

DOI:10.13869/j.cnki.rswc.2023.04.013.

段维利, 余新晓, 陈丽华, 等. 京津冀城市群城镇化与生态建设对生态系统服务价值的影响[J]. 水土保持研究, 2023, 30(4): 404-411.

DUAN Weili, YU Xinxiao, CHEN Lihua, et al. Impact of Urbanization and Ecological Construction on the Ecosystem Services Value in the Beijing-Tianjin-Hebei Urban Agglomeration[J]. Research of Soil and Water Conservation, 2023, 30(4): 404-411.

## 京津冀城市群城镇化与生态建设对 生态系统服务价值的影响

段维利<sup>1,2,3</sup>, 余新晓<sup>1,2,3</sup>, 陈丽华<sup>1</sup>, 贾国栋<sup>1,2,3</sup>, 曹永翔<sup>4,5</sup>

(1.北京林业大学 国家林业与草原局水土保持重点实验室, 北京 100083; 2.北京林业大学  
水土保持学院 首都圈森林生态系统国家定位观测研究站, 北京 100083; 3.北京林业大学 水土保持学院  
首都圈森林生态系统教育部野外科学观测研究站, 北京 100083; 4.中国电建集团 西北勘测设计研究院有限公司,  
西安 710065; 5.陕西省“四主体一联合”河湖生态系统保护与修复校企联合研究中心, 西安 710048)

**摘要:** [目的] 评估城镇化和生态恢复双过程共同作用下生态系统服务价值(ESV)的变化量, 揭示京津冀城市群城镇化与生态建设对 ESV 的影响, 进而为区域协调发展及可持续发展决策提供理论参考。[方法] 以京津冀城市群为研究区, 基于 1995—2020 年的土地利用/覆盖、社会经济统计等数据, 识别区域城镇扩张与生态建设信息, 并结合生态系统服务单位面积价值当量因子法、空间自相关以及冷热点分析等方法, 展开了城镇化与生态建设双过程对区域 ESV 在时空尺度上的影响研究。[结果] (1) 京津冀城市群 ESV 在 1995—2020 年总体下降, 呈现出先下降后上升的趋势, 2015—2020 年生态环境明显好转。(2) 城镇扩张所导致的城镇建设用地占用其他地类是使 ESV 下降的主要因素, 使区域 ESV 降低了 368.2 亿元; 生态建设使区域 ESV 上升了 225.67 亿元。[结论] 生态建设带来的 ESV 增量不足以抵消城镇化带来的下降。城镇化与生态建设对 ESV 影响较强的地区主要分布在城市群的西部和东北部, 对 ESV 影响较弱的地区主要分布在城市群的东南部。

**关键词:** 生态系统服务价值; 土地利用/覆盖变化; 城市群; 城镇化; 生态建设

中图分类号: X171.1

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2023)04-0404-08

## Impact of Urbanization and Ecological Construction on the Ecosystem Services Value in the Beijing-Tianjin-Hebei Urban Agglomeration

DUAN Weili<sup>1,2,3</sup>, YU Xinxiao<sup>1,2,3</sup>, CHEN Lihua<sup>1</sup>, JIA Guodong<sup>1,2,3</sup>, CAO Yongxiang<sup>4,5</sup>

(1. Key Laboratory of State Forestry and Grassland Administration on Soil and Water Conservation, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China; 2. Metropolitan Area Forest Ecosystem State Observation Research Station, School of Soil and Water Conservation, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China; 3. Metropolitan Area Field Scientific Observation Research Station, Ministry of Education, School of Soil and Water Conservation, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China; 4. Northwest Engineering Co., Ltd., Power China Northwest Engineering Corporation Limited, Xi'an 710065, China; 5. Shaanxi Province 'Four Subjects and One Unity' River and Lake Ecosystem Protection and Restoration School-Enterprise Joint Research Center, Xi'an 710048, China)

**Abstract:** [Objective] The aims of this study are to assess the amount of change in ecosystem service value (ESV) under the combined effect of the dual processes of urbanization and ecological restoration, to reveal the impact of urbanization and ecological construction on ESV in the Beijing-Tianjin-Hebei urban agglomeration, and then to provide theoretical references for decision-making on coordinated regional development and sustainable development. [Methods] This study takes the Beijing-Tianjin-Hebei urban agglomeration as the

收稿日期: 2022-06-06

修回日期: 2022-06-25

资助项目: 科技冬奥专项重点研发计划任务“冬奥场馆周边小流域综合治理关键技术与集成示范”(2020YFF0305905-03)

第一作者: 段维利(1998—), 女, 江西上饶人, 硕士研究生, 研究方向为生态系统服务、生态水文。E-mail: weiliduan@bjfu.edu.cn

通信作者: 贾国栋(1986—), 男, 河北邢台人, 博士, 副教授, 主要从事同位素森林水文研究。E-mail: jiaguodong@bjfu.edu.cn

<http://stbcyj.paperonce.org>

study area, identifies regional urban expansion and ecological construction information based on land use/cover and socioeconomic statistics from 1995 to 2020. We also combine the ecosystem service unit area value equivalent factor method, spatial autocorrelation and cold hotspot analysis to develop a study on the impact of the dual process of urbanization and ecological construction on regional ESV at spatial and temporal scales. [Results] (1) The ESV of the Beijing-Tianjin-Hebei urban agglomeration generally declined from 1995 to 2020, showing a trend of first decline and then increase, and the ecological environment improved significantly from 2015 to 2020. (2) The occupation of other land types by urban construction land caused by urban expansion was the main factor that made ESV decrease, which made regional ESV decrease by 36.82 billion yuan; ecological construction made regional ESV increase by 22.567 billion yuan. [Conclusion] The increase in ESV due to ecological construction was not enough to offset the decrease due to urbanization. The regions with stronger impact of urbanization and ecological construction on ESV are mainly located in the western and northeastern parts of the urban agglomeration, and the regions with weaker impact on ESV are mainly located in the southeastern part of the urban agglomeration.

