

电动助力转向系统



車馬炮

新能源领域攻城狮

+ 关注他

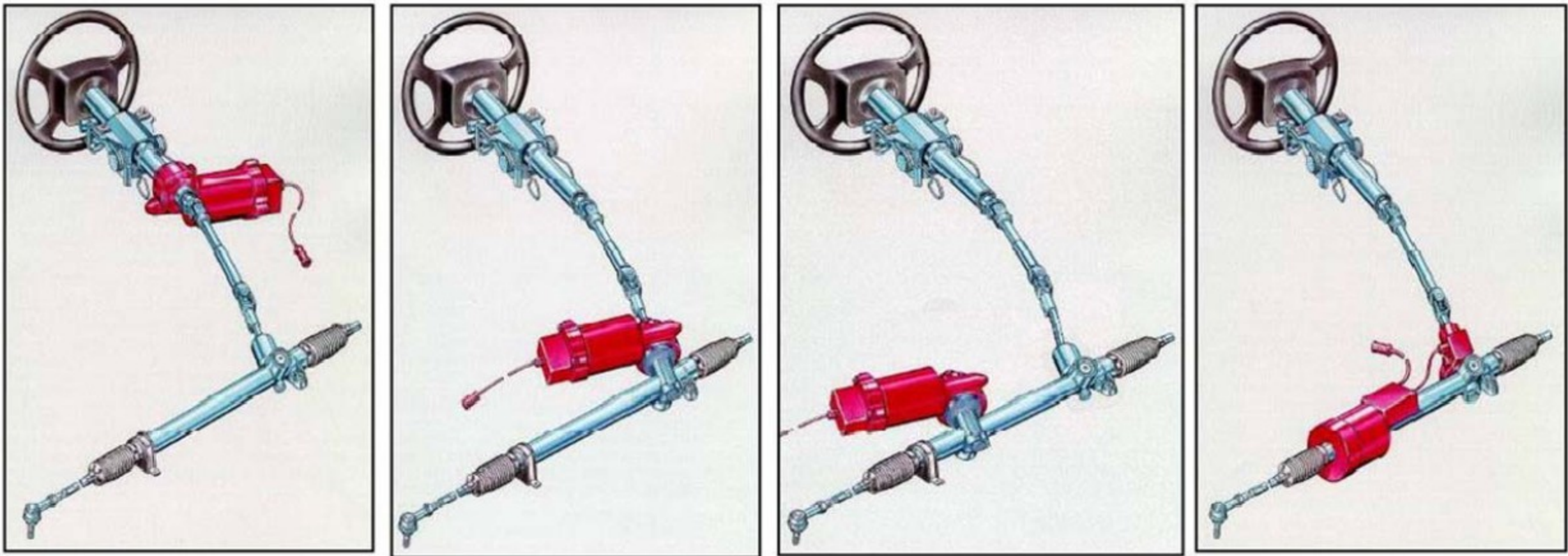
29 人赞同了该文章

1 电动助力转向系统简介

电动助力转向系统（Electric Power Steering System，EPS）是的一种采用电动机作为动力源的新型动力转向装置，近年来发展迅速，正在逐渐取代传统的液压式和电液式的助力转向器。电动助力转向系统一般由机械转向器、**转矩传感器**、**车速传感器**、**EPS控制器**、减速器和电机等组成。其工作原理简述如下：EPS控制器通过采集各个传感器的测量值，得到驾驶员施加在转向盘上的转向力矩、转向盘转角和车速信号；根据EPS控制策略，计算出目标助力力矩并转化为电机的电流指令，控制电机产生相应的助力力矩；该助力矩经过减速机构放大后，作用在机械转向器上，辅助驾驶员克服转向阻力矩，实现车辆的转向。

1.1 电动助力转向类型

根据电机布置位置的不同，一般可以将 EPS 分为三类^[1]：**转向柱助力式**（Column assist）、**小齿轮助力式**（Pinion assist）和**齿条助力式**（Rack assist）。其中，小齿轮助力式又可分为单小齿轮助力式和双小齿轮助力式两种，齿条助力式可分为直接助力式和平行助力式。



转向柱助力式 单小齿轮助力式 双小齿轮助力式 齿条助力式

不同形式的EPS

转向柱助力式 EPS 的电机安装在转向柱上，电机通过减速器，驱动转向柱实现转向助力。在该方案中，电机的助力矩通过减速器放大，因此对电机的力矩要求较小；电机布置在驾驶室

