

Stock Material Metabolism of Urban Household Durable Goods in China's Provinces

Zike Kong^{1,2}, Jingru Liu^{1*}

¹State Key Laboratory of Urban and Regional Ecology, Research Center for Eco-Environmental Sciences, Chinese Academy of Sciences, Beijing

²University of Chinese Academy of Sciences, Beijing

Email: zkkong_st@rcees.ac.cn, ¹liujingru@rcees.ac.cn

Received: Jul. 4th, 2018; accepted: Jul. 18th, 2018; published: Jul. 25th, 2018

Abstract

In this paper, the consumption of urban household durable goods in China's 31 provinces is used to quantify its structure and pattern in material stock and flow in 2014. The results show that in 2014, the total stock of urban households durable goods in China reached 13,087.37 million tons, and the input and input amounted to 8012.79 million tons and 5795.73 million tons respectively. The flow and stock of durable goods in urban households in all provinces are high in the eastern coastal areas and low in rest areas. Besides, it has a higher composite relationship with the GDP of the provinces. The increase in net stock is due to the difference between the economy and the population, showing an irregular distribution. At the same time, the average stock and flow per capita in the eastern region are generally higher than those in the western region, but the relative gap is not significant, and the difference between the net stock increases is even smaller and the western region is generally slightly higher.

Keywords

Household Metabolism, Durable Goods, Stock Analysis

中国各省份城镇家庭耐用品物质存量分析

孔子科^{1,2}, 刘晶茹^{1*}

¹中国科学院生态环境研究中心城市与区域生态国家重点实验室, 北京

²中国科学院大学, 北京

Email: zkkong_st@rcees.ac.cn, ¹liujingru@rcees.ac.cn

*通讯作者。

摘要

本文对我国31个省份2014年城镇家庭耐用品消费的材料存量进行了代谢分析, 量化了家庭耐用品消费的物质代谢结构与格局。研究表明: 2014年, 中国城镇家庭耐用品存量总量达到13,087.37万吨, 输入量、输入量分别为8012.79万吨和5795.73万吨。各省城镇家庭的耐用品物质流量及存量呈现东部沿海地区高, 西部内陆地区低的特点, 并与各省的GDP有较高的复合关系, 而净存量增加量则由于经济体量与人口数量的差异, 呈现出不规则的分布。同时, 东部地区在户均存量及流量上普遍高于西部地区, 但相对差距并不显著, 净存量增加量相差更小, 西部地区普遍略高。

关键词

家庭代谢, 耐用品, 存量分析

Copyright © 2018 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 研究意义

消费引起的环境问题远没有像生产那样引起人们广泛的关注, 并得到足够的重视和深入的研究[1]。家庭是了解并探索减少由消费活动引起的对环境综合影响的一种途径, 衡量家庭消费量并确定最相关的消费至关重要。我国正在经历着快速城镇化的过程, 随之而来的是城镇家庭数量及其消费数量的快速增长。相对于农村家庭, 城镇家庭具有更高的消费水平, 进而消费带来的环境影响更大。家庭耐用品一般寿命较长, 可多次使用, 且价格相对昂贵, 居民购买行为较为理性, 可以表征居民整体的消费水平和消费模式。同时, 耐用品是经济的重要组成部分, 相对于非耐用消费品, 耐用品的消费对经济波动的需求弹性更大, 与经济周期波动的联系更紧密[2]。中国不同地区经济增长和消费水平并不相同, 这就会导致差异化的居民消费模式, 造成空间上资源消耗及废物排放的异质性。

家庭代谢分析方法是荷兰 HOMES 项目提出的、量化与家庭消费活动相关的物质和能量流动的分析方法, 这一方法关注与家庭生活消费活动有关的资源能源消耗, 识别不同消费模式所引起的环境结果, 从资源流动角度, 描述家庭与环境的相互作用, 辨识家庭消费活动对环境的压力[3]。本文拟采用家庭代谢的方法, 探索中国省域尺度上家庭耐用品消费物质质量的差异, 量化物质质量的输入输出及存储的过程, 评估其环境影响, 在中国飞快发展、快速城镇化的时期具有重要意义。

2. 研究方法

2.1. 核算模型

本研究以中国 31 个省市自治区(港澳台除外)的城镇家庭耐用品为研究对象, 量化其在家庭层面物质材料的输入、储存和输出过程, 探索不同省份城镇家庭在 2014 年这一个自然年内, 为满足家庭生活正常需求, 与自然经济系统的物质交换情况及差异。根据中国及各省市的统计年鉴中列出的中国城镇家庭拥有和使用的耐用消费品, 基于统计信息的可得性和完整性, 选取了统计年鉴上统计的 26 种主要家庭耐用

