

DOI: 10.12401/j.nwg.2023064

# 宁夏沿黄生态经济区生态系统服务价值及其提升对策

王化齐<sup>1,2,3</sup>, 尹立河<sup>2,3</sup>, 李彦娥<sup>1,2,3</sup>, 马洪云<sup>1,2,3</sup>, 李成柱<sup>1,2,3</sup>, 孙巧银<sup>1,2,3</sup>

(1. 中国地质调查局西安地质调查中心/西北地质调查科技创新中心, 陕西 西安 710119; 2. 陕西省水资源与环境工程技术研究中心, 陕西 西安 710119; 3. 中国地质调查局干旱-半干旱区地下水与生态重点实验室, 陕西 西安 710119)

**摘要:** 宁夏沿黄生态经济区是自治区各种生产要素最为集中的地区, 其生态系统服务价值显得尤为重要。笔者采用修正当量因子法估算了 5 大生态系统 11 种生态系统服务价值, 明确生态系统服务价值内部结构、时空分布特征及变化趋势, 提出价值提升的对策建议, 服务黄河流域宁夏段生态保护与高质量发展先行区建设。结果表明: 经济区生态系统服务价值呈现出“中间高, 四周低; 盆地和山区高, 荒漠和丘陵低”的空间分布特征; 生态系统服务功能以水文调节、气候调节、水资源供给和气体调节服务为主, 所占比重分别为 59.07%、8.97%、5.02%、4.91%; 生态系统服务价值呈增长趋势, 与经济发展速度相比仍处于低协调度状态, 下一步应在保护生态功能, 兼顾美学价值的前提下, 加强荒漠和丘陵地带的光伏、风能等清洁能源发展, 提升生态系统服务价值。  
**关键词:** 生态系统服务价值; 空间分布特征; 宁夏沿黄经济区

中图分类号: P69; P641.69

文献标志码: A

文章编号: 1009-6248(2023)03-0196-08

## Ecological System Service Value Assessment and Improving Countermeasures in Ningxia Yellow River Ecological Economic Zone

WANG Huaqi<sup>1,2,3</sup>, YIN Lihe<sup>2,3</sup>, LI Yan'e<sup>1,2,3</sup>, MA Hongyun<sup>1,2,3</sup>, LI Chengzhu<sup>1,2,3</sup>, SUN Qiaoyin<sup>1,2,3</sup>

(1. Xi'an Center of China Geological Survey / Northwest China Center on Geosciences Innovation, Xi'an 710119, Shaanxi, China; 2. Shaanxi Province Engineering Research Centre of Water Resources and Environment, Xi'an 710119, Shaanxi, China; 3. Key Laboratory of Arid and Semi-Arid Region Ground Water and Ecology, China Geological Survey, Xi'an 710119, Shaanxi, China)

**Abstract:** The various production factors of the autonomous region are concentrated in the Ningxia Yellow River Economic Zone. Ecosystem service value of it is more and more significant than ever. Taking the Ningxia Yellow River Economic Zone for example, based on the platform of ArcGIS, this paper adopts the equivalent factor method to estimate the value of 11 ecological service functions for 6 major ecosystems, and clarifies the internal structure, temporal and spatial distribution characteristics and trends of ecosystem service value, then puts forward ecological protection countermeasures to serve the ecological protection and high-quality development of the leading areas in Ningxia section of the Yellow River Basin. The results show that the ecosystem service value is high in the middle and low in the margin of the economic zone, high in the basins and mountains, low in the deserts and hilly area. The amount order of ecosystem services the value is regulation service value >

收稿日期: 2022-02-28; 修回日期: 2023-04-13; 责任编辑: 吕鹏瑞

基金项目: 中国地质调查局项目“西北地区国土空间用途管制技术支撑与应用服务”(DD20230500), “丝绸之路境内段(新疆)资源环境承载能力监测评价”(DD20221731), 陕西省创新能力支撑计划项目“旱区地下水文过程与表生生态重点科技创新团队”(2019TD-040)联合资助。

作者简介: 王化齐(1980-), 女, 正高级工程师, 从事水文水资源与国土空间规划相关研究。E-mail: whqi321@163.com。

supply service value > support service value > aesthetic value; ecosystem services are mainly dominated by hydrological regulation, climate regulation, water supply and air regulation services, accounting for 59.07%, 8.97%, 5.02% and 4.91%, respectively. In general, ecological services value shows an increasing trend, but compared with the speed of economic development, it is still in a state of low coordination. In the next step, under the premise of protecting ecological functions by taking into account the aesthetic value, the clean energy such as solar and wind energy in the desert and hilly areas should be strengthened to enhance the ecological value for the low ecosystem service value region and fragile ecological areas.

