

# 小流域农林牧业土地利用规划的数量分析

李 中 魁

(西北农业大学·陕西杨陵·712100)

**摘 要** 根据小流域自然条件、土地利用、治理措施和生产状况的综合分析与评价,定量研究了土地利用结构的动态变化与方式。影响土地利用结构的主要因素有坡地面积、土地利用总面积、总投入、梯田或台地面积。模型预测结果表明:小流域总产值在1994~2000年间将以14.5%的年均增长率增长。农林牧业土地利用规划的最佳比例分别是52.14%,大于30%和不超过15%。

**关键词** 小流域 土地利用 优化结构 生产力

## Quantitative Analysis of Land Utilization Plan for Farming, Forestry and Animal Husbandry in Small Watershed

Li Zhongkui

(Northwestern Agricultural University, 712100, Yangling District, Xianyang Municipality, Shaanxi Province)

**Abstract** Based on the comprehensive analysis and evaluation of natural condition, land use, as well as production level and watershed control in Huangjia Ercha small watershed, the dynamic change and its pattern of land use structure were studied quantitatively. It is thought that the major factors which affect land use structure are slope land area, total area of land use, total input and terraced or table land area of the watershed. It is predicted by the models, that the general production value would be increased in the annually averaged rate of 14.5% during 9 years from 1994 to 2000. It is also found that the optimum proportions of farming, forestry and animal husbandry land area in plan were 52.14%, more than 30% and not more than 15%.

**Keywords** small watershed; land use; productivity; optimum structure

### 1 小流域概况

#### 1.1 地貌类型

黄家二岔小流域位于黄河中游地区的黄土高原中心地带,宁夏回族自治区西吉县西部,面积为5.7km<sup>2</sup>,是葫芦河最大支流滥泥河的源头。地貌属黄土丘陵沟壑区,主梁又被垂直于主沟且相互平行的沟谷切割,形成以梁为主的丘陵沟壑地形。由于地面物质组成或外营力等原因,

使南北坡地形及沟谷形态均有很明显的差别。海拔高 1860~2135m,西高东低,阴坡比较平缓,坡面比较完整;阳坡较陡,坡面破碎。沟壑密度为 1.23km/km<sup>2</sup>,流域平均坡度为 18°,地面坡度组成见表 1。

表 1 黄家二岔小流域坡度分级及分布比例<sup>[1]</sup>

坡度级	I	II	III	IV	V	VI	VII
坡度	0~3°	3~5°	5~8°	8~15°	15~25°	25~35°	>35°
面积(hm <sup>2</sup> )	19.81	21.33	45.22	219.24	158.24	85.99	20.18
百分数(%)	3.50	3.70	7.90	38.50	27.80	15.10	3.50

## 1.2 土地利用及生产状况

黄家二岔小流域土地类型较多。1982 年以前,未治理的坡耕地每年土壤流失量 116.46t/hm<sup>2</sup>,1982 年流域农业用地为 342.67hm<sup>2</sup>,占总面积 60.2%,其中坡耕地占 92.42%,梯田台地占 7.58%。因受气候影响,该流域种植的农作物主要是春小麦、土豆、豌豆、莜麦和胡麻等生长期短的作物。人均耕地 9.7 亩,劳均耕地 28.9 亩,耕作粗放,粮食产量低而不稳。梯田台地多年平均产量 825kg/hm<sup>2</sup>,坡耕地仅 345kg/hm<sup>2</sup>,全流域年平均总产量 111200kg,人均占有粮 217.86kg。

林业用地 10.02hm<sup>2</sup>,占总面积 1.76%。树种单一,缺乏抚育管理,流域内的牧业用地主要是用于放牧的荒草坡地,生长有以禾本科为主的草类。由于燃料严重缺乏,群众常年铲草皮、挖草根,加之过度放牧,致使草的长势越来越差,覆盖度在最盛期也只有 30%,产草量仅为 180kg~600kg/hm<sup>2</sup>。由于草场逐步退化缩小和产草量的极端低下,使牧业发展受到很大限制,全流域有大牲畜 87 头(牛 30、驴 40、骡 15、马 2),羊 94 头,且羊的品种较差,远不能满足农业生产和增加群众收入的需要。牧业为当地群众收入的主要来源之一,平均年收入 1287.5 元。流域内基本无副业,其生产无门路,缺乏资源,交通运输不便,产品无交换。农林牧业用地比例 34.2:1.0:11.7<sup>[1]</sup>。

