

# 固原市原州区 2000—2018 年“三生” 用地及生态系统服务变化

滑雨琪<sup>1</sup>, 马彩虹<sup>1,2</sup>, 安斯文<sup>1</sup>, 袁倩颖<sup>1</sup>

[1.宁夏大学 地理科学与规划学院, 宁夏 银川 750021; 2 宁夏(中阿)旱区资源评价与环境调控重点实验室, 宁夏 银川 750021]

**摘要:** [目的] 对宁夏回族自治区原州区退耕还林以来“三生”用地变化及生态系统服务损益进行分析, 为该区的国土空间开发与主体功能优化提供科学参考。[方法] 基于主导功能原则构建“三生”用地分类体系, 在识别原州区 2000—2018 年“三生”用地类型、分析用地结构与空间格局的基础上, 采用当量因子法定量评估“三生”用地变化对生态系统服务价值(ESV)的影响。[结果] ①2000—2018 年, 原州区生产用地减少 4 243.68 hm<sup>2</sup>, 占地比例由 42.88% 降为 41.88%, 但水浇地和园地面积明显增加; 生态用地减少 5 673.08 hm<sup>2</sup>, 比例由 54.66% 降为 52.52%, 但以林地比例提升为主的内部结构优化特征显著; 生活用地扩张迅速, 增加 10 272.63 hm<sup>2</sup>, 从 2.46% 提升为 6.19%, 以城镇面积增加为主要特征。②“三生”用地中生活用地面积动态度最高为 -3.31%, 二级地类中水浇地、园地、城镇用地、林地和草地分别为“生产—生活—生态”用地中动态度最高地类; 并且研究前期“三生”用地动态度明显大于研究后期。③空间上, 以清水河谷为代表的河谷地区主要表现为水浇地和园地的增加; 城区和三营镇、头营镇等城镇建设用地扩张迅速; 六盘山地和黄土丘陵沟壑区的林地生态用地大幅增加。④研究时段内原州区的 ESV 增加了 10.06 亿元, 供给、调节、支持、文化功能均大幅提升。导致 ESV 减少的转移流向主要有旱地转为居民点, 旱地转为工矿水利用地, 草地转为旱地, 草地转为工矿水利用地, 草地转为居民点, 林地转为旱地, 林地转草地, 其余转移方式均对 ESV 的增长有益。[结论] 研究时段内原州区“三生”用地演化节奏逐渐放慢, ESV 逐年提高; “三生”格局变化上呈现出生活用地向中心集聚并向外扩张, 生产用地围绕城镇分布, 生态用地则向边缘扩张。

**关键词:** 生态服务价值; 三生用地; 国土空间优化; 原州区

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1000-288X(2021)06-0295-08

**中图分类号:** TP79, F062.2

**文献参数:** 滑雨琪, 马彩虹, 安斯文, 等. 固原市原州区 2000—2018 年“三生”用地及生态系统服务变化 [J]. 水土保持通报, 2021, 41 (6): 295-302. DOI: 10.13961/j.cnki.stbctb.2021.06.038; Hua Yuqi, Ma Caihong, An Siwen, et al. Changes in productive-living-ecological land and ecosystem services in Yuanzhou District of Guyuan City during 2000—2018 [J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2021, 41 (6): 295-302.

## Changes in Productive-Living-Ecological Land and Ecosystem Services in Yuanzhou District of Guyuan City During 2000—2018

Hua Yuqi<sup>1</sup>, Ma Caihong<sup>1,2</sup>, An Siwen<sup>1</sup>, Yuan Qianying<sup>1</sup>

[1. School of Geographical Sciences and Planning, Ningxia University,

Yinchuan, Ningxia 750021, China; 2. Key Laboratory of Resource Evaluation and

Environmental Control in Ningxia (China and Arab) Arid Areas, Yinchuan, Ningxia 750021, China]

**Abstract:** [Objective] The changes of productive-living-ecological land use and cost-benefit of ecosystem service in Yuanzhou District of Ningxia Hui Autonomous Region after returning farmland to forestland were analyzed, in order to provide a scientific support for the development of land space and the optimization of main functions in this area. [Methods] Based on the principle of dominant function, the land use classification system of productive-living-ecology was established. Based on the identification of productive-living-ecological

收稿日期: 2021-04-16

修回日期: 2021-06-25

资助项目: 国家自然科学基金项目“宁夏六盘山贫困山区农户生计转型的资源环境效应研究”(41761034), “宁夏六盘山贫困区“三生”空间融合发展的动力机制及模式研究”(41961034); 宁夏自然科学基金重点项目(2020AAC02008)

第一作者: 滑雨琪(1995—), 男(汉族), 宁夏回族自治区银川市人, 硕士研究生, 研究方向为 GIS 应用与开发。Email: wulihhh@foxmail.com。

