

毕设题目的内容主要有：

- 1.线控(主动)转向系统动力学建模
- 2.可变转向比的确定结合横摆角速度和质心侧偏角响应曲线（二自由度仿真建模）
- 3.转向电机的控制方法
- 4.程序流程图及程序的编写

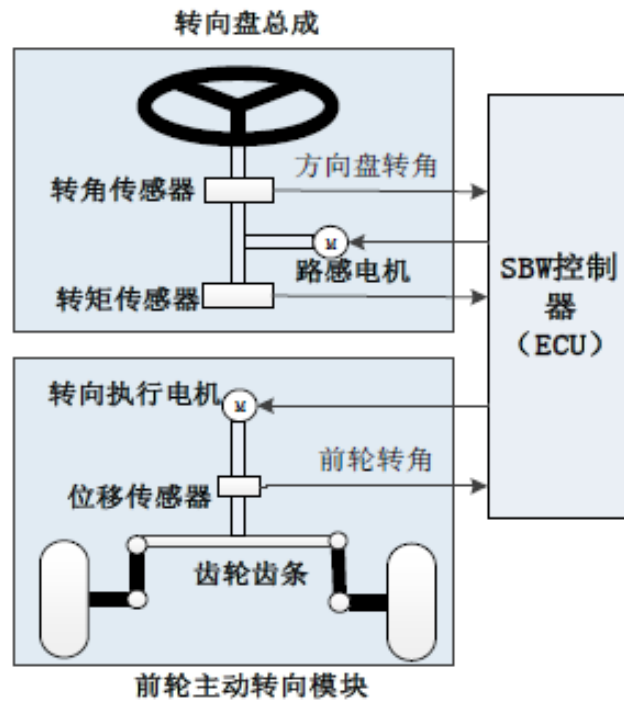


图 1: 线控转向系统简图

如图1线控转向系统包括转向盘系统，车辆模型系统，前轮系统（包括电机和执行机构），控制器（ECU）。与传统转向系统不同，线控转向系统的转向盘系统与前轮系统之间通过电线连接，取消了传统的机械机构。取而代之的是一个控制器，控制器根据转向盘系统的输入信号来控制前轮系统。车辆模型系统本文采用二自由度车辆模型来计算。本文所做题目为主动转向模块程序设计，不包括路感设计，主要实现的是可变传动比和转向同步准确。电机控制考虑使用易于实现的PID增量式控制，跟随前轮转角，稳定性主要考虑横摆角速度和侧向加速度、质心侧偏角，稳定性可以和可变传动比中转向的灵敏度（横摆角速度增益）保持适宜相适应。

如图2便是转向盘系统简图，包括转角传感器和力矩传感器以及路感电机。假设方向盘已经稳定即平衡，根据方向盘力矩平衡有：

$$T_{sw} = J_{sw}\ddot{\theta}_{sw} + B_{sw}\dot{\theta}_{sw} + k_c(\theta_{sw} - \theta_m/g_m) + T_{fric} \quad (1)$$

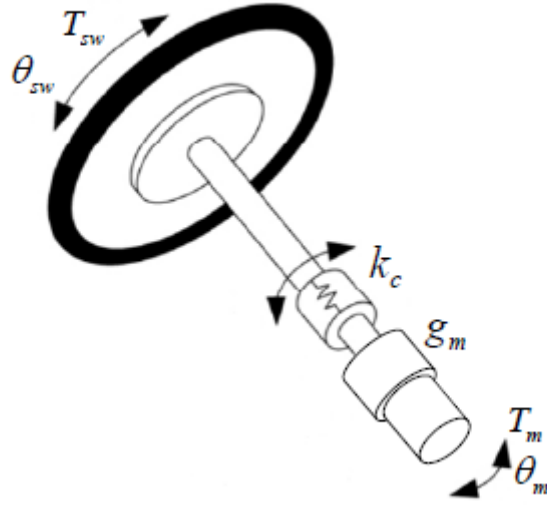


图 2: 方向盘系统

路感电机力矩平衡有:

$$T_m = J_m \ddot{\theta}_m + B_m \dot{\theta}_m + \frac{k_c(\theta_m/g_m - \theta_{sw})}{g_m} \quad (2)$$

