

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

乔 标^{1,2}, 方创琳^{1*}

(1. 中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100101; 2. 中国科学院研究生院, 中国 北京 100039)

摘要: 在分析城市化进程与生态环境状况之间交互胁迫、动态演进关系的基础上, 借助于系统科学理论建立了城市化与生态环境协调发展的动态耦合模型。认为整个城市化过程就是城市化的各个层面与生态环境的综合协调、交互胁迫的耦合发展过程。在这一过程中, 城市化与生态环境协调发展系统的演化周期将经历低级协调共生、协调发展、极限发展和螺旋式上升 4 个阶段, 城市化与生态环境协调发展耦合过程的实质, 就是系统各要素相互作用、相互制约, 由低级协调共生向高级协调发展的螺旋式上升的过程。以河西走廊为例, 对干旱区城市化与生态环境协调发展的动态耦合规律进行了实证分析, 认为 1985~ 2003 年间, 河西走廊城市化水平不断提高, 生态环境状况曲折下降, 生态环境对城市化的响应较为明显, 但相对于城市化进程, 生态环境的响应又有一定的滞后性。目前河西走廊处于城市化与生态环境的协调发展阶段, 然而协调耦合度的增长很快, 整个协调发展系统即将进入极限发展阶段, 生态环境危机正在进入潜伏期。基于动态耦合模型所建立的协调耦合度, 能够较好地反映城市化与生态环境的交互胁迫、动态耦合的演变情况。根据河西走廊耦合度的变化可知, 在城市化发展的初期, 往往是需要一定的生态破坏为代价的, 然而随着城市化的发展, 生态环境必将随城市化而好转。因此, 正确认识城市化与生态环境交互胁迫的动态耦合规律, 采取适当的城市化发展模式, 对于促进河西走廊城市化与生态环境的协调发展具有重大意义。

关键词: 城市化; 生态环境; 协调发展; 耦合度

文章编号: 1000-0933(2005)11-3003-07 中图分类号: F291.1 文献标识码: A

The dynamic coupling model of the harmonious development between urbanization and eco-environment and its application in arid area

QIAO Biao^{1,2}, FANG Chuanglin^{1*} (1. Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China; 2. Graduate School of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039, China). Acta Ecologica Sinica, 2005, 25 (11): 3003~ 3009

Abstract Through investigating the interactive coercing and dynamic evolving relation between urbanization and eco-environment, this paper utilizes system theory to set up a dynamic coupling model for the harmonious development between urbanization and eco-environment. We argue that the harmonious development system of the urbanization and eco-environment would go through four phases: rudimentary symbiotic phrase, harmonious developmental phrase, utmost increasing phrase and spiral type rising phrase. Throughout the four phrases, the elements of the system would influence each other, coerce each other, and complete the spiral type rising process from low-grade symbiosis to high-grade harmony together. Hexi Corridor, Gansu is taken as a case study in terms of arid area. The results show that the urbanization level in Hexi Corridor has increased gradually from 1985 to 2003 accompanied with the fluctuations of eco-environment state. The response of eco-environment to

基金项目: 国家自然科学基金重点资助项目(40335049); 国家自然科学基金资助项目(40471059)

收稿日期: 2005-03-06; **修订日期:** 2005-06-16

作者简介: 乔标(1978~), 男, 安徽太和人, 博士生, 主要从事干旱区区域与城市可持续发展研究. E-mail: qiaob_04b@igsrr.ac.cn

* 通讯作者 Author for correspondence

Foundation item: National Natural Science Emphases Foundation Item of China (No. 40335049), National Natural Science Foundation Item of China (No. 40471059)

Received date: 2004-03-06; **Accepted date:** 2005-06-16

Biography: QIAO Biao, Ph. D. candidate, mainly engaged in regional and urban sustainable development in arid area. E-mail: qiaob_04b@igsrr.ac.cn

urbanization has been evident, but lagged behind the urbanization course. At present, the hamonious development system in Hexi Corridor was in its hamonious developmental phrase. However, the coupling degree has increased quickly and approached 90 yet, which is signaling that the system is about to enter the utmost increasing phrase, and the ecological crisis will enter the latent period. We have found that the coupling degree can well reflect the interactive coercing and dynamic evolving situation between urbanization and eco-environment in Hexi Corridor. From the temporal change of the coupling degree, it can be concluded that urbanization sometimes needs some cost of the breakages of the eco-environment in its initial stages, but as the urbanization continues, the state of the eco-environment would meliorate. It is crucial to recognize the dynamic coupling law between urbanization and eco-environment, and adopt the proper mode to realize the sustainable development of the urbanization in Hexi Corridor.

