

# 基于眼动实验的服装纹样布局方案意象评价模型

初建杰, 杨建国, 丁宁, 赵丹红, 逢欣

(西北工业大学 工业设计与人机工效工信部重点实验室, 西安 710072)

**摘要:** **目的** 针对目前服装纹样布局方案评价中主观性较强、方案评选角度单一、结果可靠性不佳的问题, 将客观生理数据测量和主观意象评价相结合, 探索用户非主观意识下生理认知数据与心理主观评价间的关系。**方法** 采用形状文法设计实验样本, 建立意象词汇空间, 通过问卷调查与眼动实验获取主观意象打分和眼动生理指标数据; 数据进行相关性分析, 采用单因变量偏最小二乘回归对不同意象词对下主观意象评价值与眼动生理指标之间的相关关系进行拟合, 并对拟合后的评价模型进行分析与验证。**结果** 得出在不同的意象词汇的刺激下, 主观评价与眼动生理指标之间存在较高相关性。**结论** 意象评价模型可以有效准确地反映出用户对服装纹样布局方案的主观评价, 为服装纹样布局方案评选提供一种更加客观的评价方式。

**关键词:** 眼动实验; 感性测量; 服装纹样布局; 评价模型; 方案评选

**中图分类号:** TB472 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2023)22-0234-08

**DOI:** 10.19554/j.cnki.1001-3563.2023.22.026

## Image Evaluation Model of Clothing Pattern Layout Scheme Based on Eye Movement Experiment

CHU Jian-jie, YANG Jian-guo, DING Ning, ZHAO Dan-hong, PANG Xin

(Key Laboratory of Industrial Design and Ergonomics, Ministry of Industry and Information Technology, Northwestern Polytechnical University, Xi'an 710072, China)

**ABSTRACT:** The work aims to combine subjective image evaluation with objective physiological measurement, and explore the relationship between users' non subjective physiological cognitive data and psychological subjective evaluation, so as to solve problems of strong subjectivity, single perspective of scheme selection and poor reliability of results in the current evaluation of clothing pattern layout schemes. The shape grammar was used to design the experimental samples, establish the image vocabulary space, obtain the corresponding data through the questionnaire survey and eye movement experiment. The correlation of data was analyzed. The single dependent variable partial least square regression was adopted to fit the correlation between the subjective image evaluation value and eye movement physiological indicators under different image word pairs, and analyze and verify the validity of the fit model. The results showed that under the stimulation of different image words, there was a high correlation between the subjective evaluation and eye movement physiological indicators. The image evaluation model can effectively and accurately reflect the users' subjective evaluation of the clothing pattern layout scheme, and provide a more objective evaluation method for the clothing pattern layout scheme evaluation.

**KEY WORDS:** eye movement test; Kansei measurement; clothing pattern layout; evaluation model; scheme selection

当今服装纹样不仅需要具备装饰功能, 还需满足用户心理情感需求, 服装纹样布局是消费者购买行为的决定性因素之一; 现如今服装纹样的布局方案通常是由服装设计师结合自身审美取向及从业经验, 将色彩体系、品牌元素等约束融入服装设计中, 再根据整

体社会的时尚趋势、消费者偏好等因素进行调整, 在整体服装纹样布局方案的选择过程中更具主观性<sup>[1]</sup>。近年来, 设计师利用感性工学理论获取用户对产品的意象需求, 全面了解消费者的喜好, 从而通过决定服装设计优化的方向和呈现在服装上的创新设计来最

终影响消费者对服装的满意度和购买欲望<sup>[2-3]</sup>。许多学者采用主观感性评价与客观眼动实验相结合的方法来进行服装纹样评价方面的研究,但目前主要集中在服装纹样的配色、服装纹样的形状、服装纹样的特点等相关内容<sup>[4-11]</sup>;而服装纹样布局的方案评价方面的研究较少。现阶段服装设计中,纹样布局方案评价方面依旧主观性较强,且对于不同设计意象需求,针对性较差。

### 1 意象评价模型构建

将客观生理数据测量与主观意象评价相结合,收集实验数据进行分析,探索用户非主观意识下生理认知数据与心理主观评价之间的关系,构建意象评价模型,评价模型的构建主要由实验准备、意象评价实验、数据分析与函数拟合三个步骤来实现,模型构建方法见图 1。

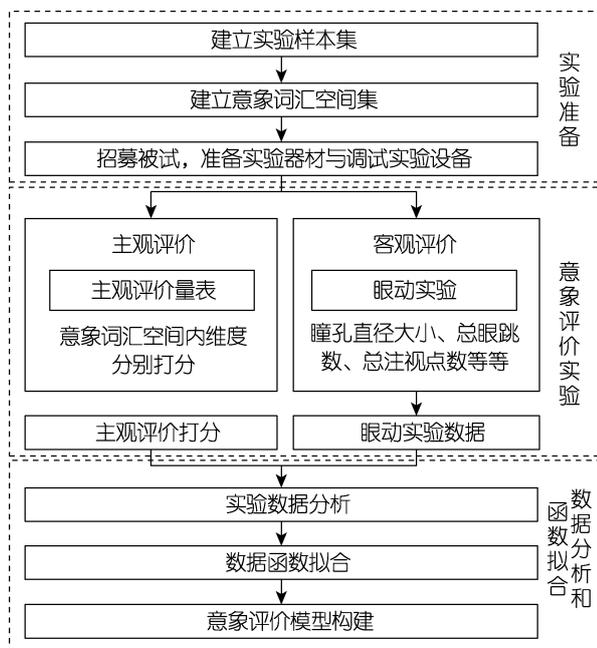


图 1 意象评价模型构建方案流程  
Fig.1 Flow chart of image evaluation model construction scheme

