

doi:10.6041/j.issn.1000-1298.2019.06.020

基于地理国情信息的赣州市土地生态系统服务价值核算

夏淑芳^{1,2} 陈美球^{1,3} 刘馨^{2,4} 蔡海生^{1,3}

(1. 江西农业大学园林与艺术学院, 南昌 330045; 2. 江西省基础地理信息中心, 南昌 330209;

3. 江西农业大学农村土地资源利用与保护研究中心, 南昌 330045; 4. 江西省测绘地理信息工程技术研究中心, 南昌 330209)

摘要: 以江西省赣州市为研究对象,探索构建了基于地理国情信息的土地资源生态系统服务价值核算体系,并将结果应用于江西省赣州市各县(市、区)土地资源生态补偿优先级的确定中。研究表明:与常规的土地利用分类相比,地理国情信息分类更加细化,能更为精确地核算土地资源生态系统服务价值。赣州市2015年土地资源的生态系统服务价值估算为2138.89亿元,服务价值从大到小依次为调节服务、支持服务、供给服务和文化服务,且调节服务占比达70.49%。2015年各县(市、区)单位面积土地资源生态系统服务非市场价值最高的是寻乌县,但各县(市、区)不同类型生态服务功能的价值存在差异。从空间分布看,赣州市周边地区生态补偿优先级较高,而中部地区偏低,且单位面积生态系统服务价值偏低的西北部生态补偿优先级也较高。

关键词: 赣州市; 土地资源生态系统服务价值; 地理国情信息; 生态补偿优先级

中图分类号: F301; X826 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-1298(2019)06-0184-10

Land Resources Ecosystem Service Value Accounting of Ganzhou City Based on Geographic National Condition Information

XIA Shufang^{1,2} CHEN Meiqiu^{1,3} LIU Xin^{2,4} CAI Haisheng^{1,3}

(1. College of Landscape and Art, Jiangxi Agricultural University, Nanchang 330045, China

2. Provincial Geomatics Center of Jiangxi, Nanchang 330209, China

3. Research Center on Rural Land Resources Use and Protection, Jiangxi Agricultural University, Nanchang 330045, China

4. Jiangxi Province Engineering Research Center of Surveying, Mapping and Geoinformation, Nanchang 330209, China)

Abstract: Land resources ecosystem service accounting is the internal requirement of promoting the construction of ecological civilization. Ganzhou City, located in Ganjiang upstream watershed, Jiangxi Province, is an important ecological barrier in Southern China and an important area to maintain the ecosystem health of the Poyang Lake Basin. Taking Ganzhou City as an example, the more suitable table of equivalence factor for Jiangxi area was presented, the method of value equivalent factor in unit area was used, and a service value account of land resources ecosystem was established based on the concept of broad-sense service value of land resources ecosystem. Then the land resources were divided into eight categories: farmland, forest, grassland, desert, bare land, construction land, water area and wetland, and the service value of land resources ecosystem in the form of value was calculated. The value of ecosystem services and its spatial distribution characteristics were applied to determine the priority of land ecological compensation for land resources in various counties, which provided reference for the application of geographic census data in the calculation of ecosystem services value of land resources. The results showed that compared with the conventional classification based on land use, the classification based on geographical national conditions was more refined for the land resources ecosystem services value can be more accurately calculated; in 2015, the total service value of Ganzhou land resources ecosystem was assessed at RMB 213.889 billion yuan, its order from big to small was regulating service, support service, supply service and cultural service, and the regulating service value took 70.49% of all the

收稿日期: 2019-01-31 修回日期: 2019-04-16

基金项目: 国家自然科学基金项目(31660140、31560150)、国家测绘地理信息公益性行业科研专项(201512026)、“赣鄱英才555工程”项目和江西省自然科学基金项目(20161BAB204180)

作者简介: 夏淑芳(1980—),女,博士生,江西省基础地理信息中心高级工程师,主要从事土地资源管理研究,E-mail: 165443082@qq.com

通信作者: 陈美球(1967—),男,教授,博士生导师,主要从事土地资源管理研究,E-mail: cmq12@263.net

assets; in 2015, among all the counties, cities and districts, the county of Xunwu had the highest ecological service value per unit area, and all types of ecological service value varied in different regions. Analyzed from the spatial distribution, the ecological compensation priority in the surrounding areas of Ganzhou was relatively high, while the priority in the central areas was low. The northwestern areas had relatively high ecological compensation priority although their ecosystem service value per unit area was comparatively low.

Key words: Ganzhou City; land resources ecosystem service value; geographic national conditions information; priority of ecological compensation

0 引言

随着我国生态文明建设的深入推进,以自然资源生态系统服务价值为核心的自然资源资产核算逐渐成为社会关注的热点^[1-2]。土地资源作为自然资源的重要组成部分,也是自然生态系统的载体,不仅对自身生态系统的物质循环和分配能力产生影响,也对区域气候、土壤、水循环等具有重要的影响^[3]。尽管土地资源地上地下附着物众多,范围难以界定,其生态系统服务价值是自然资源资产核算中最困难的内容,但面对编制自然资源资产负债表的社会需求,构建土地资源生态系统服务价值核算体系已成为迫切需要解决的基础性课题。

目前,常用的土地资源生态系统服务价值评估方法概况为两类:一类是功能价值法,包括直接市场价值法、替代市场价值法和模拟市场价值法等,另一类是当量因子法。功能价值法测算灵活,具有很强的针对性,可以根据当地特定时间点的资源特点因地制宜,分地类逐条估算价值,但是由于土地生态系统服务功能的多样性,实际计算过程中生态系统服务功能难以准确划分,逐一计算存在重复或漏算的情况^[4-5],加上该计算方法参数多、受主观因素影响大、计算过程复杂,导致计算存在诸多困难,难以真实反映生态系统服务的实际价值^[6-7]。当量因子法则是根据不同类型生态系统服务功能,基于可量化标准构建不同生态系统各种服务功能的价值当量,然后结合生态系统面积进行评估^[8],该方法计算模型简单、易操作,数据需求量少,功能评估全面,适用于大面积流域尺度的价值评估^[9-10]。可以在短时间内获得较为可靠的结果,且充分考虑当地生态系统的特征、提供的服务功能以及其所处区域的特点,从而使生态系统的特点和该地区的特点得以充分发挥。因此当量因子法具有普适性、认可度高的特点,被国内学者广泛采用^[11]。

当前,被引用较多的生态系统服务价值当量因子表是谢高地等^[8,12]在 COSTANZA 等^[13]研究的基础上,结合我国 200 位生态学者进行调查后制定的,但该当量因子表适用于全国范围,缺乏针对性。为

