

# 珠江三角洲农村居民点时空演变及多情景模拟

杨金凤<sup>1,2,3</sup>, 段志文<sup>4</sup>, 隆少秋<sup>1,2,3</sup>, 吴世龙<sup>5</sup>, 刘庆<sup>5</sup>, 隆容君<sup>6</sup>, 何骞<sup>7</sup>

(1. 华南农业大学资源环境学院, 广州 510642;

2. 广东省土地利用与整治重点实验室, 广州 510642; 3. 自然资源部建设用地再开发重点实验室, 广州 510642; 4. 广东省城乡规划设计研究院科技集团股份有限公司, 广州 510290; 5. 湖南农业大学资源学院, 长沙 410128; 6. 广东省水利水电职业技术学院, 广州 510635; 7. 广州市城市规划勘测设计研究院, 广州 510060)

**摘要:** [目的] 揭示珠江三角洲农村居民点的时空演变格局及演化模式, 为该地区农村实现城乡一体化与可持续发展提供科学依据。[方法] 基于GIS空间分析, 耦合GeoSOS-FLUS模型, 研究了1990—2020年农村居民点的时空演变规律并对其2030年多情景下的演变趋势进行预测。[结果] (1) 1990—2020年农村居民点的核密度围绕珠三角核心城区(广州、佛山、深圳、东莞)呈现密集分布, 而在外围区域(肇庆惠州)则通常较为稀疏, 峰值从1990年的415.96个/km<sup>2</sup>波动上升至2020年的767.72个/km<sup>2</sup>, 总体规模收缩, CA、NP、MPS值下降, LSI和AI值均呈现不同程度的升高, 在空间上呈现中部集聚、边缘离散, 部分地区保持破碎化的趋势。(2) 1990—2010年农村居民点被城镇用地大规模侵占, 2010年后二者转移情况逆转, 居民点大量扩张占用了城镇用地, 耕地与生态用地转化仍存在较大的压力。(3) 不同情景下农村居民点的面积具有显著变化, 在基准情景下面积预计增加8.55%, 而在其他两种情景下将分别减少19.69%和6.61%。[结论] 珠三角近30年来农村居民点呈现“衰落与再生并存”的演变规律, 具有明显的空间异质性特征, 在推进城乡一体化与可持续发展过程中, 有必要因地制宜实施分区优化策略, 并将可持续发展情景的模拟结果作为未来重要的决策参考。

**关键词:** 农村居民点; 时空演变; 多情景模拟; GeoSOS-FLUS模型; 珠江三角洲

**中图分类号:** F321.1; F301.24

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1005-3409(2026)03-0419-11

## Spatiotemporal evolution and multi-scenario simulation of rural settlements in Pearl River Delta

Yang Jinfeng<sup>1,2,3</sup>, Duan Zhiwen<sup>4</sup>, Long Shaoqiu<sup>1,2,3</sup>, Wu Shilong<sup>5</sup>, Liu Qing<sup>5</sup>, Long Rongjun<sup>6</sup>, He Qian<sup>7</sup>

(1. College of Resources and Environment, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China;

2. Guangdong Provincial Key Laboratory of Land Use and Rehabilitation, Guangzhou 510642, China; 3. Key Laboratory of Land Use and Rehabilitation, Ministry of Natural Resources, Guangzhou 510642, China; 4. Guangdong Urban-Rural Planning and Design Research Institute Technology Group Co., Ltd., Guangzhou 510290, China; 5. College of Resources, Hunan Agricultural University, Changsha 410128, China; 6. Guangdong Polytechnic of Water Resources and Electric Engineering, Guangzhou 510635, China; 7. Guangzhou Urban Planning & Design Survey Research Institute, Guangzhou 510060, China)

**Abstract:** [Objective] This study aims to reveal the spatiotemporal evolution patterns and evolution modes of rural settlements in the Pearl River Delta, thereby providing a scientific basis for advancing urban-rural integration and sustainable development in the region. [Methods] Using GIS spatial analysis and the GeoSOS-FLUS model, this study investigated the spatiotemporal evolution of rural settlements from 1990 to 2020 and predicted their evolution trends under multiple scenarios for 2030. [Results] (1) From 1990 to 2020, the kernel density of rural

收稿日期: 2025-06-20

修回日期: 2025-10-20

接受日期: 2025-11-20

资助项目: 教育部人文社会科学规划资助项目(24YJA630052); 广东省社科资助项目(GD24CGL16)

第一作者: 杨金凤(2001—), 女, 甘肃金昌人, 硕士, 研究方向为土地整治研究。E-mail: 272883827@qq.com

通信作者: 隆少秋(1969—), 男, 湖南长沙人, 教授, 博士, 研究方向为国土空间规划。E-mail: longshaoqiu@163.com

<https://stbcj.publish.founderss.cn>

settlements was densely distributed around the core urban areas of the Pearl River Delta (Guangzhou, Foshan, Shenzhen, and Dongguan), while it was relatively sparse in the peripheral regions such as Zhaoqing and Huizhou. The peak value increased with fluctuations from 415.96/km<sup>2</sup> in 1990 to 767.72/km<sup>2</sup> in 2020. The overall scale contracted. The values of CA, NP, and MPS decreased, while the values of LSI and AI increased to varying degrees. Spatially, a pattern of central concentration and peripheral dispersion was observed, with persistent fragmentation in certain areas. (2) From 1990 to 2010, rural settlements were extensively encroached upon by urban land. After 2010, this trend reversed, with rural settlements expanding significantly and occupying urban land. The conversion of cultivated land and ecological land continued to face considerable pressure. (3) The area of rural settlements exhibited significant variations under different scenarios. Under the baseline scenario, the area was projected to increase by 8.55%, whereas under the other two scenarios, it was projected to decline by 19.69% and 6.61%, respectively. **[Conclusion]** Over the past 30 years, rural settlements in the Pearl River Delta have exhibited an evolution pattern characterized by the coexistence of decline and regeneration, with pronounced spatial heterogeneity. In the process of advancing urban-rural integration and sustainable development, it is necessary to implement region-specific and zoned optimization strategies and use the simulation results of the sustainable development scenario as an important reference for future decision-making.

**Keywords:** rural settlements; spatiotemporal evolution; multi-scenario simulation; GeoSOS-FLUS model; Pearl River Delta

农村居民点是农村居民生产生活聚集而成的主要居住场所,具有一定的空间结构和功能属性,其空间特征及演变过程是农村地区人地关系的重要代表,可反映一段时期内某地区农村的生产生态关系及社会经济的变化情况<sup>[1-2]</sup>。随着城镇化和工业化进程加快,中国农村人口比例从1990—2020年下降了近37%,农村人口外流造成农村居民点空心化、布局散乱、景观破碎等问题<sup>[3]</sup>,阻碍了城乡融合与乡村振兴的推进,加剧了城乡用地矛盾。

当前,在乡村地理学研究中,对于农村居民点的研究成为了重点<sup>[2]</sup>。相关研究最早出现在19世纪初,德国地理学家科尔(Kohl)于19世纪40年代首次描述了农村居民点的空间聚集情况。农村居民点相关的研究开始兴起是在20世纪20年代,20世纪20年代以前,研究主要采用定性方法来探讨农村居民点的形成、发展、分布及其与地理环境的联系<sup>[4]</sup>。20世纪20年代至中期,随着地理信息技术的进步,学者们开始将定性分析与定量分析方法相结合,并从社会学、生态学和经济学的角度关注人类行为和决策对农村居民点演变的影响<sup>[5]</sup>。进入21世纪后,研究开始大量分析农村居民点的空间布局优化<sup>[6]</sup>,空间整治<sup>[7]</sup>。近几年,农村居民点时空演变特征相关的研究也在逐渐兴起,现有研究通常从居民点的规模变化、密度特征、集散程度入手来分析其空间分布情况与演变模式,如Ji等<sup>[8]</sup>基于内外一体化视角,系统探讨了1980—2018年张家口市农村居民点的演变过程与动态机制。李晓青等<sup>[9]</sup>分析了喀斯特地貌区1989—2017年

