

生态足迹分析方法与城市生态安全

曹 伟

(宁波大学 建筑系, 浙江 宁波 315211)

[摘 要] 生态足迹分析方法对于测度城市生态安全具有可借鉴的意义, 将这一方法进行整合, 将有较好的应用前景。文章探讨了生态足迹的产生、发展及其应用, 并在此基础上提出了用于城市生态安全测度的初步模式。

[关键词] 生态足迹; 生态系统; 可持续发展; 生态安全; 生物物理; 生态底线; 生态承载力

[文章编号] 1006-0022(2003)01-0020-05 [中图分类号] X171.1 [文献标识码] A

EFAA(Ecological Footprint Analysis Approach)Based on City Ecological Security/CAO Wei

[Abstract] Based on the researches for ecological system principal and city ecological security, EFAA(Ecological Footprint Analysis Approach)is an important means that we can make use of measuring city ecological security by integrating them, and than it has a good foreground application for measuring city ecological security. The formation, development and application of EF are explored in this thesis. On the basis, the primary model for measuring city ecological security is advanced.

[Key words] Ecological footprint; Ecological system; Sustainable development; Ecological security; Biophysics; Ecological bottomline; Ecological carrying capacity

1 城市生态安全

1.1 安全

正如健康不仅仅是没有疾病一样, 安全(更不用说和平)不仅仅意味着没有战争。当一个国家知道什么是不安全时, 并不能说明他很清楚地认识到了什么是安全, 正如在完整与恰当的意义认识疾病, 要比在完整与恰当的意义认识健康要容易得多。^[1]

安全最多地被应用于个体公民的层面, 人类的福祉不仅归之为能够满足水、食物、住所、健康、工作和其它星球上每个人都应有的基本需求。从国际安全的角度看, 应当最为优先考虑的是这些公民需要的总体——整体的安全和生活质量。国家安全观就是要对内确保其领土的完整, 对外保持其在国际上的地位。所以一个国家必须确保原材料和能源的供给; 享有均等的贸易机会, 享有政府、

大型企业和其他主要机构都可以自由地从事自己活动的空间。另外, 一个国家通常也需要在本国领土或战场上培育它的政治理想和文化观念。如果没有这些要素, 一个国家便没有安全。

1.2 城市生态安全

作为国家生存和发展的必要条件和基本保障, 城市生态安全问题始终是世界各国持续发展的核心任务。城市生态安全同国防安全、经济安全一样, 它是国家安全的重要组成部分, 而且是非常基础性的部分。所谓城市生态安全, 是指关系到全人类、某一国家、某一地区或城市居民生存安全的环境容量(城市空气环境容量, 城市土地、人口、交通的环境容量, 江河湖海的地面水环境容量, 大气臭氧层破坏的最大极限等)的最低值是否具备、战略性自然资源(如水资源、土地资源、森林和草地资源、海

洋资源、矿产资源等)存量的最低人均占有量是否有保障、重大生态灾害(如由于温室效应造成的滨海土地被淹没、重大沙尘暴灾害、由于江河上游水土流失严重造成的中下游洪涝灾害等)是否得到抑制等一系列要素的总称。由水、土、大气、森林、草地、海洋、生物组成的自然生态系统是人类赖以生存、发展的物质基础。当一个国家、地区或城市所处的自然生态环境状况能够维系其经济社会可持续发展时, 它的生态就是安全的; 反之, 就不安全。

2 生态足迹分析方法的产生及含义

2.1 生态足迹与真“生态足迹”

加拿大生态经济学家 William Rees 在 1992 年首先提出“生态足迹”概念, 他将区域生态足迹定义为: “为生

产特定区域人口消费所需的资源和同化这些人口消费所产生的废物，需要生态系统提供的生产性土地面积和水体面积。但不区分这些土地和水体在地球上的具体位置。”建筑于生态系统原则基础上的生态足迹(Ecological Footprint, 简称为EF)赋予了生态这一概念形象深刻的含义(图1)。

因为大多形式的自然收益(资源和服务流)是通过陆地和相互关联的水域的生态系统而产生的。因此,在现有技术水平的前提下,根据确定的人口估算能够生产出满足大量生态系统服务持续需求的陆地和水域面积将是可能的。这种根据所有重要的消费种类计算出的总量,可以保守地估算出一个基于地区人口和经济的自然首要需求,我们称之为这个地区人口的真“生态足迹”。

