

贵州农业生态系统能值时空分异研究

郜红娟¹, 韩会庆¹, 张朝琼²

(1. 贵州师范学院 地理与旅游学院, 贵阳 550018; 2. 贵州师范大学 地理与环境科学院, 贵阳 550001)

摘 要:运用能值理论与分析方法,采用能值投资率、能值产出率、环境承载力、可持续发展等重要能值指标对贵州省 1990—2010 年间农业生态系统的能值时空分异进行了分析。结果表明:贵州省农业生态系统能值投入产出呈递增趋势,投入以可更新资源能值和可更新的有机能为主,工业辅助能的增加最为显著,能值产出结构以种植业主,并呈下降趋势;能值投资率和环境承载力高值区主要分布在贵州中西部地区,低值区分布在贵州东南地区;净能值产出率高值分布在贵州东北、西南地区,低值分布在西北;可持续发展指数高值分布在遵义、黔东南和黔西南,低值分布在中西部,能值指标的空间格局分布差异,主要受到经济发展水平、工业能值投入量、人口、农业基础设施的影响。

关键词:农业生态系统; 能值理论; 时空格局; 贵州省

中图分类号:F301.24 **文献标识码:**A **文章编号:**1005-3409(2013)05-0266-05

Analysis of Spatiotemporal Variation of Agro-ecosystem Energy in Guizhou Province

GAO Hong-juan¹, HAN Hui-qing¹, ZHANG Chao-qiong²

(1. College of Geography and Tourism, Guizhou Normal College, Guiyang 550018, China;
2. College of Geography and Environmental Sciences, Guizhou Normal University, Guiyang 550001, China)

Abstract:Based on theory and analysis methods of energy, through some indicators of energy, such as energy investment ratio, energy yield ratio, environmental loading ratio, index of sustainable development, this paper analyzed spatiotemporal pattern of energy in Guizhou Province between 1990 and 2010. The results show that the input-output values of agro-ecosystem energy shows an increasing trend, the input value mainly is renewable resources and updatable organic energy. Industrial auxiliary energy significantly increases, the structure of energy output mainly is farming, and it is declining, the energy investment ratio and energy yield ratio of high value area is mainly distributed in the central and western regions of Guizhou, the low value distributes in southeast and southwest region of Guizhou; the high and low values of environmental loading ratio are mainly distributed in northeast and Southwest regions of Guizhou; sustainable development index of higher value is distributed in Zunyi, southeast and southwest of Guizhou, low-value is distributed in the mid-west, the differences of spatial pattern of distribution of value is mainly affected by the level of economic development, the industrial value volume, population, and the agricultural infrastructure.

Key words:agro-ecosystem; energy theory; spatiotemporal pattern; Guizhou Province

对人类活动影响下自然生态系统的持续性与支撑能力的评估,是当前生态经济学与可持续发展研究的热点与前沿领域^[1]。能值(Energy)分析是美国著名生态学家 Odum 在能量系统分析基础上于 20 世纪 80 年代创立的新理论和新方法,用以研究生态系统

与人类社会经济系统,定量分析资源环境与经济活动的真实价值以及它们之间的关系^[2]。该方法克服了传统经济统计方法和能量分析中不同类别能量难以在统一尺度上比较的缺陷,将生态学与经济学相结合,日益成为研究区域生态经济系统可持续发展的重

收稿日期:2013-01-04 修回日期:2013-02-05
资助项目:国家自然科学基金项目(31100187);贵州省软科学研究项目“贵州工业化城市化加快推进时期耕地保护研究”[黔科合 R 字(2012)2030];贵州省环境科学教学团队项目(黔教高[2012]426 号);贵州师范学院环境科学教学团队项目(贵师院[2012]47 号)
作者简介:郜红娟(1981—),女,山东菏泽人,讲师,硕士研究生,研究方向:自然资源开发与区域规划。E-mail:hhuqing2006@126.com
通信作者:张朝琼(1965—),女,贵州遵义人,副教授,硕士,研究方向:主要从事 GIS 应用与土地资源管理、地理教学研究。E-mail:qzhang7114@163.com

