

城市人口密度变化趋势及其影响因素的国际对比

■ 许刚¹ 焦利民¹ 李蒙蒙² 董婷³

(1. 武汉大学 资源与环境科学学院, 湖北 武汉 430079; 2. 上海师范大学 环境与地理科学学院, 上海 200234; 3. 安徽师范大学 地理与旅游学院, 安徽 芜湖 241000)

[摘要]城市土地扩张快于人口增长会导致城市人口密度随时间下降, 但城市密度变化趋势的区域差异和影响因素仍不清楚。在分析全球城市1990—2022年城市密度变化趋势和区域差异的基础上, 本文探究了城市规模和初始密度等对密度下降速度的影响。研究发现: 1990—2014年间, 超过80%城市的密度随时间下降, 2014—2022年, 近60%国家或城市的密度下降, 揭示了密度随时间下降的普遍现象和长期趋势。中国城市密度下降速度快于欧美、印度和非洲城市。城市人口密度下降的直接原因是土地扩张过快。此外, 初始密度越高、经济增长越快、城市化进程越快的城市, 城市人口密度下降更快。中国城市人口密度下降速度过快且将长期面临下降压力, 有必要通过提升土地利用效率来遏制城市土地快速扩张。

[关键词]城市化 人口增长 土地扩张 城市人口密度 全球对比

[中图分类号]F301;K902 **[文献标识码]**A **[DOI]** 10.3969/j.issn.1005-3980.2024.05.005

[文章编号]1005-3980 (2024) 05-0041-11

一、引言

人口和土地是城市系统的两个关键要素^①。城市化进程中, 随着城市人口增长, 城市土地不断

扩张^②。国内外研究普遍发现城市土地扩张快于人口增长^③。例如, 2006—2014年中国城市建设用地年增长率是城镇常住人口年增长率1.65倍^④。美国都市区自1920年建成区面积每隔10年增加17.9%, 而同期人口只增长5.3%^⑤。1950—1990

收稿日期: 2024-09-09

基金项目: 国家社科基金青年项目“城市用地结构视角下土地与人口增长互动机制及优化路径研究”(项目编号: 21CGL057)。

^① 许刚等:《中国人口与土地城镇化: 演化趋势、区域和规模差异及测度方法比较》,《中国土地科学》2022年第5期。

^② 蔡翼飞:《城镇化进程中的城市人口扩张与土地扩张: 特征事实与协调机制》,《中国软科学》2023年第1期。

^③ 严思齐、吴群:《土地城镇化与人口城镇化的非协调性和互动关系》,《中国人口·资源与环境》2016年第11期。

^④ 吴一凡、刘彦随、李裕瑞:《中国人口与土地城镇化时空耦合特征及驱动机制》,《地理学报》2018年第10期。

^⑤ Gilles Duranton and Diego Puga, “The growth of cities,” *Handbook of economic growth*, 2(2014): 781–853.

年，大多数欧洲城市建成区面积扩张快于人口增长^①。Seto 等（2011）在总结全球超过 300 项利用遥感影像分析城市扩张的案例后指出城市土地扩张广泛快于人口增长^②。因此，土地城镇化快于人口城镇化不是中国的特有现象，而是世界城市发展的共性问题^③。目前关于中国土地城镇化趋势的讨论多局限于国内，缺少国际对比^④。因此，迫切需要从全球视野认识土地城镇化宏观趋势及影响因素，从而根据城市发展规律引导中国未来城镇化发展^⑤。

土地城镇化快于人口城镇化将导致城市平均人口密度（城市人口/建成区面积）随时间下降。Angel 等（2010）在对全球 120 个城市的市人口密度变化趋势研究后指出：城市人口密度下降不仅是全球普遍现象，更是持续超过一个世纪的长期历史趋势^⑥。在城市人口密度只有中国城市约 1/5 的美国，其城市人口密度在 1910—2000 年间呈现长期下降趋势^⑦。中国 284 个城市平均城市人口密度由 2006 年 11073 人/km² 下降至 2011 年 9381 人/km²^⑧。

如果能准确识别城市人口密度随时间下降的影响因素，则为调整土地过快城镇化提供了政策指引^⑨。人口增长是土地扩张第一驱动力，但反之城市人口减少并不一定导致城市用地减少。美国底特律在过去三四十年城市人口减少一半，但城市土地仍在扩张^⑩。这说明除了人口增加，还有其它因素

驱动城市土地扩张。实际上，经济增长和交通成本降低是城市土地扩张另两个重要驱动因素^⑪。城市土地扩张驱动力不仅是人口增长，这可以从逻辑上解释为什么土地扩张快于人口增长，进而导致城市人口密度随时间下降。此外，中国城市人口密度随时间下降还有体制机制原因。长期以来中国二元土地制度和户籍制度对城市土地扩张和人口增长有着深刻影响。二元土地制度、过低的征地成本推动了城市土地过快扩张；与此同时，二元户籍制度抑制了人口城镇化^⑫。财税制度也对人口和土地增长关系产生重要影响，财政分权促进了土地城镇化发展，却抑制了人口城镇化。

除了逻辑解释和体制机制原因，国内外研究还分析了具体指标对城市人口密度随时间变化的影响。包括人口方面：如城市人口增长率、城市人口规模、初始城市人口密度；社会经济方面：如收入水平、收入增长率、产业结构、机动车保有量等；自然地理条件方面：如可建设用地面积、耕地面积等。Angel 等（2010）分析了城市人口规模及其增长、收入水平和经济增长、初始城市人口密度、可建设用地面积、交通成本等因素对城市人口密度随时间下降速度的影响。Xu 等（2019）以中国 35 个主要城市为例，研究发现初始人口密度与其下降速度显著正相关，即初始城市人口密度越高，其下降速度越快^⑬。从城市空间

^① Marjo Kasanko, et al., “Are European cities becoming dispersed? A comparative analysis of 15 European urban areas,” *Landscape and urban planning*, 1(2006): 111–130.