Key words: urbanization; eco-environment; hamonious development; coupling degree

在我国实施西部大开发战略和城镇化战略的过程中,推进城市化进程是河西走廊减轻生态压力、克服生态脆弱劣势和有效利用资源的必然选择,也是全面建设小康社会的必由之路^[1]。然而现实的城市化与生态环境之间存在着各种矛盾与胁迫,并且这种现象已经引起了国内外众多学者的充分关注。国外如 Dae-Sik Kim 等人运用 GIS 和 RS 手段来研究汉城快速城市化地区的空间扩展特征及其生态响应^[2]; Jeffrey D. Kline 从生态学的角度,对俄勒冈州和华盛顿西部地区城市化引起的土地利用与土地覆被变化的生态意义进行了评价^[3]; Ruth Meinen-Dick 分析了水资源对城市发展的约束与限制作用^[4]; Mary Tiffen 研究了水资源约束下的撒哈拉沙漠以南的非洲国家城市化发展模式^[5]; B. A. Portnov 通过对巴勒斯坦南部的内盖夫地区城市化进程的研究,认为城市化可以更有效地缓解生态环境压力^[6]。国内如方创琳教授指出随着城市化进程的加快,城市化作为一种重要的形式,正在对周围生态环境造成现实的或潜在的威胁^[7]; 黄金川博士认为城市化与生态环境之间存在交互胁迫关系,两者的交互耦合规律为一双指数曲线^[8]; 郑宇等认为城市集聚经济与水土资源生态阈值之间存在互动互馈机制,城市化进程促使水土资源由粗放向集约利用方式转变^[9]; 车秀珍等人认为快速的城市化进程必将与土地、水及生态环境产生冲突,日益紧缺的资源条件以及发展中产生的环境问题已成为中国城市发展的制约因素,危及城市的可持续发展^[10]。胡廷兰等认为城市是由社会、经济和自然 3 个子系统构成的复合生态系统,城市的发展需要凭借城市生态支持系统的支撑^[11]。这些研究主要是从定性的角度来分析城市化与生态环境的协调发展关系,如何定量地揭示干旱区城市化与生态环境间的交互胁迫机制,对推进干旱区城市化进程,促进可持续发展至关重要。本文在分析城市化与生态环境相互关系的基础上,运用系统科学理论建立了城市化与生态环境协调发展的动态耦合模型,并以河西走廊为例,对干旱区城市化与生态环境协调发展的动态耦合规律进行了实证研究。

1 干旱区城市化与生态环境的相互胁迫关系分析

城市化是一个社会、经济、文化等多种因素综合发展的过程,不仅表现为人口向城市的集中,农业人口向非农业人口的转换,还表现为城市数目的增加和城市地域范围的不断推进和扩展;不仅表现为农业活动向非农业活动的转换,经济结构的优化和升级,还表现为城市生活方式、价值观念、城市文化等向农村地区的渗透、影响、扩散和传播等。基于这种认识,再结合城市化的表现形式和内涵,将城市化过程归纳为 4 个层面:人口城市化、空间城市化、经济城市化和社会城市化。人口城市化主要表现为人口向城市的集中和农业人口向非农业人口的转换。在这一过程中,城市化地区的人口密度不断增大,人们的消费水平不断提高,资源消耗加速增长,这使得生态环境压力大增,人均资源占有量剧减,但同时由于集聚效应,又使得人均产出率大大增加。空间城市化主要表现为城市数目的增加和城市地域范围的不断推进和扩展。在这一过程中,城市用地不断扩大,必然导致土地资源的日益紧张。经济城市化主要表现为农业活动向非农业活动的转换,以及产业结构的转变与升级。在这一过程中,由于产业的集聚,能源消费结构的变化使得资源紧张,环境压力大增,但同时城市的经济总量得到提升,并且也改变了城乡分离式的资源配置模式,为污染物集中控制和治理提供了方便和可能。社会城市化主要表现为城市生活方式、价值观念、城市文明等向农村地区的渗透、扩散和传播。它是城市化过程的较高层次,能够改变人们的思想和观念,从而影响资源消耗状况与环境保护效果。此外,城市化还会带来光污染、噪声污染,以及交通堵塞、住房拥挤等一系列生活环境问题。这说明城市化过程对城市化地区的生态环境产生了一些影响,但同时,城市化过程的任何一个层面又都受到生态环境不同程度的限制和约束,这种限制和约束伴随着城市化过程的每一个阶段。如果说人口的集中、用地的扩展、结构的优化、文明的扩散等构成城市化发展过程中的发展圈,那么生物环境、大气环境、水环境、土壤环境等等就形成了城市化发展过程中的限制圈,如图 1 所示。整个城市化过程就是城市化的各个层面与生态环境综合协调、交互胁迫的发展过程,其实质就是上述发展圈与限制圈相互作用、相互胁迫,由低级协调共生效向高级协调发展的螺旋式上升的过程^[12]。

