

# 上黄试区土地资源承载能力动态控制分析

穆兴民 陈国良

(中国科学院  
水利部 西北水土保持研究所·陕西杨陵)

## 提 要

本文运用系统科学的方法原理,提出了研究土地资源承载力的概念模型、研究工作程序和分析方法。在此基础上,运用综合分析法,分析了上黄试区土地资源人口承载量及其影响因素,并提出了在目前社会经济条件下,确保粮食——人口协调发展,防止对本来就很脆弱的生态环境,人为再度大破坏的基本对策。

关键词: 土地资源 生态环境 人口承载力

## The Dynamic and Control Analysis of the Land Resource Carrying Capacity of SHANG HUANG Experiment Area

Mu Xingmin

Chen guoliang

(Northwestern Institute of Soil and water Conservation,  
Academia Sinica and the Ministry of Water Conservancy)

## Abstract

This paper has been developed a conception model, working program and analysing method of studying the land source carrying with the system scientific way. On the basic of above, we have analysed the land source carrying capacity and affect on its factors with the synthesis method in SHANG HUANG experiment area. we put forward the basic policy of ensuring the food——population coordination development and of averting from destroying the fragile ecological environment at present the social and economic condition.

**key words:** land resource ecological environment population of carrying capacity

## 一、引 言

随着人口剧增,耕地不断减少,土地—粮食—人口间的矛盾已成为世界性问题。这种矛盾的普遍性和尖锐性,使土地资源承载能力的研究受到世界各国政府的普遍重视,也成为当今生态学家和人口学家研究的热门课题。

在黄土高原地区,人口增长与粮食、燃料等人类生存所必须的物质条件发展比例失调。群众为了生活,不断乱垦荒坡,毁林毁草种田,从而加剧了土地退化、水土流失、土地沙漠化等一系

列生态危机，人民生活水平实难提高。为此，本文拟以黄土高原丘陵沟壑区上黄试区近10年的综合治理资料，探讨该试区经过治理之后的土地资源承载力，为协调人口、资源、环境关系，制定社会经济发展规划提供科学依据。

## 二、思路与方法

**(一) 研究思路** 土地资源承载力指一定生产条件与生活水平下，土地资源生产能力所能供养的人口数量，即土地资源产出物在满足人们一定生活水平消费标准下所能供养的人口数量限度，它可用总人口数表示，也可用人口密度（人/km<sup>2</sup>）单位。土地资源产出物是各种各样的，人的需求随着社会经济条件和生活习惯的不同更是五花八门。因此，土地资源承载力具有地域性、综合性和时变性特征。但考虑了人们消费的各种需求，眉毛胡子一把抓，则会使土地资源承载力的估算难以实现<sup>[1]</sup>，因此在 进行土地资源承载力估算时，应从实际出发，抓住主要矛盾进行分析。考虑到我国人民以粮为主的生活习惯及其黄土高原丘陵区群众生活实际，本文以人类生存之本——粮食为主线，研究土地—粮食—人口的关系，确定土地资源的人口承载量。

**(二) 研究方法** 土地资源承载力包括两大要素：土地资源的数量与生产能力、人均消费标准。我们最为关心的是前者，如何获得最大的土地资源生产力是我们研究的基础。据研究<sup>[2]</sup>，当前我国21个贫困地区的存在，一个重要的原因就是资源分配和组合方式不尽合理；FAO在非洲土地资源承载力研究中也指出了这一点。因此进行气候、动物、植物、土地资源的分析和评价，进而进行土地合理优化组合结构研究，合理调整资源分配和组合方式是土地资源承载力研究的基础。我们认为，以土地资源生产力为前提的土地资源承载力的一般研究工作程序应如图1。

由图1，根据不同的消费标准，可以选土地资源产出物中的某一项或几项进行土地资源承载力的单项或综合研究。

粮食是本文的主线，但粮食以外的其他农产品也必须在有限的土地上产出，因此，粮食—人口关系分析也必须建立在其他资源分析、资源的合理分配与组合研究基础上进行。基于这样的思路与方法，我们在其他研究工作<sup>[3]~[6]</sup>基础上，进行土地—粮食—人口关系的分析。