通信作者: 马彩虹(1974—), 女(汉族), 宁夏回族自治区固原市人, 博士, 教授, 硕士生导师, 主要从事资源环境评价与 GIS/RS 应用方面的研究。Email: mchyan@163.com。

land types and the analysis of land use structure and spatial pattern in Yuanzhou District from 2000 to 2018, the impact of the change of productive-living-ecological land on the value of ecosystem services (ESV) was quantitatively assessed by using the equivalent factor method. [Results] ① From 2000 to 2018, the production land decreased by 7 062.96 hm<sup>2</sup>, and the proportion decreased from 42.88% to 41.88%, but the area of irrigated land and garden land increased significantly. Ecological land decreased by 3 259.06 hm<sup>2</sup>, and the proportion decreased from 54.66% to 52.52%, but the internal structure optimization features were significant where the proportion of forest land was improved. Living land expanded by 10 272.63 hm<sup>2</sup> and increased rapidly from 2.46% to 6.19%, which was mainly characterized due to the increase of urban area. ② In the productive-living-ecological land category, the dynamic change of the living land area was the highest, which was -3.31%. In the secondary land category, the irrigable land, garden land, urban land, woodland and grassland were the highest in the productive-living-ecological land category, respectively. In addition, the dynamic change of land use in the early stage of the study was significantly greater than that in the later stage. ③ Spatially, the increase of irrigated land and garden land in Qingshui valley was the main trend. The urban area, Sanying Town, Touying Town and other urban construction land expanded rapidly. The forest land in Liupan Mountains area and loess hilly and gully area increased greatly. ④ During the study period, the ESV of Yuanzhou District increased by 10.06 hundred million yuan, and the supply, regulation, support and cultural functions were greatly improved. The main transfer directions resulting in the decrease of ESV were dryland to residential land, dryland to industrial and mining water conservancy land, grassland to dryland, grassland to industrial and mining water conservancy land, grassland to residential land, woodland to dryland, woodland to grassland, and other transfer modes were beneficial to the growth of ESV. [Conclusion] During the research period, the evolution of productive-living-ecological land in Yuanzhou District gradually slowed down, and ESV increased year by year. The change of productive-living-ecological pattern showed that the living land was concentrated in the center and expanded outward, and the production land was distributed around towns. Ecological land was expanding to the edge.

**Keywords:** ecosystem service value; productive-living-ecological space; land space development; Yuanzhou District of Guyuan City

伴随着工业化和城镇化的快速推进,土地利用之间的冲突和矛盾日益突出,与之相应,也引起了生态系统服务功能也发生显著变化<sup>[1-3]</sup>。如何由冲突走向协同发展,如何确保生态系统服务结构与功能提升,是当前国土空间优化亟待研究解决的重大现实问题<sup>[4-5]</sup>。2012年,国家提出了“生产空间集约高效、生活空间宜居适度、生态空间山清水秀”的国土空间优化目标<sup>[6]</sup>。

因此,基于三生用地视角开展区域国土空间格局演变及其生态效应,已成为当前土地变化科学的热点。如陈明叶等<sup>[7]</sup>的研究表明大清河阜平流域土地结构的改变对该地区的生态系统服务价值造成了巨大的影响;杨锁华等<sup>[8]</sup>构建“三生”用地体系和生态系统服务价值模型对长江经济区的研究,发现1990—2014年生长江经济区生态系统服务价值主要增长区分布呈现出“山地>丘陵区>平原区”格局;戴文远等<sup>[9]</sup>研究发现生产、生活空间对生态空间的侵占是福州新区ESV下降的主要原因。现有的“三生空间”与生态系统服务价值的耦合研究大部分还处于静态因子研

究,无法满足不同地区在国土空间开发中的土地利用转型规划、生态系统治理等的实际应用,并且在研究区域上缺乏对经济欠发达地区和西北干旱区的三生功能研究<sup>[9-11]</sup>。

宁夏回族自治区固原市原州区是国家扶贫开发重点县(区)之一,于2020年退出贫困县序列。由于是固原市政治、经济、文化中心,近20a来城市化进程较快,该区域位于中国生态安全战略格局“两屏三带”中的黄土高原—川滇生态屏障,生态地位突出,同时,它又是宁夏南部山区农产品主产区,因此,原州区的三生用地争地矛盾一度十分突出<sup>[12-13]</sup>。本文以原州区为例,基于“三生”空间视角开展脱贫地区退耕还林以来的国土空间演变及生态效应研究,以期为生态脆弱、经济欠发达地区的国土空间开发与主体功能优化提供一定的决策参考。

## 1 方法与数据

### 1.1 研究区概况

原州区位于东经106°00′—106°30′,北纬35°50′—

36°20′之间,地处宁夏回族自治区南部、六盘山东麓,降水主要集中于夏季,年均降水量 300~550 mm。地势南高北低,西南为六盘山山地,东北为黄土丘陵,中部为清水河谷冲积平原,山地、丘陵和河谷平原分别占 20.6%,32.9%和 46.5%。

原州区是固原市政治、经济、文化中心和宁南区域中心城市核心区,现辖 7 镇 4 乡 3 个街道办事处,总面积 2 739 km<sup>2</sup>。截至 2018 年,户籍人口为 43.13 万人,GDP 为 136.44 亿元,占固原市 2018 年 GDP 的 45%。

