

陇中黄土丘陵区生态环境退化与恢复重建调控机理

张汉雄, 上官周平

(中国科学院水土保持研究所黄土高原土壤侵蚀与旱地农业国家重点实验室, 陕西 杨凌 712100)

摘 要: 陇中黄土丘陵区生态环境脆弱, 历史时期人为活动强烈, 导致生态环境退化与农牧交替频繁。应用系统论分析该生态经济系统的稳定性, 用反馈控制原理分析该生态环境系统的运行机制和调控机理, 并提出该区生态环境恢复重建的途径与措施, 为该区生态环境建设和农牧业发展提供科学依据。

关键词: 生态环境; 生态经济系统; 稳定性; 调控机理; 恢复重建; 陇中黄土丘陵区

中图分类号: X171.1, X171.4

文献标识码: A

陇中黄土丘陵区泛指兰州以东、陇山之西、北迄六盘山、南止秦岭的黄土丘陵沟壑区, 总面积 37 129 km², 2000 年总人口 581.34 万人, 人口密度 139.5 人/km²。研究该区的生态环境演变、恢复与重建调控机理对促进当地的农牧业发展有重要的现实意义。

1 自然条件与生态环境特点

1.1 地形复杂、地貌类型多样

该区地势由东南向西北逐渐升高, 海拔高度从 1 000 m 上升到 3 000 m, 中东部为沟壑密布的黄土丘陵, 西北部为高台地, 山、丘、塬交错, 地形起伏大, 大致分为三类:

1. 中东部黄土丘陵沟壑区, 长梁宽谷纵横, 地形破碎, 沟壑密度 2~ 4 km/km², 沟谷切深 250~ 350 m, 黄土覆盖厚 100~ 150 m。沟坡较平缓, 大都垦为农地, 水蚀强烈。

2. 西北部台塬丘陵区, 沿黄河峡谷为陡峻的低山丘陵, 沟谷狭窄, 黄土覆盖较薄, 多为荒山秃岭。其余为台地丘陵, 亦有长梁浅谷分布, 地面坡度平缓, 侵蚀中度。

3. 西南部中低山丘, 兴隆山、马 山脊海拔

3 000 m 以上, 向北逐渐降低, 过渡到黄土丘陵, 其间分布着低山丘陵。山区气候阴凉, 植被较好, 地面坡度大, 有轻度侵蚀。

1.2 气候干旱、水资源匮乏

气候特点是光热充足, 雨量少而蒸发量大, 属典型的半干旱气候。多年平均雨量 251~ 556 mm, 由东南向西北递减, 蒸发量 1 250~ 1 950 mm, 由东南向西北递增。降雨年际年内分配不均, 7~ 9 月雨量约占全年的 70%, 故干旱、水土流失严重, 霜冻、干热风等灾害频繁。该区属渭河、洮河水系上游, 较大支流数百条, 正常径流很小, 大多为干沟, 暴雨洪水径流大, 平均年径流模数 1.45~ 1.67×10⁴ m³/km²。绝大部分地区为雨养农业, 地表水、地下水资源均十分匮乏, 制约当地农牧业发展。

1.3 植被稀少、水土流失严重, 生态环境脆弱

该区西南部中低山丘有较好的天然次生林, 森林盖度在 18.5%~ 23.4%, 是主要的水源涵养林。其余地区气候干旱、植被稀少, 由于长期乱砍滥伐, 过度耕垦, 天然林已荡然无存, 仅残留着荒漠草场和灌木, 森林盖度 1.5%~ 4.7%, 植被盖度 15%~ 22.5%。由于气候恶劣, 造林保存率低, 华家岭一线的梁顶坡面, 50 a 树龄的人工林大都变

收稿日期 (Received date): 2004- 12- 20; 改回日期 (Accepted): 2005- 03- 05。

基金项目 (Foundation item): 国家重点基础研究发展规划项目 (2002CB111502) 资助。[Supported by the National Key Project for Basic Research and Development Plan (2002CB111502)]。

作者简介 (Biography): 张汉雄, (1945-), 男, 高工, 从事水土保持与生态环境研究, 出版著作 2 部, 发表论文 80 多篇。[Zhang Hanxiong, male, born in 1945, Senior engineer, Research fields mainly covering soil and water conservation, restoration ecology and environment in loess region, has published more than 80 papers. Tel: 029- 87012787]