**Keywords:** ecosystem services value; land use/cover change; urban agglomeration; urbanization; ecological construction

城市群是以特大城市为核心、至少3个城市为基本单元组成的空间组织<sup>[1]</sup>。作为工业化高级阶段的产物,城市群一般具有城镇扩张迅速、经济联系紧密、人口高度融合等特点,是世界和区域经济发展的主要动力<sup>[2]</sup>。京津冀城市群包括北京市、天津市和河北省,其城镇化率在2020年分别为86.6%,83.4%,57.6%。该区域经济发展具有不均匀、不平衡的特点,土地利用特征差异十分明显<sup>[3]</sup>。近年来京津冀地区生态发展和经济发展之间存在明显矛盾,“人口-土地-社会经济-生态环境”复合型问题不断出现,存在生态系统服务下降、生态风险升高和生态安全破坏等生态问题,阻碍了区域的可持续发展进程<sup>[4-5]</sup>。自20世纪90年代以来,区域实施了大规模的生态建设工程措施,目的在于提高生态系统的整体稳定性。在此背景下,学者们普遍关注如何平衡城镇扩张及其生态环境响应,同时关注如何从城市群角度协调城市间的发展关系<sup>[6-7]</sup>。

核算人们在生态系统中所受惠益的价值,有利于促进可持续发展背景下的区域经济建设,对于改善城市群居民福祉具有重要意义<sup>[8]</sup>。自1997年Costanza等<sup>[9]</sup>率先提出了使用货币对全球生态系统服务进行价值核算的方法,生态系统服务价值评估已成为相关研究领域的热点<sup>[10]</sup>。2014年Costanza等<sup>[11]</sup>再次对全球生态系统服务价值进行评估,发现1997—2011年全球土地利用变化导致了每年(4.3~20.3)万亿美元的生态系统服务价值损失。土地利用变化是生态系统服务价值空间分布与总体变化的主要驱动力<sup>[12]</sup>,而全球大约1/2的土地利用/覆盖类型受人为影响而发生改变<sup>[13]</sup>。京津冀城市群作为我国城市群的典型代表,探究区域城镇化与生态建设对其生态系

统服务价值的影响对于其他城市及城市群具有较强指导意义。城镇扩张对区域生态系统服务价值造成一定影响<sup>[14]</sup>;另一方面,近年来实施的生态恢复措施对当地生态环境具有积极影响,生态系统服务持续恢复<sup>[15]</sup>,生态系统服务价值也因此发生变化。目前对于京津冀城市群生态系统服务价值相关的研究<sup>[16-18]</sup>主要集中于生态系统服务价值的时空演变,但是针对区域城镇扩张与生态建设共同作用下生态系统服务价值变化的体现比较缺乏。

因此,本研究以京津冀城市群为研究区,依据1995—2020年土地利用/覆盖数据识别区域城镇扩张和生态建设信息,并结合社会经济统计数据,评估区域生态系统服务价值以及城镇化和生态恢复双过程共同作用下生态系统服务价值产生的变化量,计算生态系统服务价值受影响的强度及空间分异情况,以探究生态系统服务价值对城镇化与生态建设的时空响应。研究结果对于促进区域土地资源合理利用和可持续发展以及针对不同行政区制定差异化政策具有重要支撑作用。

## 1 研究区概况

京津冀城市群地处东北亚中国地区环渤海心脏地带(36°05′—42°40′N, 113°27′—119°50′E),面积 $2.15 \times 10^5 \text{ km}^2$ ,是以首都北京为核心的世界级城市群。区域地形南北高程差异大,以平原和山地为主,山地以太行山、燕山等为主集中分布于西北地区;平原以华北平原为主集中分布于东南部。区域为半湿润大陆性季风型气候,年降水分不均。2020年京津冀城市群耕地面积占比44.6%,其后面积占比大小排列依次为林

地、草地、建设用地、水域和未利用地。

2020 年,京津冀地区人口数量达 1.127 亿人,GDP 总量达 8.6 万亿元,区域以全国 2% 的占地面积承载 8% 的人口数量,产生 9% 的 GDP,城镇化水平高但生态环境超负荷。得益于大力推进退耕还林还草、三北防护林、京津风沙源治理等多项重大生态建设工程,区域近年生态环境质量有所改善,生态退化速率减缓。但区域整体在人类活动的影响下生态空间剧烈减少,局部地区仍然面临生态退化严重、生态环境脆弱等问题,生态环境建设与城市发展之间的矛盾亟待解决。

## 2 材料与方法

### 2.1 数据来源

区域 1995 年、2000 年、2005 年、2010 年、2015 年、2020 年 30 m 分辨率的土地利用/覆盖数据来自中国科学院资源环境科学与数据中心(<http://www.resdc.cn/>)。区域 DEM 数据来自于 NASA 和 METI 于 2019 年发布的 ASTER GDEM V3 分幅数据(<https://urs.earthdata.nasa.gov/>),分辨率为 30 m。统计数据资料来源于《国家统计局关于粮食产量的公告》《全国农产品成本收益资料汇编》《中国统计年鉴》《北京统计年鉴》《天津统计年鉴》和《河北经济年鉴》。京津冀行政区划采用国家基础地理信息中心的 1:100 万

