

# 资源型城市邢台市生态足迹核算与预测研究

李玉平<sup>1</sup>, 朱琛<sup>2</sup>, 朱金亮<sup>1</sup>, 闫伟乐<sup>3</sup>

(1. 邢台学院 地理系, 河北 邢台 054001; 2. 河北师范大学

资源与环境科学学院, 河北 石家庄 050016; 3. 西北大学 城市与环境学院, 西安 710000)

**摘要:**运用生态足迹和灰色预测模型,对资源型城市——邢台市 2003—2011 年的生态足迹进行分析,并对未来时段的生态足迹进行预测。结果表明:邢台市人均生态足迹从 2003 的 1.866 hm<sup>2</sup>/人增至 2011 年的 2.133 hm<sup>2</sup>/人,增加了 0.267 hm<sup>2</sup>/人;而生态承载力却由 0.376 5 hm<sup>2</sup>/人降至 0.356 8 hm<sup>2</sup>/人,下降了 0.019 7 hm<sup>2</sup>/人,从而产生了生态赤字;生态赤字由 2003 年的 -1.489 5 hm<sup>2</sup>/人降至 2005 年的 -1.951 2 hm<sup>2</sup>/人,出现了极值,然后又升至 2011 年的 -1.776 2 hm<sup>2</sup>/人,呈“V”字形。邢台市的发展处于不可持续的状态。预测结果显示:2012—2025 年,邢台市生态赤字逐年增大,从 2012 年的 -1.746 6 hm<sup>2</sup>/人,增加到 2025 年的 -1.685 6 hm<sup>2</sup>/人。邢台市未来资源消费仍将大大超过其生态承载力,处于不可持续的状态。因此,邢台市必须优化能源利用结构,加大土地开发整理力度,采取一系列有效的措施,提高社会经济的可持续水平。

**关键词:**资源型城市;生态足迹;可持续发展;邢台市

中图分类号:F301.2

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2013)04-0248-05

## Research for City Ecological Footprint Calculation and Prediction of Xingtai City of Resource Type

LI Yu-ping<sup>1</sup>, ZHU Chen<sup>2</sup>, ZHU Jin-liang<sup>1</sup>, YAN Wei-le<sup>3</sup>

(1. Department of Geography, Xingtai University, Xingtai, Hebei 054001, China;

2. Institute of Resources and Environmental Science, Hebei Normal University, Shijiazhuang,

050016, China; 3. College of Urban and Environmental Sciences, Northwest University, Xi'an 710000, China)

**Abstract:**The method of ecological footprint and the grey prediction model were applied to analyze the change of ecological footprint during 2003 and 2011 trend of resources-based cities-Xingtai city, and the ecological footprint of the future forecast. The results indicated the per capita ecological footprint of Xingtai city ranged from 1.866 hm<sup>2</sup> per capital to 2.133 hm<sup>2</sup> per capital between 2003 and 2011, increasing 0.267 hm<sup>2</sup> per capital. The ecological carrying capacity varied from 0.376 5 hm<sup>2</sup> per capital to 0.356 8 hm<sup>2</sup> per capital, decreasing by 0.019 7 hm<sup>2</sup> per capital and resulting in the ecological deficit. Negative 1.951 2 hm<sup>2</sup> per capital ecological deficit changed into negative 1.489 5 hm<sup>2</sup> per capital from 2003 to 2005, the extreme value presented, and then it returned to minus 1.776 2 hm<sup>2</sup> per capital people in 2011, its variation shaped looked like the "V", indicating that the development of Xingtai was in unsustainable state. The predictive results show that: from 2012 to 2025 in Xingtai City, the ecological deficit will increase year by year, from 1.746 6 hm<sup>2</sup> per capital in 2012 to 1.685 6 hm<sup>2</sup> per capital in 2025. The future resource consumption of Xingtai city will greatly exceed the ecological carrying capacity, and is unsustainable. Xingtai city must optimize the energy structure, increase the intensity of land development and consolidation, take a series of effective measures for the purpose of improving the sustainable social and economic level.

