

# 生态足迹在生态环境影响评价中的应用初探

唐从国<sup>1</sup> 林 剑<sup>1</sup> 王 宁<sup>1</sup> 邹 梓<sup>1,2</sup>, 陈 娟<sup>1,2</sup>

1、中国科学院地球化学研究所环境地球化学国家重点实验室, 贵阳 550002

2、中国科学院研究生院

**摘要** 首先简要介绍了生态足迹、生态容量、生态赤字及生态盈余的概念及计算模型,分析了生态足迹方法在生态环境影响评价中的优势;然后阐述了生态足迹法应用于生态环境影响评价的思路和具体实施步骤;最后结合生态足迹法在我国的应用现状,对生态足迹法在生态环境影响评价应用中存在的问题进行了分析,并展望了今后的研究方向和重点。

**关键词** 生态足迹 生态承载力 生态环境 环境影响评价

我国环境影响评价多以环境介质(如水环境、大气环境等)为评价对象,分析、预测污染物对环境质量的影响;其优点是简明直观,针对性强,便于污染控制和管理。通过借鉴、发展相关技术方法,定量地表征建设项目对环境(如水环境、大气环境等)所造成的影响,已取得一些瞩目的成绩,相对比较成熟。但是,生态评价却常常是我们工作中相对薄弱的环节,特别是人们比较关注的建设项目对敏感区域的生态承载力(即生态容量)的影响,以及生态环境影响的价值损失等方面。

广义的生态承载力或生态容量、环境承载力一般是指一个生态系统所能支持的健康有机体即在维持它的生产力、适应能力和再生能力的容量,是可持续发展的重要衡量指标。然而无论哪一种承载力都是一个比较宏观、泛化的概念,实施和操作性不强,如何量化承载力一直是生态环境评价的难点之一。

现有的生态环境影响评价方法在环境承载力分析方面,存在很多局限,可操作性不强。往往缺乏所需相关地区资料,对数据要求量大,几乎不可能度量承载能力。在已颁布的《环境影响评价技术导则 非污染生态影响》(HJ/T 19—1997)中,没有明确提出度量环境承载力的方法,也没有要求对环境承载力变化进行预测,因而很难量化建设项目或规划对生态环境的影响。而在承载能力度量和可持续发展能力预测方面,生态足迹方法有其独到的优势,能对区域环境承载能力和可持续性发展程度做出客观度量和比较,同时分析所需数据

资料易获取,分析过程可操作性强,有助于预测和评价建设项目或规划对生态环境的影响。生态足迹分析方法将补充丰富生态环境影响评价方法,将对生态环境影响评价工作的发展有积极作用。

## 1 生态足迹的概念及计算模型

### 1.1 生态足迹的概念

生态足迹(EF, Ecological Footprint)的概念是由加拿大环境经济学家 William Rees 和他的学生 Mathis Wackernagel 于 20 世纪 90 年代提出的一种基于生物物理量的度量可持续发展程度的概念和方法。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可以追溯到提供生产该消费所需的原始物质和能量的生态生产性土地的面积;亦即人类系统的所有消费,理论上都可以折算成相应的生态生产性土地的面积,也就是人类的生态足迹<sup>[1]</sup>。生态足迹的定义为:任何已知人口(某个个人、一个城市或一个国家)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态生产性(biologically productive)土地的总面积<sup>[2]</sup>。所谓生态生产性土地是指具有生态生产能力的土地或水体<sup>[3]</sup>。按生产力大小的差异,地球表面的生态生产性土地可以分为:化石能源地、可耕地、牧草地、森林、建成地和水域 6 大类。

传统研究中所采用的生态容量(EC, Ecological Capacity),又称生态承载力,是在不损害区域生产力的前提下,一个区域有限的资源能够供养的最大人口数。以生态足迹来衡量生态容量的定义是:在不损害有关生态系统的生产力和生态完整性的前提下,一个地区能够拥有的生态生产性土地的总面积就是该地区的生态承载力即生态容量。因此,生态容量(生态承载力)可以理解为是一定自然、社会、经济技术条件下某地区所能提供的生态生产性土地的极大值。

将一个地区或国家的资源、能源消费、废弃物排放所占用的生态足迹与其所拥有的生态容量相比较,就会产生生态赤字(ED, Ecological Deficit, 生态足迹大于生态容量)和生态盈余(ER, Ecological Reminder, 生态足迹小于生态容量)。生态赤字表明该地区的人类负荷超过了其生态容量,该地区发展模式处于相对不可持续状态,其不可持续程度用生态赤字来衡量。生态盈余表明该地区的生态容量足以支持其人类负荷,该地区发展模式具有相对可持续性,可持续程度用生态盈余来衡量。

### 1.2 生态足迹模型计算

生态足迹模型计算是基于一个基本理论假设和两个基本事实<sup>[4]</sup>。一个假设:即“空间互斥性”假设。两个基本事实:(1)人类能够估计自身消费的绝大多数资源、能源及其所产生的废弃物数量;(2)这些资源和废弃物的量能折算成生产或消纳(assimilate)它们的生态生产性面积。即大多数资源流量和废物流量可以转化为提供或消纳这些流量的、具有生态

