引文格式：王思敏,郑少兰,巢子豪. 珠三角城市群设施农用地时空演变格局研究[J]. 地理空间信息, 2026, 24(7): 46-51. doi:10. 3969/j.issn. 1672-4623.2026.07.009

珠三角城市群设施农用地时空演变格局研究

王思敏[1,2]，郑少兰[1,2*]，巢子豪[1,2]
（1. 广东省国土资源测绘院，广东 广州 510663；2. 自然资源部 华南热带亚热带自然资源监测重点实验室，广东 广州 510663）

摘　要：综合运用核密度分析、空间自相关与修正引力模型揭示了2010—2023年设施农用地空间重构特征及其供需耦合机制。结果表明：①设施农用地规模总体呈增长趋势，经历了稳步扩张—小幅收缩—快速增长3个阶段；②设施农用地空间格局由单核心向多核心扩散转变，重心轨迹向西南迁移至顺德市，空间分布呈现正相关结构特征，局部集聚特征由高度集中化向轻微分散化转变；③空间关联格局在人口需求与设施农业供给能力的综合作用下呈现显著的时空异质性，形成了以广州、佛山等引力核心区为节点的设施农业供应网络，引力强度由29.45%升至31.08%。未来应以城市群体系为依托，加强供需耦合导向的空间规划机制建设，完善跨区域农业协同机制，科学保障城市群“菜篮子”安全、城乡融合发展和区域空间公平。

关键词：设施农用地；珠三角城市群；时空演变；空间自相关；修正引力模型
中图分类号：TU982　　**文献标志码：**B　　**文章编号：**1672-4623（2026）07-0046-06

Research on the Spatio-temporal Evolution Pattern of Facility Agricultural Land in the Pearl River Delta Urban Agglomeration

WANG Simin[1,2], ZHENG Shaolan[1,2], CHAO Zihao[1,2]
(1. Surveying and Mapping Institute of Land and Resources of Guangdong Province, Guangzhou 510663, China;
2. Key Laboratory of Natural Resources Monitoring in Tropical and Subtropical Area of South China, Ministry of Natural Resources, Guangzhou 510663, China)

Abstract: In this paper, we comprehensively used kernel density analysis, spatial autocorrelation and modified gravity model to uncover the spatial reconstruction characteristics and the supply-demand coupling mechanism of facility agricultural land from 2010 to 2023. The results reveal that ①the overall scale of facility agricultural land exhibits a growth trend, characterized by a three-stage evolution, including steady expansion, slight contraction, and rapid growth. ②The spatial pattern of facility agricultural land has transformed from a single-core structure to a multi-core diffusion model. The gravity center has shifted southwestward to Shunde City, Guangdong Province. The spatial distribution demonstrates a positively correlated structural pattern, with local agglomeration evolving from a highly centralized form to a slightly decentralized one. ③Under the combined influence of population demand and the supply capacity of facility agriculture, the spatial association pattern exhibits significant spatio-temporal heterogeneity. A facility agriculture supply network has emerged, anchored by gravitational core areas such as Guangzhou and Foshan, with the proportion of gravitational intensity increasing from 29.45% to 31.08%. Moving forward, it is essential to strengthen spatial planning mechanisms oriented toward supply-demand coupling, improve cross-regional agricultural coordination, and scientifically safeguard the “vegetable basket” security, urban-rural integration development, and spatial equity across the urban agglomeration.

Key words: facility agricultural land, the Pearl River Delta urban agglomeration, spatio-temporal evolution, spatial autocorrelation, modified gravity model

随着全球粮食安全体系向营养均衡转型，我国居民膳食结构逐步向优质化和多样化方向发展[1-2]。设施农业因其高投入、高产出与高效率等特征在城乡交界区和都市圈内迅速扩展，成为保障城市农产品供应的重要支撑[3-5]。设施农用地作为设施农业发展的基础，其布局变化直接反映了农业供给体系对人口增长和消费需求变化的响应机制[6-8]。珠三角城市群作为我国最具活力和经济密度的城市化区域之一，承载着全国1.43%的耕地面积和5.55%常住人口的农产品需求[9-10]，其设施农用地格局演变兼具高度的人口聚集效应与农业转型特征，具有代表性和重要的研究价值。相较于长三角城市群的规模化经营模式和京津冀城市

