

文章编号: 1002-0268 (2004) 02-0099-04

# 平面十字路口停车线设计方法研究

白玉, 薛昆, 杨晓光

(同济大学, 上海 200092)

**摘要:** 城市道路交叉口停车线设计是影响交叉口通行秩序的重要因素之一。本文通过对平面十字交叉路口的观测及分析, 总结现状交叉口停车线设计的基本模式及问题, 提出基于通行条件约束的交叉口停车线设计的实现目标及约束条件。将交叉口停车线设计理论化, 给出平面十字路口停车线设计的基本模型。最后分析影响停车线设计的因素, 并总结规律。在应用方面选择厦门市一个典型十字路口进行设计, 以检验停车线设计模型的可行性。

**关键词:** 平面十字路口; 停车线; 设计方法

中图分类号: U491.114

文献标识码: A

## The Analysis of Stop Line Arrangement for At-grade Intersection

*Bai Yu, Xue Kun, Yang Xiao-guang*

(Tongji University, Shanghai 200092, China)

**Abstract:** The position of stop line has great effect on the traffic operation in intersection. For the geometry design of intersection, there are no available analytical models or procedures that can be used to position the stop line. In this paper, the existing considerations for stop line design in at-grade intersection are discussed and the variables that impact the arrangement of the stop line are figured out. After analyzing the targets and the restrictions of the stop line arrangement, the models for determining and optimizing the position of stop line are established and the relationship between these variables discussed. A practical application in an intersection in Xiamen is proposed to verification the procedures and models.

**Key words:** At-grade intersection; Stop line; Optimization methods

平面交叉口停车线设计是交叉口交通设计的重要组成部分, 决定交叉口范围的大小。若停车线的设计不当将影响整个交叉口的通行效率。实践表明, 正确设计交叉口停车线, 能够有效的利用交叉口内部的时空资源, 改善车辆的通行效率, 提高交叉口的通行能力; 优化车流的行驶轨迹, 改善车流通行秩序; 规范车流的通行空间, 减少偶然性冲突点的产生, 提高交叉口通行安全性。

停车线的位置影响交通控制的路面检测器布置, 通常用于检测车流的地面检测线圈直接埋设在停车线后方 2m 左右的位置。当检测器埋设后, 停车线的设计位置只能提前而无法退后。若需要后退停车线, 只能重新埋设检测器。以上海市为例, 大部分交叉口停

车线位置过于提前, 但受检测器制约无法进行改善设计。因此正确设计交叉口的停车线有助于交通设施的综合利用及中远期交通设计的动态修正。

### 1 现行停车线设置方法

现行的交叉口停车线设计在理论上采用国家规定的方法, 但在实际设计中, 设计人员通常依据个人经验进行, 而在具体操作中, 每个城市采用习惯做法。目前各城市交叉口停车线的设计还没有形成一个科学及量化的标准。

根据交叉口渠化形式的不同, 现行的交叉口停车线确定方法可以归结为两种, 一是设置渠化岛的停车线设计模式, 二是未设渠化岛的停车线设计模式。

模式 1: 设置渠化岛的停车线设计模式 对于设置三角形右转车辆渠化岛的交叉口, 其停车线的设计位置由渠化岛的边缘决定。通常, 从渠化岛边缘后退 2m 设置行人过街横道线的前边缘线, 再后退行人过街横道的宽度及行人过街横道与停车线之间的安全距离 1m, 设置交叉口停车线。其设计模式见图 1。

模式 2: 未设渠化岛的停车线设计模式 对于未设置渠化岛的交叉口, 停车线的设置位置通常比较靠前, 其设计模式见图 2。即将对向的两个进口道(东、西进口道或南、北进口道)路段人行道缘石连接, 作为交叉口行人过街横道的前边缘, 后退行人过街横道宽度及 1m 的安全距离设置交叉口停车线。