生产性(力)的陆地或水域面积。生态足迹的计算一般分为一下三个步骤:

(1)追踪资源消耗和污染消纳:人类活动所引起的消费(包括直接的家庭消费、间接消费、最终使家庭受益的商业和政府消费、服务等)和污染消纳(包括水、气、声、固废、辐射等污染的消纳)被分门别类地归结为各种资源的消耗。然后,将资源消耗量按照区域的生态生产能力分别折算成具有生态生产力的化石能源地、可耕地、牧草地、森林、建成地和水域6类生态生产性土地的面积  $A_j$ , 计算公式如下:

$$A_j = \sum_{i=1}^n \frac{C_i}{EP_i} = \sum_{i=1}^n \frac{P_i + I_i - E_i}{EP_i} \quad (1)$$

式中,  $j=0,1,2,3,4,5$  分别代表化石能源地、可耕地、牧草地、森林、水域、建成地;  $A_j$  为生态生产性土地的面积, ha;  $EP_i$  为单位生态生产力, t/ha;  $C_i$  为资源消费量, t;  $P_i$  为资源生产量, t;  $E_i$  为资源出口量, t;  $I_i$  为资源进口量, t。

(2)产量调整:由于同类生态生产性土地的生产力在不同国家和地区之间存在差异,各国各地区同类生态生产性土地的实际面积不能直接进行对比,需要进行适当的调整,方法是将其生态生产性土地面积乘以产量因子。产量因子描述的是给定国家或地区某一类土地面积的生产力与世界平均水平的差异,产量因子捕获了当地和全球平均实际生产能力的差异,主要反映土地管理和技术方面的差异<sup>[5]</sup>。

(3)等量化处理:上述6类土地的生态生产力是不同的,不能直接进行加和。为了将不同生态生产性土地类型的空间汇总为区域的生态生产力和生态足迹,各种类型的生态生产性土地面积要乘以一个均衡因子。均衡因子是某一类土地潜在的生物生产力与世界上所有土地的平均潜在生物生产力的比值,它捕获了不同土地类型间生物生产能力的差异。其计算方法为:某类生态生产性土地均衡因子 = 全球该类生态生产性土地平均生态生产力/全球所有各类生态生产性土地平均生态生产力。

各类生态生产性土地面积经过产量调整和等量化处理后之间进行加和即可得到某特定区域的生态足迹(单位:gha)。

## 2 生态足迹法应用于环境影响评价中的思路

随着可持续发展战略的需要,环境影响评价体系也必须进行调整以适应这一需要,因此,项目对区域生态承载力的影响将成为生态环境影响评价的一个必须考虑的方面。生态足迹法可以定量地测算项目对区域生态承载力的影响,其优点在于其将所消费的所有资源和吸纳这些人口所产生的所有废弃物折合成统一的生态生产性土地面积,极大的简化了对自然资本的统计,且相对于各种繁杂的自然资本项目之间,各类土地之间更容易建立等价关系,方便自然资本总量的计算,计算方法相对简单,适用范围广泛,可用于各种区域尺度项目的评价。

与现行的环境影响评价步骤相似,生态足迹用于生态环境影响评价应包括以下 3 个步骤:

- (1) 影响区域的生态足迹和生态容量的现状分析;
- (2) 项目对生态赤字或生态盈余的影响;
- (3) 影响区域的生态足迹和生态容量预测分析。

具体来说,用生态足迹法评价生态环境影响的过程分为以下三步:首先,识别评价区内可能产生的消费和排放的污染物对生态生产性土地面积的占用,罗列出消费生态足迹和污染生态足迹清单,在此基础上计算出建设项目或规划实施前的生态足迹和生态容量,比较现状生态足迹和生态容量,对评价区生态环境状况进行现状评价;其次,计算建设项目或规划的实施引起的消费生态足迹和污染生态足迹的变化量,同时分析建设项目或规划的实施在影响区域内造成的生态生产力的变化,进而分析对生态生产性土地供给能力即生态容量的影响;最后,计算和比较建设项目或规划的实施后的生态足迹和生态容量,获取建设项目或规划在其影响区域内造成的生态赤字或生态盈余的变化,分析其对生态环境造成的影响,根据评价结果提出相应的措施或者调整相关规划。

### 3 国内研究现状及存在问题

生态足迹的概念自上世纪末引入我国以来,引起了国内学者的广泛关注和研究兴趣,至今国内期刊上已发表相关主题的文章 300 余篇,研究的热点为区域生态足迹的计算、利用生态足迹评价区域可持续发展能力、生态足迹计算方法的修正和理论的完善等方面<sup>[6]</sup>。

