

# 干旱地区生态-生产-生活承载力变化情势与演变情景分析

方创琳, 鲍超, 张传国

(中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100101)

**摘要:** 干旱地区实现可持续发展的重要途径在于协调生态系统、生产系统和生活系统三者之间的关系, 提高生态承载力、生产承载力和生活承载力, 促进三大系统和谐高效运行。以干旱地区塔里木河下游尉犁地区为例, 探讨了生态-生产-生活系统承载力的基本内涵及其相互作用的基本特点, 选取生态-生产-生活系统承载力的综合测度指标, 采用状态空间的理想点法求解出生态-生产-生活系统承载力的理想状态值和实际指数值, 综合评估了生态-生产-生活系统承载力的现状情势, 进而采用多模型互补对接支持下的系统动力学模型预测未来 30 a 塔里木河下游尉犁地区生态-生产-生活承载力变化的总体变化情景。结果认为, 在不同生活水平下的塔里木河下游生态-生产-生活承载力目前均处于超载状态, 干旱脆弱的生态环境严重制约着生态承载力的提高, 经济发展水平低下限制着生产系统承载力的提升, 人口素质和生活质量低下成为制约生活承载力提高的长期因素, 但未来 30 a 生态-生产-生活承载力的整体超载状况将趋于缓解, 自 2009 年起的整体承载力将处于可载状态, 居民生活水平有望达到小康标准, 到 2054 年以后在可载状态下居民生活水平有望达到富裕和现代化标准, 但尚须做数百年的长期努力。

**关键词:** 生态-生产-生活系统承载力; 变化情势; 未来情景; 塔里木河下游地区

## Analysis on the changing condition and the evolutive scene of the ecology-production-living carrying capacity in arid area: A case study in Yuli District in the Lower Reaches of Tarim River

FANG Chuang-Lin, BAO Chao, ZHANG Chuan-Guo (*Institute of Geographical Sciences and Natural Resources Research, CAS, Beijing 100101*). *Acta Ecologica Sinica*, 2003, 23(9): 1915~1923.

**Abstract:** In order to realize the sustainable development in arid area, one important approach is to harmonize the relationship of the ecological system, production system and living system, and improve the ecological carrying capacity, production carrying capacity and living carrying capacity, and make the three systems run smoothly. Taking Yuli District in the lower reaches of Tarim River as an example, the basic

基金项目: 中国科学院知识创新工程重大资助项目(KZCX1-08, KZCX1-09); 中国科学院知识创新工程重要方向性资助项目(KZCX2-SW-318-03)

收稿日期: 2002-08-27; 修订日期: 2003-05-28

作者简介: 方创琳(1966~), 男, 甘肃庆城县人, 博士, 研究员, 主要从事生态经济与区域可持续发展规划研究。Email: fangcl@igsnr.ac.cn

**Foundation item:** Knowledge Innovation Project of Chinese Academy of Sciences (No. KZCX1-08, KZCX1-09, KZCX2-SW-318-03)

**Received date:** 2002-08-27; **Accepted date:** 2003-05-28

**Biography:** FANG Chuang-Lin, Ph. D., Professor, mainly engaged in the eco-economy and regional sustainable development planning.

connotation of the ecology-production-living system carrying capacity and the basic characteristic of their interaction are analyzed. Then the comprehensive measurement indicators of the ecology-production-living system carrying capacity are selected. According to the perfect point of state space method, the perfect value and the real value of the ecology-production-living system carrying capacity are calculated, and the condition of the ecology-production-living system carrying capacity is comprehensively evaluated. According to system dynamic model, the evolutive scenes of the ecology-production-living system carrying capacity in Yuli District in the lower reaches of Tarim River in the future 30 years are forecasted. It is considered that the ecology-production-living system carrying capacities in the lower reaches of Tarim River in different living standard are all over loading at the present. The dry and fragile eco-environment restricts the improvement of the ecological carrying capacity. The low economic development restricts the promotion of the production system carrying capacity. The low population quality and living quality restrict the improvement of living carrying capacity. But in the future 30 years, this kind of condition will change. Since 2009, the whole carrying capacity can be perfect and the residential living standard can reach the small health standard. After 2054, the residential living standard can reach the richness and modernization standard, but efforts should be paid out till several hundred years.

**Key words:** Ecology-production-living system carrying capacity; changing condition; evolutive scene; Yuli District in the lower reaches of Tarim River

文章编号:1000-0933(2003)09-1915-09 中图分类号:F311,Q14,X171.4 文献标识码:A

## 1 生态-生产-生活系统承载力相互作用的特点分析

### 1.1 生态-生产-生活系统承载力的基本内涵

干旱地区生态-生产-生活系统承载力是指干旱地区资源与生态环境的供容能力、经济活动能力和满足一定生活水平人口数量的社会发展能力的有机综合体,它由处于支持层的生态承载力和处于表现层的生产承载力和生活承载力3部分组成,简称干旱地区“三生”承载力。

