

绿色供应链管理的基本原理

汪应洛, 王能民, 孙林岩

(西安交通大学管理学院, 西安 710049)

[摘要] 人口、资源与环境三者之间的矛盾日益突显, 要求制造业提高其活动与环境的相容性。绿色供应链管理是从系统的观点与集成的思想出发解决制造业与环境之间冲突的有效方式。从可持续发展的思想出发建立了绿色供应链的概念模型, 分析了绿色供应链管理的目标, 在此基础上探讨了绿色供应链管理的基本原理, 认为共生原理、循环原理、替代转换原理与系统开放原理是实施绿色供应链管理应该遵循的基本原理。

[关键词] 制造业; 绿色供应链管理; 系统; 集成

[中图分类号] F205 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1009-1742(2003)11-0082-06

1 引言

自人类进入工业时代, 制造业得到了飞速的发展, 为人类提供丰富产品的同时也导致了资源的短缺、环境的污染, 使得人口、资源与环境三者之间的矛盾日益突出。众多的研究者从不同的角度、不同的学科来研究如何降低制造业对环境的负影响: 制造商要实施绿色采购战略以保证企业行为与环境友好^[1,2]; 实施绿色战略有利于企业竞争优势的培养与提高^[3]; 生态设计是降低制造业对环境负影响的有效策略^[4,5]; 制造商要在制造过程中实现与环境相容^[6]; 从生产或者制造系统研究了如何降低制造业对环境的负影响的问题^[7-9]。从已有研究成果来看, 大多是基于制造系统的某一个子系统出发来研究; 从子系统来研究制造业与环境相容的问题并不能有效地降低对环境的负影响; 从系统的角度以集成的思想来研究与解决制造业与环境相容的问题成为必然^[10]。

2 绿色供应链管理 (GSCM)

国内外研究者开始以供应链管理的思想来研究如何提高制造业对环境的相容性问题^[11-16]。绿色供应链是“一种在整个供应链内综合考虑环境影响和资源效率的现代管理模式, 它以绿色制造理论和供应链管理技术为基础, 涉及供应商、生产厂商、销售商和用户, 其目的是使产品从物料获取、加工、包装、仓储、运输、使用到报废处理的整个过程中, 对环境的影响(负作用)最小, 资源效率最高”^[13]。绿色供应链(GSC)管理(green supply chain management)又称环境意识供应链管理(environmentally conscious supply chain management), 它考虑了供应链中各个环节的环境问题, 注重对于环境的保护, 促进经济与环境的协调发展^[15]。集成管理的思想与系统思想在绿色供应链管理中得到了体现, 绿色供应链管理的思想已经开始得到学术界的重视。与此同时, 绿色供应链管理已经在工业界开始了积极的实践, 一些著名企业如GM, NIKE已经开始了卓有成效的绿色供应

[收稿日期] 2003-07-14; **修回日期** 2003-08-12

[基金项目] 国家自然科学基金重大资助项目(59990470-4)

[作者简介] 汪应洛(1930-), 男, 安徽泾县人, 西安交通大学教授, 博士生导师

链管理。但从现有的研究来看，对于绿色供应链管理而言，已有的研究成果主要集中在对于绿色供应链的概念、体系、结构等方面；没有研究绿色供应链管理的基本原理，即在管理绿色供应链时应该遵循哪些基本的原理，笔者拟从系统论与集成管理的思想出发来研究绿色供应链管理的基本原理。

