

## 基于能值理论和生态服务价值的重庆市生态 GDP 核算\*

郑栋升, 张仕超, 李孝坤, 孙 玥, 邓 杨, 杜 佳  
(重庆师范大学 地理与旅游学院, 重庆 401331)

**摘要:**【目的】核算重庆市生态 GDP, 评估经济增长 GDP 中资源环境的消耗成本和生态收益, 以期将生态理念植入社会经济发展, 为经济高质量发展政策的制定提供一定参考。【方法】采用能值分析法和生态服务单位面积价值当量表分别核算资源环境损害价值和生态服务价值, 进而从 GDP 中减去资源环境损害价值再加上生态服务价值后剩余的 GDP 即为生态 GDP, 并将重庆市“九五”、“十五”、“十一五”及“十二五”4 个规划期的生态 GDP 与绿色 GDP、GDP 进行对比分析。【结果】1) 资源耗减和环境损害价值从 84 亿美元增至 1 419 亿美元, 资源耗减价值增长明显; 2) 生态服务价值从 490 亿美元增长至 772 亿美元, 生态服务价值增长相对较缓慢; 3) 生态 GDP 从 589 亿美元增至 1 862 亿美元。“九五”时期和“十五”时期生态 GDP 最大, GDP 次之, 绿色 GDP 最小; “十一五”时期和“十二五”时期 GDP 最大, 生态 GDP 次之, 绿色 GDP 最小。【结论】直辖以来重庆市经济持续增长但同时自然资源和生态环境的“透支”较大, 即使在得益于一系列生态文明建设政策举措后生态服务价值持续提升下, 也难以抵消资源环境损害价值, 因此经济高质量发展不仅要加快生态文明建设, 也要注重资源高效低耗利用。

**关键词:** GDP; 绿色 GDP; 生态 GDP; 能值理论; 生态服务价值

**中图分类号:** X196

**文献标志码:** A

**文章编号:** 1672-6693(2018)04-0059-08

GDP 指某个国家或地区在一定时期内所生产的产品和劳务价值的总和, 是国民经济核算的核心指标。GDP 统计数据长期作为考核政府政绩最重要的指标, 对推动经济社会发展起到了积极作用, 但对 GDP 的盲目追求也加重了资源枯竭、环境污染和生态退化等问题。GDP 核算体系的完善能够更加真实地反映社会经济活动产生的实际价值, 有助于建立合理的政府绩效考核体系, 推动生态文明建设。20 世纪初, 西方国家为了适应宏观经济管理的需要, 一些国家开始对 GDP 进行定期核算<sup>[1]</sup>, 中国于 1987 年正式开始 GDP 核算工作。由于以往 GDP 未将自然资源耗减和环境损害的价值纳入核算体系, 所以所得结果无法客观真实地反映实际经济增长状况, 因此提出了绿色 GDP 的概念, 即扣除资源耗减和环境损害价值的国内生产总值。学界在理论构建<sup>[2-3]</sup>、核算体系<sup>[4-5]</sup>和实证研究<sup>[6-7]</sup>等方面对绿色 GDP 进行了探讨, 尝试着以绿色 GDP 作为 GDP 核算的补充。然而绿色 GDP 核算过程中, 也暴露出了核算内容不全面、忽视生态效益价值、难以推广应用<sup>[8]</sup>等问题。为了弥补绿色 GDP 忽视生态效益价值的问题, 学术界又提出将生态效益价值纳入经济社会发展评价体系, 建立生态 GDP 核算体系。目前, 对生态 GDP 的研究主要多为理论探讨, 在核算体系和实证研究<sup>[9]</sup>方面鲜有报道。

能值理论最早由著名生态学家 Odum<sup>[6]</sup>于 20 世纪 80 年代提出。通过太阳能值转换率, 能值理论将生态经济系统内各种物质流、能量流和货币流转换为统一的太阳能值, 建立了统一的自然和环境资源核算量纲; 再能通过能值货币比率计算所具有的能值货币价值, 使环境资源价值与社会经济价值有效对接。目前在绿色 GDP 核算中, 能值理论已得到广泛应用。生态效益价值核算方面, 谢高地等人<sup>[13]</sup>结合 Costanza 等人的研究成果, 提出了中国陆地生态系统生态效益价值的当量因子表, 为区域生态效益价值的计算提供了有益参考, 目前也已广泛应用于区域生态效益价值的评估中。

综上所述, 本文运用能值分析法和单位面积价值当量因子法, 以 1997, 2000, 2005, 2010 和 2015 年为时间节

\* 收稿日期: 2017-07-12 修回日期: 2018-07-10 网络出版时间: 2018-07-26 16:50

资助项目: 重庆师范大学本科提档升级改革专项 (No. CSJ201417009); 重庆市本科高校“三特行动计划”特色专业建设项目 (No. YGJ201605027); 国家自然科学基金资助项目 (No. 41501104); 重庆市科委基础与前沿研究计划项目 (No. cstc2015jcyjA80025; No. cstc2016jcyjA0393)

第一作者简介: 郑栋升, 男, 研究方向为资源环境与区域发展, E-mail: zhengds2008@163.com; 通信作者: 张仕超, 女, 副教授, 博士, E-mail: lintualchao@126.com

