

# 河谷型城市“三生”空间竞争与生态环境效应

## ——以兰州市为例

冯涛<sup>1,2</sup>, 石培基<sup>1,2</sup>, 张学斌<sup>1,2</sup>, 刘春芳<sup>2,3</sup>, 张韦萍<sup>1,2</sup>

(1.西北师范大学 地理与环境科学学院, 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 社会发展与公共管理学院, 兰州 730070)

**摘要:**地域空间约束下,不同功能用地的空间竞争及引致的生态环境变化,深刻影响着河谷型城市的健康发展。以黄河上游兰州市为例,基于1995年和2018年土地利用和DEM数据,依据“生产—生活—生态”空间主导功能分类,通过面积变化强度、类型转移矩阵、重心转移、海拔—坡度分异、生态环境质量指数、土地利用功能转型生态贡献率等方法,解析河谷型城市在城镇化进程中的用地竞争格局,并揭示其生态环境效应与贡献因素。结果表明:(1)受主城区立体开发和兰州新区建设影响,城镇生活空间、工矿生产空间快速扩张,重心大幅北移,并出现显著的“爬坡效应”;(2)林地、水域和裸地生态空间出现不同程度增长,草地生态空间大幅萎缩;(3)兰州市生态环境质量总体呈“南高北低”格局,生态改善区面积仅为恶化区的50.76%,耕地和草地的互转是生态环境质量变化的主要贡献因素。基于“三生”空间竞争视角的土地转型与生态环境效应研究,可为河谷型城市开展国土空间格局优化提供依据。

**关键词:**“三生”空间;生态环境效应;河谷型城市;兰州市

中图分类号:F301.2

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2021)03-0229-06

## Competition and Eco-environmental Effect of Ecological-Production-Living Spaces in Valley City

### — A Case Study of Lanzhou City

FENG Tao<sup>1,2</sup>, SHI Peiji<sup>1,2</sup>, ZHANG Xuebin<sup>1,2</sup>, LIU Chunfang<sup>2,3</sup>, ZHANG Weiping<sup>1,2</sup>

(1.College of Geography and Environment Science, Northwest Normal University,

Lanzhou 730070, China; 2.Land Use and Comprehensive Improvement Engineering Research

Center, Development and Reform Commission of Gansu Province, Lanzhou 730070, China; 3.College of Social Development and Public Administration, Northwest Normal University, Lanzhou 730070, China)

**Abstract:** Under the constraint of regional space, the space competition of different function land and the change of ecological environment have the profound impacts on the healthy development of valley cities. Lanzhou City in the upper reaches of the Yellow River was taken as an example to analyze the land competition pattern of valley cities in the process of urbanization and reveal its ecological environment effect and contributing factors according to the classification based on the dominant function of ecology-production-living spaces, based on the land use and DEM data in 1995 and 2018, and using the methods include intensity of area change, type transfer matrix, centroids transfer, alt-slope differentiation, ecological environment quality index and ecological contribution rate of land use function transformation. The results show that: (1) the living space and industrial-mining production space in the urban area expanded rapidly with the centroids moving to the north greatly and showed a significant effect of slope-climbing which was influenced by the three-dimensional development of the main urban area and the construction of Lanzhou new area; (2) the ecological space of forestland, water area and bare land increased at different degrees, and the ecolog-

收稿日期:2020-08-24

修回日期:2020-09-08

资助项目:国家自然科学基金(41771130,41661035,41861034)

第一作者:冯涛(1988—),男,甘肃兰州人,研究生,研究方向:土地利用与城市可持续发展。E-mail:fengtao\_nwnu@126.com

通信作者:石培基(1961—),男,甘肃临洮人,教授,研究方向:资源环境、经济地理与区域发展。E-mail:shipj@nwnu.edu.cn

ical space of grassland shranked significantly; (3) the overall ecological environment quality of Lanzhou City showed a pattern of ‘high in the south, low in the north’ while the ecological improvement area was only 50.76% of the deterioration area; the conversion of cropland and grassland was the main contributing factor to the change of ecological environment quality. The study of land transformation and ecological environment effect based on the spatial competition of ecological-production-living can provide a basis for the optimization of land spatial pattern in valley cities.

