

北方农牧交错带耕地利用变化对生态系统服务价值影响 ——以宁夏回族自治区吴忠市为例

张建宁¹, 陈璎亭^{2,3}, 王勇⁴, 张珺¹, 张鹏^{2,3}, 胡守庚^{2,3}

(1.宁夏回族自治区自然资源信息中心, 银川 750002; 2.中国地质大学(武汉)公共管理学院, 武汉 430074;
3.自然资源部法治研究重点实验室, 武汉 430074; 4.中国地质大学(武汉)计算机学院, 武汉 430074)

摘要:为测度耕地利用变化对生态系统服务价值的影响,并为科学制定耕地可持续利用和生态环境保护政策提供依据,以位于北方农牧交错带的吴忠市为研究区,基于 2009 年、2013 年、2017 年的土地利用现状数据,采用土地利用图谱和当量因子法,定量测度并揭示了 2009—2017 年吴忠市生态系统服务价值演变及对耕地利用变化的响应规律。结果表明:2009—2017 年,吴忠市生态系统服务价值逐年降低,由 158.26 亿元降低至 156.46 亿元;吴忠市耕地利用变化模式以前期变化型和后期变化型为主;在前期变化、后期变化和持续变化 3 种耕地利用变化模式下,生态系统服务价值均有不同程度的损失。吴忠市部分不合理的土地利用模式导致了生态用地数量减少和建设用地大规模扩张,是其生态系统服务价值降低的重要原因。

关键词:生态系统服务价值;土地利用图谱;吴忠市

中图分类号:X171.1

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2021)06-0283-09

Impact of Cultivated Land Use Change on Ecosystem Service Value in the Northern Agro-Pastoral Transitional Zone — A Case Study of Wuzhong City, Ningxia Hui Autonomous Region

ZHANG Jianning¹, CHEN Yingting^{2,3}, WANG Yong⁴,
ZHANG Jun¹, ZHANG Peng^{2,3}, HU Shougeng^{2,3}

(1.Information Center of Natural Resources, Department of Natural Resources of Ningxia Hui
Autonomous Region, Yinchuan 750002, China; 2.School of Public Administration, China University of
Geosciences, Wuhan 430074, China; 3.Key Laboratory for Rule of Law Studies, Ministry of Natural Resources,
Wuhan 430074, China; 4.School of Computer Science, China University of Geosciences, Wuhan 430074, China)

Abstract: In order to measure the impact of cultivated land use change (CLUC) on ecosystem services values (ESV), and to provide a basis for scientifically formulating policies for the sustainable utilization of cultivated land and ecological environment protection, Wuzhong City, located in the northern Agro-Pastoral Transitional Zone, was selected as the typical study area. Based on the land use status data in 2009, 2013 and 2017, we used atlas of land use and the equivalent factor method to measure and analyze the evolution of ESV in Wuzhong City from 2009 to 2017 and its response to the CLUC. The results show that: the ESV in Wuzhong City decreased year by year during the study period, from 15.826 billion yuan in 2009 to 15.646 billion yuan in 2017. In addition, we found that the types of CLUC in Wuzhong City were dominated by the early change and the late change. Furthermore, the ESV was lost to different degrees under the three types of CLUC, including the early change, the late change and the continuous change. It is concluded that some unreasonable land use patterns in Wuzhong City have led to a reduction of ecological land and a large-scale expansion of construction land is the important reason for the decline of ecosystem services values.

Keywords: ecosystem services value; atlas of land use; Wuzhong City

收稿日期:2020-10-05

修回日期:2021-01-05

资助项目:国家社科基金重大项目“长江经济带耕地保护生态补偿机制构建与政策创新”(18ZDA053)

第一作者:张建宁(1968—),男,甘肃庄浪人,本科,高级工程师,主要从事自然资源信息化建设研究。E-mail:zjn_nx@163.com

通信作者:陈璎亭(1997—),女,江西鹰潭人,硕士研究生,研究方向为区域耕地保护与国土空间优化。E-mail:yingtingchen5@gmail.com

生态系统服务价值事关人类福祉和地球未来^[1],是当今人类面临的较为紧迫的全球性挑战。联合国《千年生态系统评估》报告显示,生态系统在全球范围内的退化比重已接近 60%^[2],同时指出人类活动是造成这一现象的根源所在。当前,随着我国社会经济快速转型和城镇化进程加快,区域土地利用和土地覆被变化日益活跃^[3-4],由此引发的土壤退化、水土流失等生态环境问题日益突显。土地利用变化不仅会重新塑造地表自然景观,还会深刻影响区域生态系统服务功能的正常实现^[5]。在生态文明建设和经济高质量发展背景下,如何有效测度土地利用变化对生态系统服务的影响,实现经济社会发展与生态环境保护相协调成为学术界关注的焦点^[6-7]。

生态系统服务价值(Ecosystem Services Values, ESV)是指对生态系统的服务和自然资本用经济法则所做的估计^[8]。土地利用变化诱发的生态系统结构和功能变化可通过生态系统服务价值表征^[9]。近年来,国内外学者分别从县域^[10]、省域、流域^[11]、城市群^[12]和国家^[13]等不同区域、不同尺度开展了土地利用变化和 ESV 的相关研究。研究内容主要包括以下几个方面:一是聚焦于 ESV 变化的时空特征。基于土地覆盖类型量化生态系统服务价值^[14],探究不同时间尺度下 ESV 的变化规律,同时,结合空间自相关^[10]、空间回归^[15]、地理探测器等^[16]分析方法,揭示土地利用变化影响下 ESV 的空间分异及其影响因素^[17]。二是探讨生态政策对 ESV 的影响,以此评估相关政策实施的生态效益。如研究退耕还林还草工程背景下 ESV 的演变规律^[18],为土地利用规划及新一轮退耕还林还草政策的推进提供参考^[19]。三是通过 FLUS, CA-Markov 等模型预测和模拟未来土地利用变化^[20],估算不同情景下生态系统服务价值损益情况^[21],以此优化土地利用空间布局。这些研究均无一例外地表明土地利用变化显著影响了区域 ESV。然而,上述已有研究大多是以区域土地利用总体变化为研究对象,鲜有单一地类变化对 ESV 损益影响的研究,尤其是耕地利用变化对 ESV 的影响。耕地是生态与经济功能相互转化中最为灵活的土地类型与稀缺资源^[22],耕地利用变化方向、程度影响着生态系统结构和功能的稳定性^[23],耕地转为生态用地是区域生态系统功能改善的主要原因,而耕地转为建设用地则会在一定程度上损害区域生态系统功能^[24]。因此,测度 ESV 对区域耕地利用变化的响应具有重要现实意义,不仅有利于更加深刻揭示人类活

