

武汉市客运交通生态足迹的计算与分析

李杰^{1,2}, 胡贵江², 高进², 廖雅倩², 赵文斌¹

(1. 武汉工程大学环境与城市建设学院, 湖北 武汉 430074;

2. 华中科技大学土木工程与力学学院, 湖北 武汉 430074)

摘要:为了将生态足迹理论应用于交通领域,建立完善的交通生态足迹分析模型,以武汉市为实例,考虑城市机动车辆排放硫氧化物对生态环境的影响、道路建设与维修时的能源消耗及交通工具使用过程中产生污水对水资源的影响,系统介绍了城市客运交通生态足迹的计算方法,评价武汉市客运交通对城市生态环境的影响,为城市客运交通结构的优化和可持续发展提供科学依据。结果表明,从交通生态占用的土地类型可知,化石能源用地所占份额最大,为10 138 453.75全球性公顷,占客运交通生态足迹总量的95.13%,水足迹次之,为505 600.23全球性公顷,占总量的4.75%,而建设性用地只占很少一部分,为12 891.12全球性公顷,仅为总量的0.12%;从生态足迹构成分析可知,私人小汽车占用为5 952 325.908全球性公顷,占总量的55.85%,远高于其他交通方式的生态足迹,公共汽车、出租车和摩托车的生态足迹分别占总量的18.26%、15.21%、6.36%,电动车仅3.08%,自行车与其他出行方式相比很小,可以忽略不计;自行车生态效率最高,电动自行车和公共汽车次之,私人小汽车的利用效率最低,前三者分别为后者的1 812.5、39和21倍。在武汉市各类客运交通工具中,私人小汽车生态足迹最大,生态效率最低,公共汽车和出租车生态效率较大,对城市环境压力相对较小,自行车和电动车生态效率高,为短距离出行绿色运具。因此,发展清洁能源,大力发展能源利用效率的公共交通及合理控制私人小汽车的发展比例对城市交通的发展有非常重要的意义。此外,提高对城市环境影响小的自行车和电动车在城市客运交通中的占用比例和为之提供完善的出行环境和停车设施也是非常必要的举措。

关键词:武汉市;生态足迹;生态效率;客运交通;可持续发展

中图分类号:TU984;X820

文献标识码:A

doi:10.3969/j.issn.1674-2869.2013.03.001

0 引言

交通运输为人类生活带来便利,促进经济发展,但同时也造成了能源耗用、空气污染、温室效应及交通拥挤等一系列问题。定量分析城市客运交通对生态环境的影响,节约能源,减少污染,减轻对环境的压力,优化城市客运交通结构,建立绿色交通,对交通运输的可持续发展具有重要意义。交通生态足迹分析则是当前定量衡量交通对环境影响的新颖、先进和科学的方法。交通生态足迹是为了满足城市交通持续发展和人类出行需求所消耗的自然资源、能源以及吸纳该系统排放废弃物所需要生物生产性土地与水域面积。近年来,国内外研究人员将生态足迹模型运用于交通可持续发展研究,通过比较不同交通工具的生态足迹,分析讨论各种交通方式对所在地区的不同影响,揭示城市交通可持续发展的矛盾所在^[1-6]。孙鹏

(2007)等通过对沈阳交通生态足迹的分析,提出了提升公共交通比例,优化交通车辆结构以推动城市机动车辆生态效率的整体提高^[5]。谭志海(2011)等探讨了西安不同类型的交通工具在城市客运交通压力所占比例组成,揭示了交通生态足迹的供需关系状况^[6]。

已有交通生态足迹理论不足之处在于未考虑城市机动车辆排放酸性物质硫氧化物对生态环境的影响、道路建设与维修时的能源消耗及交通工具使用过程中产生污水对水资源的影响。本研究拟克服上述不足,采用改进模型,以武汉市为例,系统介绍城市客运交通生态足迹的计算方法,计算出武汉市的交通生态足迹,并计算交通生态效率和生态强度,以此来反应武汉市客运交通的生态利用效率及面对的环境压力,为城市客运交通结构的优化和可持续发展提供科学依据。