品(如表 1)为研究对象,基本上涵盖了城镇居民家庭生活的主要方面。其中,淋浴热水器又可以具体区分为电热水器、燃气热水器和太阳能热水器 3 种。由于不同热水器的材料组成差异,查阅相关文献及报告 [4] [5]将淋浴热水器的数量按当年所占有比例进行分配。

核算模型如公式(1)~(4)所示,以某一自然年为时间边界,以当年购买的耐用品量作为家庭系统的输入量,在使用寿命期内作为物质存量储存在家庭中,一旦达到使用寿命的年限立即报废,并作为输出量排出到经济环境系统中。

具体计算过程如下:

$$S_t = P_t \quad (1)$$

$$O_t = P_{t-L} \quad (2)$$

$$I_t = P_t - P_{t-1} + O_t \quad (3)$$

$$N_t = I_t - O_t \quad (4)$$

其中, P_t 表示家庭 t 年耐用品保有量数量,由统计年鉴数据获得;

S_t 、 I_t 、 O_t 、 N_t 分别表示家庭 t 年物质存量、输入量、输出量及净存量;

L 表示家庭耐用品的平均使用寿命。

根据 t 年平均一个城镇家庭的耐用品的消费和材料数据,可以推算出其物质存量及流量。计算公式如下:

$$M_n = \sum_{i=1}^{26} C_i * (m_{ni1} + m_{ni2} + \dots + m_{nij}) \quad (5)$$

M_n 表示第 n 种物质类别,如生物质,矿物质等;

C_i 表示第 i 种产品(或服务)的用量(输入量、输出量、拥有量);

m_{nij} 表示每一件 i 产品在第 n 类物质类别下第 j 种物质材料的含量。

Table 1. The average service life of main durable goods

表 1. 主要耐用品的平均使用寿命

消费品	平均寿命(年)	消费品	平均寿命(年)
健身器材	9	燃气热水器	6 ^b
电冰箱	12	手机	2
空调器	13	固定电话	10
电风扇	8	电脑	7
排油烟机	10 ^b	彩色电视机	12
电炊具	8	照相机	7
微波炉	13	组合音响	8
洗碗机	7	录放相机	9
消毒碗柜	7	影碟机	8
洗衣机	10	照相机	8 ^b
电热水器	6 ^b	家用汽车	10
太阳能热水器	6 ^b	摩托车	10
取暖器	8	自行车	14

注: b 为《废弃电器电子产品处理目录(2013)》[7]中的数据;其余皆为 Oguchi [8]等人建立的耐用品数据库中的数据。

对于家庭代谢的总物质流动而言, 输入量、输出量和存量净增加量则是对应物质量在各物质类别下的总和, 模型如下:

$$M = \sum_{n=1}^5 M_n \quad (6)$$

2.2. 数据处理

各省城镇家庭耐用品保有量的数据来自于《中国统计年鉴》以及各省份统计年鉴中城镇居民每百户耐用品拥有量。由于部分年份某些产品的数据缺失, 采用数学插值的方法进行推算对于少量缺失数据, 采用线性内插法补齐[6]。

本文假设研究的几种家庭耐用品在使用过程中没有材料受损, 拆解后材料质量等同于其原本的材料组成。考虑到产品生产技术的改变和商家销售的推陈出新, 家庭中的耐用品也在不断更新换代, 功能和材料也会发生相应的变化。由于电冰箱、空调、洗衣机、手机、电脑、彩色电视机和家用汽车等 7 种家庭耐用品的研究文献较为丰富, 材料组成变化充分考虑, 而其他耐用品的相关文献资料研究匮乏, 假设其材料在研究时间界限内不变。

查阅相关文献[7] [8] [9] [10], 可以获取主要耐用品的平均使用寿命, 如表 1 所示。

家庭耐用品的材料组成主要考虑的是生物质(包括纸、橡胶、木材等)、钢铁、铜、铝、玻璃和其它材料。其中, 电冰箱[10]-[17]、空调[11] [12] [14] [17] [18]、洗衣机[10] [11] [12] [17] [19]、手机[10]、电脑[11] [17] [20]、彩色电视机[12] [15] [17] [19]、汽车[21] [22]等 7 种主要家庭耐用品由文献可得知不同年份的材料组成变化, 目标年份由相近的年份补充代替。其它耐用品的材料组成假设在不发生改变, 由文献[7] [23] [24]可以获取。主要耐用品的材料组成如表 2, 表 3 所示。

