述实施过程,在线控转向控制器和线控驱动/制动控制器通过一次协同配合控制车轮转向之后,协同控制器基于重新获取的车辆状态参数确定目标横摆角速度和目标补偿力矩,根据目标横摆角速度和目标补偿力矩是否满足第一预设条件的情况、转向器对应的最新转角是否满足第二预设条件的情况,进行相应的处理,可以实现实时获取车辆状态参数以确定补偿力矩,并协同线控转向控制器和线控驱动/制动控制器串联控制进行力矩补偿,可有效提高车辆的侧风稳定性。

[0123] 其中,上述过程中,重新确定所述目标横摆角速度和所述目标补偿力矩,直至停止转向补偿的流程包括如下步骤:

[0124] 将所述目标补偿力矩信号发送至所述线控驱动/制动控制器之后,对所述目标横摆角速度和所述目标补偿力矩进行更新,在更新后获取的最新目标补偿力矩、最新目标横摆角速度不满足所述第一预设条件时,停止转向补偿;

[0125] 在所述最新目标补偿力矩、所述最新目标横摆角速度满足所述第一预设条件,且

所述转向器对应的在转角更新后获取的最新转角满足所述第二预设条件的情况下,根据所述最新目标补偿力矩更新当前最新横摆补偿力矩并确定更新后的目标补偿力矩信号,将更新后的目标补偿力矩信号发送至所述线控驱动/制动控制器,并对所述最新目标补偿力矩、所述最新目标横摆角速度进行更新直至停止转向补偿;

[0126] 在所述最新目标补偿力矩、所述最新目标横摆角速度满足所述第一预设条件,且所述转向器对应的在转角更新后获取的最新转角不满足所述第二预设条件的情况下,将所述最新目标补偿力矩发送至所述线控转向控制器,以循环所述线控转向控制器驱动前后车轮进行转向、所述线控驱动/制动控制器进行车轮转向补偿的流程,直至停止转向补偿。

[0127] 协同控制器将目标补偿力矩信号发送至线控驱动/制动控制器之后,由线控驱动/制动控制器基于目标补偿信号控制车轮进行转向以进行力矩补偿,在线控驱动/制动控制器完成补偿之后,协同控制器重新获取车辆状态参数,以确定最新目标补偿力矩、最新目标横摆角速度,实现对目标横摆角速度和目标补偿力矩进行更新。然后检测最新目标补偿力矩、最新目标横摆角速度是否满足第一预设条件,若不满足,则停止转向补偿。

[0128] 若满足,则继续检测转向器对应的在转角更新后获取的最新转角是否满足第二预设条件,若满足,则根据最新目标补偿力矩更新当前最新横摆补偿力矩,在完成更新后确定更新后的目标补偿力矩信号,将更新后的目标补偿力矩信号发送至线控驱动/制动控制器,由线控驱动/制动控制器进行力矩补偿。然后对最新目标补偿力矩、最新目标横摆角速度进行更新,循环上述过程(检测更新后获取的补偿力矩、横摆角速度是否满足第一预设条件,转向器对应的更新后的转角是否满足第二预设条件,根据检测结果执行对应操作),直至停止转向补偿。

[0129] 在最新目标补偿力矩、最新目标横摆角速度满足第一预设条件,且转向器对应的在转角更新后获取的最新转角不满足第二预设条件的情况下,将最新目标补偿力矩发送至线控转向控制器,由线控转向控制器基于最新目标补偿力矩驱动转向器控制前后车轮进行转向,并在前后车轮转向后,协同控制器再次重新获取车辆状态参数,然后重新确定最新目标补偿力矩、最新目标横摆角速度,并检测,基于检测结果执行对应操作的流程,直至停止转向补偿。

[0130] 上述实施过程,可以由线控转向控制器、线控驱动/制动控制器循环执行对应的操作,以在无法进行转向补偿后停止,可以保证行车安全。

[0131] 针对线控驱动/制动控制器而言,在所述线控驱动/制动控制器基于所述补偿力矩信号进行车轮转向补偿时,所述线控驱动/制动控制器根据车辆的摆动情况,基于所述补偿力矩信号控制车轮制动或者控制车轮电机输出扭矩,以进行车轮转向补偿;

[0132] 其中,在检测到制动信号,或者,未检测到所述制动信号且轮胎滑移率大于滑移率阈值的情况下,所述线控驱动/制动控制器控制车轮制动;在未检测到所述制动信号且轮胎滑移率小于或者等于滑移率阈值的情况下,所述线控驱动/制动控制器控制车轮电机输出扭矩。

[0133] 线控驱动/制动控制器可以基于补偿力矩信号控制车轮制动或者控制车轮电机输出扭矩,具体而言,若线控驱动/制动控制器检测到制动信号,或者,未检测到制动信号、但确定轮胎滑移率超过设定阈值(车轮打滑),则基于补偿力矩信号发送制动信号至制动系统,制动系统执行制动动作,以进行车轮转向补偿。若线控驱动/制动控制器未检测到制动

信号,且轮胎滑移率未超过设定阈值(车轮不打滑),则线控驱动/制动控制器根据补偿力矩信号,将转速信号发送至车轮电机,车轮电机逐渐增加转速并输出扭矩,以进行车轮转向补偿。

[0134] 以上为本申请实施例提供的应用于协同控制器的方法,通过基于车辆状态计算第一补偿力矩,由线控转向控制器基于第一补偿力矩驱动转向器控制前后车轮转向,在控制前后车轮转向后,确定第一横摆角速度和第二补偿力矩,在第一横摆角速度和第二补偿力矩满足第一预设条件、转向器对应的转角满足第二预设条件时,根据第二补偿力矩更新横摆补偿力矩并确定补偿力矩信号,由线控驱动/制动控制器基于补偿力矩信号进行车轮转向补偿,可以实现协同线控转向控制器和线控驱动/制动控制器提供对应的补偿力矩,实现车身的侧风横摆稳定主动控制,减轻侧风对车辆行驶的影响,增加车辆高速行驶时的抗侧风能力,保障行车安全。

[0135] 进一步地,在线控转向控制器和线控驱动/制动控制器通过一次协同配合控制车轮转向之后,协同控制器基于重新获取的车辆状态参数确定目标横摆角速度和目标补偿力矩,根据目标横摆角速度和目标补偿力矩是否满足第一预设条件的情况、转向器对应的最新转角是否满足第二预设条件的情况,进行相应的处理,可以实现实时获取车辆状态参数以确定补偿力矩,并协同线控转向控制器和线控驱动/制动控制器串联控制进行力矩补偿,通过循环操作,可有效提高车辆的侧风稳定性。

[0136] 由于线控转向控制器受轮胎饱和特性的限制,所能提供的补偿力矩有限,而线控驱动/制动控制器能提供更大的补偿力矩,但控制时的驾乘舒适性不佳,通过协同线控转向控制器和线控驱动/制动控制器,可以既保证控制时的驾乘舒适性,又能提供宽域的补偿力矩,提高了车辆的安全冗余。

[0137] 本申请实施例还提供一种侧风横摆稳定控制方法,应用于线控驱动/制动控制器,所述线控驱动/制动控制器与协同控制器通信,参见图6所示,该方法包括:

[0138] 步骤601、接收所述协同控制器发送的补偿力矩信号;其中,所述补偿力矩信号由所述协同控制器根据第二补偿力矩更新横摆补偿力矩后确定,且所述补偿力矩信号在所述第二补偿力矩、第一横摆角速度满足第一预设条件,转向器对应的转角满足第二预设条件时确定并发送,所述第一横摆角速度和所述第二补偿力矩在线控转向控制器基于第一补偿力矩对应的第一力矩信号驱动所述转向器控制前后车轮进行转向后、基于更新后的车辆状态参数确定,所述第一力矩信号由所述协同控制器基于车辆状态参数确定所述第一补偿力矩后发送至所述线控转向控制器。

[0139] 线控驱动/制动控制器基于与协同控制器的通信,接收协同控制器发送的补偿力矩信号。其中,针对协同控制器而言,首先基于车辆状态参数确定第一补偿力矩,然后向与协同控制器通信的线控转向控制器发送第一补偿力矩对应的第一力矩信号,由线控转向控制器基于第一力矩信号驱动转向器控制前后车轮进行转向。在线控转向控制器通过转向器控制车轮转向之后,协同控制器重新确定车辆状态参数,基于重新确定的车辆状态参数确定第一横摆角速度和与第一横摆角速度关联的第二补偿力矩,检测第二补偿力矩、第一横摆角速度是否满足第一预设条件,转向器对应的当前转角是否满足第二预设条件,若满足,则根据第二补偿力矩更新横摆补偿力矩、并确定补偿力矩信号,将补偿力矩信号发送至线控驱动/制动控制器。

[0140] 需要说明的是,协同控制器与风速测量设备通信,根据风速测量设备传输的包括风速和风向的测量信号,计算侧风风速,在侧风风速大于风速阈值的情况下,基于测量信号获取气动力和气动力矩,根据气动力、气动力矩及车辆状态参数确定相关参数,详细过程可参见协同控制器侧的描述,这里不再进一步阐述。

[0141] 步骤602、在检测到制动信号,或者,未检测到所述制动信号且轮胎滑移率大于滑移率阈值的情况下,根据车辆的摆动情况,基于所述补偿力矩信号控制车轮制动,以进行车轮转向补偿。

[0142] 线控驱动/制动控制器获取补偿力矩信号之后,检测是否有制动信号,在检测到制动信号的情况下,根据车辆的摆动情况,基于所获取的补偿力矩信号控制车轮制动,以实现通过线控驱动/制动控制器进行车轮转向补偿。若未检测到制动信号、但检测到轮胎滑移率大于滑移率阈值(即轮胎滑移率超过滑移率阈值、车轮打滑)时,同样需要根据车辆的摆动情况,基于所获取的补偿力矩信号控制车轮制动。

[0143] 步骤603、在未检测到所述制动信号且轮胎滑移率小于或者等于滑移率阈值的情况下,根据车辆的摆动情况,基于所述补偿力矩信号控制车轮电机输出扭矩,以进行车轮转向补偿。

[0144] 针对未检测到制动信号且轮胎滑移率小于或者等于滑移率阈值(车轮不打滑)的情况,此时,线控驱动/制动控制器根据车辆的摆动情况,基于补偿力矩信号控制车轮电机输出扭矩,以控制车轮,实现对车轮进行转向补偿。

[0145] 本申请上述实施过程,在线控转向控制器基于第一补偿力矩驱动转向器控制前后车轮转向之后,若协同控制器获取的第一横摆角速度和第二补偿力矩满足第一预设条件、转向器对应的转角满足第二预设条件,则接收协同控制器发送的补偿力矩信号,基于补偿力矩信号控制车轮制动或者控制车轮电机输出扭矩,可以实现与线控转向控制器协同提供对应的补偿力矩,实现车身的侧风横摆稳定主动控制,减轻侧风对车辆行驶的影响,增加车辆高速行驶时的抗侧风能力,保障行车安全。

[0146] 下面对控制车轮制动或者控制车轮电机的情况进行详细介绍,针对控制车轮制动而言,所述根据车辆的摆动情况,基于所述补偿力矩信号控制车轮制动,以进行车轮转向补偿,包括:

[0147] 在车辆向左侧摆动的情况下,基于所述补偿力矩信号驱动制动系统控制右侧车轮制动;

[0148] 在车辆向右侧摆动的情况下,基于所述补偿力矩信号驱动制动系统控制左侧车轮制动。

[0149] 若线控驱动/制动控制器检测到制动信号,或者,未检测到制动信号、但确定轮胎滑移率超过设定阈值(车轮打滑),则基于补偿力矩信号发送制动信号至制动系统,制动系统执行制动动作。在车辆左摆时则控制右侧车轮制动,使得车辆产生向右运动的倾向,以平衡车辆;在车辆右摆时则控制左侧车轮制动,使得车辆产生向左运动的倾向,以平衡车辆。该过程中补偿力矩信号对应的横摆补偿力矩 M_h 与所需的轮胎制动力满足如下等式,根据该等式进行试验标定并关联相关参数。

$$[0150] \quad M_h = \left(F'_{xf} \cos \delta_f - F'_{xf} \sin \delta_f \right) \frac{L_h}{2} + \left(F'_{xr} \cos \delta_r - F'_{yr} \sin \delta_r \right) \frac{L_h}{2} \quad \text{公式 12}$$

[0151] 其中, L_h 为车辆的轮距, F'_{xf} 为所需额外施加的单侧前轮驱动力(纵向力), 此时等于左右前轮驱动力(纵向力)之差; F'_{yf} 为前轮横摆侧向力, 等于左右前轮侧向力之差; F'_{xr} 为所需额外施加的单侧后轮驱动力(纵向力), 等于左右后轮驱动力(纵向力)之差; F'_{yr} 为后轮横摆侧向力, 等于左右后轮侧向力之差。计算中制动力可等效为负的驱动力, 横摆补偿力矩计算模型可参见如图7所示。

[0152] 针对控制车轮电机而言, 所述根据车辆的摆动情况, 基于所述补偿力矩信号控制车轮电机输出扭矩, 包括:

[0153] 在车辆向左侧摆动的情况下, 基于所述补偿力矩信号驱动左侧车轮电机提高转速;

[0154] 在车辆向右侧摆动的情况下, 基于所述补偿力矩信号驱动右侧车轮电机提高转速。

[0155] 若线控驱动/制动控制器未检测到制动信号, 且轮胎滑移率未超过设定阈值(车轮不打滑), 则线控驱动/制动控制器根据补偿力矩信号, 将转速信号发送至车轮电机, 车轮电机逐渐增加转速并输出扭矩, 在车辆(车头)左摆则左侧车轮电机输出扭矩使得车辆产生向右运动的倾向, 以平衡车辆, 在车辆(车头)右摆则右侧车轮电机输出扭矩使得车辆产生向左运动的倾向, 以平衡车辆。

[0156] 需要说明的是, 该过程中补偿力矩信号对应的横摆补偿力矩 M_h 与所需的驱动力满足公式12。且本实施例中的轮胎滑移率超过设定阈值指的是至少一个轮胎的轮胎滑移率超过设定阈值。

