

基于多生理信号的化妆水瓶包装材料选择研究

doi:10.3969/j.issn.1674-7100.2022.02.010

陈南宁 肖颖喆

谢 勇

湖南工业大学

包装与材料工程学院

湖南 株洲 412007

摘 要: 为研究包装材料对消费者感官体验的影响,采用主观与客观相结合的评价方法,以市面上常见的化妆水包装材料为例,选取了39名年轻消费者在模拟购物情景下完成包装选择的任务,在此过程中测试其注视时长、注视点个数、脑电、心率、皮温等生理信号变化,并辅以调查问卷。研究结果表明,材料为甲基丙烯酸甲酯的化妆水包装最受消费者欢迎,包装材料的明度、硬度和密度对消费者感官体验的影响存在显著性差异,且眼球追踪指标、心率与消费者满意评分有显著的相关性。

关键词: 生理信号;化妆水包装;材料选择;多感官体验

中图分类号: TB484.3; TQ658; R395.1

文献标志码: A

文章编号: 1674-7100(2022)02-0083-10

引文格式: 陈南宁,肖颖喆,谢 勇.基于多生理信号的化妆水瓶包装材料选择研究[J].包装学报,2022,14(2):83-92.

1 研究背景

包装材料作为包装的主体部分,不仅影响包装的性能也决定包装的可持续性,如延长使用寿命、可回收和再制造。随着科学技术的发展,新包装材料也在不断增加,可供选择的材料超过10万种^[1]。面对如此众多的包装材料,如何选择是个艰巨而又重要的课题。Xie Y.等^[2]采用三阶段网络数据包络分析法对包装的绿色度进行计算,综合评价包装在整个生命周期中对环境的影响;刘争号等^[3]基于层次分析法比较性能、成本、环境等多项评价指标,为牛奶选择最优包装材料;J. Mesa等^[4]以平衡材料的耐用性和对环境的负担为目的进行材料选择;M. L. Sanyang等^[5]开发了一种应用软件系统,可以方便决策者选择合适的生物基聚合材料。

但这些研究中,大多将材料本身的物理特性、环境或经济因素作为材料选择的基本依据,鲜见将用户体验纳入到材料选择的评价体系中。市场竞争日益激烈,包装完成容纳和保护产品、方便储运等基本功能外,如何提升其促进销售的功能,已成为许多包装设计者追寻的目标。研究发现,包装的某些特征可以传达或暗示产品的信息,使消费者有意识或无意识地“使用”包装特征(如形状、图案和材料)所包含的信息推断其产品信息,进而影响消费者对产品的体验^[6-8]。产品包装营造的积极情感氛围,可以增强消费者购买产品的意愿^[9-10],有助于消费者与品牌之间形成长期的互信关系。

包装材料既是构成包装的主体,也是向消费者传达产品信息的重要媒介^[11-12]。对于包装附加值较高、消费者体验占据重要购买因素的化妆水产品而言,消

收稿日期:2022-01-25

基金项目:湖南省教育厅科学研究基金资助项目(19A140)

作者简介:陈南宁(1998-),女,湖南邵阳人,湖南工业大学硕士生,主要研究方向为包装安全与环境,

E-mail: nanning_chen@163.com

通信作者:谢 勇(1964-),男,湖南攸县人,湖南工业大学教授,主要从事包装防伪技术与功能包装材料研究,

E-mail: xieyong@hut.edu.cn

消费者对包装材料的感官体验是影响消费决策的关键因素^[13-14]。为此,本研究以化妆水包装材料的选择为例,依据主、客观评价方法研究消费者体验与包装材料之间的关系,采用眼球追踪^[15]、脑电图、心率变异性及皮温等测量技术,通过多种生理感觉信号分析包装材料对消费者体验的影响,以期丰富包装设计基础理论。

2 实验部分

2.1 仪器设备

眼动仪, Tobii T60 型, 配套软件 Tobii Studio 2.2.8, 北京津发科技股份有限公司; 生理多导仪, NeXus-10 型, 配套软件 Bio Trace+, 北京津发科技股份有限公司; 色差仪, NGH-XRX20 型, 美国爱色丽公司; 光泽度仪, KGZ-1A (60°), 上海精盛科技有限公司; 紫外可见分光光度计, UV2600 型, 岛津公司; 数显硬度计, 560-10D 型, 乐清艾德堡仪器有限公司; 天平, ME104E 型, 瑞士 Mettler Toledo 集团。

2.2 材料

本研究选取市面上常见的化妆水包装作为研究对象。为了减少包装的形状、体积对实验结果产生影响, 尽量将选取的包装样品控制在很小的尺寸偏差范围内, 且形状均为平肩圆柱体, 并尽可能统一瓶盖, 减少瓶盖对实验结果的影响。化妆水包装样品的瓶身为不同的材料, 具体参数见表 1。

眼球追踪测试的刺激材料为一张如图 1 所示摆放 12 种化妆水包装的图片。消费者在购买时更加有意识地依赖于包装上的文本信息和品牌标识来决定是否购买, 因此本研究测试过程中并不涉及关于包装设计的任何文本信息和 logo。

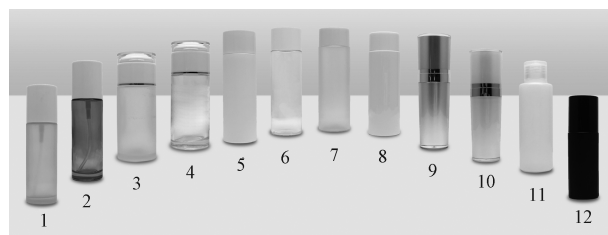


图 1 刺激材料及样品编号

Fig. 1 Stimulus materials and sample number

表 1 测试样品参数

Table 1 Test sample parameters

编号	材 料	色相/(°)	明度/%	饱和度/%	光泽度/GS	透光率/%	硬度/HD	密度/(g·cm ⁻³)
1	玻璃	127.07	37.88	6.77	7.6	51.27	100.0	4.46
2	玻璃	61.98	29.23	29.71	3.3	39.50	100.0	3.29
3	玻璃	62.23	39.98	3.20	9.1	85.59	100.0	3.12
4	玻璃	57.53	43.87	6.00	10.7	91.24	100.0	3.34
5	高密度聚乙烯	24.05	90.64	1.33	7.8	10.90	49.9	1.08
6	聚对苯二甲酸乙二醇酯	60.17	52.67	6.35	54.1	90.56	72.0	2.08
7	聚对苯二甲酸乙二醇酯	81.98	60.39	5.74	14.3	85.45	51.3	1.87
8	聚对苯二甲酸乙二醇酯	73.73	90.02	8.14	53.1	8.41	65.0	2.48
9	甲基丙烯酸甲酯	85.23	32.62	12.99	77.6	5.97	68.3	0.93
10	甲基丙烯酸甲酯	140.57	47.33	1.17	56.9	16.14	69.0	1.07
11	低密度聚乙烯	115.36	68.23	4.04	43.5	69.63	32.5	4.38
12	玻璃	74.05	16.26	0.22	2.6	3.45	100.0	2.40

