

城市产业结构升级与人口规模的关系及演变规律

张耀军^{1,2}, 陈芸¹, 巫锡炜³

(1. 中国人民大学应用经济学院, 北京 100872; 2. 中国人民大学京津冀协同发展研究院, 北京 100872; 3. 中国人民大学人口与发展研究中心, 北京 100872)

摘要: 大城市在产业转型升级中起着重要的引领作用。本文以2006—2019年中国284个地级及以上城市的市辖区为研究样本, 从城市标度律的视角探索城市产业转型与人口规模的基本关系及演变规律。研究发现: ① 中国城市产业发展受产业整体发展趋势和城市人口规模变化的影响, 产业标度因子与产业区位商间的对应关系得到验证: 大城市(人口规模排序前5%)的特征产业有房地产业、租赁和商务服务业、科学研究和技术服务业等, 其标度因子为超线性; 小城市(人口规模排序末75%)的特征产业有农、林、牧、渔业、采矿业等产业, 其标度因子为次线性; 人口规模排序为5%~25%的城市产业结构介于前两类城市的过渡阶段。② 以中国证据验证了城市产业演进规律, 平均产业重演指数为0.49, 平均城市重演指数为0.37。城市产业结构随城市人口规模“梯度转移”, 大城市带动产业升级, 并对小城市形成辐射带动效应。研究结论对城市规划和产业布局具有政策启示。

关键词: 城市标度律; 产业结构转型; 城市人口规模; 中国

DOI: 10.11821/dlxb202502006

1 引言

第七次全国人口普查数据显示, 中国城市人口规模快速增长, 城区常住人口达到1000万的超大城市有上海、北京、深圳等7个城市, 人口500万~1000万的特大城市有武汉、东莞、西安等14个城市。这些城市聚集着大量人才、资本、技术等生产要素, 是培育中国新兴产业的沃土。例如, 上海市新一代信息技术、新材料、新能源等战略性新兴产业企业数量均属全国前5, 深圳市是全国城市中新一代信息技术、大数据、工业互联网企业数量最多的城市。在大城市不断向“高精尖”产业转型的过程中, 小城市也受益于大城市产业发展的外部性, 承接由大城市迁出的传统产业和产业链的部分功能, 这种溢出效应在长三角、珠三角、京津冀城市群产业发展中十分明显。大城市在中国产业转型中起着重要的引领作用, 大城市既引领产业转型升级的方向, 也对小城市产业发展存在梯度转移的影响。

经典的产业结构理论, 包括配第一克拉克定律、库兹涅茨法则、霍夫曼的工业结构四阶段理论、罗斯特的区域经济发展阶段等, 都认为无论是要素投入还是国民收入, 都会呈现从第一产业转移至第二、第三产业, 最终转向第三产业的演进规律。在产业演进

收稿日期: 2023-11-27; 修订日期: 2024-09-20

基金项目: 中央高校基本科研业务费专项基金项目(12XNI002) [Foundation: Fundamental Research Funds for the Central Universities, No.12XNI002]

作者简介: 张耀军(1968-), 男, 河南平顶山人, 教授, 博士生导师, 研究方向为区域经济, 人口资源环境可持续发展。

E-mail: zhyaojun@ruc.edu.cn

通讯作者: 巫锡炜(1980-), 男, 江西赣州人, 副教授, 硕士生导师, 研究方向为人口统计分析、民族人口及社会人口学。

Email: wuxiwei@ruc.edu.cn

的进程中,人口起着重要的作用。人口规模及其变化与城市产业发展互相影响,人口既是影响城市产业发展和产业选择的重要变量,同时也伴随着“人随产业走”的现象,并且,两者的互动关系存在空间溢出效应,带来了产业转移和产业升级^[1]。具体产业看,早期研究关注非农经济部门尤其是制造业对农业部门的替代,如钱纳里发现人口城市化与制造业比重正相关^[2];Michaels^[3]发现非农部门的增长与人口规模及其增速密切联系,等等。近年来的文献关注制造业与服务业在城市发展中的关系。一方面,制造业的发展促进服务业的发展,也加速了在城市发展进程中服务业的兴起和制造业的衰落^[4]。由于土地的稀缺、知识溢出以及新兴技术发展,大城市聚集着就业弹性高、技术密集度高、复杂度高的产业^[5-6],城市人口规模扩大伴随制造业收缩和服务业扩张成为一个基本规律,并在中、美等国得到证据支持^[7-9]。另一方面,也有相反的观点认为,基于中国城市的发展现状,制造业依然发挥着至关重要的作用,尤其是在中小城市中,制造业尚处于不断扩张的阶段^[10-11]。以往研究提供了扎实的理论基础,并就某一个或几个产业与城市人口规模的关系展开了实证分析,但是这些经验证据对产业的划分较为粗糙,大多基于三次产业划分;对处于不同发展阶段的的城市缺乏系统比较,难以捕捉城市内部产业结构演变的规律及其与其他城市产业结构之间的关系。那么,在中国城市的发展历程中,在更细分的产业类别尺度下,城市人口规模和各产业规模呈现何种关系,城市产业发展遵循什么样的演进规律?这正是本文试图回答的问题。

城市标度律(Urban Scaling Law)刻画了城市特征与城市人口规模的幂函数关系,并根据城市特征随城市人口规模的变动幅度,将城市特征划分为超线性、线性和次线性3类,以反映该特征是否有聚集效应。城市标度律在不同时间范围、不同国家地区、不同空间尺度中被广泛证实^[12-15],并被逐渐应用于城市系统内部产业结构、知识结构、空间结构等的研究中^[5, 16-17]。但国内相关研究尚停留在以中国城市为研究对象、选取多个城市指标检验城市标度律适用性的阶段,涉及城市产业结构的论述极少,仅仅测算不同产业就业人员规模或增加值指标的标度因子^[18],并未展开深入分析。Hong等^[17]通过理论推导城市标度律与产业区位商的关系,建立了城市标度律与产业发展理论的内在联系,认为城市产业结构演变遵循一条以人口规模为主导因素的一般路径,并最终形成以信息服务业、金融业、专业服务业等创新驱动型产业为主导的产业结构。

本文以2006—2019年中国284个地级以上城市19个产业为研究对象,采用城市标度律方法,分析中国城市体系下各产业的发展规律,并通过城市类型划分和各产业就业人员规模的增量变化探索中国城市产业结构的演进规律。本文可能的边际贡献有以下两方面:①基于城市标度律视角分析城市产业结构,更全面地展现各类产业与城市人口规模之间的关系,并对处于不同发展阶段的的城市产业结构进行动态比较,揭示不同规模城市的产业结构特征和城市产业结构演进的一般规律,为产业转型领域的研究提供实证方面的补充。②采用中国长时段、大面板的城市产业数据,将城市标度律运用于产业指标的增量变化,是规模增长系数和重演指数方法在中国城市样本中的首次应用;并且在Hong等^[17]方法的基础上,对规模增长系数测度进行了调整,以提高数据信息的提取效率和模型的稳健性。

2 数据和方法

本文以城市标度律为基础展开分析。首先在静态视角下,测算19个产业的标度因子和区位商,以反映中国城市产业结构与城市人口规模之间的关系。接着在动态视角下,

根据增量变化测算各个产业的规模增长系数,并结合静态视角下测得的标度因子,分别测算产业重演指数和城市重演指数,分析中国城市产业结构随人口规模增长的演进规律。本文所涉及的主要方法之间的关系如图1所示。