[0157] 本申请上述实施过程, 可以在检测到制动信号, 或者, 未检测到制动信号、但轮胎滑移率超过设定阈值时, 通过轮胎制动方式进行转向补偿, 以平衡车辆; 在未检测到制动信号, 且轮胎滑移率未超过设定阈值时, 通过增加车轮电机转速的方式进行转向补偿, 以平衡车辆。

[0158] 在一实施例中, 在进行车轮转向补偿之后, 所述方法还包括:

[0159] 当接收到所述协同控制器基于目标补偿力矩更新最新横摆补偿力矩后所发送的目标补偿力矩信号后, 基于所述目标补偿力矩信号控制车轮制动或控制所述车轮电机输出扭矩, 以进行车轮转向补偿;

[0160] 当接收不到最新目标补偿力矩信号时, 停止进行车轮转向补偿;

[0161] 其中, 目标横摆角速度和所述目标补偿力矩由所述协同控制器基于获取的最新车辆状态参数确定, 且在所述目标横摆角速度和所述目标补偿力矩满足所述第一预设条件、所述转向器对应的最新转角满足所述第二预设条件的情况下, 所述协同控制器根据所述目标补偿力矩更新最新横摆补偿力矩, 将更新后确定的所述目标补偿力矩信号发送至所述线控驱动/制动控制器。

[0162] 线控驱动/制动控制器在进行首次车轮转向补偿之后, 协同控制器会基于获取的最新车辆状态参数确定目标横摆角速度和目标补偿力矩, 检测目标横摆角速度和目标补偿力矩是否满足第一预设条件时, 若满足, 检测转向器对应的最新转角是否满足第二预设条件, 若满足, 则根据目标补偿力矩更新最新横摆补偿力矩、并确定目标补偿力矩信号, 线控驱动/制动控制器接收协同控制器发送的目标补偿力矩信号, 基于所接收到的目标补偿力矩信号, 控制车轮制动或控制车轮电机输出扭矩, 以进行车轮转向补偿。且在进行车轮转向

补偿时,需要根据制动信号或者根据制动信号以及轮胎滑移率确定采用何种方式进行车轮转向补偿。

[0163] 在完成该次补偿之后,若仍然可以接收到协同控制器发送的最新目标补偿力矩信号,则继续重复上述过程进行车轮转向补偿,直至接收不到最新目标补偿力矩信号时停止车轮转向补偿。

[0164] 以上为本申请实施例提供的应用于线控驱动/制动控制器的侧风横摆稳定控制方法,在线控转向控制器基于第一补偿力矩驱动转向器控制前后车轮转向之后,若协同控制器获取的第一横摆角速度和第二补偿力矩满足第一预设条件、转向器对应的转角满足第二预设条件,则接收协同控制器发送的补偿力矩信号,基于补偿力矩信号控制车轮制动或者控制车轮电机输出扭矩,可以实现与线控转向控制器协同提供对应的补偿力矩,实现车身的侧风横摆稳定主动控制,减轻侧风对车辆行驶的影响,增加车辆高速行驶时的抗侧风能力,保障行车安全。

[0165] 进一步地,根据制动信号或者根据制动信号以及轮胎滑移率确定采用何种方式进行车轮转向补偿,可以基于车辆的实际运行状态确定对应的补偿方式,通过接收多次补偿力矩信号,可以实现基于循环操作,有效提高车辆的侧风稳定性。

[0166] 下面通过一整体实施流程对协同线控转向控制器和线控驱动/制动控制器进行力矩补偿的过程进行阐述,参见图8所示,包括:

[0167] 步骤801、协同控制器将力矩信号发送至线控转向控制器。

[0168] 步骤802、线控转向控制器根据力矩信号分配前后车轮补偿力矩、驱动转向器控制前后车轮进行转向。

[0169] 步骤803、前后车轮进行转向之后,协同控制器基于更新后的车辆状态参数确定横摆角速度和补偿力矩。

[0170] 步骤804、协同控制器检测横摆角速度是否大于横摆角速度阈值,和/或,补偿力矩是否大于补偿力矩阈值,若是则执行步骤805,否则停止车轮转向补偿。

[0171] 步骤805、检测转向器当前对应的前轮转角是否达到对应的第一阈值、当前对应的后轮转角是否达到对应的第二阈值,若是则执行步骤806,否则向协同控制器发送最新补偿力矩对应的力矩信号,返回协同控制器将力矩信号发送至线控转向控制器的步骤并继续后续流程。

[0172] 步骤806、根据最新补偿力矩更新当前横摆补偿力矩,将更新后的横摆补偿力矩对应的补偿力矩信号发送至线控驱动/制动控制器。

[0173] 步骤807、线控驱动/制动控制器检测是否有制动信号,若有,则执行步骤808,否则执行步骤809。

[0174] 步骤808、车辆左摆控制右侧车轮制动,车辆右摆控制左侧车轮制动。然后协同控制器重新确定横摆角速度和补偿力矩,返回检测横摆角速度和补偿力矩的步骤并继续后续流程直至停止车轮转向补偿。

[0175] 步骤809、检测轮胎的滑移率是否超过滑移率阈值,若至少一个轮胎的滑移率超过阈值则执行步骤808,否则执行步骤810。

[0176] 步骤810、车辆左摆控制左侧车轮电机输出扭矩,车辆右摆控制右侧车轮电机输出扭矩。然后协同控制器重新确定横摆角速度和补偿力矩,返回检测横摆角速度和补偿力矩

的步骤并继续后续流程直至停止车轮转向补偿。

[0177] 上述实施流程,通过协同线控转向控制器和线控驱动/制动控制器提供补偿力矩,可以实现车身的侧风横摆稳定主动控制,减轻侧风对车辆行驶的影响,增加车辆高速行驶时的抗侧风能力,保障行车安全。

[0178] 本申请实施例还提供一种侧风横摆稳定控制系统,参见图9所示,包括:协同控制器91,与所述协同控制器91的输出端连接的线控转向控制器92、线控驱动/制动控制器93;

[0179] 所述协同控制器91用于:根据车辆状态参数确定第一补偿力矩,将所述第一补偿力矩对应的第一力矩信号发送至所述线控转向控制器92;

[0180] 所述线控转向控制器92用于:基于所述第一力矩信号驱动转向器控制前后车轮进行转向;

[0181] 所述协同控制器91还用于:在所述前后车轮转向后,基于更新后的车辆状态参数,确定第一横摆角速度和第二补偿力矩;在所述第一横摆角速度和所述第二补偿力矩满足第一预设条件、所述转向器对应的当前转角满足第二预设条件的情况下,根据所述第二补偿力矩更新当前横摆补偿力矩,将更新后的横摆补偿力矩对应的补偿力矩信号发送至所述线控驱动/制动控制器93;

[0182] 所述线控驱动/制动控制器93用于:接收所述协同控制器91发送的补偿力矩信号;在检测到制动信号,或者,未检测到所述制动信号且轮胎滑移率大于滑移率阈值的情况下,根据车辆的摆动情况,基于所述补偿力矩信号控制车轮制动,以进行车轮转向补偿;在未检测到所述制动信号且轮胎滑移率小于或者等于滑移率阈值的情况下,根据车辆的摆动情况,基于所述补偿力矩信号控制车轮电机输出扭矩,以进行车轮转向补偿。

