

基于眼动追踪技术的汽车造型特征提取与认知研究

王震亚, 李海旺

(山东大学, 济南 250061)

摘要: **目的** 从用户角度出发研究汽车造型特征提取和品牌识别模式, 帮助汽车造型设计师理解用户认知并应用到设计实践中。**方法** 主要以眼动仪为实验工具, 问卷调查法、访谈法作为辅助研究方法, 进行特征提取实验和品牌识别模式分析。**结果** 得出了汽车造型区域特征提取结果并进行编码和用户品牌识别模式的初步框架。**结论** 以眼动仪为工具, 可以从特征面的角度进行特征提取和认知分析, 为以后的实验改进和研究提供更多的思路和参考。

关键词: 汽车设计; 造型特征; 特征提取; 眼动追踪; 认知

中图分类号: TB472 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2016)20-0054-05

Automotive Styling Feature Extraction and Cognition Based on the Eye Tracking Technology

WANG Zhen-ya, LI Hai-wang
(Shandong University, Jinan 250061, China)

ABSTRACT: It introduces the extraction of automotive styling features and brand recognition mode from a user point of view, which can help car designers understand the user cognitive model and apply it into design practice. It uses eye tracker as the main experimental tool and questionnaire and interview as the auxiliary research methods for feature extraction experiment and brand recognition mode analysis. Based on eye tracker, it obtains car styling region feature extraction and user brand cognitive frame. Eye tracker as a useful tool can be applied in the feature extraction and cognitive analysis. Although it still has some limitations in this study, it is helpful for the improvement of future experiments and provides more ideas and reference for the following research.

KEY WORDS: automotive design; styling feature; feature extraction; eye tracker; cognition

设计是一门“艺术与技术”、“科学与美学”相结合的学科, 在汽车设计领域体现得尤为显著。首先, 理性方面的“科学”和“技术”在汽车行业, 体现为汽车制造的技术水平和工艺解决能力, 这也是汽车产品的核心竞争力; 感性方面的“艺术”和“美学”在汽车行业, 体现为汽车已经不仅仅是现代社会的交通运输工具, 还是一个可以静态观照的艺术品。在“功能决定形式”的影响下, 现在的同一级别的汽车在近几十年大体体量并没有太大变化, 反而“形式对功能具有

反作用”, 汽车行业的造型设计在同样时期内的发展进度有目共睹, 设计对工程匹配要求越来越高, 设计主导模式越来越显现。当工程技术方面愈趋稳定, 设计在造型方面的研究越来越细时, 对汽车造型特征的研究也就愈趋重要。这里以眼动仪为主要实验工具, 研究了以用户角度出发的汽车造型特征提取和识别模式^[1-2], 这符合目前设计回归用户层面的趋势^[3], 也有别于以前研究中以设计者角度出发的汽车造型特征提取归纳实验^[4]。

收稿日期: 2016-06-13

作者简介: 王震亚(1974—), 男, 山东人, 博士, 山东大学副教授, 主要研究方向为工业设计。

1 汽车造型特征与用户品牌识别模式

1.1 汽车造型特征

“特征”的词语含义是一个客体或一组客体特性的抽象结果。具体是指汽车造型中标志性、区别性的显著形态特点^[5]。特征的属性决定了它在人们对物体认知时所扮演的重要角色，某种程度上特征就是产品造型辨识的基本单位。造型特征从构成的角度可以分为点、线、面和体 4 种类型^[6]。单个特征点并不具有形状信息，只有空间位置信息，设计时以它们为重要的参考点；特征线往往是造型的边界或者转折处，携带的信息量大并且易于量化，在研究特征时最常用到，代表性的是腰线^[7]；特征面的研究仍是基于特征线，孤立地研究特征面得到的信息与特征线相似，因此可以采取区域单位的研究方式，如进气格栅；汽车车身几乎全部可以看成有厚度的曲面，车身整体可以看作是雕塑，近年来新出的概念车的设计越来越像现代建筑，对“体”的整体研究会成为未来研究的趋势。在实验中权衡 4 种几何特征的特点，将重点放在对区域特征的研究上。

1.2 设计师与用户品牌识别模式

品牌是企业核心竞争力的外在表现之一，随着汽车行业市场竞争加剧，品牌竞争将越来越成为整个行业竞争的主要形式^[8]。品牌识别作为品牌的重要内容之一，已经成为汽车造型设计时的重要考虑部分。卡塔莱诺从用户和设计师对造型信息处理的角度，将汽车美学分为 3 个组成部分，即图形、形面和体量，他认为用户对汽车造型的认知是按照从左到右的顺序认知，而设计师对汽车造型的设计过程恰好相反^[9]。设计师与用户的品牌识别模式存在众多差异点，两者的差异类似于艺术领域艺术创作者与艺术接受者之间的关系，研究设计师创作出来的汽车造型所蕴含的“召唤结构”与用户对最终产品的“接受”方式，即识别模式具有重要意义^[10-11]。

