

# 山区资源可持续利用模型\*

艾南山 李国林 李后强

(四川联合大学 成都 610064)

王益谦 张建平

(兰州大学地理科学系 兰州 730000)

**提 要** 人和自然资源构成了山区人地系统的一个子系统, 且是研究后者的很理想的切入点. 在人地协同论的基础上, 建立了人-资源可持续利用模型.

**关键词** 可持续发展 可再生资源 人地协同论 资源利用

## 1 人地协同论

可持续发展的核心是如何正确处理人与环境的关系, 或者说人地关系. 人地关系是地理学的永恒主题. 要使人地关系协调, 人地系统优化, 最终应建立模型. 李后强提出的人地关系协同论, 是在陆地系统科学、非线性系统理论基础上建立起来的关于可持续发展的一个数理模型<sup>[1]</sup>. 根据人地协同论, 可持续发展战略的哲学基础是系统辩证论, 其数学基础是动力系统理论, 核心定理是 Poincare-Bendixson 定理<sup>[2]</sup>. 它显示了调控和优化人地系统的目标与方法. 优化山区人地系统, 包括三个方面, 即边界的优化、结构的优化和接合方式和接合点的优化<sup>[3]</sup>, 为了研究的方便, 选好结合的切入点是关键. 而就其重要性和代表性而言, 人和资源系统是研究人地系统的最好切入口.

Poincare-Bendixson 定理是判断极限环是否存在, 即是否达到协同状态的重要定理. 仿文献<sup>[2]</sup>, 设人和资源系统为

$$\frac{dh}{dt} = H(h, e, k) \quad \frac{de}{dt} = E(h, e, k) \quad (1)$$

式中  $k$  为调节参数,  $H$  和  $E$  分别是关于人和资源的多因素非线性函数, 是人和资源系统分别对人和资源作用的泛函. 若方程组有一轨线总是局限在相平面(第一象限)的有限范围内, 并不会到达任何奇异点, 那么这一轨线就是或者趋于一个极限环, 系统就存在或者近似存在一种协同状态, 极限环是最典型的差异协同体.

## 2 再生资源的可持续利用模型

将问题简化, 我们采用的调控手段是, 调控人类对资源的需求, 以求人和资源系统的协同. 根据徐建华的可更新资源的最佳利用策略模型<sup>[4]</sup>, 若  $x=x(t)$  为  $t$  时刻资源的水平, 是人和资源系统的状态变量;  $u=u(t)$  为该时刻资源的开发率, 是这一系统的调控变量.  $g(x)$  为资源可再生率, 我们的目标是确定一个允许的资源开发率  $u^*(t)$ , 使资源储量稳定在获得最佳效益的某个水平, 利用最大值原理, 欲求的资源水平  $x^*$  将满足方程

\* 四川省重点科技项目和国家教委“跨世纪优秀人才培养计划”基金资助项目.

收稿日期: 1997-12-25.

$$d\rho(x)/dx = \delta[p - C(x)] \quad (2)$$

式中  $p$  为资源的单位收获量价格, 成本为  $C(x)$ ,  $\delta$  为货币贴现率, 而

$$\rho(x) = g(x)[p - C(x)] \quad (3)$$

表示资源水平储量为  $x$  时的持续经济利润.

人和资源系统的动态方程为

$$dx/dt = g(x) - u(t) \quad (4)$$

显然, 资源的可再生率  $g(x)$  是一个重要的约束条件. 只有在  $x=0$  和  $x=x_{\max}$  之间时,  $g(x)$  才有增长的可能.  $g(x)$  函数图形一般就是 Logistic 曲线<sup>[5]</sup>

