

## 河北生态经济系统能值分析

龚宇<sup>1</sup>, 花家嘉<sup>1</sup>, 王璞<sup>2</sup>

(<sup>1</sup>唐山市气象局, 河北唐山 063000; <sup>2</sup>中国农业大学农学系, 北京 100094)

**摘要:**生态经济系统研究对制定可持续发展战略有重要意义。应用能值分析方法对2007年河北省生态经济系统的资源利用状况、投入与产出、环境负荷等进行了综合分析。结果表明:总能值使用量为 $7.70 \times 10^{23}$  sej, 其中不可更新资源产品能值 $7.42 \times 10^{23}$  sej, 可更新环境资源能值 $4.93 \times 10^{22}$  sej, 进口能值 $5.33 \times 10^{22}$  sej, 出口能值 $7.41 \times 10^{22}$  sej; 可更新资源产品能值 $2.13 \times 10^{23}$  sej, 其中农产品能值为 $1.23 \times 10^{23}$  sej, 畜产品能值为 $6.78 \times 10^{22}$  sej, 水产品能值为 $8.37 \times 10^{21}$  sej; 能值自给率为105.4%, 能值产出率为30.3%, 能值使用密度为 $4.10 \times 10^{12}$  sej/m<sup>2</sup>, 人均能值使用量为 $1.11 \times 10^{16}$  sej/人, 能值货币比率为 $5.62 \times 10^{11}$  sej/元, 废气物能值为 $4.66 \times 10^{21}$  sej, 环境负荷率16.1, 可持续发展指数为53.2。整体上说明本生态经济系统是不可持续的。

**关键词:**能值指标; 生态经济系统; 河北省; 可持续发展

中图分类号: X82

文献标识码: A

论文编号: 2009-1603

### Energy Analysis of Eco-economic Systems of Heibei Province

Gong Yu<sup>1</sup>, Hua Jiajia<sup>1</sup>, Wang Pu<sup>2</sup>

(<sup>1</sup>Tangshan Meteorological Bureau, Tangshan Hebei 063000;

<sup>2</sup>The College Of Agronomy and Biotechnology, China Agriculture University, Beijing 100094)

**Abstract:** The study of eco-economic system was important to the formulation of sustainable development strategy. Using the Emergy analysis method, a comprehensive analysis of the Hebei eco-economic system in 2007 was conducted on resource utilization, input and output, environmental load. The results showed that total energy usage was  $7.70 \times 10^{23}$  sej, including the value of non-renewable resources products, renewable environmental resources, imports, exports was  $7.42 \times 10^{23}$  sej,  $4.93 \times 10^{22}$  sej,  $5.33 \times 10^{22}$  sej,  $7.41 \times 10^{22}$  sej,  $2.13 \times 10^{23}$  sej, respectively; the value of renewable resource products was  $2.13 \times 10^{23}$  sej, including the value of agricultural products, animal products, aquatic products was  $1.23 \times 10^{23}$  sej,  $6.78 \times 10^{22}$  sej,  $8.37 \times 10^{21}$  sej, respectively; Emergy self-sufficiency was 105.4%, Emergy yield ratio was 30.3%, energy using density was  $4.10 \times 10^{12}$  sej/m<sup>2</sup>, energy usage per capita was  $1.11 \times 10^{16}$  sej/人, Emergy currency ratio was  $5.62 \times 10^{11}$  sej/元, waste Emergy was  $4.66 \times 10^{21}$  sej, environmental loading ratio was 16.1, sustainable development index was 53.2. To sum up, the eco-economic system was unsustainable development.