基于以上耐用品的平均使用寿命及材料组成的数据, 结合中国各省份城镇家庭耐用品拥有量数据, 根据核算框架进行耐用品物质质量的核算。

3. 研究结果与结论

3.1. 中国省域尺度城镇家庭耐用品物质流概况

2014 年中国城镇家庭耐用品物质流概况如表 4 所示。户均耐用品存量 519.37 kg, 输入量比输出量多 87.98 kg, 存量持续增长。钢铁和塑料是主要的存量及流量材料。

由于人口数量、经济总体水平等原因, 中国各地区耐用品消费需求的差异首先表现在耐用品消费总量与户均消费量上。在总量上各省物质流量存量差异较大。广东的输入量、输出量及存量都全面领先于其他省份, 与山东、江苏、浙江 4 省构成物质流量及存量的第一集团, 其存量、输入量及输出量之和分别为 5110.56 万吨、2985.08 万吨、2261.25 万吨, 占到全国城镇家庭耐用品物质流量接近 40%, 影响着全国耐用品物质质量; 而西藏、宁夏、青海等省物质流量存量最少。净存量增加量方面, 山东、河北分居前两位, 海南、西藏则排名靠后处于末尾。这种总量上的差异化由图 1 可以看出。

2014 年, 无论是城镇家庭耐用品的物质流量、存量及增加量, 在全中国省域尺度范围内都呈现出东部沿海地区高而西部地区低的特点, 并有随之逐渐过度的趋势。广东、山东、江苏等经济发达、人口稠密地区的物质流量及存量都位居前列, 而西藏、宁夏、青海等经济欠发达、人口较稀疏的地区则相反。

通过各省份 GDP 与城镇家庭耐用品物质质量的比较, 如图 2 所示, 各省份的耐用品物质质量与其 GDP 有较高的符合度, 即随着省份 GDP 的减少, 其城镇家庭耐用品的物质流量及存量基本也随之减少, 而存量净增加量则呈现出波动变化。

从户均物质质量的角度来看, 各省情况发生了一些变化, 且各省份的户均物质质量差异明显小于总量的差距。

Table 2. Materials components of main durable goods in 2014 (unit: kg)
表 2. 2014 年家庭耐用用品的材料组成(单位: 千克)

消费品	生物质	钢铁	塑料	铜	铝	玻璃	其他
健身器材		3.75	0.25				
电冰箱		33.00	21.00	1.80	1.20		3.00
空调器		25.50	8.20	9.20	5.10		3.10
电风扇		0.77	2.41	0.74			0.08
排油烟机		14.06	1.81	0.28	0.02	3.82	
电炊具	0.03	1.55	0.89	0.05	0.49		
微波炉		9.70		0.35	1.55	1.88	1.15
洗碗机	0.82	33.25		1.24			2.25
消毒碗柜		11.60				2.90	
洗衣机		21.30	35.50	3.55	3.55		7.10
电热水器		16.08	0.13	0.11			3.67
太阳能热水器		40.00		3.49	6.28	20.00	
取暖器		0.77	2.41	0.74			0.08
燃气热水器		7.55	0.12	3.59	0.48		0.39
手机		0.01	0.01	0.00	0.03	0.01	0.05
固定电话		0.06	0.10	0.02			0.33
电脑		3.41	3.88	1.24	1.86	3.88	1.24
彩色电视机		1.90	3.65	0.15	0.15	8.03	0.73
照相机		0.02				0.03	0.09
组合音响			9.95				
录放相机			1.50				
影碟机			1.60				
照相机		0.02				0.03	0.09
家用汽车	28.37	903.07	136.94	23.44	83.89	35.78	23.44
摩托车	2.28	28.42	1.59	0.19	3.07		0.14
自行车	0.29	0.06	0.14	0.01			

Table 3. Materials components of main durable goods in other years (unit: kg)
表 3. 主要耐用用品目标年份的材料组成(单位: 千克)

消费品	年份	生物质	钢铁	塑料	铜	铝	玻璃	其他
电冰箱	2002		20	16	1.9	1.4		1.2
空调器	2001		22.1	6.6	7.4	3.7		1.2
洗衣机	2004		27.7	18.8	2.1	1.6		2.1
手机	2012		0.0029	0.038	0.0056	0.0022	0.0094	0.0539
电脑	2007		7.60	6.29	0.37	0.56	2.78	0.93
彩色电视机	2002		2.49	5.73	0.75	0.5	14.19	1.25
家用汽车	2004	54	886	100	9	81	35	88

