

叉车造型的视觉动力分析及其意象仿生设计研究

侯士江, 王建暖, 刘甲财, 孙铭桢

(燕山大学, 秦皇岛 066004)

摘要: **目的** 为了提升叉车外观造型, 增强市场竞争力, 满足用户的感性意象需求, 需要通过意象仿生设计提升叉车的情感内涵。**方法** 通过视觉动力分析, 综合考虑理性与感性视觉意象进行设计。首先采用语义差分法获得叉车的目标意象, 建立意象与叉车动力式样之间的关联, 并利用层次分析法得到叉车关键造型部位的权重排序; 其次利用生物特征作为意象感知介质, 渲染目标意象氛围。**结论** 将可识别的生物特征匹配设备的关键造型部位, 形成的备选方案可满足用户意象需求, 评价筛选后得到最优方案。该意象仿生设计流程期望能够对相关工程车辆造型设计提供借鉴。

关键词: 叉车造型; 意象仿生设计; 视觉动力理论

中图分类号: TB472 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2021)22-0108-07

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2021.22.014

Visual Dynamic Analysis of Forklift Modeling and Its Image Bionic Design

HOU Shi-jiang, WANG Jian-nuan, LIU Jia-cai, SUN Ming-hui

(Yanshan University, Qinhuangdao 066004, China)

ABSTRACT: In order to improve the appearance of forklift, enhance market competitiveness and meet the emotional image needs of users, it is necessary to promote the emotional connotation of forklift through image bionic design. Through visual dynamic analysis, the design is conducted in combination with rational and perceptual visual images. Firstly, the target image of forklift is obtained by SD method to establish the correlation between images and forklift dynamic patterns and the weight ranking for key modeling parts of forklift is obtained by AHP; Secondly, the biometrics are used as image perception medium to render the target image atmosphere. The alternative scheme, formed by matching of recognizable biometrics with the key modeling parts in the equipment, can meet the image needs of users. After evaluation and selection, the optimal scheme is obtained. The image bionic design process is expected to provide reference for the modeling design of related engineering vehicles.

KEY WORDS: forklift modeling; image bionic design; visual dynamic theory

作为物流设备中不可缺少的工具之一, 叉车的市场规模不断扩大, 但同质化现象促使叉车企业必须做出改变, 有辨识度的外观造型是赢得市场份额的重要手段^[1]。消费者的情感偏好是市场采购决策的主要影响因素之一^[2], 采用意象仿生设计, 能够丰富造型语言及增强产品的文化适应性, 形成符合使用者预期的外观造型。

意象仿生设计逐渐成为研究热点之一。陆冀宁等

人^[3]明确了意象仿生的目的, 以高速列车为例进行了验证; 戚彬等人^[4]使用眼动跟踪技术, 把所提取的生物特征作为激发设计师的造型创意的手段; 袁雪青等人^[5]线量化生物侧面轮廓, 并建立了生物形态特征库。这些方法在一定程度上弥补了现有方法的不足, 有很好的借鉴意义。但大部分研究未对生物特征与产品融合方式进行细致深入的讨论^[6-7]。产品形态和生物形态两者之间的元素失衡, 以及从生物到产品转换

收稿日期: 2021-06-09

基金项目: 河北省社会科学基金年度项目 (HB18YS042)

作者简介: 侯士江 (1978—), 男, 河南人, 博士, 燕山大学副教授, 主要研究方向为计算机辅助工业设计、产品意象设计、交互设计等。

通信作者: 王建暖 (1993—), 女, 河北人, 燕山大学硕士生, 主攻工业设计工程。

过程中的主观性缺陷，在一定程度上可以通过视觉动力分析加以纠正。本文在视觉动力分析的基础上，从产品自身的逻辑形态、生物特征两个方面进行分析，将二者有机地联系起来，在设计中加以使用，使产品形成特定的情感内涵，满足意象需求。

1 视觉动力理论与叉车造型分析

1.1 视觉动力学理论

阿恩海姆在“异质同构论”的基础上提出视觉动力学理论^[8]，其源于格式塔心理学，认为感知主体会在视觉层面产生与物理力相对应的“心理力”，物体的大小、形状、颜色、位置、空间和光线等感知类别会影响视觉力的产生，而物理式样的差异会导致视觉主体感知力的倾向发生变化^[9]。