要手段^[3]。

目前,能值理论已广泛应用于能量、生态、经济与可持续性等领域,开展了国家与地区、农业、自然保护区和城市方面能值分析的研究^[4-7]。从目前研究成果来看,国内农业生态系统的能值研究主要集中于省级层次和流域层次等大中尺度上的研究^[8-9],也有针对某些典型县的研究^[10],研究内容局限于计算与比较研究区能值及相关指标。而对省域范围内的农业生态系统可持续性的空间格局差异规律、特征以及原因的分析鲜有研究^[11]。贵州省生态环境脆弱、水土流失严重,资源环境问题成为该区农业稳定快速发展的瓶颈。因此,本文采用能值理论分析贵州农业生态系统能值的空间格局、分布差异、规律与特征,为不同区域农业生态系统的优化调整和可持续发展提供借鉴。

1 数据来源和研究方法

1.1 数据来源

数据主要来自 2011 年《贵州省统计年鉴》(1991 年、2001 年、2011 年),能量折算系数、能值转换率和计算方法参照太阳能值转换率主要参考严茂超、H. T. Odum 和蓝盛芳等的研究资料^[12-18]。可更新有机能中的有机肥施用量来自于农户调查。由于贵州主要是以水稻和玉米为主的种植体系,因此本文将主要针对这两种粮食作物进行有机肥施用量的调查,调查采用随机抽取的方法,对农户进行入户访谈和问卷调查,经过整理和分析,得到数据完整的问卷 200 份。

1.2 研究方法

能值(energy)的概念被 H. T. Odum 定义为:一类流动或存储的能量所包含另一类能量的数量,称为该能量的能值。能值的基本分析原理是将各类物质、能量和信息等转化为统一的太阳能值来进行分析、比较和对照。其基本表达式为^[18]: $M = \tau \times B$ 式中: M ——太阳能值(sej); τ ——太阳能值转换率; B ——可用能。其中 B 可以通过物质的质量(g) 或

者是物质的能量(J)等形式转化。太阳能值转换率是度量能量或物质的标尺,能值转换率越高,表明该种能量或物质的能值越高,在能量系统中的等级也越高^[18]。选取可更新资源投入(R)、不可更新资源投入(N)、不可更新工业辅助投入(F)、有机能投入(T)、农产品产出(Y) 5 个主要部分构建农业生态系统能值投入和产出数据。

1.3 能值指标体系

根据系统特点和分析目的,将各项投入和产出数据进行相应比较,分别得出净能值产出率、能值投资率、环境承载力和可持续发展指数等能值指标,将这些数据与表达式汇总,编制成 1990—2010 年贵州农业生态经济系统能值指标体系^[19-25](表 1)。

(1) 能值投资率:是总辅助能值投入与环境资源能值投入的比率,是衡量经济发展程度和环境负载程度的指标,其值越大则表明系统经济发展程度越高,其值越小则说明发展水平越低而对环境的依赖越强。

(2) 净能值产出率:是产出能值与经济投入能值的比值。它用以评估一种资源对于经济的贡献与价值。净能值产出率越高,这种资源的能值利用效率越高,对于系统生产的作用越大。同时某个系统的净能值产出率也表明系统对自然环境资源的依赖程度。净能值产出率越高,说明系统生产对自然环境资源的依赖性越强。

(3) 环境负载率:不可更新环境资源能值与不可更新工业辅助能值之和除以可更新环境资源能值与可更新有机能值之和。较高的环境负载率表明在系统中存在高强度的能值利用,同时经济活动对环境系统保持着较大压力。环境负载率越小表明环境承载的压力越小,发展潜力越大。

(4) 可持续发展指数:是净能值产出率与环境负载率的比值。如果一个国家或地区的生态经济系统净能值产出率高而环境负载率又相对较低,则它是可持续的,反之是不可持续的。

表 1 贵州农业生态系统能值评价指标

能值评估指标	计算公式	反映意义
能值投资率	$EIR = (F + T) / (R + N)$	农业经济发展程度和环境负载程度
净能值产出率	$EYR = Y / (F + T)$	产品竞争力和系统运转效率,衡量系统生产效率
环境负载率	$ELR = (F + N) / (R + T)$	资源效率和环境承受能力
可持续发展指数	$EIS = EYR / ELR$	农业生态系统可持续能力

