

# 企业绿色供应链中 基于标杆管理的环境绩效评价

张 艳 陈兆江(教授)

(华北电力大学经济管理学院 北京 102206)

**【摘要】**绿色供应链是企业实现可持续发展的一种趋势,而环境绩效评价是供应链实施的重要组成部分。本文在参照环境管理标准,即 ISO14000 系列的基础上,将平衡记分法的思想和绿色供应链的特点相结合,设计了环境绩效评价指标体系,并采用层次分析法(AHP)来确定各个评价指标的权重值,最后使用基于标杆管理的模糊综合评价模型对环境绩效进行了评价研究。

**【关键词】**绿色供应链 环境绩效评价 标杆管理

绿色供应链的概念最早是在由美国国际科学基金资助进行的一项“环境负责制造”的研究中提出的。此项研究提出了在供应链的发展中要综合考虑对供应链周边环境的影响和资源优化利用。在绿色供应链的研究中,环境绩效评价是一个很重要的方面,其目的是让企业知道自己在整个供应链中所处的位置和对整个供应链效益的影响从而优化绿色供应链的整个流程。

实施有效的环境绩效评价是推动绿色供应链发展的关键,本文在平衡记分法的基础上建立了系统的环境绩效评价指标体系,根据三角模糊函数和标杆管理思想确定指标的隶属度,最后基于标杆管理得出绿色供应链中环境绩效综合评价结果。

## 一、基于标杆管理的环境绩效评价模型

1. 环境绩效评价指标体系。标杆管理,也称基准管理,是以在某一指标或某一方面竞争力最强的企业或行业中的领先组织作为标杆,将本企业的产品、服务管理措施等与这些标杆进行评价和比较,分析这些标杆企业的竞争力之所以最强的原因,在此基础上制定和改进策略和方法,并持续不断、反复进行的一种管理方法。

绿色供应链管理又称环境意识供应链管理,其从产品材料的获取、加工、包装、仓储、运输一系列环节考虑对环境和资源效率的影响,目的是把无副作用、无废无污的环境保护意识贯穿于供应链的始终。国外对绿色供应链的研究最早开始于绿色采购,Jeremy Hall 撰文认为绿色供应链是从社会和企业的可持续发展为目标,对产品从原材料购进、生产、消费、废物回收的整个供应链进行环保设计通过链中各个阶段、各个企业相互紧密合作使整个供应链在环境保护方面协调统一达到总体环境最优化。Sean Gilber 认为绿色供应链管理是采购决策中考虑环境因素,同时企业间建立长期合作关系。Zsdisin 认为绿色供应链管理是为了环境更好地去设计采购、生产、消费、废物利用等环节,在内部实行统一的供应链管理,并形成

长期紧密的关系。

国内的研究从绿色制造开始,蒋洪伟等人认为绿色供应链是在供应链管理的基础上增加环境保护意识,并具体的指出绿色供应链管理包括六大方面,绿色设计、绿色材料选择、绿色制造工艺、绿色回收、绿色包装与消费等。汪应洛从系统的观点和可持续发展的角度出发建立了绿色供应链概念模型分析了绿色供应链管理目标,认为共生原理、循环原理、替代转换原理等是实施绿色供应链原理应遵循的基本原理。

国外对绿色供应链中环境绩效评价不能只局限在某一方面指标。本文在参照环境管理标准,即 ISO14000 系列的基础上,将 Kaplan 和 Norton 的平衡记分法的思想和绿色供应链的特点相结合,经过整合建立了绿色供应链中环境绩效评价指标体系,见下表:

表 1 环境绩效评价指标体系

一级指标	二级指标
资源的回收再利用性A <sub>1</sub>	产品售后的回收利用率B <sub>11</sub>
	工业用水重复利用率B <sub>12</sub>
	固体废弃物综合利用率B <sub>13</sub>
供应链流程的能源消耗度A <sub>2</sub>	物料消耗度B <sub>21</sub>
	能量消耗度B <sub>22</sub>
	能源节约度B <sub>23</sub>
供应链流程的环境影响度A <sub>3</sub>	废水、废气、固体废弃物排放率B <sub>31</sub>
	厂区或周边水体COD年平均浓度B <sub>32</sub>
	厂区或周边绿化率B <sub>33</sub>
绿色供应链的环境声誉A <sub>4</sub>	公众绿色认同度B <sub>41</sub>
	能源安全保证能力B <sub>42</sub>

