

DOI: 10.5846/stxb201806131320

马亚亚, 刘国彬, 张超, 王杰. 陕北安塞县生态与经济系统耦合协调发展. 生态学报, 2019, 39(18): 6840–6849.

Ma Y Y, Liu G B, Zhang C, Wang J. Research on the coordinated development of ecological and economic systems in Ansai County, Northern Shaanxi Province. Acta Ecologica Sinica 2019, 39(18): 6840–6849.

## 陕北安塞县生态与经济系统耦合协调发展

马亚亚<sup>1</sup>, 刘国彬<sup>2</sup>, 张超<sup>3,\*</sup>, 王杰<sup>3</sup>

1 西北农林科技大学 林学院, 杨凌 712100

2 中国科学院 水利部 水土保持研究所, 杨凌 712100

3 西北农林科技大学 水土保持研究所, 杨凌 712100

**摘要:** 协调生态环境与社会经济的均衡发展, 是实现县域可持续发展的重要因素。以延安市安塞县为对象, 基于社会经济与生态环境的数据, 构建安塞县社会经济系统与生态环境系统的指标体系, 利用熵权法计算社会-经济-环境综合评价指数, 在此基础上利用耦合协调度模型、剪刀差方法和耦合度模型分析了社会经济系统与生态环境系统的耦合协调状态、发展速度差异以及耦合度演变趋势。结果表明: 1996—2013 年间, 安塞县社会经济系统综合评价指数稳定上升, 自然生态系统综合水平呈现波动下降趋势, 前者发展速度总体上快于后者; 耦合协调度指数由 0.33 增长至 0.59, 反映了该区域社会经济与生态环境的关系不断改善, 较好地实现了二者的协调; 剪刀差在 0.032 水平范围内波动上升, 说明二者发展趋势之间的差异逐渐增大; 安塞县社会经济与生态环境的耦合度分布于  $45^\circ < \beta < 90^\circ$  范围内, 二者处于协调发展阶段, 耦合度  $\beta$  表现为先下降后上升, 说明经济与环境之间的矛盾开始显露。研究表明, 安塞县应着力加强生态建设的固基和推进作用, 缓解社会经济和生态环境的矛盾, 实现二者的协调发展。

**关键词:** 协调发展; 剪刀差; 耦合度模型; 安塞县

## Research on the coordinated development of ecological and economic systems in Ansai County, Northern Shaanxi Province

MA Yaya<sup>1</sup>, LIU Guobin<sup>2</sup>, ZHANG Chao<sup>3,\*</sup>, WANG Jie<sup>3</sup>

1 College of Forestry, Northwest Agriculture and Forestry University, Yangling 712100, China

2 Institute of Soil and Water Conservation, Chinese Academy of Science & Ministry of Water Resources, Yangling 712100, China

3 Institute of Soil and Water Conservation, Northwest Agriculture and Forestry University, Yangling 712100, China

**Abstract:** Coordinated development between the ecological environment and socioeconomy is of great importance for local sustainable development. The present study investigated the coupling between socioeconomy and ecological environments using the coupling coordination degree model, scissors difference, and coupling degree model based on the economic and ecological data from Ansai County, Northern Shaanxi Province. A comprehensive assessment index of the socioeconomic environment was also established by the entropy method. Results showed that the comprehensive assessment index of socioeconomic systems increased from 1996 to 2013, and that of ecosystem decreased with fluctuation. This result indicates that eco-environmental development lagged behind the socioeconomic development. The degree of coupling coordination increased from 0.33 to 0.59, reflecting an improvement in the relationship between the socioeconomy and the ecological environment in the region, and a favorable coordination between them. The scissors difference fluctuated within the range of 0.032, indicating an increased difference in the development of socioeconomy and ecology. Coupling between the

基金项目: 十三五国家重点研发项目 (2016YFC0501707); 国家自然科学基金项目(41771554)

收稿日期: 2018-06-13; 网络出版日期: 2019-07-04

\* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: zhangchaolynn@163.com

socioeconomic and ecological development in Ansai ranged from  $45^\circ$  to  $90^\circ$  and the beta-coupling rose initially and declined thereafter this result suggests a contradiction between the economy and environment. Our results indicate that efforts should be made to strengthen the promoting effect of ecological construction, alleviate the contradiction between the social economy and ecological environment, and realize the coordinated development of the socioeconomic system and ecological systems.

**Key Words:** coordinated development; scissors difference; coupling model; Ansai County

安塞县位于西北内陆黄土高原腹地,是比较典型的生态环境脆弱带。受脆弱自然因素以及不合理的人类社会经济活动影响,县域水土流失面积达  $2852 \text{ km}^2$ , 占总土地面积的 95%, 年均侵蚀模数  $>1.0 \text{ 万 t/a}^{[1]}$ , 强烈的水土流失严重制约了县域经济发展。近年来, 随着当地生产活动的快速发展, 工业和人口的大规模集聚, 致使安塞地区大量地表植被的消失和退化, 使得生态环境与社会经济的矛盾日益突出。本文旨在研究安塞县在加快经济发展的同时如何注重生态环境的保护和改善, 并且正确认识社会经济发展与生态环境保护之间的关系, 了解二者交互作用的耦合发展规律, 采取适当的发展策略, 促进安塞县生态环境与社会经济之间的可持续发展<sup>[2,3]</sup>。

