

# 西南边疆山区耕地资源利用与粮食生产耦合态势 ——以云南省为例

李智国, 杨子生, 王伟

(云南财经大学 国土资源与持续发展研究所, 云南 昆明 650221)

**摘要:** 耕地利用和粮食生产是在特定地域范围内由人口、社会、经济、自然条件、生产技术、政策等因素耦合而成的复杂系统, 在我国现代化进程中是一个带有全局性、战略性的重大问题。在明确耕地利用与粮食生产内在耦合机制基础上, 构建耕地利用综合指数和粮食生产综合指数, 建立系统耦合状态评价模型, 计算耦合度, 以确定和识别云南省近10年以来两系统的演化状态及二者间的耦合过程, 并对未来的耦合态势进行预测。结果表明, 云南省耕地利用与粮食生产长期处于不协调状态, 耦合度一直高达89°以上, 属高度不协调关系; 近10年来的耦合关系虽呈协调发展演进之势, 但其速度极其缓慢; 预测结果显示, 2025年耦合度仍达81°以上, 未来云南耕地利用和粮食生产的协调发展还将面临着一系列的重大挑战。

**关键词:** 耕地资源利用; 粮食生产; 耦合状态; 耦合度; 山区

**中图分类号:** X24 N949

**文献标识码:** A

耦合(coupling)是物理学的一个基本概念, 是指两个或两个以上的系统或运动方式之间通过各种相互作用而彼此影响以至联合起来的现象, 是在各子系统间的良性互动下, 相互依赖、相互协调、相互促进的动态关联关系<sup>[1]</sup>。当系统之间或系统内部要素之间配合得当、互惠互利时, 为良性耦合; 反之, 相互磨擦、彼此掣肘时, 为恶性耦合<sup>[2]</sup>。从协同学的角度看, 耦合作用和耦合程度决定了系统在达到临界区域时走向何种序与结构, 或称决定了系统由无序走向有序的趋势<sup>[3]</sup>。目前, 对“社会-经济-生态”复合系统进行耦合分析的成果已颇为丰富。许多研究人员利用现代系统理论体系, 建立非线性动力学模型来研究城市化与生态环境的耦合状态和规律<sup>[3-5]</sup>、人口与资源环境的演进态势<sup>[2,6]</sup>、区域系统耦合状态<sup>[7]</sup>、城乡耦合地域空间演变规律<sup>[8]</sup>以及资源开发中的耦合效应<sup>[9]</sup>等。

耕地系统是一个耗散结构, 符合耗散结构的基本要求<sup>[10]</sup>。人口增长、社会经济发展与耕地利用和粮食生产之间存在“胁迫-约束”的双重机制。前者对后者胁迫作用的结果表现为耕地总面积和人均耕地面积的减少, 进而影响粮食生产的同时, 对粮食总量提出了更多的需求。后者对前者的约束作用则表现为作为粮食生产的基础, 耕地资源数量与质量的降低威胁粮食安全, 影响和制约人口、社会经济发展。两系统之间演进态势, 在社会经济发展过程中, 通过物质、科技等对耕地利用的投入和政策因子的共同作用实现动态平衡(图1)。因此, 耕地资源利用与粮食生产是在特定地域范围内由人口、社会、经济、自然条件、生产技术、政策等因素耦合而成的复杂系统。系统中的不同要素相互交织、相互作用和渗透, 各子系统之间以复杂的非线性机制保持能量、物质和信息交换, 通过现有状态不同程度的偏离而

收稿日期(Received date): 2007-12-03; 改回日期(Accepted): 2008-04-20.

基金项目(Foundation item): 云南省自然科学基金项目(2007G078M)、云南省国土资源厅项目《云南省耕地分布及变化与粮食安全研究》共同资助。[Project supported by the Natural Science Foundation of Yunnan Province, China(2007G078M) and Yunnan Provincial Department of Land & Resources China《Research on Cultivated Land distribution and changes and food security in Yunnan Province》]

作者简介(Biography): 李智国(1977-), 男, 云南武定人, 讲师, 在读博士生, 主要从事生态安全、区域可持续发展等领域的研究工作。[Li Zhiguo(1977-), male, born in Wuding of Yunnan, Lecturer, Ph.D. candidate, mainly study on ecological security, regional sustainable development. E-mail: lizhiguo\_sby@yahoo.com.cn, tel: 0871-5023615]

