

生态足迹理论在生态市建设规划中的应用
——以海口市为例

刘云南

(湖南省建筑设计院 ,长沙 410083)

摘要 生态市建设规划是促进区域可持续发展的有效措施 ,而生态足迹理论作为定量测度发展的可持续状态的一类生物物理方法对于定量描述区域发展现状、判断发展中的基本问题具有重要的借鉴作用。生态足迹分析应用到生态市建设规划中可以 (1)分析可持续发展进程 ,明确城市可持续发展状态 ;(2)明确城市一定人口的消费对环境产生的后果以及可持续发展相关的重要资源问题 ;(3)为合理开展生态市建设规划、减少生态足迹提供决策信息。本研究根据海口生态市建设规划实践剖析了生态足迹理论在明确上述 3 个方面中的应用。结果表明 ,海口市 2002 年生态足迹为生态承载力的 5.6 倍 ,处于不可持续状态。出现赤字的土地类型依次为耕地、水域、化石燃料用地和草地 ,其中耕地赤字为各项需求之首。海口市 2002 年万元 GDP 的生态足迹为 0.93hm² ,表现为资源利用效率较低 ,但海口市生态占用率较小 ,生态环境压力相对较小。根据海口市生态环境现状 ,减少生态足迹、提高可持续发展能力的规划途径主要为 :通过保护土地资源和提高科技发展水平改善耕地和草地赤字的现状 ;通过构建城市生态交通和构建生态建筑与节能体系来缓解化石燃料用地的压力 ;通过发展循环经济和转变消费模式来提高资源利用效率 ;通过控制人口增长来提高人均生态承载力。

关键词 生态足迹 ;生态承载力 ;生态盈余 ;生态赤字 ;可持续发展 ;海口市

文章编号 :1000-0933 (2007)05-2012-09 中图分类号 :Q149 ,Q988 ,F590 文献标识码 :A

Application of ecological footprint theory in eco-city planning : a case study in Haikou City

LIU Yun-Nan

Hunan Provincial Architectural Design Institute ,Changsha 410083 ,China

Acta Ecologica Sinica 2007 27 (5) 2012 ~ 2020.

Abstract :Eco-city planning is one of the effective measures improving the ability of sustainable development in regional level. The theory of Ecological Footprint (EF) , a bio-physical method measuring sustainable development situation , takes great effect in describing regional development situation , and judging basic development problems. Application of EF in eco-city planning can (1) analyze the process of sustainable development and judge the situation of sustainable development of cities , (2) make clear the environmental results brought by human's consumption , (3) provide information for carrying out eco-city planning. The application of EF in the above 3 aspects was realized in the eco-city planning of Haikou. The result shows that in 2002 the EF of Haikou city is 5.6 times of ecological carrying capacity , and Haikou city was in a unsustainable situation. Land types with ecological deficit include cropland , water body , land for petrol-fuel and grassland , of which cropland has the largest ecological deficit. EF of 10-thousand yuan of GDP in 2002 was 0.93hm² , meaning

基金项目 :海口市环境保护局资助项目

收稿日期 :2007-04-04 ;修订日期 :2007-04-20

作者简介 :刘云南 (1962 ~) 男 ,高级工程师 ,主要从事城市规划研究. E-mail :lyn-912@163.com

Foundation item :The project was financially supported by Environmental Protection Bureau of Haikou Municipality

Received date 2007-04-04 ;**Accepted date** 2007-04-20

Biography LIU Yun-Nan , Senior Engineer , mainly engaged in urban planning. E-mail :lyn-912@163.com

relatively low efficiency of resource utilization in Haikou City. Meanwhile Kaikou city had comparatively small ecological occupying rate , meaning a relatively small environmental pressure. Based on the current eco-environmental situation , some planning measures as follows can be taken to decrease EF and improve sustainable development ability : (1) Current ecological deficit situation of cropland and grassland can be improved by protecting land resources and improving scientific development level ; (2) Pressure from fossil energy land may be lessened by establishing urban ecological transportation , ecological building , and energy-saving systems ; (3) Efficiency of resources utilization can be improved by developing recycling economy and changing consumption modes ; (4) Ecological capability per capita can be improved by controlling population increase.