农村居民点的规模及形态变化。这些研究主要围绕三生空间<sup>[10]</sup>,城乡梯度<sup>[11]</sup>,沿公路等级等<sup>[12]</sup>不同的角度来对其进行分析。同时,相关研究普遍结合驱动因素,使用定性与定量相结合的方法来探析引起农村居民点发生演变的主要驱动力,如邹亚峰等<sup>[13]</sup>从农村生产、生活和生态的人地关系出发,运用GIS技术、“驱动力—压力—状态—影响—响应”(Driving Force-Pressure-State-Impact-Response, DPSIR)模型等方法探讨了武川县2010—2020年农村居民点的演变规律及驱动机制。杨斌等<sup>[14]</sup>基于“增减挂钩”和“扶贫搬迁”政策,探究了2001—2018年房县农村居民点的空间格局演变特征及驱动机制。在方法上,学者们多采用核密度估计法<sup>[15]</sup>,空间自相关分析等<sup>[16]</sup>GIS空间分析方法来研究农村居民点的演变规律,然而目前大多数研究仍集中于小尺度地区10~20年间的短期变化,仅有的一些长时序演变研究也多集中在单一市县这样的小尺度地区。

随着智能技术的发展,仿真模拟研究开始兴起,以往的研究主要包括采用CLUE-S模型<sup>[17]</sup>、元胞自动机(Cellular Automaton, CA)模型<sup>[18]</sup>、PLUS模型等<sup>[19]</sup>方法来模拟预测不同发展策略下土地利用类型的变化,这些方法多样,在模拟研究方面已取得了积极的进展,但这些研究多关注一级土地利用类型的变化、优化策略及不同模拟情景下土地利用变化的驱动因素,单独对农村居民点进行模拟的研究还不多。为了提高农村居民点在未来趋势下的模拟精度,有学者开始从农村居民点的驱动因素入手,对未来趋势进行

模拟,例如,Song等<sup>[20]</sup>基于从军用卫星遥感影像中解译的农村居民点长期高精度历史数据,使用土地转化模型(Land Transformation Model, LTM)预测了北京市通州区2030年农村居民点的趋势。王兆林等<sup>[21]</sup>利用改进的FLUS模型,模拟了山地经济圈2035年农村居民点的演变趋势,这些研究在模拟时仅从单一维度预测了农村居民点的变化,没有探讨不同政策干预下的变化。为了弥补这一缺陷,有学者从多情景下对农村居民点进行了模拟<sup>[22-23]</sup>,但这些研究大多模拟了经济落后和自然环境脆弱地区农村居民点的未来趋势,在快速城镇化地区对农村居民点未来趋势进行多情景模拟的研究仍然不多见。

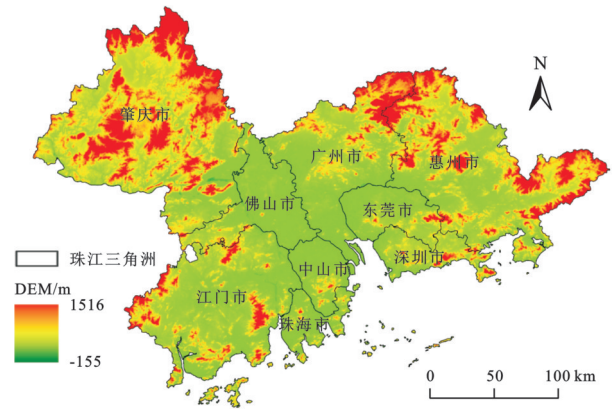
综合以上的研究情况来看,尽管目前有关农村居民点的研究已相对成熟,但在快速城镇化特征明显的大尺度地区,基于长时序演变对农村居民点未来趋势进行多情景模拟的研究仍有限,有待进一步完善。同时,作为华南地区经济最发达的珠三角城市群,虽然人均GDP位居全国前列,2020年城镇化率升至87%,但因其农村居民点规模扩大,农村地区大量人口向城市迁移,导致农村空心化、城乡区域发展不平衡等问题显著,成为制约区域协调发展的关键,因此有必要对农村居民点近30年来的时空演变及未来发展趋势进行深入分析。本文在前人研究的基础上,选取珠三角的农村居民点作为研究对象,从农村居民点的空间分布情况,规模变化,时空动态特征入手来分析其时空演变规律,并模拟在2030年基准情景,耕地保护情景与可持续发展情景下的演变趋势。本研究回答以下问题:(1)1990—2020年珠三角农村居民点在空间上呈现出怎样的分布格局?(2)农村居民点与其他地类在近30年间的转化情况如何?(3)不同政策约束下,2030年农村居民点将呈现怎样的发展趋势?本文的研究结论旨在为珠三角农村居民点的空间布局奠定基础,实现乡村集约化发展。该种分析模式不仅能够快速城镇化特征明显的地区充分利用农村居民点,提高其利用效率明确新的思路,也为未来乡村可持续发展和城乡一体化发展提供实际意义。

## 1 数据来源和研究方法

### 1.1 研究区概况

珠江三角洲地处广东省中南部,西江、北江和东江的汇合处,濒临南海,位于北纬21°30′—24°30′,东经111°30′—115°30′,占地面积约5.6万km<sup>2</sup>。该区域处于亚热带季风气候区,年均气温22~24℃,年降水量1600~2300mm,地形以珠江冲积平原为主体,平

均海拔低于50m,地势自西北向东南倾斜,区域内水系发达,河网密布,包括广州、深圳、珠海、佛山、东莞、中山、江门、惠州和肇庆9个城市,是粤港澳大湾区的核心区域(图1)。



注:基于广东省公共地图服务系统下载的审图号粤S(2024)176号的标准地图制作,底图未做修改,下图同。

图1 研究区区位图

Fig. 1 Location of study area

改革开放以来,珠江三角洲逐渐发展成了我国城镇化水平最高的地区之一,截至2020年年底,其GDP总量超过了8.9万亿元,约占全国经济总量的8.8%,人口总量为7801.43万人,占全省人口总量的61.91%,部分农村地区已经转型为以服务业和工业为主的经济体,农业在其中所占的比重逐渐下降,农业产值相对较低,增速相对平稳,但农村地区人均可支配收入近年来持续增长,上升到26856.5元,农村收入在广东省内仍较为领先,尤其是东莞、佛山、中山等城市,农村居民人均可支配收入的增长速度较快。

### 1.2 数据来源及处理

本文所使用的数据主要包括土地利用数据,基础地理信息数据、社会经济数据,具体说明详见表1。将土地利用数据重分类为耕地、林地、草地、水域、城镇用地、农村居民点、其他建设用地7种土地利用类型,所有数据的坐标系由投影变换成投影坐标系:WGS 1984 UTM zone 49 N,所有栅格数据集的分辨率统一至30m。

### 1.3 研究方法

1.3.1 核密度分析法 核密度分析是一种用来分析点状要素的常用方法,可将离散数据转化为连续性数据,通过分析农村居民点空间格局的密度可直观反映其在不同区域的空间差异。公式为:

$$f(x) = \frac{1}{nh} \sum_{i=1}^n K\left(\frac{x-x_i}{h}\right) \quad (1)$$

式中: $K$ 为核函数; $h$ 为带宽( $h>0$ ); $x-x_i$ 估计点至第*i*个居民点之间的距离<sup>[24]</sup>。

1.3.2 景观格局指数法 景观格局指数法通过量化

空间形态与结构特征,可有效解析农村居民点的时空分异规律。本文结合珠三角区域特性及已有研究<sup>[25]</sup>,选择斑块面积(CA)、斑块数量(NP)、斑块聚集

