

文章编号: 1674 - 6139(2020)09 - 0165 - 05

深圳市城市化过程物质存量变化及驱动力研究

李莹美^{1,2}, 陆轶峰¹, 刘晶茹², 洗超凡², 钱雨果²

(1. 云南大学 生态学与环境学院, 云南 昆明 650091;
2. 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 100085)

摘要: 以基础设施为主要形态的城市物质存量(In-use stock)成为社会经济代谢研究的热点。文章以深圳市为研究对象,采用自下而上的物质流分析方法,核算了2000年-2017年深圳市快速城市化过程中物质存量的规模及结构变化。研究发现,深圳市人均物质存量为29吨,处于国内领先水平,但其存量结构依然以住宅建筑为主,而提供其他城市服务功能的存量依然不足。采用IPAT方程开展了存量驱动力分析,研究发现,经济和人口是驱动深圳市物质存量增长的关键因素,经济因素是主要动力,与物质存量强度之间有较强的耦合关系,预测在未来一段时间,这种趋势依然存在。

关键词: 深圳市; 物质存量; 城市化; 驱动力分析

中图分类号: X32

文献标志码: A

Analysis on In-use Stock and Driving Forces in Urbanization of Shenzhen City

Li Yingmei^{1,2}, Lu Yifeng¹, Liu Jingru², Xian Chaofan², Qian Yuguo²

(1. School of Ecology and Environmental Sciences, Yunnan University, Kunming 650091, China;
2. State Key Laboratory of Urban and Regional Ecology, Research Center for Eco-Environmental Sciences, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100085, China)

Abstract: Urban in-use stocks mainly in the form of infrastructure have become the hot spot of social-economic metabolism. By taking Shenzhen as the research object, this study analyses the scale and structure changes of in-use stocks during the period of rapid urbanization in Shenzhen from 2000 to 2017 by means of material flow analysis(MFA) in a bottom-up way. The results show that the per capita in-use stocks is 29 tons in Shenzhen are in the leading position in China, the stock structure of it is still dominated by residential buildings, while the stocks providing other urban services and functions remain to be insufficient. Using the IPAT equation, this article further analyses the driving forces of in-use stocks, and finds that economy and population are the key factors driving the growth of Shenzhen's material stocks, and economic development is the dominant force to stock growth while economic development has a strong coupling relationship with the intensity of in-use stock, which is predicted to remain in a period of time in the future.

Key words: Shenzhen City; in-use stock; urbanization; driving forces

前言

城市是社会经济发展的动力,城市化过程与资源消费量有着密切联系。20世纪以来,随着城市化

进程的加快,全球资源消费量不断增加,从1900年约80亿吨增加到2017年的920亿吨,增长近11.5倍^[1]。衡量人类社会经济活动资源消费量的物质足迹(Material Footprint)成为2030可持续发展目标(SDGs)之一。经济增长及人类福祉与日益增长的自然资源消费“脱钩”,是实现可持续发展的基本前

收稿日期: 2020-05-22

作者简介: 李莹美(1994-),女,研究方向: 产业生态与城市生态。

提。因此,近年来,城市化过程资源消费及其存量核算成为城市社会经济代谢研究的热点问题。

1 研究进展

人类不断的从环境中获取资源,加工为产品进行消费,或者转换为基础设施,为人类社会经济活动提供物质支撑。物质流分析方法(materials flow analysis, MFA)是指在特定时空范围内对特定物质流动和储存的定量研究方法,被认为是社会经济物质代谢研究的标准化方法,作为了解城市化过程中社会经济活动与环境保护之间的相互作用和资源有效管理以应对可持续发展挑战的前提。“存量”是物质流分析中相对“流量”的一个重要概念。城市物质存量作为固定资产,支撑社会经济长期发展,是可持续发展的关键。

