

# 智能汽车路径规划与轨迹跟踪 系列算法精讲及Matlab程序实现

## 第14讲 轨迹跟踪算法勘误、改进及比较

创作者：Ally

时间：2021/4/29

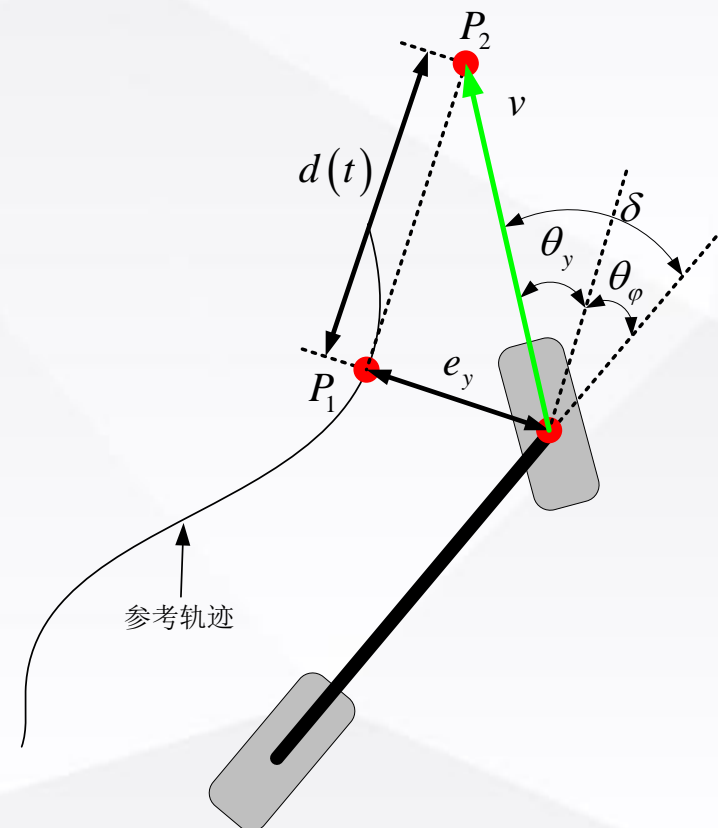
### Stanley算法勘误及改进

- Stanley算法的代码中，在计算前轮转角时有误，如下图。

```
theta_fai = pipi (atan((Point(2)-state(2))/(Point(1)-state(1))) -state(3));
theta_y = atan(k*latError / state(4));
% 前轮转角
delta = theta_fai + theta_y;
```

- 按照上图计算，theta\_fai计算结果已经是前轮需要转的角度delta，但如果只保留theta\_fai，会发现跟踪效果也不理想，故做修正。
- 参考百度Apollo的横向误差计算方式，然后将两种theta角分别相加即可。

```
% 根据百度Apollo，计算横向误差
dx = state(1) - RefPos(idy,1);
dy = state(2) - RefPos(idy,2);
phi_r = RefHeading(idy);
latError = dy*cos(phi_r) - dx*sin(phi_r);
% 分别计算只考虑航向误差的theta和只考虑横向误差的theta
theta_fai = RefHeading(idy)- state(3);
theta_y = atan2(-k*latError, state(4));
% 将两个角度合并即为前轮转角
delta = theta_fai + theta_y;
```



$$\delta_y = \theta_y = \arctan \frac{e_y(t)}{d(t)} = \arctan \frac{ke_y(t)}{v(t)}$$

### LQR算法勘误及改进

- LQR算法的代码中，在编写状态空间方程的A/B矩阵时有误，如下图。

$$\mathbf{X}(k+1) = \begin{bmatrix} 1 & 0 & -Tv_r \sin \varphi_r \\ 0 & 1 & Tv_r \cos \varphi_r \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \mathbf{X}(k) + \begin{bmatrix} T \cos \varphi_r & 0 \\ T \sin \varphi_r & 0 \\ T \frac{\tan \varphi_r}{l} & T \frac{v_r}{l \cos^2 \delta_r} \end{bmatrix} \mathbf{u}(k)$$

$$= A\mathbf{X}(k) + B\mathbf{u}(k)$$

% 由状态方程矩阵系数，计算K

```
A = [1, 0, -v*dt*sin(pos_yaw);
      0, 1, v * dt * cos(pos_yaw);
      0, 0, 1];
B = [dt * cos(pos_yaw), 0;
      dt * sin(pos_yaw), 0;
      dt * tan(pos_yaw)/L, v*dt/(L * cos(pos_yaw)^2)];
```

- 上图中，A/B矩阵的pos\_yaw是车辆当前航向角，显然与推到得到的状态空间方程不符，须做更改，如下图。

% 由状态方程矩阵系数，计算K

```
A = [1, 0, -v*dt*sin(heading_r);
      0, 1, v * dt * cos(heading_r);
      0, 0, 1];
B = [dt * cos(heading_r), 0;
      dt * sin(heading_r), 0;
      dt * tan(heading_r)/L, v*dt/(L * cos(delta_r)^2)];
```

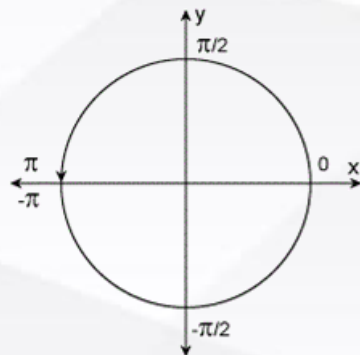
### MPC算法勘误及改进

- MPC算法的代码中，在编写状态空间方程的A/B矩阵时与LQR类似，也有误。除此之外，由于MPC控制器可以直接求得速度量，不需要另加速度P控制器，如下图，需更改。

```
% 速度P控制器
```

```
a = Kp * (target_v - v);
```

- 只需将MPC控制器中的速度 $v$ 进行利用即可。
- 另外，针对Stanley、LQR及MPC轨迹跟踪算法无法实现对圆形轨迹跟踪的问题，将这三类算法的航向角、前轮转角计算方式进行改进。这里用到了Matlab的atan2函数，该函数将计算一个数的反正切值，并将其转化到 $-\pi$ 到 $\pi$ 的范围内。



### 四种轨迹跟踪算法的横向误差比较

- 横向误差比较结果如下图所示。
- 可以看出，LQR和MPC的误差较小，PP和stanley的误差较大。