实验准备阶段,主要进行实验样本集和意象词汇空间集的构建,以及进行招募被试者和实验器材的准备与设备调试;意象评价实验进行主客观评价,主观评价采用问卷调查,获得被试者的主观评价打分,客观实验采用眼动实验,获得被试者的眼动实验数据;接着进行实验数据分析和函数拟合,从而构建意象评价模型。

### 2 实验准备

#### 2.1 构建实验样本集

形状文法是以形状为基本要素,基于移动、缩放、

旋转、镜像、仿射等空间变换规则,用语法结构分析并产生新的形状的设计推理方法<sup>[12]</sup>。采用形状文法对一款带有同一纹样元素不同布局方式的半身裙进行实验样本设计,服装纹样中的主体纹样元素出自中国传统纹样,其造型简单且具有代表性,见图 2。



图 2 实验样本设计主体元素  
Fig.2 Main elements of experimental sample design

以主体元素为基本要素,基于空间变换的规则且允许形状之间相互包含,采用形状文法来产生诸多服装纹样布局方案,由设计相关专业人员和用户对纹样布局方案进行筛选,获得 12 个实验样本,并对其进行编号建立实验样本集  $T = \{t_1, t_2, t_3, \dots, t_m\}$ , 其中  $m$  表示实验样本数,见图 3。



图 3 实验样本集  
Fig.3 Experimental sample set

#### 2.2 构建意象词汇空间

意象词汇的目的是用来记录和描述用户的主观感受评价意象<sup>[13]</sup>。通过查阅文献资料、访谈和调研等方法收集可以表征用户对服装纹样布局感性认知的意象词汇,并剔除相近词汇,之后由设计师和用户采用德尔菲法分别对收集的词汇进行筛选分类获得 20 个意象词汇,将其制作成问卷,让被试者观察实验样本集后选出 8 个最能描述样本集的词汇,按照得票率选出 6 个得分最高的意象词汇并为其进行反义词组的配对,每组意象词对是源于视觉感官对服装纹样布

局产生的心理感受,不同意象词对下可针对性地探讨服装纹样布局方案的优劣,同时后续对多种意象词对的组合,可针对不同风格的服装纹样布局方案进行探讨。最后确定出有6组意象词对的意象词汇空间S,见表1。

表1 意象词汇空间  
Tab.1 Image vocabulary space

意象词对		
S <sub>1</sub> 焦虑-放松	S <sub>2</sub> 沮丧-愉悦	S <sub>3</sub> 无聊-有趣
S <sub>4</sub> 眩晕-清醒	S <sub>5</sub> 疲乏-精神	S <sub>6</sub> 平静-兴奋

### 2.3 实验人员及器材准备

被试者为30名裸眼或矫正视力在4.8以上的设计相关专业硕士研究生,被试者集合 $B = \{b_1, b_2, b_3, \dots, b_n\}$ ,其中 $n$ 表示被试人数。实验前,被试者需要睡眠充足且充分放松眼睛。采用眼动实验获取客观眼动数据,来表征服装纹样布局对人体视觉的影响,使用Tobii Pro Fusion遥测式眼动仪采集被试者的眼动实验数据,为后续对实验数据进行分析做准备,该设备具备250 Hz的采样率,最大视角为30°。

## 3 意象评价实验

主观评价实验采用问卷调查,将12个样本与6对意象词汇建立李克特量表<sup>[14]</sup>,其五等选项分别对应“-2”至“2”的5个等级量化,以“焦虑-放松”为例,“-2”表示非常焦虑,“-1”表示有点焦虑,“0”表示既不焦虑也不放松,“1”表示有点轻松,“2”

表示非常轻松。通过让被测填写问卷,获取被试者对实验样本的感性意象评价分值。设被试者 $b_n$ 对实验样本 $t_m$ 对意象词对 $S_z$ 的评价为 $P_{znm}$ ,则被试者 $B$ 对实验样本 $T$ 在意象词对 $S$ 下的主观评价打分集合 $P_z$ 为:

$$P_z = \begin{pmatrix} P_{11} & \dots & P_{1m} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ P_{n1} & \dots & P_{nm} \end{pmatrix} \quad (1)$$