物质存量核算方法包括“自上而下”和“自下而上”两种。第一种是“黑箱”原理,把研究对象看成一个“黑箱”,通过计算流入和流出该对象之间的差值,得到研究系统内的存量。后一种方法是将研究对象底层数据进行统计分析,得出一个时间跨度内的物质积累量,通过对这些数据的核算分析可以大致分析出特定地域在一定时空范围内的物质存量变化及城市化动态演变过程^[2]。随着空间分析的发展,地理信息系统(GIS)和遥感技术(RS)两种方法也被引入到了物质流核算方法中。GIS、RS和数据统计这三种方法均能完成物质存量的核算,但考虑到前两种方法无法解释区域差异的构成和社会经济驱动因素,很多学者采用数据统计的方法进行区域物质存量核算。

韩骥等采用数据统计的方法核算了 1978 年 - 2008 年中国 31 个省份的住宅建筑、公路、铁路和自来水管道的十种材料的时空变化格局。Humingming 等应用动态物质流分析方法,模拟了 1900 年 - 2100 年中国城乡住宅建筑系统中建筑面积存量的演变。国外也有学者对城市物质存量进行了相关研究,如 Lwin 等对日本城市管道存量的使用效率

进行了研究,Paul Gontia 基于聚类算法对瑞典哥德堡市的物质存量进行空间分析。Müller 基于需求驱动,构建了城市建筑物动态模拟模型,并对荷兰 1900 年 - 2100 年住宅流量与存量进行模拟。Bergsdal 等修改并应用于挪威住宅存量研究分析,预测了 1900 年 - 2100 年人口对住房的需求。

在物质存量的研究中,对社会经济驱动因素的分析一般用 IPAT 模型进行分解,大多数研究都将人口、经济和物质使用强度等作为驱动力分析指标^[3]。刘迁策等于 2018 年基于 IPAT 模型对重庆市钢铁存量进行了驱动力分析,于 2019 年基于驱动力分析和敏感度评价等方法对中国特大城市的产品和金属库存进行了统计分析。韩中奎等利用 IPAT 模型对京津冀住房建筑的钢铁存量的社会经济驱动因素进行分析。

中国的快速城市化导致城市中的物质存量呈指数型增长,了解城市物质存量增长的动态变化有助于监控和调节城市层面的耗散损失。文章利用 IPAT 方程对驱动力分析模型进行分解,旨在通过对深圳市快速城市化过程中物质存量及其结构变化的研究,探讨城市化与物质存量的定量关系,揭示存量变化的驱动力^[4]。

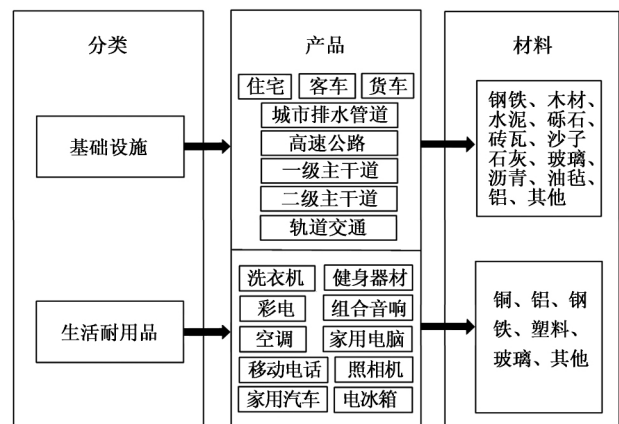


图 1 深圳市物质存量核算范围图

2 2000 年 - 2017 年深圳市物质存量核算

2.1 系统边界

文章以 2000 年 - 2017 年为时间范围,以深圳

市域为空间范围。存量核算范围涉及基础设施和生活耐用品两大类,包括钢铁、铝、水泥、砖块、木材、砾石、沙子、沥青、石灰、玻璃、砖瓦、塑料共12种物质(见图1)。

2.2 核算模型

研究采用数据统计的动态自下而上法^[5],计算公式如下:

$$S(t) = \sum_i P_i(t) \times m_i(t) \quad (1)$$

式中: $S(t)$ 为 t 年的 M 物质存量;

$P_i(t)$ 为该 N 物质终端产品 i 在 t 年的数量;