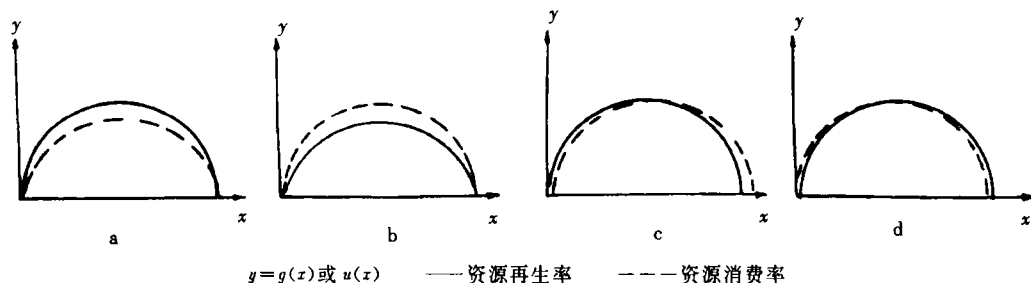
$$g(x) = rx(1 - x/k) \quad (5)$$

若  $x^*$  为方程(2)的唯一的解, 那么资源的持续利用策略为

$$u^*(t) = \begin{cases} u_{\min} & \text{当 } x < x^* \\ rx(1 - x^*/k) & \text{当 } x = x^* \\ u_{\max} & \text{当 } x > x^* \end{cases} \quad (6)$$

式(6)告诉我们, 当资源的储量水平小于或大于资源的利用水平时, 资源的利用策略都相对简单. 资源储量水平小于利用水平, 出现资源短缺, 这时的解决办法, 若未能寻求出代用资源, 就被迫使发展遭受影响, 总之要使资源利用水平  $x^*$  不断减少而趋近于  $x$ . 而当资源储量大于资源利用水平时, 发展的环境较为宽松, 但是, 很有可能是随着资源利用水平不断地增长,  $x^*$  将不断增加而趋近于  $x$ . 因此研究  $u^*(t) = rx(1 - x^*/k)$  的情形将具有普遍意义.

牛文元研究中国的粮食生产与人口增长的关系, 是一种 Logistic 曲线. 粮食生产增长与人口增长的关系共有四种模型, 按牛文元命名为: a) 可持续模型; b) 不可持续模型; c) 先期可持续而后期不可持续模型; d) 先期不可持续而后期可持续模型(图 a, b, c, d)<sup>[6]</sup>. 可再生资源与资源消费的关系也与此类似. 资源的消费增长率不超过资源再生率, 是资源持续利用的必要条件. 因此模型 a 是我们的目标, 假如目前资源利用是不持续的, 那么调控的目标就是模型 d, 而实现模型 a 时, 就应保持防止滑向模型 c. 而要作到这一切, 按照式(6), 就是要调控使式(5)表示的资源消费函数的  $r$  要小于至少也是等于资源再生函数的



a. 可持续模型; b. 不可持续模型; c. 先期可持续而后期不可持续模型; d. 先期不可持续而后期可持续模型

图 1 资源利用的持续性示意图(根据牛文元)

Fig. 1 Sustainability of resource utilization (after Niu Wen Yuan)

$r$ . 使资源的储备和资源的消耗这对矛盾体,实现同步增长,形成差异协同体. 如前述,对式(1)调控形成极限环,就是典型的差异协同体. 式(5)中的  $r$  称为内禀增长率. 资源储备的  $r$  可以认为是一定的,调控的目标就是要使资源消费的  $r$  不能大于它.

### 3 结 论

不可再生的资源,原则上是不可持续利用的,它的利用就意味着存量的减少. 只有已探明的总量足够大,或者寻求替代资源以保证填补不可再生资源的减少量,才谈得上可持续利用,因此可再生资源管理模型在一定程度上具有普遍意义. 这个模型的意义在于:资源的消耗的持续性是要以求得补偿为前提. 如果人类能够做到废物资源化,不断地扩大用可再生的资源替代不可再生的资源,就能实现社会经济的发展与资源消费同步增长,即李后强所谓的二者构成差异协同体<sup>[2]</sup>.

