河北省生态环境支撑区生态系统服务价值评估

王彦芳[1], 刘 敏[2], 郭 英[3], 董鸿振[4]

(1. 河北地质大学 土地资源与城乡规划学院 自然资源与环境遥感研究中心, 河北 石家庄 050031; 2. 中国地质科学院 水文地质环境地质研究所, 河北 石家庄 050061; 3. 中国科学院遗传与发育生物学研究所农业资源研究中心 中国科学院农业水资源重点实验室 河北省节水农业重点实验室, 河北 石家庄 050021; 4. 衡水市职业技术教育中心, 河北 衡水 053000)

摘 要: [目的] 研究和评估不同生态区主要生态系统服务功能和价值的变化,为区域的生态保护、自然资源核算和生态补偿等决策提供理论依据和参考。[方法] 基于 1980,2000 和 2015 年的土地利用数据,采用单位面积价值当量因子法构建土地利用二级分类当量表,计算 3 个时段河北省各生态环境支撑区的生态系统服务价值。[结果] ①1980—2015 年河北省土地利用的变化主要表现为农田转为城乡建设用地,其他生态用地转为农田的趋势。②以 2015 年的价格计算,1980—2015 年河北省总生态系统服务价值的年平均值约为 3.56×10^{11} 元。③1980—2015 年河北省生态系统服务价值减少约 7.00×10^{9} 元。④单位面积生态系统服务价值最高的生态区为燕山—太行山,其次是坝上高原、海域海岸、京津保,最低的为低平原区。⑤1980—2015 年京津保生态区生态系统服务价值下降幅度最大为 28.1 亿元,降低 15.0%。[结论] 2000 年后的生态环境建设对恢复和提升河北省生态系统服务功能发挥了重要作用。

关键词: 土地利用; 生态环境支撑区; 生态系统服务功能; 当量因子

文献标识码: A **文章编号**: 1000-288X(2019)02-0309-08 **中图分类号**: F062.2, Q148

文献参数: 王彦芳, 刘敏, 郭英, 等. 河北省生态环境支撑区生态系统服务价值评估[J]. 水土保持通报, 2019,39(2):309-316. DOI:10.13961/j.cnki.stbctb.2019.02.048; Wang Yanfang, Liu Min, Guo Ying, et al. Estimation on ecosystem service value in ecological environment support areas of Hebei Province[J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2019,39(2):309-316.

Estimation on Ecosystem Service Value in Ecological Environment Support Areas of Hebei Province

Wang Yanfang[1], Liu Min[2], Guo Ying[3], Dong Hongzhen[4]

(1. *Center for Remote Sensing of Natural Resources and Environment, College of Land Resource and Urban Planning, Hebei GEO University, Shijiazhuang, Hebei* 050031, *China*; 2. *Institute of Hydrogeology and Environmental Geology, Chinese Academy of Geological Sciences, Shijiazhuang, Hebei* 050061, *China*; 3. *Key Laboratory of Agricultural Water Resources, Hebei Key Laboratory of Agricultural Water-Saving, Center for Agricultural Resources Research, Institute of Genetics and Developmental Biology, Chinese Academy of Sciences, Shijiazhuang, Hebei* 050021, *China*; 4. *Hengshui Education Technology Center, Hengshui, Hebei* 053000, *China*)

Abstract: [Objective] The change of ecosystem service value was estimated in order to provide references for major ecosystem service functions of decision-making in ecological protection, ecological regionalization, natural resources accounting and ecological compensation. [Methods] The method of unit area value equivalent factor was used to construct the secondary classification equivalent table of land use, and the ecosystem service value of each ecological environment support area in Hebei Province was calculated with land use data in 1980, 2000, and 2015. [Results] ① During 1980—2015, land use change happened mainly from cultivated land to construction land, and from other ecological land use types to cultivated land. ② The annual average value of total average ecosystem service value during 1980—2015 was 3.56×10^{11} yuan based on the price in

收稿日期:2019-01-03 **修回日期**:2019-03-06

资助项目:2017 年度河北省社会科学基金项目"京津冀生态环境支撑区生态系统服务功能变化与对策研究"(HB17YJ089)

第一作者:王彦芳(1984—),女(汉族),内蒙古自治区乌兰察布人,博士,讲师,主要从事生态遥感、生态环境建设方面的研究。E-mail:wangyanfang517@126.com。

2015. ③ The total ecosystem service value of of Hebei Province was reduced by 7.00×10^9 yuan from 1980 to 2015. ④ The ecological environment support areas with the highest ecosystem service value per unit were Yanshan-Taihangshan, followed by Bashang, Hai'an-Haiyu, Beijing-Tianjin-Baoding and low plain. ⑤ Ecosystem service value of Beijing-Tianjin-Baoding decreased 15.0% from 1980 to 2015, which was the highest among different ecological area. [Conclusion] Ecological construction after 2000 played an important role in recovering and enhancing ecosystem service functions of Hebei Province.

