

【工业设计】

产品意象评价中的眼动与脑电技术研究进展

夏敏燕

(上海电机学院, 上海 200240)

摘要: **目的** 研究产品意象评价中的实验评价法, 主要是探索基于眼动追踪与脑电技术的研究方法。**方法** 通过对研究现状的考察, 系统地回顾产品意象评价中的公式评价法和实验评价法所采用的一般研究路径与方法, 分析眼动追踪、脑电技术分别在产品意象评价中的应用、主要研究方向与注意点, 以及联合评价产品意象以建立用户体验综合评价模型。**结论** 采用眼动追踪与脑电技术评价产品意象时, 主要基于产品低层级特征的美学体验进行实验, 尚难以直接获知用户的感性评价, 均采用主客观结合的方式进行, 推导产品意象与用户评价、生理数据之间的关系, 并据此建立产品意象评价的数学模型, 从而帮助研究者对所选任务或实验选择合理的生理测量方式, 并制定合适的研究路径。

关键词: 产品意象评价; 眼动追踪; 脑电技术; 设计研究; 视觉心理

中图分类号: TB472 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2020)20-0069-05

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2020.20.011

Research Progress of Eye Movement and EEG Technology in Product Image Semantics Evaluation

XIA Min-yan

(Shanghai Dianji University, Shanghai 200240, China)

ABSTRACT: The work aims to study the experimental evaluation method in product image semantics evaluation, mainly to explore the research method based on eye tracking and EEG technology. By reviewing the current research situation, the general research approaches and methods of formula evaluation and experimental evaluation in product image semantics evaluation were systematically reviewed. The applications, main research areas and notes of eye tracking and EEG technology used in product image semantics evaluation were analyzed. And a comprehensive evaluation model of user experience was built in combination with the product image semantics evaluation. When eye tracking and EEG experiments are used for product image semantics evaluation. They mainly analyze the aesthetic experience of the subjects on the low-level characteristics of the products. It is difficult to get the user's perceptual evaluation directly. Therefore the relationship between product image, user evaluation and physiological data is deduced by combining subjective and objective methods, and the mathematical model of product image semantics evaluation is established on this basis, so as to help researchers choose reasonable physiological measurement methods and develop appropriate research paths for the selected tasks or experiments.

KEY WORDS: product image semantics evaluation; eye tracking; electroencephalogram technology; design research; visual psychology

产品通过自身的形态、色彩、材料、质感、结构等传达出的形象与语义称为产品意象, 已成为用户购买产品时越来越强调的要素之一, 也成为产品开发过程中必不可少的研究环节之一, 甚至成为智能设

计的推导要素之一。目前已有不少研究者运用遗传算法^[1-2]、支持向量机^[3]、粒子群算法^[4]、数量化一类^[5-6]等方法, 进行产品意象的优化设计与智能设计。如罗仕鉴等人^[7]在提取及用数学方法表达 SUV 产品族侧

收稿日期: 2020-08-01

作者简介: 夏敏燕(1979—), 女, 江苏人, 硕士, 上海电机学院副教授, 主要研究方向为交互设计、界面设计、人机工程。

面外形的基因后,通过语义差异法及 Likert 量表获取消费者的偏好,构建外形基因与偏好之间的进化函数,运用遗传算法实现偏好驱动的 SUV 产品族外轮廓线基因进化,在 Matlab 中执行算法推导继承产品族特征又有变化的 SUV 造型设计,并建立概念设计系统。

对产品造型进行智能设计的前提是理解用户对产品意象的偏好。由于产品意象诱发的用户体验是一种隐性的、直觉的有时甚至难以用言语表达的感觉,且用户对产品意象的美学评价具有个体主观性、长期动态性和环境依赖性的特点,从而对传统用户体验测量和评价方法提出了新的挑战。眼动追踪与脑电技术由于不妨碍被试完成相关任务,无侵入性,正逐渐广泛应用于客观测量用户的体验评价探索中。本论文中通过系统地回顾产品意象评估中采用的一般研究路径与方法、眼动追踪与脑电测量方法,分析其中的利弊得失,可以帮助研究者对所选任务或实验选择合理的生理测量方式,并制定合适的研究路径。