社会经济与生态环境协调发展有“共同发展, 持续发展”的涵义, 但协调发展并不等同于“平等发展”, 而是二者相互促进、耦合协同的发展<sup>[4]</sup>。近年来, 国内外学者对社会经济-生态环境复合生态系统协调发展评价的研究内容逐渐从定性的现状分析转向定量的趋势评价<sup>[5,6]</sup>, 并且从不同角度提出了众多关于生态环境与社会经济耦合协调的评价模型, 主要有 EKC 计量模型<sup>[7,8]</sup>、耦合协调度和耦合度综合评价模型<sup>[9,10]</sup>、系统动力学模型<sup>[11]</sup>和剪刀差方法<sup>[12-13]</sup>等。如左其亭等<sup>[14]</sup>建立了社会经济-生态环境耦合系统动力学模型; 宋红丽等<sup>[15]</sup>基于耦合理论探讨经济-环境系统影响因子的协调程度, 建立区域经济-环境系统耦合度模型; 任志远等<sup>[16]</sup>利用耦合模型对陕西省农业生态环境与经济协调发展关系进行了研究。目前大多数学者研究的是静态耦合问题, 少数动态耦合研究则大多集中在城市化与生态环境协调方面<sup>[5]</sup>。因此, 本文在分析县域社会经济与生态环境系统交互耦合关系的基础上, 选择静态耦合与动态耦合结合的方法, 研究安塞县生态环境与社会经济的协调发展程度和演变规律, 以期为实现安塞县经济发展与生态环境之间的协调耦合提供现实的理论意义。

## 1 研究地区与研究方法

### 1.1 研究区概况

安塞县( $36^\circ30'45''$ — $37^\circ19'31''\text{N}$ 、 $108^\circ51'44''$ — $109^\circ26'18''\text{E}$ ) 隶属陕西省延安地区管辖, 辖 14 个乡镇, 209 个行政村, 1018 个自然村<sup>[17]</sup>; 地处西北干旱半干旱地区, 属典型的梁峁状丘陵沟壑区<sup>[18]</sup>, 地貌类型主要为黄土梁涧、梁峁状黄土丘陵和沟谷阶地<sup>[19]</sup>。土壤以黄绵土为主, 约占总面积 95% 左右, 由于黄绵土土质疏松, 质地均一, 导致陕北安塞县水土流失严重、土壤瘠薄、生态环境恶化。该区属暖温带半干旱气候,  $\geq 10^\circ\text{C}$  年积温  $2866^\circ\text{C}$ , 年平均气温为  $8.8^\circ\text{C}$ , 年平均降水量  $505.3 \text{ mm}$ , 且分布极不均匀; 境内植被较差, 主要以天然次生林、人工林和荒山荒坡的天然草地为主。

陕北安塞县总面积  $2949.14 \text{ km}^2$ , 其中耕地  $47170 \text{ hm}^2$ , 山地占 95% 以上, 土层深厚, 昼夜温差较大, 适宜农林牧综合发展<sup>[20]</sup>。1996—2013 年, 农民人均纯收入由 1126 元上升到 9148 元, 全县林草覆盖率由 9.67% 提高到 36.1%, 2013 年总人口 19.42 万, 其中农业人口 16.33 万, 农民人均纯收入 9148 元, 农业总产值为 10.26 亿元。但是经济系统与生态系统相悖问题依然存在, 即资源没有充分利用, 产业发展滞后, 产业与资源没有实现很好的耦合等问题, 一定程度上阻碍了社会经济与生态环境的可持续发展。在此背景下探究社会经济建设与生态环境保护间的相互关系, 客观科学的评价系统协调发展程度, 从而有针对性地提出建议和对策。

## 1.2 研究方法

### 1.2.1 评价指标体系构建和数据来源

考虑到指标选取的代表性、客观性、动态与静态相结合以及可比性等原则,结合安塞县社会经济与生态环境的实际,借鉴相关研究成果<sup>[21, 22]</sup>,构建能够全面地反映经济发展水平与生态环境质量的综合评价指标系统<sup>[23]</sup>。体系由自然生态系统和社会经济系统组成,其中,选取年降水量等 10 个指标来反映陕北安塞县生态环境状况;选取地区生产总值等 12 个指标来反映该区社会经济发展状况(表 1)。文中选用的数据来源于《安塞县统计年鉴》(1985—2013)(2005 年的数据除外),该区域生态修复大致由实施(1996—2005)和巩固恢复(2006—2013)两个阶段构成,因此本文数据选择年限为 1996—2013 年。

表 1 安塞县生态经济耦合协调发展指标体系

Table 1 Ecological and economic coupling development index system of Ansai County

系统 System	一级指标 1 <sup>st</sup> level indicator	权重 Weights	二级指标 2 <sup>nd</sup> level indicator	指标类型 Index type	权重 Weights
自然生态系统 A Natural ecosystem A	资源供给情况 A1	0.0648	年降水量 A11	+	0.0563
			年平均气温 A12	+	0.0018
			≥10℃年平均气温 A13	-	0.0068
	生态环境指数 A2	0.3345	林草覆盖率 A21	+	0.2316
			单位 GDP 能耗 A22	-	0.0708
			农用化肥使用实物量 A23	-	0.0330
	土地利用程度 A3	0.5997	人口 A31	+	0.0071
			人均耕地面积 A32	+	0.1213
			人均果园面积 A33	+	0.0605
			造林面积 A34	+	0.4109
社会经济系统 B Socio-economic system B	经济运行情况 B1	0.7754	地区生产总值 B11	+	0.0320
			人均 GDP B12	+	0.1659
			人均财政收入 B13	+	0.1793
			固定资产投资总额 B14	+	0.2831
			社会消费品零售总额 B15	+	0.1151
	社会发展指数 B2	0.2246	城镇居民可支配收入 B21	+	0.0600
			农村人均纯收入 B22	+	0.1043
			社会从业人数 B23	+	0.0056
			各类学校在校学生数 B24	+	0.0066
			卫生技术人员数 B25	+	0.0131
			人口自然增长率 B26	+	0.0291
			财政支出中农科教文卫和社会保 障支出比重 B27	+	0.0060

+ 表示正指标; - 表示逆指标

### 1.2.2 耦合协调度模型

耦合是指两个或两个以上体系或运动形式之间通过交互作用而互相影响的现象<sup>[19, 24]</sup>。生态环境系统和社会经济系统的耦合关系是指两系统之间、系统内各要素之间相互胁迫、相互依存关系的客观表征<sup>[19, 24, 25]</sup>,主要表现为系统内各要素之间相互作用,呈现出由简单到复杂,由低级到高级的演化趋势。一般来说,社会经济系统与生态环境系统的相互作用关系在不同阶段有不同的表现。因此,本文选择以下三种模型对安塞县社会经济系统与生态环境系统进行分析:首先,选择耦合协调度模型,确定安塞县 1996—2013 年社会经济系统与生态环境系统各自的发展水平和耦合协调程度;其次,选择剪刀差方法,宏观反映社会经济系统与生态环境系统发展速度差异;最后,选择耦合度模型,微观评定社会经济系统与生态环境系统之间耦合状态的演化趋势。