**Keywords:** ecological-production-living spaces; eco-environmental effect; valley cities; Lanzhou City

城市是人类社会与自然环境相互作用最为剧烈的地区,而土地是城市地域空间的实体表现形态与核心主体<sup>[1]</sup>,也是全球环境变化和可持续化发展研究的重要组成部分<sup>[2-3]</sup>。紧凑集约、功能互济、宜居宜业、顺应山河的用地方式,是河谷型城市迈向高质量发展的重要空间支撑。但随着工业化、城市化和经济的快速发展,各种土地利用类型的争夺与冲突日趋激烈<sup>[4]</sup>,在生态文明和绿色发展成为主流的当下,明晰“生产—生活—生态”功能间的作用机理及博弈过程,既是科学开展国土空间开发的前提<sup>[5]</sup>,也是河谷型城市在较强空间约束下实现“生产集约高效、生活宜居适度、生态山清水秀”目标的必然选择。“三生”空间是指生产空间、生活空间和生态空间,是在传统土地利用分类基础上,以土地类型主导功能和人的发展层次需要为导向进行空间划分的结果。其中生产空间以提供工农业产品为主导功能,包含农业和工矿生产空间;生活空间以提供人居环境为主导功能,包含城镇和乡村生活空间;生态空间以提供生态产品、生态服务和缓冲隔离区为主导功能,包含林地、草地、水域和其他生态空间等<sup>[6]</sup>。

近年来学者们从不同视角、方法和尺度开展“三生”空间竞争格局及其生态环境效应的研究,主要有以下几个方面:(1) 关注时空演变格局及其对应的生态环境质量指数变化。如苑韶峰、杨清可、焦露、白如山、罗刚等学者,通过土地利用转移矩阵、重心迁移模型、生态环境质量指数、土地利用功能转型的生态贡献率等方法,分别从经济带<sup>[7]</sup>、三角洲<sup>[8]</sup>、省域<sup>[9]</sup>、都市圈<sup>[10]</sup>和市辖区等<sup>[11]</sup>不同尺度进行了研究。(2) 构建“三生空间”冲突模型进行分析和模拟预测研究。如廖李红借鉴景观生态指数方法,构建空间冲突指数进行分析<sup>[12]</sup>;赵旭构建空间冲突测度模型,测算“三生”空间冲突变化<sup>[13]</sup>;陈喜东对兰州市主城区建设用地增长与空间布局进行模拟,并分析其景观生态格局响应特征<sup>[14]</sup>;张磊基于三生空间用途冲突的互斥视角,形成工业用地的空间配置方案<sup>[15]</sup>。(3) 关注“三生”空间演变引起的生态风险或生态系统服务价值变

化研究。如赵越基于景观扰动指数与景观脆弱指数,构建土地利用生态风险模型,研究区域土地利用风险时空变化与驱动力<sup>[16]</sup>;秦方采用改进的当量因子法,对河南新郑市土地利用转型及生态系统服务价值进行评估<sup>[17]</sup>;周文霞采用修正的生态系统服务价值系数,测算兰州市土地利用变化的生态系统服务价值<sup>[18]</sup>。(4) 关注“三生”用地的耦合协调时空分异。如王成结合国土空间规划“三生”空间理论与耦合协调模型,定量测算乡村三生空间功能及耦合协调度<sup>[19]</sup>;张军涛对中国省域尺度三生空间的耦合协调水平及其空间分布特征进行了实证分析<sup>[20]</sup>。