**Keywords:** ecosystem service value; spatial distribution characteristics; Ningxia Yellow River Ecological Economic Zone

生态系统不仅创造和维持了人类必要的生存环境条件,而且为人类提供了生产生活资料以及休闲和审美享受(李双成等, 2018; 程静等, 2021)。生态系统的产品和服务维系着人类的生命活动,也反映出生态系统的健康程度,影响着人类的幸福指数。国土空间格局变化甚至结构失衡一个主重要的原因就是生态系统的完整性和组成成分遭到破坏,引起服务价值减少或者失衡。因此,将生态系统服务功能价值纳入国土空间优化决策考量中,解决国土空间冲突,提出优化的对策建议,是新时期国土空间优化与管控的关键所在,也是服务地区高质量发展和解决生态环境问题的有效途径。

面对生态危机、环境与发展之间的矛盾,人类与生态系统之间的关系、生态系统服务价值方面的研究工作相继开展。1970年, SCEP(Study of Critical Environmental Service)在《人类对全球环境的影响报告》中首次提出了生态系统服务功能的“Service(服务)”一词,生态系统价值评价由此展开(赵海燕, 2019),其中 Costanza 的研究最具有代表性(Costanza, 2001, 2008, 2009, 2012)。2001年,由联合国组织的千年生态系统评估工作组在全球和区域尺度开展“生态系统与人类福利”的研究,评估全球生态系统过去、现在和未来的生态系统服务价值,是目前对生态系统服务价值规模最大的一次评估工作。总体上,关于生态系统服务价值评估中,大体可以分为单个生态系统的价值评估、单项生态系统服务价值以及区域尺度的生态系统服务价值。当量因子法由学者 Costanza 提出,谢高地等人结合中国国情,对单位面积价值当量因子静态评估方法进行了改进和发展,构建了中国的生态系统服务价值当量系数,为国内生态服务价值评价奠定了基础。前人在这方面做了探索性研究(张馨芳, 2014; 马淑花, 2018; 王小莉, 2018; 梁庆恒, 2019),为生态系统服务价值评估提供了有益的参考。

宁夏沿黄经济区位于西北干旱-半干旱过渡地带,是黄河上游重要的生态屏障区,其生态问题不仅关乎自身及周边省区的发展,而且关乎西北地区乃至整个国家的发展和生态安全。前人针对宁夏生态系统服务价值、生态保护补偿机制做了很多的探索研究工作(仲俊涛, 2013; 王重玲, 2014; 乔斌, 2016; 徐志涛, 2016; 徐志涛, 2016),为进一步开展干旱-半干旱地区生态系统科学管理、土地资源合理有效配置以及生态保护政策制定与实施提供科学依据。随着国家“双碳”战略的深入实施,宁夏引黄生态经济区作为重要生态功能区,发挥生态系统服务价值潜力,提升生态碳汇量,助力生态优先绿色发展意义重大。

纵观国内外研究现状,在该领域的研究工作仍处于探索中,在决策过程中没有受到足够的重视。因此,笔者以宁夏沿黄经济区为研究区,基于 ArcGIS 平台,采用修正当量因子法,估算 5 大生态系统 11 种生态服务功能的价值,分析其空间分布特征和各项服务功能占比,探索其驱动因素,提出提升路径,服务黄河流域宁夏段生态保护与高质量发展先行区建设。

## 1 研究区概况

宁夏沿黄生态经济区位于宁夏北部,地理坐标为 E 104°17'~106°57', N 37°25'~39°23', 海拔为 956~3 542 m,南起中卫沙坡头,北至石嘴山,以青铜峡为界分为银川平原和卫宁平原,包括银川市、石嘴山市全域以及吴忠市利通区、青铜峡市和中卫市沙坡头区、中宁县共 13 个县(市、区),面积为 226.92 km<sup>2</sup>,占宁夏总面积的 43.68%。银川平原由贺兰山洪积和黄河冲积而成,地势平坦。卫宁平原位于卫宁北山与香山-烟筒山-牛首山之间,呈带状河谷平原,长约为 100 km,宽为 10~15 km。经济区地貌类型主要包括山地、丘

陵、台地、平原和沙漠5个类型(图1)。区内气候干旱,冬寒漫长,夏日短,少酷暑,日照充足,干旱少雨,风大沙多。截止2018年底,常住人口为 $4.53 \times 10^8$ 人,占宁夏全区65.91%(城镇人口占全区78.22%);地区生产总值为 $3.21 \times 10$ 元,占宁夏全区86.67%;耕地面积占宁夏全区33.81%;粮食产量为 $2.22 \times 10^9$  kg,占宁夏全区的56.42%。

