

2012 年湖南省农业生态系统的能值分析

周科平, 王明球, 李斌, 张岳

(中南大学 资源与安全工程学院, 湖南 长沙 410083)

摘要: [目的] 构建农业生态系统的能值评价体系, 完善能值分析数据库。[方法] 利用能值分析理论, 选取能值密度、人均能值使用量、能值自给率、能值投资率、净能值产出率、能值货币比、环境负载率和可持续发展指数等 8 个指标; 通过计算投入能值和产出能值的方法, 对 2012 年湖南省农业生态系统能值进行了分析。[结果] 8 个评价指标的计算值分别为 1.15×10^{12} , 3.4×10^{15} sej, 22.35%, 3.47, 1.5, 3.15×10^{12} sej/\$, 3.56 和 0.42。[结论] 湖南省农业生态系统能值整体处于中等水平。解决农业能值投入结构是改善该农业生态系统的重要手段。

关键词: 能值理论; 生态经济; 农业生态系统; 湖南省

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2015)01-0297-06

中图分类号: S181

DOI: 10.13961/j.cnki.stbctb.2015.01.054

Emergy Analysis for Agro-ecosystem of Hu'nan Province in 2012

ZHOU Keping, WANG Mingqiu, LI Bin, ZHANG Yue

(School of Resources and Safety Engineering, Central South University, Changsha, Hu'nan 410083, China)

Abstract: [Objective] To build the emergy evaluation system of agro-ecosystem. [Methods] Based on the emergy analysis theory, eight evaluation indicators including emergy density, emergy use per person, emergy self-sufficient ratio, emergy investment ratio, net emergy yield ratio, emergy dollar ratio, environmental loading ratio, and sustainable development index were chosen to establish the agro-ecosystem evaluating system. By calculating the input and output emergy, agro-ecosystem of Hu'nan Province in 2012 was analyzed. [Results] The calculated value of eight evaluation indicators mentioned above was 1.15×10^{12} sej/m², 3.4×10^{15} sej, 22.35%, 3.47, 1.5, 3.15×10^{12} sej/\$, 3.56 and 0.42, respectively. [Conclusion] The agro-ecosystem of Hu'nan Province is overall at middle level, and changing the emergy investment structure is the main way to improve the agro-ecosystem.

Keywords: emergy theory; eco-economy; agro-ecosystem; Hu'nan Province

建设生态文明, 是关系人民福祉、关乎民族未来的长远大计^[1]。在中国经济飞速发展时期, 如何定量评价经济发展与生态系统之间的相互关系、寻找经济健康、可持续发展的方向, 是生态经济学研究的一个重要内容。

美国学者 H. T. Odum 在热力学第二定律的基础上, 创立能值分析理论, 通过能值计算, 将自然资源、投入资源、产品、劳务、货币等换算成统一的能值数量, 根据建立的反映生态与经济效率的能值综合指标, 深入分析生态系统和经济系统中各要素的关系, 实现经济发展与生态环境关系的定量分析评价^[2-4]。

近年来, 中国专家学者已根据能值理论, 对中国各省份、区域、各年度进行了大量的能值分析, 并取得

了一系列的研究成果, 构建了中国农业生态系统能值分析的数据库, 从能值理论的角度评判全国农业生态系统的发展历程和现状, 为避免或调整不科学的生产方法和探索中国农业未来发展方向提供数据支撑。

本文以完善能值分析数据库为指导思想, 通过对湖南省农业生态系统 2012 年的能值分析, 建立一系列的评价指标。并通过横向比较, 对 2012 年湖南省农业生态系统发展现状进行评价, 旨在为其他学者研究提供对比数据, 并为湖南省农业系统的可持续发展提供参考和建议。

1 研究区概况

湖南地处中国东南腹地, 属于长江中游地区。全

收稿日期: 2014-05-17

修回日期: 2014-05-26

资助项目: “十二五”国家科技支撑计划项目“废弃矿区尾矿处理与循环利用技术及示范”(2012BAC09B02); “十二五”国家科技支撑计划项目“复杂地下金属矿二步开采与回收技术”(2013BAB02B05)

