

doi:10.16779/j.cnki.1003-5508.2019.01.019

生态足迹研究现状及展望

范 玮¹, 张 丽², 李惠芳¹, 杨 鹏¹

(1. 巴中市恩阳区天然林资源保护工程管理处, 四川 巴中 636600;

2. 四川省林业科学研究院, 四川 成都 610081)

摘 要:生态足迹理论是测量可持续发展的重要方法,随着生态足迹的不断完善,其应用案例大量出现。本文通过回顾我国生态足迹的发展历程,总结近年来国内生态足迹的计算方法,概括了生态足迹分析方法的应用并对生态足迹的不足之处进行了简要总结和分析;对生态足迹模型今后的应用发展进行了展望。

关键词:生态足迹;发展进程;启示

中图分类号:X826 **文献标识码:**A **文章编号:**1003-5508(2019)01-0087-05

The Development Process and Prospect of Ecological Footprint

FAN Wei¹ ZHANG Li² LI Hui-fang¹ YANG Peng¹

(1. Project Management Station of Natural Forest Resources Protection in Enyang District of Bazhong

City, Bazhong 636600, China; 2. Sichuan Academy of Forestry, Chengdu 610081, China)

Abstract: The ecological footprint was an important method for measuring sustainable development. As the ecological footprint became increasingly mature, there were more and more application cases based on it. By reviewing the development history, the computing methods and the application were summarized for domestic ecological footprints. Also, there was a brief summary and analysis about the shortcomings of ecological footprints. At the end of the article, an outlook was made for the application development of ecological footprint model in the future.

Key words: Ecological Footprints, Development and process, Enlightenment

生态足迹(Ecological Footprint,简称EF)是加拿大生态经济学家Rees^[1,2]提出,由Wackernagel^[3]进一步完善的一个较好的可持续发展定量分析指标,在世界范围内得到广泛的应用和认可^[1,4]。

我国利用生态足迹理论进行相关的研究比较晚,1999年张志强等人将生态足迹的概念引入国内^[5],最早被翻译为生态基区,或生态痕迹、生态脚印、生态空间、生态踩占^[6]、生态空间占用^[7]、生态占用^[8]。其定义是:指生产一定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土地的总面积和水资源量^[9]。即生态足

迹就是指能够用于持续地为一定地域空间的人口提供资源和消纳废物的土地的总面积和水资源量;其本质就是某一区域人口消耗的资源 and 产出的废弃物所需要的生物生产土地的总面积和水资源量。

1 生态足迹理论的相关研究

我国区域生态足迹研究的实践成果最早见于2000年^[7],且主要是在西部和东部沿海的发达地区^[10]。随后国内掀起生态足迹研究的热潮,研究方法不断修正和发展,研究领域不断拓展,主要体现在

以下两个方面:

1.1 生态足迹理论应用研究

生态足迹模型提出的主要目的是将生态足迹与生态承载力进行比较来衡量一个地区的可持续发展状况。如果生态承载力小于生态足迹时,则出现生态赤字,表明该地区的人类负荷超过了其生态容量,说明地区发展模式处于相对不可持续状态;生态承载力大于生态足迹时,则产生生态盈余,表明该地区的生态容量足以支持其人类负荷,该地区消费模式具相对可持续性,可持续程度用生态盈余来衡量。

潘洪义等人采用生态足迹模型对2009年至2014年成都市生态足迹、生态承载力状况进行了测算,并结合空间分析揭示了其空间演化规律^[11];王冠运用能值-生态足迹法,以1985—2014年为时间序列,通过追踪焦作市生态安全演变过程,定量呈现资源型城市生态安全演变规律和发展变化趋势^[12]。另外,还有很多学者基于生态足迹理论和模式对化工企业^[13]、旅游^[14~16]、货物贸易自然资本^[17]以及我国区域可持续发展状态^[18]、人口容量^[19]等方面进行研究,旨在表明我国现阶段资源的可持续发展情况和资源利用现状。

