

中国城镇居民嵌入式碳足迹影响因素分析 ——基于 LMDI 模型

赵定涛, 张韧, 范进

(中国科学技术大学管理学院, 安徽合肥, 230026)

摘要: 嵌入式碳足迹(Embedded Carbon Footprint, ECF)是居民消费的产品或服务在其生命周期过程中所产生的碳排放, 测量比较困难。居民消费产生的碳排放已经成为我国碳排放增长的重要因素, 从消费者角度研究碳排放及其驱动因素对节能减排有重要的现实意义。通过构建碳排放投入产出模型对城镇居民嵌入式碳足迹(ECF)进行测算, 并运用 LMDI 因素分解模型分析中国城镇居民嵌入式碳足迹的影响因素。结果表明: 生活水平效应较大, 为正效应, 对总 ECF 的贡献度是 233%; 碳排放强度为负效应, 对总 ECF 的贡献度是-133%; 消费结构为正效应, 对总 ECF 的贡献度是 9%。因此, 政府应倡导居民节约消费, 大力发展低碳产业, 注重交通项目的减排。

关键词: LMDI; 碳排放投入产出模型; 嵌入式碳足迹; 影响因素; 减排政策

中图分类号: F205

文献标识码: A

文章编号: 1672-3104(2013)06-0035-06

大量温室气体排放引发的气候变暖问题已引起全球的关注, 中国作为最大的碳排放国家, 能源消费与二氧化碳的排放成为关注的焦点。2009 年我国在哥本哈根会议上宣布“到 2020 年单位国内生产总值二氧化碳排放比 2005 年下降 40%—45%”, 为履行承诺, 我国制定了减排政策, 但现行减排政策主要针对高耗能的生产部门。据发展中国家统计表明, 居民消费的直接和间接消耗已经超过了生产部门, 成为碳排放的主要增长点, 姚亮等^[1]通过对中国城乡居民消费隐含的碳排放对比分析得出, 到 2007 年城镇居民消费的碳排放量占总量的 76.44%。在中国经济快速发展进程中, 居民收入及消费水平不断提高, 个人消费拉动碳排放作用越来越显著, 所以从居民消费层面核算碳排放更具有实际意义。本文从消费者角度研究嵌入式碳足迹(Embedded Carbon Footprints, ECF), ECF 是居民消费的产品或服务在其生命周期过程中所产生的碳排放^[2], 运用 LMDI 模型分解影响 ECF 的驱动因素。本文实证分析分为两阶段, 第一, 测算城镇居民嵌入式碳足迹, 第二, 运用 LMDI 模型分解驱动因素。通过对中国城镇居民嵌入式碳足迹影响因素实证分析, 为今后制定减排政策提供理论依据。

一、文献综述

当前国外学者对碳排放测算主要依据投入产出模型。Peter 等使用环境投入产出模型(Environmental Input-Output, EIO)^[3]估算消费中嵌入的二氧化碳的排放量, EIO 模型对数据有较高的要求, 编程数据集存在很大的困难, 所以应用不广泛。一些学者在简单的投入产出模型基础上进行扩展, 如 Huppes 等^[4]、Tukker 和 Jansen^[5]、Turner^[6]等使用多区域投入产出模型(Multi-Regional Input-Output model, MRIO)估算嵌入在商品和服务中的二氧化碳的排放量, MRIO 模型与 EIO 模型相比, 需要更大量的数据, 所以只能限制在一些数据充足的地区使用。由于 MRIO 模型运用的复杂性, 学者在此基础上又进行了简化处理, 如 Druckman 和 Jackson^[7]使用准多区域投入产出模型(quasi-multi-regional input-output, QMRIO)估算进口产品和服务隐含的二氧化碳排放排放量, 此模型有较大的准确度和透明性, 而且比 MRIO 模型对数据的要求度低, 克服了数据收集的困难。

收稿日期: 2013-05-18; 修回日期: 2013-11-22

基金项目: 国家自然科学基金项目“基于消费行为的碳足迹测定及演化机理研究”(71171183); 教育部人文科学项目“生活方式转型与环境技术创新互动机制研究”(10YJA790260)

