近 35 年来新疆城市扩张及绿地格局演变的时空特征*

王 超[1] 武威威[2] 钱雨果[2]

1 郑州大学河南先进技术研究院 郑州 450000
2 中国科学院生态环境研究中心 北京 100085

摘要：城市扩张会导致绿地面积减少和生态功能退化，尤其在干旱缺水的新疆城市，该矛盾更加突出，亟须开展城市扩张与绿地格局演变的定量研究。文章利用遥感数据，通过量化 1985—2020 年新疆整体、兵团城市、非兵团城市的不透水地表面积和占比的变化、绿地面积和占比的变化，以及绿地破碎度的变化，分析 1985—2020 年的新疆城市扩张与绿地格局演变特征，探究兵团城市和非兵团城市的发展差异，为西部地区可持续发展提供科学支撑。结果表明：1）35 年来新疆城市不透水面积持续增加，由 379.89 km^2增长至 4 947.60 km^2；绿地面积从 40.88 万 km^2下降到 39.31 万 km^2，且绿地破碎度先降后升。2）兵-地融合发展加速了区域的城市扩张，尤其加快了非兵团城市的扩张；3）35 年来非兵团城市绿地面积持续下降，而兵团城市在 2010 年前绿地面积持续上升，2010—2020 年绿地面积快速下降。未来新疆的兵-地融合发展需要更加关注绿地建设，实现区域的高质量、可持续发展。

关键词：城市扩张；兵-地融合；绿地格局；区域差异
DOI：10.12169/zgcsly.2024.05.07.0001

Spatial and Temporal Characteristics of Urban Expansion and Green Space Pattern Evolution in Xinjiang for the Past 35 Years

Wang Chao[1] Wu Weiwei[2] Qian Yuguo[2]

(1. Henan Institute of Advanced Technology, Zhengzhou University, Zhengzhou 450000, China; 2. Research Center for Eco-Environmental, Chinese Academy of Sciences , Beijing 100085, China)

Abstract: Urban expansion will lead to the reduction of green spaces and the degradation of ecological functions, especially in the arid and water-scarce cities in Xinjiang. It is urgent to carry out quantitative research on urban expansion and green space pattern evolution. Using remote sensing data, this paper quantifies the changes in impervious surface area and its proportion, green space area and its proportion, and green space fragmentation in Xinjiang as a whole, cities that Production and Construction Corps are stationed and cities without the corps from 1985 to 2020, analyzes the evolution characteristics of urban expansion and green space pattern in Xinjiang, explores the development differences between Corps stationed cities and non-Corps stationed cities, and provides scientific support for sustainable development in the western region. The results show that: 1) The impervious area in cities of Xinjiang continues to increase from 379.89 km^2 to 4 947.60 km^2 in the past 35 years, and the area of green space decreases from 408 800 km^2 to 393 100 km^2, with the fragmentation of green space decreasing first and then increasing; 2) The integrated development of the corps and local government has

收稿日期：2024-05-07
* 基金项目：第一师阿拉尔市科技计划项目（2022HB02）；国家重点研发计划项目（2022YFF1301101）
第一作者：王超（1998-），男，硕士生，研究方向为干旱区城市格局演变机制。E-mail：wc135839@163.com
通信作者：钱雨果（1984-），男，博士，副研究员，研究方向为城市生态格局量化与优化的研究。E-mail：ygqian@rcees.ac.cn

accelerated the urban expansion of the region, especially the expansion of cities in which the crops are not stationed; and 3) In the past 35 years, the green space area in cities where corps are not stationed has continued to decline, while the green space area of corps stationed cities continued to rise before 2010 and decreased rapidly from 2010 to 2020. In the future, the integrated crops-local development in Xinjiang needs to pay more attention to green space development in order to achieve high-quality and sustainable development.

