

干旱区城市化与生态环境交互耦合的规律性及其验证

乔 标^{1,2}, 方创琳¹, 黄金川¹

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

摘要:在分析干旱区城市化与生态环境交互耦合关系的基础上,系统阐述了城市化与生态环境之间的交互耦合函数、耦合轨迹、耦合类型和耦合阶段,并以河西走廊为例,对干旱区城市化与生态环境交互耦合的规律进行了验证。在干旱区城市化与生态环境之间,既有相互胁迫的过程,也有相互促进的环节,它们之间是一种在交互胁迫中相互促进的动态耦合关系;这种耦合关系在其演化周期内呈现出双指数函数的变化规律,其耦合演化轨迹是一条双指数曲线;在城市化与生态环境的交互耦合过程中,可能会出现低级协调型、生态主导型、同步协调型、城市化滞后型、逐步磨合型、城市化超前型、生态脆弱型、低级磨合型和不可持续型等九种基本耦合类型,并经历低水平协调、拮抗、磨合、好转和高水平协调等5个耦合阶段。河西走廊各城市城市化与生态环境交互耦合的演进过程符合双指数函数的变化规律,其耦合轨迹均呈现出双指数曲线的变化形式;嘉峪关市属于逐步磨合型,目前处于好转阶段;金昌市属于城市化超前型,处于磨合阶段;酒泉市属于生态主导型,处于拮抗阶段;张掖市属于同步协调型,处于拮抗阶段;武威市属于生态脆弱型,处于拮抗阶段;玉门市属于低级磨合型,处于好转阶段;敦煌市属于生态脆弱型,处于拮抗阶段;河西走廊属于生态脆弱型,处于拮抗阶段。

关键词:干旱区;城市化;生态环境;耦合规律

文章编号:1000-0933(2006)07-2183-08 **中图分类号:**F291.1 **文献标识码:**A

The coupling law and its validation of the interaction between urbanization and eco-environment in arid area

QIAO Biao^{1,2}, FANG Chuang-Lin¹, HUANG Jin-Chuan¹ (1. Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, Chinese Academy of Sciences, 100101 Beijing, China; 2. Graduate School of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039, China). *Acta Ecologica Sinica*, 2006, 26(7): 2183 ~ 2190.

Abstract: This paper analyzed the interaction between urbanization and eco-environment in arid area, and then deduced the coupling function and coupling curve between urbanization and eco-environment in arid area systematically. On the base of the coupling function and curve, we analyzed the coupling types and the coupling stages theoretically. Finally, we validated the coupling function, curve, types and stages between urbanization and eco-environment in arid area with an example of Hexi Corridor. Studies showed that the dynamic coupling relation between urbanization and eco-environment is mutual promotion while inter-coercing course. This kind of coupling relation takes on a double-exponential function changing law, and the evolutive track of the interaction between urbanization and eco-environment is a double-exponential curve. During the interactive coupling course between urbanization and eco-environment, nine basic coupling types may be existed, that is rudimentary coordinating type, ecological dominated type, synchro coordinating type, urbanization lagging type, stepwise break-in type, urbanization exorbitant type, fragile ecological type, rudimentary break-in type and unsustainable type. The coupling system of urbanization and eco-environment in arid area will go through five basic coupling stages, namely rudimentary coordinating stage, antagonistic stage, break-in stage, ameliorative stage and high-grade coordinating stage. The interactive coupling course between urbanization and

基金项目:国家自然科学基金重点资助项目(40335049)

收稿日期:2005-12-04; **修订日期:**2006-04-28

作者简介:乔标(1978~),男,安徽太和人,博士,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

Foundation item: The project was supported by National Natural Science Foundation of China (No. 40335049)

Received date: 2005-12-04; **Accepted date:** 2006-04-28

Biography: QIAO Biao, Ph.D., mainly engaged in regional and urban sustainable development in arid area. E-mail: qiaob.04b@igsrr.ac.cn

eco-environment of the cities in Hexi Corridor accorded with the double-exponential changing law, and the coupling tracks of the cities taken on a shape of double-exponential curve. Jiayuguan city belongs to stepwise break-in type, and is at its ameliorative stage; Jinchang city belongs to urbanization exorbitant type, and is at its break-in stage; Jiuquan city belongs to ecological dominated type, and is at its antagonistic stage; Zhangye city belongs to synchro coordinating type, and is at its antagonistic stage; Wuwei city belongs to fragile ecological type, and is at its fragile ecological type; Yumen city belongs to rudimentary break-in type, and is at its ameliorative stage; Dunhuang city belongs to fragile ecological type, and is at its antagonistic stage; Hexi Corridor belongs to fragile ecological type, and is at its antagonistic stage.

