

# 由系统功能看蒋家沟荒漠化的发生与发展\*

董玉祥 朱震达

(中国科学院兰州沙漠研究所)

**提 要** 在定量计算蒋家沟生态系统能量流和物质流的基础上,分析了系统的功能状况,结果表明该系统功能低下,对人畜数量的稳定支持能力较低,是一个掠夺型的农业生态系统。随系统中经济的发展,人畜超载,导致滥伐、滥垦、滥牧,森林植被遭到严重破坏,以泥石流过程为主的荒漠化得以发生和发展。

**关键词** 蒋家沟 农业生态系统 荒漠化

蒋家沟是我国泥石流的定点研究区,该区以砂石化为主导的荒漠化过程亦具有一定的代表性。现拟以蒋家沟及其邻近地区为研究对象作一典型剖析。限于资料,选择蒋家沟所属政区——东川市绿茂乡为研究区,以系统功能角度分析荒漠化的发生发展。

## 一、系 统 现 状

绿茂农业生态系统是由绿茂乡的农田、林地、草地、居民和畜群等因子有机组合而成,是一个以其行政区范围为边界的人工复合系统。

该系统地处亚热带山地丘陵区,具亚热带气候特征,但区内山高谷深,相对高差大,垂直气候变化明显,基本上可分为亚热带半干旱河谷区、暖温带湿润中山区和寒温带湿润山区。此外该区干湿季分明,降水集中且多暴雨,11月到次年4月为干季,5月到10月为湿季而湿季中6—8月的降水量占年降水量的50%以上。以邻近的新村站为例,年降水量为693.1毫米,其中汛期降水量609.0毫米,6—8月降水量占年降水量的55.4%,多年最大24小时降水量高达83.7毫米(图1)。特别是<sup>[1]</sup>,系统内地质构造极为复杂,区内褶皱、断裂十分发育,新构造运动强烈,地层古老而破碎,地震活动十分频繁,地貌反差大,贮有大量的松散物质,具有荒漠化发生发展的物质基础。这种地表物质的不稳定性与气候的多暴雨效应彼此相互叠加,造成了该系统的原生不稳定性与易损性。

据东川市1987、1988年国民经济统计资料和1988年农业区划材料,该系统总土地

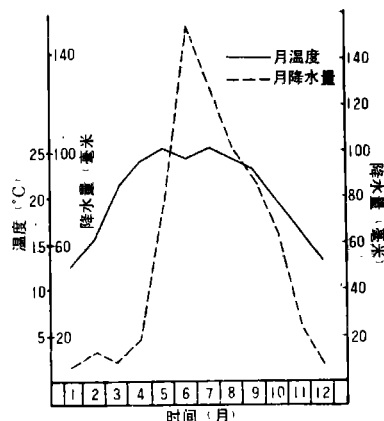


图1 新村月均降水量与月均温曲线

Fig. 1 Curves of mean monthly rainfall and temperature of Xincun at Dongchuan

\* 中国科学院东川泥石流观测研究站基金资助项目。

本文收回日期:1991-05-28。

面积为 7280 公顷(蒋家沟流域是 4860 公顷),其中农田占 21.08%,林地占 2.09%,草地占 16.35%,其他未利用地占 60.48%。1988 年农业人口为 12086 人,多年平均增长率是 23.3‰(图 2);系统内现有大畜 2515 头,羊 3386 只,生猪 9175 头。系统的上述五大子系统通过物质及能量的流动、转化和传递而相互作用、相互影响并联结成一有机整体,它们决定着系统的发展和变化。

## 二、系统能量分析

根据系统中各子系统间的联系,利用有关统计资料和调查结果,首先确定各子系统间的实物流量,再参照有关的折算关系<sup>[2-4]</sup>,计算出系统的能流(图 3,表 1)。

系统能流计算结果:

1. 该系统能流流径有三类:一是系统外输入的能量,包括太阳能和工业能,其中太阳

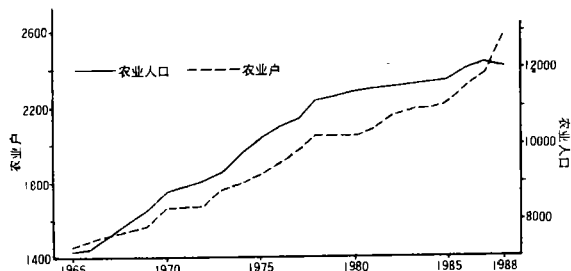


图 2 绿茂的人口增长曲线

Fig. 2 The curve indicating the population growth of Lumao, at Dongchuan

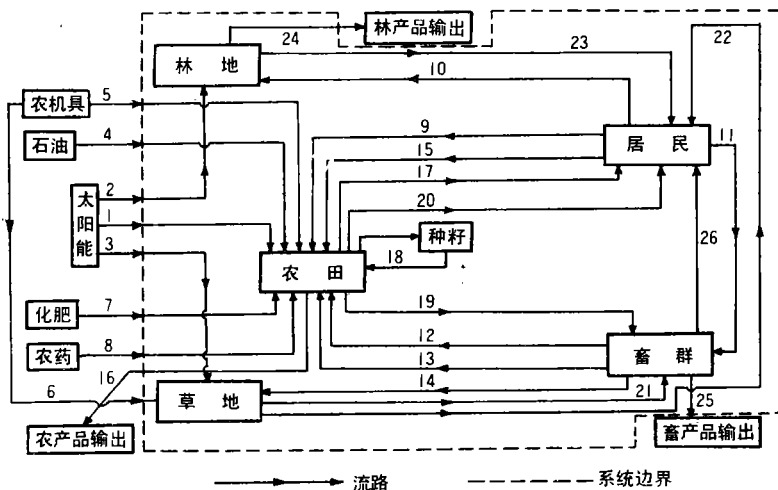


图 3 绿茂农业生态系统能流图

Fig. 3 The energy flow of Lumao agricultural ecosystem at Dongchuan

能占总投入的 99.99%;二是系统内各要素间流动的生物能、人力能与畜力能等;三是输出系统的生物能,有农林畜产品。系统能量主要流路有 26 条。

2. 投入系统的工业能为  $9278.3 \times 10^9$  焦,相当于每公顷  $1.27 \times 10^9$  焦,其中直接工业能占 1.71%。输入系统的工业能中,投入农田的占 99.81%,其余 0.19% 投入畜群。

3. 系统主要以人畜力为动力,其中人力能的78.56%、畜力能的100%投于农作,动力中仅有0.23%投于林地和6.19%投入牧业生产。

表1 系 统 能 量

Table 1 Energy flow of Lumao agricultural ecosystem at Dongchuan

项 目	能量( $10^9$ 焦)	图 3 中编号	项 目	能量( $10^9$ 焦)	图 3 中编号
太阳能	$7.969 \times 10^7$		人畜粪利用	12126.9	
投入农田	$4.250 \times 10^7$	1	畜粪	10692.2	
投入林地	$0.422 \times 10^7$	2	投入农田	8031.2	13
投入草地	$3.297 \times 10^7$	3	投入草地	2661.0	14
工业能	9278.3		人类	1434.7	
直接工业能	158.5		投入农田	1434.7	15
石油	158.5		农田生物生产	124938.2	
投入农田	158.5	4	经济产量	75637.4	
电力	微		输出系统	29793.0	16
间接工业能	9119.8		口 粮	42789.5	17
农机具	2640.0		种 籽	3054.9	18
投入农田	2622.4	5	副产品	49300.8	
投入畜群	17.6	6	饲 草	27709.5	19
化肥	5812.0		燃 料	21591.3	20
投入农田	5812.0	7	草地生物量	163661.3	
农药	667.8		饲 草	147295.2	21
投入农田	667.8	8	燃 料	16366.1	22
人力能	8468.6		林地生物量	2325.4	
投入农田	6639.4	9	薪 柴	2321.6	23
投入林地	64.8	10	林产品输出	3.8	24
投入畜群	1764.4	11	畜产品	2698.1	
畜力能	19764.4		输 出	2142.1	25
投入农田	19764.4	12	自 食	556.0	26

4. 农田光合有效辐射转化率平均0.15%,以单产最高的稻谷产量计算的光合有效辐射转化率亦只有0.49%:农田人工辅助能量总投入为 $29.4 \times 10^9$ 焦/公顷,其中有机能占79.50%,投入农田的有机能与无机能之比约4:1. 其中有机能主要是人畜群,无机能主要是化肥(表2)。

表2 农田能量投入与产出( $10^9$  焦/公顷)

Table 2 The energy input and output of Lumao farmlands at Dongchuan

地区	蒋家沟	亚热带丘陵区 <sup>(6)</sup>
总投入能	29.4	50.2
无机能	6.0	7.6
化肥能	3.4	6.5
有机能	23.4	42.6
总产出能	81.4	112.3
食物能	49.3	58.0