Keywords: urban growth; corps and local government integration; green space pattern; regional difference

城市扩张是城市化进程的直接表现，反映了城市发展的速度、规模、强度、方向、形态等特征，是评价城市发展水平和质量的重要指标[1]。在区域上，城市扩张涉及城市间复杂的相互作用，影响城市的空间结构、生态环境、资源利用、社会经济等方面[2]，是区域一体化发展的重要研究议题，也是构建新发展格局的重要路径，对城市的高质量和可持续发展具有重要影响[3]。

改革开放以来，中国的城市化水平迅速提高，针对城市扩展与绿地格局演变的相关研究也逐渐增多[4]。在城市尺度，已有研究主要集中在中东部经济发达的地区，如北京[5]、天津[6]、南京[7]、深圳[8]、成都[9]等城市在过去的几十年中经历了快速扩张，如 1980—2010 年北京城市面积从 801 km^2扩张到 2 452 km^2，天津从 795 km^2扩张到 3 343 km^2；1990—2017 年，南京城市面积从 427.36 km^2增加到 1 780.21 km^2；1979—2017 年，深圳城市面积扩张了 35 倍，从 27 km^2增加到946 km^2。城市的快速增长不仅导致森林、农田和湿地的大量减少，同时也加剧了绿地空间的割裂与破碎。在区域尺度，较多关注城市化水平较高的城市群扩张，如长三角[10]、珠三角[11]和京津冀[12]等城市群，并发现了类似的绿地演变规律。

20 世纪末，随着西部大开发战略的实施，乌鲁木齐[13]、石河子[14]、张掖[15]等城市也开始了城市扩张，但由于新疆没有划分到城市群中，因此对新疆区域性的研究较少，其整体的城市扩张与绿地格局演变特征仍不清楚。新疆的区域发展模式是新疆生产建设兵团和新疆维吾尔自治区的兵-地融合发展，主要表现为兵团城市和非兵团城市（地方自治区城市）基础设施共建、资源共享、产业发展深度融合等[16]。兵-地融合发展大致从 2000 年开始，其中 2000—2010 年为融合初期，2010 至今为全面融合期[17]。

本研究以新疆为研究对象，从区域整体和兵团-非兵团城市两个尺度分析 1985—2020 年的城市和绿地格局演变，旨在揭示兵-地融合发展对新疆城市扩张和绿地格局演变的影响，对比探究兵团城市和非兵团城市的发展差异，为西部地区可持续发展提供科学支撑。

1　研究区概况

新疆位于中国的西北部，毗邻 8 个国家，具有重要的地缘战略位置，是中国最大的省级行政区，约占中国国土面积的 1/6。截至 2020 年，新疆行政区划下辖 4 个市、5 个自治州、5 个地区和 10 个省直辖县级行政区划。2000 以后，新疆的城市化率大幅提升，城镇人口从 624.18 万人增加到 1266.01 万人，经济结构从传统的农业和畜牧业逐步向工业、矿业和服务业转型。随着西部大开发战略的推进，新疆的社会经济水平显著提高，基础设施建设也得到了加强[18]。

新疆生产建设兵团实行“师市合一”的管理体制，即每个师既是一个军事单位，也是一个城市管理单位。这种特殊的体制使兵团城市具有独立的行政和经济体系。本研究从新疆整体和兵-地城市两个尺度分析兵-地融合发展政策前后（即 2000 年前后）区域城市扩张与绿地格局演变的特征。对于兵-地城市尺度，本研究选取了新疆的 10 座兵团城市与其他非兵团城市开展对比分析，其中兵团城市包括石河子（第八师）、阿拉尔（第一师）、五家渠（第六师），胡杨河（第七师）、可克达拉（第四师）、图木舒克（第三师）、铁门关（第二师）、双河（第五师）、北屯（第十师）、昆玉（第十四师）。

2 研究方法

2.1 数据来源

本研究基于武汉大学黄昕老师团队的土地利用数据（该数据基于 Google Earth Engine 上 Landsat 数据进行解译判读，得到 1985—2020 中国逐年土地覆盖信息[19]），并将土地类型分为耕地、林地、灌木、草地、水域、湿地、冰原、裸地、不透水地表 9 类。从中选取 1985、2000、2010 和 2020 年共 4 期土地利用数据，根据研究需要将土地利用数据重分类为耕地、绿地（林地、灌木和草地）、水域（水域和湿地）、裸地（裸地和冰原）以及不透水地表 5 类。通过提取各时期的不透水地表和绿地面积和所占比例分析兵-地不同融合阶段对新疆城市扩张和绿地格局演变的影响。

2.2 土地利用转移矩阵

应用 Arcgis 软件建立研究区各时期的土地利用转移矩阵，该矩阵采用 n 阶矩阵结构[20]分析 1985—2020 年新疆整体、兵团城市、以及非兵团城市的土地覆盖转移矩阵，揭示不透水地表和绿地的转换过程。

