

# 基于粗糙集理论的博物院文创产品开发导向研究

杨柳

(安徽建筑大学, 合肥 230601)

**摘要:** **目的** 为使博物院文创产品创新设计的决策过程充分考虑用户的需求偏好特征, 对博物院文创产品设计的核心属性因素进行探究。**方法** 通过文化层次法提炼出博物院文创产品的设计要素, 并运用粗糙集与语意差异法构建知识表达系统。然后通过属性约简和重要度计算, 得出对感性意象语意影响较大的设计要素, 进而定性与定量地获取博物馆文创产品的设计模式。以安徽博物院为例, 提取出核心属性并筛选出最大程度影响用户感性意象简洁大方的设计要素为文化意象色彩, 其次为文化情感属性, 最后为文化象征意义与交互使用体验。**结论** 通过对博物院文创产品设计的用户需求关键因素进行分析与探究, 提出了博物院文创产品的设计思路, 进而为博物馆文创产品的设计、开发提供了参考依据。

**关键词:** 粗糙集; 文创产品; 用户心理; 用户需求

**中图分类号:** TB472 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2020)20-0008-06

**DOI:** 10.19554/j.cnki.1001-3563.2020.20.002

## Development Orientation of Cultural and Creative Products of the Museum Based on Rough Set Theory

YANG Liu

(Anhui Jianzhu University, Hefei 230601, China)

**ABSTRACT:** The work aims to explore the core attribute factors in the innovative design of Museum's cultural and creative product, in order to make the decision-making process of the innovative design of Museum's cultural and creative product give full consideration to the user's demand preference characteristics. The cultural level method was used to extract the design factors of Museum's cultural and creative products, and the knowledge expression system was constructed by the rough set and the semantic difference method (SD). Then, through the attribute reduction and importance calculation, the design elements that had a greater influence on the semantic of the kansei image were obtained, thus qualitatively and quantitatively acquiring the design mode of Museum's cultural and creative product. Taking Anhui Museum as an example, the core attribute was extracted and the most influential factors affecting the user's kansei image of simple and generous design were the cultural image color factors, followed by the cultural emotional factors, the cultural image symbolic meaning and interactive use experience. Through the analysis and investigation on the key factors of user demand in Museum's cultural and creative product design, the design strategy of the Museum's cultural and creative product is put forward, thus providing a reference for the design and development of Museum's cultural and creative product.

**KEY WORDS:** rough set; cultural and creative product; user psychology; user's demand

2016年国务院正式发布《关于进一步加强文物工作的指导意见》, 博物馆文化创意产品开发成为一个热门话题, 并受到民众的追捧<sup>[1]</sup>。而博物馆文化创意产品作为博物馆文化的载体, 正以不同的方式与形

式, 履行公共教育的职能<sup>[2]</sup>。然而, 博物馆文创产品同质化现象却较为严重, 馆藏文化推广不够, 尤其具有地域特征的各级博物馆的文化推广不具有差异性<sup>[3]</sup>。虽然现阶段消费者决定购买产品的动机已不再仅仅

收稿日期: 2020-09-26

基金项目: 2019年安徽省教育厅自然科学研究项目(KJ2019JD23)

作者简介: 杨柳(1991—), 女, 安徽人, 安徽建筑大学讲师, 主要研究方向为文创产品设计开发。

局限于科技感与功能性<sup>[4]</sup>，他们还希望产品能体现出自己的文化喜好、审美和价值观等因素，但在博物馆文创设计上，设计师重物质层面而轻精神层面且忽略受众审美趣味需求的现状导致了博物馆文创产品同质化严重。博物馆文创产品设计应该包含独特的馆藏文化元素，设计师应该重新思考及审视文化美学因素，开发出满足用户心理与审美需求的博物馆文创产品<sup>[5]</sup>。同时，博物院文创产品的开发是博物院馆藏文化传播的重要途径<sup>[6]</sup>。如何有效地对博物院文创产品创新路径进行探索，提取用户对文创产品的心理隐式偏好因素并将其运用到设计过程中，设计出满足用户审美需求的产品成为了一项关键课题。由此，本研究应用文化层次分析法分析出博物馆文创产品的设计属性因素，运用粗糙集理论并结合 SD 语意差异法来挖掘用户对博物院文创产品的感性需求，探究博物馆文创产品的核心设计属性，进而构建出符合用户情感需求的文创产品开发模式。

