

长吉都市区能源碳足迹测度及影响因素研究

张约翰^{1,2}, 张平宇¹

(1.中国科学院东北地理与农业生态研究所, 吉林 长春 130012; 2. 西安科技大学管理学院, 陕西 西安 710054)

摘要: 对1999~2008年长春都市区碳足迹进行计算, 采用岭回归法和脱钩指数分析了经济发展与能源消费碳足迹之间的关系。结果表明: 能源消费碳足迹呈现波动变化态势, 1999~2002年人均能源消费碳足迹较低, 2003年后呈现快速上升态势; 受支柱产业能源消费特征影响, 煤炭、石油所占比例呈上升趋势; 生产性和生活性碳足迹均上升, 能源消费碳足迹产值呈现不均衡变化态势; 经济增长是能源消费碳足迹的主要影响因素, 技术进步和城镇化发展作用有限; 经济增长与能源消费碳足迹之间处于相对脱钩状态。

关键词: 能源消费碳足迹; STIRPAT模型; 脱钩指数; 长吉都市区

中图分类号: F293.13

文献标识码: A

文章编号: 1000-0690(2012)09-1099-07

随着全球人口增长和经济快速发展, 化石能源消耗量逐年上升, 成为推动气候变暖的重要因素之一^[1]。世界自然基金会在其年度地球生命力报告中指出, 人类对资源消耗远高于自然界资源循环更新速度, 即非再生资源难以满足全球经济发展日益增加的需求量^[2]。发达国家发展历程表明, 经济发展、能源需求与碳排放之间存在刚性联系, 能源需求的快速上升对碳排放的增加起着决定性的作用^[3]。一些学者探讨了能源碳排放与人均国民收入变化之间存在的互动关系^[4], 分析了中国能源压力^[5]; 从空间和时间视角的能源碳足迹与驱动因素之间关系进行探讨^[6], 从空间行为约束角度分析大都市居民家庭生活碳排放特征, 京津沪渝大都市区碳排放结构特征与低碳发展水平进行测评^[7-8]; 基于时间序列数据对中国化石能源可持续性评估和工业转型过程中能源消费与碳排放时空特征^[9, 10]。目前, 相关研究多集中在国家尺度进行分析, 探讨能源消费所导致的碳排放, 区域层面的能源消费碳足迹的特征研究较少, 特别是对东北老工业基地城市区域的研究尚不多见。

本文选取长吉图开发开放先导区的核心——长吉都市区作为研究对象, 运用多种定量测评方法

对长吉都市区碳足迹变化和影响因素进行研究, 从而为长吉图开发开放先导区低碳经济发展提供指引。基于10 a时间序列对长吉都市区能源消费碳足迹、能源消费类型进行划分、三次产业碳足迹特征进行分析, 同时对能源消费碳足迹产值和所处城市生态系统的压力指标进行测评, 从研究区间内能源碳足迹变化趋势可以看出长吉都市区能源可持续利用现状。其次, 采用STIRPAT模型分析长吉都市区人口、经济发展、新技术等因素对能源消费碳足迹的影响程度, 探讨影响能源消费碳足迹的主要因素; 第三, 运用脱钩指数分析长吉都市区经济发展与能源碳足迹互动关系, 明确长吉都市区低碳经济发展的潜力, 也为都市区城市生态环境可持续发展提供保障。

1 研究区域及研究方法

1.1 研究区域

长吉都市区位于吉林省中部, 处于东北地区重要的发展轴线哈大经济发展带与中蒙国际大通道交汇点, 战略位置十分重要。研究区域包括长春市、吉林市新版城市总体规划界定的城市规划区和九台市、永吉县等区域。区域总面积14 000

收稿日期: 2011-08-29; 修改日期: 2012-06-12

基金项目: 国家自然科学基金(41071108)、吉林省科技发展计划项目(20100627)、国家科技支撑计划项目(2008BAH31B06)资助。

作者简介: 张约翰(1983-), 男, 吉林省吉林市人, 博士, 主要从事城市区域发展及旅游资源开发。E-mail: zhangyuehan123@yahoo.com.cn

