

# 交通生态足迹理论研究进展

李杰,赵文斌

(武汉工程大学环境与城市建设学院,湖北 武汉 430074)

**摘要:**为了解生态足迹理论在城市交通中的应用现状,对国内外前人的相关研究进行了分析,结果表明:生态足迹在交通产业中有应用研究,并可以计算交通生态足迹,计算方法有两类,一是各类交通工具生态足迹计算,可用于横向比较,其中轨道交通和公共交通生态效率最高;二是从生命周期全过程计算某种交通工具的生态足迹,可以得知哪个阶段对该种交通工具的生态足迹贡献值最大.交通生态足迹方法可用于城市交通结构优化,以及私人小汽车发展政策研究,实现城市交通可持续发展,但在计算交通生态承载力方面,尚无模型;由于资料欠缺,具体到城市规模的应用研究偏少.因此,需要加强这些方面的研究,才能够切实为政府决策提供理论依据.

**关键词:**生态足迹;城市交通;优化;生态效率;可持续发展

**中图分类号:**U-9

**文献标识码:**A

**doi:**10.3969/j.issn.1674-2869.2012.09.004

## 0 引言

生态足迹的成熟理论是1992年加拿大生态经济学家 William Rees 提出的,之后由其学生 Wackernagel M 对模型进行了完善和发展<sup>[1-5]</sup>,1999年被引入中国,专家学者在不同区域层次上进行了研究,推动了在我国的发展.生态足迹是指提供物质基础和吸收废物的生态生产性土地面积和水域面积,它直观地表示出区域内人类经济活动对自然资本的消耗及与生态系统能够提供资源之间的关系,并将其数量上的平衡作为评价区域是否可持续发展的依据.若某区域范围内人类对于自然资本的消耗小于生态环境的供给,则该区域处于可持续的发展状况,反之,则是不可持续发展的.生态生产性土地包括化石燃料用地、耕地、牧草地、林地、建筑用地和水域等六大类.随着城市发展步伐的不断加快,作为直观表示环境资源利用状况的计算分析方法,生态足迹理论在不同层面上的应用研究也不断加深.

## 1 交通生态足迹分析理论

交通产业作为一个国家的支柱型产业,同时交通产业也是一个对能源消耗极大的部门,它对于环境的负面作用直接影响到人们的日常生活.

随着城市化水平的不断提高,城市规模的扩大使交通需求显著增长<sup>[6]</sup>,同时交通对于环境的压力也不断增长,如何选取一种合适的方法保持城市交通的可持续发展,引起了人们的重视.由于生态足迹指标能够对人类改善自身周边环境、消耗能源等方面进行核算,从新颖的角度直观揭示发展与自然环境之间的矛盾,从而逐渐成为研究交通产业可持续发展的主流方法.

### 1.1 交通生态足迹的概念

根据生态足迹的定义,我们可对城市交通生态足迹作如下定义:人们在城市交通活动中由于需要满足一定的生态资源和能源消费需求以及考虑交通系统所排放的废弃物的吸收从而对生态生产性土地这种自然资本直接或间接的占用和需求量<sup>[7]</sup>.

### 1.2 交通生态足迹的基本假设

类似于生态足迹的假设,交通生态足迹也有以下基本假设:

a. 对于交通系统中的能源消耗,空气污染物的排放,所选取的核算项目是可以度量的,同时也是可以找到与之相对应的生物生产性土地面积.

b. 对于交通车辆行驶过程中产生的热量,噪音等对于环境有影响的因素,由于模型暂时无法完全准确的统计,所以不予考虑.

收稿日期:2012-08-07

基金项目:教育部人文社会科学研究规划基金项目(10YJAZH040)

作者简介:李杰(1954-),男,湖北咸宁人,教授,博士生导师.研究方向:道路及交通工程.

## 2 交通生态足迹的研究进展

### 2.1 国外交通生态足迹研究进展

随着经济的快速发展,私人小汽车逐步走进了一般的家庭,私人小汽车保有量不断的提高,对于资源和环境的影响不断加大,私人小汽车的发展越来越受到人们的重视.国内外的一些学者对此也做了相关的研究.

Mirjan E. Bouwman 等选取了 4 个参数对 Netherland 地区不同交通工具对环境的影响进行分析评价<sup>[8]</sup>,其评价结果如表 1 所示.