3 绿色供应链管理的目标

绿色供应链是可持续发展思想在制造业中的体现；可持续发展思想是人类在其自身改造与适应自然界过程中出现资源、环境、人口三者之间的矛盾时提出的三维发展战略，众多学者与有识之士针对环境恶化的情况提出了新的发展观：二维发展观与三维发展观^[17,18]，在人类进入 21 世纪之际，三维发展观已经成为各国经济发展的基本指导思想，刘培哲教授与潘家华教授基于三维发展观的思想讨论了如何实现整个人类活动与环境相容的问题，指出共生原理、循环原理、约束原理及替代转换原理是实现可持续发展的调控原理^[18]。华盛顿大学的 Benita M. Beamon 博士，在其研究中提出了有关绿色供应链的概念模型，其核心思想是在原来的一般供应链的概念模型基础上增加了活动流，即再制造（再利用）、回收、再循环，同时也描述了在供应、制造、销售、消费等过程中产生的废物的运动方向^[12]。Tina Karlberg 等研究者在瑞典科学与技术部的支持下对电子工业的绿色供应链管理的研究中提出了有关绿色供应链的概念模型，在其研究成果中其主要的贡献为将绿色供应链的组成成员由原来的供应商、制造商、分销商、顾客、运输商等的基础上增加了回收商^[19]。英国的 Cranfield 管理学院的 Remko I. van Hoek 也提出了有关绿色供应链的概念模型，其主要贡献在于在绿色供应链中分析了各个环节中如何管理的问题，将绿色供应链的组成成员增加了服务机构^[20]。在已有的研究中存在不足，具体体现在以下两方面：首先，以上的概念模型没有从系统的观点出发分析绿色供应链的组成要素，在前人的研究成果基础可以进一步将绿色供应链细分为生产系统、消费系统、社会系统与环境系统等 4 个子系统组成，在以上的模型中没有清晰地描述其系统结构；其次，以上的概念模型没有反映三维发展观这一可持续发展的思想。

参考有关供应链管理可持续发展的思想^[12,14,17~20]，建立如图 1 所示的绿色供应链的概

念模型。在该模型中将绿色供应链细分为生产系统、消费者系统、环境系统 & 社会系统 4 个子系统，这一划分有利于分析绿色供应链管理的目标，也符合三维发展观。在绿色供应链中的生产系统包括从资源的投入到产品制造的全过程，消费系统包括消费者最终消费的过程，环境系统包括资源的提供与废弃物的回收与再生，社会系统主要从规制、文化与伦理等因素方面提供引导、激励、约束进而使得其行为主体的活动能实现与环境相容。从绿色供应链的概念模型来看，绿色供应链与一般供应链的管理的目标具有十分明显的区别，其基本原因在于其构成的子系统有所不同：对于一般供应链而言，由于其考察的要素主要是所建立的模型中的生产系统部分（不包括回收商），因而其管理的目标是通过优化提高所有相关过程的速度和确定性来最大化所有相关过程的增加值^[21]，在图 1 中可以看出绿色供应链的组成要素要较一般供应链的组成要素更多，显然一般供应链管理的目标不能替代绿色供应链管理的目标。从各个子系统来看，其中的社会系统的目标表现为，政府通过制度、文化与伦理等措施引导供应链内的生产系统与消费系统的行为主体来实现各子系统之间目标的协调与优化，社会系统的目标具体由其他 3 个子系统的目标来实现；从这点看，绿色供应链管理的目标包括资源优化利用（对于生产系统而言）、福利改善（对于消费系统而言）与实现与环境相容（对于环境系统）；有关绿色供应链管理的目标可以用数学模型来描述。

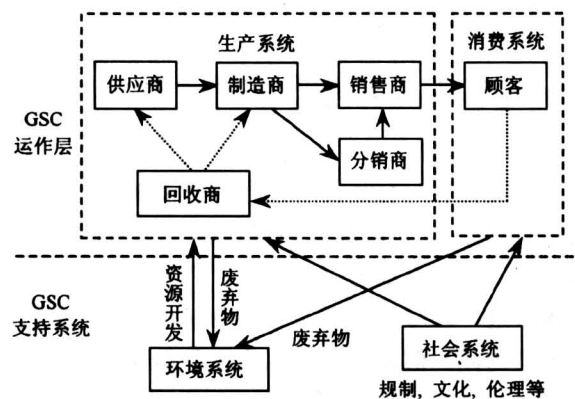


图 1 绿色供应链的概念模型

Fig.1 The concept model of GSC

假设： G_{SC} 表示绿色供应链系统， P 为生产子系统（在供应链中具体表现为生产函数）， W 表示消费子系统（具体表现为福利函数即为绿色供应链

运作对消费者福利的影响), E 表示环境子系统(具体表现为环境函数); 根据上述分析则有

$$\begin{aligned} G_{SC} &= f(P, W, E) = f(P(R, T, H), \\ &W(R, T, H), E(R, T, H)), \\ \text{s.t. } P &> P_{\min}, W > W_{\min}, \\ E &> E_{\min}, P_{\min} \cup W_{\min} \subseteq E_{\min}. \end{aligned} \quad (1)$$

