

干旱区生态与经济系统耦合发展模式评判 ——以新疆为例

袁榴艳^{1a,2}, 杨改河^{1b}, 冯永忠^{1b}

(1 西北农林科技大学 a 资源环境学院, b 农学院, 陕西 杨凌 712100;

2 新疆维吾尔自治区发展和改革委员会, 新疆 乌鲁木齐 830002)

[摘 要] 分析干旱区生态和经济关系,对促进干旱区社会经济持续健康发展作用重大。研究通过对干旱区生态要素与经济要素耦合关系的分析,建立了干旱区生态与经济系统耦合发展的评判模型、标准和指标体系,并以新疆为例,分析了当前新疆 15 个地(州)市经济发展与生态环境之间的耦合状况及耦合发展模式。结果表明,新疆生态环境整体水平和经济社会发展总体水平较低,15 个地(州)市的经济社会发展存在明显差距,生态与经济耦合发展的总体水平较低,并呈现出协调发展经济主导型、低水平协调发展生态滞后型、低水平协调发展同步型、轻度失调发展经济滞后型、中度失调发展经济损益型、严重失调发展经济损益型 6 种生态经济耦合发展模式。

[关键词] 干旱区;生态经济系统;耦合发展模式;新疆

[中图分类号] F323.21

[文献标识码] A

[文章编号] 1671-9387(2007)11-0041-07

Study on coupling development mode and judgment criterion of ecosystem and economic system in arid area :a case of Xinjiang

YUAN Liu-yan^{1a,2}, YANG Gai-he^{1b}, FENG Yong-zhong^{1b}

(1 a College of Resources and Environment, b College of Agriculture, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China;

2 Development and Reform Commission of Xinjiang Uygur Autonomous Region, Urumqi, Xinjiang 830002, China)

Abstract : Based on the analysis of the coupling relation between the ecosystem and the economy system in the arid area ,this paper builds up the assessment mathematic model ,criterion and the indicator system to evaluate the coupling development level ,by taking Xinjiang as a case study. The results show that the whole coupling development level of ecosystem and economic system is very low ,and there are very big differences in 15 different regions of Xinjiang. In addition ,there are six coupling development types in these regions :harmonious development of economy predominating type ,low-level coordinated development of ecosystem development backward type ,low-level coordinated development of synchronous type ,lightly uncoordinated development of economy backward type ,medium uncoordinated development of economy profit damaged type ,serious uncoordinated and economy profit damaged development type.

Key words : arid area ;ecosystem and economy system ;coupling development mode ;Xinjiang

在我国,干旱地区约占全国国土面积的 1/4,这里不仅是全国生态环境条件恶劣的区域,也是全国

经济发展落后、贫困人口聚集的区域,生态与经济系统协调发展问题突出^[1]。因此,科学分析干旱区生

† 收稿日期] 2006-10-31

[基金项目] 国家重大基础预研项目(2005CCA05300)

[作者简介] 袁榴艳(1980-),女,新疆伊犁人,在读博士,主要从事资源与环境生态研究。

[通讯作者] 杨改河(1957-),男,陕西耀县人,教授,博士生导师,主要从事资源与环境生态研究。

态与经济系统的相互关系,对协调区域生态与经济系统之间的关系,促进干旱区人与自然的和谐发展具有重要意义。近年来,国内外相关研究^[2-11]主要集中在防治荒漠化与反贫困的关系,在山地-绿洲-荒漠生态系统耦合关系,绿洲农业生态经济系统的耦合关系模式和效益,以及绿洲承载力等方面,缺乏对干旱区生态和经济两大系统耦合发展的系统性研究。为此,本研究从干旱区生态与经济系统之间的耦合关系入手,建立了干旱区生态与经济系统耦合发展的评判模型、标准与指标体系,以期科学分析和评价干旱区生态与经济系统的相互关系,制定和实施干旱区可持续发展政策措施提供科学依据。

1 干旱区生态与经济系统耦合关系的分析

我国干旱区主要在西北一带,该区域山地与盆地、高(平)原相间分布,戈壁沙漠面积大、地形封闭,降水稀少,属典型的大陆性气候^[12]。特殊的地理环境和气候条件孕育了干旱区独有的景观——绿洲,其为人类经济活动提供了最基本的水土资源和生物资源,是经济系统存在的物质基础,占干旱区土地面积不到 5% 的绿洲,聚集着干旱区 90% 以上的人口和经济活动^[13]。因此,绿洲是干旱区生态与经济系统耦合的核心(图 1)。