## 1 博物院文创产品开发

### 1.1 博物院文创产品设计

近年来，一些学者对博物院研发文创产品的研究日益兴起，重点集中于探究一些大型的博物馆文创产品的开发策略，如故宫博物院、苏州博物院与陕西历史博物馆等大型博物馆，同时现有的文献也从安徽博物院文创产品的文化、形态与功能等因素<sup>[6]</sup>、设计路径的架构<sup>[7]</sup>来探索。这些研究对一些博物院馆藏文化进行了系统全面的分析，并对文创产品的形态、功能与包装设计等要素进行详细探讨，却忽略了博物院文创产品与用户感性需求之间的关系，对博物院文创设计范式也缺乏系统理性的探讨，这导致博物院文创产品在设计中存在主观性与随意性，使博物馆文创产品无法体现馆藏特色鲜明的文化内涵，同时没有契合消费者的心理诉求。

### 1.2 文化分析法

当前，对博物馆馆藏文化内涵特色在产品开发中

的运用进行系统的研究与评价成为了一项急需攻关的关键课题，而文化三层次分析法提供了一种探究文化本质的方法，即是将文化划分为外在触摸层、中间行为习惯层、内在不可触摸层三层次<sup>[8]</sup>，中国台湾学者林荣泰教授在此基础上对不同层次的文化设计要素进行了进一步的区分和探究<sup>[9]</sup>，使对文化的研究更加系统和全面。由此，通过文化三层次理论对博物馆文创产品开发进行系统的探究，分析出博物馆文创产品开发的具体设计属性，并且进行用户需求分析，进而挖掘出满足用户情感偏好的博物院文创产品设计模式。

## 2 研究方法

### 2.1 构建博物院文创产品设计要素

文化具备其特有的文化属性特征，文化三层次理论的提出<sup>[9]</sup>为文化的研究提供了新的研究方法思路，后经中国台湾学者林荣泰等人的再次整理归纳，为外在、中间和内在三个文化层次定义对应的文化产品应用层级，其中内部层面包含故事、情感和文化属性，中间层包含功能、操作问题、可用性和安全性，外部层涉及颜色、纹理、形状、装饰，表面图案等因素。据此，由于馆藏文化特色鲜明使其在文创产品设计中具体的应用方式也更加多样化，难以定性地表述与分析，而文化三层次法通过三等级对博物院文创设计属性进行更准确的定性分析。以安徽博物院官网上的文创产品为例，参考现有产品并结合相关研究成果，与高校工业设计相关的专家、学者探讨，归纳出二十一个主要的设计属性，再通过 KJ 法<sup>[10]</sup>进一步合并与简化相同及相似的设计属性，归纳出博物院文创设计要素，并分为六类，最终构建出产品设计要素表，其分类见表 1。

### 2.2 基于粗糙集理论的博物馆文创产品设计要素分析

#### 2.2.1 粗糙集理论概述

为了分析与理解产品用户需求因素复杂的现象，

表 1 产品设计要素分类  
Tab.1 Classification of product design elements

文化特征元素	元素分类				
	1	2	3	4	5
意象色彩 C <sub>1</sub>	水墨画色调	油画色彩	产品固有色	文物色彩	
意象形态 C <sub>2</sub>	建筑元素	文物形态	产品固有形	美术作品元素	
意象纹样 C <sub>3</sub>	文物雕刻纹样	美术作品元素	文物形态纹样	无明显纹样	
意象象征意义 C <sub>4</sub>	徽商精神	爱国主义	宁静致远	无明显意义	达官显贵
意象情感共鸣 C <sub>5</sub>	活泼可爱	简洁大方	素雅的	复古的	
交互使用体验 C <sub>6</sub>	传递意象文化	无明显文化			