其中 P_{\min} , W_{\min} , E_{\min} 分别为各子系统的临界条件; $P_{\min} \cup W_{\min} \subseteq E_{\min}$ 表示: 当环境系统对生产系统和消费系统发挥最大承受能力的状态时, 即环境子系统具备可恢复性的最低发育状态时, 这是实现与环境相容(生态安全)的最低边界条件; R 为资源利用量(包括对各种资源如再生资源与不可再生资源的利用量), H 为社会人文指标(包括制度、文化、价值观与伦理道德等因素), T 为制造模式指标(表现为绿色制造模式的应用状态); $\partial G_{SC}/\partial P > 0$, $\partial G_{SC}/\partial W > 0$, $\partial G_{SC}/\partial E > 0$, 各子系统目标的改善也增进整个供应链的目标值。

上述 R, T, H 等各项指标包含影响供应链各子系统的主要因素, 各子系统是这些变量的函数即

$$P = P(R, T, H), \quad (2)$$

$$W = W(R, T, H), \quad (3)$$

$$E = E(R, T, H), \quad (4)$$

其中 $\partial P/\partial R > 0$, $\partial P/\partial T > 0$, $\partial P/\partial H > 0$, $\partial W/\partial R > 0$, $\partial W/\partial T > 0$, $\partial W/\partial H > 0$, $\partial E/\partial R > 0$, $\partial E/\partial T > 0$, $\partial E/\partial H > 0$, 显然, 增加资源的投入、提高技术与环境的相容程度和改善绿色供应链运作的社会人文环境, 有利于改善各个子系统的目标值。

4 绿色供应链运作管理的基本原理

4.1 共生原理

人类社会与自然共生是任何经济系统必须遵循的客观规律^[18], 也是绿色供应链管理应遵循的基本原理之一。可以通过对绿色供应链运作目标的复合函数进一步分析来说明共生原理在绿色供应链运作中的内涵。假定 R, T, H 分别通过式(2)、式(3)与式(4)3个子系统影响绿色供应链的运作, 即存在有

$$G_{SC} = f(P(R, T, H), W, E), \quad (5)$$

$$G_{SC} = f(P, W(R, T, H), E), \quad (6)$$

$$G_{SC} = f(P, W, E(R, T, H)). \quad (7)$$

式(5)至式(7)分别对 R, T, H 求偏导数, 并令其等于零, 可得

$$\frac{\partial G_{SC}}{\partial P} \frac{\partial P}{\partial R} = \frac{\partial G_{SC}}{\partial W} \frac{\partial W}{\partial R} = \frac{\partial G_{SC}}{\partial E} \frac{\partial E}{\partial R}, \quad (8)$$

$$\frac{\partial G_{SC}}{\partial P} \frac{\partial P}{\partial T} = \frac{\partial G_{SC}}{\partial W} \frac{\partial W}{\partial T} = \frac{\partial G_{SC}}{\partial E} \frac{\partial E}{\partial T}, \quad (9)$$

$$\frac{\partial G_{SC}}{\partial P} \frac{\partial P}{\partial H} = \frac{\partial G_{SC}}{\partial W} \frac{\partial W}{\partial H} = \frac{\partial G_{SC}}{\partial E} \frac{\partial E}{\partial H}. \quad (10)$$

对式(8)进行变化可得

$$\frac{\partial P}{\partial R} / \frac{\partial W}{\partial R} = \frac{\partial G_{SC}}{\partial W} / \frac{\partial G_{SC}}{\partial P}, \quad (11)$$

$$\frac{\partial P}{\partial R} / \frac{\partial E}{\partial R} = \frac{\partial G_{SC}}{\partial E} / \frac{\partial G_{SC}}{\partial P}. \quad (12)$$

