

# 基于生态足迹理论的区域生态承载力研究

——以河南省为例

陈浩<sup>1,2</sup>, 李朝奎<sup>1,2</sup>, 王利东<sup>1,2</sup>

(1. 湖南科技大学 地理空间信息湖南省工程实验室, 湖南 湘潭 411201;  
2. 湖南科技大学 地球空间信息科学研究中心, 湖南 湘潭 411201)

**摘要:**对河南省 18 个市 2010 年的生态状况进行研究,借助生态足迹理论对上述城市的生态足迹进行计算和分析.结果表明:河南省 2010 年各市均出现了不同程度的生态赤字,其中平顶山市和济源市处于强不可持续发展状态,人均生态赤字分别为 2.510 2 hm<sup>2</sup> 和 2.093 0 hm<sup>2</sup>;郑州、洛阳、焦作、三门峡、安阳、鹤壁处于不可持续发展状态,其他的 10 个市处于弱不可持续发展状态.万元 GDP 生态足迹表明:郑州市和漯河市的资源利用效率较高,平顶山的资源利用效率较低.针对分析结果,提出了实现地区可持续发展的几点对策.

**关键词:**足迹理论;生态承载力;可持续性评估

**中图分类号:**X821 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-9102(2013)03-0097-07

随着城市化进程的加快和经济的发展,人地矛盾变得日益突出,地区的可持续发展已经受到严重的威胁.生态足迹作为评价区域可持续发展程度的新理论与新方法,具有容易理解、操作性强、结果明确等优点,因此备受区域可持续发展研究者的青睐.生态足迹最早由加拿大生态学家 William Ress<sup>[1]</sup>等在 1992 年提出,并在 1996 年由 Wackernagel 进一步完善.该方法从需求方面计算生态足迹的大小,从供给方面计算生态承载力,通过二者的比较,评价研究区域可持续发展状况.生态足迹的应用领域很广<sup>[2-5]</sup>,国内外学者的研究成果颇丰<sup>[6-8]</sup>.尽管专家学者对该模型进行了改进,但仍然存在着一些缺陷<sup>[9-10]</sup>.因此近年来越来越多的学者把能值理论应用到生态足迹的计算中,采用能值转换率、能值密度等参数使得计算结果更加稳定,更能反映区域特征,也具有更强的可比性<sup>[11]</sup>.本文以河南省为例,借助改进的生态

足迹理论对河南省 18 个地市 2010 年的生态足迹进行分析研究,藉此提出实现该地区可持续发展的几点对策.

## 1 生态足迹理论

生态足迹是指在当时平均生产技术和资源管理配置下,人类对生物生产性土地面积的占用量,也就是生产人类消费所需的资源和吸收人类排放的废弃物所必需的生态生产性土地面积.生态足迹理论的核心内容是生态足迹、生态承载力和生态赤字的计算及分析.

### 1.1 生态足迹的计算

生态足迹的计算主要基于 2 个基本假定:1)消费的绝大多数资源及其产生的废弃物的量是可以追踪、获知的;2)资源和废弃物的量能转换为相应的生物生产性面积.生态足迹主要由 3 部分组成,生物

收稿日期:2013-04-23

基金项目:国家自然科学基金(41101405);湖南省科技计划(2011GK3155);湖南省教育科学研究课题(G21028)

通信作者:陈浩(1979-),男,湖北荆州人,博士,主要从事 GIS 与遥感应用的研究. E-mail: chen hao087@sohu.com

资源的消费、能源的消费和贸易调整部分:生物资源的消费部分包括农产品、动物产品、林产品、木材和水果等;能源的消费为煤、焦炭、燃料油、原油、汽油、柴油、电力等;贸易调整主要考虑生态足迹具有跨越地区界限的特性,根据贸易对生物资源和能源的影响对当前的消费额进行调整,出口为负值,进口正值,计算净消费额. 每种消费项目的人均生态足迹组分(即生态面积)的计算公式为

$$A_i = C_i / Y_i = (P_i + L_i - E_i) / (P_i \times N). \quad (1)$$

式中: $i$ 为消费项目类型; $A_i$ 为第*i*种消费项目折算的人均生态面积( $\text{hm}^2 / \text{人}$ ); $C_i$ 为第*i*种消费项目的人均消费量; $Y_i$ 为相应生物生产性土地生产第*i*种消费项目的世界年平均产量( $\text{kg} / \text{hm}^2$ ); $P_i$ 为第*i*种消费项目的年生产量; $L_i$ 为第*i*种消费项目的年进口量; $E_i$ 为第*i*种消费项目的年出口量; $N$ 为人口数.