Key Words : ecological footprint ; ecological carrying capacity ; ecological surplus ; ecological deficit ; sustainable development ; Haikou City

随着经济社会的不断发展 ,我国城市化水平越来越高 ,反映到城市人口所占比例上 ,从 1979 年的 13.2% ,增加到 1985 年的 16.7% ,再到 1992 年的 20.4% ,而 2002 年 ,城市化水平达到了 39.1%。在未来一段时间内 ,这种趋势仍不会减缓 ,根据有关预测 ,在未来 20a 内 ,中国城镇人口所占比例将会超过 50% [1]。这些变化的速度、深度以及广度虽使当地居民从中受益 ,同时也给当地的居住环境和区域生命支持系统造成严重的生态压力。为了适应这种趋势 ,近几年来 ,中国的一些城市正在自发地开展一项生态建设运动——创建生态市。而创建生态市之前的重要环节就是编制生态市建设规划。至目前为止 ,全国已有 82 个市县被国家环境保护总局命名为全国“生态示范区” ,正在实施所编制的生态规划 ,另有 314 个市县正在编制生态规划 [2]。然而 ,生态市规划的方法还有待于发展是目前生态市建设中存在的主要问题之一 [3] ,尤其是定量化的方法。

生态足迹计算作为定量测度发展的可持续状态的可持续发展评估方法 ,近几年 ,它正以其较为科学、完善的理论基础和精简统一的指标体系 ,以及方法的普适性受到学术界的广泛关注 ,很多国外学者对其理论、方法做了大量研究 [4~7]。国际生态经济学会会刊《生态经济学》杂志于 2000 年推出以生态足迹为主题的专刊 ,深入讨论了生态足迹理论方法中的优缺点。国内学者近几年也对生态足迹产生了浓厚的兴趣。杨开忠等人系统地介绍了生态足迹分析法地理论框架、指标体系和计算方法 ,对其应用前景作出评价 [8] ;徐中民、张志强、陈东景等人采用生态足迹的理论与方法先后对我国张掖地区 1995 年、甘肃省 1999 年、新疆自治区 1999 年、直至西部 12 省区进行了生态足迹计算与分析 ,取得了一定的研究成果 [9~11]。他们的研究区域多集中于中国西部省区 ,对单个城市的生态足迹研究较少 [12]。将这一理论引入生态市建设规划实践中则更是少见。本文在简要说明生态足迹内涵与计算方法的基础上 ,将其运用到城市尺度的研究 ,以城市生态足迹定量表示城市的经济活动对自然生态系统造成的压力及其程度 ,探讨了生态足迹理论在生态市规划中的应用 ,为识别和衡量城市可持续发展状态 ,以及制定城市生态建设策略和实现可持续发展提供参考。

1 生态足迹的内涵及其计算方法

1.1 生态足迹的内涵

所谓生态足迹是指现有生活水平下人类占用的能够提供资源或消纳废物的、具有生态生产力的地域空间 ,而与其相对应的生态容量则是指在保持生存、发展条件下能够持续提供资源或消纳废物的、具有生态生产力的地域空间。生态足迹理论从需求面计算生态足迹的大小 ,从供给面计算生态承载力的大小 ,通过对二者的比较来评价对象的可持续发展状况。该理论具有 3 个最主要的优点 : (1)生态足迹指标是全球可比的、可测度的可持续发展指标 ,是涉及系统性、公平性和发展的一个综合指标。 (2)具有一定的政策含义。生态足迹的计算结果与自然资产提供生态服务的能力进行比较能反映在一定的社会发展阶段和一定技术条件下 ,人类社会活动影响程度与适时生态供给力之间的差距。一定程度上 ,它可以辅助决策者寻求减少生态足迹的决策 ,帮助和教育人们了解个人及家庭生活方式、社会行为对生态环境的影响 ,培养人们对可持续发展政策与计

划的理解^[3]。(3)测算指标采用生产土地的面积,使人容易理解,而且容易进行尝试性测算。

1.2 生态足迹计算方法

生态足迹的计算基于以下两个基本事实:(1)人类可以确定自身消费的绝大多数资源及其产生的废弃物的数量;(2)这些资源和废弃物能转换成相应的生物生产面积。因此,任何已知人口(某个人、一个城市或国家)的生态足迹是生产这些人口所消费的所有资源和吸纳这些人口所产生的所有废弃物所需要的生物生产总面积(包括陆地和水域)。其计算公式为:

$$EF = N \cdot ef = N \cdot r_j \cdot \sum (aa_i) = N \cdot r_j \cdot \sum (c_i/p_i)$$

式中,EF为总的生态足迹;N为人口数;ef为人均生态足迹; c_i 为*i*种商品的人均消费量; p_i 为*i*种消费商品的平均生产能力; aa_i 为人均*i*种交易商品折算的生物生产面积; i 为消费商品和投入的类型; r_j 为均衡因子,因为单位面积耕地、化石燃料土地、牧草地、林地等的生物生产能力差异很大,为了使计算结果转化为一个可比较的标准,有必要在每类型生物生产面积前乘上一个均衡因子(权重),以转化为统一的、可比较的生物生产面积; j 为生物生产性土地类型。