产生时间和空间上相对有序的“耗散结构”, 从而不断调整和优化系统内部要素、结构和功能。

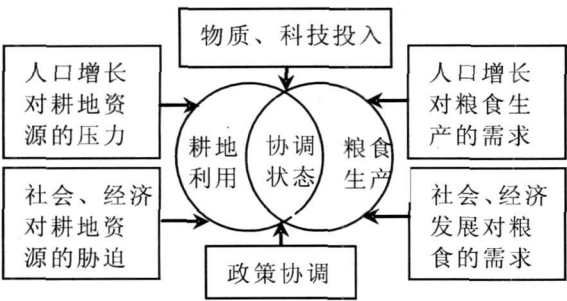


图 1 耕地资源利用与粮食生产系统构成

Fig 1 System mechanism between cultivated land use and food production

云南省地处祖国西南边疆, 土地总面积 38.32 × 10<sup>4</sup> km<sup>2</sup>, 地理环境和自然条件复杂, 是一个典型的低纬度高原山区省份。全省山地、高原面积占 94%, 盆地面积仅占土地总面积的 6%; 地貌类型众多, 地域组合复杂, 垂直差异明显, 高纬度与高海拔相结合, 低纬度与低海拔相一致, 给土地利用带来了相应的复杂性和多样性<sup>[11]</sup>。近年来, 随着人口和社会经济的加速发展, 云南省耕地利用的结构、深度和强度不断发生变化, 这严重影响着全省的粮食生产和安全, 加剧了山区省份特殊自然地理条件下的人地矛盾。2006 年, 云南省城市化水平已达 30.3%, 进入了快速发展时期, 这将进一步加剧耕地资源利用的压力, 进而威胁粮食生产。因此, 研究云南省耕地资源利用与粮食生产的耦合机制, 识别两者间协调发展与否的状态, 并预测其发展态势, 对协调未来人口、社会经济发展与耕地资源利用和粮食生产的矛盾具有重要的理论和实践意义。

# 1 研究方法

## 1.1 评价指标体系构建及数据处理

遵循建立指标体系的科学性、可操作性、动态性、系统性的原则, 结合云南省区域状况以及两个系统的耦合机制, 构建评价指标体系(表 1)。

采用因子分析法计算 CLU 和 FP。使用此方法主要是考虑它不仅可以计算出各因子得分及其权重而避免了主观因素的干扰, 进而计算综合指数, 还可结合耦合分析结果进一步探索各因素对系统的影响状况(限于篇幅, 具体过程参看因子分析法相关资料)。使用 SPSS13.0 软件分别计算两系统 1996~

2006 年的因子得分以及 CLU 和 FP, 所得结果绘制曲线图, 如图 2。

表 1 云南省耕地资源利用与粮食生产系统指标体系

Table 1 The index system of cultivated land resources use and food production in Yunnan Province

综合指数	一级指标	二级指标
耕地资源利用变化综合指数 (CLU)	耕地资源及种植结构	耕地总面积 (× 10 <sup>4</sup> hm <sup>2</sup> ) <sup>*</sup>
		I 等宜耕地面积 (× 10 <sup>4</sup> hm <sup>2</sup> ) <sup>**</sup>
		II 等宜耕地面积 (× 10 <sup>4</sup> hm <sup>2</sup> ) <sup>**</sup>
		III 等宜耕地面积 (× 10 <sup>4</sup> hm <sup>2</sup> ) <sup>**</sup>
		不适宜耕地面积 (× 10 <sup>4</sup> hm <sup>2</sup> ) <sup>**</sup>
		粮食作物播种面积比例 (%) <sup>***</sup>
	物质与科技投入	农业机械总动力 (× 10 <sup>4</sup> kW) <sup>***</sup>
		农田水利化水平 (%) <sup>***</sup>
		化肥施用量 (× 10 <sup>4</sup> t) <sup>***</sup>
		农业劳动力 (× 10 <sup>4</sup> 人) <sup>***</sup>
粮食生产综合指数 (FP)	耕地产出水平	粮食总产量 (× 10 <sup>4</sup> t) <sup>***</sup>
		人均粮食产量 (kg/人) <sup>***</sup>
		I 等宜耕地粮食单产 (kg/(hm <sup>2</sup> ·a)) <sup>****</sup>
		II 等宜耕地粮食单产 (kg/(hm <sup>2</sup> ·a)) <sup>****</sup>
		III 等宜耕地粮食单产 (kg/(hm <sup>2</sup> ·a)) <sup>****</sup>
		IV 等宜耕地粮食单产 (kg/(hm <sup>2</sup> ·a)) <sup>****</sup>

资料来源: \* 为 1996~2006 年云南省土地更新调查数据; \*\* 为课题组所做的云南省耕地适宜性评价数据; \*\*\* 为 1997~2007 年云南省统计年鉴数据; \*\*\*\* 为课题组综合测算数据。

Sources \* Land renewal investigation data of Yunnan Province 1996~2006; \*\* Cultivated land suitability evaluation data of Yunnan Province performed by the studying team of "research on cultivated land distribution and changes and food security in Yunnan Province"; \*\*\* The publication data from Yunnan Statistical Yearbook issues 1997~2007; \*\*\*\* Comprehensive calculating data performed by the studying team of "research on cultivated land distribution and changes and food security in Yunnan Province".

