

# 1988—2018年中国城市实体地域与行政地域 用地扩张对比

徐智邦<sup>1,2</sup>, 焦利民<sup>1,2</sup>, 王 玉<sup>1,2</sup>

(1. 武汉大学资源与环境科学学院, 武汉 430079;

2. 武汉大学地理信息系统教育部重点实验室, 武汉 430079)

**摘要:** 城市边界是城市演化认知和城市规划决策的空间依据。中国不少研究实践将地级市等行政地域范围视为城市, 与物理上主要由连续人造不透水面构成的城市实体地域相比, 存在较大的空间边界差异。然而, 鲜有研究定量分析“实体”视角下长时间序列的城市用地演化, 特别是对实体和行政两种统计单元视角下的城市扩张差异缺乏系统认识。本文基于30 m空间分辨率的多源遥感产品识别了1988—2018年8期的城市实体地域边界, 分析其用地扩张过程, 进一步与行政地域相对比, 系统识别了两种统计视角下城市用地扩张的认知差异和空间模式。主要结论为: ① 1988—2018年间, 中国面积5 km<sup>2</sup>以上的城市实体地域单元数量增长了378%, 以华东和华中地区的增长最为显著; 城市实体地域中, 88%为独立增长型, 分布广泛但面积大都小于50 km<sup>2</sup>; 12%为空间聚合型, 主要分布在发达地区, 面积普遍较大。② 相比行政地域, 城市实体地域的位序规模更符合幂律分布, 其Zipf指数30年来逐渐上升趋向于1, 城镇体系发展愈发均衡; 相比城市实体地域, 行政地域单元在平原地区的城市扩张面积普遍偏高, 在沿海地区的城市扩张强度普遍偏低。③ 和城市实体地域单元在拓扑关系上无法一一匹配的1327个行政单元大多分布在人口密集或发达的平原地区; 结合实体和行政边界识别了“跨政区同城化”和“政区内集群化”两种扩张模式, 前者多发生在省会区域, 后者主要分布在华北平原, 两者反映了城市化的空间重构。本文研究结果有助于深化中国土地城镇化时空过程的认识, 并可对土地资源的科学配置、统一协调及行政区划的优化整合提供空间依据。

**关键词:** 城市扩张; 城镇化; 城市用地; 实体城市; 城市实体地域; 中国

DOI: 10.11821/dlxb202210007

## 1 引言

城市是人类活动的中心。2020年以来, 尽管经历了全球范围的新型冠状病毒肺炎大流行, 但联合国人居署认为城市化仍是全球发展的动力, 全球城市人口的比例预计将在2030年达到60.4%<sup>[1]</sup>。城市因其重要性, 已成为不同学科的研究热点对象, 涉及人类行为、经济发展、社会组织、环境响应、生物多样性等。针对不同国家、不同规模的城市, 研究者试图从不同城市的比较之中发现普适性的规律或本地化的特征。这些城市的比较研究需要依赖于城市人口、城市生产总值等不同的城市发展指标, 而城市发展指标的统计又依赖于明确的城市空间范围。因此, 城市的空间界定是城市科学研究的基础问

收稿日期: 2021-09-29; 修订日期: 2022-04-28

基金项目: 国家自然科学基金项目(41971368) [Foundation: National Natural Science Foundation of China, No.41971368]

作者简介: 徐智邦(1991-), 男, 山东淄博人, 博士生, 研究方向为城市土地动态建模。E-mail: xzbang@whu.edu.cn

通讯作者: 焦利民(1977-), 男, 河南安阳人, 教授, 博士生导师, 研究方向为城市化与国土空间优化, 地理空间分析与建模等。E-mail: lmjiao@whu.edu.cn

题<sup>[2-3]</sup>。无论是跨国的城市比较还是国家内部的城市比较,不同城市空间界定标准下的研究结果可能会大相径庭,这无疑会影响研究结果的可靠性<sup>[4-5]</sup>。

与城市空间界定重要性相对应的现实是:城市的空间概念不仅繁多,还缺乏定义的普遍共识<sup>[3,6-7]</sup>。新的概念被源源不断的制造和使用:大都市、都市区、都市圈、都市带、都市连绵区、城市群等,虽然不同概念的内涵之间可能存在差异,但过多的概念极易造成认知混淆。以周一星为代表的学者自20世纪80年代起从正确区分城乡、科学开展城市统计的目的出发,反思中国现有的城市空间界定方式,将城市的空间范围区分为实体地域、行政地域和功能地域3种<sup>[3]</sup>。其针对的核心问题可总结为城市统计的空间范围和城市实际的物理范围之间的空间错配:前者依赖于相对固定的行政边界,其边界内可能包含大量的非城市空间;后者随时间动态变化,主要由连续的人造不透水面构成;随着城市的持续扩张,两者间的差异可能会越发显著。

从空间的概念出发,城市可被理解作为一种法定行政单元(Municipality)或物理环境实体(Urban Area)<sup>[8-9]</sup>,前者偏重于制度、组织体系或行政建制,后者偏重于不同于乡村的自然、人文特征。在中文语境中,“城”和“市”最早都有其各自的含义,前者指永久的防御性工事,后者指商品交易的场所<sup>[10]</sup>。而合在一起的“城市”主要指物理环境实体意义的、不同于乡村的景观、人口和工商业的聚集等,在20世纪以前的中国一直没有独立的行政建制<sup>[9]</sup>。20世纪初清政府效仿西方,在行政上推行城乡分治,建立具有地方自治内涵的“城镇乡制”,后在民国时期演变成“市制”<sup>[11]</sup>。1949年中华人民共和国成立后很长时期内曾继承了城乡分治,“城市”和建制的“市”是相对吻合的,直到20世纪80年代开始推行“市管县”的制度后,“市”演变成既管理物理意义上城区又管理周边广大农村地区的建制。一方面,这种“市制”被认为是中国地方治理区别于西方城乡分治模式的显著特征<sup>[12]</sup>;另一方面,“市(制)”与“城市”的差异极易在城市的科学研究和实践应用中混淆。尽管“城市”在中文语境中更偏向于物理环境实体意义,但很多研究仍将行政“市”等同与“城市”。对此,一些研究以城市为概念本体,讨论了城市实体地域的内涵<sup>[13-15]</sup>和识别方法<sup>[16-17]</sup>,分析了城市实体地域与行政地域的差异<sup>[18]</sup>;在城市规划和统计等实际工作中,先后出台了《城市规划基本术语标准》和《关于统计上划分城乡的规定》,在行政“市”范围内进一步界定城市建成区、城区、镇区以便与农村区分。然而,以上概念都是依托于行政单元框架下的折衷处理,在界定时会受到各级行政边界的影响。另一方面,在全球范围内,高达55%<sup>[19]</sup>的国家根据空间上连续的建成环境界定城市,即“实体”视角<sup>[8]</sup>的界定思路。相比之下,行政界定视角受不同国家法律影响,可比性差;考虑社会经济联系的功能界定视角则易受代理指标的影响,难以捕捉全部的城市功能<sup>[20]</sup>;行政和功能的城市界定方式在全球国家的使用占比分别为35%和10%<sup>[19]</sup>。在中国实体视角的城市研究仍旧不足,特别是缺乏长时序下城市实体地域演化的系统认识。