动与自然环境的复杂交互作用关系,也可为区域土地利用管理和可持续发展提供重要参考。

我国北方农牧交错带的耕地利用变化对 ESV 影响的研究尚未引起关注。北方农牧交错带位于我国半湿润地区与干旱、半干旱地区接壤的过渡地带,同时也是我国农业和牧业的交错地带^[25],具有阻隔荒漠南侵、保持水土的重要作用,是我国中东部平原农区的生态屏障^[26]。北方农牧交错带是一类重要的农业空间,其经济形态不同于农区和牧区。长期以来,该区域粮食生产、畜牧业发展、城市化和生态保护的矛盾突出,耕地、草地和建设用地等地类的转换频繁,而其中不合理的土地利用导致资源环境压力越来越大,对区域发展和生态系统功能具有深刻影响。因此,研究该区域耕地利用变化对 ESV 的影响对于指导农牧交错带地区土地资源开发利用、生态环境保护和建设资源循环的生态农牧区具有重要的理论意义和现实价值。鉴于此,本文以宁夏回族自治区吴忠市作为研究区,基于 2009 年、2013 年、2017 年 3 期土地利用数据,在 GIS、地学信息图谱和当量因子等方法的支持下,测度吴忠市 ESV 的演变规律,并探讨 ESV 对耕地变化的响应,以期为北方农牧交错带土地利用科学管理、生态环境保护和经济社会可持续发展提供决策参考。

1 研究区概况

吴忠市(东经 105°17'—107°47',北纬 36°34'—38°15')位于宁夏回族自治区中部,高程 1 047~2 603 m,辖利通区、红寺堡区、盐池县、同心县和青铜峡市 5 个行政区。吴忠市地处北方农牧交错带的黄土丘陵沟壑地区,地势由北向南逐步升高,地貌形态各异,从北向南依次为黄河冲积平原、毛乌素沙漠、鄂尔多斯台地、黄土丘陵,以及鄂尔多斯高原与黄土高原衔接地带。吴忠市属中温带干旱、半干旱气候地区,常年平均气温 9.3℃,年均降雨量维持在 184.6~273.5 mm,气候干燥且蒸发强烈。2017 年,吴忠市人口总数为 140.37 万人,地区生产总值为 508.11 亿元,占宁夏全区比例分别为 20.59%,14.76%。

2017 年,吴忠市总面积约为 167.68 万 hm^2 ,土地利用类型包括林地、草地、耕地、建设用地等,其中,耕地和草地是其主要土地利用类型,面积占全市的比例分别为 22.52%,51.59%。2009—2017 年吴忠市土地利用变化较为剧烈,表现为生态用地大规模减少,而建设用地不断扩张。具体而言,建设用地(包括城镇村及工矿用地和交通运输用地)面积共增加了

12 580.97 hm²,耕地面积减少了 885 135.42 hm²,生态用地(包括林地、草地、园地和水域及水利设施用地)面积共减少了 20 555.03 hm²,其中,草地和林地减少规模较大,分别减少了 17 297.39,3 185.36 hm²。

2 数据处理及研究方法

2.1 数据来源及处理

研究采用的土地利用数据和行政区划数据由宁夏回族自治区自然资源信息中心(自治区自然资源档案馆)提供,其中,土地利用数据为吴忠市 2009 年、2013 年、2017 年的土地利用现状数据。基于《土地利用现状分类(GB/T21010—2007)》标准将吴忠市土地利用现状划分为耕地、园地、林地、草地、交通运输用地、水域及水利设施用地、其他土地和城镇村及工矿用地 8 个一级类,编码设置为 1—8。采用的统计数据来源于宁夏回族自治区相应年份统计年鉴,粮食价格数据来源于宁夏回族自治区粮食和物资储备局(<http://lswz.nx.gov.cn/nxlsj/schq/20180109/22395.html>)。

2.2 研究方法

2.2.1 土地利用图谱 研究采用土地利用图谱表征吴忠市 2009—2017 年的耕地利用空间变化过程。土地利用图谱法是分析土地利用空间变化过程的重要方法,由地学信息图谱的理论基础发展而来^[27],描述了土地利用时空变化的过程和机制。与传统的统计分析及静态化表示方法相比,该方法弥补了非空间属性数据在地理位置变化上表达的不足^[28]。根据土地利用类型在 3 个不同时间段的变化情况,一般将图谱变化分为 5 种类型^[29]:稳定型、前期变化型、后期变化型、反复变化型和持续变化型(表 1)。研究以 2009 年的耕地图斑为基(初)期的分析对象,利用 ArcGIS 软件对 2009 年、2013 年和 2017 年 3 期土地利用分类数据进行地图代数运算,其中,初期、中期和末期的土地利用编码分别作为百位数、十位数和个位数,生成具有 3 位数编码的土地利用变化图谱。每一个图谱单元均记录着单元土地类型在不同采样时间点上的状况,直观地展现了耕地利用的演变历程。

表 1 土地利用图谱变化模式

编码	变化模式	含义	示例
I	稳定性	在整个研究期间都未发生变化	111(耕地→耕地→耕地)
II	前期变化型	在 2009—2013 年发生变化,而 2013—2017 年未发生变化	122(耕地→园地→园地)
III	后期变化型	在前一时期未发生变化,而后一时期发生变化	112(耕地→耕地→园地)
IV	反复变化型	在前一时期变为另一种类型,而后一时期又变回原来类型	121(耕地→园地→耕地)
V	持续变化型	在整个研究期间一直发生变化,也未还原成原来类型的变化形式	123(耕地→园地→林地)

