

论坛

一种绿色包装设计评价方法

李鸿明¹, 周义²

(1. 东莞职业技术学院, 东莞 523808; 2. 广州市帝盛广告有限公司, 广州 510900)

摘要: **目的** 为了解决绿色包装设计的评价问题, 以及科学实现包装“绿色度”的判定。**方法** 介绍绿色包装设计的内涵, 并确定相应的评价指标。基于模糊综合评价模型提出一种绿色包装设计评价方法, 详细论述因素集、评价集、权重集、隶属度函数的确定方法。通过实例说明具体评价过程。**结果** 算例结果表明, 所述评价方法计算过程较简单、区分度较高、评价结果准确。**结论** 该方法可提高绿色包装设计评价的准确性, 有利于改善包装设计环保性能。

关键词: 绿色包装设计; 模糊综合评价; 评价指标

中图分类号: TB482 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2017)13-0208-05

An Evaluation Method for Green Package Design

LI Hong-ming¹, ZHOU Yi²

(1. Dongguan Polytechnic, Dongguan 523808, China;

2. Guangzhou Disheng Advertising Co., Ltd., Guangzhou 510900, China)

ABSTRACT: The work aims to solve the problem of green package design evaluation and achieve the judgment of package “green degree” scientifically. The connotation of green package was introduced and the corresponding evaluation indexes were determined. A method of green package evaluation was put forward based on the fuzzy comprehensive evaluation model. The determination methods of factor set, evaluation set, weight set and membership function were discussed in detail. Finally, an example was given to illustrate the specific evaluation process. The example results showed that the evaluation method described had a simple calculating process, high degree of differentiation and accurate evaluation results. This method can improve the accuracy of green package design evaluation and help improve the environmental protection performance of package design.

KEY WORDS: green package design; fuzzy comprehensive evaluation; evaluation index

随着经济不断、快速地发展, 人类大肆向自然界索取各种资源。在全球范围内, 过度开采早已破坏了生态平衡, 影响到人类及其他物种赖以生存的环境^[1-3]。其中, “白色污染”是一种比较典型的案例, 其不仅难以降解且多数质量较轻, 回收十分困难, 成本高, 利用价值低。通常情况下, 包装行业所用包装袋多属一次性产品, 生命周期短, 使用量大, 资源浪费比较严重, 所以包装袋很容易造成环境污染^[4-7]。在某种程度上, 包装工业的绿色化, 包装袋的循环使用就显得十分迫切。所谓绿色包装指不会污染环境、能够回收利用的包装, 通过资源回收、再生利用实现

生态环境保护^[8-9]。本质上, 绿色包装是一种环保的生产模式, 包装产品的整个生命周期首先考虑环保因素^[10]。概括地讲, 绿色包装属于绿色制造的一部分, 其主旨是保证能源和原材料利用率的最大化, 同时尽可能地减少其污染度和对环境的负面影响, 从而实现可持续发展^[11]。

尽管诸多企业针对绿色包装做了很多不错的设计、实验和实践, 但是大多数包装依旧局限于一种“非绿色”的设计形式^[12]。其主要原因在于无法判断包装设计能否达到环保标准, 缺乏统一、客观的评价方法实现包装设计的“绿色度”判定^[13]。综上所述, 绿色包

收稿日期: 2017-01-10

基金项目: 教育部人文社会科学研究规划青年基金(15YJC760007); 广东省教育厅质量工程教学研究项目(GDJG2015002); 教育部职业院校艺术设计类教指委项目(YJY2015-16-17)

作者简介: 李鸿明(1981—), 男, 硕士, 东莞职业技术学院副教授、高级工艺美术师, 主要研究方向为包装艺术设计。

装设计评价方法和体系是实现绿色包装的关键，也是企业决策者和包装设计师亟待解决的问题。针对绿色包装设计的评价问题，文中提出了一种模糊综合评价法以实现绿色包装的系统分析，进而期望搭建一套全面、客观的评价体系。

