

# 成都平原城市群 2000—2019 年土地利用变化及其生态环境效应

王晶<sup>1</sup>, 侯兰功<sup>1</sup>, 何小勤<sup>2</sup>, 刘涛<sup>1</sup>, 邓莹佳<sup>1</sup>

(1.西南科技大学 土木工程与建筑学院, 四川 绵阳 621000; 2.湖州师范学院, 浙江 湖州 313000)

**摘要:** [目的] 分析与测度快速城镇化背景下成都平原城市群土地利用变化及其对生态环境的影响, 为优化该区域土地利用结构以及生态环境治理提供理论依据。[方法] 以 2000—2019 年的成都平原城市群土地利用数据为基础, 分析成都平原城市群的土地利用时空变化特征, 并对该区域土地利用变化产生的生态效应进行定量分析。[结果] ①2000—2019 年成都平原城市群土地利用变化面积呈现典型“四增两减”特征, 其中增加和减少最多的分别为建设用地(增加 1 704.59 km<sup>2</sup>)和耕地(减少 911.04 km<sup>2</sup>); 此外, 建设用地以及水域动态变化明显。②2000—2019 年, 林地是成都平原城市群最为重要的生态用地, 其重要程度高达 53.81%, 而建设用地、水域、未利用地的生态价值重要性均未超过 2%; 在城市扩展状态下, 耕地、林地、建设用地及草地 4 类用地变动对该区域生态影响较大, 合计用地变动生态价值贡献率为 94.76%。③在研究期间, 成都平原城市群生态环境指数呈先降后升的特征。总的来看, 该区域生态环境质量保持着动态稳定, 2015 年后呈现相对上升的趋势。[结论] 政府应该管控土地利用方式, 集约利用建设用地, 保护耕地质量、数量, 着重落实保护林草地政策, 恢复和改善成都平原城市群生态环境, 以便有效提升城市群发展的可持续性。

**关键词:** 土地利用变化; 生态环境效应; 快速城镇化; 成都平原; 城市群

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2022)01-0360-09

中图分类号: X821, U412.1<sup>+</sup>4

**文献参数:** 王晶, 侯兰功, 何小勤, 等. 成都平原城市群 2000—2019 年土地利用变化及其生态环境效应 [J]. 水土保持通报, 2022, 42(1): 360-368. DOI: 10.13961/j.cnki.stbctb.2022.01.047; Wang Jing, Hou Langong, He Xiaoqin, et al. Land use change and its eco-environmental effects in urban agglomeration of Chengdu Plain during 2000—2019 [J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2022, 42(1): 360-368.

## Land Use Change and Its Eco-environmental Effects in Urban Agglomeration of Chengdu Plain During 2000—2019

Wang Jing<sup>1</sup>, Hou Langong<sup>1</sup>, He Xiaoqin<sup>2</sup>, Liu Tao<sup>1</sup>, Deng Yingjia<sup>1</sup>

(1.School of Civil Engineering and Architecture, Southwest University of Science and

Technology, Mianyang, Sichuan 621000, China; 2.Huzhou Normal University, Huzhou, Zhejiang 313000, China)

**Abstract:** [Objective] Land use change and its impacts on the ecological environment of the urban agglomeration of Chengdu Plain under the influence of rapid urbanization were analyzed and measured in order to provide a theoretical basis for optimizing land use structure and ecological environment management in the region. [Methods] Based on land use data from 2000 to 2019, the characteristics of land use changes in space and time for the urban agglomeration of Chengdu Plain were analyzed. The ecological effects of land use changes were then analyzed quantitatively in the region. [Results] ① The area of land use change in the urban agglomeration of Chengdu Plain from 2000 to 2019 showed typical characteristics of “four increases and two decreases”, of which the largest increase and decrease were construction land (an increase of 1 704.59 km<sup>2</sup>) and cultivated land (decrease 911.04 km<sup>2</sup>), respectively. In addition, the construction land and waters

收稿日期: 2021-08-08

修回日期: 2021-09-20

资助项目: 浙江省科技厅软科学课题“促进浙江省养老与健康产业融合发展的机制与对策”(2018C35063); 2019 年度浙江省哲学社会科学规划课题重点课题(19NDJC003Z)

第一作者: 王晶(1998—), 女(汉族), 四川省成都市人, 硕士研究生, 研究方向为区域发展与规划。Email: 576856416@qq.com。

通信作者: 侯兰功(1979—), 男(汉族), 安徽省淮南市人, 博士, 副教授, 主要从事区域发展与规划研究。Email: soundskyhlg@163.com。

changed significantly over time. ② During 2000—2019, forest land had been the most important ecological land in the urban agglomeration, and its importance was as high as 53.81%, while the importance of the ecological value of construction land, water area, and unused land did not exceed 2%. In the state of urban expansion under the following conditions, changes in the four types of land use of cultivated land, forest land, construction land, and grassland had a greater impact on the ecology of the region, and the total ecological value contribution rate of changes in land use was 94.76%. ③ The ecological environment index of the urban agglomeration during the study period showed a pattern of decreasing first and then increasing. In general, the quality of the ecological environment in the region remained dynamic and stable, showing a relatively upward trend after 2015. [Conclusion] The government should control land use patterns, make intensive use of construction land, protect the quality and quantity of cultivated land, focus on implementing policies to protect forests and grasslands, and restore and improve the ecological environment of the urban agglomeration of Chengdu Plain, so as to enhance the sustainability of urban agglomeration development effectively.