生态系统承载力是指干旱地区的自我维持与自我调节能力,是指在不危害干旱地区生态系统的前提下所反映的资源与环境承载能力和由资源和环境承载力决定的干旱地区本身所表现出来的弹性力大小,通过资源承载力、环境承载力和生态系统的弹性力来反映。干旱地区生态承载力以人均水资源、人均耕地面积、人均林地、人均草地、荒漠化指数、森林覆盖率、草场退化率等主要指标表征和衡量。

生产系统承载力是指在干旱地区的生态弹性限度内和现有经济技术水平约束下所能达到的适度经济活动规模与强度。在干旱地区,水资源作为生命线<sup>[1]</sup>,是维持经济社会发展和生态-生产-生活系统正常运行的最大限制因素和关键因素。一定技术经济条件的干旱地区经济活动强度与规模取决于水资源量与水资源的利用效率。因此,干旱地区生产承载力就是指在水资源约束下的农牧业、工业和其它产业的发展规模及其比例关系。表征干旱地区生产承载力的主要指标有人均投资、国内生产总值、投资效益、用水效益等。

生活承载力是指能满足一定生活水平人口数量的社会发展能力,反映干旱地区以人口为中心的社会发展状况及人们生活质量状况。这是干旱地区水资源所支持下的生态系统和经济系统所创造的物质财富与精神财富在特定区域的全面反映<sup>[2]</sup>。衡量干旱地区生活承载力的主要指标有人口自然增长率、人均预期寿命、农民人均纯收入、恩格尔系数等。

生态-生产-生活系统承载力总体上是生态系统、生产系统和生活系统分别相对于人口系统的承载力,正由于如此,本文根据居民生活水平所能达到的标准确定本地区所能承载的相应生活水准下的人口数量,因而在指标体系的选取中同时兼顾了衡量生活水平的指标。

### 1.2 生态-生产-生活系统承载力相互作用的特点分析

由于干旱地区生态-生产-生活系统承载力具有动态性、层次性、耦合性、可监控性和阈限性等基本特征,所以三者相互作用的基本特点为:

(1)从“三生”承载力相互作用的核心驱动因子分析,对干旱地区生态承载力、生产承载力和生活承载力变化起决定作用的核心驱动因子分别为水资源、投入和人口<sup>①</sup>,其中水资源作为生态承载力的核心驱动因子,从生态用水、生产用水与生活用水 3 方面影响生态系统其它因子而制约干旱地区生态承载力的提高;投入作为生产承载力的核心驱动因子,主要通过直接进入经济部门,提高各产业产出水平等途径提高生产承载力;人口作为生活承载力的核心驱动因子和干旱地区“三生”承载力相互作用的驱动因子<sup>[3~5]</sup>,从不同层面产生不同的生态需求、经济需求和社会需求而影响干旱地区系统承载力。

(2)从“三生”承载力相互作用的关系分析,生态承载力作为干旱地区系统承载力的支持层,一方面为生产承载力提供生态支持,另一方面又为生活承载力提供生态支持,而生产承载力既是生态承载力的支持者,又为生活承载力提供经济支持,与生态承载力共同支撑着生活承载力;同时,生活承载力又会对生产承载力与生态承载力产生积极或消极的影响<sup>[6]</sup>。协调生态系统、生产系统和生活系统之间的关系,是干旱区实现可持续发展的重要途径。

(3)从“三生”承载力相互作用的效益分析,随着干旱地区居民生活水平的提高,体现生活水平的人均收入、居民消费水平、人均居住水平、人均绿地、人均受教育水平、社会福利水平和医疗卫生条件等随之提高,由此产生的生态需求、经济需求和社会需求也持续增长,而要满足这种更高生活水平所产生的需求,不仅取决于生态承载力和生产承载力,还取决于生活承载力。因此,在干旱地区居民生态需求、生产需求和生活需求的共同驱动下,“三生”承载力需要不断调整与耦合,以实现居民生活水平由温饱型向小康型、富裕型、现代化型的依次更替<sup>[7]</sup>。但在特定时期,干旱地区所能达到的生活水平标准是有限的<sup>[8]</sup>。

## 2 生态-生产-生活系统承载力测度指标与理想状态值的求解

分析干旱地区生态-生产-生活系统承载力的现状情势,需要建立一套比较完备的承载力测度指标体系,采用指标体系和权系数分别求算承载力指数,然后与生态-生产-生活系统承载力的基本判据进行比较,进而得出干旱地区生态-生产-生活系统承载力的承压超载状况。

### 2.1 生态-生产-生活系统承载力测度指标与赋权分析

为了从不同层面测度生态-生产-生活系统承载力,并充分体现温饱、小康、富裕和现代化等不同生活水平的划分指标和标准,在指标的选取中重点考虑了以下三大原则:

- (1)重点选取了影响承载力的主导性指标如人均水资源、单位产值用水量、人均日生活用水量等;
- (2)同时选取了反映居民生活水平的指标,如人均日蛋白质摄入量、人均预期寿命等;
- (3)没有选取反映环境容量的指标,因为塔里木河下游地区尉犁县工业很落后,环境容量较大,在研究时段内对承载力的影响很小。

