

喀斯特区域耕地生态承载力供需现状评价

——以铜仁市为例*

王雅敬 赵震洋 王金艳 罗海波

(铜仁市自然资源局, 贵州铜仁 554300)

【摘要】进行耕地生态承载力供需评价,对区域耕地资源合理开发利用,协调人与自然环境可持续发展具有重要意义。以喀斯特地区耕地生态承载力供需现状为切入点,借助耕地生态足迹模型和GIS软件,在修正耕地产量因子基础上,对以喀斯特地貌为主的铜仁市2017年耕地生态供需现状进行定量评价。结果表明:1)铜仁市耕地资源生态承载力供给状态良好;2)各区县耕地生态承载力供需平衡指数EI与耕地面积、农业产值之间存在明显的负相关关系;3)各区县耕地生态承载力供需平衡指数EI与地区人口数量及生产总值之间存在正相关关系。以期为铜仁市生态安全预警、国土空间规划编制及农业产业结构调整提供决策依据。

【关键词】生态承载力;耕地;供需现状;铜仁市

【中图分类号】F323.211

【文献标识码】A

【文章编号】1004—5570(2019)04—0007—06

在社会经济快速发展,区域产业结构和生态环境发生较大变化背景下,景观生态研究的热点是如何实现区域可持续发展^[1]。生态足迹方法可以用来度量人类对自然资源的利用程度和自然界为人类生存发展所消耗的能源所提供的支持^[2]。已有研究^[3-5]表明,生态足迹模型是定量研究区域可持续发展状况的重要方法。“生态足迹”概念最早由加拿大生态经济学家Rees WE^[6]于1992年提出,Rees WE和Wackernagel M^[7]对“生态足迹”概念不断完善,随后又提出了生态足迹的计算模型和方法。喀斯特地区生态环境极其脆弱,学者们对喀斯特地区生态系统服务功能价值变化及其影响因素已进行了较为深入的研究^[8-11]。选取贵州省铜仁市为研究区,旨在考察喀斯特生态脆弱区域如何合理开发利用耕地资源,协调人与自然环境发展。铜仁市地处中国14个集中连片特困地区之一的武陵山区,属于《全国生态脆弱区保护规划纲要》划定的西南岩溶山地石漠化生态脆弱区,是长江上游重要的生态安全屏障,长江流域饮水安全重要水源地,长期面临着发展经济与保护环境的双重任务和双重压力^[12-13]。应用生态足迹模型和GIS技术,从耕地资源需求角度,分析岩溶地区铜仁市的耕地保护、生态安全状况以及受耕地面积、人口数量、农业产值及地区生产总值的影响状况,对于生态脆弱区合理开发利用耕地资源,协调人与自然环境具有一定指导意义,研究以期为铜仁市生态安全预警、国土空间规划编制以及农业产业结构调整提供决策参考。

1 研究区域概况

铜仁市地处贵州省东北部,西邻遵义市,北接重庆市,东与湖南省怀化市接壤;地跨107°45′~109°30′E、27°07′~29°05′N之间;地处云贵高原向湘西丘陵过渡的斜坡地带,地势西北高,东南低,全境以山地为主,山地占全市总面积的67.8%;气候属于亚热带季风性湿润气候,冬无严寒,夏无酷暑,降水丰富,多年平均降水量在1110~1410mm之间。全市国土面积1.8万

收稿日期:2018—12—26

基金项目:国家重点研发计划项目(2016YFC0502406);教育部人文社科重点研究基地重大项目(14JJD720016)

作者简介:王雅敬(1984—),男,博士,高级工程师,研究方向:生态景观与土地利用规划,E-mail:Hexiwangyajing@163.com.