采用非线性模型来探讨<sup>[11]</sup>,其中粗糙集作为一种有效的解决办法,是由波兰数学家 Z Pawlak 于 1982 年<sup>[12]</sup>提出的。粗糙集理论能够处理无论具备线性或非线性数据特征的粗略与模糊数据,通过集合的边界区域而不是使用隶属函数来表达模糊性,这是粗糙集理论在处理模糊性和不确定性方面的独特优势<sup>[13]</sup>。另外,粗糙集理论不需要任何外部信息或额外的主观调整来进行数据分析,它仅使用给定数据中提供的信息<sup>[12]</sup>,形成完全由数据驱动、不需要人为假设的条件。通过属性约简,剔除冗余信息,比较知识的属性间的依赖性与重要性,导出问题分类和决策规则<sup>[14]</sup>,现已广泛地运用到机电产品设计、消费者情感满意度评估、数据挖掘及管理决策等许多科学与工程领域。

### 2.2.2 建立决策表

在粗糙集理论体系中,知识表达是关键之处,粗糙集将研究对象抽象为一个信息系统或知识表达系统,可由四元组表示,即通常被定义为<sup>[15]</sup>: $S=(U, A, V, f)$ ,其中  $U$  是论域,是对象知识中所有元组的集合,  $A$  为知识属性集,  $V$  为知识属性值集,  $f$  为知识函数,  $U \times A \rightarrow V$ 。如果  $A=C \cup D$  且  $C \cap D = \emptyset$ , 则称  $I=(U, C, D, V, f)$  为决策表,其中  $C$  为条件属性集,  $D$  为决策属性集。

### 2.2.3 属性约简

针对博物院文创产品的开发研究,并不是所有的设计属性与元素都对产品的意象的强度产生影响,属性约简的目的是从众多的设计要素中找到对此设计必不可少的设计要素,删除一些对产品意象无影响的属性且保持决策系统分类能力不变。关于粗糙集理论的基本知识如下<sup>[15-16]</sup>。

定义 1: 设  $R$  是论域  $U$  上的等价关系,若  $P \subseteq R$ , 且  $P \neq \emptyset$ , 则  $P$  中所有等价关系的交集仍然是论域  $U$  上的一个等价关系,称为  $P$  上的不可区分关系,记为  $\text{ind}(P)$ 。

定义 2: 设  $R$  是论域  $U$  上的等价关系,设知识库  $K=(U, R)$ , 对于任意知识子集  $X \subseteq U$  中包含在  $R$  中的最大可定义集称为  $X$  的下近似:

$$\underline{R}(X) = \{x \in U \mid [x]R \subseteq X\} = \bigcup \{Y \in U/R \mid Y \subseteq X\} \quad (1)$$

定义 3:  $X$  中包含在  $R$  中的最小可定义集称为  $X$  的上近似:

$$\overline{R}(X) = \{x \in U \mid [x]R \cap X \neq \emptyset\} = \bigcup \{Y \in U/R \mid Y \cap X \neq \emptyset\} \quad (2)$$

定义 4:  $X$  的  $R$  边界域为集合:

$$\text{BN}(X) = \overline{R}(X) - \underline{R}(X), \text{Pos}_R(x) = \underline{R}(X) \text{ 代表 } X \text{ 的 } R \text{ 正域。} \quad (3)$$

定义 5: 令  $C$  和  $D$  为等价关系族,  $C_j \in C$ , 如果满足式(4), 则称  $C_j$  为  $C$  中  $D$  是冗余的,用记号  $\text{pos}_C(D)$  来代替  $\text{pos}_{\text{ind}(C)}(\text{ind}(D))$  进行简化表达。否则,  $C_j$  为  $C$  中  $D$  必要的要素。 $C$  中所有必要的原始关系的集合称为  $C$  的  $D$  核,记为  $\text{core}_D(C)$ <sup>[17]</sup>。

$$\text{pos}_{\text{ind}(C)}(\text{ind}(D)) = \text{pos}_{\text{ind}(C - \{C_j\})}(\text{ind}(D)) \quad (4)$$

### 2.2.4 属性的重要度计算

在粗糙集的计算过程中,架构出的信息知识库中

的各个属性的重要性是不同的,应对重要性较高的属性优先考虑,属性重要度计算的相关定义如下。

定义 6: 系数  $\gamma_{C_j}(D)$  表示决策属性  $D$  与属性  $C_j$  之间的依赖度,决策属性  $D$  对条件属性  $C_j$  的依赖度定义为<sup>[17]</sup>:

$$\gamma_{C_j}(D) = \frac{\text{card}(\text{pos}_{C_j}(D))}{\text{card}(U)} \quad (5)$$

