

河南省南太行地区土地利用及生态服务价值变化

马泉来^{1,2}, 卫华鹏^{1,2}, 王小玉^{1,2}, 张正飞^{1,2}, 詹玉莹^{1,2}, 高凤杰³, 周浩⁴

[1. 河南省资源环境调查一院, 河南 郑州 450007; 2. 河南省自然资源科技创新中心
(资源环境承载力评价与监测预警研究), 河南 郑州 450007; 3. 东北农业大学 公共管理与
法学院, 黑龙江 哈尔滨 150030; 4. 湖南师范大学 资源与环境科学学院, 湖南 长沙 410081]

摘要: [目的] 研究典型区域内土地利用变化及其对区域生态系统的影响, 旨在为区域国土空间布局优化和山水林田湖草系统治理提供理论依据。[方法] 基于多时间节点遥感数据, 综合“3S”技术等方法模型, 对南太行地区 1990—2016 年土地利用及生态服务价值变化规律进行研究。[结果] 研究区 2000—2010 年土地利用格局较其他两时间段发生了剧烈变化, 其中, 旱地减少 211.77 km², 建设用地增加 319.78 km², 各地类动态变化程度达到最大值。1990—2016 年, 南太行土地利用转移类型方面以旱地转为建设用地为主, 建设用地复垦为旱地在研究后期逐渐成为耕地补充的重要途径, 大量的未利用地得到开发利用, 可供开发利用的后备资源越来越少。研究区生态服务价值总量从 1990 年的 2.12×10¹⁰ 元减少到 2016 年的 1.78×10¹⁰ 元, 减少了 3.33×10⁹ 元, 建设用地、耕地、林地、草地和水域对生态服务价值总量变化的贡献率分别为 -90.19%, -25.75%, -17.51%, -10.93% 和 44.46%, 水温调节与废物处理等生态功能在研究期间受到较大破坏。[结论] 河南省南太行地区土地利用及生态系统特征变化明显, 进一步平衡建设用地与耕地保护之间的关系, 调整土地利用结构, 维护生态系统服务功能是研究区国土空间布局优化和生态修复过程中应当重点关注的地方。

关键词: 南太行地区; 土地利用; 转移矩阵; 生态服务价值

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2020)05-0234-08

中图分类号: F301.24

文献参数: 马泉来, 卫华鹏, 王小玉, 等. 河南省南太行地区土地利用及生态服务价值变化[J]. 水土保持通报, 2020, 40(5): 234-241. DOI: 10.13961/j.cnki.stbctb.20200818.002; Ma Quanlai, Wei Huapeng, Wang Xiaoyu, et al. Change of land use and ecosystem services value in South Taihang area of He'nan Province [J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2020, 40(5): 234-241.

Change of Land Use and Ecosystem Services Value in South Taihang Area of He'nan Province

Ma Quanlai^{1,2}, Wei Huapeng^{1,2}, Wang Xiaoyu^{1,2}, Zhang Zhengfei^{1,2}, Zhan Yuying^{1,2}, Gao Fengjie³, Zhou Hao⁴

[1. *The First Institute of Resources and Environment Investigation of He'nan Province, Zhengzhou, He'nan 450007, China*; 2. *Science and Technology Innovation Centre of Nature Resources of He'nan*

Provinces (Evaluation Monitoring and Early Warning of Resource Environmental Bearing Capacity), Zhengzhou,

He'nan 450007, China; 3. *School of Public Administration and Law, Northeast Agricultural University, Harbin, Heilongjiang 150030, China*; 4. *College of Resources and Environment Sciences, Hu'nan Normal University, Changsha, Hu'nan 410081, China*]

Abstract: [Objective] The change of land use and its impacts on regional ecosystem were studied to provide a theoretical basis for the optimization of spatial layout of regional land and management of mountains, rivers, farmland, lakes, grasslands. [Methods] Based on the remote sensing data of multiple time nodes and '3S' technology, this research took the South Taihang area of He'nan Province to study the law and changes in land use and ecological service value from 1990 to 2016. [Results] During the period from 2000 to 2010, the land use pattern of South Taihang area changed dramatically in comparison to the other periods. Between 2000 and 2010, dryland decreased by 211.77 km², construction land increased by 319.78 km², and the

收稿日期: 2020-05-06

修回日期: 2020-06-20

资助项目: 国家自然科学基金项目“气候变化背景下挠力河流域耕地利用变化水土平衡效应研究”(41671520)

