

# 基于生态足迹模型的县域可持续发展研究

## —以宜宾市为例

王昕宇 黄海峰

**【摘要】**随着社会的进步与经济的不断发展，生态环境与经济增长的矛盾日益突出，可持续发展受到严峻挑战。本文以四川省宜宾市为例，运用生态足迹模型和生态可持续发展指数对宜宾市 10 区（县）2014 年的可持续发展状况进行了测算。结果表明：总体来讲，宜宾市生态可持续发展程度低，草地和水域人均生态承载力较低，环境可持续发展指数（ESI）整体偏低，可持续发展强度不高，基于此为宜宾市县域可持续发展研究提供思路、依据和决策支持。

**【关键词】**生态足迹；环境可持续发展指数；可持续发展

**【中图分类号】**F062      **【文献标识码】**A      **【文章编号】**1003-7470（2016）-07-0084（06）

**【作者】**王昕宇 博士研究生 北京工业大学经济与管理学院 北京市 100124

黄海峰 教授 博士生导师 北京工业大学经济与管理学院 北京市 100124

### 一、引言

随着科技的飞速发展，人类的生活水平得到了空前提高，然而发达国家工业化进程中都先后遇到了不同程度的环境问题，为了应对日益突出的资源、环境问题，许多国家开始关注生态文明领域研究。20 世纪 80 年代，世界环境与发展委员会在《我们共同的未来》报告中首次提出“可持续发展”概念。此后，专家学者们纷纷对其进行阐述，表述虽不尽相同，但共识是强调经济的发展不应以牺牲生态环境为代价而得到，牛文元指出，人类的生存和发展离不开人与自然的和谐相处，没有健康友好的环境型社会，就谈不上经济的可持续发展。<sup>[1]</sup>

近年来，伴随着经济的高速发展，宜宾市环境污染、资源浪费、生态退化等问题也随之而来。十八大报告中明确提出，要建立生态文明评价体系和奖惩机制。生态足迹模型是 1992 年加拿大经济学家 W·Rees 和 M·Wackernagel 提出并完善的，它能够衡量和评价自然资源可持续利用程度。<sup>[2][3]</sup> 20 世纪 90 年代引入我国以后，受到了广泛的应用。

长江经济带的开发建设一直是国家和地方政府高度重视的区域发展问题。在此背景下，宜宾市作为长江第一城，面临着重大的挑战与机遇。宜宾市位于四川省南部，川、滇、黔三省交界处，是南丝绸之路的起点，境内水系主要有长江、金沙江、山民江等，2015 年森林覆盖率为 44.2%，生物资源丰富，有“植物之苑”、“茶叶世界”、“天然竹海”、“香料之都”等美誉。2015 年宜宾市地区生产总值达到 1525.9 亿元，城镇居民可支配收入为 2.6 万元，居全省第 10 位，经济总体上呈现低开走高、逐步回升的趋势。然而，经济快速发展的同时也带来了自然资源的消耗，给生态环境带来了巨大的压力。2011 年，宜宾市委、市政府做出建设“生态宜宾、宜居宜宾”的决定，以建设国际生态山水园林城市为核心，因地制宜建设生态文明城市。2016 年宜宾市人民政府工作报告中要求着力推动绿色发展，加快建设绿色宜宾，切实推进生态文明建设。建立绿色宜宾指标评价体系、

本文系教育部人文社科基金资助项目“城市生活固体废弃物资源化管理研究规划”（编号：10YJA630068）的阶段性研究成果。

---

考核办法、奖惩机制，完善生态文明建设和环境保护实绩考核制度，加快建设长江上游绿色生态屏障。2016年6月2日，国家发改委按照长江经济带的发展战略部署，公布了长江经济带国家级转型升级示范开发区名单，同意将四川宜宾临港经济技术开发区等33个开发区确定为转型升级示范开发区。围绕长江经济带建设的重任，宜宾市应大力建设长江上游生态屏障，探索可持续发展道路。

本研究在分析宜宾市经济发展和资源利用的基础上，对2014年宜宾市10个区（县）的生态足迹和生态承载力进行计算分析，用以测度宜宾市县域可持续发展状况，掌握该地区的未来发展趋势，并为宜宾市县域可持续发展研究提供思路、依据和决策支持。