2.3 景观格局指数

应用 FRAGSTATS4.3 对各时期绿地的景观指数变化特征进行分析，本研究选取斑块密度（patch density，PD）、最大斑块指数（largest patch index，LPI）和平均斑块大小（mean patch size，MPS）3 个指数对比分析 1985—2020 新疆绿地的破碎度特征[21-22]，斑块密度越大、平均斑块面积越小、最大斑块指数越小，则表明绿地更破碎。

3 结果与分析

3.1 新疆整体变化特征

3.1.1 城市扩张特征

由图 1 可知：1985—2020 年，新疆不透水地表面积持续增加，由 379.89 km^2增长至 4 947.60 km^2，面积扩大约 13 倍；占比由 0.02%上升至 0.30%。城市扩张的速度也在不断加快。融合前（1985—2000 年），面积增长较慢，年平均增加51.12 km^2；进入融合期（2000—2020 年）后，面积增速加快，初步融合期（2000—2010）年平均增加 185.30 km^2，全面融合期（2010—2020）年平均增加 194.78 km^2。从土地覆盖转移结果（表 1）可知，1985—2020 年新增的不透水地表主要来自于绿地、裸地和耕地，面积分别为 1 878.63、1 517.45 和 1 078 .45 km^2。

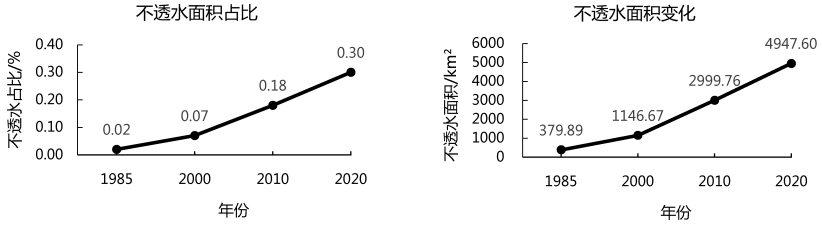


图 1 新疆不透水面积及占比变化

表 1 1985—2020 年新疆整体土地利用转移矩阵 km^2

1985 年	2020 年					
	耕地	绿地	水域	裸地	不透水	总计
耕地	47 375.58	8 022.49	344.93	333.39	1 078.45	57 154.83
绿地	25 598.91	336 501.57	1 422.83	43 917.30	1 878.63	408 813.52
水域	176.04	343.27	6 000.43	274.14	96.83	6 890.71
裸地	12 845.43	48 725.23	3 297.94	1 090 192.96	1 517.45	1 156 579.01
不透水	0.43	0.58	2.33	0.30	376.24	379.89
总计	85 996.39	393 087.12	11 068.47	1 134 718.38	4 947.60	1 629 817.96

3.1.2 绿地格局演变特征

与不透水的变化相反，1985—2020 年，新疆绿地面积表现为加速下降的态势（图 2）。在融合前（1985—2000 年）和初步融合期（2000—2010 年），绿地面积由 40.88 万 km^2下降至 40.46 万 km^2，年平均下降 169.02 km^2；到全面融合期（2010—2020 年），绿地面积下降速率明显加快，由 40.46 万 km^2下降至 39.31 万 km^2，年平均下降 1 150.10 km^2。

土地覆盖转移结果（表 2）显示，1985 年的绿地主要转变为裸地和耕地，面积分别为 4.39 万 km^2 和 2.56 万 km^2；转变为不透水地表的面积为 1 878.63 km^2。