第一作者: 周科平(1964—), 男(汉族), 湖南省衡阳市人, 博士, 教授, 博士生导师, 从事金属矿安全高效开采及数字矿山的研。E-mail: kpzhou@vip.163.com。

通信作者: 王明球(1990—), 男(汉族), 湖南省衡阳市人, 硕士研究生, 研究方向为安全与环境工程。E-mail: 374961804@qq.com。

省面积 $2.12 \times 10^8 \text{ hm}^2$, 以山地、丘陵为主, 山地面积 $1.09 \times 10^8 \text{ hm}^2$, 占总面积的 51.22%; 丘陵面积 $3.26 \times 10^7 \text{ hm}^2$, 占 15.40%; 岗地面积 $2.94 \times 10^7 \text{ hm}^2$, 占 13.87%; 平原面积 $2.78 \times 10^7 \text{ hm}^2$, 占 13.12%; 水面 $1.35 \times 10^7 \text{ hm}^2$, 占 6.39%。全省年平均气温 $15 \sim 18 \text{ }^\circ\text{C}$, 日照时数为 $1\,300 \sim 1\,800 \text{ h}$, 年平均降水量在 $1\,200 \sim 1\,700 \text{ mm}$ 之间。2012 年全省人口 7 179.87 万, 其中农业人口 5 220.62 万人。

2 能值分析方法

2.1 能值理论

能值理论是著名的生态学家 H. T. Odum 于 20 世纪 80 年代后期创立的生态经济系统分析方法。某种能量、物质或人类劳务、货币等 (X) 所包含的另一种能量 (Y) 的大小, 即为 X 对 Y 的能值。在实际计算中, 多以太阳能为基础能量, 即表示为其他能量、物质或人类劳务、货币等 (X) 所包含的太阳能能值, 单位为 sej。

能值分析的基本方法就是将被研究系统中包含的能量、物质、劳务、货币和信息等, 全部转化为太阳能值量, 再通过构建专门的能值分析指标, 从不同的角度对系统进行定量分析评价。太阳能值转化的基本表达式为:

$$M = \tau B \quad (1)$$

式中: B ——系统构成的某种因素 (G, J); τ ——太阳能值转化率 (sej/单位物质); M ——该因素的太阳能值量 (sej)^[5-7]。

2.2 分析方法

研究数据来源于《湖南省统计年鉴 2013》^[8], 通过调查、统计、计算, 收集湖南省 2012 年自然环境、地理资料、农业投入产出等相关数据资料, 采用 H. T. Odum 提出的能值转换率, 计算各因素的太阳能值量; 研究系统的能量流动关系, 绘制能值系统图; 确定分析指标体系, 编制能值分析表, 对湖南省 2012 年农业生态系统进行定量分析评价。

3 结果与分析

3.1 农业生态系统能值投入结构分析

2012 年湖南省农业生态经济系统投入的能值主要包括: 可更新环境资源、不可更新环境资源、可更新有机能和工业辅助能 (即不可更新资源, 下同) 4 类。根据能值理论的基本分析方法, 各类投入的能值量计算如表 1 所示。

由表 1 可知, 2012 年湖南省农业总投入能值为 $2.46 \times 10^{23} \text{ sej}$, 4 大类投入所占比例依次为 22.42%, 0.41%, 54.01% 和 23.16%。