km²，喀斯特岩溶面积 10965km²，占土地总面积的 61%，石漠化面积 3219km²，潜在石漠化面积 3945km²^[14]。现辖 10 个区县，2017 年末，全市常住人口 315.69 万人，全年城镇居民人均可支配收入 26944 元，农村居民人均可支配收入 8425 元。按照省委、省政府对铜仁市的定位要求，铜仁市坚持生态优先、绿色发展，全力推进国家生态文明试验区建设，奋力创建新时代绿色发展先行示范区，着力打造绿色发展高地，努力实现经济社会和生态文明可持续发展。

2 研究方法、数据来源及处理

2.1 模型构建

2.1.1 需求模型

耕地生态足迹是指耕地生产蔬菜、油料、粮食等农作物和吸纳这些农作物被消费以后所产生废弃物需要的耕地面积^[15]。在一定区域内，通过估算人类生存对耕地资源生态服务的需求量，与耕地所能够提供生态服务之间的差距，能够掌握区域内人类对耕地资源的利用强度及耕地承载力。公式^[16]表达为：

$$EF = N \times ef \quad (1)$$

$$ef = \sum_{i=1}^n rA_i \quad (2)$$

(1)、(2)式中，EF 为研究区耕地总生态足迹，单位：hm²；N 为研究区人口数量，单位：万人；ef 为人均耕地生态足迹，单位：hm²；i 为消费项目；r 为研究区耕地均衡因子；A_i 为研究区人均第 i 种农作物消费项目，经过折算的生产性耕地面积。铜仁市主要农作物有稻谷、玉米、小麦、花生、油菜籽 5 种，因此，耕地生态承载力及生态足迹的计算分析的生物产品采用这 5 种作物。已有研究^[17]表明，耕地均衡因子在长时段内发生的变化较小，所以研究引用 Wackernagel M 于 2004 年修正后的耕地均衡因子 2.17^[18]。

2.1.2 供给模型

耕地生态承载力是指区域内耕地所拥有的生物生产性能力，反映耕地对人类需求的供给能力^[19]。计算公式^[19]为：

$$EC = N \times ec \quad (3)$$

$$ec = a \times r \times y \quad (4)$$

(3)、(4)式中，EC 为总生态承载力，单位：hm²，ec 为人均耕地生态承载力，单位：hm²，a 为人均耕地面积，单位：hm²，y 为耕地产量因子。农作物的产量因子是指该作物平均产量与全球平均产量的比值^[20]。学者们研究采用的耕地产量因子，多是引用 Wackernagel M 等在计算中国生态足迹时所采用的产量因子 1.66^[21]。由于铜仁市属于岩溶地区，土壤贫瘠，水土流失严重，生态环境脆弱，因此有必要对产量因子进行修正。研究以 2017 年铜仁市农作物产量数据为基础，修正耕地产量因子见(表 1)。按照原生态足迹模型在计算生态承载力时，需要扣除 12%的总生产性土地面积作为生物多样性保护区域^[22]。

表 1 铜仁市 2017 年耕地产量因子计算结果

Tab. 1 The calculation results of cultivated land yield factor of Tongren in 2017

项目	玉米	稻谷	小麦	花生	油菜籽
年产量 (10 ⁴ t)	29.07	47.77	3.74	3.61	11.05
种植面积 (10 ³ hm ²)	66.65	75.32	13.64	17.28	62.34
平均产量 (kg/hm ²)	4361	6342	2741	2089	1772
全球均产量 (kg/hm ²)	6147	4624	3932	3044	2754
作物产量因子	0.71	1.37	0.7	0.69	0.64
占总耕地面积比例%	13.78	15.58	2.82	3.57	12.89
耕地产量因子					0.95

2.1.3 供需平衡模型

供需平衡指数 (EI) 是指区域人均耕地生态足迹与耕地生态承载力两者之间的比值, 其结果反映区域耕地生态资源需求与供给之间的关系^[23]。因此, EI 可以用于分析区域耕地生态承载力供需状况。公式^[23]表达为:

$$EI = \frac{ef}{ec} \quad (5)$$

当 EI=1 时, 表明耕地生态平衡; EI>1 时, 耕地生态赤字; EI<1 时, 耕地生态盈余。从理论角度来看, 当 EI 等于 1 时, 表明研究区耕地生态服务平衡, 然而在实际研究中出现这种情况的概率较小。因此, 研究引用已有喀斯特地区耕地生态供给状况级别划分的研究成果^[24] (表 2), 对铜仁市的耕地生态承载力供需状况进行评估。

