

减速跟车状态后车司机反应时间研究

张智勇¹, 黄 轶², 任福田¹

(1. 北京工业大学 交通工程北京市重点实验室, 北京 100124; 2. 华北科技学院 电信系, 河北 燕郊 101601)

摘 要: 为了定量研究减速跟车状态下后车司机的反应时间, 利用基于车载高精度 GPS 的实时动态车辆跟驰数据采集方法, 在特定的道路、交通和司机的条件下, 根据得到的减速跟车状态前后车辆速度变化的时间序列数据, 准确地获得了后车司机的反应时间; 通过分析后车司机反应时间频率直方图的变化趋势, 确定减速跟车状态下后车司机平均反应时间为 0.97 s; 在不同的跟车速度下, 减速跟车状态下后车司机的反应时间也随之发生变化, 得到了后车司机的反应时间与减速时的跟车速度之间的回归关系式, 以及司机反应时间和车头时距回归关系式, 计算出后车司机的反应时间介于 0.83~1.92 s.

关键词: 车辆跟驰; 司机; 反应时间

中图分类号: U 491

文献标志码: A

文章编号: 0254-0037(2009)09-1220-05

司机对刺激反应的敏感度的主要衡量指标是司机的反应时间. 司机的反应时间是跟车模型研究中的一个重要内容, 国外对此研究历史较长, 程度深入^[1-4]. 根据不同的研究手段、方法和对象所得到的司机反应时间分布有一定的差异, 大部分研究都是在实验对象被告知将进行实验时测得的数据, 而 Taoka^[5]在信号交叉口观测了没有实验心理准备的司机对信号灯产生反应的时间, 并采用对数正态分布模型成功进行了拟合. Johansson 等^[6]在实际交通流中测量了 321 位司机的刹车反应时间. 实验中所测量的反应时间包括: 司机察觉需要减速的时间、脚从油门移动到刹车踏板上所需的时间以及踩下刹车踏板到汽车产生减速效用的时间. 交通部“职业司机驾驶适宜性及检测研究”课题组先后于 1990 年和 1996 年在全国部分省市对职业司机的心理、生理素质进行了随机抽样调查^[7-8], 1996 年 5 月至 12 月对我国 14 个省(市)2 869 名职业司机进行了随机抽样调查. 众所周知, 司机的反应时间与刺激强度有关, 即与行车速度和车头时距有关^[9-11]. 本文正是利用车载高精度 GPS 技术, 获得实际交通流中反映跟车状态下驾驶员行为和车辆运行特征的时间序列实测数据, 特别针对减速跟车状态下后车司机反应时间的分析方法以及与行车速度和车头时距的关系进行研究.

1 减速跟车状态后车司机反应时间数据采集

本文利用基于车载高精度 GPS 接收机的实时动态车辆跟驰数据采集方法, 获得近 10 h、196 000 对反映北京市城市快速道路实际交通流状况的前后车跟车数据, 每对跟车数据包括时间以及该时刻前后车的三维位置坐标、三维速度等信息. 调查始终在快速道路的实际交通流中进行, 调查期间交通量较大, 试验车始终处于跟车状态, 两车之间没有被车辆插入过, 没有意外情况发生. 调查数据是分别在星期二到星期五之间采集得到的, 调查期间天气晴好. 数据采集均在城市快速道路上进行, 为了保证采集数据在道路条件上的一致性, 研究只采用环路内外环从路中心向外数的第二条车道上的数据, 从道路环境的角度保证了跟车数据的一致性. 为了消除由于试验车动力性能的不同导致跟车控制变量的差异, 所有的实验均采用动力性能一般的出租汽车, 从车辆动力性能的角度保证了跟车数据的一致性. 为了消除由于司机类型

收稿日期: 2008-01-02.

基金项目: 北京工业大学博士科研启动基金资助项目

作者简介: 张智勇(1973—), 男, 四川江津人, 讲师.

的差异导致跟车行为的不同, 所有试验车的 12 位司机均为 35 岁左右的中年男性司机, 具有 5 a 左右的驾驶年龄, 有较高的驾驶水平, 从司机的角度保证了跟车数据的一致性^[12].

减速跟车状态后车司机的反应时间 T_r 是指处于跟车状态的车辆, 后车的司机察觉到前车开始制动减速, 通过分析和判断, 做出降低自身车速的决定, 经过对车辆进行操作, 直至后车开始产生减速为止, 整个过程所耗费的时间. 根据减速跟车状态前后车辆速度变化的时间序列数据可以准确的获得后车司机的反应时间, 如图 1 所示.

