

# 近六百年来城市建成区扩展过程与特征分析\* ——以苏沪地区为例

PROCESS AND CHARACTERISTICS OF URBAN BUILT-UP AREA EXPANSION IN  
JIANGSU-SHANGHAI REGION IN THE PAST 600 YEARS

蒋宇超 金晓斌 覃丽君 薛樵风 成一农 龙 瀛 杨绪红 周寅康

JIANG Yuchao; JIN Xiaobin; QIN Lijun; XUE Qiaofeng; CHENG Yinong; LONG Ying; YANG Xuhong;  
ZHOU Yinkang

【摘要】利用历史文献、古地图、民国测绘图和遥感影像图，复原了苏沪地区有连续建城记录的56座城市自明朝以来9个时间断面下的城市建成区边界，选取扩展速率、扩展强度、幂律分布指数、分形维数、紧凑度和重心迁移距离等指标，分析了各城市在城市规模和空间形态上的变化过程；同时，采用面板数据模型，对影响城市建成区扩张的潜在因素进行了分析。研究结果表明：

(1)从面积变化上看，近六百年来苏沪地区各城市建成区规模显著增大，研究区城市建成区总规模扩大了59.9倍，其中变化最大的是无锡市主城区，扩大了346.7倍；(2)从变化过程看，可分为孕育阶段、萌芽阶段、起步阶段、加速阶段和提升阶段等5个阶段；(3)近六百年来，研究区内城市建成区规模之间的差异趋于减小，大城市数量逐渐增多；(4)从空间形态变化看，随着城市规模扩大，城市形态愈加复杂，分形维数不断增大，城市形态紧凑度逐渐减小；(5)从城市重心变迁看，平原城市大多围绕原城池向外近似均匀扩展，大部分城市重心迁移距离小于3.5km；(6)城市规模受城市社会经济、区域人口的影响较大，与城市行政等级的关联较小，而城市形态会因人口增加而趋于复杂，与城市经济水平和城市等级无显著相关性。

【关键词】城市扩展；建成区；变化过程；苏沪地区；六百年

ABSTRACT: Using historical documents, ancient maps, survey maps of the Republican period, and remote sensing images, this paper restores the urban built-up area boundaries of the 56 cities in Jiangsu-Shanghai region since the Ming Dynasty. The paper selects the expansion rate, expansion intensity, power-law distribution index, fractal dimension, compactness, and migration distance of city gravity center to analyze the urban evolution

process in terms of city scale and spatial form. At the same time, the paper uses the panel data model to analyze the possible factors that influence the expansion of urban built-up areas. The results show that: (1) the size of urban built-up areas in Jiangsu-Shanghai region has increased significantly over the past 600 years, and the total area of the study area has expanded by 59.9 times, among which the main city of Wuxi has expanded by 346.7 times; (2) the process of the expansion can be divided into five stages: the breeding stage, the embryonic stage, the initial stage, the acceleration stage, and the upgrading stage; (3) during the 600 years, the difference in the size of urban built-up areas in the study area tends to decrease, and the number of large cities has increased; (4) in terms of spatial

## 【作者简介】

蒋宇超(1994-)，男，南京大学地理与海洋科学学院，硕士研究生。

金晓斌(1974-)，男，南京大学地理与海洋科学学院，南京大学自然资源研究中心，教授，博士生导师，本文通信作者。

覃丽君(1993-)，女，南京大学地理与海洋科学学院，硕士研究生。

薛樵风(1991-)，男，南京大学地理与海洋科学学院，博士研究生。

成一农(1974-)，男，云南大学历史与档案学院，教授，博士生导师。

龙 瀛(1980-)，男，清华大学建筑学院，清华大学恒隆房地产研究中心，特别研究员，博士生导师。中国城市规划学会城市规划新技术应用学术委员会副主任委员。

杨绪红(1988-)，男，南京大学地理与海洋科学学院，南京大学自然资源研究中心，助理研究员。

周寅康(1962-)，男，南京大学地理与海洋科学学院，南京大学自然资源研究中心，教授，博士生导师。

【文章编号】1002-1329  
(2019)12-0055-14

【中图分类号】TU984.1

【文献标识码】A

【doi】10.11819/cpr20191208a

【修改日期】2019-11-15

\* 国家自然科学基金项目  
(41671082) 资助。

form, with the expansion of city scale, the urban form has become more complicated, the fractal dimension has increased, and the compactness of the urban form has decreased; (5) regarding the shift of the city gravity center, most cities in the plain area have expanded around the original cities evenly and the migration distances of the gravity centers are less than 3.5 km; (6) the expansion of city scale is greatly influenced by local economy and population, and its correlation with the urban administrative level is weak; the urban form has become more complicated due to population growth and has no significant correlation with the urban economic level and the urban hierarchy.

**KEYWORDS:** urban expansion; built-up area; changing process; Jiangsu-Shanghai region; 600 years

## 1 引言

城市是人类文明的象征,是社会发展到一定阶段的产物<sup>[1]</sup>。作为四大文明古国之一,中国在距今约6000年前就已经出现了早期的城市<sup>[2]</sup>。中国在历史上虽屡次经历朝代更迭、政权割裂、外族入侵,然终能排除忧患,走向一统,在文明长期延续的历史条件下,中国的城市发展愈加繁荣<sup>[1]</sup>。中国古代的城市发展水平一直领先于世界其他地区,其城市数量之多、规模之大,都是其他国家难以比拟的,当时世界十大城市中的前七位均为中国都城<sup>[3]</sup>。19世纪初,世界城市化水平仅为3%,而中国在公元7世纪时(唐朝时期)的城市化水平就已经达到10%<sup>[1]</sup>。城市化进程不仅推动经济发展、人口流动,也导致区域土地利用格局、方式和强度的巨大变化,突出表现在城市范围(建成区)的不断扩大上。通过对长时期城市演化过程的分析,在较高精度下恢复历史时期城市建设用地状况,可以更深入地把握影响城市化的外在因素和内在机制,对研究城市发展史和历史土地利用与土地覆被变化,乃至全球变化等都具有重要意义。

明朝以来的近六百年是世界城市发展变化最快且最剧烈的阶段,中国也经历了人口增长加快、社会生产力大幅提高以及传统城市向现代城市转型,城市现代化发展逐渐走向成熟等过程。明清时期,中国城市数量和规模都有一定程度的增加,城市分布日益集中于东南地区<sup>[1]</sup>,但城镇格局基本稳定。据《明史》记载,明朝后期共有城市1471座(不含在边远少数民族地区所置之府州县),其中府城147座,州城193座,县城1138座;清代各省通志中提及的城市共1473座

(不包括都城),其中修筑城墙且数据有效的有1390座,包括省城18座,府城220座,县城1152座<sup>[4]</sup>。清末民初,受帝国主义侵略和民族工商业发展的影响,城镇格局发生了重大变化,殖民地型港口贸易城市、新兴矿业城市、新兴铁路枢纽性城市及新辟商埠城市等城市的用地面积不断扩张,大城市发展迅速,小城镇数量迅速增加,沿海、沿江和东北地区的发展速度远高于其他地区,城市分布更加不平衡<sup>[1]</sup>。1949年以来,我国城市化水平不断提高,20世纪50年代初,全国地市级城市仅有160个,到1994年已增至624个,其中100万人以上的城市有31个,全国城市建成区面积也从1949年的3100km<sup>2</sup>,增加到1957年的6000km<sup>2</sup>、1978年的7100km<sup>2</sup>以及1994年的16200km<sup>2</sup><sup>[5]</sup>。如果从实体地域的角度重新定义城市,2014年中国的城市数量已增加到4629个,建成区面积达64144km<sup>2</sup><sup>[6]</sup>。

国外相关学者从变化过程、变化特征、区域特点等方面对城市/城市区/区域进行了研究,取得了积极的研究成果。钱德勒(Chandler)<sup>[7]</sup>利用人口普查、军事、灾害等数据,分析了四千年以来世界城市人口规模的变化过程;莫德斯基(Modelski)<sup>[8]</sup>运用齐夫定律,分析了公元前3000年至公元2000年间城市的规模和等级之间的关系;韦伯(Weber)等<sup>[9]</sup>以突尼斯首都地区为例,分析并模拟了该地区城市化的发展过程;田汉勤等(Tian)<sup>[10]</sup>基于卫星遥感数据和历史档案资料,分析了印度从1880年至2010年的土地利用变化情况;里芭(Reba)等<sup>[11]</sup>在前人的研究基础上,分析了6000年以来世界的城市化过程,得到了从公元前3700年到公元2000年的世界城市历史数据库。国内学者从区域性城市格局特征和典型城市变化过程分析两个角度,对中国历史时期城市发展过程进行了积极探索。在区域格局特征方面,成一农<sup>[4]</sup>根据清代各省通志,从城墙周长(城周)入手,统计了清代城市规模,建立了清代城池数据库(包括省城18座,府城220座和县城1152座);何凡能等<sup>[12]</sup>根据清代史志中记载的有关城周资料,估算了嘉庆年间(1820年)城镇建成区面积;林忆南等<sup>[13]</sup>对1820年江苏省建设用地区进行了数量重建和空间恢复。在典型城市变化过程分析方面,方修琦等<sup>[14]</sup>分析了北京城市空间的扩展过程;姚秀丽等<sup>[15]</sup>研究了大连近百年城市空间演变;纪芸等<sup>[16]</sup>对晚清以来广州市建成区扩展的时空特征进行了分析研究;孙雁等<sup>[17]</sup>研究了百年来沈阳城市土地利用空间扩张过程;尹昌应等<sup>[18]</sup>分析了晚清以来上海市建成区边界扩张的过程与特征;李松等<sup>[19]</sup>研究分析了贵阳城市扩展时空特征。