土地是承载人类活动的基础要素,城市用地扩张是城市化过程最主要的空间表征之一。不同于城市人口、地区生产总值等经济社会指标需要耗费大量人力、物力统计并依赖预先划定的城市统计区,城市用地扩张可经由对地观测技术进行客观、连续和时空一致的识别<sup>[21]</sup>。近年来,随着遥感科学、信息存储和云端计算能力的发展,长时序、大范围的城市用地动态监测研究愈发成熟,涌现了多套全球人造不透水面的制图产品<sup>[22-25]</sup>,这为大区域的城市用地监测提供了数据支持。另一方面,Jiang等根据街道节点提出并识别了不同于行政单元的“自然城市”(Natural Cities)<sup>[26]</sup>;Xu等从实体视角出发提出城市多层次边界的识别方法并生成了2018年全球实体城市的多层次边界<sup>[27]</sup>。不过,中国城市实体地域的时空演化过程仍不明确,特别是对实体和行政两种统计单元视角下的城市扩张

的时空差异鲜有系统认识。针对前述问题,本文首先识别了中国1988—2018年8期的城市实体地域,分析了城市实体地域的时空演化,之后从宏观、微观、空间匹配和联合认知等多个维度系统对比了实体和行政两种统计视角下的城市用地扩张时空差异。本文以期从科学意义上为中国城市单元和城镇体系提供更精确和客观的认识;从实践意义上为城市土地资源配置和行政区划优化提供更具体和清晰的支持。

## 2 研究方法 with 数据来源

### 2.1 研究数据来源

原始数据包括中国行政区数据,遥感不透水面和水体产品数据。行政区数据下载自全国地理信息资源目录服务系统(<https://www.webmap.cn/>),结合民政部历年行政区调整记录校准至2018年。遥感不透水面数据来自清华大学生产的30 m空间分辨率的GAIA(Global Artificial Impervious Area)产品<sup>[22]</sup>。遥感水体数据来自欧盟联合研究中心生产的30 m空间分辨率的水体产品<sup>[28]</sup>。

### 2.2 城市实体地域和行政地域的空间范围识别

城市就概念而言,可以有经济、社会、文化、历史、空间等多种认识维度<sup>[8]</sup>。从空间概念出发,Parr认为城市通常有法定和物理两种视角<sup>[8]</sup>:前者指通过法律界定的行政区范围而自上而下划定的行政单元;后者指由空间上连续<sup>[8, 29]</sup>并具有一定规模的城市景观<sup>[14]</sup>(主要由人造不透水面表示)自下而上<sup>[26-27]</sup>构成的实体地域单元。图1以江苏省无锡市为例,给出了城市实体地域和行政地域的空间范围示例:图1a为无锡市的行政地域,借助卫星底图,可观察到其市域内包含大量农村景观;图1b为无锡市的实体地域,市域内的人造不透水面并没有在空间上全部连成一片;图1c为城市实体地域单元,人造不透水面已经超越了行政边界,在空间上连成一片,构成了一个实体单元。

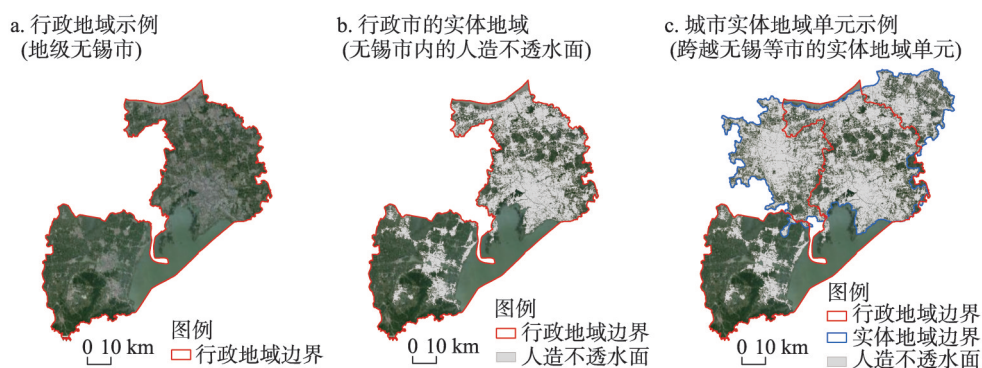


图1 城市实体地域和行政地域的空间范围示例

Fig. 1 The illustrations of spatial extent for urban physical area and administrative area

本文分别基于城市实体地域边界和行政地域边界确定城市实体地域单元和行政地域单元。城市实体地域边界主要使用 Xu 等<sup>[27]</sup>提出的 HUBM (Mapping Model for Hierarchical Urban Boundaries) 方法识别,该方法采用了自下而上的自适应聚类,能够方便地识别简洁、连续、清晰、闭合的城市边界,结果相比同类产品具有较好的精度<sup>[27]</sup>和较优的显示度。本文最终识别得到中国1988年、1990年、1995年、2000年、2005年、2010年、2015年和2018年共8期的实体地域边界。行政地域边界除特别注明以外都使用直辖市、地级行政区和省直辖县级市(或县)的边界。

## 2.3 两种视角的城市用地扩张对比框架

梳理长时间序列的城市实体地域单元时空演化是实体和行政两个视角对比的必要前提。首先从城市实体地域的分布与扩张特征和时空演化类型两个方面展开。具体而言, ① 定量分析 1988—2018 年间城市实体地域的空间分布、数量和边界变化、扩张速度和扩张强度 (计算公式见图 2,  $S_{2018}$  和  $S_{1988}$  分别代表 2018 年和 1988 年的市内不透水面面积)。② 通过空间连接、拓扑判断等空间分析方法, 根据不同时期实体地域间的空间拓扑关系, 识别新旧实体为“一对一”的“独立增长型”和新旧实体为“一对多”的“空间聚合型”两种城市实体地域时空演化类型。

图 2 所示的框架, 系统对比城市实体地域和行政地域在 1988—2018 年间城市用地扩张上的差异, 分别从宏观城镇体系、微观个体扩张、空间匹配关系和联合扩张模式 4 个方面来展开: ① 宏观层面: 借助“位序—规模”(Rank-size)法则, 对比分析城镇体系用地规模的位序特征; 借助结构条形图, 对比分析城镇体系用地规模的结构特征。“位序—规模”法则是指在城镇体系中城市指标和指标排序之间呈现幂律分布 (Power Law Distribution) 的现象, 是城市研究中的经典规律。位序规模的拟合公式见图 2, 式中  $S_i$  和  $R_i$  分别指代城市  $i$  的规模和排序,  $S_1$  指最大城市的规模,  $q$  通常被称为 Zipf 指数, 如果位序规模整体服从幂律分布且 Zipf 指数接近 1, 则被认为是服从 Zipf 定律<sup>[26]</sup>; 本文使用 Clauset 等提出的拟合方法<sup>[30]</sup>来进行位序规模的幂律拟合。② 微观个体层面: 借助扩张面积和扩张强度指标对比实体和行政视角下的 1988—2018 年城市用地扩张的空间分布差异。具体而言, 行政地域和实体地域的统计分别以 2018 年的行政地域边界和实体地域边界作为基准, 借助“空间连接”“标识”和“融合”等叠加和制图综合方法, 计算城市边界内不透水面的扩张面积  $S_{growth}$  和扩张强度  $N$  (图 2), 之后对计算结果进行分区统计和地理可视化。③ 空间匹配层面: 面向行政地域现状, 关注行政单元和实体地域的空间匹配关系, 厘清和实体视角可能存在认识差异的具体行政单元。结合中国“市管县”的现状, 如果行政地域或其子行政区与实体地域能够一一对应, 即其或其次一级行政区中完全包含且仅包含一个实体地域单元, 则认为两种视角下的城市指标统计无差异, 表示采用行政或实体视角的认知相同, 其余情况皆认为存在差异, 主要借助拓扑关系分析来完成本部分。④ 联合认识层面: 面向实体地域现状, 关注实体地域扩张与行政区的空间关

