

社会-经济-自然复合生态系统有效物质(能量、货币)平衡模型的建立及其应用

侯彦林

(中国科学院生态环境研究中心, 北京 100085)

摘要:根据质量守恒定律和有效物质(能量、货币)在系统内外部转化关系建立了社会-经济-自然复合生态系统有效物质(能量、货币)平衡模型,定义了模型特征参数。将模型应用于 3 个不同的研究领域,获得了相应研究领域的平衡模型,结果表明所建立的平衡模型具有通用性,它对于研究复合生态系统有效物质、能量和货币平衡具有重要的理论和实践意义。

关键词:社会-经济-自然复合生态系统;有效物质(能量、货币);平衡模型;特征参数

Applications and establishment of available substance (energy, money) balanced model in a social-economic-natural complex ecosystem

HOU Yan-Lin (Research Center for Eco Environmental Sciences, Chinese Academy of Sciences, Beijing, 100085).
Acta Ecologica Sinica, 2001, 21(12): 2147~2152.

Abstract: A natural ecosystem under human activities, becomes a more complicated and open Social-Economic-Natural Complex Ecosystem (SENCE). It is quite different from the former in terms of structure, function and characteristic. The models for studying ecological process intend to be more complex and accurate, but it does not mean they are certainly practical models. Parameters of a practical model should be easy to obtain, capable of reflecting some key characters and estimating the developing trends of the system. This paper introduces the establishment process of Available Substances (energy and money) Balanced Model (ASBM, AEBM, AMBM), based on Mass Conversation Law (MCL) and the transform relationships of available substances in SENCE. Diagnostic Parameters (DPs) of the model, were defined and the applications of the model was discussed based on the requirements of research and practice, we have defined the conception of Available Substance. AS is a set of substances that can be used directly by some ecological processes or functions. We supposed that, a certain SENCE is the research system and there are some other systems (OSs) which exchange AS with the SENCE. Name the inner sub-system unAS existed as an UNAS System. There are four couples of variables in SENCE during any period of time to keep the balance of the system.

Sources of AS in the SENCE are: at t_n , the quantity of AS is W_1 ; during the time from t_n to t_{n+m} , the quantity of AS changed from unavailable substance in system is W_2 ; the quantity of AS transferred from OSs is W_3 ; the quantity of AS input by human activity is W_4 . Fate of AS in SENCE: at t_{n+m} , the quantity of AS is W_5 ; during the time from t_n to t_{n+m} , the quantity of AS changed to unavailable substance is W_6 ; the quantity of AS transferred to OSs is W_7 ; the quantity of AS output is W_8 .

Based on the transforming relationships of AS, a transfer matrix of sources and fate of AS in SENCE

基金项目:中国科学院“百人计划”项目,生态环境研究中心创新项目(RCFES 99014)资助。

收稿日期:2000-04-01; **修订日期:**2001-08-10

作者简介:侯彦林(1959~),男,吉林省人,博士,研究员,主要从事农业和环境保护生态工程研究,Email: ylhoul@263.net

is gained. There is gained equation based on SCL, which is called ASBM in the SENCE. In the same way, we can get Available Energy Balanced Model (AEBM) and Available Money Balanced Model (AMBM).

ASBM has established the relationships between sources and fate parameters of AS based on MCL, so as to provide a systematical research method for studying SENCE. But it is difficult to describe directly some change laws of AS in any system by using of the equation. Some changes must be made to find the key DPs for the description of the variations of AS in some systems. We have verified the validity of ASBM in comparison with that of the balanced crop water consumption on farm and the total P or N balanced model in water body. The results has shown that they are the same in structures and functions, and it is the evidence of the scientificity of the model establishment. Then, ASBM has been applied to the fertilization system. We have gained General Fertilization Model and Ecological Balanced Fertilization Models, which including Maximum, Economical and Ecological Balanced Models under Maximum, Economical and Ecological dosages. They are the original and innovative models that have overcome the academic shortcomings of the widely applied Fertilizer Effect Function Method and Soil Testing & Fertilizer Recommendation. GFM have dual functions of the latter.

