

# 大城市周边耕地变化强度与稳定性

## ——以长江经济带的典型城市为例

刘慧<sup>1</sup>, 胡业翠<sup>1,2</sup>, 郭泽莲<sup>1</sup>

[1.中国地质大学(北京)土地科学技术学院,北京100083;2.自然资源部土地整治重点实验室,北京100035]

**摘要:** [目的] 探讨大城市周边耕地变化的特征,旨在为实现城市集中扩张区域耕地资源的可持续利用和国土空间的高质量发展提供关键依据。[方法] 以分别位于长江经济带上的上、中、下游的三个典型大城市—成都、武汉、上海为例,基于土地利用转移矩阵和土地利用变化强度分析框架,深入阐述了长时间序列下三大城市周边耕地变化强度及稳定性特征,进而探索城市扩张与优质耕地保护的协同机制。[结果] ①1990—2020年,三大城市周边耕地总面积持续降低,优质耕地不断流失、补充耕地压力大,中期耕地流失情况最为严重。武汉市在后期基本实现耕地占补平衡。②1990—2020年,长江经济带大城市整体表现为土地利用的快速变化,仅成都市在前期表现为慢速变化。③1990—2020年,长江经济带大城市周边耕地的转出和建设用地的转入一直呈现活跃状态,耕地转入则保持稳定状态。2010年后成都和武汉的建设用地转出开始活跃。④1990—2020年,长江经济带大城市周边耕地向建设用地的转变过程呈现出稳定的倾向性系统转换模式,建设用地转入主要来源于耕地。[结论] 未来长江经济带大城市周边需要科学制定刚弹结合的耕地管控策略,并从区域生态安全的角度实现对耕地的多功能保护,建立多元化耕地保护激励体系。

**关键词:** 土地利用; 强度分析; 耕地变化; 稳定性; 长江经济带

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2024)06-0200-10

中图分类号: F301.21

**文献参数:** 刘慧, 胡业翠, 郭泽莲. 大城市周边耕地变化强度与稳定性[J]. 水土保持通报, 2024, 44(6): 200-209. DOI:10.13961/j.cnki.stbctb.2024.06.022; Liu Hui, Hu Yecui, Guo Zelian. Intensity of change and stability of cultivated land around large cities [J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2024, 44(6): 200-209.

## Intensity of Change and Stability of Cultivated Land Around Large Cities —Taking Typical Cities in Yangtze River Economic Belt as Examples

Liu Hui<sup>1</sup>, Hu Yecui<sup>1,2</sup>, Guo Zelian<sup>1</sup>

[1. School of Land Science and Technology, China University of Geosciences (Beijing), Beijing 100083, China; 2. Key Laboratory of Land Remediation, Ministry of Natural Resources, Beijing 100035, China]

**Abstract:** [Objective] The characteristics of cultivated land changes around large cities were studied to provide a key basis for realizing the sustainable utilization of cultivated land resources and high-quality development of national space in the concentrated expansion areas of cities. [Methods] Three typical large cities in the upper, middle, and lower sections of the Yangtze River economic belt (Chengdu, Wuhan and Shanghai City) were selected as examples. Based on a land-use transfer matrix and a framework for analyzing the intensity of land-use change, it elaborated on the intensity and stability characteristics of cultivated land change around the three big cities over a long period and explored the synergistic mechanism between urban sprawl and the protection of high-quality cultivated land. [Results] ① The total area of cultivated land around the three major cities decreased continuously between 1990 and 2020, with the loss of high-quality cultivated land and the pressure to replenish cultivated land, and the loss of cultivated land in the middle of

收稿日期: 2024-03-25

修回日期: 2024-07-26

资助项目: 自然资源部中国国土勘测规划院课题“长江经济带大城市周边农业空间格局优化路径研究”

第一作者: 刘慧(1998—), 女(蒙古族), 内蒙古自治区包头市人, 硕士研究生, 研究方向为土地资源管理。Email: 15049284922@163.com。

通信作者: 胡业翠(1978—), 女(汉族), 山东省淄博市人, 教授, 博士生导师, 主要从事土地利用与区域可持续发展方面的研究。Email: huyc@163.com。

the period was the most serious. Wuhan City achieved a balance between occupation and compensation for cultivated land during the late stage. ② The big cities in the Yangtze River economic belt showed rapid land-use changes between 1990 and 2020, and only Chengdu City showed slow changes in the early period. ③ The transfer out of cultivated land and the transfer in of construction land around the big cities in the Yangtze River economic belt had been active between 1990 and 2020, whereas the transfer in of cultivated land had remained stable; the transfer out of construction land in Chengdu and Wuhan City began to be active after 2010. ④ The conversion process of cultivated land to construction land around the big cities in the Yangtze River economic belt between 1990 and 2020 showed a stable tendency systematic conversion pattern, and the transfer in of construction land mainly originated from cultivated land. [Conclusion] In the future, it will be necessary to scientifically formulate a rigid and elastic combination of cultivated land control strategies, realize the multifunctional protection of cultivated land from the perspective of regional ecological security, and establish a diversified cultivated land protection incentive system around the large cities of the Yangtze River economic belt.

**Keywords: land use; intensity analysis; cultivated land change; stability; Yangtze River economic belt**

土地利用变化作为全球气候变化和全球环境变化的核心驱动力之一,已经引起了国际社会的广泛关注<sup>[1]</sup>。它不仅深刻影响着全球生态系统的稳定性和服务功能,还对全球粮食安全、水资源管理以及生物多样性保护等可持续发展目标产生了重要影响<sup>[2-5]</sup>。近年来,随着中国经济社会的高速发展,长江经济带城市扩张过快、土地利用时空格局剧烈变化已成为显著问题,特别是大城市周边的土地利用变化尤为突出<sup>[6-7]</sup>。这些变化不仅改变了土地的自然属性和生态系统结构,还对城市的经济、社会和环境系统产生了深远影响。因此,研究大城市周边土地利用变化,特别是耕地变化,遏制城市扩张侵占耕地、维持区域耕地总量对长江经济带城市可持续发展显得尤为重要<sup>[8-9]</sup>。此外,虽然土地利用转移矩阵作为一种标准方法被广泛用于分析土地利用变化的数量结构特征,但其在揭示土地利用类型间相互转化信息方面仍存在局限性<sup>[10-12]</sup>。因此,Aldwaik S. Z.等<sup>[13]</sup>在2012年设计了一套以转移矩阵为基础分析土地利用变化强度的理论框架,该框架从系统论的角度描述了土地利用的变化过程<sup>[14]</sup>,自上而下地从三个维度全面分析土地利用变化的大小和强度:间隔层次、地类层次和转化层次<sup>[15]</sup>,为深入理解土地利用变化过程提供了有力支持。

