

Research on the Ecological Environment Carrying Capacity of Xianju County, China

Mengxiao Lin Yangmei Ding Bo Wei

Taizhou Pollution Control Technology Center Co., Ltd., Taizhou, Zhejiang, 318000, China

Abstract

The ecological carrying capacity (ECC) is the support capacity of ecological environment resources in a region for human activities, and its assessment can promote regional sustainable development by providing a scientific basis for guiding the rational utilization of resources and environmental protection. This paper adopts the ecological footprint analysis method to measure the ECC of Xianju County in Taizhou City. The research results show that in 2020, the per capita ecological carrying capacity of the entire county's land area (excluding 12% of the biodiversity protection area in Xianju County) was $0.603008\text{hm}^2/\text{person}$, the per capita ecological footprint was $0.63453\text{hm}^2/\text{person}$, and the ecological deficit was $0.031518\text{hm}^2/\text{person}$. Xianju County was in a state of unsustainable development during the research year, which is mainly attributed to the resource-consuming economic growth mode and excessive exploitation of natural resources.

Keywords

ecological carrying capacity; ecological footprint method; ecological deficit

中国仙居县生态环境承载能力研究

林梦晓 丁杨梅 魏博

台州市污染防治技术中心有限公司, 中国·浙江 台州 318000

摘要

生态环境承载能力是衡量一个地区生态环境资源对人类活动支持能力的重要指标, 通过评估为可持续发展提供科学依据, 指导资源的合理利用和环境保护。论文采用生态足迹分析法来研究台州市仙居县生态环境承载能力的情况。研究结果显示, 2020年, 全县土地面积(扣除仙居县生物多样性保护面积12%)人均生态承载力为 $0.603008\text{hm}^2/\text{人}$, 人均生态足迹为 $0.63453\text{hm}^2/\text{人}$, 生态赤字为 $0.031518\text{hm}^2/\text{人}$ 。仙居县的经济增长主要依赖于资源的消耗和开发, 属于资源消耗型, 处于生态不可持续发展状态。

关键词

生态环境承载力; 生态足迹法; 生态赤字

1 生态承载力定义

生态承载力是指特定区域生态系统, 能够容纳并维持特定的人类活动或生物群落。简而言之, 它衡量了生态系统在不破坏自身结构和功能的前提下, 所能支持的生物多样性和资源利用水平。生态承载力的概念涵盖了对自然资源的合理利用和环境的可持续管理, 以确保生态系统的稳定性和健康。

生态承载力的评估通常考虑土地利用、水资源、空气质量、生物多样性等因素, 旨在确定一个区域内可持续发展的上限。超出生态系统的承载力可能引发生态崩溃、资源耗尽和环境恶化, 这对于保护地球生态平衡极为关键^[1]。

【作者简介】林梦晓(1992-), 女, 中国浙江台州人, 硕士, 工程师, 从事生态环境管理与规划、生态文明建设等研究。

2 生态足迹分析法

生态足迹分析法的所有指标都是基于生物生产性土地的概念来定义的, 以便于计算自然资本总量, 从而大大简化自然资本的核算过程, 从而比纷繁复杂的自然资本项目更容易建立各种土地间的价格关系。生物生产性土地在服务于主要生活保障体系的同时, 可以根据生产力大小的差异, 更好地对自然资源进行表征。生产生物用地可分为 6 大类^[2]:

①化石燃料用地: 是指吸收化石能源燃烧时所需排放的 CO_2 面积(其他有毒气体及其制品在此不包括, 海洋所吸收的那部分也不包括), 但实际并没有给出这样的土地。②耕地: 即人类以最具生物生产能力的地型进行农作物种植, 耕地为人类提供了食物、动物的饲料、纤维材料以及油料等必需品。③草场: 草地用于放牧家畜, 以生产肉类、皮革和乳制品等满足人类消费需求的产品。④林地: 这包括主要提供人类所需木材、造纸用材, 还承担着保持土壤稳定、

调节气候以及促进二氧化碳吸收等重要的生态角色的天然林和人工林。⑤建筑用地：指用于为人类提供基础设施的占用土地，如住房，交通等。建设用地的扩大可以明显地造成生物生产量的减少，因为建设用地一般都占用最肥沃的可耕地。⑥水域：指水域面积为人类进行渔业捕捞或从事渔业生产的区域，是人类获取鱼类、虾类等水生资源的重要来源。

3 生态足迹计算模型

生态足迹模型主要用于计算维持资源消耗和废物消纳所必需的生物生产区域，这些区域是在一定的人口和经济规模条件下实现的。生态足迹综合了人类活动的专属性占有——生物生产性的土地面积对生物圈的影响。