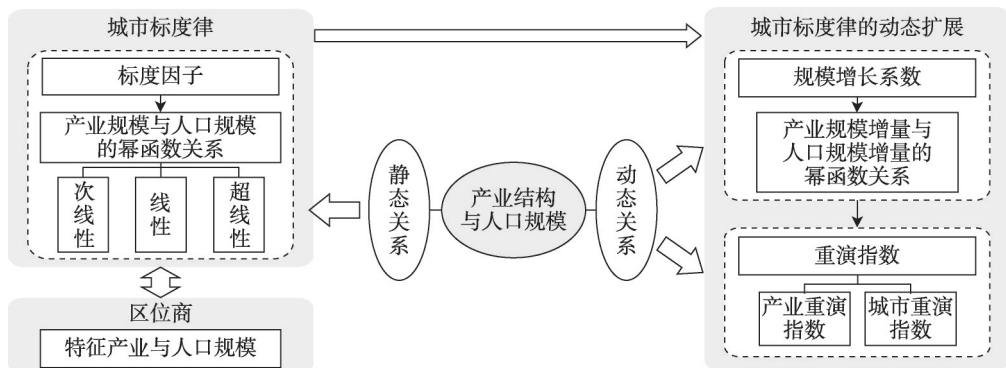


图1 研究框架图

Fig. 1 Research framework

2.1 研究区域和数据来源

地级市是中国重要的行政区划单元,但地级市市域范围内存在大量非城市地区,相比市域范围,市辖区是真正的城市地区,更符合标度律模型^[19]。为了更好地反映中国城市体系的产业发展特征,本文以284个地级及以上城市的市辖区为研究单元(港澳台地区和西藏数据暂缺),观测期为2006—2019年^①。根据中国国民经济行业分类,本文研究的产业为农、林、牧、渔业,采矿业,制造业,电力、热力、燃气及水生产和供应业,建筑业,批发和零售业,交通运输、仓储和邮政业,住宿和餐饮业,信息传输、计算机服务和软件业,金融业,房地产业,租赁和商务服务业,科学研究和技术服务业,水利、环境和公共设施管理业,居民服务、修理和其他服务业,教育,卫生和社会工作,文化、体育和娱乐业,以及公共管理、社会保障和社会组织共19个产业,由于国际组织行业数据缺失,不纳入本文研究范围^②。

中国人口流动日趋频繁,常住人口比户籍人口更能反映城市实际人口规模,参考焦利民等^[18]和徐智邦等^[21]的做法,将城市人口规模定义为市辖区常住人口规模,即《中国

① 样本观测期内,涉及的地级市及以上的行政区划调整包括:2018年撤销地级莱芜市,将其所辖区域划归济南市管辖;2016年将资阳市代管的县级简阳市改由成都市代管;2011年撤销原地级巢湖市居巢区,居巢区合肥市代管、庐江县划归合肥市管辖、无为县划归芜湖市管辖,和县的沈巷镇划归芜湖市,含山县、和县(不含沈巷镇)划归马鞍山市管辖;2010年襄樊市更名为襄阳市;2008年将宝鸡市扶风县揉谷乡划归咸阳市杨陵区管辖;2007年思茅市更名为普洱市。因此,本文对数据进行如下调整:一是将2018年以前莱芜市数据并入济南市;二是将襄樊市数据并入襄阳市,将思茅市数据并入普洱市;三是由于简阳市、巢湖市和揉谷乡为地级市间行政区划局部调整,故根据2010年第六次人口普查分县数据中的人口规模对本研究数据进行加权及后续归并。

② 研究期间行业划分涉及3个标准:GB/T4754—2002、GB/T4754—2011和GB/T4754—2017,三者均包含20个大类(本文删去了国际组织这一行业划分),三者之间的差异主要体现在细分行业的同大类调整,涉及跨行业大类的调整极少。例如,2017年的跨行业大类调整包括:将燃气生产和供应业(电力、热力、燃气及水生产和供应业)调整到煤制合成气生产(制造业);将电力供应(电力、热力、燃气及水生产和供应业)调整到机动车充电销售(零售业);将担保服务(租赁和商务服务业)调整到金融业;将其他房地产业由房地产业调整到水利、环境和公共设施管理业;将其他畜牧业(畜牧业)调整为宠物饲养(居民服务、修理和其他服务业);将兽医服务(科学研究和技术服务业)调整到宠物医院服务(居民服务、修理和其他服务业);将其他未列明商务服务业(租赁和商务服务业)调整到文化、体育和娱乐业中。参考田友春等^[20]的做法,考虑到调出和调入的数据数值相对小,对标度因子、动态标度因子和重演指数的测算影响不会太大,本文不对19个产业进行调整或分段研究。

城市建设统计年鉴》中的城区人口规模与城区暂住人口规模之和；相应地，以市辖区分行业年末城镇单位就业人员规模衡量城市产业结构，数据来源于《中国城市统计年鉴》。

2.2 城市标度律

城市标度律刻画了某一时点城市体系中某一指标与城市人口规模的幂函数缩放关系。Bettencourt^[22]认为，在给定以下4个假设的情况下，可以忽略城市基础设施等因素，直接建立城市人口规模与某一城市指标的关系：① 城市体系中的城市可以满足居民最低限度的资源需求；② 城市基础设施建设随人口规模扩大而扩张，并趋向去中心化；③ 个体对城市发展的贡献是有限的，且独立于城市人口规模；④ 社会经济产出与本地社会关联（如通信网络等）成比例。在上述假设下，城市标度律的基本形式为：

$$Y_{ci} = Y_{0i} N_c^{\beta_i} \quad (1)$$

式中： Y_{ci} 为城市 c 的某一指标 i ，如经济产出、基础设施、居民生活、城市治安等，在本文中即各产业的就业人员规模； N_c 为城市 c 的人口规模； Y_{0i} 为与城市人口规模无关的、影响该指标的指前因子（Pre-factor）； β_i 为标度因子（Scaling Exponent）。

根据标度因子 β_i 的大小可将城市指标分为以下3类：① 次线性指标（ $\beta_i < 1$ ，通常为0.85左右），该城市指标随城市人口规模增长呈次线性增长，具有规模报酬递增的特征，通常为与城市基础设施相关的指标，如城市道路长度、通信光缆长度等；② 线性指标（ $\beta_i = 1$ ），即该城市指标随城市人口规模呈线性变化，通常为与居民个人需求相关的城市指标，如用水量等；③ 超线性指标（ $\beta_i > 1$ ，通常为1.15左右），该城市指标随城市人口规模增长呈超线性增长，具有规模经济和聚集效应的特征，通常为GDP、工资、创新产出等社会经济指标。也有学者从标度因子的95%置信区间定义，若置信区间上界小于1，则为次线性，若1在置信区间内，则为线性，若置信区间下界大于1，则为超线性^[23]。

将式（1）左右两边同时取对数可得到线性函数：

$$\ln Y_{ci} = \ln Y_{0i} + \beta_i \ln N_c \quad (2)$$

该函数是城市标度律研究中简单的、最常用的拟合模型，通过将城市人口规模的对数形式与某一城市指标的对数形式进行OLS回归，可得到标度因子 β_i 。

以往研究在不同时间范围、不同国家地区、不同空间尺度、采用不同指标均发现了较为稳健的城市标度律^[12-15]，并以城市标度律为基本规律，提出规模修正指标、城市效能测度等指标反映偏离城市标度律的空间特征及其影响因素^[16, 21, 24]。近年也有研究从某一特定视角出发，研究某一类要素在城市发展中的标度律，如劳动力要素^[17]、技术要素^[5]、土地要素^[16]等，以反映城市化过程中产业结构、知识结构、土地效率的发展规律。

2.3 城市标度律与区位商

区位商是衡量城市产业专门化程度的指标，与该区域该产业的标度因子呈正相关关系^[17]。若 Y_{ci} 表示城市 c 产业 i 的就业人员规模，则其区位商为：

$$rca_{ci} = \frac{Y_{ci}}{\sum_i Y_{ci}} \bigg/ \frac{\sum_c Y_{ci}}{\sum_{c,i} Y_{ci}} \quad (3)$$

代入式（1），则有：

$$rca_{ci} = \sum_{c,i} Y_{ci} \times \frac{N_c^{\beta_i}}{\sum_i Y_{ci} \sum_c N_c^{\beta_i}} \quad (4)$$

