

## 基于眼动追踪的高铁候车屏幕信息交互研究

傅晓云, 盛黎蔚, 唐智川  
(浙江工业大学, 杭州 310023)

**摘要:** **目的** 优化高铁站候车屏幕的信息显示, 以提升高铁行车调度系统可用性和人机交互有效性。**方法** 采用眼动追踪方法, 选取重要眼动指标, 以现有高铁候车屏幕及高铁票为基础, 通过搜索路径顺序、兴趣区域观察时长和兴趣区域注视点个数等方式分析信息数据, 研究设计过程中的眼动机制。**结果** 通过区域划分、文本色彩和模拟真实乘车情景三个实验, 获取了测试对象的眼动实验数据, 发现高铁候车屏幕上信息的区域划分、文本色彩, 以及用户本身对不同信息类别的重视程度都会对测试对象的眼动行为产生影响, 经数据分析获取了较优的设计方案。**结论** 基于眼动追踪技术优化的高铁候车屏幕信息交互界面设计, 可为未来高速铁路运行系统的规划提供一定理论基础, 即从眼动追踪的角度对交通行业提供新的设计依据。

**关键词:** 界面设计; 眼动追踪; 信息投放; 高速铁路

**中图分类号:** TB472 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2020)14-0143-06

**DOI:** 10.19554/j.cnki.1001-3563.2020.14.021

## Interactive Design of the Information on Waiting Screen of High-Speed Railway Based on the Eye-tracking Technology

FU Xiao-yun, SHENG Li-wei, TANG Zhi-chuan  
(Zhejiang University of Technology, Hangzhou 310023, China)

**ABSTRACT:** The work aims to optimize the information display on the waiting screen of high-speed railway, in order to improve the availability of high-speed railway's traffic dispatching system and the effectiveness of human-computer interaction. Based on the existing waiting screen and the ticket of high-speed railway, with important eye movement indicators selected, the information data were analyzed by means of searching path sequence, observation duration of area of interest and the number of fixation points in the area of interest with the eye-tracking technology, so as to study the eye movement mechanism in the process of design. The eye movement data of the subjects were obtained through three experiments: region division, text color and simulation of the real riding. The experiments showed that, the region division and text color of information on the waiting screen of the high-speed railway and users' attention to different information categories all had influence on their eye movement behavior. The better design scheme was obtained through data analysis. The design of the information interaction interface on the waiting screen of the high-speed railway optimized based on the eye-tracking technology can provide certain theoretical basis for the programming of the high-speed railway's operation system in the future, i.e. a new design basis for traffic industry from the perspective of eye-movement tracking.

**KEY WORDS:** interface design; eye-tracking; information display; high-speed railway

大数据时代, 随着科学技术的广泛应用、经济的快速发展, 以及人们对出行速度和方式多样化需求的

提升, 高速铁路凭借其安全、快速、准时的特点成为远距离出行的最佳交通工具之一。而高铁候车屏幕中

收稿日期: 2020-04-01

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(61702454); 教育部人文社会科学研究项目(17YJC870018)