从各业产值比例来看,1982 年流域内总产值为 118829.0 元,其中,农业占 95%,林业占 1.5%,牧业占 3.5%。生产力水平很低。人均收入 50 元,人均口粮 125kg,人均燃料 439kg(包括秸秆,蓄粪)。国家平均每年拨救济粮 7000kg,救济款 1260 元。

## 1.3 小流域治理状况

黄家二岔小流域从 1983 年开始综合治理以来,农业生产结构从根本上得到调整,土地利用由治理前的 60.9%提高到 1993 年的 98.6%,土地利用趋于合理。农、林、牧用地比例由治理前的 1:0.03:0.34 调整到 1993 年的 1:0.56:0.22,在流域内累计人工造林 123.6hm<sup>2</sup>,人工种草 198.4hm<sup>2</sup>,在坡度 15°~30°的退耕造林地和荒坡造林种草地上修筑反坡梯田和隔坡水平条、带 190.3hm<sup>2</sup>,修筑水平梯田 181.7hm<sup>2</sup>(净面积 167.2hm<sup>2</sup>),同时修筑谷坊群 68 座,沟道打坝 3 座,由于各项治理措施的实施,小流域内农、林、牧业的发展条件逐步得到改善。

随着小流域生产条件的改善、良种的应用和劳动人口的逐年增加,提高小流域农林牧业产出的关键是优化、调整土地利用结构。因此,在调查、监测年土地利用状况及相应的农林牧业产出的基础上,定量化分析两者的关系并做好土地利用规划是有重要意义的。

## 2 土地利用状况与生产力的关系分析

在黄土高原地区,小流域土地利用状况是反映小流域系统农林牧业生产变化和农业结构合理化程度的重要指标,并部分反映了水上流失治理程度和小流域总体生产力的大小。土地利

用结构的合理化程度,主要反映在产值的变化上,通过对产值及相应的土地利用结构做优化分析,就能找出进一步提高小流域土地产出的途径<sup>[2]</sup>。

## 2.1 土地利用现状调查

以不同时期大比例尺遥感信息源为依据,辅以野外调查,对黄家二岔小流域几个典型年度的土地利用现状作了调查,结果见表 2。

表 2 黄家二岔小流域典型年度土地利用状况(%)

年份 (年)	退耕 造林	荒山 造林	退耕 种草	荒山 种草	坡耕 地	台地 梯田	荒草 坡	沟道 草地	水库	居民 区
1982	1.76	0	0	0	55.55	4.561	27.43	8.97	0.28	1.44
1986	12.83	10.01	10.42	18.87	23.47	14.57	4.25	3.43	0.69	1.44
1990	13.16	10.28	10.70	24.12	0	36.44	0	3.120	0.69	1.48
1993	13.07	10.28	3.65	12.67	0	55.04	0	3.10	0.690	1.50

从表 2 可以看出,退耕造林、荒山造林、退耕种草、荒山种草、台地梯田面积占小流域总面积的比例呈增加的趋势,造林面积比例由 1982 年的 1.76% 增加到 1990 年的 23.44%,提高了 12 倍多。人工种草由 0 增加到 34.82%,台地、梯田面积由 4.50%,提高到 36.44%,提高了近 7 倍,与此同时,坡耕地和荒坡面积所占比例分别由 55.55% 和 27.43% 减低至 0。为解决干旱地区水源问题有重要作用的水库所占比例也比 1982 年提高了 1.43 倍。到 1993 年,由于农业生产发展的需要,台地、梯田面积增加,草地面积缩减。土地利用现状的变化不仅反映了小流域生物、工程措施的实施情况,更重要的是体现出生态条件和农业生产条件的改善程度,其具体效果则反映在农林牧业土地利用结构和产业结构的动态变化方面。

## 2.2 土地利用结构的动态变化及分析

由于地理位置等诸多因素的限制,资源缺乏,农民收入的绝大部分来源于农林牧业生产。从 1986 年开始虽然有了劳务收入,但占主导地位的仍是农林牧业生产。因此,深入研究该流域的农、林、牧各业的生产力动态变化具有极大的现实意义。

2.2.1 土地利用结构的动态变化。表 3 为黄家二岔小流域自 1982 年至 1993 年间土地利用现状的动态序列。可以看出,林业用地面积逐年上升,由 1982 年的 10hm<sup>2</sup> 上升到 1990 年的 130hm<sup>2</sup>,牧业用地面积大体维持在一个水平上,而农业用地则由 1982 年的 342.63hm<sup>2</sup> 下降到 1990 年的 207.208hm<sup>2</sup>,到 1993 年又上升到 316.93hm<sup>2</sup>。土地利用率呈逐年增加的趋势,1992 年以后,增加到 98.6%。