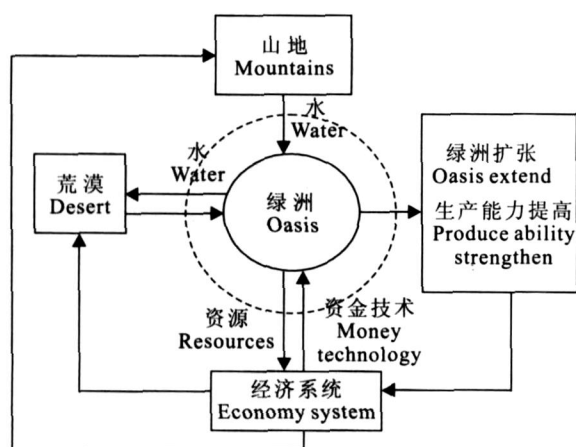


图 1 干旱区生态与经济系统的耦合关系图

Fig. 1 Relations picture of the coupling between ecology system and economy in arid area

绿洲发生发展的相关研究表明,绿洲与荒漠相互转化是干旱区生态系统演化的基本内容,经济活动对绿洲与荒漠之间的转化有着强烈的干扰作用,并且这种干扰主要是通过改变水资源分配格局实现

的^[14]。由于干旱区水资源的时空分布格局极不平衡,平原降水对绿洲的直接意义不大,山区降水产生的径流是绿洲的主要水源,水源的大小、有无直接决定了绿洲的规模与存亡^[15]。如图 1 所示,随着经济的发展,生产力水平的提高,资金、技术等要素投入不断加大,使人类由被动地适应水源变为主动地利用水源,人工水系(渠道、水库)逐渐代替了自然水系(河流、湖泊),一方面,人工绿洲规模扩大,生产能力提高,绿洲承载的人口规模也不断扩大;另一方面,河流输往中下游的水量减少,地下水位下降,尾间湖干涸或萎缩,沙漠化扩大,使位于河流下游三角洲的绿洲变成沙漠^[13]。同时,在绿洲内部,由于人工绿洲引水量过多,造成地下水位上升,促使绿洲内部土壤次生盐渍化不断发展,导致荒漠化。在绿洲外部的山区和平原荒漠区,随着矿产资源的勘探开发、超载放牧、水利开发等经济活动日益频繁,加大了对山区天然林草和平原区荒漠植被的破坏,影响到山区水土保持和绿洲水源的供给,加剧了平原荒漠区固定沙丘向活动沙丘演化和山区水土流失,促使沙漠化扩张,从外部威胁绿洲的安全。

2 干旱区生态与经济系统耦合发展模式评判模型

2.1 数学模型

通过以上分析,可以明确干旱区生态与经济系统之间的耦合关系,这种关系越协调,耦合水平越高。从数学角度,可以用代表函数之间的离差来衡量,离差越小协调程度越高,离差越大协调程度越低。

建立的生态环境综合评价函数为:

$$f(x) = \sum_{i=1}^m a_i x_i \quad (1)$$

式中: i 为描述生态环境系统特征的指标个数, a_i 为指标权重, x_i 为描述生态环境系统特征的第 i 个指标的标准化值。由此函数计算的生态环境综合指数越高,表明生态环境状况越良好,生态环境综合指数越低则生态环境状况越差。

建立的经济社会综合评价函数为:

$$g(y) = \sum_{i=1}^n b_i y_i \quad (2)$$

式中: i 为描述经济社会发展的指标个数, b_i 为指标权重, y_i 为描述经济社会发展的第 i 个指标的标准化值。由此函数计算的经济社会发展综合指数越高,表明经济社会发展水平越高,经济社会发展综合指数越低则经济社会发展水平越低。

如前所述, $f(x)$ 与 $g(y)$ 的离差越小越好, 用离差系数 C_v 表示, 即:

$$C_v = \frac{2S}{f(x) + g(y)} = 2 \sqrt{1 - \frac{f(x)g(y)}{\left[\frac{f(x) + g(y)}{2}\right]^2}} \quad (3)$$