^② Karen Seto, et al., “A meta-analysis of global urban land expansion,” *PloS One*, 8(2011): e23777.

^③ Mengmeng Li, Peter. H. Verburg and J. van Vliet, “Global trends and local variations in land take per person,” *Landscape and Urban Planning*, 2(2022): 104308.

^④ Burak Güneralp, et al., “Trends in urban land expansion, density, and land transitions from 1970 to 2010: a global synthesis,” *Environmental Research Letters*, 4(2020): 044015.

^⑤ 焦利民、李静、许刚：《城市土地扩张和人口增长的关联——长期趋势与影响因素》，《城市规划》2023年第5期。

^⑥ Shlomo Angel, et al., *The Persistent Decline in Urban Densities: Global and Historical Evidence of “Sprawl”* (Lincoln Institute of Land Policy, 2010), pp. 1–151.

^⑦ 同上。

^⑧ Hongjian. Su, Houkai Wei, Jian Zhao, “Density effect and optimum density of the urban population in China,” *Urban Studies*, 7(2017): 1760–1777.

^⑨ 赵睿等：《城市空间增长与人口密度变化之间的关联关系》，《地理学报》2020年第4期。

^⑩ 丁成日、高卫星：《中国“土地”城市化和土地问题》，《城市发展研究》2018年第1期。

^⑪ Jan Brueckner, “Urban sprawl: diagnosis and remedies,” *International regional science review*, 2(2000): 160–171.

^⑫ 范进、赵定涛：《土地城镇化与人口城镇化协调性测定及其影响因素》，《经济学家》2012年第5期。

^⑬ Gang Xu, Limin Jiao, Man Yuan, et al., “How does urban population density decline over time? An exponential model for Chinese cities with international comparisons,” *Landscape and Urban Planning*, 3(2019): 59–67.

布局来看，紧凑的城市形态和扩张模式可以减缓城市人口密度下降速度^①。

虽然已有文献讨论了城市人口密度下降的驱动因素，但仍然缺乏从国际视角探究影响城市人口密度随时间下降的因素^②。本文获取了两个全球城市样本数据集，在分析1990—2014年和2014—2022年城市人口密度变化时空格局基础上，从城市规模及其增长率、初始人口密度等方面，分析城市人口密度随时间下降的影响因素。

二、数据与方法

(一) 数据来源

1. Atlas of Urban Expansion数据集

Atlas of Urban Expansion数据集是联合国人居署、美国纽约大学、美国林肯土地政策研究院2016年发布的全球200个城市土地扩张数据集。该团队将全球分为8个区域，再根据区域内总人口和城市总数最终筛选出200个城市样本^③。8个区域分别是：亚太地区（区域1），欧洲和日本地区（区域2），北美和澳大利亚（区域3），拉美和加勒比地区（地区4），南亚和中亚地区（区域5），东南亚地区（区域6），撒哈拉以南非洲地区（区域7），西亚和北非地区（区域8）。200个城市样本中既有北京、纽约等大城市，也包括各地区中小城市。

Atlas of Urban Expansion数据集提供了200个城市1990年、2000年和2014年人口和土地利用数据集。土地利用数据来源于Landsat影像，空间分辨率为30米。该团队通过非监督分类方法（ISODATA）解译遥感影像得到城市用地（Built-up area）、开放空间（Open space）和水体（Water bodies）三种城市土地利用类型。城市用地和开放空间共同构成了城市组团（Urban cluster），

面积最大的城市组团被认为是主城区。针对其他组团，建立面积为主城区组团1/4的缓冲区，如果缓冲区与主城区相交，则该组团连同主城区共同构成城市范围（Urban extent）。最后统计城市范围内的城市用地面积，以下称建成区面积。人口数据来源于各城市的人口调查资料，城市人口规模为城市范围内的人口。

2. Demographia数据集

美国咨询公司（WENDELL COX）自2005年起，逐年发布全球50万人口规模以上城市的统计数据，称为Demographia数据集^④。本文获取了2014年（第10版）和2022年（第18版）年度数据中全球34个主要国家和780个50万人口规模以上城市的人口、建成区面积和城市人口密度数据。Demographia数据集打破行政边界束缚，采用全球一致的建成区定义，即交通互联、社会经济交互密切的综合城市功能区^⑤。然后统计建成区内人口，并计算得到城市人口密度。本文获取该数据集后，参考Atlas of Urban Expansion数据集中全球8个区域，将Demographia数据集中的国家和城市划分成8个区域。

3. 社会经济数据

全球范围城市尺度的社会经济数据较难获取。本文获取国家尺度社会经济数据，分析经济发展和城市化水平对城市人口密度时间变化的影响。Atlas of Urban Expansion数据集的200个全球样本城市位于78个国家。本文从世界银行开放数据库（World Bank Open Data）^⑥下载整理了78个国家历年人均GDP、GDP年增长率和城市化率数据。

(二) 研究方法

本文定义城市人口密度为城市人口与建成区面积的比值，如下所示：

^① Gang Xu, Zhengzi Zhou, Limin Jiao, et al., “Compact Urban Form and Expansion Pattern Slow Down the Decline in Urban Densities: A Global Perspective,” *Land Use Policy*, 5(2020): 104563.