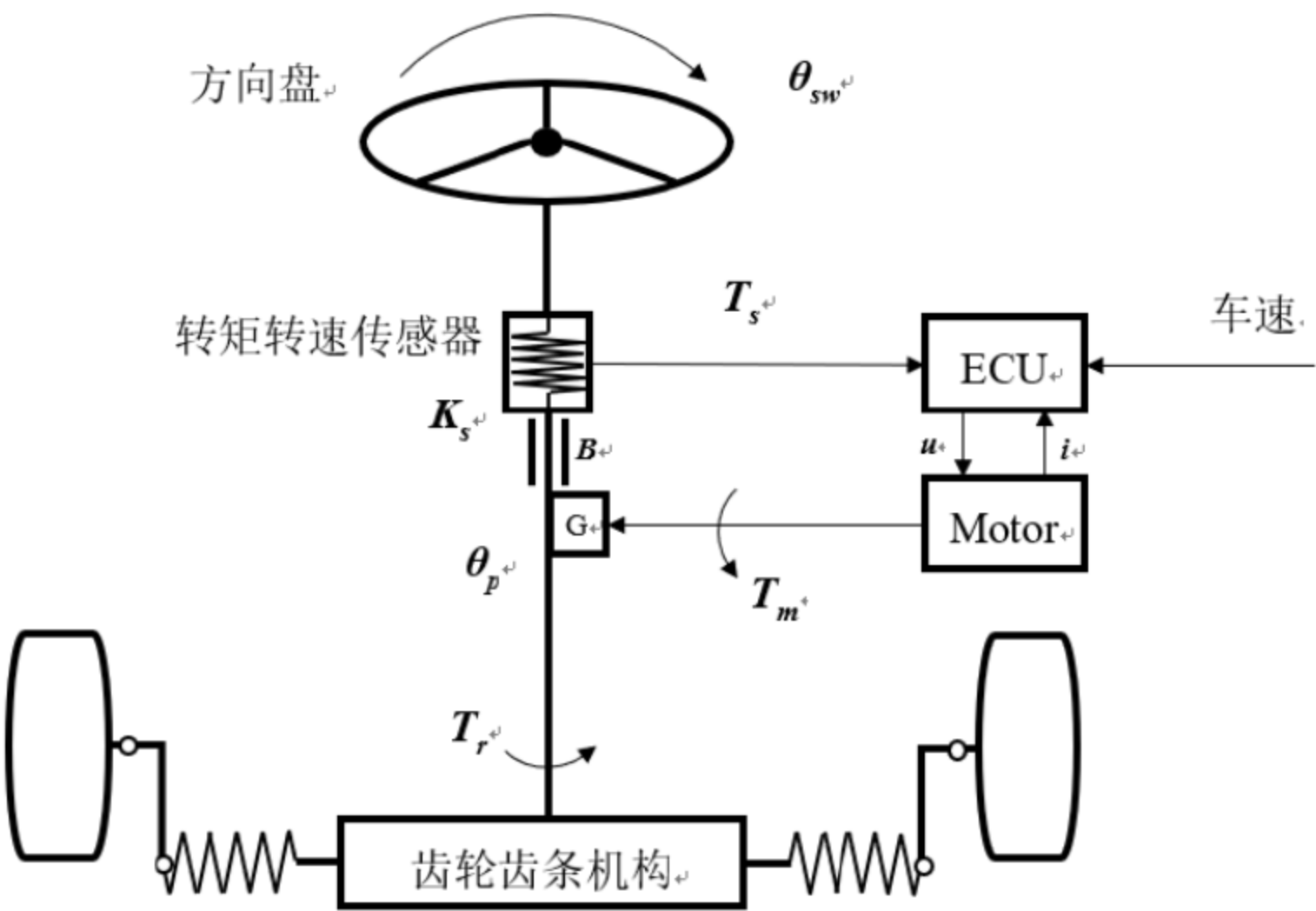
内，工作环境好，对密封性要求较低；但是由于安装位置距离驾驶员较近，电机的力矩波动容易传递到方向盘上，因此对电机的噪声要求较高。

小齿轮助力式 EPS 的电机通过减速器作用在小齿轮上，通过驱动小齿轮实现转向助力。该方案的电机助力矩也通过减速器放大，因此对电机的力矩要求也较小；电机一般安装在驾驶员踏板的下方，工作环境较差，对密封性要求较高；电机距驾驶员较远，因此对电机的噪声要求较小。

齿条助力式 EPS 的电机通过减速器作用齿条上，通过驱动齿条实现转向助力。电机助力直接作用在齿条上，因此要求电机具有较大的输出力矩；电机工作环境差，对密封要求高；安装位置距驾驶员较远，因此对电机噪声要求较低，同时电机力矩波动不易传到转向盘上^[1]。

1.2 电动助力转向系统说明

下图为管柱式电动助力转向器系统（C-EPS⁺）结构示意图，转向管柱的输入轴和输出轴通过扭矩传感器中的扭杆相连。当驾驶员转动转向盘时，扭杆发生变形，扭矩传感器将转向输入轴和输出轴之间的相对转角转换为电压信号传递给EPS控制单元，EPS控制单元首先根据当前的转向盘转矩和车速等信号计算助力电机目标电流的大小，然后结合检测到的实际电机电流通过电流控制算法计算出所需的控制电压并通过逆变器作用到助力电机上，助力电机产生的辅助力矩通过蜗轮蜗杆减速机构作用到转向输出轴上，从而辅助驾驶员完成转向操作。