收稿日期:2013-03-11

基金项目:教育部人文社会科学研究规划基金项目(10YJAZH040);武汉市科技局项目(201141333458-1)

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。

1 交通生态足迹计算方法

交通生态足迹是满足城市交通可持续发展和人类出行需求所消耗的自然资源、能源及吸纳交通系统排放废弃物所需要生物生产性土地与水域面积,主要可划分为三类:建设性用地、化石能源用地与水足迹,分析步骤如下。

a. 建设性用地:计算出交通运输工具在行驶过程中占用的道路面积及停车站场面积,两部分相加得到交通工具的建设土地面积;

b. 化石能源用地:包括化石燃料生产土地面积、用于吸收化石能源燃烧后排放的温室气体及吸收酸性污染物硫氧化物(以 SO_2 计)的林地面积。为了统一,将化石能源的消费转化为吸收其燃烧后排放出的温室气体所需的森林面积。由于森林对温室气体的吸收能力是以热量为表征,因此需将化石能源消费量按其燃烧效率转化为热量,转化标准采用世界上单位化石燃料生产土地面积的平均发热量;

c. 水足迹:主要指各类型交通工具在使用阶段产生的污水量。使用过程中,不考虑漏油等少数情况对水的污染,污水主要为保养(洗车)而产生的洗车废水,为反映城市客运交通对城市水资源的消耗,将水足迹考虑到交通生态足迹分析模型中。

将以上 3 步所得各类生物生产性土地汇总得到各类交通运输工具的生物生产性用地。

2 武汉市客运交通生态足迹的计算

通过查阅《2010 年武汉统计年鉴》^[7]、从武汉市交管局、武汉市交通科学研究所、武汉市环境保护局等部门进行调研获取各类交通运输工具保有量、行驶里程、耗油量、用电量等数据;对各类交通运输工具在使用阶段的用水情况进行问卷调查。通过国内外关于生态足迹理论及其在交通领域的应用的重要文献获取相关数据。

截止 2009 年底,武汉市道路长度 2 542 km,道路总面积 68.02 km^2 ,其中人行道面积 20 km^2 ,故车行道面积为 48.02 km^2 。营运公共汽车 7 241 辆,其中公共汽车 6 997 辆,无轨电车 244 辆,客运量 165 610 万人次;营运出租汽车 12 137 辆,客运量 48 641 万人次;轻轨营运车数 48 辆,客运量 1 317 万人次;私人轿车 243 628 辆;摩托车 232 670 辆。据调研,电动自行车约 70 万辆,自行车约 20 万辆。武汉市作为特大型城市,近年来随着经济快速发展,机动车数量以平均每年 15.19% 的

速率递增,机动车保有量每 6~7 年翻一番,城市交通供求矛盾日益凸显。

2.1 建设性用地

首先,计算出交通运输工具在行驶过程中占用(动态占用)的道路面积及停车站场面积,将这两部分相加得到各种交通运输工具的建设性用地面积。

各类交通运输工具的建成地面积根据(1)式计算:

$$EF_{\text{built}} = EF_{\text{road}} + EF_{\text{park}} \quad (1)$$

式(1)中, EF_{built} , EF_{road} , EF_{park} 分别为建成地生态足迹、道路的生态足迹和停车站场的生态足迹,单位为 ghm^2 (全球性公顷)。

计算交通运输工具动态占用道路面积时,按(2)式计算:

$$EF_{\text{road}} = 2.39 \times \left[\frac{A_{\text{road}} \times M_i \times W_i \times N_i}{\sum_{i=1}^6 M_i W_i N_i} \right] \times 100\% \quad (2)$$

式(2)中 A_{road} 表示城市道路面积(km^2),武汉市 2009 年道路总面积(扣除人行道面积)为 48.02 km^2 ; M_i 为计算年内某种交通工具每天行驶里程(km); W_i 为某种交通工具占用道路宽度(m); N_i 为计算年内某种交通工具的数量。计算结果如表 1~2 所示。

