

基于 FAHP 的亲子健身器材可用性评价方法

赵春荣, 高喜银

(河北农业大学, 保定 071000)

摘要: **目的** 研究影响亲子健身器材可用性的设计因素, 提高亲子健身器材的可用性。**方法** 运用层次分析法和模糊评价法相结合的模糊层次分析法, 针对亲子健身器材的可用性进行综合评价。首先针对亲子健身器材初始方案运用层次分析法进行分析, 建立可用性评价模型。其次构造判断矩阵, 确定各个指标因素的权重值。然后结合模糊综合评价法, 计算亲子健身器材可用性的分值, 通过该分值评判出最终等级。**结论** 通过运用层次分析法, 为亲子健身器材的改进提供指导, 进一步提高了产品的美观性与可靠性。

关键词: 工业设计; 亲子健身器材; 层次分析法; 模糊综合评价法; 模糊层次分析

中图分类号: TB472 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2019)14-0253-05

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2019.14.042

Usability Evaluation Method of Parent-child Fitness Equipment Based on FAHP

ZHAO Chun-rong, GAO Xi-yin

(Hebei Agricultural University, Baoding 071000, China)

ABSTRACT: The work aims to study the design factors that influence the usability of parent-child fitness equipment, and improve the usability of parent-child fitness equipment. FAHP integrated with the analytic hierarchy process (AHP) and fuzzy evaluation method was used to evaluate the usability of parent-child fitness equipment comprehensively. First of all, AHP was used to analyze the initial plan of parent-child fitness equipment, and the usability evaluation model was established. Secondly, the judgment matrix was constructed to determine the weighted value of each index factor. Then, the fuzzy comprehensive evaluation method was combined to calculate the score of the usability of parent-child fitness equipment. The score was used to judge the final grade. Through the use of analytic hierarchy process, the guidance is provided for the improvement of parent-child fitness equipment, and the beauty and reliability of the product are further improved.

KEY WORDS: industrial design; parent-child fitness equipment; analytic hierarchy process; fuzzy comprehensive evaluation method; FAHP

随着社会的不断发展、生活水平的不断进步, 人们越来越认识到健康的重要性, 健身锻炼是一种能够提高人们健康水平的有效方法。室外健身器材以方便、开放、种类多等优点, 得到了健身人群的青睐, 室外健身器材生产制造业发展迅速, 但没有形成系统和全面的规范性标准。在调研中发现, 现有的室外健身器材互动性欠佳, 健身人群之间的互动仅限于语言交流^[1], 长时间锻炼会使人感觉乏味枯燥。此外, 适合老年人、儿童、情侣的健身器材较少, 适合于照看

孩子的亲子互动式健身器械寥寥无几。健身器械的开发设计, 要求以人为出发点^[2], 因此开发一种具有良好舒适性、安全性、互动性的亲子健身器材, 具有广阔的市场前景。近几年来, AHP 层次分析法在机械结构设计、产品优化设计、方案优选、企业管理等方面, 有比较广泛的应用^[3]。以亲子健身器材的可用性为例, 利用层次分析法和模糊综合评价法相结合的 FAHP 方法, 来构造产品可用性评价体系。

收稿日期: 2019-04-19

作者简介: 赵春荣 (1993—), 女, 河北人, 河北农业大学硕士生, 主攻工业设计、机械工程。

通信作者: 高喜银 (1978—), 女, 河北人, 博士, 河北农业大学副教授, 主要研究方向为工业设计、人机工程学。

1 亲子健身器材设计思路

亲子健身器材主要的目的是解决家长和孩子(尤其是幼儿)共同健身的问题,不同年龄段的孩子对互动的需求以及运动技能不同^[4],以1~2岁的幼儿为例进行设计探讨。在整套装置工作的过程中,家长通过动力模块为整套装置提供动力,而后通过传动模块将动力传递给执行模块,最终带动儿童上下运动,其中传动模块为主要部分。工作流程见图1。

