

# 包装环境性能评价模式的原理及适应性

戴宏民

(重庆工商大学, 重庆 400067)

**摘要:** 对国内外包装环境性能评价的生命周期评价(LCA)法、加权简化定性LCA法、模糊层次分析的绿色度评价法和采用模糊神经网络的综合评价法4种评价模式的原理、特点及适应性进行了比较分析,并指出了比较的结论及建议。

**关键词:** 生命周期评价; 加权简化定性LCA法; 模糊层次分析; 模糊神经网络; 绿色度

**中图分类号:** TB488

**文献标志码:** A

**文章编号:** 1674-7100(2010)01-0050-07

## Comparative Study of Environmental Characteristics Evaluation Model of Product Packing

Dai Hongmin

(Chongqing Technology and Business University, Chongqing 400067, China)

**Abstract:** The four environmental characteristics evaluation model and methods of product packing at home and abroad are comparatively studied, including LCA method of life cycle evaluation, weighted simplified qualitative LCA method, fuzzy hierarchy analytical green evaluation method and comprehensive evaluation method using fuzzy neural network. Their principles, characteristics and adaptability are analyzed, the results after comparing and some suggestions are put forward.

**Key words:** life cycle assessment; weighted simplified qualitative LCA method; fuzzy hierarchy analytical; fuzzy neural network; green evaluation

环保型的绿色包装取代传统包装已成为新世纪包装发展的必然趋势。为了提高产品包装的环境性能,促进绿色包装的发展,从包装的生命周期全过程对包装产品进行环境性能评价,从而对包装产品环境性能进行比较、鉴别;或识别包装产品在生命周期全过程中消耗资源、污染环境最严重的阶段,或造成环境污染最严重的环境因素,以发现提高产品环境性能的机会和进行针对性的改进,这显得十分必要和迫切。国内外对包装产品进行环境性能评价的模式及方法有生命周期评价(life cycle assessment,简称LCA)法、加权简化定性LCA法、模糊层次分析的绿色度评价法和采用模糊神经网络的综合评价法4种。本文拟针对这

些评价方法进行比较研究,在分析各评价方法的优缺点和适用性的基础上,指出应进一步合理化改进我国目前采用的评价方式,以及我国目前最应采用评价方式。

## 1 评价模式及方法的原理

### 1.1 生命周期评价法简介

生命周期评价法即LCA法,是“对一个产品系统在其整个生命周期期间的输入、输出及其潜在环境影响的汇编和评价(ISO定义)”<sup>[1]</sup>。它是国外目前评价产品环境性能最常用的方法,其评价结果常以一个数值指标——总环境影响潜力表示,评价的技术框架分为如

收稿日期: 2010-01-06

基金项目: 中国包装总公司2008年度科技计划基金资助项目(中包科技[2008]114-6)

作者简介: 戴宏民(1939-),男,浙江奉化人,重庆工商大学教授,主要从事绿色包装工程方面的研究,

E-mail: Daihm812@126.com

下4步。

### 1.1.1 目标和范围界定

目标和范围界定即确定评价的对象、目的以及预期应用；评价范围的界定必须和研究目的相一致，界定的范围主要有生命周期、环境影响类型、原材料组份、空间和时间等类型。范围的界定也就是确定产品系统的边界，若范围设定过小，则得出的结论不可靠；而若范围设定过大，则会增加LCA后3步计算的工作量。在确定研究目的和范围时，还需要确定产品系统的功能单位，功能单位是量度产品系统输出功能时所采用的单位，只有功能单位一致，不同的产品系统才有可比性，所有的输入输出数据均须以功能单位为标准来提取。

### 1.1.2 清单分析

清单分析(life cycle inventory, 简称LCI)是对产品、工艺或活动在其整个生命周期各阶段的资源、能源消耗和向环境的排放(包括废气、废水、固体废弃物及其它环境释放物)所进行的数据量化分析，其核心是建立以产品功能单位表达的产品系统的输入和输出清单。清单分析是LCA评价的中心环节。

清单分析的主要工作有绘出产品系统的生命周期(或生产工艺)流程图、细分单元过程、数据收集、数据确认、数据分配等。

### 1.1.3 影响评价

影响评价(life cycle impact assessment, 简称LCIA)是对清单分析列出的各种物料、能源消耗以及废弃物排放数据可能对环境造成的潜在环境影响进行评价，以判明产品在其生命周期各阶段对环境影响的贡献大小及重要性。其方法是按“三步走”模型，即按分类、特征化和量化进行，也即将清单分析所得到的投入及排放数据分配到不同的环境影响类型，通过特征化和量化的方法，去量化投入及排放物对环境造成潜在影响的贡献大小。LCIA是LCA的核心内容，也是难度最大的部分。