2 汽车造型特征提取及用户识别实验

针对以上分析，此次研究将实验主要分为两部分进行，前期汽车造型特征提取实验和后期品牌识别测试。造型特征提取实验能从用户角度重新划分汽车品牌识别的特征元素，并根据眼动轨迹、注视点、注意转换频次等，分析用户在观察汽车时的眼

动信息，还能为第二部分的识别测试和访谈实验提供特征参考；识别测试及访谈实验主要以言语分析法，研究用户在识别时的思考方式并验证所提取特征的有效性。

2.1 受试者基本信息及背景知识调查

采用问卷调查法，选取受试者为设计类和非设计类研究生，有效样本为 20 个；年龄处于 20~30 岁，平均年龄 $M=24.35$ ，标准差 $Std.=1.496$ ；设计类专业和非设计类专业人数相等，性别比例均为 1:1；均为右利手。此次问卷调查还设有调查关于汽车喜好的基本信息问题，能对受试者对汽车的了解程度做大概分级。

2.2 汽车造型特征提取眼动仪观察实验

2.2.1 测试设备

观察实验采用的主要设备为：SMI Unit Red 5 眼动仪一台，采样频率为 120 Hz，包括 iView PC 测试计算机(Thinkpad T500 笔记本电脑，屏幕大小为 15.6 英寸，屏幕分辨率 1680×1050，操作系统 Windows XP)、Stimulus PC 图像显示计算机(戴尔外接显示器，屏幕大小 22 英寸，屏幕分辨率为 1680×1050)和下方安装的两组红外光源及摄像头。

2.2.2 测试材料

实验测试材料选择汽车市场相对常见的有代表性的分级 B 级上下即中型车的类型，选取了 5 款车型，分别为奥迪 A4、宝马 3 系、奔驰 C 级、别克君越和大众帕萨特。5 款汽车各展示同样角度的 5 张清晰图片，共 25 张，展示的角度为正前方、前方 45°、侧面、后方 45°和正后方。所有图片均选取环境相对单纯的实车图片；不同汽车在相同方位图片中所在大体位置相同、大小相似；所有汽车图片都已处理过有标志的位置。受试者参加眼动实验所用图片(部分)见图 1。

2.2.3 测试程序

准备阶段时，受试者在眼动仪前做好准备，实验者朗读实验注意事项以及指导语，要求受试者尽可能全面地观察和识记每一张图，并告知后续有测试实验。20 位受试者按照测试问卷编号参加眼动实验，软件记录后对应保存用于后续分析。实验测试步骤为：校正—显示品牌名称 5000 ms—显示中心聚焦点 2000 ms—随机显示图片—重复上述步骤直至 5 款车型观察完毕。



图1 受试者参加眼动实验所用图片(部分)

Fig.1 The pictures provided for the subjects in eye-motion experiment (part)

2.3 受试者观察后识别实验测试及访谈

受试者参加完眼动实验以后,接着参加问卷测试。受试者根据每张图片选择所列汽车品牌5个选项之一,结束后进入访谈阶段。访谈时主要以第二次测试问卷的25个问题为主线进行访谈,问题包括对汽车的看法、辨认这些汽车品牌时主要根据哪些地方、对于5款汽车的看法、对最喜欢与最不喜欢的汽车的看法等。访谈时采用录音和记录关键词的形式,并在访谈结束后进行整理。

3 实验结果及分析

3.1 汽车造型特征提取结果

在进行提取特征数据准备时,首先对样本数据进行了筛选,剔除了6个样本,原因是在实验过程中这些受试者追踪比率低于90%,或者x/y轴偏移在某个方向角度误差在1.5%以上。然后提取剩余14个样本的方格兴趣区、热区图和视点路径,主要依据是方格兴趣区、热区图和视点路径图作为辅助。眼动实验注视信息(部分)见图2,某个样本的眼动视点路径见图3。根据兴趣区(Area of Interest, AOI)数据统计和汽车行业常用的车身术语以及根据3个正视图与装饰件分类,对部件进行分组和编码得出汽车造型区域特征提取结果,见表1。

3.2 用户品牌识别模式分析

3.2.1 各个展示方向的眼动跟踪指标分析

1)第二注视点分析。当标志位置作为绝大多数受试者的首视点时,车身除了标志以外的首视点即第二注视点就十分重要,视点路径这一眼动特性可以看出受试者的眼动轨迹,进而得出第二注视点在样

