

# 基于感性意象的概念汽车车身造型评价研究

鞠清绘, 刘炜祯, 阮景奎  
(湖北汽车工业学院, 湖北 十堰 442002)

**摘要:** **目的** 为了减小汽车造型设计过程中对抽象感性意象的主观描述误差, 提出一种主客观相结合的科学造型评价方法。**方法** 以层次分析法 (Analytic Hierarchy Process) 和熵权法 (Entropy Weight Method) 相结合的汽车造型评价方法, 通过感性语义空间的建立, 将抽象的语义描述定量化, 建立汽车造型意象评价体系, 对所建立的判断矩阵进行一致性检验, 获得各层次评价指标的主观权重, 利用熵权法计算各评价指标的信息熵, 进而求得各评价指标的客观权重, 通过拉格朗日乘子法优化得到组合权重, 将其运用到车身造型设计评价中以确定最终设计方案。**结论** 该方法以4种概念轿车车身初步造型方案为评价对象, 筛选出最优设计方案, 评价结果同时反映汽车造型主观评价与客观评价, 提升了权重的准确性与科学性, 为后续汽车造型设计方向提供可靠参考。

**关键词:** 层次分析法; 熵权法; 汽车造型; 设计评价

**中图分类号:** TB472 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2023)04-0270-07

**DOI:** 10.19554/j.cnki.1001-3563.2023.04.033

## Evaluation Study on Conceptual Vehicle Styling Design Based on Perceptual Image

JU Qing-hui, LIU Wei-zhen, RUAN Jing-kui  
(Hubei University of Automotive Technology, Hubei Shiyan 442002, China)

**ABSTRACT:** The work aims to put forward a scientific styling evaluation method combining subjectivity and objectivity, so as to reduce the error of subjective description of abstract perceptual image in the process of vehicle styling design. With the vehicle styling evaluation method combining Analytic Hierarchy Process and Entropy Weight Method, the abstract semantic description was quantified through the establishment of perceptual semantic space. The evaluation system of vehicle styling image was established, and the consistency of the established judgment matrix was tested to obtain the subjective weight of evaluation index at each level. The Entropy Weight Method was used to calculate the information entropy of each evaluation index, and then the objective weight of each evaluation index was obtained. The combination weight was optimized by Lagrange multiplier method and applied to the evaluation of vehicle styling design to determine the final scheme. The method takes four preliminary styling schemes of conceptual vehicle as the evaluation object, and selects the best design scheme. The evaluation results reflect both subjective evaluation and objective evaluation of vehicle styling, which improves the accuracy and scientificity of the weight and provides reliable reference for the subsequent vehicle styling design direction.

**KEY WORDS:** Analytic Hierarchy Process; Entropy Weight Method; vehicle styling; design evaluation

目前传统汽车造型设计多以设计师的主观喜好为主, 并未从用户的角度出发, 未能了解用户的造型需求及哪些设计因素对用户的选择产生影响, 使传统造型设计不能满足现代消费者审美需求。感性意象作

为人们通过视觉等感官捕获物体外观, 综合情感、联想形成符合内心预期的一种认知活动, 将感性意象设计运用于传统概念车设计, 使汽车造型更好的贴合用户心理期望, 满足当代消费者的需求。一些潜在的造

收稿日期: 2022-09-10

作者简介: 鞠清绘 (1963—), 男, 硕士, 教授, 主要研究方向为工业设计、汽车造型设计。

通信作者: 阮景奎 (1963—), 男, 博士, 教授, 主要研究方向为计算机辅助设计及其一体化。

型逻辑模式规则在我国现代汽车造型的设计中普遍存在, 景春晖<sup>[1]</sup>通过构建汽车造型多目标优化规则模型, 提出一种汽车造型原型特征抽取方法; 陈金亮等<sup>[2]</sup>利用语义差分法获取 SUV 汽车前脸感性意象评价, 将用户模糊情感意象转化为具体设计要素, 使汽车前脸造型更加人性化; 季曹婷等<sup>[3]</sup>针对汽车造型智能设计领域中如何有效提取用户需求的问题, 提出一种融合多特征 TFIDF (词频-逆向文件频率) 文本分析的汽车造型需求提取方法; 程永胜等<sup>[4]</sup>通过汽车造型意象词汇获取确定汽车造型评价样本, 利用层次分析法建立造型评价指标体系, 采用模糊隶属度函数对各评价结果进行了量化处理, 筛选最佳汽车造型方案。以上研究都对汽车造型质量评价有一定成效, 但未考虑客观权重对评价结果的影响, 鉴于此, 将主观的感性意向与产品造型相映射, 提出一种将主客观权重与客观权重相结合的汽车设计造型意象评价模型。