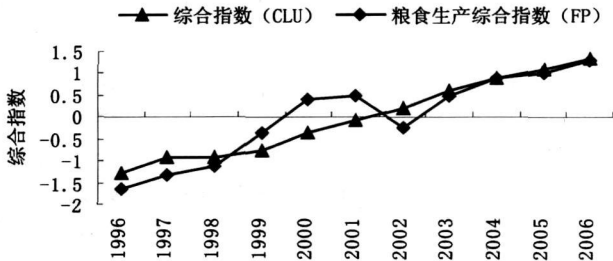


图 2 1996~2006 年云南省耕地资源利用和粮食生产综合指数变化曲线

Fig 2 The change curve about integration value of cultivated land resources use and food production in Yunnan Province (1996~2006)

1.2 评价模型和系统耦合状态分析

在明确耕地利用变化系统与粮食生产内在作用机制的基础上,借助一般系统论中系统演化的思想,建立系统评价模型<sup>[3,7,12,13]</sup>

$$f(CLU) = \sum_i^n a_i x_i$$
$$i=1, 2, \dots, n$$
$$f(FP) = \sum_j^n b_j y_j, j=1, 2, \dots, n$$

(1)

式(1)中, $f(CLU)$ 为耕地资源综合利用水平, $f(FP)$ 为粮食生产综合水平, $x_i y_j$ 为两系统的评价指标, $a_i, b_i$ 为评价指标权重。鉴于耕地资源利用与粮食生产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 $f(CUL)$ 与 $f(FP)$ 是这一复合系统的主导部分,按照一般系统理论,该复合系统的演化方程可以表示为

$$A = \frac{df(CUL)}{dt} \alpha_1 f(CUL) + \alpha_2 f(CUL), V_A = \frac{dA}{dt}$$

(2)

$$B = \frac{df(FP)}{dt} \beta_1 f(FP) + \beta_2 f(FP), V_B = \frac{dB}{dt}$$

(3)

式(2)、(3)中, $A, B$ 为受自身与外来影响下耕地利用子系统和粮食生产子系统的演化状态。 $V_A, V_B$ 分别为二子系统在受到自身与外界条件影响下的演化速度, $t$ 为时间因素。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

究两个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,可以假定耕地资源利用与粮食生产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个椭圆,如图3所示。由图可知, $V$ 与 $V_A$ 的夹角 $\alpha$ 满足 $\tan \alpha = V_B / V_A$ ,则

$$\alpha = \tan^{-1}(V_B / V_A)$$

(4)

可以把 $\alpha$ 称为耦合度,根据 $\alpha$ 的取值,就可以确定整个系统的演化状态以及二者之间的耦合过程(表2)。

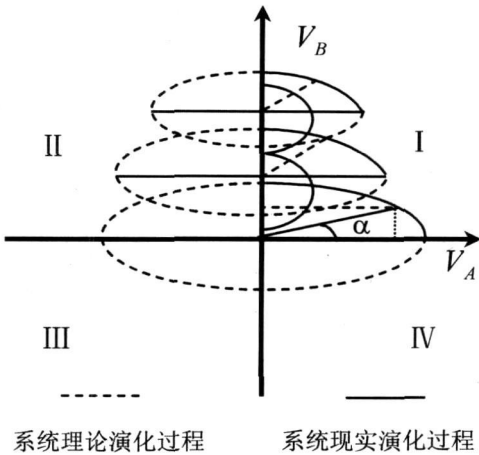


图 3 系统耦合发展过程

Fig 3 System coupling evolving process

表 2 系统演化状态划分及特征描述

Table 2 System evolution situation classification and characteristics description

发展阶段	$\alpha$	$V_A$ 与 $V_B$ 关系	状态描述
原始发展阶段	$\alpha = 90^\circ$	$V_A = 0$ $V_B \rightarrow \infty$	耕地资源全部用于粮食生产,耕地利用几乎全是原始农业,几乎没有其它任何利用方式的存在,只有劳动力投入而无科技投入
协调发展阶段	$0^\circ < \alpha < 45^\circ$	$0 < V_B < V_A$	耕地利用方式发生转变,社会经济平稳发展(处于初期阶段),物质和科技投入增加,对粮食需求量也增加。粮食生产能够满足人口和社会经济发展需求,并且有一定数量的余粮。两个系统相互影响,共同发展,系统向着良性状态发展
分水岭	$\alpha = 45^\circ$	$V_B = V_A > 0$	粮食生产正好满足人口和社会经济需求,两系统处于由良性状态向不可持续演变的临界点,为系统状态演进的分水岭
不协调发展阶段	$45^\circ < \alpha < 90^\circ$	$0 < V_A < V_B$	高度重视区域社会经济的发展,社会经济进入快速发展阶段,耕地利用方式发生极大转变,物质、科技投入达到最大,规模递减趋势明显,粮食生产能力也达到最大,对人口和社会经济发展的支撑能力越显不足,系统向着不可持续状况演变
系统崩溃阶段	$\alpha = 0^\circ$	$V_A \rightarrow \infty$ $V_B = 0$	这是耕地资源利用与粮食生产的极限状态。完全忽视粮食生产,耕地资源全部被其他土地利用方式所占用,几乎没有物质、科技对粮食生产的投入。这种方式违背了人类和社会经济发展规律,只存在理论上的可能。由于两系统存在的正反馈作用,人类能够采取一系列政策、技术、工程等措施,及时调控系统运行状况,引导其协调发展。