We have also discussed Available Energy Balanced Model in the global system. The conclusion is that the total available energy of the global system must be increasing with the human activities. The direct evidence is the global air temperature increasing. The phenomenon of urban heat island is also an evidence of the scientificity of the available heat balanced model. We have finally analyzed Available Money Balanced Models within the enterprises. Which has proven that $\Delta W_{(1-3)+(2-5)+(4-6)}/W_n = 0$ is the boundary between profit and non-profit and can be used as one of the overall evaluation indexes of management level and benefit for the enterprises. As we have discussed above, ASBM is a model of universal, quantitative mechanism and can be applied to various fields. If appropriate DPs are setup, we can seize the essential characteristics of SENCE and estimate the developing trend of SENCE.

Key words: Social-Economic-Natural; Complex; Ecosystem (SENCE) Available substance (Energy, Money)balanced Model; Diagnostic Parameter (DPs)

文章编号:1000-0933(2001)12-2147-06 中图分类号:Q143 文献标识码:A

自然生态系统在人类的参与下成为与自然生态系统具有明显不同结构、功能和特征的、更加复杂的开放式的社会-经济-自然复合生态系统 (SENCE)^[1]。研究生态过程的模型结构越来越复杂化,参数越来越精确化,但考虑到模型应用,并不能说一个具有复杂结构和精确参数的模型就实用。一个实用模型,其参数应当容易获得,并能够反映系统的某些关键性特征和预测系统的发展趋势。

对 SENCE 进行系统分析后,根据质量守恒定律和有效物质在系统内外部间的转化关系,建立了 SENCE 有效物质平衡模型 (Available Substance Balanced Model, ASBM),定义了模型特征参数 (Diagnostic Parameters, DPs),并将模型应用于 3 个不同的研究领域,结果表明模型具有通用性,可以定量描述复合生态系统的某些关键性特征和预测系统的发展趋势。

1 SENCE 有效物质(能量、货币)平衡模型及其特征参数

1.1 模型建立过程

将生态系统中某种过程或功能直接可以利用的那些形态的物质统称为有效物质。以有效物质为例,设:研究对象为某一 SENCE,与其有有效物质交换的其它所有系统统称为其他系统 (Other Systems, OSs),并将系统内部非有效物质存在的子系统称为非有效物质系统 (Unavailable Substance System, USS)。对于任何系统而言,在某一时间段内,系统有效物质平衡帐均可归纳为以下四对变量。

SENCE 有效物质来源如下: t_n 时刻某有效物质数量为 W_1 ; $(t_n - t_{n-1})$ 时间内,系统内部原非有效物质转化为该有效物质数量为 W_2 ,从 OSs 中获得该有效物质数量为 W_3 ;人为从系统外输入到系统内的该有效

物质数量为 W_1 。

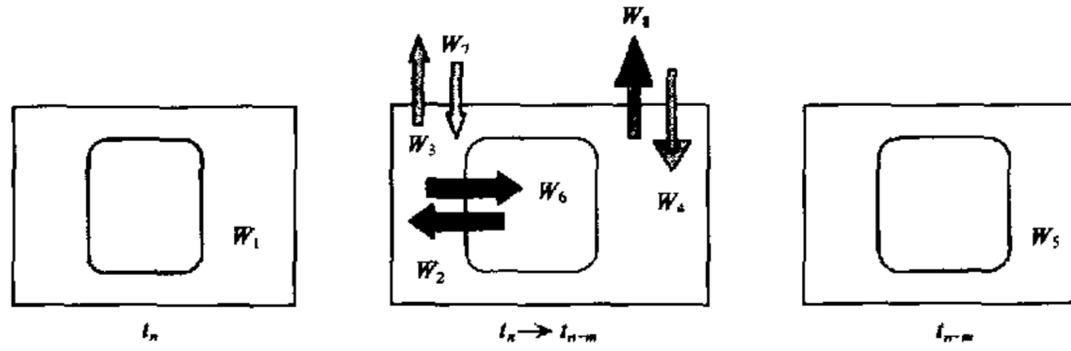


图1 SENCE 有效物质转化关系示意图

Fig. 1 Schematic diagram of available substance transform relations in SENCE

表1 SENCE 有效物质来源与去向转移矩阵

Table 1 Transfer matrix of sources and fate of available substance in SENCE

	W_3	W_2	W_7	W_8
W_1	W_{1-3}	W_{1-2}	W_{1-7}	W_{1-8}
W_2	W_{2-3}	W_{2-6}	W_{2-7}	W_{2-8}
W_3	W_{3-3}	W_{3-6}	W_{3-7}	W_{3-8}
W_4	W_{4-3}	W_{4-6}	W_{4-7}	W_{4-8}