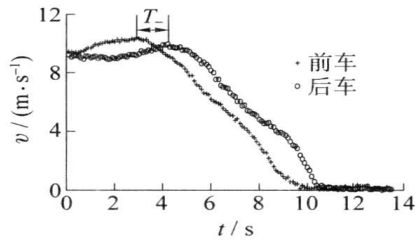


图 1 减速跟车状态后车司机的反应时间
Fig. 1 The driver reaction time in following vehicle at deceleration regime

2 减速跟车状态后车司机反应时间的统计分布特征

认真检查和分析了所有的跟车数据, 筛选出 42 个时间段的减速跟车数据. 每个时间段仅包含刹车减速状态的跟车数据. 这 42 个样本的后车司机反应时间的数据如表 2 所示, 频率分布直方图如图 2 所示, 统计特征如表 3 所示^[13]. 后车司机反应时间在 95% 的置信度下, 服从期望值为 0.97 s, 方差为 0.03 s² 的正态分布. 表明城市道路司机的反应时间略低于公路上司机的反应时间, 这是道路的环境与交通状况决定的.

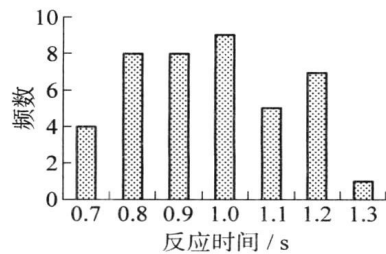


图 2 减速跟车状态司机反应时间直方图
Fig. 2 The plato of driver reaction time in following vehicle at deceleration regime

表 2 减速状态后车司机的反应时间

Table 2 The driver reaction time in following vehicle at deceleration regime

编号	反应时间/s	编号	反应时间/s	编号	反应时间/s	编号	反应时间/s	编号	反应时间/s	编号	反应时间/s
1	0.9	8	0.8	15	0.9	22	1.1	29	1.1	36	0.9
2	0.8	9	0.7	16	0.9	23	1.0	30	1.2	37	0.7
3	1.0	10	0.8	17	1.0	24	1.0	31	1.2	38	0.9
4	0.8	11	0.7	18	0.8	25	1.0	32	1.3	39	0.8
5	0.9	12	0.9	19	1.1	26	1.0	33	1.1	40	1.2
6	0.7	13	1.0	20	1.2	27	1.2	34	1.2	41	1.0
7	0.8	14	0.8	21	1.1	28	1.2	35	0.9	42	1.0

表 3 减速跟车状态司机反应时间的统计特征

Table 3 Statistic characters of driver reaction time in following vehicle at deceleration regime

项目	值	项目	值	项目	值	项目	值
平均	0.97	偏斜度	0.08	标准偏差	0.17	计数	42
标准误差	0.03	区域	0.60	样本方差	0.03	置信度(95.0%)	0.06
中值	1.00	最小值	0.70	峰值	-1.10		
模式	0.80	最大值	1.30	求和	40.80		

3 反应时间与跟车速度的关系

这 42 个减速跟车状态下后车司机的反应时间是在不同的跟车速度下获得的. 图 3 显示了不同跟车速度时部分司机反应时间的时间序列数据图.