1.2 分析方法与其他指标、模型结合的创新应用研究

生态足迹模型通常由三部分构成,一是生态足迹的计算^[20~23],二是生态承载力计算^[24],三是将二者进行比较^[25]。生态足迹的计算,其数据的获取方式通常有两种方法^[26~27],一种是通过发放调查问卷或者查阅统计资料等调查方法直接获取各种消费数据;另一种方法是根据地区性或全国性的统计资料查取地区各消费项目的有关总量数据,再结合人口数得到人均的消费量值。生态足迹的计算是基于以下两个基本事实^[28]:一是人类能够确定或者估计自身消费的绝大多数资源、能源及其所产生废弃物的数量;二是这些资源和废弃物流能转换成生产和消费这些资源和废弃物的生态生产性面积。

陈薇等通过对传统的生态足迹模型^[29]进行改进,计算了2014年威县各消费项目的生态足迹、生态承载力。并以生态足迹作为循环经济发展水平的判定依据,对其进行客观、科学的量化分析^[30]。吴隆杰最早提出生态足迹指数,用于反映一定区域的生物承载力与生态足迹的差额占生物承载力的百分比^[31]。马晓钰基于区域生态适度人口而提出生态人口赤字的,其值为生态总承载力与人均生态足迹

的比值然后与实际人口数量之差^[32]。为了确定区域所处可持续状态,张颖还引入了级差系数、集中指数^[33]。

2 不同尺度和行业的生态足迹动态

生态足迹是衡量可持续发展的有效方法之一,近年来,利用生态足迹评价可持续发展的方法已应用于各种领域和行业,从全球到国家、地区到城市^[34]。但是,我国还没有全球尺度的生态足迹研究,全国尺度和微观尺度的研究也极其少见;我国生态足迹的研究主要集中在区域和特定行业,尤其是东部沿海和西部地区以及旅游业。

2.1 不同尺度的生态足迹动态

在全国尺度上,徐中民等^[35]计算得出中国1999年人均生态足迹 1.326 hm^2 ,人均生态承载力 0.681 hm^2 ,人均生态赤字 0.645 hm^2 ,大部分省区生态足迹超过了生态承载力,处于不可可持续发展的状态。在区域尺度研究上,徐中民等学者利用生态足迹的模型对甘肃省1998年生态足迹进行计算,结果表明甘肃省的生态足迹超过了生态承载力^[36]。张志强等人率先对重庆市的生态足迹进行了计算^[37],研究结果揭示了城市对生态环境的负面作用。另外,在生态足迹的动态研究方面,陈成忠等对中国1961—2005年44年间的人均生态足迹波动的突变时间及影响因素进行了多时间尺度分析。研究结果表明44年来,中国人均生态足迹波动具有明显的时间尺度和相应的周期性振荡特征,中国人均生态赤字在未来几年会有所好转,可持续发展困境将会得到改善^[38]。徐猛等基于生态足迹的时间序列研究了1990—2010年石河子绿洲动态变化^[39],从能值理论角度对石河子绿洲1990—2010年的生态足迹和生态承载力进行计算和动态分析研究,结果表明该地区人均生态足迹从1990年的 2.1309 hm^2 增至2010年 4.2368 hm^2 ,增加了98.83%;人均生态足迹赤字呈逐年上升的趋势,从1990年的 0.7725 hm^2 增加至2010年的 2.7190 hm^2 ,说明石河子绿洲目前已超出了自然生态系统的生态承载力范围。蔺海明等学者对甘肃河西绿洲农业区1949—2000年生态足迹的动态变化进行了分析,结果表明河西全区的人均生态足迹呈递增趋势,生态承载力日益加重^[40]。此外,对于生态足迹的时间序列动态研究还有很多^[41~45],涉及的研究区域有河北、上海市、重庆、澳

