



# 智能驾驶基础大作业 路径规划+轨迹跟踪

电组

成员（不分先后）：

1853688贾林轩

1851154周展辉

# Contents

1

基于栅格地图的路径规划

2

路径曲线预处理

3

轨迹跟踪——车辆模型

4

轨迹跟踪——基于前视距离的位姿跟踪算法

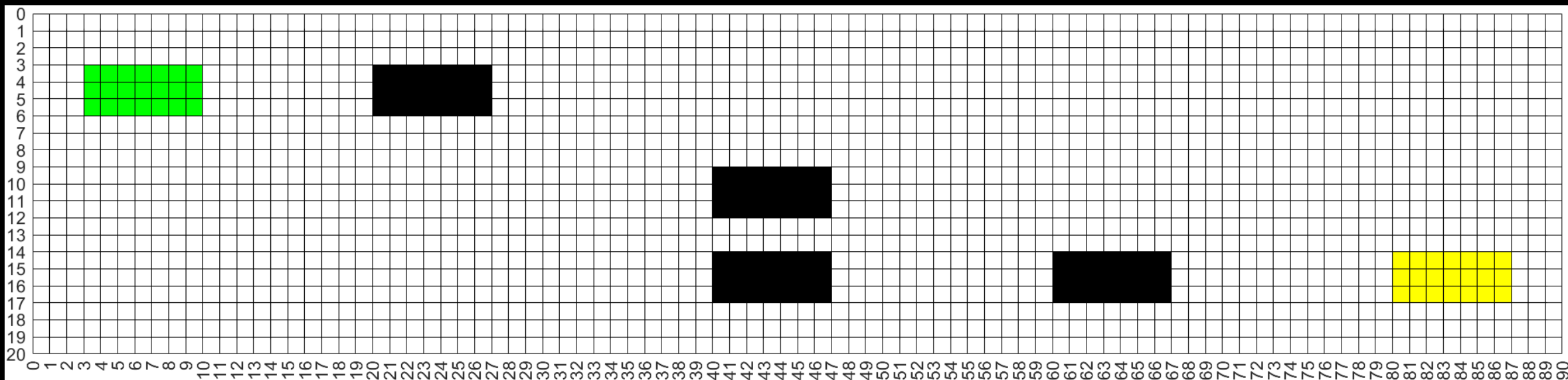
5

轨迹跟踪——PID控制器

6

仿真结果

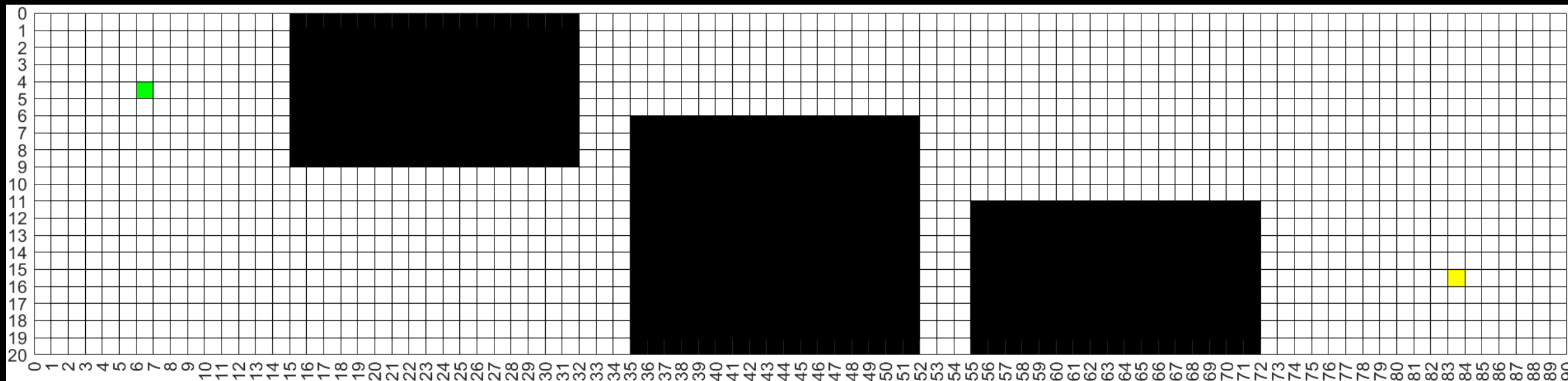
# 基于栅格地图的路径规划



我国机动车道宽度标准3.5-3.75米，车长一般为3.8-4.3米，车宽1.8-2米，车轴距为2.4-2.6米。  
取车宽为1.8米，车长4.2米，车轴距为2.4米，车道宽为3.6米，栅格地图一格代表0.6米，因此小车占据栅格地图的面积为3\*7格，车道宽为6格，加路边三车道总宽为20格。