## 二、文献综述

### 1. 生态足迹理论

生态足迹模型是由加拿大经济学家 W.Rees 等 20 世纪 90 年代提出的度量区域可持续发展状态的方法，它是根据人类在经济发展过程中所需要的生产性土地面积和现实中提供的生产性土地面积作比较，以此判断该地区的可持续发展状况。康彦彦等以山东省东营市为例，基于生态足迹模型对资源型城市的可持续发展进行分析。<sup>[4]</sup>宗刚等对利用生态足迹模型对北京市公共交通问题进行考察。<sup>[5]</sup>Nguyen 等对将所消耗的能源转换为太阳能，改变了采用土地面积来计算的方式。<sup>[6]</sup>

### 2. 可持续发展理论

1962 年美国海洋生物学家 R. Carson 的著作《寂静的春天》问世，惊世骇俗的事实在全球范围内引发极大震动；罗马俱乐部于 1972 年提出的第一份研究报告《增长的极限》轰动了全球，引发了世界性的激烈讨论；同年，英国经济学家 B. Ward 和美国微生物学家 R. Dubos 受联合国人类环境会议秘书长 M. Strong 委托撰写《只有一个地球》作为 1972 年联合国人类环境会议背景材料，进一步对传统发展模式敲响警钟；1987 年挪威王国首相 G. Brundtland 主持“世界经济与发展委员会”（WEDC），其亲自起草的报告《我们共同的未来》作为纲领性文件奠定了可持续发展的框架基础。可持续发展自 1987 年正式提出以来，已经成为人类理想的未来发展的成功模式，R. Allen 建立了“可持续性的晴雨表”模型来评价可持续发展。

### 3. 城市生态足迹研究

张黎明等将生态足迹模型与灰色关联度分析方法结合起来对湖南省 1998 年—2007 年的生态足迹进行了测算并分析了经济增长与资源消耗的关系；<sup>[7]</sup>杨小燕等分析了云南省产业结构对生态足迹的影响；<sup>[8]</sup>方恺等基于三维生态足迹模型，评估和比较 2007 年全球 n 个主要国家的自然资本利用状况。<sup>[9]</sup>

## 三、生态足迹的测算

### 1. 生态足迹模型

生态足迹是量化区域可持续发展状况的一种方法，M. Wackemagel 于 1996 年完善了生态足迹的定义和计算模型，从微观的角度探讨生态测量的一种方法。该方法与世界资源动态模型、“可持续性的晴雨表”等模型相比，具有数据容易获得、结果直观等优点。生态足迹具体是指在一定人口和经济规模条件下，维持特定人口资源消费和废弃物吸纳所需要的生态生产性土地面积，生态足迹以生产面积为单位测度本区域内生态环境的影响，主要由生态足迹、生态承载力、生态可持续发展指数组成。当生态承载力大于生态足迹的时候，表明生态盈余，区域的生产消费活动在承载力范围之内，生态系统可持续发展；反之，表明生态赤字，区域的生产消费活动在承载力之外，生态系统不可持续发展。

生态足迹中生物资源消费的具体计算公式如下所示：

$$EF = N \cdot ef = N \cdot \sum (r_j \cdot A_j) = N \cdot \sum (r_j \cdot (c_j/p_j)) \quad (1)$$

公式中，EF 表示区域总生态足迹；N 为人口总数；ef 代表人均生态足迹； $r_j$  为均衡因子。 $A_j$  为第 j 种类型折算出来的人均占有的生态生产性土地面积， $c_j$  为第 i 种类型的人均消费量， $p_j$  为第 j 种的平均生产能力，j 为生产性土地。

基于碳汇法模型计算区域能源足迹，<sup>[10]</sup>基本计算公式为：

$$EF_n = \sum_{i=1} Z_n \cdot \frac{7000 \cdot 4.1868}{M_n \cdot N} \quad (2)$$

生物能源的生态承载力及其计算公式：

$$EC = N \cdot ec = N \cdot \sum (a_j \cdot r_j \cdot y_j) \quad (j=1, 2, 3 \dots 6) \quad (3)$$