实验样本 $t_m$ 在意象词对 $S_z$ 下的得分均值 $\bar{P}_{zm}$ 为:

$$\bar{P}_{zm} = \frac{P_{1m} + P_{2m} + \dots + P_{nm}}{n} \quad (2)$$

客观实验采用眼动实验,被试者佩戴眼动仪观察实验样本图片,录制被试者实验过程,利用眼动仪测量并记录眼动实验数据,在观察不同实验样本时,被试者的眼动实验指标 $E = \{e_1, e_2, e_3, \dots, e_j\}$ ,包括注视时间、眼跳时间、总注视点数目、总眼跳数、瞳孔大小等,其中 $j$ 表示眼动实验指标数,被试者 $B$ 观察实验样本集 $T$ 在时的各眼动测试数据集合 $Y$ 为:

$$Y = \begin{pmatrix} E_{11} & \dots & E_{1m} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ E_{n1} & \dots & E_{nm} \end{pmatrix} \quad (3)$$

实验采用主客观实验交叉的方式进行,为对6组意象词汇进行针对性的实验,将实验分为6个部分,主要实验流程如图4所示。实验开始前,主试者引导被试者进行预实验。实验开始后,每个实验部分眼动仪依次呈现半身裙实验样本图片,被试者观察单个实验样本后,根据样本的意象感受进行打分,并进入下一个样本,主试者对分数进行记录,眼动仪记录被试者在观察不同实验样本时的生理实验数据,直至试验结束。

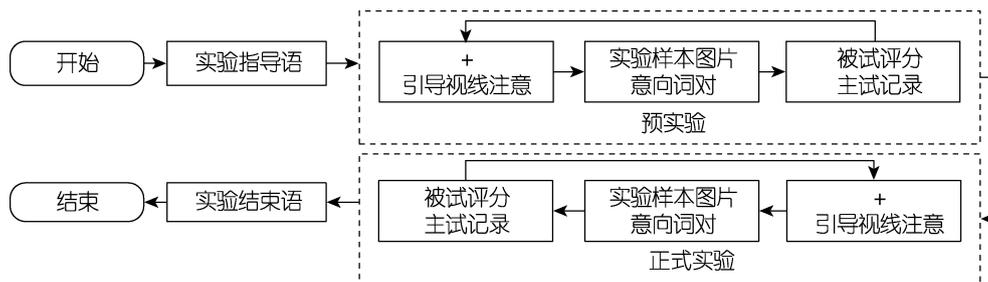


图4 意象评价实验流程  
Fig.4 Flow chart of image evaluation experiment

## 4 数据分析与函数拟合

### 4.1 主观评价实验数据分析

为探求被试者在不同意象词汇维度下,对每个实验样本的评价分布情况,计算30名被试者对实验样本主观评价打分的均值。“焦虑-轻松”“眩晕-清醒”“沮丧-愉悦”“疲乏-精神”“无聊-有趣”“兴奋-平静”6组意象词对分别对应的主观评价均值见表2。

根据主观评价均值表明,服装纹样布局方案的不同会给用户带来不同的主观心理感受,从整体的意象词汇空间出发,在“焦虑-轻松”“眩晕-清醒”“沮丧-愉悦”“疲乏-精神”意象词对下,纹样布局简洁透气样本的正性均值较大,布局繁复的样本负性均值偏大,但在“无聊-有趣”“兴奋-平静”意象词对下,其均值趋势略有相反。

以“焦虑-轻松”意象词对下为例,样本7和样本11得分最高,整体得分趋势与实验样本的纹样布

表 2 各意象词对下实验样本主观评价均值表  
Tab.2 Subjective evaluation means of experimental samples under each image word pair

意象词对	主观评价均值											
	样本 1	样本 2	样本 3	样本 4	样本 5	样本 6	样本 7	样本 8	样本 9	样本 10	样本 11	样本 12
焦虑-放松	-0.08	-1.12	0.58	-0.12	-0.42	0.65	1.08	-0.27	0.08	0.81	1.00	-0.73
眩晕-清醒	0.58	-1.69	0.19	-0.81	0.31	0.54	1.38	-0.96	-0.46	0.54	1.19	-1.08
沮丧-愉悦	0.69	-0.62	0.81	0.31	0.15	0.42	0.85	-0.19	0.00	0.50	0.50	-0.62
疲乏-精神	0.38	-0.96	0.77	-0.04	-0.54	0.00	0.85	-0.62	0.08	0.69	0.73	-0.34
无聊-有趣	0.65	-0.08	0.65	0.00	0.00	-0.42	0.27	0.08	0.35	0.08	-0.62	-0.19
兴奋-平静	0.00	0.73	0.27	0.23	-0.11	-0.81	0.19	0.58	0.58	0.46	-0.58	0.58

局相结合观察, 表明纹样布局越简单清晰, 其正性均值越高。样本 2 和样本 12 因为布局繁复, 给用户带来眩晕焦虑的感受, 导致其负性均值偏大。

主观意象评价均值反映了被试者在不同意象词对下对实验样本的主观感受, 在后续模型建立中, 将主观意象评价作为单因变量应用于模型建立。

#### 4.2 眼动实验数据选取及分析

为探索用户非主观意识下生理认知数据与心理主观评价间的关系, 在建立主观意象评价与客观眼动实验数据之间的意象数学模型时, 应保留与主观意象评价相关的眼动实验指标数据。对眼动实验数据进行筛选, 将极端数据和错误数据剔除, 保留有效实验数据。利用 SPSS 软件, 对选取的眼动数据指标进行方差齐性检验, 以“焦虑-轻松”意象词对下为例, 其兴趣区眼动实验数据指标方差齐性结果见表 3。