为“小老头”树,不断老化或枯死。加之砍伐林木烧柴现象严重,植被资源不断枯竭衰退。

该区水土流失面积 $33\,193\text{ km}^2$, 占总面积的 89.4%, 主要分布在黄土丘陵与低山丘区。由于植被稀少, 耕垦强烈, 掠夺式经营, 侵蚀严重。坡耕地及沟谷主要为强度侵蚀, 侵蚀模数在 $5\,000\sim 8\,500\text{ t/km}^2\cdot\text{a}^{-1}$, 中度侵蚀分布在荒山坡、缓坡农地, 强度在 $3\,000\sim 5\,000\text{ t/km}^2\cdot\text{a}^{-1}$; 轻度侵蚀分布于梁峁顶部和低山丘, 侵蚀模数在 $1\,500\sim 3\,000\text{ t/km}^2\cdot\text{a}^{-1}$ 。

2 历史时期生态环境演变与农牧交替

历史时期的人口聚落变化和社会经济发展对自然生态环境有重要影响, 人口增加和生产力发展导致毁林垦荒, 生态环境恶化; 游牧民族迁移则促进植被恢复。历史时期陇中地区人口与聚落变化剧烈, 人为活动与生态环境之间的不稳定关系表现突出。

据考证^[1], 先秦以前, 陇中黄土高原主要居住着羌人等游牧民族, 生产力落后, 仅在水河谷盆地有以农为主的聚落分布, 人类活动对环境影响较小, 广大的丘陵沟坡植被茂盛, 牛羊野鹿成群。秦始皇统一六国后, 陇西地归秦国版图, 设置郡县, 移民屯戍, 但人口较少, 以牧业为主, 基本上还保存着自然生态环境。

西汉时期版图扩大, 内地人口大量迁居陇西郡、天水郡等地, 移民总数达百万之众, 并派、迁吏卒屯戍, 北防匈奴, 南拒羌人。西汉元始二年(公元 2 年), 天水、陇西郡人口密度分别为 10.74 人/km^2 和 9.31 人/km^2 , 人口增加导致森林遭破坏、人为侵蚀加剧的进程。东汉、魏晋南北朝时期, 陇中地区处于民族迁移、战争频繁的社会动乱时期, 人口大量减少, 陇西郡人口密度减少到仅 0.79 人/km^2 , 南安郡 2.96 人/km^2 , 天水郡 5.58 人/km^2 , 农区迁居大量内迁的游牧民族, 耕垦较少, 民族融合、半农半牧, 生态环境处于恢复阶段。土壤侵蚀减弱使入黄河泥沙大为减少, 黄河下游水患减少和泾河含沙量减少为其明显例证, 泾河“河水清复清”的民谣反映了含沙量的变化。

隋唐时期, 国家统一, 社会安定, 陇中人口又大幅度增长, 隋大业五年(公元 609 年), 天水郡人口密度达 18.5 人/km^2 , 陇西郡 7.24 人/km^2 , 会宁郡 5.24 人/km^2 。唐代陇西, 天水为丝绸之路

要道, 与中西亚、欧州经济文化交流频繁, 促进了该区农业发展, 耕垦又趋加剧。丘陵沟壑森林植被又遭到大量破坏, 水土流失和生态环境又趋恶化。宋元时期, 战争频繁和军事对抗导致陇中黄土高原人口与聚落发展在空间上极不均衡, 形成人文地理的特殊性, 加剧了植被破坏与土壤侵蚀的发展。北宋与西夏的长期军事对垒, 秦陇为边境重镇, 延绵二千余里, 分为州军者二十有四, 而州军分为寨、堡者二百几, 皆列兵而守之。还招募民众到沿边地带垦种, 屯垦戍边, 并修建城镇堡寨, 大量砍伐林木, 使大片森林草场消失。元代实行残酷的屠杀和战争, 人口大量减少, 陇中人口密度仅为 1.15 人/km^2 , 中亚和新疆的西域人(即回民)大量内迁, 陇中为主要移民区, “元时回回遍天下, 乃是居甘肃者甚多”, 大多弃农从牧, 植被又趋恢复。

