

公路交通设施造成的视觉影响与驾驶员生理心理的关系

张丽梅¹, 李耀平², 鲍建军¹, 杨爽艺¹, 鲍天昊^{1*}

(1. 云南省精神病医院, 云南 昆明 650224;

2. 昆明理工大学交通工程学院, 云南 昆明 650500

* 通信作者: 鲍天昊, E-mail: baotianhao@126.com)

【摘要】 目的 通过相关性分析得到公路交通设施设置前后驾驶员生理心理的差异, 以此为驾驶员实际行车过程中公路设施的具体设置提供理论基础, 最大化的减少由于公路交通设施设置不当造成的受驾驶员主观影响的交通安全事故。方法 通过对不同年龄段驾驶员进行跟车实测, 收集 120 例驾驶员数据, 从公路交通设施设置前后对驾驶员的视觉特性影响机理出发, 运用数理统计和回归分析, 对不同性别、不同驾龄的驾驶员进行分类, 通过动态聚类法对驾驶员的视觉兴奋区进行处理, 从视觉范围、扫视速度和区域面积等方面定量研究交通设施设置对驾驶员的视觉特性影响。结果 ①驾驶员视觉特性强度与其注视点距离和车速呈正相关($r=0.997$), 注视点距离和车速的标准差分别为 0.016 和 0.05, 协方差分别为 6328、-1030, 95% 置信区间范围为(0.926, 1)和(-1, 0.05); ②驾驶员对正前方视野区内最为关注, 公路交通设施设置前后驾驶员兴趣区域注视趋势大体相似, 但额外的交通设施会吸引驾驶员更多的注意力; ③驾驶员视觉搜索范围在设置公路交通设施后会增加, 水平范围会减小, 这一点在女性驾驶员和驾驶新手身上尤为明显; ④驾驶人扫视幅度和速率在设置后会增加, 驾驶新手和女性驾驶员扫视幅度更大, 范围更广; ⑤驾驶人眨眼持续时间主要分布在 0.02~0.6s 范围内, 平均值为 0.245s, 0.1~0.3s 范围内眨眼频数较高, 对驾驶员生理影响较大。结论 驾驶员视野范围与注视距离、注视点区域面积存在显著相关性, 随着车速增加, 驾驶员反馈信息次数也会增加, 错误率上升。

【关键词】 公路驾驶人; 公路交通设施; 视觉特性; 生理心理

中图分类号: B844.3

文献标识码: A

doi: 10.11886/j.issn.1007-3256.2017.06.018

Analysis of driver's physiological and psychological differences based on the influence of highway traffic facilities on visual characteristics

Zhang Limei¹, Li Yaoping², Bao Jianjun¹, Yang Shuangyi¹, Bao Tianhao^{1*}

(1. Yunnan Psychiatric Hospital, Kunming 650224, China;

2. School of Transportation Engineering, Kunming University of Science and Technology, Kunming 650500, China

* Corresponding author: Bao Tianhao, E-mail: baotianhao@126.com)

【Abstract】 Objective By means of correlation analysis in the difference of the driver's psychological and physiological settings before and after the highway traffic facilities, according to the actual driving driver specific set of highway facilities in the process of providing the theoretical basis, to maximize the reduction of traffic accidents due to driver's subjective effects caused by the improper setting of the highway traffic facilities. **Methods** 120 cases of 6 types of data were collected through the measurement of the drivers at different ages. We used mathematical statistics and regression analysis to research drivers. Drivers were classified by gender and age, then datas were collected such as visual features index, message of physiological and psychology, visual range, speed and area etc. Quantitative study of the factors of driver's visual characteristics when traffic facilities install. **Results** ①The intensity of driver's visual characteristics was significantly positively correlated with the distance of fixation point and vehicle speed. The correlation coefficient was 0.997, the standard deviation of fixation distance and vehicle speed was 0.016 and 0.05 respectively, the covariance was 6328, -1030, the confidence interval was 0.926, 1 and (-1, 0.05). ②The drivers paid most attention to the front of the car, installation of road traffic facilities has few effects, additional transportation facilities attracted more attention of drivers. ③The visual search scope of drivers increased after the setting of road traffic facilities, the horizontal range reduced, which was especially noticeable in female drivers. ④The driver's scanning amplitude and rate increased when transportation facilities setting up, and the novice and female drivers had a more wider range and wider range of scanning. ⑤The driver's blink duration was mainly distributed in the range of 0.02~0.6s with an average value of 0.245s and a duration of 0.1~0.3s. The frequency of blinking in this area had a significant physiological impact on the driver. **Conclusion** Driver's visual field is correlation with gaze distance and the area of the attention. When driving speed increases, the number of the driver's feedback information increases, and the error rate increases.

