

# 西北地区县域生态系统服务的供需匹配 ——以甘肃古浪县为例

刘春芳<sup>1,2</sup>, 王伟婷<sup>2,3</sup>, 刘立程<sup>2,3</sup>, 李鹏杰<sup>2,3</sup>

(1. 西北师范大学社会发展与公共管理学院, 兰州 730070; 2. 甘肃省土地利用与综合整治工程研究中心, 兰州 730070; 3. 西北师范大学地理与环境科学学院, 兰州 730070)

**摘要:** 作为人类福利的源泉, 生态系统服务的供需特征及匹配状况反映了区域生态与环境资源的空间配置, 分析其供需匹配关系是评价与优化生态系统服务管理、促进生态系统服务供需平衡的重要前提。以西北地区河西走廊东端的古浪县为例, 利用气象观测、土地利用、统计年鉴等多源数据, 基于 InVEST 模型、ArcGIS 等方法, 分析古浪县 2017 年的产水、碳固持、食物供给和土壤保持四项生态系统服务的供需及其匹配状况。结果表明: (1) 古浪县产水、碳固持、食物供给和土壤保持服务供给与需求的总量均表现出供大于求的状态, 其供求总量差值依次为:  $12.45 \times 10^8 \text{ m}^3$ 、 $21.55 \times 10^7 \text{ t}$ 、 $3.8 \times 10^7 \text{ t}$ 、 $1.28 \times 10^7 \text{ t}$ , 且不同类型的生态系统服务供给与需求存在明显差异。(2) 古浪县各项生态系统服务供需匹配类型可划分为高供给高需求、低供给高需求、低供给低需求、高供给低需求, 不同区域与不同生态系统服务间的匹配模式存在明显的空间异质性。(3) 古浪县生态系统服务供需匹配表现出南中北空间差异性, 且呈现集中连片的态势, 说明匹配类型相同的乡镇存在“相邻相似”的特征。基于对生态系统服务的供给、需求及匹配状况的分析, 进一步提出了不同匹配类型下生态经济发展、城镇化建设、生态可持续化管理、国土空间规划等方面的优化对策。

**关键词:** 西北地区; 生态系统服务; 供需匹配; 空间差异

快速的工业化和城镇化促使城乡土地利用空间不断转型与重构, 进而对区域生态环境产生较大冲击, 并影响着区域生态系统服务水平<sup>[1,2]</sup>。生态系统服务 (Ecosystem Service, ES) 是生态系统或生态过程所形成的人类赖以生存的自然环境条件和效用, 是人类从生态系统中获得的惠益<sup>[3,4]</sup>, 被定义为生态系统对人类福祉的贡献<sup>[5]</sup>。其中, 生态系统服务供给指生态系统为人类生产的产品与服务, 生态系统服务需求则是人类社会消耗 (能够获得的) 或所期望获得的数量<sup>[6]</sup>。可见, 对生态系统服务的供给和需求进行识别、度量、空间化及均衡分析是生态系统服务研究的重要组成部分<sup>[7]</sup>。生态系统服务的供需平衡对人类社会经济可持续发展与区域生态安全也具有重要意义。伴随着快速城镇化进程中出现的生态系统破坏与退化, 以及人类日益增长的物质与文化需求之间的矛盾, 生态系统服务的供给与需求关系愈发紧张, 继而引发了一系列生态问题。因此, 了解生态系统服务供需关系、分析其匹配状况, 是解决生态系统人工化、生态空间分布不均、生物多样性减少等供需失衡矛盾的首要任务, 也是进行生态系统管理、资源优化配置的前提, 具有重要的学术价值和现实意义。

收稿日期: 2019-05-04; 修订日期: 2019-11-01

基金项目: 国家自然科学基金项目 (41861034)

作者简介: 刘春芳 (1978-), 女, 甘肃定西人, 博士, 教授, 主要从事城乡发展与空间治理研究。

E-mail: liuchunfang@nwnu.edu.cn

从20世纪90年代开始,早期的生态系统服务供需研究重在引入供需概念,构建并完善理论框架<sup>[3,8,9]</sup>,强调生态承载力和自然资本对可持续发展的重要性,包括城市内外生态系统服务对城市地区生活质量的影响<sup>[10]</sup>。进入2000年后,更多的学者开始对生态系统服务供给与需求进行了理论与实践探索<sup>[11-14]</sup>,尤其是对生态系统服务需求理论的释义。基于对生态系统服务供给与需求的理解,前者的评估是根据生态系统提供的服务来量化,后者则从人类消费<sup>[15]</sup>、对特定服务的偏好<sup>[16]</sup>及两者综合后总的消耗量或期望获得的数量<sup>[17]</sup>来评估,并因其内涵界定的不同而采用适宜的评估原则。近几年来,对生态系统服务供需的量化研究成为关注热点。受人类使用强度的影响,生态系统服务供需之间出现的差距往往取决于空间关系<sup>[18]</sup>,一些方法被开发出来用以分析服务提供区与受益区及其两者之间的空间关系<sup>[19,20]</sup>。Baró等<sup>[21]</sup>提出了一种基于环境质量和政策目标的方法来评价生态系统服务供需失配的新框架。具体方法上,国外学者运用土地利用估计、生态过程模拟、数据空间叠置、专家经验判别、InVEST模型和ARIES模型等空间化方法,采用土地覆盖及统计、监测等多源数据,对全球和区域等大尺度生态系统服务供需的时空特征及匹配状况进行了分析与评价<sup>[15,22]</sup>。

相较西方,国内生态系统服务供需研究起步较晚,早期主要以引进国外生态系统服务相关理论成果为主。近年来,面向经济社会转型与生态环境保护的实际需求,越来越多的学者开始关注生态系统服务及其供需的地理学研究<sup>[23,24]</sup>。从研究内容来看,学者主要结合实际案例分析生态系统服务的供需特征及关系<sup>[25]</sup>,如黄河流域生态系统服务的时空差异<sup>[26]</sup>、山区—绿洲—沙漠(mod)地区的生态系统服务供需不匹配<sup>[27]</sup>。亦有研究关注区域整体生态系统服务供需平衡<sup>[28,29]</sup>,如黄智洵等<sup>[30]</sup>构建的生态系统服务供求关系动态模型框架。总体来看,学者们对生态系统服务及其供需问题已经展开了多方面、多尺度的研究。但由于数据可获得性和研究方法的局限性,许多学者都把研究重点放在生态系统服务供给水平测度评价上,关于生态系统服务供需匹配状况的研究相对较少<sup>[31]</sup>。同时,已有的供需匹配研究多以大尺度的区域、省域、城市群等为分析对象<sup>[30,32,33]</sup>,且对经济发达、生态环境质量良好的区域研究较多,较少关注经济欠发达及生态环境脆弱的市县。少量研究涉及到县域<sup>[25,34]</sup>,但大多将县域作为一个整体考虑,相对忽略了内部不同空间尺度的差异性与多样性对生态系统服务供需平衡的影响。

伴随着有限的自然环境资源与未来社会经济发展需求间矛盾的加深,我国生态系统管理正面临日益严峻的挑战。在此背景下,开展生态系统服务供需关系及其空间量化研究,确定生态系统服务供给、社会需求和人类福祉之间的联系,对于实现区域可持续发展具有重要意义<sup>[26]</sup>。西北干旱区生态系统服务及其价值变化一直是地理学、生态学关注的热点话题<sup>[35]</sup>。河西走廊作为中国西北地区典型的荒漠绿洲区与经济欠发达地区,生态环境保护和社会经济发展的压力更为突出。近些年来,伴随着该区域经济的增长,水资源短缺、土壤侵蚀严重、食物供给不平衡、碳排放量过高等各种生态问题日渐显著,对人类的生产和生活和生态空间已经产生了严重的负面影响。20世纪90年代以来,中国县域经济开始得到较快发展,其生境质量变化也是最为显著和典型的<sup>[1]</sup>,县(市)是我国行政区划体系中的重要组成部分,社会经济活动具有较强的独立性和完整性。因此,针对西北地区生态环境现状问题与经济社会发展的需求,本文选择古浪县作为西北地区的典型案例,在评估其产水服务、碳固持服务、食物供给服务、土壤保持服务的供给与需求