明清时期社会安定, 人口激增, 清嘉庆二十五年(公元 1820 年), 秦州(今天水)人口密度达 49.53 人/km^2 , 恐昌府(今陇西)为 74.89 人/km^2 , 兰州府 58.45 人/km^2 , 耕垦活动强烈, 部分半农半牧区变为农业区, 大部分丘陵沟壑可耕者悉垦荒耕种, 大片森林草原消失, 山丘变为光山秃岭, 水土流失加剧, 干旱频繁, 生态环境明显恶化。

历史时期的农牧交替和环境演变表明, 随着人口增加, 耕垦逐步由河谷向沟坡扩展, 经营方式由放牧向半农半牧、以农为主过渡, 农牧交错带逐渐形成和扩大。气候随森林草原消失愈干旱, 土壤侵蚀随耕垦扩大逐渐加剧, 导致不断恶化的脆弱生态环境。

3 农牧业发展中存在的问题与制约因素

3.1 掠夺式经营, 不合理利用土地

该区人口增长快, 长期实行倒山轮种、广种薄收、超载放牧等掠夺式经营, 形成“愈垦愈穷, 愈穷愈垦”的恶性生态经济循环。坡地粮食单产仅 $750\sim 1\,050\text{ kg/hm}^2$, 草场载畜量仅 $0.75\sim 1.05\text{ 羊单位/hm}^2$, 生产力极低。不合理利用土地^[2](表 1) 尤为突出: 耕地占总土地的 45%~55%, 最大达 61%, 其中, 坡耕地占 70%~90%; 林地仅占约 5%~8%, 牧地占 7%~15%。秦安、甘谷等县的人口密度达 350 人/km^2 以上, 土地承载力超载严重。

表 1 典型县的土地利用结构
Table 1 The land use structures in typical counties

县	总人口 (万人)	总土地 ($\times 10^4\text{hm}^2$)	其中 ($\times 10^4\text{hm}^2$)			占总土地 (%)			坡耕地 ($\times 10^4\text{hm}^2$)		农业人 均耕地 (hm^2)	人口 密度 (人/ km^2)
			耕地	林地	牧地	耕地	林地	牧地	$6^\circ \sim 15^\circ$	占耕地%		
秦安	56.58	15.99	9.76	1.01	0.80	61.04	6.31	5.01	8.81	90.26	0.181	353.8
甘谷	56.81	15.80	8.58	1.66	1.45	54.30	10.51	9.18	6.71	70.21	0.161	359.6
定西	46.65	36.39	17.32	3.21	2.76	47.60	8.82	7.58	14.03	81.04	0.403	128.2
通渭	45.20	29.13	17.30	1.50	0.02	59.39	5.15	0.07	15.99	92.43	0.675	155.2
静宁	47.60	21.94	12.17	1.68	3.38	55.47	7.66	15.41	10.09	82.91	0.269	163.3

3.2 干旱灾害频繁, 制约农牧业发展

由于生态环境恶化, 干旱频繁, 制约农林牧业发展。据历史资料, 从汉代至 1949 年, 陇中境内发生一级干旱 93 次、二级 124 次、三级 55 次、四级 43 次; 一级旱灾作物减产, 二级旱灾造成民饥, 三级旱灾致民逃荒, 灾民流离失所, 四级旱灾出现尸横遍野乃至人相食的惨象。定西县 1949~ 2000 年, 发生旱灾 38 a, 其中严重干旱 16 a, 平均 3 a 一大旱, 年年小旱。1969 年之大旱, 全县粮食减产 68.9%, 存栏牲畜减少 67%。干旱使农牧业大起大落, 发展缓慢, 农村经济贫困, 生态环境多年

难以恢复。

3.3 农业结构单一, 系统调控能力差

该区农业总产值中, 种植业占 75%~ 85%, 林业仅占 1%~ 5%, 牧业占 14%~ 20% (表 2), 种植业以粮为主, 形成以农为主的单一农村经济结构。由于粮食低产, 人均占有粮 150~ 300 kg, 温饱仍是农村发展中的主要问题。灾害年份, 以粮为主的经济系统调控能力差, 制约生态经济发展。因此, 必须因地制宜地调整农业经济结构, 发展农牧综合型多元化经济, 促进农村剩余劳动力转移, 提高生态经济系统的抗逆性和综合调控能力。