近年来,由于生态足迹法可对区域环境承载能力和可持续性发展程度做出定量描述和评价,国内已有学者开始利用生态足迹法来评价建设项目或规划对区域生态环境的影响。刘年丰、谢鸿宇等利用生态足迹法分析评价了南水北调中线工程对襄樊生态环境的影响,并提出了新的生态容量(生态承载力)计算方法——资源产量法<sup>[6]</sup>。梁勇、成升魁等通过计算使用各种类型交通工具的乘客的人均生态足迹,对北京城市交通的环境影响进行了评价<sup>[7]</sup>。陈述文、汪鹏利用生态足迹法对重庆土地利用总体规划(2006~2020年)的生态环境影响进行了评价<sup>[8]</sup>。熊姁、刘胜祥等利用生态足迹法对武汉化工新城总体规划的生态环境影响进行了评价<sup>[9]</sup>。寇刘秀、包存宽等利用生态足迹法对苏州市域城镇体系规划的生态环境影响进行了评价<sup>[10]</sup>。

生态足迹法应用到建设项目或规划的生态环境影响评价在我们虽然取得了一定进展,但还存在一些问题和不足,主要表现在以下几个方面:(1) 现有研究主要开展了对建设项目或规划现状及实施后的生态足迹环评,评价结果只能提出定性化的建议,没有开展基于生态影响量化约束机制下的预测研究,且缺乏对预测目标的检测性定量评价。(2) 目前的生态足迹核算均以“世界公顷”为生态生产性土地计量单位,等量化处理中,均衡因子全部

采用了 Wackernagel 模型中的取值,产量因子大部分也引用了相同的数值。这样在将各区域产量调整为世界平均产量的同时,促使生态足迹指标过分简化,只反映出全球的一般状况而没有反映出不同区域的实际情况,这就导致了許多区域信息丢失,不能充分说明区域生态可持续发展的差异程度。因此研究精度较低,由此得出的规划政策建议也必然会失真。(3) 现有生态足迹评价研究中主要采用的是生态足迹的传统核算方法——综合法,而由于受所需核算数据难以获取等因素限制,成分法和投入产出法在建设项目或规划评价中的相关应用研究尚未开展,研究深度也有待加强。

#### 4 展望

将生态足迹方法应用于项目环境影响评价中,具有计算方法简单,指标体系清楚,结论易于为人们接受等优点。它可以定量地反映出建设项目或规划实施的资源消费和污染排放对生态环境所造成的影响,进而给政府部门提供建设的决策依据。为了使生态足迹法在生态环境影响评价中的应用更加深入和广泛,今后应该对以下两个方面进行更深入的研究:(1) 针对以“世界公顷”为生态生产性土地计量单位的生态足迹计算精度低的问题,深入探讨以“地方公顷(或实际公顷)”为生态生产性土地计量单位的生态足迹评价模型,可以使评价充分体现区域生态可持续发展的差异程度,充分考虑土地生产力和土地利用的区域差别性等因素,重点开展符合区域实际生态生产力的均衡因子和产量因子的取值研究,逐步建立省、区域、流域尺度上的生态生产性土地计量单位的标准值;(2) 针对综合法核算生态足迹的粗略性,深入开展成分法和投入产出法在计算生态足迹中的应用研究。

#### 参 考 文 献

- [1] Rees W E. Ecological footprint and appropriated carrying capacity: what urban economics leaves out [J]. Environment and Urbanization, 1992, 4(2): 121 - 130.
- [2] Wackernagel M, Rees W E. Our ecological footprint: Reducing human impact on the earth [M]. Gabriola Island, B. C., Canada: New Society Publishers, 1996.
- [3] Wackernagel M, Lewan L, Hansson C B. Evaluating the use of natural capital accounting with the ecological footprint: Applications in Sweden and Subregions [J]. Ambio, 1997, 7: 604 - 612.
- [4] Wackernagel M, Monfreda C, Deumling D. Ecological footprint of Nations (November 2002 Update) [M]. Redefining Progress, 2002.
- [5] Wackernagel M, Schulz N B, Deumling D, et al. Tracing the ecological overshoot of human economy [J]. Proc. Natl. Acad. Sci. 2002, USA99: 9266 - 9271.
- [6] 刘年丰, 谢鸿宇, 肖波, 等. 生态容量及环境价值损失评价 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2005.
- [7] 梁勇, 成升魁, 闵庆文. 生态足迹方法及其在城市交通环境影响评价中的应用 [J]. 武汉理工大学学报(交通科学与工程版), 2004, 28(6): 821 - 824.

[8] 陈述文,汪鹏.生态足迹法在土地规划环境影响评价中的应用——以重庆市为例[J].河北农业科学,2007,11(5):84-87.

[9] 熊炯,刘胜祥,罗宪庆,等.生态足迹方法在规划环境影响评价中的应用——《武汉化工新城总体规划》的规划环境影响评价研究[J].国土资源科技管理,2008,25(3):99-102.

[10] 寇刘秀,包存宽,蒋大和.生态足迹在城市规划环境评价中的应用——以苏州市域城镇体系规划为例[J].长江流域资源与环境,2008,17(1):119-123.