2 干旱区城市化与生态环境协调发展的动态耦合模型

在明确城市化与生态环境相互胁迫与演进机理的基础上,借助于系统论中系统演化的思想来建立二者之间的动态耦合模

型, 分析由城市化和生态环境所组成的复合系统的动态演变及耦合状态。

城市化与生态环境的变化过程都是一种非线性过程^[13], 其演化方程可以表示为:

$$\frac{dx_i(t)}{dt} = f(x_1, x_2, \dots, x_n); i = 1, 2, \dots, n; f \text{ 为 } x_i \text{ 的非线性函数。} \quad (1)$$

由于非线性系统运动的稳定性取决于一次近似系统特征根的性质^[14], 因此在保证运动稳定性的前提下, 将其在原点附近按泰勒级数展开, 并略去高次项 $\epsilon(x_1, x_2, \dots, x_n)$ 可以得到上述非线性系统的近似表达:

$$\frac{dx_i(t)}{dt} = \sum_{i=1}^n a_i x_i, i = 1, 2, \dots, n \quad (2)$$

根据这种思想, 可以建立城市化与生态环境变化过程的一般函数为^[13]:

$$f(U) = \sum_{j=1}^n a_j x_j, j = 1, 2, \dots, n, \quad (3)$$

$$f(RE) = \sum_{i=1}^n b_i y_i, i = 1, 2, \dots, n, \quad (4)$$

式中, x, y 为两系统的元素; a, b 为各元素的权重。

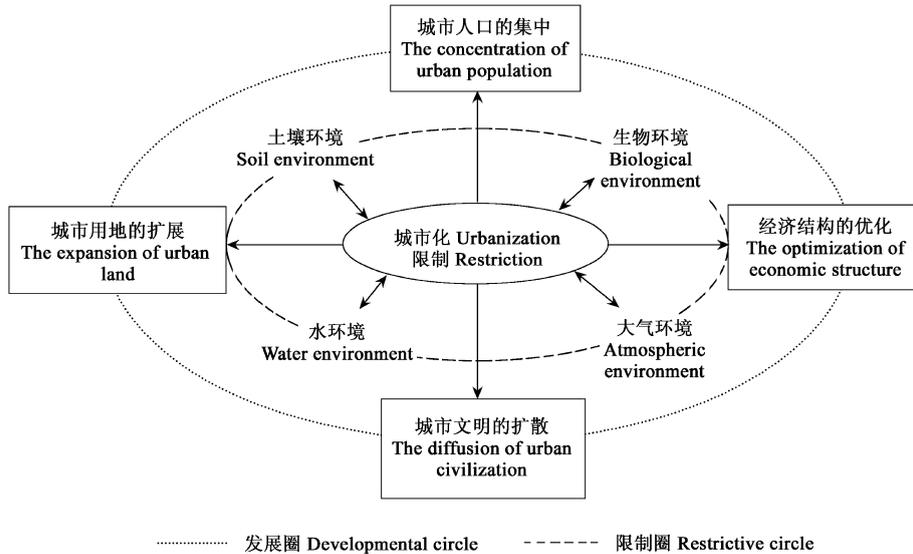


图 1 城市化与生态环境的交互胁迫关系

Fig 1 The alternating intimidatory relation between urbanization and eco-environment

鉴于城市化与生态环境二者间的交互胁迫关系, 可以把它们作为一个复合系统来考虑, 显然 $f(RE)$ 与 $f(U)$ 是这一复合系统的主导部分, 按照一般系统理论^[15], 该复合系统的演化方程可以表示为:

$$A = \frac{df(RE)}{dt} = \alpha_1 f(RE) + \alpha_2 f(U), V_A = \frac{dA}{dt} \quad (5)$$

$$B = \frac{df(U)}{dt} = \beta_1 f(RE) + \beta_2 f(U), V_B = \frac{dB}{dt} \quad (6)$$