Key words: arid area; urbanization; eco-environment; coupling law

在干旱地区,城市发展和城市化进程受到水资源和生态环境的严重限制和约束。河西走廊大量古城兴起与湮没的历史均证明水资源及生态环境是影响干旱区城市发展的重要驱动因素^[1]。而当今,额济纳绿洲急剧萎缩,甘肃民勤红崖山水库首次干涸^[2],大片的胡杨林、沙枣林枯死,大自然已经向人类频频发出信号。可见,正确认识城市化与生态环境之间的交互耦合规律,对于推动干旱区经济、社会、生态的协调、稳定与可持续发展至关重要。

从国内外干旱区城市化与生态环境交互作用关系研究的现状来看,国外学者非常重视城市化与生态环境交互作用机理的研究,他们主要从城市经济发展与环境污染之间关系的角度探讨生态环境对城市发展及城市化的束缚作用^[3,4];广泛采用“3S”技术和定量分析方法来评价城市化与生态环境的交互响应过程^[5-7];并逐步加强对干旱区城市化与生态环境可持续发展途径的研究^[8,9]。而国内学者更多的关注干旱区水资源紧张及生态恶化的原因^[10,11];他们主要运用 EKC 模型、双指数模型和耦合度模型等定量分析手段,从城市人口集聚、经济增长、空间扩展等 3 个角度探讨城市化与生态环境之间的交互作用机理^[12-14]。可以说,这些研究为人们进一步探索城市化与生态环境之间的交互作用规律奠定了重要的理论与实践基础,也提供了重要启示。然而当前单独研究城市化或生态环境的较多,将二者结合起来的较少;实证研究较多,规律总结较少;城市化对生态环境的胁迫效应研究的较多,生态环境对城市化的约束效应研究较少;无论是国内还是国外都很少从理论上探讨城市化与生态环境之间的交互耦合规律。本文在分析干旱区城市化与生态环境交互耦合关系的基础上,从理论上分析了城市化与生态环境之间的耦合函数、耦合轨迹、耦合类型和耦合阶段,并以河西走廊为例进行了验证。这对于正确理解城市化与生态环境之间的耦合机制,推进干旱区城市化与生态环境的协调发展具有一定的借鉴意义。

1 干旱区城市化与生态环境的交互耦合关系

在干旱区,由于水资源短缺、自然条件恶劣,要维持生态系统的正常运转就需要大量的生态用水和生态用地。由于城市经济的发展可能大量挤占生态用水,城市空间的扩展也可能占用大量的生态用地,因此,正是由于水资源短缺这一根本原因,才使得干旱区城市发展对周围生态环境的胁迫作用更强和本来就十分脆弱的生态环境对城市发展和城市化的约束作用更大,二者之间的交互作用过程更加剧烈。一方面城市化通过人口集聚、空间扩张、经济增长和结构优化等过程对生态环境产生各种胁迫和影响;另一方面生态环境通过水资源、土地资源、大气环境和生物环境等要素完成对城市化各个环节的反馈和反作用过程。

在城市化初期,城市对生态环境的影响并不大,生态环境对城市化的约束作用也几乎为零;随着城市化的推进,两方面的作用都不断增强,一旦突破某一触发点之后,生态压力就开始显现,城市化也被迫调整减缓。随着生态投入的增加、发展模式的调整和人们对环境保护的重视,城市化与生态环境之间的矛盾逐渐缓和。此后,由于生态压力减小,城市化又得以快速发展,生态压力又不断增大,城市化又开始新一轮的调整。在城市化的胁迫下,生态环境质量不断下降,但是随着城市化的发展,生态、环保投入逐渐增大,生态环境最终将趋于好转;在生态环境的约束下,城市化过程不断调整、优化,通过二者之间的交互胁迫与不断磨合,驱使着资源要素向着优化配置的方向、经济结构向着不断高级合理的方向、城市化与生态环境的关系向着协调发展的方

