

纸坊沟流域生态经济系统演变阶段及驱动力初探

郭满才<sup>1</sup>, 王继军<sup>1,2</sup>, 彭珂珊<sup>1,2</sup>, 权松安<sup>3</sup>

(1. 西北农林科技大学生命科学学院; 2. 中国科学院水利部水土保持研究所, 陕西 杨陵 712100;  
3. 西北农林科技大学动物科技学院, 陕西 杨陵 712100)

**摘 要:** 退耕还林(草)是恢复和重建生态经济系统,建立可持续发展模式的有效途径,生态经济演变过程划分为三个发展阶段:调整产业结构的初期,土地的合理调整是突破口;稳定发展时期,提高工副业收入、增加单产是其主要驱动力;加速发展时期,以合理安排从土地上解放的劳动力,增加工副业收入为主要发展途径。草地收入水平太低是建立生态经济系统良性循环的制约因素。  
**关键词:** 生态经济系统;退耕还林(草)工程;驱动力;纸坊沟流域  
**中图分类号:** F124.5      **文献标识码:** A      **文章编号:** 1005-3409(2005)04-0245-02

The Evolvment Stage and Driving Force of  
Eco-economy System in Zhifanggou Valley

GUO Man-cai<sup>1</sup>, WANG Ji-jun<sup>1,2</sup>, PENG Ke-shan<sup>1,2</sup>, QUAN Song-an<sup>3</sup>

(1. College of Life Science, Northwest Sci-tech University of Agriculture and Forestry;  
2. Institute of Soil and Water Conservation, Chinese Academy of Sciences and Ministry of Water Resources;  
3. College of Animal Sci-technology, Northwest Sci-tech University  
of Agriculture and Forestry, Yangling, Shaanxi 712100, China)

**Abstract:** The project of converting slope cropland to forest and grassland is an effective measure to restore and rebuild eco-economy system, and set up sustaninable development mode. The course of converting slope cropland to forest and grassland can be divided into three stages. The initial stage of modulate the industrial framework, main object is to adjust land using model. Stabe development stage, the most impotent job is to increase the second and the third industry and the yield of each unit. Accelerating development stage, the development focus is to arrange the work force from the countryside. And low income of meadow is a restricting factor.  
**Key words:** eco-economy system; converting slope cropland to forest and grassland project; driving force; Zhifanggou valley

1 引 言

纸坊沟流域地处黄土高原丘陵沟壑区,位于陕西北部的安塞县沿河湾镇,是杏子河流域的一级支流,流域面积 8.27 km<sup>2</sup>, 现有 501 人。在过去的半个多世纪里,纸坊沟流域的生态环境经历了一个由破坏到逐步恢复的过程,大体上分为严重破坏时期(1938~1958)、持续破坏时期(1959~1973)、不稳定恢复时期(1974~1983)和稳定恢复时期(1984~)。

在纸坊沟开发过程中,农民首先开发条件相对较好的川道,种粮养畜、自给自足,这种方式曾经在历史上发挥了重要作用,只是结构单一,川道与坡地不能互补,流域多样化优势难以发挥,随着人口增加,人均耕地减少,人地矛盾日益尖锐。从“六五”开始,纸坊沟流域先后被列入陕西省和国家重

点科技攻关试验示范区,进行了退耕还林(草)和农业产业结构调整的研究与实践,经过 20 余年的综合治理与开发,改变了过去贫穷落后的面貌,初步步入生态经济良性循环。2003 年粮食单产达到 4 317 kg/hm<sup>2</sup>, 人均纯收入 2 659.9 元。

纸坊沟流域退耕还林(草)和农业结构调整过程与今日国家实施的退耕还林(草)工程有许多共同之处。作者试图应用通径分析的方法研究纸坊沟流域生态系统稳定恢复时期的生态经济系统演变过程及驱动力,以期为黄土高原沟壑区的治理和实施的退耕还林(草)工程方案提供参考。

2 研究方法简述

2.1 通径分析的基本原理

通径分析是研究多个自变量  $x_1, x_2, \dots, x_p$  与响应变量  $y$

\* 收稿日期: 2004-11-12  
基金项目: 国家自然科学基金资助课题“退耕还林(草)下流域生态经济系统演变规律与建设模式”(课题编号: 40271053)的部分成果  
作者简介: 郭满才(1963-),男,陕西宝鸡人,副教授,博士,任西北农林科技大学生命科学学院副院长,硕士生导师,主要从事农业应用数学的教学与研究。