5. 本系统的初级生物能计为 $290924.9 \times 10^9$ 焦,其中农田、林地和草地所占比例分别是42.95%、0.79%和56.25%。农田生物能收获量是 $81.4 \times 10^9$ 焦/公顷,草地和林地分别是 $137.5 \times 10^9$ 、 $15.3 \times 10^9$ 焦/公顷。农田生物生产中经济产量为 $49.3 \times 10^9$ 焦/公顷,其中56.67%用作居民口粮,39.39%输出系统外;秸秆中56.2%作饲草,余为燃料。

6. 系统中居民的食物能平均每人每天9.82

$\times 10^6$  焦,刚到温饱水平,其中 98.72% 由农田提供。

7. 系统中饲草料能总量  $168886.5 \times 10^9$  焦,以每羊单位每年食草  $11.5 \times 10^9$  焦计,载畜量仅 14686 个羊单位,而实际有畜 15943 个羊单位,加之生猪饲草料,缺饲严重。

### 三、系统物流分析

同系统能流计算一样,参照有关资料<sup>[4,6]</sup>,可定量计算出系统物流(图 4,表 3)。

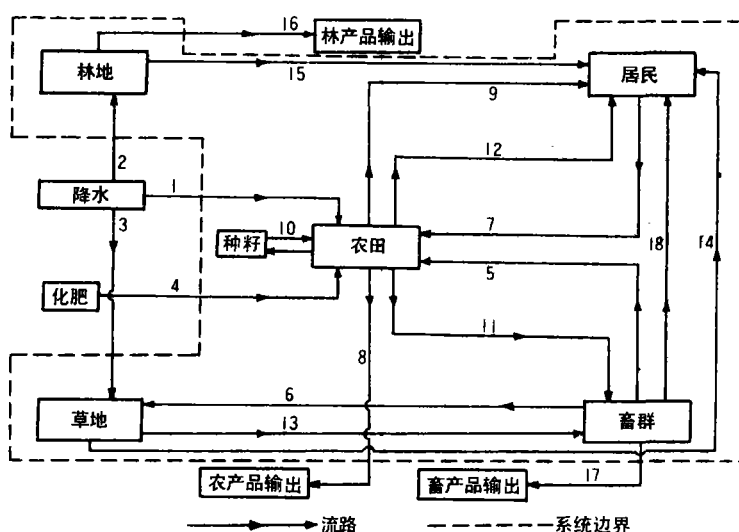


图 4 绿茂农业生态系统物流图

Fig. 4 The material flow of Lumao agricultural ecosystem at Dongchuan

1. 系统中主要物流流路有 18 条,包括:系统外输入的降水和化肥投入;系统内各子系统间的物质循环;输出系统外的物质,农林畜产品均有,其中以农产品输出为主。

2. 外界输入系统的营养物质中,氮素以化肥投入为主,占到总投入的 70.2%; $P_2O_5$ 和  $K_2O$  则以降水输入为主,降水投入分别占各自总投入的 80.2 和 100.0%。降水投入营养物质中,53.3% 投入农田,5.3% 投入林地,41.4% 投入草地。

3. 投入农田的营养物质中,化肥和人畜粪占有较大比重,二者投入的氮占投入农田总氮量的 85.5%, $P_2O_5$  占 31.9%, $K_2O$  占 79.1%。农田总的人工辅助物质投入中,有机肥的比重是氮占 35.3%, $P_2O_5$  占 82.3% 和  $K_2O$  占 81.4%,余为无机肥投入(表 4)。

4. 依据作物生产所需养分计算,目前系统中投入农田的氮素仅能达到 2848 公斤/公顷的单产, $P_2O_5$  的最高投入与 1261 公斤/公顷产量所需养分相当,而  $K_2O$  仅够 865 公斤/公顷单产所需。农田营养物质的投入加上土壤自身的供肥能力(450 公斤/公顷),目前系统中农田投入的营养物质所获得的最高单产平均约为 2100 公斤/公顷,这与系统现有 2200 公斤/公顷的农作物单产相当。比较农田物质的投入与产出,除氮素略有节余外,其他均有较大亏缺,如再加上水土流失造成的养分流失,农田物质入不敷出,损失严重。比如,以农田轻微侵蚀计,养分损失就达氮素 15 公斤/公顷、全磷 33 公斤/公顷和全