**Keywords:** land use change; eco-environmental effects; rapid urbanization; Chengdu Plain; urban agglomeration

土地是人类赖以生存的资源载体,土地利用变化是由人类活动与环境变迁相互作用下产生的一种复杂转变<sup>[1-2]</sup>。自改革开放以来,随着中国经济快速发展,城市化进程加快,城市建设用地进一步扩张,从而导致土地利用本底格局发生巨大改变,人地矛盾突出,植被破坏、土地荒漠化、水土流失以及土壤污染等生态环境问题<sup>[3-4]</sup>频频出现。随着全球环境变化研究的不断深入,学术界普遍认为土地利用变化是引发生态环境变化的重要因素之一,其中土地利用/覆被变化与生态环境之间有着密切且复杂内在联系,土地利用要素改变往往会造成各种生态环境问题<sup>[5-6]</sup>。对于快速城镇化地区,人类活动的干扰强烈,土地利用对生态环境的影响更为复杂,揭示土地利用变化规律及其生态效应特征,对于建设区域生态文明及可持续发展具有重要意义。

19 世纪以来,世界范围内的工业化、城镇化提速明显,城市问题突出,城镇化地区的土地利用变化引起的环境效应得到广泛关注。在 19 世纪中期,George Perkins Marsh 出版了《Man and Nature》,首次探讨论述了土地利用变化与生态环境之间的关系,为协调土地利用变化与生态环境提供了理论指导<sup>[7-9]</sup>。1995 年土地利用/覆被变化研究计划由 IGBP 和 IHDP 共同发起<sup>[10-11]</sup>,使全球土地利用变化与生态环境效应之间的联系更加紧密。之后提出“全球土地计划”,进一步推动了土地利用/覆被变化的生态环境效应研究,使土地利用/覆被变化的重心落在对生态环境的影响上。国外学者对土地利用/覆被变化及其生态环境效应的研究,主要是从土地利用变化对大气环境的影响、对水资源的影响以及对土壤的影响等单一自然因素方面进行研究<sup>[12-14]</sup>。中国学者对于土地利用/覆被变化的研究着重于城市化地区以及生态环

境敏感区两个区域。尹占娥等<sup>[15]</sup>分析了典型快速化区域浦东新区土地利用变化特征,发现土地利用变化会引起一系列的生态环境问题。张芳怡等<sup>[16]</sup>发现苏州市生态环境质量下降是由于耕地向建设用地转换,生态环境质量上升是由耕地向水域转换导致。黄忠华等<sup>[17]</sup>认为快速城镇化地区建设用地的增加或减少是影响生态环境的主要原因。且早期国内关于城镇化所导致的土地利用变化的生态效应研究,主要集中于土地利用变化对土壤、水环境以及生物多样性等单一生态要素的影响<sup>[18-19]</sup>,部分学者分析了土地利用变化对景观格局及生态质量等生态效应的影响<sup>[20-21]</sup>,后期扩展到土地利用变化对区域整体生态环境的影响研究<sup>[22-25]</sup>。研究范围集中于东南沿海经济发达区域<sup>[26-27]</sup>,而对于西部快速城镇化区域和经济发展核心区域关注较少,同时西南地区城镇化快速发展下所引起的环境问题亟待解决。

成都平原城市群是四川省核心经济区域以及城镇化进程较快的典型区域,作为西南地区重要发展区域之一,在快速城镇化背景下城市扩展与生态环境之间的矛盾突出,具有一定代表性。鉴于此,本文以 2000—2019 年的成都平原城市群土地利用数据为基础,首先分析城市群的土地利用时空变化特征,然后对该区域土地利用变化及其生态环境效应进行定量分析,以期对西部城市群土地资源管理和城市开发、建设提供理论支持和实践参考,同时为中国城市群的土地利用管理、生态环境保护等相关政策的制定提供参考。

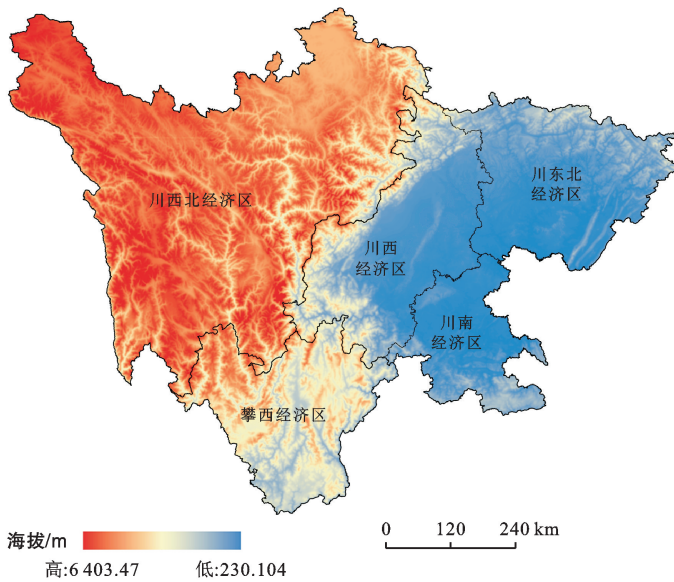
## 1 研究区概况与研究方法

### 1.1 研究区概况

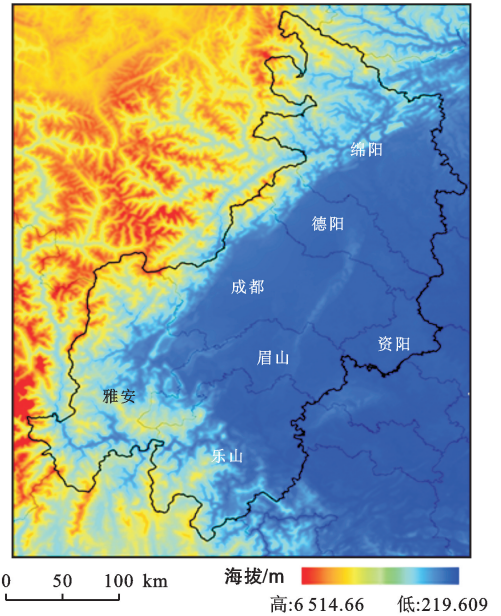
成都平原城市群位于中国四大盆地之一的四川盆地的西部,大部分位于川西平原地区(图 1),位于

29°25′—33°02′N 和 102°49′—105°03′E 之间,具体包括成都、德阳、眉山、乐山、雅安、资阳(不含安岳)、绵阳(不含盐亭)7 个地级市,形成了西部敞口的地理环状带,总面积约  $8.10 \times 10^4 \text{ km}^2$ ,是典型的平原城市群。成都平原城市群 2019 年常住人口  $3.53 \times 10^7$  人,GDP 达到  $2.70 \times 10^{12}$  元,占全省的 58%,处于四川省核心经济区域,是四川省城市群中经济基础最好、综合实力最强的经济区。统计发现,成都平原城市群城