国内“三生”空间演变格局及其生态环境效应相关研究成果日趋丰富,但多数集中于长江流域和东部发达地区,而对黄河流域和中西部地区的关注较少,特别是地理约束趋强、梯度特征显著、“人—地—城”矛盾突出的上游河谷型城市的新近研究更为缺乏。随着“黄河流域生态保护与高质量发展”上升为重大国家战略<sup>[21]</sup>,如何优化河谷盆地“三生”空间与生态环境,成为支撑黄河上游地区高质量发展的关键。本文以兰州市为例,分析和揭示河谷型城市“三生”空间的竞争格局及其生态环境效应规律,以期对河谷型城市国土空间规划与高质量发展提供决策参考。

## 1 研究区概况、数据来源与研究方法

### 1.1 研究区概况

兰州古称“金城”,是黄河上游典型的高原河谷型城市,甘肃省政治、经济、文化与科技中心,丝绸之路经济带重要的综合性交通枢纽,辖 5 区 3 县(含兰州新区),总面积约为 13 083 km<sup>2</sup>。地势西南高东北低,海拔 1 358~3 670 m,河谷盆地与黄土丘壑发育,分为山地、半山地与河川地,境内分布有黄河、湟水河、大通河、庄浪河、宛川河等黄河流域干流水系。常住人口 379.09 万(2019 年末),城镇化率 81.04%,主要集中分布在不同等级的串珠状河谷盆地之中。

### 1.2 数据来源

1995 年、2018 年两期土地利用数据,来源于中国科

学院资源环境科学数据中心(<http://www.resdc.cn>)的“中国多时期土地利用/土地覆盖遥感监测数据库”(CNLUCC)。该数据基于美国陆地资源卫星 Landsat MSS, TM/ETM 和 Landsat 8, 采用人机交互目视判读方式解译, 总精度 88.95%。CNLUCC 分类体系为两级, 包括耕地、林地、草地、水域、建设用地、未利用地 6 个一级土地利用类型和 25 个二级土地利用类型。DEM 来自地理空间数据云(<http://www.gscloud.cn/>) GDEMDEM 30 m 分辨率数字高程数据。

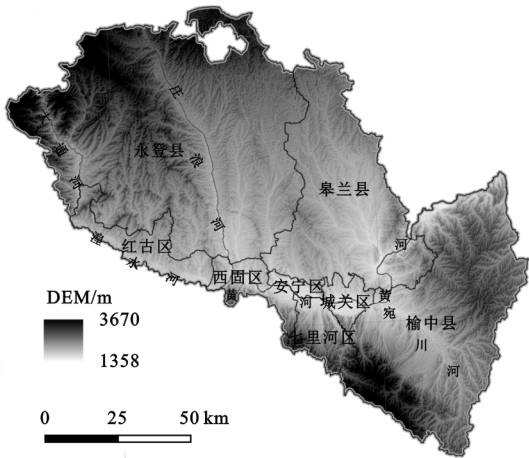


图 1 研究区概况

1.3 研究方法

1.3.1 土地面积变化强度

$$R_i = \frac{S_{i+1} - S_i}{S_i} \times 100\%$$
 (1)

式中:  $R_i$  表示土地面积变化强度;  $S_i$  和  $S_{i+1}$  分别表示土地面积变化前后两个年份对应的某类“三生”用地总面积。

1.3.2 土地类型转移矩阵 土地利用类型转移矩阵可以表示不同类型“三生”用地相互转换的面积及所占比例信息, 进而确定研究区土地转换的主导类型,

其数学表达式如下:

$$S_{ij} = \begin{bmatrix} S_{11} & S_{12} & \cdots & S_{1n} \\ S_{21} & S_{22} & \cdots & S_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ S_{n1} & S_{n2} & \cdots & S_{nn} \end{bmatrix}$$
 (2)

式中:  $S$  表示土地面积;  $n$  为土地利用类型总数;  $i$  和  $j$  分别表示转型前后的土地类型。

1.3.3 土地利用重心 土地利用重心是指研究区内某土地类型的平均分布点位, 土地重心的迁移方向和距离, 可以表示土地在特定方位的变化强度。

$$X_t = \sum_{i=1}^n S_{ti} X_i / \sum_{i=1}^n S_{ti}; Y_t = \sum_{i=1}^n S_{ti} Y_i / \sum_{i=1}^n S_{ti}$$
 (3)