### 参 考 文 献

- [1] 李后强,艾南山. 人地协同论——兼论人地系统的若干非线性问题. 地球科学进展,1996,11(2):178~184.
- [2] 李后强. 人地系统中的差异协同——兼论可持续发展战略的科学基础. 云南大学学报(自然科学版),1997,19(增刊):120~122.
- [3] 余大富. 我国山区人地系统结构及其变化趋势. 山地研究,1996,14(2):122~128.
- [4] 徐建华编著. 地理系统分析. 兰州:兰州大学出版社,1991. 82~84.
- [5] 牛文元. 持续发展导论. 北京:科学出版社,1994. 232~233.
- [6] 牛文元. 中国农业资源的可持续性分析. 自然资源学报,1996,11(4):293~300.

**第一作者简介** 见本刊 1998,16(1):2.

## ON THE SUSTAINABLE RESOURCES MODEL IN MOUNTAIN AREA

Ai Nanshan\* Li Guolin Li Houqiang

(Sichuan University, Chengdu, 610064, \*E-mail: nanshai@scnu.edu.cn)

Wang Yiqian Zhang Jianping

(Dept. of Geography, Lanzhou University Lanzhou 730000)

### Abstract

According to the Man-Earth Synergetics, a sustainable utilization model of renewable natural resources is given.

If the man-resource dynamic system is expressed by the differential equation

$$dx/dt = g(x) - u(t)$$

where  $x=x(t)$ , being resource value in  $t$ , is the state variable,  $u=u(t)$ , being resource utilization rate in  $t$ , is the control variable,  $g(x)$  is resource renewable rate and can be written in a logistic function,  $g(x)=rx(1-x/k)$

When the aim is to determine an allowable resource utilization rate  $u^*(t)$ , the evaluated  $x^*$  will be a solution of the equation

$$d\rho(x)/dx = \delta[p - C(x)]$$

where  $p$  is the price and  $C(x)$  is the cost of resources,  $\delta$  is discount rate, and

$$\rho(x) = g(x)[p - C(x)]$$

The sustainable resource utilization model is

$$u^*(t) = \begin{cases} u_{\min} & \text{if } x < x^* \\ rx(1 - x^*/k) & \text{if } x = x^* \\ u_{\max} & \text{if } x > x^* \end{cases}$$

**Key words** sustainable development, renewable resource, man-earth synergetics, resource utilization

## 英国著名水土流失和荒漠化防治专家 John Thornes 教授 再次来华进行合作研究

当代英国土壤侵蚀及其控制的学术权威,国际学术界的知名学者,伦敦大学 King' s College London 地理系主任 John Barrie Thornes(约翰·宋)教授,一生致力于土壤侵蚀、荒漠化和土地利用的科学研究工作。

Thornes 教授非常注重与中国学者的交流、合作和人才培养。他已为中国培养了 10 余名博士和博士后。在建立坡地浅层台阶式滑坡的水文驱动模型、干旱半干旱条件下坡地侵蚀模型、泥石流起动模型、全球土壤侵蚀预报模型等方面与中国学者进行了广泛的合作,取得了一系列被广泛关注的学科前沿成就。他还有意把他在地中海地区荒漠化与土地利用方面十余年的研究成果应用到中国荒漠化与土地退化防治中,曾于 1996 年访问中国,并于 1998 年 3~4 月再次到中国,进行合作研究和野外考察。

在合作考察期间,Thornes 教授先后访问了中国科学院-水利部成都山地灾害与环境研究所、中国水利水电科学研究院、清华大学、北京大学、北京林业大学、四川联合大学、国际泥沙研究培训中心、国际沙棘研究培养中心、云南省农业科学院热带作物研究所,并在中科院和有关大学的野外观测研究站进行短期合作研究,同时考察了我国南方(四川、云南)干旱河谷区和北方干旱半干旱区的土壤侵蚀、荒漠化与土地退化、土地利用、植被恢复与生态环境建设、山区河道泥沙及其整治问题。他还向中国学者详细介绍他主持的欧盟大型跨国环境项目“地中海地区荒漠化(土地退化)与土地利用”的最新研究成果,并就中国上述环境问题及其相关灾害与中国学者进行了广泛讨论和交流,探求解决问题的途径,提供技术咨询,确定可引进的新技术,并进一步发展在这一领域的合作研究。

(崔鹏)