度(AI)、景观形状指数(LSI),平均斑块面积(MPS)5个指标借助Fragstats来对农村居民点的规模特征进行描述。

表1 数据来源  
Table 1 Data sources

数据名称	数据来源数据说明	作用
DEM	地理空间数据云( <a href="https://www.gscloud.cn/">https://www.gscloud.cn/</a> )	30 m×30 m 分析驱动因素
道路	美国国家经济研究局( <a href="https://data.nber.org/">https://data.nber.org/</a> )	矢量 分析驱动因素
河流	中国科学院地球大数据科学数据中心( <a href="https://data.casearth.cn/">https://data.casearth.cn/</a> )	矢量 分析驱动因素
中国多时期土地利用遥感监测数据集(1980—2020年)	中国科学院资源环境科学与数据中心( <a href="http://www.resdc.cn/">http://www.resdc.cn/</a> )	30 m×30 m 提取农村居民点,分析驱动因素
人口密度、GDP、逐年平均气温、降水量数据(2020年)	国家环境信息中心(NCEI)( <a href="https://www.ncei.noaa.gov/">https://www.ncei.noaa.gov/</a> )	1000 m×1000 m 分析驱动因素

1.3.3 土地利用转移矩阵 土地利用转移矩阵通过量化不同地类间的面积转移规模与方向,可从时空角度深入了解土地之间的相互转化情况,公式为<sup>[26]</sup>:

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

式中: $S_{ij}$ 为从研究期初到研究期末地类*i*到*j*的转移面积( $\text{km}^2$ );*n*为土地利用类型的种类。本文用该矩阵分析土地利用动态演变特征,重点揭示农村居民点与其他地类之间的转移关系。

1.3.4 情景设置 考虑到珠三角的地域特征和相关政策,本文在分析1990—2020年农村居民点规律的基础上参考相关文献<sup>[21,23]</sup>,设置以下3种土地利用模拟情景:

**基准情景:**该情景延续2010—2020年土地利用转化情况,禁止城镇用地和其他建设用地转化为其他地类。

**耕地保护情景:**依据《广东省高标准农田建设规划(2021—2030年)》和《广东省国土空间规划(2021—2035年)》,严守永久基本农田和耕地保护红线,在基准情景的基础上,禁止耕地转化为其他地类。

**可持续发展情景:**禁止城镇用地转化为其他地类,水域不能转化为城镇用地,林地和草地不能向建设用地转化,以平衡社会经济发展与生态保护需求。

1.3.5 GeoSOS-FLUS模型 GeoSOS-FLUS模型是一种集成人工神经网络(Artificial Neural Network, ANN)与元胞自动机(CA)算法的空间模拟工具,广泛应用于在人类活动与自然地理因素协同作用下的未来土地利用变化情景模拟、农村居民点趋势预测等领域,可有效模拟不同土地利用类型间相互作用的复杂性与不确定性<sup>[27]</sup>。本文以2010年土地利用数

据为基础,选取社会经济与自然地理因素(图2)作为农村居民点模拟的驱动因素,参考相关研究成果<sup>[23]</sup>,通过多次调试,确定邻域因子参数的最优值(表2),模拟并验证2020年土地利用数据的精度,在此基础上进一步预测2030年多情景下的空间演变趋势。

## 2 结果与分析

### 2.1 农村居民点空间分布特征

核密度分析(图3)发现,1990—2020年珠三角农村居民点密度整体有上升的趋势。4个时期核密度的最高值分别为415.96个/ $\text{km}^2$ ,842.48个/ $\text{km}^2$ ,521.40个/ $\text{km}^2$ ,767.72个/ $\text{km}^2$ ,密度高值区域分布逐渐减少,聚集分布在广州、深圳、佛山、东莞等珠三角核心区,越靠近边缘则越分散,布局呈现“内密外疏”的分布特征,

### 2.2 农村居民点规模特征

基于Fragstats计算的景观格局指数(表3)与ArcGIS制图结果(图4),本文从宏观与局部两个层面分析1990—2020年珠三角农村居民点的规模变化特征。从整体看(表3),斑块面积(CA)由169 183.50  $\text{hm}^2$ 波动下降至161 978.90  $\text{hm}^2$ ,平均斑块面积(MPS)呈现相似趋势,从2 597.90  $\text{hm}^2$ 下降至2 392.10  $\text{hm}^2$ ,同时,斑块数量(NP)从8 190个持续减少至5 211个,表明农村居民点用地规模整体呈收缩趋势,形状指数(LSI)在2000年前后达到峰值后下降,斑块聚集度(AI)在2010年稍有下降后又回升,二者整体略有增加,反映居民点形态趋于复杂,空间集聚性增强。

图4则揭示了1990—2020年局部区域的空间差异,城镇化程度较高的广州市越秀区、荔湾区和深圳市福田区、龙华区已基本完成从农村向城市的功能转型,居民点斑块所剩无几,因此部分时期缺乏指数统计属于正常现象。CA值高的区域多分布在城镇化相

对缓慢的中部(增城)、东部(东莞)及南部(开平、台山)的一些地区,但2020年南部地区明显下降,NP在中部和东北部(如惠阳、东莞)呈持续下降趋势,反映了城市扩张带来的居民点整合,而西北部(肇庆怀集、广宁)因地形与政策限制,下降较缓,LSI分布与CA相似,受城市开发强度与空间限制的共同作用,居民

点斑块的边界更复杂。远郊区域则变化较小,仍维持较规则的传统分布形态,与此同时,MPS整体下降,但空间差异不大,其数值从中部至东部略有增加,居民点合并现象突出,西部因空心化问题加剧,MPS明显下降,破碎化仍较明显,AI表明除西北部外,其他地区居民点空间聚集性增强,且由中部向西部递增。

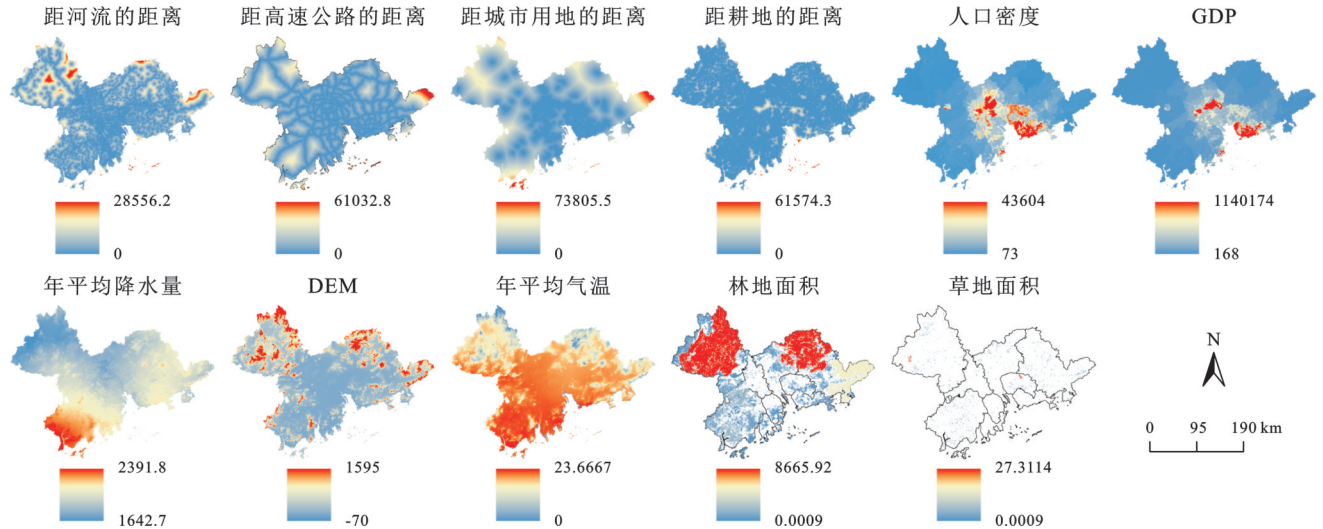


图 2 珠三角农村居民点演变的驱动因素

Fig. 2 Driving factors of evolution of rural settlements in Pearl River Delta

表 2 邻域因子参数

Table 2 Neighborhood factor parameters

土地利用类型	耕地	林地	草地	水域	城镇用地	农村居民点	其他建设用地
基准情景	0.5	0.5	0.1	0.4	0.4	0.6	0.8
耕地保护情景	0.6	0.5	0.1	0.3	0.5	0.4	1
可持续发展情景	0.4	0.5	0.1	0.4	0.5	0.5	1