**Key words:** emergy indicators, eco-economic system, Hebei province, sustainable development

### 0 引言

生态经济系统是人类持续发展的基础,任何国家和地区社会经济的发展都离不开当地环境基础和外界资源流入的支撑。但市场经济体制中以劳动力价值为

基础的价值体系并未将自然资源价值纳入其中,从而为日益突出的生态环境恶化与资源短缺危机负有责任,因为环境质量以及自然环境所提供的服务功能比起过去的发展规划和经济管理中所假定的重要得多

**基金项目:**国家自然科学基金“华北平原夏玉米季不同类型氮肥损失途径与高效利”(30571089),唐山市科技发展计划项目“农村发展保障条件科技示范”(08120205A-1)资助。

**第一作者简介:**龚宇,男,1975年出生,贵州遵义人,博士,主要从事气候与生态系统研究。通信地址:063000 河北省唐山市裕丰街169号 唐山市气象局, Tel: 0315-2037043, E-mail: gongyu2898@yahoo.com.cn。

**收稿日期:**2009-08-10, 修回日期:2009-08-26。

<sup>[1]</sup>。因此,可持续发展已经成为人类的共识和今后寻求的主要目标之一,其要求人类必需将追求生存与自然环境相协调,具体到价值体系上,就是要实现自然与人类做功的统一、协调发展,使得定量分析成为生态经济学研究的重点和难点之一,形成可持续发展水平的三大类测度途径<sup>[2]</sup>:一是以物质作为测度单位的经济系统物质流核算体系方法;二是以货币作为测度单位的环境经济系统综合核算体系方法;三是以能量作为测度单位的环境经济系统能量核算体系方法。

20世纪80年代后期,国际系统生态学和生态经济学领域的发展为研究区域生态经济系统开拓了定量分析的新思路,以美国著名生态学家H.T.Odum为首创立的一种新的系统分析方法和理论——能值分析(Emergy analysis)<sup>[3]</sup>,是一种对环境-生态经济系统综合核算的定量研究方法,一经提出便以他独到的研究角度获得广泛赞许,20世纪90年代以来国内外关于能值分析研究更是显得非常活跃<sup>[4-15]</sup>。这主要是因为通常人们对生产过程涉及的两个系统(自然系统和社会系统)进行分析研究时常用的三大类测度途径都不能很好地将两者有机的结合起来进行分析应用。但能值分析的方法是在传统能量分析的基础上,基于一切能量都始自太阳能的观点,将任何资源、产品或劳务形成所需直接和间接的太阳能量就称为其所具有的太阳能值(solaremergy)<sup>[4]</sup>。以太阳能焦耳(Solaremjoules,缩写为sej)为计量单位,把各种形式的能量转化为统一的能值标准单位,着重于系统整体特征的分析,不仅解决了传统能量分析方法中不同能量类别难于比较和加减的问题,并且从一个全新的角度来看待环境资源在生态经济系统中的作用,因此特别适合比较分析不同类别能量,综合分析评价能流、物流和价值流。中国学者不断对其研究方法及指标体系进行完善<sup>[9]</sup>,取得了可喜的成果,这些关于生态经济系统的分析,对研究经济发展,制订可持续发展决策做出了较大的贡献。作者在借鉴同类研究的基础上,定量分析河北省生态经济系统中的能值指标,评价其环境资源能值基础、能值投入、生产力水平和可持续性,以期合理开发环境资源,制订本区生态经济的可持续发展政策提供科学依据。

## 1 研究区概况

河北因位于黄河下游以北而得名,地处华北、渤海之滨,位于东经113°27'~119°50',北纬36°05'~42°40'之间。总面积187693km<sup>2</sup>。气候属温带-暖温带、半湿润-半干旱大陆性季风气候。全省年平均气温在4~13℃之间,大体东南高西北低,全年无霜期110~220d,日照时数2500~3063h。全省年平均降水量分布很不均匀,

年变率也很大,一般的年平均降水量在400~800mm之间。全省的粮食播种面积占耕地总面积的80%以上,主要粮食作物有:小麦、玉米、高粱、谷子、薯类等。经济作物以棉花最重要,是中国重要产棉基地。畜牧业是本省仅次于耕作业的重要农业部门。沿海渔业还是中国重要渔区之一,尤以秦皇岛为主要中心。作为工业大省,河北省的冶金、钢铁等更是占据了GDP的主要份额,2007年产粗钢1.01×10<sup>8</sup>t,处于中国钢铁第一大省地位