假定城市中所有产业的就业人员总规模 $\sum_i Y_{ci}$ 与城市人口规模 N_c 成比例，城市人口规模 N_c 服从指数分布， $P(N_c) \sim N^{-\gamma}$ ，根据Zipf定律， $\gamma = 2$ ，因此：

$$rca_{ci} \sim \begin{cases} \sum_c N_c \times (\beta_i - 1) \times \frac{N_c^{\beta_i - 1}}{N_{\max}^{\beta_i - 1} - N_{\min}^{\beta_i - 1}}, & \beta_i \neq 1 \\ \sum_c N_c \times \frac{N_c^{\beta_i - 1}}{N_{\max} - N_{\min}}, & \beta_i = 1 \end{cases} \quad (5)$$

式中： N_{\max} 、 N_{\min} 分别表示 N_c 的最大值和最小值。式(5)说明，若某一区域中某产业就业人员规模为超线性指标，其区位商将随城市人口规模增加而增加，多为大城市的特征产业（Characteristic Industry）；若某一区域中某产业就业人员规模为次线性指标，其区位商将随城市人口规模增加而下降，多为小城市的特征产业。

2.4 城市标度律与城市演变

大量国内外文献认为，城市标度律仅适用于某一时间截面的研究，简单套用城市标度律的形式研究单一城市一段时间内的发展变化（即异速增长律，Allometric Growth）极有可能得到不稳健且与截面研究相悖的结论^[15, 25-26]。Hong等^[17]将城市标度律动态化，并引入规模增长系数（Scaled Growth Coefficient）和重演指数（Recapitulation Score）两个指标，以分析标度律在时间维度上的一致性。但是实证中Hong等^[17]以观测期起止两个时间点测算规模增长系数和重演指数，而采用观测期中每一个观测时间测算标度因子，这要求观测期内城市人口规模和产业结构的变化是均匀的，不存在其他随时间变化的外生冲击的影响，否则选取观测期内的任两个时间点测算都会得到不一致的规模增长系数和重演指数。并且仅仅选择两个横截面的数据进行测算，没有对面板数据的大量信息进行有效利用。因此，本文在其基础上，进一步将样本根据观测时间纵向划分为两个长度相等的时间段 t_1 、 t_2 ，以两个时间段内城市人口规模以及各产业就业人员规模的均值计算各产业的规模增长系数。具体地，估计方程如下：

$$\Delta \ln Y_{ci} = \Delta \ln Y_{0i} + \beta_i \Delta \ln N_c \quad (6)$$

式中： $\Delta \ln Y_{ci}$ 、 $\Delta \ln Y_{0i}$ 和 $\Delta \ln N_c$ 分别表示时间段 t_1 、 t_2 内 $\ln Y_{ci}$ 、 $\ln Y_{0i}$ 和 $\ln N_c$ 的平均变化量，即 $\Delta \bar{X} = \bar{X}(t_2) - \bar{X}(t_1)$ ， $\bar{X}(t_1)$ 、 $\bar{X}(t_2)$ 分别表示时间段 t_1 、 t_2 内 X 的均值（ X 为 $\ln Y_{ci}$ 、 $\ln Y_{0i}$ 或 $\ln N_c$ ）。估计式(6)中的 β_i 可得到规模增长系数 $\hat{\beta}_i$ 及趋势项 $\Delta \ln Y_{0i}$ 。若标度律完全适用于解释由人口规模增长带来的产业结构变化， $\hat{\beta}_i$ 与 β_i 相等；反之， $\hat{\beta}_i$ 将偏移 β_i 。

进一步地，参考Hong等^[17]的做法，构建产业 i 的重演指数，刻画城市标度律对产业结构变化随城市人口规模变化的解释力：

$$S_i = 1 - \left| \frac{\hat{\beta}_i - \beta_i}{\beta_i} \right| \quad (7)$$

若产业 i 的就业人员规模与城市人口规模的幂函数关系与其增量间的幂函数关系完全一致，则重演指数最高且为1，若就业人员规模增量与城市人口规模增量无关，则规模增长系数和重演指数均为0；若就业人员规模增量与城市人口规模增量有关，但增量间的关系远远偏离其存量间的幂函数关系，则重演指数为负数。

在产业重演指数的基础上测算城市重演指数。由于城市标度律是城市系统的普遍特征，在同一城市体系中，不同类城市的标度因子相同，但增量规模因子有差异，因此以城市体系中所有城市为样本估计标度因子 β_i ，再以该类城市（ g ）为样本估计规模增长系数 $\hat{\beta}_{g,i}$ 。 g 类城市产业 i 的重演指数为：

$$S_{g,i} = 1 - \left| \frac{\hat{\beta}_{g,i} - \beta_i}{\beta_i} \right| \quad (8)$$

而 g 类城市的重演指数为：

$$S_g = \overline{S_{g,i}} = 1 - \left| \frac{\widehat{\beta_{g,i}} - \beta_i}{\beta_i} \right| \tag{9}$$

S_g 接近1，该类城市的重演程度越高，若该类城市的城市指标与人口规模增量无关，则 S_g 趋于0。

3 结果分析

3.1 产业结构演进的静态规律

首先测算2006—2019年中国城市各产业就业人员规模的标度因子，结果如表1所示。从产业标度因子均值看，就业人员规模随人口规模次线性变化的产业有金融业($\beta_i=0.92$)，卫生和社会工作($\beta_i=0.87$)，教育($\beta_i=0.82$)，水利、环境和公共设施管理业($\beta_i=0.82$)，电力、热力、燃气及水生产和供应业($\beta_i=0.80$)，公共管理、社会保障和社会组织($\beta_i=0.68$)，农、林、牧、渔业($\beta_i=0.46$)和采矿业($\beta_i=0.44$)，上述部门除金融业外，其余部门属于第一、二产业和第三产业中的生活性服务业；超线性变化的产业有居民服务、修理和其他服务业($\beta_i=1.41$)，租赁和商务服务业($\beta_i=1.32$)，制造

表 1 2006—2019 年中国各城市 19 个产业就业人员规模的标度因子
Tab. 1 Scaling exponent of employed persons in 19 industries for various cities of China from 2006 to 2019

产业	标度因子														
	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	
农、林、牧、渔业	0.36	0.39	0.43	0.44	0.43	0.39	0.41	0.54	0.50	0.60	0.53	0.56	0.51	0.37	
采矿业	0.50	0.51	0.48	0.35	0.39	0.45	0.43	0.40	0.40	0.52	0.47	0.44	0.43	0.34	
制造业	1.20	1.23	1.28	1.33	1.33	1.36	1.35	1.33	1.33	1.33	1.34	1.34	1.33	1.31	
电力、热力、燃气及水生产和供应业	0.76	0.76	0.76	0.75	0.75	0.79	0.78	0.84	0.85	0.83	0.85	0.82	0.79	0.80	
建筑业	0.98	1.00	1.06	1.05	1.08	1.12	1.14	1.12	1.12	1.15	1.12	1.15	1.16	1.12	
批发和零售业	0.97	1.00	1.04	1.10	1.15	1.16	1.15	1.15	1.18	1.17	1.16	1.15	1.16	1.17	
交通运输、仓储和邮政业	1.01	1.04	1.06	1.07	1.09	1.10	1.11	1.08	1.10	1.13	1.14	1.11	1.12	1.09	
住宿和餐饮业	1.09	1.12	1.18	1.21	1.22	1.29	1.31	1.23	1.22	1.23	1.23	1.25	1.27	1.28	
信息传输、计算机服务和软件业	0.85	0.90	0.92	0.93	0.95	0.94	0.91	1.05	1.08	1.06	1.05	1.09	1.09	1.09	
金融业	0.85	0.89	0.89	0.89	0.91	0.94	0.93	0.92	0.95	0.97	0.99	0.95	0.93	0.89	
房地产业	1.20	1.22	1.28	1.25	1.29	1.30	1.28	1.24	1.24	1.26	1.24	1.23	1.27	1.22	
租赁和商务服务业	1.25	1.28	1.29	1.27	1.35	1.34	1.37	1.41	1.37	1.36	1.33	1.33	1.27	1.21	
科学研究和技术服务业	1.06	1.08	1.13	1.12	1.15	1.19	1.17	1.20	1.22	1.24	1.23	1.24	1.25	1.25	
水利、环境和公共设施管理业	0.77	0.78	0.78	0.80	0.79	0.79	0.78	0.81	0.83	0.87	0.85	0.86	0.86	0.93	
居民服务、修理和其他服务业	1.31	1.39	1.49	1.50	1.54	1.53	1.38	1.35	1.43	1.39	1.34	1.38	1.36	1.30	
教育	0.74	0.76	0.79	0.78	0.82	0.82	0.82	0.82	0.86	0.86	0.86	0.87	0.86	0.87	
卫生和社会工作	0.83	0.85	0.87	0.86	0.87	0.89	0.88	0.88	0.88	0.90	0.90	0.88	0.87	0.85	
文化、体育和娱乐业	0.92	0.97	0.98	0.99	1.01	1.01	1.03	1.05	1.05	1.05	1.02	1.03	1.02	1.01	
公共管理、社会保障和社会组织	0.66	0.66	0.68	0.68	0.68	0.69	0.69	0.67	0.69	0.72	0.67	0.67	0.68	0.67	