表 2 典型县的农业经济结构 (2000 年)
Table 2 The agriculture economy structures in typical counties

县名	农业总 产值 (万元)	各业产值 (万元)			占总产值%			粮产量 ($\times 10^4\text{t}$)	人均粮 (kg)	总劳力 (万个)	农林牧 业占 %
		种植业	林业	牧业	种植业	林业	牧业				
靖远	74 247	62 704	574	10 551	84.45	0.77	14.21	17.25	365.5	16.71	79.43
甘谷	35 439	26 769	2 022	6 524	75.54	5.71	18.41	7.89	138.9	23.86	73.98
定西	56 697	47 157	1 194	8 338	83.17	2.11	14.71	16.67	357.3	19.78	68.95
通渭	46 107	38 870	732	6 496	84.30	1.59	14.09	13.88	307.1	19.16	74.61

4 生态经济系统的稳定性

该区的生态环境系统是一个复杂的自然—社会—经济复合系统, 人类的生产活动使系统与环境不断进行物质、能量交换, 各要素间相互制约与促进, 趋于动态平衡, 故该复合系统亦属开放系统。人类对土地、森林、草场资源的利用对生态环境有强烈影响, 合理利用可维持资源再生与永续利用; 反之, 将导致资源枯竭和退化, 环境恶化, 故该生态经济系统的良性循环应是人口、资源、环境、经济协调发展。

普利高津 (Prigogine, 1967) 提出^[3]: “一个远离平衡的开放系统不断地与外界物质交换和能量传递, 在外界条件达到一定阈值时可产生一种自组织现象 (self organization), 使系统从原来的无序状态变为有一定时空功能和结构的有序状态, 即耗散结构 (Dissipative structure)”。这种系统具有抗外界环境干扰的能力, 即耗散系统的惯性或涨落回归能力。当系统遭到破坏后, 亦可恢复重建其有序结构状态。

生态经济系统与环境进行物质、能量交换中, 形成一种负商流, 促进系统各组分的协同作用; 正作用有利于系统时、空结构和功能的有序组合; 负

作用使系统趋向紊乱和无序。系统结构决定其功能,有序结构可促进系统趋向良性循环,产出效益持续增长;反之,无序结构则系统功能衰退,效益下降。因此,通过人工合理调控,可建立一个相对稳定、有序、高效的生态经济系统。即环境调控——对干旱、水蚀、风蚀等环境灾害的控制;生物调控——提高生物种群对资源环境的转化效率和生产力,结构调控——对土地利用、产业结构的调整与控制,此三元协同是提高系统总体功能的基本途径。

4.1 稳定性的热力学基础

生态经济系统的稳定性泛指相对于初始状态的动态平衡,系统受干扰后初始状态被扰动,系统平衡多属局部平衡,系统对扰动反应有抗偏离能力和恢复的自控能力。

由热力学第二定律,在封闭系统中当自由能减少时,不可利用能增加,熵即不可利用能的度量。系统的总熵等于各部分熵的总和,熵流包括系统中物质和能量输入、输出过程的熵流,系统内部不可逆过程产生的熵生成两项,熵流可使系统的熵减少。

由于熵不属守恒量,一个系统的总熵随时间变化可表示为

$$\frac{ds}{dt} = \frac{d}{dt} \int_v s dv = - \int \sum d \sum n \cdot J_{st} \int_v dv \cdot \sigma \quad (1)$$

式中 J_{st} 为通过单位面积的熵的交换速率,即熵流; σ 为单位体积中产生熵的速率,即熵生成。则有

$$\frac{d}{dt} \left[\frac{1}{2} \delta^2 s \right] = \int dv \cdot \sum_k \delta X_k = \delta_k P \quad (2)$$