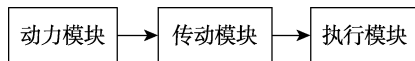
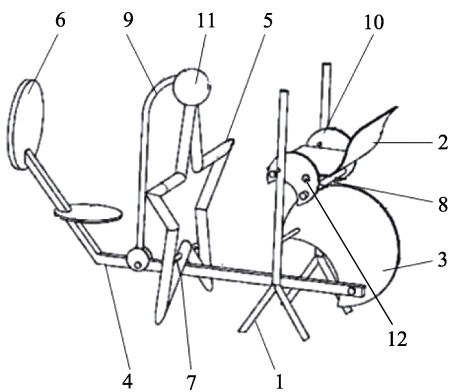


图1 工作流程
Fig.1 Workflow chart

根据图1,对亲子健身器材进行系统设计,见图2。



注:1.第一支架;2.儿童座椅;3.第一凸轮;4.连接杆;5.第二支架;6.大人座椅;7.脚蹬杆;8.转动部;9.摆动杆;10.第二凸轮;11.球体;12.横杆

图2 亲子健身器材
Fig.2 Parent-child fitness equipment

在儿童座椅2的下方设有一个与第一支架1转动连接的第一凸轮3,在第一凸轮3上还转动连接有一个与大人座椅6固连的连接杆4,沿连接杆4与大人座椅6处设有一个供人踩踏的第二支架5。在第二支架5和连接杆4之间转动连接有一个摆动杆9,摆动杆9一端铰接于第二支架5的顶部,另一端与连接杆4转动连接。此时,摆动杆9、连接杆4和第一凸轮3形成四杆机构,而摆动杆9的另一端还与连接杆4转动连接,在第二支架5的顶端设有一个球体11,摆动杆9一端铰接于该球体11内,第二支架5上还设有便于大人踩踏的脚蹬杆7,该脚蹬杆7共两个,分别位于连接杆4上方的两侧。第一凸轮3可直接与儿童座椅2接触,但为了便于装置整体结构的布置,且为了避免第一凸轮3对儿童座椅2造成磨损,在儿童座椅2和第一凸轮3之间还设有一个转动部8,转动部8可转动连接于儿童座椅2底部、并与第一凸轮3连接的转动杆。为了便于儿童座椅3与第一支架1和转动杆转动连接,在儿童座椅3两侧,分别设有一

个第二凸轮10,该第二凸轮10分别与第一支架1和转动杆转动连接。为了增加儿童座椅2与第二凸轮10连接的稳定性,可在第二凸轮10上穿设多条横杆12,并将儿童座椅2固定到横杆12上。

亲子健身器的工作原理如下:成人坐于成人座椅6上,双脚置于脚蹬杆7上,双脚向前用力,会使与第二支架5相连的球体11向后倾,此时两端分别与球体11和连接杆4铰接,处于竖直状态的摆动杆9会有上端后倾、下端前倾的动作,这时便会带动连接杆4向前运动,连接杆4的前端与第一凸轮3的一端铰接,连接杆4向前运动带动第一凸轮3转动,转动部8与第一凸轮3相切接触,第一凸轮3的转动会通过转动部8带动儿童座椅2运动。

2 基于层次分析法的亲子健身器材可用性评价要素体系

2.1 层次分析法

当前,评价方法的主要研究方向是多要素与多属性相结合的综合评价法^[5]。层次分析法由A.L.Saaty提出,被应用于各个与决策相关的领域^[6]。它把问题分成不同的层次和不同的因素,而后对各个因素进行比较分析并计算,算得权重值,根据权重值的大小,判断方案的优劣或指标因素的重要程度。层次分析法流程图见图3。

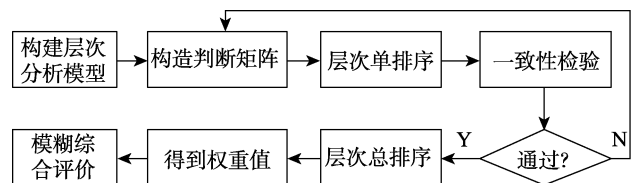


图3 层次分析法流程
Fig.3 Flow chart of analytic hierarchy process

2.2 设计层次分析模型

通过对问题进行分析和研究,将其所包括的因素,按是否有一些共同的特征归纳成一组,然后将这些共同的特征看成是新层次中的某些因素,而这些因素也会按照其他特征进行归纳,形成更高层的因素,以此类推,直至最高层,即目标层。

