

DOI:10.13869/j.cnki.rswc.2024.03.037.

刘迪, 陈海, 王麒菲, 等. 黄土丘陵沟壑区村庄生态系统服务对人类福祉的影响机理: 以陕西省米脂县为例[J]. 水土保持研究, 2024, 31(3):  
Liu Di, Chen Hai, Wang Qifei, et al. Mechanisms of the Impact of Village Ecosystem Services On Human Well-Being in the Loess Hilly and Gully  
Region: Case Study of Mizhi County, Shaanxi Province[J]. Research of Soil and Water Conservation, 2024, 31(3): 69-78.

# 黄土丘陵沟壑区村庄生态系统服务对 人类福祉的影响机理 ——以陕西省米脂县为例

刘迪<sup>1</sup>, 陈海<sup>2</sup>, 王麒菲<sup>1</sup>, 张杰<sup>2</sup>, 石金鑫<sup>2</sup>

(1. 河南师范大学 旅游学院, 河南 新乡 453007; 2. 西北大学 城市与环境学院, 西安 710127)

**摘要:** [目的] 在生态脆弱区, 探究村庄生态系统服务对人类福祉的影响机理, 为推动区域可持续发展提供参考。[方法] 以黄土丘陵沟壑区陕西省米脂县为例, 基于生物物理指标、人类需求理论分别评估村庄服务与福祉, 分析了两者的空间分布。基于结构方程模型揭示了村庄禀赋视角下村庄服务对福祉的影响机理。[结果] (1) 作物和肉类空间分布相近, 水果供给呈集中分布; 高土壤保持村庄分布于南部丘陵, 水源涵养和生境质量均西部高于东部; 景观美学东部高于西部, 高休闲娱乐村庄集中于城镇区。(2) 村庄各需求、福祉空间分布差异较大。高福祉村庄包括川道村、多数乡镇中心村、乡村振兴示范村; 低福祉村庄主要位于东西部丘陵, 需政府重点关注。(3) 村庄服务对福祉产生正向影响, 作物、肉类、水源涵养是影响村庄福祉的关键服务。村庄禀赋对服务、福祉产生正向影响, 且村庄禀赋通过提高村庄ES间接改善村庄福祉水平。高程是关键的自然禀赋, 非文盲率和老龄化率是关键的社会禀赋; 距县城距离是关键的区位禀赋。[结论] 村庄服务与福祉空间差异明显, 禀赋—服务—福祉的影响路径显著。依据空间差异与路径差异施策, 是提升生态系统服务福祉贡献的要求。

**关键词:** 生态系统服务; 人类福祉; 空间分异; 影响机理; 黄土丘陵沟壑区; 陕西省米脂县

中图分类号: K901

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2024)03-0069-10

## Mechanisms of the Impact of Village Ecosystem Services on Human Well-Being in the Loess Hilly and Gully Region —Case Study of Mizhi County, Shaanxi Province

Liu Di<sup>1</sup>, Chen Hai<sup>2</sup>, Wang Qifei<sup>1</sup>, Zhang Jie<sup>2</sup>, Shi Jinxin<sup>2</sup>

(1. College of Tourism, Henan Normal University, Xinxiang, Henan 453007, China; 2. College of  
Urban and Environmental Science, Northwest University, Xi'an 710127, China)

**Abstract:** [Objective] The aims of this study are to explore the mechanism of villages' ecosystem services on human well-being, and to promote regional sustainable development, especially in ecologically fragile areas. [Methods] Based on biophysical indicators and human needs theory, the spatial distribution of village ecosystem services and well-being were analyzed. Based on structural equation model, the mechanism of village ecosystem services on well-being was revealed from the perspective of village endowment. [Results] (1) The spatial distribution of crops and meats was similar, and fruits supply concentrated; High soil conservation villages distributed in the southern hilly mountains, and both water conservation and habitat quality were higher in the west than in the east. Landscape aesthetics was higher in the east than in the west,

收稿日期: 2023-07-05

修回日期: 2023-08-05

资助项目: 国家自然科学基金项目(42171256); 国家自然科学基金项目(41971271); 河南师范大学博士人才科研启动课题(校 20230077)

第一作者: 刘迪(1993—), 男, 河南郑州人, 博士, 讲师, 研究方向为生态系统服务与人类福祉。E-mail: 2022136@htu.edu.cn

通信作者: 陈海(1971—), 男, 山西侯马人, 博士, 教授, 博士生导师, 研究方向为土地利用与农户行为。E-mail: chw@nww.edu.cn

<http://stbcjy.paperonice.org>

and high recreation villages concentrated in urban areas. (2) The spatial distribution of needs and human well-being in each village was quite different. Villages with high well-being included Chuandao villages, most township centers villages, and rural revitalization model villages. Villages with low human well-being were mainly located in hilly areas in the east and west, and such villages need to be given priority attention by the government. (3) Village ecosystem services positively affected human well-being, with crops, meat, and water conservation being the key ecosystem services affecting village well-being. Village endowments positively influenced ecosystem services and human well-being. Village endowments could indirectly improve the level of village well-being by enhancing its ecosystem services. Height was the key natural endowment, while non-illiteracy rate and aging rate were the key social endowment. Distance from the county seat was the key location endowment. [Conclusion] Spatial differences in village ecosystem services and human well-being are evident, and the endowment-ecosystem service-well-being pathway of influence is significant. Policy implementation based on spatial differences and pathway differences is a necessary requirement to enhance the contribution of ecosystem services to well-being.

**Keywords:** ecosystem services; human well-being; spatial differentiation; influence mechanism; loess hilly and gully region; Mizhi County of Shaanxi Province

作为连接自然生态系统与社会经济系统的桥梁,生态系统服务(Ecosystem Services, ES)指人类从生态系统中获取的物质与非物质收益<sup>[1]</sup>。千年生态系统评估(MA)表明,ES能够直接或间接影响人类福祉(Human Well-being, HWB)<sup>[2]</sup>。ES和人类福祉的关系研究是“全球土地计划”“未来地球计划”以及可持续性科学的重要研究领域,其中探索和分析ES对福祉的影响机理已成为该领域的重要方向之一。在黄土丘陵沟壑区等资源依赖地区,ES对福祉的影响机理研究在缓和生态环境与经济发展矛盾、寻求促进ES与福祉共赢策略方面具有重要的理论与实践意义。

