

# 生态脆弱带波动性、人口压力、脆弱度之间的关系

孙 武<sup>1</sup>, 侯 玉<sup>2</sup>, 张 勃<sup>3</sup>

(1. 华南师范大学地理系, 广州 510631; 2. 中山大学地理系, 广州 510275; 3. 西北师范大学地理系, 兰州 730000)

**摘要:** 中国北方农牧交错带自然经济系统的高波动性是生态脆弱带的显著特征之一。系统的波动性、人口压力、脆弱性三者之间在空间分布和成因上均有密切的联系。坝上后山地区粮食单产的波动性高, 并自南向北递增; 而以农牧业总产值为代表的土地生产力的波动性与粮食的波动性正好相反, 从牧区向农牧区逐渐加大, 在张北尚义一带形成高中心。在温饱型的热量营养标准下, 人口的绝对和相对超载状况同土地生产力的波动性成正比, 线性相关在 0.83 以上, 空间分布规律与土地生产力的波动性一致。由此表明, 草场开垦面积大, 作物结构单一, 种植业比重高, 人口超载严重, 波动性就高, 农牧业的不稳定性就增强。生态脆弱带自然经济系统的高波动性是气候同社会综合作用的结果, 一方面第一性生产力受气候特别是高跃变降水的强烈制约, 另一方面人们不合理的土地利用尤其是滥垦给予了加强和放大。所以, 区域经济发展水平波动性的高低实质上是对农林牧土地利用方式、产业结构、人口超载状况和整个系统稳定性的综合反映。因而, 也是度量生态脆弱带脆弱度的实用指标之一。

**关键词:** 系统波动性; 土地生产力; 人口超载; 脆弱度指标

## An approach to the fluctuation relation among land productivity, population pressure and weakness in ecotone

SUN Wu<sup>1</sup>, HOU Yu<sup>2</sup>, ZHANG Bo<sup>3</sup> (1. Department of Geography, South China Normal University, Guangzhou 510631 China; 2. Department of geography, Zhongshan University, Guangzhou 510275 China; 3. Department of Geography, Northwest Normal University, Lanzhou 730000 China)

**Abstract:** The relationship is analyzed among land productivity, population pressure and weakness to the compound system we take counties of southeast Inner Mongolia plateau as an example, which is characterized by the most fragile part of ecotone, as desertification develops rapidly, natural disasters gather heavily. The fluctuation of the system can be described as following; the fluctuation of main crop decreases from north to south due to rain, but the accumulated population overloading under nutrition criteria of calorie is directly proportional to that of total output value of agriculture. It points out that, the higher the proportion of farming in agriculture, the higher the fluctuation of land productivity, the higher the population overloading, the lower the level of economic development. In the end, the paper comes to a conclusion that the high fluctuation of the ecotone is a response to climate as well as irrational land use, and fluctuation of economic development is a scientific and practical index to weakness degree. As it synthetically reflects the land structure of reasonable utilization, situation of population overloading, and the level of economic development.

**Key words:** fluctuation; land productivity; population overloading; the weakness

文章编号: 1000-0933(2000)03-0369-05 中图分类号: Q146, S181 文献标识码: A

基金项目: 国家自然科学基金“九五”重大项目(39990490)资助

收稿日期: 1999-12-25 修回日期: 2000-02-20

作者简介: 孙武(1963~), 男, 理学博士, 副教授。

河北坝上内蒙古乌盟后山地区,地理上位于内蒙古高原东南部,由坝上、察哈尔和乌兰察布高原三部分组成。本区人口压力大,土地遭受风水两相侵蚀,荒漠化发展速度快,自然灾害群聚,自然经济社会复合系统波动性高,经济发展水平低,为中国北方生态脆弱地带中最为脆弱的地段<sup>[1~3]</sup>。同时,由于其特殊的生态地理特征及其在全球环境变化研究中所处的重要地位,该剖面成为国际地圈-生物圈计划(IGBP)陆地样地中国东北样带(NECT)中的核心区域<sup>[4]</sup>。随着对此典型地带研究的深入,先后提出了各种度量脆弱带人地关系运行状态的脆弱度指标<sup>[5]</sup>。这些指标可归纳为具有相互联系但各有侧重的土地荒漠化、自然灾害、人口压力和系统敏感性等方面。由于中国北方农牧交错带介于湿润地带同干旱地带之间的过渡区域,许多学者都认为属于“界面性”脆弱,从而在理论上推导出 Ectone 各种要素在横穿过渡带时,应该有较大的水平梯度变化,相应地,这些要素就是辨识脆弱带的界面性指标<sup>[6]</sup>。然而,正是它由于处于大陆性季风的尾间,同非洲 Sahel 并列成为具有洲际尺度脆弱带的典型代表,波动性成了整个系统最显著的特征。本文将本地段 500km 长,300km 宽的 18 个旗县作为典型剖面,以自然经济社会复合系统为对象,从人地关系的角度,分析波动性、人口压力、脆弱性三者之间的关系,探讨用波动性指标代表脆弱度的可能性。

