

# 产品意象形态设计要素的均衡性评价

张书涛, 刘世锋, 王世杰, 周爱民, 苏建宁

(兰州理工大学, 兰州 730050)

**摘要:** **目的** 探究产品意象形态各设计要素对产品整体设计的贡献程度, 为设计师提供可靠的设计指导, 分析产品意象形态设计要素对产品整体设计的贡献规律, 基于信息熵和蛛网图评价法提出一种产品意象形态设计要素评价方法。**方法** 首先, 基于信息熵理论计算各形态设计要素的熵值, 并求得权重; 其次, 应用蛛网图评价法构建各产品意象形态设计要素评价向量, 绘制产品意象形态设计要素蛛网图, 并计算均衡性贡献系数和意象形态综合评价价值; 最后, 应用产品形态美度评价方法计算各样本的美度评价, 并进行对比验证, 证明了该方法的可行性。**结果** 以奥迪 A7 系列汽车前脸为研究对象, 经过计算得到均衡性贡献系数排序和意象形态综合评价排序, 绘制样本意象形态设计要素蛛网图, 直观展示各意象形态设计要素的贡献度与均衡性。**结论** 通过产品意象形态设计要素评价研究, 量化产品意象形态各设计要素对产品整体设计的贡献度, 有助于设计师在复合意象产品设计中的设计决策。

**关键词:** 产品形态; 蛛网图; 信息熵; 意象; 均衡性贡献

**中图分类号:** TB472 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2022)12-0208-09

**DOI:** 10.19554/j.cnki.1001-3563.2022.12.024

## Equilibrium Evaluation of Product Image Form Design Elements

ZHANG Shu-tao, LIU Shi-feng, WANG Shi-jie, ZHOU Ai-min, SU Jian-ning

(Lanzhou University of Technology, Lanzhou 730050, China)

**ABSTRACT:** In order to explore the contribution of each design element to the overall product image form provide a reliable design guidance for designers, this study analyzed the contribution of design elements to the overall product image form, and proposed an evaluation method of design elements based on information entropy and spider chart evaluation method. Firstly, the entropy values of various design elements were calculated based on the information entropy theory to obtain their weights. Secondly, the spider chart evaluation method was used to construct the evaluation vector of product image form design elements, draw the spider chart of the elements, and calculate the equilibrium contribution coefficient and the comprehensive evaluation value of the image form. Finally, the beauty evaluation of each sample was calculated by using the product form aesthetic measure evaluation method, and the comparison and verification were conducted, which proved the feasibility of the method. Taking the front face of Audi A7 series car as the research case, the order of the equilibrium contribution coefficient and the order of the image form comprehensive evaluation were obtained after calculating, and the spider chart of the design elements of the sample image form was drawn to intuitively show the contribution and equilibrium of the design elements to each image form. Through the evaluation of design elements of product image form, the contribution of each design element to the overall product image form was quantified, which was helpful for designers to make decisions in the design of composite image products.

**KEY WORDS:** product form; spider chart; information entropy; image; equilibrium contribution

收稿日期: 2022-01-15

基金项目: 教育部产学合作协同育人项目(201802112092); 国家自然科学基金(51705226); 甘肃省自然科学基金(20JR10RA168)

作者简介: 张书涛(1982—), 男, 博士, 副教授, 主要从事感性工学、数字设计理论及方法、设计认知、产品创新设计方面的研究。

在情感消费时代,丰富的产品种类已经能满足消费者对产品的功能需求,决定消费者购买产品的主要因素不再是功能性和实际用途,而是消费者的情感需求。在产品阶段,产品创作和设计决策往往依赖于设计师的个人主观意识<sup>[1]</sup>,在一定程度上忽略了消费者的情感需求。根据消费者需求设计出符合消费者情感需求的产品,已成为学者研究的热点课题。

日本学者 Mitsuo<sup>[2]</sup>提出的“感性工学”是研究人的感性认知,将消费者的情感需求与设计元素相关联,可以帮助设计师更好地将消费者需求融入产品设计中<sup>[3]</sup>。产品给人的意象是复杂多样的,消费者对不同意象的需求也具有差异性<sup>[4]</sup>。产品意象设计的难点在于如何将消费者的主观感性需求映射到设计元素中。从系统的角度,苏建宁等<sup>[5]</sup>提出了产品意象造型设计中的耦合特性概念,即将每个产品看作是一个系统,系统是多个设计要素相互关联的过程。在设计过程中,各要素之间、要素与意象之间、意象与意象之间存在复杂的评价与决策。各设计要素的意象表达及其对最终复合意象的影响,由设计师根据个人的认知进行主观决策,该过程往往缺乏客观依据。

在产品意象形态设计领域,学者从意象与产品要素关系、多目标意象、产品形态耦合等角度进行了相关研究。郭娟龄等<sup>[6]</sup>通过分析健康产品形态要素及其与用户情感意象的关联,降低了因设计师个人认知对产品产生的认知偏差。Li等<sup>[7]</sup>以电动汽车为例,对产品形态设计要素与感性意象之间的关系进行了定量研究。苏建宁等<sup>[5]</sup>以眼镜为例,研究了产品形态设计要素间的耦合特性,指出设计要素权重较高时设计要素之间会产生耦合冲突,将影响产品方案整体性的评价。师洁等<sup>[8]</sup>基于产品原型进行细化设计,研究了形态要素间的耦合特性,实现了形态要素间的协调匹配,满足了消费者的审美需求。以上研究内容多聚焦于意象与产品之间的关系,对意象形态设计要素与产品整体形态关系方面的研究还有待深入。

文中提出一种产品意象形态设计要素评价模型,从产品形态设计要素与整体形态之间的关系角度进行评价研究,为设计师提供设计指导。首先基于信息熵理论计算产品形态各要素的信息熵,并求得各形态设计要素的权重,然后使用蛛网图评价方法对各意象形态设计要素进行均衡性贡献评价,研究各意象形态设计要素对产品整体方案的贡献特性,最后引入产品形态美度评价法进行对比验证,并证明该模型的有效性。