$m_i(t)$ 为每单位 N 物质终端产品 i 的含 N 量。

其余各类物质存量均可按此公式进行统一计算。

2.3 数据来源及数据处理

来自权威部门的统计数据是分析深圳市城市化过程物质存量的基础,还是保证研究结果准确性的参照标准。文章计算所需的各类产品数量、常住人口、GDP等数据主要来源于《深圳市统计年鉴》(2000-2018年)、《广东统计年鉴》(2000-2018年)、《深圳市国民经济和社会发展统计公报》(2000-2018年)、《深圳市房地产统计年鉴》等资料。由于统计年鉴范围限制、统计口径变化等原因导致部分基础设施和家庭耐用品较为全面的历史数据缺失,对于少量缺失数据,采用数学插值法予以弥补。

文章研究的8类基础设施和11类生活耐用品,主要的组成物质为钢铁、木材、水泥、砖瓦、沙子、砾石、石灰、玻璃、油毡、沥青、铜、铝、塑料、玻璃等十多种物质材料,不同年代物质使用强度不同,文章在核算时考虑了物质强度系数的变化^[6]。

2.4 2000年-2017年深圳市物质存量分析

核算结果如图2所示,可以看出,深圳市物质存量在2000年-2010年之间呈现快速增长态势。之后物质存量增长速度放缓。2000年,深圳市物质存量总量约为32.5亿吨,2017年达到119.9亿吨,增加了3.7倍。

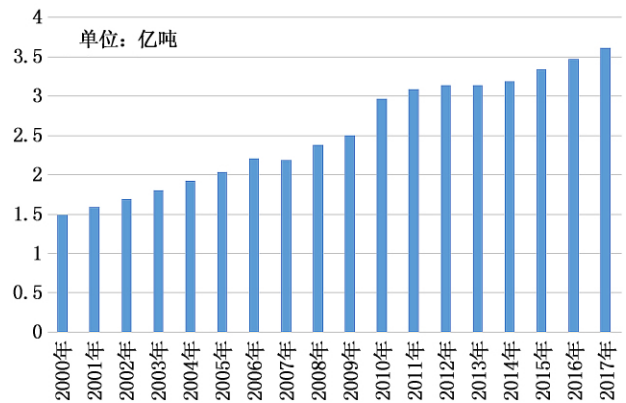


图2 深圳市总物质存量变化图

图3反映了人均物质存量的变化情况。按常住人口核算,深圳市人均物质存量呈现先增长后下降的趋势。2000年人均物质存量为21.3吨,2012年人均物质存量达到峰值,为29.7吨,之后呈现缓慢下降的趋势。

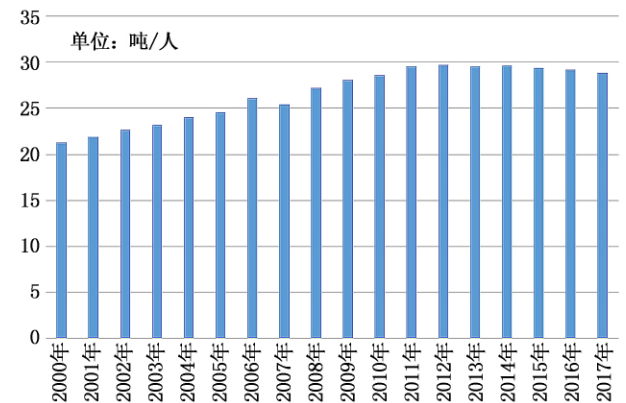


图3 深圳市人均物质存量变化图

基础设施是物质存量存在的主要形态,这些存量以此形态为城市提供相应的生产、生活或其他服务功能,因此,物质存量的结构在一定程度上可以反映城市功能的完善程度。由图4可以看出,住宅建筑占城市物质存量的比例最大,而其他类别的物质存量所占比例相对较小。而住宅占物质存量的比例呈现下降趋势,这说明在城市化初期,城市消耗的资源主要用于以住宅建筑为主的城市建设,用以满足人们的居住需求。当居住需求满足后,其他城市功能,如道路所提供的出行功能等才逐渐发展和完善。