计算更为准确的土地生态系统服务价值,本文将地理国情普查成果作为基础数据,以弥补遥感数据解译不准确、分类不细致的缺陷^[14]。同时,结合赣州市的土地生态系统区域特点及数据基础,考虑到建设用地生态系统和温室生态系统在农田生态系统中的重要性 and 特殊性,将赣州市土地资源生态系统划分为农田、森林、草地、湿地、荒漠、裸地、建设用地和水域 8 大生态系统,农田生态系统又细分为旱地、水田、温室 3 个二级类,森林生态系统细分为针叶林、针阔混交林、阔叶林和灌木林 4 个二级类,进一步细化生态系统的分类,在此基础上核算土地资源生态系统服务价值。旨在掌握赣州市土地资源生态系统服务价值及其空间分布特征,并将其应用于各县(市、区)土地资源生态补偿优先级的确定中,为地理国情普查数据在土地资源生态系统服务价值核算中的应用提供参考。

1 数据和方法

1.1 研究区域概况

赣州市(东经 113°54′~116°38′,北纬 24°29′~27°09′)位于赣江上游流域,是我国“南方地区重要生态屏障”,也是维系鄱阳湖流域生态系统健康的重要区域。下辖 18 个县(市、区),全域总面积 39 362.13 km²。全市地势四周高,中间低;地形以山地、丘陵为主,占总面积的 85.44%,平原占比仅为 8.59%,台地占比为 5.97%。境内林业资源、水资源、矿产资源非常丰富,素有“世界钨都”、“稀土王国”之称。其地理位置如图 1 所示。

1.2 数据来源与处理

以 2015 年第一次全国地理国情普查项目成果为主要数据源。该数据以高分辨率的正射影像为基础,主要采取人工解译为主,并开展地表覆盖类型内业判读与外业核实解译。以县为单位从地理国情成果数据库中分别提取植被覆盖、水域、荒漠等地表覆盖要素的空间位置和属性信息,形成完整的地表覆盖三级类统计数据,其他社会经济数据主要来源于相应的统计年鉴及《国民经济和社会发展统计公报》。

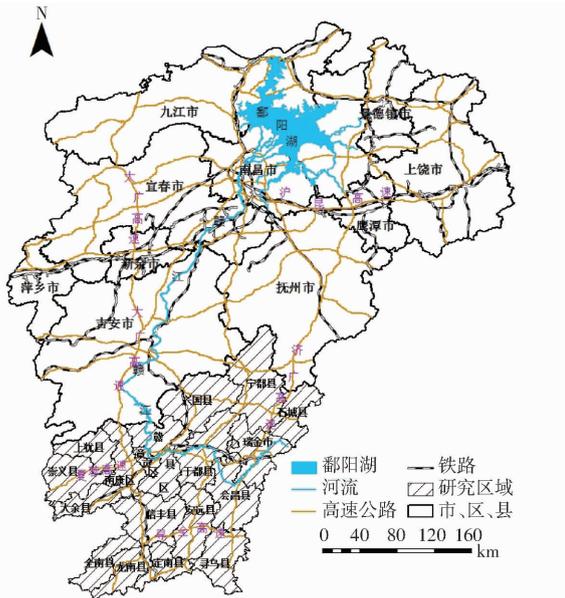


图1 研究区地理位置示意图

Fig.1 Sketch map of location of research area

地理国情地表覆盖数据与土地资源生态系统分类体系和地物定义差别较大,在进行数据转换时不能简单进行地物的对应,必须根据其内涵,并结合各生态系统的结构、功能进行相应的转换^[15]。将地表覆盖中的三级类旱地、草本果园划入土地生态系统分类的二级类旱地,根据地理国情地表覆盖中草本果园的定义,考虑到赣州市主要种植火龙果,故将其划入旱地中。水田对应水田,温室、大棚对应温室。针阔混交、竹林地归入针阔混交林,乔灌果园、藤本果园、茶园、桑园、橡胶园、苗圃、其他藤本经济苗木、其他草本经济苗木、阔叶林、疏林地、绿化林地、人工幼林归入阔叶林;阔叶灌木林、针叶灌木林、针阔混交灌木林、乔灌混合林、其他乔灌经济苗木归入灌木林;高覆盖度草地、中覆盖度草地、低覆盖度草地、牧草地、绿化草地、固沙灌草、护坡灌草、其他人工草地、稀疏灌丛、花圃归入草地;参照湿地保护区和沼泽区划定湿地,即根据地理国情地表覆盖分类以及地理国情数据中坡度、高程等信息难以判断是否为湿地,通过综合考量,确定地理单元数据集中湿地保护区和沼泽区范围为湿地,如果确定的湿地范围与已确定的农田、森林、草地、荒漠、水域范围重叠,则从各地类中扣除重叠的湿地面积;沙障、盐碱地表、泥土地表、沙质地表、砾石地表、碾压踩踏地表归入荒漠;露天煤矿采掘场、露天铁矿采掘场、露天铜矿采掘场、露天采石场、露天稀土矿采掘场、岩石地表归入裸地,房屋建筑区、铁路与道路、硬化地表、水工设施、城墙、固化池、工业设施、其他构筑物、堆放物、建筑工地、其他人工堆掘地归入建设用地,河流、水渠、水库、坑塘归入水域,并由此整理出2015年赣州

市土地资源各类生态系统的面积,如表1所示。

表1 赣州市土地资源生态系统分类及面积

Tab.1 Classification and land area of land ecosystem in Ganzhou City km²

生态系统分类		面积
一级类	二级类	
农田	旱地	600.14
	水田	3 221.02
	温室	9.64
森林	针叶林	17 417.65
	针阔混交林	3 729.19
	阔叶林	8 770.97
	灌木林	1 404.70
草地	草地	1 638.68
湿地	湿地	236.91
荒漠	荒漠	70.06
裸地	裸地	134.04
建设用地	建设用地	1 617.29
水域	水域	511.84