式中  $\text{card}$  表示相应集合的基数。

定义 7: 指标  $C_j(C_j \in C)$  的重要性  $\text{Sig}(C_j)$  定义为<sup>[17]</sup>:

$$\text{Sig}(C_j) = \gamma_C(D) - \gamma_{(C - \{C_j\})}(D) = \frac{\text{card}(\text{pos}_C(D)) - \text{card}(\text{pos}_{(C - \{C_j\})}(D))}{\text{card}(U)} \quad (6)$$

当  $C$  中除去  $C_j$  时,通过计算  $\gamma_{C_j}(D)$  数值的变化来衡量属性  $C_j$  的重要性。再将每个属性依次进行计算,接着按照从大到小的顺序依次排列,获得条件属性对决策属性的影响程度的排序。

## 3 案例研究

### 3.1 构建博物院文创产品决策表

以安徽博物院文创产品为例,论证所提出的方法对于博物院文创产品开发的有效性。根据表 1,采用焦点小组的研究方法,共调研相关的工业设计专家与设计师六名。其中,包括具有三年从业经验的企业文创产品设计师三名,高校工业设计教授三名。确定十六款安徽博物院文创产品开发方案作为实验样本,并构建出产品感性语意空间,初步选择六十组与安徽博物院文创产品相关的感性意象词汇,然后通过专家调研提取出关键的二十组核心感性词汇,再运用问卷调研结合因子分析法对问卷调查结果进行分析,得到两组代表性感性意象词对,分别为“简洁大方的一—繁琐装饰的”、“可爱有趣的一—端庄稳重的”。在此仅以“简洁大方的一—繁琐装饰的”为研究目标,结合十六款样本,采用 SD 语义差异法,选择六十名大学生进行感性评价实验,最后收集到五十一份有效问卷。

虽然 Z Pawlak 所提出的粗糙集理论为处理离散非线性属性提供了一种很有效的工具,但是 RS 粗糙集却不能直接处理连续性属性变量。为此,在运用粗糙集约简属性之前,首先要将调查数据做离散化处理。有学者指出三种连续属性离散化处理的方法,分别是 S 法、H 法和 L 法<sup>[18]</sup>。本研究采用 Lenarcik 提出的 L 方法,将情感意象评价结果在给定区间内通过数字来编码,将 SD 语义差异法调研出的感性意象得分转化成离散数据,将离散化后的感性评价价值作为决策属性  $D$  与设计要素所构成的条件属性  $C$  相结合,构建出博物院文创产品设计中“简洁大方的”意象评价决策表,见表 2。

表 2 “简洁大方的” 意象评价决策表

Tab.2 “Simple and generous” image evaluation decision

$U$	$C_1$	$C_2$	$C_3$	$C_4$	$C_5$	$C_6$	$D$
1	3	2	4	2	4	1	1
2	3	3	3	4	3	2	1
3	2	3	3	4	1	2	2
$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$
14	4	3	3	4	1	2	2
15	1	3	2	3	3	2	3
16	3	3	1	1	4	2	1

### 3.2 提炼博物馆文创产品的核心设计要素

根据式(1)一式(4)及表 2,对博物院文创产品的开发设计属性进行约简,得出  $C_1, C_4, C_5, C_6$  是必要的属性,而  $C_2, C_3$  在  $C$  中是  $D$  不必要的,即为冗余属性,应删除。由此可得,最终约简的核为  $\{C_1, C_4, C_5, C_6\}$ ,可见影响用户产生感性意象“简洁大方的一繁琐装饰的”的主要因素是文化意象色彩、文化意象象征意义、文化意象情感因素、交互使用体验,而文化意象形态与纹样属性影响较小,对决策属性意象的关联度较低。