基础上,分析其空间分布特征及供需匹配状况,进而探究生态系统服务供需匹配差异及优化对策。理论层面,探讨县域层面生态服务供需匹配,对于深化和拓展地理学对地域生态系统服务的研究具有重要意义。实践上,能为解决西北干旱区资源环境脆弱、生态系统服务质量低等生态问题提供相关依据,更为县(市)级国土空间规划及管理<sup>[6]</sup>、区域生态安全格局构建和空间优化提供重要的理论基础与实践指导。

## 1 研究方法与数据来源

### 1.1 研究区概况

古浪县位于 $37^{\circ}09' \sim 37^{\circ}54'N$ 、 $102^{\circ}38' \sim 103^{\circ}54'E$ ,隶属甘肃省武威市,位于河西走廊东端,是全国主体功能区规划“两屏三带”中“青藏高原生态屏障”和“北方防沙带”的重要组成部分,生态区位极为重要。全县下辖19个乡镇,常住人口38.87万人,国土总面积 $5046.54 \text{ km}^2$ 。地属温带大陆性干旱气候,年均气温 $4.9 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ,年降水量 $300 \text{ mm}$ 左右,年蒸发量 $2500 \text{ mm}$ 以上,日照时数 $2852.3$ 小时,无霜期 $142$ 天左右(图1)。由于地形、气候等垂直地带性差异明显,土壤类型主要以灰钙土、风沙土、山地栗钙土为主,水资源主要来源于山丘区地下水、山丘区地表径流和外调水资源。由于特殊的地理位置和自然条件,全县从南至北呈明显的梯度性地理与生态格局,即南部山林区、中部农业区、北部荒漠区。县境南部依祁连山东延支脉为低山丘陵沟壑区,境内植被茂密、年际降水量大,为古浪县主要的生态屏障。中部为倾斜平原绿洲农业区,含古浪河、大靖河两大冲积平原,人口密集,城镇化与工业化发展集中。北部地处腾格里沙漠南缘,与沙漠相隔较近且盛行西风,地表侵蚀严重,生态环境脆弱。

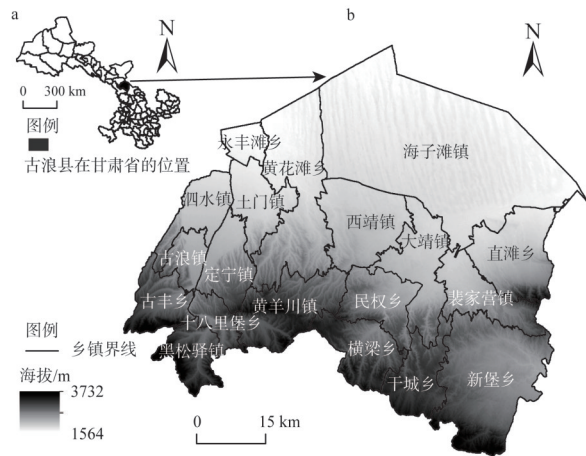


图1 研究区位置及高程

Fig. 1 Location and elevation of the study area

### 1.2 数据来源与处理

数据包括土地利用数据、数字高程模型数据、归一化差值植被指数(Normalized Difference Vegetation Index, NDVI)数据、气象观测数据、土壤数据和社会经济统计数据六类。(1)土地利用数据,源于美国地质调查局(USGS)对地观测资源与科学中心(<http://glvis.usgs.gov/>)提供的空间分辨率为 $30 \text{ m}$ 、秋季无云覆盖的Landsat TM遥感数据(行列号131/34)。为提高解译精度,基于2015年古浪县土地利用变更调查数据,解译2017年数据,统一采用WGS\_1984坐标系。通过野外实地考察和谷歌地球高清影像验证,此分类数据判读精度优于93%。(2)数字高程模型数据,来自地理空间数据云(<http://www.gscloud.cn/>)提供的 $30 \text{ m}$ 分辨率的数字高程模型。(3)NDVI数据,采用2017年分辨率为 $250 \text{ m}$ 的MODIS13Q1产品,以月为单位进行平均值合成(来源:<http://ladsweb.nascom.nasa.gov/data/>)。(4)气象数据,来自中国气象数据网(<http://data.cma.cn/>)采集



2017年古浪县及周边区域气象站点降雨、温度等气象数据。(5) 土壤数据, 古浪县土壤中砂粒、粘粒、粉粒与有机质含量百分比来自古浪县自然资源局农用地分等定级数据库2017年的数据。碳密度参数参考吴文强等<sup>[37]</sup>的研究成果获得。(6) 2017年县域经济社会统计数据来自《甘肃省统计年鉴》《甘肃省水资源公报》《武威市统计年鉴》《古浪县统计年鉴》, 包括能源消耗总量、人均食物消费量、城镇和农村人口数、耗水量。根据闫庆武等<sup>[38]</sup>提出的人口密度空间化方法计算古浪县2017年的人口密度。

### 1.3 研究方法

针对古浪县自然环境脆弱、水土流失严重等生态环境问题, 以及县域社会经济发展特征与水平, 结合数据的可获取性, 从产水服务、碳固持服务、食物供给服务和土壤保持服务四个方面对全县生态服务供需现状进行评估。

#### 1.3.1 产水服务

产水服务对于古浪县域的水循环与经济发展具有重要的意义。本文采用InVEST模型计算古浪县县域产水服务的供给量, 采用人口密度与人均耗水量的乘积表征产水服务的需求量。计算公式为:

$$\text{供给: } Y_{xy} = \left(1 - \frac{AET_{xy}}{P_x}\right) \times P_x \quad (1)$$

$$\text{需求: } D_Y = \rho \times \varphi_w \quad (2)$$

式中:  $Y_{xy}$  为第 $j$ 类土地利用/覆被类型、栅格 $x$ 的产水量 ( $\text{m}^3 \cdot \text{hm}^{-1}$ );  $AET_{xy}$  为第 $j$ 类土地利用/覆被类型、栅格 $x$ 的年均蒸散量 (mm);  $P_x$  为栅格 $x$ 的年均降水量 (mm), 具体计算步骤详见包玉斌等<sup>[39]</sup>的研究;  $D_Y$  为年均需水量 ( $\text{m}^3 \cdot \text{hm}^{-1} \cdot \text{a}^{-1}$ );  $\rho$  为古浪县的栅格人口空间密度 ( $\text{人} \cdot \text{km}^{-2}$ );  $\varphi_w$  为古浪县2017年人均耗水量 ( $\text{m}^3 \cdot \text{人}^{-1}$ )。