综合而言,现有研究多通过历史文献解析典型历史断面下的区域城市体系格局,或结合历

史资料对单个城市近百年的历史变化过程进行了较为深入的分析,而利用统一的数据来源对特定区域内主要城市在更长时期内的历史变化过程进行统一分析的研究尚属空白。本研究综合考虑数据收集的完整性和所收集数据在时间分布上的集中性,以现代行政区划下的江苏省和上海市所辖的56座城市(包括1个直辖市、1个省会市、12个地级市和42个县级市)为研究单元,集成历史文献、古地图和现代遥感影像等多源数据,恢复不同历史阶段下9个重要历史时间断面(1400年、1640年、1750年、1820年、1930年、1970年、1980年、2000年和2014年)<sup>①</sup>上城市建成区的边界,选取扩展速率、扩展强度、幂律分布指数、分形维数、形态紧凑度和重心迁移距离6项指标,分析建成区的扩展过程与演变特征,并通过搜集地方志和统计资料中的社会经济数据(历史记载与选取时间断面不一致的,通过曲线拟合进行插补和替换),利用时间固定效应模型分析影响建成区扩展的因素。考虑到长江两岸城市在自然环境、资源状况、经济发展、人口数量、社会文化等方面的差异性,进一步将所选城市沿长江划分为南、北两类<sup>②</sup>,对其扩展过程与演变特征进行对比分析。本研究有助于增强历史时期城市变化过程的定量分析,对丰富城市规划现状分析、解析城市发展脉络等具有参考意义和资料价值。

## 2 研究区概况

本研究以当代江苏省和上海市所辖区域为研究区(以下简称为“苏沪地区”)。该区地处长江三角洲冲积平原北部,地跨长江、淮河南北两岸,是目前中国综合实力最强的世界级城市群地区——长三角城市群的核心区域,也是中国城市化发展最迅速、城市化水平最高的地区之一。与此同时,苏沪地区是中原、江淮、金陵、吴四大文化的交汇地区,是中国古代文明的发祥地之一。由于悠久的城市历史,上海、南京、苏州、扬州、淮安、徐州、镇江、常熟、无锡、南通、宜兴、泰州、常州、高邮等14座城市被列为国家历史文化名城,是全国历史文化名城最多的地区。深厚的城市文明发展史,以及留存的大量历史文献资料,为研究历史城镇变化过程与城镇体系演变提供了数据支持。同时,作为中国南北方的过渡地带,苏沪地区内部的发展差距也一定程度上体现了中国不同区域间的发展差异。

明代以来,苏沪地区的行政区划经历了四次较大调整,但在1927年之前,均属同一行政区管辖。明初,明太祖朱元璋在应天府(今南京)设置江南行中书省,苏沪地区隶属于南直隶;1667年江南分省至清末民初(1911年)隶属于江苏省,辖

江宁、镇江、常州、苏州、松江、扬州、淮安、徐州8府,以及通州、海州、泗州、太仓州、海门4州1厅;1927年,国民政府设立了上海特别市(今上海市一部分)与南京特别市,研究区始为1省2特别市;1949年以后,又经历多次小范围调整,目前包括上海市(辖16个市辖区)、南京市(辖11个市辖区)、12个地级市(共44个市辖区)、21个县级市和20个县。研究区范围及现代行政区划如图1所示。

考虑到数据的可获取性,本研究仅选取研究区内具有连续历史记载的56座城市作为研究单元(图1)。研究过程中,将部分市辖区视为独立研究单元,其中包括:南京市高淳区、溧水区、浦口区、六合区;上海市宝山区、崇明区、奉贤区、嘉定区、金山区、青浦区、松江区;常州市金坛区;淮安市淮安区;连云港市赣榆区;苏州市吴江区。上海浦东新区包括早期的南汇县和川沙县,本研究将其视为一个整体。

## 3 数据来源及处理方法

### 3.1 数据来源

本文所采用的基础数据包括历史文献资料、古地图、遥感影像、地方志、社会经济专著等,具体内容如下:

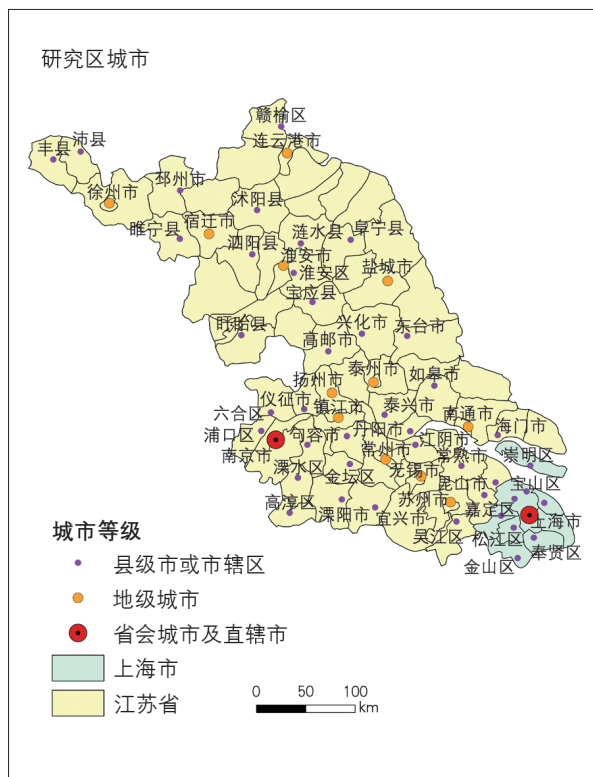


图1 研究区范围与现代行政区划

Fig.1 Scope and current administrative division of the study area



(1) 历史城市复原数据。包括《嘉庆重修一统志》《古今图书集成》《中国历史地图集》<sup>[20]</sup>、1930年代民国测绘地图、现代遥感数据(美国地质勘探局, <http://glovis.usgs.gov/>; 中国科学院地球系统科学数据共享平台, <http://www.geodata.cn/>)、地方志、县志等;

(2) 人口、经济数据。包括《中国历代户口、田地、田赋统计》<sup>[21]</sup>、中国人口地理信息系统(<http://cpgis.fudan.edu.cn/cpgis/default.asp>)等研究成果;《中国现代化的区域研究》<sup>[22]</sup>《中国人口统计年鉴》<sup>[23]</sup>《中国货币史》<sup>[24]</sup>《江苏五十年》<sup>[25]</sup>《江苏统计年鉴》<sup>[26]</sup>《光辉的60载:上海历史统计资料汇编1949—2009》<sup>[27]</sup>《上海统计年鉴》<sup>[28]</sup>等统计数据;

(3) 行政区划、行政界线、历史治所等数据信息来源于中国历史地理信息系统([http://yugong.fudan.edu.cn/views/chgis\\_index.php?list=Y&tpid=700](http://yugong.fudan.edu.cn/views/chgis_index.php?list=Y&tpid=700))、《中国历史地图集》<sup>[20]</sup>《中国行政区划通史·明代卷》<sup>[29]</sup>《中国行政区划通史·清代卷》<sup>[30]</sup>《清代地理沿革表》<sup>[31]</sup>《民国时期政区沿革》<sup>[32]</sup>等。

### 3.2 数据处理

#### 3.2.1 城市复原数据

(1) 古代城市数据。1400—1820年的城市外

部形态数据,采用历史学中古代城市外部形态复原方法进行处理,即将历史记载或历史地图进行空间转译,并形成特定历史时期下的城市外部形态。随着城市的不断发展,城市街道(城市发展中最稳定的要素)、古代城市中的地产如衙署、庙宇等、城市中的部分保留至今的建筑以及沿用至今的地名等成为进行古代城市外部形态复原的重要依据<sup>[33-37]</sup>。本研究在进行古代城市外部形态复原时主要考虑城市历史要素中的空间要素,包括城市山水要素、城市街巷要素、城市建筑要素等<sup>[37]</sup>。

第一,历史文献资料搜集。包括纸质资料、电子文献、历史地图、图书馆馆藏史料等,主要为《嘉庆重修一统志》《古今图书集成》中对一些城市古城池筑城史、城周等的记载,辅之以地方志、历史城市街巷分布图、民国地形图、前人研究成果等资料。这些是整理分析城市规模、形态及其变化的基础资料。