1.2 视觉动力如何与产品意象建立关联

对物与知觉主体之间互动关系的研究是视觉动力理论的主要贡献之一，产品意象可分为理性视觉意象与感性视觉意象^[10]。理性视觉意象指产品造型的物理式样，一般关注产品本身的形式，如自身必要构成部件的大小、比例、形态及部件间的相互作用力等；而感性视觉意象指主体的经验认知，一般指由人造物、自然物等能引起主体联想的物体抽象形成的产品形态^[11]，具有营造意象特征，使主体产生视觉刺激及情感共鸣的作用。

1.3 叉车造型蕴含的视觉动力

叉车作为机械装备类产品，产品本身就具有非常突出的视觉动力趋势，如“斗山”叉车运用较小的形变、较为方正的特征，向用户传达简洁、高性能的核心理念；“海斯特”叉车以倾斜的曲线塑造驾驶室形成了轻巧的风格，整体动势特征明显；“小松”叉车整体给人以温和轻巧的感觉，其主要通过驾驶室与底座的比例调节来增强叉车向上的动力趋势。

2 意象仿生设计流程

理性视觉意象形态（对应对象本身的式样）和感性视觉意象形态（对应抽象的生物特征形式），两者共同构成对象的目标意象空间。叉车意象仿生设计流程见图 1，在理性视觉意象形态构建阶段，涉及叉车动力样式与意象的映射，需要获取目标意象和关键造型部位；在感性视觉意象形态构建阶段，涉及确定仿生对象，建立生物特征优先级；最后，将生物特征抽象转化为关键部位的造型特征，得到备选设计方案。

2.1 理性视觉意象形态的构建

2.1.1 确定目标意象

首先搜集叉车样本，并将工程化、过时和无美感

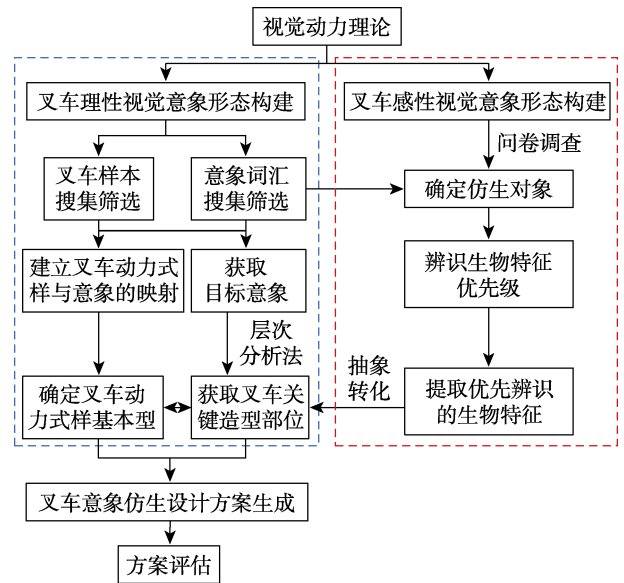


图 1 叉车意象仿生设计流程
Fig.1 Image bionic design process of forklift

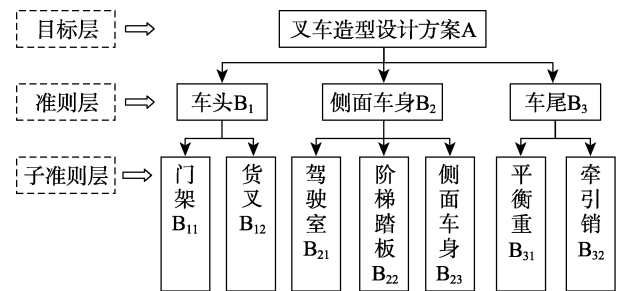


图 2 叉车层次分析模型
Fig.2 AHP model of forklift

的样本去除；然后由专家进行评估，归类叉车样本，并选取每类中的样本代表，组成代表性叉车样本 $J = \{J_1, J_2, \dots, J_n\}$ 。从论坛、期刊杂志等渠道收集筛选典型叉车造型意象词汇获得初始意象空间 $I = \{I_1, I_2, \dots, I_m\}$ ；并将意象词与其反向词汇进行配对制成调研问卷，利用语义差异法获取用户对叉车的感性意象评价。采用因子分析对意象词汇降维，根据相近性把意象词汇归为几个维度^[12]。从各维度中提取载荷系数大的意象词，构建叉车目标意象 $Q = \{Q_1, Q_2, \dots, Q_q\}$ 。