通讯作者: 张平宇, 研究员。E-mail: zhangpy@neigae.ac.cn

km², 占吉林省国土面积的 7.5%, 经济总量占全省的 60%, 已形成汽车、化工产业为支柱的工业体系。2008 年国内生产总值达到 3 801.64 亿元, 随着经济的快速发展, 长吉都市区以重工业为主的产业结构, 对于能源资源的依赖程度也较高; 2008 年长吉都市区能源碳足迹总量为 $1.71 \times 10^7 \text{ hm}^2$, 是 1999 年 ($8.22 \times 10^6 \text{ hm}^2$) 的 2.1 倍。能源消费碳足迹计算中各类能源的碳排放系数采用国家发改委能源研究所提供的碳排放系数, 能源实物量的折算采用中国能源统计年鉴所提供的能源折算标准煤参考系数, 碳足迹计算分析过程中采用的长吉都市区经济、人口和消费等相关数据来自 2009 年吉林社会经济统计年鉴^[11, 12]和长春市统计年鉴^[13, 14]。

1.2 能源消费碳足迹

都市区能源消费碳足迹可以定量化、指标化衡量产业发展和能源使用强度对生态影响, 将都市区碳排放量与生态环境直接联系。在一定空间范围内, 人类消费和污染物回收过程中消耗的各类能源量, 通过全球平均土地产出因子, 转换为都市区生态生产性土地的生态足迹占用面积, 包括化石能源地和建成地生态足迹。化石能源地生态足迹是将化石能源消费量转化为林地、草地等吸收温室气体的土地面积, 公式如下:

$$C_{je} = \sum (M_i \times N_i) / PE_i \quad (1)$$

式中, C_{je} 为城市化石能源地生态足迹 (hm^2); M_i 为城市第 i 种能源消耗量 (hm^2); N_i 为第 i 种能源释放热量折算系数; PE_i 为全球林地对第 i 种能源消费排放温室气体的平均吸收能力 (GJ/hm^2), 其选取的能源分别为: 煤 ($55 \text{ GJ}/\text{hm}^2$)、石油 ($71 \text{ GJ}/\text{hm}^2$)、天然气 ($93 \text{ GJ}/\text{hm}^2$)、水力 ($1000 \text{ GJ}/\text{hm}^2$)^[15]。

碳足迹生态压力是评价低碳生态城市对生态与环境影响的核心指标, 指标值高低与城市发展过程中承受的碳排放生态压力大小成正比^[16]。

$$C_{PR} = K_i / D \quad (2)$$

式中, C_{PR} 为碳排放足迹生态压力, K_i 为第 i 类能源人均碳足迹 ($\text{hm}^2/\text{人}$); D 为城市人均拥有吸纳温室气体林地面积 (hm^2)。碳足迹产值是人均国民生产总值与单位能源碳足迹比值, 表示各类能源单位数量值所产生的经济价值, 依据其大小可以分析区域或城市经济发展水平与能源、生态环境发展之间的关系, 明确能源利用效率与经济发展趋势间的驱动关系, 产值高则表示单位能源消费碳足迹创造的经济价值较高。

1.3 STIRPAT 模型

采用随机回归模型, 即在人文因素与环境影响水平间的恒等式 IPAT 上的多变量非线性模型。运用该模型可以分析人口、富裕程度、技术水平等人文驱动因素对于环境的影响程度^[17, 18]。STIRPAT 模型和弹性系数的应用, 有效解决各驱动力变化对环境压力变化的影响问题, 形式如下^[19, 20]:

$$I = a P^b A^c T^d e \quad (3)$$

式中, a 为常数项, b, c, d 分别是人口、富裕程度和技术水平的指数项, e 是误差项。假设 $a=b=c=d=e=1$, STIRPAT 模型还原为 IPAT 等式。在实际应用中为测定人文因素的影响将通常将公式 (3) 进行对数化处理:

$$\ln I = \ln a + b \ln P + c \ln A + d \ln T + \ln e \quad (4)$$

为考察经济增长与环境压力之间相互变化关系, 研究将模型中的自变量 $\ln(A)$ 分解为 $\ln(A)$ 和 $(\ln A)^2$ 两项, 模型调整为:

$$\ln I = \ln a + b \ln P + c_1 \ln A + c_2 (\ln A)^2 + \ln e \quad (5)$$

式中, c_1 和 c_2 为富裕程度对数系数及其对数二次项系数。以上公式中: I 为环境压力指标, 以长吉都市区能源消费碳足迹 ($\text{hm}^2/\text{人}$) 表示; P 为人口因素, 以长吉都市区人口总量 (万人) 表示; A 为都市区富裕程度, 以人均 GDP 表示 (万元/人); T 为技术因素, 国外主要是采用科学家、工程师的数量和专利申请量和授权量, 国内研究主要是采用 R&D 比重, 科技经费占财政支出比重。由于国外研发机构多是企业为主体, 能够较好的描述技术进步, 而国内研发主体是政府所属科研单位, 不能真实反映技术进步。难以较好的刻画技术进步对降低能源碳足迹的贡献。模型中该项指标采用第二产业比重, 原因是都市区所处东北老工业基地中工业是能源消费主体, 受到国家政策调控的影响较为明显, 第二产业比重变化对于能源消费的影响作用较大。

1.4 脱钩指数

脱钩 (Decoupling) 来源于物理学领域, 指具有相应关系的两个或多个物理量之间的响应关系消失。经济合作与发展组织将其引入到农业政策研究中, 进而拓展到资源环境领域, 分析经济增长与环境压力和资源消耗之间的关系^[21]。目前对能源消费与经济增长脱钩的探讨如下: 在一定时期内的能源消费的速度或环境指标恶化的速度或某环境压力指标变化的速度小于经济增长速度时, 认

为是出现了脱钩。当 $TG \geq 1$ 时,即能源消费碳足迹发展速度同步或快于经济增长速度,两者处于挂钩阶段; $TG=1$ 为挂钩与相对脱钩转折点, TG 值越大,表明经济增长对能源消费的依赖程度越高; $0 < TG < 1$ 时,能源消费碳足迹发展速度低于经济增长速度,处于相对脱钩阶段。采用脱钩理论分析长吉都市区经济发展与能源消费碳足迹之间的变化关系,公式如下^[22,23]:

$$TG=C_fI/GI$$

(6)

式中, TG 是脱钩指数; C_fI 为能源消费碳足迹指数; GI 为 GDP 增长指数,其值越小表明能源利用效率越高,经济增长对能源消费依赖程度降低。

2 长吉都市区能源碳足迹分析

2.1 能源消费碳足迹

依据模型对 1999~2008 年长吉都市区能源消费进行分析,都市区人均碳足迹从 1999 年的 0.733 $\text{hm}^2/\text{人}$ 上升到 2008 年的 1.454 $\text{hm}^2/\text{人}$,2002 年东北振兴战略实施前后人均碳足迹的指标变化呈现先降后升态势(表 1)。1999~2003 年长春市人均碳足迹增幅仅为 30%且较为平缓,2004~2008 年增幅为 73%,而吉林市 1999~2002 年人均碳足迹从 0.598 $\text{hm}^2/\text{人}$ 下降到 0.437 $\text{hm}^2/\text{人}$,2008 年最高值达 1.154 $\text{hm}^2/\text{人}$ 。这主要是因为 1999~2002 年都市区开展老工业基地产业结构调整改造,重点企业的产能和市场份额下降使得能源需求下降。2003 年,国家老工业基地扶持政策和汽车、石化等支柱产业 发展速度逐步提升,企业生产能源需求量提升,这就成为长吉都市区人均碳足迹快速上升主要因素。

2.1.1 碳足迹分类分析

从表 1 可知,长吉都市区能源结构类型上,煤炭类比重最高,石油类次之,天然气较低。1999~2003 年长吉都市区中煤炭类能源消费碳足迹增幅较为平缓,而 2004~2008 年煤炭类能源消费碳足迹上升速度加快。石油类能源消费碳足迹变化则呈现出波动上升态势,这主要是由于长吉都市区天然气能源碳足迹变化平缓,对整体能源碳足迹影响较小。随着天然气逐步取代煤炭成为长吉都市区居民主要生活用能源,以及政府建设低碳城市在公共交通中的推广,天然气能源消费碳足迹在总足迹中的比重将有所提高。