表 1 原州区“三生”用地分类体系

类型	土地类型	用途
生产空间	旱地、水浇地、园地、工矿水利用地	用于农、林、牧、副渔等第一产业的区域。
生活空间	乡村居民点,城镇建设用地	主要从事第一、二、三产业为生的农村居民居住和生活的用地空间。
生态空间	草地、林地、水域、未利用地	调节、维护、保障生态安全的区域。

1.2.2 “三生”用地动态模型 “三生”用地空间动态变化其本质是不同功能用地的空间动态变化。引用刘纪远<sup>[16]</sup>和王考等<sup>[17]</sup>学者的土地利用动态模型,研究基于“三生”空间理论下的土地利用动态度。以此可以有效地比较各区域土地利用变化差异。计算公式为:

$$K_1 = \frac{LA_{(i,t_2)} \cdot LA_{(i,t_1)}}{LA_{i,tr}} \frac{1}{T} \times 100\% \quad (1)$$

式中:  $K_1$  为研究时段内某一用地类型动态度;  $LA_{(i,t_2)}$ ,  $LA_{(i,t_1)}$  分别表示研究初期和研究末期某类型利用地面积;  $T$  为研究时间长度。

1.2.3 生态系统服务价值模型 根据 Costanza 等<sup>[18]</sup>

隶属于北方农牧交错生态脆弱区,面临土地沙漠化,草地过度放牧,植被退化,水土保持能力下降,水资源短缺等资源环境问题。自 2000 年以来,实施了退耕还林、自然封育等生态恢复措施。

## 1.2 研究方法

1.2.1 三生空间用地分类 本文主要参照杨清可等<sup>[14]</sup>、李广东等<sup>[15]</sup>提出的“三生空间”分类体系加以整合,并根据研究区域的实际情况重新划分等级,原州区“三生用地”分类体系详见表 1。

提出的 17 种生态系统功能和生态系统服务价值计量模型,计算区域生态系统服务价值。计算公式为:

$$ESV = \sum (A_k \cdot VC_k) \quad (2)$$

式中:  $ESV$  为生态系统服务价值;  $A_k$  为  $k$  地类的面积;  $VC_k$  为第  $K$  种土地利用类型的生态价值当量因子。参照 Costanza 等<sup>[18]</sup>、谢高地等<sup>[19]</sup>计算得出的生态系统服务价值当量因子,以 2018 年宁夏全区粮食市场平均成交价格的 1/7 作为一个生态服务价值当量经济价值,经过实际调研,选取了原州区种植规模最大的 3 种作物(玉米、谷类、大豆)为衡量标准。计算出原州区的生态系统服务价值单位是 1 599 元/hm<sup>2</sup>。各类系统的单位面积生态系统服务价值详见表 2。

表 2 原州区单位面积生态系统服务价值

元/hm<sup>2</sup>

一级	二级	旱地	水浇地	园地	建设用地	林地	草地	水域	未利用地
供给服务	食物生产	1 359.15	2 174.64	1 327.17	15.99	383.76	159.90	159.90	0
	原材料生产	639.60	143.91	607.62	47.97	871.455	223.86	79.95	0
	水资源供给	31.98	-4 205.37	-1 215.24	-479.70	447.72	127.92	415.74	15.99
调节服务	气体调节	1 071.33	1 774.89	2 110.68	175.89	2 862.21	815.49	799.5	31.98
	气候调节	575.64	911.43	3 965.52	159.9	8 578.64	2 142.66	2 382.51	175.89
	净化环境	159.90	271.83	1 167.27	495.69	2 566.40	703.56	3 741.66	159.9
	水文调节	431.73	4 349.28	4 125.42	335.79	6 467.96	1 567.02	25 184.25	47.97
支持服务	土壤保持	1 646.97	15.99	1 966.77	207.87	3 493.82	991.38	959.40	31.98
	维持养分循环	191.88	303.81	271.83	15.99	263.84	79.95	191.88	15.99
	生物多样性	207.87	3 533.79	1 471.08	191.88	3 182.01	895.44	2 654.34	31.98
文化服务	美学美观	95.94	143.91	639.60	159.90	1 399.13	399.75	1 966.77	15.99

## 1.3 数据来源

本文数据主要包括土地利用、DEM、行政矢量及社会经济数据。其中 2000 年土地利用数据源为 20000627 的 Landsat 7ETM<sup>+</sup> 影像,空间分辨率为

30 m;2009 年土地利用数据来自国土二调成果,影像数据为 SPOT,其全色波段空间分辨率为 2.5 m,单色波段为 10 m;2018 年数据为 GF-2 号影像,共 13 幅景。通过 ENVI5.5 软件对影像数据进行几何校正、

图像配准等预处理,利用人机交互方式解译,Landsat 7ETM<sup>+</sup>分类精度 85%,kappa 系数 0.88;GF2 数据分类精度 92%,kappa 系数 0.92。参照 2017 年全国土地利用分类方法,将土地利用类型分为 10 类,名称和代码依次为旱地 1,水浇地 2,园地 3,林地 4,草地 5,城镇用地 6,乡村居民点 7,水域 8,工矿水利用地 9,未利用地 0。

