

研究论文

粤港澳大湾区山海田城的空间演变特征分析

王江波¹, 焦艺璇¹, 温佳林¹, 苟爱萍^{2*}

摘要 在全球经济快速发展背景下,粤港澳大湾区的建设发展是中国推动战略发展的关键创新引擎,也是中国实现社会经济可持续发展的首要选择。总结研究粤港澳大湾区沿海城市群山海田城的空间发展特征背后的影响因素。基于粤港澳大湾区沿海城市 40 年间 7 个时期的遥感监测数据,对山、田、城等自然要素进行了解译提取及整理计算。研究发现:粤港澳大湾区沿海城市山海田城的空间形态呈现“变化东强西弱,城市连绵发展”的演变特征;空间结构在多方面呈现不同特征,空间规模呈现“城镇规模分段式扩张,山海田规模逐年变化”的特征;空间地类的转化每 10 年间呈现不同趋势的变化特征。

关键词 粤港澳大湾区;山海田城;空间;演变特征;影响因素

空间是城市和农村最基本的存在形态^[1-2]。简要说,山海田城空间就是指城乡 4 种自然要素之间的空间分布及其联结状态。通常是以密度、布局 and 分布形态的形式出现。相关研究既涉及定性研究,也包含定量研究。在定性研究方面,国外城市空间格局研究大多关注城市空间扩张,国内针对空间形态的研究角度较多,出于美学的角度对城市空间形态进行剖析^[3],对城市总体空间中的某一类子格局进行研究,如城市景观格局、道路格局、商业格局等^[4]。在定量研究方面,国外首先提出空间句法,景观指标构建模型的方式也被应用于空间格局的描述中^[5]。此外,有学者通过使用空间聚类 and 空间度量方法来描述受城市扩张 and 城市形态动态影响的区域^[6]。国内最初以多指标、多角度测定为主^[7],随着科技的发展与进步,探索性数据分析方法(ESDA)开始应用于城市空间分析^[8];之后,又出现了空间句法、引力模型、分形维数等多种方法^[9]。随着 GIS(地理信息系统)和 RS(遥感)技术

的快速发展,这些先进的空间分析手段已被广泛应用于城市空间格局研究领域^[10]。特别是在城市用地变化探测方面,遥感技术凭借其高效、客观、大范围覆盖的优势,已成为不可或缺的重要技术手段^[11]。近些年,国内外相关研究致力于构建更精细的研究模型,深入探究城乡空间各子空间类型的演变,例如,多尺度交通规划网络^[12]、农业用地时空转化^[13]、空间梯度植物多样性^[14]以及城乡过渡带^[15]等。驱动因素的相关研究集中在:多元线性回归分析和因子分析^[16]、Logistic-GTWR 模型^[17]、分层线性模型和空间分析方法^[18]等多种定量分析方法^[19],挖掘空间演化特征的驱动因素;或是运用遥感解译方法,结合景观指数法^[20]、土地利用转移等方法^[21],探究空间变化的驱动因素。本文综合前人在城乡空间的相关研究角度,分别从空间形态、空间结构和空间转化角度,构建了体系化的空间演变特征研究模型。选取景观格局指数方法,可以从多指标角度系统化和精细化地探究其演变特征,并运用相关性分析以及进一步的偏相关分析,能够更深入更精确地研究多变量之间的复杂关系,探究山海田城演变的影响机理。

1. 南京工业大学建筑学院, 南京 211816

2. 上海应用技术大学生态技术与工程学院, 上海 201418

收稿日期: 2024-04-30; 修回日期: 2025-01-13

基金项目: 国家自然科学基金项目(51978329, 51778364)

作者简介: 王江波, 教授, 研究方向为韧性城市与防灾减灾, 电子信箱: wjb623@163.com; 苟爱萍(通信作者), 教授, 研究方向为韧性景观, 电子信箱: gouaiping@sit.edu.cn

引用格式: 王江波, 焦艺璇, 温佳林, 等. 粤港澳大湾区山海田城的空间演变特征分析[J]. 科技导报, 2025, 43(7): 126-136; doi:10.3981/j.issn.1000-7857.2024.04.00300

粤港澳大湾区作为世界四大湾区的城市群之一,在国家发展格局中占有重要的地位^[22]。“三面群山环抱、三江汇集”,地理位置优越,拥有绵长的海岸线,优良的港口群,辽阔的海域面。粤港澳大湾区面向南海,是中国与沿海各国海上往来最为便利的经济发达地区。研究大湾区城市山海田城空间特征的演化与造成此类特征的驱动因素,调查和分析其过去的变化规律和现在所处的状况,以及人类活动对其造成的影响,这样可以为大湾区自然生态环境建设保护提供科学理论的支持,对其未来发展趋势进行科学、合理的预测,可以为大湾区山海田城空间的可持续发展和未来滨海地区的生态建设指明方向。

目前,国内外在空间各类型演变特征及驱动因素的研究中取得了较多的成果,对于城乡空间主要集中在单个城市深入研究,或是全国性大范围的高度概括性研究,对于沿海城市群的空间研究较少;同时,对于多个自然要素的空间研究仍停留在定性阶段,定量研究只是要素的简单叠加分析,且多为城市建设用地的研究,多要素空间演变特征的研究方面较少。为了更好地解释自然要素与城市空间模式之间的关系,城市空间模式研究应当在定性提炼的基础上,通过相关方法进行自然要素的空间模式识别和表达,为此,需要针对性地建立适合于空间演变特征模式研究的方法。本文以粤港澳大湾区40年来遥感影像数据为基础,进行体系化定量分析,研究了大湾区沿海城市群城市山海田城空间的演化特征,这对粤港澳大湾区城市群全面发展具有指导性意义。另外,对城市空间演变影响因素进行研究,再现了1980—2020年大湾区整体动态连续的时空演变进程,有利于深入研究粤港澳大湾区城市群内部规律,对粤港澳大湾区城市群的空间高质量发展提供参考建议。

1 数据来源与研究方法

1.1 数据来源

1) 土地利用现状遥感监测数据。研究区的基础数据包括香港特别行政区,澳门特别行政区,广东省广州市、深圳市、珠海市、惠州市、东莞市、中山市、江门市等9个城市的1980、1990、2000、2005、2010、2015年以及2020年的7期土地利用现状遥感监测数据集(CNLUCC),由Landsat-MSS遥感影像数据、

