

基于眼动实验的车载触控屏注视行为分析

任宏, 谭宇鹏

(沈阳航空航天大学, 沈阳 110136)

摘要: **目的** 从驾驶员驾驶过程的实际出发, 在人车交互过程中探索更舒适的车载信息触控屏位置和界面内功能栏图标位置, 以及界面分布方式。**方法** 应用 ASL 眼动仪, 选择有驾驶经验的青年群体作为实验被试, 对车载信息系统触控屏进行眼动实验, 采集驾驶员眼动信息, 剖析驾驶员在驾驶过程中对车载信息触控屏做出反应的视觉注视行为。**结果** 驾驶员对不同的汽车触控屏设计方式做出反应的视觉注视行为存在差异。**结论** 对于车载信息触控屏悬浮式和内置式设计, 被试对悬浮式车载信息触控屏反应的速度更快。对于车载信息触控屏通栏显示和双栏显示, 通栏显示认知效率更高。对于车载信息触控屏功能栏图标左侧布局和左下侧布局, 功能栏图标左下侧布局方式能使被试更快地完成实验任务。

关键词: 车载信息系统; 触控屏; 眼动实验; 注视行为; 视觉分析

中图分类号: TB472 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2020)20-0097-05

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2020.20.016

Watching Behavior Analysis of Vehicle Touch Screen Based on Eye Movement Experiment

REN Hong, TAN Yu-peng

(Shenyang Aerospace University, Shenyang 110136, China)

ABSTRACT: The work aims to explore the more comfortable position of on-board information touch screen, icon position of function bar in interface and interface distribution mode in the process of human-vehicle interaction from the actual driving process of drivers. ASL Eye Tracker was used to carry out eye tracing experiments on the touch screen of vehicle information system by taking young people with driving experience as experimental subjects to collect drivers' eye tracing information and analyze drivers' visual gaze behavior in response to the touch screen of vehicle information during driving. Drivers had different visual gaze behaviors in response to different design methods of touch screen. For the suspension and built-in design of the vehicle information touch screen, the subjects respond faster to the suspension vehicle information touch screen. For the full column display and half column display design of the vehicle information touch screen, the cognitive efficiency of full column display is higher. For the left function bar and left lower function bar design of the vehicle information touch screen, the subjects can complete the task faster under the left lower function bar.

KEY WORDS: vehicle information system; touch screen; eye tracing experiment; gaze behavior; visual analysis

汽车人机交互进入智能时代, 车载信息触控屏承载的信息日益增多, 交互方式被不断丰富。早期传统汽车车载信息系统主要以物理按键和旋钮调节为主, 在交互体验过程中有明显信息反馈^[1]和直观心理暗示。随着车联网的兴起, 以及消费者越来越注重驾驶体验和交互流程^[2], 车载信息系统搭载了触控屏幕, 触控屏幕经历着从无到有, 从小到大的进化过程。触

控屏幕的出现增强了操作体验, 简洁的外观设计和高级的质感, 使得人们更容易接受。

1 车载信息触控屏研究现状

经调研发现众多品牌的各个系列汽车车载信息触控屏设计不尽相同。车载信息触控屏从 2.7 英寸逐

收稿日期: 2020-06-05

作者简介: 任宏 (1967—), 女, 辽宁人, 硕士, 沈阳航空航天大学教授, 主要研究方向为工业设计与感性工学。

通信作者: 谭宇鹏 (1996—), 男, 辽宁人, 沈阳航空航天大学硕士生, 主攻工业设计与人机交互。

渐发展到 48 英寸；10 英寸及以上触控屏成为汽车厂商主要考虑的尺寸大小，其中 12 英寸占比最多。悬浮式和内置式为两种最常见的位置形式。统计汽车之家软件上由英文 A 到 Z 为首字母的九十七个家用汽车品牌六百四十四系列车载信息触控屏位置，发现内置式触控屏占 69.5%，悬浮式触控屏占 26.6%，内置式加悬浮式组合触控屏占 3.9%；悬浮式触控屏在新车型上呈现较多，并且有逐年增加的趋势。

在不同驾驶情境中，探究哪种形式对车载信息系统人车交互更优异具有重要意义。对于复杂的车载信息触控屏来说，眼动视觉分析^[3]仍然是解决驾驶安全问题主要的研究手段。谭浩等人^[4]探究了汽车驾驶过程中多通道人机交互模式，李永锋等人^[5]运用眼动技术分析出棋盘式布局可用性高于阶层式布局，王瑞等人^[6]研究了智能汽车界面人机自然交互方式。目前车载信息触控屏的研究主要集中在驾驶技术和人车自然交互研究上，缺少人车交互体验研究，因此优化界面交互体验显得极其重要。人与车载信息触控屏交互设计首先应该保证操作安全性^[7]，其次要关注操作便利性和创新体验设计。