公式中，EC 为区域总生态承载力；N 为人口总数；ec 为人均生态承载力； $a_j$  为人均生态生产性土地面积； $r_j$  为均衡因子； $y_j$  为产量因子。

基于碳汇法模型计算能源承载力，其计算公式为：

$$EEC = \frac{(L \cdot \theta_1 + C \cdot \theta_2) / \lambda \cdot 7000 \cdot 4.1868}{M_n \cdot n} \quad (4)$$

其中，EEC 为能源承载力，L 为林地面积，C 为草地面积， $\theta_1$ 、 $\theta_2$ ：分别为林地和草地的碳吸收系数，N 为人口数量， $\lambda$  为碳排放系数， $M_n$  为平均能源足迹。

## 2. 参数选择

本文有关均衡因子和产量因子的取值均来自 M·Wackemagel 等人在计算中国生态足迹时所采用的数据。以下是各类生态生产性土地所对应的均衡因子和产量因子的取值情况（见表 1）。

**表 1 六大土地类型的均衡因子和产量因子**

土地类型	主要用途	均衡因子	产量因子
耕地	种植农作物	2.80	1.66
草地	提供畜产品	0.50	0.19
林地	提供木材	1.14	0.91
水域	水产品	0.20	1.00
化石	燃料用地吸收 CO <sub>2</sub>	1.14	—
建筑用地	居住和交通道路	2.80	1.66

生态生产性土地，是生态足迹分析法中各个指标计算的依据，所以生态生产性土地是指具有生态生产能力的土地或者水体。因为生产力的大小有差异，所以现行的生态足迹主要包括六类：耕地、草地、林地、水域、能源化石用地、建筑用地。耕地：随着城市化的快速发展，作为最有生产能力土地类型的耕地被大量占用，导致数量急剧减少；草地：提供放牧场所，可饲养动物；林地：林地资源是国家生态安全的基础，可提供水果和木材；化石燃料用地：可用于吸收 CO<sub>2</sub> 的生物生产性用地；建筑用地：在工业化的推动下，人类居住和交通道路设施占用土地有不断增加的趋势；水域：可提供水产品。

由于不同类型的生物生产性土地之间的差异性，因此引入均衡因子，将一个不同生物生产性土地面积转化为平均生物生产力。本文中采用的均衡因子是 Wackernagel 在 1997 给出的数据：化石能源用地和林地 1.14，耕地和建筑用地 2.80，草地 0.50，水域 0.20。

本研究以 2014 年宜宾市 10 个区（县）的生态足迹，将宜宾市的生态足迹主要包括生物资源消费和能源消费，根据对宜宾市的实地调查，宜宾市生物资源消费主要包括粮食、油料、生麻、糖料、烟叶、牛肉、羊肉、兔肉、水产品、水果等，能源消费主要包括天然气、汽油、热力等。

**表 2 宜宾市 10 区（县）生态足迹账户指标**

生态系统消费类型	土地类型	账户指标
生物资源账户	耕地	粮食、油料作物、生麻、糖料、烟叶、蔬菜
	林地	园林水果
	草地	猪肉、牛肉、羊肉、兔肉、牛奶、禽蛋
	水域	水产品
化石能源账户	化石燃料	煤、汽油、煤油、柴油、天然气
	建筑用地	电力

### 3. 数据来源

本文数据来源于选自 2015 年《中国统计年鉴》、《四川省统计年鉴》、《宜宾市统计年鉴》。

### 4. 生态足迹测算

利用公式（1）、（2）计算宜宾市 10 区（县）的人均生态足迹，得到表 3。

**表 3 宜宾市 10 区（县）人均生态足迹**

区 (县)	耕地	林地	草地	水域	化石 能源	建设 用地	生态 足迹	占全市 比例	排名
翠屏区	0.168	0.006	1.973	0.082	0.721	0.009	2.96	5.81	9
南溪区	0.321	0.008	2.357	0.068	0.511	0.002	3.27	6.41	7
宜宾县	0.315	0.007	8.821	0.067	0.233	0.002	9.44	18.52	1
江安县	0.252	0.026	3.657	0.096	0.849	0.013	4.89	9.42	5
长宁县	0.292	0.015	2.821	0.115	0.668	0.005	3.92	7.74	6
高县	0.264	0.002	3.726	0.056	2.084	0.006	6.14	11.60	4
珙县	0.243	0.001	3.627	0.069	3.745	0.011	7.70	15.22	2
筠连县	0.220	0.003	2.432	0.014	0.374	0.003	3.05	5.65	10
兴文县	0.282	0.001	1.599	0.033	1.076	0.003	2.99	5.88	8
屏山县	0.242	0.019	6.175	0.016	0.110	0.010	6.57	11.97	3

