

引用格式:申志成,徐新良,娜日嘎拉,等.中美典型城市群土地开发模式对比研究[J].资源科学,2022,44(5):968-983.[Shen Z C, Xu X L, Narigala, et al. Comparative study of the land development patterns in typical urban agglomerations of China and the United States[J]. Resources Science, 2022, 44(5): 968-983.] DOI: 10.18402/resci.2022.05.08

中美典型城市群土地开发模式对比研究

申志成^{1,2},徐新良¹,娜日嘎拉^{1,2},王世豪^{1,2}

(1. 中国科学院地理科学与资源研究所,资源与环境信息系统国家重点实验室,北京 100101;

2. 中国科学院大学,北京 100049)

摘要:优化城市群土地开发模式对于提高城市群国土空间开发质量具有重要意义。对比中美城市群的土地开发模式,有助于拓宽视野,深化对城市群可持续发展的认识。本文立足比较研究的视角,从城市群建设用地的扩张模式、土地开发强度及其景观生态效应等方面,从多个空间尺度系统地分析了2000—2020年中国和美国的6个典型城市群在土地开发模式上的差异。结果表明:①2000—2020年,中国典型城市群建设用地扩张强度明显高于美国典型城市群,中国典型城市群建设用地扩张类型以边缘型为主,美国的则以填充型为主,但是中国典型城市群填充型扩张用地占比逐渐上升。②从城市尺度的土地开发强度空间分布上看,中国典型城市群呈现多中心聚集成团的空间形态,而美国典型城市群则呈现多中心带状式、网络式的空间形态。③中国典型城市群建设用地扩张主要占用的是耕地,而美国典型城市群建设用地扩张主要占用的是林地和草地。④从建设用地的景观形态上看,2000—2020年,中美典型城市群的最大斑块指数(LPI)和聚集指数(AI)上升趋势均较为明显。本文结果整体上表明,提高土地开发集约度,建设紧凑型城市,仍是未来城市群发展的重要趋势。本文可为中国和其他发展中国家城市群国土空间规划、城市群城市化进程研究提供参考。

关键词:典型城市群;土地开发模式;空间结构;用地强度;景观格局;中美对比

DOI: 10.18402/resci.2022.05.08

1 引言

城市群是城镇化发展到高级阶段的产物^[1]。目前普遍认为城市群更具生产效率,更节约土地和能源,是现在以及未来人类社会可持续发展的中心^[2,3]。随着全球城市化进程的进一步加深,世界各国都在积极地建设自己国家的城市群^[4-7]。中国近几十年来随着经济腾飞,在城市群建设方面成果斐然,目前已形成了近20个不同发育程度的城市群^[8]。进入21世纪后,中国政府更是通过一系列国家层面的会议,进一步明确了城市群作为中国新型城镇化的主体地位^[9-11]。然而城市群也是生态用地侵占最严重、建设用地扩张最快的区域,也是“城市病”问题最为严重的地区^[12-15]。建设用地的快速扩张带来的空气

污染、水源污染和热环境恶化等生态环境问题,给城市群的可持续发展带来了严重挑战^[16-18]。正确认识城市群的土地开发模式,对于合理规划城市群国土空间,提高城市群国土空间开发质量,缓解城市化进程中遇到的生态环境胁迫问题具有重要意义。

人造地表(人工不透水层)是人类改造自然地表、进行土地开发和城市建设的重要反映,通常被用来表征城市建设用地^[19]。随着计算机技术的发展和遥感云计算的广泛应用,快速、高效地提取大范围的人造地表得以实现,这给城市群土地开发模式的研究提供了数据支撑^[14]。近年来,许多学者利用人造地表数据从建设用地扩张方式、扩张强度以及景观生态效应等方面对城市群的土地开发模式进行

收稿日期:2021-09-07;修订日期:2022-03-20

基金项目:中国科学院A类战略性先导科技专项(XDA20010302);教育部哲学社会科学研究重大课题攻关项目(19JZD023)。

作者简介:申志成,男,湖南湘潭人,博士研究生,主要研究方向为城市遥感。E-mail: shenzc.18b@igsnrr.ac.cn

通讯作者:徐新良,男,山东青岛人,博士,研究员,博士生导师,主要从事土地利用/土地覆被变化与陆地生态系统综合监测与评估研究。

E-mail: xuxl@lreis.ac.cn

2022年5月

了研究^[21-25]。在中外对比研究方面,又以对中国和美国的城市群的差异关注较多^[26-30]。如Cao等^[23]基于不透水地表数据,对比了中国的京津冀城市群和美国的波士华城市群在空间结构上的差异,发现前者不透水层分布呈现团块状“摊大饼”形态,而后者则呈现多中心聚集成团的态势;Yang等^[27]对比了中国、美国和日本3个国家的海湾地区的城市群的人工不透水层扩张,发现粤港澳大湾区的城市扩张速度明显高于其他3个城市群,且这4个城市群填充型的城市扩张用地占比逐渐上升,但城市扩张用地类型结构存在明显差异。

美国是世界上城镇化程度最高的国家之一,也是最早开始城市群建设的国家。国内学者在研究中国城镇化问题和探索城市群建设路径时,常参考和对比美国的城镇化经验^[31]。全面对比中美典型城市群的土地开发模式,可以加深对城市群城镇化进程的理解,不仅能为中国的各类型城市群的规划设计提供参考依据,对其他发展中国家的城市群建设也具有借鉴意义。

通过文献分析发现,当前对中国与其他发达国家城市群土地开发模式进行对比的研究仍不深入,主要体现在对比分析的城市群数量较少、对土地开发模式的刻画不够全面等方面。因此,本文在中国和美国分别选取了3个最为典型的城市群,基于各城市群2000、2010、2020年3期地表覆盖数据,从建设用地扩张特征、建设用地开发强度特征、建设用地的景观生态效应等多个维度,系统地对比分析了中国和美国6个典型城市群土地开发模式的时空演变特征,以期为中国和其他国家优化城市群国土空间布局,提高国土空间开发质量提供科学依据。

2 研究区域、数据来源和研究方法

2.1 研究区域

本文的研究区域为中国的京津冀城市群、长三角城市群和粤港澳大湾区,以及美国的波士华城市群、加州城市群和五大湖城市群等6个城市群(图1)。目前世界上公认的5个世界级城市群中,有2个在美国,分别是波士华城市群和五大湖城市群。加州城市群则是美国另一个重要的城市群。长三角城市群、粤港澳大湾区和京津冀城市群是中国最成熟的城市群,近些年中国政府通过实施一系列的战略规划,正努力将上述城市群打造成世界级城市

群。这6个城市群分别是中美城镇化进程最快的地区,也是当前两国城市群规划设计理念、城市土地开发模式最集中的体现,也是世界其他国家进行城市群设计时的重要参考。京津冀城市群是中国重要的政治、经济、文化中心,随着京津冀一体化的不断加强,中国政府正努力将其打造为以首都为核心的世界级城市群。长三角城市群以上海、南京、杭州等城市为核心,是中国城市层级结构最合理、综合实力最突出的城市群。粤港澳大湾区是中国城镇化率和人均GDP最高的城市群,是中国对外开放的门户。波士华城市群(也被称为美国东北部大西洋沿岸城市群),以纽约、波士顿、华盛顿等城市为核心,是美国最大的商业贸易中心、生产基地和世界最重要的金融中心。五大湖城市群以芝加哥、底特律和匹兹堡等城市为核心,是美国最重要的制造业中心。加州城市群以旧金山、洛杉矶等城市为核心,是美国著名的高科技研发中心、文化产业中心。本文研究区中,中国典型城市群的空间范围分别根据2015年出台的《京津冀协同发展规划纲要》、2016年出台的《长江三角洲城市群发展规划》、2019年通过的《关于吸纳蚌埠等7个城市加入长三角城市经济协调会的提案》、2019出台的《粤港澳大湾区发展规划纲要》等文件划定。而美国典型城市群则是根据相关文献资料^[26,28,31-33]对城市群空间范围的描述,以美国人口普查局定义的大都市统计区(Metropolitan Statistical Area, MSA)为基础进行划定。

2.2 数据来源

本文用到的数据主要包括中美典型城市群的地表覆盖数据和城市边界数据。地表覆盖数据来源于中国自然资源部国家基础地理信息中心生产的全球长时间序列分辨率为30 m的全球地表覆盖数据集(GlobeLand30, <http://www.globallandcover.com>),数据精度在80%以上。该数据集包括2000、2010、2020年3期地,共包括10个一级类型,分别是:耕地、林地、草地、灌木地、湿地、水体、苔原、人造地表(以下称建设用地)、裸地、冰川和永久积雪。本文从中提取了研究区2000、2010和2020年的地表覆被数据,以此来分析中美典型城市群2000—2020年的城市空间扩张特征。

