

一、问题重述与分析

1.1 问题的重述

在短小的停车位上侧位停车，一直是考验驾驶员技术与信心的问题。有调查报告称：57% 的驾驶员对自己的停车技术缺乏自信，这一方面影响人的驾驶体验，一方面也使停车空间不能得到充分利用。因此，我们需要建立合理的模型，来协助驾驶员解决停车的问题。

第二阶段问题：

- (1) 大型车辆有时也会面临在狭窄空间中停车的问题。例如铰接式的集装箱货车，车头和拖挂的集装箱拖车之间有可活动的连接部，所以整车在转弯时不是刚性的。对这样的车辆，请设计一个方法来判断本车是否能在保证安全的情况下停入侧向车位。
- (2) 通过第一阶段的工作，我们已经能够设计出较优的停车线路。但人工驾驶时操作可能不准确，由于客观条件³，也可能影响驾驶员的判断，使其不能按照设计的线路行进。假设我们可以实时测定本车的确切位置，请建立合理的模型，以根据本车的当前位置，随时提出建议的停车线路，并提出对驾驶员操作的建议。建议需要考虑实用性。为简化问题，在此问题中只需考虑小型车辆。

1.2 问题的分析

1.2.1 第二阶段问题(1)的分析

查阅知，铰接式的集装箱货车一般为半挂车，所以这里我们以半挂车为例进行研究。为了判断半挂车是否能在保证安全的情况下停入侧向车位，我们需要求出它所需的最小停车位长度。由于半挂车的牵引车和半挂车身之间有可活动的连接部，整车在转弯时不是刚性的，所以我们不能把它抽象成一个矩形，而可以把牵引车与半挂车身抽象成两个矩形，分别分析它们的运动轨迹。牵引车在转弯时的运动可看成是稳定的匀速圆周运动，其轨迹是圆周的一部分；如果半挂车有后轮转向装置，就可以使半挂车身的车桥中点沿着牵引车后桥或前桥中点轨迹行驶，这里我们只考虑半挂车身的车桥中点沿着牵引车后桥中点轨迹行驶的情况。由于半挂车在转弯过程中，半挂车身与牵引车夹角不太大，所以可以假设没有安装后轮转向装置的半挂车也可以这样讨论。对它们的运行轨迹进行分析，我们就可以建立出求半挂车侧位停车的最小车位长度的模型。

1.2.2 第二阶段问题(2)的分析

通过第一阶段的工作，我们已经能够找到一个位置和角度范围内汽车能够顺利停入停车位，通过该位置和范围，我们能够确定一个区域，在这个区域之内，只要通过一定的位置和角度的变动就能使汽车朝最佳的路线顺利的停入停车位，我们称该区域为可控停车域，在该区域内，能够为驾驶员提供最佳进入路线。如果初始时刻汽车不在该区域内，求出此时与车辆自身角度与最佳进入角度的偏差然后，通过转动方向盘使汽车进入可控停车位。对于不同的位置和角度，最佳停车路线一般是不会相同的，这里我们的最佳停车路线介于最大转弯轨迹和最小转弯轨迹之间，所以这是一个动态的变化过程。

二、基本假设与符号说明

2.1 基本假设

2.1.1 模型一的假设

1. 所研究的铰接式的集装箱货车为半挂车式车；
2. 半挂车式车分为两个部分：牵引车，半挂车身。且它们的车盘均为长方形，车宽相等，即同轴的两轮间距相等；
3. 半挂车进入停车位时，只能先进半挂车身的后轮，再进牵引车的后轮，最后根据牵引车前轮的转向能力把车摆正；
4. 引车在进入停车位的过程中，做圆周运动，且速度非常慢；
5. 挂车有后轮转向装置，且半挂车身的车桥中点沿着牵引车后桥中点轨迹行驶；
6. 牵引车在停车位上停下后仍处在之前所运动的圆周运动轨迹上，且半挂车与前后车处于同一直线上；
7. 停车位的宽度与半挂车宽度相同。

2.1.2 模型二的假设

- 1 假设的路面非常宽，足够模型中的汽车调整自身的位置和角度
- 2 问题中的障碍物只是在某一时刻出现，过完该时刻障碍消失（像路上的行人，只是在某一时间对驾驶路线造成影响，而总体上汽车还是能够进入停车位
其它假设均与第一阶段模型 2 中的假设相同。

2.2 符号说明

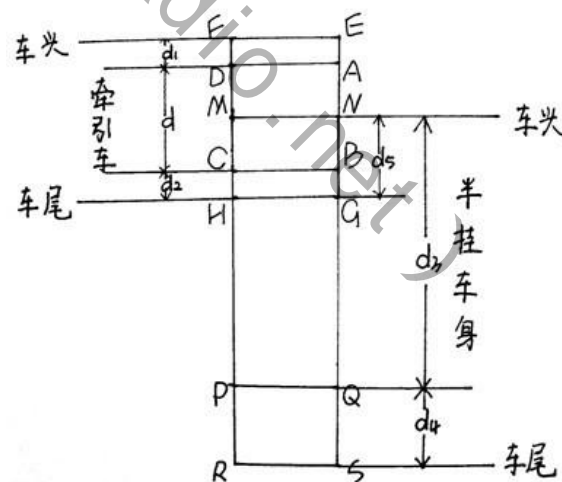
2.2.1 模型一的符号说明

见表 2.2.1

表 2.2.1 模型一的符号说明

符号	含义	图示:
r	牵引车的转弯半径(牵引车的外侧前轮轨迹圆半径)	
r_{\min}	牵引车的最小转弯半径(当司机将方向盘打满时即可获得)	
d	牵引车前后轴间距	
d_1	牵引车的前轴与车头的水平距离	
d_2	牵引车的后轴与车尾的水平距离	
d_3	半挂车身的后轴与车头的距离	
d_4	半挂车身的后轴与车尾的距离	
d_5	牵引车的车尾与半挂车身的车头的距离	
w	同轴的两轮间距	
L_m	最小停车车位的长度	