Keywords: land use; ecological environment support areas; ecosystem service function; equivalent value

生态系统服务功能是生态系统与生态过程所形成及维持的人类赖以生存的自然环境条件与效用[1]。不仅包括向经济社会系统输入有用物质和能量(如食物、其他生产生活原料等),还包括创造与维持地球生命支持系统所必需的环境条件(如洁净空气、水、自然景观等),以及生态系统接受和转化来自经济社会系统的废弃物(污染物的吸收与降解、有害气体吸收等)[2-3]。生态系统服务功能的定量评价,即生态系统服务价值的评估是区域生态建设、生态保护、生态功能区划、自然资产核算和生态补偿决策的前提和依据,成为生态学的研究热点[3-5]。国内外学者就生态系统服务的框架体系[5-7]、不同生态系统的生态服务价值化评估方法[4,6,8]、区域生态服务的空间格局和动态变化[9-10]、生态安全和生态环境管理[11-13]、生态服务与区域福祉的耦合[14-15]等方面展开研究。打造京津冀生态环境支撑区是河北省在京津冀协同发展战略中"三区一基地"定位的重要一环。为此,本研究以 1980,2000 和 2015 年 Landsat TM/ETM 遥感影像解译生成的土地利用数据为数据源,采用单位面积价值当量因子法,基于谢高地等改进的当量表[3],构建细化的土地利用二级分类当量表,计算并分析不同时段河北省各生态环境支撑区生态系统服务价值及变化。旨在通过生态系统服务价值有效发现生态系统服务特征、变化及存在的问题,有助于推进地区生态环境建设,不断提高各支撑区的生态系统服务功能,是建设经济强省和美丽河北的必然要求,也是实现京津冀地区可持续发展的迫切需要。

1 研究区概况

河北省地处华北平原,位于北纬 36°03′—42°40′,东经 113°27′—119°50′,居环渤海地区的中心地带,内环京、津,北与辽宁、内蒙古为邻,西与山西为邻,南与河南、山东接壤,具有独特的区位优势。河北省地貌类型复杂多样,是全国唯一具有坝上高原、山地丘陵、盆地平原、湖泊海洋的省份。河北省属北温带大陆性季风气候,春季干燥多风,夏季炎热多雨,秋季昼暖夜凉,冬季寒冷少雪。全省年日照时数为 2 450～3 100 h,年平均气温 0～13 ℃,多年平均降水量 531.7 mm,主要集中在 7—8 月份。土壤类型多样,共有 21 个土类,55 个亚类,164 个土属,357 个土种,主要以褐土、潮土、棕壤等为主。多数土壤质地为壤质,适宜农林牧业生产。河北省境内主要由滦河水系、海河水系、辽河水系、内陆水系 4 大水系组成。多年平均地表水资源量 1.20×10^{10} m^3,人均地表水量仅为全国平均水平的 10%。受地形影响,河北省植被分布有明显的垂直差异,植物数量繁多。《河北省建设京津冀生态环境支撑区规划(2016—2020 年)》将全省的生态环境保护建设分区划分为 5 个生态功能区,包括京津保中心区生态过渡带、坝上高原生态防护区、燕山—太行山生态涵养区、低平原生态修复区、海岸海域生态防护区(图 1)。各生态支撑区基本特征如表 1 所示。

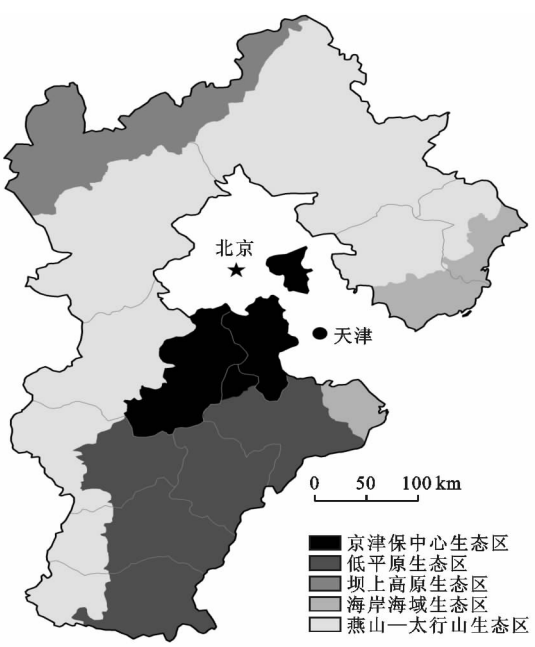


图 1 河北省建设京津冀生态环境支撑区的 5 个生态功能区

2 数据和方法

2.1 数据及来源

所采用的土地利用/覆被数据来源于中国科学院资源环境科学数据中心(http://www.resdc.cn)。土

地利用数据以 Landsat TM/ETM 遥感影像为主要数据源,通过人工目视解译生成。土地利用类型包括农田、森林、草地、水域、居民地和未利用土地 6 个一级类型以及 25 个二级类型。该数据库是目前我国精度最高的土地利用遥感监测数据产品,已经在国家土地资源调查、水文、生态研究中发挥着重要作用[16-17]。

表 1　河北省各生态环境支撑区的基本特征

生态环境支撑区	面积比例/%	地形	平均海拔/m	主要土地利用类型
京津保中心区生态过渡带	9.1	平原	21	农田
坝上高原生态防护区	10.3	高原	1 445	草地、农田
燕山—太行山生态涵养区	51.6	山地	743	森林、草地、农田
低平原生态修复区	22.8	平原	39	农田
海岸海域生态防护区	6.1	平原	31	农田