【Keywords】 Road drivers; Road traffic facilities; Visual characteristics; Physiology and psychology

项目基金: 国家自然科学基金(1461015); 云南省高层次卫生计生技术人才培养经费资助(H-201613)

驾驶员在不同驾驶环境下的心理反应是不尽相同的^[1-2], 驾驶员的驾驶经验对实际行车过程中道路线型变化和由此产生的生理、心理变化影响很大^[3-5]。既往对驾驶员心理生理差异分析的研究多集中于限定驾驶员视野从而分析影响因素, 缺乏对驾驶员个人特性分类的规律性研究。本研究对公路交通设施设置前后驾驶员视觉特性变化进行分析, 对驾驶员视觉扫视范围和频率、眨眼次数进行统计, 为不同生理心理差异的驾驶人员设置相对平衡的公路交通设施提供参考, 有利于提高公路交通行车安全。

1 对象与方法

1.1 对象

甄选出不同年龄、性别、受教育程度和驾驶年龄的驾驶员并进行驾驶员视觉特性实验, 研究对象分为如下类别: I 类驾驶员(具有丰富驾驶经验, 且年龄 53~60 岁, 驾龄 20~30 年, 不限性别); II 类驾驶员(年龄 46~53 岁, 驾龄 15~20 年, 驾驶经验丰富且, 不限性别); III 类驾驶员(39~46 岁的女性驾驶员, 驾龄 5~10 年); IV 类驾驶员(年龄 32~39 岁, 驾龄 3~5 年); V 类驾驶员(年龄 25~32 岁, 驾龄 3~5 年, 驾驶经验一般); VI 类驾驶员(刚接触驾驶 1~2 年的年轻驾驶者)。

1.2 研究方法

实验车辆为普通小型车和一辆 SUV。

视觉兴奋区域是指对某一区域注视点的数量。两次眼跳间眼球的相对静止状态称为注视, 一次注视为一个注视点。兴趣区内注视次数越多, 表明这个区域对于观察者来说更为重要, 更能引起注意。通过热点图(Hotspot), 形象地分析注视点的集中趋势、停留时间等。

具体试验步骤为: ①检测 TOBII&SMI 眼动仪设备运行情况; ②实验人员和被测驾驶员对实验内容和程序流程进行熟悉; ③应尽量连续地读取信息以期获得完整、有效的数据; ④被测驾驶员应尽快熟悉眼动仪设备运行情况, 尽量减少设备的干扰; ⑤工作人员对驾驶员的视觉注意点和视觉兴奋区数据进行记录并标注沿途公路属性等信息。

1.3 统计方法

通过对不同年龄段驾驶员车速与注视点距离、视觉强度的数据绘制折线图得到其线性关系, 使用 SPSS 13.0 进行相关分析, 建立不同年龄段驾驶员

车速与视觉强度、注视点距离参数关联性模型, 通过折线图和柱状图分别表现公路交通设施设置前后驾驶员视觉兴奋区注意频数比率和水平、垂直视觉注视区域搜索范围的对比状态, 同时对驾驶员的眨眼频率随时间的变化进行回归分析, 得到回归方程和相应的 R^2 值。