2.1.2 叉车的目标意象基本型获取

依据叉车样本 J 的意象评价均值，分析叉车侧面轮廓的视觉动力趋势，得到意象认知与叉车侧面轮廓及各造型部位动力式样的关联，从而得到造型基本型。

2.1.3 叉车关键造型部位的确定

在专家指导和对叉车形态分析的基础上，运用层次分析法（AHP）^[13]获得叉车的关键造型部位，建立叉车层次分析模型见图 2。参与调研人员包括设计师、叉车厂家人员、消费者及驾驶员各 5 人，共 20 人，对各层评价指标依据两两比较的标度值进行评价，并

构造判断矩阵获得权重值^[14]。权重值越高表示该部位对消费者的影响越大,此处是造型设计需要重点关注的区域。

2.2 感性视觉意象形态的构建

2.2.1 有效生物特征的获取

为了实现生物特征向产品造型设计的有效转化,需要选择合适的仿生原型。将叉车目标意象的仿生原型限定为能够负重、搬运的动物或昆虫,进行问卷调查选择最能代表目标意象的生物。

2.2.2 有效生物特征与关键造型部位的匹配

为了将生物关键特征融入叉车重要造型部位,实现叉车意象的认知拟合,将叉车关键造型部位进行重要性排序 $P = \{P_1, P_2, \dots, P_a\}$, 并与生物特征由高及低的辨识顺序 $K = \{K_1, K_2, \dots, K_b\}$ 一一匹配。由于人们在同一时间能够注意到的对象数量有限,所以将匹配数量控制为 5 对,得到生物学特征与叉车造型部位之间的匹配关系 $\{K_1 \rightarrow P_1, K_2 \rightarrow P_2, \dots, K_5 \rightarrow P_5\}$ 。

2.3 感性与理性形态的融合设计及方案评价

叉车关键造型部位的设计融合提炼后的生物特征,形成备选设计方案,并采用语义差异法对备选方案进行感性评价得出最优方案。设有效参与人数为 H , 多个备选设计方案 $F = \{F_1, F_2, \dots, F_f\}$, $C_{fq} =$

$$\frac{\sum_{h=1}^H C_{fq}^h}{h}$$

为用户对方案 F_f 关于子目标意象 Q_q 的总体评价(均值),其中 C_{fq}^h 代表用户 h 对方案 F_f 的子目标意象 Q_q 的评价值。

3 实例分析

3.1 叉车基本型及关键造型部位确立

3.1.1 目标意象获取

搜集 2.5~3.5 T 载荷的电动平衡重叉车样本 43

个,并由专家依据叉车造型特征差异性对样本进行分类筛选,叉车样本示例见图 3,最终获得 12 个有代表性的叉车样本。搜集描述性形容词并去除相近词汇,得到能够表征用户对叉车外观造型感受的中性词汇 120 个,制作成调研问卷,要求受访者浏览图 3 中 12 个造型各异的叉车样本,从中选出 15 个最能贴切描述叉车外观造型的词汇。把得票率 > 50% 的 12 个意象词汇作为造型意象空间 $I = \{\text{现代的, 动感的, 保守的, 个性的, 实用的, 活力的, 轻巧的, 力量的, 灵活的, 简洁的, 安全的, 亲和的}\}$ 。将感性词汇及其反义词配对,制作成 7 级量表问卷进行调查。