在博物馆文创产品的设计过程中,馆藏文化的色彩文化意象对产品所产生的感性意象“简洁大方的一繁琐装饰的”较为重要,如安徽省博物院的文创产品“老梅新枝”青花杯,见图 1。该产品以博物馆馆藏《老梅新枝图》为设计灵感来源,整个产品的杯身以白色为主调,再搭配小块面的蓝色装饰图案,以舍弃过多的颜色装饰向消费者传达了简洁、素雅的心理感受。又如安徽省博物院文创产品潘玉良钱包设计,将潘玉良大师的油画的色彩元素提炼出来,并将其运用到钱包的表面装饰中,使用户通过鲜艳又富有变化的色彩感受到产品所具备的复杂设计风格。除了影响安徽博物院文创产品“简洁大方”意象的关键设计要素一文化色彩因素,经过精心设计的博物馆文创产品所反映的象征意义与情感意象同样较为关键,如安徽省博物院文创产品“抗战怀旧搪瓷杯”,见图 2。该产品的设计创意来源于安徽博物院馆藏文物“陆军新编第四军抗敌臂章”,杯子采用怀旧的搪瓷杯造型设计,整体的产品设计风格象征着抗日战争时期英雄战士所具备的刚毅顽强、坚韧勇敢的精神。通过怀旧的造型设计以情感角度为消费者传达出一种复古的心理感受及简洁的意象情感。此外,在博物馆文创产品的设计过程中,交互使用体验属性是一种全新的文化生产和传播方式,登上“云”端的博物馆数字文创能为用户带来极致的感官体验,能允许用户自主参与,甚至个性化定制,能强烈地激起人们的代入感,从而直接影响“简洁大方的一繁琐装饰的”的用户感性意象。

在博物馆文创产品的设计中,针对“简洁大方的一繁琐装饰的”的感性意象,纹样与形态设计属性影响较小,这是由于纹样设计手法是产品设计过程中辅助点缀式的表现手法,通过纹样来传递博物馆的馆藏文化,通常给人带来直观的印象感受。然而,在“简

洁大方的一繁琐装饰的”的意象中,如果把馆藏文物特征提炼出来,将纹样描绘得越精细,再加上合适的色彩与布局排版,便越会传递给消费者一种产品精美的感受,并不会直接传递出“简洁大方的一繁琐装饰的”的用户心理感受特征,如安徽博物院文创产品“徽州木语”,见图 3,徽州木语产品设计使用的纹样源于胡氏宗祠。该产品上部采用镂空的纹样设计,底部也印有画的纹样。虽然纹样设计较为细致与细腻,但并没有为用户传递出繁琐的感受,同时通过构建焦点小组调研分析可知,此款产品传递出精致与复古的语义风格特征。反之,如果博物馆文创产品具备较少的纹样特征,由于色彩、材质与结构等因素也未必会为用户传递出简洁的风格特征。因此,纹样设计属性在简洁大方或繁琐装饰风格的博物馆文创产品设计中并不是必要的方式。



图 1 青花杯

Fig.1 Cyan pattern cup



图 2 “抗战怀旧搪瓷杯”

Fig.2 “War Nostalgic Enamel Mug”



图 3 “徽州木语”书签

Fig.3 “Huizhou Wooden Language” bookmark

此外,博物馆文创产品的形态设计属性对于“简洁大方的一繁琐装饰的”感性意象也不是必要的属性因素。由于博物馆文创产品设计的形态特征一般源于常规产品所固有的形态特征,并通过馆藏文物色彩的提炼、文物文化符号的设计、情感特征的传达等设计手法来进一步进行装饰或创意设计,而形态属性特征在博物院文创产品设计过程中往往作为产品设计的基本本体,设计师通过在此本体上对色彩,装饰符号、工艺、情感等属性进行创意设计来有效构建产品特定的感性意象空间。因此,产品形态特征并非博物馆文创产品感性意象空间构建时必要的设计要素。

### 3.3 博物馆文创产品的核心设计要素优先级评估

依据公式(5)~(6)计算各条件属性的重要度,得到属性  $C_1$  的重要性为 0.50,  $C_4$  的重要性为 0.19,  $C_5$  的重要性为 0.31,  $C_6$  的重要性为 0.19, 因此博物院文创产品开发对于感性意象“简洁大方的一复杂繁琐的”重要性排序为:文化意象色彩  $C_1 >$  文化意象情感共鸣  $C_5 >$  文化意象象征意义  $C_4 =$  交互使用体验  $C_6$ 。据此,用户对于“简洁大方的一复杂繁琐的”感性意象更注重文创产品的文化意象色彩,其次是情感因素,最后是意象象征意义及交互使用体验。

