

文章编号: 1002-0268 (2003) 04-0095-05

# 城市高架道路匝道与平面交叉口衔接交通问题及改善方法研究

孙明正<sup>1</sup>, 杨晓光<sup>2</sup>, 张 扬<sup>2</sup>

(1. 北京交通发展研究中心, 北京 100053; 2. 同济大学交通工程系, 上海 200092)

**摘要:** 本文针对目前国内城市建设高架道路的过程中, 由于进出口匝道布设于近交叉口范围带来的一系列问题进行了分析, 提出基于时间和空间的避免交叉口范围内交通流交织与冲突的对策, 提出高架匝道的合理设置方法。对已建高架道路交通系统与地面道路交通系统衔接问题的改善及城市交通系统健康发展具有指导意义和实用价值。

**关键词:** 匝道; 交织; 冲突; 嵌套相位

中图分类号: U491.2<sup>+</sup>3

文献标识码: A

## The Traffic Design of Urban Intersection Connected with the Ramp

SUN Ming-zheng<sup>1</sup>, YANG Xiao-guang<sup>2</sup>, ZHANG Yang<sup>2</sup>

(1. Beijing Transportation Development &amp; Research center, Beijing 100053;

2. Department of Traffic Engineering, Tongji University, Shanghai 200092, China)

**Abstract:** In this paper, the problems resulted from the unreasonable connection design between the ramp and the intersection nearby are analyzed firstly. Then the improvement measures are given. These measures focus on how to separate the traffic flow by sound traffic design including signal timing design in order to decrease the conflict points and interweave sections. Also it gives out the reasonable methods of setting the ramp. The research results will be helpful for ameliorating the design of connection between ramp and intersection and for the healthy development of urban traffic system.

**Key words:** Ramp; Inteweave; Conflict; Ripple change

从1994年12月上海内环高架建成至1999年9月延安路东西高架中段通车, 上海市已基本形成“申”字型高架道路网络, 其中内环高架全长29.2km, 浦东地面环路长18.5km, 南北高架长8.5km, 东西高架长13.8km。共设互通立交6座, 匝道83个; 国内建设高架道路的城市还有: 北京(环线以立交为主)、台北(两条14km)、广州(内环线26.7km)、济南(6.2km)、杭州(4.7km一期)以及拟建中的乌鲁木齐外环路(部分高架7.7km)等, 断面为双向4车道或双向6车道, 大多数采用平行式匝道布置与地面道路衔接。且匝道落地位置离交叉口较近, 一般是出口匝道近交叉口进口道设置, 进口匝道近交叉口出口道设置。由于匝道落地

的纵横位置不当, 导致了进出口匝道的车辆与地面交通流在近交叉口范围频繁交织, 交叉口内部的交通混乱, 严重影响到交叉口的通行效率。

### 1 高架道路匝道设置位置与形式

高架道路匝道在近交叉口设置位置有3种情况, 以出口匝道为例加以说明:

类型1 高架道路匝道与交叉口进、出口道最内侧车道衔接, 如图1所示。

类型2 高架道路匝道与交叉口进、出口道中间车道衔接, 如图2所示。

类型3 高架道路匝道与交叉口进、出口道最外

收稿日期: 2002-07-01

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(70122201/G0114)

作者简介: 孙明正(1979-), 男, 河南开封人, 硕士, 研究方向为交通信息工程及控制。

侧车道衔接,如图3所示。

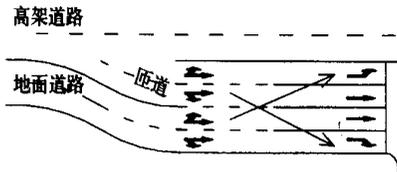


图1 高架道路匝道设置位置类型1

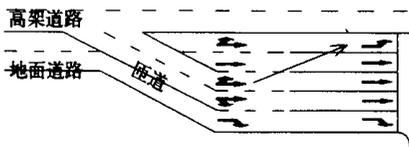


图2 高架道路匝道设置位置类型2

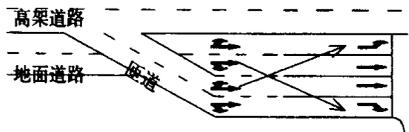


图3 高架道路匝道设置位置类型3

在不对匝道及地面交通流采取交通管制措施时,3种类型的高架道路匝道设置方式,都存在不同程度的车流交织。结合出口匝道的布置情况分析其存在的车流交织:

类型1 存在出匝道右转车流、地面道路左转车流及直行车流之间的混合交织。

类型2 出口匝道外侧一般设置右转车道,存在出匝道左转车流与地面直行车流之间的交织。

类型3 存在出口匝道左转车流、地面道路右转车流及直行车流之间的混合交织。

对于进口匝道也有类似的交织存在。

## 2 问题分析

在高架道路设计过程中,国内常见的做法是将进出口匝道设置于近交叉口附近,一般是进口匝道与交叉口出口道衔接,出口匝道与交叉口进口道衔接,其理由是便于进出高架的交通流汇集与疏散。

由于在设计时首先考虑用地的要求,而对交叉口的交通行驶要求考虑不足,其结果往往是用于车流变更车道的交织段长度不足。

对于匝道的横向位置的设置,在转向交通流的交织程度、进出口匝道交通流的顺畅性以及交通流在交叉口进口道的排队长度等交通需求特征方面的考虑显得不足。而当同流向的进口匝道与出口匝道都设置于同一交叉口时,一般选择相同的设置类型。

在此情况下,当高架道路进出口匝道近交叉口布设时,各流向交通流在进口道前及出口道无法完成交

织时,交织段必然延伸至交叉口内部,将明显增加交叉口内部的冲突和交织,使得交通流行驶状态更趋复杂。

下面结合几种典型的高架道路匝道设置于近交叉口范围的情况,在不考虑自行车及行人流的前提下,就交叉口内部机动车交通流运行的冲突与交织状况进行分析,说明其交通问题的严重性。

选取4种情况,对机动车流的运行流线进行分析:(1)一条出口匝道布设于交叉口进口道(图4);(2)一对进、出口匝道同时布设于交叉口同流向的出口道、进口道(图5);(3)两条出口匝道同时布设于交叉口进口道(图6);(4)两对进、出口匝道同时布设于交叉口出口道、进口道(图7)。

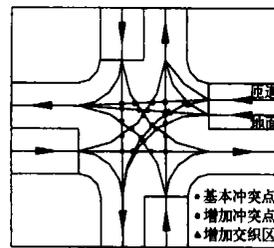


图4

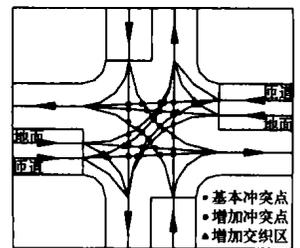


图5

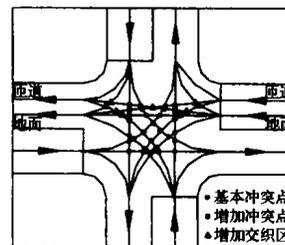


图6

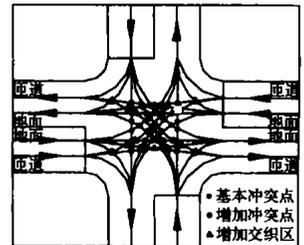


图7

与正常运行的十字交叉口相比,其冲突点与交织段的变化见表1。可以看出,当有匝道设置于近交叉口时,交叉口冲突点与交织段比较表 表1

交叉口类型	无匝道	有匝道			
		I	II	III	IV
冲突点	16	24	33	34	60
交织段	0	3	9	6	18

口,交叉口内的冲突点与交织段明显增多,当高架道路进出口匝道布置于交叉口同流向的进出口道时,交织段的增加尤为显著。

经实测,交叉口内部同流向的两股交通流产生交织时,交织车流的进口车道通行能力降低约50%。在常规的交通管理条件下,如此多的冲突点与交织段根本无法完全消除,因而必然造成交叉口通行能力严重下降,交通秩序混乱。

### 3 改善方法

#### 3.1 基本对策

造成上述问题产生的根本原因在于高架道路匝道的规划、设计对交通需求特征的考虑不足,尚需要交通设计的指导。将交通设计的理念引入高架道路匝道的规划设计,是解决问题的根本。基本对策如下:

1. 在匝道的规划设计时,充分考虑到不同流向交通流量大小,在匝道与平面交叉口进出口道之间设置足够的交织段。
2. 根据交叉口上转向及进出匝道流向流量需求,选择合适的匝道设置位置。
3. 同流向的进出匝道同时设置于近交叉口时,其位置类型应合理搭配,如类型1与类型3搭配、类型2与类型2搭配等。
4. 因地制宜,运用灵活的交通管理方法。