考虑到中国的城市区划与美国的城市划分的巨大差异,采用美国的大都市统计区(MSA)来划分

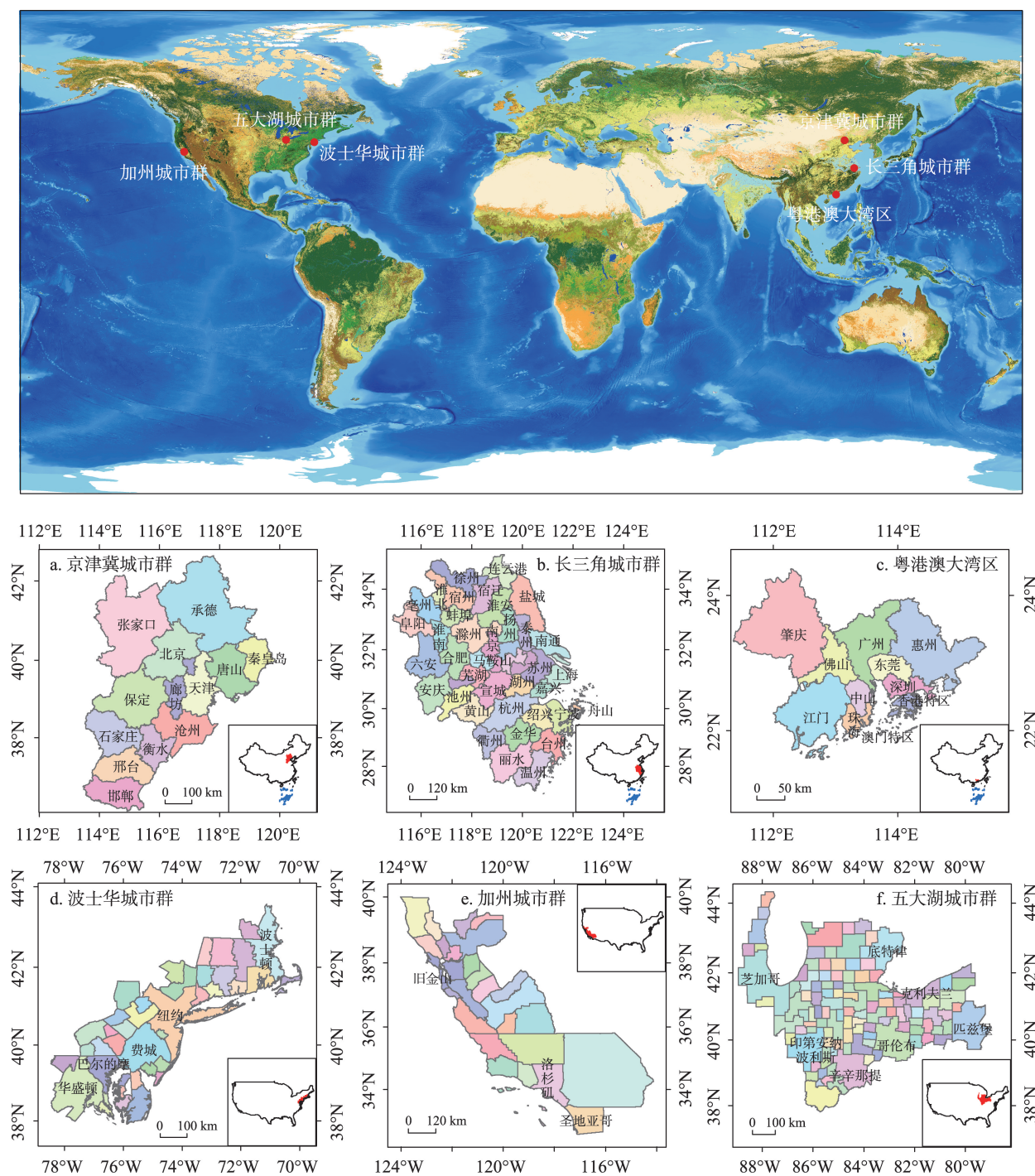


图1 研究区空间位置与城市划分

Figure 1 Overview of the study areas

注:该图基于国家测绘地理信息局标准地图服务网站下载的审图号为GS(2016)1667号的标准地图制作,底图无修改。

美国城市群各城市的边界,以此对照中国的地级市或直辖市。大都市统计区(MSA)是美国联邦政府管理和预算办公室(OMB)为美国人口普查而划定的,一些大型的MSA在人口和面积上与中国的地级

市或省级直辖市相似。中国的城市边界数据来源于中国科学院资源环境科学与数据中心(<https://www.resdc.cn/>),美国的大都市统计区边界数据来源于美国人口普查局网站(www.census.gov)。

2022年5月

2.3 研究方法

2.3.1 建设用地扩张强度指数

建设用地扩张强度指数 (UEI) 反映的是某一时间段内,某区域建设用地的扩张速度^[19],计算公式如式(1)所示。该指数体现的是一种相对扩张速度,因此可以用来对不同规模的城市群以及同一城市群不同时间段的建设用地扩张强度进行比较。

$$UEI = \frac{A_{t_2} - A_{t_1}}{A_{t_1} \times \Delta t} \quad (1)$$

式中: UEI 代表某一城市群或城市的建设用地扩张强度; A_{t_1} 和 A_{t_2} 分别代表该区域 t_1 年和 t_2 年的建设用地面积; Δt 代表 t_1 年和 t_2 年的间隔年份。

2.3.2 建设用地空间扩张类型识别

参考 Liu 等^[34]的研究,将建设用地扩张类型分为填充式、边缘式和飞地式。填充式是指建设用地的扩张发生在已有建设用地范围内部;边缘式是指建设用地的扩张发生在已有建设用地外部边缘,紧靠已有建设用地;飞地式是指建设用地的扩张发生在已有建设用地外部,远离已有建设用地。基于 ArcGIS 软件,通过提取研究区地表覆被数据中的建设用地数据,勾勒出 2000、2010 年的城市边界(图 2a)。同时,也对研究区 2000—2010、2010—2020 年

栅格形式的新增建设用地空间扩展数据进行栅格转多边形的操作,得到 2000—2010、2010—2020 年矢量形式的新增建设用地斑块。然后,通过分析新增建设用地矢量斑块与城市群边界的相对空间关系,确定 2000—2010、2010—2020 年新增建设用地的扩张类别。当新增建设用地斑块在城市边界范围内时,该扩张类型为填充型(图 2b);当新增建设用地斑块在城市边界范围外并与城市边界有公共边时,该扩张类型为边缘形型(图 2c);当新增建设用地斑块在城市边界范围外并与城市边界没有公共边时,该扩张类型为飞地型(图 2d)。

2.3.3 土地开发强度指数

土地开发强度指数 (LDI) 指的是建设用地对区域自然地表的占用强度,是反映区域城市化程度的重要指标^[35],计算公式如式(2)所示。本文计算了 3 个空间尺度的土地开发强度,即城市群尺度、城市尺度和公里格网尺度。在计算公里格网尺度的土地开发强度时,借助了 ArcGIS 软件中的渔网构建工具,构建了覆盖城市群的 $1 \text{ km} \times 1 \text{ km}$ 的格网。

$$LDI = \frac{A}{A_{\text{total}}} \quad (2)$$

式中: LDI 代表某一区域的土地开发强度; A 代表

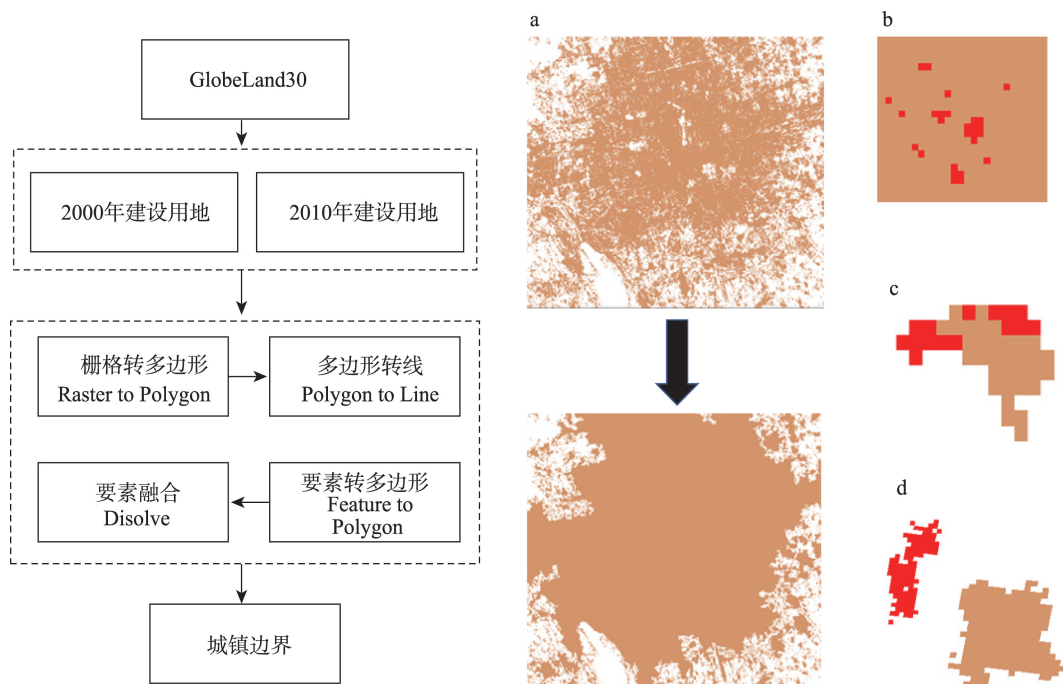


图2 建设用地扩张类型识别示意图

Figure 2 Identification of built-up land expansion types

该区域的建设用地面积; A_{total} 代表该区域的土地总面积。

2.3.4 景观格局指数

本文选取了4个常用的景观格局指数,即最大斑块指数(LPI)、斑块密度指数(PD)、景观形状指数(LSI)和聚集指数(AI),来刻画和比较中美典型城市群建设用地的形态特征^[36,37](表1)。 LPI 指的是给定区域内建设用地斑块中最大的斑块占区域总面积的比例, LPI 降低意味着碎片化程度的增加, LPI 上升意味着新增斑块围绕着最大斑块聚集; PD 表示单位面积上的斑块数量; LSI 描述了形状的复杂性,当建设用地斑块变得不规则时,其值逐渐增加; AI 表示斑块的聚集程度,当建设用地斑块最大程度地聚集成单一、紧凑的斑块时,其聚集程度达到最大值。

3 结果与分析

3.1 中美典型城市群2000—2020年建设用地扩张强度与模式对比

3.1.1 建设用地扩张强度

中国3个典型城市群的建设用地扩张强度明显高于美国的3个典型城市群。2000—2020年中国典型城市的平均扩张强度为7.60,而美国的仅为1.63,中国是美国的4.7倍(表2)。在中国,长三角城市群

2000—2020年的扩张强度为9.82,高于京津冀城市群和粤港澳大湾区。在美国,五大湖城市群的扩张强度为2.59,高于波士华和加州城市群。此外,中国和美国典型城市群扩张强度的阶段性变化特征也表现出一定的差异。中国典型城市群2000—2010年的平均扩张强度为6.26,2010—2020年的为5.69,扩张速度略微放缓。这主要是由于2010—2020年,粤港澳大湾区扩张速度相较于2000—2010年明显放缓,而京津冀和长三角城市群2010—2020年均呈轻微加速扩张的态势。美国典型城市群2000—2010年的平均扩张强度为1.46,2010—2020年的为1.57,扩张速度略微加速。其中,加州城市群扩张速度放缓,而波士华和五大湖城市群则呈加速扩张态势。