按照上述三大原则,从众多指标中选取 27 个指标,采用熵技术支持下的层次分析模型分别对 27 个指标及其上层指标进行赋权<sup>[9]</sup>,结果如表 1 所示。由表看出,生态承载力指标权系数最大为 0.3780,由生态环境指标(0.0945)和资源利用指标(0.2835)组成,生产承载力指标的权系数为 0.3656,由经济发展指标(0.2925)和基础设施指标(0.0731)组成,生活承载力的权系数为 0.2574,由人口发展指标(0.1716)和生活质量指标(0.0858)组成。这些指标及其权系数是测度干旱地区承载力情势的重要数据基础。

### 2.2 生态-生产-生活系统承载力理想状态值的判别分析

定量测度干旱地区生态-生产-生活系统承载力的现状情势,主要采用参照系法,根据国际国内同类研究结果和通行标准,先求出不同生活水平类型对应的指标体系判别值,尔后确定不同生活水平对应的承载力数值,最后根据状态空间的基本原理求解不同生活水平对应的干旱地区生态-生产-生活系统承载力指数的理想状态值<sup>[10]</sup>,作为干旱地区系统承载力状况基本判据。根据状态空间的基本原理,尉犁绿洲系统承载力可理解为在生活水平约束下的人类及其社会经济活动与尉犁绿洲系统资源环境构成的系统在状态空间中形成的承载状态点与空间状态的原点构成的矢量模的大小。考虑到空间状态轴权重的不同,尉犁绿洲系

统承载力(Oasis system carrying capacity)指数的数学表达式  $\delta$  为:

$$\delta = \sqrt{\sum_{i=1}^n (w_i \cdot x_{ir})^2}$$

式中,  $w_i$  为  $x_i$  轴的权重,  $x_i$  为理想状态的坐标值,  $x_{ir}$  为  $x_i$  的倒数。在某一确定生活水平下, 超载区域承载状况的模大于理想状态承载力矢量的模, 反之, 可载时区域承载矢量的模小于理想状态承载力的模。如果用  $\delta_i$  表示尉犁绿洲在某一特定时期的承载力状况, 当  $\delta_i > \delta$  时, 为超载状态; 当  $\delta_i = \delta$  时, 为满载状态; 当  $\delta_i < \delta$  时, 为可载状态。

不同生活水平类型对应的指标体系判别值计算结果和承载力指数的理想状态值计算结果如表 2 所示。表 2 数值代表了理想状态下不同生活水平约束下塔里木河下游尉犁系统最大承载能力, 即如果尉犁县在某一生活水准下承载力指数大于该生活水平的理想状态的承载力指数, 则认为尉犁县在该生活水准下是超载的, 反之则认为是不超载的。

表 1 塔里木河下游尉犁系统承载力综合测度指标体系及权系数

Table 1 The comprehensive measurement indicators system and the weighted coefficients of the carrying capacity of Yuli District in the lower reaches of Tarim River

第一层次 First floor	第二层次 Second floor	第三层次 Third floor		第四层次 Fourth floor		
		代码 Code	指标名称 Index name	代码 Code	指标名称 Index name	
“三生” 承载力 指标体系 Index system of ecological carrying capacity, production carrying capacity and living carrying capacity A	生态承载力 指标 Index of ecological carrying capacity B1 (0.3780)	C1	资源利用指标 Resource use (0.2835)	D1	人均水资源量 Per capita water resource (m <sup>3</sup> ) (0.1549)	
				D2	人均耕地面积 Area of plowland per capita (hm <sup>2</sup> ) (0.0511)	
				D3	人均林地面积 Area of woodland per capita (hm <sup>2</sup> ) (0.0317)	
				D4	人均草地面积 Area of grassplot per capita (hm <sup>2</sup> ) (0.0507)	
		C2	生态环境指标 Eco- environment (0.0945)	D5	森林覆盖率 Aestrow rate of forest (%) (0.0404)	
				D6	草场退化率 Degenerate rate of grass (%) (0.0259)	
				D7	荒漠化指数 Desert exponent (%) (0.0282)	
				D8	人均投资额 Per capita investment (0.0906)	
		C3	经济发展指标 Economic development (0.2925)	D9	投资效益 Investment benefit (元) (0.0473)	
				D10	人均 GDP Per GDP (元/元) (0.0394)	
				D11	用水效益 Benefit of use water (元) (0.0504)	
				D12	人均粮食占有量 Per capita food (元/m <sup>3</sup> ) (0.0251)	
				D13	人均畜产品占有量 Per brute output (kg) (0.0210)	
				D14	第三产业比重 Percent of tertiary industry (%) (0.0186)	
	C4	基础设施指标 Basic establishment (0.0731)	D15	邮电通讯指数 Index of post & communication (0.0395)		
			D16	交通运输指数 Index of transportation (0.0336)		
			C5	人口发展指标 Population development (0.1716)	D17	人口自然增长率 Natural growth rate of population (‰) (0.0944)
					D18	文盲率 Rate of illiterate (%) (0.0448)
					D19	人均预期寿命 Expect life per capita (岁) (0.0323)
			C6	生活质量指标 Live quality (0.0858)	D20	收入水平 Earning level (元) (0.0335)
					D21	恩格尔系数 Enger coefficient (%) (0.0173)
	D22	衣着消费比重 Proportion of consume clothing (%) (0.0055)				
	D23	人均日蛋白质摄入量 Per capita proteid everyday (g) (0.0028)				
	D24	人均生活用水量 Mete of life water per capita (L/d) (0.0052)				
	D25	人均住房面积 Per capita floor space of residence (m <sup>2</sup> ) (0.0118)				
	C6	生活承载力 指标 Index of living carrying capacity B3 (0.2574)	D26	每千人拥有医生数 Number of doctors per 1000 person(人) (0.0073)		
			D27	电视人口覆盖率 Viewer rating (%) (0.0023)		