#### 1.3.2 碳固持服务

碳固持服务是生态系统服务的一个重要指标, 同时也是气候调节功能的重要组成部分, 对于陆地生态系统表层碳要素循环具有重要意义。本文通过InVEST模型的碳储量模块方法计算碳固持服务的供给量<sup>[40]</sup>, 碳固持服务的需求量则基于能源统计数据中人均碳排放量和人口密度空间分布计算得到。为了更加直观地表现其碳固持服务需求的空间分布, 碳排放总量依据涂华等<sup>[41]</sup>对标准煤碳排放量的计算, 取标准煤碳排放系数与能源消耗总量乘积得出。具体计算公式为:

$$\text{供给: } C_{tot} = C_{above} + C_{below} + C_{soil} + C_{dead} \quad (3)$$

$$\text{需求: } C_e = \rho \times \varphi_c \quad (4)$$

式中:  $C_{tot}$  表示碳总储量 ( $\text{t} \cdot \text{hm}^{-1}$ );  $C_{above}$  表示地上生物碳储量 ( $\text{t} \cdot \text{hm}^{-1}$ );  $C_{below}$  表示地下生物碳储量 ( $\text{t} \cdot \text{hm}^{-1}$ );  $C_{soil}$  表示土壤碳储量 ( $\text{t} \cdot \text{hm}^{-1}$ );  $C_{dead}$  表示死亡有机碳储量 ( $\text{t} \cdot \text{hm}^{-1}$ );  $C_e$  表示人类社会经济活动中的碳排放, 即碳固持服务需求 ( $\text{t} \cdot \text{hm}^{-1}$ );  $\varphi_c$  为人均碳排放量 ( $\text{t} \cdot \text{人}^{-1}$ )。

#### 1.3.3 食物供给服务

食物供给作为生态系统服务中最为基础的供给服务之一, 对于人类生存与发展有着不可或缺的作用。结合古浪县食物产出实际情况, 利用粮食、油料和蔬菜瓜果三类主要食物类型综合测算全县各乡镇的食物供给能力<sup>[42]</sup>, 利用人口空间密度与人均食物需求量的乘积来表征食物需求量。具体计算公式为:

$$\text{供给: } G_i = \frac{G_{sumi}}{S_i} (G_{sumi} = G_{si} + G_{oi} + G_{vi}) \quad (5)$$

$$\text{需求: } G_d = \rho \times \varphi_G \quad (6)$$

式中： $G_i$ 为*i*乡（镇）的食物供给能力（ $t \cdot \text{hm}^{-1}$ ）； $G_{sumi}$ 为*i*乡（镇）的食物供给总量（ $t$ ）； $G_{si}$ 为*i*乡（镇）的食物供给量（ $t$ ）； $S_i$ 为*i*乡（镇）的耕地面积（ $\text{hm}^{-2}$ ）； $G_{oi}$ 为*i*乡（镇）的油料供给量（ $t$ ）； $G_{vi}$ 为*i*乡（镇）的蔬菜瓜果供给量（ $t$ ）； $G_d$ 为食物供给服务需求； $\varphi_G$ 为古浪县的人均粮食需求（ $t \cdot \text{人}^{-1}$ ）。

### 1.3.4 土壤保持服务

土壤保持服务是一项非常重要的生态系统调节服务，是调控水土流失、防止土壤退化、降低地质灾害风险的保障。土壤保持服务常用土壤保持量（Soil Conservation, SC）进行评估。本文采用修正通用土壤流失方程（RUSLE）估算土壤保持量<sup>[43]</sup>，将土壤保持的能力视为其流向人类社会系统的供给。而需求量则是土壤实际的侵蚀部分，这也正是人类所期望改善或是减少的部分。具体计算公式如下：

$$\text{供给: } SC = Ap - Ar = R \times K \times L \times S - R \times K \times L \times S \times C \times P \quad (7)$$

$$\text{需求: } Ar = R \times K \times L \times S \times C \times P \quad (8)$$

式中： $SC$ 为土壤保持量（ $t \cdot \text{hm}^{-1}$ ），由潜在土壤侵蚀（ $Ap$ ）与实际土壤侵蚀（ $Ar$ ）之差决定，即土壤保持服务的供给量；潜在土壤侵蚀量 $Ap$ 是指在区域无植被覆盖、不采取任何水保措施下的土壤流失（ $t \cdot \text{hm}^{-1}$ ）；考虑到区域植被覆盖、土地利用、耕作措施及水土保持条件，使用实际土壤侵蚀量 $Ar$ 表征土壤保持服务的需求量（ $t \cdot \text{hm}^{-1}$ ），即人类期望获得的服务量； $R$ 为降雨侵蚀力因子； $K$ 为土壤可蚀性因子； $L$ 、 $S$ 分别为坡长、坡度因子； $C$ 、 $P$ 分别为植被覆盖因子，人为管理措施因子。

### 1.3.5 生态系统服务供需匹配

在生态系统服务供需研究中，Z-score标准化方法已经运用到供需空间分异、供需失衡方面<sup>[17,44]</sup>，它能够以更简洁的方式去观察和对比生态系统服务供需匹配类型及其变化。基于上述生态系统服务供给、需求测算方法，对所求得每个栅格上的生态系统服务供给量、需求量运用ArcGIS软件中栅格统计工具Zonal统计到乡镇尺度上，再对其乡镇的供给量与需求量进行Z-score标准化。将Z-score标准化的结果划分象限进行供需匹配，以x轴表示标准化后的生态系统服务供给量、以y轴表示标准化后的生态系统服务需求量，划分出四象限：第一象限代表高供给高需求、第二象限代表低供给高需求、第三象限代表低供给低需求，第四象限代表高供给低需求。

生态系统服务供给量、需求量的Z-score标准化方法为：

$$x = \frac{x_i - \bar{x}}{s} \quad (9)$$

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (10)$$

$$s = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (11)$$

式中： $x$ 为标准化后的生态系统服务供给量、需求量（ $t \cdot \text{hm}^{-1}$ ）； $x_i$ 为第*i*个单元的生态系统服务供给量、需求量（ $t \cdot \text{hm}^{-1}$ ）； $\bar{x}$ 为全县平均值（ $t \cdot \text{hm}^{-1}$ ）； $s$ 为全县标准差（ $t \cdot \text{hm}^{-1}$ ）； $n$ 为评价单元的总数（个）。

## 2 结果分析

### 2.1 生态系统服务供给与需求空间特征

通过分析计算,得到古浪县2017年产水服务供给总量为 $14.55 \times 10^8 \text{ m}^3$ ,需求总量为 $2.16 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。碳固持服务供给总量为 $24.52 \times 10^7 \text{ t}$ ,需求总量为 $2.97 \times 10^7 \text{ t}$ 。食物供给服务的供给总量为 $5.55 \times 10^7 \text{ t}$ ,需求总量为 $1.75 \times 10^7 \text{ t}$ 。土壤保持服务供给总量为 $1.34 \times 10^7 \text{ t}$ ,需求总量为 $6.13 \times 10^5 \text{ t}$ 。总体来看,古浪县各项生态系统服务供需总量均表现出供大于求的状态,且不同类型的生态系统服务供给与需求存在明显的空间差异(图2)。

古浪县单位面积产水量为 $2906.66 \text{ m}^3 \cdot \text{hm}^{-1}$ 。单位面积产水量最高的区域是南部山林区的横梁乡,最低则是北部荒漠区的永丰滩乡。因降雨量与地形影响,产水服务供给在空间上呈由南向北递减的梯度特征(图2a)。全县单位面积需水量为 $429.16 \text{ m}^3 \cdot \text{hm}^{-1}$ ,单位面积需水量最高的是位于县境中西部的土门镇,最低的是南部的新堡乡。尤其在古浪河与大靖河冲积平原等人口密集,绿洲农业发展区域需水量较高(图2a)。