## 1 理论基础

### 1.1 感性工学理论

感性工学将包含个人经验、回忆、想象等模糊意象, 通过意识活动归纳整理形成具体意象, 以语言、文字、图案等方式具象表达<sup>[5]</sup>, 是一种将用户抽象的感性特征因素具体化为定量数据并应用于产品设计中的理论<sup>[6]</sup>。

### 1.2 语义差分法

语义差分法通过对用户进行心理感受测定的感性语义词汇提取, 将其抽象的感知反映在李克特量表上, 运用统计学方法分析其规律<sup>[7]</sup>。通常采用语义量表对互为反义词的感性词汇进行主观评分, 在产品造型与感性词汇间构造定量化数据。

### 1.3 层次分析法 (AHP)

层次分析法将复杂多目标决策问题根据不同目标及准则分为不同的层次结构, 通过构造判断矩阵求解特征向量, 将不同层次结构目标相对于高层总目标赋予权重, 能有效解决多目标综合评价问题, 定量描述无序的评价指标。

## 2 基于感性意向车身造型设计评价过程

### 2.1 造型方案设计

一个好的造型设计能够为汽车开拓更加广阔的消费市场, 随着技术的发展, 个性化的需求和差异更多地反映在汽车造型设计中<sup>[8]</sup>。汽车设计是广义上的大型产品设计, 产品设计的时尚一直在追求人情味的有机形和强调现代感的几何形之间、在复杂与简洁、曲线与直线之间螺旋上升<sup>[9]</sup>。把握用户情感需求和个人认知, 能够有意识地充分考虑和运用各零部件的功能结构和其他技术条件中所具备的差别和统一性等影响因素, 把它们有机地联合在一起, 各部分相互关联和呼应, 力求达到造型变化与统一的完美融合<sup>[10]</sup>是汽车造型设计的主要任务。以概念轿车为例, 人们在观察汽车造型时视觉首先注意到汽车的整体轮廓, 通过前期认知形成对事物的第一印象, 产品特征线最能影响人们对产品的直观感受, 其中又以车身侧面顶线, 腰线最具表现能力, 将对产品外观造型的主观意象用一些形容词描述, 针对用户期望进行设计, 可有效降低新产品的开发风险<sup>[11]</sup>。

汽车发展最大的障碍已由技术上的限制转变为设计思维的限制, 概念车设计正是基于汽车本质的一种具有预见性的创新设计, 以东风概念轿车四种初步设计结果作为汽车造型评价对象, 具体造型, 见图 1。



图 1 4 种汽车造型设计

Fig.1 Four vehicle styling design schemes

方案1尾部车灯的设计采用了贯穿式车灯设计,车身整体流畅自然,圆润的驾驶室设计十分符合空气动力学,前车大灯设计采用了LED灯条,增加汽车整体的科技感和时尚感。方案2应用仿生学,将觅食状态的青蛙应用于整车设计,进气格栅设计灵感源自蛙类张鼓的气囊,将四足特点用于车轮外形,采用包覆性材料将轮胎覆盖,当车辆转向时,材料会随车轮伸缩摆动将车轮包覆在内,使车身更为流线,减小风阻。前脸饰条和车尾灯带融合东风的双飞燕设计,汽车尾部沿袭了风神D53的溜背式设计,侧身设计成了隐匿式车门,整体线条硬朗而不失柔美。方案3创意来源于中国的龙元素,全顶天窗的设计使汽车室内更加明亮,车门采用剪刀式开启方式,车门开启犹如一条腾飞的巨龙。方案4中,在汽车造型线中加入了更多的直线,加入这些直线后,汽车显得有棱有角,又不失圆润,直与曲的对比,方与圆的对比,使汽车的整体造型符合形式美学。

