

近 10 a 京津冀地区生态服务功能变化

徐志涛^{1,2}, 陈鹏飞^{2,3}, 周世健⁴

(1. 东华理工大学, 测绘工程学院, 江西 南昌 330013; 2. 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;

3. 白洋淀流域生态保护与京津冀可持续发展协同创新中心, 河北 保定 071002; 4. 南昌航空大学, 江西 南昌 330063)

摘要: [目的] 分析近年京津冀地区生态服务功能变化, 为规划实施差异化生态修复和保育工程, 建立生态补偿机制提供参考。[方法] 以土地覆被变化为切入点, 采用土地覆被转移矩阵分析、主导程度分析、叠合度分析等方法研究 2005—2015 年京津冀地区土地覆被变化情况, 并分析研究区生态服务价值变化及其主导因素。[结果] ①2015 年京津冀地区生态服务总价值相较 2005 年有所提升, 生态环境明显改善。②生态服务高值区集中分布在林草集中的燕山—太行山生态涵养区和湿地水体相对集中的海岸海域生态防护区, 它们是京津冀地区生态服务功能主要供给区。③生态服务功能变化的主导土地覆被转换类型为: 草地转变为林地、耕地转变为林地、耕地转变为草地, 主导因素为生态政策因素。[结论] 2005—2015 年京津冀地区生态环境质量呈改善趋势。

关键词: 生态服务功能; 京津冀; 生态政策

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2018)05-0220-07

中图分类号: P237, X87

文献参数: 徐志涛, 陈鹏飞, 周世健. 近 10 a 京津冀地区生态服务功能变化[J]. 水土保持通报, 2018, 38(5):220-226. DOI:10.13961/j.cnki.stbctb.2018.05.035. Xu Zhitao, Chen Pengfei, Zhou Shijian. Change of ecological service in Beijing-Tianjin-Hebei region in recent 10 years[J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2018, 38(5):220-226.

Change of Ecological Service in Beijing-Tianjin-Hebei Region in Recent 10 Years

XU Zhitao^{1,2}, CHEN Pengfei^{2,3}, ZHOU Shijian⁴

(1. Faculty of Geomatics, East China University of Technology, Nanchang, Jiangxi 330013, China;

2. State Key Lab of Resources and Environment Information System, Institute of Geographic Science and Natural Resources Research, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China; 3. Collaborative

Innovation Center for Ecological Protection of Baiyangdian Watershed and Sustainable Development of Beijing,

Tianjing and Hebei, Baoding, Hebei 071002, China; 4. Nanchang Hangkong University, Nanchang, Jiangxi 330036, China)

Abstract: [Objective] To study the changes of ecosystem services in Beijing-Tianjin-Hebei Region in recent years, in order to provide suggestions for developing projects of ecological restoration and conservation and designing ecological compensation mechanisms. [Methods] Changes of land coverage were recorded and analyzed in Beijing-Tianjin-Hebei region during 2005—2015 using land cover transfer matrix analysis, leading level analysis and coverage degree analysis. The ecological service change and its driving factors were analyzed. [Results] ① In 2015, the ecological service increased compared with that in 2005, and the ecological environment was improved significantly. ② The regions with high ecological services values were mainly distributed in Yanshan-Taihangshan ecological conservation area (mainly trees and grass) and coastal ecological protection area (mainly wetland and water). Consequently, these areas were identified as the main ecological service supply areas in Beijing-Tianjin-Hebei region. ③ The dominant types of land cover conversion were (causing changes in ecosystem services) from grass land to forest lands, from arable land to forest lands, and from arable land to grass lands. The major driving factor was the ecological policy. [Conclusion]

收稿日期: 2018-03-23

修回日期: 2018-04-20

资助项目: 国家科技基础性工作专项“黄土高原生态系统与环境变化考察”(2014FY210100, 2014FY210150); 资源与环境信息系统国家重点实验室自主部署项目“星—空—地多源碳排放监测数据的融合同化和系统集成研究”(O8R8B670YA)

第一作者: 徐志涛(1993—), 男(汉族), 江西省抚州市人, 硕士研究生, 研究方向为摄影测量与遥感。E-mail: hello-xuzhitao@qq.com.

通讯作者: 陈鹏飞(1982—), 男(汉族), 河南省许昌市人, 博士, 副研究员, 主要从事遥感应用研究。E-mail: pengfeichen@igsrr.ac.cn.

The quality of the ecological environment is gradually improving in the Beijing-Tianjin-Hebei region during 2005—2015.