即 $\frac{1}{2} (\delta^2 s)$ 的时间导数正好是超熵产生 $\delta_k P$ 。

对于平衡态,系统的稳定性可从熵 S 的极值及其时间响应来确定。在非平衡态的线性区,系统稳定性可从 $P \geq 0$ 和 $\frac{dP}{dt} \leq 0$ 两式来判定:由 $\frac{1}{2} \delta^2 S \leq 0$, 则超熵 $\frac{d}{dt} \left(\frac{1}{2} \delta^2 S \right)$ 的值 > 0 、 < 0 、 $= 0$ 分别对应于系统稳定、不稳定和临界状况,即

$$\begin{cases} \delta_x > 0 & \text{系统稳定} \\ \delta_k P < 0 & \text{系统不稳定} \\ \delta_k P = 0 & \text{临界状态} \end{cases} \quad (3)$$

当系统属封闭系统时,主要确定相应的熵函数;对于开放系统的非平衡态线性区,则应确定相应的广义力和广义流对于稳定态扰动所引起的超熵变化。

4.2 K 型增长种群的稳定区域

凡种群中个体体积大,寿命较长,再生率低,且受环境影响较强的,如脊椎动物种群和人工生态系统均属 K 型增长种群。 K 型增长可用逻辑斯蒂 (logisti) 方程描述

$$\frac{dN}{dt} = r \cdot N \cdot \left(1 - \frac{N}{K} \right) \quad (4)$$

式中 K 为环境容量,显然,广义流为 $J = N$, 广义力 $X = r \cdot \left(1 - \frac{N}{K} \right)$ 。该系统

$$\frac{d_i S}{dt} = \int_v \sigma^* dv = P \quad (5)$$

$$\frac{d_k S}{dt} = - \int \sum d \sum n \cdot J_k \quad (6)$$

令 J_k 表示和流率有关的 k 种不可逆过程的广义流, x_k 代表和推动力有关的第 k 种不可逆过程的广义流,则熵产生可表示为

$$\sigma = \sum_k J_k X_k \quad (7)$$

4.3 生态经济系统的稳定性分析模型^[4]

对于开放系统,当边界条件迫使系统偏离平衡态时,宏观不可逆过程即开始,于是广义力和广义流均不为零,二者互为因果关系,故广义流是广义力的连续函数,并以平衡态 (力和流皆为零) 作为参考态进行 Taylor 级数展开,则

$$\begin{aligned} f(x) &= J_0(x_0) + \left(\frac{\partial J}{\partial x} \right)_0 \cdot (X - X_0) + \\ &\quad \frac{1}{2} \left(\frac{\partial^2 J}{\partial^2 x} \right) \cdot (X - X_0)^2 + \Lambda \\ &= \left(\frac{\partial J}{\partial x} \right)_0 \cdot X + \frac{1}{2} \left(\frac{\partial^2 J}{\partial^2 x} \right)_0 \cdot X^2 + \Lambda \quad (8) \end{aligned}$$

当广义力很弱,系统偏离平衡较小时,则力 X 的高次幂项可以忽略,则

$$J = \left(\frac{\partial J}{\partial x} \right)_0 \cdot X \quad (9)$$

当广义力较大时, $f(x)$ 的展开项包含力的高次幂,属非线性函数,称为非平衡态的非线性区,再将熵 S 和熵 P 展开后并推导,得到非平衡态线性区的熵产生 P

$$P = N \cdot r \cdot \left(1 - \frac{N}{K} \right) \quad (10)$$

$$\frac{dP}{dt} r^2 \cdot N \left(1 - \frac{N}{K} \right) \left(1 - \frac{2N}{K} \right) \quad (11)$$

上式表明:当 $\frac{K}{2} \leq N \leq K$ 时, $\frac{dP}{dt} \leq 0$; 因此, $\frac{K}{2} \leq N \leq K$ 时,系统局部稳定。

在非平衡态非线性区, $J = N$, 则

$$X = r \left(1 - \frac{N}{K} \right) \left(\frac{2N}{K} - 1 \right) \cdot N \quad (12)$$

超熵性

$$\begin{aligned}\delta_x P &= dN \cdot d \left[r \left(1 - \frac{N}{K} \right) \left(\frac{2N}{K} - 1 \right) \cdot N \right] \\ &= - \frac{6r}{K^2} \left[N - \left(1 + \frac{1}{\sqrt{3}} \right) \cdot \frac{K}{2} \right] \cdot \left(N - \frac{K}{2} \left(\frac{1}{\sqrt{3}} \right) \right) \cdot (dN^2) \\ &= - \frac{6r}{K^2} (N - 0.789K) (N - 0.211K) \cdot (dN)^2\end{aligned}\quad (13)$$

