



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 118579141 A

(43) 申请公布日 2024. 09. 03

(21) 申请号 202411069647.X

(22) 申请日 2024.08.06

(71) 申请人 比亚迪股份有限公司

地址 518118 广东省深圳市坪山区比亚迪
路3009号(72) 发明人 徐啸哲 李振伟 刘斯奇 谢非
王晓伟(74) 专利代理机构 北京景闻知识产权代理有限
公司 11742

专利代理师 朱鸿雁

(51) Int. Cl.

B62D 6/00 (2006.01)

B62D 137/00 (2006.01)

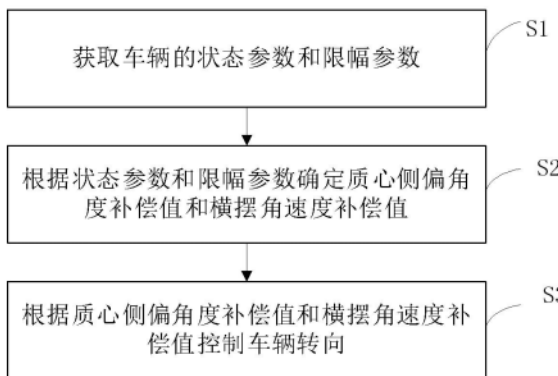
权利要求书4页 说明书13页 附图3页

(54) 发明名称

车辆及其转向控制方法、装置和计算机程序
产品

(57) 摘要

本发明提出一种车辆及其转向控制方法、装置和计算机程序产品,方法包括:获取车辆的状态参数和限幅参数;根据状态参数和限幅参数确定质心侧偏角度补偿值和横摆角速度补偿值;根据质心侧偏角度补偿值和横摆角速度补偿值控制车辆转向,本发明通过增加限幅参数,充分考虑到了外界环境对车辆转向的影响,避免实时变化的路面摩擦力对补偿值产生的扰动,进而计算出的补偿值更加精准,能够适应复杂的行驶路况,提高了线控转向系统中车辆转向的稳定性、实时性和通用性。



1. 一种车辆的转向控制方法,其特征在于,包括:
 获取所述车辆的状态参数和限幅参数;
 根据所述状态参数和所述限幅参数确定质心侧偏角度补偿值和横摆角速度补偿值;
 根据所述质心侧偏角度补偿值和所述横摆角速度补偿值控制所述车辆转向。
2. 根据权利要求1所述的车辆的转向控制方法,其特征在于,根据所述状态参数和限幅参数确定质心侧偏角度补偿值和横摆角速度补偿值,包括:
 根据所述状态参数和所述限幅参数确定目标质心侧偏角度和目标横摆角速度;
 根据所述状态参数确定实际质心侧偏角度;
 计算所述目标质心侧偏角度和所述实际质心侧偏角度的角度差值,根据所述角度差值和车辆控制参数计算质心侧偏角度补偿值;
 计算所述目标横摆角速度和实际横摆角速度的角速度差值,根据所述角速度差值和车辆控制参数计算所述横摆角速度补偿值。
3. 根据权利要求2所述的车辆的转向控制方法,其特征在于,所述状态参数包括第一状态参数,根据所述状态参数和所述限幅参数确定目标质心侧偏角度,包括:
 根据所述第一状态参数确定理论目标横摆角速度;
 根据所述第一状态参数和所述限幅参数确定限值目标横摆角速度;
 将所述理论目标横摆角速度和所述限值目标横摆角速度中的较小值作为所述目标横摆角速度。
4. 根据权利要求2所述的车辆的转向控制方法,其特征在于,所述状态参数包括第二状态参数,根据所述状态参数和限幅参数确定目标横摆角速度,包括:
 根据所述第二状态参数确定理论目标质心侧偏角度;
 根据所述限幅参数确定限值目标质心侧偏角度;
 将所述理论目标质心侧偏角度和所述限值目标质心侧偏角度中的较小值作为所述目标质心侧偏角度。
5. 根据权利要求3所述的车辆的转向控制方法,其特征在于,根据所述第一状态参数确定理论目标横摆角速度时,将所述第一状态参数带入以下公式,得到所述目标横摆角速度,包括:

$$\dot{\phi}_{des} = \frac{\dot{v}_x}{R} = \frac{\dot{v}_x}{l_f + l_r + \frac{mu^2(l_r C_{ar} - l_f C_{af})}{2C_{ar} C_{af} L}} \delta,$$

其中, $\dot{\phi}_{des}$ 为所述理论目标横摆角速度, $\dot{v}_x$ 为纵向速度的导数, R 为转弯半径, l_f 为车辆的前轴到质心的距离, l_r 为车辆的后轴到质心的距离, m 为所述车辆的质量, C_{af} 为车辆的前轮胎侧偏刚度, C_{ar} 为车辆的后轮胎侧偏刚度, L 为前轴和后轴到车辆质心处的距离之和, u 为车速, δ 为前轮转角。

6. 根据权利要求3所述的车辆的转向控制方法,其特征在于,根据所述第一状态参数和所述限幅参数确定限值目标横摆角速度时,将所述第一状态参数和所述限幅参数带入以下公式,得到所述限值目标横摆角速度,包括:

$$\Phi_{\text{upper_bound}} = 0.85 \frac{\mu g}{\dot{v}_x},$$

其中, $\Phi_{\text{upper_bound}}$ 为所述限值目标横摆角速度, μ 为路面附着系数, g 为重力加速度, $\dot{v}_x$ 为纵向速度的导数。

7. 根据权利要求4所述的车辆的转向控制方法, 其特征在于, 根据所述第二状态参数确定理论目标质心侧偏角度时, 将所述第二状态参数带入以下公式, 得到所述理论目标质心侧偏角度, 包括:

$$\beta_{\text{des}} = \frac{l_r - \frac{l_f \mu u^2}{2C_{ar}(l_f + l_r)}}{(l_f + l_r) + \frac{\mu u^2(l_r C_{ar} - l_f C_{af})}{2C_{ar} C_{af}(l_f + l_r)}} \delta,$$

其中, β_{des} 为所述理论目标质心侧偏角度, l_f 为前轴到质心的距离, l_r 为后轴到质心的距离, m 为所述车辆的质量, C_{af} 为前轮胎侧偏刚度, C_{ar} 为后轮胎侧偏刚度, u 为车速, δ 为前轮转角。

8. 根据权利要求4所述的车辆的转向控制方法, 其特征在于, 根据所述限幅参数确定限值目标质心侧偏角度时, 将所述限幅参数带入以下公式, 得到所述限值目标质心侧偏角度, 包括:

$$\beta_{\text{upper_bound}} = \tan^{-1}(0.02 \mu g),$$

其中, $\beta_{\text{upper_bound}}$ 为所述限值目标质心侧偏角度, μ 为路面附着系数, g 为重力加速度。

9. 根据权利要求2所述的车辆的转向控制方法, 其特征在于, 根据所述状态参数确定实际质心侧偏角度时, 将所述状态参数输入以下公式, 得到所述实际质心侧偏角度, 包括:

$$\beta = \arctan \left(\int \left(\frac{a_y}{v_x} - \omega_r \right) dt \right),$$

其中, β 为所述实际质心侧偏角度, a_y 为侧向加速度, v_x 为纵向速度, ω_r 为横摆角速度。

10. 根据权利要求2所述的车辆的转向控制方法, 其特征在于, 根据所述角度差值和车辆控制参数计算质心侧偏角度补偿值时, 将所述角度差值和车辆控制参数带入以下公式, 得到所述质心侧偏角度补偿值, 包括:

$$\Delta \delta_{\beta f} = K_p \times (e_1 + \frac{1}{t_i} \times \int e dt),$$

其中, $\Delta \delta_{\beta f}$ 为所述质心侧偏角度补偿值, K_p 为车辆控制系数, e_1 为所述角度差值, t_i 为积分项控制系数。