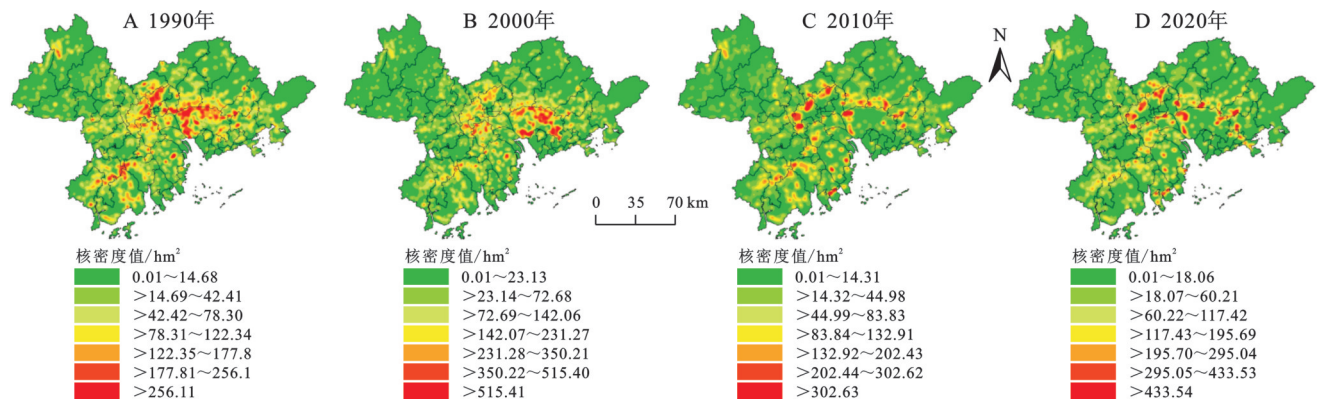


图 3 1990—2020年珠三角农村居民点核密度变化

Fig. 3 Variations in kernel density of rural settlements in Pearl River Delta (1990—2020)

表 3 农村居民点景观格局指数

Table 3 Landscape pattern indices of rural settlements

年份	指标名称				
	CA/hm <sup>2</sup>	NP/个	LSI	MPS/hm <sup>2</sup>	AI
1990	169183.50	8190.00	14.77	2597.90	90.57
2000	209987.00	7974.00	20.17	1574.44	91.75
2010	144626.00	6830.00	16.22	1852.83	90.95
2020	161978.90	5211.00	14.95	2392.10	92.78

综上,珠三角农村居民点的规模总体收缩,呈现“大集聚”“小分散”的空间分布格局,破碎化有所缓解,但西部部分区域仍存在布局散乱问题,需进一步优化其空间格局。

### 2.3 农村居民点时空动态特征

通过分析得到耕地、林地、草地、水域、城镇用地、农村居民点、其他建设用地 7 种土地利用类型在 1990—2020 年的面积转移情况,生成土地利用转移

矩阵(图5)。结果表明,1990—2000年耕地转化为水域的面积最大,约为788.10 km<sup>2</sup>,其次是林地转化为耕地的面积,约为276.80 km<sup>2</sup>,在转化为农村居民点的地类中,耕地面积最大,约为408.37 km<sup>2</sup>,其次为林地和水域,农村居民点转化为城镇用地的面积最大,约为99.78 km<sup>2</sup>,其次是耕地和林地,此阶段城乡用地矛盾初现,但尚未形成规模性冲突,2000—2010年的转移情况和1990—2000年的相似,不同的是耕地转化为城镇用地的面积最大,约为1051.41 km<sup>2</sup>,其次是林地转化为城镇用地的面积,约为401.77 km<sup>2</sup>,城镇用地大面积侵占了农村居民点,扩张面积达到

752.32 km<sup>2</sup>,2010—2020年的转移情况与前两个阶段明显不同,建设用地大规模的扩张得到控制,耕地转化为其他建设用地的面积最大,约为461.76 km<sup>2</sup>,其次是林地转化为耕地的面积,约为331.60 km<sup>2</sup>,转化为农村居民点面积最大的是城镇用地,约为274.73 km<sup>2</sup>,城镇用地的扩张面积较上一个阶段明显减少,其次是耕地和林地,农村居民点转化为耕地的面积最大,约为239.34 km<sup>2</sup>,其次是林地和其他建设用地,然而该阶段农村居民点的扩张仍未得到有效控制,其扩张面积较上一个阶段有所增加,仍需探析新的约束策略。