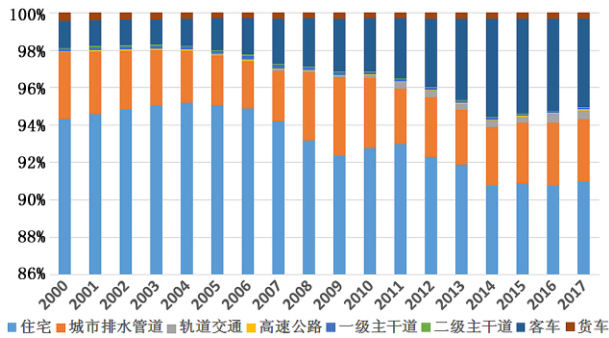


图 4 深圳市 2000 年 - 2017 年 各类基础设施百分比堆积图

3 物质存量变化的驱动力分析

3.1 驱动力分析模型

IPAT 模型可以简单量化各因素对城市化进程的驱动作用,通常用于分析经济发展产生的环境负荷的决定性因素,是量化人口、经济与环境间关系的模型。由于 IPAT 模型可以展示主要影响因子对社会经济发展的作用,在物质流动驱动因子的研究中应用广泛。因此,文章采用 IPAT 模型分析深圳市 2000 年 - 2017 年物质流在用存量变化的驱动因素。I 为各类产品中组成物质的存量变化; P 为深圳常住人口数; A 为人均 GDP (GDP/P),即经济水平; T 为各类产品的服务效率,单位 GDP 的物质存量(该物质存量/GDP)。如公式(2)所示:

$$I = P \times A \times T \quad (2)$$

3.2 影响因子

研究采用的 IPAT 方程用对数平均迪氏指数 (LMDI, Logarithmic Mean Divisia Index) 进行分解,该形式具有操作简便的优势,不受过程的控制,由时间始末数据便可量化结果,且其他分解法对其进行分解都会存在残差,而 LMDI 分解法中各效应加总与总效应保持一致,使 IPAT 模型更具有说服力。因此,文章采用 LMDI 分解法对 IPAT 模型进行分解变形得出各物质存量在单位时间内的变化率,见式(3)。

$$\begin{aligned} \Delta I &= \Delta P + \Delta A + \Delta T \\ &= \frac{I'_t - I_t}{\ln(I'_t) + \ln(I_t)} \times \ln\left(\frac{P'_t}{P_t}\right) + \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &\frac{I'_t - I_t}{\ln(I'_t) + \ln(I_t)} \times \ln\left(\frac{A'_t}{A_t}\right) + \\ &\frac{I'_t - I_t}{\ln(I'_t) + \ln(I_t)} \times \ln\left(\frac{T'_t}{T_t}\right) \quad (3) \end{aligned}$$

式中 I'_t 、 I_t 、 P'_t 、 P_t 、 A'_t 、 A_t 、 T'_t 、 T_t 分别为环境负荷、人口、富裕程度和技术在 $t' - t$ 时间段内年 t 及 t' 年对应的数值。

文章针对深圳市物质存量核算驱动力分析选取了目前对深圳市发展最关键的几个指标:地区生产总值(万元)、人均 GDP(万元)、常住人口(万人)和产品的服务效率 4 个指标对其进行驱动力分析。在 IPAT 模型中, P 值、A 值上升,表示存量增加的促进作用增大,反之对存量增加的促进减弱; T 值下降反映当前该类产品的服务效率提高,社会对该类产品的需求减小,对存量增加的促进作用减小,反之,该产品需求增加,对存量增加的促进作用增大^[7]。