## 1 理论介绍

### 1.1 信息熵

美国工程师 Shannon<sup>[9]</sup>将熵的概念引入信息论,提出信息熵的概念,并将模糊的信息进行定量化研究。信息熵是用来量化信息量的负熵,表示系统的有

序程度,系统的有序程度越高,熵值越小,信息量越大;系统的有序程度越低,熵值越大,信息量越小。信息熵具有量化信息量的特性,因此也被学者们引入了艺术与设计领域,用于量化艺术品和设计内容所传达的信息量。在视觉艺术创作领域中,阿恩海姆最早使用信息熵来分析艺术创作。在产品设计中,苏建宁等<sup>[10]</sup>将信息熵引入产品意象形态研究中,提出了意象熵的概念。冯青等<sup>[11]</sup>提出了基于感性意象的产品形态设计方法,构建了感性意象与产品形态之间的映射关系模型,引入了信息熵对获得的感性意象进行评估,得到了感性意象语义量化值。张璐等<sup>[12]</sup>采用信息熵来确定各目标意象的权重,从而降低评价信息的主观性。信息熵在产品形态设计领域得到了比较成熟的应用,下面利用信息熵来量化意象形态设计要素的意象熵值,从而确定各意象形态设计要素的权重。

### 1.2 蛛网图

蛛网图(Spider Chart)评价法,又称戴布拉图、雷达图评价法<sup>[13]</sup>,其原理如下:首先根据实际需求来确定研究对象的主要评价指标,获取评价指标数据,并进行无量纲化处理;然后以一个点为坐标原点建立 $n$ 维坐标系,一个坐标轴对应一个评价指标,每个坐标轴被等分为 $m$ 段;最后将评价指标值标注在坐标轴上,连接成一个 $n$ 维的多边形,以该 $n$ 维多边形的面积、周长等作为参数进行综合评价。近年来,蛛网图评价法已被应用于多个领域。如谭刚平等<sup>[14]</sup>借助蛛网图构建了乘用车车内环境舒适性综合评价模型;刘方伟等<sup>[13]</sup>针对机械设备外观设计决策等问题,应用蛛网图评价设计方案来辅助设计决策;Zhang<sup>[15]</sup>通过分析影响物流配送中心的选址因素,来构建选址要素指标,运用蛛网图对物流配送中心选址进行评价,以优化配送路径;Wang等<sup>[16]</sup>对蛛网图进行了改进,并应用于飞机甲板设计中,以此来评价人机工程学因素指标的相互依赖关系。蛛网图评价法具有3个方面的优势:在二维平面上体现多特征评价;直观形象,通过测评对象的各评价指标值,可以直观地表示出各评价指标的优劣;对比性强,根据各个坐标,可以直接看出考核对象之间的差别<sup>[13]</sup>。文中应用蛛网图直观表征产品意象形态设计要素的权重,量化各要素对整体形态的贡献,并评价产品意象形态设计要素的均衡性。

### 1.3 美度评价

伯克霍夫提出的美度评价,主要用于研究二维多边形轮廓线的美度。近年来,美度评价方法逐渐被引入产品设计领域中,用于评价产品设计布局的合理性。例如,苏建宁等<sup>[17]</sup>通过研究美学知识理论,建立了形态美度指标体系,并基于潜在语义分析法建立了形态美度综合评价方法。戴一康等<sup>[18]</sup>为客观评价空调遥控器人机界面形态元素布局美度,构建了空调遥控器人机界面形态元素布局的美度意象评价指标,采用

AHP 法得出了各个指标权重,提出了综合美度计算方法。Guo 等<sup>[19]</sup>分析了播种机的美学特征要素,构建了美学评价指标体系,并引入 RBF 神经网络,建立了播种机美学评价模型。周爱民等<sup>[20]</sup>依据形式美学和心理学原理,提出了产品形态美度指标,结合最大流原理构建了产品形态美度综合评价模型。笔者将应用此方法对产品形态进行美度评价,并对文中所提出的评价方法的有效性进行验证。

## 2 研究流程

### 2.1 研究样本与感性意象词获取

首先确定具有多形态设计要素的产品案例,然后从相关产品网站搜集产品正视图照片。由于研究内容的限制,文中只研究产品形态,不考虑色彩与材质,所以将所有图片进行灰度处理。邀请若干名专业设计师剔除不符合要求的图片,提取图片形态轮廓,作为语义差异法(Semantic Differential, SD)的研究样本。根据研究样本,通过产品网站、汽车杂志、文献资料、用户调研等渠道,广泛获取产品的感性意象评价词。邀请设计师和消费者根据样本图片对感性意象词进行投票,初步选出具有代表性的若干个感性意象评价词。根据研究样本和选出的感性意象评价词制作 SD 调查问卷,通过问卷调查获取评价数据,应用主成分分析法分析调查数据,最终确定目标感性意象。

### 2.2 形态设计要素解构

对研究样本进行形态特征分析,根据产品形态设计中的意象表达需求,应用形态分析法对样本进行形态设计要素解构,从而建立产品形态设计要素特征,见表 1。

表 1 形态设计要素特征  
Tab.1 Form design element features

设计要素	形态设计要素特征			
$T_1$	$T_1(1)$	$T_1(2)$	$T_1(3)$	...
$T_2$	$T_2(1)$	$T_2(2)$	$T_2(3)$	...
$T_3$	$T_3(1)$	$T_3(2)$	$T_3(3)$	...
...	...	...	...	...