2007年,全省人口6943×10<sup>4</sup>人,耕地面积5893.6×10<sup>3</sup>hm<sup>2</sup>,水产养殖面积27126hm<sup>2</sup>,海水养殖面积92960hm<sup>2</sup>。粮食产量2841×10<sup>4</sup>t,水产品90.64×10<sup>4</sup>t。全省国内生产总值(GDP)为13709.5×10<sup>8</sup>元,约为改革开放初期的100倍,其中第一产业生产增加值1804.7×10<sup>8</sup>元,第二产业生产值7241.8×10<sup>8</sup>元,第三产业增加值4662.9×10<sup>8</sup>元<sup>[16]</sup>。

河北是中国重要的工业基地,尤其是冶金、钢铁、水泥、陶瓷比较发达,但这些都是对空气污染比较严重的行业,加上各生产线没有完全升级改造,城市污染相对严重。最近几年来虽然加大了污染防治和生态环境保护力度,城市空气质量和重点水源水质有所改善,生态环境恶化趋势减缓,局部地区有所好转。但是仍然存在着一系列问题,主要表现在:工业污染负荷比重大,对生态环境的压力还存在;城市环境基础设施建设滞后,生活污染问题突出;生态破坏尚未得到彻底控制等,使得河北省实现生态经济系统可持续发展的道路任重而道远。

## 2 资料与研究方法

### 2.1 数据来源

此研究的原始数据主要源于2008年《河北省经济年鉴》<sup>[16]</sup>、《中国统计年鉴》<sup>[17]</sup>和《中国农村统计年鉴》<sup>[18]</sup>,原始数据为物质量(g)、能量(J)或货币量(元),能量折算系数,能值转换率和计算方法参照相关文献<sup>[19-22]</sup>。

### 2.2 编制能值计算表

在收集2007年河北省自然地理、社会经济等方面基础资料的基础上,运用能值植理论和相关分析指标<sup>[19-22]</sup>进行数据处理。根据该地区实际情况,以河北省2007年生态经济系统中能值投入和产出数据为基础,选取可更新环境资源、可更新资源产品、不可更新资源、货币流能值和废弃物5个主要部分,计算整理最终编制成2007年河北省生态经济系统的能值分析表(表1)。

### 2.3 建立能值指标评估体系

在能值分析表基础上,将能值指标进行归纳整理,选取流量指标、经济指标、输入指标、产出指标、环境压力

表1 河北生态经济系统能值评估表(2007)