2.2.2 生态系统服务价值测算 谢高地等^[30]参考 Costanza 的全球生物圈 ESV 测算成果,对我国多位生态领域的学者进行了问卷调查,制定出了中国生态系统 ESV 当量因子表,形成了一个独立的价值评价体系,已被学者广泛采用^[31-32]。ESV 当量因子是指某类生态系统某种服务价值的相对贡献大小^[33]。通过粮食产量经济价值系数修正,可计算归纳出吴忠市 ESV 当量因子。宁夏全区粮食市场价格监测数据显示,3 类主要粮食作物小麦、稻谷和玉米的收购均价分别为 2.63,

2.82,1.78 元/kg(2017 年 12 月 26 日),三者平均价格为 2.41 元/kg。查阅宁夏 2009—2017 年统计年鉴,得到 2009—2017 年宁夏全区年均单位面积粮食产量为 2 277.45 kg/hm²。根据已有研究成果^[30],1 个标准单位 ESV 当量因子等于当年平均粮食单产市场价值的 1/7,参考宁夏全区单位面积粮食产量和平均粮食价格,计算得到吴忠市 ESV 当量因子为 784.09 元/hm²,再根据谢高地制定的中国生态系统单位面积 ESV 当量可计算出吴忠市单位面积 ESV 系数(表 2)。

表 2 吴忠市单位面积 ESV 系数

元/hm²

一级类型	二级类型	森林	草地	农田	湿地	河流/湖泊	荒漠
供给服务	食物生产	258.75	337.16	784.09	282.27	415.57	15.68
	原材料生产	2336.59	282.27	305.80	188.18	274.43	31.36
调节服务	气体调节	3387.27	1176.14	564.54	1889.66	399.89	47.05
	气候调节	3191.25	1223.18	760.57	10624.42	1615.23	101.93
	水文调节	3206.93	1191.82	603.75	10538.17	14717.37	54.89
	废物处理	1348.63	1035.00	1089.89	11290.90	11643.74	203.86
支持服务	保持土壤	3152.04	1756.36	1152.61	1560.34	321.48	133.30
	维持生物多样性	3536.25	1466.25	799.77	2893.29	2689.43	313.64
文化服务	提供美学景观	1630.91	682.16	133.30	3677.38	3481.36	188.18
合计		22048.61	9150.33	6194.31	42944.61	35558.48	1089.89

在进行吴忠市 ESV 的测算时,按照以下原则将土地利用类型与生态系统类型建立对应关系:耕地对应农田,林地对应森林,其他土地(看作未利用土地)对应荒漠,水域及水利设施用地对应河流/湖泊,园地取耕地和林地之和的 1/2,并假定建设用地的价值系数当量为 0^[22,31]。按表 2 进行汇总后得到吴忠市各土地利用类型的生态价值系数,进而计算出吴忠市 ESV,具体计算公式为:

$$ESV_i = P_i \times S_i \tag{1}$$

式中:ESV_i为研究区域第*i*种土地利用类型的生态系统服务价值;*S_i*为第*i*种土地利用类型的面积;*P_i*为单位面积土地利用类型*i*的生态系统服务价值。将各种土地利用类型的生态系统服务价值加总后即可得各区域生态系统服务价值。

3 结果与分析

3.1 生态系统服务价值变化分析

2009—2017 年,吴忠市 ESV 逐年降低,由 2009 年的 158.26 亿元降低至 2017 年的 156.46 亿元,降幅为 1.14%(图 1)。从数量上看,一级类型生态系统服务中,调节服务价值占比最高,2009—2017 年均超过 50%,文化服务总价值占比最低,该期间低于 7%;二级类型生态系统服务中,吴忠市保持土壤和维持生物多样性的生态系统服务最具优势地位,两者价值总和在各研究时点的 ESV 中占比超过 30%;水文调节、气候调节、气体调节和废物处理的生态系统服务也较为突出,四者价值在各研究时点的 ESV 中占比均超过 10%;而提供美学景观、原材料生产和食物生产的生态系统服务处于劣势地位,三者价值在各研究时点的 ESV 中占比均未超过 7%。从变化趋势上看,2009—2017 年各一级类型 ESV 均呈现逐年降低的趋势,二级类型生态系统服务中,除食物生产价值在 2013—2017 年有小幅(0.15%)升高外,其他各项 ESV 均有不同程度的降低,食物生产价值的升高得益于后期耕地面积的增长。

2009—2017 年,吴忠市各地类单项 ESV 变化趋势不明显(图 2),且地类间各单项 ESV 差异较大。具体而言,ESV 最高的地类为草地,除食物生产和原材料生产服务外,草地其他各单项 ESV 均远高于其他地类。ESV 最低的地类(除建设用地外)为其他土地,其各单项 ESV 均较低。耕地的食物生产价值较高,林地除食物生产和废物处理服务外,其余各项 ESV 均较高。