2.2 生态足迹分析方法的产生及含义

William Rees主张以生产性土地面积为指标的生态足迹方法,来测度人类耗用生态系统生命支持功能的程度,以及人类活动对自然的影响程度。随后他的学生Wackernagel利用生态足迹的方法,从生态学的角度衡量可持续发展,并于1996年提出了具体的分析方法——生态足迹分析方法(Ecological Footprint Analysis Approach, 笔者简称之EFAA)。当时,已有两种评价生态系统生命支持服务功能的方法,一种是货币评价方法,一种是生物物理的评价方法;Wackernagel认为货币方法只是基于边际分析,不能测出生态系统服务的透支额,而这对可持续发展是最大的挑战。他将自己提出的EFAA划归为生物物理评价方法的一种,并坚信EFAA能够定量地测定生态系统服务的透支情况^[2]。

可见,生态足迹是指能够持续地提供资源或消解废物并具有生物生产力的地域空间,它从具体的生物物理角度研究自然资本消耗的空间测度问题。该理论从一个全新的角度来考虑人类及其发展与生态环境的关系。

2.3 生态足迹理论依据

2.3.1 两个假设

能够计算出人类消费的大部分资源和产出的大部分废物;这些资源和废物能够被转换成产生等量资源并能消解这些废物的生产性土地面积。因此,从假设的观点出发,生态足迹的也可定义为,具有上述功能的生产性土地面积就是人类的“生态足迹”。

2.3.2 生态足迹分析方法与生态安全

似乎生态足迹与生态安全并没有必然的联系,其实,生态安全就是生态承载力的“底线”,超过了这一临界值,生态安全就会崩溃。而生态足迹分析方法就是要找出这一“底线”,并试图通过量化的方法,从区域战略的角度来分析现实人类的生态足迹是多少,通过估算来判别它是否超出地球的承载力、是否安全,对于城市而言就是要判断城市的生态是否安全,从而进一步为可持续发展提供依据。

对比自然界生态系统所提供的生态足迹(SEF)和人类对生态足迹的需求(DEF),如果在一个地区 $SEF > DEF$,则表明生态盈余(Ecological Surplus),表明人类对自然生态系统的压力处于本地区所提供的生态承载力范围内,该区域的生态系统相对安全;如果 $SEF < DEF$,则会出现生态赤字(Ecological Deficit),这表明该地区的人们对本地区的自然生态系统所提供的产品和服务的需求超过了其供给,该地区的生态系统是不安全的。

③ 生态足迹模型与计算方法

3.1 生态足迹模型

生态足迹模型是一种计算人类的生态消费、衡量生态可持续的测量工具,在某种程度上我们可以认为它是测量生态可持续性的生态底线的衡量标准,是国家地区自然资产核算的一种廉价而快速的计算框架。它根据一定的人口和经济规模,计算维持资源消费和废弃物的吸收所需要的尚未生产的土地面积,这个指标是理解和解释可持续发展等诸多



图1 加拿大的生态足迹：平均每位加拿大人的生态足迹遍布在众多土地类型上共计超过4hm²

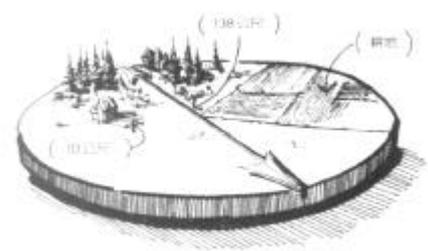


图2 公正的地球资源分配

方面的一个综合指标。运用生态足迹模型的计算结果,可以将生态足迹的现实需求与自然能够提供的生态服务的实际供给两个方面进行量化比较,可以反映人类是否生存于自然生态系统的生态承载力范围内,从而能够定量衡量人类对自然生态系统的影响,这也是人类要维持自然生态系统的良性循环、实现可持续发展所必须知道的。

3.2 生态足迹的计算方法^[3]

生态足迹模型主要用来计算在一定的人口和经济规模条件下维持资源消费和废弃物吸收所必需的生物生产面积,其具体计算公式如下:

$$EF = N[ef], \text{ 而 } ef = \sum (aa_i) = \sum (C_i/P_i)$$

式中*i*为消费商品和投入的类型; P_i 为*i*种消费商品的全球平均生产能力; C_i 为*i*种商品的人均消费量; aa_i 为人均*i*种交易商品折算的生物生产面积; N 为人口数; ef 为人均生态足迹; EF 为总的生态足迹。

