

DOI: 10.5846/stxb201810192259

朱海强, 贡璐, 赵晶晶, 张飞, 许仲林. 丝绸之路经济带核心区城镇化与生态环境耦合关系研究进展. 生态学报, 2019, 39(14): - .  
Zhu H Q, Gong L, Zhao J J, Zhang F, Xu Z L. Coupling relationship between urbanization and eco-environment in the core area of the Silk Road Economic Belt: A review. Acta Ecologica Sinica, 2019, 39(14): - .

## 丝绸之路经济带核心区城镇化与生态环境耦合关系研究进展

朱海强<sup>1,2</sup>, 贡璐<sup>1,2,\*</sup>, 赵晶晶<sup>1,2</sup>, 张飞<sup>1,2,3</sup>, 许仲林<sup>1,2,3</sup>

1 新疆大学 资源与环境科学学院, 乌鲁木齐 830046

2 新疆大学 绿洲生态教育部重点实验室, 乌鲁木齐 830046

3 新疆大学 智慧城市与环境建模普通高校重点实验室, 乌鲁木齐 830046

**摘要:**新疆是丝绸之路经济带核心区,作为中巴经济走廊和中亚通道的重要窗口,其新型城镇化建设和生态环境面临新的矛盾和问题,如何协调核心区城镇化和生态系统的耦合关系是可持续生态学关注的主要科学问题。综合国内外研究现状,本文综述了丝绸之路经济带核心区城镇化、生态环境的特征及城镇化与生态环境各因子间的关系,现有研究发现核心区城镇化水平高于城镇化质量,其发展协调度趋于上升且空间分异明显,生态环境本底差、敏感性高且其承载力低;双系统间的耦合模式为磨合、拮抗型,协调度由失调转向协调。目前对核心区城镇化和生态环境耦合规律有了一定认识,但尚需深入。今后研究的重点包括建立城镇化和生态系统耦合关系数据库,注重城镇化和生态环境系统耦合作用研究,开展城镇化和生态环境系统各因子阈值研究,加强城镇化和生态环境问题的预警研究等。

**关键词:**城镇化;生态环境;耦合关系;丝绸之路经济带核心区

## Coupling relationship between urbanization and eco-environment in the core area of the Silk Road Economic Belt: A review

ZHU Haiqiang<sup>1,2</sup>, GONG Lu<sup>1,2,\*</sup>, ZHAO Jingjing<sup>1,2</sup>, ZHANG Fei<sup>1,2,3</sup>, XU Zhonglin<sup>1,2,3</sup>

1 College of Resources and Environment Science, Xinjiang University, Urumqi 830046, China

2 Key Laboratory of Oasis Ecology, Ministry of Education, Xinjiang University, Urumqi 830046, China

3 General Institutes of Higher Learning Key Laboratory of Smart City and Environmental Modeling, Xinjiang University, Urumqi 830046, China

**Abstract:** Xinjiang is the core area of the Silk Road Economic Belt. As an important area of China-Pakistan Economic Corridor and Central Asian channel, its new-type urbanization construction and ecological environment are facing new challenges and problems. The main scientific issue in sustainable ecology is how to coordinate the coupling relationship between urbanization and ecosystem in the core area. Based on domestic and international studies, we systematically summarized the characteristics of urbanization and ecological environment in the core area of the Silk Road Economic Belt, and the coupling relationships among urbanization and water, soil, gas, carbon, and other factors were analysed. The results showed that the level of urbanization was higher than the quality of urbanization in the core area, and the development coordination degree tended to increase with obvious spatial differentiation. The ecological environment showed poor background, high sensitivity, and low bearing capacity. Moreover, the coupling pattern between the two systems reflected running-in and antagonistic mode, and the coordination degree changes from imbalance to coordination. At

**基金项目:**中国科学院战略性先导科技专项“泛第三极环境变化与绿色丝绸之路建设”课题(XDA20040400)

**收稿日期:**2018-10-19; **网络出版日期:**2019-00-00

\* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: gonglu721@163.com

present, The coupling law of urbanization and ecological environment in the core area has been recognized, but it still needs further study. The future research priorities include: establishing database of the coupling relationship between urbanization and ecosystems, focus on the coupling effect between urbanization and ecological environment system, carrying out research on the thresholds of various factor in urbanization and ecoenvironmental system, and strengthening the early-warning system research on urbanization and ecoenvironmental issues.

**Key Words:** urbanization; eco-environment; coupling relationship; the core area of the Silk Road Economic Belt

城镇化作为生态环境、产业演进、经济发展等多因素共同作用的产物,与经济、社会、生产生活结构的转变密切联系,是衡量国家发展水平的重要指标<sup>[1]</sup>。20世纪80年以来,中国的城镇化发展迅猛,经历了从“注重城镇化数量”到“提升城镇化质量”的转变,2017年底中国的城镇化水平为58.52%<sup>[2]</sup>。城镇化快速发展的同时,产生的天气雾霾、水污染、“垃圾围城”、健康风险、资源耗竭等生态环境问题日益凸显<sup>[3-4]</sup>。因此,开展城镇化与生态环境的关系研究是协调二者发展的基础,也是实现可持续城镇化的前提<sup>[5]</sup>。国内学者利用耦合协调度模型<sup>[6]</sup>、系统动力学模型<sup>[7]</sup>、双指数模型<sup>[8]</sup>等方法对城镇化与生态环境的发展规律、协调关系、耦合机制等方面进行了研究,揭示了交互耦合系统遵循的六大基本定律和四个耦合阶段<sup>[9-10]</sup>,涵盖县、市、省、城市群等多个尺度,总体呈现从理论到实证、静态到动态的趋势。