镇化率由 2000 年的 34.22% 提升至 2019 年的 55.2%,其年均增长率为 1.2%,处于明显的快速城镇化阶段<sup>[28]</sup>。在此背景下,人口的大规模集中导致土地利用发生急剧变化,城市群建设用地扩张导致大量耕地被占用。近 20 a 来,成都平原城市群建设用地面积由  $1\,986.19 \text{ km}^2$  扩展至  $3\,690.59 \text{ km}^2$ ,快速城镇化背景下的土地利用变化必将对生态环境产生一系列影响亟待解决。



a 四川省城市群空间分布



b 成都平原城市群规划范围

图 1 成都平原城市群空间分布及规划范围

## 1.2 数据来源与处理

本研究采用 2000—2019 年 5 期土地利用数据,遥感影像数据均来自地理空间数据云(<http://www.gscloud.cn/>) (表 1)。运用 ENVI5.3 中 Seamless Mosaic 工具镶嵌,再利用 Subset Data from ROIs 工具裁剪,经 ERDAS IMAGINE9.3 中图像增强、辐射定标、大气矫正、裁剪等步骤,利用最大似然法对假彩色影像进行监督分类后得到。利用 Google Earth 的高分辨率影像对分类结果进行对比修正处理,最后随机选取 500 个样本点对修正后分类结果进行精度验证,使吻合度基本一致,总体精度均大于 85%,能够为这次研究提供数据支持。

土地利用分类采用中国科学院资源环境数据库中的土地利用分类系统<sup>[29]</sup>,本文根据该系统土地资源利用方式和覆盖特征将其分为两级:①一级主要根据土地的资源属性和利用属性分为耕地、林地、草地、水域、建设用地和未利用土地 6 种类型;②二级主要根据土地自然属性分为 22 种类型(水田、旱地、有林地、灌木林、疏林地、其他林地、高覆盖草地、中覆盖草

地、低覆盖草地、河渠、湖泊、水库坑塘、永久性冰川雪地、滩地、城镇用地、农村居民点、其他建设用地、沙地、盐碱地、沼泽地、裸土地、裸岩石质地)。

表 1 成都平原城市群影像来源

年份	卫星	云量	时间段	kappa 系数	检验精度/%
2000	Landsat4—5 TM	≤5	7—9 月	0.946 7	86.73
2005	Landsat7 ETM TM	≤5	7—9 月	0.915 4	85.26
2010	Landsat7 ETM TM	≤5	7—9 月	0.964 3	87.86
2015	Landsat8 OLI_TIRS	≤5	7—9 月	0.924 6	88.72
2019	Landsat8 OLI_TIRS	≤5	7—9 月	0.914 7	88.34

受文章篇幅影响,本文在进行土地利用变化及转移分析时将土地利用类型归并为一级类进行分析;为了更加深刻的反映土地利用变化对其生态效应的影响,本文生态环境效应部分采用土地利用二级分类体系。为建立土地利用变化与生态环境质量的数量关系,本文参考李晓文等<sup>[22]</sup>,方创琳等<sup>[30]</sup>的研究成果,对 22 个土地利用类型所具有的生态环境质量进行模糊赋值(表 2)。



表 2 成都平原城市群土地利用分类系统及生态环境指数赋值

编号	一级类	二级类	生态质量指数赋值
1	耕地	水田	0.30
		旱地	0.25
2	林地	有林地	0.95
		灌木林	0.65
		疏林地	0.45
		其他林地	0.40
3	草地	高覆盖草	0.75
		中覆盖草	0.45
		低覆盖草	0.20
4	水域	河渠	0.55
		湖泊	0.75
		水库坑塘	0.55
		永久性冰川雪地	0.90
5	建设用地	滩地	0.55
		城镇用地	0.20
		农村居民点	0.20
		其他建设用地	0.15
		沙地	0.01
6	未利用地	盐碱地	0.05
		沼泽地	0.65
		裸岩石质	0.01
		裸土地	0.05

### 1.3 研究方法

#### 1.3.1 土地利用变化分析

(1) 土地利用转移矩阵。土地利用转移矩阵来自于系统分析中对系统状态与状态转移的定量描述<sup>[31]</sup>。转移矩阵是将各地类土地利用变化的转移面积按矩阵形式排列,通过这一矩阵可以分析土地利用结构变化以及方向变化。其表达形式如下:

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

式中: $S_{ij}$ 表示初期的第*i*种土地利用类型转变为末期的第*j*种土地利用类型的面积;*i*,*j*分别为研究初期与末期的土地利用类型;*n*为土地利用类型的数目。转移矩阵中,行表示初期的第*i*种土地利用类型,列表示末期的第*j*种土地利用类型。

(2) 用地变化率指数。用地变化率指数,是指研究期间内,土地利用类型*i*从研究初期到研究末期单位面积发生的改变,反映不同用地类型的变动态强度特征。其计算公式为:

$$K_i = \frac{LU_{it1} - LU_{it0}}{LU_{it0}} \times \frac{1}{T} \quad (2)$$

式中: $K_i$ 为研究时段内某一种用地类型的变化率; $LU_{it0}$ 和 $LU_{it1}$ 分别表示研究期内初期和末期某类生态用地土地利用类型*i*的面积;*T*为研究时段。

1.3.2 用地生态价值重要性计算方法 土地利用类型通常按照一定的生态环境视角来划分,土地利用类型的不同,导致其生态环境质量具有明显差异<sup>[32]</sup>。

(1) 城市群各类用地生态价值重要性研究方法,能够表征区域内各类用地类型占该区域生态价值总量的重要程度。其公式为:

$$Ev_i = LU_i C_i \quad (3)$$

$$Evr_i = \frac{LU_i C_i}{\sum_{i=1}^{22} LU_i C_i} \times 100\% \quad (4)$$

式中: $LU_i$ 为研究期内成都平原城市群各类用地的面积; $C_i$ 为各类用地*i*的生态环境指数; $Evr_i$ 为各类用地*i*的生态价值重要性。

(2) 城市群扩展的生态价值贡献率。城市群扩展的生态价值贡献率研究方法,能够反映研究期间内同一用地类型的生态价值变动情况及其对城市群生态价值变动总量的干扰程度,即贡献率。计算公式为:

$$Lecv_i = \frac{(Ev_{imax} - Ev_{imin})}{\sum_{i=1}^6 (Ev_{imax} - Ev_{imin})} \times 100\% \quad (5)$$

