

doi:10.3969/j.issn.1672-4348.2018.03.011

道路交通信息量对驾驶员眼动行为影响的研究

柯畅, 张庭溢, 肖冰

(福建工程学院 交通运输学院, 福建 福州 350118)

摘要: 通过眼动实验,采集被试观看不同类型的道路交通图像时的眼动数据,研究不同道路交通信息量对人们眼动特征的影响。研究表明,不同信息量的道路环境和不同的车流量,都会对驾驶员的眼动特征参数产生影响,进而影响人们搜索目标交通标志的效率。信息量的增大增加了搜索过程中的注视次数,并缩短平均注视时间。它们对于搜索效率产生不同的影响,道路环境信息量的增加缩短了搜索交通标志时间,车流量的增加延长了搜索交通标志的时间。

关键词: 道路; 交通; 信息量; 眼动; 驾驶员

中图分类号: U491.2

文献标志码: A

文章编号: 1672-4348(2018)03-0259-05

Study on the effects of road and traffic information volume upon the drivers' eye movements

KE Chang, ZHANG Tingyi, XIAO Bing

(School of Transportation, Fujian University of Technology, Fuzhou 350118, China)

Abstract: The eye movement experiment was carried out to collect the eye movement data while the subjects were watching different types of road and traffic images, so as to study the effects of the volume of road and traffic information upon the eye movement characteristics. The study indicates that the different information volume of both the road environment and the traffic flow will influence the characteristic parameters of the drivers' eye movement parameters, which will further affect the drivers' efficiency in searching traffic signs. With the increase of information volume, the number of times of fixation during the search increases and the average fixation time reduces, which have different influence on searching efficiency. The increase of information volume of road environment reduces the time for searching traffic signs while that of traffic flow increases it.

Keywords: road; traffic; information volume; eye movements; driver

在车辆行驶过程中,驾驶员通过观察周围车辆、路况和交通标志等信息,做出相应的决策及操作。驾驶员依靠视觉获得大约 90% 与驾驶相关的信息^[1]。因此,有必要对驾驶员通过视觉获取信息的行为进行研究。研究视觉行为的一种方式是通过眼动仪记录人们眼球运动过程的各种参数。驾驶过程中多种因素会影响驾驶员的眼动行为,包括道路环境、驾驶员的熟练程度^[2-3]、车速

和标志牌信息量^[4]等。

随着城市的发展,车流量增加,道路环境也更加多样化。道路交通中的大量信息增加了行驶环境的复杂程度,对驾驶员的眼动行为,以及驾驶员搜索识别交通标志的效率都会产生影响。驾驶员对交通标志的识别情况,会影响行驶的安全和效率,以及道路的车流情况。驾驶员对目标信息观察和认知上的错误,是最常见的交通事故原因^[5]。

收稿日期: 2018-01-19
基金项目: 福建省社会科学规划项目(FJ2015C119);福建工程学院实验教学改革立项项目(SJ2015010);中国人类工效学学会项目(GY-H-17042)
第一作者简介: 柯畅(1983-),女,福建福州人,实验师,硕士,研究方向:人因工程、统计分析。

因此,研究不同信息量的交通环境下驾驶员的眼动行为特征,以及视觉搜索效率的变化,可以为各种交通环境下的道路标志设置和交通管理提供参考依据,提高交通安全性。

当前关于交通信息量和眼动行为关系的文献,主要是针对交通标志牌信息量的设置进行研究^[5-6]。本文研究的交通环境的信息量包括道路环境的信息量和路面车流量。车流量的大小会影响驾驶员需要处理的信息。道路环境包含的信息量越大,吸引驾驶员注意的目标点就越多。