### 2.2.2 影响土地利用结构动态变化的因素分析。

影响土地利用结构的因素包括自然因素、社会因素和经济因素等。主要的有:台地和梯田面积,坡地面积,农业用地与生产用地的比例,牧业用地与生产用地的比例,流域的总投资,总产值等几项指标。表 4 是各影响因子的数据表。据王冬梅等人研究,影响土地利用结构的因素主要是:坡地面积、土地利用总面积、占地比重、流域的总投入、总产值及台地梯田面积。

## 2.3 产值预测与分析

小流域系统的总产值和农林牧业的产值是综合反映小流域投入产出水平和生产发展水平的指标,总产值更为全面地反映了小流域系统当年的生产能力。

2.3.1 总产值预报 利用黄家二岔小流域从 1983 年的总产值资料建立 GM(1,1) 模型如下:

$$A(k+1) = 143.4388 e^{0.1357583k} - 131.5558 \quad (1)$$

$C = 0.2842$       *Good*;  $P = 1.0$       *Good*

表 3 黄家二岔小流域土地利用现状动态变化序列表

项 目	1982年	1983年	1984年	1985年	1986年	1987年	1988年	1989年	1990年	1991年	1992年	1993年
林业面积(hm <sup>2</sup> )	10.015	55.153	130.245	130.245	127.680	130.188	130.188	130.188	133.608	179.920	173.920	176.600
占地比例(%)	1.76	9.68	22.85	22.85	22.40	22.84	22.84	22.84	23.44	31.60	30.40	31.60
牧业面积(hm <sup>2</sup> )	207.480	238.460	213.009	213.009	210.786	225.264	225.264	225.264	216.260	66.920	67.670	68.710
占地比例(%)	36.40	41.78	37.37	37.37	36.98	39.52	39.52	39.52	37.94	11.70	11.90	12.00
农业面积(hm <sup>2</sup> )	42.627	266.817	216.885	216.885	216.885	202.407	202.407	202.407	207.708	294.270	321.330	316.930
占地比例(%)	60.11	46.81	38.05	38.05	38.05	35.51	35.51	35.51	36.44	51.6	56.30	55.60
非生产面积(hm <sup>2</sup> )	9.815	9.815	9.827	9.827	14.649	12.044	12.044	12.044	12.358	28.890	7.750	7.750
占地比例(%)	1.72	1.72	1.72	1.72	2.57	2.11	2.11	2.11	2.17	5.0	1.4	1.4
土地利用率(%)	56.53	60.58	87.44	86.37	86.37	90.63	91.04	95.54	91.2	95.0	98.6	98.6

表 4 土地利用结构动态变化影响因素表

年份 (年)	台地梯田 面积(hm <sup>2</sup> )	坡地面积 (hm <sup>2</sup> )	土地利用 总面积(hm <sup>2</sup> )	农业用地 生产用地	牧业用地 生产用地	总投资 (万元)	总产值 (万元)
1982	26.089	316.635	322.220	0.612	0.370	8.627	11.883
1986	83.169	133.579	492.310	0.391	0.380	31.056	32.377
1990	207.799	0	560.080	0.372	0.388	27.723	53.975

预测结果如表 5 所示。

表 5 黄家二岔小流域总产值统计与预报

年份 (年)	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993
总产值 (万元)	11.883	14.005	19.042	27.068	32.377	44.304	46.835	43.364	53.975	56.247	68.477	82.033
年份 (年)	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002			
总产值 (万元)	92.853	106.354	121.819	139.532	159.820	183.059	209.677	240.164	275.086			

从表 5 中看出,黄家二岔小流域总产值在 1994 年~2002 年的 9 年时间里,呈持续增长的趋势,年均增长率为 14.5%。

### 2.3.2 总产值与农林牧业用地面积的多元回归分析。

农林牧业生产是小流域总产值的基本来源,种植业,林业、牧业用地是约束和反映其产出高低的重要指标。因此,产值变化同农林牧业用地面积之间必然存在一定函数关系。总产值(Y)与农业用地面积( $x_1$ ),林业用地面积( $x_2$ )和牧业用地面积( $x_3$ )的回归结果如下

$$Y = -130.1387 + 1.7054x_1 + 3.0908x_2 + 0.8666x_3 \quad (2)$$

偏相关系数  $r_1 = 0.3312, r_2 = 0.4929, r_3 = 0.1741$

复相关系数  $R = 0.8989$

$Y$ —方差 = 1, 剩余方差 = 0.1921

可以看出,总产值同农林牧业土地利用面积复相关显著,偏相关系数依数为  $r_2 > r_1 > r_3$ 。可见,总产值变化同林业用地面积有较为密切的关系,扩大林地和农地面积将促进总产值的提高。