2 结果分析与讨论

2.1 耕地资源利用与粮食生产系统要素演变规律

云南省耕地资源利用综合指数与粮食生产综合指数变化趋势具有一致性(除 2002 年粮食生产综合指数急剧下降外), 均呈上升趋势(见图 2)。耕地资源利用综合指数从 1996 年的 - 1.2635 上升到 2006 年的 1.34。其中, 1996~ 1997 年和 1999~ 2006 年属于快速上升期。耕地资源利用综合指数的上升意味着一是耕地资源数量的减少, 二是物质和科技投入有所增加。从两个一级指标的得分情况看, 耕地资源及种植结构得分 1996~ 2000 年一直大于物质和科技投入得分值, 之后, 物质和科技投入有所增加, 并在 2001~ 2002 年和 2004 年大于耕地资源及种植结构得分, 2004 年达到最大值(0.607 44)之后逐年下降。对于粮食生产来说, 其综合指数大致经历 3 个阶段, 1996~ 1998 年是缓慢上升期, 1998~ 2000 年属于快速上升期, 2001 年发展变缓后在 2002 年急剧下降, 2002~ 2006 年又恢复快速上升趋势。2002 年主要是受自然灾害的影响导致粮食生产综合指数的急剧下降, 当年受灾面积同比增加  $7.01 \times 10^4 \text{ hm}^2$  (未计作物病虫害, 下同), 因灾减产粮食总量占实际粮食总产量的 19.62%。可见, 自然灾害对云南省粮食生产有重要影响, 2000 年受灾面积为 1996 年来最小值 ( $59.54 \times 10^4 \text{ hm}^2$ ), 粮食生产综合指数快速攀升。

2.2 区域系统耦合状态

根据图 2 以及公式 (2) 和 (3), 对耕地资源利用综合指数和粮食生产综合指数进行非线性模拟。首先计算  $A$  与  $B$ 、 $V_A$  与  $V_B$ , 其结果为

$$A = -271.3148 + 0.000068t^2$$
$$(R^2 = 0.985 \text{ } F = 636.573),$$
$$V_A = \frac{dA}{dt} = 0.00136t$$
$$B = -2.10392 - 0.015652t^2 + 0.470654t$$
$$(R^2 = 0.876 \text{ } F = 36.385),$$
$$V_B = \frac{dB}{dt} = -0.031304t + 0.47065$$

式中  $t$  的取值 1996 年为 1, 1997 年为 2 依次类推。最后根据公式 (4) 计算  $\alpha$  结果见表 3 并制成变化趋势图(图 4)。

1996~ 2006 年, 云南省耕地资源利用与粮食生产的演化速度表现为非同步性(表 3)。耕地资源利用演化速度 ( $V_A$ ) 呈快速上升趋势, 由 1996 年的 0.000 14 上升为 2006 年的 0.001 50, 年均增长率达 27%, 表明人口增长和社会经济发展对耕地资源的胁迫作用迅速增强, 耕地资源数量的逐年减少以及人口增长和社会经济发展对粮食需求的逐年增大。而粮食生产综合指数 ( $V_B$ ) 以年均 12% 的速度呈缓慢下降趋势, 并且  $V_B > V_A$  表明, 粮食生产对人口和社会经济发展的支撑能力越显不足, 土地报酬递减趋势明显。1996~ 2006 年, 云南省耕地资源利用和粮食生产两系统的耦合度  $\alpha$  处于第一象限  $[89^\circ, 90^\circ]$  区间内,  $\alpha$  呈微弱下降趋势(图 4)。根据表 3 分析,  $\alpha$  几乎快要接近  $90^\circ$  时, 系统处于崩溃状态, 两个系统发展极不协调。

表 3 云南省 1996~ 2006 年耕地资源利用与粮食生产的耦合度  
Table 3 The coupling degree of cultivated land resources use and food production in Yunnan Province( 1996~ 2006)

年份	$V_A$	$V_B$	$\tan\alpha$	耦合度 $\alpha(^{\circ})$
1996	0.000 14	0.439 35	3 138.214 30	89.98
1997	0.000 27	0.408 05	1 511.300 00	89.96
1998	0.000 41	0.376 74	918.878 00	89.94
1999	0.000 54	0.345 44	639.703 70	89.91
2000	0.000 68	0.314 13	461.955 90	89.88
2001	0.000 82	0.282 83	344.914 60	89.83
2002	0.000 95	0.251 53	264.768 42	89.78
2003	0.001 09	0.220 22	202.037 00	89.72
2004	0.001 22	0.188 92	154.852 50	89.63
2005	0.001 36	0.157 61	115.889 70	89.51
2006	0.001 50	0.126 31	84.206 67	89.32