项目	原始数据 (J或g)	太阳能值转换率 (sej/J 或 sei/g)	太阳能值sej
可更新环境资源			4.93E+22
太阳能	1.09E+22	1	1.09E+22
雨水化学能	4.03E+14	15444	6.22E+18
雨水势能	6.91E+17	8888	6.14E+21
地球旋转能	1.09E+18	29000	3.15E+22
风能	9.88E+17	663	6.55E+20
可更新资源产品			2.13E+23
水力发电	1.27E+15	80000	1.01E+20
木材	3.79E+17	34900	1.32E+22
农产品			
谷物	4.54E+17	8.30E+04	3.77E+22
豆类	7.21E+17	6.80E+04	4.90E+22
油料	4.65E+16	5.81E+04	2.70E+21
棉花	1.53E+16	5.81E+04	8.87E+20
烟叶	5.92E+13	2.40E+04	1.42E+18
蔬菜	1.06E+18	2.70E+04	2.86E+22
瓜果	7.94E+16	5.30E+04	4.21E+21
薯类	1.39E+16	2.70E+03	3.75E+19
畜产品			7.61E+22
肉类	1.41E+16	1.70E+06	2.40E+22
奶类	2.28E+16	1.70E+06	3.87E+22
毛类	1.13E+15	4.40E+06	4.98E+21
蛋类	6.12E+11	2.00E+06	1.22E+18
水产品	4.18E+15	2.00E+06	8.37E+21
不可更新资源产品			7.42E+23
原盐	3.97E+12	1.00E+09	3.97E+21
原煤	2.65E+18	4.00E+04	1.06E+23
石油	2.03E+17	5.40E+04	1.10E+22
天然气	2.77E+16	4.80E+04	1.33E+21
火力发电	5.92E+17	1.60E+05	9.47E+22
钢铁	1.61E+08	1.78E+15	2.86E+23
焦炭	3.34E+18	1.04E+04	3.47E+22
化肥	3.94E+07	4.77E+15	1.88E+23
农药	3.12E+06	1.60E+15	4.99E+21
塑料	8.34E+04	3.80E+14	3.17E+19
水泥	1.17E+04	1.98E+15	2.33E+19
表土净损失	1.67E+17	6.25E+04	1.04E+22
货币流			1.67E+24
GDP	1.63E+11	8.67E+12	1.41E+24
进口			5.33E+22
商品	1.70E+10	2.50E+12	4.26E+22
外商投资	3.01E+09	2.50E+12	7.54E+21
对外借款	9.60E+08	2.50E+12	2.40E+21
国际旅游收入	3.09E+08	2.50E+12	7.73E+20
出口			7.41E+22
商品	8.53E+09	8.67E+12	7.39E+22
劳务及其他	1.93E+07	8.67E+12	1.67E+20
废弃物			4.66E+21
废水	6.03E+15	6.66E+05	4.02E+21
废气	3.74E+13	6.66E+05	2.49E+19
固体废弃物	9.32E+14	6.66E+05	6.21E+20

指标和综合指数6个层面和一些比值指标共计22个分项指标构建2007年河北省生态经济系统的能值评估体系(表2)。其中,流量指标包括可更新资源能值、不可更新资源能值、进口能值、出口能值、总能值用量和废弃物

能值等;经济指标包括能值密度、人均能值和人均能源能值等;输入指标包括能值自给率和可更新能值比率等;产出指标为能值产出率;环境压力指标包括废弃物能值比率、环境负荷率等;综合指数为可持续发展指数。

表2 河北生态经济系统能值评价指标汇总(2007)

评价指标	表达式	数值	单位
可更新环境资源能值	R	4.93E+22	sej
不可更新资源能值	N	7.42E+23	sej
可更新资源产品能值	RS	2.13E+23	sej
进口能值	IMP	5.33E+22	sej
出口能值	OMP	7.41E+22	sej
总能值使用量	$U=R+N+IMP-OMP$	7.70E+23	sej
进出口能值比率	IMP/OMP	71.9	%
能值自给率	$ESR=(N+R+OMP-IMP)/U$	105.4	%
能值产出率	$(RS+OMP-IMP)/U$	30.3	%
进口能值占总使用能值比率	IMP/U	6.9	%
净出口能值	OMP-IMP	2.08E+22	sej
可更新资源能值/总能值使用量	R/U	6.4	%
不可更新资源能值/总能值使用量	N/U	96.3	%
能值使用密度	U/A	4.10E+12	sej/m <sup>2</sup>
人均能值使用量	U/P	1.11E+16	sej/人
人均电力使用能值	Pw/P	1.37E+15	sej/人
电力能值/总使用能值	Pw/U	12.3	%
能值货币比率	U/GDP	5.62E+11	sej/元
废弃物能值/总能值使用量	W/U	0.6	%
废弃物能值/可更新资源能值量	W/R	9.5	%
环境负荷率	$(N+IMP)/R$	1613.9	%
基于能值分析的可持续发展指数	ESI	53.2	