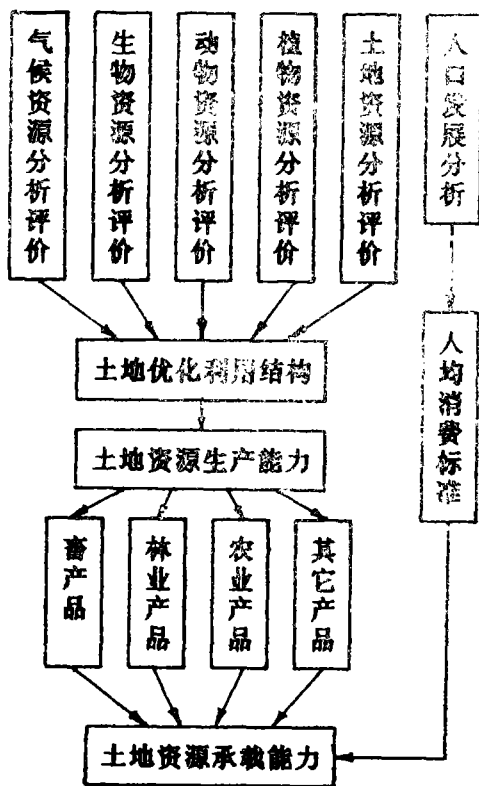


图1 土地资源承载力一般工作框图

## 三、上黄试区土地资源承载力

**(一) 研究区概况** 上黄试区位于黄土高原西部，宁夏回族自治区南部。地形地貌特点概括为

“九沟、十梁、三块台”。试区总面积 $15.36\text{km}^2$ , 1989年有人口888人, 人口密度 $58\text{人}/\text{km}^2$ 。年日照时数 $2500\text{h}$ , 总辐射量 $535.9\text{KJ}/(\text{cm}^2 \cdot \text{a})$ , 年平均气温 $6^\circ\text{C}$ , 年平均降水 $480\text{mm}$ ,  $\geq 10^\circ\text{C}$ 积温 $2570^\circ\text{C}$ ,  $\geq 0^\circ\text{C}$ 持续天数244天。种植作物一年一熟, 粮食生产水平, 1983年建点前历史平均 $35.5\text{kg}/\text{亩}$ , “六五”平均 $63.8\text{kg}/\text{亩}$ , “七五”平均单产 $79.9\text{kg}/\text{亩}$ 。三个时段人均粮平均分别为 $230\text{kg}$ 、 $366\text{kg}$ 和 $414\text{kg}$ 。

(二) 土地生产力与人口发展模型 土地—粮食—人口承载力取决于粮食生产和人均粮消费标准。在以往各项研究基础上, 可得出下述粮食生产的关联关系及人口承载力模型(图2)。

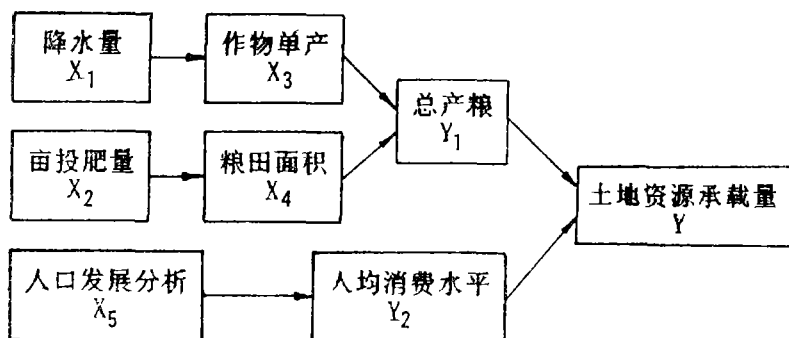


图2 上黄土地资源承载力子模型关系图

据图2, 有:

$$Y = Y_1 / Y_2 \quad (1)$$

式中  $Y$  为土地资源人口承载力(人);  $Y_1$  为粮食生产总量;  $Y_2$  为人均粮消费标准。

粮食总产取决于粮食作物平均单产与播种面积

$$Y_1 = X_3 \cdot X_4 \quad (2)$$

式中  $X_3$  为平均单产,  $X_4$  为粮食作物种植面积。

粮食作物平均单产, 经分析, 旱作粮食单产主要受化肥投入量和降水量的影响, 并有其本身的态势发展特征, 用灰色关联模型GM(1, 2)拟合历史资料(表1), 效果良好, 得GM(1, 2)模型时间响应函数为:

$$X_3^{(1)}(t+1) = (85 - 0.1321X_1 - 0.1530X_2)e^{-1.44209t} + 0.1321X_1 + 0.1530X_2 \quad (3)$$

式中  $X_1 = (\text{上年降水量} + \text{本年度降水量})/2(\text{mm})$ ;  $X_2$  为化肥(纯量)施用量( $\text{kg}/\text{亩}$ );

表1 上黄试区粮食、人口历史资料

年 份(年)	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989
粮食单产 ( $\text{kg}/\text{亩}$ )	85	75	110	108	26	78	102
亩投化肥量 ( $\text{kg}/\text{亩}$ )	0.969	1.955	2.802	1.712	1.636	1.610	2.765
降 水 量* ( $\text{mm}$ )	479	558	465	388	305	381	397
人 口(人)	747	772	804	838	860	878	888

\* 降水量 = (上年降水 + 本年降水) / 2

t为时间（年）

粮食作物播种面积：如按土地优化利用结构，1991~2000年农耕地4 900~6 000亩，其中粮食作物播种面积在3 500~4 000亩之间，我们控制1991~2000年为3 500亩，1995~2000年为4 000亩。如按最大耕地考虑，即将15°以下的坡地修成梯田改为农地，则试区耕地可达7 300亩，其中85%用作粮地，即粮田最大面积达6 200亩，以估算最大土地资源承载力。

人均消费标准：综合各种研究及上黄目前生产水平，我们定为每人每年需粮500kg的较高水平。

人口发展分析：人口发展受多种因素制约，但经对历史资料分析，用灰色模型GM（1,1）拟合即能满足一般分析的要求。据表1资料得人口发展的时间响应函数：

$$X_5^{(1)}(t+1) = 27\,769.59e^{-0.027\,795t} + 27\,022.59 \quad (4)$$

（三）上黄试区土地资源人口承载力 考虑到粮食生产随气候等条件的波动而有丰歉差异，根据气候（主要指降水）波动规律及社会经济特点，以5年为一时间单位。由上述模型，以化肥投入量、粮食作物种植面积为控制变量，及以时间序列方差分析对降水的预测值来研究上黄试区土地人口承载力及其预期的人口数量。模型运行结果如表2。

表2 上黄土地资源承载力发展预测

化肥投入控制（纯量） （kg/亩）	预 测		控制粮食播种面积 （亩）	预测粮食总产量 （kg）	预期人口承载力		预测人口量 （人）
	年 份 （年）	粮食产量 （kg/亩）			总人口 （人）	密 度 （人/km <sup>2</sup> ）	
3	1991~1995	115	3 500	402 500	805	52	1 006
	1996~2000	104	4 000	416 600	832	54	1 156
5	1991~1995	145	3 500	507 500	1 015	66	1 006
	1996~2000	134	4 000	536 000	1 072	70	1 156
7	1991~1995	176	3 500	616 000	1 232	80	1 006
	1996~2000	165	4 000	660 000	1 320	86	1 156
7	—	170	6 200	1 054 000	1 208	137	—

结果表明：

（1）1991~1995年平均总人口1 006人，1996~2000年为1 156人，平均人口密度分别为65人/km<sup>2</sup>、75人/km<sup>2</sup>。人口年自然增长率15人/年。