^② 杜春萌、焦利民、许刚：《中国地级以上城市建成区2006—2016年人口密度变化的时空格局及驱动因素》，《热带地理》2018年第6期。

^③ 详见网站：<http://www.atlasofurbanexpansion.org/>。

^④ 详见网站：<http://www.demographia.com/>。

^⑤ 陈相利、李树枝、祝培甜：《全球50万人口以上城市用地与人口变化特征简析》，《自然资源情报》2022年第7期。

^⑥ 详见网站：<https://data.worldbank.org/>。

$$D = \frac{P}{S} \quad (1)$$

式(1)中 D 为城市人口密度, P 为城市人口, S 为建成区面积。城市人口密度与市域人口密度不同。城市人口密度时间变化取决于城市人口和建成区面积的相对增长关系。

为了对比不同城市的城市人口密度随时间变化的特征,本文计算城市人口密度年均变化率:

$$ACR = (\sqrt[n]{\frac{D_1}{D_0}} - 1) \times 100\% \quad (2)$$

式(2)中 ACR 为城市人口密度年均变化率(Annual change rate, ACR), D_0 和 D_1 分别是初期和末期城市人口密度, n 为时间跨度, 单位为年。

三、城市人口密度随时间变化趋势

(一) 城市人口密度区域差异及其变化趋势

基于Atlas of Urban Expansion 数据集, 全球不同区域1990—2014年城市人口密度及其年均变化率如图1所示。图1a展示了城市人口密度区域差异, 区域5(南亚和中亚)城市人口密度最高,

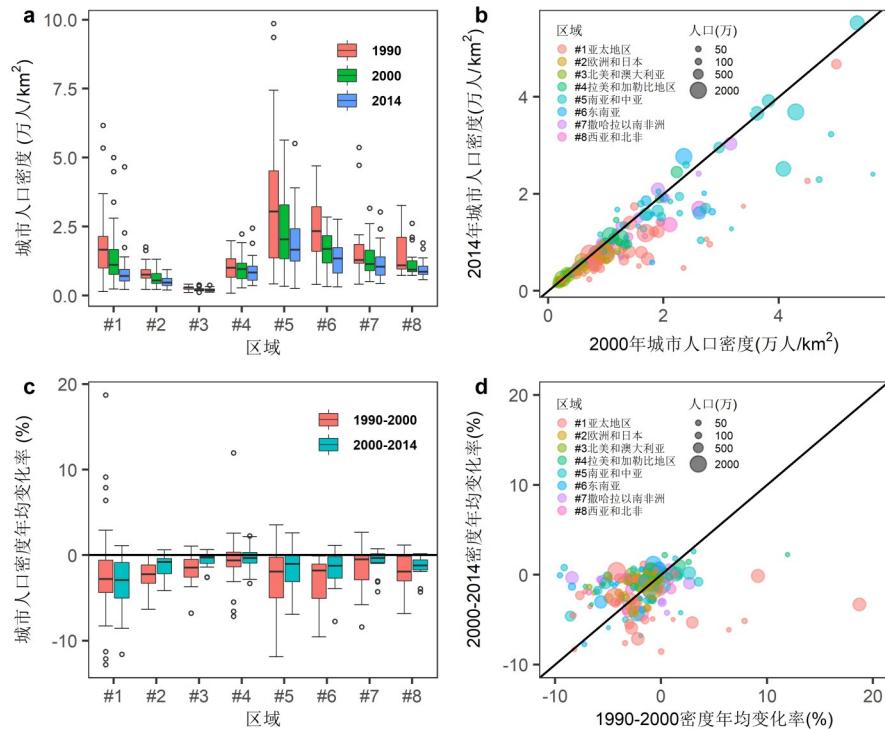


图1 全球八个区域1990—2014年城市人口密度及变化

注: #1 亚太地区, #2 欧洲和日本, #3 北美和澳大利亚, #4 拉美和加勒比地区, #5 南亚和中亚, #6 东南亚, #7 撒哈拉以南非洲, #8 西亚和北非。

区域3(北美和澳大利亚)城市人口密度最低, 该区域也是城市蔓延最严重地区。1990年, 区域5平均城市人口密度(34524人/km²)是区域3平均值(2830人/km²)12倍, 显示不同地区城市人口密度差异巨大。图1b对比了2000年和2014年城市人口密度。全球近80%城市位于1:1直线下方, 说明大部分城市2014年城市人口密度低于2000年, 显示城市人口密度随时间下降是普遍现象。图1b同时显示了城市人口密度具有很大差异, 大部分城市人口密度在20000人/km²以下, 但印度部分城市的密度超过40000人/km²。

图1c显示大部分城市的城市人口密度年均变化率小于0(位于水平横线以下), 说明城市人口密度普遍随时间下降。不同区域, 城市人口密度随时间下降速度存在差异。区域1、区域5和区域6的密度下降速度更快, 而区域3和区域4的密度下降速度较慢。图1d显示了不同城市两个时段城市人口密度年均变化率的对比。多数城市位于1:1直线左上方, 说明后一时段(2000—2014年)城市人口密度随时间下降速度有所减缓。

基于 Demographia 数据集，全球 34 个主要国家和 780 个城市 2014 年和 2022 年城市人口密度对比如图 2 所示。整体来看，近 60%（20 个）国家城市人口密度随时间下降（见图 2a）。孟加拉国平均城市人口密度最高，由 3.35 万人/km²（2014 年）下降至 2.29 万人/km²（2022 年），年均下降 4.6%。2014—2022 年，尼日尼亚平均城市人口密度下降最快，年均下降 6.2%。中国平均城市人口密度由 5700 人/km²（2014 年）下降到 4728 人/km²（2022 年）。分城市来看，全球不同地区城市人口密度差异显著，亚洲地区城市人口密度普遍高于其他地区。时间变化上，2014—2022 年，438 个城市城市人口密度随时间下降，占 780 个城市的 56%（见图 2b）。图 2c—2d 展示了城市人口密度年均变化率的区域差异，不管从国家尺度（见图 2c）还是城市尺度（见图 2d），中国城市占绝对数量的亚太地区（#1）城市人口密度随时间下降速度均处于前列。

