

双车道公路上驾驶员超车行为研究

邵长桥, 刘江, 荣建, 刘世杰

(北京工业大学 交通工程北京市重点实验室, 北京 100022)

摘 要: 在分析双车道公路上驾驶员超车过程的基础上, 应用超车试验研究了超车过程中驾驶员换车道时对同向的车流间隙的接受行为. 数据分析结果表明, 换车道过程中驾驶员对间隙的接受行为可用二项 Logit 模型来刻画. 在上述基础上, 给出了可接受临界车头间距和临界车头时距的计算方法, 并对临界车头间距、临界车头时距和速度关系进行了分析, 得出了驾驶员对车头间距的变化要比对车头时距的变化更敏感的结论.

关键词: 双车道公路; 换车道行为; 临界接受间隙; 二项 Logit 模型

中图分类号: U 491

文献标识码: A

文章编号: 0254-0037(2007)03-0302-04

双车道公路只有在视距和对向交通允许的情况下, 同车道行驶的车辆才能占用对向车道超越其前面的车辆. 该特点是研究双车道公路通行能力和延误等必须考虑的因素. 本文针对双车道公路上超车过程中驾驶员对同向车道上间隙接受行为进行了研究, 以期对双车道公路通行能力和服务水平研究提供依据^[1].

1 双车道公路上的超车行为分析

由于车辆类型、性能之间的差异和驾驶员个性的不同, 双车道公路上驾车行驶的驾驶员对驾驶速度的期望不同. 因此, 道路上产生了具有不同行驶速度的车辆. 当速度较快车辆处于速度较慢车辆的后面时, 快速行驶的车辆希望保持自己的期望速度, 产生了超车需求. 因此, 当同向前方车道具有车辆可以穿插的间隙, 并且对向车道有足够的超车视距和车头时距时, 较快车辆可驶入对向车道超车, 并在超车完毕重新驶回本车道. 当同向车道没有可返回的穿插间隙或对向车道没有进行超车所需要的超车视距和车头时距时, 驾驶员不会采取超车行为, 或者驶入对向车道后由于对向车辆的到来而被迫减速回到原车道.

在超车过程中, 驾驶员首先判断对向车道是否有足够的超车视距和足够的车头间距, 同向车道是否有足够可插入间隙, 然后才决定是否实施超车行为. 因此, 超车行为是个间隙接受行为.

2 车头间间距、车头时距和临界接受间隙

在实际的超车过程中, 驾驶员的超车主要受到 3 个因素制约和影响: 一是视距的影响, 二是与对向车道上车辆之间的间隙, 三是同向车道要超车前方的可返回间隙. 如图 1 所示, 当车辆 n 发现同向车道行驶的车辆 $n+1$ 和 $n+2$ 之间有可插入的间隙, 并且对向车道有足够的超车视距和车头时距时, 则车辆开始加速到一定速度并超过车辆 $n+1$. 因此, 车辆 $n+1$ 和车辆 $n+2$ 之间的车头间距或车头时距是决定超车能否完成的关键因素之一. 用 s 表示车辆 $n+1$ 和车辆 $n+2$ 之间的车头间距, 用 t 表示车头时距. 在不受其他条件制约的情况下, 只有 s 或 t 大于一定的值时超车车辆才可以完成超车. 对不同的驾驶员其对超车所需要的最小 s 或 t 不一样, 分别称为临界接受间隙或临界接受车头时距^[2-4].

收稿日期: 2006-02-21.

基金项目: 西部交通基金资助项目(200331822309).

作者简介: 邵长桥(1972-), 男, 山东临沂人, 讲师.