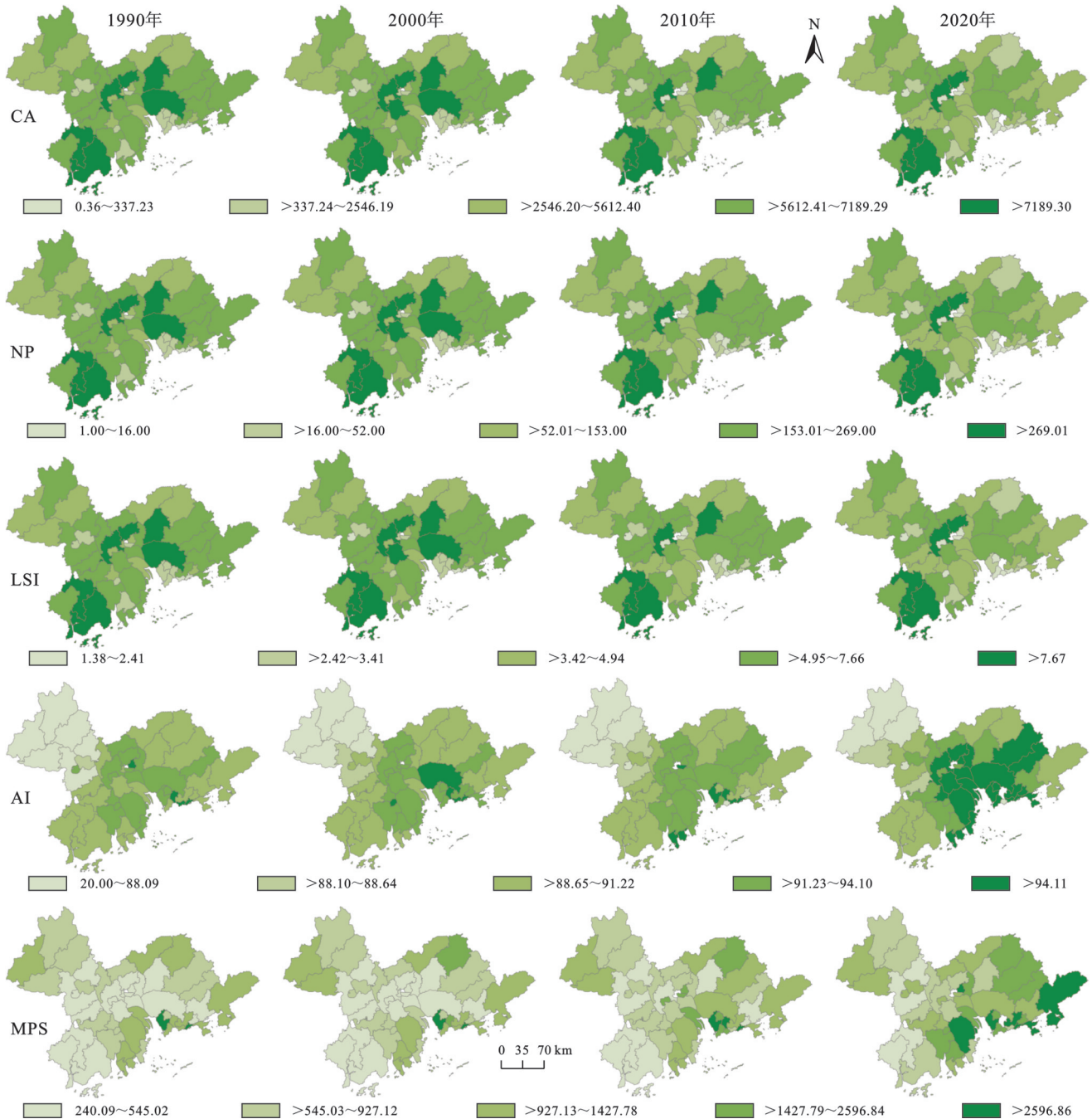


图4 1990—2020年珠三角农村居民点景观格局的变化

Fig. 4 Variations in landscape pattern of rural settlements in Pearl River Delta (1990—2020)

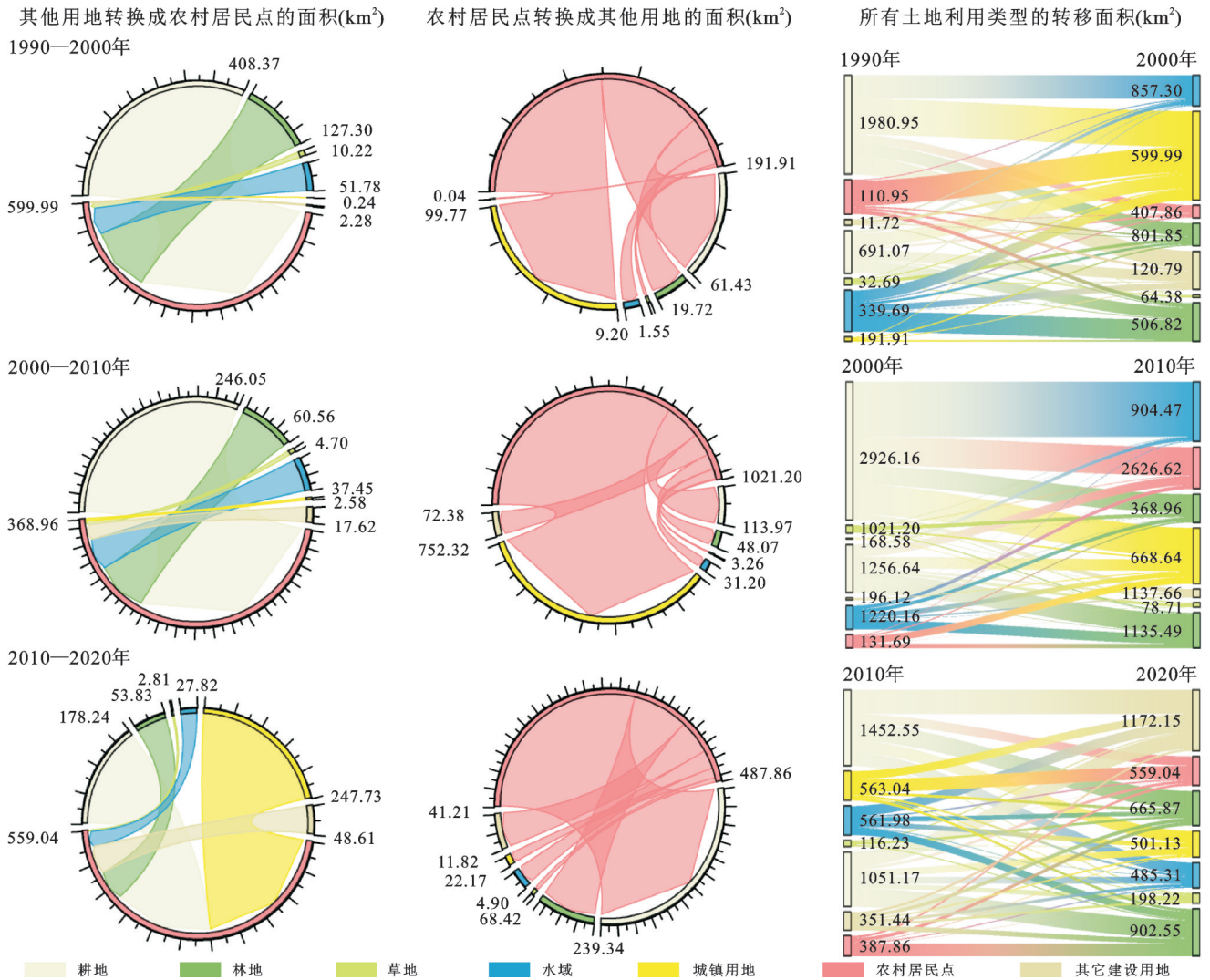


图 5 1990—2020 年珠三角土地利用转移面积及农村居民点演变趋势

Fig. 5 Area of land use transfer and evolution trend of rural settlements in Pearl River Delta (1990—2020)

### 2.4 农村居民点演变趋势预测

用 GeoSOS-FLUS 模型模拟了 2020 年的土地利用分布格局,并与 2020 年实际土地利用类型比较以进行精度验证,最终得到总体精度为 0.908 1, Kappa 系数为 0.858 4,精度较高,可以进行 2030 年土地利用类型的模拟。

图 6 是 2020—2030 年不同情景下土地利用的结构及农村居民点和其他地类之间的转移情况,总体来看,3 种情景下土地利用结构差异显著,耕地、林地、建设用地是主要的土地利用类型,农村居民点聚集分布在中部,转化情况与 1990—2020 年一致,其扩张主要以侵占耕地为主。图 7 是 2020 年、2030 年不同情景下模拟的农村居民点分布格局及土地利用面积情况,农村居民点在 3 种情景下变化比较明显的地方均发生在珠三角中部的广州,东莞,佛山,江门地区。在基准情景下,农村居民点延续了 2010—2020 年的变化,由于占用了耕地、林地和水域,从中部呈现扩张趋势(图 6E),面积从 1 620.1 km<sup>2</sup>增加到 1 758.68 km<sup>2</sup>,增加了

138.58 km<sup>2</sup>,而城镇用地面积增加到了 4 201.78 km<sup>2</sup>,难以实现城乡一体化发展。在耕地保护情景下,在相关政策的约束下,农村居民点的空间格局发生了明显的变化,其无序扩张得到了有效的抑制,大量居民点转变成了耕地、林地和其他建设用地(图 6F),在广州与东莞交界处斑块合并现象显著,面积缩减至 1 301.1 km<sup>2</sup>,较 2020 年减少 319 km<sup>2</sup>,耕地面积显著增加了 808 km<sup>2</sup>,资源流失情况得到有效缓解,但林地流失严重,其面积显著减少了 803.26 km<sup>2</sup>。可持续发展情景强调生态保护与建设用地的协调发展,因此限制了林地和草地的转化程度,相较于 2020 年,林地和草地面积分别增加了 65.98 km<sup>2</sup>和 114.28 km<sup>2</sup>,耕地面积显著减少了 415.61 km<sup>2</sup>,农村居民点的面积为 1 512.97 km<sup>2</sup>,减少了 107.13 km<sup>2</sup>,其变化是由耕地,草地和城镇用地的扩张引起的(图 6G),城镇用地面积增加到了 4 463.73 km<sup>2</sup>,与前两种情景相比,该情景下生态用地与建设用地达到了平衡,优于前两种情景,可为农村居民点优化布局的统筹规划提供参考。