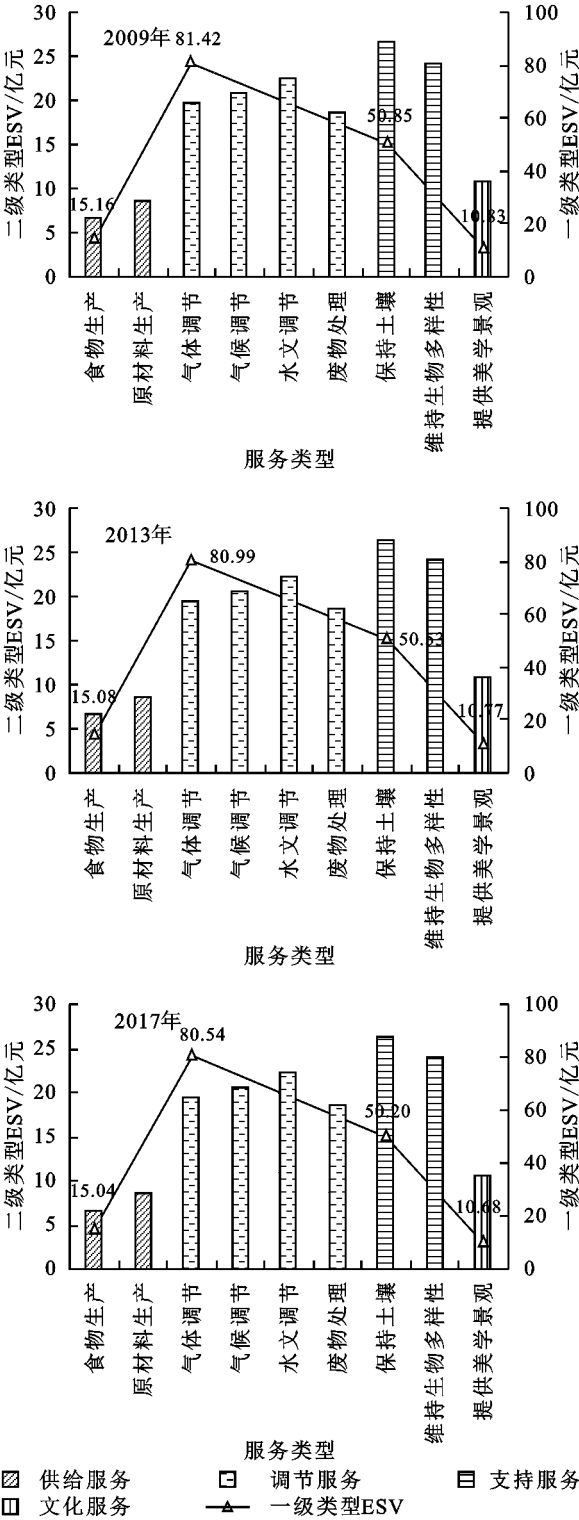


图 1 吴忠市单项 ESV 变化

3.2 耕地利用图谱分析

2009—2017 年,吴忠市耕地利用变化模式以前期变化型和后期变化型为主(不考虑稳定型),面积分别为 4 231.20,1 858.89 hm²,总占比高达 99.54%,反复变化型和持续变化型面积相对较小,占比分别为 0.31%,0.15%(图 3)。前期变化型以“耕地→城镇村及工矿用地→城镇村及工矿用地”和“耕地→交通运

输用地→交通运输用地”类型为主,在 4 种变化模式中总占比高达 57.71%。后期变化型以“耕地→耕地→城镇村及工矿用地”类型为主,占比 20.40%。反复变化型面积较小,以“耕地→城镇村及工矿用地→耕地”类型为主,占比 0.31%,反复变化型表明吴忠市 2009—2013 年部分耕地可能存在不合理利用的现象,并在 2013—2017 年又重新转换为耕地。持续变化型面积最小,以“耕地→其他土地→城镇村及工矿用地”类型为主,占比 0.11%。

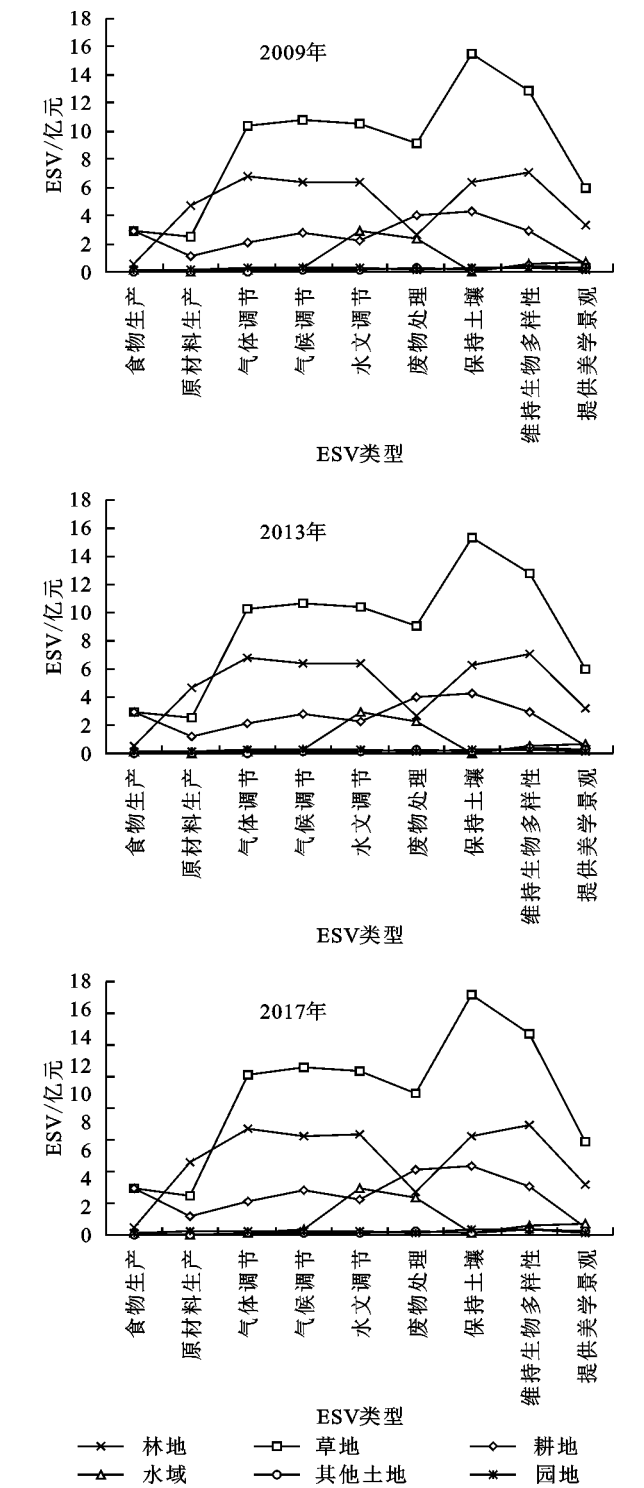


图 2 各地类单项 ESV 变化

3.3 耕地变化对生态系统服务价值的影响

围绕“前期变化、后期变化、反复变化和持续变化”4 种耕地利用变化模式,分析不同耕地利用变化模式对吴忠市总 ESV(图 4)和单项 ESV 的影响(图 5),由于在反复变化模式下,各单项 ESV 在 2017 年保持不变,因此分析单项 ESV 变化时不作讨论。