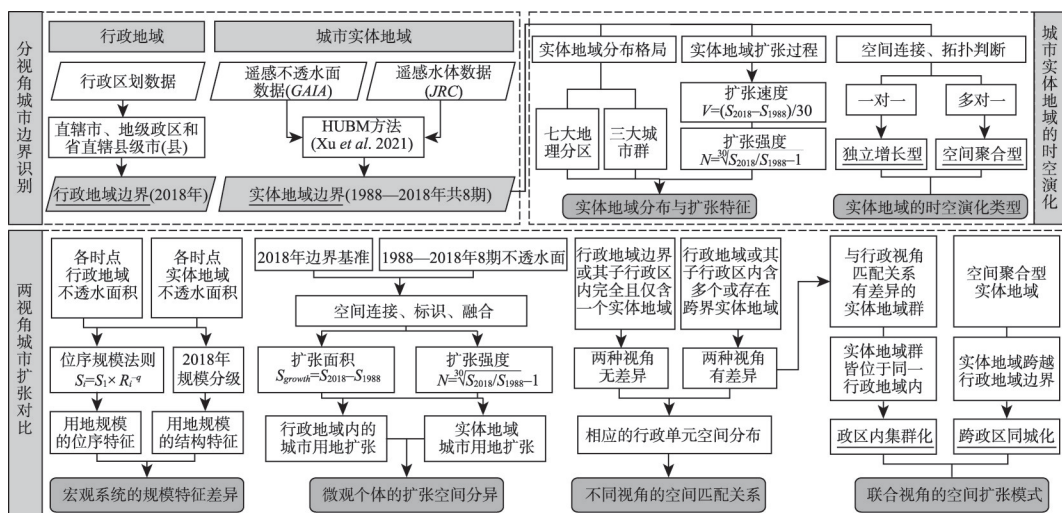


图2 研究方法框架

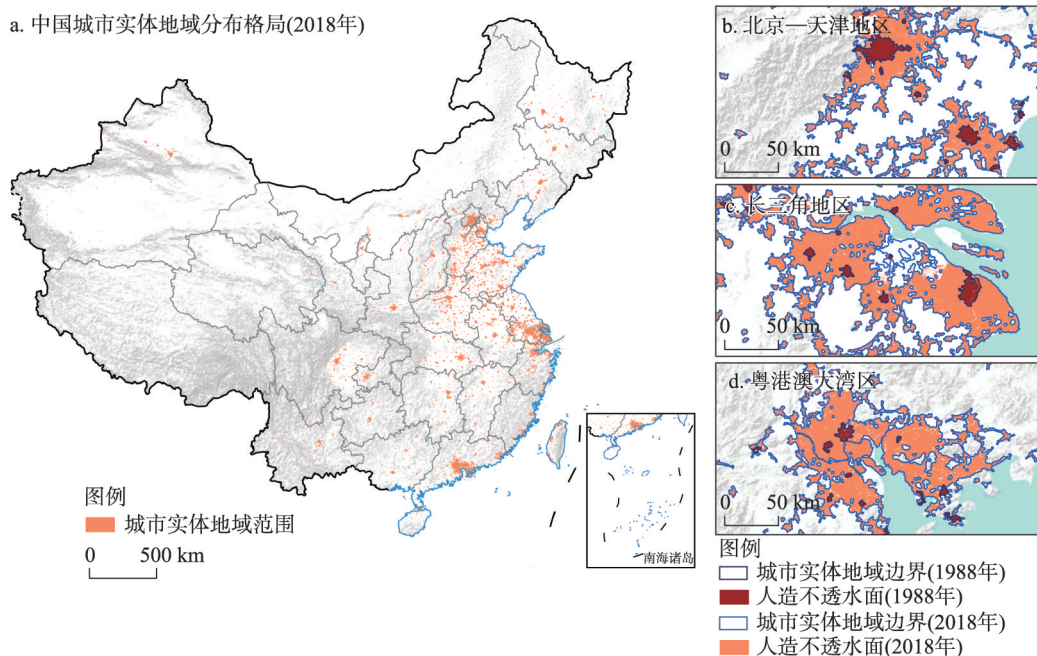
Fig. 2 The framework of research methods

系模式,明确实体地域扩张是否、怎样突破了行政边界。具体而言,借助拓扑分析,识别两种空间扩张模式:如果实体地域为空间聚合型且其扩张后跨越行政地域边界,则被识别为“跨政区同城化”模式;如果实体地域位于两种视角存在差异的行政区,且同一行政区内存在多个实体地域单元,则被识别为“政区内集群化”模式。

### 3 中国城市实体地域的时空演化

#### 3.1 城市实体地域分布与扩张特征

基于识别的8期中国城市实体地域边界分析实体地域的分布格局和扩张特征。图3a展示了2018年城市实体地域空间分布,中国共含5 km<sup>2</sup>以上的实体地域单元2175个,1988—2018年间实体地域单元数量增加了378%。由于实体地域边界刻画的是城市物理景观的空间范围,因此从整体的空间格局上可观察到其与地形的高相关性,主要集中在平原、盆地和河口三角洲地带。对比中国的七大地理分区:1988年华北地区的实体地域单元数量最多,1995年华东地区实体地域单元数首次超过华北并随后长期保持第一,2015年华中地区的实体地域单元数超过华北升至第二,凸显了区域间城市扩张的显著差异。图3b、3c、3d分别展示了三大主要城市群区域的实体地域时空演化:粤港澳大湾区已高度连片,湾区一体化态势显著;长三角地区以上海至苏州、无锡、常州方向连片态势明显,但上海至嘉兴方向并未显著连片;京津地区则未呈现显著连片,中小实体地域较多。借助扩张强度和扩张速度指标测算实体地域的扩张特征发现:年均扩张10%以上的实体地域主要位于长江三角洲、福建东南沿海、重庆西部、贵州东部和新疆北部;年均扩张5%~10%的城市则绝大部分分布在东部沿海,热点地区包括北京和天津周边,山



注: 基于自然资源部标准地图网站审图号为GS(2020)4630号的标准地图制作,底图边界无修改,后图同。

图3 2018年中国城市实体地域的分布格局及主要地区实体地域的空间演化

Fig. 3 The distribution pattern of urban physical area across the country and the spatial evolution of physical area in major regions

东、江苏、浙江、福建和广东的沿海,以及东西部的省会;实体地域的扩张强度总体上呈现东部沿海和长江沿江的集中格局。实体地域的扩张速度方面,扩张速度最快的前5名城市依次为“上海—苏州”“深圳—东莞”“无锡—常州”“北京”“广东—佛山”。除北京外,其他实体地域均从多个行政地域中经空间一体化形成,从区位上看,皆分布在三大城市群,经济发达,人口增量大,与区域的经济发展趋势相一致。

### 3.2 城市实体地域的时空演化类型

伴随着城市用地扩张,实体地域的边界也在持续变化,发现和识别实体地域的时空演化类型十分重要。基于8期实体地域边界间的拓扑关系识别了城市实体地域的两种时空演化类型:“独立增长型”和“空间聚合型”。图4展示了这两种类型城市的空间分布和典型示例。

“独立增长型”城市实体地域,顾名思义,该类实体地域在增长演化过程中始终依托于单体,包括“从无到有”出现的城市实体地域。“独立增长型”实体地域在全国分布较为广泛,占全部实体地域单元数量的比重大,1988—2018年全部实体地域中有88%属于“独立增长型”。不过,该类型的实体地域以中小型为主,规模大多小于50 km<sup>2</sup>,空间模式类似于李强等<sup>[31]</sup>提出的“内部重组”“就地发展”型。图4b展示了典型的“独立增长型”实体地域长春,从8个时期的实体地域范围变化图中,既可以观察到后15年相比前15年更加剧烈的空间扩张,又可以观察到不同时期城市扩张的空间方向态势。