汇总各消费项目(生态足迹组分),加权各类生物生产性土地人均均衡面积,得到人均生态足迹( $ef$ ),即:

$$ef = \sum r_j A_i. \quad (2)$$

式中: $ef$ 为人均生态足迹( $\text{hm}^2 / \text{人}$ ); $r_j$ 为均衡因子. 地区总人口( $N$ )的总生态足迹如下表示:

$$ef = N \times ef. \quad (3)$$

### 1.2 生态承载力计算

生态承载力的计算有土地面积法和资源产量法. 利用土地面积法计算时,由于不同国家和地区的资源禀赋不同,同类生产性土地的生态生产力差异很大,必须乘以产量因子加以调整. 资源产量法是以区域所能提供的生态产品和生态服务为基础计算生态承载力,该方法用区域作物的产量与世界同类作物的产量相除,然后再乘以均衡因子,计算公式如下:

$$ac = \sum \frac{P_i}{Y_i} r_j. \quad (4)$$

式中: $P_i$ 为第*i*种生态产品的资源生产量; $Y_i$ 为相应生物生产性土地生产第*i*种消费项目的世界年平均产量( $\text{kg} / \text{hm}^2$ ); $r_j$ 为均衡因子. 根据世界环境与发展委员会的建议,扣除12%生物多样性保护面积.

### 1.3 生态赤字和生态盈余

将生态承载力和生态足迹相比较,得到生态赤字或生态盈余,用于评价区域的可持续发展状况. 一个地区的生态承载力小于生态足迹时,出现生态赤字,生态承载力大于生态足迹时,产生生态盈余. 生

态赤字表明该地区的人类负荷超过了其生态容量,该地区的发展模式处于相对不可持续状态. 生态盈余则表明该地区的生态容量足以支持其人类负荷,该地区的发展模式具相对可持续性.

## 2 生态足迹的计算—以河南省为例

### 2.1 研究区概况

河南省位于中国中东部、黄河中下游,地处亚带向暖温带过渡地带,适宜于多种农作物生长,是全国小麦、玉米、棉花、油料、烟叶等农产品重要的生产基地之一. 粮食产量约占全国的1/10,油料产量占全国的1/7,牛肉产量占全国的1/7,棉花产量占全国的1/6,小麦、玉米、烟叶、豆类、麻农产品和肉类、禽蛋、奶类等畜产品产量也居全国前列. 现辖郑州、开封、洛阳、平顶山、安阳、鹤壁、新乡、焦作、濮阳、许昌、漯河、三门峡、南阳、信阳、周口、驻马店、商丘等17个省辖市,1个省直管市济源(如图1),总国土面积为16.7万平方公里.

