

# 基于环境价值链的绿色产品设计成本分析模型

谢家平<sup>1</sup> 孔令丞<sup>2</sup> 陈荣秋<sup>3</sup>

(1. 上海财经大学, 上海 200433; 2. 中国人民大学 商学院, 北京 100872; 3. 华中科技大学 管理学院, 湖北 武汉 430074)

**摘要:** 本文在分析产品多生命周期的闭环物流链的基础上, 借助供应链和价值链的概念, 阐述了环境价值链的内涵及其分析流程。在此基础上, 运用基于作业的成本分析(ABC)法, 全面论述了绿色产品设计各个阶段的成本分析函数, 建立产品全生命周期的成本分析模型。通过经济性分析, 发现差距, 指导企业改进产品设计, 以达到节约资源、保护环境、降低产品生命周期成本的目的, 提高企业的经济效益和生态效益。

**关键词:** 供应链; 环境价值链; 生命周期成本; 成本分析; 回收成本

**中图分类号:** F275.3    **文献标识码:** A    **文章编号:** 100325230(2003)0320126205

从20世纪90年代以来, 有关资源和环保问题日渐成为制造业研究的热点, 人们提出了绿色制造的理念, 这是一种基于环保竞争策略的现代企业生产模式。机械工程学者们大多在绿色制造的一般理论体系、专题技术等方面进行论述, 对绿色设计的概念和内容有一定程度的涉及, 主要从制造技术方面进行了初步研究, 但这些研究只考察产品及其制造设计方案的技术绿色性是不够的, 还需要进一步进行成本——效益分析。传统的制造成本——效益分析只是考虑产品的销售收入和制造成本; 传统的报废处理没有考虑产品废弃后的环境污染问题, 而绿色制造的成本——效益分析在此基础上还需考虑产品生产的节能收入、重用零部件的收益、回收材料的收入、污染减少带来的生态成本节约, 产品生命周期过程对环境的破坏所需支付的环境保护费用, 以及产品废弃处理过程发生的拆卸成本、再用成本、材料再生成本、废弃处置的环保支出等等。也就是综合分析产品的使用前、使用维护过程中、使用报废后的回收处理等全生命周期过程的成本与收益, 运用基于作业的成本分析(Activity-Based Costing, ABC)方法, 考虑产品本身的经济性和产品再生的经济性, 建立其财务分析与评估模型, 从经济上选择效益最佳的设计方案。

**收稿日期:** 2003201210

**作者简介:** 谢家平(1963—), 男, 四川安岳人, 上海财经大学副教授, 博士生;

孔令丞(1963—), 女, 天津宝坻人, 中国人民大学商学院副教授, 博士生;

陈荣秋(1942—), 男, 湖北武汉人, 华中科技大学管理学院教授, 博导。

## 一、环境价值链

产品对资源和环境的影响涉及从设计、制造、包装、运输、使用到报废处理的多生命周期的闭环物流过程,如图 1 所示。其中,物料转换、信息传递和资金流动分别组成物料链、信息链和价值链,因此需要引入供应链管理和价值链分析的理念。

“供应链”(Supply Chain)是围绕核心企业,通过对信息流、物流、资金流的控制,从采购原材料开始,经过制成中间产品以及最终产品的生产环节,最后由销售网络把产品送到消费者手中的活动过程,是将供应商、制造商、销售商、直到最终用户连成一个整体的功能网链结构模式,如图 1 中实箭线所构成的物流链。此外,产品在用户使用报废后,还需进行回收处理,物流从回收处理商逆向回转到供应商及制造商,形成逆向供应链网络,如图 1 中虚箭线所构成的物流链。供应链既是一条物流链,还是一条价值链,物流在供应链上因加工、包装、运输、回收处理等转换过程而增值。

“价值链”(Value Chain)的概念最早是由波特在《竞争优势》一书中提出来的。他将价值链定义为“从原材料的选取到最终产品送至消费者手中的一系列价值创造的活动过程”。我们将从物料供应开始到最终产品送至消费者(产品使用前)的传统价值链定义为正向价值链;将从产品报废逆向回转到回收处理商再到制造商(产品废弃后)的回收价值链定义为逆向价值链。企业正是从成本和差异化的角度,通过比竞争对手更廉价或更出色地开展战略活动来赢得竞争优势。

