

平面交叉口信号相位安全评价方法研究

成 卫, 朱明轩¹, 佟守愚²

(1. 昆明理工大学交通工程学院, 云南 昆明 650224, 2. 吉林大学交通学院, 吉林 长春 130022)

摘要: 交叉口信号相位方案选择对交叉口的通行能力和行车安全有着重要影响。提出信号相位方案的设计不能单纯以提高交叉口通行能力为目标, 还必须考虑交叉口行车安全这一因素。围绕这一论点, 对不同信号相位方案下各种类型交通冲突问题进行分析研究。首先对6种类型的交通冲突情况做定性分析, 进而研究各类交通冲突与信号交叉口相位方案之间的关系, 最后以观察到的冲突数据为依据, 通过测定和比较不同相位控制下的冲突率, 建立小区域内的常用信号相位等级, 为交叉口信号相位设计提供新的参考和依据。

关键词: 交叉口; 冲突研究; 相位选择

中图分类号: U491

文献标识码: A

Safety Evaluation of Signal Phasing Display at Intersection

CHENG Wei¹, ZHU Ming-xuan¹, TONG Shou-yu²

(1. College of Transportation, Kunming University of Science and Technology, Yunnan Kunming 650224, China;

2. Transportation College of Jilin University, Jilin Changchun 130022, China)

Abstract: Because selecting signal phasing has important influence on capacity and safety at intersection, this paper puts forward a viewpoint that design of signal phasing is not only used to improve capacity of intersection but also used to improve safety. According to it, we analyze all kinds of traffic conflicts under various signal phasing. This paper firstly studies six types of conflict in detail, and presents the result of a study exploring the relationship between various signal phasing and traffic conflicts, including the safety rank order of various signal phasing in virtue of comparison and analysis of different conflict rates within limited area based on traffic conflict data from 16 intersections in KunMing, which provides new reference for design of signal phasing.

Key words: Intersection; Conflict studies; Selecting phasing

0 引言

平面交叉口无论采用何种控制模式, 都需要选择最优的信号相位方案和配时参数, 二者是信号设计的重要内容。相位设计是信号设计的首要步骤, 直接影响着交通流运行的安全性和交叉口可提供的通行能力。对信号相位研究得不充分, 通常难以求得最佳的信号控制方案。传统的信号设计中, 着重考虑的是交通流的通过性, 对于各种相位的设计组合, 是以交叉口的几何特性和交通流条件为主要依据。对于安全性的考虑主要是通过信号配时中的黄灯时间和全红时间的设计来确定的。研究表明, 为了追求最大的通行能力, 而进行的相位设计思路是不可取的。因为在交叉

口一旦发生事故, 所造成的车辆延误和通行能力的降低是很大的。为此在交叉口的信号设计中充分考虑安全性是设计的重要内容。一般情况下, 在信号设计中把安全性作为设计指标是比较困难的。因为安全的评价是以事故资料为基础, 要想在事故资料与信号设计中建立某种联系, 是困难的。况且事故资料的获取需要较长的时间。这样就影响了信号设计的效果。然而, 信号设计可以与交通安全建立全面的联系。交通冲突技术正是建立这一方法的桥梁。

1 交通冲突概述

1.1 交通冲突的定义

交通冲突是交通行为者在道路交通过程中, 与其

它交通行为者发生相会、超越、交错、追尾等交通遭遇时，有可能导致交通损害危险发生的交通现象。在评价各种信号相位的碰撞潜在性的工作中，交通冲突研究提供了一种最为有效的弥补碰撞研究的方式，此外，当碰撞率不可取时，交通冲突研究也提供了一种交通安全的测量方法。交通冲突数据的收集对于判别交叉口是否遍布有不安全的车辆的研究中是有效的。

冲突被认为是可能导致碰撞的车辆间的相互作用。交通冲突的首要条件是除非采用避让行为，否则在发生冲突的道路上，第一个道路使用者的行为将会侵占其它使用者。

冲突研究不仅被用于安全评价，而且也可用于信号相位选择。作者就昆明市的各种信号相位控制下的交叉口的交通冲突状况进行了比较分析，并建立在不同冲突率下的信号相位选择标准。