第二,城市历史要素提取。主要指对城市历史空间要素及城市规模要素的提取。通过对历史文献资料的解读与整理,提取城市历史要素,包括:城市周边自然地形以及城市的整体形态、护城河位置、城周等城市山水要素;主要街巷的位置与走向等城市街巷要素;城墙、城门(数量、名称)、典型地物(钟鼓楼、寺庙)等城市地物要素。







	1400	1640	1750	1820	1930	1970	1980	2000	2014	
城市变化	江宁府旧城于明洪武初筑,顺治中将府城东筑满城,后虽屡次修葺而未扩建				民国时期,南京主城区较之明清,城市规模无大变化	中华人民共和国成立后,南京主城区规模不断扩大				
基础数据	《嘉庆重修一统志》《古今图书集成》				1930年代民国地图	Landsat2-MSS遥感影像、Landsat TM遥感影像				
数据展示	《古今图书集成》记载:“按《图考》,明太祖于元至正……戊申改路为应天府,大建城阙,……惟南门、大西、水西三门因旧更名聚宝、石头、三山。……增建南出者二门,曰通济、正阳,……建北门曰太平,又西据覆舟山、鸡鸣山(即鸡笼山)缘湖水以北,至直渎山而西八里,又建北出者二门,曰神策、金川;自金川北绕狮子山……亦建二门,曰钟阜、仪凤;自仪凤迤迤而南,建定淮、清凉二门,以接旧西门,……计周九十六里。……皇清顺治二年,……郭因明之旧,惟闭清凉、钟阜、定淮、金川四门,余门无改。十六年,……筑满城于青溪之东,起太平门沿旧皇城墙基至通济门止,开二门,以通出入。”									
辅助数据	《大明一统志》《大清一统志》、地方志、中国历史地图集、谷歌地图				南京市地名与街道数据库	南京市地名与街道数据库				
处理方法	以玄武湖定位,之后在谷歌地图中标出聚宝、通济、朝阳、太平、神策、金川、石城、三山八门及狮子山的位置,以大致确定古城范围,再据护城河、街道格局、建筑风格 and 密度等,圈定旧城外圈边界,后以古籍中记载的城周验证结果				因旧城依明之格局,仅将旧城之东改筑满城,故仿照之前做法,通过城门、护城河、街道、建筑等要素的提取,确定满城外圈边界,并以城周校验	在ArcGIS中,利用中华门、通济门、太平门、鸡鸣寺、狮子山、玄武湖、莫愁湖7个标志点进行配准后,将城市建成区边界数字化		对遥感影像进行目视解译,利用ArcGIS进行数字化		
示例										

图2 典型城市(南京)历史形态复原过程示意

Fig.2 Spatial restoration process of urban historical form of Nanjing as a typical city

第三，数字化转译。根据历史文献资料中关于城墙、城门、典型建筑物(钟鼓楼、寺庙)等的记载，参考现代城市地图或遥感影像，分析确定其当前位置；在谷歌地球中，根据确定好的城门

位置，绘制城市范围并导入ArcGIS计算周长和面积，根据历史文献资料中记载的城周加以验证。

(2)1930年代数据。利用国家图书馆收藏的1930年代民国测绘地图(比例尺为1:5万或1:10

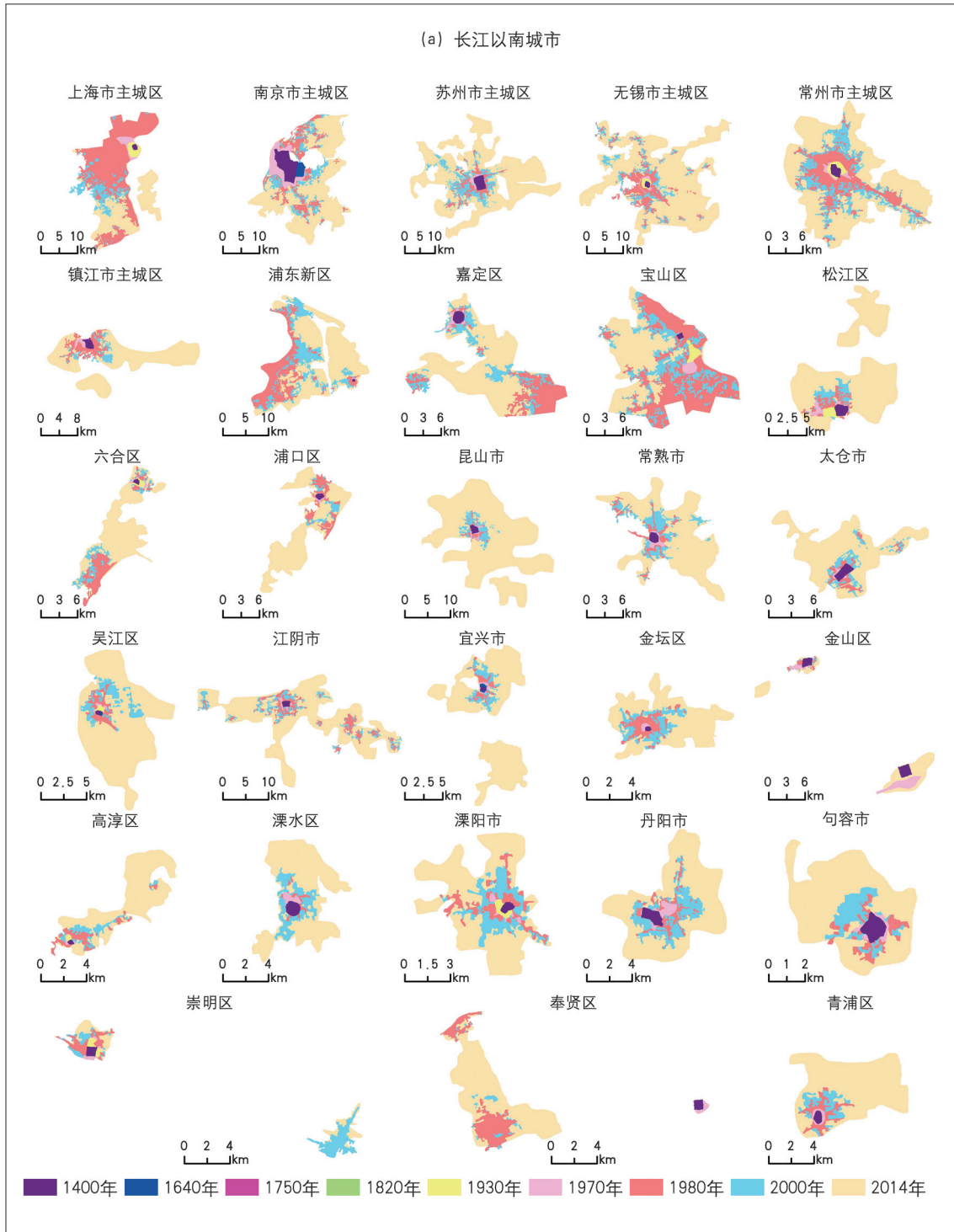


图3 近六百年来苏沪地区城市建成区范围变化过程

Fig.3 Changing process of the scope of urban built-up areas in Jiangsu-Shanghai region in the past 600 years

注：按主城区所在位置区划分长江南北城市，图中上海建成区范围不包括金山、奉贤、崇明、嘉定、松江、宝山、浦东、青浦等区；南京建成区范围不包括浦口、高淳、溧水、六合等区；苏州建成区不包括吴江区；常州建成区不包括金坛区，连云港建成区不包括赣榆区，淮安建成区不包括淮安区。

规划研究

Planning Studies

60

城市规划 CITY PLANNING REVIEW  
2019年第43卷 第12期 VOL.43 NO.12 DEC. 2019

(b) 长江以北城市

1400年
  1640年
  1750年
  1820年
  1930年
  1970年
  1980年
  2000年
  2014年

续图3

万), 进行扫描和拼接修复后, 选取标志性地物 (如城门、湖泊、寺庙等) 进行配准并数字化。

(3) 现代数据。1970年代数据采用筛选 Landsat2-MSS 遥感影像 (分辨率为 57m × 57m) (<http://glovis.usgs.gov/>), 在 ENVI5.0 软件中进行图像裁剪, 并进行目视解译和数字化。1980年数据采用 Landsat TM 遥感影像 (分辨率为 30m × 30m), 进行目视解译和数字化; 2000年和

2014年数据来源于中国科学院地球系统科学数据共享平台 (<http://www.geodata.cn/>)。

图2以南京市主城区的建成区复原作为案例, 进行说明。

按照同样的方法, 本研究恢复了苏沪地区56个城市近六百年来9个时间断面下的建成区边界 (对于1970年代之前的城市建成区, 若历史记载与选取时间断面不一致的, 假定在该时间段内无

(C)1994-2020 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. <http://www.cnki.net>