门、青岛等省市。在微观研究上,赵锐等对校园生活垃圾的生态足迹估算与分析^[46],李广军等应用成分法计算了沈阳大学等4所高校的生态足迹^[47]。

2.2 不同行业的生态足迹动态

行业生态足迹与可持续发展研究方面,旅游行业的生态足迹研究比较多^[48-50]。我国学者田至美^[49]等基于旅游生态足迹模型和来京旅游者的生物、能源消费及结构特征,通过计算分析2004—2006年北京市外来旅游者旅游餐饮生态足迹认为:北京市外来旅游者人均餐饮生态足迹特别是对能源的需求呈增加趋势,平均增长率为4.41%;北京的生物资源及能源供给大部分来自外部,生态负担转嫁范围大,旅游生态环境处在不可持续状态。张海鸥^[50]通过利用改进的生态足迹法来度量旅游城镇可持续发展评价,将旅游生态足迹分为可转移足迹和不可转移生态足迹两大类,并利用改进模型计算分析了2007—2009年张家界旅游可持续发展状况。在其他部门和行业中,贺成龙等^[51]用生态足迹的成分分析方法首次计算了中国水泥生产的生态足迹,推导出水泥制造业CO₂的单位排放量(排放强度)经验公式,水泥制造业的单位排放量与水泥制造业的单位综合能耗呈线性关系,降低单位综合能耗就可降低CO₂的单位排放量,进而减小水泥的生态足迹。崔维军等^[52]分析了重化工业生态足迹形成机理,将重化工业生态足迹的形成划分为资源消耗与环境排放两个阶段,然后将重化工业生态占用划分为化石能源、水资源、工业用地、工业废水、工业废气以及工业固体废弃物6个方面,分别详细介绍了每个项目生态足迹的计算方法,最后分析了计算生态足迹时应注意的几个问题,一是水资源生态足迹的重复计算问题及处理方法,二是石油加工、炼焦及核燃料加工业的碳固定化比率问题,三是水泥工业制造过程中碳排放问题。谭秀娟,郑钦玉^[53]通过构建水资源生态足迹和水资源生态承载力的计算模型,对我国1949—2007年水资源的可持续利用状况做出了客观的评价,并运用ARIMA模型对我国水资源生态足迹变动趋势做出深入的研究;结果表明,1949—2007年,我国人均水资源生态承载力总体上呈下降态势,而人均水资源生态足迹则逐年上升,从而造成人均水资源生态赤字逐渐增大,我国水资源处于一种不安全状态。李朝婵^[54]博士等人运用生态足迹理论模型对贵州省2000年到2015年的林业生态足迹和生态承载力进行了研究。结果表明:

2000—2015年贵州省林业生态足迹表现为整体增加的趋势,生态足迹主要由木材、水果和茶叶构成,其他林产品所占比例较小。贵州省林业生态承载力逐年增长,与林地面积的不断加密密切相关。贵州省林业生态供需一直处于盈余状态且逐年增加,同时林业生态效率一直处于增长趋势,表明贵州省林业生态可持续发展程度和森林资源利用率较高。

3 生态足迹分析方法的优点及不足

生态足迹分析方法自从提出以来就在国内外得到了广泛的研究和应用,与其他评价方法相比,它使得生物资源的消耗与自然生态的承载能力具有可比性,生态足迹模型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^[55-58]。但是,不是任何方法都是万能的,生态足迹理论在理论和实际应用中还存在着不足。

(1)在计算生态足迹的过程中,数据的获得一般是通过调查法和依据各级统计资料获得,获得的数据具有很大的不确定性,导致生态足迹模型的计算结果不一定准确。

(2)生态足迹理论仅考虑了静态过程,未将人口流动、社会经济发展等动态指标纳入其中。

(3)生态足迹理论在对于国家尺度、区域及城市等大尺度的研究时,未考虑到各个国家、地区和城市的生活水平、消费能力不一样;在研究特定行业、部门足迹分析时未考虑到不同行业和部门的生态承载力不一样;导致研究结果具有片面,缺乏一定的不可比性。

(4)生态足迹分析方法是在土地功能单一性假设基础之上进行的,实际上“土地功能的空间互斥性”只是一种理想状态,未考虑到土地的实际用途和实际生产力,也未考虑到生态风险和资源的稀有性,没有将地下资源、环境污染纳入考虑,导致供给计算结果偏低。

4 生态足迹研究展望

生态足迹理论是度量可持续发展的重要方法,随着其理论不断修正完善,研究方向日益拓展,其优势和不足也凸显出来,因此,结合已有的国内外研究进展,可以从以下几方面进行研究:

(1)完善生态足迹分析、计算的方法。在不同

的区域,选取不同的计算方式和计算因子,或者同一计算方式和计算因子选取不同的指标系数,使不同区域的生态足迹具有可比性,以全面反映可持续发展程度。

(2)生态足迹理论应充分考虑发展的动态因素。结合社会经济、人口、社会技术的动态发展,通过大跨度时间序列的动态过程研究,来计算各指标的时间序列值进而追踪各个时点的可持续程度,揭示区域生态足迹变化特征与区域发展演化的内在互动机制,从而来补救指标静态性的缺憾。

(3)我国的生态足迹相关的研究起步晚,研究的尺度窄,在今后的研究中应主要集中于全球、国家等大尺度的分析应用和在家庭、个人以及特定单位和行业等小尺度生态足迹研究方面。

参考文献:

- [1] 杨海真,李爱梅,叶田.基于修正的生态足迹区域可持续发展评价[J].同济大学学报(自然科学版),2010,(08):1188~1193.
- [2] Rees W E. Ecological footprint and appropriated carrying capacity: what urban economics leaves out[J]. Environment and Urbanization,1992,4(2):121.
- [3] Wackernagel M, Onisto L, Bello P, et al. National natural capital accounting with the ecological footprint concept[J]. Ecological Economics,1999,(29):375~390.
- [4] 张芳,徐伟锋,李光明,等.上海市2003年生态足迹与生态承载力分析[J].同济大学学报:自然科学版.2006,34(1):80~84.
- [5] 龙爱华,张志强,苏志勇.生态足迹评介及国际研究前沿[J].地球科学进展,2004,(06):971~981.
- [6] 章锦河,张捷.国内生态足迹模型研究进展与启示[J].地域研究与开发,2007,(02):90~96.
- [7] 王书华,毛汉英,王忠静.生态足迹研究的国内外近期进展[J].自然资源学报,2002,(06):776~782.
- [8] 孟繁斌.基于生态足迹分析方法的旅游可持续发展研究——以武夷山为例[D].上海,华侨大学,2009.
- [9] 张志强,徐中民,程国栋.生态足迹的概念及计算模型[J].生态经济,2000,(10):8~10.
- [10] 陈东景,徐中民,程国栋,张志强.中国西北地区的生态足迹[J].冰川冻土,2001,(02):164~169.
- [11] 潘洪义,朱晚秋,崔绿叶,等.成都市人均生态足迹和人均生态承载力空间分布差异[J].生态学报,2017,37(19):6335~6345.
- [12] 王冠,基于能值-生态足迹法的资源型城市生态安全演变研究:以河南省焦作市为例[J].中国矿业,2018,27(4):91~95.
- [13] 岳明,杨国栋.基于生态足迹模型的化工企业生态足迹的计算[J].农产品加工,2013,6:66~68,72.
- [14] 朱万春.可持续发展背景下基于生态足迹法的旅游扶贫与精准识别研究[J].生态经济,2018,34(7):104~109.
- [15] 刘长秀,李翠兰.蜀南竹海旅游生态足迹研究[J].安徽农业科学,2013,41(12):5433~5437.
- [16] 周国忠,沈刚.旅游生态足迹研究进展[J].浙江旅游职业学院学报,2007,(02):92~95.
- [17] 李昭华,傅伟,沈艳.中美双边货物贸易自然资本的生态足迹分析[J].中国人口·资源与环境,2013,23(5):170~176.
- [18] 王志杰,高洁.能值生态足迹对我国区域可持续发展状态比较研究[J].西南师范大学学报,2013,38(2):54~60.
- [19] 薛若晗.基于生态足迹模型的福建省人口容量研究[J].安徽农业科学,2016,44(31):82~85.
- [20] 郑军南.生态足迹理论在区域可持续发展评价中的应用——以浙江省为例[D].浙江杭州,浙江大学,2006.
- [21] 杨丹荔,罗怀良,蒋景龙.基于生态足迹方法的西南地区典型资源型城市攀枝花市的可持续发展研究[J].生态科学,2017,36(6):64~70.
- [22] 翟胜,梁银丽,王巨媛.生态足迹模型研究进展[J].西北植物学报,2005,(01):200~204.
- [23] 尹璇,倪晋仁,毛小琴.生态足迹研究述评[J].中国人口·资源与环境,2004,(05):8.
- [24] 周陶,范轶玲,王成.基于资源产出法的生态足迹模型[J].安徽农业科学,2009,(01):33,327~328.
- [25] 蒋依依,王仰麟,卜心国,等.国内外生态足迹模型应用的回顾与展望[J].地理科学进展,2005,(02):13~23.
- [26] 周国忠.国内外生态足迹研究进展[J].浙江学刊,2010,(06):167~171.
- [27] 杨开忠,杨咏,陈洁.生态足迹分析理论与方法[J].地球科学进展,2000,(06):630~636.
- [28] 韦达.旅游者生态足迹比较分析——以桂林市2005年不同客源地团队旅游者为例[D].广西南宁,广西师范大学,2007.
- [29] 王丽萍,夏文静.生态足迹的国内外研究进展[J].经济研究参考,2018(1):56~68.
- [30] 陈薇,孙静.基于改进的生态足迹模型对循环经济发展水平的测度研究[J].安徽农业科学,2017,45(24):236~238,250.
- [31] 吴隆杰.基于生态足迹指数的中国可持续发展动态评估[J].中国农业大学学报,2005,10(6):94~99.
- [32] 马晓钰.人口赤字与生态环境关系研究——生态足迹理论在新疆的应用[J].南方人口,2005,20(4):57~63.
- [33] 张颖,王万茂.中国省(市)区生态足迹差异实证分析[J].中国土地科学,2004,18(4):19~24.
- [34] 徐柳园,李洪波.生态足迹研究进展[J].安徽农业科学,2010,(17):9120~9123,9133.
- [35] 徐中民,张志强,程国栋,等.中国1999年生态足迹计算与发展能力分析[J].应用生态学报,2003,14(2):280~285.
- [36] 徐中民,张志强,程国栋.甘肃省1998年生态足迹计算与分析[J].2000,55(5):607~616.
- [37] 张志强,徐中民,程国栋,等.中国西部12省(区市)的生态足迹[J].地理学报,2001,56(5):599~610.
- [38] 陈成忠,林振山.中国1961—2005年人均生态足迹变化[J].