项目来源：自然资源部华南热带亚热带地区自然资源监测重点实验室资助项目（2022NRM006）；自然资源部部省合作项目（2024ZRBSHZ035）。
第一作者简介：王思敏（1993—），本科，工程师，从事时空大数据分析和应用工作，E-mail：1072736783@qq.com。
通信作者：郑少兰（1989—），硕士研究生，高级工程师，从事遥感影像处理和地理信息应用工作，E-mail：shaolan51@163.com。

群的政策驱动型布局[11]，珠三角城市群设施农用地的时空演变更具开放性与动态性，其跨境供应链特征亟待深入解析。近年来国内外学者对设施农用地开展了多维度、多视角的研究探讨[12-20]；对于广东省和珠三角地区的研究主要集中在设施农业用地的使用现状与管理对策方面[21-23]。然而，针对珠三角的研究较少深入探讨其设施农用地空间分布的重构路径、集聚扩散规律及其背后的驱动机制，尤其是在城市群尺度上分析其空间关联差异与供需耦合机制的研究尚显不足。鉴于此，本文基于2010—2023年多源地理空间数据，运用核密度分析、空间自相关等模型分析空间分布情况和聚集特性，揭示珠三角城市群设施农用地的格局时空演变路径、特征与机制。

1　数据来源与研究方法

珠三角城市群包括广州市、深圳市、珠海市、佛山市、惠州市、东莞市、中山市、江门市、肇庆市，总面积为5.6万km^2，是我国经济最活跃、开放程度最高、城市密度最大的重要城市群之一。区域内地形多样，地理环境优越，呈现三面环山、三江汇聚的地貌格局，拥有漫长海岸线、优良港口群和广阔滨海经济带，是国家新型城镇化、区域协调发展与农业转型升级的重要战略节点。根据相关规划[24-25]，珠三角城市群被明确为都市农业休闲核心区和创意农业体验区，其设施农业发展水平与城乡“菜篮子”“果盘子”“肉案子”保障能力密切相关。基于此，本文以珠三角城市群为研究区，聚焦设施农用地的时空演变格局，以期为优化城市群农业空间布局提供理论支撑与决策参考。

1.1　数据来源

综合考虑数据资料代表性、可比性与权威性，本文研究的设施农用地是指直接用于经营性养殖的畜禽舍、工厂化作物栽培或水产养殖的生产设施用地及其相应附属用地，农用地除宅基地以外的晾晒场等农业设施用地，对应GB/T 21010—2007《土地利用现状分类标准》中的设施农用地（122）类型，以及GB/T21010—2017《土地利用现状分类》中的设施农用地（1202）类型。设施农用地数据来源于自然资源部门历年土地利用变更调查成果（2000—2023年）和第三次全国土地调查数据，确保数据的连续性与权威性。社会经济数据涵盖农业产值、常住人口、农副产品产量等宏观指标，用于设施农业发展水平测度与引力模型变量构建，主要来自各年度《广东统计年鉴》《广东农村统计年鉴》和各地级市统计年鉴。

1.2　研究方法

本文采用多维空间分析方法，其选择依据与集成创新性体现在：①核密度分析方法能有效识别点状要素的空间集聚热点与密度演变[26]，适用于揭示设施农用地从单核心向多核心扩散的动态过程；②引入标准差椭圆和重心迁移模型，能精准量化空间展布的主方向、离散程度和重心轨迹[27]，以捕捉设施农用地重心西南迁移的量化特征；③全局与局部空间自相关分析是检验空间要素集聚/分散模式的标准工具，能识别高—高、低—低等局部集聚类型，符合珠三角设施农用地的结构性演化需求；④构建修正引力模型，整合常住人口（需求端）和设施农用地面积、蔬菜产量、肉蛋奶产量（供给端）等复合指标，并引入区域第一产业产值作为调节因子，能有效表征城市间基于供需规模与距离的相互作用力[11]。本文突破单一模型局限，将空间分布描述（核密度分析、标准差椭圆、重心）、关联结构探测（空间自相关）与机制解析（修正引力模型）集成于格局—过程—机制框架，首次在珠三角高密度城市群实现设施农用地时空演变的系统性解码，为供需耦合优化提供新视角。

1）时空格局分析方法。核密度分析通过核函数计算空间单位内设施农用地的密度，以估计点数据在空间中的概率密度函数[26]，基本公式为：

$$f_n(x)=\frac{1}{n\times h}\sum_{i=1}^{n}k\left(\frac{x-X_1}{h}\right)$$

式中，$k\left(\frac{x-X_1}{h}\right)$为核函数；$h$为带宽且恒大于0；$x-X_1$为点$x$到$X_1$的距离；核函数与带宽是影响核密度的主要因素。