地理数据,本研究暂不考虑沿海地区填海造陆工程导致的行政区划变化。

### 2.2 生态系统服务价值评估

建设用地对于自然环境具有负面影响,因此本文在谢高地等<sup>[19-20]</sup>生态系统服务价值当量表的基础上,结合程飞等<sup>[21]</sup>对建设用地生态系统服务价值系数的赋值进行当量表参数的设定。进一步基于区域平均粮食单产及全国粮食价格计算得到京津冀地区一个生态系统服务的价值当量因子,构建京津冀地区生态系统服务的价值系数表(表 1)。得到 1995 年、2000 年、2005 年、2010 年、2015 年、2020 年京津冀地区各单项服务功能价值及区域生态系统服务价值,计算公式如下:

$$ESV = \sum_{m=1}^6 \sum_{n=1}^9 A_m E_{mn} \quad (1)$$

$$E_{mn} = F_{mn} \times E_a \quad (2)$$

式中:ESV 为区域所有生态系统服务提供的总价值(元); $A_m$ 为不同地类的占地面积( $\text{hm}^2$ ); $E_{mn}$ 为单位面积各种生态系统的服务价值( $\text{元}/\text{hm}^2$ ); $m$ 为 6 种(耕地、林地、草地、水域、城镇建设用地和未利用地)土地利用/覆盖类型; $n$ 为 9 种生态系统服务功能类型; $F_{mn}$ 为生态系统服务当量因子; $E_a$ 为区域 1 个生态系统服务当量因子的价值系数( $\text{元}/\text{hm}^2$ ),本文  $E_a = 1797.68 \text{ 元}/\text{hm}^2$ 。

表 1 区域生态系统服务价值系数

元/ $\text{hm}^2$

生态系统服务	耕地	林地	草地	水域	建设用地	未利用地
气体调节	883.05	6181.35	1412.88	0.00	—	0.00
气候调节	1571.83	4768.47	1589.49	812.41	—	0.00
水源涵养	1059.66	5651.52	1412.88	35993.12	-6678.00	52.98
土壤保持	2578.51	6887.79	3443.90	17.66	—	35.32
废物处理	2896.40	2313.591	2313.59	32107.70	-2174.10	17.66
生物多样性保护	1253.93	5757.486	1925.05	4397.59	—	600.47
食物生产	1766.10	176.61	529.83	176.61	—	17.66
原材料生产	176.61	4591.86	88.31	17.66	—	0.00
娱乐文化	17.66	2260.608	70.64	7664.87	214.00	17.66
总计	12203.75	38589.285	12786.56	81187.62	-8638.10	741.76

注:“—”代表未发现。

### 2.3 城镇扩张与生态建设信息提取

本文基于土地利用/覆盖变化情况来提取区域城镇扩张与生态建设信息<sup>[22]</sup>。结合京津冀城市群的特征,区域由城镇扩张带来的土地利用/覆盖变化主要包括:城镇建设占用其他地类、林地/草地转化为耕地;林地转化为草地、林地/草地转化为未利用地;由退耕还林还草、植树造林种草、防护林建设等生态建设工程导致的土地利用/覆盖变化主要表现为:耕地转化为林地/草地、草地/未利用地转化为林地、未利用地转化为草地。本文利用转移矩阵分析法描述各

地类之间的转化情况,并结合各地类单位面积生态系统服务价值系数,计算不同地类转化对单位面积生态系统服务价值影响系数。公式如下:

$$E_0 = E_{m1} - E_{m2} \quad (3)$$

式中: $E_0$ 为不同地类转化对单位面积生态系统服务价值影响系数; $E_{m1}$ 为转换后地类的单位面积生态系统服务价值; $E_{m2}$ 为转换前地类的单位面积生态系统服务价值。

### 2.4 城镇化与生态建设影响下的生态系统服务价值变化

计算区域城镇化或生态建设所导致的生态系统



服务价值变化量的总和,表征生态系统服务价值对城镇化与生态建设的响应。依据不同地类转化对单位面积生态系统服务价值影响系数(表 2),将城镇化( $E_o<0$  的地类变化)所改变的生态系统服务价值取绝对值,与生态建设( $E_o>0$  的地类变化)所改变的生态系统服务价值相加,得到区域生态系统服务价值受城镇化与生态建设影响所产生的变化量,公式如下:

$$ESV_h = \sum_{p=1}^5 E_{op} A_p - \sum_{n=1}^{10} E_{on} A_n \quad (4)$$

式中: $ESV_h$  为生态系统服务价值受城镇化与生态建设影响下发生变化的量; $A_p$  为某种生态建设所发生的地类转化面积( $p=1,2,\cdots,5$ ); $E_{op}$  为其所对应的  $E_o$  (元/hm<sup>2</sup>); $A_n$  为某种城镇扩张所发生的地类转化面积( $n=1,2,\cdots,10$ ); $E_{on}$  为其所对应的  $E_o$  (元/hm<sup>2</sup>)。

表 2 不同地类转化对单位面积生态系统服务价值影响系数

措施	地类转化	$E_o/(元 \cdot hm^{-2})$
城镇扩张	耕地→城镇建设用地	-20841.850
	林地→城镇建设用地	-47227.385
	草地→城镇建设用地	-21424.660
	水域→城镇建设用地	-89825.720
	未利用地→城镇建设用地	-9379.860
	林地→耕地	-26385.535
	草地→耕地	-582.810
	林地→草地	-25802.725
	林地→未利用地	-37847.525
	草地→未利用地	-12044.800
生态建设	耕地→林地	26385.535
	耕地→草地	582.810
	未利用地→林地	37847.525
	草地→林地	25802.725
	未利用地→草地	12044.800