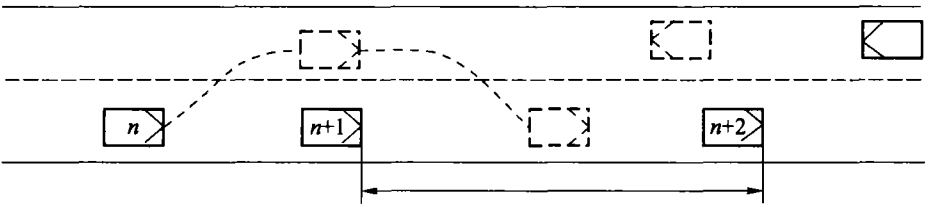


图 1 双车道公路上的超车过程

Fig.1 Overtaking process on the two-lane highway

3 超车实验和数据采集

选择典型的双车道公路路段进行了超车实验和数据采集。每次选用 3 台富康小轿车作为实验车辆，每台车上都装有高精度的 GPS 动态采集仪用来采集车辆的位置、速度以及精确的 UTC 时间信息。实验过程中，超车车辆配备 2 名工作人员，1 人负责联络并向其余 2 辆车的的工作人员发布各种指令来调节车辆之间的距离和车辆运行速度，1 人负责摄像、电脑记录超车过程中的驾驶员对超车难易感受和超车是否成功。为了反应不同的行车速度和回车时距对间隙接受行为的影响，实验设计中把整个实验分为若干组进行，最后得到不同车速、车头时距和不同车头间距的超车情况。要求驾驶员的驾龄在 5 a 以上，实验中对驾驶员进行多次更换。实验共采集到有效样本数据 342 条，表 1 给出了部分实验数据整理结果。

表 1 车头间隙接受数据(部分)

Table 1 Subset of gap acceptance data (part)

速度/ (km·h ⁻¹)	车头 间距/m	车头 时距/s	(超车)成功/ 失败	速度/ (km·h ⁻¹)	车头 间距/m	车头 时距/s	(超车)成功/ 失败
26.5	23.1	2.6	失败	41.3	24.0	3.2	成功
34.5	23.1	3.2	成功	38.1	24.0	3.2	成功
40.9	23.4	3.0	成功	24.9	24.3	2.8	失败
37.9	24.0	2.6	成功	37.2	24.3	2.7	成功

4 换车道过程中的间隙接受行为模型

4.1 间隙接受行为模型

对本次实验而言，由于没有研究对向车道上车辆的影响，每次超车都对应着换车道成功或失败。因此，超车过程中的换车道行为是间隙接受行为^[5]，可以用 Logit 模型^[5-7]来描述

$$\begin{cases} P_a = 1/[1 + \exp\{-\beta_0 + \sum_{i=1}^k \beta_i x_i\}] \\ P_r = 1 - P_a \end{cases} \tag{1}$$

式中， P_a 为接受概率； P_r 为拒绝概率； x_i 为影响因素； β_i 为参数($i = 1, 2, \cdots, k$)。

影响超车的因素主要有被超车和其前车之间的车头间距、车头时距和被超车行驶速度。

4.2 模型参数估计

试验过程中采集到超车结果只有“成功”或“失败”(见表 1)，记

$$y_i = \begin{cases} 1 & \text{第 } i \text{ 次超车成功} \\ 0 & \text{第 } i \text{ 次超车失败} \end{cases}$$

则对第 i 次超车实验,记录的影响因素为被超车和其前车车头间距 s_i 、车头时距 t_i 、被超车速度 v_i . 则由式(1)得到似然函数

$$L^* = \prod_{i=1}^N P_a^{y_i} P_r^{1-y_i} \quad (2)$$

对式(2)两边取对数,可得

$$L = \ln(L^*) = \sum_{i=1}^N [y_i \ln(P_a) + (1 - y_i) \ln(1 - P_a)] \quad (3)$$

由模型(1)得出,被超车和其前车之间的车头间距对驾驶员换车道行为影响更敏感,而不是车头时距;另外,被超车的速度是影响驾驶员超车(换车道)行为的重要因素.

运用 Newton-Raphson 法^[8]求解式(3)的极大似然解,结果如表 2.

表 2 模型参数估计结果
Table 2 Model parameters estimations

参数	参数估计值	参数估计方差	参数估计标准差	T 值
β_0	-5.904 95	1.466 45	1.210 971	-4.876 21
β_1	0.576 507	0.007 706	0.087 784	6.567 348
β_2	-1.056 15	0.038 778	0.196 92	-5.363 33

似然比为 $\rho^2 = 1 - [L(\hat{\beta})]/[L(0)] = 0.82$. 由表 2 给出的结果可推断,被超车和其前车间距越大(或车头时距越大)则越容易被超车驾驶员接受,被超车行驶速度越大则超车越困难. 根据估计结果,得到以下模型

$$\begin{cases} P_a(s, v) = 1/[1 + \exp\{-(-5.904\ 95 + 0.576\ 507s - 1.056\ 15v)\}] \\ P_r(s, v) = 1 - P_a(s, v) \end{cases} \quad (4)$$

其中, s 为被超车和其前面车辆的车头间距; t 为同向车道车头时距; v 为被超车车辆行驶速度.