显著改变), 结果如图3所示。

### 3.2.2 社会经济数据

考虑到历史资料的可获得性和数据的可对比性, 仅选取城市等级、人口和经济作为因变量, 对城市面积扩张的潜在影响因素进行分析。其中, 城市等级以行政等级代替; 现代(1949年后)的人口和经济数据通过统计资料获取; 民国时期的人口数据来源于《中国现代化的区域研究: 江苏省(1860—1916)》<sup>[22]</sup>《中国历代户口、田地、田赋统计》<sup>[21]</sup>等研究成果、地方志(县志)等文献资料; 明清时期的经济数据没有统一的计量单位和专项的统计资料, 为了实现数据的可比性, 本研究以各时期的田赋作为代替。首先通过查阅一个城市的地方志中关于田赋的记载, 计算出当年所收田赋的总额(以白银为单位), 之后参考《中国货币史》<sup>[24]</sup>整理出的白银购买力, 将田赋数据统一为大米数量, 按照钱米折算关系将田赋折现<sup>[38]</sup>。

## 4 城市扩展过程分析

### 4.1 分析指标

城市扩张不仅表现为面积的增加, 还体现在

城市空间形态的变化。本文选取城市扩展速率、扩展强度、幂率分布指数、分形维数、城市形态紧凑度和城市重心迁移等6项指标, 对各城市扩张的数量变化和时空特征进行分析。具体指标见表1。

## 4.2 数量变化过程

### 4.2.1 建成区面积

研究期内各城市均不断向外扩张, 城市规模不断增大。1400年至2014年, 56座城市的建成区总规模从127.1km<sup>2</sup>增加到7736.4km<sup>2</sup>, 扩大了59.9倍。其中扩展程度最大的是无锡市市区, 建成区面积从1.8km<sup>2</sup>增加到621.4km<sup>2</sup>, 扩大了346.7倍。各城市在不同阶段的扩展强度虽有所波动, 但总体呈现不断加快的趋势, 见图4。其中, 长江以南城市建成区扩大了58.42倍, 长江以北城市建成区扩大了62.88倍, 长江以南城市建成区的扩大倍数略低于长江以北城市(表2), 而城市主城区建成面积一般比其下辖的县级城市建成区规模更大, 表现出同一城市内部不同行政级别城市建成区之间的差异。

### 4.2.2 扩展速率与扩展强度

以一定时期内的年均扩展面积表征城市建

表1 指标因子描述

Tab.1 Definition of indexes

指标	名称	公式	说明	备注
X <sub>1</sub>	扩展速率	$V = \frac{U_2 - U_1}{T}$	V表示扩展速率, U <sub>2</sub> 表示期末城市建成区面积, U <sub>1</sub> 表示期初城市建成区面积, T表示时间间隔	表示一定时期内城市建成区面积变化情况
X <sub>2</sub>	扩展强度	$R = \frac{U_2 - U_1}{U_1} \times \frac{1}{T} \times 100\%$	R表示扩展强度, U <sub>2</sub> 表示期末城市建成区面积, U <sub>1</sub> 表示期初城市建成区面积, T表示时间间隔	表示年间城市建成区面积增长速率
X <sub>3</sub>	幂律分布指数	$G(S) = A/S^K$	S表示城市建成区面积, G(S)表示城市建成区面积大于S的概率, A、K为常数, K为幂律分布指数(幂指数)	表示同一时期城市的建成区规模的分布状况, K越大, 城市的规模差异越小, 建成区规模相对较大的城市所占比例越小
X <sub>4</sub>	分形维数	$FD = 2 \frac{\ln(L_t/4)}{\ln(S_t)}$	FD表示t时期下城市的分形维数, L <sub>t</sub> 表示t时期下城市的周长, S <sub>t</sub> 表示t时期下城市建成区面积	分形维度是复杂形体不规则性的量度, 可以体现城市边界形状的复杂程度。FD的理论值范围在1~2之间, 值越大, 表示城市的形状越复杂
X <sub>5</sub>	紧凑度	$c = \frac{2\sqrt{\pi S}}{L}$	c表示紧凑度, S表示城市建成区面积, L表示对应城市的周长	反映的是城市空间形态与功能布局之间的关系以及城市建成区的用地紧凑与饱满状况。紧凑度越大, 城市形态越紧凑
X <sub>6</sub>	重心迁移距离	$D = \sqrt{(x_{t2} - x_{t1})^2 + (y_{t2} - y_{t1})^2}$	D表示从t <sub>1</sub> 时期到t <sub>2</sub> 时期某城市空间重心迁移距离, x <sub>t1</sub> 、x <sub>t2</sub> 分别表示t <sub>1</sub> 、t <sub>2</sub> 时期城市空间重心的横坐标, y <sub>t1</sub> 、y <sub>t2</sub> 分别表示t <sub>1</sub> 、t <sub>2</sub> 时期城市空间重心的纵坐标	表示一定时期内城市几何重心的变化

成区扩展速率。根据计算结果，研究期内长江以南城市的平均扩展速率约为 $0.31\text{km}^2/\text{a}$ (图5a)，而长江以北城市这一数值仅为 $0.13\text{km}^2/\text{a}$ 。依据建成区扩展速率的差异，六百年来苏沪地区城市建成区扩展过程可以大致分为孕育阶段(1400—1820年)、萌芽阶段(1820—1930年)、起步阶段(1930—1980年)、加速阶段(1980—2000年)和提升阶段(2000—2014年)等5个阶段。此外，扩展速率总体上与城市级别呈正相关，研究期内县级市、地级市和直辖市与省会城市的平均扩展速率分别为 $0.10\text{km}^2/\text{a}$ 、 $0.37\text{km}^2/\text{a}$ 、 $0.79\text{km}^2/\text{a}$ 。

以一定时期内的年均扩展比率表征城市建成区扩展强度。根据计算结果，扩展强度总体上没有明显的区域或城市等级间的差异，长江以南城市的平均扩展强度为 $9.51\%/a$ ，长江以北城市为 $10.24\%/a$ (图5b, 表2)。

#### 4.2.3 幂律分布

城市规模分布在理论研究中一直都被视为有机的整体<sup>[39]</sup>，关于不同规模的城市如何演进、生长与分布一直是城市发展研究探寻的重要规律之一<sup>[40]</sup>。自从1931年吉布拉定律和1935年齐夫定律出现后，有关城市规模分布规律的研究争论一直没有停止过，而且产生了一些重要的研究

成果<sup>[41-44]</sup>。城市发展经历从无到有、从小到大，在这过程中，幂指数(K值)逐渐减小，但由于受制于其他因素(资源、环境、空间)，城市的规模不会无限增大，最终K值会收敛于某个大于0的常数，进而达到稳态分布<sup>[45]</sup>。本研究运用齐夫定律对9个时间断面下各城市建成区规模进行研究，求得相应的幂指数K(幂律分布表达式的两边取自然对数后进行线性回归求得)。研究期内，幂指数K总体呈现上升趋势，但存在明显的阶段性：1820年以前，幂指数K均在0.9以下，之后经历了一个快速上升时期至民国中期以后趋于平稳；在20世纪六七十年代经历了一个快速下降的过程后，从1980年至今又变为显著上升(图5c)。这表明，近六百年来，研究区内城市建成区的规模差异逐渐缩小(虽然部分时段曾有一定扩大)，反映出研究区城市在发展过程中，在城市规模上往往缺少理性的定位，有贪大求全的倾向。

#### 4.3 空间形态变化

城市扩张不仅表现为建成区面积的扩大，也体现为城市空间形态的改变。分形维数是复杂形体不规则性的量度，可反映复杂形体占有空间的有效性；紧凑度反映城市空间形态与功能布局之