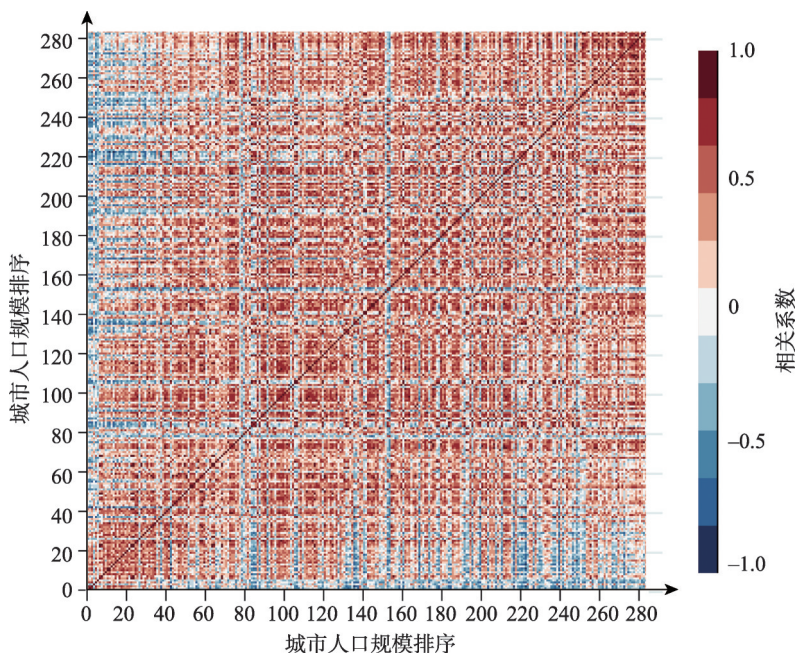
业 ($\beta_i=1.31$), 房地产业 ($\beta_i=1.25$), 住宿和餐饮业 ($\beta_i=1.22$), 科学研究和技术服务业 ($\beta_i=1.18$), 批发和零售业 ($\beta_i=1.12$), 建筑业 ($\beta_i=1.10$) 以及交通运输、仓储和邮政业 ($\beta_i=1.09$), 上述部门除制造业和建筑业外, 均属于第三产业。而文化、体育和娱乐业以及信息传输计算机服务和软件业的标度因子分别为1.01和0.99, 十分靠近线性标度因子。从时间趋势看, 各产业的标度因子 β_i 随时间小幅波动, 其中, 信息传输、计算机服务和软件业标度因子随时间缓慢上升, 由2006年的0.85增至2019年的1.09, 这说明人口规模发生同等变动下, 数字经济相关部门就业人员数量变化幅度随时间增加, 数字经济在中国城市产业发展中发挥着越来越重要的作用。

各产业就业人员规模的标度因子特征反映了产业区位商随城市人口规模的变化关系, 次线性产业区位商随城市人口规模扩大而下降, 超线性产业区位商随城市人口规模扩大而增加, 线性产业区位商与城市人口规模无关。将284个城市按人口规模分为20组(每组14个或15个城市), 组1为人口规模最大的一组城市, 组20为人口规模最小的一组城市, 测算2006—2019年各组城市各个产业的区位商均值。表2展示了产业区位商随城市人口规模的变化关系。19个产业可大致分为以下3类: ① 次线性产业(区位商随城市人口规模扩大而下降), 有农、林、牧、渔业, 采矿业, 电力、热力、燃气及水生产和供应业, 金融业, 水利、环境和公共设施管理业, 教育, 卫生和社会工作以及公共管理、社会保障和社会组织。其中, 农、林、牧、渔业, 采矿业以及水利、环境和公共设施管理业在平均人口规模小于162万的城市为特征产业, 在其余城市为自给性产业; 而电力、热力、燃气及水生产和供应业以及公共管理、社会保障和社会组织在平均人口规模小于400万的城市为特征产业, 其余城市为自给性产业; 而金融业, 教育以及卫生和社会工作仅在人口规模最大的5%城市中(平均人口规模大于850万)为自给性产业。② 超线性产业(区位商随城市人口规模扩大呈现上升趋势), 有制造业, 建筑业, 批发和零售业, 交通运输、仓储和邮政业, 住宿和餐饮业, 房地产业, 租赁和商务服务业, 科学研究和技术服务业以及居民服务、修理和其他服务业。其中, 制造业在平均人口规模大于162万的城市中为特征产业; 批发和零售业, 房地产业, 租赁和商务服务业, 科学研究和技术服务业以及居民服务、修理和其他服务业仅在人口规模最大的5%城市中为特征产业; 建筑业以及住宿和餐饮业区位商随城市人口规模扩大整体上呈上升趋势, 但建筑业在人口规模最大的5%城市中区位商最低且为自给性部门, 住宿和餐饮业在人口规模最小的5%城市中(平均人口规模20万以下)区位商最高且为特征产业。③ 区位商随城市人口规模扩大的变化并无明显趋势的产业, 有信息传输、计算机服务和软件业以及文化、体育和娱乐业。

从表2也可以看出, 若基于产业区位商与城市人口规模的关系划分中国城市规模, 可分为3类城市: ① 小城市, 其人口规模低于162万, 样本中小城市的占比为75%; ② 人口规模排序为5%~25%城市, 人口规模为162万~850万之间; ③ 人口规模最大的5%城市, 人口规模大于850万。3类城市的特征产业不同, 小城市以第一产业和生活性服务业为特征产业; 而大城市(人口规模排序前5%城市)以制造业、生产性服务业如科学研究和技术服务业为特征产业; 人口规模排序为5%~25%城市产业结构介于前两类城市之间, 处于过渡阶段。本文进一步分析各城市产业区位商间的皮尔逊相关系数(图2)。中国城市的产业结构相似度极高, 绝大多数城市产业区位商间的相关系数为正, 且城市人口规模相近(图2对角线附近)的城市间产业结构更相似。根据产业区位商相关系数与城市人口规模的相关关系, 中国城市也大致可分为人口规模排序前5%、排序5%~75%和排序末75% 3类城市, 3类城市内的产业区位商相关系数均值分别为0.21、0.28、0.28, 高于3类城市间的产业区位商相关系数, 其中人口规模排序前5%的城市与5%~25%城市间的产业

表 2 2006—2019 年 19 个产业区位商与城市人口规模间的关系
Tab. 2 Relationship between location quotient of 19 industries and population size for cities of China from 2006 to 2019