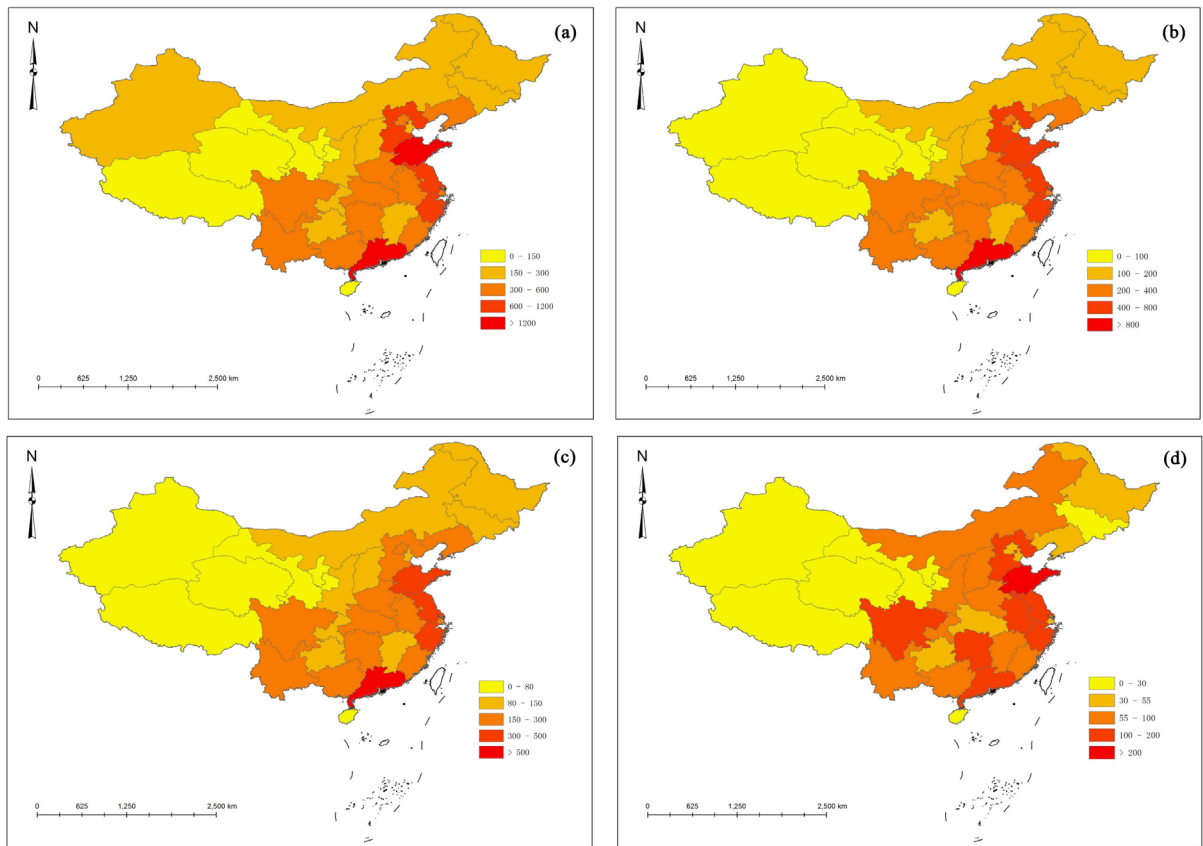


Figure 1. Material flows of durable goods in urban households in china's provinces in 2014. P.S. (a) material stocks of durable goods in all provinces; (b) material inputs of durable goods by provinces; (c) material outputs of durable goods by provinces; (d) Increase in net stocks of durable goods by provinces

图 1. 2014 年中国各省城镇家庭耐用物品物质流总量概况。注：(a) 各省份的耐用品存量；(b) 各省份的耐用品输入量，(c)各省份的耐用品输出量；(d) 各省份的耐用品净存量增加量