### 2.2 感性语义空间构造

为了准确获取用户对汽车造型的感性认知,通过各大汽车杂志、论坛、网站收集品牌价值靠前的概念性汽车图片共计127张,邀请行业内设计人员以访谈、问卷调查等方式筛选出8款最具代表性的概念轿车,以“品牌形象、结构特征、设计风格”三个准则层为评价依据,统计收集与其相关的感性评价词汇共40个<sup>[12]</sup>。通过语义差分法对感性意象空间内确定的40个语义词汇进行反义词配对,根据李克特量表构建5级语义量表(-2, -1, 0, 1, 2),评分分别对应于“完全不满足”“部分不满足”“较少满足”“基本满足”“完全满足”5个不同的评价词汇,建立与4种不同车身造型设计方案相匹配的汽车感性意象认知调查问卷,采用问卷打分形式,被访者根据个人心理期望对不同造型方案对应的各评价指标进行评价打分。向行业内设计人员与用户发放问卷共130份,针对回收的127份有效问卷进行聚类分析,对问卷结果进行词汇筛选,剔除语义相近或类似的形容词,得到与准则层各指标最贴近的评价词汇12对,构成感

性意象语义空间,即高端的-低端的、原创的-仿造的、前卫的-守旧的、协调的-失调的、流线的-凌厉的、轻巧的-厚重的、仿生的-几何的、时尚的-落后的、简洁的-复杂的、动感的-稳重的、豪华的-简约的、智能的-传统的。

## 3 权重计算方法

采用层次分析法<sup>[13]</sup>和熵权法作为汽车造型质量评价方法<sup>[14]</sup>,对各方案评价结果进行量化处理,利用层次分析法得到汽车造型评价指标及其主观权重,运用熵权法对模糊综合评价矩阵计算汽车造型客观权重。综合主客观权重值与四种造型设计方案进行打分,最高得分方案即为最优车身造型设计。

### 3.1 建立判断矩阵

以汽车造型质量评价(A<sub>1</sub>)作为层次分析的总目标,以品牌形象(B<sub>1</sub>)、结构特征(B<sub>2</sub>)、设计风格(B<sub>3</sub>)三个子评价依据作为决策考虑因素的中间准则层,以准则层各评价指标对应的12对感性意象词汇(C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub>, ..., C<sub>12</sub>)作为底层指标层,构建汽车造型评价递阶层次模型,见图2。

通过一致矩阵法将抽象的感性词汇相较上一层级指标两两比较,将其按重要程度量化评定等级,利用Saaty比例标度表得到各层指标的判断矩阵M。

$$M = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1j} & \cdots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \cdots & a_{2j} & \cdots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \vdots \\ a_{i1} & a_{i2} & \cdots & a_{ij} & \cdots & a_{in} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \cdots & a_{nj} & \cdots & a_{nn} \end{bmatrix} \quad (1)$$

$$a_{ij} = \frac{1}{a_{ji}} \quad (2)$$

式中, i代表正向评价语义, j代表反向评价语义, i=1,2,...,n, j=1,2,...,n。采用数字1~7及其倒数作为互为反义词重要程度评价值,评价结果1代表