2. 指标权重的确定。本文采用层次分析法来确定评标指标的权重。首先通过指标间两两对比方法构造判断矩阵  $K = |k_{ij}|_{n \times n}$ ,  $k_{ij}$  为第  $i$  个元素相对于第  $j$  个元素的重要程度,  $n$  为指标数。然后计算矩阵的特征向量和特征值:

$$w_i = \frac{\sum_{j=1}^n k_{ij}}{\sum_{p=1}^n \sum_{j=1}^n k_{pj}}, i=1, 2, \dots, n,$$

则权重:  $W=[w_1, w_2, \dots, w_n]^T$

$$\text{特征值: } \lambda_{\max} = \frac{\sum_{i=1}^n (KW)_i}{nw_i}$$

在此基础上检验判断矩阵的一致性, 计算一致性指标:

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n-1}$$

为了消除阶数对一致性检验的影响, 引进修正系数 RI, RI 值随矩阵阶数 n 变化如下:

阶数 n	3	4	5	6	7	8	9	10	11
RI	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49	1.51

根据同阶平均随机一致性指标 RI 的值, 计算一致性比率

$$CR = \frac{CI}{RI}$$

当  $CR < 0.1$  时, 认为判断矩阵的一致性可以接受; 否则需要调整判断矩阵的元素取值。

以一级指标为例, 权重的确定过程如下:

(1) 根据调查获得的相关意见, 构建的判断矩阵为:

	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	A <sub>4</sub>
A <sub>1</sub>	1	1/3	1/4	2
A <sub>2</sub>	3	1	1/2	5
A <sub>3</sub>	4	2	1	6
A <sub>4</sub>	1/2	1/5	1/6	1

(2) 应用层次分析法软件, 求得  $W=(0.121, 0.313, 0.498,$

$0.068)^T$ , 最大特征根  $\lambda_{\max}=4.034$ ,  $CI=0.034/3=0.011$ , 4 阶矩阵平均随机一致性指标  $RI=0.90$ , 因此:

$$CR=CI/RI=0.012 < 0.1$$

判断矩阵具有较好的一致性。由此我们可以确定一级指标的权重为  $W=(0.121, 0.313, 0.498, 0.068)^T$ 。

同理, 最终确定的各指标权重情况为:

表 2 环境绩效评价指标权重

一级指标	权重	二级指标	权重
资源的回收再利用性 A <sub>1</sub>	0.121	B <sub>11</sub>	0.092 6
		B <sub>12</sub>	0.165 4
		B <sub>13</sub>	0.742 0
供应链流程的能源消耗度 A <sub>2</sub>	0.313	B <sub>21</sub>	0.466 6
		B <sub>22</sub>	0.213 9
		B <sub>23</sub>	0.319 5
供应链流程的环境影响度 A <sub>3</sub>	0.498	B <sub>31</sub>	0.409 5
		B <sub>32</sub>	0.088 6
		B <sub>33</sub>	0.501 9
绿色供应链的环境声誉 A <sub>4</sub>	0.068	B <sub>41</sub>	0.370 3
		B <sub>42</sub>	0.629 7

3. 建立评价集及评语等级的标准值。本文将绿色供应链中环境绩效的评语等级取为 5, 评价集如下:  $U=\{U_1, U_2, U_3,$

$U_4, U_5\}=\{\text{差, 一般, 中等, 良好, 优秀}\}$ 。

环境绩效评价需要确定每个指标的评语等级标准值, 本文在参考行业和国家标准的基础上, 采用德尔菲法给出指标的标杆值和最低值, 从而确定指标的评语等级  $U_1, U_2, U_3, U_4, U_5$  相对应的标准值的取值。这里假设评价集  $U=\{U_1, U_2, U_3, U_4, U_5\}$  对应指标的标准值分别为:  $[v_1, v_2, v_3, v_4, v_5]$ , 见下表:

表 3 评价集及评语等级的标准值

指标	差(最低值)	一般	中等	良好	优秀(标杆值)
B <sub>11</sub>	32%	40%	53%	62%	70%
B <sub>12</sub>	42%	45%	53%	58%	66%
B <sub>13</sub>	35%	45%	60%	70%	80%
B <sub>21</sub>	72%	64%	52%	45%	43%
B <sub>22</sub>	68%	56%	45%	38%	28%
B <sub>23</sub>	16%	25%	30%	36%	48%
B <sub>31</sub>	60%	55%	45%	40%	35%
B <sub>32</sub>	95mg/L	100mg/L	108mg/L	115mg/L	120mg/L
B <sub>33</sub>	50%	58%	66%	70%	80%
B <sub>41</sub>	63%	70%	79%	89%	98%
B <sub>42</sub>	93%	93%	95%	97%	99%