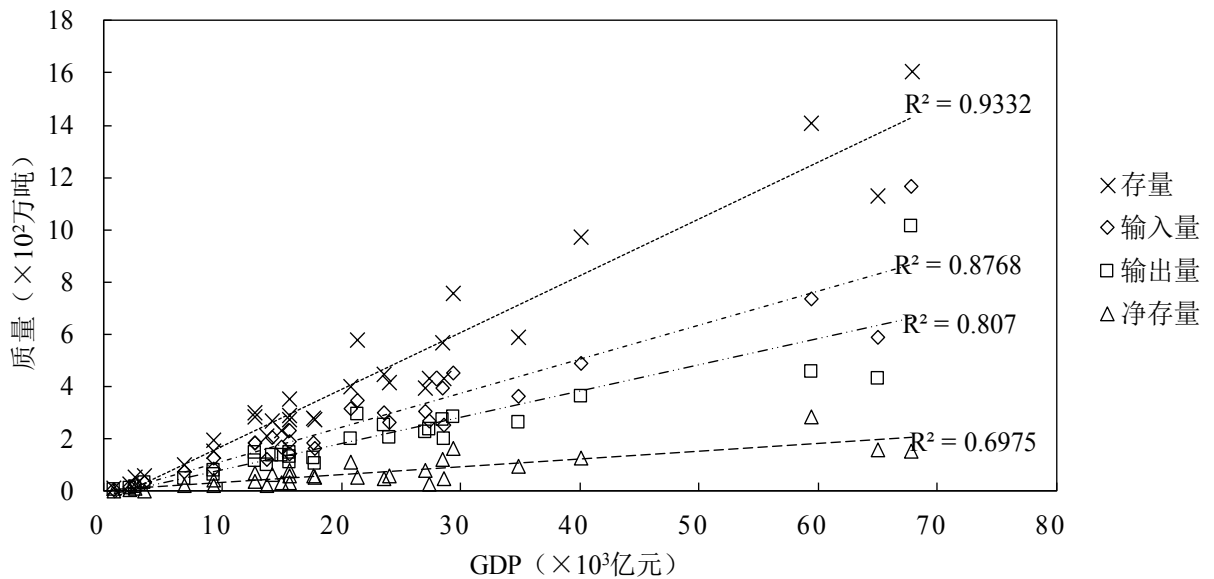


Figure 2. The relationship between GDP and material stock of each province in 2014

图 2. 2014 年各省份 GDP 与物质量关系

Table 4. Material flows of urban household durable goods in 2014
表 4. 2014 年中国城镇家庭耐用品物质流动概况

材料	总量(万吨)				户均(千克)			
	存量	输入量	输出量	净存量	存量	输入量	输出量	净存量
生物质	201.48	72.22	55.95	16.27	8.00	2.87	2.22	0.65
钢铁	8203.48	4046.07	2846.07	1200.00	325.56	160.57	112.95	47.62
塑料	2330.47	2183.13	1502.76	680.37	92.48	86.64	59.64	27.00
铜	439.71	397.28	293.16	104.12	17.45	15.77	11.63	4.13
铝	727.53	403.69	229.02	174.67	28.87	16.02	9.09	6.93
玻璃	839.67	492.55	627.19	-134.64	33.32	19.55	24.89	-5.34
其他	345.04	417.86	241.59	176.27	13.69	16.58	9.59	7.00
合计	13,087.37	8012.79	5795.73	2217.06	519.37	317.99	230.00	87.98

如图 3 所示, 户均流量及存量方面, 北京、浙江、山东等东部省份占据前列, 青海、甘肃等西部省份和东北三省则排名靠后。其中, 北京的存量、输入量及输出量分别为 807.88 kg、486.36 kg 和 412.09 kg, 取代广东成为流量及存量的全面领先的地区, 而东北三省则基本处于最下游。而净存量增加量, 山东、河北依然占据前两位, 广西、云南、西藏、重庆等地区位居前列, 上海、广东等地区相对靠后, 湖北及东北三省则排在末端。

由图 4 所示, 无论是户均存量、输入量还是输出量, 东部地区基本均高于西部及东北地区, 但相对差距并不显著。而净存量增加量相差更小, 西部地区普遍略高。

家庭耐用品的材料组成主要考虑的是生物质(包括纸、橡胶、木材等)、钢材、铜、铝、铁、玻璃和其它材料。总体上, 钢铁和塑料的是家庭耐用品中使用最多的材料, 占有绝对优势。玻璃、铝材料则组成第二集团, 铜材料、生物质和其他的材料所占比例相对较少。

如图 5, 户均净存量增加量中, 玻璃材料除安徽、山西、河北, 在其他省份都是净输出, 其他材料净存量增加量趋势类似, 山东、河北几乎最多, 西藏、广西、内蒙古等西部省份交替占据前列。钢铁材料在净增加量所占比例最低的省份是湖北省仅 26.16%, 最高的是山东省达 60.35%, 塑料的净存量则相反。

3.2. 研究结论

中国各省城镇家庭的耐用品物质流量及存量, 呈现东部沿海地区高, 西部内陆地区低的特点, 并与各省的 GDP 有较高的复合关系。经济发达人口稠密的东部地区相对于西部地区, 城镇居民的在日常生活中有更强的消费需求, 耐用品物质流量及存量都远高于西部地区。净存量增加量则是 2014 年耐用品的物质积累量, 由于经济体量与人口数量的差异, 呈现出不规则的分布, 西藏等快速发展的地区, 经济规模和人口限制, 净增加量有限。