通过计算中美典型城市群各城市2000—2010年和2010—2020年的建设用地扩张强度,并根据2000—2010年中美典型城市群所有城市的建设用地扩张强度,基于自然断点法设置分级标准,将2000—2010年和2010—2020年各城市的建设用地扩张强度划分为缓慢扩张、低速扩张、中速扩张、快速扩张和高速扩张5个级别^[13]。2000—2020年间中美典型城市群城市尺度的建设用地扩张强度级别时空分异特征明显(图3)。从整体上来看,中国城

表1 景观格局指数介绍

Table 1 Landscape indices

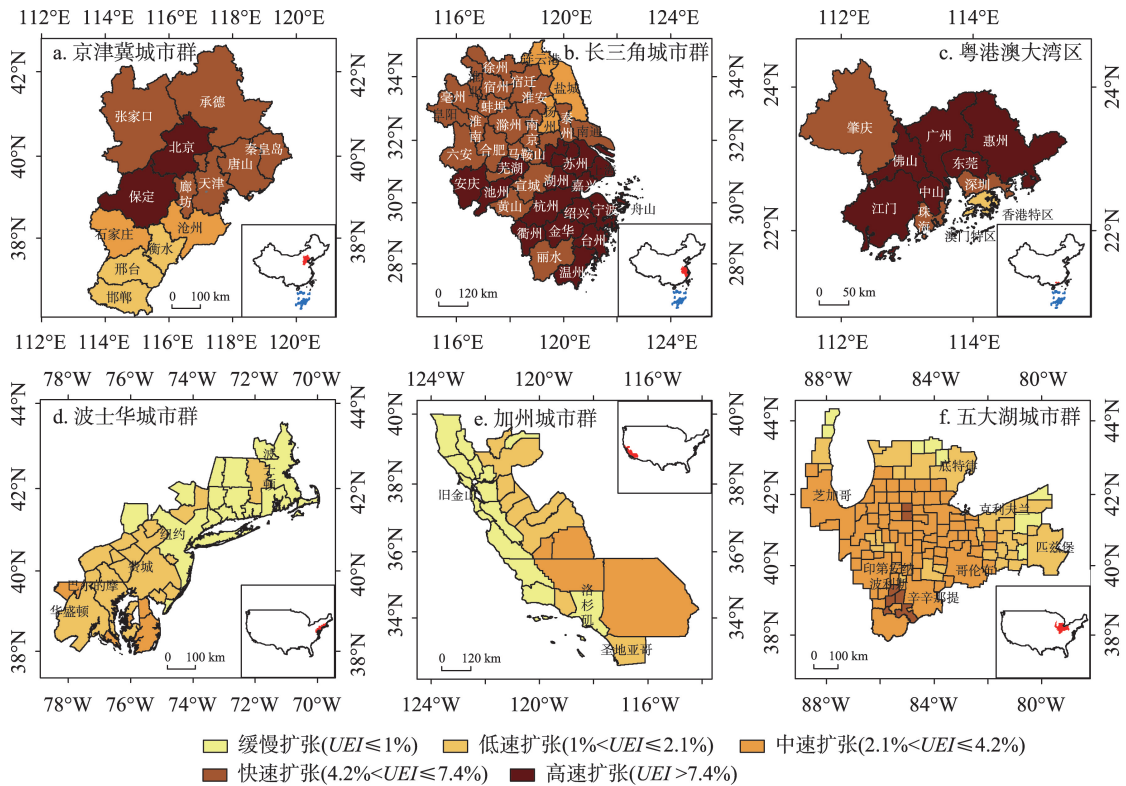
指数	单位	公式	参数介绍
最大斑块指数(LPI)	%	$\frac{\max a_{ij}}{A} \times 100$	a_{ij} 表示斑块面积
斑块密度指数(PD)	个	$\frac{N}{A} \times 10000 \times 100$	N 表示斑块数量, A 表示景观总面积
景观形状指数(LSI)	—	$\frac{0.25E^*}{\sqrt{A}}$	E^* 表示景观总的周长
聚集指数(AI)	—	$\frac{g_{ii}}{\max \rightarrow g_{ii}}$	g_{ii} 表示邻接斑块的公共边长度

表2 2000—2020年中美典型城市群建设用地扩张强度(%)

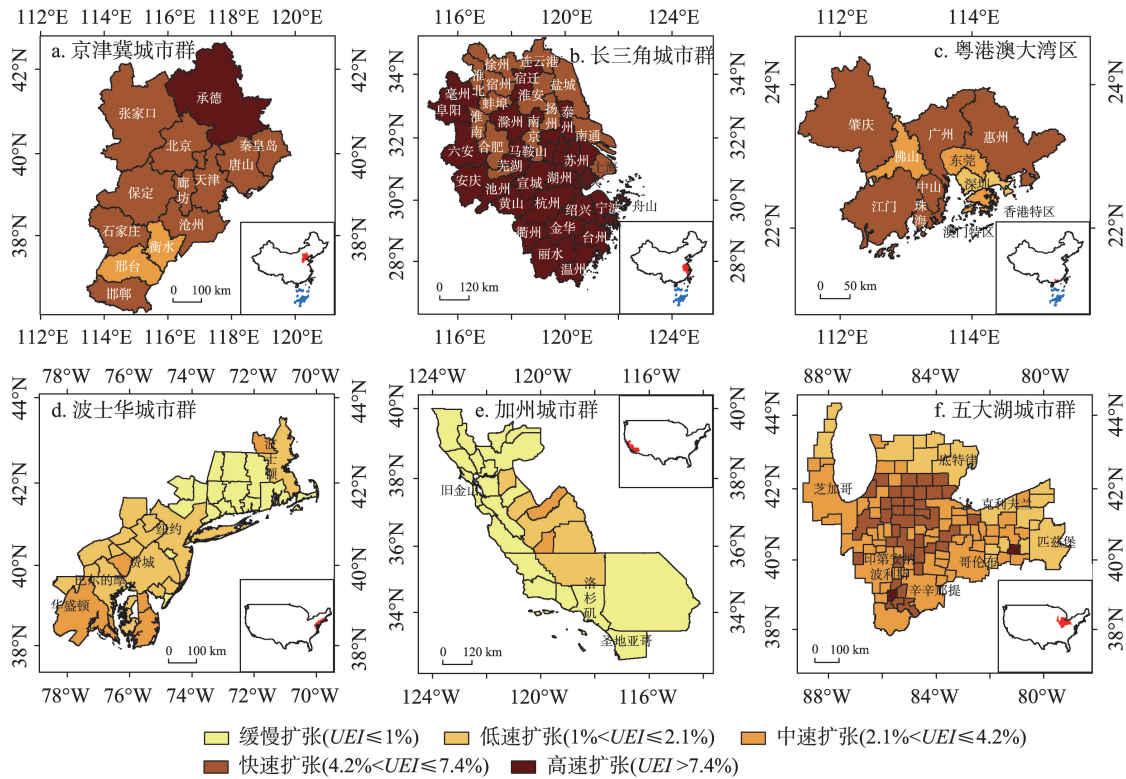
Table 2 Intensity of built-up land expansion in typical urban agglomerations of China and the United States, 2000-2020 (%)

阶段	中国				美国			
	京津冀城市群	长三角城市群	粤港澳大湾区	平均值	波士华城市群	加州城市群	五大湖城市群	平均值
2000—2010年	4.44	6.93	7.41	6.26	1.19	1.09	2.11	1.46
2010—2020年	5.02	7.93	4.12	5.69	1.37	0.71	2.63	1.57
2000—2020年	5.69	9.82	7.31	7.60	1.34	0.97	2.59	1.63

2022年5月



I. 2000—2010年



II. 2010—2020年

图3 2000—2020年中美典型城市群各城市建设用地扩张强度级别空间分布

Figure 3 Spatial distribution of built-up land expansion degree in typical urban agglomerations of China and the United States, 2000-2020

注:该图基于国家测绘地理信息局标准地图服务网站下载的审图号为GS(2016)1667号的标准地图制作,底图无修改。

市群的城市大多处于快速扩张和高速扩张的状态,无缓慢扩张的城市,而美国城市群的城市大多处于中速及以下扩张级别。从各城市群2000—2020年建设用地扩张强度级别的阶段性(2000—2010年和2010—2020年)变化来看,京津冀城市群除北京和保定从高速扩张降到快速扩张外,其余城市的地建设用地扩张强度级别都上了一个台阶,由原来的低速上升到了中速,或由中速上升到了快速;长三角城市群拥有的高速扩张城市最多,除上海由高速扩张变为快速扩张外,大量的城市由快速扩张变为了高速扩张,并在城市群南部呈聚集状分布,2010—2020年长三角城市群全境均属于快速扩张或高速扩张;粤港澳大湾区除香港的城市扩张状态由低速扩张变为中速扩张外,其余城市的扩张速度全面放缓,其中东莞市和深圳市建设用地扩张速度放缓的现象最为明显。在美国,波士华城市群绝大多数城市的扩张强度级别没有发生变化,2000—2010年和2010—2020年均呈现缓慢扩张或低速扩张的状态,但值得注意的是,波士顿和纽约由缓慢扩张变为低速扩张,华盛顿由低速扩张变为中速扩张;加州城市群远离海岸线的城市的扩张速度下降明显,此外,其核心城市中的圣地亚哥扩张速度上升了一个级别,由低速扩张变为了中速扩张;五大湖城市群建设用地扩张提速明显,其中部大量的城市由中速扩张变成了快速扩张,但其核心城市芝加哥、底特律、克利夫兰等城市的建设用地扩张强度级别没有变化,前后2个10年均处于中速扩张或低速扩张。

