

# 基于意象仿生的儿童遥控车造型设计及评价研究

钱皓, 高洋, 马东明, 智伟  
(北京化工大学, 北京 100089)

**摘要:** **目的** 基于用户需求, 结合意象仿生方法和模糊评价法, 指导儿童遥控车的造型设计, 实现造型创新。**方法** 以儿童遥控车为研究对象, 从细化设计流程入手, 合理选择被仿生物, 建立被仿生物特征与产品造型元素的映射关系, 以指导设计方案。并运用模糊综合评价法, 对儿童遥控车的设计方案进行评估, 构建评价模型, 搜集感性意象词对, 建立并计算评价矩阵, 得出方案的综合评价值, 并根据实验结果对方案进行改良和优化。**结论** 运用意象仿生对儿童遥控车的造型设计进行创新, 并结合模糊综合评价法, 对设计实例进行验证和修改, 从而可以设计出符合用户感性需求的产品, 提升产品造型形象, 为儿童同类产品提供参考和依据。

**关键词:** 仿生设计; 感性意象; 模糊评价法; 儿童遥控车

**中图分类号:** TB472 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2019)14-0144-06

**DOI:** 10.19554/j.cnki.1001-3563.2019.14.024

## Appearance Design and Evaluation of Children's Remote Control Cars Based on Bionic Image

QIAN Hao, GAO Yang, MA Dong-ming, ZHI Wei  
(Beijing University of Chemical Technology, Beijing 100089, China)

**ABSTRACT:** The work aims to guide appearance design of children's remote control cars based on users' demands and in combination with bionic image and fuzzy evaluation methods, so as to realize the appearance innovation. Children's remote control car was taken as research object and the bionic creature was chosen reasonably by starting with detailed design process to establish the mapping relation between the features of bionic creature and product appearance elements so as to guide the design scheme. Fuzzy evaluation method was used to assess the design scheme of children's remote control car, set up the evaluation model, search for perceptual image word pairs, establish and calculate evaluation matrix, obtain the integrated assessment value of the scheme and improve and optimize the scheme based on experimental results. Bionic image is used to update the appearance design of children's remote control car, and fuzzy evaluation method is utilized to verify and revise the design examples, thus creating a product catering to users' perceptual demand, improving the product's image and providing reference for the design of similar children's products.

**KEY WORDS:** bionic design; perceptual image; fuzzy evaluation method; children's remote control cars

随着科学技术的发展, 人工智能和遥控设备等技术也逐渐应用到各个领域产品中, 也为儿童遥控车玩具的设计注入了新的技术可能。儿童遥控车玩具, 不仅是儿童启蒙的重要工具, 还具有促进儿童手脑协同和锻炼手脑灵活性等的优点, 是儿童购买的较多的玩具之一。根据调研显示, 目前市场上的儿童遥控车

主要有两大类, 一类是各厂家出产的轿车、跑车、越野、SUV 等按比例缩小的车模; 一类是动漫或动画作品中的衍生产物, 而自主研发的儿童遥控车造型在市场上所占比例较小, 如何在儿童遥控车的造型上, 寻找设计的新方法和原则, 并引入到儿童遥控车造型的创新设计当中, 是发展的新方向。