Landsat-TM/ETM遥感影像数据、Landsat 8遥感影像数据通过人机交互目视判读生成,该数据集可以较好地反映历史土地利用状态,来源于中国科学院资源环境科学与数据中心(<https://www.resdc.cn>)。

2) DEM数据。DEM数据下载自美国国家航空航天局(NASA)2020年全新的全球30 m分辨率DEM数据(<https://earthdata.nasa.gov/esds/competitive—programs/measures/nasadem>),是当前最新的一套数据,具有质量好、覆盖范围广等优点。

3) 社会经济数据。社会经济数据资料主要来源为广东统计信息网(<http://stats.gd.gov.cn>)、《2021年广东省统计年鉴》,以及近40年研究区各地市的统计年鉴。港澳数据通过港澳统计年鉴、世界银行等获取,但缺少部分指标数据,仅能收集到人口数以及地区生产总值,考虑到指标的统一性,社会经济数据定量分析部分仅包括广东省沿海城市。

1.2 要素提取

1) 城镇空间。城镇空间量化基础数据来源于中国科学院资源环境科学与数据中心的“中国多时期土地利用现状图”,利用ArcGIS以中国科学院资源环境科学与数据中心的土地利用分类体系进行土地利用重分类,其中土地二级分类中的城镇用地作为城镇空间,提取城镇用地数据,将城镇用地的范围及规模数据作为城镇空间研究的基础数据。

2) 山体空间。山体空间包括50~100 m之间的丘陵台地和100 m以上的低山及中山。鉴于广东省的平均海拔较低,约为18 m,所以在山体空间的数据分析中,直接按海拔高度界定山体空间,综上所述,本文的山体空间包括NASA2020年提供的DEM数据中海拔高度在50 m及以上的丘陵台地、低山及中山,并且去除与农田及城镇用地范围重合的空间。

3) 农田空间。利用中国科学院资源环境科学与数据中心的“中国多时期土地利用遥感监测数据”,利用ArcGIS进行土地利用重分类,以土地一级分类中的耕地作为农田空间,从中提取水田用地及旱地用地范围,将其作为文中的农田空间。

4) 海域空间。在山海田城空间的形态指数演化特征研究中,以其宏观形态为主,仅将海域空间作为形态特征中位置恒定的背景要素,研究山、田、城和其他要素与海域间的关系。在定量分析的部分,以沿

海地区围填海区域的变迁为主要研究对象,分析沿岸线地区的土地变化规模,进一步分析出山海田城空间的演化特征。

1.3 研究方法

本文利用 ENVI 和 ArcGIS 等软件对粤港澳大湾区的土地利用情况进行分析。从空间的形态、结构和地类转化 3 个方面入手,分类总结空间不同维度的演化特征;并从自然因素、社会经济及政策等方面运用相关性分析法,研究近 40 年间山海田城空间变化的影响因素。

1.3.1 转移矩阵方法

转移矩阵可用于描述研究区域内山、田、城要素类型之间的相互转换情况,不同时间段的要素空间转换矩阵可有效解释生态空间各要素规模大小的具体变化,从而进一步探究山海田城空间格局特征的转化规律。数学表达公式如下:

$$R = \begin{pmatrix} A_{11} & A_{12} & \dots & A_{1n} \\ A_{21} & A_{22} & \dots & A_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ A_{m1} & A_{m2} & \dots & A_{mn} \end{pmatrix} \quad (1)$$

式中: m 为研究初期的某种要素空间类型; n 为研究末期的某种要素空间类型; A_{mn} 表示研究初期第 m 种要素类型转移成研究末期第 n 类要素类型的面积。

1.3.2 景观格局指数分析

景观指数分析法是指根据实际情况和研究目标,分别对农田、城镇、山体等空间要素进行分析,并基于 Fragstats 软件,选取相关格局指数,计算类型水平的景观指数^[23],量化测度大湾区山海田城空间格局的结构指数的演化特征。在粤港澳大湾区的山海田城空间这类较大尺度的研究中,人的活动会对其结构发生较大的影响,景观的基础数据、形状指数、破碎化程度聚散性程度是其重要的属性特征。因此本研究结合前人研究的经验,选取斑块类型面积(CA)、最大斑块指数(LPI)、斑块个数(NP)、总边缘长度(TE)、边缘密度(ED)、景观形状指数(LSI)、散布与并列指数(IJI)、聚集度指数(AI)和破碎度指数(Ci)9 个指数,多方面分析研究区内山海田城空间在景观水平上的动态变化规律^[24]。景观破碎度在一定程度上能够直接反映城市各要素类型的破碎化程度。它能反映人类活动对各要素斑块的干扰程度,其数学表达式为:

$$C_i = \frac{N_i}{A_i} \quad (2)$$

式中: C_i 为各要素空间的景观破碎度, N_i 为 i 类空间类型的斑块数量, A_i 为 i 类空间要素的斑块总面积。

1.3.3 相关性分析法

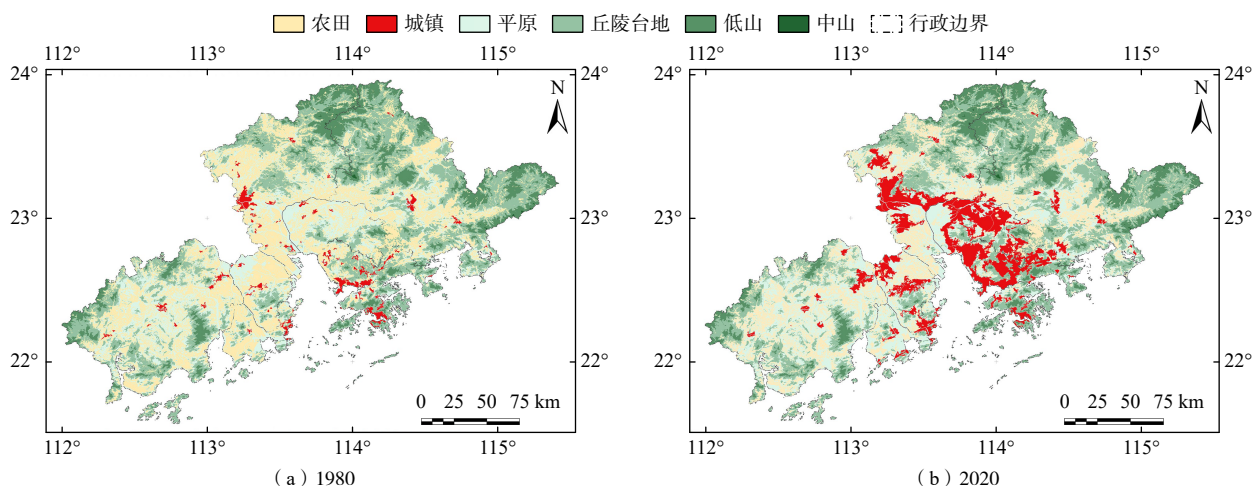
为探究社会经济因素对山海田城空间演变的影响因素,选取 7 个年份间 7 个城市社会经济因素方面的 8 个指标和山、田、城的空间面积,作为研究粤港澳大湾区山海田城的空间演化的影响因子,利用皮尔逊相关分析法和偏相关分析法探究两变量间是否具有相关性。为排除两变量相关性间受其他变量影响的可能,选取偏相关分析法,在控制其他变量不变的情况下,重新考虑两指定变量间的关联程度,目的在于消除 2 个指定变量外的其他变量关联性的传递。