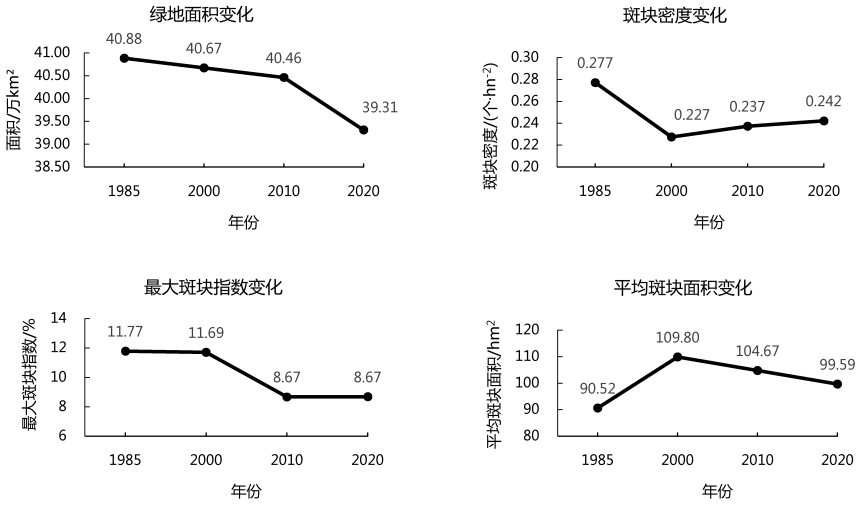


图 2　1985—2020 年新疆绿地的面积与景观格局变化

表 2　1985—2020 年兵团城市土地利用转移矩阵　　km^2

1985 年	2020 年					
	耕地	绿地	水域	裸地	不透水	总计
耕地	3 270.30	551.23	39.02	27.48	149.12	4 037.16
绿地	1 742.38	1 650.23	108.59	158.77	134.75	3 794.72
水域	28.13	15.35	214.73	8.07	14.34	280.63
裸地	1 224.38	1 154.27	44.64	1 688.89	133.55	4 245.72
不透水	0.04	0.01	0.20	0.03	16.56	16.84
总计	6 265.23	3 371.10	407.18	1 883.24	448.32	12 375.07

融合发展前后，绿地破碎度的变化呈现相反趋势。融合前（1985—2000 年），绿地斑块破碎度略有下降，表现为绿地斑块密度从 0.277 个·hm^{-2} 下降到 0.227 个·hm^{-2}，平均斑块面积从 90.52 hm^2 上升到 109.80 hm^2；尽管最大斑块指数略有下降，但是其变化程度较小，从 11.77%下降到 11.69%。到了融合期，绿地破碎度逐渐上升，尤其是融合初期的破碎度上升速度较快。在初步融合期（2000—2010 年），绿地斑块密度从 0.227 个·hm^{-2} 上升到 0.237 个·hm^{-2}，平均斑块面积从 109.80 hm^2 下降到 104.67 hm^2，最大斑块指数从 11.69%下降到 8.67%；在全面融合期（2010—2020 年），绿地斑块密度从 0.237 个·hm^{-2} 上升到 0.242 个·hm^{-2}，平均斑块面积从 104.67 hm^2 下降到 99.59 hm^2，最大斑块指数保持不变。

3.2　兵-地城市的变化特征

3.2.1　城市扩张特征

由图 3 可知，2020 年兵团城市不透水面积是 448.53 km^2，非兵团城市不透水面积为 4 498.84 km^2。1985—2020 年兵团城市与非兵团城市的面积差异在逐步增大。融合前（1985—2000）兵团和非兵团城市的扩张面积分别为年均 3.16 和 47.95 km^2，扩张差异为年均 44.97 km^2，而融合发展后（2000—2020）则分别为年均 19.21 km^2 和年均 170.82 km^2，扩张差异为年均 151.61 km^2。从土地覆盖转移结果（表 2、表 3）可知：兵团城市和非兵团城市的不透水都主要来自耕地、绿地和裸地，其中兵团城市转移面积分别为 149.12、134.75 和 133.55 km^2；非兵团城市转移面积分别为 929.31、1 743.54 和 1 383.72 km^2。

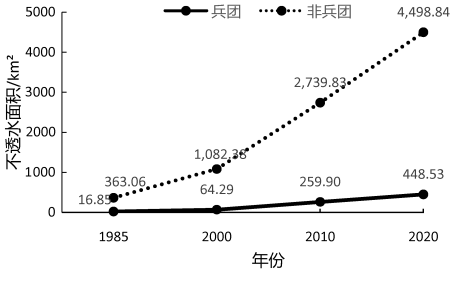


图 3　1985—2020 年兵团与非兵团城市不透水面积变化

表 3 1985—2020 年非兵团城市土地利用转移矩阵 km^2

1985 年	2020 年					
	耕地	绿地	水域	裸地	不透水	总计
耕地	44 100.24	7 465.11	305.89	305.88	929.31	53 106.43
绿地	23 855.61	334 446.68	1 313.85	43 659.11	1 743.54	405 018.79
水域	147.94	327.85	5 785.22	265.91	82.54	6 609.45
裸地	11 620.98	47 475.82	3 252.15	1 088 612.51	1 383.72	1 152 345.17
不透水	0.39	0.57	2.14	0.27	359.68	363.05
总计	79 725.17	389 716.02	10 659.24	1 132 843.68	4 498.78	1 617 442.89