表 2 基于 EI 的喀斯特地区耕地生态承载力供需平衡评价标准划分

Tab. 2 Evaluation criteria for balance between supply and demand of cultivated land ecological carrying capacity in Karst areas of based on EI

类型	承载状况	EI
生态赤字区	严重超载	$1.45 \leq EI$
	超载	$1.15 \leq EI < 1.45$
生态平衡区	平衡	$0.85 < EI < 1.15$
生态盈余区	盈余	$0.55 \leq EI \leq 0.85$
	富裕	$0.55 < EI$

2.2 数据来源

铜仁市农作物产量、人口、GDP 及其他数据来源于 2018 年《贵州统计年鉴》、2018 年《铜仁统计年鉴》、《2017 年铜仁市国民经济和社会发展统计公报》; 各区县耕地生态足迹计算中农作物的消费量选用铜仁市人均消费量数据; 全球农作物产量相关数

据来源于 2017 年《国际统计年鉴》。

3 结果与分析

3.1 铜仁市耕地生态足迹评价

2017 年铜仁市耕地总生态足迹为 383534.88hm²，人均 0.12hm²。其中，思南县耕地生态足迹最高，为 61097.82hm²，万山区最低，为 14457.43hm²，玉屏、江口、印江、石阡、碧江、德江、沿河、松桃 8 区县的耕地生态足迹分别为 15514.4hm²、21285.22hm²、34892.21hm²、37236.99hm²、38901.41hm²、45194.65hm²、55059.71hm²、59895.05hm²(图 1)。全市各区县平均耕地生态足迹为 38353.49hm²，其中，思南、松桃、沿河、德江和碧江 5 区县的耕地生态足迹高于全市各区县耕地生态足迹的平均值，万山、江口、玉屏、石阡及印江 5 区县的耕地生态足迹低于全市各区县耕地生态足迹的平均值。耕地生态足迹主要是由区域人口数量决定，铜仁市各区县人口数量的差异性导致耕地生态足迹在空间分布上存在差异性。

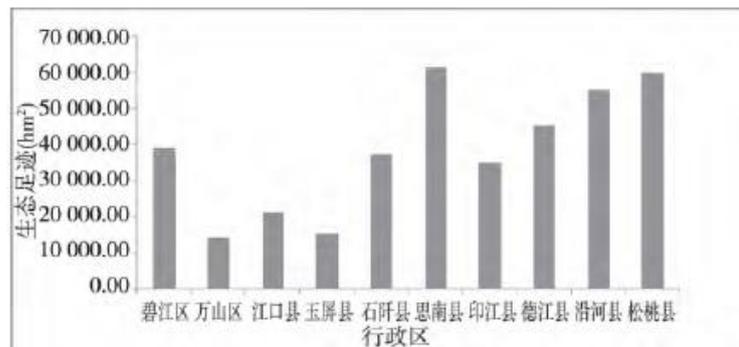


图 1 2017 年铜仁市各区县耕地生态足迹

Fig. 1 The ecological footprint of cultivated land in each district of Tongren in 2017

3.2 铜仁市耕地生态承载力评价

2017 年，铜仁市耕地总生态承载力为 996857.85hm²。其中，沿河县耕地生态承载力最高为 160599.38hm²，玉屏县最低为 28905.07hm²。全市各区县平均耕地生态承载力为 99685.78hm²，其中碧江、万山、江口、玉屏 4 区县的耕地生态承载力低于全市各区县耕地生态承载力的平均值，其他县耕地生态承载力均高于全市各区县耕地生态承载力的平均值。全市人均耕地生态承载力为 0.32hm²，其中碧江、玉屏、思南及松桃 4 区县的人均耕地生态承载力低于全市平均值，其他各区县的人均耕地生态承载力均高于全市平均值(图 2)。耕地生态承载力主要由区域内耕地面积数量决定，全市各区县耕地面积分布不均，使得耕地生态承载力在空间分布上存在差异。