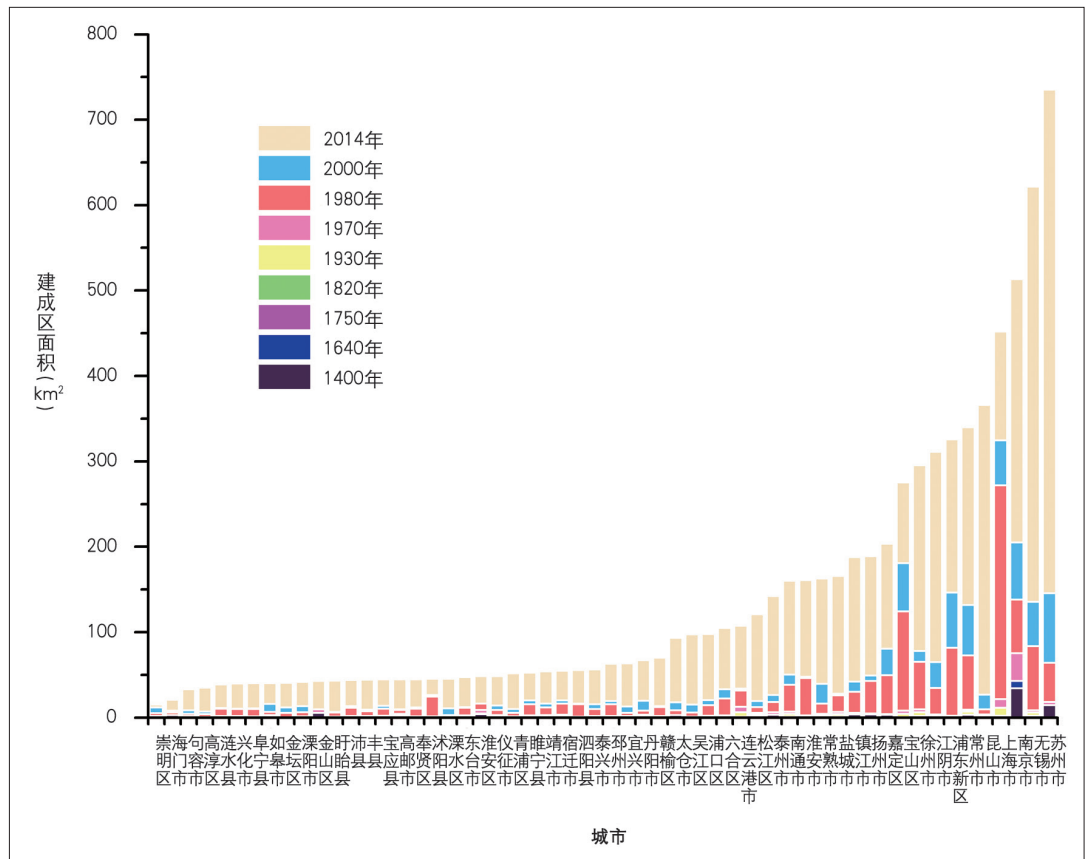


图4 近六百年苏沪地区主要城市建成区面积变化

Fig.4 Change of the area of urban built-up areas of major cities in Jiangsu-Shanghai region in the past 600 years



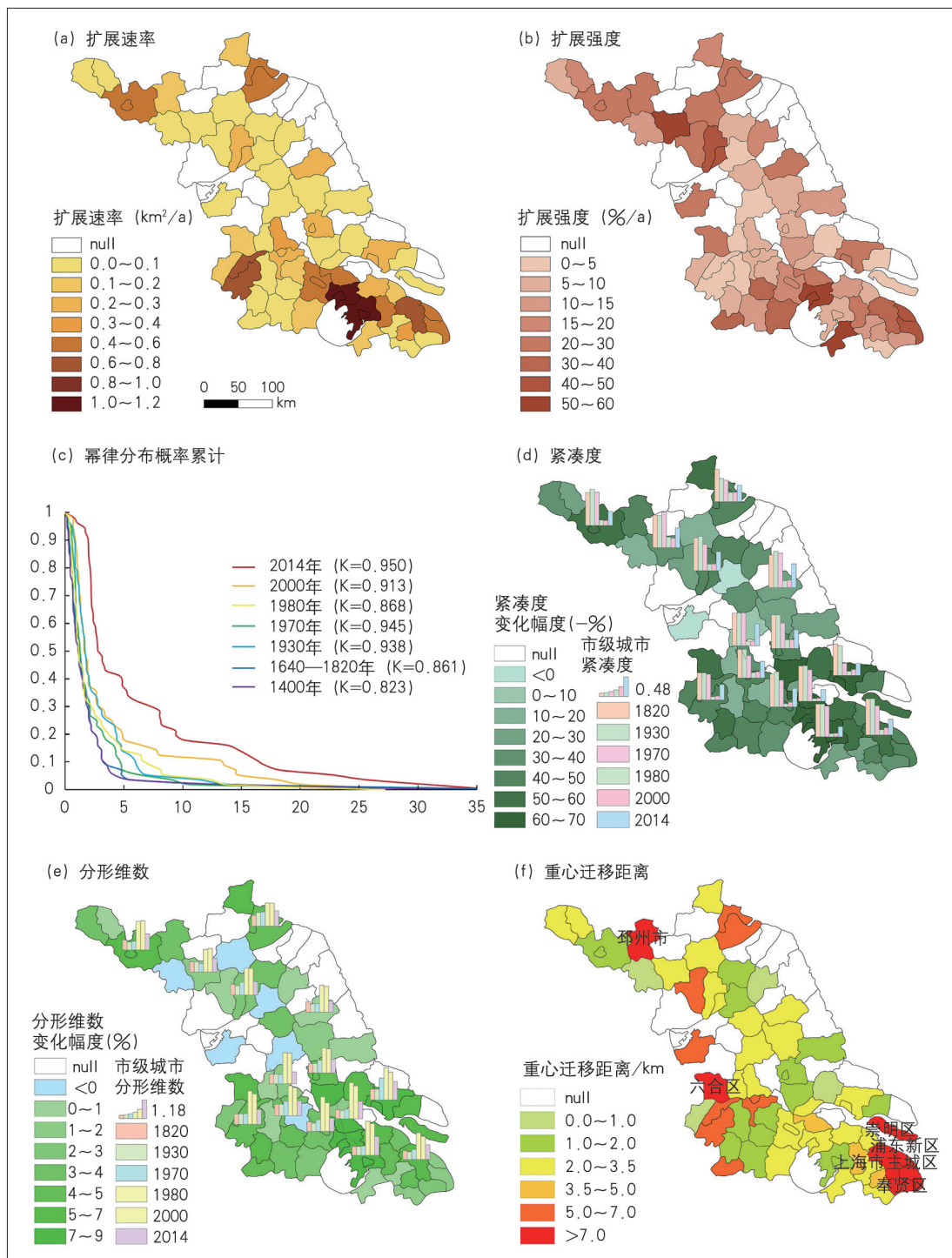


图5 近六百年来苏沪地区城市建成区变化

Fig.5 Change of urban built-up areas in Jiangsu-Shanghai region in the past 600 years

注：以各城市建成区所在的行政区域为可视化单元。

表2 不同地域城市建成区变化

Tab.2 Comparison on the change of urban built-up areas in different regions

城市划分	城市规模扩大率 (%)	平均扩展速率 (km <sup>2</sup> /a)	平均扩展强度 (%/a)	紧凑度平均变化幅度 (%)	分形维数平均变化幅度 (%)	重心平均迁移距离 (km)
长江以南	5842	0.31	9.51	44.29	3.80	5.31
长江以北	6288	0.13	10.24	33.37	2.17	3.43

间的关系，以及城市建成区用地的紧凑与饱满状况；重心迁移可以一定程度上反映城市扩展的方向。通过对分形维数、紧凑度和城市重心迁移的分析研究，可以分析近六百年来江苏和上海城市建成区的空间形态变化。

#### 4.3.1 紧凑度与分形维数变化

从城市扩展方式看，近六百年来城市发展以外向扩张为主导形式。紧凑度平均值由1400年的0.86减小到2014年的0.52，在过程中体现为高降低升，城市内部建设用地紧凑性不断降低。具体变化过程见图5d。

因为明清时期的城市都较为规整，故该时期各城市的分形维数都低于近现代时期。近六百年间全部城市的分形维数都有所增加，虽在个别时段内部分城市的分形维数有所降低，但总体而言，呈现高升低降的趋势。从分形维数的变化速率看，20世纪70年代可以作为分界线，后期的分形维数变化低于前期，城市边界向复杂的方向发展。具体变化过程见图5e。

从不同地域上来看，长江以南城市紧凑度的平均变化幅度为44.29%，高于长江以北城市的33.37%，分形维数则是长江以南城市低于长江以北城市(表2)。长江以南地区河网水系较之长江以北地区更为复杂，土地更为破碎，长江以南城市在向外扩张过程中所受自然环境的约束大于长江以北城市，因此，长江以南城市的内部紧凑程度不及长江以北城市，其外部形态也更为复杂。

#### 4.3.2 城市重心变迁

城市扩张的方向受城市所处的地理位置和交通条件影响较大，地形平坦的区域，城市大多沿着古城池较为均匀向外扩展。从城市重心的变迁来看，近六百年来城市重心迁移距离大于7km的城市共7个，包括上海市主城区及所属的浦东新区、奉贤区、嘉定区、崇明区，徐州下辖的邳州市和南京下辖的六合区；重心迁移距离为3.5km至7km的城市有9个，多分布在长江以南，分别是泗阳县、连云港市主城区、镇江市主城区、南京市主城区、宝山区、高淳区、盱眙县、江阴市、松江区；其他城市的心重心迁移距离均

<3.5km，如图5f。此外，长江以南的城市重心迁移距离要大于长江以北的城市(表2)。

## 5 城市扩展影响因素分析

### 5.1 影响因素选取

城市扩展受到人口状况、社会经济、自然环境、资源、交通、科技水平、政治政策等多重因素的影响<sup>[46]</sup>。为分析近六百年来城市扩张的潜在影响因素，本文选取城市建成区面积、城市形态紧凑度、城市形态分形维数为被解释变量；由于自然环境、资源等影响因素的精细历史数据难以获取，考虑到数据的易获取、易量化和可比较，仅以行政等级、社会经济、区域人口3项指标作为解释变量(表3)，通过面板数据模型进行分析。