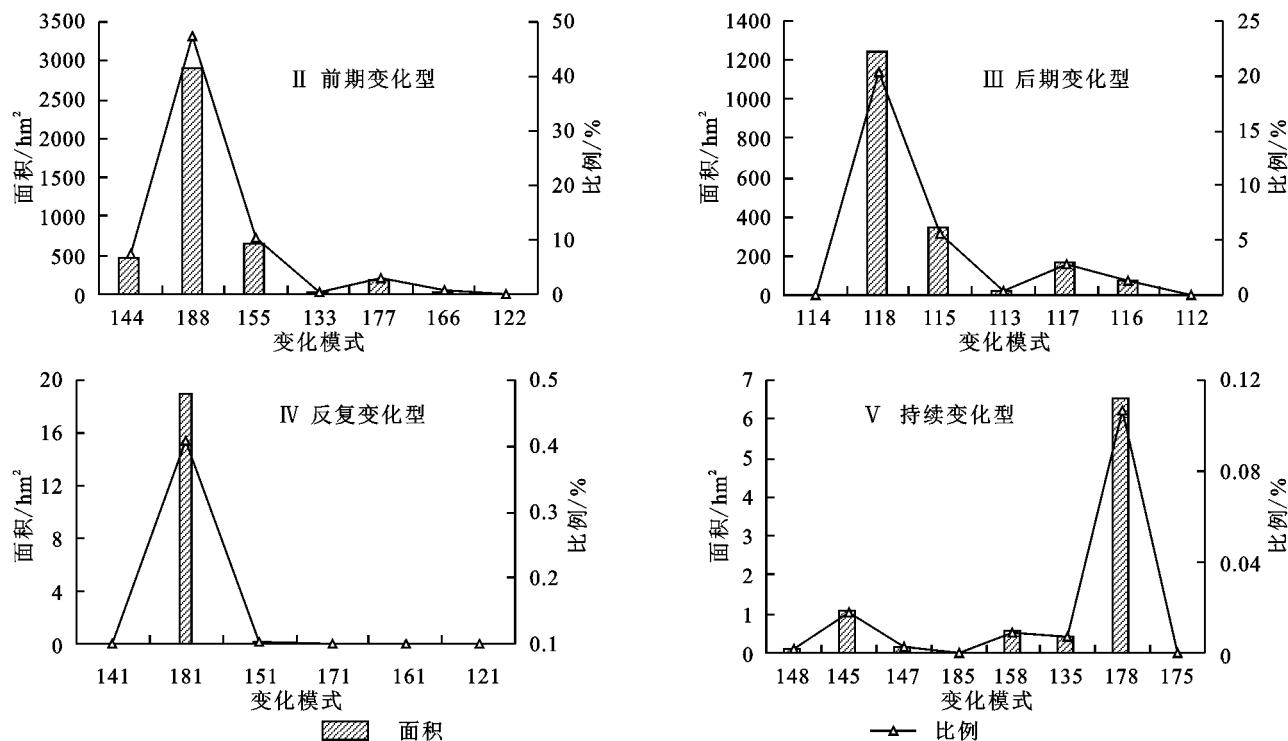
由图 4 可知,从变化模式上看,2009—2017 年,吴忠市在前期变化、后期变化和持续变化 3 种耕地利用变化模式下,总 ESV 均有不同程度的损失;在反复变化模式下,由于最终都转为耕地,ESV 在 2017 年保持不变。具体而言,前期变化模式下 ESV 损失最大,达到 1 981.94 万元,后期变化模式下 ESV 损失次之,为 815.76 万元,持续变化模式下 ESV 损失最小,仅为 5.48 万元。在持续变化类型中,进一步分析“耕地→草地/林地→建设用地”的变化过程可知,虽然前期“生态退耕”政策的实施促使了生态系统功能的改善以及 ESV 的提升,但后期建设用地扩张导致生态系统功能退化明显,最终致使 ESV 显著降低。前期变化和后期变化类型中,虽然生态系统功能改善和退化在同时发生,但因建设用地大量占用耕地且耕地转化为建设用地后 ESV 系数骤降,致使局部生态系统功能改善无法弥补大范围生态系统功能退化。因此,在前期变化和后期变化的耕地利用变化模式下,吴忠市 2009—2017 年的 ESV 均有所损失。

从变化过程来看,前期和后期变化类型中,耕地最终转换为林地、草地和水域及水利设施用地,其 ESV 均有不同程度提升,由此可见,“生态退耕”政策的实施对吴忠市生态系统功能改善具有重要作用。相反,城市化进程加快,建设用地持续扩张是导致吴忠市生态系统功能退化的主要原因,前期和后期变化类型中,耕地最终转换为建设用地,ESV 大幅降低。耕地在不同变化模式下,变化过程的不同导致 ESV 损益呈现显著性差异,建设用地扩张与生态退耕作为吴忠市耕地转移的主要动力,可通过合理调控二者的规模实现生态效益和经济效益的平衡。

由图 5 可知,2009—2017 年,吴忠市因耕地利用变化引起的不同类型的生态系统服务变化趋势存在差异。在前期变化和后期变化模式下,生态系统功能改善和退化现象在同时发生;而在持续变化模式下,生态系统功能均在退化,表现为各单项生态系统服务价值均降低。具体而言,在前期变化模式下,由于建设用地扩张,吴忠市提供调节服务、供给服务、支持服务和文化服务的功能退化严重,导致了生态系统服务价值的损失。其中,调节服务价值损失最大,净损失

917.07万元;支持服务价值次之,净损失为639.39万元;供给服务净损失为421.71万元;文化服务净损失较小,仅3.78万元,得益于部分耕地转换为草地、水域及水利设施用地后带来的文化服务价值提升。在后期变化模式下,吴忠市提供调节服务、支持服务和供给服务的功能因建设用地扩张而退化严重,但提供文化服务的功能退化程度较轻,各单项生态系统服务价值存在不同程度的损失。其中,调节服务和支