古浪县单位面积碳固持量为 $485.61 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-1}$ 。单位面积碳固持量最高的区域是县境东南部的的新堡乡,最低则是县境北部的海子滩镇,分别占全县碳固持总量的19.6%和0.7%。受土壤类型、植被覆盖及气候、绝对高度等地带性差异影响,南部植被茂密的山林区碳固持能力最强,北部植被覆盖少的荒漠区碳固持能力最差。碳固持服务供给在空间上呈现与产水服务供给相一致的“南部山林区高、北部荒漠区低”特征(图2c)。全县单位面积碳需求量为 $58.95 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-1}$ ,单位面积碳需求量最高的区域是县境中西部的土门镇,最低的是南部新堡乡。高需求区域主要分布于人口密度高、城乡发展较快的乡镇(图2d)。

古浪县单位面积食物供给量为 $110.01 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-1}$ 。位于县境西北部的永丰滩乡单位面积食物产量最高,西部的泗水镇次之,最低则是南部的十八里堡乡。由于粮食生产所依赖的耕地资源的地力等级、土壤养分、有机质含量存在差异,各乡镇的食物供给量在空间上有明显的不同。供给总量较高的是古浪县中西部区域及海子滩镇西南边缘、古浪河与大靖河平原等耕地资源丰富的地域(图2e)。全县单位面积食物需求量为 $34.66 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-1}$ ,单位面积需求最高的区域是位于县境中西部的土门镇,最低的是南部的新堡乡。高需求区域则分布于人口密度高、城镇建设快的中部城镇集中区(图2f)。

古浪县单位面积土壤保持量为 $26.37 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-1}$ 。单位面积保持量最高的区域是南部山区的十八里堡乡,最低的是西北部的永丰滩乡。保持量高的区域集中在祁连山国家级自然保护区十八里堡、昌岭山自然保护站、古浪县龙泉水库湿地公园等植被覆盖良好的区域,且空间分布呈现明显的“南部山林区高,北部荒漠区低”特征(图2g)。全县单位面积土壤保持需求量为 $1.22 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-1}$ ,单位面积需求量最高的区域是南部山林区的十八里堡乡,最低的是西北部的永丰滩乡。南部山林区相较于北部荒漠区植被覆盖度要高得多,因而土壤保持量与其差距较大。北部沙漠地区虽然地势较为平坦,但实际侵蚀量比较大,所以土壤保持量最小(图2h)。

### 2.2 生态系统服务供需类型及空间匹配状况

基于Z-score标准化后的生态系统服务供给、需求的象限图分析结果表明(图3)。古浪县产水与碳固持服务中,高供给高需求、低供给低需求这两种匹配类型的乡镇较少,大部分乡镇都在高供给低需求、低供给高需求区间内;食物供给服务则是前两种类型的乡镇较多,后两种类型的乡镇少;土壤保持服务则没有分布于低供给高需求区间的乡



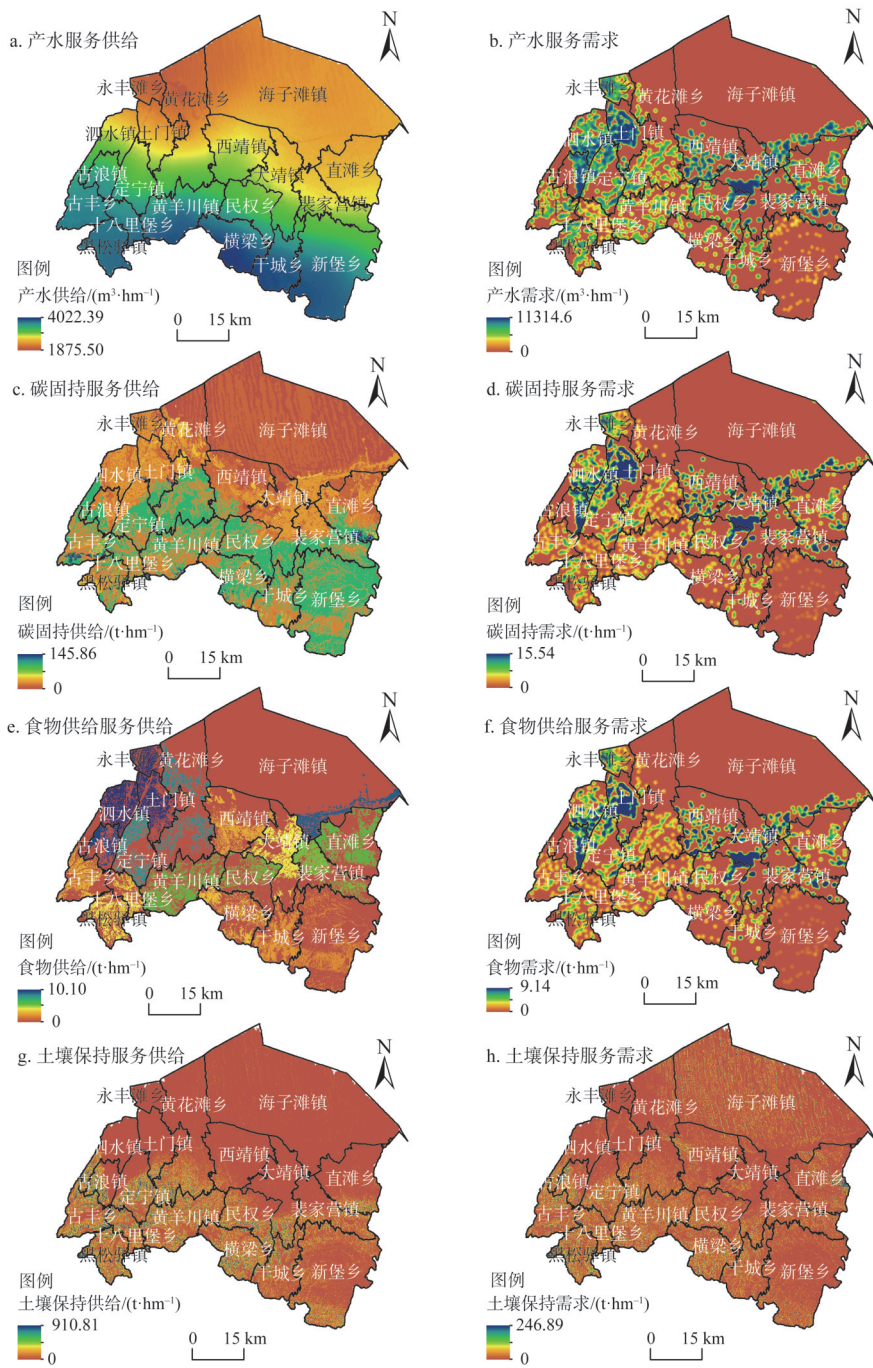


图2 古浪县生态系统服务供需空间分布

Fig. 2 Spatial distribution of supply and demand of ecosystem services in Gulang county

镇。此外，根据生态系统服务供需匹配类型分布（图4）可知，在产水、碳固持、食物供给服务中，人口密度较高的地区往往以高供给高需求与低供给高需求匹配类型为主，人口密度较低的区域则大多是高供给低需求、低供给低需求这两种匹配类型。土壤保持服务则是以低供给低需求的乡镇为主，高供给高需求的乡镇次之，高供给低需求的乡镇