11. 根据权利要求2所述的车辆的转向控制方法,其特征在于,根据所述角速度差值和车辆控制参数计算所述横摆角速度补偿值时,将所述角速度差值和车辆控制参数带入以下公式,得到所述横摆角速度补偿值,包括:

$$\Delta\delta_{\omega f} = K_p \times (e_2 + \frac{1}{t_i} \times \int e dt),$$

其中, $\Delta\delta_{\omega f}$ 为所述横摆角速度补偿值, K_p 为车辆控制系数, e_2 为所述角速度差值, t_i 为积分项控制系数。

12. 根据权利要求1所述的车辆的转向控制方法,其特征在于,获取所述车辆的限幅参数,包括:

获取所述车辆的滑移率;

根据所述状态参数和所述滑移率确定所述限幅参数。

13. 根据权利要求12所述的车辆的转向控制方法,其特征在于,根据所述状态参数和所述滑移率确定所述限幅参数,包括:

根据所述状态参数拟合滑移率-路面附着系数映射关系;

若所述滑移率在第一预设滑移率范围,将所述滑移率为预设滑移率值对应的路面附着系数作为第一限幅参数;

若所述滑移率在第二预设滑移率范围,将所述映射关系的斜率为预设斜率值对应的路面附着系数作为第二限幅参数。

14. 根据权利要求12所述的车辆的转向控制方法,其特征在于,获取所述车辆的滑移率,包括:

$$s = \frac{u - u_w}{u} \times 100\%,$$

其中, S 为所述滑移率, u 为车速, u_w 为轮速。

15. 根据权利要求1所述的车辆的转向控制方法,其特征在于,根据所述质心侧偏角度补偿值和所述横摆角速度补偿值控制车辆转向,包括:

对所述质心侧偏角度补偿值和所述横摆角速度补偿值进行加权,根据加权系数确定所述车辆的补偿转角;

根据所述补偿转角控制所述车辆转向。

16. 根据权利要求15所述的车辆的转向控制方法,其特征在于,根据加权系数确定前轮补偿转角时,将所述加权系数、所述质心侧偏角度补偿值和所述横摆角速度补偿值带入以下公式得到所述补偿转角,包括:

$$\Delta\delta_f = \rho \times \Delta\delta_{\omega f} + (1 - \rho) \times \Delta\delta_{\beta f},$$

其中, $\Delta\delta_f$ 为所述补偿转角, ρ 为加权系数, $\Delta\delta_{\omega f}$ 为所述横摆角速度补偿值, $\Delta\delta_{\beta f}$ 为所述质心侧偏角度补偿值。

17. 一种车辆的转向控制装置,其特征在于,包括:

获取模块,用于获取所述车辆的状态参数和限幅参数;

确定模块,用于根据所述状态参数和所述限幅参数确定质心侧偏角度补偿值和横摆角速度补偿值;

控制模块,用于根据所述质心侧偏角度补偿值和所述横摆角速度补偿值控制所述车辆转向。

18.一种车辆,其特征在于,包括如权利要求17所述的车辆的转向控制装置。

19.一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上存储有车辆的转向控制程序,所述车辆的转向控制程序被处理器执行时实现如权利要求1-16任一项所述的车辆的转向控制方法。

20.一种计算机程序产品,所述计算机程序产品包括计算机程序,所述计算机程序被处理器执行时实现如权利要求1-16任一项所述的车辆的转向控制方法。

车辆及其转向控制方法、装置和计算机程序产品

技术领域

[0001] 本发明涉及车辆技术领域,尤其是涉及一种车辆及其转向控制方法、装置和计算机程序产品。

背景技术

[0002] 在相关技术中,通过车辆当前状况的信息参数计算质心侧偏角理想值和横摆角速度理想值,根据当前的质心侧偏角和横摆角速度与对应理想值的差值确定附加控制值,根据附加控制值控制车辆运行,然而,采用上述方法计算理想值时,由于车辆处于不同路面,其路面摩擦力的实时变化对其理想值产生扰动,导致计算出的附加控制值不能适应复杂的行驶路况。

发明内容

[0003] 本发明旨在至少解决现有技术中存在的技术问题之一。

[0004] 为此,本发明的一个目的在于提出一种车辆的转向控制方法,该方法通过增加限幅参数,充分考虑到了外界环境对车辆转向的影响,避免实时变化的路面摩擦力对补偿值产生的扰动,进而计算出的补偿值更加精准,能够适应复杂的行驶路况,提高了线控转向系统中车辆转向的稳定性、实时性和通用性。

[0005] 为此,本发明的第二个目的在于提出一种车辆的转向控制装置。

[0006] 为此,本发明的第三个目的在于提出一种车辆。

[0007] 为此,本发明的第四个目的在于提出一种计算机可读存储介质。

[0008] 为此,本发明的第五个目的在于提出一种计算机程序产品。

[0009] 为了达到上述目的,本发明的第一方面的实施例提出了一种车辆的转向控制方法,所述方法包括:获取所述车辆的状态参数和限幅参数;根据所述状态参数和所述限幅参数确定质心侧偏角度补偿值和横摆角速度补偿值;根据所述质心侧偏角度补偿值和所述横摆角速度补偿值控制所述车辆转向。

[0010] 根据本发明实施例的车辆的转向控制方法,通过获取车辆的状态参数和限幅参数,根据状态参数和限幅参数共同确定质心侧偏角度补偿值和横摆角速度补偿值,并根据质心侧偏角度补偿值和横摆角速度补偿值控制车辆转向,在现有技术使用的质心侧偏角度和横摆角速度联合控制的基础上,通过增加限幅参数,充分考虑到了外界环境对车辆转向的影响,避免实时变化的路面摩擦力对补偿值产生的扰动,进而计算出的补偿值更加精准,能够适应复杂的行驶路况,提高了线控转向系统中车辆转向的稳定性、实时性和通用性。

[0011] 在一些实施例中,根据所述状态参数和限幅参数确定质心侧偏角度补偿值和横摆角速度补偿值,包括:根据所述状态参数和所述限幅参数确定目标质心侧偏角度和目标横摆角速度;根据所述状态参数确定实际质心侧偏角度;计算所述目标质心侧偏角度和所述实际质心侧偏角度的角度差值,根据所述角度差值和车辆控制参数计算质心侧偏角度补偿值;计算所述目标横摆角速度和实际横摆角速度的角速度差值,根据所述角速度差值和车

辆控制参数计算所述横摆角速度补偿值。

[0012] 在一些实施例中,所述状态参数包括第一状态参数,根据所述状态参数和所述限幅参数确定目标质心侧偏角度,包括:根据所述第一状态参数确定理论目标横摆角速度;根据所述第一状态参数和所述限幅参数确定限值目标横摆角速度;将所述理论目标横摆角速度和所述限值目标横摆角速度中的较小值作为所述目标横摆角速度。

[0013] 在一些实施例中,所述状态参数包括第二状态参数,根据所述状态参数和限幅参数确定目标横摆角速度,包括:根据所述第二状态参数确定理论目标质心侧偏角度;根据所述限幅参数确定限值目标质心侧偏角度;将所述理论目标质心侧偏角度和所述限值目标质心侧偏角度中的较小值作为所述目标质心侧偏角度。