向不断演进,并最终推动整个城市化与生态环境复合系统从低级协调共生向高级协调耦合的形态演化^[14]。

2 干旱区城市化与生态环境交互耦合的规律性分析

2.1 干旱区城市化与生态环境的耦合函数——双指数函数

根据周一星等人的研究,城市化水平与经济发展水平之间存在着一种对数曲线的相关关系^[15,16],可以表示为:

$$y = a \lg x + b \quad (1)$$

式中, y 代表城市化水平; x 为人均国民生产总值; a , b 为待定参数。此外, Grossman 等人也早就证实生态环境状况与经济发展水平之间是一种倒“U”形的变化关系^[17,18],可以表示为:

$$z = m - n(x - p)^2 \quad (2)$$

式中, z 代表生态环境恶化程度; x 为人均国民生产总值; m , n , p 为待定参数。因此,基于这两种关系,可以采用数学方法推导出城市化与生态环境之间的耦合函数为双指数函数^[13]:

$$z = m - n[10^{\frac{y-b}{a}} - p]^2 \quad (3)$$

式中, z 为生态环境恶化程度; y 为城市化水平; m , n , a , b , p 为待定参数。

2.2 干旱区城市化与生态环境的耦合轨迹——双指数曲线

分别将生态环境随经济发展水平变化的 EKC 倒 U 形曲线和城市化随经济发展水平变化的对数曲线画在同一个坐标系的第一和第三象限,然后分别从两条曲线上引水平和垂直辅助线向第二象限投射,将经济轴消去后,即在第二象限生成一条城市化与生态环境耦合的关系曲线^[13]。该曲线被中间的拐点分为两部分,两部分都是指数曲线,前一部分单调增,后一部分单调减。在拐点之前,生态环境恶化程度随城市化水平而增加;在拐点之后,生态环境恶化程度随城市化水平而衰减。

2.3 干旱区城市化与生态环境的耦合类型——9 种基本类型

上述双指数模型是从理论上推导出来的,它反映了城市化与生态环境交互作用过程的一般规律和总体演化趋势,具体到某一城市,城市化与生态环境交互作用的演化轨迹可能不会与双指数曲线完全吻合。也就是说这一模型在不同的地区、不同的生态环境背景下,不同的城市化发展模式下的具有不同的表现形式,归纳起来,主要有以下 9 种(见图 1):

(1)低级协调型 这一类型的区域生态条件相对较好,城市化发展缓慢;城市化对生态环境的胁迫作用不强,生态压力变化不大,因此,生态压力变化的拐点并不明显。

(2)生态主导型 这一类型的区域生态条件相对较好,城市化较为缓慢;城市化对生态环境的影响不大,生态压力一直较小,远离生态阈值;生态压力变化的拐点出现较晚。

(3)同步协调型 这一类型的区域生态条件相对较好,城市化速度较快;在生态压力逐渐逼近最大阈值的过程中,人类的调控使得城市化放缓,矛盾得以缓和,因此生态压力变化的拐点出现相对较早。

(4)城市化滞后型 这一类型的区域生态条件较为一般,城市化极为缓慢,生态压力的增长也较为缓慢;并且随着技术进步和投入的增加,生态压力又趋于缓和,生态压力变化的拐点出现相对较早。

(5)逐步磨合型 这一类型的区域生态条件较为一般,城市化较为缓慢;在生态阈值的控制下,城市化有一个快慢快的往复,生态压力也有一个张弛张的过程。生态压力的变化可能会出现多个拐点,但始终处于最大阈值的控制范围之内。

(6)城市化超前型 这一类型的区域生态条件较为一般,城市化速度较快,生态压力增长很快,并且很快逼近最大阈值,城市化也可能会出现负增长;生态压力的变化同样可能会出现多个拐点,但最终趋缓。

(7)生态脆弱型 这一类型的区域生态条件较差,城市化也极为缓慢,然而生态压力却不断增大;随着城市化与生态环境关系的不断磨合,生态压力又趋于减小;生态环境对城市化的约束作用非常明显,生态压力变化的拐点出现较早。

(8)低级磨合型 这一类型的区域生态条件较差,城市化较为缓慢;生态压力不断增大,城市化与生态压

力的变化均有一个不断波动的过程;在人类的调控下,生态压力最终将会趋缓,然而其变化的拐点出现相对较晚。

(9)不可持续型 这一类型的区域生态条件较差,然而城市化速度较快,生态压力急剧增加,并超越阈值极限,矛盾不可调和,生态环境破坏至极,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。