式中: $Ev_{imax}$ 为某类土地利用类型*i*在研究期间的最大生态价值; $Ev_{imin}$ 为某类土地利用类型*i*在研究期间的最小生态价值; $Lecv_i$ 为城市群扩展的生态价值贡献率。

1.3.3 城市群生态环境质量指数 综合考虑区域内各土地利用所具有的生态质量及面积比例,以EV值定量表征某一区域内生态环境质量的总体状况,EV值越大,表示生态环境质量越高,反之,生态环境质量越低。其表达式为:

$$EV_t = \sum_{i=1}^N LU_i \times C_i / TA \quad (6)$$

式中: $EV_t$ 为区域生态环境质量指数; $LU_i, C_i$ 为该区域内*t*时期第*i*种土地利用类型的面积和生态环境指数;*TA*为该区域总面积;*N*为区域内土地利用类型数量。

1.3.4 用地转移的生态质量动态演化 城市群土地利用转移的生态质量动态演化,指某一种土地利用类型变化所导致的城市群生态质量的改变,主要分为生态环境改善及恶化两类。其计算公式为:

$$LEI = (LE_{t+1} - LE_t) LA / TA \quad (7)$$

式中: $LEI$ 为土地利用转移的生态质量动态影响;其表征每一种变化类型所体现的一种生态价值流,使得城市群内部某一区域的生态价值上升或降低。 $LE_t$ ,



$LE_{t+1}$  为某种土地利用变化类型所反映的变化初期和末期土地利用类型所具有生态质量指数; LA 为该变化类型的面积; TA 为区域总面积。

## 2 结果与分析

### 2.1 成都平原城市群土地利用时空演化分析

2.1.1 土地利用时空变化分析 2000—2019 年成都平原城市群土地利用变化总体呈“四增两减”的趋势(表 3), 建设用地、林地、水域、未利用地面积增长, 草地、耕地面积减少。其中, 建设用地面积增加最大, 增加面积 1 704.60 km<sup>2</sup>, 主要发生在成都市中心城区边缘; 耕地减少面积最大, 减少面积 1 722.51 km<sup>2</sup>, 大多发生在城区与近郊区的交界处、原有农村居民点处以及各区县及县城附近。

分阶段来看, 2000—2010 年成都平原城市群土地利用变化主要为建设用地、林地、未利用地以及水域 4 类用地面积增加, 耕地、草地 2 类用地面积减少。其中, 建设用地增加最多为 914.52 km<sup>2</sup>, 占 2010 年年

积比例为 31.53%, 表明 2000—2010 年随着研究区城镇化的快速推进, 城市空间拓展, 建设用地扩张迅速; 耕地减少最多为 911.04 km<sup>2</sup>, 国民经济建设和房地产开发占用耕地, 耕地呈持续减少趋势。2010—2019 年成都平原城市群土地利用变化主要为建设用地、水域用地面积增加, 耕地、林地、草地、未利用地用地面积减少。

2010—2019 年土地利用变化特征与 2000—2010 年相似, 建设用地仍旧增加最多, 增长面积 790.07 km<sup>2</sup>, 年均增长面积 79.01 km<sup>2</sup>, 占 2019 年面积比例为 21.41%, 但建设用地面积增长速度明显放缓, 新增建设用地面积同比下降 13.3%, 表明成都平原城市群有效落实“有保有压”的调控政策, 内涵挖潜, 积极盘活存量建设用地, 节约集约用地水平持续提升。同时, 耕地仍为减少面积最大的地类, 表明受国家围绕生态环境制订的一系列生态保护政策影响, 成都平原城市群实施退耕还林政策效果显著, 相比于 2000—2010, 2010—2019 年耕地面积净减少明显放缓。

表 3 2000—2019 年成都平原城市群土地利用面积变化特征

土地利用类型	2000 年	2010 年	2019 年	km <sup>2</sup>			
				2000—2010 年		2010—2019 年	
				总幅度	年变化幅度	总幅度	年变化幅度
草地	10 521.65	10 009.01	9 991.43	-512.64	-46.60	-17.59	-1.76
耕地	36 622.38	35 711.34	34 899.87	-911.04	-82.82	-811.47	-81.15
建设用地	1 986.25	2 900.77	3 690.84	914.52	83.14	790.07	79.01
林地	26 657.91	27 006.19	26 938.50	348.27	31.66	-67.69	-6.77
水域	892.35	947.93	1 054.47	55.58	5.05	106.54	10.65
未利用土地	164.42	270.81	267.88	106.39	9.67	-2.93	-0.29

2.1.2 土地利用转移分析 2000—2010 年耕地转向建设用地面积为 1 064.62 km<sup>2</sup>, 比例最大, 转移位置主要集中在各城市边缘区, 建设用地对近郊耕地的侵占(图 2)。其中, 成都市耕地转换为建设用地趋势最明显, 这与其作为区域核心、经济发展较快密不可分。其

次, 耕地转向林地面积较大, 转移面积为 975.88 km<sup>2</sup>, 转移位置主要集中于西部丘陵与平原的交汇地带, 平原地区分布较少且分散。出现这一趋势主要是由于农业种植结构调整(由传统粮食种植向林果种植转变)以及退耕还林政策的影响。