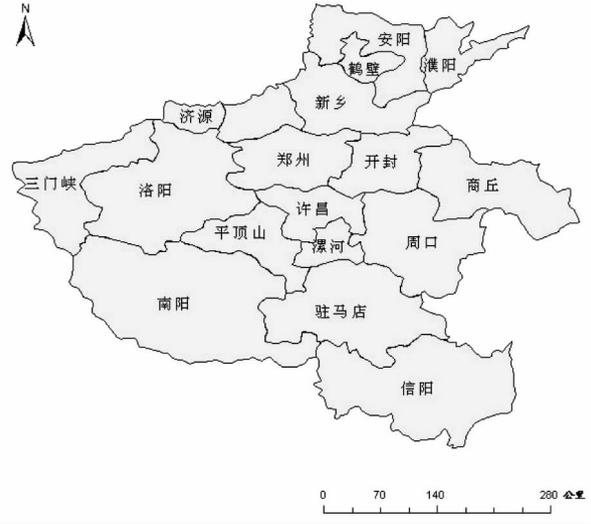


图1 河南省政区图

Fig. 1 Administrative map of Henan Province

### 2.2 数据来源与选取

本文中所用到的消费量数据通过整理河南省2011年统计年鉴得到. 河南省各市的消费,总体上分为生物资源消费和能源消费2大类,其中生物资源消费可以分为粮食、蔬菜、经济作物、动物产品、水产品等五大类;能源消费分为煤炭类、石油类、气体、电力等四大类. 生态足迹计算中用到的农产品平均产量(表1)、化石能源折算面积表(表2)和均衡因子采用谢鸿宇等计算出来的数据<sup>[10]</sup>

同样河南省统计年鉴没有能源总消费量,能源

表1 农产品的全球平均产量

Tab.1 The global average yield of agricultural products

项目	全球平均产量/(kg/hm <sup>2</sup> )	土地类型
粮食	3 332.36	耕地
食用油	2 437.77	耕地
猪肉	7 879.77	耕地
牛羊肉	37.98	牧草地
禽类	2 881.84	耕地
蛋类	2 758.85	耕地
水产品	1 470.60	水域
鲜菜	16 289.53	耕地

表2 各种化石能源折算面积表

Tab.2 Conversion of fossil energy

项目	1吨能源所需	1吨能源所需
	森林面积/hm <sup>2</sup>	牧草地面积/hm <sup>2</sup>
原煤	0.123	0.103
焦炭	0.157	0.132
原油	0.182	0.152
柴油	0.190	0.160
燃料油	0.184	0.154
液化石油气	0.177	0.148
天然气	0.102	0.086

### 2.3 河南省各市生态足迹计算

生态足迹是基于消费量计算的,但河南省统计年鉴中并没有河南省各市各类生物资源和化石能源的消费总量数据,在生物资源消费方面,统计年鉴只有各市居民家庭平均每人主要食品消费量,各市农村居民家庭平均每人主要食品消费量和各市的总人口数数据.结合以上的数据可以算出河南省各市生物资源的消费量,河南省各市生物资源的消费量见表3.

表4 河南省2010年各市化石能源消费总量

Tab.4 The total consumption of fossil energy in the Cities of Henan Province in 2010

城市名称	原煤 /10 <sup>3</sup> t	焦炭 /10 <sup>3</sup> t	原油 /10 <sup>3</sup> t	柴油 /10 <sup>3</sup> t	燃料油 /10 <sup>3</sup> t	液化石油 /10 <sup>3</sup> t	天然气 /10 <sup>4</sup> m <sup>3</sup>	电力 /(10 <sup>8</sup> kW·h)
郑州市	26 320.38	666.00	0.20	831.89	130.30	16.10	3 352.80	323.50
开封市	3 954.44	197.50	—	253.39	0.10	11.76	2 448.56	27.12
洛阳市	23 934.66	626.00	5 309.00	469.24	188.60	15.86	3 302.00	240.19
平顶山市	41 401.51	982.90	3.70	531.95	98.50	12.18	2 534.92	99.85
安阳市	22 341.50	6 909.80	—	413.80	0.20	13.15	2 738.12	109.94
鹤壁市	11 209.00	97.60	—	233.12	—	3.54	736.60	36.73
新乡市	12 978.86	122.40	—	337.07	0.60	13.62	2 834.64	81.32
焦作市	23 295.38	595.30	—	565.72	11.00	8.42	1 752.60	168.66
濮阳市	3 576.06	233.70	926.40	503.06	8.10	8.81	1 833.88	39.14
许昌市	16 956.75	699.30	0.30	367.54	0.10	11.08	2 306.32	34.61
漯河市	3 326.95	30.70	0.10	155.14	0.30	6.25	1 300.48	34.51
三门峡市	13 710.01	62.60	—	182.39	26.40	5.44	1 132.84	94.45
南阳市	8 345.55	675.60	700.00	392.53	103.80	26.47	5 511.80	107.14
商丘市	18 265.37	23.90	0.60	1 058.72	50.20	20.11	4 185.92	108.28
信阳市	4 827.63	100.90	—	527.13	0.10	19.50	4 058.92	37.07
周口市	4 277.78	33.40	—	465.93	—	26.38	5 491.48	25.71
驻马店市	5 533.49	274.80	0.10	379.00	3.10	20.59	4 287.52	36.60
济源市	5 687.88	1 129.20	—	157.07	6.30	1.66	345.44	35.33

