

文章编号: 1005-0523(2002)04-0014-03

利用冲突点的车流特点确定信号控制周期

袁春华¹, 史峰²

(1. 中南大学 铁道校区研究所, 长沙 410075; 2. 中南大学 经济管理学院, 长沙 410075)

摘要: 信号周期是交叉口交通信号配时的一个重要参数. 通过回顾传统的配时方法, 指出了不足. 通过对交叉口冲突点交通运行状况分析, 利用可接受间隙理论, 提出了信号周期的计算方法, 更符合实时变化的特点, 可以作为交叉口交通信号感应式控制的配时基础.

关键词: 可接受间隙; 冲突点; 交叉口; 信号配时

中图分类号: U491.

文献标识码: A

0 引言

现代化的交通控制是解决城市交通安全, 提高道路通行能力的主要措施之一, 交通控制的目的, 就是将不同流向的车流, 在时间上分离. 信号控制关键在于信号配时, 而在信号配时模型中, 最为重要的是信号周期时长的确定.

以往信号配时大多采用英国学者 F. Webster, B. Cobber 提出的方法(简称 F-B 法), F-B 法是在 20 世纪 50 年代提出来的, 以使车辆延误最小而得的周期计算公式为

$$C = \frac{1.5L + 5.0}{1.0 - Y}$$

式中, L 为交叉口损失时间(S), Y 为交叉口流率比. 该周期公式被许多学者和交通工程师沿用几十年. 在这期间, 一些学者对 F-B 法进行一些补充和修正. 其中著名的有澳大利亚 ARRB 方法, 该方法系 Akcelik 提出的, 以使车辆延误时间与停车次数加权之和最小, 其近似最佳周期计算公式为

$$C = \frac{(1.4 + K)L + 6}{1.0 - Y}$$

式中, L 为交叉口损失时间(S), Y 为交叉口流率

比, K 为停车损失参数. 过去的一些方法是从延误时间, 停车次数, 油耗等为性能指标进行优化求周期而忽视车流的实际运行情况. 一方面常常出现有路权的方向已无车通行, 而无路权的方向却有大量车辆因红灯信号未改变而不能通行, 造成交叉口有效利用率过低, 导致路口交叉口交通能力的大量浪费. 另一方面由于车辆到达的随机性, 车辆状况的周期重复性极差, 所以上述方法求得的信号周期具有概率统计的意义, 并不符合本周期真实的交通流的情况, 实时性差.

为此本文从车流通过交叉口冲突点的实际运行情况. 根据交叉口相冲突车流轮流占用冲突点资源观点, 利用可穿越空挡理论来求周期. 为了实时确定周期, 应采用车辆检测器, 检测器应设置在距离停车线较远的地方以便能根据车流速度能及时预测和提供本周期所需数据. 周期是随着交通流情况而变化的, 更符合信号实时变化的特点, 可以作为交叉口交通信号感应式控制配时的基础.

1 基本假设

为了便于说明交叉口冲突点处交通运行情况和求周期时长, 考虑如下最简单的一种情况: 交叉

收稿日期: 2002-05-18

作者简介: 袁春华(1968-), 男, 山东莒南人, 中南大学硕士生.

口是两条主路相交,通过交叉口的冲突车流为两支直行车流,其示意图如图1所示;主路1的车流由同一类型车组成,车流流率为 λ_1 (辆/秒),车头时距服从负指数分布,临界间隙为 t_{c1} .主路2的车流由同类型车组成,车流流率为 λ_2 (辆/秒),车头时距服从负指数分布,临界间隙为 t_{c2} .

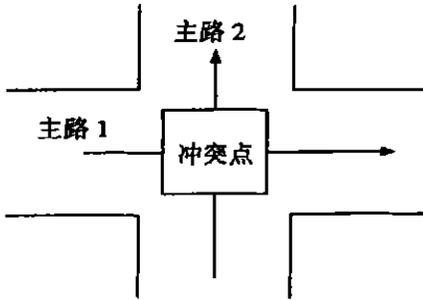
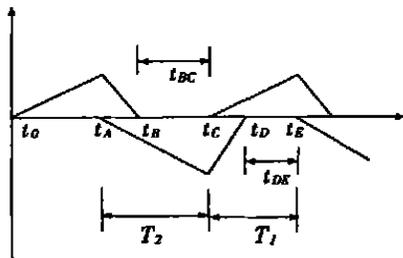


图1 冲突车流示意图



主路2直行车累积

图2 冲突点排队消散过程

2 交叉口冲突点处交通运行情况

在两条主路相交的交叉口,车辆具有同等的通行权,因此对交叉口冲突点的占用也是同等的.交叉口冲突点处有效通行时间是交叉口通行中的关键性资源,该资源是由交通流运行状况所决定.

