

# 双层平面交叉口中的信息转换时机研究

陈 军<sup>1,2</sup>, 杨少伟<sup>1</sup>

(1. 长安大学特殊地区公路工程教育部重点实验室, 陕西 西安 710064;

2. 西安市政设计研究院有限公司, 陕西 西安 710068)

摘要: 双层平面交叉口实现四个方向的车流连续通过交叉口的关键在于车辆根据信息显示屏中的信息选择不同的路径通过交叉口。研究发现, 临界点、运行速度  $V_{85}$ 、道路纵坡度、驾驶员的反应时间、分岔端至停止线的距离以及车辆本身的特性是影响信息转换时机的重要影响因素。通过计算分析得出, 对于选择上层路径还是下层路径通过交叉口, 决定显示屏中信息转换的时机是相同的, 也就是说, 如果绿灯时间还剩下  $T$  时, 信息显示屏上的信息发生变化后, 车辆在  $T$  时间内选择通过上层路径正好行驶至上层的停止线, 而此时上层的绿灯开启(下层此方向的绿灯转为红灯, 如选择下层路径则需等待), 行驶至此处的车辆刚好可以连续通过交叉口。

关键词: 双层平面交叉; 通行能力; 转换时机; 临界点;  $V_{85}$

中图分类号: U412.35

文献标志码: A

文章编号: 1006-7930(2011)03-0400-04

《双层平面交叉在城市道路交叉口中的应用研究》<sup>[1]</sup>一文中提出了双层平面交叉口的概念,指出双层平面交叉口可以根据信息显示屏中指示的信息选择上层或者下层平面交叉口通过,从而达到在交叉口实现连续车流的状态,进而提升交叉口的通行能力.因此,可以看出信息显示屏中信息何时转换将至关重要,本文将着重对信息转换的时机选择进行研究.

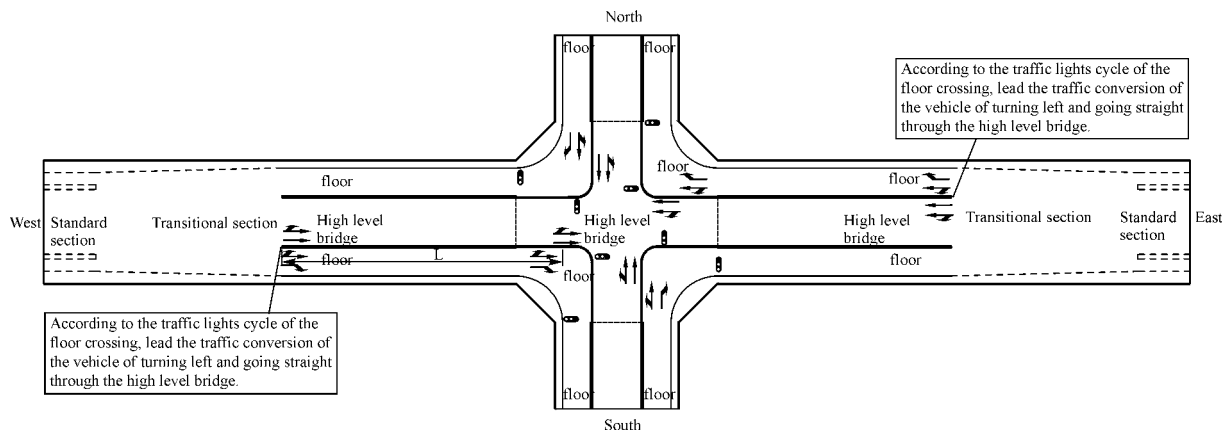


图1 双层平面交叉示意图

Fig. 1 Double-crossing schematic drawing

## 1 信息转换时机的主要影响因素分析

图2为汽车运行的立面示意图,从西侧运行至临界点的车辆根据信息显示屏中的信息可以选择上层交叉口,或者选择下层地面交叉口通过。

其中,  $V_{85}$  为 85% 的车辆运行到临界点时的运行速度;  $T_s$  为信息显示屏上的信息发生转换到驾驶员识别信息、判断信息, 并最终作出正确反应所需的反应时间; 临界点为在一定的运行速度前提下, 确保大

