



# 自动驾驶汽车 预测-决策-规划-控制实战入门

## 6.1 四类轨迹跟踪算法对比及筛选

创作者: Ally

时间: 2021/12/12



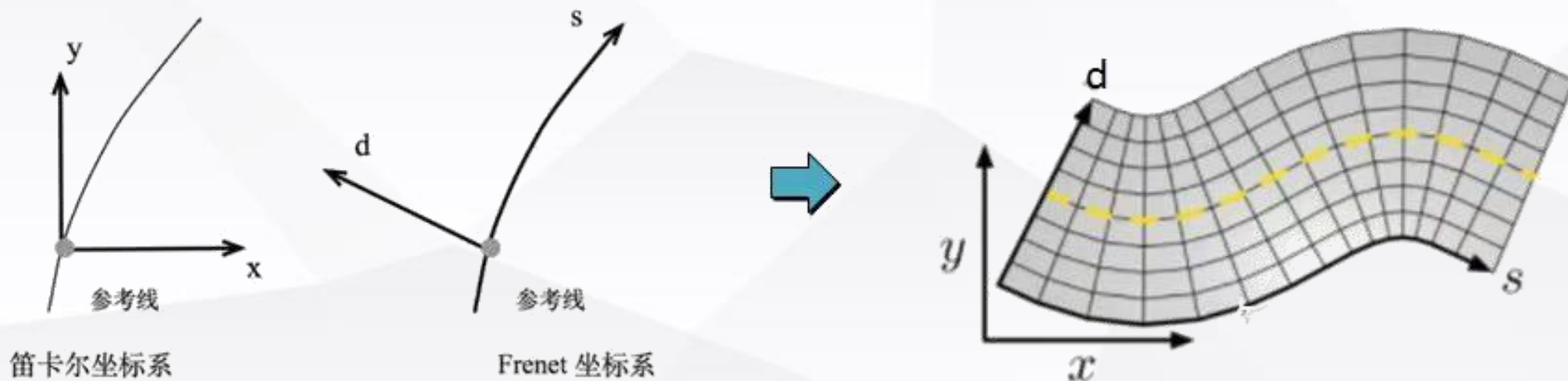


◆ 笛卡尔坐标系的缺陷

- 道路条件：大部分的道路并不是笔直的，而是具有一定曲率的弧线；
- 控制需求：车辆只需知道所在车道位置以及与周边障碍物的横纵向距离进行控制。

◆ Frenet 坐标系描述了汽车相对于道路的位置，在 Frenet 坐标系中， $s$  代表沿道路的距离称为纵坐标， $d$  表示与纵向线的横向垂直位移为横坐标。

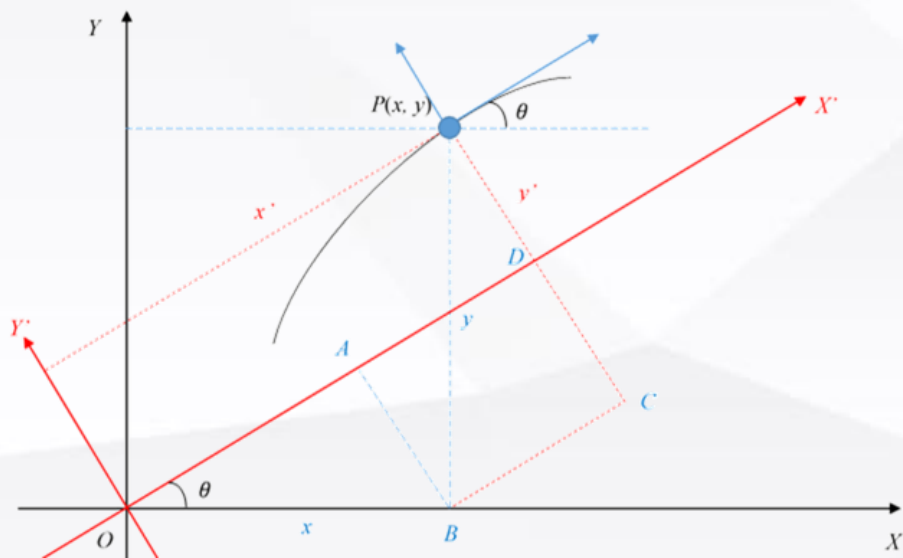
◆ Frenet 坐标系的本质：就是在参考路径的每一个参考点都建立一个独立的笛卡尔坐标系， $x$  指向参考点切线的前方， $y$  顺时针垂直于  $x$  方向。