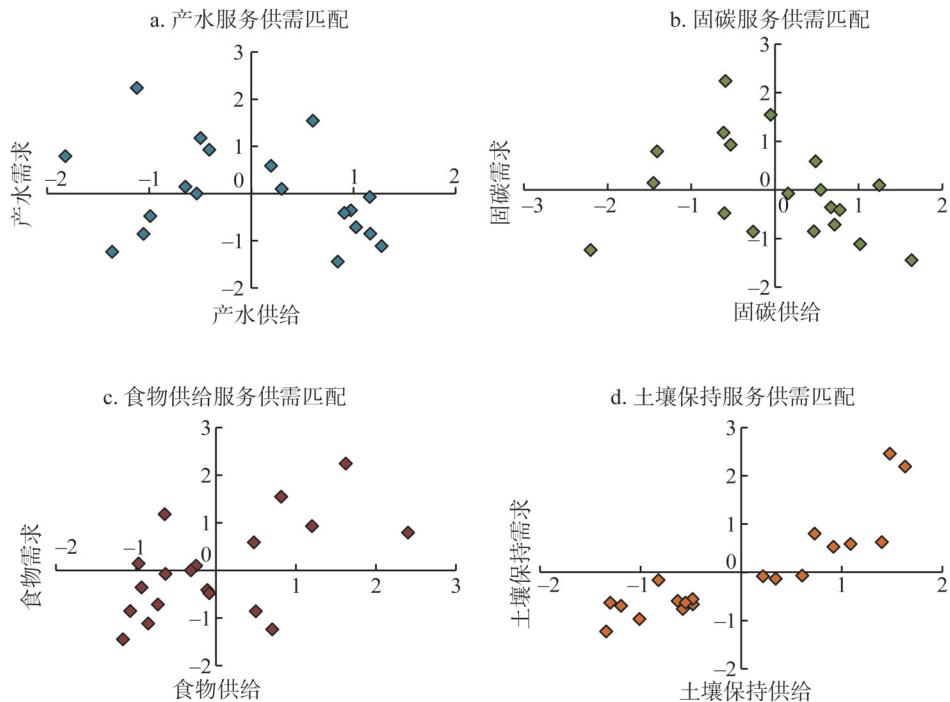


图3 古浪县生态系统服务供需匹配规模

Fig. 3 Scale diagram of matching supply and demand of ecosystem services in Gulang county

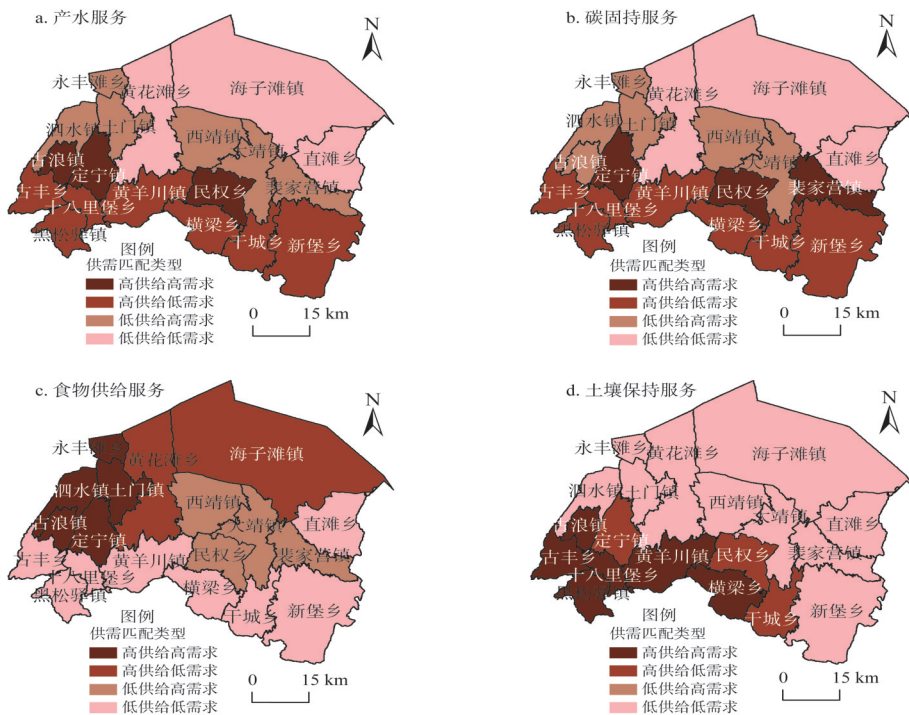


图4 生态系统服务供需匹配空间类型

Fig. 4 Spatial type diagram of ecosystem service supply and demand match



最少且分布于前两类匹配类型乡镇之间。

在产水服务中，县境南部山林区的7个乡镇大多属于高供给低需求匹配类型。其中，产水服务供给最高的横梁乡(1.27, -0.71)因其位于河流上游。动植物资源较为丰富(括号内的值表示生态系统服务供需标准化后的坐标值)，使得该区域产水服务供给比其余乡镇高。但由于地处山区、人口密度低，产水服务需求较其他区域较小。中部农业区包括高供给高需求与低供给高需求两种匹配类型，其中古浪镇(0.60, 1.55)因古浪河流域山体保护与水源涵养状态良好，产水服务供给处于高值，与产水需求之间存在明显的不匹配；处于低供给高需求的乡镇大多位于河流下游，细沙含量较多，富水性较差，但人口分布较其他乡镇高。北部荒漠区属于低供给低需求匹配类型，该区地广人稀、炎热干旱、蒸发量高，几乎没有河川径流，导致产水服务供给量与需求量最低，尤其是地处最北方向的海子滩镇(-1.36, -1.23)。

在碳固持服务中，县境南部山林区的乡镇属于高供给低需求匹配类型。在该区7个乡镇中，碳固持服务供给最高的新堡乡(1.63, -1.44)植被覆盖广，人口密度低，受到人为干预的影响较小，其碳固持能力最高但需求小。中部农业区大部分乡镇处于高供给高需求、低供给高需求匹配类型的区域，该区域虽然人口密度相对较高，植被覆盖不及南部山区茂密，碳固持能力相对较弱，但碳固持服务需求比县境南部与北部区域高。北部荒漠区的乡镇处于低供给低需求匹配类型，因植被自身生长状况不佳且受到沙漠炎热高温的影响，导致该片区碳固持能力最弱。同时，人口稀少碳固持服务需求也相对较低，尤其是最北端的海子滩镇(-2.20, -1.23)最为明显。

在食物供给服务中，南部山林区的乡镇主要为低供给低需求匹配类型，北部荒漠区部分乡镇则属于高供给低需求匹配类型的区域。这两个片区不仅人口密度低且农业生产条件差，前者因其处于植被茂密的南部山区，虽然降雨量较充足，但地形陡峭，以坡耕地为主，后者实因其处于沙漠的边缘地带，气候干燥、耕地面积少，导致食物产量比中部农业发展区低。在县境中部农业区，中西部的乡镇属于高供给高需求区域且集中分布于古浪河中下游地区，区域地势平坦，土壤肥沃，灌溉条件较好，粮食产量较高，尤以一、二等耕地广泛分布的永丰滩乡(2.40, 0.80)为甚；中东部的乡镇处于低供给高需求区域，地处大靖河冲积平原但耕地的地力等级、耕地质量相对中西部区域较差。

在土壤保持服务中，县境南部山区的黑松驿镇(1.63, 2.20)、古丰乡(1.40, 0.62)等6个乡镇属于高供给高需求类型，该区土壤保持服务供给与需求都已处于较高状态，但仍存在供需失衡的问题。县境北部与中北部的乡镇则处于低供给低需求区域，该区水源涵养、植被覆盖、土壤有机质含量都较南部林区低。位于前两个区域之间的定宁镇(0.61, -0.07)、民权乡(0.34, -0.14)、干城乡(0.22, -0.08)属于高供给低需求类型，土壤实际侵蚀较小且土壤保持量高，说明其水土保持状况相对较好。另外，无低供给高需求类型分布的乡镇，可能在以实际土壤侵蚀量表征土壤保持需求量时，只考虑了人们期望获得的部分而未考虑人口分布的影响。