### 2.3 形态设计要素意象数据获取

为获得产品各形态设计要素的意象评价,采用 SD 调查问卷法对消费者和设计师进行调研。将形态设计要素与感性意象词相结合,制作 SD 调查问卷。选取若干名被试者进行问卷调查。依据获取的数据得到形态设计要素与感性意象之间的映射关系,并对数据进行标准化处理。

### 2.4 形态设计要素信息熵权重计算

根据表 1,排列组合设计出新的产品形态样本。

因为实际排序结果所包含的样本量过大,所以笔者采用正交实验法,减少新样本的数量,从而产生数量适宜的新评价样本。

将信息熵理论应用于产品形态设计要素意象评价中,计算产品形态设计要素的意象信息量,并表征产品形态设计要素系统中的意象序状态。将某个产品的形态设计要素集  $T=\{T_1, T_2, T_3, \dots, T_J\}$  ( $J$  表示形态设计要素集  $T$  中的元素个数) 视为一个系统,每个元素包含  $T_j=\{T_j(1), T_j(2), \dots, T_j(q)\}$  个不同类型的意象。将正交实验得到的每个新样本形态视为一个小系统,应用信息熵计算小系统中各形态设计要素的意象不确定程度:

$$P_{ij} = \frac{y_{ij}}{\sum_{i=1}^m y_{ij}} \quad (1)$$

式中:  $y_{ij}$  为小系统中第  $i$  个形态设计要素的第  $j$  个意象评价数据标准化处理后的值;  $P_{ij}$  为第  $i$  个形态设计要素的第  $j$  个意象出现的概率,  $0 \leq P_{ij} \leq 1$ 。

$$I_j = -k \sum_{i=1}^m P_{ij} \ln P_{ij} \quad (2)$$

$$\omega_j = \frac{1 - I_j}{\sum_{i=1}^m (1 - I_j)} \quad (3)$$

式中:  $I_j$  为意象熵值;  $k$  为常数,  $k=1/\ln$ ;  $\omega_j$  为意象形态设计要素权重。

### 2.5 意象形态设计要素均衡性贡献系数及意象形态综合评价计算

#### 2.5.1 意象形态设计要素评价向量

在产品意象形态设计中,为了满足消费者的多维情感需求,产品形态一般携带 2~3 种意象风格,并以复合意象风格的形式表现出来。构建意象形态设计要素评价向量  $X=(x_1, x_2, \dots, x_m)$ 。其中,  $m$  为意象设计要素维数;  $x_m$  为第  $m$  个意象形态设计要素的熵权重值。

#### 2.5.2 意象形态设计要素评价特征向量

蛛网图中指标向量排序不唯一、评价特征向量不唯一,因此,根据文献[21]所提出的改进蛛网图,来构建意象形态设计要素评价特征向量  $E=[S_i, L_i]$ ,其计算公式:

$$S_i = \sum_{j=1}^n \frac{1}{n} \pi x_{ij}^2 \quad (4)$$

$$L_i = \sum_{j=1}^n \frac{2}{n} \pi x_{ij} \quad (5)$$

式中:  $S_i$  为意象指标在蛛网图中围成图形的面积;  $L_i$  为图形的周长。

#### 2.5.3 意象形态设计要素均衡性贡献系数

根据意象形态设计要素评价特征向量构造意象

形态综合评价向量  $W=[W_{is},W_{il}]$ , 其计算公式:

$$W_{is} = \frac{S_i}{\max S_i} \quad (6)$$

$$W_{il} = \frac{L_i}{2\pi\sqrt{S_i}/\pi} \quad (7)$$

式中:  $W_{is}$  为评价主体的面积评价价值;  $W_{il}$  为指标间均衡性的发展情况, 文中其被定义为产品意象形态设计要素均衡性贡献系数,  $0 \leq W_{il} \leq 1$ 。

### 2.5.4 意象形态综合评价函数

根据意象形态综合评价向量来构建意象形态综合评价函数  $F(W_{is},W_{il})$ :

$$F(W_{is},W_{il}) = W_{is} * W_{il} \quad (8)$$

文中依据该函数对产品意象形态进行综合评价。

### 2.6 样本美度评价

为验证文中所提方法的有效性, 引入产品形态美度评价对样本进行美度评价, 并对结果进行对比分析。针对产品形态美度评价指标, 根据专家访谈结果, 结合案例产品的形态布局特点, 选取平衡度、形心偏移度、比例度、整体度、密集度、相似比例度作为美度指标。依据产品形态美度评价公式<sup>[20]</sup>, 对上述正交实验得到的样本进行产品形态美度量化评价。将产品形态美度评价结果与产品意象形态综合评价结果进行对比分析。

## 3 实例研究

### 3.1 汽车前脸样本和意象词汇处理

以具有多个产品形态设计要素的奥迪 A7 系列汽车前脸形态为研究案例。通过奥迪官网选取该系列所有汽车前脸正视图作为初选样本, 将所有图片进行灰度处理, 邀请 5 名专家对不符合要求的、相似的图片进行剔除, 最终选取 5 个图片作为研究样本, 见图 1。

根据所选样本, 通过奥迪官网、汽车杂志、文献资料、用户调研等渠道获取样本的感性意象词汇。邀

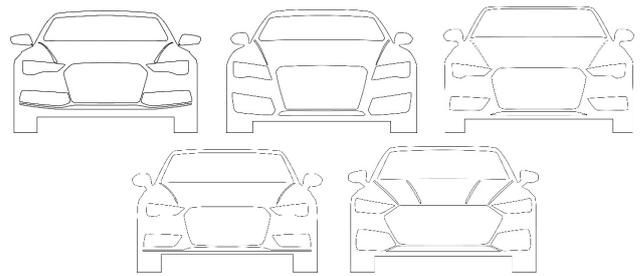


图 1 研究样本  
Fig.1 Research samples

请设计师和消费者根据样本图片进行投票, 初步选出 9 个代表性的感性意象词汇, 分别为豪华感、雅致感、时尚感、简约感、尊贵感、力量感、运动感、硬朗感、大气感。结合 5 个研究样本和 9 个感性意象词汇制作 SD 调查问卷, 并进行问卷调查, 从而获取评价数据。每个产品一般携带 2~3 种意象风格, 因此, 采用主成分分析法来分析调研数据。通过统计分析软件 SPSS 对数据进行分析, 得到第一主成分中高载荷因子为豪华感、时尚感、尊贵感; 第二主成分中高载荷因子为雅致感; 第三主成分中高载荷因子为运动感, 见表 2。结合奥迪官网中对奥迪 A7 的设计定位, 最终选择尊贵感、雅致感、运动感为目标意象。