表 3 “焦虑-放松”意象词对下眼动实验数据方差齐性检验

Tab.3 Homogeneity test of variance of "anxiety-relaxation" image word pair on lower eye movement experiment data

眼动实验指标	Levene 统计量	$d_{f1}$	$d_{f2}$	显著性
首次注视持续时间	0.778	11	228	0.661
AOI 总访问持续时间	0.209	11	228	0.869
AOI 注视时间	2.454	11	228	0.006
瞳孔大小	0.858	11	228	0.584
眼跳次数	1.343	11	228	0.211
眼跳时间	1.761	11	228	0.070

根据方差齐性检验结果, 选取显著性大于 0.05 的眼动实验指标, 接着将选取的眼动实验指标以主观意象评价均值为影响因素进行单因素方差分析, 以“焦虑-轻松”意象词对下为例, 眼动实验数据指标单因素方差分析结果见表 4。

根据单因素方差因素分析结果, 选取显著性小于 0.05 的眼动实验指标, 得到 6 个词对下用于建立意象数学模型的眼动实验指标, 分别为首次注视持续时间、AOI 总访问持续时间、瞳孔大小和眼跳次数。

表 4 “焦虑-轻松”意象词对下眼动实验指标数据单因素方差分析 (ANOVA)

Tab.4 One way ANOVA of "anxiety-relaxation" image word pair on lower eye movement experiment index data

眼动实验指标	F	P
首次注视持续时间	21.619	0.006
AOI 总访问持续时间	17.785	0.016
瞳孔大小	14.075	0.028
眼跳次数	12.415	0.043
眼跳时间	1.484	0.224

利用 SPSS 软件对不同意象词对下的眼动实验指标进行相关性分析, 其相关系数分析见表 5~10。

表 5 “焦虑-放松”意象词对下眼动实验指标相关系数  
Tab.5 Correlation coefficient of eye movement experiment index under "anxiety-relaxation" image word pair

眼动实验指标	首次注视持续时间	AOI 总访问持续时间	瞳孔大小	眼跳次数
首次注视持续时间	1	0.907**	-0.181*	-0.082
AOI 总访问持续时间	0.907**	1	-0.347**	-0.203*
瞳孔大小	-0.181*	-0.347**	1	0.961**
眼跳次数	-0.082	-0.203*	0.961**	1

表 6 “眩晕-清醒”意象词对下眼动实验指标相关系数  
Tab.6 Correlation coefficient of eye movement experiment index under "dizzy-awake" image word pair

眼动实验指标	首次注视持续时间	AOI 总访问持续时间	瞳孔大小	眼跳次数
首次注视持续时间	1	0.960**	0.139	0.145
AOI 总访问持续时间	0.960**	1	0.134	0.096
瞳孔大小	0.169	0.134	1	0.958**
眼跳次数	0.145	0.096	0.958**	1

表7 “沮丧-愉悦”意象词对下眼动实验指标相关系数  
Tab.7 Correlation coefficient of eye movement experiment index under "depression-pleasure" image word pair

眼动实验指标	首次注视持续时间	AOI总访问时间	瞳孔大小	眼跳次数
首次注视持续时间	1	0.952**	-0.088	-0.344**
AOI总访问时间	0.952**	1	-0.067	-0.305**
瞳孔大小	-0.088	-0.067	1	0.908**
眼跳次数	-0.344**	-0.305**	0.908**	1

表8 “疲乏-精神”意象词对下眼动实验指标相关系数  
Tab.8 Correlation coefficient of eye movement experiment index under "fatigue-spirit" image word pair

眼动实验指标	首次注视持续时间	AOI总访问时间	瞳孔大小	眼跳次数
首次注视持续时间	1	0.588**	0.822**	0.194*
AOI总访问时间	0.588**	1	0.593**	0.726**
瞳孔大小	0.822**	0.593**	1	0.187*
眼跳次数	0.194*	0.726**	0.187*	1

表9 “无聊-有趣”意象词对下眼动实验指标相关系数  
Tab.9 Correlation coefficient of eye movement experiment index under "boring-interesting" image word pair

眼动实验指标	首次注视持续时间	AOI总访问时间	瞳孔大小	眼跳次数
首次注视持续时间	1	0.961**	0.340**	0.036
AOI总访问时间	0.961**	1	0.394**	0.060
瞳孔大小	0.340**	0.394**	1	0.905**
眼跳次数	0.036	0.060	0.905**	1

表10 “平静-兴奋”意象词对下眼动实验指标相关系数  
Tab.10 Correlation coefficient of eye movement experiment index under "calm-excitement" image word pair

眼动实验指标	首次注视持续时间	AOI总访问时间	瞳孔大小	眼跳次数
首次注视持续时间	1	0.954**	0.050	0.055
AOI总访问时间	0.954**	1	0.039	0.065
瞳孔大小	0.050	0.039	1	0.862**
眼跳次数	0.055	0.065	0.862**	1