Keywords: ecological services; Beijing-Tianjin-Hebei region; ecological policy

生态系统服务功能是指人类从生态系统获得的所有惠益,包括供给服务(如提供食物和水)、调节服务(如控制洪水和疾病)、文化服务(如精神、娱乐和文化收益)以及支持服务(如维持地球生命生存环境的养分循环)^[1-3]。研究生态系统服务功能的变化及其影响因素,对合理利用自然资源,支撑区域可持续发展政策的制定具有重要意义。生态系统服务功能的变化受自然要素和人为活动的综合影响,且随着人类科技水平的日益提高,人为活动的影响愈来愈起主导作用。人类活动作用于生态系统最直接的方式就是改变土地利用方式。自 20 世纪 70 年代末改革开放以来,由于社会、经济、技术和制度的影响,中国土地覆被状况发生了很大变化^[4]。京津冀首都经济圈城市密集,经济发展活跃,被视为继长三角、珠三角之后第 3 个最具活力的城市群^[5]。与此同时,人文活动对自然生态系统的干扰强度大,土地覆被状况变化显著。土地覆被状况的改变,必将引起生态服务功能的改变^[6-8],从而影响人们的生产和生活环境。

针对区域生态服务功能变化,学者们开展了大量研究^[9-13]。刘金龙等^[14]在定义生态系统服务脆弱性的基础上,计算了 2001—2009 年京津冀地区的生态系统服务价值,利用土地利用/覆被数据和生态服务价值数据进行脆弱性分析;孙文博等^[15]基于 1990—2010 年京津冀地区不同生态系统类型面积数据计算京津冀生态服务价值,并利用生态系统服务价值和 GDP 数据对比分析了北京、天津、河北的生态系统服务利用效率及其变化规律;张彪等^[16]利用 2010 年土地覆被数据分析了首都生态圈的生态服务价值空间分布特征;李超等^[17]利用 1996, 2001, 2006, 2011 年 4 期土地覆被数据在动态度和相对变化率两方面对环京津地区土地生态服务价值时空分异特征进行了分析。上述研究分析了京津冀地区的生态服务价值,为区域发展方针制定提供了很好的参考。但是它们在涉及土地覆被变化对生态服务价值影响方面的研究不足,并且缺乏 2010 年之后生态服务变化分析,而这些年该区域生态环境与经济建设不断发生着变化。

本文拟通过研究近 10 a 京津冀地区土地覆被变化影响下的生态服务价值变化,分析该区域生态服务功能变化的主导土地覆被转换类型及主导因素,以期为规划实施差异化生态修复和保育工程、建立生态补偿机制提供参考。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

京津冀地区位于黄河下游以北,地处东经 113°09′—119°53′,北纬 36°04′—42°37′。包含北京、天津、河北 3 个省市,面积约为 $2.16 \times 10^5 \text{ km}^2$ 。地势由西北向东南逐渐倾斜,西北部多为高原、山地、丘陵,东南部以及中部为平原^[18]。分布较广且面积较大的土壤类型主要有褐土、潮土和棕壤,该区域为典型的温带半湿润半干旱大陆性季风气候,年均降雨量约为 507 mm,分布较广的植被类型为草地、常绿针叶林和落叶阔叶林。坝上地区年均气温在 1.8~7.0℃,中南大部都在 11.2~13.9℃^[19-20]。

1.2 数据收集与制作

本文收集的数据分为遥感数据和社会经济数据两大部分。其中遥感数据作为基础数据源,用于影像解译,获取土地覆被数据。社会经济数据的作用在于计算京津冀地区生态服务价值当量因子表以及单位当量因子价值。

1.2.1 土地覆被数据 本研究根据需要制作了 2005 和 2015 年京津冀地区的土地覆被数据,所用分类体系如表 1 所示。采用的数据源为 30 分辨率 TM/OLI 遥感影像,采用的分类方法是人机交互解译。解译后,基于 2015 年地面调查数据和 Google Earth 高分辨率影像对计算结果进行精度评价。

表 1 京津冀地区土地覆被分类体系

一级类型	二级类型
林地	常绿针叶林、落叶阔叶林、落叶针叶林、针阔混交林、灌丛
草地	草丛、草原
耕地	水田、旱地
建设用地	农村居民地、城镇建设用地、工矿用地、交通用地
湿地	河湖滩地、沼泽、近海湿地
水体	内陆水体
未利用地	裸岩、裸地

1.2.2 社会经济数据 依据对生态服务价值模型修正需要,参考 2005 和 2015 年《河北省农村统计年鉴》《北京统计年鉴》《天津统计年鉴》,收集京津冀地区研究始末的主要粮食种植面积、粮食产量;通过中华粮网收集 2005 和 2015 年小麦、玉米的全国均价。此外,还收集了政府部门发布的相关经济政策、生态政策等信息,以分析引起生态服务价值等变化的驱动力。

1.3 研究方法

由于土地覆被变化是引起京津冀近 10 a 生态服务价值变化的主导因素,因此本研究先分析了研究区土地覆被变化情况及成因,再分析生态服务功能的变化,最后将生态服务功能变化与土地覆被变化相联系确定引起生态服务功能变化的主导因素。

1.3.1 土地覆被变化分析 基于两期土地覆被数据,开展对比分析、土地类型转移矩阵^[21]分析公式(1),定量分析京津冀地区土地覆被变化情况及驱动力,随后开展土地覆被变化叠合度分析^[22]公式(2)揭示该区域土地覆被类型变化剧烈程度,并开展土地覆被变化主导程度分析^[22]公式(3)其目的在于揭示该地区土地覆被转换方式的主要类型^[23],最终服务于分析生态服务价值变化的主要因子。

$$Z = \begin{bmatrix} Z_{11} & \cdots & Z_{1m} \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ Z_{m1} & \cdots & Z_{mm} \end{bmatrix} \quad (1)$$