目前,ES对人类福祉的影响机理研究已由理论思辨转向量化实践,涌现出诸多有价值的研究成果,相关研究集中在ES与福祉的定量评估、ES对福祉的影响机理两个方面。ES和福祉的定量评估是揭示其影响机理的前提和基础,其中,价值量和物质量法是评估ES较为主流且成熟的方法<sup>[3]</sup>,且在多种尺度上实现有效评估。人类福祉评估则多立足国家、省市、县区、流域等大中尺度<sup>[4-6]</sup>,多基于经济福祉、人类发展指数、MA福祉体系等来表征<sup>[7-10]</sup>,在村庄等地方尺度进行福祉测度的研究较为少见<sup>[11]</sup>;人类需求理论由于其多维需求评估视角为量化贫困地区村庄福祉提供了契合的理论构架<sup>[12]</sup>。影响机理方面,目前多采用相关分析、冗余分析、灰色关联等方法探究ES对福祉的影响<sup>[13-15]</sup>,但仅通过简单数值分析很难揭示两者间的复杂关系<sup>[16]</sup>。级联框架在深化ES对福祉影响的内在机理方面做出了有益尝试,但其多关注ES向福祉的流动过程而忽视了两者的数量表征<sup>[17]</sup>。近年来,能力方法从主体行为者禀赋的角度

为ES对福祉影响机理的揭示提供了明确思路<sup>[18]</sup>,从“禀赋—ES—福祉”的逻辑路径出发,为从地方尺度阐明ES对人类福祉的影响机理提供可行的方式。目前,基于能力理论的禀赋视角定量探究ES对福祉影响机理的案例研究尚不多见。

目前,针对生态脆弱且经济欠发达村庄的ES与人类福祉空间分析的研究较少。村庄是政策管理的基本单位,村庄ES对福祉的影响机理研究对完善ES与福祉关系研究、促进当地提升ES的福祉贡献等方面具有重要意义。本文以黄土丘陵沟壑区陕西省米脂县为例,基于生物物理指标量化村庄8类ES,基于人类需求理论评估村庄人类福祉,分析ES与福祉的空间分布,最后基于结构方程模型从村庄禀赋视角探究ES对人类福祉的影响机理。

## 1 研究区概况与数据来源

### 1.1 研究区概况

米脂县(109°49′—110°29′E, 37°39′—38°05′N)位于黄土高原中部、陕西省榆林市东南,面积1 178 km<sup>2</sup>,属典型的黄土丘陵沟壑区。地形呈东西“U”型起伏,中部无定河流经,东西山区沟壑纵横,平均海拔1 049 m,地形起伏度大;气候属半干旱区,年平均降水量451.6 mm,夏季干旱与洪涝频发;土地利用以耕地、林地与草地为主,三者分别占米脂县总面积的28.35%, 48.48%, 17.66%,土地利用空间分布破碎。脆弱的生态本底影响了ES的空间格局及其对福祉的影响。截至2019年,米脂县总人口约22.19万人,人口呈净流出趋势;农民人均可支配收入均值为8 521元,城乡居民可支配收入存在较大差距。米脂

县经济欠发达,农户长期依赖生态环境提供的多类 ES,因此其福祉需求的满足依赖于 ES 的持续供给,加之村庄自然和社会经济资源禀赋的差异,为揭示村庄 ES 和福祉的空间分布,阐明 ES 对人类福祉的影响机理提供了较好的研究平台。

1.2 数据来源与处理

ES 评估数据来源如下:(1) DEM 源于地理空间数据云 ASTER GDEMS 数据集,分辨率 30 m。(2) 米脂县 2019 年土地利用源于该年 Google Earth 影像(精度 0.47 m),结合二调数据目视解译,精度达 88.6%,参考土地利用分类标准(GB/T21010-2017),将地类分为耕地、林地、草地、果园、建设用地、水域以及未利用地 7 类一级地类。(3) 中国气象数据网获取米脂县周围 300 km 内气象站逐日降水量、均温数据。寒区旱区科学数据中心获取土壤类型、土壤质地、有机碳含量数据。(4) NDVI 采用 MODIS13 Q1 产品,以月为单位均值合成。(5) 经济数据源于《米脂县社会经济统计年鉴(2019)》;农产品热量值来自中国疾控预防控制中心营养与健康所《中国食物成分表标准版(2020)》。

问卷数据是课题组 2020 年 10 月与 2021 年 7 月实地调查的整合数据。根据研究区地理、生态和经济水平的差异,课题组于 2020 年 10 月 12 日—10 月 30 日进行第一次调研,分层抽样获取村庄问卷 49 份,2021 年 7 月 5 日—7 月 25 日进行村庄数据补充调研,分层抽样获取村庄问卷 35 份,期间共获取有效村庄问卷 84 份。村庄问卷包括两个部分:(1) 村庄福祉指标,包括卫生室病床数等基本需求指标,集体经济收入等经济需求指标,文化活动次数等社会需求指标,以及村庄整洁程度等环境需求指标。(2) 村庄禀赋指标,包括总人口、总户数、贫困户数、老年人口、距

乡镇距离与距县城距离等指标。

2 研究方法

2.1 村庄生态系统服务评估

本文选取 8 类 ES 进行空间制图(表 1),其代表了米脂县较为典型且与人类福祉密切相关的 ES 类型。ES 的选取依据与评估方法说明如下:(1) 供给服务:米脂县是传统农业区,谷子、玉米、土豆等是当地主要粮食作物,作物供给是县域经济重要来源;米脂县处于半干旱高原,是苹果等水果适生区,乡村振兴战略实施以来,水果供给成为当地带动乡村振兴的新抓手;米脂县处于农牧交错带,羊、猪、牛等是当地主要畜类产品,肉类供给是农户的重要生计来源之一。由于各类农产品产量与价值存在差异,不能简单将产量直接相加,因此供给服务通过热量法计算<sup>[19]</sup>。(2) 调节服务:黄土丘陵沟壑区地形起伏度大,加之黄土的垂直节理特性,导致当地土壤侵蚀严重;米脂县处于半干旱区,水源涵养对保障农业发展十分关键;农业生态系统为各种生物提供栖息地,是重要的生物多样性保护区。InVEST 模型是有效模拟调节服务的工具,3 类调节服务通过该模型的相应模块进行评估和空间制图<sup>[20-21]</sup>。(3) 文化服务:黄土高原独特的地形地貌景观与梯田农业景观为当地农户提供了审美服务,同时为当地农户提供了休闲娱乐的场所。本文采用植被覆盖度和人类活动强度表征自然性,用于说明植被状况与人类扰动对自然性的综合影响;采用景观多样性与景观连接度表征景观质量,用于说明景观的空间配置对景观中物种丰富度的影响<sup>[22]</sup>。休闲娱乐服务主要统计当地可供休闲的景观面积占比,主要包括风景名胜、水域以及文化广场的面积比例<sup>[20]</sup>。

表 1 村庄生态系统服务的选取与评估  
Table 1 Selection and evaluation of village ecosystem services

ES 一级类型	ES 二级类型	编号	计算方法
供给服务	作物供给	a1	热量法 <sup>[19]</sup>
	水果供给	a2	
	肉类供给	a3	
调节服务	土壤保持	a4	InVEST 模型土壤保持模块 <sup>[20]</sup>
	水源涵养	a5	InVEST 模型产水模块 <sup>[21]</sup>
	生境质量	a6	InVEST 模型生境质量模块 <sup>[20]</sup>
文化服务	景观美学	a7	植被覆盖度、人类活动强度、景观多样性、景观连接度 4 个指标等权重叠加 <sup>[22]</sup>
	休闲娱乐	a8	风景名胜面积比例、水域面积比例、文化广场面积比例 3 个指标等权重叠加 <sup>[20]</sup>