新疆作为丝绸之路经济带核心区,生境脆弱,城镇化相对滞后。近年来,随着国家一带一路战略的实施,新疆加快了城镇化发展进程,但低水平的生态文明质量给新时代核心区新型城镇化建设带来严峻的挑战<sup>[11]</sup>。在国家推进绿色城镇化和优化一带一路城镇化发展视角下,探索丝绸之路经济带核心区域城镇化发展与生态环境间的交互耦合关系,促进城镇化稳步可持续发展,既是国内外学术界关注的热点问题<sup>[12-15]</sup>,又是实现新疆跨越式发展、社会稳定和长治久安的重大战略选择。本文综述了丝绸之路经济带核心区域城镇化与生态环境特征及二者间的交互耦合规律,对未来研究进行展望,以期为区域性城镇化与生态环境耦合研究提供科学参考。

## 1 丝绸之路经济带核心区城镇化与生态环境特征

### 1.1 丝绸之路经济带核心区城镇化特征

中国城镇化进程已经由滞后向冒进转变,未来应更加注重城市化质量。丝绸之路经济带核心城市发展势与中国大环境城市化发展步伐一致<sup>[16]</sup>。新疆的绿洲分布、聚居特征、资源禀赋等条件决定了城镇化过程的复杂性和特殊性。一方面是空间上呈现点、区、面和集群分布的特点,形成“一圈三带”的格局,表现为“北高南低、西高东低”的趋势。城镇化进程经历了加速发展、缓慢发展、稳步上升及转型4个阶段<sup>[17]</sup>,2015年城镇化率达到47.23%<sup>[18]</sup>,城镇化水平上升。另一方面在于兵团城镇化具有戍边型、经济型的发展模式,城镇化水平呈递增态势,但其区域差异明显,城镇规模小,现有行政体制阻碍了城镇化发展<sup>[19]</sup>。

唐兵<sup>[20]</sup>、张振龙等<sup>[21]</sup>通过核密度模型分析认为,北疆地区城镇形成以首府都市圈和沿铁路线分布的格局,凝聚力强,内部极化程度扩大,城镇化水平和增速属于“高-高”和“高-低”型,但其工业化滞后于城镇化水平,资源开采与农业经济对城镇化的驱动作用不协调。南疆地区城镇化水平低,城镇化水平和增速多属“低-高”和“低-低”型,相对差距具有明显的“双峰”特征<sup>[22]</sup>;其城镇功能类同,内部集聚差异小,处于分散发展状态,城镇化质量不高<sup>[23]</sup>。核心区城镇化动力也经历了以政府为主导的单一因素向政策扶持、经济发展和产业结构调整多元化动力的转变,但不合理的产业结构及资金和人才的匮乏仍是制约城镇化实力提升和城市群发展的重要因素<sup>[24]</sup>,由此带来的环境问题也不可小觑<sup>[25]</sup>。因此,核心区城镇化的一系列传统政策和取向需依据城市特色进行重构,新时期的城镇化进程应关注质量而非速度<sup>[26]</sup>。未来城镇化战略重点应放在重塑城镇化发展动力,重视生态环境保护,强化城乡经济支撑体系,优化城市网络结构和提升城市发展质量等方面。

## 1.2 丝绸之路经济带核心区生态环境特征

生态环境是经济、社会发展的基础,人类生活和发展的基本条件<sup>[27]</sup>。城镇化引发的生态环境问题表现为复杂性和阶段性,不仅在于单因子因素(水、土、气、生),更多表现为城市的“流”、“网”、“序”被破坏而导致整个生态系统机构功能变异和丧失。同时,城镇化发展阶段出现的各种生态环境问题,如土地的过度使用、大气和噪音污染、水资源的过量消耗和交通堵塞交互作用,关系错综复杂<sup>[28]</sup>。

新疆气候干旱,绿洲面积小,植被覆盖率低,生态环境脆弱且敏感性高,承载力极低。北疆环境优于南疆,降水多,森林、矿产资源相对丰富;王亚敏等<sup>[29]</sup>基于综合指数法认为该地区生态环境为一般或良好水平;城镇化进程中居民和交通用地所占比重重大,重点区域空气复合型污染仍然突出<sup>[30-31]</sup>。南疆地区自然环境严酷,自然灾害频发,水资源的不合理利用导致部分河流断流、湖泊萎缩,水生态环境破坏严重。绿洲分布于荒漠边缘且受风蚀流沙威胁,土地资源稀缺。虽然近年来采取了许多环境改善措施,生态环境有好转,但状况仍不乐观<sup>[32-33]</sup>。