表 1 2012 年湖南省农业生态经济系统能值投入

项目	原始数据/ (J, g)	能值转换率 (sej/单位物质)	太阳能值/sej	能值货币 价值/\$	比例/%	
可更新环境资源	1 太阳能	7.51E+20	1.00E+00	7.51E+20	2.39E+08	0.31
	2 风能	1.79E+18	6.63E+02	1.19E+21	3.78E+08	0.48
	3 雨水化学能	1.54E+18	1.82E+04	2.81E+22	8.93E+09	11.45
	4 雨水势能	1.39E+18	1.05E+04	1.46E+22	4.63E+09	5.93
	5 地球循环能	3.07E+17	3.40E+04	1.04E+22	3.32E+09	4.25
小计			5.51E+22	1.75E+10	22.42	
不可更新环境资源	表土层损失	5.98E+15	1.70E+05	1.02E+21	3.23E+08	0.41
可更新有机能	有机肥	3.61E+13	4.54E+06	1.64E+20	5.21E+07	0.07
	劳力	3.33E+17	3.80E+05	1.26E+23	4.01E+10	51.45
	畜力	2.50E+15	2.45E+05	6.13E+20	1.95E+08	0.25
	种子	1.64E+16	3.36E+05	5.51E+21	1.75E+09	2.24
	小计			1.33E+23	4.21E+10	54.01
不可更新资源	氮肥	4.21E+12	4.62E+09	1.94E+22	6.18E+09	7.92
	磷肥	1.99E+12	6.88E+09	1.37E+22	4.36E+09	5.58
	钾肥	8.61E+11	2.96E+09	2.55E+21	8.09E+08	1.04
	复合肥	1.49E+12	4.60E+09	6.86E+21	2.18E+09	2.79
	农药	8.57E+04	1.60E+15	1.37E+20	4.36E+07	0.06
	农用机械	1.87E+14	7.50E+07	1.40E+22	4.45E+09	5.71
	农膜	4.24E+05	3.80E+14	1.61E+20	5.12E+07	0.07
小计			5.69E+22	1.81E+10	23.16	
总计			2.46E+23	7.80E+10	100.00	

农用机械投入和劳动力投入,表明了农业经济的现代化和机械化发展水平。由表 1 可知,2012 年湖南省农业生态系统的能值投入中,投入量最大的为劳动力的投入,占总投入的 51.45%,而农用机械的投入量仅占 5.71%,说明湖南省农业系统现阶段主要依靠的还是劳动力投入,机械化程度不高。这与湖南省的经济发展程度有关,也与该省以山地、丘陵为主的地理环境有关系,不适宜开展大型的农业机械作业。这表明了湖南省农业经济处于传统农业向现代农业过渡阶段。湖南省地处亚热带湿润气候带,降水丰富,河网密布,农产品主要以水稻、油料及茶叶等水生性作物为主,因而水资源对农业影响巨大。2012 年全省水资源能值投入占到了总投入的 17.38%;可更新环境资源的投入量占总投入量的 22.42%,说明湖南省自然生态资源丰富,具有进一步的发展潜力;不可更新环境资源主要是指因水土流失带来的表层土壤营养损失,2012 年湖南省水土流失率为 0.42%,低于全国 2001 年平均水平(2.15%)、巴西(1.77%)和印度(2.91%)^[9],与发达国家日本(0.02%)、美国

(0.44%)和法国(0.27%)^[10]等相差不大,表明湖南省水土流失率控制良好。

2012 年湖南省农业生态系统总购买能值(总辅助能值)投入量为 1.90×10^{23} sej, 占总投入量的 77.17%,其中可更新有机能中有机肥的投入量为 1.64×10^{20} sej, 仅占 0.07%;不可更新资源中,化肥的总投入量为 4.26×10^{22} sej, 远高于有机肥的投入。化肥和农药的大量使用,是造成土壤养分结构变化、肥力下降、土壤板结的重要原因,也是农业污染的主要来源,不利于农业经济的健康、持续发展。

3.2 农业生态系统能值产出结构分析

湖南省是一个农业大省,农业产出主要由种植业、林产品、畜牧业和水产品构成。2012 年湖南省农业生态系统能值产出如表 2 所示。由表 2 可知,2012 年湖南省农业总产出能值为 2.85×10^{23} sej, 其中种植业、林业、畜牧业和水产品所占比例依次为 50.28%, 8%, 34.58% 和 7.14%, 种植业所占比例最重,说明湖南省还是以种植业为主、畜牧业兼顾发展的农业大省。