通常按照美国国家环保局(the state environmental protection administration, 简称EPA)的分类模型，将环境影响类型划分为与人生存环境关系最密切的自然资源消耗、生态系统健康、人类健康3个方面16种环境影响类型(见图1中B层和C层)；特征化按照EPA提出的16种环境影响类型计算模型，主要采用当量系数法进行特征化；量化计算一般采用层次分析法(analytic hierarchy process, 简称AHP)算出各层次要素对于总体目标(A层)的相对贡献大小也即权重。C层各环境影响类型的影响潜值和相应的权重系数相乘后求和，即可获得表征产品资源环境性能的唯一指标——总环境影响潜值，简单而直观。

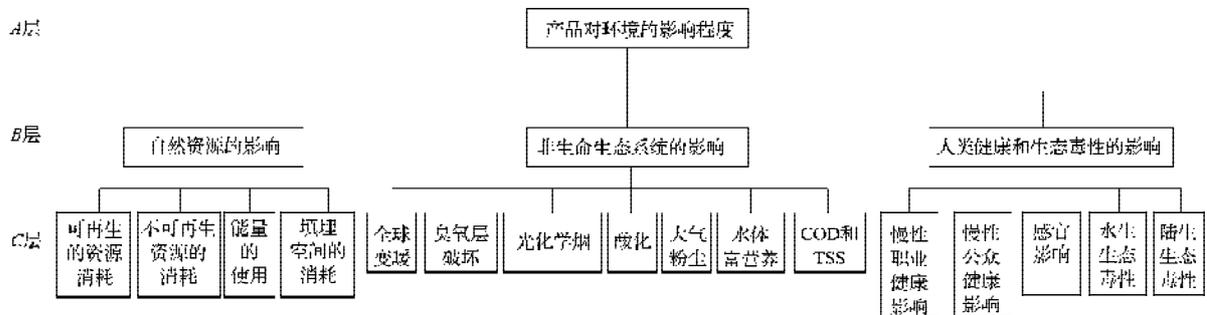


图1 LCA环境影响评价指标体系的AHP模型

Fig. 1 AHP model of index system of LCA influence evaluation of the environment

### 1.1.4 生命周期解释

生命周期解释包括3个要素，即识别、评估和报告。其目的是根据LCA前几个阶段的研究和清单分析、影响评价的发现，来分析结果、形成结论、解释局限性、提出建议、完成报告。如根据产品清单分析的数据及影响评价中获得的信息，就可找出产品在资源、环境方面的薄弱环节，并有目的、有重点地提出定量或定性的改进措施，为生产绿色产品提供依据；同时有关部门和专家也可根据这些薄弱环节及改进措施，制定该类产品的评价标准，为今后的评价工作提供一个可靠的基础。

## 1.2 加权简化定性LCA法简介

### 1.2.1 评价矩阵

由于清单分析数据不易收集，在产品清单数据缺

乏时，可采用加权简化定性LCA法求出总环境影响潜值。该方法首先要建立二维评价矩阵，即将产品全生命周期简化为5个阶段，环境影响类型简化为8个类型，列成5×8二维矩阵，见表1。

表1 5×8二维矩阵表

Table 1 Table of 5×8 two dimension matrix

生命周期阶段	环境要素							
	大气污染	水体污染	土壤污染	能源消耗	资源消耗	固体废物	噪声	有毒物质
原料获取	$a_{11}$	$a_{12}$	$a_{13}$	$a_{14}$	$a_{15}$	$a_{16}$	$a_{17}$	$a_{18}$
产品生产	$a_{21}$	$a_{22}$	$a_{23}$	$a_{24}$	$a_{25}$	$a_{26}$	$a_{27}$	$a_{28}$
销售(包装、运输)	$a_{31}$	$a_{32}$	$a_{33}$	$a_{34}$	$a_{35}$	$a_{36}$	$a_{37}$	$a_{38}$
产品使用	$a_{41}$	$a_{42}$	$a_{43}$	$a_{44}$	$a_{45}$	$a_{46}$	$a_{47}$	$a_{48}$
回收处置	$a_{51}$	$a_{52}$	$a_{53}$	$a_{54}$	$a_{55}$	$a_{56}$	$a_{57}$	$a_{58}$