### ◆ 坐标系旋转

- 参考点 $P(x,y)$ , 航向角 $\theta$
- 将坐标系旋转 $-\theta$ , 使 $X'$ 方向平行于参考点航向角方向
- 坐标系旋转变换矩阵表达式为:

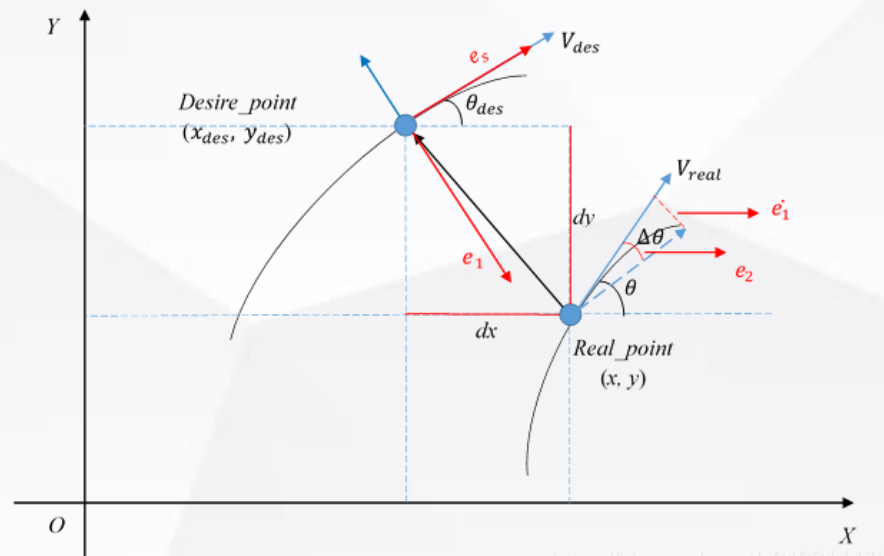
$$\begin{bmatrix} X' \\ Y' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \theta & \sin \theta \\ -\sin \theta & \cos \theta \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X \\ Y \end{bmatrix}$$



坐标系旋转示意图

- ◆ 一方面, 若将笛卡尔坐标系的原点设为路径参考点 $P$  ( $X$ 向右,  $Y$ 向上), 则此时的实际轨迹点相对于 $P$ 点的坐标为 $(\Delta x, \Delta y)$ 。
- ◆ 另一方面, 坐标旋转后就可以视为特殊的Frenet坐标系。
- ◆ 所以, 将 $\Delta x$  与  $\Delta y$ 按照坐标旋转公式变化, 就代表了Frenet坐标系下的横向误差 $\Delta y'$ , 即:

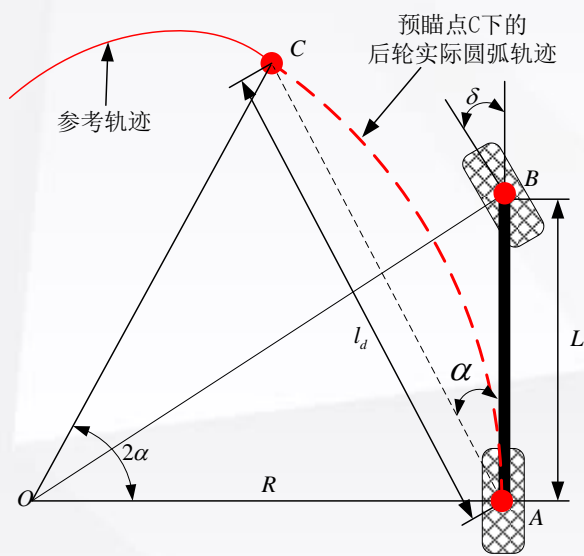
$$\Delta y' = \Delta y \cos \theta_{des} - \Delta x \sin \theta_{des}$$