的消费量可以从人均生活能源消费表、各市总人口数表和各市规模以上工业企业主要能源消费量表中计算而得到,由于汽车要消费到汽油和柴油,所以汽油和柴油的消费量中还要算入各市公路运输能源消费量.2010年河南省各市能源消费总量见表4.

表3 河南省2010年各市生物资源的消费总量

Tab.3 The total consumption of biological resources in the Cities of Henan Province in 2010 (10<sup>3</sup>t)

城市名称	粮食	鲜菜	食用植物油	猪牛羊	禽类	蛋类	水产品
郑州市	612.05	876.02	45.88	80.28	20.28	57.26	22.68
开封市	678.81	492.66	25.18	33.41	7.24	22.16	12.22
洛阳市	929.15	704.32	47.61	65.43	10.26	31.58	14.88
平顶山市	875.97	568.53	24.62	50.50	8.73	26.19	12.45
安阳市	863.27	643.94	33.25	48.22	6.50	41.67	6.61
鹤壁市	180.01	207.61	11.07	11.76	1.81	9.39	1.87
新乡市	785.57	678.78	29.22	47.95	11.92	30.28	9.53
焦作市	529.37	459.23	25.14	33.83	6.86	24.91	8.07
濮阳市	628.94	520.26	34.05	32.06	9.38	31.50	11.90
许昌市	624.56	635.27	25.53	35.26	9.70	22.98	10.51
漯河市	352.97	286.45	14.97	19.73	7.49	13.68	5.94
三门峡市	371.81	260.06	14.96	15.84	2.05	11.70	3.17
南阳市	2 076.44	467.62	60.74	130.22	20.04	60.42	25.01
商丘市	1 211.82	698.62	48.37	52.06	18.87	46.47	25.71
信阳市	1 631.41	965.98	50.50	154.44	32.43	27.63	52.60
周口市	1 715.06	987.96	52.44	69.61	24.25	40.29	39.37
驻马店市	1 568.55	878.67	61.49	82.96	20.44	26.74	36.44
济源市	98.06	83.38	3.15	5.08	1.44	13.01	0.53

根据表3、表4 计算出的资源消费量数据和公式(1),式(2),可以计算出河南省各市2010年的生态足迹.其中,计算生物资源的生态足迹时,将各种肉类生态足迹的计算分为耕地和牧草地两部分,生物资源消费部分的生产面积折算采用谢鸿宇等对WWF数据整理得到的有关生物资源的世界平均产量(表1);计算能源消费部分时将化石能源定义为:用于吸收化石能源燃烧排放的温室气体的森林和牧草地,从碳循环的角度计算化石能源的生态足迹,根据谢鸿宇计算出来的1 t 能源所需森林面积和牧草地面积(表2)把当地能源消费消耗的热量折算成一定化石能源土地面积,河南省的发电量以火电为主,即与化石能源消费有一定的重合,为避免重复计算,在最终的电力消费量中,将火力发电量去除,天然气的密度以 $4.4567 \text{ kg/m}^3$  计算.均衡因子耕地为2.21;林地和化石能源地为1.34;牧草地为0.49;水域为0.36<sup>[10]</sup>.汇总各消费项目的生态面积,并乘以均衡因子得到河南省2010年各市的生态足迹,见表5.