图示:



2.2.2 模型二的符号说明

见表 2.2.2

表 2.2.2 模型二的符号说明

符号	含义	图示
r_B	B 点的最小转弯半径	
r	最小转弯半径(当司机将方向盘打满时外侧前轮轨迹圆半径)	
a	理想路线轨迹圆心到 O 的距离	
d	前后轴间距	
d_1	汽车前轴与车头的水平距离	
d_2	汽车后轴与车尾的水平距离	
w	同轴的两轮间距	
L	停车车位的长度	
s	安全距离(该车停靠后车尾与后车车头的距离)	

三、模型的建立与求解

通过问题的初步分析，我们已经对一些相关因素间的联系有了一个明确了解，对模型应该具备的特点也有了一个大致的轮廓。下面我们将对各个具体问题建立模型并求解。

3.1 模型一：建立半挂车是否能在保证安全的情况下停入侧向车位的模型

评价体系中会涉及到很多方面的因素，也就是多个评价指标。而这些评价指标都在一定程度上影响着评价对象的优劣，并非考虑的指标越多越好，而是要考虑对综合指标数值影响最大的那些主要因素。因此，我们要寻求这样的一些因素，并将其挑出，与综合指标建立起某种函数关系式。

3.1.1 影响侧位停车指标的组成分析

影响侧位停车合理性的因素有很多。我们经过以上的分析筛选，得出该综合评价体系涉及到以下九个重要指标：

- ① 牵引车转弯半径指标；
- ② 牵引车轴距指标；
- ③ 牵引车前轴与车头的水平距离指标；
- ④ 牵引车后轴与车尾的水平距离指标；
- ⑤ 半挂车身后轴与车头的距离指标；
- ⑥ 半挂车身后轴与车尾的距离指标；
- ⑦ 牵引车车尾与半挂车车头距离指标；
- ⑧ 同轴的两轮间距指标；
- ⑨ 最小停车车位的长度指标。

下面我们将对选定的九个指标的合理性做出分析。以下分析的数据均来源于在网上仔细查找得到的数据。

3.1.2 模型一的建立

模型一需要的是半挂车在保证安全的情况下停入侧向车位所需要的最短车位长度。

因为牵引车转弯时的轨迹是圆周的一部分，且半挂车身的车桥中心沿着牵引车的后桥中心轨迹行驶，所以当半挂车转弯时半挂车身的侧前部与停车位上的前车的侧后部相碰，且停好后半挂车身与停车位上的后车的前部距离为 0 时，所需要的空间最小。