目前长江经济带土地利用的研究多集中于城市整体的相关研究<sup>[8-9]</sup>,缺乏城市集中扩张区域(如大城市周边)的研究。本研究基于长江经济带上、中、下游三个典型大城市(成都、武汉和上海)的长时间序列遥感监测数据,运用强度分析框架对大城市周边的耕地变化进行深入研究。在理论层面上,本研究将强度分析框架应用于多个大城市周边耕地变化的研究,丰富了该领域的理论基础和研究方法。通过对比分析不

同城市间的土地利用变化特征,可以更深入地理解城市扩张与耕地保护之间的关系,为制定更科学的土地利用政策提供理论依据。其次,从实践层面来看,本研究的结果对于长江经济带大城市的可持续发展具有重要意义。长江经济带作为中国经济发展的重要战略区域<sup>[16]</sup>,其土地利用结构的变化直接影响着区域的生态安全、经济发展和社会稳定。通过揭示大城市周边耕地变化的稳定性特征,可以为长江经济带大城市的农业空间格局优化提供科学依据,为土地政策的制定提供有力支持。同时,这也有助于推动长江经济带的国土空间向高质量方向发展,实现经济效益、社会效益和生态效益的协调统一。综上所述,本研究通过深入分析长江经济带上、中、下游三个典型大城市周边的耕地变化强度,不仅有助于丰富土地利用变化研究的理论基础和实践经验,还将为长江经济带的可持续发展提供有力支持。

## 1 研究区概况

长江经济带是与国家发展全局紧密相关的关键战略发展区,横跨中国东、中、西三大区域,地处 $97^{\circ}21'8''$ — $122^{\circ}57'7''$ E,  $21^{\circ}9'41''$ — $35^{\circ}7'24''$ N,覆盖9个省和2个直辖市,总面积约 $2.05 \times 10^6$  km<sup>2</sup>,地形气候适宜、交通发达,区域GDP贡献超过全国的40%,是目前中国经济产业密度最高,人口最密集地区之一。因此,长江经济带在支撑国家战略,促进国家经济发展中具有重要意义。近年来,经济社会迅猛发展之下,长江经济带的城市扩张步伐显著加快,土地利用时空格局剧烈变化。本文选取位于长江经济带上、中、下游的三大典型城市(成都、武汉和上海)辖区为研究区,旨在通过具体案例反映长江经济带大城市周边土地利用状况。成都、武汉和上海等大城市在长

江经济带高质量发展中发挥着引领作用。成都作为长江经济带上游的璀璨明珠,凭借其独特的地理位置成为西南地区的重要经济、科技、文化中心;武汉处长江中游,被誉为“九省通衢”,是连接东西、贯通南北的重要交通枢纽;上海作为长江经济带的龙头城市和国际化大都市,其经济总量和综合实力均位居全国前列。

## 2 数据来源与研究方法

### 2.1 数据来源

本研究所采用的数据来源于中国科学院资源环境科学与数据中心(<https://www.resdc.cn/>),包括成都市、武汉市和上海市 1990,2000,2010 和 2020 年 4 期土地利用遥感监测数据(分辨率为 30 m),以及根据 1:1 000 000 土壤类型图和第二次土壤普查获取到的土壤剖面数据编制而成的中国土壤质地空间分布数据。依据长江经济带的土地利用实际情况和研究目标,参考《土地利用现状分类》(GB/T 21010—2017),将数据分为耕地、林地、草地、水域、建设用地和未利用土地 6 类。根据农用地分等定级规程,构建评价体系计算得到耕地质量数据。

### 2.2 土地利用变化强度分析

强度分析是一种以土地利用转移矩阵为基础、自上而下的解释性框架<sup>[13]</sup>,从间隔、地类和转化 3 个层次层层递进对土地利用变化及不同土地利用类型之间的转化机制进行了深入解释,后一层次是对前一层次更详细地分析。

**2.2.1 间隔层次** 间隔层次主要反映整个时间间隔内的土地利用面积( $S$ )、观察变化强度 $[S(t)]$ 和平均变化强度( $U$ )之间的关系。通过计算不同时间阶段土地利用变化的强度,并将其与平均变化强度进行对比分析。以  $U$  为基准,如果  $S(t) > U$ ,则这一时间阶段内的土地利用经历了快速变化,反之则变化缓慢。若每个时间间隔的  $S(t)$  都相等,则  $S(t) = U$ ,说明在整个研究期间土地利用变化始终保持稳定,不同时间间隔内土地利用变化均匀<sup>[15-17]</sup>。

$$S(t) = \frac{\left\{ \sum_{j=1}^J \left[ \left( \sum_{i=1}^J C_{ij} \right) - C_{ij} \right] \right\} / \left[ \sum_{j=1}^J \left( \sum_{i=1}^J C_{ij} \right) \right]}{Y_{t+1} - Y_t} \times 100\% \quad (1)$$

$$U = \frac{\sum_{t=1}^{T-1} \left\{ \sum_{j=1}^J \left[ \left( \sum_{i=1}^J C_{ij} \right) - C_{ij} \right] \right\} / \left[ \sum_{j=1}^J \left( \sum_{i=1}^J C_{ij} \right) \right]}{Y_T - Y_1} \times 100\% \quad (2)$$

式中: $J$  为地类总数; $C_{ij}$  为  $i$  类土地在时间间隔  $t$  内转为  $j$  类土地的数量; $Y_t$  为时间间隔  $t$  的期初时间节点, $Y_{t+1}$  为时间间隔  $t$  的期末时间节点; $Y_T - Y_1$  代表整个研究期。

**2.2.2 地类层次** 基于间隔层次,地类层次主要揭

示了在特定的时间阶段内,土地利用类型的不同增减模式,探讨面积增减的强度变化,并将这种变化强度分为活跃和稳定两类。采用年平均增加强度( $G_{ij}$ )和年平均减少强度( $L_{ii}$ )作为解释特定类型土地利用变化的指标<sup>[18]</sup>。由  $S(t)$  可知各时间间隔内的观察变化强度,若  $G_{ij}$  或  $L_{ii} > S(t)$ ,则表示该地类的增加或减少处于活跃状态;否则,该土地利用类型的变化则处于稳定状态。年平均增加强度( $G_{ij}$ )和年平均减少强度( $L_{ii}$ )公式分别为:

$$G_{ij} = \frac{\left[ \left( \sum_{i=1}^J C_{ij} \right) - C_{ij} \right] / (Y_{t+1} - Y_t)}{\sum_{i=1}^J C_{ij}} \times 100\% \quad (3)$$

$$L_{ii} = \frac{\left[ \left( \sum_{i=1}^J C_{ij} \right) - C_{ii} \right] / (Y_{t+1} - Y_t)}{\sum_{i=1}^J C_{ij}} \times 100\% \quad (4)$$