[0183] 可选地,参见图9所示,所述侧风横摆稳定控制系统还包括与所述协同控制器91的输入端连接的风速测量设备94,所述协同控制器91还用于:

[0184] 根据所述风速测量设备94传输的测量信号,计算侧风风速,所述测量信号包括风速和风向;

[0185] 在所述侧风风速大于风速阈值的情况下,基于所述测量信号获取气动力和气动力矩;

[0186] 根据所述气动力、所述气动力矩及车辆状态参数计算所述第一补偿力矩,所述车辆状态参数至少包括:轮胎转角、横摆角速度、纵向速度和侧向速度。

[0187] 可选地,所述协同控制器91在将更新后的横摆补偿力矩对应的补偿力矩信号发送至所述线控驱动/制动控制器93时,还用于:

[0188] 在所述第一横摆角速度大于横摆角速度阈值,和/或,所述第二补偿力矩大于补偿力矩阈值的情况下,确定所述第一横摆角速度、所述第二补偿力矩满足所述第一预设条件;在所述转向器当前对应的前轮转角达到对应的第一阈值、当前对应的后轮转角达到对应的第二阈值时,确定所述转向器对应的当前转角满足所述第二预设条件;在满足所述第一预设条件和所述第二预设条件的情况下,基于所述第二补偿力矩确定更新后的横摆补偿力矩,向所述线控驱动/制动控制器93发送更新后的横摆补偿力矩对应的补偿力矩信号。

[0189] 可选地,所述协同控制器91还用于:

[0190] 在所述第一横摆角速度、所述第二补偿力矩不满足所述第一预设条件的情况下,停止转向补偿;

[0191] 在所述第一横摆角速度、所述第二补偿力矩满足所述第一预设条件,所述转向器对应的当前转角不满足所述第二预设条件的情况下,将所述第二补偿力矩对应的第二力矩信号发送至所述线控转向控制器92。

[0192] 可选地,在所述线控驱动/制动控制器93基于所述补偿力矩信号进行车轮转向补偿之后,所述协同控制器91还用于:

[0193] 基于获取的最新车辆状态参数确定目标横摆角速度和目标补偿力矩,在所述目标横摆角速度和所述目标补偿力矩不满足所述第一预设条件时,停止转向补偿;

[0194] 在所述目标横摆角速度和所述目标补偿力矩满足所述第一预设条件、所述转向器对应的最新转角满足所述第二预设条件的情况下,根据所述目标补偿力矩更新最新横摆补偿力矩,将更新后确定的目标补偿力矩信号发送至所述线控驱动/制动控制器93,由所述线控驱动/制动控制器93基于所述目标补偿力矩信号进行车轮转向补偿,然后协同控制器91重新确定所述目标横摆角速度和所述目标补偿力矩,直至停止转向补偿;

[0195] 在所述目标横摆角速度和所述目标补偿力矩满足所述第一预设条件、所述转向器对应的最新转角不满足所述第二预设条件的情况下,将所述目标补偿力矩对应的目标力矩信号发送至所述线控转向控制器92。

[0196] 可选地,所述线控驱动/制动控制器93在根据车辆的摆动情况,基于所述补偿力矩信号控制车轮制动时,还用于:在车辆向左侧摆动的情况下,基于所述补偿力矩信号驱动制动系统控制右侧车轮制动;在车辆向右侧摆动的情况下,基于所述补偿力矩信号驱动制动系统控制左侧车轮制动。

[0197] 所述线控驱动/制动控制器93在根据车辆的摆动情况,基于所述补偿力矩信号控制车轮电机输出扭矩时,还用于:在车辆向左侧摆动的情况下,基于所述补偿力矩信号驱动左侧车轮电机提高转速;在车辆向右侧摆动的情况下,基于所述补偿力矩信号驱动右侧车轮电机提高转速。

[0198] 图10是本申请实施例提供的应用于协同控制器的侧风横摆稳定控制装置示意图,协同控制器与线控转向控制器、线控驱动/制动控制器通信,所述装置包括:

[0199] 第一发送模块1001,用于将第一补偿力矩对应的第一力矩信号发送至所述线控转向控制器,由所述线控转向控制器基于所述第一力矩信号驱动转向器控制前后车轮进行转向,所述第一补偿力矩根据车辆状态参数确定;

[0200] 确定模块1002,用于在所述前后车轮转向后,基于更新后的车辆状态参数,确定第一横摆角速度 and 第二补偿力矩;

[0201] 第一处理模块1003,用于在所述第一横摆角速度和所述第二补偿力矩满足第一预设条件、所述转向器对应的当前转角满足第二预设条件的情况下,根据所述第二补偿力矩更新当前横摆补偿力矩,将更新后的横摆补偿力矩对应的补偿力矩信号发送至所述线控驱动/制动控制器,由所述线控驱动/制动控制器基于所述补偿力矩信号进行车轮转向补偿。

[0202] 可选地,所述装置还包括:

[0203] 第一停止模块,用于在所述线控驱动/制动控制器基于所述补偿力矩信号进行车轮转向补偿之后,在目标横摆角速度和目标补偿力矩不满足所述第一预设条件时,停止转向补偿,所述目标横摆角速度和所述目标补偿力矩基于获取的最新车辆状态参数确定;

[0204] 第二处理模块,用于在所述目标横摆角速度和所述目标补偿力矩满足所述第一预

设条件、所述转向器对应的最新转角满足所述第二预设条件的情况下,根据所述目标补偿力矩更新最新横摆补偿力矩,将更新后确定的目标补偿力矩信号发送至所述线控驱动/制动控制器,由所述线控驱动/制动控制器基于所述目标补偿力矩信号进行车轮转向补偿,然后重新确定所述目标横摆角速度和所述目标补偿力矩,直至停止转向补偿;

[0205] 第二发送模块,用于在所述目标横摆角速度和所述目标补偿力矩满足所述第一预设条件、所述转向器对应的最新转角不满足所述第二预设条件的情况下,将所述目标补偿力矩对应的目标力矩信号发送至所述线控转向控制器。

[0206] 可选地,所述协同控制器与风速测量设备通信,所述装置还包括:

[0207] 第一计算模块,用于根据所述风速测量设备传输的测量信号,计算侧风风速,所述测量信号包括风速和风向;

[0208] 获取模块,用于在所述侧风风速大于风速阈值的情况下,基于所述测量信号获取气动力和气动力矩;

[0209] 第二计算模块,用于根据所述气动力、所述气动力矩及车辆状态参数计算所述第一补偿力矩,所述车辆状态参数至少包括:轮胎转角、横摆角速度、纵向速度和侧向速度。

[0210] 可选地,所述第一处理模块包括:

[0211] 第一确定子模块,用于在所述第一横摆角速度大于横摆角速度阈值,和/或,所述第二补偿力矩大于补偿力矩阈值的情况下,确定所述第一横摆角速度、所述第二补偿力矩满足所述第一预设条件;

[0212] 第二确定子模块,用于在所述转向器当前对应的前轮转角达到对应的第一阈值、当前对应的后轮转角达到对应的第二阈值时,确定所述转向器对应的当前转角满足所述第二预设条件;

[0213] 确定发送子模块,用于在满足所述第一预设条件和所述第二预设条件的情况下,基于所述第二补偿力矩确定更新后的横摆补偿力矩,向所述线控驱动/制动控制器发送更新后的横摆补偿力矩对应的补偿力矩信号。