矩阵中每个元素表示各阶段中环境污染的严重程度。以0表示无污染或可忽略污染，2表示中等污染，4表示重污染，1和3则介于其间。由行业及环保专家打分，取多个专家评定值的算术平均值为最后分值。矩阵中每行元素的累加值表示产品各阶段环境影响潜值的和值，矩阵中各列元素值的累加值即为产品在生命周期全过程中该环境影响类型的和值，而矩阵中所有元素值乘以权重后的和值即为该产品的总环境影响潜力。据此，就可定性分析产品生命周期中的主要环境污染阶段及所造成的主要环境问题。

### 1.2.2 加权简化定性LCA法

考虑到在求各阶段环境影响潜值的和值和全过程总环境影响潜值时，各环境影响类型的影响程度是不一样的，为此须用权重系数来表示各环境影响类型的影响程度，这样可更科学、更合理地反映产品生命周期中各种环境影响类型造成的综合环境影响。权重系数采用美国运筹学家隆蒂提出的层次分析法计算，AHP是一种定性与定量分析相结合的多准则决策方法，它根据要达到的目标把复杂的问题分解为不同的要素，并将这些要素归并为不同的层次，形成多层次结构，建立起递阶层次模型，具体参见图2；然后在每一层次可按某一规定准则，对该层元素进行逐对比较，建立判断矩阵；通过计算判断矩阵的最大特征值及对应的正交化特征向量，得出该层要素对于该准则的权重，在此基础上可计算出

各层次要素对于总体目标的复合权重；复合权重乘以各环境影响类型的数值再相加，就得到总环境影响潜值。总环境影响潜值R的最大值是20，最小值是0。R值愈大，表明产品对环境的污染越严重，环境性能越差。

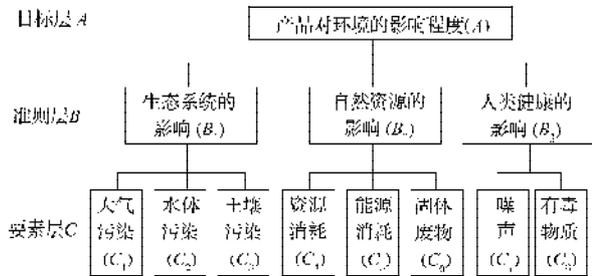


图2 递阶层次结构图

Fig. 2 Structure figure of AHP

### 1.3 模糊层次分析的绿色度评价法简介

#### 1.3.1 产品绿色度的概念

包装产品除用LCA法评价产品的环境性能（常称为环境友好度）外，对许多企业来说，还需要考虑生产时的经济成本。这时就可使用包含资源、能源、环境、经济4个方面属性的产品“绿色度”来综合评价产品的绿色性能。