关于不同信息量对于眼动特征参数的影响的研究结论有:(1)大多数研究表明随着信息量的增加,搜索目标的时间会延长^[5-7]。但栗觅等^[8]的研究显示,在搜索设定图片时,信息过载时的搜索时间显著小于非信息过载时的搜索时间。(2)随着环境中的信息量增加,搜索目标过程的注视次数增加^[4,7-8]。(3)关于信息量和平均注视时间的关系,各研究在不同情况下的结论有所不同。在以往的实验中随着信息量的增加,平均注视时间有增加,也有缩短的^[7-8]。杨冰浩^[9]在关于交通标志路名数量和眼动行为的研究中发现,平均注视时间首先随着交通标志中的路名数量增加而增加,当交通标志的路名数量超过 6 个以后,平均注视时间开始下降。

关于驾驶员视觉特征研究的试验方法主要有两种:一种是虚拟条件下动态视觉特征试验,用静态的图片^[5-6,9]或者动态的视频^[7]模拟不同的交通环境;另一种是真实交通环境下动态视觉特征试验^[10]。后者对仪器的性能要求很高,同时在真实交通环境中进行试验容易发生危险,因此研究难度较大。本文拟采用静态的图片来模拟不同的交通环境。

1 眼动实验设计

1.1 实验方案

本实验研究道路环境和车流量对于人们眼动行为的影响。其中道路环境分成两种模式:单调和多样化的道路环境。车流量也分成两种模式:少车流和多车流。实验根据道路环境和车流量变化分成 4 组场景:单调道路环境×少车流量路况,单调道路环境×多车流路况,多样化道路环境×少车流路况,多样化道路环境×多车流路况。多样化的道路环境指道路的自然风景或建筑景观较为

丰富。反之,将缺乏自然风景和建筑景观的道路环境称为单调的道路环境。场景示例图见图 1-图 4。通过分析被试在各种场景下的眼动数据,研究不同的道路环境和车流量情况下,人们眼动行为的差别,以及这些差别对于驾驶过程中识别



图 1 单调道路环境少车流量路况示意图
Fig.1 Illustration of a monotonous road environment with less traffic



图 2 多样化道路环境少车流量路况示意图
Fig.2 Illustration of a diversified road environment with less traffic



图 3 单调道路环境多车流量路况示意图
Fig.3 Illustration of a monotonous road environment with a large traffic volume



图 4 多样化道路环境多车流量路况示意图
Fig.4 Illustration of a diversified road environment with a large traffic volume

交通标志效率的影响。

人的注视行为包括注视、扫视和眨眼。本文主要研究和注视相关的眼动特征指标。采用的眼动特征测试指标包括: 搜索过程的注视点数目、平均每次注视时间和搜索目标所花费的时间。搜索过程的注视次数是指从目标出现到被试确认过程中的注视次数。每次注视时间指一次注视行为的时间长度, 单位为 s。搜索目标所花费的时间是指从目标出现到被试确认发现目标的时间长度, 单位为 s。

1.2 实验材料及装置

实验共采用了 48 幅道路交通场景静态图, 这 48 幅按照上述场景分成 4 组, 每组 12 幅图, 每幅图呈现 10 s。搜索目标为 16×16 像素的交通限速标志。每组 12 幅交通场景图中随机的 3 幅包含该交通标志。试验被试共 20 名, 均为年龄 19-21 岁的在校学生。所有被试均无佩戴眼镜, 裸眼视力 0.9 以上, 被试均要观看上述 48 幅交通图。实验采用 Tobii 眼动仪, 采集被试在观看图像过程中的眼动数据。

1.3 实验流程

被试按要求坐在距离屏幕前方约 75 cm 的位置上, 并假设在以驾驶员的角色看前方的交通场景。被试准备就绪, 点击鼠标开始一组实验。当被试发现交通场景中出现设定的交通标志时, 点击鼠标确认, 实验开始播放下一图像。实验图像分 4 组, 每结束一组实验后, 被试至少休息 3 min 再开展下一组实验。