钾 293 公斤/公顷。

5. 系统中有机物质因作燃料而损耗的氮有 25631 公斤、 $P_2O_5$  28436 公斤、 $K_2O$  30756 公斤,其中农作物秸秆的 40% 以上被作燃料烧掉。

表 3 系 统 物 流 量

Table 3 Material flow of of Lumao agricultural ecosystem at Dongchuan

项 目	物 流(公斤)			图 4 编号	项 目	物 流(公斤)			图 4 编号
	N	$P_2O_5$	$K_2O$			N	$P_2O_5$	$K_2O$	
降水	26851	4379	11529		农产品	105667	40072	43497	
投入农田	14320	2345	6163	1	经济产量	88666	33272	23097	
投入林地	1422	231	585	2	输出系统	42270	15852	10568	8
投入草地	11109	1803	4781	3	口 粮	43324	16268	11761	9
化肥	63256	1080	0		种 籽	3072	1152	768	10
投入农田	63256	1080	0	4	副产品	17001	6800	20400	
人畜粪利用	51914	18917	35833		饲 草	9555	3822	11466	11
畜粪	36486	15060	33086		燃 料	7446	2978	8934	12
投入农田	23891	10921	23490	5	草地生物量	181846	254584	218216	
投入草地	12595	4139	9596	6	饲 草	163661	229126	196394	13
人粪	15428	3857	2747		燃 料	18185	25458	21822	14
投入农田	15428	3857	2747	7	林产品	1307	261	653	
畜产品	4966	2319	231		薪 柴	1305	261	653	15
输 出	3973	1854	185	17	林产品输出	2	0	0	16
自 食	993	465	46	18					

6. 人畜粪提供的营养物质的总量为氮 151995 公斤、 $P_2O_5$  62750 公斤和  $K_2O$  137858 公斤,但实际利用率最多 24%,其中返田率仅为氮 15.7%,  $P_2O_5$  17.4%,  $K_2O$  17.0%,大量粪肥无效损失。

表 4 农田物质投入(公斤)

Table 4 The material input of Lumao farmland at Dongchuan

项 目	N	$P_2O_5$	$K_2O$
降 水	14320	2345	6163
化 肥	63256	1080	0
有机粪肥	39319	14778	26237
种 籽	3072	1152	768
合 计	119967	19355	33168

7. 畜群营养物质总投入为氮 173216 公斤、 $P_2O_5$  232948 公斤、 $K_2O$  207860 公斤,但产出氮 4966 公斤、 $P_2O_5$  2323 公斤、 $K_2O$  231 公斤。比率为氮 2.87%,  $P_2O_5$  1.00%,  $K_2O$  0.11%。

## 四、系统功能的评价与论述

### (一)综合绿茂农业生态系统能量流、物质流的分析

1. 系统能量、物质规模小,流途径少,流量低,是一个低投入、低产出、低效益的农业生态系统(见表 2, 4 和表 5)。

2. 系统具有自然生态主导的特征。该系统虽然是一个人工复合系统,但其存在与发展主要依靠自然生态,投入主要依靠太阳能和降水,人工辅助的物质与能量较少,最后的

产出又多直接进入消费,自然生态系统基本上主导着复合系统的发展。

3. 系统以初级生产为主,并且主要依靠自身内的有机物质转换而发展。由于系统中资源的不合理利用,物质、能量无效损耗多,加上水土流失(特别是泥石流)造成的养分流失,以致物质与能量的收支极不协调,用养失调,形成地力逐渐下降的恶性循环。

4. 系统中大量农作物秸秆和畜粪被作为燃料或无效丧失,等于浪费了大量的有机营养物质,不但减少了对农田的投入,还限制了畜牧业的发展,系统物质、能量的循环与转化受阻,严重影响了系统的生产能力与效率。

5. 系统的生产,仅能使目前系统中居民达到温饱水平,而畜群还严重缺饲,显示出系统中人口-资源、环境-经济间的矛盾。

因此蒋家沟及其邻近地区的生态状况近些年虽略有改变,但总体上农业生态系统的功能仍比较低下且不健全,是一种近乎掠夺型的农业生态系统。

## (二)荒漠化的发生与发展

表 5 农田物质投入与产出(公斤/公顷)