表 1 Netherland 地区不同交通工具对环境的影响评价

Table 1 The environment impact assessment of different vehicles in Netherland

| 交通方式       | 空间占用/<br>(10m <sup>2</sup> /pkm) | 能源消耗/<br>(MJ/pkm) | 出行费用/<br>(DFL/pkm) | 出行时间/<br>(min/pkm) |
|------------|----------------------------------|-------------------|--------------------|--------------------|
| 汽油汽车       | 0.55                             | 1.79              | 0.37               | 1.34               |
| 柴油汽车       | 0.55                             | 1.42              | 0.24               | 1.34               |
| 天然气<br>汽车  | 0.55                             | 1.44              | 0.25               | 1.34               |
| 轨道交通       | 0.21                             | 0.98              | 0.16               | 0.94               |
| 巴士公<br>共交通 | 0.51                             | 1.11              | 0.19               | 1.92               |
| 自行车        | 0.71                             | 0.04              | 0.1                | 5.4                |
| 步行         | 1.7                              | 0.03              | 0                  | 10.77              |
| 其他方式       | 0.59                             | 2.11              | 0.25               | 1.36               |

(空间占用单位为 10 平方米人公里,能源消耗单位为兆焦耳人公里,出行费用单位为 DFL 人公里,DFL1.00 = 0.45 美元,出行时间为分钟人公里)

考虑现代人出行更注重时间,所以暂不考虑自行车和步行出行方式.从表中可以直观地看出,若出行人使用汽车,那么在相同的出行时间内 3 种汽车类型中柴油车和天然气汽车的空间占用、能源消耗及出行费用相当,相反汽油汽车的能源消耗及出行费用明显高于其他两者.私人汽车与轨道及巴士公共交通相比,考虑到轨道及公共交通载客人数多,就能源消耗这个方面而言,轨道及公共交通对于环境的影响小于私人汽车.而轨道交通与巴士公共交通相比,轨道交通在 4 个方面都优于公共交通.因此,乘坐轨道交通是优先度最高的选择.

Federici M 等以意大利中部城市锡耶纳(Siena)为例<sup>[9]</sup>,运用 3 种不同的能源分析方法(energy, embodied energy, exergy and emergy analysis),研究了锡耶纳城市的公路与铁路交通系统的能源消耗与利用效率,以及对区域生态足迹

与可持续发展的影响.与此同时,还比较了不同运输方式的废气排放量,表明小汽车的尾气排放量最大.因此建议交通部门应大力发展铁路的货运功能和公路的大众公交功能,限制私人小汽车的发展,有利于减少生态足迹与对环境的压力.

在 2005 年,Holden 等通过对交通能耗的生态足迹研究<sup>[10]</sup>,指出可持续交通不但要发展环境友好的小汽车,还需制定鼓励这种汽车的使用战略及减少汽车出行量战略.

Guangqing Chi 等研究了如何将生态足迹评价县级公路交通道路系统的既定土地使用与交通规划过程<sup>[11]</sup>,以前这种方法只适合在国家和区域尺度进行,因为这些尺度的决策者通常拥有土地的管辖权以及使用权.同时他们也分析了以县级为单位的交通系统对于化石能源用地占用的情况,并以此建立了生态足迹分析与地理信息系统的简单线性回归模型,由此预测未来土地需求的交通网络.

Adjo A 等介绍了一个可持续发展足迹模型,可用于分析运输和其它基础设施系统的区域可持续发展的影响<sup>[12]</sup>.运输系统可作为对其有影响的自然资产的函数,同时他们用来自亚特兰大和芝加哥等大都市的数据来演示如何将此模型应用到现实生活中,并对此模型关于政策和实践的影响进行了讨论.

### 2.2 国内交通生态足迹研究进展

梁勇等利用生态足迹的方法计算分析了北京市在 2002 年全市不同交通工具的生态足迹大小<sup>[13]</sup>,他们分别从能源消耗、建成用地占用及林地占用三个角度分析私人小汽车对于环境的影响.其中私人小汽车占 2002 年北京市能源用地生态足迹的 58.02%,占建成用地面积的 59.26%,占林地生态面积的 58.05%.其结果均表明,政府应提出合理的交通政策,同时大力发展公共交通.

史占国等利用全寿命周期的方法对于私人小汽车的生命周期内生态足迹进行了统计核算<sup>[14]</sup>,经过计算得出私人小汽车生命周期内生态足迹占用为 32.38 hm<sup>2</sup>,同时他们对于小汽车不同生命周期阶段的分析得出汽车使用阶段的生态占用最大,占到总生态占用的 61.06%.由此建议减少小汽车生态占用应从汽车使用阶段入手.