第一作者: 马泉来(1992—), 男(汉族), 河南省禹州市人, 硕士, 研究方向为资源环境遥感。Email: maquanlai0716@163.com。

通讯作者: 卫华鹏(1984—), 男(汉族), 河南省济源市人, 本科, 工程师, 主要从事土地利用研究。Email: 1139204894@qq.com。

changing degree of each land-use type peaked. From 1990 to 2016, the land-use in the South Taihang area mainly changed from dryland to construction land, although the reclamation of construction land to dryland became a way to supplement farmland in the later period. A large area of unused land was developed and utilized, and the reserve resources available for development and utilization reduced continually. The total value of the ecological services decreased by 3.33 billion from 21.2 billion in 1990 to 17.8 billion in 2016. The contributions of construction land, cultivated land, forest land, grassland, and water areas to the total change of the ecological service value were -90.19% , -25.75% , -17.51% , -10.93% , and 44.46% , respectively. The ecological service functions of water temperature regulation and waste treatment were considerably damaged in the South Taihang area. [Conclusion] The changes of land use and ecosystem characteristics were obvious in the South Taihang area. To balance the relationship between construction land and the protection of cultivated land, the adjustment of the land-use structure and maintenance of ecosystem services are key aspects for optimizing the spatial layout of land and ecological restoration.

Keywords: South Taihang area; land use; transition matrix; ecosystem services value

土地利用是人类参与自然过程最直接且持久的方式之一,剧烈且长久地影响着区域水文、气候、土壤、生物多样性等生态过程^[1-2]。许多生态环境问题的产生都与人类不合理的资源开发利用有关,以土地利用变化为代表的的人类活动已经成为影响生态系统服务价值与功能的关键因子^[3-5]。一直以来,学者们也基于土地利用变化的模型方法对城市群发展、山地丘陵区及长江流域生态区存在的问题也做了一系列研究,相关研究成果为城市用地管理、生态效应评估、生态功能区划分及土地政策制定等工作做出了巨大贡献^[6-8]。随着党的十八大提出的“大力推进生态文明建设”、“实施山水林田湖草系统治理”以及“黄河流域生态保护与高质量发展”等战略部署的不断深化落实^[9-10]。围绕长江经济带、黄河流域等重大生态带、核心生态区的生态环境状况调查、国土空间布局优化、自然生态修复等工作显得尤为重要^[11-12]。区域土地利用变化过程及其影响机制作为国土空间布局优化及生态修复过程中重点调查研究的内容,其研究结果对国土空间规划、生态功能区划分及生态修复工程部署等工作具有最直接、最现实的指导意义。因此,科学准确地掌握区域土地利用及其对生态服务价值变化的影响过程,并将其应用于当前的各项生态评价工作中,中进一步提高区域生态文明建设、国土空间布局优化及山水林田湖草系统治理等重大生态修复工程的工作成效^[13-15]。南太行地区位于中国地形地貌第二、第三阶梯过渡地带,是黄土高原和华北平原的分水岭,是《全国生态功能区划》提出的太行山区水源涵养与土壤保持的重要区域,也是推动实现黄河流域生态保护的核心区,对京津冀及黄河中下游地区具有重要的水源涵养、防洪调蓄、水土保持等生态系统服务价值^[16-17]。

2018年底,南太行地区山水林田湖草生态保护修复工程入围国家第三批试点,南太行地区在保障区

域生态安全方面将发挥更加重要的作用。基于以上背景,准确掌握南太行等黄河流域核心生态区土地利用演变规律及其对区域生态服务价值与功能的影响过程意义重大。本文选择南太行地区为研究区,从土地利用变化和生态服务价值两个角度着手,综合应用3S技术,对南太行地区1990—2000,2000—2010,2010—2016年3个时间段26a间的土地利用及生态服务价值变化特征、影响机制进行深入研究,以期为南太行地区国土空间布局优化、山水林田湖草系统治理等重大生态修复工程的实施提供重要参考。

1 研究区概况与数据来源

1.1 研究区概况

南太行地区位于河南省西北部,具体范围包括焦作市、安阳市、新乡市、鹤壁市及济源示范区等5市(区),25个县(市、区),面积约14000 km²,总人口约 1.67×10^7 人,常住人口 1.53×10^7 人,地理坐标为 $112^{\circ}1'30''$ — $114^{\circ}46'2''$ E, $34^{\circ}48'36''$ — $36^{\circ}22'41''$ N。区域内地形西部高,东部低,最高海拔在1221 m左右,属典型的暖温带大陆性季风气候,四季分明,气候适宜。南太行地区是我国中部地区重要的生态屏障,是河南省黄河流域生态保护区的重要组成部分,是海河支流卫河、淇河及黄河支流沁河、丹河的源头区,南水北调中线干渠穿境而过。地域特征鲜明,生物资源、矿产资源丰富,是河南省重要的能源、粮食生产、食品加工基地。2017年南太行地区合计完成地区生产总值 5.86×10^{11} 元,占河南省地区生产总值13.02%。

1.2 数据来源

采用1990,2000,2010年的Landsat 5 TM影像和2016年的Landsat 8 OLI影像,为了方便影像特征识别与信息提取,选取研究区6—10月期间的影像数据,空间分辨率为30 m,在ENVI 5.3软件平台对