（二）城市人口密度下降速度对比

本文重点对比中国、印度、欧洲、美国、撒

哈拉以南非洲城市人口密度及变化。2000—2014 年对比结果如表 1 所示，2014—2022 年对比结果如表 2 所示。2000—2014 年，印度城市人口密度最高（约 2.5 万人/km²），大约是中国城市和撒哈拉以南非洲城市密度的 2 倍；而中国城市人口密度又约是欧洲的 2 倍，欧洲城市人口密度又约是美国城市的 2 倍。2000—2014 年，中国 34 个城市的密度年平均下降 3.58%，而同时期印度、欧洲、美国和非洲城市的密度年均下降率分别为 2.53%、1.5%、0.82%、0.78%（见表 1）。2014—2022 年，中国 167 个城市的密度年平均下降 3.9%（见表 2），仍然快于其他主要国家和地区城市人口密度下降速度。

欧美进入城市化后期且城市密度相对较低，因此密度下降速度相对较慢。撒哈拉以南非洲国家和印度的城市化水平较低，且也处于快速城镇化阶段，但二者城市密度下降速度均低于中国。这说明虽然密度随时间下降是全球普遍趋势，但中国城市人口密度下降速度处于较快水平。

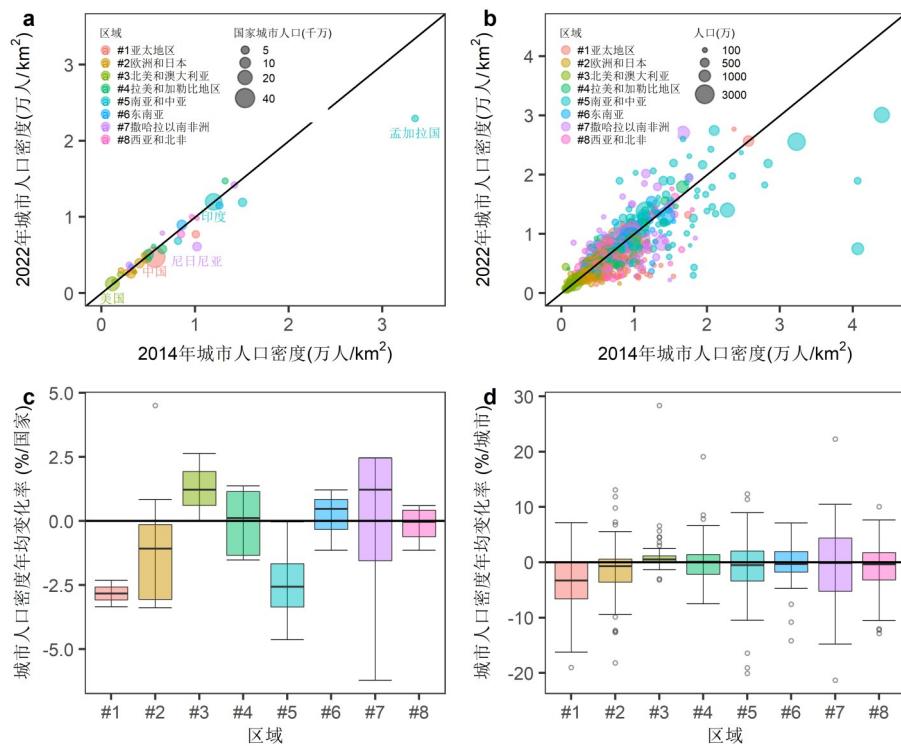


图 2 全球主要国家和城市 2014 年和 2022 年城市人口密度对比

注：#1 亚太地区，#2 欧洲和日本，#3 北美和澳大利亚，#4 拉美和加勒比地区，#5 南亚和中亚，#6 东南亚，#7 撒哈拉以南非洲，#8 西亚和北非。

表 1 主要国家和地区 1990—2014 年城市人口密度和社会经济指标^①

国家/地区	城市个数	2000—2014 年城市人口密度年变化率(%)	2000—2014 年平均城市人口密度(人/km ²)	2000—2014 年平均城市化水平(%)	2000—2014 年城市化率年增长率(%)	2000—2014 年人均 GDP(美元)	2000—2014 年 GDP 年增长率(%)
中国	34	-3.58	11850	45.14	3.02	3395	9.77
印度	17	-2.35	24424	29.94	1.13	965	7.01
欧洲	29	-1.5	5584	74.19	0.24	33425	2.60
撒哈拉以南非洲	18	-0.82	12808	38.69	1.76	1299	6.41
美国	14	-0.78	2036	80.26	0.21	45722	1.91

表 2 主要国家和地区 2014—2022 年城市人口密度和社会经济指标^②

国家/地区	城市个数	2014—2022 年城市人口密度年变化率(%)	2014—2022 年平均城市人口密度(人/km ²)	2014—2022 年平均城市化水平(%)	2014—2022 年城市化率年增长率(%)	2014—2022 年人均 GDP(美元)	2014—2022 年 GDP 年增长率(%)
中国	167	-3.90	5480	58.48	2.04	9447	6.41
印度	80	-0.62	13400	33.85	1.28	1897	5.38
欧洲	118	-1.27	3769	76.90	0.29	38274	1.29
撒哈拉以南非洲	66	-0.14	8600	39.92	1.34	1644	2.35
美国	68	0.81	1119	82.17	0.24	61235	2.05

四、城市人口密度随时间变化影响因素

(一) 城市规模及增速

城市规模包括人口规模和用地规模（建成区面积）。基于 *Atlas of Urban Expansion* 数据集，全球城市人口规模及其增长率与密度年均变化率散点图如图 3 所示，其中图 3a 和图 3c 中剔除了 1990—2000 年密度年均变化率超过 5% 的 5 个城市。图 3a-b 显示城市人口规模对此后密度变化率的正向影响，说明大城市密度下降更慢。图 3c-d 显示了城市人口增长率对密度变化率的负向影响，说明正在快速增长的城市，密度下降更快。但总体来说，城市人口规模及其增长率对密度变化率的线性回归决定系数较低，影响较弱。