物流在供应链及逆向供应链中转换,企业为了获利,需要进行一系列的增值活动,这就构成企业自身的价值链。一方面要消耗人类有限的资源;另一方面又将产生大量的废弃物,造成严重的环境问题。随着各国环保法规的出台和消费者环保意识的日益增强,企业为赢得竞争优势,就必须运用供应链中物流管理的思想和价值链分析的理念,重新构建自己的“环境价值链”(Environmental Value Chain)。企业创造的价值不但包括经济效益,还有生态环境效益,这些价值的实现是通过产品设计、制造、包装、运输、使用到报废处理等产品生命周期过程的一系列创造价值的经营活动得以实现的,这一过程的经营活组成企业的环境价值链。

一般而言,环境价值链分析遵循如下逻辑过程:物流转换过程的正向和逆向供应链分析

基于资源、环境因素的正向和逆向价值链分析 基于作业的成本分析方法,进行成本动因(资源动因、作业动因)分析 根据成本—效益,进行价值(经济效益、生态效益)增值分析。传统正向价值链的利润最大化只是供应链网络的局部最优,如果没有考虑产品的废弃回收处理问题,使得逆向价值链盈利很小,甚至亏损,企业的长期利润就难以实现最大化。为了实现正逆价值链“双赢”的目标,需要供应商、制造企业、分销商、消费者和回收处理商多方共同参与,改进产品的结构设计方案、材质构成及其加工工艺流程。通过分析产品生命周期过程的环境价值链,判定哪些是增值性的作业,哪些是非增值性的作业;哪些作业对环境有负面影响,从而优化作业流程,尽量消除非增值性作业和非环保性作业,以达到充分利用企业的资源和保护环境的目标,实现收益的最大化。

## 二、企业产品环境价值链的成本分析模型

根据产品生命周期的物流运动特征,将企业产品的环境价值链划分成“使用前、使用过程、报废后”3个阶段,运用基于作业的成本分析方法,度量产品使用前的产品成本、使用阶段的成本和报废后的回收处理成本,建立环境价值链的成本分析模型。

### 1. 使用前的产品成本

(1)研发成本。包括市场调研、可行性分析、产品设计、产品试验、修正设计、设计人员培训费、编写设计文档等费用支出,单位产品的研发成本记为  $C_{\text{研发}}$ 。

(2)制造成本。包括材料消耗、能源消耗、设备工时、劳动工时、在制品的运送与存放、产品测试与检验等物料转换生产费用支出,单位产品的制造成本记为  $C_{\text{制造}}$ ,则  $C_{\text{制造}} = (M + W + R) \cdot (1 + r) + F/Q$ 。式中,  $M$  表示单位产品材料费用,  $W$  表示单位产品人工工资费用,  $R$  表示单位产品的能耗支出,  $r$  表示企业一般性管理费用所占比重,  $F$  表示固定资产折旧,  $Q$  表示产品产量。

(3)环境成本。产品生产制造过程中解决环境污染和生态破坏所需支付的成本,单位产品的环境成本记为  $C_{\text{环境}}$ ,包括:第一,污染排放控制成本  $C_{e1}$ 。指控制向大气、水体、土壤超标排放对人有害的物质所需支付的费用。可以根据成本性态分为:污染排放控制固定成本  $F$  和变动成本  $C_v$  两类,即  $C_{e1} = F + Q \cdot C_v$ 。第二,三废处置成本  $C_{e2}$ 。指对生产过程排放的“三废”进行净化处理,使之达到排放标准所需支付的费用。包括排放废弃物收集成本、运输成本和焚烧或填埋成本,即  $C_{e2} = \text{排放废弃物处置量} \times \text{排污废弃物处置收费的标准单价}$ 。第三,环境税  $C_{e3}$ 。为实现环境保护目标和可持续发展战略,对破坏环境、资源的行为进行调节而征收的环境税、资源税,以避免对环境资源的过度开发和利用,即  $C_{e3} = Q \cdot \text{生态税税率}$ 。第四,污染罚款  $C_{e4}$ 。指因生产排放的“三废”超过排放标准以及滥用资源而需支付的罚款费用,即  $C_{e4} = Q \cdot \text{排污收费的标准单价}$ 。总之,单位产品的环境成本函数如下:  $C_{\text{环境}} = (C_{e1} + C_{e2} + C_{e3} + C_{e4})/Q$ 。

(4)营销成本。包括产品包装、运输、储存以及广告促销、售后服务等费用,单位产品的营销成本记为  $C_{\text{营销}}$ 。

### 2 使用中的运行维护成本

使用成本包括运行成本、维修成本和使用环保费。运行成本是用户为产品在使用期间所耗费的人、财、物资源而支付的费用,如操作人员培训费、运行人员工资、动力费、水费、用品费、环境调节费、专利使用费等。维修成本是在使用期限内,为维护产品正常功能而进行维护、修理或零件更换所需花费的费用,如维修人员培训费、维修人员费、维修工具费、技术改造费、设备器材库存保管费、安全措施费、保险费。使用环保费是指产品在使用过程导致环境污染或资源消