3.1.2 建设用地空间扩张模式

2000—2020年中美典型城市群建设用地空间扩张特征总体差异明显(图4)。美国典型城市群填充型的扩张用地平均面积占比、平均斑块数量占比明显高于中国的,且美国城市群填充型斑块数量占比要高于飞地型和边缘型的。2000—2020年,中国典型城市群建设用地的扩张类型主要以边缘型为主,飞地型斑块次之,填充型斑块数量最少(图4a)。从阶段性变化来看,中国典型城市群边缘型扩张用地的平均面积和平均斑块数量占比下降,填充型扩张用地占比上升,飞地型扩张用地的平均面积占比基本保持不变,平均斑块数量占比下降,表明中国正在不断提高城市建设用地的紧凑程度。2000—2020年,美国典型城市群扩张用地主要以边缘型和填充型为主,飞地型扩张用地占比最少(图4b)。从阶段性变化来看,美国典型城市群填充型扩张用地的平均面积占比上升,边缘型扩张用地的平均面积占比下降,飞地型的城市扩张用地的平均面积占比基本保持不变。在斑块数量上,美国典型城市群各类型扩张用地的平均斑块数量占比基本保持不变。具体看中美各典型城市群之间建设用地空间扩张特征的差异(图5),粤港澳大湾区填充型扩张用地的面积占比和斑块数量占比明显高于长三角和京津冀城市群,尤其是在2010—2020年,面积和斑块数量占比分别达到31.7%和39.1%,但是仍低于边缘型城市扩张用地的面积占比和斑块数量占比。加州城市群的填充型扩张用地的面积和斑

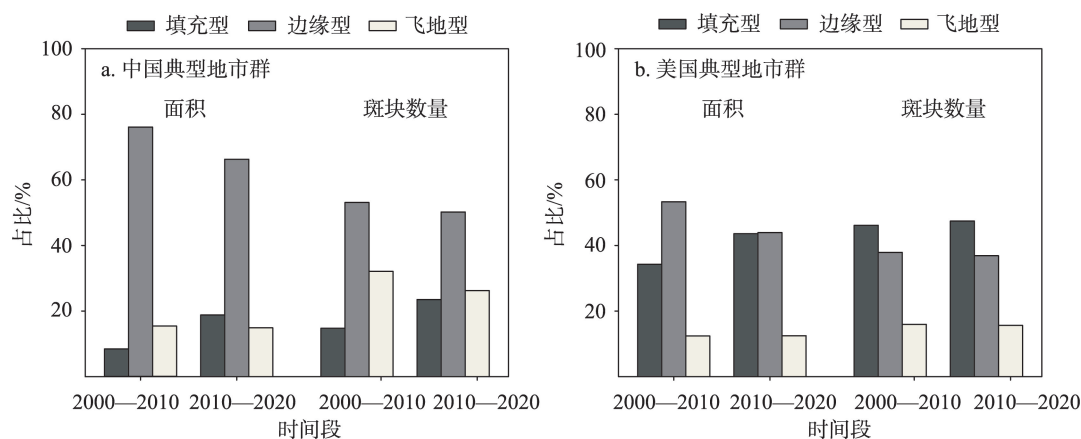


图4 2000—2020年中美典型城市群建设用地扩张类型面积占比和斑块数量占比统计

Figure 4 Areal proportion and patch number proportion of built-up land with different expansion types in typical urban agglomerations of China and the United States, 2000-2020

2022年5月

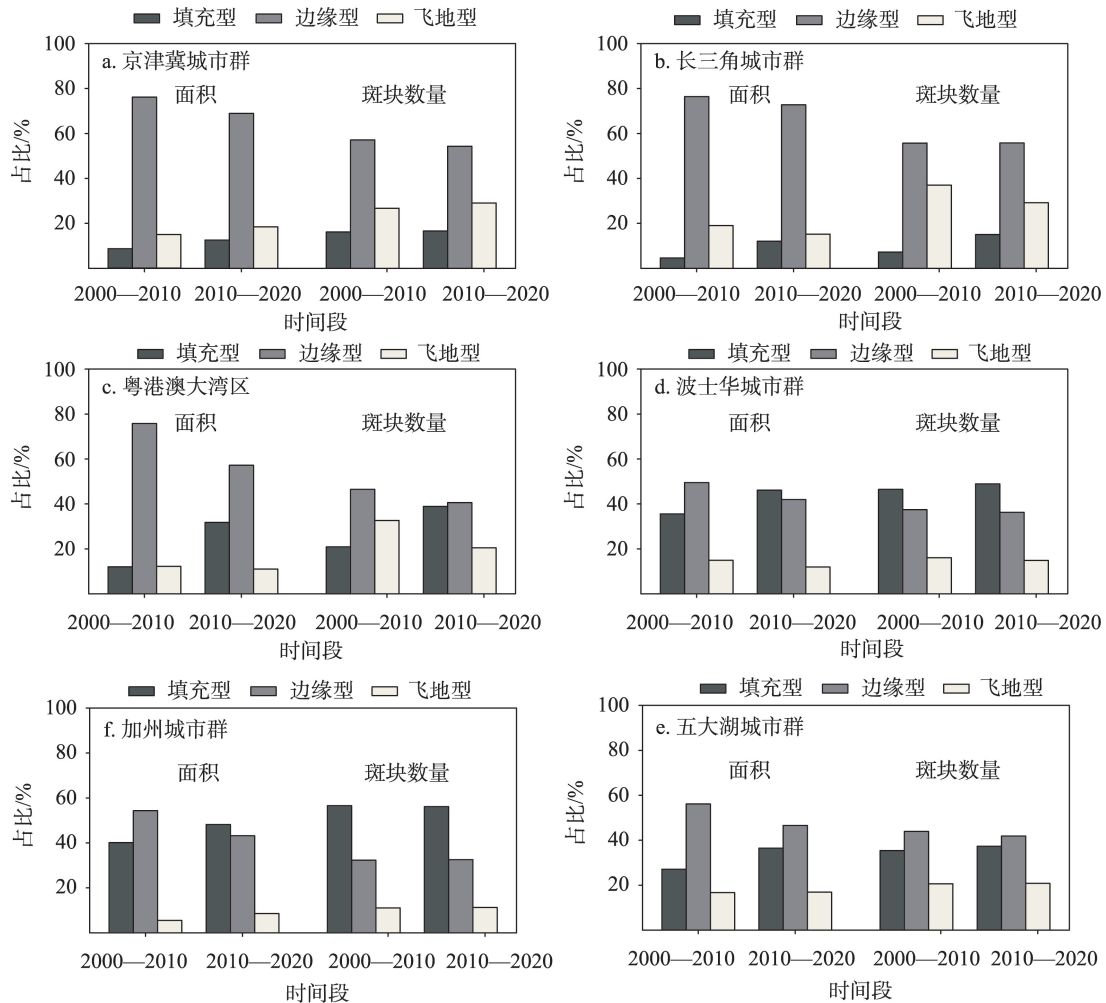


图5 2000—2020年中美各典型城市群建设用地扩张类型面积占比和斑块数量占比统计

Figure 5 Areal proportion and patch number proportion of built-up land with different expansion types for different typical urban agglomerations of China and the United States, 2000-2020

块数量占比明显高于五大湖和波士华城市群。

3.2 中美典型城市群2000—2020年土地开发强度对比

2000—2020年,中国典型城市群的土地开发强度正在逐渐赶超美国典型城市群(图6)。2000年,美国典型城市群的土地开发强度比中国典型城市群高,中美平均土地开发强度分别为7.20%和5.70%,在所有城市群中波士华城市群的土地开发强度最高;2010年,中国典型城市群的土地开发强度已略微超过美国典型城市群,中美平均土地开发强度分别为9.20%和8.20%,波士华城市群的土地开发强度依然处于最高位;2020年,中美典型城市群土地开发强度之间的差距进一步扩大,中美平均土地开发强度分别为13.3%和9.30%,粤港澳大湾区和长

三角城市群的土地开发强度已超过波士华城市群。

具体看2020年中美典型城市群各城市土地开

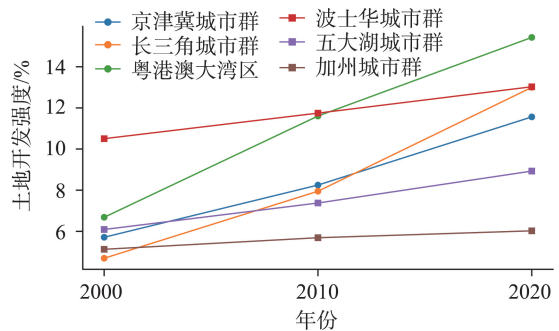


图6 2000—2020年中美典型城市群土地开发强度变化

Figure 6 Changes of land development intensity in typical urban agglomerations of China and the United States, 2000-2020

发强度的空间分布特征可以发现,土地开发强度最高(>20%)的城市大多数位于沿海或沿湖地区(图7)。但是,中国典型城市群呈现的是一种多中心聚集成团的空间形态,而美国典型城市群呈现的则是一种多中心带状式、网络式的空间形态。在中国,京津冀城市群的北京、天津、廊坊、沧州,长三角城市群的上海、苏州、杭州、南京等城市,粤港澳大湾区的深圳、广州、东莞、佛山等城市土地开发强度最高,在空间上聚集分布的现象较为明显。在美国,波士华城市群的波士顿、纽约、巴尔的摩等城市,加州城市群的旧金山、洛杉矶,五大湖城市群的芝加哥、底特律、克利夫兰等城市土地开发强度最高,在空间上分散分布的特征较为明显。此外,中国城市群不同级别土地开发强度的城市在数量分布上较为均匀,而美国城市群除少数几个城市土地开发强度处于15%~20%和>20%这两个级别上,其余大部分城市的土地开发强度在10%以下,这在加州城市群和五大湖城市群表现得尤为突出。这说明美国典型城市群的中心城市极化现象明显。2020年,中美6个典型城市群中土地开发强度最高的10个城市