2.5 生态系统服务价值变化的空间分析

依据京津冀城市群大小,用 10 km×10 km 网格将其划分形成 2 328 个单元网格,计算各单元网格 ESV 变化量并赋值于中心点,并对各单元网格的 ESV 变化值进行分级符号化展示。运用空间自相关 Moran  $I$  指数分析其空间分布的相关情况,Moran  $I>0$  ( $Z$ -Score $>2.58$ 且  $P$ -value $<0.1$ )表明生态系统服务价值在空间上呈正相关,且结果可靠。并采用 Getis-Ord  $G_i^*$  热点法分析区域各研究时段内生态系统服务价值变化量的空间变化聚集情况,并识别生态系统服务变化高值聚集区(热点)、变化低值聚集区(冷点)。

3 结果与分析

3.1 土地利用动态变化分析

由图 1 可知,1995—2020 年京津冀城市群土地

利用/覆盖变化明显。区域以耕地、林地、草地、城镇建设用地为主要土地利用类型,水域、未利用地面积占比小(二者面积占比总和 $<5\%$ )。其中耕地面积占比最大,主要分布于张家口市、保定市、沧州市,从 1995 年 47.3%上升至 2000 年的 50.8%,其后又下降至 2020 年的 46.4%。1995—2020 年存在 6 782.15 km<sup>2</sup>林地和 4 792.36 km<sup>2</sup>草地向耕地转化,但由于耕地被城镇建设用地大量占用,导致耕地占地面积在研究期内减少了 1 735.86 km<sup>2</sup>。耕地是城镇用地扩展占用的主要地类,城镇扩张最剧烈的时间段(2005—2010 年)有 8 081.52 km<sup>2</sup>的耕地被城镇建设用地占用。城镇建设用地呈明显扩张趋势,在 5 个研究时段内占地面积均增加,总增长率为 63.4%,是变化率最大的土地利用类型,主要分布于北京市、天津市、廊坊市、唐山市。研究期内城镇建设用地面积增长最大、增长率最高的城市分别是北京市(1 946.35 km<sup>2</sup>)、承德市(238.86%)。

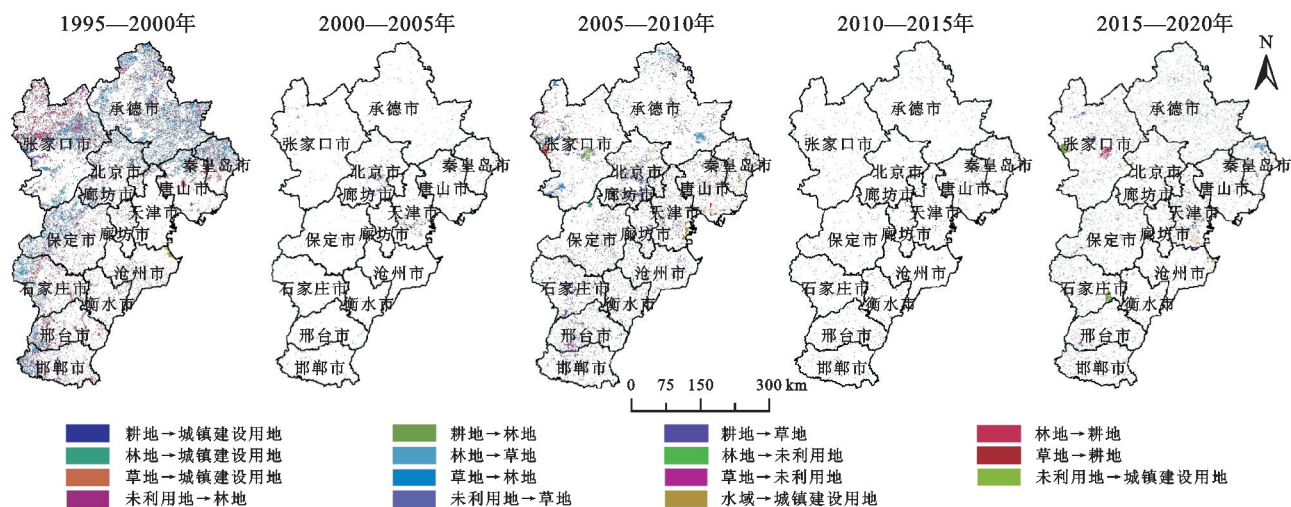
同期,林地总面积减少了 9 699.64 km<sup>2</sup>,是京津冀城市群变化面积最大的地类,主要分布于区域北部的承德市、张家口市、北京市。林地的减少主要是转化为耕地和草地,1995—2000 年发生 21 398.13 km<sup>2</sup>林地向耕地/草地的转化,是林地变化最剧烈的时间段,之后其减少幅度呈下降趋势。草地在 2000 年前后差异明显,1995—2000 年草地增加了 7 658.21 km<sup>2</sup>,草地的增量主要由林地的转化而来。2000—2020 年草地发生向其他地类转化导致占地面积持续减少,但下降幅度较小,减少了 1 314.32 km<sup>2</sup>。

3.2 区域生态系统服务价值变化情况

1995—2020 年区域生态系统服务总价值整体呈总体下降的先下降后上升趋势(图 2),从 1995 年的 4 245.89 亿元降至 2020 年的 3 729.58 亿元,在 1995—2000 年、2000—2005 年、2005—2010 年、2010—2015 年均下降,4 个时间段内总共下降了 623.43 亿元,1995—2000 年是变化率最大的时间段,为-8.9%;2000—2005 年生态系统服务价值下降速度明显放缓,下降了 45.57 亿元;在 2015—2020 年上升了 107.12 亿元,变化率为 3.0%。从各种土地利用/覆盖类型的生态系统服务价值变化情况来看,林地生态系统服务价值在研究期内变化最显著,下降了 542.07 亿元。1995—2000 年为林地生态系统服务价值下降最剧烈的时间段,下降了 590.523 亿元,而在 2000—2020 年的 4 个时间段内林地生态系统服务价值呈波动上升的趋势,上升了 48.45 亿元;耕地生态系统的服务价值量在 1995—2000 年先增加后 2000—2020 年下降,总体下降了 21.18 亿元;草地和水域是研究期内生态系统服务价值上升的两个地类;