从长吉都市区主要城市能源消费状况(图 1)可知,1999~2008 年长春市和吉林市煤炭类能源碳足迹均呈现上升态势,吉林市人均碳足迹高于长春;2003 年吉林市石油类碳足迹稳步增加,长春市石油类碳足迹低于吉林市;由于天然气等清洁能源所占比重较小,研究并未体现出来。城市能源碳足迹结构的差异产生的主要原因是两个城市支柱产业不同:长春的支柱产业包括汽车装备制造 业及配套产业,而吉林市是以石化产业部门为主导,这就导致吉林的石油类能源消费碳足迹明显高于长春,在长吉都市区碳足迹所占比重也较高;从能源利用政策方面,吉林市新能源和可再生能源的资源条件较好,水电开发已经形成一定规模,生物质能源规模化开发利用条件逐渐成熟,对于降低石油类能源碳足迹作用显著。基于汽车产业的雄厚基础,长春大力发展新能源汽车和轨道交通,同时推进“暖房子工程”等建筑节能改造,减少城市供暖对于煤炭和石油类能源依赖

表1 长吉都市区能源消费人均碳足迹及消费类型划分

Table 1 The type of carbon EF in metropolitan district of Changchun and Jilin

年份(年)	煤炭($\text{hm}^2/\text{人}$)	石油类($\text{hm}^2/\text{人}$)	天然气($\text{hm}^2/\text{人}$)	人均碳足迹($\text{hm}^2/\text{人}$)	人均 GDP(万元)
1999	0.399	0.264	0.005	0.733	0.892
2000	0.411	0.259	0.006	0.675	1.022
2001	0.449	0.199	0.004	0.653	1.154
2002	0.504	0.167	0.006	0.616	1.301
2003	0.530	0.310	0.005	0.845	1.489
2004	0.638	0.341	0.004	0.983	1.717
2005	0.742	0.373	0.004	1.119	1.837
2006	0.813	0.379	0.008	1.196	2.108
2007	0.858	0.421	0.011	1.279	2.628
2008	0.879	0.463	0.021	1.454	3.105

程度;此外,长春作为吉林省省会城市,其经济总量与发展水平要明显高于吉林,能源的需求和消费水平也较高。

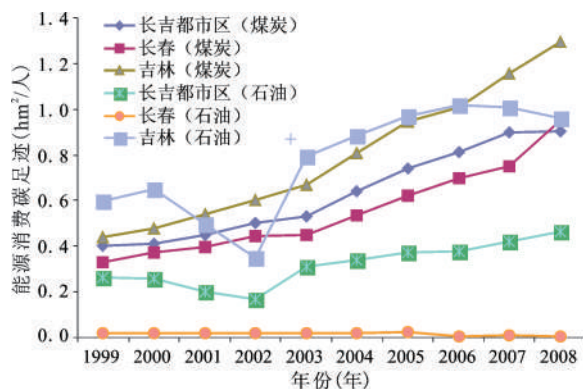


图1 长吉都市区主要城市能源消费碳足迹结构变化

Fig.1 The carbon EF struction of metropolitan district of Changchun and Jilin

2.1.2 能源碳足迹构成

长吉都市区能源构成中生产性碳足迹所占比例由1999年82.4%变化为2008年84%,即人均生产性碳足迹由 $0.210 \text{ hm}^2/\text{人}$ 上升为 $0.594 \text{ hm}^2/\text{人}$;人均生活性碳足迹由 $0.032 \text{ hm}^2/\text{人}$ 上升为 $0.052 \text{ hm}^2/\text{人}$ 。其次,基于不同产业类型分析可知,从2004年起第一产业碳足迹逐步增长,但其在总体碳足迹中所占比重不高;第二产业碳足迹由1999年的 $0.194 \text{ hm}^2/\text{人}$ 增加到2008年的 $0.464 \text{ hm}^2/\text{人}$ (比重达78%);而第三次产业碳足迹增幅不大,所占比重14.3%变为16.9%。随着装备制造业和石化产业发展,第二产业碳足迹比重短期内不会迅速降低,第三产业快速发展将进一步提升其所占比重。