1 产品意象研究路径与评价方法

产品意象的评价方法主要分为公式评价法和实验评价法两大类。公式评价法通过计算求出具有各个评价要素权重的数学公式,并据此进行量化而相对客观的判断。在评价时,首先通过形态分析法解构设计要素,然后采用专家或焦点小组的主观打分、主成分分析、簇分析、模糊粗糙集评价法和层次分析等方法,进行设计要素的权重计算。周爱民等人则完全从数学方法出发,依据形式美学与完形心理学原理确定产品造型美观度的各项指标,构建各个指标的评价函数,并基于最大流原理构建产品形态美度的综合评价模型^[8]。

实验评价法是通过眼动仪、事件相关电位仪(ERPs)等设备,获取被试体验产品时的相关生理和心理反应指标,推断被试对产品造型的偏好,分析并建立产品设计的参数与用户对产品意象感知之间的映射关系。传统的视觉搜索任务、Go-Nogo 范式任务、双重任务等行为实验包含了反应运动时中的决策、动作准备、动作执行等阶段,而不能分离各个阶段。眼动仪可以记录被试各个眼动认知过程,事件相关电位仪可以记录事件发生后的各个电测。由于眼动与脑电技术可以不受干扰地收集眼动、脑电数据,不需要侵入的医疗程序或非常昂贵的静态设备,在许多情况下不会干扰主要任务,因此这个领域的方法与设备正在快速发展,使生理测量变得更容易和更灵活^[9]。功能磁共振成像(fMRI)的方法需要昂贵的固定设备,目前无法在应用设置中大量使用。用户感知意象的实验评价法往往基于感性工学进行意象评估,研究路径见图1。首先通过文献、评论、调研访谈,采集感性意象相关词汇,并用聚类分析方法获得感性

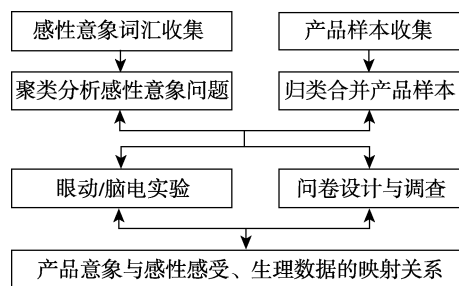


图1 产品意象评价眼动与脑电实验研究路径
Fig.1 Eye movement and ECG experiment research approach of product image semantics evaluation

意象词组。接着利用 KJ 法进行样本归类合并,形成代表性的产品样本。采用 Osgood 语义差异法、Likert 量表法等进行问卷设计与调查,分析产品样本及感性词汇之间的映射关系。最后进行相关眼动或脑电实验,获取用户观察产品意象时的生理数据,与主观调查问卷对照或直接将问卷植入到客观实验中,分析产品意象与感性感受、生理数据之间的关系。

2 眼动追踪技术与产品意象评价

眼动仪能全程记录视觉信息加工处理时的眼动认知过程,能记录精确到试验开始的第一个注视点,记录不受意识支配、但受情感和习惯支配的前注意加工阶段,记录后期有意识参与的集中注意阶段,即“眼跳(扫视)—注视—凝视”的全过程。通过眼动仪记录从眼睛的快速搜索、选择、注视、持续注视的过程,以扫描路径、热点图、感兴趣区、三维空间等可视化方法呈现,进而推断出用户的专注点、兴奋点,体现被试难以描述或因为社会环境压力、个人心境等原因不想描述的关注点与扫描路径。

眼动追踪技术在产品意象研究中已获得了大量应用。如,谢伟等人^[10]采用眼动试验记录用户对电饭煲的无意识认知,结合眼动热点图和操作的正确率和反应时评估产品的可用性,并据此进行产品人机界面的改良设计。Hou 等人^[11]发现,被试在评价设计方案时,不管他们的专业背景如何,最初密切关注的是与人有关的区域,并推断出参与者更容易被产品的交互部分所吸引。Guo 等人^[12]发现,在目标导向的任务中,参与者的注意力由任务驱动的视觉感知主导,在观看具有更高用户体验水平的智能手机时具有更长的注视时间和更大的瞳孔直径。除了从眼动追踪图中发现用户对产品意象的认知,部分学者更进一步,建立产品关键造型与产品意象认知关系的匹配模型。如黄琦等人^[13]运用专家访谈、眼部跟踪实验得出影响汽车产品意象认知的外观造型特征,建立关键造型特征与产品意象认知之间的匹配模型,开发汽车草图设计原型系统。而卢兆麟等人^[14]基于“色度-饱和度-亮度(HSV)”模型,提取眼动热点图的颜色特征,运用 Fisheries 判别建立汽车造型的评价函数模型,从而试