基于 *Atlas of Urban Expansion* 数据集，全球城市建成区面积及其增长率与密度年均变化率

散点图如图 4 所示，其中图 4a 和图 4c 中剔除了 1990—2000 年密度年均变化率超过 5% 的 5 个城市。建成区面积与密度年均变化率在两个时间段均显著正相关 ($p<0.01$)，说明城市初期建成区面积越大，城市人口密度随时间下降速度越慢（见图 4a-b）。图 4c-d 显示，建成区面积年均增长率和密度年均变化率显著负相关 ($p<0.01$)。后一阶段（2000—2014 年），建成区面积年均增长率和密度年均变化率的线性回归决定系数高达 0.61，说明城市土地扩张的速度显著影响了密度随时间下降速度。回归方程的斜率反映了建成区面积年均增长率对密度年均变化率的影响程度，1990—2000 年或 2000—2014 年间，建成区面积年均增长率每提升 1%，城市人口密度年均变化率降低 0.3% 或 0.43%。对比而言，后一阶段建成区面积年均增长率对密度下降速度的影响更大。

^① 1990—2014 年城市人口密度数据来源于 *The Atlas of Urban Expansion*（详见网站：<http://www.atlasofurbanexpansion.org/>），社会经济数据来源于世界银行（详见网站：<https://data.worldbank.org/indicator>），中国数据不包括港澳台。

^② 2014—2022 年城市人口密度数据来源于 *Demographia*（详见网站：<http://www.demographia.com/>），社会经济数据来源于世界银行（详见网站：<https://data.worldbank.org/indicator>），中国数据不包括港澳台。

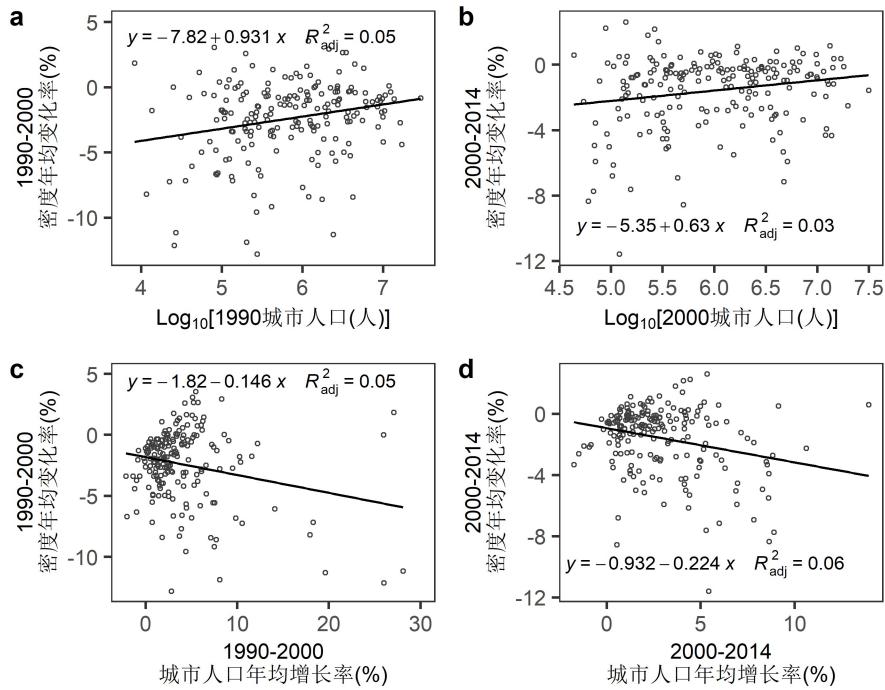


图3 城市人口规模及其增长率对城市人口密度年均变化率的影响

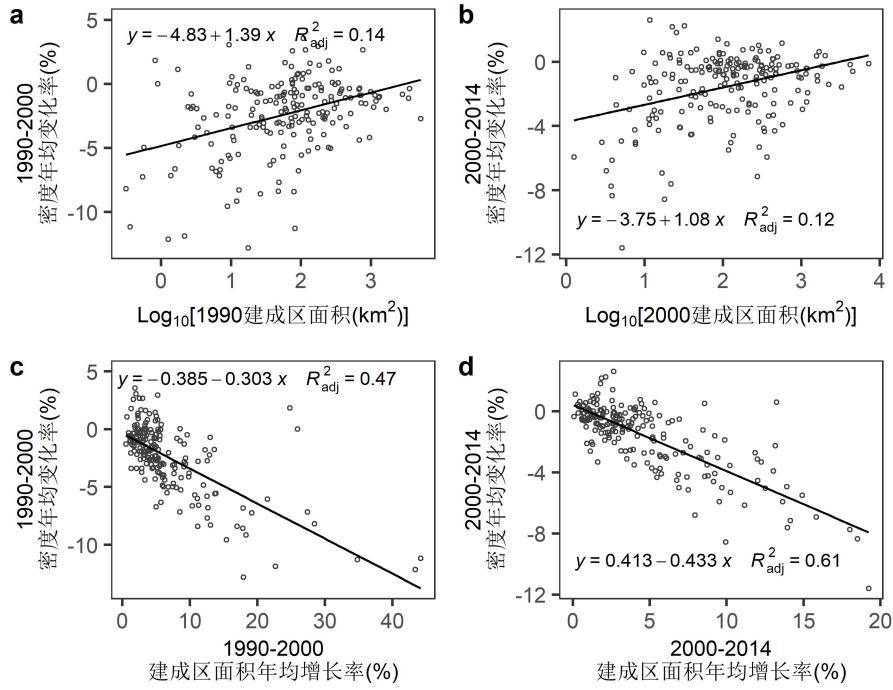


图4 建成区面积及其增长率对城市人口密度年均变化率的影响

全球八个区域建成区面积年均增长率和密度年均变化率的皮尔逊相关系数 (Pearson's r) 及显著性检验结果 (p 值) 如表3所示。表3显示大部分地区二者在两个时段 (1990—2000年和2000—2014年) 均显著负相关 ($p<0.05$)，多个区