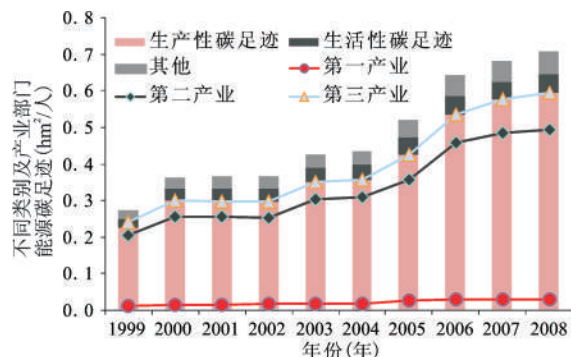


图2 长吉都市区三次产业能源消费碳足迹及碳足迹结构

Fig. 2 The carbon EF of three industries in metropolitan district of Changchun and Jilin

2.1.3 能源碳足迹产值及生态压力

1999~2002年长吉都市区能源碳足迹产值呈现不均衡变化态势(图3),能源碳足迹产值从 $1.456 \times 10^4 \text{ 元}/\text{hm}^2$ 增加到 $2.110 \times 10^4 \text{ 元}/\text{hm}^2$,能源利用的经济效益呈显著提升态势。2003年前后是东北老工业基地调整改造的重要时期,前期由于受到都市区经济发展滞后、主要支柱产业结构调整影响,企业生产用能需求同步下降,使得能源碳足迹逐步下降。同一时期,都市区的经济发展水平降低,能源碳足迹产值也呈现上升态势;随着2003年东北振兴战略和长吉一体化进程加快。在汽车和石化产业发展提速的刺激下,长吉都市区碳足迹产值从2003年的 $1.762 \times 10^4 \text{ 元}/\text{hm}^2$ 变化为2008年的 $2.220 \times 10^4 \text{ 元}/\text{hm}^2$,呈现出先降后升的态势。2004年碳足迹产值与2002年相比两者差距达 $0.348 \times 10^4 \text{ 元}/\text{hm}^2$ 。

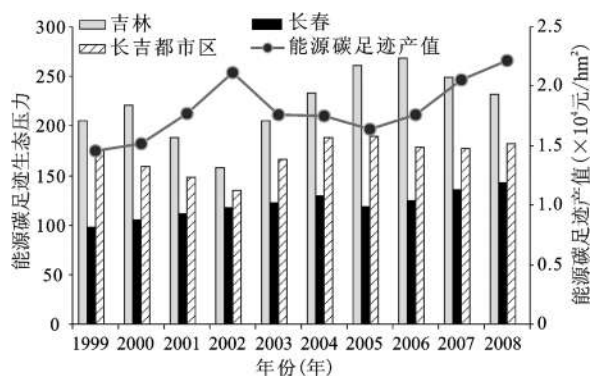


图3 长吉都市区碳足迹生态压力

Fig.3 Ecological pressure intensity of CF in metropolitan district of Changchun and Jilin

长吉都市区生态压力呈现出波动变化态势。1999~2002年和2006~2008年指标呈现下降趋势但变化幅度较小,2003~2005年指标逐步上升趋势。吉林市的碳足迹生态压力指标变化明显,显示出以石化等非可再生资源为支柱的产业结构对城市生态环境压力较高,2006年随着吉林加强对节能减排的综合计划管理力度,城市节能减排统计、监测及考核体系逐步完善,吉林市碳足迹生态压力指标有所下降。长春针对一汽和亚泰等重点能耗企业进行能源审计,认真落实年度节能降耗目标责任;积极进行水泥、热点企业生产技术升级改造、以及生产流程碳排放管理,也有利于控制长春生态压力指标值上升。总体来看,未来进一步推进清洁能源推广将是保障长吉都市区生态压力