2.2 村庄福祉指标体系构建

村庄福祉是村庄客观生活条件、经济水平、社会环境以及生态背景等要素的综合<sup>[23]</sup>,本文基于人类需求理论构建村庄福祉指标体系(表 2):(1) 基本需

求包括健康、用水、住房 3 个要素,反映村庄为农民提供基本条件的满足情况<sup>[6]</sup>,这些指标是维持农民生存与发展最基础、必要的条件。(2) 经济需求包括财富与生产力、基础设施、能力与机会 3 个要素,是村庄



经济发展的必要条件。财富与生产力通过村庄集体经济表征,用于说明村庄经济水平与组织化程度,本文仅统计由县农业农村局注册的集体经济类型。基础设施通过道路密度与到网络讯号站距离 2 个指标进行表征,分别说明村庄经济发展的交通条件和信息获取条件等经济资源获取能力<sup>[6]</sup>;能力与机会是农民能力的核心,通过农业技能来表征农民从农业中获取收入的机会。(3) 社会需求反映社区的组织与凝聚力<sup>[24]</sup>。其中,文化活动是文化的载体,农民通过文化活动维系社会关系,文化需求通过文化娱乐活动次数来表征<sup>[22]</sup>;农户对村务大事的政治知情和参

与是社会需求的关键一环,政治需求通过政务信息获取渠道种类数表征,说明村庄政治透明度与公信力<sup>[25]</sup>;休闲设施是农民休闲的主要场所,农民以休闲设施为载体进行闲暇交流,休闲需求通过休闲设施面积来表征<sup>[26]</sup>。(4) 环境需求是表征审美与安全的维度,其中,自然空间与个体健康、认知和行为发展均有关系,通过林草覆盖率表征村庄为农民提供绿色空间的程度<sup>[23]</sup>;环境舒适是村庄建成环境质量的溢出结果,通过村庄整洁程度来表征<sup>[27]</sup>;安全是使农民免受环境危害的安全性的表达,包括水质安全与人身安全<sup>[6]</sup>。

表 2 基于人类需求理论的村庄人类福祉指标体系构建

Table 2 Construction of human wellbeing index system of village based on human needs theory

维度	要素	编号	指标	指标赋值	权重
基本需求 0.349	健康	a9	医疗条件	千人拥有病床数(张)	0.333
			医疗参合率	参加新型农村合作医疗户数/村庄总户数(%)	0.167
	用水	a10	自来水普及率	自来水使用户数/村庄总户数(%)	0.196
	住房	a11	人均住房面积	宅基地总面积/村庄总人口(m <sup>2</sup> )	0.304
经济需求 0.282	财富与生产力	a12	集体经济	村庄集体经济年收入(万元)	0.346
	基础设施	a13	道路密度	道路总长度/村庄总面积(km/km <sup>2</sup> ),ArcGIS 空间分析	0.239
			信息通达度	村庄到最近网络讯号站的最短距离(km)	0.128
社会需求 0.139	能力与机会	a14	农业技能培训	村庄组织农业技能培训的次数(次/a)	0.287
	文化需求	a15	文化活动频率	村内举办文化娱乐活动的次数(次/a)	0.442
	政治需求	a16	政务信息获取	政务信息获取渠道的种类数(村干部、村务公开栏、村民集体会议、广播、互联网)	0.195
	休闲需求	a17	休闲设施面积	文化广场、戏台、健身设施面积(m <sup>2</sup> )	0.363
	自然空间	a18	林草覆盖率	林草地面积/村庄总面积(%),ArcGIS 分区统计	0.140
环境需求 0.230	环境舒适	a19	村庄整洁程度	调研员对村委会、文化广场、道路、公共卫生间等 4 项社区空间的打分,整洁程度[1,5],取值区间[4,20]	0.254
	水质安全	a20	水质安全	农户问卷:所在村庄水质条件较好(很不同意=1,不同意=2,中立=3,同意=4,很同意=5),求村庄均值	0.284
	人身安全	a21	极端天气	村庄近 5 年干旱、沙尘暴的发生频率(次)	0.087
			地质灾害	村庄近 5 年滑坡、山洪的发生频率(次)	0.235

注:所有指标经过极差标准化处理;权重使用客观熵权法计算<sup>[23]</sup>。

## 2.3 影响机理分析

2.3.1 研究假设 ES 对福祉的影响机理可归纳为一个概念结构,指在社会生态系统中 ES 种类、数量对福祉的贡献过程<sup>[16]</sup>。禀赋(Endowments)是经济学家 Amartya Sen 创立的能力理论中的一个核心概念,指的是社会主体行为者所拥有的资源多寡会导致不同主体行为者禀赋产生差异<sup>[28]</sup>。禀赋反映了主体行为者的能力水平,村庄禀赋是村庄获取 ES、满足人类福祉需求的“能力”体现,会影响主体准入与控制的 ES 存量,进而影响主体的福祉<sup>[18]</sup>。一方面,村庄禀赋直接影响村域 ES 水平以及福祉需求满足的程度,不同的村庄禀赋对不同的 ES 和福祉具有差异性影响。另一方面,村庄 ES

影响人类福祉,不同 ES 对村庄福祉各个维度产生不同程度的贡献。借鉴国内外相关研究<sup>[18,28]</sup>,本文设置如下假设:H1:村庄 ES 对福祉具有直接正向影响;H2:村庄禀赋对村庄 ES 具有直接正向影响;H3:村庄禀赋对村庄福祉具有直接正向影响。

2.3.2 结构方程模型 结构方程模型对处理直接、间接效应具有潜在优势<sup>[29]</sup>,已广泛应用于解决地理学、生态学问题。本文的 SEM 包括测量模型和结构模型,前者测度观测变量与潜变量间的关系,后者揭示潜变量间的关系。在研究假设基础上建立初始模型(图 1),将村庄禀赋作为外生潜变量,村庄 ES、村庄福祉为内生潜变量;对各个潜变量设置观测变量,最终构成 SEM。运

