

候车视觉搜索与公交车体外观特征的眼动跳视研究

刘 森, 熊 韬, 郭建咏, 肖梦真, 贝典徽

(华东理工大学 艺术设计与传媒学院, 上海 200237)

摘要: 通过模拟乘客等候公交车时的真实场景,运用眼球运动追踪设备对城市公交车车体外观的设计布局进行眼动实验与研究.收集被试者观察公交车进站时的视觉参数数据,对数据进行归纳整理,比较被试者在辨认出目标公交车前后眼动跳视数据上的差异,分析数据差异存在的原因,从而得出候车者视觉搜索特征与公交车车体外观关系的相关结论.并对现有公交车车体外观进行优化改良设计,减少不必要的视觉干扰,提升候车乘客在候车过程中的视觉搜索体验,从而引导乘客无障碍地搭乘上目标公交车辆.

关键词: 工业设计; 眼动实验; 视觉搜索; 公交车车体

中图分类号: U 469.13 **文献标志码:** A

Eye Saccade Research for Waiting Visual Search and the Characteristic of Bus Body Appearance

LIU Miao, XIONG Tao, GUO Jianyong, XIAO Mengzhen, BEI Dianhui

(School of Art Design and Media, East China University of Science and Technology, Shanghai 200237, China)

Abstract: Through simulating the scene when passengers are waiting for the bus, an eye tracking equipment was used to estimate the layout of bus body appearance. An experiment was designed to compare the difference between the saccade data before and after subjects' visual cognition. By analyzing the reason of data difference, the relationship between the visual search features and appearance of bus body was achieved. The conclusion can be used to optimize the appearance design of bus body and reduce unnecessary visual interferences, which can enhance the waiting passengers' visual search experience and let them get on the bus without hindrance.

Keywords: industrial design; eye tracking test; visual search; bus body

视觉搜索(visual search)是人们从外界获取加工信息的一种重要认知方式^[1].其主要有两个作用:

一是确定环境场景中物体表面的空间布局;二是识别物体^[2].在候车过程中,能否正确识别公交个体属

收稿日期: 2016-04-17

基金项目: 上海市浦江人才计划资助项目(14PJC024);国家级大学生创新创业训练计划(201410251073)

第一作者: 刘 森(1984-),男,副教授.研究方向:工业设计、计算机辅助设计、感性工学等. E-mail: 183787975@qq.com

性信息是市民顺利搭乘目标公交车的关键,即候车乘客视觉搜索行为和信息读取的快速匹配性。随着城市公共交通系统的逐渐完善,国内公交车使用起步较早的城市逐步完成了对公交车外观制式(即公交车外观造型的样式)的统一。城市公共交通汽车的大部分信息主要分布在车体的外部,尤其是车体正面区域,是站台候车乘客获取到站车辆信息的首要来源。因此,公交车车体外观设计的合理与否极大地影响着候车者在候车过程中的视觉搜索体验。通过实地调研可知,有近70%的市民反映在等候公交车的过程中不能及时准确地获取目标公交车辆的信息,无法顺利完成选乘判断。

目前,国内外针对公交车的研究主要集中于公交车内部,如车内的整体布局、扶手的高低、座椅的舒适度等,而基于视觉搜索特征的公交车车体外部研究则相对较少。因此,对该领域进行量化分析,从最终用户反馈角度出发,优化与改良现有公交车车体的外观设计,明晰车体造型设计的合理性,将极大地提升候车乘客的等候体验。

本文以上海现有公交车的外观制式为例,以被试者观察公交车进站过程中的视觉搜索轨迹为切入点,使用被试者观察公交车进站时的视觉数据对上海市公交车外观制式进行分析研究,从而获得候车者视觉搜索特征与公交车车体外观特征的相关联系,并以此对现有公交车车体外观进行优化改良设计。

1 研究方法

本文通过模拟乘客候车场景,运用眼动追踪设备对被试者在等车过程中的视觉搜索轨迹和其他视觉参数(眼跳速率、眼跳幅度、眼跳次数、眼跳时间、眼跳频率、跳入次数、回视率、关注顺序)进行记录^[3-4],通过对被试者视认前后的眼动数据进行整体分析和车体局部区域对比,获得公交车外观设计与乘客视觉搜索信息的基本关系,进而改善城市公交车体的造型设计^[5]。