表 1 2009 年各类客运交通工具的动态占用

Table 1 The traveling footprint of passenger traffic modes in 2009

类型	公共汽车	出租车	私人小汽车	摩托车	电动车	自行车
动态占用足迹/ ghm^2	17.22	70.01	8 671.86	268.56	2 433.08	16.07
比例/%	0.15	0.61	75.56	2.34	21.2	0.14

表 2 2009 年轻轨动态占用足迹

Table 2 Ligh rail traveling footprint in 2009

类型	列数	用地总面积/ km^2	动态占用足迹/ ghm^2
轻轨	12	0.087 295	20.86

计算各种交通运输工具停车站场的建成地生态足迹时,公共汽车、轻轨的停车站场面积根据调研数据或者规划用地面积计算,如(3)式;对私人小汽车、电动车、摩托车、自行车的停车位面积进行估算,如(4)式。

$$EF_{\text{park}} = 2.39 \times A_{\text{park}} \quad (3)$$

$$EF_{\text{park}} = 2.39 \times \left[\frac{N_i \times L_i \times B_i}{10^6} \right] \quad (4)$$

式(3)中,系数 2.39 为建设用地的均衡因子; A_{park} 表示停车站场的面积(km^2),为调查或规划数据; N_i 为某种交通工具的数量; L_i 为某种交通工

具的长度(m); B_i 为某种交通工具的宽度(m). 计算结果如表3所示.

表3 武汉市客运交通停车站场的生态足迹
Table 3 Passenger traffic parking lots footprint in Wuhan

类型	公共汽车	轻轨	出租车	私人小汽车	摩托车	电动车	自行车
停车场足迹/ghm ²	196.84	7.00	7.62	731.40	111.22	267.68	71.70
比例/%	14.13	0.50	0.55	52.49	7.98	19.21	5.14

将各种交通运输工具的动态占用及停车场用生态足迹,如表4所示.
地相加得到武汉市2009年客运交通建设性用地

表4 武汉市客运交通建设性用地
Table 4 Built-up area of passenger traffic in Wuhan

类型	公共汽车	轻轨	出租车	私人小汽车	摩托车	电动车	自行车
动态占用足迹/ghm ²	17.22	20.86	70.01	8 671.86	268.56	2 433.08	16.07
停车场足迹/ghm ²	196.84	7.00	7.62	731.40	111.22	267.68	71.70
合计/ghm ²	214.06	27.86	77.63	9 403.26	379.78	2 700.76	87.77
比例/%	1.7	0.2	0.6	72.9	2.9	21.0	0.7

2.2 化石能源用地

化石能源用地包括化石燃料生产土地面积及用于吸收化石能源燃烧后排放的温室气体的林地面积,按(5)~(8)式计算.

$$EF_{\text{fossil}} = EF_{\text{fuel}} + EF_{\text{assimilation}} + EF_{\text{acidity}} \quad (5)$$

式(5)中 EF_{fossil} 、 EF_{fuel} 、 $EF_{\text{assimilation}}$ 、 EF_{acidity} 分别为化石能源用地生态足迹,燃料生产用地,吸收化石能源燃烧后排放的温室气体的林地面积和酸性物质的林地面积(ghm²).

$$EF_{\text{fuel}} = 1.25 \times (1 + 45\%) \times \left[\sum_{j=1}^9 \left(\frac{C_j \times f_j}{w_j} \right) \right] \quad (6)$$

式(6)中, C_j 表示某种交通运输工具在计算年内第 j 种燃料消耗量(t); f_j 表示第 j 种能源的热量(GJ·t⁻¹); w_j 表示第 j 种燃料的世界平均生态足迹(GJ/hm²);系数1.25为化石能源用地的均衡因子;45%为考虑城市道路建设、维护、经营的平均每年能源消耗的增加值^[4,9].