通过户均物质量的比较, 可以看出地区间有一定的差异。东部地区在存量及流量上普遍高于西部地区, 而广西、西藏等西部省份的净增加量相对于广东、北京等东部沿海地区则要多。

3.3. 讨论

本文利用静态模型对中国各省份城镇家庭耐用品物质质量进行了核算, 耐用品的寿命假设稳定, 并根据其平均寿命估算废弃量, 可能导致城镇家庭物质变化的不准确。建立动态物质流分析模型, 对城镇家庭消费品的资源利用进行动态评价是进一步的研究重点。同时, 由于商品消费数据的可获得性原因,

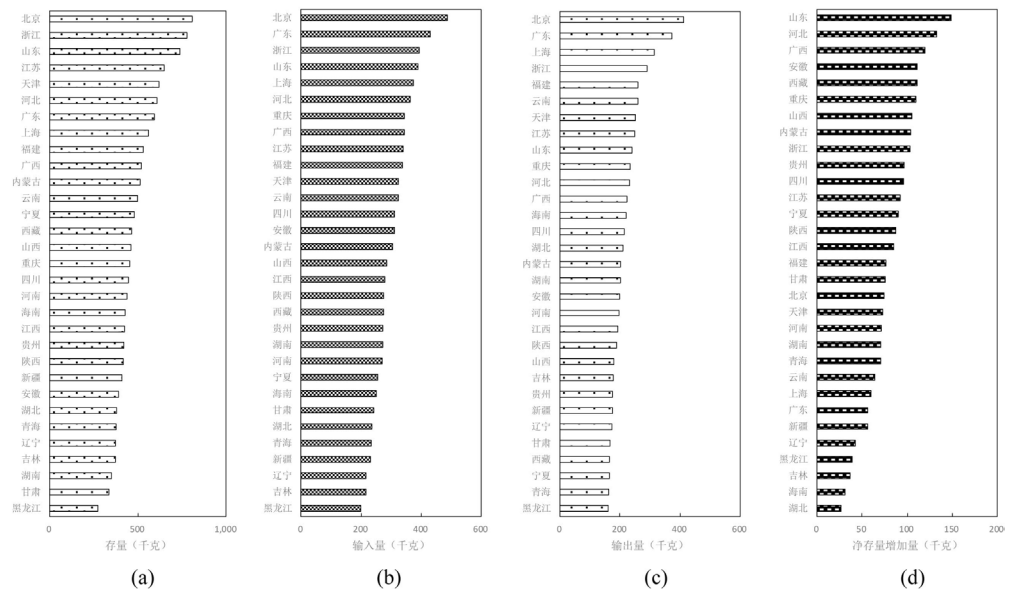


Figure 3. Material flow of durable goods in urban households of each province in 2014
图 3. 2014 年中国各省城镇家庭耐用品户均物质流量