根据生产力大小的差异,生态足迹分析法将地球表面的生物生产性土地分为6大类进行核算:化石能源用地、耕地、牧草地、林地、建筑用地、水域^[1]。

1.3 生态足迹供给的计算模型

生态足迹供给(生态承载力)时,不同国家或地区同类生物生产土地的实际面积需要对其进行调整。生态承载力计算公式:

$$EC = N \cdot ec = N \cdot \sum a_j \cdot r_j \cdot y_j$$

$j = 1 \ 2 \ 3 \ \dots \ 6$

式中,EC为区域总生态承载力;N为人口数;ec为人均生态承载力(hm²/人); a_j 为人均生物生产面积; r_j 为均衡因子; y_j 为产量因子; $y_j = y_{ij}/y_{wj}$, y_{ij} 指某国家或区域的*j*类土地的平均生产力, y_{wj} 指*j*类土地的世界平均生产力。

2 研究背景

海口市是海南省省会,位于北纬19°32′~20°5′,东经110°10′~110°41′。地处海南岛北部,北濒琼州海峡,属于热带海洋气候。2002年年底全市户籍人口总数为1341868人。2002年海口市国内生产总值为210.86亿元^[4]。本研究选取的基准年为2002年,研究范围为海口市行政区域内的2304.84km²。

海口市丰富多样的热带资源富于海口独特的自然景观和优美的环境,使得其具有建设生态市的多种条件:

(1)区位优势明显 海口既有良好的水道,也有国际化的机场。已修建的粤海铁路,又多了一条海南岛与大陆间的通道。

(2)海洋资源丰富,自然风光具有滨海特色 海口市海域面积830km²,海岸线长131km,海洋资源丰富,岛屿、沙滩、东寨港红树林自然保护区、热带作物等都极具特色。

(3)污染治理包袱小 2002年海口市工业废水处理率100%,海口市固体废弃物中工业企业固体废弃物全部综合利用或处理,生活垃圾处理率也为100%。

(4)空气质量全国领先。2002年海口市的环境空气质量在全国47个环保重点城市中排名第一。但随着社会经济的快速发展,生态市的建设尚存在不少制约因素:

- (1)经济总量小,工业基础薄弱。
- (2)土地未利用率低,耕地面积减少。
- (3)生态环境压力较大,城市科学管理水平有待提高。

为了更好的巩固海口作为“亚洲第二理想居住地”的地位,进一步将海口打造成为“融合热带花园景色和滨海风光的宜居城市”、“独具特色的绿色国际旅游城市”,海口市提出了走创建生态市的道路。本研究将生

态足迹理论这一定量化方法引入海口生态市建设规划中,以期为生态市建设规划提供新的思路。

3 海口市 2002 年生态足迹计算

3.1 海口市 2002 年生态足迹

根据 2002 年海口市遥感图像解译结果,得出海口市 2002 年土地利用现状如表 1 所示。

人类的生产、生活消费由两部分组成:生物资源及能源的消费。生物资源可分为农产品、动物产品、水果和木材等几类。能源消费主要涉及如下几种:煤、焦炭、燃料油、原油、汽油、柴油和电力。这两类资源的消费量数据均来源于海口统计年鉴^[4]。能源消费量转化为化石燃料生产土地面积时,采用世界上单位化石燃料生产土地面积的平均发热量为标准,将当地能源消费所消耗的热量折算成一定的化石燃料土地面积。需要说明的是,文中未进行贸易调整估算。一方面因为直接得到的是生物资源消费量数据,不是生物量数据,因而不需要用进出口贸易量进行调整;另一方面因缺乏海口进出口及国内贸易量的详细数据,在计算能源消费量时暂不考虑贸易商品中所含的能源贸易量。

表 1 海口市域土地利用现状 (2002 年)
Table 1 Land use situation in Haikou city (2002)

土地类型 Land types	土地面积 Area (hm ²)	占全市总面积 Percentage of the total area (%)	人均面积 Area per capita (hm ²)
耕地 Crop land	92185.4	40.0	0.0687
草地 Grassland	10379.5	4.5	0.0077
林地 Forest area	96165.2	41.7	0.0717
建设用地 Construction land	13539.3	5.9	0.0101
水域 Water area	14379.3	6.2	0.0107
未利用土地 Unutilized land	3819.8	1.7	0.0029
总计 Total	230468.5	100	0.1718

资料来源:海口市 2002 年遥感图像解译结果 Data source: classification results of satellite images 2002 of Haikou City

生物资源与能源消费量确定之后,根据生态足迹的计算公式将生物资源和能源消费转化为提供这类消费所需要的生物生产性土地面积,结果见表 2、表 3。

表 2 海口市生物资源消费生态足迹 (2002 年)
Table 2 Calculations of ecological footprint of biotic resources in Haikou city (2002)

