

# 用人—地关系中环公式对 固原县人口增长与粮食生产的分析

巨 仁

(中国科学院西北水土保持研究所  
水利部)

郭 扶 国

(固原县科学技术委员会)

## 提 要

本文以几个代表性国家的人口、耕地、人均耕地、人均粮食水平为背景,对固原县人口增长与粮食生产从过去9年、未来12年及不同人口增长率下的人均粮食前景作了分析。结果说明,如果按当前人口增长和粮食生产发展速度走下去,到本世纪末粮食短缺问题会更加严重。只有严格控制人口,增加农业投入才有较好的前景。

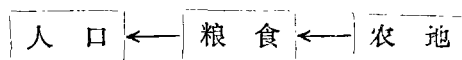
## 一、前 言

联合国人口基金会资料表明,当前世界人口年增长1亿,增长率20%。我国年增长2000多万,增长率16%。民以食为天,随着人口的增长,十分敏锐地反应在世界粮食的需求量愈来愈紧迫,我国也不例外。人类的前景与粮食的前景密不可分,粮食的前景又和农地资源及其利用的前景密不可分。这就构成了人口—粮食—农地的三角关系。如何处理好这个三角关系,应当是当前世界面临的重大问题之一。我们应用土地利用上人—地关系的中环公式及灰色系统理论,以固原县为例作一些分析与探讨。

## 二、土地利用上人—地关系的中环公式

我们当初提出的土地利用上的人—地关系,在这里实际上是人—粮—地关系。在此意义上,中环公式的含义可描述如下:

### 1. 人—粮—地框图



图中箭头表示的关系是:以粮食为中心环节,对人口来说,粮食是人口消费所需求的,对农地来说,粮食是农地所生产的。

### 2. 中环公式

从上述框图所示关系,可以建立如下的公式:

人口消费所需求的粮食量

$$M_C = P_C \times U_C \quad (1)$$

式中： $M_C$ —人口对粮食消费所需求的总量 (kg)； $P_C$ —消费粮食的总人口； $U_C$ —单个人对粮食的消费量 (kg/人)；

土地可能生产的粮食量

$$M_P = A_P \times U_P \quad (2)$$

式中： $M_P$ —土地可能生产的粮食总量 (kg)； $A_P$ —土地生产粮食的总面积 (ha)； $U_P$ —单位土地面积生产的粮食量 (kg/ha)。

因为粮食是连结人口与土地的中心环节，故称 (1) 式与 (2) 式为人—粮—地关系的中环公式。我们还姑且称  $\frac{M_P}{M_C}$  为粮食的产消比，它具有三种可能性：

$$\frac{M_P}{M_C} > 1, \quad \text{表示所需求的粮食量盈余；}$$

$$\frac{M_P}{M_C} = 1, \quad \text{表示所需求的粮食量平衡；}$$

$$\frac{M_P}{M_C} < 1, \quad \text{表示所需求的粮食量短缺；}$$

中环公式的形式十分简单，但它鲜明地表示出人口—粮食—农地三者的关系（一般是人口—农产物料—土地三者的关系）。因此，在不同的土地利用面积上，可用于计算各种农产物料的生产量（本文为粮食）；产消比的三种可能性（=、>、<），可用于各种农产物料的平衡、盈余或短缺的分析；如果在一定的某种农产物料利用的土地面积上，在充分挖掘这种利用的生产潜力下，又保持一定的人口对该物料的消费水平下（此时假定  $\frac{M_P}{M_C} = 1$ ），结合式 (1)、(2) 可得：

$$P_C = \frac{A_P \times U_P}{U_C} \quad (3)$$

式 (3) 意味着该物料所能负荷的人口限度。上述中环公式的应用，在本文中均有体现。

### 三、固原县人口增长与粮食生产的分析

为便于以后的分析，我们先来选择几个世界上具有代表性国家的有关资料作为分析的背景（表 1、表 2）。

表1 几个国家的国土及人口资料

	国 土 (万km <sup>2</sup> )	人 口 (万人)	人 口 密 度 人/km <sup>2</sup>	人 口 增 长 率 (%)
美 国	936.3	22 755	24	9
苏 联	2 240.0	23 550	12	9
印 度	297.5	68 000	220	21
中 国	960.0	101 436	109	16

注：人口均为八十年代初数字，人口增长率为多年平均值，中国人口增长率为1988年数据。

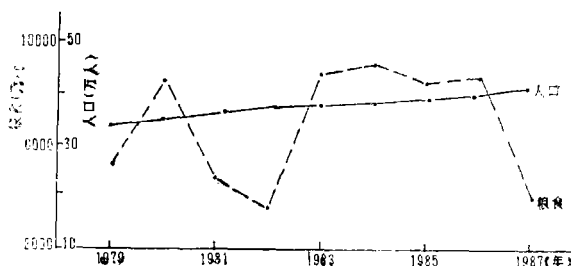
表2 几个国家的耕地，人均耕地及人均粮食水平

	耕 地 (万ha)	人均耕地 (亩/人)	人均粮食 (kg/人)	备 注
美 国	19 062.4	12.56	1 186	美国、苏联为1980年资料；印度、中国为1984年资料。
苏 联	22 600.0	12.78	686	
印 度	14 260.0	3.15	219	
中 国	9 904.0	1.47	238	