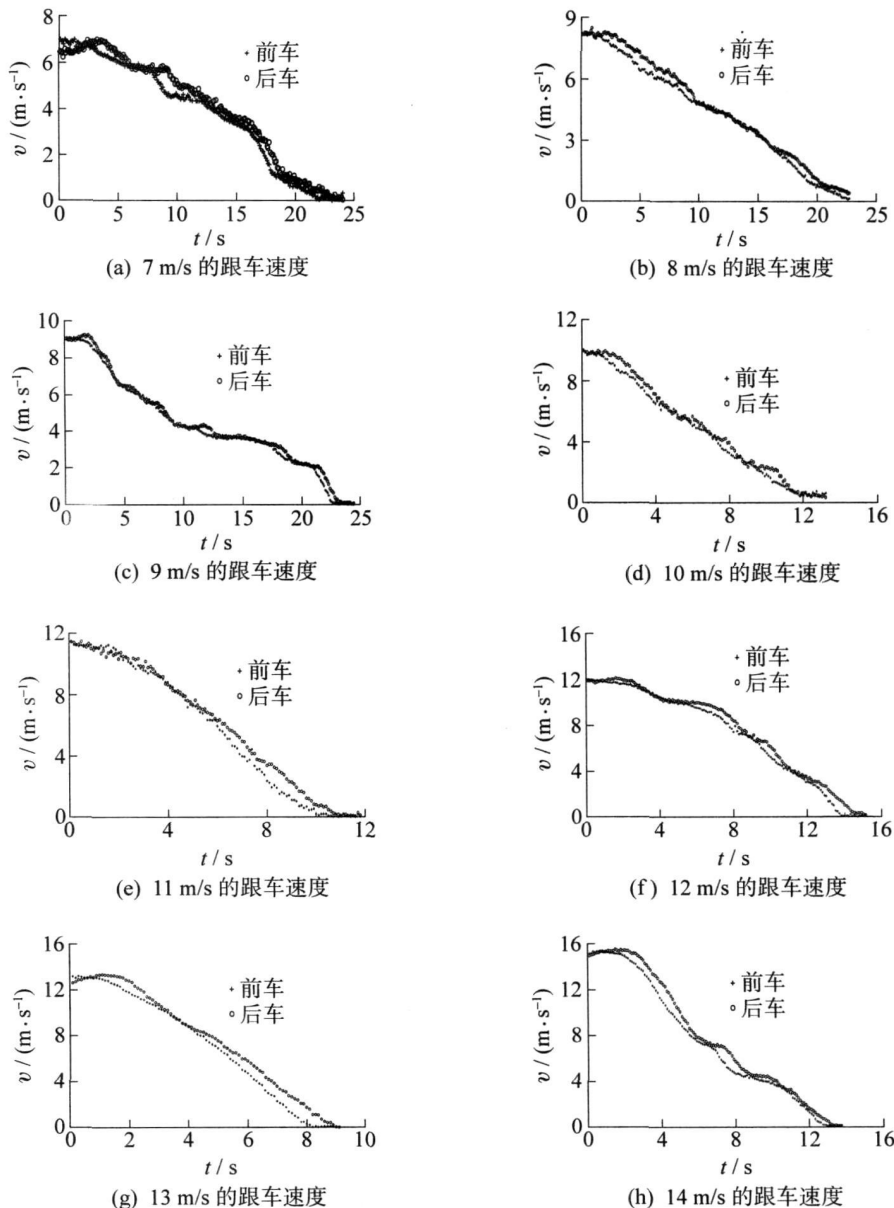


图 3 不同速度下减速的跟车速度的时间序列

Fig. 3 Time serial car following data for vary speed at deceleration regime

不同跟车速度下所有后车司机的反应时间关系散点图如图 4 所示.

图 4 显示,在不同的跟车速度下,减速跟车状态下后车司机的反应时间也随之发生变化. 随着跟车速度从 6 m/s 增大到 16 m/s ,后车司机的反应时间从 1.3 s 下降到 0.7 s . 反映出跟车速度对后车司机反应时间的影响,在较大的跟车速度下,司机的注意力相对比较集中,后车司机对前车的减速动作就越敏感. 随着跟车速度的下降,后车司机对前车的减速动作的敏感程度有所下降,且呈线性下降的关系. 减速跟车状态下后车司机的反应时间与减速时的跟车速度之间的回归关系如式(1)所示.

$$T_{-} = 1.55 - 0.049v \quad (1)$$

式中, T_{-} 为减速跟车状态后车司机的反应时间(s); v 为减速时的跟车速度(m/s).

4 反应时间与车头时距

为了进一步了解减速跟车状态下后车司机的反应时间在跟车速度和车头间距联合作用下的变化规律, 调查了后车减速之前时刻, 前后车之间的车头时距, 也就是后车开始产生减速效果前后车司机反应时间时刻的车头时距. 后车司机的反应时间在不同车头时距下的变化规律如图5所示.

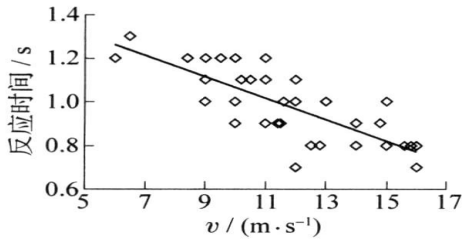


图4 减速跟车状态后车司机反应时间与跟车速度关系
Fig.4 The relationship between driver reaction time in following vehicle and speed at deceleration regime

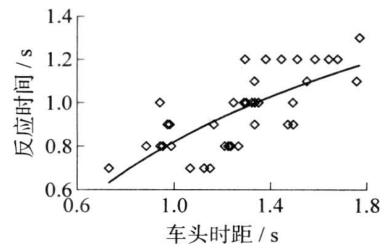


图5 减速跟车状态后车司机反应时间与车头时距关系
Fig.5 The relationship between driver reaction time in following vehicle and headway at deceleration regime

图5显示出在不同的车头时距下, 减速跟车状态下后车司机的反应时间也随之发生变化. 司机反应时间和车头时距回归关系如式(2)所示.

$$T_{-} = 0.61 \times \ln h + 0.83 \quad (2)$$

式中, T_{-} 为减速跟车状态后车司机的反应时间(s); h 为前后车之间的车头时距(s).