注:表中A为河北省国土面积;P为河北省人口数量;Pw为电力消耗量;W为废弃物能值。

### 3 结果分析

#### 3.1 河北省生态经济系统能值流量

从表1、表2可以看出,2007年河北省生态经济系统的能值流量主要为不可更新资源能值 $7.42 \times 10^{23}$  sej,可更新资源产品能值为 $2.13 \times 10^{23}$  sej,可更新环境资源能值 $4.93 \times 10^{22}$  sej,可更新资源产品能值中,以水力发电为最低,农产品为 $1.23 \times 10^{23}$  sej,畜产品为 $6.78 \times 10^{22}$  sej,水产品为 $8.37 \times 10^{21}$  sej。当年进口能值 $5.33 \times 10^{22}$  sej,出口能值 $7.41 \times 10^{22}$  sej,净出口能值为 $7.41 \times 10^{22}$  sej,说明当年河北生态经济系统是一个净出口能值的输出系统。当年能值总是用量为 $7.70 \times 10^{23}$  sej,大于湖南<sup>[10]</sup>( $2.23 \times 10^{23}$  sej,2004年)、海南<sup>[11]</sup>( $0.387 \times 10^{23}$  sej,1994年)、江西<sup>[12]</sup>( $0.548 \times 10^{23}$  sej,2000年)、甘肃<sup>[8]</sup>( $1.412 \times 10^{23}$  sej,2000年)。货币能流值(包括GDP、进口、出口能值)为 $1.54 \times 10^{24}$  sej,其中进口能值 $5.33 \times 10^{22}$

sej,出口能值 $7.41 \times 10^{22}$  sej,GDP能值 $1.41 \times 10^{24}$  sej。

#### 3.2 河北省生态经济系统能值经济指标

能值使用密度是使用能值与总面积的比值,反映被评价对象的经济发展强度,能值使用密度越大,说明经济越发达。从表2可以看出,河北省2007年的能值使用密度 $4.1 \times 10^{12}$  sej/m<sup>2</sup>。

人均能值是评价人民生活水平的指标,它可以反映资源、财富和商品等的可利用程度,从表2中可以看出,2007年河北省人均能值 $1.11 \times 10^{16}$  sej/人。

人均能值用量是从宏观的生态经济学角度衡量人们生存水平和生活质量的高低,也反映了经济发展程度,对不可更新能源利用情况的评价指标,可以反映资源、财富和商品等的可利用程度<sup>[1]</sup>。河北省2007年人均能值密度为 $1.11 \times 10^{16}$  sej/人,高于全国平均水平( $7 \times 10^{15}$  sej/人)和世界平均水平( $3.86 \times 10^{15}$  sej/人),说明



本地区居民生活水平和质量较高,经济发展水平总体较好。

### 3.3 河北省生态经济系统能值进出口

可更新资源能值比率是反映可更新资源在系统发展中地位和作用的指标<sup>[20]</sup>。河北省为6.4%,说明河北省经济发展对可更新资源的依赖性很弱,对不可更新资源的依赖性很强,这符合河北省钢铁、冶金、陶瓷、水泥发达的现实情况。由于不可更新资源是不可再生的,因此必须提高资源利用效率,做到可持续利用。

净出口能值是系统内输出能值与输入能值的差,表明系统对外界贡献程度的大小<sup>[13]</sup>。河北省净出口能值仅为 $2.08 \times 10^{22}$  sej,对外界系统贡献不大。

### 3.4 河北省生态经济系统能值产出

能值自给率用来描述研究区对外交流程度和经济发展程度。为资源能值投入(包括可更新资源能值投入、不可更新资源能值投入、出口能值总和与进口能值之差)与总能值使用量的比值。一般情况下,能值自给率越高,系统的自给自足能力越强,对内部资源的开发程度也越高;反之,则系统的自给自足能力越弱,对外部资源的依赖程度越高<sup>[20]</sup>。表2可以看出,能值自给率为105.4%,河北省经济发展在以本地资源为主的情况下,有对外输出和出口能值的基础,经济发展的资源基础相对丰富,外界风险小,但经济发展是比较粗放的以不可更新资源消耗为主的不可循环经济模式。由于不可更新资源是不可再生的,因此必须提高资源利用效率,加强可更新资源的开发利用。