孙鹏等在分别计算沈阳市 1995~2004 年的交通生态足迹基础上<sup>[15]</sup>,利用生态效率分析了不同交通工具对于城市发展的作用及对环境造成的压力,其中地铁的生态效率最高,而私人汽车的生态效率最低.还分别计算了沈阳市在地铁存在与

否对于城市交通生态足迹减少的比例,结果显示沈阳市在没地铁时交通生态足迹减少量为 $9.36 \times 10^4 \text{ hm}^2$ ,存在地铁时减少量为 $164.21 \times 10^4 \text{ hm}^2$ ,减少比例分别为8.18%,31.78%。说明修建地铁是缓解城市交通环境压力的有效途径和方法。

谭志海等应用生态效率方法分别计算了西安市和深圳市不同交通工具的生态效率<sup>[16]</sup>。生态效率是社会经济发展量与资源环境消耗量的比值<sup>[17]</sup>,其计算生态效率的方法更加直观和全面地反应了交通工具对于社会发展的正面作用及对于社会资源消耗的负面作用。在西安市的交通系统生态效率中,公共交通生态效率最高,私人汽车的生态效率最低,与生态足迹方法计算的结果一致,说明生态效率的方法可行。丁宇等在对深圳市2000~2006年的交通生态足迹计算中,指出交通经济的增长是拉动生态足迹提高的主要因素。

重庆大学的任玉珑等从经济、环境及能源三个方面对柴油汽车进行了评价,建立一套“3E”评价模型<sup>[18]</sup>。从该模型可以看出柴油汽车在汽车使用效率上高于汽油汽车,而在消耗相同油量情况下柴油汽车明显比汽油汽车排放污染物少。由此,建议加速柴油汽车技术上的开发,逐渐取代汽油汽车,以减轻城市环境的负担。

崔世华等将生态足迹法与生命周期评价方法结合起来,探讨了城市交通活动对自然影响的测度,提出城市交通活动对自然影响的测度框架,并对城市交通活动各阶段对自然影响的测度进行了分析<sup>[19]</sup>。指出建立各种交通方式生命周期各阶段资源消耗以及污染排放等方面的数据库账户,是实现城市交通系统可持续发展必不可少的基础工作。

李艳梅利用生态足迹方法对中国的总交通生态足迹进行了研究<sup>[20]</sup>,结果表明化石能源用地占据了总交通生态足迹的绝大部分,而且两者均呈现出不断提高的趋势,由此可见化石能源的消耗是制约交通继续发展的制约因素。

总之,交通生态足迹计算可分为两个方面:一是某一区域或城市各种交通工具的生态足迹计算,可进行横向比较,对该地区的交通结构和相关政策的调整具有指导意义;二是某一区域或城市某种交通工具从生命周期全过程进行生态足迹的计算,了解在整个生命周期中,哪个阶段消耗的资源 and 排放的污染物最多,对环境的压力最大,从而指导如何减少资源消耗及污染控制。

### 3 交通生态足迹的研究展望

交通生态足迹模型可以直观地对区域交通的

可持续发展能力进行表示,操作性强,同时可以将不同的交通工具生态足迹进行横向比较,但是在理论上还是有很多的缺点,需要进行不断的改进和修正。例如,对于车辆行驶过程中产生的噪音对环境的影响就无法准确地找到相应的生产性土地面积来描述,这方面对于模型的修正希望能在今后的研究中加以体现。

交通生态足迹可以表示不同交通工具对于环境的压力,但却无法表示出环境压力对于某种交通工具限制;可以计算出某型车辆生态足迹的大小,但是无法确定其生态标杆,也就无法进行比较,对于政府制定相关政策而言,作用并不大。因此,希望能结合城市发展、经济状况以及环保政策等方面来考虑,提出合理的交通工具承载力计算模型。

我国对于大中型城市交通生态足迹研究偏少,有些研究也仅仅局限于本城市的生态足迹计算,无法做到和其他同规模级别城市的相互比较,无法为本城市交通系统未来发展提供必要的借鉴。另外,希望能够加大对时间序列上的城市交通生态足迹研究,作为预测城市未来走向及政府部门相关政策颁布的依据。

交通工具在利用全生命周期方法计算生态足迹时,未考虑汽车报废回收的生态足迹,加强对这方面的研究,建立汽车报废阶段数据库,提出此阶段的生态足迹计算模型,使全生命周期方法更加真实的反应交通工具的生态足迹。