生态足迹计算模型^[3]：

$$EF = N \times ef = N \times (r_j \times a_i) = \sum_{i=1}^n r_j (C_i / P_i)$$

式中，EF——总的生态足迹， hm^2 ；

ef——人均生态足迹面积， $\text{hm}^2/\text{人}$ ；

N——人口数，人；

a_i ——消费项目折算的第*i*种人均生态足迹分量， $\text{hm}^2/\text{人}$ ， $i=1, 2, \dots, n$ ；

r_j ——对应于各种土地类型的平衡因子， $j=1, 2, 3, 4, 5, 6$ ；

C_i ——第*i*中消费项目的人均年消费量， $1 \times 10^4\text{t}/\text{人}$ ， $i=1, 2, \dots, n$ ；

P_i ——相应的生物生产性土地生产第*i*项消费项目的年平均生产力， $1 \times 10^4\text{t}/\text{hm}^2$ ， $i=1, 2, \dots, n$ 。

4 生态承载力计算模型

生态承载力（Ecology）是指一个地区内，可持续地为人类提供所需的生物生产性土地资源的总面积。

生态承载力计算公式为^[4]：

$$EC = N \times ec = N \times (a_j \times r_j \times y_j)$$

式中，N——人口数，人；

ec——人均生态承载力， $\text{hm}^2/\text{人}$ ；

a_j ——人均生物生产面积， $\text{hm}^2/\text{人}$ ；

r_j ——对应于各种土地利用类型的均衡因子， $j=1, 2, 3, 4, 5, 6$ ；

y_j ——产量因子， $j=1, 2, 3, 4, 5, 6$ 。

5 生态承载力计算数据来源

在深入分析《仙居县统计年鉴》（2020年）、调研相关资料的基础上，对仙居县2020年的生态足迹进行实际计算和分析。

均衡因子是用于将不同生态生产性的土地类型转化为具有同等生态生产力水平的等效系数，它反映了生态生产力种不同土地类型的相对差异。通过均衡化处理后得到的六种

生态生产性土地面积，将仙居县2020年的生物生产性土地面积与相应的土地消费项目的年均生产力相乘，从而累加为全球平均生态生产面积。

生态足迹的计算主要分为两个关键环节：生物资源的消耗和能源资源的消耗。生物资源消耗部分涵盖了20个大类，包括农产品、畜产品、林产品和水产等。其中，粮食、玉米、豆类、薯类、蔬菜和瓜果等农产品均来源于耕地，这些产品在计算中被归类为耕地产出；猪肉和禽蛋等动物产品依赖于牧草，故在计算中归为牧草地；水产品则来源于水产养殖或捕捞，相应地计入水域；而油茶籽、茶叶、水果等林产品则来源于林业，因此被计为林地。在开展生态足迹测算评估中，参照联合国粮农组织1993年发布的全球生物资源平均产出数据，以仙居2020年数据为例，将消耗的各类生物资源折合成相应的生物生产性土地面积，见表1。

能源消耗部分包括煤炭、汽油、柴油等7项主要能源消费项目，以仙居县2020年的数据为例，采用国际上单位化石燃料用地面积平均发热量作为计算煤炭、汽油、柴油等7大耗能项目的标准，折算成与各项能耗相对应的化石燃料用地面积，见表2。

在计算和评估生态承载力的过程中，在对生态承载力的评估过程中，由于全球各地的自然资源条件存在显著差异，不同地区相同类型的土地，如耕地、草地、林地、建设用地和水域等，其生物生产率也不尽相同。而且，即便是同类型的土地，不同地区之间的生物生产率也有很大差别。因此，要对这些区域进行标准化处理，直接比较不同国家和地区的生物生产面积是行不通的。实现这一标准化的关键是产出因素，即生产效率的平均值与全球平均数在某一地区某一类别土地上的比值。对不同区域的生态承载力考核结果，通过应用产出因子，确保其具有可比性。本文使用的产出因子分别为：耕地和建设用地的产出因子为2.51，林地为0.95，草地为0.19，水域为1.00，而化石燃料用地的产出因子则为0。