式中:  $X_t$  和  $Y_t$  分别表示研究区第  $t$  年某类用地重心的经度和纬度;  $S_{ti}$  表示第  $i$  个土地斑块的面积;  $X_i$  表示第  $i$  个土地斑块的经度;  $Y_i$  表示第  $i$  个土地斑块的纬度;  $n$  表示该类型土地斑块总数。

1.3.4 海拔与坡度分异 将兰州市分为“1 500 m 及以下, 1 501~2 000 m, 2 001~2 500 m, 2 501~3 000 m, 3 000 m 以上”5 个海拔区间, 以及“0°~2°, 2°~6°, 6°~15°, 15°~25°, 25°及以上”5 个坡度区间, 分析各类“三生”用地面积变化与地形的关系, 探究河谷型城市“三生”空间竞争的地形梯度特征。

1.3.5 生态环境质量指数 依据“生产—生活—生态”土地类型主导功能分类, 结合兰州市土地利用类型特点, 借鉴李晓文与崔佳<sup>[22-23]</sup>的研究成果, 将生产空间划分为农业生产空间(耕地)、工业生产空间(其他建设用地); 生活空间划分为城镇生活空间(城镇用地)、乡村生活空间(农村居民点); 生态空间划分为林地生态空间、草地生态空间、水域生态空间和其他生态空间(裸土地)。“三生”空间的生态环境质量指数见表 1。

表 1 土地类型主导功能分类及其生态环境质量指数

“三生”土地利用主导功能分类		土地利用分类系统的二级分类	生态环境质量指数
一级地类	二级地类		
生产空间	农业生产空间	耕地(旱地)	0.290
	工矿生产空间	其他建设用地	0.150
生活空间	城镇生活空间	城镇用地	0.200
	乡村生活空间	农村居民点	0.200
生态空间	林地生态空间	有林地、灌木林、疏林地、其他林地	0.870
	草地生态空间	高覆盖度草地、中覆盖度草地、低覆盖度草地	0.760
	水域生态空间	河渠、湖泊、水库坑塘、永久性冰川雪地、滩涂、滩地	0.580
	其他生态空间	裸土地	0.025

1.3.6 土地利用功能转型生态贡献率 指某种土地利用主导功能地类变化对所导致的区域生态质量改变的贡献率, 可定量表示各类功能用地的相互转换对区域生态环境的影响, 有利于探讨造成区域生态环境

变化的主导因素<sup>[6]</sup>, 其表达式为:

$$LEI = \frac{LA(LE_t - LE_0)}{TA} \times 100\%$$
 (4)

式中:  $LEI$  表示土地利用功能转型生态贡献率;  $LE_0$

和  $LE_i$  分别表示土地利用功能转型前后的生态环境质量指数;  $LA$  表示发生土地功能转型的面积;  $TA$  表示研究区土地总面积。

## 2 结果与分析

### 2.1 “三生”空间面积变化与转移类型

河谷型城市“三生”空间分布深受地形条件制约影响,伴随着快速城镇化进程,生产、生活空间显著扩张,生态空间总体萎缩,但不同类型、不同区域的生态空间情况有所不同。由附图 3 可以看出,生产空间、生活空间作为人类活动的主要场所,具有靠近河流水源与平整土地的特点,主要分布在黄河干流、湟水河、大通河、庄浪河、宛川河河谷及其支流沟谷地带以及秦王川盆地;生态空间受人类活动干预较小,主要分布在河谷盆地外围的广大黄土丘陵区,近郊的连城、吐鲁沟、兴隆山等森林公园或自然保护区,以及远郊的高海拔山区。

由分析统计可知,1995—2018 年期间,工矿生产空间和城镇生活空间分别扩大为原有的 11.36 倍和 1.94 倍,呈现快速扩张态势,主要集中于秦王川盆地南部(兰州