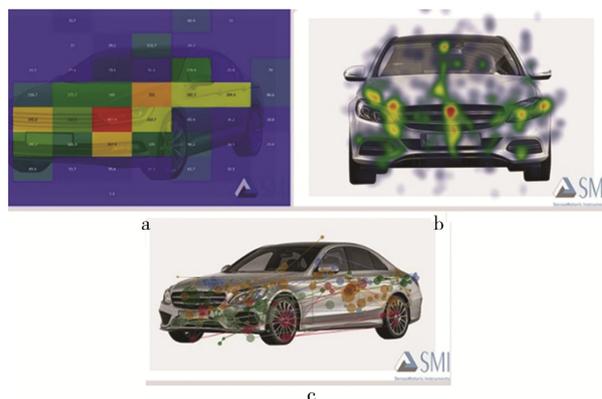


图2 眼动实验注视信息(部分)

Fig.2 Area of interest in eye motion experiment (part)



图3 个样本的眼动视点路径

Fig.3 Eye scan path of one sample in the experiment

表1 汽车造型区域特征提取结果

Tab.1 Result of car shape feature extraction experiment

视图分类	AOI 区域名称	AOI 数据/%	AOI 区域名称	AOI 数据/%
正前视图(F) 100%	前车窗(F ₁)	8.60	后视镜 1(F ₂)	0.31
	A 柱 1(F ₃)	1.71	前引擎盖(F ₄)	7.24
	翼子板(F ₅)	2.10	车轮拱板 1(F ₆)	0.76
	上格栅(F ₇)	6.13	前车大灯(F ₈)	5.63
	车牌区域(F ₉)	1.25	下格栅(F ₁₀)	6.11
	雾灯区域(F ₁₁)	6.98	接近角面(F ₁₂)	3.29
正侧视图(S) 100%	A 柱 2(S ₁)	2.31	后视镜 2(S ₂)	1.50
	B 柱(S ₃)	1.13	C 柱 1(S ₄)	2.63
	侧车窗(S ₅)	5.13	车肩(S ₆)	4.15
	车腰(S ₇)	7.49	车裙(S ₈)	3.58
	前车轮拱板 2(S ₉)	3.54	后车轮拱板 1(S ₁₀)	0.75
	轮毂(S ₁₁)	10.44		
正后视图(B) 100%	后车窗(B ₁)	8.45	行李箱上盖(B ₂)	6.75
	后车灯(B ₃)	13.59	C 柱 2(B ₄)	2.50
	灯间区域(B ₅)	3.49	后车轮拱板 2(B ₆)	2.13
	行李箱开口(B ₇)	11.11	后车牌(B ₈)	2.50
装饰部件(D) 100%	排气筒(B ₉)	2.13		
	车窗镀铬条(D ₁)	1.58	尾鳍(D ₂)	1.13
	特殊装饰件(D ₃)	不确定		

本中的分布。在正前视图中,绝大多数受试者注视

点向两侧移动, 移动到附近的格栅或者车灯处, 少数注视点移动到引擎盖上或者下方出牌位置; 前 45° 视角与正前视图情况几乎相同, 这也侧面说明了当视角中提供侧面和前面两组信息时, 用户判断仍然主要依据前脸; 侧面没有显眼标志的位置, 此时的首视点绝大多数落在前或后轮包上沿处; 后 45° 视角首视点多数落在车身侧面或车灯处, 并且此时提供了侧面和车尾两组信息, 两组的注视信息差距不再像前 45° 视角那样区分明显, 而是分布更加平均, 说明后尾目光吸引力与侧面接近且都不如前脸; 后尾的第二注视点分布更加集中, 绝大多数集中在后车灯区域。

2) 区域 (AOI) 分析。兴趣区域是受试者在样本中停留时间累积较长且回视数较多的区域, 代表着影响汽车判断的最重要部分, 划分和确定兴趣区域主要依据热区图和方格兴趣区两类数据, 在 5 个展示方向中分别位列前 3 位的区域是: 正前视图的格栅、前车窗、前引擎盖; 前 45° 视图的格栅、车前大灯、车腰区域; 正侧视图的轮毂、车腰区域、侧车窗; 后 45° 视图的后车灯、后车轮包、车腰区域; 正后视图的后车灯、行李箱开口、后车窗。

3) 轨迹及视觉停留分析。眼动轨迹能反映认知加工过程, 展现受试者所表现的认知负荷与兴趣特征, 在实验设定的每幅图 8000 ms 的时间内, 绝大多数受试者能够遍历整个视图并在“有吸引力”的位置停留; 前后视图中, 受试者眼动轨迹多集中在左边或右边半边, 因为人头脑中有“汽车是对称的物体”这一基本认知, 且多数人集中在左半边; 对于熟悉的位置, 受试者在很快作出判断以后目光停留时间并不长, 这说明在此区域认知负荷较小, 并且也说明停留时间短并不一定与识记性差有必然联系, 代表性的是宝马的双肾性进气格栅; 在问卷中较熟悉汽车的受试者视点更加稳定, 眼跳距离更长, 反映在实验中就是视觉加工的广度更大, 视点扫掠路径具有延续性, 回视率低, 并且能对装饰性小部件选择性忽略, 对汽车不熟悉的受试者表现则相反, 视点跳跃也大但不规则, 视点扫掠路径经常断开, 回视率高, 受镀铬等装饰性部件影响大, 在这些地方视点停留时间较长。