根据以上的临界条件，我们便能得到目标函数： $L(r)$ 。

半挂车在保证安全的情况下停入侧向车位所需要的最短车位长度的模型如图 3.1.2 所示：

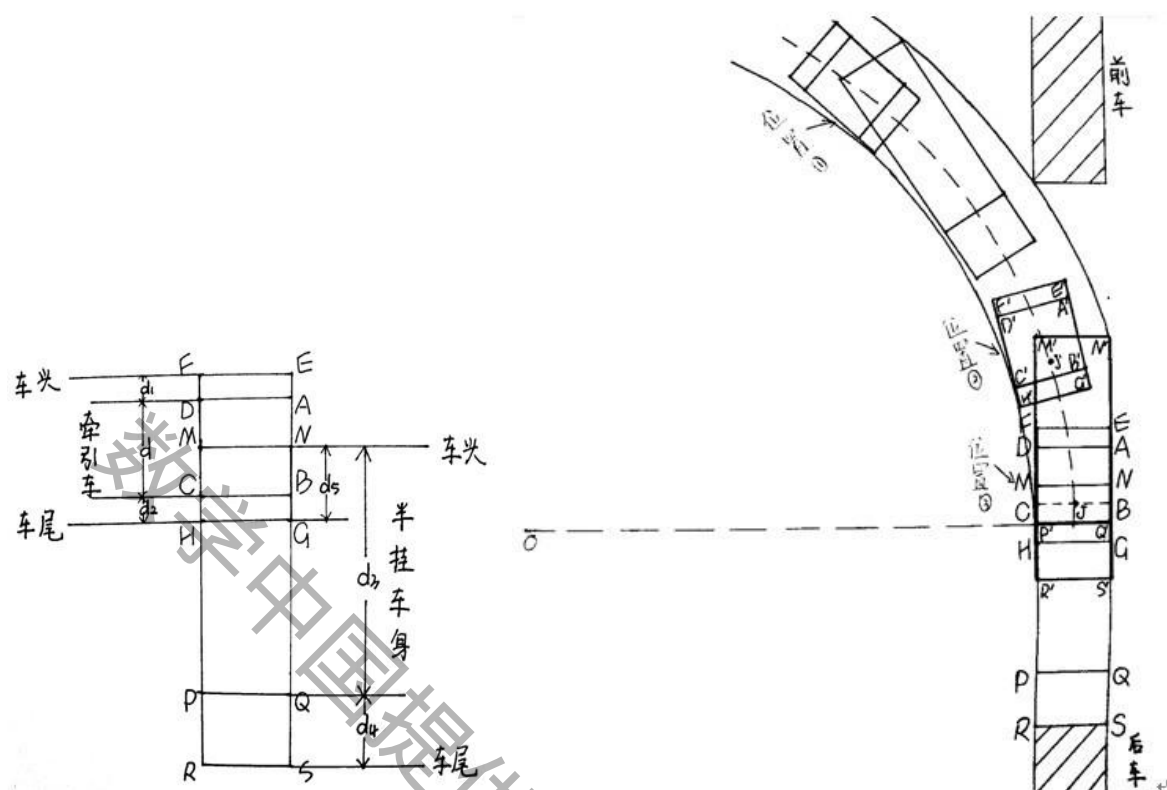


图 3.1.2 最短距离示意图

图中显示了该半挂车在三个关键时刻的位置

位置①：半挂车采用倒车方式进入停车位，半挂车身后侧车尾刚刚接触停车位时刻；

位置②：半挂车身刚刚与前后两车处于同一水平线时刻；

位置③：半挂车刚刚与前后两车处于水平位置，且半挂车身后部与后车的前部距离为 0 时刻。

计算求解目标函数：

由图知：

$$\because OA = r, AB = d$$

\therefore 在 $\triangle OBA$ 中：

$$OB^2 = OA^2 - AB^2 \quad \text{即} \quad OB^2 = r^2 - d^2$$

$$\text{又} \because \triangle OQ'N' = \triangle OBN' \text{ 且 } Q'N' = BN' = d_3$$

\therefore 在 $\triangle OBN'$ 中：

$$ON'^2 = OB^2 + BN'^2 \quad \text{即} \quad ON'^2 = r^2 - d^2 + d_3^2$$

$$\because BC = w$$

\therefore 在 $\triangle OCK$ 中：

$$CK^2 = OK^2 - OC^2 = ON'^2 - (OB - CB)^2 = r^2 - d^2 + d_3^2 - (\sqrt{r^2 - d^2} - w)^2$$

又 $\because MH = d_5, CH = d_2, PR = d_4$, 且 $CR = d_3 - (d_5 - d_2) + d_4$

$$\therefore L(r) = CK + CR = \sqrt{r^2 - d^2 + d_3^2 - (\sqrt{r^2 - d^2} - w)^2} + d_3 - (d_5 - d_2) + d_4$$

则 $L(r)$ 即为所求目标函数。

3.1.3 模型一的分析

易知目标函数 $L(r)$ 是 r 的增函数，我们用最优化的方法知，要求 $L(r)$ 的最小值需要 r 最小。所以当 $r = r_{\min}$ (r_{\min} 为牵引车最小转弯半径) 时， $L(r)$ 有最小值，即：

$$L_m = \sqrt{r_{\min}^2 - d^2 + d_3^2 - (\sqrt{r_{\min}^2 - d^2} - w)^2} + d_3 - (d_5 - d_2) + d_4$$

则 L_m 即为所求的最小停车车位的长度。

如果所给停车车位长度小于等于 L_m ，则汽车不能停入该停车位；反之，可以停入。

3.1.4 模型一的试运用

例如：我们将牵引车车型选为：曼 TGA18.360 / 4×2 牵引车，半挂车车型选为俊龙 44.9390 半挂车（附录中有其详细参数）

该车数据：

$$d_1 = 1;$$

$$d_2 = 1.175;$$

$$d_3 = 10;$$

$$d_4 = 3;$$

$$d_5 = 2;$$

$$d = 3.6;$$

$$r = 7.45;$$

$$w = 2.5;$$

将上述数据带入

$L_m = \sqrt{r_{\min}^2 - d^2 + d_3^2 - (\sqrt{r_{\min}^2 - d^2} - w)^2} + d_3 - (d_5 - d_2) + d_4$ 得：利用 matlab 进行求解得到