2.3 被试

以本科及以上学历的在读学生为被试样本主体, 年龄在 18~25 岁, 男女各占一半。参加正式实验的人数为 39 人, 生理和心理均为健康, 视力或矫正视力正常, 对化妆水包装无极端偏向。被试在测试前均参加了培训, 整个测试过程为 30 min。被试在进入测试环境中后, 实验员会向其说明实验目的、过程和相应的要求, 询问被试的舒适感, 并要求其填写知情同意书。所有包装样品在测试前均不被被试知晓。

2.4 测试方法及过程

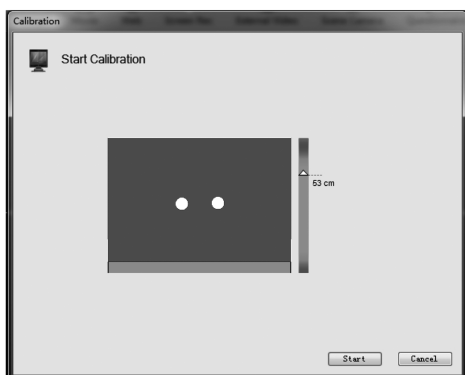
消费者体验研究的方法包括主观和客观评价方法。主观评价方法主要是通过消费者的语言描述获取相应的体验信息, 包括用户访谈、焦点小组和问卷调查。但语言描述通常是一些抽象、模糊或概念性的术语表达, 不能完全呈现消费者的体验, 还会受到被试的记忆和选择性报告偏见的影响。客观评价方法主要分为两类: 1) 人的身体信号。如面部表情、语言、肢体动作等, 易于收集, 但由于人们相对容易控制

身体信号来隐藏自己的真实情绪,无法保证其可靠性。2) 内部生理信号。在消费者情绪研究中,最流行的自主神经系统测量方法包括面部肌电图、脑电图 (electroencephalogram, EEG)、心率变异性 (heart rate variability, HRV)、呼吸、皮肤传导反应和眼球追踪^[16-17]。

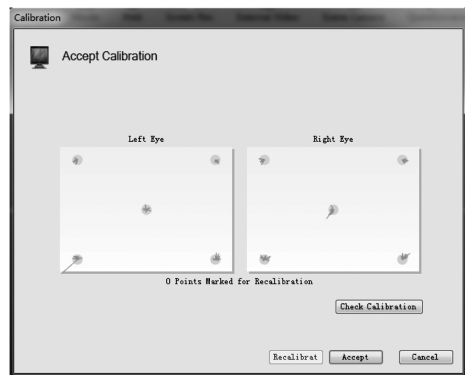
虽然很多研究使用调查问卷来评估被试情绪,但纯粹使用主观评价方法具有一定的局限性,被试可能扭曲或不明确表达自己的感受。因此,本研究采用主观调查问卷与生理信号客观评价方法相结合,对消费者体验进行分析,更准确、更具说服力。

2.4.1 眼球追踪测试

要求被试坐在距离眼动仪显示屏(分辨率:1920×1080)大约60 cm的位置,再根据校准的情况微调座位位置,并使被试保持舒适稳定的状态。在测试前,采用五点定标法对眼动仪进行定标校准,结果如图2所示。



a) 被试眼睛位置



b) 定标结果

图2 眼动系统定标校准界面

Fig. 2 Calibration interface of eye tracking system

测试过程中,被试需代入在购物环境中的实际反应。刺激材料的呈现时间设置为25 s,足够被试观看

完所有包装样品,测试过程示例如图3所示。刺激材料呈现25 s后,系统自动结束测试。

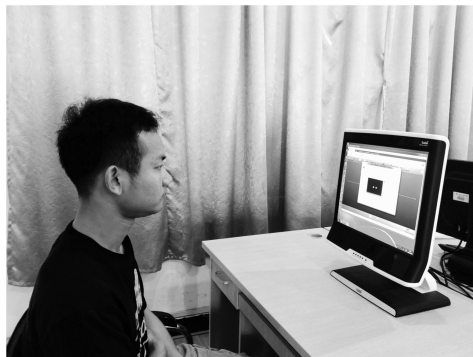


图3 眼动测试过程示例

Fig. 3 Example of eye tracking test process

2.4.2 脑电、心率、皮温测试

脑部的顶叶是处理各类感觉信息的中枢,具有调配注意力的机能,脑电图是对中枢神经系统最直接的测量手段之一^[18-19]。当人处于生理或心理应激时,自主神经系统变得活跃,进而影响心率及其他生理变化^[20-21]。心率变异性反映了中枢自主神经系统的瞬时输出以及人通过交感神经和副交感神经的活性调节情绪表达的能力,可作为评估情绪反应的客观工具^[22],在研究和检测情绪中起着重要作用。除此之外,中枢神经和交感神经在处于活跃状态时,会使汗腺分泌汗液活动变强,血管舒张导致血流加快,从而导致皮肤温度升高^[23-25]。不同的情绪状态与不同的生理信号指标有关,这也是多特征情绪识别的生理基础。