2 结 果

2.1 视觉特性分析

对注视点距离、车速与视觉特性强度进行相关分析, 结果显示驾驶员视觉特性强度与其注视点距离和车速呈正相关($r = 0.874, 0.982$)。见表 1、表 2。驾驶员年龄和注视点距离成反比, 车速与注视点距离成反比。见图 1。

驾驶员信息刺激出现次数和范围随着车速的提高而降低, 单位时间内受到的外界刺激增加, 导致驾驶员的感知能力减弱, 导致驾驶员难以对外界信息进行判断, 错误率增加。驾驶员每分钟的错误次数与车速成正比。见表 3、图 2。

表 1 驾驶员视觉特性强度与车速、注视点距离相关分析

项 目	注视点距离	车速
Pearson 相关系数	0.874 ^a	0.982 ^a
平方与叉积的和	24570.000	-3670.000
协方差	6328.000	-1030.000
视野 偏差	-0.003	0.000
标准误差	0.016	0.005
95% 下限	0.926	-1.000
置信区间 上限	1.000	-0.862

注: ^a $P < 0.01$, 即在 0.01 水平(双侧)上显著相关

表 2 不同年龄段驾驶员视觉特性强度与车速、注视点距离相关分析

驾驶员年龄	视觉强度	车速	注视点距离
53~60 岁	r	-0.039	-0.062
	P	0.7352	0.595
46~53 岁	r	-0.152	-0.254 ^a
	P	0.075	0.012
39~46 岁	r	-0.577 ^b	-0.643 ^b
	P	0.003	0.000
32~39 岁	r	-0.452 ^b	-0.352 ^a
	P	0.002	0.023
25~32 岁	r	0.085	-0.042
	P	0.646	0.789

注: ^a $P < 0.05$, ^b $P < 0.01$, 均为双侧检验

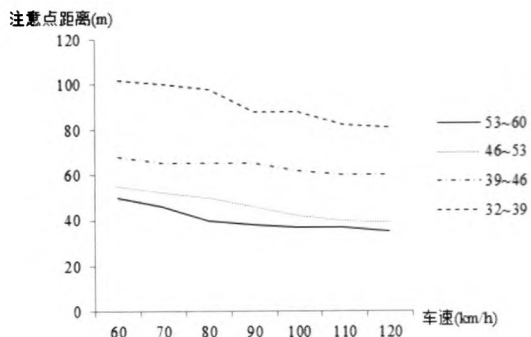


图 1 不同年龄驾驶员车速与注意点视距分布图

表 3 每分钟反应错误次数与车速相关关系

车速 (km/h)	信息刺激出现次数 (次/min)	反应错误次数 (次/min)	错误率 (%)
40	64	17	26.5
60	70	35	50.0
80	92	60	65.2
100	121	88	72.7
120	152	115	75.6

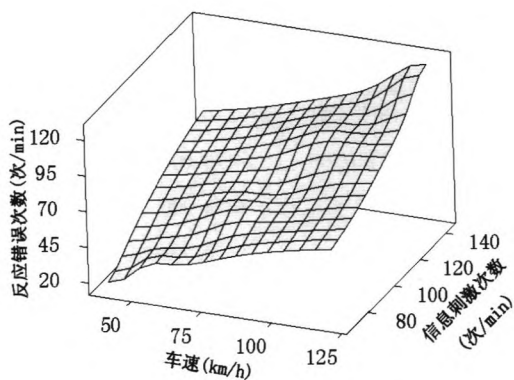


图 2 车速、外界信息刺激次数与驾驶员反应错误次数之间的关系

2.2 视觉指标

2.2.1 视觉注意点分布与视觉兴奋区

驾驶员在实际驾驶过程中的视觉注意点的确定是有选择性的,即驾驶员视觉不会均匀的分配以获得目标区内所有信息,而是通过不断地视觉转移,反复地对目标间进行搜索并提取有效信息。如图 3 所示,圆圈表示视觉注意时间长短,圆圈之间的横线代表视觉注意点之间位置转移。