$$L_m = 23.4161 \text{ m}。$$

即如果所给停车车位长度小于等于 23.4161 m，则该车不能停入该停车位；反之，可以停入。

3.2 模型二：建立汽车在行进中的最佳停车路线以及对驾驶员的操作的建议模型

3.2.1 影响侧位停车指标的组成分析

以最小转弯半径的圆心 O 为原点建立平面坐标系，并以 B 点为参考点建立的各种轨迹方程如图 3.2.1 所示：

我们经过以上的分析筛选，得出该综合评价体系涉及到以下 3 个重要指标：

- ①后轮 B 的横坐标坐标 x_0 ；
- ②后轮 B 的纵坐标坐标 y_0 ；
- ③在 (x_0, y_0) 处车体与 x 轴夹角 θ_0 ；

其他参数例如停车位的长度及车体相关参数均以已知量的形式给出

下面我们将对选定该 3 个指标的合理性做出分析。以下分析的数据均来源于在网上仔细查找得到的数据。

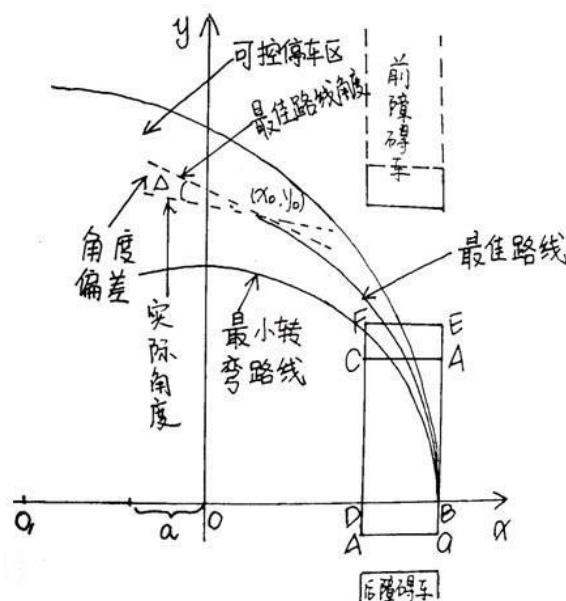


图 3.2.1

3.2.2 模型二的建立

模型二需根据汽车当前位置，随时提出实时停车路线，并提出对驾驶员操作的建议。该位置处汽车已经处于可控停车区，即 $y_m \leq y \leq y_M$ ，但是角度不满足最佳路线轨迹通过调整，使其尽可能的向最佳轨迹运动。

B 轮转过最小半径： $r_B = \sqrt{r^2 - d^2}$ ；

可控停车域： $y_m \leq y \leq y_M$

轨迹 1 最佳停车轨迹：

路径所满足的圆心在 x 轴上： $(x_0 + a)^2 + y_0^2 + y_0^2 = (a + r_B)^2$

圆心位置为 $(-a, 0)$ ： $a = \frac{x_0^2 + y_0^2 - r_B^2}{2(r_B - x_0)}$

此时的最佳轨迹为： $y = \sqrt{2a(r_B - x) + r_G^2 - x^2} = \sqrt{\frac{x_0^2 + y_0^2 - r_B^2}{(r_B - x_0)}(r_B - x) + r_G^2 - x^2}$

此时的点 (x_0, y_0) 轨迹斜率： $k = \frac{dy}{dx} \Big|_{x=x_0}$

转化为角度时与 x 轴的倾角为： $\varphi = \arctan(k)$

轨迹 2 最小轨迹圆轨迹

$$\text{最小轨迹圆轨迹: } y_m = \sqrt{r_B^2 - x^2}$$

$$\text{在}(x_0, y_0)\text{点的斜率: } k_m = \frac{dy_m}{dx} \Big|_{x=x_0}$$

$$\text{转化为角度时与 } x \text{ 轴的倾角为: } \varphi_m = \arctan(k_m)$$

轨迹 3 最大轨迹圆轨迹:

$$\text{B 点最大转弯半径: } r_{B_1} = \frac{(L-d_2-s)^2 - (d_1+d)^2 + w^2}{2w} \quad (\text{注: 第一阶段中已经求得})$$

$$\text{此时的 B 点最大轨迹圆轨迹方程为: } y_M = \sqrt{(r_{B_1}^2 - (x+r_{B_1}-r_B)^2)}$$

$$\text{在}(x_0, y_0)\text{点的斜率 } k_M = \frac{dy_M}{dx} \Big|_{x=x_0}$$

$$\varphi_M = \arctan(k_M)$$

$$\text{则建议的偏转角度目标函数 } \Delta = \theta_0 - \varphi = \theta_0 - \frac{dy}{dx} \Big|_{x=x_0}; \quad (\varphi_m < \theta_0 < \varphi_M)$$

情况 1 若 $\Delta=0$;

此时可以按照最佳轨迹进行运动, 轨迹方程:

$$f(x_0, y_0, \theta_0, x) = \sqrt{2a(r_B - x) + r_G^2 - x^2} = \sqrt{\frac{x_0^2 + y_0^2 - r_B^2}{(r_B - x_0)}(r_B - x) + r_G^2 - x^2}$$

情况 2 若 $\Delta>0$;

说明车身倾斜角度大于在该位置处汽车转弯最佳位置所需要的角度, 此时车轮应该向回收, 转向轮胎与车身之间的夹角在此刻应减小, 方向盘回转的理论值为 $\mu\Delta$, 其中 μ 为方向盘转动角度与转弯角度之间的比例系数, 在此处不做详细的介绍;

情况 3 若 $\Delta<0$;

说明车身倾斜角度小于于在该位置处汽车转弯最佳位置所需要的角度, 此时车轮应该向继续朝原方向打, 转向轮胎与车身之间的夹角在此刻应增大, 增大的理论值为 $\mu\Delta$ 。

模型改进:

该车位置处在停车的位置, 模型不能给出直接的停车进入路线, 此时汽车只按照直线或者圆弧进入停车控制区, 然后再根据模型中的求解方式进行路线优化, 找到最适合的停车路线。

3.2.4 模型二的 matlab 模拟及数据分析

我们将车型选为：本田雅阁 2.0MT

该车数据：

前轴与车头的水平距离 $d_1=1.1\text{m}$;

后轴与车尾的水平距离 $d_2=1.045\text{m}$;

前后轴间距 $d=2.8\text{m}$;

最小转弯半径 $r_{\min}=5.7\text{m}$;