收稿日期: 2019-03-24

作者简介: 钱皓(1984—), 女, 安徽人, 博士, 北京化工大学讲师, 主要研究方向为产品设计和设计服务。

通信作者: 马东明(1982—), 男, 北京人, 博士, 北京化工大学讲师, 主要研究方向为产品设计。

## 1 研究综述

仿生设计发展已久,在感性工学兴起后,仿生设计也有了新的发展方向,与感性意象相结合形成意象仿生设计。通过对不同方向的仿生设计的研究,梳理出实用便捷、精确的设计方法。陆冀宁等人<sup>[1]</sup>运用思维流程,细化了设计步骤,更精准地把握意象生物与产品之间的匹配和设计目的,并运用气动性能进行方案的验证。杜鹤民等人<sup>[2]</sup>通过产品语义中能指和所指的关联,研究仿生对象和产品之间的内在关系,使形态仿生产品更具有趣味性。吴剑斌等人<sup>[3]</sup>通过对儿童清洁用具的研究,运用模糊评价法在造型、颜色、可操作性、人机关系等4个角度,进行了方案综合评估,证实了其有效性。李奋强等人<sup>[4]</sup>运用层次分析法和模糊评价法,构建了顾客满意度的概念设计评价模型,为决策活动提供了量化的评价依据。上述通过不同角度方向进行仿生实例的探索,证实仿生设计流程及造型特征的提取在仿生设计中占有非常重要的地位,其评价模型的构建及运用,为方案评估及选择,提供数据依据。本文对仿生设计流程进行梳理,选择被仿生物,提取造型特征要素进行运用,从而产出设计方案,再运用模糊评价的方法,使方案得到合理评价,从而进行进一步的改良优化,为儿童遥控车的意象仿生设计提供新的思路。

## 2 儿童遥控车造型仿生设计程序

在现代设计领域中仿生设计一直是最新鲜、最具活力,同时又是具有鲜明色彩与个性特征的设计理念和创新能力<sup>[5]</sup>。从设计程序出发,仿生设计一般分为两种,第一种从产品角度出发,选取适合的被仿生物;第二种从生物角度出发,进行提取、简化,选择相匹配产品。不论在哪一种仿生设计程序中,合理地提取生物原型的形态特征,都是极为关键的步骤<sup>[6]</sup>。

本文明确设计任务从产品出发,即儿童遥控车的造型设计。在设计启动之前,一套行之有效的设计流程可以节省时间、人力、物力,清晰明确地了解设计下一步前进的方向,因此,针对此次设计任务,根据已有的设计流程进行合理更改,使其更加贴合设计主题,并制作出设计流程,见图1。

## 3 儿童遥控车意象仿生设计实例

### 3.1 设计目的

现在市场上的遥控车多为现有车型的缩小版或动漫衍生品,在造型等设计上缺乏新意,因此,运用意象仿生的方法,为遥控车造型设计出独特的新形态。从生物界中选取适合生物,将可爱亲和、动感的特质保留在遥控车外形设计上,合理选择仿生对象以及提取特征要素,赋予其新的造型,给儿童带来亲切、新奇的体验。

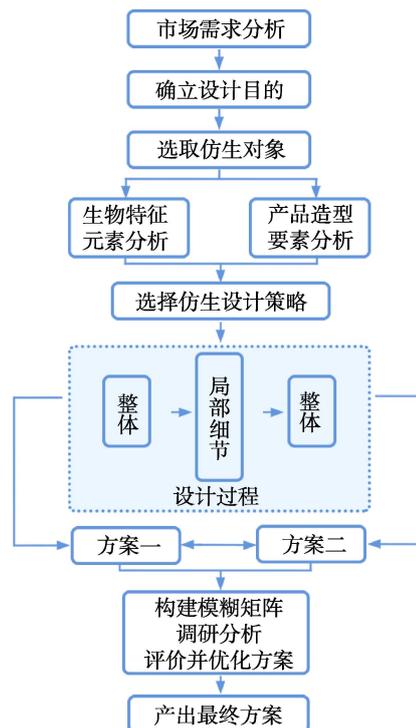


图1 设计流程  
Fig.1 Design flow

### 3.2 仿生对象的选取

仿生设计是连接大自然与产品设计的优质桥梁,很多设计师都采用动物仿生设计的方法,来满足儿童的情感需求<sup>[7]</sup>。为获得更准确的意象仿生造型,召集了共6名玩具设计师和专业教师进行头脑风暴会议,从讨论结果可知,从仿生对象的意象符号来看,与儿童遥控车性能相关的语义,常见的是速度、安全、灵活等,因此初步选定猎豹、鲨鱼、海豚、羚羊、兔子为被仿生物。依照儿童对5个被仿生物的喜爱程度,建立7阶李克特量表问卷(-3为最不喜欢,3为最喜欢),向5~11岁儿童发放问卷,请家长协助儿童进行问卷的填写。发放问卷40份,收回有效问卷36份,经过计算平均值,猎豹、鲨鱼、海豚、羚羊、兔子的分值分别为2.1、1.7、2.6、1.4、2.3。由此可得,海豚以2.6的分值被选为最受儿童喜爱的动物。根据分析可知,海豚具有亲切、可爱、随和、治愈的特性,海豚在水中的速度也非常快,其外形给人以速度、灵活的动态感觉。儿童遥控车外形既要不失速度、动感,又要亲和、可爱,因此选定海豚为最佳意象仿生对象。