注:表1中 W_{1-3} 为 W_1 转化到 W_3 的有效物质数量,其余类推。

Note: W_{1-3} is the quantity of available substance transferred from W_1 to W_3 in table 1. Others by analogy.

SENCE 有效物质去向如下: $t_n \sim t_{n+m}$ 时刻系统内该有效物质数量为 W_5 ; $(t_n \sim t_{n+m})$ 时间内,系统内该有效物质无效化数量为 W_6 ,该有效物质交换到 OSs 中的数量为 W_7 ,系统输出该有效物质数量为 W_4 。

根据有效物质转化关系,可以列出表1有效物质来源与去向转移矩阵,再根据质量守恒定律获得方程(1),称之为 SENCE 有效物质平衡模型(ASBM)。同理,可以获得与方程(1)同样形式的有效能量平衡模型(Available Energy Balanced Model, AEBM)和有效货币平衡模型(Available Money Balanced Model, AMBM)。

$$W_1 + W_2 + W_4 + W_7 = W_3 + W_6 + W_7 + W_8 \quad (1)$$

1.2 ASBM 及其特征参数的普遍意义

ASBM 的理论推导过程比较容易,本文从最普遍意义上建立了任何系统内部有效物质(能量、货币)平衡的通用模型,它将有效物质来源与去向诸多变量在质量守恒定律基础上联系起来,为复杂系统研究提供了系统研究方法。然而,直接用方程(1)描述任何系统有效物质的变化规律是比较困难的,必须经过变换才能寻找到描述系统有效物质变化的关键性特征参数。

设: $\Delta W_{1-5} = (W_1 - W_5)$, $\Delta W_{2-6} = (W_2 - W_6)$, $\Delta W_{3-7} = (W_3 - W_7)$, $\Delta W_{4-8} = (W_4 - W_8)$ 。

由式(1)得: $W_1 - W_8 - \Delta W_{1-5} - \Delta W_{2-6} - \Delta W_{3-7}$

$$= W_8 - \Delta W_{1-5} - \Delta W_{(2-6)+(3-7)} = W_8 - \Delta W_{(1-5)+(2-6)+(3-7)} \quad (2)$$

$$\text{或, } W_4 = W_1 + \Delta W_{(1-5)+(2-6)+(3-7)} \quad (3)$$

$$\text{或, } W_7 = W_1 + \Delta W_{(2-6)+(3-7)+(4-8)} \quad (4)$$

$$\text{或, } W_4/W_8 + (\Delta W_{(1-5)+(2-6)+(3-7)})/W_8 = 1 \quad (5)$$

一般情况下,上述16个变量同时获得较为困难,然而,在面对具体问题时,常常只需要使用其中的一些变量或一些变量组合就能很好地解决问题。在式(2)至(5)中, W_1, W_5 是系统有效物质含量的状态变量, W_2 和 W_4 是系统输入和输出量,因此, W_1, W_5, W_4 和 W_8 比较容易获得。 ΔW_{2-6} 和 ΔW_{3-7} 中虽然各分项意义明确,但参数获得比较困难。然而 $\Delta W_{(2-6)+(3-7)}$ 可以通过式(2)获得具体的数值,并且它信息量丰富,根据式(2)将其定义为系统有效物质平衡特征参数,它对于研究 SENCE 有效物质平衡问题非常有效。根据研究需要,特征参数可以灵活设定,例如 $\Delta W_{(1-5)+(2-6)+(3-7)}$ 和 $\Delta W_{(2-6)+(3-7)+(4-8)}$ 。