作者简介: 赵定涛(1955-), 男, 安徽广德人, 中国科学技术大学管理学院, 教授, 博士生导师, 主要研究方向: 战略管理与政策分析; 张韧(1988-), 女, 黑龙江孙吴人, 中国科学技术大学管理学院硕士研究生, 要研究方向: 个人碳排放, 环境经济学; 范进(1979-), 男, 江苏如皋人, 中国科学技术大学管理学院博士研究生, 主要研究方向: 环境经济学。

随着碳排放研究的不断深入,除了对生产领域的研究外,一些学者从消费者角度研究碳排放及影响因素。国际上,如 Pachauri 和 Spreng^[8]通过投入产出方法测算印度家庭 1983—1984、1989—1990 和 1993—1994 年的直接、间接能源消耗,家庭直接、间接消耗占印度总能源消耗量的 75%,且来自家庭的能源需求不断增长,提出增长的驱动力有三方面:人均支出增长;人口增长;农业部门能源强度的增加。Davis 和 Calderia^[9]估算了全球贸易中嵌入的二氧化碳排放,基于消费者的角度,他们研究发现,2004 年全球 23% 的二氧化碳的排放是来自中国和其他新兴的发达国家出口贸易。Druckman 和 Jackson^[7]估算了英国家庭产生的温室气体,从消费者角度来看,在 2000—2004 年间以每年 3% 的速度上升。尽管经济的低潮有可能扭转这种趋势,但认为除非政府出台重大改变的政策,否则来自家庭的间接和直接排在长期内都有上涨的趋势。为实现减排目标,应有针对性的把家庭收入与不同温室气体排放水平联系起来制定相应的政策。

国内在这方面的研究起步比较晚,冯蕊和陈胜男^[10]对国内外居民生活消费的碳排放测算方法进行对比,阐述国内外的模型法、碳排放系数法的异同和优缺点,为我国合理测算居民生活消费碳排放提供了参考意见。周平和王黎明^[11]运用结构分析模型,对居民的最终需求及其他相关的经济活动产生的二氧化碳间接排放进行分解分析,估算得出居民二氧化碳间接排放占居民碳排放总量的 70% 以上,且仍处于上升趋势。得出结论:居民最终需求总量、居民消费结构和城乡消费比例三个方面的变化是促使二氧化碳间接排放量增加的因素,生产技术的进步是促使二氧化碳间接排放量减少的主要因素。刘莉娜等^[12]运用投入产出法,从时间、空间角度对 1995—2010 年中国 31 个省区人均家庭生活消费碳排放量计算分析,研究表明:人均家庭生活消费碳排放量呈逐年上升趋势;人均家庭生活消费碳排放量在区域上存在很大差异性。

综合国内外的研究可以看出,碳排放的测算存在多种模型和方法,但主要基于投入产出模型。已有的研究中,学者常未区分居民的直接排放和间接排放,本文旨在单独分析居民的间接排放及影响因素问题,将居民消费分为 8 类,运用国际主流碳排放测定方法,使用中国统计数据,构建 ECF 模型,采用 LMDI (Logarithmic Mean Divisia Index, 对数指标分解方法) 模型对居民 8 类消费项目嵌入式碳足迹分解,计算各因素效应贡献度,结合国内现状提出符合国情的对策建议。

二、理论模型的构建

纵观上述研究,投入产出法是目前应用最广泛的碳排放测定方法,但模型种类较多,没有固定研究范式,对居民嵌入式碳足迹影响因素研究还很不充足。本文首先基于投入产出法构建 ECF 模型,测定中国城镇居民嵌入式碳足迹,鉴于本文研究的重点是城镇居民嵌入式碳足迹,因此设定生活水平、消费结构、碳排放强度为驱动因素。在此基础上,基于 kaya 恒等式扩展,采用 LMDI 模型进行分解。