作者简介: 傅晓云(1970—), 女, 浙江人, 硕士, 浙江工业大学副教授, 主要研究方向为工业设计理论与教学。

通信作者: 唐智川(1987—), 男, 浙江人, 博士, 浙江工业大学副教授, 主要研究方向为人机工程、人机交互、脑机接口。

的交互信息系统,已成为其中不可或缺的部件,它包含了高铁的车次、终到站、开点、检票站、状态和相关提示信息等。大量信息数据在高铁候车屏幕上准确化、最优化地投放显示,不但能提升高铁行车调度系统的可用性,而且可以提高人机交互的有效性,从而保证高速铁路系统整体运行的安全和高效性。因此,对高铁候车屏幕信息交互的研究具有重要意义。现有学者已经对电子屏幕上的信息交互开展了研究。侯文军<sup>[1]</sup>从信息展示和交互操作的角度,运用眼动追踪分析了手机界面中宫格式、标签式和侧边展开式等三种基础布局结构框架,采用量化的方式以探讨浏览手机屏幕的视觉规律。蒋玉石等人<sup>[2]</sup>对网页广告进行研究,发现网页广告屏位置对顾客视觉搜索反应是以屏幕中央区域向四个角方向延伸的,并且识别效率递减。程利等人<sup>[3]</sup>研究发现广告在网页的不同位置展示对被试者的眼动行为会有影响,即被试者相较于其他部位,对网页中部、上部的注视次数和时间相应地呈增加态势。根据以上实验可以发现关于手机界面、网页和广告的眼动实验研究较多,而与高铁等交通行业相关的信息交互实验则较为欠缺,并且大部分研究将重点关注于界面上的图和文,在一定程度上忽略了文本色彩及其背景对测试者的眼动影响。本实验基于眼动追踪技术,结合高铁票进行联动探讨,根据眼动搜索路径顺序、兴趣区域观察时长和兴趣区域注视点个数等信息,对高铁候车屏幕界面的区域分布、文本色彩、车次关键信息进行研究分析,并针对性地提出改进方案。

## 1 研究实验

### 1.1 测试对象

实验选取二十位测试对象,其中学生十二人,非学生八人,男女数量基本相等,年龄区间在20~45岁。学生作为被测试者进行研究,其态度与其他人群没有本质区别。因此,学生层次能代表大多测试人群<sup>[4]</sup>。所有测试对象视力或矫正视力正常,无散光、色盲和色弱等眼疾。被试者均有乘坐高铁的经历,但未见过本实验所涉及的车票及高铁站屏幕信息。

### 1.2 仪器设备

实验仪器为iView X HED眼动追踪仪,采样频率为200Hz,配套EyeSo Studio眼动数据分析软件。实验用笔记本电脑为14英寸、分辨率为360像素×1024像素的联想ThinkPad。

### 1.3 实验素材

本实验采用四个素材,包括无文字素材的高铁候车屏幕、带有文字色彩区分的高铁候车屏幕、高铁票和现实中的高铁候车屏幕,见图1-4。其中图2中的文字均为“文本信息”。

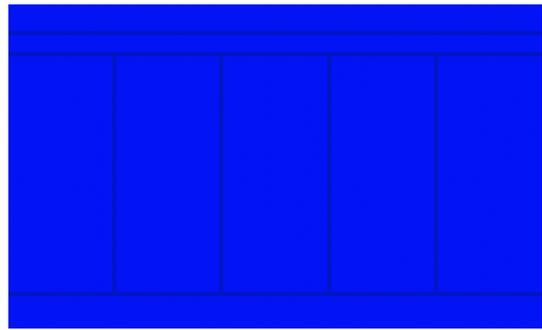


图1 无文字素材的高铁候车屏幕  
Fig.1 Waiting screen of high-speed railway without text

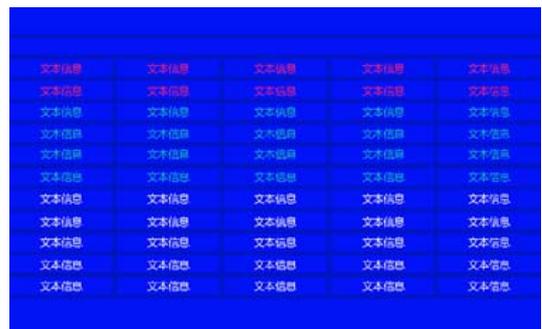


图2 带有色彩区分文字的高铁候车屏幕  
Fig.2 Waiting screen of high-speed railway with colored text



图3 高铁车票  
Fig.3 Tickets of high-speed railway



图4 现实中的高铁候车屏幕  
Fig.4 Real waiting screen of high-speed railway

### 1.4 实验过程

实验在眼动实验室进行,实验过程见图5。首先



图 5 实验过程  
Fig.5 The experimental process

表 1 实验逻辑顺序  
Tab.1 Logical order of experiment

自变量	因变量
区域分布	兴趣区域注视点个数
文本色彩	兴趣区域注视点个数
车次关键信息	搜索路径顺序、兴趣区域观察时长、注视点个数

让测试对象坐在屏幕正前方，眼睛正对屏幕中心（距离约 60 cm）。实验前，工作人员先对测试者的眼睛进行五点校准，以保证眼动记录的准确性。校准成功后，测试者需浏览全部四张实验图片，每张图片各呈现一次，且按顺序均呈现 10 s。此期间工作人员会通过话语适当引导，使实验顺利进行。整个实验大约持续 15 min。二十位测试者按照测试编号参加该眼动实验，结束实验后，软件保存实验数据以便后续分析。