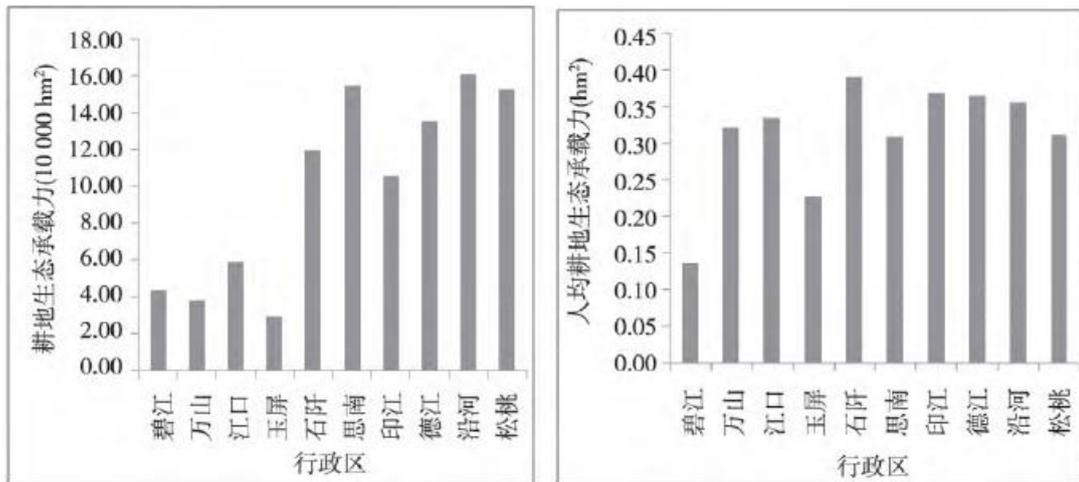


图 2 2017 年铜仁市各区县耕地生态承载力及人均耕地生态承载力

Fig.2 The cultivated land ecological carrying capacity and per capita cultivated land ecological carrying capacity of each district of Tongren in 2017

3.3 铜仁市耕地生态承载力状况及影响因素

利用耕地生态承载力供需平衡指数(EI)，对全市各县区耕地生态承载状况进行分析，如图 3。铜仁市 10 区县的耕地生态均呈现盈余态势，全市人均耕地生态盈余 0.19hm²，其中碧江区人均耕地生态盈余量在各区县中最少，为 0.01hm²，石阡县最多，为 0.27hm²。为了解铜仁市各区县耕地生态承载力供需状况在空间上的分布情况，根据表 2 喀斯特地区耕地生态承载力供需平衡状况划分标准，铜仁市耕地生态承载力盈余区包括松桃、思南、玉屏及碧江 4 个区县，常住人口 144.38 万人，约占全市总人口数的 45.73%，石阡、印江、德江、沿河、江口及万山 6 区县属于富裕区，常住人口 171.31 万人，约占全市总人口数的 54.27%。从耕地面积来看，耕地生态富裕区的面积最大，为 299427.86hm²，约占全市耕地总面积的 61.92%，生态盈余区耕地面积为 184131.61hm²，约占总耕地面积的 38.08%。