分别增加了 82.05 亿元、51.43 亿元;建设用地面积不断增大导致生态系统服务价值逐年递减,整体下降了

85.66 亿元;未利用地由于占地面积基数小,生态系统服务价值量变化不明显。



注:基于标准地图服务系统下载的审图号 GS(2019)1822 号的标准地图制作,底图未做修改,下同。

图1 京津冀城市群 1995—2020 年土地利用/覆盖变化情况

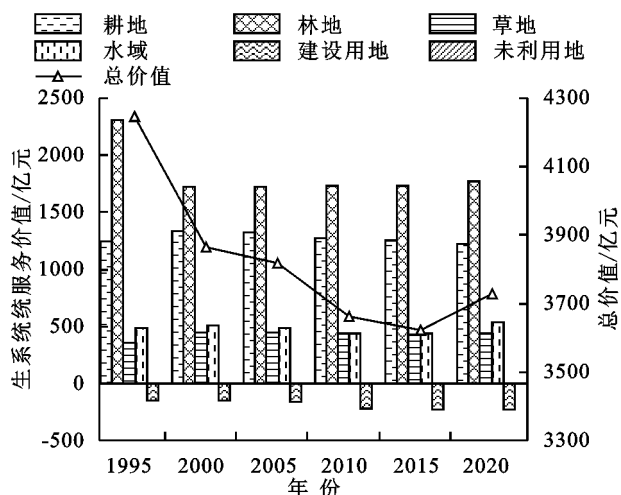


图2 不同土地利用类型的生态系统服务价值

### 3.3 受城镇化与生态建设影响的生态系统服务价值变化量

区域 1995—2020 年、1995—2000 年、2000—2005 年、2005—2010 年、2010—2015 年、2015—2020 年生态系统服务价值变化量的 Moran  $I$  指数分别为 0.58、0.61、0.23、0.44、0.12、0.25 ( $z > 2.58$  且  $p < 0.01$ )。1995—2000 年、2005—2010 年这两个时间段和整个研究期(1995—2020 年)的 Moran  $I$  指数较高,城镇化与生态建设共同作用下生态系统服务价值变化量与空间位置存在显著正相关。

京津冀城市群 1995—2020 年生态系统服务价值受城镇化与生态建设影响产生变化的总值为 1 149.74 亿元,变化值的空间分布差异明显。从整个研究期来看,由 1995—2020 年生态系统服务价值产生的变化量和冷热点分析(图 3)可知,单位面积生态系统服务价值变化高值(大于 70 万元)的区域聚集于城市群西部山区、承德

市、北京市、张家口市中部、天津市中部、唐山市北部、秦皇岛市,表示这些区域生态系统服务价值受城镇化与生态建设的干扰强度高;但生态系统服务价值变化高值聚集区(热点)主要集中于城市群西部山区、张家口中部、承德市北部和东部、秦皇岛市和天津市北部、天津市中部,而在北京市没有明显的生态系统服务价值变化高值聚集区。单位面积生态系统服务价值变化低值区和生态系统服务价值变化低值聚集区(冷点)主要分布于区域东南部、张家口市南部、唐山市南部,表明这些区域的生态系统服务价值受城镇化与生态建设干扰较弱。

从各时间段来看,由 1995—2000 年、2000—2005 年、2005—2010 年、2010—2015 年、2015—2020 年的生态系统服务价值变化量冷热点分布(图 4)可知,1995—2000 年城镇化与生态建设对单位面积生态系统服务价值变化量的影响最为剧烈,且高值聚集区(热点)主要分布于承德市,张家口市,北京市、保定市、石家庄市、邢台市和邯郸市西部地区区域西部、张家口市中部、承德市北部和东部、秦皇岛市北部;低值聚集区(冷点)主要分布于天津市、唐山市以及张家口市南部。2000—2005 年单位面积生态系统服务价值变化高值主要集中于北京市、天津市,其他地区也有零散分布的变化高值区。2005—2010 年单位面积生态系统服务价值变化高值区也较多,主要聚集于北京市,在区域北部的其他城市也有零散分布的变化高值聚集区。2010—2015 年没有明显生态系统服务价值变化高值聚集区,零散分布于北京市、廊坊市、天津市、秦皇岛市、唐山市、邢台市。2015—2020 年的生态系统服务价值所受影响也较大,变化高值区主要集中在分布于张家口市、秦皇岛市、天津市等地。