1 绿色包装内涵

绿色包装应从原料选择、制造、使用、废弃等方面考虑，保证产品的整个生命周期均符合环境保护的基本要求^[14]。文中主要从以下 6 个方面确定相关指标，进而构建绿色包装的评价体系。

1) 减量化包装。在满足产品保护、贮存方便、有助销售等功能的条件下，最大限度地减少包装材料使用量来完成包装作业。一些欧美国家已将减量化包装作为发展绿色包装的首选。

2) 包装可重复利用、回收再生。为达到节约资源的目的，应尽最大可能实现包装材料的回收利用，或者使包装废弃物可以循环利用和回收。

3) 废弃物可降解。为解决垃圾、难降解的问题，包装废弃物最好能够以最快的速度自然分解，以期减少环境污染；推荐使用生物或光降解的包装材料；遵循绿色包装的 3R 和 1D 原则。

4) 包装材料无公害。包装用容器的材料必须具有稳定性，其不能与产品发生化学、物理反应；在贮存、运输过程中不可产生任何有害物质，即必须保证内装物的安全性。

5) 包装产品整个生命周期均无公害。即原料采集、加工、制造、使用、废弃物回收再利用、最终处理等环节均不会对人体、环境造成危害。

6) 良好的用户体验。在保证包装“绿色度”的前提下，包装产品应考虑用户的视觉感受、可识别性，同时设计应具有一定的艺术性。综合考虑所述因素，确定评价指标见表 1。

2 模糊综合评价模型

针对受多种因素影响的模糊性现象或事物，模糊综合评判可展开总体评价。模糊综合评判大体可以分为单独评判和综合评判 2 步，其中单独评判仅考虑单个因素，而综合评判则考虑所有因素^[15]。评判过程主要包括建立因素集 U 、评价集 V 、权重集 A 以及评判空间 R ，最后进行模糊综合评判。

2.1 因素集

因素集为一个普通集合，其内元素分别对应影响评判对象的各种因素。根据表 1 所示绿色包装评价指标，建立一级因素集，包括 4 个元素即：环保性 U_1 、经济性 U_2 、宜人性 U_3 、艺术性 U_4 。其中环保性 U_1

表 1 绿色包装评价指标 Tab.1 Green packaging evaluation indexes		
目标指标	一级指标	二级指标
绿色 包装	环保性	环境污染
		材料回收
		废弃物减量化
		资源利用率
	经济性	包装造型结构
		加工技术难度
		制造成本
		材料费用
	宜人性	安全性
		视觉感受
		可识别性
		人机协调性
	艺术性	文字设计
		设计构图
		设计创意
		色彩设计

包括环境污染 u_{11} 、材料回收 u_{12} 、废弃物减量化 u_{13} 、资源利用率 u_{14} 等二级因素。经济性 U_2 包括包装造型结构 u_{21} 、加工技术难度 u_{22} 、制造成本 u_{23} 、材料费用 u_{24} 等二级因素。宜人性 U_3 包括安全性 u_{31} 、视觉感受 u_{32} 、可识别性 u_{33} 、人机协调性 u_{34} 等二级因素。艺术性 U_4 包括文字设计 u_{41} 、设计构图 u_{42} 、设计创意 u_{43} 、色彩设计 u_{44} 等二级因素。综上所述，评判因素集可描述为：一级因素集 $U=\{U_1, U_2, U_3, U_4\}$ ，二级因素集 $U_1=\{u_{11}, u_{12}, u_{13}, u_{14}\}$ ， $U_2=\{u_{21}, u_{22}, u_{23}, u_{24}\}$ ， $U_3=\{u_{31}, u_{32}, u_{33}, u_{34}\}$ ， $U_4=\{u_{41}, u_{42}, u_{43}, u_{44}\}$ 。

2.2 评价集

对于不同评价指标，为便于综合分析需要设定评价等级。评价集是指以各种可能评判结果为元素的集合，所述评判结果可用不同的等级进行描述。根据参考文献可知，目前常用的等级描述方法较多，同时可用数字来度量不同等级的评价标准值。以四级法为例，与“优、良、中、差”相对应的评价集为 $V=\{v_1, v_2, v_3, v_4\}=\{1, 2, 3, 4\}$ 。

