

文章编号:1671-8879(2012)04-0070-06

# 交叉口绿灯信号倒计时等因素对车速的影响

朱 彤<sup>1</sup>, 谢 培<sup>1</sup>, 郭春琳<sup>1</sup>, 王 岩<sup>2</sup>

(1. 长安大学 汽车运输安全保障技术交通行业重点实验室, 陕西 西安 710064;

2. 湖南警察学院 交通管理系, 湖南 长沙 410006)

**摘 要:**针对绿灯信号倒计时与其他道路交通因素对交通运行的综合作用问题,选择 6 处道路交叉口为调查地点,使用雷达测速设备采集进口道自由流车速及车辆通过的时间点,同时标记超速数据。运用描述统计及假设检验、方差分析、列联表等推断统计方法分析速度均值、离散度、超速率等数据与绿灯信号倒计时等因素之间的关系。结果发现:是否安装交通违法检测设备对车速均值具有显著影响,而绿灯信号倒计时则没有显著影响;在绿灯信号倒计时且无交通违法检测设备的情况下,车辆速度均值会更高;绿灯倒计时会对超速比例产生影响。研究结果表明,单独使用绿灯信号倒计时会对交通安全产生不利影响,应同时安装交通违法检测设备,会使车速与超速率得到有效控制。

**关键词:**交通工程;交通安全;绿灯信号倒计时;道路交叉口;车速;驾驶人行为

中图分类号:U491

文献标志码:A

## Effects of green signal countdown and other factors on vehicle speed at intersection

ZHU Tong<sup>1</sup>, XIE Pei<sup>1</sup>, GUO Chun-lin<sup>1</sup>, WANG Yan<sup>2</sup>

(1. Key Laboratory for Automotive Transportation Safety Enhancement Technology of the Ministry of Transportation, Xi'an 710064, Shaanxi, China; 2. Department of Traffic Management, Hunan Public Security College, Changsha 410006, Hunan, China)

**Abstract:** According to the synergic effects of green signal countdown and other factors on traffic situation, six road intersections were chosen for investigation, and radar measuring device was employed to collect speed data with time points and over speed data at intersection approaching. Descriptive statistics, hypothesis testing, analysis of variance and contingency table methods were applied to analyze the relationship between mean speeds, dispersion, over-speeding rate and green signal countdown device. The results show that not the green signal countdown device but the installation of traffic contravention detection has a significant impact on the mean speed. The drivers prefer to higher speed in the condition that has green signal countdown device and no traffic contravention detection. The green signal countdown device will affect the rate of vehicles with over speed greatly. These results indicate that only using green signal countdown device have adversely affect on traffic safety, but mean speed and over speed rate can be held in the case of both green signal countdown device and traffic contravention detection are used at the same time. 8 tabs, 4 figs, 15 refs.

收稿日期:2011-10-20

基金项目:国家自然科学基金青年科学基金项目(51108036);中央高校基本科研业务费专项资金项目(CHD2010JC085)

作者简介:朱 彤(1977-),男,浙江诸暨人,讲师,工学博士,E-mail:zhutong@chd.edu.cn.

**Key words:** traffic engineering; traffic safety; green signal countdown; road intersection; vehicle speed; driver behavior

0 引 言

近年来,交通信号倒计时在国内外许多城市得以应用<sup>[1]</sup>。倒计时发布交通信号剩余时间,在一定程度上缓解了红灯等待时的焦急心态,受到驾驶人的普遍欢迎<sup>[1-2]</sup>,但是,调查结果显示,驾驶人在绿灯倒计时尾减速停车的概率几乎为 0,造成了巨大的安全隐患<sup>[2]</sup>。效益与隐患孰重孰轻,尚未获得一致认可。同时,在工程应用中缺乏标准、规范,中国道路交通安全法及其实施条例中没有对倒计时做出规定,相关规范也没有相应要求<sup>[3-4]</sup>。公安部行业标准仅对倒计时显示器的命名、电器性能等进行了规范,但没有涉及具体设置与使用方法<sup>[5]</sup>。因此,倒计时对交通运行状态的影响值得探究,其研究结果可为工程应用提供指导。