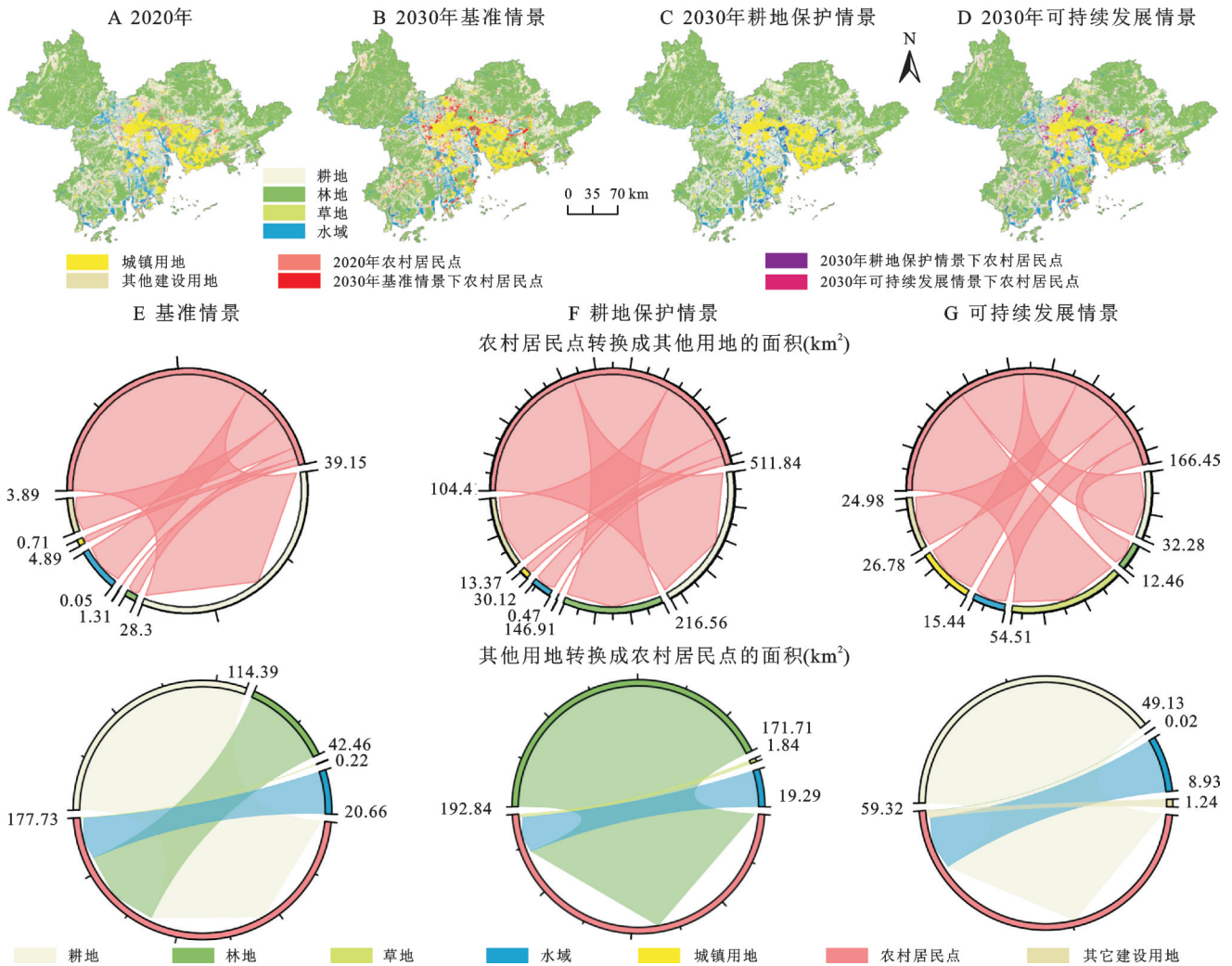


图 6 2020—2030 年多情景下土地利用变化分析

Fig. 6 Analysis of land use change under multiple scenarios (2020—2030)

### 3 讨论与结论

#### 3.1 讨论

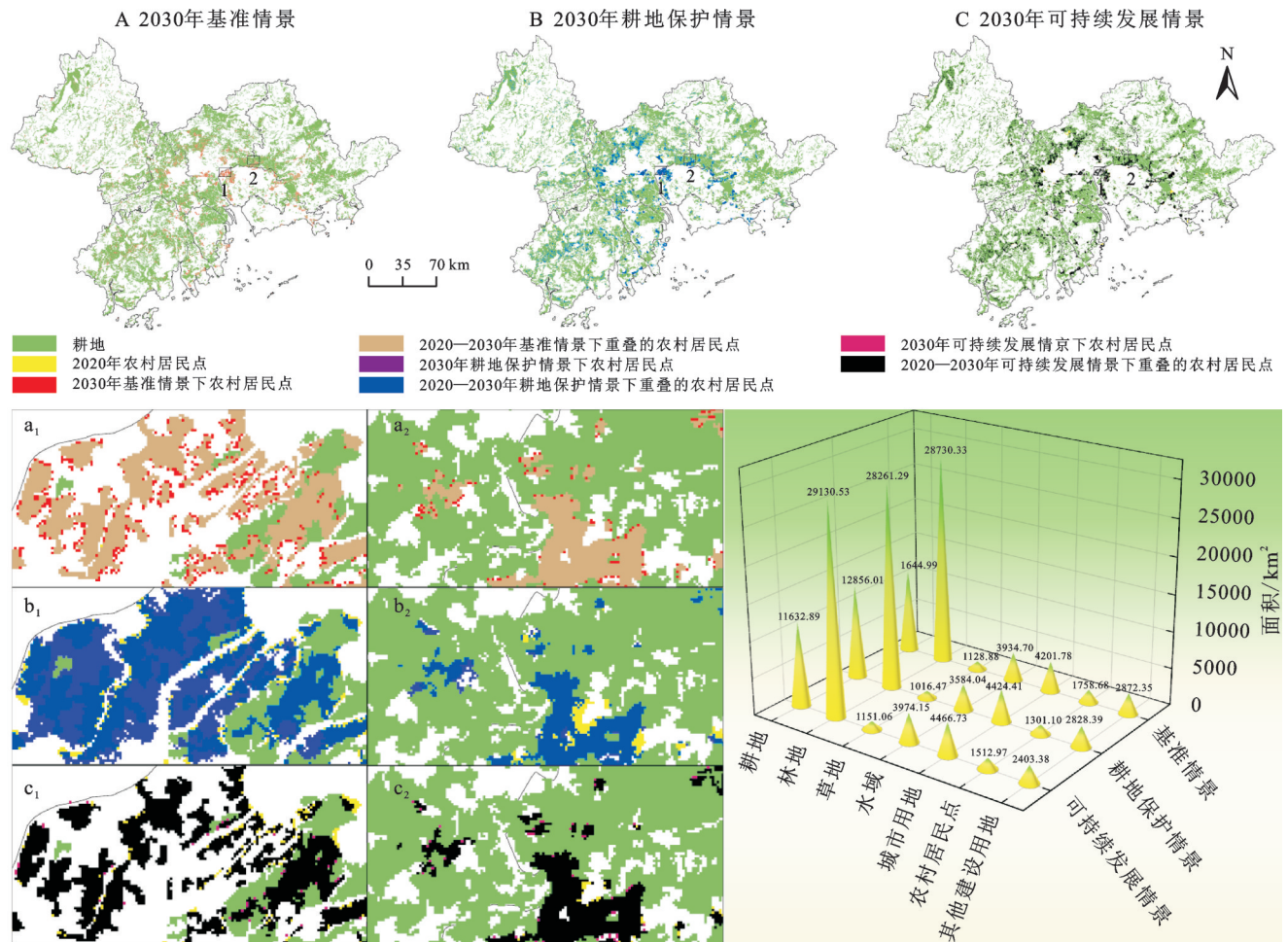
以往研究揭示了城镇化进程中农村居民点衰落与再生并存的空间特征<sup>[28]</sup>, 本研究也有相同的观点, 但目前有关农村居民点的研究在未来趋势预测方面关注还不够, 本文基于快速城镇化地区珠三角农村居民点的长时序演变研究, 融合了未来多情景模拟分析。同时, 在多情景下选取大尺度区域开展农村居民点模拟, 克服了以往在单一市县或特定地貌区小尺度研究存在的局限, 对快速城镇化地区农村居民点的空间布局提供重要参考。从近 30 年时空演变特征来看, 珠三角农村居民点主要分布在城镇及其周边地区, 其演变格局在不同时期受到城镇化、产业、环境等多重因素的影响<sup>[29]</sup>。1990—2000 年受改革开放政策影响, 珠三角农村开始向工业化和城镇化发展, 农村居民点迅速扩张, 规模和密度显著提升。2000—2010 年在“十一五”规划的实施下, 城