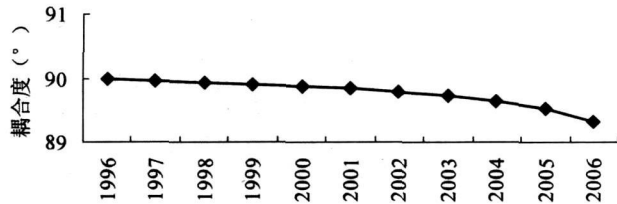


图 4 1996~ 2006 年云南省耕地资源利用与粮食生产耦合态势

Fig 4 The dynamic coupling situation of cultivated land resources use and food production in Yunnan Province( 1996~ 2006)

以上结果表明,云南耕地资源利用和粮食生产的耦合状态呈现以下3个明显特点:

1. 耕地资源利用与粮食生产一直处于极不协调状态。在人口快速增长和社会经济发展的巨大压力下,一方面耕地总面积和人均耕地面积逐年减少,另一方面对粮食需求量却在不断增加,人地矛盾严重激化,使耕地资源利用与粮食生产处于不协调状态, $\alpha$ 值在近10 a间一直达 $89^\circ$ 以上,属高度不协调关系。1996~2006年期间全省耕地总面积以年均 $0.54\%$ 的速度在减少,平均每年减少 $3.44 \times 10^4 \text{ hm}^2$ ;总人口却从1996年4 041.5万人增加到2006年的4 483.0万人,平均每年净增人口44.15万人;使人均耕地面积由1996年的 $0.159 \text{ hm}^2$ 下降到2006年的 $0.136 \text{ hm}^2$ ,年均降低率达 $1.45\%$ 。尽管近10年来云南粮食总产量有了较快的增长,但人均粮食产量增幅较小,且波动较大。2006年全省人均粮食产量 $344.0 \text{ kg}$ 虽比1996年的 $308.4 \text{ kg}$ /人相比,年均增长了 $1.15\%$ ,但低于2001年 $346.1 \text{ kg}$ /人和2002年 $346.7 \text{ kg}$ /人的水平。另一方面,与全国2006年人均粮食产量 $378.4 \text{ kg}$ 的水平相比,云南省目前的人均粮食产量显然偏低。若按照我国公认的人均 $400 \text{ kg}$ 粮食需求标准来衡量,云南粮食生产能力显著不足。也就是说,在云南省目前耕地资源利用状态下,在不考虑粮食调入(云南省“十一五”规划提出今后粮食必须实现基本自给)的情况下,粮食生产还远不能达到初步小康水平的下限值(人均 $400 \text{ kg}$ ),省域粮食安全受到较大威胁。

2. 近10年来耕地资源利用和粮食生产的耦合关系虽呈现向协调发展方向演进之势,但其速度极其缓慢,目前总体上仍然处于极不协调状态。从图4可看出,在1996~2006年的10 a间,云南省耕地资源利用与粮食生产的耦合度( $\alpha$ )总体上呈现出很微弱的下降趋势,这主要得益于政策协调和投入因素的作用。云南省一方面依法加强耕地和基本农田保护,贯彻落实中央出台的一系列支农惠农政策,在提高农民种粮积极性、稳定粮食播种面积、提高农民收入等起到了重要作用。另一方面加强农业基础设施建设,加大农田基本建设力度,积极开展土地整理,增加耕地有效面积、提高土地质量和改善生态环境,同时,加大物质和科技投入,改善生产条件。据统计,1996~2006年云南梯田梯地化水平以年均 $0.28\%$ 的速度增长,2006年全省梯田梯地占耕地总面积的比例达到了 $34.26\%$ ,这对于山区省份而言

是非常难能可贵的;近10 a全省耕地有效灌溉率亦以年均 $0.24\%$ 的增长率在持续提高,2006年达到了 $23.04\%$ ;与此同时,耕地水土流失面积和平均土壤侵蚀模数由1996年的 $421.19 \times 10^4 \text{ hm}^2$ 和 $6 059.52 \text{ t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$ 下降到2006年的 $393.48 \text{ hm}^2$ 和 $5 964.69 \text{ t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$ ,年均下降率分别为 $0.66\%$ 和 $0.16\%$ 。另一方面,近10 a全省农业机械总动力和化肥施用量分别以年均 $7.5\%$ 和 $5.26\%$ 的速度增加。这些努力使云南粮食生产能力获得一定程度的提高,1996~2006年粮食总产量年均增长率达 $2.37\%$ 。这在一定程度上缓解了耕地资源利用与粮食生产之间的矛盾,使耕地资源利用与粮食生产 $\alpha$ 值总体上呈微降之势,由1996年的 $89.98^\circ$ 下降到2006年的 $89.32^\circ$ ,年均下降率为 $0.07\%$ 。可见, $\alpha$ 的下降速度极其低下,目前省域 $\alpha$ 值依然高达 $89^\circ$ 以上,耕地资源利用与粮食生产之间仍然处于高度不协调状态。