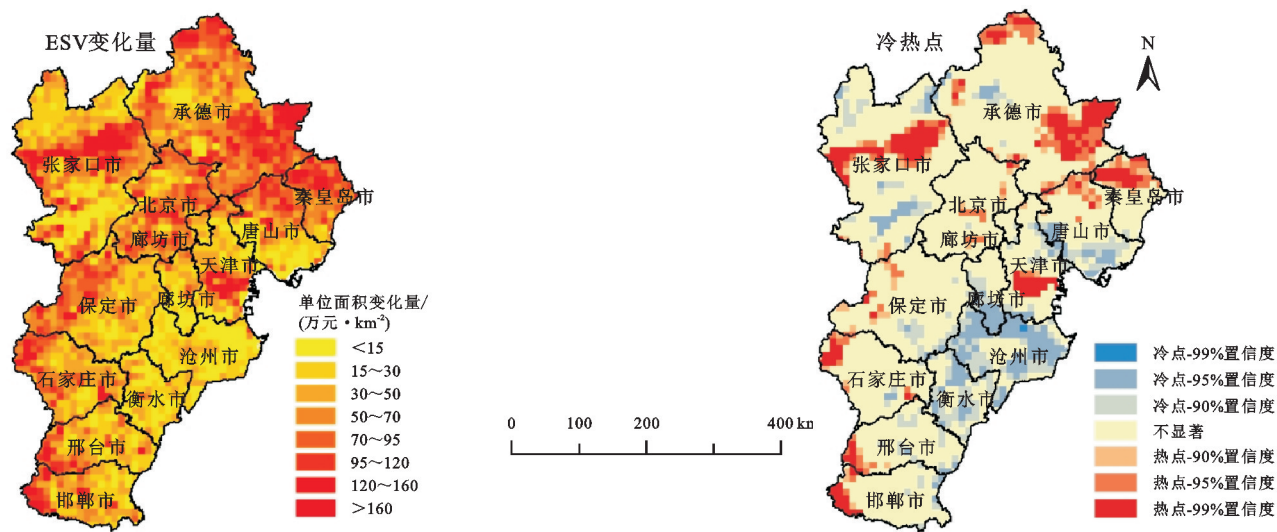


图 3 1995—2020 年生态系统服务价值变化量及冷热点

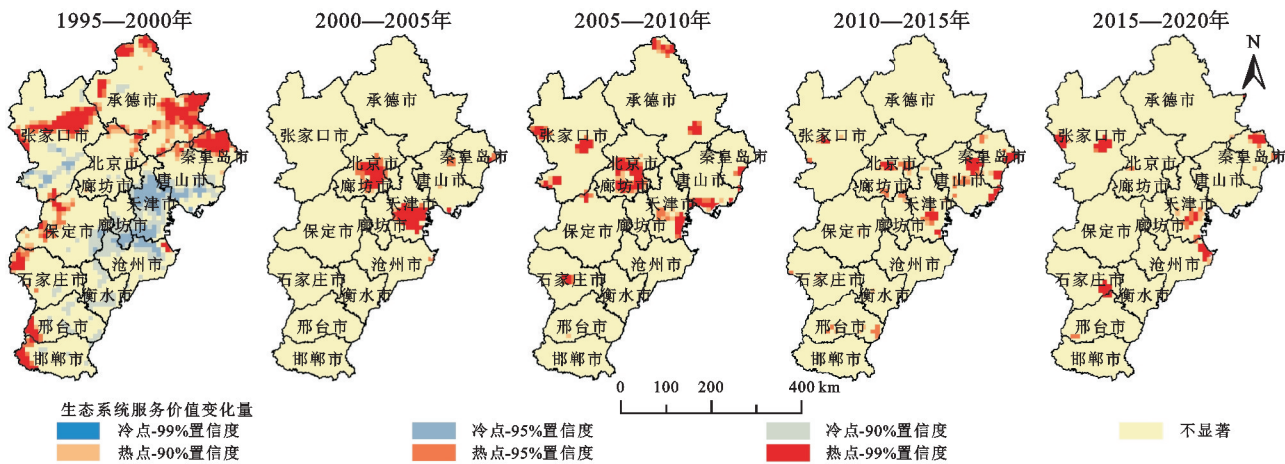


图 4 各时间段内 ESV 产生变化值的冷热点分布

4 讨论

4.1 城镇化与生态建设对土地利用/覆盖变化的影响

京津冀城市群是以首都为核心的世界级城市群，在北京的辐射带动作用 下，1995—2020 年经济、工业化发展迅猛，吸引大量人口和企业向此聚集，直接推动了城市群的城镇建设。城镇建设用地主要集中在北京市、天津市、廊坊市、唐山市等京津冀城市群内经济发展重点区域<sup>[23]</sup>。在 1995—2000 年、2000—2005 年、2005—2010 年、2010—2015 年以及 2015—2020 年城镇建设用地分别增加了 425.14、1 468.86、6 396.60、1 672.41、953.82 km<sup>2</sup>。城市群城镇化进程在 1995—2010 年先不断加快，2010 年之后增长速率减缓，呈“快—慢—缓慢”的扩张变化过程。快速城镇化导致资源消耗持续加剧，出现砍伐森林、放牧等行为，同时占用大量生态用地，带来了区域生态系统服务下降、生态风险升高、生态安全破坏等生态问题<sup>[24]</sup>。1995—2020 年京津冀城市群建设主要占用地类以耕地为主，占城镇扩张导致地类转化总面积的 78.1%。

城镇扩张也会对被占用地类的周边地类产生影响<sup>[25]</sup>，促使部分林地、草地向耕地的转化，1995—2020 年有 11 574.31 km<sup>2</sup>耕地由林地、草地转化而来。1995—2000 年耕地面积明显增加，但由于退耕还林还草工程(2001 年)和百万亩平原造林工程(2012 年)的实施，2000 年之后大量耕地转化为林地、草地。区域农业改革政策的内部结构调整也使耕地面积一定程度上的减少<sup>[26]</sup>。与此同时，京津冀地区实施了天然林保护工程(2001 年)、“三北”防护林建设第四期工程(2001 年)和全国野生动植物保护及自然保护区建设工程(2001 年)等生态建设工程项目，也促使了区域未利用地等其他地类转化为林地/草地、草地转化为林地。研究期内由各类生态建设工程项目的实施，共有 8 326.57 km<sup>2</sup>其他地类转化为林地、4 230.76 km<sup>2</sup>其他地类转化为草地。

4.2 城镇化与生态建设对生态系统服务价值的影响

城镇化与生态建设均对生态系统服务产生影响<sup>[27]</sup>，1995—2015 年京津冀城市群生态系统服务价值先下降了 623.43 亿元，2015—2020 年生态系统服务价