式(11)表明, 对于供应链内各成员的资源利用变化所产生的经济效果与环境改善之比, 等于环境改善对绿色供应链整个系统发展的贡献率与生产系统对绿色供应链整个系统发展的贡献率之比。同理可知, 式(12)表明, 对于供应链内各成员的资源利用变化所产生的经济效果与福利增加量之比, 等于福利增量对绿色供应链整个系统发展的贡献率与生产系统对绿色供应链整个系统发展的贡献率之比。即表明: 绿色供应链内各子系统间存在共生的关系。同时从式(2)与式(3)中可以得到结论: 如果 $\partial E/\partial R$ 的值大, 则 $\partial G_{SC}/\partial E$ 值小; 同理可得到如果 $\partial W/\partial R$ 的值大则 $\partial G_{SC}/\partial W$ 值小的结论。由此可见, 绿色供应链运作存在制衡的机制: 如果一变量对供应链内某一子系统的产出具有明显的影响, 则该子系统对绿色供应链总体系统的影响趋于弱化。

同理可以对式(9)与式(10)进行类似的分析, 其结论也相类似。由此可见, 为了实现绿色供应链运作的3大目标, 要求绿色供应链在其运作过程中充分协调好3个子系统的关系。总的看来, 不能只强调某一个子系统的目标而放弃其他子系统的目标。

4.2 循环原理

循环原理是指能量在绿色供应链内各子系统之间循环做功, 直到变成熵为止。熵是指最终被消耗的不能再做功的能量总和, 熵越大, 说明人类活动所消耗的该能量总和越大, 说明其活动对环境的负影响越大。循环原理是来自于物理学中的热力学第二定律, 对于绿色供应链内的各行为主体, 其活动同样要受到循环原理的约束: 任何经济活动或者社会活动均不可能使地球的总熵减少, 而只能加速或者延缓总熵的增加; 循环原理是绿色供应链运作时必然要遵循的基本规律。为了提高整个链内成员的

行为对环境的相容性，有必要在各个环节采用与环境相容的污染防治技术、绿色制造技术和废物最小量化技术等，这样有利于在整个供应链内对各个系统输入负熵流，实现延缓熵值的增加过程。

GSC 中的能量循环的过程，首先，供应链内各制造商制造产品，完成了能量（资源）在 GSC 中的生产系统中的运动，其结果是为消费者系统提供了消费品，同时也在生产过程中产生废物与污染，产生熵，在此环节要降低熵的增加量，要求在 GSC 中采用绿色制造技术、选择与环境相容的原材料及生产工艺。其次，在 GSC 中能量进入消费系统时表现为，在供应链内消费者通过消费与回收之间的循环使得福利水平的提高，此时一部分能量随消费而形成了熵，在这一环节中，通过采用绿色消费模式、强调资源的回收等方式，可以产生负熵流进而弱化熵的产生量。第三，当能量进入环境子系统时，自然界利用自身的调节功能、环境净化与生物生长的周期性循环将废物转化为新的资源来源，增加资源的存量，进而实现负熵的增加。GSC 中各子系统的能量循环对 GSC 管理目标产生影响，如果 GSC 的总体能量得到加强，则 GSC 就能有效地实现在前面提到的 3 个基本目标；反之，能量将因为熵的增加而总量减少。因此有必要通过采取绿色制造技术及绿色消费模式等的应用，来加强负熵的增加，进而实现绿色供应链管理目标。

4.3 替代转换原理

潘家华教授在其专著《持续发展途径的经济学分析》中，对替代转换原理的内涵进行了分析^[18,22]，笔者认为替代转换原理是绿色供应链管理应遵循的基本原理之一。具体来看，替代转换原理在绿色供应链运作中的含义是指，在 GSC 中的各子系统层面的变量之间、在一定的边界条件下所具有的替代转换功能；这一点与汪应洛教授和刘旭博士所提出的废物与资源转化理论有所区别：汪应洛教授和刘旭博士所提出的废物与资源的转化理论主要是指某一资源在不同的生产系统中的转化，如某种生产过程中产生的废物将在另一个生产过程中成为原材料；笔者所讨论的替代转换原理是指 GSC 中的 3 个子系统间相互转换的过程。