式中, A, B 为受自身与外来影响下城市化子系统与生态环境子系统的演化状态。 V_A, V_B 分别为二子系统在受自身与外界条件影响下的演化速度。 在整个复合系统中, A 与 B 是相互影响的, 任何一个子系统的变化都将导致整个系统的变化。 整个系统的演化速度 V 可以看作是 V_A 与 V_B 的函数, 所以就有 $V = f(V_A, V_B)$, 这样就可以以 V_A 与 V_B 为控制变量, 通过分析 V 的变化来研究整个系统以及两个子系统间的协调耦合关系。

由于整个系统的演化满足组合 S 型发展机制^[16], 可以假定城市化过程与生态环境的动态协合关系呈现周期性的变化, 这样在每个周期内, 由于 V 的变化是 V_A 与 V_B 引起的, 可以把 V_A 与 V_B 的演化轨迹投影在一个二维平面 (V_A, V_B) 中来分析 V , 这样 V 的变化轨迹为坐标系中的一椭圆, 如图 2A 所示。 由图可知, V 与 V_B 的夹角 α 满足 $\text{tg}\alpha = V_A/V_B$, 则:

$$\alpha = \text{arctg}(V_A/V_B) \quad (7)$$

可以把 α 称作为耦合度, 根据 α 的取值, 就可以确定整个系统的演化状态以及城市化过程与生态环境协调发展的耦合程

度。显然,在一个演化周期内,整个系统将经历低级协调共生(I)、协调发展(II)、极限发展(III)、螺旋式上升(IV)4个阶段(图2A)。由图2可知:

(1)当 $-90^\circ \leq \alpha < 0^\circ$ 时,系统处于低级协调共生阶段。这一时期城市化进程缓慢,并且基本不受生态环境的限制和约束,城市化对生态环境的影响也几乎为零。

(2)当 $0^\circ \leq \alpha < 90^\circ$ 时,系统处于协调发展阶段,为城市化低速发展期。城市化过程已经开始显现出对生态环境的胁迫作用,生态环境对城市化过程的约束与限制也日渐突出,二者之间的矛盾开始显露,但尚不突出。

(3)当 $90^\circ \leq \alpha < 180^\circ$ 时,系统处于极限发展阶段,为城市化高速发展期。由于城市化的快速推进,经济社会的发展对资源的索取和环境的破坏日益加剧,城市化过程与生态环境之间的矛盾由激化到日益突出,并愈演愈烈,约束城市化进程的限制圈也相应越来越小,资源与生态环境危机进入潜伏期。在这一阶段,系统的演进有两个方向:一是城市化与生态环境之间的矛盾不可调节,当生态环境的恶化超越极限阈值时,整个系统解体崩溃,出现文明的倒退。由于这种情况超越了人类心理承受的极限和社会发展的规律,因此只存在理论上的可能,现实生活中一般不会发生。另一个方向是人类采取各种工程的、经济的、生物的、技术的和法律的措施,来缓解城市化与生态环境之间的矛盾,力求使发展圈与限制圈之间保持一个相对最佳的距离。经过人类不断的调节和控制,以及整个系统内部诸要素的不断调整优化,城市化与生态环境关系的不断磨合,二者的协调耦合关系不断向良性发展,最终达到城市化与生态环境的高级协调共生,如图2B所示。

(4)当 $-180^\circ \leq \alpha < -90^\circ$ 时,系统处于螺旋式上升阶段。城市化与生态环境之间的交互胁迫关系重组,并由相互胁迫转化为相互促进的关系,整个系统最终达到城市化与生态环境高级协调共生的发展状态。