2 ASBM 的应用

农田水分平衡模型^[4]和水质 N、P 等营养物质平衡模型^[5]是相关研究领域研究者们所熟知的模型,这两类模型既可看作是本文所建立模型的实际应用,又可作为其检验标准,详见相关参考文献。以下从物质、能量和货币三个方面各举一个实例,说明 ASBM 的通用性及其意义。

2.1 实例 1:生态平衡施肥模型

将耕层作为施肥系统,即 SENCE,将耕层以下和大气作为其他系统,即 OSs,将耕层内非有效养分组成的子系统称为 UNS (Unavailable Nutrient System)。于是在施肥系统获得与式(2)相同的方程式(6),称之为通用施肥模型(General Fertilization Model, GFM),并将最大施肥量、经济施肥量和生态施肥量条件下的通用施肥模型统称为生态平衡施肥模型(Ecological Balanced Fertilization Models, EBFMs)^[6]。EBFMs 常用表达式如下:

$$\text{通用施肥模式: } W_{input} - W_{output} - \Delta W = (W_n - W_{n+m}) \quad (6)$$

即,施肥量 = 作物产量需要的养分量 - 季节性有效养分平衡特征参数 - (季前耕层土壤有效养分含量 - 季后耕层土壤有效养分含量) (7)

$$\text{最大施肥量模式: } W_{input-M} = W_{output-M} - \Delta W_M - (W_n - W_{(n+m)M}) \quad (8)$$

$$\text{经济施肥量模式: } W_{input-EN} = W_{output-EN} - \Delta W_{EN} - (W_n - W_{(n+m)EN}) \quad (9)$$

$$\text{生态施肥量模式: } W_{input-EL} = W_{output-EL} - \Delta W_{EL} - (W_n - W_{(n+m)EL}) \quad (10)$$

这里, $W_4 = W_{input}$, $W_8 = W_{output}$, $W_1 = W_n$, $W_5 = W_{n+m}$,

$\Delta W =$ 矿化或释放的 + 耕层以下参与养分循环的 + 水分携带的 + 生物从空气中固定的 + 种子携带的 - 固定的 - 渗漏的 - 挥发的(有效养分) (11)

其中, $W_{input-EL}$ 为不引起环境特别是地下水污染(如 N 污染)下的经济施肥量,其数值小于等于经济施肥量,相当于环境经济施肥量^[5,6]。 ΔW 和 W_{n+m} 为一定时期特定气候、特定土壤分类单元和肥力等级、特定栽培、水分管理模式和特征施肥量等条件下多因素相互作用的施肥系统的特征参数。

ΔW 和 W_{n+m} 是特征施肥量条件下施肥系统的最佳平衡值。 $(W_{n+m} - W_n)$ 为土壤基础养分提高的潜力。 W_{n+m} 是限制施肥量过高的一个重要特征参数。当某目标产量的施肥量条件下的季后土壤有效养分含量大于最佳 W_{n+m} 时,肥料使用不够经济,利用率降低,易于污染(N)。

当 $W_n > W_{n+m}$, 意味着土壤肥力超出了理想的 W_{n+m} 状态,可以减少一些肥料投入,如北方目前有相当数量的土壤还不感到缺钾;当 $W_n < W_{n+m}$, 意味着土壤肥力尚未达到理想的 W_{n+m} 状态,需要有机和无机培肥;当 $W_n = W_{n+m}$, 意味着土壤肥力保持平衡状态,施肥只需要补充 $(W_{output} - \Delta W)$ 之差即可。由此可见,从广义上来看, W_{n+m} 可以认为是某类土壤和肥力等级上的某类作物的土壤有效养分最佳平衡值下限,并可理解为季前土壤有效养分的最适含量,狭义的 W_{n+m} 仍是季后土壤有效养分最佳平衡值。

研究表明, GFM 和 EBFMs 克服了肥料效应函数法(统计模型)和目标产量法(平衡模型)两类典型施肥模型均使用不稳定的土壤养分利用率和肥料养分利用率等弊端,是 ASBM 模型成功应用的典例,具有深刻的理论意义和应用潜力^[1,7]。