表 2 主成分分析结果  
Tab.2 Principal component analysis result

因子	感性意象词汇	较高的载荷因子	特征值	解释贡献率/%	累计贡献率/%
1	豪华感	-0.956	5.224	58.049	58.049
	时尚感	-0.917			
	尊贵感	-0.918			
2	雅致感	0.931	1.979	21.987	80.036
3	运动感	0.912	1.470	16.334	96.370

### 3.2 汽车前脸形态设计要素分析与意象数据获取

应用形态分析法提取奥迪 A7 系列汽车前脸形态设计要素, 将其划分为不同的设计要素和对应的形态设计要素特征, 见表 3。

表 3 产品形态设计要素  
Tab.3 Design elements of product form

设计要素	形态设计要素特征			
	(1)	(2)	(3)	(4)
前大灯形态 $T_1$				
上进气格栅 $T_2$				
下进气格栅 $T_3$				
雾灯 $T_4$				
引擎盖折线 $T_5$				

根据形态设计要素分析结果,结合18个形态设计要素和3个感性意象词汇建立SD调查问卷,通过SD问卷调查,获得各形态设计要素的意象评价价值。共发放问卷40份,收回有效问卷38份。其中,设计专业人员20份,非设计人员18份。调查数据见表4。

表4 奥迪A7前脸形态要素意象调查结果  
Tab.4 Image survey results of front face form elements of Audi A7

形态要素	形态要素特征	优雅感	运动感	尊贵感
大灯	T <sub>1</sub> (1)	2.80	3.27	2.87
	T <sub>1</sub> (2)	2.60	2.07	2.53
	T <sub>1</sub> (3)	3.0	3.60	2.87
	T <sub>1</sub> (4)	2.80	3.00	2.80
上进气格栅	T <sub>2</sub> (1)	3.07	2.60	3.20
	T <sub>2</sub> (2)	2.80	2.07	2.93
	T <sub>2</sub> (3)	3.27	2.47	3.27
	T <sub>2</sub> (4)	2.87	3.27	3.00
雾灯	T <sub>3</sub> (1)	3.07	2.93	2.93
	T <sub>3</sub> (2)	2.73	2.80	3.07
	T <sub>3</sub> (3)	2.93	2.40	3.07
	T <sub>3</sub> (4)	2.07	2.33	2.20
下进气格栅	T <sub>4</sub> (1)	4.00	3.73	3.67
	T <sub>4</sub> (2)	3.20	2.80	3.07
	T <sub>4</sub> (3)	3.33	3.67	3.60
	T <sub>4</sub> (4)	2.87	2.80	2.67
引擎盖分割线	T <sub>5</sub> (1)	3.27	3.27	3.33
	T <sub>5</sub> (2)	2.93	3.73	2.80

3.3 汽车前脸形态重构

根据意象形态设计要素分析表设计正交实验,进行意象形态要素重组,构建新的样本形态。应用统计分析软件SPSS(Statistical Package For Social Science)进行正交实验。首先输入形态设计要素种类,然后输入每个形态要素中的形态设计要素特征,最后得到16个正交样本,见图2。