2 能值结果分析

2.1 能值投入、产出分析

从表 2 看出,1990—2010 年系统总投入能值呈上升趋势,2010 年总能值投入达到 5.96×10^{22} sej,比

1990 年总能值投入增加了 30.8%。说明随着农业的发展,农业生态系统的投入力度不断增大,农业生产总值也随之增加。可更新资源能值和不可更新资源能值投入变化较小,工业辅助能投入和可更新的有机能投入变化较大。工业辅助能投入和可更新的有机

能投入分别由 1990 年的 17.06×10^{20} sej, 245.64×10^{20} sej 增加到 2010 年的 40.17×10^{20} sej, 365.78×10^{20} sej。但有机能中主要的能值投入来自人和畜力,表明传统人畜投入仍然是贵州农业生态系统中的重

要动力,这也是传统农业的基本特征。随着时间的推进,工业辅助能投入占总能值的比例仍在持续增加,表明贵州农业对化肥、农药等工业辅助能的依赖度越来越高,这对农业生态可持续发展有一定的影响。

表 2 贵州农业生态系统能值投入、产出总量 10²⁰ sej

州市	2010 年					1990 年				
	R	N	T	F	Y	R	N	T	F	Y
贵阳市	10.91	0.43	20.11	2.96	3.90	11.17	0.56	15.52	1.63	0.97
六盘水市	13.54	0.68	31.29	3.18	2.96	13.68	0.88	23.33	1.35	0.50
遵义市	37.56	0.71	79.15	7.18	12.94	37.56	0.95	44.98	3.27	2.64
安顺市	11.23	0.71	26.09	2.81	3.61	11.50	0.92	19.47	1.54	0.83
铜仁地区	13.44	0.65	38.34	4.00	6.44	13.74	0.77	24.69	1.48	0.92
黔西南州	18.16	0.53	25.59	2.59	4.56	18.25	0.66	18.83	1.26	0.82
毕节地区	31.76	0.75	82.93	9.51	9.14	31.86	1.00	58.05	3.91	1.35
黔东南州	36.55	0.31	30.70	3.53	5.22	36.58	0.41	18.37	1.18	0.50
黔南州	12.16	0.48	31.56	4.39	5.51	12.27	0.58	22.39	1.44	0.59
合计	185.31	5.24	365.78	40.17	54.26	186.61	6.73	245.64	17.06	9.12

总能值产出随时间的变化呈持续增加趋势,由 1990 年 9.12×10^{20} sej 增加到 2010 年 54.26×10^{20} sej。其中,种植业产出能值占总能值的比例由 1990 年的 68.99% 下降到 2010 年的 59.38%,林业和畜牧业产出能值占总能值比例由 1990 年的 11.36%, 19.65% 上升到 2010 年的 13.57%, 27.05%。由此可

看出,种植业仍是贵州省农业的支柱。

2.2 主要能值指标分析

通过以下能值指标(表 3),结合研究区域实际情况,从能值投资率、净能值产出率、环境承载力和可持续发展指数对贵州省农业生态系统能值指标时空分异进行分析。

表 3 贵州省农业生态系统能值评价指标汇总

州市	2010 年				1990 年			
	EIR	EYR	ELR	ELS	EIR	EYR	ELR	ELS
贵阳市	0.261	1.320	0.310	4.258	0.139	0.593	0.196	3.021
六盘水市	0.223	0.931	0.285	3.270	0.093	0.372	0.163	2.280
遵义市	0.188	1.802	0.210	8.576	0.085	0.809	0.112	7.208
安顺市	0.235	1.282	0.314	4.083	0.124	0.539	0.214	2.523
铜仁地区	0.284	1.608	0.346	4.648	0.102	0.623	0.163	3.815
黔西南州	0.139	1.754	0.172	10.190	0.067	0.645	0.106	6.109
毕节地区	0.293	0.961	0.323	2.974	0.119	0.345	0.154	2.237
黔东南州	0.096	1.478	0.105	14.070	0.032	0.424	0.043	9.757
黔南州	0.348	1.253	0.401	3.128	0.112	0.412	0.164	2.504
合计	0.218	1.351	0.245	5.514	0.084	0.561	0.123	4.553