管柱式电动助力转向器系统结构示意图

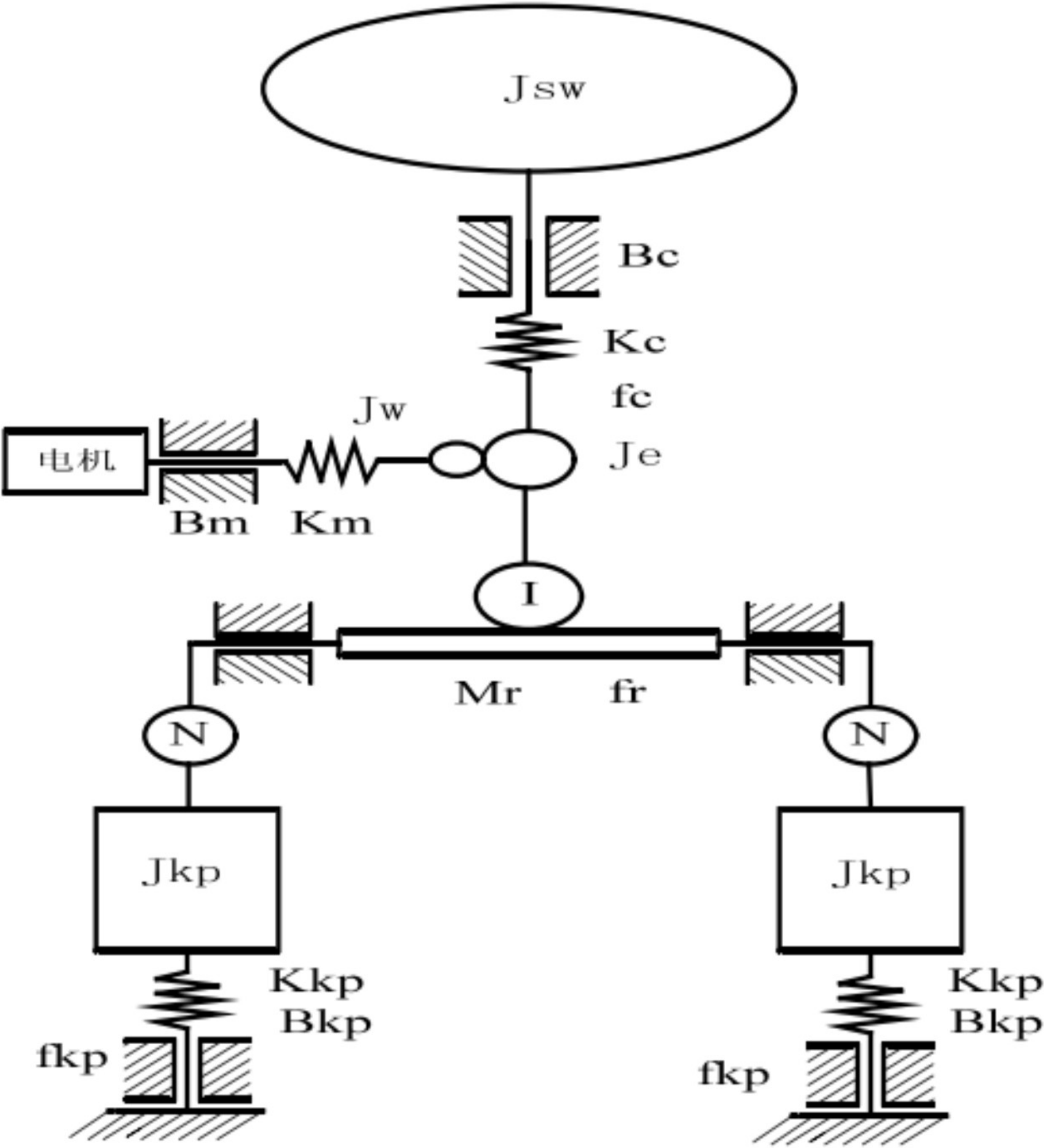
1.3 电动助力转向的优势

EPS与传统的液压动力转向系统相比，EPS系统具有如下特点^[2]：

1. EPS在不同的工况下都能提供最佳的助力效果。在原地或低速转向时为驾驶员提供足够的转向助力；高速转向时使驾驶员获得清晰的路感，并可减少不平路面对驾驶员手感的影响，提高驾驶舒适性以及转向操作的安全性和稳定性。
2. 改善了回正性能。EPS系统可以通过主动施加回正力矩或阻尼力矩，使汽车在低速行驶时转向盘能够快速准确地回到中间位置，并抑制高速转向回正过程中的超调和震荡。
3. 节能环保。EPS系统仅在转向时消耗能量，而在液压转向系统中，不管是否转向，油泵一直处于工作状态。因而在相同工况下，装配EPS系统的汽车每百公里节油0.3 到 0.4 升，每公里减少二氧化碳排放 7 到 8 克。另外EPS采用电动机作为动力，不存在液压油渗漏问题，大大降低了保养和维护成本，并减少了对环境的污染。
4. 效率高。液压动力转向系统的效率一般在 60%到 70%之间，而EPS系统的效率可达 90% 以上。
5. 结构紧凑，质量轻，安装方便。EPS取消了液压回路，无需加注液压油，其结构简单，质量轻。另外，EPS的各组件可以与机械转向系统集成为一体，占用空间小，结构紧凑，便于布置和安装。
6. 良好的低温工作特性。即使在-40℃的低温下，EPS系统仍能正常工作；而对于液压转向系统，由于系统中的液压油随温度的降低粘度增大，会导致系统的转向跟随性变差，转向作用力增加。
7. 系统特性易于调整和匹配。在不改变系统结构的前提下，可以方便地调整或修改EPS系统软件中的助力特性及控制策略以满足不同车型和不同驾驶感受的需要，因而大大缩短了系统开发周期，降低了开发成本。
8. 功能扩展性好。EPS可以通过车载总线实现与其他车载电控系统的集成控制，如与电子稳定系统、牵引力控制系统、电子制动分配系统、主动悬架等主动安全系统进行协同控制可以提升汽车的操纵稳定性和主动安全性。同时，EPS系统还可通过助力电机精确地控制车辆的转向角度，是实现车道保持、自动巡航、自动泊车 and 智能驾驶等功能的基础。