生物资源 Biological resources	全球平均 产量 ⁽¹⁾	城市居民 消费量 ⁽²⁾	农村居民 消费量 ⁽³⁾	总消费量 ⁽⁴⁾	总生态 足迹 ⁽⁵⁾	人均生态 足迹 ⁽⁶⁾	生产类型 Production types
粮食 Grain	2744	48681.90	176757.32	225439.22	82157.15	0.0612	耕地 ⁽⁷⁾
食用植物油 Edible vegetable oil	431	6292.61	2638.82	8931.43	20722.58	0.0154	耕地
鲜菜 Vegetable	18000	75153.75	33759.39	108913.15	6050.73	0.0045	耕地
猪肉 Pork	74	22746.34	10473.81	33220.16	448921.03	0.3346	耕地
牛羊肉 Beef and mutton	33	1623.21	2457.05	4080.26	123644.20	0.0921	草地 ⁽⁸⁾
鲜蛋 Eggs	400	2731.56	871.25	3602.81	9007.04	0.0067	耕地
肉禽类 Fowl meat	764	13479.05	9715.38	23194.44	30359.21	0.0226	耕地
水产品 Aquatic product	29	19707.30	10705.73	30413.03	1048725.12	0.7815	水域 ⁽⁹⁾
食糖 Sugar	4997	1709.01	3528.88	5237.89	1048.21	0.0008	耕地
鲜瓜果 Fruits	18000	28073.61	4212.09	32285.70	1793.65	0.0013	耕地
鲜奶 Milk	502	2781.62	—	2781.62	5541.07	0.0041	草地
木材 Timber	1.99m ³ /ha	—	—	25300.00	12713.57	0.0095	林地 ⁽¹⁰⁾

(1) Global average yield (kg/hm²), (2) Consumption amount by urban people (t), (3) Consumption amount by rural people (t), (4) Total consumption amount (t), (5) Total ecological footprint (hm²), (6) Per capita ecological footprint (hm²/capita), (7) Crop land, (8) Grassland, (9) Water area, (10) Forest area

通过计算汇总,得出海口市 2002 年生态足迹的需求及供给的最终结果,见表 4。其中生态足迹的需求部分是前面计算的汇总。均衡因子的选取来自世界各国生态足迹计量研究报告。而生态足迹的供给则反映海口本地的资源供给能力,本研究采用的产量因子是 Wackernage1 文献中计算中国生态足迹时的产出因子取值的 2 倍(通过统计年鉴的数据估算,可认为海口市土地生产力约为全国的 2 倍左右)。同时出于谨慎考虑,在计算海口生态足迹的供给时扣除了 12% 的生物多样性保护面积。

表 3 海口市能源消费生态足迹 (2002 年)

Table 3 Calculations of ecological footprint of energy consumption in Haikou city (2002)

能源类型 ⁽¹⁾	消费量 (t 标煤) ⁽²⁾	折算系数 ⁽³⁾	人均 消费量 ⁽⁴⁾	全球平均 能源足迹 ⁽⁵⁾	人均生态 足迹 ⁽⁶⁾	生物生产性 土地类型 ⁽⁷⁾
原煤 Raw coal	27085.54	20.9340	0.4226	55	0.0077	化石燃料土地 ⁽⁸⁾
焦炭 Coking caol	35.94	28.4700	0.0008	55	0.0000	化石燃料土地
原油 Raw Petroleum	732.87	41.8680	0.0229	93	0.0003	化石燃料土地
汽油 Gasoline	3575.50	43.1240	0.1149	93	0.0012	化石燃料土地
煤油 Kerosene	523.82	43.1240	0.0168	93	0.0002	化石燃料土地
柴油 Diesel oil	9769.86	42.7050	0.3109	93	0.0033	化石燃料土地
燃料油 Fuel oil	20647.56	50.2000	0.7724	71	0.0109	化石燃料土地
液化石油气 Liquefied petroleum gas	20554.46	50.2000	0.7690	71	0.0108	化石燃料土地
天然气 Natural gas	17383.10	38.9780	0.5049	93	0.0054	化石燃料土地
其他石油制品 Other petroleum products	300.01	41.8680	0.0094	93	0.0001	化石燃料土地
电力 Electricity	128641.68	11.8400	1.1351	1000	0.0011	建筑用地 ⁽⁹⁾
其他能源 Other energy sources	1623.00	36.1900	0.0438	71	0.0006	化石燃料土地

化石燃料土地在前文中已有说明,指人类应该留出用于吸收 CO₂ 的土地,表中消费量数据是指可供本地区消费的能源量。As motioned in the previous paragraph, fossil fuel land refers to those lands that human should leave for absorbing CO₂; Consumption data in this table means the energy amount available for local consumption. (1) Types of energy sources; (2) Consumption amount (ton standardized coal); (3) Conversion coefficient (GJ/t); (4) Per capita consumption amount (GJ); (5) Global average energy footprint (GJ/hm²); (6) Per capita footprint (hm²); (7) Type of ecologically productivity area; (8) Fossil fuel land; (9) Building area