[0014] 在一些实施例中,根据所述第一状态参数确定理论目标横摆角速度时,将所述第一状态参数带入以下公式,得到所述目标横摆角速度,包括:

$$\dot{\phi}_{des} = \frac{\dot{v}_x}{R} = \frac{\dot{v}_x}{l_f + l_r + \frac{mu^2(l_r C_{ar} - l_f C_{af})}{2C_{ar}C_{af}L}} \delta,$$

其中, $\dot{\phi}_{des}$ 为所述理论目标横摆角速度, $\dot{v}_x$ 为纵向速度的导数, R 为转弯半径,

l_f 为车辆的前轴到质心的距离, l_r 为车辆的后轴到质心的距离, m 为所述车辆的质量, C_{af} 为车辆的前轮胎侧偏刚度, C_{ar} 为车辆的后轮胎侧偏刚度, L 为前轴和后轴到车辆质心处的距离之和, u 为车速, δ 为前轮转角。

[0015] 在一些实施例中,根据所述第一状态参数和所述限幅参数确定限值目标横摆角速度时,将所述第一状态参数和所述限幅参数带入以下公式,得到所述限值目标横摆角速度,包括:

$$\phi_{upper_bound} = 0.85 \frac{\mu g}{\dot{v}_x},$$

其中, ϕ_{upper_bound} 为所述限值目标横摆角速度, μ 为路面附着系数, g 为重力加速度, $\dot{v}_x$ 为纵向速度的导数。

[0016] 在一些实施例中,根据所述第二状态参数确定理论目标质心侧偏角度时,将所述第二状态参数带入以下公式,得到所述理论目标质心侧偏角度,包括:

$$\beta_{des} = \frac{l_r - \frac{l_f mu^2}{2C_{ar}(l_f + l_r)}}{(l_f + l_r) + \frac{mu^2(l_r C_{ar} - l_f C_{af})}{2C_{ar}C_{af}(l_f + l_r)}} \delta,$$

其中, β_{des} 为所述理论目标质心侧偏角度, l_f 为前轴到质心的距离, l_r 为后轴到质心的距离, m 为所述车辆的质量, C_{af} 为前轮胎侧偏刚度, C_{ar} 为后轮胎侧偏刚度,

u 为车速, δ 为前轮转角。

[0017] 在一些实施例中,根据所述限幅参数确定限值目标质心侧偏角度时,将所述限幅参数带入以下公式,得到所述限值目标质心侧偏角度,包括:

$$\beta_{\text{upper_bound}} = \tan^{-1}(0.02 \mu g),$$

其中, $\beta_{\text{upper_bound}}$ 为所述限值目标质心侧偏角度, μ 为路面附着系数, g 为重力加速度。

[0018] 在一些实施例中,根据所述状态参数确定实际质心侧偏角度时,将所述状态参数输入以下公式,得到所述实际质心侧偏角度,包括:

$$\beta = \arctan \left(\int \left(\frac{a_y}{v_x} - \omega_r \right) dt \right),$$

其中, β 为所述实际质心侧偏角度, a_y 为侧向加速度, v_x 为纵向速度, ω_r 为横摆角速度。

[0019] 在一些实施例中,根据所述角度差值和车辆控制参数计算质心侧偏角度补偿值时,将所述角度差值和车辆控制参数带入以下公式,得到所述质心侧偏角度补偿值,包括:

$$\Delta\delta_{\beta f} = K_p \times (e_1 + \frac{1}{t_i} \times \int e dt),$$

其中, $\Delta\delta_{\beta f}$ 为所述质心侧偏角度补偿值, K_p 为车辆控制系数, e_1 为所述角度差值, t_i 为积分项控制系数。

[0020] 在一些实施例中,根据所述角速度差值和车辆控制参数计算所述横摆角速度补偿值时,将所述角速度差值和车辆控制参数带入以下公式,得到所述横摆角速度补偿值,包括:

$$\Delta\delta_{\omega f} = K_p \times (e_2 + \frac{1}{t_i} \times \int e dt),$$

其中, $\Delta\delta_{\omega f}$ 为所述横摆角速度补偿值, K_p 为车辆控制系数, e_2 为所述角速度差值, t_i 为积分项控制系数。

[0021] 在一些实施例中,获取所述车辆的限幅参数,包括:获取所述车辆的滑移率;根据所述状态参数和所述滑移率确定所述限幅参数。

[0022] 在一些实施例中,根据所述状态参数和所述滑移率确定所述限幅参数,包括:根据所述状态参数拟合滑移率-路面附着系数映射关系;若所述滑移率在第一预设滑移率范围,将所述滑移率为预设滑移率值对应的路面附着系数作为第一限幅参数;若所述滑移率在第二预设滑移率范围,将所述映射关系的斜率为预设斜率值对应的路面附着系数作为第二限幅参数。

[0023] 在一些实施例中,获取所述车辆的滑移率,包括:

$$s = \frac{u - u_w}{u} \times 100\%,$$

其中, S 为所述滑移率, u 为车速, u_w 为轮速。

[0024] 在一些实施例中, 根据所述质心侧偏角度补偿值和所述横摆角速度补偿值控制车辆转向, 包括: 对所述质心侧偏角度补偿值所述横摆角速度补偿值进行加权, 根据加权系数确定所述车辆的补偿转角; 根据所述补偿转角控制所述车辆转向。

[0025] 在一些实施例中, 根据加权系数确定前轮补偿转角时, 将所述加权系数、所述质心侧偏角度补偿值和所述横摆角速度补偿值带入以下公式得到所述补偿转角, 包括:

$$\Delta\delta_f = \rho \times \Delta\delta_{\omega f} + (1 - \rho) \times \Delta\delta_{\beta f},$$

其中, $\Delta\delta_f$ 为所述补偿转角, ρ 为加权系数, $\Delta\delta_{\omega f}$ 为所述横摆角速度补偿值, $\Delta\delta_{\beta f}$ 为所述质心侧偏角度补偿值。

[0026] 为了达到上述目的, 本发明的第二方面的实施例提出了一种车辆的转向控制装置, 所述车辆的转向控制装置包括: 获取模块, 用于获取所述车辆的状态参数和限幅参数; 确定模块, 用于根据所述状态参数和所述限幅参数确定质心侧偏角度补偿值和横摆角速度补偿值; 控制模块, 用于根据所述质心侧偏角度补偿值和所述横摆角速度补偿值控制所述车辆转向。

[0027] 根据本发明实施例的车辆的转向控制装置, 通过获取车辆的状态参数和限幅参数, 根据状态参数和限幅参数共同确定质心侧偏角度补偿值和横摆角速度补偿值, 并根据质心侧偏角度补偿值和横摆角速度补偿值控制车辆转向, 在现有技术使用的质心侧偏角度和横摆角速度联合控制的基础上, 通过增加限幅参数, 充分考虑到了外界环境对车辆转向的影响, 避免实时变化的路面摩擦力对补偿值产生的扰动, 进而计算出的补偿值更加精准, 能够适应复杂的行驶路况, 提高了线控转向系统中车辆转向的稳定性、实时性和通用性。

[0028] 为了达到上述目的, 本发明的第三方面的实施例提出了一种车辆, 所述车辆包括上述实施例所述的车辆的转向控制装置。

[0029] 根据本发明实施例的车辆, 通过获取车辆的状态参数和限幅参数, 根据状态参数和限幅参数共同确定质心侧偏角度补偿值和横摆角速度补偿值, 并根据质心侧偏角度补偿值和横摆角速度补偿值控制车辆转向, 在现有技术使用的质心侧偏角度和横摆角速度联合控制的基础上, 通过增加限幅参数, 充分考虑到了外界环境对车辆转向的影响, 避免实时变化的路面摩擦力对补偿值产生的扰动, 进而计算出的补偿值更加精准, 能够适应复杂的行驶路况, 提高了线控转向系统中车辆转向的稳定性、实时性和通用性。