为了减少意象空间词汇数量,对意象词汇进行降维处理以形成目标意象^[15]。意象空间词汇的因子分析载荷矩阵及方差贡献率见表 1,意象词汇中有两个特征值 > 1 的因子,且旋转后的方差累积贡献率为 82.18%,说明两个因子即可解释主要信息,合并载荷系数较大的因子 1 中 {现代的,动感的} 和因子 2 中 {轻巧的,力量的} 意象词汇,得到叉车目标意象 $Q = \{\text{现代的, 动感的, 轻巧的, 力量的}\}$ 。

3.1.2 叉车基本型确立

1) 叉车造型各部位可以看作是由基本形状受力变形而来^[16],叉车动力式样分析见图 4。由上至下依次显示了样本 5、11、1 的视觉动力式样的变化情况,图 4 b 列显示了叉车侧面轮廓特征线,图 4 c 列显示了用户视觉会简化叉车各部位的外形,可以看出形变较大且视觉冲击力更强,意象也更明确^[17]。

叉车样本的视觉动力分析见图 5,为样本 1、3、4、6、8、9 关于“轻巧”意象的叉车的视觉动力分析,结果显示叉车下部不会对“轻巧”意象产生较大影响,而位于上部的驾驶室呈楔形时会给人一种轻盈感。

2) 比例关系对视觉力的影响见图 6,将叉车上部驾驶室高度设为 X ,底座和配重高度设为 Y , X 和 Y 的比例变化会产生 3 种不同形式的视觉影响: $X = Y$ 时,相对稳定且力量感较强; $X > Y$ 时,由于底座相较驾驶室而言占用的面积更小,有一种上升的视觉力



图 3 叉车样本示例
Fig.3 Forklift samples

表 1 意象空间词汇的因子分析载荷矩阵及方差贡献率
Tab.1 Factor analysis load matrix and variance contribution rate of image space vocabulary

感性意象词汇	旋转因子载荷矩阵		方差贡献率		
	因子 1	因子 2	特征值	方差贡献率%	累计方差贡献率%
传统—现代的	0.921	0.034	7.798	64.985	64.985
静态—动感的	0.913	0.264			
先进—保守的	-0.851	-0.193			
大众—个性的	0.850	0.463			
装饰—实用的	-0.839	-0.280			
稳重—活力的	0.580	0.561			
厚重—轻巧的	0.247	0.906	2.063	17.195	82.180
温和—力量的	0.055	-0.899			
呆板—灵活的	0.425	0.863			
复杂—简洁的	0.202	0.834			
危险—安全的	0.514	0.770			
冷峻—亲和的	0.533	0.693			