式中: $G_{ij}$  为  $j$  类土地在时间间隔  $t$  内的增加变化强度; $L_{ii}$  为  $i$  类土地在时间间隔  $t$  内的减少变化强度。

**2.2.3 转化层次** 转化层次揭示了土地利用类型间的转换与占用是处于活跃状态还是保持稳定,从而对转移矩阵转换信息提供更为系统、详细的挖掘。在考虑到地类  $n$  的增长方式时,式(5)和(6)明确定义了某一地类  $n$  的增长在某个特定的时间阶段内是来源于还是被转化为非  $n$  地类。式(5)给出了当  $i \neq n$ ,每种地类  $i$  转化为地类  $n$  时,其变化强度  $R_{in}$  的变化情况。对于不同时间间隔,式(6)定义了当地类  $n$  增长时,它的年平均转变变化强度  $W_m$ <sup>[15]</sup>。

$$R_{in} = \frac{C_{in} / (Y_{t+1} - Y_t)}{\sum_{j=1}^J C_{ij}} \quad (5)$$

$$W_m = \frac{\left[ \left( \sum_{i=1}^J C_{in} \right) - C_{in} \right] / (Y_{t+1} - Y_t)}{\sum_{j=1}^J \left[ \left( \sum_{i=1}^J C_{ij} \right) - C_{mj} \right]} \quad (6)$$

若  $R_{in} = W_m$ ,则地类  $n$  从不同地类  $i$  中同比例获取相同转入面积,地类  $n$  从不同地类  $i$  获取转入的过程是均匀的;当  $R_{in} > W_m$  时,表明地类  $n$  的增长倾向于占据  $i$  类土地;当  $R_{in} < W_m$  时,表明地类  $n$  的增长避免于对  $i$  类土地的占用。如果在整个研究期内,地类  $n$  均倾向于或避免于占据  $i$  类土地,表明地类  $n$  对  $i$  类土地的占用过程具有稳定性。

## 3 结果与分析

### 3.1 三大城市周边耕地变化特征分析

通过对成都、武汉和上海市辖区 1990,2000,2010 年和 2020 年 4 期土地利用栅格数据进行统计,得到成都市、武汉市和上海市 1990—2000,2000—

2010, 2010—2020年耕地变化统计表(表1)。由表1可知, 1990—2020年长江经济带三大典型城市耕地总面积整体上经历了持续降低的变化过程, 其中: 2000—2010年间耕地减少情况最为突出, 2010—2020年耕地面积的变化整体表现出缩小趋势。三大城市中, 武汉市的补充耕地面积远多于成都市和上海市, 且只有武汉市在2010—2020年间耕地面积出现

了小幅增加(24 km<sup>2</sup>), 基本达到耕地占补平衡。1990—2020年间成都市、上海市补充耕地和占用耕地的面积都有所上升, 且耕地面积年变化率在2010年均开始下降, 由此可见这两个城市的耕地资源在研究期内逐步走向动态平衡, 但占用的耕地面积始终超过了补充的耕地面积, 反映了成都市和上海市的补充耕地压力均比较大。

表1 1990—2020年长江经济带典型城市耕地变化

Table 1 Cultivated land change in typical cities of Yangtze River economic belt from 1990 to 2020

年份	城市	耕地总面积/km <sup>2</sup>	占用耕地/km <sup>2</sup>	补充耕地/km <sup>2</sup>	耕地变化面积/km <sup>2</sup>	耕地面积年变化率/%
1990—2000	成都	3 668.54	-196.64	4.48	-192.16	-4.98
	武汉	5 242.43	-175.33	30.30	-145.03	-2.69
	上海	4 554.50	-196.64	4.48	-192.16	-4.98
2000—2010	成都	3 203.66	-495.26	30.48	-464.88	-12.67
	武汉	4 761.07	-586.25	104.95	-481.36	-9.18
	上海	3 775.68	-495.29	30.48	-464.88	-12.67
2010—2020	成都	2 904.22	-510.35	210.91	-299.44	-9.35
	武汉	4 785.06	-414.43	438.12	23.99	0.50
	上海	3 332.47	510.35	210.91	-299.44	-9.35

### 3.2 三大城市周边耕地转化特征分析

叠加分析1990年和2020年的土地利用数据, 得到1990—2020年成都市、武汉市和上海市辖区耕地转化类型表(表2)。由表2可知, 三大城市优质耕地流失问题始终较为突出, 一方面是城市建设用地不断占用周边优质耕地, 导致高肥力耕地的流失; 另一方面, 新增耕地质量和数量均不达标, 间接导致耕地的流失。1990—2020年间转为草地、建设用地、林地和水域的耕地绝大部分为优质耕地, 部分为较差耕地, 耕地转入面积远低于转出面积, 其中除对建设用地的把控之外, 其他地类补充耕地多为质量较差的耕地。其中上海市耕地减少量最多, 为1 638.93 km<sup>2</sup>, 与1990年相比减少了32.97%, 且均为优质耕地。上海市在补充耕地质量方面对建设用地把控比较严格, 但补充耕地面积远远低于其对耕地的占用面积, 此外, 补充的耕地质量差, 无法直接投入使用, 间接造成耕地数量与质量的减少, 因此上海市耕地占补平衡和进出平衡需要在区域层面进行协调。

### 3.3 三大城市辖区耕地变化强度特征分析

3.3.1 间隔层次变化分析 计算并对比成都、武汉和上海1990—2020年3个时间间隔(1990—2000, 2000—2010和2010—2020年)的土地利用变化面积及变化强度(图1)。由图1可知, 三大城市在1990—2020年期间整体表现为土地利用的快速变化, 其中

只有成都市在1990—2000年间的土地利用变化表现为慢速变化, 说明在此期间成都市的城市化进程较为缓慢, 自1999年实施西部大开发战略以来, 成都市的城市化步伐加快引起了土地利用格局快速变化。在整个研究期内, 三大城市的土地利用变化强度都呈现出显著的上升趋势, 上海市的土地利用年平均变化强度最大( $U_{上海} = 0.47\%$ ), 其次是武汉市( $U_{武汉} = 0.28\%$ ), 成都市的年平均变化强度最小( $U_{成都} = 0.23\%$ )。此外, 在3个时间阶段内上海市的土地利用变化强度均高于武汉市和成都市。从图左侧的面积变化可以看出, 1990—2020年间三大城市的土地利用变化面积呈稳定态势。