### 3.3 产品造型与生物特征的分析匹配

海豚整体呈现流线型状态,中间粗圆,而后逐渐变细,喙部圆润短粗,头部用回声定位的额隆显得十分俏皮可爱,背鳍是海洋生物的鲜明特征,两只胸鳍具有运动、平衡身体、控制方向的作用,尾鳍形状给人以灵活之感,海豚特征元素分析见表1。

表1 海豚特征元素分析  
Tab.1 Dolphin characteristic element analysis

海豚图示	
海豚生理特征	大型食肉哺乳动物，游速迅捷，最快速度在 30~40 km/h，有独有的海豚科游泳方式，整个身体以小角度跃离水面再以小角度入水，用回声定位来捕食，主要以鱼类和乌贼为食
海豚形态特征	海豚有额隆，喙部较短，身体呈现流线型，中部粗圆，背鳍之后身体逐步变细，腹部纯白，身体上部呈现灰黑色，中间逐渐过渡
可见场所	在海洋馆和大型游乐场所可见其进行表演等活动，与人亲切友好，有治愈的能力
海豚关键词	体形圆滑、可爱、亲切、治愈、速度快、动感十足、与人友好、阻力小

儿童遥控车的造型元素，包括整体车身造型设计、车侧身、车门、前脸、尾部和车轮的装饰等方面。将生物意象和产品造型元素进行匹配分析，梳理可进行深入设计的部分，海豚外形特征、意象、运用见表2，将生物意象与产品建立合理的映射关系。

表2 海豚外形特征、意象、运用

Tab.2 Characteristics, imagery and application of dolphin shape

外形特征	可传达意象	运用于遥控车的部位
光滑流线型身体	动感、快速	整体车身造型
喙部	可爱、友好	车前脸设计
额隆	亲切	挡风玻璃形状
背鳍	快速、动感	天线、增强信号
胸鳍	快速、力量	前轮装饰
尾鳍	灵活、方向感	导流板及车尾装饰

意象仿生不是力图完全和精确地模仿自然物的外观形态，而是抓住该自然物形态被人类记忆抽象化的符号作文章，以提示和激发人们对于该自然物的相关记忆<sup>[8]</sup>。其不仅是造型形体的设计，更是通过仿生，将生物所具有的情感意象因素融入到产品中。通过遥控车造型的设计，唤起儿童对海豚的联想，基于儿童的认知能力，采用具象仿生的方式，将整体形态及造型特征尽可能地保留在儿童遥控车的造型设计上，使儿童见到产品时，可清晰地辨认生物原型，从而产生与产品的亲近感。

3.4 整体把控与特征元素的提取演变

在以表现生物形式美感为主的仿生设计中，应当首先归纳并提取能够表现这些形式美规律的形态特征，再将其应用于产品上<sup>[9]</sup>。分析被仿生物外形特征和产品造型元素后，进行儿童遥控车的仿生设计，首先绘制整体车身的草图，结合海豚外形设计具有流线型的造型，经整理，较好的有7种，之后选择其中4个方案进行深入设计，设计出初步车型及细节，见图