### 1 系统的波动性

**1.1 粮食的波动性** 根据 1 个旗县 1951~1996 年粮食亩产数据,以 5a 滑动平均法近似代替趋势产量,用实际产量与趋势产量之差即气候产量来计算粮食波动系数。

$$Y_c = Y_r - Y_t \quad Y_c \text{ 气候产量}; Y_r \text{ 实际产量}; Y_t \text{ 趋势产量。}$$

$$C_v = \delta_{n-1} X^{-1} \quad C_v \text{ 波动系数}; \delta_{n-1} \text{ 粮食产量的标准差}; X \text{ 多年平均粮食产量。}$$

在 1951~1996 年粮食波动性的空间分布上,全区粮食变率在 30% 以上,由南向北递增。集宁二连浩特一线以东,多伦张家口以西的扇形地带,变率在 35% 以上,特别是白旗、黄旗、化德、康保一带在 40% 以上,最高的白旗、黄旗、苏右旗形成了 45% 的高中心。本区处于季风区与非季风区之间过渡地带,降水年内年际变率高;有效灌溉面积只占耕地面积的 8% 左右,大部分耕地为“望天田”,使得坝上后山地区的旱作农业成为全国波动性最高的地带之一,而处于旱作界限附近的旗县便成了高中之高。

**1.2 农牧业生产总值的波动性** 利用改革开放以来到 90 年代中期 18a,18 个旗县农牧业生产总值和人均农牧业生产总值(均化为 1980 年价格),同样用上面的方法计算区域土地生产力波动系数。结果表明,两种波动系数具有很高的一致性,线性相关  $r=0.99$ 。因此,两种系数均能代表区域土地生产力的高低与经济水平,并可相互替代。在全区农牧业总产值波动性的分布上,  $C_v$  由东南向西北递减,总的空间分布规律同粮食的波动性正好相反,波动性最高的区域在察后、商都、化德、太仆寺旗、沽源和围场组成的半圆形地带,  $C_v$  值要比粮食单产小 10~15 个百分点,波动性在 25%~37%,康保和尚义波动性为 37%;属全区最高。在 25% 以上的另一个县是西部的固阳,波动值为 29.7%,四子王、达茂、白旗、多伦、武川、察中波动值在 20%~25%,牧区的苏右、黄旗、兰旗波动性在 14% 以下,苏右为全区最低值只有 7.9% (图 1)。

### 2 人口压力

土地承载力不只是表示所能持续供养的人口数量,更重要的意义在于它揭示了区域人地关系协调状况和经济、生态的未来前景。在农牧交错带,人口超载是脆弱性的直接动力,荒漠化是生态系统退化的景观表现,落后的经济发展水平则是自然人为综合作用的最终结果。

**2.1 标准与方法** 1991 年,《中国土地资源生产能力及人口承载量研究》课题完成了内蒙古自治区东北区、半干旱区和干旱区 3 个潜力区,粮食和肉类等指标对应的 1985 年、2000 年同 2025 年 3 个时期人口承载力的研究。结果表明,本区所处的内蒙半干旱区粮食供需矛盾十分突出,人口连年超载。对于本区土地人口承载力的计算,应该充分反映土地生产力的波动性,数据都

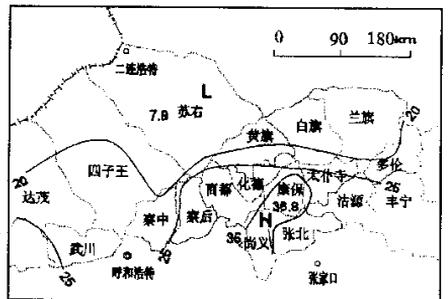


图 1 农牧业总产值的波动性  $C_v$ (%)