计算 2014 年宜宾市 10 区（县）生态足迹，结果如表 3 所示，2014 年人均生态足迹最高的是宜宾县，为 9.44，其次为珙县和屏山县，分别为 7.7 和 6.57，人均生态足迹最低的为筠连县，仅为 3.05，不到宜宾县的三分之一，这表明，宜宾市各区（县）之间的人均生态足迹差异较大。在耕地人均生态足迹方面，除翠屏区外，其余 9 个区（县）相差不大，这主要

是因为翠屏区城镇化程度较高，工业和服务业发达，再加上该区人口数量较大，也在一定程度上影响了耕地的人均生态足迹。江安县的林地人均生态足迹远超其他区（县），主要因为 2013 年起江安县大力推进“万亩林亿元钱”基地建设，打造“林一茶”、“林一禽”等林地综合利用模式，成为该县的一大特色。宜宾县草地人均生态足迹位居前列，这主要是由于其着力发展生猪、兔肉等特色农产品，尤其是生猪已经远销日本、俄罗斯、新加坡等国，并且建有西南地区最大的肉兔中途养殖基地。长宁县的水域人均生态足迹在 10 区（县）中排第一，这主要归功于长宁县水域面积大，溪流众多。化石能源上，珙县人均生态足迹为 3.745，不仅有“中国使用页岩气第一镇”，还拥有无烟煤碳等能源。10 区（县）的建设用地人均生态足迹均不高，且相差有限，这与宜宾市大力生态文明建设、工业化程度不高有关。

