

黄家二岔小流域能量流的系统分析*

IV. 人类群体子系统和小流域总体能量流分析

李中魁

(中国林业科学研究院·北京市·100091)

摘要 小流域人类群体子系统,需要的投能主要来自粮食、燃料和食油,它在整个小流域系统中的贡献是为种植业、林业、畜牧业及自身提供人工能量产出及人类尿能量产出,能量产投比为 0.151:1。小流域能量流的系统分析表明,各种作物的光能利用率排序为:胡麻 < 豌豆 < 小麦 < 马铃薯 < 玉米;乔灌木树种的光能利用率排序为:柠条 < 柽柳 < 沙棘 < 刺槐 < 毛条 < 云杉 < 落叶松 < 白榆 < 杨树。通过能流图分析,求出了黄家二岔小流域的环境人口容量,提出了减少牧草播种面积、增加农田面积和增加化肥投能等建议。

关键词: 人类群体子系统 光能利用率 能流图

文献标识码: A 文章编号: 1000-288X(1999)03-0029-04 中图分类号: S181

Systematic Approach to Energy Flow of Huangjia Ercha Watershed

IV. Energy Flow Analysis of Human Community and the Whole Watershed

LI Zhong-kui

(Chinese Academy of Forestry, Beijing, 100091, PRC)

Abstract The energy input needed by human community in the watershed was mainly from grain, fuel and food oil, meanwhile the human community provides the watershed including sub systems of farming, forestry, animal husbandry and itself with human labour power and the organic energy of excrement, etc., the ratio of output to input of energy is 0.151:1. Through systematic analysis of energy flow, it is found that the use rate of solar energy of the crops could be ordered as hemp < pea < wheat < potato < corn, and that of trees and shrubs as *Caragang korskinskii* < *Tamarix chinensis* < *Hippophae rhamnoides* < *Robinia pseudoacacia* < *Caragana microphylla* < *Picea asperata* < *Larix* < *Ulmns pumila* < *Populus*. Through analysing the energy flow diagram, the environmental population capacity of Huangjia Ercha watershed was estimated. It is suggested to reduce sowing area of grass, increase farming area and energy input of chemical fertilizers.

Keywords human community; use rate of solar energy; energy flow diagram

1 小流域人类群体子系统能量流分析

组成小流域系统的 4 大子系统中,种植业、林业和畜牧业 3 个子系统,无一不是人为控制下运行和发展的子系统,而人为活动的原动力和能量,也来自于这 3 个子系统,所以,人类群体与其它 3 个子系统之间是互相联系且互相影响的。但是,人类群体是主导子系统,它不仅控制和影响其它子系统,而且为它们提供一定能量输入,包括人工投能和粪能,这也是人类群体向整个系统所能提供的基本能量。生产实践表明,人类群体的耗能量必须同其它 3 个子系统的能

量产出相适应,即小流域人口容量应当同总能量产出之间保持动态平衡。

1.1 人类群体子系统能量流分析

1986-1990年黄家二岔小流域平均人口为 525人,其中,未成年人口(15岁以下)占 49.8%,劳动力人口(18~50岁)占 40.0%,老年人口(男 60岁以上,女 55岁以上)占 10.2%。能流分析时,按各年龄阶段人口数对各项指标加权平均。图 1 是黄家二岔小流域人类群体子系统的能流运行简况。