新区),城关区雁滩、九州、青石片区,安宁区西部,榆中县和平镇与永登、皋兰县城。与此同时,农业生产空间(减少 7.87%)、草地生态空间(减少 2.23%)出现面积萎缩;林地生态空间(增加 3.67%)、水域生态空间(增加 5.19%)面积小幅增加。其他生态空间(裸土地)增加 40.32%。

兰州市“三生”空间类型转换中,农业生产空间和草地生态空间成为转出面积最大的两类用地,“耕—草”互转成为最显著的土地转换方式,说明在农牧交错的黄土高原河谷地区,农牧兼营的生产方式下,“退耕还草”与“占草开耕”的行为同时存在(表 2)。此外,转换面积超过 100 km<sup>2</sup> 的土地转换方式还有:农业生产空间转为工矿生产用地、农业生产空间转为城镇生活用地、农业生产空间转为乡村生活用地、林地生态空间转为草地生态空间、草地生态空间转为工矿生产空间、草地生态空间转为林地生态空间。由此可知,1995—2018 年兰州市快速的土地城镇化进程中,城镇生产—生活空间对耕地和生态空间的挤占较为显著,林地和草地两类生态空间的彼此转换,也较为突出。

表 2 1995—2018 年兰州市“三生”空间转移矩阵 km<sup>2</sup>

转移面积	农业生产空间	工矿生产空间	城镇生活空间	乡村生活空间	林地生态空间	草地生态空间	水域生态空间	其他生态空间
农业生产空间	2421.04	101.86	115.99	101.23	66.27	930.56	18.47	18.29
工矿生产用地	0.27	5.37	11.77	0.05	0.00	0.07	0.62	0.00
城镇生活用地	0.96	0.19	97.59	0.08	0.67	0.51	1.17	0.00
乡村生活用地	57.11	5.08	16.84	86.48	3.40	14.15	1.40	0.29
林地生态空间	52.54	3.13	19.52	5.95	667.34	140.24	3.51	0.85
草地生态空间	926.51	105.31	14.41	17.78	183.72	6646.76	8.47	29.43
水域生态空间	13.11	0.58	4.56	2.43	3.99	8.03	38.79	0.01
其他生态空间	5.87	2.99	0.00	0.23	1.49	15.00	1.99	25.71

### 2.2 “三生”空间梯度分异与重心迁移

兰州市“三生”空间地形梯度特征见表 3—4 所示,农业生产空间在河谷川区和阶地总体萎缩,并向海拔 2 500 m 以上、坡度 15°以上的高海拔坡地“跃迁”,体现出河谷盆地型城市土地开发与“占补平衡”进程中,耕地从河川地逐步被“边缘化”的总体特征,高坪地区农田提灌设备的完善,高原农业生产技术的推广推动了这一进程。工矿生产空间与城镇生活空间在海拔 1 501~2 000 m、坡度 6°以内的河谷地带快速扩张,并向海拔 2 500 m 以内的高台高坪及缓坡地带蔓延,呈现明显的“爬升效应”,主要是受房地产开发和工业园区布局的影响,反映出河谷型城市有限的土地储量与生产、生活用地刚性需求的矛盾。乡村生活空间在各海拔和坡度区间小幅扩张,与农村宅基地的适度发展相符。林地生态空间在河川地区萎缩,较高海拔地区扩张,体现了生态空间在河谷川区让位于

城市建设,转向山区的特征。草地生态空间在各海拔、坡度地区均有萎缩,成为生产、生活空间挤占的重点对象。水域除河谷川地略有萎缩外,均有小幅扩张,是由于伴随着“耕地上山”,相应的水渠、坑塘等水利设施有所增加。其他生态空间(裸土地)在 3 000 m 以上地区因森林恢复而减少,而在 1 500~2 000 m、2°~6°的缓坡台地,以及 6°~15°坡度的黄土丘陵区小幅扩张,主要原因是草地退化与耕地撂荒。

