

# 小车协调编队系统设备文档

## 一、小车协调编队系统的结构和工作原理

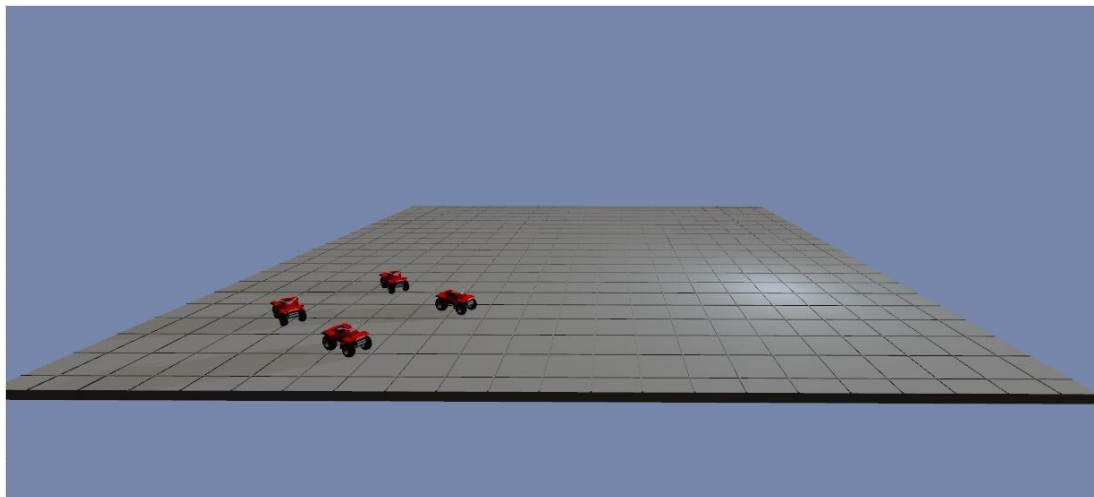


图 1 小车协调编队示意图

小车协调编队系统主要由以下几部分组成，如图 1 所示，该系统主要由 4 辆小车及地面参照系组成。小车的轮的模型参照电机来建立，可简化为一阶系统。通过 Simulink 中建立三种编队效果（距形编队、三角形编队、直线编队）的模型，实现小车系统编队运行及切换的仿真。