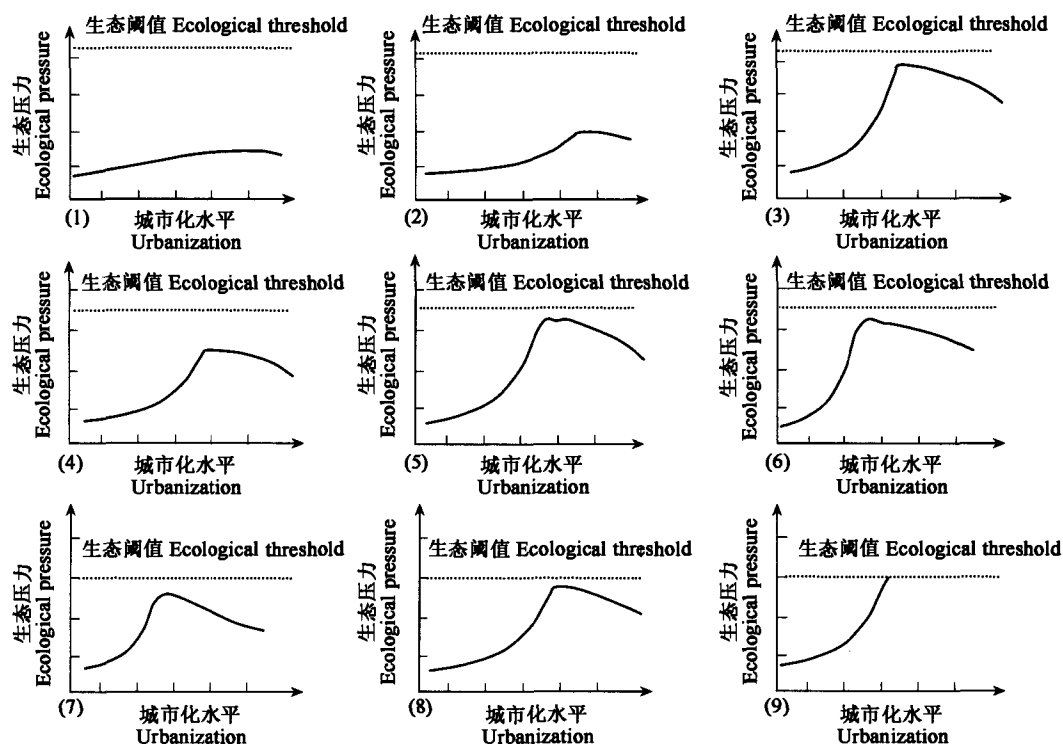


图 1 干旱区城市化与生态环境的九种耦合类型

Fig. 1 The evolution types of the coupling process between urbanization and eco-environment in arid area

2.4 干旱区城市化与生态环境的耦合过程——5 个演化阶段

根据城市化发展阶段、动力机制特征,以及城市化与生态环境之间的交互胁迫关系,可以判断城市化与生态环境的交互耦合过程主要经历 5 个演化阶段:

(1)低水平协调阶段 一般处于城市化初期,以集聚效应为主,在空间上表现为向心城市化阶段。由于城市化缓慢,尚未达到累积环境效应的触发点,对生态环境造成的破坏一般可以通过环境的自净能力得以恢复。

(2)拮抗阶段 一般处于城市化初期和加速发展阶段,以集聚和集聚扩散效应为主,在空间上表现为向心城市化和郊区化阶段。城市化快速推进,生态压力明显增大,两者之间存在错综复杂的协同或拮抗作用,累积环境效应响应呈现急速加剧的趋势特性。

(3)磨合阶段 一般处于城市化加速发展阶段的末期,以扩散集聚效应为主,在空间上表现为逆城市化阶段。城市化速度减缓,生态压力逐渐逼近生态阈值,两者的矛盾由尖锐到缓和再到尖锐不断地交替、磨合,累积环境效应呈现出波动响应的趋势特性。

(4)好转阶段 一般处于城市化的成熟发展阶段,以扩散集聚和扩散效应为主,在空间上表现为再城市化阶段。由于技术进步、结构转型、投入增加和意识的强化,生态环境不断好转,矛盾逐步缓和,累积环境效应呈现平稳下降的趋势特性。

(5)高水平协调阶段 一般处于城市化的成熟发展阶段。经过上一阶段的恢复,城市化对生态环境造成的破坏得到恢复,生态压力降到最小,城市化与生态环境之间的矛盾基本消除,累积环境效应呈现延缓平稳的

趋势特性。

3 河西走廊城市化与生态环境交互耦合规律的验证与分析

为了验证干旱区城市化与生态环境交互耦合的规律性,可以采用非农业人口占总人口比重代表城市化水平,人均 GDP 代表经济发展水平,生态压力指数代替生态环境恶化程度,通过拟和求解,进而判断城市化与生态环境之间的耦合函数、耦合轨迹、耦合类型与耦合阶段。

3.1 生态压力的综合评价

根据河西走廊的实际情况,按照简明科学性原则、系统整体性原则与可比、可量、可行性原则,建立了如下的指标体系(表 1)。各指标数据来源于 1985~2003 年河西走廊各城市年鉴、环境质量报告书和水利年报。为了消除数据的数量级以及量纲的不同而造成的影响,采用极差标准化的方法进行标准化处理,公式为:

$$A_{ijk} = \frac{X_{ijk} - \min_i \min_k (x_j)}{\max_i \max_k (x_j) - \min_i \min_k (x_j)}$$