## 2.4 农林牧业产值与土地利用结构优化分析

黄家二岔小流域自从综合治理以来,对农林牧业土地利用比例做了调整,因而也影响了农林牧业产值的变化。各年土地利用比例及产值见表 3 和表 6。为了寻求获得产值最大值的土地利用结构,我们建立了农林牧业产值与土地利用比例的函数关系,并求极值。

表 6 黄家二岔小流域农林牧业产值动态序列

年份 (年)	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993
农业 产值(元)	82327	89332	111295	117513	164997	153965	177295	123011	236004	205532	274131	298842
林业 产值(元)	1180	4614.3	13701	45004	51265	117531	118214	126987	100626	127746	140585	144739
牧业 产值(元)	35323	46102	65241	108167	106557	155906	151413	155854	176239	184055	203037	207151

### 2.4.1 原理

$$\text{设 } x_0 = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 \quad (3)$$

式中:  $x_0$ ——产值;  $x_1$ ——用地面积比例;  $x_2 = x_1^2$ ;  $b_0, b_1, b_2$ ——系数。

首先计算出  $\bar{x}_1, \bar{x}_2, \Sigma x_1, \Sigma x_2, \Sigma x_1^2, \Sigma x_2^2, \Sigma x_1x_2, \Sigma x_1x_0, \Sigma x_2x_0, \Sigma x_0, \Sigma x_0^2, n, \bar{x}_0$ 。由此求出系数

$$L_{11} = \Sigma x_1^2 - 1/n(\Sigma x_1)^2 \quad (4)$$

$$L_{12} = \Sigma x_2^2 - 1/n(\Sigma x_2)^2 \quad (5)$$

$$L_{21}^{12} = \Sigma x_1x_2 - 1/n(\Sigma x_1)(\Sigma x_2) \quad (6)$$

$$L_{1x_0} = \Sigma x_1x_0 - 1/n(\Sigma x_1)(\Sigma x_0) \quad (7)$$

$$L_{2x_0} = \Sigma x_2x_0 - 1/n(\Sigma x_2)(\Sigma x_0) \quad (8)$$

用行列式求出  $b_1, b_2$  值:

$$b_1 = \Delta_1/\Delta \quad (9)$$

$$b_2 = \Delta_2/\Delta \quad (10)$$

$$\text{式中: } \Delta_1 = \begin{vmatrix} L_{1x_0} & L_{12} \\ L_{2x_0} & L_{22} \end{vmatrix}, \quad \Delta_2 = \begin{vmatrix} L_{11} & L_{1x_0} \\ L_{21} & L_{2x_0} \end{vmatrix}, \quad \Delta_3 = \begin{vmatrix} L_{11} & L_{12} \\ L_{21} & L_{22} \end{vmatrix}$$

$$b_0 = \bar{x}_0 - b_1\bar{x}_1 - b_2\bar{x}_2 \quad (11)$$

解之得二次抛物线方程:

$$\hat{x}_0 = b_0 + b_1x_1 + b_2x_1^2$$

根据求极值的原理,利用式(3)可求出使产值得最大值取的土地利用比例。对式(3)求导得

$$\hat{x}_0' = b_1 + 2b_2x_1, \text{ 令 } \hat{x}_0' = 0,$$

则  $x_1 = -b_1/(2b_2)$ ,  $\hat{x}_0'' = 2b_2$  若  $2b_2 < 0$ , 则

$$\hat{x}_{0max} = b_0 + b_1x_1 + b_2x_1^2 = b_0 + b_1(-b_1/(2b_2)) + b_2(-b_1/2b_2)^2 = b_0 - b_1^2/(4b_2) \quad (12)$$

2.4.2 农林牧业最佳用地比例计算 利用上述原理求得。

(1) 农业产值( $Y_N$ ) 与农地面积比例( $x_N$ )。

$$Y_N = -320480.4 + 19827.59x_N - 189.1545x_N^2 \tag{13}$$

当  $x_N = 52.14$ , 即农用地面积占土地总面积的 52.14% 时,  $Y_N$  有最大值:

$Y_N = 199164.86$ (元), 如图(1) 所示。

(2) 林业产值( $Y_L$ ) 与林地面积比例( $x_L$ )

$$Y_L = -9366.01 + 2099.214x_L + 75.003x_L^2 \tag{14}$$

使  $Y_L \geq 0$  的条件是  $x_L \geq 3.92$ (3.92%)。否则, 林业产值将出现负值, 随着  $x_L$  的继续增加,  $Y_L$  一直上升趋势, 如图 2 所示。

