

# 无控制交叉口车辆延误影响因素分析

冯树民, 孙祥龙

(哈尔滨工业大学 交通科学与工程学院, 哈尔滨 150090, zlyfsm2000@sina.com)

**摘要:** 研究无控制交叉口车辆延误对于改善交叉口的交通秩序及提供有效的管理有重要意义. 论文分析了无控制交叉口延误产生的过程, 设计了延误的调查方案, 通过对哈尔滨市典型无控制交叉口的调查, 对交通条件中的交通量、冲突流量、流量分布、流向构成、车型比例 5 种因素与延误的关系进行了研究, 通过实测数据散点图的变化分析了各种因素对延误的影响. 论文研究可以加强对无控制交叉口车辆延误的分析与判断, 并为无控制交叉口车辆延误的计算提供理论依据.

**关键词:** 无控制交叉口; 车辆延误; 影响因素; 延误调查; 交通条件

**中图分类号:** TU984      **文献标志码:** A      **文章编号:** 0367-6234(2010)08-1301-05

## Influence factors on delay in unsignalized intersection

FENG Shu-min, SUN Xiang-long

(School of Transportation Science and Engineering, Harbin Institute of Technology, Harbin 150090, China, zlyfsm2000@sina.com)

**Abstract:** Research on delay in unsignalized intersection can improve the level of traffic regulations and management of intersections effectively. This article presents the process how delay happens in an unsignalized intersection and gives the investigation plan. Combined with survey results in Harbin, the relationship among traffic flow, traffic conflict, flow distribution, flow structure and the proportion of vehicles is studied. Then, the factors on the delay can be found through the change in scatter diagrams of investigation data. This research can provide the planners with an efficient analysis on the delay and provides a theoretical foundation for the calculation of delay in unsignalized intersection.

**Key words:** unsignalized intersection; delay; influence factors; delays in the investigation; traffic conditions

无控制交叉口是指具有同等通行权的两条相交道路, 因其交通流量较小, 在交叉口上不采取任何管理手段的交叉口. 无控制交叉口是交通流冲突矛盾最集中的交叉口类型, 同时也是延误主要的产生地. 以往对无控制交叉口的研究主要集中在交叉口驾驶行为<sup>[1]</sup>、交通冲突行为<sup>[2-3]</sup>、通行能力与延误计算<sup>[4-7]</sup>、信号灯设置标准<sup>[8]</sup>等方面. 无控制交叉口作为路网的节点, 虽然在形式上简单, 但车辆延误的描述却十分复杂<sup>[9]</sup>, 目前对无控制交叉口延误的研究大都是利用模拟和数学模型的方法<sup>[10-11]</sup>, 很少通过实测数据进行分析, 不能很好地反映交叉口的真实情况. 本文利用实测数据

分析了无控制交叉口延误随各种影响因素的变化规律, 为准确地描述车辆在交叉口的运行状态和精确推导延误模型提供依据.

### 1 无控制交叉口延误产生过程

车辆到达无控制交叉口时, 驾驶员将在距冲突点一定距离时作出决策, 或减速让路, 或直接通过. 当可能发生冲突的两车到达交叉口时, 一般都减速和互相观望, 根据礼貌和习惯等, 总有一车先通过交叉口, 一般习惯是先到车辆先通过, 后到达车辆减速等待, 然后安全通过, 此时, 等待通过的车辆就产生一定的延误.

车辆在路段上的行驶速度  $v$ , 当车辆在无控制交叉口前一定距离时, 由于受到交叉口本身或前面车辆的影响, 车速有一个变化, 把这一变化时

收稿日期: 2009-10-22.

基金项目: 黑龙江省自然科学基金资助项目(E200714).

作者简介: 冯树民(1973—), 男, 博士, 副教授.

刻记为交叉口延误的起始时刻,记为  $t_1$ ;若交叉口前没有冲突车流,车辆会在车速降到 0 之前又加速至原正常车速  $v$ ,此时刻记为  $t_2$ ,在  $t_2 - t_1$  时间内行驶的距离为  $L_1$ ;若发现冲突车流,车辆要停车等待,当冲突车流中出现的间隙大于临界间隙时,停车等待的车流起动加速通过冲突区,并在  $t_3$  时刻达到了原正常速度  $v$ ,在  $t_3 - t_1$  时间内行驶的距离为  $L_2$ ,上述过程见图 1.