持服务价值损失较大,净损失分别为316.65万元和316.82万元;供给服务价值净损失相对较小,为190.52万元;而文化服务价值表现为相反的趋势,净增加8.22万元,得益于部分耕地转换为水域及水利设施用地后带来的文化服务价值提升。在持续变化模式下,虽然生态系统功能均在退化,但耕地转移面积较小。因此,吴忠市在此模式下生态系统功能退化程度较轻,各类型生态系统服务价值损失较小。



注:1为耕地,2为园地,3为林地,4为草地,5为交通运输用地,6为水域及水利设施用地,7为其他土地,8为城镇及工矿用地,下同。

图3 2009—2017年吴忠市各耕地利用变化模式面积与比例

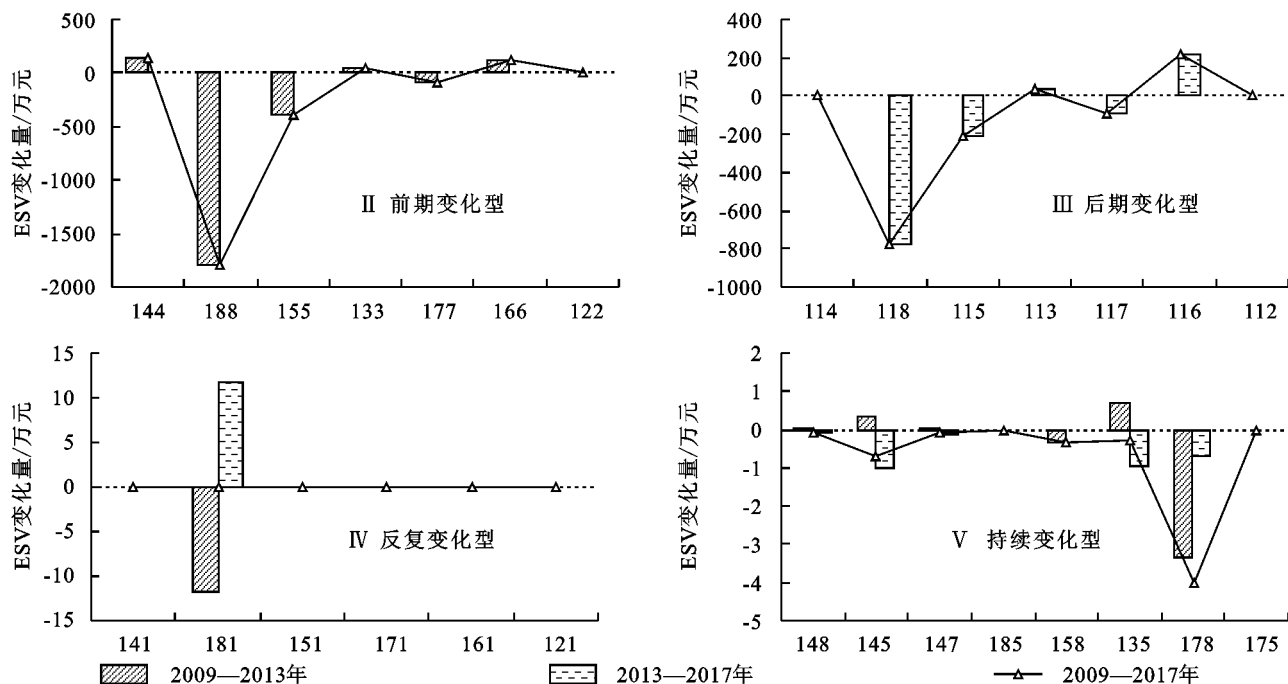


图4 2009—2017年吴忠市不同耕地利用变化模式下ESV变化量

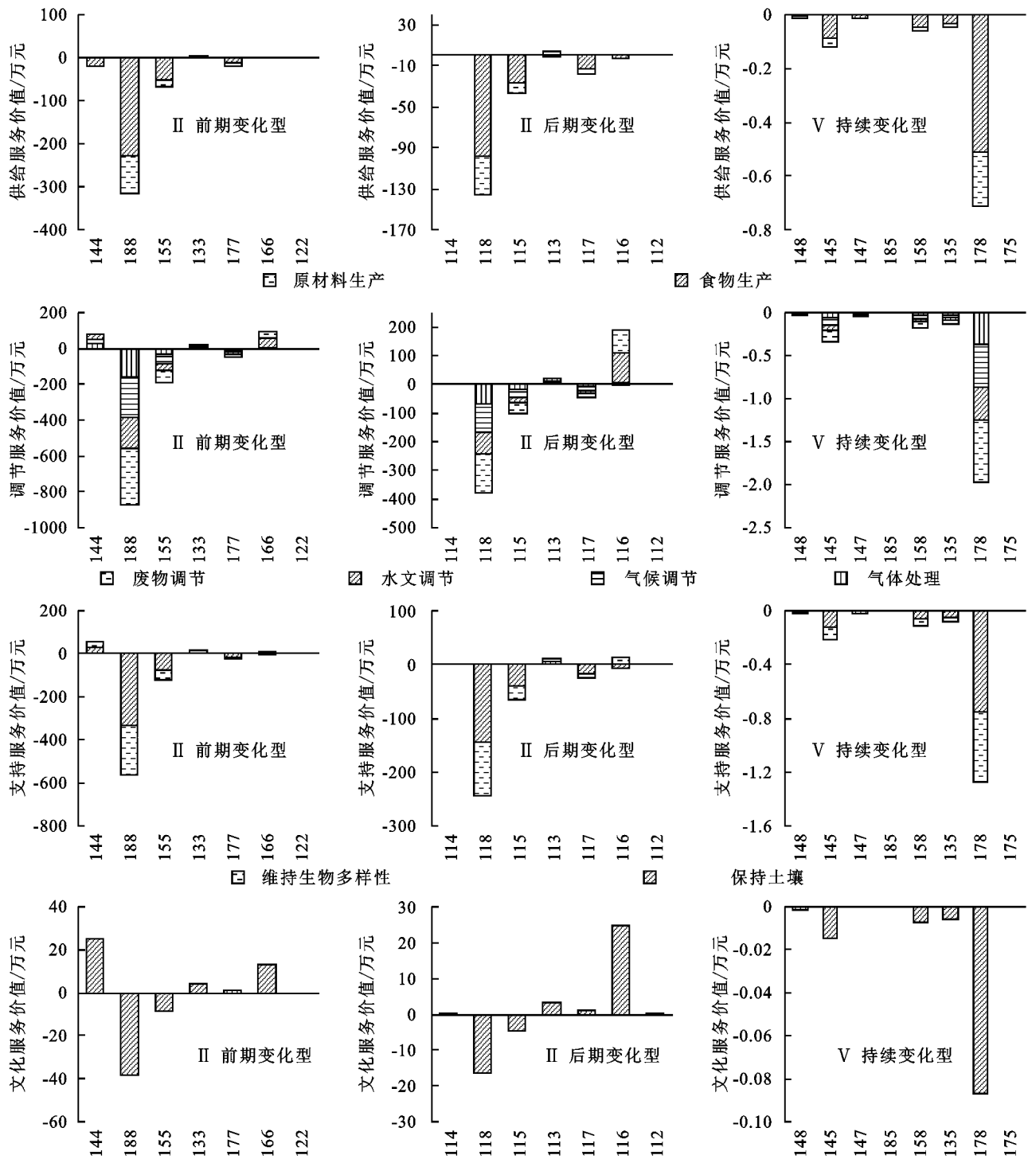


图 5 2009—2017 年吴忠市不同耕地利用变化模式下单项 ESV 变化量

4 结论与讨论

研究以吴忠市 2009 年、2013 年、2017 年 3 期土地利用现状数据为基础,采用土地利用图谱以及当量因子法对吴忠市 2009—2017 年 ESV 演变及对耕地变化的响应进行了分析。得到如下主要结论:(1) 2009—2017 年,吴忠市 ESV 逐年降低。一级类型生态系统中调节服务价值最高,二级类型生态系统服务

中,保持土壤和维持生物多样性的生态系统服务最具优势地位。ESV 最高的地类为草地,最低的为其他土地。(2) 2009—2017 年吴忠市耕地利用变化模式以前期变化型和后期变化型为主(不考虑稳定型),反复变化型和持续变化型面积相对较小。(3) 2009—2017 年,吴忠市在前期变化、后期变化和持续变化 3 种耕地利用变化模式下,ESV 均有不同程度的损失,前期变化型的 ESV 损失最大,持续变化型的 ESV 损失最小。此外,吴忠市由耕地利用变化引起的不同类

型的生态系统服务变化趋势不同。“生态退耕”政策的实施对吴忠市生态系统功能的改善具有重要作用,而城市化进程加快、建设用地持续扩张是导致吴忠市生态系统功能退化的主要原因。