(一) 嵌入式碳足迹测算模型

国外学者构建的投入产出模型,多对数据的要求颇高,由于中国人口众多,地域宽广,数据获得性有很大的难度,本文构建了由国内消费者与国内生产者组成的两部门碳排放投入产出模型,人均 ECF 采用如下模型计算:

$$ECF = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \{ \sum_j [\text{diag}(B)(I-A)^{-1}]_{ij} \} \quad (1)$$

其中: ECF 表示城镇居民人均嵌入式碳足迹, B 表示生产部门的直接碳排放系数矩阵, A 表示直接消耗系数, $(I-A)^{-1}$ 则是最终需求矩阵,也称为列昂惕夫逆矩阵, $\sum_j [\text{diag}(B)(I-A)^{-1}]$ 表示 j 部门的排放乘数, Y 表示年人均消费支出,下标 i 表示家庭消费项目所对应的类型,下标 j 表示生产部门。

生产部门的直接碳排放 B_j 运用公式(2)计算,

$$B_j = \frac{\phi_j}{X_j} \quad (2)$$

式中: ϕ_j 表示部门直接碳排放, X_j 表示部门总产出。 ϕ_j 的计算公式为下式(3),

$$\phi_j = \frac{\pi_j}{\sum_{i=1}^9 q_{ij} \varphi / \lambda_i} \left(\sum_{i=1}^8 q_{ij} \rho_i + q_{9j} \rho_9 \lambda_9 \right) \quad (3)$$

其中: π 表示部门实际能耗,单位为万吨标准煤, φ 为能源折算标准煤参考系数,电力等能源生产部门,不能将发生在该部门所有的碳排放全部归因于该部门的直接碳排放,所以电力消耗所产生的直接排放需要用该部门电力总排放乘以电力加工转换效率 λ , ρ 表示能源排放系数, q 为发电量。

直接碳排放系数是包含部门直接消耗的煤炭、焦

炭、原油、汽油、煤油、柴油、燃料油、天然气、电力等 9 种主要能源所产生的二氧化碳排放。IPCC 提供了前 8 种能源的排放系数, 电力排放系数 ρ_9 运用公式 (4) 进行计算,

$$\rho_9 = \frac{\sum_{j=1}^3 \sum_{i=1}^8 \omega_i \rho_i}{Q} \quad (4)$$

其中: ω 表示电力部门直接消耗的能源数量, Q 表示发电总量。

Druckman^[7]给出了“家庭消费-高层次功能用途分配表”, 将家庭消费分配到“家居、健康卫生、食品、采暖”等 9 个维度上, Weber^[13]也有类似的分配方式, 但认为“采暖”所产生的排放应属于直接碳足迹, 故将“采暖”剔除, 而保留了其余 8 个维度, 即家居、食品、休闲娱乐、健康卫生、衣着、交通、沟通交流、教育。本文将消费项目映射到 8 个维度上, 具体消费项目对应的生产部门及需求项目(见附表 1)。

(二) 嵌入式碳足迹分解模型

目前, 常用的分解方法有两种, 一种是结构分解分析(Structural Decomposition Analysis, SDA), 一种是指数分解分析(Index Decomposition Analysis, IDA)。SDA 方法需要运用投入产出表的数据作为支撑, 利用消费系数矩阵对各个影响因素进行分析, 对数据要求比较高, 而 IDA 方法只需利用各部门加总数据, 更适合进行时间序列分析及较少因素比较分析, 广泛的应用在环境经济研究中。IDA 方法包括 Laspeyres 指数分解和 Divisia 指数分解等, 但都存在分解剩余项, Ang B W 从理论基础、适应范围、结果等方面综合权衡, 认为 LMDI 是在能源政策方面相对较优的因素分解法。LMDI 是一种不产生残差的、完全的、富有灵活性的分解分析方法, 且允许包含零的数据。鉴于此, 本文选用 LMDI 方法对中国城镇居民嵌入式碳足迹影响因素分解。