“空间聚合型”城市实体地域,该类实体地域指在增长演化过程中出现了多个实体空间合并成一个实体的情况,城市面积一般较大。1988—2018年中国共有260个“空间聚合型”实体地域,占全部实体地域的12%。尽管占比不高,但该类型实体地域多为经济发达的大城市,分布在北京、上海、粤港澳大湾区等发达区域。这类城市也反映了中国不同于欧美国家城市化的典型特征:多为跳跃发展的城市化空间模式<sup>[31]</sup>,通过建立开发区、新城,然后逐步实现空间融合和一体化。图4d展示了该类型城市的空间聚合过程,

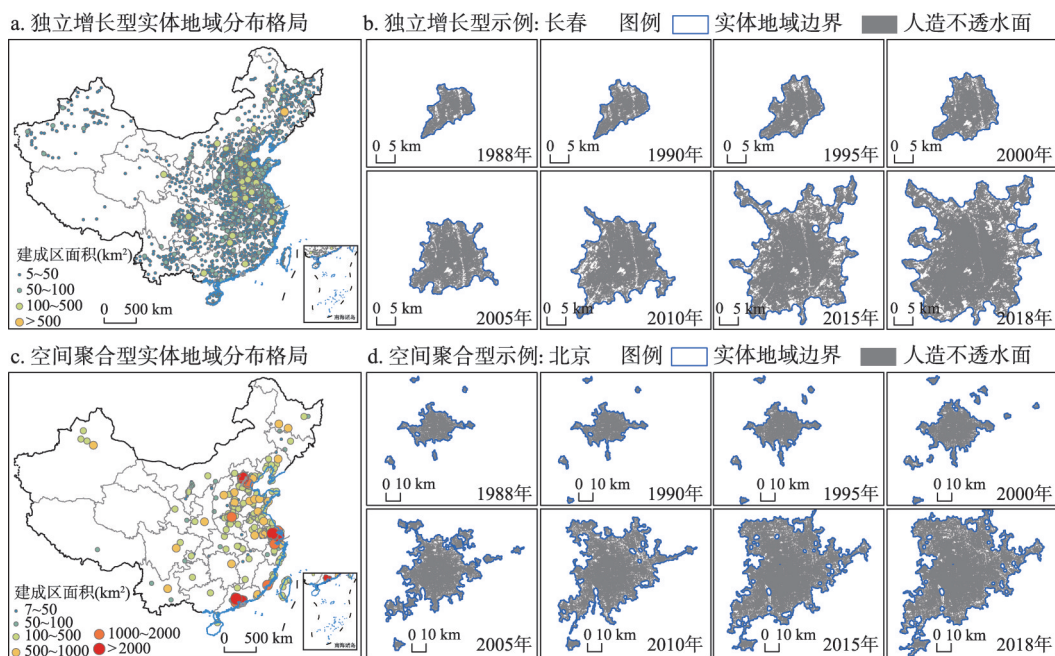


图4 城市实体地域两种演化类型的整体分布格局和示例

Fig. 4 The overall distribution pattern and illustrations of the two evolution types of urban physical area

30年间北京中心区的斑块逐渐与周边实体斑块连接,构成了最终的一个实体地域,这个过程既包括中心区的向外扩张,也包括周边实体的自身扩张。除了如图中北京的案例,以一个主要实体逐渐与周边小块实体融合的案例外,还有体量相近的两个或多个实体地域逐步合并的情况。

## 4 城市实体地域和行政地域的城市用地扩张对比

### 4.1 宏观层面的规模特征差异

宏观城镇体系用地规模的位序特征方面:通过对比两种视角下“位序—规模”法则的拟合情况,检视不同视角的科学意义。分别以行政地域和城市实体地域为统计单元,地域边界内的不透水面面积为规模指标,拟合1988—2018年的城市位序规模分布演化(图5)。基于行政地域的拟合结果呈扩展指数分布(Stretched Exponential Distribution),而基于城市实体地域拟合的结果更符合幂律分布。从实体地域结果拟合的Zipf指数演化来看,1988年的Zipf指数为0.66,说明小城市比较发育,大城市发育不足;经过30年的发展,Zipf指数逐渐上升,越发接近于1,反映了中国城镇体系中的大中小城市愈发均衡。相较于此前全球层面的位序规模研究结果<sup>[27, 32]</sup>,借由城市实体地域对中国城市位序规模取得了更精细的认知。

宏观城镇体系用地规模的结构特征方面:图6以结构条形图的形式对比了行政地域和城市实体地域的规模结构差异。总体上,实体地域比行政地域视角的规模结构更符合“金字塔”型分布,小城市较多,大城市较少。具体而言,面积2000 km<sup>2</sup>以上的特大城市数量上,实体地域相对更多;200~2000 km<sup>2</sup>的大中型城市数量上,实体视角下普遍少于行政视角;不足200 km<sup>2</sup>的中小型城市上,实体地域视角下则显著多于行政地域视角。对比两种视角下的主要大城市可发现,潍坊市、重庆市、宁波市等行政地域内的核心实体地域规模并不突出;北京、天津、郑州等北方城市的实体规模在两种视角下均较大。总体上,在宏观城镇体系层面,实体地域比行政地域更能反映城市系统的科学规律,对城市科学研究而言更为适合。

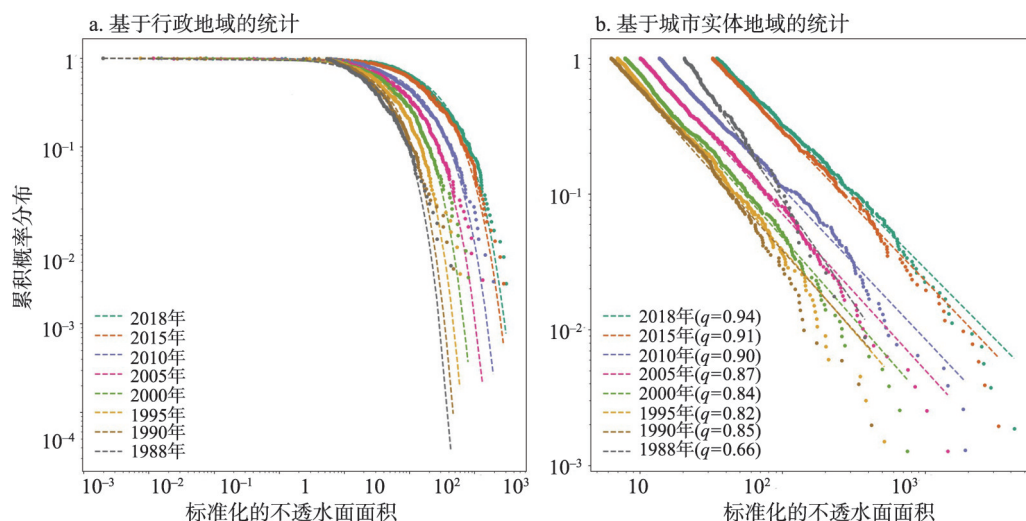


图5 行政地域和城市实体地域的位序规模拟合对比

Fig. 5 Comparison of rank-size fitting between administrative area and urban physical area