随着产品功能日趋多样化,可用性已经成为评价一个产品是否符合大众消费理念的关键性因素。经查阅文献可知,影响产品可用性的因素,有产品的效率、有效性、操作方便性以及主观满意程度^[7]等。此外,SEVA等人^[8]认为,外观造型也在一定程度上影响着产品的可用性;通过实际调查可知,健身人群对健身设施的安全性较为注重。由此总结影响亲子健身器材可用性的影响因素,层次分析模型见图4。其中,目标层为亲子健身器材的可用性;准则层包括结构、效果、

外观，针对结构提出了 3 个因素，即结构可靠性、结构安全性、操作便捷性，针对外观提出了两个因素，即造型、色彩，针对效果提出了两个因素，即传递效率、健身效果。

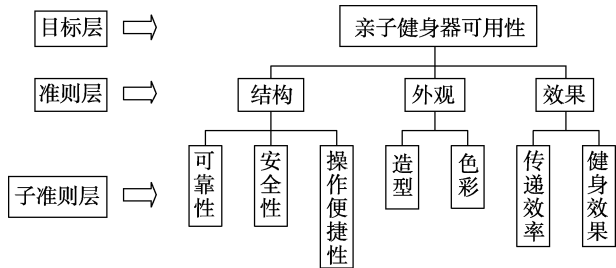


Fig.4 Analytic hierarchy process model

2.3 构造判断矩阵

在 AHP 法中，为使判断量化，缩小判断思维不一致时产生的偏差，建议采用 1~9 标度法^[9]。判断矩阵表示某一层各元素之间重要性的比较。根据图 4 构造的层次分析模型可知，目标层为亲子健身器材的可用性，用 A 表示；准则层用 $B_i (i=1,2,3)$ 表示，子准则层用 $B_{ij} (i=1,2,3; j=1,2,3)$ 表示。专家评估准则层的要素，根据统计得出各层的判断矩阵，见表 1—4。

表 1 目标层判断矩阵

Tab.1 Target level judgment matrix

A	B_1	B_3	权重 w
B_1	1	2	0.539
B_2	1/3	1/2	0.163
B_3	1/2	1	0.297

表 2 结构准则层判断矩阵

Tab.2 Judgment matrix of structural criterion level

B_1	B_{11}	B_{12}	B_{13}	权重 w
B_{11}	1	1/2	2	0.307
B_{12}	2	1	2	0.386
B_{13}	1/2	1/2	1	0.307

表 3 外观准则层判断矩阵

Tab.3 Judgment matrix of appearance criterion level

B_2	B_{21}	B_{22}	权重 w
B_{21}	1	1/2	0.386
B_{22}	2	1	0.614

表 4 效果准则层判断矩阵

Tab.4 Judgment matrix of effect criterion level

B_3	B_{31}	B_{32}	权重 w
B_{31}	1	1/2	0.386
B_{32}	2	1	0.614

2.4 层次单排序

AHP 法计算权重共有 4 种方法：特征向量法、最小二乘法、几何平均法、算术平均法^[10]，本文中采用的方法是几何平均法。

1) 判断矩阵每一行元素做乘积，记为 M_i ：

$$M_i = \prod_{j=1}^n a_{ij} \quad (i=1,2,\dots,n) \quad (1)$$

其中： a_{ij} 为判断矩阵中的元素； n 为判断矩阵阶数。

2) 每行元素的几何平均值，记为 a_i ：

$$a_i = \sqrt[n]{M_i} \quad (i=1,2,\dots,n) \quad (2)$$

3) 归一化处理，算得相对权重值：

$$w_i = \frac{a_i}{\sum_{i=1}^n a_i} \quad (3)$$

2.5 判断矩阵的一致性检验

判断矩阵的一致性检验是为了防止结果矛盾^[11]：

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} \quad (4)$$

其中： CI 表示判断矩阵的一致性指标； λ_{\max} 为最大特征值； n 为判断矩阵阶数。

一致性检验需要通过随机一致性比率 CR 来验证：

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (5)$$

其中： RI 为平均随机一致性指标。

当 $CR < 0.10$ 时，一致性检验通过；当 $CR \geq 0.10$ 时，需要修改矩阵。

对于平均随机一致性指标，表 3 列出了 1~8 阶矩阵计算 1000 次得到的平均随机一致性指标^[12]，见表 5。

表 5 平均随机一致性指标

Tab.5 Mean random consistency index

n	1	2	3	4	5	6	7	8
RI	0	0	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41

对表 1—4 的判断矩阵的一致性进行检验，结果见表 6，由表 6 可知各层判断矩阵的 CR 值均小于 0.1，因此各判断矩阵的一致性检验通过。

表 6 一致性检验

Tab.6 Consistency check

	A	B_1	B_2	B_3
λ_{\max}	3.0090	3.217	2	2
CI	0.0045	0.027	0	0
RI	0.5800	0.580	0	0
CR	0.0080	0.047	0	0