影像数据进行几何校正、波段融合等预处理工作。参照中科院系统土地利用划分标准并结合研究区实际状况和本研究的目的,将研究区土地类型划分为旱地、水田、林地、草地、水域、建设用地和未利用地 7 种类型,并在 ArcGIS 10.0 平台进行地类信息提取,得到河南省南太行地区 1990,2000,2010,2016 不同年份土地利用类型分布图,最后,结合自然资源部门土地利用数据及 Google Earth 影像数据,对解译数据进行精度的验证,遥感影像解译准确率达 90% 以上,满足该研究需要。

2 研究方法

2.1 土地利用变化

将土地利用变化的程度进行定量化处理是土地科学研究的主要方法。土地利用动态可以有效反映一定时间、一定范围内土地资源类型的变化强度,本研究构建单一土地利用类型动态指数,用以表征研究区在 1990—2000,2000—2010,2010—2016 年土地利用变化强度,计算公式如下^[18]:

$$L_c = \frac{U_b - U_a}{U_a} \times \frac{1}{T} \times 100\% \quad (1)$$

式中: L_c 为研究时段内某一土地利用类型的动态指数; U_a, U_b 分别为初期和末期某土地类型的数量;

T 为研究时段。

此外,土地利用转移矩阵对研究区不同时期不同土地利用类型之间的变化结构特征和剧烈程度有较好的解释,也是土地利用变化研究中常用的方法^[19]。主要通过 ArcGIS 10.0 平台的 Intersect 功能和在 Excel 中添加透视表对研究区 1990—2010,2000—2010,2010—2016 年 3 个时间段的土地利用数据进行空间叠加分析,获得南太行地区 1990—2000,2000—2010,2010—2016 年前后 3 个时间段的土地利用转移矩阵。

2.2 生态服务价值变化

生态系统服务价值的测算主要采用 Costanza 的生态系统服务价值相关理论以及中科院谢高地等人综合中国实际情况提出的中国陆地生态系统服务价值当量因子及标准生态服务经济价值计算方法^[20-22],并利用单位面积农田粮食产出的经济价值量进行标准换算,参考已有研究成果修正系数^[23-24],对本研究区生态服务价值当量进行修正,得到南太行地区生态系统价值系数(见表 1)。

研究区南太行地区以旱地耕作为主,水田面积十分小,在这里将水田生态服务价值归并到旱地范围内,统一为耕地、林地、草地、水域、建设用地和未利用地 6 种用地类型参与生态服务价值的计算。

表 1 南太行地区生态系统服务价值系数

元/(hm²·a)

一级类型	二级类型	耕地	林地	草地	水域	建设用地	未利用地
供给服务	食物生产	1 615.1	532.9	694.5	856.0	0.0	32.3
	原材料生产	629.9	4 813.0	581.4	565.3	0.0	64.6
调节服务	气体调节	1 162.9	6 977.2	2 422.7	823.7	0.0	64.6
	气候调节	1 566.7	6 573.5	2 519.6	3 327.1	0.0	209.9
	水文调节	1 243.6	6 605.8	2 454.9	30 315.5	-28 264.3	113.0
	废物处理	2 244.9	2 777.9	2 131.9	23 984.3	-9 421.4	419.9
支持服务	土壤保持	2 374.2	6 492.7	3 617.8	662.2	0.0	274.6
	生物多样性	1 647.4	7 284.1	3 020.2	5 539.8	0.0	646.1
文化服务	美学景观	274.6	3 359.4	1 405.1	7171.1	0.0	387.6

生态服务价值(ESV)计算公式为:

$$ESV = \sum_{k=1}^n (A_k \times VC_k) \quad (2)$$

$$ESV^{(f)} = \sum_{k=1}^n (A_k \times VC_{fk}) \quad (3)$$

式中: A_k 为第 k 类土地利用类型的面积; VC_k 为第 k 类土地利用类型单位面积生态系统服务价值系数; $ESV^{(f)}$ 为第 f 项生态系统服务功能价值; VC_{fk} 为第 f 项生态系统服务功能单位面积生态系统服务价值系数。

2.3 生态贡献率

通过计算生态贡献率,来分析不同变化类型对研究区生态系统服务价值变化在不同时间段的影响程度,从而进一步确定研究区内生态服务价值变化的敏感因子及主要贡献因子,计算公式如下^[25]:

$$S_{kT} = \frac{|\Delta ESV_{kT}|}{\sum_{k=1}^n |\Delta ESV_{kT}|} \times 100\% \quad (4)$$

式中: S_{kT} 为第 k 种类型在 T 时间内发生变化所产生的生态服务价值的绝对值占总变化量的比例,即贡

献率; ΔESV_{kT} 为第 k 种类型在 T 时间内发生变化所产生的生态服务价值的变化量。

3 结果与分析

3.1 土地利用变化分析

3.1.1 土地利用数量变化分析 本文根据研究区

1990, 2000, 2010, 2016 年 4 个时间节点的土地利用数据进行分析可知, 研究区土地利用类型以旱地为主, 所占比例超过 56%, 其次为草地和林地。本研究在 GIS 技术支撑下, 通过计算获得 1990—2016 年南太行地区土地利用的变化量及动态度数据 (见表 2)。