还需要指出的是, $\alpha$ 值较高,还与目前依然普遍大量存在的坡耕地有关。2006年全省坡耕地(不含梯田梯地)达 $379.64 \times 10^4 \text{ hm}^2$ ,占耕地总面积的比例达 $62.46\%$ 。其中, $>25^\circ$ 坡耕地达 $66.09 \times 10^4 \text{ hm}^2$ ,占耕地总面积的比例达 $10.87\%$ 。另外,不少山区的“刀耕火种”型利用方式较为突出,2006年全省轮歇地面积达 $98.56 \times 10^4 \text{ hm}^2$ ,占耕地总面积的比例达 $16.22\%$ 。陡坡耕地和“刀耕火种”型轮歇地的大量存在,从另一方面也表明了云南耕地资源利用与粮食生产间的极不协调性。

3. 未来耕地资源利用和粮食生产的协调发展还将面临着一系列的重大挑战。上述表明,云南省目前 $\alpha$ 值还非常高,而且其下降过程极其缓慢,达到耕地资源利用和粮食生产协调发展的目标还任重而道远。同时,在未来很长的时期内,耕地资源利用和粮食生产的协调发展还将面临着一系列的重大挑战,主要有:①全省总人口将继续增长,加之云南为边疆山区多民族省份,各项建设起步晚,基础设施欠账多,在实施西部大开发、全面建设小康社会、构建和谐社会和建设社会主义新农村的形势下,城市化、新型工业化、交通、能源、水利等各项建设将大大加快,必然需要占用更多的耕地资源,这已是难以逆转之势,预计2006~2020年间全省各类建设占用耕地平均每年达 $8 000 \sim 10 000 \text{ hm}^2$ 左右;②2006年全省耕地总面积中尚有需要退耕的 $>25^\circ$ 坡耕地 $66.09 \times 10^4 \text{ hm}^2$ 和其他障碍型不宜耕地 $31.57 \times 10^4$

$\text{hm}^2$ , 为了改善土地生态环境和保障可持续发展, 这部分不宜耕地将按《水土保持法》《土地管理法》等法律法规和国家政策规定而逐步进行退耕; ③云南山地面积比重大, 有条件开垦的宜农荒地大部分已开发利用, 耕地后备资源显著不足, 土地开发、复垦和整理的难度日益加大, 使补充耕地量难以大幅度增加, 实现耕地“占补平衡”目标将面临很大的挑战; ④在建设全面小康社会、和谐社会及社会主义新农村的新形势下, 农业结构调整还将占用一定数量的耕地, 预计 2007~2020 年年均因农业结构调整而减少耕地量将达  $3\,000\sim 5\,000\text{ hm}^2$  以上, 意味着耕地保护与农村经济发展的矛盾加剧; ⑤因不可抗拒的自然因素(洪水、地震等)和某些人为因素造成的灾毁耕地问题将继续存在, 全省 1996~2006 年灾毁耕地共计达  $4.88\times 10^4\text{ hm}^2$  (年均因灾毁而减少耕地  $0.49\times 10^4\text{ hm}^2$ ), 即便考虑到未来水利投资增加所导致的减灾能力提高等因素, 预计未来 14 a(2007~2020 年)灾毁耕地量亦将达平均每年  $3\,000\text{ hm}^2$  以上。⑥在耕地资源不断地被大量占用的同时, 因受土地报酬递减律的作用, 粮食单产水平持续不断地大幅度提高的可能性较小, 全省 1996~2006 年耕地年粮食单产的年均增长率已达 3.62%, 远高于全国平均 1.4% 的水平, 今后单产水平进一步提高的幅

度将会下降, 使粮食生产受耕地资源利用的约束作用将会表现得更加明显, 人地关系将趋于紧张状态。

⑦粮食生产受自然灾害的影响较严重, 在 1952~2006 年间, 全省农业自然灾害总受灾面积达  $4745.99\times 10^4\text{ hm}^2$ , 年均受灾  $86.29\times 10^4\text{ hm}^2$ , 占年均农作物总播种面积的 20.28%; 成灾总面积达  $2586.78\times 10^4\text{ hm}^2$ , 年均受灾  $47.03\times 10^4\text{ hm}^2$ , 占农作物总播种面积的 11.05%。这 55 a 间全省年均因灾减产粮食总量达  $103.38\times 10^4\text{ t}$ , 占年均实际粮食总产量的 11.56%。在这些因素的多重作用下, 耕地资源利用与粮食生产向协调方向演进的难度非常巨大。