2。根据整体流线造型是否流畅生动，细节仿生是否到位，海豚可爱、亲切之处，是否都体现在遥控车造型上等因素，提炼出方案3和方案4为原型方案。

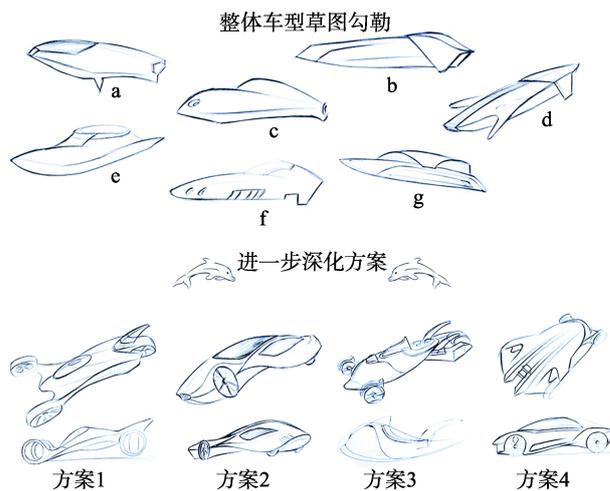


图2 草图及深入方案  
Fig.2 Sketches and in-depth scheme

3.5 设计方案

根据之前被仿生物特征与产品造型元素匹配的分析，将海豚的特征进行提取，主要线条外形、位置关系保留下来，并进行简化、变异、几何化，使特征与产品融合。将各个特征进行分析，在车身各部位进行特征元素的运用，每个特征及细节的设计都尽可能地体现出整车的主题意象，从而使意象明确，局部特征的运用及设计见表3。

将局部特征与车身造型设计整合在一起，产出方案并进行电脑建模。色彩方案的选择在产品是否成功上也占据重要因素，依据产品设计的要求和生物原型色彩配置的特征，为产品提供最佳的视觉形式与最自然的情感表达方式<sup>[10]</sup>。经小组会议，对两个方案进行讨论，方案一选定色彩为银色和蓝色进行搭配，银色使产品有质感、未来感和速度感，蓝色是海豚生存环

表 3 局部特征的运用及设计  
Tab.3 Application and design of local characteristics

仿生部位	仿形态	方案一的应用部分	方案二的应用部分	意象体现
整体流线型				动感、流线型
短喙及额隆				友好、亲和、流线
胸鳍				动感、力量
背鳍				鲜明特征、通讯
尾鳍				灵活、速度感

境海洋的颜色,给人们留有联想空间,同时也有活力、纯净、亲和之感,整车的造型有较大的突破,有背鳍和尾鳍的鲜明标志,金属材质体现了产品的品质感。方案二以白色和灰色为主,搭配蓝色带状装饰,驾驶室玻璃为半透明灰黑色材质,整体车身造型没有重大突破,采用塑料材质,使用户感觉温暖、亲和。方案效果见图 3。

约的事物作出总评价,其特点为结果清晰,系统性强。通过用户对儿童遥控车的造型感知,对方案评价指标的重要度及喜爱程度进行表征,得出评价指标的评价分值,指标评价分值的计算公式如下:

$$b_i = \sum_{j=1}^m r_{ij} w_j \quad (1)$$

其中:  $b_i$  为方案中第  $i$  个指标的评价值,  $i=1,2,\dots,n$ ;  $r_{ij}$  为第  $i$  个评价指标在第  $j$  个评语集上获得的评价值,  $j=1,2,\dots,m$ ;  $w_j$  为第  $j$  个评价指标的重要度,即评价指标的权重。

在模糊综合评价法中,  $U$ 、 $V$ 、 $R$  为关键三要素,  $U$  为评价指标集,将方案需评价的感性意象词对进行整合排序,可得评价指标集  $U = \{u_1, u_2, \dots, u_n\}$ ;  $V$  为评语集,使用非常好、较好、一般、较差、非常差等模糊概念,作为评语集词汇,可得评语集  $V = \{v_1, v_2, \dots, v_m\}$ ;通过对第  $i$  个评价指标在第  $j$  个评语集上获得的评价值,形成指标的评价矩阵  $R$ ,要求  $\sum_{j=1}^m r_{ij} = 1$ 。将评价指标赋予对应的权重系数,可得指标权重矩阵  $W = \{w_1, w_2, \dots, w_n\}$ ,要求  $\sum_{i=1}^n w_i = 1$ 。决策矩阵由权重矩阵与评价矩阵计算得出,决策矩阵为:

$$B = WR = [w_1 \ w_2 \ \dots \ w_n] \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \dots & r_{1m} \\ r_{21} & r_{22} & \dots & r_{2m} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ r_{n1} & r_{n2} & \dots & r_{nm} \end{bmatrix} = [b_1 \ b_2 \ \dots \ b_n] \quad (2)$$