能值产出率是衡量系统产出对经济贡献大小的指标<sup>[20]</sup>,河北省的能指产出率位30.3%。

能值货币比率是本地区总使用能值与GDP的比值,比之越高说明单位经济活动所换取的能量值越高。河北省2007年能值货币比为 $5.62 \times 10^{11}$  sej/元。

### 3.5 河北省生态经济系统能值环境压力

废弃物能值比率是废弃物能值与总能值使用的比值,用于评价传统粗放型经济发展模式对环境造成的冲击,显然,废弃物能值比值越高的情况是人类不愿面对的。由表2可以看出,河北省为 $4.66 \times 10^{21}$  sej。比例仅为0.6%。说明研究区资源利用效率的提高和污染排放治理工作取得了初步成效。

环境负荷率是不可更新资源能值与进口能值之和与可更新环境能值之比<sup>[9]</sup>。比值高表明系统的科技水平高,也说明经济活动对环境产生较大的压力,2007年河北省为16.1,对环境产生较大的压力。

能值使用密度是总能值使用量与总土地面积之比,反映研究对象的经济强度和发展等级<sup>[18]</sup>,

河北省2007年的能指使用密度为 $4.1 \times 10^{12}$  sej/m<sup>2</sup>,说明经济发展水平较高,但这主要是河北省第二产业(尤其是钢铁、冶金及相关产业)发展规模较大决定的。

### 3.6 基于能值分析的可持续发展指数

基于能值的可持续发展指数是对能值产出率与环境负荷率的相对比较。根据Ugiati等<sup>[19]</sup>提出的可持续发展指数量化标准,可持续发展指数小于1为发达国家或地区,系统发展是可持续的;介于1和10之间为发展中国家或地区,系统发展可持续程度较差;大于10则是不可持续的系统。2007河北省可持续发展指数为53.2,处于不可持续发展的地位。

## 4 小结与讨论

作者以能值理论为支撑,对2007年河北省生态经济系统中各项能值指标进行了分析,结合该省可持续发展中面临的环境、资源等问题,可总结与建议如下:

(1)河北省自然资源比较丰富,作为重要的钢铁大省,河北省的经济发展是以消耗大量不可更新自然资源为代价的,是建立在高强度利用本地不可更新资源的基础上发展的,这与中国经济建立在主要依靠本国资源基础之上发展的结果是一致的<sup>[21]</sup>,虽然短期内促进了经济发展,但从长远利益看,却孕育了支撑系统崩溃的潜在危机,因而系统的发展是不可持续的。河北进口能值率低,生态经济系统比较封闭,环境负荷太大。如果增加外界能值利用量,并不断引入原材料、资金、劳动力、信息等能值流,适当减少本地不可更新资源、加大可更新资源利用量,合理搭配各种资源量比例的情况下,本地区生态经济系统还有较大的发展潜力。

(2)能值分析作为生态经济学中重要的定量评价方法,有助于挖掘区域可持续发展中的主要限制因子,为制定可持续发展提供有力的科学理论支持。按照能值理论分析,一个理想的可持续发展系统应该具有较高的能值产出率和相对较低的环境负荷率,这样的系统才能与外界保持良好的物质和能量交换,提高自身的平衡能力,实现可持续发展。从河北省生态经济系统中能值投入构成看,可更新的自然资源能值投入比例并不高,和环境负荷率低的地区相比<sup>[10-12]</sup>,主要是降水量的不足,影响了雨水化学能和雨水势能的投入,直接影响河北省可更新环境资源的能值投入比例。从这一角度上可以看出降水是河北省生态经济系统可持续发展的一个限制因子,这与实际的河北省水资源不足导致的干旱问题、地下水超采问题现实是一致的。