2 山海田城空间演化特征

2.1 空间形态的演化特征

1980—2020 年期间,粤港澳大湾区沿海 9 个城市的城市化进程较快,城镇空间向海域空间、向山体空间扩张,同时侵占了大量农田,各城市间的发展向着城镇一体化发展模式转变,根据图 1 可观察研究区的空间形态 40 年间的变化状况,其单独的空间要素呈现不同演变特征,其中,城镇空间形态变化呈现“东强西弱”的演化特征,城镇空间联结成片,呈现连绵状的发展趋势;山体要素空间形态外轮廓变化不明显,沿海核心处转换明显;农田要素空间随城镇要素空间的扩张逐渐减小;海域要素由于其自身广阔的特性,在整体形态上未发生明显改变,在海岸带地区形态逐年变化,同时引导着城田空间向海的方向积极发展。

1980 年,山海田城要素的空间形态呈现“耕地临山近海,城镇星罗棋布”的特征,经过 40 年的发展,逐渐演变为“城镇临山滨海,片装连绵发展”。对研究区山海田城的空间形态抽象化分析表达,研究山海田城 4 种要素空间形态的整体演化,可以发现城镇空间的扩张侵占了大量的农田空间和小部分的山体空间,逐渐向沿海地区建设发展;农田要素空间缩减,另有小部分空间转化为山体空间,海洋整体形态虽然变化较小,但沿海地区山、田、城要素间的空间关系发生着



地图范围来自中国科学院资源环境科学与数据中心 1980—2020 年土地利用现状遥感监测数据集(CNLUCC)

图 1 1980—2020 年研究区城镇、农田用地与 DEM 数据关系

剧烈变化,城镇开始沿海建设,山、田要素间也在发生着转换,呈现“城镇连绵发展,山、田相互转换,共同向海建设”的演化特征。

2.1.1 1980—2000 年:城镇形态由散点状连为带状,农田范围缩小

1980—2000 年间,研究区的山海田城空间形态出现明显变化(图 2),多处农田空间转为城镇空间,山和

田之间也发生了少量转换,其中比较明显的形态变化是城镇空间由之前的“点状”发展模式转变为“带状”发展模式,同时散点状的城市空间仍在增加,开始有联结成片趋势,在广州、深圳、东莞等城市间扩张趋势尤其明显,城镇空间在现有城镇空间向外扩张的基础上向海域和山体空间发展,逐渐呈现“城镇占田临山,向海带状发展”的演化特征。

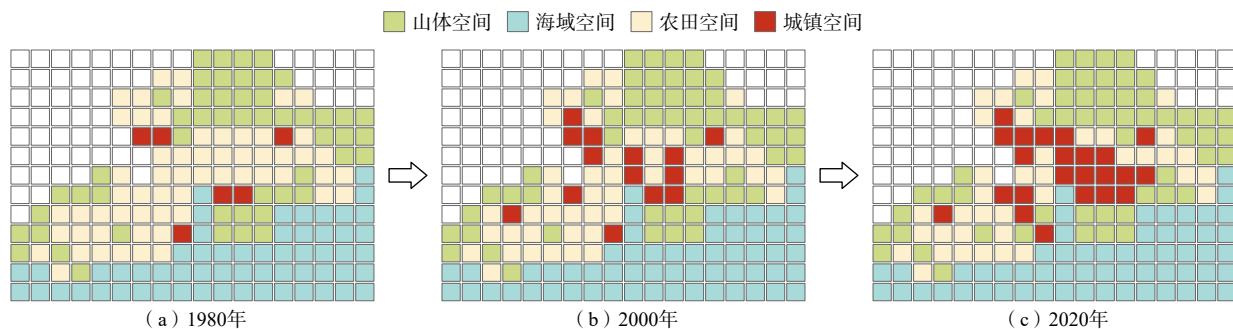


图 2 1980—2020 年研究区山海田城空间形态演变分析

2.1.2 2000—2020 年:城镇形态由带状发展为片状,山田范围进一步缩小

2000 年—2020 年,研究区的山海田城空间形态进一步演变,各城市之间逐渐形成联动趋势,沿珠江口发展为 U 型片区状;农田要素被其他类型要素吞并,在发展过程中,由于退耕还林等政策的颁布实施,小面积的耕地开始转为林地,耕地与山地之间也有不同程度的面积转化,城市建设的重心进一步向海发展。

2.2 空间结构的演化特征

2.2.1 空间规模演化特征:城镇规模分段扩张,山田海规模逐年变化

1980 年研究区山体要素斑块面积最大,其次是农田、其他要素和城镇要素;2010 年起,山体要素斑块面积依然最大,其他要素面积超过农田要素。斑块面积指标动态变化如图 3。