表 4 海口市生态足迹的需求与供给 (2002 年)

Table 4 The demand and supply of ecological footprint in Haikou city (2002)

土地类型 Land types	生态足迹的需求 Requirement of ecological footprint			土地类型 Land types	生态足迹的供给 Supplies of ecological footprint		
	总面积 ⁽¹⁾	均衡 因子 ⁽²⁾	均衡 面积 ⁽³⁾		总面积 ⁽¹⁾	均衡 因子 ⁽²⁾	均衡 面积 ⁽³⁾
耕地 Cropland	0.4246	2.8	1.1888	耕地 Cropland	0.0687	2.24	0.1539
草地 Grassland	0.1189	0.5	0.0594	草地 Grassland	0.0077	3.29	0.0254
林地 Forest area	0.0095	1.1	0.0104	林地 Forest area	0.0717	1.2	0.0860
建筑用地 Building area	0.0011	2.8	0.0032	建筑 Building area	0.0101	2.24	0.0226
水域 Water area	0.7815	0.2	0.1563	水域 Water area	0.0107	1.0	0.0107
化石燃料 Fossil fuel	0.0406	1.1	0.0446	CO ₂ 吸收 Absorption of CO ₂	0	0	0
总生态足迹 Total ecological footprint	—	—	1.4627	总供给面积 Total supply area	—	—	0.2986
—	—	—	—	生物多样性保护 ⁽⁴⁾	—	—	0.0358
—	—	—	—	总生态承载力 ⁽⁵⁾	—	—	0.2628

(1) Total area (hm²); (2) Balanced factor; (3) Balanced area (hm²); (4) Conservation of biodiversity (12%); (5) Total ecological capacity

http://www.ecologica.cn

可以看到 2002 年海口市的生态足迹为 $1.46\text{ hm}^2/\text{人}$,而当地人均生态承载力为 $0.26\text{ hm}^2/\text{人}$,其生态足迹是当地生态承载力的 5.6 倍。这表明 海口市要保持现有的生活水准 ,很大程度上要依赖外部输入 ,需要通过国际贸易和国内贸易从不发达地区输入生态足迹 ,这实际上加重了不发达地区的生态恶化。

3.2 海口市与国内其他城市的生态足迹比较

纵观国内其它城市的生态足迹水平 (见图 1) ,目前海口市的人均生态足迹比世界平均生态足迹水平 ($2.8\text{ hm}^2/\text{人}$)略低 ,远高于中国平均水平 ($1.2\text{ hm}^2/\text{人}$) ,但比广州、宁波、扬州、苏州相比要低很多。不难看出 ,发达城市的生态足迹普遍比欠发达城市的生态足迹要高。这说明 ,生态足迹水平与经济发展水平有关。经济越发达的地区所占用的生态足迹面积也越大。

可见 ,为减少全球的资源消耗 ,促进全球的可持续发展 ,发达国家、富裕城市和富裕地区必须尽可能减少其占有的生态足迹面积 ,只有这样才能减少其对自身资源的消耗 ,同时亦有助于减少不发达地区生态足迹的输出 ,缓解不发达地区的生态恶化程度。这样将大大有助于减少自然界物质和能量的损耗 ,推进全球的可持续发展。

4 生态足迹理论在海口生态市建设规划中的应用

生态市是指在生态系统承载能力范围内运用生态经济学原理和系统工程方法去改变生产和消费方式、决策和管理方法 ,挖掘市域内外一切可以利用的资源潜力 ,建设一类经济发达、生态高效的产业 ,体制合理、社会和谐的文化以及生态健康、景观适宜的环境 ,实现社会主义市场经济条件下的经济腾飞与环境保育、物质文明与精神文明、自然生态与人类生态的高度统一和可持续发展。生态市建设旨在通过技术创新、体制改革、观念转换和能力建设去促进全市社会、经济、自然的协调发展 ,物质、能量、信息的高效利用 ,技术和自然的充分融合 ,人的创造力和生产力得到最大限度的发挥 ,生命支持系统功能和居民的身心健康得到最大限度的保护 ,经济、生态和文化得以持续、健康地发展 [6] 。

生态足迹分析应用到生态市建设规划中具有以下意义 : (1) 分析可持续发展进程 ,明确可城市可持续发展状态 ; (2) 明确城市一定人口的消费对环境产生的后果以及与可持续发展相关的重要资源问题 ; (3) 为合理开展生态市建设规划、减少生态足迹提供决策信息。