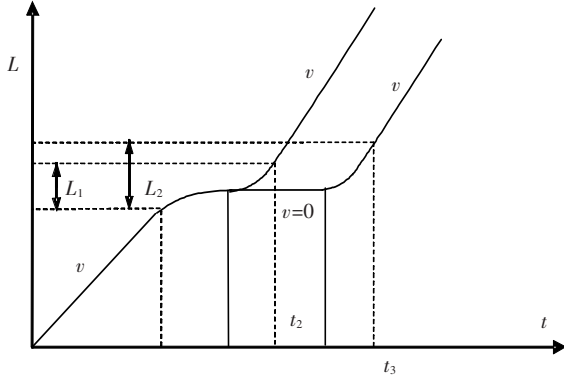


图1 延误产生过程图

延误可由下式计算:

$$d = t_2 - t_1 - \frac{L_1}{v} \text{ 或 } d = t_3 - t_1 - \frac{L_2}{v}. \quad (1)$$

## 2 延误调查方案设计

根据延误产生的过程设计了延误的调查方案,首先对交叉口做一定的标记,从交叉口停车线分别向各个进口方向量取一定的距离,以 1 m 为一间隔,并做明显标记,以便能准确地确定出入口断面的位置.交叉口进口断面可由车速明显变化时刻车辆的位置确定,需要记录进口车速明显变化时刻  $t_0$ ,此时刻车辆距离停车线的距离  $L_0$ ,经

过出口断面的时刻  $t_1$ ,交叉口出口断面距离进口停车线的距离  $L_1$ ,见图 2.

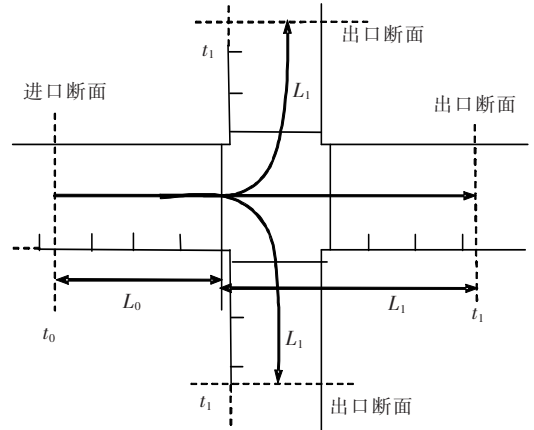


图2 无控制交叉口延误调查原理图

延误由下式计算:

$$d = (t_1 - t_0) - \left( \frac{L_0 + L_1}{v} \right). \quad (2)$$

依据以上调查方案于 2009 年 1 月 13 日对哈尔滨市十字街与宣威街十字型无控制交叉口进行了视频观察,观测时间为 10:00—17:00,采用视频观测可以通过回放方式进行重新观测以保证数据的准确性.观测的主要数据是车辆的类型、交通量和经过观察点的速度等.

## 3 延误影响因素分析

### 3.1 交通量对延误的影响

车辆通过交叉口会产生延误,随着流量的增加,车辆在交叉口前等待的时间会发生变化,且由于车辆增多,车速下降,延误增加.表 1 为 10:00—17:00 在十字街与宣威街十字交叉口测得的以 15 min 为间隔的 28 对流量与平均延误数据.

表 1 交叉口总流量与平均延误实测数据

调查时间	10:00	+15	+30	+45	11:00	+15	+30	+45	12:00	+15
流量/(veh · h <sup>-1</sup> )	322	308	326	323	296	334	320	311	364	315
平均延误/s	17.7	16.9	16.8	15.9	15.1	16.6	17.3	16.6	17.9	16.2
调查时间	+30	+45	13:00	+15	+30	+45	14:00	+15	+30	+45
流量/(veh · h <sup>-1</sup> )	336	337	321	297	329	306	305	289	299	311
平均延误/s	15.7	15.3	15.5	15.3	16.3	15.9	15.6	15.9	16.3	16.3
调查时间	15:00	+15	+30	+45	16:00	+15	+30	+45		
流量/(veh · h <sup>-1</sup> )	308	359	381	381	393	443	447	558		
平均延误/s	16.4	18.2	19.4	19.9	20.6	22.5	24.3	26.6		

从散点的变化可以看出,当流量较小时,延误在固定值上下波动,但当流量接近某个值时,延误急剧增加,并随着流量的增加而无限增加.无控制交叉口的流量和延误是很小的,即使流量增加,延

误增加也有限,流量增大到一定值时,管制方式就应调整,以减少延误.