网络出版地址: <http://kns.cnki.net/kcms/detail/50.1165.N.20180726.1650.020.html>

点,核算重庆市直辖以来“九五”、“十五”、“十一五”和“十二五”这 4 个规划期的生态 GDP,同时将生态 GDP 与对应 4 个规划期的 GDP 和绿色 GDP 进行对比分析,以期揭示经济增长中资源环境的消耗成本和生态收益,并为重庆市生态文明建设提供一定的政策依据。

## 1 研究区概况与数据来源

### 1.1 研究区概况

重庆市(北纬  $28^{\circ}10' \sim 32^{\circ}13'$ 、东经  $105^{\circ}17' \sim 110^{\circ}11'$ )幅员面积  $8.24 \times 10^4 \text{ km}^2$ ,地处川湘黔隆起褶皱带、川东褶皱带和大巴山断褶带的交汇区域,地貌类型复杂多样,山区面积广大,境内主要河流有长江、嘉陵江和乌江,水力资源量达  $2.342 \times 10^7 \text{ kw}$ 。重庆属于中亚热带湿润季风气候,夏热冬暖,光热同季,无霜期长,年降水量  $1\ 000 \sim 1\ 350 \text{ mm}$ ,年平均气温  $16 \sim 18^{\circ}\text{C}$ ,日照总时数  $1\ 000 \sim 1\ 200 \text{ h}$ 。2015 年全市森林覆盖率 45%,水力资源蕴藏量 2 342 万 kw,天然气、页岩气和有色金属等矿产资源丰富。重庆市直辖以来,GDP 总量从 1997 年的 1 510 亿元增长到 2016 年的 17 559 亿元,增长了 10.6 倍,经济发展迅速;三次产业结构由“二三一”逐步转变为了“三二一”,产业结构不断优化。但重庆经济发展存在高消耗、高投入的问题,2016 年万元 GDP 能耗 0.6 t 标准煤,是世界平均水平的近 2 倍,六大高耗能行业能源消费占工业能源消费的 80%。

重庆市是全国生态环境建设和保护的重点区域之一,境内有 3 个国家重点功能生态区:三峡库区水土保持生态功能区、秦巴生物多样性生态功能区和武陵山区生物多样性与水土保持生态功能区。国家重点生态功能区约占全市国土面积的 43%,这要求重庆市优化国土资源空间格局、坚定不移地实施国家主体功能区制度、推进生态文明建设。“九五”期间(1996—2000 年),重庆市推进植树造林和退耕还林工作,狠抓“长治”工程,森林覆盖率达到 21%,水土流失面积占幅员面积的比例减少了 6.68%。“十五”期间(2001—2005 年),重庆市重点推进“山水园林城市”建设和“青山绿色”工程,城市绿地面积从  $53 \text{ km}^2$  增加到  $83 \text{ km}^2$ ,三峡库区人工造林和封山育林  $6.7 \times 10^4 \text{ hm}^2$ 。“十一五”时期(2006—2010 年),重庆市以污染物减排和保障三峡库区生态安全为重点,万元 GDP 能耗从 1.425 t 标准煤下降到 1.127 t 标准煤,基本完成三峡库区库周绿化屏障建设。“十二五”时期(2010—2015 年),重庆市努力构建生态安全屏障,进一步推进污染防治工作,累计关闭搬迁 256 家重污染企业,主城区空气质量优良天数达到 292 d。重庆直辖以来,各个规划期的生态环境建设取得了一定成效,对于改善城乡环境质量,发挥国家重点生态功能区的生态效益具有重要意义。

### 1.2 数据来源

1997,2000,2000,2010 和 2015 年的可更新环境资源投入(太阳能、风能、地球旋转能、雨水化学能、雨水势能)、可更新资源产出(粮食、油料、麻类、甘蔗、烟叶、蔬菜、茶叶、水果、牛奶、禽蛋、水产品 and 肉类)、不可更新资源投入(煤炭、油料、天然气、电力、钢材、水泥、化肥、农药和农膜)、废物流(废气、废水和固体废弃物)和货币流(进口额、出口额、旅游外汇收入、实际利用外资)统计数据来自《重庆市统计年鉴》(1998,2001,2006,2011 和 2016 年),1997—2015 年土地类型面积数据来自重庆市国土及房屋管理局提供的土地利用变更数据。

## 2 研究方法 with 数据处理

### 2.1 研究方法

2.1.1 能值分析法 能值理论以太阳能值为标准,将不同级别、不同形式的能量通过太阳能值转化率转化为统一的太阳能值,实现了生态经济系统内各种物质流、能量流和信息流核算量纲的统一<sup>[6]</sup>。基本表达式为:

$$M = E \times N \quad (1)$$

式中: $M$  表示太阳能值, $E$  为太阳能值转换率, $N$  为该种物质所含的能量。各种物质的能量折算系数和太阳能值转换率参考相关研究成果<sup>[10-11]</sup>。