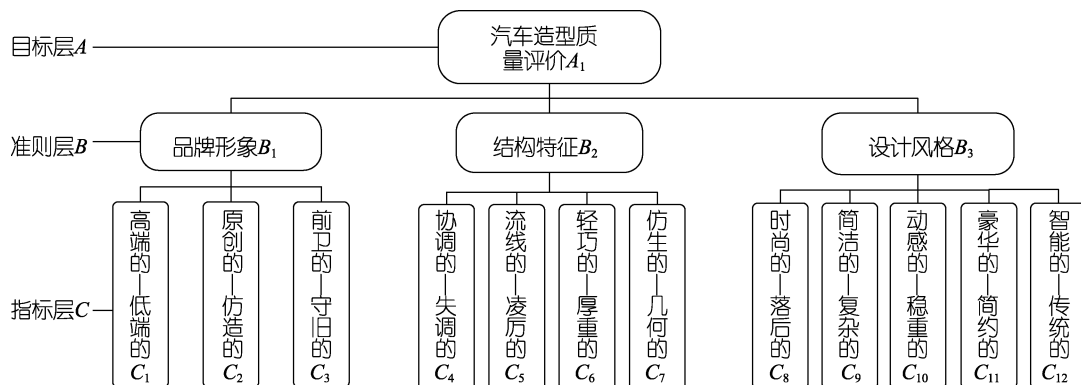


图2 汽车造型评价指标体系  
Fig.2 Vehicle styling evaluation index system

互为反义的一组词汇同等重要; 评价结果 3 代表评价结果  $i$  较结果  $j$  略微重要; 评价结果 5 代表评价结果  $i$  较结果  $j$  一般重要, 评价结果 7 代表评价结果  $i$  较结果  $j$  极其重要。

各层级判断矩阵, 见表 1—4。

表 1 准则层判断矩阵  
Tab.1 Criteria layer judgment matrix

$A_1$	$B_1$	$B_2$	$B_3$
$B_1$	1	1/5	1/2
$B_2$	5	1	3
$B_3$	2	1/3	1

注:  $CI=0.0019$ ;  $CR=0.0037$ 。

表 2 品牌形象评价指标判断矩阵  
Tab.2 Brand image evaluation index judgment matrix

$B_1$	$C_1$	$C_2$	$C_3$
$C_1$	1	1/5	1/3
$C_2$	5	1	3
$C_3$	3	1/3	1

注:  $CI=0.0192$ ;  $CR=0.0369$ 。

表 3 结构特征评价指标判断矩阵  
Tab.3 Structural characteristic evaluation index judgment matrix

$B_2$	$C_4$	$C_5$	$C_6$	$C_7$
$C_4$	1	2	1/5	1/5
$C_5$	1/2	1	1/7	1/5
$C_6$	5	7	1	2
$C_7$	5	5	1/2	1

注:  $CI=0.0255$   $CR=0.0287$ 。

表 4 设计风格评价指标判断矩阵  
Tab.4 Design style evaluation index judgment matrix

$B_2$	$C_8$	$C_9$	$C_{10}$	$C_{11}$	$C_{12}$
$C_8$	1	1/6	1/7	1/6	1/7
$C_9$	6	1	1/2	1	1/2
$C_{10}$	7	2	1	2	1
$C_{11}$	6	1	1/2	1	1/2
$C_{12}$	7	2	1	2	1

注:  $CI=0.0117$ ;  $CR=0.0104$ 。

### 3.2 一致性检验

鉴于不同个体对于汽车造型审美的差异性和评价指标的多样性, 基于个人主观意愿给出的判断矩阵, 并不总能满足上述要求, 这样得出的结果, 将严重影响判断矩阵一致性, 致使评价指标权重失真。因此, 需要对判断矩阵的一致性进行检验, 达到验证各汽车造型评价指标间重要程度的协调性的目的。当评

价指标个数  $n \geq 2$  时计算一致性指标  $CI$  :

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} \quad (3)$$

式中,  $\lambda_{\max}$  为判断矩阵最大特征值,  $n$  为汽车造型评价指标个数。

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (4)$$

式中  $CR$  为一致性比例,  $CI$  为一致性指标,  $RI$  为平均一致性指标, 当  $CR \leq 0.1$  时, 认为所构造的造型评价矩阵具有可接受的一致性。

### 3.3 计算主观权重

采用几何平均法计算各评价指标在汽车造型中的权重。

$$\omega_i = \frac{\left( \prod_{j=1}^n a_{ij} \right)^{\frac{1}{n}}}{\sum_{k=1}^n \left( \prod_{j=1}^n a_{kj} \right)^{\frac{1}{n}}} \quad (5)$$

式中 ( $i=1, 2, \dots, n$ ),  $\omega_i$  表示第  $i$  个指标的权重,  $a_{ij}$  表示原判断矩阵中第  $i$  行第  $j$  列的元素。对判断矩阵各列的几何平均值进行归一化处理得到权重  $\omega_i$ , 最终各层次评价指标权重值, 见表 5。