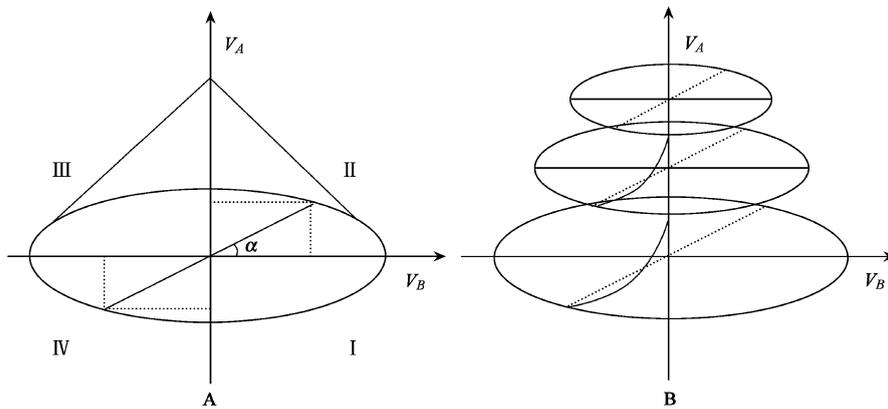


图2 城市化进程与生态环境变化的耦合发展过程

Fig. 2 The coupling evolving process of urbanization and eco-environment

4 河西走廊城市化与生态环境协调发展的耦合态势分析

4.1 城市化水平及生态环境综合评价指标的选取

为了准确评价城市化水平及生态环境,在设置评价指标体系时,按照简明科学性原则、系统整体性原则、层次性原则和可比、可量、可行性原则,结合河西走廊实际情况,最后形成了由人口城市化、空间城市化、经济城市化和社会城市化等4个一级指标,非农业人口占总人口比重,中心城镇人口规模等10个二级指标所构成的评价河西走廊城市化水平的指标体系;由资源条件要素,生态条件要素,生态压力要素和生态威胁要素共4个一级指标,人均水资源总量,人均耕地面积等14个二级指标组成的评价河西走廊生态环境综合指数的指标体系(见表1)。

4.2 数据的量化处理及耦合演变轨迹的综合评估

对于上述指标体系中,可由统计年鉴直接查得或通过间接计算可得的数据,一般采用绝对数赋值,数据主要来源于1985~2003年甘肃年鉴及河西走廊各城市年鉴;对于部分无法直接得到的数据,则在指标分析后,借鉴已有的数据,采用替代方法近似反映来对指标赋值。为了消除数据的数量级以及量纲的不同而造成的影响,需要对数据进行标准化处理,我们选择极差标准化的方法,公式为:

$$A_{ij} = \frac{X_{ij} - \min(x_i)}{\max(x_i) - \min(x_i)} \quad (8)$$

式中, i 为年份; j 为指标序号; x 为指标数据。为统一指标的变化方向,需要对一些指标进行变向处理,变向处理的公式为:

$a_{ij} = 1 - A_{ij}$, 这样处理后,数据的数值范围在 $[0 \sim 1]$ 之间。各指标的权重的赋值,采用德尔菲法(Delphi)来确定(见表1),经过加

权求和, 得出河西走廊各年城市化水平与生态环境的综合指标值(表 2)。两者的演化态势如图 3、图 4 所示。可见, 1985 年以来, 河西走廊城市化进程在曲折发展中呈现出明显升高的趋势; 生态环境状况变化波动较大, 但总体趋势为下降。在 1985~ 1990 年间, 城市化缓慢上升, 而生态环境状况下降; 在 1990~ 1993 年间, 城市化快速发展, 而生态环境曲折波动; 在 1993~ 1998 年间, 城市化发展速度又放缓, 而生态环境先恶化后好转; 在 1999 年以后, 城市化又快速发展, 而生态环境不断恶化。以上情况说明, 河西走廊的生态环境状况对城市化的响应较为明显, 但相对于城市化进程, 生态环境的响应过程具有一定的滞后性。

表 1 河西走廊生态环境及城市化水平的综合评价指标体系及权重

Table 1 The index system and weights of urbanization and eco-environment in Hexi Corridor

项目 Item	一级指标 First grade indexes	权重 Weights	二级指标 Second grade indexes	权重 Weights	
城市化综合 指数 The integration value of urbanization	人口城市化 Demographic urbanization	0.30	非农人口占总人口比重 Proportion of Nonagricultural population	0.60	
			中心城镇人口规模 Population of the center city	0.40	
	空间城市化 Spatial urbanization	0.20	城镇密度 Density of the towns	0.43	
			交通线网密度 Density of the traffic line	0.31	
			每万人拥有建成区面积 Developed areas per 104 people	0.26	
	经济城市化 Economic urbanization	0.30	二、三产业增加值占 GDP 比重 Proportion of the added value of secondary and tertiary industry among GDP	0.42	
			人均国内生产总值 GDP per capita	0.33	
			人均工业总产值 Gross industrial output value per capita	0.25	
	社会城市化 Social urbanization	0.20	人均社会消费品零售总额 Total retail sales of consumer goods per capita	0.50	
			居民消费水平 Consumption level of the residents per capita	0.50	
资源条件要素 Resource factor	0.25	人均水资源总量 Total volume of water per capita	0.35		
		人均耕地面积 Cultivated area per capita	0.25		
		人均粮食作物播种面积 Total sown area of grain crops per capita	0.20		
		人均有效灌溉面积 Effective irrigated area per capita	0.20		
		生态条件要素 Ecological endowment factor	0.25	建成区绿化覆盖率 Percentage of vegetation with green areas	0.30
				人均拥有园林绿地面积 Percentage of the area of parks, gardens and green areas per capita	0.30
生态环境综合 指数 The integration value of eco- environment	生态压力要素 Ecological pressure factor	0.25	人均可利用水资源总量 Usable volume of water resource per capita	0.40	
			人均水土流失面积 Area of soil erosion per capita	0.30	
			人均自然灾害受灾面积 Area covered by natural disaster per capita	0.30	
			单位水资源产值 Production value per unit of water resource	0.20	
	生态威胁要素 Ecological menace factor	0.25	亩均粮食产量 Yield of grain crops per mu	0.20	
			人均工业废水排放量 Discharged volume of industrial waste water per capita	0.40	
			人均工业 SO ₂ 排放量 Discharged volume of industrial SO ₂ per capita	0.30	
			人均工业粉尘排放量 Discharged volume of industrial dust per capita	0.30	