[0030] 为了达到上述目的, 本发明的第四方面的实施例提出了一种计算机可读存储介质, 所述计算机可读存储介质上存储有车辆的转向控制程序, 所述车辆的转向控制程序被处理器执行时实现上述实施例所述的车辆的转向控制方法。

[0031] 为了达到上述目的, 本发明的第五方面的实施例提出了一种计算机程序产品, 所述计算机程序产品包括计算机程序, 所述计算机程序被处理器执行时实现上述实施例所述的车辆的转向控制方法。

[0032] 根据本发明实施例的计算机程序产品, 通过获取车辆的状态参数和限幅参数, 根据状态参数和限幅参数共同确定质心侧偏角度补偿值和横摆角速度补偿值, 并根据质心侧偏角度补偿值和横摆角速度补偿值控制车辆转向, 在现有技术使用的质心侧偏角度和横摆

角速度联合控制的基础上,通过增加限幅参数,充分考虑到了外界环境对车辆转向的影响,避免实时变化的路面摩擦力对补偿值产生的扰动,进而计算出的补偿值更加精准,能够适应复杂的行驶路况,提高了线控转向系统中车辆转向的稳定性、实时性和通用性。

[0033] 本发明的附加方面和优点将在下面的描述中部分给出,部分将从下面的描述中变得明显,或通过本发明的实践了解到。

附图说明

[0034] 本发明的上述和/或附加的方面和优点从结合下面附图对实施例的描述中将变得明显和容易理解,其中:

图1是根据本发明一个实施例的车辆的转向控制方法的流程图;

图2是根据本发明一个实施例的滑移率-路面附着系数映射关系的示意图;

图3是根据本发明一个具体实施例的车辆的转向控制方法的流程图;

图4是根据本发明一个实施例的车辆的转向控制装置的结构框图;

图5是根据本发明一个实施例的车辆的转向控制装置的结构框图。

[0035] 车辆的转向控制装置2;
获取模块21;确定模块22;控制模块23;
车辆3。

具体实施方式

[0036] 下面详细描述本发明的实施例,参考附图描述的实施例是示例性的,下面详细描述本发明的实施例。

[0037] 随着车辆转向技术的进步,从最初的机械转向、液压转向再到现在常用的电动助力转向,可以预见的未来转向技术的趋势是朝着线控转向发展的,线控转向取消传统结构上的机械连接,用电信号来模拟和传递信息,这不仅能提高安全性能,助力高阶自动驾驶功能,也能助力底盘一体化的发展,从而降低生产成本。

[0038] 线控转向主要包含了三大内容:路感模拟、可变传动比调节以及主动转向,其中,主动转向即动态稳定性控制策略包括主动前轮转向系统(Active Front Steering System,AFS)、主动后轮转向(Active Rear Steering,ARS)以及四轮转向系统(Four-Wheel Steering System,4WS),通过改变车辆转向轮的角度,改变轮胎力来对车辆的稳定性进行动态的控制,通常主动前轮转角AFS最为常见,为了提高操作的可靠性和安全性,AFS输出的转角补偿的计算极为重要,如何获取使得车身最稳定状态的前轮补偿转角,是现有线控转向系统亟待解决的问题之一。

[0039] 在相关技术中,通过获取车辆当前状况的信息参数,将获取到的该信息参数以及期望的质心侧偏角输入质心侧偏角/横摆角速度滑模控制器,同时进行加权,以获得附加前轮转角控制值 δ ,对前轮转角进行补偿,该技术同时使用了质心侧偏角和横摆角速度两个输入量来控制,增强了适用的稳定性,但未考虑到在不同情况下,两者加权值对系统的适用性,以及在计算理想值时路面附着系数的实时变化对其理想值的影响。

[0040] 或者通过将车辆当前状态信息代入二自由度车辆模型进行求解修正,获得修正后的期望横摆角速度和修正后的质心侧偏角;将修正后的期望横摆角速度和修正后的期望质

心侧偏角分别输入至横摆角速度自扰控制器和质心侧偏角自扰控制器后获得两个前轮转角控制值;将两个前轮转角控制值加权后获得最终的前轮转角控制值;基于最终的前轮转角控制值确定用于控制车辆运行的控制值,该技术不依赖于对象精确数学模型,也未考虑到在不同情况下,两者加权值对系统的适用性。

[0041] 下面结合图1-图3对本发明实施例的车辆的转向控制方法进行举例说明。

[0042] 如图1所示,本发明实施例的车辆的转向控制方法至少包括步骤S1-步骤S3。

[0043] 步骤S1,获取车辆的状态参数和限幅参数。

[0044] 其中,限幅参数为路面摩擦力对车辆的转向的影响因素,可以理解的是,车辆处于不同路面时,对应的限幅参数不同。

[0045] 在实施例中,获取车辆的状态参数包括纵向速度 V_x ,转弯半径 R ,车辆的前轴到质心的距离 l_f ,车辆的后轴到质心的距离 l_r ,车辆的质量 m ,车辆的前轮胎侧偏刚度 C_{af} ,车辆的后轮胎侧偏刚度 C_{ar} ,前轴和后轴到车辆质心处的距离之和 L ,车速 u 和前轮转角 δ ,以及限幅参数包括路面附着系数 μ 和重力加速度 g ,通过获取状态参数,在保证数据的实时性的基础上增加限幅参数,考虑到不同路面对车辆转向控制的影响,从而提高车辆转向控制的准确性。

[0046] 步骤S2,根据状态参数和限幅参数确定质心侧偏角度补偿值和横摆角速度补偿值。

[0047] 在实施例中,获取车辆的状态参数和限幅参数后,根据状态参数和限幅参数共同确定质心侧偏角度目标控制值和横摆角速度目标控制值,充分考虑了随着限幅参数发生变化时,目标控制值随之发生变化的情况,并实时获取质心侧偏角度实际控制值和横摆角速度实际控制值,根据质心侧偏角度目标控制值和质心侧偏角度实际控制值之间的差值确定质心侧偏角度补偿值例如记为 $\Delta\delta_{pf}$,同理根据横摆角速度目标控制值和横摆角速度实际控制值之间的差值确定横摆角速度补偿值例如记为 $\Delta\delta_{\omega f}$,通过根据状态参数和限幅参数确定质心侧偏角度补偿值 $\Delta\delta_{pf}$ 和横摆角速度补偿值 $\Delta\delta_{\omega f}$,在实时调节质心侧偏角和横摆角速度的基础上,避免实时变化的路面摩擦力对其目标控制值产生的扰动,进而计算出的补偿值能够适应复杂的行驶路况。

[0048] 步骤S3,根据质心侧偏角度补偿值和横摆角速度补偿值控制车辆转向。

[0049] 在实施例中,考虑到车辆稳定性控制分为两类问题一类是轨迹保持问题,轨迹问题可由质心侧偏角来描述,即将整个车辆视为一个质点,在小的横摆角速度下,车辆的质心侧偏角主要由作用于轮胎上的纵向力和侧向力来决定;另一类是稳定性问题,即横摆角速度问题,它与轨迹保持问题是相互联系的。

[0050] 因此当两个补偿值即质心侧偏角度补偿值 $\Delta\delta_{pf}$ 和横摆角速度补偿值 $\Delta\delta_{\omega f}$ 均获得之后,需要获取此时的车轮状态,考虑到不同车辆状态中,质心侧偏角和横摆角速度 ω_r 对车身稳定的影响比重不同,根据不同的车辆状态对质心侧偏角度补偿值 $\Delta\delta_{pf}$ 和横