(4)

式中, x 为指标数据; i 为年份; k 为城市; j 为指标序号。为统一指标的变化方向,需要对部分指标进行变向处理,公式为: $a_{ijk} = 1 - A_{ijk}$ 。经处理后,数据的数值范围在 $[0 - 1]$ 之间,并且对于同一指标来说,在所有年份所有城市中最大者为 1,最小者为 0,这样,既消除了量纲的影响,又使各城市之间的指标具有可比性。各指标权重的赋值,采用德尔菲法(Delphi)来确定,经过加权求和,得出河西走廊各年生态压力指数(表 2)。

表 1 生态压力指数的评价指标体系

Table 1 The index system of eco-environmental pressure exponent				
项目 Item	要素 Elements	权重 Weights	指标 Indexes	权重 Weights
生态压力指数 Exponent of ecological pressure	资源条件要素 Resource endowment	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 Environment endowment	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
			人均可利用水资源总量 Usable volume of water resource per capita	0.40
	生态压力要素 Ecological pressure	0.25	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 Areas covered by natural disaster per capita	0.30
			单位水资源产值 Production value per unit of water resource	0.20
			亩均粮食产量 Yield of grain crops per mu	0.20
	生态威胁要素 Ecological menace	0.25	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

表 2 河西走廊各城市生态压力指数

Table 2 The eco-environmental pressure exponents of the cities in Hexi Corridor																			
年份 Year	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
嘉峪关 Jiayuguan	0.587	0.58	0.561	0.565	0.586	0.589	0.617	0.613	0.612	0.607	0.626	0.592	0.592	0.579	0.572	0.562	0.533	0.512	0.497
金昌市 Jinchang	0.556	0.556	0.554	0.54	0.544	0.544	0.532	0.547	0.546	0.55	0.554	0.543	0.549	0.517	0.516	0.526	0.524	0.519	0.514
酒泉市 Jiuquan	0.372	0.37	0.374	0.375	0.375	0.379	0.375	0.372	0.373	0.379	0.391	0.386	0.387	0.395	0.413	0.424	0.445	0.411	0.415
张掖市 Zhangye	0.305	0.308	0.305	0.311	0.313	0.307	0.344	0.316	0.33	0.334	0.354	0.327	0.326	0.329	0.346	0.344	0.405	0.366	0.346
武威市 Wuwei	0.456	0.439	0.456	0.471	0.475	0.484	0.48	0.483	0.483	0.461	0.489	0.479	0.481	0.474	0.483	0.49	0.454	0.468	0.46
玉门市 Yumen	0.493	0.491	0.484	0.485	0.482	0.478	0.474	0.472	0.477	0.486	0.477	0.475	0.47	0.48	0.494	0.508	0.501	0.492	0.491
敦煌市 Dunhuang	0.324	0.336	0.347	0.36	0.368	0.377	0.346	0.387	0.374	0.368	0.415	0.453	0.445	0.419	0.464	0.475	0.465	0.442	0.489
河西走廊 Hexi Corridor	0.456	0.449	0.446	0.446	0.446	0.446	0.455	0.448	0.453	0.457	0.468	0.452	0.452	0.45	0.458	0.466	0.465	0.447	0.444

3.2 河西走廊城市化与生态环境交互耦合双指数函数的验证

在对城市化水平、人均 GDP、生态压力指数等数据进行处理后,通过非线性拟合求解,得出各城市的城市化与生态环境交互耦合的双指数函数方程,见表 3。对双指数函数加以分析可知, m 为拐点出现时生态环境的恶化程度; b 的取值决定拐点出现的早晚,其值越大,拐点出现时的城市化水平就越高; n 的取值与生态压力随城市化变化的速率有关,其值越大,变化速率越大。因此,从 m 的取值来看,玉门市 > 嘉峪关市 > 敦煌市 > 张掖市 > 酒泉市 > 金昌市 > 河西走廊 > 武威市,表现出工业城市和生态脆弱型城市拐点出现时的生态压力一般较高;从 b 的取值来看,嘉峪关市 > 玉门市 > 金昌市 > 酒泉市 > 敦煌市 > 河西走廊 > 张掖市 > 武威市,表现出工业城市的拐点晚于农业城市的特点;从 n 的取值来看,武威市 > 嘉峪关市 > 河西走廊 > 敦煌市 > 酒泉市 > 张掖市 > 金昌市 > 玉门市,这与各城市生态压力及城市化水平的变化趋势基本一致。以上情况说明所求出的耦合方程能够恰当反映河西走廊及各城市城市化与生态环境的交互耦合关系,河西走廊及各城市城市化与生态环境交互耦合的演进过程符合双指数函数的变化规律。