\*收稿日期: 2010-07-28      修改稿日期: 2011-04-12

作者简介: 陈 军(1978-), 男, 江苏建湖人, 博士研究生, 研究方向为道路勘测设计。

多数驾驶员到此位置能顺利识别并作出正确的判断和操作车辆所需时间内经过的距离(以距分岔端的距离计算);  $G$  为汽车的重力;  $F$  为汽车的牵引力;  $i$  为道路的纵坡度( $\%$ );  $L$  为分岔端至停止线的距离;

从图 2 可以看出, 影响信息显示屏信息转换时机的因素主要有  $L$ 、 $V_{85}$ 、 $T_s$ 、 $i$ 、 $G$ 、 $F$  等有关, 其中,  $G$ 、 $F$  主要跟汽车自身的特性有

关;  $V_{85}$ 、 $T_s$  主要跟驾驶员行为有关;  $L$ 、 $i$  主要跟道路条件有关, 下面对其进行逐一分析。

1.1 运行速度  $V_{85}$

我国现行的无论是城市道路设计还是公路设计都采取设计速度作为道路的主要设计指标, 而设计速度并不等于实际速度, 因此, 需要寻找一个速度能代表车辆在道路上的实际速度. 汽车的动力性能不同, 运行速度自然不同, 即使相同的汽车也会因为驾驶员的心理、判断、反应、熟练程度等不同而导致运行速度不同. 近 20 年来, 国外提出了基于运行速度的设计方法, 运行速度是在特定路段上 85% 的车辆所能达到的最大车速<sup>[2-3]</sup>. 本文拟采用运行速度  $V_{85}$  作为汽车进入交叉口前的实际速度, 具有如下理由<sup>[4]</sup>:

- ①由于车辆类型众多, 驾驶员心理不一以及道路条件和服务水平的不同, 采用运行速度  $V_{85}$  作为研究速度, 代表了绝大多数车辆的行驶要求;
- ②从道路交通安全的角度来看, 运行速度  $V_{85}$  更能反映出实际行驶的最大安全速度;
- ③相对于设计速度、平均速度, 运行速度免了这种“一刀切”的做法, 更能符合驾驶员所期望的速度.

1.2 驾驶员反应时间  $T_s$

驾驶员反应时间就是从刺激到作出反应的时距, 就本文来说就是当信息显示屏上的信息发生变化时, 驾驶员从接受这个刺激, 到接受信息并作出正确判断所需要的时间. 由于人体受到某种刺激后不可能立即作出反应, 刺激首先是在人体内部引起一种过程的开始, 且这种过程是潜伏的, 直到到达肌肉产生出外部可见的对环境的效应为止<sup>[5]</sup>. 反应时间可分为单纯反应时间和选择反应时间. 反应时间的长短直接关系到信息显示屏中信息转换的时机.

1.3 临界点

临界点是指以一定的速度行驶到某一位置时对信息显示屏中信息发生转换时能够从容的采取操作, 并选择正确的路径通过前方交叉口, 这一位置就被称为临界点. 临界点的选取离分岔端太远, 将导致下一绿灯信号的损失; 离分岔端太近, 驾驶员将没有足够的时间进行判断、选择正确路径. 因此, 本文认为, 最佳临界点距分岔端的距离是运行速度  $V_{85}$  与驾驶员反应时间的乘积.

1.4  $F$  和  $G$

$F$  为发动机给汽车的牵引力,  $G$  为汽车自身的重力, 这两个因素主要反映的是汽车本身的特性, 随着汽车技术的革命, 汽车的动力性能和操纵性能越来越利于汽车的运行.

1.5  $L$  和  $i$

$L$  为分岔端至停止线的距离,  $i$  为上层桥梁的纵坡, 这两者反映了道路本身的因素, 且两者密不可分. 纵坡  $i$  越大,  $L$  越小, 纵坡  $i$  越小,  $L$  越大.

以上对影响信息显示屏信息转换时机的主要因素进行了逐一论述, 并提出采用比较科学合理的参数作为本文研究的基础, 下面对信息转换时机的选择进行讨论.