变量之间的相关系数越接近1或-1,表示变量之

间的相关性越强。根据相关性分析结果可以得到在不同意象词汇下,眼动实验指标之间存在多重相关性。在“焦虑-放松”意象词汇下,首次注视持续时间、AOI总访问持续时间和瞳孔大小之间存在明显相关性;在“眩晕-清醒”下,首次注视持续时间和AOI总访问持续时间之间存在显著相关性;在“沮丧-愉悦”下,首次注视持续时间、AOI总访问持续时间和眼跳次数之间存在较强相关性;在“疲乏-精神”下,首次注视持续时间、AOI总访问持续时间、瞳孔大小和眼跳次数存在多重相关性;在“无聊-有趣”下,首次注视持续时间、AOI总访问持续时间和瞳孔大小之间存在明显相关性;在“平静-兴奋”下,首次注视持续时间和AOI总访问持续时间之间存在显著相关性。

#### 4.3 意象评价模型函数拟合

针对不同的意象词对,用户对服装纹样布局方案的心理主观评价与生理认知数据之间存在相互影响、相互印证的关系,即被试者B对于实验样本集T在某个意象词对 $S_i$ 下,主观评价分数 $P_{zm}$ 与在相应眼动实验中的眼动数据 $E$ 存在线性回归关系,即:

$$P_{zm} = \int(E) + \varepsilon \quad (4)$$

各意象词对下,由于所选定的眼动实验指标之间存在多重相关性,为解决变量之间多重相关性给回归分析带来的危害参数估计、扩大模型误差、破坏模型稳定性等问题,采用单因变量偏最小二乘回归对眼动实验数据和主观评价打分进行回归建模。单因变量偏最小二乘回归是集多元线性回归分析、典型相关分析和主成分分析基本功能于一体的多元统计数据分析方法,可在自变量存在多重相关性的情况下进行回归建模<sup>[15]</sup>。

以各意象词对下的每个实验样本所对应的眼动实验数据均值为自变量,主观评价均值为因变量导入单因变量偏最小二乘回归的MATLAB中,获得回归方程系数,将其整理并构建意象评价模型,不同意象词对下的数学模型如下列公式所示:

在“焦虑-轻松”意象词对下的数学模型为:

$$P_{1mr} = 0.180004e_1 - 0.034324e_2 + 0.405873e_3 + 0.060171e_4 \quad (5)$$

在“眩晕-清醒”意象词对下的数学模型为:

$$P_{2mr} = 0.3514324e_1 - 0.029646e_2 + 0.938127e_3 + 0.112377e_4 \quad (6)$$

在“沮丧-愉悦”意象词对下的数学模型为:

$$P_{3mr} = 0.161529e_1 + 0.063568e_2 + 0.370711e_3 - 0.057511e_4 \quad (7)$$

在“疲乏-精神”意象词对下的数学模型为:

$$P_{4mr} = -0.305103e_1 + 0.063965e_2 + 0.684081e_3 + 0.077698e_4 \quad (8)$$

在“无聊-有趣”意象词对下的数学模型为:

$$P_{5mr} = 0.186727e_1 - 0.129206e_2 + 0.391589e_3 + 0.052269e_4 \quad (9)$$

在“平静-兴奋”意象词对下的数学模型为:

$$P_{6mr} = -0.034838e_1 + 0.118998e_2 + 0.320564e_3 + 0.056257e_4 \quad (10)$$

式中: $P_{zm}$ 为方案评价分值, $e_1$ 为首次注视持续

时间,  $e_2$  为 AOI 总访问持续时间,  $e_3$  为瞳孔大小,  $e_4$  为眼跳次数。

### 5 模型验证

#### 5.1 验证实验

为验证各意象词对下, 回归模型的准确性, 进行验证实验对模型进行有效性检验。招募 10 名被试按照上述实验流程进行验证实验, 将眼动实验数据带入意象评价模型的 6 组数学模型中, 对每组意象词对下的主观评价打分和模型分值进行折线图的绘制, 见图 5~10。

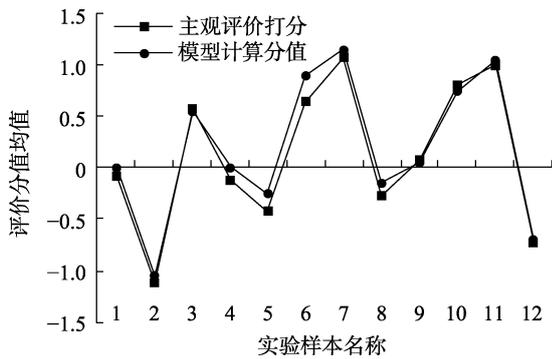


图 5 “焦虑-放松”主观评价打分与模型计算分值折线图  
Fig.5 "Anxiety-relaxation" subjective evaluation scoring and model calculation score line chart

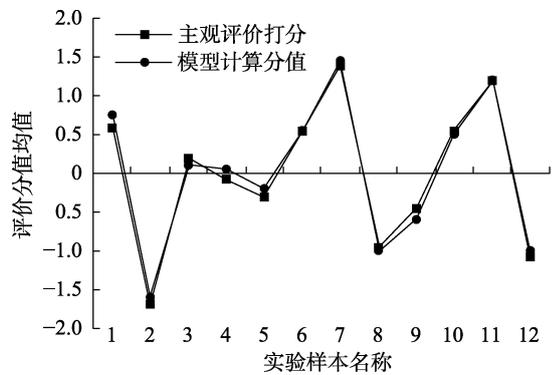


图 6 “眩晕-清醒”主观评价打分与模型计算分值折线图  
Fig.6 "Dizzy-awake" subjective evaluation scoring and model calculation score line chart