### 1.5 实验方法

以眼动为代表的生理数据更加客观，能够真实地反映人的行为意图<sup>[5]</sup>。本实验以高铁票和高铁候车屏幕为对象，运用控制变量法进行实验。自变量包括屏幕的区域分布、文本色彩和车次关键信息，因变量包括搜索路径顺序、兴趣区域观察时长、兴趣区域注视点个数，通过这三个因变量的分析<sup>[6]</sup>，可有效得到测试者获取车次信息过程中的整体眼动行为轨迹，实验逻辑顺序见表 1。

### 1.6 兴趣区域的预实验

兴趣区的划分是为了更清晰地了解参与者的关注区域，在兴趣区内的停留时间和关注不同兴趣区的次序是考察参与者如何分配注意力的重要指标<sup>[7]</sup>。高



图 6 对象 A 的兴趣区域时间分布  
Fig.6 Time distribution of area of interest of object A



图 7 对象 B 的兴趣区域时间分布  
Fig.7 Time distribution of area of interest of object B

铁站管理人员需确定乘客最关心的浏览区域，即本次实验需要框定的兴趣区域。为此，提前请另外两位同学 A、B（除测试对象之外）进行预实验，让他们在 10 s 内观察一张车票，由此来确定相对应的兴趣区域。测试对象 A、B 的兴趣区域时间分布结果，见图 6-7。

根据用户对不同区域内关注的时长，可以发现对象 A 的关注区域依次为“座位号 - 时间 - 终点站 - 检票口 - 车次 - 姓名 - 起点站”，对象 B 的关注区域为“终点站 - 时间 - 价格 - 起点站 - 姓名 - 座位号”。结合高铁候车屏幕上信息的呈现类别和该预实验结果，框定本实验的兴趣区域为“时间、终点站、车次、检票口”，去除“座位号、姓名”等个人信息。

## 2 研究结果及分析

所有被测数据均有效。实验素材呈现与眼动记录均由 BeGaze2.5 完成。

### 2.1 区域分布实验

区域分布实验，二十位测试对象观察图 2 素材各 10 s，经处理后得到综合热点分析图，见图 8。在某个区域内的注视点数和注视时间越久，代表这个区域所包含的信息量越大或越难，参与者理解该区域内容所需花费的时间越长<sup>[8]</sup>。可以发现中上区域的热点分布最多，即测试对象对无文字素材屏幕的中上区域关注度最高。

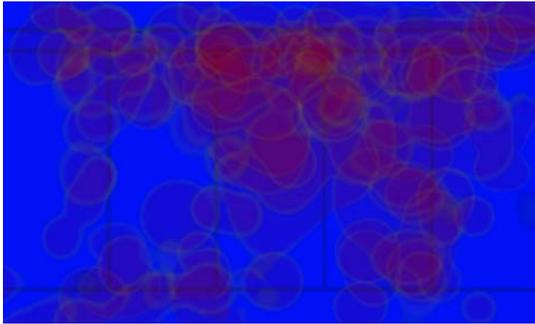


图8 区域分布的综合热点分析

Fig.8 Comprehensive hotspot analysis of regional distribution

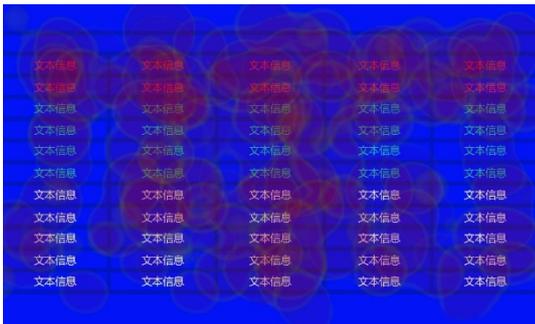


图9 文本色彩的综合热点分析

Fig.9 Comprehensive hotspot analysis of text color

### 2.2 文本色彩实验

在该实验中,分别让二十位测试对象观察图3素材10s,经处理后得到综合热点分析图,见图9。可以发现虽然测试对象仍关注中上区域,但是主要集中在红色和白色文字,绿色文字区域得到的关注度较低,即从关注程度上,依次为“红字区-白字区-绿字区”。这与用户对现高铁站屏幕应关注的文本色彩区域不符。