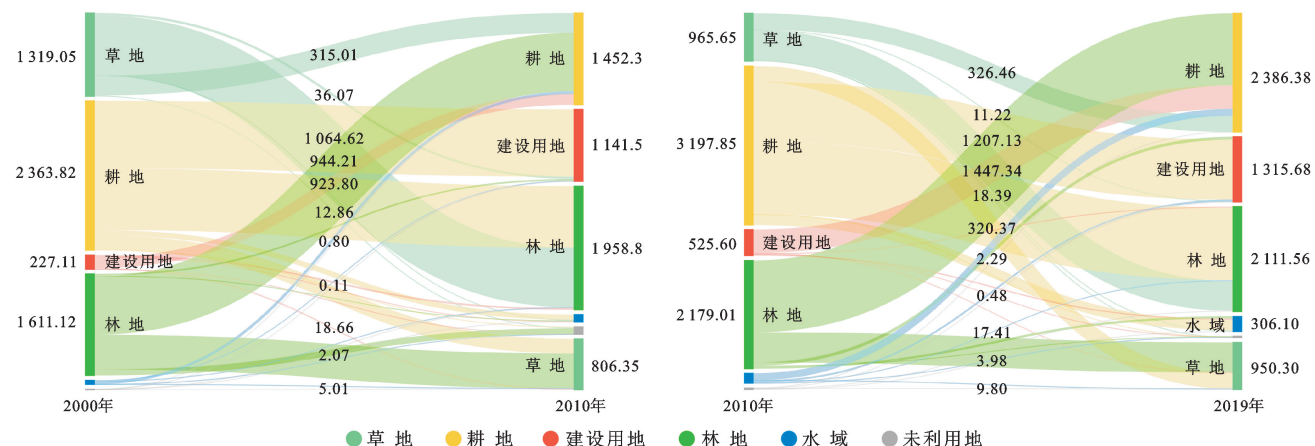


图 2 2000—2019 年成都平原城市群主要土地利用类型面积转移特征

2010—2019 年期间,耕地转向林地最为激烈,转移面积为 1 456.59 km<sup>2</sup>;林地转向耕地 1 447.34 km<sup>2</sup>;耕地转向建设用地 1 207.13 km<sup>2</sup>,其原因仍为受退耕还林、耕地保护政策以及城镇化快速发展的影响。由 2000—2010,2010—2019 两期成都平原城市群土地利用转移数据得出,2010—2019 年期间土地利用转移强度高于 2000—2010 年,表现为 2010—2019 年期间耕地转建设用地面积、林草转建设用地面积、水域转建设用地的面积比 2000—2010 年期间所对应的转移面积分别增加 142.51,10.3,20.93 km<sup>2</sup>。

**2.1.3 变化率特征分析** 根据城市群用地变化率指数计算结果如图 3 所示。2000—2010 年成都平原城市群用地变化率较高的土地利用类型为两类:建设用地(6.47%)、未利用地(4.60%),增加面积分别为:914.52,106.39 km<sup>2</sup>。2010—2019 年,研究区用地变化率较高的土地利用类型包括两类:建设用地(3.03%)、水域(1.25%),增加面积分别为:790.07,106.54 km<sup>2</sup>。通过近 20 a 用地变化率指数的计算表明建设用地变化速率最为明显,体现了研究区正处于快速城镇化的过程中,城市空间快速拓展,建设用地增长迅速;对未利用地的开发强度不断增强,使得土地后备资源充足;水域变化速率明显,表明国家退耕还湖政策推行效果明显。

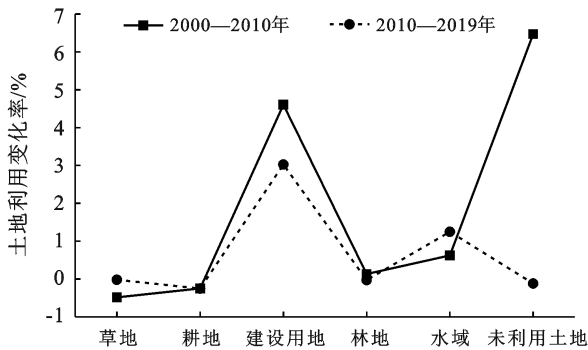


图 3 2000—2019 年成都平原城市群不同时段土地利用变化率

## 2.2 成都平原城市群土地利用变化生态环境效应分析

**2.2.1 生态价值重要性分析** 近 20 a 来成都平原城市群林地的生态价值重要性最高为 53.81%,且基本保持稳定,对生态价值的影响较大(图 4)。其中,有林地是林地二级分类中生态价值重要性最高的子类型,其平均重要性为 31.02%,其次疏林地生态价值影响也较大为 12.44%,在以后的城市群土地利用过程中,尽量减少对有林地、疏林地的侵占并提升其质量,避免生态价值的减少,保持良好的生态环境。其中,除林地生态价值重要性较高外,草地及耕地对研究区

的生态价值影响也较大,生态价值重要性平均值分别为 15.16%,26.82%。其高覆盖草地和中覆盖草地的平均值分别为 6.79%,8.34%,旱地、水田为 14.68%,12.94%。其中建设用地、水域、未利用地平均重要性均未超过 2%,对研究区的生态价值影响较小。各类用地类型之间的生态价值重要性差异显著,表明在城市群扩展过程中,要注重对林地、耕地、草地及其主导重要性子类型的保护与合理利用,将其生态价值影响发挥到最大,避免在城市群扩展过程中造成生态价值降低。其中 2000—2019 年建设用地增加最多,但建设用地生态价值重要性较小为 1.98%。

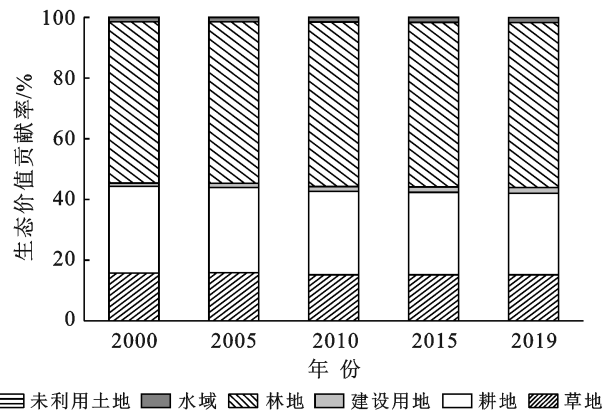


图 4 2000—2019 年成都平原城市群不同用地类型变化的生态价值重要性及年际变化特征

**2.2.2 用地扩展生态价值贡献率分析** 近 20 a 来成都平原城市群建设用地面积增加了 1 704.4 km<sup>2</sup>,生态用地面积减少了 1 705.67 km<sup>2</sup>,两者的变化对生态环境都产生影响。计算城市群扩展的生态价值贡献率(图 5)。如图 5 所示,不同用地类型变动的生态贡献率差异较大,介于 0.02%~36.10%。其中耕地(36.10%)、林地(25.42%)、建设用地(18.14%)以及草地(15.08%)4 类用地变动生态价值贡献率较大,合计用地变动生态价值贡献率为 94.76%。这表明在城市群扩展过程中这 4 类用地变化对生态环境产生影响较大,在往后城市群扩展过程中需注意这 4 类用地的变动速度及规模,而水域、未利用地变动对生态贡献率较小,其用地变化对生态环境影响较小。