## 2 丝绸之路经济带核心区城镇化与生态环境耦合关系

### 2.1 城镇化与生态环境双系统间的交互耦合

丝绸之路经济带核心区城镇化发展过程对区域生态环境必然产生一定影响,而其全过程也同时受到生态环境不同程度的约束<sup>[34]</sup>。沿线城市人口集中、用地扩展、文明扩散等构成丝绸之路经济带核心区城镇化发展过程中的发展圈,水、土壤环境、大气和生物等就形成了城镇化发展过程中的限制圈,整个城市化过程的实质就是发展圈与限制圈相互作用、相互胁迫,由低级协调共生向高级协调发展的螺旋式上升的过程<sup>[35]</sup>。

学者们主要基于综合评价指标体系、耦合模型、PSR 模型、灰色系统模型和脉冲响应函数等方法定量研究了丝绸之路经济带核心区城镇化与生态环境系统的耦合关系,认为两个系统的耦合协调度由失调向协调转换,空间上为北疆基本协调、南疆基本协调-生态环境滞后;二者的交互耦合模式以磨合、拮抗型为主,总体上是一种在交互胁迫中相互促进的动态耦合<sup>[36-41]</sup>。王亚敏等<sup>[29]</sup>基于“协调度模型”认为北疆地区城市化与生态环境的协调度呈现“下降-波动上升-下降”的趋势,二者的关系总体上为不协调。安瓦尔·买买提明等<sup>[42]</sup>采用关联度和耦合度模型分析得出南疆地区城镇化与生态环境耦合关系复杂,可分为高等与中等两种耦合类型,其中经济城市化、人口基础设施是胁迫生态环境的主要因子,而资源、能源、生态条件对城镇化的约束显著;许圆圆等<sup>[33]</sup>基于“PSR 理论”认为南疆城镇化与生态环境综合发展水平有所提高,二者的协调发展度由“濒临失调城镇化滞后型”演变为“初级协调生态环境滞后型”,但仍然是低层次的一种协调。

### 2.2 城镇化与生态环境子系统之间的交互耦合

#### 2.2.1 城镇化与水资源间的交互耦合

水资源是绿洲城镇发展最基础的因素,对城镇化既有限制又有促进作用<sup>[43]</sup>。城镇化过程发展过快,但缺乏相应的基础设施建设时,往往会采取一些非可持续发展的方式开发利用水资源<sup>[44]</sup>,长期以往必然导致水资源严重短缺和水环境恶化<sup>[45]</sup>,此时水资源对城镇化进程的“尾效”效应就会凸显。因此,如何协调绿洲地区不同城镇化水平与水资源约束效应间的关系成为人们探索与解决的现实问题<sup>[46]</sup>。

新疆水资源匮乏,城镇化进程中普遍存在水资源浪费现象,而小城镇尤为突出<sup>[47]</sup>。城市用水量、城市废水产生量及水资源利用效率等必然对未来城市发展产生深刻影响<sup>[48-49]</sup>。在一定程度上,人口聚集对丝绸之路经济带核心区城市水资源的开发利用产生影响,沿线城镇化的飞速发展使大量人口集聚于中心城市,引起总用水量增大,缺水量加剧<sup>[50-51]</sup>。Yang 等<sup>[52]</sup>基于协调发展模型认为新疆流域城镇化发展与水资源利用效率不一致。底阳阳等<sup>[53]</sup>以熵权法为基础认为新疆城镇化与水资源系统间的响应表现为二者的约束与优化作用,水资源可推动城镇化发展,但当用水规模增加、水体污染加剧,超出一定界限就会对城镇化产生阻碍,体现在水资源利用负荷和管理上;二者间的耦合关系呈现出“勉强协调发展阶段-中级协调发展阶段-良好协调发展状态”,协调水平不断提高。聂春霞等<sup>[54]</sup>基于系统动力学理论认为新疆水资源只对短时期的低速和高速城

市化有效,而中速城镇化才有利于经济社会和生态环境用水的良性发展。面对水资源对城镇化发展的制约作用可通过调整地区产业结构、推广农业用水、改良用水工业、提高用水效率、加强水资源环保意识等措施来促进城镇化的良性发展<sup>[55]</sup>。

### 2.2.2 城镇化与土地资源和土地利用间的交互耦合

土地资源既是城镇化的基础,也是其制约因素之一,两者存在互动互馈的关系<sup>[56]</sup>。土地资源和利用的可持续性已成城镇化和区域经济发展的重要助力<sup>[57]</sup>,而快速城镇化过程中城镇用地的扩展也会引起土地利用结构不合理、土地生态系统生物多样性减少、城市土壤理化性质变化等问题,降低土地生态功能<sup>[58]</sup>。

近年来,丝绸之路经济带核心区在城镇化进程中仍然存在土地利用、规划不合理、可利用土地资源锐减、土地资源浪费现象。郑飞等<sup>[59]</sup>认为随着城镇化水平的提高,新疆城镇土地利用变化愈加剧烈,二者的耦合系数呈先上升后下降的趋势。城镇化与土地利用集约程度相互影响,二者的发展呈现出非同步性,其耦合协调关系有明显的地域性<sup>[60]</sup>。Qi 和杨宇等<sup>[61-62]</sup>基于 ESDA 模型发现新疆城镇化与土地利用效率具有明显的空间聚集,二者的协调发展度呈现纺锤体结构,协调发展类型可分为 5 类,其中同步协调型较少,而其他类型城镇分布均匀。古丽美合日·阿巴斯<sup>[63-64]</sup>认为南疆城市化与耕地资源的协调度由不协调变为基本协调,逐渐向良性演变;与土地利用效益间的耦合度较低,为低水平耦合和磨合状态。也有学者研究了南疆单一城市城镇化与耕地资源的关系,发现库尔勒市二者的协调度在 1990—2002 年为基本协调-调和-不协调,2003—2012 年为勉强调和-调和-较协调;而阿克苏市 1990—2014 年间城镇化与耕地资源的协调程度分为 3 个阶段,行政区划变更和农业技术的提高使二者始终处于基本协调-不协调更迭变化的状态<sup>[64-65]</sup>。