在生态足迹的核算账户中,生物生产面积主要考虑6种类型:化石燃料地是人类应该留出吸收 CO_2 的土地;可耕地从生态角度看是最有生产能力的

表1 部分国家或地区 1997 年的生态足迹

国家 / 地区	人口 (千人)	生态足迹 (hm ² /人)	承载力 (hm ² /人)	生态赤字 (hm ² /人)
加拿大	30 101	7.7	9.6	1.9
丹麦	5 194	5.9	5.2	- 0.7
芬兰	5 149	6.0	8.6	2.6
法国	58 433	4.1	4.2	0.1
德国	81 845	5.3	1.9	- 3.4
英国	58 587	5.2	1.7	- 3.5
意大利	57 247	4.2	1.3	- 2.9
日本	125 672	4.3	0.9	- 3.4
荷兰	15 679	5.3	1.7	- 3.6
澳大利亚	18 550	9.0	14.0	5.0
新西兰	3 654	7.6	20.4	12.8
美国	268 189	10.3	6.7	- 3.6
俄国	146 381	6.0	3.7	- 2.3
中国	1 247 315	1.2	0.8	- 0.4
香港	5 913	6.1	0.0	- 6.1
印度	970 230	0.8	0.5	- 0.3
印尼	203 631	1.4	2.6	1.2
孟加拉	125 898	0.5	0.3	- 0.2
巴基斯坦	148 686	0.8	0.5	- 0.3
巴西	167 046	3.1	6.7	3.6
阿根廷	35 405	3.9	4.6	0.7
全球	5 892 480	2.8	2.1	- 0.7

表2 甘肃省 1998 年生态足迹计算的总结

生态足迹的需要				生态足迹的供给(生态承载力)			
土地类型	总面积 (hm ² /人)	均衡因子	均衡面积 (hm ² /人)	土地类型	总面积 (hm ² /人)	均衡因子	均衡面积 (hm ² /人)
耕地	0.374	2.8	1.047	耕地	0.138	1.49	0.206
草地	0.012	0.5	0.006	草地	0.660	2.19	1.446
林地	0.431	1.1	0.474	林地	0.169	0.80	0.135
化石燃料	0.569	1.1	0.626	CO ₂ 吸收	0.000	0.00	0.000
建筑用地	0.013	2.8	0.037	建筑	0.040	1.49	0.060
总需求足迹			2.190	总供给面积			1.848
				生物多样性保护			0.222
				总的可利用足迹			1.626

注：建筑面积取世界平均水平，由于四舍五入，表中数据有一定误差。

土地； 林地，包括人工林和天然林；
草场是人类主要用来饲养牲畜的土地；
建筑用地是指目前人类定居和道路建设用地，也是最肥沃的土壤用地；
水域是目前地球提供水生物产品的土地。

4 生态足迹模型的应用例举

Wackernagel 等应用生态足迹模型对 52 个国家和地区 1993 年的生态足迹进行了实证计算得出其该年的平均值为：人均生态足迹 2.8hm²，人均生态承载力

2.1hm²，人均生态赤字 0.7hm²，所计算的 52 个国家和地区中有 35 个国家和地区存在生态赤字，只有 12 个国家和地区的人均生态足迹低于全球的人均生态承载力，这 52 个国家和地区的人类消费已超过了这些国家和地区生态承载力总和的 35% (表 1)^[4]。按世界环境发展委员会所建议的方案——留出 12% 的生物生产土地面积以保护生物多样性，以 1997 年世界人口 58.9248 亿来计算，则实际人均生态承载力减少到 2hm²，人均赤字为 0.8hm²。因此有学者建议将 2hm² 的生物生产面积作为全球人均生态阈值

(Ecological Benchmark)。就全球而言，人类的生态足迹已超过了全球生态承载力的 30%。需要指出的是，据 Wackernagel 等的计算，我国 1993 年的人均生态足迹为 1.12hm²，人均生态承载力仅为 0.8hm²，人均生态赤字为 0.32hm²。生态足迹的赤字部分主要靠进口和枯竭自然资源获得。

我国学者徐中民计算了甘肃省 1998 年的生态足迹(表 2)^[5]。1998 年甘肃省的人均生态足迹为 2.19hm²，而实际生态承载力为 1.626hm²，人均生态赤字为 0.564hm²。由于甘肃省进出口贸易量不大，对生态足迹影响不大，因此只能通过消耗自然资本存量来弥补生态承载力的不足。从这个角度而言，我们认为甘肃省的发展模式处于一种非持续状态。