1.3 研究方法

1.3.1 单位面积土地资源生态系统服务价值的基础当量表

(1) 农田生态系统服务价值核算当量因子

农田生态系统是人类粮食来源的主要提供者,是人类赖以生存的基本资源和条件^[16],为人类的生活和生产提供了重要的生产原料,具有自然、经济和社会多重属性^[17]。结合赣州市地类特点,将农田生态系统分为水田、旱地、温室3个二级类。水田作为赣州市农田生态系统的重要组成部分,对整个生态系统的影响复杂,既有正面效益也有负面效益。总体来说,在食物生产、原材料生产、气体调节、气候调节、净化环境、维持养分、生物多样性和美学景观功能上呈正相关关系,在水资源供给方面呈负相关关系。对水田、旱地中的食物生产、原料生产、水资源供给的当量因子采用市场价值法进行测算,采用替代成本法对水文调节(污水处理)、气体调节(废气处理)、净化环境(固体废弃物处理)的当量因子进行核算^[18-19]。考虑到温室大棚是赣州市现代农业发展必要途径,且温室生态系统是典型的高耗能农业生态系统,因此增加温室生态系统。温室生态系统中将水资源供给、净化环境和水文调节3个方面的当量因子暂定为0,因温室大棚相对于露天种植更节约水资源,对整个水资源生态系统影响甚微,现有的温室生态系统研究中也均未提及对净化环境的影响,供给服务价值量变化作为温室生态系统中食物生产、原料生产当量因子计算的调节因子;CO₂定量和N₂O释放量变化作为温室生态系统中气体

调节当量因子计算的调节因子,综合确定该调节因子为 1.36;土壤量变化作为温室生态系统中土壤保持当量因子计算的调节因子;土壤养分含量和土壤盐渍化量变化作为温室生态系统中维持养分当量因子计算的调节因子,综合确定该调节因子为 1.21。

综合文献[20-23]对温室大棚中气候调节、微生物调节的研究,结合李广泳等^[15]对温室生态系统因子的测算,综合确定 2010 年温室生态系统当量因子。得到农田生态系统各服务功能当量因子,如表 2 所示。

表 2 农田生态系统的当量因子

Tab. 2 Equivalence factors of farmland service system

生态系统	服务功能										
	食物生产	原料生产	水资源供给	气体调节	气候调节	净化环境	水文调节	土壤保持	维持养分	生物多样性	美学景观
旱地	1.24	0.58	0.04	0.98	0.52	0.15	0.53	1.16	0.17	0.19	0.09
水田	1.98	0.13	-5.18	1.62	0.83	0.25	5.35	0.01	0.28	0.31	0.13
温室	1.87	0.20	0	1.42	0.27	0	0	0.20	0.22	0.15	0.03

(2) 森林生态系统服务价值核算当量因子

森林生态系统是陆地上最为复杂的生态系统之一,不仅为人类提供林产品的直接功能,还有涵养水源、固定土壤、保持肥力、净化环境空气以及旅游休闲、保护生物多样性等间接的生态、社会服务功能,是人类赖以生存的基本资源^[24-25]。地理国情地表覆盖数据将林地细分到三级类,因此参考地理国情数据对林地的分类及赣州市地类特点,将森林生态系统分为针叶林、针阔混交林、阔叶林、灌木林

4 个二级类。占赣州市土地覆盖面积 78.71% 的森林,对整个生态系统的影响复杂,即有正面效益也有负面效益,总体上呈正相关关系。对森林生态系统食物生产、原料生产、水资源供给的当量因子采用市场价值法进行测算,采用替代成本法对水文调节(污水处理)、气体调节(废气处理)、净化环境(固体废弃物处理)的当量因子进行核算^[26-27]。经计算,森林生态系统各服务功能当量因子如表 3 所示。

表 3 森林生态系统的当量因子

Tab. 3 Equivalence factor of forest service system

生态系统	服务功能										
	食物生产	原料生产	水资源供给	气体调节	气候调节	净化环境	水文调节	土壤保持	维持养分	生物多样性	美学景观
针叶林	0.67	1.59	1.12	5.21	15.55	4.57	13.84	4.88	0.49	5.77	2.51
针阔混交林	0.95	2.18	1.53	7.21	21.56	6.10	14.55	6.78	0.67	7.97	3.50
阔叶林	0.89	2.02	1.41	6.65	19.93	5.92	19.65	6.28	0.61	7.39	3.25
灌木林	0.58	1.32	0.91	4.32	12.97	3.93	13.89	4.08	0.40	4.81	2.12

(3) 建设用地生态系统服务价值核算当量因子

建设用地生态服务系统排放的废气、废水等物质对生态系统产生负面影响,采用防治成本法对水文调节(污水处理)、气体调节(废气处理)、净化环境(固体废弃物处理)进行核算;但建设用地为通过人工调控对水资源进行重新分配,与水域、林地等共

同构成旅游用地,在水资源供给和美学景观方面为正向影响,分别采用市场价值法和旅游成本法进行计算。参考他人的研究^[28-29],其他生态服务价值暂定为 0。相关数据来自赣州市统计局和环保局,数据年份为 2015 年。通过综合计算,建设用地生态系统的当量因子如表 4 所示。

表 4 建设用地生态系统的当量因子

Tab. 4 Equivalence factor of land used for building service system

生态系统	服务功能										
	食物生产	原料生产	水资源供给	气体调节	气候调节	净化环境	水文调节	土壤保持	维持养分	生物多样性	美学景观
建设用地	0	0	3.8	-0.07	0	-0.73	-0.65	0	0	0	11.15

1.3.2 基础当量修正

谢高地等^[12]提出的生态系统服务价值基础

当量表是基于中国 2010 年的相关数据制定的,温室生态系统各功能当量因子计算也是以 2010

年为基础数据进行测算,本文将采用现势性为2015年的地理国情普查项目成果,且江西省赣州市的经济水平与全国平均水平存在差异,因此对草地、湿地、荒漠、裸地、水域、温室的当量因子根