同轴的两轮间距 $w=1.845\text{m}$ 。

我们选取与后车的安全距离 $s=1\text{m}$ ，停车车位长度 $L=9\text{m}$ 。

不同初始位置跟角度得到的运行结果如图 3.2.4（1）和图 3.4.2（2）所示：

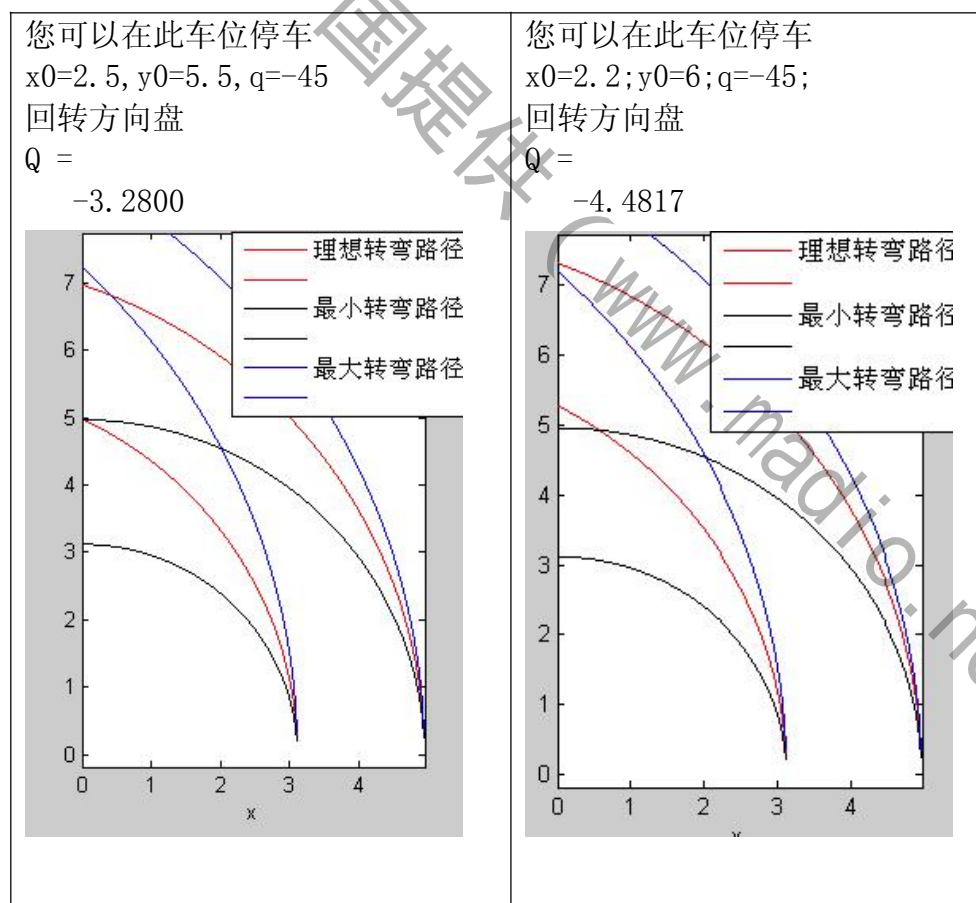


图 3.2.4（1）运行结果 1

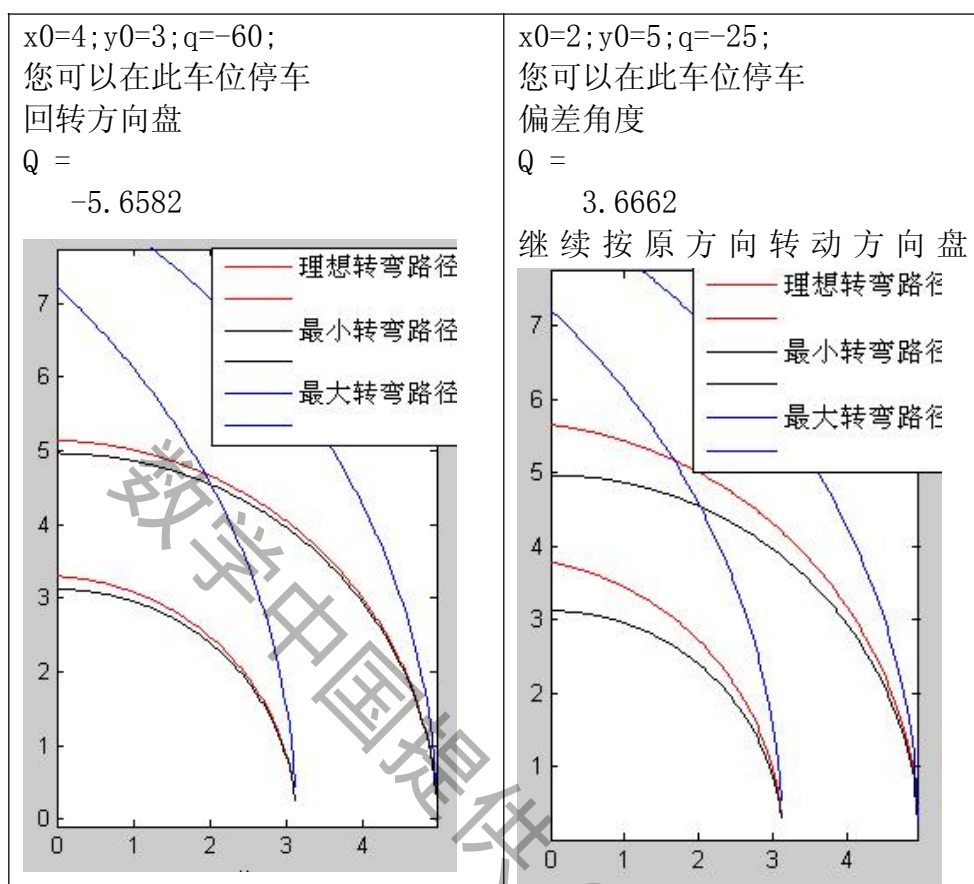


图 3.2.4 (2) 运行结果 2

与实际情况的匹配分析：

模拟图中的能够发现当位置越来越靠近停车预定的停车位时最佳行驶的的轨迹变化范围越来越小，也就是说当离停车预定位置越来越远的时候如果出现差错，可以调节的范围越来越小，这也是与实际情况相符合的。