单位化石燃料全球平均吸收能力系数^[10](GJ/hm²):煤炭,焦炭—55;燃油—71;原油,汽油,煤油,柴油和天然气—93,电力—1 000.

热量折算系数^[11](GJ·t⁻¹):煤炭—20.93;焦

炭—28.47;燃油—50.20;原油—41.87;汽油,煤油—43.12;柴油—42.71;天然气—0.034 GJ·m⁻³;电力—0.003 6 GJ·kWh⁻¹.

$$EF_{\text{assimilation}} = 1.25 \times \left(\frac{A_{\text{CO}_2}}{5.2} \right) = \frac{1.25 \times \sum_{i=1}^5 k_i A_i}{5.2} \quad (7)$$

式(7)中1.25为化石能源用地的均衡因子; A_{CO_2} 为当量二氧化碳的量(t); k_i 为某种温室气体的当量系数; A_i 为某种温室气体的量(t);温室气体当量系数^[12]:CO—2;CH₄—25;CO₂—1;N₂O—290;NO_x—5.

对生态系统产生危害的硫氧化合物(以当量的SO₂表示),需要留出一部分生产性土地面积对其进行储备^[8],按(8)式计算:

$$EF_{\text{acidity}} = 1.25 \times \frac{\delta \times A_{\text{SO}_2}}{\lambda} \times 10^{-4} \quad (8)$$

式(8)中,1.25为化石能源用地的均衡因子; A_{SO_2} 表示计算年内SO₂的排放量(t); δ 为折算系数. 计算结果如表5所示.

将以上三部分计算结果相加,得到化石能源用地,如表6所示.

表 5 吸收酸性物质用地
Table 5 Acidity assimilation footprint

类型	公共汽车	轻轨	出租车	私人小汽车	摩托车	电动车	自行车
吸收 SO ₂ 的足迹/ghm ²	1 212 551.3	37 142.81	989 630.4	3 457 803.068	142 004.728	267 316.88	0
比例/%	19.86	0.6	16.2	56.63	2.33	4.38	0

表 6 化石能源用地
Table 6 Fossil energy land

类型	公共汽车	轻轨	出租车	私人小汽车	摩托车	电动车	自行车
能源用地/ghm ²	127 277.03	41.70	107 311.2	374 949.15	15 398.38	300.08	0
温室气体用地/ghm ²	569 321.3	32 866.44	508 538.18	1 722 153.83	518 393.17	55 454.10	0
吸收 SO ₂ 的足迹/ghm ²	1 212 551.3	37 142.81	989 630.4	3 457 803.068	142 004.728	267 316.88	0
合计/ghm ²	1 909 149.63	70 050.95	1 605 479.78	5 554 906.048	675 796.278	323 071.06	0
比例/%	18.83	0.69	15.84	54.79	6.67	3.18	0

2.3 水足迹

水足迹主要是指吸收各类交通工具在使用阶段产生的污水量的水域面积. 由于交通工具在使用过程中,产生的污水主要是洗车废水,不考虑使用过程中漏油等情况对水的污染,为了反映城市客运交通对城市水资源的消耗,将水足迹考虑到

交通生态足迹分析模型中. 水足迹的计算公式为:

$$EF_{\text{water}} = f \times A_{\text{water}} \tag{9}$$

式(9)中, EF_{water} 为水足迹(ghm²); A_{water} 为某种交通工具在使用阶段每年产生的污水量(L); f 为工业用水的水足迹换算系数^[13]. 武汉市客运交通水足迹计算结果见表 7.