3.2.2 绿地格局演变特征

由表 4 可知，在 2020 年，兵团城市的绿地面积是 3 371.10 km^2，非兵团城市面积为 38.97 万 km^2。这说明兵团城市与非兵团城市差异明显，主要表现为兵团绿地面积先升后降，而非兵团城市绿地面积持续下降。在融合前和初步融合期，兵团城市绿地面积持续上升，在全面融合期大幅下降到 3 371.10 km^2；而非兵团城市则从 1985—2020 年持续下降。比较相似的是，在全面融合期，兵团城市和非兵团城市的绿地下降速度都明显加快。

表 4 1985—2020 年兵团与非兵团城市绿地面积变化

km^2

不同类型城市	1985 年	2000 年	2010 年	2020 年
兵团城市	3 794.72	3 856.04	3 859.41	3 371.10
非兵团城市	405 018.79	402 841.08	400 728.62	389 716.02

从绿地破碎度（图 4）看，兵团城市的绿地更加破碎。2020 年的结果显示：兵团城市有更大的绿地斑块密度（2.66 个 · hm^{-2}）、更小的平均斑块面积（10.24 hm^2）和更小的最大斑块指数（2.83%）；非兵团城市的斑块密度不足兵团城市的 1/10，平均斑块面积约为兵团城市的 10 倍，最大斑块指数约为兵团城市的 3 倍。

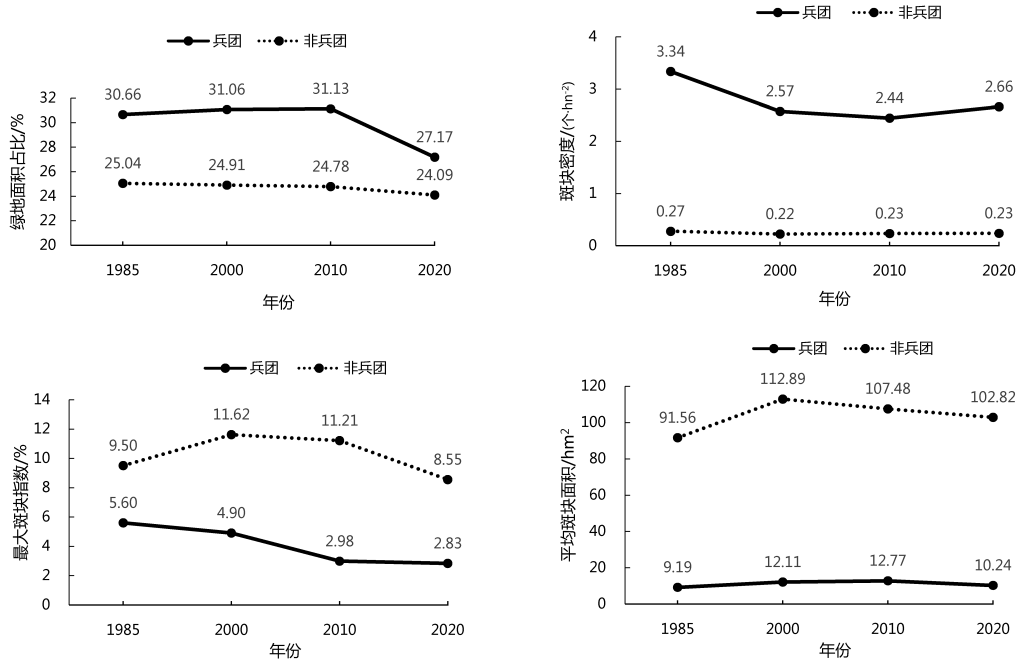


图 4 1985—2020 兵团与非兵团城市绿地面积与景观格局变化

从变化角度（图 4）看，兵团城市与非兵团城市的绿地破碎度都表现为先降后升，但非兵团城市的拐点出现得更早。兵团城市在全面融合期（2010—2020 年）绿地破碎度开始上升，而非兵团城市在初步融合期（2000—2010 年）绿地破碎度就开始上升。从具体指标来看，兵团城市 1985—2010 年绿地斑块密度从 3.34 个 · hm^{-2}下降至 2.44 个 · hm^{-2}，平均斑块面积从由 9.19 hm^2