# 基于栅格地图的路径规划

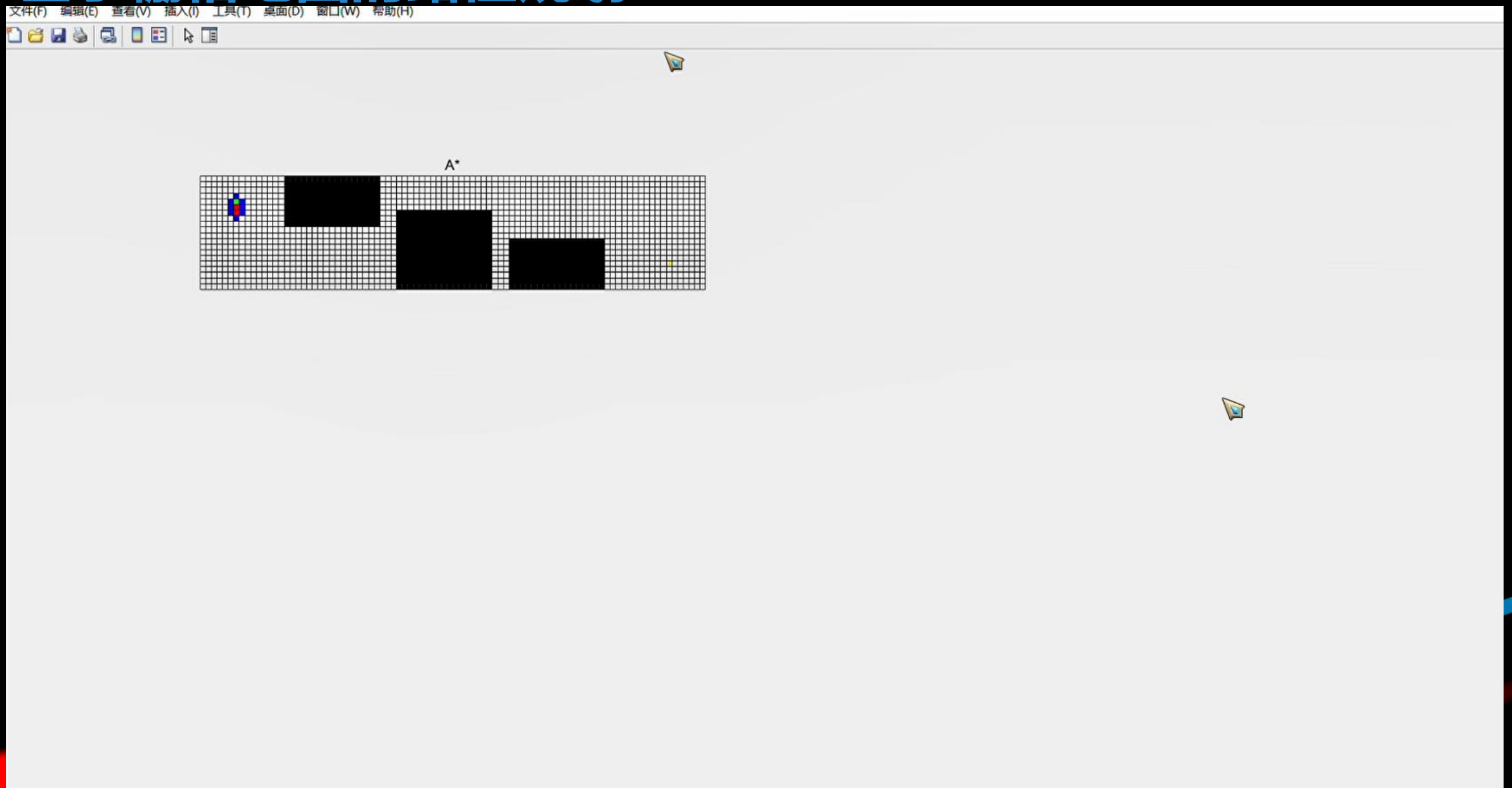


防碰撞处理：包围圆半径

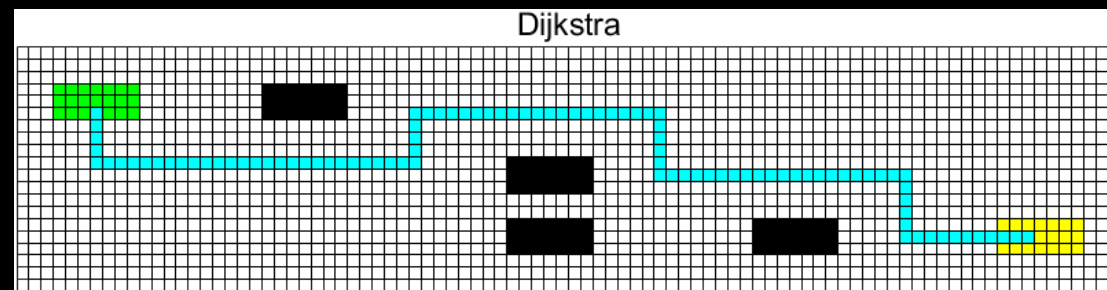
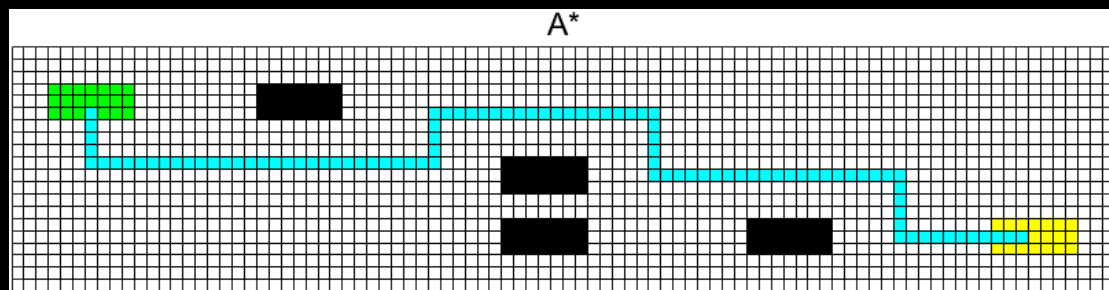
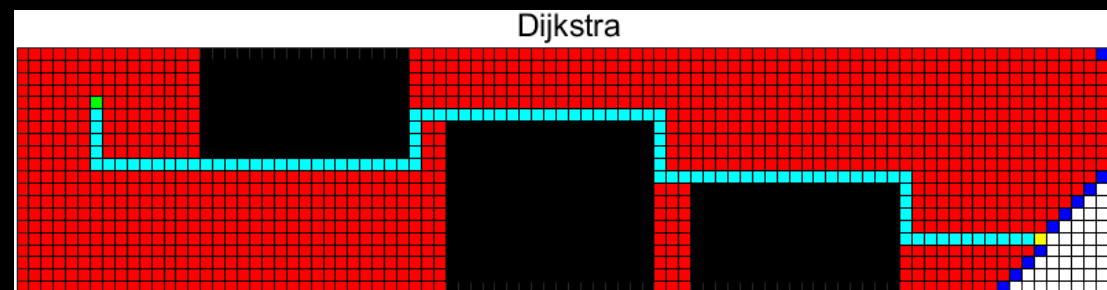
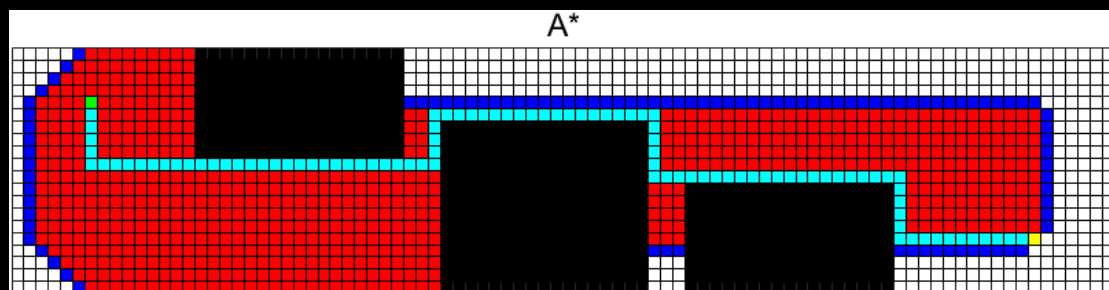
$$\sqrt{3^2 \times 7^2} = 7.62m$$
$$\frac{7.62}{0.6} = 12.69$$