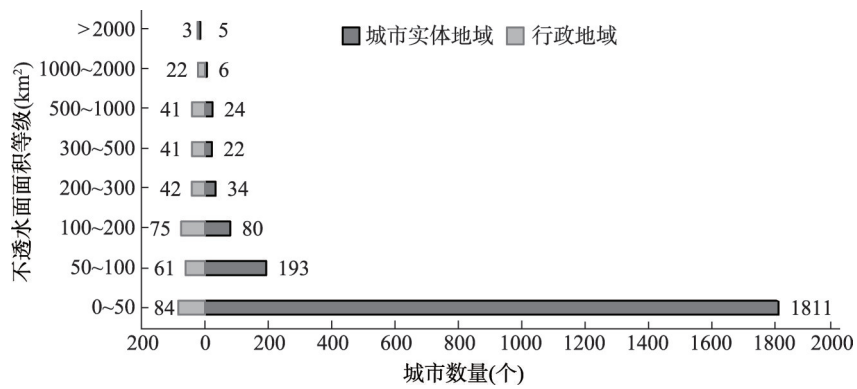


图6 2018年行政地域和城市实体地域的规模结构数量对比

Fig. 6 Comparison of the scale structure between administrative area and urban physical area in 2018

4.2 微观个体扩张的空间分异

在微观城市个体层面，考虑到（地级及以上）行政单元的范围和数量都相对固定，城市实体地域则始终处于动态演化过程，因此主要关注城市用地扩张面积和扩张强度两个指标的空间分布差异：实体和行政视角的高或低增长个体分布是否一致，具体差异如何？1988—2018年间两种视角下个体扩张的空间分异如图7所示。可显著的观察到它们的空间分布差异。总体上，实体视角下的城市用地扩张的空间规律性更显著，等级特征明显，表现在沿海对比内陆，区域中心对比腹地，都呈现更大规模、更高强度的扩张。

具体而言，扩张面积方面：行政地域单元相比实体地域单元在平原地区的统计值更高，例如华北平原、成都平原等，这是因为行政单元统计时往往聚合了多个实体地域；此外，重庆市内的建成环境相对分散，无法连片，行政视角的统计值同样更高；粤港澳大湾区的城市呈现明显的空间一体化态势，但在行政视角下被分别统计，因此相比实体视角的统计值更低，例如“广佛”（广州市和佛山市部分地区构成的实体地域）和深圳。实体视角下，东部地区相较于中西部地区的扩张面积优势更加明显，这也与之前针对所有省会的扩张研究结果<sup>[33]</sup>相类似。扩张强度方面，行政相比实体视角的统计值偏低，尤其是在华北和华东沿海地区；同时，未能识别出长江三角洲和福建东南沿海的高强度城市扩张区域；相比之下，实体地域扩张强度的空间规律性更强，区域差异显著，东部沿海地区有较多高强度扩张的实体地域，东北地区高强度扩张的实体地域较少。两种视角也有相同之处，例如扩张面积方面北京、上海的极化效应显著，内陆城市以郑州相对突出。

4.3 不同视角的空间匹配关系

进一步，面向行政地域现状，还有必要厘清城市实体地域和行政地域的空间匹配关系差异，以帮助明确现行行政区中哪些不受两种视角差异的影响。考虑“市管县”现状，如果地级及以上行政单元或其子行政区完全包含且仅包含一个实体地域单元，则两种视角下城市指标的统计值无差异，表示采用行政或实体视角时的认知相同，其余情况则表示两种视角下存在认识差异。基于这个思路，分析了行政地域单元和城市实体地域单元两两之间的空间拓扑关系，识别了存在认识差异的1327个行政单元，将结果进行空间可视化，并分省进行数量统计（图8）。总体上，无差异区国土面积明显大于有差异区，同时无差异区的数量略大于有差异区；但有差异区多为人口密集区，特别是在平原和沿海地区分布较多。分省份统计结果显示：河北、山东、河南的有差异行政单元数量最多，除直辖市外，江苏省有差异的行政单元占比最大；发达省份内行政地域和城市实体地域的空间不匹配现象相对更加普遍。

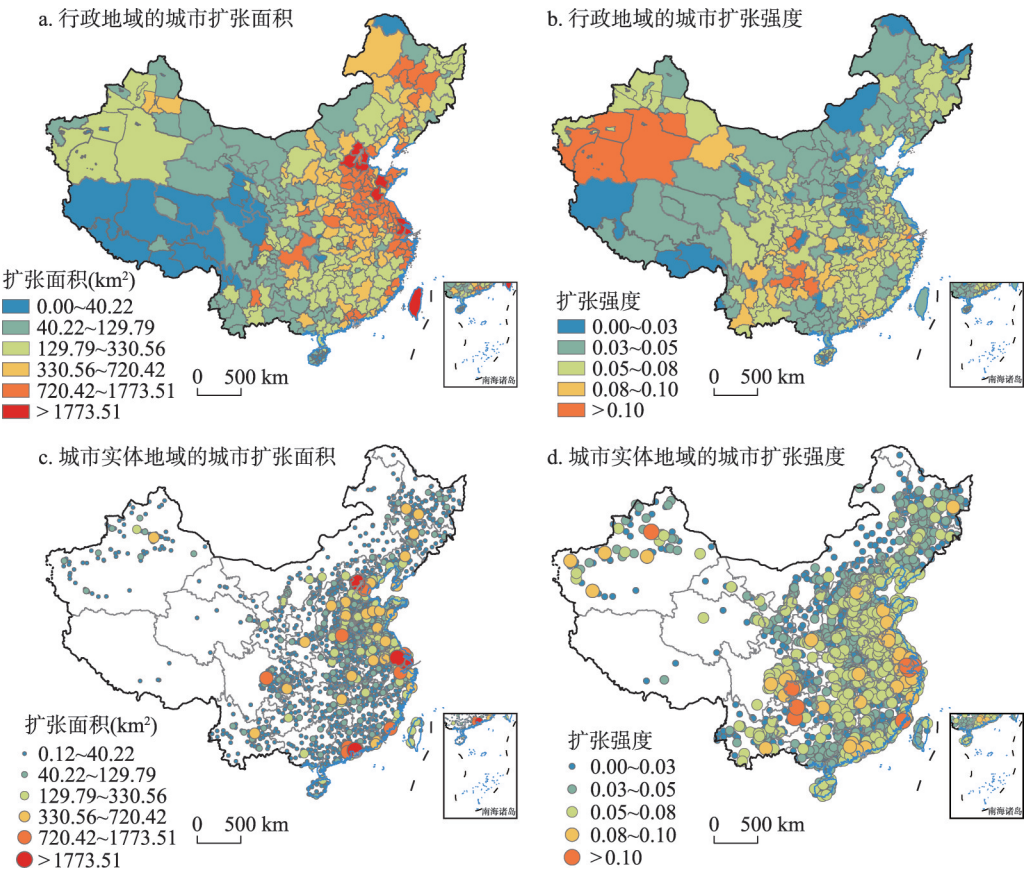


图 7 1988—2018 年基于城市实体地域和行政地域统计的城市用地扩张空间分异  
Fig. 7 Spatial differentiation of urban land expansion aggregated by urban physical area and administrative area from 1988 to 2018

4.4 联合视角的空间扩张模式

尽管城市实体地域在城市科学研究和城市统计中具有优势，但行政地域才是当前中国城市管理的空间单元。因此，面向城市实体地域，需要联合行政地域一起，分析实体地域扩张与行政地域的空间关系模式，明确城市实体地域扩张是否突破了行政边界以及怎样突破了行政边界。据此，联合两个视角识别了两种空间扩张模式。