表 2 塔里木河下游尉犁县不同生活水平对应的承载力理想状态指标与指数求算值

Table 2 The perfect value and the real value of the carrying capacity corresponding with different living standard of Yuli County in the lower reaches of Tarim River

指标代码 Index code	小康水平 "Small health"	富裕水平 Richness	现代化水平 Modernization	指标代码 Index code	小康水平 "Small health"	富裕水平 Richness	现代化水平 Modernization
D1	2300	4400	6500	D17	9.5	7.4	2.1
D2	0.07	0.17	0.25	D18	15.5	9.4	1.2
D3	0.21	0.36	0.58	D19	69	72	77
D4	0.32	0.58	0.65	D20	3058	7360	11040
D5	12	31	40	D21	54.7	35.4	10.6
D6	2.5	1.2	0.4	D22	12	9	6
D7	21	14	4	D23	40	90	110
D8	3100	5100	6774	D24	14	18	21
D9	2.23	2.54	3.11	D25	22	35	41
D10	7078	13000	21000	D26	1.96	2.61	3.12
D11	3.07	3.51	4.81	D27	95	100	100
D12	410	590	890	B1	0.2898	0.2071	0.1707
D13	45	64	135	B2	0.2100	0.1005	0.0552
D14	35	40	50	B3	0.0031	0.0024	0.0021
D15	0.2371	0.4485	0.8764	A	0.3579	0.2302	0.1794
D16	0.2291	0.5786	0.9342				

### 3 生态-生产-生活系统承载力的现状情势分析

塔里木河下游的尉犁县位于新疆维吾尔自治区中部,巴音郭楞蒙古自治州腹地,地处天山南麓,塔里木盆地东缘,面积  $2.5 \times 10^3 \text{ km}^2$ , 2001 年国内生产总值达  $6.56 \times 10^8$  元,财政收入  $2.47 \times 10^8$  元,农村综合实力居新疆第 1 位,乡镇企业发展成为新疆 5 强县之一。采用“三生”承载力指数计算公式<sup>[10]</sup>计算 1991~2001 年塔里木河下游尉犁县“三生”承载力指数(结果如表 3、图 1 所示),并与不同生活水平对应的理想状态的承载力指数进行对比分析,可得出如下结论。

#### 3.1 在不同生活水平下塔里木河下游生态-生产-生活承载力目前处于超载状态

将表 3 与表 2 进行对比分析可知,在小康、富裕与现代化生活水平约束下,从 1991 年到 2001 年的 10 年间,尉犁县的生态-生产-生活承载力指数均分别高于小康、富裕与现代化水平对应的承载力指数,与小康标准对应的承载力指数 0.3539 相比的绝对差额介于 0.1245~0.5787 之间,与富裕标准对应的承载力指数 0.2302 相比的绝对差额介于 0.2522~0.7024 之间,与现代化标准对应的承载力指数 0.1794 相比的绝对差额介于 0.3030~0.7532 之间,说明在 2001 年以前,以小康、富裕与现代化 3 种生活标准来衡量<sup>[11]</sup>,尉犁县的生态-生产-生活承载力目前都处于超载状态。

#### 3.2 干旱脆弱的生态环境严重制约着塔里木河下游生态承载力的提高

分布在塔里木河与孔雀河两岸的胡杨林和灌木林,是防风固沙,维护尉犁生态平衡的支柱,但随着塔里木河上游引水量不断增加以及尉犁县内大规模开垦荒地,种植棉花,使得中下游两岸的胡杨林大面积枯死,导致森林覆盖率由 1991 年的 1.4% 下降到 2000 年的 1.1%,草场退化率增加了 1.2 个百分点<sup>[12,13]</sup>,草

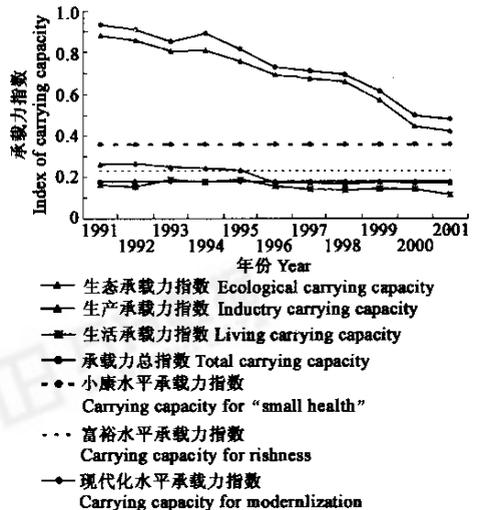


图 1 塔里木河下游生态-生产-生活承载力指数变化曲线示意图

Fig.1 The sketch map of the ecology-production-living system carrying capacity indexes in the low reaches of Tarim River