4. 隶属度的确定和环境绩效的综合评价。在确定了指标评语等级的标准值之后, 利用三角模糊数来确定该指标的隶属度函数。根据隶属度函数, 可以得到所有评价方面的各个指标实际值对评语等级的隶属度, 即可以得到隶属度矩阵:

$$R_i = \begin{bmatrix} r_{i11} & r_{i12} & \dots & r_{i15} \\ r_{i21} & r_{i22} & \dots & r_{i25} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ r_{ij1} & r_{ij2} & \dots & r_{ij5} \end{bmatrix}$$

其中  $r_{ijl}$  表示评价方面 i 第 j 个指标对评价集  $U_l$  等级的隶属度。将评价方面的隶属度矩阵与它所对应的权重系数集相乘, 可以得到各评价方面的综合评价结果。假设绿色供应链中环境绩效评价指标体系的某一评价方面对应的权重系数集为:  $W_1=(w_{11}, w_{12}, \dots, w_{1j}), j$  表示该评价方面的第 j 个指标, 由隶属度函数得到隶属度矩阵为:

$$R_1 = \begin{bmatrix} r_{111} & r_{112} & \dots & r_{115} \\ r_{121} & r_{122} & \dots & r_{125} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ r_{1j1} & r_{1j2} & \dots & r_{1j5} \end{bmatrix}$$

则环境绩效综合评价结构为:  $M_1=W_1 \cdot R_1=(m_{11}, m_{12}, \dots, m_{15})$ , 它是一个模糊向量。为了方便比较, 可以采用百分制将综合评价的结果量化为一个具体数值:

$$c = \left( \sum_{j=1}^5 c_j \cdot m_j \right) / \sum_{j=1}^m m_j, j=1, 2, \dots, 5 \text{ (其中 } C_1=20, C_2=40,$$

$C_3=60, C_4=80, C_5=100)$

## 二、实证研究

本文以一个汽车制造企业为研究对象, 来检验以上评价指标体系和模型的可行性。由于绿色供应链管理是近几年才

有的新的管理模式,该企业在产品售后的回收利用率、厂区或周边绿化率、厂区或周边水体 COD 年平均浓度等方面进行了很好的实践,但在物料消耗度、能源节约度等方面的实践还不够。

该汽车制造企业环境绩效评价实际值: $B_{11}=63.24\%$ ,  $B_{12}=48.32\%$ ,  $B_{13}=65.02\%$ ,  $B_{21}=65.02\%$ ,  $B_{22}=60.46\%$ ,  $B_{23}=24.34\%$ ,  $B_{31}=42.65\%$ ,  $B_{32}=116.08\text{mg/L}$ ,  $B_{33}=70.56\%$ ,  $B_{41}=92.24\%$ ,  $B_{42}=96.85\%$ 。

利用以上数据计算指标实际值与标准值之间的差距,然后来确定实际值对某一评语等级的隶属度。

如前假设评价集  $U=\{U_1, U_2, U_3, U_4, U_5\}$  对应指标的标准值分别为: $[v_1, v_2, v_3, v_4, v_5]$ 。以产品售后的回收利用率为例,这个指标评价集对应的标准值为: $[32\%, 40\%, 53\%, 62\%, 70\%]$ ,而指标实际值为  $63.24\%$ 。指标值介于  $v_4, v_5$  之间,根据指标隶属度函数公式计算出隶属度  $\mu_{u4}(x)=0.845$ ,  $\mu_{u5}(x)=0.155$ , 则产品售后的回收利用率的隶属度为  $[0, 0, 0, 0.845, 0.155]$ 。其他指标隶属度计算方法与产品售后的回收利用率相同。

根据隶属度函数,可以得到所有评价方面的各个指标实际值对评语等级的隶属度,即可以得隶属度矩阵。

资源的回收再利用性指标隶属度矩阵为:

$$\begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0.845 & 0.155 \\ 0 & 0.585 & 0.415 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.498 & 0.502 & 0 \end{bmatrix}$$