表5 河南省2010年各市生态足迹

Tab.5 Ecological footprint of cities in Henan Province in 2010

城市名称	总生态足迹/hm <sup>2</sup>	人均生态足迹/hm <sup>2</sup>
郑州市	7 911 420	1.199
开封市	2 022 954	0.420
洛阳市	8 933 600	1.374
平顶山市	10 825 306	2.169
安阳市	8 254 246	1.531
鹤壁市	2 854 905	1.969
新乡市	4 284 324	0.768
焦作市	6 313 845	1.830
濮阳市	2 295 238	0.636
许昌市	4 368 388	0.962
漯河市	1 356 032	0.530
三门峡市	3 574 913	1.603
南阳市	5 844 895	0.539
商丘市	6 047 336	0.734
信阳市	4 889 081	0.612
周口市	3 437 580	0.318
驻马店市	3 793 780	0.450
济源市	1 754 400	2.580

## 2.4 河南省各市生态承载力计算

生态承载力的计算采用资源产量法,通过整理河南省2011年统计年鉴,得到河南省各市生产的各

类农产品产量,根据公式(4)计算出河南省各市耕地、林地、水域的生态生产性土地供给面积.而化石能源的计算则采用各市的森林面积进行折算,统计年鉴中并没有各市森林面积的统计数据,只有人均森林面积,根据河南省各市的人口数据计算出河南省各市的森林面积.河南省的森林多属于温带森林,根据文献<sup>[13]</sup>知温带森林温室气体的吸收能力为 $4.5 \text{ t/hm}^2$ ,而全球森林平均吸收温室气体的能力为 $3.80959 \text{ t/hm}^2$ ,所以河南省各市森林温室气体吸收能力的产量调整因子为1.1813.汇总各类供给面积并乘以均衡因子得到河南省2010年各市生态承载力,见表6.

表6 河南省2010年各市的生态承载力

Tab.6 The ecological carrying capacity in Henan Province in 2010

城市名称	生态承载力/hm <sup>2</sup>	可用生态承载力/hm <sup>2</sup>	人均生态承载力/10 <sup>-2</sup> hm <sup>2</sup>	可用人均生态承载力/10 <sup>-2</sup> hm <sup>2</sup>
郑州市	504 490	443 951	7.64	6.73
开封市	539 317	474 599	11.19	9.85
洛阳市	521 900	459 272	8.03	7.07
平顶山市	433 484	381 466	8.69	7.64
安阳市	591 556	520 570	10.98	9.66
鹤壁市	172 996	152 237	11.93	10.50
新乡市	605 789	533 094	10.86	9.55
焦作市	358 327	315 328	10.39	9.14
濮阳市	402 194	353 931	11.14	9.80
许昌市	463 349	407 747	10.21	8.98
漯河市	277 263	243 991	10.83	9.53
三门峡市	162 420	142 930	7.28	6.41
南阳市	1 164 256	1 024 545	10.73	9.44
商丘市	969 384	853 058	11.76	10.35
信阳市	871 773	767 160	10.91	9.60
周口市	1 145 813	1 008 315	10.60	9.33
驻马店市	972 653	855 935	11.52	10.14
济源市	53 923	47 452	7.93	6.98

注明:均衡因子耕地为2.21,水域为0.36,林地为1.34;可用生态承载力和可用人均生态承载力是扣除了12%的生物多样性保护面积后的承载力.

## 2.5 河南省各市生态赤字计算

把表5、表6的计算出人均生态足迹和可用人均生态承载力做差得出河南省2010年各市的人均生态赤字,为了便于分析,笔者同时计算了各市的万元GDP生态足迹,万元GDP生态足迹是用各市的生态足迹与各市的GDP相除而得到.河南省2010年各市的生态赤字和万元GDP生态足迹见表7.