1.1 实验场景设计

由于室外实验的条件限制,采取室内模拟真实场景实验的方式进行室内实验。根据男性和女性平均眼高,分别选取市区内3个不同公共交通汽车停靠站点,根据候车者的站位、朝向和视角范围,录制实景视频,并将其作为原始实验素材。

1.2 实验被试者

被试者为在校本科学生,其中男性8名,女性8

名,共计16人,年龄20~24岁,校正视力均在0.8以上。

1.3 实验工具

运用影像记录设备,随机对进入停靠站点的公交车进行实验素材采集,获得的视频影像经后期处理,作为室内模拟实验的观察对象。运用视频同步播放软件向被试者进行放映,并使用眼球运动追踪设备对被试者进行数据采集。实验结束后,使用BeGaze与SPSS数据分析软件进行被试者眼跳数据的整体统计和分区统计。

1.4 实验过程

实验准备:由两名工作人员指导被试者按照实际候车的高度、角度进行站位固定,双眼距显示器确保在 60 ± 2 cm误差范围内。随后,由其中一名工作人员为被试者佩戴眼动仪器,另一名负责仪器角度的调整以及完成之后的人机校准工作。

实验进行:注视点校准后,由一名工作人员下达实验指令,并通过眼动追踪功能对实验过程进行全程记录,另一名负责对先前采集的实验对象(即公交车视频影像)进行随机播放。实验结束后分别对不同被试者的实验样本(即被试者的实验数据)进行保存,供本研究后期数据分析使用。

2 实验数据及其分析

2.1 实测数据整体分析

以辨认出目标公交车信息的时间点为基准,对时间轴进行划分。从车体出现至完成辨认的这一时间段称之为“视认前”,而从完成辨认至车体进站的这一时间段称之为“视认后”。对被试者辨认出目标公交车前后的视觉搜索轨迹分别进行眼动参数数据记录,统计结果如表1和表2(见下页)所示。

表1 视认前后跳视速率与跳视幅度

Tab.1 Velocity and amplitude of saccade before and after visual cognition

组别	跳视速率/ $(^{\circ}) \cdot s^{-1}$		跳视幅度/ $(^{\circ})$	
	平均数	标准差	平均数	标准差
视认前	248.82	264.34	11.04	11.06
视认后	197.33	219.89	8.73	7.76

从整体来看,视认后跳视速率的平均数和标准差数值下降明显,下降百分率分别为20.69%和16.82%。视认后跳视幅度的平均数和标准差数值下降百分率为20.92%与29.83%。由此可知,视认后的稳定性较视认前有所提高。根据认知负荷理论,认

表2 视认前后跳视次数、时间与频率

Tab.2 Number, duration and frequency of saccade before and after visual cognition

编号	跳视次数/次		跳视时间/s		跳视频率/(次·s ⁻¹)	
	视认前	视认后	视认前	视认后	视认前	视认后
1	5.00	15.56	0.28	0.83	17.56	18.75
2	8.22	5	0.39	0.25	21.28	19.68
3	3.56	9	0.14	0.41	25.66	22.16
4	18.11	22.33	0.72	0.95	25.19	23.42
5	25.56	27.56	0.99	1.24	22.73	22.22
6	3.78	8.44	0.19	0.41	20.09	20.69
7	5.33	5.33	0.23	0.26	23.12	20.26
8	10.44	5.44	0.59	0.27	17.65	20.33
平均值	10.00	12.33	0.44	0.58	21.66	20.94

知负荷越大,眼跳速度和幅度越小;反之,认知负荷越小,眼跳速度和幅度越大.如何减少任务或学习材料的认知负荷是有效认知过程或学习的关键性问题^[6-7].表1中跳视速率和跳视幅度都可以反映候车者在候车过程中认知负荷的大小^[8].可知视认前候车者认知负荷较小,其主要因为该时间段注意力集中于确认公交车车次,目标信息较为单一.而视认后候车者认知负荷变大,究其原因因为在确认目标车辆后,候车者所要关注的信息量增加,如公交车车内的拥挤程度、公交车车体外部的其他信息等^[9].

采用配对样本 T 检验的方法来进行分析(表2).由 SPSS 数据分析软件可知,视认前跳视次数的标准差为 7.91,标准误是 2.80.视认后跳视次数的标准差为 8.61,标准误是 3.04.此外,相关系数值为 0.819, P 值为 $0.013 < 0.05$,可知视认前后的跳视次数存在显著差异.视认后跳视次数增加明显,离散程度提高,更加不稳定.