耗而需支付的环境保护费用。即  $C_{使用} = C_{运行} + C_{维修} + C_{环保}$ 。损坏的零部件的处理策略包括: 废弃替换、再生替换、修理再用、降级替换, 成本分析如下:

(1) 废弃替换策略。这是目前常用的最简单的处理方式, 即将损坏的零部件进行安全填埋处置, 用新的零部件替换损坏的零部件。设填埋处置成本为  $C_{填埋}$ , 更换所需的材料及人工成本为  $C_{更换}$ , 则废弃替换策略的成本函数  $C_{废弃替换} = C_{填埋} + C_{更换}$ 。

(2) 再生替换策略。这种策略比废弃替换策略的环保性好, 可以减少填埋数量; 因材料回收, 可以减缓资源的耗竭。它是指将损坏的零部件进行材料再生处置, 用新的零部件替换损坏的零部件。再生替换策略的成本函数  $C_{再生替换} = C_{再生} - R_{再生} + C_{更新}$ , 其中, 材料再生所需的成本费用为  $C_{再生}$ , 再生材料的使用价值为  $R_{再生}$ 。

(3) 修理再用策略。这种策略的环保性最好, 不但可以降低对资源、环境的影响, 还可以节约零部件的制造费用。即将损坏的零部件进行修复后而继续利用。修理再用策略的成本为  $C_{修复再用}$ 。

(4) 降级替换策略。修复后的损坏零部件因达不到设计要求而做降级再利用, 用新的零部件替换损坏的零部件。降级替换策略的成本函数  $C_{降级替换} = C_{更新} - R_{降级}$ , 其中  $R_{降级}$  为修复零部件做降级利用的使用价值。

$$C_{维修} = \min \{ C_{废弃替换}, C_{再生替换}, C_{修复再用}, C_{降级替换} \}$$

### 3 废弃后的回收处理成本

回收处理成本是报废产品的收集、运输、拆卸、再造、再生、填埋等的费用支出。对于第  $j$  种零部件而言, 可以选择的处理策略有零件再用、材料再生和安全填埋, 所以应该根据各种处理策略的经济效益大小选择其处理方式。假设第  $j$  种零部件的再用价值为  $R_{pj}$  (元/件), 检测、翻新及再造等再用成本为  $C_{pj}$  (元/件), 重量为  $W_j$  (kg), 材料再生的比例为  $R_{pj}$ , 再生收入为  $R_{mj}$  (元/kg), 再生成本  $C_{mj}$  (包括碎裂、分类、再生等回收材料的过程) (元/kg), 填埋成本为  $C_L$  (元/kg), 废弃处理成本指数为  $D_{ij}$  [2]。为了比较各种处理策略的经济性, 引入再用决策变量  $X_j = 1$  或 0, 再用识别变量  $PD_j = R_{pj} - C_{pj} + C_L \cdot D_{ij} \cdot W_j$ , 再生识别变量  $RD_j = (R_{mj} - C_{mj} + C_L \cdot D_{ij}) \cdot W_j \cdot R_{pj}$ 。如果  $PD_j > 0$ , 且  $PD_j > RD_j$ , 则作再用处理, 即  $X_j = 1$ ; 反之, 若  $PD_j < 0$  或  $PD_j < RD_j$ , 必有  $X_j = 0$ , 表示只能将它作材料再生或废弃填埋处理。当  $X_j = 0$  时, 如果  $RD_j > 0$ , 则进行再生处理回收材料可以获利; 否则,  $RD_j < 0$ , 只能进行安全填埋。