6 生态承载力计算结果与分析

仙居县人均2020年生态足迹由生物资源能耗人均生态足迹汇总后，按2020年生产用地面积计算得出相应的生产用地均衡因子，见表3。

从人均生态足迹的六大类土地类型——耕地、草地、林地、水域、化石燃料用地和建筑用地来看，其差异是显著的。生态足迹分布由高至低依次为耕地，建筑用地，水域，化石燃料用地，林地，草地。其中，耕地面积中生态足迹比例最高，达34%，其次是建筑用地，占32%，这表明在生态足迹相对较少的仙居县，耕地面积和建筑面积对生态足迹的贡献最为显著，而水域、化石燃料用地、林地和草地的生态足迹相对较小。这一数据表明，耕地和建设用地占据了仙居县生态足迹上的主要位置。

结合仙居县2020年生产用地面积，将相应生产用地的

均衡因子相乘，按生产资源消耗和能源消耗的人均生态足迹，汇总得出当年生产用地生态承载能力的初步测算结果，扣除 12% 的生物生产型土地面积，以保护生物多样性。

表 1 仙居县 2020 年生物资源工程测算生态足迹

类别	生物资源	全球平均产量 / (kg/hm ²)	生产量 /t	人均生态足迹 / (hm ² / 人)	生物生产性土地类型
农产品产量	稻谷	2744	63683	0.044561273	耕地
	小麦	2744	486	0.000340072	耕地
	玉米	2744	4154	0.002906702	耕地
	豆类	1856	2376	0.002458027	耕地
	薯类	12607	6759	0.001029411	耕地
	油料	1856	3547	0.003669454	耕地
	甘蔗	4893	228	0.000089470	耕地
	蔬菜	18000	162277	0.017310222	耕地
	瓜果	18000	20881	0.002227394	耕地
	药材	25000	21746	0.001670158	耕地
动物产品产量	猪肉	457	2737	0.011499442	草地
	牛肉	33	104	0.006051145	草地
	禽肉	764	2794	0.007021845	草地
	生牛奶	502	304	0.001162755	草地
	禽蛋	400	1558	0.007478692	草地
	蜂蜜	50	206	0.007910709	草地
林产品产量	油茶籽	1600	3115	0.003738146	林地
	茶叶	566	489	0.001658863	林地
	水果	3500	91300	0.050086527	林地
水产品	水产品	29	5160	0.341640924	水域

数据来源：仙居县统计年鉴 2020 年。

表 2 2020 年仙居县能耗项目计算生态足迹

能源名称	消费量 /t	折算系数 / (GJ · t ⁻¹)	全球平均能源足迹 / (GJ · hm ⁻²)	人均生态足迹 / (hm ² · 人 ⁻¹)	生产面积类型
煤炭	76606	20.9	55	0.05589392	化石燃料用地
汽油	690	43.1	93	0.00061399	化石燃料用地
柴油	2013	43.1	93	0.00179125	化石燃料用地
天然气	1423	38.938	93	0.00114397	化石燃料用地
液化石油气	22	50.2	71	0.00002987	化石燃料用地
电力	97438	11.84	1000	0.00221513	建筑用地
热力	1264252	29.344	1000	0.07123135	建筑用地

数据来源：仙居县统计年鉴 2020 年。

表 3 2020 年仙居县人均生态足迹需求测算结果

类型	人均需求面积 / (hm ² · 人 ⁻¹)	均衡因子	生态足迹 / (hm ² · 人 ⁻¹)
耕地	0.07626	2.8	0.21353
草地	0.04112	0.5	0.02056
林地	0.05548	1.1	0.06103
水域	0.34164	0.2	0.06833
化石能源土地	0.05947	1.1	0.06542
建筑用地	0.07345	2.8	0.20565
总计	—	—	0.63453

表 4 2020 年仙居县人均生态承载力供给情况测算表

类型	人均实际面积 / ($\text{hm}^2 \cdot \text{人}^{-1}$)	均衡因子	产量因子	均衡承载面积 / ($\text{hm}^2 \cdot \text{人}^{-1}$)
耕地	0.033504	2.8	2.51	0.235468
草地	0.000797	0.5	0.19	0.000076
林地	0.284774	1.1	0.95	0.297589
水域	0.009910	0.2	1	0.001982
化石燃料用地	0	1.1	0	0
建筑用地	0.021361	2.8	2.51	0.150122
总面积				0.685237
生物多样性保护面积 (12%)				0.082228
总可利用生态空间面积				0.603008

7 生态赤字与生态盈余

生态盈余 (或赤字) 的计算公式为：
生态盈余 (或赤字) = 生态承载力 - 生态足迹
当生态足迹超过该地区所拥有的生态承载力，就会出现生态赤字；反过来，以生态富余的情况来表现，如果生态足迹小于生态承载力，生态盈余就会形成。一个地区的生态赤字或生态盈余状况，其背后则透露出该地区人口对自然资源的利用程度，以及由此带来的环境压力的大小。2020 年仙居县生态盈余 (或赤字) 如表 5 所示。