3.3.2 地类层次变化分析 图2为成都市(图2a)、武汉市(图2b)和上海市(图2c)市辖区1990—2000, 2000—2010与2010—2020年土地利用强度的地类层次变化。整体来看, 三大城市的耕地减少变化强度在不同时间间隔内都大于平均变化强度, 表明在1990—2020年间耕地的转出一直处于活跃状态, 局部来看, 只有武汉市的耕地减少变化强度在2010—2020年期间小于平均变化强度, 耕地的转出保持稳定状态。与此相反, 三大城市建设用地的增加变化强度在1990—2000, 2000—2010与2010—2020年间均大于平均变化强度, 表明三大城市建设用地的转入在1990—2020年间一直保持活跃状态。此外, 除了成

都市的耕地增加变化强度在 2000—2010 年间大于平均变化强度,三大城市的耕地增加变化强度在 1990—2020 年间均小于平均变化强度,反映出三大城市耕地的转入在 1990—2020 年间整体上保持稳

定;成都市和武汉市的建设用地减少变化强度在 2010—2020 年间大于平均变化强度,表明成都市和武汉市在 2010 年后建设用地的转出开始活跃,两个城市建设用地的发展方向开始转变。

表 2 1990—2020 长江经济带典型城市耕地转化类型

Table 2 Cultivated land conversion types in typical cities of Yangtze Rive economic belt from 1990 to 2020

城市	耕地转化为其他地类				其他类型转化为耕地			
	转化地类	面积/ km <sup>2</sup>	比例/%	耕地质量 等级	转化地类	面积/ km <sup>2</sup>	比例/%	耕地质量 等级
成 都	耕地→草地	5.31	0.47	1	草地→耕地	1.24	0.69	4
	耕地→建设用地	1 024.54	90.18	1	建设用地→耕地	97.26	54.10	1
	耕地→林地	84.17	7.41	4	林地→耕地	67.47	37.53	4
	耕地→水域	21.99	1.94	1	水域→耕地	13.77	7.66	4
	耕地→未利用地	0.13	0.01	—	未利用地→耕地	0.03	0.01	—
	合计	1 136.15	100.00	—	合计	179.77	100.00	—
武 汉	耕地→草地	3.00	0.42	2	草地→耕地	1.81	1.66	2
	耕地→建设用地	511.01	71.84	2	建设用地→耕地	23.70	21.75	2
	耕地→林地	28.81	4.05	2	林地→耕地	22.09	20.27	2
	耕地→水域	165.32	23.24	2	水域→耕地	58.52	53.71	2
	耕地→未利用地	3.16	0.44	—	未利用地→耕地	2.84	2.61	—
	合计	711.30	100.00	—	合计	108.96	100.00	—
上 海	耕地→草地	24.27	1.30	2	草地→耕地	12.04	6.07	5
	耕地→建设用地	1 689.44	90.47	2	建设用地→耕地	35.78	18.03	2
	耕地→林地	30.50	1.63	2	林地→耕地	14.69	7.40	3
	耕地→水域	122.91	6.58	2	水域→耕地	135.97	68.51	5
	耕地→未利用地	0.31	0.02	—	未利用地→耕地	0.00	0.00	—
	合计	1 867.44	100.00	—	合计	198.47	100.00	—

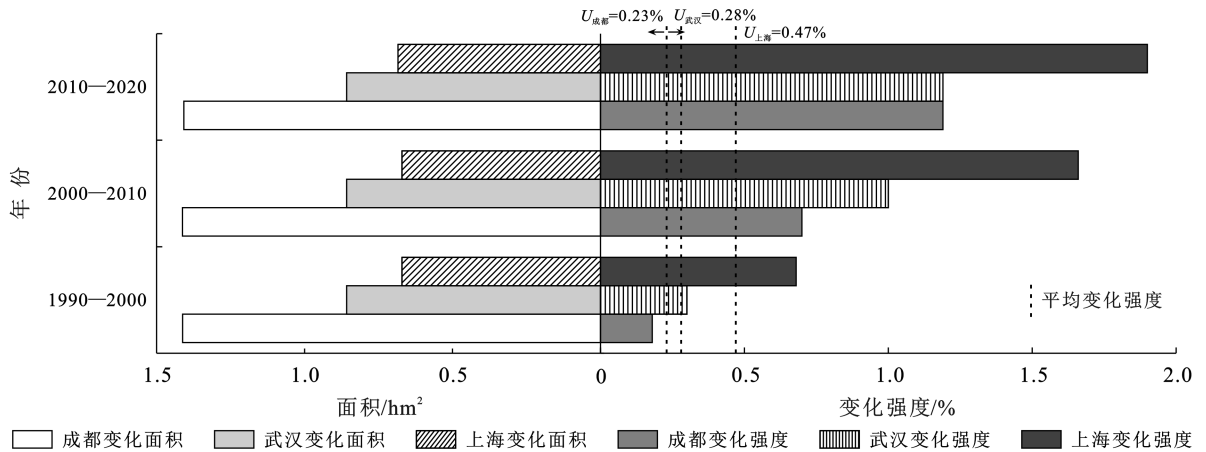


图 1 不同时期长江经济带的典型城市土地利用面积和强度的间隔层次变化

Fig.1 Interval level changes of typical urban land use area and its intensity in different periods of Yangtze River economic belt

三大城市在 3 个时间阶段内其他生态用地的强度变化趋势各异。通过分析图 2a 可知,成都市其他生态用地的变化强度在 1990—2000 年间均小于平均变化强度,呈稳定状态;成都市其他生态用地的增加变化强度在 2000—2010 年间均大于平均变化强度,其转入呈活跃变化趋势;成都市林地、草地的变化强

度在 2010—2020 年间均低于平均水平,表现为稳定状态,水域的增加变化强度高于平均水平,表现为活跃变化趋势。通过分析图 2b 可知,在整个研究时段内,武汉市林地的变化强度均低于平均强度,呈稳定状态,草地、水域的变化强度均高于平均强度,呈现出活跃的变化趋势。通过分析图 2c 可知,上海市草地