2 车载信息触控屏使用过程分析及眼动实验设计

2.1 车载信息触控屏使用过程分析

车载信息触控屏在使用过程中存在很多痛点。触控屏集成功能越多，使用时间越长，运行速度及屏幕操作流畅性会变得越来越慢。不同品牌汽车车载信息触控屏的差异主要集中在触控屏位置、触控屏显示方式、功能栏布局方式、界面设计风格及触控屏多层次交互方式等^[8]。经调研得出车载信息触控屏位置、显示方式及功能栏布局方式是最基本的人车交互影响因素，对以上三种车载信息触控屏初级人车交互方式进行探究。

2.2 眼动实验设计

2.2.1 实验方案

目前汽车市场触控屏以悬浮式和内置式为主，在不同的驾驶情境下，驾驶员在屏幕边缘通过手势滑动

切换功能^[9]，哪种触控屏设计更符合驾驶员的人车交互方式和驾驶习惯是所要探究的问题。实验在探究内置式和悬浮式触控屏位置认知效率基础上，一方面探究车载信息娱乐系统触控屏通栏显示和双栏显示，另一方面探究触控屏功能栏图标位置。三组车载信息触控屏眼动实验方案，见图 1。

实验一：探究触控屏在中控台上相对位置对被试识别效率的影响，要求被试完成车载信息触控屏悬浮于中控台上方和内置于中控台两种情况下的实验任务，两种情况触控屏界面均为通栏显示的车载导航界面。

实验二：在实验一的基础上，探究触控屏显示方式对被试认知效率的影响，要求被试完成车载信息娱乐系统触控屏通栏显示和双栏显示的实验任务。其中通栏显示为车载导航界面，双栏显示时左半栏显示车载导航界面，右半栏显示车载娱乐界面。

实验三：在实验一和实验二基础上，探究触控屏功能栏布局对被试识别效率的影响，要求被试完成功能栏图标位于屏幕左侧和左下侧两种情况下的实验任务。位于左侧和左下侧的功能栏图标均显示在车载导航界面上。

2.2.2 实验素材选择与被试选择

选择市场占比大的 12 英寸的车载信息触控屏作为实验载体。将悬浮式和内置式两个位置的车载导航界面作为实验一的实验素材；实验二的实验素材包括通栏显示的车载导航界面，双栏显示时左半栏显示车载导航界面，右半栏显示车载娱乐界面；实验三素材选择功能栏位置分别位于界面左侧和左下侧的车载导航界面。在沈阳航空航天大学设计艺术学院本科生和研究生中寻找被试，研究生十五人，本科生五人，其中男女生各十人，共计二十人。选择的被试要求身心健康，裸视或矫正视力正常，无散光且有驾驶经验，能理解并配合完成此次实验任务。

2.2.3 实验设备及实验任务

实验设备采用美国 ASL 应用科学实验室生产的 Mobile Eye-XG Eye Tracking Glasses 眼动仪、电脑笔记本、屏幕显示器、照度计、分贝仪等。笔记本电脑控制实验进程，屏幕显示器模拟真实驾驶环境，照度

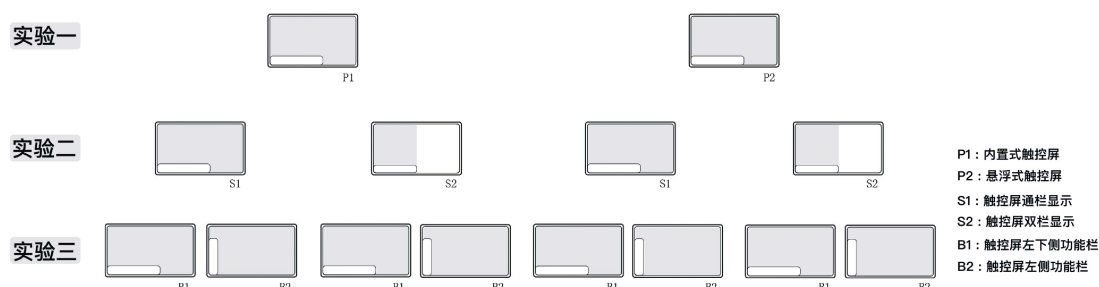


图 1 实验方案总路线

Fig.1 General roadmap of experimental scheme



图 2 悬浮式触控屏 (左) 和内置式触控屏 (右)
Fig.2 Suspension touch screen (left) and built-in touch screen (right)