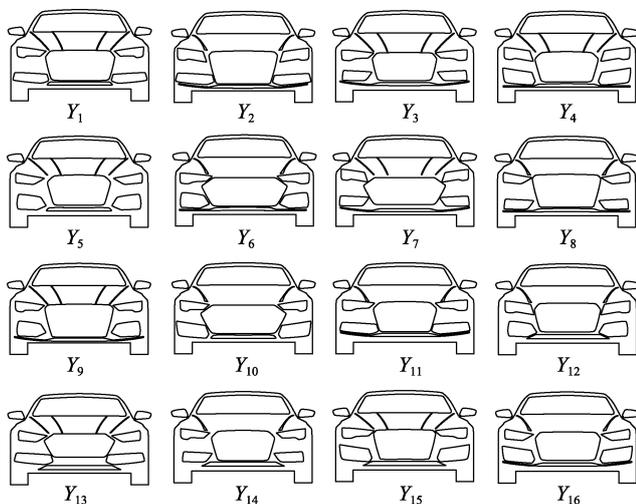


图2 正交实验样本

Fig.2 Orthogonal experiment samples

3.4 汽车前脸意象形态设计要素权重计算

将新样本各形态设计要素的意象评价价值带入式(1)和式(2),以此量化各意象形态设计要素的信息熵,最后带入式(3)计算各形态设计要素的权重值,计算结果见表5。

表5 意象形态设计要素权重  
Tab.5 Weight of image form design elements

样本编号	感性意象				
	大灯	上进气格栅	雾灯	下进气格栅	引擎盖分割线
Y <sub>1</sub>	0.188 9	0.181 7	0.307 0	0.118 7	0.203 7
Y <sub>2</sub>	0.136 8	0.107 9	0.288 8	0.177 7	0.288 8
Y <sub>3</sub>	0.267 0	0.152 1	0.154 5	0.154 4	0.272 1
Y <sub>4</sub>	0.144 6	0.146 3	0.305 8	0.146 0	0.257 3
Y <sub>5</sub>	0.350 8	0.132 4	0.148 0	0.136 0	0.232 8
Y <sub>6</sub>	0.143 2	0.242 8	0.141 3	0.137 9	0.334 8
Y <sub>7</sub>	0.148 0	0.196 3	0.149 6	0.242 7	0.263 4
Y <sub>8</sub>	0.264 3	0.144 2	0.145 4	0.145 3	0.300 9
Y <sub>9</sub>	0.206 0	0.137 9	0.141 2	0.292 8	0.222 1
Y <sub>10</sub>	0.199 6	0.160 3	0.190 0	0.125 7	0.324 3
Y <sub>11</sub>	0.178 9	0.103 6	0.274 8	0.167 9	0.274 8
Y <sub>12</sub>	0.145 9	0.145 0	0.165 0	0.152 9	0.391 1
Y <sub>13</sub>	0.158 8	0.201 9	0.208 6	0.159 7	0.271 0
Y <sub>14</sub>	0.205 1	0.125 7	0.205 7	0.130 3	0.333 2
Y <sub>15</sub>	0.244 3	0.140 2	0.219 8	0.146 7	0.249 0
Y <sub>16</sub>	0.280 3	0.103 9	0.164 2	0.171 3	0.280 3

3.5 汽车前脸意象形态综合评价值计算

3.5.1 汽车前脸意象形态设计要素评价向量

根据意象形态设计要素权重计算结果,并构建样本意象形态设计要素评价向量,见表6。

表6 意象形态设计要素评价向量  
Tab.6 Evaluation vector of image form design elements

X <sub>i</sub>	特征向量
X <sub>1</sub>	(0.188 9, 0.181 7, 0.307 0, 0.118 7, 0.203 7)
X <sub>2</sub>	(0.136 8, 0.107 9, 0.288 8, 0.177 7, 0.288 8)
X <sub>3</sub>	(0.267 0, 0.152 1, 0.154 5, 0.154 4, 0.272 1)
X <sub>4</sub>	(0.144 6, 0.146 3, 0.305 8, 0.146 0, 0.257 3)
X <sub>5</sub>	(0.350 8, 0.132 4, 0.148 0, 0.136 0, 0.232 8)
X <sub>6</sub>	(0.143 2, 0.242 8, 0.141 3, 0.137 9, 0.334 8)
X <sub>7</sub>	(0.148 0, 0.196 3, 0.149 6, 0.242 7, 0.263 4)
X <sub>8</sub>	(0.264 3, 0.144 2, 0.145 4, 0.145 3, 0.300 9)
X <sub>9</sub>	(0.206 0, 0.137 9, 0.141 2, 0.292 8, 0.222 1)
X <sub>10</sub>	(0.199 6, 0.160 3, 0.190 0, 0.125 7, 0.324 3)
X <sub>11</sub>	(0.178 9, 0.103 6, 0.274 8, 0.167 9, 0.274 8)
X <sub>12</sub>	(0.145 9, 0.145 0, 0.165 0, 0.152 9, 0.391 1)
X <sub>13</sub>	(0.158 8, 0.201 9, 0.208 6, 0.159 7, 0.271 0)
X <sub>14</sub>	(0.205 1, 0.125 7, 0.205 7, 0.130 3, 0.333 2)
X <sub>15</sub>	(0.244 3, 0.140 2, 0.219 8, 0.146 7, 0.249 0)
X <sub>16</sub>	(0.280 3, 0.103 9, 0.164 2, 0.171 3, 0.280 3)