### 2.3 模拟真实情景实验

模拟真实情景实验分成两个阶段。第一阶段,测试对象需观察车票,记忆要乘坐的车次信息;第二阶段,观察候车屏幕并寻找目标车次。

#### 2.3.1 观察车票并记忆关键信息

第一阶段,告知测试对象现位于高铁进站口位置,要由杭州东站乘坐高铁去往海宁西站。首先让其观察并记忆高铁票10s。通过数据分析获取综合热点分析图,见图10。归纳分析发现二十位测试对象观察车票的综合关注程度依次为“座位号-目的站-姓名-检票口-时间-车次”。

同时获取各测试对象的兴趣区域观察时长以进行深入分析,见表2。分析发现测试对象的综合关注度依次为“时间-目的站-车次-检票口”,表明用户在观察高铁票时,多对“目的站”和“时间”这两大兴趣区域进行记忆,且“时间”区域数据波动小(标准差较小),较为稳定。



图10 车票观察的综合热点分析

Fig.10 Comprehensive hotspot analysis of ticket viewing

表2 各对象兴趣区域的观察时长

Tab.2 Observation time of all objects' area of interest  
单位: ms

对象/区域	目的站	检票口	车次	开车时间
平均值	974.25	438.5	538.0	1017.65
标准差	±453.2	±294.0	±247.6	±265.5



图11 屏幕观察的综合热点分析

Fig.11 Comprehensive hotspot analysis of screen viewing

#### 2.3.2 观看屏幕并探寻观察路径

第二阶段,测试对象根据记忆的信息在高铁候车屏幕上寻找自己所乘的班次,得到对应的热点分析图,见图11。可知测试对象对各个兴趣区域的关注程度依次为“终到站-开点-检票口-车次”。结合车票观察实验中测试对象的关注热点图可知,测试者在观察车票和候车屏幕时,对“终到站”这一兴趣区域的关注度都是最高的。然而,由于“终到站”在车票上和高铁站候车屏幕上呈现的站名不同(在实验后通过交流获知,其中一位测试者因记忆的是自己乘坐的“目的站”,而在候车屏幕上显示的是整班列车的“终到站”因而无法找到其车次信息),因此在对候车屏幕进行优化时,可将“开点”作为关键信息帮助用户记忆和搜索。

同时分析归纳得到各测试对象在观察车票兴趣区域的观察路径,见图12。



图 12 车票观察的路径  
Fig.12 Path of ticket viewing



图 13 观察车票的个人样本  
Fig.13 Individual samples of ticket viewing

结合所有测试对象观察车票的眼动轨迹路径，发现路径观察顺序大多依次为“车次-目的站-检票口-时间”。其中抽取两个测试对象的样本，观察车票的个人样本见图 13。发现测试对象观察车票的文本信息时都是呈从上到下、从左到右的逻辑顺序。这样自上而下的过程是依据头脑中已有的信息来引发眼动的，是人们对信息的主动加工<sup>[9]</sup>。这是人的视觉特性，人的水平视野比垂直视野大得多，并且眼睛沿水平方向比沿垂直方向运动快且不易疲劳<sup>[10]</sup>。

### 3 讨论

#### 3.1 屏幕的区域划分对测试者的眼动行为有影响

通过“区域分布屏幕”的实验发现，用户对中上部分的视觉区域比较集中，因此高铁候车屏上“车次-终到站-开点-检票口-状态”一栏的位置放置有一

开点	车次	检票口	终到站	状态
Departure	Train	CheckIn	To	Status
08:32	D3216	4A, 4B	南昌南	停止检票
08:34	G1887	20A	南昌南	停止检票
08:37	G7512	1A, 14B	上海虹桥	停止检票
09:40	G1633	25B	福州	正在检票
09:45	G165	13A, 13B	绍兴北	正在检票
09:47	G1482	3A	南京南	正在检票
09:50	G7356	16A, 16B	常州	正在检票
09:52	G7335	22A, 22B	苍南	正点
09:55	D3104	18A, 18B	上海虹桥	正点
10:00	G164	4A, 4B	北京南	正点
10:02	G1369	21B	怀化南	正点