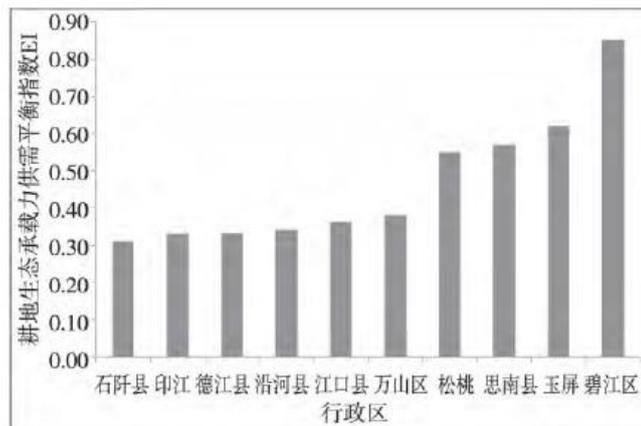


图 3 铜仁市基于 EI 的耕地生态承载力供需平衡评价

Fig.3 The evaluation of balance between supply and demand of cultivated land ecological carrying capacity based on EI of Tongren

为分析铜仁市耕地生态承载力供需现状与耕地面积、人口数量、农业产值及地区生产总值之间的关系，选取 2017 年铜仁市各区县耕地面积、人口数量、农业产值、地区生产总值与 EI 进行相关性分析，结果显示，铜仁市各区县 EI 与耕地面积、农业产值之间存在明显的负相关关系，而与地区人口数量及生产总值之间存在正相关关系(图 4)，即耕地面积多、农业产值高的区县耕地生态承载供需状况好，处于富裕态势；而人口数量多、地区生产总值高的区县耕地生态承载力供需状况 EI 值相对较高，处于盈余态势。这是因为耕地面积多、农业产值高的区县耕地生态承载力强，在同等条件下能够供养的人口数量多，而人口数量多、地区生产总值高的区县耕地数量及耕地质量保护压力大。因此，岩溶山区应大力发展生态产业^[25]提高耕地生态承载力。