## 2 结果与分析

### 2.1 原州区“三生”用地动态变化分析

2.1.1 原州区“三生”用地结构分析 原州区土地利用类型中,基本上以生产用地和生态用地为主,其中,生产用地以旱地为主;生态用地中,以林地和草

地为主(图 1)。研究时段内生产用地由 2000 年的 117 816.07 hm<sup>2</sup> 变为 2018 年 113 572.37 hm<sup>2</sup>,比例由 42.88%变为 41.88%;生态用地由 150 178.51 hm<sup>2</sup> 变为 144 505.42 hm<sup>2</sup>,比例由 54.66%变为 52.52%;生活用地由 6 747.38 hm<sup>2</sup> 变为 17 020.01 hm<sup>2</sup>,比例由 2.46%变为 6.19%。其中,生产用地表现为旱地减少、水浇地和园地增加,且主要发生在 2000—2009 年,后期变化不大;生态用地中,林地和草地变化幅度明显,主要表现为 2000—2009 年林地增加和草地减少,2009—2018 年变化不大;水域和未利用地在整个时段中变化不大。生活用地中城镇用地和居民点面积都稳定增加,分别增长了 1 811.77,671.85,16 572.89 hm<sup>2</sup>。

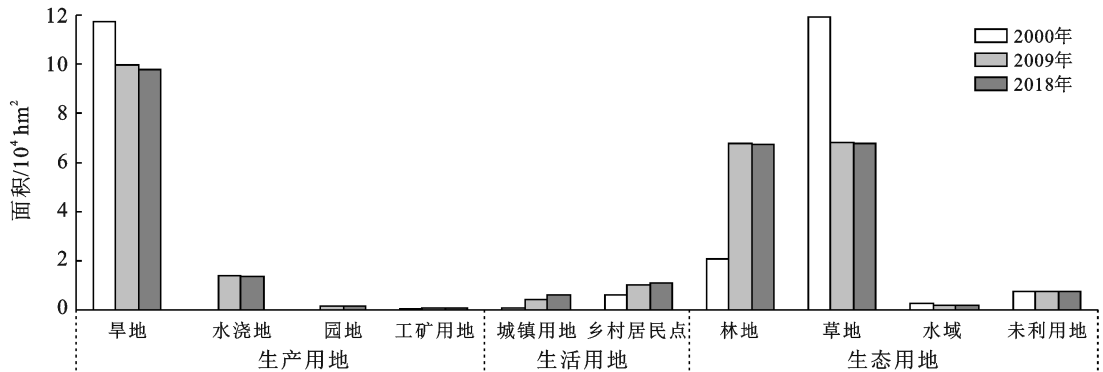


图 1 原州区“三生”用地结构

2.1.2 原州区“三生”用地动态变化分析 此处用地类型动态度  $K$  值表现为年均动态度。由表 3 可以看出,生产、生态、生活空间在前期的转移度均明显大于后期。2000—2009 年生活空间为转入率最大用地,动态度为  $-5.72\%$ ;二级地类中,城镇用地为  $-9.21\%$  明显大于乡村居民点的  $-4.73\%$ ,表明此时间段内生活空间中城镇用地转入率远高于乡村居民点。2000—2009 年和 2009—2018 年生产空间动态度分别为  $0.26\%$  和  $0.18\%$ ,两段研究时间内生产空间动态度较为接近;旱

地在研究区域的前期和后期的动态度分别  $1.86\%$  和  $0.19\%$ ,表明旱地转为水浇地和园地主要发生在第一阶段。2000—2009 年和 2009—2018 年生态空间动态度为  $0.21\%$  和  $0.02\%$ ,表生态空间在研究前期有少量流出,研究后期处于平稳发展状态;二级分类中,2000—2009 年林地、草地和水域土地动态度为  $-6.91\%$ ,  $7.53\%$  和  $5.08\%$ ,林地在研究前期有大量流入,草地和水域则在研究前期是处于大量流出的状态,并且林地、草地、水域和未利用在研究后期均无明显转移。

表 3 原州区 2000—2018 年“三生”用地空间动态度

%

一级分类	$K_{00-09}$	$K_{09-18}$	$K_{00-18}$	二级分类	$K_{00-09}$	$K_{09-18}$	$K_{00-18}$
生产用地	0.26	0.18	0.22	旱地	1.86	0.19	1.09
				水浇地	-10	0.32	-5.26
				园地	-10	0.14	-5.26
				工矿水利用地	-4.40	-3.43	-3.22
生活用地	-5.72	-1.46	-3.31	城镇用地	-9.21	-3.32	-4.97
				乡村居民点	-4.73	-0.68	-2.66
				林地	-6.91	0.04	-3.63
生态用地	0.21	0.02	0.12	草地	7.53	0.02	3.98
				水域	5.08	-0.05	2.30
				未利用地	0.00	0.05	0.02