本文采用客观赋权法中的熵值法计算各个指标的权重。该法是在综合考虑各因素提供信息量的基础上计算的,具有所获取的信息程度有序、效用性自然的优势<sup>[26]</sup>,其公式为:

首先计算指标的信息熵  $E_j$ :

$$E_j = -\ln(m)^{-1} \sum_{i=1}^m p_{ij} \ln(p_{ij}) \quad (1)$$

然后确定各项指标的权重  $w_j$ :

$$W_j = (1 - E_j) / (k - \sum_{i=1}^m E_j) \quad (2)$$

式中:  $p_{ij}$  为第  $j$  个指标第  $i$  年指标值的比重,  $m$  为某项指标的个数,  $k$  为各个子系统的指标数。通过公式 (1) 和公式 (2) 计算得到自然生态系统指标权重  $a_i$  和社会经济系统指标权重  $b_i$ 。

量化各个区域的系统指标对区域系统的综合评价是至关重要的<sup>[27]</sup>。本文主要采用极差变换法<sup>[4]</sup>对各指标进行量化,公式如下:

$$X_{ij} = (x_{ij} - \min x_{ij}) / (\max x_{ij} - \min x_{ij}) \quad (\text{正向指标}) \quad (3)$$

$$X_{ij} = (\max x_{ij} - x_{ij}) / (\max x_{ij} - \min x_{ij}) \quad (\text{逆向指标}) \quad (4)$$

式中:  $X_{ij}$  表示系统指标的原始值;  $\max x_{ij}$  和  $\min x_{ij}$  分别表示第  $j$  个指标第  $i$  年的最大值和最小值;  $X_{ij}$  为指标标准化值,其值介于 0 - 1 之间。通过极差变换法分别得到两系统的标准化值  $x_i$  和  $y_i$ , 然后利用指标权重与量化值计算综合评价指数,其模型为:

$$F(x) = \sum_{i=1}^m a_i x_i; \quad F(y) = \sum_{i=1}^m b_i y_i \quad (5)$$

式中:  $F(x)$  和  $F(y)$  分别为生态环境系统和社会经济系统的综合评价指数。通过耦合度模型计算出两系统之间的耦合协调程度,能够清晰地反映出系统之间相互影响的协调程度,也能够判断出系统之间是否和谐发展<sup>[28]</sup>。所以为了进一步评判自然生态环境系统和社会经济系统的耦合的程度,引入耦合协调度模型<sup>[23]</sup>,公式如下:

$$C = \sqrt{\frac{F(x) \times F(y)}{[F(x) + F(y)]^2}} \quad (6)$$

$$T = gF(x) + hF(y) \quad (7)$$

$$D = \sqrt{C \times T} \quad (8)$$

式中:  $C$  为社会经济系统与自然生态系统的协调指数;  $T$  为两系统的综合发展指数,其反映社会经济系统与生态环境建设的综合水平,  $g$  和  $h$  取值均为 0.5;  $D$  为复合系统的耦合协调度,表示在生态环境和经济发展水平 ( $F(x) + F(y)$ ) 一定的条件下,为使生态环境和经济发展的复合效益 ( $F(x) \times F(y)$ ) 最大,二者进行组合协调的程度。 $D$  值越小,系统越不协调,  $D$  值越大,协调状态越理想<sup>[29]</sup>。

### 1.2.3 剪刀差方法

剪刀差方法是一种用来反映两种变化趋势之间差异性的方法<sup>[30]</sup>。本研究采用剪刀差来反映社会经济系统  $F(y)$  和生态环境系统  $F(x)$  对年份的变化趋势,并通过  $F(x)$  与  $F(y)$  曲线在给定时刻  $t_0$  的两切线夹角  $\alpha$  来表示,且  $\alpha$  值越小,表示  $F(x)$  与  $F(y)$  两条曲线变化趋势之间的差异越小(图 1)。其中  $F(x)$  与  $F(y)$  的变化速率  $V(x)$  与  $V(y)$  可通过其曲线的切线斜率  $F'(x)$  和  $F'(y)$  来表示:

$$V(x) = F'(x) = dx/dt \quad (9)$$

$$V(y) = F'(y) = dy/dt \quad (10)$$

$$\alpha = \arctan \left| \frac{F'(x) - F'(y)}{1 + F'(x) F'(y)} \right| \quad (0 \leq \alpha < \pi/2) \quad (11)$$

### 1.2.4 经济与环境协调发展的耦合度模型

耦合度模型是根据社会经济系统与生态环境系统各自的耦合元素产生相互影响的程度,进一步判定二者

间的协调作用关系和表现<sup>[31]</sup>。若把两者作为一个整体考虑,假定这个系统只有  $F(x)$  与  $F(y)$  两个元素,按照贝塔兰菲的一般系统论<sup>[25]</sup>,当系统内的各元素协调时,整个系统也是协调发展的,整个系统的演化速度  $V$  可以看作是  $V(x)$  与  $V(y)$  的函数,所以有  $V=f(V(x), V(y))$ <sup>[31]</sup>。首先建立  $V$  的简单模型,假定社会经济的变化具有周期性的特点,生态环境受社会经济的影响也出现周期性,在每个周期内,由于  $V$  的变化受  $V(x)$  与  $V(y)$  的影响,因此可以在两维平面  $[V(x), V(y)]$  中来分析  $V$ ,以  $V(x)$  与  $V(y)$  为变量建立平面坐标系,则  $V$  的变化轨迹为坐标系中的一椭圆(因为经济发展一般大于生态环境发展速度)(图 2)。 $V(x)$  与  $V(y)$  的夹角  $\beta$  满足:  $\tan\beta = V(x)/V(y)$ ,即  $\beta = \arctan V(x)/V(y)$ 。根据  $\beta$  的取值,可以判定整个系统的演化状态以及经济系统与生态环境系统协调发展的动态耦合程度<sup>[32]</sup>(表 2)。