市分别是东莞、上海、深圳、澳门、中山、佛山、无锡、嘉兴、苏州和洛杉矶,除洛杉矶属于美国的加州城市群,其余城市属于中国的粤港澳大湾区和长三角城市群,土地开发强度分别为53.23%、50.60%、44.60%、42.20%、39.93%、38.96%、38.26%、34.10%、33.65%和33.42%。京津冀城市群中,土地开发强度最高的城市是廊坊,为26.06%;五大湖城市群中,土地开发强度最高的城市是芝加哥,为26.18%;波士华城市群中,土地开发强度最高的城市是纽约,为28.25%。

具体看2020年中美典型城市群公里格网尺度的土地开发强度空间分布(图8),较为一致的是,中美城市群的高开发强度土地(>50%)均在各个城市呈聚集状分布,成为各个城市的核心区,不同的是,中美城市群的中等开发强度土地(30%~50%)和低开度强度土地(<30%)的空间分布特征存在明显的差异。首先,美国城市群的中等开发强度(30%~50%)的土地主要集中分布在城市核心区周边,而中国城市群的中等开发强度(30%~50%)的土地蔓延特征较为明显,从城市核心区周边到乡村呈大范围

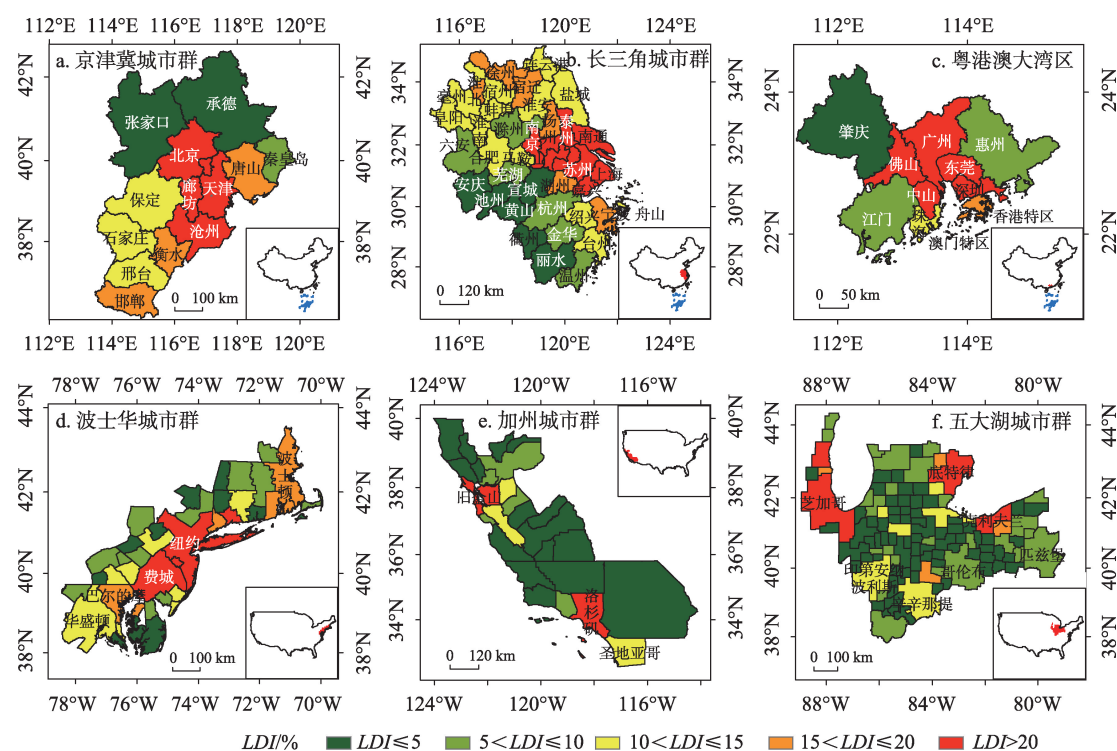


图7 2020年中美典型城市群城市尺度土地开发强度空间分布

Figure 7 Spatial distribution of land development intensity of cities in typical urban agglomerations of China and the United States, 2020

注:该图基于国家测绘地理信息局标准地图服务网站下载的审图号为GS(2016)1667号的标准地图制作,底图无修改。

2022年5月

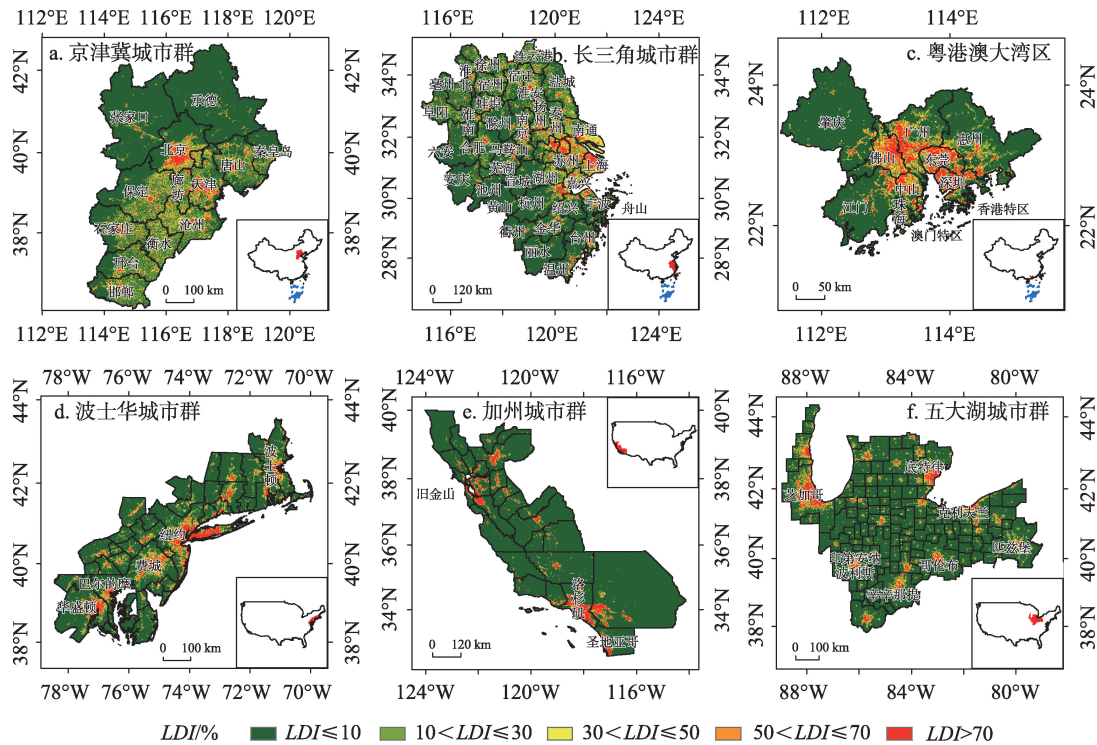


图8 2020年中美典型城市群土地开发强度空间分布(公里格网尺度)

Figure 8 Spatial distribution of land development intensity at 1 km grid scale in typical urban agglomerations of China and the United States, 2020
注:该图基于国家测绘地理信息局标准地图服务网站下载的审图号为GS(2016)1667号的标准地图制作,底图无修改。

的零星分布,这在京津冀城市群表现得尤为突出。此外,中国城市群建设用地向乡村大范围蔓延的现象使得城市边界模糊,这在粤港澳大湾区表现得尤为突出。从粤港澳大湾区土地开发强度的分布特征(图8c)可以看出,2020粤港澳大湾区的广州、佛山、东莞、中山、深圳等城市已几乎融合成一个巨型城市。而长三角城市群的上海、苏州、无锡、常州、南京等城市的融合现象也比较明显。京津冀城市群中,北京和天津是高开发强度土地分布最广的城市(图8a);长三角城市群中,高开发强度土地在上海、苏锡常都市圈以及南京市分布最广(图8b);粤港澳大湾区中,高开发强度土地在广州、深圳、中山、佛山、东莞等市分布最广(图8c);波士华城市群中,高开发强度土地在华盛顿、巴尔的摩、纽约、费城、波士顿等城市分布最广(图8d);加州城市群中,高开发强度土地在旧金山、洛杉矶、圣地亚哥等城市分布最广(图8e);五大湖城市群中,高开发强度土地在芝加哥、底特律、克利夫兰等城市分布最广(图8f)。

城市群之间不同开发强度土地的面积占比差

异可以反映中美城市群在土地集约利用程度上的差异。对中美城市群公里格网尺度上的土地开发强度指数四舍五入,得到土地开发强度1%~100%每隔1%的土地开发强度梯度序列,然后计算每个开发强度土地的面积占比,最终计算中美城市群各个开发强度土地面积占比的差异,结果如图9所示。

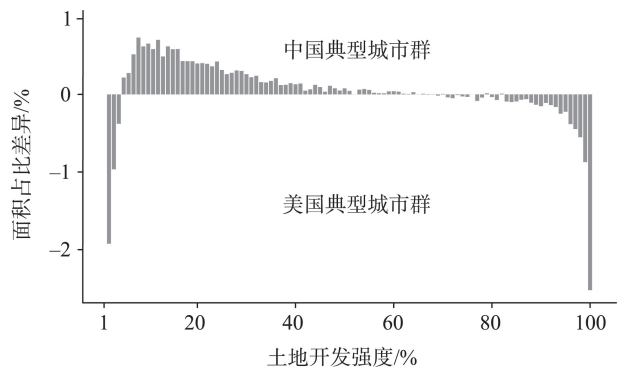


图9 2020年中美典型城市群土地开发强度梯度面积占比差异

Figure 9 Differences of areal proportion of different land development intensities (> 0%) at 1 km grid scale between the typical urban agglomerations of China and the United States, 2020

