

景电灌区人工绿洲生态经济系统能值分析

王婷婷, 王辉, 雷文文, 冯宜明

(甘肃农业大学 林学院, 甘肃 兰州 730070)

摘要: 应用能值分析法, 以景电灌区沙漠绿洲边缘的一个典型村落——大咀子村为研究对象, 对其能值产投结构和指标进行了计算。该村净能值产出率为 3.10, 能值投入率为 17.38, 环境承载力为 0.82, 能值可持续性指数为 3.77, 自系统能值反馈率 0.39。将研究区的能值指标与江苏省、海南省、甘肃省进行了对比分析, 结果表明, 系统经引黄提灌后取得了良好的经济效益与生态效益, 增强了该区可持续发展的潜力。该区以高投能、种养结合为特点, 属干旱区的典型生产模式。针对该区目前存在的一些问题提出了相关对策建议。

关键词: 人工绿洲生态经济系统; 能值分析; 景电灌区

文献标识码: B

文章编号: 1000-288X(2009)04-0196-04

中图分类号: Q147, X171.1

Energy Evaluation of Manmade Oasis Eco-economic System in the Jingtai Electrical Irrigation Region

WANG Ting-ting, WANG Hui, LEI Wen-wen, FENG Yi-ming

(College of Forestry, Gansu Agricultural University, Lanzhou, Gansu 730070, China)

Abstract: The theory of energy analysis was applied to select a typical representative village—Dazuizi Village located in the desert oasis borderland as a research object. The composition of energy inputted and outputted, energy indices were calculated. Net energy yield ratio was 3.1; energy investment ratio, 17.38; environmental loading ratio, 0.82; energy sustainable index, 3.77; and self-system feedback ratio, 0.39. Compared with Jiangsu, Hainan, and Gansu Province, results showed that the system which is irrigated from the Yellow River achieved favorable ecological and economic benefits and strengthened the potentiality of sustainable development. Production feature was a lot of energy inputted and the combination between planting and livestock breeding. The production mode was typical in arid area, but some problems were still existed. Accordingly, countermeasures and suggestions were presented.

Keywords: manmade oasis eco-economic system; energy evaluation; Jingtai electrical irrigation region

能值(emergy)分析理论与方法是美国著名生态学家、系统能量分析先驱 Odum 教授于 20 世纪 80 年代创立的, 是一种以能值为测度单位的系统分析理论^[1-2]。应用能值这一概念和度量标准及其转换单位——能值转换率, 可将生态经济系统内流动和储存的各种不同类别的能量和物质转换为统一标准的能值, 单位为太阳能焦耳(solar emjoules, 缩写为 sej)^[2], 进行定量分析研究。我国学者于 20 世纪 90 年代中期开始研究能值理论, 并取得了喜人的成果^[3-8]。但是, 对人工绿洲生态经济系统能值的研究报道较少。人工绿洲是干旱区人类生存与发展的重要基地, 是甘肃省农业生产水平最高的地区, 也是省内最大的商品粮、油、菜基地, 但该区生态系统较为脆

弱。本研究运用能值方法对甘肃省景电灌区大咀子村生态经济系统进行了定量分析, 以期提出该系统的管理技术, 确保系统的完善和可持续利用, 为其它绿洲的有效管理提供参考。

1 研究区概况与研究方法

1.1 研究区概况

景电灌区新绿洲是景电引黄提灌工程发展起来的一块荒漠人工绿洲, 横跨甘肃省古浪、景泰两县。灌区地处黄河上游的温带干旱荒漠气候区, 北临腾格里沙漠。区域内有可垦地资源 93 333 hm², 整个区域地势平坦, 土层深厚(1~1.5 m 以上), 光热资源充足。但地表沙源丰富, 气候干旱少雨, 风力强劲、频繁。干旱

收稿日期: 2008-10-31

修回日期: 2009-03-11

资助项目: 中国/全球环境基金甘肃项目“干旱生态系统土地退化防治——干旱区绿洲综合生态系统管理耦合技术研究”

作者简介: 王婷婷(1984—), 女(汉族), 甘肃省西和县人, 硕士研究生, 主要从事荒漠生态与可持续发展等方面的研究。E-mail: wangtt@gsau.edu.cn.

