

# 车辆（四）——EPS的数学模型

 ZZ先生  
偏隅一方，纵观苍茫大地

+ 关注他

来自专栏 · 车辆 >

54 人赞同了该文章 >

EPS系统是在原有机械转向系统之上添加传感器、电动机、减速器和控制器等部件后组成的汽车转向系统。要研究EPS的控制策略，应先对机械转向系统的动力学特征和结构进行研究。针对C-EPS以及R-EPS<sup>+</sup>进行动力学建模。

## 一、C-EPS

先以C-EPS 系统为研究对象，EPS 系统的机械部分由很多的弹性阻尼元件<sup>+</sup>组成，在进行数学建模时，对全部的弹性阻尼元件都进行考虑会使模型过于复杂，增加大量的计算量，同时也没有必要。【来源：电动助力转向系统建模及控制算法研究】

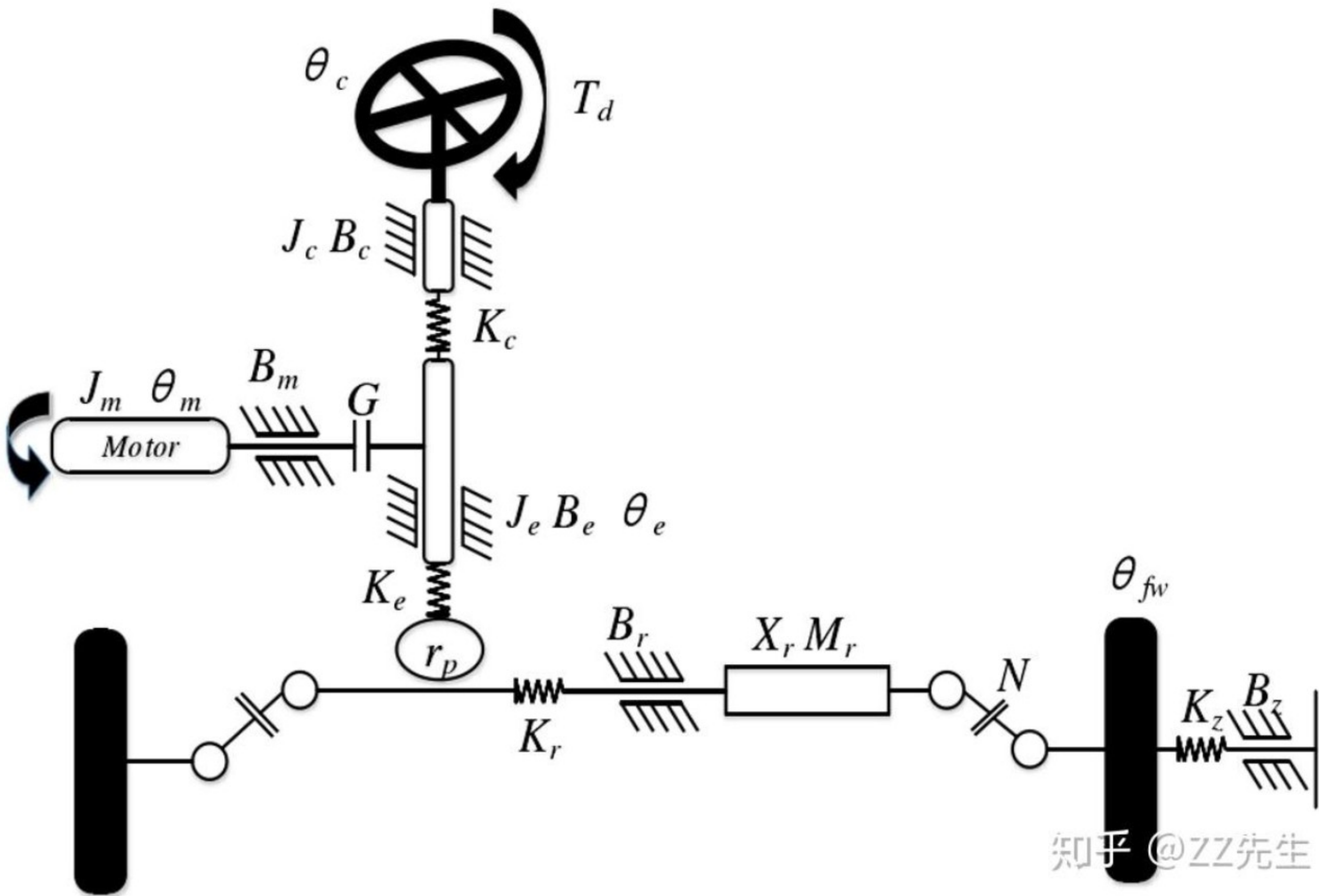


图1.C-EPS系统机械结构部分简化模型

因为EPS系统的基本特性是由**低频原件**决定，所以建模时对EPS进行适当简化。如图1所示，将EPS系统分为5个质量块：**方向盘及上管柱**；**转向输出轴**；**助力电机**；**齿轮齿条转向器**；**转向机构**。