放大障碍物的同时缩小目标车，因此障碍物膨胀的范围应为13格

# 基于栅格地图的路径规划



# 基于栅格地图的路径规划

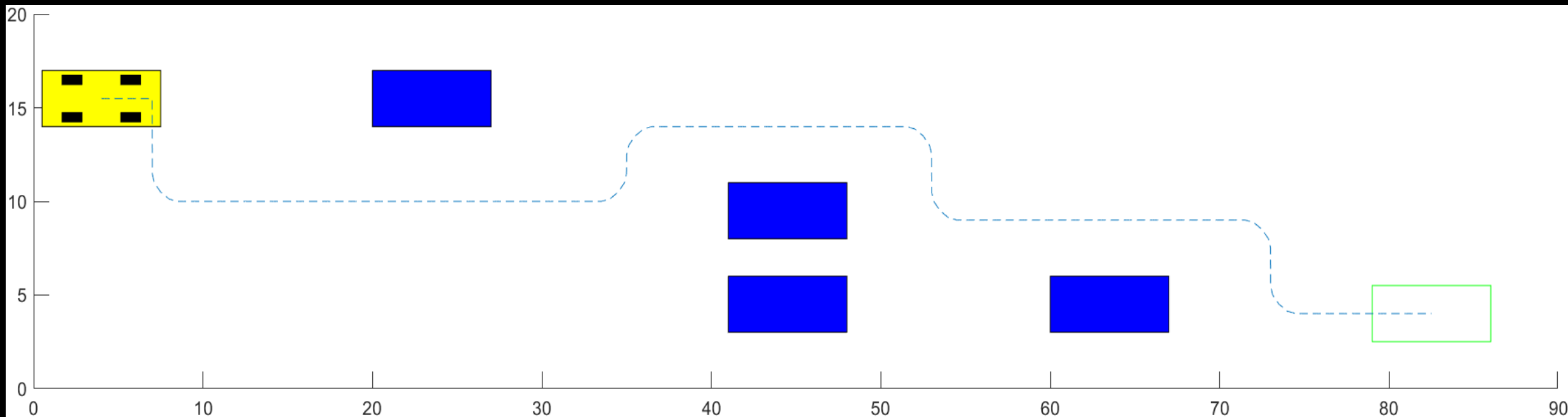


A\* plan succeeded! iteration times: 944 path length: 96

Dijkstra plan succeeded! iteration times: 1449 path length: 96

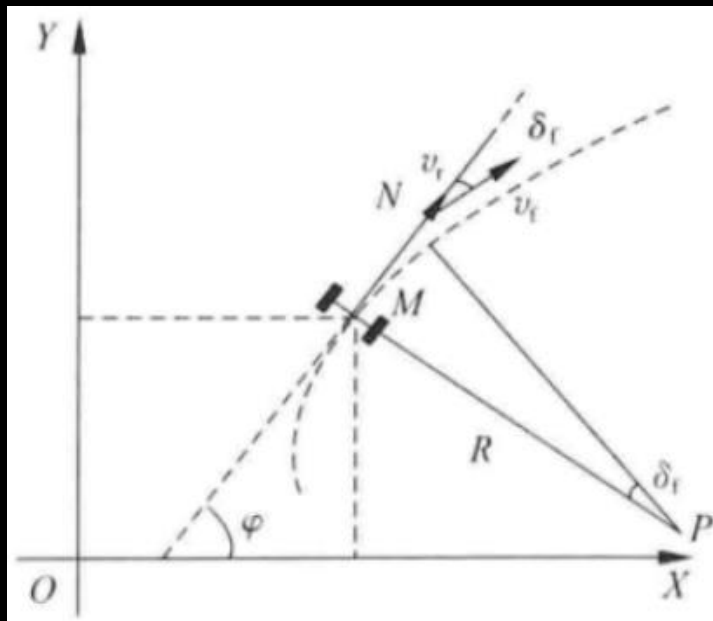
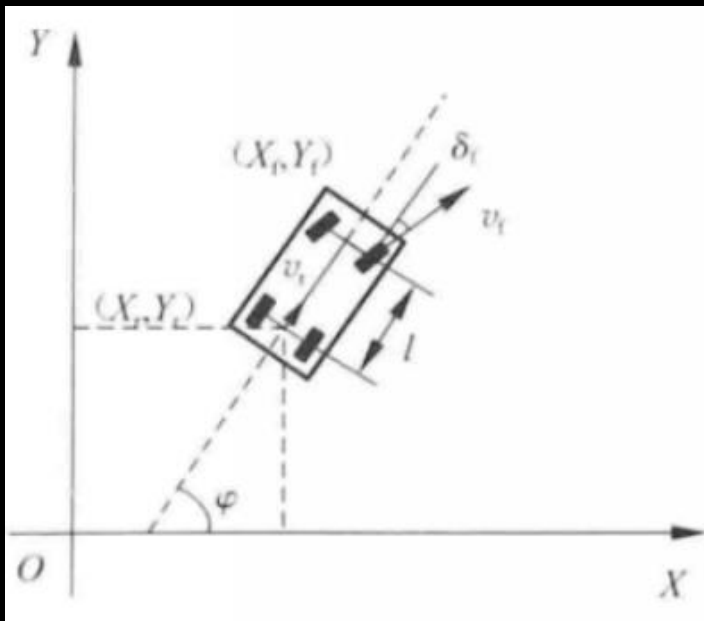
# 路径曲线预处理

去栅格，曲线平滑化处理（三次样条曲线插值）





# 轨迹跟踪1——车辆模型



$$\begin{bmatrix} \dot{X}_r \\ \dot{Y}_r \\ \dot{\phi} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos\phi \\ \sin\phi \\ \frac{\tan\delta_f}{l} \end{bmatrix} v_r$$

$$\begin{bmatrix} \dot{X}_r \\ \dot{Y}_r \\ \dot{\phi} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos\phi \\ \sin\phi \\ 0 \end{bmatrix} v_r + \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix} \omega$$

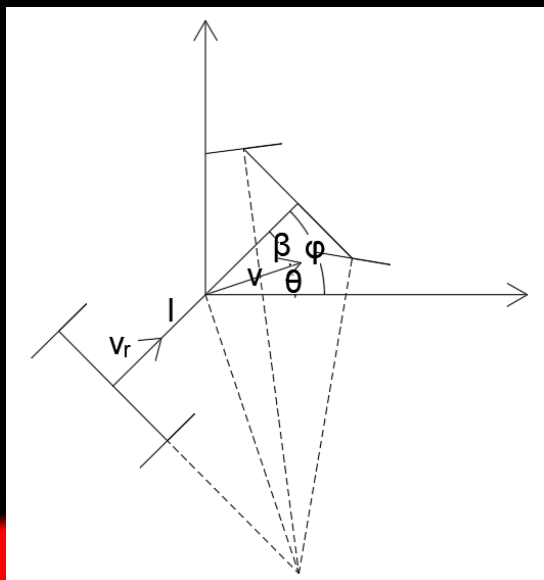
模型有如下假设：

- 1) 不考虑车辆在平坦路面上行驶，忽略垂直方向(Z 轴方向)的运动；
- 2) 假设车辆左右侧轮胎在任意时刻都拥有相同的转向角度和转速，即忽略阿克曼转向性质，这样车辆的左右两个轮胎的运动可以合并为一个轮胎来描述；
- 3) 假设车辆行驶速度变化缓慢，忽略前后轴载荷的转移；
- 4) 假设车身和悬架系统都是刚性系统；
- 5) 假设轮胎为刚性，忽略轮胎侧偏特性；
- 6) 不考虑载荷的左右转移；



# 轨迹跟踪2——基于前视距离的位姿跟踪算法

由于车辆不能平移，对轨迹的追踪除了位置、速度外，还应该对车辆姿态（横摆角）进行跟踪，而车辆横摆角仅为车辆速度的函数，故在确定速度的情况下无需对车辆姿态进行跟踪，只需计算得到横摆角，可由如下方程迭代得到

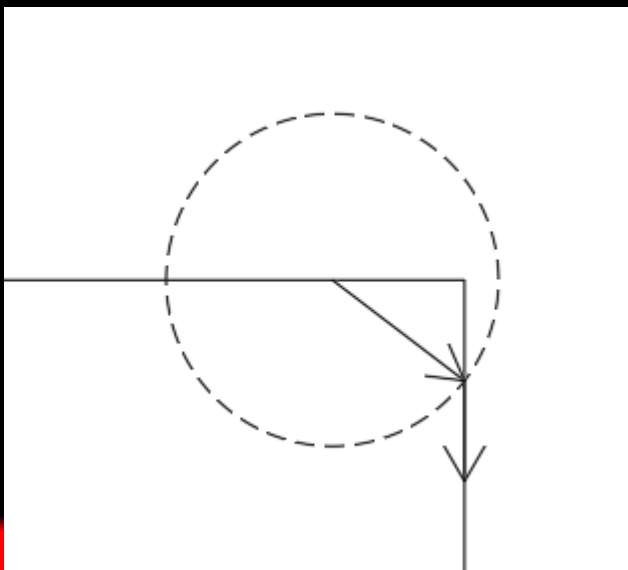


$v$ : 车辆质心速度  
 $v_r$ : 车辆后轮速度  
 $l$ : 轴距  
 $\beta$ : 质心侧偏角  
 $\theta$ : 航向角  
 $\varphi$ : 横摆角

$$\begin{aligned} v \cos \beta &= v_r \\ v \sin \beta &= \frac{\omega l}{2} \\ \omega &= \frac{2v \sin \beta}{l} \\ \theta &= \text{atan} \left( \frac{v_y}{v_x} \right) \\ \beta &= \theta - \varphi \\ \varphi &= \int_0^t \omega dt \end{aligned}$$

# 轨迹跟踪2——基于前视距离的位姿跟踪算法

对轨迹进行追踪时，我们选取前视距离内距路径终点最近的点作为参考点，视距应当随车速线性变化，以此计算位置误差。而对路径的追踪可以通过速度变化完成，故只需对速度进行追踪，包括速度的大小和速度的方向两部分。