间线性关系的一种重要统计方法,基本原理是基于标准化多元线性回归方程的正则方程组:

$$\left\{\begin{array}{l}b_{1+}+r_{12}b_{2+}+\dots+r_{1p}b_p=r_{1y}\\r_{21}b_{1+}+b_{2+}+\dots+r_{2p}b_p=r_{2y}\\\dots\dots\dots\\r_{p1}b_{1+}+r_{p2}b_{2+}+\dots b_p=r_{py}\end{array}\right.\quad (1)$$

式中:  $b_i$ —— $x_i$  的偏回归系数;  $r_{ij}$ —— $x_i$  与  $x_j$  的相关系数;  $r_{iy}$ —— $x_i$  与  $y$  的相关系数,  $i, j = 1, 2, \dots, p$ 。

在方程组 (1) 中,把  $x_i$  对  $y$  的总作用  $r_{iy}$  剖分为两部分:  $b_i$  是  $x_i$  对  $y$  的直接作用,它是  $x_i$  对  $y(x_i \leftarrow y)$  的直接途径系数;其它  $p-1$  项中,  $r_{ij}b_j$  是  $x_i$  通过  $x_j$  的相关路对  $y(x_i \leftarrow x_j \leftarrow y)$  的间接作用( $i \rightarrow j$ ),或称为  $x_i$  通过  $x_j$  对  $y$  的间接途径系数,即  $r_{iy} = b_i + \sum_j r_{ij}b_j$ 。

在途径分析中,分别称

$$R_i^2 = b_i^2, \quad R_{ij}^2 = 2b_i r_{ij}b_j \quad (2)$$

为  $x_i$  对  $y$  的直接决定系数和  $x_i$  与  $x_j$  通过相关路对  $y$  的间接决定系数。  $x_1, x_2, \dots, x_p$  对  $y$  的决定系数为:

$$R^2 = \sum_{i=1}^p R_i^2 + \sum_{\substack{i=1 \\ i < j}}^p R_{ij}^2 = \sum_{i=1}^p b_i r_{iy} \quad (3)$$

$x_i$  对  $y$  的决策系数为:

$$R_{(i)}^2 = b_i^2 + 2 \sum_j b_i r_{ij}b_j = R_i^2 + \sum_j R_{ij}^2 \quad (4)$$

### 2.2  途径分析方法应用的可行性

途径分析可以检验出各对的作用是否显著;可以检验出  $x_1, x_2, \dots, x_p$  对  $y$  的决定作用( $R^2$ )是否显著;最重要的是可以看出  $x_i$  如何直接影响  $y$  和如何通过其他自变量间接影响,并且,利用各个变量的决策系数,可以进行综合决策。

对纸坊沟流域1985~2003(其中1991年数据未得到)年间社会经济发展过程的分析,本研究筛选了8项可控的数量指标以表征流域生态经济系统特性,分别为:人口( $x_1$ )、耕地( $x_2$ )、林地( $x_3$ )、牧草地( $x_4$ )、单产( $x_5$ )、农业收入( $x_6$ )、工副业收入( $x_7$ )、人均纯收入( $y$ ),这些指标满足途径分析对数据的要求。

### 3  流域生态经济系统演变阶段划分

纸坊沟流域曾是国家“七五”、“八五”和“九五”科技攻关试验示范基地,为了划分生态经济系统演变阶段,首先对3个五年计划和近3年的生态经济系统演变过程进行分析,分阶段计算各因子与人均纯收入( $y$ )的简单相关系数结果见表1、各因子对人均纯收入( $y$ )的直接途径系数结果见表2、各因子对人均纯收入( $y$ )的决策系数结果见表3。

表 1    纸坊沟流域人均纯收入及其限制因素四阶段相关系数表

	$r_{1y}$	$r_{2y}$	$r_{3y}$	$r_{4y}$	$r_{5y}$	$r_{6y}$	$r_{7y}$
1985~1990	0.92235 <sup>*</sup>	-0.95905 <sup>*</sup>	0.91254 <sup>*</sup>	0.76657	0.71865	0.98585 <sup>*</sup>	0.95132 <sup>*</sup>
1990~1995	0.71517	-0.79528	0.90104 <sup>*</sup>	0.52709	0.67738	0.99512 <sup>*</sup>	0.88280 <sup>*</sup>
1995~2000	-0.22834	-0.08709	0.43847	-0.14056	-0.03709	0.33570	0.64213
2000~2003	0.98102 <sup>*</sup>	-0.99229 <sup>*</sup>	0.82927	-0.78736	0.54121	0.91222	0.93613