各类空间在河谷盆地内的竞争十分激烈,工矿生产空间、城乡生活空间的扩张在河谷平坦地区占据优势,海拔 2 000 m 以下地区扩张 351.02 km<sup>2</sup>,坡度 6°以下地区扩张 357.42 km<sup>2</sup>。城镇空间在水平和垂直方向具有明显的“扩张效应”与“爬坡效应”,爬坡强度随海拔和坡度增大而递减。由于城镇空间对农业空间、生态空间形成挤占、胁迫和抬升影响,使得耕地质量下降、水土流失等生态风险和隐患不容忽视。



表 3 兰州市“三生”空间海拔分异变化 km<sup>2</sup>

面积变化	≤1500 m	1501~2000 m	2001~2500 m	2501~3000 m	>3000 m
农业生产空间	−1.01	−255.21	−43.68	+3.57	−0.11
工矿生产空间	0.00	+176.47	+29.91	+0.01	0.00
城镇生活空间	+0.29	+174.25	+5.10	0.00	0.00
乡村生活空间	+0.77	+17.51	+10.33	+0.90	−0.02
林地生态空间	−0.10	−20.75	+34.99	+13.51	+6.32
草地生态空间	+0.92	−114.33	−41.90	−17.69	−4.99
水域生态空间	−0.93	+3.40	+2.75	0.00	+2.48
其他生态空间	+0.01	+18.49	+2.16	+0.60	−4.03

注：“+”表示面积增加，“−”表示面积减少。

表 4 兰州市“三生”空间坡度分异变化 km<sup>2</sup>

面积变化	0°~2°	2°~6°	6°~15°	15°~25°	>25°
农业生产空间	−107.22	−158.78	−84.71	+25.98	+28.25
工矿生产空间	+29.57	+75.93	+76.74	+20.20	+3.96
城镇生活空间	+74.09	+84.53	+16.56	+2.76	+1.71
乡村生活空间	+5.30	+12.98	+9.14	+1.86	+0.22
林地生态空间	+2.59	−5.65	+10.06	+16.24	+10.74
草地生态空间	−4.80	−16.11	−39.66	−71.28	−46.16
水域生态空间	−0.59	+0.69	+1.95	+0.54	+1.11
其他生态空间	+1.24	+6.94	+9.99	+3.08	+0.01

注：“+”表示面积增加，“−”表示面积减少。

兰州市“三生”空间重心具有相对独立而明显的位移。城镇空间重心移动幅度明显大于农业空间和生态空间。受到兰州新区开发建设的影响,工矿生产空间重心向北偏东方向迁 23.63 km,城镇生活空间重心向北偏西方向移动 14.50 km,均从安宁区迁移至皋兰县境内。其他生态空间(裸土地)重心向西偏北方向移动 15.42 km,侧面印证了兰州市东南方向的榆中县和平镇、定远镇等地开发强度较大。耕地、林地、水域重心移动幅度较小,说明兰州市农业生产空间与主要生态空间的基本格局保持稳定。

2.3 “三生”空间转型的生态环境效应

“三生”空间因主导功能的差异,致使生态环境质量也存在客观差异,可以通过赋值方法确定各类用地的生态环境质量指数。结合表 1 信息可知,兰州市共有 7 种大小不等的生态环境质量指数。为便于进行生态环境质量的变化分析,将生态环境质量指数由低到高 7 个等级依次赋值为 1~7,对应赋予 1995 年和 2018 年“三生”空间土地栅格,并用 2018 年的生态环境质量数据与 1995 年的生态环境质量数据进行栅格相减运算,将差值在[−2,+2]的像元分布区定义为生态环境质量稳定区,差值在[+3,+6]的像元分布区定义为生态环境质量改善区,差值在[−6,−3]的像元分布区定义为生态环境质量恶化区,结果见图 2。