### 2.2.3 城镇化与气候间的交互耦合

快速城镇化增加了大气环境安全的风险,在特大城市往往存在严重空气污染,其后果严重影响了全球气候环境且危害人体健康,降低城镇居民的生活质量<sup>[66-67]</sup>,长期以往将严重阻碍城镇化进程的发展,而掌握城镇化与大气环境间的耦合规律对二者的协调发展和保护措施的制定具有借鉴作用。

随着丝绸之路经济带核心城市的城镇化大力发展,一方面空气污染已成为该区域最为严重的环境问题之一。快速的城镇化已对大气产生胁迫,2005—2014 年随城镇化发展,大气中污染物含量增加了 10 倍左右,SO<sub>2</sub>、NO<sub>2</sub>、粉尘的浓度增加,雾霾天气频发,大多数城市空气质量下降<sup>[33]</sup>。冯刚<sup>[68]</sup>研究了城镇化与大气污染间的关系,发现大气污染综合指数随城镇化提高而上升,两者的耦合度呈下降趋势,北疆城市低于南疆城市,而耦合协调度呈上升趋势,北疆城市高于南疆城市。与此同时,经济城市化与 SO<sub>2</sub> 的相关性较大,南疆城镇化与 PM<sub>10</sub> 关系密切。安瓦尔·买买提明等<sup>[69]</sup>发现阿图什市城镇化与大气污染间呈“N”曲线关系,污染物以总悬浮微粒为主。另一方面,城镇化改变了城市下垫面性质、人口与建筑物密度及建成区面积,进而改变小区域空气对流。贡璐<sup>[70]</sup>认为乌鲁木齐热岛效应与上述因子的分布格局具有较好的一致性,城市热温场与建筑密度呈正相关,人为热是强热岛区域面积变化的首要因素。

### 2.2.4 城镇化与能源消耗与碳排放间的交互耦合

城镇化、能源消耗和碳排放间长期存在均衡关系,三者的互动耦合分析可得出城镇化与能源消耗和碳排放间存在密切关联,能源利用效率对城镇化的影响及其反馈效应关系到城镇化的发展趋势<sup>[71]</sup>。丝绸之路经济带核心区资源开发与城镇体系演变密切相关,特别是促进了天山北坡地区城市发展<sup>[72]</sup>,在能源匮乏的背景下,城镇化发展势必造成其与能源消耗间的矛盾日益尖锐。

城镇化水平与能源消费增长和碳排放量之间长期呈现 Granger 关系,城镇化水平占 GDP 比重变化 1%,碳排放总量相应的就会在相同方向变化 1.516%;城镇化水平提高 1%,能源消耗增加 4.407%,而能源消费增长 1%,城镇化水平仅增加 0.195%,城镇化对能源消耗的影响要大于能源消费对城镇化的反作用<sup>[73-74]</sup>。对新疆碳排放影响因素的研究发现,城镇化过程、经济与工业的快速增长是驱动能源消耗和碳排放的主要因子,一方面是因为其增加了居民对生活型能源消耗的需求,另一方面是基础设施的增加推动了能源消耗总量的增加<sup>[75-76]</sup>。但在引入一些限制因素研究二者关系时,发现城镇化有利于高收入地区的碳减排,对低收入地区则

产生相反的影响。在贯彻节能减排和绿色发展理念下,丝绸之路经济带核心区必须加快产业升级的步伐,推广绿色低碳新能源,协调好能源-经济-碳排放间的关系。

### 2.2.5 城镇化与生态系统和生物多样性间的交互耦合

自工业革命以来,城镇化在世界范围内得到迅猛发展,但城镇化和工业化的超阈值发展严重威胁森林、草原、湿地等生态系统的稳定<sup>[77-79]</sup>,尤其是城镇化进程中的土地开发、土地复垦、土地覆盖等变化对生态系统和生物多样性有极大的压力和影响<sup>[80]</sup>。所以,对城镇化与生态系统耦合规律的认识有利于对二者耦合机理进行更深入的研究。

丝绸之路经济带核心区位于生态环境极度脆弱带,城镇化迅速发展,沿线许多城市片面追求短期经济效益,进行土地复垦、资源过度开发、无节制放牧,增大了城市和生境接触面,降低了生态系统的稳定性,生物多样性受到严重威胁<sup>[81]</sup>。近 20 年核心区人口密度增加,城镇化发展加剧了城市景观格局破碎化、降低了优势度,压缩了生物生存空间、人工林代替原有林地,影响鸟类和野生生物的存在,破坏了生物多样性<sup>[82]</sup>。Yan 等<sup>[83]</sup>利用遥感和景观指数发现城镇化进程中绿地破碎程度增加,景观结构的变化不利于本土动植物的生存。同时,城市与草地生态系统接触面的增大,有害生物体增加,环境恶化,生物多样性减少<sup>[84]</sup>。城镇化的发展必然会加剧生态系统的脆弱性,而脆弱的生态系统和生物多样性的也会威胁到城镇化的可持续发展。