#### 1.3.2 绿色度的评价方法

绿色度评价属于多目标决策，其综合评价指标体系如图3所示。

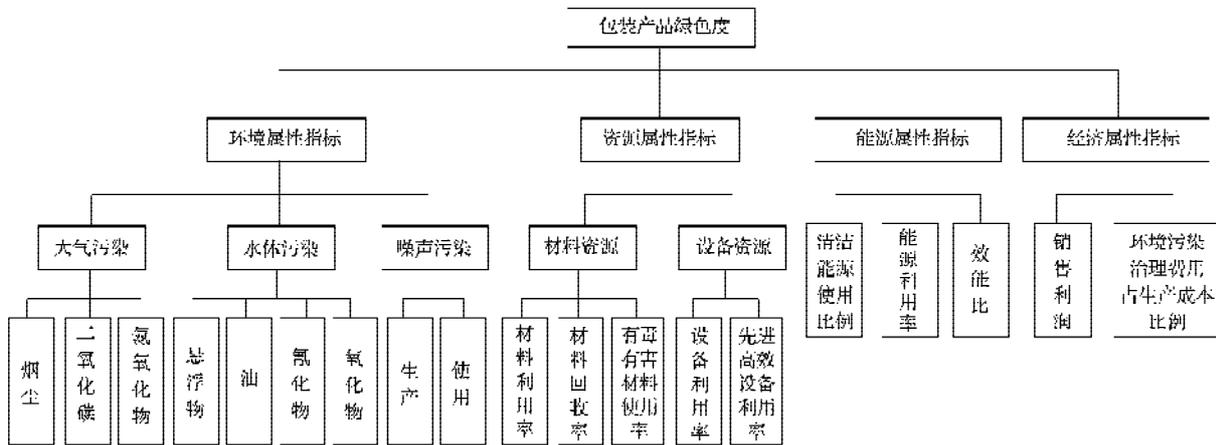


图3 包装产品绿色度综合评价指标体系

Fig. 3 Green comprehensive evaluation index system of packaging product

在对产品进行生命周期分析的基础上，收集产品在资源、能源、环境、经济4方面属性的主要数据；并按层次分析法建立包括目标层（A层）、准则层（B层）、要素层或指标层（C层）的绿色度综合评价指标体系（递阶层次模型见图3），计算出各层次要素对于总体目标的复合权重；由于经济成本和资源、能源、环境属性各指标的量纲不同，不能进行量的综合，故需进行无量纲化，无量纲化过程实质上就是评价指标的归

一化过程，用以把按不同现实尺度刻划的指标值，转化成对于同一产品可相互比较的量化值，这个量化值是一个相对数，它表明该指标对评价对象总相对地位的贡献程度，从而解决了指标间的可综合性问题。无量纲化在数学上可采用模糊数学解决，即选用合适的模糊数学的隶属函数（有直线型、折线型、曲线型的隶属函数，常用直线型，如升半梯形分布、降半梯形分布的隶属函数）、隶属阈（按国标或专家定性确定），

求出隶属度，对不同量纲的指标进行归一化处理；再用线性加权和法（最底层指标隶属度与该指标复合权重相乘后求和）求出产品综合绿色度与资源、能源、环境、经济属性的绿色度值。

根据所得5项结果值进行分析，即可判断产品综合绿色度及其它4项属性绿色性能是否合格，从而有的放矢找出改进/提高的措施。

模糊层次评价法的基本步骤见图4。

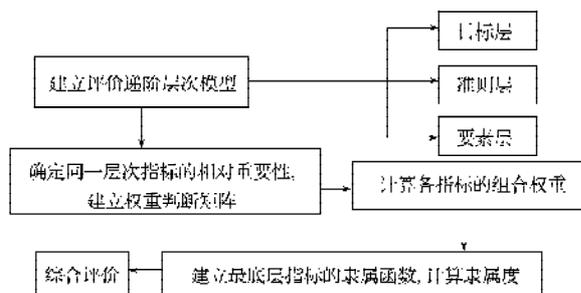


图4 模糊层次评价法的基本步骤

Fig. 4 Basic step of fuzzy hierarchy evaluation method

### 1.4 模糊神经网络的综合评价法

#### 1.4.1 模糊神经网络综合评价法的概念

模糊神经网络的综合评价法，也是在对产品进行生命周期分析的基础上，从资源、能源、环境、经济4个方面对产品的绿色度进行综合评价。它还需建立如图3所示的递阶层次的综合评价指标体系，对量纲不同的最底层指标实测值也仍需按无量纲化方法进行归一化处理，也即要转化成隶属度。

模糊神经网络综合评价法充分利用BP神经网络最适于模拟输入、输出近似关系，具有误差反向传播学习能力的特点。模糊神经网络的学习，是一种误差从输出层到输入层向后传播并修正权值的过程，学习的目的是使网络的实际输出逼近某个给定的期望输出，学习的方式常采用监督学习，即由“教师”对给定一组输入提供应有输出结果（期望输出值），这组已知的输入到输出数据成为训练样本集，对BP网络模型进行训练，可以获得在满足一定误差精度要求条件下，模型中各层之间的权值（BP网络模型由输入层、输出层及若干隐含层组成）；再根据输入归一化的指标参数与权值之间的运算来获得输出值，即系统综合绿色度与资源、能源、环境、经济4项属性的绿色性能的评价结果。

#### 1.4.2 模糊神经网络的综合评价方法

使用模糊神经网络方法评价产品绿色性能时，首先要用与待评价产品类同或同一系列的产品，经LCA法或模糊层次分析法获得的一组全生命周期评价参数（即以资源、能源、环境、经济4方面最底层指标经归一化的隶属度值作为输入值）及评价结果（综合绿色度等5项评价结果），作为BP网络学习训练样本的