路感电机电学平衡有:

$$T_m = k_t I_a \quad (3)$$

$$U_a = R_a I_a + L_a \dot{I}_a + k_e \theta_m \quad (4)$$

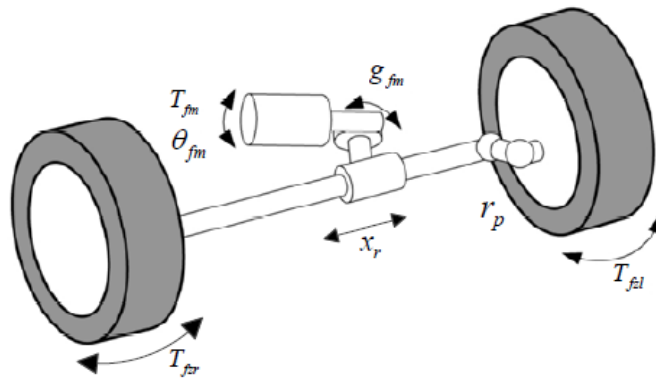


图 3: 前轮系统

如图3便是前轮系统即转向执行机构主要包括转向器和转向电机，转向器采用的是齿轮齿条式。

同方向盘系统转向电机有以下平衡方程：

$$T_{fm} = J_{fm}\ddot{\theta}_{fm} + B_{fm}\dot{\theta}_{fm} + \frac{k_{fc}(\theta_{fm}/g_{fm} - x_r/r_p)}{g_{fm}} \quad (5)$$

$$T_{fm} = k_{ft}I_{fa} \quad (6)$$

$$U_{fa} = R_{fa}I_{fa} + L_{fa}\dot{I}_{fa} + k_{fe}\theta_{fm} \quad (7)$$

转向器平衡有：

$$M_r\ddot{x}_r + B_r\dot{x}_r + F_{rack} = \frac{k_{fc}(\theta_{fm}/g_{fm} - x_r/r_p)}{g_{fm}} \quad (8)$$