2.2.1 能值投资率 贵州省农业生态系统的能值投资率呈逐年递增态势,其值由 1990 年的 0.084 增至 2010 年的 0.218,增加 0.134。表明系统对于社会经济系统反馈投入的依赖性不断提高。1990 年能值投资率高值区主要为贵阳市、黔南州、毕节地区、铜仁地区和安顺市。其能值投资率 0.1 以上,最低值是黔东南州,仅为 0.032。到 2010 年,各州市能值投资率不断提高,其中,黔南州和铜仁地区提高最快,分别提高 0.236 和 0.182,这与该州市化肥、农药使用量大幅增加有关。由于经济增长的区域差异,工业辅助能值投入量的有很大差异,各地域之间能值投资率差异更加明显,最高值的贵阳市比最低值的黔东南州多 0.165,

是黔东南州的 1.72 倍(图 1)。

2.2.2 净能值产出率 1990—2010 年,贵州省农业生态系统净能值产出率从 0.561 升至 1.351,总体呈递增趋势。表明贵州农业生态系统整体功能较好,运转效率较高,能值回报率较高。从区域情况来看,1990 年黔南州、黔东南州、六盘水市和毕节地区净能值产出率仅为 0.5 以下,其他州市净能值产出率也仅为 1~0.5。各州市之间净能值产出率差异较小。到 2010 年,铜仁地区、遵义市、黔南州等利用自身良好的自然资源优势和合理的工业辅助能投入,获得了较高的能值产出,其净能值产出率提高到 1.5 以上。其他州市也有不同程度的提高(图 2)。