的减少变化强度在 1990—2000 年间高于平均变化强度,说明草地的转出处于活跃状态;上海市草地的增加变化强度在 2000—2010 和 2010—2020 年间明显上升,且大于平均变化水平,草地的转入呈活跃状态,说明上海市后期逐渐重视起对于草地的用途管制;上海市水域的减少变化强度在整个研究时段内均大于平均变化强度,水域的转出表现为活跃变化趋势;林

地在 1990—2000 和 2000—2010 年间增加和减少变化强度均小于平均变化强度,表现为稳定状态,林地的增加变化强度在 2010—2020 年间大于平均变化强度,表明在此阶段林地的转入开始呈活跃变化趋势。整体来看,三大城市其他生态用地变化较为稳定,相较于城市扩张对三大城市其他生态用地的影响,其对耕地的扰动更为持续和剧烈。

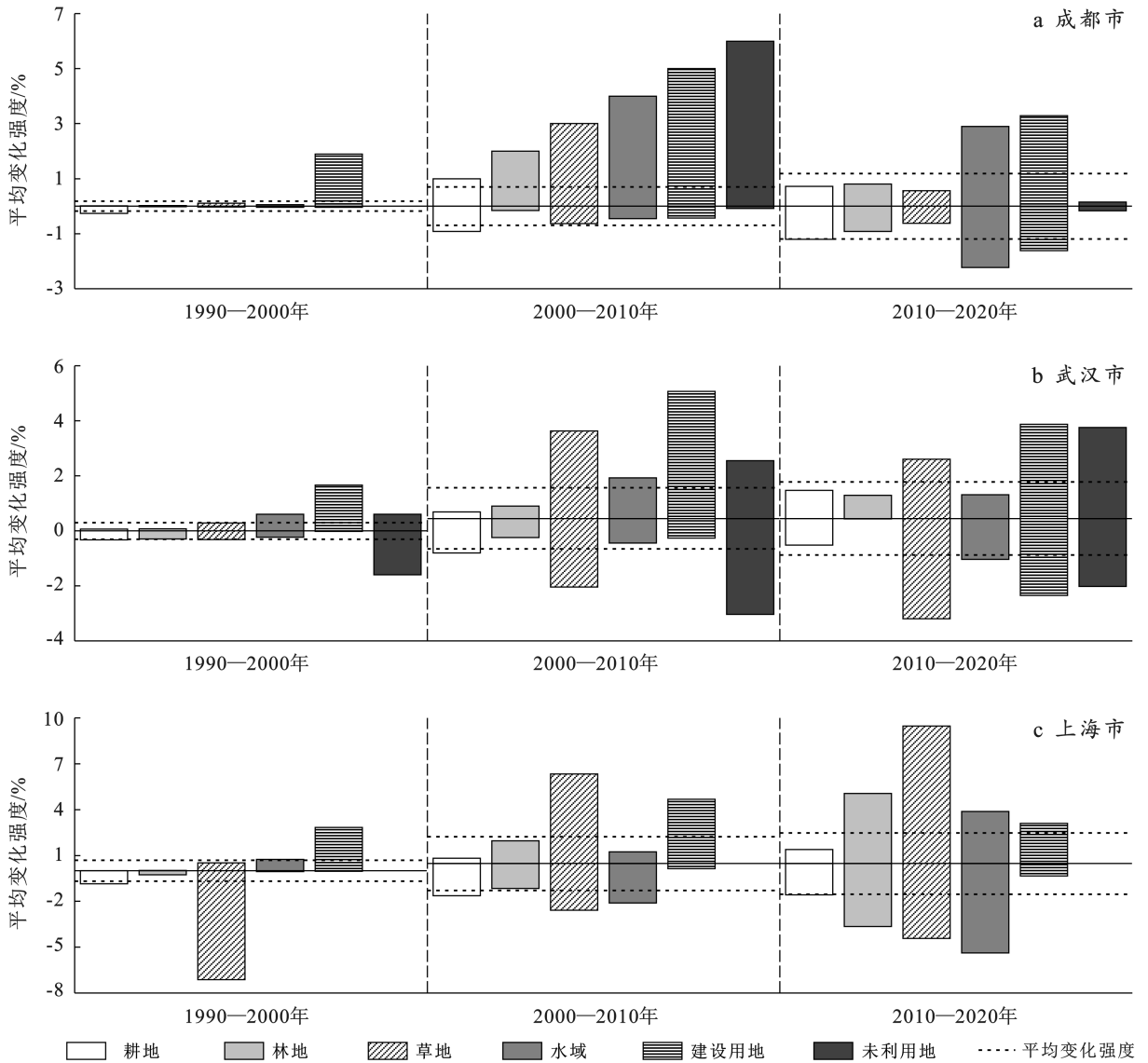


图 2 不同时期长江经济带的典型城市地类层次强度变化

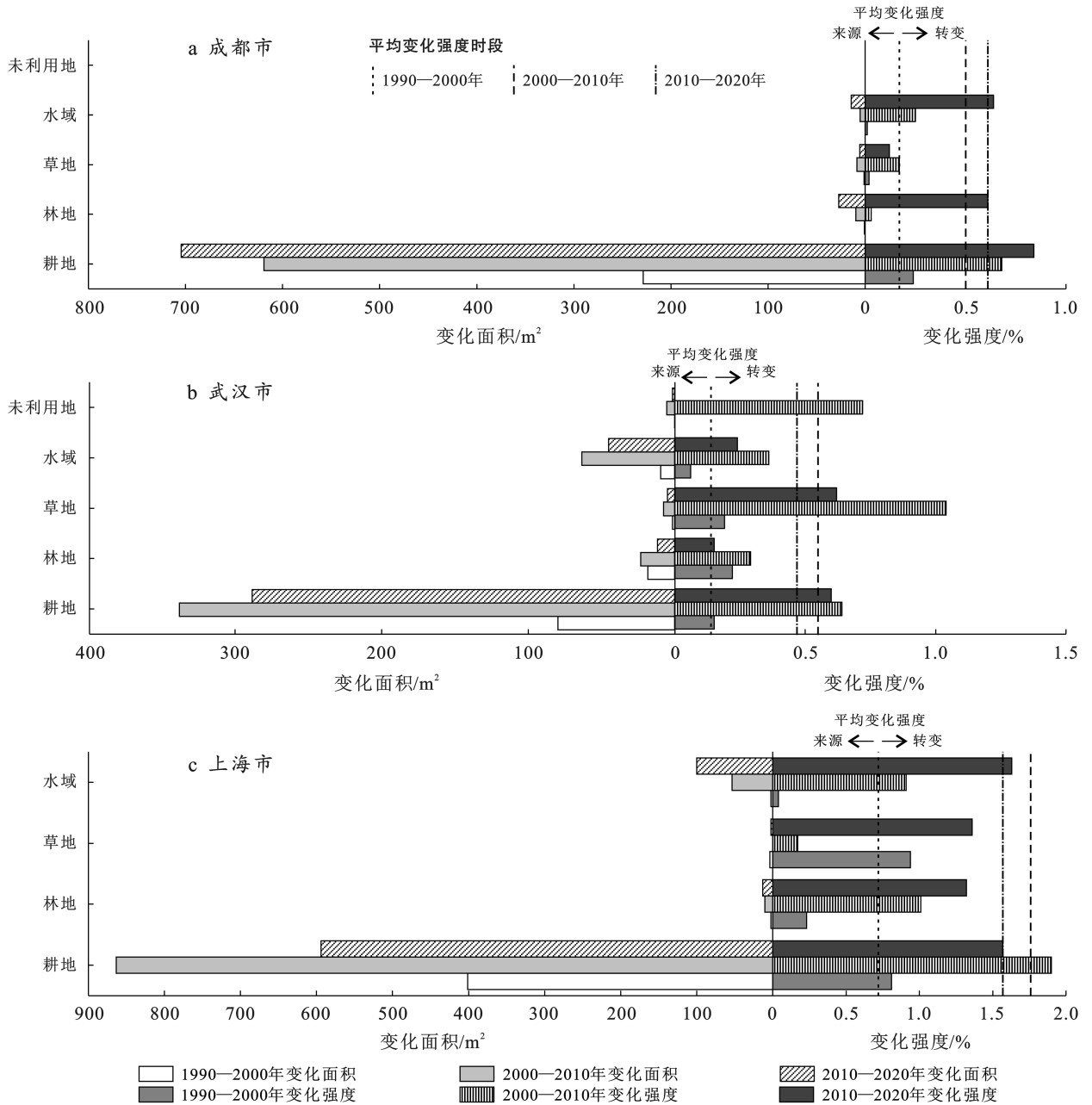
Fig.2 Hierarchical intensity of typical urban land classes in different periods of Yangtze River economic belt

3.3.3 建设用地转化层次变化分析 通过分析 1990—2000, 2000—2010 和 2010—2020 年这 3 个时间阶段内其他土地利用类型转化为建设用地的面积变化(图 3), 可以发现三大城市建设用地面积的增长主要依赖于对耕地的占据, 并且三大城市由耕地转化为建设用地的面积均明显超过其他土地利用类型。此外, 三大城市其他地类分别表现出不同的倾向性或

避免性系统模式, 由图 3a 可知, 成都市林地、草地和未利用地转变为建设用地的变化强度在 1990—2020 年间均低于平均强度, 表明建设用地的增加避免于对林地、草地和未利用地的占用。由图 3b 可知, 武汉市草地向建设用地转变的变化强度在 1990—2020 年 3 个时间间隔内均高于平均强度, 表明武汉市在 1990—2020 年间建设用地的转入除了来源于耕

地,还来源于草地;水域、未利用地转变为建设用地的变化强度在 1990—2020 年间均低于平均强度,表明建设用地的增加避免于对水域、未利用地的占用,并呈稳定的系统转换模式。由图 3c 可知,上海市草地转变为建设用地的变化强度在 1990—2000 年高于平

均强度,且大于其他地类的转变变化强度,表明上海市在此期间建设用地的最主要转入来源为草地;在整个研究期内,上海市林地转变为建设用地的变化强度均低于平均水平,表明建设用地的增加避免了对林地的占用,并呈稳定的系统转换模式。