判断矩阵通过一致性检验后，对子准则层中的因

素进行综合排序,作为后续设计工作的参考依据,见表7。

表7 权重综合排序
Tab.7 Weight comprehensive sorting

	B_{11}	B_{12}	B_{13}	B_{21}	B_{22}	B_{31}	B_{32}
B_1	0.307	0.386	0.307	-	-	-	-
B_2	-	-	-	0.386	0.614	-	-
B_3	-	-	-	-	-	0.386	0.614
综合权重	0.165	0.208	0.165	0.063	0.100	0.115	0.182
排序	3	1	3	6	5	4	2

3 综合模糊评价过程

美国学者扎得提出了模糊综合评价法。评价者的主观性是在设计评价过程中无法避免的,综合模糊评价方法的提出,则有效地解决了指标因素多、主观判断模糊等问题^[13]。

1) 确定指标集和评价等级。确定指标集为 $a = \{b_1, b_2, b_3\}$, 指标要素子集为 $b_{ij} (i, j = 1, 2, 3)$; 确定评价等级, 将结果划分为 4 个等级, 记作 $V = \{v_1, v_2, v_3, v_4\} = \{90, 80, 70, 60\}$ 。其中: 优秀 >90 分; 良好 80~90 分; 合格 60~80 分; 不合格 <60 分。

2) 确定准则层及子准则层的权重向量, 根据表 1 可知准则层权重向量为: $w_A = (0.539 \ 0.136 \ 0.297)$, 各子准则层的权重向量分别为: $w_{B1} = (0.307 \ 0.386 \ 0.307)$, $w_{B2} = (0.386 \ 0.614)$, $w_{B3} = (0.386 \ 0.614)$ 。

3) 构建模糊综合评价矩阵。请 4 位专家就子准则层中的要素进行等级打分, 并计算出等级的隶属度。等级的隶属度指评价该要素为某一等级的专家数占专家总数的比例, 以此来构建模糊评价矩阵。 S_1 表示结构准则层的模糊评价矩阵, S_2 表示外观准则层的模糊评价矩阵, S_3 表示效果准则层的模糊评价矩阵。

$$S_1 = \begin{bmatrix} 0.25 & 0.5 & 0.25 & 0 \\ 0.5 & 0.5 & 0 & 0 \\ 0.5 & 0.25 & 0.25 & 0 \end{bmatrix} \quad (6)$$

$$S_2 = \begin{bmatrix} 0.25 & 0.25 & 0.5 & 0 \\ 0.25 & 0.25 & 0.5 & 0 \end{bmatrix} \quad (7)$$

$$S_3 = \begin{bmatrix} 0.25 & 0.5 & 0.25 & 0 \\ 0.5 & 0.5 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad (8)$$

准则层对亲子健身器可用性的评价权重向量为:

$$P_1 = w_{B1} \times S_1 = (0.423 \ 0.423 \ 0.154 \ 0) \quad (9)$$

$$P_2 = w_{B2} \times S_2 = (0.25 \ 0.25 \ 0.5 \ 0) \quad (10)$$

$$P_3 = w_{B3} \times S_3 = (0.25 \ 0.25 \ 0.5 \ 0) \quad (11)$$

4) 构建评价矩阵:

$$P = \begin{bmatrix} p_1 \\ p_2 \\ p_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.423 & 0.423 & 0.156 & 0 \\ 0.25 & 0.25 & 0.5 & 0 \\ 0.25 & 0.25 & 0.5 & 0 \end{bmatrix} \quad (12)$$

5) 综合评价权重向量: $W = w_A \times P = (0.343 \ 0.343 \ 0.314 \ 0)$, 按百分制的计算结果为: $F = W \cdot V^T = 80.29$ 。