本来源（也可以用定性法确定、以隶属度表示的评价指标体系最底层的指标值作为评价参数，用期望输出值作为评价结果作训练样本），再确定并输入BP网络模型参数（包括生成BP网络训练样本数量、误差精度、权值调整步长、输入训练样本数、网络各层的节点数等）后，即可进行BP网络训练，获得满足一定精度要求条件下BP网络各层间的权值。

对待评价产品进行绿色度评价时，从输入层输入待评价产品的评价参数，一般应是评价指标体系最底层指标的定量或定性测定值，也可从产品中选择设计参数、如材料利用率、材料回收率、有毒有害材料使用率、设备利用率、先进高效设备使用率、清洁能源使用比例、能源利用率、能效比等作为评价参数，但均应用归一化的隶属度表示。经过归一化处理的输入参数与训练后所得网络各层间的权值进行计算，即可从输出端获得综合绿色度和资源、能源、环境、经济绿色属性等5项评价结果。

基于神经网络的产品绿色度评价程序见图5<sup>[2]</sup>。

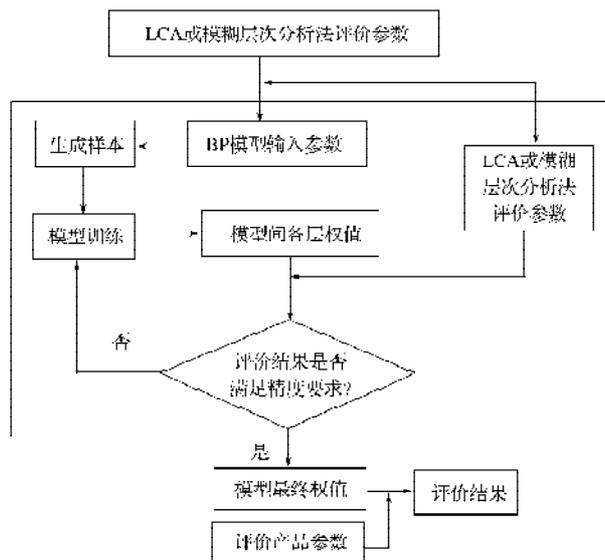


图5 基于神经网络的产品绿色度评价框图

Fig. 5 Product green evaluation graphic display based on the fuzzy neural network

## 2 各类评价模式的特点及适应性

### 2.1 生命周期评价法<sup>[1]</sup>

生命周期评价模式具有以下主要特点。

1) 生命周期评价模式的评价对象是由生命周期全过程的产品组成的产品系统，又称为产品生命周期系统，主要强调产品在生命周期全过程各阶段中的有机联系；

2) 生命周期评价模式是针对产品“从摇篮到坟墓”的全过程评价，全过程评价可避免局部看问题，避免有失偏颇，强调从每一个环节去分析寻找对环境影响的原因和解决办法，再从全过程进行综合考虑，寻

求最佳的解决办法；

3) 生命周期评价模式是一种系统性的定量化评价方法, 强调从产品全过程中每一个环节去定量评价资源消耗、废物排放和对环境的影响, 通过定量辨识投入、排放的产生量以及影响产生的环境问题, 寻找改善环境影响的机会；

4) 生命周期评价模式是一种充分重视环境影响的评价方法。生命周期清单分析可列出投入及排放的量化数据, 但不是LCA的最终结果；LCA强调分析产品在生命周期各阶段对环境的影响, 造成的环境问题, 并以总量形式反映出产品或行为对环境影响的严重程度。

由于LCA具有上述对产品环境性能进行全面、系统、科学评价的特点, 因此ISO于1996年将其纳入ISO14000作为一个子系统, 从而奠定了它在实施企业环境管理和评价产品环境性能上的权威地位。LCA可用作企业环境管理的一种新模式, 它不仅关注生产过程, 而且还关心生产的输入端——原材料生产和原材料采掘, 以及输出端——产品的使用及废弃处理, 即关注产品的生命周期全过程, 它采用LCA的清单分析和影响评价方法, 定量化分析产品在生命周期各个阶段对环境造成的污染及可能造成的环境问题, 寻找减少资源损耗、污染排放及对环境影响的改善方法, 因此它是一种较末端治理和清洁生产更先进的环境管理模式。LCA可作为对产品系统进行生态辨识与诊断的工具, 它能识别产品系统可能造成的潜在环境影响及造成这类环境影响的环境影响因子；能分析及评价产品生命周期各阶段的环境影响重要性和产品结构上各部件的环境影响的重要性；据此, 即可改变对环境影响最大的部件结构, 重新选择原材料、采取措施、对最严重阶段的污染和最严重的环境污染要素进行治理, 提高产品的环境性能；也可对不同产品的环境性能进行比较, 或比较同一产品的不同方案或对产品替代工艺进行比较, 以环境影响最小化为目标, 选择环境性能最佳的产品、方案或工艺。