[0214] 可选地,所述装置还包括:

[0215] 第二停止模块,用于在所述第一横摆角速度、所述第二补偿力矩不满足所述第一预设条件的情况下,停止转向补偿;

[0216] 第三发送模块,用于在所述第一横摆角速度、所述第二补偿力矩满足所述第一预设条件,所述转向器对应的当前转角不满足所述第二预设条件的情况下,将所述第二补偿力矩对应的第二力矩信号发送至所述线控转向控制器。

[0217] 可选地,在所述线控驱动/制动控制器基于所述补偿力矩信号进行车轮转向补偿时,所述线控驱动/制动控制器根据车辆的摆动情况,基于所述补偿力矩信号控制车轮制动或者控制车轮电机输出扭矩,以进行车轮转向补偿;

[0218] 其中,在检测到制动信号,或者,未检测到所述制动信号且轮胎滑移率大于滑移率阈值的情况下,所述线控驱动/制动控制器控制车轮制动;在未检测到所述制动信号且轮胎滑移率小于或者等于滑移率阈值的情况下,所述线控驱动/制动控制器控制车轮电机输出扭矩。

[0219] 图11是本申请实施例提供的应用于线控驱动/制动控制器的侧风横摆稳定控制装置示意图,线控驱动/制动控制器与协同控制器通信,所述装置包括:

[0220] 接收模块1101,用于接收所述协同控制器发送的补偿力矩信号;

[0221] 第一控制模块1102,用于在检测到制动信号,或者,未检测到所述制动信号且轮胎滑移率大于滑移率阈值的情况下,根据车辆的摆动情况,基于所述补偿力矩信号控制车轮制动,以进行车轮转向补偿;

[0222] 第二控制模块1103,用于在未检测到所述制动信号且轮胎滑移率小于或者等于滑移率阈值的情况下,根据车辆的摆动情况,基于所述补偿力矩信号控制车轮电机输出扭矩,以进行车轮转向补偿;

[0223] 其中,所述补偿力矩信号由所述协同控制器根据第二补偿力矩更新横摆补偿力矩后确定,且所述补偿力矩信号在所述第二补偿力矩、第一横摆角速度满足第一预设条件,转向器对应的转角满足第二预设条件时确定并发送,所述第一横摆角速度和所述第二补偿力矩在线控转向控制器基于第一补偿力矩对应的第一力矩信号驱动所述转向器控制前后车轮进行转向、基于更新后的车辆状态参数确定,所述第一力矩信号由所述协同控制器基于车辆状态参数确定所述第一补偿力矩后发送至所述线控转向控制器。

[0224] 可选地,第一控制模块包括:

[0225] 第一控制子模块,用于在车辆向左侧摆动的情况下,基于所述补偿力矩信号驱动制动系统控制右侧车轮制动;

[0226] 第二控制子模块,用于在车辆向右侧摆动的情况下,基于所述补偿力矩信号驱动制动系统控制左侧车轮制动。

[0227] 可选地,所述第二控制模块包括:

[0228] 第一驱动子模块,用于在车辆向左侧摆动的情况下,基于所述补偿力矩信号驱动左侧车轮电机提高转速;

[0229] 第二驱动子模块,用于在车辆向右侧摆动的情况下,基于所述补偿力矩信号驱动右侧车轮电机提高转速。

[0230] 可选地,在进行车轮转向补偿之后,所述装置还包括:

[0231] 第三控制模块,用于当接收到所述协同控制器基于目标补偿力矩更新最新横摆补偿力矩后所发送的目标补偿力矩信号后,基于所述目标补偿力矩信号控制车轮制动或控制所述车轮电机输出扭矩,以进行车轮转向补偿;

[0232] 第三停止模块,用于当接收不到最新目标补偿力矩信号时,停止进行车轮转向补偿;

[0233] 其中,目标横摆角速度和所述目标补偿力矩由所述协同控制器基于获取的最新车辆状态参数确定,且在所述目标横摆角速度和所述目标补偿力矩满足所述第一预设条件、所述转向器对应的最新转角满足所述第二预设条件的情况下,所述协同控制器根据所述目标补偿力矩更新最新横摆补偿力矩,将更新后确定的所述目标补偿力矩信号发送至所述线控驱动/制动控制器。

[0234] 对于上述装置实施例而言,由于其与侧风横摆稳定控制方法实施例基本相似,相关之处参见方法实施例的部分说明即可。

[0235] 本申请实施例还提供了一种电子设备,如图12所示,包括处理器1201、通信接口1202、存储器1203和通信总线1204,其中,处理器1201,通信接口1202,存储器1203通过通信总线1204完成相互间的通信。电子设备为协同控制器或者线控驱动/制动控制器。协同控制

器与线控转向控制器、线控驱动/制动控制器通信。

[0236] 存储器1203,用于存放计算机程序。

[0237] 在电子设备为协同控制器的情况下,处理器1201用于执行存储器1203上所存放的程序时,实现如下步骤:将第一补偿力矩对应的第一力矩信号发送至所述线控转向控制器,由所述线控转向控制器基于所述第一力矩信号驱动转向器控制前后车轮进行转向,所述第一补偿力矩根据车辆状态参数确定;在所述前后车轮转向后,基于更新后的车辆状态参数,确定第一横摆角速度和第二补偿力矩;在所述第一横摆角速度和所述第二补偿力矩满足第一预设条件、所述转向器对应的当前转角满足第二预设条件的情况下,根据所述第二补偿力矩更新当前横摆补偿力矩,将更新后的横摆补偿力矩对应的补偿力矩信号发送至所述线控驱动/制动控制器,由所述线控驱动/制动控制器基于所述补偿力矩信号进行车轮转向补偿。

[0238] 在电子设备为线控驱动/制动控制器的情况下,处理器1201用于执行存储器1203上所存放的程序时,实现如下步骤:接收所述协同控制器发送的补偿力矩信号;在检测到制动信号,或者,未检测到所述制动信号且轮胎滑移率大于滑移率阈值的情况下,根据车辆的摆动情况,基于所述补偿力矩信号控制车轮制动,以进行车轮转向补偿;在未检测到所述制动信号且轮胎滑移率小于或者等于滑移率阈值的情况下,根据车辆的摆动情况,基于所述补偿力矩信号控制车轮电机输出扭矩,以进行车轮转向补偿;其中,所述补偿力矩信号由所述协同控制器根据第二补偿力矩更新横摆补偿力矩后确定,且所述补偿力矩信号在所述第二补偿力矩、第一横摆角速度满足第一预设条件,转向器对应的转角满足第二预设条件时确定并发送,所述第一横摆角速度和所述第二补偿力矩在线控转向控制器基于第一补偿力矩对应的第一力矩信号驱动所述转向器控制前后车轮进行转向后、基于更新后的车辆状态参数确定,所述第一力矩信号由所述协同控制器基于车辆状态参数确定所述第一补偿力矩后发送至所述线控转向控制器。