2.2　基于当量因子计算生态系统服务价值

2.2.1　单位面积生态系统服务价值当量　采用千年生态系统评估(the millennium ecosystem assessment, MA)的方法,将生态系统服务分为供给服务、调节服务、支持服务和文化服务 4 大类,并进一步细分为食物生产、原料生产、水资源供给、气体调节、气候调节、净化环境、水文调节、土壤保持、维持养分循环、生物多样性和美学景观等 11 种服务功能(表 2)。单位面积生态系统服务功能价值的基础当量是指不同类型生态系统单位面积上各类服务功能年均价值当量(以下简称基础当量)。基础当量体现了不同生态系统及其各类生态系统服务功能在全国范围内的年均价值量,也是合理构建表征生态系统服务价值区域空间差异和时间动态变化的动态当量表的前提和基础。本研究以谢高地等[3]对生态系统服务价值评价研究为基础,考虑到计算精度,本文采用生态系统二级分类,细化土地类型,使结果更加精确。由于缺乏对海洋生态系统服务功能及价值的系统研究数据,在本研究中尚未包括海洋生态系统。同时,在改进的生态系统服务功能中,充分考虑了水资源的供给服务,并提高了水域的水文调节服务的价值当量,这在缺水的京津冀地区是非常必要的。

表 2　不同生态系统类型单位面积生态系统服务价值当量

生态系统分类		供给服务			调节服务				支持服务			文化服务
一级分类	二级分类	食物生产	原料生产	水资源供给	气体调节	气候调节	净化环境	水文调节	土壤保持	维持养分循环	生物多样性	美学景观
农田	旱地	0.85	0.4	0.02	0.67	0.36	0.1	0.27	1.03	0.12	0.13	0.06
	水田	1.36	0.09	−2.63	1.11	0.57	0.17	2.72	0.01	0.19	0.21	0.09
森林	有林地	0.31	0.71	0.37	2.35	7.03	1.99	3.51	2.86	0.22	2.6	1.14
	灌木林疏林地	0.19	0.43	0.22	1.41	4.23	1.28	3.35	1.72	0.13	1.57	0.69
草地	高覆盖度草地	0.38	0.56	0.31	1.97	5.21	1.72	3.82	2.4	0.18	2.18	0.96
	中覆盖度草地	0.22	0.33	0.18	1.14	3.02	1	2.21	1.39	0.11	1.27	0.56
	低覆盖度草地	0.1	0.14	0.08	0.51	1.34	0.44	0.98	0.62	0.05	0.56	0.25
水域湿地	河渠、湖泊、水库	0.8	0.23	8.29	0.77	2.29	5.55	102.24	0.93	0.07	2.55	1.89
	滩涂、滩地、沼泽	0.51	0.5	2.59	1.9	3.6	3.6	24.23	2.31	0.18	7.87	4.73
荒漠	沙地、盐碱地	0.01	0.03	0.02	0.11	0.1	0.31	0.21	0.13	0.01	0.12	0.05
	裸土、裸岩	0	0	0	0.02	0	0.1	0.03	0.02	0	0.02	0.01

2.2.2　单个标准单位面积生态系统服务价值当量因子的价值量　1 个标准单位面积生态系统服务价值当量因子的价值量是指 1 hm^2 全国平均产量的农田每年自然粮食产量的经济价值。直接量化不同类型生态系统对生态服务功能的潜在贡献能力。由于受人类活动影响,农田在自然条件下的粮食产量的经济价值很难确定。根据谢高地等的研究,单位面积农田食物生产生态服务价值 D(即 1 个当量因子的价值)相当于当年研究区域平均粮食单产市场价值的 1/7,即:

$$D=1/7\ S/A \tag{1}$$

式中:S——年农作物经济总价值;A——年农作物播种面积。

由于单位面积价值是引起生态系统服务价值变化的重要因子,以评估年份的价格为表征的价值量会出现由于价格因素引起的生态系统退化但生态功能服务价值增加的悖论。因此为了纵向对比结果的准确性,本文统一采用 2015 年河北省的单位面积的价值量。根据 2016 年《河北农村统计年鉴》的农作物播种面积和经济价值,计算可得河北省 2015 年单位面积生态系统服务价值当量因子的价值量为 1 731.5 元/hm^2。

2.2.3 生态系统服务功能价值估算 针对每个栅格对应的土地单元,其生态服务价值估算:

$$ESV_{ij}=Y_{ij}\cdot D\cdot A_{ij} \quad (2)$$

式中:ESV_{ij}——计算栅格的生态系统总服务价值(元/$km^{-2}\cdot a^{-1}$);Y_{ij}——栅格对应土地利用类型的生态服务价值当量因子(表 2);D——1 个标准单位生态系统服务价值当量因子的价值量;A_{ij}——栅格对应土地面积与单位面积(1 hm^2)的比值,本研究栅格分辨率为 1 km,因此 A_{ij} 的值为 100。