2.3 权重集

通常情况下，评判对象受各因素影响的程度往往不同。设定各因素 U_i 的权值系数为 a_i ，所述权值系数可组成权重集 A 。在模糊综合评价过程中如何确定权重集至关重要。目前常用权重集确定方法包括判断矩阵法、专家调查法、德尔斐法。文中采用德尔斐法，若因素重要性程度可用 F_i ， $F_i \in A\{1, 2, 3, 4\}$ 表示，那么最重要因素 F_i 值为 4，次重要因素的 F_i 值为 3，一般因素的 F_i 值为 2，最次要因素的 F_i 值为 1。举例说

明一级权重集的具体计算过程如下。

1) 评判专家人数为 n , 根据下式统计各因素重要性序列值 F_i :

$$A_{i,j-k} = \begin{cases} 1 & F_{j-k} / F_{i-k} > 1 \\ 0 & F_{j-k} / F_{i-k} < 1 \end{cases} \quad (1)$$

式中: i, j 均为因素编号; k 为专家编号。根据 $A_{i,j-k}$ 进行累加计算得到与一级因素集对应的 $\sum A_1$, $\sum A_2$, $\sum A_3$, $\sum A_4$, 并得到其中最大值 $\sum A_{\max}$ 和最小值 $\sum A_{\min}$, 可用于表征各因素的重要性。

2) 令 $a_{\max}=1$, $a_{\min}=0.1$, 根据式(2)计算级差:

$$d = \frac{\sum A_{\max} - \sum A_{\min}}{a_{\max} - a_{\min}} \quad (2)$$

3) 计算各因素重要性系数 a_i :

$$a_i = \frac{\sum A_i - \sum A_{\min}}{d} + 0.1 \quad (3)$$

通过归一化处理可得: $A=\{a_1, a_2, a_3, a_4\}$ 。同理, 可依次确定二级权重系数: $A_1=\{a_{11}, a_{12}, a_{13}, a_{14}\}$, $A_2=\{a_{21}, a_{22}, a_{23}, a_{24}\}$, $A_3=\{a_{31}, a_{32}, a_{33}, a_{34}\}$, $A_4=\{a_{41}, a_{42}, a_{43}, a_{44}\}$ 。

2.4 隶属函数确定

包装“绿色度”的评价依据应综合考虑各因素集的作用, 首先建立二级评判矩阵 R_1, R_2, R_3, R_4 , 然后确定评判矩阵 R 。本质上, 建立评判矩阵则可以确定各因素的隶属度^[16]。隶属度确定方法大体可分为 2 种: 首先确定各因素隶属函数, 然后将与该因素相关的数字代入函数, 即可得到该因素隶属度, 该方法适合于可用具体数值衡量的评判因素, 例如制造成本、回收利用率、材料降解性等; 组织一些专家(数量为 m)对各因素进行评价, 统计等级“优”的数目 m_1 、等级“良”的数目 m_2 、等级“中”的数目 m_3 、等级“差”的数目 m_4 。通过归一化处理, 可得该因素的隶属度, 该方法适合于具有模糊特性的评判因素, 如宜人性、艺术性。

以二级评判因素 u_{11} 为例, 选用第 2 种方法阐述隶属度的确定过程。针对某一包装设计方案的“环境污染”邀请 10 位专家进行评分。结果如下: 等级“优”2 人、等级“良”6 人、等级“中”2 人、等级“差”0 人, 则评价指标“环境污染”的隶属度为 (0.20, 0.60, 0.20, 0.00)。同理, 可得“环保性”中其他因素的隶属度, 进而建立“环保性”因素的评判矩阵 R_1 :

$$R_1 = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & r_{13} & r_{14} \\ r_{21} & r_{22} & r_{23} & r_{24} \\ r_{31} & r_{32} & r_{33} & r_{34} \\ r_{41} & r_{42} & r_{43} & r_{44} \end{bmatrix}$$