不同交通信号时段内,交通信号倒计时可能对驾驶人产生不同的影响与后果。红灯信号倒计时(Red Signal Count Down,RSCD)与绿灯信号倒计时(Green Signal Count Down,GSCD)造成的影响不同,此处加以区分。绿灯时期起始段,红灯倒计时可使驾驶人提前启动车辆减少启动损失时间,提高启动速度;绿灯时期末段,却可能造成车速与超速比例的提高,甚至可能造成闯红灯比例的提高。国内外学者针对这些问题展开了诸多实证研究。

在交通参与者对信号倒计时的主观意愿方面,Limanond 等通过问卷调查发现,大多数驾驶人支持安装信号倒计时,并认为倒计时能够缓解焦急的等待心理,这与张杰、马天宇、钱红波等在中国的调查结果一致<sup>[6-9]</sup>;Ibrahim 等对比了 3 组有倒计时和无倒计时交叉口,研究显示,倒计时设备降低了前 6 辆车的车头间距<sup>[10]</sup>;Limanond 等通过对曼谷交叉口的调查,发现倒计时在绿灯初期降低启动延误<sup>[11]</sup>;Chiou 等研究表明,倒计时降低了启动延误(Start-up Delay),降低高峰时段车头时距,从而提高运行效率<sup>[12]</sup>。上述问题得到了学者共识,也与观测者的直观体验基本一致。

在绿灯信号倒计时对交通运行的影响方面,Chiou 等研究显示,绿灯倒计时可降低平均速度<sup>[12]</sup>;马天宇研究表明,在有倒计时交叉口处车速有所增加<sup>[8]</sup>;Lum 等研究均认为,绿灯倒计时有助于安全<sup>[13]</sup>;但台湾交通研究所(Institute of Trans-

portation)Chen 等在 2003~2006 年,对 187 个交叉口分别进行了前后对比研究(Before-After Research),报告称绿灯倒计时使致死、致伤事故数增加了 100%<sup>[12]</sup>。钱红波等研究显示,驾驶人在机动车绿灯倒计时末期会减速停车的概率仅为 7%<sup>[9]</sup>。上述研究结论存在一定差异。

造成上述结论差异的原因值得进一步研究。信号倒计时可视为向驾驶人发布交通信号结束时间,该信息为驾驶人提供了更多选择,实际作用效果则取决于驾驶人做出的判断与选择。研究地点设施、设备条件等多种因素都可能对驾驶人产生作用,这些因素与绿灯信号倒计时共同的作用在以往研究中较少提及。为此,本文选择 6 处道路交叉口采集自由流车速数据,通过对比分析,研究绿灯信号倒计时等因素对车速以及超速比例的影响,并根据研究结果探讨了绿灯信号倒计时的工程应用方法。

1 数据采集

选择道路设施条件与交通状况相异的城市主、次干道交叉口进口道,进行对比分析与观测研究(With-without Method),观测地点的道路交通状况与设施条件见表 1,6 处检测地点分别标为 A~F。主要考虑的影响因素包括:是否设置绿灯信号倒计时(简称 GSCD,即 Green Signal Countdown Device),是否安装交通违法检测设备,车道数等,其他因素较为接近。检查上述地点是否符合正交试验原则,其中 4 处地点即满足正交试验基本要求,见下页表 2。

表 1 各地点设施条件  
Tab. 1 Facility condition in each intersection

地点	交通违法检测	绿灯信号倒计时	限速值/(km·h <sup>-1</sup> )	单侧车道数/条	黄灯时间/s	两侧护栏
A	无	无	50	2	3	有
B	无	有	50	2	3	有
C	无	无	50	3	3	有
D	无	有	50	3	3	有
E	有	无	50	2	3	有
F	有	有	50	3	3	有