## 2.2 原州区“三生”用地空间格局及其变化分析

由附图 3(见第 376 页)可以看出,原州区的“三生”空间格局具有明显的空间分异特征,城乡聚落方面,以中部清水河谷平原区较为密集,西南部的六盘山地区和东北部的黄土丘陵沟壑区较为稀疏;与城乡聚落分布相呼应,农业生产用地以中部清水河谷平原区为主;林地和草地两类生态用地主要分布与六盘山地和黄土丘陵沟壑区。研究时段内,原州区“三生”用地表现为城乡聚落和农业生产用地向中部河谷区集中、林地面积增加、草地面积缩减的态势。首先,随着宁夏生态移民计划的实施,六盘山地区和黄土丘陵区的人口迁出,中部清水河谷平原区的城乡聚落的扩张速度明显快于山地和丘陵区。因此,随着城乡聚落的扩张,相当一部分耕地非农化,同时,随着退耕还林措施的实施,研究时段内原州区的农业生产用地有所减少,由 2000 年的 117 816.07 hm<sup>2</sup> 减少为 2018 年的 112 708 hm<sup>2</sup>,但用地结构明显优化,主要表现为随着固海扩灌工程的实施,在黄铎堡镇、三营镇、头营镇和彭堡镇的一部分旱地改水浇地和园地,水浇地和园地分别增加了 11 443.7 和 1 014.82 hm<sup>2</sup>(附图 4,见第 376 页),极大地提高了农业用地的生产集约性。其次,随着退耕还林、荒山造林、自然封育、四旁植树造林等生态恢复措施的实施,原州区的林地大幅增加。2000 年,林地 20 860.89 hm<sup>2</sup>,主要分布于六盘山地区。2018 年,林地面积大幅增加,达到 67 358.63 hm<sup>2</sup>。森林覆盖率由 2000 年的 7.58% 增加到 2018 年的 24.49%。空间上,在六盘山地区的林地出现了一个明显的南北延伸的生态带,东北部黄土丘陵区的林地面积显著增加,形成了以原州区城区为中性的 U 形森林生态带。因此,草地有所减少,由 2000 年的 119 183.23 hm<sup>2</sup> 降低为 2018 年的 67 841.70 hm<sup>2</sup>。因此,研究时段内,原州区的三生空间格局和结构有所优化。

建设用地大幅增长,主要是城镇用地大幅上升,2000—2018 年城镇用地扩张面积达 5 337.68 hm<sup>2</sup>,涨幅为 739.5%,乡村居民点并无明显变化。旱地依然分布广泛,但是面积从 2000—2018 年减少了 19 599.47 hm<sup>2</sup>;空间格局上,原州区北部和东南区域的大部分旱地流向了林地、草地和居民点,2000—2018 年分别转移了 21 133.95 和 8 516.41 hm<sup>2</sup>。“固海扩灌”项目的运转,沿灌溉渠分布的水浇地和园地取代了原有的旱地,2000—2018 年旱地向水浇地共转移了 11 135.25 hm<sup>2</sup>。草地大幅减少,造成这一现象的主要原因是草地向林地的转移,并且主要分布于原州区东西两侧的黄铎堡镇、彭堡镇和河川乡区域,2000—2018 年草地向林地共转移 38 139.43 hm<sup>2</sup>。

## 2.3 原州区生态系统服务价值损益分析

2.3.1 生态系统服务价值结构演变分析 原州区的生态系统服务价值由 2000 年的 24.73 亿元增长至 2018 年的 34.79 亿元。其中,供给服务 ESV 由 3.36 亿元减少至 3.18 亿;调节服务 ESV 由 14.1 亿元增长至 22.14 亿元;支持服务 ESV 6.34 亿元增长至 8.84 亿元;文化服务 ESV 由 0.94 亿元增长至 1.40 亿元。2000—2009 年,各项服务功能中只有供给服务功能 ESV 出现下降,下降的主要原因是生产用地面积的减少;调节服务功能 ESV 占比从 56.99% 增加至 62.24%,是 4 项主要服务功能 ESV 中占比最大、增长速度最快。供给服务功能中,主要是水资源供给 ESV 出现减少,从 0.27 亿元减少至 -0.24 亿元,主要原因是时段内水域面积有所减少;其余两项子功能 ESV 均表现为小幅增加。调节服务功能中,气候调节和水文调节 ESV 是增量最大、增速最快的二级功能,分别从 5.12 和 4.41 亿元增长至 8.11 和 7.38 亿元;支持服务功能中,三项二级服务功能价值均有小幅增长,但只有生物多样性 ESV 占比增加,从 8.33% 增加至 10.59%;调节、支持服务 ESV 增加的主要原因是生态用地中林地面积大幅增加。2009—2018 年生态系统总体服务价值出现略微下降,减少了 0.66 亿元;4 项主要服务功能中仅有支持服务 ESV 保持增长态势,其余功能价值均有小幅度减少。二级功能中也仅有土壤保持和维持养分循环功能价值保持增长,水资源供给功能价值保持平稳并未继续减少,其余二级功能均为小幅减少。减少的主要原因为生活用地的增加,降低了调节、支持服务 ESV 因子的平均水平(表 4)。