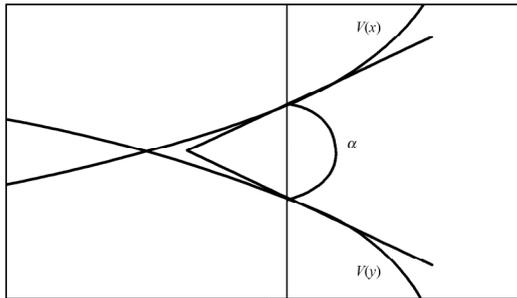


图 1 剪刀差示意图

Fig.1 Sketch map of scissors difference

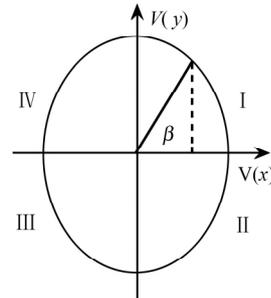


图 2 经济系统与生态环境系统耦合度模型

Fig.2 Coupling model of coordinated development between economic and environmental systems

表 2 社会经济系统与生态环境系统耦合度模型

Table 2 Coupling model of social economic and ecological environment system

角度范围 Angle range	区域 Area	发展阶段 Development stage	作用表现 Action performance
$-90^\circ < \beta \leq 0^\circ$	I	低级协调共生阶段	经济发展缓慢,且基本不受生态环境的限制和约束,经济发展对生态环境的影响也几乎为零
$0^\circ < \beta \leq 45^\circ$		初级协调发展阶段	$V(x) < V(y)$ 经济发展速度小于环境演化速度,经济发展已经开始显现出对生态环境的胁迫作用,生态环境制约了经济发展
$\beta = 45^\circ$	II	和谐发展阶段	$V(x) = V(y)$ 经济与环境发展速度相当,二者和谐发展
$45^\circ < \beta \leq 90^\circ$		共同发展阶段	$V(x) > V(y)$ 经济发展速度逐渐加快,经济和环境开始相互影响,环境对经济发展的约束与限制矛盾开始显露,但尚不突出
$90^\circ < \beta \leq 180^\circ$	III	极限发展阶段	经济高速发展期,其快速发展加速了对资源的索取和对环境的破坏,经济与环境之间的矛盾日益突出,导致约束经济发展的限制圈也相应越来越小,生态环境危机进入潜伏期
$-180^\circ < \beta \leq -90^\circ$	IV	螺旋式上升阶段	经济发展与生态环境之间由交互胁迫的关系逐步转化为相互促进的关系,并最终达到经济与环境高度协调共生发展状态

## 2 结果与分析

### 2.1 生态环境系统与社会经济系统综合发展指数分析

安塞县生态环境系统综合水平在研究期间整体呈波动上升而后逐步下降的变化趋势(图 3),1996—2002 年安塞县生态环境指数值由 0.42 波动上升到 0.63,说明该时期生态功能的作用逐渐发挥作用,使得生态指数明显增加;而后生态环境指数值由 2003 年的 0.59 下降到 2012 年的 0.37,说明该时期内生态环境整体面临的压力加大。生态环境系统分类指标中,资源供给情况与土地利用程度在研究期间呈现出波动上升的演变趋势,但前者的上升速度较快;生态环境指数表现出缓慢下降的状态,且幅度相对较大。总体来说,20 世纪 90 年

