

基于情绪脑电的交互原型方案评价研究

陈波, 邓丽, 蔡船, 刘彦秀, 洪培军, 周有文, 将鸿
(西南石油大学, 成都 610500)

摘要: **目的** 通过脑电 EEG 测试找出操作事件中影响情绪的界面及产生的原因, 为交互原型设计提供科学依据。**方法** 依据 Lange 二维情绪分类模型, 测试被试操作交互原型时情绪的脑电 EEG 信号, 提取前额区 α 波的脑电功率, 经过消除脑电伪迹和快速傅里叶变换处理后得到脑电功率谱和不同频率的脑电功率值作为愉悦度的指标。**结论** 发现激发情绪的原因是任务的可理解性、吸引力以及操作步骤。

关键词: 交互原型; 情绪; 脑电 EEG; 操作事件

中图分类号: TB472 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2017)10-0110-05

Evaluation Interactive Prototype Scheme Based on Emotional EEG

CHEN Bo, DENG Li, CAI Chuan, LIU Yan-xiu, HONG Pei-jun, ZHOU You-wen, JIANG Hong
(Southwest Petroleum University, Chengdu 610500, China)

ABSTRACT: Through the EEG test to find out the interface affected by emotion in operation event and the cause, it will provide a scientific basis for interactive prototype design. On the basis of Lange two-dimensional emotion classification model, test subjects' emotional EEG signals when operating interaction prototypes, extract the EEG power of alpha wave in forehead area, after eliminate EEG artifact and fast Fourier transform processing, the EEG power spectrum and different frequencies of EEG power value can be taken as the index of degree of pleasure. We find that the reason of emotional arousal is the understandability, attractiveness and operation steps of the task.

KEY WORDS: interactive prototype; emotion; EEG; operational events

产品原型是产品概念的形象化和具体化, 原型构建是通过不断评价、迭代, 从专注于设计的主要问题到解决全部问题的过程。交互原型构建是构建一种整合体验, 情感是产品原型体验验证的重点, 情感总是在情绪的基础上形成的; 情感的表达也需要通过情绪得以反应。情绪的变化也往往反映了情感的深度; 在情绪变化的过程中, 也常常包含着不同类别的情感^[1-2]。由此可见, 情绪和情感是不可分割的, 通过观察试用者的情绪反映, 可以了解情感体验的效果^[3]。目前交互设计的原型方案测试主要采用传统情绪研究方法, 通过观察用户的行为表现, 或者通过用户自己的语言报告方法测量情绪^[3]。这样的方法受到被试主观因素影响, 结果数据可靠性低。

心理学研究发现, 人的情绪变化在脑部也有所体现^[4], 而人的生理变化主要受主神经系统和内分泌系统支配, 较少受人的主观控制。脑电是脑神经细胞的电生理活动在大脑皮层和头皮表面表现出的电位变化, 利用在头皮上安放的电极将脑细胞的点活动引出并记录下来, 既为脑电 (electroencephalogram, EEG)。有效地诱发不同的情绪是研究的前提条件, 常采用的诱发情绪的刺激材料有视觉刺激材料、听觉刺激材料、嗅觉刺激材料和多媒体刺激材料以及一些实验性场景。操作型实验刺激是指刺激材料为可与用户交互操作的实验材料, 综合了视觉刺激材料、听觉刺激材料等多种材料, 研究接近于真实产品的多种刺激下用户情绪的状态。不同的情绪状态, 都会引起脑电波的

收稿日期: 2017-01-21

基金项目: 西南石油大学第十五期 (2015—2016 年度) 大学生课外开放实验重点项目 (KSZ15033); 四川省级大学生创新创业训练计划项目 (201610615012)

作者简介: 陈波 (1965—), 男, 辽宁人, 硕士, 西南石油大学教授, 主要从事交互设计、计算机辅助人机设计等方面的研究。

变化,影响用户与产品的交互过程中的每一步决策和行为表现,最终影响整个产品的用户体验效果。对于操作型事件刺激,刘朝^[5]构建了情绪表现规则与情绪劳动对工作行为影响机制模型;林启万^[6]研究了驾驶操作时的情绪状态。在情绪研究中,通常用左右大脑半球的 α 波功率不对称性表征不同情绪状态,形成了引起广泛关注的“大脑半球效价假说”^[7]。大脑的活跃性与 α 波功率成反比, α 波功率越小,大脑越活跃;在积极情绪状态下,人的大脑活动表现为左额 α 波功率降低;在消极情绪状态下,人的大脑活动表现为右额 α 波功率升高。左、右额极的 α 波功率不对称性作为愉悦度判断的指标之一。本文从情绪脑电实验的角度探索激发用户在操作事件中引起情绪变化的因素,找出原型设计中存在的问题,为交互原型设计提供科学依据。