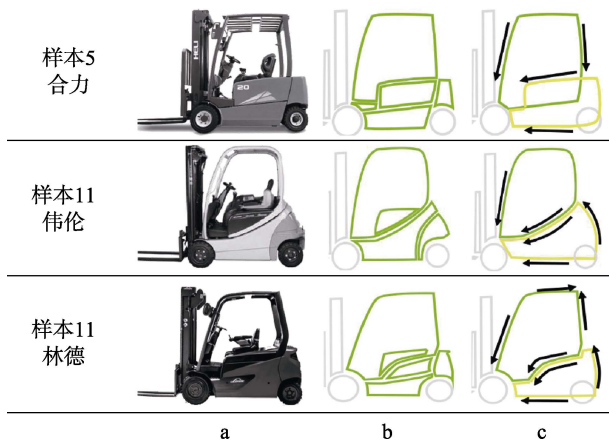


图 4 叉车动力式样分析
Fig.4 Dynamic patterns analysis of forklift



图 6 比例关系对视觉力的影响
Fig.6 Influence of proportion on visual force

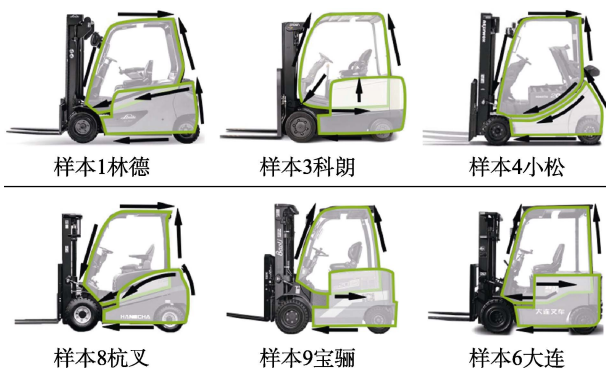


图 5 叉车样本的视觉动力分析
Fig.5 Visual dynamic analysis of forklift samples

量,呈现温和的感觉,如样本 4、9 和 11;当 $X < Y$ 时,如样本 1、2 和 7,突出垂直重心更具有强烈的力量感。

3) 造型细节也是影响叉车风格意象的重要因素,叉车样本意象尺度图见图 7,显示对叉车“动感、现代”意象造成影响的关键因素是样本侧面细节的差异。

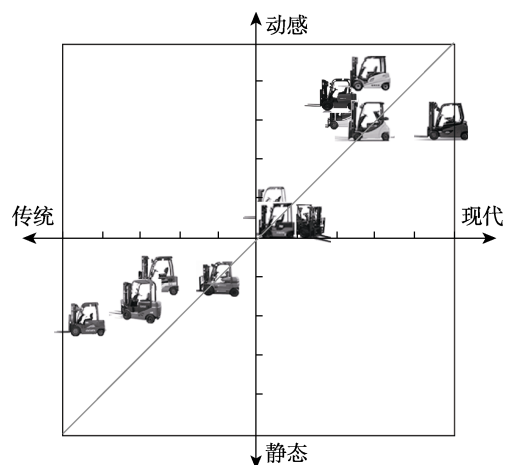


图 7 叉车样本意象尺度图
Fig.7 Image scale of forklift samples



图8 叉车侧面造型线细节分析
Fig.8 Detail analysis of forklift side molding lines

表2 叉车关键造型部位评价指标权重值
Tab.2 Evaluation index weight values of key modeling parts in forklifts

目标层	权重	准则层	权重	子准则层	权重	CR
叉车整体造型 A	1.000	车头 B ₁	0.3455	门架 B ₁₁	0.2212	0.000
				货叉 B ₁₂	0.1243	0.000
		车身 B ₂	0.5562	驾驶室 B ₂₁	0.3862	0.000
				阶梯踏板 B ₂₂	0.0459	0.000
				侧面车身 B ₂₃	0.1241	0.000
		车尾 B ₃	0.0983	平衡重 B ₃₁	0.0755	0.000
				牵引销 B ₃₂	0.0228	0.000

表3 关键部位权重排序
Tab.3 Weight ranking of key parts

部位	驾驶室	门架	货叉	侧面车身	平衡重
权重	0.3862	0.2212	0.1243	0.1241	0.0755
排序	1	2	3	4	5

叉车侧面造型线细节分析见图8，从左至右依次为样本2、6、4、8、1，从视觉层面来看左侧的叉车样本更为静态、传统，右侧的叉车样本较为动感、现代。若要营造“动感的、现代的”意象，叉车侧面造型线应运用以斜直线为主、曲线为辅的处理方法。

3.1.3 叉车关键造型部位确立

依据图2的分析模型，进行问卷调查构造各层次指标的判断矩阵^[18]，得到叉车关键造型部位评价指标权重值，见表2。

关键部位权重排序见表3，删除权重较小的两个末位指标，得到驾驶室、门架、货叉、侧面车身、平衡重5个权重较大的部位，可以看出前叉和侧身的权重相差不大，两者都是重要的造型点，但后者主要影响视觉力。

3.2 生物特征分析

为了确定仿生原型，在期刊、网络、媒体等渠道搜集符合要求的生物，筛选出螳螂、蚂蚁、双叉犀金龟作为目标生物，调研显示善于搬运的双叉犀金龟最为符合目标意象。双叉犀金龟视觉追踪实验见图9。将其划分为头部、胸部、腹部、腹部末端、腿部，见图9a，使用德国SMI遥测式眼动仪，筛选16名工业设计专业研究生作为被试，对双叉犀金龟图片进行视觉跟踪实验。受试者的视觉焦点主要集中于犀金龟的胸部、头部，见图9b，受试者在各特征部位驻留时长（时长越长反映该区域的重要程度越高）^[19-20]