域二者的相关系数在0.6以上。这说明建成区面积增长率对密度下降的影响广泛而稳健，城市人口密度随时间下降主要是由于城市土地的过快扩张导致的。因此减缓城市人口密度随时间的过快下降，首先要控制城市建设用地的过快增长。

表3 分区域建成区面积增长率与城市人口密度年均变化率相关分析结果

区域	N	1990—2000年		2000—2014年	
		相关系数r	p值	相关系数r	p值
#1亚太地区	42	-0.270	0.084	-0.788	<0.001***
#2欧洲和日本	34	-0.602	<0.001***	-0.852	<0.001***
#3北美和澳大利亚	18	-0.756	<0.001***	-0.397	0.103
#4拉美和加勒比地区	26	0.095	0.643	-0.424	0.031*
#5南亚和中亚	32	-0.687	<0.001***	-0.836	<0.001***
#6东南亚	15	-0.643	0.01*	-0.735	0.002**
#7撒哈拉以南非洲	18	-0.815	<0.001***	-0.794	<0.001***
#8西亚和北非	15	-0.822	<0.001***	-0.700	0.004**

注: ***p<0.001; **p<0.01; *p<0.05。

(二) 初始城市人口密度

基于Atlas of Urban Expansion数据集, 全球200个城市初始城市人口密度与此后10年密度年均变化率的相关分析如图5所示。图5显示初始城市人口密度与密度年均变化率在两个时间段(1990—2000年和2000—2014年)显著负相关($p<0.01$), 说明初始城市人口密度越高, 密度下降越快。这将导致各城市的城市密度差异减小, 显示了城市人口密度随时间演化的趋同效应。分区域测试初始城市人口密度和密度年均变化率的相关关系如表4所示。全球不同区域初始城市人

口密度与密度年均变化率几乎都呈负相关关系, 多个地区二者显著负相关($p<0.05$)。城市人口密度随时间下降速度依赖于当前城市人口密度, 城市人口密度越高, 密度随时间下降速度越快。高密度城市会带来过度拥挤等不良社会影响, 因此面临更大城市人口密度下降的压力; 高密度城市居民和决策者也更有动力和倾向扩张城市用地, 进而加速密度下降。

表4 分区域初始城市人口密度与城市人口密度年均变化率相关分析结果

区域	N	1990—2000年		2000—2014年	
		相关系数r	p值	相关系数r	p值
#1亚太地区	42	-0.343	0.026*	-0.327	0.035*
#2欧洲和日本	34	-0.307	0.077	-0.536	0.001**
#3北美和澳大利亚	18	-0.218	0.384	0.252	0.313
#4拉美和加勒比地区	26	-0.561	0.003**	-0.123	0.549
#5南亚和中亚	32	-0.577	0.001**	-0.38	0.032*
#6东南亚	15	-0.514	0.05	-0.332	0.227
#7撒哈拉以南非洲	18	-0.732	0.001**	-0.073	0.773
#8西亚和北非	15	-0.595	0.019*	-0.684	0.005**

注: **p<0.01; *p<0.05。

(三) 人均GDP及增速

由于较难获取每个城市的社会经济数据, 本文获取Atlas of Urban Expansion数据集中各城市

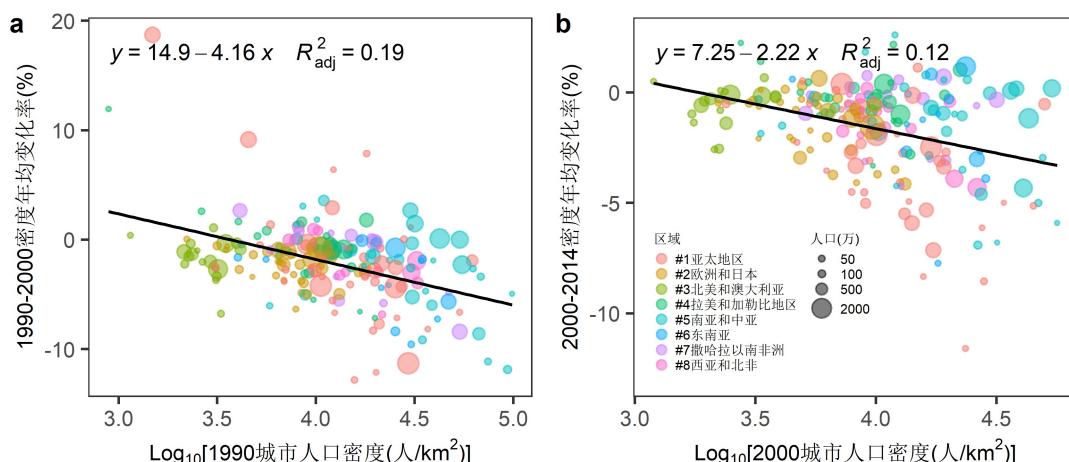


图5 初始城市人口密度对城市人口密度年均变化率的影响

所在国家（共78个）的社会经济数据。汇总同一个国家城市的密度年均变化率，然后与国家尺度社会经济因素进行相关分析。由于200个城市位于全球不同地区，处于不同发展阶段，为了减小单个样本的影响，本文采用分组方法分析人均GDP及其增速对密度下降速度的影响。本文将78个样本进行5等分，每组有15或16个样本。分组后人均GDP及其增速与密度年均变化率的散点图如图6所示，图6中水平和垂直误差线分别为各组人均GDP（增速）和密度年均变化率一倍标准差。