表 7 武汉市客运交通水足迹
Table 7 Grey water footprint of passenger traffic in Wuhan

类型	公共汽车	轻轨	出租车	私人小汽车	摩托车	电动车	自行车
用水量/t	47 431.44	82 450	20 390.16	514 122	2 326.7	2 800	400
水足迹/ghm ²	35 797.31	62 226.42	15 388.8	388 016.60	1 756	2 113.21	301.89
比例/%	7.08	12.31	3.04	76.74	0.35	0.42	0.06

在各种交通工具使用阶段,私人小汽车、轻轨、公共汽车、出租车耗水量较大,相应的水足迹也较大. 这主要是由于在车辆保养时,采取不合理的清洗方式. 因此,发展高效节水洗车技术,如无水洗车、泡沫洗车等,以减少水的消耗及污水量的产生,是保护水资源的有效方式.

3 武汉市客运交通生态足迹的分析与讨论

根据上述计算,将结果汇总得到武汉市客运交通生态足迹,如图 1 和表 8 所示.

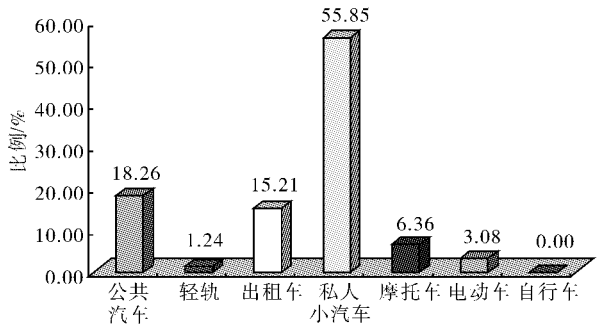


图 1 武汉市各类客运交通工具生态足迹比例
Fig.1 Scale of different passenger traffics ecological footprint in Wuhan

表8 武汉市客运交通生态足迹
Table 8 Passenger traffic ecological footprint in Wuhan

类型	公共汽车	轻轨	出租车	私人小汽车	摩托车	电动车	自行车	合计/ghm ²	比例/%
建设性用地 /ghm ²	214.06	27.86	77.63	9 403.26	379.78	2 700.76	87.77	12 891.12	0.12
化石能源 用地/ghm ²	1 909 149.63	70 050.95	1 605 479.78	5 554 906.048	675 796.278	323 071.06	0	10 138 453.75	95.13
水足迹 /ghm ²	35 797.31	62 226.42	15 388.8	388 016.60	1 756	2 113.21	301.89	505 600.23	4.75
合计/ghm ²	1 945 161	132 305.23	1 620 946.21	5 952 325.908	677 932.058	327 885.03	389.66	10 656 945.1	—
比例/%	18.26	1.24	15.21	55.85	6.36	3.08	0.00	—	100

由图1和表8可知:**a.**从交通生态占用土地类型上可知,化石能源用地所占份额最大,为10 138 453.75 ghm²,占客运交通生态足迹总量的95.13%,水足迹次之,为505 600.23 ghm²,占总量的4.75%,而建设性用地只占很少一部分,为12 891.12 ghm²,仅为总量的0.12%;**b.**从生态足迹构成分析可知,私人小汽车占用为5 952 325.908 ghm²,占总量的55.85%,远高于其他交通方式的生态足迹,公共汽车、出租车和摩托车的生态足迹分别占总量的18.26%、15.21%、6.36%,电动车仅3.08%,自行车与其他出行方式相比很小,可以忽略不计。

为更好地反映武汉市客运交通生态利用效率

情况,通过计算交通生态效率和生态强度来反应武汉市客运交通的生态利用效率和面对的环境压力。

$$EE = \frac{N_p}{EF} \times 100\% \quad (9)$$

$$EP = \frac{EF}{N_p} \times 100\% \quad (10)$$

式(9)(10)中 EF 为生态足迹,采用表8计算结果, EE 为生态效率,表示一定区域内能容纳的人数或每个人生活需占用的面积, N_p 表示一定区域内的人口数量, EP 表示在一定区域内支撑一定人数生活所需土地面积。武汉市客运交通生态效率与生态强度计算结果如表9所示。

表9 武汉市客运交通生态效率与生态强度

Table 9 The ecological efficiency and intensity of passenger traffics ecological footprint in Wuhan