式中: Z_{ab} ——研究期始末土地覆被类型 a 变化为类型 b 的面积(km^2); m ——研究区土地覆被一级类数量,本文 $m=7$ 。

$$H = A/M \times 100\% \quad (2)$$

式中: H ——土地覆被变化叠合度(hm^2); M ——研究区土地总面积(hm^2); A ——所有土地覆被转换方式转化面积总和(hm^2)。

$$D_i = A_i/A \times 100\% \quad (3)$$

式中: D_i ——第 i 种土地覆被转换方式在所有土地覆被转换方式中的主导程度; A_i ——第 i 类转换方式的转化面积(hm^2)。

1.3.2 生态服务功能评价 20 世纪 90 年代末 Costanza 等^[9]在生态系统服务价值评估方法的研究中取得突破性进展,提出了全球生态服务价值模型。谢高地等^[24]在 Costanza 的基础上改进得到适用于中国的生态服务价值当量表。由于生态系统及其服务类型的空间异质性,区域尺度的研究存在一定误差,因此本研究采用“以农田为基准地区修正法”^[25]公式

(4)和(5)对谢高地的生态服务价值模型进行修正,得到适用于京津冀地区的生态系统单位面积生态服务价值(表 2),并采用“敏感性指数”^[26]公式(6)检验模型修正的合理性。最后,利用公式(7)和(8)计算每一类生态服务功能价值和生态系统服务总价值。

$$W = \frac{1}{7} \sum_{k=1}^e \frac{o_k p_k q_k}{N} \quad (k=1,2,\dots,e) \quad (4)$$

式中: W ——单位当量因子价值($\text{元}/\text{hm}^2$); e ——研究区主要粮食作物种类,本文研究区主要粮食作物为玉米和小麦; N ——粮食种植总面积(hm^2); o_k 、 p_k 和 q_k ——研究区第 k 类粮食种植面积(hm^2)、均价(元)和单产(kg/hm^2)(选用 2005,2015 年数据取平均)。

$$C_j = B/B_1 \times C_{0j} \quad (j=1,2,\dots,m) \quad (5)$$

式中: C_j ——第 j 种土地覆被类型修正后的生态服务价值当量; B ——研究区粮食单产; B_1 ——全国平均粮食单产(2005,2015 年数据区平均); C_{0j} ——第 j 种土地覆被类型在中国生态服务价值当量表^[25]中的数值。

$$MZ_j = \left| \frac{(ZJ_{jh} - ZJ_{jq})/ZJ_{jq}}{(DJ_{jh} - DJ_{jq})/DJ_{jq}} \right| \quad (6)$$

式中: MZ_j ——第 j 类土地覆被类型敏感性指数; DJ_{jh} 、 ZJ_{jh} ——第 j 类土地覆被类型单位面积生态服务价值调整后的价值和研究区生态服务总价值(参照 Kreuter 等^[27]研究选用 50%作为敏感性分析时参数调整幅度); DJ_{jq} 、 ZJ_{jq} ——未调整时第 j 类土地覆被类型单位面积生态服务价值和研究区生态服务总价值。

$$J_f = \sum_{j=1}^c (S_j \times J_{jf}) \quad (7)$$

式中: J_f ——第 f 种生态服务功能类型的价值($\text{元}/\text{hm}^2$); c ——生态服务功能类型数量; S_j ——第 j 种土地覆被类型面积(hm^2); J_{jf} ——第 j 种土地覆被类型对应的第 f 种生态服务功能单位面积价值($\text{元}/\text{hm}^2$)。

$$J = \sum_{f=1}^d J_f \quad (8)$$

式中: J ——研究区生态服务总价值($\text{元}/\text{hm}^2$); d ——生态服务功能类型的数量。

表 2 京津冀地区生态系统单位面积生态服务价值

元/ hm^2

功能类型	森林	草地	耕地	湿地	水体	未利用地
食物生产	459.67	598.96	1 392.94	501.46	738.26	27.86
原材料生产	4 150.95	501.46	543.24	334.30	487.53	55.72
气体调节	6 017.48	2 089.40	1 002.91	3 356.97	710.40	83.58
气候调节	5 669.25	2 172.98	1 351.15	18 874.27	2 869.45	181.08
水文调节	5 697.11	2 117.26	1 072.56	18 721.05	26 145.40	97.51
废物处理	2 395.85	1 838.67	1 936.18	20 058.27	20 685.09	362.16
保持土壤	5 599.60	3 120.18	2 047.62	2 771.94	2 771.94	236.80
维持生物多样性	6 282.14	2 604.79	1 420.79	5 139.93	5 139.93	557.17
提供美学景观	2 897.31	1 211.85	236.80	6 532.87	6 532.87	334.30

2 结果与分析

2.1 京津冀土地覆被变化分析

2.1.1 土地覆被数据精度验证 由于 2005 年的 Google 影像以及实地数据缺失,并且 2005 和 2015 年两期影像采用同样方法制作,所以在验证土地覆被数据精度时仅对 2015 年解译数据进行精度验证。基于地面采集验证样点(299 个)和从谷歌影像选取的验证样点(293 个)对 2015 年土地覆被分类结果进行验证 Kappa 系数和总体分类精度分别为 0.76,