40 年间,城镇面积由快速递增转为平缓上升;农田斑块面积由快速下降转为缓慢下降;山体要素逐年

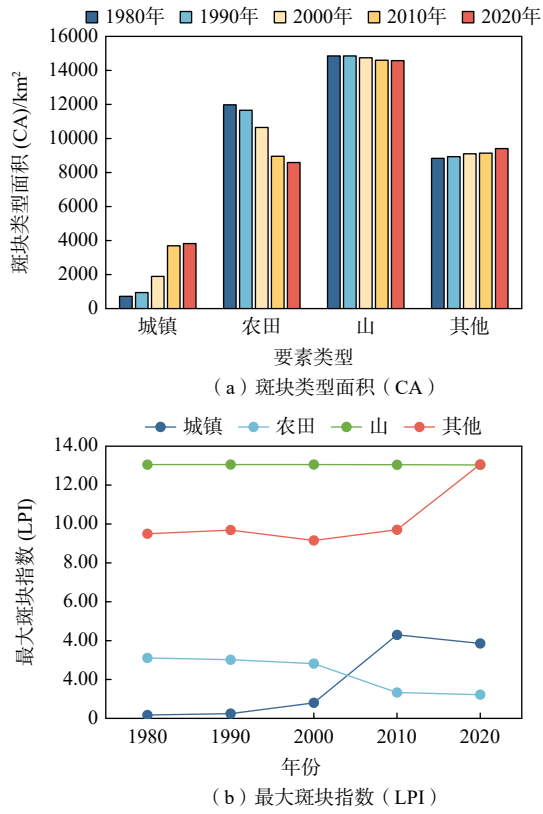


图3 1980—2020年各类型要素斑块类型面积和最大斑块指数动态变化

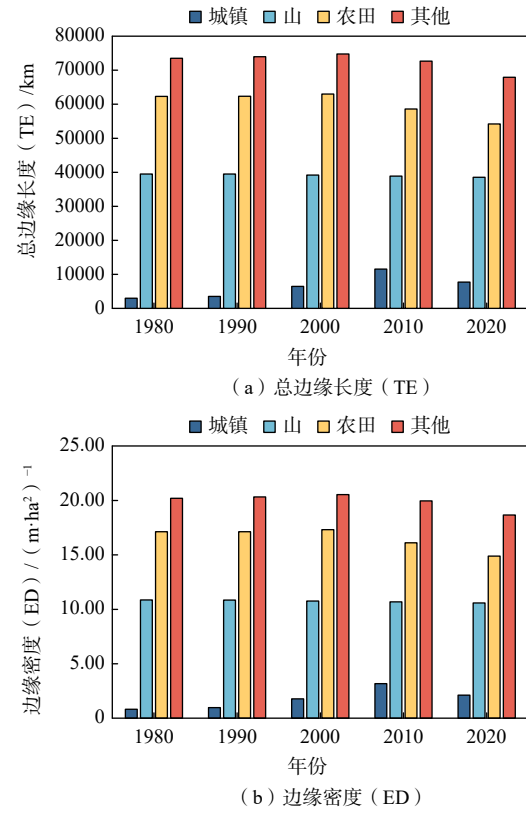


图4 1980—2020年各类型要素总边缘长度与边缘密度动态变化

缓慢下降。这表明在经济发展与城乡建设的推动下,城镇面积快速上升,人为活动大量侵占农田面积,这2类要素变化程度大,在城市的快速发展中更加容易受到影响。

2.2.2 空间边缘演化特征:山逐渐平直,海逐渐曲折,田城先升后降

边缘指数选取 TE 和 ED 2 个指标(图 4),城镇、农田要素 TE 先上升后下降;山体要素 TE 逐渐下降;ED 变化规律与其相同。上述结果表明在 40 年间,研究区除其他要素外,农田要素是指数数值最高的要素类型,城镇要素同农田要素指数变化相同,此种趋势也侧面说明 2010—2020 年间城市规划与建设更加重视对自然要素的保护。

同时,对比粤港澳大湾区 20 年间的海岸类型长度变化(表 1),可知除砂质海岸外其他类型的海岸长度均有上升,粤港澳大湾区的海岸边缘在逐渐曲折。

2.2.3 空间形状演化特征:城田形状复杂转为规则,山形状逐渐规则

LSI 值越大则代表斑块形状越不规则。1980—2020 年间,农田要素指数先上升后下降,斑块形状逐步恢复规则化;再次是山要素,处于逐年递减的状态,但变化幅度较小,即形状变化较小;城镇要素 1980—2010 年间逐渐上升,说明城镇用地的不规整性较为明显,随着城市的建设和扩张,城镇用地斑块愈发不规则,在 2010—2020 年间 LSI 下降,即斑块形状逐渐规则化。

表 1 1995—2016 年海岸类型长度变化

年份	不同海岸类型长度变化/km					
	基岩海岸	泥质海岸	人工海岸	砂质海岸	生物海岸	海岸总长
1995年	1710.18	7.60	1282.11	94.97	15.30	3110.16
2005年	1685.78	17.14	1354.53	89.94	17.50	3164.89
2016年	1674.25	13.37	1399.29	89.93	24.36	3201.20

2.2.4 空间聚散化演化特征:山田空间先分散后集中,城镇逐渐聚集

聚集性指数特征选取 IJI 和 AI 2 个指标。其中,海洋要素在空间上可以看作一个整体,聚集指数恒定不变的。40 年间,研究区内的城镇要素 IJI 一直最高;其次是其他要素,再次是山体要素,最低的是农田要素。城镇要素 IJI 先稳定后下降,说明城镇要素周围的不同要素斑块间混合的现象得到缓解,城镇发展逐渐趋向连片化。农田要素和山要素的 IJI 先上升后下降,表明 2 类要素的聚集程度先上升后下降。

在研究时段内,山要素的 AI 最高,其次是城镇要素,2010—2020 年城镇要素超过山要素 AI 为最高;其次是农田要素 AI。40 年间,山要素指数呈逐渐上升趋势,农田要素先下降后逐步回升,城镇要素稳步上升转为快速上升,可见城镇要素空间呈现密集化趋势,而农田受到侵占,导致离散程度变大。

2.2.5 空间破碎化演化特征:农田空间先破碎后完整,山城逐渐集中

研究区 40 年间各类要素的斑块数量变化呈现不同趋势。其中,其他要素斑块数量最多,其次是山体要素,山体要素的 NP 呈现逐年下降趋势;再次是农田要素,农田要素的 NP 先上升后下降;城镇要素的 NP 最小,先下降后上升最后又快速下降。要素类型中,其他要素破碎度指数最高,其次是山要素,破碎度逐年下降,下降速率较为缓慢;再次是农田要素,1980—2010 年破碎度指数逐渐上升,且上升速率逐渐增加,2010—2020 年开始下降;最低的城镇要素,破碎度呈下降趋势,反映了随着城市建设,面积逐渐增大,并逐渐集中为大斑块。

2.3 转化指数的演化特征

2.3.1 1980—1990 年:农田向城镇空间转换,山城变化小

粤港澳大湾区九市山体、农田、城镇要素空间数量的变化主要体现在城镇空间面积数量增加,农田空间面积数量减少,山体空间面积出现少量下降,其他用地面积增加。通过对山田城要素转换空间的分布进行分析(图 5),发现城镇和山体要素转换面积很小,可忽略不计。农田要素向城镇用地转换,符合城镇化的空间发展趋势;另外,还存在着农田向其他用地的转化,说明农田存在着一定程度的荒废现象。