分别将二曲线进行非线性拟合, 并采用公式(5)、(6)计算, 得到:

$$V_A = dA/dt = -3E - 06x^5 + 1.5E - 04x^4 - 0.0024x^3 + 0.0152x^2 - 0.0268x - 0.0174 \quad (9)$$

$$V_B = dB/dt = 0.0209x^{0.4137} \quad (10)$$

采用公式(7)可求得 1985~ 2003 年间的 V_A 、 V_B 、 $tg\alpha$ 和 α 值, 如表 3 所示。

表 2 1985~ 2003 年河西走廊城市化与生态环境综合指标值

Table 2 The integration value of urbanization and eco-environment in Hexi Corridor (1985~ 2003)

年份 Year	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994
城市化综合指标 The integration value of urbanization	0.0272	0.0281	0.0504	0.0891	0.1203	0.1468	0.2145	0.3108	0.3992	0.4345
生态环境综合指标 The integration value of eco-environment	0.5623	0.5287	0.4980	0.4900	0.5024	0.5027	0.5461	0.4878	0.5014	0.5186
年份 Year	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	
城市化综合指标 The integration value of urbanization	0.4886	0.5201	0.5710	0.6087	0.6645	0.7458	0.8494	0.9205	0.9877	
生态环境综合指标 The integration value of eco-environment	0.5994	0.5188	0.5105	0.4668	0.4742	0.5296	0.5336	0.4561	0.4561	

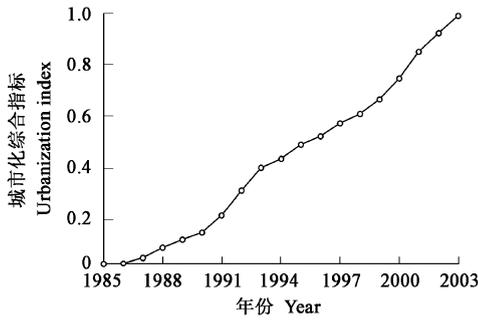


图3 1985~ 2003年河西走廊城市化水平动态变化曲线

Fig. 3 The urbanization level evolving curve of Hexi Corridor from 1985 to 2003

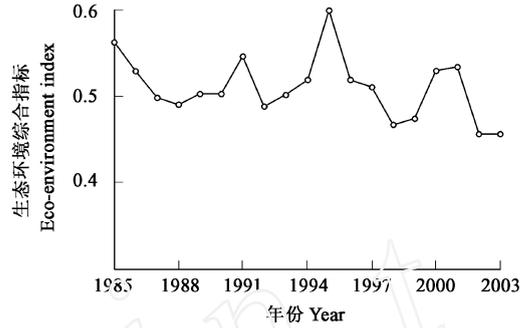


图4 1985~ 2003年河西走廊生态环境变化曲线

Fig. 4 The eco-environment evolving curve of Hexi Corridor from 1985 to 2003

表3 1985~ 2003年河西走廊城市化过程与生态环境协调发展的耦合度

Table 3 The coupling degree of urbanization and ecological environment changing in Hexi Corridor (1985~ 2003)