## 二、单个小车的数学模型

若忽略各种摩擦力之后，可将小车模型简化成如下系统，如图 2 所示。

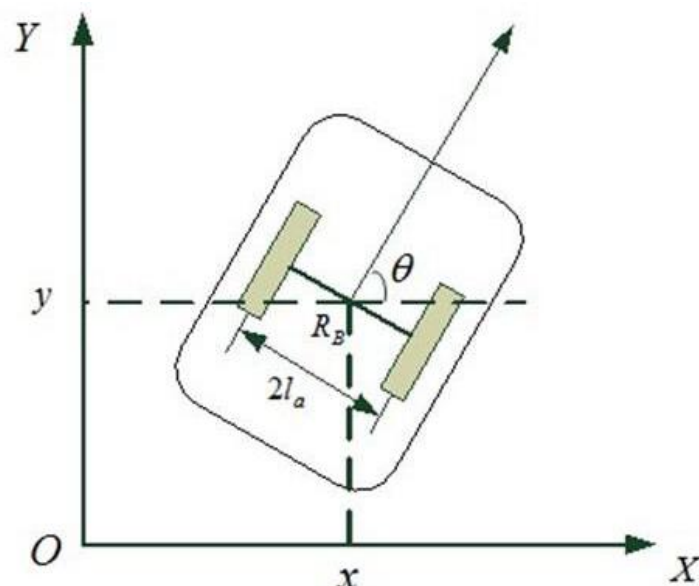


图 2 小车模型简化示意图

其中符号意为：

$R_B$  —— 小车后轮的中心

$\theta$  —— 小车与水平方向的夹角

$2l_a$  —— 小车轮距

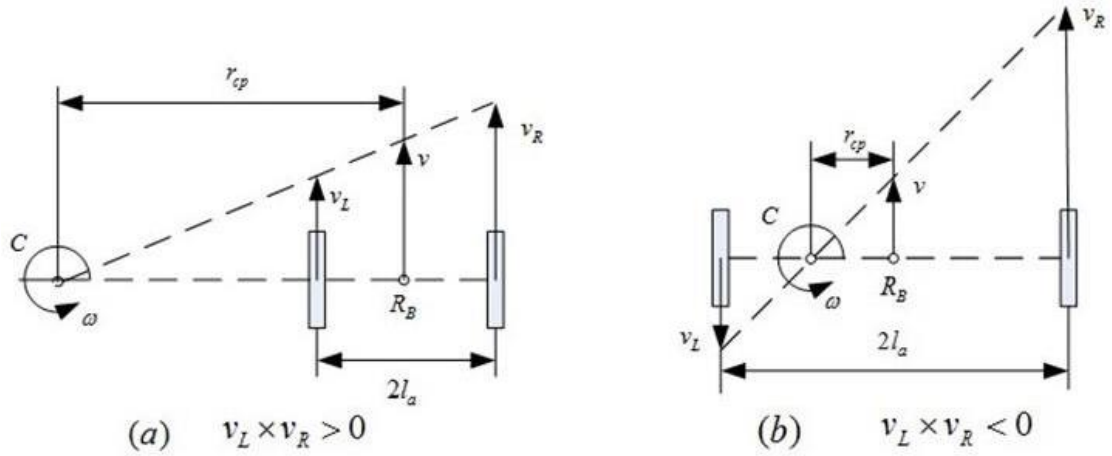


图 3 两轮智能小车运动学模型图

建立如图 3 所示两轮智能小车运动学模型。 $R_B$  为智能小车中心坐标； $C$  是智能小车的转动中心； $\omega$  为智能小车转动角速度； $V_L$  和  $V_R$  为两轮的平速度； $V$  为智能小车的平速度； $2l_a$  为智能小车两轮中心距； $r_{cp}$  为  $R_B$  和  $C$  之间的距离，由运动规律可得：

$$v_R = (l_a + r_{cp}) * \omega$$

$$v_L = -(l_a - r_{cp}) * \omega$$

即

$$\omega = \frac{v_R - v_L}{2l_a} = \frac{v_R + v_L}{2r_{cp}}$$

且

$$v = \frac{v_R + v_L}{2}$$

沿 x、y 轴分解为两个分量：

$$\frac{dx}{dt} = v * \cos\theta$$

$$\frac{dy}{dt} = v * \sin\theta$$

$$\frac{d\theta}{dt} = \omega$$

其中：x、y 表示智能小车的位置； $\theta$  为智能小车所指方向，即为速度向量  $V$  和 x 正方向的夹角。

$$\frac{dx}{dt} = \frac{v_R + v_L}{2} * \cos\theta$$

$$\frac{dy}{dt} = \frac{v_R + v_L}{2} * \sin\theta$$

$$\frac{d\theta}{dt} = \frac{v_R - v_L}{2l_a}$$

整理得：

$$\begin{bmatrix} \dot{x} \\ \dot{y} \\ \dot{\theta} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos\theta/2 & \cos\theta/2 \\ \sin\theta/2 & \sin\theta/2 \\ (2r_{cp})^{-1} & -(2r_{cp})^{-1} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_R \\ v_L \end{bmatrix}$$