表7 河南省2010年各市人均生态赤字

Tab.7 The per capita ecological deficit in Cities of Henan Province in 2010

城市名称	人均生态足迹 /hm <sup>2</sup>	可用人均生态承载力 /10 <sup>-2</sup> hm <sup>2</sup>	人均生态赤字 /10 <sup>-2</sup> hm <sup>2</sup>	万元GDP生态足迹 /10 <sup>-2</sup> hm <sup>2</sup>
郑州市	1.20	6.73	113.14	31.81
开封市	0.42	9.85	32.12	36.42
洛阳市	1.37	7.07	130.37	56.00
平顶山	2.17	7.64	209.30	131.83
安阳市	1.53	9.66	143.48	102.18
鹤壁市	1.97	10.50	186.39	104.03
新乡市	0.77	9.55	67.23	54.95
焦作市	1.83	9.14	173.87	73.76
濮阳市	0.64	9.80	53.78	43.62
许昌市	0.96	8.98	87.24	51.07
漯河市	0.53	9.53	43.44	31.03
三门峡	1.60	6.41	153.90	68.96
南阳市	0.54	9.44	44.43	42.47
商丘市	0.73	10.35	63.04	78.98
信阳市	0.61	9.60	51.59	69.94
周口市	0.32	9.33	22.47	43.05
驻马店	0.45	10.14	34.81	56.84
济源市	2.58	6.98	251.02	78.41

### 3 结果分析

#### 3.1 生态足迹结果分析

从表7可以看出,2010年河南省各市均出现了生态赤字,整个区域处于不可持续发展状态,并且呈现出经济越发达的地区生态赤字越大的趋势,从一定程度上表明了目前这些地区经济的发展是在牺牲自然资源的基础上发展的.从表5和表7中也可以看出,这些市中生态足迹最小的是周口市,人均生态足迹仅为0.32 hm<sup>2</sup>,人均生态足迹最大的是济源市和平顶山市,分别为2.58 hm<sup>2</sup>和2.17 hm<sup>2</sup>,最大值和最小值相差竟然达到了8倍之多.生态足迹最大的济源市和平顶山市都是能源消费大市,而平顶山市是资源型城市,主要以矿产资源输出为主,本地资源的大量消费导致了该地区的生态足迹变大,这与平顶山的实际情况是相符合的.从生态承载力上来看,鹤壁、商丘、驻马店的人均生态承载力较大,分别为0.105 hm<sup>2</sup>,0.103 5 hm<sup>2</sup>,0.101 4 hm<sup>2</sup>,在计算过程中发现这些地区耕地的人均生态承载力也是较大的,区域的生态供给主要来源于耕地,说明该区域的

生态空间供给量较大但类型单一,大量的土地资源为该区域的转型提供了充足的空间,这是该区域产业向多元化发展的优势.

表8 河南省各市可持续发展等级(生态赤字 ED)

Tab.8 Level of sustainable development in Cities of Henan Province

等级	弱不可持续	不可持续	强不可持续
ED	0 ≤ ED ≤ 0.995	0.995 ≤ ED ≤ 1.99	ED ≥ 1.99

在生态足迹和生态承载力的双重作用下,河南省各市均出现了不同程度的生态赤字,整个区域处于不可持续发展状况.表7显示,人均生态赤字最大的是济源市和平顶山市,分别为2.510 2 hm<sup>2</sup>和2.093 0 hm<sup>2</sup>,生态赤字最小的是周口市为0.224 7 hm<sup>2</sup>,区域的不可持续发展状况不尽相同.利用GIS的空间分析功能和专题制图功能,按照人均生态赤字的大小将18个市进行分类,分类等级和指标参见表8<sup>[10]</sup>.从河南省各市可持续发展分级图(图2)可以看到,大部分地市处于弱不可持续发展状态,这些地区的生态压力相对不是很大;郑州、洛阳、焦作、三门峡、安阳、鹤壁六市处于不可持续发展状态,这六市的生态问题已经很严重,地区的发展受到严重的束缚;济源市和平顶山市处于强不可持续发展阶段,这两个地区的区域生态系统处于极度的开发和利用压力之下,迫切需要采取适当的措施来减小生态压力.