#### 3.2 改善方法

对于已建成的高架道路,如何缓解或消除上述各种复杂的交织和冲突,是解决由于匝道设置于近交叉口范围所产生问题的关键。

总体上讲,在时间上应使存在交织、冲突的交通流分配不同的通行权;空间上应合理划定进口道车道功能,为在交叉口进口道前无法完成交织的车流分配各自独立的待行空间;辅以相应的交通管理措施和完善的交通标志、标线,消除冲突,缓解或避免车流交织。下面提出一些具体的改善方法与措施。

##### 1. 合理设计信号控制方案

可打破按对称性原则设置相位的习惯做法,实行以交叉口交通流整体效益最大化为目标的相位设计方法,遵循通过交叉口的车流饱和度均衡及时间资源充分利用的原则。

根据交通流的流向流量,合理组合信号控制相位,采用嵌套式的控制方案<sup>[1]</sup>,在避免冲突与交织的同时充分利用交叉口的时间资源。可供选择的相位组合如图8所示。

进行相位组合时还应注意以下要点:(1)存在冲突的流向不应组合在一起;(2)相序安排要保证同一股车流的连续性,以及前后衔接损失时间最小化;(3)机动车相位组合应与自行车相位及行人过街统筹安排。

下面以一个简单的算例说明嵌套式控制方案的设计方法<sup>[2]</sup>。

如图9所示的交叉口,高峰期间,南北向左转车以进匝道为主,流量不对称。

遵照车流饱和度均衡的原则,将车流组合①②③根据交通流量灵活组合相位(如图10所示)。图10中3a和3b是可能的两种嵌套相位。

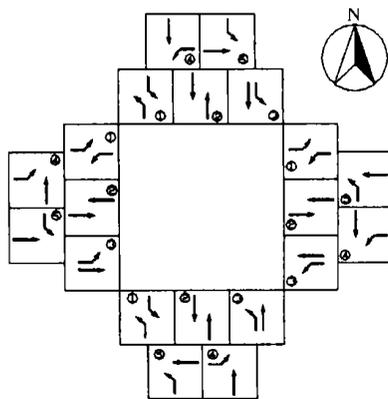


图8 相位组合图

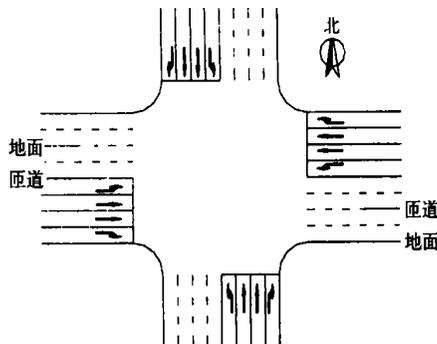


图9

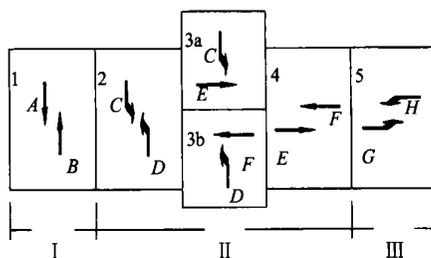


图10

设相位1为第I相位组,相位2~4为第II相位组,相位5为第II相位组。则第I相位组的关键流向(一个相位中流量比最大的流向)组合为A或B,第II相位组的关键流向为C+E或D+F,第III相位组的关键流向为G或H。

第I相位组的流量比为

$$y_1 = \max(y_A, y_B) \quad (1)$$

第II相位组的流量比为

$$y_2 = \max(y_C + y_E, y_D + y_F) \quad (2)$$

第III相位组的流量比为

$$y_3 = \max(y_G, y_H) \quad (3)$$

设总损失时间为L,总流量比为Y,则

$$Y = \max \sum_{i=1}^3 \max y_i \quad (4)$$

周期时长为  $C$

$$C = \frac{1.5L + 5}{1 - Y} \quad (5)$$

各相位组的有效绿灯时长计算公式为

$$g_i = \frac{Y_i}{Y} \times (C - L), \quad i = 1, 2, 3 \quad (6)$$

第II相位组中包含3个小相位,小相位配时按各小相位的流量比之比分配第II相位组的有效绿灯时间。

### 2. 交叉口空间布局设计合理化

灵活的交叉口空间设计是进行信号嵌套控制的基础。要为在交叉口进口道前无法完成交织的车流提供各自独立的待行空间,不能拘泥于常规车道布置方式,根据各股交通流向流量的需求,结合交叉口进口道宽度,合理划分车道功能<sup>[3]</sup>。概念性的车道功能划分示例如图11,图中(a)和(b)由于进口道宽度不同而采取灵活的车道功能划分。