1 实验材料与方法

实验在西南石油大学人机实验室完成,共选取 8 位被试者。

(1) 被试准备。被试在进行过头部清洗和正常进餐后,根据国际 10-20 系统,采 Ag/AgCl 电极记录 $C_3, C_4, C_z, F_3, F_4, P_z, F_z$ 等 9 个通道的 EEG,同时选取左右耳垂电极 A_1, A_2 作为参考,大脑半球区域见图 1,电极布置位置见图 2。脑电信号采样频率为 1000 Hz,一共采集 10 导信号,电极与头皮接触的电阻保持在 $10\ \Omega$ 一下。

(2) 刺激文件为某食材购买任务的操作型事件的两个交互原型方案,被试完成一个食材购买 APP 操作,通过脑电软件记录被试与材料的交互操作过程中脑电 EEG,各交互原型设计方案的子事件见表 1,高保真“小农菜圃”APP 界面见图 3。

(3) 以操作子事件为节点,将所得到的脑电信号通过带通滤波器过滤 α 频带中,提取该频带对应的频域特征。

(4) 采用脑电功率作为频域特征,通过快速傅里叶变换将信号从时域转换到频域,得到脑电功率谱,再通过功率谱变换得到每个频率的脑电功率值,即可作为脑电特征。

(5) 为了对比脑电测试和被试心理感受,被试操作 APP 时同步通过自我报告的方式评价每一个操作子事件的愉悦度作为验证。



图 1 大脑半球区域
Fig.1 The divided region of cerebral hemisphere

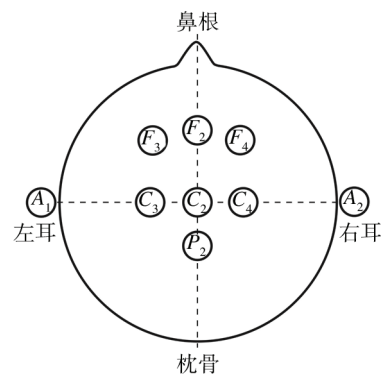


图 2 国际标准系统电极 10-20 放置法
Fig.2 The standard 10-20 international electrode placement system

2 数据处理

实验采集的脑电数据是十分微弱的,往往会混入肌电、心电、眼电等噪声信号。获取实验原始 EEG 信号后,需要对 EEG 信号进行预处理,提取与情绪相关的脑电信号特征,以便情绪分类研究^[8]。脑电预处理的第一步就是消除脑电伪迹获得真实有效的脑电数据。主要步骤为:去除眼电伪迹、数字滤波、基线校正、其他伪迹去除等^[9]。采用时频域法,在获取预处理的脑电数据后,将所得到的脑电信号通过带通滤波器过滤 α ($8 \sim 13\text{ Hz}$) 频带中,再提取对应的频域特征^[10-11]。常见的频域特征有功率谱密度、功率谱、能量等。由于情绪活动会引起对应电极上的脑电信号幅值变换,因此采用信号脑电功率作为情绪分类特征,通过快速傅里叶变换将信号从时域转换到频域,得到脑电功率谱,再通过功率谱变换得到每个频

表 1 各交互原型设计方案的子事件
Tab.1 The subevent of each interactive prototype design scheme

设计方案	子事件							
	1	2	3	4	5	6	7	8
方案1	观察	分类	选择	购买	结算	登录	添加收货人信息	提交订单
方案2	观察	分类	一键购买	登录	添加收货人信息	提交订单	—	—



a 方案 1 部分界面



b 方案 2 部分界面

图 3 高保真“小农菜圃”APP 界面

Fig.3 The high fidelity APP interface of "small farmer' svegetable garden"

率的脑电功率值，即可作为脑电特征，方案 1 中 F_3 电极位 α 波的脑电功率值见表 2。

根据积极和消极情绪与脑电波的关系^[12]，本文选取 α 波的平均脑电功率作为愉悦度脑电分析指标。采用 SPSS19.0 软件对两组原型设计方案各 8 个被试的 α 波的脑电数据进行统计分析，采用独立样本 t 检验对脑电采集的二维情绪脑电功率值进行显著性分析。