2 电动助力转向系统物理模型搭建

下图为EPS的物理简化机械模型^[3]，包括四个重要的动力学元件：转向盘和转向柱、电机、齿轮齿条机构、转向前轮。



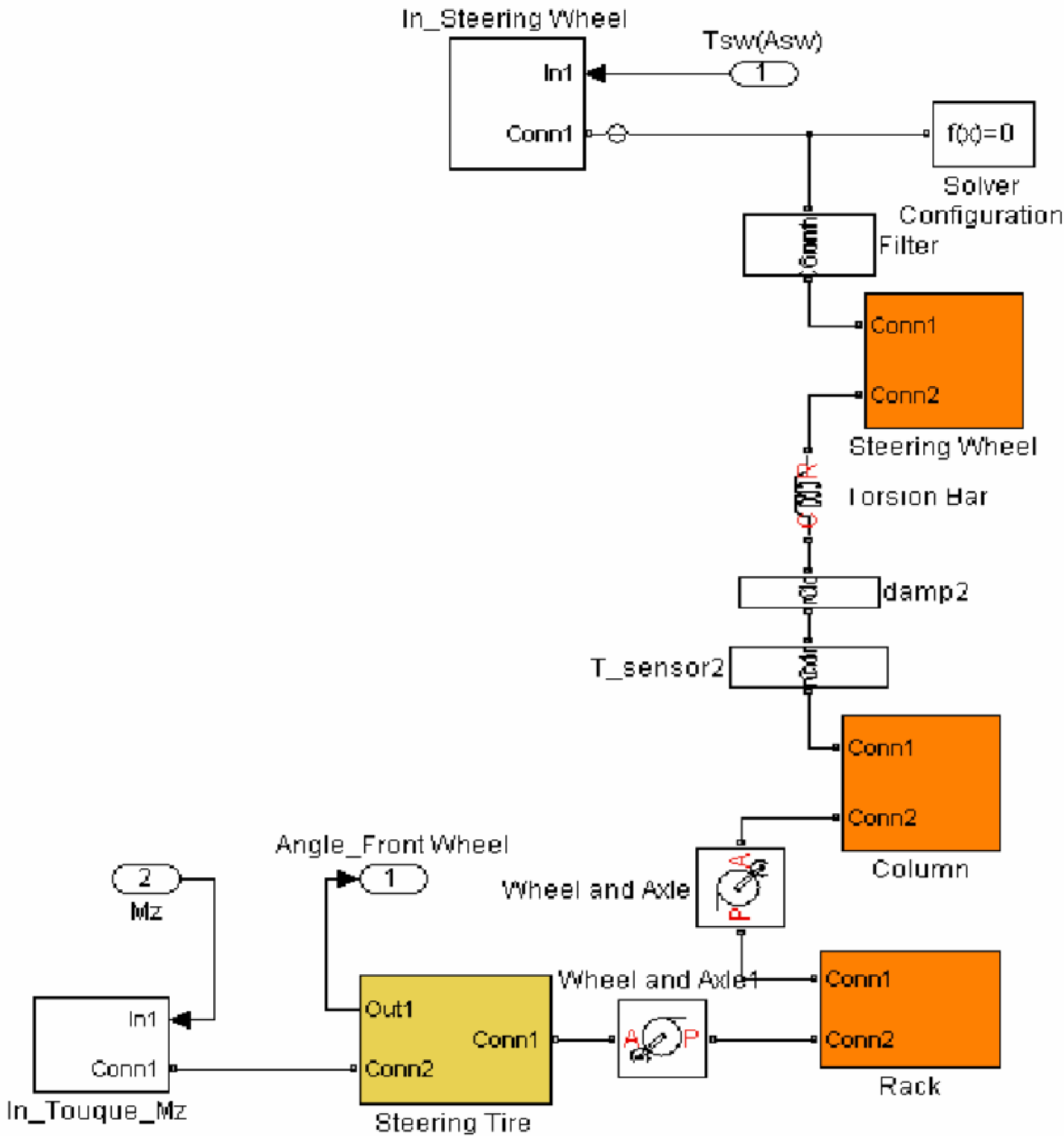
EPS的简化机械模型

等效的物理模型中，各部分除了转动惯量之外，就是存在的摩擦和阻尼。摩擦主要考虑到转向盘，转向柱，齿轮齿条，主销及地面与轮胎处的摩擦，并且将转向柱、齿轮齿条和主销处的摩擦等效到转向柱处，即转向柱的等效摩擦力。