在博物馆文创产品设计过程中,产品色彩是人们视觉体验的一种心理属性。作为产品系统中最重要的视觉特征之一,色彩不仅传达出视觉上的美感,而且有效传达出用户生理和心理上的需求。通过提炼馆藏文物形象或油画色彩所设计制作完成的产品,其产品整体风格能快速地呈现出“简洁大方的一复杂繁琐的”感性意象。其次,重要度排在第二的是文化情感共鸣,博物馆文创设计的风格极为关键,这是由于在感性驱动消费的时代,用户会依据自己的心理偏好来选择所喜欢的风格意象产品,在产品色彩被充分体验之后,消费者会产生情感共鸣这一内心感受特征,因此其重要度仅次于色彩。再次,重要度排在第三的为意象象征意义属性,象征本质上是一种在情景交融下深层次精神思想的体现,消费者通常会在感受思想的过程中直接或者间接地感受到简洁意象。最后,文博产品的设计核心要素——交互使用体验属性相对于其他三个设计属性而言重要度较低。博物馆文创产品的交互使用体验旨在通过互联网的方式进行快速有效的传播,通过软件 APP 或小程序进行交互,消费者不仅可以获取生动的产品文化背景知识,而且可以对文博产品的制作工艺与过程有更直观的了解,同时 APP 的图解与视频都会极为清晰地展现每一个环节与步骤,因而这是一种极好的用户体验方式。然而,由于现阶段国内很多大型博物院 APP 与小程序的应用普及率还较低,多数博物馆没有开发相应的交互体验平台,这导致大部分文博产品无法利用交互体验模式来传播其独特的文化内涵知识,因此在博物馆文创

产品开发中的交互使用体验对用户感性意象的影响还不够显著。

## 4 结语

我国博物馆藏品是中华民族灿烂文化的重要组成部分,推广博物馆文创产品的开发,是传承传统文化的有效途径。本文针对国内博物院产品创新设计方案过程中未充分考虑客户需求偏好的特点,提出导入客户需求偏好因素的博物馆产品创新设计方案的研究思路。通过运用一种集成粗糙集理论与 SD 语意差异法,定性与定量地提取出影响用户感性意象的核心设计要素。并以安徽博物院为例,论证了所提出方法的有效性与合理性。研究表明,在“简洁大方”意象的博物院文创产品开发过程中有四项设计属性是至关重要的,其中最重要的因素为文化意象色彩,其次是文化意象情感,最后为文化象征意义与交互使用体验,而文化意象形态与纹样属性对产品“简洁大方的一复杂繁琐的”意象影响度较低。总之,本研究从一个较新的角度重新构建博物馆文创产品的开发模式,将整个博物馆文创产品的开发过程进行定性与量化的探讨,并尝试将用户的需求融入产品的开发设计过程中。通过本研究所提出的科学方法,能有效降低传统博物院文创设计决策过程中的主观性与不确定性,使设计能及时响应用户的需求,为提高该类文创产品设计实践提供了行之有效的理论参考。

### 参考文献:

- [1] 爱新伯骥,周雅琴.探索地方博物馆文创开发的创新设计新思路[J].包装工程,2018,39(20):196-200.  
AIXIN Bo-xiang, ZHOU Ya-qin. Innovative Design of Cultural and Creative Products in Local Museums[J]. Packaging Engineering, 2018, 39(20): 196-200.
- [2] 易平.文化消费语境下的博物馆文创产品设计[J].包装工程,2018,39(8):84-88.  
YI Ping. Design of Museum Cultural Creation Products in the Context of Cultural Consumption[J]. Packaging Engineering, 2018, 39(8): 84-88.
- [3] 彭红,林莉.曾国探幽:湖北省博物馆玩具设计[J].装饰,2019(6):124-125.  
PENG Hong, LIN Li. Toy Design of Marquis of the State Zeng for Hubei Provincial Museum[J]. Zhuangshi, 2019(6): 124-125.
- [4] CHUANG M C, CHANG C C, HSU S H. Perceptual Factors Underlying User Preferences toward Product Form of Mobile Phones[J]. International Journal of Industrial Ergonomics, 2001(27): 247-258.
- [5] CHAI C L, BAO D, SUN L, et al. The Relative Effects of Different Dimensions of Traditional Cultural Elements on Customer Product Satisfaction[J]. International