的控制目标的重要基础。

2.2 STIRPAT模型结果分析

采用岭回归函数对STIRPAT模型进行拟合结果如表2: 公式 I 的拟合优势度 92.8%, 各系数均在 0.05 水平上显著, 方程拟合度较好。人口数量对以碳足迹为指标的环境影响成正相关且系数为 4.549, 说明在其他条件不变的情况下, 人口数量每增加 1%, 将导致碳足迹生态压力增加 4.549%; 由公式 II 可知人口变化对碳足迹生态压力的正效应程度有所增加, 人口数量每增加 1%, 导致碳足迹生态压力增加 5.421%。说明人口数量与生态压力之间呈正向关系。研究可知人均真实 GDP 的回归系数分别为 0.687 和 0.618 均为正值, 说明在其他条件不变的情况下, 人均 GDP 对能源碳足迹的弹性系数不断上升。随着区域人均 GDP 的增加, 碳足迹发展曲线并未呈现迅速降低的态势, 即“拐点”并未出现。发展型和奢侈型消费碳足迹促使都市区生态压力指标提升。长吉都市区能源碳足迹变化较大, 但其增速小于经济增长速度。

表2 STIRPAT模型拟合结果		
Table 2 The result of STIRPAT model		
项目分类	公式 I	公式 II
常数项($\ln a$)	-64.271(-10.260)	-79.116(-8.228)
人口($\ln P$)	4.549(11.288)	5.421(7.312)
人均GDP($\ln A$)	0.687(2.024)	0.618(2.814)
人均GDP平方项($\ln A$) ²	-	0.674(1.580)
第二产业产值占总产值	-	-0.495(-1.231*)
比重指标($\ln T_1$) ²	-	-
R^2	0.928	0.934
F统计量	16.128	17.8030
Durbin-Watson 统计量	1.728	1.737

注: *表示在 0.1 水平显著, 其他均在 0.05 水平显著; 括号内是 t 检验数。

2.3 经济增长与能源消费碳足迹脱钩分析

采用脱钩指数分析都市区经济增长与能源碳足迹之间动态变化关系, 以 1998 年为基期, 对 1999~2008 年经济增长与能源消费碳足迹之间相对脱钩与复钩的情况分析。长吉都市区、长春、吉林两市的脱钩指数变化趋势不尽相同, 其中吉林市脱钩指数较大, 其对能源消费依赖较强; 长春从 1998 年开始处于相对脱钩状态, 明显低于长吉都市区综合指标, 长吉都市区能源碳足迹与经济增长之间的脱钩指数除 1999 年临近脱钩转折点以

外, 2000~2008 年均处于相对脱钩状态, 经济发展依赖于能源消费, 而碳足迹与经济增长之间远未达到相对协调状态。

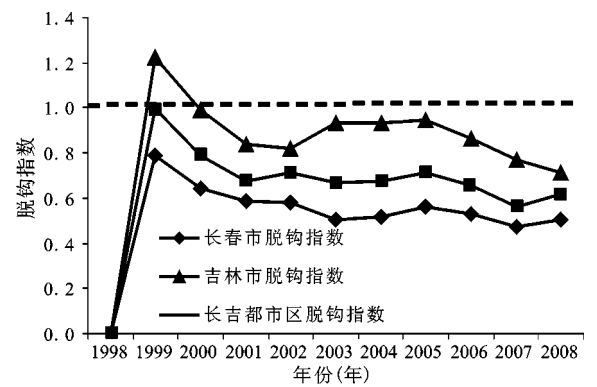


图4 长吉都市区经济增长与能源消费碳足迹脱钩指数变化

Fig.4 Decoupling index between economic growth and energy consumption CF of metropolitan district of Changchun and Jilin

以 1998 年为基期(指标值取 1), 长吉都市区经济增长指标与能源消费碳足迹曲线之间呈现逐年上升态势(图 5)。2000~2002 年能源消费碳足迹呈现下降趋势, 长吉都市区经济增长速度放缓, 处于相对脱钩状态。2003~2008 年在长吉都市区经济发展水平快速提升的带动下, 能源消费碳足迹增长速度提升, 但总体仍处于相对脱钩状态。