1.4 眼动数据分析方法

眼动仪记录眼动数据后, 通过 Ergolab 软件提取搜索过程的注视次数、注视时间和搜索目标所花费的时间这几个参数。计算每组实验中各被试搜索到目标的平均注视次数和平均搜索时间, 以及各个被试的平均注视时间。有 3 名被试实验过程中部分眼动数据丢失, 共获得 17 名被试完整的眼动数据。实验数据采用 SPSS 20 进行 2×2 的双因素可重复测量方差分析。

2 实验结果分析

2.1 不同信息量的交通环境对搜索过程注视次数的影响

双因素可重复测量方差分析结果显示, 不同道路环境对搜索目标过程中注视次数的影响不显

著 ($F(1, 16) = 2.35, p = 0.154$); 不同车流量对搜索目标过程中注视次数的影响显著 ($F(1, 16) = 32.625, p = 0.000$); 道路环境的变化和车流量大小的交互作用对搜索目标过程中注视次数的影响不显著 ($F(1, 16) = 2.462, p = 0.136$)。

不同环境下被试搜索目标的平均注视次数如图 5 所示。在 95% 的置信水平下, 单调道路环境, 小车流量的情况下搜索到目标的平均注视次数为 (1.980 ± 0.317) 次; 单调道路环境, 车流量大的情况下搜索到目标的平均注视次数为 (3.971 ± 0.780) 次; 多样化道路环境, 车流量较小时搜索到目标的平均注视次数为 (2.706 ± 0.483) 次; 多样化道路环境, 车流量较大时搜索到目标的平均注视次数为 (4.029 ± 0.626) 次。

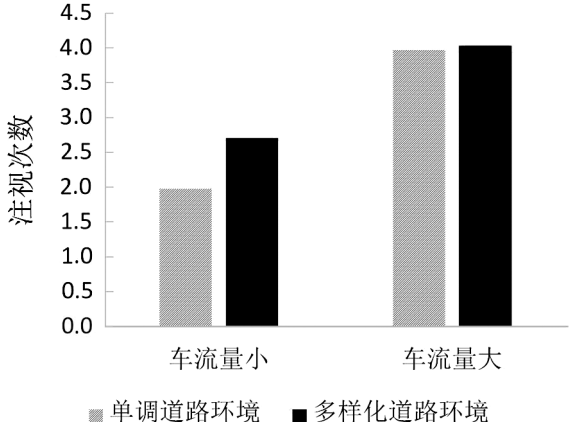


图 5 不同信息量交通环境搜索过程的注视次数

Fig.5 Times of fixation when searching in traffic environments with different information volumes

随着环境中信息量的增加, 被试搜索过程注视的次数增加。单调道路环境和多样化道路环境下, 车流量的提升使得注视次数分别增加了 100.6% 和 48.9%。而小车流量和大车流量的情况下, 提升道路环境的信息量使得注视次数分别增加了 36.7% 和 1.5%。增大车流量相比于增加道路环境的信息量, 对搜索过程注视次数影响幅度更大。

2.2 不同信息量的交通环境对平均注视时间的影响

双因素可重复测量方差分析结果显示, 不同道路环境对平均注视时间的影响显著 ($F(1, 15) = 21.184, p = 0.00$); 不同车流量对平均注视时间的影响也显著 ($F(1, 15) = 49.053, p = 0.00$); 道路环境的变化和车流量大小的交互作用对平均注视时

间的影响不显著 ($F(1,15)=0.223, p=0.097$)。

不同环境下被试者平均注视时间如图 6 所示。在 95% 的置信水平下,单调道路环境,小车流量的情况下平均注视时间为 (0.864 ± 0.156) s;单调道路环境,车流量大的情况下平均注视时间为 (0.520 ± 0.060) s;多样化道路环境,车流量较小时平均注视时间为 (0.693 ± 0.142) s;多样化道路环境,车流量较大时平均注视时间为 (0.439 ± 0.083) s。