摆角速度补偿值 $\Delta\delta_{\omega f}$ 分配不同的比重,根据分配比重后的质心侧偏角度补偿值 $\Delta\delta_{\beta f}$ 和横摆角速度补偿值 $\Delta\delta_{\omega f}$ 控制车辆转向,实现实时性地保持车身稳定的同时,提高车辆转向控制的安全性能。

[0051] 根据本发明实施例的车辆的转向控制方法,通过获取车辆的状态参数和限幅参数,根据状态参数和限幅参数共同确定质心侧偏角度补偿值和横摆角速度补偿值,并根据质心侧偏角度补偿值和横摆角速度补偿值控制车辆转向,在现有技术使用的质心侧偏角度和横摆角速度联合控制的基础上,通过增加限幅参数,充分考虑到了外界环境对车辆转向的影响,避免实时变化的路面摩擦力对补偿值产生的扰动,进而计算出的补偿值更加精准,能够适应复杂的行驶路况,提高了线控转向系统中车辆转向的稳定性、实时性和通用性。

[0052] 在一些实施例中,根据状态参数和限幅参数确定质心侧偏角度补偿值和横摆角速度补偿值,包括:根据状态参数和限幅参数确定目标质心侧偏角度和目标横摆角速度;根据状态参数确定实际质心侧偏角度;计算目标质心侧偏角度和实际质心侧偏角度的角度差值,根据角度差值和车辆控制参数计算质心侧偏角度补偿值;计算目标横摆角速度和实际横摆角速度的角速度差值,根据角速度差值和车辆控制参数计算横摆角速度补偿值。

[0053] 在实施例中,获取车辆的状态参数和限幅参数后,根据状态参数和限幅参数确定目标质心侧偏角度和目标横摆角速度,以确定两个目标控制值。

[0054] 由于测量质心侧偏角度的装置比较昂贵,故对于一般的车辆可以根据状态参数通过积分法来估计该值,将该值确定为实际质心侧偏角度 β ,若存在相应的传感器则可直接获取;实际横摆角速度可以直接通过惯性测量单元(Inertial Measurement Unit, IMU)进行获得,以确定两个实际控制值。

[0055] 获取车辆控制参数包括车辆控制系数 K_p 、积分项控制系数 t_i ,计算目标质心侧偏角度和实际质心侧偏角度 β 的角度差值 e_1 ,根据角度差值 e_1 和车辆控制参数计算质心侧偏角度补偿值 $\Delta\delta_{\beta f}$,同理,计算目标横摆角速度和实际横摆角速度的角速度差值 e_2 ,根据角速度差值 e_2 和车辆控制参数计算横摆角速度补偿值 $\Delta\delta_{\omega f}$,通过将车辆控制参数例如比例积分(proportional, integral, PI)控制参数施加到质心侧偏角和横摆角速度控制中,在一定程度上减小误差值,从而提高车辆转向控制的安全性能。

[0056] 在一些实施例中,状态参数包括第一状态参数,根据状态参数和限幅参数确定目标质心侧偏角度,包括:根据第一状态参数确定理论目标横摆角速度;根据第一状态参数和限幅参数确定限值目标横摆角速度;将理论目标横摆角速度和限值目标横摆角速度中的较小值作为目标横摆角速度。

[0057] 在实施例中,获取第一状态参数包括纵向速度的导数 $\dot{v}_x$,转弯半径 R ,车辆的前轴到质心的距离 l_f ,车辆的后轴到质心的距离 l_r ,车辆的质量 m ,车辆的前轮胎侧偏刚度 C_{af} ,车辆的后轮胎侧偏刚度 C_{ar} ,前轴和后轴到车辆质心处的距离之和 L ,车速 u 和前轮转角 δ 后,将上述第一状态参数带入二自由度车辆模型,可得到理论目标横摆角速度例

如记为 $\dot{\Phi}_{des}$; 并且根据第一状态参数包括纵向速度的导数 $\dot{v}_x$, 以及限幅参数包括路面附着系数 μ 和重力加速度 g 计算得到限值目标横摆角速度例如记为 Φ_{upper_bound} , 比较理论目标横摆角速度 $\dot{\Phi}_{des}$ 和限值目标横摆角速度 Φ_{upper_bound} 的大小关系, 将理论目标横摆角速度 $\dot{\Phi}_{des}$ 和限值目标横摆角速度 Φ_{upper_bound} 中的较小值作目标横摆角速度, 确定的目标横摆角速度符合当前路况。

[0058] 在一些实施例中, 状态参数包括第二状态参数, 根据状态参数和限幅参数确定目标横摆角速度, 包括: 根据第二状态参数确定理论目标质心侧偏角度; 根据限幅参数确定限值目标质心侧偏角度; 将理论目标质心侧偏角度和限值目标质心侧偏角度中的较小值作为目标质心侧偏角度。

[0059] 在实施例中, 获取第二状态参数包括车辆的前轴到质心的距离 l_f , 车辆的后轴到质心的距离 l_r , 车辆的质量 m , 车辆的前轮胎侧偏刚度 C_{af} , 车辆的后轮胎侧偏刚度 C_{ar} , 车速 u , 前轮转角 δ 后, 将上述第二状态参数带入二自由度车辆模型, 可得到理论目标质心侧偏角度例如记为 β_{des} , 并且根据限幅参数包括路面附着系数 μ 和重力加速度 g 计算得到限值目标质心侧偏角度例如记为 β_{upper_bound} , 比较理论目标质心侧偏角度 β_{des} 和限值目标质心侧偏角度 β_{upper_bound} 的大小关系, 将理论目标质心侧偏角度 β_{des} 和限值目标质心侧偏角度 β_{upper_bound} 中的较小值作为目标质心侧偏角度, 确定的目标质心侧偏角度符合当前路况。

[0060] 在一些实施例中, 获取第一状态参数包括纵向速度的导数 $\dot{v}_x$, 转弯半径 R , 车辆的前轴到质心的距离 l_f , 车辆的后轴到质心的距离 l_r , 车辆的质量 m , 车辆的前轮胎侧偏刚度 C_{af} , 车辆的后轮胎侧偏刚度 C_{ar} , 前轴和后轴到车辆质心处的距离之和 L , 车速 u 和前轮转角 δ 后, 将上述第一状态参数带入二自由度车辆模型, 可得到理论目标横摆角速度 $\dot{\Phi}_{des}$, 计算公式如下:

$$\dot{\Phi}_{des} = \frac{\dot{v}_x}{R} = \frac{\dot{v}_x}{l_f + l_r + \frac{\mu^2(l_r C_{ar} - l_f C_{af})}{2C_{ar}C_{af}L}} \delta。$$

[0061] 在一些实施例中, 获取第一状态参数包括纵向速度的导数 $\dot{v}_x$, 以及限幅参数包括

路面附着系数 μ 和重力加速度 g 后,将上述第一状态参数和限幅参数带入以下公式得到限值目标横摆角速度 Φ_{upper_bound} ,计算公式如下:

$$\Phi_{upper_bound} = 0.85 \frac{\mu g}{\dot{v}_x},$$

通过计算限值目标横摆角速度 Φ_{upper_bound} ,确定经地面摩擦力限值后的横摆角速度,充分考虑外界的影响,通过地面摩擦力限值,进一步获取更精准的角度,确保转向功能实现的正确性以及实时性。