## 3 研究展望

城镇化与生态环境双系统耦合规律研究已成为可持续生态学关注的焦点,其有助于辨析二者间的增益或阻尼规律,可为城市病和资源环境问题的破解提供诊断方案。学者们对丝绸之路经济带核心区城镇化进程中存在问题及其与生态环境的关系进行了一定的研究,但仍存在一定不足:目前研究缺乏完整性,缺乏对规律的总结,未能形成完整的数据信息库和知识体系;研究方法和理论创新不足,当前生态环境系统的构建多以“PSR”体系为主,未能考虑城市-环境双系统复杂要素间的交互耦合机制;缺乏对城镇化与生态环境相互胁迫关键因子的甄别,对关键因子时空变化及阈值范围的研究不足;对双系统交互耦合机制的中长期预警研究匮乏,不能满足城镇可持续性发展和规划的需求。丝绸之路经济带核心区肩负着亚欧合作枢纽的重任,但生态系统的脆弱性决定了城镇化与生态环境关系的复杂性,深入研究核心区城镇化和生态环境的耦合规律可为二者的可持续发展提供理论指导,有助于更好的发挥新疆在区域经济一体化中的区位优势。未来可考虑在以下几个方面进行研究:

### (1) 建立核心区城镇化和生态系统耦合关系的数据库

大数据时代背景下,应该建立核心区城镇化和生态环境成果可视化的数据查询平台,如基础数据模块、可视化与空间数据模块、模拟分析模块等。利用 GIS、RS、可视化软件、空间叠加技术对核心区长时间序列的水、土、气、生与城镇化相关的自然和人文因子进行大范围的空间化和可视化处理,制作各种热度图、三维图,以更加直观的形式表达要素分布;进行多种假设条件下城镇发展和环境作用的模拟演示,模拟和探索不同环境因子胁迫下城镇化发展的最优规模和形态,探索城镇化发展的最优路径,实现其演变的动态化;利用云计算、人工智能实现各种数据的综合处理和分析,提高研究数据的可应用性和价值,为实现新型城镇化和智慧城市的建设提供数据库。

### (2) 注重核心区城镇化和生态环境系统耦合作用研究

新型城镇化建设更应注重探讨城镇化与生态环境双系统间的耦合作用,实现由单一要素耦合向多要素复杂系统耦合的转变。在目前研究的基础上应该引入城镇化系统中的基础设施、社会人文、创新和政策因子及生态环境系统中的生态、气候和环境因子,用多系统耦合模型构建多因子尺度及系统尺度相互胁迫和耦合关系,注重判定子系统、双系统间的耦合过程、阶段和类型,明确保障性因子和输入性因子与城镇化发展间的交互作用,实现人与水、土、气、碳关系协调发展,提高人居环境、基础设施和城市管理。

### (3) 开展核心区城镇化和生态环境系统各因子阈值范围研究

现阶段应模拟不同模式、情景下城镇发展和生态系统各因子的阈值,根据已获得的城镇化与生态环境耦合模型和规律,重新构建不同发展阶段、不同行政区划、不同城市布局下多因素、关键因素与城镇化相互作用的耦合模型;利用计算机仿真技术运算各种临界条件下关键环境因子最适宜的载荷数值及与之相适应的城镇化规模,建立相应的数学模型并用现有数据进行检验与修正,提高模型的精准程度,同时根据核心区发展规划,对中长期城市发展模式和环境进行反复模拟,求解二者的临界数值,使其能够为核心区域城镇化的长期发展与规划提供可信的参考阈值。

#### (4) 加强核心区城镇化和生态环境问题的预警研究

城镇和环境问题的可判性和预测性能提高引导措施的合理化程度,当前缺乏对两系统预判机制的探讨。应当定量表达城镇化和生态环境系统间相互约束和促进作用,界定二者影响程度的大小和阶段;利用生态系统供求模型评价城市生态系统的安全程度和脆弱性,采用经典统计和贝叶斯统计结合的方法对各地州生态环境问题出现的概率、类型、及其程度进行分析和预测;构建预警模型,确立能反映城市风险和生态环境问题的预警指标,并对预警指标进行等级划分,以便对城镇化进程中的生态问题进行动态分析和及时预警。