5 模型的应用

由于本次超车实验主要分析了超车过程中驾驶员对同向车道可超车间隙的选择,因此,分析结果可用于确定换车道过程中的临界可接受间隙.

对给定的显著性水平 α , ($0 < \alpha < 1$),则由式(4)可得

$$P_a(s, v) = 1 - \alpha \quad (5)$$

在被超车速度给定的条件下,临界车头间距为

$$s_\alpha = \{\ln[\alpha/(1 - \alpha)] + 5.904\ 95 + 1.056\ 15v\}/0.576\ 507 \quad (6)$$

当 $\alpha = 0.5$ 时,有

$$s_\alpha = (5.904\ 95 + 1.056\ 15v)/0.576\ 507 \quad (7)$$

对给定的行驶速度,根据车头间距和车头时距的关系可以得到临界车头时距,结果见表 3.

由表 3 可以看出,随着行驶速度的增加,需要更大的可插车间隙(车头间距),然而车头时距却是减小的,这与已有的可插车间隙接受行为(如在无信号交叉口)研究结论不一致. 因此,驾驶员在超车或换车道时对车头间距(距离)的敏感程度要比车头时距(时间)的敏感程度大.

表3 不同速度下的临界接受间隙

Table 3 Critical gap acceptance on the different speed conditions

速度/ (km·h ⁻¹)	临界接受车头 间距/m	临界接受车头 时距/s	速度/ (km·h ⁻¹)	临界接受车头 间距/m	临界接受车头 时距/s
15	18	4.3	40	31	2.8
20	20	3.7	45	33	2.7
25	23	3.3	50	36	2.6
30	26	3.1	55	38	2.5
35	28	2.9	60	41	2.4

6 结束语

影响驾驶员换车道行为的影响因素主要有同向车道上的车头间距和车辆运行速度。本文给出了临界接受间隙和临界接受车头时距计算公式。通过比较临界接受间隙和临界接受车头时距和速度变化的情况得出了双车道公路上超车过程中驾驶员对车头间距的变化反应要比车头时距的变化反应更敏感的结论。本文研究的结果也可用于分析其他道路上的换车道行为。

参考文献：

[1] LANNON L, ADRIAN R A, ADOLF D M. Twopas model improvements. NCHRP project 3-55(3) capacity and quality of service of two-lane Highways[R]. California: University of California, 1998.

[2] HAGRING O. Estimation of critical gaps in two major streams[J]. Transportation Research Part B, 2000, 34: 293-313.

[3] BONNESON J A, FITTS J W. Delay to major street through vehicles at two-way stop-controlled intersection[J]. Transportation research part A, 1999, 33: 237-253.

[4] TIAN Zong-zhong, VANDEHEY M, ROBINSON B W, et al. Implementing the maximum likelihood methodology to measure a driver's critical gap[J]. Transportation Research Part A, 1999, 33: 187-197.

[5] HIDEYUKI K. Effects of merging lane length on the merging behavior at expressway On-Ramps[C]. Transportation and Traffic Theory. Berkeley: Elsevier Science Publisger B. V, 1993.

[6] MOS HE B A, LERMAN S R. Discrete choice analysis: theory and application to travel demand[M]. Massachusetts: The MIT Press, 1985, 59-74.

[7] HAGRING O. A Further generalization of tanner's formula[J]. Transportation Research Part A, 1998, 32: 423-429.

[8] SANTNER T J, DUFFY D E. The statistical analysis of discrete data[M]. New York: Springer-Verlag, 1989.

The Study of Drivers' Overtaking Behavior on the Two-Lane Highway

SHAO Chang-qiao, RONG Jian, LIU Jiang, LIU Shi-jie

(Beijing Key Lab of Transportation Engineering, Beijing University of Technology, Beijing 100022, China)

Abstract: Based on the analysis of drivers overtaking process characteristic and combined with the overtaking experiment, the drivers' gap acceptance behaviors at the same directional lane are studied. The experiment data and the result indictates that the gap acceptance behavior can be described by binary choice model-Logit model. The calculntion methods of how to determine the critical head space gap and critical head time gap are also put forward, and the connection between the critical lead time tap, the critical head space gap and the velocity is anasyzed. At last, the conclusion that the drivers are more sensitive to head space change than to head time change in the overtaking process is obtained.

Key words: two-lane highway; lane-change behavior; critical gap acceptance; binary Logit model