**Key words:**resource type cities; ecological footprint; sustainable development; Xingtai city

资源型城市是指以当地不可再生自然资源的开采和加工为主导产业的工业城市。资源型城市可持续发展问题一直备受各界的广泛关注<sup>[1-2]</sup>。邢台市是全国重要的煤炭基地和以装备制造、煤盐化工、新能源、汽车工业、新型建材为主的新型工业基地,属于典型的资源型城市。生态足迹模型<sup>[3]</sup>作为一种衡量自然资源可持续利用的生物物理定量评价工具,以其理论思想的新颖性、概念的形象性、内涵的丰富性、可操作性、易接受性、全球可比性、计算项目的综合性和教育性等优点,很快得到国际学术界、政府组织和非政府组织的广泛关注和积极响应,并在众多研究者的质疑和争论中不断改进、发展和完善<sup>[4-19]</sup>。本研究在对资源型城市——邢台市生态足迹动态研究的基础上,进行生态足迹的预测研究,通过纵向对比探索邢台市生态足迹发展规律,以期对邢台市产业结构调整、产业布局优化和城乡统筹发展策略制定、实现可持续发展提供科学的决策依据。

## 1 研究区域概况与研究方法

### 1.1 研究区域概况

邢台市位于河北省南部,处于北纬 36°50′—37°47′,东经 113°52′—115°49′之间,总面积 12 486 km<sup>2</sup>。东以卫运河为界与山东省相望,西依太行山与山西省毗邻,南与邯郸市相连,北分别与石家庄市、衡水市接壤,辖区东西最长处约 185 km,南北最宽处约 80 km,市政府所在地北距省会石家庄市 106 km,距首都北京 396 km。邢台市是我国重要的煤炭基地和以装备制造、煤盐化工、新能源、汽车工业、新型建材为主的新型工业基地。邢台市生态环境能否承载社会经济的可持续发展是值得研究的问题,因而迫切需要对该市经济社会可持续发展状态有清醒的认识和定位。

### 1.2 数据来源

研究数据主要来自河北年鉴(2003—2011年)<sup>[20]</sup>、河北经济年鉴(2003—2011年)<sup>[21]</sup>和中国统计年鉴(2003—2011年)<sup>[22]</sup>。

### 1.3 研究方法

1.3.1 生态足迹模型 生态足迹是指为了满足一定地区的人口消费所需的生产性土地和水域的面积,以及吸纳这些人口所产生的废弃物的土地面积之和<sup>[23]</sup>。

本文采用世界自然基金会 2002 年公布的均衡因子,即:耕地为 2.11,草地为 0.47,林地为 1.35,水域为 0.35,能源用地为 1.35,建筑用地为 2.11。产量因子采用 Wackernagel 等计算中国生态足迹时的取

值:耕地为 1.66,草地为 0.19,林地为 0.91,水域为 1.00,能源用地为 0<sup>[24-25]</sup>。

$$\text{生态足迹计算: } EF = Nef = N \sum_{i=1}^n (r_i c_i / p_i)$$

式中:EF——区域总的生态足迹;N——区域人口总数;ef——区域人均生态足迹;i——消费商品和投入的类型;r<sub>i</sub>——均衡因子;c<sub>i</sub>——第 i 类商品的人均消费量;p<sub>i</sub>——第 i 类消费商品的世界平均生产能力。

生态承载力是指区域内部的生物生产性土地数量。

其计算公式为:

$$EC = Nec = N \sum_{j=1}^6 (a_j r_j / y_j)$$

式中:EC——区域总生态承载力;N——区域人口总数;ec——区域人均生态承载力;j——区域生物生产性土地的类型;a<sub>j</sub>——区域人均生物生产性土地面积;r<sub>j</sub>——均衡因子;y<sub>j</sub>——产量因子。

最后,将生态足迹和生态承载力的计算结果进行比较:如果生态足迹大于生态承载力,形成生态赤字,是不利于可持续发展的;如果生态足迹小于生态承载力,则形成生态盈余,这是有利于可持续发展的。

1.3.2 灰色预测模型 灰色预测模型就是对某一指标的发展变化情况所作的预测,其预测的结果是该指标在未来各个时刻的具体数值。如果所要预测的某项指标的原始数据波动性太大,其发展趋势无规律可循时,则无法用回归预测法对其进行预测,鉴于此,邢台市生态足迹更适合用灰色预测法<sup>[26-27]</sup>进行预测。

## 2 结果与分析

### 2.1 2003—2011 年邢台市人均生态足迹

表 1 显示,邢台市 2003—2011 年间,人均生态足迹需求总体呈波动上升趋势;从生态足迹各组份结构比例来看,能源用地、耕地、草地三者所占比例达 95%以上,林地、水域、建筑用地所占的比例较小。