1999 年和 2000 年在赤峰市元宝山区进行了生态平衡施肥模型肥料田间试验,现利用其中的部分研究结果说明不测土施肥模型的应用过程。1999 年经过不同肥力多点肥料田间试验,利用统计分析方法获得该区灌溉地玉米经济施氮模型。

$$\text{区域特征参数模型为: } \Delta W_N = -39.0 + 0.0049 \times W_{output} - 3.0 \times 10^{-8} \times (W_{output})^2 \quad (12)$$

由式(6)得地块施肥模型为:

$$\begin{aligned} W_{input-N} &= (W_{output} \div 100) \times 2.2 - \Delta W - 2.25 \times (T_{n-N} - T_{(n+m)-N}) \\ &= 39.0 + 0.0171 \times W_{output} + 3.0 \times 10^{-8} \times (W_{output})^2 - 2.25 \times (T_{n-N} - T_{(n+m)-N}) \end{aligned} \quad (13)$$

式中, T_n 为土壤有效养分(碱解氮)测定值($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$); 2.25 为将土测值换算为 $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 的平均乘数(每公顷 20cm 耕层按 225 万 kg 土壤计算); 2.2 为 100kg 玉米籽粒需氮千克数,包括籽粒、秸秆和根系含氮量总和; W_{output} 为产量。

式(13)的含义是,如果某地块平产年玉米产量为 $13500 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ (折合 $900 \text{ kg}/667\text{m}^2$),代入式(13)得, $\Delta W_{\text{N}}(13500 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}) = 21.7 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$,在保持土壤有效养分平衡条件下, $2.25 \times (T_{\text{N-N}} - T_{\text{N,m-N}}) \approx 0$,则式(13)成为区域施肥模型,通过它得到 $W_{\text{N,pm-N}} = 275.3 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ (折合 $18.4 \text{ N kg}/667\text{m}^2$);同理,产量为 $10500 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 的地块 $W_{\text{N,pm-N}} = 221.9 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ (折合 $14.8 \text{ N kg}/667\text{m}^2$)。

取实际测定结果的平均数值,产量在 $13500 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 时,土壤碱解氮应在 $150 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 以上,取 $T_{\text{N,m-N}} = 150 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。现假设有5块高产地块,它们土壤碱解氮的测定值分别为170、160、150、140、130 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$,则通过式(13)可以分别求出地块最佳施氮量,分别为:230.3、252.8、275.3、297.8、320.3 $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ (折合成亩施氮量分别为15.4、16.9、18.4、19.9、21.4 kg)。如果将测土结果作为定量施肥标准,将忽略 $2.25(T_{\text{N-N}} - T_{\text{N,m-N}})$ 项后的模型作为半定量施肥预测值(区域施肥模型),则半定量施肥模型在一定的土壤碱解氮含量变化范围内($130 \sim 170 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$),其预测偏差分别为16.3%、8.2%、0%、-8.2%、-16.3%。

在实际建立地块施肥模型时,将根据该地块具体的水分条件、质地状况、近年化学肥料用量和比例、有机肥施用情况、前茬作物等对 ΔW 进行适当修正,从而将施肥量预测和经营者实际管理水平结合起来,进一步弥补不测土半定量预测施肥量所带来的预测偏差,提高预测精度,最终达到即使不测土也能实现半定量施肥的目的,加快平衡施肥技术推广普及速度。

2.2 实例2:地球系统有效热量平衡模型

将平流层顶部至岩石圈底部的范围作为地球系统(Earth System),即SENCE,将平流层以上和岩石圈底部以下部分作为其他系统(OSs),并假设地球系统内部以化学能和生物能形式存在的能量贮存在非有效热量系统(Unavailable Heat System, UHS)。根据式(4),可获得地球系统有效热量平衡模型(Available Heat Balanced Model of Earth System, AHBMES),即:

$$W_5 = W_1 + (W_2 - W_6) + (W_3 - W_7) + (W_4 - W_8) = W_1 + \Delta W_{(2-6)+(3-7)+(4-8)} \quad (14)$$