1.2 交通冲突类型及产生冲突分析

交通冲突的分类可按各种状况进行，与相位设计相关的分类有：

(1) 对向左转冲突，如图 1 所示。当对向车道驶来

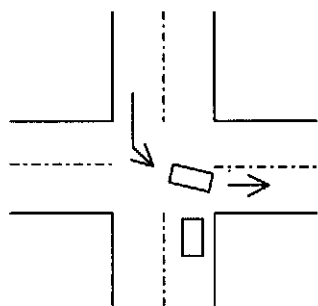


图 1 对向左转冲突

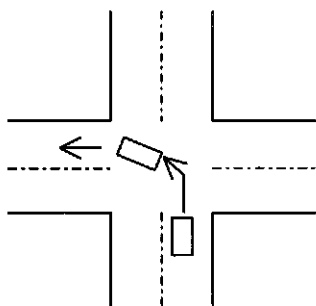


图 2 同向左转冲突

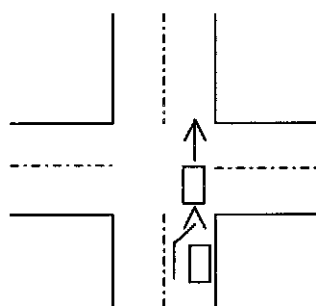


图 3 车道变换冲突

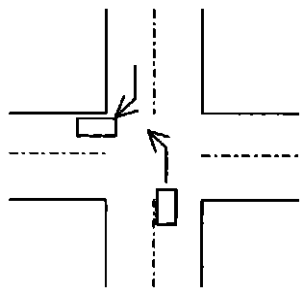


图 4 对向红灯右转冲突

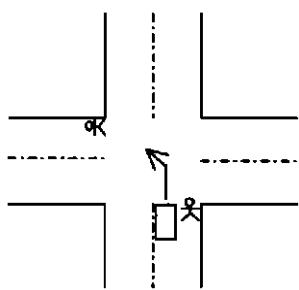


图 5 左转行人-自行车冲突

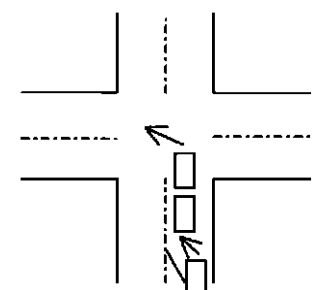


图 6 左转车道渗透冲突

2 相位方案选择分析

信号设计的关键在于合适相位方案的选择。相位方案包括相位数目和实施顺序。一般而言，简单的两相位常常被使用，除非需要附加相位。因为每次相位间的转换都会有损失时间产生，且随着相位的增加，在整个周期里，总损失时间也增加。所以恰当的选择相位方案，是信号设计的首要步骤。

的车辆采取左转时，使直行车辆处于可能与之对撞或侧撞的状况。这种冲突必须直行车具有优先通行权时才出现。此种状况也包括自行车与机动车相冲突的状况。

(2) 同向左转冲突，如图 2 所示。第 1 辆车减速欲左转的动作出现时，跟随其后的第 2 辆车处于一种与其碰撞的危险境地。

(3) 车道变换冲突，如图 3 所示。当第 1 辆车从其原车道变换到另一车道时，使该车道上后面的车辆，突然感到处于可能侧面擦撞或侧撞的危险。

(4) 对向红灯右转冲突，如图 4 所示。当左转保护相时，对向车辆在红灯时右转，与左转相的车辆可能产生侧撞、擦撞或前后碰撞的可能。

(5) 机动车-行人-自行车冲突，如图 5 所示。当 1 个行人或自行车在具有通行权的车辆前穿越时，可能引起车辆制动或突然转向以避免碰撞。

(6) 左转车道渗透，如图 6 所示。当左转车辆溢出左转车道，并阻塞直行车辆通行。

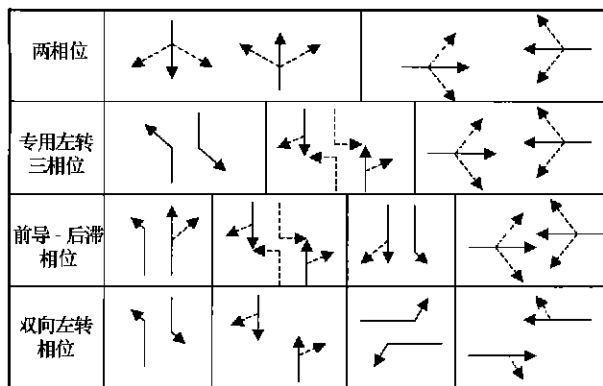
(7) 二次冲突。当第 2 辆车采取行为避让第 1 辆车辆时，随后的第 3 辆车可能处于危险境地。

图 7 显示了常用的相位方案。采用不同的相位将有不同的交通冲突数产生，测定和比较在不同信号相位下的交通冲突率，减少车流间的相互影响并评价安全效果，是交通冲突研究的目的。