### 3.5.2 汽车前脸意象形态设计要素评价向量表征图绘制

在蛛网图中, 为有效标示各意象形态设计要素特

征, 将计算得到的意象评价向量进行归一化数据处理, 绘制 16 个评价样本的表征图, 见图 3。由于文中采用的蛛网图评价方法的指标排序不影响最终的

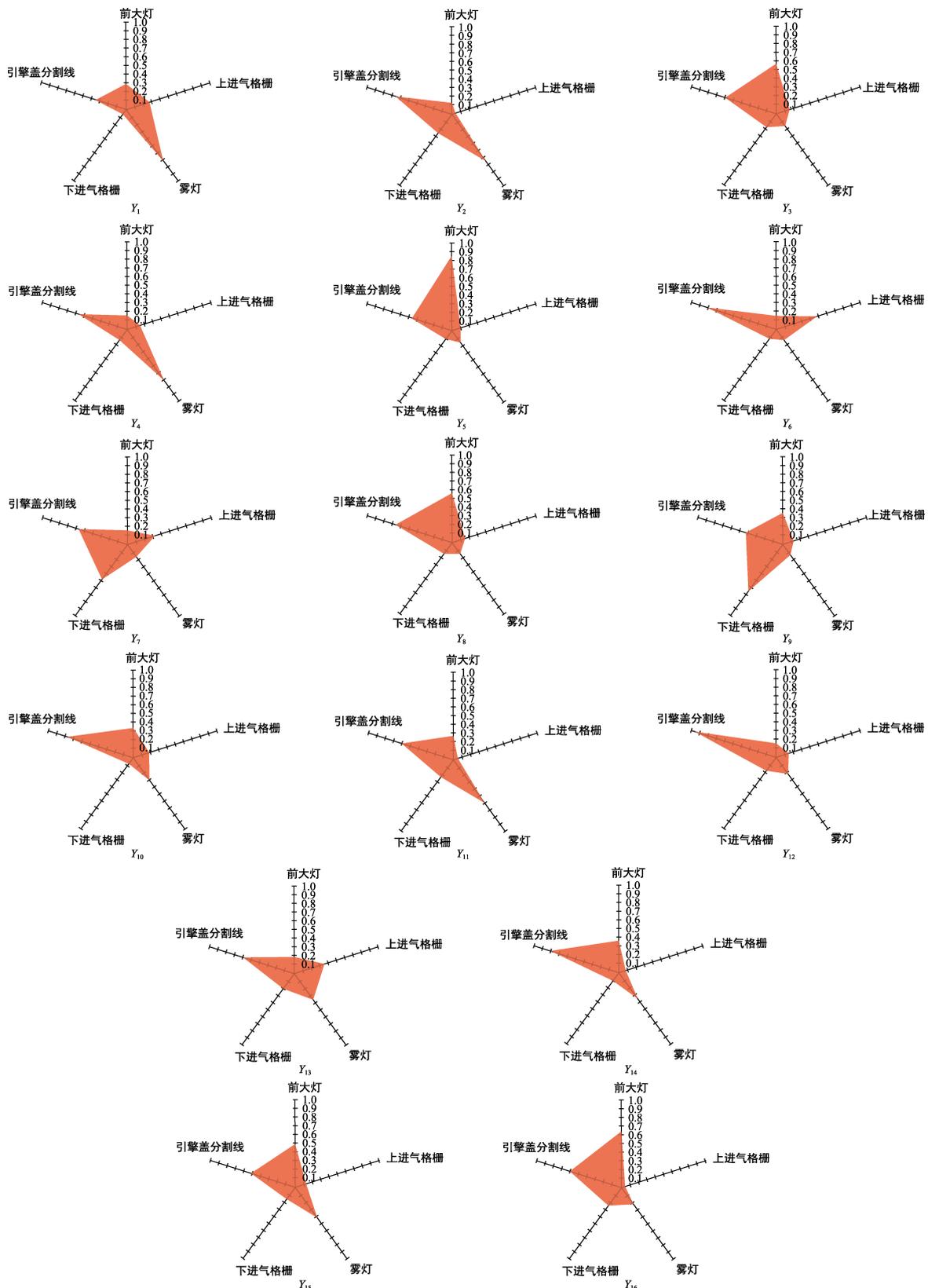


图 3 意象形态设计要素评价向量蛛网图

Fig.3 Spider chart of evaluation vector of image form design elements

评价结果,所以意象形态图中各要素的排序(顺时针排序)为前大灯、上进气格栅、雾灯、下进气格栅、引擎盖分割线。

### 3.5.3 汽车前脸意象形态设计要素均衡性贡献系数及综合评价值计算

根据式(4)与(5)计算意象形态设计要素评价特征向量,将意象形态设计要素评价特征向量带入式(6)与(7),以此构建意象形态综合评价向量  $W=[W_{is}, W_{il}]$ ,最后将意象形态综合评价向量带入式(8),得到意象形态综合评价值,见表7。

表7 产品意象形态综合评价向量及综合评价值  
Tab.7 Comprehensive evaluation vector and comprehensive evaluation value of image forms

样本编号	$W_{is}$	$W_{il}$	$W_{il}$ 排序	$F$	$F$ 排序
$Y_1$	1.048 4	0.956 7	6	1.003 0	11
$Y_2$	1.097 4	0.935 1	13	1.026 1	4
$Y_3$	1.037 1	0.962 0	4	0.997 6	13
$Y_4$	1.071 5	0.946 3	9	1.014 0	8
$Y_5$	1.128 3	0.922 2	15	1.040 5	2
$Y_6$	1.106 0	0.931 4	14	1.030 1	3
$Y_7$	1.012 8	0.973 4	2	0.985 8	15
$Y_8$	1.072 0	0.946 2	10	1.014 3	7
$Y_9$	1.038 4	0.961 2	5	0.998 2	12
$Y_{10}$	1.068 0	0.947 8	8	1.012 2	9
$Y_{11}$	1.064 9	0.949 2	7	1.010 8	10
$Y_{12}$	1.179 6	0.901 8	16	1.063 8	1
$Y_{13}$	1.000 0	0.979 5	1	0.979 5	16
$Y_{14}$	1.094 7	0.936 2	12	1.024 9	5
$Y_{15}$	1.013 1	0.973 2	3	0.985 9	14
$Y_{16}$	1.075 8	0.944 4	11	1.016 0	6

### 3.6 汽车前脸美度评价

根据2.6节选取的6个美度指标,利用Rhinceros软件绘制汽车前脸形态设计要素参数测量坐标系,见图4。坐标系以汽车前脸上的进气格栅边线中点为原点,十字交叉点为各形态设计要素的重心点。 $X_{ij}$ 、 $Y_{ij}$ 分别为形态设计要素到x轴、y轴的距离, $A_{ij}$ 、 $a_{ij}$ 分别为形态设计要素的重心坐标和面积。

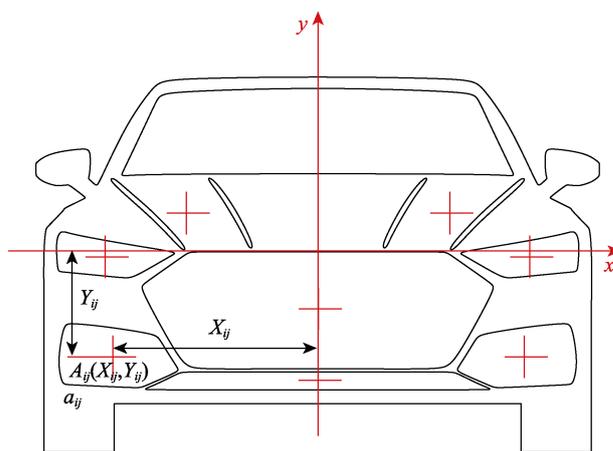


图4 汽车前脸形态设计要素参数测量坐标系  
Fig.4 Coordinate system for measuring parameters of car front face form design elements