图 14 改进后的高铁候车屏幕  
Fig.14 Improved waiting screen of high-speed railway

定合理性，可方便乘客获取车次信息，提高乘车效率。

#### 3.2 文本色彩对测试者的眼动行为有影响

色彩区分的设定是为了方便乘客能够更快速地获取乘车信息。通过“文本色彩屏幕”的实验发现，用户的视觉集中程度依次为“红字区域-白字区域-绿字区域”，与期望值不符。由于“绿字区域”即显示的是正在检票的车次信息，在候车屏幕的蓝色背景下其关注度会有所降低，因此可以考虑更改文字颜色以增加区分度。

#### 3.3 测试者对不同关键信息的重视程度不同

结合用户模拟寻找车次信息的现实实验发现，其对关键信息的视觉集中程度依次为“目的站-时间-检票口-车次”，即用户对车票的主要关注区域在“目的站”和“时间”。然而实验发现，个人车票上的“目的站”与高铁候车屏幕上的“终到站”并不相同，因此可选择“开点”为主要兴趣区域。同时为符合用户从左到右、从上到下的文本观察逻辑顺序，可将“开点”放置在候车屏幕最左侧以方便用户查找高铁的班次信息，因此首行栏目依次为“开点-车次-检票口-终到站-状态”，每个栏目的宽度等其他因素均保持不变。

#### 3.4 优化方案呈现

根据以上对高铁候车屏幕上信息的区域划分、文本色彩和用户本身对不同信息类别的重视程度这三个方面的讨论，提出改进后的高铁候车屏幕，见图 14。

### 4 结语

本研究基于眼动追踪技术，构建了高铁候车屏幕信息交互界面设计的原型测试实验，通过搜索路径顺序、兴趣区域观察时长和兴趣区域注视点个数这三个因变量的分析，可以有效得到测试者观察候车屏幕以获取车次信息过程中的整体眼动行为轨迹。

由于各方面的限制，本研究还存在诸多不足，如实验中的反光、灯光会吸引测试者的注意力，造成一

定的干扰,测试者眨眼、头部抖动等也会对实验有一定影响。综上,本实验基于眼动追踪对高铁候车屏幕信息交互进行一定研究、分析和改善,能够对未来高铁候车屏幕信息交互的设计与优化有一定的帮助。