Fig. 1 Fluctuation of total output value of agriculture  $C_v$ (%)



着,波动性高的地区农业人口密度大,人口的绝对超载和相对超载都比较严重。

表 2 1983~1992 年坝上后山典型旗县人口超载状况

Table 2 Overload populativity of typical counties for land productivity supporting capacity during 1983~1992

类别 Category		热量 Calorie				蛋白质 Protein			
超载项目 Overload item	次数 Times	最大值	累计	超载	次数 Times	最大值	累计	累计	
		(万人) Max. (10 <sup>4</sup> people)	(万人) Accumulated (10 <sup>4</sup> people)	系数 Overload coefficient		(万人) Max. (10 <sup>4</sup> people)	(万人) Accumulated (10 <sup>4</sup> people)	(10 <sup>2</sup> 人/km <sup>2</sup> ) (10 <sup>2</sup> people/km <sup>2</sup> )	
四子王	温饱型 <sup>①</sup>	3	7.1	14.1	1.36	4	7.2	16.1	0.06
Si zi wang	小康型 <sup>②</sup>	4	8.2	19.3		6	8.5	24.9	0.10
wang	科学营养型 <sup>③</sup>	5	8.8	23.7		8	10.1	42.3	0.17
商都	温饱型	4	17.7	48.7	1.65	4	19.1	57.4	1.32
Shang dou	小康型	4	19.1	56.8		5	20.6	67.7	1.56
dou	科学营养型	4	19.9	61.3		8	22.3	91.4	2.10
正兰	温饱型	6	2.5	9.8	1.44	6	1.8	6.3	0.06
Zheng lan	小康型	7	2.8	12.5		7	2.3	9.8	0.10
lan	科学营养型	7	3.0	14.1		7	2.8	14.4	0.14
张北	温饱型	5	23.8	67.2	1.67	5	25.0	76.9	1.84
Zhang bei	小康型	5	24.9	78.0		5	26.1	88.3	2.11
bei	科学营养型	5	25.5	84.0		6	27.4	106.0	2.54

①Primary ②Well-being ③Scientific

3.2 波动性与脆弱度 坝上后山地区自然经济社会复合系统的波动因子可分为两类,牧草产量、粮食产量、牧畜头数和国民生产总值等主要受气候和自然灾害的控制,而耕地的开垦、人口增长、樵柴等因子主要受政策、生活习惯等社会因素的制约。从生态系统的角度,由波动向上的传递次序可将其归纳为第一层次的气候(降水量和风、水侵蚀力等),第二层次的植被(草场与农作物),第三层次的动物,第四层次的生产力(农业生产总值、工农业生产总值)等几个序列,最终以土地总承载力影响人口的可承载数量。人地关系之间的矛盾主要集中在系统第一层次的畜与草、气候侵蚀力与农耕活动和最后层次的土地承载力与人口压力之间。而系统综合的波动性主要体现在第二层次的植被和第四层次的区域经济水平上。在经济产业结构上,第一产业对气候的依赖强,波动性高,第二和第三产业一般对波动性进行抑制与缓冲,而三大产业所占的比例最终决定经济系统的稳定程度(图 3)。同时,生态脆弱带自然经济系统的高波动性是气候同社会综合作用的结果,一方面第一性生产力受气候特别是高跃变降水的强烈制约年内年际变化大,另一方面人们不合理的土地利用给予了加强和放大。象作物结构的多样性、土地利用景观的异质性、复种指数,人工草场面积、出栏率以及社会抗御自然灾害的能力均直接或间接的影响波动性,其中滥垦在干旱半干旱地区对波动性起了重要的促进作用。

坝上后山地区农业内部结构简单,林副渔业在农业总产值中所占比例很小,农牧业构成了主要的两个部分。牧业比例愈高,畜牧业对气候的缓冲作用会使总波动系数变小。波动性与 18 旗县种植业占农牧业总产值的比例线性相关密切,相关性在 0.80 以上。因此,处于旱作边缘附近的旗县尽管粮食单产的波动性高,但由于耕地面积少,种植业在农业总产值中的比例小,牧业调节作用大,使得波动性变小,如黄旗、白旗、兰旗牧业产值的比例高达 85%。而波动性高的河北坝上 4 县,虽降水条件稍优于北部,降水的波动性也不如北部高,但因种植业比例在全区最高,牧业比例只有 35% 左右,区域生产力的波动性也就放大了。波动性同多年人均农业总产值线性相关为 -0.81,与 1997 年农民人均纯收入线性相关为 -0.83,表明波动性与经济水平存在负相关(图 4)。所以,波动性愈高,草场的滥垦严重,土地利用不合理,人口超载突出,经济水平低,土地生产力对气候的依赖性大,社会经济系统就愈不稳定。综上所述,波动性的高低,实质就是对土地利用发展水平、人口压力、农牧民对土地依赖性的综合测度。因而,也是衡量波动带脆弱度科学而实用的指标之一<sup>[2]</sup>。