具体来看，可以通过对式（8）到式（11）的分析来说明替代转换原理在 GSC 中的运作过程。现实中 $\partial G_{SC}/\partial P \neq \partial G_{SC}/\partial W \neq \partial G_{SC}/\partial E$ 即 3 个子系统的目标往往没有实现协调优化，更多的时候

存在有 $\partial G_{SC}/\partial P > \partial G_{SC}/\partial W > \partial G_{SC}/\partial E$ ，即在供应链的运作过程中生产子系统的目标占有最主要的地位，而消费子系统及环境子系统的目标的重要性没有得到充分的保障或者说生产子系统对整个目标的贡献率要大于消费子系统与环境子系统对整个目标的贡献率。当 $\partial G_{SC}/\partial P > \partial G_{SC}/\partial E$ 时，利用式（8）可知 $\partial P/\partial R < \partial E/\partial R$ ，即在环境子系统的目标没有得到保证的条件下，单一资源的投入对环境子系统的边际增量要高于其对生产子系统的边际增量，这时增加包括资源在内的要素对环境子系统的投入，能有效地改善环境子系统的目标值，类似地可以对其他子系统与要素进行相应的分析，结论类似。通过对供应链内各子系统的管理，使得 3 个子系统在整个供应链内目标的贡献率趋于一致；在对供应链各子系统的管理处于理想状态时，3 个目标的协调优化得到实现，即 3 个子系统对整个目标的贡献率达到一致，这一要求反映在数学上表现为

$$\frac{\partial G_{SC}}{\partial P} = \frac{\partial G_{SC}}{\partial W} = \frac{\partial G_{SC}}{\partial E} \quad (13)$$

从式（13）可以得到： $\partial G_{SC}/\partial P = \partial G_{SC}/\partial E$ ，利用式（8）进一步可以得到 $\partial P/\partial R = \partial E/\partial R$ ，从该式可以发现：资源利用量的变化对改善环境的影响等于其对产出增长的边际增量。类似地可得到 $\partial P/\partial R = \partial W/\partial R = \partial E/\partial R$ ，表明在 GSC 的子系统之间的边际转换关系，即资源利用量的边际调整，可以转换为产出增长量或者福利改善量或者环境改善量；从前面的分析可知：要素在各子系统之间的替代转换速度在 $\partial G_{SC}/\partial P \neq \partial G_{SC}/\partial W \neq \partial G_{SC}/\partial E$ 时要大于 $\partial G_{SC}/\partial P = \partial G_{SC}/\partial W = \partial G_{SC}/\partial E$ 时的替代转换速度。

GSC 的各子系统层面的变量之间存在边际替代与转换关系是对 GSC 的运作进行管理的依据：因为变量可以转换或者替代，才可以对 GSC 进行全面的调控与管理。这一原理要求在 GSC 的运作过程中充分考虑 3 个子系统间的状态，如果 GSC 所处的环境子系统出现了严重的污染与生态破坏则应利用新的技术与新的资源来减低对资源的消耗，使得环境子系统由于资源的存量的增加而得以改善；相应地可以对其他子系统进行相应的调整。

4.4 系统开放原理

系统开放原理是指，系统与环境的相互作用表现为一种动态变换的关系，就是说它们之间经常进

行物质、能量和信息的交换。普利高津^[23]认为,对于开放系统必须考虑系统与外界交换能量和物质所引起的熵流 dS_e 以及系统内部由于不可逆过程产生的熵 dS_i , 即开放系统有 $dS = dS_e + dS_i$, dS_e 为系统与外界交换物质和能量而引起的熵变, 这个量可正可负; dS_i 是系统内部发生不可逆过程引起的熵变, 这个量总是正的, 若外界提供足够的负熵流 $dS_e < 0$, 且 $|dS_e| > dS_i$ 时, 则可做到 $dS < 0$, 就是说不违反热力学第二定律的条件下, 远离平衡的非线性系统可以通过负熵流来减少总熵, 使系统从无序态变为有序态即耗散结构状态。