根据评判等级可知, 亲子健身器材的可用性评价结果介于 80~90, 与 80 分较近, 与 90 分较远。这说明亲子健身器材的可用性从理论上讲, 基本可以令用户满意, 但是还有提升的空间。

4 亲子健身器设计方案

根据上述分析, 对亲子健身器进行了创新设计, 在整体的外观和结构两方面做出了改进, 使整套健身器械的可靠性、安全性、操作便捷性和美观性, 得到了大幅度提升。

外观方面的提升, 是对整套装置的外观进行了优化, 亲子健身器材效果见图 5。从工业设计的视觉整体性、视觉流畅性出发, 对亲子健身器械的造型进行了优化设计。健身器械的外观设计, 一方面要服从于产品功能结构, 要在允许的范围内, 最大限度地凸显产品的力量感、美感; 另一方面健身器械的外观设计, 能经得住时间的考验, 始终保持独立的风格; 产品的色彩、形态要符合幼儿的喜好, 能够吸引幼儿的注意力。

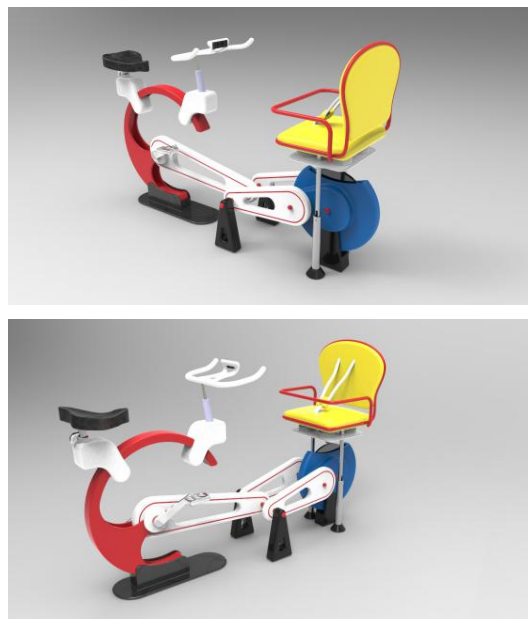


图5 亲子健身器材效果
Fig.5 Effect chart of parent-child fitness equipment

结构方面的提升主要表现在以下 3 个方面。(1) 优化动力模块, 将连续性差、可控性差的“蹬”动作, 改为连续性强、可控性强的“骑行”动作, 保证孩子动作的安全性和可控性。(2) 支撑部分采用钢管焊接而成; 在跨度较大的横梁部分, 增加加强筋, 以此来提高结构的稳定性; 儿童座椅与成人座椅部分, 采用 ABS 工程塑料, ABS 塑料具有易加工、制品尺寸稳定、抗冲击性强^[14]等优点。(3) 在安全性上共做出了

三点改进。第一，儿童座椅部分安装弹簧，此处弹簧的作用是减小儿童座椅在上升和下降过程中产生的冲击；4个支撑柱上分别安装弹簧，此处弹簧的作用是减小在家长蹬的过程中，因儿童座椅重力与儿童自重造成的阻力，减震装置见图6。第二，由于凸轮在运动的过程中，会带动儿童座椅上下运动，所以在伸缩管处开有滑槽，销固定在套筒上，儿童座椅上下运动时，销与滑槽保证伸缩管不会产生转动，滑槽处放大见图7。第三，如图5，在儿童座椅上增设安全带，可以防止儿童因动作过大而造成跌落事故的发生，这两点在一定程度上提高了亲子健身器的安全性。把手处放大见图8。

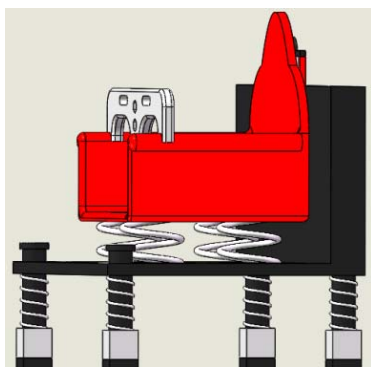


图6 减震装置
Fig.6 Damping device

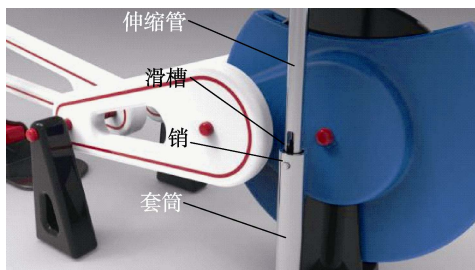


图7 滑槽处放大
Fig.7 Enlarging the chute



图8 把手处放大
Fig.8 Enlarging the handle

为了验证最终的设计效果，再次请专家针对亲子健身器材的可用性进行了综合评价，综合评价最终得分为89.623。根据评判等级，可知亲子健身器材的可用性已经趋近于优秀，改进效果比较明显。