### 3.2 冲突流量对延误的影响

在无控制交叉口,各个进口的车辆要寻找冲

突车流的间隙穿越交叉口,随着冲突流量的变化,其提供可穿越间隙的机会也会不同,导致了穿越车辆等待时间的变化,同时也会影响穿越的可接受间隙.表 2 列出了 28 对南北向流量与东西平均

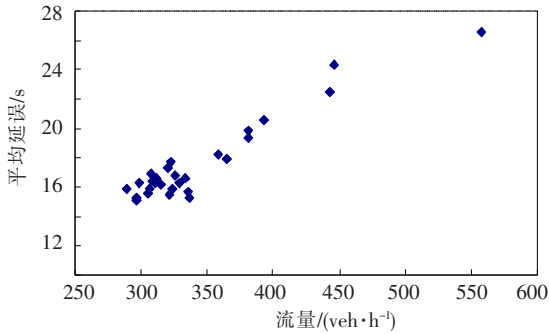


图 3 交叉口流量与平均延误散点图

表 2 南北流量与东西平均延误实测数据表

调查时间	10:00	+15	+30	+45	11:00	+15	+30	+45	12:00	+15
南北流量/(veh·h <sup>-1</sup> )	220	207	220	227	200	226	217	211	251	215
东西平均延误/s	10.1	9.5	9.3	8.6	8.3	9.1	9.2	9.0	9.3	8.4
调查时间	+30	+45	13:00	+15	+30	+45	14:00	+15	+30	+45
南北流量/(veh·h <sup>-1</sup> )	233	227	224	203	230	210	206	201	205	210
东西平均延误/s	8.1	7.4	8.2	8.0	8.7	8.7	8.2	8.2	8.5	8.3
调查时间	15:00	+15	+30	+45	16:00	+15	+30	+45		
南北流量/(veh·h <sup>-1</sup> )	211	260	281	268	274	319	324	422		
东西平均延误/s	8.0	8.7	9.2	9.4	9.7	10.1	10.1	10.2		

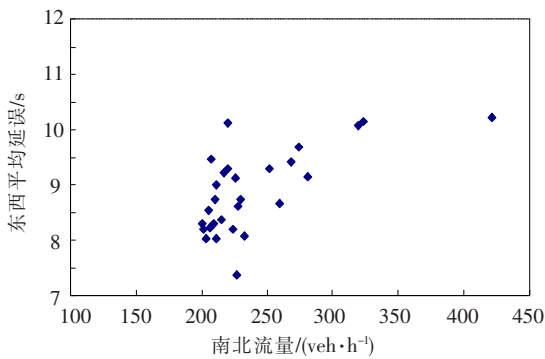


图 4 南北流量与东西延误散点图

延误数据.

南北流量较小时,车流随机到达,没有形成车队,可以提供很多的可穿越间隙,东西向到达的车辆无需太多等待直接通过交叉口,延误大多是加减速延误,延误均值是比较稳定的.当南北流量增大到一定值时,车辆开始排队通过交叉口,车辆之间的间隙减小,东西向车辆要等待适当的可穿越间隙驶过冲突区,这样导致车辆延误增加.

另外,从散点的变化趋势来看,随着南北车流量的增加东西平均延误有变缓的趋势,说明南北车流量的变化对于东西车辆平均延误的影响逐渐减小,当南北向车流量达到一定数值时,此时东西向延误趋于平稳.

### 3.3 流量方向分布对延误的影响

对于无控制交叉口,两条相交道路的流量是不相等的,令南北向流量(流量较大的方向)占交叉口总流量的比例为流量的方向不平衡系数<sup>[12]</sup>,表 3 列出了 28 对方向不平衡系数与交叉口平均延误的数据,通过图 4 中散点的变化来说明方向不平衡系数的变化对延误的影响.

由图 5 知,方向不平衡系数在 0.672 ~ 0.703 时,平均延误为 15.1 ~ 18.0 s,说明交叉口的平均延误对这个范围内的方向不平衡系数的变化不敏

表 3 方向不平衡系数与平均延误数据表

调查时间	10:00	+15	+30	+45	11:00	+15	+30	+45	12:00	+15
不平衡系数	0.684	0.672	0.675	0.703	0.676	0.676	0.678	0.679	0.690	0.683
平均延误/s	17.7	16.9	16.8	15.9	15.1	16.6	17.3	16.6	17.9	16.2
调查时间	+30	+45	13:00	+15	+30	+45	14:00	+15	+30	+45
不平衡系数	0.693	0.674	0.698	0.684	0.699	0.687	0.676	0.696	0.686	0.675
平均延误/s	15.7	15.3	15.5	15.3	16.3	15.9	15.6	15.9	16.3	16.3
调查时间	15:00	+15	+30	+45	16:00	+15	+30	+45		
不平衡系数	0.685	0.724	0.738	0.703	0.697	0.720	0.725	0.756		
平均延误/s	16.4	18.2	19.4	19.9	20.6	22.5	24.3	26.6		