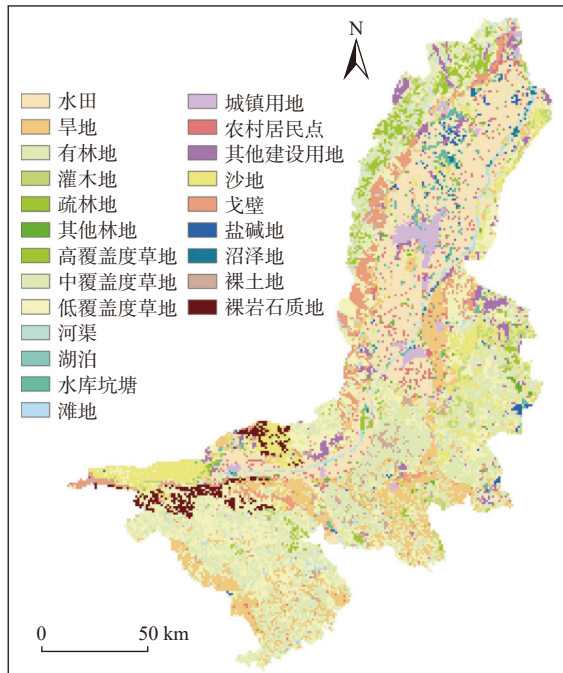


图1 宁夏沿黄经济区土地利用现状图

Fig. 1 Land use map of Ningxia Yellow River Ecological Economic Zone

## 2 数据及评估方法

### 2.1 数据来源

文中采用的宁夏1980~2020年土地利用数据来源于中国科学院地理科学与资源研究所提供的1 km栅格数据。其中,2020年的数据采用第三次国土调查数据。

### 2.2 评估方法

参照中科院地理科学与资源研究所提供的土地利用分类数据,对宁夏沿黄经济区生态系统进行划分:将土地利用类型中的水田、旱地划分为农田生态系统;将针阔混交、阔叶、针叶、灌木划分为森林生态系统;将灌草丛、草甸、草原划分为草地生态系统;将水系、湿地划分为水域生态系统;将城镇用地、农村居民点其他建设用地划为城市生态系统;将裸地、未利用地

划分为荒漠生态系统。生态系统服务是生态系统为人类的生存和发展提供的物质与环境,笔者可将生态系统服务大致可分为供给服务、调节服务、支持服务和文化服务4大类。

当量因子法是生态系统面积与单位面积当量因子价值相乘所得。生态系统食物生产、原材料生产、气体调节、气候调节、净化环境、维持养分循环、生物多样性和美学景观功能与生物量总体呈正相关关系,水资源供给和人文调节与降水变化相关,而土壤保持与降水、地形坡度、土壤性质和植被盖度密切相关。基于上述认识,以宁夏沿黄经济区为例,笔者进一步分析确定NPP、降水和土壤保持调节的时空动态因子,对相应的当量因子进行修正和调节(图2,表1)。

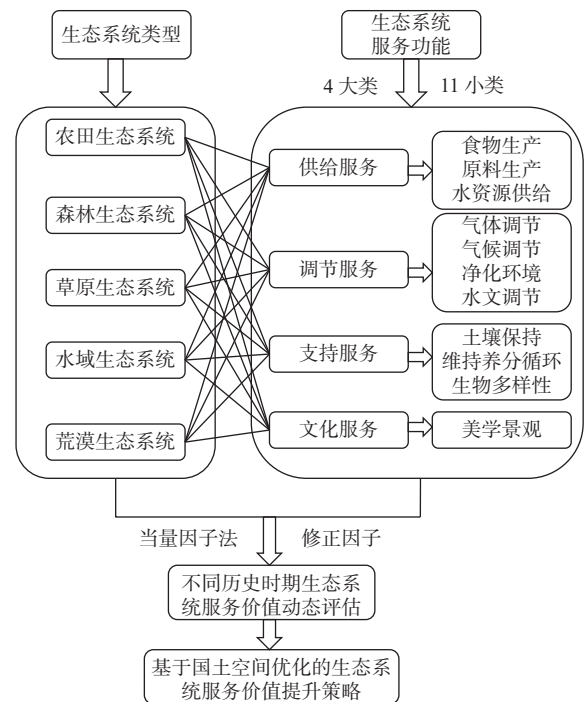


图2 生态系统服务价值的评价框架图

Fig. 2 The evaluation frame of the ecosystem service value

因此,笔者利用NPP、降水和土壤保持调节,结合生态系统服务价值基础当量表,通过下式进行修正:

$$F_{mi} = \begin{cases} P_i \times F_{n1} \\ R_i \times F_{n2} \\ S_i \times F_{n3} \end{cases} \quad (1)$$

式中: $F_{mi}$ 指某种生态系统在第*i*地区第*n*类生态系统服务功能的单位面积价值当量因子;