#### 参考文献 (References):

- [ 1 ] Gu C L, Wu L Y, Ian Cook. Progress in research on Chinese urbanization. *Frontiers of Architectural Research*, 2012, 1(2): 104-149.
- [ 2 ] 邓智团, 陈玉娇, 苏宁. 城镇化进程中的特大城市偏好研究. *城市发展研究*, 2018, 25(7): 34-40.
- [ 3 ] Liu N N, Liu C Z, Xia Y F, Da B. Examining the coordination between urbanization and eco-environment using coupling and spatial analyses: A case study in China. *Ecological Indicators*, 2018, 93(10): 1163-1175.
- [ 4 ] 郭庆宾, 刘静, 王涛. 武汉城市圈城镇化生态环境响应的时空演变研究. *中国人口·资源与环境*, 2016, 186(2): 137-143.
- [ 5 ] Cui X G, Fang C L, Liu H M, Liu X F. Assessing sustainability of urbanization by a coordinated development index for an Urbanization-Resources-Environment complex system: A case study of Jing-Jin-Ji region, China. *Ecological Indicators*, 2019, 96(1): 383-391.
- [ 6 ] He J Q, Wang S J, Liu Y Y, Ma H T, Liu Q Q. Examining the relationship between urbanization and the eco-environment using a coupling analysis: Case study of Shanghai, China. *Ecological Indicators*, 2017, 77(6): 185-193.
- [ 7 ] Liu Y B, Yao C S, Wang G X, Bao S M. An integrated sustainable development approach to modeling the eco-environmental effects from urbanization. *Ecological Indicators*, 2011, 11(6): 1599-1608.
- [ 8 ] Wang S J, Ma H T, Zhao Y B. Exploring the relationship between urbanization and the eco-environment—A case study of Beijing-Tianjin-Hebei region. *Ecological Indicators*, 2014, 45(10): 171-183.
- [ 9 ] 方创琳, 杨玉梅. 城市化与生态环境交互耦合系统的基本定律. *干旱区地理*, 2006, 29(1): 1-8.
- [ 10 ] 黄金川, 方创琳. 城市化与生态环境交互耦合机制与规律性分析. *地理研究*, 2003, 22(2): 211-220.
- [ 11 ] Yang Y, Liu Y. Spatio-temporal analysis of urbanization and land and water resources efficiency of oasis cities in Tarim River Basin. *Journal of Geographical Sciences*, 2014, 24(3): 509-525.
- [ 12 ] 高吉喜, 杨伟超, 田美荣. 基于生态文明视角的中国城镇化可持续性发展对策. *中国发展*, 2016, 16(1): 7-11.
- [ 13 ] 方创琳, 任宇飞. 京津冀城市群地区城镇化与生态环境近远程耦合能值代谢效率及环境压力分析. *中国科学:地球科学*, 2017, 47(7): 53-67.
- [ 14 ] 王少剑, 方创琳, 王洋. 京津冀地区城市化与生态环境交互耦合关系定量测度. *生态学报*, 2015, 35(7): 2244-2254.
- [ 15 ] 方创琳, 鲍超, 黄金川, 等. 中国城镇化发展的地理学贡献与责任使命. *地理科学*, 2018, 38(3): 66-76.
- [ 16 ] 刘玉, 冯健. 中国区域城镇化发展态势及战略选择. *地理研究*, 2008, 27(1): 45-54.
- [ 17 ] 高金晶, 马劲铖. 新疆城镇化发展对区域经济的拉动效应分析. *实事求是*, 2018, (2): 64-67.
- [ 18 ] 李辉, 李玲玲. 新疆城镇化与服务业的关联效应研究——基于灰色关联模型的实证. *石河子大学学报(哲学社会科学版)*, 2017, 31(2): 46-53.
- [ 19 ] 左海霞, 李万明. 新疆兵团城镇化建设水平评价及发展战略思考. *山西农业大学学报(社会科学版)*, 2017, 16(11): 36-41.
- [ 20 ] 唐兵, 安瓦尔·买买提明. 基于 ESDA 的新疆城市化空间格局研究. *人文地理*, 2012, 27(5): 83-88.
- [ 21 ] 张振龙, 孙慧. 新疆城镇化的时空特征与动力因素研究——基于核密度与分位数模型的实证分析. *新疆师范大学学报:哲学社会科学版*, 2016, 37(4): 141-148.
- [ 22 ] 李松霞. 新疆城市化发展质量时空分异规律研究[D]. 新疆: 石河子大学, 2016.
- [ 23 ] 安瓦尔·买买提明, 张小雷, 杨德刚. 新疆南疆地区城市化过程对生态-环境的影响分析. *干旱区资源与环境*, 2009, 23(12): 54-59.