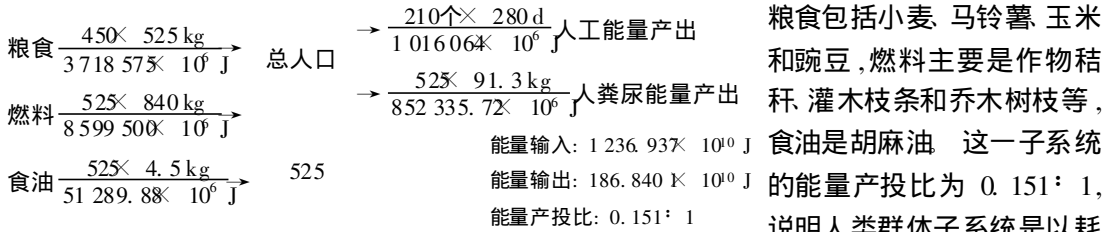


图 1 人类群体子系统能流简图

成分析,提高其能量产投比的途径是增加劳动力或工日,人均耗能结构中,以燃料耗能最大,占总耗能量的 69.5%,它进一步说明了在这个年平均温度为 5.2℃ 的小流域燃料生产或发展林业的重要性。人均粮食耗能比例 (30.0%) 与人均燃料耗能的比 (69.5%) 也在一定程度上反映了黄家二岔小流域种植业生产和林业生产的某种比率。

劳动力的生产是小流域各个子系统正常运行和发展的基础条件,黄家二岔小流域劳动力能量产出占人类群体子系统总能量产出的 54.8%,提高人类群体子系统能量产投比的途径是控制人口数量,提高人口素质和劳动生产率,从而降低燃料和粮食耗能,并保证和提高人工能量产出。

2 小流域能量流系统分析

2.1 光能利用率分析

输入小流域生态经济系统的初始能源是太阳能。在黄家二岔小流域,4-9月为农作物生长期,日照时数为 1242h,太阳辐射量为 $1.22 \times 10^5 \text{ kJ}/(\text{cm}^2 \cdot \text{a})$ 或 $5.12 \times 10^{13} \text{ J}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$,但生理辐射总量仅为 $6.20 \times 10^4 \text{ J}/(\text{cm}^2 \cdot \text{a})$ 或 $2.60 \times 10^{13} \text{ J}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$,能够直接接收太阳辐射并把太阳能转化为生物能的是各种作物、乔灌木和饲草。根据各种植物的年能量产出和小流域太阳辐射量可计算出它们的光能利用率。其中,各类作物的光能利用率为:胡麻 (0.09%) < 豌豆 (0.12%) < 小麦 (0.14%) < 马铃薯 (0.16%) < 玉米 (0.4%)。

宁南西海固地区光能利用率平均为 0.03%,在黄家二岔除胡麻外,光能利用率平均为 0.21%,比西海固地区平均值提高 3.2倍。

同前述的分析结果对比发现,各类作物的光能利用率排序同人工辅助能产投比的排序是完全一致的。这就意味着黄家二岔小流域各种作物的能量产出受制于人工辅助投能的数量和结构,其本质是人工辅助投能改善和促进了作物对太阳能的吸收和利用,因此,充分重视人工辅助投能是提高作物光能利用率的途径之一。对其它绿色植物也有同样的结论。从人工辅助投能产投比和光能利用率两方面综合考虑,发展农作物的顺序首先是玉米,其次是马铃薯、小麦和豌豆,种植胡麻主要是满足食用需要。

同样,林业子系统各乔、灌木树种的光能利用率亦可排序如下:柠条 (0.036%) < 柽柳 (0.115%) < 沙棘 (0.119%) < 刺槐 (0.167%) < 毛条 (0.198%) < 云杉 (0.987%) < 落叶松

(1.1%) < 白榆 (1.5%) < 杨树 (2%)。其中, 灌木树种平均为 0.127%, 乔木树种平均为 1.40%。云杉等 4 个乔木树种的光能利用率较高, 而以杨树为最高。乔木树种光能利用率排序与人工辅助能产投比排序完全一致, 说明在黄家二岔小流域林业子系统中应继续增加能量投入, 改善投能结构, 大力发展乔木林, 特别是杨树林。5 个灌木林树种中, 以柠条的光能利用率最低, 毛条最高, 怪柳和沙棘相近, 刺槐较高。为最大限度地吸收、利用太阳能, 应减少柠条面积, 扩大毛条、刺槐面积。3 种牧草的光能利用率分别为: 沙打旺 0.074%, 苜蓿 0.092%, 红豆草 0.091%, 平均为 0.086%。