图6显示人均GDP与密度年均变化率正相关，说明人均GDP越高，密度下降速度越慢。1990—2000年和2000—2014年，人均GDP每提升1万美元，密度年均变化率升高0.26%或0.14%。欧美国家城市人均GDP较高，而中国、印度等发展中国家和非洲经济落后国家的人均GDP较低；另一方面欧美城市的密度下降较慢，所以表现为人均GDP越高，密度下降越慢。GDP增长率与密度变化率负相关，说明GDP增速越高，密度下降越快。1990—2000年和2000—2014年，GDP增速每提升1%，密度年均变化率下降0.03%或0.16%。

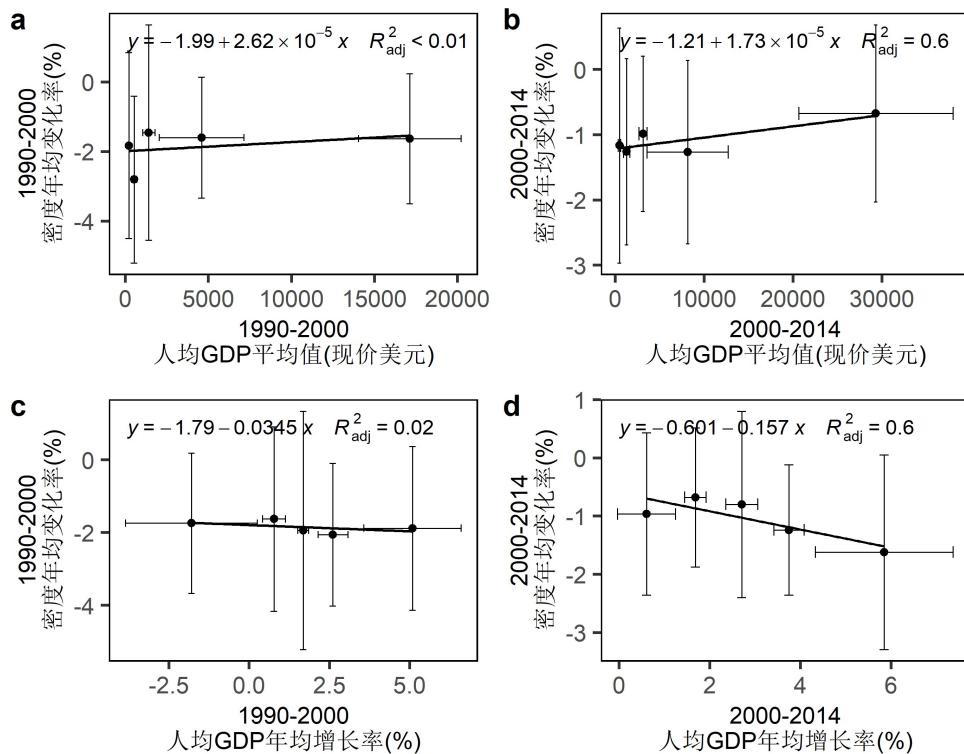


图6 人均GDP及其增速对城市人口密度年均变化率的影响

经济增长速度越快，说明土地扩张的经济驱动力越强，进而导致密度下降加快。

(四) 城市化水平及增速

基于Atlas of Urban Expansion数据集，分组后城市化率和城市化率增速与密度年均变化率的相关关系如图7所示，图7中水平和垂直误差线分别为各组城市化水平（增速）和密度年均变化率一倍标准差。结果显示，除去1990—2000年城市化率小于25%的组别（见图7a），城市化率与密度年均变化率显著正相关。在城市化起步阶段，包括城市居民人均收入在内的经济指标较低，土地扩张的驱动力不足；因此土地扩张速度较慢，进而导致密度随时间下降速度较慢。此后（城市化率超过25%），城市化率与密度年均变化率的明显正相关关系说明城市化水平越高，密度随时间下降速度越慢。线性回归直线的斜率反映了城市化水平对密度年均变化率的影响程度。在1990—2000年间，当城市化率超过25%以后，城市化率每提升10%，密度年均变化率升高0.3%，也即密度随时间降低的速度减缓0.3个百分点；2000—2014年间，城市化率每提升10%，密度降低速度减缓0.1个百分点。