横向误差定义示意图

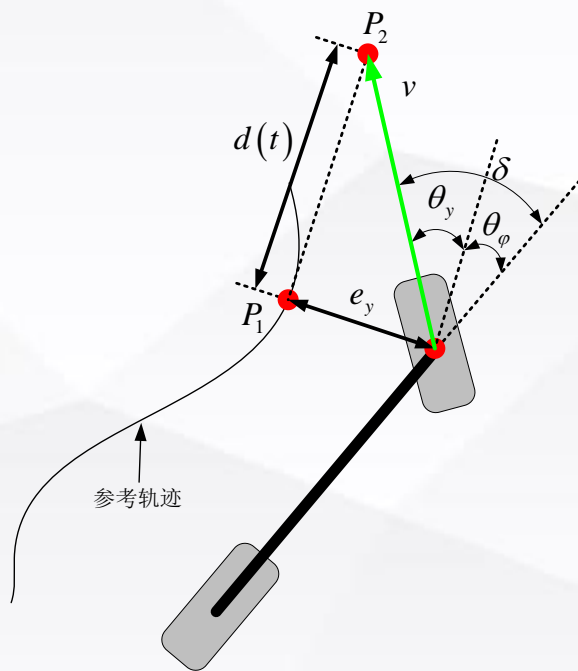
## ◆ 纯跟踪算法 (Pure Pursuit)

- 理解车辆运动学的阿克曼转向原理;
- 理解预瞄距离及预瞄点。



## ◆ Stanley算法

- 理解跟踪误差由航向误差和横向误差两方面构成



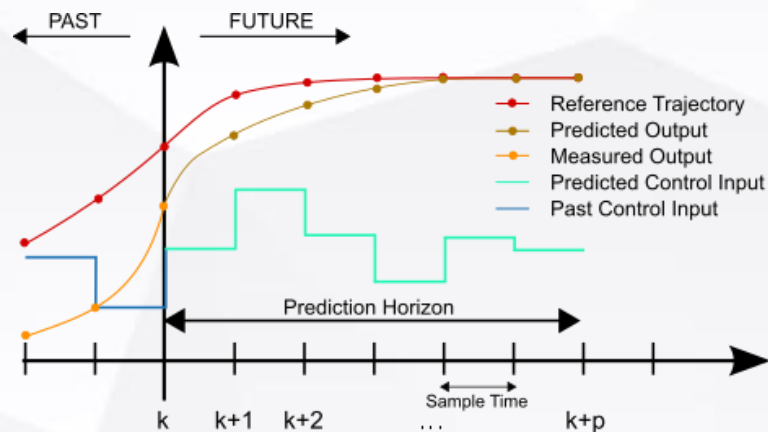
## ◆ LQR算法

- 目标1: 跟踪偏差能够快速、稳定地趋近于零, 并保持平衡;
- 目标2: 前轮转角控制输入尽可能小。

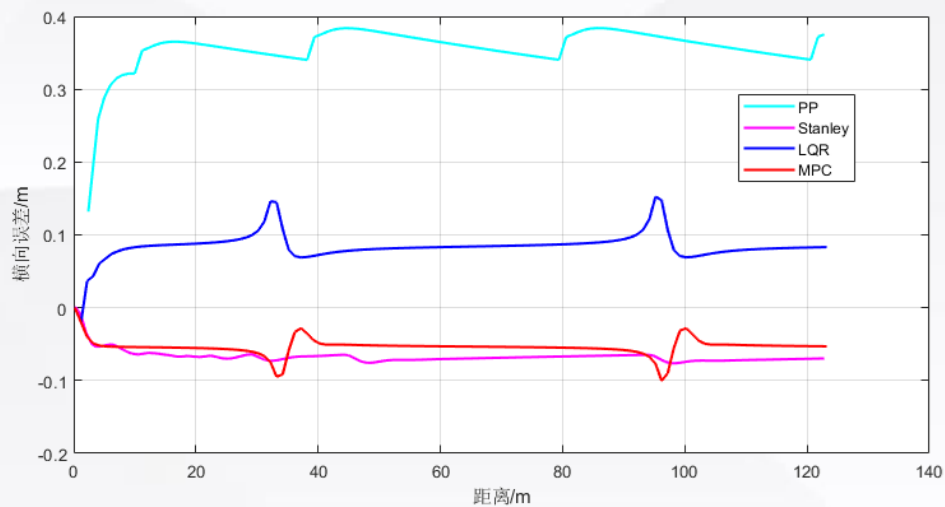
$$J = \sum_{k=1}^N (\mathbf{X}^T \mathbf{Q} \mathbf{X} + \mathbf{u}^T \mathbf{R} \mathbf{u})$$