#### 参考文献:

- [1] 侯文军, 秦源. 基于眼动浏览规律的手机典型界面结构研究[J]. 北京邮电大学学报(社会科学版), 2014, 16(1): 25-30.  
HOU Wen-jun, QIN Yuan. Mobile Typical Interface Structure Based on Eye-Tracking Browsing Rules[J]. Journal of Beijing University of Posts and Telecommunications (Social Sciences Edition), 2014, 16(1): 25-30.
- [2] 蒋玉石, 李永建, 何丹, 等. 网页广告“靶”屏位置的顾客视觉识别效应实验研究[J]. 管理评论, 2009, 21(11): 38-43.  
JIANG Yu-shi, LI Yong-jian, HE Dan, et al. The Experiment Study of Customer Vision Recognition Effect of Web Advertisement Target Screen Location[J]. Management Review, 2009, 21(11): 38-43.
- [3] 程利, 杨治良, 王新法. 不同呈现方式的网页广告的眼动研究[J]. 心理科学, 2007(3): 584-587.  
CHENG Li, YANG Zhi-liang, WANG Xin-fa. Eye Movements of Different Presentations of Web-ads[J]. Psychological Science, 2007, 30(3): 584-587.
- [4] RICCARDO D G, MATTEO Z, GIADA A, et al. Donor-Site Morbidity after Osteocutaneous Free Fibula Transfer: Longitudinal Analysis of Gait Performance[J]. Journal of Oral and Maxillofacial Surgery, 2018.
- [5] PARK H, LEE A, LEE M, et al. Using Eye Movement Data to Infer Human Behavioral Intentions[J]. Computers in Human Behavior, 2016(63): 796-804.
- [6] 王晓红, 章婷. 一种基于视觉感兴趣区域的猜的图像增强方法[J]. 包装工程, 2014, 35(3): 84-87.  
WANG Xiao-hong, ZHANG Ting. Image Enhancement Method Based on Visual Region of Interest[J]. Packaging Engineering, 2014, 35(3): 84-87.
- [7] PONCE H R. An Eye Movement Analysis of Highlighting and Graphic Organizer Study Aids for Learning from Expository Text[J]. Computers in Human Behavior, 2014(41): 21-32.
- [8] LOCHER P. Visual Interest in Pictorial Art during an Aesthetic Experience[J]. Spatial Vision, 2001, 21(1/2): 55-77.
- [9] 钟娟, 高湘萍. 图形视觉与心理表象眼动模式的比较研究[J]. 心理科学, 2008, 31(6): 154-157.  
ZHONG Juan, GAO Xiang-ping. Eye Movements during Visual Perception and Mental Diagrams: From a Comparative Perspective[J]. Psychological Science, 2008, 31(6): 154-157.
- [10] 吕杰锋, 陈建新, 徐进波. 人机工程学[M]. 北京: 清华大学出版社, 2009.  
LYU Jie-feng, CHEN Jian-xin, XU Jin-bo. Ergonomics[M]. Beijing: Tsinghua University Press, 2009.
- (上接第129页)
- [4] 王宝升, 尹爱慕. 艺术介入乡村建设的多个案比较研究[J]. 包装工程, 2018, 39(4): 226-231.  
WANG Bao-sheng, YIN Ai-mu. A Comparison Study on Art-driven Rural Construction Cases[J]. Packing Engineering, 2018, 39(4): 226-231.
- [5] 谭斯颖. 中国模式的灾后重建: 精英化的景观改造实践——以汶川地震灾后重建为例[J]. 城市发展研究, 2016, 23(11): 39-44.  
TAN Si-ying. Post Disaster Reconstruction in China: the Landscape Recreate by Elites: Case Studies in Wenchuan Earthquake[J]. Urban Development Studies, 2016, 23(11): 39-44.
- [6] 娄永琪. 转型时代的主动设计[J]. 装饰, 2015(7): 17-19.  
LOU Yong-qi. Design Activism in an Era of Transformation[J]. Art & Design, 2015(7): 17-19.
- [7] 赵旭东, 孙笑非. 中国乡村文化的再生产——基于一种文化转型观念的再思考[J]. 南京农业大学学报(社会科学版), 2017, 17(1): 119-148.  
ZHAO Xu-dong, SUN Xiao-fei. On the Reproduction of Chinese Rural Culture: Reflection Based on Cultural Transformation Concept[J]. Journal of Nanjing Agricultural University(Social Sciences Edition), 2017, 17(1): 119-148.
- [8] 高颖, 许晓峰. 服务设计: 当代设计的新理念[J]. 文艺研究, 2014(6): 140-147.  
GAO Ying, XU Xiao-feng. Service Design: New Concept of Contemporary Design[J]. Literature & Art Studies, 2014(6): 140-147.
- [9] 杜威·索尔贝克. 乡村设计: 一门新兴的设计学科[M]. 北京: 电子工业出版社, 2018.  
THORBECK D. Rural Design: A New Design Discipline[M]. Beijing: Electronic Industry Publishing House, 2018.
- [10] 王宝升. 基于乡村社区资源的设计创新模式[J]. 包装工程, 2018, 39(14): 82-86.  
WANG Bao-sheng. Design Innovation Model Based on Rural Community Asset[J]. Packing Engineering, 2018, 39(14): 82-86.
- [11] 岳经纶, 陈泳欣. 社会精英如何推动农村社区治理? ——来自台湾桃米社区的经验[J]. 南京社会科学, 2016(5): 69-75.  
YUE Jing-lun, CHEN Yong-xin. How Do Social Elites Promote Rural Community Governance? Experiences from Taomi Community in Taiwan[J]. Social Sciences in Nanjing, 2016(5): 69-75.
- [12] 埃佐·曼奇尼. 设计, 在人人设计的时代[M]. 北京: 电子工业出版社, 2016.  
MANZINI E. When Everybody Design[M]. Beijing: Electronic Industry Publishing House, 2016.