式(14)中, t_x 时刻系统内有效热量总和为 W_1 ;在 $(t_x - t_{x-1})$ 时间内(以年为基本单位),系统内非有效热量有效化数量为 W_2 (如自然火灾释放出的热量),从OSs中获得的有效热量数量为 W_3 (如来自太阳的热量、地震和火山爆发释放的热量),人为增加的有效热量数量为 W_4 (如石油、煤炭和燃烧植物释放的热量), t_{x-1} 时刻系统内有效热量总和为 W_5 ;在 $(t_x - t_{x-1})$ 时间内,有效热量无效化数量为 W_6 (如植物将热能转化为生物能),有效热量交换到OSs中的数量为 W_7 和 W_8 ,合并为 W_7 。现假设存在另外一个纯自然的地球系统作为参比对象。

真实的地球系统是SENCE, $W_4 > 0$ 。人类活动所释放的大量温室气体产生温室气体效应,使得复合生态系统交换到OSs中的热量少于纯自然地球系统交换到OSs中的热量,即 $W_{7(\text{SENCE})} < W_{7(\text{NATURE})}$,而 W_1 基本不受人类影响,所以, $(W_3 - W_7)_{\text{SENCE}} > (W_3 - W_7)_{\text{NATURE}}$ 。植被减少,光合作用总产物减少,所吸收的热能也减少,干旱和人为活动使火灾频繁,使得 $(W_2 - W_6)_{\text{SENCE}} > (W_2 - W_6)_{\text{NATURE}}$ 。所以, $\Delta W_{\text{SENCE}} = (\Delta W_{(2-6)} + \Delta W_{(3-7)} + W_4)_{\text{SENCE}} > (\Delta W)_{\text{NATURE}} = (\Delta W_{(2-6)} + \Delta W_{(3-7)})_{\text{NATURE}}$,因此,在起始 W_1 相同的情况下, $W_{5(\text{SENCE})} > W_{5(\text{NATURE})}$ 。对于纯自然地球系统而言,如果选择同属于一个地质时代的足够长的两个时期,则地球系统多年平均的年热量总量 W_1 和 W_5 可以认为近似相等,即:

$$\left[\sum_{i=1}^j W_5 / (j - i) \right]_{\text{NATURE}} \approx \left[\sum_{i=1}^y W_1 / (y - i) \right]_{\text{NATURE}}$$

由式(14)得 $(\Delta W)_{\text{NATURE}} \approx 0$ 。

因为, $\Delta W_{\text{SENCE}} > (\Delta W)_{\text{NATURE}} \approx 0$,所以, $W_{5(\text{SENCE})} > W_{5(\text{NATURE})}$ 。

这一结论表明:人类活动下的地球系统总有效热量是逐渐增加的,符合熵增加原理,近地面温度缓慢升高就是这一现象的明证。由于地球系统的缓冲性能很大,使增温速度非常缓慢,并受宇宙运行规律之影响,地球系统的增温现象有时会出现波动性,但只要人类不彻底改变目前的能源消耗方式,地球系统增温将是必然趋势。城市系统的 $(\Delta W)_{\text{SENCE}} > (\Delta W)_{\text{FIELD}}$,所以发生城市热岛现象。

2.3 实例3:企业有效货币平衡模型

现假设某一发达国家的某一公司分别在发达国家和发展中国家经营两个工厂,设为 SENCE-D 和 SENCE-UD,两工厂的工人均从当地聘用,主要原材料来自于当地,环境治理费用按当地标准计算,其他条件假设相同。则:SENCE-D 和 SENCE-UD 的有效货币(将以现金方式存在的资产称为有效货币)平衡方程如下(Available Money Balanced Model, AMBM)。

$$W_{1-5} + \Delta W_{2-5} + \Delta W_{3-7} + W_4 = W_8 \quad (15)$$

$$(\Delta W_{(1-5)+(2-6)+(3-7)})/W_8 + W_4/W_8 = 1 \quad (16)$$

式(15)至(16)中, t_n 时刻(最小时间单位为财政年)企业有效货币总和为 W_1 ,在 $(t_n - t_{n-m})$ 时间内,劳动力所创造的价值转化成的有效货币数量为 W_2 ,原材料价值转化的有效货币数量为 W_3 ,人为增加的有效货币数量(如贷款等)为 W_4 , t_{n-m} 时刻企业内有效货币总和为 W_5 ;在 $(t_n - t_{n-m})$ 时间内,企业内有效货币无效化数量(如支付工资等)为 W_6 ,企业有效货币输出到 OSs 中的数量(如购买原材料和支付税金等)为 W_7 ,企业产品转化的有效货币数量为 W_8 。