上升至 12.77 hm^2；2010—2020 年斑块密度上升至 2.66 个 · hm^{-2}，平均斑块面积下降至 610.24 hm^2；非兵团城市 1985—2000 年绿地斑块密度从 0.27 个 · hm^{-2} 下降至 0.22 个 · hm^{-2}，平均斑块面积从由 91.56 hm^2 上升至 112.89 hm^2，最大斑块指数从 9.50% 上升至 11.62%；2000—2020 年斑块密度上升至 0.234 个 · hm^{-2}，平均斑块面积下降至 102.82 hm^2，最大斑块指数下降至 8.55%。

4　讨论

研究量化了新疆兵-地融合发展背景下的城市扩张与绿地格局演变特征，通过融合前后的格局变化分析，揭示了兵-地融合政策对于区域城市扩张的促进作用。融合前（1985—2000 年）其面积增长较慢，不透水面积年均增加 51.12 km^2；进入融合期（2000—2020 年）后，不透水年均增加面积是融合前的 3~4 倍。这与兵-地共建融合城市群的发展策略有密切关系[23]，该策略促进了区域产业经济的升级联动，推动了工业园、开发区的建设；促进了人口、资源向城市的集聚，推动了交通区位枢纽的建设[24]。同时，研究也发现非兵团城市在融合发展后城市扩张速度更快，这可能与不同类型城市的产业与定位有关。兵团城市的发展主要依托于农垦体制，以农业为主导产业，城市规模受到土地资源和生态环境的制约，难以实现大规模的城市化[25]。而非兵团城市以工业和服务业为主导产业，城市规模受到市场需求和政府规划的推动，能够实现较快的城市化[26]。

已有很多研究发现城市的扩张与其周边绿地的减少具有显著相关性[27]，但是在新疆，绿地格局的变化过程与城市扩张过程不完全对应。绿地在融合前（1985—2000 年）和初步融合期（2000—2010 年）下降速度较慢，年平均下降 169.02 km^2；到全面融合期（2010—2020 年）下降速率明显加快，年平均下降 1 150.10 km^2，这可能是由于气候变化与城市化在不同区域的相对重要性不同。我国东部和中部城市的景观类型中不透水占比较高，基本没有荒漠景观[28]，绿地减少的主要原因是由于城市不透水的扩张[29]。然而，新疆有大面积的荒漠，不透水面积相对较小，气候变化通过改变降雨模式和频率直接影响荒漠与绿地之间的相互转变[30]，因此成为了绿地格局变化的主控因子。

兵团与非兵团城市的绿地格局演变特征表明，在全面融合期（2010 年）以前，兵团城市更加注重生态保护与修复，其绿地比例一直保持上升趋势。这与兵团城市的生态工程如“三北”防护林建设、退耕还林工程、塔里木盆地周边防沙治沙等密切相关。此外，兵团城市还构建了以绿洲外围荒漠生态林、防风固沙基干林和绿洲内部农田防护林、居民区绿化林为主体的四级生态防护体系，因此，城市具有较高的绿地覆盖率。然而，在全面融合期以后，兵团城市的绿地面积明显减少，下降了近 4%，这反映了兵团城市在人口、产业加速发展过程中，对生态空间的关注有所下降。因此，新疆未来的城市发展一方面要继续深入兵-地的融合，一方面也要关注生态空间的变化，实现区域的高质量、可持续发展。

5　结论

1985—2020 年新疆城市不透水面积持续增加，绿地面积持续下降，且绿地破碎度先降后升。1985—2020 年新增的不透水面积主要来自于绿地、裸地和耕地；减少的绿地主要转变成裸地和耕地。

兵-地融合发展加速了区域的城市扩张，尤其是加速了非兵团城市的扩张。兵团城市和非兵团的新增不透水都主要来自耕地、绿地和裸地。

1985—2020 年非兵团城市绿地面积持续下降，兵团城市在 2010 年前绿地面积持续上升，2010—2020 年绿地面积快速下降。兵团城市与非兵团城市的绿地破碎度都表现为先降后升，但非兵团城市的拐点出现的更早。全面融合期的绿地面积下降和斑块破碎化，说明未来新疆的城市发展需要更加关注绿地的建设。

参考文献

[1]徐新良，赵美艳，闵稀碧.城市扩展研究的主要进展与展望[J].生态科学，2014，33(3)：619-624.

[2]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.

[3]PENG W F，WANG G J，ZHOU J M，et al.Studies on the temporal

and spatial variations of urban expansion in Chengdu, Western China, from 1978 to 2010[J]. Sustainable Cities and Society, 2015,17:141-150.

[4]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.