### 4 讨论

本研究以长江经济带典型大城市为研究对象,围绕城市扩张导致的土地利用结构不合理、大量耕地被侵占等问题进行了深入研究,这是对现有长江经济带

土地利用问题研究体系<sup>[8-9,19-20]</sup>的有力补充,在一定程度上弥补了现有研究的不足,同时也能为长江经济带大城市周边农业空间格局优化及耕地保护政策的制定提供必要的参考依据。一般而言,建设用地无序扩张占用大量耕地,已有研究表明:随着城市化进程的

快速推进,土地利用变化强度逐渐加大;耕地转出和建设用地转入变化活跃,主要表现为耕地向建设用地的倾向性转换,建设用地面积扩张的主要来源为耕地<sup>[14-15,18]</sup>。这些研究都佐证了本研究结果的准确性<sup>[21]</sup>。然而,就具体变化而言,本文所呈现出的研究成果同中有异:在城市化进程中,京津冀地区<sup>[22]</sup>、青海省海西州<sup>[15]</sup>和青藏高原<sup>[23]</sup>土地利用强度均呈现先慢速后快速的变化特征,而本研究中发现长江经济带三大典型城市土地利用变化强度均保持快速变化特征,此差异可能由于不同地区地理、经济、社会以及地区发展政策等因素的不同。值得注意的是,相较于城市化对其他生态用地的扰动,其对耕地的扰动更为持续和剧烈;在耕地总面积持续降低的过程中,主要表现为转出的耕地绝大部分为优质耕地,补充耕地为质量较差的耕地。其中武汉市在2010—2020年间基本能够达到占补平衡,在协同城市发展和耕地资源之间的变化关系、耕地质量保育和提升方面表现较好,说明武汉市发展开始考虑长远利益,走生态优先、绿色发展之路;上海市在对建设用地补充耕地质量方面把控严格,在1990—2000年间草地向建设用地的倾向性转换最为突出。

基于上述结果,本研究为长江经济带土地利用保护和可持续发展提供以下政策建议:一是大城市周边需科学制定刚弹结合的耕地管控策略。通过借鉴国外经验,划定永久基本农田、编制区域耕地保护相关的专项规划,对于一切违规占地行为予以严厉惩罚;同时,对于建设用地进行严格审批,对不顾公共利益损毁、滥用、私自占用耕地者予以重税重罚<sup>[24]</sup>。在划定永久基本农田时将城市发展考虑在内,提前预留出相应的发展空间,并在保证永久基本农田数量足够的条件下,划定具有弹性的城市增长边界,允许在城市周边的部分优质耕地中进行建设用地的扩张;在耕地保护与城市扩张严重冲突区,同时也设立耕地保护弹性区,在该区域内对耕地保护和城市扩张进行权衡<sup>[25]</sup>。二是大城市周边需实现耕地多功能保护。长江经济带被视为中国经济增长的核心区域,不宜过分强调耕地占补平衡,而要从区域生态安全的角度强调对耕地生态功能和景观功能的保护,科学评估其生态效益,并给予农民相应的耕地多功能利用津贴及发展权补偿,建立多元化耕地保护激励体系<sup>[24]</sup>。