用 AMOS 23.0 软件平台进行模型拟合。

2.3.3 观测变量选取 村庄禀赋、ES 与福祉的观测变量设置如下:(1) 将村庄禀赋解构为自然维度、社会维度和区位维度:自然维度包括村庄高程(a22, 编号,下同)、起伏度(a23)、NDVI(a24)3 类禀赋,这些禀赋是村庄经济发展最基础的自然本底,影响村庄获取各类 ES 的种类和数量,进而影响福祉需求的满足程度<sup>[22]</sup>。社会维度包括人口密度(村庄总人口/村庄总面积,a25)、非文盲率(受教育人口/村庄总人口,

a26)、老龄化率(>65 岁老年人/村庄总人口,a27)3 类禀赋,其中,人口密度反映村庄劳动力总量和经济发展活力,非文盲率反映村庄对农民基础素质的培养水平<sup>[6]</sup>,老龄化率反映村庄劳动力质量和社区负担程度<sup>[30]</sup>。区位维度包括距乡镇距离(村庄到达乡镇的所需时间,a28)、距县城距离(村庄到达县城的所需时间,a29)两类禀赋,两者反映了村庄对基础物资、医疗和教育的可得性水平。(2) ES 的观测变量为 8 类 ES 二级类型(表 1),福祉的观测变量为 13 类要素变量(表 2)。

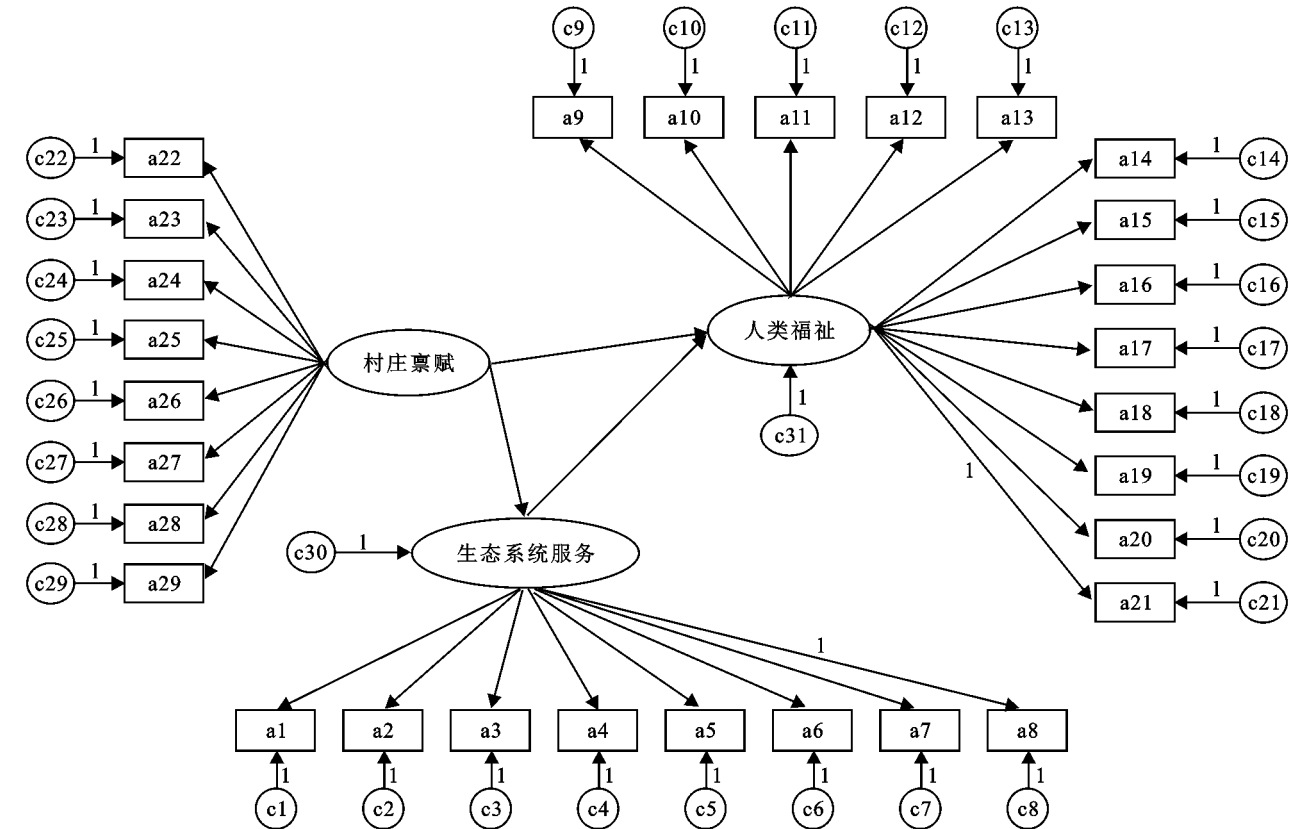


图 1 生态系统服务对人类福祉影响的初始概念模型

Fig. 1 Initial conceptual model of the impact of ecosystem services on human well-being

### 3 结果与分析

#### 3.1 村庄 ES 与福祉的空间分异

3.1.1 村庄 ES 空间分异 将各类 ES 栅格图层按照村庄分区统计,经自然断点法分级得到村庄 ES 空间分布(图 2)。图 2 中,ES 的数量特征与空间分异特点如下:(1) 米脂县食物供给总量达  $6.40 \times 10^{15}$  J,作物、水果和肉类供给能量占比分别为 36.39%,8.46%,55.15%,表明作物与肉类是米脂县供给服务的主要类型。米脂县是传统农业县,作物和牲畜是支撑农户生计的关键供给服务,且水果收益在农户生计占据一定比重,意味着米脂县农业生产结构逐渐多元化,农户生计来源趋于多样。供给服务空间分布反映了村庄农业发展水平的差异,其中作物和肉类空间分布相似,这是由耕地、草

地地类的空间配置导致的,也与种养殖行为的高度协作性有关。水果供给高值区较少,呈现集中种植的空间特征,这主要取决于果园景观的空间分布。果业的发展与村庄的地理禀赋、政策引导有关,山地苹果是米脂县近十年重点发展的果树类型,在石沟镇的官道山村和党坪村形成了果业集聚产业区。(2) 米脂县水土保持、水源涵养总量分别为  $8.24 \times 10^8$  t,  $2.05 \times 10^9$  m<sup>3</sup>,水土保持能力一般;生境质量指数为 0.64。水土保持高值区分布于川道两侧南部的丘陵山区,有两个聚集区,一个是西部石沟镇,一个是东部杨家沟镇,前者是退耕还林示范乡镇,后者是红色革命示范区,其环境治理与水土保持水平较高。水源涵养和生境质量空间分布相似,均为川道西部高于东部,两者具有较强协同性。调节服务空间分布反映了村庄生

态环境特征以及人类对生态环境的局部扰动,其空间分布与地形特征、林草分布以及退耕还林实施有较大关系。(3)米脂县景观美学、休闲娱乐指数分别为 0.68,0.32%。文化服务反映了村庄为居民提供的非物质收益水平。其中,景观美学呈现东部显著高于西

部的特征,西北部与川道地区的景观美学质量较差,这些村庄形成了较好的农业景观结构,在提供农业供给服务的同时能提供景观美学等文化服务,形成了多类 ES 供给区。同时,休闲娱乐呈现相反的空间特征,高值区集中于川道城镇区与西部的个别乡村。