式中: S 为 $f(x)$ 与 $g(y)$ 的标准差。

使 C_v 取极小值的充要条件是 $\frac{f(x)g(y)}{\left[\frac{f(x) + g(y)}{2}\right]^2}$

取极大值, 因此, 得出生态经济耦合度公式:

$$C = \left\{ \frac{f(x)g(y)}{\left[\frac{f(x) + g(y)}{2}\right]^2} \right\}^k \quad (4)$$

式中: C 为耦合度, k 为调节系数, 一般 $2 \leq k \leq 5$, 本研究取 $k = 2$ 。

为进一步反映生态经济系统的整体发展水平, 进一步构造生态经济耦合发展度公式:

$$D = \sqrt{C \left[\frac{f(x) + g(y)}{2} \right]} \quad (5)$$

式中: D 为耦合发展度。不难证明, $f(x)$ 、 $g(y)$ 、 D

的值均在 $0 \sim 1$ 。耦合发展度越高, 既表明生态环境与经济社会发展的总体水平越高, 也表明生态与经济系统之间的耦合关系越和谐。

2.2 评判标准

由于经济社会活动必然会消耗自然资源并给生态环境带来一定的压力, 尤其是干旱区生态环境比较脆弱。研究表明, 同样的经济活动干旱区付出的生态环境代价较其他区域更大^[5-6], 而干旱区区域经济发展水平落后, 人民生活贫困, 导致对资源环境不合理的开发利用, 使生态环境遭到更严重的破坏, 陷入生态与经济系统相互阻碍的恶性循环中。因此, 在两大系统耦合发展评判标准的划分中, 既要充分考虑经济发展水平, 也要考虑生态环境的可持续发展。为了更准确地反映两大系统的耦合关系和发展水平, 本研究以生态环境综合指数、经济社会发展综合指数和耦合发展度为基础, 提出干旱区生态与经济系统耦合发展评判标准和基本类型, 见表 1。

表 1 干旱区生态与经济系统耦合发展的评判标准和基本类型

Table 1 Criterion and base types of the coupling development of ecosystem and economy system in arid area

耦合发展度 D Indicator of coupling development	水平分类 Level classification	$f(x)$ 与 $g(y)$ 的对比 Contrast between $f(x)$ and $g(y)$	生态经济耦合发展基本类型 Basic types of coupling development
$0.8 \leq D \leq 1$	良好协调发展 Very harmonious development	$g(y)/f(x) > 1.2$	良好协调发展经济主导型 Very harmonious development of economy predominating type
		$0.8 \leq g(y)/f(x) \leq 1.2$	良好协调发展同步型 Very harmonious development of synchronous type
		$g(y)/f(x) < 0.8$	良好协调发展生态主导型 Very harmonious development of ecosystem predominance type
$0.7 \leq D < 0.8$	协调发展 Harmonious development	$g(y)/f(x) > 1.2$	协调发展经济主导型 Harmonious development of economy predominating type
		$0.8 \leq g(y)/f(x) \leq 1.2$	协调发展同步型 Harmonious development of synchronous type
		$g(y)/f(x) < 0.8$	协调发展生态主导型 Harmonious development of ecosystem predominance type
$0.6 \leq D < 0.7$	低水平协调发展 Low-level coordinated development	$g(y)/f(x) > 1.2$	低水平协调发展生态滞后型 Low-level coordinated development of ecosystem development backward type
		$0.8 \leq g(y)/f(x) \leq 1.2$	低水平协调发展同步型 Low-level coordinated development of synchronous type
		$g(y)/f(x) < 0.8$	低水平协调发展经济滞后型 Low-level coordinated development of economy development backward type
$0.5 \leq D < 0.6$	轻度失调发展 Lightly uncoordinated development	$g(y)/f(x) > 1.2$	轻度失调发展生态损益型 Lightly uncoordinated development of ecosystem damaged type
		$0.8 \leq g(y)/f(x) \leq 1.2$	轻度失调发展磨合型 Lightly uncoordinated development of ameliorating type
		$g(y)/f(x) < 0.8$	轻度失调发展经济滞后型 Lightly uncoordinated development of economy development backward type