根据上述背景资料，按产销比我们初步拟订人均粮食300~500kg为平衡 ( $\frac{M_P}{M_C} = 1$ )，

将短缺 ( $\frac{M_P}{M_C} < 1$ ) 和盈余 ( $\frac{M_P}{M_C} > 1$ ) 各再分为二个水平：极短缺、短缺、盈余、高盈余。共计五个水平：高盈余 (>1000kg/人)；盈余 (500~1000kg/人)；平衡 (300~500kg/人)；短缺 (200~300kg/人) 和极短缺 (<200kg/人)。

**(一) 固原县的统计资料分析** 将该县1979~1987年的粮食总产和人口增长的统计资料制。图我们看到，人口增长是条稳定上升的直线，而粮食生产是条具有较大起伏的折线。这是因为人口的增长不受一般气候灾害的影响，而粮食生产是灵敏地受气候影响的。例如，1982年、1987年是大旱年，粮食总产呈现低谷，而人口增长丝毫未受其影响。又1979~1987年的人均粮食属短缺水平，3年属极短缺水平，9年平均人均粮食195.4kg，也属极短缺水平。这是现状，如果按照这样的现状发展下去将是怎样的前景呢？



固原县1979~1987年粮食生产及人口增长图

**(二) 未来12年的前景预测** 根据1979~1987年9年中，平均人口增长率为27%，平均粮食生产发展的速率为8%。现在假定在耕地不变，投入条件维持以往水平下，来预测未来12年(1988~2000年)的人均粮食前景。此处，我们采用有人用过的灰色系统方法，建立的预测方程如下：

固原县粮食生产预测方程

$$x^{(1)}(K+1) = 1\ 833\ 917.21e^{-3k} + \frac{7.41528133 \times 10^{-3}}{1\ 823\ 328.21} \dots \dots \dots (4)$$

固原县人口增长预测方程

$$x^{(1)}(K+1) = 147\ 873.503e^{-2k} + \frac{2.34952346 \times 10^{-2}}{144\ 489.503} \dots \dots \dots (5)$$

由方程（4）和（5）得出的计算结果见表3。

表3 固原县1988~2000年粮食生产及人口增长预测值

项目	1988年	1989年	1990年	1995年	2000年
粮食总产 (万kg)	7 242.0	7 296.0	7 350.0	7 627.5	7 910.0
人 口 (万人)	42.42	43.43	44.46	50.00	56.24
人均粮食 (kg/人)	177	168	165	153	140

从表3看出，固原县如果按当前的平均人口增长率与粮食生产速率走下去，非但粮食极短缺的水平不能扭转，而且情况会越来越严重，这是令人担忧的前景。然而出路何在呢？

### （三）增加农业投入及严格控制人口增长下的前景分析

1. 增加农业投入下的最大可能粮食生产量。这里说的增加农业投入，是指在保持原来粮食增长率8%的投入基础上再增加的投入额，本文只是考虑了化肥的投入。根据上黄等科研基点的试验数据和固原县不同耕地类型的最大可能的单产潜力调查（较现实的单产潜力），用式（2）来估算出1990、1995和2000年的粮食总产及相应增加的化肥投入额。关于化肥投入额的确定，是根据旱农方面的研究，按氮磷比为1：1的有效成分计：1990年每亩平均投入1.5kg，费用1.5元；1995年每亩平均投入3kg，费用3元；2000年，每亩平均投入6kg，费用6元，我们认为就目前科技水平和投资效益看，2000年的单产潜力是该地区的极限值。计算结果列于表4。

2. 在三种控制人口增长率下三时段人均粮食潜力。三种人口增长率是指固原县1979~1987年9年的平均人口增长率27%，1988年全国实际人口增长率（22%）和国家计划生育规定的人口增长率（12%）。用式（4）及表4数据计算出这三种人口增长率下三时段的人均粮食潜力（表5）。表5显示，固原县如果增加化肥投入，再配合其它农业增产措施，如农田改制、推广良种等，充分发挥各类耕地的总产潜力，同时只要严格地控制人口增长，未来人均粮食的前景就会达到平衡的水平，甚至可以达到低度的盈余水平。然而不能盲目乐观：第一，化肥投入条件需要有保证的供应，其它改进农业技术的措施，也要跟上；第二，上述粮食增产潜力的估算，只是在一般气候条件下最大可能的生产潜力，但气候灾害在那里是经常会发生的。如果使2000年人均粮食更有保证的达到600kg的水平（这样的水平不仅可以抵抗气候上的灾害年份，如大旱灾，还可以保证有良好的畜牧业的发展），这样需要将人口数限制在一定的限度内。采用式（3）来计算如下：

$$P_c = \frac{109\ 200 \times 2\ 370}{600} = 431\ 340$$

那时的人口数得限制在43万人以内，但这意味着人口增长率要求控制在12%以下，我们认为这一点是很难做到的。因此，未来粮食问题的风险始终是存在的，固原县是如此，可能黄土高原上的情形也是如此。