表 2 1990—2016 年南太行地区土地利用变化量及动态度

土地类型	面积变化量/km ² (面积变化率/%)			动态度/%		
	1990—2000 年	2000—2010 年	2010—2016 年	1990—2000 年	2000—2010 年	2010—2016 年
水田	-4.42(-6.96)	-57.77(-97.70)	0.01(0.81)	0.70	-9.77	0.15
旱地	-71.89(-0.89)	-211.77(-2.65)	-143.89(-1.85)	-0.09	-0.27	-0.31
林地	30.94(1.53)	-51.74(-2.52)	-0.64(-0.03)	0.15	-0.25	-0.01
草地	-49.31(-2.09)	-77.46(-3.35)	-4.40(-0.20)	-0.21	-0.34	-0.04
水域	-75.74(-24.41)	81.01(34.55)	4.54(1.44)	-0.24	3.46	0.24
建设用地	179.84(13.21)	319.78(20.75)	144.38(7.76)	1.32	2.08	1.30
未利用地	-9.41(-59.69)	-2.07(-32.55)	-0.01(-0.05)	-5.97	-3.25	-0.01

从表 2 可以看出, 在 1990—2000 年, 水田、旱地、草地、水域、未利用地均有不同程度的减少, 其中, 水域和旱地减少面积较多, 分别达 75.74 km² 和 71.89 km², 而未利用地在此期间减少了近 60%, 年均动态度为 5.97%, 变化程度高, 说明该时间段内更多的荒地等后备资源被开发利用, 10 a 间南太行地区建设用地面积增加了 179.84 km², 增长比例达 13.21, 年均增长率为 1.32%, 林地增加 30.94 km², 增长比例达 1.53%。2000—2010 年期间, 6 类土地利用类型变化趋势较上一时期有所变化, 林地由上一时期的增加变为减少了 51.74 km², 水域则增加了 81.01 km², 变化率分别达 2.52% 和 34.55%, 均高于上一时期, 值得注意的是 2000—2010 年, 耕地(旱地和水田)面积减少趋势较上一时期更加剧烈, 旱地减少面积达到 211.77 km², 水田几乎全部转为他用, 林地、草地等生态功能明显的土地类型也出现较大减少, 在此期间, 整个区域内建设用地面积增加了 319.78 km², 年均动态度达 2.08%, 面积较上个 10 a 增加近 80%, 这一时期建设用地占用其他土地、林草损毁等人类活动是比较严重的, 这与南太行地区矿产资源分布比较丰富、经济利益驱动下的矿山开采活动在一段时间内较为频繁有密切关系, 占用、损毁土地情况时有发生, 其直接结果是该区域 10 a 的经济高速发展和城镇化的快速推进, 但区域土地利用结构和生态环境开始失衡。因此, 如何去平衡经济社会高速发展过程中的土地利用及相应的生态环境问题, 应当是自然资源部门需要长期关注和研究的重点。

2010—2016 年, 南太行地区林地、草地、未利用地减少趋势得到较大控制, 分别减少 0.64, 4.40, 0.01 km²,

旱地减少了 143.89 km², 年均动态度为 0.31%, 耕地资源的减少幅度较上一时期仍有扩大趋势, 耕地保护仍是当前时期的重点工作, 该时期建设用地增加了 144.38 km², 年均动态度为 1.30%, 比上一时期有明显的减缓趋势, 说明在建设用地增加和占用其他用地方面得到一定的控制。整体来说, 在 1990—2016 年的 26 a 间, 南太行地区土地利用情况有着剧烈变化过程, 旱地、林地、草地及建设用地的数量变化均在 2000—2010 年变化强度达到最大, 进一步梳理细化该时间段内南太行地区土地利用变化和影响机制, 对强化土地资源管理过程、完善制度体系具有一定的指导价值。

3.1.2 土地利用转移特征分析 基于研究区 4 个时间节点土地利用现状数据和 ArcGIS 10.0 空间分析模块, 得到南太行地区 1990—2000, 2000—2010, 2010—2016 年 3 个时间段的土地利用转移矩阵, 分别见表 3—5。

从表 3 可以看出, 1990—2000 年, 水田和草地在不同地类间的变化较少, 其他地类间变化较大。其中, 有 84.95 km² 的水域面积转换为了旱地, 这主要与河流水面的季节性下降有关, 部分滩地得到开发利用, 有 15.03 km² 的草地和 10.56 km² 的未利用地被作为耕地得到利用, 也反映了该地区作为粮食生产重点区, 农业生产在经济社会中的比重较大, 期间也有部分较差旱地和草地在这期间转化为了林地。受季节性水面变化影响, 滩涂用地在其他地类间有一定的转化, 在旱地转为水域的同时, 也有 6.10 km² 和 4.46 km² 的旱地和水田转为水域。在此期间, 建设用地增加 179.83 km², 这其中有 175.01 km² 是由旱