四、模型的优点和缺点

4.1 模型优点

模型一的优点：

从最简单的角度出发，建立在已知距离下半挂车是否能够停进给定车位的模型，根据数据，能够让驾驶员在最短的时间内判断该车位是否有停入的可能性。对于没有信息的停车者而言，这是个不错的判断模型。

模型二的优点：

根据已知参数，能够实时为用户提供该车进入停车区的最佳路线，即便是驾驶员偏离了预定轨迹，也可以针对偏离的角度进行修正。Matlab 程序运行后的所得到的只是初始位置的最佳路线轨迹，在汽车的行进的过程中的任何位置都可以重新作为初始位置进行轨迹修正，而且方向盘转动的方向及大小都可以为驾驶员提供。另外，该模型可以转换在汽车的车载显示器上，实时为用户提供最佳的路线轨迹以及方向盘的转向，为智能倒车奠定基础。

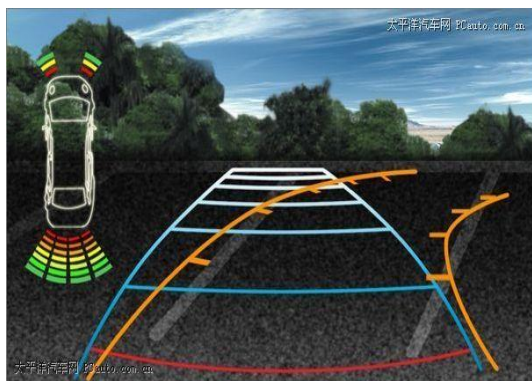


图 4.1 (1) 智能倒车车载模拟路线图

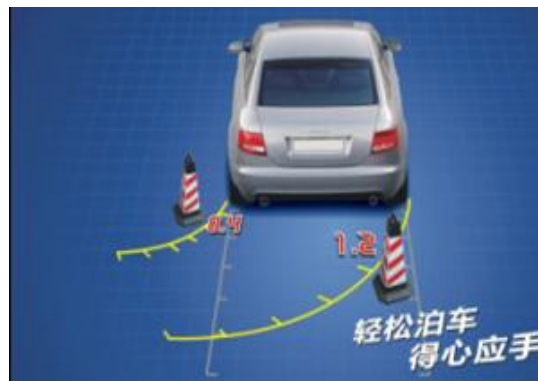


图 4.1 (2) 智能倒车行进路线图

4.2 模型缺点

模型一的缺点：

当今，半挂车身后轮具有转向功能的半挂车还是少数，所以半挂车车身桥中点行驶的轨迹与牵引车后桥中点行驶的轨迹并不是完全吻合，有一定的偏差，而且即便是半挂车身后轮具有转向功能的半挂车，其半挂车车身桥中点行驶的轨迹与牵引车前桥中点行驶的轨迹完全吻合的可能性也是有的，这就要看半挂车是如何设计的了。所以在此，我们再讨论一下如果半挂车车身桥中点沿着牵引车前桥中点行驶的轨迹时所需要的最小停车位长。

因为牵引车转弯时的轨迹是圆周的一部分，且半挂车身的车桥中点沿着牵引车的前桥中心轨迹行驶，所以当半挂车转弯时半挂车身的车桥中点与停车位上的前车的外侧车尾相碰，且停好后半挂车身部与停车位上的后车的前部距离为 0 时，所需要的空间最小。

根据以上的临界条件，我们便能得到目标函数： $L(r)$ 。

半挂车在保证安全的情况下停入侧向车位所需要的最短车位长度的模型

如图 4.2 所示：

图 4.2 最短距离示意图 2

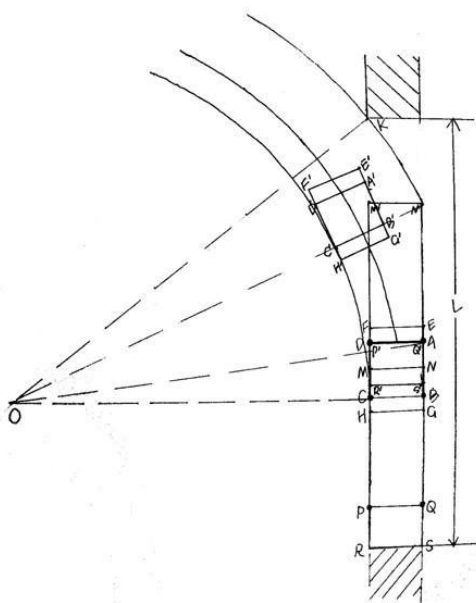


图 4.2 最短距离示意图 2

计算求解目标函数：

由图知：

$$\because OA = r, AB = d$$

\therefore 在 $\triangle OBA$ 中：

$$OB^2 = OA^2 - AB^2 \quad \text{即} \quad OB^2 = r^2 - d^2$$

$$\text{又} \because BN' = BA + AN' = BA + Q'N' = d + d_3$$

\therefore 在 $\triangle OBN'$ 中：

$$ON'^2 = OB^2 + BN'^2 \quad \text{即} \quad ON'^2 = r^2 - d^2 + (d + d_3)^2$$

$$\because BC = w$$

\therefore 在 $\triangle OCK$ 中：

$$CK^2 = OK^2 - OC^2 = ON'^2 - (OB - CB)^2 = r^2 - d^2 + (d + d_3)^2 - (\sqrt{r^2 - d^2} - w)^2$$