代末期 随着人口数量的增加以及城镇化的快速推进 人们以破坏生态环境为代价促进社会经济的发展 从而对社会经济的健康发展造成不利影响。

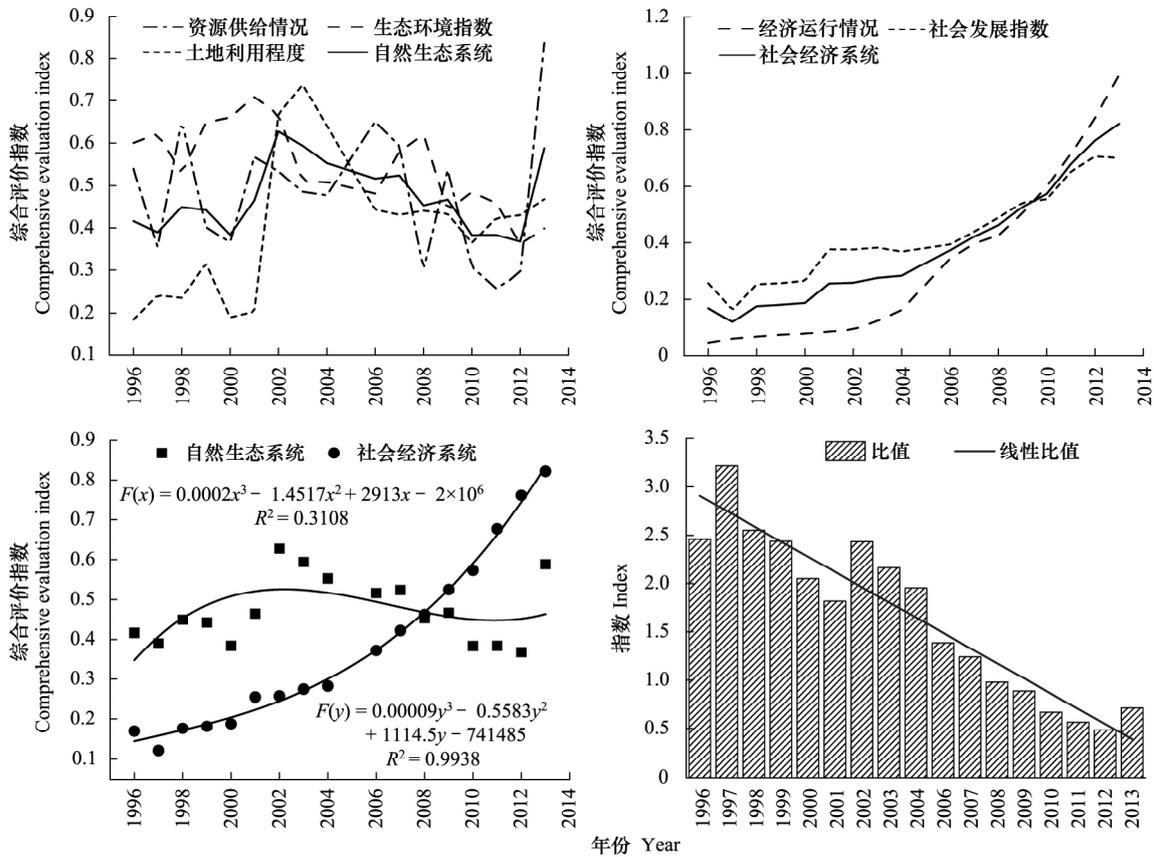


图 3 生态环境系统与社会经济系统综合发展指数

Fig.3 Comprehensive development index of eco-environmental system and socio-economic system

安塞县社会经济系统综合水平在研究期间整体呈现稳定上升的趋势 (图 3),由 1996 年的 0.17 上升到 2013 年的 0.83,县域经济实力明显提升,其中受经济活力影响,2004 年后增势明显提高。社会经济系统分类指标中,经济运行情况和社会发展指数的上升速度都比较快,其中,经济运行情况的增长最为明显,由 0.05 增长至 0.99,带动了县域经济的快速发展,与此同时,社会发展指数也有不同程度的巩固和提高,并在 2006 年间为持续上升趋势,这主要源自县域经济实力的明显提升,加大了城市基础设施建设力度,改善了人民的生活水平。

通过指标线性求和公式计算得到 1996—2013 年安塞县生态环境系统和社会经济系统的综合指数(图 3),从图中可以看出安塞县社会经济系统综合评价指数逐年增加,而生态环境系统发展趋势整体呈现在波动中下降的趋势。从增长速度来看,社会经济系统经历了一个较低速度的增长期,从 2004 年开始进入高速发展时期;生态环境系统演变速度由快变慢,总体处于平稳下降状态。从综合发展的同步性看,1996—2008 年期间生态环境系统的综合指数明显大于社会经济系统的综合指数,二者的发展存在一定的差距,2009 年以后,生态环境发展速度明显滞后于社会经济,二者出现发展步调不一致状态,差距呈现由小变大趋势。总体来说,生态环境系统与社会经济系统的协调性表现出先上升后下降的演变趋势。

安塞县生态环境优化速度与经济发展水平的相对变化速率呈现逐年下降趋势(图 3),生态环境优化速度虽然在波动中呈整体上升的趋势,但是在 2009 年以后低于社会经济发展水平。因此在追求经济增长的同时仍然要高度重视生态环境的保护<sup>[27]</sup>,加强环境保护工作的力度,逐步完善环境保护政策,走经济发展与生态环境持续协调发展<sup>[33]</sup>,实现社会经济与生态环境的协调发展。

### 2.2 生态环境系统与社会经济系统耦合协调发展分析

为了更好的分析安塞县自然生态系统和社会经济系统的综合指数的变化情况,将二者看作两个系统,借助耦合和协调的理论模型,利用公式计算得到自然生态系统和社会经济系统的耦合度( $C$ )和耦合协调度( $D$ )(表3),目的是为了地更好地评判经济增长、生态环境交互耦合的协调程度<sup>[34]</sup>。然后依据均匀分布函数法比较生态环境系统与社会经济系统综合评价指数 $[F(x)$ 与 $F(y)]$ ,将耦合协调度分为3种类型: $F(x) > F(y)$ 时,属于经济滞后型; $F(x) = F(y)$ 时,属于生态环境与经济同步发展型; $F(x) < F(y)$ 时,属于生态环境滞后型。

表3 生态环境与社会经济耦合度评判标准

Table 3 Evaluation criteria of ecological environment and social economic coupling

耦合协调度 Coupling coordination degree	耦合协调类型 Coupling coordination type	耦合协调度 Coupling coordination degree	耦合协调类型 Coupling coordination type
0.00—0.09	极度失调	0.50—0.59	勉强协调
0.10—0.19	严重失调	0.60—0.69	初级协调
0.20—0.29	中度失调	0.70—0.79	中级协调
0.30—0.39	轻度失调	0.80—0.89	良好协调
0.40—0.49	濒临失调	0.90—1.00	优质协调

1996—2013年,安塞县生态环境系统 $[F(x)]$ 与社会经济系统 $[F(y)]$ 的耦合协调度指数 $[D(x,y)]$ 由0.32增长至0.59,表明该区域 $[F(x)]$ 与 $[F(y)]$ 的关系不断改善,逐渐趋于协调(图4)。1996—2002年,由于脆弱的生态环境和社会经济之间的相互作用造成了综合发展指数变化轨迹的较大波动,也造成耦合度指数呈波动中缓慢上升趋势,进而影响了 $D(x,y)$ 的波动趋势;2003—2010年, $F(x)$ 与 $F(y)$ 运动轨迹逐渐趋同,使 $C$ 与 $T$ 的运动轨迹在波动中呈现稳定的上升态势;2011年之后, $C$ 与 $T$ 的运动轨迹呈现快速上升态势,说明二者都达到较高水平,导致 $D(x,y)$ 也呈快速上升的趋势,说明社会经济与生态环境的协调发展度与经济发展水平和生态环境建设水平有较强的相关性。

耦合协调度 $D$ 的数值越大,表明自然生态系统与社会经济系统耦合协调发展程度越高(表3,图5)。由图5可以看出,安塞县社会经济系统与生态环境系统的协调发展度在1996—2000年属于轻度失调衰退型;2000—2010年为过渡区域,从濒临失调发展至勉强协调;2010年以后为初级协调。1996—2008年安塞县生态环境建设水平领先于社会经济发展水平,2009年之后为生态环境建设水平低于同一时期的社会经济发展