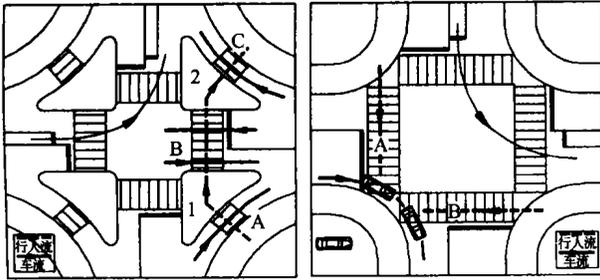


图 1 渠化路口左转轨迹 图 2 无渠化路口左转轨迹

## 2 现行停车线设置方法的弊端

### (1) 交叉口内部通行可靠性降低

由于交叉口停车线较提前, 压缩了交叉口内部区域, 导致交叉口内部用于机动车通行的空间有限。在异常状态下(如机动车在交叉口内部抛锚), 车辆没有可以绕行的空间, 将导致救援措施实施不便, 其通行可靠性降低。

### (2) 左转车辆转弯半径不足

在现行的设计方法中, 停车线的设计位置均较提前, 导致左转车辆转弯半径不足, 其运行轨迹不顺畅。在绿灯时间内驶离进口道停车线的车辆无法正常进入目的出口道, 导致红灯期间仍有部分左转车辆残留在交叉口区域内, 进而影响其他方向车辆的通行。在实际应用中, 为改善左转车流运行轨迹, 将左转车道停车线位置后退一段距离。见图 1、图 2。

### (3) 右转车辆的通行威胁过街行人的安全

对于设置渠化岛的交叉口(见图 1), 行人过街时需要先穿越行人过街横道 A 到达渠化岛 1, 再穿越行人过街横道 B 到达渠化岛 2, 最后穿越行人过街横道 C 到达目的地; 即为实现过街行为需要两次穿越右转车道。由于该设计模式右转车辆转弯半径通常较大, 右转车速高, 行人在穿越右转车道时危险度高,

过街要求的安全车头时距大。若右转车辆密集, 行人需等待很久才能通过。

对于未设置渠化岛的交叉口(见图 2), 由于相邻的人行横道线搭接, 右转车辆驶离停车线后连续通过 A、B 两条人行横道。若 B 停车线存在过街行人, 右转车辆无待行区域以避让, 只能过街行人站在横道线上等候车辆先行, 其安全受到威胁; 若右转车辆让过街行人先行, 则将影响 A 横道线的行人及后续的直行车辆的通行。

## 3 优化设计的目标及约束条件

停车线设计目标: 一是保障机动车流运行轨迹的顺畅; 二是为各种交通流提供安全的通行空间。

实现机动车流运行轨迹的顺畅, 即满足交叉口左转及右转车流的转弯半径要求, 同时对直行车辆的通行干扰小。对于左转车流, 本向进口道设计停车线要保证左转车辆以大于等于  $30\text{m}^{[1]}$  的半径转到其左侧进口的出口道; 同时其右侧进口的左转车流能以大于等于  $30\text{m}$  的半径转到本向出口道。对于右转车流, 要限制其转弯半径不大于  $20\text{m}^{[2]}$ 。

为各种交通流提供安全的通行空间, 即保证不同交通流在交叉口相遇时, 交通强者有一个合理的空间避让交通弱者。要求本向人行横道与其左侧或右侧的人行横道之间的转角距离能保证待行一辆右转车辆。考虑可以容纳一辆大型车辆的最不利条件, 该距离需达到  $15\text{m}$ 。针对交叉口相交道路等级的不同, 该距离可以在  $6\sim 15\text{m}$  之间, 次干道及支路可以选取  $6\text{m}$ 。

同时, 在能够实现上述目标的前提下, 停车线的设计位置要尽量提前, 以增加进口车道的排队空间。

## 4 交叉口停车线设计方法

### 4.1 研究对象

城市交叉口类型繁多, 每种交叉口其设计基本思想相近, 但具体的实现方法不尽相同。从体现基本设计思想及反映大部分交叉口设计方法角度出发, 选择平面十字交叉口作为研究对象。