地转化而来的,占比达到 97.31%,其余小部分有草地等其他地类转化而来,这说明该区域在 1990—

2000 年建设用地的增加主要依赖于对耕地资源的占用。

表 3 1990—2000 年南太行地区土地利用转移矩阵

km²

土地类型	1990 年							合计
	水田	旱地	林地	草地	水域	建设用地	未利用地	
2000 年 水田	59.07	0.02	0.00	0.00	4.46	0.02	0.00	63.57
旱地	0.05	7 869.42	2.96	2.20	6.10	175.01	0.75	8 056.49
林地	0.00	1.26	2 020.77	3.76	0.09	0.36	0.00	2 026.24
草地	0.00	15.03	33.35	2 307.86	0.21	6.87	0.03	2 363.35
水域	0.01	84.95	0.08	0.09	223.17	1.09	0.90	310.29
建设用地	0.02	3.35	0.03	0.08	0.04	1357.51	0.00	1 361.03
未利用地	0.00	10.56	0.01	0.03	0.48	0.00	4.68	15.76
合计	59.15	7 984.59	2 057.20	2 314.02	234.55	1 540.86	6.36	14 197.73

表 4 2000—2010 年南太行地区土地利用转移矩阵

km²

土地类型	2000 年							合计
	水田	旱地	林地	草地	水域	建设用地	未利用地	
2010 年 水田	1.37	51.85	0.00	0.00	3.18	2.75	0.00	59.15
旱地	0.00	7 374.76	10.70	19.15	82.85	497.11	0.02	7 984.59
林地	0.00	46.80	1 979.10	14.25	5.96	11.05	0.04	2 057.20
草地	0.00	60.20	12.60	2192.84	15.96	30.74	1.68	2 314.02
水域	0.01	23.94	0.91	1.13	203.39	5.17	2.55	234.55
建设用地	0.00	213.53	2.30	7.54	3.95	1 313.54	0.00	1 540.86
未利用地	0.00	1.74	0.02	1.50	0.26	0.28	2.56	6.36
合计	1.38	7 772.82	2 005.63	2 236.41	315.55	1 860.64	4.30	14 197.73

本文在土地利用数量变化分析部分得出研究区 2000—2010 年土地利用变化特征最为剧烈。从表 4 可以看出,2000—2010 年,水田大量旱化,共有 51.85 km² 水田转化为旱地,有 46.80 km² 林地和 60.20 km² 草地被开垦为旱地,有 213.53 km² 的建设用地在这十年间复垦为旱地,但整体上旱地总面积仍有大幅度的减少,其中,建设用地占用旱地达到 497.11 km²,在所有土地利用变化类型中比例最大,为城市建设、工矿业发展提供了大量用地,促进了该时间段内经济社会的快速发展,其次为草地和林地分别被建设占用 30.74 km² 和 11.05 km²,该情形比 1990—2000 年有大幅增加,扩大了建设用地的来源渠道。有 82.85 km² 的滩涂耕地由于季节性水面变化等原因转化为水域水面,这种情况在其他地类变化中也存在。南太行地区西北部多为山地,农业生产在一些地方不方便,又存在山区耕地撂荒、还林还草等情况,也造成了旱地数量的减少,在这期间区域内未利用地减少到了 4.30 km² 的最小值,可用于耕作的耕地后备资源越来越少。整体来说,在 2000—2010 年,南太行地区建设用地大量占用耕地,仍然是导致耕地大面积减少的主要原因。受该时期国家,省,市层面退耕还林政策的影响,该时期内旱地还林还草情

形较上一时期也更加明显,土地利用变化类型也更为复杂。

从表 5 可以看出,2010—2016 年,研究区土地利用转移变化程度较其他两个时期相对单一,主要集中在旱地、林地、草地和建设用地的变化上。该时期旱地的变化主要是建设用地复垦转化和少量的草地和林地转化而来,其中也存在撂荒耕地长满荒草后被再次耕种,建设用地复垦为耕地的面积为 23.73 km²,这一数字较 2000—2010 期间有大幅度的降低,说明该时期研究区土地复垦的力度有所放缓或者说与可以复垦的建设用地越来越少存在一定关系,但以上情形也均在一定程度上补充了耕地的数量。林地主要原有林地的基础上,有 12.40 km² 的草地和 3.24 km² 的旱地转化成了林地,且有 10.66 km² 的旱地和 12.64 km² 的林地转化成了草地,除去还林还草的影响,也说明了该时期耕地撂荒现象相比前时间段有所缓解,但问题依然存在,如何建立补偿激励机制、提高农民耕作的积极性,减少或者遏制耕地撂荒、资源浪费情形的发生也是自然资源主管部门需要研究解决的重大问题。在 2010—2016 年的 6 a 时间里,研究区建设用地增加了约 145 km²,增长速度和数量相比上一时期得到了一定的控制,但增加的建设用地仍然主要由占用耕地