经计算可得,兰州市生态环境质量稳定区面积 9 960.630 9 km<sup>2</sup>,约占土地总面积的 96.44%,说明全市

生态环境质量总体稳定。生态环境质量改善区面积为 123.668 8 km<sup>2</sup>,约占土地总面积的 1.20%;生态环境质量恶化区面积为 243.700 3 km<sup>2</sup>,约占土地总面积的2.36%。可以得知,兰州市“三生”空间转换面积比例较小,生态环境质量总体平稳,但在“三生”空间的边缘地带,生态改善和生态恶化两种趋势并存,生态改善区面积约为恶化区的 50.76%。生态改善区主要分布在兰州市主城区南部皋兰山,榆中县夏官营与兴隆山,兰州新区西北部的上川镇—秦川镇西部;生态恶化区主要分布在城关区北部的大沙坪、九州片区、青石片区,安宁区北部与北滨河路东段,皋兰县水阜镇、九和镇、黑石镇,以及兰州新区东南部的中川镇和西岔镇一带。全市生态环境质量总体呈现“南高北低”的格局态势,是因为主城区南部地势起伏较大,土地开发难度较大,保留了林草等生态空间,生态环境质量指数较高;而主城区北部存在较多的房产开发项目和工业区项目,“削山造地”使得部分生态空间转为生产与生活空间,加之兰州新区的设立与开发,使得秦王川盆地部分农田和草地转为建设用地,因而北部的生态环境质量指数有所下降。

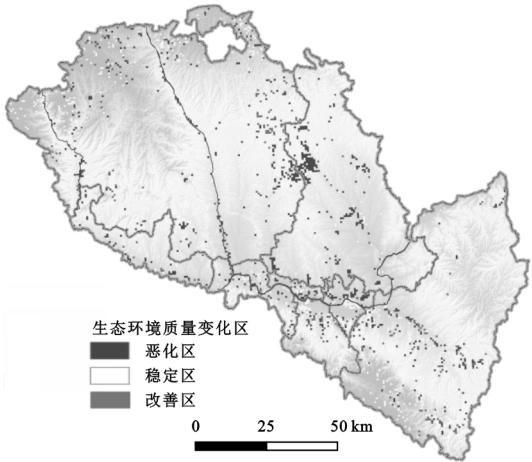


图 2 兰州市生态环境质量变化区

分析不同用地转换方式对生态环境质量变化的贡献,有助于河谷型城市生态风险管控与生态格局优化。研究表明,促进生态环境质量改善的主要行为因素依次为:(1) 退耕还草(LEI=81.39%),广泛分布在黄

土沟壑地区;(2) 退耕还林( $LEI=7.15\%$ ),集中分布在永登县大通河流域连城镇、河桥镇,兰州新区北部上川镇、西岔镇北部,榆中县宛川河流域夏官营镇、金崖镇、龙泉乡;(3) 草地向林地自然演替( $LEI=3.76\%$ ),主要分布在永登县连城自然保护区,吐鲁沟国家森林公园,榆中县兴隆山西部,永登县北部武胜驿镇山区;(4) 荒山草被恢复( $LEI=2.05\%$ ),分布在榆中县兴隆山区新营镇、甘草店镇,G30(连霍高速)北龙口沿线,以及永登县七山乡南部—苦水镇西部山区。致使生态恶化的主要行为因素依次为:(1) 占草开耕( $LEI=63.63\%$ ),广泛分布在黄土沟壑地区;(2) 占草开工( $LEI=9.83\%$ ),集中分布在兰州新区东南部,安宁区—皋兰县毗邻的部分房地产企业开发用地,皋兰县水阜镇、九和镇与黑石镇,以及城关区九州、青石片区等地;(3) 占林开耕( $LEI=4.66\%$ ),主要分布在永登县大通河谷两侧(连城镇、河桥镇)与庄浪河沿岸,红古区湟水河沿线,西固区柴家台,七里河区 G75 兰海高速北段及八里窑镇,榆中县兴隆山山麓局部地区。(4) 草地退化( $LEI=3.31\%$ ),主要分布在永登县苦水镇西部山区,榆中县清水驿乡东部山区,高崖镇,园子岔乡,以及城关区北部青石片区。