能值理论依据能值货币比率将各种物质所含的太阳能值转化为能值货币价值,使资源环境价值与社会经济价值相对接。能值货币价值的计算公式为:

$$F = \frac{M}{V} = \frac{M}{\sum M/G_{\text{GDP}}} \quad (2)$$

式中: $F$  表示能值货币价值, $M$  为太阳能值, $V$  为能值货币比率,能值货币比率为生态经济系统投入太阳能值之和  $\sum M$  与国内生产总值之比。其中,  $\sum M$  为生态经济系统投入总能值(可更新环境资源投入、不可更新资源

投入和货币流中的输入能值)。

2.1.2 单位面积价值当量因子法 基于单位生态服务产品价格的核算方法<sup>[12]</sup>主要适用于小尺度区域的生态服务价值核算,难以应用在大尺度区域中。谢高地等人<sup>[13]</sup>在借鉴 Constanza 等人研究成果的基础上,结合 200 多位专家的问卷调查,制定出了中国陆地生态系统单位面积价值当量因子表,用于区域生态服务价值评估。核算生态效益总价值需要首先计算出单个生态系统的单位面积生态服务价值量,计算公式为:

$$P_{ij} = D_{ij} \times Q \tag{3}$$

式中: $P_{ij}$ 表示第  $i$  种土地利用类型第  $j$  种单位面积生态价值, $D_{ij}$ 为第  $i$  种土地利用类型第  $j$  种单位面积价值当量因子, $Q$ 为 1 个标准当量因子的生态服务价值量。

谢高地等人<sup>[12]</sup>将 1 个单位当量因子生态系统服务价值看作是单位面积农田粮食产出价值的七分之一,全国与重庆的单位面积农田粮食产出价值存在差异,故需要对全国的 1 个单位当量因子生态系统服务价值进行修正,以适应重庆的情况。修正公式如下:

$$Q = E \times q = \frac{B}{C} \times q \tag{4}$$

式中: $Q$ 表示重庆 1 个单位当量子生态系统服务价值, $q$ 为全国 1 个单位当量因子生态系统服务价值, $E$ 为修正系数,是重庆单位面积农田粮食产量( $B$ )与全国单位面积农田粮食产量( $C$ )的比值。

区域生态系统服务总价值是各地类的各种生态服务价值与该地类的乘积之和,表达式为:

$$H = \sum_{i=1}^7 \sum_{j=1}^9 P_{ij} \times S_i \tag{5}$$

式中: $H$ 表示区域生态系统服务总价值, $P_{ij}$ 为第  $i$  种土地利用类型第  $j$  种单位面积生态价值, $S_i$ 为第  $i$  种土地利用类型的面积。

2.1.3 绿色 GDP 和生态 GDP 核算 绿色 GDP 是经过自然资源和环境调整后的国内生产总值,核算公式为:

$$G_{\text{绿色GDP}} = G_{\text{传统GDP}} - \sum F_1 - \sum F_2 \tag{6}$$

式中: $\sum F_1$ 代表该年生态—经济系统消耗的不可更新资源投入的能值货币价值之和; $\sum F_2$ 表示该年生态—经济系统中环境损耗的能值货币价值之和。

生态 GDP 核算即在现行 GDP 基础上减去自然资源消耗价值和环境损害价值,再加上生态服务价值,既做“减法”又做了“加法”,核算公式为:

$$G_{\text{生态GDP}} = G_{\text{绿色GDP}} + x = G_{\text{GDP}} - \sum F_1 - \sum F_2 + H \tag{7}$$

其中  $x$  表示生态效益价值。

## 2.2 数据处理

对能值分析指标进行分类<sup>[11]</sup>,构建重庆市生态经济系统能值指标体系(表 1),包括可更新环境资源投入(太阳能、雨水化学能、雨水势能、地球旋转能和风能),不可更新资源投入(煤炭、油料、天然气、电力、钢材、水泥、化肥、农药和农膜),可更新资源产出(粮食、油料、麻类、甘蔗、烟叶、蔬菜、茶叶、水果、牛奶、禽蛋、水产品 and 肉类),废物流(废气、废水和固体废弃物),货币流(实际利用外资、旅游外汇收入、进口和出口)。重庆市生态经济系统投入总能值为不可更新环境资源投入、不可更新资源投入和货币流中的输入能值之和。

表 1 重庆市生态经济系统能值指标体系

Tab. 1 Energy index system of eco-economic system in Chongqing

能值投入产出	具体指标
可更新环境资源投入	太阳能、风能、雨水势能、雨水化学能、地球旋转能
不可更新环境资源投入	煤炭、油料、天然气、电力、钢材、水泥、化肥、农药和农膜
可更新资源产出	粮食、油料、麻类、甘蔗、烟叶、蔬菜、茶叶、水果、牛奶、禽蛋、水产品 and 肉类
废物流	废气、废水、固体废弃物
货币流	输入能值:实际利用外资、旅游外汇收入、进口 输出能值:出口

将现有的土地利用类型归并为林地、园地、牧草地、耕地、水域、建设用地和未利用地等 7 种类型,并与这些

土地利用类型最接近的生态系统类型相对应<sup>[14-15]</sup>。其中林地对应森林生态系统、园地对应农田生态系统与森林生态系统的平均值、牧草地对应草地生态系统、耕地对应农田生态系统、水域对应水体和湿地生态系统的平均值、建设用地与未利用地对应荒漠生态系统,进而得到各种土地利用类型对应的单位面积生态系统服务价值当量因子(表 2)。