由于处于跟车状态的车辆速度受到前方车速的影响,不能表征绿灯倒计时的影响,此处仅采集明显处于非跟驰状态的车辆速度。选择非高峰时段采集数据,测速设备使用 101911CN 型 BUSHNELL 雷达

表 2  $L_4(2^3)$ 正交试验  
Tab. 2  $L_4(2^3)$ orthogonal experimental

试验序号	因素 1		因素 2		因素 3		对应地点
	因素水平	含义	因素水平	含义	因素水平	含义	
1	水平 1	有交通违法检测	水平 1	有绿灯信号倒计时	水平 1	3 车道	F
2	水平 1	有交通违法检测	水平 2	无绿灯信号倒计时	水平 2	2 车道	E
3	水平 2	无交通违法检测	水平 1	有绿灯信号倒计时	水平 2	2 车道	B
4	水平 2	无交通违法检测	水平 2	无绿灯信号倒计时	水平 1	3 车道	C

达枪,在交叉口进口道停车线处检测地点车速,设备测速精度为±1.6 km/h。同时,根据观测记录超速车辆数。

样本量根据中心极限定理确定。当总体服从正态分布,各地点应取与实取样本见表 3,所有调查地点样本量均取 150。这样选择样本量,均值偏差可保持在1 km/h以内<sup>[14]</sup>。

表 3 各地点样本选取

Tab. 3 Sample selection in each site

研究地点	A	B	C	D	E	F
样本方差	33.97	39.21	47.20	55.49	22.94	35.22
应取样本数(均值偏差 2 km/h)	45.68	52.74	63.47	74.62	30.85	47.37
应取样本数(均值偏差 1 km/h)	91.37	105.48	126.94	149.25	61.69	94.73
实取有效样本量	150	150	150	150	150	150

2 描述性统计分析

各地点速度样本数据描述性统计见表 4。其中,数据保留两位小数。各研究地点车速数据箱线如图 1 所示。从图 1 可以发现,设施条件相近的地点相比,有倒计时地点比无倒计时车速均值更高,如 B 点车速均值高于 A,D 高于 C,F 高于 E。同样,车速方差也具有同样的规律。这表明设置倒计时会增加地点平均速度,使速度数据更为离散,而离散度的增大,通常意味着运行风险的提高。但从数据中可以发现,上述趋势并不明显,还需要通过统计推断取得更为准确的结论。

表 4 各地点自由流车速描述性统计指标

Tabl. 4 Free flow speed descriptive statistics in each site

统计指标	A	B	C	D	E	F
均值/(km·h <sup>-1</sup> )	28.67	35.00	41.68	43.21	25.13	29.20
极大值/(km·h <sup>-1</sup> )	42.00	49.00	55.00	60.00	37.00	41.00
极小值/(km·h <sup>-1</sup> )	21.00	26.00	30.00	27.00	18.00	19.00
标准差/(km·h <sup>-1</sup> )	5.83	6.26	6.87	7.45	4.78	5.93

根据变量累积比例与正态分布累积比例关系绘制 P-P 图,如图 2 所示。通过 P-P 图可以检验数据

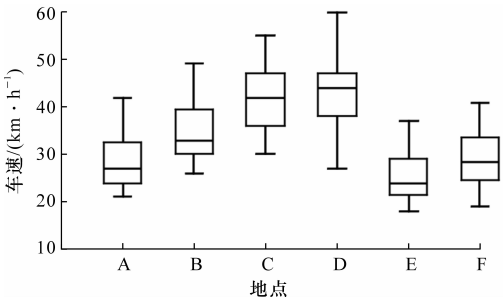


图 1 各地点断面自由流车速数据箱线

Fig. 1 Box plot of free flow speed data in each site

是否符合指定的分布。当数据符合指定分布时,P-P 图中各点近似呈一条直线<sup>[14]</sup>。图 2 表明,地点 A 速度抽样数据近似服从正态分布。对数据进行正态性检验,判断车辆速度值的分布状况。根据 W (Shapiro-Wilk) 检验,结果表明 P 值均超过 0.05,说明服从正态分布,检验数据见表 5。其他地点采集的数据也支持该结论,可使用正态分布数据处理方法,这与相关文献结论一致<sup>[15]</sup>。