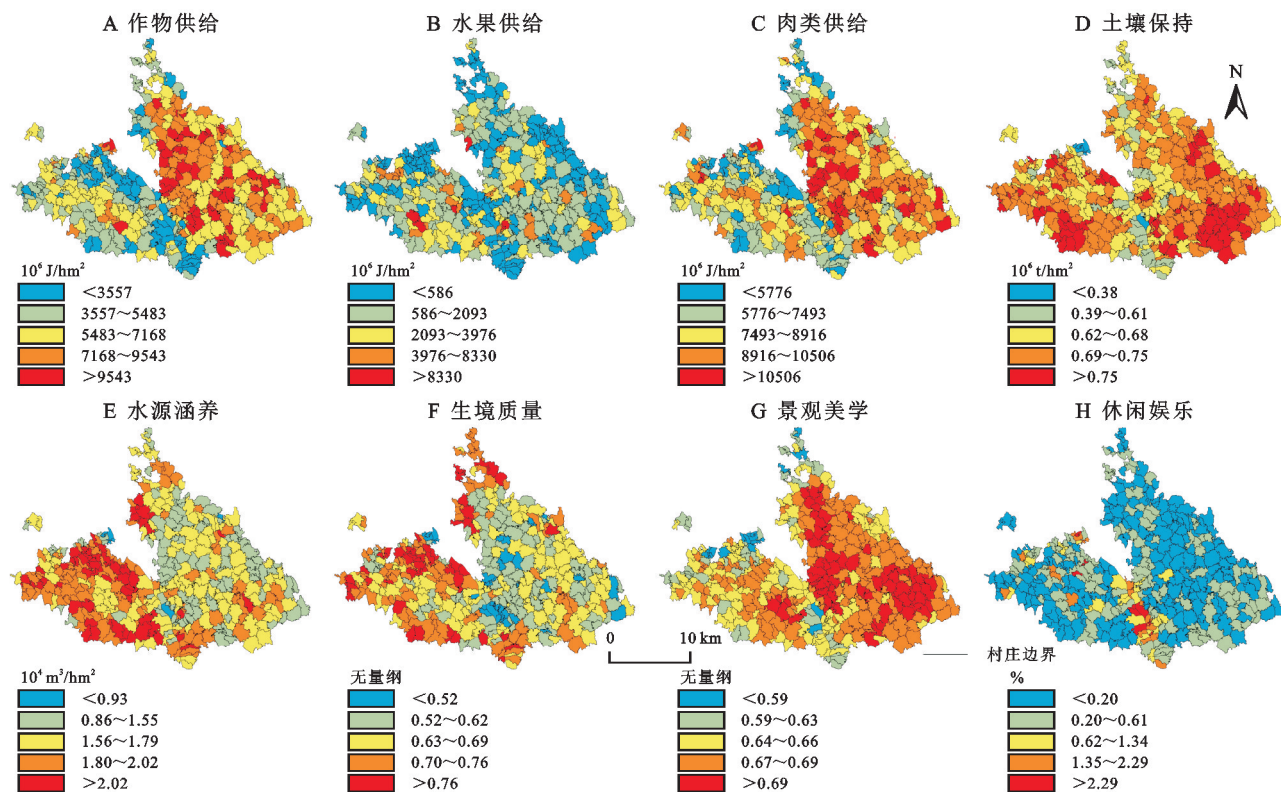


图 2 米脂县村庄生态系统服务空间分异

Fig. 2 Spatial differentiation of village ecosystem services in Mizhi County

3.1.2 村庄福祉空间分异 基于自然断点法对 4 类需求、村庄福祉进行三值分级,并进行空间制图(图 3),等级越高,各类需求维度的满足程度越高。图 3 中,村庄各需求空间分布差异较大。村庄基本需求均值为 0.483(S.D.=0.225),高基本需求村庄分布于石沟、川道以及各乡镇中心;此类村庄地理位置优越、在医疗条件、住房等方面能够实现农民基本需求的满足。低基本需求村庄分布于西部、北部以及东部乡镇的丘陵山区,存在聚集趋势,这些村庄对农民基本需求的满足程度较低,需进一步完善住房、用水与医疗等基础方面。村庄经济需求均值为 0.369(S.D.=0.227),高经济需求村庄围绕乡镇中心村分布;此类村庄基础设施完善,集体经济发达,也关注农户农业技术能力的培养,提升其获取经济收益的机会。低经济需求村庄在诸多乡镇均有分布;此类村庄自然禀赋相对较差、基础设施不健全,导致集体经济发展滞后,尚未形成稳定的农业发展模式。村庄社会需求均值为 0.392(S.D.=0.231),高社会需求村庄空间上较为分散,分异规律不明显;这些村庄注

重传统文化传承发展,关注农户休闲空间的塑造。相较而言,低社会需求村庄不太关注休闲空间对社区凝聚力的积极作用。村庄环境需求均值为 0.524(S.D.=0.202),高环境需求村庄主要分布于川道及其西部;此类村庄能保障农民人身安全,且村庄整洁程度高,是米脂县美丽乡村重点建设村庄。低环境需求村庄位于中东部丘陵山区,异常年份受旱灾和山洪影响较大,严重威胁农民人身安全;且村庄整洁程度打分较低,需进一步促进村容村貌建设,打造舒适人居空间。村庄福祉均值为 0.448(S.D.=0.179)。高福祉村庄主要包括 3 类:(1)川道村,川道是米脂县城生活区,各类资源可达性高,因此需求满足程度较高;(2)多数乡镇中心村,此类村庄多位于沟谷,交通便利,生活服务设施齐全,是乡镇物资集散与文化举办的主要区域;(3)乡村振兴示范村,如高西沟(国家级水土保持示范园)、杨家沟(红色革命旧址),两者因乡村振兴政策倾斜,村庄福祉较高。相比而言,低福祉村庄主要位于东西部丘陵山区,此类村庄需政府重点关注。



3.2 影响机理分析

3.2.1 模型拟合指数 首先,进行一阶验证性因子分析,删除因子载荷不显著的显变量( $C.R.<1.96$ )。其次,进行二次验证性因子分析,输出模型适配度检验

结果(表 3)。最后,连接模型残差,使拟合指数达到适配标准,运行剔除载荷不显著变量的初始模型,修正模型拟合度,结果较理想。修正后的潜变量之间的效应值示见表 4,观测变量得因子载荷示见表 5。