表 2 重庆市单位面积生态系统服务价值当量因子

Tab. 2 Ecosystem service equivalent value per unit area in Chongqing

一级类型	二级类型	林地	园地	牧草地	耕地	水域	建设用地	未利用地
供给服务	实物生产	0.33	0.665	0.43	1.00	0.53	0.02	0.02
	原材料生产	2.98	1.685	0.36	0.39	0.35	0.04	0.04
	气体调节	4.32	2.520	1.50	0.72	0.51	0.06	0.06
调节服务	气候调节	4.07	2.520	1.56	0.97	2.06	0.13	0.13
	水文调节	4.09	2.430	1.52	0.77	18.77	0.07	0.07
	废物处理	1.72	1.555	1.32	1.39	14.85	0.26	0.26
支持服务	保持土壤	1.02	1.245	2.24	1.47	0.41	0.17	0.17
	维持生物多样性	4.51	2.765	1.87	1.02	3.43	0.40	0.40
文化服务	提供美学景观	2.08	1.125	0.87	0.17	4.44	0.24	0.24
合计		25.12	16.510	11.67	7.90	45.35	1.39	1.39

### 3 结果与分析

#### 3.1 自然资源耗减价值和环境损害价值

通过(1),(2)式计算得到重庆市资源耗减和环境损害的价值(表 3)。直辖以来重庆市资源耗减和环境损害总价值较大且增长迅速,从 84 亿美元上升到了 2015 年的 1 419 亿美元。其中,资源耗减价值量较大,所占比例达到 89%~98%。1997 年以来重庆市资源损害价值持续增长,“九五”时期和“十五”时期资源消耗价值增长稍缓,“十一五”时期和“十二五”时期资源消耗价值增长迅速,“十一五”末年突破 700 亿美元,“十二五”末年更是突破 1 000 亿美元,达到 1 390 亿美元。环境损耗价值量相对较小,占资源耗减和环境损害总价值的 2%~11%。“九五”时期环境损害价值出现小幅下降,“十五”时期、“十一五”时期和“十二五”时期持续上升。总体而言,直辖以来随着重庆经济的发展,工业化和城镇化水平的提高,资源消耗价值和环境损害价值不断增加,经济发展对生态环境的压力越来越大。

表 3 1997—2015 年重庆市资源耗减与环境损害价值

Tab. 3 The value of resource depletion and environmental damage in Chongqing from 1997 to 2015 亿美元

年份	资源消耗价值	环境损耗价值	总计
1997	75	9	84
2000	106	8	114
2005	227	14	241
2010	728	25	753
2015	1 390	29	1 419

#### 3.2 生态服务价值

将(3),(4)式带入(5)式,得出重庆市各个生态系统的生态服务价值(表 4)。直辖以来,生态服务总价值增长明显,从 1997 年的 490.35 亿美元增长至 2015 年的 772.44 亿美元。分阶段来看,“九五”期间增长最少,只有 0.61 亿美元;此后重庆市生态服务值持续增长,“十五”时期、“十一五”时期和“十二五”时期分别达到 35.79 亿美元,103.71 亿美元和 141.98 亿美元。这得益于重庆直辖以来不断加强生态建设力度,着力构建长江上游重要生态安全屏障,推进三峡库区国家级重点生态功能区建设,严守耕地红线,森林覆盖率从 1997 年的 20.98% 提高到 2016 年的 45.4%,湿地面积 2016 年达到  $2.472 \times 10^5 \text{ hm}^2$ 。

从土地利用结构看,各地类的生态服务价值差异较大(表 4)。林地对应的森林生态系统提供的生态服务价值占比最大,占重庆市生态服务总价值的 64%~70%;耕地次之,占重庆市生态服务总价值的 14%~18%;水域的单位面积生态服务价值量较高,但水域面积较少,所提供的生态服务价值只占生态服务总价值的 10% 左右;其他地类由于面积有限或单位面积生态服务价值量较低,提供的生态服务价值较少。由此可以看出,林地、水域和

牧草地等地类对生态服务价值总量的贡献率最大。

表 4 1997—2015 年重庆市生态系统服务价值

Tab. 4 Eco-system service value of Chongqing from 1997 to 2015

亿美元

年份	林地	园地	牧草地	耕地	水域	建设用地	未利用地	总计
1997	318.02	11.64	11.83	85.46	51.32	3.12	8.96	490.35
2000	318.44	11.81	11.87	84.96	51.70	3.26	8.92	490.96
2005	354.18	16.73	11.96	77.00	55.28	3.51	8.08	526.75
2010	430.56	20.59	14.42	92.15	63.21	4.39	5.13	630.46
2015	538.09	25.27	21.59	109.92	68.63	5.28	3.67	772.44