3 结果分析

3.1 河北省生态环境支撑区土地利用方式变化

3.1.1 河北省土地利用方式变化的总体特征 表 3 为 1980,2000 和 2015 年河北省土地利用类型面积变化的总体情况,除城乡、工矿、居民等建设用地增加之外,其他生态用地都为呈现面积缩小的趋势。1980—2015 年河北省城乡建设用地增加了 33.2%,新增加面积中 86.2%是由农田转换而来的,其次是草地占 5.5%。1980—2015 年河北省面积减少最多的土地利用类型为农田,转出 3 610 km^2,转进 1 055 km^2,减少面积 2 555 km^2。转出面积中 90.8%转为城乡建设用地,转入类型中主要包括水域、草地、未利用地和森林。35 a 间森林转出 573 km^2,78.2%和 18.3%转为草地和农田,且主要在 2000 年之前。2000 年后,森林转出面积为 89 km^2,而且 60%以上转为工矿用地。同时,1980—2015 年森林转入的面积为 257 km^2,山区植树造林、退耕还林、太行山绿化等工程的生态效应显现。659 km^2 水域面积消失,66.2%转为农田,围水造田现象严重。转出的 300 km^2 的未利用地中 1/2 以上转为农田,27%转为建设用地,尤其是转为厂矿、大型工业区、油田、盐场、采石场等其他建设用地。697 km^2 草地转出,46.1%转为农田,30.0%转为城镇建设用地。虽然草地生态系统也有转进,但是分析发现转进的 507 km^2 中,87.6%是由森林退化转为草地,这一过程主要发生在 2000 年之前。

表 3 河北省及各生态环境支撑区 1980,2000,2015 年土地利用类型面积 km^2

年份	地 区	农田	森林	草地	水域	城乡	未利用地
1980年	京津保	14 025	141	145	687	2 137	9
	坝 上	9 557	2 987	5 055	285	354	1 022
	燕山—太行山	31 063	33 292	27 365	1 918	2 564	573
	低平原	36 990	86	456	653	4 587	0
	海岸海域	7 356	645	539	708	1 707	537
	合 计	98 991	37 151	33 560	4251	11 349	2 141
2000年	京津保	13 688	128	141	599	2 579	9
	坝 上	9 614	2 978	5 030	293	358	987
	燕山—太行山	30 973	32 908	27 602	1 806	2 901	585
	低平原	36 045	89	404	638	5 595	1
	海岸海域	7 284	636	423	596	2 156	410
	合 计	97 604	36 739	33 600	3 932	13 589	1 992
2015年	京津保	13 531	123	139	484	2 858	9
	坝 上	9 693	2 968	4 955	301	385	958
	燕山—太行山	30 601	32 913	27 474	1806	3 409	572
	低平原	35 532	96	401	645	6 098	0
	海岸海域	7 079	651	401	642	2 362	372
	合 计	96 436	36 751	33 370	3 878	15 112	1 911

3.1.2 不同生态环境支撑区土地利用方式变化的特点 由于不同生态环境支撑区的主要土地利用类型、社会经济发展速度等不同,导致其土地利用变化的规律又有自身的特点。平原区是城镇化速度较快的地区,1980—2015 年土地利用方式整体变化是农田转为城乡建设用地,其他生态用地转为农田的逆生态化

趋势。京津保生态区的农田用地转出 758 km^2,93.3%转为城乡建设用地,其中,46.0%为城镇用地,37.7%为农村居民点,9.1%为厂矿等建设用地。与此同时,263 km^2 的其他生态用地转为农田,82.1%的面积曾经是湖泊、滩地等水域生态系统,以白洋淀的减小最为明显。1980—2015 年低平原生态修复区有 1 542 km^2(占平原区农田的 4.3%)的农田转出,其中转为城乡建设用地的面积占 97.9%,转出的农村居民点占 1/2 以上。而转进的只有 89 km^2,主要是植被覆盖度高的草地和河滩等生态用地。类似的,海岸海域生态防护区同样农田减少,城乡建设用地增加,但转为厂矿、大型工业区、油田、盐场等其他建设用地面积比例较高。且水库面积在过去的 35 a 内增加了 114 km^2,沙河水库、陡河水库等水域面积增加。与平原地区农田大面积转出的状况不同的是,1980—2015 年坝上高原生态区却新增农田 186 km^2,其中 60.2%是由草地转换的,29%是由荒漠开辟而来。燕山—太行山山地是河北省森林分布的主要区域,同时也是森林面积变化最大的区域,森林覆盖减少 400 km^2,其中太行山森林的减少最多,燕山太行山消失的森林里 79.9%转为植被覆盖更低的草地,9.5%转为工矿用地,其余转为农田和居民用地。燕山—太行山森林减少主要是在 2000 年以前,2000 年以后由于三北防护林,太行山工程等的实施,森林呈现增加的趋势。