NPP时空调节因子( $P_i$ )计算方法如下式:

$$P_i = B_i / \bar{B} \quad (2)$$

式中: $B_i$ 指该类生态系统第*i*地区的NPP( $t/hm^2$ ), $\bar{B}$ 表示全国范围该类生态系统的年均NPP( $t/hm^2$ )。

降水时空调节因子( $R_{ij}$ )具体计算方法如下式:

$$R_{ij} = W_{ij} / \bar{W} \quad (3)$$

式中:  $W_{ij}$ 指第  $i$  地区第  $j$  月的平均单位面积降水量( $\text{mm}/\text{hm}^2$ );  $\bar{W}$ 是指全国年均单位面积降雨量( $\text{mm}/\text{hm}^2$ )。

土壤保持时空调节因子( $S_{ij}$ ), 借鉴国际估算土壤

侵蚀应用最广的土壤流失方程, 构建各地区土壤保持价值当量因子变异调节, 具体计算方式为:

$$S_{ij} = E_{ij} / \bar{E} \quad (4)$$

式中:  $E_{ij}$ 为该生态系统第  $i$  地区第  $j$  月的土壤保持模拟量;  $\bar{E}$ 表示全国单位面积平均土壤保持模拟量。

表 1 单位面积生态系统服务价值当量统计表( $\text{万元}/\text{hm}^2 \cdot \text{a}$ )

Tab. 1 Equivalent factor table of ecosystem service value ( $10^4 \text{ yuan}/\text{hm}^2 \cdot \text{a}$ )

生态系统	供给服务			调节服务				支持服务			文化服务
	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	水土保持	维持养分循环	生物多样性	美学景观
旱地	0.548 5	0.258 1	0.006 0	0.432 3	0.232 3	0.064 5	0.080 4	1.030 0	0.077 4	0.083 9	0.038 7
针阔混交	0.200 0	0.458 1	0.110 2	1.516 4	4.536 3	1.284 1	1.045 1	2.860 0	0.142 0	1.677 7	0.735 6
灌木	0.122 6	0.277 5	0.065 5	0.909 8	2.729 5	0.825 9	0.997 4	1.720 0	0.083 9	1.013 1	0.445 2
草原	0.064 5	0.090 3	0.023 8	0.329 1	0.864 7	0.283 9	0.291 8	0.620 0	0.032 3	0.361 4	0.161 3
水系	0.516 2	0.148 4	2.468 3	0.496 9	1.477 7	3.581 3	30.441 0	0.930 0	0.045 2	1.645 4	1.219 6
湿地	0.329 1	0.322 6	0.771 1	1.226 0	2.323 0	2.323 0	7.214 2	2.310 0	0.116 1	5.078 3	3.052 1
荒漠	0.006 5	0.019 4	0.006 0	0.071 0	0.064 5	0.200 0	0.062 5	0.130 0	0.006 5	0.077 4	0.032 3
裸地	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.012 9	0.000 0	0.064 5	0.008 9	0.020 0	0.000 0	0.012 9	0.006 5

### 3 结果分析

#### 3.1 生态系统服务价值结构组成

通过评估结果, 经济区生态系统服务价值仍有挖掘潜力, 水域生态系统和草地生态系统贡献较大, 以水文调节、气候调节、水资源供给和气体调节服务价值为主(图 3、图 4)。2020 年, 经济区生态系统服务价值总量达到 59.8 亿元, 生态系统服务价值总体上: 调节服务价值 > 供给服务价值 > 支持服务 > 文化服务价值(图 3), 其中以水文调节、水资源供给、气候调节和气体调节服务价值为主, 占总生态服务价值比重分

别为 59.07%、8.97%、5.02%、4.91%(图 3); 受各类生态系统分布和单位面积生态系统服务功能强弱的综合影响, 各类生态系统的生态系统服务价值贡献率有很大差异, 区内水系生态系统和草地生态系统对经济区生态系统总服务价值的贡献较大, 贡献率分别为 42.46% 和 23.76%, 其次为湿地、农田、林地、荒漠等。

通过评估, 可以看出经济区各分项系统服务功能价值中, 水系生态系统的价值最高, 约占总价值量的 42.46%。林地生态体系对土壤的保护以及防止水土流失的功能显著, 同时在土壤保护功能中耕地也起到了相当大的作用。提供食物生产功能的主要用地类型为耕地与林地。耕地在气候调节功能中也占有相