值上升了 107.12 亿元,区域生态环境明显好转,这与李魁明等<sup>[28]</sup>的研究一致。区域城镇扩张会导致生态系统服务的大量损失<sup>[29]</sup>,由表 4 可知,由城镇建设用地占用其他地类所导致的生态系统服务价值降低了 368.2 亿元,是生态系统服务价值下降的主要因素,这与 Zhang 等<sup>[14]</sup>的研究结果一致。研究表明,实施生态建设工程区域生态系统服务明显得到改善<sup>[30]</sup>。由表 3 发现京津冀城市群北部实施的退耕还林还草、防护林建设等生态建设工程带来的其他地类转化为林地/草地使区域生态系统服务价值上升了 225.67 亿元。1995—2020 年由生态建设导致京津冀城市群生态系统服务价值上升的量(225.67 亿元)不足以抵消城镇化导致区域生态系统服务价值下降的量(924.07 亿元)。

表 3 不同地类转化导致的生态系统服务价值变化量

措施	地类 转化	转化 面积/km <sup>2</sup>	ESV 变化量/ 亿元
城镇扩张	耕地→城镇建设用地	11106.14	231.47
	林地→城镇建设用地	1354.23	63.95
	草地→城镇建设用地	904.36	19.37
	水域→城镇建设用地	565.40	50.75
	未利用地→城镇建设用地	284.08	2.66
	林地→耕地	6782.12	178.95
	草地→耕地	4792.19	2.79
	林地→草地	14109.25	364.05
	林地→未利用地	78.64	2.95
	草地→未利用地	592.22	7.13
	耕地→林地	2184.02	57.63
	耕地→草地	3777.31	2.20
生态建设	未利用地→林地	158.25	5.98
	草地→林地	5984.30	154.40
	未利用地→草地	453.20	5.46

区域各城市城镇化程度和扩张因素受到城市规模及行政级别的影响<sup>[31]</sup>。2001 年全面启动的退耕还林还草工程使区域北部和太行山及燕山等山地区域受干扰程度高,生态系统服务价值显著增加。2004 年底,京津冀地区被选择作为“十一五”期间区域规划试点,开始发展区域经济,打造“京津冀都市圈”。2005—2010 年在《京津冀都市圈区域发展规划》的指导下,京津冀城市群生态系统服务价值发生明显改变。北京、天津两个直辖市近年来大力发展经济,城镇化、工业化程度高,虽然生态系统服务价值在生态建设的影响下 2015—2020 年有所增加,但整体上生态建设落后于城镇化建设。北京市 1995—2010 年经济高速发展、城镇扩展迅速,生态系统服务价值改变明显,主要表现为城镇建设用地占用其他地类所导致的生态系统服务价值降低;2010—2020 年北京市中心城区生态系统服务价值没有明显变化,生态系统服务价值变化主要发生于城区外及与廊坊市接壤地区的城镇扩张。2005 年滨海新

区被纳入国家整体发展战略,促进了天津市的工业化发展,与此同时出现的土地粗放利用现象、工业园区与城市边界无序扩张,造成当地耕地大量流失<sup>[32]</sup>,生态系统服务价值发生明显变化。

河北省与京津两市经济发展水平悬殊,城镇化程度相对较低。河北省会石家庄市、“钢铁大市”唐山市是区域的副中心城市,改革开放以来发展优势显著,城镇化进程明显,区域生态系统服务价值受城镇扩张影响较强。廊坊市北邻首都、东接天津,在京津冀协同发展、疏解北京非首都功能等政策的辐射作用下建设创新型城市,经济建设不断发展,生态系统服务价值受干扰程度较高。张家口和承德两市生态质量良好、自然资源丰富<sup>[33]</sup>、城镇化发展较慢,是区域的重点生态建设区,为北京提供“伞形”生态保护屏障,研究期内生态系统服务价值受生态建设影响而产生的变化值高。秦皇岛、衡水、邯郸、保定、邢台、沧州城镇化进程较缓、生态保护较好,受城镇化影响较弱,生态系统服务价值下降速度较为缓慢,应在保护现有良好生态环境的同时推进新型城市化建设,促进京津冀协同发展。

本研究基于区域生态系统服务价值的评估结果,结合城镇扩张与生态建设措施下的土地利用转化情况,较好地揭示了近 25 年来研究区生态系统服务价值的变化及空间分布情况,但本研究仍然存在着一些不足。例如,本文土地利用/覆盖数据来源于中国科学院资源环境科学与数据中心,精度大于 80%,Kappa 系数大于 0.8<sup>[34]</sup>,能够满足研究需求,但对评估生态系统服务价值结果的客观性存在一定的影响。

## 5 结论

本文基于土地利用/覆盖数据,在分析 1995—2020 年京津冀城市群城镇扩张与生态恢复的基础上,评估同期生态系统服务价值所产生的变化量,探究区域城镇化与生态建设对生态系统服务价值的影响。研究发现,1995—2020 年区域生态系统服务价值总体下降,但经历了先下降后上升的过程,2015—2020 年生态环境明显好转。城镇扩张所导致的城镇建设用地占用其他地类是使生态系统服务价值下降的主要因素,使区域生态系统价值降低了 368.2 亿元;生态建设使区域生态系统服务价值上升了 225.67 亿元。区域 1995—2020 年城镇扩张对生态系统服务价值的影响大于生态建设。城市群西部山区、承德市、北京市、张家口市中部、天津市中部、唐山市北部、秦皇岛市等地区的生态系统服务价值变化受干扰较强;区域东南部、张家口市南部、唐山市南部等地区的生态系统服务价值受干扰较弱。