80.47%,精度满足本文研究需要。

2.1.2 土地覆被时空变化及驱动力分析 利用土地覆被转移矩阵和 ArcGIS 叠置分析功能分析研究区土地覆被变化,得到 2005—2015 年京津冀地区土地覆被类转换关系如表 3 所示。结合京津冀生态环境支撑区区划(图 1)^[28],分析得到 2005—2015 年京津冀地区 5 大分区土地覆被变化情况如表 3 所示。通过研究表明,2005—2015 京津冀地区土地覆被变化显著,且具有明显的时空特征(图 2,表 3 和表 4)。

表 3 2005—2015 年京津冀地区土地覆被转移矩阵

年份	土地覆被类型	2015 年面积							总计
		草地	耕地	建设用地	林地	湿地	水体	未利用地	
2005 年 面积	草地	8 982.83	6 844.69	270.85	23 242.11	112.64	182.41	30.67	39 666.18
	耕地	1 803.63	88 378.75	7 044.27	11 362.36	108.16	383.36	9.95	109 090.49
	建设用地	48.72	40.62	13 256.97	187.74	6.32	74.39	1.61	13 616.38
	林地	1 396.96	2 501.70	210.90	40 911.37	7.41	79.04	2.26	45 109.64
	湿地	616.34	379.26	151.50	295.99	485.25	312.29	1.81	2 242.44
	水体	66.41	399.48	325.69	193.78	38.88	3 660.29	0.14	4 684.68
	未利用地	101.43	454.68	24.70	192.02	13.89	8.43	0.00	795.15
	总计	13 016.34	98 999.19	21 284.88	76 385.37	772.54	4 700.20	46.45	215 204.97

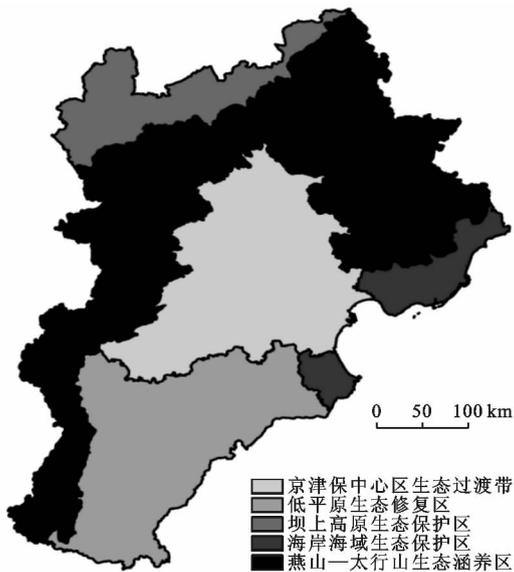


图 1 京津冀地区生态环境支撑区划

(1) 林地、水体、建设用地面积均有增加。在 2005—2015 年期间,林地面积增加量最大,面积从 45 109.64 km² 增加至 76 385.37 km²,增幅高达 69.33%,年均增加量为 3 127.57 km²,主要受草地—林地、耕地—林地相互转化的影响,且其变化 91.97% 集中在燕山—太行山生态涵养区。林地面积变化主要受到政策因素的影响:20 世纪 80 年代以来,京津冀地区广泛开展山水林田湖生态修复,实施绿色攻坚

工程,持续开展“太行山绿化”、“三北防护林”,沿海防护林,京津风沙源治理、退耕还林等生态建设工程,促使林地面积快速增加^[29]。水体面积略有增加,其变化受到耕地—水体、湿地—水体、水体—湿地、水体—建设用地相互转化的影响。水体面积从 4 684.68 km² 增加至 4 700.20 km²,增幅为 0.33%,年均增加量为 1.55 km²,其面积增减大都集中在海岸海域生态防护区、燕山—太行山生态涵养区和京津保中心区生态过渡带地区。水体面积受到积极的政策因素和消极的经济人口因素的双重影响:白洋淀和衡水湖生态环境治理工程、“南水北调”工程、引黄入冀补淀工程的实施促使京津冀可用水资源增加,但工业化、城镇化进程消耗了大量的水资源。建设用地增加,主要由耕地转化而来。建设用地面积从 13 616.38 km² 增加至 21 284.88 km²,增幅为 56.32%,年均增加量为 766.85 km²,其变化 71.77% 集中在京津保地区和低平原地区的城市周边。建设用地面积变化主要受京津冀经济发展和城镇化建设的影响:区域经济发展促使交通用地、工矿用地增加,而城镇化建设工作的稳步推进促使城镇建设用地增加。

(2) 草地、未利用地、耕地、湿地面积减少。草地面积减少量最大,主要转化为林地、耕地,其转换面积分别为 23 242.11,6 844.69 km²。面积从 39 666.18 km² 减少至 13 016.34 km²,减幅为 67.19%,年均减

