

# 中小城市信号交叉口空间优化设计研究

董玉佩, 成 卫, 陈月明

(昆明理工大学 交通工程学院, 云南 昆明 650224)

**摘要:** 论文结合城市道路空间优化设计原则, 从空间设计的角度来介绍中小城市信号交叉口资源的主要优化方式, 从而最大限度的利用 现有的路幅资源. 最后, 选用思茅市翠云城区 茶城大道与人民中路交叉口作为实例进行分析与渠化, 并选用 安全评价模型和车辆延误模型对其进行评价, 以达到预期的目的.

**关键词:** 信号交叉口; 城市交通; 道路设计

**中图分类号:** U491.4 **文献标识码:** A **文章编号:** 1007-855X(2007)06-0043-04

## Study on Spatial Optimization Design of Signal Intersection in Moderate Cities

DONG Yu-pej CHENG Wej CHEN Yue-ming

(Faculty of Traffic Engineering Kunming University of Science and Technology, Yunnan 650224, China)

**Abstract** Spatial optimization design principles of urban road are unified in this paper to introduce main methods of the optimization of traffic resources at signal intersections in moderate cities based on the view of space design, which aims at utilizing the road resources maximally. The intersection of Chacheng road and Remin road in Cuiyun District Simao city are taken as examples for analysis and channelization. The safety evaluation model and the vehicles delay model are selected to evaluate whether it achieves the anticipated goal.

**Key words** signal intersection; urban traffic; road design

### 0 引言

随着城市机动化水平的提高, 城市道路资源供求关系 变得越来越紧张, 但是实践证明, 在道路建设到一定程度时, 许多中小城市并不是因为路幅资源不够而引起交通拥堵, 大多是因为没有组织好交通而引起的.

交叉口不仅是路网中供交通流变换方向和通行能力降低的节点, 也是交通冲突发生率较高的节点. 因此, 要充分地利 用道路的空间资源与时间资源, 以时空上的优化配置来提高城市道路的安全性、通行能力和运输效率.

### 1 两相位信号交叉口车辆交通冲突分析

在中小城市里, 简单的两相位常常被使用, 但在交叉口车流运行中, 左转车流是重点考虑对象, 冲突的发生大多与左转运行轨迹有关, 两相位控制最容易造成左转车辆与直行车辆、行人、非机动车的冲突, 从而降低安全度. 所以, 信号交叉口交通空间优化设计的重点是冲突分离, 必要时可以通过限制其运行轨迹来移动冲突点的位置或转变冲突性质来减少交通冲突, 一般情况下用交通冲突率 (即交通冲突数与标准当量交通量的比值) 来衡量交叉口的安全度<sup>[2]</sup>.

### 2 空间优化的基本内容

#### 2.1 交通渠化的概念与目的

交通渠化是指在道路上用交通标志标线或用高出路面的各种岛状构造物, 或利用路面漆刷成不同颜

收稿日期: 2007-04-20

第一作者简介: 董玉佩 (1986-), 男, 在读硕士研究生. 主要研究方向: 交通安全与控制. E-mail: dyp523@163.com

色,或利用护栏、分隔带、隔离墩及其他设施,对行人与各种不同车型、不同方向、不同速度及不同运动状态的交通流进行引导、隔离和管制,使交通实体像渠内水流一样顺着一定方向和线路,互不干扰地安全而有序地运行,以达到分离和控制交通流的目的。

交叉口的渠化设计核心是分离不同性质的交通流,减少冲突点的数目,避免交通流之间的相互干扰,其首要的目的是改善道路交通安全,其次才是提高通行能力<sup>[3]</sup>。

## 2 2 交通渠化的基本内容

1) 交通岛. 交通岛可以分为导向岛(用于控制和指引交通); 分车道(用于分隔反向和同向车流); 安全岛(用于行人横过道路时作避车地点); 中心岛(用于车流绕行). 此外,交通岛为设置交通控制设备提供场地. 其实,在交叉口内的中间分隔带和外分隔带都可视为交通岛,交通岛不仅可以设计成实体类型,也可设计成特殊油漆标志的路面区域。