1.方向盘及上管柱：

方向盘及上管柱的上端刚性连接，上管柱的下端通过**转矩传感器**的扭杆与转向输出轴相连。建立动力学方程：

$$J_c \ddot{\theta_c} + B_c \dot{\theta_c} + T_s = T_d$$

$J_c$ ：方向盘及上管柱的转动惯量； $\theta_c$ ：方向盘转角； $B_c$ ：方向盘及上管柱阻尼； $T_s$ ：转矩传感器测得的转矩； $T_d$ ：方向盘力矩

转矩传感器：

转矩传感器检测到的转矩值是根据连接上管柱及转向输出轴的扭杆的变形量计算得到的，扭杆上下两端的角度差决定了转矩的大小和方向：

$$T_s = K_c (\theta_c - \theta_e)$$

$\theta_e$ ：转向输出轴的转角； $K_c$ ：扭杆的刚性系数。

2.转向输出轴：

转向输出轴连接着上管柱和转向机构，建立动力学微分方程：

$$J_e \ddot{\theta_e} + B_e \dot{\theta_e} + K_e (\theta_e - \frac{x_r}{r_p}) = T_s + GT_a$$

$J_e$ ：输出轴转动惯量； $B_e$ ：输出轴的阻尼系数； $G$  蜗轮蜗杆减速器的传动比； $x_r$ ：齿条的位移； $r_p$ ：小齿轮半径； $T_a$ ：电机助力力矩



3.助力电机：

$$J_m \ddot{\theta}_m + B_m \dot{\theta}_m + T_m = T_m$$

$J_m$ ：助力电机转动惯量；  $\theta_m$ ：助力电机转动角度；  $T_m$ ：电机的电磁转矩

4.齿轮齿条转向器：

通过齿轮齿条机构将输出轴传递的转向力矩变成驱动转向机构横拉杆运动的作用力，将齿轮的旋转运动转化为齿条的直线运动。

$$M_r \ddot{x}_r + B_r \dot{x}_r + K_r (x_r - N\theta_{fw}) = \frac{K_e}{r_p} (\theta_e - \frac{x_r}{r_p})$$

$M_r$ ：齿条质量；  $B_r$ ：齿条的阻尼系数；  $N$ ：转向机构传动比；  $\theta_{fw}$ ：车轮转角；  $K_r$ ：齿条刚度

5.转向机构：

车辆行驶时的侧向加速度一般不超过 0.3g，在该侧向加速度范围内，**车轮转向特性处于线性区域**，**轮胎拖距近似常值**，车轮回正力矩与侧向力成比例。由于在一定车速下，侧向加速度与前轮转角基本上成线性关系，所以可以认为汽车转向阻力矩与转向角近似成比例，故用弹簧来模拟汽车转向阻力矩是可行的：

$$J_{fw} \ddot{\theta}_{fw} + B_{fw} \dot{\theta}_{fw} + K_z \theta_{fw} = K_r (x_r - N\theta_{fw})N$$

$J_{fw}$ ：车轮转动惯量；  $K_z$ ：转向阻力矩模拟弹簧刚度

二、R-EPS

R-EPS分析方法和C-EPS一致，只是**扭矩传感器以及助力电机**的位置发生变换。在R-EPS中**扭矩传感器**安装在**小齿轮上端转向输出轴处**，**助力电机**安装在**齿条上端**，通过带轮传递扭

矩，滚珠丝杆将旋转运动转换为直线运动。

1.方向盘+上管柱+转向输出轴

$$J_c \ddot{\theta}_c + B_c \dot{\theta}_c + T_s = T_d$$

扭矩传感器：

$$T_s = K_e (\theta_c - \theta_e)$$

2.助力电机：

$$J_m \ddot{\theta}_m + B_m \dot{\theta}_m + T_a = T_m \quad T_a = K_m (\theta_m - C \frac{X_r}{D})$$

3.齿轮齿条：

$$M_r \ddot{X}_r + B_r \dot{X}_r + K_r (X_r - N \theta_{fw}) = \frac{K_e}{r_p} (\theta_c - \theta_e) + K_m (\theta_m - C \frac{X_r}{D})$$

4.转向机构：

$$J_{fw} \ddot{\theta}_{fw} + B_{fw} \dot{\theta}_{fw} + K_z \theta_{fw} = K_r (X_r - N \theta_{fw}) N$$

公众号：汽车电子研究院