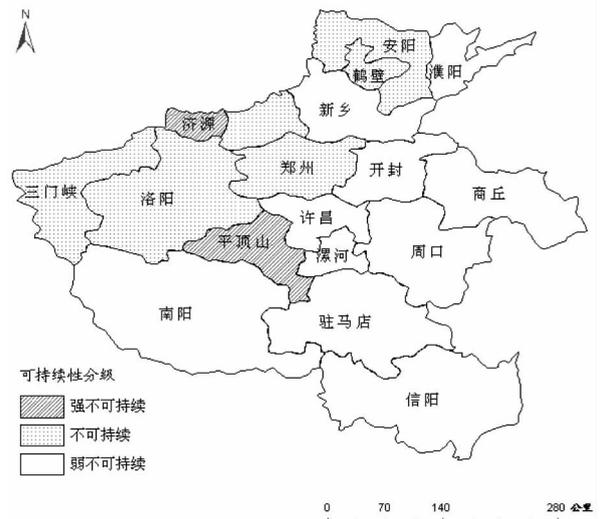


图2 河南省各市可持续发展分级图

Fig.2 The grading plan of Sustainable development in Henan Province

从空间分布上看,豫东南的人均生态赤字较小,豫西和豫北的人均生态赤字较大,这与豫西、豫北经济发展和城市化水平高于豫东南的实际情况是相印证的.究其原因,经济发展需要消费大量的能源,城市化水平提高直接导致了高消费,而地区的生态承载力是有限的,从而出现经济越发达,城市化水平越高,地区的生态赤字越大的现象.

### 3.2 万元 GDP 生态足迹分析

由于生态足迹分析从生态生产性土地入手,强调的是人类发展对环境系统的影响及其可持续性,指标没有直接反应经济、社会、技术方面的可持续性和人类对现有消费模式的满意程度,具有生态偏向性.在用该方法进行具体评价时,往往容易出现越是发达地区可生态赤字越大的情况<sup>[8]</sup>.而万元 GDP 生态足迹指标在反映人类发展对环境影响极其可持续性的同时力求反应经济发展程度,以达到更真实地反应地区发展状况的目的.万元 GDP 生态足迹大小反映资源的利用效益,万元 GDP 生态足迹越大说明资源利用效益越低.从表 7 中可以看出河南省各市万元 GDP 生态足迹差异很大,较小的也即资源利用效益较好的区域是漯河市和郑州市,万元 GDP 生态足迹分别为  $0.3103 \text{ hm}^2$  和  $0.3181 \text{ hm}^2$ ,较大的也即资源利用效益较差的区域是平顶山,万元 GDP 生态足迹为  $1.3183 \text{ hm}^2$ .

## 4 结论

生态足迹法是一种宏观的可持续发展状况的评价方法.根据《河南省 2011 年统计年鉴》,利用生态足迹模型对 2010 年河南省各市的可持续发展状况进行了量化研究.结果表明:

1) 河南省 2010 年各市的生态供需平衡均受到了破坏,18 个市中均出现了不同程度的生态赤字.其中平顶山市和济源市处于强不可持续发展状态,人均生态赤字分别为  $2.5102 \text{ hm}^2$  和  $2.0930 \text{ hm}^2$ ,郑州、洛阳、焦作、三门峡、安阳、鹤壁处于不可持续发展状态,其他的 10 个市处于弱不可持续发展状态.

2) 在计算生态承载力时采用了资源产量法,解决了土地利用方式多样化时空间互斥与平均产量调整因子的矛盾,生态承载力与生态足迹的计算依据保持协调,计算方法相匹配.同时计算出河南省森林

温室气体吸收能力的产量调整因子为 1.1813,使计算结果更加符合河南省的实际情况.

3) 通过对河南省各市万元 GDP 生态足迹的计算和分析,得出郑州和漯河的资源利用效率较好,平顶山的资源利用效率较差.

为改变当前的不可持续发展状态,建议:一方面从减少生态足迹和增加生物生态足迹多样性 2 个方面来提高区域可持续发展能力,另一方面通过发展循环经济来降低生态赤字,使地区的社会、经济得以持续发展.