在小流域能直接吸收利用太阳能的 3 个子系统中, 以林业子系统中乔木树种的光能利用率最高, 豌豆、小麦、马铃薯和玉米次之 (胡麻的值虽小, 但应保留, 此处不对比), 灌木树种的平均值较小, 而以牧草的值最小。综上所述, 在黄家二岔小流域提高太阳能利用率的指导思想应是: (1) 优化林业子系统, 注重乔木树种的栽植和培育, 它不仅产生木材蓄积, 而且能提供大量薪材, 从而减少灌木林面积和生产部分燃料的草地面积。(2) 减少草地面积, 扩大作物种植面积。牧草的光能利用率最低, 农作物的光能利用率较高, 因此, 应大量减少草地面积而扩大农作物种植面积。草地面积以保证能向种植业、林业、畜牧业和人类提供所需的畜力、有机肥和某些必需畜产品的畜、禽饲草数量为原则。(3) 优化各子系统内部投能结构。

2.2 能流综合分析

小流域作为一个相对独立的完整的生态经济系统, 种植业、林业、畜牧业和人类群体各个子系统间通过能量流动和物质循环而维持着整个系统的动态平衡和稳定发展。在小流域系统中, 种植业子系统的粮食和秸秆等能量输出, 通常以牲畜饲料的形式输入到畜牧业子系统中, 而畜力和牲畜粪便等有机能又分别作为种植业子系统的动力和肥料有机能输入到作物子系统中, 小流域系统中的人类群体通过人力输出实现对系统的管理, 同时人粪尿亦作为作物的肥料输入到种植业子系统中, 而后者输出的粮食和畜牧业子系统输出的畜产品也为人类群体所利用, 相当一部分作物秸秆和林产品也成为该系统内生活用的燃料。

对林业、种植业、畜牧业和人类群体 4 个子系统的能量投入产出过程做系统综合、全面地分析时, 可以能量流为纽带将 4 个子系统统一在一个互相联系、互相制约的动态体系中: 人类群体子系统是这一大系统的核心, 其它子系统的发展、运行和取舍都是基于人类群体子系统的需要来确定的。同时, 也可以根据各子系统的能量产出能力进而确定小流域系统环境人口容量, 调整产业结构和能量流。

2.2.1 环境人口容量计算 从图 1 可知, 人均粮食耗能: $3.718575 \times 10^6 \text{ J/a} \div 525 = 7.08 \times 10^9 \text{ J/a}$; 人均燃料耗能: $8.599500 \times 10^6 \text{ J/a} \div 525 = 1.64 \times 10^{10} \text{ J/a}$; 人均油料耗能: $51.289.88 \times 10^6 \text{ J/a} \div 525 = 9.77 \times 10^7 \text{ J/a}$ 。根据粮食、薪炭和油料的年能量产出量计算可得环境人口容量灰值: (672, 809, 3466)

按照“木桶原则”取 672 为小流域环境人口容量值。此值高于实际人口容量值 (525), 说明粮食产能已满足需要, 食油 (809) 和薪炭 (3466) 产能已超过了现有人口的生活需要, 它们分别可满足 809 人和 3466 人的食油、薪炭需要量。

限制环境人口容量的主导因素是粮食产能。影响粮食产能的主要因素有种子、有机肥料、农药、化肥和地膜投能, 其中有机肥料投能已比需要量多出 $5.95 \times 10^{11} \text{ J/a}$, 农药、地膜只影响个别作物的某一生长阶段, 农机具投能主要影响工作效率。因此, 影响粮食产能的最主要因素是化肥。种植业子系统能量产投公式反映出, 单位化肥能量投入量可得到 7.41 个能量单位产

出,同时,黄家二岔化肥投能量与有机肥投能量之比为 1:4,在目前有机肥投能水平下 [$3.58 \times 10^{10} \text{ J}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$],化肥投入量如再增加 $1.49 \times 10^{11} \text{ J}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$,相当于每 1 hm^2 增施化肥 18.53 kg ,有效产出能将增加 $5.1 \times 10^9 \text{ J}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$,相当于增产粮食 $319.4 \text{ kg}/\text{hm}^2$ 。