镇化进程加速, 城镇用地大规模扩张, 城镇周边的土地被改造形成“城中村”<sup>[28]</sup>, 整体规模和密度下降。2010—2020 年随着劳动密集型产业的升级, 乡村工业发展, 农村居民点的规模和密度再次出现增长, 人口空心化问题显著<sup>[29]</sup>。此外, 相关研究成果表明<sup>[23,30]</sup>, 自然地理因素如水源和交通条件也会影响农村居民点的空间格局, 其通常多分布在靠近河流和交通便利的地方。

2030 年农村居民点的发展趋势取决于所采用的发展方案, 在基准情景下, 其变化延续 2010—2020 年的增长趋势, 工业化与城镇化的进一步发展将使城市周边的农村居民点变为城镇用地, 同时, 由于生活水平的提高, 农民将寻求更宽敞、更舒适的居住环境, 将会导致大量新的农村居民点被建造。在耕地保护情景下, 由于严格限制耕地向农村居民点的转化, 许多分散的居民点将可能逐渐合并为“城中村”, 聚集在新的地方, 部分被撤并, 居民点扩张受到明显抑制, 面积显著减少。可持续发展情景下, 由于珠三角的一些地

区是首批国家“新型”城镇化综合试点地区之一,其建设与发展需严格按照规划进行。作为华南地区的重要腹地,珠三角将承接来自广东的大量产业转移,以

加强区域对接,周边地区的农民将因为更多的就业机会被吸引,向城市迁移,因此,农村居民点的规模将减少,而城镇用地和其他建设用地的面积将增加。



注:图 a<sub>1</sub>、a<sub>2</sub>、b<sub>1</sub>、b<sub>2</sub>、c<sub>1</sub>、c<sub>2</sub> 分别表示图 A、B、C 中 1 和 2 处局部放大的结果。

图 7 2020 年、2030 年多情景下农村居民点模拟结果及土地利用面积

Fig. 7 Simulation results of rural settlements and land use area under multiple scenarios in 2020 and 2030

珠三角地区的快速城镇化对农村居民点的发展产生了深远影响,有必要制定合理的政策以缓解城市扩张对居民点的负面影响。首先,农村居民点呈现出“大集聚、小分散”的空间格局表明布局优化应分区进行,合理利用闲置居民点用地,严格控制其无序扩张,以保障耕地与粮食安全,其次,基于可持续发展情景模拟结果,应充分考虑其景观功能,保护生态价值,严格限制各类建设用地的扩张,实现生态保护与城乡一体化发展的平衡。最后,合理聚集和优化布局分散,破碎化程度较高的农村居民点,加快建立城乡统一的土地利用机制,以推动土地利用向紧凑模式转变,从而缩小城乡发展差距,保障城乡一体化战略的有序推进。

本文仍存在不足:对研究的尺度划分不够精细。由于珠三角的城乡矛盾突出,整体研究难以全面分

析一些具有特殊性的边缘地区,后续可以根据其城乡梯度对农村居民点进行更细致的多尺度分析。

### 3.2 结论

本研究基于核密度分析、景观格局指数、土地利用转移矩阵及 GeoSOS-FLUS 模型,系统分析了珠江三角洲农村居民点的时空演变特征,并模拟 2030 年不同情景下的发展趋势。研究发现,近 30 年来,受快速城镇化的影响,珠三角地区农村居民点的空间分布特征发生显著变化,主要结论如下:

(1) 珠三角农村居民点的核密度在 1990—2020 年呈波动上升趋势,核密度峰值从 1990 年的 415.96 个/km<sup>2</sup>增至 2020 年的 767.72 个/km<sup>2</sup>,呈现“内密外疏”特征。

(2) 从规模特征看,CA、NP 与 MPS 均减少,呈收缩趋势,而 LSI 与 AI 波动上升,呈现“大集聚”“小分散”的空间分布格局,边缘地区因地形限制与政策

滞后性等原因仍存在破碎化问题。

(3) 土地利用转移矩阵表明,1990—2010年农村居民点主要被城镇用地侵占,城乡用地矛盾突出,耕地与生态用地转化压力随城镇化进程加剧持续增加,2010—2020年期间政策调控初见成效,建设用地的扩张有所缓解,但耕地转化为其他建设用地的面积最大,农村居民点的扩张面积增加,城乡矛盾问题并未完全解决。

(4) 2030年农村居民点的多情景模拟结果显示,与2020年相比,基准情景下,农村居民点面积将延续2010—2020年的趋势,呈现无序扩张,布局分散的状态,而耕地保护情景由于限制了耕地转化,农村居民点面积显著缩减,耕地保有量提升显著,耕地流失现象得到有效控制,可持续发展情景下生态用地得到保护,林地、草地面积增加,农村居民点面积依然减少,兼顾了生态用地保护与建设用地的平衡。