标准差椭圆以地理要素的几何中心为基点，计算空间分布在X、Y方向上的标准差，构建椭圆形区域描述要素在各个方向上的离散状况。

$$\tan\theta=\frac{\sum_{i=1}^{n}\Delta x_i^2-\sum_{i=1}^{n}\Delta y_i^2+\sqrt{\left(\sum_{i=1}^{n}\Delta x_i^2-\sum_{i=1}^{n}\Delta y_i^2\right)+4\left(\sum_{i=1}^{n}\Delta x_i\Delta y_i\right)^2}}{2\sum_{i=1}^{n}\Delta x_i\Delta y_i}$$

$$SD_x=\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}\left(\Delta x_i\cos\theta-\Delta y_i\sin\theta\right)^2}{n}},\quad SD_y=\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}\left(\Delta y_i\cos\theta-\Delta x_i\sin\theta\right)^2}{n}}$$

式中，θ 为主轴与地理北方向的夹角，反映设施农用地在空间上的延伸方向；SD_x 、SD_y 为 X 、Y 轴的标准差；Δx_i 、Δy_i 为各设施农用地 x、y 坐标的平均中心偏差；n 为设施农用地总数。

重心模型通过计算各研究期间设施农用地面积的几何中心，量化重心迁移轨迹与幅度。

2）空间自相关分析方法。为识别设施农用地在空间分布上的聚集性与异质性，本文分别采用全局莫兰指数（Global Moran's I）与局部莫兰指数（Local Moran's I）进行空间自相关分析[27]。局部莫兰指数可识别空间局部集聚类型，适用于LISA聚类图分析，区分高—高、高—低、低—高、低—低4种聚集状态。

$$\text{Global Moran's I}=\frac{n\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n}w_{ij}(x_i-\bar{x})(x_j-\bar{x})}{\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n}w_{ij}(x_i-\bar{x})^2}$$

$$\text{Local Moran's I}=\frac{n(x_i-\bar{x})\sum_i w_{ij}(x_j-\bar{x})}{\sum_i(x_i-\bar{x})^2}$$

式中，n 为研究区内的单元数；$\bar{x}$ 为全部观测值的平均值；w_{ij} 为识别空间对象间关系的权重矩阵；Global Moran's I的取值区间为[−1,1]。

3）修正引力模型。《全国现代设施农业建设规划》[28]指出，设施蔬菜产量占全国蔬菜产量的30%以上，全国肉类、禽蛋、奶类年产量70%由规模养殖场提供。为探究珠三角城市群设施农用地空间联系的驱动机制，参考前人研究成果[29]，本文构建了包含人口需求与农副产品供给能力因子的修正引力模型，以表征区域间设施农用地在农副产品需求和供应能力上的空间联系强度[11]。设施农业发展引力强度的表达式为：

$$F_{ij}=k_{ij}\frac{\sqrt[4]{P_iC_iM_iN_i}\sqrt[4]{P_jC_jM_jN_j}}{D_{ij}^2}\ ,\quad k_{ij}=\frac{G_i}{G_i+G_j}$$

式中，D_{ij} 为区域空间距离；k_{ij} 为修正引力系数；G_i 、G_j 为区域 i、j 第一产业产值（亿元），表征区域农业发展差距对设施农业发展的经济作用；P_i 、P_j 为常住人口数量（万人），表征地区人口对农副产品的需求；$C_iM_iN_i$ 、$C_jM_jN_j$ 为设施农用地面积（km^2）、蔬菜（t）、肉蛋奶等畜禽农副产品（头、只）的复合指标，表征地区农副产品供给能力。

模型结果经过归一化处理，用于量化城市间设施农业发展的相对差距与结构异质性。

2 研究结果与分析

2.1 时空格局演变特征

由图1可知，珠三角城市群设施农用地规模呈现稳步扩张（2010—2014年，复合年均增长率为2%）、小幅收缩（2015—2018年，复合年均增长率为−1%）、快速增长（2019—2023年，复合年均增长率为3%）3个阶段的演化特征。结果表明，在当前粮食供应、人口增长与城镇化背景下，珠三角区域虽然耕地较少，且多为典型的食物供应不足城市[30]，但仍在积极拓展食物供应的双循环空间格局。