本研究仍存在一些局限性。①研究主要基于土地利用数据和强度分析方法,碍于篇幅的限制,主要对土地利用数量结构特征进行分析,未来有待进一步使用空间结构分析以更具体地解释城市扩张导致的土地利用结构不合理问题;②成都、武汉和上海市是

长江经济带大城市中的典型,具有经济、地理及发展政策等方面的独特性,这使得研究存在一定的局限,今后的研究将进一步探索长江经济带其他大城市扩张导致的土地利用变化差异,为长江经济带可持续发展提供更为详实的理论支撑。

## 5 结论

本文基于土地利用强度分析的理论框架,以成都市、武汉市和上海市为例,对长江经济带大城市周边耕地变化强度及稳定性特征进行了分析,并针对城市扩张侵占耕地提出了针对性的区域耕地保护策略。

(1)在耕地数量和质量变化方面,1990—2020年间长江经济带大城市周边耕地总面积持续降低,整体来看中期耕地流失情况最为严重,由于优质耕地不断流失、新增耕地质量和数量均不达标,导致补充耕地压力较大。表明城市化进程与耕地保护之间存在明显的矛盾,建议设立严格的耕地保护红线,确保城市化进程中优质耕地不被轻易侵占,同时实施土地复垦和整理工程,提高土地利用效率,减少对新耕地的需求。其中位于中游的武汉市表现较好,在2010—2020年间基本达到耕地占补平衡,下一步关注重点应放在确保城市建设与耕地保护之间的和谐共生。

(2)在土地利用面积变化速率方面,1990—2020年间长江经济带大城市整体表现为土地利用的快速变化,其中只有位于上游的成都市在1990—2000年间的土地利用变化表现为慢速变化,自1999年实施西部大开发战略之后,上游的城市化步伐加快引起了土地利用格局快速变化。下一步应继续利用西部大开发战略带来的机遇,推动产业转型升级,减少对耕地的直接占用。

(3)在不同地类转化方面,1990—2020年间长江经济带大城市周边耕地的转出和建设用地的转入一直保持活跃状态,耕地转入保持稳定状态。2010年后成都市和建设用地的建设用地发展方向开始转变,建设用地的转出开始活跃。对于上海市这样的东部沿海城市,应更加注重土地利用的集约化和高效化,通过城市更新和土地再开发等方式,释放更多的发展空间。在地类之间转化的倾向性方面,1990—2020年间长江经济带大城市周边耕地向建设用地的转变过程呈现出稳定的倾向性系统转换模式,建设用地面积的增长主要依赖于对耕地的占据,且耕地转化为建设用地的总面积远超过了其他土地利用类型。其中武汉市在1990—2020年间建设用地的转入除了来源于耕地,还来源于草地;上海市在1990—2000年间建设用地的最主要转入来源为草地。这表明城市化进程



与耕地保护之间存在明显的矛盾。为了引导地类转换更加合理和可持续,建议加强规划引导,明确各类用地的空间布局和用途管制,避免无序开发和随意转换。推广生态友好型城市建设理念,鼓励将闲置或低效利用的土地转化为生态用地或绿地,提升城市生态环境质量。

### 参考文献(References)

- [1] Zhang Zhonghao, Wang Xueting, Zhang Yue, et al. Simulating land use change for sustainable land management in rapid urbanization regions: A case study of the Yangtze River delta region [J]. *Landscape Ecology*, 2023,38(7):1807-1830.
- [2] Mooney H A, Duraiappah A, Larigauderie A. Evolution of natural and social science interactions in global change research programs [J]. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 2013,110(Suppl 1):3665-3672.
- [3] Turner B L, Lambin E F, Reenberg A. The emergence of land change science for global environmental change and sustainability [J]. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 2007,104(52):20666-20671.
- [4] 陈百明,刘新卫,杨红.LUCC研究的最新进展评述[J]. *地理科学进展*,2003,22(1):22-29.  
Chen Baiming, Liu Xinwei, Yang Hong. Review of most recent progresses of study on land use and land cover change [J]. *Progress in Geography*, 2003,22(1):22-29.
- [5] Liu Mengba, Xiong Yanfei, Zhang Anlu. Multi-scale telecoupling effects of land use change on ecosystem services in urban agglomerations: A case study in the middle reaches of Yangtze River urban agglomerations [J]. *Journal of Cleaner Production*, 2023,415:137878.
- [6] Lu Dan, Wang Zhanpeng, Su Kangchuan, et al. Understanding the impact of cultivated land-use changes on China's grain production potential and policy implications: A perspective of non-agriculturalization, non-grainization, and marginalization [J]. *Journal of Cleaner Production*, 2024,436:140647.
- [7] Li Xiaoliang, Wu Kening, Yang Qijun, et al. Quantitative assessment of cultivated land use intensity in Heilongjiang Province, China, 2001—2015 [J]. *Land Use Policy*, 2023,125:106505.
- [8] 范贤贤,周云蕾.长江经济带土地利用与经济—社会—环境耦合协调研究[J]. *水土保持研究*,2023,30(5):370-378.  
Fan Xianxian, Zhou Yunlei. Coupling coordination of land use and economic-social-environmental in the Yangtze River economic belt [J]. *Research of Soil and Water Conservation*, 2023,30(5):370-378.
- [9] 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.  
Jin Gui, Deng Xiangzheng, Zhao Xiaodong, et al. Spatio-temporal patterns of urban land use efficiency in the Yangtze River economic zone during 2005—2014 [J]. *Acta Geographica Sinica*, 2018,73(7):1242-1252.
- [10] 何春阳,史培军,陈晋,等.北京地区土地利用/覆盖变化研究[J]. *地理研究*,2001,20(6):679-687.  
He Chunyang, Shi Peijun, Chen Jin, et al. A study on land use/cover change in Beijing area [J]. *Geographical Research*, 2001,20(6):679-687.
- [11] 娄佳乐,党晓宏,蒙仲举,等.1986—2020年黄河流域十大孔兑土地利用变化及驱动力分析[J]. *水土保持学报*,2024,38(1):319-327.  
Lou Jiale, Dang Xiaohong, Meng Zhongju, et al. Land use change and driving force analysis of the ten tributaries basin in the Yellow River basin from 1986 to 2020 [J]. *Journal of Soil and Water Conservation*, 2024,38(1):319-327.
- [12] Takada T, Miyamoto A, Hasegawa S F. Derivation of a yearly transition probability matrix for land-use dynamics and its applications [J]. *Landscape Ecology*, 2010,25(4):561-572.
- [13] Aldwaik S Z, Pontius R G. Intensity analysis to unify measurements of size and stationarity of land changes by interval, category, and transition [J]. *Landscape and Urban Planning*, 2012,106(1):103-114.
- [14] 孙云华,郭涛,崔希民.昆明市土地利用变化的强度分析与稳定性研究[J]. *地理科学进展*,2016,35(2):245-254.  
Sun Yunhua, Guo Tao, Cui Ximin. Intensity analysis and stationarity of land use change in Kunming City [J]. *Progress in Geography*, 2016,35(2):245-254.
- [15] 牛乐乐,张必成,贾天忠,等.青海省海西州土地利用变化强度分析与稳定性研究[J]. *水土保持学报*,2021,35(2):152-159.  
Niu Lele, Zhang Bicheng, Jia Tianzhong, et al. Analysis on intensity and stability of land use change in Haixi Mongolian and Tibetan Autonomous Prefecture of Qinghai Province [J]. *Journal of Soil and Water Conservation*, 2021,35(2):152-159.
- [16] 方创琳.中国城市群研究取得的重要进展与未来发展方向[J]. *地理学报*,2014,69(8):1130-1144.  
Fang Chuanglin. Progress and the future direction of research into urban agglomeration in China [J]. *Acta Geographica Sinica*, 2014,69(8):1130-1144.