## ◆ MPC算法

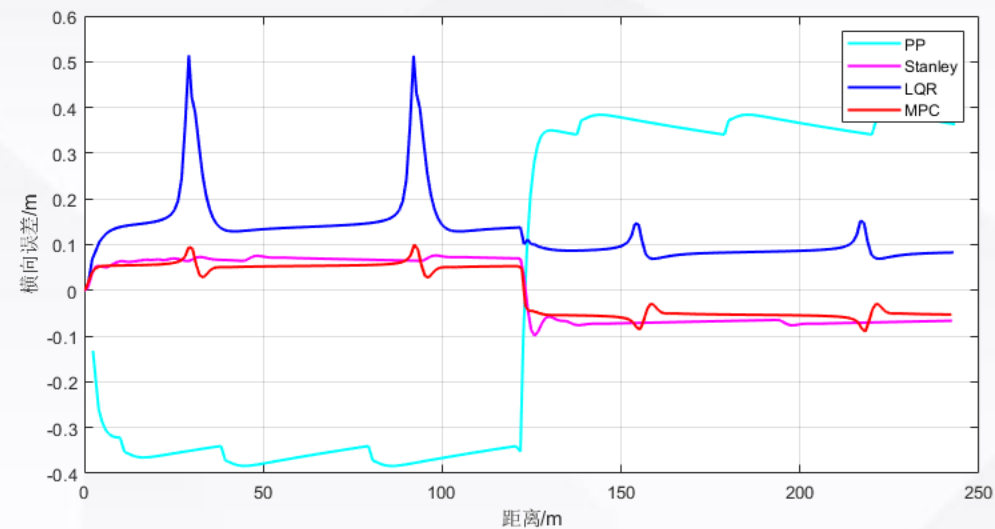
- 本质是基于车辆模型构造二次规划的二次项矩阵、一次项矩阵, 使其在满足约束矩阵的条件下, 使目标函数最优



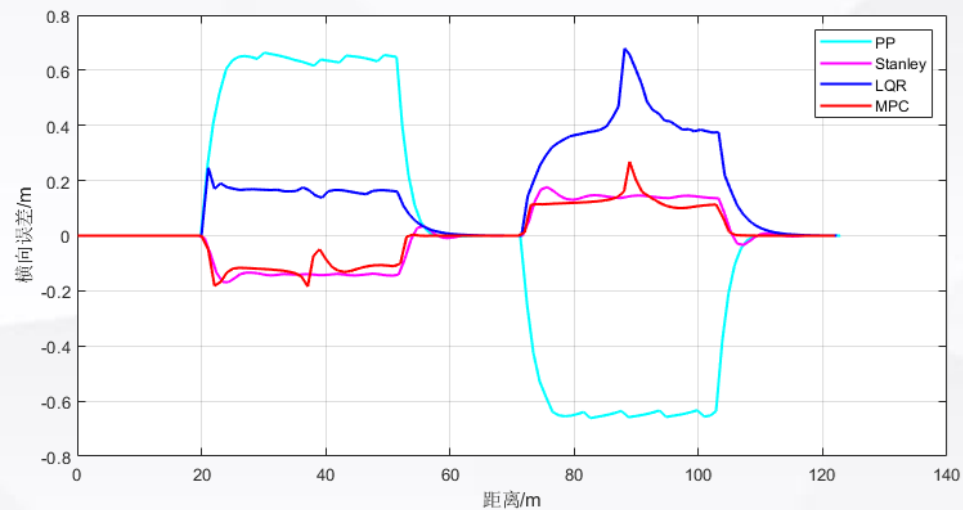
## ◆ 圆形轨迹



## ◆ 8字形轨迹



## ◆ S形轨迹



## ◆ 正弦曲线轨迹