表 5 2020 年仙居县生态盈余 (或赤字)

仙居县	生态足迹 / ($\text{hm}^2 \cdot \text{人}^{-1}$)	均衡承载面积 / ($\text{hm}^2 \cdot \text{人}^{-1}$)	生态盈余 (或赤字) / ($\text{hm}^2 \cdot \text{人}^{-1}$)
2020 年	0.63453	0.603008	-0.031518

综上分析，扣除了 12% 用于生物多样性保护面积，仙居县 2020 年全县土地面积人均生态承载力为 $0.603008\text{hm}^2/\text{人}$ ，人均生态足迹为 $0.63453\text{hm}^2/\text{人}$ ，生态赤字为 $0.031518\text{hm}^2/\text{人}$ 。这一赤字意味着，人类活动对生态系统造成的冲击已经严重威胁到生态系统的平衡，仙居县的生态系统面临着巨大的压力。仙居县生态赤字与 2016 年比较，2020 年数值略有下降。仙居县正面临超出环境承载力的局面，主要原因是其经济增长方式依赖于资源消耗，以及对自然资源的过度利用。

8 仙居县生态安全调控措施建议

根据研究结果，仙居县生态足迹供给对耕地和建筑用地依赖相对较大，同时全县正处于快速城市化时期，城市化水平较高，经济稳中有进发展，人们对各类产品的消费与需求都在增加，虽然区域内耕地和林地土地资源相对较为丰富，可提供的生物生产性面积较大，生态环境容量较为客观，但是有限的土地资源和较大的人口规模造成人地关系比较紧张，人类的社会经济活动对生态系统产生了较大压力。通过分析仙居县生态环境承载力，建议仙居县采取以下生态安全调控措施建设生态安全体系。

8.1 健全生态系统保护长效机制

不断深化生物多样性保护工作。逐步完善仙居县全县生物多样性数据库。加大珍稀濒危物种资源保护和种群恢复与野化工作力度。围绕永安溪流域和括苍山脉中段等重要区

域，重点开展生物多样性保护工程，支持生物多样性保护领域的基础研究，开发生物多样性可持续利用新技术，促进生物物种资源的持续利用。

自然生态系统修复工程协调推进。生态系统保护力度不断加大，生态系统服务功能明显增强，区域生态安全得到保障，统筹推进山水林田湖草系统保护和修复。推进永安溪湿地保护区规范化建设和科学管理，严格控制湿地围填，加强湿地保护与修复。扎实推进水土流失综合治理工作，切实加强对水土保持工作的督察和防范。

加大重点生态空间保护监管力度。严守生态保护红线，积极推进生态保护红线监管，完成生态保护红线勘界定标，加强生态保护红线面积、功能和性质的监控管理，开展生态保护红线监测预警与评估。持续加强自然保护区监管，深化自然保护区整合优化试点建设。开展生态系统保护成效监测评估。从严落实永久基本农田特殊保护制度，严控非农建设占用永久基本农田。

8.2 建立生态安全风险防范体系

加强生态环境风险源头防控。开展重大决策社会稳定风险评估，预防和化解生态环境领域邻避效应。积极推进重点流域重污染企业退城搬迁改造，推动涉水工业企业入园进区，以企业监管为落脚点，定期评估永安溪流域工业企业、工业集聚区环境和健康风险，落实防范措施。

严密管控重点环境领域风险。加强危险废物、危化品道路运输风险管控及运输过程安全监管，科学设定禁限行线路，严防交通运输次生突发环境事件风险。严格管控重金属排放指标，推动重金属污染减排。加强饮用水水源风险防控体系建设，加强水源保护区（范围）规范化建设，强化行业管理、监督检查和联合执法，确保集中式饮用水水源环境安全。

参考文献

[1] 顾康康.生态承载力的概念及其研究方法[J].生态环境学报, 2012,21(2):389-396.

[2] 张津瑞,施国庆.长江中游城市群生态承载力差异的比较研究[J].长江流域资源与环境,2020,29(8):1694-1702.

[3] 陈林华,汪辉,林星.台州市生态环境承载力研究[J].环境与发展, 2018,30(8):193-194.

[4] 梁雪石,贾利,郭文栋,等.基于生态足迹法的黑龙江省生态承载力动态变化研究[J].国土资源情报,2020(12):32-38.