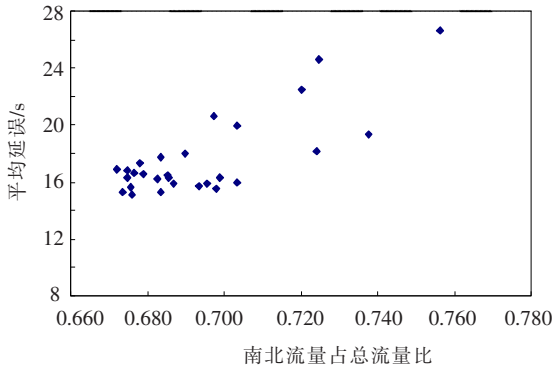


图5 流量方向分布与延误散点图

表4 主路左、右转流量比与主路平均延误实测数据表

右转比例/%	11.0	11.1	11.6	12.3	11.0	10.0	10.5	11.7	9.6	10.3	10.6	10.3	11.7	10.7
左转比例/%	4.5	4.9	4.2	3.6	3.9	3.1	4.1	2.4	3.1	3.8	4.8	4.4	3.6	4.4
平均延误/s	7.6	7.4	7.5	7.4	6.8	7.5	8.1	7.6	8.7	7.8	7.6	7.9	7.3	7.3
右转比例/%	12.3	10.3	11.0	10.5	10.2	9.8	9.3	9.4	9.1	9.0	8.9	11.0	8.7	8.3
左转比例/%	4.4	3.8	3.9	4.6	4.4	5.2	4.2	4.5	4.9	5.2	5.1	5.4	5.8	4.4
平均延误/s	7.6	7.2	7.4	7.7	7.7	8.0	8.4	9.5	10.2	10.5	10.9	12.4	14.5	16.4

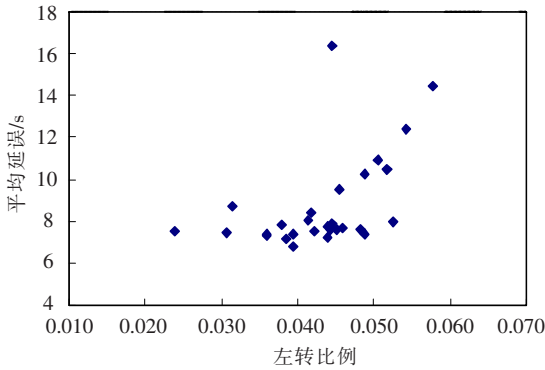


图6 左转比例与平均延误的拟合曲线

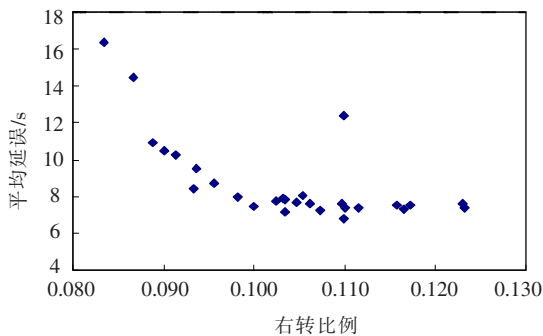


图7 右转比例与平均延误的拟合曲线

感;但随着南北流量占总流量比的增加,平均延误也逐渐增加,因为随着流量的增加,车流密度增大,车辆之间的干扰也增大,延误增加,同时车辆寻找可穿越的间隙将更加困难,等待穿越的时间更长,导致了交叉口总延误上升。

### 3.4 流向构成对延误的影响

无控制交叉口转向车辆也会由于与对向车流的冲突或其他因素对延误产生影响,表4、图5、图6列出了实测数据以及相关的散点图。

从图可知随着左转弯车辆比例的增加延误也随之增加.当右转弯比例较小时,平均延误较大,这是由于直行车辆与右转车辆共用车道,直行车在等待穿越对向间隙时阻碍了右转车辆通行,导致了完成转弯、交织的时间很长.当右转比例增大时,平均延误随之减小,此时右转车辆不需要更多等待可穿越间隙(直行车少了)的出现,只是经历了减加速和交织合流的过程。

### 3.5 车种构成对延误的影响

各种车型的临界间隙和随车时距的差异以及不同车型的体积和速度都会对延误产生影响,表5列出了大型车比例与平均延误的实测数据。

从图8中的散点可以看出延误随着大型车比例的变化趋势,由于大型车动力性能的差异,随着大车比例的增加,车辆通过交叉口的速度明显下降;当大型车排队等待时,冲突车流必须提供更大的间隙才能保证车辆穿越交叉口.随着大车比例的增加,车辆穿越间隙的机会越来越小,从而等待车辆数量增加,延误上升。