“跨政区同城化”模式，指的是空间聚合型城市实体地域在用地扩张过程中跨越了地级行政边界，从而在空间上形成“同城化”的态势，可以理解为城市化的空间集聚。图 9a 中展示了中国“跨政区同城化”型模式的空间分布，可发现大部分该模式分布在“胡焕庸线”以东，多发生在省会区域。根据跨越的行政区规模组成，该类型又可进一步细分成两种路径：一种是依托于区域的首位或中心城市向外辐射扩张，串联周边的小规模城市，形成同城化，例如“西安—咸阳”（图 9b）“太原—晋中”“成都—德阳”等；另一种是由一组规模相近的城市相互联系，最终空间连片实现同城化，例如图 9b 中的粤港澳大湾区、“厦漳泉”，还有长江三角洲地区的“苏锡常”等。以上两种模式的城市实体地域均已经突破了行政边界，在空间上发生了重构，新的实体内部各部分间交互频繁。相应的城市统计和管理工作应该更加注重跨政区的整体协调和统一，机械的根据行政边界来拆分统计会影响对于城市的客观科学认识。

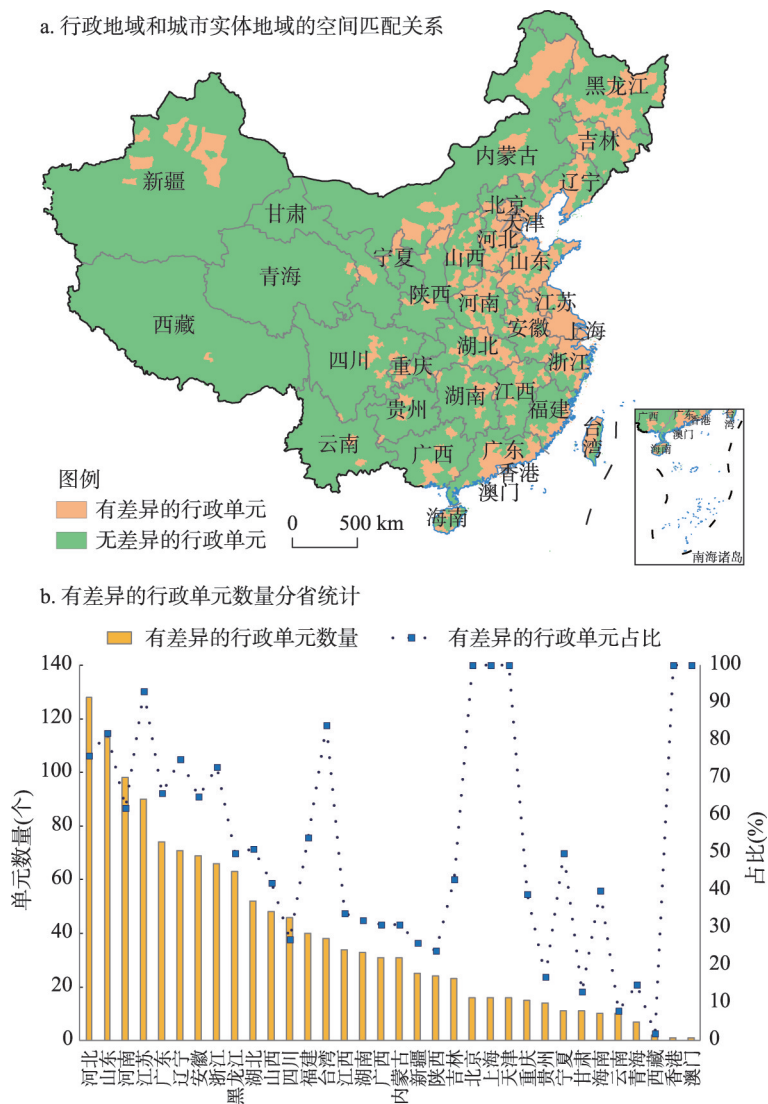


图8 行政地域和城市实体地域的空间匹配关系差异格局及分省统计

Fig. 8 The pattern of spatial matching between administrative area and urban physical area and the statistical data by province

“政区内集群化”模式，是指同一行政单元内包含多个无法和行政单元一一对应的实体地域，从而在行政市内形成由多个不相连的实体地域构成的集群。图9a中展示了中国“政区内集群化”型模式的空间分布，可发现该类型最主要分布在华北平原区，以山东、江苏为代表，发生在经济相对发达的地区。图9c展示了该类型典型的示例城市：宁波、青岛、唐山。一方面，区内的城市实体地域空间上相对独立；另一方面，由于受到同一地级政府的管理，区内的实体地域之间又具有统一的协调合作和频繁的空间交互。该模式的形成很多与“市管县”体制的施行有关。政区内核心实体地域的发展会对边缘实体地域起到拉动作用。在城市统计和管理时，需要增强各实体地域之间相对独立性的认识，不宜机械的按照一个行政单元的边界处理。

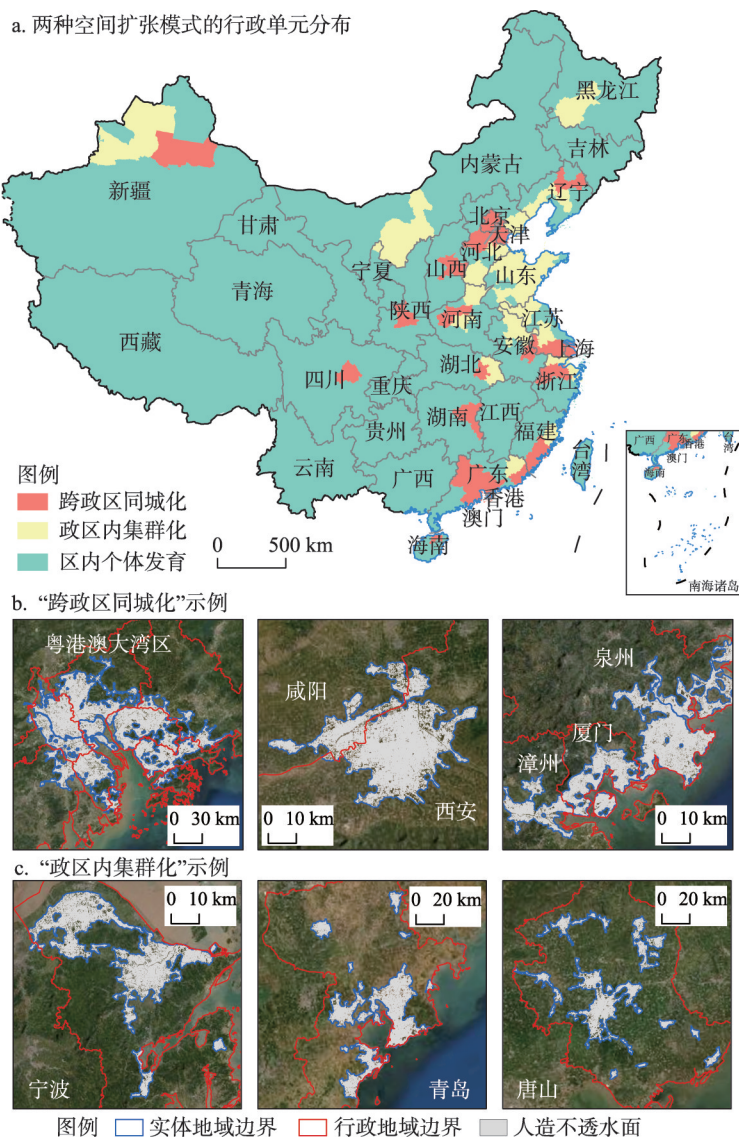


图9 两种空间扩张模式的行政单元分布及示例

Fig. 9 Distribution and examples of administrative units for two spatial expansion models