表 2 2012 年湖南省农业生态系统能值产出

项目	原始数据/ (J,g)	能值转换率 (sej/单位物质)	太阳能值/ sej	能值货币 价值/\$	比例/%
谷物	4.75E+17	1.48E+05	7.04E+22	2.24E+10	24.73
豆类	6.48E+15	6.90E+05	4.47E+21	1.42E+09	1.57
薯类	2.09E+16	2.70E+03	5.65E+19	1.80E+07	0.02
茶叶	1.93E+15	2.00E+05	3.86E+20	1.23E+08	0.14
棉花	4.71E+15	8.60E+05	4.05E+21	1.23E+08	1.42
油料	7.00E+16	6.90E+05	4.83E+22	1.53E+10	16.96
麻类	4.00E+14	8.30E+04	3.32E+19	1.23E+08	0.01
甘蔗	1.97E+15	8.40E+04	1.66E+20	1.23E+08	0.06
烟叶	3.53E+14	8.49E+04	3.00E+19	1.23E+08	0.01
蔬菜及瓜果	5.65E+17	2.70E+04	1.53E+22	4.85E+09	5.36
种植业小计	—	—	1.43E+23	4.55E+10	50.28
水果	4.91E+16	5.30E+04	2.60E+21	8.26E+08	0.91
木材	4.77E+17	3.49E+04	1.67E+22	5.29E+09	5.85
竹材	2.45E+15	4.40E+04	1.08E+20	5.29E+09	0.04
油桐籽	1.64E+15	6.90E+05	1.13E+21	5.29E+09	0.40
油茶籽	2.63E+16	8.60E+04	2.26E+21	5.29E+09	0.80
林业小计	—	—	2.28E+22	7.23E+09	8.00
禽肉	2.88E+15	1.70E+06	4.90E+21	1.56E+09	1.72
猪牛羊肉	2.09E+16	4.00E+06	8.38E+22	1.22E+10	29.44
奶类	6.17E+14	1.70E+06	1.05E+21	3.33E+08	0.37
蛋类	4.34E+15	2.00E+06	8.68E+21	2.76E+09	3.05
畜牧业小计	—	—	9.84E+22	3.13E+10	34.58
水产品	1.02E+16	2.00E+06	2.03E+22	6.46E+09	7.14
合计	—	—	2.85E+23	7.86E+10	100.00

由表 2 可知,2012 年湖南省农业能值产出中,种植业和畜牧业分居第 1 和第 2 位,二者占总产值的 84.86%。其中畜肉、谷物、油料、木材和蔬菜瓜果产量

最大,分别占总产量的 29.44%, 24.73%, 16.96%, 5.85% 和 5.36%, 畜肉已跃居湖南省农业产品产量第 1,这说明湖南省产业结构的变化,在继续保持传

统种植业产量的基础上,逐步发展畜牧业,尤其是提高肉类产量,实现产业优化,带动经济发展。

结合相关研究^[11],湖南省农业生态系统产出结构比较如表 3 所示。由表 3 可知湖南省近年来逐步调整农业产出结构,减少种植业,增加林业和渔业产出。

表 3 湖南省农业生态系统能值产出结构 %

年份	种植业比重	畜牧业比重	林业比重	渔业比重
2008	58.30	35.00	4.10	2.60
2012	50.28	34.58	8.00	7.14

2012 年湖南省种植业产出中,谷物和油料所占比重最大,分别占种植业产出的 49.18% 和 33.74%, 然后依次是蔬菜瓜果、豆类、棉花、茶叶、甘蔗、薯类、麻类和烟叶。蔬菜、茶叶、麻类、烟叶等为劳动密集型产业^[12],多分布在山地和丘陵地区,难以进行机械化大规模作业,因而产量难以发生质变。但此类作物是老百姓生活不可或缺的部分,且市场价值高,也是湖南省农业产值重要组成部分。

2012 年湖南省林业和水产品能值产出相比 2008 年已经有了较大提高。林业产品主要是木材、竹材、水果和油籽,比重分别为 73.18%, 0.47%, 11.43% 和 14.92%。湖南省地形以山地和丘陵为主,降水量丰富,林业还具有较大发展潜力。湖南省素有“鱼米之乡”美称,省内水系发达,水产品还具有较大发展潜力。

3.3 农业生态系统主要能值指标分析

2012 年湖南省农业生态系统的主要能值指标及数值如表 4 所示。

表 4 2012 年湖南省农业生态系统能值分析指标

评价指标	表达式	能值
可更新环境资源能值/sej	R	5.35E+22
不可更新环境资源能值/sej	N	1.02E+21
环境资源总投入/sej	$I=R+N$	5.45E+22
不可更新工业辅助能/sej	F	5.69E+22
可更新资源有机能/sej	RI	1.33E+23
总辅助能投入/sej	$U=F+RI$	1.90E+23
总能值使用量/sej	$T=I+U$	2.44E+23
总能值产出/sej	Y	2.85E+23
购买能值比率/%	U/T	77.65
工业辅助能值比率/%	F/T	23.30
可更新有机能利用率/%	RI/T	54.35
水土流失率/%	$FUSE=水土流失/T$	0.42