一般认为, 车头时距小于6s时车辆才处于跟车状态, 同时调查数据显示, 城市快速道路跟车状态的车头时距大于1s. 利用式(2)可以计算出后车司机的反应时间介于0.83~1.92s.

5 结束语

利用基于车载高精度GPS的实时动态车辆跟驰数据采集方法, 在特定的道路、交通和司机的条件下, 根据得到的减速跟车状态前后车辆速度变化的时间序列数据可以准确地获得后车司机的反应时间, 分析后车司机反应时间的频率直方图的变化趋势. 减速跟车状态后车司机平均反应时间为0.97s; 在不同的跟车速度下, 减速跟车状态下后车司机的反应时间也随之发生变化, 随着跟车速度从6m/s增大到16m/s, 后车司机的反应时间从1.3s下降到0.7s; 减速跟车状态下后车司机的反应时间也随之发生变化, 调查数据显示, 城市快速道路跟车状态的车头时距大于1s, 可以计算出后车司机的反应时间介于0.83~1.92s. 因此, 可以认为本文所述的基于实际交通流中反映跟车状态下驾驶员行为和车辆运行特征的时间序列实测数据, 特别针对减速跟车状态后车司机反应时间的分析方法以及与行车速度和车头时距的关系的研究是可行的.

参考文献:

- [1] BENNETT C R. Driver deceleration behavior on a freeway in New Zealand[R]. Washington DC: Transportation Research Board, 1988: 50-75.
- [2] LOUIS T. Key human factors research needs in intelligent vehicle-highway system crash avoidance[R]. Washington DC: Transportation Research Board, 1995: 90-95.
- [3] MARSHALL R. Determination of headway selection[C]//Transportation Research Board 77th Annual Meeting, Washington DC: Transportation Research Board, 1998: 90-95.

- [4] GIBOSS J J. The ecological approach to visual perception[R]. Boston: Houghton Mifflin Company, 1996: 102-109.
- [5] TAOKA G. Brake reaction times of unalerted drivers[J]. ITE Journal, 1989(3): 19-21.
- [6] JOHANSSON G. RUMAR H. Driver's brake reaction times[J]. Human Factor, 1971, 13(1): 23-27.
- [7] MAR J, LIN H T. A car-following collision prevention control device based on the cascaded fuzzy inference system[J]. Fuzzy Sets and Systems, 2005, 150: 457-473.
- [8] 章三乐, 肖秋生, 任福田. 车辆跟驰理论的实用研究[J]. 北京工业大学学报, 1992, 18(3): 20-27.
ZHANG San-le, XIAO Qiu-sheng, REN Fu-tian. Utility research of car-following theory[J]. Journal of Beijing University of Technology, 1992, 18(3): 20-27. (in Chinese)
- [9] 余志生. 汽车理论[M]. 北京: 机械工业出版社, 1981: 81-82.
- [10] 高延玲. 汽车运用工程[M]. 北京: 人民交通出版社, 1990: 112-115.
- [11] 马骏. 高速公路行车安全距离的分析与研究[J]. 西安公路大学学报, 1998, 18(4): 90-94.
MA Jun. The safe space in freeway[J]. Journal of Xi'an Road University, 1998, 18(4): 90-94. (in Chinese)
- [12] 张智勇, 任福田. 基于GPS的实时动态车辆跟驰数据采集方法[J]. 北京工业大学学报, 2002, 28(2): 189-193.
ZHANG Zhi-yong, REN Fu-tian. Dynamic car-following behavioral data collection using the instrumented GPS vehicles[J]. Journal of Beijing University of Technology, 2002, 28(2): 189-193. (in Chinese)
- [13] 张智勇. 城市快速道路车辆跟驰模型研究[D]. 北京: 北京工业大学建筑工程学院, 2002.
ZHANG Zhi-yong. Research of car following model in expressway [D]. Beijing: Civil College of Beijing University of Technology, 2002. (in Chinese)

Driver Reaction Time in Following Vehicle at Acceleration Regime

ZHANG Zhi-Yong¹, HUANG Yi², REN Fu-tian¹

(1. Beijing Key lab of Transportation Engineering, Beijing University of Technology, Beijing 100124, China;

2. North-China Institute of Science and Technology, Yanjiao 101601, Hebei, China)

Abstract: The reaction time of driver is the important matter of car following model research. The high precision GPS in vehicle was used to collect car following data in this paper. And the time serial car following data that reflecting driver behavior and vehicle moving character in real traffic flow was collected. The analysis method of driver reaction time in following vehicle was built especially aiming at deceleration regime. The probability distributing function and parameters of driver reaction time in following vehicle at deceleration regime were built, the function of relationship between driver reaction time and car following speed, and the function of relationship between driver reaction time and headway were built in this paper.

Key words: car-following; driver; reaction time

(责任编辑 张 蕾)