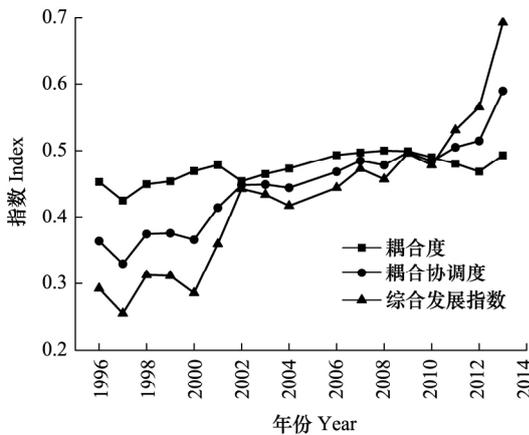


图4 生态环境系统与社会经济系统的耦合协调度

Fig. 4 Degree of coupling and coordination between eco-environmental system and socio-economic system

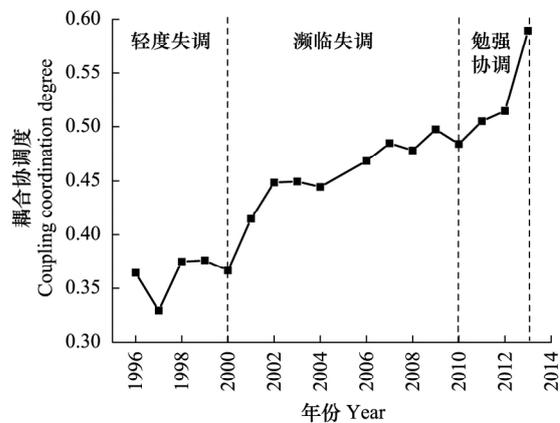


图5 生态环境系统与社会经济系统的耦合协调度类型

Fig. 5 Types of coupling degree of coordination between eco-environmental system and socio-economic system

水平。总体来说,1996—2013 年安塞县生态环境与经济系统的耦合协调性是由低水平的经济滞后失调型发展为高水平的生态环境滞后协调型。

### 2.3 生态环境系统与社会经济系统演化的剪刀差及耦合度分析

在研究期间,安塞县生态环境系统与社会经济系统演化速率的剪刀差较为稳定,波动趋势比较平缓,大体在 0.0317 水平范围内波动(图 6)。这说明 1996—2013 年间,安塞县社会经济与生态环境这两个系统发展演化速率的差异基本维持在稳定水平。从波动趋势看,2002 年以后,两系统间演化速率的差异突然增大,这说明随着社会经济的飞速发展,人民生活水平的提高,对于生态环境所产生的负面效应越来越大。

1996—2013 年,安塞县社会经济与生态环境的耦合度处于耦合度模型的第 II 区域,其角度范围在  $45^\circ < \beta < 90^\circ$ ,即经济发展速度逐渐加快,经济和环境开始相互影响,环境对经济发展的约束与限制矛盾开始显露,但尚不突出(表 2)。这一阶段可分为两种演化趋势:即 1996—2000 年及 2003—2011 年为协调耦合度上升时期和 2001—2002 年及 2012—2013 年的下降时期(图 7)。安塞县经济与生态环境的协调耦合度的不断上升说明了在这一时期经济的快速发展让生态环境恶化,恶化的生态环境又制约了经济的发展,使经济的增长速度放慢,由于其彼此相互影响,两者的耦合程度呈上升趋势,生态环境对经济的影响逐渐减弱,但仍影响着经济的发展。2001—2002 年及 2012—2013 年的下降时期,说明在这一时期生态环境演化速度与社会经济发展速度的比率逐渐加大,由于生态环境对经济发展的胁迫加剧,致使经济发展的速度放缓。

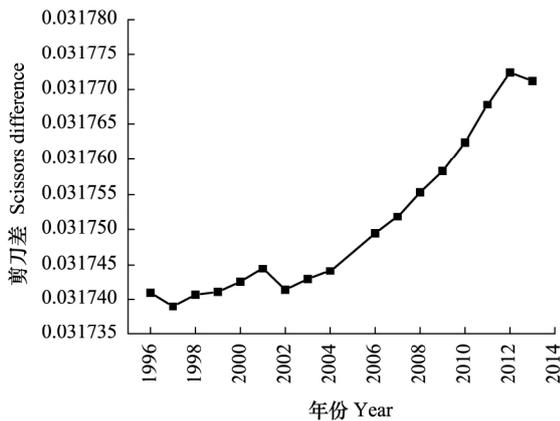


图 6 生态环境系统与社会经济系统的剪刀差

Fig.6 The scissors difference between eco-environmental system and socio-economic system

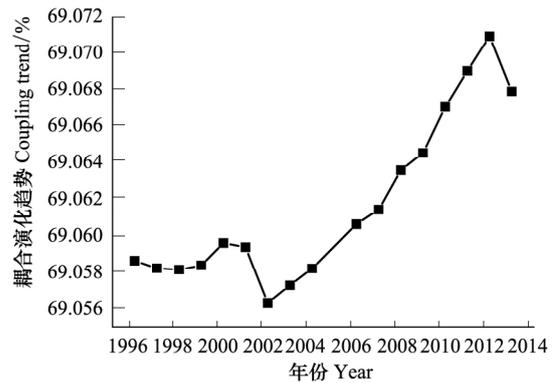


图 7 生态环境系统与社会经济系统的耦合度演化趋势

Fig.7 The evolution trend of coupling degree between eco-environmental system and socio-economic system

### 3 讨论

安塞县由于其独特的地理位置,面临着更为严峻的环境保护与经济发展双重压力,因此促进其社会经济与生态环境的协调发展是关系到该区域实现可持续发展的重大问题<sup>[27]</sup>。本文借助系统的科学理论与方法,构建了陕北安塞县经济增长与生态环境之间的指标体系,并通过耦合协调度模型、剪刀差方法和耦合度模型分析二者的耦合关系。相比传统的耦合模型,上述 3 种方法的相互补充使耦合关系的评判更全面。