## 5 结论和讨论

### 5.1 结论

基于30 m空间分辨率的多源遥感产品, 本文首先识别了中国1988—2018年中8个时间点的城市实体地域边界, 发现: ① 30年间中国5 km<sup>2</sup>以上的城市实体地域单元数量增长了378%, 2018年达到了2175个, 其中, 华东和华中地区的数量增加显著, 两地区先后超越华北位列七大地理分区的一二名。② 识别了城市实体地域时空演化的两种类型“独立增长型”和“空间聚合型”, 其中前者在全国分布较为广泛, 数量占总体的88%, 但其面积相对较小, 绝大部分小于50 km<sup>2</sup>; 后者主要分布在北京、上海、粤港澳大湾区等发达地区, 城市面积普遍较大, 以华北平原分布相对较多, 北方多于南方。

面向1988—2018年的城市用地扩张,本文进一步系统的对比了行政和实体两种统计单元视角下的认识差异。在宏观城镇体系层面:城市实体地域的位序规模更符合幂律分布,30年间Zipf指数逐渐上升至接近于1,城镇体系发展愈发均衡;城市实体地域比行政地域更能反映城市系统的科学规律。在微观城市个体层面:相比城市实体地域,行政地域单元在平原地区的城市用地扩张面积普遍偏高,在沿海地区的城市用地扩张强度普遍偏低;城市实体地域的扩张空间规律性更显著,等级特征明显,相比内陆和腹地,沿海和区域中心都呈现更大规模和更高强度的扩张。针对行政和实体地域的拓扑关系,本文还识别了两种视角下不能一一匹配,存在认知差异的1327个行政单元,发现其主要分布在人口密集或发达的平原区,数量上以河北、山东和河南位列前三位。最后,本文联合两种视角识别了“跨政区同城化”和“政区内集群化”两种空间扩张模式,前者多发生在省会区域,后者主要分布在华北平原地区,两者反映了城市化的空间重构过程。

## 5.2 讨论

城市的空间统计结果依赖于统计单元。已有研究偏重于城市地域的多概念辨析和单时点实体地域的初步识别,本文首先通过长时序的遥感分析,加深了对城市实体地域的定量时空认识,包括城市规模的空间增长和形态的空间重构;其次,从多个层次对比行政和实体不同视角下的城市用地扩张认识差异,强调空间单元界定对于空间组织和治理的重要影响;特别是考虑城市实体地域和行政地域两种认识方式共存的现实情况,识别了两者间匹配及重构的现状态势,归纳了“跨政区同城化”和“政区内集群化”两种模式。对于前一种模式而言,城市发展突破了行政边界,存在高度空间一体化现象,机械地以行政视角对城市进行拆分统计和管理易低估其发展水平,对此应顺应其发展态势加强跨政区合作建设,降低空间行政机制的束缚风险。对于后一种模式,切勿因全局的统一管理而轻视内部发展的现实差异,应因地制宜,切实深化政区内城市实体地域的差异化认识和个性化管理,促进资源的高效配置。

对于城市用地扩张而言,实体视角的意义体现3个方面:①宏观层面,有助于更科学、客观地认识中国的城镇体系;了解未来哪些地区可能承载更多的人口或土地开发,哪些地区迫切需要收紧土地政策;依据城市实体地域规模,不仅有利于协调大中小城市发展,还可以帮助更精确的研究城市收缩现象,为要素和资源的科学配置和统一协调提供空间决策依据。②微观层面,有助于更精确的认识土地城镇化过程,并可结合人口密度指标更好的配置城市的基础设施和公共服务,更准确的适配居民的居住需求,并针对性的制定城市规划,引导经济社会生态协调发展。③城市实体地域研究并不意味着大规模调整行政区划,更重要的是从城市科学的视角提供空间依据,为今后从区域管理向城市管理过渡提供支持,同时也可以辅助行政区划的局部优化和整合。

需要强调的是,城市实体地域和行政地域两种视角都有其各自的优点。一方面,行政地域的设置体现了城乡合治的治理思路,有利于从行政层面打破城乡之间的壁垒,从而推动城乡融合发展<sup>[34]</sup>;另一方面,行政地域因其空间边界的相对稳定性,更加便于城市管理和城市统计工作的开展。在不同的应用场景中,应辩证地对待两种视角的优缺点,恰当的选择合适的空间单元。未来仍有不少问题有待进一步探索,例如,应从城市实体地域的空间扩张模式认识继续深入到动力机制分析,最终落脚到指导中国城市用地的精明管理<sup>[35]</sup>。此外,如何兼顾行政和实体不同视角的优点,探索适合城市科学研究和管理实践的复合空间界定方法。本文的工作有望为后续研究提供参考。

致谢:感谢匿名评审专家、武汉大学孙立和段晓旗博士对本文提出的宝贵建议。

## 参考文献(References)

- [1] UN-Habitat. World Cities Report 2020: The Value of Sustainable Urbanization. Nairobi, Kenya, 2020: 16.
- [2] Batty M, Ferguson P. Defining city size. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 2011, 38(5): 753-756.
- [3] Zhou Yixing. The primary scientific issue of urban research in China is the correctness of basic urban concepts. *Urban Planning Forum*, 2006(1): 1-5. [周一星. 城市研究的第一科学问题是基本概念的正确性. *城市规划学刊*, 2006(1): 1-5.]
- [4] Seto K C, Reenberg A, Boone C G, et al. Urban land teleconnections and sustainability. *PNAS*, 2012, 109(20): 7687-7692.
- [5] Taubenböck H, Weigand M, Esch T, et al. A new ranking of the world's largest cities-Do administrative units obscure morphological realities? *Remote Sensing of Environment*, 2019, 232: 111353. DOI: 10.1016/j.rse.2019.111353.
- [6] Seto K C, Fragkias M, Güneralp B, et al. A meta-analysis of global urban land expansion. *PLOS ONE*, 2011, 6(8): e23777. DOI: 10.1371/journal.pone.0023777.
- [7] UN Department of Economic and Social Affairs. The World's Cities in 2018: Data Booklet. New York, 2018.
- [8] Parr J B. Spatial definitions of the city: Four perspectives. *Urban Studies*, 2007, 44(2): 381-392.
- [9] Wu Jinqun, Liao Chaochao. Rescaling Deterritorialization and Reterritorialization: 40 Years of Urban Administrative Division Adjustment in China. Shanghai: Shanghai Jiao Tong University Press, 2018. [吴金群, 廖超超. 尺度重组与地域重构: 中国城市行政区划调整40年. 上海: 上海交通大学出版社, 2018.]
- [10] Xu Xueqiang, Zhou Yixing, Ning Yuemin. *Urban Geography*. 2nd ed. Beijing: Higher Education Press, 2009. [许学强, 周一星, 宁越敏. *城市地理学*. 2版. 北京: 高等教育出版社, 2009.]
- [11] Liu Junde, Fan Jinzhao. The Historical Evolution and Contemporary Reform of China's Urban System. Nanjing: Southeast University Press, 2015. [刘君德, 范今朝. 中国市制的历史演变与当代改革. 南京: 东南大学出版社, 2015.]
- [12] Yang Hongshan. *Urban Management Theory and Practice*. Beijing: China Renmin University Press, 2016. [杨宏山. *城市管理理论与实务*. 北京: 中国人民大学出版社, 2016.]
- [13] Feng jian. *Urban- rural Zoning and Monitoring*. Beijing: Science Press, 2012. [冯健. *城乡划分与监测*. 北京: 科学出版社, 2012.]
- [14] Zhou Yixing, Shi Yulong. Toward establishing the concept of physical urban area in China. *Acta Geographica Sinica*, 1995, 50(4): 285-301. [周一星, 史育龙. 建立中国城市的实体地域概念. *地理学报*, 1995, 50(4): 285-301.]
- [15] Ying Shen, Sun Li, Wang Wei, et al. Connotations and spatial delimitation of urban area. *Geomatics and Information Science of Wuhan University*, 2021, 46(9): 1370-1377. [应申, 孙立, 王伟, 等. “城区”的内涵及空间界定. *武汉大学学报·信息科学版*, 2021, 46(9): 1370-1377.]
- [16] Song Xiaodong, Liu Pu, Zhou Yixing. Urban and rural area division: Taking Shanghai as an example. *Acta Geographica Sinica*, 2006, 61(8): 787-797. [宋小冬, 柳朴, 周一星. 上海市城乡实体地域的划分. *地理学报*, 2006, 61(8): 787-797.]
- [17] Ma Shuang, Long Ying. Identifying spatial cities in China at the community scale. *Journal of Urban and Regional Planning*, 2019(1): 37-50. [马爽, 龙瀛. 中国城市实体地域识别: 社区尺度的探索. *城市与区域规划研究*, 2019(1): 37-50.]
- [18] Qi Wei, Wang Kaiyong. City administrative area and physical area in China: Spatial differences and integration strategies. *Geographical Research*, 2019, 38(2): 207-220. [戚伟, 王开泳. 中国城市行政地域与实体地域的空间差异及优化整合. *地理研究*, 2019, 38(2): 207-220.]
- [19] UN Department of Economic and Social Affairs. *World Urbanization Prospects: The 2018 Revision*. New York, 2018.
- [20] Thomas I, Jones J, Caruso G, et al. City delineation in European applications of LUTI models: Review and tests. *Transport Reviews*, 2018, 38(1): 6-32.
- [21] Zhu Z, Zhou Y Y, Seto K C, et al. Understanding an urbanizing planet: Strategic directions for remote sensing. *Remote Sensing of Environment*, 2019, 228: 164-182.
- [22] Gong P, Li X C, Wang J, et al. Annual maps of global artificial impervious area (GAIA) between 1985 and 2018. *Remote Sensing of Environment*, 2020, 236: 111510. DOI: 10.1016/j.rse.2019.111510.
- [23] Zhang X, Liu L Y, Wu C S, et al. Development of a global 30 m impervious surface map using multisource and multitemporal remote sensing datasets with the Google Earth Engine platform. *Earth System Science Data*, 2020, 12(3): 1625-1648.
- [24] Liu X P, Huang Y H, Xu X C, et al. High-spatiotemporal-resolution mapping of global urban change from 1985 to 2015.