另外, 可依次建立“经济性”、“宜人性”、“艺术

性”等一级指标的评价矩阵 R_2, R_3, R_4 。综上所述, 一旦确定各因素权重集 A 和评判矩阵 R 后, 可基于如下所述, 评判函数模型实现模糊综合评价。

1) 二级评判:

$$B_1 = A_1 \cdot R_1 = \{a_{11}, a_{12}, a_{13}, a_{14}\} \cdot \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & r_{13} & r_{14} \\ r_{21} & r_{22} & r_{23} & r_{24} \\ r_{31} & r_{32} & r_{33} & r_{34} \\ r_{41} & r_{42} & r_{43} & r_{44} \end{bmatrix} \quad (4)$$

通过归一化处理得到 $B_1=[b_{11} \ b_{12} \ b_{13} \ b_{14}]$ 。采用相同方法依次计算获取 B_2, B_3, B_4 , 进而组合构成一级评判矩阵 $R=[B_1, B_2, B_3, B_4]^T$ 。

2) 一级评判:

$$B = A \cdot R = \{a_1, a_2, a_3, a_4\} \cdot \begin{bmatrix} b_{11} & b_{12} & b_{13} & b_{14} \\ b_{21} & b_{22} & b_{23} & b_{24} \\ b_{31} & b_{32} & b_{33} & b_{34} \\ b_{41} & b_{42} & b_{43} & b_{44} \end{bmatrix} \quad (5)$$

通过归一化处理得到 $B=[b_1 \ b_2 \ b_3 \ b_4]$ 。最后基于最大隶属度准则, 即可确定绿色包装设计的优劣水平。

3 实例分析

为了进一步阐述绿色包装设计的模糊综合评价过程, 文中通过具体实例展开分析。对于某一包装设计方案, 首先由该领域专家进行评分。经统计得到该包装设计方案的评判数据, 见表 2。

以环保性因素为例, 根据上述评价方法, 在具体

$$\text{评价过程中则存在: } R_1 = \begin{bmatrix} 0.2 & 0.6 & 0.2 & 0.0 \\ 0.0 & 0.0 & 0.4 & 0.6 \\ 0.7 & 0.3 & 0.0 & 0.0 \\ 0.7 & 0.3 & 0.0 & 0.0 \end{bmatrix},$$

$A_1=\{0.30, 0.20, 0.30, 0.20\}$ 。根据式(4)则有 $B_1=A_1 \cdot R_1=[0.41 \ 0.33 \ 0.14 \ 0.12]$ 。同理, 经计算可得 $B_2=A_2 \cdot R_2=[0.495 \ 0.455 \ 0.1035 \ 0.015]$, $B_3=A_3 \cdot R_3=[0.16 \ 0.16 \ 0.26 \ 0.42]$, $B_4=A_4 \cdot R_4=[0.16 \ 0.54 \ 0.30 \ 0.00]$ 。

根据式(5)则有:

$$B = A \cdot R = \{a_1, a_2, a_3, a_4\} \cdot [B_1, B_2, B_3, B_4]^T = [0.38 \ 0.35 \ 0.14 \ 0.13] \quad (6)$$

根据计算结果可知, 该绿色包装设计方案的“差”等级隶属度为 0.13、“中”等级隶属度为 0.14、“良”等级隶属度为 0.35、“优”等级隶属度为 0.38。其中“优”等级的隶属度数值最大, 参考最大隶属度原则, 该绿色包装设计方案可认定为“优”等级。