表 3 河西走廊各城市城市化与生态环境交互耦合的双指数函数方程
Table 3 The double-exponential coupling functions between urbanization and eco-environment in Hexi Corridor

城市 City	m	n	p	a	b	交互耦合函数关系式 The double-exponential coupling functions
嘉峪关市 Jiayuguan	0.6014	1.2025	0.5269	0.1484	0.9773	$z = 0.6014 - 1.2025(10^{\frac{z-0.9773}{0.1484}} - 0.5269)^2$
金昌市 Jinchang	0.5535	0.188	0.4064	0.1632	0.5064	$z = 0.5535 - 0.188(10^{\frac{z-0.5064}{0.1632}} - 0.4064)^2$
酒泉市 Jiuquan	0.5548	0.9584	0.3521	0.0752	0.3478	$z = 0.5548 - 0.9584(10^{\frac{z-0.3478}{0.0752}} - 0.3521)^2$
张掖市 Zhangye	0.5746	0.8715	0.3258	0.0966	0.1587	$z = 0.5746 - 0.8715(10^{\frac{z-0.1587}{0.0966}} - 0.3258)^2$
武威市 Wuwei	0.5190	3.8677	0.1695	0.0351	0.0801	$z = 0.5190 - 3.8677(10^{\frac{z-0.0801}{0.0351}} - 0.1695)^2$
玉门市 Yumen	0.6378	0.117	1.5496	0.1041	0.7299	$z = 0.6378 - 0.117(10^{\frac{z-0.7299}{0.1041}} - 1.5496)^2$
敦煌市 Dunhuang	0.5946	0.9686	0.5678	0.1281	0.2735	$z = 0.5946 - 0.9686(10^{\frac{z-0.02735}{0.1281}} - 0.5678)^2$
河西走廊 Hexi Corridor	0.5239	1.017	0.1263	0.0901	0.2358	$z = 0.5239 - 1.017(10^{\frac{z-0.2358}{0.0901}} - 0.1263)^2$

3.3 河西走廊城市化与生态环境交互耦合双指数曲线的验证

根据所求出的双指数函数方程,用 matlab 6.5 软件绘出各函数曲线,如下图 2 所示。由图可知,河西走廊各城市城市化与生态环境的耦合轨迹均呈现出双指数曲线的变化形式;从拐点出现时的城市化水平来看,工矿城市较高,农业城市较低;从拐点出现时的生态压力来看,工矿城市相对较低,而农业城市和生态条件较差的城市较高;从生态压力随城市化的变化趋势来看,工矿城市往往都有一个随城市化水平的增加而突然增大的趋势,这与耦合函数中各参数取值所反映的情况相一致。

3.4 河西走廊城市化与生态环境交互耦合类型及耦合阶段的判断

根据各城市城市化与生态环境交互耦合曲线的形状和近年来生态压力随城市化水平的变化趋势,同时结合各城市的生态条件、环境保护情况、经济社会发展基础、城市化特征、所处的城市化阶段等,可以判断各城市城市化与生态环境的耦合类型与所处的耦合阶段。

嘉峪关市,城市化水平较高,工业经济发达;生态压力指数较高,人类对生态环境的调控作用明显。从耦合曲线来看,拐点出现较晚,因此属于逐步磨合型。在近 19a 内,城市化速度很快,生态压力变化的总体趋势是下降。由于已经进入城市化的成熟发展阶段,生态环境将随经济结构的调整、生态环保投入的增加而改善,因此,目前处于好转阶段。

金昌市,城市化的历史较短,工业化经济发达;生态压力指数最高,城市化的胁迫作用显著。从耦合曲线来看,拐点出现较晚,因此属于城市化超前型。在近 19a 内,城市化速度较快,生态压力曲折变化,但幅度不大。由于正处于城市化加速发展阶段的中期,经济的快速发展必然会给生态环境带来破坏,因此,尚处于磨合阶段。