### 2.3 生态系统服务供需匹配差异

如图4所示，古浪县四种生态系统服务供需匹配类型大致表现出南中北空间差异性，且呈现集中连片的态势，说明匹配类型相同的乡镇存在“相邻相似”的特征。

南部山林区乡镇的产水与碳固持服务位于高供给低需求区，食物供给服务位于低供给低需求区，土壤保持服务位于高供给高需求区。区内耕地面积为5.33万 $\text{hm}^2$ ，耕地类

型均以陡坡旱地为主,土种主要为亚高山草甸土、黑钙土和灰钙土,耕层质地构型以中壤为主,耕层有机质含量平均为 12.84 g/kg, pH 值在 7.8 左右。地形起伏较大,沟深坡陡,绝大部分耕地灌溉依赖于天然降雨,灌溉保证率较低,长期以来种植品种单一,病虫害发生较重,以致耕地产出效率低。

中部农业区乡镇位于产水、碳固持与食物供给服务的高供给高需求区与低供给高需求区、土壤保持服务的高供给低需求区与低供给低需求区。区内耕地面积为 6.82 万  $\text{hm}^2$ ,耕地类型为旱地与水浇地,土种主要为灌淤土和风沙土,耕层质地构型以中壤和轻壤土为主。地势平坦,无明显障碍层,土壤较肥沃,保水保肥能力强。该区主要利用库水和井水进行农业灌溉,基础设施条件基本完善,是古浪县的主要粮食产区。但这一区域人口密度相对较高且乡镇发展较快,人类活动对于生态系统的干扰较为严重,人地关系矛盾突出。

北部荒漠区乡镇位于产水与碳固持服务的低供给低需求区、食物供给服务的高供给低需求区、土壤保持服务的低供给低需求区。区内耕地 2.09 万  $\text{hm}^2$ ,耕地类型为水浇地和沙地,以黄河引水和井水灌溉为主。土种主要为灰钙土和风沙土,耕层质地构型以轻壤土为主, pH 值在 8.3 左右,土壤理化性质较差。该区域有大面积荒漠分布,气候干燥,温差大,植被稀疏,物理风化强,人口密度较低,乡镇发展较为缓慢。

### 3 结论

#### 3.1 结论

本文采用多源数据,以地处西北地区河西走廊东端的古浪县为典型案例,在评估该区域产水、碳固持、食物供给、土壤保持四项生态系统服务的基础上,分析了县域尺度生态系统服务的供需空间总体特征,并对乡镇尺度的四项生态系统服务供需匹配状况进行了探讨。本文拓展了生态系统服务供需研究的地理尺度,分析了古浪县四项生态系统服务的空间匹配特征及其差异性,对改善县域生态系统功能及资源配置、优化国土空间具有重要的现实意义。

(1) 古浪县的产水、碳固持、食物供给、土壤保持服务均表现出供大于求的状态,其供给与需求总量差值依次为:产水服务  $12.45 \times 10^8 \text{ m}^3$ 、碳固持服务  $21.55 \times 10^7 \text{ t}$ 、食物供给服务  $3.8 \times 10^7 \text{ t}$ 、土壤保持服务  $1.28 \times 10^7 \text{ t}$ ,并且不同类型的生态系统服务供给与需求存在明显的空间异质性。

(2) 基于乡镇单元的分析表明,古浪县各项生态系统服务供需匹配存在四种类型,即:高供给高需求、低供给高需求、低供给低需求、高供给低需求。县域内部次区域之间、与不同生态系统服务间匹配模式存在明显的空间异质性。

(3) 古浪县四种生态系统服务供需匹配呈现出南、中、北的空间差异性以及集中连片特征,说明匹配类型相同的乡镇存在“相邻相似”性。人口密度较高的地区往往以高供给高需求与低供给高需求匹配类型为主,而人口密度较低的区域则大多是高供给低需求、低供给低需求匹配类型。

#### 3.2 讨论

通过对古浪县的实证研究,本文一方面补充了县域尺度生态系统服务供需研究的不足,进而将其匹配差异用于生态系统管理建设;另一方面也为乡镇生态资源核算提供了

相关依据。对生态系统服务供需匹配状况的准确认知是实现资源合理配置的重要前提，本文考虑人口密度因素及满足人类需要的期望值来定量表征生态系统服务的需求，基于象限图示意每个乡镇生态系统服务供需的数量匹配，再根据其匹配类型绘制全县四种生态系统服务供需匹配类型空间分布图，通过对各项服务供需匹配状况的研究，对相关的政策与规划管理提出合理建议与改进措施。

针对南部山林区此类高供给、低需求的生态保育区域，应继续实施退耕还林、封山育林及山区生态移民战略。通过降低人类活动的干扰来缓解南部山区生态压力，提高水资源涵养能力及森林覆盖率，为全面恢复和提升生态系统功能、国土空间生态修复创造条件。

中部农业区是低供给、高需求的生态调控区域，主要是以提高生态系统服务供给能力为主。通过降坡平整、土壤培肥、水保防治等生物工程措施，改善区域内坡度、植被覆盖、土壤养分、土壤质地、有机质含量、灌溉保证率等可调控指标，进而整体提升该区域的生态系统服务质量。另一方面，适度疏散密集的人口，增强乡镇周边的交通设施建设，建立新的乡镇副中心，降低人口密度。

北部荒漠区是以低供给、低需求为主的生态脆弱区域，主要以恢复生态系统功能为主。充分利用生态系统的自我修复能力，通过封沙育林草、人工低密度造林及建设防风固沙林、农田防护林、水灌阻沙林等生物与工程措施并举，保证现有林、田、草等资源不被破坏的情况下，迅速扩大该区域适宜生长的植被，在一定范围内对脆弱的局部生态环境进行重构以达到恢复并提升生态系统服务功能的愿景。

本文在分析方法及具体计算方面仍然存在一些局限性。首先，在方法上，生态系统服务供给表现为每种服务的供给能力，生态系统服务需求则以人类消耗及所期望得到的服务数量来表征。但由于方法局限和数据获取等因素，在计算土壤保持服务需求量时，并未与其他三种服务保持相同的方法来量化。此外，在计算需求时只考虑了人口密度，对于其他社会经济要素的影响尚未涉及。其次，在计算生态系统服务供需匹配时，利用Z-score标准化方法只能呈现数值上匹配的空间分布，但不能实现在空间上供需具体匹配及两两匹配程度的特征。第三，空间分析单元上，由于原始数据的限制，本文以古浪县各行政乡镇为最小分析单元，这在一定程度上忽略乡村尺度下的供需状况对结果的影响。最后，对于区域生态系统服务供需匹配度而言，如何精确测度具体生态系统服务在空间上的匹配仍有待进一步的深入探讨，尤其需要关注生态系统服务供给和需求在距离和方向等方面的匹配，从而有助于在供需失衡状态下有效地进行生态系统服务错配治理。未来的研究也应该关注生态系统服务空间流动，通过生态系统服务供给与需求之间的动态关联与反馈，进一步提出区域国土空间管治的科学依据。