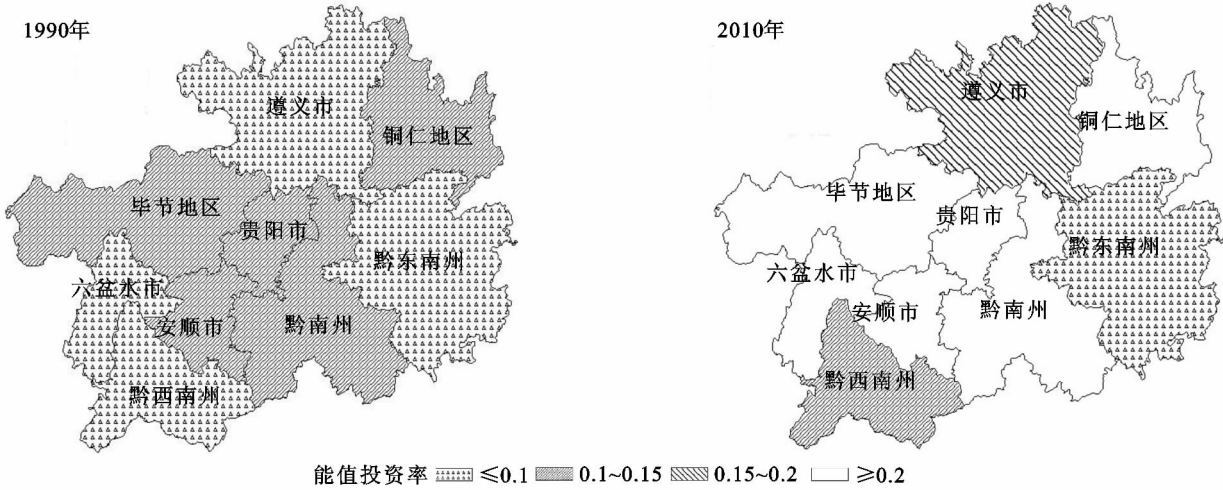


图 1 1990—2010 年贵州省农业生态系统能值投资率空间变化

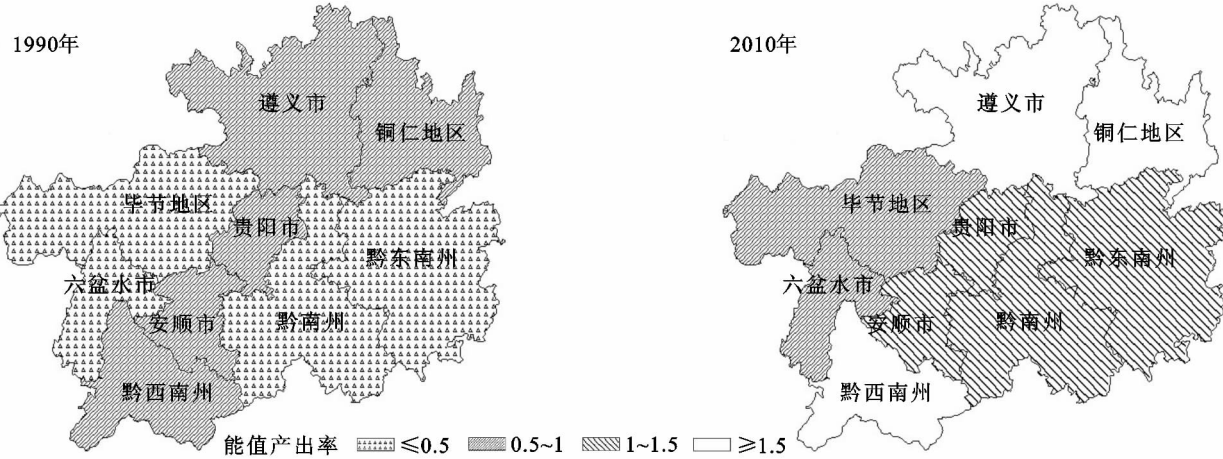


图 2 1990—2010 年贵州省农业生态系统净能值产出率空间变化

2.2.2.3 环境承载力 贵州农业生态系统环境承载力逐年上升,2010 年达到 0.245。说明贵州农业对环境压力逐年加大,对于农业可持续发展产生不利影响。但与全国平均水平 2.8 相比,仍有较大的发展潜力。今后应加大科技投入,注重生态农业的建设,减少化肥、农药对环境的污染。

就区域而言,1990 年除黔东南州和安顺市外,各州市环境承载力大多位于 0.1~0.2 之间,主要原因是各地化肥、农药使用量差别不大,到 2010 年,毕节地区、贵阳地区、黔南州和铜仁地区农业投入较高,区域环境承载力较大。黔东南和黔南州环境承载力较小(图 3)。