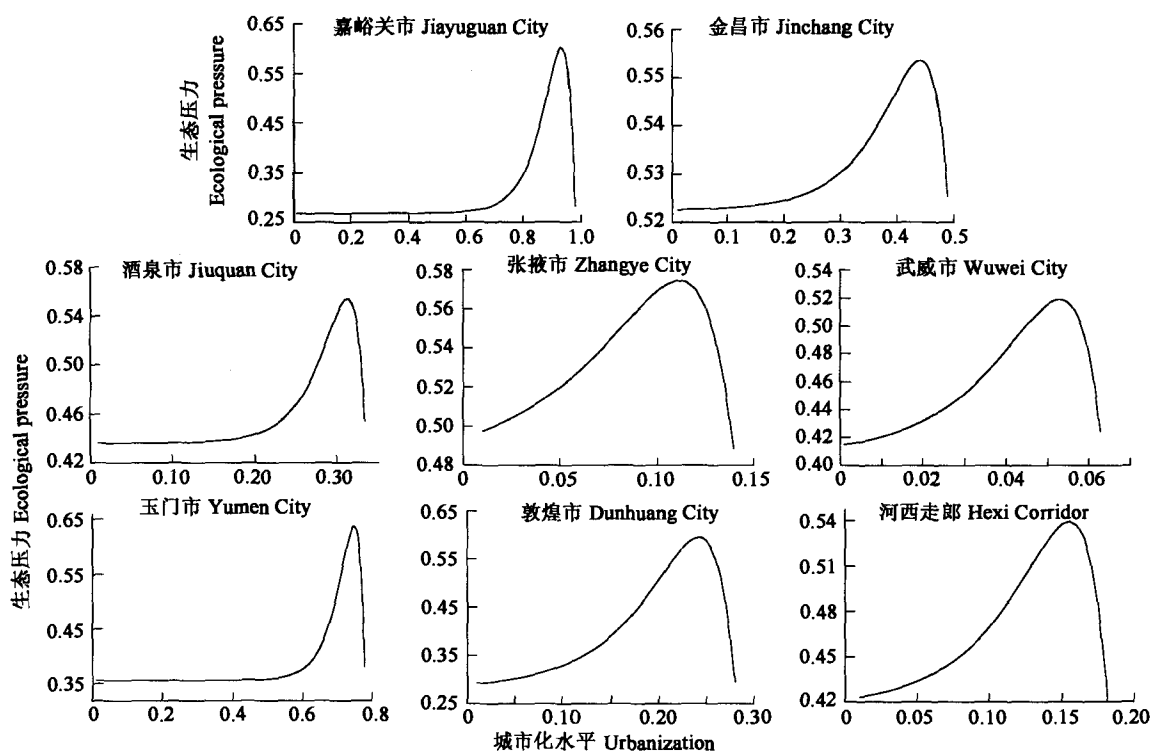


图2 河西走廊城市化与生态环境交互耦合的双指数曲线

Fig.2 The double-exponential coupling curves between urbanization and eco-environment in Hexi Corridor

酒泉市,生态条件相对较好,生态压力不高;城市化与工业化发展速度也不快。从耦合曲线来看,拐点出现较晚,因此属于生态主导型。在近 19a 内,城市化进程缓慢,生态压力具有不断增大的趋势。由于刚刚步入城市化的加速发展阶段,随着城市化进程,生态压力将进一步加大,因此,目前处于拮抗阶段。

张掖市,生态条件相对较好;近年来城市化速度较快,生态压力较大,城市化对生态环境的胁迫作用已经非常明显。从耦合曲线来看,拐点出现较早,因此属于同步协调型。在近 19a 内,城市化速度较快,生态压力随城市化进程波动较为剧烈。由于尚处于城市化的初期阶段,随着经济的发展,生态压力将进一步显现,因此,目前处于拮抗阶段。

武威市,干旱缺水,生态条件相对较差;城市化缓慢,生态投入不足,生态压力较大,并且生态恶化的速度较快。从耦合曲线来看,拐点出现较早,属于生态脆弱型。在近 19a 内,城市化发展缓慢,生态压力随城市化而增加的趋势明显。鉴于武威市尚处于城市化的初期,因此目前也处于拮抗阶段。

玉门市,城市化水平较高;由于石油开发给当地的生态环境造成了巨大的破坏,导致城市搬迁,城市化水平有下降的趋势。从耦合曲线来看,拐点出现较晚,属于低级磨合型。在近 19a 内,城市化不进反退,生态压力上下波动,但总的趋势为减小。随着城市职能的转型,生态环境将会不断改善,因此,目前处于好转阶段。

敦煌市,沙漠广布,生态脆弱;城市化与工业化发展缓慢;然而近年来的经济发展使得生态压力明显增长。从耦合曲线来看,拐点出现较早,因此属于生态脆弱型。在近 19a 内,城市化速度较快,生态压力随城市化几乎呈指数函数的趋势增长。由于刚刚步入城市化的加速发展阶段,生态环境还将进一步的恶化,因此目前尚处于拮抗阶段。

河西走廊,干旱缺水,生态环境较为脆弱;城市化发展较为缓慢,经济发展对生态环境产生的威胁较大。从耦合曲线来看,拐点出现较早,因此属于生态脆弱型。在近 19a 内,城市化进程缓慢,生态压力上下波动剧烈,城市化受生态环境的约束较为明显。随着城市化进入加速发展阶段,两者之间的耦合过程将会更加剧烈,因此,目前尚处于拮抗阶段。