当 $0.211K < N < 0.789K$ 时, $\delta_x P > 0$, 则系统处于总体稳定状态。

当 $N = 0.211K$ 或 $N = 0.789K$ 时, $\delta_x P = 0$ 时, 则系统处于临界状态。

当 $0 \leq N < 0.211K$ 或 $0.789K < N < K$ 时, $\delta_x P < 0$, 系统不稳定。

由上述分析可知, $0.5K \leq N < 0.789K$ 时, 系统局部稳定且总体稳定。因此, 对于生态经济系统, 可对区域的土地利用结构、种植结构、畜群结构、产业结构进行优化, 并控制人口增长、治理水土流失, 提高农业资源利用效率, 使系统保持稳定持续发展。

5 生态经济系统的运行与调控机制

5.1 生态经济系统的运行机制

应用系统动力学和反馈控制理论^[5,6]对该区脆弱生态经济系统分析表明: 该系统是一个复杂的高阶系统, 系统中各要素之间有复杂的正、负因果关系和反馈关系, 正反馈环有发散行为, 负反馈环有收敛和抑制功能。正、负反馈环相互作用, 形成多重反馈机制, 牵一发而动全局, 任一变量的突变都会引起系统不同程度振荡, 系统正是依赖这些反馈机制在增长、衰减、振荡中保持动态相对稳定。因此, 由该系统的反馈机制分析, 可通过人工调控建立负反馈机制, 探索生态环境退化机理、恢复重建与调控途径。

5.2 系统反馈环与调节机制

该区生态经济系统的反馈机制, 主要通过人口、土地、粮食、饲草、水土流失与治理等物流回路, 产生自调节机制, 使系统跟踪目标, 保持稳定发展。主要反馈环有:

1. 耕地-粮食供需平衡反馈环 该负反馈环(图1, 奇数个“-”号)通过粮食供需平衡调节耕地面积的增减变化, 如控制人口增长, 发展基本农田, 提高单产, 减少耕地, 控制垦荒, 退耕还林牧, 可增加造林种草面积, 满足粮食需求。图中

“+、-”号为变量间的因果关系, 圆圈中的“+、-”号为反馈环的属性, 下图同。

2. 载畜量-草场生产力反馈环 该负反馈环(见图2)中, 若不按草畜平衡规律发展牧业, 盲目增加存栏畜, 超载放牧, 导致草场生产力下降, 草场退化, 存栏畜减少, 产生恶性生态经济循环(正反馈环)。若退耕还林、人工种草和改良草场, 提高草地生产力, 以草定畜, 适度发展牧业, 则可逐步提高存栏畜和载畜量, 可保持草畜平衡发展的良性生态经济循环(负反馈环)。该环与(1)环交互作用。

3. 森林-水土流失反馈环 该负反馈环(图3)中, 乱砍滥伐使林地面积减少, 水土流失加剧, 生态环境恶化, 则造林难度大, 保存率小, 产生恶性

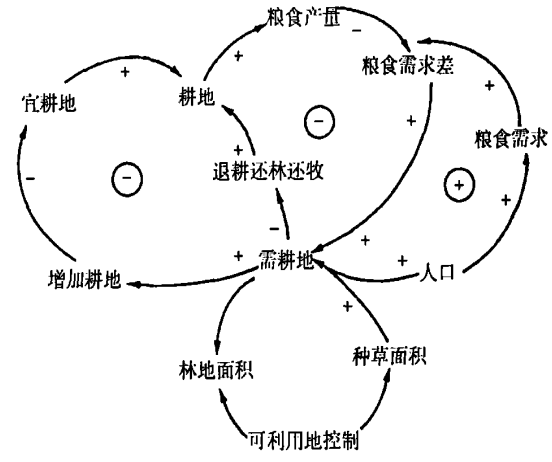


图1 耕地-粮食供需平衡反馈环
Fig. 1 The feedback loop of balances of supply and demand of grain