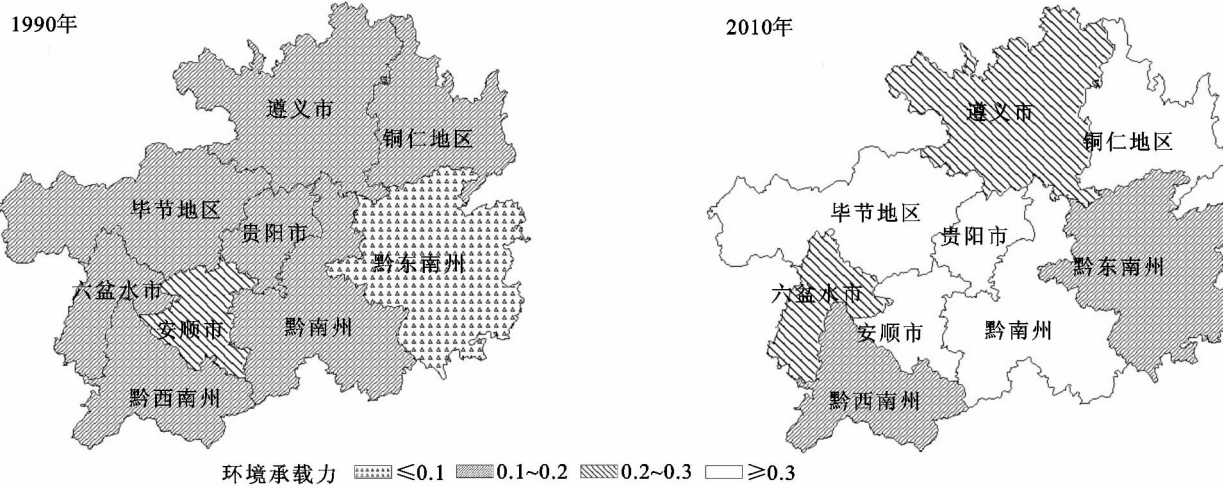


图 3 1990—2010 年贵州省农业生态系统能值环境承载力空间变化

2.2.4 可持续发展指数 1990—2010 年,贵州省农业生态系统的能值可持续发展能力呈逐步上升趋势。1990 年和 2010 年可持续发展指数分别为 4.55 和 5.51,说明贵州农业生态系统富有活力,显示出较大

的可持续发展的潜力。其中,遵义市、黔东南州和黔西南州可持续发展潜力最大,资源开发利用明显不足。毕节地区、黔南州和六盘水的可持续发展潜力较小(图 4)。

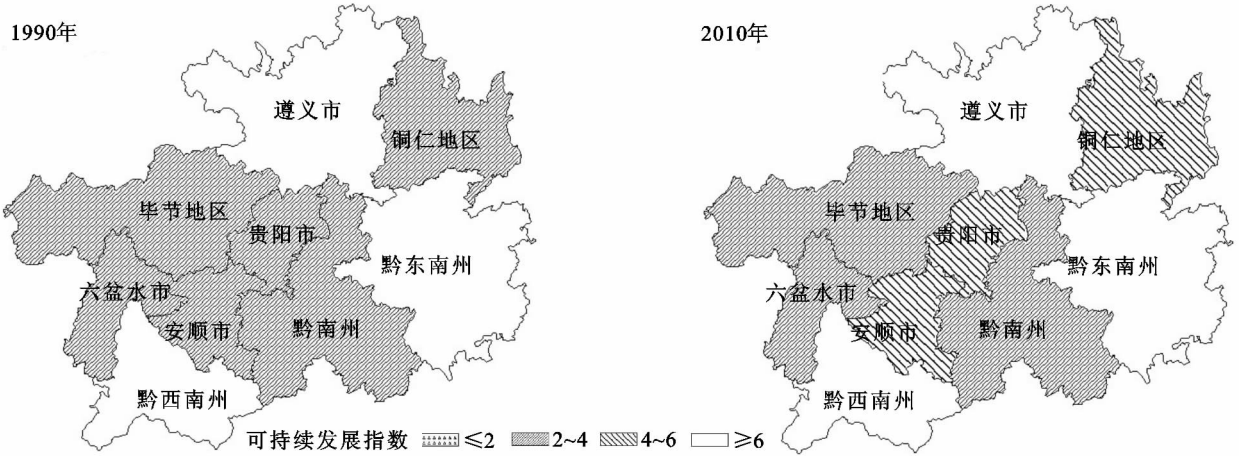


图 4 1990—2010 年贵州省农业生态系统能值可持续发展指数空间变化

3 结论

贵州农业生态系统能值投入产出不断增加,农业机械化水平不断提高,资源利用效率不断加强,总体情况较好。但贵州省农业仍然处于主要依赖可更新资源能值和可更新有机能的传统农业阶段,随着工业辅助能投入的增加,这不仅增加了生产成本,而且使系统产生不可逆转的功能退化,表现在环境承载力指标逐年增大,从而使农业生态系统可持续性能力产生一定的影响。

贵州省各区域间农业生态系统发展状况的差异较大。贵阳、毕节、铜仁等经济发展水平高,农业系统中工业辅助能投入较大,而黔东南、黔西南州经济落后,农业基础设施不完善,工业辅助能投入较少,同时,由于遵义、黔东南州、黔西南州人口压力较小,地均化肥、农药的使用少,农业可持续发展趋势较好,潜力较大。因此,今后应加大对该区域农业开发力度,提高能值产出率。对于贵阳、毕节、铜仁等地域应减少化肥、农药等工业辅助能的使用量,发展生态农业,实现农业的可持续发展。

参考文献:

[1] 彭建,刘松,吕婧. 区域可持续发展生态评估的能值分析研究进展与展望[J]. 中国人口·资源与环境, 2006, 16(5): 47-51.