3.2　河北省生态系统服务价值时空变化

3.2.1　河北省生态系统服务价值的总体特征　1980—2015 年河北省生态系统服务价值的年平均值为 3.56×10^{11} 元。从生态系统类型分析,各生态系统服务的价值从大到小依次为:森林>草地>水域>农田>湿地>荒漠,分别占总生态系统服务价值的 34.2%,26.6%,19.1%,17.2%,2.9%,0.04%。从提供的生态服务功能来看,以调节服务为主,占总服务价值的 62.8%,主要是水文调节和气候调节功能。其次是支持服务,包括土壤保持和保持生物多样性方面的价值。而食物生产和原料生产的价值量仅占生态系统总价值量的 5.3%和 3.7%,每年提供的美学景观价值占 4.1%。空间上,生态系统服务价值的分布呈现西北高,东南低的总体格局。水域生态系统的生态服务价值最高,其次是燕山—太行山森林、高覆盖草地,东南部农田和坝上东部的覆盖草地,荒漠等地的生态服务价值较低(图 2)。

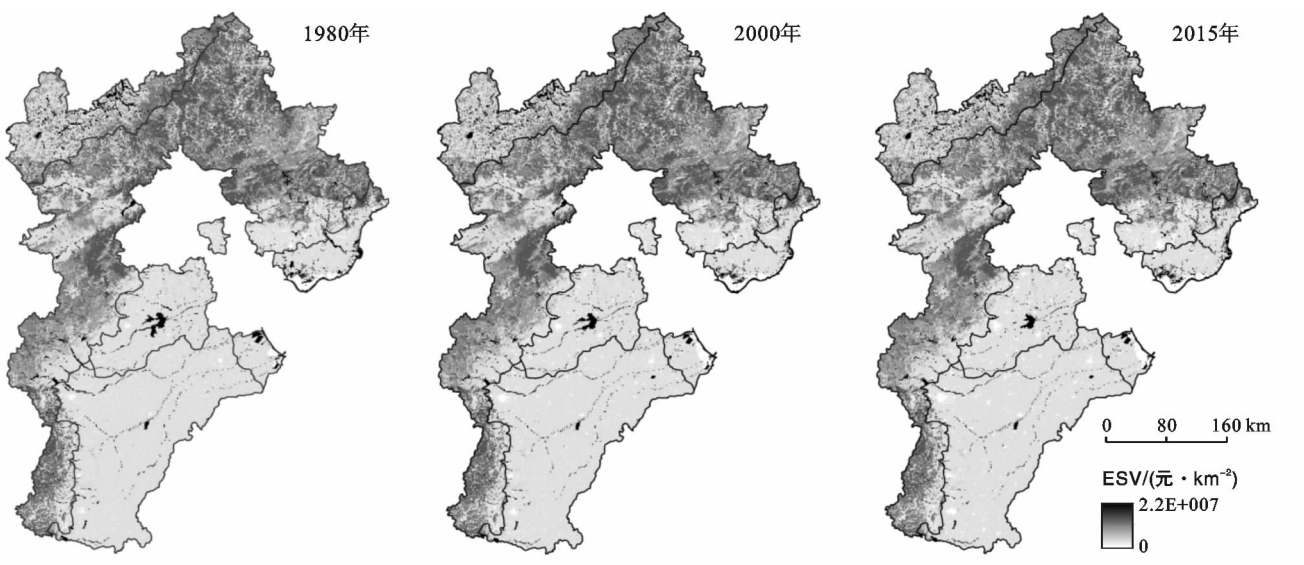


图 2　河北省 1980,2000,2015 年生态系统服务价值 ESV 的空间分布

3.2.2　河北省生态系统服务价值的时空变化　以 2015 年现价计算,1980,2000,2015 年河北省生态系统服务价值分别为 3.60×10^{11} 元、3.54×10^{11} 元、3.53×10^{11} 元。35 a 间生态系统服务价值减少 70 亿元,且主要发生在 2000 年以前。

各生态系统和各种生态服务类型的服务价值均呈现下降的趋势(表 4)。各生态系统类型中,水域的生态系统服务价值减少的最多,其次是农田和湿地。其中,森林和水域生态系统服务价值的减少主要发生在 1980—2000 年的第一阶段,2000 年后的第二阶段有所增加;农田和湿地的生态系统服务价值持续减少,第一阶段速率大于第二阶段;由于有大量森林在第一阶段转为草地,所以草地生态系统服务价值表现为先增加后减少。

各种生态服务类型的服务价值均为下降，下降主要发生在 2000 年前，调节服务减少的最多，其次是支持服务、供给服务和文化服务。空间上，生态系统服务价值减少的区域主要分布在城镇和农村居民点周围，河流、湿地周边，生态系统服务价值增加的区域主要分布在燕山—太行山草地、森林恢复区。

表 4 河北省 1980，2000，2015 年各生态系统的生态系统服务价值 10^8 元

年份	生态系统类型						生态系统服务功能			
	农田	森林	草地	水域	湿地	荒漠	供给服务	调节服务	支持服务	文化服务
1980	687.3	1 223.5	946.9	630.5	108.8	1.7	383.3	2 257.1	807.3	150.4
2000	677.6	1 212.1	949.5	600.6	101.0	1.6	376.7	2 223.6	794.9	146.5
2015	669.5	1 212.2	945.4	605.6	96.6	1.5	374.6	2 221.8	788.8	145.0
平均	678.1	1 215.9	947.3	612.2	102.1	1.6	378.2	2 234.1	797.0	147.3