通信作者: 王辉(1959—), 女(汉族), 甘肃省武威市人, 博士, 教授, 主要从事防护林可持续经营及荒漠化综合防治方面的研究。E-mail: wangh@gsau.edu.cn.

和风沙危害严重制约着该区的经济发展。因此,在景电灌区开发之前,除了少部分土地被开垦为旱作农田和水浇地外,绝大部分区域为起伏不定的沙丘地或荒沙滩。电力提灌工程的建设和发展,使过去干旱、荒芜的景泰川被逐渐改造开发成为一个新型的灌溉农业区^[9]。该区地理位置为 36°43'—37°41' E, 103°20'—104°15' N,海拔 1 572 m,年均温 8.2℃, 10℃ 的积温 3 038.2℃,太阳辐射量 6.194 6 ×10⁹ J/(m²·a),年降水量 184.8 mm,蒸发量 3 038.5 mm,无霜期 145 d,年均风速 3.5 m/s,土壤为荒漠灰钙土。

大咀子村位于景泰县西北边和古浪县的交界处,腾格里沙漠的南缘,自 1987 年开始景电二期工程的建设,1990 年政府组织搬迁工作,由于当时生态环境极为恶劣,风沙灾害严重威胁着人们的生产生活。110 多户移民大部分返乡,留下来的 30 多户靠人均约 0.13 hm² 的漫水地生活。由于 1990 年政府就开始投资护路、护渠防护林体系的建设,且在二期灌区开发建设过程中,在该村西北边缘的景泰古浪县界、甘蒙边界沿线营造了宽 50 m,长约 100 km 的大型防风固沙林带,在空间上逐步形成了一道绿色屏障,为减轻风沙危害、保护灌区农田,起到了十分重要的作用。到 1996 年该村的防护林体系基本建成,环境条件大为改善,风沙减小,又陆续从会宁、靖远搬迁来移民,发展到目前的 224 户,人口为 1 310 人,耕地面积 196.67 hm²,60% 为沙化地,养殖业以羊为主,生态环境仍显脆弱,为干旱荒漠区的典型村落。

1.2 研究方法

以景电灌区大咀子村生态经济系统为研究对象,实施的研究方案为^[2-4]:(1) 基础资料收集。2008 年 9 月,到实地以农户问卷调查的方式,收集该村当年的各类种植、养殖产投数据,并在村委会和镇政府搜集有关经济、农林牧各业统计资料。(2) 编制能值分析表。以全村的物质投入和产出作为数据来源,参考文献[3,10-11]的公式,编制能值分析表。(3) 建立能值指标。根据研究区的实际情况,确定系统的主要能值指标。(4) 分析评价与建议。根据能值指标,分析系统存在的问题,评价其可持续发展潜力,为管理提出科学合理的建议。

2 生态经济系统能值分析

2.1 生态经济系统能值投入分析

大咀子村生态经济系统的能值投入由 2 部分组成,环境资源能值、购买资源能值,各占 5% 和 95%。表土净损失几乎占环境资源能值投入的全部,由于该区降雨量很小,不可更新自然资源的投入可忽略不计(表 1)。

系统靠人工投能进行生产,购买能值由购买的不可更新资源、购买的可更新资源、自系统反馈能组成,各占 42%,29%,39%。购买的不可更新资源中化肥占 55%、电力 34%、机械与燃料占 10%、农药 1%、农膜可忽略不计。购买的可更新资源中幼畜占 50%、胡麻饼 20%、灌溉水占 16%、人力 11%、种子 3%。自系统反馈能值全部用于养殖,饲草占 47%、玉米面占 45%、麸皮占 8%、有机肥可忽略不计。反馈的饲草包括全部的玉米(*Zea mays*) 秸秆,部分的小麦(*Triticum aestivum*)、大麦(*Hordeum vulgare*)、胡麻(*Linum usitatissimum*) 秸秆,粉碎后混合玉米面可做为羊饲料。