从生态服务价值各部分组成看,重庆市直辖以来生态服务价值结构并未发生明显变化(图 1)。气体调节、气候调节、水文调节、废物处理和维持生物多样性对生态服务总价值贡献较大,均超过了 10%。其中水文调节约占总价值的 17%,维持生物多样性约占总价值的 16%,气体调节和气候调节约占总价值的 14%,废物处理约占总价值的 11%。实物生产、保持土壤、原材料生产和提供美学景观对生态服务总价值贡献较小,占总价值比值均不足 10%。重庆市林地面积占土地总面积比重最大,这使得森林相关性强的气体调节、气候调节、水文调节、废物处理和维持生物多样性对生态系统服务总价值贡献较大。重庆市直辖以来,林地、牧草地、水域和园地的面积持续增长,与林地、牧草地、水域和园地相关性较强的原材料生产、气体调节、气候调节、水文调节和维持生物多样性持续增长,推动了生态服务总价值上升。

3.3 重庆市生态 GDP 及其与 GDP 和绿色 GDP 对比

将(2)式带入(6)式即计算出绿色 GDP,(5)式带入(7)式得到生态 GDP(图 2)。总体而言,直辖以来重庆市 GDP、绿色 GDP 和生态 GDP 持续增长,但三者增速不同,由此导致三者各阶段的相对大小有所差异,具体情况如下。

“九五”时期,即 1997—2000 年,生态 GDP 最大,GDP 次之,绿色 GDP 最小,但 GDP 增量远大于绿色 GDP 和生态 GDP。1997 年重庆市直辖时,GDP、绿色 GDP 和生态 GDP 分别为 182,98,589 亿美元,由于生态服务价值远大于经济的发展带来的自然资源耗减和环境损害价值,GDP 值从大到小依次为:生态 GDP、GDP、绿色 GDP。但“九五”期间,GDP 增量为 34 亿美元,绿色 GDP 和生态 GDP 却只增长 4 亿美元,GDP 的增量是绿色 GDP 和生态 GDP 的近 9 倍,GDP 增量远大于绿色 GDP 和生态 GDP。

“十五”时期,即 2001—2005 年,GDP 值从大到小依次为:生态 GDP、GDP、绿色 GDP。GDP 与绿色 GDP 的差值扩大,和生态 GDP 的差距缩小。“九五”时期,GDP、绿色 GDP 和生态 GDP 增量分别为 207,80,116 亿美元,GDP 增量分别是绿色 GDP 和生态 GDP 的 2.6 倍和 1.8 倍,GDP 与绿色 GDP 的差值从“九五”末期的 100 亿美元扩大至 241 亿美元,GDP 和生态 GDP 的差距从 391 亿美元缩小到 288 亿美元。这一时期,生态服务价值依然能够弥补社会经济活动产生的负效益,GDP 值从大到小依次为:生态 GDP、GDP、绿色 GDP。

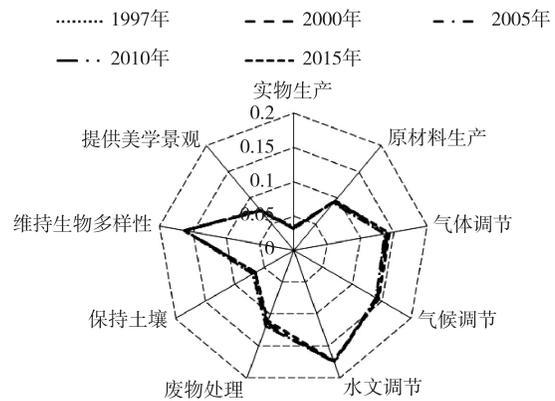


图 1 重庆市生态系统服务价值各部分所占比例

Fig. 1 The composition of ecosystem service value in Chongqing

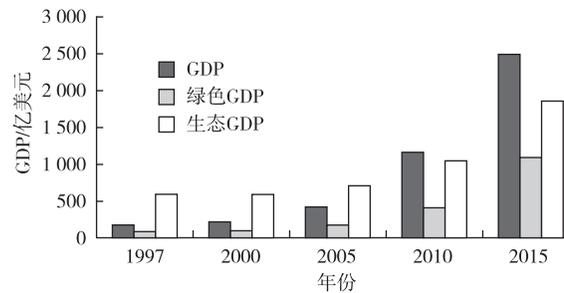


图 2 1997—2015 年重庆市 GDP、绿色 GDP 和生态 GDP 动态变化

Fig. 2 The dynamic changes of GDP, green GDP and ecological GDP in Chongqing from 1997 to 2015

“十一五”时期,即 2006—2010 年,GDP、绿色 GDP 和生态 GDP 相对大小从生态 GDP 最大,GDP 次之,绿色 GDP 最小转变为 GDP 最大,生态 GDP 次之,绿色 GDP 最小。“十一五”时期,GDP、绿色 GDP 和生态 GDP 增量较大,分别为达到 747,235,339 亿美元,分别是“十五”时期的 3.61,2.94,2.92 倍。但这一时期,GDP 与绿色 GDP 的差值进一步扩大并超过生态 GDP,生态服务价值与自然资源耗减和环境损害价值的差额逐步缩小,生态服务价值最终无法弥补社会经济活动产生的负效益,GDP 值从大到小依次为:GDP、生态 GDP、绿色 GDP。