本研究采用双极导联进行脑电电位测试,按照图4所示的标准10-20电极系统的位置规定,将电极

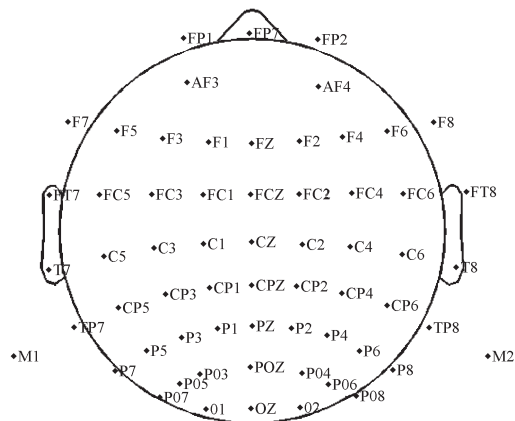


图4 国际10-20系统电极放置

Fig. 4 International 10-20 system electrode placement

片分别固定在被试的前额顶叶 FP1 和 FP2、双侧耳垂 FT7 和 FT8, 以及左耳后方的参考电极处。为了尽可能不妨碍被试的活动, 将心率和皮温传感器分别固定在被试的左手食指和中指处。所有与传感器接口接触的部位均用酒精棉片擦拭干净, 以减少噪声信号干扰。使用蓝牙无线 NeXus10 生理多导仪采集心率、皮温和脑电信号, 并将数据同步到 Bio Trace+ 计算机软件中, 测试过程如图 5 所示。



图 5 脑电、心率、皮温测试过程示例

Fig. 5 Example of EEG, heart rate and skin temperature test process

测试过程包括试验引导、穿戴设备、调试、正式测试、结束处理, 整个测试过程花费将近 30 min。测试中, 要求被试尽量以真实的购物体验对待所有测试包装样品, 允许触摸和反复观看; 每个包装按照顺序依次展示给被试, 展示时间由被试决定; 相邻包装测试之间会间隔 10 s, 以确保被试体验不受上个包装样品的影响。同时, 在测试过程中尽量避免肢体运动, 以免对信号采集产生不必要的机械干扰。

在结束测试后, 被试需填写 10 分李克特量表调查问卷, 分别对所有化妆水包装进行评分, 评价范围: 1 “非常不满意”~10 “非常满意”。

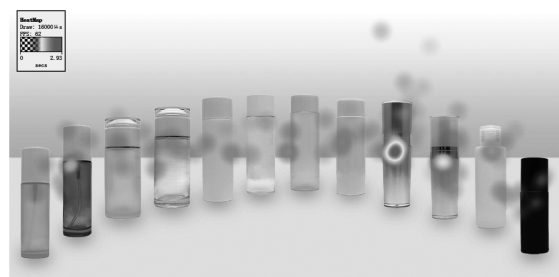
3 结果与讨论

3.1 单个被试的生理信号数据预处理

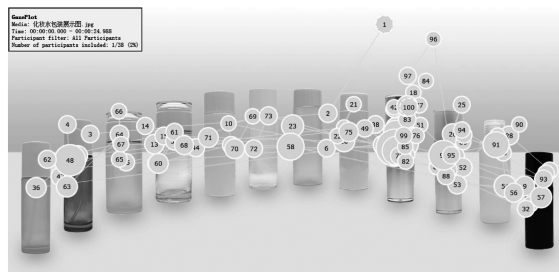
本研究利用 Tobii Studio 2.2.8 软件, 对眼动仪记录的眼球运动进行预处理, 生成热点图和凝视图。热点图是通过编码颜色来区分被试的注视时长和次数, 颜色越浅表示关注越少, 即红色区域表示关注最多, 黄色次之, 绿色更少。凝视图则是通过数字编号直观显示被试的注视顺序, 以注视点的尺寸大小和数量表示注视时长。通过热点图和凝视图分析被试对每个化

妆水包装样品的视觉关注。

图 6 是单个被试对 12 个化妆水包装样品的视觉关注所生成的热点图和凝视图。如图 6 所示, 包装 9 所处的区域, 分布更多的红色热点 (见图 6a), 凝视图 (见图 6 b) 中注视点也更加密集, 由此说明该被试的视觉关注更多地集中在编号 9 的包装上。



a) 热点图



b) 凝视图

图 6 化妆水包装样品的热点图与凝视图

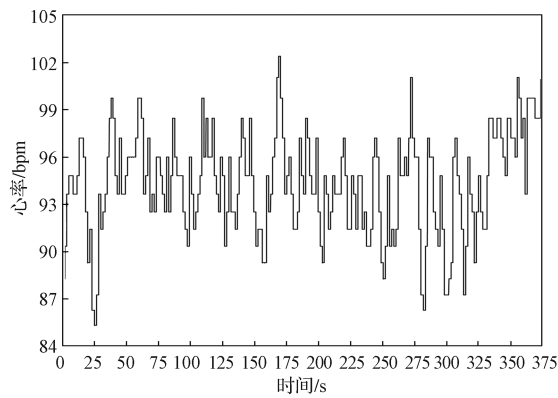
Fig. 6 Hot spot map and condensation view of toner packaging sample



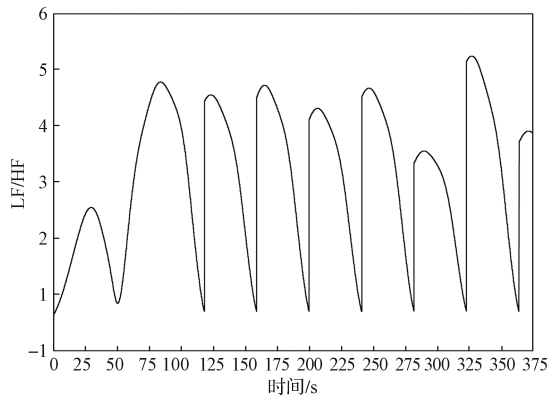
彩图

为了消除干扰和伪迹, 将 NeXus-10 生理多导仪采集到的脑电信号波按照不同频率分为以下 6 种节律^[26]。 δ (0~4 Hz): 大脑放松、深度睡眠状态; θ (4~8 Hz): 疲劳、睡眠状态; α (8~12 Hz): 放松、休息状态; 感觉运动节律 (sensory motor rhythm, SMR, 12~15 Hz): 注意力集中状态; β L (13~21 Hz): 注意力集中、活跃状态; β H (21~35 Hz): 紧张、兴奋、压力状态。因为被试所处的实验环境为购物环境, 处于静息睁眼状态, 且本研究仅需区分被试对不同包装产生“兴趣”的积极情绪高低, 故剔除掉仅表征睡眠状态的 δ 、 θ 和 α 节律^[27], 将 SMR、 β L 和 β H 节律作为脑电兴奋指标。尽管这些频段也包含一些不同的情绪类别, 但本研究的情绪状态较为单一, 可简单分为“感兴趣”和“不感兴趣”两类, 并结合调查问卷来加强结果的准确性。