综合以上分析可以看出,(1) 系统中工业辅助能占大部分,是农业增产的主要因素。(2) 该系统为典型的种养结合,种植为养殖服务的灌区生产模式。(3) 灌区依靠景电引黄提灌工程来灌溉,扬程高、耗电量,灌区的生产以高耗能,化肥投入量大,灌水量大为特点。

表 1 大咀子村生态经济系统能值投入

项目	原始数据/ (J · \$ ⁻¹ · g ⁻¹)	能值转换率/ (sej · unit ⁻¹)	能值/ sej
太阳光	1.22E+16	1.00E+00	1.22E+16
雨水	3.63E+11	1.54E+04	5.60E+15
可更新资源(R)			1.78E+16
表土净损失	2.59E+12	6.25E+04	1.62E+17
不可更新资源(N)			1.62E+17
复合肥	4.67E+07g	2.80E+09	1.31E+17
氮肥	1.12E+08g	4.62E+09	5.19E+17
磷肥	5.01E+06g	1.78E+10	8.92E+16
农药	1.67E+03 \$	4.94E+12	8.27E+15
农膜	4.39E+06g	3.80E+08	1.67E+15
电力	2.86E+12J	1.59E+05	4.54E+17
机械与燃料	2.59E+04 \$	4.94E+12	1.28E+17
购买的不可更新资源(NF)			1.33E+18
种子	4.77E+11J	6.60E+04	3.15E+16
人力服务	2.53E+11J	3.80E+05	9.60E+16
灌溉水	1.62E+12J	8.99E+04	1.46E+17
幼畜	2.31E+11J	2.00E+06	4.61E+17
胡麻饼	2.66E+11J	6.90E+05	1.83E+17
购买的可更新资源(RF)			9.18E+17
有机肥	6.69E+08	2.70E+06	1.81E+15
玉米面	4.64E+12	8.51E+04	3.95E+17
麸皮	1.02E+12	6.80E+04	6.92E+16
饲草	1.53E+13	2.70E+04	4.13E+17
自系统反馈能(SFE)			8.79E+17
总投入(T)			3.31E+18

注:参考 2000 年美元/人民币汇率 8.27,2000 年中国能值/货币比率 4.94E+12sej/\$^[12]。

2.2 生态经济系统能值产出分析

大咀子村生态经济系统的能值产出由种植业和畜牧业组成,各占 43%和 57%。45%的玉米,72%的秸秆和 34%的小麦反馈到系统中(表 2)。

表 2 大咀子村生态经济系统能值产出

项目	原始数据/ ($J \cdot g^{-1}$)	能值转换率/ ($sej \cdot unit^{-1}$)	能值/ (sej)
玉米	1.04E+13	8.51E+04	8.82E+17
小麦	3.02E+12	6.80E+04	2.05E+17
大麦	2.29E+12	6.80E+04	1.56E+17
油菜	2.26E+12	6.90E+05	1.56E+18
胡麻	8.09E+11	6.90E+05	5.58E+17
马铃薯	1.62E+12	2.70E+03	4.39E+15
豌豆	3.71E+11	6.90E+05	2.56E+17
孜然	4.26E+10	8.30E+04	3.54E+15
秸秆	2.14E+13	2.70E+04	5.78E+17
种植产品			4.20E+18
猪肉	7.75E+11	2.00E+06	1.55E+18
羊肉	1.20E+12	2.59E+06	3.11E+18
羊毛	9.73E+10	4.40E+06	4.28E+17
鸡肉	3.61E+10	2.00E+06	7.21E+16
鸡蛋	1.87E+11	1.71E+06	3.20E+17
有机肥	8.04E+08g	2.70E+06	2.17E+15
畜产品			5.49E+18
总产值/元			9.69E+18

2.3 生态经济系统主要能值指标分析

2.3.1 环境资源能值比率、购买能值比率、可更新环境能值比率、自系统反馈能值比率、不可更新环境能值比率、工业辅助能值比率、有机辅助能值比率 该组指标反应了生态系统的能值投入组成,与其它地区相比,一方面说明大咀子村生态经济系统的发展完全依靠人工投能的增加。另一方面说明环境能值投入小,该村生态环境脆弱,雨水的能值贡献几乎可以忽略,灌区属温带大陆性干旱气候,年降水量仅为 184.8 mm,风蚀严重,土壤侵蚀模数大 [$4\ 164\ kg/(hm^2 \cdot a)$],表土净损失较大(表 3)。