产业	区位商																			(人口规模大)
	组 1 (人口规模小)	组 2	组 3	组 4	组 5	组 6	组 7	组 8	组 9	组 10	组 11	组 12	组 13	组 14	组 15	组 16	组 17	组 18	组 19	组 20
农、林、牧、渔业	0.61	0.43	0.41	0.30	0.03	0.03	0.32	0.55	0.35	0.20	-0.03	0.78	0.25	-0.05	0.20	-0.41	-0.23	-0.25	-0.53	-0.35
采矿业	-0.27	-0.12	0.41	0.26	0.42	0.56	0.54	0.34	0.32	0.12	0.43	-0.25	0.25	0.32	0.38	0.04	-0.24	-0.12	-0.29	-0.63
制造业	-0.26	-0.31	-0.23	-0.18	-0.06	-0.19	-0.14	-0.09	-0.09	-0.12	-0.09	-0.09	-0.05	-0.03	-0.03	0.04	0.09	-0.04	0.07	0.07
电力、热力、燃气及水生 产和供应业	0.18	0.27	0.18	0.27	0.25	0.05	0.15	0.08	0.16	0.23	0.25	0.24	0.09	0.26	0.18	0.10	0.05	0.08	-0.05	-0.12
建筑业	-0.05	-0.11	-0.04	-0.05	-0.06	0.05	-0.04	-0.03	0.06	0.06	-0.07	-0.01	0.04	-0.08	-0.05	0.07	0.09	0.14	0.02	-0.12
批发和零售业	-0.11	-0.07	-0.14	-0.12	-0.15	-0.11	-0.15	-0.16	-0.08	-0.08	-0.05	-0.10	-0.11	-0.11	-0.09	-0.12	-0.16	-0.04	-0.06	0.04
交通运输、仓储和邮政业	0.05	-0.16	-0.11	-0.09	-0.20	-0.11	-0.14	-0.19	-0.08	-0.05	-0.11	-0.04	-0.12	-0.14	-0.07	-0.12	-0.04	-0.02	-0.02	0.07
住宿和餐饮业	0.22	-0.05	-0.22	-0.22	-0.32	-0.22	-0.27	-0.28	-0.34	-0.28	-0.22	-0.28	-0.11	-0.30	-0.24	-0.19	-0.17	-0.14	-0.03	0.04
信息传输、计算机服务和 软件业	-0.04	-0.04	-0.05	-0.02	-0.05	-0.04	-0.07	-0.17	-0.10	-0.04	-0.11	0.01	-0.14	-0.19	-0.19	-0.25	-0.27	-0.17	-0.03	0.03
金融业	0.02	0.12	0.11	0.08	0.13	0.09	0.12	0.09	0.12	0.09	0.10	0.17	0.11	0.10	0.03	0.03	-0.01	0.04	-0.02	0.01
房地产业	-0.20	-0.20	-0.19	-0.17	-0.38	-0.26	-0.17	-0.24	-0.25	-0.20	-0.18	-0.18	-0.13	-0.13	-0.16	-0.13	-0.17	-0.07	-0.04	0.05
租赁和商务服务业	-0.29	-0.34	-0.29	-0.15	-0.38	-0.43	-0.31	-0.41	-0.22	-0.16	-0.22	-0.40	-0.30	-0.37	-0.26	-0.19	-0.19	-0.19	-0.13	0.07
科学研究和技术服务业	-0.25	-0.09	-0.26	-0.23	-0.28	-0.31	-0.29	-0.24	-0.26	-0.14	-0.18	-0.21	-0.26	-0.08	-0.21	-0.11	-0.15	-0.04	-0.01	0.03
水利、环境和公共设施管 理业	0.23	0.28	0.15	0.23	0.08	0.16	0.02	0.18	0.09	0.09	0.15	0.16	0.14	0.05	0.13	0.05	-0.03	-0.04	-0.05	-0.05
居民服务、修理和其他服 务业	-0.31	-0.44	-0.33	-0.42	-0.53	-0.28	-0.46	-0.28	-0.28	-0.24	-0.17	-0.25	-0.32	-0.44	-0.36	-0.07	-0.42	-0.44	-0.25	0.07
教育	0.24	0.31	0.20	0.14	0.10	0.14	0.11	0.17	0.08	0.10	0.11	0.09	0.07	0.15	0.09	0.03	0	0.04	0.03	-0.04
卫生和社会工作	0.15	0.24	0.11	0.15	0.06	0.12	0.14	0.15	0.10	0.13	0.13	0.14	0.11	0.13	0.06	0.04	0.02	0.05	0.01	-0.01
文化、体育和娱乐业	-0.04	0.11	-0.02	0.00	-0.11	-0.06	-0.07	-0.09	-0.12	-0.09	-0.01	-0.01	-0.11	-0.11	-0.04	-0.14	-0.09	0.02	0	0.01
公共管理、社会保障和社 会组织	0.33	0.37	0.33	0.31	0.26	0.20	0.25	0.22	0.18	0.20	0.15	0.21	0.13	0.13	0.13	0.04	-0.02	0.05	-0.06	-0.08



注：根据城市人口规模从大到小排序，并计算2006—2019年任意两个城市之间19个产业的平均区位商（向量）间的皮尔逊相关系数，颜色越深代表相关性越强，红色表示正相关，蓝色表示负相关。

图2 2006—2019年城市间产业区位商的相关系数

Fig. 2 Correlation of location quotients of each city averaged from 2006 to 2019

区位商相关系数均值为0.14，前5%与末75%城市的相关系数均值为-0.09，5%~25%城市与末75%城市的相关系数均值为0.16。

3.2 产业结构演进的动态规律

将观测期2006—2019年划分为2006—2012年和2013—2019年两个阶段，计算各产业的规模增长系数、趋势项和重演指数，结果如表3所示。

从规模增长系数 β_i 看，采矿业的规模增长系数小于0，说明采矿业就业人员规模的增量与城市人口规模增量之间负相关，而其余18个产业的规模增长系数均大于0。各产业规模增长系数与标度因子间呈正相关关系，两者相关性为0.73。其中，居民服务、修理和其他服务业的规模增长系数略高于其标度因子，其余18个产业的规模增长系数均小于标度因子。这说明中国城市产业发展存在一定的路径依赖，具有规模经济的优势产业较非优势产业对人口增长更敏感，更易加强集聚效应。

从重演指数 S_i 看，平均产业重演指数为0.49，低于Hong等^[17]以美国城市为样本测算的0.7，说明中国城市产业重演程度较美国低，存在更多由非城市人口规模驱动的其他因素。具体产业看，重演指数较高的产业有建筑业，住宿和餐饮业以及居民服务、修理和其他服务业等，多为生产不可贸易品的部门，而生产可贸易品的部门如采矿业和制造业重演指数较低，这说明作为拉动国民经济的“三驾马车”之一，城市人口规模增长带来的消费市场是驱动城市产业发展的重要因素。

从趋势项 $\Delta \ln \bar{Y}_{0t}$ 看，农、林、牧、渔业，采矿业以及电力、热力、燃气及水生产和供应业呈萎缩态势，剔除城市人口规模的影响后，相比2006—2012年，2013—2019年这3个产业就业人员规模下降；其余产业呈扩张趋势，其中房地产业和建筑业扩张最快，其次是租赁和商务服务业，金融业等生产性服务业以及信息传输、计算机服务和软件业等

表3 2006—2019年19个产业的平均标度因子、规模增长系数、重演指数及趋势项
Tab. 3 Averaged scaling exponent, scaled growth coefficient, recapitulation score and nationwide trend of 19 industries from 2006 to 2019

产业	β_i	$\hat{\beta}_i$	S_i	$\widehat{\Delta \ln Y_{0i}}$
农、林、牧、渔业	0.46	0.26	0.55	-0.85
采矿业	0.44	-0.16	-0.38	-0.19
制造业	1.31	0.57	0.43	0.03
电力、热力、燃气及水生产和供应业	0.80	0.43	0.54	-0.06
建筑业	1.10	0.64	0.59	0.63
批发和零售业	1.12	0.62	0.55	0.37
交通运输、仓储和邮政业	1.09	0.46	0.42	0.26
住宿和餐饮业	1.22	0.85	0.70	0.14
信息传输、计算机服务和软件业	0.99	0.44	0.44	0.50
金融业	0.92	0.54	0.59	0.35
房地产业	1.25	0.56	0.45	0.85
租赁和商务服务业	1.32	0.79	0.60	0.60
科学研究和技术服务业	1.18	0.38	0.32	0.25
水利、环境和公共设施管理业	0.82	0.48	0.59	0.06
居民服务、修理和其他服务业	1.41	1.57	0.88	0.30
教育	0.82	0.51	0.62	0.10
卫生和社会工作	0.87	0.45	0.51	0.37
文化、体育和娱乐业	1.01	0.33	0.33	0.09
公共管理、社会保障和社会组织	0.68	0.42	0.62	0.19