设车辆当前坐标为  $(x \ y \ v_x \ v_y)^T$ ，参考点为  $(x_t \ y_t \ v_{tx} \ v_{ty})^T$ ，即可知当前位置与待跟踪位置之误差：

$$er = (er_x \ er_y)^T = (x_t - x \ y_t - y)^T$$

$$dv_{des} = \frac{1}{|er|} er$$

$$dv = dv_{des} * |v_{tx} \ v_{ty}| = \frac{|v_{tx} \ v_{ty}|}{|er|} er$$

$$er_v = \frac{|v_{tx} \ v_{ty}|}{|er|} er - (v_x \ v_y)^T$$

从而通过PID修正误差

$$\delta v = k_p er_v(k) + k_i \sum_{i=0}^k er_v(i) + k_d(er_v(k) - er_v(k-1))$$

# 轨迹跟踪2——基于前视距离的位姿跟踪算法

考虑到对车辆的控制一般是通过控制转向盘与加速踏板完成，下面推导由转向盘与加速踏板和加速度（误差）之间的关系，从而控制时可以通过控制上述量达到跟踪的效果。

设前轮转角为 $\delta$ ，前轮转动角速度为 $\omega_f$ ，后轮加速度为 $a$ ，从而上述量都可以由转向盘与加速踏板控制，由刚体运动学约束有方程组

$$v_f \sin \delta = 2v \sin \theta$$

$$v_f \cos \delta = v \cos \theta$$

$$\tan \delta = 2 \tan \theta$$

$$d\varphi = \omega_f dt$$

$$er_v = \frac{dv}{dt} = \frac{d\left(v \begin{bmatrix} \cos \theta \\ \sin \theta \end{bmatrix}\right)}{dt} = a \begin{bmatrix} \cos \theta \\ \sin \theta \end{bmatrix} + v \frac{d\theta}{dt} \begin{bmatrix} -\sin \theta \\ \cos \theta \end{bmatrix}$$

$$\sec \delta^2 \frac{d\delta}{dt} = 2 \sec \theta^2 \frac{d\theta}{dt}$$

故可以通过 $er_v$ 推得 $\delta$ 、 $\theta$

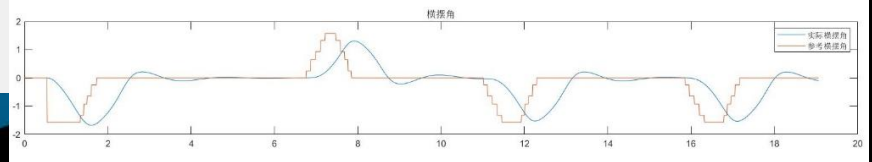
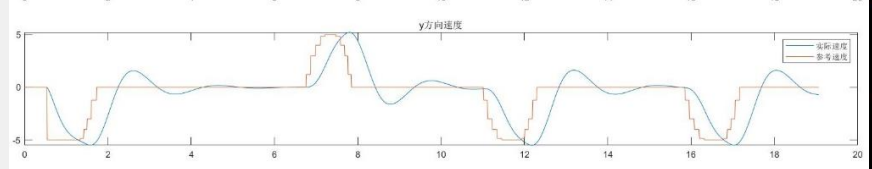
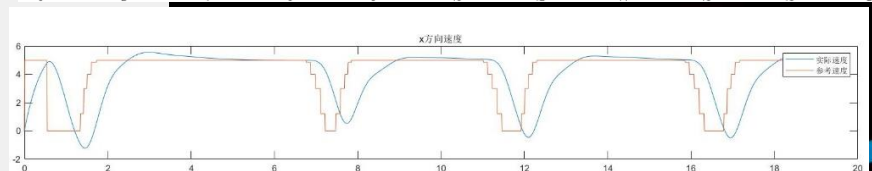
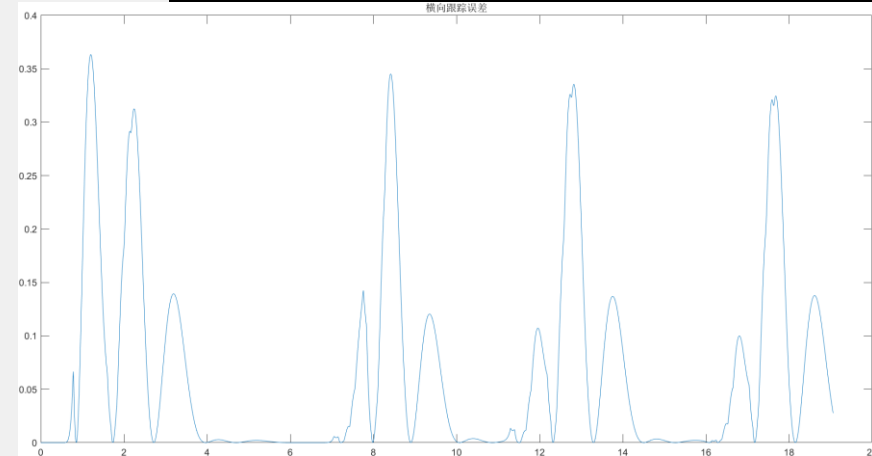
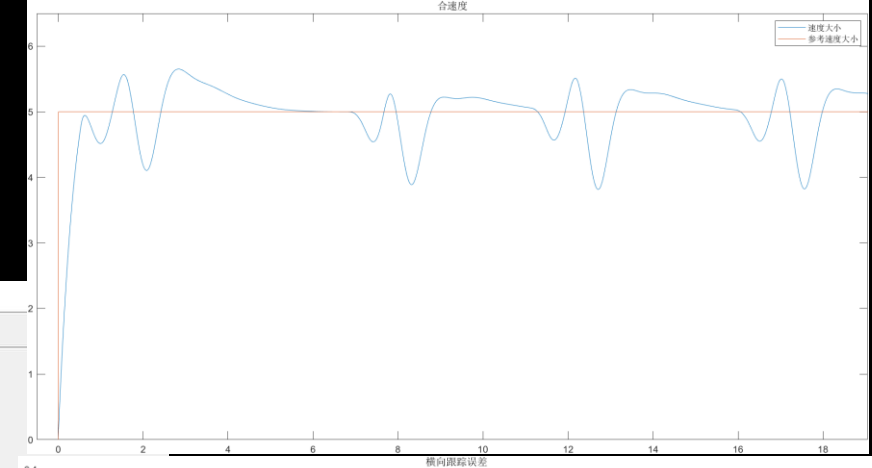
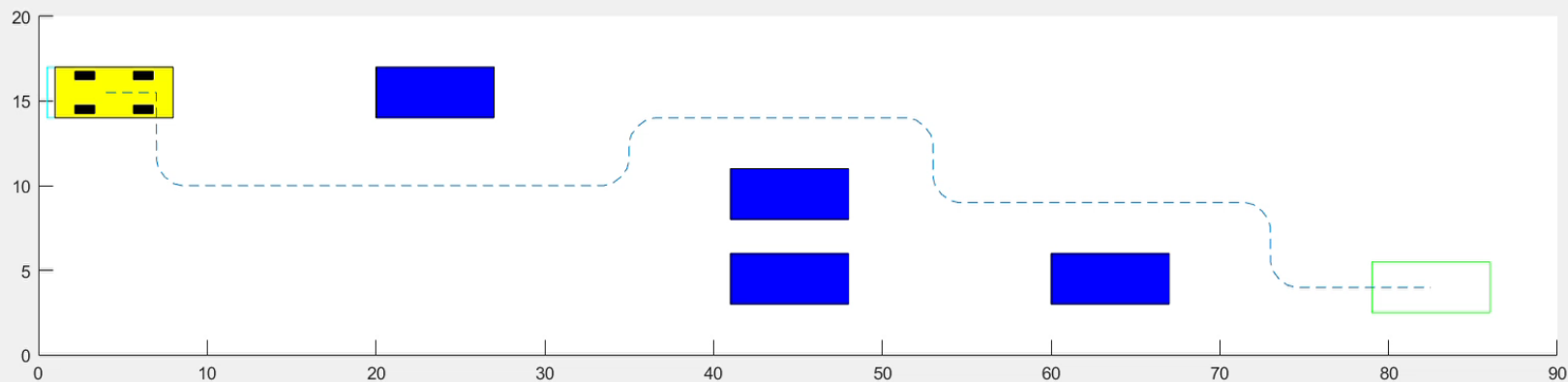
$$a = \frac{er_x \cos \theta + er_y \sin \theta}{\sin 2\theta}$$

$$\delta = \text{atan} \frac{2(er_x \cos \theta - er_y \sin \theta)}{v \cos \theta^2}$$