而来,除去建设用地复垦为耕地的 23.73 km²,新增建设用电占用旱地面积达 164.52 km²,城市发展建设与耕地保护之间的矛盾依然突出,这就亟需要在定

量分析、科学进行区划的基础上,建立生态文明背景下的不同用地间的协调机制,进一步平衡区域内生产、生活与生态等不同用地空间的协调发展。

表 5 2010—2016 年南太行地区土地利用转移矩阵

km²

土地类型	2010 年							合计	
	水田	旱地	林地	草地	水域	建设用地	未利用地		
2016 年	水田	1.36	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	1.38
	旱地	0.02	7587.49	3.24	10.66	6.88	164.52	0.01	7 772.82
	林地	0.00	3.28	1 988.48	12.64	0.46	0.74	0.03	2 005.63
	草地	0.00	11.79	12.40	2 206.83	1.40	3.91	0.08	2 236.41
	水域	0.01	2.62	0.50	0.77	311.16	0.49	0.00	315.55
	建设用地	0.00	23.73	0.33	1.03	0.19	1 835.36	0.00	1 860.64
	未利用地	0.00	0.02	0.03	0.08	0.00	0.00	4.17	4.30
	合计	1.39	7 628.94	2 004.98	2 232.01	320.10	2 005.02	4.29	14 197.73

3.2 生态服务价值分析

3.2.1 生态服务价值总量变化 基于研究区 4 个时间节点的土地利用现状数据和修正后的生态服务价值计算方法、过程,得到 1992—2016 年南太行地区生态服务价值及贡献率(见表 6)。

从表 6 可以看出,南太行地区生态服务价值总量从 1990 年的 2.12×10¹⁰ 元减少到 2016 年的 1.78×10¹⁰ 元,共减少了 3.33×10⁹ 元,减少比例 15.72%。在 1990—2000 年,生态服务价值总量减少了 1.29×10⁹ 元,按照土地类型计算贡献率可以得到,建设用地的增加和水域面积的减少对生态服务价值总量变化的贡献率分别达到-52.76%和-43.19%,其次为林地的增加对价值总量变化的贡献率为 10.82%。2000—2010 年生态服务价值总量减少了 1.34×10⁹ 元,从贡献率来看,在这 10 a 间,建设用地变化对生态服务价值总量变化的贡献率达到了-90.19%的高值,其次,由于耕地、林地、草地的变化对生态服务价值总量变化的贡献率分别为-25.75%,-17.51%和

-10.93%,水域面积变化的贡献率为 44.46%,可以看出,该时期不同土地类型变化对生态服务价值总量变化的变化率存在较大的差异,也反映出在 2000—2010 年,南太行地区生态环境系统发生了较大的变化,该时期生态环境问题突出。2010—2016 年生态服务价值总量减少了 7.06×10⁸ 元,从贡献率来看,林地、草地及水域面积变化对生态服务价值总量变化的贡献率保持在了较低水平,分别为-0.42%,-1.27%和-4.67,一定程度上也维持了区域生态系统的稳定,但该时间段内,由于耕地的不断减少和建设用地的不断扩张,均对区域生态服务价值造成了较为明显的破坏,贡献率分别为-25.92%和-77.05,也表明研究区内土地利用与生态系统服务价值之间的矛盾已有多重地类变化与生态系统服务价值之间的博弈逐步集中在了耕地保护与建设用地的不断扩张上,因此,如何平衡生态文明建设背景下耕地保护与社会发展建设用地之间的关系,进一步改善和促进人类活动及生态系统协调发展是诸多学者和政府部门关注的重点。

表 6 1990—2016 年南太行地区生态服务价值及贡献率

土地类型	生态服务价值/10 ⁸ 元				贡献率/%		
	1990	2000	2010	2016	1990—2000 年	2000—2010 年	2010—2016 年
耕地	103.61	102.63	99.19	97.36	-7.63	-25.75	-25.92
林地	92.03	93.42	91.08	91.05	10.82	-17.51	-0.42
草地	44.54	43.62	42.16	42.07	-7.16	-10.93	-1.27
水域	22.73	17.18	23.12	23.45	-43.19	44.46	-4.67
建设用地	-51.29	-58.07	-70.12	-75.56	-52.76	-90.19	-77.05
未利用地	0.03	0.01	0.01	0.01	-0.16	0.00	0.00
合计	211.65	198.80	185.44	178.38	-1.00	-1.00	-1.00

3.2.2 生态服务价值类型间变化 在分析南太行地区生态服务价值总量变化的基础上,进一步细化各服

务功能价值量的变化,以进一步掌握 1990—2016 年南太行地区在生物生产、气体调节、气候调节等不同

生态服务功能的变化情况,见表 7。从表 7 可以看出,从 1990—2016 年,不同生态服务功能的价值量整体是成下降趋势的,其中,原材料生产和美学景观分别在 2000 年和 2010 年出现微小增加,然后继续呈减少趋势,这也与研究区林地和水域在这两个时间节点出现增加有一定关系,水温调节与废物处理生态服务功能对研究区生态服务价值总量减少的贡献率在 3 个时间段内均排在第一、第二的位置,其中水温调节功能在 3 个时期均达到-55%以上,研究区生态系统的水温调节和废物处理功能应当引起当地政府和自然资源主管部门的高度重视,也是实施区域生态环境系统修复治理的重点内容。整体来说,南太行地区近些