通过对不同事件的 α 功率进行显著性分析，结果显示存在显著性差异 ($P<0.05$)，即被试的愉悦程度变化明显。将方案 1 和方案 2 测试 F_3 ， F_4 的 α 波脑电功率平均值归一化处理在 0~9 的值。依据在积极情绪状态下，人的大脑活动表现为左额 α 波功率降低^[12]。将右额 F_4 与左额 F_3 的 α 波功率差 MP 作为愉悦度判断指标，方案 1 的 F_4 ， F_3 电极 α 波功率差 MP 见表 3。

表 2 方案 1 中 F_3 电极位 α 波的脑电功率值
Tab.2 The alpha wave's EEG electrical power values of electrode F_3 in scheme one

被试	子事件							
	1	2	3	4	5	6	7	8
1	2.5	1.72	3.76	2.51	3.66	2.39	2.49	2.42
2	6.37	2.56	2.49	2.54	1.66	1.20	1.62	2.87
3	4.43	8.73	10.06	9.63	6.36	6.19	5.44	6.12
4	8.60	4.90	8.04	8.77	5.75	3.03	0.61	1.12
5	5.30	5.33	8.28	6.56	3.29	1.33	2.05	2.60
6	5.33	1.54	2.36	2.67	4.83	2.25	1.55	1.61
7	5.67	2.67	5.61	4.38	3.97	2.63	1.63	2.56
8	5.55	1.19	5.73	3.77	4.82	1.00	1.41	1.77

表 3 方案 1 的 F_4 , F_3 电极 α 波功率差 MP
Tab.3 The alpha wave's power difference of electrode F_4 and F_3 in scheme one

电极	子事件							
	观察	分类	选择	购买	结算	登录	添加收货人信息	提交订单
$F_3/\mu\text{V}^2$	6.83	4.47	7.24	6.39	5.35	3.13	2.62	3.29
方差SD	1.09	1.27	0.82	0.84	0.67	0.76	1.28	0.81
$F_4/\mu\text{V}^2$	7.85	4.26	7.49	6.55	5.37	2.67	2.56	3.00
方差SD	0.94	0.92	1.01	1.04	0.93	1.01	0.79	0.96
α 波功率差MP	1.02	-0.21	0.25	0.16	0.02	-0.46	-0.06	-0.29
用户自评	7	5	7	7	6	4	4	5

3 讨论分析

依据“大脑半球效价假说”^[7]看到表 3 方案 1 中的愉悦事件(左、右额电极 α 波功率差 MP 为正)有“观察”、“选择”、“购买”事件;方案 2 的 F_4 , F_3 电极 α

波功率差 MP 见表 4,方案 2 中愉悦事件有“观察”、“分类”、“一键购买”、“提交订单”事件。方案 2 总体步骤少,愉悦度高。只有“添加收货人信息”事件界面需要进一步优化。

参考文献[13]将用户自评结果分为愉悦组(测量

表 4 方案 2 的 F_4 , F_3 电极 α 波功率差 MP
Tab.4 The alpha wave's power difference of electrode F_4 and F_3 in scheme two

电极	子事件					
	观察	分类	一键购买	登录	添加收货人信息	提交订单
$F_3/\mu\text{V}^2$	6.42	6.09	6.86	5.21	4.53	6.88
方差SD	0.74	0.91	0.83	1.13	0.79	0.76
$F_4/\mu\text{V}^2$	8.32	7.37	7.81	4.64	4.81	7.34
方差SD	1.08	0.98	0.73	0.67	0.85	0.78
α 波功率差MP	1.9	1.28	0.95	-0.57	0.28	0.46
用户自评	7	7	8	6	5	8

平均值 6.22, 方差 0.59)、中性组(4.72, 方差 0.25)和不愉悦组(2.89, 方差 0.23)3 组。采用自评方法测试结果来看,方案 1 中只有“观察”、“选择”、“购买”事件在愉悦组范围,说明其界面设计使用户得到愉悦感受。方案 2 中有“观察”、“分类”、“一键购买”、“提交订单”事件界面设计使用户得到愉悦感受。

总体来看,采用脑电 EEG 测试结果符合被试体验主观感受,能作为被试对操作界面情绪评价指标。方案 2 中愉悦度高的子事件多,并且方案 2 的总体步数少于方案 1,子事件界面简洁,便于理解,整体愉悦度明显升高。这说明用户完成一个任务时,希望越少操作步骤、界面的可理解性和吸引力对愉悦度产生影响。但是方案 2 中“添加收货人信息”脑电测试结果与主观评价不符,这主要是采用刺激材料为图片的愉悦度界限指标,说明采用传统评价方法评价操作性材料的愉悦度界限以及细化脑电测试愉悦度界面有待于进一步研究。