场的生态环境维护作用不断减弱,土地荒漠化指数居高不下,土地荒漠化形势非常严峻,这使本来脆弱的生态环境更加脆弱,使本来较低的生态承载力更加低下。表 3、图 1 表明,90 年代以来尉犁县的生态保育指标的承载力指数变动于 0.0233~0.0441 之间,远远高于小康、富裕与现代化 3 种生活水平对应的生态保育指标的承载力指数(分别为 0.0041、0.0017 和 0.0013),足以说明要维持小康以上的生活水平,从生态环境角度来判断,尉犁县始终处于极度超载状态。因此,采取强有力的措施改善干旱绿洲地区的生态环境,是提高塔里木河下游地区承载能力的关键。

### 3.3 经济发展水平低下限制着塔里木河下游生产系统承载力的提升

计算表明,反映塔里木河下游尉犁县生产系统承载力和经济发展水平的人均投资、投资效益、人均 GDP、用水效益、人均粮食、人均畜产品等指标一直处于较低水平,到 2001 年人均投资仅为 4924 元,投资效益一直徘徊在 2.15 元/元的水平,人均 GDP 为 11836 元,用水效益更低仅为 1.06 元/m<sup>3</sup>,仅是小康水平要求的 3.07 元/m<sup>3</sup> 的 1/3,人均粮食因种棉呈减少的趋势。只有人均畜产品占有量 2001 年已达 57.8 kg,高于小康水平 45 kg,接近富裕水平 64 kg。这与尉犁县是一个传统的半牧半农区,少数民族膳食中牛羊肉占很大比重有关。从这些指标的综合情况分析,尽管经济发展指标的承载力指数由 1991 年的 0.2043 下降到 2001 年的 0.0433,但是距小康水平的 0.0187 还有相当差距。经济发展水平落后是塔里木河下游尉犁县承载力在小康水平下处于超载状态的根本原因。

表 3 塔里木河下游尉犁县生态-生产-生活系统现状承载力指数求算值

Table 3 The present carrying capacity value of the ecology-production-living system in Yuli County in the lower reaches of Tarim River

年份 Years	生态承载力指数 Index of ecological carrying capacity			生产承载力指数 Index of industry carrying capacity			生活承载力指数 Index of living carrying capacity			生态-生产- 生活承载 力指数 Index of carrying capacity of ecology- production- living
	指数 总值 Total value	资源利用 承载力 Resource use	生态保育 承载力 Ecological protect	指数 总值 Total value	经济发展 承载力 Economic develop- ment	基础设施 承载力 Basic establi- shment	指数 总值 Total value	人口发展 承载力 Population development	生活质量 承载力 Live quality	
1991	0.2618	0.2485	0.0418	0.8801	0.2043	0.8561	0.1632	0.00101	0.1632	0.9326
1992	0.2652	0.2319	0.0418	0.8557	0.2123	0.8290	0.1538	0.00099	0.1538	0.9089
1993	0.2501	0.2366	0.0418	0.8059	0.1853	0.7844	0.1892	0.00099	0.1892	0.8507
1994	0.2437	0.2226	0.0233	0.8091	0.213	0.7806	0.1771	0.00103	0.1771	0.8905
1995	0.2336	0.2123	0.0252	0.7573	0.1691	0.7382	0.1881	0.00103	0.1881	0.8143
1996	0.1727	0.1709	0.0255	0.6920	0.1036	0.6842	0.1573	0.00103	0.1573	0.7299
1997	0.1733	0.1699	0.0337	0.6751	0.0928	0.6687	0.1428	0.00103	0.1428	0.7109
1998	0.1671	0.1617	0.0418	0.6593	0.0594	0.6566	0.1393	0.00099	0.1393	0.6935
1999	0.1773	0.1722	0.0425	0.5708	0.0565	0.5681	0.1449	0.00096	0.1449	0.614
2000	0.1744	0.1680	0.0466	0.4461	0.0502	0.4432	0.1422	0.00096	0.1422	0.4978
2001	0.1722	0.1716	0.0441	0.4232	0.0433	0.4541	0.1167	0.00097	0.1167	0.4824
小康 <sup>①</sup>	0.2898	0.2897	0.0041	0.2100	0.0187	0.1092	0.0031	0.00092	0.0035	0.3579
富裕 <sup>②</sup>	0.2071	0.2071	0.0017	0.1005	0.0143	0.0994	0.0024	0.00089	0.0022	0.2302
现代化 <sup>③</sup>	0.1707	0.1707	0.0013	0.0552	0.0097	0.0544	0.0021	0.00087	0.0010	0.1794

① "Small health"; ② Richness; ③ Moderlization

### 3.4 人口素质和生活质量低下是制约塔里木河下游生活承载力提高的长期因素

作为衡量人口素质重要指标的成人文盲率自 1991 年以来一直保持在 20% 以上,高于小康水平(15.5%)、富裕水平(9.4%)和现代化水平(1.2%)。成人文盲率居高不下除了和经济发展水平低下有关以外,长期保持 10% 以上的人口自然增长率,使得教育投入严重不足,先进实用的农业技术成果和其它科技成果得不到有效推广应用,影响经济发展,进一步加剧了生产系统承载力物质基础的薄弱性。再从生活质量状况分析,人均数据收入、恩格尔系数、衣着消费比重、人均日蛋白质摄入量、文化生活消费比重、人均居住面积、每千人拥有医生数、电视人口覆盖率这 8 项指标反映的生活质量承载力指数看,塔里木河下游