**2.2.3 成都平原城市群生态环境变化及原因分析** 在研究期间,成都平原城市群生态环境指数呈先降后升的特征,2000—2019 年的区域生态环境质量指数分别为 0.453 8,0.453 7,0.458 6,0.458 0 及 0.458 6,其年均上升 0.024%。结果表明,2000—2019 年期间成都平原城市群总体生态环境较为稳定,区域总体生态环境质量稳定。

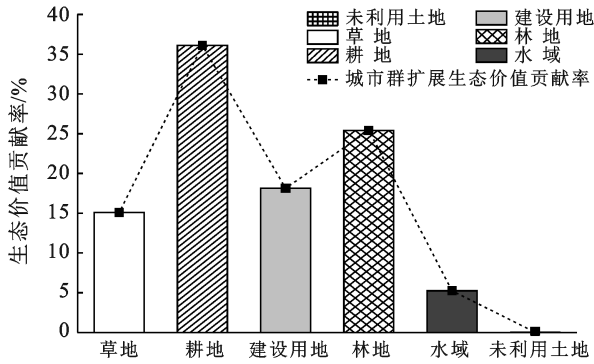


图 5 2000—2019 年成都平原城市群扩展的生态价值贡献率

成都平原城市群内部生态环境质量又分为改善和恶化两种趋势,这两种趋势在城市群内部相互抵消,使城市群生态环境质量保持总体稳定。研究区一级类土地利用转变贡献率较大的转移类型为耕地转林地、草地转林地,占改善贡献率的 81.44%(图 6)。

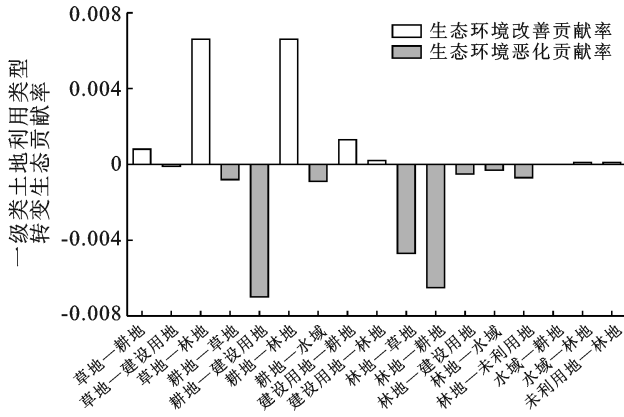


图 6 2000—2019 年成都平原城市群一级类土地利用类型转变生态贡献率

对该区域生态环境恶化贡献率较大的转移类型为耕地转建设用地、林地转草地以及林地转耕地,占恶化贡献率的 84.86%。在此期间,退耕还林是生态环境改善的主要原因,耕地、林地被其他用地占用是生态环境恶化的主要原因。因二级类用地生态特征更为明显,本文进一步分析了 2000—2019 年二级类土地利用转移特征,详细分析生态环境改善与恶化的趋势。

2000—2019 年导致成都平原城市群生态环境质量改善的因素主要有退耕还林、还草和耕地内部转化、林地和草地之间及其内部转化,主要表现为生态质量指数较低的用地类型向生态质量指数较高的用地类型转化(表 4)。其中,退耕还林草部分占生态贡献率的 37.11%,林地内部转化部分占生态贡献率的 33.13%,林地和草地用地之间的转化占生态贡献率的 9.55%。近 20 a,导致研究区生态环境质量恶化的主要原因是城乡建设用地规模扩大、毁林毁草、围湖造田、林地内部的转化以及林地和草地之间的转化,表现为生态质量指数较高的用地向生态质量指数较低的用地转化。其中,耕地转化为建设用地部分占生态贡献率的 9.69%,林地和草地之间的转换部分占生态贡献率的 9.90%,林地内部转化部分占生态贡献率的 17.17%,毁林草造田部分占生态贡献率的 41.56%。由此可见,林地与草地的退化是研究区生态环境质量恶化的主导原因,而林地与草地的增加以及其质量改善是生态环境提升的主导因素。总体上,成都平原城市群虽同时存在生态环境改善和恶化两种趋势,但两种趋势一定程度上抵消,使其生态环境质量总体保持动态稳定趋势。

表 4 2000—2019 年成都平原城市群导致区域生态环境变化的主要土地利用类型变化及贡献率

环境变化	二级类土地利用变化	变化面积/km <sup>2</sup>	贡献率	占总贡献率比例/%	环境变化	二级类土地利用变化	变化面积/km <sup>2</sup>	贡献率	占总贡献率比例/%
导致生态环境改善	疏林地—有林地	61 323.75	0.015 1	35.81	导致生态环境恶化	灌木地—旱地	29 895.75	0.005 9	22.43
	旱地—灌木地	27 409.5	0.005 4	12.80		有林地—旱地	10 113.75	0.003 5	13.28
	旱地—有林地	13 698	0.004 7	11.20		有林地—疏林地	8 640	0.002 1	8.10
	旱地—疏林地	19 687.5	0.001 9	4.60		疏林地—旱地	20 934	0.002 1	7.85
	灌木地—有林地	11 394	0.001 7	3.99		灌木地—水田	8 572.5	0.001 5	5.63
	旱地—高覆盖草地	6 603.75	0.001 6	3.86		中覆盖草地—旱地	14 202	0.001 4	5.33
	中覆盖草地—有林地	5 697	0.001 4	3.33		有林地—中覆盖草地	4 218.75	0.001 0	3.96
	低覆盖草地—有林地	3 757.5	0.001 4	3.29		水田—旱地	41 418	0.001 0	3.88
	疏林地—高覆盖草地	9 072	0.001 3	3.18		高覆盖草地—疏林地	5 100.75	0.000 8	2.87
	旱地—中覆盖草地	12 892.5	0.001 3	3.01		有林地—水田	1 914.75	0.000 6	2.33
	旱地—水田	45 798.75	0.001 1	2.67		有林地—高覆盖草地	5 890.5	0.000 6	2.21
	水田—灌木地	5 458.5	0.000 9	2.23		有林地—裸土地	1 185.75	0.000 5	2.00
	水田—有林地	1 962	0.000 6	1.49		灌木地—疏林地	5 283	0.000 5	1.98
	高覆盖草地—有林地	5 985	0.000 6	1.40		有林地—灌木林	2 727	0.000 4	1.53
	中覆盖草地—高覆盖草地	3 534.75	0.000 5	1.24		有林地—裸岩石质地	733.5	0.000 3	1.29
中覆盖草地—灌木地	5 103	0.000 5	1.19	疏林地—水田	4 556.25	0.000 3	1.28		
合计	239 377.5	0.040 2	95.29	合计	165 386.25	0.022 6	85.98		