年份 Year	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994
V_A	- 0.0313	- 0.0271	- 0.0144	0.0003	0.013	0.0217	0.0263	0.0283	0.03	0.0346
V_B	0.0209	0.0278	0.0329	0.0371	0.0407	0.0439	0.0467	0.0494	0.0519	0.0542
$tg\alpha$	- 1.498	- 0.975	- 0.438	0.008	0.319	0.494	0.563	0.573	0.578	0.638
α	- 56.30 °	- 44.29 °	- 23.65 °	0.46 °	17.72 °	26.32 °	29.40 °	29.82 °	30.04 °	32.57 °
年份 Year	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	
V_A	0.0456	0.0665	0.1005	0.1499	0.2162	0.2993	0.3972	0.5059	0.6189	
V_B	0.0564	0.0584	0.0604	0.0623	0.0641	0.0658	0.0675	0.0691	0.0707	
$tg\alpha$	0.809	1.139	1.664	2.406	3.373	4.549	5.884	7.321	8.754	
α	38.98 °	48.74 °	59.02 °	67.47 °	73.52 °	77.64 °	80.40 °	82.26 °	83.530	

4.3 河西走廊城市化与生态环境协调发展的耦合态势分析

为了更清楚的反映河西走廊城市化与生态环境动态耦合的演化态势, 根据表3 绘出城市化与生态环境协调发展的动态耦合演化曲线, 如图5。由图可知, 1985~ 2003年间河西走廊城市化与生态环境动态耦合的演化过程可以分为两个阶段: 在1985~ 1987年间, 城市化与生态环境的协调耦合度处于第四象限, 说明整个协调发展系统处于低级协调共生区。在这一时期, 城市化水平缓慢提升, 而生态环境状况不断下降, 二者的协调耦合状态不断恶化, 表现为 α 值几乎直线上升。在1988~ 2003年间, 城市化与生态环境的协调耦合度处于第一象限, 说明整个协调发展系统处于协调发展区。在这一阶段又可以分为两个时期, 即1988~ 1994年协调耦合度的缓慢变化时期和1994~ 2003年协调耦合度的快速变化时期。由于前一阶段城市化对生态环境的胁迫作用, 导致生态环境对城市化的反馈作用开始显现。随着生态的投入的增加, 生态环境开始好转, 因此城市化与生态环境的协调耦合状态缓慢变化, 表现为1988~ 1994年间 α 值几乎不变。由于城市化与生态环境的矛盾逐渐缓和, 生态环境对城市化的约束作用逐渐减小, 城市化开始快速发展。由于城市化的快速发展, 城市化对生态环境的胁迫作用不断增强, 城市化与生态环境的协调耦合状态急剧变化, 表现为 α 值的快速上升。以上情况说明, 基于动态耦合模型所建立的协调耦合度, 能够较好地反映城市化与生态环境的交互胁迫、动态耦合的演变情况。对于河西走廊来说, 目前处于城市化与生态环境的协调发展阶段, 然而协调耦合度的增长很快, 已经逼近90°, 表明城市化即将进入快速发展期, 整个协调发展系统也即将进入极限发展阶段, 资源与生态环境危机正在进入潜伏期。这也说明在城市化的初期, 往往是需要一定的生态破坏为代价的, 然而随着城市化的发展, 生态环境必将随城市化而好转。

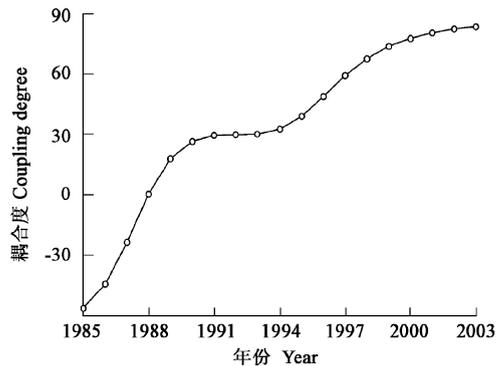


图5 1985~ 2003年河西走廊城市化与生态环境耦合演化态势

Fig. 5 The dynamic coupling situation of urbanization and eco-environment in Hexi Corridor from 1985 to 2003

5 结论

综上所述可知 1985~ 2003年间, 河西走廊城市化水平不断提

高, 生态环境状况曲折下降, 生态环境对城市化的响应较为明显, 具有一定的滞后性。目前河西走廊正处于城市化与生态环境的协调发展阶段, 然而协调耦合度的增长很快, 已经逼近 90°, 表明整个协调发展系统也即将进入极限发展阶段, 生态环境危机正在进入潜伏期。以上情况说明在城市化发展的初期, 往往是需要一定的生态破坏为代价的, 然而随着城市化的发展, 生态环境必将随城市化而好转; 基于动态耦合模型所建立的协调耦合度, 能够较好地反映城市化与生态环境的交互胁迫、动态耦合的演变情况。因此, 正确认识城市化与生态环境交互胁迫的动态耦合规律, 采取适当的城市化发展模式, 对于促进河西走廊城市化与生态环境的协调发展具有重大意义。