2.3.2 净能值产出率 该区净能值产出率与海南省^[13]、甘肃省^[14]相比,处于较高水平,但低于江苏省^[15]。表明在景电二期工程上水以来,荒芜的沙滩变成了农业生产灌溉区,生态环境有了很大的改善,取得了良好的经济效益和生态效益,系统整体功能逐步向好的方向发展,能值回报率提高,增强了系统的可持续发展潜力。

2.3.3 能值投入率 该区能值投入率远远高出其它地区水平,说明该区增产的主要因素是经济投能的增加。这是由于自系统能值反馈率高达 39%,且全部用于养殖,为典型的种为所养的系统。

2.3.4 环境承载力 该区环境承载力远低于其他地区水平,但环境承载力的大小并不与该生态系统环境保护效果的好坏成正比^[15]。该系统低的环境承载力与高的能值反馈密切相关。该区羊的养殖为夏季放牧、冬季圈养,人为对环境的破坏性大,原本脆弱的环境一旦恶化,种植业减产,反馈能值降低,将不利于系统的可持续发展。政府应强制禁牧,减少对灌区植被的破坏,降低秸秆的反馈利用率,采取秸秆还田措施,冬季可保护农田,还可提高土壤肥力。

2.3.5 能值可持续性指数 与其它地区相比,处于较高水平。李海涛等^[7-8]根据新疆自治区能值分析表明,该值处于 1~10 范围则说明系统有活力、可持续,但大于 10 则是不发达的象征,小于 1 为消费型经济系统,说明该系统目前具有可持续发展的潜力。但如果不注重环境保护,乱砍滥伐,破坏防护林体系,乱开荒,荒滩放羊,环境承载力加大,系统就会变得不稳定,不利于可持续发展。

2.3.6 自系统能值反馈率 自系统能值反馈率是评价系统自组织能力的指标,反应系统可持续发展能力的内部基础,比值越大说明系统自组织能力越强,实现可持续发展的内部基础越好。该值为 39%,说明系统具有较强的自组织能力,但还需加强系统产业链的吸纳能力,提高自系统能的反馈力度。由于羊的养殖饲草量大,农作物秸秆不能满足其需要,应适当种植苜蓿,减少对环境的破坏。增加猪、鸡的养殖数量,减少农户分散养殖,进行产业化生产,降低成本。

表 3 大咀子村生态经济系统能值指标与其它地区比较

能值指标	大咀子	江苏省	海南省	甘肃省
环境资源比率	0.05	0.22	0.30	0.33
购买能值比率	0.95	0.78	0.70	0.67
可更新环境能值比率	0	0.21	0.02	0.14
不可更新环境能值比率	0.05	0.01	0.01	0.19
工业辅助能值比率	0.40	0.49	0.07	0.28
有机辅助能值比率	0.28	0.29	0.63	0.39
自系统反馈能值比率	0.27	—	—	—
净能值产出率(NEYR)	3.10	4.17	1.27	1.26
能值投入率(EIR)	17.38	3.52	2.33	2.05
环境承载力(ELR)	0.82	3.75	2.44	6.08
能值可持续性指数(ESI)	3.77	1.11	0.52	0.21
自系统能值反馈率(SFER)	0.39	—	—	—

3 结论与建议

(1) 景电二期工程结合防护林体系建设,把荒凉的沙滩改造成了绿洲,取得了良好的经济效益和生态效益,使得系统具有了可持续发展的潜力。但灌区目前为高投入,高耗能的生产,随着人类对系统干预程度的加大,出现了对水土资源保护利用不当、人为破坏灌区植被的现象。村民关心的只是一味地增产增收,而忽视生态环境的保护。

(2) 针对上述分析结果,提出了一些对策建议。

优化系统生产投能结构,提高产出。降低化工投能,提高科技投能,以高能值的人工投入来促进系统的发展;在引黄工程中,应突破技术难关,降低电力的投入。同时,大力引进先进生产技术,提高机械化水平,提高人畜粪尿利用率,科学施用化肥,农药,化肥与有机肥配合使用改变有机能值的投入结构^[16-18]。