据赣州市2015年平均净初级生产力(NPP),结合2015年赣州市的人均降水量、土壤流失面积比例进行时间和地区的修正。调整后的当量因子如表5所示。

表5 2015年土地资源生态服务的当量因子

Tab.5 Equivalence factor of land resource ecological service in 2015

生态系统分类		供给服务			调节服务				支持服务			文化服务
一级类	二级类	食物生产	原料生产	水资源供给	气体调节	气候调节	净化环境	水文调节	土壤保持	维持养分	生物多样性	美学景观
农田	旱地	1.24	0.58	0.04	0.98	0.52	0.15	0.53	1.16	0.17	0.19	0.09
	水田	1.98	0.13	-5.18	1.62	0.83	0.25	5.35	0.01	0.28	0.31	0.13
	温室	2.04	0.96	0	0.83	0.39	0	0	2.26	0.19	0.13	0.04
森林	针叶林	0.67	1.59	1.12	5.21	15.55	4.57	13.84	4.88	0.49	5.77	2.51
	针阔混交林	0.95	2.18	1.53	7.21	21.56	6.1	14.55	6.78	0.67	7.97	3.5
	阔叶林	0.89	2.02	1.41	6.65	19.93	5.92	19.65	6.28	0.61	7.39	3.25
	灌木林	0.58	1.32	0.91	4.32	12.97	3.93	13.89	4.08	0.4	4.81	2.12
草地	草地	0.53	0.79	0.59	2.77	7.33	2.42	7.26	2.61	0.25	3.07	1.35
湿地	湿地	0.72	0.7	4.93	2.67	5.07	5.07	46.08	2.51	0.25	11.07	6.65
荒漠	荒漠	0.01	0.04	0.04	0.15	0.14	0.44	0.4	0.14	0.01	0.17	0.07
裸地	裸地	0	0	0	0.03	0	0.14	0.06	0.02	0	0.03	0.01
建设用地	建设用地	0	0	3.8	-0.07	0	-0.73	-0.65	0	0	0	11.15
水域	水域	1.13	0.32	15.77	1.08	3.22	7.81	194.44	1.01	0.1	3.59	2.66

1.3.3 标准单位土地资源生态系统服务当量因子的价值量

1个标准单位生态系统服务价值当量因子(以下简称标准当量)是指1 hm²全国平均产量的农田每年自然粮食产量的经济价值。根据谢高地等^[12]的研究,标准单位的当量价值为当年粮食平均价值的1/7。根据赣州市2016年统计年鉴,赣州市2015年粮食作物产量为285.46万t,播种面积为51.25万hm²,赣州市农业局公布平均粮食收购价为1.222元/kg,粮食平均价格为6806.57元/hm²,因此,其1/7为972.37元/hm²,将其与当量因子相乘可得到土地资源生态系统单位价值量。

1.3.4 土地资源生态系统服务价值计算

将对应的土地生态系统的总面积乘以相应的价值系数,然后加权计算出各县(区)土地资源生态系统服务总价值。

1.3.5 土地资源生态补偿优先级

不同地区的经济发展水平差异较大,对土地资源生态补偿的迫切程度也不同^[30]。经济发展好的地区,生态系统服务补偿效果不明显;而社会经济落后地区,生态系统服务补偿占据其生活收入中重要的部分^[31]。因此,有必要采用最直观的方式对各地区土地资源生态补偿的迫切程度进行量化排序^[32]。以单位面积的土地资源生态系统服务非市场价值和单位面积GDP的比值确定土地资源生态补偿的优

先级。单位面积土地资源生态价值包括市场价值和非市场价值部分,从11类功能中扣除食物生产、原料生产、水资源供给3类供给服务功能的价值得到各县(市、区)单位面积土地资源生态系统服务的非市场价值。具体表达为

$$E = V_N / G_N \quad (1)$$

式中 E ——生态补偿优先级

V_N ——单位面积土地资源生态系统服务非市场价值

G_N ——单位面积地区生产总值

2 结果分析与方法验证

2.1 赣州市土地资源生态系统服务总量及其空间差异

测算结果表明(表6),2015年赣州市土地资源生态系统服务价值总量为2138.89亿元,其中供给服务价值125.58亿元,调节服务价值1507.61亿元,支持服务价值为396.81亿元,文化服务价值为108.89亿元,分别占5.87%、70.49%、18.55%和5.09%。在供给服务价值中,食物生产、原料生产、水资源供给分别占25.30%、44.84%、29.86%;调节服务价值中,气体调节、气候调节、净化环境、水文调节分别占12.48%、36.26%、10.88%、40.38%;在支持服务价值中,土壤保持、维持养分、生物多样性分别占43.43%、4.54%、52.03%。

表6 赣州市各县土地资源生态系统服务价值总量
Tab.6 Services value for land resources ecosystem in all counties and districts

亿元

县 (市、区)	供给服务			调节服务				支持服务			文化服务	合计
	食物 生产	原料 生产	水资源 供给	气体 调节	气候 调节	净化 环境	水文 调节	土壤 保持	维持 养分	生物 多样性	美学 景观	
章贡区	0.31	0.51	0.83	1.67	4.80	1.47	7.15	1.55	0.16	1.92	1.99	22.35
赣县	2.36	4.04	2.58	13.57	39.08	11.88	44.91	12.32	1.31	15.23	7.93	155.22
信丰县	2.38	3.82	2.46	12.79	36.72	11.16	45.81	11.61	1.24	13.8	7.44	149.22
大余县	1.06	1.99	1.55	6.62	19.36	5.79	21.63	6.10	0.63	7.25	3.88	75.85
上犹县	1.16	2.18	1.73	7.23	21.15	6.39	24.94	6.66	0.69	7.93	4.03	84.08
崇义县	1.72	3.58	2.83	11.81	34.96	10.38	35.74	11.02	1.11	13.05	6.22	132.43
安远县	1.95	3.76	2.41	12.5	36.74	10.92	38.11	11.56	1.18	13.72	6.92	139.76
龙南县	1.24	2.55	1.99	8.42	24.86	7.39	25.58	7.86	0.79	9.29	4.73	94.71
定南县	0.99	2.06	1.63	6.80	20.10	5.96	20.30	6.35	0.64	7.51	3.84	76.19
全南县	1.25	2.45	1.81	8.13	23.88	7.21	26.23	7.55	0.77	9.12	4.41	92.79
宁都县	3.61	5.74	2.73	19.48	55.77	16.71	60.32	17.56	1.89	21.42	11.18	216.40
于都县	2.28	3.72	2.50	12.49	35.91	10.87	44.09	11.31	1.21	13.49	7.57	145.43
兴国县	2.57	4.21	2.12	14.17	40.60	12.14	43.23	12.79	1.38	15.48	8.14	156.81
会昌县	2.16	3.98	2.59	13.24	38.64	11.62	43.11	12.16	1.26	14.53	7.30	150.60
寻乌县	1.88	4.00	3.06	13.19	39.19	11.66	40.52	12.37	1.23	14.59	7.22	148.92
石城县	1.38	2.20	1.02	7.44	21.34	6.37	23.66	6.70	0.72	7.98	4.08	82.89
瑞金市	2.01	3.39	2.15	11.39	32.91	9.87	37.55	10.36	1.10	12.38	6.74	129.85
南康区	1.44	2.14	1.51	7.26	20.58	6.21	25.97	6.51	0.71	7.77	5.28	85.38
赣州市	31.77	56.31	37.50	188.20	546.58	164.02	608.81	172.33	18.01	206.47	108.89	2 138.89