“十二五”时期,即 2011—2015 年,GDP 值从大到小依次为:GDP、生态 GDP、绿色 GDP。绿色 GDP 增长速率快于 GDP 和生态 GDP。2015 年 GDP、绿色 GDP 和生态 GDP 分别为 2010 年的 2.1,2.61,1.78 倍,虽然“十二五”期间 GDP 与绿色 GDP 和生态 GDP 的差值进一步扩大,但是 GDP 的增速相对于绿色 GDP 和生态 GDP 出现放缓,社会经济活动的负效益产出水平呈现降低的趋势。

总体来看,绿色 GDP、生态 GDP 与 GDP 的比值持续下降(图 3)。“九五”时期、“十五”时期和“十一五”时期生态 GDP 与 GDP 的比值迅速下降,绿色 GDP 与 GDP 的比值也在不断下降。重庆工业结构中能耗较高、污染较重的冶金业、化工业和汽摩业的比重较大,低能耗的轻工业发展相对滞后,工业增长的重工业化趋势明显,这使生态 GDP、绿色 GDP 与 GDP 的比值总体在持续下降。“十二五”时期,生态 GDP 与 GDP 的比值下降趋势放缓,绿色 GDP 与 GDP 的比值出现了上升的趋势。“十二五”以来,重庆深化产业结构调整,低能耗的电子信息产业、金融业等的比重逐步增加。此外重庆以保障三峡库区生态安全和城乡环境质量为重点,生态建设取得了显著成就,这使绿色 GDP 与 GDP 的比值出现了回升的趋势,生态 GDP 与 GDP 的比值下降趋势放缓。

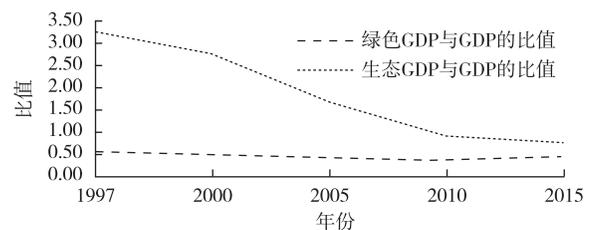


图 3 1997—2015 年重庆市绿色 GDP、生态 GDP 与 GDP 的比值  
Fig. 3 The ratio of GDP, green GDP and ecological GDP in Chongqing from 1997 to 2015

## 4 结论与讨论

### 4.1 结论

直辖以来重庆市资源耗减和环境损害总价值持续增长,从 1997 年的 83.65 亿美元增至 2015 年的 1 419.4 亿美元。其中,资源耗减价值占资源耗减和环境损害总价值的 89%~98%,资源耗减价值在“九五”时期和“十五”时期增长较慢,“十一五”时期和“十二五”时期增长迅速且增长迅速;环境损害价值占资源耗减和环境损害总价值的 2%~11%,环境损害价值在“九五”时期出现小幅下降,“十五”时期、“十一五”时期和“十二五”时期持续上升。

直辖以来重庆市生态服务总价值增长明显,从 1997 年的 490 亿美元增长至 2015 年的 772 亿美元。分阶段来看,“九五”期间增长最少,只有 1 亿美元;此后生态服务价值迅速增加,“十五”时期、“十一五”时期和“十二五”时期分别达到 36,76,142 亿美元。林地、耕地分别占生态服务总价值的 64%~70%和 14%~18%,对重庆市生态服务总价值贡献最大。林地、园地、牧草地和水域提供的单位面积生态服务价值较大,林地、园地、牧草地和水域面积的增长是推动生态服务总价值上升的主要原因。

GDP、绿色 GDP 和生态 GDP 总量分别从直辖之初的 182,98,589 亿美元增长到 2015 年的 2 503,1 090,1 862 亿美元,GDP 增长迅速而绿色 GDP、生态 GDP 增长相对缓慢。“九五”时期和“十五”时期 GDP 基数较小,经济发展产生的资源消耗和环境损害有限,生态服务价值高于资源耗减和环境损害价值,GDP 值从大到小依次为:生态 GDP、GDP、绿色 GDP。“十一五”时期和“十二五”时期 GDP 增长迅猛,经济社会活动产生的资源消耗和环境损害价值迅速增加,生态服务价值产出无法弥补经济增长带来的“负效应”,GDP 值从大到小依次为:GDP、生态 GDP、绿色 GDP。

### 4.2 讨论

GDP 中生态被经济所挤占,绿色 GDP 认可了经济增长对自然资源和生态环境的“透支”,但忽略各种生态资源创造的巨大生态效益,如森林资源。而重庆市森林覆盖率在 2015 年已达 45%,在全国排名第 22 位,在西部排名第 3 位左右,未来还将继续上升,据测算 2015 年全市林地生态服务估值 538.09 美元,相当于 GDP 的 21.50%,蕴藏着巨大的绿色财富,可为绿色经济发展提供宝贵的资源投入,在经济高质量发展转向中生态系统