$$F_{rack} = \frac{T_{fzl}}{l_{fl}} + \frac{T_{fzr}}{l_{fr}} \quad (9)$$

可变角传动比的确定

根据二自由度模型可得：

$$i = \frac{u/L}{G_{\delta_{sw}}^r(1 + Ku^2)} \quad (10)$$

$$K = \frac{m}{L^2}(a/k_2 - b/k_1) \quad (11)$$

查资料得横摆角速度增益 $G_{\delta_{sw}}^r$ 有以下关系

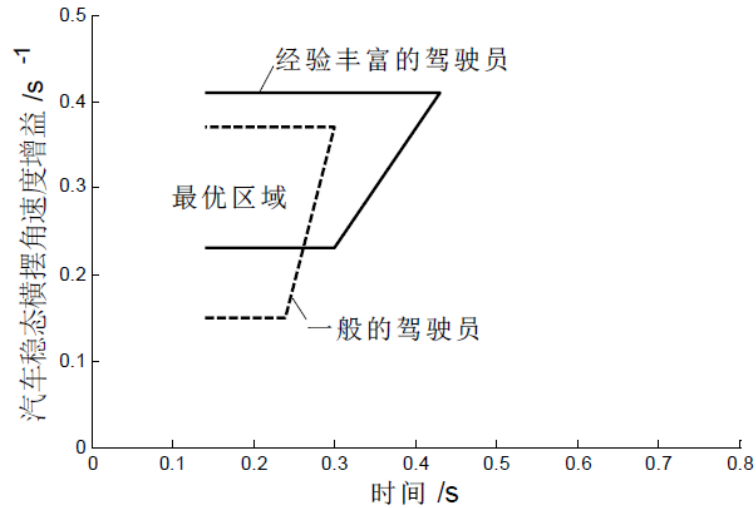


图 4: 汽车理想稳态横摆角速度增益

取  $G_{\delta_{sw}}^r = 0.319$  得到角传动比与车速得关系如下图：

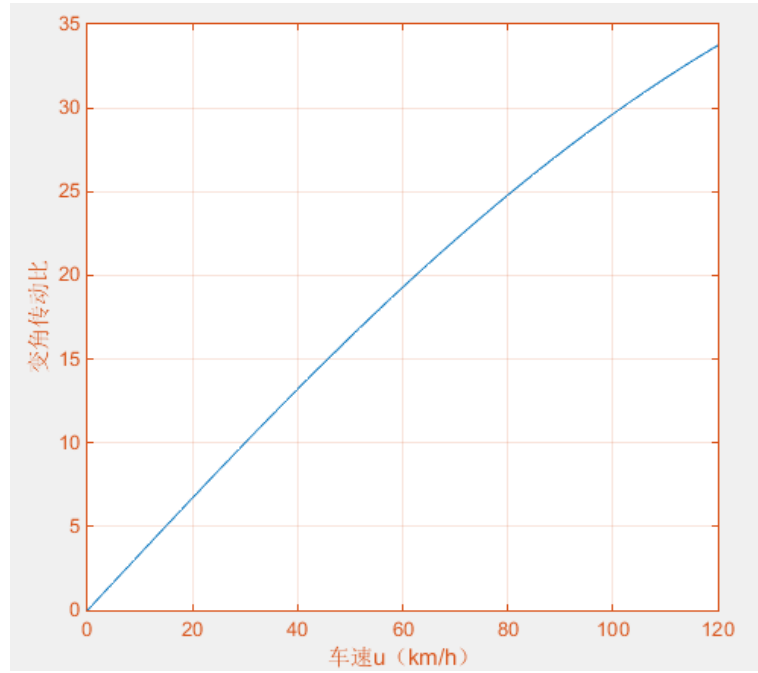


图 5: 经验公式得到的角传动比与车速关系

考虑现实情况角传动比过大或过小都会影响汽车操作稳定性，故将上限定为 $i_{max} = 24$ ，下限为 $i_{min} = 10$ 。简单修正后如图：

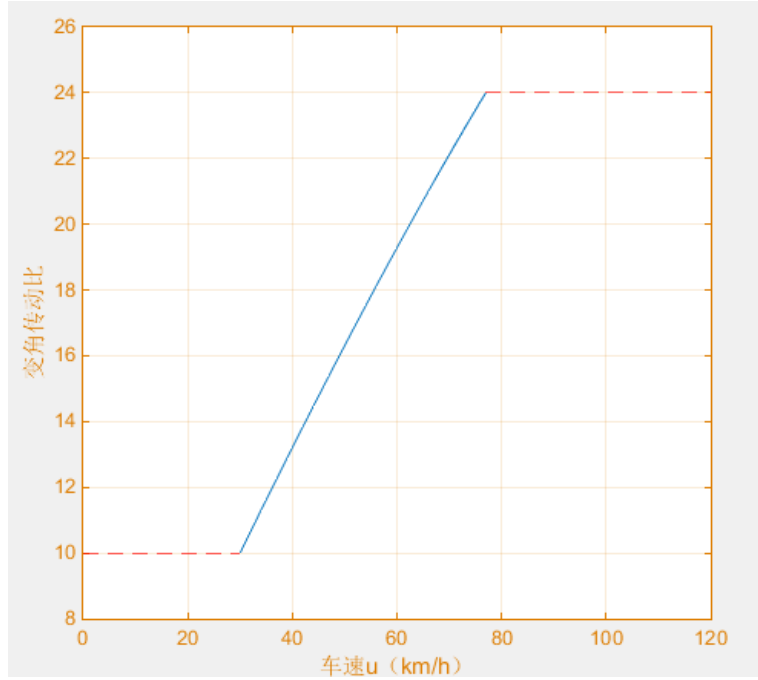


图 6: 根据实际情况简单修正

函数式为:

$$i = f(u) = \begin{cases} i_{min} & 0 \leq x \leq 30.00 \\ \frac{u/L}{G_{\delta_{sw}}^r(1+Ku^2)} & 30.00 < x \leq 76.97 \\ i_{max} & u > 76.97 \end{cases}$$