### 参考文献:

- [1] 方创琳.京津冀城市群协同发展的理论基础与规律性分

- 析[J].地理科学进展,2017,36(1):15-24.
- [2] 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.
- [3] 楼梦醒,冯长春.京津冀地区城市建设用地变化及差异化驱动力研究[J].城市发展研究,2018,25(9):23-28,41.
- [4] 任宇飞,方创琳,蒯雪芹.中国东部沿海地区四大城市群生态效率评价[J].地理学报,2017,72(11):2047-2063.
- [5] 陈利顶,周伟奇,韩立建,等.京津冀城市群地区生态安全格局构建与保障对策[J].生态学报,2016,36(22):7125-7129.
- [6] 李平星,樊杰.区域尺度城镇扩张的情景模拟与生态效应:以广西西江经济带为例[J].生态学报,2014,34(24):7376-7384.
- [7] 张理茜,蔡建明,王妍.城市化与生态环境响应研究综述[J].生态环境学报,2010,19(1):244-252.
- [8] 王大尚,郑华,欧阳志云.生态系统服务供给、消费与人类福祉的关系[J].应用生态学报,2013,24(6):1747-1753.
- [9] Costanza R, d'Arge R, De Groot R, et al. The value of the world's ecosystem services and natural capital[J]. *Nature*, 1997,387(6630):253-260.
- [10] 巩杰,徐彩仙,燕玲玲,等.1997—2018年生态系统服务研究热点变化与动向[J].应用生态学报,2019,30(10):3265-3276.
- [11] Costanza R, De Groot R, Sutton P, et al. Changes in the global value of ecosystem services[J]. *Global Environmental Change*, 2014,26:152-158.
- [12] Su K, Wei D, Lin W. Evaluation of ecosystem services value and its implications for policy making in China: A case study of Fujian Province[J]. *Ecological Indicators*, 2020,108:105752.
- [13] Vitousek P M, Mooney H A, Lubchenco J, et al. Human domination of Earth's ecosystems[J]. *Science*, 1997,277:494-499.
- [14] Zhang D, Huang Q, He C, et al. Impacts of urban expansion on ecosystem services in the Beijing-Tianjin-Hebei urban agglomeration, China: A scenario analysis based on the Shared Socioeconomic Pathways[J]. *Resources, Conservation and Recycling*, 2017,125:115-130.
- [15] Wang H, Bao C. Scenario modeling of ecological security index using system dynamics in Beijing-Tianjin-Hebei urban agglomeration[J]. *Ecological Indicators*, 2021,125:107613.
- [16] 唐秀美,刘玉,任艳敏,等.基于需求的京津冀地区生态系统服务价值时空变化研究[J].北京大学学报:自然科学版,2021,57(1):173-180.
- [17] Guo X M, Fang C L, Mu X F, et al. Coupling and coordination analysis of urbanization and ecosystem service value in Beijing-Tianjin-Hebei urban agglomeration[J]. *Ecological Indicators*, 2022,137:108782.
- [18] 汪东川,孙志超,孙然好,等.京津冀城市群生态系统服务价值的时空动态演变[J].生态环境学报,2019,28(7):1285-1296.
- [19] 谢高地,鲁春霞,冷允法,等.青藏高原生态资产的价值评估[J].自然资源学报,2003,18(2):189-196.
- [20] 谢高地,张彩霞,张雷明,等.基于单位面积价值当量因子的生态系统服务价值化方法改进[J].自然资源学报,2015,30(8):1243-1254.
- [21] 程飞,杨朝现,梁永莉,等.西南丘陵山区土地利用变化对生态系统服务价值的影响[J].国土资源科技管理,2013,30(4):34-40.
- [22] 刘纪远,宁佳,匡文慧,等.2010—2015年中国土地利用变化的时空格局与新特征[J].地理学报,2018,73(5):789-802.
- [23] 李进涛,刘彦随,杨园园,等.1985—2015年京津冀地区城市建设用地时空演变特征及驱动因素研究[J].地理研究,2018,37(1):37-52.
- [24] 陈利顶,周伟奇,韩立建,等.京津冀城市群地区生态安全格局构建与保障对策[J].生态学报,2016,36(22):7125-7129.
- [25] 李琛,吴映梅,高彬斌.滇中城市群城镇化与资源环境承载力耦合协调研究[J].水土保持研究,2022,29(2):389-397.
- [26] 朱振亚,陈丽华,姜德文,等.京津冀地区生态服务价值与社会经济重心演变特征及耦合关系[J].林业科学,2017,53(6):118-126.
- [27] Zhang Z, Xia F, Yang D, et al. Spatiotemporal characteristics in ecosystem service value and its interaction with human activities in Xinjiang, China[J]. *Ecological Indicators*, 2020,110:105826.
- [28] 李魁明,王晓燕,姚罗兰,等.京津冀地区生态系统服务价值时空变化及驱动因子分析[J].环境工程技术学报,2022,12(4):1114-1122.
- [29] Haas J, Ban Y. Urban growth and environmental impacts in Jing-Jin-Ji, the Yangtze, River Delta and the Pearl River Delta[J]. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 2014,30:42-55.
- [30] Jia X, Fu B, Feng X, et al. The tradeoff and synergy between ecosystem services in the Grain-for-Green areas in Northern Shaanxi, China [J]. *Ecological Indicators*, 2014,43:103-113.
- [31] 危小建,赵莉,程朋根,等.中国土地利用与生态服务价值空间动态研究:以地级及以上城市为例[J].水土保持研究,2022,29(4):370-376.
- [32] 盛晓雯,曹银贵,周伟,等.京津冀地区土地利用变化对生态系统服务价值的影响[J].中国农业资源与区划,2018,39(6):79-86.
- [33] 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.
- [34] 汤佳,胡希军,韦宝婧,等.基于 FLUS 模型的流域土地利用变化预测及水文响应评估[J].长江科学院院报,2022,39(4):63-69.