3.2.2 问卷和访谈的结果与分析

在问卷测试和访谈中发现, 对汽车较熟悉者不需根据眼动实验记忆就能作出判断, 在不熟悉的后视和侧视也能根据品牌特征推理, 不熟悉的受试者

需要“记忆”眼动实验的内容, 在测试后半段许多这类受试者表示记忆模糊; 在问到判断依据时, 对汽车熟悉的受试者能提供多种判断依据, 而其他受试者多根据最主要特征或者特有的装饰件判断; 在形容判断依据时, 非专业者用词更加口语化和拟物化, 对大的侧面特征关注不多。

4 结语

在认知心理学上对于模式识别有自下而上的数据驱动加工和自上而下的概念驱动加工两种形式, 基于眼动仪的用户识别实验和对受试者背景知识与思维的调查分别相对应这两种研究方法, 最终得出的初步结果, 包括汽车造型区域特征提取和用户品牌识别模式的部分特性。未来深入研究时, 需要改进的是实验实施规模, 包括受试者数量和实验样本数量、眼动仪指标数量、识别模式特征量化和更多生态效度的分析等, 以及根据兴趣区划定范围并再次选取不同样本进行实验验证等。

参考文献:

- [1] 任延涛, 孟凡骞. 眼动指标的认知含义与测谎价值[J]. 心理技术与应用, 2015(7): 26—29.
REN Yan-tao, MENG Fan-qian. Cognitive Values and Polygraph Testing Applications of Eye Movement Indicators[J]. Psychological Technology and Application, 2015(7): 26—29.
- [2] 邓铸. 眼动心理学的理论、技术及应用研究[J]. 南京师大学报(社会科学版), 2005(1): 90—95.
DENG Zhu. Theories, Techniques and Application Researches about Eye Movement Psychology[J]. Nanjing Normal University (Social Science), 2005(1): 90—95.
- [3] 冯凤. 眼动交互在车载音乐应用中的设计研究[D]. 长沙: 湖南大学, 2014.
FENG Feng. Study of Eye-Movement Interaction Based on the Vehicle Player[D]. Changsha: Hunan University, 2014.
- [4] 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. The Interface Design of In-Vehicle Information Systems Based on Eye-tracking Technology[J]. Packaging Engineering, 2015, 36(12): 65—68.
- [5] 朱毅, 赵江洪. 基于原型理论的汽车造型认知研究[J]. 包装工程, 2014, 35(6): 24—28.

- ZHU Yi, ZHAO Jiang-hong. Automobile Modeling Based on Archetype Theory[J]. Packaging Engineering, 2014, 35(6): 24—28.
- [6] 梁峭, 赵江洪. 汽车造型特征与特征面[J]. 装饰, 2013(11): 87—88.
- LIANG Qiao, ZHAO Jiang-hong. Automobile Modeling Features and Characteristic Surface[J]. Zhuangshi, 2013(11): 87—88.
- [7] 谭浩. 汽车造型特征定量模型构建与应用[J]. 湖南大学学报(自然科学版), 2009(11): 27—31.
- TAN Hao. Construction and Application of the Quantitative Model of Automobile Form Features[J]. Hunan University (Natural Sciences), 2009(11): 27—31.
- [8] 谭征宇, 王贞. 汽车品牌的造型特征标定与识别模式构建[J]. 装饰, 2013(4): 119—120.
- TAN Zheng-yu, WANG Zhen. Demarcation of Form Feature and Structure of Pattern Recognition on Automobile Brand[J]. Zhuangshi, 2013(4): 119—120.
- [9] CHIARA E C, FRANCA G, MARINA M, et al. Towards an Automatic Semantic Annotation of Car Aesthetics[J]. Artificial Intelligence for Engineering Design, Analysis and Manufacturing, 2007(1): 73—90.
- [10] 邵志芳. 认知心理学——理论、实验和应用[M]. 上海: 上海教育出版社, 2013.
- SHAO Zhi-fang. Cognitive Psychology: Theory, Experiment and Applications[M]. Shanghai: Shanghai Education Publishing House, 2013.
- [11] 王格格, 宋莎莎. 眼动追踪技术在木质室内装饰环境中的应用[J]. 家具与室内装饰, 2015(7): 92—94.
- WANG Ge-ge, SONG Sha-sha. Application of Eye Tracking Technology in Wood Interior Decoration[J]. Furniture & Interior Design, 2015(7): 92—94.