$$\text{又} \because MH = d_5, CH = d_2, PR = d_4, \quad \text{且} \quad CR = d_3 - (d_5 - d_2) + d_4$$

$$\therefore L(r) = CK + CR = \sqrt{r^2 - d^2 + (d + d_3)^2 - (\sqrt{r^2 - d^2} - w)^2} + d_3 - (d_5 - d_2) + d_4$$

则 $L(r)$ 即为所求目标函数。

易知目标函数 $L(r)$ 是 r 的增函数，采用最优化的方法知，要求 $L(r)$ 的最小值需要 r 最小。所以当 $r = r_{\min}$ (r_{\min} 为牵引车最小转弯半径) 时， $L(r)$ 有最小值，即：

$$L_m = \sqrt{r_{\min}^2 - d^2 + (d + d_3)^2 - (\sqrt{r_{\min}^2 - d^2} - w)^2} + d_3 - (d_5 - d_2) + d_4$$

则 L_m 即为所求的最小停车车位的长度。

模型二的缺点：

我们对问题三的求解并未寻求更加精确的预测模型，仅应用了简单的处理方法，比较粗糙，结果尚欠合理性。

例如：

(1) 模型中，对于没有处于停车可控域的汽车初始位置，模型中并没有提供直接的停车轨迹来进入停车位，而是给予一个方向控制，所以此时是没有停车轨迹显示在车载显示器上，可能进行多次的角度和位置的变换才能使汽车进入停车位，减少了汽车的停车效率。因为该车的前进过程本身就是一个模糊的轨迹。

(2) 假设中，汽车模型为一个长方体，但是实际中的汽车应该为一个流线弧形；

(3) 模型中，以停靠后三车在同一条直线上为停车成功，但是在实际情况中，所停车辆连线难免会有一些偏差。这就使停车的难度比模型中低。

五、相关建议

对于新手驾驶员来说，尽量安装带有模拟侧位停车系统的车载显示器（比如本模型所建立的模拟模型），根据学习本系统所获得的经验，尽快掌握侧位停车技巧。

针对模型二中的第一个缺陷，智能倒车系统的制造应考虑到这一点，通过其它的控制方法使其能够得到更加简洁的间接停车路径，使车主能更加方便的停车。

六、参考文献

- [1] 姜启源，谢金星，叶俊，《数学模型》（第三版），北京：高等教育出版社，2003.8
- [2] 付菊芳，张小龙，东亚斌《国外自动停车系统简介》 中国科技信息，2009 第二期
- [3] 郑旺辉，《后轮转向半挂汽车列车的轨迹偏差分析》 系统工程与电子技术 1994
- [4] 白景岭，刘如民，《带有拖车的汽车转弯行驶的几个问题》 地质勘探安全 2000 第三期

七、附录

7.1 模型的算法：

7.1.1 模型一：

```
clear all;
x=input(' 请输入停车区间长度');
d1=1;
d2=1.175 ;
d3=10;
d4=3;
d5=2;
d=3.6;
r=7.45;
w=2.5;
L=sqrt((r^2-d^2+d3^2-(sqrt(r^2-d^2)-w)^2))+d3-(d5-d2)+d4
lengthfree=x-L;
if(lengthfree<=0)
    disp(' 空间过小，不能停车! ');
else
    disp(' 您可以在此车位停车');
end
```

7.1.2 模型二：

```
clear all;
syms x;
x0=2;y0=5;q=-25;L=9;
d1=1.1; %轴前距
d2=1.045; %轴后距
d=2.8; %轴距
r=5.7 ; %最小转弯半径
w=1.845; %车身宽度
```

```

D=d+d1+d2; %车体的总长度;
s=1;
L0=((d+d1)^2-w^2+2*w*(r^2-d^2)^(0.5))^(0.5)+d2;%在安全距离下顺利停车的最小空间;
lengthfree=L-L0; %lf 自由长度
if(lengthfree<=0)
    disp('空间过小,不能停车!');
else
    disp('您可以在此车位停车');
end

rG=(r^2-d^2)^(0.5);
a=(x0^2+y0^2-rG^2)/(2*(rG-x0));%旋转位置圆心坐标
rD=rG-w; %D点的最小运动轨迹
rG1=((L-d2-s)^2-(d1+d)^2+w^2)/(2*w);

y=((x0^2+y0^2-rG^2)*(rG-x)/(rG-x0)+(rG^2-x^2)^(0.5)); %B点最佳运动轨迹
yD=((rG+a-w)^2-(x+a)^2)^(0.5); %D点最佳运动轨迹
ym=(rG^2-x^2)^(0.5); %B点最小运动轨迹
ymD=(rD^2-x^2)^(0.5); %D点最小运动轨迹

yM=(rG1^2-(x+rG1-rG)^2)^(0.5); %B点最大运动轨迹
yMD=(rG1^2-(x+rG1-rD)^2)^(0.5); %D点最小运动轨迹
%做出运动轨迹图
h1=ezplot(y,[0 rG]); hold on; set(h1,'Color','red');
h2=ezplot(yD,[0 rG]); set(h2,'Color','red');
h3=ezplot(ym,[0 rG]); set(h3,'Color','black');h4=ezplot(ymD,[0 rG]); set(h4,'Color','black');
h5=ezplot(yM,[0 rG]); set(h5,'Color','blue');h6=ezplot(yMD,[0 rG]); set(h6,'Color','blue');
legend('理想转弯路径','','最小转弯路径','','最大转弯路径','')
hold off;
x=x0;
%分别求三个函数的导数值观察角度是否符合角度关系
dy=1/2/((x0^2+y0^2-rG^2)*(rG-x)/(rG-x0)+rG^2-x^2)^(1/2)*((-x0^2-y0^2+rG^2)/(rG-x0)+2*x);
dym=-1/(rG^2-x^2)^(1/2)*x;
dyM=1/2/(rG1^2-(x+rG1-rG)^2)^(1/2)*(-2*x-2*rG1+2*rG);
%分别求三个函数的在 x=x0 处的函数观察是否符合位置关系
y=((x0^2+y0^2-rG^2)*(rG-x)/(rG-x0)+(rG^2-x^2)^(0.5));
ym=(rG^2-x^2)^(0.5);
yM=(rG1^2-(x+rG1-rG)^2)^(0.5);

if(y<ym|y>yM)
    disp('位置不满足要求');
    break;return;
end

if(q>rad2deg(atan(dym))|q<rad2deg(atan(dyM)))%判断现在车的的角度是否满足进入要求
    disp('角度不符合要求');