得出的决策矩阵对方案没有整体性的评估,因



图 3 方案效果  
Fig.3 Scheme display

## 4 儿童遥控车意象仿生设计方案评估

### 4.1 构建模糊综合评价模型

针对产品外形涉及多种因素而难以客观评价的情况,利用模糊综合评价法可对设计方案进行全面评价,并实现最佳方案的评选<sup>[11]</sup>。模糊评价法结合定性及定量的测量方式,用模糊数学的思想对多种因素制

此,取  $V = \{10, 7.5, 5, 2.5, 0\}$ , 将决策矩阵  $B$  与向量  $V^t$  进行点乘运算, 得出综合评价数值, 其数值反映了整体的方案评估。

#### 4.2 确定指标集 $U$

指标集将方案待评价因素进行了整理排序, 指标集选取是否适宜, 直接影响综合评价的准确度, 因此指标集的搜集和筛选是十分重要的环节。首先搜集关于产品的感性意象词汇。感性意象词是用户对产品造型、色彩等感知特征的综合体现, 对其的分析评价, 是深入了解用户需求至关重要的因素。

为有效搜集关于儿童玩具遥控车的意象词汇, 通过 3 种方式进行: (1) 查阅相关文献、论著、产品使用手册等; (2) 对相关的使用者、设计者、制造生产者进行访谈和头脑风暴; (3) 通过互联网搜集网友的相关评价词汇。一共搜集了 164 个相关词汇, 感性意象词汇筛选阶段的主要任务, 是将模糊、相近或互为反义的语汇, 进行分等级聚类和精简等<sup>[12]</sup>。经过初步排查词义相近或相似的词汇后, 得到 82 个感性意象形容词。利用 KJ 法和聚类分析法对词汇进行筛选聚类分析, 感性意象语义空间见表 4, 将其归纳整理为 4 种风格类型, 分别为: 亲和、动感、简约、创新。通过讨论, 选出 4 对具有相反意义的感性意象词汇来描述儿童玩具遥控车, 即评价指标集  $U$  为亲和的、动感的、简约的、创新的。

表 4 感性意象语义空间

Tab.4 Semantic space of perceptual image

感性意象词汇	风格词汇对
可爱的、温暖的、友好的、自然的	亲和的—讨厌的
速度感的、活力的、积极的、流畅的	动感的—静止的
简单的、大方的、精致的、轻巧的	简约的—复杂的
个性的、新颖的、独特的、潮流的、有风格的	创新的—陈旧的

#### 4.3 建立评价矩阵和计算决策矩阵

展示设计方案, 并对 30 名用户进行访谈和问卷调查, 评语集设定为 5 个量级, 即非常好、较好、一般、较差、非常差。将评价指标集  $U$  和评语集  $V$  相结合, 对各个评价指标进行标价, 统计各指标中评语集所占人数百分比, 形成评价矩阵  $R$ 。邀请 40 位评价员, 根据之前调研得出的数据, 给评价指标赋予权重系数, 得到亲和的 0.3、动感的 0.3、创新的 0.3、简约的 0.1 的权重分配。权重矩阵为:  $W = \{0.3, 0.3, 0.3, 0.1\}$ ; 模糊综合评价法矩阵算法与普通矩阵算法有所差别, 遵循相乘取小, 相加取大的原则, 在得到矩阵后, 其数据总和不等 1, 因此需要经过归一处理, 得出方案的最终决策矩阵。数据挖掘的目的, 一方面是为了得