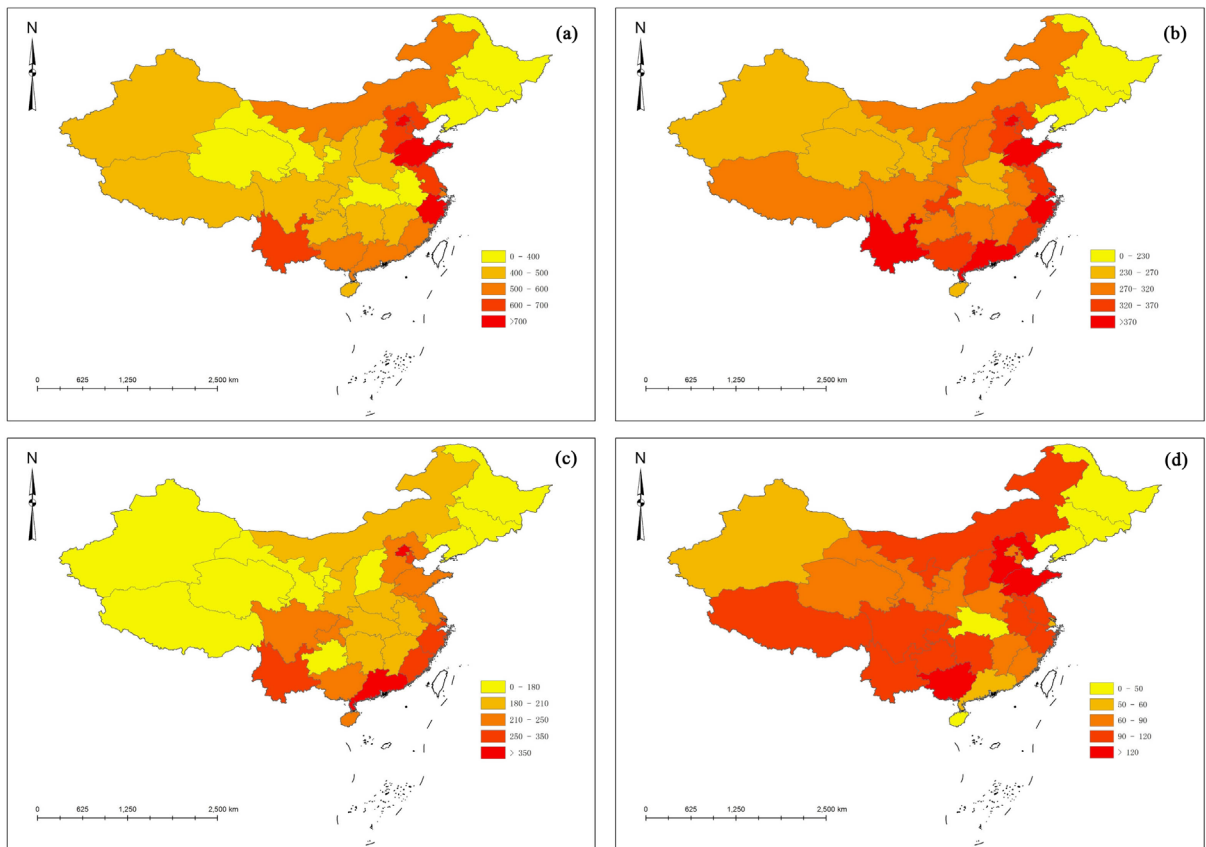


Figure 4. Material flows of durable goods in per urban households in china's provinces in 2014. P.S. (a) material stocks of durable goods in all provinces; (b) material inputs of durable goods by provinces; (c) material outputs of durable goods by provinces; (d) Increase in net stocks of durable goods by provinces

图 4. 2014 年中国各省城镇家庭耐用品户均物质流量概况。注：(a) 各省份的耐用品存量；(b) 各省份的耐用品输入量；(c) 各省份的耐用品输出量；(d) 各省份的耐用品净存量增加量

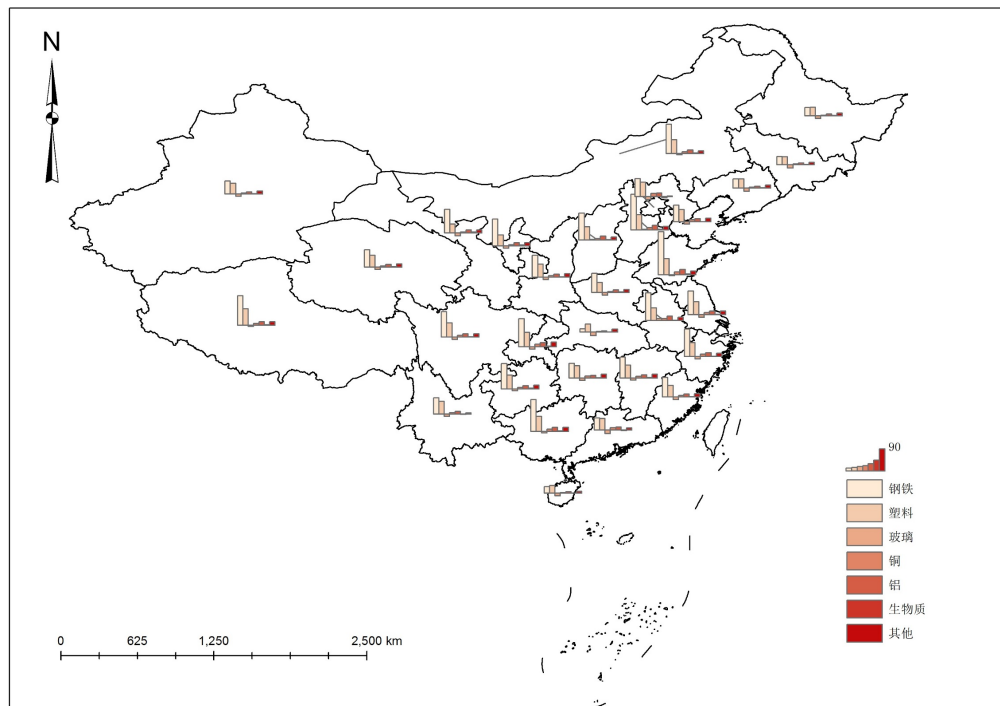


Figure 5. Composition of net domestic stocks of durable goods in urban households of each province in China in 2014
图 5. 2014 年中国各省城镇家庭耐用品户均净存量增加量材料组成

