

文章编号:1006-7329(2003)05-0061-04

生命周期影响评价权重系数的确定方法探讨

田亚峥, 郑泽根

(重庆大学 城市建设与环境工程学院, 重庆 400045)

摘要:随着生命周期评价应用的日益广泛,生命周期影响评价的完善也被提上日程。介绍了在影响评价中确定权重的三种方法,即专家法、层次分析法和线性回归方程法,为今后进行生命周期影响评价和研究提供了依据。

关键词:生命周期影响评价;权重系数;德尔菲法;层次分析法;线性回归法

中图分类号:X3202

文献标识码:A

Approach to Method of Ascertaining Weight in Life Cycle Impact Assessment

TIAN Ya-zheng, ZHENG Ze-gen

(College of Urban Construction and Environmental Engineering, Chongqing University, Chongqing 400045, P. R. China)

Abstract: With the application of life cycle assessment more widely, it is time for us to consummate the life cycle impact assessment. The paper introduced three methods, which decide weight in life cycle impact assessment, i. e. Delphi technique, analytic hierarchy process and linearity regress technique. The methods provide basis for life cycle impact assessment and research.

Key words: Life Cycle Impact Assessment; Delphi technique; Weight; Analytic Hierarchy Process; Linearity regress technique

生命周期评价(Life Cycle Assessment, LCA)被誉为二十一世纪最有效的环境管理工具,它是通过对产品整个生命周期(“从摇篮到坟墓”)的所有环境影响进行全面、科学的评价,据此客观地评价和有效的改善产品的环境性能,它是对产品生命的全过程实施环境管理的有力工具,也是推行清洁生产的基础。1993年国际环境毒理学与化学学会(Society of Environmental Toxicology and Chemistry, SETAC)在《生命周期评价纲要:实用指南》中将生命周期评价的基本结构归结为四个有机联系的部分:目标定义和范围确定,清单分析,影响评价和改善评价。

生命周期影响评价(Life Cycle Impact Assessment, LCIA)是LCA的重要组成部分,它涉及到数据的归类和计算程序,目的是对清单分析中有关输入和输出的量化后的数据进行处理,使我们可以比较产品生命周期各个阶段的环境影响。在对各环境要素进行量化时,一旦建立了产品在某个阶段或整个产品生命周期的环境影响数据清单,就要对其中的数据进行归纳、分析。由于数据清单中的数据由多种环境要素组成,各种要素又可分为若干层次,且每一层次环境因素对环境的影响都各不相同,存在较大的不确定性,因此,要精确得到这些因素对环境的影响,就要确定各环境要素对总体环境的“贡献系数”,即权重系数,然后与由清单分析所得的各环境要素影响的标准指标相乘就可得到各环境要素对环境的“贡献量”,这些环境影响指标是无量纲的,故它们之间是可以比较的。目前,由于LCIA还不是很成熟,尚没有固定的方法来确定权重因子,本文仅提供几种方法以供参考和

* 收稿日期:2003-05-25

作者简介:田亚峥(1980-),男,河南周口人,硕士生,主要从事LCA及其应用研究。

进一步的研究。

1 德尔菲法或专家法

德尔菲法或专家法的基本思想是使一组专家,按照一些明确的要求(包括假设)来考虑一个结构化(即系统的、组织好的)问题,通过集体智慧,辨识出或明确地提出解决问题的新方案(有别于一开始提出问题的一套想法或方案)。充分发挥集体智慧的关键是将某个人或少数人的意志对众人的强制影响减少到最少。

德尔菲法或专家法是将专家为了评价和预测目的所做的判断规范化。它利用专家的知识 and 奔放思维产生的各种意见,通过一定过程,将众多不同意见收敛为一组人的共同意见。意见可以是定性的定量的,可采用一组人匿名讨论问题,或者分发系统地组织好的一定格式的图表请专家靠背填报。德尔菲法或专家法可以和民意测验结合起来,将民意测验的结果请专家评判;也可将专家的意见作进一步民意测验,以了解公众的反映。专家意见调查表是利用德尔菲法或专家法进行权重信息收集的重要方式。表 1 是一种典型的权重调查汇总表的例子。

表 1 权重系数调查汇总表示例

影响环境因素	低重要性		中等重要性		高重要性	合计	权重系数
	1	2	3	4	5		
不可再生原料消耗(ADP)	25	32	28	9	6	239	0.061 2
不可再生能源消耗(EDP)	16	23	41	12	8	273	0.069 9
温室效应(GWP)	2	9	38	36	15	355	0.090 9
臭氧层破坏(ODP)	2	9	46	31	12	342	0.087 6
对人体的毒性(BTP)		5	11	32	52	431	0.110 4
生物体的损害(ECA)	13	23	31	19	14	298	0.076 3
光化学氧化剂(POCP)	21	22	42	12	3	254	0.065 1
环境酸化(AP)	15	29	32	14	10	275	0.070 4
营养化(NP)	12	37	25	15	11	276	0.070 7
废热(AH)	32	28	21	13	6	233	0.059 7
噪声(US)	10	38	31	14	7	270	0.069 2
损害生态系统和景观(BST)	12	26	29	21	12	295	0.075 6
人类健康损害(HT)	2	16	23	35	24	363	0.093 0