## 2.2 加权简化定性LCA法

这种方法是LCA法的简化。用简化后的生命周期段和环境影响类型组成 $5 \times 8$ 二维矩阵, 再用定性和定量相结合的方法对产品环境性能进行评价。德国、欧洲常用这种方法制定环境标志产品的认证标准, 即以此法找出产品生命周期中的主要环境污染阶段及所造成主要环境问题, 然后针对其对主要污染削减限制之。

加权简化定性LCA法十分适合我国目前缺乏产品清单数据、尚未建立清单数据库的实际国情需要, 可作为我国使用LCA法的过渡选择。

## 2.3 模糊层次分析的绿色度评价法

这种模式是用包含资源、能源、环境、经济4方

面属性的产品“绿色度”来综合评价产品绿色性能, 属于多目标多层次的决策分析。与LCA法比较, 其特点是考虑了企业生产的经济成本, 符合企业的生产需要。它适合于以资源环境性能合格为前提、具有可比性的产品或工艺方案进行绿色性能的比较评价, 并从中寻找提高产品绿色性能的机会。

## 2.4 模糊神经网络的综合评价法

这种方法也是用“绿色度”来综合评价产品绿色性能。其特点除考虑企业生产成本外, 还可利用待评价产品的设计参数作为输入的评价参数来评价绿色度, 因而能从源头上提高产品环境性能, 对系列产品能进行快速评价。但是评价时需首先输入与待评价产品类同或同一系列的产品经LCA法或模糊层次分析法获得的绿色度评价参数(即资源、能源、环境、经济4方面最底层指标经归一化的隶属度值), 作为BP网络的训练样本, 这就对该法的使用有了制约；同时选择的设计参数是否能满足评价的需要对评价结果的准确性也至关重要。

# 3 结论及建议

## 3.1 对产品进行环境(或绿色)性能评价, 应主要选用LCA法

在4类评价模式中, LCA法应成为环境性能评价的主要选择, 其理由是:

1) LCA法不仅能比较、评价产品的环境性能；而且能从产品全过程中每一个环节去定量识别资源消耗、废物排放的产生量及对环境可能产生的影响类型, 诊断最严重的环境污染因素和发生污染最严重的阶段, 从产品结构、原材料、工艺中寻找改善的机会, 从而提高产品环境性能, 促进产品绿色设计和绿色制造。如此从每一个环节对产品环境性能进行分析和诊断是绿色度评价难于做到的。

2) 采用LCA法能促进企业收集产品清单数据, 促进建立我国自己的清单数据库。清单数据库的建立不仅有利进一步推进LCA, 而且有利我国节能减排、包装清洁生产和包装循环经济实现。因此, 建立清单数据库应成为我国工业企业的一项重要基础工作。

3) 有利促进企业的绿色成本核算。选用LCA法, 进行环境治理近期加大了传统生产成本, 但保护了资源和环境却又有利降低绿色生产成本, 从长期看对经济是有利的。鉴于绿色成本核算目前尚不成熟, 因此在绿色度评价中设置的经济指标很难是合理的。

4) LCA已列入国际环境管理标准, 具有权威性, 欧美各国均是用LCA法评价比较产品的环境性能, 绿色包装壁垒的许多内容也与LCA有关系。故为与国际接轨, 我们也须推进采用LCA法评价产品环境性能。

### 3.2 努力简化 LCA 法的使用

为克服 LCA 法收集数据多、计算繁琐的缺点，可从以下几方面采取措施对 LCA 法进行简化：

1) 积极建立产品清单数据库和编制 LCA 软件程序，使 LCA 法操作性好。为此，须通过科学化、制度化手段构建本企业、本区域的 LCA 数据库，以提供最新的、准确的、适需的数据；为适应多地区、多部门、多领域、动态地对评价信息的需求，须建立面向 Web、社会化的评价信息系统，由重庆工商大学戴宏民、刘彦蓉、徐海平编制的“基于 Web 的 LCA 数据信息系统”的功能模块如图 6<sup>[3]</sup>，该信息系统不仅能储存产品清单