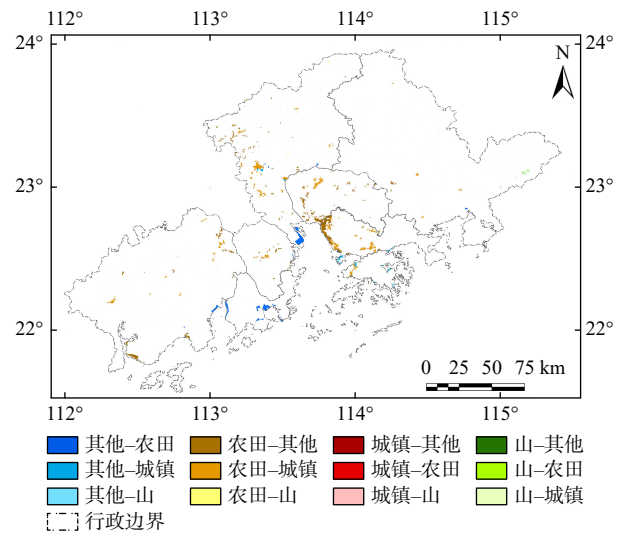


图 5 研究区 1980—1990 年山田城要素转换空间分布

2.3.2 1990—2000 年:农田沿城镇边界转换,空间小且碎

研究区 1990—2000 年的各要素空间数量变化主要体现在城镇空间面积大幅增加,农田要素面积加速减少,山体要素面积也出现减少,其他要素面积少量增加。

通过对 1990—2000 年的山田城要素转换空间分布进行分析(图 6),可发现城镇要素向外转出空间很少,可以忽略不计;农田要素转出的城镇要素主要分布在农田与城镇的连接处,转换面积小且分布细碎,此时期城市正沿原城市中心向外扩张,山体要素的转化主要分布在东莞市,转为城镇建设空间。

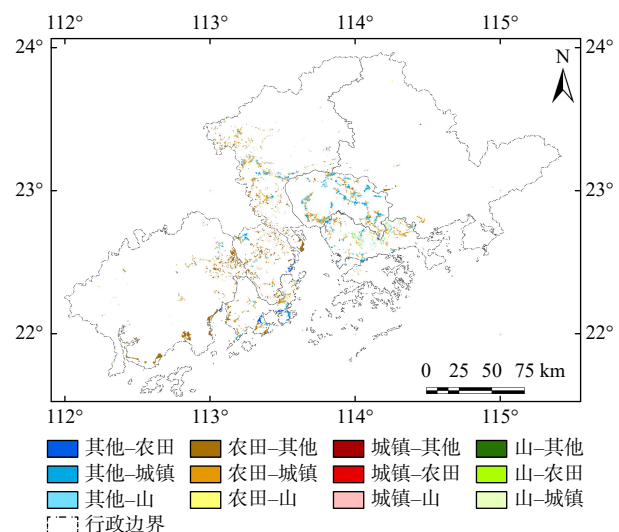


图 6 研究区 1990—2000 年山田城要素转换空间分布

2.3.3 2000—2010 年:整体转换面积增加,山田转为城镇空间

研究区 2000—2010 年的各要素空间数量变化主要体现在城镇空间面积保持倍数增加趋势,农田及山体要素少量减少,其他要素少量增加。

通过对 2000—2010 年的山田城要素转换空间分布进行分析(图 7),可发现城镇要素向外转出空间与前两期情况相似,转出空间面积很少,可以忽略不计;农田要素转出的城镇要素主要围绕着城镇向外扩张,转换面积较上期增加;山体要素的转化主要分布在东莞市,转为城镇建设空间。

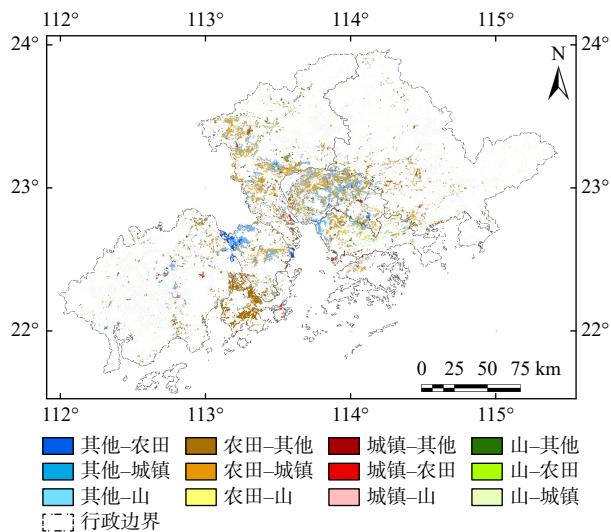


图 7 研究区 2000—2010 年山田城要素转换空间分布

2.3.4 2010—2020 年:田城转换空间分布零散,山转换空间少

研究区 2010—2020 年的各要素空间数量变化主要体现在城镇空间面积增长速度减慢,农田及山体要素少量减少,其他要素少量增加。

2010—2020 年的山田城要素转换空间分布较为零散(图 8)。其中,城镇要素、农田要素和其他要素转换空间均匀分布在各个城市之间,山要素的转换面积较少,不足自身面积的 0.2%,空间转换现象不明显。

3 山海田城空间格局演化的影响因素

社会经济因素、自然因素和政策因素之间以相互作用的方式,共同推动山海田城形态的演进。其中,空间格局演化的本底条件由自然因素所决定;经济因

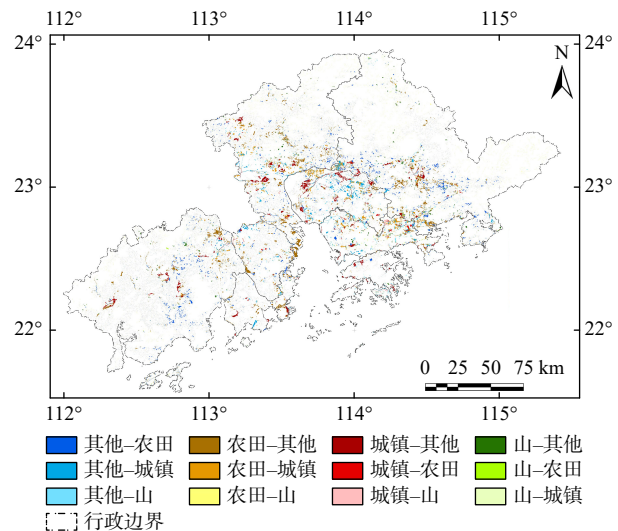


图 8 研究区 2010—2020 年山田城要素转换空间分布

素是格局演变中的内在因素;政策原因和自然、社会原因、经济与其他因素紧密相关,作用于空间格局常常是通过自然环境变化来体现社会、经济等各方面的转变。因此,本文通过查阅整合相关文献^[21-24],从社会因素方面选取 8 个指标(表 2),作为研究粤港澳大湾区山海田城的空间格局演化的影响因子,对城市空间格局演变的影响因素进行分析。