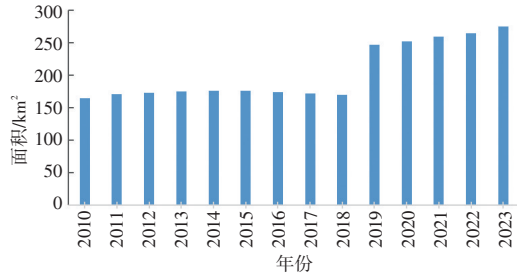


图1 2010–2023年设施农用地面积情况

通过核密度分析发现（图2），珠三角城市群设施农用地空间格局由单中心集聚向多中心网络化转型[31]。2010年珠三角城市群设施农业数量较少，密度分布相对零散，仅在佛山市形成局部高值区；随后设施农用地呈现由核心城区向外围城郊地区扩展的趋势，广州、惠州、肇庆、江门等城市的近郊区域逐渐发展为新的高密度区；2023年设施农用地在广州—惠州—肇庆—佛山—江门扩展形成明显的空间集聚带，呈现较强的区域联动性与网络化布局特征。

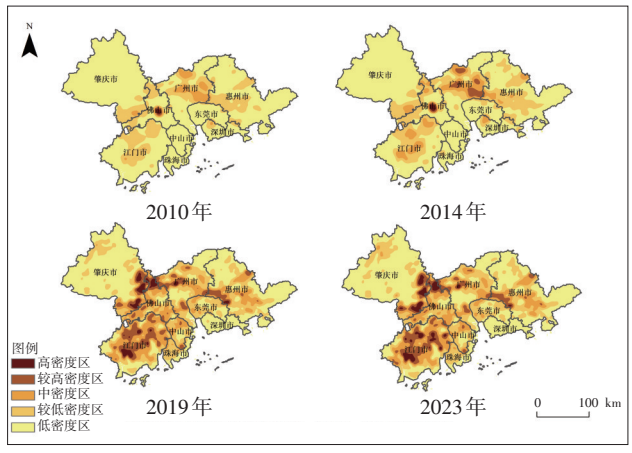


图2 珠三角城市群设施农用地核密度分布图

审图号：粤S(2025)180号

由设施农用地面积总量演变情况可知（图3），惠州市与江门市始终维持总量优势地位，2010—2023年其总量占比均为44.5%，构成规模稳定的核心供给区。肇庆市自2019年起设施农用地规模显著增长，逐步形成新的面积优势区域，其增量特征与核密度分析中新兴集聚区的空间耦合。

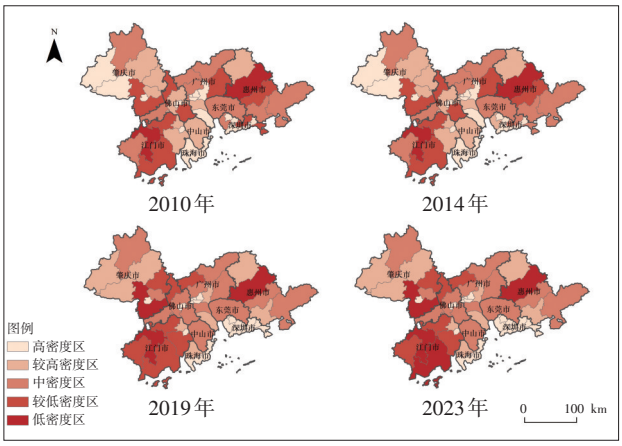


图3　珠三角城市群设施农用地面积空间分布图

审图号：粤S(2025)180号

由图4可知，2010—2023年珠三角城市群设施农用地的空间指向性显著减弱，椭圆偏心率由0.48降至0.34，降幅达29.2%，空间形态由典型的东北—西南走向演变为近东西向展布，表明设施农用地布局由单极极化向多中心均衡转变；2010—2023年设施农用地分布重心呈现显著西南向迁移特征，累计空间位移达2.79 km，说明珠三角城市群西南部地区设施农用地占比提升速度高于其他地区的平均水平。