J _{sw} —转向盘转动惯量	B _c —转向轴粘性阻尼系数
K _c —扭杆刚度	f _c —转向轴等效摩擦力
J _e —转向柱、蜗轮及齿轮的转动惯量	M _r —齿条的质量
f _r —齿条的摩擦力	I—齿轮与齿条的传动比
N—齿条到转向前轮的传动比	J _{kp} —转向轮转动惯量
K _{kp} —转向轮转动刚度	B _{kp} —转向轮粘性阻尼系数
f _{kp} —地面与转向轮之间的摩擦	J _w —电机及蜗杆的转动惯量
B _m —电机轴的粘性阻尼系数	K _m —电机轴的刚度

模型参数的物理含义

利用 **Simscape** 软件可以直接构建物理系统，方便的表示各构件之间的关系，代替了复杂的动态系统数学方程。

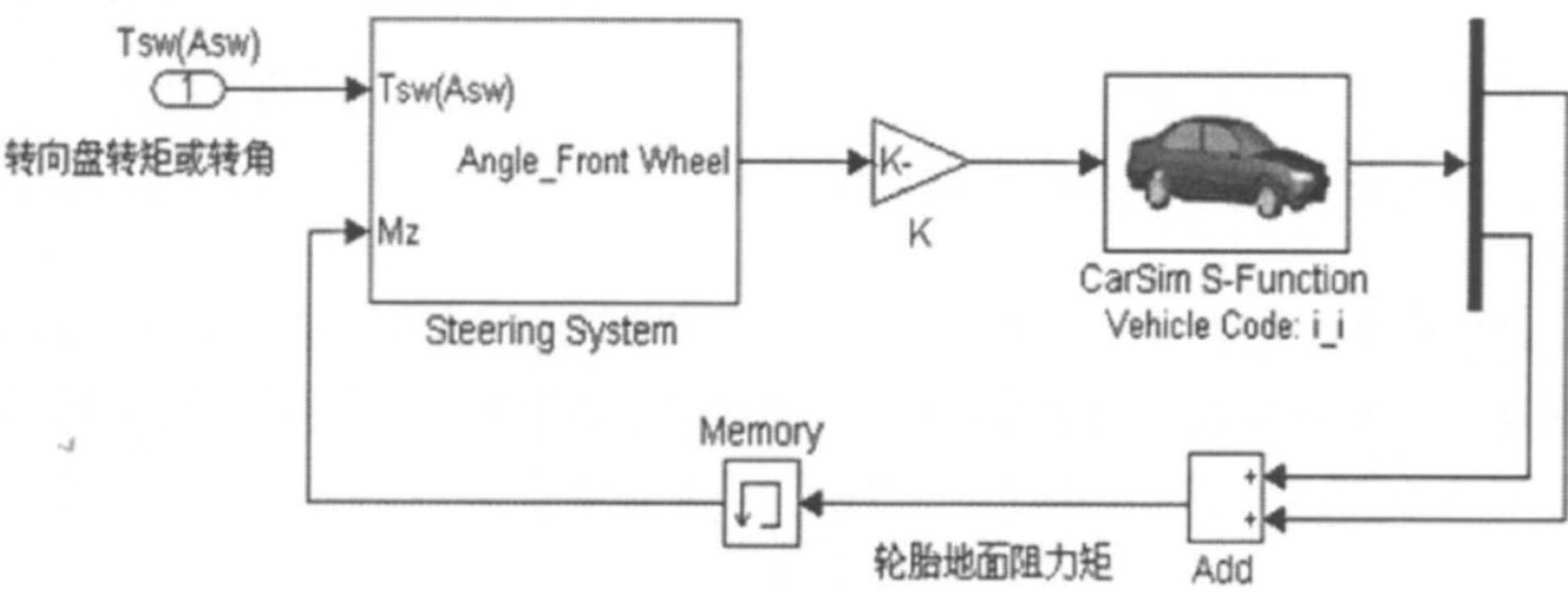


转向系统仿真模型

3 整车仿真建模及验证

车辆仿真分析在整车开发流程中占有重要地位，Carsim⁺ 作为参数化的整车动力学软件省去了结构化软件（如 ADAMS）的建模调试和用户编程建立数学模型的一系列繁琐过程，用最简洁易懂的接口将整车开发、仿真结果等展示在用户面前。