<sup>\*</sup> 表示达到显著水平, <sup>\*\*</sup> 表示达到极显著水平。

从表1~3可以看出:前两个“五年计划”生态经济系统演变规律具有类似性,第三个“五年计划”和近三年运行过程各有其特征,所以纸坊沟流域近20年退耕还林(草)过程生态经济系统演变过程可划分为三个阶段,即1985~1995为第一个阶段,1995~2000为第二个阶段,2000~2003为第三

个阶段。为了进一步验证这一结果,又应用3种距离、二种聚类方法进行聚类分析,得到的6种聚类分析结果与此一致(另文)。

表 2    纸坊沟流域人均纯收入及其限制因素四阶段直接途径系数表

	$b_1$	$b_2$	$b_3$	$b_4$	$b_5$	$b_6$	$b_7$
1985~1990	-0.13994					0.71274 <sup>*</sup>	0.44771 <sup>*</sup>
1990~1995	-0.06923 <sup>*</sup>					0.90419 <sup>*</sup>	0.16962 <sup>*</sup>
1995~2000	-0.37215 <sup>*</sup>			-0.04811 <sup>**</sup>		1.00298 <sup>**</sup>	0.89010 <sup>*</sup>
2000~2003		-0.75715 <sup>*</sup>					0.26547 <sup>*</sup>

<sup>\*</sup> 表示达到显著水平, <sup>\*\*</sup> 表示达到极显著水平。

表 3    纸坊沟流域人均纯收入及其限制因素四阶段决策系数表

	$R_{(1)}^2$	$R_{(2)}^2$	$R_{(3)}^2$	$R_{(4)}^2$	$R_{(5)}^2$	$R_{(6)}^2$	$R_{(7)}^2$
1985~1990	-0.27773					0.89732	0.65139
1990~1995	-0.10381					0.98199	0.27071
1995~2000	0.03146			0.01221		-0.33257	0.35083
2000~2003		0.92936					0.42656

<sup>\*</sup> 表示达到显著水平, <sup>\*\*</sup> 表示达到极显著水平。

表 4    纸坊沟流域1985~1995 相关系数、直接途径系数、决策系数计算结果

$r_{1y}$	$r_{2y}$	$r_{3y}$	$r_{4y}$	$r_{5y}$	$r_{6y}$	$r_{7y}$
0.87250 <sup>*</sup>	-0.87943 <sup>*</sup>	0.88077 <sup>*</sup>	0.80503 <sup>*</sup>	0.85185 <sup>*</sup>	0.99539 <sup>*</sup>	0.94263 <sup>*</sup>
$b_1$	$b_2$	$b_3$	$b_4$	$b_5$	$b_6$	$b_7$
-0.31869 <sup>**</sup>	1.47216	1.24827	0.51457	0.01118	0.81176 <sup>*</sup>	0.25619 <sup>*</sup>
$R_{(1)}^2$	$R_{(2)}^2$	$R_{(3)}^2$	$R_{(4)}^2$	$R_{(5)}^2$	$R_{(6)}^2$	$R_{(7)}^2$
-0.65768	-4.75659	0.64067	0.56371	0.01892	0.95706	0.41735

### 4  不同阶段驱动力分析

由以上分析得到:

第一阶段(1985~1995年):  $r_{6y}^{**} > r_{7y}^{**} > r_{3y}^{**} > r_{1y}^{**} > r_{5y}^{**} > r_{4y}^{**} > r_{2y}^{**}$ , 其中  $r_{2y} < 0$ , 所有因素与  $y$  间的相关均达到极显著水平。  $x_2$  与  $y$  间呈强的负相关,是  $y$  的主要限制因子。  $x_6$ 、 $x_7$ 、 $x_3$  为主要促进因子,表明在退耕还林(草)初期,提高农业收入、工副业收入及提高现有林地收入是提高人均纯收入的主要途径,而耕地面积太大是主要制约因素。  $b_2 > b_3 > b_6^{**} > b_4 > b_7^{**} > b_5 > b_1^{**}$ , 其中  $b_1 < 0$ , 其绝对值排序为:  $b_2 > b_3 > b_6^{**} > b_4 > b_1^{**} > b_7^{**} > b_5$ 。决策系数排序为:  $R_{(6)}^2 > R_{(3)}^2 > R_{(4)}^2 > R_{(7)}^2 > R_{(5)}^2 > R_{(1)}^2 > R_{(2)}^2$ , 其中  $R_{(1)}^2 >$  及  $R_{(2)}^2$  小于零,其绝对值排序为:  $R_{(2)}^2 > R_{(6)}^2 > R_{(1)}^2 > R_{(3)}^2 > R_{(4)}^2 > R_{(7)}^2 > R_{(5)}^2$ 。因此就因子的直接作用而言,耕地面积与林地面积是提高人均纯收入的主要因素,但作用并不显著,这是因为在该阶段新的经济增长点并未形成,系统仍然依赖于广种薄收的堆积效应导致的非持续性发展模式。农业收入( $b_6 = 0.81176$ ,  $R_{(6)}^2 = 0.95706$ )和工副业收入( $b_7 = 0.25619$ ,  $R_{(7)}^2 = 0.41735$ )是提高人均纯收入的主要因素,且作用显著。牧草地( $b_4 = 0.01118$ ,  $R_{(4)}^2 = 0.56371$ )和单产( $b_5 = 0.01118$ ,  $R_{(5)}^2 = 0.01892$ )对提高人均纯收入无决定性影响。人口( $b_1 = 0.31869$ ,  $R_{(1)}^2 = -0.65678$ )是影响人均纯收入的主要因素,应降低人口数量,提高人口素质。

(下转第255页)

3.3 积极争取外流域调水

由于石羊河流域资源性缺水特征突出,引发了一系列的新问题。要从根本上改变这种局面,只有想法开辟新水源,从外流域调水,以解决资源量不足的问题。

3.4 优化农业种植和资源配置结构,促进科学合理用水

根据石羊河流域各灌区的状况,加大灌区改造建设力度,为农业种植结构的调整,实现资源优化配置创造条件十分必要。一是要建设经济性生态灌区。建设经济性生态灌区就要以经济结构调整为中心,使经济结构与水、土、光、热、气等资源配置相协调,与生态及环境建设相协调,最大限度地

提高水土资源的利用率和生产效率。二是要加快山水灌区的改造步伐。在石羊河流域,山水灌区都在川区上游地段,地下水埋藏较深,难以开采利用,农田灌溉全靠河水,而目前山水灌区的灌溉方式比较传统,浪费水的现象严重,农业种植品种单一,效益低下,人们的生活水平难以提高,因此,加快山水灌区的改造步伐势在必行。在改造的过程中,必须引进先进的技术和设备,避免简单的重复,增强山水灌区的节水能力,以此来促进灌区内的经济结构调整,把山水灌区的灌溉范围扩大,向井灌区延伸,使水资源的开发利用更趋于科学合理。

(上接第246页)

第二阶段(1995~2000年): $r_{7y} > r_{5y} > r_{6y} > r_{2y} > r_{4y} > r_{1y}$ ,其中 $r_{4y}$ 和 $r_{1y}$ 小于零,所有因素与 $y$ 间的相关均未达到显著水平。表明在生态经济演变的第二阶段,系统的增长方式已发生了变化,增加工副业收入、提高单产和林地收入是提高人均纯收入的主要途径,而人口和牧草地过大(相应的收入并未由于面积的增加而成比例的增加)是主要限制因子。 $b_6^{**} > b_7^{**} > b_4^{**} > b_1^{**}$ ,其中 $b_4$ 和 $b_1$ 小于零,其绝对值排序为: $b_6^{**} > b_7^{**} > b_1^{**} > b_4^{**}$ 。决策系数排序为: $R_{(7)}^2 > R_{(1)}^2 > R_{(4)}^2 > R_{(6)}^2$ ,其中 $R_{(6)}^2$ 小于零,其绝对值排序为: $R_{(7)}^2 > R_{(6)}^2 > R_{(1)}^2 > R_{(4)}^2$ 。表明就因子的直接作用而言,农业收入( $b_6 = 1.002\ 98, R_{(6)}^2 = -0.332\ 57$ )和工副业收入( $b_7 = 0.890\ 10, R_{(7)}^2 = 0.350\ 83$ )是该阶段提高人均纯收入的主要因素,人口与牧草地是主要限制因素。