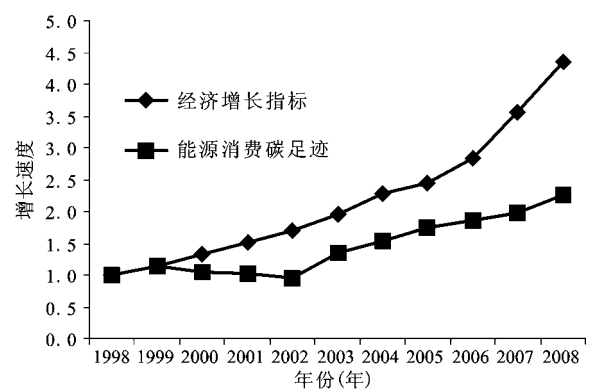


图5 长吉都市区经济增长指标与能源消费碳足迹变化

Fig.5 Economic growth and energy consumption CF in metropolitan district of Changchun and Jilin

3 结 论

长吉都市区能源消费仍以煤炭、石油类为主导, 人均能源消费碳足迹呈现先降后升变化态势。由 2002 年最低值 0.616 $\text{hm}^2/\text{人}$ 上升到 2008 年

最高值 1.454 hm²/人,年均增速为 7.89%。都市区主要城市受到支柱产业不同影响,能源消费类型显示显著差异。从不同产业碳足迹构成可知第一产业略有增长,第二产业所占比重下降 3%,而第三产业碳足迹稳步提升。长吉都市区碳足迹产值呈现快速增加趋势,有利于提高能源利用效率。都市区经济增长与能源消费和生态环境的影响较为显著;1999~2008 年研究区间内都市区经济增长与能源消费碳足迹之间处于相对脱钩状态,显示出东北老工业基地都市区经济发展受到传统产业结构影响,对能源消费依赖程度较高,仍未达到完全脱钩状态。未来对交通设备制造业和石油加工等高消耗部门,建立节能降耗目标考核机制;通过建立循环经济工业园区,提高资源综合利用效率,控制都市区生态压力过快上升。

参考文献:

- [1] IPCC. IPCC fourth assessment report [N/OL]. <http://www.ipcc.ch/ipccreports/ar4-wg3.htm>, 2009-02-17.
- [2] WWF. Living planet report 2008 [N/OL]. http://assets.panda.org/downloads/chinese_lpr_2008.pdf, 2008-04-17.
- [3] 国家发展和改革委员会能源研究所课题组. 中国 2050 年低碳发展之路: 能源需求与碳排放情景分析 [M]. 北京: 科学出版社, 2009.
- [4] Galeotti M, Lanza A, Pauli F. Reassessing the environmental Kuznets Curve for CO₂ emissions: a robustness exercise [J]. *Eco-logical Economics*, 2006, **57**(12): 152-163.
- [5] 姜 磊, 季民河. 基于 STIRPAT 模型的中国能源压力分析——基于空间计量经济学模型的视角 [J]. *地理科学*, 2011, **31**(9): 1072~1077.
- [6] Ying F, Lan-cui L, Gang W. Analyzing impact factors of CO₂ emissions using the STIRPAT model [J]. *Environmental Impact Assessment Review*, 2006, **26**(5): 377-395.
- [7] 柴彦威, 肖作鹏, 刘志林. 基于空间行为约束的北京市居民家庭日常出行碳排放的比较分析 [J]. *地理科学*, 2011, **31**(7): 843~849.
- [8] 张金萍, 秦耀辰. 城市 CO₂ 排放结构与低碳水平测度——以京津沪渝为例 [J]. *地理科学*, 2010, **31**(6): 1072~1077.
- [9] 王 强, 伍世代, 李婷婷. 中国工业经济转型过程中能源消费与碳排放时空特征研究 [J]. *地理科学*, 2011, **31**(1): 36~41.
- [10] 赵震宇, 宋冬林. 中国化石能源使用可持续性评估——基于 1990~2006 年数据 [J]. *地理科学*, 2010, **30**(1): 75~79.
- [11] 国家统计局. 吉林市社会经济统计年鉴 2000 [M]. 北京: 中国统计出版社, 2000.
- [12] 国家统计局. 吉林市社会经济统计年鉴 2009 [M]. 北京: 中国统计出版社, 2009.
- [13] 长春市统计局. 长春统计年鉴 2000 [M]. 北京: 中国统计出版社, 2000.
- [14] 长春市统计局. 长春统计年鉴 2009 [M]. 北京: 中国统计出版社, 2009.
- [15] 邹艳芬. 中国能源生态足迹的技术进步影响实证分析 [J]. *资源科学*, 2010, **32**(7): 1280~1288.
- [16] 郭运功, 汪冬冬. 上海市能源利用碳排放足迹研究 [J]. *中国人口资源与环境*, 2010, **20**(2): 103~108.
- [17] 卢 娜, 曲福田, 冯淑怡, 等. 基于 STIRPAT 模型的能源消费碳足迹变化及影响因素——以江苏省苏锡常地区为例 [J]. *自然资源学报*, 2011, **26**(5): 814~824.
- [18] 王立猛, 何康林. 基于 STIRPAT 模型的环境压力空间差异分析——以能源消费为例 [J]. *环境科学学报*, 2008, **28**(5): 1032~1037.
- [19] York R, Rosa EA, Dietz T. STIRPAT IPAT and IMPACT: analytic tools for unpacking the driving forces of environmental impacts [J]. *Energy Policy*, 2003, **46**(3): 351-360.
- [20] 孙 克, 徐中民. 环境影响评价中人文因素作用的空间计量 [J]. *生态学报*, 2009, **29**(3): 1653~1570.
- [21] 王崇梅. 中国经济增长与能源消耗脱钩分析 [J]. *中国人口资源与环境*, 2010, **20**(3): 35~37.
- [22] 邓 华, 段 宁. “脱钩”评价模式及其对循环经济的影响 [J]. *中国人口·资源与环境*, 2004, **14**(6): 44~47.
- [23] 钟太洋, 黄贤金, 王柏源. 经济增长与建设用地扩张的脱钩分析 [J]. *自然资源学报*, 2010, **20**(3): 35~37.