### 3 结论

成都平原城市群自然条件优越,经济发展水平较高,是城市群扩展土地利用变化研究样本区域。本研究运用成都平原城市群土地利用数据,分析 2000—2019 年该区域土地利用变化特征,并探讨了城市群扩展对生态环境质量的影响。

(1) 2000—2019 年成都平原城市群土地利用变化面积呈现典型“四增两减”特征。2000—2010, 2010—2019 土地利用变化特征相似,增加及减少最多的用地均为建设用地与耕地,但在 2010—2019 年用地变化趋势放缓。近 20 a,用地转换主要为耕地转向林地、耕地向建设用地转化;其耕地转移林地发正在西部丘陵与平原的交汇地带,耕地转移建设用地发生在各城市主城区与近郊区交界处以及各区县附近。

(2) 成都平原城市群土地利用变化对生态环境影响显著。研究时段内,林地的年均生态价值重要性高达 53.81%,占主导优势。土地利用变动对生态价值的影响差异较大,用地变动对生态价值贡献率较高的为耕地、林地、建设用地、草地 4 类,合计贡献率为 94.76%。

(3) 2000—2019 年期间成都平原城市群生态环境质量基本保持稳定,生态环境质量呈现改善和恶化两种趋势并存的局面,区域生态环境质量指数由 0.453 8 上升至 0.458 6。导致研究区生态环境变化的原因主要为林草地面积增加或减少。

### 4 讨论

本文以成都平原城市群为研究对象,揭示快速城镇化背景下成都平原城市群土地利用变化及其生态环境效应,为城市群生态环境保护以及生态环境可持续发展提供科学依据。成都平原城市群用地变化特征主要为:建设用地大面积增加,耕地减少较多,用地转换为耕地转向林地及建设用地,但此变化特征与 2020 新《土地管理法实施条例》中的严格控制耕地转为非耕地以及建设用地应尽量不占或少占耕地等条例相悖。所以,在成都平原城市群往后土地利用规划中,应按照新《土地管理法实施条例》严格管控土地利用方式,注重土地利用有序性,强化土地利用集约管理机制,保护修复区域生态环境。落实耕地保护政策,严守 18 亿亩( $1.20 \times 10^8 \text{ hm}^2$ )耕地红线,保护耕地的数量和质量,严格控制成都平原城市群耕地转为非耕地;节约集约利用该区域建设用地,合理控制建设用地的增量,提高建设用地土地利用效率;认真践行林地、草地保护政策,将荒地转为高质量生态用地,以

强化成都平原城市群林地保护、生态修复等手段,将成都平原城市群建设成为青山、绿水、田园、河流等多种形态并存的生态系统,以可容许的生态环境容量调控成都平原城市群的人口与产业的集聚规模,降低城市群扩展对生态环境产生的负面影响,提升城市群发展的可持续性。成都平原城市群现有耕地面积占比较高,其东部地区蓝绿空间相对较少,在快速发展中土地利用与生态环境质量都将发生巨大的变化,如何协调生态用地与建设用地之间的关系,以区域差异视角优化城市群用地结构,从而实现高质量发展有待深入研究。

#### [ 参 考 文 献 ]

- [1] 吴琳娜,杨胜天,刘晓燕,等.1976 年以来北洛河流域土地利用变化对人类活动程度的响应[J].地理学报,2014,69(1):54-63.
- [2] 张占录,赵茜宇.土地利用的八维空间解析[J].人文地理,2018,33(6):9-17.
- [3] 王兆华,王莉霞,贾永健.河西地区土地利用变化的生态环境效应研究[J].安徽农业科学,2006,34(1):160-161,163.
- [4] 白娥,薛冰.土地利用与土地覆盖变化对生态系统的影响[J].植物生态学报,2020,44(5):543-552.
- [5] 张杨,刘艳芳,顾渐萍,等.武汉市土地利用覆被变化与生态环境效应研究[J].地理科学,2011,31(10):1280-1285.
- [6] 廉耀康,王维邦,张震域,等.黑河中下游土地覆被变化与驱动力分析[J].人民黄河,2018,40(2):57-62.
- [7] 张新荣,刘林萍,方石,等.土地利用、覆被变化(LUCC)与环境变化关系研究进展[J].生态环境学报,2014,23(12):2013-2021.
- [8] Pimentel D, Harvey C, Resosudarmo P, et al. Environmental and economic costs of soil erosion and conservation benefits [J]. Science, 1995,267(5201):1117-1123.
- [9] Loomes R, O'Neill K. Nature's Services: Societal Dependence on Natural Ecosystems [J]. Pacific Conservation Biology, 1997,6(2):220-221.
- [10] 杜习乐,吕昌河,王海荣.土地利用/覆被变化(LUCC)的环境效应研究进展[J].土壤,2011,253(3):350-360.
- [11] 刘纪远,宁佳,匡文慧,等.2010—2015 年中国土地利用变化的时空格局与新特征[J].地理学报,2018,73(5):789-802.
- [12] Yamashita R, Matsumoto J, Takata K, et al. Impact of historical land-use changes on the Indian summer monsoon onset [J]. International Journal of Climatology, 2015,35(9):2419-2430.
- [13] Cunha A P M A, Alvalá R C S, Kubota P Y, et al. Impacts of land use and land cover changes on the climate over Northeast Brazil [J]. Atmospheric Science Letters, 2015,16(3):219-227.