图 3 触控屏通栏显示 (左) 和双栏显示 (右)
Fig.3 Touch screen full column display (left) and double columns display (right)



图 4 左侧 (左) 和左下侧 (右) 功能栏及外部区域
Fig.4 Left function bar (left), left lower function bar (right) and external area

计和分贝仪分别监测光环境和声环境, 确保在舒适环境下进行实验。调研发现, 车载导航界面是驾驶过程中使用频率最多的界面之一, 视线在界面中观察导航图标较频繁。每组实验方案的实验任务均为观察触控屏车载导航界面, 寻找导航界面上出现的导航图标和功能栏上的“导航”文字, 在图标和文字都找到之后被试按键盘“下一页”按钮, 重复相同的实验任务。每两张实验素材之间设置 3 s 的时间间隔, 防止被试记忆效应对实验结果的影响, 实验结束后赠予小礼物作为酬谢。

2.2.4 实验过程

实验在沈阳航空航天大学人机交互实验室进行, 实验环境温度适宜, 照度为 600 lx, 光线明亮, 噪音值在 45 dB 左右。为了得到更真实准确的实验数据, 去除实验干扰, 将 ASL 眼动设备连接至笔记本电脑和屏幕显示器。让参加实验的被试在熟悉实验任务消除紧张情绪后戴好 ASL 眼动仪设备, 坐在模拟驾驶

室的显示屏前。整个实验过程保证被试座椅调节到安全驾驶状态下舒适的角度和位置, 通过调节座椅高度及触控屏间的距离, 保证每个被试在实验过程中保持在舒适的驾驶姿势。实验结束后进行问卷调查, 及时获得被试对此次实验的体验评价^[10-11]。

2.2.5 兴趣区划分与数据处理

根据三组实验方案划分兴趣区。

实验一将内置式触控屏和悬浮式触控屏分别作为两个兴趣区, 见图 2。

实验二将通栏显示触控屏作为一个兴趣区, 双栏显示时左半栏触控屏和右半栏触控屏分别作为两个兴趣区, 见图 3。

实验三将左侧功能栏及外部区域, 左下侧功能栏及外部区域分别作为兴趣区, 见图 4。

主要采集的眼动实验指标: 首视点时间、总注视时间、注视时持续时间、注视点个数和视线移动轨迹等。运用 ASL Results Plus 眼动数据分析软件初步分析被试视觉差异^[12-13], 处理数据最终导入 SPSS 软件进行统计分析。

3 实验结果分析

3.1 被试注视行为

通过预实验发现实验过程中被试容易受到汽车品牌标志、方向盘形态及空调出风口的影响, 因此在实验过程中采用遮挡实验样本图片车标, 模糊空调出风口的处理方法减少无关因素对实验的干扰。实验过程中使用 ASL 眼动仪对眼球注视点定标, 即呈现白色的圆点和绿色加号, 见图 5。在实验过程中形成被试的视觉注意力热点图, 即所有被试视线焦点的叠加, 红色表示注视点最多或者注视时间最长的区域, 以第一组实验为例, 见图 6。

3.2 每组实验方案数据分析

3.2.1 实验时间数据分析

对总共二十个被试中十六个被试的有效实验数据进行首视点时间平均注视时间分析, 并计算方差。第一组实验被试在内置式触控屏中首视点时间平均值 23.28 s, 首视点时间方差为 17.176。悬浮式触控屏中首视点时间平均值 11.145 s, 首视点时间方差为