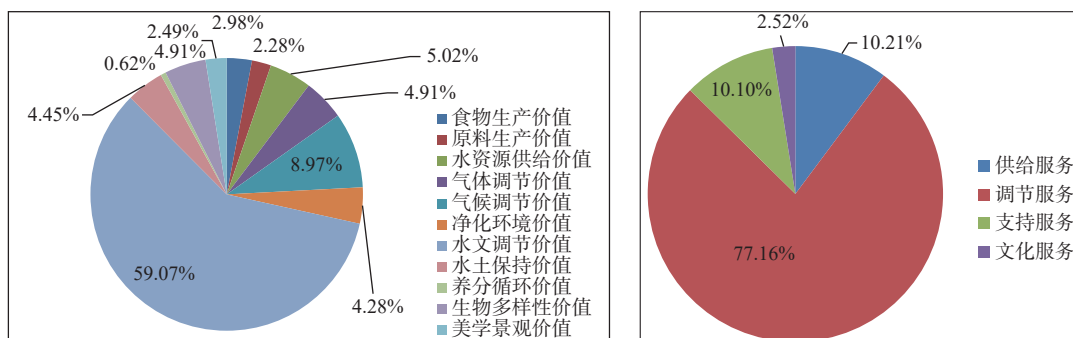


图 3 生态系统分项服务价值占比图

Fig. 3 The proportion of different parts of ecosystem service values

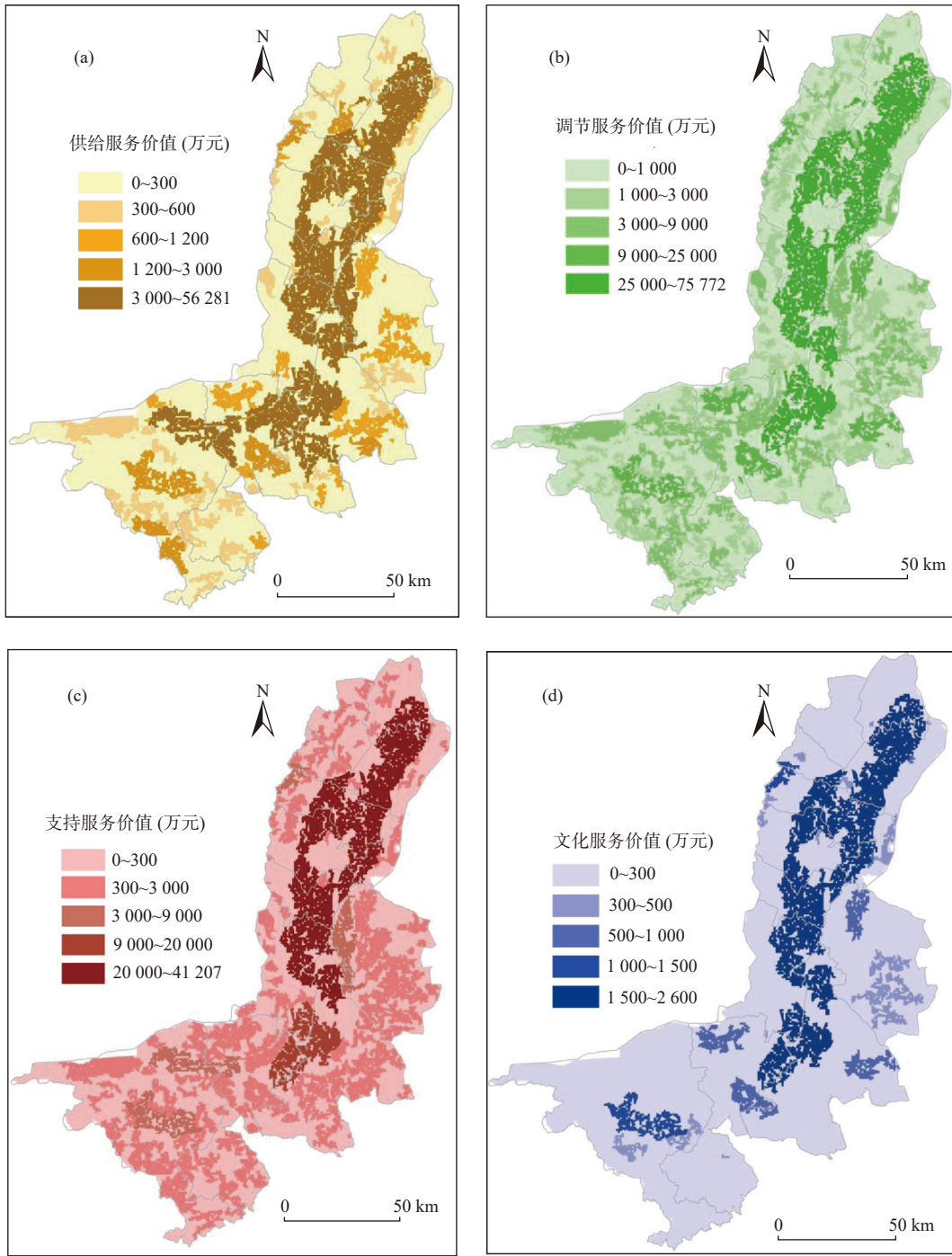


图 4 2020 年宁夏沿黄经济区生态系统分项服务价值图

Fig. 4 The different parts of ecosystem service values of Ningxia Yellow River Ecological Economic Zone in 2020