可以看出,美国典型城市群土地开发强度 $\geq 60\%$ 的公里格网斑块的面积占比普遍高于中国典型城市群,且随着开发强度的上升,面积占比差异逐渐增大。

3.3 建设用地扩张的景观生态效应

3.3.1 建设用地扩张对其他用地类型的占用

建设用地扩张对其他用地类型的占用以及建设用地的景观格局、形态特征等不仅能反映建设用地扩张对区域生态环境的影响,同时也是土地开发模式研究的重要内容。从2000—2020年中美典型城市群建设用地扩张对其他土地类型的占用来看(表4),中国的3个典型城市群,城市扩张均以占用城市周边的耕地为主,这在京津冀城市群和长三角城市群表现明显。2000—2020年前后2个10年,京津冀城市群建设用地扩张占用的耕地面积占比分别为81%和90%,长三角城市群建设用地扩张占用的耕地面积占比分别为92%和91%,而粤港澳大湾区建设用地扩张占用的耕地面积占比分别为50%和51%。相比于京津冀城市群和长三角城市群,粤港澳大湾区的城市扩张对林地、草地、水体的占用较为明显。2000—2020前后两个10年,粤港澳城市群城市扩张占用的水体面积分别为21%和11%,表明粤港澳城市群建设用地向沿海、沿江扩张的特征明显。而2000—2020美国典型城市群的建设用地扩张以占用耕地、林地、草地为主。其中,波士华城市群城市扩张对林地的占用较为明显,2000—2020

前后两个10年对林地的面积占比分别为54%和48%。五大湖城市群城市扩张对耕地的占用较为明显,但是占用程度也不及中国城市群城市扩张对耕地的占用。五大湖城市群2000—2020前后两个10年对耕地的占用面积占比分别为36%和48%。此外,加州城市群的城市扩张还占用了大量的灌木地,2000—2020前后两个10年,占用面积占比分别为21%和36%。

3.3.2 建设用地景观格局变化

从中美典型城市群建设用地的景观格局变化来看(图10),京津冀和长三角城市群的 LSI 波动上升,粤港澳、波士华、五大湖、加州等城市群的 LSI 呈缓慢下降态势;各城市群的 LPI 均呈上升趋势,其中长三角城市群的 LPI 上升最显著;长三角、五大湖和京津冀等城市群的 PD 呈上升趋势,粤港澳、波士华、加州等城市群的 PD 基本保持不变;各城市群的 AI 均呈上升趋势,其中长三角城市群的 AI 上升最显著。整体上来看,中美典型城市群都在使各自的建设用地在空间上越来越聚集。2020年,长三角城市群建设用地的 LSI 最高,加州城市群的 LSI 最低,表明长三角城市群的建设用地空间形状最不规则;粤港澳大湾区的 LPI 最大,长三角城市群的 LPI 最小,这主要是粤港澳大湾区中心城市融合现象明显,多极融合为一极,而长三角城市群建设用地则呈现一种多中心极化现象;长三角城市群的 PD 最大,加州城市群的 PD 最小,表明长三角城市群建设用地破

表4 2000—2020年中美典型城市群建设用地扩张占用的其他土地类型面积占比(%)

Table 4 Areal proportion of other land use types occupied by built-up land expansion in typical urban agglomerations of China and the United States, 2000-2020 (%)

国家	城市群	时间阶段	耕地	林地	草地	灌木地	湿地	水体	裸地
中国	京津冀	2000—2010年	81	1	14	0	0	4	0
中国	京津冀	2010—2020年	90	2	5	0	1	2	0
中国	粤港澳	2000—2010年	50	11	17	1	0	21	0
中国	粤港澳	2010—2020年	51	22	14	2	0	11	0
中国	长三角	2000—2010年	92	3	2	0	0	3	0
中国	长三角	2010—2020年	91	4	2	0	0	3	0
美国	波士华	2000—2010年	23	54	18	0	2	2	0
美国	波士华	2010—2020年	20	48	27	1	1	3	1
美国	加州	2000—2010年	35	6	34	21	1	1	3
美国	加州	2010—2020年	24	12	24	36	0	0	3
美国	五大湖	2000—2010年	36	39	16	1	3	5	0
美国	五大湖	2010—2020年	48	26	20	2	2	2	0

2022年5月

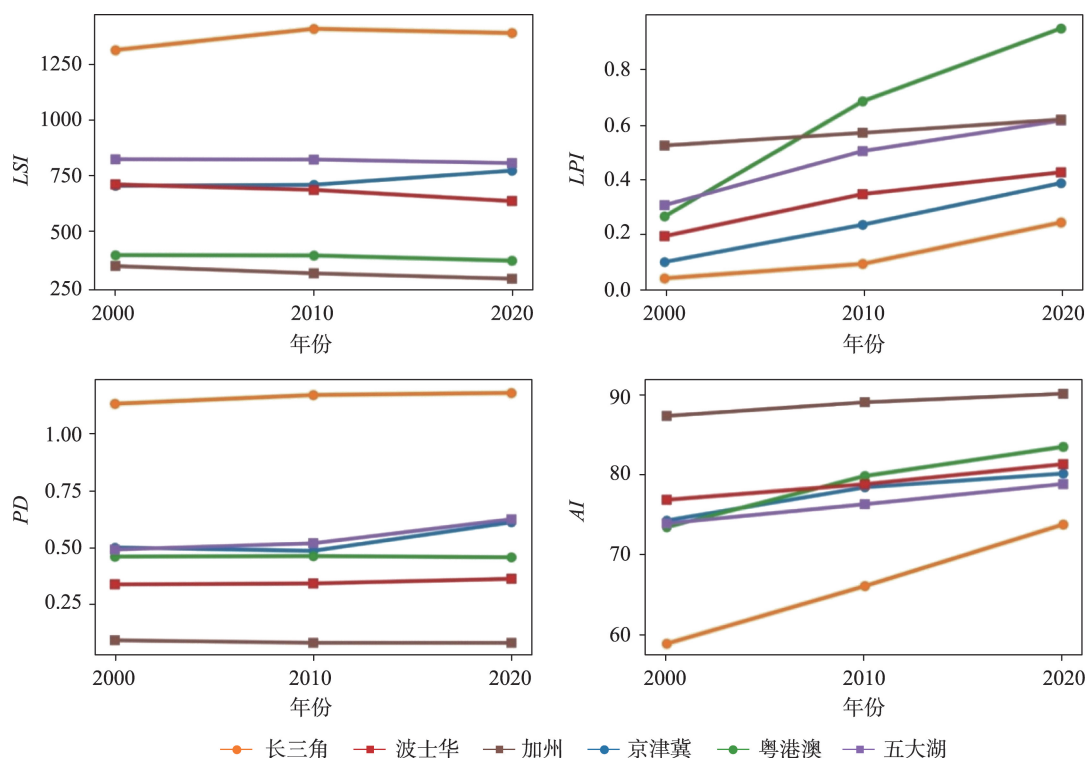


图10 2000—2020年中美典型城市群建设用地景观指数变化

Figure 10 Changes of landscape indices of built-up land in typical urban agglomerations of China and the United States, 2000-2020

碎度最高,加州城市群建设用地聚集程度最高。这点从各城市群的 AI 指数上也能得到反映。2000年时,加州城市群的 AI 指数最高,长三角城市群的 AI 指数最低。

4 讨论与结论

4.1 讨论

城市群是各个国家经济增长的重要载体,其发展需要大量的建设用地供应,从本文的结果可以看出中美典型城市群的土地开发模式存在明显的差异,这背后有其深刻的历史发展、自然地理条件、城市规划理念等原因。

2000—2020年,中国典型城市群城市扩张强度明显高于美国典型城市群,这主要是由于两国城市群快速发展的历史阶段不一样。美国1920年时,人口城镇化率已达到50%以上,二战后,由于汽车的普及以及高速公路的建设,城市土地在波士华、五大湖和加州等城市群快速扩张,直到1970年代才逐渐放缓^[38-42]。而中国城市群1978年后在改革开放以及市场经济的推动下才开始快速城镇化。2001年中国加入世界贸易组织后,经济全球化、工业全

球化等给在国际竞争和合作中起着重要引领作用的长三角、粤港澳、京津冀等城市群注入了新的动力^[9,41,42]。此外,美国典型城市群的持续扩张也给中国典型城市群的发展带来启示。波士华城市群是世界上最成熟的城市群,也是美国重要的经济中心、金融中心、文化中心、教育中心、政治中心和创新中心^[43],在整体的功能定位和规模上相当于京津冀城市群和长三角城市群的总合。但是2000年来,波士华城市群的建设用地仍呈现一种加速扩张的态势,表明城市群的国土空间规划和国土空间治理对城市群的发展极其重要,建设用地的供应和对生态环境的保护会成为城市群发展的瓶颈。五大湖城市群作为北美最大的制造业中心,其土地扩张强度是美国3个典型城市群中最高的,且呈加速扩张的态势。这种现象在同为中国最重要的高端制造业中心的长三角城市群上也有体现。另外值得注意的是,加州城市群和粤港澳大湾区均表现出城市扩张速度变缓的态势,这可能是由于粤港澳大湾区和加州城市群均是一种湾区城市群,腹地面积小,其地理位置对他们的建设用地扩张存在较为明显的限制^[27]。

2000—2020年,中美典型城市群的建设用地空间扩张模式和土地开发强度的空间格局也存在明显的差异,总的来看美国典型城市群建设用地紧凑程度高,而中国典型城市群城市扩张较粗放。这可能和中美两国的城市规划理念有关。美国城市群的建设进程早于中国城市群,这不仅体现在其高速发展时期早于中国,也体现在美国对城市群国土空间高质量发展的关注也早于中国。早在1970年代初,美国就开始对都市区城市蔓延(郊区低密度开发)的代价进行了广泛的讨论,认为这不利于城市的可持续发展^[44,45]。面对城市土地的无序扩张,美国的环境学者和城市规划师首先提出了“精明增长”的概念,指出城市建设应用足存量空间,减少盲目扩张,促进城市空间紧凑发展^[46]。在城市群发展的早期,中心城市“摊大饼”式的城市扩张模式可能具有一定的合理性和必然性,但是到了城市群发展的后期,高紧凑度、多中心、网络化的城市空间扩张模式才有利于城市群的可持续发展^[47]。建设用地的无序扩张会成为城市群国土空间高质量发展的重要障碍,带来较高的经济成本、生态成本、交通成本^[48,49]。此外,中国典型城市群高用地强度城市空间聚集,而美国典型城市群高用地强度城市空间分散的特征,也反映出了中美两国城市群地域合作模式的差异,中国典型城市群当前以“近域合作”为主,而美国典型城市群“近区域合作”和“跨区域联系”两种方式相结合^[41]。因此,中国城市群在未来的发展过程,应通过合理的设计区域产业结构,引导城市间的跨区域合作,促进构建多中心、网络化的城市群空间结构。