一般而言,发达国家的自然资源成本、工资和环保费用高于发展中国家,所以,在相同的 ΔW_{1-5} 和 W_8 情况下:

$$W_{(2-6)-UD} > \Delta W_{(2-6)-D}, \Delta W_{(3-7)-UD} > \Delta W_{(3-7)-D},$$

$$\text{所以, } \Delta W_{[(1-5)+(2-6)+(3-7)]-UD} > \Delta W_{[(1-5)+(2-6)+(3-7)]-D},$$

$$\Delta W_{[(1-5)-(2-6)-(3-7)]-UD}/W_{8-UD} > \Delta W_{[(1-5)-(2-6)-(3-7)]-D}/W_{8-D},$$

$$W_{4-UD}/W_{8-UD} < W_{4-D}/W_{8-D} \text{ (这里假设, } W_{8-UD} = W_{8-D} \text{)}。$$

这一结论表明:发达国家或地区的现代化大企业在投资规模等条件相同情况下,将工厂建在有条件的发展中国家或经济相对落后的地区,企业内有效货币转化率高,企业能够获得更多的利润。当 $\Delta W_{(1-5)+(2-6)+(3-7)}/W_8 = 0$ 时,企业无利润经营;当 $\Delta W_{(1-5)+(2-6)+(3-7)}/W_8 < 1$ 时,企业亏损经营;当 $\Delta W_{(1-5)+(2-6)+(3-7)}/W_8 > 0$ 时,企业有利润经营。企业追求的是高的 W_8 和高的 $\Delta W_{(1-5)-(2-6)-(3-7)}$,可见, $\Delta W_{(1-5)-(2-6)-(3-7)}$ 可作为企业经营管理水平和效益的综合评价指标之一。

3 结论和讨论

本文首先根据质量守恒定律和有效物质在系统内外部间转化关系建立了社会-经济-自然复合生态系统有效物质平衡模型,并定义了模型特征参数。在此基础上,将模型应用于3个不同领域,并分别对特征参数意义进行了讨论。结果表明:模型具有通用性,可以定量描述任何系统内物质、能量和货币平衡状况;对于具体系统而言,只要灵活设置特征参数,就可以抓住系统的本质特征并预测系统的发展趋势;研究系统特征参数与系统结构和功能的关系,研究特征参数变化规律和影响因素是复合生态系统研究的一些基本科学问题,是使复杂问题简单化的有效研究方法。既然系统内部物质、能量、货币平衡都可以应用统一表达式进行定量描述,那么我们至少可以同时从以上三方面对复合生态系统进行综合评价,并对三方面指标的相互关系进行分析,从中寻找出系统可持续发展的综合指标体系,并对亚系统间特征参数的相互关系和调控方法进行研究,从而为复合生态系统可持续发展提供多目标决策的科学依据。

参考文献

- [1] 马世骏,王如松. 社会-经济-自然复合生态系统. 生态学报, 1984, 4(1): 1~9.
- [2] 汪德水主编. 旱地农田肥水协同效应与耦合模式. 北京:气象出版社, 1999. 4.
- [3] Sven-Olof Ryding and Walter Rast. Control of Eutrophication of Lakes and Reservoirs. UNESCO and The Parthenon Publishing Group Limited. 1989. 131~135.
- [4] 侯彦林. "生态平衡施肥"的理论基础和技术体系. 生态学报, 2000, 20(4): 653~658.
- [5] Pier J W, and Doerge T A. Concurrent evaluation of agronomic, economic, and environmental aspects of trickle-irrigated watermelon production. *J. Environ. Qual.*, 1995, 2: 75~84.
- [6] Sexton B T, Moncrief J F, Rosen C J, et al. Optimizing nitrogen and irrigation inputs for corn based on nitrate leaching and yield on a coarse-textured soil. *J. Environ. Qual.*, 1996, 25: 982~992.
- [7] 侯彦林,刘兆荣. 生态平衡施肥模型理论与应用. 土壤通报, 2000, 31(1): 33~35.