人口是社会最活跃的因素，人口状况的变化和人口的流动带动着城市规模和形态的变化<sup>[47]</sup>。一方面，人口数量的增长导致对建设用地需求的增加，导致城市规模扩大。另一方面，人口的流动则会改变用地的空间需求，若无有效的规划和强有力的管理，可能会对城市内外部形态造成负面影响。城市经济的发展是城市发展的根本原因。经济总量的增加会通过城市对建设用地需求的增长而影响城市规模，而依据区位理论，经济结构的变化则会一定程度上影响城市的空间形态<sup>[48]</sup>。对于城市规模与城市行政等级，现有研究多将城市面积(即城市规模)与城市行政等级联系起来，认为二者之间相关性很强<sup>[4]</sup>。如果一个城市的行政等级越高，一般比低等级的城市更容易获取城市发展所需的各项资源，人口、产业、技术等因此会更多地向这个城市流动，从而城市行政等级可能影响到城市的扩展过程。

### 5.2 影响因素分析

面板数据是由时间序列和截面数列相结合的数据，其不仅反映某一时期各项个体数据的特征，还能描述各项个体随时间变化的规律。面板数据分析主要有三种方法，分别是固定效应模型、随机效应模型和混合效应模型<sup>[49]</sup>。分别利用

表3 变量描述性统计  
Tab.3 Descriptive statistics of variables

变量类型	参数代码	变量说明	均值	标准差	最小值	最大值	样本数
因变量	Area	城市建成区面积(km <sup>2</sup> )	22.60	67.00	0.16	621.41	504
	C	城市形态紧凑度	0.66	0.29	0.07	0.98	504
	FD	分形维数	1.15	0.07	1.07	1.36	504
城市等级	Level	城市行政等级	2.89	0.97	1.00	6.00	504
人口	Pop	城市人口(万人)	126.48	167.64	0.63	1070	504
社会经济因素	Eco	经济水平(亿元)	72.10	306.00	0.005	4770.00	504

上述三种模型, 根据模型估计结果选定分析模型: 建成区面积、紧凑度和分形维数的固定效应模型F统计量值分别为1.57、5.70、3.58, P值分别为0.345; 三者的随机效应模型F统计量值均为0.00, P值为1.00, 故建成区面积采用混合效应模型进行分析, 紧凑度和分形维数采用固定效应模型进行分析。

对三个被解释变量的模型分别进行时间效应的检验, P值均小于0.001, 故在模型中考虑时间固定效应。采用组内估计方法对城市建成区面积、紧凑度和分形维数进行参数估计, 模型拟合优度分别为: 0.61、0.91、0.89, 结果见表4。

从城市扩展影响因素来看, 城市社会经济、区域人口对城市建成区的扩张具有明显的正向效应, 而城市等级与城市建成区规模之间不存在相关性( $p>0.9$ )。此外, 城市边界形态变化过程中受人口规模的影响较大, 与城市经济水平和城市等级不相关。

(1) 区域人口因素。城市人口规模对城市建成区规模和城市形态均具有显著的正向效应( $p<0.05$ )。在对建成区规模的影响方面, 人口增加一方面直接表现为对居住、生活、生产、公共服务等需求的增加, 进而对各类用地的需求也随之增长, 促使城市建成区不断扩展; 另一方面, 人是城市建设的主体, 人口增加也为城市发展提供了充足的劳动力。在对建成区形态的影响方面, 城市建成区的功能很大程度上是为了满足人们的生活和生产需求, 而整个历史过程中, 总体上人口流动所受的限制越来越小, 一定程度上造成城市内部空间的松散化和外部形态的复杂化。此外, 城市向外扩展过程中, 所受到的自然环境影响可能愈加明显, 比如河流水系、地势起伏等, 但受数据限制, 未对此进行定量分析, 因而人口与城市形态之间是否存在因果关系还有待进一步验证。

(2) 社会经济因素。社会经济因素对建成区规模具有显著的正向效应( $p<0.001$ ), 但对建成区边界复杂度和紧凑度的影响较小。经济发展水平的提高, 一方面对建设用地产生更多的需求, 主要体现为对交通运输、工农业生产、工农业仓储等生产性用地需求的不断增加, 进而推动建成区的扩张; 另一方面财富的增加则为城市建成区的扩张提供了资金保障。与此同时, 经济发展使得人们追求更高质量的生活方式, 进而增加了对文化娱乐、商业贸易等生活性用地的需求, 间接带动了城市建设用地的扩张。

(3) 城市等级因素。城市行政等级对城市规模和城市形态均无显著的影响( $p>0.4$ ), 这与通常认为城市行政等级越高, 城市规模也越大的观念相悖。城市的行政等级受诸多因素影响, 时常

发生非常规变动。相对于城市规模形态的演变, 这些变动往往具有突发性、瞬时性和不确定性, 而城市扩张则是一个渐进的过程, 因而城市扩张与城市行政等级之间不存在明显的相关性。这也进一步证明了城市建设用地扩张作为城市化的显著特征, 受城市经济增长和人口扩张的影响更大, 只有适应经济发展水平和区域人口规模, 才能避免过度和超前的城市化。

(4) 时间固定效应。各年份虚拟变量对城市建成区规模的影响为正向效应, 除1640年、1930年和1980年外, 所有年份虚拟变量对城市建成区规模的影响都在5%的水平下显著, 说明六百年来苏沪地区城市建成区规模总体上处于不断扩大的变化过程中, 且1980年之后时间效应愈加显著, 反映出城市建成区扩展速度加快。在对城市分形维数与城市紧凑度的分析中, 1930年前城市形态的时间效应不显著, 说明在这之前城市形态无较大的变化, 而1930年之后, 所有年份虚拟变量的影响都在1%水平下显著, 分形维数增大, 紧凑度减小, 反映出在这之后城市形态愈加复杂, 城市布局愈加分散。

## 6 结论与讨论

本文利用历史文献、古地图和遥感影像等资料, 定量重建了明代以来苏沪地区主要城市建成区的变化情况, 并从扩展速率、扩展强度、幂律分布指数、分形维数、紧凑度和重心迁移等方面, 系统分析了相关扩展过程、特征及其影响

表4 面板数据模型估计结果  
Tab.4 Results of the panel data model

解释变量	被解释变量		
	Area	C	FD
Pop	13.456***	-1.27e-08***	3.11e-09**
Level	1.703e+05	-5.149e-04	-0.002
Eco	0.001***	-2.63e-13	5.79e-14
1640年	1.312e+05	-9.353e-04	0.001
1750年	1.910e+07**	-0.025	0.003
1820年	1.860e+07**	-0.016	0.006
1930年	5.408e+06	-0.008	0.004
1970年	1.550e+07**	0.144***	-0.023***
1980年	4.734e+06	0.642***	-0.166***
2000年	1.900e+07**	0.593***	-0.136***
2014年	5.830e+07***	0.305***	-0.026***
R-sq; within	0.6142	0.9131	0.8946
corr(u <sub>i</sub> , X <sub>b</sub> )	-	-0.0067	-0.0082
F	71.20	417.43	337.12

注: \*为在10%水平下显著, \*\*为在5%水平下显著, \*\*\*为在1%水平下显著。



因素。

明清时期的城市发展，奠定了现今中国城市的基本格局。中国在经历了元朝大规模的毁城运动后，于明代迎来了一波全国性的筑城高潮，不仅复建了宋元时期的旧城，而且涌现出许多新城市。明末清初，由于战争的原因，各地城市虽都遭受普遍毁坏，但很快得到恢复和重建，及至康乾盛世，中国城市发展达到封建时期的顶峰。苏沪地区在全国经济重心南移以后，人口迅速增加，经济逐渐超越了北方地区，明清时期由于工商业快速发展，进一步拉开了与北方经济发展的差距。这一时期，苏沪地区的城市相比于其他地区也得到了更快的发展，城市建成区总面积由1400年的127.10km<sup>2</sup>扩大到1820年的140.34km<sup>2</sup>，但城市形态总体上没有显著的变化，形状都较为规整，内部空间也较为紧凑。南京、苏州、扬州作为当时全国乃至世界级的大城市，其规模远远大于地方性的中、小县城，体现了明显的等级特征。

晚清至民国时期，中国城市得到进一步发展。清末，中国沿海、沿江的许多城市被迫成为通商口岸，伴随着洋务运动和民族工商业的兴起，苏沪地区的传统城市开始向近代城市转型。民国时期，特别是1927年后经济快速发展的十年黄金时期，江苏、上海作为全国经济、政治的前沿地区，区域总人口在1931年已达3465.72万人<sup>[50]</sup>，城市发展一片繁荣，各地城市建成区规模普遍扩大，城市规模间的差异开始缩小。1930年左右，研究区内城市建成区总规模已达191.61 km<sup>2</sup>，上海（特别市）不断赶超，已成为该地区继南京、苏州之后的第三大城市。期间，研究区内城市建成区的紧凑程度有所下降，城市形态逐渐复杂。而到了抗日战争与解放战争期间，中国经济陷入困境，江苏、上海人口大量迁往中西部地区，城市发展也因此受到很大阻碍，很多城市在战火纷飞的岁月中遭到严重破坏。