4.1 分析可持续发展进程 ,明确可持续发展状态

在生态生产性土地的概念基础上 ,生态足迹研究者建立了一系列指标来计量人地系统间自然资本的供需情况和可持续程度。

(1) 生态容量与生态承载力 (ecological capacity) 生态足迹研究者将一个地区所能提供给人类的生态生产性土地的面积总和定义为该地区的生态承载力 ,以表征该地区的生态容量。

(2) 人类负荷 (human load) 与生态足迹 (ecological footprint) 生态足迹分析法用生态足迹来衡量人类负荷。它的设计思路是 :人类要维持生存必须消费各种产品、资源和服务。人类的每一项最终消费的量都追溯到提供生产该消费所需的原始物质与能量的生态生产性土地的面积。生态足迹衡量的既是人口目前所占用的生态容量 ,又是人口未来需要的生态容量。

(3) 生态赤字/盈余 (ecological deficit/remainder) 这两种情况都说明地区发展模式处于相对不可持续状态 ,其不可持续的程度用生态赤字来衡量。相反 ,生态盈余则表明该地区消费模式具有相对可持续性。

本研究中 ,海口市 2002 年生态足迹计算结果表明 ,海口市人均生态承载力为 $0.26\text{ hm}^2/\text{人}$,而人均生态足迹为 $1.46\text{ hm}^2/\text{人}$,生态足迹为生态承载力的 5.6 倍 ,生态赤字为 $1.2\text{ hm}^2/\text{人}$ 。海口市处于不可持续状态 ,但与

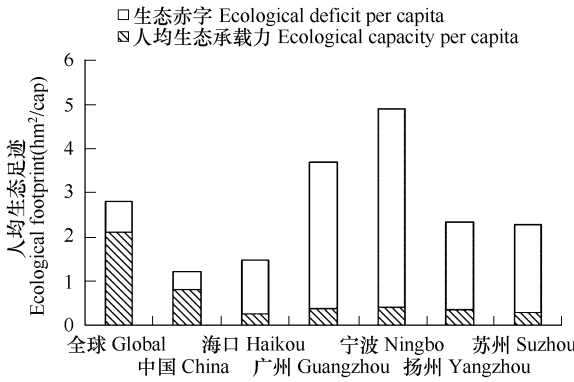


图 1 海口市及国内其它城市的生态足迹比较 [2, 15]

Fig. 1 Comparison of ecological footprint between Haikou city and other cities [2, 15]

国内其它城市相比,可以看出海口建设生态市具有一定的优势:人均生态赤字和人均生态足迹均较小。

4.2 明确城市一定人口的消费对环境产生的后果以及与可持续发展相关的重要资源问题

从表4可以看出,海口市能够自给的只有建筑用地和林地,但建筑用地的生态服务功能较低。出现赤字的土地类型有耕地、水域、化石燃料用地和草地。其中耕地赤字为各项需求之首。耕地不足意味着粮食、蔬菜等农产品供应不足。其次为水域赤字。当然,海口市有海岸线131km以及830km²的海域,合理开发和利用好近海海域对于缓解水域赤字具有重要作用。第三为化石燃料用地赤字。化石燃料用地不足意味着产生的废气无法吸收,造成空气污染。最后为影响奶产品供应的草地赤字。

生态占用率指总生态足迹与土地总面积的比值。这一指标表明当前发展对生态环境的压力指数。数值越高,表明对环境的压力越大,偏离平衡态的张力越大;反之,则是环境处于平衡状态。但并不是数值越小越好,偏低,则表明对资源没有充分利用。海口市生态占用率为8.5,与广州的34.02^[2]相比,海口市生态环境所处的压力较小,这也是海口建设生态市的优势之一。

万元GDP的生态足迹反映了资源使用效率,更反映了对生态系统的消耗强度。海口市万元GDP的生态足迹为0.93hm²,与广州的1.06hm²和北京的1.12hm²相比,海口市的资源利用效率要低得多。

由表2可以看出,海口市人均生态足迹需求略高于全国平均水平,但远低于广州、宁波、扬州、苏州等地区。与这些发达城市相比,生态足迹状况具有“低需求、低供给”的特点,这主要与较高的人口数量有关。

4.3 找出建设生态市、减少生态足迹的途径

上述分析可以看出,生态足迹理论不仅可以帮助分析可持续发展进程、明确可持续发展状态,还可以帮人们明确城市一定人口的消费对环境产生的后果以及与可持续发展相关的重要资源问题。结合上述分析和生态足迹理论中的一系列指标,海口生态市建设规划中建议如下减少生态足迹、增强可持续发展能力的途径。