续表 1 Continued of table 1

耦合发展度 <i>D</i> Indicator of coupling development	水平分类 Level classification	<i>f</i> (<i>x</i>) 与 <i>g</i> (<i>y</i>) 的对比 Contrast between <i>f</i> (<i>x</i>) and <i>g</i> (<i>y</i>)	生态经济耦合发展基本类型 Basic types of coupling development
0.4 ≤ <i>D</i> < 0.5	中度失调发展 Medium uncoordi- nated development	$g(y)/f(x) > 1.2$	中度失调发展生态损益型 Medium uncoordinated development of ecosystem dam- aged type
		$0.8 \leq g(y)/f(x) \leq 1.2$	中度失调发展拮抗型 Medium uncoordinated development of resisting type
		$g(y)/f(x) < 0.8$	中度失调发展经济损益型 Medium uncoordinated development of economy profit damaged type
<i>D</i> < 0.4	严重失调发展 Serious uncoordi- nated development	$g(y)/f(x) > 1.2$	严重失调发展生态损益型 Serious uncoordinated development of ecosystem dam- aged type
		$0.8 \leq g(y)/f(x) \leq 1.2$	严重失调发展拮抗型 Serious uncoordinated development of resisting type
		$g(y)/f(x) < 0.8$	严重失调发展经济损益型 Serious uncoordinated and economy profit damaged de- velopment type

3 干旱区生态与经济系统耦合发展评价指标体系的选择

3.1 评价指标选取的原则

评价指标选取的原则包括:(1)以人为本。人是主体,无论是经济发展水平还是生态环境水平都应着眼于人的发展和生活环境的改善。(2)充分体现可持续发展的区域特色。必须突出干旱区的社会、资源与环境特点。(3)指标应能反映生态系统和经济系统之间相互依赖又相互制约的关系。(4)应当

具有严格的科学性,具有代表性、简明性、可度量性和相对的独立性。

3.2 指标体系的制定

根据以上原则和干旱区生态经济耦合特点,参考由联合国可持续发展委员会、世界银行、中国学者提出的可持续发展指标体系,以及国内学者提出的生态经济综合评价指标体系^[9,14,16-18],制定了干旱区生态经济耦合发展评价指标体系,并运用层次分析法(AHP)求得各指标的权重值,结果如表2所示。

表 2 干旱区生态经济耦合发展的评价指标体系及权重值

Table 2 Assessment indicators system and weight value of coupling development of ecology and economy in arid area				
项目 Item	一级指标 The first class	权重值 Weight value	二级指标 The second class	权重值 Weight value
生态环境综合指数 Indicator of ecosys- tem synthesis	生态条件 Ecology condition	0.50	单位面积水资源量 Unit area water resource	0.27
			绿洲面积比重 Percent of oasis area	0.53
			耕地面积 Cultivated area	0.12
			草地面积 Grassland area	0.08
	生态压力 Ecology press (-)	0.50	人口密度(-) Population density	0.48
			工业废水排放量(-) Industrial waste water	0.11
			空气质量 Air quality	0.14
			万元生产总值水耗(-) Water consumption of per 10 000 yuan gross regional product	0.27
经济社会发展综合指数 Indicator of econo- my and society de- velopment synthesis	经济发展 Economy development	0.50	人均生产总值 Per capita gross regional product	0.41
			全社会固定资产投资 Total investment in fixed assets	0.26
			全社会消费品零售总额 Total retail sales of consumer goods	0.33
	人民生活 People's life	0.50	城镇居民人均可支配收入 Annual per capita disposa- ble income of urban households	0.39
			农民人均纯收入 Annual per capita disposable income of rural households	0.44
			万人拥有医生数 Numbers of doctor per 10 000 persons	0.17

4 新疆生态经济系统耦合发展模式的评判

通过对新疆统计年鉴、国土资源公报、环境质量

公报、国土资源调查等资料^[19-21]进行分析,获得表3中各指标对应的15个地(州)市的基础数据。首先,运用正规化标准法(Range 0 to 1)对数据进行标准化处理。然后,由式(1)、式(2)、式(4)、式(5)逐步计