通过测绘相关数据,获取新样本的汽车前脸形态参数,并根据所选取的美度指标公式求解各指标值,见表8。

### 3.7 实验结果分析

对比表7和表8的结果可知,意象形态综合评价结果与美度评价结果基本一致,因此可以证明文中所提出的方法是有效的。

根据表8可知,样本 $Y_{12}$ 的综合评价最优,其均

表8 美度评价值  
Tab.8 Aesthetic measure value

样本编号	相似比例度	整体度	比例度	平衡度	密集度	形心偏移度	综合美度评价	综合排序
$Y_1$	0.583 3	0.436 4	0.479 9	0.513 5	0.626 2	0.889 9	0.321 3	14
$Y_2$	0.578 2	0.460 5	0.456 9	0.520 9	0.707 8	0.875 3	0.428 8	12
$Y_3$	0.606 1	0.479 6	0.484 5	0.519 8	0.595 2	0.916 6	0.441 3	11
$Y_4$	0.661 5	0.444 9	0.441 8	0.492 6	0.617 0	0.872 1	0.507 4	7
$Y_5$	0.660 2	0.497 6	0.465 9	0.520 8	0.603 3	0.884 1	0.663 3	2
$Y_6$	0.598 8	0.526 5	0.470 2	0.506 0	0.707 1	0.952 6	0.596 2	3
$Y_7$	0.621 9	0.460 3	0.480 4	0.515 2	0.632 3	0.915 3	0.508 8	6
$Y_8$	0.594 4	0.522 1	0.475 1	0.517 5	0.637 3	0.870 2	0.527 0	5
$Y_9$	0.601 8	0.437 2	0.459 7	0.512 9	0.620 7	0.826 0	0.362 8	13
$Y_{10}$	0.588 6	0.492 2	0.446 1	0.506 4	0.704 3	0.905 4	0.462 0	10
$Y_{11}$	0.555 9	0.524 4	0.465 7	0.516 2	0.611 3	0.888 6	0.320 6	15
$Y_{12}$	0.649 2	0.554 1	0.456 1	0.526 0	0.662 9	0.892 4	0.788 0	1
$Y_{13}$	0.571 1	0.457 3	0.488 3	0.518 1	0.574 6	0.915 5	0.246 9	16
$Y_{14}$	0.604 5	0.531 2	0.477 4	0.518 4	0.582 8	0.887 4	0.498 4	8
$Y_{15}$	0.630 4	0.497 6	0.460 3	0.517 9	0.650 0	0.920 4	0.589 8	4
$Y_{16}$	0.609 2	0.524 3	0.442 9	0.516 5	0.631 5	0.904 3	0.493 9	9

衡性贡献系数最小,因此根据此评价结果可知均衡性贡献系数越小,产品意象形态综合评价结果越好。由此可以说明各意象形态设计要素在耦合成新的产品过程中,并非所有的意象形态设计要素权重越高,就可以耦合出更好的方案。如果所有意象形态设计要素的贡献度都比较高,没有主次之分,将产生意象冲突,反而会降低产品的整体美感,这与文献[5]得出的结果基本一致。结合文中绘制的意象形态设计要素评价向量表征图,可以清晰地看出,在新样本 $Y_{12}$ 中,引擎盖分割线对整体意象评价的贡献度最大,其他的几个意象设计要素贡献度都较小,最终耦合样本的意象评价价值最高。也可以看出,在雅致感、运动感、尊贵感等复合目标意象下,奥迪汽车前脸形态设计要素对整体形态的主要贡献依次为引擎盖分割线、雾灯、下进气栅格、车灯和上进气格栅。若设计师希望设计出带有该复合目标意象的汽车前脸,则可以将注意力集中在上述的排序上,重点考虑排名靠前的意象形态设计要素。

#### 4 结语

产品意象形态由一系列形态设计要素构成,是意象形态设计要素的耦合体,各种类型的形态设计要素会影响消费者的感性意象认知<sup>[22]</sup>。产品意象形态设计是一个多指标评价的复杂过程,蛛网图具有多指标综合评价的特性,且各指标的大小关系可以通过图形的形式直观地表达出来。笔者应用蛛网图评价方法与信息熵权法,探究产品意象形态设计中各意象形态设计要素对复合意象产品形态的贡献规律,以期为设计师提供设计指导。

首先,进行产品形态分析,获取产品形态设计要素的感性意象评价,基于信息熵权法来量化产品意象形态设计中各形态设计要素所携带的信息量,从而获得各形态设计要素在产品意象形态设计中的权重。其次,基于蛛网图评价方法构建产品意象形态设计蛛网图评价向量、特征向量等,从而获得各评价指标的均衡性贡献系数及产品意象形态设计蛛网图。最后,应用产品形态美度评价法对评价结果进行对比研究,以验证该方法的有效性。通过均衡性贡献系数和产品意象形态综合评价价值,图形可以直观地标示形态设计要素对产品意象形态综合评价价值的贡献度与意象表达最优的产品形态,为设计师提供了有益的参考。