为了对公路交通设施对视觉特性影响的驾驶员心理生理差异性进行分析,需要通过视觉注意点分布划分视觉兴奋区域,故采取动态聚类法对 6 类驾驶

人员视觉注意点所在的二维视觉平面空间进行聚类分析,得到的具体视觉兴奋区域 (Area of Interesting, AOI) 如图 4 所示。

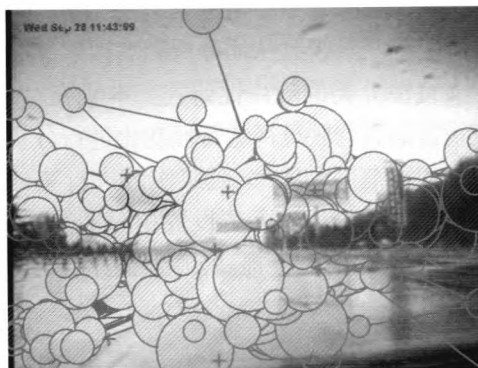


图 3 驾驶员注意点分布及视觉转移路线



图 4 视觉兴奋区域分布

2.2.2 视觉注意点分布

图 5 为交通设施变化对驾驶员生理心理影响下的视觉注意点区域变化,表 4 和图 6 为公路交通设施对视觉特性影响下驾驶员视视频数所占百分比分析。可以得出驾驶员在实际驾驶过程中对视觉注意点的分配主要集中于驾驶视觉点前方区域,即视觉兴奋区 AOI 5、AOI 8,公路交通设施设置前后的视觉特性影响明显,故视觉特性具有较为明显的规律性,体现在视觉频数稳步上升,从 AOI 2 至 AOI 4、从 AOI 5 至 AOI 7、从 AOI 9 至 AOI 10、AOI 12。见图 5、表 4。



图 5 公路交通设施设置前后的驾驶员视觉特性对比

表 4 公路交通设施设置前后驾驶员视觉兴奋区注意频数比例对比分析

AOI	交通工程设施设置前(%)	交通工程设施设置后(%)
AOI 1	2.58	0.18
AOI 2	0.45	7.52
AOI 3	0.10	1.36
AOI 4	1.52	2.78
AOI 5	65.36	53.37
AOI 6	0.75	2.29
AOI 7	0.25	1.36
AOI 8	3.14	6.31
AOI 9	0.18	0.20
AOI 10	0.16	0.19
AOI 11	0.25	0.36
AOI 12	0	0.28

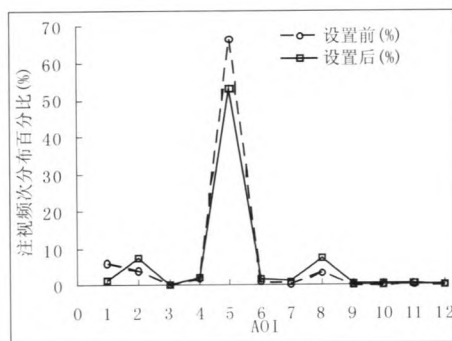


图 6 公路交通设施设置前后驾驶员视觉兴奋去注意频数比率分析

2.3 注视区域搜索范围

对实验驾驶员在公路交通设施对其视觉特性影响的情况下进行注视区域的水平和垂直注视区域搜索范围进行对比分析。公路交通设施对驾驶员视觉特性的影响较大,水平注视区域搜索范围减小,而垂直注视区域搜索范围增大,说明交通设施设置对视觉特性的影响主要集中于将驾驶员的注意力集中于水平范围内,增加了他们的注视集中性和目的性,交通设施设置前由于注视区域分散,搜索范围广阔,驾驶员难以迅速找到最佳的期望信息,造成了驾驶员水平搜索的难度递增;垂直注视区域搜索广度的改变则是由于交通设施设置在垂直方向上没有吸引驾驶员的注意力变化,放弃了垂直搜索的能力,而在交通设施设置后吸引驾驶员对垂直方向搜索可靠信息。经验成熟的驾驶员在公路交通设施前后搜索范围相比年轻驾驶员来说数值较小。见图 7、图 8。