2) 附加专用车道. 根据路口交通流量、流向等情况,可通过压缩进口机动车道的宽度来增设附加专用车道,使交叉口进口道的机动车道数尽可能大于其相连路段上的出口机动车道数;一般出口道的机动车道数不应少于任何一个信号相位进口道与其对应方向的机动车道数(无专用右转信号控制的右转车流不计)。

如图 1 所示,附加专用车道的长度  $L$  分为  $L_s, L_t$  两部分,  $L_s$  是一个信号周期内,车辆正常受阻下直行车辆排队长度,  $L_t$  是车辆从原来车道驶入相邻拓宽车道所需距离,其计算方法见(3)式。

$$L_s = n \cdot h = k \cdot q(C - G) \cdot h \quad (1)$$

$$L_t = \frac{V}{3} + \frac{V^2}{254(\phi \pm i)} \quad (2)$$

$$L = L_s + L_t = k \cdot q(C - G) \cdot h + \frac{V}{3} + \frac{V^2}{254(\phi \pm i)} \quad (3)$$

式中:  $V$ —设计车速, km/h

$n$ —一个信号周期内,直行车道平均最大排队车辆数(信号周期  $C$ , 绿灯时间  $G$ )

$h$ —排队车辆的平均车头间距, 主要与车型有关, 一般为 6~9 m

$\phi$ —路面在潮湿下的摩阻系数

$i$ —道路坡度, 上坡为“+”, 下坡为“-”, 计算时可

按平坡  $i = 0$  考虑

$q$ —一条直行车道上到达停车线的车流率(辆/s)

进口道应设置禁止变换车道线, 禁止变换车道线的长

度应以等候信号放行车辆排队的平均长度为依据, 也可按表 1 选取。①右转专用车道. 设置右转专用车道如图 2 所示, 可以减少右转车流对直行交通的干扰. 右转车道应该满足右转车辆减速过程的要求, 设计足够的展宽. 在做进口道设计时, 右转车道宜向进口道右侧(靠非机动车道或人行道一侧)展宽, 但不得占用人行道. 设置的条件是: 右转交通量超过 300 pcu/h 且邻近的主要车流的交通量超过 300 pcu/h ②左转专用车道. 左转专用车道是交叉口拓宽设计中的核心内容如图 1 所示. 在做进口道设计时宜向进口车行道的左侧拓宽, 可利用中间的分隔带或越过中心线占用对向车道的部分宽度左转专用车道. 设置的条件<sup>[4]</sup>: 在提供保护左转相位的地方, 应该考虑设置左转专用车道; 当左转车流达到 100 pcu/h, 应考虑设置左转专用车道; 当左转车流超过 300 pcu/h 应考虑提供两条左转专用车道。

左转专用车道设计的目的除提高交叉口通行能力外, 还包括减少直行车流对左转车辆的追尾碰撞事故, 减少左转车流与对向直行车流的冲突机会, 提高安全性; ③“鱼肚”形标线的设置. 当进口道向右侧展宽而左转车道从直行车道分出时, 防止直行车流进入左转车道, 同时减少直行车流对左转车流的冲突, 应

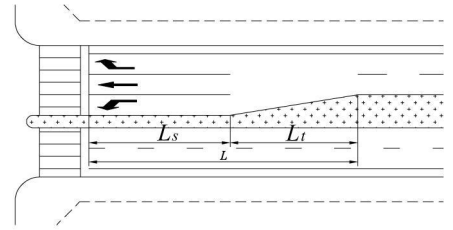


图1 附加车道示意图  
Fig.1 Additional lane

表 1 禁止变换车道线长度(L)

Chart 1 Length of no lane-changing		
计算行车速度/(km·h <sup>-1</sup> )	≥ 60	< 60
禁止变换车道线长度/m	50~100	30~50

采用“鱼肚”形标线加以渠化, 其  $L_a$ ,  $L_b$  的长度应分别根据右转、左转车道渐变段长度的方法确定<sup>[1]</sup>如图 2 所示.