当一定份额,而水域对于水文调节功能也具有重要作用。林地、耕地、水域在生物多样性功能中提供价值比重较大,其中林地与水域生态系统中外界影响较小,可以充分的发挥生物多样化的功能性。在娱乐及文化功能中林地和水域提供的价值量较大。

在全部生态系统服务功能中,食物生产、娱乐文化以及废物处理功能比重较小,在保持研究区生态系

统功能的稳定性还需加强以上几项功能,对于土地利用结构的调整中应该相对应的对提供以上功能的地类进行优化与配置。

### 3.2 生态系统服务价值空间分布差异性特征

经济区生态系统服务价值呈现出“中间高,四周低;盆地和山区高,荒漠和丘陵低”的空间特征(图 5)。总体上看,各区县的生态系统服务价值及其单位面积

价值高值区主要分布在银川盆地、卫宁盆地以及贺兰山区高海拔林地地区,一般的高值区的农田或林地覆盖率较高,生态环境保护较好;生态系统服务价值的低值区主要分布在盆地周边得荒漠丘陵地带,近年来,荒漠区光伏新能源产业、宁夏香山的硒砂瓜高品质农业的发展,提升了荒漠地区的生态系统服务价值。

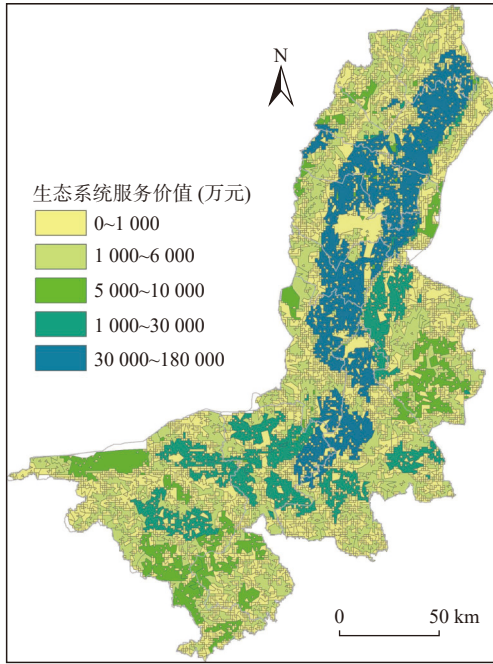


图 5 2020 年宁夏沿黄经济区生态系统服务价值图  
Fig. 5 The ecosystem service value map of Ningxia Yellow River Ecological Economic Zone in 2020

### 3.3 生态系统服务价值时间维度差异性特征

2010~2020 年,10 年间生态系统服务价值呈增长趋势,其中美学景观、水资源供给、生物多样性和水文调节增长较快(图 6),植被覆盖度、湿地面积等都有所增加,国土空间格局逐渐趋于合理,但与经济发展速度相比还处于低协调度状态。10 年间,该经济区生态系统服务价值增长率为 11.55%,生态系统的文化服务、调节服务以及供给服务增加较快,其中水资源供给、水文调节、美学景观、食物生产等服务价值增长较快,增长比率分别为 16.43%、15.87%、8.15% 和 7.2%,说明经济区国土空间规划格局趋于合理,促进生态系统服务价值的提高,对经济的平稳发展具有重要意义。但与当地的 GDP、人均消费的增长,还处于低协调度状态。

### 3.4 生态系统服务价值的驱动因素分析

#### 3.4.1 地形地貌

地形地貌对沿黄生态经济区生态系统服务价值

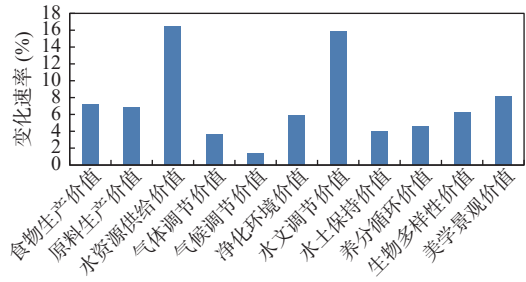


图 6 生态服务功能各分项服务价值的变化速率图  
Fig. 6 The changing rate of the different parts of ecosystem service values