- Journal of Industrial Ergonomics, 2015(48): 77-88.
- [6] 江小凤. 基于地域文化的博物馆系统文创产品设计研究[D]. 合肥: 合肥工业大学, 2017.  
JIANG Xiao-feng. Research on Product Design of Museum System Based on Regional Culture [D]. Hefei: Hefei University of Technology, 2017.
- [7] 张程程. 安徽博物院文创产品设计路径探究[D]. 合肥: 合肥工业大学, 2018.  
ZHANG Cheng-cheng. Exploration of Design Path of Cultural and Creative Products in Anhui Museum[D]. Hefei: Hefei University of Technology, 2018.
- [8] LEONG B D, CLARK H. Culture-based Knowledge towards New Design Thinking and Practice-A Dialogue[J]. Design Issues, 2003, 19(3): 48-58.
- [9] LIN R T. Transforming Taiwan Aboriginal Cultural Features into Modern Product Design: A Case Study of a Cross-cultural Product Design Model[J]. International Journal of Design, 2007, 1(2): 45-53.
- [10] SCUPIN R. The KJ Method: A Technique for Analyzing Dada Derived from Japanese Ethnology[J]. Human Organization, 1997, 56(2): 233-237.
- [11] ZHAI L Y, KHOO L P, ZHONG Z W. A Rough Set Based Decision Support Approach to Improving Consumer Affective Satisfaction in Product Design[J]. International Journal of Industrial Ergonomics, 2009, 39(2): 295-302.
- [12] PAWLAK Z. Rough Sets[J]. International and Computer Science, 1982, 11(5): 341-356.
- [13] ZHAI L Y, KHOO L P, ZHONG Z W. A Rough Set Based QFD Approach to the Management of Imprecise Design Information in Product Development[J]. Advanced Engineering Informatics, 2009, 23: 222-228.
- [14] 魏巍. 定制产品需求知识重构及粗糙集分析方法[J]. 计算机集成制造系统, 2012, 18(2): 230-236.  
WEI Wei. Customization Products Requirement Knowledge Reconstruction and Rough Set Analysis Method[J]. Computer Integrated Manufacturing Systems, 2012, 18(2): 230-236.
- [15] 杨洁, 杨育, 王伟立, 等. 基于粗糙集的产品协同设计知识推送方法研究[J]. 中国机械工程, 2009, 20(20): 2452-2456.  
YANG Jie, YANG Yu, WANG Wei-li, et al. Research on Rough Theory-based Knowledge Push in Product Collaborative Design[J]. China Mechanical Engineering, 2009, 20(20): 2452-2456.
- [16] 石夫乾, 孙守迁, 徐江. 基于粗糙集的感性知识关联规则挖掘研究[J]. 计算机集成制造系统, 2008, 14(2): 407-416.  
SHI Fu-qian, SUN Shou-qian, XU Jiang. Association Rule Mining of Kansei Knowledge Based on Rough Set[J]. Computer Integrated Manufacturing Systems, 2008, 14(2): 407-416.
- [17] 张小红, 裴道武, 代建华. 模糊数学与 Rough 集理论[M]. 北京: 清华大学出版社, 2013.  
ZHANG Xiao-hong, PEI Dao-wu, DAI Jian-hua. Fuzzy Mathematics and Rough Set Theory[M]. Beijing: Tsinghua University Press, 2013.
- [18] 苗夺谦. Rough Set 理论中连续属性的离散化方法[J]. 自动化学报, 2001, 27(3): 296-302.  
MIAO Duo-Qian. A New Method of Discretization of Continuous Attributes in Rough Sets[J]. Act Automatica Sinica, 2001, 27(3): 296-302.