### 3 未来耕地资源利用与粮食生产的耦合度的预测

利用 1996~2006 年  $\alpha$  值, 运用 SPSS13.0 软件分析和优选得出, 二次曲线模拟效果较好(图 5)。根据预测结果可知, 未来云南省 2007~2025 年  $\alpha$  虽呈逐年下降趋势, 但因其下降过程非常缓慢, 至 2025 年, 依然达  $84.21^\circ$ , 这意味着未来 20 a 间云南耕地资源利用与粮食生产依然还处于极不协调状态, 并直接危及省域粮食安全。

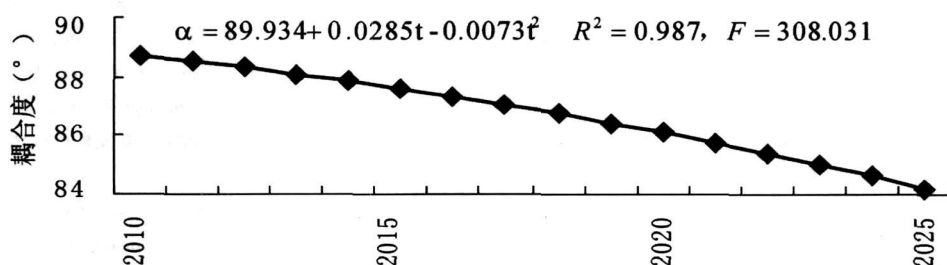


图 5 云南省耕地资源利用与粮食生产耦合度 ( $\alpha$ ) 预测模型

Fig 5 The forecasting model of coupling degree of cultivated land resources use and food production in Yunnan Province

## 4 结论

1. 从系统理论思想出发, 对耕地资源利用与粮食生产两个系统进行耦合分析, 以识别目前二者之间的协调状态, 对今后耕地资源利用与粮食生产关系的调控具有重要的理论和现实意义。

2. 测算结果表明, 耕地资源利用与粮食生产一

直处于极不协调状态, 两者耦合度在近 10 a 间一直达  $89^\circ$  以上, 属高度不协调关系。近 10 年来两者的耦合关系虽呈现向协调发展方向演进之势, 但其速度极其缓慢, 目前总体上仍然处于极不协调状态。分析和运用回归拟合模型预测结果显示, 云南耕地资源利用与粮食生产的协调发展还将面临着一系列的重大挑战。

3. 从边疆山区耕地资源利用与粮食生产的实

际出发,未来两系统要实现协调发展,其战略和基本措施应着眼于:在保证一定数量与质量耕地的同时,不断提高耕地利用集约度和粮食生产效率,以保障省域粮食安全。为此,首先应从政策协调和法律法规保障出发,依法保护耕地和基本农田,协调好社会经济发展和耕地资源合理利用的矛盾。同时,不断落实和完善国家各项支农惠农政策,增加农民收入,充分调动农民粮食生产的积极性,提高粮食播种面积,以稳定边疆地区粮食产销平衡的基本格局。其次,必须大力加强农业基础设施建设,依靠科技进步转变粮食生产发展方式,积极开展土地整理,推进以坡耕地“坡改梯”为主体的耕地综合治理,提高耕地质量,以提高农业和粮食综合生产的能力。还应加强农业生态建设和环境保护,特别是提高大量坡耕地的水土综合整治能力,严格实施天然林保护、退耕还林还草、石漠化整治等重点生态工程,降低自然灾害对农业生产的影响和运用回归拟合模型预测结果显示未来云南耕地资源利用与粮食生产的协调发展还将面临着一系列的重大挑战。