从生态服务功能类型看,供给服务占比最大的是章贡区,共计1.65亿元,其中水资源供给的贡献率最高,达到50.30%,超过食物生产和水资源供给的总和;供给服务占比较低的是宁都县,仅5.58%。调节服务占比为70.49%,其中信丰县占比排在首位,于都县和上犹县紧随其后,最低的是章贡区;支持服务中土壤保持和生物多样性功能两者的服务功能价值占支持服务的绝大部分,均在95%以上,从各分县情况比较,龙南县支持服务占比最高,为18.95%,最小的是章贡区,为16.22%。文化服务中占比最高的是章贡区,为8.90%,最低的是崇义县,为4.70%。

在赣州市18个县(市、区)中,宁都县生态服务价值总量居于第一位,高达216.40亿元,章贡区最少,仅为22.35亿元。这与各县的土地生态服务系统面积呈正比,但也存在细微的差别,如各县供给服务价值与调节服务、支持服务、文化服务价值比较中,资产价值最高的宁都县和最低的章贡区相比较,各项价值所占的比重不尽相同,如宁都县的水田面积占比比重(13.04%)远大于章贡区的水田面积占比比重(5.39%),由于水田对水资源供给的负相关作用较显著,所以在总服务价值中章贡区与宁都县供给服务价值占比差距最小,而章贡区的建设用地面积占比比重(21.19%)为赣州市最高,建设用地对美学景观的正向作用较为显著,所以章贡区与宁

都县的文化服务价值占比差距居中,森林对生态服务价值的贡献最大,章贡区的森林面积占比较低,因此生态服务价值中章贡区与宁都县的价值比较的差距最大。总的来说,土地资源生态服务价值总量不仅与各地区的面积相关,与各县(市、区)的土地资源的内部结构更是密不可分。

2.2 研究方法验证

利用修正后的价值当量因子表和赣州市2015年土地利用变更调查数据计算土地生态服务价值,进行方法验证,核算结果如表7所示。

从总量上看,利用土地利用变更调查数据计算的结果高出地理国情普查数据核算结果317.85亿元。经对比发现,根据2015年土地利用变更调查结果,赣州市土地资源面积39362.95 km²,与2015年国情普查统计的土地资源面积39362.13 km²,仅相差0.82 km²,排除由总面积差异引起的差距。由于国情普查数据的分类体系与土地利用变更调查的分类体系有很大差别,因此分类中参考地理国情地表覆盖数据划分土地生态系统类型的原则及方法,将土地利用变更调查数据转换为便于进行核算的土地生态系统类型数据。由于土地利用变更调查数据耕地中没有温室大棚这一类别,计算过程中定为0,土地利用变更调查数据中林地仅分到二级类,且仅有“有林地,灌木林地、其他林地”3类,结合其定义将有林地划入针阔混交林,针叶林定为0,将林地中的

表7 基于土地利用变更调查数据的赣州市各县土地资源生态系统服务价值总量

Tab.7 Services value for land resource ecosystem in all counties and districts based on survey data of land use change

亿元

县 (市、区)	供给服务			调节服务				支持服务			文化服务	合计
	食物 生产	原料 生产	水资源 供给	气体 调节	气候 调节	净化 环境	水文 调节	土壤 保持	维持 养分	生物 多样性	美学 景观	
章贡区	0.36	0.53	1.09	1.77	5.10	1.54	9.00	1.61	0.17	1.97	2.42	25.55
赣县	2.88	4.92	4.37	16.53	48.16	14.38	57.02	15.16	1.59	18.12	9.67	192.80
信丰县	2.79	4.39	3.52	14.82	42.70	12.79	52.24	13.46	1.44	16.10	8.99	173.25
大余县	1.25	2.21	1.88	7.43	21.73	6.47	24.57	6.83	0.71	8.19	4.43	85.71
上犹县	1.44	2.66	2.24	8.91	26.13	7.70	27.09	8.23	0.85	9.79	4.97	100.01
崇义县	2.06	4.07	3.19	13.57	40.09	11.66	36.85	12.60	1.29	14.97	7.23	147.57
安远县	2.21	4.14	2.81	13.88	40.77	11.83	37.12	12.81	1.32	15.19	7.63	149.70
龙南县	1.49	2.87	2.18	9.57	28.16	8.11	24.29	8.88	0.91	10.50	5.45	102.40
定南县	1.19	2.34	1.88	7.80	23.02	6.68	21.02	7.24	0.74	8.58	4.41	84.90
全南县	1.43	2.77	2.20	9.25	27.26	7.95	25.81	8.58	0.88	10.19	4.99	101.33
宁都县	3.93	6.24	4.51	21.13	60.90	18.38	75.17	19.18	2.04	23.02	12.02	246.53
于都县	2.85	4.52	3.38	15.35	44.30	13.18	51.77	13.90	1.49	16.70	9.30	176.74
兴国县	3.12	5.10	4.00	17.23	49.89	14.78	56.70	15.67	1.66	18.72	10.4	197.27
会昌县	2.65	4.62	3.19	15.56	45.35	13.26	45.2	14.24	1.49	16.94	8.59	171.08
寻乌县	2.11	4.3	3.36	14.29	42.34	12.34	39.32	13.32	1.35	15.76	7.79	156.29
石城县	1.56	2.53	1.40	8.58	24.76	7.24	24.52	7.78	0.83	9.27	4.74	93.21
瑞金市	2.33	3.97	3.15	13.38	38.92	11.44	41.65	12.23	1.29	14.58	8.07	151.01
南康区	1.76	2.43	2.23	8.31	23.56	7.07	32.37	7.42	0.82	8.92	6.49	101.39
赣州市	37.41	64.63	50.58	217.35	633.13	186.81	681.7	199.16	20.86	237.53	127.58	2456.74

“其他林地”和园地中的“果园、茶园、其他园地”划入阔叶林。由于土地利用变更调查数据中并没有湿地保护区的资料,且很难在数据上从水域中划出湿地,因此仅将内陆滩涂和沼泽地划入湿地;将天然牧草地、人工牧草地、其他草地划入草地;将城市、建制镇、村庄、铁路用地、公路用地、农村道路、机场用地、港口码头用地、管道运输用地、设施农用地、水工建筑用地、风景名胜及特殊用地划入建设用地。将水库水面、湖泊水面、河流水面、坑塘水面、沟渠划入水域。经过重新归类整理后,因采集指标和采集标准的差异导致土地利用变更调查中针阔混交林、旱地、水田、裸地、建设用地、水域面积较地理国情地表覆盖数据有所减少,减少的幅度不尽相同,其他地类呈增加态势。因此,土地资源内部结构对土地资源资产的价值量起着不可低估的作用,地理国情普查数据能够为土地生态服务价值核算提供分类更为精细,结果更为准确的数据。