2.4.3 牧业产值( $Y_H$ ) 与牧地面积比例( $X_H$ )

$$Y_H = 269817.1 - 6539.834X_H + 58.752X_H^2 \tag{15}$$

当  $X_H = 55.66$ (55.66%) 时

$Y_{Hmin} = 87825$ (元)

当  $X_H = 0$  时,  $X_H$  有最大值  $Y_H = 269817.1$ ,

从曲线图上看, 黄家二岔畜牧业发展的基本方略, 一是将牧业用地控制在较小范围, 另

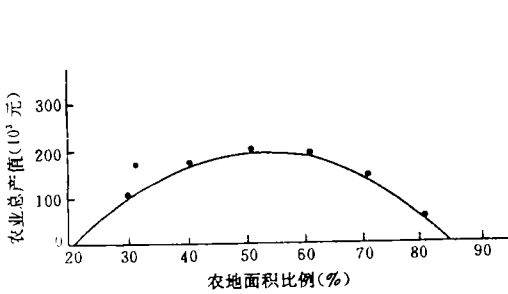


图1 农业产值与农地面积比例函数关系图

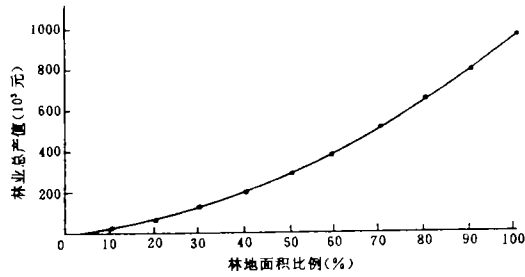


图2 林业产值与林地面积比例函数关系图

一是小流域走以畜牧业为主的路子。方法当然不能是将畜牧业面积比例减小为零或扩大到100%, 具体数量有待根据农业和林业的畜力、有机肥及群众生活方面的需要, 做进一步研究。到1993年为止, 黄家二岔小流域农地面积比例为55.6%, 农业总产值达298841.6元, 高于理论计算值(199164.86); 林地面积比例为31.0%, 林业产值达144739.1元, 高于理论计算值(127787.507)。扣除物价因素影响外, 根据1990~1993年的监测结果分析, 总的趋势是增加农、林地面积可以提高产值。从控制水土流失, 提供小流域“三料”的角度计算, 林地面积

比例应在30%以上(计算见另文)。因此,牧业用地面积比例就是10%~15%。以这种产业结构按目前的生产水平计算,小流域总产值将达到65.39万元以上。

### 3 结 论

(1)黄家二岔小流域自1983年综合治理以来,林业用地面积逐年上升,牧业用地面积在1991年之前维持在38.0%左右,农业用地面积在1982~1993年间是减少趋势。1993年之后又有增加,土地利用效率则从1982年的56.53%增加到1993年的98.6%。

(2)坡地面积、土地利用总面积、占地比重、流域的总投入、总产值和台地梯田面积是影响土地利用结构的主要因素。小流域总产值同农林牧业土地利用面积的多元回归分析表明,扩大林地和农地面积将促进总产值的提高。(3)农地面积占土地总面积52.0%时,农业产值最大;林业用地面积比例必须在3.92%以上,产值才会增加;牧业用地面积比例在55.66%时,产值取得最小值。根据黄家二岔小流域人口,土地和农作物产量发展情况,将牧业用地比例控制在15%左右,农业用地比例保持在52.41%,尽力扩大林业用地面积比例,使占土地总面积的30%以上,就可能取得现有条件下小流域总产值最大值。

本文是作者博士论文的一部分,论文全部工作是在导师王礼先教授、孙立达教授指导下完成的,在此深表感谢。

#### 参 考 文 献

- 1 孙立达,孙保平等.小流域综合治理理论与实践,北京:中国科学技术出版社,1992.6.
- 2 中国科学院西北水土保持研究所茶坊课题组:安塞实验区水土保持经济效益的预测及其最佳因素,《水土保持通报》,1986(3)

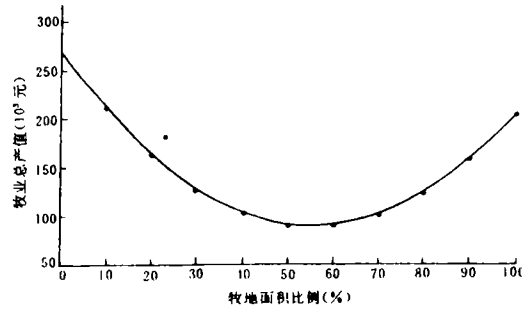


图3 牧业产值与牧地面积比例函数关系图