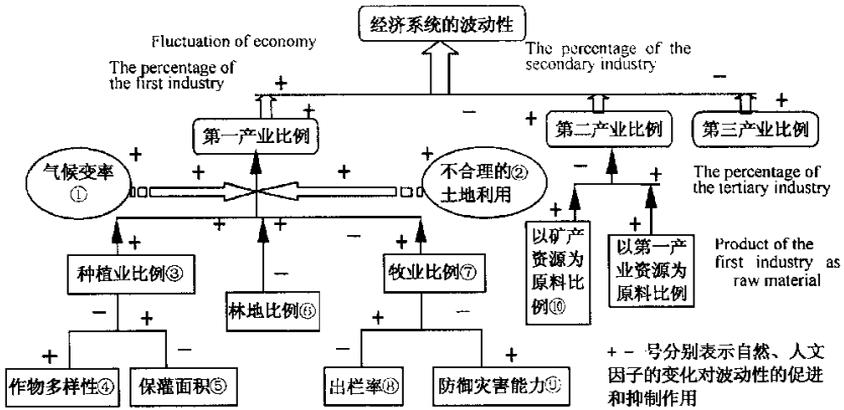


图 3 生态脆弱带波动性的成因模型

Fig. 3 Dynamic model for fluctuation of ectone

①The fluctuation of climate;②Irrational land use;③Percentage of farming;④Diversity of crops;⑤Assured irrigated cultivated land;⑥Percentage of forestry,⑦Percentage of husbandry,⑧The rate of live stock;⑨Capacity to combat disasters,⑩Percentage of mineral as raw material

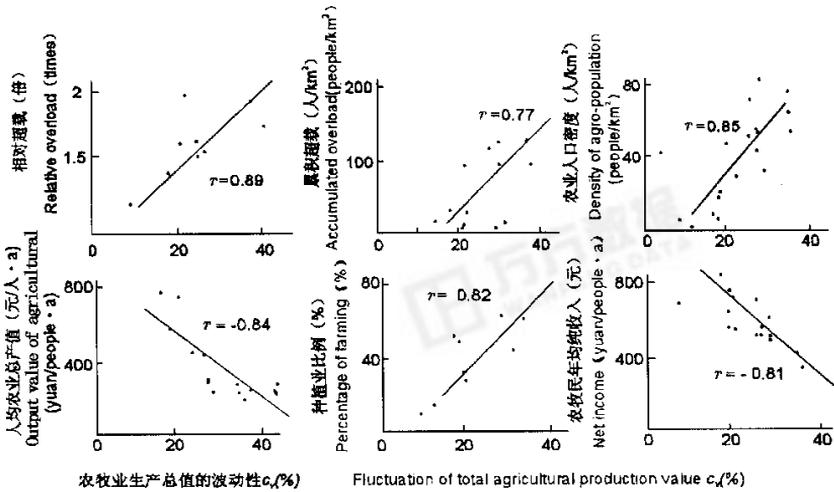


图 4 生态脆弱带波动性与脆弱度

Fig. 4 Relation between the fluctuation of ecotone and the weakness

参考文献

[1] 朱震达,陈广庭. 中国土地沙质荒漠化. 北京:科学出版社,1994. 123~133.  
 [2] 孙 武. 波动性生态脆弱带的特征. 中国沙漠,1997,17(2):199~203.  
 [3] Li X., Modeling the response of NECT to global change. *J. Biogeogr.* 1995, 22:515~522.  
 [4] 张新时,高 琼,杨奠安,等. 中国东北森林—草原全球变化陆地样带(NECT)的梯度分析及其预测. 植物学报, 1997, 39(9):785~799.  
 [5] 刘燕华. 中国荒漠环境类型划分与指标. 见:赵桂久等主编. 生态环境综合整治和恢复技术研究(第二集). 北京:科学技术出版社,1995. 8~18.