### 5. 生态承载力测算

根据公式（3）、（4）（县）的人均生态承载力计算 2014 年宜宾市 10 区结果如图 1—5 所示。

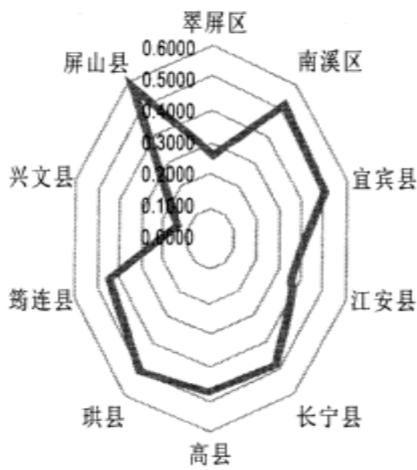


图 1

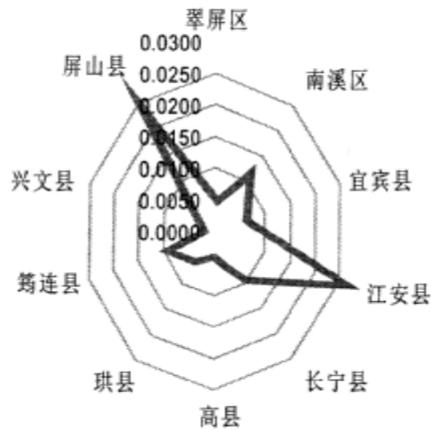


图 2

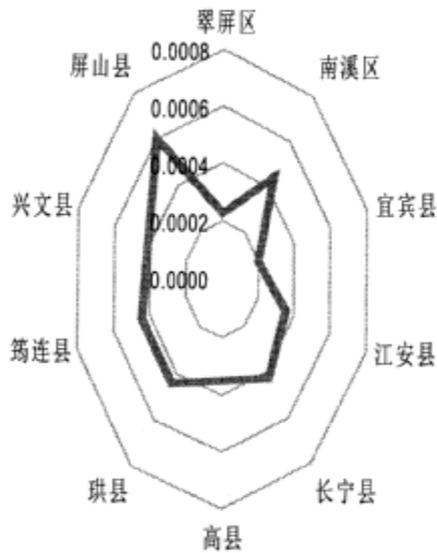


图 3

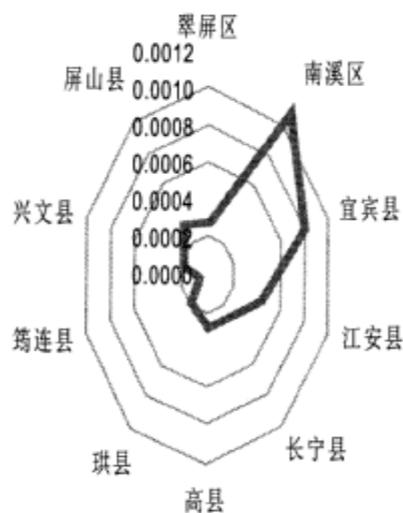


图 4

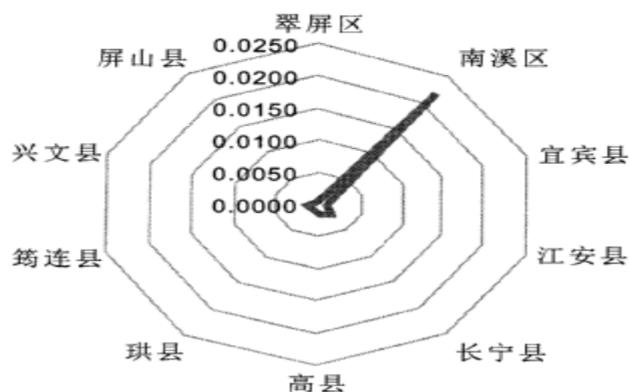


图 5

图 1 一图 5 中可以看出，宜宾市 10 区（县）耕地人均生态承载力较强，林地、草地、水域和建筑用地人均生态承载力都较弱，即宜宾市生态承载力主要来自耕地。

### 6. 生态可持续发展分析

生态可持续发展是指既能满足当代人的发展需求，又不削弱子孙后代关于生态的索求。从宜宾市来看，各区（县）对自然的需求与自然的承载能力存在着显著的差异，对各区（县）这种差异进行分析，既有助于了解差异的原因，又能有针对性的控制生态足迹增长，地区范围内生态可持续利用的程度，具体用生态可持续发展指数 ESI 来表示，计算公式为：

$$ESI = \frac{EC}{EC + EF} \quad (5)$$

其中，EC 表示人均生态承载力，EF 表示人均生态足迹，ESI 越接近 1，表明生态可持续性越强；相反，该指标越接近于 0，表明生态可持续性越弱，0.5 表明供需平衡。

依据宜宾市各区（县）人均生态足迹和人均承载力，根据公式（5）计算生态可持续发展指数，具体结果如图 6 所示。

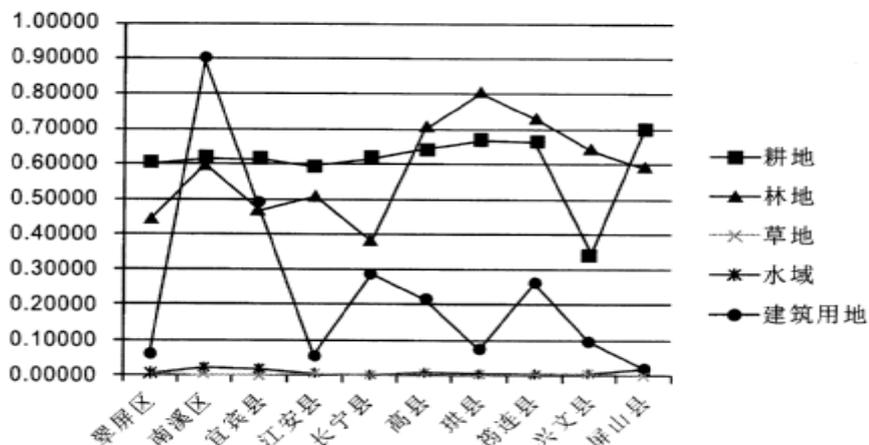


图 6 2014 年宜宾市 10 区（县）生态可持续发展指数

图 6 可以直观地看出生态可持续发展指数中，耕地处于均衡水平，供给和需求大致相等，且每个区（县）情况基本相同；珙县林地可持续发展程度较高，宜宾市草地和水产品生态可持续发展水平普遍较低；建筑用地差异较大，除南溪区外，其余地区可持续发展能力较弱。