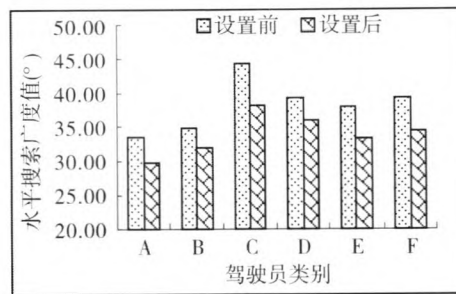


图 7 水平视觉注视区域搜索分析

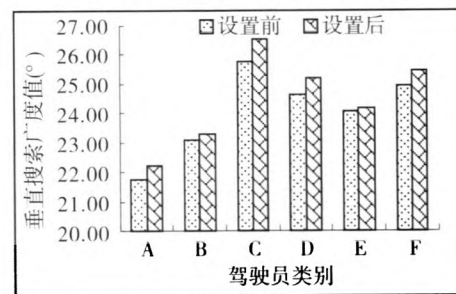


图 8 垂直视觉注视区域搜索分析

2.4 视觉指标

2.4.1 视觉扫视范围

对被测驾驶员在公路交通设施设置前后的视觉扫视范围和扫视速率进行分析,C类和F类驾驶员在交通设施设置前扫视幅度最大,A类、B类驾驶员扫视幅度最小。见图 9。

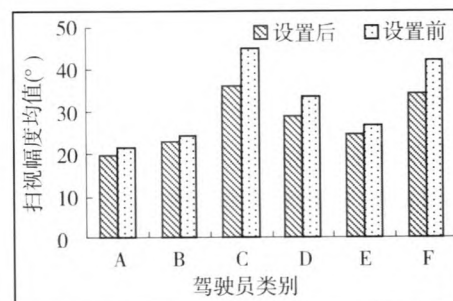


图 9 驾驶员视觉扫视范围对比

2.4.2 视觉扫视频率

将驾驶员在公路交通设施设置前后对视觉特性的影响进行比较,结果显示扫视速度的变化设置前高于设置后,说明交通设施设置之后驾驶员需要更多的时间来进行信息搜索,导致他的判断时间较长,扫视频率降低,而沿途未进行交通设施设置的驾驶员不需要额外时间进行信息搜索,搜索速度较快;经验丰富的驾驶员相比驾驶生疏的驾驶员搜索速度更快,女性驾驶员搜索速度较慢。见图 10。

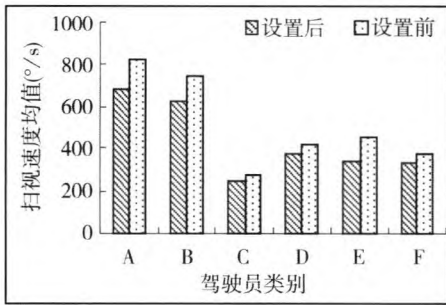


图 10 驾驶员视觉扫视速率对比

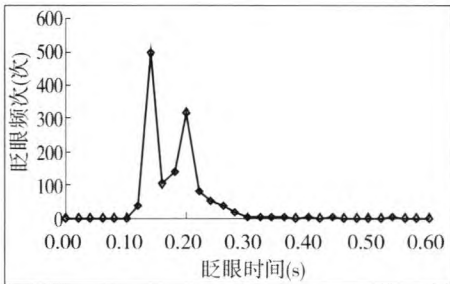


图 11 眨眼时间分布时间

2.5 眨眼频数指标

2.5.1 眨眼持续时间

分析试验数据得出眨眼持续时间主要分布在 0.01 ~ 0.3s 范围内,均值为 0.245s,在 0.08 ~ 0.32s 范围内眨眼时间较高,在 0.15s 和 0.18s 达到峰值。见图 11。