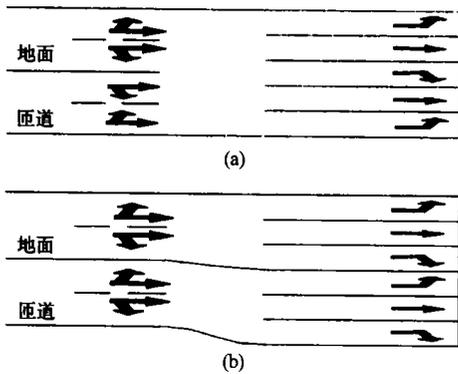


图11 车道功能划分示意图

当采用非常规的车道划分时,要在下匝道之前对交叉口进口道车道功能布局明确指示,使相应流向的车流能够提前分流。

通过信号控制方案与空间设计相结合,即采用时空结合的设计思路,能够取得较为理想的改善效果。

### 3. 高架道路动态控制与诱导

通过对高架道路交通流向、流量的分析,明确对地面交叉口交通较大产生影响的主交通流,可运用同时考虑进出口匝道排队约束的城市高速道路准动态交通控制方法<sup>[4]</sup>,对其进行控制与诱导,寻求交叉口处交通供需平衡。

### 4. 强制性交通管理措施

当匝道或地面道路交通流某些流向的流量较小,而其存在又对高架与地面交通的有序衔接有影响时,可在交叉口对这些流向采取禁行措施,使整体的交通

效益增大。

各种改善方法的实施,都要辅以完善的交通标志、标线,使各种类型的交通出行者对设计方案和管理措施有明确的认识和理解。

## 4 应用范例

上面的一些改善设计方法在上海市武宁路-中山北路交叉口的改善设计项目<sup>[5]</sup>中得到了应用,并取得了良好的改善效果。

### 4.1 现状及问题

武宁路-中山北路交叉口是上海市内环线上的一个关键路口,城市内环高架沿中山北路跨过此交叉口,交叉口东西进出口方向,距离该交叉口约100m处对称布置2对进出口匝道。进出口匝道与中山北路的进出口道的最外侧两条车道衔接,交叉口车道功能划分如图12所示。

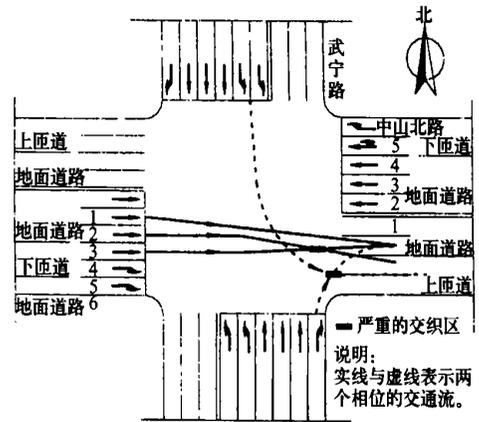


图12

交叉口信号控制采用典型的3相位控制。现状存在的主要问题是交叉口内多股交通流冲突、交织严重,车流通过交叉口的速度慢,延误大。主要表现在:(1)北进口左转进匝道的车流,与南进口右转车流(主流向是走地面)存在交织;(2)东进口右转车流与同流向出匝道的直行车流存在交织;(3)西进口出匝道的直行车流西进口地面进匝道的直行车流产生较为严重的交织;(4)西进口直行车流在出口由3股汇为2股,交织严重;(5)各向自行车流与右转车流冲突严重。

### 4.2 改善方案

根据上海市道路建设、管理远期规划,沿内环高架路禁止非机动车通行,原有非机动车道改为机动车道。同时为了体现公交优先的交通总体发展战略,沿中山北路设置公交车专用进口道改善后的车道功能划分如下图13所示。