尉犁县生活承载力从 1991 年的 0.1632 下降到 2001 年的 0.1167,但是远高于小康以上生活水平要求的 0.0035 的最低标准。因此,从生活质量来看,塔里木河下游尉犁县居民的生活质量处于较低水平,在衣食住行乐等各方面和小康以上水平社会的居民在这些方面享受的条件还有相当大的差距。提高塔里木河下游尉犁县居民生活质量将是一向长期艰巨的任务。

#### 4 生态-生产-生活系统承载力变化的未来情景分析

为了从总体上预测承载力未来变化的趋势与情景,采用多模型互补对接支持下的系统动力学模型分别预测未来 30 a 反映承载力变化的核心驱动因子的变动趋势以及生态承载力、生活承载力和生产承载力指数的变化情景。

多模型互补对接支持下的系统动力学模型是以 SD 模型为主体,连接灰色系统预测模型、趋势外推模型、线性规划模型、状态转移方程模型等的多种模型的一种集成型综合预测模型,采用该模型的目的是为了高承载力预测精度。具体预测步骤为:分别先对核心因子水资源采用径流量模拟预测模型、投资与 GDP 采用新陈代谢灰色预测模型、人口采用 Program of Demographic Projections 预测模型等相对精度较高的模型进行预测。然后将这些核心因子预测模型及预测结果与系统动力学模型互补对接,形成多模型互补对接的系统动力学预测模型。该模型共由 103 个 SD 方程组成,包括状态方程、常数方程、速率方程、表面函数、辅助方程等多种类型,分资源利用模块、生态环境模块、经济发展模块、基础设施模块、人口发展模块、生活质量模块、承载力指数运算模块 7 个部分。据此预测的结果如表 4 和图 2 所示。综合分析塔里木河下游尉犁县未来 30 a 生态-生产-生活承载力变化的总体趋势和变化情景,可得出如下几点结论。

##### 4.1 未来 30a 生态-生产-生活承载力的整体超载状况趋于缓解

由表 4 分析可知:塔里木河下游尉犁县整体承载力指数于 2009 年越过小康水平承载力指数,并向富裕水平承载力指数逼近。反映到具体指标的承载力指数上,除了资源利用指标承载力指数、经济发展指标承载力指数背离富裕水平指标承载力指数外,其余指标的承载力指数均朝着富裕水平指标承载力指数的方向演变,说明塔里木河下游未来 30a 生态-生产-生活承载力的超载状况整体趋于缓解。但生态环境承载

表 4 塔里木河下游尉犁县未来 30 a 生态-生产-生活系统承载力变动情景预测值

Table 4 The forecasting value on the evolutive scenes of the ecology-production-living system carrying capacity in Yuli County in the lower reaches of Tarim River in the future 30 years

年份 Years	生态承载力指数 Index of ecological carrying capacity			生产承载力指数 Index of industry carrying capacity			生活承载力指数 Index of living carrying capacity			生态-生产- 生活承载 力指数 Index of carrying capacity of ecology- production- living
	指数 总值 Total value	资源利用 承载力 Resou- rce use	生态保育 承载力 Ecological protect	指数 总值 Total value	经济发展 承载力 Economic develop- ment	基础设 施 承载力 Basic establi- shment	指数 总值 Total value	人口发展 承载力 Population development	生活质量 承载力 Live quality	
2002	0.1782	0.1728	0.0437	0.4232	0.1352	0.4155	0.1001	0.000978	0.1000	0.4824
2004	0.1805	0.1753	0.0429	0.3607	0.1289	0.3552	0.0778	0.000976	0.0778	0.4259
2006	0.1803	0.1753	0.0422	0.3377	0.1207	0.3101	0.0637	0.000973	0.0636	0.3838
2008	0.1815	0.1767	0.0415	0.2839	0.1158	0.2752	0.0539	0.000971	0.0538	0.3595
2010	0.1866	0.1820	0.0407	0.2536	0.1167	0.2473	0.0467	0.000969	0.0467	0.3343
2012	0.1895	0.1852	0.0401	0.2285	0.1197	0.2245	0.0412	0.000967	0.0412	0.3199
2014	0.1928	0.1887	0.0394	0.2150	0.1211	0.2056	0.0369	0.000965	0.0368	0.3089
2016	0.1957	0.1918	0.0388	0.2006	0.1226	0.1897	0.0334	0.000963	0.0334	0.3007
2018	0.1983	0.1946	0.0382	0.1884	0.1243	0.1760	0.0305	0.000960	0.0304	0.2944
2020	0.2008	0.1972	0.0376	0.1724	0.1260	0.1642	0.0281	0.000958	0.0280	0.2897
2022	0.1985	0.1950	0.0371	0.1607	0.1299	0.1538	0.0260	0.000956	0.0259	0.2840
2024	0.2003	0.1969	0.0365	0.1516	0.1298	0.1447	0.0242	0.000954	0.0242	0.2802
2026	0.2022	0.1989	0.0359	0.1442	0.1297	0.1366	0.0226	0.000952	0.0226	0.2773
2028	0.2040	0.2009	0.0354	0.1354	0.1297	0.1294	0.0213	0.000950	0.0212	0.2750
2030	0.2061	0.2029	0.0349	0.1325	0.1297	0.1229	0.0201	0.000948	0.0200	0.2734