到感性评语和样本之间的关系, 另一方面是从偏爱度的排序, 得到最佳仿生程度的方案, 从而有针对性地深化设计方案<sup>[13]</sup>。

方案一的决策矩阵:

$$B_1 = WR_1 = [0.3 \ 0.3 \ 0.3 \ 0.1] \begin{bmatrix} 0.48 & 0.36 & 0.08 & 0.06 & 0.02 \\ 0.56 & 0.40 & 0.03 & 0.01 & 0.00 \\ 0.47 & 0.39 & 0.07 & 0.05 & 0.02 \\ 0.54 & 0.38 & 0.06 & 0.02 & 0.00 \end{bmatrix} = [0.395 \ 0.395 \ 0.105 \ 0.079 \ 0.026] \quad (3)$$

$B_1$  与  $V^t$  向量进行点乘运算, 得到方案一的综合评价价值:  $B_1 \cdot V^t = 7.635$ 。

方案二的决策矩阵:

$$B_2 = WR_2 = [0.3 \ 0.3 \ 0.3 \ 0.1] \begin{bmatrix} 0.27 & 0.23 & 0.20 & 0.20 & 0.10 \\ 0.40 & 0.26 & 0.15 & 0.14 & 0.05 \\ 0.20 & 0.40 & 0.24 & 0.15 & 0.01 \\ 0.30 & 0.20 & 0.30 & 0.14 & 0.06 \end{bmatrix} = [0.250 \ 0.250 \ 0.250 \ 0.167 \ 0.083] \quad (4)$$

$B_2$  与  $V^t$  向量进行点乘运算, 得到方案二的综合评价价值:  $B_2 \cdot V^t = 6.043$ 。

两个方案的综合评级值, 直观地反映出两个方案的优劣, 方案一得到了 7.635, 属于较良好的分数, 方案二得到了 6.043, 属于刚及格分数。方案一整体的造型设计更受用户的喜爱, 可进行后续的优化设计。

#### 4.4 产品优化

方案一得到较高的综合评价值, 因此选定方案一进行深入探讨。邀请专家学者、儿童遥控车设计制造者和用户, 对方案一从亲和的、动感的、简约的、创新的 4 个方面, 进行造型、色彩、材质的评估, 并结合方案一调查问卷的数据统计结果, 发现存在的问题, 即材料使用了金属, 虽然可体现其高端质感, 却忽略了金属所带来的不亲和的特性, 因此建议采用 ABS 塑料材质, 可塑性强且带来温暖、亲和的感觉; 无互动减少了对儿童的吸引, 因此, 在遥控车的设计上增加了互动趣味, 建议车门的开合方式更有新意, 并在驾驶室配以不同人物形象的玩偶, 增强与儿童的互动。

优化后的方案一见图 4。车身整体采用了 ABS 塑料材质, 更加富有亲和力; 门的开合方式, 选择了鸥翼门, 其仿生于海鸥展开的翅膀, 增加了遥控车的整体动势, 使其更加符合用户对动感的诉求; 设计不同的人物形象, 将其置于驾驶室内, 增强了儿童遥控车的趣味性; 前轮上的透明 LED 灯, 在遥控器上实现开灯、关灯的功能, 增强了遥控车模拟现实的能力。将方案一重新结合感性词对, 进行问卷调查评估, 其综合评价分值达到了 8.823, 产品优化得到了进一步认可, 较好地符合了用户的感性需求。



图4 优化后的方案一  
Fig.4 Optimized scheme I

## 5 结语

通过对儿童遥控车这一细分领域的调查发现, 市场上的儿童遥控车造型设计缺乏新意, 因此进行遥控车造型的创新设计。儿童遥控车选用了意象仿生设计, 以期对遥控车造型有所突破, 从仿生意象出发, 确定生物原型, 分析生物原型所带有的意象及特质, 从而与遥控车所具备的特征建立映射关系, 在设计过程中, 将生物原型所带有的意象特质, 映射在产品造型中。产品初步方案运用了模糊评价法, 构建方案评价模型, 搜集关于产品的意象词汇, 对用户进行问卷分析及焦点访谈, 将得出的数据进行矩阵及向量计算, 得出两个方案的综合评价价值, 并进行方案筛选和改良设计。儿童玩具与意象仿生相结合, 并用模糊评价法进行方案的综合评估及优化, 为今后儿童玩具的意象仿生提供了新的思路与参考。