3 研究方法

3.1 数据收集

在昆明市区范围内选定图 7 所示的 4 种相位控制



注释: 虚线表示许可相位

图7 信号设计中的常用相位方案

下的交叉口(每种相位各4个,所有交叉口都具有相似的几何条件),收集12个小时(从上午7:00到下午7:00)的交通冲突,没有不良状况(拥挤、信号失误、交通事故和下雨)。冲突观测方法采用录像观测法,连续观测2天。交通冲突的量度以冲突数-小时和冲突数-进口交通量为标准(冲突数取严重冲突的均值,并取整;进口交通量取混合当量交通量),后者用于冲突率的标准化。调查得到的数据经整理后如图8所示。

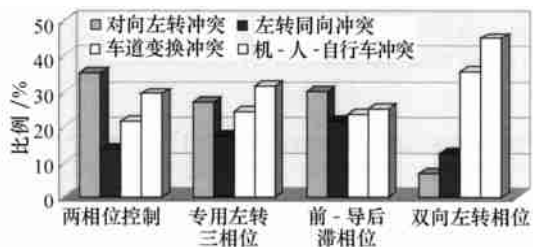


图8 四种相位控制下的各类交通冲突占总冲突的比例

3.2 数据分析

交通冲突研究可以评价不同信号相位下的安全效果。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有关。具体分析为:

冲突类型1(对向左转冲突):此类冲突常发生于两相位控制状态下,因为此种控制将会产生左转车流与对向直行车流的冲突,大多是由于驾驶员的冒进行为所致。理论上虽然是直行交通流优先通行,但实际情况中,首先到达冲突点的车流可先通过冲突点,由于左转交通流至冲突点的距离最短,所以事实上左转车流可先行通过冲突点,整个通行信号内有冲突的交通流以互为穿越的方式通过冲突区,如有一方有冒进行为,将造成另一方采取避让行动,交通冲突发生。

在多相位控制下(除两相位以外),当保护左转相位结束后,左转驾驶员继续以许可方式寻求左转,此时他常常发现自己将会与对向直行车流发生冲突,

而直行车驾驶员被迫在直行信号亮启时产生犹豫,以避免发生碰撞。

冲突类型1发生的第3种情况是,当许可相位存在时,左转驾驶员接受对向交通流形成的一个非常小的间隙。随着拥挤程度的增加和可利用间隙的减少,左转驾驶员将更愿意接受更小的间隙而采取更加冒险的行为。每一次冲突,都要求直行车驾驶员采取刹车或变换车道的方式来避免碰撞。

冲突类型1发生的最后一种情况就是驾驶员对保护-许可相位的实施缺乏理解。在每一案例中,当许可相位发生时,这种误解都会发生。

因此在各种相位控制中,凡存在许可左转相位的,发生此类冲突的比率均很大。如图8所示,4种相位下,对向冲突发生的比率分别为35.33%、26.96%、30.06%和6.9%。

冲突类型2(左转同向冲突):在许可相位时,每一次冲突的发生都是因为前导车辆的驾驶员突然地犹豫,迫使随后车辆突然刹车以避免前后碰撞。对于这种造成冲突的突然运行有许多原因。首先,冲突类型2的发生是前导车辆驾驶员犹豫的结果,具体表现为在许可相位时,驾驶员开始左转,然后又突然放弃穿越间隙。另一种情况是,在许可绿灯亮启时,驾驶员开始左转,而后又意识到他们没有通行权,主要是因为对许可相位的误解。

最后一种情况是,左转车辆在专用左转车道上实施掉头,而后续车辆误认为前车仍然是准备实施大半径的左转,以原有的方式跟车,其结果将会产生交通冲突。

此类冲突多发生于保护-许可相位存在的情况,如图8所示,此时的左转同向冲突比例较高。

冲突类型3(车道变换):此类冲突的发生是驾驶员试图抢先通过出口道或非机动车随意占道的缘故,与驾驶员对信号显示的误解无多大关系。此类冲突占总冲突的比例在各种情况下基本相当,比值较大。

冲突类型4(机动车-行人-自行车冲突)无论采用何种控制,即使设计了行人通行相位,仍有许多行人和自行车违规穿越街道,造成了很高的冲突比率。如图8所示,此类冲突占总冲突的比例分别是29.34%、31.3%、24.84%和44.83%,多数情况下,比例都很高。