[0239] 其中,处理器1201还可以实现上述侧风横摆稳定控制方法中的其他步骤,这里不再赘述。

[0240] 上述电子设备提到的通信总线可以是外设部件互连标准(Peripheral Component Interconnect,简称PCI)总线或扩展工业标准结构(Extended Industry Standard Architecture,简称EISA)总线等。该通信总线可以分为地址总线、数据总线、控制总线等。为便于表示,图中仅用一条粗线表示,但并不表示仅有一根总线或一种类型的总线。

[0241] 通信接口用于上述终端与其他设备之间的通信。

[0242] 存储器可以包括随机存取存储器(Random Access Memory,简称RAM),也可以包括非易失性存储器(non-volatile memory),例如至少一个磁盘存储器。可选的,存储器还可以是至少一个位于远离前述处理器的存储装置。

[0243] 上述的处理器可以是通用处理器,包括中央处理器(Central Processing Unit,简称CPU)、网络处理器(Network Processor,简称NP)等;还可以是数字信号处理器(Digital Signal Processing,简称DSP)、专用集成电路(Application Specific Integrated Circuit,简称ASIC)、现场可编程门阵列(Field-Programmable Gate Array,简称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。

[0244] 在本申请提供的又一实施例中,还提供了一种计算机可读存储介质,该计算机可

读存储介质中存储有指令,当其在计算机上运行时,使得计算机执行上述实施例中所述的侧风横摆稳定控制方法。

[0245] 在本申请提供的又一实施例中,还提供了一种包含指令的计算机程序产品,当其在计算机上运行时,使得计算机执行上述实施例中所述的侧风横摆稳定控制方法。

[0246] 在上述实施例中,可以全部或部分地通过软件、硬件、固件或者其任意组合来实现。当使用软件实现时,可以全部或部分地以计算机程序产品的形式实现。所述计算机程序产品包括一个或多个计算机指令。在计算机上加载和执行所述计算机程序指令时,全部或部分地产生按照本申请实施例所述的流程或功能。所述计算机可以是通用计算机、专用计算机、计算机网络、或者其他可编程装置。所述计算机指令可以存储在计算机可读存储介质中,或者从一个计算机可读存储介质向另一个计算机可读存储介质传输,例如,所述计算机指令可以从一个网站站点、计算机、服务器或数据中心通过有线(例如同轴电缆、光纤、数字用户线(DSL))或无线(例如红外、无线、微波等)方式向另一个网站站点、计算机、服务器或数据中心进行传输。所述计算机可读存储介质可以是计算机能够存取的任何可用介质或者是包含一个或多个可用介质集成的服务器、数据中心等数据存储设备。所述可用介质可以是磁性介质,(例如,软盘、硬盘、磁带)、光介质(例如,DVD)、或者半导体介质(例如固态硬盘 Solid State Disk(SSD))等。

[0247] 需要说明的是,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。

[0248] 本说明书中的各个实施例均采用相关的方式描述,各个实施例之间相同相似的部分互相参见即可,每个实施例重点说明的都是与其他实施例的不同之处。尤其,对于系统实施例而言,由于其基本相似于方法实施例,所以描述的比较简单,相关之处参见方法实施例的部分说明即可。

[0249] 以上所述仅为本申请的较佳实施例而已,并非用于限定本申请的保护范围。凡在本申请的精神和原则之内所作的任何修改、等同替换、改进等,包含在本申请的保护范围内。