加强生态环境建设,提高可更新资源利用率。景电灌区风蚀严重,造成表土有机质和营养元素的大量流失,成为制约系统可持续发展的关键因素。应加强农田防护林体系建设,采取因地制宜,适地适树的原则,加强森林病虫害防治,选取适宜的生物措施控制天牛病虫害的再次猖獗。节水和开发利用技术相结合,优化配置水资源。水资源是影响灌区生态经济可持续发展的制约因素,提灌工程投入大,水资源成本代价高,应降低开发成本,推广节水技术,提高水资源利用率。掌握农作物对水分的利用规律,科学灌溉,降低用水量。提高劳动者的科技素质,宏观调控系统的经营管理。在系统生产过程中,由于劳动者对环境保护的观念意识差,开荒放牧现象普遍存在。技术知识掌握不完善,盲目随从性大,造成了资源浪费。政府应加大科技扶助力度,引进人才,对劳动者进行定期的技术指导,并加强宏观调控,实现工业化生产,降低生产经营成本,严格禁牧,保护脆弱的生态环境。

[参 考 文 献]

[1] Odum H T. Systems Ecology: An introduction[M]. New

York: John Wiley & Sons, 1983: 1-50.

- [2] Odum H T. Environmental Accounting: Emergy and Environmental Decision Making[M]. New York: John Wiley and Sons, 1996: 20-50.
- [3] 蓝盛芳, 软佩, 陆宏芳. 生态经济系统能值分析[M]. 北京: 化学工业出版社, 2002: 1-423.
- [4] 蓝盛芳, 软佩, 陆宏芳. 生态系统的能值分析[J]. 应用生态学报, 2001, 12(1): 129-131.
- [5] Odum H T. 能量、环境与经济: 系统分析导引[M]. 蓝盛芳译. 北京: 东方出版社, 1992: 1-100.
- [6] 严茂超. 西藏生态经济系统的能值分析与可持续发展研究[J]. 自然资源学报, 1998, 13(2): 116-125.
- [7] 李海涛, 廖迎春, 严茂超, 等. 新疆生态经济系统的能值分析及可持续性评估[J]. 地理学报, 2003, 58(5): 765-772.
- [8] 李海涛, 严茂超. 新疆生态经济系统的能值分析与可持续发展研究[J]. 干旱区地理, 2001, 24(4): 289-296.
- [9] 王辉. 景电灌区开发建设对区域生态环境的影响[J]. 生态学报, 1999, 19(3): 371-375.
- [10] 陈阜. 农业生态学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2002: 260-264.
- [11] 董孝斌, 高旺盛. 农牧交错带农业生态系统生产力的能值分析: 以武川县为例[J]. 干旱区资源与环境, 2005, 19(7): 33-37.
- [12] 李飞, 林慧龙, 常生华. 农牧交错带种植模式与种养模式的能值评价[J]. 草地学报, 2007, 15(4): 322-326.
- [13] 张耀辉, 蓝盛芳, 陈飞鹏. 海南省农业能值分析[J]. 农村生态环境, 1999, 15(1): 5-9.
- [14] 张希彪. 基于能值分析的甘肃农业生态经济系统发展态势及可持续发展对策[J]. 干旱地区农业研究, 2007, 25(5): 165-171.
- [15] 刘继展, 李萍萍. 江苏农业生态系统能值分析[J]. 农业系统科学与综合研究, 2005, 21(1): 29-36.
- [16] 张志强, 陈国栋. 论西北地区生态环境建设问题与战略[J]. 干旱区地理, 2001, 24(3): 243-230.
- [17] 赵雪雁, 巴建军. 甘肃黄土高原区生态建设与可持续农业发展对策[J]. 干旱区地理, 2002, 25(4): 346-349.
- [18] 邓振镛, 张强, 韩永翔, 等. 甘肃省农业种植结构影响因素及调整原则[J]. 干旱地区农业研究, 2006, 24(3): 196-201.