## 参考文献 (References)

- [1] Wu Q in-tang. Analysis of the coupling mechanism between industry cluster and regional economic development [J]. *Management World*, 2004 (2): 133 ~ 136[ 吴勤堂. 产业集群与区域经济发展耦合机理分析 [J]. 管理世界, 2004 (2): 133 ~ 136 ]
- [2] Wu Wen-heng, Niu Shu-wen. Evolutional analysis of coupling between population resources and environment in Gansu Province [J]. *Chinese Journal of Population Science*, 2006 (2): 81 ~ 86[ 吴文恒, 牛叔文. 甘肃省人口与资源环境耦合的演进分析 [J]. 中国人口科学, 2006 (2): 81 ~ 86 ]
- [3] Liu Yao-bin, Li Ren-dong, Song Xue-feng. Analysis of coupling degrees of urbanization and ecological environment in China [J]. *Journal of Natural Resources*, 2005, 20(5): 105 ~ 112[ 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(5): 105 ~ 112 ]
- [4] Qiao Biao, Fang Chuang-lin. The dynamic coupling model of the harmonious development between urbanization and eco-environment and its application in arid area [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2005, 25(11): 3003 ~ 3009[ 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 [J]. 生态学报, 2005, 25(11): 3003 ~ 3009 ]
- [5] Liu Yao-bin, Li Ren-dong. Analysis of coupling rule between urbanization and eco-environment in Jiangsu Province [J]. *China Population Resources and Environment*, 2006, 16(1): 47 ~ 51[ 刘耀彬, 李仁东. 江苏省城市化与生态环境的耦合规律分析 [J]. 中国人口·资源与环境, 2006, 16(1): 47 ~ 51 ]
- [6] Ma Cai-hong, Zhao Xian-gui. Study on population-farmland-grain system coupling trends in Shanxi Province [J]. *Agricultural Research in the Arid Areas*, 2005, 23(5): 217 ~ 221[ 马彩虹, 赵先贵. 陕西省人口-耕地-粮食系统耦合态势研究 [J]. 干旱地区农业研究, 2005 23(5): 217 ~ 221 ]
- [7] Zhang Fu-gang, Liu Yan-sui, Wang Jie-yong. Analysis of regional system couple state in rapid developing coastal region: a case study of Hainan Province [J]. *Resources Science*, 2007, 29(1): 16 ~ 20[ 张富刚, 刘彦随, 王介勇. 沿海快速发展地区区域系统耦合状态分析——以海南省为例 [J]. 资源科学, 2007, 29(1): 16 ~ 20 ]
- [8] Zhang Zhen-jie, Yang Shan. The construction of interspatial expansion modeling about urban-rural coupling region's system—Take Nanjing as an example [J]. *Urban Studies*, 2007, 14(2): 88 ~ 92 [ 张振杰, 杨山. 基于系统行为的城乡耦合地域空间演变规律研究——以南京市为例 [J]. 城市发展研究, 2007, 14(2): 88 ~ 92 ]
- [9] Zhu He-jian, He Shao-fu. The coupling effects of the exploitation of agricultural resources [J]. *Journal of Natural Resources*, 2003, 18(5): 583 ~ 588[ 朱鹤健, 何绍福. 农业资源开发中的耦合效应 [J]. 自然资源学报, 2003, 18(5): 583 ~ 588 ]
- [10] Xun Wen-hui, Liu You-zhao, Wu Guan-cen. The theory of Dissipative Structure and its application on utilization and protection of cultivated land [J]. *Economic Geography*, 2007, 27(1): 141 ~ 144[ 荀文会, 刘友兆, 吴冠岑. 基于耗散结构理论的耕地资源利用与保护 [J]. 经济地理, 2007, 27(1): 141 ~ 144 ]
- [11] Yang Zi-sheng, Jiang Jin-yun, Hu Po *et al.* Land Exploitation and Consolidation Planning in Yunnan Province [M]. Kunming: Yunnan Science and Technology Press, 2006: 3 ~ 4[ 杨子生, 姜锦云, 胡珀, 等. 云南省土地开发整理规划 [M]. 昆明: 云南科技出版社, 2006: 3 ~ 4 ]
- [12] Xu Xue-rong, Wu Zu-jian, Zhang Ju-yong *et al.* Research on the path and early warning of sustainable development [J]. *Mathematics in Practice and Theory*, 2003, 33(2): 31 ~ 37[ 徐学荣, 吴祖建, 张巨勇, 等. 可持续发展通道及预警研究 [J]. 数学的实践与认识, 2003, 33(2): 31 ~ 37 ]
- [13] Li Chong-ming, Ding Lie-yun. Study of coordinated development model and its application between the economy and resources environment in small town [J]. *System Engineering Theory & Practice*, 2004, (11): 134 ~ 144[ 李崇明, 丁烈云. 小城镇资源环境与社会经济协调发展评价模型及应用研究 [J]. 系统工程理论与实践, 2004, (11): 134 ~ 144 ]

# The Coupling Situation of Farm land Resources Use and Food Production in Mountainous Area at China's Southwest Border

——A Case Study in Yunnan Province

LI Zhiguo YANG Zisheng WANG Wei

(Institute of Land & Resources and Sustainable Development, Yunnan University of Finance and Economics, Kunming 650221, China)

**Abstract** Farm land use and food production is a complex system formed by coupling of the local population, society, economy, natural conditions, techniques and policies. It is an overall and strategic issue in China's modernization process. Based on revealing the internal coupling mechanism of farm land use and food production, this thesis has established general farm land use index and general food production index, set up system coupling state evaluation model via system evolution in general system theory, and calculates the coupling degree, so as to confirm and identify the evolution status of the two systems and the coupling process between the two in Yunnan Province in the recent 10 years, and pre-estimated the future coupling tendency. The study result indicates that Yunnan's farm-land use and food production have been long in disharmony and the coupling degree has been higher than  $89^\circ$ . The two are highly disharmonious. In the recent 10 years, the coupling between the two has a trend of evolving towards harmony. However, the evolving speed is very slow. The prediction result tells that in 2025 the coupling degree between farm land use and food production in Yunnan will be still higher than  $81^\circ$ , indicating that the harmonious development of Yunnan's farm land use and food production in the future will confront a series of great challenges.

**Key words** farm land resources use; food production; coupling state; coupling degree; mountainous area