(1) 零部件拆卸成本。拆卸是将产品分成它的组成模块、部件、零件等组件的一种系统方法 [2]。它是实现有效回收的重要手段, 进行产品分拆时, 可以利用产品结构文件 (物料清单文件 BOM) 构建产品的拆卸树 (Disassembly Tree) [8]。产品拆卸树中的结点  $A_j$  既表示零部件  $j$ , 又表示拆卸活动; 箭线表示结点 (零部件) 之间的连接关系, 反映连接件的类型、拆卸连接件所需时间和成本等信息。为了将结点  $A_j$  拆卸下来, 先要拆卸其父结点  $A_f$ , 因此考察结点  $A_f$  是否需要进行拆卸, 主要是看它的拆卸可达的零部件所组成的子集  $LS(A_f)$  中是否含有需要拆卸的零部件。如果对于任意的  $A_j \in LS(A_f)$ , 有  $\max \{ X_j \} = 1$  成立, 则结点  $A_f$  需进一步拆卸; 反之,  $\max \{ X_j \} = 0$ , 则不需再进行拆卸。假设从父结点  $A_f$  上拆卸下结点  $A_j$  自身的成本为  $C_d(A_j)$ , 从叶结点 (没有子结点) 开始, 计算各结点的累加拆卸成本。叶结点不需要再进行分拆, 则它的累加拆卸成本  $\text{Sum} C_d(A_j) = C_d(A_j) \cdot X_j$ ; 对于中结点或根结点  $A_f$  而言, 如果需要拆卸, 其累加拆卸成本  $\text{Sum} C_d(A_f)$  等于箭尾结点  $A_f$  自身的拆卸成本  $C_d(A_f)$  与从它引出的所有箭头结点  $A_j$  的累加拆卸成本  $\text{Sum} C_d(A_j)$  之和。当计算到根结点的累加拆卸成本时, 就得到回收方案  $X$  的拆卸成本, 即:

$$C_{\text{拆卸}} = \sum_{A_j} C_d(A_j) \cdot \max_{A_j, LS(A_j)} \{X_j\}$$

(2) 零部件的再用成本。当决策变量  $X_j = 1$  时, 需对拆卸的零部件  $j$  进行检验与测试、翻新与再造等再用处理, 其成本为  $C_{pj} \cdot X_j$ ; 所带来的收入为  $R_{pj} \cdot X_j$ 。废弃物减少将带来环境处理费的下降, 从而避免因环境问题而遭受的经济处罚或减少填埋成本, 其环保收益为  $C_L \cdot D I_j \cdot W_j \cdot X_j$ 。零部件的再用成本如下:

$$C_{\text{再用}} = \sum_{\substack{PD, E 0 \\ \& PD, E RD_j}} (C_{pj} - R_{pj} - C_L \cdot D I_j \cdot W_j) \cdot X_j$$

(3) 材料再生的成本。当决策变量  $X_j = 0$  时, 如果  $RD_j > 0$ , 零部件  $j$  进行材料再生处理可以获利, 则再生处理回收材料, 所支付的费用为  $C_{mj} \cdot W_j \cdot RP_j \cdot (1 - X_j)$ ; 相应获得再生材料收入为  $R_{mj} \cdot W_j \cdot RP_j \cdot (1 - X_j)$ ; 因再生处理所减少的废弃处理所带来的环保收益为  $C_L \cdot D I_j \cdot W_j \cdot RP_j \cdot (1 - X_j)$ 。材料再生的成本如下:

$$C_{\text{再生}} = \sum_{PD, E 0} (C_{mj} - R_{mj} - C_L \cdot D I_j) \cdot W_j \cdot RP_j \cdot (1 - X_j)$$

(4) 废弃处理的成本。当  $RD_j > 0$  时, 零部件  $j$  作材料再生处理之后还需进行废弃处理的重量为  $W_j \cdot (1 - RP_j) \cdot (1 - X_j)$ ; 当  $RD_j < 0$  时, 零部件  $j$  不作材料再生处理但需进行废弃处理, 其重量为  $W_j \cdot (1 - X_j)$ , 则废弃处理的成本如下:

$$C_{\text{废弃}} = \sum_{PD, E 0} C_L \cdot D I_j \cdot W_j \cdot (1 - RP_j) \cdot (1 - X_j) + C_L \cdot D I_j \cdot W_j \cdot (1 - X_j)$$

综合可得回收处理成本——效益模型如下:  $C_{\text{回收}} = C_{\text{拆卸}} + C_{\text{再用}} + C_{\text{再生}} + C_{\text{废弃}} + C_{\text{收集}}$ 。式中,  $C_{\text{收集}}$  是指将废弃产品从消费者回收所需的收集、运输等作业的各种费用支出。

综上所述, 环境价值链分析提供了一种简洁的图形方式揭示产品生命周期过程中的信息流、物流和价值流。本文运用基于作业的成本分析方法, 针对产品生命周期的大类作业成本, 建立了产品全生命周期的环境价值链成本分析模型。通过计算各成本项占总成本的比例, 或与标准成本进行比较, 有利于量化分析成本动因, 寻找关键作业成本项。如果再进行收益变化和成本变化的敏感性分析, 还可以考察设计方案的风险大小。此外, 如果针对某一生命周期阶段, 进行内部环境价值链分析, 深入剖析其价值构成活动, 建立相应的环境价值链成本分析模型, 还可以揭示出深层次的问题。针对所揭示的问题, 改进产品设计, 可以达到节约资源、保护环境、降低产品生命周期成本的目的, 实现企业的经济效益和生态效益。