5 测度细化：聚居区 (Neighborhood) 的生态足迹

近年来，在以 Wackernagel 为代表的“加拿大生态足迹小组”的努力下，该方法正以其较为科学、完善的理论基础、形象明了的概念框架、精简统一的指标体系以及方法本身的普适性而开始流行。Wackernagel 与 Rees 还合写了一本书《生态足迹——减轻人类对地球的行动》，书中提出的“承载力”理论成为全球发展争论的焦点。同时，他们的论文《国家的生态足迹》表明：现有地球上土地和水域面积只能供给 49 / 63 的社区。

应用生态足迹的理念来研究我们的社区。在美国，一个 49 / 63 聚居区为 1.44 平方英里 (3.73km²)，大约有 8000 个居民。假定平均每个美国人需要 25.45 英亩 (10.299km²) 土地才能维持他们的生活标准。那么聚居区的居民将需要 302600 英亩 (12245.587hm²) 和 318 平方英里 (823.62km²) 的土地，才能支撑这个聚居区。这个面积如果是由一个正方形围成，那么其边长则为 17.8 英里 (28.645km)，如果是由一个园围成，那么其半径约为 10 英里 (16.093km)。^[6]

这项开拓性的研究成果表明：人们

有志于更多地了解有关环境及其因人们不同生活方式所产生的影响。

6 城市生态足迹

简单地说,一座城市的“生态足迹”就是维持这座城市基本的消费水平并能消解其产生的废物,所需要的土地面积的总量^[7]。这里所指的“土地”可以不是地面而是水面,例如,我国居民可以用相当于一个省土地面积的水库和同等面积的森林,为居民提供水,或者用以吸收他们所产生的CO₂。他们也可以用其它省的煤矿所生产的煤来满足本地的工业和居民用能,也许是北美的粮食产地为他们提供粮食储备,也许通过进口泰国沿海的鱼来满足他们的海鲜消费。因此,直接与资源消费和废物消解的土地和水面的总量则变成了这个城市的生态足迹。

基于生态足迹的分析有两个核心概念:首先,可持续发展的关键是我们能否以可持续的方法来使用自然资本(Natural Capital)。生态足迹方法的倡导者更喜欢用“强可持续性”的定义:“每一代从上一代那里所继承的自然资本,不应少于上一代从他们祖先那里所得到的自然资本。”(Costanza 和 Daly, 1992)。其次,他们相信代际间的平等或所谓的“公正的地球资源分配”(Fair Earthshare),见图2。

从生态足迹分析我们可以得出以下主要的结论:城市的“自给自足”(Self-sufficiency)是不可能的;地理位置与生态位置不能等量齐观;在同一座城市富人比起穷人有更大的生态足迹,例如在智利的圣地亚哥,最高收入者的生态足迹是最低收入者的17倍(Wackernage, 1998);全球化可能会增加城市的脆弱性。生态足迹分析证明:有些城市主要依靠外来的食物、水、能源以及其它的资源,这就会引发一个城市由全球气候变化、贸易壁垒、竞争以及价格起伏所带来的脆弱性;城市创造生态效益。

从全球可持续发展的角度来看,目

前每人平均1.7hm²的生态足迹底线应该是可以接受的。预计到2050年左右,全球人口将达到100亿人,那时人类可利用空间将削减到1.2hm²(包括海洋的面积)。这种趋势为城市规划师提供了一个重要的启示,即规划师应如何因势利导朝着有利于城市化的方向推进。

考虑到人类对环境所产生的广泛而巨大的压力,Rees 和 Wackernage 进一步发展了“生态足迹”这一概念,并指出它的含义是提供必需资源和吸纳由于城市社区对环境产生显著影响而输出废物两者所需要的土地面积。英国的伦敦就是一个很好的例子,它的生态足迹是其城市本身面积的120倍。据两位学者的估计,一个人口650000人的典型北美城市将需要30000km²土地,这大约相当于北美洲的Vancouver 岛的面积。这仅仅能满足生活的需要,还不包括工业对环境的需要。与此相对照,一个面积同样大小的印度城市的生态足迹仅为2800km²。规划者面临着巨大的挑战,他们一方面在满足人们基本需求的前提下提供一个安全的环境,同时还要维持自然系统尽可能不受自然的破坏。城市不是一个自我完善的实体,问题和答案往往在其权限内存在矛盾,这也给在环境问题上不堪重负的当地政府施加了更大的压力。据统计,全球城市人口每周大约增加100万,到2000年全世界已有一半人在城市留下自己的脚印。