### 4.2 基本假定

交叉口停车线的设计受很多因素制约, 从交通流通行安全性及顺畅性角度出发, 作如下基本假定:

(1) 假定交叉口为正十字或斜十字交叉, 即东西向及南北向进口的道路中心线是一条直线; (2) 假定平面十字交叉口不采用设置四个固定三角形右转渠化岛的方式渠化; 对于设置该类渠化岛的交叉口, 其停车线的设计由渠化岛的位置及大小决定; (3) 交叉口行人

过街横道垂直于道路中心线设置，停车线与行人过街横道线平行。

### 4.3 基本参数

在推导交叉口停车线模型中涉及如下基本参数，部分参数的含义参见图 3。图中， $d$  为某进口停车线距交叉口道路中线交点的距离； $d_r$  为右转车辆约束下停车线设计距离； $d_l$  为左转车辆约束下停车线设计距离； $d'_l$  为右侧进口左转车辆约束下停车线设计距离； $d_{rc}$  为右转车辆约束下行人横道设计距离； $d_{lc}$  为左转车辆约束下行人横道设计距离； $k_c$  为行人横道设计宽度； $\alpha'$  为本向道路中心线与右侧道路中心线的夹角； $b_m$  为道路中心线距机动车道右边缘的距离； $b_a$  为交叉口机动车进口车道宽度； $R_r$  为右转车辆约束转弯半径； $R_l$  为左转车辆约束转弯半径； $l_y$  为相邻两条行人横道线之间的弧长； $x^r$  为右侧进口各项参数； $x^l$  为左侧进口各项参数。

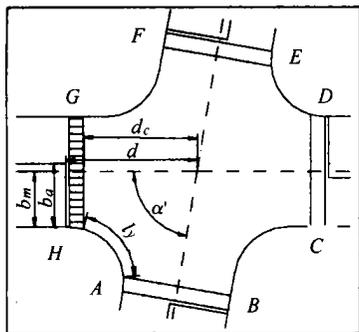


图 3 设计参数示意图

### 4.4 交叉口停车线设计优化方程

从停车线设计目标及约束条件出发，停车线设计表述为方程组 (1)，可以借助画法几何求解。

$$\begin{cases} z = \min d \\ R_r \leq 20 \\ R_l \geq 30 \\ l_y = 15 \end{cases} \quad (1)$$

### 4.5 交叉口停车线设计解析方程

#### (1) 右转约束模型

从右转车辆通行约束分析，要求在右转车辆转弯半径小于等于 20m 的条件下，相邻两条行人横道线之间的转角长度等于 15m。

受交叉口相交两条道路中心线夹角影响，行人横道线与道路缘石线的交点位置存在两种可能，一是行人横道线断面落在路缘石的曲线段上，二是落在直线段上。如图 5。对于第二种情况，A、D、E、H 4 个端点将落在弧线段上，另外 4 个点落在直线段上。由

于假定停车线垂直于道路中心线，因此停车线的位置是由 A、H 及 D、E 之间的转角距离决定的。当  $\alpha' \leq \pi/2$ ，右转车辆约束模型为方程组 (2)；当  $\alpha' \geq \pi/2$ ，右转车辆约束模型为方程组 (3)。

$$\begin{cases} R_r \times \theta = l_y \\ \frac{b_m}{\sin \alpha_1} = \frac{b'_m}{\sin (\alpha - \alpha_1)} \\ l_1 = b_m \times \operatorname{ctg} \alpha_1 = \frac{b'_m + b_m \times \cos \alpha}{\sin \alpha} \\ d_{rc} = l_1 + R_r \times \operatorname{ctg} \frac{\alpha}{2} - R_r \times \sin \left[ \frac{\pi - \alpha - \theta}{2} \right] \\ d_r = d_c + 1 + k_c \end{cases} \quad (2)$$