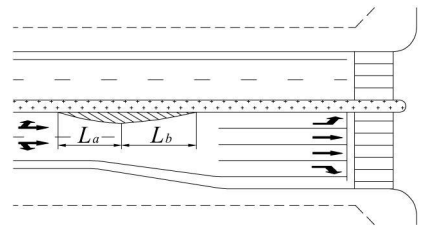


图2 “鱼肚”形示意图  
Fig.2 “Fish-bellied” marking

3) 行人过街横道设计. 人行横道的位置、间距要适当, 如果太远, 会降低时间资源的利用率, 同时加长了行人与非机动车通过交叉口的距离, 增加交通事故发生的可能性; 如果太近, 会增加右转车辆通过交叉口的难度. 人行横道的方向, 原则上保证行人和非机动车行驶距离最短; 人行横道的宽度, 与行人、非机动车通过交叉口交通量和绿灯时间有关; 当行人过街横道过长 (大于 15m) 时, 无论车流流量多大, 都应该尽量压缩车道来设置行人安全岛, 确保过街行人的安全, 其宽度应大于 1.5m.

### 3 平面交叉口空间优化设计的应用

1) 交叉口概况: 该交叉口的实际流量并没有达到饱和流量, 但由于空间资源分布的不合理在高峰时刻经常出现拥堵现象, 尤其是北进口方向, 之前的机动车道配置为双向两车道, 其路段的方向不均匀系数是 0.74, 经常出现微堵现象; 该交叉口采用两相位定时信号控制, 西进口和东进口高峰小时流量大, 在同一个相位里, 交通冲突数较大, 安全隐患大. 东西进口道路的停车线均比较靠后, 车辆通过交叉口的时间较长; 之前该交叉口为两相位, 没有考虑到行人通过交叉口的时间以及行人过街的安全性, 南北方向的相位时间短, 但行人过街的距离却比较长, 所以行人的过街安全隐患大. 高峰小时交通流量见表 2

表 2 人民中路与茶城大道交叉口晚高峰小时流量  
Chart 2 Peak hour volume of the intersection of Renmin Road and Chacheng Road

方向	交叉口进口		总流量 / (pcu·h <sup>-1</sup> )
	车道功能	交通量	
东进口	左	103	742
	直	626	
	右	13	
南进口	左	47	568
	直	485	
	右	36	
西进口	左	547	1713
	直	624	
	右	542	
北进口	左	36	368
	直	100	
	右	232	

2) 优化方案见图 3 交叉口范围内设置导流岛以及在行人过街横道中间设置安全岛, 让行人二次过街, 不仅改善了交叉口的景观, 而且增加了行人过街的安全性; 部分进口道的停车线以及非机动车停车线的提前, 缩短了车辆通过交叉口的通行时间; 变两相位为三相位, 优化配时参数见图 3; 东西方向合理配置机动车道, 增设左转专用车道和右转专用车道, 并保持车道的连续性, 同时通过利用“鱼肚”型标线, 防止直行车流进入左转车道, 减少冲突的机会; 对北进口的车道配置为双向三车道, 进口道一条, 出口道两条, 以降低  $v/c$  比, 并保证了出口道的机动车道数不少于任何一个信号相位进口道与其对应方向的机动车道数; 压缩茶城大道上机动车道的宽度至 3.5m, 并合理压缩中央分隔带以设置调头待行区段和汇入区段; 完善标志标牌.