通过对陕北安塞县 1996—2013 年的社会经济与生态环境的协调耦合发展进行分析表明:安塞县社会经济系统综合评价指数稳定上升,自然生态系统综合水平呈波动中下降趋势,但是 2009 年以后,社会经济发展速度明显快于生态环境改善水平,二者出现发展步调不一致状态,差距呈现由小变大趋势,说明随着陕北安塞县社会经济快速发展,环境质量恶化、资源短缺枯竭、生态系统退化等生态环境问题日益突显,已影响经济社会的可持续发展。对于生态与经济出现发展步调不一致的情况,究其原因:一方面是国家政策的扶持,全县人民积极响应落实科学发展观,使得陕北安塞县经济进入高速发展阶段;另一方面是经济发展与生态环境是相克的。社会经济发展速度过高必然会破坏生态环境,从而损害生态系统正常的支撑功能,生态系统则通过自

然灾害、环境污染、资源短缺、等一系列反馈形式制约社会经济发展<sup>[35]</sup>；从社会经济与生态环境的不同发展过程来看，在社会经济的发展过程中，生态环境的现状对社会经济系统的响应具有一定的滞后性。在退耕还林(草)初期，经济的发展往往需要破坏一定的生态环境来满足社会发展的需要。随着人们环保意识的提高，退耕还林(草)政策的逐渐完善，开始将生态保护纳入经济发展体系之内，使社会经济能够从生态保护中获取利益<sup>[36]</sup>，从而使社会经济与生态环境的关系通过不断磨合最终向着协调发展的方向演进，但是还有很大的提升空间。虽然安塞县政府依据“十一五”“十二五”规划中提出的大力节能减排措施制订了一系列的发展政策并且取得了一定成效，使得经济发展对生态环境系统的影响慢慢减小，耦合协调度也在不断上升。但是经济发展和生态环境之间依然存在着矛盾，建设和保护生态环境的压力仍然较大<sup>[37]</sup>。一般来说，经济发展水平与生态环境建设直接影响着经济与环境的耦合协调程度，无论是经济的持续发展还是社会的全面进步都是以平衡的生态环境为基础，如果没有生态建设的固基和推进作用，经济发展的成本将会增加，效应会大打折扣。因此面对资源存量锐减和生存环境恶化的双重约束，安塞县未来发展应该继续巩固退耕还林等生态修复的成果，高度重视生态对经济社会发展的必要性，充分发挥生态修复的后发效应；经济方面：转变经济增长方式、调整产业结构、在保证经济增长速度的同时提高经济增长质量。充分发挥农业县的优势，以发展特色产业为龙头，开发自主品牌，同时紧抓工业生产建设，促进经济总量扩张，并继承和发扬民间传统艺术，挖掘和开发腰鼓、民歌、剪纸、农民画为特色的民俗文化，使文化旅游业逐步向产业化、规模化方向发展，提高社会整体发展水平。环境方面：充分利用各种污染物和废弃物，提高资源的循环利用率<sup>[38]</sup>，加强生态保护工程建设，提高资源利用率，实现经济与环境同行发展。全面推进现代林业建设，加大森林经营力度，加快低效林改造，提高森林质量，优化林业产业结构，加快生态文明建设，实现人与自然的和谐发展。

文中重点在于探讨安塞县社会经济系统与生态环境系统的演变规律与演变机制。在建立陕北安塞县生态与经济系统评价指标体系时，由于影响社会经济发展与生态环境演化的因素是多方面的，所以在指标的选取时只考虑到数据的代表性、客观性、动态与静态相结合以及可比性等原则来建立评价指标体系，对于已选取指标的普遍性还需进一步研究。在用剪刀差方法反映社会经济发展与生态环境演变间的差异性时，由于多项式拟合的缘故，剪刀差评价结果仅反映了研究时段内的整体趋势，对于一些波动性较大的具体年份尚有偏差。

#### 4 结论

文中采用耦合协调度模型、剪刀差方法和耦合度模型，分别研究了安塞县 1996—2013 年社会经济系统与生态环境系统的发展速度差异、协调发展状态和耦合状态的演化趋势，结果表明：

(1) 1996—2013 年间，安塞县社会经济系统综合评价指数稳定上升，自然生态系统综合水平呈现出波动中下降趋势，前者发展速度总体上快于后者。

(2) 1996—2013 年间，安塞县社会经济系统与生态环境系统的协调发展度在研究期内不断提高，耦合协调水平先后经历了从轻度失调到濒临失调再到勉强协调的状态。

(3) 1996—2013 年间，安塞县社会经济系统与生态环境系统演化速率的剪刀差较为稳定，波动趋势比较平缓。

(4) 1996—2013 年间，安塞县社会经济与生态环境的耦合度分布于  $45^\circ < \beta < 90^\circ$  范围内，二者处于协调发展阶段，耦合度  $\beta$  表现为先下降后上升。

#### 参考文献(References)：

- [1] 景可,焦菊英. 水土保持措施与效益评价研究——以陕北安塞县为例. 水土保持研究, 2011, 18(1): 132-136.
- [2] 江红莉,何建敏. 区域经济与生态环境系统动态耦合协调发展研究——基于江苏省的数据. 软科学, 2010, 24(3): 63-68.
- [3] 李双江,胡亚妮,崔建升,沈洪艳. 石家庄经济与人居环境耦合协调演化分析. 干旱区资源与环境, 2013, 27(4): 8-15.
- [4] 张丽君,刘佳骏. 内蒙古自治区社会、资源、生态与经济协调发展研究. 中央民族大学学报: 哲学社会科学版, 2009, 36(1): 61-67.
- [5] 乔标,方创琳. 城市化与生态环境协调发展的动态耦合模型及其在干旱区的应用. 生态学报, 2005, 25(11): 3003-3009.