通过对跳视时间的统计(图1),可以发现视认前的跳视时间较小,视认后的跳视时间明显高于视认前的跳视时间,且波动幅度增加.原因在于视认前目标车辆距离较远,候车者的观察范围面积小,跳视范围主要集中于车体前部.随着车辆距离的缩短,车体侧面角度变大,可视面积增加,候车者观察范围相应扩大,可获取信息量增加,所以跳视时间相应上升^[10].

有关跳视频率的平均值,视认后较视认前有所下降,具体降低了 3.32 个百分点.8 名被试者中,视认前超过跳视频率均值的为 4 人,视认后超过均值的为 3 人.整个视认过程中,低于均值的被试者占大多数,且视认后超过均值的人数有所下降.这主要因

为视认前候车者处于目标车辆信息的寻找阶段,视觉搜索状态较为活跃,跳视频率较高^[11].视认后候车者已经确认公交车车次的相关信息,失去视觉搜索的目标,注意力下降,故跳视频率有所下降^[12].

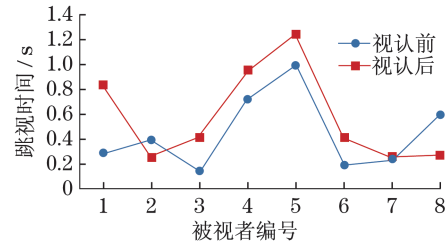


图1 视认前后跳视时间的折线对比

Fig.1 Comparison line chart of saccade duration before and after visual cognition

视认后跳视速率、跳视幅度的数据值有了明显下降,视认后被试者由于信息量的增加,认知负荷有所上升;跳视次数、跳视时间和跳视频率的数据在视认后的波动幅度增加,稳定性下降,充分体现了视认前后信息量的变化对被试者所造成的影响.

2.2 AOI 数据对比分析

AOI 区域(area of interest),是指由研究者在导出眼动数据之前为了对问题发现的内部认知过程进行更精准的考察而划分的区域.它可以帮助研究者获取被试对刺激信息的关注和感兴趣情况的信息.根据公交车现有信息区域分布,对公交车正面和侧面外观特征进行 AOI 区域划分,共划分为 6 个区域,见图 2.并在此基础上,针对各区的跳入次数、回视率、关注顺序、跳视时间等 4 项眼动指标进行统计分析^[13].

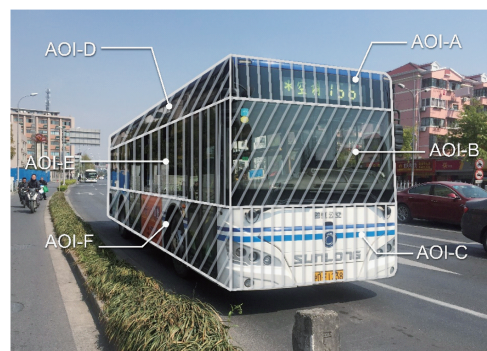


图2 公交车 AOI 示意图

Fig.2 Diagram of AOI

跳入次数主要集中在 AOI-A、AOI-B、AOI-C 3 个区域,而 AOI-D、AOI-E、AOI-F 3 个区域的数据相对较少;在视认后数据中,各信息区的数值都出现了明显的增长,尤其以 AOI-B 和 AOI-E 最为

显著.在整个视认过程中各兴趣区域的增幅由大到小依次为:AOI-E, AOI-F (271.43%), AOI-D (233.33%), AOI-B (164.15%), AOI-A (29.21%), C(9.52%),增幅超过平均值的有AOI-E, AOI-F, AOI-D, AOI-B 4个区域,未超过的为AOI-A和AOI-C两个区域.根据人们对实物关注的视觉习惯的研究表明,人们对画面中的双色交界处或者拐角处、不规则处、闪动处等视觉要素会格外关注^[14](比如本文中的公交车正面轮廓、侧面轮廓等区域).而由表3也可知,涉及公交车形状轮廓的区域比较容易受到被试者的关注,眼跳数据也相对较为丰富^[15].同时有研究表明,语境预测性低的信息有更多的回视入次数^[16](即跳入次数),所以在视认后已经被辨认清楚的AOI-A区域数据增长仍非常明显;此外受透视原理的影响,信息区面积在视认后明显增大,相对应的各信息区的数据也出现了显著增长,其中AOI-B和AOI-E两个区域数值增长明显,由此可以推断在公交车整体区域面积不断增大、视觉信息逐渐变得清晰的情况下,被试者更为关注这两个区域内的信息(即公交车前挡风玻璃处和车内状况).