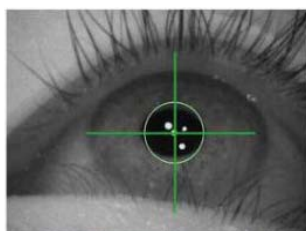


图 5 定标状态
Fig.5 Calibration status



图 6 第一组实验热点图
Fig.6 First set of experimental hot spots

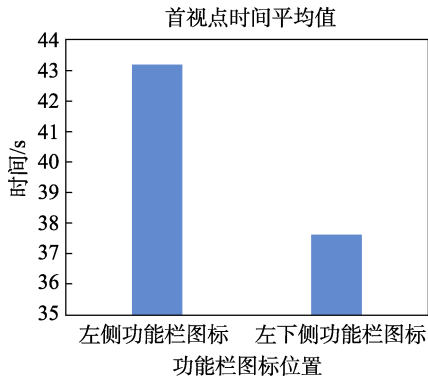


图7 实验一 首视点时间平均值
Fig.7 Average of first fixation time in Experiment 1

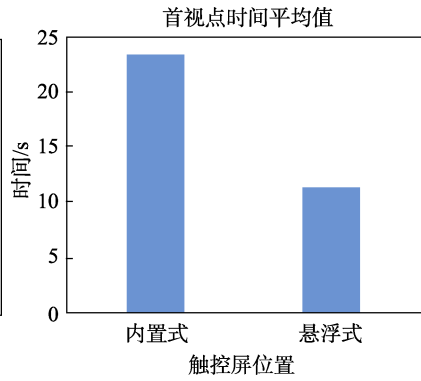


图8 实验二 首视点时间平均值
Fig.8 Average of first fixation time in Experiment 2

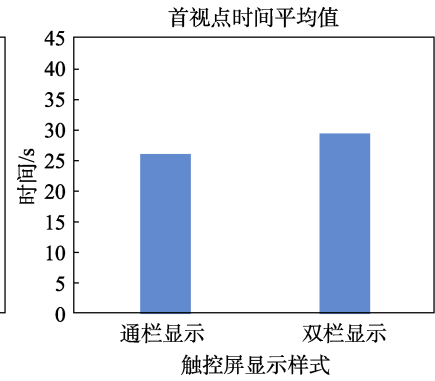


图9 实验三 首视点时间平均值
Fig.9 Average of first fixation time in Experiment 3

5.895。被试在悬浮式触控屏中用时更短，被试视线偏离实验任务的轨迹范围更小，见图7。第二组实验中被试对车载信息娱乐系统触控屏通栏显示首视点时间平均值 25.177 s，首视点时间方差为 1.673，双栏显示时左半屏首视点时间平均值 29.117 s，首视点时间方差为 3.837。被试在通栏显示触控屏中更容易完成实验任务，视线注视焦点离散程度更小，见图8。第三组实验方案中被试对功能栏图标设计在左侧首视点时间平均值 43.287 s，首视点时间方差为 8.295。功能栏图标设计在左下侧首视点时间平均值 37.744 s，首视点时间方差为 8.281，图标设计在左下侧的功能栏形式能使被试更快地完成实验任务，见图9。将各组实验数据经 SPSS 进行 p 值分析：实验方案一 $p=0.005$ ，小于 0.01，说明被试对悬浮式和内置式触控屏完成实验任务的认知效率有显著性差异；实验方案二 $p=0.001$ ，小于 0.01，触控屏通栏显示和双栏显示对被试认知效率影响显著；实验方案三 $p=0.008$ ，小于 0.01，被试对触控屏功能栏图标设计在左侧和设计在左下侧对被试认知实验任务有明显差异。

3.2.2 兴趣区热点图与注意力状态分析

视线热点图是被试实验过程的直观反映，颜色越红说明被聚焦的越多。回放实验视频和分析访谈问卷发现，所有被试在兴趣区内耗时较长时间是因为对实验任务进行了反复确认，增加了反馈时间，导致热点图颜色较深。去除二十个被试中四组无效数据，对十六个被试有效注视行为进行热点图叠加，观察被试视线注意力分布及注视点移动范围。第一组实验中，悬浮式触控屏热点图反映出被试视线聚集于实验任务目标中心区域，内置式触控屏的热点图则呈纵向分布；热点图反映出对于任务目标的搜索情况，悬浮式触控屏由于接近标准水平视线，更容易搜寻目标；内置式触控屏由于位置偏低，需要视线下移，并且颈部向下倾才可完成寻找目标的行为。热点图直观地反映出触控屏位置探究方案的结果，见图10。第二组实验热点图反映出车载信息娱乐系统触控屏通栏显示



图10 触控屏悬浮式（左）和内置式（右）热点图
Fig.10 Hot spot maps of suspension type (left) and built-in type (right) touch screen



图11 触控屏通栏显示（左）和分栏显示（右）热点图
Fig.11 Hot spot maps of touch screen full column display (left) and half column display (right)



图12 触控屏左侧功能栏（左）和左下侧功能栏（右）热点图
Fig.12 Hot spot maps of touch screen left function bar (left) and left lower function bar (right)

时，被试视线聚焦在导航图标和文字周围，容易完成实验任务，双栏显示下被试注视点呈离散状态，被试观察左侧导航界面寻找目标的同时受到右侧娱乐界面影响，分散被试注意视线，完成任务耗时较长，见图11。第三组实验热点图显示被试观察左侧功能栏图标视线聚焦次数多，观察左下侧功能栏图标注视点个数少，完成实验任务时间短，见图12。