References:

- [1] Ma H L, Li G F. The ancient famous villages and towns in Hexi Corridor in Gansu Province, China. Chengdu: Sichuan Scientific and Technologic Press, 1992. 18 ~ 28.
- [2] Peng B. The largest desert reservoir of Hongyashan reservoir dried up. People's Daily, 2004-07-20.
- [3] Yasuhiro Sato, Kazuhiro Yamamoto, Population concentration, urbanization and demographic transition. Journal of Urban Economics, 2005, 58(1): 45 ~ 61.
- [4] Vernon Henderson. The Urbanization Process and Economic Growth: The So-What Question. Journal of Economic Growth, 2003, 8(1): 47 ~ 71.
- [5] Olli Varis, Sylvie Fraboulet-Jussila. Water Resources Development in the Lower Senegal River Basin: Conflicting Interests, Environmental Concerns and Policy Options, International Journal of Water Resources Development, 2002, 18(2): 245 ~ 260.
- [6] Cristina Milesi, Christopher D. Elvidge, *et al.* Assessing the impact of urban land development on net primary productivity in the southeastern United States. Remote Sensing of Environment, 2003, 86(3): 401 ~ 410.
- [7] Ducrot R, Page C Le, *et al.* Articulating land and water dynamics with urbanization: an attempt to model natural resources management at the urban edge, Computers, Environment and Urban Systems, 2004, 28(1 ~ 2): 85 ~ 106.
- [8] Portnov B A, Safriel U V. Combating Desertification in the Negev: Dryland Agriculture vs. Dryland Urbanization. Journal of Arid Environments, 2004, 56(1): 659 ~ 680.
- [9] 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 Environ, 2003, 1(4): 189 ~ 199.
- [10] Gao Q Z. Water Resources Development and Effect on Oasis Eco-environment at the South Edge of Talimu Basin. Journal of Desert Research, 2004, 24(3): 286 ~ 293.
- [11] Cheng G D, Zhang Z Q, *et al.* On Some Issues of the Ecological Construction of West China and Proposals for Policy. Scientia Geographica Sinica, 2000, 20(6): 503 ~ 510.
- [12] Wu Y P, Dong S C, Song J F. Modeling economic growth and environmental degradation of Beijing. Geographical Research, 2002, 21(2): 239 ~ 246.
- [13] Huang J C, Fang C L. Analysis of coupling mechanism and rules between urbanization and eco-environment. Geographical Research, 2003, 22(2): 211 ~ 220.
- [14] Qiao B, Fang C L. The Dynamic Coupling Model of the Harmonious Development between Urbanization and Eco-environment and Its Application in Arid Area. Acta Ecologica Sinica, 2005, 25(11): 3003 ~ 3009.
- [15] Zhou Y X. Urban Geography. Shanghai: Commercial Press, 1955: 96 ~ 134.
- [16] Xu X Q, Zhou Y X, Ning Y M. Urban Geography. Beijing: Higher Education Press, 1997: 48 ~ 52.
- [17] Grossman G, and Kreuger A. Economic Growth and the Environment. Quarterly Journal of Economics, 1995, 110(2): 353 ~ 377.
- [18] Panayotou T. Demystifying the Environmental Kuznets Curve: Turning a Black Box into a Policy Tool. Environment and Development Economics, 1997, 2: 465 ~ 484.

参考文献:

- [1] 马鸿良, 酆桂芬. 中国甘肃河西走廊古聚落文化名城与重镇. 成都: 四川科学技术出版社, 1992. 18 ~ 28.
- [2] 彭波. 亚洲最大沙漠水库红崖山水库干涸. 人民日报, 2004-07-20.
- [10] 高前兆. 塔里木盆地南缘水资源开发与绿洲的生态环境效应. 中国沙漠, 2004, 24(3): 286 ~ 293.
- [11] 程国栋, 张志强, 等. 西部地区生态环境建设的若干问题与政策建议. 地理科学, 2000, 20(6): 503 ~ 510.
- [12] 吴玉萍, 董锁成, 宋健峰. 北京市经济增长与环境污染水平计量模型研究. 地理研究, 2002, 21(2): 239 ~ 246.
- [13] 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.
- [14] 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.
- [15] 周一星. 城市地理学. 上海: 商务印书馆, 1995. 96 ~ 134.
- [16] 许学强, 周一星, 宁越敏. 城市地理学. 北京: 高等教育出版社, 1997. 48 ~ 52.