力指数与小康以上生活水平所要求的生态环境承载力指数相差甚远,说明生态环境对承载力的制约作用仍将很突出。而且,在 1991~2030 年间,塔里木河下游尉犁县生态、生产、生活承载力指数对整个尉犁系统承载力指数的贡献不尽相同。具体表现为:生态承载力指数呈现先降后升的变化趋势,由 1991 年的 0.2618 下降至 1998 年的 0.1671 又上升到 2030 年的 0.2060,生态承载力指数对整个尉犁系统承载力指数的贡献表现为先升后降的变化态势;而同期生产承载力指数保持持续下降态势,由 1991 年的 0.8801 下降至 2030 年的 0.1325,对整个尉犁系统承载力指数的贡献持续上升;生活承载力指数表现为缓慢下降趋势,由 0.1623 下降至 0.0201,对整个尉犁系统承载力指数的贡献缓慢上升。

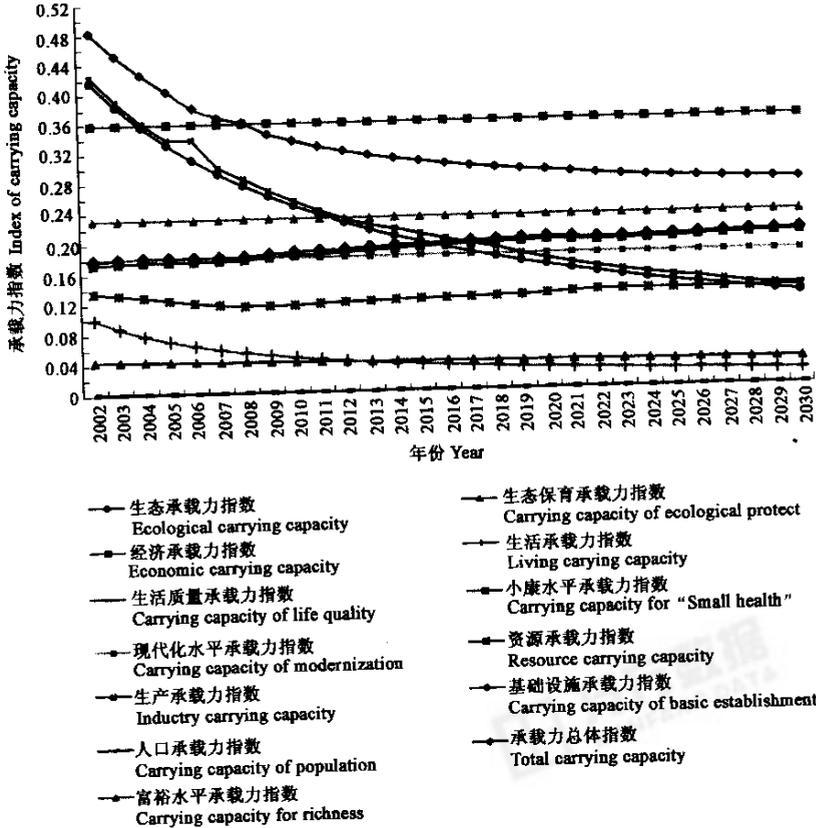


图 2 塔里木河下游生态-生产-生活承载力未来变动情景曲线分析图

Fig. 2 The curve analysis map on the future evolutescenes of the the ecology-peoduction-living syestem carrying capacity in the lower reaches of Tarim River

4.2 自 2009 年起的整体承载力处于可载状态,居民生活水平达到小康标准

由于在 2002~2008 年,尉犁系统承载力指数高于小康、富裕与现代化水平承载力指数,2009 年以后低于小康水平承载力指数,但依旧高于富裕与现代化水平承载力指数,所以,可判定大约在 2009 年以后,尉犁县承载力处于可载状态,将进入小康水平社会。也就是说,在可以预期的经济技术发展水平条件下,在对尉犁生态环境不构成危害的条件下,2009 年以后,从整体上尉犁县可以承载的社会经济规模及人口规模分别为:人口总量达到 11.36~13.52 万人,投资总量  $4.18 \times 10^8 \sim 4.45 \times 10^8$  元,国内生产总值  $8.48 \times 10^8 \sim 15.29 \times 10^8$  元,耕地面积  $2.72 \times 10^4 \sim 2.83 \times 10^4 \text{hm}^2$ ,粮食总产量  $2.53 \times 10^4 \sim 5.56 \times 10^4 \text{t}$ ,林地面积  $2.81 \times 10^4 \sim 2.9$  万亩,草地面积  $8.54 \times 10^4 \sim 9.94 \times 10^4 \text{hm}^2$ ,畜产品总量 32.33~32.82 t,可支配收入总量  $2.84 \times 10^8 \sim 4.65 \times 10^8$  元,人均日蛋白质摄入量 193~277g/人,文化生活消费比重 10.4%~14.6%,居