- 生态学报,2008,28(1):338~344.
- [39] 徐猛,沈艺,潘旭东. 基于生态足迹的1990—2010年石河子绿洲动态变化[J]. 石河子大学学报,2013,30(3):301~305.
- [40] 普连仙,吴学灿. 生态足迹模型的缺陷及改进研究进展[J]. 环境科学导刊,2010,(01):15~19.
- [41] 魏静,冯忠江,郑小刚,等. 1995—2004年河北省生态足迹分析与评价[J]. 干旱区资源与环境,2008,22(6):175~180.
- [42] 湛伟,李小平,孙从军,等. 1999—2005年上海市纵向时间序列生态足迹分析[J]. 生态环境,2008,17(1):422~427.
- [43] 卢明富,况明生,杨本俊. 1997—2006年重庆市生态足迹动态分析与对策[J]. 中国西部科学,2008,7(12):44~47.
- [44] 罗汉红,李碧方,陈飞鹏,等. 澳门1977—2004年生态足迹动态研究[J]. 安徽农业科学,2008,36(26):11487~11490.
- [45] 张绪良,付炳中,王军. 近20年青岛市生态足迹的动态变化[J]. 江西科学,2008,26(3):493~499,503.
- [46] 赵锐,刘丹,李启彬,等. 校园生活垃圾的生态足迹估算与分析[J]. 安徽农业科学,2008(11):4618~4620.
- [47] 李广军,顾晓薇,王青,等. 沈阳市高校生态足迹和生态效率研究[J]. 资源科学,2005(6):140~145.
- [48] 窦蕾. 基于生态足迹模型的旅游可持续发展评价研究[D]. 山东济南,山东师范大学,2007.
- [49] 田至美,南丁. 北京市旅游餐饮生态足迹实证分析[J]. 资源与产业,2010,(04):144~149.
- [50] 张海鸥. 基于生态足迹的旅游城镇可持续发展评价研究[J]. 中国管理信息化,2010,(05):74~75.
- [51] 贺成龙,吴建华,刘文莉. 水泥生态足迹计算方法[J]. 生态学报,2009,(07):3549~3558.
- [52] 崔维军,周飞雪,徐常萍. 中国重化工业生态足迹估算方法研究[J]. 中国人口·资源与环境,2010,(08):137~141.
- [53] 谭秀娟,郑钦玉. 我国水资源生态足迹分析与预测[J]. 生态学报,2009,(07):3559~3568.
- [54] 李朝婵,全文选. 贵州省林业生态足迹的年度变化分析[J]. 贵州林业科技,2017,45(4):1~4,12.
- [55] 张志强,徐中民,程国栋. 生态足迹的概念及计算模型[J]. 生态经济,2000,(10):3559~3568.
- [56] 黎瑞波,蒋菊生. 生态足迹分析模型及其研究现状[J]. 华南热带农业大学学报,2004,(10):12~15.
- [57] 叶田,杨海真. 生态足迹模型的修正与应用[J]. 环境科学与技术,2010,(S1):449~454.
- [58] 刘钦普,曹建军. 生态足迹分析方法研究回顾和展望[J]. 南京晓庄学院学报,2007,(6):75~81.