#### 参考文献:

- [1] Rees W E, Wackernagel M. Urban ecological footprints: Why cities cannot be sustainable and why they are a key to sustainability[J]. Environmental Impact Assessment Review, 1996, 23: 224-248.
- [2] Wackernagel M, Onisto Lg, Bello Petal. National natural capital accounting with the ecological footprint concept [J]. Ecological Economic, 1999, 29:375-390.
- [3] Wackernagel M, Rees W E. Perceptual and structural barriers to investing in natural capital: Economics from an ecological footprint perspective [J]. Ecological Economic, 1997, 20:3-24.
- [4] Rees W E, Wackernagel M. Our ecological footprint: Reducing human impact on the earth[J]. New Society Publish, 1996, 23:245-255.
- [5] Rees W E, Wackernagel M. Monetary analysis: Turning a blind eye on sustainability [J]. Ecological Economic, 1998, 29:47-52.
- [6] 何晓明,李玉娟.咸宁市公路交通需求分析[J].武

- 汉工程大学学报, 2010, 32(5): 80-84.
- [7] 孙鹏, 王青, 刘建兴, 等. 沈阳市交通生态足迹的时间序列分析[J]. 资源科学, 2008, 30(6): 864-869.
- [8] Bouwman ME, Moll HC. Environmental analyses land transportation system in the Netherlands[J]. Transportation Research Part D, 2002, 7: 256-277.
- [9] Federici M, Ulgiatib S, Verdesca D, et al. Efficiency and sustainability indicators for passenger and commodities transportation systems: The case of Siena, Italy[J]. Ecological Indicators, 2003, 3(3): 155-169.
- [10] Holden E, Hoyer K G. The ecological footprints of fuels[J]. Transportation Research Part D: Transport and Environment, 2005, 10(5): 395-403.
- [11] Guangqing Chi, Brian Stone Jr. Sustainable Transport Planning: Estimating the Ecological Footprint of Vehicle Travel in Future Years[J]. Journal of urban planning and development, 2005, 131(3): 170-180.
- [12] Adjo A Amekudzi, C Jotin Khisty. Using the sustainability footprint model to assess development impacts of transportation systems[J]. Transportation Research Part A: Policy and Practice, 2009, 43(4): 330-348.
- [13] 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.
- [14] 史占国, 张国方. 汽车生态足迹探寻[J]. 汽车工业研究, 2006, 11: 42-44.
- [15] 孙鹏, 王青, 刘建兴, 等. 沈阳市交通生态足迹的分解效应[J]. 东北大学学报: 自然科学版, 2008, 29(2): 270-276.
- [16] 谭志海, 袁京, 刘博. 生态足迹分析方法在西安市客运交通中的应用[J]. 西安工程大学学报, 2011, 25(1): 42-46.
- [17] 丁宇, 李贵才. 基于生态效率的深圳交通环境与社会经济效益分析[J]. 中国人口: 资源与环境, 2010, 20(3): 155-161.
- [18] 任玉珑, 朱丽娜, 韩唯健, 等. 柴油汽车生命周期 3E 评价[J]. 生态经济, 2005(5): 82-86.
- [19] 崔世华. 基于生态足迹的城市交通测度研究[J]. 生产力学报, 2008(5): 78-83.
- [20] 李艳梅, 张雷, 杨涛. 基于生态足迹方法的交通可持续发展研究[J]. 生产力研究, 2007(3): 65-71.

## Research progress of traffic ecological footprint

LI Jie, ZHAO Wen-bin

( School of Environmental and Civil Engineering, Wuhan Institute of Technology, Wuhan 430074, China )

**Abstract:** In order to understand the present situation of urban traffic ecological footprint theory, previous related researches at home and abroad were provided and analyzed. Results show that there are some applied researches in urban traffic and the traffic ecological footprint can be calculated. There are two kinds of calculation methods: One is the ecological footprint of all kinds of vehicles, and the ecological efficiency of rail traffic and public transport was highest by compared with each other; the other is the ecological footprint of some forms of transport based on the whole life, which can be found out the stage that has maximum contribution to the ecological footprint. Traffic ecological footprint method can be used to optimize the structure of urban traffic and provide development policy research for private car to achieve the sustainable development of urban traffic. There is no mode in calculating of ecological carrying capacity of traffic and fewer researches in city scale lacking of datum. Researches must be made in these areas to provide theoretical basis for government decision effectively.

**Key words:** ecological footprint; urban traffic; optimize; ecological efficiency; sustainable development

本文编辑: 龚晓宁