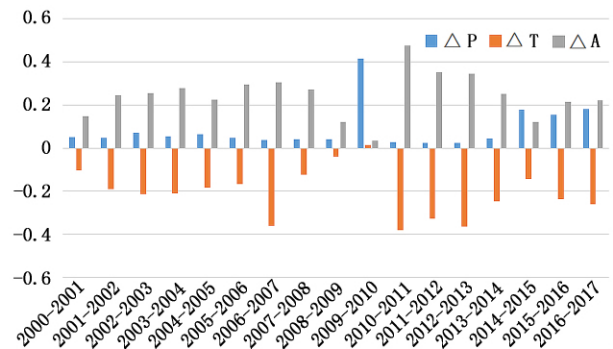


图 5 深圳市物质存量驱动力分析图

3.3 驱动力分析结果

驱动力分析结果如图 5 所示,可以看出, ΔA 和 ΔP 基本均为正值,即这些物质存量的增加的促进作用比较大,说明深圳市的经济水平和人口密度对深圳的发展影响较大,经济水平一直是驱动深圳市物质存量增长的最大因素,且经济水平影响强度还在进一步增强。人口因素也在驱动深圳市物质存量的增长,只是人口对深圳市物质存量增长的驱动较小,而近几年人口的影响力也在逐步增强。而 ΔT 基本均为负值,反映出这些物质的服务效率均较高,技术对深圳市物质存量的增加起到积极的促进作用,但

是技术对深圳物质存量增加的促进作用呈现降低的趋势。

4 结论

近年来,物质存量成为研究的热点,以深圳市为研究对象,采用自下而上的方法统计了深圳2000年-2017年的城市基础设施和生活耐用品的物质存量,并应用IPAT方程分析了物质存量变化的主要驱动力。研究发现,中国基础设施物质存量水平仅为发达国家的三分之一左右。就发达国家而言,美国人均存量约为30吨,日本为40吨,而中国人均物质存量为10吨左右。在过去十余年中,随着深圳市城市化过程的发展,深圳市物质存量呈上升趋势,在18年时间里,物质存量增长了3.6倍。其中,住宅物质存量占比最大,成为城市物质存量的主要载体。但随着城市功能的逐渐完善,满足其他城市服务功能的物质存量的占比呈现上升的趋势。分析认为,深圳市在这一时期,吸引了大量的高校毕业生到深圳工作,因此住宅需求旺盛,住宅相关的存量与深圳市人口发展之间具有较强相关性。随着经济的发展,为了提高城市发展质量,深圳市逐渐注重道路、轨道交通等基础设施的配套建设,以满足居民更多的日常需求和保障城市的高效运行。

5 结语

作为中国第一个全面城镇化的城市,深圳市2017年人均物质存量约为29吨,已经接近发达国家的平均水平,远远高于全国10吨的平均水平。可

以看出深圳市不仅在经济上发展迅猛,在物质存量的发展方面也具有巨大潜力,领跑中国物质存量发展。驱动力分析结果表明,人口和经济因素一直是驱动深圳市物质存量增长的因素,经济因素驱动作用最为显著,技术对物质存量增长也有积极的促进作用。研究深圳市物质存量发展的构成及其结构,并提出以高效利用存量及面向未来存量管理的城市发展建议,是创新城市资源环境管理的一个重要思路。

参考文献:

- [1] Andreas M, Haas W, Wiedenhofer D. How Countries' Resource Use History Matters for Human Well-being - An Investigation of Global Patterns in Cumulative Material Flows from 1950 to 2010 [J]. *Ecological Economics* 2017, 134: 1-10.
- [2] 杨东, 刘晶茹, 李玉, 等. 面向城市管理的城市建筑存量研究综述 [J]. *中国环境管理* 2019, 11(5): 88-93.
- [3] 李宜博. 北京市建筑存量演化及驱动因素分析 [D]. 北京工业大学, 2019.
- [4] Shi L, Muñoz E. Assessment Report on the Resource Profile of Dongguan City [J]. UN Environment Programme 2019.
- [5] 刘仟策, 刘立涛, 刘剑, 等. 重庆市钢铁存量估算及驱动力分析 [J]. *资源科学* 2018, 40(12): 2341-2350.
- [6] Liu J, Wang M, Zhang C, et al. Material flows and in-use stocks of durable goods in Chinese urban household sector [J]. *Resources, Conservation and Recycling* 2020, 158: 104758.
- [7] 韩中奎, 文博杰, 代涛, 等. 京津冀地区房屋建筑中钢铁存量研究及驱动力分析 [J]. *中国矿业* 2018, 027(11): 50-55.