3.1 社会因素影响

为探索社会因素对山海田城空间的影响因素,结合相关文献^[21-24],选取 7 个年份间 7 个城市社会经济因素方面的 8 个指标(表 2),作为研究粤港澳大湾区山海田城的空间演化的影响因子,利用皮尔逊分析法探究社会经济因子对空间演化的影响因素,将山、田、城要素面积作为因变量,社会经济因子作为自变量,利用偏相关分析消除误差,进一步探索变量间的相关性。

3.1.1 人口数及国内生产总值推动城镇格局发展

以皮尔逊相关性分析结果来看,影响因子交互作用后对粤港澳大湾区城镇用地空间演变多具有相关作用,其中,常住人口、国内生产总值(GDP)、第二产业产值、第三产业产值和全社会固定资产投资额等 6 个因子相关性较为显著。

从不同时间段来看,1980—1990 年常住人口、GDP、第二产业产值、第三产业产值和全社会固定资产投资额相关性显著,其中全社会固定资产投资额相关性最强;1990—2000 年常住人口、GDP、第二产业产值相关性增强,并且地方财政一般预算收入相关性

表 2 空间面积及社会经济因素因子指标选取

驱动因子	变量名称	平均值	标准差
自然因素	城镇空间面积	2415.72/km ²	1339.80
	农田空间面积	9992.24/km ²	1376.71
	山体空间面积	14064.87/km ²	128.96
社会经济因素	常住人口数量	3669.94/万人	2083.95
	地区生产总值	26316.46/亿元	29027.53
	第一产业地区生产总值	494.63/亿元	357.77
	第二产业地区生产总值	11064.89/亿元	11258.66
	第三产业地区生产总值	14845.09/亿元	17594.09
	人均地区生产总值	321831.23/元	287406.39
	全社会固定资产投资额	8441.32/万元	10141.28
	地方财政一般预算收入	2545.51/万元	3002.69

开始显著,第三产业产值和全社会固定资产投资额的显著性略有下降,此时第二产业产值相关性最为显著;2000—2005年间除全社会固定资产投资外其余相关性均有下降;2005—2010年除常住人口相关显著性上升,其余因子相关显著性皆有小幅下降,2010—2015年同上期变化相同,仅有常住人口相关显著性上升;2015—2020年所有因子较上期显著性均有下降。

从不同维度来看,1990—2020年常住人口和第二产业产值一直是城镇要素演变的相关性因素,GDP和第三产业产值因子在1990—2010年间相关性显著,全社会固定资产投资额在1990—2005年间相关性显著,2000年地方财政一般预算收入相关性显著。各年份间相关性最强因子时有改变,但计算历年指标总数可得出,第三产业产值和常住人口相关性最为显著。进一步进行偏相关分析可知,城镇空间规模的变化和常住人口、GDP等6个指标的相关性均为中等相关;其中,1990年,城镇空间规模与全社会固定资产投资额相关性最强,到2000年,与GDP相关性最强,2010年与常住人口的相关性最强,2020年相关性逐渐减弱。

3.1.2 第一产业产值驱动农田格局变化

从不同时间段来看,1980—1990年山体面积和人均GDP相关性略有上升,第一产业产值相关性略有下降,相关性依然显著,常住人口数相关性由上一时期的显著变为不显著;1990—2000年常住人口、人均GDP和第一产业产值相关性指数下降,相关性不显著,此时,农田要素演变情况仅与山体面积相关;2000—

2005年山体面积因子相关性指数上升,第一产业产值相关性指数上升,2个指数与农田要素的演变相关性显著;2005—2020年指数演变与上期相同;此时第一产业产值指数因子的显著程度超过山体面积因子。

从不同维度来看,1980—2020年山体面积因子一直是农田要素演变的相关性因素,第一产业产值因子除2000年外其他年份相关性显著,除上述因子外,1980农田要素与常住人口和人均GDP有关,1990年与人均GDP因子有关。山体面积和第一产业产值相继交错为历年的最显著因子,计算历年指标总数可知山体面积和第一产业产值因子相关性最为显著。进一步进行偏相关分析可知,农田空间规模的变化和常住人口、人均GDP呈现弱相关,和第一产业产值呈强相关,证明农田空间规模和第一产业产值相关性最强,其中在1980—1990年相关性减弱,但从1990—2020年间相关性逐渐增强。

3.1.3 山体格局变化受社会因素影响小

从不同维度来看1980—2020年农田面积因子一直是山体要素演变的相关性因素,第一产业产值因子仅有2000年相关性显著。山体空间的演变特征仅和农田面积因子相关。最后的计算结果表明,山体空间规模的变化和社会经济因素相关性较小。

3.2 自然因素影响

3.2.1 地形地貌影响空间格局发展范围

研究区以珠江三角洲为中心,西、北和东部山地丘陵环绕。地邻南海、地势平坦、河网密集,具有明显的地缘优势。目前,中国的城镇化已经发展至中后

期,此刻正是全面提升质量的新阶段^[25],山体、海洋等大型资源要素因其特性,成为制约城乡空间格局变化范围的因素。

粤港澳大湾区3面环山,丘陵、台地约占总面积的一半以上,丘陵浅山区作为平原与山地的过渡带、人与自然环境交互强烈的地方^[26],临近城市建设区,开发建设活动较多。城市建设用地向山体方向扩张,山体逐渐成为城市建设占地的一部分,并因此在一定程度上受到城市建设所产生的破坏。源于山体自身的高度属性,城镇仅能向丘陵浅山区发展,难以在低山或中山处进行工程建设,故山体决定了空间格局在内陆地区的发展范围。