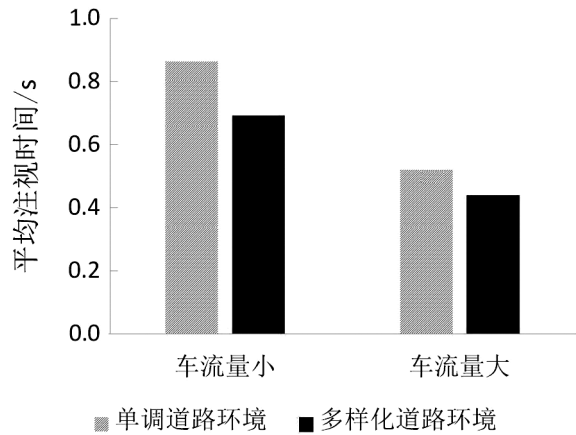


图 6 不同信息量交通环境的平均注视时间
Fig.6 Average fixation time in traffic environments with different information volumes

随着环境中信息量的增加,被试的平均注视时间缩短。单调道路环境和多样化道路环境下,车流量的提升使得平均注视时间缩短了 39.8% 和 36.7%。而小车流量和大车流量的情况下,提升道路环境的信息量使得平均注视时间缩短了 19.8% 和 15.6%。增大车流量相比于增加道路环境的信息量,影响平均注视时间的程度更大。

2.3 不同信息量的交通环境对平均搜索目标时间的影响

双因素可重复测量方差分析结果显示,不同道路环境对平均搜索目标时间的影响显著 ($F(1,16)=9.184, p=0.008$);不同车流量对平均搜索目标时间的影响也显著 ($F(1,16)=15.576, p=0.001$);道路环境的变化和车流量大小的交互作用对平均搜索到目标时间的影响不显著 ($F(1,16)=0.229, p=0.639$)。

不同环境下被试目标搜索时间如图 7 所示。在 95% 的置信水平下,单调道路环境,小车流量的情况下平均搜索到目标交通标志的时间为

(2.521 ± 0.297) s;单调道路环境,车流量大的情况下平均搜索目标时间为 (2.913 ± 0.269) s;多样化道路环境,车流量较小时平均搜索时间为 (2.249 ± 0.329) s;多样化道路环境,车流量较大时平均搜索时间为 (2.722 ± 0.277) s。

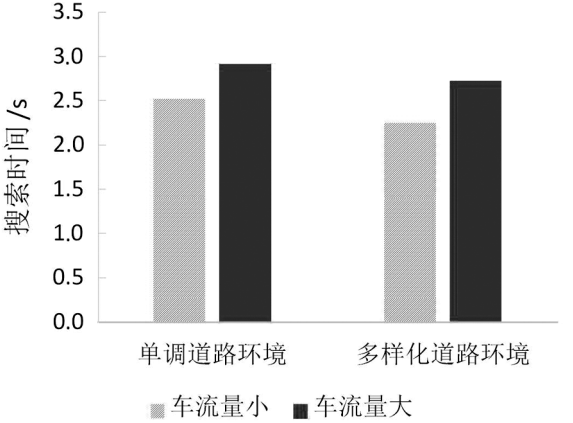


图 7 不同信息量交通环境的标志搜索时间
Fig.7 Time for searching traffic signs in traffic environments with different information volumes

车流量较大时人们平均搜索目标时间均大于车流量较小时的平均搜索时间;而多化样的道路环境下,人们的平均搜索目标时间要小于单调的道路环境下的平均搜索目标的时间。

3 总结和讨论

在本实验中,增加车流量和增加道路环境的信息量,对于被试的眼动行为产生了以下这些影响:

- 1) 增加车流量和道路环境的信息量,增加了搜索过程的注视次数,这与以往的研究结果相符合^[4,7-8]。
- 2) 增加车流量和道路环境的信息量,减少了平均注视时间。该结论与 Steven Alan Phillips^[7] 的研究结果一致。造成这一现象的原因可能是人的视觉有中央凹视觉和周边视觉。中央凹视觉用于提取视觉对象的详细特征,周边视觉用于处理和构建周围空间环境的信息。在信息量比较少的环境中,需要人们转移注视点而变换中央凹视觉位置以提取详细特征的需求减少。人们的注视点会停留在一个位置上,通过周边视觉来获得周围环境的信息,因此平均注视时间延长。
- 3) 车流量的增大和道路环境信息量的增大,

对搜索时间的影响是相反的。车流量的增大,搜索到目标交通标志的时间增加。而道路环境信息量的增加,则减小了搜索目标的时间。这与以往的研究所认为的信息量的增加会延长搜索目标的时间^[5-7],存在差异。其原因可能是,驾驶员在行驶过程中,影响其做决策的主要是路况信息(包括车流量和道路两侧的交通标志)。驾驶员对于路面情况会有更仔细的关注,这些需要动用更多的中央凹视觉,即注视行为。对于道路周边环境的情况,驾驶员主要是感知其空间特征,这可以通过周边视觉来完成。因此,增加车流量与增加道路环境信息量相比,提升人们注视次数的幅度更大。这与前文数据分析的结果相符。增加车流

量,尽管平均注视时间缩短,但注视次数大幅度的增加,使得总搜索时间增加。而增加道路环境信息量,注视次数增大的幅度较小,所以总搜索时间由于平均注视时间的缩短而缩短。

本实验研究结果表明,道路环境的信息量和车流量的增加,均会使得人们在搜索交通标志的过程中,增加注视次数,减少平均注视时间。但二者对于搜索效率的影响相反。本文认为其原因与人们在驾驶过程中,更注意路面的信息情况而不是环境信息有关。

在进行交通道路标志设计的时候,也需要对交通所处的道路环境和车流情况的信息量进行综合考量。

参考文献:

- [1] LANSDOWN T C. Visual allocation and the availability of driver information[M]. Traffic and Transport Psychology: Theory and Application. United Kingdom: Emerald Group Publishing Limited, 1997: 215-223.
- [2] 郭应时. 交通环境及驾驶经验对驾驶员眼动和工作负荷影响的研究[D]. 西安: 长安大学, 2009.
- [3] CRUNDALL D E, UNDERWOOD G. Effects of experience and processing demands on visual information acquisition in drivers[J]. Ergonomics, 1998, 41(4): 448-458.
- [4] 刘博华, 孙立山, 荣建. 基于眼动参数的驾驶员标志视认行为研究[J]. 交通运输系统工程与信息, 2011, 11(4): 22-27.
- [5] LIU Y C. A simulated study on the effects of information volume on traffic signs, viewing strategies and sign familiarity upon driver's visual search performance[J]. International Journal of Industrial Ergonomics, 2005, 35(12): 1147-1158.
- [6] 杜志刚, 潘晓东, 郭雪斌. 交通指路标志信息量与视认性关系[J]. 交通运输工程学报, 2008, 8(1): 118-122.
- [7] PHILLIPS S A. The effect of familiarity and complexity of environments, and mode of wayfinding on gaze and memory[D]. Toronto: University of Waterloo, 2015.
- [8] 栗觅, 卢万譞, 吕胜富, 等. 网页信息过载时视觉搜索策略与信息加工方式的眼动研究[J]. 北京工业大学学报, 2012, 38(3): 390-395.
- [9] 杨冰浩. 交通指路标志的极限信息量与最大前置距离研究[D]. 成都: 西南交通大学, 2014.
- [10] DI STASI L L, RENNER R, CATENA A, et al. Towards a driver fatigue test based on the saccadic main sequence: A partial validation by subjective report data[J]. Transportation research part C: emerging technologies, 2012, 21(1): 122-133.

(特约编辑: 黄家瑜)