2.2.2 畜牧业子系统分析 该子系统的核心是饲草、饲料肥与畜、禽能量的转化,饲料粮所需能量 $1.24 \times 10^{11} \text{ J/a}$ 和粗饲料能量 $6.16 \times 10^{11} \text{ J/a}$,由种植业子系统提供,前者可满足需要,后者尚缺乏 $1.03 \times 10^{11} \text{ J/a}$,可通过青饲料予以补充。如果减少青饲料 509123.08 kg 或牧草播种面积 87 hm^2 ,而种以同样面积的小麦、豌豆或玉米,即可获得粮食产能 $2.05 \times 10^{11} \sim 6.48 \times 10^{11} \text{ J}$ 和粗饲料产能 $2.85 \times 10^{11} \sim 8.58 \times 10^{11} \text{ J}$,粮食产能可满足 289~914 人 1 a 生活的食物耗能需要,同时,作物秸秆等产能不仅满足了家畜粗饲料投能需要,还可以有 $1.82 \times 10^{12} \sim 7.55 \times 10^{11} \text{ J}$ 的能量存贮。

畜力能量产出超过 $1.53 \times 10^{11} \text{ J/a}$,它为小流域发展工副业及其它产业提供了动力来源,而羊毛、鸡蛋等畜产品产能 $1.05 \times 10^{12} \text{ J/a}$,则可通过同外界市场进行能流交流。

2.2.3 能量流调整 根据以上分析可知,通过综合治理,黄家二岔小流域环境人口容量已达 672,限制环境人口容量的主要因子是粮食能量产出。而影响粮食产能的关键因子是耕作面积和化肥投能。

从能量产投比、光能利用率及维持和提高整个系统的运行效率考虑,对黄家二岔小流域能量流进行调整,主要环节有:(1) 缩小牧草种植面积 87 hm^2 ,用于增加作物种植面积,增加粮食能量产出,并弥补粗饲料投能之不足;(2) 增加化肥投能,保持化肥投能与有机肥投能的适当比例,目前以 1:4 为宜,逐渐向 1:3.4 过渡,目前每 1 hm^2 应增施化肥 18.53 kg ,逐步达到 $110 \sim 150 \text{ kg}/\text{hm}^2$ 或每 1 hm^2 化肥投能 $4.10 \times 10^{12} \sim 5.59 \times 10^{12} \text{ J}$;(3) 保持林业子系统的产投比不变,将部分薪柴和畜禽产品产能同小流域系统外进行交换;(4) 引入和增加燃油和农用电投能。

3 结 论

(1) 黄家二岔小流域治理前,共有人口 447 人,年人均口粮 125 kg ,人均燃料 439 kg ,分别相当于提供食物投能 $1.9 \times 10^9 \text{ J/a}$ 和燃料能 $6.7 \times 10^9 \text{ J/a}$ 。1990 年人均耗能为 $2.36 \times 10^{10} \text{ J}$,比 1982 年提高了 173%,群众生活水平得到显著改善。按照这样的人均耗能量和粮食能量产出水平计算,黄家二岔小流域的环境人口容量是 672。

(2) 人类群体子系统中人均耗能 $2.36 \times 10^9 \text{ J/a}$,其中,粮食能占 30.06%,燃料能占 69.52%,食油(芝麻油)能占 0.42%。该子系统的主要产出是劳动力和粪尿产能,分别为 $1.02 \times 10^{12} \text{ J}$ 和 $8.52 \times 10^{14} \text{ J}$ 。提高劳动生产率和控制人口数量是增加小流域系统产出的有效手段。

经过综合治理,黄家二岔环境人口容量已达 672,限制环境人口容量提高的主要因子是粮食能量产出,而影响粮食能量产出的关键因子是耕作面积和化肥能投入。减小牧草栽培面积 87 hm^2 用以扩大作物种植面积,增施化肥使无机能投入与有机能投入比向 1:3.4 过渡,引入和增加燃油和农用电投能,可进一步提高小流域系统的能量产出和环境人口容量。

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