(上接第60页)

一种植物源农药,比较绿色、环保,对害虫不会直接完全毒杀,而是控制害虫生物种群数量不会严重影响到该植物种群的生产和繁衍,但对大龄幼虫,特别是5龄幼虫作用不大,因此建议在黄野螟低龄幼虫时期3龄前进行防治,采用50倍或100倍效果较好,虽然防治成本较高,但是比较绿色和环保。

黄野螟从虫卵孵化幼虫时间很短,只需1周左右。根据我们在普文对黄野螟的观测和试验,如果是小面积的种植,只种了1~2年左右的,经常观测,发现有虫卵的叶片立即摘除,这样连续3次,虫口密度会降低很多,就不需要使用农药。或者是在黄野螟低龄幼虫时期进行生物农药防治,这样既可以降低虫口密度,又可以减少农药的使用。

综上所述,如果白木香种植面积大,黄野螟危害严重,应选择甲维·茚虫威和甲氨基阿维菌素苯甲酸盐施用达到防治效果,降低危害,减少损失。如果白木香种植面积小,株数少,用人工摘除有虫卵的叶片也是一种有效的防治方法。

本文仅研究了5种药剂的林间防治效果,还需

要更进一步的对不同年龄的林分 and 不同梯度的浓度试验,以更好地指导生产实践,为白木香产业健康发展提供支撑。

参考文献:

- [1] 乔海莉,陆鹏飞,陈君,等. 黄野螟生物学特性及发生规律研究[J]. 应用昆虫学报,2013,50(5):1244.
- [2] 苏跃平. 白木香黄野螟生物学特性[J]. 中草药,1994,17(12):7~9.
- [3] 陈志云,王玲,李东文,等. 黄野螟防治药剂筛选试验[J]. 林业科技开发,2012,26(1):117~119.
- [4] 王玲,郑礼飞,陈志云,等. 甲维盐与苏云金杆菌复配对黄野螟增效作用研究[J]. 山东林业科技,2012,(1):37~38.
- [5] 李嘉杰,李东文,郑礼飞,等. 阿维菌素与苏云金杆菌复配对黄野螟增效作用研究[J]. 山东林业科技,2012,(5):52~53.
- [6] 陈志云,郑礼飞,王玲,等. 氯虫苯甲酰胺与高效氯氟菊酯复配对黄野螟增效作用研究[J]. 山东林业科技,2011,(6):48~49.
- [7] 周亚奎,战晴晴,卢丽兰,等. 6种生物农药防治白木香黄野螟幼虫毒力和田间药效[J]. 中国森林病虫,2016,35(1):31~33.