表 5 汽车造型评价指标权重值  
Tab.5 Vehicle styling evaluation index weight values

一级指标	二级指标	权重	三级指标	主观权重 $\omega_i$
汽车造型质量评价 ( $A_1$ )	品牌形象 ( $B_1$ )	0.122 0	高端的—低端的 ( $C_1$ )	0.258 3
			原创的—仿造的 ( $C_2$ )	0.637 0
			前卫的—守旧的 ( $C_3$ )	0.104 7
	结构特征 ( $B_2$ )	0.648 3	协调的—失调的 ( $C_4$ )	0.094 1
			流线的—凌厉的 ( $C_5$ )	0.061 2
			轻巧的—厚重的 ( $C_6$ )	0.511 9
			仿生的—几何的 ( $C_7$ )	0.332 8
设计风格 ( $B_3$ )	0.229 7	时尚的—落后的 ( $C_8$ )	0.035 6	
		简洁的—复杂的 ( $C_9$ )	0.172 5	
		动感的—稳重的 ( $C_{10}$ )	0.309 7	
		豪华的—简约的 ( $C_{11}$ )	0.172 5	
		智能的—传统的 ( $C_{12}$ )	0.309 7	

### 3.4 计算客观权重

通过感性语义空间的建立, 对获取的造型风格词汇运用层次分析法赋权这一过程偏向主观性。为了减小因个人认知与审美水平差异带来的主观因素上的影响, 采用熵权法对主观造型评价结果进行计算以确定客观权重。熵值理论反应系统指标的离散程度, 若某项指标的信息熵越小, 其变异程度越大<sup>[15]</sup>, 该指标

提供的信息量越大。根据汽车造型指标变异性的大小来确定各评价指标的客观权重,这一过程依赖于数据本身的离散性,避免了人为因素的干扰,保证权值结果的客观性,可有效减少人为因素带来的赋权误差。

3.4.1 评价矩阵建立

为了避免评价结果带来的模糊性将汽车造型指标质量评价划分为5个等级,分别为优秀[90, 100]、良好[80, 90]、中等[70, 80]、合格[60, 70]、不合格[0, 60],各等级评价数值记为 $u_k$ 。通过专家打分法对各评价指标对应等级打分,其中 $k=1,2,\dots,12$ 分别对应指标层 $C_1, C_2, \dots, C_{12}$ 的打分结果,针对4种设计方案,得到模糊综合评价矩阵,见表6。

3.4.2 评价数据标准化

建立汽车造型归一化评价矩阵 $A$ 。

$$A = (r_{ij})_{m \times n} \quad (6)$$

式中, $m$ 为汽车造型评价矩阵中所包含的评价对象个数, $n$ 为评价指标的个数。

由式(7)对原始造型评价矩阵 $A$ 进行标准化处理,得到判断矩阵 $R$ 。

$$r'_{ij} = \frac{r_{ij} - \min(r_i)}{\max(r_i) - \min(r_i)} \quad (7)$$

$$R = (r'_{ij})_{m \times n} \quad (8)$$

式中 $r'_{ij}$ 为 $r_{ij}$ 归一化后的数据, $\max(r_i)$ 表示第 $j$ 个指标的最大值, $\min(r_i)$ 表示第 $j$ 个指标的最小值,指标层归一化评价矩阵,见表7。

3.4.3 各方案下评价指标所占比重

为了保证信息熵计算的准确性,还需计算第 $i$ 个专家针对第 $j$ 个指标赋值所占比重 $P_{ij}$ 。计算公式见式(9)。

$$P_{ij} = \frac{r_{ij}}{\sum_{i=1}^m r_{ij}} \quad (9)$$

3.4.4 造型评价指标信息熵

各指标层信息熵的大小反应各造型语义词汇的信息量期望,信息熵值 $E_j$ 越大其变异程度越小,反应的信息量越少,计算公式见式(10)。

$$E_j = -\ln(m)^{-1} \sum_{i=1}^m p_{ij} \ln p_{ij} \quad (10)$$

3.4.5 计算熵权

通过计算信息效用值,进而求得各指标熵权,计算公式见式(12)。

$$D_j = 1 - E_j \quad (11)$$

$$\omega_j = \frac{D_j}{\sum_{j=1}^n D_j} \quad (12)$$

式中 $i=1,\dots,m; j=1,\dots,n$ ,  $D_j$ 为效用值, $0 \leq \omega_j \leq 1$ ,  $\omega_j$ 为指标层各指标对应的客观权重。