数据、进行环境影响评价；而且将评价包装产品环境性能的 LCA 法、加权简化定性 LCA 法、绿色度评价法汇集于一个系统中，从而能根据包装企业的不同需要及实际情况，选用不同的评价方法。

2) 明确目的、界定评价范围。如对企业实施清洁生产或节能减排效果的评价，只需将范围确定为从原材料进厂门开始到产品出厂门为止的生产阶段，这样就可大大减少评价工作量。

3) 制定好评价指标体系，根据产品特点和地域特点，选择最主要的环境影响指标，缩小环境影响类型的评价范围。

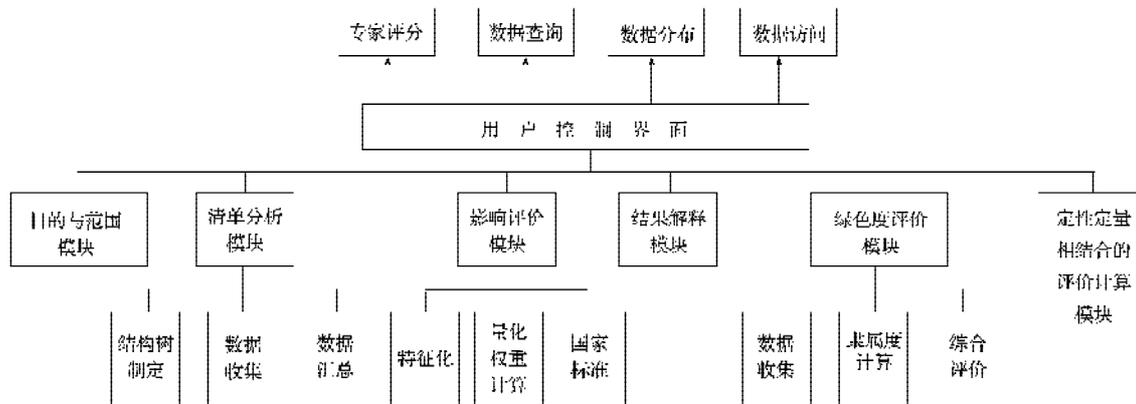


图 6 基于 Web 的 LCA 数据信息系统的功能模块图

Fig. 6 Functional modularity graphic display of LCA data management information system based on the Web

### 3.3 评价指标体系的制定依据

采用 LCA 法和绿色度法评价产品环境（或绿色）性能均需应用递阶层次的评价指标体系，制定评价指标体系及确定具体的评价指标对评价的准确性及工作量影响甚大，因此，从重要性或数量上选择好需要评价的方面及指标层的指标十分重要。国外在研究可持续包装中，提出了评价产品环境（或绿色）性能应达到以下的要求<sup>[4]</sup>：

1) 美国可持续包装联合会 SPC 认为可持续包装应做到：所有包装材料来源可靠；包装设计确保在生命周期内有效安全，达到市场在性能和成本方面的标准；制造过程采用再生能源，使用后可以再循环。具体地说，可采用以下多标准来定义包装可持续性：a) 包装生命周期内保证安全和健康；b) 包装性能和成本达到市场标准要求；c) 包装制造、运输和再循环使用再生能源；d) 最大限度使用再生和再循环材料；e) 包装制造过程采用清洁生产工艺；f) 包装设计考虑优化材料和能源。

2) 澳大利亚可持续包装联盟 SPA 则明确提出，可持续包装系统应该体现出包装的有效性、效率性、循环性和安全性，并给出更详细的可持续包装定义：

在社会层面上，可持续包装能提高产品附加值并

在整个供应链有效容装和保护产品；

在包装系统层面上，可持续包装设计时应考虑在整个产品生命周期内使用材料和能源的效率；

在包装材料层面上，可持续包装实现材料再循环、最少量使用材料；

在包装组成层面上，可持续包装不对人类健康和生态系统造成危害。

荷兰提出的包装评价模型应考虑的因素包括：包装材料成本、包装操作（填充、密封、物流）、促销和市场、方便消费者、产品信息、安全和卫生、法规和环境要求。

欧美绿色包装壁垒则对需进口包装的资源环境性能从包装的成份、用量及性质 3 方面提出了严格要求：材料成份不得含有超过质量分数  $100 \times 10^{-6}$  的铅、镉、汞、六价铬等重金属及其它有害人体健康的物质；在用量上必须是符合减量化的适度包装；在性质上则必须能重复利用或再生利用。