服务价值的体现尤为迫切。生态GDP是对GDP进行环境因素和生态因素的二次修正,其核算目前还存在两个关键的难点,一是资源环境损害价值的货币化,二是生态服务价值的货币化。1)就资源环境损害价值的货币化而言,市场价格法和治理成本法等基于经济视角的核算方法<sup>[6-7]</sup>核算体系复杂、量纲标准不统一、核算结果不具有可比性,难以推广应用。基于能值理论的核算方法<sup>[6-7]</sup>,核算体系相对简单、核算量纲一致、核算结果可比性较强,能够在一定程度上弥补经济视角核算方法的不足,在资源环境损害价值核算中已得到广泛应用<sup>[6-7]</sup>。2)就生态服务价值的货币化而言,目前主要有两种方法:单位生态服务产品价格法<sup>[12]</sup>和单位面积价值当量因子法<sup>[13-15]</sup>。单位生态服务产品价格法适用于核算某种特定生态服务产品的价值以及空间尺度较小的区域(如湿地公园、森林公园),对统计数据的准确性和详细性要求也较高,难以直接运用到重庆市这样的大尺度区域中。单位面积价值当量因子法由Costanza等人<sup>[18]</sup>提出,谢高地分别于2008年<sup>[13]</sup>和2015年<sup>[19]</sup>进行了修正。该方法尽管忽视了生态服务价值的空间异质性,但核算过程相对简单,对统计数据容易获取,被广泛应用于生态服务价值的评估<sup>[14-15]</sup>。为此,基于生态GDP的内涵,综合采用能值分析法和生态服务价值估算法,核算1997—2015年重庆市生态GDP,方法是可行的。从生态GDP核算结果来看,直辖以来全市生态GDP稳步增长,“十二五”末期达到直辖之初的3倍左右。分阶段来看,“九五”时期和“十五”时期生态GDP增长较慢,但生态服务价值仍能弥补经济发展带来的“负效应”;“十一五”时期和“十二五”时期生态GDP增长较快,但由于经济发展带来的资源消耗和环境损害价值较大,生态服务价值虽持续提升却无法弥补经济发展带来的“负效应”,以至于生态GDP小于GDP。为此,一方面应提高资源、能源利用率,减少废弃物排放,发展绿色经济;另一方面,应积极优化“三生”空间格局,严守生态保护红线,加强生态文明建设。

#### 参考文献:

- [1] 朱海玲,石超. 涉及环境降级成本调整的绿色GDP研究综述[J]. 统计与决策, 2009, 8: 151-154.  
ZHU H L, SHI C. A review of green GDP research on environmental cost reduction[J]. Statistics & Decision, 2009, 8: 151-154.
- [2] 李健,陈力洁. 论“绿色GDP”核算体系及其面临的问题[J]. 北方环境, 2005(1): 1-4.  
LI J, CHEN L J. About the system of green GDP accounting and problems being faced. North Environment[J]. 2005(1): 1-4.
- [3] 王金南,於方,蒋洪强,等. 建立中国绿色GDP核算体系:机遇,挑战与对策[J]. 环境保护, 2005(5): 56-60.  
WANG J N, YU F, JIANG H Q, et al. Establishment of green GDP accounting in China: opportunities, challenges and countermeasures[J]. Environmental Economy, 2005(5): 56-60.
- [4] United Nation. The System of Integrated Environmental and Economic Accounting[Z]. New York: United Nation, 2003, 61: 32-35.
- [5] 贾湖,于秀丽. 基于MCDM的非货币化绿色GDP核算体系和六省市算例[J]. 干旱区资源与环境, 2013(8): 6-13.  
JIA H, YU X L. The demonetized green GDP accounting system based on the MCDM[J]. Journal of Arid Land Resources and Environment, 2013(8): 6-13.
- [6] 戴铁军,张沛. 基于物质流分析的北京市绿色GDP核算[J]. 生态经济, 2016(8): 129-134.  
DAI T J, ZHANG P. Accounting of green GDP in based on material flow analysis approach[J]. Ecological Economy, 2016(8): 129-134.
- [7] 张虹,黄民生,胡晓辉. 基于能值分析的福建省绿色GDP核算[J]. 地理学报, 2010, 11: 1421-1428.  
ZHANG H, HUANG M S, HU X H. Green GDP calculation of Fujian province based on emergy analysis[J]. Acta Geographica Sinica, 2010, 11: 1421-1428.
- [8] 蒋志华,李瑞娟. 论绿色GDP核算试点中存在的六大问题[J]. 统计与决策, 2010(7): 4-6.  
JIANG Z H, LI R J. Six problems in the green GDP accounting pilot[J]. Statistics & Decision, 2010(7): 4-6.
- [9] 潘勇军. 基于生态GDP核算的生态文明评价体系构建[D]. 北京:中国林业科学研究院, 2013.  
PAN Y J. Construction of evaluation system for ecological civilization based ecological GDP accounting[D]. Beijing: Chinese Academy of Forestry, 2013.
- [10] BROWN M T, ULGIATI S. Updated evaluation of emergy and emergy driving the geobiosphere: a review and refinement of the emergy baseline[J]. Ecological Modelling, 2010, 221: 2501-2508.
- [11] 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.  
LAN S F, QIN P, LU H F. Emergy analysis of eco-economic system[M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2002.
- [12] 马立辉,谢英赞,黄世友,等. 彭水县森林生态系统固碳释氧特征及其价值估算[J]. 重庆师范大学学报(自然科学版), 2015, 32(6): 68-71.  
MA L H, XIE Y Z, HUANG S Y, et al. Characteristics and value estimate of forest ecosystem carbon fixation and oxygen release in Pengshui county[J]. Journal of Chongqing Normal University(Natural Science), 2015, 32(6): 68-71.