## 参考文献:

- [1] Rosy Wei Chen, et al. Product Design for Recyclability: A Cost Benefit Analysis Model and its Application, 1994
- [2] Bert Bras et al. Activity-Based Costing and Uncertainty In Designing For The Life-Cycle, Design for X: Concurrent Engineering Imperatives, Edited by G. Q. Huang, ISBN 0412787504, 1995
- [3] Rose, C. M., Stevels, A., Ishii, K. Applying Environmental Value Chain Analysis. Proceedings of Electronics Goes Green conference, September 11- 13, 2000, Berlin, Germany. ISBN: 3- 8007- 2569- X.
- [4] M. C. Zhou et al. Multi-lifecycle Product Recovery for Electronic Products, Electronics Manufacturing, July, 1998
- [5] 马士华, 林勇, 陈志祥. 供应链管理[M]. 北京: 机械工业出版社, 2000
- [6] 迈克尔·波特. 竞争优势[M]. 北京: 中国财政经济出版社, 1988
- [7] 谢家平, 等. 绿色产品设计成本分析模型研究[J]. 外国经济与管理, 2003, (2).
- [8] 谢家平, 等. 装配式产品回收处理策略的成本—效益分析模型[J]. 中国流通经济, 2003, (1).

(责任编辑: 周景明)

article, the evaluation system of the government educational expenditure was established. Based on the evaluation system, a model was suggested to analyze the efficiency of the government educational expenditure and its structure. Results showed that the government should add the fund input instantly in public educational area, and adjust the structure of the government educational expenditure.

**Key words:** Public Expenditure; Efficiency of the Government Educational Expenditure; Increase- Limited Model

### **The Institutional Supply and Demand of the China's Stock Market**

CHEN Hong

· 114 ·

*(College of Xinhua Banking and Insurance, Zhongnan University of Economics and Law, Wuhan 430060, China)*

**Abstract:** In the process of changing from traditional planned economic system to modern market economic system in the stock market of China, the shortage of Institution is a universal phenomenon. During the changes of system, government is the major institutional supplier for the stock market of China, but the Globalization and marketization of stock market is the impetus of institutional demand. It is helpful for us to analyze the institutional supply and innovation, in order to find a suitable obligatory model of institutional changes for the healthy growth of the stock market of China.

**Key words:** The Shortage of Institution; Institutional Supply; Institutional Demand

### **On China's System of National Accounts(2002)**

XIAN G Shu- jian ZHAO Le- dong

· 122 ·

*(Information School, Zhongnan University of Economics and Law, Wuhan, 430060, China;  
Statistics Department, Henan University of Economics and Finance, Zhengzhou, 450002, China)*

**Abstract:** Based on the 1993 SNA of the United Nations and the experience drawn from the implementation of China's System of National Accounts since 1992, the revision of the Program of China's System of National Accounts has been completed. Contrast to 1992 SNA of China, the forthcoming version of 2002 SNA of China has made a great progress in many aspects, such as the basic framework, accounts system, main indicators, statistical classifications etc. It also has made improvements in theoretical systematization, operational application and international compatibility etc. This paper discusses the main revised contents in 2002 SNA of China and the important roles of its implementation in China.

**Key words:** China's System of National Accounts; Institutional Sectors; SNA

### **The Cost Analysis Model of Green Products' Design Based on Environmental Value Chain**

XIE Jia- ping KONG Ling- cheng CHEN Rong- qiu

· 126 ·

*(Shanghai Finance University, Shanghai 200433, China;  
College of Management, Huazhong University of Science & Technology, Wuhan 430074, China;  
College of Business, Renmin University of China, Beijing 100874, China)*

**Abstract:** In terms of the analysis about the loop- closed logistics chain of product multi-lifecycle, by virtue of the conception of supply chain and value chain, this paper expounds the connotation of environmental value chain and its analyzing flow. Furthermore, applying the activity- based costing method, the cost analysis functions of green product design on every stage are discussed synthetically, and the cost analysis model involving the whole span of products' life cycle is set up. After economic analyzing, the disparities are found, which direct enterprises to improve their product design. As a result, it will reach the goal of economizing resources, protecting environment, reducing the cost of product life cycle, and will eventually advance the economic profit and ecological benefit related to enterprises.

**Key words:** Supply Chain; Environmental Value Chain; Cost of Lifecycle; Cost Analysis; Recovery Cost