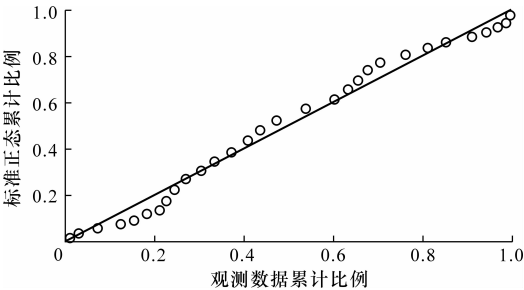


图 2 地点 A 车速 P-P 图

Fig. 2 P-P plot of speed data in site A

表 5 各地点车速数据正态检验

Tab. 5 Normal test of vehicle speed data in each site

地点序号	Shapiro-Wilk 检验	
	P 值	是否正态分布
A	0.11	是
B	0.12	是
C	0.22	是
D	0.80	是
E	0.41	是
F	0.92	是

3 单因素影响统计分析

分别考虑绿灯信号倒计时、交通违法检测设备、车道数量对地点自由流车速的影响,各因素下车速数据箱线图如图 3(a)、(b)、(c)所示。根据箱线图 3(a)可以发现,绿灯倒计时对车速均值的影响非常小,但是对车速离散程度具有影响,最高车速接近 60 km/h。然而,3/4 分位数与 1/4 分位数之间的差距却减小了。综合上述两种状况,说明绿灯信号倒计时会使一部分车辆减速,而一部分车辆选择提速。

同时,交通违法检测系统对于车速也具有非常明显的影响作用,如图 3(b)所示。在具有检测系统的地点,最高车速非常低,仅为 40 km/h,无超速行驶车辆,而且离散程度较小。车道数对车速的影响同样明显,3 车道最高运行车速远超过 2 车道车速,离散程度差异也较大,如图 3(c)所示。图 3(d)显示的是不同到达时间下车速值,横坐标为到达相对时间(s),当绿灯结束到达则为 0 s,纵坐标为车速(km/h)。从图 3(d)中可看出,到达时间对车速的影响并不明显,不具有明显关系。图 3 箱线图图中的数字 15、25、31 为异常点的数据序号。

采用独立样本  $t$  检验定量判断绿灯车道数、交通违法检测设备、车道数对于自由流车速的影响。由于 Levene 检验表明方差不相等,因此采用方差不等的  $t$  检验方法,结果见表 6。检验结果与直接观测箱线图基本一致,2 车道与 3 车道自由流车速具有显著差异,无交通违法检测和有交通违法检测设备条件下,车速也具有显著差异,绿灯倒计时是否安装对自由流车速并没有显著的影响。据此可以认为,是否安装绿灯倒计时对车速均值没有明显作用。

表 6 单因素影响下均值差异  $t$  检验结果

Tab. 6 The  $t$  test results of single factor effecting

分组变量		$t$ 检验值 ( $\alpha=0.05$ )	结论
2 车道	3 车道	0.00	均值差异显著
无交通违法检测	有交通违法检测	0.00	均值差异显著
有绿灯倒计时	无绿灯倒计时	0.27	均值差异不显著

4 多因素影响统计分析

研究多因素对交通安全的作用,主要以车辆速度均值、离散程度变化与超速比例等指标反映交通安全水平。下页表 7 中显示了各类条件下车速均值数据。其中,将最后绿灯结束前 10 s 通过停车线的车速数据单独作为一列,以观察信号灯剩余时间对