- [6] 李湘梅,周敬宣,张娴,肖人彬. 城市生态系统协调发展仿真研究——以武汉市为例. 环境科学学报, 2008, 28(12): 2605-2613.
- [7] Copeland B R, Taylor M S. Trade, growth, and the environment. *Journal of Economic Literature*, 2004, 42(1): 7-71.
- [8] Dinda S. Environmental Kuznets curve hypothesis: a survey. *Ecological Economics*, 2004, 49(4): 431-455.
- [9] 刘耀彬,李仁东,宋学锋. 中国城市化与生态环境耦合度分析[J]. 自然资源学报, 2005, 20(1): 105-112.
- [10] 吴玉鸣,张燕. 中国区域经济增长与环境的耦合协调发展研究. 资源科学, 2008, 30(1): 25-30.
- [11] 袁绪英,曾菊新,吴宜进. 渭水河流域经济环境协调发展系统动力学模拟. 地域研究与开发, 2011, 30(6): 84-88, 101-101.
- [12] Yue D X, Xu X F, Li Z Z, Hui C, Li W L, Yang H Q, Ge J P. Spatiotemporal analysis of ecological footprint and biological capacity of Gansu, China 1991-2015: down from the environmental cliff[J]. *Ecological Economics*, 2006, 58(2): 393-406.
- [13] 符海月,李满春,毛亮,刘永学. 基于生态足迹的土地利用规划生态成效定量分析——以河北省廊坊市为例. 自然资源学报, 2007, 22(2): 225-235.
- [14] 左其亭,陈嘻. 社会经济—生态环境耦合系统动力学模型. 上海环境科学, 2001, 20(12): 592-594.
- [15] 宋红丽,薛惠锋,张哲,李献峰. 经济—环境系统影响因子耦合度分析. 河北工业大学学报, 2008, 37(3): 84-89.
- [16] 任志远,徐茜,杨忍. 基于耦合模型的陕西省农业生态环境与经济协调发展研究. 干旱区资源与环境, 2011, 25(12): 14-19.
- [17] 陈源泉,高旺盛. 基于农业生态服务价值的农业绿色 GDP 核算——以安塞县为例. 生态学报, 2007, 27(1): 250-259.
- [18] 李奇睿,王继军,郭满才. 基于结构方程模型的安塞县商品型生态农业系统耦合关系. 农业工程学报, 2012, 28(16): 240-247.
- [19] 焦峰,温仲明,石辉,王飞,张晓萍,杨勤科,李锐. 黄土丘陵沟壑区安塞县土地结构. 山地学报, 2004, 22(4): 406-410.
- [20] 梅花,王继军,高亮,张楠,崔绍芳. 安塞县农业资源—产业耦合系统对水土保持的响应分析. 干旱地区农业研究, 2013, 31(5): 150-155, 226-226.
- [21] 张青峰,吴发启,王力,王健. 黄土高原生态与经济系统耦合协调发展状况. 应用生态学报, 2011, 22(6): 1531-1536.
- [22] Yuan C Q, Liu S F, Xie N M. The impact on Chinese economic growth and energy consumption of the Global Financial Crisis: an input-output analysis. *Energy*, 2010, 35(4): 1805-1812.
- [23] 姜磊,柏玲,吴玉鸣. 中国省域经济、资源与环境协调分析——兼论三系统耦合公式及其扩展形式. 自然资源学报, 2017, 32(5): 788-799.
- [24] 许振宇,贺建林. 湖南省生态经济系统耦合状态分析. 资源科学, 2007, 30(2): 185-191.
- [25] 黄金川,方创琳. 城市化与生态环境交互耦合机制与规律性分析. 地理研究, 2003, 22(2): 211-220.
- [26] 李亮. 评价中权系数理论与方法比较[D]. 上海: 上海交通大学, 2009.
- [27] 原琳娜,李富佳,董锁成,刘鑫,马蓓蓓. 西安市生态环境与经济耦合关系. 地域研究与开发, 2016, 35(3): 128-132.
- [28] 党建华,瓦哈甫·哈力克,张玉萍,邓宝山,麦尔哈巴·麦提尼亚孜. 吐鲁番地区人口—经济—生态耦合协调发展分析. 中国沙漠, 2015, 35(1): 260-266.
- [29] 廖重斌. 环境与经济协调发展的定量评判及其分类体系——以珠江三角洲城市群为例. 热带地理, 1999, 19(2): 171-177.
- [30] 王明全,王金达,刘景双,顾康康. 吉林省西部生态支撑能力与社会经济发展的动态耦合. 应用生态学报, 2009, 20(1): 170-176.
- [31] 韩瑞玲,佟连军,佟伟铭,于建辉. 沈阳经济区经济与环境系统动态耦合协调演化. 应用生态学报, 2011, 22(10): 2673-2680.
- [32] 熊建新,陈端吕,彭保发,邓素婷,谢雪梅. 洞庭湖区生态承载力系统耦合协调度时空分异. 地理科学, 2014, 34(9): 1108-1116.
- [33] 李波,张吉献. 中原经济区城镇化与生态环境耦合发展时空差异研究. 地域研究与开发, 2015, 34(3): 143-147.
- [34] 宋超山,马俊杰,杨风,马营. 城市化与资源环境系统耦合研究——以西安市为例. 干旱区资源与环境, 2010, 24(5): 85-90.
- [35] 刘耀彬,李仁东,宋学锋. 中国区域城市化与生态环境耦合的关联分析. 地理学报, 2005, 60(2): 237-247.
- [36] 魏媛,王晓颖,吴长勇,晏银美. 喀斯特山区经济发展与生态环境耦合协调性评价——以贵州省为例. 生态经济, 2018, 34(10): 69-75.
- [37] 张丽,曹建. 乌鲁木齐市经济系统与生态环境系统耦合协调发展研究. 新疆财经, 2018, (5): 5-14.
- [38] 鹿晨昱,王春娟,张子龙,李恒吉,逯承鹏,薛冰. 陇东黄土高原地区资源消耗、环境污染与经济增长的耦合关系——以庆阳市为例. 生态学杂志, 2015, 34(9): 2681-2690.