2.3.2 不同地类生态系统服务价值变化特征 在同一研究区域内,不同服务功能价值的变化与不同地类生态系统价值的转换存在耦合关系。2000—2009 年,生产用地 ESV 增长了 0.34 亿元。2009 年生活用地 ESV 总贡献率只有 0.55%,但同比 2000 年增加了 137.5%,为增长幅度最大地类。生态用地是原州区各生态系统服务价值贡献率最大的地类,也是 2000—2009 年生态系统服务价值增长变量最大,增加了 9.7 亿元。二级地类中,草地和水域 ESV 分别减少了 4.14 和 0.003 亿元,同时,林地 ESV 增长了 15.2 亿元,并且成为原州区生态系统服务价值贡献率最大的二级地类,占比 59.01%。2009—2018 年,原州区生态系统服务价值减少 0.16 亿元。生态用地 ESV 几乎没有变化;生产用地服务价值减少 0.14 亿元,二级地类中,旱地和水浇地 ESV 有略微的波动,其余地类服务价值基本无变化;生活用地服务价值增

加了 0.03 亿元。2000—2018 年原州区 ESV 的变化与同一时段内用地类型的变化基本保持一致,水浇地、园地和林地取代了原有的旱地和草地,是原州区

ESV 大幅增加的主要原因;生产、生态用地减少和生活用地面积增加则是研究区域后期总体 ESV 减少的主要原因(表 5)。

表 4 原州区 2000—2018 年生态系统服务功能的 ESV 变化

服务功能	2000 年		2009 年		2018 年	
	ESV/亿元	比例/%	ESV/亿元	比例/%	ESV/亿元	比例/%
供给服务	3.36	13.58	3.22	9.05	3.18	9.10
食物生产	1.88	7.60	2.05	5.76	2.01	5.76
原材料生产	1.21	4.89	1.41	3.96	1.41	4.02
水资源供给	0.27	1.09	-0.24	-0.67	-0.24	-0.68
调节服务	14.10	56.99	22.14	62.23	21.50	61.57
气体调节	2.87	11.60	3.87	10.88	3.85	11.02
气候调节	5.12	20.66	8.11	22.80	8.06	23.08
净化环境	1.70	6.89	2.78	7.82	2.58	7.40
水文调节	4.41	17.84	7.38	20.74	7.01	20.07
支持服务	6.34	25.63	8.76	24.62	8.84	25.31
土壤保持	3.95	15.97	4.55	12.79	4.83	13.83
维持养分循环	0.31	1.25	0.44	1.24	0.47	1.35
生物多样性	2.08	8.41	3.77	10.59	3.54	10.13
文化服务	0.94	3.80	1.46	4.10	1.40	4.02
美学景观	0.94	3.80	1.46	4.10	1.40	4.01
合计	24.74	100.00	35.58	100.00	34.92	100.00