LMDI 的分解方式有两种, 即加法形式和乘法形式, 本文采用加法形式。从(1)式可以看出, 居民嵌入式碳足迹受三方面因素的影响: 人均消费支出(Y_{ij})、经济投入产出结构($(I-A)^{-1}$)、生产部门碳排放强度(B)。本文从这三方面考虑对 ECF 分解, 在 Kaya 恒等式的基础上进行变形, 故采用以下模型对居民嵌入式碳足迹影响因素进行分析:

$$ECF = \sum_i ECF_i = \sum_i Y \cdot \frac{Y_i}{Y} \cdot \frac{ECF_i}{Y_i} = \sum_i Y \cdot S_i \cdot F_i \quad (5)$$

其中: $S_i = \frac{Y_i}{Y}$, $F_i = \frac{ECF_i}{Y_i}$ 。

$$\Delta ECF = \Delta ECF_Y + \Delta ECF_S + \Delta ECF_F + \Delta ECF_{rsd} \quad (6)$$

$$\Delta ECF_Y = \sum_i \frac{ECF_i^t - ECF_i^0}{\ln ECF_i^t - \ln ECF_i^0} \cdot \ln \frac{ECF_Y^t}{ECF_Y^0} \quad (7)$$

$$\Delta ECF_S = \sum_i \frac{ECF_i^t - ECF_i^0}{\ln ECF_i^t - \ln ECF_i^0} \cdot \ln \frac{ECF_S^t}{ECF_S^0} \quad (8)$$

$$\Delta ECF_F = \sum_i \frac{ECF_i^t - ECF_i^0}{\ln ECF_i^t - \ln ECF_i^0} \cdot \ln \frac{ECF_F^t}{ECF_F^0} \quad (9)$$

在公式(5)~(9)中, i 表示居民消费项目, ECF 表示城镇居民人均 ECF, Y 表示居民人均消费支出, Y_i 表示 i 项目上的居民消费支出, ECF_i 表示 i 项目的人均 ECF, S_i 表示居民消费结构, F_i 表示碳排放强度, t 、 0 分别表示现期和基期, ΔECF 、 ΔECF_Y 、 ΔECF_S 、 ΔECF_F 分别表示现期相对于基期人均 ECF 总量效应、生活水平效应、消费结构效应、碳排放强度效应, ΔECF_{rsd} 表示因素分解的残差项, LMDI 分解中残差项为零。

三、实证分析

(一) 数据来源

中国每五年编制一次投入产出表, 最近一次 42 部门投入产出表于 2007 年编制, 本文使用 2002、2007 年数据进行核算, 模型中的直接消耗系数是通过投入产出基本表转换计算的, 42 部门的各能源消耗量、能源标准煤折算系数、发电量、能源加工转化效率等数据通过《中国能源统计年鉴 2003》《中国能源统计年鉴 2008》中查找收集。煤炭、焦炭、原油、汽油、煤油、柴油、燃料油、天然气的排放系数来自 IPCC, 这两年的排放系数统一应用《IPCC 国家温室气体清单指南(2006)》公布的排放系数。城镇居民各项消费支出数据来自《中国城市生活与价格年鉴 2003》《中国城市生活与价格年鉴 2008》。

(二) 实证结果

1. 城镇居民人均嵌入式碳足迹的总量变化

根据(1)式计算出 2002、2007 年城镇居民嵌入式碳足迹, 2002 年人均在各消费项目上的 ECF 总量是 1 740.30 千克, 2007 年 ECF 为 2 179.23 千克, 增长了 25.22%。通过对 42 类消费项目的 ECF 的计算得出, 2002 年 ECF 排在前五位的分别是药品费、电力热力、家庭日用杂品、肉禽蛋水产品类、公共交通费, 2007 年 ECF 排在前五位的分别是电力热力、药品费、家庭日用杂品、肉禽蛋水产品类、公共交通费, 排在前五

位的大体没有变化,2002、2007年这5项ECF均占总ECF的65%以上。依照“家庭消费-高层次功能用途分配表”,将42种消费项目映射到8个维度上,相应的ECF如下(见表1)。

表1 2002—2007年需求项目ECF及增长率(单位:千克)