图从眼动热点图中直接推断用户对产品意象的评价。

这些探索均为眼动追踪技术的运用提供了各种可能。但需要注意的是：注意力分为自愿注意力和非自愿注意力，人类可以根据自己的意愿从注视的中央方向移开注意力，而眼动追踪研究中假设注意力和眼窝关注的方向相联系^[15]，且眼动追踪并不能反映被试对观察物是否喜好。眼动追踪提供的数据本身价值有限，因为它无法区分用户是有意选择还是无意掠过，无法分析用户为何注视观察物的特定区域。眼动数据可以结合边做边说的有声思考法、事后受激的回顾性有声思维法^[16]或意向问卷调查等方法，从而收集更全面的、令人信服的数据集，由此得出更有实际价值的发现和建议。

3 脑电技术与产品意象评价

采用事件相关电位对事件发生后的时间进行电感测，获得被试随时间变化的脑电图（Electroencephalography, EEG），可以分解各个阶段的波幅、频率、电位或电流的空间分布等指标，可以反映千分之一秒时间精度的大脑皮质层神经活动，体现大脑工作过程的信息。脑电技术能够实时记录被试观察、使用、购买产品等阶段的脑认知过程，能反映出用户自身难以用言语表达的偏好、意向的形成机制。ERP由负（N）或正（P）极性成分组成。早期视觉注意的脑电波出现在 100~200 ms，包括 P1（或称 P100）、P2（或称 P200）、N1（或称 N100）、N2（或称 N200）、LPP 等几个常见参数。其中 N1 成分与早期注意机制促进感知特征的提取有关，对于诸如形状、颜色、大小、位置等低阶属性的刺激敏感^[17]。P2 成分通常与刺激的情感属性相关，正向情绪诱发的 P2 波幅更小^[18]。N2 属于高阶认知引发的电位，反映被试对刺激之间冲突或差异的感知。Ernst 等人^[19]的研究中也认为 N1 和 N2 能体现被试的主观规避与倾向行为。

脑电图在产品意象评价中，目前由于脑电成分体现的被试对意象倾向并不确定，且脑电图提取分析及试验使对环境、被试等的高要求，仍主要采用主客观相结合的方式，以了解被试对产品意象认知与评价时的脑电特征。郭伏等人^[20]利用脑电成分分析用户对智能手机的用户体验评价，发现用户体验水平较低的智能图片能诱发的 N1、N2 成分相对波幅大。郭伏等人^[21]还发现，当产品造型能引发用户的使用意向时，会出现较小的 N2，P3 和显著增强的 N3、LPP。郭伏等人^[22]运用脑电在进行网页界面的满意度评估时，由于网页界面的复杂性、视觉多样性，发现前期的 P1、N1 区别不明显；在刺激呈现后的 190 ms，满意度水平一般的网页界面诱发的 P2 幅值相对更大，在刺激呈现后的 220 ms，满意度水平较高的网页界面诱发更大的 P2、N2 幅值；而满意和不满意的网页界面都诱发晚期的更大幅值的 LPP 成分。而产品意象

认知与相关感性语义词汇之间一致性与否体现在 N400 成分。陈默等人^[23]发现，当产品意象与语义词不相关或模糊时，产生了 N400 成分。Hou 等人^[24]发现与语义不一致的交通信号词对相比，语义一致的交通信号词对在潜伏期 380~460 ms 时的 N400 幅值较低。与眼动追踪分析类似，也有研究者尝试脑电数据与产品意象之间建立推理模型。杨程等人^[25]运用行为数据（反应时长、选择正确率）与脑电数据（N200、P300、N400 等）量化用户对产品的感性认知，基于模糊逻辑建立认知过程中脑电成分与产品意象之间映射关系的意象推理数学模型。

在设计学科中应用脑电技术目前还不够成熟，尚处于探索阶段。实验环境、采集质量、测试对象、测试流程等都会影响实验的结果。比如以上有的实验结果之间存在矛盾，如 N2 幅值大时到底是体现被试满意度高还是低。可见，脑电图特征目前并不能作为判定被试对产品意象偏好的确定参数。