- [14] Ngo T S, Nguyen D B, Rajendra P S. Effect of land use change on runoff and sediment yield in Da River Basin of Hoa Binh Province, Northwest Vietnam [J]. *Journal of Mountain Science*, 2015, 12(4): 1051-1064.
- [15] 尹占娥, 许世远. 上海浦东新区土地利用变化及其生态环境效应[J]. *长江流域资源与环境*, 2007, 16(4): 430-434.
- [16] 张芳怡, 邢元志, 濮励杰, 等. 苏州市土地利用变化的生态环境效应研究[J]. *水土保持研究*, 2009, 16(5): 98-103.
- [17] 黄忠华, 杜雪君. 快速城市化地区土地利用变化的生态环境效应: 以杭州市中心城区为例[J]. *水土保持通报*, 2015, 35(6): 223-229.
- [18] 曹茜, 于德永, 孙云, 等. 土地利用/覆盖变化与气候变化定量关系研究进展[J]. *自然资源学报*, 2015, 30(5): 880-890.
- [19] 牛璐珍, 石英. 土地利用/覆盖变化研究进展综述[J]. *东南大学学报(哲学社会科学版)*, 2014, 16(S1): 25-26, 97.
- [20] 李保杰. 矿区土地景观格局演变及其生态效应研究: 以徐州市贾汪矿区为例[D]. 江苏 徐州: 中国矿业大学, 2014.
- [21] 欧维新, 杨桂山, 于兴修, 等. 盐城海岸带土地利用变化的生态环境效应研究[J]. *资源科学*, 2004, 26(3): 76-83.
- [22] 李晓文, 方创琳, 黄金川, 等. 西北干旱区城市土地利用变化及其区域生态环境效应: 以甘肃河西地区为例[J]. *第四纪研究*, 2003, 23(3): 280-290.
- [23] 赵晶晶, 张玮, 高伟明, 昌黎黄金海岸国家级自然保护区土地利用/覆被变化及驱动力分析[J]. *水土保持研究*, 2012, 19(6): 211-216.
- [24] 张杨, 刘艳芳, 丁庆, 等. 1996—2006 年武汉市土地利用/覆被变化研究[J]. *生态环境学报*, 2010, 19(11): 2534-2539.
- [25] 侯蕾, 彭文启, 刘培斌, 等. 永定河上游流域土地利用变化及生态环境效应研究[J]. *中国水利水电科学研究院学报*, 2017, 15(06): 430-438.
- [26] 刘云霞, 陈爽, 姚士谋, 等. 南京市域土地利用变化对生态环境影响的圈层结构分析[J]. *南京林业大学学报(自然科学版)*, 2008, 32(2): 29-33.
- [27] 吕立刚, 周生路, 周兵兵, 等. 区域发展过程中土地利用转型及其生态环境响应研究: 以江苏省为例[J]. *地理科学*, 2013, 33(12): 1442-1449.
- [28] Zhang Chen, Li Yangfan, Xiong Shu, et al. Regional environmental risk assessment and management guide for rapid urbanization process of a city cluster in China [J]. *Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal*, 2016, 22(2): 283-301.
- [29] 张景华, 封志明, 姜鲁光. 土地利用/土地覆被分类系统研究进展[J]. *资源科学*, 2011, 33(6): 1195-1203.
- [30] 方创琳, 高倩, 张小雷, 等. 城市群扩展的时空演化特征及对生态环境的影响: 以天山北坡城市群为例[J]. *中国科学: 地球科学*, 2019, 49(9): 1413-1424.
- [31] 王秀兰, 包玉海. 土地利用动态变化研究方法探讨[J]. *地理科学进展*, 1999, 18(1): 81-87.
- [32] 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.

(上接第 359 页)

- [7] 孙天瑶, 李雪梅, 许民, 等. 2000—2018 年塔里木河流域植被覆盖时空格局[J]. *干旱区地理*, 2020, 43(2): 415-424.
- [8] 齐敬辉, 牛叔文, 马利邦, 等. 2000—2014 年疏勒河流域植被覆盖时空变化[J]. *生态与农村环境学报*, 2016, 32(5): 757-766.
- [9] 李晓蕾, 徐丽萍, 位宏, 等. 叶尔羌河流域植被覆盖度时空变化分析[J]. *西部林业科学*, 2019, 48(4): 86-93.
- [10] 岳强, 翟鹏芳. 汾河生态保护与流域高质量发展的关联特征: 基于河流沿线城市数据的实证研究[J]. *山西师大学报(社会科学版)*, 2021, 48(3): 98-106.
- [11] 张韵婕, 桂朝, 刘庆生, 等. 基于遥感和气象数据的蒙古高原 1982—2013 年植被动态变化分析[J]. *遥感技术与应用*, 2016, 31(5): 1022-1030.
- [12] 徐勇, 奚砚涛, 刘欣婷. 2000—2013 年江苏省植被覆盖度时空变化特征[J]. *西南农业学报*, 2016, 29(2): 437-444.
- [13] 孟浩斌, 周启刚, 李明慧, 等. 基于 MODIS 像元尺度的三峡库区植被覆盖度变化的地形分布特征[J]. *长江流域资源与环境*, 2020, 29(8): 1790-1799.
- [14] 蔡宏, 何政伟, 安艳玲, 等. 基于 RS 和 GIS 的赤水河流域植被覆盖度与各地形因子的相关强度研究[J]. *地球与环境*, 2014, 42(4): 518-524.
- [15] 田地, 刘政, 胡亚林. 福州市植被覆盖度时空特征及与地形因子的关系[J]. *浙江农林大学学报*, 2019, 36(6): 1158-1165.
- [16] 陈家良, 夏建国, 余雨红. 基于 RS 和 GIS 的雅安市植被覆盖度与地形因子相关分析[J]. *安徽农业科学*, 2020, 48(5): 88-92.
- [17] 熊俊楠, 张昊, 彭超, 等. 汶川地震灾区植被覆盖度变化与地形因子的关系[J]. *水土保持通报*, 2018, 38(3): 24-31, 37.
- [18] 张诗羽, 张毅, 王昌全, 等. 岷江上游流域植被覆盖度及其与地形因子的相关性[J]. *水土保持通报*, 2018, 38(1): 69-75.