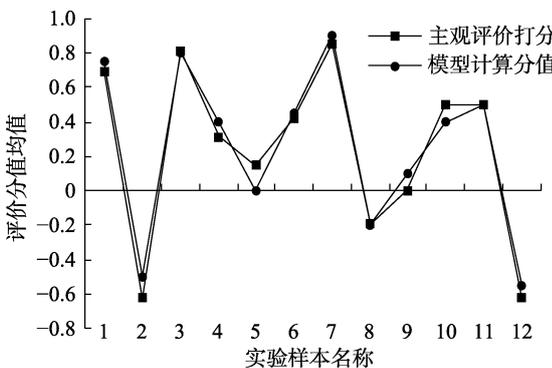


图 7 “沮丧-愉悦”主观评价打分与模型计算分值折线图  
Fig.7 "Depression-pleasure" subjective evaluation scoring and model calculation score line chart

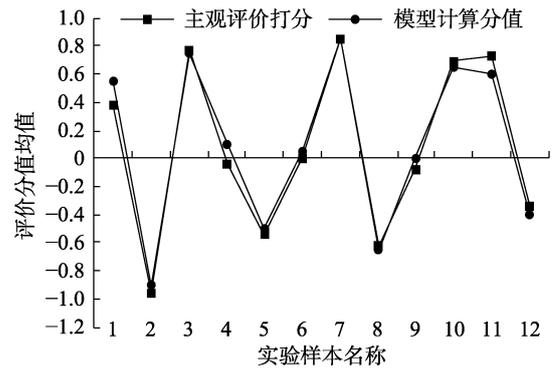


图 8 “疲惫-精神”主观评价打分与模型计算分值折线图  
Fig.8 "Fatigue-spirit" subjective evaluation scoring and model calculation score line chart

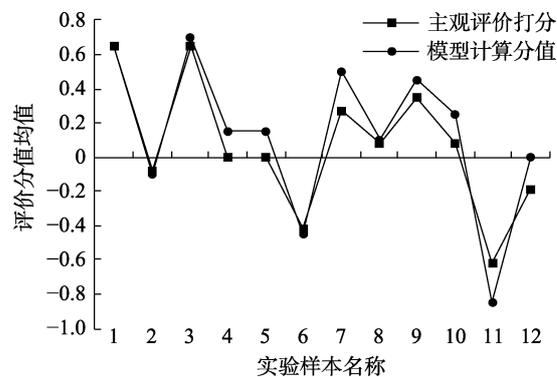


图 9 “无聊-有趣”主观评价打分与模型计算分值折线图  
Fig.9 "Boring-interesting" subjective evaluation scoring and model calculation score line chart

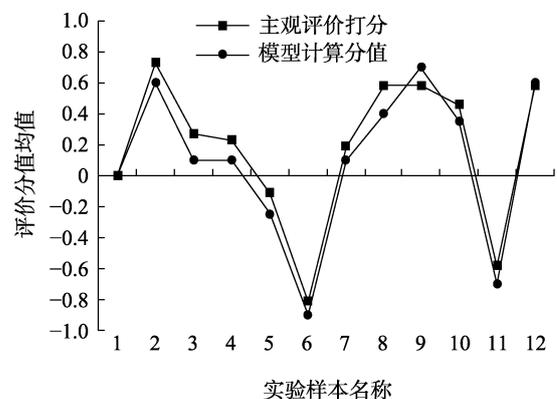


图 10 “平静-兴奋”主观评价打分与模型计算分值折线图  
Fig.10 "Calm-excitement" subjective evaluation scoring and model calculation score line chart

#### 5.2 验证结果分析

根据上述折线图可以看出, 主观评价打分和模型计算分值两值拟合程度高, 利用式 (11) 计算在 6 组意象词汇下, 其模型计算分值  $P_{zm}$  对主观评价打分  $P_m$  的准确率  $R_{zm}$ 。

$$R_{zm} = \frac{\sum_{i=1}^m \left( 1 - \frac{|P_{zm'} - P_{zm}|}{P_{zm}} \right)}{m} \tag{11}$$

经计算得,在“焦虑-轻松”意象词对下,准确率为0.871;在“眩晕-清醒”意象词对下,准确率为0.909;在“沮丧-愉悦”意象词对下,准确率为0.868;在“疲乏-精神”意象词对下,准确率为0.879;在“无聊-有趣”意象词对下,准确率为0.841;在“平静-兴奋”意象词对下,准确率为0.845。各回归模型的准确度均超过0.84,证明在6组意象词汇下,意象评价模型所获得的模型计算分值对主观评价分值有较高准确率,且主观评价打分和模型计算分值之间具有高度相关性,因此证明意象评价模型有效。