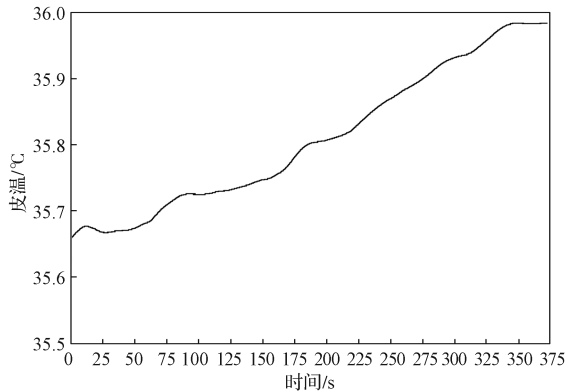
测试过程中, 分别记录每个被试对不同包装的测试时段, 单个被试生理信号的分段统计如图 7 所示。



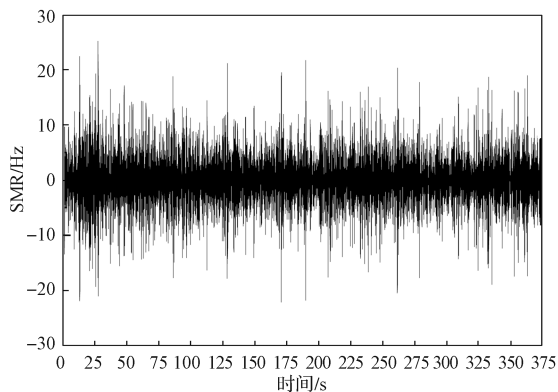
a) 心率变化情况



b) LF/HF 变化情况



c) 皮温变化情况



d) SMR 节律变化情况

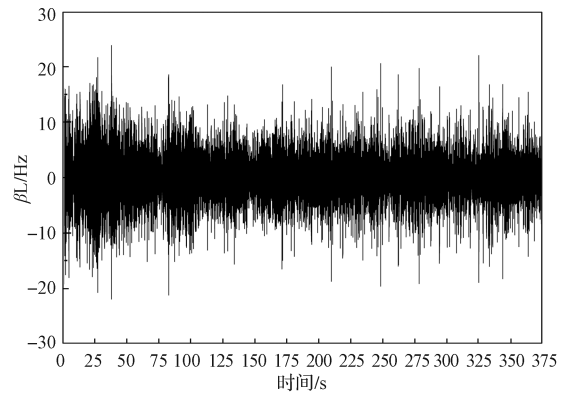
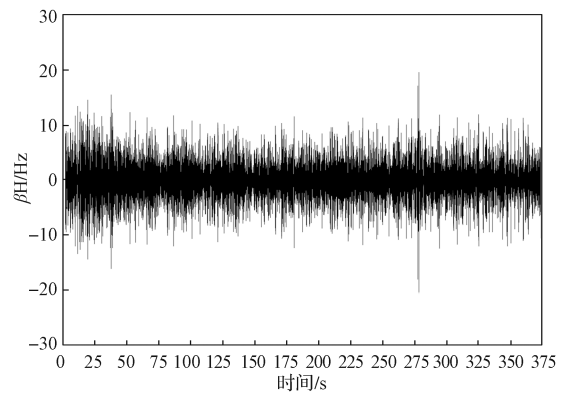
e) βL 节律变化情况f) βH 节律变化情况

图 7 单个被试生理数据示例

Fig. 7 Example of physiological data of a single subject

如前所述,所有包装样品的测试过程是连续的,即时间的变化表示样品的变化,且相邻包装测试之间会间隔 10 s,同时在软件中进行了标记。由图 7 可以看出,被试在面对不同的刺激对象时,相关的生理信号也是动态变化的,这表明使用生理信号测试消费者对不同包装材料的体验是具有参考价值的,但同时也体现了分析生理信号数据较复杂,需对其进行特征提取后降维处理。

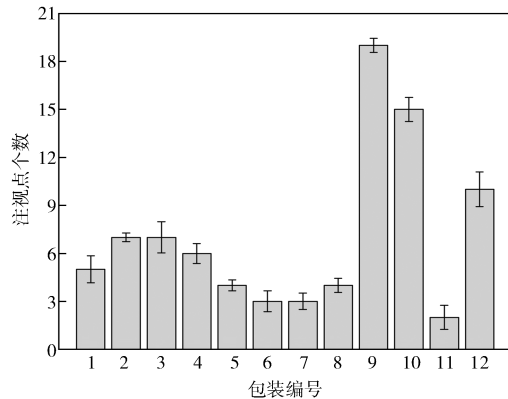
3.2 生理信号特征提取与分析

将采集的信号分别在 Tobii Studio 2.2.8 和 Bio Trace+ 两个软件中进行特征提取,并以每个化妆水包装所收集的信号在整个图片上实际所占的区域作为其感兴趣区域,由此可通过 Tobii Studio2.2.8 软件计算出各化妆水包装的注视时长和注视点个数。

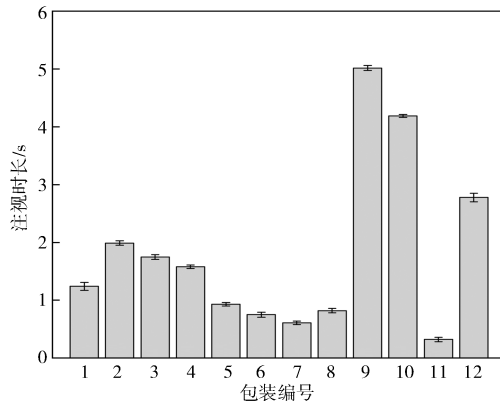
对 39 名被试的注视点个数、注视时长、心率、低频功率 (low frequency, LF) 与高频功率 (high frequency, HF) 的比值 (LF/HF)、皮温、SMR、 βL 和 βH 节律进行统计,且每个被试的数据分为静