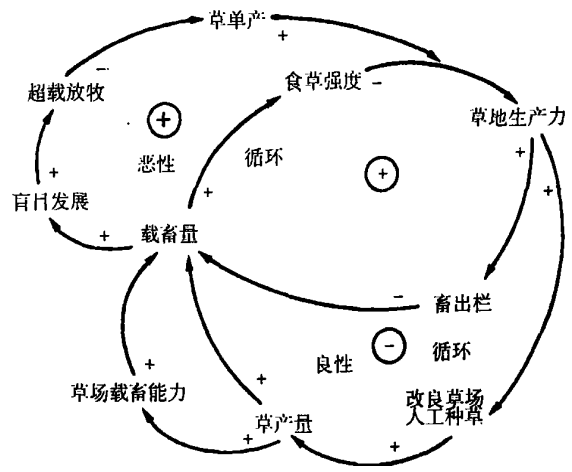


图2 载畜量-草场生产力反馈环
Fig. 2 The feedback loop of an animal husbandry capacity and a grass land capacity

循环;而大力发展人工林,合理采伐,提高造林保存率,加强林木抚育更新改造,林地面积持续稳定增加,森林盖度增大,生态环境趋向良性循环。该环与(1)、(2)环交互作用。

4. 水土流失恶性循环与生态良性循环反馈环 该负反馈环与(1)、(2)、(3)反馈环交互作用;由严重水土流失引起的耕地生产力下降、草场退化、广种薄收,乱砍滥伐林木,水土流失加剧的恶性生态循环;通过大力发展造林种草、修梯田等水土保持措施,退耕还林草,则可使水土流失逐步减少,生态环境趋向良性循环,农林牧业持续稳定发展。该反馈环反映了生态经济系统与生态环境相互制约与促进的典型特征。

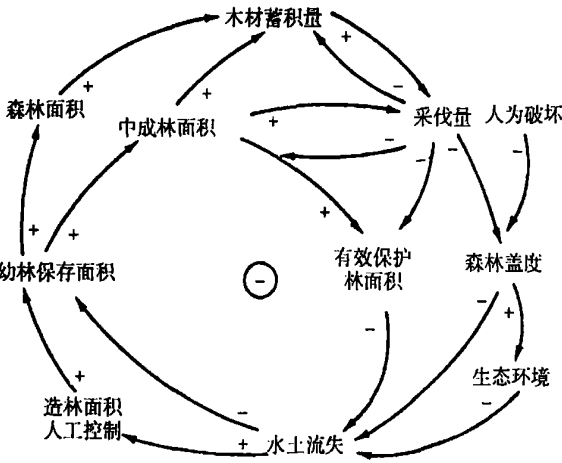


图 3 森林-水土流失反馈环

Fig. 3 The feedback loop of forestry and soil erosion

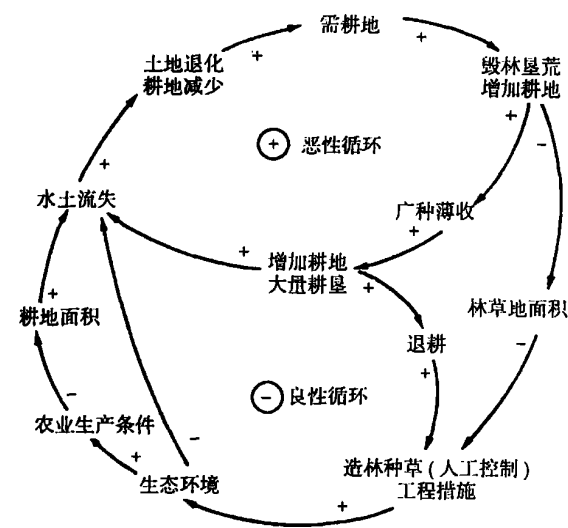


图 4 生态环境演变反馈环

Fig. 4 The feedback loop of eco-environment change

6 生态环节恢复重建的调控途径

通过上述综合分析可知,为促进该区生态环境恢复重建,人工调控建立负反馈环,改善系统的运行机制与功能,需采取下述调控措施:

1. 建高产田,促退耕还林草 大力发展水平梯田、条田、淤地坝等基本农田,发展径流农业和节水农业,改善农业生产条件,提高粮食单产,稳定粮食生产,严禁垦荒,促陡坡退耕造林种草,则可大大减少坡耕地的土壤侵蚀。