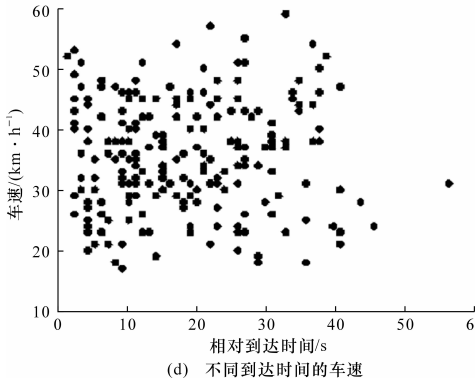
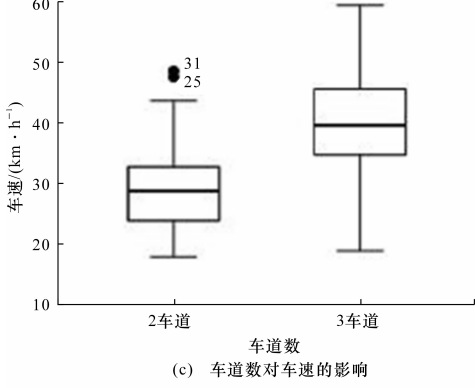
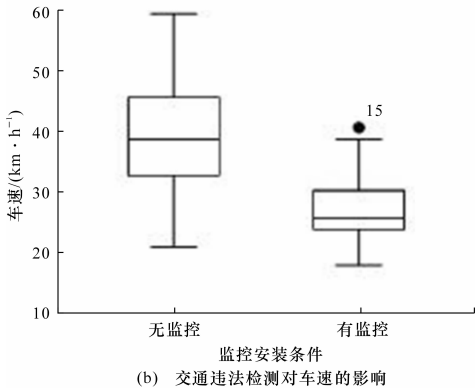
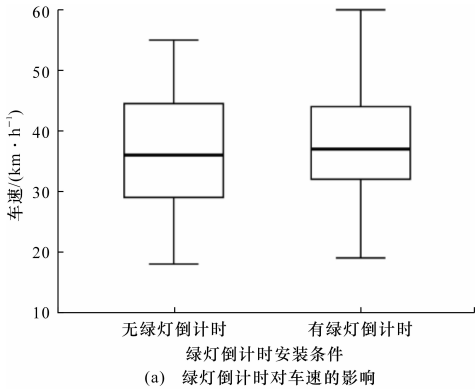


图 3 单因素对自由流车速的影响

Fig. 3 Effects of single factor on free flow speed vehicle speed.

最后 10 s 车速数据与全部车速数据相比,存在一定差异,如表 7 与下页图 4 所示。无监控且安装

绿灯信号倒计时(GSCD)的路口车速均值最高,这一点在最后 10 s 表现的更为明显。其他因素组合形式速度,最后 10 s 速度改变则并不明显。这说明上述因素相互作用下,会使平均地点车速更快。

表 7 不同到达时间下车速数据

Tab. 7 Vehicle speed data in different time periods			
监控	绿灯信号倒计时	全部车速样本均值/(km·h <sup>-1</sup> )	最后 10 s 车速样本均值数据/(km·h <sup>-1</sup> )
无	无	38.70	39.48
无	有	40.23	43.71
有	无	25.13	25.54
有	有	29.20	26.64