息状态和测试状态（12个包装样品），故所有生理信号的数据统计值共 $39 \times 8 \times 13 = 4056$ 个。

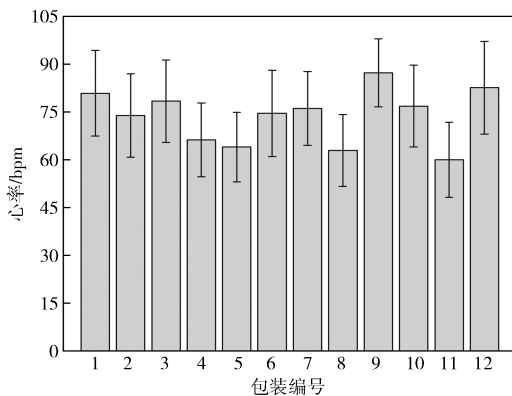
心率、皮温和脑电数据因个体差异而不同。为了消除个体差异带来的影响，以静息状态的数据作为基线，对每个被试的测试数据进行基线校准，剔除掉异常值。因不同被试对不同包装的观察时长均有差异，且数据波动较大，故取心率、皮温和脑电相应频段的幅值最大值作为比较数据。对39名被试的8个生理信号指标进行均值统计，结果如图8所示。



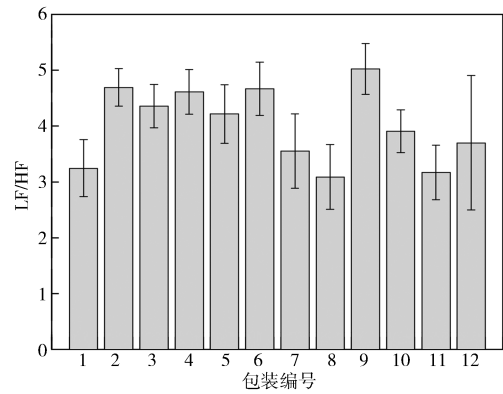
a) 注视点个数



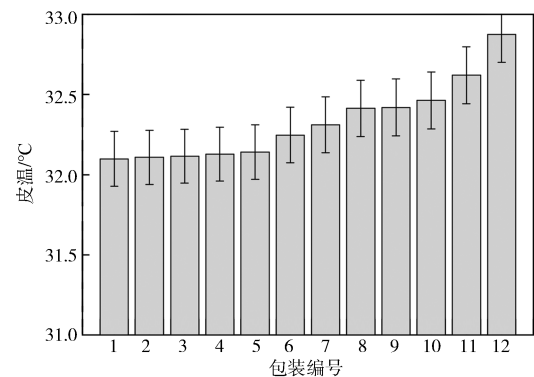
b) 注视时长



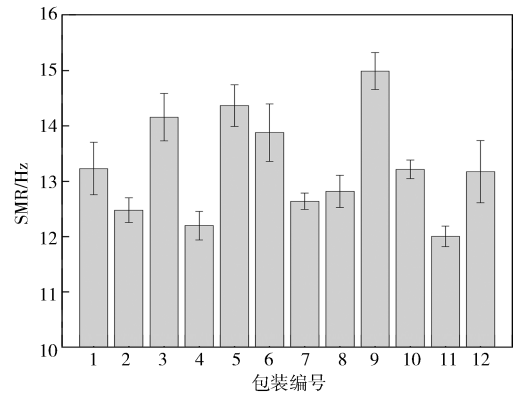
c) 心率



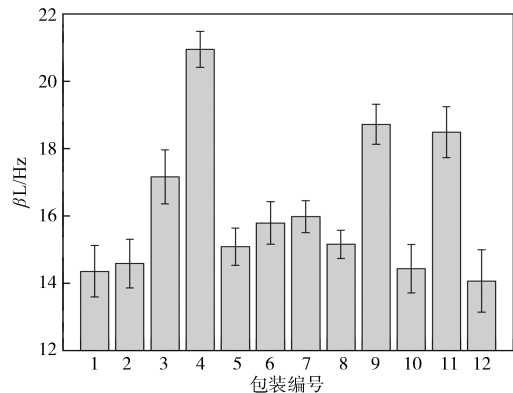
d) LF/HF



e) 皮温



f) SMR 节律



g) βL 节律

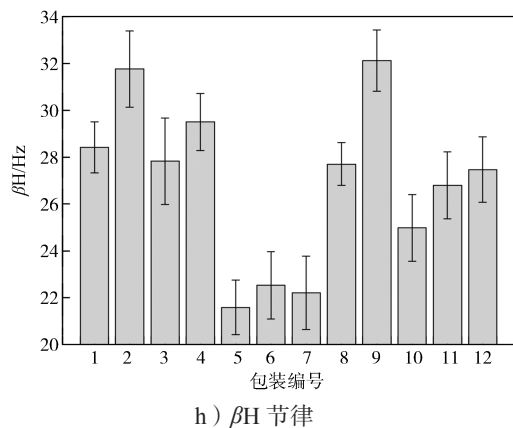


图 8 经处理过的被试生理数据

Fig. 8 Processed physiological data of subjects

选择决策与注视时长、注视点个数成正相关^[28], 较长的平均注视时长表明被试可能花费更多的注意力在该刺激材料上^[29]。由图 8 可知, 注视时长最长的为包装 9, 高达 5.02 s, 占总时长的 20.08%, 相比于注视时长最短的包装 11 高出了 18.8%; 其次注视时长较长的还有 4.19 s 的包装 10; 其它生理指标中包装 9, 10 表现也较为突出 (皮温指标除外, 其不受包装材料影响, 随时间的增长呈稳定上升趋势)。由此可知, 被试对甲基丙烯酸甲酯 (包装 9, 10) 这种化妆水包装材料更感兴趣。综合心率、LF/HF 和脑电节律等指标可知, 除了部分异常值外, 被试对化妆水包装材料的关注基本一致, 即被试对甲基丙烯酸甲酯材料 (包装 9, 10) 的体验较优于玻璃 (包装 1, 2, 3, 4, 12), 更优于高密度聚乙烯材料 (包装 5), 而聚对苯二甲酸乙二醇酯 (包装 6, 7, 8) 和低密度聚乙烯材料 (包装 11) 表现不理想。