[2] 赵玉萍,赵学勇,左小安,等. 基于能值理论的奈曼旗农业生态经济系统可持续性分析[J]. 中国沙漠, 2007, 27(4): 564-571.

[3] 胡小东,王龙昌,薛兰兰,等. 基于能值分析方法的中国

西部地区农业生态系统可持续发展研[J]. 西南大学学报:自然科学版 2010, 32(2): 7-12.

[4] 张小平,何伟,方婷. 湟水谷地农业生态经济系统的能值分析:以西宁市为例[J]. 干旱区地理, 2011, 34(2): 345-354.

[5] 刘自强,王德平,李静. 干旱半干旱地区城郊农业生态系统的能值分析与优化发展:以乌鲁木齐市为例[J]. 干旱区地理, 2007, 30(5): 721-727.

[6] 李云斌,徐文修,王娇. 阿克苏绿洲农业生态经济系统的能值动态分析研究[J]. 新疆农业科学, 2010, 47(1): 146-151.

[7] 张芳,周忠学. 基于能值分析的延安市农业生态系统动态评估[J]. 干旱地区农业研究, 2010, 8(4): 251-257.

[8] Li M S, Tong L J. Eco-efficiency of pilin province based on emergy and material flow[J]. Acta Ecologica Sinica, 2009, 29(11): 6240-6347.

[9] Chen F P, Li M C, Wang D P, et al. Comprehensive evaluation of the cultivation system in Sansui city of the northwest Pearl River delta[J]. Journal of South China Agricultural University, 2002, 23(2): 1-5.

[10] Dong X B, Gao S W, Yan M C. Emergy analysis of agroecosystem productivity of typical valley in loess hilly-gully region of the loess plateau[J]. Acta Geographica Sinica, 2004, 59(2): 224-228.

[11] 王千,金晓斌,周寅康. 河北省耕地生态经济系统能值指标空间分布差异及其动因[J]. 生态学报, 2011, 31(1): 247-256.

[12] 严茂超. 生态经济学新论:理论、方法与应用[M]. 北京:中国致公出版社, 2001.

[13] Odum H T, Odum E C. Ecology and Economy: 'Emergy' Analysis and Public Policy in Texas[M]. The Office of Natural Resources and Texas Department of Agriculture, 1987.

5 结论

本文结合土地规划的外部性资源溢出和区位特征以及居民点自身的各方面基础条件,从区位外部和自身内部层面分析两者的支撑度。强调农村居民点发展方向与规划的相协调实施,以规划支撑度等级为标准对农村居民点用地方式作为总体性的农化与非农化划分,再以居民点自身支撑度做出具体整理模式的选择,最终划分出各种整理类型。在测算农村居民点所获规划支撑度时,区别于前人研究的选取最优分值,而是考虑了各规划项的辐射多重叠加,以减少对于行政区边界附近居民点的分值计算误差,纠正研究居民点整理区位条件时仅考虑最近距离、最优区位而不考虑叠加影响的偏差,并以此发现城镇转化型农村居民点并非完全分布于中心城区,在一些主干道路和产业园区周边也有分布;居民点自身支撑度的测算是从经济、生产、生活和生态4个方面进行综合衡量,并经过聚类分析后得到具体整理模式的划分标准。

根据规划支撑度和自身支撑度的数据分析、空间分析所划分的4种整理类型是在重视各类土地规划的“外”和自身实力的“内”两个客观方面的前提下,对居民点进行评价和整理模式的划分,符合当地实际,更是对于在选择农村居民点整理模式时欠缺对居民点外部土地规划的考虑,不能从内外两方面综合评价的现状做出修正和提供借鉴,但在指标选取过程中对于农村居民点整理方式的可实现性及主观性的指标选取,如村民意愿等,考虑不周,另外整理过程中的组织模式还有待于进一步研究。

参考文献:

[1] 江文亚,郑新奇,杨玲莉. 村镇建设用地集约利用评价研究[J]. 水土保持研究,2010,17(3):166-170.