表 2 评判数据
Tab.2 Evaluation data

一级指标	一级权重系数	二级指标	二级权重系数	差	中	良	优
环保性	0.53	u_{11}	0.30	0.0	0.2	0.6	0.2
		u_{12}	0.20	0.6	0.4	0.0	0.0
		u_{13}	0.30	0.0	0.0	0.3	0.7
		u_{14}	0.20	0.0	0.0	0.3	0.7
经济性	0.27	u_{21}	0.35	0.0	0.1	0.2	0.7
		u_{22}	0.35	0.0	0.0	0.5	0.5
		u_{23}	0.15	0.1	0.0	0.6	0.3
		u_{24}	0.15	0.0	0.0	0.8	0.2
宜人性	0.14	u_{31}	0.40	0.0	0.2	0.4	0.4
		u_{32}	0.20	1.0	0.0	0.0	0.0
		u_{33}	0.20	0.9	0.1	0.0	0.0
		u_{34}	0.20	0.2	0.8	0.0	0.0
艺术性	0.06	u_{41}	0.30	0.0	0.1	0.7	0.2
		u_{42}	0.30	0.0	0.5	0.5	0.0
		u_{43}	0.20	0.0	0.0	0.5	0.5
		u_{44}	0.20	0.0	0.6	0.4	0.0

4 结语

随着国家对环保问题的重视度不断提高，绿色包装设计显然已成为众多企业的选择，因此建立一个科学、完善的评价方法和体系至关重要。文中阐述了绿色包装的内涵并确定了评价指标，基于模糊综合评价模型详细论述了一种绿色包装设计评价方法。同时，通过实例说明了评价过程。文中所述评价方法对包装“绿色度”鉴定具有一定的指导意义。

参考文献：

[1] 戴宏民. 包装产品环境性能评价模式的比较研究[J]. 包装工程, 2010, 31(7): 44—47.
DAI Hong-min. Comparative Study of Environmental Characteristics Evaluation Models of Product Packaging[J]. Packaging Engineering, 2010, 31(7): 44—47.

[2] 李银兴. 绿色包装设计的可持续发展[J]. 包装工程, 2014, 35(22): 73—76.
LI Yin-xing. Sustainable Development of Green Packaging Design[J]. Packaging Engineering, 2014, 35(22): 73—76.

[3] 王幽又, 杨随先. 基于生命周期设计的绿色包装材料选择[J]. 包装工程, 2015, 36(9): 77—81.
WANG You-you, YANG Sui-xian. Material Selection in Design of Green Package Based on Concept of Life Cycle Design[J]. Packaging Engineering, 2015, 36(9): 77—81.

[4] 郭安福, 李剑锋, 李方义, 等. 基于模糊层次分析法的可降解包装材料绿色度评价[J]. 功能材料, 2010, 41(3): 401—405.

GUO An-fu, LI Jian-feng, LI Fang-yi, et al. Assessment on Green Degree of Biodegradable Packaging Materials Based on FAHP Methodology[J]. Functional Materials, 2010, 41(3): 401—405.

[5] 孙容芳, 伍军. 绿色包装的发展趋势[J]. 塑料包装, 2011, 21(6): 6—8.
SUN Rong-fang, WU Jun. The Development Trend of Green Packaging[J]. Plastic Packaging, 2011, 21(6): 6—8.

[6] 陈金明. 绿色包装设计系统模块及其结构分析[J]. 包装学报, 2016, 8(1): 74—81.
CHEN Jin-ming. The Substructure and Module of System for Green Packaging Design[J]. Packaging Journal, 2016, 8(1): 74—81.

[7] 刘言松, 曹巨江. 我国绿色包装研究进展[J]. 包装与食品机械, 2014, 32(1): 60—64.
LIU Yan-song, CAO Ju-jiang. The Progress and Trend of the Green Packaging Researching in China[J]. Packaging and Food Machinery, 2014, 32(1): 60—64.

[8] 戴宏民, 戴佩燕, 周均. 产品生态设计的关键技术及方法[J]. 包装学报, 2013, 5(2): 45—51.
DAI Hong-min, DAI Pei-yan, ZHOU Jun. The Key Technology and Design Method of Product Eco-Design[J]. Packaging Journal, 2013, 5(2): 45—51.

[9] 罗良维, 杨春燕. 基于基因可拓模块化设计的陶瓷物流包装设计研究[J]. 广东工业大学学报, 2015, 32(2): 11—16.
LUO Liang-wei, YANG Chun-yan. Study on Ceramic Logistics Packaging Design Based on Gene Extension Modular Design[J]. Journal of Guangdong University of Technology, 2015, 32(2): 11—16.