- [24] 李美荣, 郭宁, 刘文静. 新疆城镇化发展研究综述. 黑龙江民族丛刊, 2009, 30(3): 80-84.
- [25] 赵世杰. 新疆城镇化发展的历程、问题及对策. 新疆农垦经济, 2014, 34(12): 52-57.
- [26] Zhao J J, Wang M Y. A novel assessment of urbanization quality and its applications. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 2018, 508: 141-154.
- [27] Wang C J, Zhao H R. The assessment of Urban Ecological Environment in Watershed Scale. *Procedia Environmental Sciences*, 2016, 36: 169-175.
- [28] 刘耀彬, 李仁东, 宋学锋. 中国区域城市化与生态环境耦合的关联分析. 地理学报, 2005, 60(2): 237-247.
- [29] 王亚敏, 孜比布拉·司马义. 北疆地区城市化与生态环境协调发展模式研究. 绿色科技, 2014, 52(4): 240-242.
- [30] 唐宏, 杨德刚, 孙聪, 王国刚, 杨莉. 基于 AHP 方法的天山北坡经济带生态环境综合评价. 干旱区地理, 2010, 33(4): 659-665.
- [31] 高超, 雷军, 金凤君, 张小雷. 新疆绿洲城市生态环境系统脆弱性分析. 中国沙漠, 2012, 32(4): 1148-1153.
- [32] 赵学鹏. 新疆城镇化水平综合测度与预测研究[D]. 新疆: 新疆大学, 2017.
- [33] 许圆圆. 新疆南疆城镇化建设与生态环境协调发展实证研究[D]. 新疆: 新疆大学, 2016.
- [34] 李红祥, 徐鹤, 赵立腾, 等. 中国城镇化与资源环境耦合关系实证研究. 生态经济, 2016, 32(2): 30-33.
- [35] 方创琳. 区域持续圈与发展圈相互作用理论. 自然辩证法研究, 1999, 15(2): 31-33.
- [36] 冯霞. 新疆城镇化与生态环境耦合关系分析. 地域研究与开发, 2016, 35(3): 123-127.
- [37] 赵学鹏, 孜比布拉·司马义, 盛永财. 新疆城镇化与生态环境耦合协调度及其空间特征分析. 四川师范大学学报(自然科学版), 2017, 40(6): 831-838.
- [38] 帕孜丽娅木·木力提江, 孜比布拉·司马义, 颀渊, 邓丽. 新疆城镇化与生态环境耦合协调发展时空区域差异评价研究. 环境污染与防治, 2017, 39(9): 1043-1047.
- [39] 段树国, 周佳琦, 奚秀梅. 新疆城镇化与环境系统协调发展度多维评价. 城市学刊, 2018, 39(3): 17-23.
- [40] 李韧, 聂春霞. 基于可拓学理论的新疆城市化与生态环境耦合评价研究. 江西农业学报, 2017, 29(1): 112-117.
- [41] 王长建, 张小雷, 杜宏茹. 近 30a 新疆城市化与生态环境互动关系的动态计量分析. 中国沙漠, 2012, 32(6): 1794-1802.
- [42] 安瓦尔·买买提明, 塔世根·加帕尔. 新疆南疆地区城市化与生态环境耦合关联分析. 北京林业大学学报(社会科学版), 2009, 08(4): 177-182.
- [43] 赵悦, 蒋金荷, 李富强. 中国水资源使用效率影响因素分析. 水利经济, 2018, 36(1): 52-55.
- [44] 熊鹰, 苏孟婷, 张方明, 李静芝. 长株潭城市群城镇化进程与水资源利用响应关系研究. 人文地理, 2018, 33(6): 69-76.
- [45] Yu H B, Song Y H, Chang X, Gao H J, Peng J F. A scheme for a Sustainable Urban Water Environmental System During the Urbanization Process in China. *Engineering*, 2018, 4(2): 190-193.
- [46] Du H R, Zhang X L, Wang B. Co-adaptation between modern oasis urbanization and water resources exploitation: A case of Urumqi, Chinese. *Science Bulletin*, 2006, 51: 189-195.
- [47] Zhang X L, Lei J. Trend of urban system structure under the restriction of water and land resources in Xinjiang, Chinese. *Science Bulletin*, 2006, 51(1 Supplement): 179-188.
- [48] Hubacek K, Guan D, Barrett J, Wiedmann T. Environmental implications of urbanization and lifestyle change in China: ecological and Water Footprints. *Journal of Cleaner Production*, 2009, 17(14): 1241-1248.
- [49] Popa P, Timofti M, Voiculescu M. Study of Physico-Chemical Characteristics of Wastewater in an Urban Agglomeration in Romania. *The Scientific World Journal*, 2012, 45(1): 89-98.
- [50] 麦地那·巴合提江, 阿不都沙拉木·加拉力丁, 盛永财, 马桂, 阿依格林·乌兰. 乌鲁木齐市城市化与水资源协调度分析. 人民长江, 2018, 49(7): 98-110.
- [51] 冯浩源, 石培基, 周文霞, 陈佳银, 张学斌. 水资源管理“三条红线”约束下的城镇化水平阈值分析——以张掖市为例. 自然资源学报, 2018, 33(2): 287-301.
- [52] Yang Y, Liu Y. Spatio-temporal analysis of urbanization and land and water resources efficiency of oasis cities in Tarim River Basin. *Journal of Geographical Sciences*, 2014, 24(3): 509-525.
- [53] 底阳阳, 张鹏程, 喻晓玲. 干旱区城镇化发展与水资源开发利用协调性分析——以新疆为例. 资源开发与市场, 2018, 34(3): 342-346.
- [54] 聂春霞, 刘晏良. 水资源约束下的新疆城市化过程预测. 干旱区资源与环境, 2012, 26(6): 193-197.
- [55] 罗开盛, 陶福祿. 黑河流域 1995—2014 年县域水资源压力评价. 中国科学院大学学报, 2018, 35(2): 172-179.
- [56] 张祚, 周敏, 金贵, 刘艳中, 罗翔. 湖北“两圈两带”格局下的新型城镇化与土地集约利用协调度分析. 世界地理研究, 2018, 27(2): 65-75.
- [57] Wang J, Lin Y F, Glendinning A, Xu Y Q. Land-use changes and land policies evolution in China's urbanization processes. *Land Use Policy*, 2018, 75(6): 375-387.
- [58] Huang S F, Wang M, Wu J, Li, Q Q, Yang J, Guo L, Wang J, Xu Z H. The Exploration and Practice on Soil Environmental Protection in the