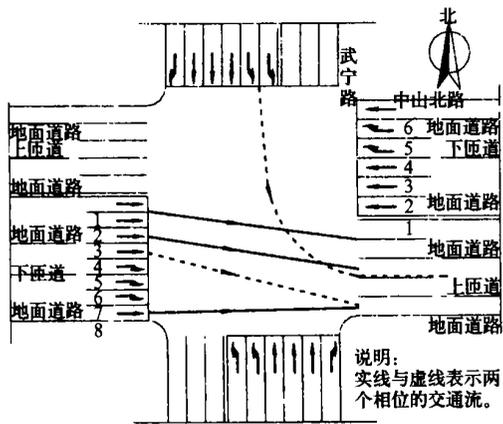


图 13 交叉口机动车道功能划分

各进口车道布局如图 13 所示, 车道功能调整说明如下: 南北进口车道功能划分维持现状; 东进口增设的 6 号直行车道, 供地面直行公交车与出匝道的直行车流通行, 4 号车道改为右转车道, 地面的右转车流由出口匝道内侧车道驶出汇入, 3 号车道专供地面进匝道的直行车流通行, 1、2 号车道供地面不进匝道的直行车流通行; 西进口增设的 7 号右转车道、8 号公交专用进口道。与出口匝道衔接的 4 号、5 号车道保持现状, 3 号车道专供地面进匝道的直行车流通行, 1、2 号车道供地面不进匝道的直行车流通行。

为了提高交叉口的运行效率, 同时避免交叉口范围内的车流交织, 根据各流向的流量资料, 信号控制采用嵌套相位, 利用南北向左转车流量的不对称性, 将西进口 4 号车道下匝道的直行车流嵌套于该相位中。同时为了避免右转车与直行车及过街自行车的冲突, 增设右转车道灯控制。

非机动车及行人通行相位随机动车通行相位而定, 设置专用行人与自行车信号灯, 应使行人与自行车过街信号早断于同相机动车的通行信号, 避免绿灯尾期的行人及自行车无法安全过街。信号控制方案如表 1 所示。

相位	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	周期时长 Co(s)
机动车相位						
非机动车相位						
行人相位						150
高峰配时 Ge(s)	40	28	34	20	15	

注: 第二相位西向直行仅限于第四直行车道, 第三相位西向直行不包括第四直行车道。

### 4.3 改善效果

交叉口现状采用 3 相位控制, 信号周期为 227s,

改善方案设计信号周期为 150s。采用现状调查流量换算的设计高峰小时流量, 运用 VISSIM 仿真软件建立评价模型, 对现状与改善方案进行仿真评价, 取延误及排队长度作为评价指标, 评价结果如表 2。

方案评价结果 表 2

	总平均延误 (s)	排队长度	
		平均排队 (m)	最大排队 (m)
现状	107.4	117.8	249
方案	46.5	39.8	122.3
改善效果	- 56.7%	- 66.2%	- 50.9%

由仿真评价结果可以看出, 改善后的车辆延误与排队有明显的降低。交叉口总平均延误由现状的 107.4s 降至 46.5s, 下降了 56.7%, 同时, 各股交通流的平均延误也非常均匀; 交叉口总平均排队由 117.8m 降至 39.8m, 下降幅度达 66 个百分点。

同时通过计算, 现状交叉口的通行能力为 9093 pcu/h, 通过合理的渠化与信号控制设计, 交叉口通行能力达到 13120 pcu/h, 比现状 (9093 pcu/h) 提高 30.7%。改善效果十分明显。

## 5 结论

高架道路进出口匝道由于设置于近交叉口处, 使得交叉口范围内的交织段与冲突点数量急剧增多, 从而使交叉口的交通运行秩序混乱, 通行效率大大降低。采用合理的改善方法, 特别是时空结合的设计方法, 在保障交通流通行权的同时, 可以缓解或消除由于高架匝道设置于近交叉口所带来的交通问题, 使已建成高架道路交通系统与城市道路交通系统的衔接问题得以改善。本文主要是基于现状问题探讨其改善方法。而分析这类交通问题的产生的根源, 在城市高架道路的规划设计阶段, 将交通设计引入其中, 指导高架道路的规划设计, 是消除交通问题隐患的根本所在。

### 参考文献:

- [1] 彭国雄, 王浩, 杨晓光. 诱导条件下信号灯相位相序设计[J]. 中国公路学报, 2001, 14 (4): 85- 88.
- [2] 彭国雄, 张扬. 叠加相位设计方法研究[J]. 中国公路学报, 2001, (14) (增刊): 59- 62
- [3] 段进宇, 杨晓光. 城市道路信号平面交叉口的交通设计 [C]. 中国土木工程学会第七届年会论文集, 1995
- [4] 杨晓光, 杨佩昆, 等. 同时考虑进出口匝道排队约束的城市高速道路准动态交通控制手法 [C]. 城市基础设施发展国际学术研讨会论文集, 1996.
- [5] 杨晓光, 孙明正, 等. 上海市武宁路-中山北路交叉口及周边区域改善设计实施方案报告 [R]. 同济大学道路与交通工程系, 2002.