GSC 是作为一个开放的系统来运作的, 具体体现在以下几方面。首先, GSC 内的成员要与外部进行交流, 这种交流即包括物质与能量因素的交流, 同时也包括知识、技术等非物质因素的交流, 前者表现为供应链内成员可能开发新的市场、培养新的顾客、使用新的资源, 而后者则表现为 GSC 内的成员采用新的制造工艺与技术、消费方式等; 其次, GSC 系统的开放性体现为整个供应链内的运作是生存在一个更大的系统中, 包括政府、其他供应链等要素的系统, 在这一大系统中某一个 GSC 系统必然要与其他要素进行交流 (包括资源、能量、技术、知识与信息等因子的交流); 第三, 随着外部因素的变化 (包括市场竞争、技术条件、政府政策、自然资源等因素的变化), GSC 将调整其内部的成员, 如供应商、销售商以及消费者等, 进而改变 GSC 的 3 个子系统 (生产子系统、消费子系统及环境子系统) 的状态。对于 GSC 而言, 其通过对各子系统的要素的对外交流后将产生两方面的变化: 首先, 通过对外的物质与能量的交换会引入新的负熵; 其次, 对于 GSC 而言, 通过改变系统的要素 (资源、能量、技术、技术与知识与信息等) 将会引起 GSC 运作效率的提高, 进而改变各子系统运行的约束条件, 借助式 (14) 与约束条件式 (15) 的改变可以反映这一变化。假定 P_O 与 R_O 分别表示 GSC 系统对外进行交流后的生产系统的产出与资源的投入量; 则有

$$\partial P_O / \partial R_O > \partial P / \partial R. \quad (14)$$

式 (14) 反映的是在经过 GSC 与外部交流后, 资源对于生产系统产出的贡献率增大, 这种变化来源于新的技术、工艺与资源的利用。假定 W_O 与 E_O 为系统对外进行交流后的消费子系统与环境子系统的目标值, 类似地可以得到其他子系统与其因

子的关系: $\partial W_O / \partial R_O > \partial W / \partial R$, $\partial E_O / \partial R_O > \partial E / \partial R$ 。因此在 GSC 经过与外部系统交流后, GSC 系统内各子系统的可行阈发生了改变, 这种变化在模型里表现为 GSC 系统运作约束条件的改变, GSC 的各个子系统在新的可行阈达到均衡。新的约束为

$$\begin{aligned} P &> P'_{\min} > P_{\min}, \\ W &> W'_{\min} > W_{\min}, \\ E &> E'_{\min} > E_{\min}, \\ P'_{\min} \cup W'_{\min} &\subseteq E'_{\min}, \end{aligned} \quad (15)$$

其中 P'_{\min} 是 GSC 系统与外部进行交流后其生产系统的临界条件, W'_{\min} 是其消费系统的临界条件, E'_{\min} 是其环境系统的临界条件。

系统的开放性原理要求在绿色供应链的运作过程中, 有必要根据外部环境的变化与系统内部的变化适时地调整各子系统的构成: 如改变供应链内成员的价值观、伦理道德、经营理念等, 调整供应链的产品结构与消费结构, 采用更有利于环境相容的资源、工艺, 调整供应链内成员的组成以保证绿色供应链目标实现等。

5 小结

人口、资源与环境三者之间的矛盾日益突出, 制造业是导致资源短缺、环境污染的重要原因之一。人类的永续发展与生存要求提高制造业与环境的相容性程度, 实现制造业与环境的相容性是现代制造业发展的必然趋势; 绿色供应链管理是从系统的观点与集成的思想出发解决制造业与环境之间冲突的有效方式。从可持续发展的思想出发, 建立了绿色供应链的概念模型, 分析了绿色供应链管理的目标, 在此基础上探讨了绿色供应链管理的基本原理, 共生原理、循环原理、替代转换原理与系统开放原理是实施绿色供应链管理应该遵循的基本原理。