年的经济社会的高速发展以及城镇化的快速推进所带来的建设用地迅速扩张、林地破坏被开垦、水域破坏污染等过程对区域生态系统服务功能的完整性均造成了不同程度的破坏。在此形势下,南太行地区作为海河支流卫河、淇河及黄河支流沁河、丹河的源头区和重要水源涵养区,具有一定的战略意义,其生态环境状况及服务功能的好坏关系重大、影响深远。因此,如何利用好当前南太行地区山水林田湖草系统治理过程,做好区域自然资源现状调查和规律研究,提高生态保护修复工程的针对性和有效性,不断完善和提高区域内生态系统气候调节、水源涵养、水土保持等生态生态服务功能是当前和今后研究的一大课题。

表 7 1990—2016 年南太行地区类型间生态服务价值及贡献率

服务项目	生态服务价值/ 10^8 元				贡献率/%		
	1990	2000	2010	2016	1990—2000 年	2000—2010 年	2010—2016 年
食物生产	16.10	15.90	15.45	15.22	-1.56	-3.37	-3.26
原材料生产	16.42	16.45	16.03	15.93	0.24	-3.14	-1.42
气体调节	29.36	29.51	28.71	28.53	1.17	-5.99	-2.55
气候调节	33.03	32.74	32.05	31.82	-2.26	-5.16	-3.26
水温调节	0.22	-7.17	-14.61	-18.75	-57.51	-55.69	-58.64
废物处理	23.52	19.81	17.83	16.24	-28.87	-14.82	-22.52
土壤保持	41.19	40.98	39.78	39.42	-1.63	-8.98	-5.10
生物多样性	37.00	36.53	35.92	35.69	-3.66	-4.57	-3.26
美学景观	14.59	14.05	14.28	14.27	-4.20	2.25	-0.14
合计	211.65	198.80	185.44	178.38	-1.00	-1.00	-1.00

4 结论

南太行地区作为黄河流域生态保护区的重要组成部分,是海河、黄河众多支流的源头区,是国家山水林田湖草系统治理试点区。本文对河南省南太行地区 1990—2016 年的土地利用及生态系统服务功能变化特征进行研究,分析区域土地利用及生态系统服务的变化特征及演变方向。

(1) 南太行地区在 1990—2000 年和 2010—2016 年两个时期土地利用变化较为单一,动态度整体维持在较低水平,2000—2010 年土地利用变化剧烈,各地类变化动态度高于其他两个时间段,其中旱地的减少量与建设用地的增加量均在这期间分别达到 211.77 km^2 和 319.78 km^2 的最大值。

(2) 在 1990—2016 年,南太行土地利用转移类型方面以旱地转为建设用地为主,从 2000—2010 年起建设用地复垦也成了耕地补充的主要途径,建设用地与耕地保护矛盾依然尖锐,耕地保护压力大,退耕还林还草、旱地撂荒转等情形加速了耕地数量的减

少,大量的未利用地得到开发利用,可供开发利用的后备资源越来越少。

(3) 南太行地区生态服务价值总量从 1990 年的 2.12×10^{10} 元减少到 2016 年的 1.78×10^{10} 元,共减少 3.33×10^9 元。建设用地、耕地、林地、草地和水域对生态服务价值总量变化的贡献率分别为-90.19%,-25.75%,-17.51%,-10.93%和 44.46%。在不同服务功能方面,区域生态系统的水温调节与废物处理(净化)应当是区域生态修复重点关注和平衡的领域。

[参 考 文 献]

- [1] 刘纪远,匡文慧,张增祥,等. 20 世纪 80 年代末以来中国土地利用变化的基本特征与空间格局[J]. 地理学报, 2014,69(1):3-14.
- [2] 傅伯杰,张立伟. 土地利用变化与生态系统服务:概念、方法与进展[J]. 地理科学进展,2014,33(4):441-446.
- [3] 黎云云,畅建霞,王义民,等. 渭河流域径流对土地利用变化的时空响应[J]. 农业工程学报,2016,32(15):232-238.