3.3.1 能值密度与人均能值使用量 能值密度是一个国家或地区能值总利用量与该国家或地区面积之比($T/\text{面积}$),反映了被评价对象的经济发展强度和经济发展等级。能值密度越大,经济越活跃,该地区就越发达。2012 年湖南省农业生产系统能值密度为 1.15×10^{12} sej/m²,比 2008 年 9.16×10^{11} sej/m² (表 5)增长了 25.5%,比福建省、贵州省、广东省和甘肃省高,而低于四川省和辽宁省。

人均能值使用量($T/\text{人口}$)可以衡量人们生存水平和生活质量的高低,能够全面综合评价人们拥有的自然资源、社会资源和货币价值,比单纯的货币拥有量更具科学性。2012 年湖南省农业生产系统人均能值使用量 3.4×10^{15} sej,略低于世界平均水平 3.86×10^{15} sej^[13],远低于日本 1.26×10^{16} sej 和台湾省 1.06×10^{16} sej。

表 5 2012 年湖南省能值分析指标与其他地区比较^[14-23]

地区	年份	能值密度/ (10^{12} sej · m ⁻²)	人均能值/ 10 ¹⁵ sej	能值自给 率/%	能值 投资率	净能值 产出率	能值货币比 (10^{12} sej/\$)	环境 负荷率	可持续 发展指数
湖南省	2012	1.150	3.400	22.35	3.470	1.50	3.15	3.56	0.42
湖南省	2008	0.916	2.834	12.64	6.911	0.96	—	1.79	0.54
贵州省	2008	0.145	13.600	88.60	0.107	10.90	13.2	2.97	3.67*
福建省	2004	0.510	2.900*	37.00	1.703	1.58	6.35	0.81	1.95*
哈尔滨	2009	0.281*	—	25.00	2.980	3.52	—	4.23	0.83
成都市	2009	4.850	5.280	56.76	1.182	2.31	0.91	37.77	0.06
盐城市	2010	0.679	1.400	17.00	4.882	11.12	—	4.92	0.97
广东省	2008	0.360*	1.830*	47.00	1.140	1.88	—	2.55	0.74*
兰州市	2008	0.117	0.478	7.66	12.050	1.69	—	1.62	1.04
四川省	2010	2.030	3.110	0.06*	16.349	0.48	0.08	2.68	0.18*
辽宁省	2010	5.180	17.960	79.90	0.252*	4.98	2.55	7.78*	0.64
甘肃省	2010	0.140*	—	28.00*	2.300	0.92	—	2.52	0.34

注: * 为根据有关文献计算得到。

3.3.2 能值自给率 能值自给率是指被评价区域本地可更新环境资源和不可更新环境资源能值投入占全部能值投入的比率($ESR = I/T$),用来反映被评价系统自给自足的能力大小。能值自给率越高,则自给自足能力越强,对区域内部资源开发程度越高。2012 年湖南省农业生产系统能值自给率为 22.35%,远高于日本(6.5%)、意大利(10.5%)等发达国家,低于贵州、福建、广东和辽宁等省。这一方面由于湖南省自然资源丰富,农业生产基础远优于日本、意大利等国家,另一方面也说明湖南省农业现代化程度不高,化肥和农药投入量过大,机械化生产等现代农业科技投入不足,过于依赖自然资源。

3.3.3 能值投资率 能值投资率是系统能值投入中的购买能值与环境能值之比($EIR = U/I$),是衡量经济发展程度和环境负载程度的指标,值越大则表明系统经济发展程度越高;越小则说明发展水平越低,对环境的依赖越强。2012 年湖南省农业生产系统能值投资率为 3.47,大于广东、福建、贵州、甘肃和辽宁等省,而低于四川省和兰州地区,且远低于意大利(8.52)和日本(14.30)等发达地区。结合能值自给率,说明了湖南省农业生产系统对自然基础农业资源利用程度不够,可以在加大对自身资源开发利用的基础上,进一步增大农业科技投入。