## 参考文献:

- [1] 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 Modeling[J]. Journal of Machine Design, 2017, 34(9): 106—110.
- [2] 杜鹤民. 基于产品语义的形态仿生设计方法研究[J]. 包装工程, 2015, 36(10): 60—63.  
DU He-min. The Form Bionic Design Based on the Product Semantics[J]. Packaging Engineering, 2015, 36(10): 60—63.
- [3] 吴剑斌, 陈香, 张凌浩. 儿童产品造型语义模糊评价[J]. 机械设计, 2018, 35(2): 124—128.  
WU Jian-bin, CHEN Xiang, ZHANG Ling-hao. Fuzzy Evaluation of Children Product Modeling Semantics[J]. Journal of Machine Design, 2018, 35(2): 124—128.
- [4] 李奋强, 常慧贞, 郭延鑫, 等. 基于顾客满意度的产品概念设计评价研究[J]. 包装工程, 2016, 37(24): 17—21.  
LI Fen-qiang, CHANG Hui-zhen, GUO Yan-xin, et al. Evaluation of Product Conceptual Design Based on Customer Satisfaction[J]. Packaging Engineering, 2016, 37(24): 17—21.
- [5] 于帆. 仿生设计的理念与趋势[J]. 装饰, 2013(4): 25—27.  
YU Fan. Bionic Design's Philosophy and Trend[J]. Zhuangshi, 2013(4): 25—27.
- [6] 陆冀宁. 仿生设计中生物形态特征提取浅析[J]. 装饰, 2009(1): 136—138.  
LU Ji-ning. Brief Analysis on Extracting Biological Features in Bionic Design[J]. Zhuangshi, 2009(1): 136—138.
- [7] 杨淳. 儿童用品动物仿生设计形态修辞方法探析[J]. 包装工程, 2013, 34(16): 55—58.  
YANG Chun. Analysis of the Rhetoric Methods to the Animal Bionic Design of the Products for Children[J]. Packaging Engineering, 2013, 34(16): 55—58.
- [8] 吕可龙, 尹欢, 彭婧. 基于人物特征仿生的重卡造型设计[J]. 包装工程, 2016, 37(8): 130—133.  
LYU Ke-long, YIN Huan, PENG Jing. The Form Bionic Design of Heavy Truck Based on Character[J]. Packaging Engineering, 2016, 37(8): 130—133.
- [9] 陆冀宁, 徐伯初, 丁磊. 3种不同的高速列车车头造型仿生设计[J]. 包装工程, 2017, 38(2): 26—30.  
LU Ji-ning, XU Bo-chu, DING Lei. Three Different Kinds of Bio-inspired Design of High Speed Train Head[J]. Packaging Engineering, 2017, 38(2): 26—30.
- [10] 侯晓鹏, 杨保华. 面向产品设计领域的色彩仿生特征提取探析[J]. 包装工程, 2011, 32(24): 139—142.  
HOU Xiao-peng, YANG Bao-hua. Research on the Feature Extraction of Bionic Color for Product-oriented Design[J]. Packaging Engineering, 2011, 32(24): 139—142.
- [11] 李付星, 孙健. 产品造型设计方案的评价方法[J]. 机械设计, 2017, 34(4): 104—108.  
LI Fu-xing, SUN Jian. Evaluation Method of Product Modeling Design Scheme[J]. Journal of Machine Design, 2017, 34(4): 104—108.
- [12] 王雪洁, 肖旺群. 基于感性意象的工业机器人造型设计研究[J]. 机械设计, 2016, 33(8): 117—120.  
WANG Xue-jie, XIAO Wang-qun. Research on Modeling Design of Industrial Robot Based on Perceptual Image[J]. Journal of Machine Design, 2016, 33(8): 117—120.
- [13] 付利芳, 车建明, 周志勇. 用户对仿生产品的感性认知尺度研究[J]. 包装工程, 2015, 36(24): 96—99.  
FU Li-fang, CHE Jian-ming, ZHOU Zhi-yong. Users' Perceptual Cognitive Scale to Bionic Products[J]. Packaging Engineering, 2015, 36(24): 96—99.