表3 视认前后各区域的跳入次数

Tab.3 AOI glance count before and after visual cognition

编号	视认前	视认后	增幅
AOI-A	0.89	1.15	29.21%
AOI-B	0.53	1.40	164.15%
AOI-C	0.42	0.46	9.52%
AOI-D	0.03	0.10	233.33%
AOI-E	0.00	0.76	N/A
AOI-F	0.07	0.26	271.43%
平均值	0.32	0.69	115.63%

视认前后各信息区域的回视率见图3.视认前回视率由大到小依次为:AOI-A(45.88%), AOI-B (27.32%), AOI-C(21.65%), AOI-F(3.61%), AOI-D(1.55%), AOI-E(0.00%);视认后回视率由大到小依次为:AOI-B(33.90%), AOI-A (27.85%), AOI-E(18.40%), AOI-C(11.14%), AOI-F(6.30%), AOI-D(2.42%).由此可知,无论视认前后AOI-A和AOI-B回视率都占较大比重,而AOI-C在视认后所占比重有所下降, AOI-E所占比重有所上升.根据视认前后各信息区域可视面积的对比,以及人在视觉搜索过程中眼跳趋向于指向新目标,而不是指向已检查目标的视觉搜索特

征^[17]可知,在眼跳过程中候车者对AOI-D, AOI-E, AOI-F这3个区域信息的搜索和选择逐渐增加,相应的回视次数和回视率也随之增加.在眼动心理学理论中,回视次数有助于了解被试在加工后期信息时,对早期的信息进行重新关注和提取,这种回视可以促进对材料更清晰的理解和更深入的整合性加工,往往也有助于发现更高质量的问题.回视次数越多,则说明该AOI区域对解答问题的贡献越大^[18].同时,人们一般需要通过持续的浏览才能重新获得自己需要的相关信息^[19].而在本文视认前后的AOI-A, AOI-B, AOI-C, AOI-E这4区内的信息对乘客在认知目标公交车上的贡献更大,所以也更容易被快速搜索和选择,形成眼跳和回视.

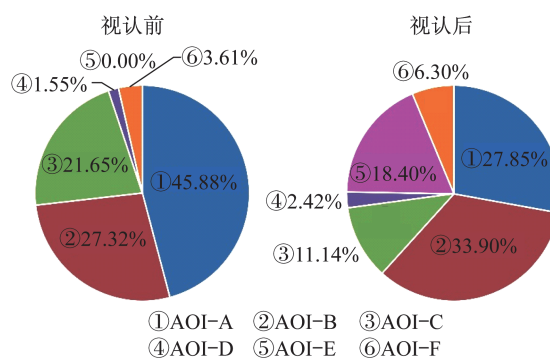


图3 视认前后各信息区域回视率

Fig.3 Rate of backsight before and after visual cognition

视认前后各信息区域被关注顺序见下页图4.图中数值为总样中前五次跳视至各区域的样本值.视认前最先被关注的是AOI-A, AOI-B, AOI-C这3个区域,该区域在大部分被试者的前三次跳视关注区域中占有较大比重.在眼动心理学理论中,有研究指出人们在眼跳过程中可以获得刺激的时空信息,但几乎不能形成刺激的清晰像^[20],即在视认前,被试者通过眼跳活动可以获取视认前展示在其眼前的公交车信息(即AOI-A, AOI-B, AOI-C),以形成对公交车轮廓的视觉认知.也有研究指出,人对视觉信息的认知具有系列加工的特点,即在时间序列上有先后之别,在空间序列上有上下左右的区别^[21],所以在视认顺序上,该3个区域的被关注顺序是正向排列的.在视认后各兴趣区的眼跳顺序中,最早被关注的仍然是这3个区域,但这3个区域在大部分被试者前三次跳视关注区域中所占的比重有所下降,且受视觉画面面积增大的影响, AOI-D, AOI-E, AOI-F这3个区域的被关注顺序逐渐上

升. 在视觉关注的先后顺序上, 有新信息优先于旧信息的特征^[22]. 所以在视认后, 逐渐清晰可视的 AOI - D, AOI - E, AOI - F 这 3 个兴趣区域中的信息在视

野中被选择的可能性会明显大于视认前的旧兴趣区 (即 AOI - A, AOI - B, AOI - C), 视认前后的被关注顺序也因此出现了一定程度的变化.