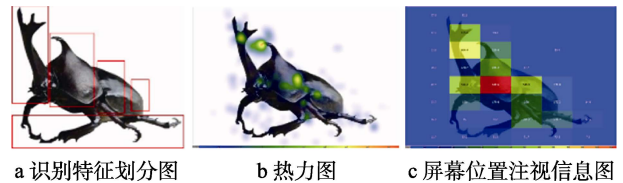


图9 双叉犀金龟视觉追踪实验
Fig.9 Visual tracking experiment of allomyrina dichotoma

表4 匹配生物特征与叉车关键部位
Tab.4 Matching of biometrics with key parts of forklift

匹配原则	优先认知生物特征	叉车重要部位
依据叉车部位的重要度和生物特征识别优先级进行关联匹配	胸部	驾驶室
	头部	门架
	腿部	货叉
	腹部	侧面车身
	腹部末端	平衡重

见图9c。双叉犀金龟胸部、头部、腿部、腹部、腹部末端的特征辨识度依次由高到低。

3.3 生物特征与叉车关键部位的匹配

匹配生物特征与叉车关键部位见表4，依据叉车部位权重和生物特征识别的优先顺序，进行关联匹配（如有必要微调叉车功能结构，或其他属性）。

3.4 匹配融合及方案评价

为了满足Q，基本型选择楔形驾驶室，其变形程度更大，成型线更锋利；且X>Y。生物学特征与叉车造型部位之间的匹配关系为：{胸部→驾驶室，头部→门架，腿部→货叉，腹部→侧面车身，腹部末端→平衡重}。叉车意象仿生设计备选方案见图10。

对各备选方案进行目标意象评估，意象分度值设为-3—3，设计方案评价结果见表5，结果显示，3个新



图 10 叉车意象仿生设计备选方案

Fig.10 Alternatives to forklift image bionic design

表 5 设计方案评价结果

Tab.5 Evaluation results of design schemes

方案	现代的	动感的	力量的	轻巧的
方案 1	1.25	1.33	1.17	0.83
方案 2	0.42	0.17	0.5	0.33
方案 3	0.17	0.17	0.33	0.17
样本 1	0.97	0.60	0.53	0.3
样本 8	0.6	0.80	0.07	0.4

方案的意象评价均值均为正值,且与较为符合意象需求的叉车样本 1、8 的评价结果相比,新方案的意象值均匀,说明设计方法有效。其中方案 1 目标意象评价价值最高,最符合用户需求,选为最优方案。

4 结语

本文首先使用语义差异法获得叉车目标意象,基于视觉动力分析构建叉车理性视觉意象形态;然后分析叉车各部位的权重,确定仿生对象,提取生物特征与叉车关键造型部位进行匹配,构建叉车感性视觉意象形态,形成有效设计方案;最后实例证明了基于视觉动力分析进行意象仿生设计的可行性。然而,用户意象的生成与多种因素相关,除了形态,材质和色彩也是重要的影响因素,未来有待进一步明确不同因素的影响效果。

参考文献:

[1] 苏建宁,王鹏,张书涛,等. 产品意象造型设计关键技术研究进展[J]. 机械设计, 2013, 30(1): 97-100.
SU Jian-ning, WANG Peng, ZHANG Shu-tao, et al. Research Progress on Key Technologies of Product Image Modeling Design[J]. Mechanical Design, 2013, 30(1): 97-100.

[2] Gemser G, Leenders M A A M. How Integrating Industrial Design in the Product Development Process Impacts on Company Performance[J]. Journal of Product Innovation Management: an International Publication of the Product Development & Management Association, 2001, 18(1): 28-38.

[3] 陆冀宁,徐伯初,支锦亦,等. 高速列车头型的意象仿生设计[J]. 机械设计, 2017, 34(9): 106-110.
LU Ji-ning, XU Bo-chu, ZHI Jin-yi, et al. Image Bionic Design of High-speed Train Head Shape[J]. Mechanical

Design, 2017, 34(9): 106-110.