7 生态足迹的意义

作为一种生物物理测量方法,生态足迹分析方法有两个优点:一是计算更加简捷;二是籍此方法可使人类对生态空间的需求同地球空间有限的供应更容易地进行比较。另外EFAA也证明技术乐观主义者所坚持的“技术能够克服它所遭遇到的任何生物物理极限约束”观点的偏颇性;更加切实的对策是承认生物物理极限,除非技术乐观主义者表明他们真的能够克服这种极限。

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,人们的社会活动与当时生态承载力之间的差距。生态足迹分析具有广泛的应用范围。一些国家已开展了计算国家、城市、地区、学校、个人、家庭的生态足迹的研究活动,寻求减少生态足迹的决策,帮助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和培养对可持续发展政策与计划的理解。生态足迹概念及其普适性有利于人们消除高质量生活标准取决于财富和物质生活的观念,也给人们提供了理解住房、农业、工商业用地及环境脆弱性对可持续发展构成威胁的机会^[8]。

生态足迹指标表现的潜力在于它紧扣可持续发展理论,是涉及系统性、公平性和发展的一个综合指标。然而,生态足迹衡量可持续程度的潜力还在于其自身分析的合理性、与政策的相关性和可度量性。

生态足迹是一个对人有教育意义的优秀方法,它不仅能够有效地量化这种影响,而且还是一个能够通过某个例证提供信息的强有力的工具,从而控制过度消费行为。首先,我们必须摸清人类生态环境的家底,确定减少人类行为所产生环境影响的措施,在一些生态示范区中实施资源低耗技术,并且重新考虑降低我们生态足迹的大小。

8 EFAA 的合理性与局限性

生态足迹分析方法首先通过引入生物生产土地面积概念实现对自然资源的统一描述,其次通过引入等值因子和生产力系数进一步实现了各国、各地区、各类生物生产土地面积的可加性和可比性。因此该方法有其较为科学、完善的理论基础。生态足迹模型中土地功能的单一化假设、资源的可持续等问题仍需要做进一步地探讨。

关于EFAA的工具性,笔者认为它并不是一项预言工具,它是一个“生态的摄像机”拍摄我们对自然的需求。自从EFAA被提出以后,有人就认为EF分析可以预见未来,但是“预测”与“推

断”毕竟方向不同,尽管我们无法从数字本身预测事情的结果会演变成如何,但从数字可以帮助我们了解一座城市或一个区域是否具有生态赤字?能否可持续发展? Rees 和Wackernagel也一直强调:“我想再重复一遍,这项工具不是个让人看到某个既定未来的望远镜,它只是忠实呈现出我们目前发展趋势所带来的结果,以及我们在迈向可持续发展之路的途中采取不同策略时可能产生的不同情节^[9]。

另外,学界在应用范围方面也主要存在两个方面的争议:其一,EFAA并没有计算生物圈所遭受的所有生态影响;EF分析不可能令人满意地用来处理排放到大气中的各种有害污染物;生态足迹在某种程度上低估了人类实际所耗用的生态系统服务。正如Rees和Wackernagel所言:“我们并不探讨CO₂以外的污染;因此,如果有其它问题的话,便是我们目前的生态足迹计算低估了人类对自然界的取用。”^[9]对这些问题,笔者认为,任何方法都是一种模型,而模型意味着对原型有所取舍。其二,有学者对EF模型提出简单化与静态化的质疑:EFAA简化了自然和社会的关系,方法没有预测意义;自然和经济是一个动态的系统,测度方法却是静态的估算,由此批评EFAA没有考虑诸如技术变化或社会系统适应能力之类的情况。对此,有学者认为:尽管对生态足迹方法的褒贬不一,但并不妨碍该方法的广泛应用。该方法的一些计算结果得出了令人震惊的结论。如福克(Folke)等采用与Rees和Wackernagel相似的方法计算了波罗地海周围城市占用生态系统面积,结果表明,所占用的生态系统面积竟然为城市本身密集的565倍~1130倍,研究结果得到广泛重视。这无疑为我们认识人类活动与自然的本质关系,提供了一个有效地定量评估手段。^[10]