### 2.2 2003—2011 年邢台市人均生态承载力

同类生物生产性土地的生产力,在不同区域之间可能存在一定差异,因而不同区域同类生物生产性土地的实际面积不能直接进行比较。因此,在测算任何区域的生态承载力时,需要引入产量因子,将各区域同类生物生产性土地转化为可比面积的参数,同时,按照世界环境与发展委员会的建议,还要留出 12%的生物生产性土地面积来保护生物多样性,所以实际可以利用的生态承载力应该是扣除生物多样性保护面积之后的生态承载力<sup>[24-25]</sup>,经计算得出邢台市 2003—2011 年的人均生态承载力(表 2)。

表 1 邢台市 2003—2011 年人均生态足迹及各组份结构比例

年份	项目	耕地	草地	林地	水域	能源用地	建筑用地	人均生态足迹
2003	生态足迹(hm <sup>2</sup> /人)	0.499	0.680	0.040	0.011	0.632	0.004	1.866
	比例/%	26.742	36.442	2.144	0.589	33.869	0.214	100.000
2004	生态足迹(hm <sup>2</sup> /人)	0.497	0.705	0.041	0.009	0.771	0.005	2.028
	比例/%	24.507	34.763	2.022	0.444	38.018	0.247	100.000
2005	生态足迹(hm <sup>2</sup> /人)	0.533	0.724	0.042	0.009	1.008	0.005	2.321
	比例/%	22.964	31.193	1.810	0.388	43.430	0.215	100.000
2006	生态足迹(hm <sup>2</sup> /人)	0.546	0.749	0.044	0.009	0.820	0.006	2.174
	比例/%	25.115	34.453	2.024	0.414	37.718	0.276	100.000
2007	生态足迹(hm <sup>2</sup> /人)	0.560	0.476	0.044	0.009	1.071	0.006	2.166
	比例/%	25.854	21.976	2.031	0.416	49.446	0.277	100.000
2008	生态足迹(hm <sup>2</sup> /人)	0.574	0.500	0.046	0.008	0.932	0.005	2.065
	比例/%	27.797	24.213	2.228	0.387	45.133	0.242	100.000
2009	生态足迹(hm <sup>2</sup> /人)	0.573	0.523	0.047	0.008	0.907	0.004	2.062
	比例/%	27.779	25.383	2.265	0.378	44.010	0.184	100.000
2010	生态足迹(hm <sup>2</sup> /人)	0.587	0.541	0.046	0.008	0.968	0.004	2.154
	比例/%	27.252	25.116	2.136	0.371	44.940	0.186	100.000
2011	生态足迹(hm <sup>2</sup> /人)	0.629	0.551	0.046	0.008	0.894	0.003	2.133
	比例/%	29.489	25.832	2.157	0.375	41.913	0.141	100.000

表 2 邢台市 2003—2011 年人均生态承载力及结构比例

年份	项目	耕地	草地	林地	水域	建筑用地	生物多样性保护	人均生态承载力
2003	承载力(hm <sup>2</sup> /人)	0.3401	2.2700E-07	0.0251	0.0001	0.0625	0.0513	0.3765
	比例/%	79.4950	5.3062E-05	5.8670	0.0230	14.6140		
2004	承载力(hm <sup>2</sup> /人)	0.3378	2.2700E-07	0.0249	0.0001	0.0621	0.0510	0.3739
	比例/%	79.4960	5.3426E-05	5.8670	0.0240	14.6130		
2005	承载力(hm <sup>2</sup> /人)	0.3340	2.2700E-07	0.0246	0.0001	0.0615	0.0504	0.3698
	比例/%	79.4710	5.4017E-05	5.8630	0.0240	14.6420		
2006	承载力(hm <sup>2</sup> /人)	0.3308	2.2700E-07	0.0245	0.0001	0.0624	0.0501	0.3677
	比例/%	79.1810	5.4334E-05	5.8640	0.0260	14.9290		
2007	承载力(hm <sup>2</sup> /人)	0.3289	2.2700E-07	0.0243	0.0001	0.0624	0.0499	0.3659
	比例/%	79.1090	5.4596E-05	5.8540	0.0260	15.0100		
2008	承载力(hm <sup>2</sup> /人)	0.3269	2.2700E-07	0.0242	0.0001	0.0621	0.0496	0.3636
	比例/%	79.1000	5.4936E-05	5.8470	0.0270	15.0260		
2009	承载力(hm <sup>2</sup> /人)	0.3243	2.2700E-07	0.0240	0.0001	0.0616	0.0492	0.3608
	比例/%	79.1010	5.5369E-05	5.8470	0.0270	15.0250		
2010	承载力(hm <sup>2</sup> /人)	0.3220	2.2746E-07	0.0238	0.0001	0.0620	0.0490	0.3590
	比例/%	78.9436	5.5760E-05	5.8393	0.0279	15.1891		
2011	承载力(hm <sup>2</sup> /人)	0.3198	2.2746E-07	0.0237	0.0001	0.0619	0.0487	0.3568
	比例/%	78.8604	5.6097E-05	5.8351	0.0286	15.2759		