#### 四、结论与建议

通过对 2014 年宜宾市 10 区（县）的人均生态足迹和人均生态承载力的分析，总体来讲，宜宾市县域可持续发展程度较低。其中，宜宾县人均生态足迹处于全市发展前列，筠连县处于靠后位置；屏山县和南溪区人均生态承载力较高，兴文县最低；生态可持续发展方面，南溪区建筑用地可持续发展能力最强，屏山县耕地可持续发展能力最强，珙县林地可持续发展能力最强，兴文县草地可持续发展能力最强，屏山县水域可持续发展能力最强。由于宜宾市经济发展水平在全国乃至四川省排名相对靠后，现阶段宜宾市的任务既要加快经济发展，又要降低生态赤字，因此宜宾市的发展应一手抓经济文明建设，一手抓生态文明建设，实现科学发展。针对存在的问题，对宜宾市生态文明建设提出如下建议：

第一，合理规划土地。随着城镇化的快速发展，土地需求量不断增加，宜宾市人均耕地在不断减少，因此，要制定科学的土地利用规划，缓解土地供应与区域经济之间的矛盾，以保护耕地红线为底线，促进经济、社会、生态全面协调发展。

第二，加快发展县域经济。加强县域交通、水利、能源、信息等基础设施建设，改善县域经济发展条件。发挥宜宾市区域优势，引进高新技术，提高生产效率和资源利用率，发展“绿色经济”。此外，还应通过区域间贸易促进生态资源的合理配置。因地制宜地加速发展绿色能源产业，开发风能、太阳能、水能等新能源，大力发展可再生能源。

第三，宣传生态文化。加大低碳消费观念的宣传，培养健康、良好的消费方式，注重低碳环保，号召宜宾市市民选择低耗能的产品，绿色出行，减少城市能耗。同时，树立绿色发展理念，创新绿色发展模式，提高生态、产业、城市、文化绿色化发展水平，持续改善生态环境质量。<sup>[10]</sup>

最后，加强生态修复。实施山水林田湖生态保护和修复工程。对生态发展落后的翠屏区和筠连县，应给与一定的经济补偿，进行人工修复和自然修复，以提高宜宾市的整体人均生态承载力和人均生态足迹，加快建设长江上游绿色生态屏障。

#### 参考文献：

- [1] 牛文元. 可持续发展理论的内涵认知 — 纪念联合国里约环发大会 20 周年[J]. 中国人口·资源与环境, 2012, (05).
- [2] Wackernagel M. National Natural Capital Accounting with the Ecological Footprint Concept[J]. Ecological Economics, 1999, (03).
- [3] Wackernagel M. Our Ecological Footprint: Reducing Human Impact on the Earth [M]. Gabriola Island: New Society Publishers, 1996.
- [4] 康彦彦, 张寿庭. 基于生态足迹的资源型城市可持续发展分析 — 以山东省东营市为例[J]. 山东社会科学, 2013, (02).
- [5] 宗刚, 李易峰. 北京市公共交通生态足迹考察[J]. 城市问题, 2013, (04).
- [6] Nguyen HX, Yamamoto R. Modification of ecological footprint evaluation method to include non-renewable resource consumption using thermodynamic approach [J]. Resources Conservation & Recycling, 2007, (02).

- 
- [7] 张黎明, 文倩, 霍金炜等. 基于生态足迹和灰色关联度的湖南省可持续发展研究[J], 农业现代化研究, 2010, ( 04 ) .
- [8] 杨小燕, 赵兴国, 崔文芳等. 欠发达地区产业结构变动对生态足迹的影响 — 基于云南省的案例实证分析[J]. 经济地理, 2013, ( 01 ) .
- [9] 方恺, 高凯, 李焕承. 基于三维生态足迹模型优化的自然资本利用国际比较[J]. 地理研究, 2013, ( 09 ) .
- [10] 陈成忠, 林振山. 中国能源足迹增长波动的驱动因子分析[J]. 生态学报, 2009, ( 02 ) .