服务于数字经济的产业，而制造业扩张趋势极弱，在所有呈扩张趋势的产业中 $\widehat{\Delta \ln Y_{0i}}$ 最小。这说明中国整体上的产业演进特点为：高度依赖自然资源的产业部门萎缩，传统产业如制造业发展速度减缓，生产性服务业和新兴数字经济部门不断壮大，建筑业和房地产业依旧占据重要地位。

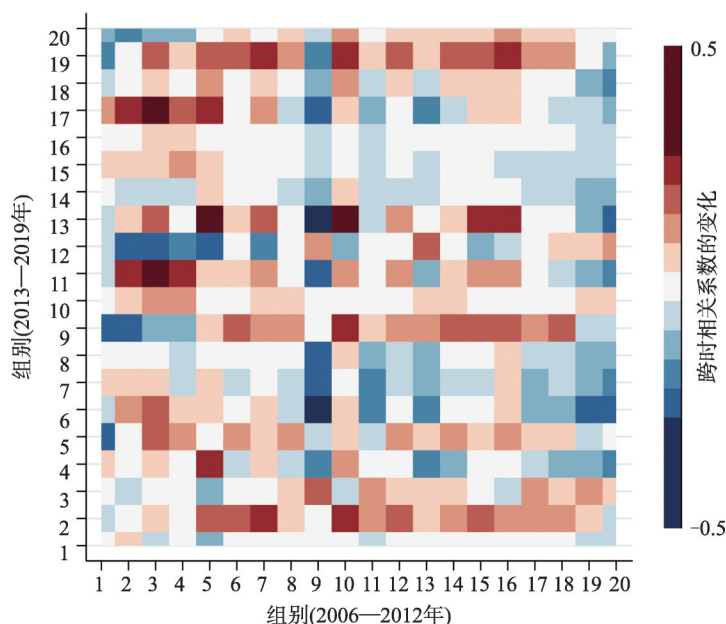
进一步分析不同人口规模城市的产业重演指数。分别测算20组城市中各产业重演指数以及城市重演指数（表4）。若以19个产业重演指数的均值衡量各组城市重演指数，人口规模排序前75%的城市重演指数低于末25%城市，且20组城市的重演指数均值为-0.04。考虑到在城市人口规模排序前75%的城市组中，农、林、牧、渔业以及采矿业的重演指数远低于其他产业且波动极大，这是因为农、林、牧、渔业以及采矿业从业人数主要受限于城市自然资源禀赋^[18]，人口规模的增长对其影响不大。因此，本文在计算城市重演指数时也考虑了剔除这两个产业的结果，发现，城市重演指数随城市人口规模呈“U”型关系，对人口规模排序前45%和末25%的城市，城市人口规模增量对产业结构变化有显著的影响，但对中等城市没有显著影响，各组城市重演指数均值为0.37，与产业重演指数均值0.49相对一致，说明城市人口增量对产业就业结构有显著且稳健的影响。

由上文分析可知，就业人员结构与产业区位商间存在正向关联，且城市人口增量影响产业就业结构变化，因此本文计算不同规模城市在不同时段的产业区位商的相关系数，以分析产业就业结构随人口规模的变化方向。首先计算2006—2012年各组城市与2013—2019年各组城市的产业区位商（向量）的跨时相关系数矩阵，接着计算2006—2012年内各组城市间的产业区位商相关系数矩阵，两者做差可得到2006—2012年和2013—2019年各组城市间产业区位商跨时相关系数的变化程度，以衡量在这两个时间段内、各组城市

表 4 2006—2019 年各组城市重演指数
Tab. 4 Recapitulation score of each city group from 2006 to 2019

产业	重演指数																			(人口规模大)
	组1 (人口规模小)	组2	组3	组4	组5	组6	组7	组8	组9	组10	组11	组12	组13	组14	组15	组16	组17	组18	组19	组20
农、林、牧、渔业	0.10	0.72	-0.97	-2.20	0.58	-2.27	-0.47	-10.59	-3.78	-1.51	-8.23	0.52	-1.47	-2.46	-0.94	-3.29	0.30	-3.38	-1.29	-3.57
采矿业	-1.91	-0.43	-1.49	-1.92	0.54	-0.16	-10.67	-2.24	0.31	-10.30	-5.64	-10.87	0.64	-3.56	0.57	-7.36	-6.85	-1.14	-1.06	-0.59
制造业	0.35	0.49	0.57	0.78	0.70	0.03	0.49	0.37	-0.15	-0.35	-0.15	0.75	0.30	0.90	0.44	0.92	0.24	0.31	0.18	0.13
电力、热力、燃气及水生产和供应业	0.54	0.98	0.62	0.21	0.37	-0.19	0.85	-0.07	-0.99	-0.71	0.55	-0.09	-0.09	0.35	0.80	0.99	0.38	0.01	0.96	0.84
建筑业	0.33	-0.01	0.81	0.11	0.86	-0.02	0	0.21	-0.43	0.44	-0.01	0.41	-0.25	0.31	0.48	0.79	0.86	0.91	-0.01	-0.22
批发和零售业	0.70	0.11	0.24	0.71	0.81	0.54	0.27	0.81	-0.22	-0.07	0.54	0.99	0.99	0.72	0.33	0.56	0.45	0.28	0.36	0.36
交通运输、仓储和邮政业	0.21	0.43	0.92	0.22	0.56	0.50	0.96	0.37	0.27	-0.16	-0.12	0.26	0.71	0.48	0.51	0.55	0.24	0.08	0.46	-0.13
住宿和餐饮业	0.69	0.53	0.85	0.89	0.54	0.75	0.79	0.35	0.04	0.10	0.02	0.71	0.80	0.86	0.58	0.58	0.31	0.16	-0.19	0.10
信息传输、计算机服务和软件业	0.36	0.19	0.60	-0.02	0.18	0.05	0.79	-0.10	0.04	0.15	-0.45	0.41	0.25	0.34	0.53	-0.01	0.45	0.66	0.86	0.40
金融业	0.68	-0.16	1.00	0.19	0.52	0.40	0.51	0.74	0.27	0.70	0.31	0.82	0.98	0.72	0.21	0.20	0.91	0.56	0.81	0.71
房地产业	0.69	0.58	0.62	0.72	0.86	0.50	0.42	0.17	-0.18	-0.38	-0.64	0.85	0.25	0.11	0.65	0.77	-0.07	0.12	-0.16	-0.53
租赁和商务服务业	0.76	0.67	0.69	0.37	0.74	0.16	0.54	0.99	0.73	0.94	-0.37	0.25	0.79	0.50	-0.22	0.58	0.34	0.98	0.10	0.02
科学研究和技术服务业	0.39	0.01	0.35	0.20	0.42	0.10	-0.38	-0.07	-0.36	-0.11	-0.10	-0.18	0.65	0.15	0.83	0.85	0.82	0.48	0.57	0.52
水利、环境和公共设施管理业	0.72	0.21	0.67	-0.01	0.58	-1.32	-0.22	0.05	0.61	0.16	0.50	-0.10	0.61	0.06	0.08	0.17	0.67	-0.48	0.67	0.66
居民服务、修理和其他服务业	-0.38	0.28	0.98	0.99	0.30	0.24	-0.29	0.64	0.07	0.95	-0.65	-1.27	0.38	-0.52	-0.01	0.52	0.42	-0.33	0.50	-0.16
教育	0.44	0.45	0.61	0.38	0.96	-0.64	0.27	0.19	0.45	0.30	0.48	0.86	0.80	0.93	0.48	0.85	0.97	0.50	0.65	0.69
卫生和社会工作	0.55	0.28	0.83	0.46	0.77	0.37	0.20	0.01	0.44	0.06	0.55	0.99	0.91	0.66	0.48	0.77	0.61	0.31	0.50	0.19
文化、体育和娱乐业	0.48	0.04	0.41	0.30	0.38	-0.47	0.79	0.46	0.22	0.20	-0.54	0.03	0.12	0.51	0.14	0.84	0.45	0.13	0.17	0.38
公共管理、社会保障和社会组织	0.70	0.47	0.92	0.69	0.94	0.30	0.49	0.57	0.58	0.07	0.36	0.93	0.55	0.50	0.12	0.41	0.93	0.21	0.35	0.48
均值(城市重演指数)	0.34	0.31	0.49	0.16	0.61	-0.06	-0.24	-0.38	-0.11	-0.50	-0.72	-0.20	0.42	0.08	0.32	-0.02	0.13	0.02	0.23	0.01
剔除农、林、牧、渔业以及采矿业	0.48	0.33	0.69	0.42	0.62	0.08	0.38	0.33	0.08	0.13	0.02	0.39	0.51	0.45	0.38	0.61	0.53	0.29	0.40	0.26