表 2 显示,邢台市 2003—2011 年人均生态承载力总体呈下降趋势,年均下降幅度为 0.002 2 hm<sup>2</sup>/人。从组成结构来看,耕地的人均生态承载力所占的比例最大,占 79%左右,其它组分所占比例较小。所以保

护耕地就是保障生态承载力,在今后的社会经济发展中要将保护耕地放在首位。

### 2.3 生态赤字汇总

比较表 1,2 可得出生态赤字状况(图 1)。图 1 显

示,2003—2011 年,邢台市人均生态足迹从 1.866 hm<sup>2</sup>/人增至 2.133 hm<sup>2</sup>/人,增加了 0.267 hm<sup>2</sup>/人;而生态承载力却由 0.376 5 hm<sup>2</sup>/人降至 0.356 8 hm<sup>2</sup>/人,下降了 0.019 7 hm<sup>2</sup>/人,从而产生了生态赤字;生态赤字由 2003 年的 -1.489 5 hm<sup>2</sup>/人降至 2005 年的 -1.951 2 hm<sup>2</sup>/人,出现了极值,然后又升至 2011 年的 -1.776 2 hm<sup>2</sup>/人,呈“V”字形。此期间,生态赤字的极值和生态足迹的极值是一致的。从生态足迹各组份结构比例来看,2005 年能源用地、耕地、草地增加显著。这说明邢台市的消费结构主要集中在能源、粮食、蔬菜及肉蛋奶类,这与邢台资源型城市的实际情况是吻合的,也和先破坏后治理的状况相一致。总之,2003—2011 年邢台市一直处于生态赤字状态,说明此期间邢台市的可持续发展水平不容乐观,形势严峻。

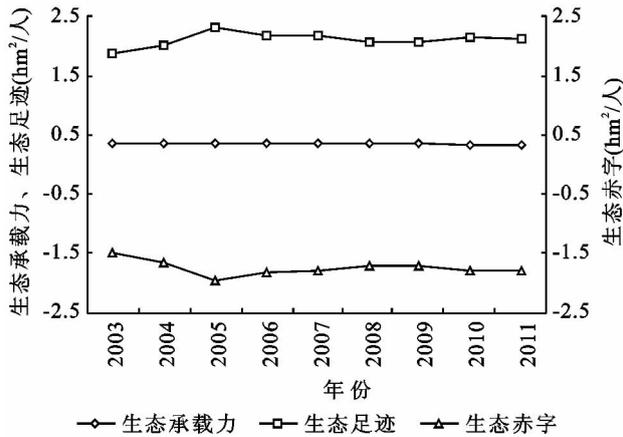


图 1 邢台市 2003—2011 年生态赤字的动态变化

### 2.4 生态赤字预测

根据 2003—2011 年邢台市的生态赤字,利用灰色预测理论建立 GM(1,1) 预测模型<sup>[26-27]</sup>,得到公式(1)—(2)。

$$x^{(1)}(t+1) = 650.9778 \times e^{-0.002731t} - 652.929 \quad (1)$$

$$x^{(0)}(t) = x^{(1)}(t) - x^{(1)}(t-1) \quad (2)$$

由此得到模型的平均相对误差为 2.368%,相对精度为 97.632% > 90%,模型可信,预测值可用。根据公式(1)—(2)预测得到 2012—2025 年的生态赤字(图 2)。图 2 显示:2012—2025 年邢台市生态赤字逐年增大,从 2012 年的 -1.746 6 hm<sup>2</sup>/人,增加到 2025 年的 -1.685 6 hm<sup>2</sup>/人。说明邢台市未来资源消费仍将大大超过生态承载力,该地区生态环境仍很严峻,属于不可持续的发展类型,生态环境处于不安全状态。