[0062] 在一些实施例中,获取第二状态参数包括车辆的前轴到质心的距离 l_f ,车辆的后轴到质心的距离 l_r ,车辆的质量 m ,车辆的前轮胎侧偏刚度 C_{af} ,车辆的后轮胎侧偏刚度 C_{ar} ,车速 u ,前轮转角 δ 后,将上述第二状态参数带入二自由度车辆模型,可得到理论目标质心侧偏角度 β_{des} ,计算公式如下:

$$\beta_{des} = \frac{l_r - \frac{l_f \mu u^2}{2C_{ar}(l_f + l_r)}}{(l_f + l_r) + \frac{\mu u^2(l_r C_{ar} - l_f C_{af})}{2C_{ar} C_{af}(l_f + l_r)}} \delta。$$

[0063] 在一些实施例中,由于对质心侧偏角限值没有一个明确的公式,则获取限幅参数包括路面附着系数 μ 和重力加速度 g 后,将上述限幅参数带入以下公式得到限值目标质心侧偏角度 β_{upper_bound} ,限值目标质心侧偏角度 β_{upper_bound} 的计算公式如下:

$$\beta_{upper_bound} = \tan^{-1}(0.02 \mu g),$$

通过计算限值目标质心侧偏角度 β_{upper_bound} ,确定经地面摩擦力限值后的质心侧偏角度,充分考虑外界的影响,通过地面摩擦力限值,进一步获取更精准的角度,确保转向功能实现的正确性以及实时性。

[0064] 限值目标横摆角速度 Φ_{upper_bound} 和限值目标质心侧偏角度 β_{upper_bound} 能精确控制车辆运行在路况较差,摩擦阻力较大的路面,例如乡间泥泞小路,同时计算限幅值的方式也可利用于其他系统中,通用性高。

[0065] 在一些实施例中,由于质心侧偏角的定义公式如下:

$$\beta = \arctan \left(\frac{v_y}{v_x} \right),$$

其中, V_y 为侧向速度, V_x 为纵向速度。

[0066] 而车辆的侧向加速度 a_y 为向心加速度和侧向平移加速度之和,即:

$$\mathbf{a}_y = \mathbf{v}_x \times \omega_r + \dot{\mathbf{v}}_y,$$

其中, ω_r 为横摆角速度, $\dot{\mathbf{v}}_y$ 为侧向平移加速度, $\mathbf{v}_x \times \omega_r$ 为向心加速度。

[0067] 因此, 对侧向加速度 $\mathbf{a}_y$ 做积分, 即可得到侧向速度 $\mathbf{v}_y$ 的表达式:

$$\mathbf{v}_y = \int (\mathbf{a}_y - \mathbf{v}_x \times \omega_r),$$

将上式带入质心侧偏角的定义公式中, 即可确定实际质心侧偏角度 β 的计算公式:

$$\beta = \arctan \left(\int \left(\frac{\mathbf{a}_y}{\mathbf{v}_x} - \omega_r \right) \right).$$

[0068] 在一些实施例中, 获取角度差值 $\mathbf{e}_1$ 和车辆控制参数后, 将角度差值 $\mathbf{e}_1$ 和车辆控制参数带入以下公式, 得到质心侧偏角度补偿值 $\Delta\delta_{\beta f}$, 质心侧偏角度补偿值 $\Delta\delta_{\beta f}$ 的计算公式如下:

$$\Delta\delta_{\beta f} = K_p \times \left(\mathbf{e}_1 + \frac{1}{t_i} \times \int \mathbf{e}_1 dt \right),$$

其中, $\Delta\delta_{\beta f}$ 为质心侧偏角度补偿值, K_p 为车辆控制系数, $\mathbf{e}_1$ 为角度差值, t_i 为积分项控制系数。通过确定质心侧偏角度补偿值 $\Delta\delta_{\beta f}$, 减小当前值和目标值之间的差距, 在一定程度上减小误差值, 从而提高车辆转向控制的安全性能。

[0069] 在一些实施例中, 获取角速度差值 $\mathbf{e}_2$ 和车辆控制参数后, 将角速度差值 $\mathbf{e}_2$ 和车辆控制参数带入以下公式, 得到横摆角速度补偿值 $\Delta\delta_{\omega f}$, 横摆角速度补偿值 $\Delta\delta_{\omega f}$ 的计算公式如下:

$$\Delta\delta_{\omega f} = K_p \times \left(\mathbf{e}_2 + \frac{1}{t_i} \times \int \mathbf{e}_2 dt \right),$$

其中, $\Delta\delta_{\omega f}$ 为横摆角速度补偿值, K_p 为车辆控制系数, $\mathbf{e}_2$ 为角速度差值, t_i 为积分项控制系数。通过确定横摆角速度补偿值 $\Delta\delta_{\omega f}$, 减小当前值和目标值之间的差距, 在一定程度上减小误差值, 从而提高车辆转向控制的安全性能。

[0070] 在一些实施例中, 获取车辆的限幅参数, 包括: 获取车辆的滑移率; 根据状态参数和滑移率确定限幅参数。

[0071] 在实施例中, 获取车辆的限幅参数时, 需要先确定车辆的滑移率, 在滑移率处于不同范围时, 根据状态参数和滑移率之间的关系确定相应的限幅参数, 通过获取限幅参数, 考虑到不同路面对车辆转向控制的影响, 从而提高车辆转向控制的准确性。

[0072] 在一些实施例中, 根据状态参数和滑移率确定限幅参数, 包括: 根据状态参数拟合滑移率-路面附着系数映射关系; 若滑移率在第一预设滑移率范围, 将滑移率为预设滑移率值对应的路面附着系数作为第一限幅参数; 若滑移率在第二预设滑移率范围, 将映射关系的斜率为预设斜率值对应的路面附着系数作为第二限幅参数。

[0073] 在实施例中,获取车辆的滑移率后,根据状态参数包括车辆的轮速、车速、地面摩擦力等参数通过数据拟合的方式,拟合滑移率-路面附着系数映射关系,如图2所示,若滑移率在第一预设滑移率范围例如在0-20%内浮动时,认为车辆处于稳定区,将滑移率为预设滑移率值例如20%对应的路面附着系数作为第一限幅参数;若滑移率在第二预设滑移率范围例如在20-100%内浮动时,认为车辆处于非稳定区,将映射关系的斜率为预设斜率值例如0对应的路面附着系数作为第二限幅参数,通过上述方法确定数值最大的路面附着系数为限幅参数。

[0074] 在一些实施例中,获取车速 u 和轮速 u_w 后,将车速 u 和轮速 u_w 带入以下公式得到滑移率 S ,计算公式如下:

$$s = \frac{u - u_w}{u} \times 100\%。$$

[0075] 在一些实施例中,根据质心侧偏角度补偿值和横摆角速度补偿值控制车辆转向,包括:对质心侧偏角度补偿值和横摆角速度补偿值进行加权,根据加权系数确定车辆的补偿转角;根据补偿转角控制车辆转向。

[0076] 在实施例中,获取质心侧偏角度补偿值 $\Delta\delta_{\beta f}$ 和横摆角速度补偿值 $\Delta\delta_{\omega f}$ 后,需要对其分配加权比重,在车辆的质心侧偏角度较小的情况下,车辆的横摆角速度与方向盘转角的增益足以表征车辆的稳定性,这时候横摆角速度控制可以占主导地位,对应的加权系数 ρ 的值较小;但当质心侧偏角度较大例如超过 $\pm 5^\circ$ 时,此时应提高质心侧偏角度的加权系数 ρ ;类似的,在路面附着系数较低的地面上,质心侧偏角度的加权系数 ρ 应该增大,加权系数 ρ 具体数值的获取方法可通过实车调试并进行主观评价,最终进行二维查表获得。