- [17] 耿晓丽,张建军,魏聪礼,等.基于多层次判定的矿业城市武安土地利用强度变化研究[J].中国矿业,2018,27(5):106-112.  
Geng Xiaoli, Zhang Jianjun, Wei Congli, et al. Study on the change of land use intensity in mining cities based on multi level decision: Take Wuan City of Hebei Province as an example [J]. China Mining Magazine, 2018,27(5):106-112.
- [18] 杨建新,龚健,高静,等.国家中心城市土地利用变化稳定性和系统性特征:以武汉市为例[J].资源科学,2019,41(4):701-716.  
Yang Jianxin, Gong Jian, Gao Jing, et al. Stationary and systematic characteristics of land use and land cover change in the national central cities of China using intensity analysis: A case study of Wuhan City [J]. Resources Science, 2019,41(4):701-716.
- [19] 张敏,杨雅雅,胡卓玮,等.长江经济带城市扩张的时空分异特征及影响机制[J].地理学报,2024,79(2):439-461.  
Zhang Min, Yang Liya, Hu Zhuowei, et al. Spatiotemporal differentiation and influencing mechanism of urban expansion in the Yangtze River economic belt, China [J]. Acta Geographica Sinica, 2024,79(2):439-461.
- [20] 贾克敬,何鸿飞,张辉,等.基于“双评价”的国土空间格局优化[J].中国土地科学,2020,34(5):43-51.  
Jia Kejing, He Hongfei, Zhang Hui, et al. Optimization of territorial space pattern based on resources and environment carrying capacity and land suitability assessment [J]. China Land Science, 2020,34(5):43-51.
- [21] 谢臻,张茜茜,阿迪拉·艾尼瓦尔江,等.山区土地利用变化强度与稳定性诊断研究:以福建省德化县为例[J].中国农业大学学报,2024,29(1):186-198.  
Xie Zhen, Zhang Qianqian, Adila Ainiwaerjiang, et al. Diagnostic study on the intensity and stability of land use changes in mountainous area: Taking Dehua County of Fujian Province as an example [J]. Journal of China Agricultural University, 2024,29(1):186-198.
- [22] 鲍文楷,杨园园,邹利林.快速城镇化地区土地利用变化强度及驱动力新特征:以京津冀地区为例[J].西南大学学报(自然科学版),2021,43(10):124-134.  
Bao Wenkai, Yang Yuanyuan, Zou Lilin. Land use change in rapid urbanization area and its driving forces based on intensity analysis: A case study of Beijing-Tianjin-Hebei region [J]. Journal of Southwest University (Natural Science Edition), 2021,43(10):124-134.
- [23] 程江浩,毛斯楠,张燕杰.1980—2020年青藏高原土地利用变化强度及稳定性分析[J].高原科学研究,2023,7(1):47-57.  
Cheng Jianghao, Mao Sinan, Zhang Yanjie. Analysis on change in intensity of land use and stability on the Tibetan Plateau from year 1980 to 2020 [J]. Plateau Science Research, 2023,7(1):47-57.
- [24] 赵华甫,张凤荣.耕地保护方向待转:从单一功能到多功能的演变交替[J].中国土地,2010(10):19-20.  
Zhao Huaifu, Zhang Fengrong. The direction of cultivated land protection to be changed: From single function to multi-function [J]. China Land, 2010(10):19-20.
- [25] 胡飞,柯新利,柴明,等.权衡城市扩张与永久基本农田保护的城增长边界划定:以武汉市为例[J].地理与地理信息科学,2019,35(3):72-77.  
Hu Fei, Ke Xinli, Chai Ming, et al. Determining the urban growth boundary by balancing urban expansion and permanent basic farmland protection: A case study of Wuhan [J]. Geography and Geo-Information Science, 2019,35(3):72-77.

(上接第199页)

- [23] 何杨洋,王晓燕,段淑怀.密云水库上游流域次降雨坡面产流产沙特征[J].农业工程学报,2015,31(24):134-141.  
He Yangyang, Wang Xiaoyan, Duan Shuhuai. Characteristics of runoff and sediment during individual rainfall in upper area of Miyun Reservoir [J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2015,31(24):134-141.
- [24] 周天军,陈梓明,陈晓龙,等.IPCC AR6 报告解读:未来的全球气候:基于情景的预估和近期信息[J].气候变化研究进展,2021,17(6):652-663.  
Zhou Tianjun, Chen Ziming, Chen Xiaolong, et al. Interpreting IPCC AR6: Future global climate based on projection under scenarios and on near-term information [J]. Climate Change Research, 2021,17(6):652-663.
- [25] 张哲,方政,董智,等.鲁中南山区侵蚀性降雨及典型作物对坡面产流产沙影响研究[J].西南大学学报(自然科学版),2024,46(1):69-76.  
Zhang Zhe, Fang Zheng, Dong Zhi, et al. Effects of erosive rainfall and typical crops on slope runoff and sediment yield in mountainous area of central-south of Shandong Province [J]. Journal of Southwest University (Natural Science Edition), 2024,46(1):69-76.