考虑到曲线不连续, 在拐点出现突变过程, 影响驾驶员判断及其手感。现在利用matlab进行三次函数拟合。函数式为:

$$i = g(u) = \begin{cases} Au_3 + i_{min} & 0 \leq x \leq u_0 \\ B(u - 100)^3 + i_{max} & u_0 < x \leq 100 \\ i_{max} & u > 100 \end{cases}$$

拟合条件需要满足在拐点连续可导并且需要尽可能贴合原曲线, 条件如下:

$$\begin{aligned} g(u)_{u=u_0^-} &= g(u)_{u=u_0^+} \\ \dot{g}(u)_{u=u_0^-} &= \dot{g}(u)_{u=u_0^+} \\ max\xi &= 1 - \int_0^{120} [f(u) - g(u)]^2 du \end{aligned}$$

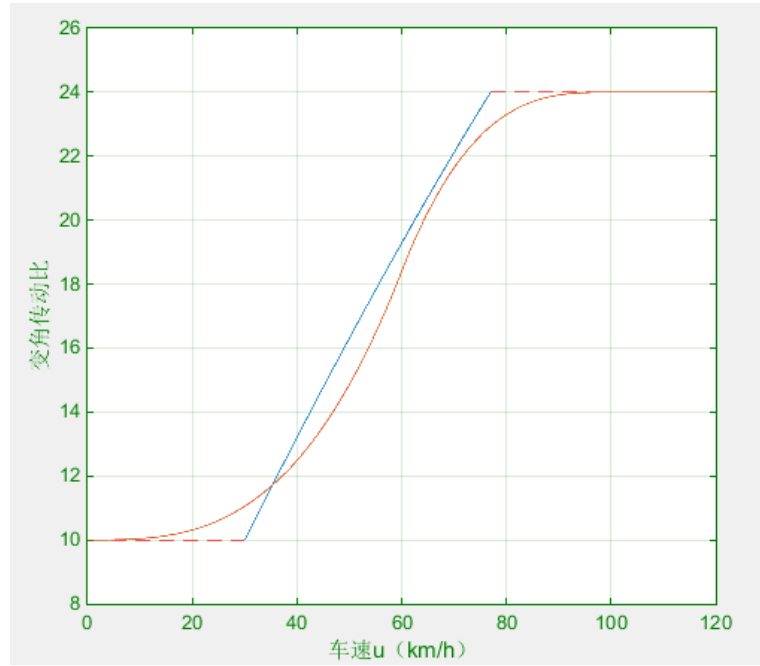


图 7: 三次拟合修正

电机控制——增量式PID控制:

$$\Delta u_k = k_p(e_k - e_{k-1}) + k_i e_k + k_d(e_k - 2e_{k-1} + e_{k-2}) \quad (12)$$

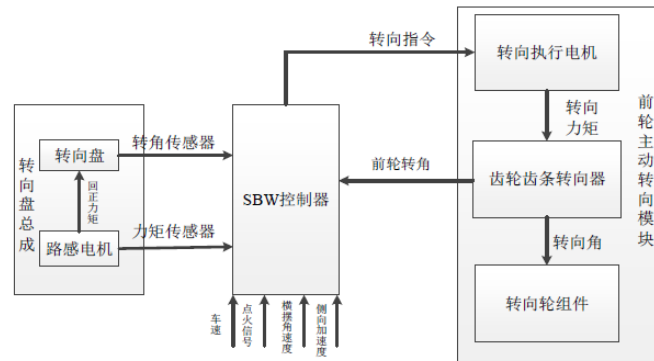


图 8: 信号传递