现代社会人口和城市向海集中,与内陆相比,海洋有着得天独厚的先天优势,一是向外发展的枢纽航运优势,二是先天的宜居优势。而围填海的建设虽然可以在一定程度上缓解海岸带地区用地紧张的局面,但会严重损害海岸带生态环境,故现主张对今后的发展要有一个科学的计划,围而不填,也不向更深的海域发展,减少对海岸带的影响,在一定程度上制约了空间格局向海的发展。

3.2.2 资源区位影响空间格局发展方向

丘陵台地富硒土壤资源丰富,适宜农业发展。大湾区富硒土壤资源丰富,优质的富硒土主要分布在江门、惠州等市的丘陵区;优质资源带动城镇和农业用地向富硒土丘陵台地转移。同时,研究区地热资源充沛且温泉众多,开发利用潜力大。粤港澳大湾区已经发现地热田75处,主要向旅游和养生方向发展,未来计划将促进地热资源梯级开发,建立集约化的综合利用示范基地,大力促进产业发展,带动产业用地向山体富含地热资源的方向发展建设。

粤港澳大湾区的近岸海域地区的工程建设适宜性较好,地形起伏较缓,地质灾害发生的风险较低,具有良好的工程建设适宜性,除此以外,大部分岛屿的海岸线地区 also 具有良好的港口建设适宜性。港口是对外开放发展的重要地区,是人类陆海行为交互的中心地带,港口的综合岸线资源利用驱动了城镇向海方向发展,带动社会资源向沿海城市流动。除此以外,粤港澳的滩涂面积约480 km²,主要分布在伶仃洋两岸和珠江口西部^[27],缓解了沿海地区的用地紧张局面,驱动城镇建设向沿海方向扩张。

3.2.3 生态环境保护诉求制约空间发展

城镇空间的拓展对自然山体产生了很大的影响,城镇规模和人口的增长,使得城市对自然山体的资源提出了开发利用的需求,但在开发过程中未对山体保护加以重视,导致城市空间的拓展对山体产生了一些负面影响。因此,山体不但要成为城市景观的组成部分,还要担当起保持自然空间连通的任务,故要对城市山体进行多层次的防护,保护的範圍也应进行明确划定。

海岸带的利用主要体现在该地区的围填海利用,围填海对海岸带地区生态环境的影响日益凸显,主要体现在滩槽冲淤演变剧烈、纳潮量锐减、水环境污染加重与生态承载力下降等方面。海岸带生态环境是围填海活动的限制性因素,是开展围填海工程不能突破的底线条件。为了加强滨海湿地的保护,要严格控制围填海行为。因此,海岸生态环境保护诉求抑制了高利润驱动下的围填海进程,也规范了围填海程序。

3.3 政策因素影响

3.3.1 政策影响空间格局发展

改革开放与经济特区设立加强了城镇建设发展。1978年,党的十一届三中全会中提出改革开放政策,推动深圳、珠海等城市对外开放,推动沿海城市快速发展,成为城市空间向海拓展的首要动力引擎。1992年,邓小平同志南巡讲话,促使深圳市经济特区改革进一步深化,推动深圳市乃至整个广东省改革向纵深发展,外向型经济的发展也扩大了城市进一步向海要地的需求。粤港澳大湾区的概念正式提出后,力求共同建设打造世界级的城镇群,加强经济发展联系,带动周边沿海城市发展,在交通、产业和生态等方面进行统一编制规划,促进沿海城市山海田城空间格局优化。

3.3.2 法律法规引导格局变化

山体保护条例出台,保护山体空间改善生态环境,提高自然景观,恢复,处理各种山体破损处,阻止城市发展侵占山体空间。2016年出台的《围填海管控办法》强调优化围填海空间开发布局,坚持以海定需,严禁不合理需求用海。同年,《区域建设用海规划管理办法》不断调整特定海洋区域用海的总体布局,规范了区域围填海开发建设秩序,围填海活动更趋于理性,围填海工程减慢,限制了海岸带围填海用地的无序扩张。《基本农田保护条例》的颁布圈定了基本农

田保护区,经依法划界,任何单位或个人都不得变更或占用,严禁单位或个人侵占基本农田,在某种程度上制止各种建设用地上对农田空间的蚕食。

3.3.3 规划推动空间格局演进

政策法规与规划是直接影响城镇格局决定性因素,对于其他格局要素也有非常重要的驱动作用,具有一定的阶段性与关键性。例如,《广州市国土空间总体规划(2021—2035年)》草案提出,优化山水林城田海的市域空间格局,构建通山达海的生态网络空间,优化沿珠江水系的网络化城市发展,构建安全、和谐、开放的美丽国土空间。《深圳市国土空间总体规划(2021—2035年)》草案的最新公示稿提出以自然地理格局为基础,构建国土空间开发保护新格局。珠海提出重点发展滨海地区,控制发展北部山区等等,各阶段的城市发展规划驱动着城市空间格局的演变。

4 结论与展望

通过对粤港澳大湾区9市的山海田城空间演变特征和影响因素进行定性及定量分析,得出结论如下:粤港澳大湾区沿海城市空间形态的演化特征总体呈现“形态变化东强西弱,城市连绵化发展”的演化特征;空间结构的演化特征中,不同维度呈现不同的特征;空间转换特征中,山、海、田、城4种要素按时间轴呈现不同幅度的变化趋势。粤港澳大湾区山海田城空间发展受自然因素、社会经济因素和法律政策多因素共同驱动。社会经济方面受人口及GDP等多个因子影响;地形地貌决定了山海田城空间格局变化的范围,资源区位则可以决定空间格局演变的方向;同时,自然资源基础为空间格局的发展强度奠定基础,也可能成为空间格局变化的阻碍因素。政策因素影响空间格局的发展,法律法规引导格局变化,各地历年的城市规划对空间格局确定起着关键作用。

综上所述,粤港澳大湾区山海田城空间的保护与发展需要政府和社会各界的共同努力,政府需要建立跨行政区的山海田城空间协同发展机制,确保各城市在空间规划上的一致性和互补性,明确各区域的功能定位、发展方向和保护重点。实施差异化发展策略,东部城市应注重空间优化和品质提升,西部城市则应加强基础设施建设和空间拓展。社会各界需要利用

自然资源与区位优势,促进社会经济与空间发展的协调,共同推动山海田城空间的可持续发展。

参考文献(References)