注:调查时认为对环境污染贡献越大,重要性越高。此表是通过 100 名环境专业人士调查得到的。

2 层次分析法

层次分析法,又称 AHP(Analytic Hierarchy Process)方法,是美国运筹学家萨蒂(T. Saaty)提出的一种多目标、多准则的决策分析方法。它适用于结构比较复杂,目标较多且不宜量化的决策问题。用层次分析法作决策分析,首先要把问题层次化。根据问题的性质和要达到的总目标,将问题分解为不同的组成元素,并按照因素间的相互影响以及隶属关系将各因素按不同层次聚集组合,形成一个多层次的层次分析结构模型。最终把系统分析归结为最低层(如决策方案)相对于最高层(总目标)的相对重要性权值的确定或相对优劣的排序问题,从而为决策方案的选择提供依据。层次分析法大体上分为以下几个步骤:

1) 明确问题,建立目标、备选方案等要素构成的层次分析模型。

运用层次分析法进行决策分析,首先是建立所分析问题的多层次结构模型,即根据具体决策问题的性质和要求,将问题的总目标及备选方案正确、合理的进行层次划分,确定各要素组成。一般,层次结构模型中最上层表示决策问题的目的或总目标;中间层次多为由目的或总目标分解的具体子目标,或实现预定目标的策略约束、准则指标等;底层为决策问题的备选方案,或相应评价对象。

2) 对隶属同一级的要素,根据评价尺度构建判断矩阵。

判断矩阵是指相对于层次结构模型中某一要素,由其隶属要素两两比较的结果构成矩阵。它是应用层次分析法的基础,也是进行相对重要度计算的重要依据。层次分析法要求按层次结构模型自上而下逐层建立判断矩阵。例如,对任一层次的某个要素 C 及其隶属的几个要素 A_1, A_2, \dots, A_n ,以 C 为评价目标,进行 A_1, A_2, \dots, A_n 重要性的两两比较,所得判断矩阵如表 2 所示。判断矩阵中元素 a_{ij} 代表要素 A_i 与要素 A_j 就评价目标 C 而言的相对重要程度值,假定 W_i, W_j 分别为 A_i 和 A_j 在 C 下的权重,则 a_{ij} 可看成 W_i 与 W_j 的比值,即:

$$a_{ij} = \frac{W_i}{W_j}$$

一般,对任意两个要素 A_i, A_j 进行两两比较,确定相对重要性时,所依据的分级评价标准可按表 3 定义来进行判断。

表 2 判断矩阵示例

C	A_1	A_2	...	A_j	...	A_n
A_1	a_{11}	a_{12}	...	a_{1j}	...	a_{1n}
A_2	a_{21}	a_{22}	...	a_{2j}	...	a_{2n}
...
A_i	a_{i1}	a_{i2}	...	a_{ij}	...	a_{in}
...
A_n	a_{n1}	a_{n2}	...	a_{nj}	...	a_{nn}

表 3 分级评价准则

评价尺度	评价准则定义
1	A_i 和 A_j 同等重要
3	A_i 比 A_j 略微重要
5	A_i 比 A_j 明显重要
7	A_i 比 A_j 特别重要
9	A_i 比 A_j 极其重要
2,4,6,8	介于上述相邻评价准则的中间状态

由表可知,若 A_i 自身比较, $a_{ii} = \frac{W_i}{W_i} = 1$; 若 A_i 比 A_j 明显重要,则 $a_{ij} = \frac{W_i}{W_j} = 5$; 反之, A_j 与 A_i 相比,则 $a_{ji} = \frac{W_j}{W_i} = \frac{1}{5}$ 。

3) 根据判断矩阵,计算确定各要素的相对重要程度。

在判断矩阵的基础上,就可计算一组要素, A_1, A_2, \dots, A_n 关于其上层某要素 C_j 的重要程度排序,即权重 $W_i (i = 1, 2, \dots, n)$ 。根据矩阵理论, W_i 正是其判断矩阵最大非零特征根对应的特征向量分量,这可采用矩阵特征向量数值方法计算,如常见的方根法和和积法。

表 4,5 是用层次分析法对各环境要素的权重分析与计算表:

表 4 各环境要素重要性标度

环境重要性	ADP	EDP	GWP	ODP	BTP	ECA	POCP	AP	NP	AH	US	BST	HT
ADP	1	1/2	1/5	1/4	1/8	1/2	1/3	1/3	1/4	2	1/2	1/3	1/7
EDP	2	1	1/4	1/3	1/6	1/2	2	1	1	3	1	1/2	1/5
GWP	5	4	1	2	1/3	3	5	5	4	6	4	3	1/2
ODP	4	3	1/2	1	1/4	2	4	4	4	5	4	2	1/3
BTP	8	6	3	4	1	5	7	6	6	8	7	6	2
ECA	2	2	1/3	1/2	1/5	1	1/4	3	2	5	3	1	1/4
POCP	3	1/2	1/5	1/4	1/7	4	1	1/2	1/2	2	1/2	1/3	1/6
AP	3	1	1/4	1/4	1/6	1/3	2	1	1	3	2	1/2	1/5
NP	4	1	1/4	1/4	1/6	1/2	2	1	1	4	2	1/2	1/5
AH	1/2	1/3	1/5	1/5	1/8	1/5	1/2	1/3	1/4	1	1/2	1/4	1/6
US	2	1	1/4	1/4	1/7	1/3	2	1/2	1/2	1/2	1	1/3	1/5
BST	3	2	1/3	1/2	1/6	1	3	2	2	4	3	1	1/4
HT	7	5	2	3	1/2	4	6	5	5	6	5	4	1

表 5 各环境要素相对权重系数

指标	ADP	EDP	GWP	ODP	BTP	ECA	POCP	AP	NP	AH	US	BST	HT
权重系数	2.08	3.72	12.51	9.33	26.45	5.26	2.95	3.72	3.93	1.54	2.79	6.52	19.2

注:为方便计算,总权重以 100 表示。

3 线性回归方程法

线性回归方程方法的其本思想就是通过方程把环境因素和环境效应联系在一起,通过大量的数据来得到方程的具体表达式。为此,可以假设环境效应模型是一个函数(f),其作用是将环境干预 x 映射到环境效应 y 上。其函数形式为:

$$y = f(x)$$

假设各环境因素的标准指标值(由清单分析所得数据标准化后的形式)分别为: x_1, x_2, \dots, x_n , 则可得到如下回归方程:

$$y = a + k_1x_1 + k_2x_2 + \dots + k_nx_n$$

要确定线性回归方程的系数,必须要有大量的数据来进行回归分析,这一问题可以通过采样来解决。 y 为量化的所测地区的环境效应综合评分值,满分可用 100 分来表示,可以一个虚拟的各项环境指数都刚好满足国家标准的环境或一个公认的环境较好的地区为标准,其他地方与之相比即可得到 y 。 x 则可由该地区各环境要素监测值进行量化后得到。然后,由最小二乘法回归得到方程系数。由求得方程表达式的过程可知:方程中各环境因素 x_1, x_2, \dots, x_n 所对应的系数即为其对环境效应贡献的相对大小。将各系数进行归一化后即为其要求的权重系数。

4 结语

专家法或德尔非法易于处理数据,但是有较大的随意性。层次分析法和线性回归方程法的数据处理比较繁杂,但可以借助计算机进行,用这两种方法和专家法结合来确定权重具有较好的可行性,且能得到比较合理的结论。除了上述方法外,其他还有特征向法、平方和法等,这些方法从总体来看更侧重对所收集信息的处理计算。它要在对问题目标重要性两两排序调查基础上,对这种两两比较的结果进行处理。具体计算的方法类似于上面的层次分析法。在具体应用中,可根据 LCIA 的不同目的来选择方法,上述方法的准确性、与事实的接近程度还需根据具体情况进行更多、更深入的研究来确定,这也是 LCA 今后一个重要的研究方向。生命周期影响评价体系目前尚处于探讨研究阶段,而与其相应的环境因素权重系数的确定方法也在研讨之中,如何建立一套完善的环境影响权重分析方法有待于人们不断地总结,找到一种完善的处理方法,对今后进行生命周期影响评价具有重要的意义。

参考文献:

- [1] 叶文虎. 环境管理学[M]. 北京: 高等教育出版社, 2001.
- [2] 程理民, 吴江, 张玉林. 运筹学模型与方法教程[M]. 北京: 清华大学出版社, 2000.
- [3] 熊文强, 郭孝菊, 洪卫. 绿色环保与清洁生产概论[M]. 北京: 化学工业出版社, 2002.
- [4] 郭怀成, 尚金城, 张天柱. 环境规划学[M]. 北京: 高等教育出版社, 2001.
- [5] Paul·L·Bishop. 污染预防: 理论与实践[M]. 北京: 清华大学出版社, 2002.
- [6] 邓南圣, 吴峰. 工业生态学 - 理论与应用[M]. 北京: 化学工业出版社, 2002.
- [7] 赵焕臣. 层次分析法引论[M]. 北京: 中国人民大学出版社, 1990.
- [8] 席德立, 彭小燕. LCA 环境影响分析新探[J]. 环境科学, 1997, 18(6): 76 - 80.
- [9] Timothy J. Skone. What is life cycle interpretation[J]. Environmental Progress, 2000, 19(2): 93 - 100.
- [10] Earl Beaver. LCA and total cost assessment[J]. Environmental Progress, 2000, 19(2): 130 - 139.