需求项目	ECF(2002)	ECF(2007)	增长率(%)
食品	340.55	431.76	26.79%
休闲、娱乐	39.28	61.61	56.84%
衣着	17.95	23.09	28.63%
家居	641.57	801.05	24.86%
健康卫生	487.25	541.95	11.23%
交通	145.83	230.00	57.72%
沟通交流	55.57	79.15	42.44%
教育	12.30	10.62	-13.67%
总量	1 740.30	2 179.23	25.22%

(1) 从表1可以看出,8类需求项目的ECF排在前四位的分别是家居、健康卫生、食品、交通。家居消费占总消费的20%,消费比例高,而且家居项目所对应的生产部门多为排放乘数高的部门,如电力、热力的生产和供应业等,所以导致家居ECF很大。近年来,居民更加注重自身健康,这促使居民增加在药品、滋补保健品、医疗器具等项目上的花费,这类消费对应的生产部门是化学工业,该产业的碳排放乘数高,从而拉动了健康卫生的ECF。食品消费占总消费30%,为8类消费项目中最大的消费,导致食品ECF较大。交通消费项目所对应的生产部门以消耗化石能源为主,部门排放乘数高于其他产业,导致ECF很高。

(2) 从2002—2007年ECF增长率方面看,排在前三位的分别是交通、休闲娱乐、沟通交流。据国家统计局发布的报告显示:随着城乡居民收入的大幅增加,汽车消费快速进入家庭。城镇居民家庭平均每百户家用汽车拥有量由2002年底的0.9辆,增加到2007年的6.06辆,2011年已经增加到18.58辆。汽车拥有量明显提高,促使私人交通燃油、私人交通工具等方面花费增加,交通ECF持续增长。2002年城镇居民家庭人均可支配收入是7 702元,2007年增长到13 785.8元,居民除了满足生活的基本需求,有了更多的收入剩余,在休闲、娱乐项目的消费支出持续增长,带动了旅游、餐饮住宿等行业迅猛发展,这使得休闲、娱乐ECF显著增长。信息时代的到来,手机、计算机已成为居民的生活必需品,信息化的产品和服务种类越

来越多,覆盖面越来越广,导致沟通交通的ECF快速增长。

(3) 通过对42部门排放乘数的计算,电气、机械及器材制造业;燃料生产和供应业;水的生产和供应业;信息传输、计算机服务和软件业的部门排放乘数均大于1,这些产业都是以化石能源为主,能源消耗量大,产生的碳排放量较大,应重视这些企业的减排。

2. 城镇居民嵌入式碳足迹影响因素分解分析

利用(5)~(8)式计算出ECF总量效应、生活水平效应、消费结构效应、碳排放强度效应及其贡献度。将42类的消费项目映射到8个维度上,2002—2007年各效应数据具体如下(见表2)。

各效应的贡献度如下(见表3)。

表2 2002—2007年中国城镇居民

嵌入式碳足迹变化结构分解的贡献值(单位:千克)

高层次功能需求	ΔECF_Y	ΔECF_S	ΔECF_F	ΔECF
食品	166.62	-27.16	-75.40	64.05
休闲、娱乐	28.30	3.29	-5.98	25.62
衣着	11.59	1.29	-6.44	6.43
家居	335.22	-26.96	-175.74	132.52
健康卫生	249.77	-9.43	-195.08	45.26
交通	192.88	99.74	-108.70	183.92
沟通交流	34.09	0.48	-10.51	24.07
教育	2.90	-2.86	-4.58	-4.54
总量	1 021.37	38.38	-582.43	477.32

表3 2002—2007年中国城镇居民

嵌入式碳足迹各影响因素贡献度(%)

影响因素	贡献度(%)
生活水平效应	232.69
消费结构效应	8.74
碳排放强度效应	-132.69

从LMDI分解后的各影响因素结果看,2002—2007年中国城镇居民消费嵌入式碳足迹增加了477.32千克,其中生活水平效应中8类支出项目均为正值,累积增加ECF 1 021.37千克,贡献度为232.69%。碳排放强度效应中8类支出项目均为负值,累积减少ECF-582.43千克,贡献度为-132.69%。消费结构效应中8类支出项目数值有正有负,累积增加ECF 38.38