参考文献

- [1] Webb L. Green purchasing: forging a new link in the supply chain [J]. Resource, 1994, 1(6): 14~18
- [2] Green K, Morton B, New S. Purchasing and environmental management: interactions, policies and opportunities [J]. Business Strategy and the Environment, 1996, (5): 188~197
- [3] Abbott M R, Araman A F. Green and competitive [J]. Canadian Mining Journal, Don Mills, 1998, (Dec): 29~30

- [4] Paul I A, Hooper D. Clean technology, successful innovation and the greening of industry: a case study analysis [J]. *Business Strategy and the Environment*, 1992, 1(2): 1~11
- [5] Veroutis A, Awelion V. Designs for environment: an implementation framework [J]. *Total Quality Environmental Management*, 1996, (Summer): 55~68
- [6] Daniel S E, Diakoulak C, Pappis C P. Operations research and environmental planning [J]. 1997, (102): 248~263
- [7] 汪应洛, 刘旭. 清洁生产 [M]. 北京: 机械工业出版社, 1998. 4~5
- [8] 刘飞, 张华, 岳红辉. 绿色制造——现代制造业的可持续发展模式 [J]. *中国机械工程*, 1998, 9(5): 76~78
- [9] Melngk S A, Smith R T. Green manufacturing [M]. Dearborn, USA: Society of Manufacturing Engineers, 1996. 1~25
- [10] Walton V S, Hardfield R B, Melnyk S A. The green supply chain: integrating suppliers into environmental management process [J]. *International Journal of Purchasing and Materials Management*, 1998, (4): 2~10
- [11] Lippman T. Supply chain environmental management: element for success [J]. *Environmental Management*, 1999, (6): 175~182
- [12] Beamon B M. Designing the green supply chain [J]. *Logistics Information Management*, 1999, 12(4): 332~342
- [13] 但斌, 刘飞. 绿色供应链及其体系结构研究 [J]. *中国机械工程*, 2000, (11): 1232~1234
- [14] 王能民, 孙林岩, 汪应洛. 基于绿色制造的供应链管理 [J]. *中国机械工程*, 2002, (23): 2016~2018
- [15] 蒋洪伟, 韩文秀. 绿色供应链管理: 企业经营管理的趋势 [J]. *中国人口·资源与环境*, 2000, 10(4): 90~92
- [16] 王能民, 杨彤. 基于绿色制造的供应链设计 [J]. *制造业自动化*, 2001, (4): 10~52
- [17] 马世骏, 王如松. 社会-经济-自然复合生态系统 [J]. *生态学报*, 1984, (1): 1~9
- [18] 刘培哲, 潘家华. 可持续发展理论与《中国 21 世纪议程》, 面向 21 世纪中国可持续发展的战略研究 [M]. 北京: 清华大学出版社, 2001. 36~49
- [19] Karlberg T. Supply chain environmental management [R]. Swedish Office of Science and Technology, November, 2000
- [20] Remko I. van Hoek. Case studies of greening the automotive supply chain through technology and operations [J]. *Int J, Environmental Technology and Management*, 2001, 1(1/2): 140~163
- [21] 赵先德, 谢金星. 现代供应链管理的几个基本观念 [J]. *南开管理评论*, 1999, 2(1): 62~66
- [22] 潘家华. 持续发展途径的经济学分析 [M]. 北京: 中国人民大学出版社, 1997
- [23] 尼科里斯·普利高津. 探索复杂性 [M]. 成都: 四川教育出版社, 1992

The Basic Principles of Green Supply Chain Management

Wang Yingluo, Wang Nengmin, Sun Linyan

(Management School of Xi'an Jiaotong University, Xi'an 710049, China)

[Abstract] The conflict among population, resource and environment requires the manufacturing to develop environmental management strategies. The green supply chain management (GSCM) is an effective way to solve the problem. The concept model of green supply chain is constructed, and strategic objects of green supply chain management are analyzed based on sustainable development theory. The basic principles of green supply chain management are discussed, which include the intergrowth theory, the cycle theory, the switchover theory and the open system theory.

[Key words] manufacturing; green supply chain management; system; integration