5 结语

通过分析研究可以得出：利用FAHP方法对亲子健身器材的可用性进行综合评价，是可行的。文中通过对原始健身器械进行改进，使其可靠性与美观性得到了大幅度提升，使方案更加科学合理。亲子健身器材最终达到的效果，是在给孩子增添乐趣的同时，也能使看护孩子的家长得到有效锻炼。此外，改后的健身器材还存在着几点不足：首先对健身器材进行评判时，采用的是专家打分方式，有一定的人为主观性的判断存在，分数评判不够精准。其次改进后的健身器材还没有生产样机，还停留在理论阶段，存在一定的局限性。后续将会结合实验样机做进一步的实验分析，对健身器材再做进一步改进。

参考文献：

- [1] 高喜银, 苏珂, 史坤雪. 基于太阳能的互动性室外健身设施设计[J]. 包装工程, 2017, 38(14): 151—154.
GAO Xi-yin, SU Ke, SHI Xue-kun. Interaction Design of Outdoor Fitness Facilities Based on Solar Energy[J]. Packaging Engineering, 2017, 38(14): 151—154.
- [2] 张东方. 基于FAHP的立体车库人机界面可用性评价方法[J]. 机械设计, 2014, 31(4): 97—100.
ZHANG Dong-fang. Usability Evaluation Method of Human Computer Interface of Stereoscopic Garage Based on FAHP[J]. Journal of Machine Design, 2014, 31(4): 97—100.
- [3] 龙泉. AHP模糊综合评价法在绩效评估中的应用研究[J]. 冶金经济与管理, 2007(2): 45—48.
LONG Quan. Research on the Application of AHP Fuzzy Comprehensive Evaluation Method in Performance Evaluation[J]. Metallurgical Economics and Management, 2007(2): 45—48.
- [4] 李子明. 基于亲子概念的儿童玩具创新设计[J]. 现代装饰(理论), 2015(3): 108.
LI Zi-ming. Innovative Design of Children's Toys Based on Parent Child Concept[J]. Modern Decoration (Theory), 2015(3): 108.
- [5] 胡伟峰, 张坤, 张忠亚. 基于眼动追踪技术的压裂车外观设计评估研究[J]. 机械设计, 2015, 32(6): 109—112.
HU Wei-feng, ZHANG Kun, ZHANG Zhong-ya. Evaluation on Modeling Design of Fracturing Truck Based on Eye-Tracking Technology[J]. Journal of Machine Design, 2015, 32(6): 109—112.
- [6] 常瑜, 刘宝顺. 基于层次分析法的扫地车造型模糊综合评价方法及应用[J]. 机械设计, 2017, 34(3): 122—125.
CHANG Yu, LIU Bao-shun. Method and Application of Fuzzy Comprehensive Evaluation of Sweeping Vehicle Modeling Based on AHP[J]. Journal of Machine Design, 2017, 34(3): 122—125.

(下转第263页)