（2）化肥投入对土地资源人口承载力影响显著。在相同耕地面积下，亩投化肥增加1 kg，人口承载力提高7.5人/km<sup>2</sup>。按比目前投肥略高的水平，亩投肥3 kg（纯量，下同），预期人口承载力54人/km<sup>2</sup>，按5 kg中等水平投入，人口承载力可达70人/km<sup>2</sup>，若按7 kg水平投入，人口承载力可达86人/km<sup>2</sup>。

（3）按人口发展预测，若化肥投入象“七五”期间那样，维持在3 kg左右的低水平，即使1991~1995年把粮田面积扩大到4 000亩，每平方公里仍将超载86人，1996~2000年将超载324人。要在不扩大粮田面积，保证农林牧及农业内部用地结构比例合理，使人口—粮食保持基本平

衡, 1991~2000年亩投肥量应由目前平均1.94kg (最高时2.9kg) 提高到5~6 kg。

据统计<sup>[6]</sup>, 1985年固原县平均亩投入化肥0.8kg, 西海固地区0.9kg, 而同期的上黄达2.94kg, 它在同类地区已属较高水平。要提高化肥投入, 不仅要充足的物质供应, 还需雄厚的资金作后盾, 这在不发达地区都是严重问题。因此要保证土地—粮食—人口的平衡, 摆脱贫困的当务之急, 就是依靠科技进步, 以提高土地资源生产力, 同时坚决按国家计划生育政策, 限制人口增长速度, 以免陷入“越穷越生, 越生越穷”的泥坑。

(4) 最大承载量估算: 粮食作物播种面积最大扩大到6 200亩, 按7 kg高水平投入, 预计人口承载量可达2 108人 (133人/km<sup>2</sup>), 至2010年人口将增加到这一土地资源承载力临界阈值。按目前价格计算, 再修2 200亩作为粮作的梯田, 共计6 200亩粮田按每亩7 kg化肥投入, 仅此两项就需耗资29万元。由于农业用地面积扩大, 林业畜牧业用地必然减少, 燃料、饲料则会更缺, 人均肉食消费、木材占有量减少, 会使人民生活水平降低, 更为严重的是, 势必又会重复走以农业为主的老路, 随之发生对生态环境的破坏, 导致严重的生态危机则是难以估量的。

## 四、结 语

土地资源承载力是一个涉及生态与经济社会等方面的复杂课题, 我们运用系统科学的思维方式与分析解决问题的方法, 提出了土地资源承载力研究的概念模型和研究工作流程。按照这一模型, 在对资源分析与评价研究的基础上, 应用因素关系综合分析法, 以粮食生产为主线, 研究了上黄试区近期土地资源的人口承载力, 表明粮田面积和化肥投入对土地资源人口承载量影响显著, 在不扩大粮田面积条件下, 亩投肥由3 kg提高到5 kg, 人口承载量则由54人/km<sup>2</sup>增加到70人/km<sup>2</sup>; 按可能最大粮田面积6 200亩计算, 近期最大人口承载量133人/km<sup>2</sup>。综合分析人口发展速度、土地资源数量及其目前的生产水平和经济条件, 为确保人口—粮食关系协调发展和生态环境平衡, 依靠科技进步, 控制人口增长速度是上策, 增加化肥投入是中策, 扩大耕地面积是下策。

## 参 考 文 献

1. 潘纪一. 试论大地人口容量. 《人口与经济》, 1988年, 第1期
2. 陈百明. 中国土地资源人口承载力. 《中国科学院》院刊, 1988年, 第3期
3. 中国科学院、宁夏回族自治区固原县综合考察队编著. 《黄土高原典型地区、宁夏固原县综合农业区划与应用》. 银川市: 宁夏人民出版社, 1988年, 第1版
4. 陈国良等. 宁夏固原县农业气候资源的评价和利用. 《水土保持通报》, 1982年, 第2期
5. 陈国良等. 上黄村合理用地结构和数学模式研究. 《水土保持学报》, 1987年, 第2期
6. 山仑等. 宁南山区主要粮食作物生产力和水分利用的研究. 《中国农业科学》, 1988年, 第2期