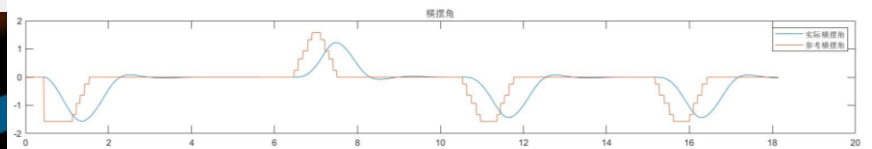
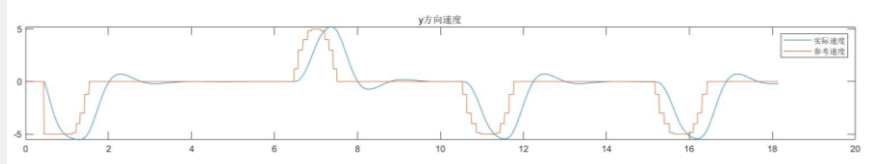
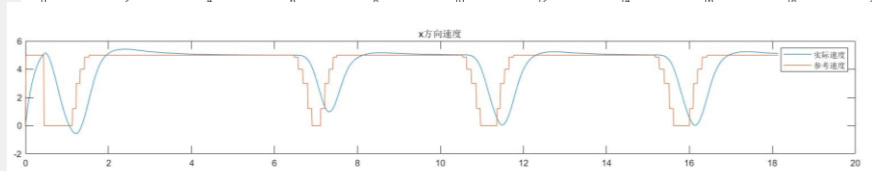
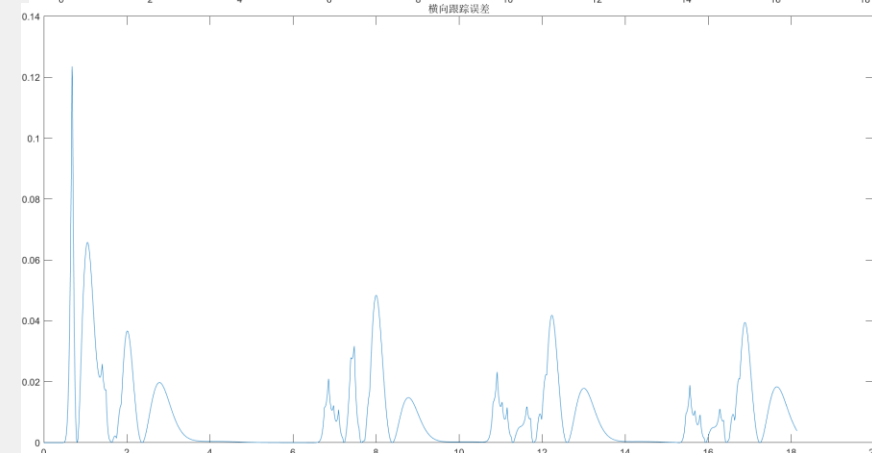
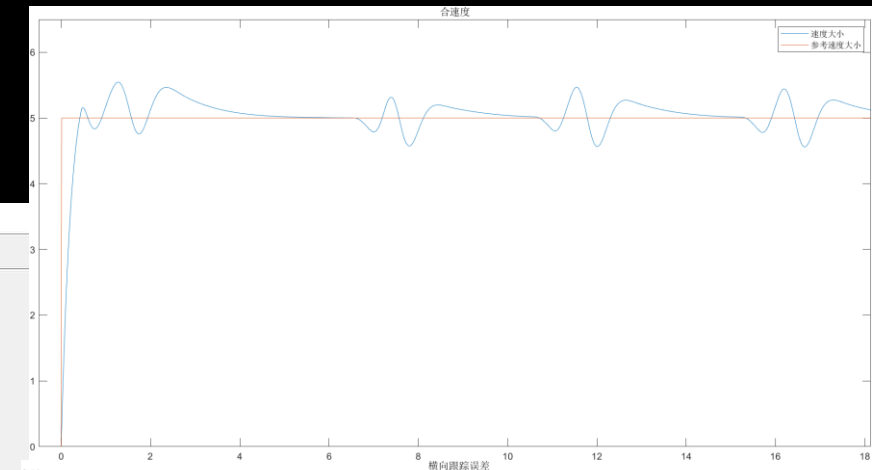
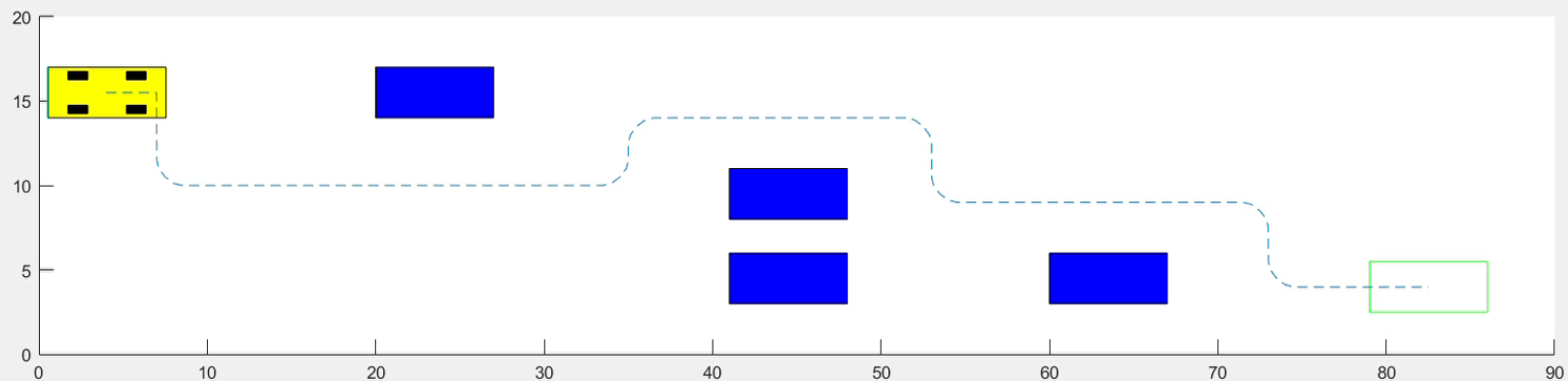
# 仿真结果——P控制

窗(V) 插入(I) 工具(T) 桌面(D) 窗口(W) 帮助(H)