Table 5 The material input and output of Lumao farmlands at Dongchuan

地区	蒋家沟	亚热带丘陵区 <sup>(5)</sup>
投入氮总量	68.8	179.9
有机氮	27.6	95.6
无机氮	41.2	84.3
氮素平衡	1.11	2.64
粮油单产	2265	3731

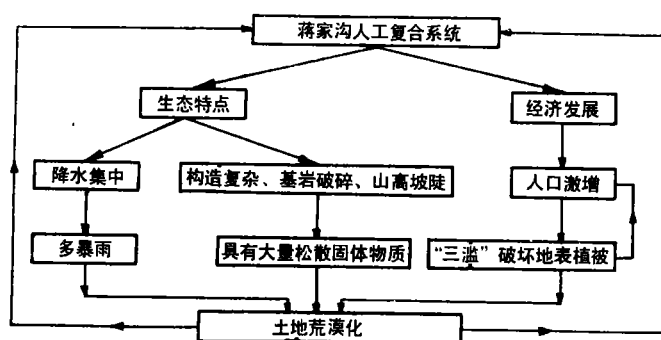


图 5 蒋家沟荒漠化过程

Fig. 5 The desertification process of Jiangjia Ravine

可以认为,蒋家沟及其邻近地区,由于系统功能低下对居民及其经济活动的稳定支持较低,不能支持系统发展过程中人口数量及其经济活动强度的增加与提高,便在大规模进行伐林烧炭炼铜同时,为满足人口激增的基本生活需求进行毁林开荒、滥樵滥伐、过度放牧等,植被遭到破坏。失去植被保护的土壤生产力急剧下降,系统的生产功能急剧降低,就形成愈演愈烈的扩大耕地毁坏森林的恶性循环。目前整个绿茂乡林地覆盖率仅 2.1%,蒋家沟流域亦仅有 8.59%。以人口及其需要增长为主导,以森林植被破坏为突破口,该区水土流失和泥石流活动从无到有,从弱到强,发展到今天,已成为我国以砂石化为特征的荒漠化类型的多发区和典型区。图 5 是蒋家沟荒漠化发生发展的图示。

由此可见,进行该地区荒漠化防治,应从改善系统功能入手,提高本区的生产水平,并辅以人口控制,最终达到系统中人口需要与资源供给的协调、生态与经济的协调。具体的措施包括调整结构、增加投入、提高效率、控制人口等几个方面,对此不再赘述。

### 参 考 文 献

- [1] 杜榕桓等, 1987, 云南小江泥石流综合考察与防治规划研究, 科学技术文献出版社重庆分社, 第 31—84 页。
- [2] 董玉祥, 1989, 内蒙古西井子农业生态经济系统的能量分析, 干旱区资源与环境, 3(2), 第 98—103 页。
- [3] 董玉祥, 1989, 土地沙漠化与系统变化, 中国沙漠, 9(2), 第 60—70 页。
- [4] 农业技术经济手册编委会, 1983, 农业技术经济手册, 农业出版社, 第 1057—1093 页。
- [5] 沈亨理等, 1985, 农业生态-经济系统结构、功能的若干潜力分析, 生态经济问题研究, 上海人民出版社, 第 145—159 页。
- [6] M. J. 福里塞尔主编, 1981, 农业生态系统中矿质养分的循环, 农业出版社, 第 187—217 页。

## DISCUSSION ON ORIGINATION AND DEVELOPMENT OF DESERTIFICATION OF JIANGJIA RAVINE THROUGH THE STUDY ON ECOSYSTEM FUNCTION

Dong Yuxiang Zhu Zhenda

(Lanzhou Institute of Desert Research, Chinese Academy of Sciences)

### Abstract

Through the analysis of the function of agricultural ecosystem at Lumaoxiang, Dongchuan, in which Jiangjia Ravine is located, the energy flow and material flow are calculated and the condition of this ecosystem functions are analyzed in the paper. Features of Lumao agricultural ecosystem are that the scale and efficiency of its energy flow and material flow are low, primary production is the main part of the ecosystem production, natural ecosystem play an important role in the development of Lumao ecosystem, its function is low, its potential population and livestock supporting capacity is also low. It is one kind of ecosystems which has the plunder feature. In the process of its economic development, population increases speedy, population and livestock are often over the supporting capacity of Lumao ecosystem so as to lead to excessive deforestation, cultivation and grazing, much area forest disappeared and the desertification process appeared and developed fast.

**Key words** Jiangjia Ravine, agricultural ecosystem, desertification