4 眼动与脑电技术联合评价方法

事件相关电位仪往往采用 Oddball 范式进行实验，即采用“实验指导语-500 ms 目标图片/无关图片-800~1200 ms 随机空屏”的流程进行，与眼动仪实验的实验对象、实验过程有着相似性，且具有互补性。已有不少研究者将两种研究方法联合起来，将涉及视觉美学流程相关的多模态生理信号整合，以获得更令人信服的研究数据，并量化分析产品的视觉美学。

Guo 等人^[26]整合眼动追踪指标和脑电图测量，结合主观视觉美学评价，针对 LED 台灯三维原型模拟美学欣赏流程，以区分和量化产品的视觉美感。结果表明，信息检索中涉及的眼动追踪指标可以区分产品的视觉美感，低和高美学的灯具之间的平均注视持续时间显著不同，并且瞳孔大小没有显著变化。信息处理中涉及的脑电图测量可以区分低视觉美学与产品的中、高视觉美学， α 和 γ 节律的相对能量应该与感知和感知表示相关联，低美学灯诱发显著减弱的相对 α 节律和增强的相对 γ 节律。唐帮备等人^[27]联合眼动和脑电进行汽车工业设计用户体验的评价，评价较高的设计方案获得了更多的注视时间、注视次数，热点图颜色也更深，脑电图中的 P300 成分也更高。通过对处理后的眼动数据、脑电数据和用户主观评价进行相关性分析，证明相互之间可以互相验证，并建立用户体验多为综合评价模型。

5 结语

作为吸引消费者注意力的前提，产品意象已被确定为产品设计和营销中的关键角色。因此，用户进行产品意象评价时的机制和偏好有着不可忽视的重要性和必要性。在传统主观方法的基础上，结合客观的

生理测量量化数据,捕捉用户在产品意象检索、体验、评价任务方面的响应,获得更为可靠的多模态物理信号。生理测量确实捕捉了用户对实验对象的响应过程,也正以更为可靠的方式捕捉用户对实验对象的体验评价。从回顾的研究中可以看出,除了采用眼动仪、事件相关电位仪进行产品意象的客观评价,研究者更试图从这些生理数据中发现产品意象评价之间的关系,更进一步的是建立起生理数据与产品意象评价的数学模型,从而实现预测用户反应的最终目的。

由于眼动仪、事件相关电位仪的实验对象往往是图片、视频,被试以坐姿进行实验,实验中用户基于产品的视觉形象进行美学判断。Valtchanov 和 Ellard 认为,颜色等低层特征是影响人的情感偏好、认知负载和眼动的首要因素^[28]。这些生理测量设备尚难以直接获知用户的感性评价,均采用主客观结合的方式进行,推导产品意象与用户评价、生理数据之间的关系,并据此建立产品意象评价的数学模型。用户对产品的可用性分析,从图片视频中只能获得初步的印象。目前眼动实验中涉及的交互设计分析,主要是针对场景较为单一的人机交互界面设计进行研究,一般通过分任务的方式进行。Hunona 等人^[29]发现,美观的产品给人以可用性高的印象,即感知易用性高,可能是简洁美观的产品能提高用户使用技术类产品时的信心。在当然随着测试设备的发展,头戴式眼动仪、虚拟现实等技术的应用,已有可能即时分析更复杂产品的可用性。

参考文献:

- [1] 徐江, 孙守迁, 张克俊. 基于遗传算法的产品意象造型优化设计[J]. 机械工程学报, 2007, 43(4): 53-58.
XU Jiang, SUN Shou-qian, ZHANG Ke-jun. Product Image Form Optimization Design Based on Genetical Gorithm[J]. Chinese Journal of Mechanical Engineering, 2007, 43(4): 53-58.
- [2] 胡伟峰, 赵江洪. 用户期望意象驱动的汽车造型基因进化[J]. 机械工程学报, 2011, 47(16): 176-181.
HU Wei-feng, ZHAO Jiang-hong. Automobile Styling Gene Evolution Driven by Users' Expectation Image[J]. Chinese Journal of Mechanical Engineering, 2011, 47(16): 176-181.
- [3] 张学东, 田丽, 王勇, 等. 基于支持向量机模型的产品意象评价研究[J]. 机械设计, 2014, 31(10): 105-108.
ZHANG Xue-dong, TIAN Li, WANG Yong, et al. Research of Product Image Evaluation Based on the Support Vector Machine Model[J]. Journal of Machine Design, 2014, 31(10): 105-108.
- [4] 苏建宁, 赵慧娟, 王瑞红, 等. 基于支持向量机和粒子群算法的产品意象造型优化设计[J]. 机械设计, 2015, 32(1): 105-109.
SU Jian-ning, ZHAO Hui-juan, WANG Rui-hong, et al. Product Image Form Optimization Design Based on Support Vector Machine and Particle Swarm Optimization[J]. Journal of Machine Design, 2015, 32(1): 105-109.
- [5] 苏建宁, 李鹤歧. 应用数量化一类理论的感性意象与造型设计要素关系的研究[J]. 兰州理工大学学报, 2005, 31(2): 36-39.
SU Jian-ning, LI He-qi. Investigation of Relationship of Form Design Elements to Kansei Image by Means of Quantification-I Theory[J]. Journal of Lanzhou University of Technology, 2005, 31(2): 36-39.
- [6] 王进, 张国栋, 张云龙. 基于数量化一类分析的 IGA 算法及应用[J]. 浙江大学学报(工学版), 2013, 47(10): 1697-1704.
WANG Jin, LU Guo-dong, ZHANG Yun-long. Quantification-I theory Based IGA and Its Application[J]. Journal of Zhejiang University (Engineering Science), 2013, 47(10): 1697-1704.
- [7] 罗仕鉴, 李文杰, 傅业焘. 消费者偏好驱动的 SUV 产品族侧面外形基因设计[J]. 机械工程学报, 2016, 52(2): 12-26.
LUO Shi-jian, LI Wen-jie, FU Ye-tao. Consumer Preference-driven SUV Product Family Profile Gene Design[J]. Chinese Journal of Mechanical Engineering, 2016, 52(2): 12-26.
- [8] 周爱民, 苏建宁, 阎树田, 等. 产品形态审美综合评价等非线性信息动力学模型[J]. 机械工程学报, 2018, 54(15): 150-159.
ZHOU Ai-min, SU Jian-ning, YAN Shu-tian, et al. Nonlinear Information Dynamics Model of Synthetic Evaluation on Product Form Aesthetic[J]. Chinese Journal of Mechanical Engineering, 54(15): 150-159.
- [9] NIXON J, CHARLES R. Understanding the Human Performance Envelope Using Electrophysiological Measures from Wearable Technology[J]. Cogn Technol Work, 2017, 19(4): 655-666.
- [10] 谢伟, 辛向阳, 丁静雯. 基于眼动测试的产品人机界面交互设计研究[J]. 机械设计, 2015, 32(12): 110-115.
XIE Wei, XIN Xiang-yang, DING Jing-wen. Interaction Design of Product HMI Based on Eye Tracking Testing[J]. Journal of Machine Design, 2015, 32(12): 110-115.
- [11] HOU G, LU G. The Influence of Design Proposal Viewing Strategy: Design Aesthetics and Professional Background[J]. Int J Technol Des Educ, 2018, 690: 1-22.
- [12] GUO F, DING Y, LIU W, et al. Can Eye-tracking Data be Measured to Assess Product Design?: Visual Attention Mechanism Should be Considered[J]. Int J Ind Ergon, 2016, 53: 229-235.
- [13] 黄琦, 孙守迁. 基于意象认知模型的汽车草图设计技术研究[J]. 浙江大学学报(工学版), 2006, 40(4): 553-559.
HUANG Qi, SUN Shou-qian. Research on Automobile Sketch Design Based on Image Cognition Model[J].