[0077] 在一些实施例中,获取加权系数 ρ 后,将加权系数 ρ 、质心侧偏角度补偿值 $\Delta\delta_{\beta f}$ 和横摆角速度补偿值 $\Delta\delta_{\omega f}$ 带入以下公式得到补偿转角 $\Delta\delta_f$,补偿转角 $\Delta\delta_f$ 的计算公式如下:

$$\Delta\delta_f = \rho \times \Delta\delta_{\omega f} + (1 - \rho) \times \Delta\delta_{\beta f},$$

输出的补偿转角 $\Delta\delta_f$ 施加到车轮上后,确保了在不同情况下都能使车身达到较为稳定的状态。

[0078] 下面参考图3对本发明实施例的车辆的控制方法进行举例说明。

[0079] 如图3所示,本发明实施例的车辆的控制方法至少包括步骤S11-步骤S22。

[0080] 步骤S11,获取车辆的状态参数。

[0081] 步骤S12,获取车辆的滑移率。

[0082] 步骤S13,根据状态参数拟合滑移率-路面附着系数映射关系。

[0083] 步骤S14,判断滑移率是否在第一预设滑移率范围,若是,执行步骤S15;否则,执行步骤S16。

[0084] 步骤S15,将滑移率为预设滑移率值对应的路面附着系数作为第一限幅参数。

[0085] 步骤S16,将映射关系的斜率为预设斜率值对应的路面附着系数作为第二限幅参数。

[0086] 步骤S17,根据第一状态参数确定理论目标横摆角速度;根据第一状态参数和限幅参数确定限值目标横摆角速度;将理论目标横摆角速度和限值目标横摆角速度中的较小值作为目标横摆角速度。

[0087] 步骤S18,计算目标横摆角速度和实际横摆角速度的角速度差值,根据角速度差值和车辆控制参数计算横摆角速度补偿值。

[0088] 步骤S19,根据第二状态参数确定理论目标质心侧偏角度;根据限幅参数确定限值目标质心侧偏角度;将理论目标质心侧偏角度和限值目标质心侧偏角度中的较小值作为目标质心侧偏角度。

[0089] 步骤S20,根据状态参数确定实际质心侧偏角度。

[0090] 步骤S21,计算目标质心侧偏角度和实际质心侧偏角度的角度差值,根据角度差值和车辆控制参数计算质心侧偏角度补偿值。

[0091] 步骤S22,对质心侧偏角度补偿值和横摆角速度补偿值进行加权,根据加权系数确定车辆的补偿转角;根据补偿转角控制车辆转向。

[0092] 根据本发明实施例的车辆的转向控制方法,通过获取车辆的状态参数和限幅参数,根据状态参数和限幅参数共同确定质心侧偏角度补偿值和横摆角速度补偿值,并根据质心侧偏角度补偿值和横摆角速度补偿值控制车辆转向,在现有技术使用的质心侧偏角度和横摆角速度联合控制的基础上,通过增加限幅参数,充分考虑到了外界环境对车辆转向的影响,避免实时变化的路面摩擦力对补偿值产生的扰动,进而计算出的补偿值更加精准,能够适应复杂的行驶路况,提高了线控转向系统中车辆转向的稳定性、实时性和通用性。

[0093] 下面结合图4描述本发明实施例的车辆的转向控制装置2。

[0094] 如图4所示,本发明实施例的车辆的转向控制装置包括:获取模块21、确定模块22和控制模块23,其中,

获取模块21用于获取车辆的状态参数和限幅参数;确定模块22用于根据状态参数和限幅参数确定质心侧偏角度补偿值和横摆角速度补偿值;控制模块23用于根据质心侧偏角度补偿值和横摆角速度补偿值控制车辆转向。

[0095] 根据本发明实施例的车辆的转向控制装置2,通过获取车辆的状态参数和限幅参数,根据状态参数和限幅参数共同确定质心侧偏角度补偿值和横摆角速度补偿值,并根据质心侧偏角度补偿值和横摆角速度补偿值控制车辆转向,在现有技术使用的质心侧偏角度和横摆角速度联合控制的基础上,通过增加限幅参数,充分考虑到了外界环境对车辆转向的影响,避免实时变化的路面摩擦力对补偿值产生的扰动,进而计算出的补偿值更加精准,能够适应复杂的行驶路况,提高了线控转向系统中车辆转向的稳定性、实时性和通用性。

[0096] 下面结合图5描述本发明实施例的车辆3。

[0097] 如图5所示,本发明实施例的车辆3包括上述实施例的车辆的转向控制装置2。

[0098] 根据本发明实施例的车辆3,通过获取车辆的状态参数和限幅参数,根据状态参数和限幅参数共同确定质心侧偏角度补偿值和横摆角速度补偿值,并根据质心侧偏角度补偿值和横摆角速度补偿值控制车辆转向,在现有技术使用的质心侧偏角度和横摆角速度联合控制的基础上,通过增加限幅参数,充分考虑到了外界环境对车辆转向的影响,避免实时变

化的路面摩擦力对补偿值产生的扰动,进而计算出的补偿值更加精准,能够适应复杂的行驶路况,提高了线控转向系统中车辆转向的稳定性、实时性和通用性。

[0099] 下面描述本发明实施例的计算机可读存储介质。

[0100] 本发明实施例的计算机可读存储介质上存储有车辆的转向控制程序,车辆的转向控制程序被处理器执行时实现上述实施例的车辆的转向控制方法。

[0101] 下面描述本发明实施例的计算机程序产品。

[0102] 本发明实施例的计算机程序产品包括计算机程序,计算机程序在被处理器执行时实现上述实施例的车辆的转向控制方法。

[0103] 根据本发明实施例的计算机程序产品,通过获取车辆的状态参数和限幅参数,根据状态参数和限幅参数共同确定质心侧偏角度补偿值和横摆角速度补偿值,并根据质心侧偏角度补偿值和横摆角速度补偿值控制车辆转向,在现有技术使用的质心侧偏角度和横摆角速度联合控制的基础上,通过增加限幅参数,充分考虑到了外界环境对车辆转向的影响,避免实时变化的路面摩擦力对补偿值产生的扰动,进而计算出的补偿值更加精准,能够适应复杂的行驶路况,提高了线控转向系统中车辆转向的稳定性、实时性和通用性。

[0104] 在本说明书的描述中,参考术语“一个实施例”、“一些实施例”、“示意性实施例”、“示例”、“具体示例”、或“一些示例”等的描述意指结合该实施例或示例描述的具体特征、结构、材料或者特点包含于本发明的至少一个实施例或示例中。在本说明书中,对上述术语的示意性表述不一定指的是相同的实施例或示例。

[0105] 尽管已经示出和描述了本发明的实施例,本领域的普通技术人员可以理解:在不脱离本发明的原理和宗旨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,本发明的范围由权利要求及其等同物限定。