间产业结构相似性的变化情况(图3)。图3中以斜向右上的对角线为界,相关系数矩阵的上三角多呈暖色,跨时相关系数均值为0.02,即相比同时期大城市的产业结构,2013—2019年小城市的产业结构与2006—2012年大城市的产业结构的相关系数提高了0.02;下三角多呈冷色,跨时相关系数为0,即相比同时期小城市的产业结构,2013—2019年大城市的产业结构与2006—2012年小城市的产业结构的相关系数几乎没有变化。这说明随着城市人口规模的增加,城市产业结构将不断升级,大城市引领着中国产业结构的发展,小城市产业发展滞后于大城市,但是其产业结构逐渐向大城市靠近。此外,跨时相关系数矩阵左下角呈冷色,说明大城市间的跨时相关系数小于0,大城市间的产业结构呈差异化趋势。



注:横轴表示2006—2012年按城市人口规模(2006年)划分的20组,纵轴表示2013—2019年的20个组,点表示2013—2019年与2006—2012年城市组间的19个产业的平均区位商(向量)间的皮尔逊相关系数与2006—2012年城市组间产业平均区位商的皮尔逊相关系数之差。

图3 各组城市间产业区位商的跨时相关系数

Fig. 3 Correlation change of location quotient of each city group

4 结论与讨论

4.1 结论

本文基于城市标度律视角,以2006—2019年中国284个地级及以上城市的市辖区为研究样本,探索中国城市产业发展与城市人口规模间的基本关系及其演变规律,发现无论是城市人口规模还是人口规模增量,都对城市产业结构存在重要影响,中国城市产业结构也存在由大城市引领、小城市效仿的发展路径。

本文首先验证了产业就业人员规模的标度因子与产业区位商间的对应关系,以此为依据,本文发现中国城市按人口规模可划分为3类:①人口规模排序前5%城市(人口规模大于850万),其特征产业有制造业,房地产业,租赁和商务服务业以及科学研究和技术服务业等产业,这些产业就业人员规模的标度因子多为超线性;②人口规模排序末

75%城市(人口规模小于162万),其特征产业有农、林、牧、渔业,采矿业,水利、环境和公共设施管理业以及电力、热力、燃气及水生产和供应业等产业,这些产业就业人员规模的标度因子多为次线性;③人口规模排序为5%~25%城市(人口规模162万~850万),其产业结构介于前两类城市之间,处于过渡阶段。

中国城市产业发展主要受产业整体发展趋势和城市人口规模变化这两方面的影响。随着中国城市化进程的推进和数字经济、人工智能等新兴技术的发展,整体上看,中国城市地区产业结构不断升级:依赖自然资源的农、林、牧、渔业和采矿业部门在城市中萎缩,传统制造业部门占据重要地位但增长速度缓慢,租赁和商务服务业,科学研究和技术服务业等生产性服务业和新兴信息产业发展迅速,尤其信息传输、计算机服务和软件业等数字经济相关产业在大城市中发挥着越来越重要的作用;并且房地产业和建筑业从业人员规模也呈现高增长趋势,这些快速增长的部门聚集在大城市中。从城市人口规模增量的影响看,无论是产业层面或城市层面,中国城市产业就业结构变动受人口规模增量的重要影响,平均产业重演指数为0.49,平均城市重演指数为0.37(剔除农、林、牧、渔业以及采矿业),但中国人口规模变动对产业结构的影响程度小于美国。具体产业看,建筑业,住宿和餐饮业以及居民服务、修理和其他服务业等生产不可贸易品或提供不可贸易服务的产业受人口规模增量的影响较大,与横截面标度律更一致,这些产业部门随人口规模的可复制程度更高;与之相反,生产可贸易品的部门如制造业重演指数较低;并且重演指数对高度依赖自然资源而非劳动力要素的农、林、牧、渔业以及采矿业可能并不适用。

本文发现城市产业演进的规律在中国同样适用,中国城市产业结构随城市人口规模“梯度转移”。人口聚集对产业发展有着重要的推动作用,随着城市人口规模的增加,城市产业结构将不断升级,这些产业升级主要由大城市带动引领,并在发展过程中呈现差异化、多样化趋势;小城市的产业发展普遍滞后于大城市,且随着时间推移逐渐向大城市靠拢。

4.2 讨论

人口是城市产业发展的重要基础,产业发展促进人口优化,产业发展与人口规模形成复杂的相互影响。随着中国人口发展进入以少子化、老龄化与区域人口增减分化为趋势性特征的新阶段,统筹人口布局与产业发展,实现城市的合理规模,促进人口分布与产业结构的良性互动,加快建设现代化产业体系,推动经济体系优化升级具有重要意义。

(1)充分发挥市场配置资源的决定性作用,继续推进户籍制度改革。消除限制城市规模扩大的各种因素,包括进一步取消对人口流动的不合理限制,特别是尽快放开500万~1000万城市的落户限制,适时放开1000万以上城市的落户限制。取消医疗、教育、社会保障等各类公共服务和社会福利与户籍挂钩的做法,推进流动人口基本公共服务均等化,为流动人口提供住房支持和平等的就业机会,促进人口向大城市集聚,提升人口要素的空间配置效率。

(2)激发大城市的产业创新活力,发挥大城市产业升级的示范效应和带动作用。立足于国家战略需求和全球科技竞争格局,以大城市为引领,发展战略性新兴产业、前瞻布局未来产业。建设创新型城市,打造有利于科技创新的营商环境,完善科技创新人才的吸引、培育和激励政策,发挥大城市的“人口创新力”。发挥大城市的创新辐射效应,促进区域间要素流动,推动产业创新的跨区域协同,带动周边中小城市实现产业转型升级。

(3) 统筹人口布局与产业规划的关系, 实现大中小城市体系协调发展。以人口布局为基础, 制定差异化的城市产业规划和产业政策, 引导产业合理布局, 形成以大城市为中心、中小城市为支撑的城市体系发展格局, 促进大城市与中小城市的协同发展。加强主体功能区战略实施, 优化国土空间, 在促进城市人口合理布局和产业结构升级的同时, 减少农业空间和生态空间的人口规模与人口密度, 通过人口合理分布促进区域协调和高质量发展。

参考文献(References)