[4] 戚彬,余隋怀,王森,等. 基于眼动跟踪实验的产品形态仿生设计研究[J]. 机械设计, 2014, 31(6): 125-128.
QI Bin, YU Sui-huai, WANG Miao, et al. Research on Bionic Design of Product Form Based on Eye Tracking Experiments[J]. Mechanical Design, 2014, 31(6): 125-128.

[5] 袁雪青,陈登凯,杨延璞,等. 意象关联产品形态仿生设计方法[J]. 计算机工程与应用, 2014, 50(8): 178-182.
YUAN Xue-qing, CHEN Deng-kai, YANG Yan-pu, et al. Bionic Design Method of Image-related Products[J]. Computer Engineering and Applications, 2014, 50(8): 178-182.

[6] 尚会超,李婷,付晓莉. 基于视觉动力理论的减速机造型设计[J]. 包装工程, 2019, 40(24): 168-173.
SHANG Hui-chao, LI Ting, FU Xiao-li. Reducer Modeling Design Based on Visual Dynamic Theory[J]. Packaging Engineering, 2019, 40(24): 168-173.

[7] 张阿维,高小针,陈彦蒿,等. 基于认知耦合的产品造型仿生设计研究[J]. 机械设计, 2018, 35(6): 120-124.
ZHANG A-wei, GAO Xiao-zhen, CHEN Yan-hao, et al. Research on Bionic Design of Product Modeling Based on Cognitive Coupling[J]. Mechanical Design, 2018, 35(6): 120-124.

[8] Arnheim R. Visual Dynamics[J]. American Scientist, 1988, 76(6): 585-591.

[9] 郭若宇,尹欢,彭婧. 视觉力在汽车前脸造型设计中的应用分析[J]. 包装工程, 2017, 38(16): 152-157.
GUO Ruo-yu, YIN Huan, PENG Jing. Analysis of the Application of Visual Acuity in the Design of the Front Face of a Car[J]. Packaging Engineering, 2017, 38(16): 152-157.

[10] 王建暖. 基于视觉动力理论的叉车意象仿生造型设计[D]. 秦皇岛:燕山大学, 2020.
WANG Jian-nuan. The Bionic Modeling Design of Forklift Image Based on Visual Dynamic Theory[D]. Qinhuangdao: Yanshan University, 2020.

[11] 张乾. 基于视知觉形式动力理论的产品形态设计研究[D]. 无锡:江南大学, 2013.
ZHANG Qian. Research on Product Morphology Design Based on Visual Perceptual Form Dynamics Theory[D]. Wuxi: Jiangnan University, 2013.

[12] 侯冠华. 产品造型基因意向模型的建立及其应用[J]. 机械设计, 2014, 31(3): 105-109.
HOU Guan-hua. Establishment and Application of Product Intention Gene Model[J]. Mechanical Design, 2014, 31(3): 105-109.

[13] 侯士江,刘甲财,孙可. 基于 AHP-FCE 的医院陪护病床设计与评价[J]. 包装工程, 2019, 40(24): 174-178.
HOU Shi-jiang, LIU Jia-cai, SUN Ke. Design and Evaluation of Hospital Escort Beds Based on AHP-FCE[J]. Packaging Engineering, 2019, 40(24): 174-178.