4 结语

通过三组眼动实验方案的设计与分析，结合视觉认知习惯，得出如下结论：被试使用悬浮式触控屏能

更快完成实验任务, 识别效率更高; 被试对触控屏通栏显示比双栏显示平均注视时间短, 认知效率高; 对于功能栏图标设计在左下侧和左侧两种情况, 被试对前者用时更短, 更容易完成实验任务。悬浮式通栏显示且功能栏左下侧布局的触控屏更符合驾驶员的人车交互行为和驾驶习惯, 为汽车设计和安全驾驶提供支撑。

参考文献:

- [1] 刘玉磊, 马艳阳, 徐伯初, 等. 基于过程体验的信息反馈交互设计[J]. 包装工程, 2018, 39(14): 95-101.
LIU Yu-lei, MA Yan-yang, XU Bo-chu, et al. Information Feedback Interactive Design Based on Process Experience[J]. Packaging Engineering, 2018, 39(14): 95-101.
- [2] 谭浩, 许诗卉. 基于车联网的汽车导航多屏交互体验[J]. 包装工程, 2017, 38(20): 17-22.
TAN Hao, XU Shi-hui. Multi-screen Interactive Experience of Automobile Navigation Based on Vehicle Networking[J]. Packaging Engineering, 2017, 38(20): 17-22.
- [3] 冯凤, 何人可, 谭浩. 面向信息娱乐系统的车内眼动交互研究[J]. 汽车工程学报, 2015, 5(2): 108-115.
FENG Feng, HE Ren-ke, TAN Hao. Eye Movement Interaction in Vehicle Oriented to Information Entertainment System[J]. Journal of Automotive Engineering, 2015, 5(2): 108-115.
- [4] 尤作, 谭浩. 手势操控车载信息交互系统研究[J]. 包装工程, 2019, 40(2): 50-54.
YOU Zuo, TAN Hao. Gesture Manipulation Vehicle Information Interaction System[J]. Packaging Engineering, 2019, 40(2): 50-54.
- [5] 李永锋, 李慧芬, 朱丽萍. 基于眼动追踪技术的车载信息系统界面设计研究[J]. 包装工程, 2015, 36(12): 65-68.
LI Yong-feng, LI Hui-fen, ZHU Li-ping. Interface Design of Vehicle Information System Based on Eye Tracking Technology[J]. Packaging Engineering, 2015, 36(12): 65-68.
- [6] 王瑞, 董石羽, 肖江浩. 智能汽车界面设计的人机自然交互研究[J]. 机械设计, 2019, 36(2): 132-136.
WANG Rui, DONG Shi-yu, XIAO Jiang-hao. Human-computer Natural Interaction in Intelligent Vehicle Interface Design[J]. Mechanical Design, 2019, 36(2): 132-136.
- [7] ANSTEY K J, HORSWILL M S, WOOD J M, et al. The Role of Cognitive and Visual Abilities as Predictors in the Multi-factorial Model of Driving Safety[J]. Accid Anal Prev, 2012(45): 766-774.
- [8] 沙强, 孙婷婷. 基于智能驾驶的交互方式趋势分析[J]. 包装工程, 2017, 38(4): 127-132.
SHA Qiang, SUN Ting-ting. Trend Analysis of Interaction Mode Based on Intelligent Driving[J]. Packaging Engineering, 2017, 38(4): 127-132.
- [9] 吴剑斌, 张竞元, 张凌浩. 基于情境感知的车载信息娱乐系统交互设计研究[J]. 包装工程, 2018, 39(16): 189-196.
WU Jian-bin, ZHANG Jing-yuan, ZHANG Ling-hao. Interactive Design of On-board Information Entertainment System Based on Situational Awareness[J]. Packaging Engineering, 2018, 39(16): 189-196.
- [10] 肖亦奇, 何人可. 基于注意力水平的用户手势与体验评价[J]. 包装工程, 2018, 39(6): 160-164.
XIAO Yi-qi, HE Ren-ke. User Gestures and Experience Evaluation Based on Attention Level[J]. Packaging Engineering, 2018, 39(6): 160-164.
- [11] LI Lin, GANG Guo, NA Xu. User-perceived Styling Experience of Smart Vehicles: a Method to Combine Eye Tracking with Semantic Differences[J]. IET Intelligent Transport Systems, 2019, 13(1): 72-78.
- [12] 刘翔, 吕健, 虞杰. 基于界面指定任务的用户视觉认知差异研究[J]. 包装工程, 2018, 39(22): 97-103.
LIU Xiang, LYU Jian, YU Jie. Visual Cognitive Differences of Users Based on Task Assignment of Interface[J]. Packaging Engineering, 2018, 39(22): 97-103.
- [13] DAVIDE M, FEDERICA S, CINZIA D D, et al. When Art Moves the Eyes: a Behavioral and Eye-tracking Study[J]. PLoS ONE, 2017, 7(5): 83-85.