### 参考文献(References):

- [1] 刘春芳,王川,刘立程. 三大自然区过渡带生境质量时空差异及形成机制:以榆中县为例. 地理研究, 2018, 37(2): 419-432. [LIU C F, WANG C, LIU L C. Spatio-temporal variation on habitat quality and its mechanism within the transitional area of the Three Natural Zones: A case study in Yuzhong county. Geographical Research, 2018, 37(2): 419-432.]
- [2] 刘春芳,张志英. 从城乡一体化到城乡融合:新型城乡关系的思考. 地理科学, 2018, 38(10): 1624-1633. [LIU C F, ZHANG Z Y. From town-country integration to urban-rural integration: New thinking on the relationship between urban and rural areas. Scientia Geographica Sinica, 2018, 38(10): 1624-1633.]
- [3] DAILY G C. Nature's Services: Societal Dependence on Natural Ecosystems. Washington D C: Island Press, 1997: 529-530.
- [4] COSTANZA R, DARGE R, DE GROOT R, et al. The value of the world's ecosystem services and natural capital. Na-

- ture, 1997, 387(6630): 253-260.
- [5] DE GROOT R S, WILSON M, BOUMANS R. A typology for description, classification and valuation of ecosystem functions, goods and services. *Ecology Economy*, 2002, 41(3): 393-408.
- [6] VILLAMAGNAA M, ANGERMEIER P L, BENNETT E M. Capacity, pressure, demand, and flow: A conceptual framework for analyzing ecosystem service provision and delivery. *Ecological Complexity*, 2013, 15: 114-121.
- [7] 马琳, 刘浩, 彭建, 等. 生态系统服务供给和需求研究进展. *地理学报*, 2017, 72(7): 1277-1289. [MA L, LIU H, PENG J, et al. A review of ecosystem services supply and demand. *Acta Geographica Sinica*, 2017, 72(7): 1277-1289.]
- [8] REES W E. Revisiting carrying capacity: Area-based indicators of sustainability. *Population and Environment*, 1996, 17(3): 195-215.
- [9] REES W E. Ecological footprints and appropriated carrying capacity: What urban economics leaves out. *Environment and Urbanization*, 1992, 4(2): 121-130.
- [10] BOLUND P, HUNHAMMAR S. Ecosystem services in urban areas. *Ecological Economics*, 1999, 29: 293-301.
- [11] 严岩, 朱捷缘, 吴钢, 等. 生态系统服务需求, 供给和消费研究进展. *生态学报*, 2017, 37(8): 2489-2496. [YAN Y, ZHU J Y, WU G, et al. Review and prospective applications of demand, supply, and consumption of ecosystem services. *Acta Ecologica Sinica*, 2017, 37(8): 2489-2496.]
- [12] 刘慧敏, 范玉龙, 丁圣彦. 生态系统服务流研究进展. *应用生态学报*, 2016, 27(7): 2161-2171. [LIU H M, FAN Y L, DING S Y. Research progress of ecosystem service flow. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2016, 27(7): 2161-2171.]
- [13] WOLFF S, SCHULPC J E, VERBURG P H. Mapping ecosystem services demand: A review of current research and future perspectives. *Ecological Indicators*, 2015, 55: 159-171.
- [14] LARONDELLE N, LAUF S. Balancing demand and supply of multiple urban ecosystem services on different spatial scales. *Ecosystem Services*, 2016, 22: 18-31.
- [15] KROLL F, MULLER F, HAASE D, et al. Rural-urban gradient analysis of ecosystem services supply and demand dynamics. *Land Use Policy*, 2012, 29(3): 521-535.
- [16] SCHROTER M, BARTON D N, REMMER P, et al. Accounting for capacity and flow of ecosystem services: A conceptual model and a case study for Telemark, Norway. *Ecological Indicators*, 2014, 36: 539-551.
- [17] 彭建, 杨昀, 谢盼, 等. 基于生态系统服务供需的广东省绿地生态网络建设分区. *生态学报*, 2017, 37(13): 4562-4572. [PENG J, YANG Y, XIE P, et al. Zoning for the construction of green space ecological networks in Guangdong province based on the supply and demand of ecosystem services. *Acta Ecologica Sinica*, 2017, 37(13): 4562-4572.]
- [18] SYRBE R U, GRUNEWALD K. Ecosystem service supply and demand: The challenge to balance spatial mismatches. *International Journal of Biodiversity Science, Ecosystem Services & Management*, 2017, 13(2): 148-161.
- [19] SYRBE R-U, WALZ U. Spatial indicators for the assessment of ecosystem services: Providing, benefiting and connecting areas and landscape metrics. *Ecological Indicators*, 2012, 21: 80-88.
- [20] RUHL J B, KRAFT S E, LANT C L. *The Law and Policy of Ecosystem Services*. Washington D C: Island Press, 2007.
- [21] BARO F, HAASE D, GOMEZ-BAGGETHUN E, et al. Mismatches between ecosystem services supply and demand in urban areas: A quantitative assessment in five European cities. *Ecological Indicators*, 2015, 55: 146-158.
- [22] BURKHARD B, KROLL F, NEDKOV S, et al. Mapping ecosystem services supply, demand and budgets. *Ecological Indicators*, 2012, 21: 17-29.
- [23] 王大尚, 郑华, 欧阳志云. 生态系统服务供给、消费与人类福祉的关系. *应用生态学报*, 2013, 24(6): 1747-1753. [WANG D S, ZHENG H, OUYANG Z Y. Ecosystem services supply and consumption and their relationships with human well-being. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2013, 24(6): 1747-1753.]
- [24] 李双成. *生态系统服务地理学*. 北京: 科学出版社, 2014. [LI S C. *The Geography of Ecosystem Services*. Beijing: Science Press, 2014.]
- [25] 肖玉, 谢高地, 鲁春霞, 等. 基于供需关系的生态系统服务空间流动研究进展. *生态学报*, 2016, 36(10): 3096-3102. [XIAO Y, XIE G D, LU C X, et al. Involvement of ecosystem service flows in human wellbeing based on the relationship between supply and demand. *Acta Ecologica Sinica*, 2016, 36(10): 3096-3102.]
- [26] 杨莉, 甄霖, 潘影, 等. 生态系统服务供给—消费研究: 黄河流域案例. *干旱区资源与环境*, 2012, 26(3): 131-138. [YANG L, ZHEN L, PAN Y, et al. Ecosystem services supply and consumption: A case in Yellow River Watershed, China. *Journal of Arid Land Resources and Environment*, 2012, 26(3): 131-138.]
- [27] WEI H, LIU H, XU Z, et al. Linking ecosystem services supply, social demand and human well-being in a typical moun-