### 三、仿真模型

仿真的期望效果是让小车的做圆周运动的过程中形成 3 种队形（三角形、矩形、直线），并能通过开关来切换队形。

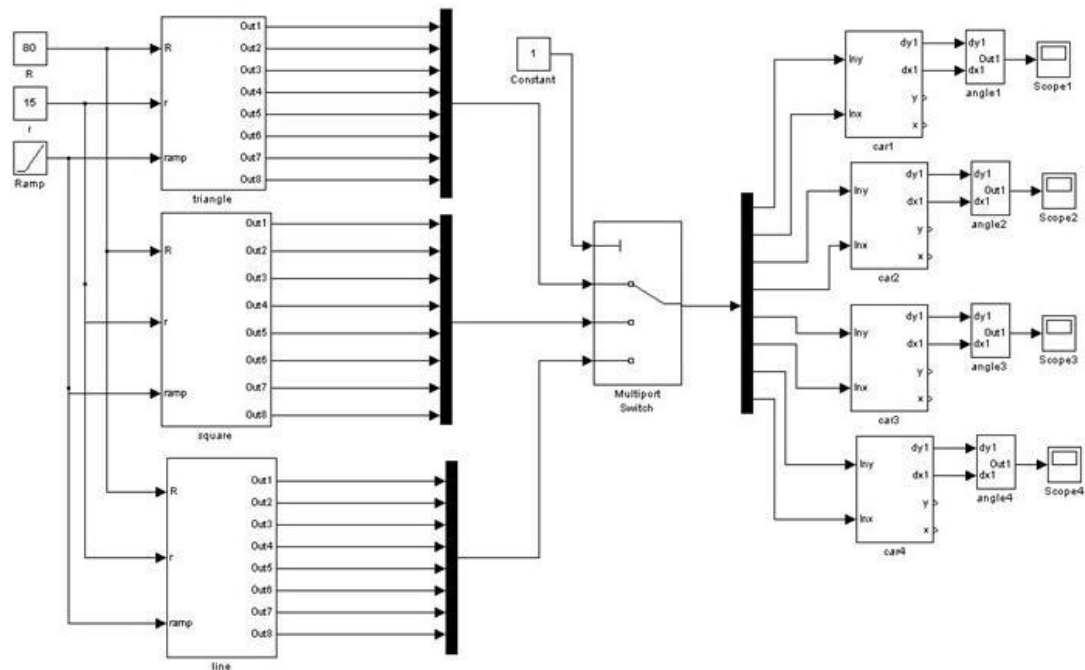


图 4 小车编队系统 Simulink 框图