4 结果分析

(1) 左转冲突主要发生于两相位控制,或有保护-许可相位存在的交叉口。统计表明,保护-许可相位的冲突率要高于仅有保护左转相位的冲突率,但低于

仅有许可相位的冲突率。所以在运用图 7 中的专用左转相位和前导-后滞相位，左转保护相位结束后，一般就不提倡继续左转许可相位了。

(2) 左转许可相位的存在几乎是所有冲突的起因，因此在进行相位设计时，尽量减少许可左转相位的使用。

(3) 只有很少的冲突与驾驶员对信号显示的误解有关。但要注意相位转换时，采用何种闪烁方式，一般用黄灯和红灯闪烁。

(4) 在交通冲突研究中，在交通条件相似区域内，可以根据安全效果来提供一种信号显示的等级。如表 2 所示，各种相位下的冲突率可根据表 1 所示的同一相位下的冲突率的均值获得。

表 1 交叉口冲突率比较

交叉口名称	信号相位	冲突数/h	进口交通量/辆	冲突率/%
圆通山路口	两相位控制	43	2754	1.6
新迎路口		45	2882	1.6
英茂花园口		39	1657	2.3
金马坊口		40	2295	1.7
穿心鼓楼	专用左转三相位控制	28	3478	0.8
德胜桥路口		31	3956	0.8
青年路口		29	3865	0.7
新闻中心		27	3000	0.9
冶金局口	前-导后滞	37	3748	1.0
春城路口		42	4043	1.0
云纺路口		35	4100	0.8
北京路口		39	4378	0.9
小花园口	双向左转四相位控制	23	4690	0.5
交三桥路口		19	4725	0.4
邮电大楼		21	4875	0.4
北站路口		24	4256	0.6

(上接第 94 页)

的可变情报板为例，其标准型的 MBean 创建过程如下：
①编写接口 InfoBoardMBean 类，定义可访问属性和服务的方法；②编写包装器 InfoBoard 类，实现属性的 getter/setter 方法和各服务方法。由于硬件设备的驱动程序常用 C 语言编写，所以包装器 MBean 需要通过 Java 平台相关代码接口 JNI (Java Native Interface)，编写 Java 本地方法与设备驱动程序交互，以监控设备运行。

(2) 执行代理

执行代理的核心部件是 MBean server 和代理服务。MBean server 是 MBean 的注册管理器，管理应用只有通过它才能访问 MBean。代理服务则包含一些管理智能，以提高代理的性能和自主性。代理服务本身也是作为 MBean 存在，由 MBean server 所控制。此外，为和本地网络的管理应用进行通信，MBean server 还需要适当的协议适配器或连接器。

4 小结

高速公路监控网络的管理系统大都属于网元管理

(5) 在信号相位的选择中，可以根据冲突率来作为相位实施的依据。例如当采用前导-后滞相位时的冲突率大于表 2 所示的临界值 0.9% 时，首先考虑的是避免在相位控制中实施许可左转相位，如仍然大于临界值，则可采用它的上一安全级相位，即专用左转三相位来实施控制。

表 2 冲突率的排序等级

相位方案	冲突率/%	安全等级
两相位	1.8	4
专用左转三相位	0.8	2
前导-后滞相位	0.9	3
双向左转相位	0.5	1

(6) 多相位控制的安全效果优于传统的两相位控制。

参考文献:

[1] 张苏. 中国交通冲突技术研究 [D]. 西南交通大学研究生博士学位论文, 1997.

[2] Special Report 209 Highway Capacity Manual 3rd Ed. [M]. Washington: Transportation Research Board, National Research Council, 1994.

[3] Traffic Conflict Studies Report Working Paper 5 [R]. National Cooperative Highway Research Program Project Panel Members, 1999.

[4] Traffic Conflict Techniques for Safety and Operations-Observers Manual [R]. Publication No FHWA-IP-88-027, 1989.

[5] Asante S S, S A Ardekani, J C Williams Selection Criteria for Left-Turn Phasing, Induction Sequence and Auxiliary Sign [R]. Report 1256-IF, Civil Engineering Department, University of Texas at Arlington, Arlington, TX, 1993.

系统，其主要目标在于监控设备的管理和维护。本文提出的层次式网管系统以其较强的适应性、平台无关性和可扩展性，很好的解决了高速监控系统设备种类繁多、各监控中心之间不同平台的互操作和监控网络管理系统自身的功能定制及扩展等问题，为用户提供了简便、灵活、安全的管理方式，并为今后建设一个对监控、收费、通信及办公自动化等网络系统进行统一管理的综合网络管理系统奠定了基础。

参考文献:

[1] IETF RFC3414, U Blumenthal View-based Access Control Model (VACM) for the Simple Network Management Protocol (SNMP) [S]. 2002.

[2] ITU-T Rec x 710 Common Management Information Service [S]. 1997.

[3] Sun Microsystems, Inc. Java™ Management Extensions Instrumentation and Agent Specification, V1. 2 [Z]. 2002.

[4] Sun Microsystems, Inc. JMX 1. 2 Reference Implementation [Z]. 2004.