- Process of Rapid Urbanization of the Megacity Shanghai. Singapore: Springer, 2018; 133-147.
- [59] 郑飞, 刘光远, 刘志有. 新疆土地利用变化及其与城市化和工业化的耦合关系. 水土保持研究, 2013, 20(5): 251-256.
- [60] 李平光, 李松, 郭路明, 刘晨, 綦群高. 新疆地区城市土地集约利用与城市化耦合协调性分析. 浙江农业学报, 2014, 26(6): 1688-1695.
- [61] Qi Y J, Yu Y, Dong W. Coordination analysis on urbanization level and land use efficiency of Xinjiang based on ESDA. Environmental Engineering and Management Journal, 2013, 12(9): 1819-1823.
- [62] 杨宇, 刘毅, 董雯, 李莉. 新疆城镇化与土地资源产出效益的空间分异及其协调性 [J]. 生态学报, 2011, 31(21): 6568-6578.
- [63] 古丽美合日·阿巴斯. 南疆地区城市化发展与土地利用变化协调性分析[D]. 新疆: 新疆师范大学, 2016.
- [64] 古丽美合日·阿巴斯, 阿里木江·卡斯木. 新疆南疆地区城市化发展与耕地资源协调性分析. 水土保持研究, 2016, 22(2): 267-274.
- [65] 阿迪来·乌甫, 阿里木江·卡斯木, 玉素甫江·如素力, 古丽美合日·阿巴斯, 高倩. 新疆阿克苏市城市化发展与耕地资源协调性. 中国农学通报, 2016, 32(1): 150-157.
- [66] Liu W J, Jiao F C, Ren L J, Xu G L G, Wang J C, Wang X. Coupling coordination relationship between urbanization and atmospheric environment security in Jinan City. Journal of Cleaner Production, 2018, 204(12): 1-11.
- [67] Argüeso D, Evans J P, Fita L, Bormann K J. Temperature response to future urbanization and climate change. Climate Dynamics, 2014, 42(7-8): 2183-2199.
- [68] 冯刚. 新疆主要城市的城市经济发展与大气环境质量的关系研究[D]. 新疆: 新疆大学, 2017.
- [69] 安瓦尔·买买提明, 张小雷, 杨德刚. 阿图什市城市化过程的大气环境污染效应. 干旱区地理, 2012, 35(2): 274-280.
- [70] 贡璐. 干旱区城市热岛效应定量研究——以乌鲁木齐为例[D]. 新疆: 新疆大学, 2007.
- [71] Sheng P F, Guo X H. Energy consumption associated with urbanization in China: Efficient and inefficient-use. Energy, 2018, 165(12): 118-125.
- [72] Dong W, Yang Y. Exploitation of mineral resource and its influence on regional development and urban evolution in Xinjiang, China[J]. Journal of Geographical Sciences, 2014, 24(6): 1131-1146.
- [73] 郭辉. 基于 VECM 新疆工业化、城市化与碳排放关系的实证研究. 经济论坛, 2014, 28(8): 41-45.
- [74] 王长建, 张虹鸥, 汪菲, 张新林. 新疆能源消费与城镇化和工业化的相互影响分析. 资源与产业, 2015, 17(1): 115-121.
- [75] 田原, 孙慧. 试析新疆能源消耗对碳排放的驱动机制. 新疆师范大学学报(自然科学版), 2017, 36(1): 30-36.
- [76] 程文, 夏咏. 新疆城镇化进程中碳排放的影响因素研究. 新疆社科论坛, 2017, 29(6): 62-66.
- [77] Hamer A J, McDonnell M J. Amphibian ecology and conservation in the urbanising world: A review. Biological Conservation, 2008, 141(10): 2432-2449.
- [78] Hayashi T, Tokunaga T, Aichi M, Shimada J, Taniguchi M. Effects of human activities and urbanization on groundwater environments; an example from the aquifer system of Tokyo and the surrounding area. Science of the Total Environment, 2009, 407(9): 3165-3172.
- [79] Wei Y D, Ye X. Urbanization, urban land expansion and environmental change in China. Stochastic Environmental Research and Risk Assessment, 2014, 28(4): 757-765.
- [80] Ronald C. Estoque, Yuji Murayama. Landscape pattern and ecosystem service value changes; Implications for environmental sustainability planning for the rapidly urbanizing summer capital of the Philippines. Landscape and Urban Planning, 2013, 116(8): 60-72.
- [81] 齐杨, 邬建国, 李建龙, 于洋, 彭福利, 孙聪. 中国东西部中小城市景观格局及其驱动力. 生态学报, 2013, 33(1): 275-285.
- [82] 肖峰, 陈前利. 浅谈新疆土地利用/覆被变化对生态环境的影响. 农村经济与科技, 2016, 27(7): 42-43.
- [83] Yan Y, Zhang C, Hu Y F, Kuang W H. Urban Land-Cover Change and Its Impact on the Ecosystem Carbon Storage in a Dryland City. Remote Sensing, 2018, 8(6): 1-18.
- [84] Zhao W Y, Li J L, Qi J G. Changes in vegetation diversity and structure in response to heavy grazing pressure in the northern Tianshan Mountains, China. Journal of Arid Environments, 2007, 68(3): 465-479.