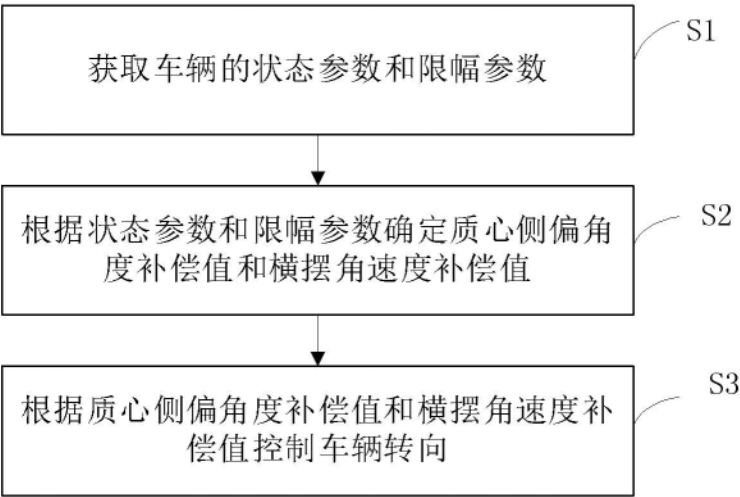


图1

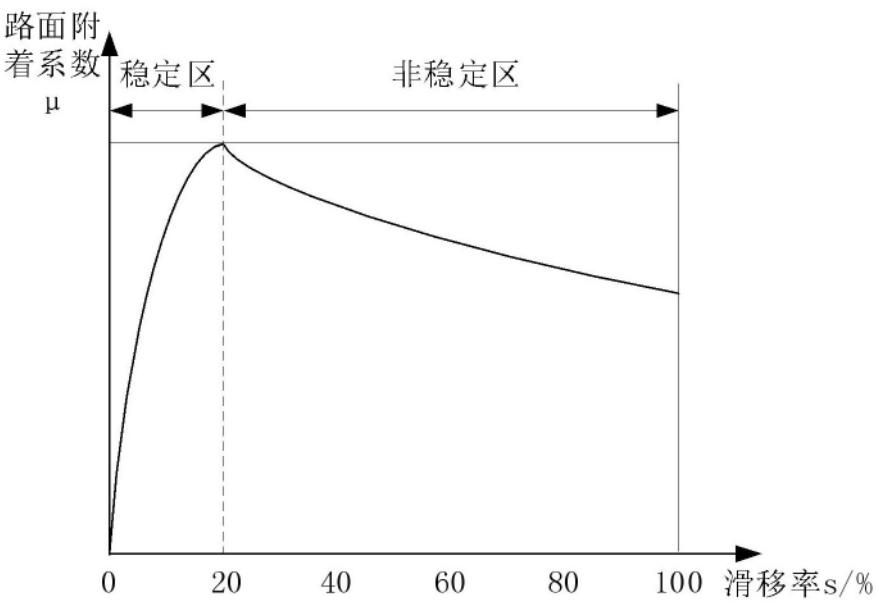


图2

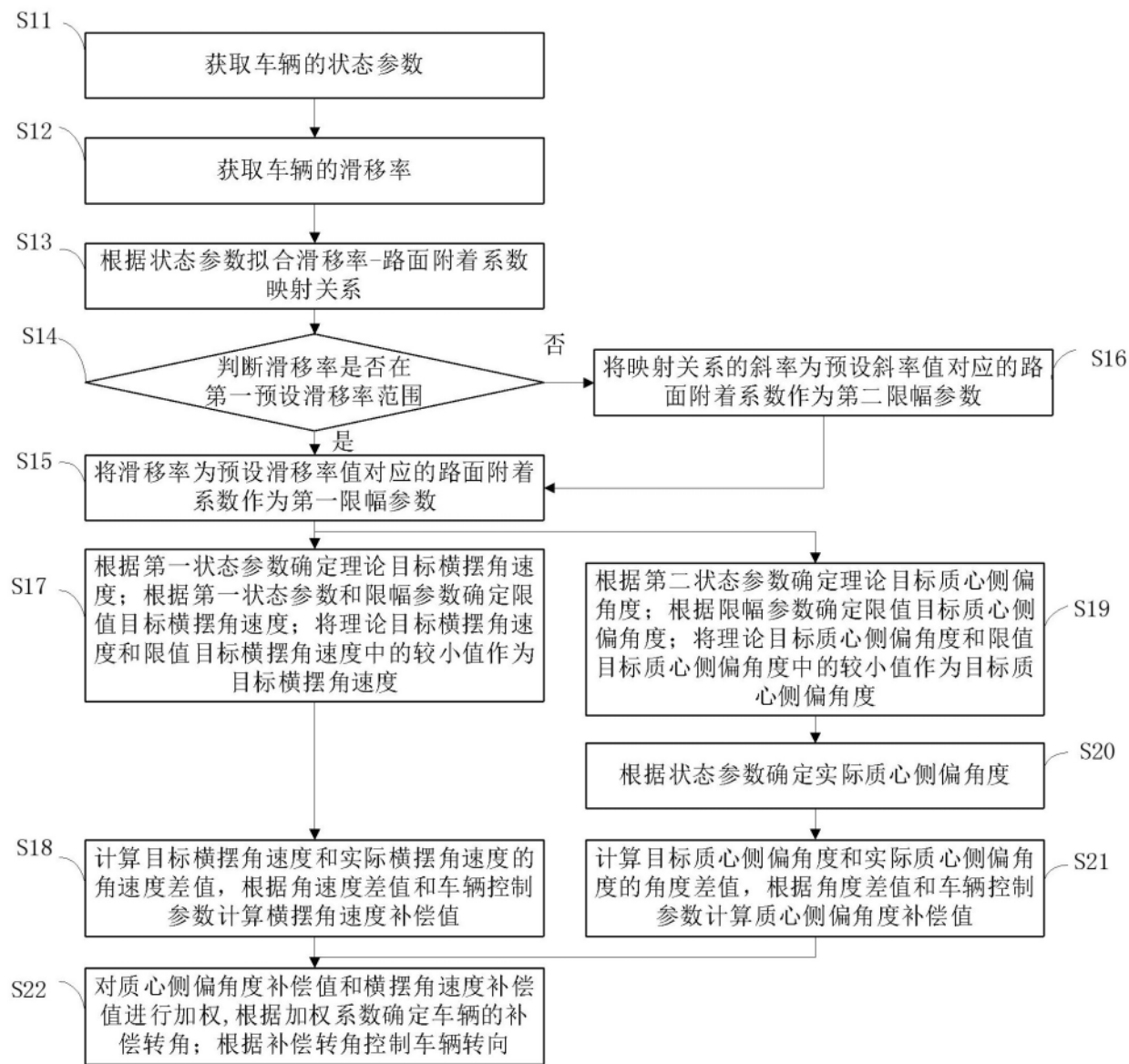


图3

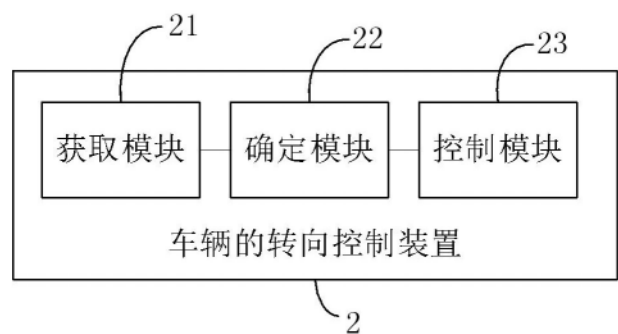


图4

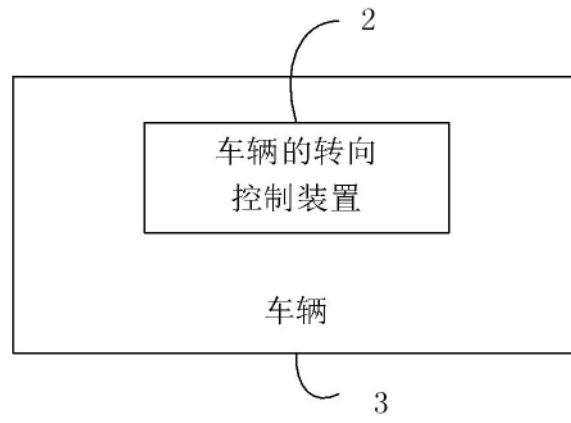


图5