1949年后，中国城市发展在“大跃进”、人民公社化运动和文化大革命中陷入停滞状态。20世纪70年代末，中国开始从阶级斗争中摆脱出来，进入了以经济建设为中心的改革开放时期。江苏和上海作为较早对外开放的地区，城市随着经济的腾飞进入了全面、快速的扩张时期。随着对人口流动的限制减小，大量外来人员涌入这一地区，加上因医疗水平提升、生活质量提高导致的人口净自然增长率的提高，苏沪地区的人口规模迅速扩大。改革开放初期，研究区内城市建成区总面积为305.53km<sup>2</sup>，而到2014年，这一规模已剧增至7736.40km<sup>2</sup>。此外，区域内城市建成区规模的差异性总体上不断缩小，但长江以南城市的扩张速率明显要快于长江以北，区域差异显著

增大。这一时期内，城市的外部形态变得愈加复杂，城市内部结构日趋松散，一定程度上表现出无序、非理性的发展方式。

由于苏沪地区地处长三角下游平原地区，地势平缓、水系发达，城市扩张较少受到自然环境约束，大部分城市都是以原有城市为中心，近似均衡地向四周扩展，表现在六百年间建成区重心迁移距离大于7km的城市仅有7座，多集中在上海地区。由于这7座城市的连片建成区的边界被人为地按照现今行政区划所分割，才造成了这些城市建成区重心迁移距离过大。

纵观六百年间苏沪地区的城市扩展过程，经济发展水平和区域人口规模始终是影响城市建成区变化最重要、最根本的因素，而城市等级作为城市之间规模、地位、功能等差异的人为划分，与城市自然发展及规模扩张之间并无必然的因果关系。因而通过科学有效的城市规划，积极引导产业、人口的合理布局，以优化经济发展和引导人口流动带动城市理性发展，对解决现今中国因超前、无序的城镇化带来的各种城市化问题具有借鉴意义。

本文也存在一定的局限：其一，受历史资料的限制，研究单元无法覆盖所有城市，所选取的历史时间断面也疏密不一，这也导致城市扩展阶段的划分较为粗略；其二，基于历史地图进行城市建成区范围提取时，存在一定的不确定因素，导致数据结果存在一定的误差，如部分历史城墙包括了周边的山体或水域，从而导致通过城墙内区域确定的建成区面积可能偏大，而部分城市在城墙之外存在建成区，由此导致通过此方法确定的建成区面积偏小；其三，受制于历史数据的可得性，仅考虑了人口、经济、城市等级对城市建成区的影响，并且不同时期的社会经济数据在统计方法、统计范围等方面也存在差异，从而导致分析结果可能存在偏差。后期，可在深入挖掘与整理历史资料的基础上，拓展分析方法，以进一步深化对历史城市变化规律的认识。

#### 注释(Notes)

- ① 本文的研究时段包含明朝、清朝、民国和中华人民共和国成立后四个历史阶段。所选择的9个时间断面，一是考虑历史过程中重要的时间节点，二是考虑数据收集的完整性：1400年为明朝建国初年，1640年为明末清初的时期，1750年是中国封建王朝的鼎盛时期，1820年之后中国封建王朝开始走向衰败，1930年处于中华民国时期，1970年处于文化大革命时期，1980年为改革开放初期，2000年以来中国进入了快速的城市化、工业化时期，2014年中国进入全面深化改革新阶段。
- ② 按地级市主城区所在位置划分南北。如南京市主城区在长江以南，南京市浦口区、六合区虽在长江以北，但分析时纳入长江以南城市。

## 参考文献(References)

- 1 何一民. 中国城市史[M]. 武汉: 武汉大学出版社, 2013.  
HE Yimin. The History of Chinese Cities[M]. Wuhan: Wuhan University Press, 2013.
- 2 顾朝林. 中国城镇体系——历史·现状·展望[M]. 北京: 商务印书馆, 1992.  
GU Chaolin. Urban System of China: History, Present, and Outlook[M]. Beijing: The Commercial Press, 1992.
- 3 董鉴泓. 中国城市建设史[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1982.  
DONG Jianhong. The History of Urban Construction in China[M]. Beijing: China Architecture & Building Press, 1982.
- 4 成一农. 清代的城市规模与行政等级[J]. 扬州大学学报(人文社会科学版), 2007, 11(3): 124-128.  
CHENG Yinong. The Urban Size and Administrative Scales in the Qing Dynasty[J]. Journal of Yangzhou University (Humanities & Social Sciences), 2007, 11(3): 124-128.
- 5 葛全胜, 赵名茶, 郑景云. 20世纪中国土地利用变化研究[J]. 地理学报, 2000, 55(6): 698-706.  
GE Quansheng, ZHAO Mingcha, ZHENG Jingyun. Land Use Change of China During the 20<sup>th</sup> Century[J]. Acta Geographica Sinica, 2000, 55(6): 698-706.
- 6 LONG Y. Redefining Chinese City System with Emerging New Data[J]. Applied Geography, 2016, 75: 36-48.
- 7 CHANDLER T. Four Thousand Years of Urban Growth: An Historical Census[M]. New York: The Edwin Mellen Press, 1987.
- 8 MODELSKI G. World Cities: -3000 to 2000[M]. Washington DC: FAROS: 2000, 2003.
- 9 WEBER C, PUISSANT A. Urbanization Pressure and Modeling of Urban Growth: Example of the Tunis Metropolitan Area[J]. Remote Sensing of Environment, 2003, 86(3): 341-352.
- 10 TIAN H, BANGER K, BO T, et al. History of Land Use in India During 1880-2010: Large-Scale Land Transformations Reconstructed from Satellite Data and Historical Archives[J]. Global and Planetary Change, 2014, 121: 78-88.
- 11 REBA M, REITSMA F, SETO K C. Spatializing 6, 000 Years of Global Urbanization from 3700 BC to AD 2000[J]. Scientific Data, 2016, 3.
- 12 何凡能, 葛全胜, 郑景云. 中国清代城镇用地面积估算及其比较[J]. 地理学报, 2002, 57(6): 709-716.  
HE Fanneng, GE Quansheng, ZHENG Jingyun. Reckoning the Areas of Urban Land Use and Their Comparison in the Qing Dynasty in China[J]. Acta Geographica Sinica, 2002, 57(6): 709-716.
- 13 林忆南, 金晓斌, 杨绪红, 等. 清代中期建设用地数据恢复与空间网格化重建: 方法与实证[J]. 地理研究, 2015, 34(12): 2329-2342.  
LIN Yinan, JIN Xiaobin, YANG Xuhong, et al. Data Set Establishment and Spatial Reconstruction of Built-up Area in the Mid Qing Dynasty: Method and Case Study[J]. Geographical Research, 2015, 34(12): 2329-2342.
- 14 方修琦, 章文波, 张兰生, 等. 近百年来北京城市空间扩展与城乡过渡带演变[J]. 城市规划, 2002, 26(4): 56-60.  
FANG Xiuqi, ZHANG Wenbo, ZHANG Lansheng, et al. The Urban Expansion and the Evolution of Urban Fringe in Beijing in the 20<sup>th</sup> Century[J]. City Planning Review, 2002, 26(4): 56-60.
- 15 姚秀利, 王红扬. 近百年来大连城市空间演变还原与模拟[J]. 地域研究与开发, 2009, 28(4): 24-28.  
YAO Xiuli, WANG Hongyang. The Revivification of the Urban Spatial Expansion Process Since 1901 and Its Simulation for the Future Evolution in Dalian[J]. Areal Research and Development, 2009, 28(4): 24-28.
- 16 纪芸, 孙武, 李国, 等. 1907—1968年广州建成区土地利用/覆被变化时空特征分析[J]. 华南师范大学学报(自然科学版), 2009(1): 121-126.  
JI Yun, SUN Wu, LI Guo, et al. Space-Time Features of Land Use/Cover Change in Guangzhou Urban Built-up Area from 1907 to 1968[J]. Journal of South China Normal University (Natural Science Edition), 2009(1): 121-126.
- 17 孙雁, 刘志强, 王秋兵, 等. 百年沈阳城市土地利用空间扩展及其驱动力分析[J]. 资源科学, 2011, 33(11): 2022-2029.  
SUN Yan, LIU Zhiqiang, WANG Qiubing, et al. Spatial Expansion of Urban Land Use and Its Driving Forces in Shenyang City over the Past Century[J]. Resources Science, 2011, 33(11): 2022-2029.
- 18 尹昌应, 石忆邵, 王贺封. 晚清以来上海市建成区边界扩张过程与特征[J]. 地理科学进展, 2013, 32(12): 1793-1803.  
YIN Changying, SHI Yishao, WANG Hefeng. Process and Characteristics of Boundary Expansion of Built-up Area of Shanghai City Since the Late Qing Dynasty[J]. Progress in Geography, 2013, 32(12): 1793-1803.
- 19 李松, 罗绪强. 基于RS的多数据源的700多年来贵阳城市扩展时空特征研究[J]. 自然资源学报, 2014, 29(10): 1734-1745.  
LI Song, LUO Xuqiang. Study on Spatiotemporal Expansion Feature of Urban Based on Multisource Data Using Remote Sensing Technique in Guiyang City in the Latest 700 Years[J]. Journal of Natural Resources, 2014, 29(10): 1734-1745.
- 20 谭其骧. 中国历史地图集[M]. 北京: 中国地图出版社, 1982.  
TAN Qixiang. Historical Atlas of China[M]. Beijing: Sinomaps Press, 1982.
- 21 梁方仲. 中国历代户口、田地、田赋统计[M]. 北京: 中华书局, 2008.  
LIANG Fangzhong. Population, Land, and Feudal Land Tax Statistics in China's History[M]. Beijing: Zhonghua Book Company, 2008.
- 22 王树槐. 中国现代化的区域研究: 江苏省, 1860—1916[M]. 台北, 1984.  
WANG Shuhuai. Regional Studies of China's Modernization: Jiangsu Province, 1860-1916[M]. Taipei, 1984.
- 23 中华人民共和国国家统计局. 中国人口统计年鉴[M]. 北京: 中国统计出版社.  
National Bureau of Statistics of China. China Population Statistics Yearbook[M]. Beijing: China Statistics Press.