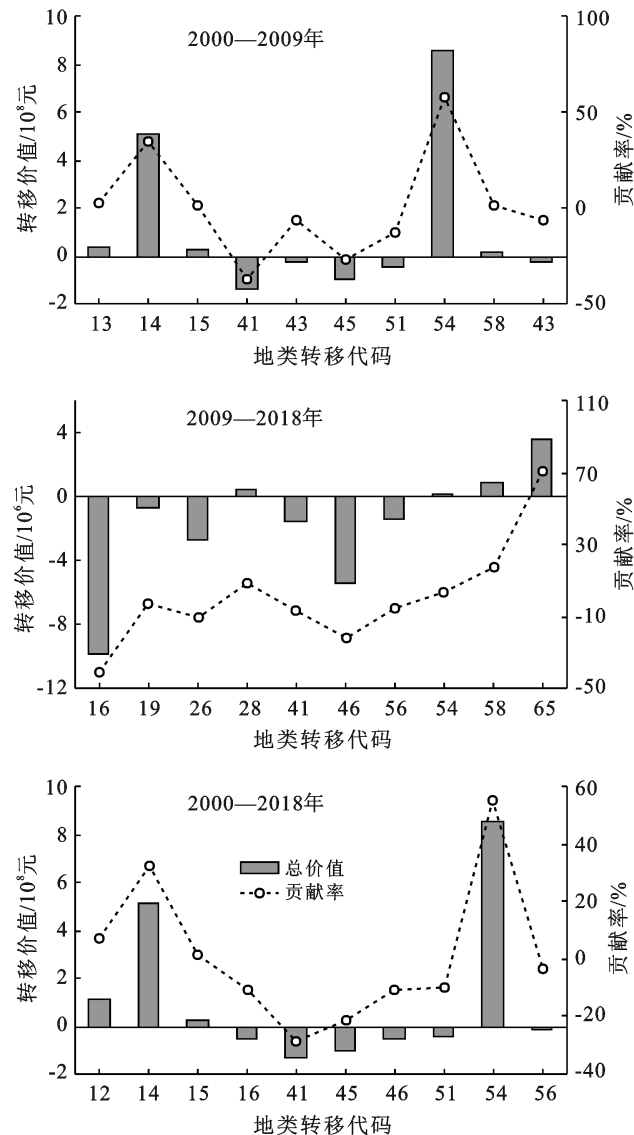
表 5 原州区 2000—2018 年不同地类 ESV 变化

用地类型	2000 年		2009 年		2018 年	
	ESV/亿元	比例/%	ESV/亿元	比例/%	ESV/亿元	比例/%
生产用地	7.58	30.64	7.94	22.32	7.78	22.35
旱地	7.57	30.60	6.39	17.90	6.28	18.04
水浇地	—	0.00	1.32	3.71	1.27	3.65
园地	—	0.00	0.22	0.62	0.22	0.63
工矿水利用地	0.01	0.01	0.01	0.03	0.01	0.03
生活用地	0.08	0.30	0.20	0.56	0.23	0.65
城镇用地	0.004	0.01	0.06	0.16	0.09	0.23
农村居民点	0.07	0.3	0.14	0.39	0.14	0.42
生态用地	17.08	69.06	27.44	77.12	26.80	76.99
林地	6.37	25.74	21.01	59.05	20.56	59.06
草地	9.66	39.07	5.69	15.99	5.50	15.81
水域	1.01	4.09	0.7	1.97	0.70	2.01
未利用地	0.04	0.16	0.04	0.11	0.04	0.11
总计	24.74	100	35.58	100.00	34.81	100.00

2.3.3 原州区生态系统服务价值转移分析 使用 ArcGIS 软件中的叠加分析功能,结合本文前面计算出的单个生态系统服务因子价值,得出 2000—2018 年各地类 ESV 转移流(图 2)。研究时段内,原州区的土地利用转移关系有近 20 种,其中导致 ESV 减少的转移流向主要有旱地转为居民点、旱地转为工矿水利用地、草地转为旱地、草地转为工矿水利用地、草地转为居民点,林地转为旱地、林地转草地,其余转移方式

均对 ESV 的增长有益。2000—2009 年,旱地成为水浇地、园地、扩张的主要源头,为原州区生态系统总体服务价值累积增加 1.43 亿元,累计贡献率达到 1.29%。2000—2009 年林地 ESV 的大幅增加主要来源于林地和草地,使得 ESV 增加了 13.68 亿元,累计贡献率 39%;居民点和建设用地的扩张也主要来源于旱地和草地,ESV 累积减少了 0.51 亿元,累积贡献率为 1.49%。此外对生态系统价值损失最大的转移

流是林地向旱地和草地的流转,林地向旱地和草地流转的土地面积分别为 5 717.84 和 4 497.06  $\text{hm}^2$ ,造成生态系统服务价值分别减少了 1.36 和 1.02 亿元,林地向旱地和草地的流转对生态系统服务的总体价值是一项巨大的损失。2009—2018 年,生态系统服务价值有轻微的下浮,主要是林地、旱地、水浇地向居民点的转移,其中林地和旱地向居民点的转移使得原州区生 ESV 分别减少了 0.10 和 0.04 亿元,贡献率分别为 -41.4% 和 -22.33%。



注:横轴中地类转移代码,十位数代码为初始年份地类代码,个位数字为末期年份地类代码,如 a 中 13,表示由 2000 年的草地转为 2009 年的旱地。

图 2 原州区 2000—2018 年关键地类 ESV 转移流

## 3 讨论与结论

### 3.1 讨论

经过上述研究可发现,2000—2018 年原州区三

生用地格局变化明显,在选取的两段研究时间内,原州区的土地利用格局变化跟人类活动的关系交织复杂。并且原州区土地开发格局经历了两个明显的变化阶段:第 1 个阶段为“变革期”,2000—2009 年由于原州区政府“退耕还林、还草”措施的有力落实,林地面积大幅增加,成为这一阶段原州区生态系统服务价值迅速增长的关键一步,也奠定了生态用地在总体 ESV 中占有关键地位。生产用地面积虽然减少,但生产用地的 ESV 不降反升,主要得益于 2003 年原州区的固海扩灌系统全面开放,水浇地、园地的加入,大幅提高了农用地生产效率,极大地实现了利用自身自然条件与政策优势,由低生态系统服务价值的土地利用方式成功向高生态系统服务价值的转变。同时,这一阶段也是原州区城镇化步伐加快的时期,但城镇化仍处于初级阶段,表现为规模上的疯狂扩张,人口由零星分布变为向政治、经济中心聚集。这一时期生活用地大幅侵占“生产—生态”用地,是造成 ESV 损失的主要原因。第 2 个阶段为“稳定期”,2009—2018 年,“退耕还林、还草”和“固海扩灌”工程都已落实并运行稳定,生态用地内部之间的土地结构流转已趋于稳定。这一时期对原州区 ESV 产生变化的主要是生活用地,仍有小规模生态和生产用地流向生活用地,其中以旱地、草地和水浇地为主,但都对原州区的总体 ESV 并没有较大影响。可以看出这一阶段,原州区的“生产—生活—生态”用地之间的流转已逐渐转变为高效、有序的发展,也积极响应了习近平总书记提出的“以绿色发展为导向的新政绩观”。今后发展中应注重三生用地发展的均衡性,生态要素与生产要素共同利用,提高土地集约利用度;注重土地生产功能的同时也不应忽略土地本身具有的生态功能价值,利用自身地理环境和自然条件逐步确定各土地利用主导功能,融入 ESV 作为评价因素,合理、有序开发。