两直行车流在冲突点处排队与消散过程见图2.时刻 t_A 相当于一个周期的开始,在 t_A 时刻,冲突点处,主路2直行车流出现可穿越间隙,主路1的直行车流通过冲突点,排队开始消散;与此同时,主路2上的车流在冲突点等待,出现排队.到 t_B 时刻,主路1上排队消散完毕,后续车辆继续以 λ_1 到达率通过冲突点,一定时间 t_{BC} 后,主路1上车流中出现可穿越的间隙,主路2上车流陆续通过冲突点,排队开始消散;与此同时主路2上车辆在冲突点前等待,出现排队.到 t_D 时刻,主路2上排队车辆消散完毕,后续车辆以 λ_2 到达率陆续通过冲突点,一定时间 t_{DE} 后,主路2上车流出现可穿越间隙,主路1上车辆通过冲突点……以上过程不断重复,周而复始,构成

了交叉口冲突点车流之间的运行情况.

3 冲突点占有时间计算

冲突点排队的消散过程见图2,根据图2有:

$$\begin{cases} T_1 - \frac{T_2 \lambda_1}{S_1 - \lambda_1} = t_{BC} \\ T_2 - \frac{T_1 \lambda_2}{S_2 - \lambda_2} = t_{DE} \end{cases} \quad (1)$$

式中 T_1 :主路2上车辆占用冲突点时间;
 T_2 :主路1上车辆占用冲突点时间;
 S_1 :主路1上直行车饱和和消散流率;
 S_2 :主路2上直行车饱和和消散流率;
 t_{BC} :处于主路2上第一等待位置的车辆在主路1上排队消散至主路1上出现可穿越空隙所等待时间;
 t_{DE} :处于主路1上第一等待位置的车辆在主路2上排队消散至主路2上出现可穿越空隙所等待时间;

$$则 \quad t_{BC} = \frac{1}{\lambda_1} e^{\lambda_1 t_{c1}} - \frac{1}{\lambda_1} - t_{c1} \quad (2)$$

$$t_{DE} = \frac{1}{\lambda_2} e^{\lambda_2 t_{c2}} - \frac{1}{\lambda_2} - t_{c2} \quad (3)$$

将(2)(3)式代入方程组(1)中得:

$$\begin{cases} T_1 - \frac{T_2 \lambda_1}{S_1 - \lambda_1} = \frac{1}{\lambda_1} e^{\lambda_1 t_{c1}} - \frac{1}{\lambda_1} - t_{c1} \\ T_2 - \frac{T_1 \lambda_2}{S_2 - \lambda_2} = \frac{1}{\lambda_2} e^{\lambda_2 t_{c2}} - \frac{1}{\lambda_2} - t_{c2} \end{cases} \quad (4)$$

解方程组(4)得:

$$\begin{cases} T_1 = \frac{\frac{\lambda_2}{S_2 - \lambda_2} (\frac{1}{\lambda_1} e^{\lambda_1 t_{c1}} - \frac{1}{\lambda_1} - t_{c1}) + (\frac{1}{\lambda_2} e^{\lambda_2 t_{c2}} - \frac{1}{\lambda_2} - t_{c2})}{1 - \frac{\lambda_1 \lambda_2}{(S_1 - \lambda_1)(S_2 - \lambda_2)}} \\ T_2 = \frac{\frac{\lambda_1}{S_1 - \lambda_1} (\frac{1}{\lambda_2} e^{\lambda_2 t_{c2}} - \frac{1}{\lambda_2} - t_{c2}) + (\frac{1}{\lambda_1} e^{\lambda_1 t_{c1}} - \frac{1}{\lambda_1} - t_{c1})}{1 - \frac{\lambda_1 \lambda_2}{(S_1 - \lambda_1)(S_2 - \lambda_2)}} \end{cases} \quad (5)$$