少量为 2 664.98 km²。其面积变化 88.80%集中在燕山—太行山生态涵养区。草地面积变化主要受到政策因素和经济因素的双重影响:农民为了获得更大的经济效益而大面积开垦草地,种植经济作物;植树造林等生态工程将大量草地转化为林地。未利用地面积减少,主要转化为耕地和林地。面积从 795.15 km² 减少至 46.45 km²,减幅高达 94.16%,年均减少量为 74.87 km²,其变化无明显区域性特征。未利用地面积变化受到了人口、经济、政策因素的多重影响:随着人口的增加,人地矛盾加剧,再加上经济的刺激、生态工程的建设都促进了未利用地的开发利用。耕地面积减少,主要转化为林地、建设用地、草地,转换面积分别为 11 362.36,7 044.27,1 803.63 km²。耕地面积从 109 090.49 km² 减少至 98 999.19 km²,减幅为 9.25%,年均减少量为 1 009.13 km²,其减少主要集中在京津保和低平原的城乡周边以及燕山—太行山生态涵养区。耕地面积减少主要受到退耕还林还草工程和城镇化建设的影响。湿地面积减少,主要转化为草地、耕地、水体、林地,转换面积分别为 616.34,379.26,312.29,295.99 km²。湿地面积从 2 242.44 km² 减少至 772.54 km²,减幅高达 65.55%,年均减少量为 146.99 km²,其变化主要集中在坝上高原、燕山—太行山和海岸海域地区。湿地面积减少主要是受人口、经济因素影响:随着人口持

续增长和经济发展(尤其是环渤海地区),水资源承载力增加,上游水库数量增加、超采地下水以及不合理使用水资源等加剧了海河流域的水资源短缺;受经济利益驱使人为对湿地开垦与改造(燕山—太行山),成为湿地面积减少甚至消失的主要原因^[30]。

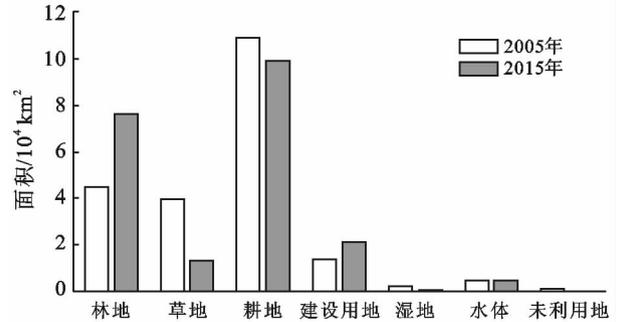


图 2 2005、2015 年京津冀各土地覆被类型面积

利用土地覆被变化叠合度分析研究区 2005—2015 年土地覆被类型变化剧烈程度。结果显示京津冀地区的土地覆被变化叠合度高达 27.66%,土地覆被类型变化剧烈;再利用主导程度公式分析主要的土地覆被转换方式,按主导程度大小依次排序取前 6 个分别为:草地转化为林地、耕地转化为林地、耕地转化为建设用地、草地转化为耕地、林地转化为耕地、耕地转化为草地,其大小分别为:39.04%,19.09%,11.83%,11.50%,4.20%,3.03%,合计高达 88.69%。

表 4 2005—2015 年京津冀 5 大分区土地覆被变化面积

土地覆被变化面积	坝上高原生态防护区	海岸海域生态防护区	京津保中心区生态过渡带	低平原生态修复区	燕山—太行山生态涵养区	面积合计
草地	-483.04	-288.75	-1 834.18	-318.65	-23 664.22	-26 588.84
耕地	-303.30	-298.81	-1 507.79	-2 209.89	-5 775.99	-10 095.78
建设用地	101.80	688.34	3 139.59	2 364.41	1 359.61	7 653.75
林地	1 587.09	216.47	553.41	103.17	28 765.36	31 225.50
湿地	-748.26	-236.04	-180.65	16.17	-314.87	-1 463.65
水体	-27.68	84.29	-160.33	47.23	70.96	14.47
未利用地	-126.61	-165.50	-10.06	-2.44	-440.86	-745.47

2.2 京津冀生态服务价值评价

2.2.1 生态服务评价敏感性分析 京津冀地区单位面积土地覆被类型生态服务评价敏感性分析如表 5 所示。

表 5 京津冀地区单位面积土地覆被类型生态服务评价敏感性分析

土地覆被类型	生态服务评价敏感性指数	
	2005 年	2015 年
林地	0.43	0.64
草地	0.16	0.05
耕地	0.29	0.23
湿地	0.04	0.01
水体	0.08	0.07
未利用地	0.00	0.00

如前所述敏感性分析时,当各地类所有年份的敏感性指数均小于 1,则认为修正后的单位面积生态系统生态服务价值是合理的。从表 5 可以看出,京津冀地区生态服务价值修正合理,研究结果可靠。

2.2.2 生态服务价值变化分析 从表 6 可以看出 2005—2015 年京津冀地区总体生态服务价值由 2005 年的 4 094.35 亿元增长为 2015 年的 4 662.58 亿元,涨幅约为 13.89%。总体表明京津冀地区生态环境质量稍有改善。从各单项生态服务价值看,它们有增有减:食物生产、废物处理功能生态服务价值减少,其余功能均呈现增加趋势。其中,食物生产、废物处理的减少较小,年均减少 2 亿元左右,变化率分别为