此外, 本研究还将 39 名被试对 12 个包装的调查问卷结果进行了均值统计, 结果如图 9 所示。

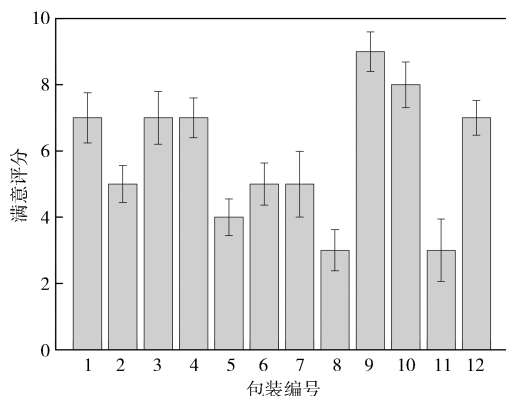


图 9 各包装的调查问卷结果

Fig. 9 Questionnaire results of packaging

由图 9 可见, 被试对包装 9 的满意评分最高, 包装 10 次之, 这与注视时长和注视点个数等生理信号所得结论相符。同种材料之间, 如玻璃 (包装 1, 2, 3, 4, 12)、聚对苯二甲酸乙二醇酯 (包装 6, 7, 8), 被试的满意评分无明显差距, 但可结合生理信号指标进行区分。

本研究通过主客观相结合的方法, 所得到的实验结果更加接近被试的真实体验反馈。综合图 8~9 所得结论可知, 被试对 12 个化妆水包装的感官体验度从高到低的编号排序为: 9, 10, 12, 3, 2, 4, 1, 5, 6, 7, 8, 11。在这 5 种材料中, 甲基丙烯酸甲酯包装材料评分最高、最受被试欢迎, 玻璃材料其次。

3.3 生理信号与满意评分的数据分析

当人体的中枢神经和交感神经处于活跃状态时, 汗腺分泌汗液活动变强, 血管舒张导致血流加快, 从而导致皮肤温度升高; 积极情绪中平均心率、LF/HF 也更高^[30-31]; 脑电 SMR、 βL 和 βH 节律的功率谱密度的高低与兴奋程度成正比^[32]。因此, 本研究分别对被试的各项生理指标与满意评分之间进行皮尔逊相关性 (F) 与显著性 (p) 分析, 结果如表 2 所示。

表 2 生理指标与满意评分之间的统计学分析

Table 2 Statistical analysis between physiological indexes and satisfaction score

参数	注视点个数	注视时长	心率	LF/HF	皮温	SMR	βL	βH
F	0.811	0.819	0.815	0.470	0.002	0.431	0.142	0.403
p	0.001*	0.001*	0.001*	0.123	0.994	0.162	0.660	0.194

由表 2 可知, 注视点个数、注视时长和心率这 3 项指标与被试满意评分存在较强的正相关关系, 并且显著性高于其他指标; LF/HF、SMR 和 βH 生理指标表现出弱相关性; βL 、皮温与被试满意评分完全不存在相关性。

结合表 2 与图 8 可知, 皮温不受包装材料变化的影响, 随时间的增长呈稳定上升趋势; 并不是所有的脑电图节律都携带显著的信息, 在 βL 节律上, 包装 4 的脑电图活动非常活跃, 但在 SMR 和 βH 节律中表现却不同。这可能是因为脑电信号受干扰的因素较多, 到目前为止, 对情绪进行区分还没有形成统一的标准, 且在不同时间里, 被试对同一种情绪的脑电信号表达也可能存在差异。故本研究只能结合调查问卷分析被试对不同包装的感官体验差异。

3.4 生理信号与材料属性的数据分析

为研究包装材料的材料属性对被试产生的生理

信号影响,对相关数据进行了相关性与显著性分析, 结果如表 3 所示。

表 3 生理指标与材料属性之间的统计学分析

Table 3 Statistical analysis between physiological indexes and material properties

生理指标	色相		明度		饱和度		光泽度		透光率		硬度		密度	
	<i>F</i>	<i>p</i>	<i>F</i>	<i>p</i>	<i>F</i>	<i>p</i>	<i>F</i>	<i>p</i>	<i>F</i>	<i>p</i>	<i>F</i>	<i>p</i>	<i>F</i>	<i>p</i>
注视点个数	0.243	0.446	-0.091	0.340	0.164	0.610	-0.416	0.178	0.479	0.124	0.469	0.062	0.293	0.355
注视时长	0.287	0.367	-0.521	0.011*	0.093	0.773	0.439	0.154	-0.545	0.067	0.545	0.034*	0.216	0.500
心率	0.286	0.367	-0.515	0.010*	0.108	0.738	0.405	0.192	-0.539	0.070	0.539	0.035*	0.253	0.427
LF/HF	0.238	0.455	-0.576	0.005*	0.100	0.758	0.054	0.869	-0.168	0.601	0.168	0.301	0.488	0.107
皮温	-0.482	0.112	-0.333	0.066	0.393	0.206	0.102	0.753	0.101	0.756	-0.101	0.378	0.320	0.310
SMR	0.327	0.299	0.152	0.246	-0.356	0.257	0.292	0.357	-0.433	0.160	0.433	0.080	-0.270	0.396
β L	-0.269	0.398	-0.061	0.392	-0.144	0.655	0.297	0.349	-0.326	0.302	0.326	0.151	0.020	0.956
β H	-0.135	0.676	0.152	0.246	-0.031	0.923	0.205	0.054	-0.462	0.131	-0.462	0.065	-0.098	0.761
满意评分	0.282	0.187	-0.741	0.003*	-0.054	0.433	0.099	0.380	-0.123	0.702	-0.123	0.351	0.544	0.034*