4 信号控制交叉口周期的确定

在交叉口中,停车线与冲突点有一定的距离.设 t_1 表示主路1上排车辆从反应到行驶至冲突点所用时间; t_2 表示主路2上排队车辆从反应到行驶至冲突点所用时间.

$$则 \quad t_1 = \frac{l_1}{v_1} - \frac{v_1}{g \Phi_1} + 2; \quad t_2 = \frac{l_2}{v_2} - \frac{v_2}{g \Phi_2} + 2;$$

式中 l_1 : 主路 1 的停车线至冲突点距离;
 l_2 : 主路 2 的停车线至冲突点距离;
 v_1 : 主路 1 上车流的最大速度;
 v_2 : 主路 2 上车流的最大速度;
 Φ_1 : 主路 1 上车辆的车轮与地面的附着系数;
 Φ_2 : 主路 2 上车辆的车轮与地面的附着系数;
 2: 司机的反应时间;

则交叉口信号控制周期为:

$$T = T_1 + T_2 + t_1 + t_2$$

$$= \frac{S_1(S_2 - \lambda_2) \left(\frac{1}{\lambda_2} e^{\lambda_2 t_{c2}} - \frac{1}{\lambda_2} - t_{c2} \right) + S_2(S_1 - \lambda_1) \left(\frac{1}{\lambda_1} e^{\lambda_1 t_{c1}} - \frac{1}{\lambda_1} - t_{c1} \right)}{(S_1 - \lambda_1)(S_2 - \lambda_2) - \lambda_1 \lambda_2} + \left(\frac{l_1}{v_1} + \frac{l_2}{v_2} \right) - \frac{v_1}{g\Phi_1} + \frac{v_2}{g\Phi_2} + 4 \quad (6)$$

5 结论

1) 以往文献中,多数以停车延误、排队长度、停车次数等为目标函数进行优化来求周期,它主要适应于低饱和度的交叉路口,而在高饱和度的情况下很难解决交叉路口的交通问题;本文基于交叉口冲突

车流的运行情况,根据车辆检策器提供的信息来确定周期,它可以更好的适应交通量的变化,为交通信号感应式配时提供基础.

2) 流量较小时,冲突车流相互之间的通行转换较快,周期亦小,从而使车辆延误较小;车流量较大时,冲突车流相互之间的通行转换较慢,周期较长.符合车流在交叉路口的实际运行情况,满足我们的要求.(在交通的平峰时间,尽可能减少延误和停车次数;在交通高峰时间,着重提高交叉路口的通行能力.)

参考文献:

- [1] 杨锦冬, 杨东援. 城市信号控制交叉口信号周期时长优化模型[J]. 同济大学学报, 2001, 29(7): 789~794.
- [2] 林丽. 无控交叉口冲突点延误分析[J]. 南京林业大学学报, 1999, 23(1): 82~84.
- [3] 索尔特著. 张佐周, 等译. 道路交通分析与设计[M]. 北京: 中国建筑出版社, 1982.
- [4] 周商吾. 交通工程[M]. 上海: 同济大学出版社, 1987.
- [5] 黄海军. 城市交通网络平衡分析——理论与实践[M]. 人民交通出版社, 1994.
- [6] 王大海, 等. 自协调变周期的交通信号集散控制系统[J]. 河北省科学院学报, 1997, (3): 8~13.

Using Traffic Stream Characteristics of Conflict Point to Determine Signal Time of Signalized Intersection

YUAN Chun-hua¹, SHI Feng²

(1. Research Dept.; 2. Economy and Management College, Central South Univ., Changsha 410075, China)

Abstract: Signal time is an important parameter of intersection signal timing. After reviewing traditional signal timing methods, their shortcomings are analyzed. Based on the gap acceptance theory, the formula of calculating signal time is deduced by using running modes of the stream at the conflict point. Compared with other signal time models, it is more efficient in real time control.

Key words: gap acceptance; conflict point; intersection; signal-planning