- Nature Sustainability, 2020, 3(7): 564-570.
- [25] Huang Xin, Li Jiayi, Yang Jie, et al. 30 m global impervious surface area dynamics and urban expansion pattern observed by Landsat satellites: From 1972 to 2019. *Scientia Sinica Terrae*, 2021, 51(11): 1894-1906. [黄昕, 李家艺, 杨杰, 等. Landsat 卫星观测下的 30 m 全球不透水面年度动态与城市扩张模式(1972—2019). *中国科学: 地球科学*, 2021, 51(11): 1894-1906.]
- [26] Jiang B, Jia T. Zipf's law for all the natural cities in the United States: A geospatial perspective. *International Journal of Geographical Information Science*, 2011, 25(8): 1269-1281.
- [27] Xu Z B, Jiao L M, Lan T, et al. Mapping hierarchical urban boundaries for global urban settlements. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 2021, 103: 102480. DOI: 10.1016/j.jag.2021.102480.
- [28] Pekel J F, Cottam A, Gorelick N, et al. High-resolution mapping of global surface water and its long-term changes. *Nature*, 2016, 540(7633): 418-422.
- [29] Angel S. *Planet of Cities*. Lincoln Institute of Land Policy Cambridge, MA, 2012.
- [30] Clauset A, Shalizi C R, Newman M E J. Power-Law distributions in empirical data. *SIAM Review*, 2009, 51(4): 661-703.
- [31] Li Qiang, Chen Yulin, Liu Jingming. On the "development mode" of Chinese urbanization. *Social Sciences in China*, 2012(7): 82-100, 204. [李强, 陈宇琳, 刘精明. 中国城镇化“推进模式”研究. *中国社会科学*, 2012(7): 82-100, 204.]
- [32] Sun B D, Zhang T L, Wang Y, et al. Are mega-cities wrecking urban hierarchies? A cross-national study on the evolution of city-size distribution. *Cities*, 2021, 108: 102999. DOI: 10.1016/j.cities.2020.102999.
- [33] Zhang Hanchao, Ning Xiaogang, Wang Hao, et al. High accuracy urban expansion monitoring and analysis of China's provincial capitals from 2000 to 2015 based on high-resolution remote sensing imagery. *Acta Geographica Sinica*, 2018, 73(12): 2345-2363. [张翰超, 宁晓刚, 王浩, 等. 基于高分辨率遥感影像的 2000—2015 年中国省会城市高精度扩张监测与分析. *地理学报*, 2018, 73(12): 2345-2363.]
- [34] Ge Dazhuan, Long Hualou. Rural spatial governance and urban-rural integration development. *Acta Geographica Sinica*, 2020, 75(6): 1272-1286. [戈大专, 龙花楼. 论乡村空间治理与城乡融合发展. *地理学报*, 2020, 75(6): 1272-1286.]
- [35] Liu Shenghe. Spatial patterns and dynamic mechanisms of urban land use growth. *Progress in Geography*, 2002, 21(1): 43-50. [刘盛和. 城市土地利用扩展的空间模式与动力机制. *地理科学进展*, 2002, 21(1): 43-50.]

## Comparison of urban land expansion between urban physical and administrative areas in China from 1988 to 2018

XU Zhibang<sup>1,2</sup>, JIAO Limin<sup>1,2</sup>, WANG Yu<sup>1,2</sup>

(1. School of Resource and Environmental Sciences, Wuhan University, Wuhan 430079, China;

2. Key Laboratory of Geographic Information System, Ministry of Education,  
Wuhan University, Wuhan 430079, China)

**Abstract:** Urban boundaries are the spatial basis for the cognition of urban evolution and urban planning decision-making. In China, "city" usually refers to a legally defined administrative unit, whose spatial boundary does not coincide with that of physical entity consisting of a continuous artificial impervious surface. However, few studies quantitatively analyze the temporal and spatial evolution of urban physical areas over long time series, especially lacking a systematic understanding of the spatial differences in urban land expansion from the views of physical and administrative areas. Based on the multi-source remote sensing products with a spatial resolution of 30 meters, we identified the physical urban boundary from 1988 to 2018 and analyzed the land expansion process of the physical area. Further, we identified the cognitive differences and spatial patterns of urban land expansion from the above two views and found the following conclusions: (1) In the past 30 years, the number of urban physical areas in China with an area of more than five square kilometers has increased by 378%, and the most significant growth is in East and Central China. Among the physical areas, 88% of them belong to the type of "independent growth" widely distributed but most of them are smaller than 50 km<sup>2</sup>, while the other 12% belongs to the type of "spatial aggregation", mainly distributed in developed areas and the area is generally large. (2) Compared to administrative units, the rank-size distribution of urban area is more complying with the power-law model. Its Zipf's exponent has gradually increased to 1 in the past 30 years, indicating development of the urban system has become more and more balanced. Compared to physical areas, administrative areas have larger land expansion area in plain areas and lower land expansion intensity in coastal areas. (3) The 1327 county-level administrative units that cannot topologically match the urban physical area are mostly distributed in densely populated or developed plain areas. Combining two views, two types of spatial expansion have been further identified, namely "inter-districts co-urbanization" and "intra-district clustering". The former occurs in provincial capital area, while the latter is mainly distributed in the developed areas of the North China Plain. Both reflect the spatial reconstruction of urbanization. This research is helpful to deepen the understanding of the spatiotemporal process of China's land urbanization and provide decision support for scientific land resource management.

**Keywords:** urban expansion; urbanization; urban land; natural cities; urban area; China