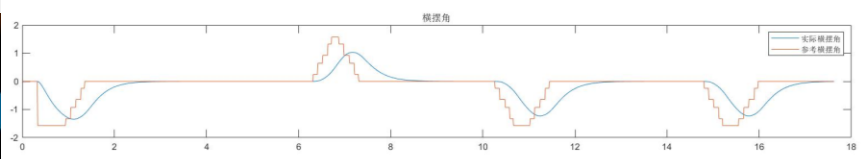
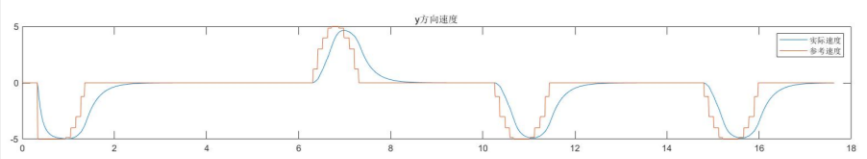
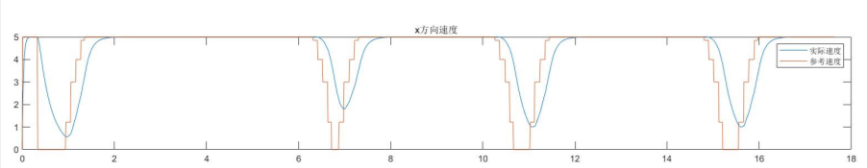
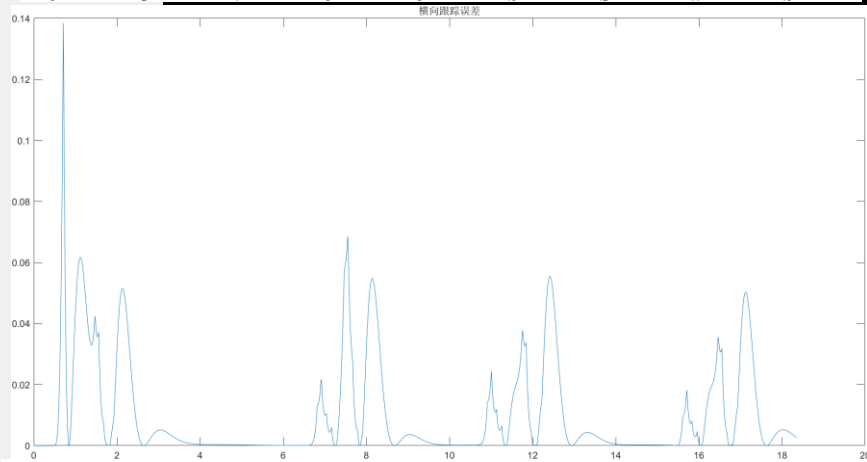
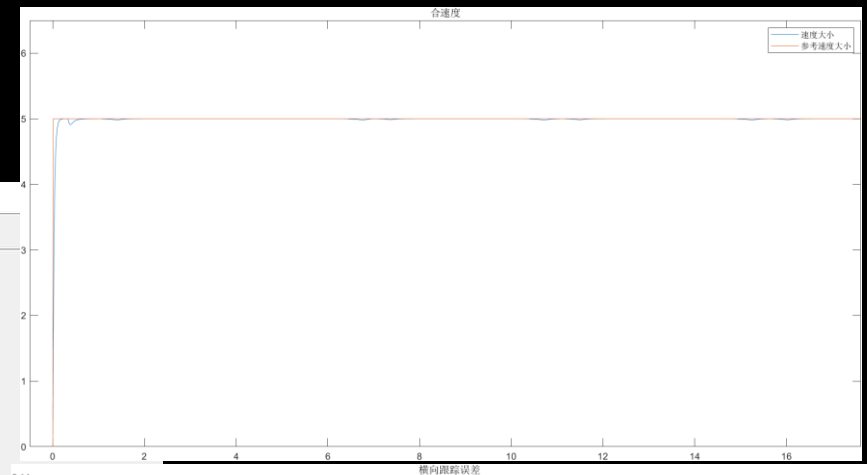
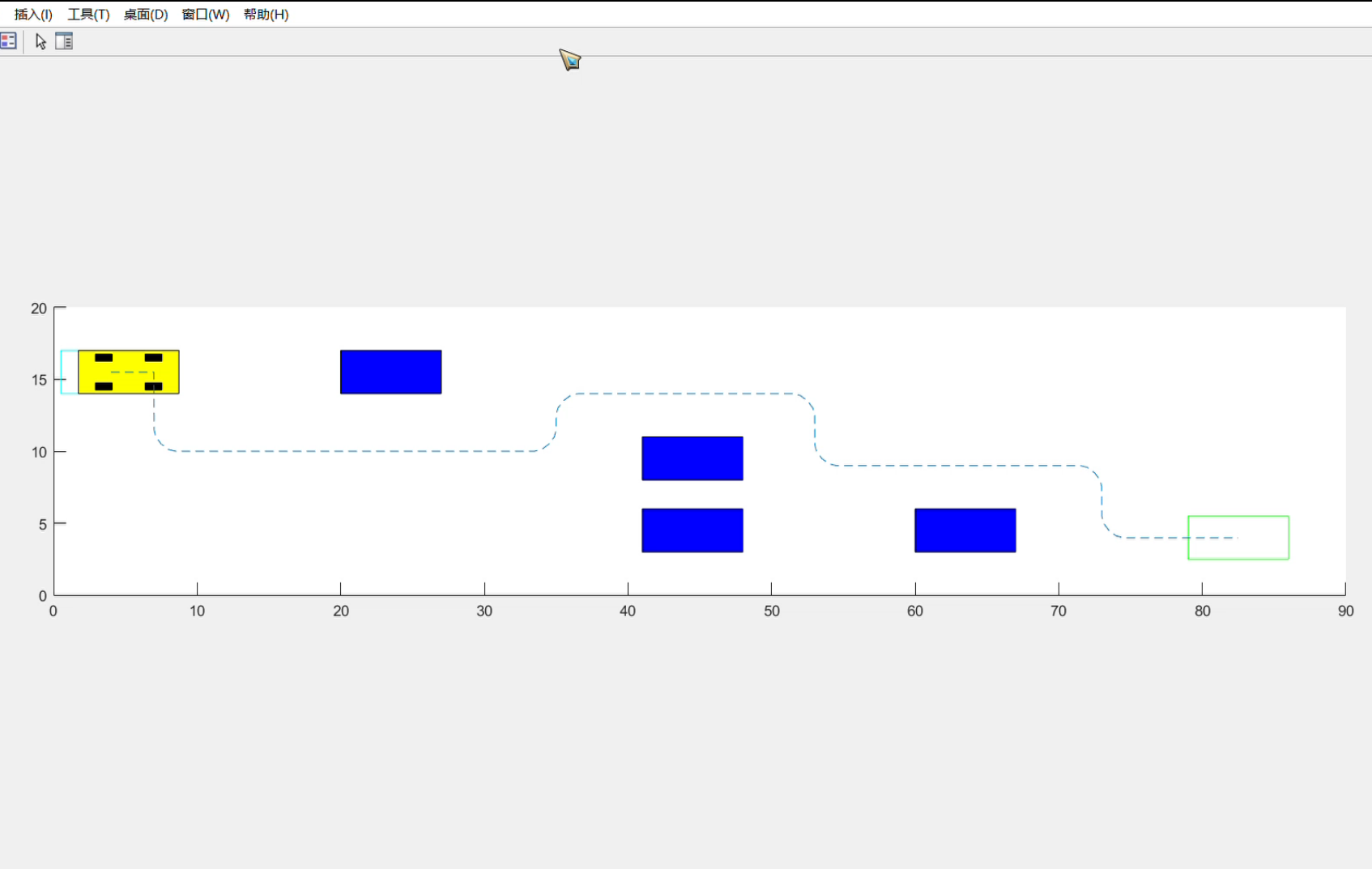