- [2] 梁明珠. 城市旅游开发与品牌建设研究[M]. 广州: 暨南大学出版社, 2009.
LIANG Ming-zhu. Research on Urban Tourism Development and Brand Construction[M]. Guangzhou: Jinan University Press, 2009.
- [3] 程义伟. 建构辽宁文化研究的学术框架[J]. 沈阳大学学报, 2004, 16(5): 92—94.
CHENG Yi-wei. Construct the Academic Framework of Liaoning Cultural Research[J]. Journal of Shenyang University, 2004, 16(5): 92—94.
- [4] 任君. 基于文化定位的区域形象识别系统构建[J]. 包装工程, 2013, 34(16): 1—4.
REN Jun. Construction of a Regional Image Recognition System Based on Cultural Positioning[J]. Packaging Engineering, 2013, 34(16): 1—4.
- [5] 王伟伟, 魏婷. 半坡彩陶三角图案的再设计及应用[J]. 包装工程, 2018, 39(8): 42—46.
WANG Wei-wei, WEI Ting. Re-design and Application of Banpo Painted Pottery Triangle Pattern[J]. Packaging Engineering, 2018, 39(8): 42—46.
- [6] 钟蕾, 李杨. 文化创意与旅游产品设计[J]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2015.
ZHONG Lei, LI Yang. Cultural Creativity and Tourism Product Design[J]. Beijing: China Construction Industry Publishing, 2015.
- [7] 于帆, 陈嫵. 仿生造型设计[J]. 武汉: 华中科技大学出版社, 2005.
YU Fan, CHEN Yan. Bionic Modeling Design[J]. Wuhan: Huazhong University of Science and Technology Press, 2005.
- [8] 刘晓宏. 福建客家土楼文化系列产品开发设计研究[J]. 包装工程, 2012, 33(10): 43—45.
LIU Xiao-hong. Fujian Hakka Tulou Culture Series Product Development Design Research[J]. Packaging Engineering, 2012, 33(10): 43—45.
- [9] 贺雪梅, 曹廷蕾. 面向设计载体的文化资源转译再生研究[J]. 包装工程, 2018, 39(20): 15—21.
HE Xue-mei, CAO Ting-lei. Research on Cultural Resource Translation and Regeneration or Design Vector[J]. Packaging Engineering, 2018, 39(20): 15—21.
- [10] 郭琳, 张凌浩. 经典国货文化记忆在当代设计中的价值与延续[J]. 包装工程, 2012, 33(10): 110—113.
GUO Lin, ZHANG Ling-hao. The Value and Continuation of Classic Domestic Cultural Memory in Contemporary Design[J]. Packaging Engineering, 2012, 33(10): 110—113.

(上接第 257 页)

- [7] 李永锋, 朱丽萍. 基于模糊层次分析法的产品可用性评价方法[J]. 机械工程学报, 2012, 48(14): 183—191.
LI Yong-feng, ZHU Li-ping. Product Usability Evaluation Method Based on Fuzzy Analytic Hierarchy Process[J]. Journal of Mechanical Engineering, 2012, 48(14): 183—191.
- [8] SEVA R R, GOSIACO K G T, SANTOS M C E D, et al. Product Design Enhancement Using Apparent Usability and Affective Quality[J]. Applied Ergonomics, 2011, 42(3): 511—517.
- [9] SATTY T L. Modeling Unstructured Decision Problem the Theory of Analytical Hierarchies[J]. Math Comput Simulation, 1978(10): 85—94.
- [10] 骆正清, 杨善林. 层次分析法中几种标度的比较[J]. 系统工程理论与实践, 2004(9): 51—53.
LUO Zheng-qing, YANG Shan-lin. Comparative Study on Several Scales in AHP[J]. System Engineering—Theory & Practice, 2004(9): 51—53.
- [11] 代丽, 朱爱华, 赵匀. 应用层次分析法计算分插机构优化目标的权重[J]. 农业工程学报, 2013, 29(2): 61—63.
DAI Li, ZHU Ai-hua, ZHAO Yun. Using AHP to Calculate Optimization Objective Weights of Transplanting Mechanism[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2013, 29(2): 61—63.
- [12] 邓雪, 李家铭, 曾浩健. 层次分析法权重计算方法分析及其应用研究[J]. 数学的实践与认识, 2012, 42(7): 93—100.
DENG Xue, LI Jia-ming, ZENG Hao-jian. Analysis and Application of Analytic Hierarchy Process Weight Calculation Method[J]. Mathematics in Practice and Theory, 2012, 42(7): 93—100.
- [13] 齐继阳, 任丽娜. 基于模糊层次分析法的海洋平台健康评估[J]. 机械设计与制造, 2016(6): 218—221.
QI Ji-yang, REN Li-na. Research on Evaluation of Health Status of Offshore Platforms Structure in Service[J]. Machinery Design & Manufacture, 2016(6): 218—221.
- [14] 于志省. ABS 树脂研究进展[J]. 高分子通报, 2012(5): 40—46.
YU Zhi-sheng. Research Progress of ABS Resin[J]. Polymer Bulletin, 2012(5): 40—46.