3.3 河北省生态环境支撑区生态系统服务价值及其变化

3.3.1 河北省生态支撑区生态系统服务价值的总体特征 1980—2015 年京津保、坝上、燕山—太行山、低平原区和海岸海域地区 5 个生态环境支撑区的年平均生态系统服务总价值分别为 1.74×10^{10}，4.45×10^{10}，2.36×10^{11}，3.75×10^{10}，2.03×10^{10} 元。单位面积的生态服务价值分别为 1.02×10^{10}，2.31×10^{10}，2.44×10^{10}，8.76×10^{9}，1.76×10^{10} 元/km^2。单位面积生态系统服务价值最大的生态区为燕山—太行山、其次是坝上高原、海域海岸、京津保，最低的为低平原区，仅为燕山—太行山区的 1/3。从生态系统服务功能的构成上看(图 3)，京津保和低平原区以农田提供的服务为主，占低平原区的 67.0%，燕山—太行山以森林生态系统服务功能为最大，占总价值的 43.6%，其次是草地和农田。坝上高原生态区各生态系统服务价值比例较为均匀，草地比例最高为34.4%。海域海岸生态功能区的生态系统服务价值以水域和湿地为主，二者占总服务价值的 59.8%。从各生态支撑区的生态服务价值构成可以看出，低平原区和海域海岸区生态系统服务价值来源比较单一，坝上高原和燕山—太行山的类型较为丰富。从生态系统服务类型看，都以调节服务为主，尤其是水文调节的服务功能价值最大。其次是以土壤保持功能为主的支持服务，而食物、原料和水的供给价值在 8%～24%之间，以美学景观为主的文化服务的价值量占总价值的 5%以下。

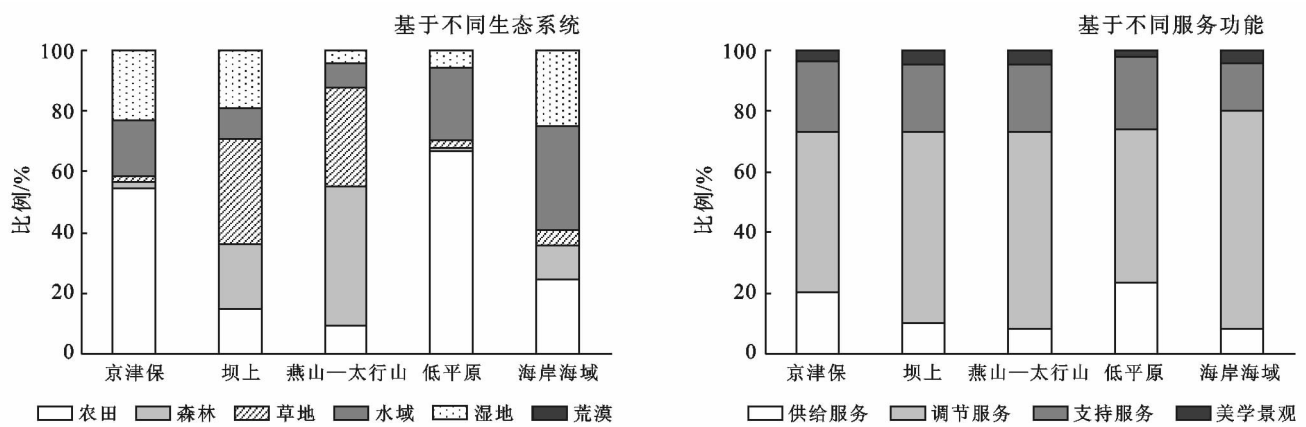


图 3 河北省不同生态支撑区生态系统服务价值量的构成

3.3.2 河北省各生态支撑区生态系统服务价值的变化特征 1980 年以来河北省生态系统服务价值减少的量中，京津保生态区所占比例最高占 41.5%，约 28.1 亿元，其次是燕山—太行山生态区生态价值总量减少 2.63×10^{9} 元所占比例为 38.7%，低平原生态修复区占 12.8%，海岸海域生态区占 8.7%，坝上地区基本保持不变。纵向分析，京津保生态区 1980—2015 年生态系统服务价值降低 15.0%，为生态系统服务功能降低最严重的生态区，远远高于海岸海域生态区的 2.75%和低平原区的 2.28%。燕山—太行山生态区尽管生态系统服务价值总量减少较大，但是由于生态区整体生态系统服务价值量高，所以减少比例仅为 1.11%，坝上高原生态系统服务价值变化最小。图 4 为 1980—2015 年不同生态支撑区生态系统服务价值量的变化。从图 4 可以看出，京津保地区所有生态系统和所有生态系统服务价值都有所下降，尤其是

水域和湿地面积的缩小让京津保地区生态调价服务功能价值大幅下降。相反,坝上高原的调节服务有所增加,但是由于坝上湖泊多属于季节性湖泊,不排除由于数据来源的季节性差异导致的湖泊面积提取带来的较大不确定性。燕山—太行山地除了草地生态系统服务价值有所上涨外,其他生态系统的服务价值均有不同程度下降,尤其是森林和水域,导致生态区生态调节服务大幅减小。海岸海域生态区水域生态系统稍有增加,但是远远不抵农田、湿地等的减少,导致整体生态服务功能退化。