- [1] Wang Jinying, Ma Wenteng. Swing space of population size and regional industrial development. *Population Journal*, 2024, 46(1): 36-52. [王金营, 马文腾. 人口规模回旋空间与区域产业发展. *人口学刊*, 2024, 46(1): 36-52.]
- [2] Chenery H, Syrquin M, Elkington H, et al. *Patterns of Development 1950-1970*. Li Xiaoqing, et al. trans. Beijing: China Financial & Economic Publishing House, 1989: 56-58. [钱纳里, 塞尔昆, 莫尔塞斯, 等. 发展的格局: 1950—1970. 李小青, 等, 译. 北京: 中国财政经济出版社, 1989: 56-58.]
- [3] Michaels G, Rauch F, Redding S J. Urbanization and structural transformation. *The Quarterly Journal of Economics*, 2012, 127(2): 535-586.
- [4] Hong Yinxing. Urbanization in its functional sense and corresponding industrial support. *Economist*, 2003(2): 29-36. [洪银兴. 城市功能意义的城市化及其产业支持. *经济学家*, 2003(2): 29-36.]
- [5] Balland P A, Jara-Figueroa C, Petralia S G, et al. Complex economic activities concentrate in large cities. *Nature Human Behaviour*, 2020, 4(3): 248-254.
- [6] Davis D R, Dingel J I. The comparative advantage of cities. *Journal of International Economics*, 2020, 123: 103291. DOI: 10.1016/j.jinteco.2020.103291.
- [7] Desmet K, Henderson J V. The geography of development within countries. *Handbook of Regional and Urban Economics*. Amsterdam: Elsevier, 2015: 1457-1517.
- [8] Wang Yao, Nian Meng, Wang Chunhua. Industrial structure, optimal scale and the urbanization path in China. *China Economic Quarterly*, 2017, 17(2): 441-462. [王垚, 年猛, 王春华. 产业结构、最优规模与中国城市化路径选择. *经济学(季刊)*, 2017, 17(2): 441-462.]
- [9] Zhong Yuejun, Lu Ming, Xi Xican. Agglomeration and service industry development: Based on the perspective of population spatial distribution. *Management World*, 2020, 36(11): 35-49. [钟粤俊, 陆铭, 奚锡灿. 集聚与服务业发展: 基于人口空间分布的视角. *管理世界*, 2020, 36(11): 35-49.]
- [10] Ke Shanzi, Zhao Yao. Industrial structure, city size and urban productivity in China. *Economic Research Journal*, 2014, 49(4): 76-88, 115. [柯善咨, 赵曜. 产业结构、城市规模与中国城市生产率. *经济研究*, 2014, 49(4): 76-88, 115.]
- [11] He Jianwu. Urban industrial composition and sizes of cities. *Research on Economics and Management*, 2015, 36(8): 85-90. [何建武. 城市规模与城市产业结构的关系研究. *经济与管理研究*, 2015, 36(8): 85-90.]
- [12] Gomez-Lievano A, Patterson-Lomba O, Hausmann R. Explaining the prevalence, scaling and variance of urban phenomena. *Nature Human Behaviour*, 2016, 1: 12. DOI: 10.1038/s41562-016-0012.
- [13] Ortman S G, Cabaniss A H F, Sturm J O, et al. Settlement scaling and increasing returns in an ancient society. *Science Advances*, 2015, 1(1): e1400066. DOI: 10.1126/sciadv.1400066.
- [14] Xu G, Xu Z B, Gu Y Y, et al. Scaling laws in intra-urban systems and over time at the district level in Shanghai, China. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 2020, 560: 125162. DOI: 10.1016/j.physa.2020.125162.
- [15] Gong Jianya, Xu Gang, Jiao Limin, et al. Urban scaling law and its application. *Acta Geographica Sinica*, 2021, 76(2): 251-260. [龚健雅, 许刚, 焦利民, 等. 城市标度律及应用. *地理学报*, 2021, 76(2): 251-260.]
- [16] Lei W Q, Jiao L M, Xu G. Understanding the urban scaling of urban land with an internal structure view to characterize China's urbanization. *Land Use Policy*, 2022, 112: 105781. DOI: 10.1016/j.landusepol.2021.105781.
- [17] Hong I, Frank M R, Rahwan I, et al. The universal pathway to innovative urban economies. *Science Advances*, 2020, 6(34): eaba4934. DOI: 10.1126/sciadv.aba4934.
- [18] Jiao Limin, Lei Weiqian, Xu Gang, et al. Urban scaling and the spatio-temporal characteristics of scaling exponents in China. *Acta Geographica Sinica*, 2020, 75(12): 2744-2758. [焦利民, 雷玮倩, 许刚, 等. 中国城市标度律及标度因子时空特征. *地理学报*, 2020, 75(12): 2744-2758.]
- [19] Dong Lei, Wang Hao, Zhao Hongrui. The definition of city boundary and scaling law. *Acta Geographica Sinica*, 2017, 72(2): 213-223. [董磊, 王浩, 赵红蕊. 城市范围界定与标度律. *地理学报*, 2017, 72(2): 213-223.]

- [20] Tian Youchun, Lu Shengrong, Li Wenpu. Changes and improving ways of TFP growth rate in China: An industrial perspective. *China Economic Quarterly*, 2021, 21(2): 445-464. [田友春, 卢盛荣, 李文溥. 中国全要素生产率增长率的变化及提升途径: 基于产业视角. *经济学(季刊)*, 2021, 21(2): 445-464.]
- [21] Xu Zhibang, Jiao Limin, Jia Qiqi, et al. Assessment of multidimensional performance for Chinese cities based on urban scaling law. *Geographical Research*, 2021, 40(6): 1596-1609. [徐智邦, 焦利民, 贾琦琦, 等. 标度律视角的城市效能测度及中国城市多维要素效能分析. *地理研究*, 2021, 40(6): 1596-1609.]
- [22] Bettencourt L M A. The origins of scaling in cities. *Science*, 2013, 340(6139): 1438-1441.
- [23] Zhao S Q, Liu S G, Xu C X, et al. Contemporary evolution and scaling of 32 major cities in China. *Ecological Applications*, 2018, 28(6): 1655-1668.
- [24] Jiao L M, Xu Z B, Xu G, et al. Assessment of urban land use efficiency in China: A perspective of scaling law. *Habitat International*, 2020, 99: 102172. DOI: 10.1016/j.habitatint.2020.102172.
- [25] Bettencourt L M A, Yang V C, Lobo J, et al. The interpretation of urban scaling analysis in time. *Journal of The Royal Society Interface*, 2020, 17(163): 20190846. DOI: 10.1098/rsif.2019.0846.
- [26] Depersin J, Barthelemy M. From global scaling to the dynamics of individual cities. *PNAS*, 2018, 115(10): 2317-2322.

The relationship between industrial structure upgrading and population size of cities and its evolution pattern

ZHANG Yaojun^{1,2}, CHEN Yun¹, WU Xiwei³

(1. School of Applied Economic, Renmin University of China, Beijing 100872, China; 2. Beijing-Tianjin-Hebei Institute of Coordinated Development, Renmin University of China, Beijing 100872, China; 3. Center for Population and Development Studies, Renmin University of China, Beijing 100872, China)

Abstract: Large cities play a leading role in the industrial transformation and upgrading. Based on data on municipal districts for 284 cities at the prefecture level and above in China from 2006 to 2019, this paper investigates the relationship between urban industrial transformation and population size of cities and its evolution pattern, under the perspective of urban scaling laws. There are two main findings in this study. Firstly, the development of urban industries in China is influenced by both the overall development of industries and the change in urban population size, and the correspondence between scaling exponent and location quotient for industries is confirmed: specifically, large cities, which are ranked in the top 5% in terms of population size, are characterized by industries with a superlinear scaling factor of employment population, such as real estate, rental and business services, and scientific research and technical services; small cities, which are ranked in the bottom 75% of population size, are typified by industries with a sublinear scaling factor of employment population, like agriculture, forestry, animal husbandry, fishery, and mining; and cities ranked from 5% to 25% of population size are observed to have an industrial structure which is in a transitional phase between the first two types of cities. Secondly, the evolution pattern of urban industries is verified by Chinese evidence, with average recapitulation index of 0.49 and 0.37 respectively for industries and cities. It is thus evident that the industrial structure in cities shifts gradually with their population size, that is, industrial upgrading in large cities comes first, and then it will exert a radiating effect on the industrial transformation in small cities.

Keywords: urban scaling law; industrial structure transformation; city's population size; China