References

- [1] Fang C L. *The ecological economic corridor of West China*. Beijing: The Commercial Press, 2004. 184~ 197.
- [2] Dae-Sik Kim, Kei Mizuno, Shintaro Kobayashi. Analysis of urbanization characteristics causing farmland loss in a rapid growth area using GIS and RS. *Paddy Water Environment*, 2003, (1): 189~ 199.
- [3] Jeffrey D Kline, A lissa Moses, Ralph J A lig. Integrating urbanization into landscape-level ecological assessments. *Ecosystem*, 2001, (4): 3~ 18.
- [4] Ruth Meinzen-Dick, Paul P. Appasamy. Urbanization and Intersectoral Competition for Water. *Urbanization and Water*, 2001: 27~ 51.
- [5] Mary Tiffen. Transition in Sub-Saharan Africa: agriculture, urbanization and income growth. *World Development*, 2003, 31(8): 1343~ 1366.
- [6] Portnov B A, Safriel U N. Combating desertification in the Negev: dryland agriculture vs dryland urbanization. *Journal of Arid Environments*, 2004, (56): 659~ 680.
- [7] Fang C L, Huang J C, Bu W N. Theoretical study on urbanization process and ecological effect with the restriction of water resource in arid area of Northwest China. *Arid Land Geography*, 2004, 27(1): 1~ 7.
- [8] Huang J C, Fang C L. Analysis of coupling mechanism and rules between urbanization and eco-environment. *Geographical Research*, 2003, 22(2): 211~ 220.
- [9] Zhang Y, Feng D X. An analysis of urbanization process and water-land resource sustainable utility. *Progress in Geography*, 2002, 21(3): 223~ 229.
- [10] Che X Z, Shang J C, Chen C. Study on strategic environmental assessment in the course of the urbanization. *Scientia Geographica Sinica*, 2001, 21(6): 554~ 557.
- [11] Hu T L, He M C, Yang Z F. An analytical method on limiting factors of urban ecological supporting system and its application to Guangzhou City. *Acta Ecologica Sinica*, 2004, 24(7): 1493~ 1499.
- [12] Fang C L. The theory of reciprocity between regional sustaining circle and development circle. *Natural Dialectic Research*, 1999, 15(2): 31~ 33.
- [13] Li C M, Ding L Y. Study of coordinated development model and its application between the economy and resources environment in small town. *Systems Engineering Theory & Practice*, 2004, 24(11): 134~ 139.
- [14] Liao X X. *Theory, method and application of stability*. Wuhan: Hua Zhong University Press, 1999.
- [15] Bertalanffy L V. *General system theory-foundation, development, applications* (Reversion edition). New York: George Beaziller, 1987.
- [16] Xu X R, Wu Z J, Zhang J R. Research on the path and early warning of sustainable development. *Mathematics in Practice and Theory*, 2003, 33(2): 31~ 37.

参考文献:

- [1] 方创琳. 中国西部生态经济走廊. 北京: 商务印书馆, 2004. 184~ 197.
- [7] 方创琳, 黄金川, 步伟娜. 西北干旱区水资源约束下城市化过程及生态效应研究的理论探讨, 干旱区地理, 2004, 27(1): 1~ 7.
- [8] 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.
- [9] 郑宇, 冯德显. 城市化进程中水土资源可持续利用分析. 地理科学进展, 2002, 21(3): 223~ 229.
- [10] 车秀珍, 尚金城, 陈冲. 城市化进程中的战略环境评价(SEA)初探. 地理科学, 2001, 21(6): 554~ 557.
- [11] 胡廷兰, 何孟常, 杨志峰. 城市生态支持系统瓶颈分析方法及应用研究. 生态学报, 2004, 24(7): 1493~ 1499.
- [12] 方创琳. 区域持续圈与发展圈相互作用理论. 自然辩证法研究, 1999, 15(2): 31~ 33.
- [13] 李崇明, 丁烈云. 小城镇生态环境与社会协调发展评价模型及其应用研究. 系统工程理论与实践, 2004, 24(11): 134~ 139.
- [14] 廖晓昕. 稳定性的理论、方法和应用. 武汉: 华中理工大学出版社, 1999.
- [16] 徐学荣, 吴祖建, 张巨勇, 等. 可持续发展通道及预警研究. 数学的实践与认识, 2003, 33(2): 31~ 37.