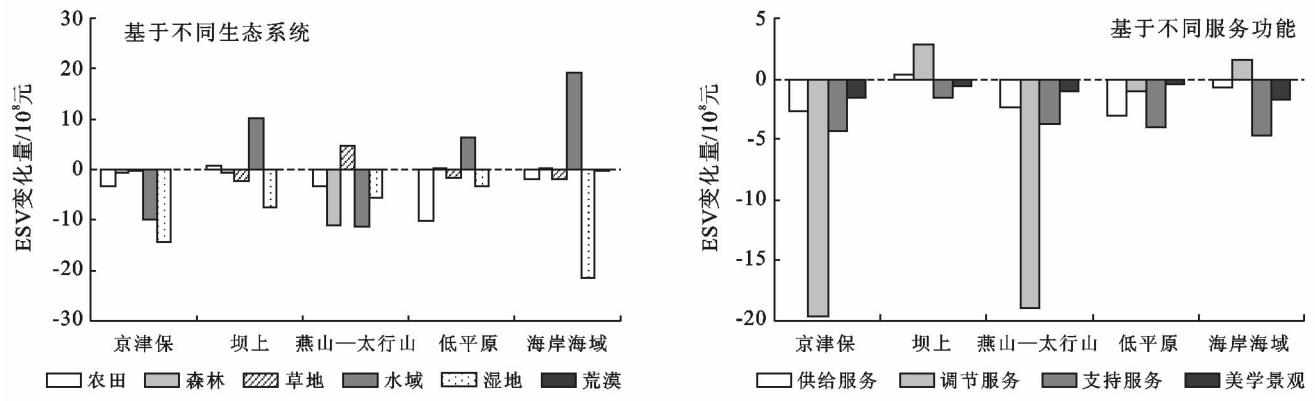


图 4　河北省 1980－2015 年不同生态支撑区生态系统服务价值 ESV 的变化

4　讨论与结论

4.1　河北省生态系统服务价值变化及原因

目前关于河北省建设京津冀生态环境支撑区的生态系统服务价值估算研究主要集中在不同地区和不同生态系统的生态服务价值估算,如京津冀区域、环京津冀、张承地区、森林生态系统等[18-20]。本研究的生态服务价值空间分布与变化趋势与相关研究结果较为一致,从空间上看,坝上高原、燕山—太行山丘陵区生态系统服务供需呈盈余状态,生态服务价值较高[18]。张承地区的生态系统服务价值为 1.895×10^{11} 元/a,与本文的 1.917×10^{11} 元/a 较为接近[20]。从多年的变化情况看,无论是环京津地区还是整个京津冀地区,生态系统服务价值都呈现下降趋势[18-19],但由于研究时段的差异导致下降幅度有所不同。

生态系统服务价值在空间上受土地利用方式变化的直接影响。通过分析发现 1980—2015 年河北省土地利用方式变化的总体特征为:农田转为城乡建设用地,水域和草地等生态用地转为农田的逆生态化过程,2015 年城镇和农业用地均为 1980 年的 2.5 倍。土地利用方式的逆生态化导致生态系统服务价值流由高到低,进而导致河北省整体生态系统服务价值降低。土地利用方式转变的深层原因主要有:(1) 由于城镇化和工业化发展对的建设用地需求的增加,导致建设用地的扩张占用周边农田;(2) 农村广大地区受人口和经济因素的驱动增加了对农田需求,导致湿地、草地等生态用地的公地悲剧发生。河北省生态系统服务价值降低的过程主要发生在 2000 年以前,之后有逐步恢复的趋势。

2000 年,是河北省生态建设的一个重要时间节点。1999 年河北省人民政府印发《河北省生态环境建设规划》后,2000 年退耕还林工程在张家口市、承德市坝上地区开始试点,随后在河北全面展开,河北省生态环境建设进入一个新的阶段。2001 年京津风沙源治理工程建设工程正式启动,河北省三北防护林体系建设、太行山绿化工程等生态环境建设范围越来越大。这些生态建设工程不断提升生态系统服务功能,基本扭转了生态系统服务功能恶化的趋势。但是,由于河北省生态环境基础较差,同时正处在经济转型发展,城镇化加快阶段,生态环境压力仍然较大。面临京津冀协同发展重大国家战略、规划建设河北雄安新区等重大机遇,河北省应以建设京津冀生态支撑区为指引,优化生产—生活—生态的“三生空间”布局。制定严格的土地利用制度,不断增加人们的生态环境服务的需求,提高城镇的建设、管理现代化,并进一步加强生态环境建设,提升生态系统服务功能,最终实现区域可持续发展。

4.2　当量因子法估算生态系统服务价值

当量因子法是目前计算生态系统服务功能价值的常用方法,有较为简单、易于操作和结果便于比较等优点,但短板也十分突出[3]。首先,表现在不同时间段和空间尺度上,由于表示价值的价格基础不同,导致同一地区的生态系统服务价值在不同尺度上的计算结果存在较大差异。例如估算一个县的生态系