由表 3 可以看出, 化妆水包装材料的明度与注视时长、心率和 LF/HF 显著相关, 并均呈负相关性, 这可以解释越接近白色或者透明的包装材料越不能引起被试兴趣; 硬度与注视时长、心率显著正相关, 因为材质较硬的化妆水包装在触觉上给被试营造一种安全可靠的心理暗示。在这 5 种材料中, 低密度聚乙烯的硬度最小, 这可能是包装 11 最不受欢迎的原因之一; 满意评分与明度显著负相关、与密度显著正相关, 这表明被试更满意有色彩、质量较重的化妆水包装。

3.5 生理信号数据检验

为验证各项生理指标的合理性, 以静息状态为参考值, 将测试任务时的信号进行配对样本 *t* 检验, 结果如表 4 所示。

表 4 测试前后配对样本 *t* 检验结果

Table 4 Paired-samples *t* test results of before and after experiment data

参数	心率	LF/HF	皮温	SMR	β L	β H
<i>t</i> 值	7.027	7.604	5.236	0.120	-1.476	-1.080
<i>p</i>	0.000*	0.000*	0.000*	0.907	0.168	0.303

由表 4 可知, 除心率、LF/HF 和皮温这 3 项指标有显著性差异外, SMR、 β L 和 β H 的测试前后差异均无统计学意义。这与之前的研究^[32]不一致的原因可能是: 1) 刺激不够强烈, 或者被试没有表现出太大的期望, 以致这几种包装材料所引起的生理反应不足以区分不同类型的情绪。因此很多生理信号测试的刺激材料常常采用电影或者音乐片段; 2) 被试的数量还不足以区分被试在选择不同包装材料之间微妙的脑电变化; 3) 实验的误差, 实验室进行的模拟测试, 并不能完全反映真实的购物场景。

4 结论

本研究从消费者体验的角度探讨化妆水包装材料选择的问题, 将消费者体验的主观问卷调查与客观生理信号相结合, 并对相关数据进行分析, 得到如下结论。

1) 化妆水包装材料的明度、硬度和密度是影响消费者体验的主要因素, 消费者更偏向有色彩、较硬、较重的化妆水包装材料。

2) 结合主观问卷调查和客观生理信号发现, 眼球追踪相关的指标及心率与消费者的感官体验具有强关联性, 注视点个数、注视时长和心率数值越大, 消费者满意评分越高。

3) 生理信号数据分析中发现, 消费者对 12 种化妆水包装的关注更集中在包装 9、10 上, 且与调查问卷结果一致, 消费者对包装 9、10 表现出更强的喜爱和购买意图, 这表明甲基丙烯酸甲酯包装材料更能引起消费者的注意和兴趣。此外, 玻璃材料也较适合作为化妆水包装材料。

目前关于以生理信号分析消费者体验的研究尚处于探索和假设验证阶段。利用生理信号来量化消费者的情绪反应, 进而定量地评价消费者对包装的体验, 并将其用于指导包装材料的选择, 这是一个极具挑战性的研究课题。本研究仅进行了简单的数学统计分析, 对于包装材料与消费者体验之间存在的复杂关系, 需要跨学科建立更准确的数学模型进一步深入研究。

参考文献:

- [1] RAHIM A A, MUSA S N, RAMESH S, et al. A Systematic Review on Material Selection Methods[J].

- Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers Part L: Journal of Materials: Design and Applications, 2020, 234(7): 1032–1059.
- [2] XIE Y, GAO Y F, ZHANG S H, et al. Sustainability Evaluation of Product Packaging System with a Three-Stage Network Data Envelopment Analysis Methodology[J]. Applied Sciences, 2019, 9(2): 246.
 - [3] 刘争号, 谢 勇, 白海龙, 等. 基于层次分析法的牛奶包装容器选择[J]. 绿色包装, 2021(5): 45–51.
LIU Zhenghao, XIE Yong, BAI Hailong, et al. Milk Packaging Material Selection Method on Analytic Hierarchy Process[J]. Green Packaging, 2021(5): 45–51.
 - [4] MESA J, GONZÁLEZ-QUIROGA A, MAURY H. Developing an Indicator for Material Selection Based on Durability and Environmental Footprint: A Circular Economy Perspective[J]. Resources, Conservation and Recycling, 2020, 160: 104887.
 - [5] SANYANG M L, SAPUAN S M. Development of Expert System for Biobased Polymer Material Selection: Food Packaging Application[J]. Journal of Food Science and Technology, 2015, 52(10): 6445–6454.
 - [6] 陈 莎, 符银双, 何 婷, 等. 基于情感体验的治愈系包装设计[J]. 包装学报, 2020, 12(6): 70–74.
CHEN Sha, FU Yinshuang, HE Ting, et al. Curative-Oriented Packaging Design Based on Emotional Experience[J]. Packaging Journal, 2020, 12(6): 70–74.
 - [7] 仲 晨, 朱 丽, 赵冬菁, 等. 面向消费者体验的包装设计方法与应用进展[J]. 包装学报, 2018, 10(4): 8–16.
ZHONG Chen, ZHU Li, ZHAO Dongjing, et al. Consumer Experience Oriented Packaging Design Method and Its Application Progress[J]. Packaging Journal, 2018, 10(4): 8–16.
 - [8] VELASCO C, WOODS A T, PETIT O, et al. Crossmodal Correspondences Between Taste and Shape, and Their Implications for Product Packaging: A Review[J]. Food Quality and Preference, 2016, 52: 17–26.
 - [9] ZHANG L K, SUN S Q, ZHANG K J, et al. Using Psychophysiological Measures to Evaluate the Multisensory and Emotional Dynamics of the Tea Experience[J]. Journal of Food Measurement and Characterization, 2018, 12(2): 1399–1407.
 - [10] SPENCE C, WANG Q. Sensory Expectations Elicited by the Sounds of Opening the Packaging and Pouring a Beverage[J]. Flavour, 2015, 4: 35.
 - [11] KRISHNA A, CIAN L C, AYDİNOĞLU N Z. Sensory Aspects of Package Design[J]. Journal of Retailing, 2017, 93(1): 43–54.
 - [12] KREIBIG S D. Autonomic Nervous System Activity in Emotion: A Review[J]. Biological Psychology, 2010, 84(3): 394–421.
 - [13] 王嫵舒, 周飞碟. 多感官交互式包装设计形式研究[J]. 包装学报, 2020, 12(3): 88–92.
WANG Yanshu, ZHOU Feidie. Research on the Formats of Interactive Packaging Design Based on Multiple Senses[J]. Packaging Journal, 2020, 12(3): 88–92.
 - [14] STEENIS N D, VAN HERPEN E, VAN DER LANS I A, et al. Consumer Response to Packaging Design: The Role of Packaging Materials and Graphics in Sustainability Perceptions and Product Evaluations[J]. Journal of Cleaner Production, 2017, 162: 286–298.
 - [15] PENG M, BROWNE H, CAHAYADI J, et al. Predicting Food Choices Based on Eye-Tracking Data: Comparisons Between Real-Life and Virtual Tasks[J]. Appetite, 2021, 166: 105477.
 - [16] DUERRSCHMID K, DANNER L. Eye Tracking in Consumer Research[M]//ARES G, VARELA P. Methods in Consumer Research. Britain: Woodhead Publishing, 2018, 279–318.
 - [17] 王家民, 房金谱, 赵 欣. 产品包装设计视觉语言的易识别性[J]. 包装学报, 2014, 6(1): 62–65.
WANG Jiamin, FANG Jinpu, ZHAO Xin. Distinctive Identification of Visual Language in Product Packaging Design[J]. Packaging Journal, 2014, 6(1): 62–65.
 - [18] CHANEL G, KIERKELS J J M, SOLEYMANI M, et al. Short-Term Emotion Assessment in a Recall Paradigm[J]. International Journal of Human-Computer Studies, 2009, 67(8): 607–627.
 - [19] LIU S, MENG J Y, ZHANG D, et al. Emotion Recognition Based on EEG Changes in Movie Viewing[C]//2015 7th International IEEE/EMBS Conference on Neural Engineering. Montpellier: IEEE, 2015: 1036–1039.
 - [20] CHOI K H, KIM J, KWON O S, et al. Is Heart Rate Variability (HRV) an Adequate Tool for Evaluating Human Emotions: A Focus on the Use of the International Affective Picture System (IAPS)[J]. Psychiatry Research, 2017, 251: 192–196.
 - [21] MAHLKE S, MINGE M. Consideration of Multiple Components of Emotions in Human-Technology Interaction[M]//PETER C, BEALE R. Affect and Emotion in Human-Computer Interaction. Berlin: Springer, 2008: 51–62.