2 信息转换时机的选择分析

信息显示屏通过不断的变换信息指挥车辆选择上层平面交叉口或是下层平面交叉口来进行交通转

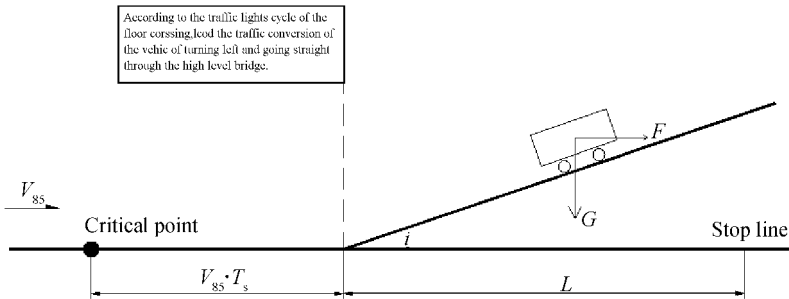


图 2 汽车运行示意图

Fig. 2 Running schematic of vehicle

换,从而达到车流连续不断的通过交叉口,因此,信息显示屏信息转换时机的掌握非常重要,其直接决定了车流的连续性.

若时机合适,则第一辆通过临界点的车辆根据提供的信息选择上层平面交叉口通过,当其到达停止线时,下层信号灯由绿灯变为红灯(选择下层平面交叉口则需等待),此时上层信号灯正好由红灯变为绿灯,第一辆车可顺利通过;若时机提前,则第一辆车到达时,下层交叉口仍然是绿灯,上层交叉口则是红灯,达到车流需等待;若时机滞后,则第一辆车到达时,上层交叉口早已是绿灯,从而造成绿灯信号的损失,也就是说当车辆从临界点运行到停止线的时间正好等于所剩绿灯时间,信息发生转换时,车辆能够正确识别信息、并作出正确判断,选择合适的路径保证车流连续通过交叉口.

若信息显示屏显示信息提醒车辆从下层平交口通过,并假设汽车经过临界点后匀速进入交叉口,则从临界点至停止线所需的时间  $T$ :

$$T=\frac{L+V_{85} \cdot T_s}{V_{85}}=\frac{L}{V_{85}}+T_s \tag{1}$$

可以看出:

- ① 驾驶员反应和选择的时间越短,车辆从临界点到停止线所需的时间就越小;
- ② 当  $T_s$  一定时,  $L$  越小,  $V_{85}$  越大,则车辆从临界点到停止线所需的时间就越小;

若信息显示屏显示信息提醒车辆从上层平交口通过,则从临界点至停止线所需的时间  $T$  为:

$$T=T_s+t \tag{2}$$

$t$  为从分岔端行驶到上层停止线所需的时间

由汽车动力学知识可知,进入分岔端时的加速度  $a=\lambda g(D-\frac{f+i}{\lambda})^{(6-7)}$  (3)

$D$  为动力因数;  $\lambda$  为动力因数的海拔修正系数;  $f$  为道路摩擦系数;

由运动方程可知,

$$V_{85}t+\frac{1}{2}at^2=L \tag{4}$$

将(3)式代入(4)式可以解出  $t$ , 将  $t$  代入(2)式则可以得出所需的  $T$ .

3 研究结果分析

以上对车流根据提示信息选择上层平交或下层平交信息转换时所需要的时间  $T$  进行了推导,从式(1)可以看出,当道路条件  $L$  一定时,选择下层平交的车辆信息转换的时机主要取决于驾驶员行为;从式(2)~(4)可以看出信息转换的时机取决于道路条件、车辆特性以及驾驶员行为.

从(3)式可以看出,由于坡度的影响,且随着坡度的增大,加速度将由正值逐渐变为负值(驾驶员不采取换挡等操作),运行速度也将逐渐减小,直至停止.考虑到城市道路的纵坡需要考虑积雪、冰冻等不利天气下车辆的行驶需求,一般城市桥梁的纵坡均小于 4%,以及汽车的研制技术和发动机动力性能的逐步提高这一现状,本文研究时认为,当车辆开始爬坡时,驾驶员可以采取换挡、增加传动比等有效措施来消除坡度对行车不利的影响,使得加速度  $a$  仍等于 0,即,车辆爬坡时仍是匀速行驶,这样,车辆通过上层或是下层到达停止线所需的时间相同.这样,无论选择上层还是下层,信息转换的时机都取决于  $L$ 、 $T_s$  和  $V_{85}$ .