10.01%和 4.40%；气体调节功能的增加最大，从 2005 年的 474.66 亿元增加为 2015 年的 592.07 亿元，年均变化高达 11.74 亿元，变化率为 26.24%；原材料生产、维持土壤多样性增加量次之，年均变化均在 11 亿元左右，变化率分别为 40.87%和 19.42%；水文调节、气候调节和保持土壤功能变化适中，年均变化依次为 8.37、7.79 和 6.71 亿元，变化率分别为 14.45%、15.20%、11.85%；提供美学景观功能生态服务价值增加量最少，由 2005 年的 250.12 亿元增加到 2015 年的 296.30 亿元，年均变化 4.62 亿元，变化率为 20.92%。

表 6 2005—2015 年京津冀地区各单项生态服务价值

生态服务功能	2005 年		2015 年	
	生态服务价值/亿元	占总价值比例/%	生态服务价值/亿元	占总价值比例/%
食物生产	201.06	4.91	184.67	3.96
原材料生产	269.48	6.58	379.93	8.15
气体调节	474.66	11.59	592.07	12.70
气候调节	545.24	13.32	623.17	13.37
水文调节	622.53	15.20	706.27	15.15
废物处理	534.40	13.05	511.36	10.97
保持土壤	619.13	15.12	686.23	14.72
维持生物多样性	577.75	14.11	682.58	14.64
提供美学景观	250.12	6.11	296.30	6.35
合计	4 094.35	100.00	4 662.58	100.00

2.2.3 生态服务价值主导因素分析 京津冀地区土地覆被变化对生态服务价值的影响如表 7 所示。其中：①林地面积增长最多，同时也带来了最多的生态服务价值增长，由 2005 年的 1 766.91 亿元增加到 2015 年的 2 991.96 亿元，年均增加 122.51 亿元，累计涨幅为 69.33%，对总体生态服务价值影响最大；②水体面积增长最小，相应带来的生态服务价值变化最小，年均增加仅有 0.10 亿元，累计涨幅不足 0.34%；③草地面积减少最多，导致相应的生态服务价值呈减

小趋势且减少量最大，由 2005 年的 644.80 亿元减少为 2015 年的 211.59 亿元，年均减少 43.32 亿元，累计跌幅为 67.19%；④耕地面积减少量次之，耕地生态服务价值年均减少 11.11 亿元，累计跌幅为 9.25%；⑤湿地面积减少导致的湿地生态服务价值变化较为剧烈，年均减少 11.21 亿元，累计跌幅为 65.55%；⑥未利用地面积减少最小，其带来了年均 1.45 亿元生态服务价值减少量，对总体生态服务价值影响最小。由此可知，京津冀地区生态服务总价值变化主要受到林地和草地面积变化的影响。

表 7 2005—2015 年京津冀地区各土地覆被类型生态服务价值

单项生态服务价值	2005 年		2015 年	
	生态服务价值/亿元	占总价值比例/%	生态服务价值/亿元	占总价值比例/%
林地	1 766.91	43.15	2 991.96	64.17
草地	644.80	15.75	211.59	4.54
耕地	1 200.45	29.32	1 089.41	23.36
湿地	171.08	4.18	58.94	1.26
水体	309.57	7.56	310.59	6.66
未利用地	1.54	0.04	0.09	0.00

通过表 8 进一步分析可以看出原材料生产、气体调节、气候调节、水文调节、保持土壤、维护生物多样性和提供美学景观等方面生态服务价值的增加直接受益于林地面积的增长；耕地的大量减少是食物生产生态服务价值减少的主要原因；草地、湿地和耕地面积的急剧缩小直接导致了废物处理生态服务价值降低。进一步，结合土地覆被转换主导程度分析可知：草地转变为林地、耕地转变为林地、耕地转变为草地为导致研究区生态服务价值增加的主要土地覆被转换方式。联系土地覆被变化驱动力分析，说明了京津冀地区生态服务价值变化主导因素为生态政策因素，如研究区开展的山水林田湖生态修复工程、“太行山绿化”、“三北防护林”、沿海防护林、京津风沙源治理、退耕还林还草工程等生态建设工程。

表 8 京津冀土地覆被变化下的各单项生态服务功能价值变化

功能类型	生态服务功能价值						合计	亿元	年均变化
	林地	草地	耕地	湿地	水体	未利用地			
食物生产	14.38	-15.96	-14.06	-0.74	0.01	-0.02	-16.39	-1.64	
原材料生产	129.82	-13.36	-5.48	-0.49	0.01	-0.04	110.45	11.05	
气体调节	188.20	-55.68	-10.12	-4.93	0.01	-0.06	117.41	11.74	
气候调节	177.31	-57.91	-13.63	-27.74	0.04	-0.14	77.93	7.79	
水文调节	178.18	-56.42	-10.82	-27.52	0.41	-0.07	83.75	8.37	
废物处理	74.93	-49.00	-19.54	-29.48	0.32	-0.27	-23.04	-2.30	
保持土壤	175.13	-83.15	-20.66	-4.07	0.04	-0.18	67.11	6.71	
维持生物多样性	196.48	-69.42	-14.34	-7.56	0.08	-0.42	104.83	10.48	
提供美学景观	90.62	-32.30	-2.39	-9.60	0.10	-0.25	46.18	4.62	