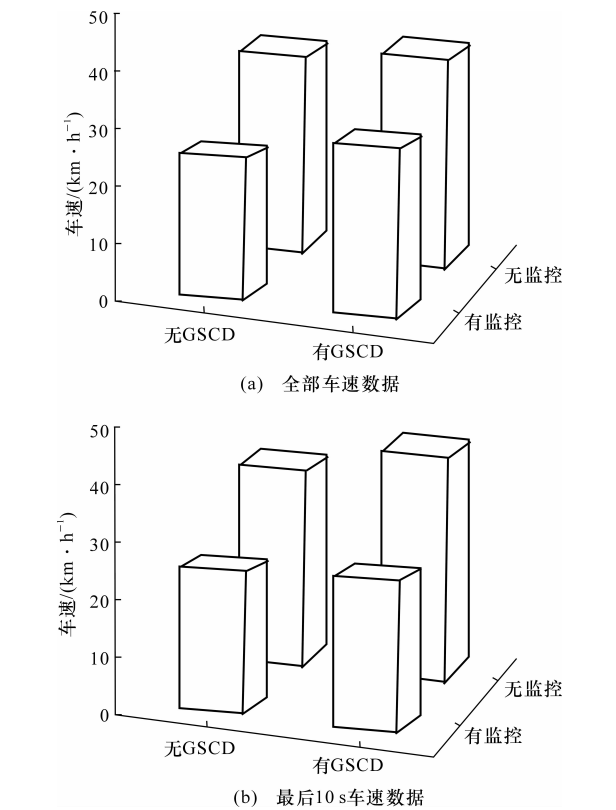


图 4 不同到达时间下车速均值  
Fig. 4 Mean value of vehicle speed at different arrival time

在测量的速度样本中,包含一部分超速数据。通过列联表统计分析各类情况下超速比例的差异性,见表 8。安装与不安装绿灯信号倒计时相比,最后 10 s 内通过停车线超速率产生显著差异,安装绿灯信号倒计时路口超速率明显大于不安装的路口。对于无监控路口,超速率始终较大,有监控路口超速比例则接近于 0,显然具有显著差异。

比较绿灯结束前 10 s 内车速数据与 10 s 之前车速数据差异性,结果表明,在绿灯结束前 10 s,有

倒计时路口超速率会增加,但并不具有统计显著性。

表 8 不同到达时间下超速比例

Tab. 8 Rate of vehicles with over-speed rate in different time periods			
因素	水平	车速超速率/%	
		绿灯结束 10 s 之前	最后 10 s 车速数据
GSCD	有	9.38	12.24
	无	6.98	2.78
交通违法检测	有	0	0
	无	8.77	10.11

对比绿灯结束 10 s 之前有、无绿灯信号倒计时的超速率,卡方检验  $p$  值为 0.35,表明两种情况不具显著性;与此不同的是,最后 10 s 内有、无绿灯信号倒计时情况下的超速率具有显著差异。此外,无论是在绿灯结束前 10 s,还是在此之前,安装交通违法检测设备对于超速率均有显著影响。

上述结果表明,设置绿灯信号倒计时单一因素对于交叉口车辆车速均值影响并不大,但在多因素作用下,会对车辆速度产生综合效应,尤其是交通违法检测设备对于车辆速度均值具有显著影响,无监控路口绿灯结束前 10 s,车速还会更高。安装绿灯信号倒计时还会造成超速车辆比例显著地增加,这一现象在绿灯结束前 10 s 尤为突出。

超速是造成交通事故的主要原因之一。在交通管理工作中,如在使用绿灯信号倒计时的同时,安装交通违法检测设备,会使超速率得到有效控制。另一方面,通过以上数据还可以获得如下结论:在研究绿灯信号倒计时对车速的影响时,应充分考虑并注明交通调查地点的设施条件,尤其是交通违法检测设备安置情况,以避免不确定因素与试验控制条件相互作用对研究结论带来的影响。

5 结 语

(1)绿灯信号倒计时对车速均值影响较小,但对车速离散程度具有影响,同时,3/4 分位车速与 1/4 分位车速数据之间的差距减小了;综合上述两种现象,说明绿灯信号倒计时使一部分车辆减速,而一部分车辆选择提速。

(2)交通违法检测系统对于车速具有非常显著的影响作用,在具有闯红灯检测系统的地点,最高车速非常低,仅有 40 km/h,无超速行驶车辆,而且离散程度较小。

(3)无监控且安装绿灯信号倒计时的路口车速均值最高,这一点在最后 10 s 表现的更为明显,其他因素组合情况下对速度的影响并不明显。

(4)通过列联表统计分析各类情况下超速比例的差异性,安装与不安装绿灯信号倒计时相比,最后10 s内通过停车线车速产生显著差异,安装的路口超速率明显大于不安装的路口。无监控路口超速率较大,有监控路口超速比例则接近于0。

(5)在交通管理工作中,如在使用绿灯信号倒计时的同时,安装交通违法检测设备,会使车速与超速率得到有效控制;在研究绿灯信号倒计时对车速的影响时,应充分考虑并注明交通调查地点的设施条件,尤其是交通违法检测设备安置情况,以避免不确定因素与试验控制条件相互作用对研究结论带来的影响。