(3)作者将河北省生态经济系统作为一个整体进行,但对河北省辖范围内各地区之间系统能值评价指标等没有进行深入对比研究。实际上,河北省内拥有

高山、丘陵和平原,滨海和内陆等各种地形与位置差异的生态系统,省辖各市间的产业结构、经济规模等的差异也很大。以钢铁大市唐山为例,其经济规模占河北省的1/5还要多,钢铁产量占河北省的60%以上,加上该水泥、陶瓷等工业发达,污染物排放较其它城市要多,这与承德、张家口等以农业、旅游业为主的地区有很大差异,可以想象各地市间生态经济系统能值及评价指标差别很大。能值分析理论作为生态经济系统研究的一个新角度,可应用于河北省不同生态经济系统的对比研究,以期指导各地制定出更加合理的可持续发展战略规划。

### 参考文献

- [1] 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,2002:216-217.
- [2] 杨友孝,蔡运龙.中国农村可持续发展的评估——SEEA方法及应用[A].中国地理学会自然地理专业委员会:全球变化区域响应研究[C].北京:人民教育出版社,2000:181-195.
- [3] ODUM H T, ODUM E C. Ecology and economy: Energy analysis and public policy in Texas[C]//Policy Research Project Report. Austin, USA: Lyndon B.Johnson School of Public Affair, University of Texas, 1987: 163-171.
- [4] LANG S F, ODUM H T, Liu X M. Energy flow and emergy analysis of the agroecosystems of China [J]. Ecologic Science, 1998, 17(1):33-39.
- [5] CAMPBELL D E. Emergy analysis of human carrying capacity and regional sustainability: an example using the state of Maine[J]. Environmental Monitoring and Assessment, 1998, 51: 531-569.
- [6] YAN Maochao, ODUM H T. New visual angle to view eco-economic system emergy evaluation case studies of Chinese regional eco-economic system [M]. Beijing: China Zhigong Publishing House, 2001:128-137.
- [7] ULGIATI S, ODUM H T, BASTIANONI S. Energy analysis of the Italian agricultural system—the role of energy quality and environmental inputs[C]//Bonati L, et al eds. Trends in Ecological Physical Chemistry. Milan: Elsevier, 1992:187-215.
- [8] 赵晨,李自珍.甘肃省生态经济系统的能值分析[J].西北植物学报, 2004,24(3):464-470.
- [9] 严茂超,ODUM H T.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):117-125.
- [10] 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.
- [11] 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.
- [12] 李海涛,廖迎春,严茂超.江西生态经济系统的能值分析[J].江西农业大学学报,2003,25(1):93-98.
- [13] 李海涛,严茂超,沈文清,等.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.
- [14] 严茂超,李海涛,陈鸿,等.中国农林牧渔业主要产品的能值分析与评估[J].北京林业大学学报,2001,23(6):66-69.
- [15] 陈阜.农业生态学[M].北京:中国农业大学出版社,2002:260-261.
- [16] 河北省统计局,河北省经济年鉴[M].北京:中国统计出版社,2008.
- [17] 中华人民共和国统计局,中国统计年鉴[M].北京:中国统计出版社,2008.
- [18] 中国农业年鉴编委会,中国农村统计年鉴[M].北京:中国统计出版社,2008.
- [19] Ulgiati S,Brown MT. Monitoring patterns of sustainability in natural and man-made ecosystems[J].Ecological Modeling,1998, 108:23-36.
- [20] 熊晓波,代力民,邵国凡,等.生态经济系统的能值分析与可持续发展:以吉林省延边地区为例[J].生态学杂志,2004,23(5):206-211.
- [21] 陆宏芳,蓝盛芳,李雷,等.评价系统可持续发展能力的能值指标[J].中国环境科学,2002,22(4):380-384.
- [22] 李双成,傅小锋,郑度.中国经济持续发展水平的能值分析[J].自然资源学报,2001,16(4):297-384.