2.5.2 眨眼频率

对驾驶员的眨眼频率随时间的变化进行回归分析,得到相应的回归方程和 R^2 值,可以看出驾驶员眨眼频率分散,回归方程的相关性系数 R^2 偏小,相关性较差。见表 5。

3 讨论

研究显示,不同的驾驶员在不同的驾驶环境中表现出的生理心理反应是不尽相同的。专业驾驶人员和非专业驾驶人员在处于不同道路线型时生理心

表 5 眨眼频率回归分析

驾驶员类别	回归方程	R^2
I 类	$y = (4E - 11)x^6 - (1E - 08)x^5 + (1E - 06)x^4 - (6E - 05)x^3 + 0.0011x^2 - 0.0015x + 0.1734$	0.4523
II 类	$y = (-4E - 12)x^6 - (2E - 10)x^5 + (2E - 07)x^4 - (2E - 05)x^3 + 0.0007x^2 - 0.0089x + 0.2537$	0.2036
III 类	$y = (1E - 11)x^6 - (5E - 09)x^5 + (7E - 07)x^4 - (5E - 05)x^3 + 0.0015x^2 - 0.0167x + 0.2148$	0.4752
IV 类	$y = (-6E - 12)x^6 + (2E - 09)x^5 - (2E - 07)x^4 + (2E - 05)x^3 - 0.0007x^2 + 0.016x + 0.1085$	0.4412
V 类	$y = (-5E - 11)x^6 + (1E - 08)x^5 - (2E - 06)x^4 + (9E - 05)x^3 - 0.0021x^2 + 0.0172x + 0.2161$	0.2632
VI 类	$y = (6E - 12)x^6 - (1E - 09)x^5 + (1E - 07)x^4 - (9E - 06)x^3 + 0.0003x^2 - 0.0043x + 0.1956$	0.2752

注:回归方程中 y 为眨眼频率轴,x 为时间轴

理感知特点存在明显差异^[6-7]。驾驶员在行驶过程中的行为特性(视觉和心理)对其实时驾驶行为有着直接的影响^[8-9]。利用 HED 装置可以对驾驶员进行跟踪并读取行车状态信息,探究其违规驾驶行为对注意力的波动影响^[10]。交通设施设置后,视觉区域两侧的交通设施设置对驾驶人员有更明显的导向作用,而驾驶员前方视觉区的注视点频数未出现明显变化,说明公路交通设施的设置对驾驶员在驾驶过程中信息提取具有一定的促进作用,能有效提高驾驶员的驾驶目的性。研究显示,驾驶经验对驾驶员在现实行驶过程中沿途信息搜集和辨别方面有明显差异^[11]。驾驶经验丰富的驾驶员相较于驾驶经验薄弱者在行车时对视野范围内场景的扫视和提取能力更强,且在行驶中视野搜索更具规律性^[12-14]。通过对驾驶员移动视野变化造成的行车速度等行车影响因素进行分析,认为车速与行车实

际视野成反比^[1,15]。

综上所述,国内外研究学者对于驾驶员心理生理差异分析的研究大多集中于限定驾驶员视野的情况下某一固定视觉特性影响因素指标,缺乏对驾驶员个人特性分类的规律性研究。本研究对公路交通设施设置前后驾驶员视觉特性变化进行分析,比较驾驶员生理心理状态的变化,对驾驶员视觉扫视范围和频率、眨眼次数进行指标考量,结果显示:①驾驶员车速和视野范围(垂直和水平)和视觉注视点的距离三者之间有着密切关联,车速增加,驾驶员反应降低,错误率上升;②驾驶员对于正前方视野区内最为关注,公路交通设施设置前后驾驶员兴趣区域注视趋势大体相似,但额外的交通设施会吸引驾驶员更多的注意力;③驾驶人员视觉搜索范围在设置公路交通设施后会增加,水平范围会减小,这一点在女性驾驶员和驾驶新手身上尤为明显;④驾驶员扫