表5 大型车比例与平均延误数据表

调查时间	10:00	+15	+30	+45	11:00	+15	+30	+45	12:00	+15
大车比例	0.07	0.06	0.06	0.07	0.06	0.07	0.07	0.06	0.08	0.06
平均延误/s	10.1	9.5	9.3	8.6	8.3	9.1	9.2	9.0	9.3	8.4
调查时间	+30	+45	13:00	+15	+30	+45	14:00	+15	+30	+45
大车比例	0.07	0.07	0.07	0.06	0.07	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
平均延误/s	8.1	7.4	8.2	8.0	8.7	8.7	8.2	8.2	8.5	8.3
调查时间	15:00	+15	+30	+45	16:00	+15	+30	+45		
大车比例	0.06	0.08	0.09	0.08	0.08	0.09	0.10	0.13		
平均延误/s	8.0	8.7	9.2	9.4	9.7	10.1	10.1	10.2		

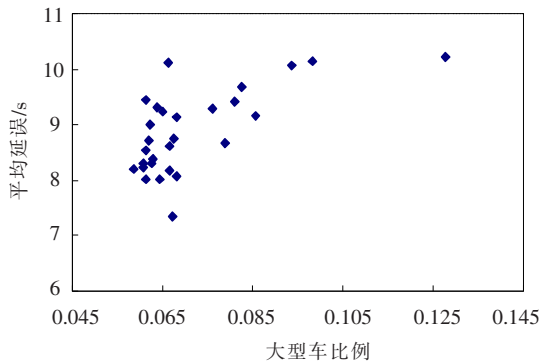


图8 大型车比例与平均延误散点图

## 4 结 论

1) 分析了无控制交叉口延误产生的过程, 设计了延误的调查方案.

2) 交通量较小时, 延误均值稳定, 交通量超过一定值时, 车辆通过交叉口不得不排队通过, 延误随着交通量增加而迅速增大.

3) 随着冲突流量增加, 平均延误增加, 但对平均延误的影响呈减小趋势, 当冲突流量达到一定数值时, 平均延误趋于平稳.

4) 交叉口的各路车流对延误有着不同影响, 随着方向不平衡系数增加, 交叉口平均延误也随之增加.

5) 不同的转向比例对延误的影响也不同, 左转弯比例增大时进口平均的延误增加, 当右转比例增大时, 平均延误随之减小.

6) 由于可接受间隙以及速度的差异, 随着大型车比例的增加, 延误随之增加.

## 参考文献:

[1] 葛兴, 项乔君, 陆健. 基于冲突的公路平面交叉口驾驶

行为研究[J]. 交通运输工程与信息学报, 2009(3): 39-43.

[2] 朱洪涛. 交通冲突伤害在无控制交叉口安全性评价中的应用[J]. 西华大学学报: 自然科学版, 2009, 28(1): 100-102.

[3] 林丽. 无信号交叉口冲突点延误分析[J]. 南京林业大学学报, 1999, 23(1): 82-83.

[4] 李海远, 邓卫. 基于冲突技术法的无控制交叉口通行能力[J]. 东南大学学报: 自然科学版, 2007, 37(6): 1081-1086.

[5] CHODUR J. Capacity models and parameters for unsignalized urban intersections in Poland[J]. Journal of Transportation Engineering, 2005, 131(12): 924-930.

[6] LUTINEN R T. Movement capacity at two-way stop-controlled intersection[J]. Transportation Research Record, 2004, 1883: 198-202.

[7] 王炜. 无信号交叉口通行能力及延误的车队分析法[J]. 重庆交通学院学报, 1995(1): 36-44.

[8] 杨晓光, 蒲文静, 龙亮. 基于交通冲突分析的交叉口机动车信号灯设置[J]. 同济大学学报: 自然科学版, 2005, 33(12): 1596-1599.

[9] 高晗. 城市道路无控制控制交叉口行车延误的分析[J]. 辽宁省交通高等专科学校学报, 2003, 5(4): 1-2.

[10] 于志青. 无信号交叉口分析[J]. 平顶山学院学报, 2005, 20(2): 41-42.

[11] 沈家军, 王炜, 陈峻. 基于支路多车型车流的无控制交叉口等待延误模型研究[J]. 土木工程学报, 2007, 40(4): 86-89.

[12] 王昊, 王炜, 陈峻. 非信号控制交叉口通行能力及延误特性[J]. 华中科技大学学报: 自然科学版, 2007, 35(1): 114-117.

(编辑 赵丽莹)