- [1] 段进. 城市空间发展论[M]. 2版. 南京: 江苏科学技术出版社, 2006.
- [2] 胡俊. 中国城市: 模式与演进[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1995.
- [3] 王国义, 李琳. 清代沈阳城市格局的特色研究[J]. 沈阳建筑大学学报(社会科学版), 2007, 9(1): 1-4.
- [4] 韩晶. 城市地段空间生长机制研究: 南京鼓楼地段的形态分析[J]. 新建筑, 1998(1): 10-13.
- [5] Hillier B, Hanson J, Graham H. Ideas are in things: An application of the space syntax method to discovering house genotypes[J]. Environment and Planning B: Planning and Design, 1987, 14(4): 363-385.
- [6] Jatayu A, Rustiadi E, Pribadi D O. A quantitative approach to characterizing the changes and managing urban form for sustaining the suburb of a mega-urban region: The case of north cianjur[J]. Sustainability, 2020, 12(19): 8085.
- [7] 顾朝林, 陈振光. 中国大都市空间增长形态[J]. 城市规划, 1994, 18(6): 45-50, 19, 63.
- [8] 钟业喜. 基于可达性的江苏省城市空间格局演变定量研究[D]. 南京: 南京师范大学, 2011.
- [9] 朱东风. 1990年以来苏州市句法空间集成核演变[J]. 东南大学学报(自然科学版), 2005, 35(增刊1): 257-264.
- [10] López E, Bocco G, Mendoza M, et al. Predicting land-cover and land-use change in the urban fringe[J]. Landscape and Urban Planning, 2001, 55(4): 271-285.
- [11] Herold M, Goldstein N C, Clarke K C. The spatiotemporal form of urban growth: Measurement, analysis and modeling[J]. Remote Sensing of Environment, 2003, 86(3): 286-302.
- [12] Wu C, Smith D, Wang M S. Simulating the urban spatial structure with spatial interaction: A case study of urban polycentricity under different scenarios[J]. Computers, Environment and Urban Systems, 2021, 89: 101677.
- [13] You X T, Chen G, Duan J S. Exploring traffic planning networks across multiple scales based on urban morphology: A case study of Nanjing, China[J]. Journal of Urban Planning and Development, 2024, 150(4): 05024037.
- [14] Mulya S P, Hudalah D, Prilandita N, et al. Spatio-temporal changes in agricultural land and rural-urban transitions in Greater Jakarta, Indonesia[J]. Regional Environmental Change, 2024, 24(4): 145.
- [15] Zhang L L, Du C, Li W H, et al. Spatial patterns and driving

- factors of plant diversity along the urban-rural gradient in the context of urbanization in Zhengzhou, China[J]. PeerJ, 2024, 12: e18261.
- [16] Deng W, Jiang Z Y, Zhang S Y, et al. Dynamic identification and evolution of urban-suburban-rural transition zones based on the blender of natural and humanistic factors: A case study of Chengdu, China[J]. Chinese Geographical Science, 2024, 34(5): 791–809.
- [17] 王利伟, 冯长春. 转型期京津冀城市群空间扩展格局及其动力机制: 基于夜间灯光数据方法[J]. 地理学报, 2016, 71(12): 2155–2169.
- [18] 王海军, 刘艺明, 张彬, 等. 基于Logistic-GTWR模型的武汉城市圈城镇用地扩展驱动力分析[J]. 农业工程学报, 2018, 34(19): 248–257, 310.
- [19] 雷明霞. 河南小城镇发展的时空格局、驱动因素及类型识别[D]. 开封: 河南大学, 2022.
- [20] 鞠洪润, 张生瑞, 闫逸晨. 1980—2020年粤港澳大湾区城镇用地空间格局类型演变及其驱动力多维探测[J]. 地理学报, 2022, 77(5): 1086–1101.
- [21] 渠爱雪, 卞正富. 徐州城市建设用地空间格局特征及其演化[J]. 地理研究, 2011, 30(10): 1783–1794.
- [22] 仲思敏, 尚正永. 苏州城市功能用地变化与转换特征及其驱动机制研究[J]. 国土与自然资源研究, 2022(5): 5–12.
- [23] 孙妹博, 孙虎, 徐嵩尧, 等. 运城黄河湿地景观空间格局变化及其驱动因素[J]. 水生态学杂志, 2021, 42(1): 17–25.
- [24] 邓昊键, 李恒凯, 熊永柱, 等. 近20年粤港澳大湾区城市群时空演化格局分析[J]. 世界地理研究, 2020, 29(6): 1181–1189.
- [25] 罗开盛, 李仁东. 长沙市近10年土地利用变化过程与未来趋势分析[J]. 中国科学院大学学报, 2014, 31(5): 632–639.
- [26] 陈雨. 城镇周边乡村空间演变、特征与机制研究: 以马鞍山市博望镇为例[D]. 南京: 南京大学, 2014.
- [27] 黎昊, 王钧, 黄建国, 等. 粤港澳大湾区开发与丘陵浅山区山地灾害相关性[J]. 山地学报, 2022, 40(3): 384–395.

Spatial evolution characteristics and influencing factors of mountains–seas–fields–cities in Guangdong–Hong Kong–Macao Greater Bay Area, 1980—2020

WANG Jiangbo¹, JIAO Yixuan¹, WEN Jialin¹, GOU Aiping^{2*}

1. College of Architecture, Nanjing Tech University, Nanjing 211816, China

2. School of Ecological Technology and Engineering, Shanghai Institute of Technology, Shanghai 201418, China

Abstract Against the background of rapid global economic development, the construction and development of the Guangdong-Hong Kong-Macao Greater Bay Area is a key innovation engine for China to promote strategic development and a prime choice for China to achieve sustainable socioeconomic development. This paper summarises and analyzes the influencing factors behind the spatial development characteristics of the coastal city cluster of the Greater Bay Area, Mountain, Sea, Field and City. Based on the remote sensing monitoring data of the coastal cities in the Greater Bay Area for seven periods in 40 years, the natural elements such as mountains, fields and cities are translated, extracted and organised for calculation. It is found that the spatial patterns of mountains, seas, fields and cities in the coastal cities of the Greater Bay Area is characterized by the evolutionary features, that is, 1) the changes in the east are stronger than those in the west, and the cities are developing in a continuous manner; 2) the spatial structure presents different characteristics in various aspects, and the spatial scale presents the characteristics of "segmented expansion of town scale and yearly changes in the scale of mountain, sea, and field"; 3) the transformation of spatial landforms is characterized by different trends in each decade.

Keywords Guangdong–Hong Kong–Macao Greater Bay Area; mountains–seas–fields–cities; spaces; evolutionary characteristics; influencing factors ●



(责任编辑 卫夏雯)