类型	客运量/(10 ⁸ capita)	生态足迹 EF /(10 ⁴ ghm ²)	生态效率 EE /(10 ⁴ capita/ghm ²)	生态强度 EP /(ghm ² /10 ⁴ capita)
公共汽车	16.56	194.51	0.085	11.75
轻轨	0.13	13.23	0.01	101.77
出租车	4.86	162.09	0.03	33.35
私人小汽车	2.23	595.24	0.004	266.92
摩托车	1.7	67.79	0.025	39.88
电动自行车	5.11	32.79	0.156	6.42
自行车	0.29	0.04	7.25	0.14

由表9可知,自行车生态效率最高,电动自行车和公共汽车次之,私人小汽车的利用效率最低,前三者分别为后者的1 812.5、39和21倍。

私人小汽车生态效率最低,其建设性用地、化石能源用地及水足迹方面的占用均为最大,因此,在城市中合理控制私人小汽车发展对城市交通持续发展具有显著的意义。

在城市客运交通体系中发挥重要作用的公共汽车和出租车,两者的生态效率较大,对城市环境压力相对较小。但在消耗能源,污染物排放方面仍然占有重要的比重。所以,发展清洁能源,采用能源利用率较高的公共交通工具是城市客运交通持续发展的重要途径。

作为短距离出行工具,自行车和电动车生态

效率最高. 因此, 应适当提高这两种绿色运输工具在客运交通的比例, 为之提供完善的出行环境和停放设施.

4 结 语

a. 将生态足迹分析理论应用于交通领域, 考虑了交通工具排放的氮氧化物和硫氧化物对生态环境的影响、道路建设与维修时的能源消耗、各种交通工具在使用过程中产生的污水对水资源的影响, 建立完善的交通生态足迹模型.

b. 计算出武汉市各类交通工具生态足迹的大小, 从交通生态占用的土地类型和交通生态足迹构成两个角度分析了武汉市交通领域生态足迹情况. 化石能源用地所占份额最大, 为 10 138 453.75 ghm², 占客运交通生态足迹总量的 95.13%, 水足迹次之, 为 505 600.23 ghm², 占总量的 4.75%, 而建设性用地只占很少一部分, 为 12 891.12 ghm², 仅为总量的 0.12%; 从生态足迹构成分析可知, 私人小汽车占用为 5 952 325.908 ghm², 占总量的 55.85%, 远高于其他交通方式的生态足迹, 公共汽车、出租车和摩托车的生态足迹分别占总量的 18.26%、15.21%、6.36%, 电动车仅 3.08%, 自行车与其他出行方式相比很小, 可以忽略不计.

c. 通过分析武汉市客运交通生态效率可知, 自行车生态效率最高, 电动自行车和公共汽车次之, 私人小汽车的利用效率最低, 前三者分别为后者的 1 812.5、39 和 21 倍.

d. 在武汉市各类客运交通工具中, 私人小汽车生态足迹最大, 生态效率最低, 对其保有量需进行合理控制; 公共汽车和出租车生态效率较大, 对城市环境压力相对较小, 但需发展清洁能源及提高能源利用效率; 自行车和电动车生态效率高, 为短距离出行绿色运输工具, 应为之提供完善的出行环境和停放设施.

致谢

本研究得到教育部、武汉市科技局的资助, 在此一并表示感谢!

参考文献:

- [1] 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.
- [2] Erling Holden, Hoyer K G. The ecological footprints of fuels[J]. *Transportation Research Part D*, 2005, 10(3): 395-403.
- [3] 李杰, 赵文斌. 交通生态足迹理论研究进展[J]. *武汉工程大学学报*, 2012, 34(9): 13-16.
- [4] 崔世华, 陈幼林, 杨扬. 城市交通活动对自然影响的测度研究[C]//可持续发展的中国交通——2005 全国博士生学术论坛(交通运输工程学科)论文集. 北京: 中国铁道出版社, 2005: 465-471.
- [5] 孙鹏, 王青, 刘建兴, 等. 沈阳交通生态足迹的实证研究[J]. *东北大学学报: 自然科学版*, 2007(3): 438-440.
- [6] 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(1): 42-46.
- [7] 武汉市统计局. 武汉统计年鉴[M]. 北京: 中国统计出版社, 2010.
- [8] Holmberg J, Lundqvist U, Robèrt K H, et al. The Ecological Footprint from a systems perspective of sustainability[J]. *International Journal of Sustainable Development and World Ecology*, 1999, 6: 17-33.
- [9] 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.
- [10] Wackernagel M, Onisto L, Bello P, et al. National nature capital accounting with the ecological footprint concept[J]. *Ecological Economics*, 1999, 29: 375-390.
- [11] 国家统计局. 中国统计年鉴 [M]. 北京: 中国统计出版社, 1999.
- [12] Solomon S, Qin D, Manning M, et al. Climate change 2007: the physical science basis[R]. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Inter-governmental Panel on Climate Change, Cambridge: Cambridge University Press, 2007.
- [13] Galli A, Wiedmann T, Ercin E, et al. Integrating Ecological, Carbon and Water footprint into a "Footprint Family" of indicators: Definition and role in tracking human pressure on the planet[J]. *Ecological Indicators*, 2012, 16: 100-112.

Calculation and analysis of urban passenger traffic ecological footprint in Wuhan

LI Jie^{1,2}, HU Gui-jiang², GAO Jin², LIAO Ya-qian², ZHAO Wen-bin¹

(1. School of Environment and Civil Engineering, Wuhan Institute of Technology, Wuhan 430074, China;

2. School of Civil Engineering and Mechanics, Huazhong University of Science & Technology, Wuhan 430074, China)

Abstract: To apply the ecological footprint (*EF*) theory to the traffic field, taking Wuhan as an example, the complete traffic *EF* models were built up, considering the impact of sulfide discharged by the urban vehicle on the ecological environment, the energy consumption of the road construction and maintenance and the sewage produced by the usage of the traffic modes impacting on the water resource. A systematic introduction on the calculation of the urban passenger *EF* was made and the impact of passenger transportation on the urban ecological environment was assessed in Wuhan City to provide a scientific foundation for the structure optimization of urban traffic and sustainable development. Results show that in terms of land type, fossil energy land shares the most for 10 138 453.75 global hectare, accounting for 95.13% of the total *EF* of passenger transport. By taking the second place, water footprint is 505 600.23 global hectare, 4.75% of the total. While built-up land accounts for a small part, 12 891.12 global hectare, only 0.12% of the total. From the *EF* of passenger traffic mode, private cars take up 5 952 325.908 global hectare, accounting for 55.85% of the total, which is much more than other modes. Bus, taxis and motorcycles respectively occupy 18.26%, 15.21%, 6.36% in the total *EF*. The electric bicycles occupy only 3.08%. The proportion of bikes is very small compared to other travel modes, so its *EF* could be neglected. The ecological efficiency (*EE*) of bikes, electric bicycles and buses is much higher than other modes, and that of bikes is within the highest efficiency, but that of private cars is within the lowest. The first three are 1 812.5, 39 and 21 times of the last one respectively. Private cars have the lowest *EE* and the highest occupation in built-up land, fossil energy land and water footprint. Buses and taxis, which play an important role in urban passenger transportation system, have higher *EF* and a lower pressure on the urban environment. Bikes and electric bicycles, as means of transport designed for short-distance, have the highest *EE*. Therefore, development of clean energy, adoption of public transport with higher energy efficiency and proper control to the development of private cars in the city are of great significance to the sustainable development of urban transportation. What is more, it is particularly necessary to appropriately increase the proportion of bikes and electric bicycles with little impact on the urban environment, and to provide perfect travel environment and parking facilities for them.

Key words: Wuhan; ecological footprint (*EF*); ecological efficiency (*EE*); passenger traffic; sustainable development

本文编辑: 龚晓宁