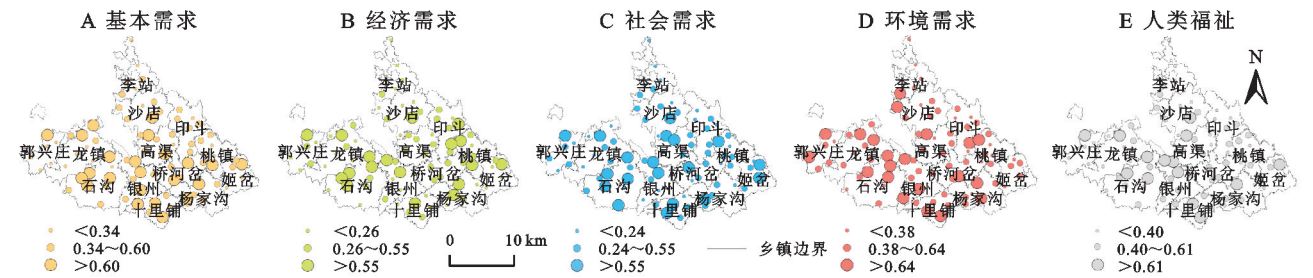


图 3 米脂县村庄人类福祉空间分异

Fig. 3 Spatial differentiation of human wellbeing in Mizhi County

表 3 模型拟合指数

Table 3 Model fitting index			
拟合指标	参考标准	验证性因子分析	修正结构模型
$\chi^2/df$	$<2$	1.129	1.532
GFI	$>0.9$	0.915	0.937
AGFI	$>0.9$ ( $>0.8$ 可接受)	0.818	0.868
RMSEA	$<0.05$	0.038	0.045
NFI	$>0.9$	0.806	0.926
CFI	$>0.9$	0.847	0.923
IFI	$>0.9$ ( $>0.8$ 可接受)	0.859	0.868
NNFI	$>0.9$ ( $>0.8$ 可接受)	0.923	0.840
RFI	$>0.9$ ( $>0.8$ 可接受)	0.907	0.846
PGFI	$>0.5$	0.492	0.583
PNFI	$>0.5$	0.548	0.598

3.2.2 村庄 ES 对人类福祉的影响 由表 4 可知,村庄 ES 对福祉产生正向直接影响(0.223),假设 H1 成立。从 ES 子类型视角出发(表 5),ES 子类型对村庄福祉存在差异性影响。作物和肉类是影响村庄福祉的关键 ES 类型( $\beta>0.8$ ),这意味着生态系统物质价值的获取是改善福祉的关键途径。作为传统农业区,作物种植和牲畜养殖的结合为当地农户提供了充足的物质价值,这对于发展集体经济、提高人均住房等福祉的多个方面具有重要意义,进而使基本需求和经济需求得到满足。水源涵养是保证当地农业丰收与生态环境可持续的关键调节服务( $\beta>0.7$ ),例如,水源涵养水平的提高影响村庄用水以及水质安全等多个方面,是改善村庄福祉的关键要素。文化服务对福祉的贡献逐渐变得重要,休闲娱乐空间的塑造会有效促进农民休闲需求的满足。此外,从福祉的路径系数看,ES 的准入对村庄的用水、基础设施、财富与生产力、人身安全以及健康( $\beta>0.6$ )等需求的满足程度影响较大,即在资源依赖社区,ES 水平提高对村庄福祉的影响主要体现在基本需求和经济需求维度的满足

方面,ES 对社会需求和环境需求的影响相对较小。

3.2.3 村庄禀赋对 ES 和人类福祉的影响 由表 4 可知,村庄禀赋对村庄 ES 产生正向直接影响,假设 H2 成立;村庄禀赋对福祉存在正向直接影响,假设 H3 成立;村庄禀赋通过提高村庄 ES 间接改善其所在村庄福祉水平。从特定村庄禀赋视角来看(表 5),村庄禀赋对 ES 和福祉存在差异性影响。在禀赋的自然维度中,高程是影响 ES 与福祉的关键禀赋;高海拔的村庄更加依赖 ES 来改善生计,尤其更加依赖作物与水果供给,这提高了这些 ES 对福祉的贡献。在禀赋的社会维度中,非文盲率和老龄化率是影响 ES 与福祉的关键禀赋;非文盲率反映了农户教育水平,有利于其利用知识获取农业收益或非农收益,例如,利用农业知识提高作物生产效率,利用生态知识通过构建小型生态工程提高水源涵养能力;老龄化率说明了村庄“活力”,较低的老龄化率意味着较高的村庄健康水平和经济活力,对村庄提升供给服务等具有关键作用。在禀赋的区位维度中,距县城距离是影响 ES 与福祉的关键禀赋,距离县城越远,其村庄 ES 对福祉的贡献越大。

表 4 潜变量之间的直接效应和间接效应

Table 4 Direct and indirect effects between latent variables			
路径	总效应	直接效应	间接效应
ES→人类福祉	0.223	0.223	—
村庄禀赋→ES	0.313	0.313	—
村庄禀赋→人类福祉	0.881	0.811	0.070

注:“—”表示不存在的关系,路径均通过 5% 的显著性水平。

4 讨论与结论

4.1 讨论

探究禀赋视角下村庄 ES 对福祉的影响机理对于完善 ES 和福祉理论研究、提升禀赋以改善当地 ES、福祉具有重要意义。

(1) ES 和福祉研究中对福祉的简易表征导致两者关系存在不确定性。人类福祉的局地精细化测度有助于更好地理解“环保主义悖论”,从而提高 ES 与福祉关系研究的科学性。同时,ES 和福祉的空间分异研究识别了 ES 供给较低、福祉需求满足较低的村庄,为政府基于村庄的 ES 改善、福祉提升提供了空间明确的建议。(2) ES 和福祉的关系研究忽视了影响两者水平及其变化的内在机理。本文基于禀赋视角,完善了“禀赋—ES—福祉”之间的内在影响链条,识别了导致村庄福祉水平存在差异的关键禀赋和 ES,从而为村庄福祉的改善提供了针对性的对策建议:一方面,识别了高程是关键的自然禀赋,非文盲率和老龄化率是关键的社会禀赋;距县城距离是关键的区位禀赋。因此,需加强低学历农户的成人教育,提高村庄文化水平;贯彻乡村振兴以发展农村产业,鼓励年轻人返乡置业,降低村庄老龄化率。另一方面,识别了作物、肉类和水源涵养为关键 ES。因此,需发展乡村传统农业与新型养殖业,组织种养殖技术培训,完善市场风险兜底制度,从而提高村庄食物供给;加强水域保护,建设水库实现农业丰枯调蓄,贯彻退耕还林政策,加强淤地坝修复等水土保持建设,从而有效涵养水源。

未来研究中可关注两个方面:(1) 受制于指标获取难度,本文的村庄禀赋选择了较易被量化的指标,然而这些指标不能代表完整的村庄禀赋。例如,村庄治理、社会规范等是影响 ES 和福祉的关键禀赋,因此,未来需要构建更加完整的村庄禀赋指标体系,为 ES 对福祉影响机理的揭示奠定基础。(2) ES 和福祉的关系具有尺度依赖性,不同空间尺度上导致 ES 和福祉变化的模式和驱动因素存在差异。仅研究单一尺度还不能完整把握 ES 对福祉影响机理的复杂性,因此,构建与整合从区域到个体不同尺度的 ES 和福祉影响机理框架,对于揭示两者内在机理关系十分必要。