具有一定的控制作用。区内主要分为银川平原和卫宁平原 2 部分。银川平原西部贺兰山山势巍峨,是天然的生态屏障,其生态服务价值也是相对高值区。平原区沟渠纵横、农田密布、湖沼星罗棋布,是重要的农林牧副渔生产区,生态系统服务价值就比较高。东部陶灵盐台地势波状起伏,主要有农田、荒漠区、能源基地等,生态服务价值就相对较低。卫宁平原西高东低,南北高中间低,主要有黄河冲积平原、丘陵荒漠和冲洪积高台地三大地貌单元。丘陵荒漠主要分布于腾格里沙漠边缘地带,系西北季风搬运的粉细砂堆积而成,地貌形态呈新月形沙丘、沙丘链和草丛沙丘、沙地等,其生态系统服务价值就相对较低,但是目前新能源的一个潜力区。黄河冲积平原区地势平坦,主要为居民区和农田,生态系统服务价值相对较高。平原区南侧为南山台子,为第四纪冲积和洪积作用形成的高台地,地势较平坦,其生态系统服务价值相对荒漠区来说较高,但是小于平原区。

#### 3.4.2 人类活动的扰动

生态系统服务功能价值变化和人类活动扰动、社会经济发展密切相关。自古以来,人类依水而生,在自然条件的基础上,也在加以改造。如银川盆地有着悠久灌溉史,有着秦渠、汉渠等古老的渠系,经历了古灌渠系阶段、现代渠系阶段(引灌阶段、排灌阶段、田园都市阶段),滋养了银川平原的农业发展。因此,银川盆地的生态系统服务价值总体高于其他地区。

## 4 讨论

### 4.1 区内生态系统碳汇与生态服务价值相关性较强

据《宁夏沿黄生态经济区综合地质调查报告》,以第三次全国国土调查数据为依据,采用固碳速率法,初步评价了不同生态系统的碳汇能力,2020 年宁夏回

自治区生态系统碳汇量约为  $459.92 \times 10^4 \text{ t/a}$ , 且高值集中区域分布在“两带、五区”(马洪云等, 2021), 两带分别为沿黄河、清水河两带, 五区分别是: 南华山自然保护区、六盘山区、贺兰山保护区、罗山保护区、白芨滩自然保护区。生态服务价值与生态系统碳汇量的分布特征相似, 存在区域差异性, 南部山区、银川和卫宁盆地地区生态系统碳汇与社会经济发展水平匹配度稍好, 周边荒漠生态系统碳汇、生态服务价值较低。

#### 4.2 基于国土空间优化的生态服务价值提升路径

在重点城市、能源富集区域、黄河和清水河沿线打造多元素、多层次、网络化的复合型用地优化格局, 落实生态系统碳汇用地调整, 维护自治区生态系统碳平衡, 增强碳汇质量, 提升生态服务价值。在空间布局上, 以银川市、吴忠市、石嘴山市、中卫市、固原市等重点城市和人口聚集区为节点, 以河流为生态廊道, 联通重点城市、人口聚集区、生态保护区, 建立生态本体相连的生态走廊, 疏散城市热岛效应。在城市中, 混合土地利用类型, 通过增加城市内部公园绿地面积为主, 在城市周边布局生态公益林。

提升能源开发高新技术, 延伸能源产业延伸链, 降低能耗, 加强能源的绿色开发和生态保护修复协同发展的可持续道路。在宁夏北部能源富集区, 发展和提升能源基地开发的高新技术, 禁止老旧能源发展技术, 加快产业延伸链, 降低单位 GDP 能耗, 建议在能源基地周围建立大型生态公益林地, 增加能源基地周围的碳汇量, 优化提升生态服务价值。

#### 4.3 考虑水、土地资源约束, 实施生态修复工程, 促进生态服务价值显化

考虑水土资源约束, 宁夏北部引黄灌区, 地势平坦, 土壤肥沃, 应优化产业结构, 加快生态廊道建设, 打造绿色生态城市和沿黄黄金生态廊道; 宁夏中部干旱带, 干旱少雨, 风大沙多, 土地贫瘠, 生存条件较差, 科学部署清水河沿线生态修复工程、加强对生态屏障和廊道的管控与修复, 以打造生态碳汇廊道目的, 连接碳汇低值区和高值区, 并依托沙漠、戈壁、荒漠、采煤沉陷区等低生态服务价值区建设一批百万千瓦级光伏基地, 可优化增加碳汇量; 宁夏南部山区, 丘陵沟壑林立, 有较大的森林碳汇资源, 严格保障六盘山区生态红线, 保障优质碳汇不降低, 开展碳汇交易活动, 提升碳汇功能, 凸显生态服务价值。

## 5 结论

(1)宁夏沿黄经济生态区 6 大生态系统 11 种生态系统服务价值, 区内呈现出“中间高, 四周低; 盆地和山区高, 荒漠和丘陵低”的空间特征。

(2)生态系统服务功能以水文调节、气候调节、水资源供给和气体调节服务为主, 所占比重分别为 59.07%、8.97%、5.02%、4.91%。

(3)区内生态系统服务价值中调节服务价值 > 供给服务价值 > 支持服务价值 > 美学价值; 生态服务价值呈增长趋势, 与经济发展速度相比, 还处于低协调度状态。