算得出生态环境综合指数 F , 经济社会发展综合指数 G 和耦合发展度 D , 具体结果见表 3。

表 3 结果表明:(1)新疆生态与经济系统耦合发展总体水平较低。全疆 15 个地(州)市的平均耦合发展度为 0.56,最高的克拉玛依市仅为 0.77,耦合发展度在 0.6~0.7 的有 5 个,0.6 以下的有 9 个。(2)新疆生态环境整体水平较低。15 个地(州)市的生态环境综合指数平均值为 0.49,最高的伊犁州直属县(市)只有 0.65,最低的乌鲁木齐市为 0.32,生

态环境综合指数值在 0.6~0.7 的只有 2 个,0.5~0.6 的有 6 个,0.5 以下的有 7 个。(3)新疆经济社会发展水平整体较低,地区间差距很大。15 个地(州)市的经济社会发展综合指数平均值为 0.34,最高的克拉玛依市为 0.82,最低的和田地区仅为 0.09;经济社会发展综合指数值在 0.8 以上的只有克拉玛依市 1 个;0.7~0.8 的只有乌鲁木齐市 1 个;0.5~0.6 的为 0;0.4~0.5 的有 3 个;0.3~0.4 的有 2 个;0.3 以下的有 8 个。

表 3 新疆 15 个地(州)市生态与经济系统耦合发展水平的计算结果

Table 3 Results of ecosystem and economy system coupling levels in 15 regions in Xinjiang

地 区 Region	生态环境综合指数 F Indicator of ecosystem synthesis	经济社会发展综合指数 G Indicator of economy and society development synthesis	耦合发展度 D Indicator of coupling development	G/F
乌鲁木齐市 Urumqi City	0.32	0.78	0.62	2.41
克拉玛依市 Karamay City	0.52	0.82	0.77	1.59
石河子市 Shihezi City	0.49	0.41	0.67	0.84
吐鲁番地区 Turpan Administrative Offices	0.45	0.41	0.66	0.92
哈密地区 Hami Administrative Offices	0.47	0.30	0.59	0.64
昌吉回族自治区 Changji Hui Autonomous	0.56	0.38	0.66	0.68
伊犁州直属县(市) Counties Direct Under Ili Prefecture	0.65	0.25	0.54	0.39
塔城地区 Tacheng Administrative Offices	0.62	0.21	0.48	0.34
阿勒泰地区 Altay Administrative Offices	0.51	0.24	0.53	0.47
博尔塔拉蒙古自治州 Bortala Mongol Autonomous Prefecture	0.56	0.25	0.54	0.44
巴音郭楞蒙古自治州 Bayangol Mongol Autonomous Prefecture	0.50	0.47	0.69	0.95
阿克苏地区 Aksu Administrative Offices	0.51	0.25	0.55	0.50
克孜勒苏自治州 Kizilsu Kirgiz Autonomous Prefecture	0.42	0.15	0.41	0.35
喀什地区 Kashgar Administrative Office	0.46	0.16	0.43	0.35
和田地区 Hotan Administrative Office	0.34	0.09	0.30	0.26

运用 SPSS11.5 软件,对 15 个地(州)市的生态环境综合指数、经济社会发展综合指数和耦合发展度进行聚类分析,可将新疆生态经济耦合发展类型划分为 6 类(图 2),与按照表 1 标准划分的类型数完全一致,各类型中地区的组成,除塔城地区归属略有不同外,其余均与按表 1 进行的划分完全吻合。这表明表 1 中基本类型的划分是可行的。

结合数值聚类分析结果,并对照表 1 可知,新疆 15 个地(州)市生态经济耦合发展的 6 种类型分别是:协调发展经济主导型、低水平协调发展生态滞后型、低水平协调发展同步型、轻度失调发展经济滞后型、中度失调发展经济损益型和严重失调发展经济损益型。(1)克拉玛依市为协调发展经济主导型,经