Energy Consumption Carbon Footprint of Metropolitan District of Changchun and Jilin, China

ZHANG Yue-han^{1,2}, ZHANG Ping-yu¹

(1.Northeast Institute of Geography and Agroecology, Chinese Academy of Sciences, Changchun, Jilin 130012, China;

2.College of Management, Xi'an University of Science and Technology, Xi'an, Shaanxi 710054, China)

Abstract: The urban energy consumption carbon footprint is so important for the developing low-carbon economy. Based on the STIRPAT model and the ridge regression method, this article analyzes the trend of energy consumption carbon footprint of the metropolitan district of Changchun and Jilin during the period of 1999 to 2008. In it, the total energy consumption in the metropolitan district of Chang and Jilin is calculated, and the relationship between economic development and the energy consumption carbon footprint is analyzed. The carbon footprint per capita indicates a tendency from decline to rise, and the decoupling index reflects the state of relative decoupling between economic growth and energy consumption carbon footprint. Both are employed in this study. The results are follows. 1) The energy consumption carbon footprint has fluctances in the metropolitan district of Changchun and Jilin. The carbon footprint per capita was low from 1999 to 2002, and increased from 2002 to 2008. 2) Changchun and Jilin have different pillar industries, which has great disparities in the energy consumption. For the energy consumption structure, there is a significant positive correlation between the energy consumption carbon footprint of coal and the oil index, and both of them are notable increase. 3) The proportion of productivity and living carbon footprint increases, and the output value of ernergy consupstion carbon footprint indicated a fluctuating situation in the metropolitan district of Changchun and Jilin. 3) There is significant positive correlation between energy consumption carbon footprint and economic development, progress of knowledge, and urbanization. Of all influencing facotrs, the economic development is the dominat, but the later two work less. 4) The decoupling index of economic growth and energy consumption carbon footprint fluctuates within the stats of relative decoupling and in re-coupling. According to the situatin of of energy consumption carbon footprint of the metropolitan district of Changchun and Jilin, a set of governmental counter-measures are necessary. 1) The moderate efforts should be made to revise birth control targets; 2) The civic investment should be increased to advocate a low-carbon in metropolitan district of Changchun and Jilin; 3) The energy saving technologies should be adopted in this region; 4) The strategic planning and policy making for the long-term reduction of energy consumption should consider. The article improves the understanding of the impact of urban economic development on urban energy consumption carbon footprint, and will be a support in the plan-making of ernergy consupstion in the economic development of old industy base.

Key words: energy consumption carbon footprint; STIRPAT model; decoupling index; metropolitan district of Changchun and Jilin