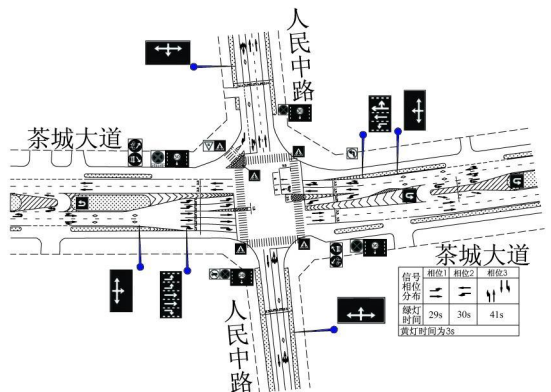


图 3 茶城大道与人民中路交叉口渠化图  
Fig.3 Channelizing plan of the intersection of Renmin Road and Chacheng Road

对于一个单一的交叉口的安全评价, 鉴于事故数据的采集时间过长, 影响设计的时效性, 所以, 采用与事故数相关联的冲突数进行评价. 主要是对设计前后的交通冲突率的一个比较. 通过调查, 如表 3 所示, 交叉口的平均冲突率降低了 1.65%, 安全度提高了一倍.

②延误评价. 对于一个单一交叉口的评价, 主要是

车辆的停车延误、通行能力以及相对应的服务水平,在此,选用《美国通行能力手册》上的信号交叉口延误模型对设计前后做一个对比。

3) 方案评价。①安全评价。交叉口停车延误计算公式:

$$d = 0.38 \cdot C \frac{(1 - \frac{g}{C})^2}{1 - \frac{g}{C} \cdot X} + 173X^2 \cdot \left[ (X - 1) + \sqrt{(X - 1)^2 + \frac{16X}{c}} \right]$$

$d$ ——车道组每辆车平均停车延误, s/辆;

$C$ ——周期长, s

$g/C$ ——车道组的绿信比;

$X$ ——车道组的  $v/c$  比,  $X = \min(X, 1.0)$ ;

$c$ ——车道组的通行能力。

通过计算,见表 4 设计前后的平均延误减少了 16.82 s/辆,服务水平也从 D 级上升到 B 级。

## 4 结 语

论文主要针对中小城市现状道路网络中交通拥挤严重的信号交叉口,进行专门的空间优化设计研究。这是一项系统性工程,许多中小城市道路平面交叉口因为渠化的不合理,从而导致在时间上无法优化,最终降低了交叉口的安全度和路口通行能力,增加了延误,甚至引起了交通拥堵。所以,在实际解决交通问题时,应根据现有的路幅资源状况,最大限度地利用可能的空间资源与现有的交通控制设施,从而达到缓解城市道路交通紧张状况,减少建设资金和交通事故发生的目的。

## 参考文献:

- [1] 杨晓光. 城市道路交通设计指南 [M]. 北京:人民交通出版社, 2003: 115-119.
- [2] 成卫. 城市交通冲突技术理论与应用 [M]. 北京:科学出版社, 2006: 118-128.
- [3] 成卫, 张瑾, 李学敏. 城市道路交通安全理论模型与方法 [M]. 昆明:云南科技出版社, 2005: 122-134.
- [4] 翟忠民. 道路交通优化组织 [M]. 北京:人民交通出版社, 2004: 64-84.
- [5] 李学敏, 袁满荣, 毕鑫, 等. 城市路口交通资源优化研究 [J]. 交通运输系统工程与信息, 2005, 5(4): 40-42.
- [6] 张孜, 徐建闽. 交通渠化理论及应用研究 [J]. 广东公路交通, 2003(4): 47-51.
- [7] RB Washington D. C. Highway Capacity Manual (3rd edition) [S], 1994: 9-26, 9-28.
- [8] Road Safety and Motor Vehicle Regulation Directorate. Synthesis of Safety for Traffic Operations [M]. America/Canada March 2003: 36-43.

表 3 设计前后平均冲突率对比

Chart 3 Comparison of average conflict rate before and after design

	设计前	设计后
东进口	24	8
南进口	21	12
西进口	38	12
北进口	14	9
平均冲突率 %	3.24	1.59

表 4 设计前后车辆平均延误对比

Chart 4 Comparison of average vehicle delay before and after design

	设计前延误	设计后延误
平均时间 / (s·辆 <sup>-1</sup> )	28.55	11.73
服务水平	D 级	B 级