2. 种草养畜,以草定畜 大力发展人工种草、草田轮作、草灌混交和改良草场,提高草地生产力,合理控制载畜量和调整畜群结构,则可防止草场退化和畜牧业发展大起大落的不稳定状况,使牧业持续稳定发展。

3. 造林种草与合理调整土地利用结构相结合,积极发展适地适树优良树种和果树等经济林木,提高林业经济效益,增加森林盖度和植被覆盖度,防止土地退化,减少土壤侵蚀,逐步加强生态环境建设进度,使生态环境与经济同步协调发展。

4. 合理调整种植业结构和产业结构,大力发展经济作物,应用现代科技发展旱作农业、节水和生态农业,改变传统的经营方式,提高土地生产力,促进生态——经济良性循环。

5. 控制人口增长,提高农村人口素质和科技知识,推广科学种植和养殖,使人文景观与生态环境协调发展。

参考文献 (References):

- [1] Loess Plateau Expedition of Chinese Academy of Sciences. Natural environment and its evolution of Loess plateau [M]. Beijing: Science Press, 1991. 109~ 112 [中科院黄土高原综合考察队. 黄土高原自然环境及其演变 [M]. 北京: 科学出版社, 1991. 109~ 112]
- [2] Land Department of Gansu Province. Land resource of Gansu province [M]. Lanzhou: Gansu People Press, 2000. 154~ 165 [甘肃省土地管理局编. 甘肃省国土资源 [M]. 兰州: 甘肃人民出版社, 2000. 154~ 165]
- [3] Li Rushen. Nonequilibrium State and Dissipative [M]. Beijing: Qinghua University Press, 1988. 155~ 167 [李如生. 非平衡态势力学与耗散结构 [M]. 北京: 清华大学出版社, 1988. 155 ~ 167]
- [4] Yue Tianxiang, Ma Shijun. Ecosystem stability and its analyzing model [J]. Acta Ecology Sinia, 1991, 11 (4). [岳田祥, 马世骏. 生态系统稳定性研究 [J]. 生态学报, 1991, 11 (4).]
- [5] He Wenjiao. Feedback control theory [M]. Shanghai: Bright Daily Paper Press, 1986. 188~ 192 [何文蛟. 反馈控制理论

[M]. 上海: 光明日报出版社, 1986. 188~ 192]

ty Press, 1988. 220~ 223 [王其蕃, 系统动力学 [M]. 北京:

[6] Wang Qifan. System Dynamics [M] . Beijing: Qinghua Universi- 清华大学出版社, 1988. 220~ 223]

The Mechanism Study of a Recovering and Rebuilding of Ecological Environment Degeneration on the Ecological System in Longzhong Loess Hilly Region

ZHANG Hanxiong, SHANGGUAN Zhouping

(State Key Laboratory of Soil Erosion and Dryland Farming on the Loess Plateau, Institute of Soil and Water Conservation, Chinese Academy of Sciences, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: Nongzhong loess hilly region is a brittleness ecology environment with a sparse vegetation cover and severe soil erosion. A plunder managing and an irrational land use constraint the development of agriculture and animal husbandry in the area. Because an intense human activity effect in the region, where the variances of an ecology environment and the alternation changes of agriculture and animal husbandry were occurred frequency in historical. The stability of a brittleness ecology system in the region were analyzed with a system theory, and the run mechanism and the control mechanisms of degradation and rebuilt for the fragility ecology system in the region were discussed by a theories of a systemic dynamics and a feedback control. Based on the analyses of the feedback control of the ecology economic system, a control way and adjusted measures on resuming and rebuilding of the firmly ecology environment are presented, it gives a science gist to promote the ecology environment construction and the continuance development of agriculture and animal husbandry in the region.

Key words: ecology environment; ecology economic system; stability; adjusting and control mechanism; recovering and rebuilding; Longzhong loess hilly region

《山地学报》致作者

为了不断改进本刊质量, 提高编辑水平, 也为了便于本刊对您的宣传和为您评选优秀论文的材料, 请您随时留意论文发表后的社会反响, 将其被引用、转载、收录等信息以及因此而被授奖 (包括由获奖成果、总结撰写的论文和因论文发表而导致的成果获奖两种情况), 应邀讲学或参加学术活动, 开展合作研究等情况尽量收集并及时反馈给我们。

编者