(4)区内生态系统碳汇与生态服务价值相关性较强, 其分布特征相似, 后期可考虑水、土地资源约束情况下, 实施国土空间优化与生态修复工程, 提升生态系统碳汇以及生态服务价值。

## 参考文献(References):

- 程静, 黄越. 宁夏回族自治区生态系统服务价值时空演变及其驱动力[J]. *水土保持研究*, 2021, 28(2): 1-8.
- CHENG Jing, HUANG Yue. Spatio-temporal evolution of ecosystem services value and its driving forces in Ningxia Hui Autonomous Region[J]. *Research of Soil and Water Conservation*, 2021, 28(2): 1-8.
- 李双成, 谢爱丽, 吕春艳, 等. 土地生态系统服务研究进展及趋势展望[J]. *中国土地科学*, 2018, 32(12): 82-89.
- LI Shuangcheng, XIE Aili, LÜ Chunyan, et al. Research progress and prospect for land ecosystem services[J]. *China Land Science*, 2018, 32(12): 82-89.
- 梁庆恒. 基于生态系统服务价值的铁力市土地利用结构优化研究[D]. 哈尔滨: 东北农业大学, 2019.
- LIANG Qingheng. Study on the optimal allocation of land use structure in Tieli City based on the value of ecosystem services[D]. Harbin: Northeast Agricultural University, 2019.
- 马洪云, 王化齐, 李成柱, 等. 宁夏沿黄生态经济区综合地质调查[R]. 西安: 中国地质调查局西安地质调查中心, 2021.
- 马淑花. 基于生态系统服务价值评估的土地利用规划研究[D]. 武汉: 华中科技大学, 2018.
- MA Shuhua. Research on Land use planning based on ecosystem services evaluation[D]. Wuhan: Huazhong University of Science and Technology, 2018.

- 乔斌. 宁夏党家岔湿地自然保护区生态质量诊断及社区发展路径协同研究[D]. 银川: 宁夏大学, 2016.
- QIAO Bin. Study on ecological quality diagnosis and community development path coordination in Dangjiacha wetland natural reserve of Ningxia[D]. Yinchuan: Ningxia University, 2016.
- 王小莉. 基于生态系统服务价值评估的东江流域生态补偿研究[D]. 开封: 河南大学, 2018.
- WANG Xiaoli. Study on ecological compensation of Dongjiang River Basin based on evaluation of ecosystem service[D]. Kaifeng: Henan University, 2018.
- 王重玲, 朱志玲, 王梅梅, 等. 基于生态服务价值的宁夏隆德县生态补偿研究[J]. 水土保持研究, 2014, 21(1): 208–212.
- WANG Chongling, ZHU Zhiling, WANG Meimei, et al. Research for the ecological function regionalization of ecological compensation based on ecological service value: An example of Longde county in Ningxia Hui Autonomous Region[J]. Research of Soil and Water Conservation, 2014, 21(1): 208–212.
- 徐志涛. 基于耦合面向对象与像元分类的中宁县土地利用监测与生态服务价值评价[D]. 南昌: 东华理工大学, 2016.
- XU Zhitao. Land use monitoring and ecological service value evaluation of Zhongning County based on coupled object-oriented and pixels classification[D]. Nanchang: East China University of Technology, 2016.
- 张馨芳. 洱海流域土地利用与生态系统服务价值变化研究[D]. 昆明: 云南财经大学, 2014.
- ZHANG Xinfang. Research on the changes of land use and ecosystem service value in Erhai basin[D]. Kunming: Yunnan University of Finance and Economics, 2014.
- 赵海燕. 安徽省生态服务价值核算及其影响因子研究[D]. 合肥: 合肥工业大学, 2019.
- ZHAO Haiyan. Study on ecosystem service value accounting and its influencing factors in Anhui Province [D]. Hefei: Hefei University of Technology, 2019.
- 仲俊涛, 米文宝. 基于生态系统服务价值的宁夏区域生态补偿研究[J]. 干旱区资源与环境, 2013, 27(10): 19–24.
- ZHONG Juntao, MI Wenbao. Study on regional ecological compensation based on ecosystem service value in Ningxia[J]. Journal of Arid Land Resources and Environment, 2013, 27(10): 19–24.
- Costanza R. Ecosystem functions and services[J]. *Ekonomiai Szociológiai Szemle (Economics and Environment)*, 2012, 2: 8–17.
- Costanza R. Visions, values, valuation and the need for an ecological economics[J]. *BioScience*, 2001, 51: 459–468.
- Costanza R. Ecosystem Services: Multiple classification systems are needed[J]. *Biological Conservation*, 2008, 141: 350–352.
- Costanza R. Toward a new sustainable economy[J]. *Real World Economics Review*, 2009, 49: 20–21.