3 讨论与结论

(1) 相对于已有研究报道,本研究基于京津冀生态环境支撑区划对京津冀土地覆被变化进行了更详细的时空分析,结果显示林地、水体、建设用地面积均有增加,草地、未利用地、耕地、湿地面积减少。其中林草面积变化主要集中在燕山—太行山生态涵养区、建设用地增加主要集中在京津保地区和低平原地区的城市周边。同时可以发现土地覆被变化主要类型为:草地转化为林地、耕地转化为林地、耕地转化为建设用地、草地转化为耕地、林地转化为耕地、耕地转化为草地。这表明,京津冀地区在城市快速扩张的同时注重生态文明建设,土地覆被变化剧烈。

(2) 土地覆被变化显著影响了京津冀地区生态服务价值的变化趋势和空间分布。分析结果表明,2005—2015年京津冀地区食物生产、废物处理功能生态服务价值呈减少趋势;气体调节、原材料生产、维持土壤多样性、水文调节、气候调节、保持土壤功能和提供美学景观功能生态服务价值呈现增加趋势,总体上,生态服务价值总量呈增加趋势。它主要受到林地和草地面积变化的积极影响,生态服务价值变化主导因素为生态政策因素。这表明,中国近 10 a 在京津冀地区采取的一系列生态工程取得了显著成果,生态环境质量呈改善趋势。结合土地覆被数据,该研究成果可为京津冀进一步规划实施差异化生态修复和保育工程、建立生态补偿机制提供参考。

本文对京津冀地区土地覆被变化规律及其影响下的生态服务价值变化进行了分析,了解了该地区土地覆被和生态服务价值的空间分布规律及变化趋势,但对人口、经济、政策等对二者的影响缺乏定量分析,在将来的研究中有待完善。

[参 考 文 献]

- [1] Daily G C. Nature's services; Societal dependence on natural ecosystems. [J]. *Pacific Conservation Biology*, 1997, 6(2): 220-221.
- [2] Groot R S D, Wilson M A, Boumans R M J. A typology for the classification, description and valuation of ecosystems functions, goods and services[J]. *Ecological Economics*, 2002, 41(3): 393-408.
- [3] 欧阳志云,王效科,苗鸿. 中国陆地生态系统服务功能及其生态经济价值的初步研究[J]. *生态学报*, 1999, 19(5): 19-25.
- [4] 张飞,塔西甫拉提·特依拜,孔祥德,等. 干旱区绿洲土地利用景观空间格局动态变化研究:以渭干河—库车河三角洲绿洲为例[J]. *资源科学*, 2006, 28(6): 167-174.
- [5] 张旺,申玉铭. 京津冀都市圈生产性服务业空间集聚特征[J]. *地理科学进展*, 2012, 31(6): 742-749.
- [6] 葛菁,吴楠,高吉喜,等. 不同土地覆被格局情景下多种生态系统服务的响应与权衡:以雅砻江二滩水利枢纽为例[J]. *生态学报*, 2012, 32(9): 2629-2639.
- [7] 彭保发,陈端吕. 常德市土地覆被的生态服务价值空间变异分析[J]. *经济地理*, 2012, 32(1): 141-145.
- [8] 冉圣宏,李秀彬,吕昌河. 土地覆被及生态服务价值变化的多时间尺度模拟:以四川省渔子溪流域为例[J]. *地理学报*, 2006, 61(10): 1113-1120.
- [9] Costanza R, d'Arge R, Groot R D, et al. The value of the world's ecosystem services and natural capital[J]. *World Environment*, 1997, 25(1): 3-15.
- [10] Pimentel D, Wilson C, McCullum C, et al. Economic and environmental benefits of biodiversity[J]. *Bioscience*, 1997, 47(11): 747-757.
- [11] 欧阳志云,王如松,赵景柱. 生态系统服务功能及其生态经济价值评价[J]. *应用生态学报*, 1999, 10(5): 635-640.
- [12] 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.
- [13] 吴钢,肖寒,赵景柱,等. 长白山森林生态系统服务功能[J]. *中国科学(C辑):生命科学*, 2001, 31(5): 471-480.
- [14] 刘金龙,马程,王阳,等. 基于径向基函数网络的京津冀地区生态系统服务脆弱性评估[J]. *北京大学学报:自然科学版*, 2013, 49(6): 1040-1046.
- [15] 孙文博,苗泽华,孙文哲. 京津冀地区生态系统服务价值变化及其与经济增长的关系[J]. *生态经济*, 2015, 31(8): 59-62.
- [16] 张彪,徐洁,王硕,等. 首都生态圈土地覆被及其生态服务功能特征[J]. *资源科学*, 2015, 37(8): 1513-1519.
- [17] 李超,杜哲,陈亚恒,等. 环京津地区土地生态服务价值时空分异特征[J]. *土壤通报*, 2015, 46(1): 42-47.
- [18] 胡乔利,齐永青,胡引翠,等. 京津冀地区土地利用/覆被与景观格局变化及驱动力分析[J]. *中国生态农业学报*, 2011, 19(5): 1182-1189.
- [19] 刘金平. 京津冀 1961—2012 年降水量时空分布特征[J]. *气候变化研究快报*, 2014, 3(3): 146-153.
- [20] 王书冰,吴云龙,向亮,等. 1982—2010 年京津冀地区气候背景与变化特征分析[J]. *气候变化研究快报*, 2014, 3(4): 185-194.
- [21] 刘瑞,朱道林. 基于转移矩阵的土地利用变化信息挖掘方法探讨[J]. *资源科学*, 2010, 32(8): 1544-1550.
- [22] 罗娅,杨胜天,刘晓燕,等. 黄河河口镇—潼关区间 1998—2010 年土地利用变化特征[J]. *地理学报*, 2014, 69(1): 42-53.
- [23] 赵敏,程维明,黄坤,等. 基于地貌类型单元的京津冀近 10 a 土地覆被变化研究[J]. *自然资源学报*, 2016, 31(2): 252-264.