[5]刘盛和,吴传钧,沈洪泉.基于GIS的北京城市土地利用扩展模式[J].地理学报,2000,55(4):407-416.

[6]WU W J,ZHAO S Q,ZHU C,et al.A comparative study of urban expansion in Beijing,Tianjin and Shijiazhuang over the past three decades[J].Landscape and Urban Planning,2015,134:93-106.

[7]QIAN Y P,WU Z.Study on urban expansion using the spatial and temporal dynamic changes in the impervious surface in Nanjing[J]. Sustainability,2019,11(3):933.

[8]YU W J,ZHANG Y J,ZHOU W Q,et al.Urban expansion in Shenzhen since 1970s:a retrospect of change from a village to a megacity from the space[J].Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C,2019,110:21-30.

[9]CHU M R,LU J Y,SUN D Q.Influence of urban agglomeration expansion on fragmentation of green space:a case study of Beijing-Tianjin-Hebei urban agglomeration[J].Land,2022,11(2):275.

[10]刘志强,张阳,王俊帝,等.长三角公园与经济、人口、建设用地变化的时空演变[J].中国城市林业,2020,18(2):62-66.

[11]胡盼盼,李锋,胡聃,等.1980—2015年珠三角城市群城市扩张的时空特征分析[J].生态学报,2021,41(17):7063-7072.

[12]王海军,张彬,刘耀林,等.基于重心-GTWR模型的京津冀城市群城镇扩展格局与驱动力多维解析[J].地理学报,2018,73(6):1076-1092.

[13]段素素,郑江华,余丹林,等."一带一路"典型绿洲城市扩张特征研究:以乌鲁木齐市为例[J].测绘科学,2020,45(8):188-198.

[14]王莉红,张军民.基于地理探测器的绿洲城镇空间扩张驱动力分析:以新疆石河子市为例[J].地域研究与开发,2019,38(4):68-74.

[15]李骞国,石培基,魏伟.干旱区绿洲城市扩展及驱动机制:以张掖市为例[J].干旱区研究,2015,32(3):598-605.

[16]杜宏茹.基于兵地融合思想的兵团小城镇发展途径的战略思考[J].小城镇建设,2004,22(1):13-14.

[17]李雪伟. 新疆兵地融合发展:困境破解与体系建构[J].新疆农垦经济,2017(5):28-36.

[18]张茹倩,李鹏辉,徐丽萍.城镇化对新疆土地利用碳排放的影响及其耦合关系[J].生态学报,2022,42(13):5226-5242.

[19]YANG J,HUANG X.The 30 m annual land cover dataset and its dynamics in China from 1990 to 2019[J].Earth System Science Data,2021,13(8):3907-3925.

[20]朱会义,李秀彬.关于区域土地利用变化指数模型方法的讨论[J].地理学报,2003,58(5):643-650.

[21]MOODY A,WOODCOCK C.Scale-dependent errors in the estimation of land-cover proportions: Implications for global land-cover datasets[J].Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, 1994,60(5):585-596.

[22]杨烜涵,付晖,秦煜姬,等.近20年来海口湿地景观格局演变及其驱动因子[J].中国城市林业,2023,21(3):28-35.

[23]罗捷,罗小龙,顾宗倪,等.兵地融合:对乌鲁木齐都市圈协调发展的探索[J].城市规划,2022,46(5):38-43,55.

[24]刘佑杰.兵地融合背景下的昆玉市空间发展战略研究[D].西安:西安建筑科技大学,2022.

[25]王蕾.新疆兵团特色城镇化模式与路径研究[D].石河子:石河子大学,2017.

[26]许雪爽,包安明,常存,等.新疆重点城市建设用地扩张与人地配置协调性分析[J].经济地理,2017,37(10):92-99.

[27]胡顺石,彭雨龙,秦建新,等.长株潭城市群植被指数动态变化及城市扩展对其影响分析[J].经济地理,2019,39(12):178-186.

[28]陈佑启,VERBURG P H.中国土地利用/土地覆盖的多尺度空间分布特征分析[J].地理科学,2000,20(3):197-202.

[29]贺忠华,张育慧,何月,等.浙江省近20年植被变化趋势及驱动因子分析[J].生态环境学报,2020,29(8):1530-1539.

[30]郭铌,朱燕君,王介民,等.近22年来西北不同类型植被NDVI变化与气候因子的关系[J].植物生态学报,2008,32(2):319-327.