视幅度和速率在设置前后会增加,驾驶新手和女性驾驶员扫视幅度更大,范围更广;⑤驾驶员眨眼持续时间主要分布在 0.02 ~ 0.6s 范围内,平均值为 0.245s,0.1 ~ 0.3s 内范围内眨眼频数较高,对驾驶员生理影响较大。本研究基于公路交通设施对视觉特性影响的驾驶员生理心理变化的差异进行研究,以期对不同生理心理特性的驾驶人员设置相对平衡的公路交通设施提供参考。

参考文献

- [1] 郭凤香,张盛,熊坚,等. 驾驶员期望车速预测模型研究[J]. 昆明理工大学学报(自然科学版), 2015, 40(6): 42-49.
- [2] 杨超群. 心理素质对公交驾驶安全的影响及对策[J]. 人民公交, 2016(6): 72-73.
- [3] 钟铭恩,洪汉池,吴平东,等. 基于 Uchida-Kraepelin 心理测试的酒后驾车交通事故倾向测量[J]. 上海交通大学学报, 2016, 50(3): 413-418.
- [4] 闫华. 道路交通事故与驾驶员群体心理品质关联模型构建[J]. 中国安全科学学报, 2016(2): 13-17.
- [5] 刘洋. 基于驾驶员心理、生理反应的行车紧张性与高原公路纵坡关系研究[D]. 乌鲁木齐: 新疆农业大学, 2015.
- [6] Ratcliffe N, Newport R. The effect of visual, spatial and temporal manipulations on embodiment and action[J]. Front Hum Neurosci, 2017, 11: 227.
- [7] Wang Y, Xin M, Bai H, et al. Can variations in visual behavior measures be good predictors of driver sleepiness? A real driving test study[J]. Traffic Inj Prev, 2017, 18(2): 132-138.
- [8] Bowers AR. Driving with homonymous visual field loss: a review of the literature[J]. Clin Exp Optom, 2016, 99(5): 402-418.
- [9] Ramkhalawansingh R, Keshavarz B, Haycock B, et al. Age differences in visual-auditory self-motion perception during a simulated driving task[J]. Front Psychol, 2016, 7: 595.
- [10] Stavrinou D, Mosley PR, Wittig SM, et al. Visual behavior differences in drivers across the lifespan: a digital billboard simulator study[J]. Transp Res Part F Traffic Psychol Behav, 2016, 41(A): 19-28.
- [11] 高振海,李扬,张慧,等. 不同车速下驾驶员变换车道前视行为特征规律[J]. 吉林大学学报(工学版), 2016, 46(5): 1385-1390.
- [12] Muir C, Charlton JL, Odell M, et al. Medical review licensing outcomes in drivers with visual field loss in Victoria, Australia [J]. Clin Exp Optom, 2016, 99(5): 462-468.
- [13] Triphan T, Nern A, Roberts SF, et al. A screen for constituents of motor control and decision making in Drosophila reveals visual distance-estimation neurons[J]. Sci Rep, 2016, 6: 27000.
- [14] Fitch GM, Bartholomew PR, Hanowski RJ, et al. Drivers' visual behavior when using handheld and hands-free cell phones[J]. J Safety Res, 2015, 54: 105-108.
- [15] 杨浩,黄江,李正网,等. 基于曲率与车速的两点智能控制驾驶员模型[J]. 汽车技术, 2017(8): 38-42.

(收稿日期:2017-12-01)

(本文编辑:吴俊林)