# 仿真结果——PI控制

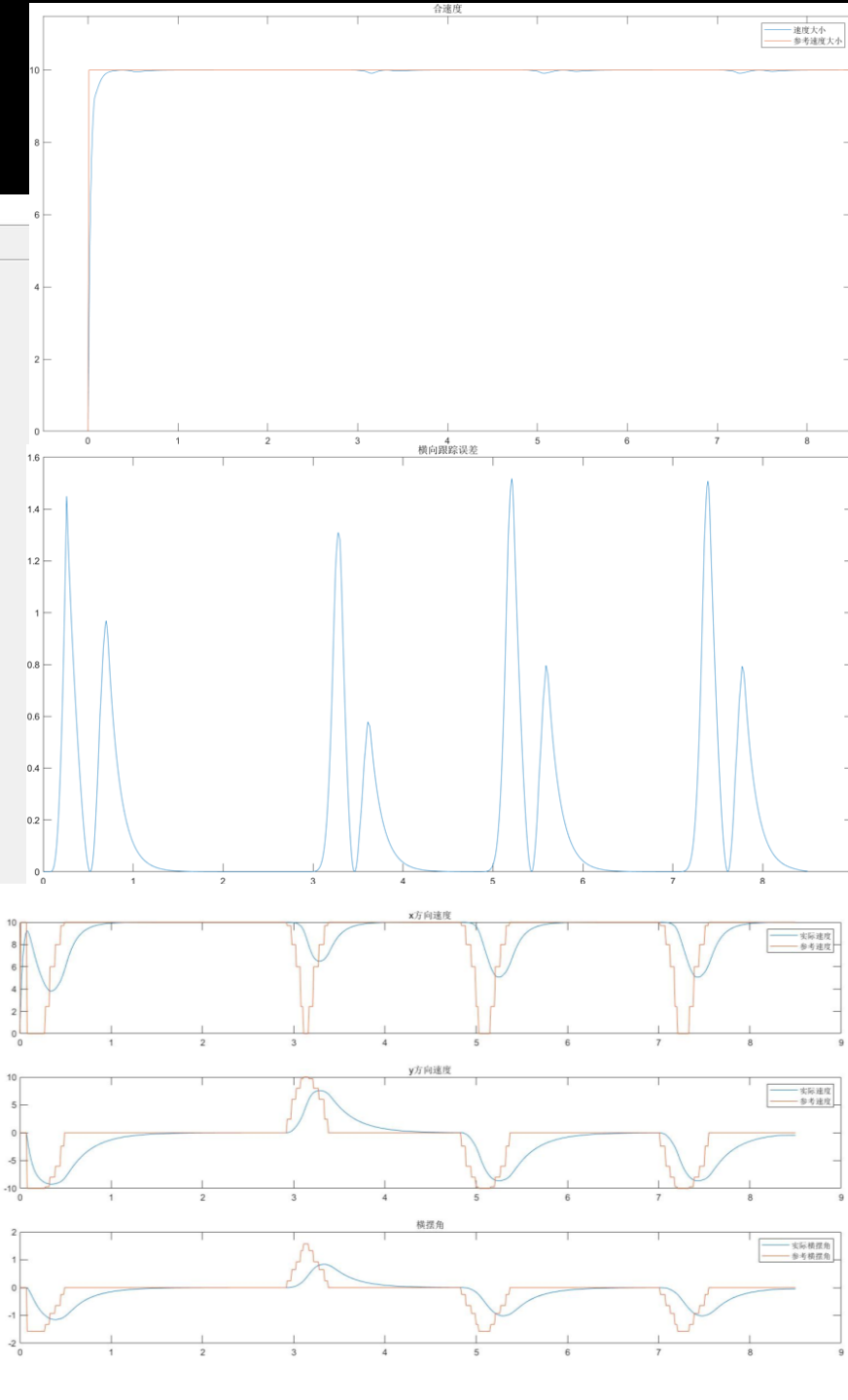
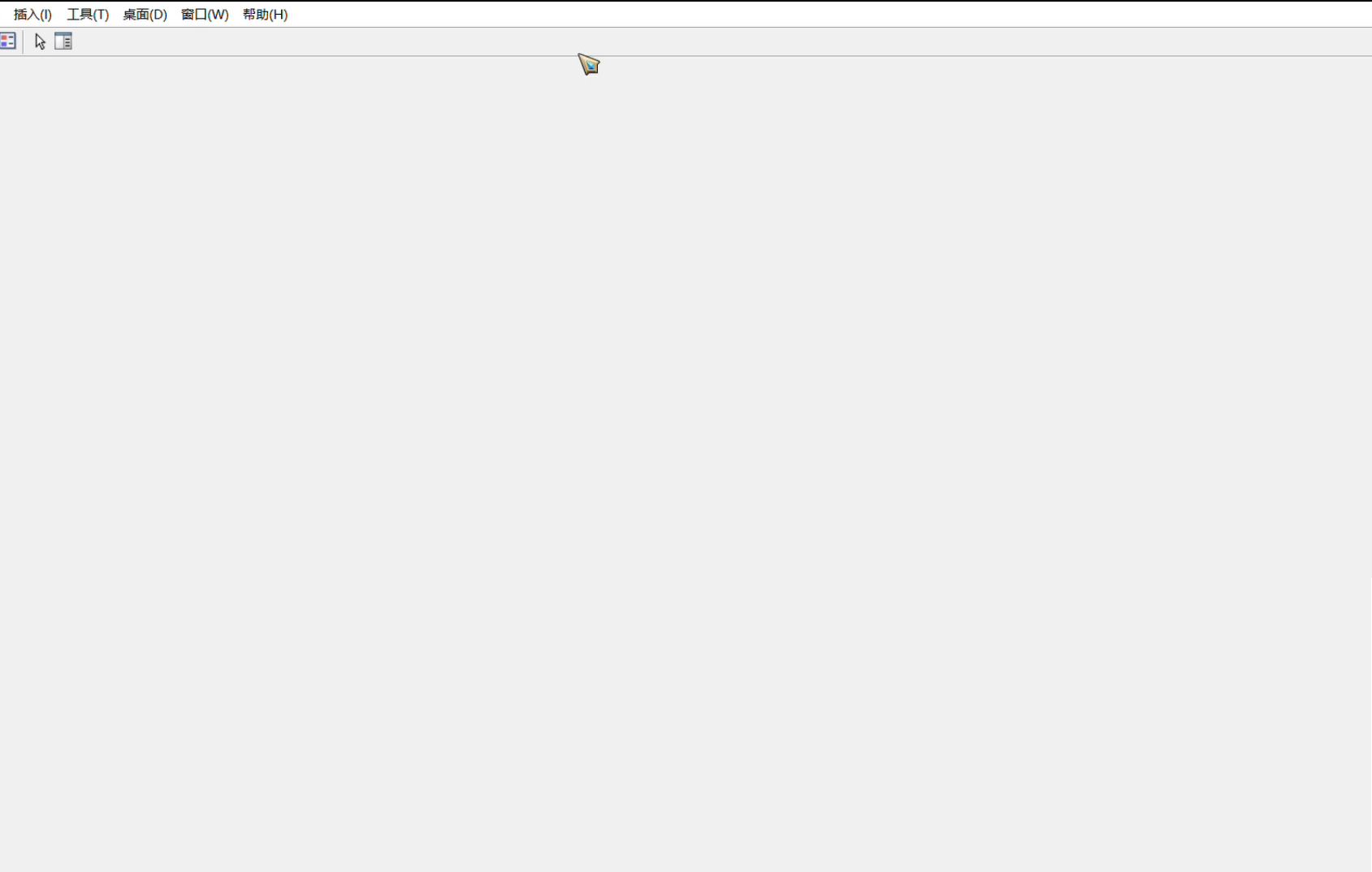
插入(I) 工具(T) 桌面(D) 窗口(W) 帮助(H)