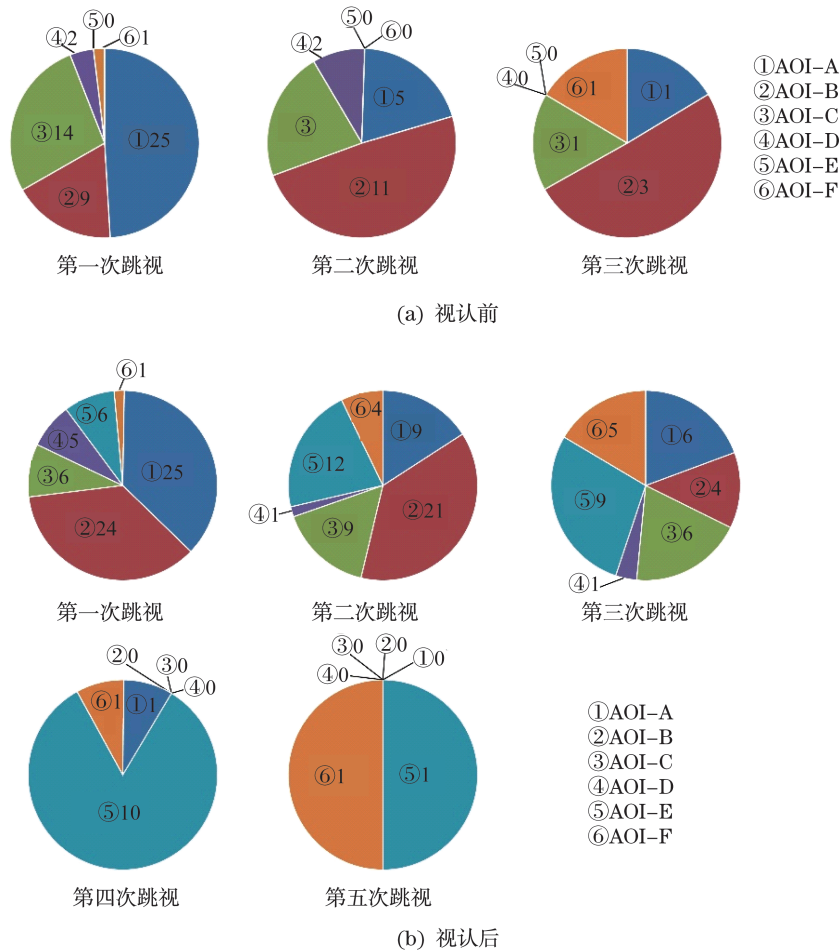


图 4 视认前后各信息区域被关注顺序
Fig. 4 AOI's sequence before and after visual cognition

在候车过程中随着公交车在候车者视觉画面中面积比例的逐渐增大, 各区域视认后的跳视时间都有了相应的变化, 见表 4. 各兴趣区的数据差异较大, 且各兴趣区的平均眼跳时间较视认前增加了 60.77%. 根据人的视觉搜索特征, 人在视觉搜索过程中眼跳更趋向于指向新目标, 而不是指向已经检查过的目标^[23]. 视觉信息内容的独特性会促进跳视活动的发生和变化^[24]. 在视认前后图像对比中, 公交车的 AOI - D, AOI - E, AOI - F 这 3 个区域因可视面积的增大, 信息内容变得清晰, 逐渐成为了视认过程中的新目标, 更容易在眼跳的快速搜索中被选择, 所以这 3 个区域的眼动时间数据出现了明显的增长. 而受距离和角度的影响, 视认前 3 个区域的数据都为 0, 故以视认前跳视时间为基准的增幅无法计算, 结果均为 N/A. 在表 4 中, AOI - B 和 AOI - E

两个区域的眼跳时间数值在视认前后具有非常显著的增长, 由此得知被试者在眼跳过程中对视认后 B 区、E 区内的信息有较强的选择性, 即司机位置、车内拥挤程度等信息.