4.3.1 关于生物生产土地面积变化

生物生产土地面积的变化是决定生态承载力发展趋势的主要因素。针对海口市耕地和草地为表现为主要赤字用地类型的现状,应该:(1)严格执行《基本农田保护法》,切实保护耕地。同时也要保护好草地资源。(2)科技发展水平对生态承载力的变化趋势影响较大,表现为在实际生物生产土地面积不变的情况下,科技发展水平越高,地区的生态生产力就越大,则生态承载力就越高。因此,在耕地、草地等生产用地总量一定的情况下,应该通过增加科技含量,增加单位面积自然系统的生产率,提高各类生产用地的质量,进而提高生态足迹供给。如:调整农业结构,建立集约农业生产基地,根据海口特点发展“精品农业”、“观光农业”、“特种养殖业”和“绿色农业”等等。

针对化石燃料用地表现为主要的赤字用地类型之一的特点,根据海口特点,建议如下两条规划措施以减缓化石燃料用地的压力:

(1)构建城市生态交通 城市交通生态足迹在城市生态足迹中占有举足轻重的地位,无限制发展汽车造成的空气污染、噪声污染、能源消耗、交通事故等负面影响也是人类难以承受的,城市的交通建设关系到城市是否可持续发展。生态型交通要求 ①建设高效、便捷和低成本的公共交通体系。将城市建成以安全步行和非机动交通为主的,并具有高效、便捷和低成本的公共交通体系的生态市。中止对汽车的补贴,增加对汽车燃料使用和私人汽车的税收,并将其收入用于生态市建设项目和公共交通系统。②改变单一的路容量规划思路,确立交通容量与环境容量相符的规划原则。交通环境容量的允许值按照污染物对人体健康的影响来确定。③做好机动车污染排放控制并逐步改善车用燃料品质。规划时必须按机动车排放污染物的性质、排放量、排放的时空分布、污染物的扩散条件来设计道路时速和通行能力,并且要尽快提高车用燃料品质减少温室气体的产生。

(2)构建生态建筑与节能体系 能源问题也是城市的一个大问题,在生态市建设中我们应该尝试着将新的生态技术运用到建筑的设计与建造过程中,提倡使用太阳能、风能、潮汐能、核能等新型能源,使用可再生材料,建设具有“智能性”的生态建筑,大量利用现代科技的全部潜力制造高效节能的、对环境不产生污染或污

染很少的新型灯具。

4.3.2 关于资源利用效率

针对海口市资源利用效率较低的特点 ,规划目标应该注重 :倡导绿色生活模式。生活模式是决定个人对生态足迹面积的需求大小的关键因素 ,因此 ,要积极倡导新生产和生活消费方式 ,减少资源消耗和废弃物的生产。高效利用现有资源存量 ,遵循循环经济理念 ,全面提高现有资源的利用效率 ,大力发展生态农业 ,推行清洁工业生产模式 ,以避免区域生态足迹总量损失、减少生态资源消耗。规划措施有 :

(1)发展循环经济 ,挖掘城市自身的生产潜力。建设“生态市”关键还是要做到城市内部资源的再生及合理利用 ,以便提高城市自身的生产力。一个生态市 ,要考虑的不仅仅是城市自身 ,更重要的是如何减轻它对其它地区以致全球的影响及压力。如果我们能对物质进行合理的、充分的利用 ,就相当于提高了生物生产性土地单位面积上的产出率 ,这样不仅可以实现城市经济的高效 ,而且会减少废物及污染的产生 ,自然就会减少生态足迹 ,减轻城市本身对其它地区的压力 ,但城市要发展 ,经济也不能停止增长 ,所以应该寻求一种能改变资源消耗性的经济增长模式 ,提高资源利用效率的新的经济增长模式是建设生态市的关键 ,这样发展循环经济就成为解决此问题的最佳选择。海口生态城市建设规划中在充分分析城市生态系统生态现状上 ,提出了从企业层面、产业生态链接与生态产业园、循环型社会等多个层面发展循环经济 ,建立循环经济园区等等措施 ,尽量将低产高耗的产业转向高产高效 ,实现循环经济中“减量化、再利用、再循环”的原则。

(2)实现从工业文明消费模式向生态文明消费模式的转变。人是环境的主体 ,城市环境的好坏直接决定于城市居民本身。消费是导致城市生态足迹增大的最主要因素 ,无理性的消费只会不断增大自己的生态足迹 ,侵占别人的生态足迹 ,给别人带来沉重的负荷 ,生态市首先就要求有一个良好的文明的生态消费模式。规划措施为 :引导和规范每一个市民的消费行为和生活方式 ,养成和谐的自然观和俭朴的生态消费观 ,使生态文明成为海口市的一种社会风尚和市民的自觉行为。加强宣传教育 ,逐步培养和强化市民生态消费的观念意识 ,从餐饮、住宅、交通、旅游及娱乐、用水用能、购物、日常生活等入手实施引导。

4.3.3 关于人口增长

在一个地区总的土地状况 ,生产能力和生态环境稳定的情况下 ,人口的增长是人均生态承载力下降的直接原因。较高的人口数量导致海口市生态足迹状况具有“低需求、低供给”的特点 ,为此 ,应该减少人口以减少消费以及减少人均消费 (如小汽车、非必需品等)。

References :

[1] Wang R S , Ye Y P. Eco-city Development in China. *AMBIO* ,2004 ,33 (6) :219 — 320.