## 4.2 结论

(1) 作物与肉类是米脂县供给服务的主要类型,农业生产结构呈现多元化;作物和肉类空间分布相近,水果供给呈空间集聚特征,供给服务反映了村庄农业发展水平的差异。高土壤保持村庄分布于南部的丘陵山区,水源涵养和生境质量均为西部高于东部;调节服务反映了村庄生态环境水平的差异。景观美学东部高于西部,休闲娱乐高值区集中于川道城镇区;文化服务反映了村庄非物质收益供给能力的差异。

(2) 村庄各需求、福祉空间分布差异较大。高基本需求村庄分布于川道、西部石沟,以及各乡镇中心,高经济需求村庄主要围绕乡镇中心村分布,高社会需

求村庄空间上较为分散,分异规律不明显。高环境需求村庄分布于川道及其西部。高福祉村庄主要包括川道村、多数乡镇中心村、乡村振兴示范村。相比而言,低福祉村庄主要位于东西部丘陵山区,此类村庄需政府重点关注。

表 5 修正后的村庄生态系统服务对人类

福祉影响的路径检验

Table 5 Revised path test of the impact of village ecosystem services on human well-being

路径	统计量			
	$\beta$	S.E.	C.R.	显著性
村庄禀赋→高程	0.824	0.182	6.407	***
村庄禀赋→起伏度	0.392	0.120	3.255	0.001
村庄禀赋→人口密度	0.444	0.142	3.208	0.001
村庄禀赋→非文盲率	0.726	0.228	5.750	***
村庄禀赋→老龄化率	-0.716	0.192	-5.822	***
村庄禀赋→距乡镇距离	0.351	0.179	-3.002	0.003
村庄禀赋→距县城距离	0.670	—	—	—
ES→作物	0.855	1.777	2.648	0.008
ES→肉类	0.817	1.373	2.620	0.008
ES→水源涵养	0.747	1.229	2.605	0.009
ES→景观美学	-0.536	0.822	-2.448	0.014
ES→休闲娱乐	0.258	—	—	—
人类福祉→健康	0.613	0.186	4.726	***
人类福祉→用水	0.745	0.339	5.430	***
人类福祉→住房	0.471	0.143	3.773	***
人类福祉→财富与生产力	0.623	0.161	4.749	***
人类福祉→基础设施	0.647	0.216	4.895	***
人类福祉→能力与机会	0.406	0.262	3.300	***
人类福祉→文化需求	0.393	0.257	3.198	0.001
人类福祉→休闲需求	0.455	0.176	3.641	***
人类福祉→环境舒适	0.515	0.224	4.075	***
人类福祉→水质安全	0.335	0.276	2.772	0.006
人类福祉→人身安全	0.622	—	—	—

注:“—”表示默认路径为 1 的观测变量;\*\*\*表示  $p < 0.001$ 。

(3) 村庄 ES 对福祉产生正向影响,且 ES 子类型对村庄福祉存在差异性影响。作物、肉类、水源涵养是影响村庄福祉的关键 ES 类型,ES 水平提高主要影响村庄福祉的基本需求和经济需求维度。村庄禀赋对村庄 ES 和福祉均产生正向直接影响,且村庄禀赋通过提高村庄 ES 间接改善村庄福祉。高程是关键的自然禀赋,非文盲率和老龄化率是关键的社会禀赋;距县城距离是关键的区位禀赋。

## 参考文献(References):

- [1] 王玉纯,赵军,付杰文,等.生态系统服务综合关系空间分异及驱动因素[J].水土保持研究,2023,30(2):274-284.  
Wang Y C, Zhao J, Fu J W, et al. Recognition of ecosystem services trade-offs and synergistic comprehensive relations[J]. Research of Soil and Water Conservation,



- 2023,30(2):274-284.
- [2] 黄甘霖,姜亚琼,刘志锋,等.人类福祉研究进展:基于可持续科学视角[J].生态学报,2016,36(23):7519-7527.  
Huang G L, Jiang Y Q, Liu Z F, et al. Advances in human well-being research: a sustainability science perspective[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2016,36(23):7519-7527.
  - [3] 彭建,胡晓旭,赵明月,等.生态系统服务权衡研究进展:从认知到决策[J].地理学报,2017,72(6):960-973.  
Peng J, Hu X X, Zhao M Y, et al. Research progress on ecosystem service trade-offs: From cognition to decision-making[J]. *Acta Geographica Sinica*, 2017,72(6):960-973.
  - [4] 李文青,赵雪雁,杜昱璇,等.秦巴山区生态系统服务与居民福祉耦合关系的时空变化[J].自然资源学报,2021,36(10):2522-2540.  
Li W Q, Zhao X Y, Du Y X, et al. Spatio-temporal changes of the coupling relationship between ecosystem services and residents' well-being in Qinba Mountains Area[J]. *Journal of Natural Resources*, 2021,36(10):2522-2540.
  - [5] 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.  
Qiao X N, Zhang T, Yang Y J, et al. Spatial flow of ecosystem services and impacts on human well-being in the Weigan River Basin[J]. *Resources Science*, 2017,39(3):533-544.
  - [6] Wang X, Dong X, Liu H, et al. Land use change, ecosystem services and human well-being: A case study of the Manas River Basin of Xinjiang, China[J]. *Ecosystem Services*, 2017,27:113-123.
  - [7] 王大尚,李屹峰,郑华,等.密云水库上游流域生态系统服务功能空间特征及其与居民福祉的关系[J].生态学报,2014,34(1):70-81.  
Wang D S, Li Y F, Zheng H, et al. Ecosystem services' spatial characteristics and their relationships with residents' well-being in Miyun Reservoir watershed[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2014,34(1):70-81.
  - [8] 刘家根,黄璐,严力蛟.生态系统服务对人类福祉的影响:以浙江省桐庐县为例[J].生态学报,2018,38(5):1687-1697.  
Liu J G, Huang L, Yan L J. Influence of ecosystem services on human well-being: A case study of Tonglu County, Zhejiang Province, China[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2018,38(5):1687-1697.
  - [9] 杨雪婷,邱孝枰,徐云,等.典型山区生态系统服务对居民福祉影响的空间差异及动态特征:以川西山区为例[J].生态学报,2021,41(19):7555-7567.  
Yang X T, Qiu X P, Xu Y, et al. Spatial heterogeneity and dynamic features of the ecosystem services influence on human wellbeing in the West Sichuan Mountain Areas[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2021,41(19):7555-7567.
  - [10] Wei H, Liu H, Xu Z, et al. Linking ecosystem services supply, social demand and human well-being in a typical mountain-oasis-desert area, Xinjiang, China[J]. *Ecosystem Services*, 2018,31:44-57.
  - [11] Liu L M, Wu J G. Ecosystem services-human wellbeing relationships vary with spatial scales and indicators: The case of China[J]. *Resources Conservation and Recycling*, 2021,172:105662.
  - [12] Summers J K, Smith L M, Case J L, et al. A review of the elements of human well-being with an emphasis on the contribution of ecosystem services[J]. *Ambio*, 2012,41(4):327-340.
  - [13] 柳冬青,张金茜,巩杰,等.陇中黄土丘陵区土地利用强度—生态系统服务—人类福祉时空关系研究:以安定区为例[J].生态学报,2019,39(2):637-648.  
Liu D Q, Zhang J X, Gong J, et al. Spatial and temporal relations among land-use intensity, ecosystem services, and human well-being in the Longzhong Loess Hilly Region: A case study of the Anding District, Gansu Province[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2019,39(2):637-648.
  - [14] 梁秀琴,冯强,段宝玲.晋西黄土高原矿区生态系统服务福祉效应研究[J].水土保持研究,2023,30(4):431-437.  
Liang X Q, Feng Q, Duan B L. Research on well-being effect of ecosystem services in mining area of Western Shanxi Loess Plateau[J]. *Research of Soil and Water Conservation*, 2023,30(4):431-437.
  - [15] Hu Z N, Yang X, Yang J J, et al. Linking landscape pattern, ecosystem service value, and human well-being in Xishuangbanna, southwest China: Insights from a coupling coordination model[J]. *Global Ecology and Conservation*, 2021,27:e01583.
  - [16] Wang B, Zhang Q, Cui F Q. Scientific research on ecosystem services and human well-being: A bibliometric analysis[J]. *Ecological Indicators*, 2021,125:107449.
  - [17] Fedele G, Locatelli B, Djoudi H, et al. Mechanisms mediating the contribution of ecosystem services to human well-being and resilience[J]. *Ecosystem Services*, 2017,28:43-54.
  - [18] Hicks C C, Cinner J E. Social, institutional, and knowledge mechanisms mediate diverse ecosystem service benefits from coral reefs[J]. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the Usa*, 2014,111:17791-17796.
  - [19] Ouyang Z Y, Zheng H, Xiao Y, et al. Improvements in ecosystem services from investments in natural capital[J]. *Science*, 2016,352:1455-1459.