- [13] 谢高地,甄霖,鲁春霞,等. 一个基于专家知识的生态系统服务价值化方法[J]. 自然资源学报,2008(5):911-919.  
XIE G D, ZHEN L, LU C X, et al. Expert knowledge based valuation method of ecosystem services in China [J]. Journal of Natural Resources, 2008(5):911-919.
- [14] 虎陈霞,郭旭东,连纲,等. 长三角快速城市化地区土地利用变化对生态系统服务价值的影响—以嘉兴市为例[J]. 长江流域资源与环境,2017(3):333-340.  
HU C X, GUO X D, LIAN G, et al. Effects land use change on ecosystem value in rapid urbanization areas Yangtze river delta: a case study of Jiaxing city [J]. Resources and Environment in the Yangtze Basin, 2017(3): 333-340.
- [15] 王克晓,常屹冉,高跃攀,等. 饶河边疆区土地利用及生态服务价值研究[J]. 重庆师范大学学报(自然科学版), 2016,33(6):156-161.  
WANG K X, CHANG Q R, GAO Y P, et al. Ecosystem service value of border area based on land use change [J]. Journal of Chongqing Normal University (Natural Science), 2016,33(6):156-161.
- [16] 沈晓艳,王广洪,黄贤金. 1997—2013年中国绿色GDP核算及时空格局研究[J]. 自然资源学报, 2017, 32(10): 1639-1650.  
SHEN X Y, WANG G H, HUANG X J. Green GDP accounting and spatio-temporal pattern in China from 1997 to 2013 [J]. Journal of Natural Resources, 2017, 32(10): 1639-1650.
- [17] 金雨泽,黄贤金. 基于资源环境价值视角的江苏省绿色GDP核算实证研究[J]. 地域研究与开发, 2014, 33(4): 131-135.  
JIN Y Z, HUANG X J. Accounting of the green GDP in Jiangsu province based on values of resources and environment [J]. Areal Research and Development, 2014, 33(4): 131-135.
- [18] COSTANZA R, D'ARCE R, GROOT R, et al. The value of the world's ecosystem services and natural capital [J]. Nature, 1997, 387: 253-260.
- [19] 谢高地,张彩霞,张雷明,等. 基于单位面积价值当量因子的生态系统服务价值化方法改进[J]. 自然资源学报, 2015, 30(8): 1243-1254.  
XIE G D, ZHANG C X, ZHANG L M, et al. Improvement of the evaluation method for ecosystem service value based on per unit area [J]. Journal of Natural Resources, 2015, 30(8): 1243-1254.

## Resources, Environment and Ecology in Three Gorges Area

### Study on the Ecological GDP of Chongqing Based on Energy Theory and the Ecosystem Service Value

ZHENG Dongsheng, ZHANG Shichao, LI Xiaokun, SUN Yue, DENG Yang, DU Jia

(College of Geography and Tourism, Chongqing Normal University, Chongqing 401331, China)

**Abstract:** [Purposes] To integrate ecological concept into the socio-economic development and provide references for high-quality economic growth, both the costs and ecological benefits of resource and environment were evaluated by energy theory and table of ecosystem services value. [Methods] Based on that, ecological GDP in Chongqing was accounted by the method that GDP was subtracted the cost of resource and environment depletion, and then ecosystem services value was added. Finally, the differences among ecological GDP, green GDP and GDP were compared during four plan periods from the ninth five-year plan period to the twelfth five-year plan period (1997—2015). [Findings] The results showed that: 1) The value of resource & environment depletion has dramatically increased from \$ 8.4 billion in 1997 to \$ 141.9 billion in 2015. 2) Ecosystem services value has increased from \$ 49.0 billion in 1997 to \$ 77.2 billion in 2015, relatively slowly. 3) Ecological GDP has increased from \$ 58.9 billion in 1997 to \$ 186.2 billion in 2015, furthermore, ecological GDP is the largest, followed by GDP, and green GDP is the smallest during the ninth five-year plan period (1997—2000) and the tenth five-year plan period (2001—2005); while GDP is the largest, followed by ecological GDP, and green GDP is the smallest during the eleventh five-year plan period (2006—2010) and the twelfth five-year plan period (2011—2015). [Conclusions] Economy in Chongqing has continually increased at the expense of natural resource and ecological environment. Ecosystem services value has constantly increased owing to series of policies on ecological civilization, but still lower than that of resource and environment depletion. Therefore, in the process of promoting high-quality development, not only the construction of ecological civilization is should accelerated, but also the utilization of high efficiency and low consumption of resources are should paid attention to.

**Keywords:** GDP; green GDP; ecological GDP; energy theory; ecological service value

(责任编辑 黄颖)