[2] State Environmental Protection Administration of China. Notice of State Environmental Protection Administration. *China Environmental Newspaper* , 2003 ,14 March ,4. & 21 March ,4.

[3] Ferng J J. Using composition of land multiplier to estimate ecological footprints associated with production activity. *Ecological Economics* ,2001 , 37 :159 — 172.

[4] Fricker A. The ecological footprint of New Zealand as a step towards sustainability. *Futures* ,1998 ,30 (6) :559 — 567.

[5] Bicknell K B ,Ball R J ,Cullen R ,*et al.* New methodology for the ecological footprint with an application to the New Zealand economy. *Ecological Economics* ,1998 ,27 :149 — 160.

[6] Lenzen M ,Murray S A. A modified ecological footprint method and its application to Australia. *Ecological Economics* ,2001 ,37 :229 — 255.

[7] Haberl H ,Erb K H ,Krausmann F. How to calculate and interpret ecological footprints for long periods of time :the case of Australia 1926 — 1955. *Ecological Economics* ,2001 ,38 :25 — 45.

[8] Yang K Z ,Yang Y ,Chen J. Ecological footprint analysis :concept ,method and cases. *Advance in Earth Sciences* ,2000 ,15 (6) :630 — 636.

[9] Xu Z M ,Zhang Z Q ,Cheng G D. The calculation and analysis of ecological footprint of Gansu Province. *Acta Geographica Sinica* ,2000 ,55 (5) : 607 — 616.

[10] Chen D J ,Xu Z M ,Cheng G D ,*et al.* Ecological footprint in northwest China. *Journal of Glaciology and Geocryology*. 2001 ,23 (2) :164 — 169.

[11] Zhang Z Q ,Xu Z M ,Cheng G D ,*et al.* The Ecological footprint of the 12 provinces of west China in 1999. *Acta Geographica Sinica* ,2001 ,56 (5) :599 — 610.

[12] Guo X R , Yang J R , Mao X Q. Calculation and analysis of urban ecological footprint :a case study of Guangzhou. *Acta Geographica Sinica* ,2003 , 22 (5) :654 — 662.

[13] Long Ai H , Zhang Z Q , Su Z Y. Review of progress in research on ecological footprint. *Advances in Earth Science* ,2004 ,19 (6) 971 — 981.

[14] Edited by Statistical Bureau of Haikou City. *Haikou Statistical Yearbook 2003*. Beijing : China Statistics Press ,2003.

[15] Du B , Zhang K M , Wen Z G , *et al.* Urban ecological footprint method for evaluating sustainable development. *Journal of Tsinghua University (science and technology)* ,2004 ,44 (9) 1171 — 1175.

[16] Wang R S , Xu H X. *Research on planning method for construction Yangzhou Eco-city*. Beijing : China Science & Technology Press. 2005.

参考文献：

[2] 国家环境保护总局. 国家环境保护总局通知. *中国环境报* ,2003 ,3 月 14 日和 3 月 21 日.

[8] 杨开忠. 生态足迹分析理论与方法. *地球科学进展* 2000 ,15 (6) 630 ~ 636.

[9] 徐中民, 张志强, 程国栋. 甘肃省 1998 年生态足迹计算与分析. *地理学报* ,2000 ,55 (5) 607 ~ 616.

[10] 陈东景, 徐中民, 程国栋, 等. 中国西北地区的生态足迹. *冰川冻土* 2001 ,23 (2) 164 ~ 169.

[11] 张志强, 徐中民, 程国栋, 等. 中国西部 12 省 (区市) 的生态足迹. *地理学报* ,2001 ,56 (5) 599 ~ 610.

[12] 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. *地理研究* 2003 ,22 (5) :654 ~ 662.

[13] 龙爱华, 张志强, 苏志勇. 生态足迹评介及国际研究前沿. *地球科学进展* 2004 ,19 (6) 971 ~ 981.

[14] 海口市统计年鉴. 北京 :中国统计出版社 2003.

[15] 杜斌, 张坤民, 温宗国, 宋国君. 城市生态足迹计算方法的设计与案例. *清华大学学报 (自然科学版)* 2004 ,44 (9) :1171 ~ 1175.

[16] 王如松, 徐洪喜编著. *扬州生态市建设规划方法研究*. 北京 :中国科学技术出版社 ,2005.