表 4 视认前后各信息区域的跳视时间
Tab. 4 AOI saccade duration before and after visual cognition

编号	视认前	视认后	增幅
AOI - A	0.023 169	0.022 985	- 0.794%
AOI - B	0.019 413	0.037 075	90.98%
AOI - C	0.003 549	0.003 546	- 0.085%
AOI - D	0	0.000 043	N/A
AOI - E	0	0.007 801	N/A
AOI - F	0	0.002 722	N/A
平均值	0.007 689	0.012 362	60.77%

随着被试与公交车的视觉距离的缩短,公交车信息逐渐清晰,视认后各信息区的跳入次数、回视率以及跳视时间3项数据较视认前均有较大增长,被试在这一过程中也对各信息区信息进行了更深层次的加工;视认后区域被关注顺序这一数据较视认前也变得更加多元,充分体现在视认前后被试对各信息区内信息的感兴趣程度^[25]。

3 结论与展望

本文利用眼动设备及其相关数据解析软件对候车者视认前和视认后的视觉搜索轨迹进行数据收集和整理,通过对视认前后跳视速率、幅度、次数、时间和频率进行统计分析,获得候车者在候车时视觉搜索的一般性特征。同时对划分的各AOI区域数据进行了分项对比,总结出候车者在候车时观察公交车辆的一般视觉搜索规律。

a. 由于信息量的变化,候车者在辨认出目标车辆前后的认知负荷会相应发生变化。

b. 视认后由于目标车辆靠近,车体观察范围扩大,可获取的信息量增加,跳视时间与跳视次数会相应增加。

c. 视认后候车者由于失去了部分视觉搜索的目标,跳视频率会有所下降。

d. 被试者在观察远处物体时,多采用跳视的方式对物体的轮廓进行确认,其主要为了解对象基本信息以便之后的加工。

f. 被试者会在视认后对已看清的信息进行选择确认,这部分信息即为被试者认可的重要信息(即AOI-A的公交车车次信息、AOI-B的车内信息),对被试者能否准确快速获取目标车辆信息的贡献更大。

g. 视认后被试者对AOI-D, AOI-E, AOI-F这3个新区域的信息尤为关注,跳入次数、回视率、跳视时间等数据明显增加。

h. 在区域被关注顺序上,视认前关注顺序有明显的空间顺序,视认后由于新区域的信息更加吸引被试者而成为了优先被关注的区域。

后续研究将在本次研究成果的基础上对公交车车体设计进行优化改良,以此来提升乘客在候车过程中的视觉搜索体验,从而引导乘客无障碍地搭乘上目标车辆。基于前文分析,在优化设计公交车车体外观时,大致可以遵循以下几点:

a. 在观察远处物体时被试者多采用跳视方式

来对物体的轮廓进行确认,借此了解目标的基本信息。因此在公交车外观优化设计时,车体的轮廓应具有较高的辨识度,区域间的划分应清晰明了。例如对公交车车体的造型进行改良,加入一些独特的设计元素,加大其与其他类型车体的差异性;提高相邻区域的颜色区分度,区域边界可用醒目的颜色来进行划分。如由重庆恒通客车有限公司设计的EB12系列客车尝试运用浮雕线性车身,以增加立体感,以便在人车距离较远时,候车乘客可以在最短的时间内辨认出公交车。

b. 被试者认可的重要信息区域应简洁明了,为候车乘客反复确认所需信息提供方便,减少视认过程中的认知难度。例如对AOI-A区域内车次信息的布局及字体等要素进行优化改良,降低其认知难度;而AOI-B区域则应尽可能减少视觉干扰因素,以便候车乘客能清楚地观察到车内信息。

c. 由于视认后被试者对AOI-D, AOI-E, AOI-F这3个新区域的信息尤为关注,所以在设计时可以考虑在该3个区域向候车乘客提供一些重要的附加信息(如车内的载客密度、车内温度、有无人工售票、票价信息等),同时设计相关的符号来引导候车者的视觉搜索路线。

d. 视认前各信息区域的被关注顺序有明显的空间顺序,因此在优化设计各信息区域时,可以在重要信息区域加入一定的设计元素,使其在视认前更加突出,缩短候车乘客的搜索认知时间。例如对重要信息区域(如AOI-A, AOI-B)的位置、尺寸、颜色等进行再设计,降低其认知难度。如大多数公交车AOI-A区域的车次信息大多位于该区域的上部正中间,但当几辆公交车同时进出公交站时,往往会出现后一辆公交车车次信息被遮挡的情况,因此可以考虑将上部中间的车次信息移至靠近车站处的一侧,或者在靠近车站侧的车体后视镜上添加相应的线路信息,使其更易被候车乘客观察到。