### 3 结论

(1) 以兰州市为代表的河谷型城市,发展空间深受地形约束,“三生”空间竞争冲突十分剧烈。城乡生活空间和工矿生产空间以河谷川区为中心,呈现“立体式”快速扩张,“爬坡”效应明显,受兰州新区建设影响重心明显北移,对农业生产空间和生态空间形成较强的挤占、胁迫与抬升作用。

(2) 受城镇空间扩张冲击和生态环境建设影响,草地生态空间大幅减少,农业生产空间总体减少,但林地和水域生态空间小幅增长,均向更高海拔和坡度的外围郊区转移;其他生态空间(裸土地)以中等海拔与坡度地区为核心有所扩大,水土流失、土地荒漠化、撂荒和地产开发等因素引致的生态风险不容忽视。

(3) 兰州市生态环境质量总体稳定,呈现“南高北低”的格局态势,主城区边缘的山麓台地以及兰州新区南部成为“三生”空间竞争的主要地区,改善区面积只占恶化区的 50.76%。耕地和草地的相互转换,成为影响全市生态环境质量变化的主要贡献因素,退耕还林、草地向林地演替、荒山草被恢复是生态改善的重要因素,占草开工、占林开耕、草地退化是生态恶化的重要因素。

狭窄的地域空间约束与城市发展扩张对土地的需求,是导致河谷型城市“三生”空间竞争的主要原因。兰州市未利用土地资源较少,后备土地资源严重不足,生

态空间被生产空间与生活空间挤占、压缩的过程中,生态风险依然较大,这与汪建珍等之前的研究结论一致<sup>[24]</sup>;在兰州市生态环境质量变化的区域差异方面,由于研究时段和测度方法的差异,与潘翔的研究结论存在一定共识和不同之处<sup>[25]</sup>。建议在兰州市国土空间规划与管控过程中,加强对草地生态功能的重视,处理好生态保护红线、永久基本农田与城镇开发边界的关系。受方法手段和数据精度影响,本研究尚存在一定局限性,例如针对生态环境效应的变化测度,只针对土地类型转换导致的部分,对于其他细节因素(如植被种类差异、时相变化、气候变化等)引起的下垫面变化暂未考虑;生态环境质量指数的赋值主要引用已有研究作为依据,存在一定程度的主观性;对于生态空间的划分,未考虑不同植被覆盖度造成的内部差异等,今后将针对这些问题开展深入研究。

#### 参考文献:

- [1] 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.
- [2] Perring M P, De Frenne P, Baeten L, et al. Global environmental change effects on ecosystems: The importance of land-use legacies[J]. Global Change Biology, 2016,22(4):1361-1371.
- [3] Güneralp B, Seto K C, Ramachandran M. Evidence of urban land teleconnections and impacts on hinterlands[J]. Current Opinion in Environmental Sustainability, 2013,5(5):445-451.
- [4] 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.
- [5] 李欣,方斌,殷如梦,等.江苏省县域“三生”功能时空变化及协同/权衡关系[J].自然资源学报,2019,34(11):2363-2377.
- [6] 黄金川,林浩曦,漆潇潇.面向国土空间优化的三生空间研究进展[J].地理科学进展,2017,36(3):378-391.
- [7] 苑韶峰,唐奕钰,申屠楚宁.土地利用转型时空演变及其生态环境效应:基于长江经济带 127 个地级市的实证研究[J].经济地理,2019,39(9):174-181.
- [8] 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.
- [9] 焦露,薛哲进,尹剑,等.“三生空间”视角下喀斯特地区土地利用转型的生态环境效应:以贵州省为例[J].生态经济,2020,36(4):206-212.
- [10] 白如山,刘恺恺.合肥都市圈“三生空间”演化格局及生态效应测度[J].中国名城,2019(3):16-23.
- [11] 罗刚,廖和平,李强,等.基于“三生空间”的土地利用主导功能转型及其生态环境响应:以重庆市巴南区为例[J].西南大学学报:自然科学版,2018,40(4):105-113.