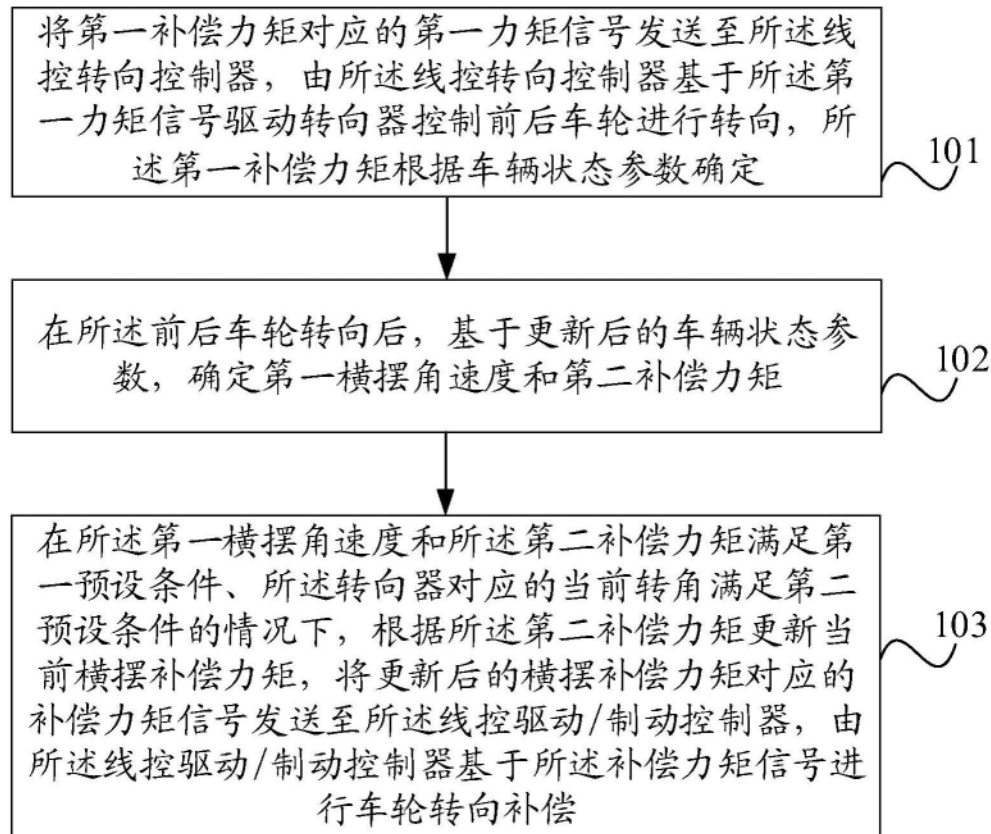


图1

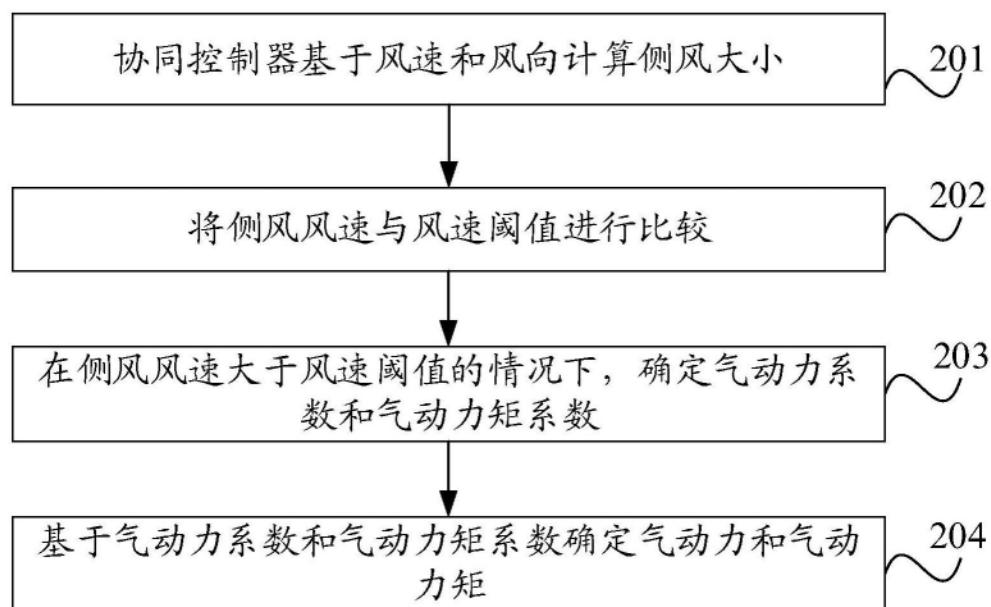


图2

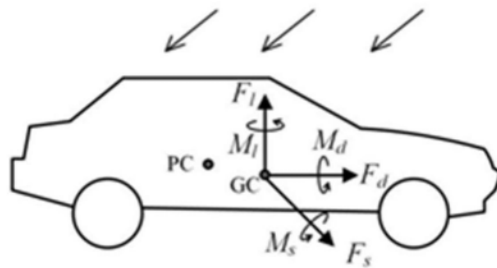


图3

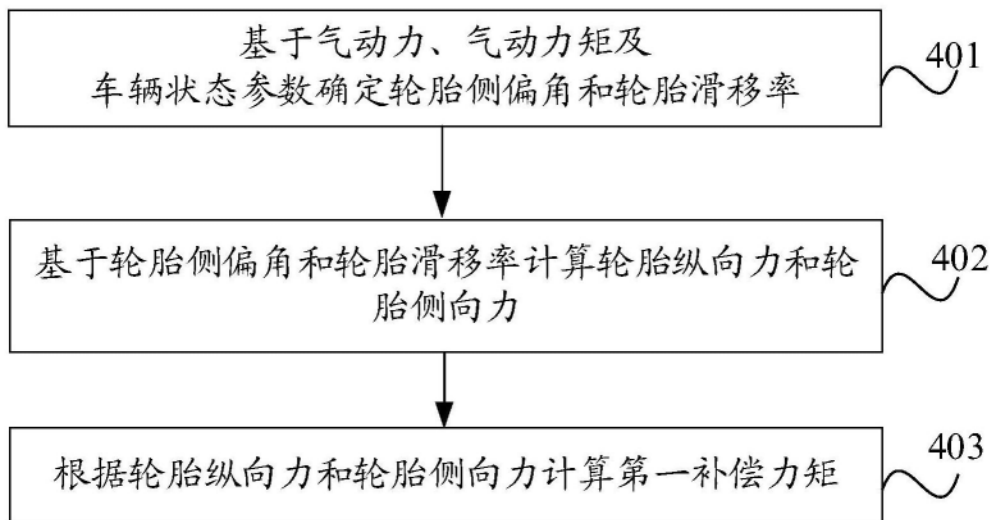


图4

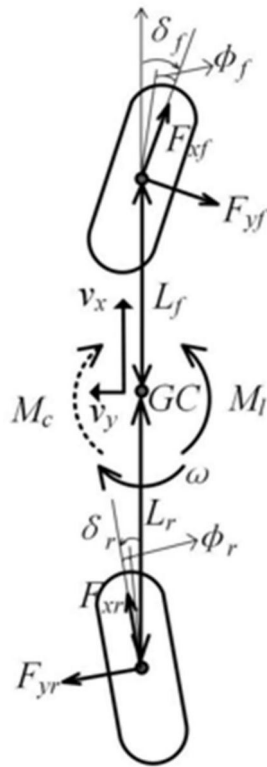


图5

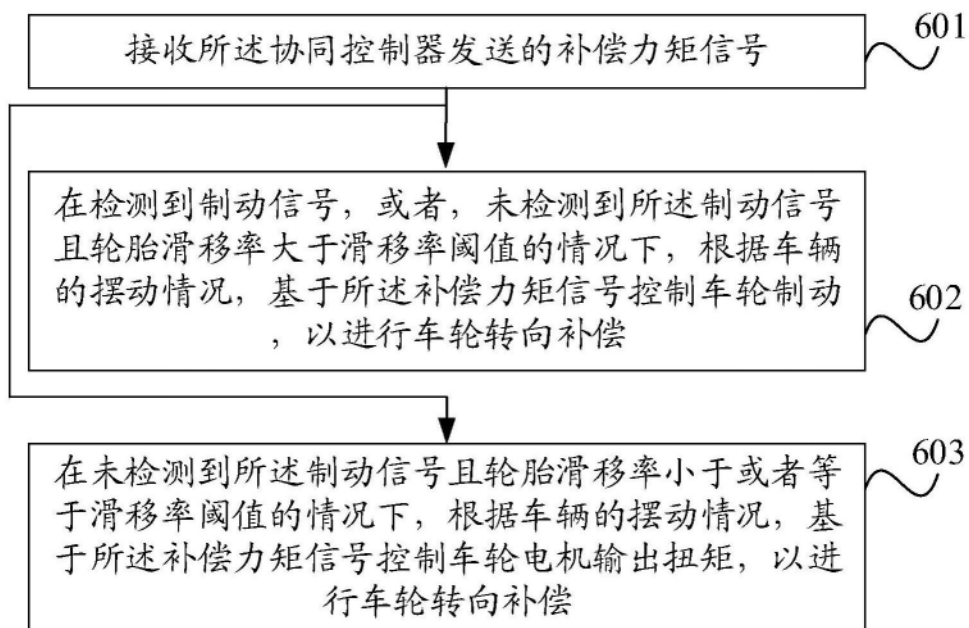


图6