#### 参考文献(References):

- [1] 冯德东,龙花楼,王坤,等.中国农村居民点空间布局优化研究综述与展望[J].地理研究,2024,43(8):2215-2232.  
Feng D D, Long H L, Wang K, et al. Review and prospect of research on spatial layout optimization of rural settlements in China[J]. Geographical Research, 2024, 43(8):2215-2232.
- [2] 屠爽爽,周星颖,龙花楼,等.乡村聚落空间演变和优化研究进展与展望[J].经济地理,2019,39(11):142-149.  
Tu S S, Zhou X Y, Long H L, et al. Research progress and prospect of spatial evolution and optimization of rural settlements[J]. Economic Geography, 2019, 39(11): 142-149.
- [3] 石云,朱晓雯,李建华,等.基于多智能体的黄土高原沟壑区农村居民点优化布局[J].经济地理,2023,43(7):170-178.  
Shi Y, Zhu X W, Li J H, et al. Optimal layout of rural settlements in gully areas of the Loess Plateau based on multi-agent bodies[J]. Economic Geography, 2023, 43(7):170-178.
- [4] 李红波,张小林.国外乡村聚落地理研究进展及近今趋势[J].人文地理,2012,27(4):103-108.  
Li H B, Zhang X L. A review and trend on rural settlement geography abroad[J]. Human Geography, 2012, 27(4):103-108.
- [5] Bigmore P, Grossman D. Rural process-pattern relationships: Nomadization, sedentarization and settlement fixation[J]. The Geographical Journal, 1994, 160(1):98.
- [6] 曲衍波,刘敏,朱伟亚,等.农村居民点多功能空间格局与协调性优化模式[J].自然资源学报,2021,36(3): 659-673.  
Qu Y B, Liu M, Zhu W Y, et al. Spatial pattern and coordination optimization mode of multifunction of rural settlements[J]. Journal of Natural Resources, 2021, 36(3):659-673.
- [7] 马利邦,石志浩,李梓妍,等.“人-地-业”协调与区位优势双重视角下农村居民点整理:以河西走廊金昌市为例[J].地理科学,2023,43(3):476-487.  
Ma L B, Shi Z H, Li Z Y, et al. Rural residential land consolidation based on “population-land-industry” coordination and location superiority: a case study in Jinchang City, Hexi Corridor of Gansu Province[J]. Scientia Geographica Sinica, 2023, 43(3):476-487.
- [8] Ji Z X, Xu Y Q, Sun M X, et al. Spatiotemporal characteristics and dynamic mechanism of rural settlements based on typical transects: a case study of Zhangjiakou City, China[J]. Habitat International, 2022, 123:102545.
- [9] 李晓青,王一淳,徐修桥.喀斯特地区农村居民点时空演变格局及影响因素:以平果市为例[J].水土保持研究, 2022, 29(3):375-382.  
Li X Q, Wang Y C, Xu X Q. Spatiotemporal evolution pattern and influencing factors of rural settlements in karst areas: Take Pingguo City as an example[J]. Research of Soil and Water Conservation, 2022, 29(3): 375-382.
- [10] 杨春梅,徐小峰,张豪,等.基于三生空间功能的上海市农村居民点特征演变及优化研究[J].长江流域资源与环境,2021,30(10):2392-2404.  
Yang C M, Xu X F, Zhang H, et al. Evolution and optimization features of rural residential areas based on ‘the functions of production-living-ecological spaces’ in Shanghai[J]. Resources and Environment in the Yangtze Basin, 2021, 30(10):2392-2404.
- [11] Yang L P, Ou C, Wang Z, et al. Unveiling patterns and drivers of long-term rural settlement changes from the urban-rural gradient perspective: a case study of the Beijing-Tianjin-Hebei region in China[J]. Habitat International, 2025, 156:103300.
- [12] Geng B, Tian Y G, Zhang L H, et al. Evolution and its driving forces of rural settlements along the roadsides in the northeast of Jiangnan Plain, China[J]. Land Use Policy, 2023, 129:106658.
- [13] Zou Y F, Rao Y F, Luo F, et al. Evolution of rural settlements and its influencing mechanism in the farming-pastoral ecotone of Inner Mongolia from a production-living-ecology perspective[J]. Habitat International, 2024, 151:103137.
- [14] 杨斌,王占岐,张红伟,等.高山贫困地区农村居民点空间格局演变特征及驱动机制[J].农业工程学报,2021, 37(4):285-293.  
Yang B, Wang Z Q, Zhang H W, et al. Spatial pattern evolution characteristics and driving mechanism of rural settlements in high mountain areas with poverty[J].

- Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2021, 37(4):285-293.
- [15] Zhang R T, Zhang X L. Spatial pattern evolution and driving mechanism of rural settlements in rapidly urbanized areas: A case study of Jiangning district in Nanjing City, China[J]. Land, 2023, 12(4):749.
- [16] Zou Y F, Du P P, Liu Y Q, et al. Evolution of rural settlements and its mechanism under the influence of A-class scenic spots in karst region: a case study of Guizhou Province in southwestern China[J]. Habitat International, 2025, 164:103504.
- [17] 耿鑫,胡实,肖玉,等.基于生态系统服务价值的东北农牧交错区土地利用格局优化与评价[J].自然资源学报,2022,37(7):1799-1814.
- Geng X, Hu S, Xiao Y, et al. Land use pattern optimization and evaluation based on ESV of agro-pastoral ecotone in Northeast China [J]. Journal of Natural Resources, 2022, 37(7):1799-1814.
- [18] Jiang X, Li B X, Zhao H Y, et al. Examining the spatial simulation and land-use reorganisation mechanism of agricultural suburban settlements using a cellular-automata and agent-based model: Six settlements in China[J]. Land Use Policy, 2022, 120:106304.
- [19] 李岩,吴浩,朱连奇,等.基于土地利用变化多情景模拟的郑州市生态系统服务退化风险识别及其启示[J].自然资源学报,2025,40(2):493-513.
- Li Y, Wu H, Zhu L Q, et al. Identification of ecosystem service degradation risks in Zhengzhou based on multi-scenario simulation of land use changes[J]. Journal of Natural Resources, 2025, 40(2):493-513.
- [20] Song W, Li H H. Spatial pattern evolution of rural settlements from 1961 to 2030 in Tongzhou District, China[J]. Land Use Policy, 2020, 99:105044.
- [21] Wang Z L, Ou L, Chen M. Evolution characteristics, drivers and trends of rural residential land in mountainous economic circle: a case study of Chengdu-Chongqing area, China[J]. Ecological Indicators, 2023, 154:110585.
- [22] 林广,王妍,王蕾,等.峰丛洼地石漠化区乡村聚落的形态学特征及空间演变规律[J].水土保持学报,2025,39(1):348-358.
- Lin G, Wang Y, Wang L, et al. Morphological characteristics and spatial evolution laws of rural settlements at peak-cluster depressions in rocky desertification areas [J]. Journal of Soil and Water Conservation, 2025, 39(1):348-358.
- [23] Ma L B, Li J Y, Wang X, et al. Evolution and simulation optimization of rural settlements in urban-rural integration areas from a multi-gradient perspective: a case study of the Lan-Bai urban agglomeration in China[J]. Habitat International, 2024, 153:103203.
- [24] 李久林,储金龙,叶家珏,等.古徽州传统村落空间演化特征及驱动机制[J].经济地理,2018,38(12):153-165.
- Li J L, Chu J L, Ye J J, et al. Spatial evolutionary characteristics and driving mechanism of traditional villages in ancient Huizhou[J]. Economic Geography, 2018, 38(12):153-165.
- [25] 陈文波,肖笃宁,李秀珍.景观指数分类、应用及构建研究[J].应用生态学报,2002,13(1):121-125.
- Chen W B, Xiao D N, Li X Z. Classification, application, and creation of landscape indices[J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2002, 13(1):121-125.
- [26] 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.
- Wu L N, Yang S T, Liu X Y, et al. Response analysis of land use change to the degree of human activities in Beiluo River basin since 1976 [J]. Acta Geographica Sinica, 2014, 69(1):54-63.
- [27] 曹帅,金晓斌,杨绪红,等.耦合 MOP 与 GeoSOS-FLUS 模型的县级土地利用结构与布局复合优化[J].自然资源学报,2019,34(6):1171-1185.
- Cao S, Jin X B, Yang X H, et al. Coupled MOP and GeoSOS-FLUS models research on optimization of land use structure and layout in Jintan district[J]. Journal of Natural Resources, 2019, 34(6):1171-1185.
- [28] Gong J Z, Jian Y Q, Chen W L, et al. Transitions in rural settlements and implications for rural revitalization in Guangdong Province [J]. Journal of Rural Studies, 2022, 93:359-366.
- [29] 杨忍,邓颖贤.广东省村镇聚落体系演化及其优化重组[J].地理学报,2024,79(2):281-298.
- Yang R, Deng Y X. The evolution and optimized reconstructing analysis of rural settlement system in Guangdong Province [J]. Acta Geographica Sinica, 2024, 79(2):281-298.
- [30] 杨忍.基于自然主控因子和道路可达性的广东省乡村聚落空间分布特征及影响因素[J].地理学报,2017,72(10):1859-1871.
- Yang R. An analysis of rural settlement patterns and their effect mechanisms based on road traffic accessibility of Guangdong [J]. Acta Geographica Sinica, 2017, 72(10):1859-1871.