- [20] 刘迪,陈海,荔童,等.黄土丘陵沟壑区村域生态系统服务簇的时空分异及其地形梯度分析[J].地理科学进展,2022,41(4):670-681.
- Liu D, Chen H, Li T, et al. Spatiotemporal differentiation of village ecosystem service bundles in the loess hilly and gully region and terrain gradient analysis[J]. Progress in Geography, 2022,41(4):670-681.
- [21] 包玉斌,李婷,柳辉,等.基于 InVEST 模型的陕北黄土高原水源涵养功能时空变化[J].地理研究,2016,35(4):664-676.
- Bao W B, Li T, Liu H, et al. Spatial and temporal changes of water conservation of Loess Plateau in northern Shaanxi province by InVEST model[J]. Geographical Research, 2016,35(4):664-676.
- [22] Shi Q Q, Chen H, Liu D, et al. Exploring the linkage between the supply and demand of cultural ecosystem services in Loess Plateau, China: a case study from Shigou Township[J]. Environmental Science and Pollution Research, 2020,27:12514-12526.
- [23] 刘迪,陈海,张杰,等.黄土丘陵沟壑区村域客观福祉评估及其对农民主观福祉的影响:以陕西省米脂县为例[J].地理科学,2023,43(3):530-540.
- Liu D, Chen H, Zhang J, et al. Village's objective well-being assessment and its impact on farmer's subjective well-being in the loess hilly and gully region: A case study of Mizhi County, Shaanxi Province, China [J]. Scientia Geographica Sinica, 2023,43(3):530-540.
- [24] Diedrich A, Stoeckl N, Gurney G G, et al. Social capital as a key determinant of perceived benefits of community-based marine protected areas[J]. Conservation Biology, 2017,31(2):311-321.
- [25] Islam G M N, Tai S Y, Kusairi M N, et al. Community perspectives of governance for effective management of marine protected areas in Malaysia [J]. Ocean & Coastal Management, 2017,135:34-42.
- [26] 白描.福祉视角下农民社会关系的现状分析[J].农业经济问题,2016,37(12):39-47,111.
- Bai M. Analysis of present situation of rural residents' social relationship based on the perspective of well-being[J]. Issues in Agricultural Economy, 2016, 37(12):39-47,111.
- [27] 白描.微观视角下的农民福祉现状分析:基于主客观福祉的研究[J].农业经济问题,2015,36(12):25-31,110.
- Bai M. Analysis of the status of rural residents' well-being under the micro perspective: A research based on the subjective well-being and objective well-being[J]. Issues in Agricultural Economy, 2015,36(12):25-31,110.
- [28] Leach M, Mearns R, Scoones I, et al. Environmental entitlements: dynamics and institutions in community-based natural resource management[J]. World Development, 1999,27:225-247.
- [29] 刘迪,陈海,张行,等.黄土丘陵沟壑区生态系统服务对人类福祉的影响及其群体差异[J].地理研究,2022,41(5):1298-1310.
- Liu D, Chen H, Zhang H, et al. The impact of ecosystem services on human well-being and its group differences in the loess hilly and gully region[J]. Geographical Research, 2022,41(5):1298-1310.
- [30] 蔡国英,尹小娟,赵继荣.青海湖流域人类福祉认知及综合评价[J].冰川冻土,2014,36(2):469-478.
- Cai G Y, Yin X J, Zhao J R. Recognition and comprehensive evaluation of human well-being in Qinghai Lake basin[J]. Journal of Glaciology and Geocryology, 2014,36(2):469-478.

(上接第 68 页)

- [21] 龚珺夫.无定河流域水沙变化及侵蚀能量空间分布研究[D].西安:西安理工大学,2018.
- Gong J F. Study on runoff and sediment variation and spatial distribution of erosion energy in Wudinghe watershed [D]. Xi'an:Xi'an University of Technology, 2018.
- [22] 潘竞虎,石培基,赵锐锋.基于 LP-MCDM-CA 模型的土地利用结构优化研究:以天水市为例[J].山地学报,2010,28(4):407-414.
- Pan J H, Shi P J, Zhao R F. Research on optimal allocation model of land use structure based on LP-MCDM-CA Model: The Case of Tianshui[J]. Mountain Research, 2010,28(4):407-414.
- [23] 王学,张祖陆,宁吉才.基于 SWAT 模型的白马河流域土地利用变化的径流响应[J].生态学杂志,2013,32(1):186-194.
- Wang X, Zhang Z L, Ning J C. Runoff response to land use change in Baimahe basin of China based on SWAT model[J]. Chinese Journal of Ecology, 2013,32(1):186-194.
- [24] 郑奕,魏文寿,崔彩霞.新疆焉耆盆地水资源承载力研究[J].中国人口资源与环境,2010,20(11):60-65.
- Zheng Y, Wei W T, Cui C X. Water resource carrying capacity in Yanqi basin based on multi-objective analysis[J]. China Population, Resources and Environment, 2010,20(11):60-65.