3 生态补偿应用研究

3.1 土地资源生态补偿优先级

赣州市拥有18个县(市、区),东、南、西边又分别与福建、广东、湖南3省交界。各地区土地资源生态保护积极性,协调保护与经济水平发展关系不一,需要对土地资源生态系统服务功能“外溢者”给予

适当的补偿。根据前文土地资源生态补偿优先级计算公式进行测算,直观地表示各县(市、区)的生态补偿迫切程度。经测算(图2,表8),赣州市各县(市、区)土地资源生态补偿优先级依次为:寻乌县、安远县、崇义县、石城县、会昌县、全南县、宁都县、上犹县、定南县、兴国县、赣县、瑞金县、信丰县、于都县、大余县、龙南县、南康区、章贡区。从空间分布上

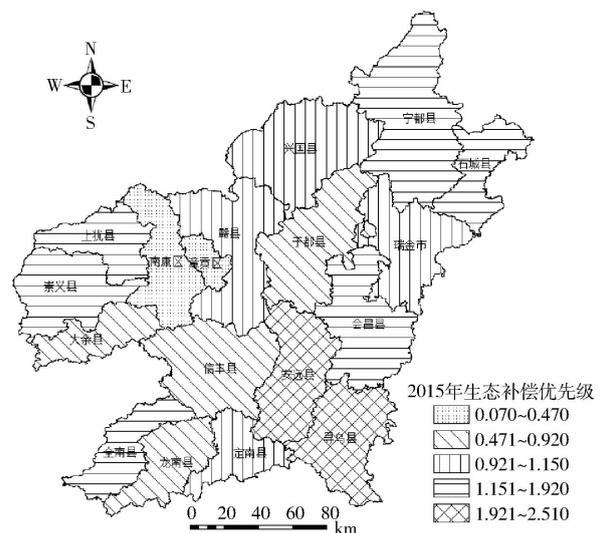


图2 赣州市各县(市、区)土地资源生态补偿优先级分布图

Fig.2 Distribution of priority for land ecological compensation in all counties and districts

表8 赣州市各县(市、区)土地资源生态补偿优先级
Tab.8 Priority for land ecological compensation in all counties and districts

县(市、区)	单位面积土地 资源生态系统服 务非市场价值/ (万元·km ⁻²)	单位面积 GDP/ (万元·km ⁻²)	生态补偿 优先级
章贡区	426.35	6 002.11	0.07
赣县	489.16	443.46	1.10
信丰县	490.45	534.46	0.92
大余县	530.25	677.06	0.78
上犹县	512.52	329.76	1.55
崇义县	563.01	293.99	1.92
安远县	560.19	222.97	2.51
龙南县	541.28	745.97	0.72
定南县	541.28	469.44	1.15
全南县	568.73	346.27	1.64
宁都县	504.65	319.67	1.58
于都县	473.41	574.45	0.82
兴国县	460.09	400.96	1.15
会昌县	523.14	294.78	1.77
寻乌县	595.26	237.35	2.51
石城县	499.83	265.10	1.89
瑞金市	500.94	500.23	1.00
南康区	434.28	920.46	0.47

看,赣州市周边地区生态补偿优先级较高,而中部地区偏低,且单位面积生态系统服务价值偏低的西北部生态补偿优先级也较高。

若赣州市区域内实行生态补偿,章贡区、南康区、龙南县的土地资源生态补偿优先级较低,应该率先支付土地资源生态补偿,特别是章贡区单位面积GDP较高,支付土地资源生态补偿后对章贡区的社会经济发展状况影响较小。而安远县和寻乌县的土地资源生态补偿优先级较高,这两个地区要成为生态保护的重点区域,社会经济相对落后,获得土地资源生态补偿后,对经济环境和社会环境的影响较大,且花费的经济成本相对较低。

3.2 地类补偿

土地生态系统服务价值核算研究中包括土地资源市场价值与非市场价值部分,充分地考虑了土地资源对生态系统服务的价值,可为政府的征地补偿提供参考依据。以农田为例,根据《土地管理法》,农用地征地补偿包括土地补偿费、青苗补偿费、地上附着物补偿费、安置补偿费4个方面,耕地的土地补偿费为征收前3年平均产值的6~10倍。由此可见,在现有的征地补偿政策下,对于农用地的补偿仅仅考虑了其食物生产的功能,尚未考虑其调节、支持、文化等多方面的生态服务价值,从赣州市整体的服务价值构成来看,食物生产仅占总价值的1.49%

(表9),其产值的10倍也仅为总价值的14.9%,远低于核算的总价值。

表9 土地资源生态服务价值构成
Tab.9 Constitute for land resources ecological service value

生态服务类型	价值量/ 亿元	百分比/ %	百分比 合计/%
供给服务	食物生产	31.77	1.49
	原料生产	56.31	2.63
	水资源供给	37.50	1.75
调节服务	气体调节	188.20	8.80
	气候调节	546.58	25.55
	净化环境	164.02	7.67
	水文调节	608.81	28.46
支持服务	土壤保持	172.33	8.06
	维持养分	18.01	0.84
	生物多样性	206.47	9.65
文化服务	美学景观	108.89	5.09

不同的地类补偿标准也存在较大的差异,通过比较土地资源构成和土地资源生态价值构成发现:针叶林、阔叶林、针阔混交林、湿地、水域等地类占土地资源生态价值比重高于土地资源占总面积的比重(表10),说明该地类为生态服务做出的贡献相对更大,为更好地保护生态系统,在进行土地资源转换时,应该对此地类进行重点保护。

表10 地类面积与地类生态服务价值百分比比较

Tab.10 Comparison of percent for area and services value %

一级类	二级类	各地类面积 百分比	各地类生态服 务价值百分比
农田	旱地	1.52	0.15
	水田	8.18	0.84
	温室	0.02	0
森林	针叶林	44.25	44.51
	针阔混交林	9.47	12.38
	阔叶林	22.28	29.51
	灌木林	3.57	3.15
草地	草地	4.16	2.16
湿地	湿地	0.60	0.92
荒漠	荒漠	0.18	0.01
裸地	裸地	0.34	0
建设用地	建设用地	4.11	0.99
水域	水域	1.30	5.38