3.3.4 净能值产出率 净能值产出率为系统产出能值与输入能值之比($EYR = Y/U$),是衡量系统生产效率的一种标准。2012 年湖南省农业系统净能值产出率为 1.5,由表 5 所示,高于 2008 年(0.96),与福建省(2004 年,1.58),广东省(2008 年,1.88)和兰州(2008 年,1.69)接近。该值越高,表明系统获得一定的经济能值投入,生产出来的产品能值越高,即系统的生产效率越高。由表 5 可知,2012 年湖南省能值投入结构中,劳动力投入占总投入的 51.45%,科技投入量不足,直接导致净能值产出率偏低,农业生产系统竞争力不足。

3.3.5 能值货币比 一个国家的能值货币比等于该国全年能值投入总量除以当年货币循环量(T/GNP),体现了能值的货币价值,即单位货币(通常用美元)所能购买的能值财富。能值货币比越高,表明单位货币所能购买的能值量越大,在与外界进行经济活动交流过程中处于不利地位。一般经济发达的国家或地区能值货币比较低,而经济欠发达的国家和地区则偏高。2012 年湖南省农业生产系统能值货币比为 3.15×10^{12} sej/\$,低于贵州省和福建省,比四川省和辽宁省要高,且发达国家中如美国、日本、意大利和荷兰等国家这一数值均在 2.55×10^{12} sej/\$ 以下。可

以通过调节湖南省农业系统的投入和产出结构,增大农业科技的投入,以提高能值产出率,扩大农业产值,从而提高湖南省农业生态系统的经济生产效率,降低能值货币比。

3.3.6 环境负载率 环境负载率是能值投入中除可更新环境资源投入外的能值投入与可更新环境资源能值投入之比[$ELR = (T-R)/R$],是农业生产系统对自然生态环境的压力的量度。2012 年湖南省农业生态系统环境负载率为 3.56,该数值在表 5 中处于中等偏高地位,表明湖南省农业生态系统还未对生态环境产生过重的压力。据表 4 所示,2012 年湖南省农业生产系统购买能值投入量达到了 77.65%,劳动力和化肥、农药投入量过大,使得环境负载率偏高。不过与日本(14.19)和意大利(10.03)相比,湖南省农业生产系统还具有一定的发展空间,但要警惕对环境的压力。

3.3.7 可持续发展指数 可持续发展指数定义为系统能值产出率与环境负载率之比($ESI = EYR/ELR$),综合评价系统经济生产效率和环境承受能力,比较客观反映了被评价对象可持续发展能力。当 $1 < ESI < 10$,表明被评价系统富有活力和发展潜力; $ESI > 10$,则系统不太发达; $ESI < 1$,则是消费型系统,对环境压力较大。该指标指示系统既不能在较高的环境负载率下具有较低的能值产出率,也不能在较低的环境负载率下具有较高的能值产出率。2012 年湖南省农业生产系统可持续发展指数为 0.42,表明湖南省农业生产系统属于消费型系统,对环境压力较大,可持续发展潜力不强。这是由于湖南省农业生产系统在较高的环境负载率(3.56)下,净能值产出率(1.5)较低。

由表 5 可以看出,中国绝大部分省份(地区)的可持续发展指数都小于 1,表明中国农业生产系统大部分处于不健康的发展状态。这是因为中国农业生产系统一方面在一定程度上还过于依赖于劳动力的投入,尤其是南方以山地和丘陵为主,不适合开展大规模机械作业的省份,另一方面农业生产过于依靠化肥和农药的投入,且化肥利用率不高,据统计。1980—2002 年中国化肥使用量增长了 61%,而粮食产量只增加了 31%。

4 结论

研究表明,2012 年湖南省农业生产系统能值整体处于中等水平,系统既不具有很大的可持续发展潜力,又还未对自然环境造成很大的污染破坏。在农业投入中,湖南省主要以劳动力投入为主,农用机械设备投入不足;化肥投入量过大,且利用率低,绿色肥料