Carsim 除了为车辆的参数化建模提供了平台外，为了避免其模型本身的不全面也为满足特殊研究的需要，Carsim 特别提供了与 Matlab 软件的接口，允许用户使用两者相配合建立满足要求的较完备的车辆动力学模型，并能进行联合仿真得到试验结果。只要用户根据自己的需要，预先在 Carsim 界面中配置相应的输入输出量，然后就可以在 Simulink 界面中外加自己的模型以及控制系统。经过联合仿真计算得到的试验结果，可以通过 Carsim 后处理界面输出，也可以直接在 Simulink 中输出得到。



整车仿真模型

3.1 转向阻力矩模型搭建

在转向过程中，转向系统的阻力矩包括：轮胎回正力矩，车轮纵向力、垂直载荷、侧向力引起的转向力矩。选用 SAE 坐标系计算转向系统的阻力矩，并假设车轮载荷垂直向上为正方向[4]。

• 轮胎回正力矩

轮胎的回正力矩由 CarSim 输出的左、右前轮回正力矩根据轮胎模型计算得出：

$$M_{AT} = (M_{z_L1} + M_{z_R1}) \cos(\sqrt{\lambda^2 + v^2})$$

式中， M_{z_L1} 为左前轮回正力矩； M_{z_R1} 为右前轮回正力矩； λ 为主销内倾角； ν 为主轴后倾角。

• 纵向力引起的转向阻力矩

由于存在主销偏距，车辆的左右转向车轮的纵向力，会产生绕主销的转向力矩。

$$M_T = (F_{x_L1} - F_{x_R1})d_t$$

式中， M_T 为纵向力引起的转向阻力矩； F_{x_L1} 为左前轮的纵向力； F_{x_R1} 为右前轮的纵向力； d_t 为地面侧向偏移量。

• 垂直载荷引起的转向阻力矩

垂直载荷会引起转向轴的倾斜，而转向轴倾斜大小受主销后倾角和主销内倾角的影响，因此会产生引起转向的力矩。

$$M_V = -(F_{z_L1} + F_{z_R1})d_t \sin \lambda \cdot \sin \delta + (F_{z_L1} - F_{z_R1})d_t \sin \nu \cdot \cos \delta$$

式中， M_V 为车轮垂直载荷引起的转向阻力矩； F_{z_L1} 为左前轮的垂直载荷； F_{z_R1} 为右前轮的垂直载荷； δ 为车轮转向角。

• 侧向力引起的转向阻力矩

侧向力引起的转向阻力矩由车轮滚动半径 r_r 、左前轮侧向力 F_{y_L1} 、右前轮侧向力 F_{y_R1} 以及主销后倾角 ν 组成：

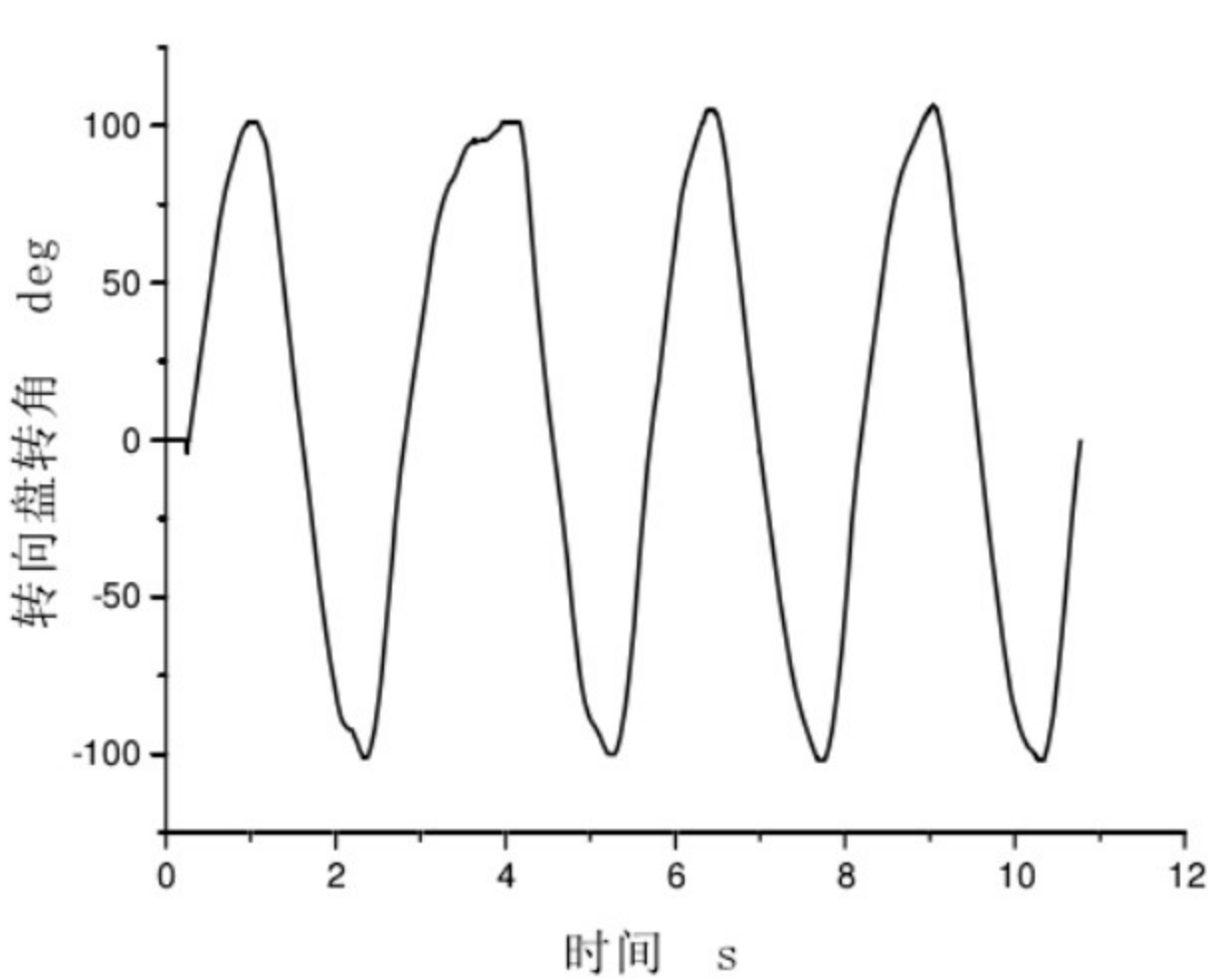
$$M_L = -(F_{y_L1} + F_{y_R1})r_r \cdot \tan \nu$$