```

```

end
Q=q-rad2deg(atan(dy));
if(Q>0)
    disp(' 偏差角度')
    Q
    disp(' 继续按原方向转动方向盘')
elseif(Q==0)
    disp(' 位置刚好，无需继续转动');
else
    disp(' 回转方向盘');Q
end

```

7.2.1 半挂车参数：

※ 整车技术参数：		
外形尺寸(长×宽×高)	mm	13000×2490×2980
货厢尺寸(长×宽×高)	mm	12900×2300×600
前悬 / 后悬	mm	-/2025
最高车速	Km/h	
※ 底盘技术参数：		
轴数		3
轴距	mm	7150+1310+1310
轴荷		-/24000(并装三轴)
轮胎数		12
钢板弹簧片数		-/9/9/9, -/10/10/10
前轮距	mm	
后轮距	mm	1850/1850/1850

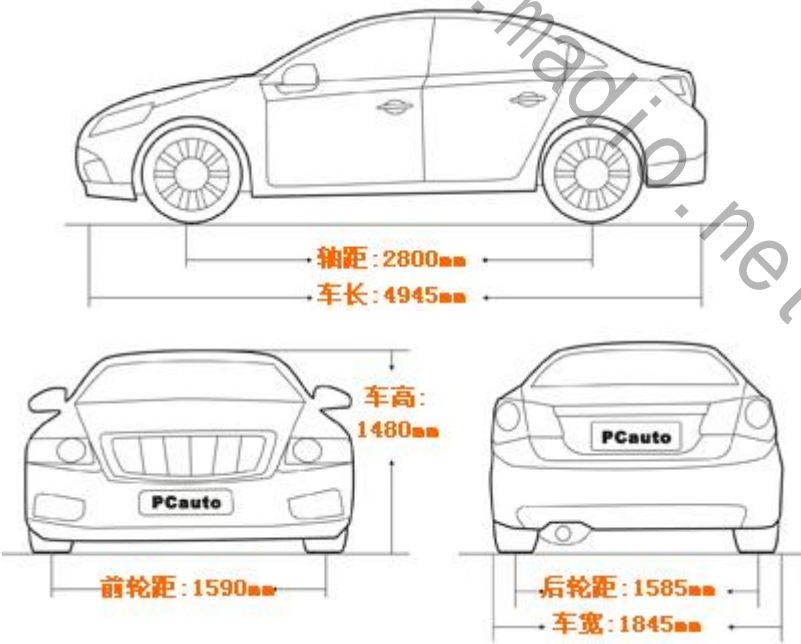
7.2.2 牵引车参数：

车辆型号	曼 TGA18.360 / 4×2 半挂牵引车
车辆自重 (kg)	7.000kg
外形尺寸 (mm)	5775*2500*3247
最高车速	85km/h
最小转弯半径	7.45 m
额定功率 (kw)	360 马力/265 kW
最大扭矩	1700 Nm/900~1300 rpm
排量	11.97 L
轴距 (mm)	3600mm

7.2.3 本田雅阁 2.0 MT 的基本资料如下：

基本资料					
车型名称	2010 款雅阁 2.0 MT	生产厂商	广汽本田	所属	2010 款雅阁
上市时间	2009. 11	车体结构	三厢轿车	级别	中型车

轴距:2800mm 车长:4945mm 车高:1480mm 车宽:1845mm



尺寸/重量/容积					
车身重量	1430 kg	轴距	2800 mm	轮距	1590/1585 mm (前/后)

尺寸/重量/容积					
全车长度	4945 mm	车身宽度	1845 mm	车身高度	1480 mm
行李舱容积		轴前距	1100mm	轴后距	1045mm
通过性					
最小转弯半径	5.7 m	最小离地间隙	115 mm	最大爬坡 度	

图示 7.2 本田雅阁 2.0 MT 的基本资料

数学中国提供 (www.madio.net)