第三阶段(2000~2003年): $r_{1y}^{*} > r_{7y} > r_{6y} > r_{3y} > r_{5y} > r_{4y} > r_{2y}^{**}$ ,其中 $r_{4y}$ 和 $r_{2y}$ 小于零,因此在该阶段增加工副业收入、农业收入、林地收入,提高单产是提高人均纯收入的主要因素,而耕地过多与牧草地收入太低是提高人均纯收入的主要限制因素。 $b_7^{**} > b_2^{**}$ ,其中 $b_2$ 小于零,其绝对值排序为: $b_2^{*} > b_7^{*}$ 。决策系数排序为: $R_{(2)}^2 > R_{(7)}^2$ ,且均大于零。说明就因子的直接作用而言,工副业收入是该阶段提高人均纯收入的主要因素,而耕地面积是主要限制因素,应该从降低耕地面积为突破口。该阶段值得探讨的一个问题是,由于工副业特别是劳务收入的增加已成为农民脱贫致富的一个有效途径,因此人口增加所带来的劳动力的增加成了提高人均收入的主要因素之一。另外,要从土地上解放劳动力,必须降低耕地面积,让更多的农民从事第二、三产业,迅速脱贫致富。

生态经济系统是一个复杂的系统,一般有多个反馈环,牵一发而动全身,任何一个变量的改变,都会引起系统不同程度的振荡,系统正是依赖于这种反馈机制在增长或衰减,振荡中保持动态相对稳定,通过大规模的实施退耕还林(草)工程,形成“退耕还林(草) 林牧用地增加 林草及相关产

参考文献:

[1] 袁志发,周静芋,郭满才.决策系数——通径分析中的决策指标[J].西北农林科技大学学报,2001,29(5):131-134.  
[2] 王继军,董银果,白钢萍.论“退耕还林(草)”[J].世界科技研究与发展,2002,(2):69-72.  
[3] 卢宗凡,梁一民,刘国彬.中国黄土高原生态农业[M].西安:陕西科学技术出版社,1997.15-18.  
[4] 王继军.“退田还林(草)”中几个问题的讨论[J].农业技术经济,2001,(6):50-53.  
[5] 上官周平,彭珂珊,彭琳,等.黄土高原粮食生产与可持续发展研究[M].西安:陕西人民出版社,1999.27-31.  
[6] 王继军.纸坊沟流域农业生态经济系统建设及其投入问题分析[J].世界科技研究与发展,2001,(3):56-58.  
[7] 谢文彬.陕西地方志丛书安塞县志[M].西安:陕西人民出版社,1993.221-136.

业发展 农民收入提高 生态系统进一步得到改良 生态经济系统良性循环”。

5 结 论

(1) 退耕还林(草)工程是恢复和重建生态经济系统,建立可持续发展模式的有效途径。今天实施的退耕还林(草)工程是对曾经“预支”的生态系统的一种偿还,该政策的实施是以“恢复”系统的结构,建立新的平衡,达到系统的良性循环为目的。纸坊沟流域近20年来的研究与实践表明:“提高单产促进退耕还林还草 调整土地利用结构和产业结构 生态环境改良、经济收入提高 生态经济良性化”,通过发展经济林和林副产品深加工,调整产业结构,开发绿色食品,使农民获得发展的机遇。

(2) 纸坊沟流域生态经济系统演变过程划分为三个阶段:第一个阶段(1985~1995年)、第二阶段(1995~2000年)、第三阶段(2000~2003年)。第一个阶段是调整产业结构的初期。以传统农业收入仍然占主导地位为特征,土地合理调整是促进生态经济系统向良性演变的驱动力,应该通过增加工副业收入,提高单产以改变传统经济增长模式。第二阶段是稳定发展时期。以工副业收入占主导地位为特征,单产的增加对农业的收入起到了显著的促进作用,但由于畜禽养殖始终处于规模小,附属于农业的次要地位,牧草利用不充分,造成牧草地效益欠佳已经变成了制约经济发展的主要因素。第三阶段是加速发展时期。增加工副业收入仍然是提高人均纯收入的主要途径,而从土地上解放的劳动力所形成的新的经济增长点为该阶段的特征。

(3) 如何增加草地的收入,是退耕还林(草)工程能否持久的重要因素。因为草地收入太低是建立生态经济系统良性循环的制约因素。建议今后将高效设施畜牧业作为主导产业之一进行建设,使林草资源得到充分而合理的利用,同时可适度发展草产业。