千克, 贡献度为 8.74%。这说明人均消费支出水平的提高是导致 ECF 增长最重要的影响因素, 能源利用技术进步降低碳排放是解决碳排放与经济增长之间矛盾的重要手段。消费结构效应对 ECF 的驱动是不稳定的, 食品、家居、健康生活、教育是负值, 休闲、娱乐、衣着、交通、沟通交流是正值。

四、政策建议

本文构建投入产出模型测定城镇居民嵌入式碳足迹, 基于 *kaya* 恒等式, 采用包含消费结构、碳排放强度、生活水平效应的 LMDI 模型对中国城镇居民嵌入式碳足迹影响因素进行分解, 分析结论如下:

(1) 生活水平效应对人均 ECF 的驱动是正向的, 而且是 ECF 增长的主导因素。2000 年到 2011 年, 城镇居民人均支出增长了 203%, 支出水平逐年增高, 由消费支出引发的碳排放也将会继续增加, 居民消费对碳排放产生的影响也会越来越大, 因此, 国家应重视由支出水平增长带来的增排, 倡导居民进行节约消费, 引导消费模式向可持续化发展, 为我国创建低碳社会奠定基础。

(2) 碳排放强度效应对人均 ECF 的驱动是负向的, 是抑制 ECF 增长的主要因素。碳排放强度的大小主要由生产技术决定, 技术进步带动能源使用效率提高, 因此, 应大力发展低碳产业, 实现产业结构优化, 积极促进各生产部门提高能源使用效率、降低能耗强度、应用新能源技术, 寻找环保替代能源, 研究碳捕获与封存技术, 发挥技术减排作用, 这是抑制碳排放增长的有利手段, 积极努力寻找一条适合中国发展的低碳能源利用道路。

(3) 消费结构效应总体上对 ECF 的驱动是正向的, 影响相对较小。家居、健康卫生 ECF 比重比较大, 连同食品、教育这四个项目上是负向驱动 ECF, 应把这四个项目作为减排政策关注的重点, 如家居方面可多投入使用节能型产品, 最大限度发挥消费者行为减排作用。交通项目上 ECF 所占比重也较大, 而且是正向驱动 ECF, 休闲、娱乐、沟通交流、衣着虽也是正向驱动, 但是影响较小, 应重点调控交通项目, 如增加公共交通设施建设。合理调整居民消费结构, 倡导绿色消费, 促使消费结构向低碳方向转变, 增强节能减排意识, 最终达到节能减排的目标。

附录(表 1)。

附表 1 家庭消费-高层次功能用途分配表

消费项目	所对应的生产部门	需求项目
粮油类		
肉禽蛋水产品类	农林牧渔业	
蔬菜类		
调味品		食品
干鲜瓜果类		
糕点、奶及奶制品	食品制造及烟草加工业	
其他食品		
烟酒饮料类		
饮食服务	住宿和餐饮业	休闲、娱乐
衣着材料	纺织业	
服装		
鞋类	服装皮革羽绒及其制品业	衣着
其他衣着用品		
衣着加工服务费	其他社会服务业	
耐用消费品-家具	木材加工及家具制造业	
耐用消费品-家用电器	电气、机械及器材制造业	
床上用品	服装皮革羽绒及其制品业	家居
家庭日用杂品	化学工业	
室内装饰品	其他制造业	
家具材料	木材加工及家具制造业	
家庭服务	其他社会服务业	
医疗器具	通用、专用设备制造业	
保健器具		
药品费	化学工业	健康卫生
滋补保健品		
医疗费	卫生、社会保障和社会福利事业	
其他		
私人交通工具、私人交通燃油	交通运输设备制造业	
公共交通	石油加工、炼焦及核燃料加工业	交通
通信工具	通信设备、计算机及其他电子设备制造业	沟通交流
通信费用	邮政业	
文化娱乐用品	通信设备、计算机及其他电子设备制造业	休闲、娱乐
文化娱乐服务	文化、体育和娱乐业	
教育	教育事业	教育
住房	房地产业	
电力、热力	电力、热力的生产和供应业	
燃料	燃气生产和供应业	家居
水	水的生产和供应业	
居住服务费	其他社会服务业	
杂项商品	其他制造业	
杂项服务	其他社会服务业	