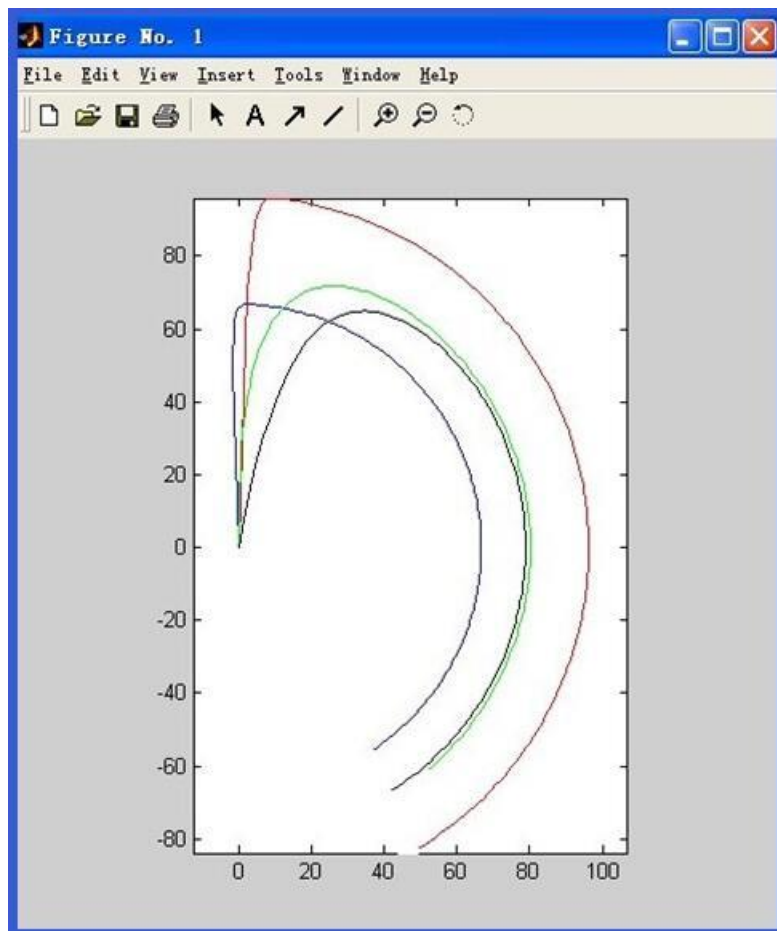


图 5 小车三角形编队图

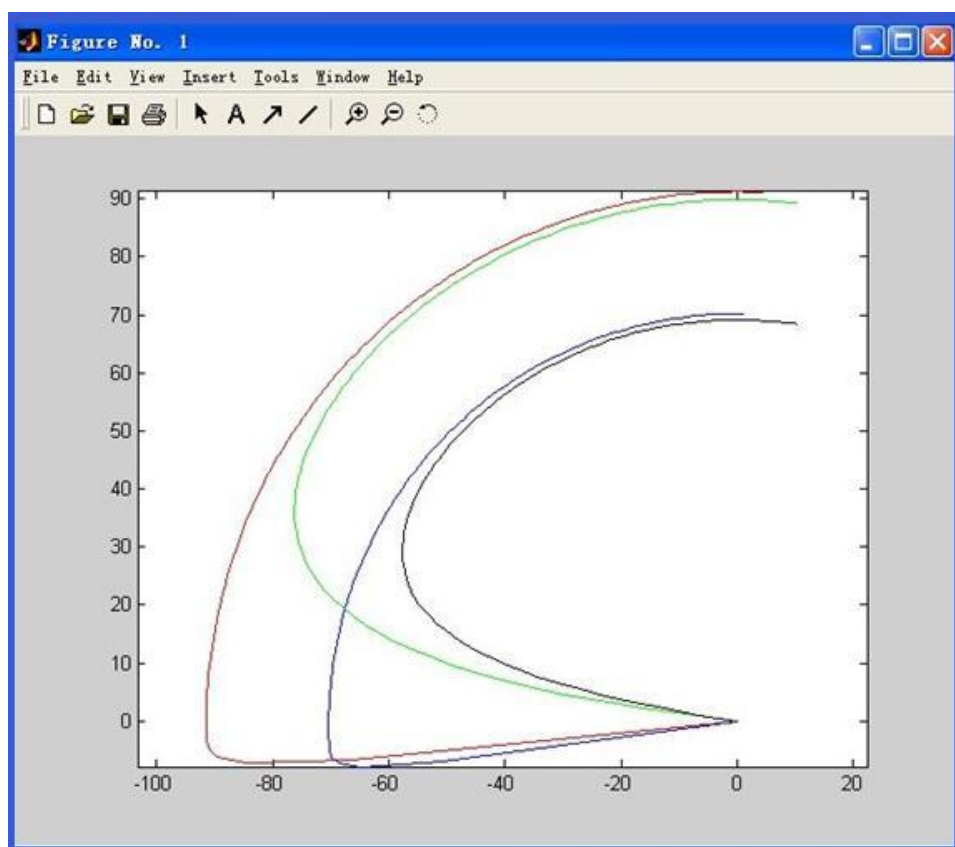


图 6 小车矩形编队图

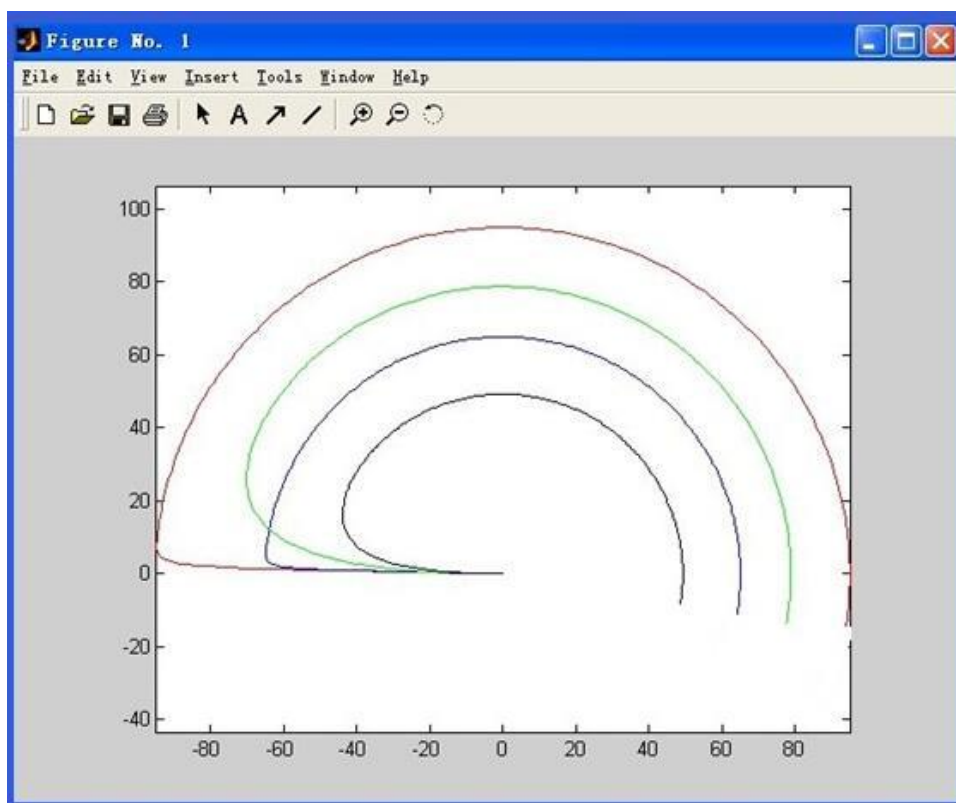


图 7 小车直线编队图