根据6组意象词的数学模型得出,瞳孔大小对在各意象词对下的设计方案评分时的边际作用最大,其他的3个眼动数据指标根据意象词对的不同,在数学模型中的权重各有不同。服装纹样布局方案评分由4项不同权重的眼动数据构成,可以减少主观性,获得客观有效的实验数据,准确有针对性地对服装纹样布局方案进行评分。实验中,各服装纹样布局方案在各意象图词对下评分排序见表11。

表 11 各服装纹样布局方案在意象词对下评分排序  
Tab.11 Grading and sorting of each clothing pattern layout scheme under image word pairs

意象词对	服装纹样布局方案评分排序
焦虑-放松	$t_7 > t_{11} > t_6 > t_{10} > t_3 > t_9 > t_1 > t_4 > t_8 > t_5 > t_{12} > t_2$
眩晕-清醒	$t_7 > t_{11} > t_1 > t_{10} > t_6 > t_3 > t_4 > t_5 > t_9 > t_8 > t_{12} > t_2$
沮丧-愉悦	$t_7 > t_3 > t_1 > t_{11} > t_6 > t_4 > t_{10} > t_9 > t_5 > t_8 > t_{12} > t_2$
疲乏-精神	$t_7 > t_3 > t_{10} > t_{11} > t_1 > t_4 > t_6 > t_9 > t_{12} > t_5 > t_8 > t_2$
无聊-有趣	$t_3 > t_1 > t_7 > t_9 > t_{10} > t_4 > t_5 > t_8 > t_{12} > t_2 > t_6 > t_{11}$
平静-兴奋	$t_9 > t_2 > t_{12} > t_8 > t_{10} > t_3 > t_4 > t_7 > t_1 > t_5 > t_{11} > t_6$

通过表11可知,在“焦虑-放松”“眩晕-清醒”“沮丧-愉悦”“疲乏-精神”4组意象词对下,样本7评分最高,样本2评分最低,其他方案因为意象词对侧重点不同,样本评分不同。简洁透气的实验样本可获得更高的评分,在进行这4种意象词对下进行设计时,欲获得更高正性评分,可将设计方案简洁化并赋予留白,再针对各意象词对特点进行单独设计。在“无聊-有趣”意象词对下,样本3评分最高,样本11评分最低,简洁且富有动感的样本可以增加服装纹样布局的趣味性,繁复多变的纹样布局样本评分居中,简洁但只是单一重复布局样本评分偏差,在该意象词对下进行方案设计时,应主抓简洁与动感。在“平静-兴奋”意象词对下,样本9评分最高,样本6评分最低,布局繁复且重复多样的样本评分较高,简洁但单一重复的样本评分最低,在该意象词对下,纹样的大面积平铺相较于简洁风格更有优势。

## 6 结论

本文基于对用户非主观意识下生理认知数据与

心理主观评价间的关系的探索,提出了基于眼动实验的服装纹样布局方案意象评价模型。采用形状文法设计了实验样本,建立了意象词汇空间,将主客观评价相结合,获取了用户对服装纹样布局方案的主观打分和客观眼动实验数据,使用单因变量偏最小二乘回归建立了用户在不同意象词对下主观意象评价与眼动实验数据指标间的数学模型,并分析和验证了该模型的有效性。

实验结果得出在不同意象词对下,主观评价与眼动生理指标之间存在较强相关性,将眼动实验指标综合分析准确地反应出用户对服装纹样布局方案的主观评价,获取了具体客观可量化的评价数据,解决了以往方案评价中主观性较强、方案评选角度单一、结果可靠性不佳的问题。在服装纹样布局方案设计中,不仅在面对不同目标用户时,多组意象词对可以满足大多数用户需求,对用户特性进行调研,挑选适合的意象词对,针对性的服装纹样布局方案进行评分,可以获得更准确更多元的评价结果;还可以组合多种意象,获得不同风格的服装纹样布局方案,为设计方案提供指导。针对不同意象词对设计需求下,为服装纹样布局方案的评价提供了客观的数据支持,可以有效减少在服装设计生产过程中,前期服装纹样方案决策失误的风险。

本文目前只在已选定的6组意象词汇下进行方案评价,后期可以丰富更多的意象词汇,对不同服装纹样布局设计需求进行方案评价并提供数据支持。服装设计方案还包括服装纹样、色彩、版式、材质等方面,在后续深入研究中,可分别针对上诉因素的方案评选进行研究。除此之外,除眼动实验指标外,人体还存在脑电、心电、肌电等生理指标,在未来研究中,需要考虑上述生理指标是否会对服装纹样布局方案的评选产生影响,从而提供更加客观的数据支持。

## 参考文献:

- [1] 何劲涛,陈登凯,余隋怀. 基于色彩调和理论的文化创意产品色彩设计与评价方法研究[J]. 西北工业大学学报, 2020, 38(4): 766-773.  
HE Jin-tao, CHEN Deng-kai, YU Sui-huai. Research on Color Design and Evaluation Method of Cultural Creative Products Based on Color Harmony Theory[J]. Journal of Northwestern Polytechnical University, 2020, 38(4): 766-773.
- [2] 罗仕鉴,潘云鹤. 产品设计中的感性意象理论、技术与应用研究进展[J]. 机械工程学报, 2007, 43(3): 8-13.  
LUO Shi-jian, PAN Yun-he. Review of Theory, key Technologies and Its Application of Perceptual Image in Product Design[J]. Chinese Journal of Mechanical Engineering, 2007, 43(3): 8-13.
- [3] 王增,刘卫东,杨明朗,等. 基于椭圆傅里叶的产品