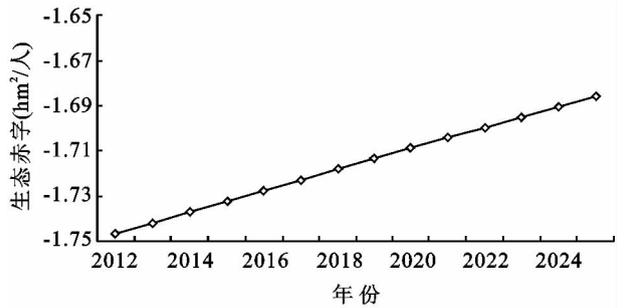


图 2 邢台市 2012—2025 年生态赤字预测

## 3 讨论与结论

生态足迹模型是一个很好的测度可持续发展能力的工具,能够很直观地表现一个地区的可持续发展状况。运用生态足迹模型对邢台市 2003 年—2011 年的生态足迹进行定量计算,并对 2012—2025 年的生态赤字进行了预测,结果显示:(1) 2003—2011 年邢台市处于生态赤字,并有逐年减小的趋势。其主要驱动因素为能源用地递增幅度明显,耕地生态承载力下降。此期间邢台市的经济社会发展是以对资源的过度开发为代价的,特别是对耕地和能源的过度开发程度已相当严重,邢台市的可持续性需引起高度关注。(2) 生态赤字预测结果呈逐年增加的趋势,生态环境有所改善,但邢台市未来资源消费仍将大大超过生态承载力,该地区生态环境状况仍很严峻,处于不安全状态。

针对以上分析结果,要实现邢台市生态经济的可持续发展,提出如下建议:(1) 大力推进土地开发整理复垦,保持耕地动态平衡。加大对矿坑、废弃砖瓦窑、空心村等的整理力度。(2) 开展城市土地收益分配制度创新,健全城镇土地市场机制,促进城镇土地的合理利用,避免对耕地的过度开发。(3) 优化能源利用结构,利用新技术提高煤炭的利用效率。(4) 完善资源管理体制,建立资源节约型社会。对资源消耗大的企业应该采用经济、法律等有效的管理手段,提高资源高效利用率,维持良好的生态环境。针对广大群众进行大力宣传,引导人们合理消费,提高资源利用率。

由于数据收集上存在一定的困难,在生态足迹计算分析过程中,只计算和分析了部分生物和能源消费项目,人均生态足迹的计算结果难免有偏差,但通过纵向对比,仍然可以得到与实际情况相符的评价结果,因此本研究具有一定的意义。本文以 2003—2011 年邢台市为研究对象,在不同空间尺度和时间尺度上,生态足迹如何变化,将有待于进一步地深入研究。