[14] 常瑜,唐琳. 农业机器人造型研究与设计[J]. 包装工

- 程, 2018, 39(18): 111-117.
CHANG Yu, TANG Lin. Research and Design of Agricultural Robot Modeling[J]. Packaging Engineering, 2018, 39(18): 111-117.
- [15] 熊艳, 李彦, 李文强, 等. 基于形态特征线意象量化的产品形态设计方法[J]. 四川大学学报(工程科学版), 2011, 43(3): 233-238.
XIONG Yan, LI Yan, LI Wen-qiang, et al. Product Shape Design Method Based on Quantification of Morphological Feature Line Image[J]. Journal of Sichuan University (Engineering Science Edition), 2011, 43(3): 233-238.
- [16] 宁海林. 阿恩海姆的视觉动力学述评[J]. 自然辩证法研究, 2006(3): 32-34.
NING Hai-lin. Review on Anaheim's Visual Dynamics[J]. Studies in Dialectics of Nature, 2006(3): 32-34.
- [17] 杨珏, 张文明. 非公路自卸汽车外形设计与视觉效果研究[J]. 汽车工程, 2007(9): 823-826.
YANG Jue, ZHANG Wen-ming. Research on the Design and Visual Effects of Off-highway Dump Trucks[J]. Automotive Engineering, 2007(9): 823-826.
- [18] 李天添, 赵丹华, 赵江洪. 基于视觉认知的汽车内饰造型效果图评价体系构建[J]. 包装工程, 2018, 39(6): 165-169.
LI Tian-tian, ZHAO Dan-hua, ZHAO Jiang-hong. Construction of Evaluation System of Automobile Interior Modeling Based on Visual Cognition[J]. Packaging Engineering, 2018, 39(6): 165-169.
- [19] 欧细凡, 周志勇, 刘博敏, 等. 基于眼动追踪技术的产品形态仿生设计研究[J]. 包装工程, 2018, 39(22): 144-150.
OU Xi-fan, ZHOU Zhi-yong, LIU Bo-min, et al. Research on Bionic Design of Product Form Based on Eye Tracking Technology[J]. Packaging Engineering, 2018, 39(22): 144-150.
- [20] 马丽莎, 吕健, 单军军, 等. 基于眼动追踪的汽车造型特征线设计方法研究[J]. 包装工程, 2019, 40(4): 234-241.
MA Li-sha, LYU Jian, SHAN Jun-jun, et al. Design Method of Automobile Modeling Feature Line Based on Eye Movement Tracking[J]. Packaging Engineering, 2019, 40(4): 234-241.

(上接第 107 页)

- [7] 李雄, 苏建宁, 陈彦嵩, 等. 产品意象造型设计应用研究进展[J]. 包装工程, 2019, 40(8): 1-9.
LI Xiong, SU Jian-ning, CHEN Yan-hao, et al. Review of Product Image Form Design and Its Application[J]. Packaging Engineering, 2019, 40(8): 1-9.
- [8] Boston: Perception[M]. Visual to Approach Ecological The J. J Gibson 1979. Mifflin, Houghton
- [9] [美]唐纳德 A 诺曼. 设计心理学[M]. 梅琼, 译. 北京: 中信出版社, 2003.
Things[M]. Translated by MEI Qiong. Beijing: Everyday of Design The A. D Norman CITIC Publishing House, 2003.
- [10] 顾蓉, 穆宝宁. Affordance 认知探究及其在产品中的应用[J]. 包装工程, 2015, 36(6): 59-62.
GU Rong, MU Bao-ning. Inquiry into Affordance Cognition and Its Application in Product Design[J]. Packaging Engineering, 2015, 36(6): 59-62.
- [11] 许晓峰, 高颖. 服务设计中的可供性评价体系及其应用研究[J]. 装饰, 2015(2): 108-110.
XU Xiao-feng, GAO Ying. Research on Affordance Evaluation System and Its Application in Service Design[J]. Zhuangshi, 2015(2): 108-110.
- [12] 周尚锦. 面向概念设计的多用户协同产品设计过程研究[D]. 上海: 东华大学, 2015.
ZHOU Shang-jin. Research on the Process of Multi-User Collaborative Product Design oriented to Conceptual Design[D]. Shanghai: Donghua University, 2015.
- [13] 张新新. 产品造型意象熵评价研究[D]. 兰州: 兰州理工大学, 2016.
ZHANG Xin-xin. Research on the Entropy Evaluation of Product Styling Image[D]. Lanzhou: Lanzhou University of Technology, 2016.
- [14] 杨小安, 刘慧芬, 曹红奎, 等. 粗糙集和信息熵处理在产品用户需求重要度确定中的应用[J]. 机械设计与研究, 2012, 28(2): 5-10.
YANG Xiao-an, LIU Hui-fen, CAO Hong-kui, et al. The Application of Rough Set and Information Entropy to Deciding the Importance Degree of Customer Requirements on Product[J]. Journal of Machine Design and Research, 2012, 28(2): 5-10.