- 外形意象设计[J]. 计算机集成制造系统, 2020, 26(2): 481-495.
- WANG Zeng, LIU Wei-dong, YANG Ming-lang, et al. Product Form Image Design Based on Elliptic Fourier[J]. Computer Integrated Manufacturing Systems, 2020, 26(2): 481-495.
- [4] 李丹丹, 刘运娟, 高晓平, 等. 基于视觉评价分析大学生对高山族织锦纹样色彩搭配偏好[J]. 服装学报, 2022, 7(1): 64-69.
- LI Dan-dan, LIU Yun-juan, GAO Xiao-ping, et al. Study on Color Matching Preference of Taiwan Gaoshan Nationality's Brocade Pattern Based on Visual Evaluation[J]. Journal of Clothing Research, 2022, 7(1): 64-69.
- [5] 李丹丹, 刘运娟, 高晓平, 等. 台湾高山族织锦菱形纹样结构视觉评价研究[J]. 武汉纺织大学学报, 2022, 35(1): 69-75.
- LI Dan-dan, LIU Yun-juan, GAO Xiao-ping, et al. Study on Visual Evaluation of Diamond Pattern Structure of Brocade of Gaoshan Ethnic Group in Taiwan Province[J]. Journal of Wuhan Textile University, 2022, 35(1): 69-75.
- [6] 胡孟月, 冀艳波, 刘凯旋. 基于感性工学的男衬衫几何纹样评价[J]. 毛纺科技, 2021, 49(7): 35-39.
- HU Meng-yue, JI Yan-bo, LIU Kai-xuan. Geometric Pattern Evaluation of Men's Shirts Based on Kansei Engineering[J]. Wool Textile Journal, 2021, 49(7): 35-39.
- [7] 闫龙华. 眼动技术在苗族服饰纹样评价中的应用研究及创新设计[D]. 贵阳: 贵州大学, 2017.
- YAN Long-hua. Application Research and Innovative Design of Eye Movement Technology in the Evaluation of Miao Clothing Patterns[D]. Guiyang: Guizhou University, 2017.
- [8] 王佳宁, 刘成霞, 永井伸夫, 等. 服装视错图案对人体视觉和自主神经系统的影响[J]. 纺织学报, 2020, 41(5): 153-158.
- WANG Jia-ning, LIU Cheng-xia, NAGAI Nobuo, et al. Effect of Apparel Illusion Pattern on Visual and Autonomic Nervous System for Human being[J]. Journal of Textile Research, 2020, 41(5): 153-158.
- [9] 魏文达. 扭曲视错服装图像的视觉效果主客观评价研究[D]. 杭州: 浙江理工大学, 2021.
- WEI Wen-da. Research on Subjective and Objective Evaluation of Visual Effect of Distorted Clothing Images[D]. Hangzhou: Zhejiang Sci-Tech University, 2021.
- [10] 王艺舟, 蔡倩云, 张嘉楠, 等. 基于眼动实验的不同地区畲族服饰特征识别[J]. 丝绸, 2016, 53(6): 32-37.
- WANG Yi-zhou, CAI Qian-yun, ZHANG Jia-nan, et al. Recognizing Costume Features of the Nationality in Different Areas Based on Eye-Moving Experiment[J]. Journal of Silk, 2016, 53(6): 32-37.
- [11] 李运, 郭钢. 基于多项眼动数据的产品造型方案评选模型[J]. 计算机集成制造系统, 2016, 22(3): 658-665.
- LI Yun, GUO Gang. Selection Model of Product Shape Schemes Based on Multiple Eye Movement Data[J]. Computer Integrated Manufacturing Systems, 2016, 22(3): 658-665.
- [12] 刘永红, 黎文广, 季铁, 等. 国外生成式产品设计研究综述[J]. 包装工程, 2021, 42(14): 9-27.
- LIU Yong-hong, LI Wen-guang, JI Tie, et al. Review of Research on Generative Product Design Abroad[J]. Packaging Engineering, 2021, 42(14): 9-27.
- [13] 肖江浩, 董石羽. 基于感性工学的童车外观情感意象研究[J]. 包装工程, 2019, 40(12): 267-272.
- XIAO Jiang-hao, DONG Shi-yu. Emotional Image of Children's Bicycle Appearance Based on Kansei Engineering[J]. Packaging Engineering, 2019, 40(12): 267-272.
- [14] JAMIESON S. Likert Scales: How to (Ab)Use them[J]. Medical Education, 2004, 38(12): 1217-1218.
- [15] 邓念武, 徐晖. 单因变量的偏最小二乘回归模型及其应用[J]. 武汉大学学报(工学版), 2001, 34(2): 14-16.
- DENG Nian-wu, XU Hui. Model of Simple Partial Least Squares Regression and Its Application[J]. Engineering Journal of Wuhan University, 2001, 34(2): 14-16.

责任编辑: 陈作