- 参考文献:
- [1] 陈晨,夏显力. 基于生态足迹模型的西部资源型城市可持续发展评价[J]. 水土保持研究, 2012, 19(1): 197-201.
- [2] 化龙雷,雷国平,张慧. 煤炭城市土地集约利用评价及其驱动因子分析[J]. 水土保持研究, 2012, 19(1): 212-221.
- [3] Wackernagel M, Monfreda C, Schulz N B, et al. Calculating national and global ecological footprint time series: resolving conceptual challenges[J]. Land Use Policy, 2004, 21(3): 271-278.
- [4] 魏晓燕,夏建新,吴燕红. 基于生态足迹理论的调水工程移民生态补偿标准研究[J]. 水土保持研究, 2012, 19(5): 214-222.
- [5] Erb K H. Actual land dem and of Austria 1926—2000: avariation on ecological footprint assessment[J]. Land Use Policy, 2004, 21(3): 247-259.
- [6] 张晶. 资源型城市生态承载力问题实证研究[J]. 商业时代, 2009(29): 118-119.
- [7] 赖力,黄贤金,刘伟良. 区域人均生态足迹的社会经济驱动模型[J]. 资源科学, 2006, 28(1): 14-18.
- [8] 魏静,冯忠江,郑小刚,等. 1995—2004年河北省生态足迹分析与评价[J]. 干旱区资源与环境, 2008, 22(6): 175-180.
- [9] 刘建兴,顾晓薇,李广军,等. 中国经济发展与生态足迹的关系研究[J]. 资源科学, 2005, 27(5): 33-40.
- [10] 蒋莉,陈治谏,沈兴菊,等. 生态足迹影响因子的定量分析:以中国各省(区市)1999年生态足迹为例[J]. 长江流域资源与环境, 2005, 14(2): 238-242.
- [11] 徐中民,程国栋,张志强. 生态足迹方法:可持续性定量研究的新方法:以张掖地区 1995 年生态足迹计算为例[J]. 生态学报, 2001, 21(9): 1484-1493.
- [12] 陈成忠,林振山. 生态足迹模型的争论与发展[J]. 生态学报, 2008, 28(12): 6252-6263.
- [13] 陈成忠,林振山. 中国 1961—2005 年人均生态足迹变化的小波分析[J]. 生态学报, 2008, 28(1): 338-344.
- [14] 刘东武. 基于生态足迹分析的秦皇岛市土地利用模式研究[J]. 安徽农业科学, 2011, 39(19): 11877-11880.
- [15] 杨振,牛叔文,常慧丽,等. 基于生态足迹模型的区域生态经济发展持续性评估[J]. 经济地理, 2005, 25(4): 542-546.
- [16] 范振刚,单宇. 生态足迹与可持续发展[J]. 自然杂志, 2009, 31(5): 277-289.
- [17] 徐为洲,赵清,骆文辉,等. 基于生态足迹的徐州市生态安全评价[J]. 国土与自然资源研究, 2009(2): 46-47.
- [18] 于兴丽,陈兴鹏,蒋莉. 甘肃省 1990—2002 年生态足迹的计算与分析[J]. 干旱区资源与环境, 2007, 21(2): 100-103.
- [19] 许月卿. 基于生态足迹的北京市土地生态承载力评价[J]. 资源科学, 2007, 29(5): 37-42.
- [20] 河北年鉴编委会. 河北年鉴[M]. 石家庄:河北年鉴社出版社, 2003-2011.
- [21] 河北省人民政府. 河北经济年鉴[M]. 北京:中国统计出版社, 2003-2011.
- [22] 中华人民共和国国家统计局. 中国统计年鉴[M]. 北京:中国统计出版社, 2003—2011.
- [23] 高标,崔凤午. 吉林省生态足迹与生态承载力动态变化分析与预测研究[J]. 水土保持研究, 2012, 19(6): 105-116.
- [24] 杨磊. 基于生态足迹法的河北省可持续发展状况研究[J]. 中国商界, 2009(4): 186-188.
- [25] 李惠茹,智利霞. 基于生态文明建设的河北省生态可持续发展能力的评价分析[J]. 现代经济信息, 2008(1): 73-76.
- [26] 徐建华. 现代地理学中的数学方法[M]. 北京:高等教育出版社, 2002: 37-69.
- [27] 邓聚龙. 灰色系统理论教程[M]. 武汉:华中理工大学出版社, 1990.

(上接第 247 页)

- [6] 文枫,鲁春阳,杨庆媛,等. 重庆市农村居民点用地空间分异研究[J]. 水土保持研究, 2010, 17(4): 222-227.
- [7] 郭晓东,牛叔文,吴文恒,等. 陇中黄土丘陵区乡村聚落空间分布特征及其影响因素分析:以甘肃省秦安县为例[J]. 干旱区资源与环境, 2010, 29(4): 27-32.
- [8] 雷清,苏维词. 西南(岩溶)山区乡村聚落景观优化研究:以安顺市为例[J]. 水土保持研究, 2008, 15(3): 251-254.
- [9] 马晓冬,朱传耿,马荣华,等. 苏州地区城镇扩展的空间格局及其演化分析[J]. 地理学报, 2008, 63(4): 405-416.
- [10] 苏高华,陈方正,郑新奇. 基于系统论的农村居民点用地演变驱动机制研究:以北京市昌平区为例[J]. 水土保持研究, 2009, 16(4): 117-120, 126.
- [11] Tong C. Review on environmental indicator research [J]. Research on Environmental Science, 2000, 13(4): 53-57.
- [12] 张永才,何熠. 庙唐:最后的村庄[N]. 重庆晨报, 2011-12-19(B-18).
- [13] 卓勇良,吴可人. 浙江省农居分布的类型与优化对策[J]. 经济地理, 2009, 29(3): 478-482.
- [14] 谭雪兰,段建南,包春红,等. 基于 GIS 的麻阳县农村居民点空间布局优化研究[J]. 水土保持研究, 2010, 17(6): 177-180, 185.
- [15] 邢谷锐,徐逸伦,郑颖. 城市化进程中乡村聚落空间演变的类型与特征[J]. 经济地理, 2007, 27(6): 932-935.
- [16] 王成新,姚士谋,陈彩虹. 中国农村聚落空心化问题实证研究[J]. 地理科学, 2005, 25(3): 257-262.