3.5 计算组合权重

综合层次分析法获得的主观权重 $\omega_i$ 和熵权法确定的客观权重 $\omega_j$ ,通过拉格朗日乘子法得到汽车造型评价组合权重 $\omega_k$ ,计算公式见式(13)。

$$\omega_k = \frac{(\omega_k \omega_{j_k})^{1/2}}{\sum_{k=1}^n (\omega_k \omega_{j_k})^{1/2}} \quad (13)$$

式中 $k=1,2,\dots,m$ 。

各评价指标信息熵及权重,见表8。

表6 指标层模糊综合评价矩阵  
Tab.6 Fuzzy integrated evaluation matrix of index layer

方案	$u_1$	$u_2$	$u_3$	$u_4$	$u_5$	$u_6$	$u_7$	$u_8$	$u_9$	$u_{10}$	$u_{11}$	$u_{12}$
方案1	87	94	95	84	96	84	93	90	96	93	80	85
方案2	91	85	93	80	92	90	86	98	92	90	92	79
方案3	94	85	94	91	91	83	94	95	93	92	81	85
方案4	92	90	92	95	77	94	93	95	94	86	91	94

表7 指标层归一化评价矩阵R  
Tab.7 Normalized evaluation matrix R of index layer

方案	$C_1$	$C_2$	$C_3$	$C_4$	$C_5$	$C_6$	$C_7$	$C_8$	$C_9$	$C_{10}$	$C_{11}$	$C_{12}$
方案1	0	1	1	0.27	1	0.09	0.88	0	1	1	0	0.4
方案2	0.57	0	0.33	0	0.79	0.64	0	1	0	0.57	1	0
方案3	1	0	0.67	0.73	0.74	0	1	0.63	0.25	0.86	0.08	0.4
方案4	0.71	0.56	0	1	0	1	0.88	0.63	0.50	0	0.92	1

表 8 各评价指标信息熵及权重  
Tab.8 Information entropy and weight  
of each evaluation index

指标层 C	信息熵	客观权重 $\omega_j$	组合权重 $\omega_k$
C <sub>1</sub>	0.772 5	0.063 7	0.077 6
C <sub>2</sub>	0.471 3	0.147 7	0.185 4
C <sub>3</sub>	0.731 2	0.075 1	0.053 6
C <sub>4</sub>	0.713 9	0.079 9	0.052 4
C <sub>5</sub>	0.785 2	0.060 0	0.036 6
C <sub>6</sub>	0.601 3	0.111 4	0.144 4
C <sub>7</sub>	0.791 3	0.058 3	0.084 2
C <sub>8</sub>	0.774 8	0.062 9	0.028 6
C <sub>9</sub>	0.688 6	0.087 0	0.074 1
C <sub>10</sub>	0.775 8	0.062 7	0.084 2
C <sub>11</sub>	0.600 5	0.111 6	0.083 9
C <sub>12</sub>	0.714 8	0.079 7	0.095 0

3.6 计算评价结果

将各汽车造型决策指标优化组合后的权重  $\omega_k$  与专家打分法对应的打分结果  $u_k$  相乘求和, 可得各设计方案综合评价结果  $X$ ,  $x_1, x_2, \dots, x_{12}$  分别对应指标层各评价指标  $C_1, C_2, \dots, C_{12}$  的评价结果。