民平均预期寿命为 73~75 岁。

#### 4.3 可载状态下居民生活水平有望达到现代化标准,但尚需做数百年长期努力

为了揭示塔里木河下游尉犁县承载力指数的长期变动趋势,采用散点图拟合模型预测资源利用指数、生态环境指数、经济发展指数、基础设施指数、人口发展指数与生活质量指数的长期变动趋势,预测结果发现,在富裕生活水平约束下,2054~2160 年,尉犁县的承载力处于可载状态,但在现代化水平约束下,2160 年以前,仍处于超载状态。2160 年以后,在现代化水平约束下,尉犁县的承载力处于可载状态。由此表明,2054 年尉犁县系统承载力指数超过富裕生活水平承载力指数,开始向现代化生活水平指数逼近,直至 2160 年与现代化生活水平指数相交。说明在可载状态下,到 2054 年以后塔里木河下游尉犁县居民生活水平将达到富裕标准<sup>[14]</sup>,到 2160 年以后尉犁县系统承载力指数与现代化生活水平指数相交,居民生活水平有望达到现代化标准,但需经过百年甚至更长期的不懈努力。

#### References:

- [1] Han D L. *Xinjiang Man-made Oasis*. Beijing: Chinese Environmental Science Press, 2001. 23~25.
- [2] Pankov E I, Kuzmina Z V, and Treshkin S E. The water availability effect on the soil and vegetation cover of Southern Gobi oasis. *Water Resource* (in Russian), 1994, **21**(3):358~364.
- [3] Task group of Study on Land Resources Productive Ability and Population Carrying Capacity in China. *Study on Land Resources Productive Ability and Population Carrying Capacity in China*. Beijing: China Renmin University Press, 1991. 86~92.
- [4] Feng Z M. A preliminary Study on the Study Model of the Regional Land Resources Carrying Capacity——Taking Dingxi County of Gansu Province as an Example. *Journal of Natural Resources*, 1990, **5**(3):26~30.
- [5] Chen B M. A summary on the Method of Study on Land Resources Productive Ability and Population Carrying Capacity in China. *Journal of Natural Resources*, 1991, **6**(3):35~37.
- [6] Zhang C G and Fang C L. Driving Mechanism Analysis of Ecological-economic-social Capacity Interactions in Oasis System of Arid Lands. *Journal of Natural Resources*, 2002, **17**(2):181~187.
- [7] Cohen J E. Population growth and earth's Human carrying capacity. *Science*, 1995, **269**:341~346.
- [8] Sagoff M. Carrying capacity and ecological economics. *Bioscience*, 1995, **45**(9):610~619.
- [9] Fang C L. *Regional Development Planning*. Beijing: Science Press, 2000. 126~128.
- [10] Mao H Y and Yu D L. Regional Carrying Capacity in Bohai Rim. *Acta Geographic Sinica*, 2001, **56**(3):363~371.
- [11] Task group on small health of China National Statistic Bureau. *Standard of Small Health in China*. Beijing: China Statistic Press, 1992. 46~53.
- [12] Song Y D, et al. *Management of Water Resources and Eco-environment in Tarim River*. Urumchi: Xinjiang Renmin Press, 2000. 59.
- [13] Song Y D, et al. *Study on Water Resources and Eco-problems in Tarim River in China*. Urumchi: Xinjiang Renmin Press, 2000. 384.
- [14] Niu W Y. *China Sustainable Development Strategy Report*. Beijing: Science Press, 2001. 9.

#### 参考文献:

- [1] 韩德林. 新疆人工绿洲. 北京:中国环境科学出版社,2001. 23~25.
- [3] 《中国土地资源生产能力及人口承载量研究》课题组. 中国土地资源生产能力及人口承载量研究. 北京:中国人民大学出版社,1991. 86~92.
- [4] 封志明. 区域土地资源承载能力研究模式议——以甘肃省定西县为例. 自然资源学报, 1990, **5**(3):26~30.
- [5] 陈百明. 中国土地资源生产能力及人口承载量研究项目方法论概述. 自然资源学报, 1991, **6**(3):35~37.
- [6] 张传国,方创琳. 干旱区绿洲系统生态-生产-生活承载力相互作用的驱动机制分析. 自然资源学报, 2002, (2):181~187.
- [9] 方创琳. 区域发展规划论. 北京:科学出版社,2000. 126~128.
- [10] 毛汉英,余丹林. 环渤海地区区域承载力研究. 地理学报, 2001, **56**(3):363~371.
- [11] 国家统计局小康课题组. 中国小康标准. 北京:中国统计出版社,1992. 46~53.
- [12] 宋玉东,等. 塔里木河水资源与生态环境治理. 乌鲁木齐:新疆人民出版社,2000. 59.
- [13] 宋玉东,等. 中国塔里木河水资源与生态问题研究. 乌鲁木齐:新疆人民出版社,2000. 384.
- [14] 牛文元. 中国可持续发展战略报告. 北京:科学出版社,2001. 9.