供应链流程的能源消耗度指标隶属度矩阵为:

$$\begin{bmatrix} 0.185 & 0.815 & 0 & 0 & 0 \\ 0.375 & 0.628 & 0 & 0 & 0 \\ 0.073 & 0.927 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

供应链流程的环境影响度指标隶属度矩阵为:

$$\begin{bmatrix} 0 & 0 & 0.530 & 0.470 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0.784 & 0.216 \\ 0 & 0 & 0 & 0.944 & 0.056 \end{bmatrix}$$

绿色供应链的环境声誉指标隶属度矩阵为:

$$\begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0.651 & 0.349 \\ 0 & 0 & 0.075 & 0.925 & 0 \end{bmatrix}$$

将各评价方面的隶属度矩阵与它所对应的权重系数集(见表 2)相乘,可以得到环境绩效的各评价方面的综合评价。见下表:

表 4 环境绩效及各评价方面的综合评价

评价方面	$U_1$	$U_2$	$U_3$	$U_4$	$U_5$
资源的回收再利用性 $A_1$	0	0.095 9	0.438 2	0.450 7	0.015 2
流程的能源消耗度 $A_2$	0.189 3	0.810 7	0	0	0
供应链流程的环境影响度 $A_3$	0	0	0.217 0	0.735 8	0.047 2
绿色供应链的环境声誉 $A_4$	0	0	0.047 2	0.823 6	0.129 2
环境绩效	0.059 3	0.265 3	0.164 3	0.476 9	0.034 2

最后根据“C”的公式将环境绩效的综合评价化为一个具体的分数:

例如资源的回收再利用性: $0 \times 20 + 0.959 \times 40 + 0.438 2 \times 60 + 0.450 7 \times 80 + 0.015 2 \times 100 = 67.704$

同理计算出其他评价指标得分:资源的回收再利用性  $A_1=67.704$ , 流程的能源消耗度  $A_2=36.214$ , 供应链流程的环境影响度  $A_3=76.604$ , 绿色供应链的环境声誉  $A_4=81.640$ , 环境绩效=63.128。

从计算结果得出该汽车制造业的环境绩效评价处于良好和中等之间,环境绩效并不好。可以看出其主要原因在于流程的能源消耗度得分过低,此外资源的回收再利用性得分也偏低,所以可以通过改进这两方面来提高环境绩效。

### 三、结论

绿色供应链中环境绩效评价的最终目标是通过评价肯定企业在环境保护方面所做的成就并发现其不足之处用以有针对性地进行改进。建立企业环境绩效评价指标体系,可判断企业环境经营的效率和效果,促使企业的管理当局采取有利于环境保护的决策。

绿色供应链中涉及许多模糊因素,其环境绩效评价也是相当复杂的。企业可以应用模糊数学和层次分析法来构建环境绩效评价模型,以实现定性评价与定量评价相结合,使评价具有可行性和合理性。

### 主要参考文献

1. Handfield R.B.. Green Supply Chain: Best Practices from the Furniture Industry. USA: Annual Meeting of the Decision Sciences Institute, 1996
2. Zhu, Q, Sarkis, J., Geng, Y.. Green Supply chain Management in China: Pressures, Practices and Performance. International Journal of Operations and Production Management, 2005; 25
3. 罗兵, 赵丽娟. 绿色供应链管理的战略决策模型. 重庆大学学报(自然科学版), 2005; 1
4. 李洪兴, 汪群, 段钦治等. 工程模糊数学方法及应用. 天津: 天津科学技术出版社, 1993
5. 但斌, 刘飞. 绿色供应链及其体系结构研究. 中国机械工程, 2000; 11
6. 朱庆华, 赵清华. 绿色供应链管理及其绩效评价研究述评. 科研管理, 2005; 26
7. 曹颖. 环境绩效评估指标体系研究. 生态经济, 2006; 5
8. 郭晓梅. 环境管理会计研究: 将环境因素纳入管理决策中. 厦门: 厦门大学出版社, 2003
9. 鞠芳辉, 董云华, 李凯. 基于模糊方法的企业环境业绩综合评价模型. 科技进步与对策, 2002; 3
10. 邵文明, 林杰. 基于模糊综合评价的绿色供应链环境绩效研究. 经济论坛, 2008; 4
11. 孙衍林. 关于绿色供应链管理模式的探讨. 商场现代化(上旬刊), 2006; 1