国外对可持续包装和包装评价模型提出的要求，以及绿色包装壁垒提出的严格限制，对我们研究、制定和进一步完善包装产品环境（或绿色）性能的评价指标体系及具体的评价指标，有重要的启发、参考和遵循的意义。

## 参考文献:

- [1] 邓南圣, 王小兵, 生命周期评价[M]. 北京: 化学工业出版社, 2003: 30.  
Deng Nansheng, Wang Xiaobing. Life Cycle Assessment[M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2003: 30.
- [2] 苏庆华. 面向机电产品设计的产品绿色度评价系统的研究与实现[D]. 杭州: 浙江大学, 2003: 1, 54-63.  
Su Qinghua. Research and Implementation of Electromechanical Product Design for Product Green Degree Evaluation System [D]. Hangzhou: Zhejiang University, 2003: 1, 54-63.
- [3] 戴宏民, 刘彦蓉, 陈善国, 等. 面向包装企业的基于 Web 的 LCA 数据管理信息系统的研究与开发[J]. 包装工程, 2007, 28(9): 95-98.  
Dai Hongmin, Liu Yanrong, Chen Shanguo, et al. Research and Development of Life Cycle Assessment Data Management Information System for Packaging Enterprises[J]. Packaging Engineering, 2007, 28(9): 95-98.
- [4] 霍李江. 可持续包装系统概念化解析与实施方法[C]//第一次全国包装教育与学科发展学术会议会议集, 2007: 66-70.  
Huo Lijiang. Conceptualization of Sustainable Packaging Systems Analysis and Implementation Methods[C]// The First National Package of Education and Development of Academic Disciplines Conference Meeting Set, 2007: 66-70.
- [5] Sustainable Packaging Coalition, USA. Packaging Life Cycle [EB/OL]. [2005-12-30]. <http://www.sustainablepackaging.org>.
- [6] 周 胜. 基于模糊层次分析法的机电产品绿色度综合评价的研究与实现[D]. 杭州: 浙江大学, 2003: 57-63.  
Zhou Sheng. The Research and Implementation Based on Fuzzy AHP Comprehensive Evaluation of Electromechanical Products Green Degree[D]. Hangzhou: Zhejiang University, 2003: 57-63.
- [7] 霍李江, 齐藤胜彦. 包装材料的环境影响评价(英文)[J]. 包装工程, 2008, 29(11): 65-67.  
Huo Lijiang, Saito Katsuhiko. Environmental Impact Evaluation of Packaging Materials[J]. Packaging Engineering, 2008, 29(11): 65-67.
- [8] 王晓伟, 李剑峰, 李方义, 等. 机电产品生命周期评价指标与量化方法研究[J]. 山东大学学报: 工学版, 2009, 39(5): 73-78, 114.  
Wang Xiaowei, Li Jianfeng, Li Fangyi, et al. A life Cycle Assessment Indicators System and Quantification Methods of Electromechanical Products[J]. Journal of Shandong University: Engineering Science, 2009, 39(5): 73-78, 114.
- [9] 王新杰, 曹武军. 产品生命周期评价体系研究[J]. 郑州轻工业学院学报: 自然科学版, 2003, 18(2): 35-38.  
Wang Xinjie, Cao Wujun. Research on the Assessment System of Product Life Cycle[J]. Journal of Zhengzhou Institute of Light Industry Natural Science, 2003, 18(2): 35-38.
- [10] 李秉勋, 邹德勋, 汪群慧, 等. LCA法在韩国环境标志产品评价中的应用研究[J]. 环境科学与技术, 2009, 32(10): 174-178, 184.  
Li Bingxun, Zou Dexun, Wang Qunhui, et al. Application of LCA Method in Assessment of Environmental Label Product in Korea[J]. Environmental Science & Technology, 2009, 32(10): 174-178, 184.

(责任编辑: 廖友媛)

## 本刊加入“万方数据——数字化期刊群”的声明

为了适应科技期刊的发展趋势和我国信息化建设的需要, 扩大学术交流渠道, 本刊现已入网“万方数据——数字化期刊群”, 被《中国核心期刊(遴选)数据库》收录, 并通过万方数据资源系统及其镜像系统等对外提供信息服务, 其作者文章著作权使用费与本刊稿酬一次性给付。如作者不同意文章被收录, 请在来稿时向本刊声明, 本刊将作适当处理。