- Journal of Zhejiang University (Engineering Science), 2006, 40(4): 553-559.
- [14] 卢兆麟, 李升波, 徐少兵, 等. 基于眼动跟踪特征的汽车造型评价方法[J]. 清华大学学报(自然科学版), 2015, 55(7): 775-781.
LU Zhao-lin, LI Sheng-bo, XU Shao-bing, et al. Automobile Style Evaluation Based on Eye Tracking[J]. J. Tsinghua University (Science & Technology), 2015, 55(7): 775-781.
- [15] Andrew T Duchowski. 眼动追踪技术: 原理与应用[M]. 第二版. 赵歆波, 邹晓春, 周拥军, 译. 北京: 科学出版社, 2017.
Andrew T Duchowski. Eye Tracking Methodology: Theory and Practice[M]. Second Edition. ZHAO Xin-bo, ZOU Xiao-chun, ZHOU Yong-jun, Translate. Beijing: Science Press, 2017.
- [16] Jennifer Romano Bergstrom, Andrew Jonathan Schall. 眼动追踪——用户体验设计利器[M]. 宫鑫, 康宁, 杨志芳, 译. 北京: 电子工业出版社, 2015.
Jennifer Romano Bergstrom, Andrew Jonathan Schall. Eye Tracking in User Experience Design[M]. GONG Xin, KANG Ning, YANG Zhi-fang, Translate. Beijing: Publishing House of Electronics Industry, 2015.
- [17] RIGHI S, ORLANDO V, MARZI T. Attractiveness and Affordance Shape Tools Neural Coding: Insight from ERPs[J]. International Journal of Psychophysiology, 2014, 91(3): 240-253.
- [18] HANDY T C, SMILEK D, GEIGER L, et al. ERP Evidence for Rapid Hedonic Evaluation of Logos[J]. J Cogn Neurosci, 2010, 22(1): 124-138.
- [19] ERNST L H, EHLIS A C, DRESLER T, et al. N1 and N2 ERPs Reflect the Regulation of Automatic Approach Tendencies to Positive Stimuli[J]. Neurosci Res, 2013, 75(3): 239-249.
- [20] 郭伏, 丁一, 张雪峰, 等. 事件相关电位 N1 和 N2 用于智能手机用户体验评价的研究[J]. 信息系统学报, 2016, 16: 12-26.
GUO Fu, DING Yi, ZHANG Xue-feng, et al. Using Event Related Potentials to Gauge User Experience of Smartphones[J]. China Journal of Information System, 2016, 16: 12-26.
- [21] 郭伏, 丁一, 张雪峰, 等. 产品造型对用户使用意向影响的事件相关电位研究[J]. 管理科学, 2015, 28(6): 95-104.
GUO Fu, DING Yi, ZHANG Xue-feng, et al. The Impact of Product Forms on User's Usage Intention with Event Related Potentials[J]. Journal of Management Science, 2015, 28(6): 95-104.
- [22] 郭伏, 刘玮琳, 王雪霜, 等. 网页界面满意度评估的事件相关电位研究[J]. 工业工程与管理, 2016, 21(3): 126-131.
GUO Fu, LIU Wei-lin, WANG Xue-shuang, et al. Event-Related Potential Study on Webpages Satisfaction Evaluation[J]. Industrial Engineering and Management, 2016, 21(3): 126-131.
- [23] 陈默, 王海燕, 薛澄岐, 等. 基于事件相关电位的产
品意象-语义匹配评估[J]. 东南大学学报(自然科学版), 2014, 44(1): 58-62.
CHEN Mo, WANG Hai-yan, XUE Cheng-qi, et al. Match Judgments of Semantic Word-Product Image Based on Event-Related Potential[J]. Journal of Southeast University (Natural Science Edition), 2014, 44(1): 58-62.
- [24] HOU G, LU G. Semantic Processing and Emotional Evaluation in the Traffic Sign Understanding Process: Evidence from an Event-Related Potential Study[J]. Transp Res Part F Psychol Behav, 2018, 59: 236-243.
- [25] 杨程, 陈辰, 唐智川. 基于脑电的产品意象推理模型研究[J]. 机械工程学报, 2018, 54(23): 12-26.
YANG Cheng, CHEN Chen, TANG Zhi-chuan. Study of Electroencephalography Cognitive Model of Product Image[J]. Chinese Journal of Mechanical Engineering, 2018, 54(23): 12-26.
- [26] GUO F, LI M, HU M, et al. Distinguishing and Quantifying the Visual Aesthetics of a Product: an Integrated Approach of Eye-Tracking and EEG[J]. Int J Ind Ergon, 2019, 71: 47-56.
- [27] 唐帮备, 郭钢, 王凯, 等. 联合眼动和脑电的汽车工业设计用户体验评选[J]. 计算机集成制造系统, 2015, 21(6): 1449-1459.
TANG Bang-bei, GUO Gang, WANG Kai, et al. User experience evaluation and selection of Automobile Industry Design with Eye Movement and Electroencephalogram[J]. Computer Integrated Manufacturing Systems, 2015, 21(6): 1449-1459.
- [28] VALTCHANOV D, ELLARD C G. Cognitive and Affective Responses to Natural Scenes: Effects of Low Level Visual Properties on Preference, Cognitive Load and Eye-movements[J]. J Environ Psychol, 2015, 43: 184-195.
- [29] ANDREW B J, GEOFFREY S H. The Mediation of External Variables in the Technology Acceptance Model[J]. Information and Management, 2006, 43(6): 706-717.