也就是说,如果绿灯时间还剩下  $T$  时,信息显示屏上的信息发生变化后,车辆在  $T$  时间内选择通过上层路径正好行驶至上层的停止线,而此时上层的绿灯开启,行驶至此处的车辆刚好可以连续通过交叉口.

4 结 论

本文在《双层平面交叉在城市道路交叉口中的应用研究》<sup>[1]</sup>一文的基础上对双层平面交叉中的信息转换时机进行了研究,得出在假定车辆性能较好的情况下,无论选择上层平面交叉还是下层平面交叉,决定信息转换的时机是相同的,为进一步研究双层平面交叉口的通行能力提供了理论基础.但在驾驶员反应时间内未考虑驾驶员识别信息后车辆变道以及相互影响的时间影响,下阶段可在此方面进一步深化研究,对本文的理论进行完善.

## 参考文献 References

- [1] 陈 军, 杨少伟. 双层平面交叉在城市道路交叉口中的应用研究[J]. 西安建筑科技大学学报: 自然科学版, 2010. 42(6): 846-849.  
CHEN Jun, YANG Shao-wei. Application of the double-crossing in the crossing of urban road[J]. J. Xi'an Univ. of Arch. And Tech; Natural Science Edition, 2010. 42(6): 846-849.
- [2] U. S. Department of Transportation Federal Highway Administration. Alternative design consistency rating methods for two-lane rural highways[R]. Research, Development and Technology Turner-Fairbank Highway Research Center 6300 Georgetown Pike, Mclean, VA 22101-2296. August 2000.
- [3] U. S. Department of Transportation Federal Highway Administration. Speed prediction for two-lane rural highways [R]. Research, Development and Technology Turner-Fairbank Highway Research Center 6300 Georgetown Pike, Mclean, VA 22101-2296. August 2000.
- [4] 陈 军. 公路线形连续性设计方法的研究[D]. 西安: 长安大学, 2003.  
CHEN Jun. Study on design methods of consistency of highway[D]. Xi'an: Chang'an University, 2003.
- [5] 赵恩堂, 刘希柏. 道路交通安全北京: 人民交通出版社, 1990.  
ZHAO En-tang, LIU Xi-bo. Road traffic safety[M]. Beijing: China Communications Press, 1990.
- [6] 余志生. 汽车理论[M]. 北京: 机械工业出版社, 2006.  
YU Zhi-sheng. Car Theory[M]. Beijing: China Machinery Industry press, 2006.
- [7] 张雨化. 道路勘测设计[M]. 北京: 人民交通出版社, 1999.  
ZHANG Yu-hua. Roadway Design[M]. Beijing: China Communications Press, 1999.
- [8] 王秋平. 城市管线综合交叉口竖向设计研究[J]. 西安建筑科技大学学报: 自然科学版, 2008. 42(1): 116-119.  
WANG Qiu-ping. Study on the vertical design of complex pipeline in urban intersection[J]. J. Xi'an Univ. of Arch. And Tech.; Natural Science Edition, 2008. 42(1): 116-119.

## Study on the opportunity of information conversion in the double-crossing

CHEN Jun<sup>1,2</sup>, YANG Shao-wei<sup>1</sup>

(1. Key Laboratory for Special Area Highway engineering of Ministry of Education, Chang'an University, Xi'an 710064, China; 2. Xi'an Municipal Engineering Design & Research Institute Co., Ltd., Xi'an 710068, China)

**Abstract** Vehicles of 4-direction streams wanting to pass the double-crossing continuously must choose different way according to the information from the display monitor. It is discovered that running rate  $V_{85}$ , the path top rake, reaction time of driver, the distance from the branch end to the stop line as well as vehicles' characteristics are important factors affecting the opportunity of information conversion. Obtained through the computation analysis, regardless of the choice of the upper crossing or the lower crossing, the opportunity determining the information conversion is the same, i.e., the vehicles arriving at the stop line can pass the crossing continuously if the green time is also left over time  $T$ , and after the information display monitor's information changes, the vehicles choose in the  $T$  time through the upper formation way just right travel to the upper stop line, while the upper formation's green light opening at that time (necessary to wait while the information light turning from green to red if the lower way was adopted).

**Key words:** double-crossing traffic capacity opportunity of information conversion point of transition  $V_{85}$