济社会发展综合指数在全疆最高,无论是人均生产总值还是人均收入均远远高于全疆平均水平。生态环境综合水平在全疆相对较高,虽然其生态条件较差,但引额济克调水工程完成后每年可为克拉玛依新增 10 亿 m^3 供水,有效地改善了生态环境,并且作为以石油石化产业为支柱的工业城市,人口较少,单位生产总值水耗少,比较注重环境保护,环境质量高,生态环境压力小,经济与生态环境之间的关系比较协调。(2)乌鲁木齐市为低水平协调发展生态滞后型,经济社会发展综合指数较高,仅次于克拉玛依市。但由于生态条件较差,承载人口多,经济活动强度大,使得生态压力大,生态环境综合指数低,经济与生态环境之间的关系十分紧张。(3)石河子市、吐

环境保护水平将大幅度提高,划分标准也应作相应的调整。同时,这种以值域标准来进行刚性划分的方法,势必会带来一定误差。虽然本研究用聚类分析方法对标准值划分的结果进行了矫正,但为了使类型划分更准确、简便,是否建立动态的划分模型,还需要进一步深入研究。

[参考文献]

- [1] 孙鸿烈,张荣祖.中国生态环境建设地带性原理与实践[M].北京:科学出版社,2004.
- [2] 周立华,樊胜岳,王涛.黑河流域生态经济系统分析与耦合发展模式[J].干旱区资源与环境,2005,19(5):67-72.
- [3] 任继周,万长贵.系统耦合与荒漠-绿洲草地农业系统[J].草业学报,1994,3(3):1-8.
- [4] Nessim A. Economic, social and cultural causes and consequences of drought and desertification IFAD[EB/OL]. [2006-07-10]. <http://www.unccd.int/knowledge/INCDinfoseg/partiii>.
- [5] Houerou H N L. Man-made deserts: desertization processes and threats[J]. Arid Land Research and Management, 2002, 16: 1-36.
- [6] 刘兴元,王锁民,郭正刚.半干旱地区农业资源的复合经营模式及生态经济耦合效应研究[J].自然资源学报,2004,19(5):624-631.
- [7] 邓述民,王根轩.中国干旱区农业持续发展的生态措施[J].科技导报,2005,23(7):51-55.
- [8] 李启森,赵文智,马长春.干旱区黑河流域山地-绿洲-荒漠草畜耦合及其应用研究[J].草业学报,2004,13(4):3-20.
- [9] 林慧龙,肖金玉,侯扶江.河西走廊山地-荒漠-绿洲复合生态系统耦合模式及耦合宏观经济价值分析[J].生态学报,2004,24(5):965-971.
- [10] 周跃志,潘晓玲,吕光辉.现代绿洲生态经济系统的双向共进演替机制 EE-BCM 与绿洲稳定性概念模型[J].干旱区资源与环境,2005,19(7):8-11.
- [11] 方创琳,鲍超,张传国.干旱地区生态-生产-生活承载力变化情势与演变情景分析[J].生态学报,2003,23(9):1915-1923.
- [12] 申元村,汪久文,伍光和,等.中国绿洲[M].开封:河南大学出版社,2001:1-14.
- [13] 樊自立,马英杰,艾力西尔·库尔班,等.试论中国荒漠区人工绿洲生态系统的形成演变和可持续发展[J].中国沙漠,2004,24(1):10-16.
- [14] 袁榴艳.新疆绿洲发生发展研究[D].陕西杨凌:西北农林科技大学资源环境学院,2003.
- [15] 王亚俊,焦黎.中国绿洲分区及其基本类型[J].干旱区地理,2000,23(4):344-349.
- [16] 侯景新,尹卫红.区域经济分析方法[M].北京:商务印书馆,2005:299-311.
- [17] 新疆地理学会.新疆地理手册[M].乌鲁木齐:新疆人民出版社,1993.
- [18] 袁远,海热提,马映军.新疆绿洲环境容量计算[J].城市环境与城市生态,2003,16(6):29-31.
- [19] 新疆维吾尔自治区统计局.新疆维吾尔自治区统计年鉴2006[M].北京:中国统计出版社,2006.
- [20] 新疆维吾尔自治区环保局.2005年度新疆维吾尔自治区环境状况公报[EB/OL]. 2005-01-10. <http://www.xjepb.gov.cn/hjzl/01.asp?ArticleID=21279>.
- [21] 《新疆国土资源环境遥感综合调查研究》编委会.新疆国土资源环境遥感综合调查研究[M].乌鲁木齐:新疆人民出版社,2004:28-37.