2009—2017 年,吴忠市生态用地数量减少,而城市化进程加快,建设用地大规模扩张,导致 ESV 逐年降低。由于耕地的 ESV 系数小于林地、园地、草地以及水域,大于未利用地和建设用地,当耕地向大于自身系数的地类转变时,ESV 升高,反之 ESV 降低。基于吴忠市 4 种耕地变化模式可知,在前期变化和后期变化的耕地利用模式下,吴忠市“生态退耕”效果不显著,而建设用地却大肆扩张,局部生态系统功能改善无法弥补大范围生态系统功能退化导致的 ESV 损失。因此,吴忠市今后仍需适当扩大生态退耕规模,以解决城镇化进程中导致的生态系统功能退化问题。吴忠市持续变化类型的耕地利用不尽合理,大部分都转为建设用地,导致 ESV 降低。出现这种现象的原因或许是在“耕地占补平衡”的压力下,地方政府迫不得已采取其他方式占用耕地,即“耕地→草地/林地→建设用地”的利用模式,但这一模式降低了生态退耕实施成效,损害了生态系统功能,不利于实现可持续发展。基于此,应合理编制国土空间规划,实现节约集约利用土地,如以建设用地减量规划为导向,严格划定城镇开发边界,以改变建设用地无序扩张的趋势,提升城市土地利用效率,促进区域可持续发展和生态文明建设^[34]。此外,新增建设用地应不占或者尽量少占耕地,同时要避免“变相式”侵占耕地的现象。在反复变化的耕地利用模式中,其最终的地类仍为耕地,虽然 ESV 最终保持不变,但从理论上,前期从耕作土壤改造为其他土壤后,土壤的各项物理性状会发生变化,后期可能会导致耕作土壤层退化,造成肥力下降、盐渍化等问题,不利于农业生产。因此,在耕地利用时应尽量避免反复变化型这一不合理的土地利用模式。

北方农牧交错带不仅是我国中东部平原农区的生态屏障,也是一类重要的农业空间,其具有重要理论和实践研究价值。本文科学评估了吴忠市 2009—2017 年的 ESV,揭示了 ESV 对耕地变化的响应规律,研究结果可为吴忠市土地利用科学管理和生态环境保护等提供决策参考,进而推动北方农牧交错带地区的生态文明建设与可持续发展。研究采用一级分类标准对吴忠市的土地利用现状进行归类,未作进一步细化,并将建设用地的 ESV 系数假定为 0,这些因

素在一定程度上致使所估算的 ESV 结果有待精细。不过需要指出的是,生态系统服务价值评估并不是为了得到一个绝对准确的价格标签,探究土地利用演变过程中生态系统服务价值的边际变化才是主要目的。另外,有学者表明 ESV 存在空间异质性,由于地球表面物理参数的变化,在同一地类中,ESV 可能不同^[6]。而研究采用谢高地的“当量因子法”时,同一地类的 ESV 系数相等,即假定了相同地类的单位面积 ESV 相等,估算结果与实际情况可能存在一定差异。下一步工作中,拟通过细化土地利用类型、采用不同 ESV 估算方法进行对比分析,提高估算结果精准性。

参考文献:

- [1] Song W, Deng X. Effects of urbanization-induced cultivated land loss on ecosystem services in the North China Plain[J]. *Energies*, 2015, 8(6): 5678-5693.
- [2] 欧阳志云,朱春全,杨广斌,等.生态系统生产总值核算:概念、核算方法与案例研究[J]. *生态学报*, 2013, 33(21): 6747-6761.
- [3] Li B, Chen D, Wu S, et al. Spatio-temporal assessment of urbanization impacts on ecosystem services: Case study of Nanjing City, China[J]. *Ecological Indicators*, 2016, 71: 416-427.
- [4] Peng J, Tian L, Liu Y, et al. Ecosystem services response to urbanization in metropolitan areas: Thresholds identification[J]. *Science of the Total Environment*, 2017, 607: 706-714.
- [5] Wang Y, Dai E, Yin L, et al. Land use/land cover change and the effects on ecosystem services in the Hengduan Mountain region, China[J]. *Ecosystem Services*, 2018, 34: 55-67.
- [6] Song W, Deng X Z, Yuan Y W, et al. Impacts of land-use change on valued ecosystem service in rapidly urbanized North China Plain[J]. *Ecological Modelling*, 2015, 318: 245-253.
- [7] Tao Y, Wang H, Ou W, et al. A land-cover-based approach to assessing ecosystem services supply and demand dynamics in the rapidly urbanizing Yangtze River Delta region[J]. *Land Use Policy*, 2018, 72: 250-258.
- [8] 李丽,王心源,骆磊,等.生态系统服务价值评估方法综述[J]. *生态学杂志*, 2018, 37(4): 1233-1245.
- [9] 肖建设,乔斌,陈国茜,等.黄河源区玛多县土地利用和生态系统服务价值的演变[J]. *生态学报*, 2020, 40(2): 510-521.
- [10] 王永琪,马姜明.基于县域尺度珠江—西江经济带广西段土地利用变化对生态系统服务价值的影响研究[J]. *生态学报*, 2020, 40(21): 7826-7839.

- [11] Yan F, Zhang S. Ecosystem service decline in response to wetland loss in the Sanjiang Plain, northeast China [J]. *Ecological Engineering*, 2019, 130: 117-121.
- [12] 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.
- [13] Song W, Deng X. Land-use/land-cover change and ecosystem service provision in China [J]. *Science of the Total Environment*, 2017, 576: 705-719.
- [14] 雷军成, 王莎, 汪金梅, 等. 土地利用变化对寻乌县生态系统服务价值的影响[J]. *生态学报*, 2019, 39(9): 3089-3099.
- [15] Shao Y, Yuan X, Ma C, et al. Quantifying the spatial association between land use change and ecosystem services value: A case study in Xi'an, China [J]. *Sustainability*, 2020, 12(11). DOI: 10.3390/su12114449.
- [16] 朱治州, 钟业喜. 长江三角洲城市群土地利用及其生态系统服务价值时空演变研究[J]. *长江流域资源与环境*, 2019, 28(7): 1520-1530.
- [17] 于倩茹, 徐媛银, 孙思琦, 等. 鄂西北地区土地利用格局及其生态系统服务价值的时空变化[J]. *生态科学*, 2019, 38(4): 119-128.
- [18] 邓元杰, 侯孟阳, 谢怡凡, 等. 退耕还林还草工程对陕北地区生态系统服务价值时空演变的影响[J]. *生态学报*, 2020, 40(18): 6597-6612.
- [19] 鲁亚楠, 姚顺波, 邓元杰, 等. 陕北地区土地利用及景观格局变化对生态服务价值的影响: 基于退耕还林(草)背景[J]. *中国农业资源与区划*, 2019, 40(11): 180-192.
- [20] Hu S, Chen L, Li L, et al. Simulation of land use change and ecosystem service value dynamics under ecological constraints in Anhui Province, China [J]. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2020, 17(12). DOI: 10.3390/ijer-ph17124228.
- [21] 欧阳晓, 贺清云, 朱翔. 多情景下模拟城市群土地利用变化对生态系统服务价值的影响: 以长株潭城市群为例[J]. *经济地理*, 2020, 40(1): 93-102.
- [22] 丁振民, 姚顺波. 陕西省耕地转移对生态系统服务价值的影响[J]. *资源科学*, 2019, 41(6): 1070-1081.
- [23] 郝娜, 王晓晴, 王耀, 等. 河北省耕地图谱特征及其生态服务价值变化[J]. *水土保持研究*, 2018, 25(6): 277-283.
- [24] 陈万旭, 李江风, 朱丽君. 长江中游地区生态系统服务价值空间分异及敏感性分析[J]. *自然资源学报*, 2019, 34(2): 325-337.
- [25] 程序. 农牧交错带研究中的现代生态学前沿问题[J]. *资源科学*, 1999, 21(5): 1-8.
- [26] 刘冰晶, 杨艳昭, 李依. 北方农牧交错带土地利用结构特征定量研究: 以西辽河流域为例[J]. *干旱区资源与环境*, 2018, 32(6): 64-71.
- [27] 王启名, 杨昆, 许泉立, 等. 滇池流域土地利用变化图谱的地形梯度效应[J]. *水土保持研究*, 2018, 25(3): 237-244.
- [28] 杨爱民, 朱磊, 陈署晃, 等. 1975—2015年玛纳斯河流域土地利用变化的地学信息图谱分析[J]. *应用生态学报*, 2019, 30(11): 3863-3874.
- [29] 路昌, 雷国平, 周浩, 等. 挠力河流域土地利用变化及地形梯度效应分析[J]. *中国土地科学*, 2017, 31(8): 53-60, 97.
- [30] 谢高地, 甄霖, 鲁春霞, 等. 一个基于专家知识的生态系统服务价值化方法[J]. *自然资源学报*, 2008, 23(5): 911-919.
- [31] 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.
- [32] 赵志刚, 余德, 韩成云, 等. 鄱阳湖生态经济区生态系统服务价值预测与驱动力[J]. *生态学报*, 2017, 37(24): 8411-8421.
- [33] 邓楚雄, 钟小龙, 谢炳庚, 等. 洞庭湖区土地生态系统的服务价值时空变化[J]. *地理研究*, 2019, 38(4): 844-855.
- [34] 金贵, 邓祥征, 赵晓东, 等. 2005—2014年长江经济带城市土地利用效率时空格局特征[J]. *地理学报*, 2018, 73(7): 1242-1252.