- [4] 李佳鸣,冯长春. 基于土地利用变化的生态系统服务价值及其改善效果研究:以内蒙古自治区为例[J]. 生态学报, 2019, 39(13): 4741-4750.
- [5] 王保盛,陈华香,董政,等. 2030年闽三角城市群土地利用变化对生态系统水源涵养服务的影响[J]. 生态学报, 2020, 40(2): 484-498.
- [6] 张骞,高明,杨乐,等. 1988—2013年重庆市主城九区生态用地空间结构及其生态系统服务价值变化[J]. 生态学报, 2017, 37(2): 566-575.
- [7] 程建,程久苗,吴九兴,等. 2000—2010年长江流域土地利用变化与生态系统服务功能变化[J]. 长江流域资源与环境, 2017, 26(6): 894-901.
- [8] 刘菁华,李伟峰,周伟奇,等. 京津冀城市群扩张模式对区域生态安全的影响预测[J]. 生态学报, 2018, 38(5): 1650-1660.
- [9] 赵先贵,马彩虹,赵晶,等. 生态文明视角的陕西省资源环境压力评价[J]. 干旱区资源与环境, 2016, 30(10): 19-25.
- [10] 韩博,金晓斌,项晓敏,等. 基于“要素—景观—系统”框架的江苏省长江沿线生态修复格局分析与对策[J]. 自然资源学报, 2020, 35(1): 141-161.
- [11] 王大菊,卫海燕,贺敏,等. 基于土地利用的三峡库区生态系统服务价值时空格局分析[J]. 长江流域资源与环境, 2020, 29(1): 90-100.
- [12] 巩杰,张金茜,钱彩云,等. 1990-2014年甘肃省白龙江流域土地利用变化对人类活动响应[J]. 水土保持通报, 2017, 37(4): 219-224.
- [13] 张舟,吴次芳,谭荣. 生态系统服务价值在土地利用变化研究中的应用:瓶颈和展望[J]. 应用生态学报, 2013, 24(2): 556-562.
- [14] 郭旭东,谢俊奇. 新时代中国土地生态学发展的思考[J]. 中国土地科学, 2018, 32(12): 1-6.
- [15] 陈万旭,李江风,曾杰,等. 中国土地利用变化生态环境效应的空间分异性与形成机理[J]. 地理研究, 2019, 38(9): 2173-2187.
- [16] 宇振荣,杨新民,陈雅杰. 河南省南太行地区山水林田湖草生态保护与修复[J]. 生态学报, 2019, 39(23): 8886-8895.
- [17] 李潇,吴克宁,刘亚男,等. 基于生态系统服务的山水林田湖草生态保护修复研究:以南太行地区鹤山区为例[J]. 生态学报, 2019, 39(23): 8806-8816.
- [18] 董会忠,姚孟超. 成渝经济区土地利用变化对生态系统服务价值的影响[J]. 水土保持通报, 2020, 40(1): 213-220.
- [19] 张建国,李晶晶,殷宝库,等. 基于转移矩阵的准格尔旗土地利用变化分析[J]. 水土保持通报, 2018, 38(1): 131-134.
- [20] 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.
- [21] 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.
- [22] 谢高地,张彩霞,张昌顺,等. 中国生态系统服务的价值[J]. 资源科学, 2015, 37(9): 1740-1746.
- [23] 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.
- [24] 郭椿阳,高尚,周伯燕,等. 基于格网的伏牛山区土地利用变化对生态服务价值影响研究[J]. 生态学报, 2019, 39(10): 3482-3493.
- [25] 陈永春,邓国志. 资源型城市土地利用变化对生态系统服务价值的影响:以安徽省淮南市为例 [J]. 水土保持通报, 2018, 38(4): 247-252.

(上接第 226 页)

- [14] 陈佳,杨新军,王子侨,等. 乡村旅游社会—生态系统脆弱性及影响机理:基于秦岭景区农户调查数据的分析[J]. 旅游学刊, 2015, 30(3): 64-75.
- [15] 杨莹,林琳,钟志平,等. 基于应对公共健康危害的广州社区恢复力评价及空间分异[J]. 地理学报, 2019, 74(2): 266-284.
- [16] 王群,陆林,杨兴柱. 千岛湖社会—生态系统恢复力测度与影响机理[J]. 地理学报, 2015, 70(5): 779-795.
- [17] 武剑,杨爱婷. 基于 SPA 的广东省区域经济脆弱性及障碍因素研究[J]. 经济地理, 2012, 32(9): 32-38.
- [18] 展亚荣,盖美. 滨海旅游地社会—生态系统恢复力测度及协调发展研究[J]. 地域研究与开发, 2018, 37(5): 158-164.
- [19] 刘焱序,傅伯杰,王帅,等. 空间恢复力理论支持下的人地系统动态研究进展[J]. 地理学报, 2020, 75(5): 891-903.
- [20] 王群,陆林,杨兴柱. 千岛湖社会—生态系统恢复力测度与影响机理[J]. 地理学报, 2015, 70(5): 779-795.
- [21] 许明军,杨子生. 西南山区资源环境承载力评价及协调发展分析:以云南省德宏州为例[J]. 自然资源学报, 2016, 31(10): 1726-1738.
- [22] 唐波,李燕芬. 粤北山区农村旅游扶贫经济效应与发展路径[J]. 南方农村, 2018, 34(5): 39-45.
- [23] 刘焱序,王仰麟,彭建,等. 耦合恢复力的林区土地生态适宜性评价:以吉林省汪清县为例[J]. 地理学报, 2015, 70(3): 476-487.