表4 固原县不同耕地类型未来三时段粮食生产力及化肥投入额估算

		清水河谷	河 谷	台 坪	黄土丘陵	土石山	合 计 (平均数)
		川 地	川 台地	塬 地	坡 地	坡 地	
1990年	面积 (万ha)	3.14	1.67	1.85	3.32	1.27	11.25
	单产 (kg/亩)	150	125	100	75	90	108
	总产量 (万kg)	7 065	3 131	2 775	3 735	1 715	18 421
	化肥投入 (万元)	70.7	37.6	41.6	74.7	28.6	253.1
1995年	面积 (万ha)	3.14	1.67	1.85	3.32	1.27	11.25
	单产 (kg/亩)	180	150	120	107	113	135
	总产量 (万kg)	8 478	3 758	3 409	5 312	2 159	23 146
	化肥投入 (万元)	141.4	75.2	83.2	149.4	57.2	500
2000年	面积 (万ha)	3.14	1.67	1.85	3.32	1.27	11.25
	单产 (kg/亩)	220	180	150	120	120	158
	总产量 (万kg)	10 362	4 509	4 163	5 976	2 286	27 296
	化肥投入 (万元)	282.8	150.4	166.4	298.8	114.4	1012.8

※ 粮食生产潜力是按在一般气候条下估算的。

表5 固原县未来三时段三种人口增长率下的人均粮食潜力估算

人 口 增 长 率	27‰			22‰			12‰		
	1990	1995	2000	1990	1995	2000	1990	1995	2000
粮 食 总 产 量 (万 kg)	18 421	23 146	27 296	18 421	23 146	27 296	18 421	23 146	27 296
人 口 (万 人)	44.46	50.00	56.24	44.03	49.64	55.33	43.22	45.88	48.69
人 均 粮 食 (kg/人)	414.3	462.9	485.4	418.3	466.3	493.3	426.2	504.5	560.6

# Application of the Central Link Formulae of Man—land Relationship in Land Use to Analyse for Population Growth and Food Production of Guyan County

Ju Ren

(Northwest Institute of Soil and Water Conservation, Chinese Academy of Sciences  
and Ministry of Water Conservancy)

Guo Fu-guo

(Agricultural Station of Sci-tech Committee, Guyan County)

## Abstract

The population growth reaches one hundred million in the world and twenty million in China every year. The prospect of mankind is closely together with food production and so is the arable land change. How to tackle the relationship of population-food-arable land should be an important problem in face of the world. This paper applying the central link formulae and gray system in population-food-arable land relationship does an analysis of population growth and food production of Guyuan County for 9 years in the past and 12 years in the future referring to some countries in the world, and it was done under different rates controlling population growth. The conclusion is that if it is going on as the current rates of population growth and food production to the end of the century, the food shortage for Guyuan County will be very serious, and it is only controlling population growth strictly, and increasing agricultural input energetically the state in the future may be better.

---

(上接第64页)

在锚索工程中设置荷重传感器测量荷载的变化, 观测防治工程是否有效地工作。或测量桩的应变或弯曲, 看应力和挠度是否在抗滑桩设计时确定的范围内。应注意滑坡防治设施产生的初期预计荷载或变形引起周围天然地面的变化, 以便实施附加的防治工程。

滑坡的变化情况和地下水的观测与正常进行的观测是相同的, 同时用仪器对滑坡和结构物的变化进行定期和连续的观测。

用于地面变化观测的倾斜仪和伸缩计, 通常有既定的控制值, 用仪器测得的数值规划抗滑措施。为估定此控制值, 收集和分析数字观测资料, 现在有可能在认可的精度上预报滑坡位移。总的说来, 为预测滑坡裂缝产生之前的位移, 用倾斜仪进行观测, 预测裂缝产生后的位移, 用伸缩计观测。此外, 由于有大量钻孔水位随库水位变化而变化的可用资料, 现在有可能定量评价斜坡内水的补给和排泄。

在这一方面, 对滑坡随库水位的变动已进行了很仔细的监测, 但是为进行各种观测需要大量人力。因此, 已开发了能精确地、灵敏地和高效地进行观测的仪器系列, 使得有可能进行固定的观测, 包括有雪地区的观测和分析, 以及对大量滑坡远距离的同时观测。

(王恭先译, 刘光代校)