## 参考文献:

## References:

- [1] 王 岩,杨晓光. 基于交通安全的交叉口倒计时信号灯设置研究[J]. 中国安全科学学报,2006,16(3):55-59,70  
WANG Yan, YANG Xiao-Guang. Discussion on setting traffic signals with counting down display unit at intersection based on traffic safety[J]. China Safety Science Journal,2006,16(3):55-59,70. (in Chinese)
- [2] 余 璇. 交叉口信号控制安全的研究[D]. 上海:同济大学,2008.  
YU Xuan. Research on intersection signal control safety[D]. Shanghai: Tongji University, 2008. (in Chinese)
- [3] GB 14887—2011,道路交通信号灯[S].  
GB 14887—2011, Road traffic signals[S]. (in Chinese)
- [4] GB 14886—2006,道路交通信号灯设置与安装规范[S].  
GB 14887—2011, Specification for setting and installation of road traffic signals[S]. (in Chinese)
- [5] GA/T508—2004,道路交通信号倒计时显示器[S].  
GA/T508—2004, Road traffic counting down display unit[S]. (in Chinese)
- [6] Limanond T, Prabialook P, Tippiyawong K. Exploring impact of countdown timers on traffic operations and driver behavior at a signalized intersection in Bangkok[J]. Transport Policy,2010,17(6):420-427.
- [7] 张 杰,贺玉龙,孙小端,等. 城市路口倒计时显示对驾驶行为的影响分析[J]. 交通信息与安全,2009,27(5):99-101.

ZHANG Jie, HE Yu-long, SUN Xiao-duan, et al. Effects of countdown signal at urban intersection on driving behaviors[J]. Journal of Transport Information and Safety,2009,27(5):99-101. (in Chinese)

- [8] 马天宇. 信号交叉口倒计时显示屏对驾驶员行为影响分析[D]. 长春:吉林大学,2008.  
MA Tian-yu. Study on the effect of countdown display unit on driving behavior at signalized intersection [D]. Changchun: Jinlin University,2008. (in Chinese)
- [9] 钱红波,韩 皓. 机动车绿灯倒计时对交叉口交通安全的影响研究[J]. 中国安全科学学报,2010,20(3):9-13.  
QIAN Hong-bo, HAN hao. Influence of countdown of green signal on traffic safety at crossing[J]. China Safety Science Journal,2010,20(3):9-13. (in Chinese)
- [10] Ibrahim M R, Karim M R, Kidwai F A. The effect of digital count-down display on signalized junction performance[J]. American Journal of Applied Science,2008,5(5):479-482.
- [11] Limanond T, Chookerd S, Roubtonglang N. Effects of countdown timers on queue discharge characteristics of through movement at a signalized intersection[J]. Transportation Research Part C: Emerging Technologies,2009,17(6):662-671.
- [12] Chiou Y C, Chang C H. Driver responses to green and red vehicular signal countdown displays: safety and efficiency aspects[J]. Accident Analysis and Prevention,2010,42(4):1057-1065.
- [13] Lum K M, Harun H. A before-and-after study on green signal countdown device installation [J]. Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behavior,2006,9(1):29-41.
- [14] 贾俊平,何晓群,金勇进. 统计学[M]. 北京:中国人民大学出版社,2007.  
JIA Jun-ping, HE Xiao-qun, JIN Yong-jin. Statistics [M]. Beijing: China Renmin University Press, 2007. (in Chinese)
- [15] 马莹莹,杨晓光,曾 滢. 城市道路车道宽度与车速分布关联性分析[J]. 同济大学学报:自然科学版,2009,37(12):1621-1626.  
MA Ying-ying, YANG Xiao-guang, ZENG Ying. Association analysis of urban road free-flow speed and lane width[J]. Journal of Tongji University: Natural Science,2009,37(12):1621-1626. (in Chinese)