总之,EF模式也许简单,但它像任何生态模式一样,并不能显示所有可能的互动关系。

9 城市生态安全的测度方法

9.1 传统方法

在传统城市可持续发展测度中,GDP被认为是衡量一个区域(国家、地区或者城市)经济的基本总量指标。然而,这种尺度似乎不太合理,因为它没有把这个区域为经济发展付出的环境代价计算在内,比如,疾病增加了人们医疗方面的开支,污染加大了治理费用等,这些反而促进了GDP的增长。此外,现行的GDP指标完全不能反映经济发展过程中自然资源的亏损和耗竭。一个区域可能已经发生了生态资源的“赤字”,也就是说这个区域的生态安全已不复存在,却不能影响它计算出来的GDP。这表明传统的GDP方法确实隐藏了生态危机,它不能反映一个城市的“真生态足迹”和生态安全程度。

因此,应考虑将自然资本与可持续性的整体衡量结合起来,为经济发展提供“绿色”的衡量方法。“绿色核算”可以通过绿色GDP即GGDP(笔者杜撰)或绿色国民生产净值等形式来表现。在“绿色核算”中,GGDP值不仅要反映资本储备的贬值量,而且还要反映环境质量的变化,如大气污染、水污染和水土流失情况等。

一座城市是否处于生态安全的状态,目前国内外尚没有一个成熟或明确的指标,有些衡量城市可持续发展的指标只是基于经济核算方面的考虑,并没有计算生态效益的影响。

9.2 我们的尝试

鉴于上述问题,笔者在此提出关于城市生态安全(City Ecological Security简称CES)的衡量指标,它以EFAA为基础,同时将绿色GDP(简称GGDP)指标,生态承载力(简称ECC)考虑进去。这种方法的项目内容概括为公式:

$$CES = F(GGDP, EF, ECC)$$

该公式表明,CES是GGDP、EF、ECC三者的函数,尽管EF和ECC两个指标在生态底线这一层面上具有相似的意义,但前者侧重于折算后的土地面积所能供

养的人口数量的表征,而后者则表征综合各种生态因子后生态系统最大的环境(生态)容量。只有在上述三项指标的加权计算后,才能判定城市和区域生态安全的状态。至于CES模型的函数关系F更详尽的描述,笔者将另做探讨。

总之,EF是一种区域战略性的生态分析方法,它的提出与应用已在“生态底线”的意义上具有一定的说服力,基于城市生态安全的测度指标体系,应该对这一方法进一步完善。

[参考文献]

- [1] 诺恩·迈尔斯. 最终的安全——政治稳定的环境基础[M]. 上海: 上海译文出版社, 2001.
- [2] Wackernagel M Why Sustainability Analysis must Include Biophysical Assessment [J]. Ecological Economics, 1999 (29): 11-14.
- [3] Rees W E Revisiting Carrying Capacity: Area-Based Indicators of Sustainability [J]. Population and Environment, 1996, 17 (3): 195-218.
- [4] Wackernagel M et al. Ecological Footprint of Nations: How Much Nature Do They Have [R]. International Council for Local Environmental Initiatives. Toronto, 1997.
- [5] 徐中民, 等. 甘肃省1998年生态足迹计算与分析 [J]. 地理学报, 2000, 55 (5): 607-616.
- [6] William E R. Revisiting Carrying Capacity: Area Based Indicators of Sustainability [EB/OL]. <http://www.ecouncil.ac.cr/rio/focus/report/english/footprint/>, 1996.
- [7] Josef Leitmann. Sustaining Cities [M]. McGraw-Hill, 1999. 107-108.
- [8] 刘德威, 许树辉. 测度可持续发展的指标框架 [J]. 湖南师范大学社会科学, 2001, 30 (5): 335.
- [9] Mathis Wackernagel, William E Rees, 李永展, 李钦汉. 生态足迹: 减轻人类对地球的行动 [M]. 台湾: 创兴出版社, 2000.
- [10] 黄肇义, 杨东援. 测度生态可持续发展的生态痕迹分析方法 [J]. 城市规划, 2001, (11): 26-32.

[作者简介]

曹伟 (1962-), 男, 宁波大学特聘教授, 东南大学建筑系在职博士生。

[收稿日期] 2002-10-30;

[修回日期] 2002-11-14