投入不足;对自身自然环境资源利用不足。从而造成较大的环境负载率。

为实现湖南省农业生产系统的可持续发展,建设环境友好型农业生态系统,需重点解决能值投入结构问题。健康的湖南省农业生态系统,应以现代化农业科技投入为主,劳动力投入为辅,提高有机肥使用量,合理施用化肥;调整农业产出结构,充分利用自然资源,在保证优势产品产量的基础上,逐步提高其他产品的比重。最终实现农业生态系统的投入结构合理有效、产出结构全面有量。

本文在 H. T. Odum 教授学术成果的基础上,参考其他学者对能值理论的研究,得到一系列具有参考价值的评价指标,但该方法还有待进一步的改善。能值转化率是本研究的基础资料,但是不同学者采用的能值转化率不尽相同。以豆类为例,参考文献[11]采用的能值转化率为 8.3×10^4 sej/J,参考文献[13]采用 6.9×10^5 sej/J(本文采用该值),参考文献[20]采用 6.9×10^4 sej/J,参考文献[14]则用农业产品转化率 1.4×10^{12} sej/J 计算。因而如何规范不同要素的太阳能值转化率,是能值分析理论亟需解决的问题。

[参 考 文 献]

- [1] 胡锦涛. 党的十八大报告[R]. 北京:人民大会堂,2012.
- [2] 戴波. 生态资产与可持续发展[M]. 北京:人民出版社,2007:97-155.
- [3] 陆宏芳,蓝盛芳,陈飞鹏,等. 农业生态系统能量分析[J]. 应用生态学报,2004,15(1):159-162.
- [4] 薛冰,李春荣,任婉侠,等. 能值理论在农业生态经济的应用与展望[J]. 生态科学,2013,32(1):126-132.
- [5] 蓝盛芳,软佩. 生态系统的能值分析[J]. 应用生态学报,2001,12(1):129-131.
- [6] [美]欧登 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,1992:27-29.
- [7] 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,2002:3-95.
- [8] 湖南省统计局. 湖南统计年鉴 2013[M]. 北京:中国统计出版社,2013.
- [9] Cohen M J, Brown M T, Shepherd K D. Estimating the environmental costs of soil erosion at multiple scales in Kenya using emergy synthesis[J]. Agriculture, Ecosystems & Environment, 2006,114(2/4):249-269.
- [10] 陈磊,李海涛,朱璐平. 基于能值的山区农业生态系统发展评价:以蒙阴县为例[J]. 干旱区资源与环境,2014,28(1):66-71.
- [11] 朱玉林,李明杰. 湖南省农业生态系统能值演变与趋势[J]. 应用生态学报,2012,23(2):499-505.
- [12] 朱玉林. 基于能值的湖南省农业生态经济系统可持续发展研究[M]. 北京:知识产权出版社,2012:46-58.
- [13] 周建,齐安国,袁德义. 湖南省生态经济系统的能值分析[J]. 中国生态农业学报,2008,16(2):488-494.
- [14] 易定宏,文礼章,肖强,等. 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] 姚成胜,朱鹤健. 基于能值理论的福建省农业系统动态研究[J]. 长江流域资源与环境,2008,17(2):247-251.
- [16] 斐雪,侯淑涛,谢英楠,等. 哈尔滨市农业生态系统能值分析[J]. 水土保持研究,2013,20(1):220-223.
- [17] 曾旭,姚建,孙辉. 基于能值理论的成都市生态经济系统可持续性评估[J]. 生态学杂志,2011,30(12):2875-2880.
- [18] 杨志平. 基于能值理论的盐城市农业生态系统动态分析[J]. 水土保持研究,2013,20(6):311-315.
- [19] 毛小娟,罗文,凌立文,等. 广东省农业经济系统生态效益分析[J]. 湖南农业科学,2013(3):115-117.
- [20] 谈存峰,王生林. 基于能值理论的兰州农业生态经济系统评价分析[J]. 中国农业资源与区划,2013,34(2):48-55.
- [21] 刘倩. 四川省耕地生态经济系统能值分析[D]. 成都:四川农业大学,2012:15-30.
- [22] 孙玥,程全国,李晔,等. 基于能值分析的辽宁省生态经济系统可持续发展评价[J]. 应用生态学报,2014,25(1):188-194.
- [23] 孙会慧,石培基,潘竟虎,等. 甘肃省农业生态系统能值演变与趋势[J]. 中国沙漠,2013,33(4):1273-1280.