本文在引用谢高地等学者的生态计算价值方法时,选择 2018 年的现价作为基准,由于价格的波动性,对计算结果可比性的产生一定的影响。另外,原州区存在少量的人工牧草地,但由于人工牧草地占总土地面积低于 1%,所以在分类时将其并入草地,统一采用草地的生态系统服务价值当量。对于以上因为方法和数据导致在结果上出现的误差,我们会在今后的研究中完善和克服,提升数据与结果的可靠性和准确性。

### 3.2 结论

(1) 2000—2018 年,生产用地面积大幅减少,内部结构调整主要为旱地大幅减少,水浇地和园地持

续;生活用地持续扩张且以城镇用地的扩张为主;生态用地总量变化较小,但内部结构显著调整,以林地的增加和其他生态用地的减少为主要特征。

(2)“三生”用地中生活用地面积动态度最高为-3.31%;二级地类中水浇地、园地为生产用地中动态度最高地类;生活用地中城镇用地动态度最高;林地和草地则为生态用地中动态度最高;并且研究前期“三生”用地动态度明显大于研究后期。

(3)空间上,以清水河谷为代表的河谷地区主要表现为水浇地和园地的迅速增加;城区和重点乡镇如三营镇和头营镇的建设用地扩张迅速;西部的六盘山地区主要表现为生态用地大幅增加,主要是生态退耕和宜林草地的大力植树造林所致;东部的黄土丘陵沟壑区也有大面积的林地扩张。

(4)随着用地结构的优化调整,原州区的ESV总量增幅显著,供给、调节、支持、文化功能价值均明显增加。导致ESV减少的转移流向主要有旱地转为居民点、旱地转为工矿水利用地、草地转为旱地、草地转为工矿水利用地、草地转为居民点,林地转为旱地、林地转草地,其余转移方式均对ESV的增长有益。在今后的土地利用结构调整中,需要尽可能避免土地利用方式转换导致ESV的损失。

#### [参 考 文 献]

- [1] 黄安,许月卿,卢龙辉,等.“生产—生活—生态”空间识别与优化研究进展[J].地理科学进展,2020,39(3):503-518.
- [2] Toth F L. Ecosystems and human well-being: A framework for assessment [J]. Physics Teacher, 2003,34(9): 534-534.
- [3] 张瑜,赵晓丽,左丽君,等.黄土高原土地利用变化对生态系统服务价值的影响[J].国土资源遥感,2019,31(3): 132-139.
- [4] 高星,刘泽伟,李晨曦,等.基于“三生空间”的雄安新区土地利用功能转型与生态环境效应研究[J].生态学报,2020,40(20):7113-7122.
- [5] 刘继来,刘彦随,李裕瑞.中国“三生空间”分类评价与时空格局分析[J].地理学报,2017,72(7):1290-1304.
- [6] 张红旗,许尔琪,朱会义.中国“三生用地”分类及其空间格局[J].资源科学,2015,37(7):1332-1338.
- [7] 陈明叶,刘素红,于连海,等.大清河阜平流域生态系统结构变化的服务价值响应研究[J].自然资源学报,2018,33(8):1376-1389.
- [8] 杨锁华,胡守庚,瞿诗进,1990—2014年长江中游经济带生态系统服务价值时空变化特征[J].水土保持研究,2018,25(3):164-169.
- [9] 王亚娟,张小红,温胜强,等.宁夏原州区生态移民村生境景观连接度变化及其驱动因素[J].水土保持通报,2020,40(4):259-265.
- [10] 龚亚男,韩书成,时晓标,等.广东省“三生空间”用地转型的时空演变及其生态环境效应[J].水土保持研究,2020,27(3):203-209.
- [11] 刘彦随.中国新时代城乡融合与乡村振兴[J].地理学报,2018,73(4):637-650.
- [12] Liu Xiaopeng, Chen Xiao, Hua Kaiping, et al. Effects of land use change on ecosystem services in arid area ecological migration [J]. Chinese Geographical Science, 2018,28(5):894-906.
- [13] 陶瑞.宁夏南部生态脆弱区贫困人口生计行为及制约因素[D].陕西 西安:西安科技大学,2020.
- [14] 杨清可,段学军,王磊,等.基于“三生空间”的土地利用转型与生态环境效应:以长江三角洲核心区为例[J].地理科学,2018,38(1):97-106.
- [15] 李广东,方创琳.城市生态—生产—生活空间功能定量识别与分析[J].地理学报,2016,71(1):49-65.
- [16] 刘纪远,布和敖斯尔.中国土地利用变化现代过程时空特征的研究:基于卫星遥感数据[J].第四纪研究,2000,20(3):229-239.
- [17] 王考,姚云峰,包金兰.县级尺度“三生”用地动态变化及其空间集聚特征[J].水土保持通报,2018,38(1):306-312,329.
- [18] 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.
- [19] 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.