统服务价值时，将其放在县、市、省、生态区、全国等不同尺度中计算的结果可能会存在很大差异，利用不同阶段的价格计算出的结果也不同。其次，目前的计算生态系统服务价值在空间上受土地利用方式变化的直接影响，基本上只考虑了土地利用类型的质变影响，对同一种土地利用类型中不同程度的量变差异考虑较少。植被覆盖程度、水体质量等的差异，虽然有少数研究[3,10]以 NDVI，NPP，降水等作为考虑因子，但仍然不能细致地刻画生态服务的差异。下一步研究应深入考虑不同生态系统生境质量的影响，更加科学和精细地计算生态系统服务价值，以期为生态评价、生态补偿和生态保护等提供可靠参考。

4.3 结 论

(1) 1980—2015 年河北省土地利用类型中除城乡、工矿、居民等建设用地增加之外，其他生态用地都呈现面积缩小的趋势。各生态支撑区土地利用方式整体变化是农田转为城乡建设用地，其他生态用地转为农田的逆生态化趋势。

(2) 以 2015 年现价计算，1980—2015 年河北省生态系统服务价值的年平均值为 3.56×10^{11} 元，各生态系统服务的价值从大到小依次为：森林＞草地＞水域＞农田＞湿地＞荒漠。1980—2015 年河北省生态系统服务价值减少约 7.00×10^{9} 元，且主要发生在 2000 年以前。

(3) 1980—2015 年京津保、坝上、燕山—太行山、低平原区和海岸海域地区 5 个生态环境支撑区的生态系统服务总价值分别为 1.74×10^{10}，4.45×10^{10}，2.36×10^{11}，3.75×10^{10}，2.03×10^{10} 元。单位面积生态系统服务价值最大的生态区为燕山—太行山，其次是坝上高原、海域海岸、京津保，最低的为低平原区。

(4) 1980 年以来河北省生态系统服务功能减少的价值中，京津保生态区占 41.5%，其次是燕山—太行山为 38.7%，低平原生态修复区占 12.8%，海岸海域生态区占 8.7%，坝上地区基本保持不变。35 a 间京津保生态区生态系统服务价值减少最多，降低了 15.0%。

[参 考 文 献]

[1] 戈峰. 现代生态学[M]. 北京：科学出版社，2008.

[2] 欧阳志云，王如松. 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.

[3] 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.

[4] Leemans H B J, Groot R S D. Millennium ecosystem assessment: Ecosystems and human well-being: a framework for assessment[J]. Physics Teacher, 2003, 34(9): 534-534.

[5] Costanza R, d'Arge R, de Groot R, et al. The value of the world's ecosystem services and nature capital[J]. Nature, 1997, 387(6630): 253-260.

[6] 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)：607-613.

[7] 李建勇，陈桂珠. 生态系统服务功能体系框架整合的探讨[J]. 生态科学，2004，23(2)：179-183.

[8] 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.

[9] 阮俊杰. 基于 GIS 的海峡西岸经济区生态系统服务功能评价[J]. 生态经济，2013(3)：175-180.

[10] 石垚，王如松，黄锦楼，等. 中国陆地生态系统服务功能的时空变化分析[J]. 科学通报，2012，57(09)：720-731.

[11] 孟雅丽，苏志珠，马杰，等. 基于生态系统服务价值的汾河流域生态补偿研究[J]. 干旱区资源与环境，2017，31(8)：76-81.

[12] 牛叔文，曾明明，刘正广，等. 黄河上游玛曲生态系统服务价值的估算和生态环境管理的政策设计[J]. 中国人口·资源与环境，2006，16(6)：79-84.

[13] 吴健生，岳新欣，秦维. 基于生态系统服务价值重构的生态安全格局构建：以重庆两江新区为例[J]. 地理研究，2017，36(3)：429-440.

[14] 李琰，李双成，高阳，等. 连接多层次人类福祉的生态系统服务分类框架[J]. 地理学报，2013，68(8)：1038-1047.

[15] 乔旭宁，张婷，杨永菊，等. 渭干河流域生态系统服务的空间溢出及对居民福祉的影响[J]. 资源科学，2017，39(3)：533-544.

[16] 刘纪远. 中国资源环境遥感宏观调查与动态研究[M]. 北京：中国科学技术出版社，1996.

[17] Liu Jiyuan, Liu Mingliang, Tian Hanqin, et al. Spatial and temporal patterns of China's cropland during 1990—2000: An analysis based on Landsat TM data [J]. Remote Sensing of Environment, 2005, 98(4): 442-456.

[18] 武爱彬，赵艳霞，沈会涛，等. 京津冀区域生态系统服务供需格局时空演变研究[J]. 生态与农村环境学报，2018，34(11)：968-975.

[19] 李恒哲，李超，陈召亚，等. 基于分区的环京津土地生态服务价值及灰色预测[J]. 水土保持研究，2016，23(1)：221-227.

[20] 李庆旭，张彪，史芸婷，等. 张承地区生态系统服务及其区域关联分析[J]. 生态与农村环境学报，2017，33(1)：38-46.