总的转向阻力矩为：

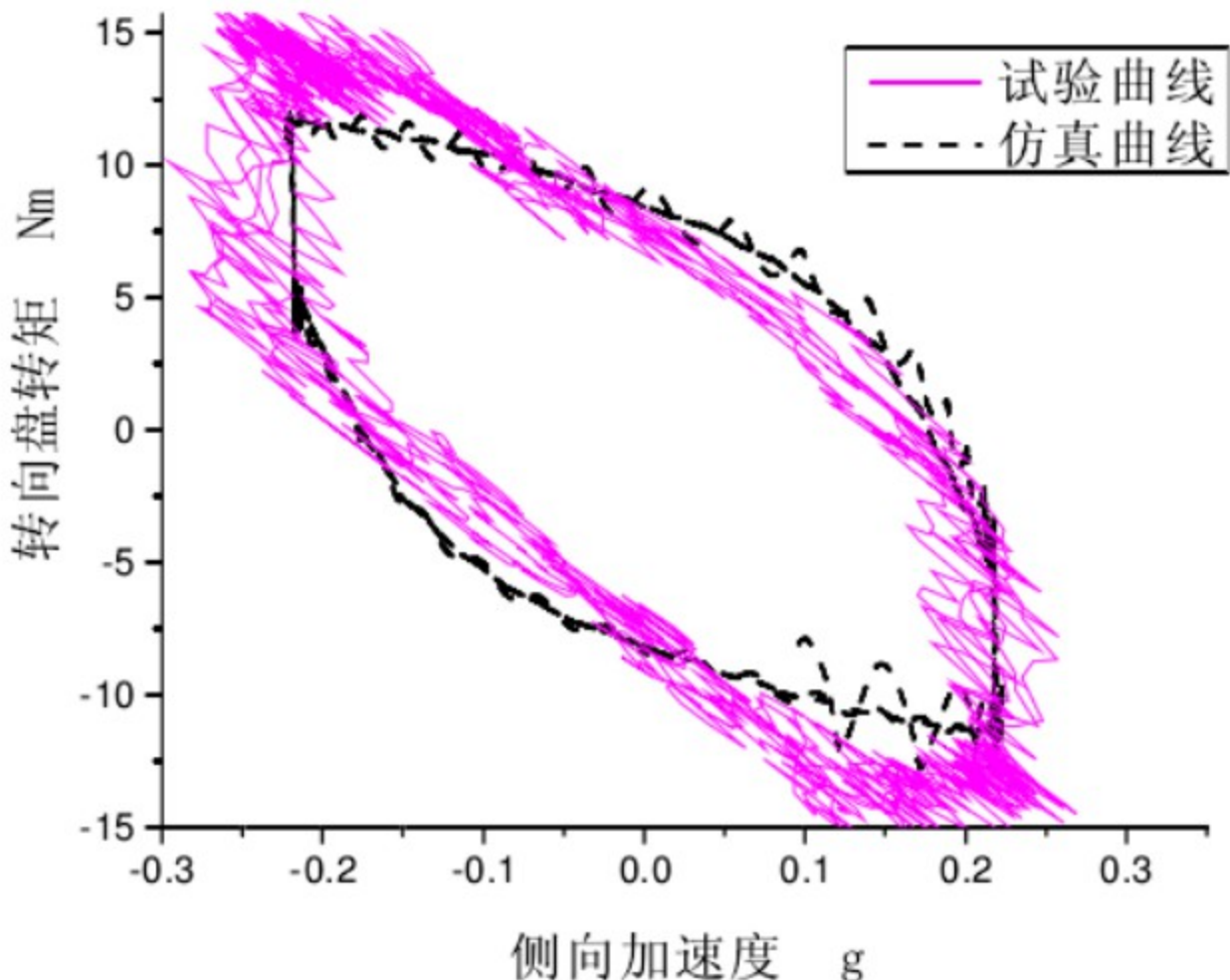
$$M_z = M_{AT} + M_T + M_V + M_L$$

3.2 正弦试验验证

此试验在30km/h车速下进行仿真。仿真时保持30km/h的车速，将实车测得的转向盘转角时间历程作为模型的转向盘转角输入（如左图所示）。右图为转向盘转矩随侧向加速度变化曲线的试验与仿真结果对比，图中实线为实车试验曲线，虚线为仿真曲线。