- tain-oasis-desert area, Xinjiang, China. *Ecosystem Services*, 2018, 31: 44-57.
- [28] 石忆邵, 史东辉. 洞庭湖生态经济区生态服务供需平衡研究. *地理研究*, 2018, 37(9): 1714-1723. [SHI Y S, SHI D H. Study on the balance of ecological service supply and demand in Dongting Lake Ecological Economic Zone. *Geographical Research*, 2018, 37(9): 1717-1723.]
- [29] 孟士婷, 黄庆旭, 何春阳, 等. 区域碳固持服务供需关系动态分析: 以北京为例. *自然资源学报*, 2018, 33(7): 1191-1203. [MENG S T, HUANG Q X, HE C Y, et al. Mapping the changes in supply and demand of carbon sequestration service: A case study in Beijing. *Journal of Natural Resources*, 2018, 33(7): 1191-1203.]
- [30] 黄智洵, 王飞飞, 曹文志. 耦合生态系统服务供求关系的生态安全格局动态分析: 以闽三角城市群为例. *生态学报*, 2018, 38(12): 4327-4340. [HUANG Z X, WANG F F, CAO W Z. Dynamic analysis of an ecological security pattern relying on the relationship between ecosystem service supply and demand: A case study on the Xiamen-Zhangzhou-Quanzhou City Cluster. *Acta Ecologica Sinica*, 2018, 38(12): 4327-4340.]
- [31] 董潇楠, 谢苗苗, 张覃雅, 等. 承灾脆弱性视角下的生态系统服务需求评估及供需空间匹配. *生态学报*, 2018, 38(18): 6422-6431. [DONG X N, XIE M M, ZHANG Q Y, et al. Ecosystem services demand assessment regarding disaster vulnerability and supply-demand spatial matching. *Acta Ecologica Sinica*, 2018, 38(18): 6422-6431.]
- [32] 王萌辉, 白中科, 董潇楠, 等. 基于生态系统服务供需的陕西省土地整治空间分区. *中国土地科学*, 2018, (11): 73-80. [WANG M H, BAI Z K, DONG X N, et al. Land consolidation zoning in Shaanxi province based on the supply and demand of ecosystem services. *China Land Science*, 2018, (11): 73-80.]
- [33] 顾康康, 杨倩倩, 程帆, 等. 基于生态系统服务供需关系的安徽省空间分异研究. *生态与农村环境学报*, 2018, 34(7): 577-583. [GU K K, YANG Q Q, CHENG F, et al. Spatial differentiation of anhui province based on the relationship between supply and demand of ecosystem services. *Journal of Ecology and Rural Environment*, 2018, 34(7): 577-583.]
- [34] 欧维新, 王宏宇, 陶宇. 基于土地利用与土地覆被的长三角生态系统服务供需空间格局及热点区变化. *生态学报*, 2018, 38(17): 359-369. [OU W X, WANG H N, TAO Y. A land cover-based assessment of ecosystem services supply and demand dynamics in the Yangtze River Delta Region. *Acta Ecologica Sinica*, 2018, 38(17): 359-369.]
- [35] 黄湘, 陈亚宁, 马建新. 西北干旱区典型流域生态系统服务价值变化. *自然资源学报*, 2011, 26(8): 1364-1376. [HUANG X, CHEN Y N, MA J X. Analysis of the ecosystem services value of the typical river basin in desert areas of Northwest China. *Journal of Natural Resources*, 2011, 26(8): 1364-1376.]
- [36] 刘春芳, 王奕璇, 何瑞东, 等. 基于居民行为的三生空间识别与优化分析框架. *自然资源学报*, 2019, 34(10): 2113-2122. [LIU C F, WANG Y X, HE R D, et al. An analysis framework for identifying and optimizing ecological-production-living space based on resident behavior. *Journal of Natural Resources*, 2019, 34(10): 2113-2122.]
- [37] 吴永强, 李春亮, 张伟. 武威地区土壤有机碳库的估算与空间分布特征. *甘肃地质*, 2016, 25(3): 82-85. [WU Y Q, LI C L, ZHANG W. Estimation and spatial distribution of soil organic carbon in Wuwei district. *Gansu Geology*, 2016, 25(3): 82-85.]
- [38] 闫庆武, 卞正富, 张萍, 等. 基于居民点密度的人口密度空间化. *地理与地理信息科学*, 2011, 27(5): 95-98. [YAN Q W, BIAN Z F, ZHANG P, et al. Census spatialization based on settlements density. *Geography and Geo-Information Science*, 2011, 27(5): 95-98.]
- [39] 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. *地理研究*, 2016, 35(4): 664-676. [BAO Y B, LI T, LIU H, et al. Spatial and temporal changes of water conservation of Loess Plateau in Northern Shaanxi province by InVEST model. *Geography Research*, 2016, 35(4): 664-676.]
- [40] 张影, 谢余初, 齐姗姗, 等. 基于InVEST模型的甘肃白龙江流域生态系统碳储量及空间格局特征. *资源科学*, 2016, 38(8): 1585-1593. [ZHANG Y, XIE Y C, QI S S, et al. Carbon storage and spatial distribution characteristics in the Bailongjiang Watershed in Gansu based on InVEST model. *Resources Science*, 2016, 38(8): 1585-1593.]
- [41] 涂华, 刘翠杰. 标准煤二氧化碳排放的计算. *煤质技术*, 2014, (2): 57-60. [TU H, LIU C J. Calculation of CO<sub>2</sub> emission of standard coal. *Coal Quality Technology*, 2014, (2): 57-60.]
- [42] 王川, 刘春芳, 乌亚汗, 等. 黄土丘陵区生态系统服务空间格局及权衡与协同关系: 以榆中县为例. *生态学杂志*, 2018, 38(2): 1-14. [WANG C, LIU C F, WU Y H, et al. Spatial pattern, trade-off and synergy of ecosystem services in Loess Hilly Areas: A case study of Yuzhong county. *Journal of Ecology*, 2018, 38(2): 1-14.]
- [43] 王鹏涛, 张立伟, 李英杰, 等. 汉江上游生态系统服务权衡与协同关系时空特征. *地理学报*, 2017, 72(11): 2064-2078. [WANG P T, ZHANG L W, LI Y J, et al. Spatio-temporal characteristics of the trade-off and synergy relationships among multiple ecosystem services in the upper reaches of Hanjiang River Basin. *Acta Geographica Sinica*, 2017, 72

(11): 2064-2078.]

[44] WANG J, ZHAI T L, LIN Y F, et al. Spatial imbalance and changes in supply and demand of ecosystem services in China. *Science of the Total Environment*, 2019, 657: 781-791.

## Supply-demand matching of county ecosystem services in Northwest China: A case study of Gulang county

LIU Chun-fang<sup>1,2</sup>, WANG Wei-ting<sup>2,3</sup>, LIU Li-cheng<sup>2,3</sup>, LI Peng-jie<sup>2,3</sup>

(1. College of Social Development and Public Administration of Northwest Normal University, Lanzhou 730070, China; 2. Gansu Engineering Research Center of Land Utilization and Comprehension Consolidation, Lanzhou 730070, China; 3. College of Geography and Environmental Science of Northwest Normal University, Lanzhou 730070, China)

**Abstract:** As the source of human welfare, the spatial distribution characteristics and matching status of ecosystem service supply and demand can reflect the spatial allocation of regional environmental resources. Analyzing the matching relationship between supply and demand is an important prerequisite for evaluating and optimizing the management of ecosystem services and promoting the balance between supply and demand of ecosystem services. Taking Gulang county located in the Hexi Corridor as an example, this paper uses multi-source data such as meteorological observation, land use, and statistical yearbooks to evaluate the supply and demand of four ecosystem services including water supply, carbon sequestration, food supply and soil conservation, based on InVEST model and ArcGIS method. Result shows that: (1) The total supply and demand of ecosystem services in this county indicate that supply exceeds demand, and there are obvious differences among different types of ecosystem services. Besides, the total difference between supply and demand water for supply, carbon sequestration, food supply, and soil conservation is  $12.45 \times 10^8 \text{ m}^3$ ,  $21.55 \times 10^7 \text{ t}$ ,  $3.8 \times 10^7 \text{ t}$ , and  $1.28 \times 10^7 \text{ t}$ , respectively. (2) Based on the township unit, the supply and demand matching of various ecosystem services in the study area are presented as four types (high supply and high demand, low supply and high demand, low supply and low demand, and high supply and low demand), and the matching patterns between regions and ecosystem services have obvious spatial heterogeneity. (3) The four matching types generally show the hierarchical division of the south, the middle and the north, and present the centralized and continuous patterns, which indicates that the towns with the same matching types are characterized by "adjacent similarity". Based on the analysis of the supply, demand and matching status of ecosystem services, this paper puts forward the optimization countermeasures of eco-economic development, urbanization construction, sustainable ecological management and land spatial planning under different matching types.

**Keywords:** Northwest China; ecosystem services; supply and demand matching; spatial difference