4 结论

(1)引入地理国情普查成果数据,并结合赣州市的实际情况,增加了温室生态系统以及建设用地生态系统,进一步细化土地资源生态系统分类,

综合制定适用于赣州市的土地生态系统服务价值基础当量表。通过实证分析计算得出,赣州市2015年生态系统服务价值总值为2 138.89亿元,并用2015年土地利用调查变更数据验证方法的可行性。由于两者分类体系的不同,计算结果存在317.85亿元的差异,主要源于湿地、林地等土地生态功能强的地类划分不够准确。同时,也进一步验证利用地理国情普查数据进行核算的优势。

(2)通过土地资源生态资产价值核算,为土地资源补偿提供了参考借鉴意义。一方面,土地生态

优先级的计算表明,土地生态补偿资金应该优先流向安远县、寻乌县等优先级高的区域;另一方面,从土地资源价值构成上看,现有的土地补偿标准仅考虑了土地资源供给价值中的一部分,尚未对生态系统服务价值进行核算,在不考虑补偿资金流向的情况下,长此以往,将会导致我国农用地征用成本过低,承担国家粮食安全战略的耕地、为生态系统作出重大贡献的林地等农用地类红线易被突破。因此,在政策允许的情况下,建议有条件的地方可适度提高农用地征用标准,并加强对林地、湿地等地类的综合保护。

参 考 文 献

- [1] 唐秀美,刘玉,刘新卫,等.基于格网尺度的区域生态系统服务价值估算与分析[J/OL].农业机械学报,2017,48(4):154-158,210.
TANG Xiumei, LIU Yu, LIU Xinwei, et al. Estimation and analysis of ecosystem service value based on grid scale[J/OL]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2017, 48(4): 154-158, 210. http://www.j-csam.org/jcsam/ch/reader/view_abstract.aspx?file_no=20170419&flag=1. DOI:10.6041/j.issn.1000-1298.2017.04.019. (in Chinese)
- [2] 耿建新.我国自然资源资产负债表的编制与运用探讨——基于自然资源资产离任审计的角度[J].中国内部审计,2014(9):15-22.
GENG Jianxin. The research on preparation and application of China's national balance sheet and natural resources balance sheet [J]. Internal Auditing in China, 2014(9): 15-22. (in Chinese)
- [3] 石薇,李金昌.生态系统核算研究进展[J].应用生态学报,2017,28(8):2739-2748.
SHI Wei, LI Jinchang. Progress on the studies of ecosystem accounting[J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2017, 28(8): 2739-2748. (in Chinese)
- [4] 欧阳志云,王如松,赵景柱.生态系统服务功能及其生态经济价值评价[J].应用生态学报,1999,10(5):635-640.
OUYANG Zhiyun, WANG Rusong, ZHAO Jingzhu. Ecosystem services and their economic valuation[J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 1999, 10(5): 635-640. (in Chinese)
- [5] 李丽,王心源,骆磊,等.生态系统服务价值评估方法综述[J].生态学杂志,2018,37(4):1233-1245.
LI Li, WANG Xinyuan, LUO Lei, et al. A systematic review on the methods of ecosystem services value assessment[J]. Chinese Journal of Ecology, 2018, 37(4): 1233-1245. (in Chinese)
- [6] 周晨,李国平.生态系统服务价值评估方法研究综述——兼论条件价值法理论进展[J].生态经济,2018,34(12):207-214.
ZHOU Chen, LI Guoping. A review of evaluation methods of ecosystem services; also on the theoretical progress of contingent valuation method[J]. Ecological Economy, 2018, 34(12): 207-214. (in Chinese)
- [7] 杨欣,蔡银莺,张安录.农田生态补偿理论研究进展评述[J].生态与农村环境学报,2017,33(2):104-113.
YANG Xin, CAI Yinying, ZHANG Anlu. Review of research on theories for farmland ecological compensation[J]. Journal of Ecology and Rural Environment, 2017, 33(2): 104-113. (in Chinese)
- [8] 谢高地,鲁春霞,冷允法,等.青藏高原生态资产的价值评估[J].自然资源学报,2003,18(2):189-196.
XIE Gaodi, LU Chunxia, LENG Yunfa, et al. Ecological assets valuation of the Tibetan Plateau [J]. Journal of Natural Resources, 2003, 18(2): 189-196. (in Chinese)
- [9] COSTANZA R, GROOT R D, SUTTON P, et al. Changes in the global value of ecosystem services[J]. Global Environmental Change, 2014, 26: 152-158.
- [10] WANG W J, GUO H C, CHUAI X W, et al. The impact of land use change on the temporospatial variations of ecosystems services value in China and an optimized land use solution[J]. Environmental Science & Policy, 2014, 44: 62-72.
- [11] 周业晶.城镇环境规划中环境承载力和生态补偿标准的量化研究[D].武汉:华中科技大学,2017.
ZHOU Yejing. A quantitative study on environment carrying capacity and ecological compensation standard in urban environment planning[D]. Wuhan: Huazhong University of Science and Technology, 2017. (in Chinese)
- [12] 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 Gaodi, ZHANG Caixia, ZHANG Leiming, et al. Improvement of evaluation method for ecosystem service value based on per unit area[J]. Journal of Natural Resources, 2015, 30(8): 1243-1254. (in Chinese)
- [13] CONSTAN R D, ARGE R D G. The value of the world's ecosystem services and natural capital[J]. Nature, 1997, 387: 253-260.
- [14] 徐子蒙,李广泳,周旭,等.基于地理国情普查成果的生态系统服务价值核算方法[J].测绘学报,2018,47(10):1396-1405.
XU Zimeng, LI Guangyong, ZHOU Xu, et al. The evaluation method for ecosystem service value based on national census geography results [J]. Acta Geodaetica et Cartographica Sinica, 2018, 47(10): 1396-1405. (in Chinese)
- [15] 李广泳,姜翠红,程滔,等.基于地理国情监测地表覆盖数据的生态系统服务价值评估研究——以伊春市为例[J].生态经济,2016,32(10):126-129,178.
LI Guangyong, JIANG Cuihong, CHENG Tao, et al. Ecosystem services evaluation based on national geographical state monitoring land cover data: taking Yichun as an example [J]. Ecological Economy, 2016, 32(10): 126-129, 178. (in