$$\begin{cases} R_r \times \theta = l_y \\ \frac{b_m}{\sin \alpha_1} = \frac{b'_m}{\sin (\pi - \alpha - \alpha_1)} \\ l_1 = b_m \times \operatorname{ctg} \alpha_1 = \frac{b'_m - b_m \times \cos \alpha}{\sin \alpha} \\ d_{rc} = l_1 + R_r \times \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} - R_r \times \sin \left[ \frac{\alpha - \theta}{2} \right] \\ d_r = d_c + 1 + k_c \end{cases} \quad (3)$$

#### (2) 左转约束方程

左转车辆约束即保证交叉口每个进口道左转车辆能以大于等于 30m 的半径通过交叉口，交叉口停车线设计同时受本向左转车流及右侧进口左转进入车流约束。本向左转车流约束下的停车线设计模型为方程组 (4)，右侧进口左转车流约束下的停车线设计模型为方程组 (5)。

$$\begin{cases} d_{lc} = R_l \times \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} - \left[ \frac{b'_a - b'_m}{\sin \alpha} + (b_a - b_m) \operatorname{ctg} \alpha \right] \\ d_l = d_c + 1 + k_c \end{cases} \quad (4)$$

$$\begin{cases} d'_{lc} = R_l \times \operatorname{ctg} \frac{\alpha}{2} + \left[ \frac{b'_a - b'_m}{\sin \alpha} - (b_a - b_m) \operatorname{ctg} \alpha \right] \\ d'_l = d'_c + 1 + k_c \end{cases} \quad (5)$$

#### (3) 交叉口停车线模型

交叉口停车线设计要同时满足上述 3 个约束方程，因此设计停车线位置选取上述 3 个解的最大值，交叉口停车线设计模型见方程 (6)。

$$d = \max \{ d_r, d_l, d'_l \} \quad (6)$$

### 4.6 停车线设计影响因素分析

影响交叉口停车线设计的制约因素较多，主要包括相交两条道路的夹角、各进口的总宽度、各进口的进口车道宽度等物理条件，同时右转车辆及左转车辆转弯半径、行人横道宽度等设计参数也影响交叉口停车线的设计。为标定每个参数与停车线设计的关联程

度, 将分别假定某些参数为定值, 寻求某一参数与停车线设计位置之间的关系。这里分别假定  $\alpha' = 90^\circ$ ,  $R_r = 20$ ,  $R_l = 30$ ,  $l_y = 15$ ,  $k_c = 6$ ,  $b_m = 11.5$ ,  $b_a = 12.5$ 。同时假定其左侧及右侧进口的道路宽度与本向进口相同。

(1)  $\alpha'$  与  $d$  的关联分析

在上述假定参数条件下,  $\alpha'$  与  $d$  的关联曲线见图4。由图中曲线可以看出, 交叉口停车线设计距离与  $\alpha'$  的关系呈抛物线型, 当两条道路正交时其停车线设计位置最提前, 随着两条道路夹角的增加, 其停车线设计位置逐渐后退。同时, 在以上假定数据基础上, 当  $\alpha'$  为钝角时, 交叉口停车线设计位置由本向左转车辆转弯约束决定, 当  $\alpha'$  为锐角时, 交叉口停车线设计位置由右侧进口左转车辆转弯约束决定。上述结论是在车道宽度一定的条件下得到的, 通过对模型进行分析, 当单向道路宽度较大 (通常在大于 20m) 时, 右转约束模型将起决定作用。