4.2 结论

本文立足比较研究的视角,基于中国和美国6个典型城市群2000—2020年3期地表覆盖数据,从城市群建设用地的扩张强度、空间扩张类型、土地开发强度、占用的土地类型、景观格局等多个角度,从城市群、城市、公里格网等多个空间尺度,系统地对分析和对比了这些典型城市群的建设用地开发模式。主要结论如下:

(1)2000—2020年,中国典型城市群建设用地扩张强度明显高于美国典型城市群。从扩张强度的阶段性变化来看,在2000—2020前后两个10年,中国的京津冀城市群和长三角城市群,美国的波士

华城市群和五大湖城市群均处于建设用地加速扩张的状态,而两个湾区城市群,粤港澳大湾区和加州城市群则呈建设用地扩张放缓的状态。从建设用地的空间扩张类型来看,美国城市群整体上以填充型的建设用地扩张为主,这在斑块数量占比上表现明显,而中国城市群整体上以边缘型的建设用地扩张为主,但是填充型的扩张用地占比逐渐上升。粤港澳大湾区和加州城市群分别是中国和美国填充型建设用地扩张表现最为突出的城市群。

(2)2000—2020年,中国典型城市群的土地开发强度逐渐赶超美国典型城市群。粤港澳大湾区土地开发强度上升最为明显,2020年时成为6个典型城市群中土地开发强度最高的城市群。从城市尺度的土地开发强度上看,中国典型城市群呈现的是一种多中心聚集成团的空间形态,而美国典型城市群呈现的则是一种多中心带状式、网络式的空间形态,且美国城市群中心城市极化现象明显。此外,中国典型城市群相比于美国典型城市群,建设用地蔓延现象较为严重,乡村和郊区分散了大量的开发强度较低的土地斑块。同时,在斑块尺度上,中国城市群开发强度大于60%的土地斑块面积占比低于美国城市群相应开发强度土地斑块面积占比,表明美国城市群的土地集约利用程度比中国要高。

(3)2000—2020年,中国典型城市群建设用地扩张主要占用的是耕地,而美国典型城市群建设用地扩张主要占用的是林地和草地。此外,粤港澳大湾区建设用地扩张对水体的占用也较为明显。从建设用地的景观特征来看,2000—2020年,中美典型城市群LPI和AI上升趋势较为明显,表明随着城市群的发展,建设用地的空间分布也越来越聚集,中心城市的极化现象越来越明显。

参考文献(References):

- [1] 顾朝林. 城市群研究进展与展望[J]. 地理研究, 2011, 30(5): 771-784. [Gu C L. Study on urban agglomeration: Progress and prospects[J]. Geographical Research, 2011, 30(5): 771-784.]
- [2] 方创琳, 王振波, 马海涛. 中国城市群形成发育规律的理论认知与地理学贡献[J]. 地理学报, 2018, 73(4): 651-665. [Fang C L, Wang Z B, Ma H T. The theoretical cognition of the development law of China's urban agglomeration and academic contribution[J]. Acta Geographica Sinica, 2018, 73(4): 651-665.]
- [3] 李仙德, 宁越敏. 城市群研究述评与展望[J]. 地理科学, 2012, 32

2022年5月

- (3): 282–288. [Li X D, Ning Y M. Review and prospect on urban agglomeration[J]. *Scientia Geographica Sinica*, 2012, 32(3): 282–288.]
- [4] 杨清可, 段学军, 王磊, 等. 长三角区域一体化与城市土地利用效率的协同测度及交互响应[J]. *资源科学*, 2021, 43(10): 2093–2104. [Yang Q K, Duan X J, Wang L, et al. Collaborative measurement and interactive response between regional integration and urban land use efficiency in the Yangtze River Delta[J]. *Resources Science*, 2021, 43(10): 2093–2104.]
- [5] 杨振山, 程哲, 蔡建明. 从国外经验看我国城市群一体化组织与管理[J]. *区域经济评论*, 2015, (4): 143–150. [Yang Z S, Cheng Z, Cai J M. The organization and management of urban agglomeration integration based on international experience[J]. *Regional Economic Review*, 2015, (4): 143–150.]
- [6] 韩海彬, 牛可萌. 技术异质下中国三大城市群工业用地利用效率评价[J]. *资源科学*, 2021, 43(6): 1193–1207. [Han H B, Niu K M. Evaluation of industrial land use efficiency of China's three major urban agglomerations under technology heterogeneity[J]. *Resources Science*, 2021, 43(6): 1193–1207.]
- [7] 刘靖, 张岩. 国外城市群整合研究进展与实践经验[J]. *世界地理研究*, 2015, 24(3): 83–90. [Liu J, Zhang Y. Research progress and international experience of urban agglomeration integration[J]. *World Regional Studies*, 2015, 24(3): 83–90.]
- [8] 方创琳. 中国城市群研究取得的重要进展与未来发展方向[J]. *地理学报*, 2014, 69(8): 1130–1144. [Fang C L. Progress and the future direction of research into urban agglomeration in China[J]. *Acta Geographica Sinica*, 2014, 69(8): 1130–1144.]
- [9] 方创琳. 改革开放40年来中国城镇化与城市群取得的重要进展与展望[J]. *经济地理*, 2018, 38(9): 1–9. [Fang C L. Important progress and prospects of China's urbanization and urban agglomeration in the past 40 years of reform and opening-up[J]. *Economic Geography*, 2018, 38(9): 1–9.]
- [10] 吴春涛, 李隆杰, 何小禾, 等. 长江经济带旅游景区空间格局及演变[J]. *资源科学*, 2018, 40(6): 1196–1208. [Wu C T, Li L J, He X H, et al. Spatial analysis of scenic spots in the Yangtze River Economic Belt[J]. *Resources Science*, 2018, 40(6): 1196–1208.]
- [11] 董祚继. 新时代国土空间规划的十大关系[J]. *资源科学*, 2019, 41(9): 1589–1599. [Dong Z J. Ten relations of territorial planning in the new era[J]. *Resources Science*, 2019, 41(9): 1589–1599.]
- [12] 任宇飞, 方创琳, 李广东, 等. 城镇化与生态环境近远程耦合关系研究进展[J]. *地理学报*, 2020, 75(3): 589–606. [Ren Y F, Fang C L, Li G D, et al. Progress in local and tele-coupling relationship between urbanization and eco-environment[J]. *Acta Geographica Sinica*, 2020, 75(3): 589–606.]
- [13] 梁龙武, 王振波, 方创琳, 等. 京津冀城市群城市化与生态环境时空分异及协同发展格局[J]. *生态学报*, 2019, 39(4): 1212–1225. [Liang L W, Wang Z B, Fang C L, et al. Spatiotemporal differentiation and coordinated development pattern of urbanization and the ecological environment of the Beijing–Tianjin–Hebei urban agglomeration[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2019, 39(4): 1212–1225.]
- [14] 方创琳, 高倩, 张小雷, 等. 城市群扩展的时空演化特征及对生态环境的影响: 以天山北坡城市群为例[J]. *中国科学: 地球科学*, 2019, 49(9): 1413–1424. [Fang C L, Gao Q, Zhang X L, et al. Spatiotemporal characteristics of the expansion of an urban agglomeration and its effect on the eco-environment: Case study on the northern slope of the Tianshan Mountains[J]. *Scientia Sinica (Terrae)*, 2019, 49(9): 1413–1424.]
- [15] 方创琳. 中国新型城镇化高质量发展的规律性与重点方向[J]. *地理研究*, 2019, 38(1): 13–22. [Fang C L. Basic rules and key paths for high-quality development of the new urbanization in China[J]. *Geographical Research*, 2019, 38(1): 13–22.]
- [16] 方创琳, 周成虎, 顾朝林, 等. 特大城市群地区城镇化与生态环境交互耦合效应解析的理论框架及技术路径[J]. *地理学报*, 2016, 71(4): 531–550. [Fang C L, Zhou C H, Gu C L, et al. Theoretical analysis of interactive coupled effects between urbanization and eco-environment in mega-urban agglomerations[J]. *Acta Geographica Sinica*, 2016, 71(4): 531–550.]
- [17] 金凤君, 马丽, 许堞. 黄河流域产业发展对生态环境的胁迫诊断与优化路径识别[J]. *资源科学*, 2020, 42(1): 127–136. [Jin F J, Ma L, Xu D. Environmental stress and optimized path of industrial development in the Yellow River Basin[J]. *Resources Science*, 2020, 42(1): 127–136.]
- [18] 赵建吉, 刘岩, 朱亚坤, 等. 黄河流域新型城镇化与生态环境耦合的时空格局及影响因素[J]. *资源科学*, 2020, 42(1): 159–171. [Zhao J J, Liu Y, Zhu Y K, et al. Spatiotemporal differentiation and influencing factors of the coupling and coordinated development of new urbanization and ecological environment in the Yellow River Basin[J]. *Resources Science*, 2020, 42(1): 159–171.]
- [19] 欧阳晓, 朱翔. 中国城市群城市用地扩张时空动态特征[J]. *地理学报*, 2020, 75(3): 571–588. [Ouyang X, Zhu X. Spatio-temporal characteristics of urban land expansion in Chinese urban agglomerations[J]. *Acta Geographica Sinica*, 2020, 75(3): 571–588.]
- [20] Gong P, Li X C, Wang J, et al. Annual maps of global artificial impervious area (GAIA) between 1985 and 2018[J]. *Remote Sensing of Environment*, 2020, DOI: 10.1016/j.rse.2019.111510.
- [21] Krayenhoff E S, Moustau M, Broadbent A M, et al. Diurnal interaction between urban expansion, climate change and adaptation in US cities[J]. *Nature Climate Change*, 2018, 8(12): 1097–1103.
- [22] Yang L, Smith J, Niyogi D. Urban impacts on extreme monsoon rainfall and flooding in complex terrain[J]. *Geophysical Research Letters*, 2019, 46(11): 5918–5927.
- [23] Zhu Z, Zhou Y Y, Seto K C, et al. Understanding an urbanizing planet: Strategic directions for remote sensing[J]. *Remote Sensing of Environment*, 2019, 228: 164–182.
- [24] 朱政, 朱翔, 李霜霜. 长江中游城市群空间结构演变历程与特征[J]. *地理学报*, 2021, 76(4): 799–817. [Zhu Z, Zhu X, Li S S. Evolution process and characteristics of spatial structure of urban ag-