$$X = \sum_{k=1}^{12} \omega_k \cdot u_k \tag{14}$$

四种造型方案计算结果, 见表 9。

表 9 4 种造型方案评价结果  
Tab.9 Evaluation results of four styling schemes

评价结果	方案 1	方案 2	方案 3	方案 4
$x_1$	6.751 2	7.061 6	7.294 4	7.139 2
$x_2$	17.427 6	15.759 0	15.759 0	16.686 0
$x_3$	5.092 0	4.984 8	5.038 4	4.931 2
$x_4$	4.401 6	4.192 0	4.768 4	4.978 0
$x_5$	3.513 6	3.367 2	3.330 6	2.818 2
$x_6$	12.129 6	12.996 0	11.985 2	13.573 6
$x_7$	7.830 6	7.241 2	7.914 8	7.830 6
$x_8$	2.574 0	2.802 8	2.717 0	2.717 0
$x_9$	7.113 6	6.817 2	6.891 3	6.965 4
$x_{10}$	7.830 6	7.578 0	7.746 4	7.241 2
$x_{11}$	6.712 0	7.718 8	6.795 9	7.634 9
$x_{12}$	8.075 0	7.505 0	8.075 0	8.930 0
总计 X	89.451 4	88.023 6	88.316 4	91.445 3

得到 4 种汽车车身造型设计的最终总评得分: 方案 1 得分  $X_1=89.451 4$ ; 方案 2 得分  $X_2=88.023 6$ ; 方案 3 得分  $X_3=88.316 4$ ; 方案 4 得分  $X_4=91.445 3$ 。

将所得分数由高到低依次排列  $X_4 > X_1 > X_3 >$

$X_2$ , 由此确定方案 4 为最优设计方案。

综合表 5 与表 8 得到的汽车造型评价主、客观权重与组合权重, 将准则层与指标层各指标权重按从大到小依次排列。根据层次分析法获得的主观造型评价结果  $\omega_{B_2} > \omega_{B_3} > \omega_{B_1}$ , 结果表明汽车造型当以结构特征为首要设计目标, 其中又以“轻巧的”这一设计要素为设计主导, 设计风格方面则期望包含更多动感智能的元素设计, 品牌形象方面更期待原创性的设计结果。根据熵权法获得的客观造型评价结果,  $\omega_{j_2} > \omega_{j_1} > \omega_{j_3}$  造型设计过程中更注重轻巧的结构设计与简约的造型风格, 整体上追求一种具有强大创造性的原创品牌形象。

同时对组合权重值进行分析, 对准则层组合权重和按由大到小的排序依次排列  $\omega_{kB_3} > \omega_{kB_2} > \omega_{kB_1}$ , 结果表明准则层中车身设计风格 ( $B_3$ ) 在汽车造型设计中最为人们所重视, 未来车身造型设计可参考“智能的-传统的”这一设计要素为主要构思方向; 在结构特征 ( $B_2$ ) 方面更倾向于车身造型特征是否具有轻巧的结构设计, 结果与主客观评价结果相吻合; 基于品牌形象 ( $B_1$ ) 更追求原创性的创意设计, 结果与主观评价结果相一致。

4 结语

为了使汽车造型设计在贴合用户心理需求的同时, 保证造型指标权重的合理性与科学性, 文章以 4 种汽车造型方案设计为例, 基于感性工学理论建立汽车造型评价指标体系, 运用层次分析法计算各评价指标对应的主观权重, 将抽象的意象评价指标定量描述, 但由于判断矩阵受访者主观决策得到, 客观性较差。同时利用熵权法建立客观权重, 通过各指标包含的信息量大小来确定各评价指标熵权, 克服了主观因素带来的误差影响, 进而通过拉格朗日乘子法优化主观权重和客观权重, 使主、客观相融合, 计算得出四种造型设计方案排名, 以确定最终设计方案, 验证了该评价方法的可操作性, 通过组合权重的计算可更全面地保证评价指标的可信度, 对组合权重进行分析, 以明确未来汽车造型设计过程中的重点方向。总体而言, 此方法提升了造型方案评价权重的准确性与科学性, 为后续设计人员充分挖掘评价指标中的主观经验信息与各准则层设计指标样本值的客观差异信息进行造型设计提供了可靠参考。

参考文献:

[1] 景春晖, 赵江洪. 汽车造型原型特征研究[J]. 包装工程, 2015, 36(2): 50-54.  
JING Chun-hui, ZHAO Jiang-hong. The Prototype Cha-