(上接第270页)

[14] 易定宏,文礼章,肖强. 基于能值理论的贵州省生态经济系统分析[J]. 生态学报,2010,30(20):5635-5645.
[15] 闻大中. 农业生态系统能流的研究方法(一)[J]. 农村生态环境,1985,1(4):47-52.
[16] 闻大中. 农业生态系统能流的研究方法(二)[J]. 农村生态环境,1986,2(1):52-56.
[17] 闻大中. 农业生态系统能流的研究方法(三)[J]. 农村生态环境,1986,2(2):48-51.
[18] 蓝盛芳,钦佩,陆宏芳. 生态经济系统能值分析[M]. 北京:化学工业出版社,2002.
[19] 管新建,齐雪艳,吴泽宁,等. 东居延海生态系统服务功能价值的能值分析[J]. 水土保持研究,2012,19(5):253-256.
[20] 韩瑛,冯文勇. 宁夏移民区种植业生态系统的能值分

[2] 何英彬,陈佑启,杨鹏,等. 农村居民点土地整理及其对耕地的影响[J]. 农业工程学报,2009,25(7):312-316.
[3] 车明亮,聂宜民,姜曙千,等. 平邑山区农村居民点分形特征及影响因素[J]. 农业工程学报,2010,26(增刊2):360-365.
[4] 杨庆媛,田永中,王朝科,等. 西南丘陵山地区农村居民点土地整理模式:以重庆渝北区为例[J]. 地理研究,2004,23(4):469-478.
[5] 何英彬,陈佑启,姚艳敏,等. 农村居民点土地整理潜力研究方法述评[J]. 地理与地理信息科学,2008,24(4):80-83.
[6] 岳坤,张鹏辉,任倩. 保定市农村居民点整理潜力评价分级探讨[J]. 水土保持研究,2012,19(3):170-174.
[7] 王玉波,唐莹,王静. 农村居民点土地整理潜力分析[J]. 国土资源科技管理,2007(4):108-111.
[8] 乔蕻强,刘秀华,李让恩. 农村居民点用地整理现实潜力测算及分区:以重庆市丰都县为例[J]. 水土保持研究,2012,19(2):222-225.
[9] 张兴榆,黄贤金,王锐,等. 滁州市南谯区农村居民点土地置换潜力测算[J]. 资源科学,2010,32(3):557-563.
[10] Parker D C. Revealing “space” in spatial externalities: Edge-effect externalities and spatial incentives [J]. Journal of Environmental Economics and Management, 2007,54(1):84-99.
[11] Fingleton B, Lopez-Bazo E. Empirical growth models with spatial effects[J]. Papers in Regional Science, 2006,85(2):177-198.
[12] 李月辉,胡远满,李秀珍,等. 道路生态研究进展[J]. 应用生态学报,2003,14(3):447-452.
[13] 周玲强,张文敏. 2000年以来我国旅游规划研究领域热点问题综述[J]. 浙江大学学报:人文社会科学版,2010,40(2):134-143.
[14] 杨立,郝晋珉,王绍磊,等. 基于空间相互作用的农村居民点用地空间结构优化[J]. 农业工程学报,2011,27(10):308-315.

析:以红寺堡移民开发区为例[J]. 水土保持研究,2010,17(6):263-266.
[21] 胡晓辉,黄民生. 基于GIS和EMA的县域农业生态系统空间差异研究:以福建省为例[J]. 江西农业大学学报,2008,30(2):358-366.
[22] 孙水娟,文倩,谢平. 基于能值分析的周口市农用地可持续利用研究[J]. 水土保持研究,2012,19(4):212-217.
[23] 卢远,韦燕,邓兴礼. 岩溶山区农业生态系统的能值动态分析[J]. 水土保持学报,2006,20(4):166-169.
[24] 张颖聪,杜受祜. 四川省农业生态系统能值评价及动态计量分析[J]. 应用生态学报,2012,23(3):828-834.
[25] 刘志杰,陈克龙,赵志强,等. 基于能值分析的区域循环经济研究:以柴达木盆地为例[J]. 水土保持研究,2011,18(1):141-145.