参考文献:

- [1] 任延涛,韩玉昌,隋雪.视觉搜索过程中的眼跳及其机制[J].心理科学进展,2006,14(3):340-345.
- [2] CAVANAGH P, ARGUIN M, TREISMAN A. Effect of surface medium on visual search for orientation and size features[J]. Journal of Experimental Psychology, Human Perception and Performance, 1990, 16(3): 479-491.
- [3] 程利,杨治良.大学生阅读插图文章的眼动研究[J].

- 心理科学,2006,29(3):593-596.
- [4] 闫国利,熊建萍,臧传丽,等. 阅读研究中的主要眼动指标评述[J]. 心理科学进展,2013,21(4):589-605.
- [5] 严会霞. 基于SVM的眼动轨迹解读思维状态的研究[D]. 太原:太原理工大学,2010.
- [6] 皮忠玲. 视频播客呈现方式对学习效果的影响及其机制的眼动研究[D]. 武汉:华中师范大学,2014.
- [7] 张玲. 多媒体环境对学习词汇层注意焦点变化的影响——以“英语视听”课程为例[J]. 上海理工大学学报(社会科学版),2015,37(2):111-115.
- [8] 王洪涛,何宁. 网页设计中的人的视觉搜索因素[J]. 社会心理科学,2009,24(5):54-57.
- [9] 叶晓林. 认知负荷对驾驶员视觉注意影响的眼动研究[D]. 天津:天津师范大学,2013.
- [10] 张学民,李双双,李永娜,等. 视觉注意选择性的空间位置效应的研究[J]. 应用心理学,2004,10(4):59-64.
- [11] 林鉴. 重复阅读是否影响读者的眼动模式[D]. 福州:福建师范大学,2012.
- [12] RADAHE R, VORSTIUS C, LANG A R. 酒精对视觉加工和眼动行为控制的影响[J]. 心理与行为研究,2011,9(1):65-80.
- [13] 施晓芬. 城市信号交叉口驾驶员速度控制和视觉搜索行为研究[D]. 西安:长安大学,2011.
- [14] 汪丹. 浅谈城市公共空间导向系统设计中的视觉习惯应用[J]. 艺术与设计(理论),2013(6):69-70.
- [15] 王一楠. 内源性眼跳前注意转移的时间进程[D]. 保定:河北大学,2011.
- [16] 张仙峰,叶文玲. 当前阅读研究中眼动指标述评[J]. 心理与行为研究,2006,4(3):236-240.
- [17] 刘远,刘洪广. 基于眼动追踪测量认知负荷变化的犯罪心理测试[J]. 中国司法鉴定,2014(6):46-50.
- [18] 陈丽君,郑雪. 大学生问题发现过程的眼动研究[J]. 心理学报,2014,46(3):367-384.
- [19] STERNBERG S. Memory-scanning: mental processes revealed by reaction-time experiments[J]. American Scientist,1969,57(4):421-457.
- [20] 李秀红,静进,杨斌让,等. 汉语阅读障碍儿童图画知觉过程的眼动实验研究[J]. 中国心理卫生杂志,2007,21(1):6-9.
- [21] 韩玉昌. 观察不同形状和颜色时眼运动的顺序性[J]. 心理科学,1997,20(1):40-43.
- [22] 高晓妹,周兢. 汉语儿童图画书阅读的视觉关注特点研究[J]. 幼儿教育(教育科学),2010(1/2):23-26.
- [23] 王求真,曹仔科,马庆国. 认知负荷视角下不同复杂度购物网站的眼动研究[J]. 信息系统学报,2012(2):54-63.
- [24] YANG S N, MCCONKIE G W. Eye movements during reading: a theory of saccade initiation times[J]. Vision Research,2001,41(25/26):3567-3585.
- [25] 李杨,丁锦红. 视野位置及刺激特征对目标搜索影响的眼动研究[J]. 心理科学,2007,30(2):344-347.

(编辑:董 伟)