- glomeration in the middle reaches of the Yangtze River[J]. *Acta Geographica Sinica*, 2021, 76(4): 799–817.]
- [25] 高金龙, 包菁薇, 刘彦随, 等. 中国县域土地城镇化的区域差异及其影响因素[J]. *地理学报*, 2018, 73(12): 2329–2344. [Gao J L, Bao J W, Liu Y S, et al. Regional disparity and the influencing factors of land urbanization in China at the county level, 2000–2015 [J]. *Acta Geographica Sinica*, 2018, 73(12): 2329–2344.]
- [26] He Q S, Zeng C, Xie P, et al. Comparison of urban growth patterns and changes between three urban agglomerations in China and three metropolises in the USA from 1995 to 2015[J]. *Sustainable Cities and Society*, 2019, DOI: 10.1016/j.scs.2019.101649.
- [27] Yang C, Li Q Q, Hu Z W, et al. Spatiotemporal evolution of urban agglomerations in four major bay areas of US, China and Japan from 1987 to 2017: Evidence from remote sensing images[J]. *Science of the Total Environment*, 2019, 671: 232–247.
- [28] 郭九林. 美国大都市连绵带的综合考察及启示[J]. *经济地理*, 2008, 28(2): 235–238. [Guo J L. Comprehensive study of American megalopolises and its enlightenment[J]. *Economic Geography*, 2008, 28(2): 235–238.]
- [29] Cao S S, Hu D Y, Hu Z W, et al. Comparison of spatial structures of urban agglomerations between the Beijing–Tianjin–Hebei and Boswash based on the subpixel-level impervious surface coverage product[J]. *Journal of Geographical Sciences*, 2018, 28(3): 306–322.
- [30] 匡文慧, 迟文峰, 史文娇. 中国与美国大都市区城市内部土地覆盖结构时空差异[J]. *地理学报*, 2014, 69(7): 883–895. [Kuang W H, Chi W F, Shi W J. Spatio-temporal characteristics of intra-urban land cover in the cities of China and USA from 1978 to 2010 [J]. *Acta Geographica Sinica*, 2014, 69(7): 883–895.]
- [31] Fang C L, Yu D L. Urban agglomeration: An evolving concept of an emerging phenomenon[J]. *Landscape and Urban Planning*, 2017, 162: 126–136.
- [32] 曹诗颂, 胡德勇, 赵文吉, 等. 不透水地表盖度视角下中美城市群空间结构对比: 以“京津冀”与“波士华”为例[J]. *地理学报*, 2017, 72(6): 1017–1031. [Cao S S, Hu D Y, Zhao W J, et al. Spatial structure comparison of urban agglomerations between China and USA in a perspective of impervious surface coverage: A case study of Beijing–Tianjin–Hebei and Boswash[J]. *Acta Geographica Sinica*, 2017, 72(6): 1017–1031.]
- [33] 秦尊文. 美国城市群考察及对中国的启示[J]. *湖北社会科学*, 2008, (12): 81–84. [Qin Z W. Investigation of American Urban Agglomeration and its Enlightenment to China[J]. *Hubei Social Sciences*, 2008, (12): 81–84.]
- [34] Liu X P, Li X, Chen Y M, et al. A new landscape index for quantifying urban expansion using multi-temporal remotely sensed data [J]. *Landscape Ecology*, 2010, 25(5): 671–682.
- [35] Jia W X, Zhao S Q. Trends and drivers of land surface temperature along the urban–rural gradients in the largest urban agglomeration of China[J]. *Science of the Total Environment*, 2020, DOI: 10.1016/j.scitotenv.2019.134579.
- [36] Yue W Z, Liu X, Zhou Y Y, et al. Impacts of urban configuration on urban heat island: An empirical study in China mega-cities[J]. *Science of the Total Environment*, 2019, 671: 1036–1046.
- [37] Chen A L, Yao L, Sun R H, et al. How many metrics are required to identify the effects of the landscape pattern on land surface temperature?[J]. *Ecological Indicators*, 2014, 45: 424–433.
- [38] Nicolaides B, Wiese A. Suburbanization in the United States after 1945[EB/OL]. (2017–04–26)[2022–05–22]. <https://oxfordre.com/americanhistorical/view/10.1093/acrefore/9780199329175.001.0001/acrefore-9780199329175-e-64>.
- [39] Bounoua L, Nigro J, Zhang P, et al. Mapping urbanization in the United States from 2001 to 2011[J]. *Applied Geography*, 2018, 90: 123–133.
- [40] 张婷麟, 孙斌栋. 美国城市化的新趋势及对中国新型城镇化的启示[J]. *城市发展研究*, 2018, 25(6): 17–22. [Zhang T L, Sun B D. New trend of urbanization in the U. S and enlightenments to new-type urbanization in China[J]. *Urban Development Studies*, 2018, 25(6): 17–22.]
- [41] Gu C L, Hu L Q, Cook I G. China's urbanization in 1949–2015: Processes and driving forces[J]. *Chinese Geographical Science*, 2017, 27(6): 847–859.
- [42] Tan Y, Xu H, Zhang X. Sustainable urbanization in China: A comprehensive literature review[J]. *Cities*, 2016, 55: 82–93.
- [43] 刘纯彬, 张晨. 波士华城市群与京津冀城市群的比较研究[J]. *城市观察*, 2009, (1): 63–69. [Liu C B, Zhang C. A comparative study on the urban agglomerations of BosWash in the U. S. and Beijing–Tianjin–Hebei in China[J]. *Urban Insight*, 2009, (1): 63–69.]
- [44] Hamidi S, Ewing R. A longitudinal study of changes in urban sprawl between 2000 and 2010 in the United States[J]. *Landscape and Urban Planning*, 2014, 128: 72–82.
- [45] Frumkin H. Urban sprawl and public health[J]. *Public Health Reports*, 2002, 117(3): 201–217.
- [46] Downs A. Smart growth: Why we discuss it more than we do it[J]. *Journal of the American Planning Association*, 2005, 71(4): 367–378.
- [47] 姚士谋, 周春山, 王德, 等. 中国城市群新论[M]. 北京: 科学出版社, 2016. [Yao S M, Zhou C S, Wang D, et al. *New Perspective on Urban Agglomerations in China*[M]. Beijing: Science Press, 2016.]
- [48] 张景奇, 娄成武. 中美城市蔓延特征差异对比及对中国蔓延治理的启示[J]. *资源科学*, 2014, 36(10): 2131–2139. [Zhang J Q, Lou C W. New ideas on Chinese urban sprawl governance by contrasting Chinese and American urban sprawl[J]. *Resources Science*, 2014, 36(10): 2131–2139.]
- [49] 陆天赞, 吴志强, 黄亮. 网络关系与空间组织: 长三角与美国东北部城市群创新合作关系的比较分析[J]. *城市规划学刊*,

2016, (2): 35–44. [Lu T Z, Wu Z Q, Huang L. International comparison of creative cities cluster: An analysis of social network and spatial organization on innovative collaboration: international com-

parison of creative city cluster between the BosnyWash megalopolis and the Yangtze River Delta Region[J]. Urban Planning Forum, 2016, (2): 35–44.]

Comparative study of the land development patterns in typical urban agglomerations of China and the United States

SHEN Zhicheng^{1,2}, XU Xinliang¹, Narigala^{1,2}, WANG Shihao^{1,2}

(1. State Key Laboratory of Resources and Environmental Information Systems, Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, CAS, Beijing 100101, China; 2. University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

Abstract: Optimizing the land development pattern of urban agglomerations is of great significance for the high-quality development of national territory space. Comparing the land development pattern of Chinese and American urban agglomerations is helpful for broadening our views and deepening our understanding of sustainable development of urban agglomerations. Based on the perspective of comparative study, this study analyzed the differences in land development patterns of six typical urban agglomerations in China and the United States from 2000 to 2020, including the expansion pattern of built-up land, the spatial distribution of land development intensity, and the landscape ecological effects of urban expansion. The results show that from 2000 to 2020, the expansion intensity of built-up land in typical urban agglomerations in China is higher than that in the United States. The expansion type of built-up land in typical urban agglomerations in China is dominated by spatial sprawl at the peripheries, while that in the United States is dominated by filling in the empty spaces within urban areas. However, the proportion of filling-in type expansion in typical urban agglomerations in China is gradually increasing. From the perspective of the spatial distribution of land development intensity at the city scale, the typical urban agglomerations in China present a spatial pattern of polycentric distribution in a single cluster, while the typical urban agglomerations in the United States presents a spatial pattern of polycentric distribution in bands and a network. In addition, the expansion of built-up land in typical urban agglomerations in China mainly encroaches on cultivated land, while the expansion of built-up land in typical urban agglomerations in the United States mainly replaces woodland and grassland. From the perspective of landscape morphology of built-up land, the largest patch index (LPI) and aggregation index (AI) of typical urban agglomerations in China and the United States increased obviously from 2000 to 2020. The results of this study show that the construction of urban agglomerations at different development stages requires a large amount of land, and future development of urban agglomerations needs to improve intensive land development and build compact cities. This study can provide some reference for urban agglomeration land spatial planning and urban agglomeration urbanization process research.

Key words: typical urban agglomerations; land development pattern; spatial structure; the intensity of land using; landscape pattern; comparison between China and the United States