- [7] 库尔班江,亥依如拉木,罗新泽. 伊犁河流域红果小槲资源分布与形态调查[J]. 中国野生植物资源, 2007, 26(5):26-30.
- [8] 库尔班江,海如拉,罗新泽,等. 伊犁河流域红果小槲资源现状与开发潜力分析[J]. 福建林业科技, 2007, 34(4):134-138.
- [9] 尤努斯江·吐拉洪,吐尔洪·买买提. 伊犁小槲果实红色素超声提取及 DPPH 自由基清除活性[J]. 食品研究与开发, 2013, 34(10):45-49.
- [10] 张婷婷,李莉,高宁,等. 新疆黑果小槲根部化学成分初步研究[J]. 时珍国医国药, 2017, 28(4):841-843.
- [11] 孙颖平,李莉. 新疆特色药材黑果小槲薄层鉴别方法研究[J]. 西北药学杂志, 2013, 28(3):231-234.
- [12] 吴征镒,孙航,周浙昆,等. 中国种子植物区系地理[J]. 生物多样性, 2011, 19(1):148.
- [13] 李清河,高婷婷,刘建锋,等. 荒漠珍稀灌木半日花种群的年龄结构与生命表分析[J]. 植物研究, 2009, 29(2):176-181.
- [14] 姜汉侨,段昌群,杨树华,等. 植物生态学[M]. 北京:高等教育出版社, 2005.
- [15] 朱鸿菊,徐秀荣,臧德奎,等. 崂山刺楸群落组成和结构特征分析[J]. 山东农业科学, 2013, 45(12):1-4.
- [16] 钟军弟,李先琨,叶铎,等. 广西木论国家级自然保护区铁榄群落优势种群的生态位研究[J]. 植物资源与环境学报, 2009, 18(3):38-43.
- [17] 达良俊,杨永川,宋永昌. 浙江天童国家森林公园常绿阔叶林主要组成种的种群结构及更新类型[J]. 植物生态学报, 2004, 28(3):376-384.
- [18] 张启伟,林燕芳,覃文更,等. 濒危植物单性木兰种群径级结构和生命表分析[J]. 广西植物, 2013, 33(3):291-294.
- [19] 韩路,王海珍,彭杰,等. 不同生境胡杨种群径级结构与格局动态研究[J]. 北京林业大学学报, 2010, 32(1):7-12.
- [20] Hector A, Bagchi R. Biodiversity and ecosystem multifunctionality[J]. Nature, 2007, 448(7150):188-191.
- [21] Byrnes J E K, Gamfeldt L, Isbell F, et al. Investigating the relationship between biodiversity and ecosystem multifunctionality: Challenges and solutions[J]. Methods in Ecology & Evolution, 2014, 5(2):111-124.
- [22] 王立权. 新疆天山云杉群落结构特征研究[D]. 河北保定:河北农业大学, 2006.
- [23] 周龙,胡建芳,许正,等. 野生櫻桃李群落的生态特征研究[J]. 华北农学报, 2011, 26(S1):198-203.

(上接第 226 页)

- [24] 谢高地,甄霖,鲁春霞,等. 一个基于专家知识的生态系统服务价值化方法[J]. 自然资源学报, 2008, 23(5):911-919.
- [25] 徐丽芬,许学工,罗涛,等. 基于土地利用的生态系统服务价值当量修订方法:以渤海湾沿岸为例[J]. 地理研究, 2012, 31(10):1775-1784.
- [26] 沈刚. 生态城市规划中的生态敏感性分析和生态适宜度评价研究:以浙江省安吉县生态城市规划为例[D]. 杭州:浙江大学, 2004.
- [27] Kreuter U P, Harris H G, Matlock M D, et al. Change in ecosystem service values in the San Antonio area, Texas[J]. Ecological Economics, 2001, 39(3):333-346.
- [28] 河北省人民政府. 河北省人民政府关于印发河北省建设京津冀生态环境支撑区规划(2016—2020年)的通知[Z]. 2016-02-29.
- [29] 胡俊达,张彦威. 我省全面加强生态建设扎实推进京津冀林业协同发展[J]. 河北林业, 2015, 22(9):10-11.
- [30] 李孟颖. 湿地的固碳作用初探:以京津冀地区为例[J]. 南水北调与水利科技, 2010, 8(3):60-64.