4 结语

本文首次采用脑电 EEG 在交互原型方案评价方面进行探索,可以弥补用户主观评价体验情绪信息方面的不足,为交互原型设计提供科学依据。本次研究以操作手机 APP 作为刺激材料,测试被试在使用过程中的愉悦度,并与传统用户报告法做比较,发现被试情绪变化规律基本是一致的,说明脑电 EEG 可以作为方案评价的手段。同时发现激发情绪的原因是刺激材料的可理解性、吸引力以及操作步骤。下一步可以综合更多的情绪影响因素,对交互原型评价方法进行简化和实用化研究。

参考文献:

[1] 陈柏寒. 包装设计中交互式体验的构建[J]. 包装工程, 2016, 37(2): 29—33.

- CHEN Bai-han. Construction of Interactive Experience in Packaging Design[J]. Packaging Engineering, 2016, 37(2): 29—33.
- [2] 陈骏, 张朋朋. 面向小型工作室的智能化办公家具体验设计[J]. 包装工程, 2016, 37(2): 121—124.
- CHEN Jun, ZHANG Peng-peng. Intelligent Office Furniture Experience Design for Small Studio[J]. Packaging Engineering, 2016, 37(2): 121—124.
- [3] CLORE G L, SCHWARZ N, CONWAY M. Affective Causes and Consequences of Social Information Processing[J]. Handbook of Social Cognition, 1994: 323—417.
- [4] 方玉玲, 邓胜利, 杨丽娜. 信息交互中的用户体验综合评价方法研究[J]. 信息资源管理学报, 2015(1): 38—40.
- FANG Yu-ling, DENG Sheng-li, YANG Li-na. Mixed-Methods of Measuring User Experience in Information Interaction[J]. Journal of Information Resources Management, 2015(1): 38—40.
- [5] 刘朝. 情绪表现规则和情绪劳动对消极工作行为影响跨层次研究[D]. 长沙: 湖南大学, 2013.
- LIU Zhao. The Study on the Cross-level Influence of Emotion Display Rules and Emotion Labor on Negative Work Behavior[D]. Changsha: Hunan University, 2013.
- [6] 林启万. 基于情绪计算的驾驶行为研究[D]. 广州: 广东工业大学, 2014.
- LIN Qi-wan. Research on Driving Behavior Based on Emotional Computing[D]. Guangzhou: Guangdong University of Technology, 2014.
- [7] DAVIDSON R J. Cerebral Asymmetry, Emotion, and Affective Style[M]. Cambridge: MIT Press, 1995.
- [8] 袁海云. 基于脑电信号的情绪分类研究[D]. 南京: 南京师范大学, 2014.
- YUAN Hai-yun. The Research on Sentiment Classification Based on EEG Signals[D]. Nanjing: Nanjing Normal University, 2014.
- [9] 魏琳, 沈模卫, 张光强, 等. EEG 波形伪迹去除方法[J]. 应用心理学, 2004, 10(3): 47—52.
- WEI Lin, SHEN Mo-wei, ZHANG Guang-qiang, et al. Artifacts Removing Techniques on EEG Waveforms[J]. Chinese Journal of Applied Psychology, 2004, 10(3): 47—52.
- [10] 聂聃, 王晓韡, 段若男, 等. 基于脑电的情绪识别研究综述[J]. 中国生物医学工程学报, 2012, 31(4): 595—604.
- NIE Dan, WANG Xiao-wei, DUAN Ruo-nan, et al. A Survey on EEG Based Emotion Recognition[J]. Chinese Journal of Biomedical Engineering, 2012, 31(4): 595—604.
- [11] 孙久荣. 脑科学导论[M]. 北京: 北京大学出版社, 2001.
- SUN Jiu-rong. An Introduction to the Brain[M]. Beijing: Beijing University Press, 2001.
- [12] DAVIDSON R J. Cerebral Asymmetry, Emotion, and Affective Style[M]. Cambridge: MIT Press, 1995.
- [13] 贺玲皎. 不同声音刺激下的情绪反应与识别[D]. 杭州: 浙江大学, 2013.
- HE Ling-jiao. Affective Reaction and Emotion Identification Induced by Different Sound Stimuli[D]. Hangzhou: Zhejiang University, 2013.