### 参考文献:

- [1] Rees W E. Ecological foot print and appropriated carrying capacity: what urban economics leaves out [J]. Environment and Urbanization, 1992(4):121-130.
- [2] 曹晶晶,李海波,杨军军,等.基于传统生态足迹和能值生态足迹方法的湖北省可持续发展状态比较[J].湖北大学学报(自然科学版),2011,33(3):313-316.  
Cao J J, Li H B, Yang J J, et al. Comparison of sustainable development status in Hubei Province based on traditional ecological footprint method and emergy ecological footprint method[J]. Journal of Hubei University (Natural Science), 2011, 33(3):313-316.
- [3] 张威,张恒庆.生态足迹方法:辽宁省 2005-2007 年生态足迹计算与分析[J].环境科学与管理,2011,35(6):150-156.  
Zhan W, Zhang H Q. Ecological footprint method: calculation and analysis of ecological footprints from 2005 to 2007 in Liaoning Province [J]. Environmental Science and Management, 2011, 35(6):150-156.
- [4] 王菲凤,陈妃.福州大学城校园生态足迹和生态效率实证研究[J].福建师范大学学报(自然科学版),2008,24(5):84-89.  
Wang F F, Chen F. Research on ecological footprint and efficiency of the university campuses in fuzhou city [J]. Journal of Fujian Normal University (Natural Science Edition), 2008, 24(5):84-89.
- [5] 刘宇辉.中国历年生态足迹计算与可持续性评估[J].生态学报,2004,24(10):2257-2262.  
Liu Y H. Time series of ecological footprint in China between 1962~2001: calculation and assessment of development sustainability [J]. Acta Ecologica Sinica, 2004, 24(10):2257-2262.
- [6] 郭秀锐,杨居荣,毛显强.城市生态足迹计算与分析-以广州为例[J].地理研究,2003,22(5):654-662.  
Guo X R, Yang J R, Mao X Q. Calculation and analysis of urban ecological footprint: a case study of Guangzhou [J]. Geographical Research, 2003, 22(5):654-662.
- [7] 杨海林,宁丰收,游霞.小城镇发展可持续性定量测度的生态足迹方法[J].重庆工商大学学报(自然科学版),2005,22(3):253

Yang H L, Ning F S, You X. Ecological footprints method for quantitative measurement of sustainable development of small town [J]. Journal of Yuzhou University ( Natural Sciences Edition ), 2005,22(3) :253 - 256.

[9] 河南省统计局. 河南统计年鉴 2011 [ M ]. 北京: 中国统计出版社, 2011.

Statistical bureau of Henan Province. Henan statistical yearbook 2011 [ M ]. Beijing: China Statistics Press, 2011.

[8] 宋豫秦, 王群超. 基于能值生态足迹的浙江省可持续发展分析 [J]. 长江流域与环境, 2011, 20(11) : 1285 - 1290.

[10] 谢鸿宇, 王羚邴, 陈贤生. 生态足迹评价模型的改进与应用 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2008.

Song Y Q, Wang Q C. Analysis on sustainable development of Zhejiang Province based on energy ecological footprint method [J]. Resources and Environment in the Yangtze Basin, 2011, 20 ( 11 ) :

Xie H Y, Wang L L, Chen X S. The improvement and Application of ecological footprint model [ M ]. Beijing: Chemical Industry Press ,2008.

## Research on the regional sustainable development based on the ecological footprint theory : a case of Henan Province

CHEN Hao<sup>1,2</sup> , LI Chao - kui<sup>1,2</sup> , WANG Li - dong<sup>1,2</sup>

(1. Institute of Geospatial Information Science , Hunan University of Science and Technology , Xiangtan 411201 , China;

2. Hunan State Engineering Laboratory of Geospatial Information , Hunan University of Science and Technology , Xiangtan 411201 , China)

**Abstract:** According to the ecological footprint theory and method , the calculation of the ecological footprint was lauched about 18 City of Henan Province in 2010. The result indicates that the regional development in Henan Province is in an unsustainable position . Among them, Pingdingshan and Jiyuan are in a state of strong unsustainable development, and their ecological deficit reach to 2. 510 2 hm<sup>2</sup> and 2. 093 0 hm<sup>2</sup>; The cities of Zhengzhou, Luoyang, Jiaozuo, Sanmenxia, Anyang, Hebi are in a state of unsustainable development; The other 10 cities are in the state of weak unsustainable development. At the same time, by calculating the ecological footprint of GDP, Zhengzhou and Luohe have the higher efficiency of resource utilization, and the lower efficiency of resource use are Pingdingshan. In response to these circumstances, some strategies are put forward to improve the sustainable development of regional strategies.

**Key words:** ecological footprint theory; carrying capacity; sustainability assessment