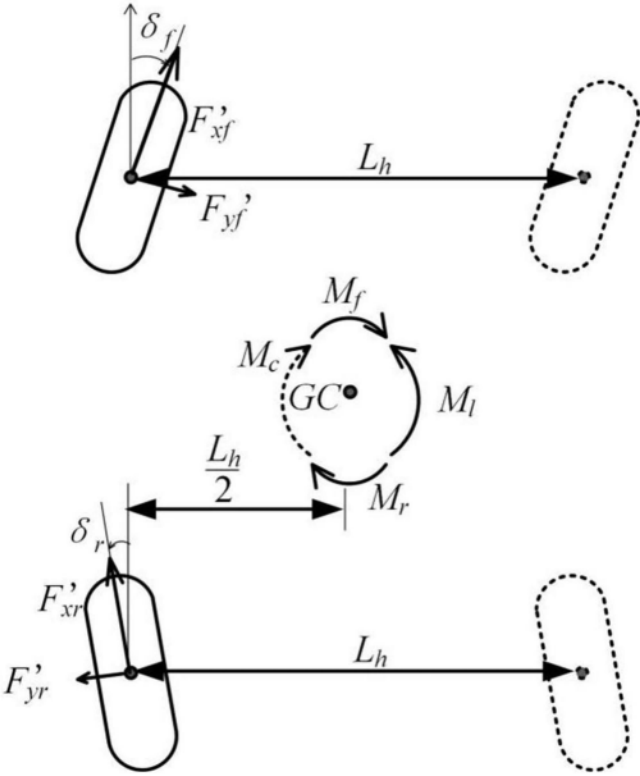


图7

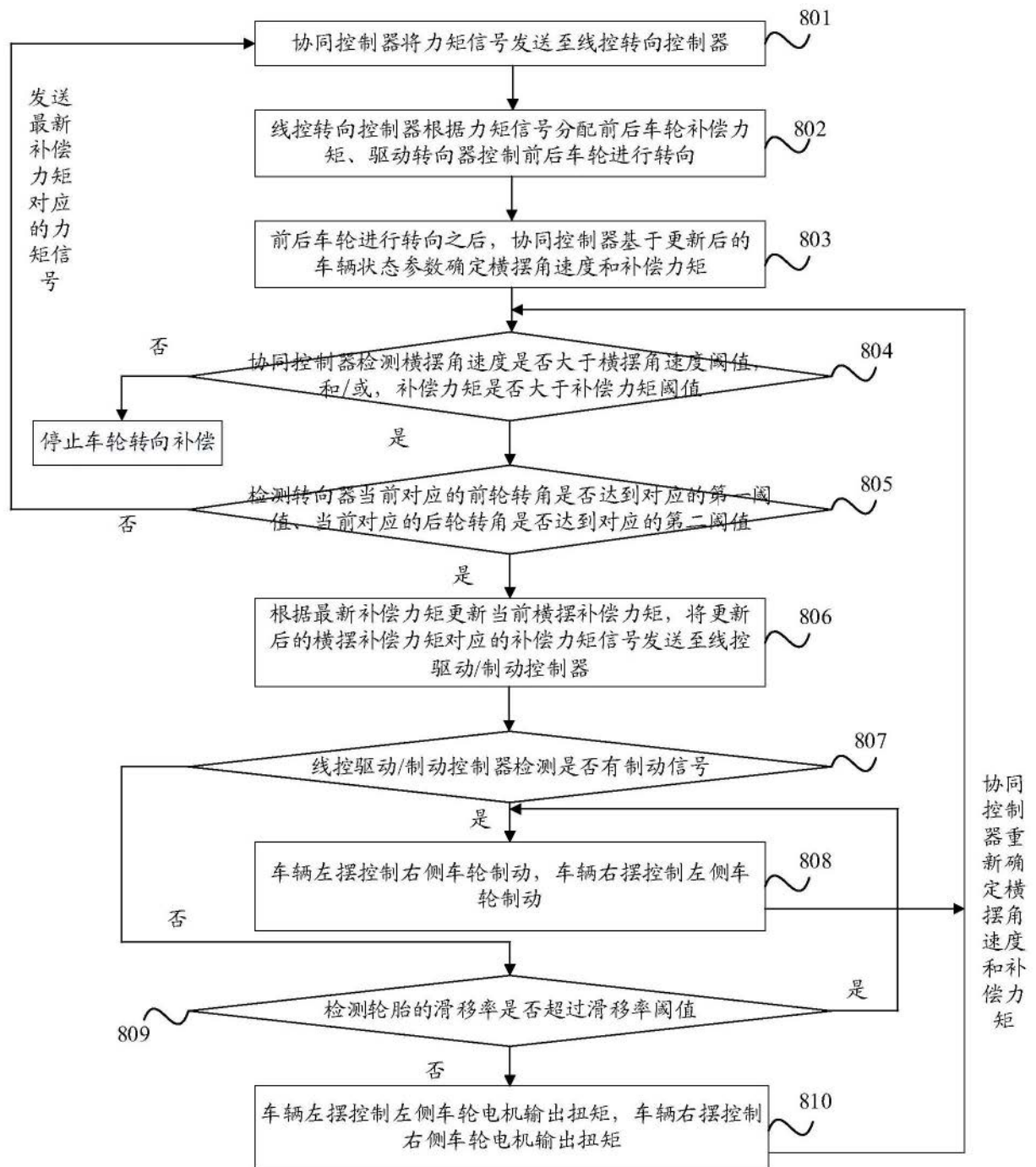


图8

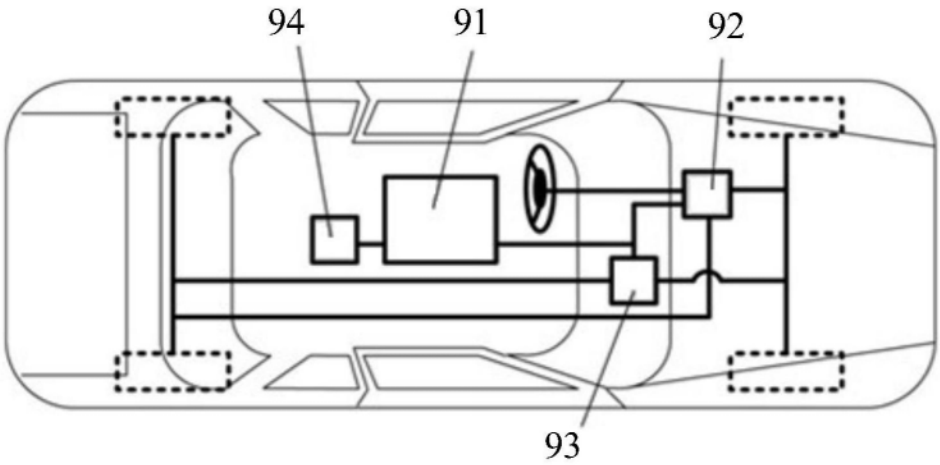


图9

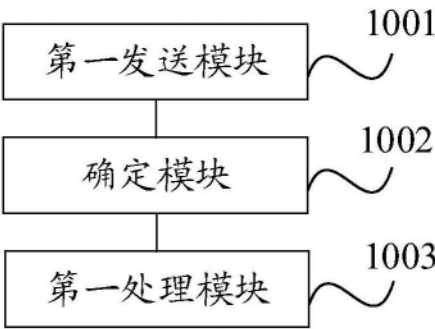


图10

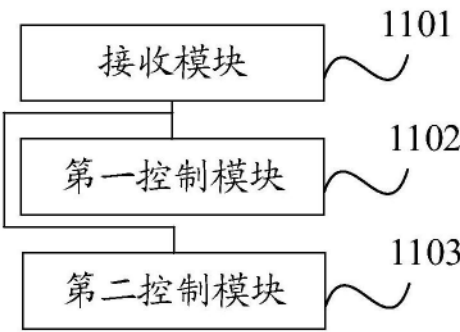


图11

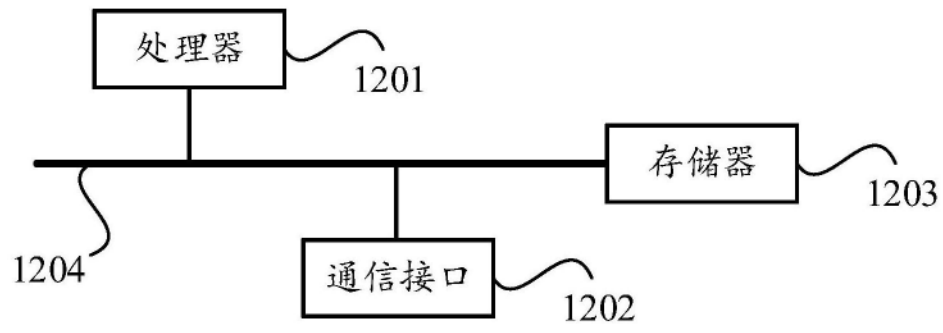


图12