[10] 刘飞, 李聪波, 曹华军, 等. 基于产品生命周期主线的绿色制造技术内涵及技术体系框架[J]. 机械工程

- 学报, 2009, 45(12): 115—120.
- LIU Fei, LI Cong-bo, CAO Hua-jun, et al. Green Manufacturing Technology Connotation and System Framework Based on Product Life Cycle[J]. Journal of Mechanical Engineering, 2009, 45(12): 115—120.
- [11] 徐锋, 纪杨建, 顾新建, 等. 基于主成分分析的产品低碳包装概念设计方法[J]. 浙江大学学报(工学版), 2014, 48(11): 2009—2016.
- XU Feng, JI Yang-jian, GU Xin-jian, et al. Conceptual Design Method for Low-carbon Packaging of Products Based on Principal Component Analysis[J]. Journal of Zhejiang University (Engineering Science), 2014, 48(11): 2009—2016.
- [12] 魏风军, 贾秋丽, 刘浩. 绿色包装领域核心文献、研究热点及前言的可视化研究[J]. 包装学报, 2016, 8(4): 1—7.
- WEI Feng-jun, JIA Qiu-li, LIU Hao. Visualization Research on Core Literature, Research Focus and Frontiers in the Field of Green Packaging[J]. Packaging Journal, 2016, 8(4): 1—7.
- [13] 肖金亭. 基于综合评价理念的绿色包装设计评价体系的研究[D]. 株洲: 湖南工业大学, 2013.
- XIAO Jin-ting. Study on Green Packaging Design Evaluation System Based on Comprehensive Evaluation[D]. Zhuzhou: Hunan University of Technology, 2013.
- [14] 孟强, 李方义, 李静, 等. 基于绿色特征的方案设计快速生命周期评价方法[J]. 计算机集成制造系统, 2015, 21(3): 626—633.
- MENG Qiang, LI Fang-yi, LI Jing, et al. Green Features-based Rapid Life Cycle Assessment Method for Conceptual Design[J]. Computer Integrated Manufacturing Systems, 2015, 21(3): 626—633.
- [15] 戴宏民. 包装环境性能评价模式的原理及适应性[J]. 包装学报, 2010, 2(1): 50—56.
- DAI Hong-min. Comparative Study of Environmental Characteristics Evaluation Model of Product Packaging[J]. Packaging Journal, 2010, 2(1): 50—56.
- [16] 蔡久顺, 张执国, 师鹏, 等. 基于模糊多层次灰色法的绿色建筑风险评价研究[J]. 合肥工业大学学报, 2015, 38(7): 968—972.
- CAI Jiu-shun, ZHANG Zhi-guo, SHI Peng, et al. Research on Risk Evaluation of Green Building Design Based on Fuzzy Multi-hierarchical Gray Method[J]. Journal of Hefei University of Technology, 2015, 38(7): 968—972.

《绿色印刷》特色栏目征稿函

绿色是世界各国普遍认同的, 不仅体现可持续发展理念、以人为本、先进科技水平, 也是实现节能减排与低碳经济的重要手段。绿色印刷的产业链主要包括绿色印刷材料、印刷图文设计、绿色制版工艺、绿色印刷工艺、绿色印后加工工艺、环保型印刷设备、印刷品废弃物回收与再生等。通过绿色印刷的实施, 可使包括材料、加工、应用和消费在内的整个供应链系统步入良性循环状态。大力发展绿色印刷、绿色包装, 是发展循环经济的本质要求, 是建立资源节约型社会、促进人与自然和谐发展的有力举措。

鉴于此, 本刊拟围绕“绿色印刷”这一主线, 作系列的专项报道。编辑部特邀请绿色印刷领域的专家为本栏目撰写稿件, 以期进一步提升本刊的学术质量和影响力。稿件以研究论文为主, 也可为综述性研究, 请通过网站投稿, 编辑部将快速处理并优先发表。

编辑部电话: 023-68792294 网址: www.packjour.com

《包装工程》编辑部