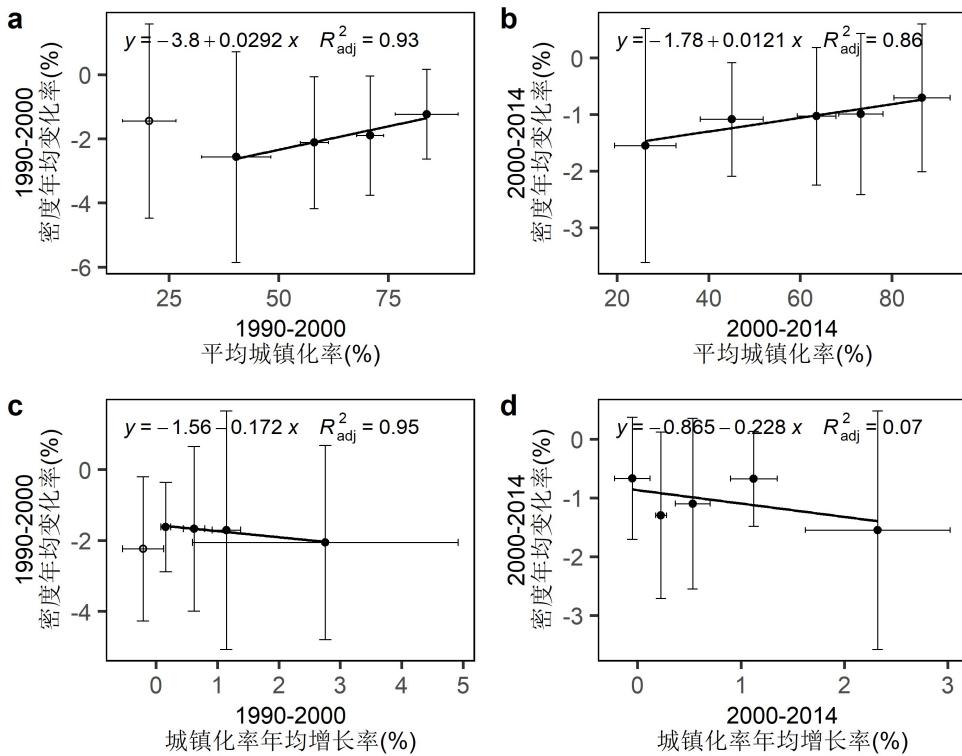


图 7 城市化水平及其增速对城市人口密度年均变化率的影响

图 7c-d 显示了分组后城市化速度对密度年均变化率的影响。1990—2000 年，受苏联解体或战争影响，共有 11 个国家（赞比亚、乌兹别克斯坦、阿塞拜疆、匈牙利、伊拉克、埃及、菲律宾、哈萨克斯坦、立陶宛、德国和俄罗斯）城市化水平倒退。除去 1990—2000 年城市化率增速为负的组别，城市化率增速与密度年均变化率具有明显的负相关关系，说明城市化速度越快，密度下降越快。这对于正在经历快速城镇化的中国具有重要启示意义。1990—2000 年，城市化率增速每提升 1%，密度年均变化率下降 0.17%，即密度随时间下降速度增加 0.17 个百分点；2000—2014 年，城市化率增速每提升 1%，密度随时间下降速度增加 0.23 个百分点。

五、结论与讨论

本文的主要贡献是从全球尺度揭示了城市人口密度及其时间变化的区域差异，并从宏观视角分析了城市人口密度随时间变化的影响因素。全球不同地区城市人口密度差异巨大，其中，印度

城市人口密度最高，中国城市人口密度次之，欧美城市人口密度较低。在两个时段（1990—2000 年和 2000—2014 年），200 个样本城市中 80% 城市的城市人口密度随时间下降；2014—2022 年，近 60% 的国家或城市的城市人口密度随时间下降；这充分说明了土地扩张快于人口增长是全球普遍现象和长期趋势。城市人口密度随时间下降的直接原因是城市土地扩张过快，建成区面积增长率是城市人口密度年均变化率的强影响因子。城市人口密度具有趋同效应，即城市初始人口密度越高，城市人口密度随时间下降速度越快，进而导致各城市的密度差异缩小。人均 GDP 越高，城市人口密度随时间下降速度越慢；而 GDP 增速越高，城市人口密度随时间下降速度越快。城市化率越高，城市人口密度随时间下降速度越慢；城市化率增速越高，城市人口密度随时间下降速度越快。这说明经济快速增长、快速城市化的城市，其城市人口密度随时间下降更快。

虽然城市人口密度随时间下降是全球普遍现象，但中国城市人口密度随时间下降速度在主要国家和地区中处于较快水平，显示了中国土地城

镇化快于人口城镇化的程度较为严重。考虑到中国人多地少的基本国情以及未来大量城市土地需求，中国过快的城市人口密度下降需要引起足够重视。长期以来，中国土地行政主管部门制定了一系列政策，限制城市土地供应，严格保护耕地；城市规划行政主管部门也制定了城市人均建设用地标准，指导城市新增建设用地审批；但城市土地扩张的力量不断突破政策约束。中国仍处于经济较快增长和城镇化快速发展阶段，城市人口密度随时间下降压力较大，需要做好长期应对准备。从政策调控角度，不仅需要因城施策，还需要查明扩张速度远快于人口增长的城市用地类型^①，进而因类施策，实现精准调控城市人地关系^②。

本文发现城市人口密度随时间变化的趋同效应与Li等（2022）发现的极化效应不同^③。有以下三个原因：首先，本文研究范围是城市建成区，而非行政地域空间内全部建设用地。其次，两项研究数据源不同，数据精度有差异。远离城市建成区、分布相对离散的建设用地及其扩张过程很难通过常规遥感手段获取。实际上很多国家乡村

建设用地规模超过城市建设用地。最后，两项研究的统计方法不同。本文是以各城市为单元进行的统计分析，而Li等（2022）是对全球十大区域为整体进行汇总分析，该方法难以剔除个别数值异常城市的影响。因此，本研究发现的城市人口密度随时间变化的趋同效应更能反映城市建成区内密度的变化特征。

本文虽然较为全面地分析了影响城市人口密度随时间变化的因素，但仍然遗漏了其他因素对城市人口密度年均变化率的潜在影响。城市土地扩张最主要三个驱动力是：人口增长、经济增长和交通成本降低。本文考虑了前两个驱动力可能对城市人口密度变化的影响，但因为没有找到合适表征变量，也较难收集全球数据，故没有研究城市交通成本差异对城市人口密度随时间下降速度的影响。除此以外，本文没有考虑的，但可能影响城市人口密度随时间变化的因素还包括：各城市/国家可建设用地面积、家庭人口规模、社会经济制度、土地利用政策等。

[责任编辑 王琪]

^① 符曼、许刚、陈江平：《不同类型城市用地面积与人口规模的标度律研究——以长江经济带城市为例》，《华中师范大学学报（自然科学版）》2024年第2期。

^② 丁怡婕等：《中国城市用地结构演变特征及驱动因素分析》，《湖南师范大学自然科学学报》2023年第5期。

^③ Mengmeng Li, Jasper van Vliet, Xinli Ke, et al., “Mapping settlement systems in China and their change trajectories between 1990 and 2010,” *Habitat International*, 12(2019): 102069.