# 仿真结果——PID控制(5m/s)

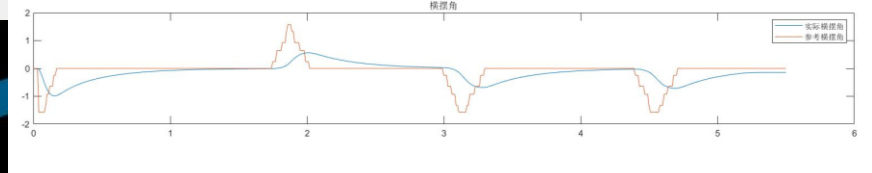
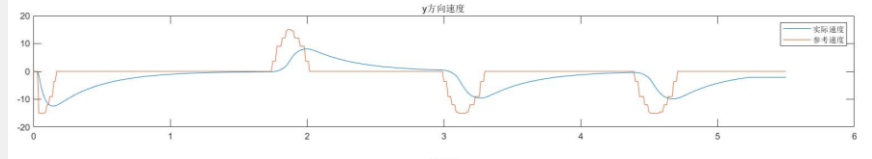
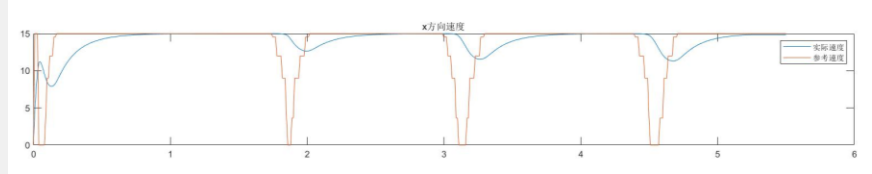
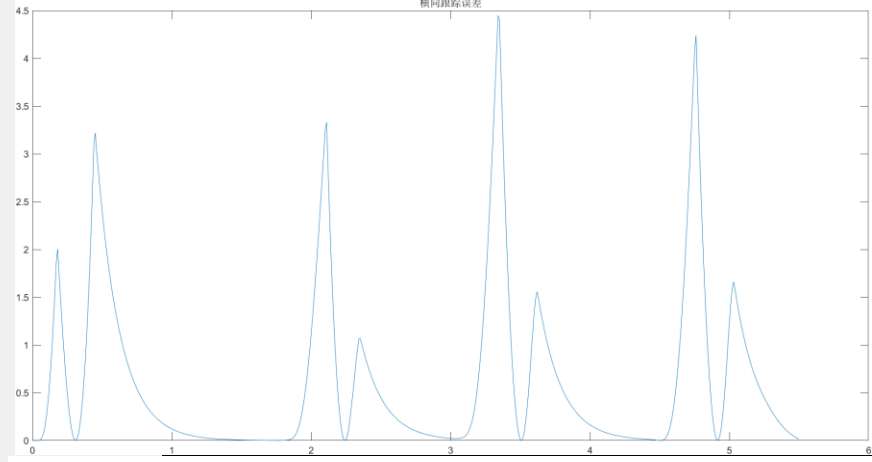
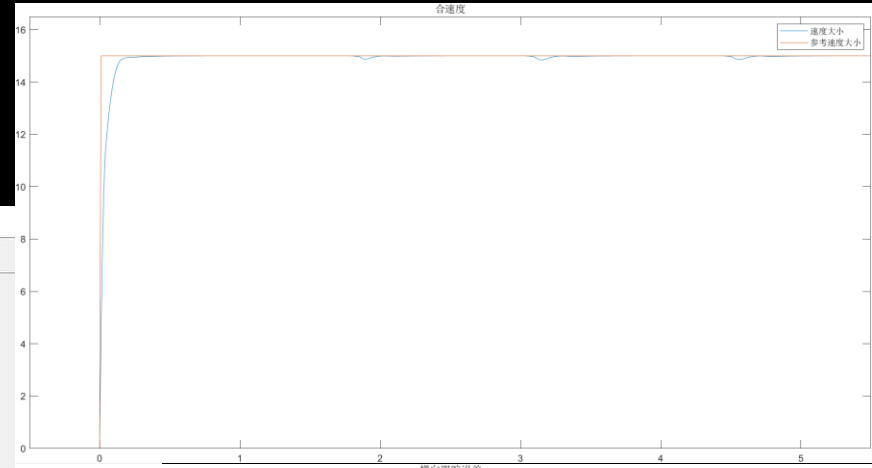
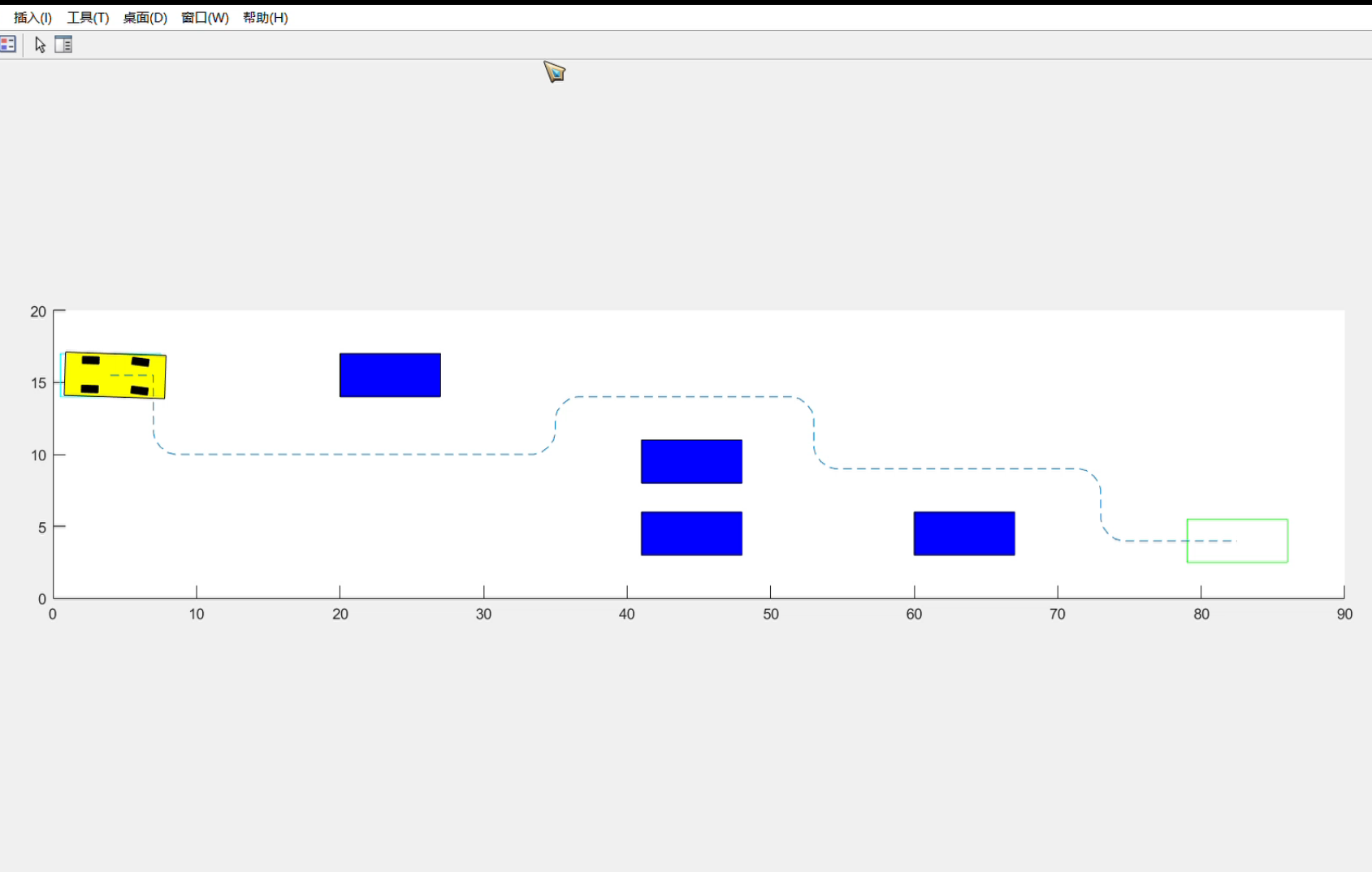


# 仿真结果——速度跟踪(10m/s)





# 仿真结果——速度跟踪(15m/s)





**Thanks for listening!**