- [22] ZHU J P, JI L Z, LIU C Y. Heart Rate Variability Monitoring for Emotion and Disorders of Emotion[J]. *Physiological Measurement*, 2019, 40(6): 064004.
- [23] GJORESKE M, LUŠTREK M, GAMS M, et al. Monitoring Stress with a Wrist Device Using Context[J]. *Journal of Biomedical Informatics*, 2017, 73: 159–170.
- [24] AHMADI N, SASANGO HAR F, NISAR T, et al. Quantifying Occupational Stress in Intensive Care Unit Nurses: An Applied Naturalistic Study of Correlations among Stress, Heart Rate, Electrodermal Activity, and Skin Temperature[J]. *Human Factors*, 2021, 64(1): 159–172.
- [25] WADA M, ASADA T, YOSHITOMI Y, et al. Music Recommendation System Driven by Physiological Evaluation Appearing in Fingertip Skin Temperature[J]. *Journal of Robotics, Networking and Artificial Life*, 2021, 8(1): 47–51.
- [26] 杨桦, 袁润. 基于生理信号的图书馆资源发现管理系统用户体验评价研究: 以超星发现系统为例[J]. *图书情报导刊*, 2018, 3(7): 29–35.
- YANG Hua, YUAN Run. The User Experience Evaluation Research of Library Resource Discovery Management System Based on Physiological Signal: Taking Chaoxing Discovery System as an Example[J]. *Journal of Library and Information Science*, 2018, 3(7): 29–35.
- [27] KURBALIJA V, IVANOVIĆ M, RADOVANOVIĆ M, et al. Emotion Perception and Recognition: An Exploration of Cultural Differences and Similarities[J]. *Cognitive Systems Research*, 2018, 52: 103–116.
- [28] MOTOKI K, SAITO T, ONUMA T. Eye-Tracking Research on Sensory and Consumer Science: A Review, Pitfalls and Future Directions[J]. *Food Research International*, 2021, 145: 110389.
- [29] WAN Q, SONG S S, LI X H, et al. The Visual Perception of the Cardboard Product Using Eye-Tracking Technology[J]. *Wood Research*, 2018, 63(1): 165–178.
- [30] SHI H Y, YANG L C, ZHAO L L, et al. Differences of Heart Rate Variability Between Happiness and Sadness Emotion States: A Pilot Study[J]. *Journal of Medical and Biological Engineering*, 2017, 37(4): 527–539.
- [31] FRAGUAS JR R, MARCI C, FAVA M, et al. Autonomic Reactivity to Induced Emotion as Potential Predictor of Response to Antidepressant Treatment[J]. *Psychiatry Research*, 2007, 151(1/2): 169–172.
- [32] SHU L, XIE J Y, YANG M Y, et al. A Review of Emotion Recognition Using Physiological Signals[J]. *Sensors*, 2018, 18(7): 2074.

(责任编辑: 李玉华)

Study on Material Selection of Toning Lotion Bottle Packaging Based on Multiple Physiological Signals

CHEN Nanning, XIAO Yingzhe, XIE Yong

(College of Packaging and Materials Engineering, Hunan University of Technology, Zhuzhou Hunan 412007, China)

Abstract: In order to research the impact of packaging materials on consumers' sensory experience, a combination of subjective and objective evaluation methods was adopted. By selecting the common toning lotion packages on market, a case study was performed in which 39 young participants completed the task of picking out packaging in virtual shopping scenarios. Meanwhile, these participants' physiological signal data were collected, such as total fixation duration, fixation count, electroencephalogram, heart rate and skin temperature, with questionnaire result. It was found that poly (methyl methacrylate) material was the most popular packaging material among consumers. In the process, it was observed that lightness, hardness and density of packaging materials significantly influenced consumers' sensory experience. Furthermore, there were notable correlation between consumers' satisfaction scores and eye tracking indicators or heart rate.

Keywords: physiological signal; toning lotion bottle packaging; material selection; multisensory experience