- 24 彭信威. 中国货币史[M]. 上海: 上海人民出版社, 2007.  
PENG Xinwei. History of Chinese Currency[M]. Shanghai: Shanghai People's Publishing House, 2007.
- 25 江苏五十年编辑委员会. 江苏五十年: 1949—1999[M]. 北京: 中国统计出版社, 1999.  
Editorial Board of Fifty Years of Jiangsu Province. Fifty Years of Jiangsu Province: 1949—1999[M]. Beijing: China Statistics Press, 1999.
- 26 江苏省统计局, 国家统计局江苏调查总队. 江苏统计年鉴[M]. 北京: 中国统计出版社.  
The Statistical Bureau of Jiangsu Province, NBS Survey Office in Jiangsu Province. Jiangsu Statistical Yearbook[M]. Beijing: China Statistics Press.
- 27 上海统计局, 国家统计局上海调查总队. 光辉的六十载: 上海历史统计资料汇编1949—2009[M]. 北京: 中国统计出版社, 2009.  
The Statistical Bureau of Shanghai, NBS Survey Office in Shanghai. Brilliant Sixty Years: A Collection of Shanghai Historical Statistical Data[M]. Beijing: China Statistics Press, 2009.
- 28 上海统计局, 国家统计局上海调查总队. 上海统计年鉴[M]. 北京: 中国统计出版社.  
The Statistical Bureau of Shanghai, NBS Survey Office in Shanghai. Shanghai Statistical Yearbook[M]. Beijing: China Statistics Press.
- 29 郭红, 靳润成. 中国行政区划通史·明代卷[M]. 上海: 复旦大学出版社, 2007.  
GUO Hong, JIN Runcheng. A General History of China's Administrative Division: The Ming Dynasty[M]. Shanghai: Fudan University Press, 2007.
- 30 傅林祥, 林涓, 任玉雪, 等. 中国行政区划通史·清代卷[M]. 上海: 复旦大学出版社, 2013.  
FU Linxiang, LIN Juan, REN Yuxue, et al. A General History of China's Administrative Division: The Qing Dynasty[M]. Shanghai: Fudan University Press, 2013.
- 31 赵泉澄. 清代地理沿革表[M]. 北京: 中华书局, 1955.  
ZHAO Quancheng. Geographical Evolution in the Qing Dynasty[M]. Beijing: Zhonghua Book Company, 1955.
- 32 郑宝恒. 民国时期政区沿革[M]. 武汉: 湖北教育出版社, 1999.  
ZHENG Baoheng. Political Evolution During the Period of the Republic of China[M]. Wuhan: Hubei Education Press, 1999.
- 33 北京大学中国古代史研究中心. 李孝聪教授荣休纪念论文集: 舆地、考古与史学新说[C]. 北京: 中华书局, 2012.  
Research Center for Ancient Chinese History of Peking University. Selected Papers of Professor LI Xiaocong on His Retirement[C]. Beijing: Zhonghua Book Company, 2012.
- 34 龚泽仪, 齐清文, 夏小琳. 基于中国近代地图的城镇体系演变信息图谱[J]. 测绘科学, 2014, 39(8): 103—123.  
GONG Zeyi, QI Qingwen, XIA Xiaolin. Research on Urban System Evolution Information Tupu Based on China Modern Map[J]. Science of Survey and Mapping, 2014, 39(8): 103—123.
- 35 李建, 董卫. 古代城市地图转译的历史空间整合方法——以杭州市古代城市地图为例[J]. 城市规划学刊, 2008(2): 94—98.  
LI Jian, DONG Wei. An Integrated Research Approach on City Map Decoding Based on Reshaping Decoding of Ancient Map of Hangzhou city[J]. Urban Planning Forum, 2008(2): 93—98.
- 36 严巍, 董卫. 历史城市时空信息梯度网络构建方法及应用研究——以洛阳老城为例[J]. 建筑学报, 2015(2): 106—111.  
YAN Wei, DONG Wei. The Formation and Application of the Information Network of Space and Time in Historic Cities: A Case Study of the Old City of Luoyang[J]. Architectural Journal, 2015(2): 106—111.
- 37 谭瑛, 张涛, 杨俊宴. 基于数字化技术的历史地图空间解译方法研究[J]. 城市规划, 2016, 40(6): 82—88.  
TAN Ying, ZHANG Tao, YANG Junyan. Study on Spatial Interpretation Methodology of Urban Historical Map Based on Digital Technology[J]. City Planning Review, 2016, 40(6): 82—88.
- 38 杨津涛. 一两银子的购买力[J]. 小康, 2015(10): 90—91.  
YANG Jintao. The Purchasing Power of Silver[J]. Insight China, 2015(10): 90—91.
- 39 胡海波, 王林. 幂律分布研究简史[J]. 物理, 2005, 34(12): 889—896.  
HU Haibo, WANG Lin. A Brief History of Power Law Distributions[J]. Physics, 2005, 34(12): 889—896.
- 40 邓智团, 樊豪斌. 中国城市人口规模分布规律研究[J]. 中国人口科学, 2016(4): 48—60.  
DENG Zhituan, FAN Haobin. Research on the Population Size Distribution Across Cities in China[J]. Chinese Journal of Population Science, 2016(4): 48—60.
- 41 ECKHOUT J. Gibrat's Law for (All) Cities[J]. The American Economic Review, 2004, 9(5): 1429—1451.
- 42 ECKHOUT J. Gibrat's Law for (All) Cities: Reply[J]. The American Economic Review, 2009, 99(4): 1429—1451.
- 43 LEVY M. Gibrat's Law for (All) Cities: Comment[J]. The American Economic Review, 2009, 99(4): 1672—1675.
- 44 BETTENCOURT L M A. The Origins of Scaling in Cities[J]. Science, 2013, 340(139): 1438—1442.
- 45 吴光周, 杨家文. 中国城市规模幂律分布实证研究[J]. 经济地理, 2017, 37(1): 59—65.  
WU Guangzhou, YANG Jiawen. The Empirical Study of Chinese City Rank—Size Power Law Distribution[J]. Economic Geography, 2017, 37(1): 59—65.
- 46 艾伟, 庄大方, 刘友兆. 北京市城市用地百年变迁分析[J]. 地球信息科学, 2008(4): 489—494.  
AI Wei, ZHUANG Dafang, LIU Youzhao. The Variation of Urban Land Use in Beijing in the Last One Hundred Years[J]. Journal of Geo-Information Science, 2008(4): 489—494.
- 47 李越. 城市形态演化及其影响因素——人类经济模式的转变与人口流动分析[D]. 天津: 天津大学, 2007.  
LI Yue. The Evolution of Urban Conformation and Its Influence Factors: Analysis of the Transformation of Economy Mode and the Migration[D]. Tianjin: Tianjin University, 2007.
- 48 杨立国, 周国华. 怀化城市形态演变特征及影响因素[J]. 地理科学进展, 2010, 29(5): 627—632.  
YANG Liguo, ZHOU Guohua. Evolution Characteristics of the Urban Morphology and Its Forming Mechanism in Huaihua[J]. Progress in Geography, 2010, 29(5): 627—632.
- 49 陈强. 计量经济学与Stata应用[M]. 北京: 高等教育出版社, 2014.  
CHEN Qiang. Econometrics and Stata Application[M]. Beijing: Higher Education Press, 2014.
- 50 侯杨方. 中国人口史[M]. 上海: 复旦大学出版社, 2001.  
HOU Yangfang. History of Chinese Population[M]. Shanghai: Fudan University Press, 2001.