#### 参考文献:

- [1] LO C H. Building a Relationship between Elements of Product Form Features and Vocabulary Assessment Models[J]. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, 2016, 12(5): 1399-1423.
- [2] MITSUO N. Kansei Engineering: A New Ergonomic Consumer-oriented Technology for Product Development[J]. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 1995, 15: 3-11.
- [3] CHANG Y M, CHEN C W. Kansei Assessment of the Constituent Elements and the Overall Interrelations in Car Steering Wheel Design[J]. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 2016, 56: 97-105.
- [4] 苏珂,王硕. 产品多意象造型设计研究[J]. *机械设计*, 2016, 33(3): 115-119.  
SU Ke, WANG Shuo. Study of Product Modeling Design with Multiple Images[J]. *Journal of Machine Design*, 2016, 33(3): 115-119.
- [5] 苏建宁,陈彦蒿,景楠,等. 产品意象造型设计中的耦合特性研究[J]. *机械设计*, 2017, 34(1): 105-109.  
SU Jian-ning, CHEN Yan-hao, JING Nan, et al. Coupling Characteristics Study in Product Image Modeling Design[J]. *Journal of Machine Design*, 2017, 34(1): 105-109.
- [6] 郭娟龄,张玉萍,李春. 健康产品形态要素与用户情感意象关联研究[J]. *包装工程*, 2020, 41(4): 207-212.  
GUO Juan-ling, ZHANG Yu-ping, LI Chun. Relevance Between Morphological Elements of Health Product and Emotional Imagery of User[J]. *Packaging Engineering*, 2020, 41(4): 207-212.
- [7] LI M, HE C, LU Z, et al. Quantitative Research on the Relationship Between Design Elements and Kansei Image of Electric Vehicle Styling[C]// *Advances in Interdisciplinary Practice in Industrial Design, Proceedings of the AHFE 2019 International Conference on Interdisciplinary Washington: Practice in Industrial Design*, 2019.
- [8] 师洁,苏建宁,李雄. 产品意象原型形态重组优化设计研究[J]. *包装工程*, 2019, 40(8): 47-53.  
SHI Jie, SU Jian-ning, LI Xiong. Coupling Optimization Design Research of Product Image Prototype Form[J]. *Packaging Engineering*, 2019, 40(8): 47-53.
- [9] SHANNON C E. A Mathematical Theory of Communication[J]. *The Bell System Technical Journal*, 2001, 5(3): 3-55.
- [10] 苏建宁,张新新,景楠,等. 认知差异下的产品造型意象熵评价研究[J]. *机械设计*, 2016, 33(3): 105-108.  
SU Jian-ning, ZHANG Xin-xin, JING Nan, et al. Research on the Entropy Evaluation of Product Styling Image under the Cognitive Difference[J]. *Journal of Machine Design*, 2016, 33(3): 105-108.
- [11] 冯青,武智灵. 基于感性意象的蒸馏酒容器形态设计[J]. *食品与机械*, 2019, 35(3): 120-123.  
FENG Qing, WU Zhi-ling. Research on Form Design of Distilled Wine Bottle Based on Kansei Image[J]. *Food and Machinery*, 2019, 35(3): 120-123.
- [12] 张璐,李巨韬,赵艳云,等. 基于用户感性需求的产品设计方案评估方法[J]. *运筹与管理*, 2019, 28(1): 152-157.  
ZHANG Lu, LI Ju-tao, ZHAO Yan-yun, et al. Evaluation Method for Product Design Based on Users Emo-

- tional Needs[J]. *Operations Research and Management Science*, 2019, 28(1): 152-157.
- [13] 刘方伟, 龙国安. 蛛网图评价法在机械设备外观设计决策中的应用[J]. *林业机械与木工设备*, 2011, 39(5): 46-48.
- LIU Fang-wei, LONG Guo-an. Application of the Spider Diagram Evaluation Method in Equipment Outlook Design Decisions[J]. *Forestry Machinery & Woodworking Equipment*, 2011, 39(5): 46-48.
- [14] 谭刚平, 黄方昊, 谷飞鸿. 基于熵权法的车内环境舒适性评价模型[J]. *科技通报*, 2017, 33(3): 229-262.
- TAN Gang-ping, HUANG Fang-hao, GU Fei-hong. Evaluation Model of Environmental Comfort in Vehicle Based on Method of Entropy Weight[J]. *Bulletin of Science and Technology*, 2017, 33(3): 229-262.
- [15] ZHANG L. Study on Location Selection of Logistics Distribution Center Based on Spider Chart[J]. *International Journal of u- and e- Service, Science and Technology*, 2016, 9(10): 297-308.
- [16] WANG L, WANG Y, DONG W, et al. A Novel Approach for Comprehensive Evaluation of Flight Deck Ergonomic Design: Delphi-Order Relation Analysis (ORA) Method and Improved Radar Chart[M]// *Engineering Psychology and Cognitive Ergonomics*. New York: Springer International Publishing, 2016.
- [17] 苏建宁, 杨文瑾, 张书涛, 等. 基于潜在语义分析的形态美度综合评价方法[J]. *兰州理工大学学报*, 2018, 44(6): 39-43.
- SU Jian-ning, YANG Wen-jin, ZHANG Shu-tao, et al. Comprehensive Evaluation Method of form Aesthetic Degree Based on Latent Semantic Analysis[J]. *Journal of Lanzhou University of Technology*, 2018, 44(6): 39-43.
- [18] 戴一康, 薛澄岐, 王海燕. 基于 AHP 的界面美度评价方法探究[J]. *设计*, 2018(8): 123-125.
- DAI Yi-kang, XUE Cheng-qi, WANG Hai-yan. The Research on Evaluation of Interface Aesthetics Based on AHP[J]. *Design*, 2018(8): 123-125.
- [19] GUO H P, YANG F Z, LU J D, et al. Research on the Aesthetic Evaluation Method of Seeding Machinery Based on RBF Neural Network[J]. *International Journal of and Service, Science and Technology*, 2016, 9(12): 433-442.
- [20] 周爱民, 苏建宁, 阎树田, 等. 产品形态审美综合评价的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]. *Journal of Mechanical Engineering*, 2018, 54(15): 150-159.
- [21] 陈勇, 陈潇凯, 李志远, 等. 具有评价结果唯一性特征的雷达图综合评价法[J]. *北京理工大学学报*, 2010, 30(12): 1409-1412.
- CHEN Yong, CHEN Xiao-kai, LI Zhi-yuan, et al. Method of Radar Chart Comprehensive Evaluation with Uniqueness Feature[J]. *Transactions of Beijing Institute of Technology*, 2010, 30(12): 1409-1412.
- [22] 陈金亮, 赵锋, 廖浩勤, 等. 基于感性意象的 SUV 前脸造型设计[J]. *包装工程*, 2020, 41(20): 102-108.
- CHEN Jin-liang, ZHAO Feng, LIAO Hao-qin, et al. SUV Front Face Styling Design Based on Perceptual Image[J]. *Packaging Engineering*, 2020, 41(20): 102-108.

责任编辑: 马梦遥