参考文献:

- [1] 姚亮, 刘晶茹, 王如松. 中国城乡居民消费隐含的碳排放对比分析[J]. 中国人口·资源与环境, 2011(21): 25-29.
- [2] 范进, 赵定涛, 洪进, 等. 基于消费的嵌入式碳足迹空间分异及影响因素实证研究[J]. 系统工程, 2012(30): 75-83.
- [3] Peters G, Manshanden W, Tukker A. Report on technical report focusing on economic data sources for SUT/IO tables for EU25 and ROW, EXIOPOL [N]. Scoping report WP III.2.a and WP III.3.a, 2007.
- [4] Huppes G, Koning A d, Suh S, Heijungs R, Oers L V, Nielsen P, Guinée J. Environmental impacts of consumption in the European Union: High-resolution input-output tables with detailed environmental extensions [J]. Journal of Industrial Ecology, 2006(10): 129-146.
- [5] Tukker A, Jansen B. Environmental impacts of products: A detailed review of Studies [J]. Journal of Industrial Ecology, 2006(10): 159-182.
- [6] Turner K, Lenzen M, Wiedmann T, Barrett J. Examining the global environmental impact of regional consumption activities — Part 1: A technical note on combining input-output and ecological footprint analysis [J]. Ecological Economics, 2007(62): 37-44.
- [7] Angela Druckman, Tim Jackson. The carbon footprint of UK households 1990—2004: A socio-economically disaggregated, quasi-multi-regional input-output model [J]. Ecological Economics, 2009(68): 2066-2077.
- [8] Pachauri S, Spreng D. Direct and indirect energy requirements of households in India [J]. Energy Policy, 2002(30): 511-523.
- [9] Davis S J, Calderia K. Consumption-based accounting for CO₂ emissions [J]. Sustainability Science, 2010(107): 5687-5692.
- [10] 冯蕊, 陈胜男. 居民生活消费碳排放估算方法分析比较[J]. 生态环境, 2010(9): 61-65.
- [11] 周平, 王黎明. 中国居民最终需求的碳排放测算[J]. 统计研究, 2011(28): 71-78.
- [12] 刘莉娜, 曲建升, 邱巨龙, 等. 1995—2010年居民家庭生活消费碳排放轨迹[J]. 生态与旅游, 2012(4): 119-121.
- [13] Weber C L, Scott M H. Quantifying the global and distributional aspects of American household carbon footprint [J]. Ecological Economics, 2008(66): 379-391.

Driving Factors of Embedded Carbon Footprint in Chinese Urban Residents: An Empirical Analysis Based on the LMDI Model

ZHAO Dingtao, ZHANG Ren, FAN Jin

(School of Management, University of Science and Technology of China, Hefei 230026, China)

Abstract: Embedded Carbon Footprint (ECF) is a sort of carbon emissions produced by consumer products or services in the life cycle, which is difficult to measure. Because carbon emissions embedded in residential consumption is a major growth point of carbon emissions in China, the research on the factors driving carbon emissions needs to be further investigated from the perspective of residential consumption. In this paper, a carbon emission input-output model was built to calculate the Embedded Carbon Footprint (ECF) of Chinese urban residents. In addition, this paper aims to investigate the factors affecting carbon emissions from the perspective of residential consumption based on Logarithmic Mean Divisia Index (LMDI). The results show that: Firstly, the effect of per capita consumption expenditure is positive, contributing to 233% in the total ECF. Secondly, the effect of carbon intensity is negative, contributing to -133% in the total ECF. Finally, the effect of consumption structure is positive, contributing to 9% in the total ECF. Therefore, our government should advocate economic consumption, develop low-carbon industries and attach great importance to reduction of carbon emission in transportation projects.

Key Words: LMDI; carbon emission input-output model; embedded carbon footprint; driving factors; residential consumption; policy for reduction of carbon emission

[编辑: 汪晓]