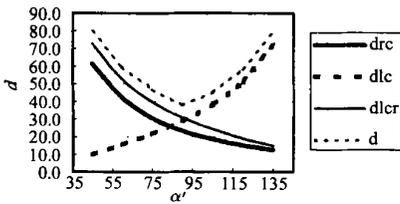


图4 参数  $\alpha'$  与  $d$  关联曲线图

(2)  $b_m$  及  $b_a$  与  $d$  的关联分析

$b_m$  及  $b_a$  是一对相关的参数, 当  $b_m$  为某一数值时,  $b_a$  的取值只能在小范围内变化。因此分别分析  $b_m$  及  $b_a$  和  $b_m$  的差值两项参数对停车线设计的影响, 其关系曲线见图5、图6。图5为  $b_a$  和  $b_m$  的差值固定为 2.5, 不同的道路宽度所决定的停车线设计位置曲线; 图6是道路机动车道宽度固定为 16m 时, 不同的进口道宽度所决定的停车线设计位置曲线。

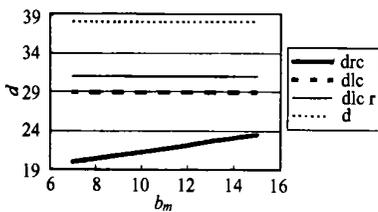


图5 参数  $b_m$  与  $d$  关联曲线图

通过对停车线设计模型及图5、图6关系曲线的分析, 当进口道偏移路中心线的距离固定时, 左转车辆转弯半径约束方程不单独受道路宽度影响, 右转车辆转弯半径约束方程与道路宽度呈线性一次递增关系; 当机动车道宽度不大于 40m 时, 停车线位置由

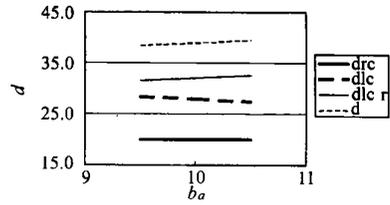


图6 参数  $b_a$  与  $d$  关联曲线图

左转弯流转弯约束决定; 随着道路宽度的增加, 停车线位置将由右转约束方程决定。当道路宽度一定时, 设计停车线位置与进口道偏移路中心线的距离呈正比; 当道路宽度不同时, 停车线设计主要由右侧进口左转车辆通行约束决定, 且伴随进口道与路中线的偏移其停车线位置后退。

(3)  $R_r$ 、 $R_l$ 、 $l_y$  与  $d$  的关联分析

$R_r$ 、 $l_y$  仅影响右转车辆约束方程,  $R_l$  影响两个左转弯约束方程。  $R_r$ 、 $R_l$ 、 $l_y$  与  $d$  的关系曲线见图7。

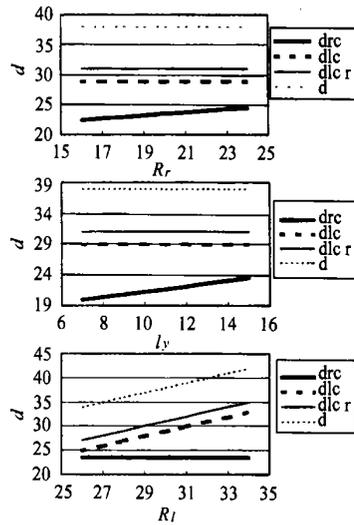


图7 参数  $R_r$ 、 $R_l$ 、 $l_y$  与  $d$  关联曲线图

分析上述曲线组,  $R_r$ 、 $l_y$  的曲线形态接近, 均只影响右转车辆约束方程, 且与停车线设计距离呈正比; 从图中直线斜率看, 2个参数对交叉口停车线设计位置的影响较小, 当其取值变化在 10m 范围时, 停车线设计位置仅变化 2~4m。相反, 左转车辆转弯半径的选择将在一定程度上影响交叉口停车线的设计位置;  $R_l$  与  $d$  呈正比例关系, 且直线的斜率较大, 其相关性较强。

参考文献:

[1] 交通工学研究会. 平面交差の計画と设计 [M]. 东京: 新高速印刷株式会社, 1989: 68-71  
 [2] 任福田, 等. 城市道路规划与设计 [M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1998: 176-179