- acteristics of Automobile Styling[J]. Packaging Engineering, 2015, 36(2): 50-54.
- [2] 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.
- [3] 季曹婷, 马伟锋, 楼姣, 等. 融合多特征 TFIDF 文本分析的汽车造型需求提取方法[J]. 电子技术应用, 2021, 47(2): 16-19.  
JI Cao-ting, MA Wei-feng, LOU Jiao, et al. An Extraction Method of Car Styling Requirements by Integrating Multi-Feature TFIDF Text Analysis[J]. Application of Electronic Technique, 2021, 47(2): 16-19.
- [4] 程永胜, 徐骁琪, 卜俊, 等. 基于 KE 和 AHP 理论的汽车造型意象评价方法研究[J]. 现代制造工程, 2020(7): 102-109.  
CHENG Yong-sheng, XU Xiao-qi, BU Jun, et al. Evaluation Method of Automobile Modeling Image Based on KE and AHP[J]. Modern Manufacturing Engineering, 2020(7): 102-109.
- [5] LI Yong-feng, SHIEH M D, YANG C C. A Posterior Preference Articulation Approach to Kansei Engineering System for Product Form Design[J]. Research in Engineering Design, 2019, 30(1): 3-19.
- [6] 孟瑞, 王小平, 王伟伟, 等. 基于感性工学的油罐车设计评价方法研究[J]. 现代制造工程, 2011(9): 28-32.  
MENG Rui, WANG Xiao-ping, WANG Wei-wei, et al. Evaluation Method of Tanker Design Based on Kansei Engineering[J]. Modern Manufacturing Engineering, 2011(9): 28-32.
- [7] 李然, 支锦亦, 肖江浩, 等. 产品语义提取方法及流程研究[J]. 包装工程, 2018, 39(22): 132-137.  
LI Ran, ZHI Jin-yi, XIAO Jiang-hao, et al. Product Semantic Extraction Method and Procedure[J]. Packaging Engineering, 2018, 39(22): 132-137.
- [8] 黄志清. 汽车造型设计风格演变研究——现代汽车造型设计风格主线研究[D]. 上海: 上海交通大学, 2010.  
HUANG Zhi-qing. Research on Evolution of Automotive Design Style— Research on Mainline of Modern Automotive Design Style Evolution[D]. Shanghai: Shanghai Jiao Tong University, 2010.
- [9] 陈峰, 王成玥. 概念车的造型设计与美学分析[J]. 美术大观, 2014(2): 90.  
CHEN Feng, WANG Cheng-yue. Modeling Design and Aesthetic Analysis of Concept Car[J]. Art Panorama, 2014(2): 90.
- [10] 伍国俊. 汽车造型设计中的节奏与韵律[J]. 装饰, 2005(11): 108-109.  
WU Guo-jun. Pace and Cadence of Automobile Modeling Design[J]. Art & Design, 2005(11): 108-109.
- [11] 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]. Journal of Mechanical Engineering, 2011, 47(16): 176-181.
- [12] 西恩·贝洛克. 具身认知——身体如何影响思维和行为[M]. 李盼, 译. 北京:机械工业出版社, 2016.  
SIAN B. Possessing Cognition: How the Body Influences Thinking and Behavior[M]. LI Pan, Translated. Beijing: Machinery Industry Press, 2016.
- [13] 王宗杰, 郭举. 基于熵权层次分析法的云平台负载预测[J]. 计算机工程与设计, 2021, 42(1): 263-269.  
WANG Zong-jie, GUO Ju. Cloud Platform Load Forecasting Based on Entropy Weight Analytic Hierarchy Process[J]. Computer Engineering and Design, 2021, 42(1): 263-269.
- [14] 田夏. 基于层次分析法—熵权法的教学实验室评价体系构建[J]. 实验室研究与探索, 2020, 39(7): 264-269.  
TIAN Xia. Study of Evaluation System for Teaching Laboratories Based on Analytic Hierarchy Process & Entropy Weight Method[J]. Research and Exploration in Laboratory, 2020, 39(7): 264-269.
- [15] 马砺, 刘晗, 白磊. 基于 AHP 和熵权法的古建筑火灾风险评估[J]. 西安科技大学学报, 2017, 37(4): 537-543.  
MA Li, LIU Han, BAI Lei. Fire Risk Assessment of the Historic Buildings Based on AHP and Entropy Weight Method[J]. Journal of Xi'an University of Science and Technology, 2017, 37(4): 537-543.

责任编辑: 陈作