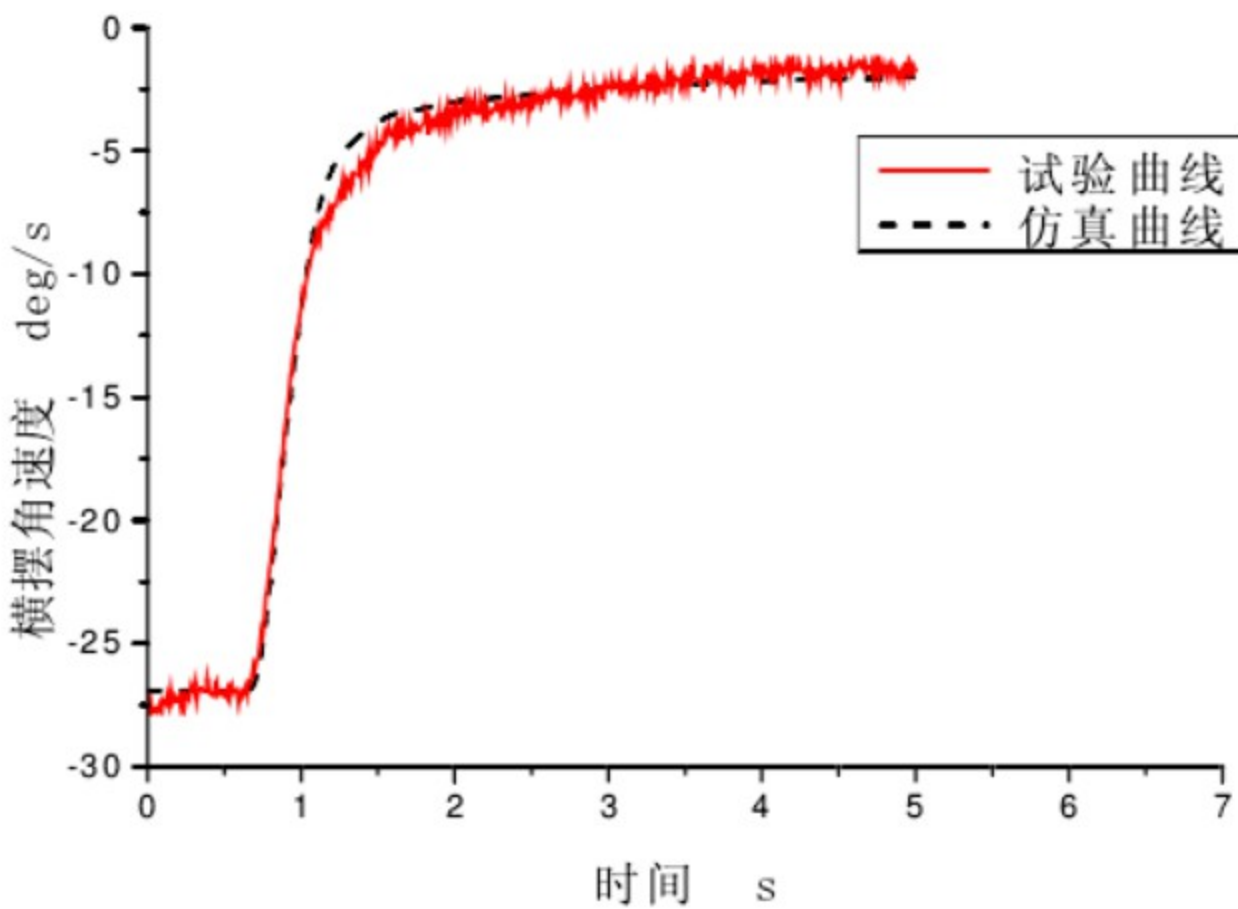
转向盘转角时间历程



转向盘转矩-侧向加速度曲线

3.3 转向回正性能试验验证

试验转向盘左转角度为200°，车速为28.5Km/h，试验与仿真的横摆角速度曲线如下图所示。



转向盘左转时的横摆角速度—时间曲线

参考

1. ^ [ab](#) 《电动助力转向系统稳定性和电流控制方法研究》
2. ^ 《基于永磁同步电机的电动助力转向系统力矩控制算法研究》
3. ^ 《某轿车EPS系统电机控制策略的仿真研究》
4. ^ 《永磁同步电机EPS控制系统研究》

编辑于 2022-11-08 09:16 · 上海

[助力设备](#) [eps](#) [助力](#)