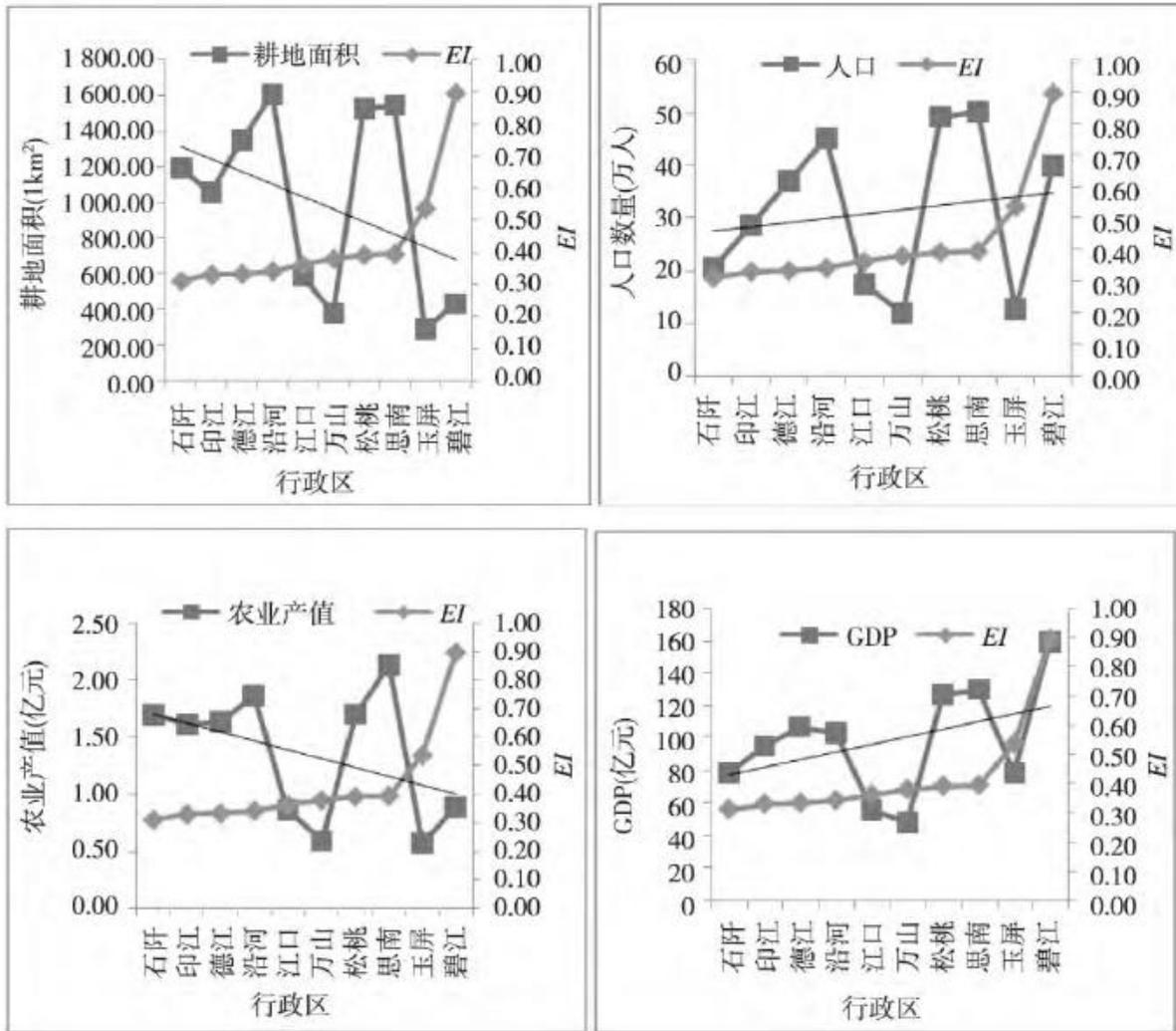


图 4 各区县 EI 与耕地面积、人口数量、农业产值及地区生产总值之间的关系

4 结论与讨论

借助耕地生态足迹模型，对铜仁市 2017 年耕地生态承载力供需现状进行研究，结论如下：

- 1) 铜仁市耕地生态承载力供需状况良好，同时在空间分布上表现为南北富裕，而东西盈余的态势；
- 2) 各区县耕地生态承载力供需平衡指数 EI 与耕地面积、农业产值之间存在明显的负相关关系；

3) 各区县耕地生态承载力供需平衡指数 EI 而与地区人口数量及生产总值之间存在正相关关系。近年来铜仁市经济发展迅速,“工业化、信息化、城镇化、农业现代化”同步快速推进过程中,耕地不断被非农化时有发生,在一定程度上改变了区域耕地生态承载力的供需状况。因此,铜仁市在国土空间规划编制和经济发展政策实施中,要将耕地生态承载力供需现状作为决策制定和规划编制的依据,协调好耕地保护与经济发展之间的关系。

耕地生态承载供需状况是动态变化的,与地区农业产量、经济发展水平及耕地面积等因素变化有很大关系,近年来随着农村基础设施改善,使得非农建设用地面积不断增加,导致耕地面积呈现逐年减少趋势。另外,国家已全面放开二孩政策,这些政策因素将会引起岩溶地区耕地生态供需矛盾发生新的变化,并将成为后续研究所关注的问题。

参考文献:

- [1] 施开放,刁承泰,孙秀峰,等. 基于耕地生态足迹的重庆市耕地生态承载力供需平衡研究 [J]. 生态学报, 2013, 33(6):1872-1880.
- [2] 高翀,王京安. 生态足迹理论研究进展及实践综述 [J]. 商业经济研究, 2011(10):6-7.
- [3] 楚芳芳,蒋涤非. 基于能值改进生态足迹的长株潭城市群可持续发展研究 [J]. 长江流域资源与环境, 2012, 21(2):145-150.
- [4] 李炳意,师学义. 基于生态足迹的资源型城市可持续发展能力分析 [J]. 水土保持研究, 2016, 23(2):255-261.
- [5] 陈兴鹏,崔理想,许新宇,等. 基于生态足迹的高台县耕地可持续利用分析 [J]. 西北师范大学学报(自然科学版), 2012, 48(4):90-93.
- [6] REES W E. Ecological footprints and appropriated carrying capacity: What urban economics leaves out [J]. Environment and Urbanization, 1992, 4(2):121-130.
- [7] WACKER NAGEL M, REES W E. Our ecological footprint: Reducing human impact on the earth [M]. Gabriela Island: New Society Publishers, 1998.
- [8] 吴松,安裕伦,马良瑞. 城市化背景下喀斯特流域生态服务价值时空分异特征 [J]. 长江流域资源与环境, 2015, 24(9):1592-1598.
- [9] 张明阳,王克林,刘会玉,等. 桂西北典型喀斯特区生态服务价值的环境响应及其空间尺度特征 [J]. 生态学报, 2011, 31(14):3947-3955.
- [10] 凡非得,罗俊,王克林,等. 桂西北喀斯特地区生态系统服务功能重要性评价与空间分析 [J]. 生态学杂志, 2011, 30(4):804-809.
- [11] 张亮,胡宝清. 基于土地利用变化的喀斯特地区生态服务价值损益估算 [J]. 中国岩溶, 2008, 27(4):335-339.
- [12] 陈勇杰,张朝琼,王济. 西部欠发达地区生态宜居城市评价与建设研究:以贵阳市为例 [J]. 贵州师范大学学报(自然科

学版), 2017, 35(2):7-13.

[13] 赵宇鸾, 葛玉娟, 旷成华, 等. 乡村振兴战略下贵州山区森林转型路径研究 [J]. 贵州师范大学学报(自然科学版), 2018, 36(1):1-7.

[14] 张勇. 铜仁市石漠化成因及水土保持措施 [J]. 水利科技与经济, 2014, 20(6):86-87.

[15] 董国仓, 罗有贤, 翁才银, 等. 基于 Arcgis 的重庆市县域生态足迹差异分析 [J]. 经济地理, 2009, 29(11):1885-1889.

[16] 黄宝荣, 崔书红, 李颖明. 中国 2000—2010 年生态足迹变化特征及影响因素 [J]. 环境科学, 2016, 37(2):420-426.

[17] 董景瑜, 王三. 重庆市北碚区耕地面积变化及其驱动力分析 [J]. 山西农业科学, 2015, 43(3):349-353.

[18] WACKERNAGEL M, MONFREDA C, ERBK H, et al. Ecological footprint time series of Austria, the Philippines, and South Korea for 1961-1999: Comparing the conventional approach to an 'actual land area' approach [J]. Land Use Policy, 2004, 21(3):261-269.

[19] 董立翔, 叶永波, 顾毅. 基于改进模型的台州市水资源生态足迹与生态承载力的时空分析 [J]. 人民珠江, 2018, 39(12):116-123.

[20] 王建洪, 任志远, 苏雅丽. 基于生态足迹的 1997—2009 年西安市土地生态承载力评价 [J]. 干旱地区农业研究, 2012, 30(1):224-229.

[21] WACKERNAGEL M, ONISTO L, BELLO P, et al. National natural Capital accounting with the ecological footprint concept [J]. Ecological Economics, 1999, 29(3):375-390.

[22] 陈成忠, 林振山. 中国生态足迹和生物承载力构成比例变化分析 [J]. 地理学报, 2009, 64(12):1523-1533.

[23] 程超. 基于生态足迹改进模型的云南省耕地利用可持续性研究 [D/OL]. 昆明: 云南财经大学, 2017:35-37 [2018-12-02]. <https://wenku.baidu.com/view/6d9f2f8f4793daef5ef7ba0d4a7302768e996fe3.html>.

[24] 王雅敬, 谢炳庚, 李晓青, 等. 喀斯特地区耕地生态承载力供需平衡研究 [J]. 生态学报, 2017, 37(21):7030-7038.

[25] 梅再美. 试论喀斯特石漠化产业的构建:以贵州省为例 [J]. 贵州师范大学学报(自然科学版), 2017, 35(6):1-8.