- Chinese)
- [16] 唐秀美,陈百明,刘玉,等.耕地生态价值评估研究进展分析[J/OL].农业机械学报,2016,47(9):256-265.
TANG Xiumei, CHEN Baiming, LIU Yu, et al. Research advances and perspectives of evaluation on ecological value of cultivated land[J/OL]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2016, 47(9): 256-265. http://www.j-csam.org/jcsam/ch/reader/view_abstract.aspx?file_no=20160936&flag=1. DOI:10.6041/j.issn.1000-1298.2016.09.036. (in Chinese)
- [17] 张婷,蔡海生,张学玲.基于碳足迹的江西省农田生态系统碳源/汇时空差异[J].长江流域资源与环境,2014,23(6):767-773.
ZHANG Ting, CAI Haisheng, ZHANG Xueling. Spatial-temporal dynamics of farmland ecosystem carbon source/sink based on carbon footprint in Jiangxi Province[J]. Resources and Environment in the Yangtze Basin, 2014, 23(6): 767-773. (in Chinese)
- [18] 郭荣中,杨敏华,申海建.长株潭地区耕地生态安全评价研究[J/OL].农业机械学报,2016,47(10):193-201.
GUO Rongzhong, YANG Minhua, SHEN Haijian. Evaluation for ecological security for cultivated land in Chang-Zhu-Tan region[J/OL]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2016, 47(10): 193-201. http://www.j-csam.org/jcsam/ch/reader/view_abstract.aspx?file_no=20161025&flag=1. DOI:10.6041/j.issn.1000-1298.2016.10.025. (in Chinese)
- [19] 李鹏山.农田系统生态综合评价及功能权衡分析研究[D].北京:中国农业大学,2017.
LI Pengshan. Integrated ecological assessment of farmland system and trade-offs analysis of functions[D]. Beijing: China Agricultural University, 2017. (in Chinese)
- [20] 董文军,永来才,孟英,等.稻田生态系统温室气体排放影响因素的研究进展[J].黑龙江农业科学,2015(5):145-148.
DONG Wenjun, LAI Yongcai, MENG Ying, et al. Research progress of greenhouse gases emission in paddy field ecosystems[J]. Heilongjiang Agricultural Science, 2015(5): 145-148. (in Chinese)
- [21] 林挺,黄柳青,陈敏,等.城市绿地土壤温室气体通量及其认为影响因素研究进展[J].安徽农业科技,2015,43(4):266-270.
LIN Ting, HUANG Liuqing, CHEN Min, et al. Research progress in greenhouse gas fluxes of urban green spaces and its artificial factors[J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 2015, 43(4): 266-270. (in Chinese)
- [22] 冯浩,刘晶晶,张阿凤,等.覆膜方式对小麦-玉米轮作农田生态系统净碳汇的影响[J/OL].农业机械学报,2017,48(4):185-194.
FENG Hao, LIU Jingjing, ZHANG Afeng, et al. Effect of film mulching patterns on carbon sequestration in wheat-maize rotation system[J/OL]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2017, 48(4): 185-194. http://www.j-csam.org/jcsam/ch/reader/view_abstract.aspx?file_no=20170424&flag=1. DOI:10.6041/j.issn.1000-1298.2017.04.024. (in Chinese)
- [23] 刘长海,徐世才,苑彩霞,等.蔬菜大棚春季土壤动物群落结构与多样性分析[J].中国农学通报,2011,27(14):253-256.
LIU Changhai, XU Shicai, YUAN Caixia, et al. Community structure and diversity of soil animals in vegetable greenhouse[J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2011, 27(14): 253-256. (in Chinese)
- [24] 唐佳,陈芝兰,方江平.基于能值分析的西藏森林生态系统涵养水源价值估算[J].高原农业,2018,2(6):654-659.
TANG Jia, CHEN Zhilan, FANG Jiangping. Estimation of water conservation in Tibet forest ecosystem based on the energy value[J]. Journal of Plateau Agriculture, 2018, 2(6): 654-659. (in Chinese)
- [25] 李偲,海米提·依米提,李晓东.喀纳斯自然保护区森林生态系统服务功能价值评估[J].干旱区资源与环境,2011,25(10):92-97.
LI Cai, HYMIT·Yimit, LI Xiaodong. Evaluation of the service value of the forest ecosystem in Kanas Natural Reserve[J]. Journal of Arid Land Resources and Environment, 2011, 25(10): 92-97. (in Chinese)
- [26] 郑冲.宁波市森林生态服务评估研究[J].绿色科技,2018(16):303-304.
ZHENG Chong. Study on the evaluation of forest ecological service value in Ningbo City[J]. Journal of Green Science and Technology, 2018(16): 303-304. (in Chinese)
- [27] 刘奕汝,吴强.森林生态系统服务功能价值计量述评[J].林业经济,2018(10):100-103.
LIU Yiru, WU Qiang. A review of forest ecosystem service function value and measurement evaluation[J]. Forestry Economics, 2018(10): 100-103. (in Chinese)
- [28] 周飞,陈士银,吴明发.土地利用结构变化及其生态服务功能响应——以广东省湛江市为例[J].安全与环境学报,2007,7(5):76-79.
ZHOU Fei, CHEN Shiyin, WU Mingfa. Land utility structure changing trend and its response to ecological service functions—a case study in Zhanjiang City, Guangdong Province[J]. Journal of Safety and Environment, 2007, 7(5): 76-79. (in Chinese)
- [29] 张正肖.基于土地生态服务价值的万源市土地利用结构优化研究[D].成都:成都理工大学,2014.
ZHANG Zhengxiao. Based on the ecosystem services value of land in Wanyuan City's land use structure optimization research[D]. Chengdu: Chengdu University of Technology, 2014. (in Chinese)
- [30] 孟雅丽,苏志珠,马杰,等.基于生态系统服务价值的汾河流域生态补偿研究[J].干旱区资源与环境,2017,31(8):76-81.
MENG Yali, SU Zhizhu, MA Jie, et al. Ecological compensation of Fenhe river watershed based on ecosystem service value[J]. Journal of Arid Resources and Environment, 2017, 31(8): 76-81. (in Chinese)
- [31] 何军,马娅,张昌顺,等.基于生态服务价值的广州市生态补偿研究[J].生态经济,2017,33(12):184-188,218.
HE Jun, MA Ya, ZHANG Changshun, et al. Study on ecological compensation of Guangzhou based on ecological service value[J]. Ecological Economy, 2017, 33(12): 184-188, 218. (in Chinese)
- [32] 闫丰,王洋,杜哲,等.基于IPCC排放因子法估算碳足迹的京津冀生态补偿量化[J].农业工程学报,2018,34(4):15-20.
YAN Feng, WANG Yang, DU Zhe, et al. Quantification of ecological compensation in Beijing-Tianjin-Hebei based on carbon footprint calculated using emission factor method proposed by IPCC[J]. Transactions of the CSAE, 2018, 34(4): 15-20. (in Chinese)