本文考虑了其中 26 种常用耐用品, 没有计算家庭服务类消费的环境影响。另外, 在数据处理过程中, 由于部分年份数据缺失, 采用数学插值的方法进行推算, 也会对研究结果产生一定的不确定性。

基金项目

国家自然科学基金重点项目(71533004)。

参考文献

- [1] 符国群. 消费者行为学[M]. 北京: 高等教育出版社, 2010.
- [2] 牛筱颖. 耐用品理论研究综述[J]. 经济学动态, 2005(10): 99-104.
- [3] Haas, W. (2002) What Do Social Systems Consume? A Different View on Sustainable Consumption. In: Hertwich, E., Ed., *Workshop Proceedings of Life-Cycle Approaches to Sustainable Consumption*, International Institute for Applied Systems Analysis, Laxenburg, 48-56.
- [4] 卢毅, 黄黎平. 影响太阳能热水器西南市场拓展的因素及对策[J]. 中国商论, 2012(5X): 25-26.
- [5] 人民网. 2015 热水器行业市场分析[EB/OL]. <http://homea.people.com.cn/n1/2016/0411/c400156-28266249.html>, 2016-6-11
- [6] 毕军, 黄和平, 袁增伟. 物质流分析与管理[M]. 北京: 科学出版社, 2009.
- [7] 国家发展和改革委员会资源节约和环境保护司. 废弃电器电子产品处理目录(2013) [M]. 北京: 社会科学文献出版社, 2015.
- [8] Oguchi, M., Kameya, T., Yagi, S., et al. (2008) Product Flow Analysis of Various Consumer Durables in Japan. *Resources, Conservation and Recycling*, **52**, 463-480. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2007.06.001>
- [9] 史建磊. 太阳能热水器三五年或报废?[J]. 质量探索, 2013, 10(6): 27.
- [10] 李博. 中国废旧手机生命周期分析与管理对策研究[D]: [博士学位论文]. 北京: 中国科学院研究生院, 2015.
- [11] 李金惠, 温雪峰. 电子废物处理技术[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 2008.

- [12] 连红芳, 苏庆平, 汪模辉, 等. 废旧家用电器回收利用及处理处置技术[J]. 环境污染与防治, 2004, 26(1): 67-69.
- [13] 童蕾, 江文洪, 陈超敏. 冰箱产品的生态设计[J]. 轻工机械, 2008, 26(4): 107-110.
- [14] 侯轶, 朱冬生. 废旧冰箱, 空调器的回收处理及再利用技术[J]. 电机电器技术, 2003(1): 9-12.
- [15] 赵先美, 张健雄, 赵士滨. 废旧家用电器回收再利用技术研究[J]. 环境科学与技术, 2006, 29(8): 62-63.
- [16] 张建普. 电冰箱全生命周期环境影响评价研究[D]: [硕士学位论文]. 上海: 上海交通大学, 2010.
- [17] 袁冬海, 等. 电子废弃物拆解: 物料流动分析与案例[M]. 北京: 化学工业出版社, 2015.
- [18] 孙铎. 家庭空调消费的生命周期反弹效应研究[D]: [硕士学位论文]. 北京: 中国科学院研究生院, 2014.
- [19] 李国学. 固体废物处理与资源化[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 2005.
- [20] 凌勇坚. 南太湖的废旧家电回收现状[J]. 有色金属再生与利用, 2004(3): 35-36.
- [21] 李书华. 电动汽车全生命周期分析及环境效益评价[D]: [博士学位论文]. 长春: 吉林大学, 2014.
- [22] Zamel, N. and Li, X. (2006) Life Cycle Comparison of Fuel Cell Vehicles and Internal Combustion Engine Vehicles for Canada and the United States. *Journal of Power Sources*, **162**, 1241-1253.
<https://doi.org/10.1016/j.jpowsour.2006.08.007>
- [23] 孙博. 洗碗机生命周期分析及其应用研究[D]: [硕士学位论文]. 合肥: 合肥工业大学, 2008.
- [24] 张成, 浦耿强, 王成焘. 电动自行车与燃油助动车生命周期评价的比较[J]. 机械设计与研究, 2003, 19(4): 69-71.

知网检索的两种方式:

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>
下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2324-7967, 即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>
左侧“国际文献总库”进入, 输入文章标题, 即可查询

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: ije@hanspub.org