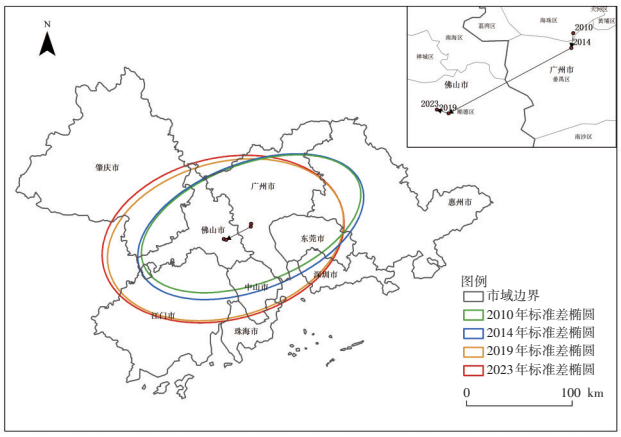


图4　标准差椭圆和重心迁移轨迹

审图号：粤S(2025)180号

值得注意的是，本文发现的广州—惠州—肇庆—佛山—江门多中心集聚带（图2）以及重心向顺德市的西南迁移（图4），首次在珠三角全域尺度揭示了设施农用地网络化布局的量化特征，突破了既有研究[22]对微观管理问题的局限，为区域协同提供了空间决策依据。

2.2　空间自相关分析

由表1可知，Global Moran's I均为正值，表明2010—2023年珠三角城市群设施农用地分布具有显著的正向空间自相关性，设施农用地空间聚集性显著增强。

表1　全局空间自相关分析结果

年份	Global Moran's I	*Z* 得分	*P* 值
2010	0.03	0.61	0.54
2014	0.07	0.97	0.33
2019	0.22	2.60	0.01
2023	0.22	2.63	0.01

局部空间自相关结果表明（图5），高—高集聚区呈现“规模稳定、空间收缩”的特征，由2010年的惠州—江门双核收缩为2023年的江门单极主导，反映出高值簇空间协同效应向珠江口西岸的显著集聚态势：高—低集聚区呈现“数量锐减、空间依附”的特性，由2010年的5个减少至2023年的1个，其空间分布始终依附于核心城市的边缘区；低—低集聚区呈现“数量激增、空间扩散”的特征，由2010年的5个增至2023年的15个，说明珠三角城市群外围县域通过设施农业承接核心城市外溢需求；低—高集聚区呈现“总量递减、空间极化”的特征，空间收缩轨迹显示收缩至肇庆市端州区。

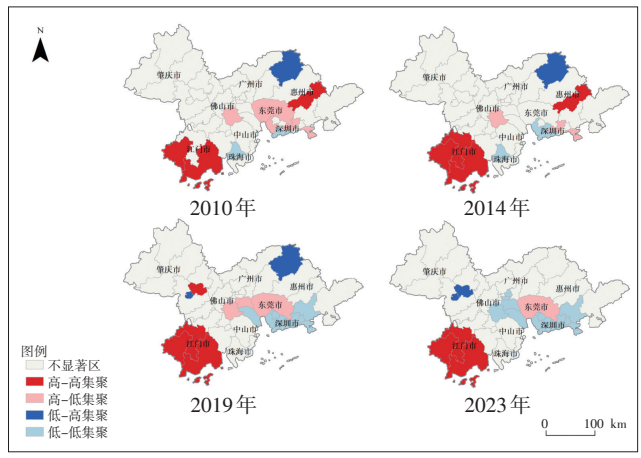


图5　珠三角城市群设施农用地面积空间自相关分析结果

审图号：粤S(2025)180号

2.3　空间联系强度分析

基于修正引力模型与空间自相关方法的协同分析，本文首次发现广州、佛山等低密度区通过“需求引力”主导区域网络，而惠州、江门等高密度区则承担供给支撑功能。该供需耦合机制的定量解析，验证了方法集成框架对复杂空间互动的解码能力。修正引力模型的分析结果表明（图6），珠三角城市群内部设施农用地空间联系强度整体呈现增强趋势，随着多核心空间结构趋于稳定，形成惠州—广州—佛山—江门的带状高强度设施农业供应网络，引力核心区的占比由2010年的29.45%升至2023年的31.08%。随着珠海

空间联系的逐步强化，较高引力区主要分布在7个地级市组成的西江走廊沿海经济带，引力核心区占比由2010年的38.30%升至2023年的40.39%，表明区域间设施农业协同发展能力持续增强。此外，研究期间中山、东莞传统农业地市的引力强度持续低位运行，表明人口需求和设施农业供给能力的空间联系不够强。

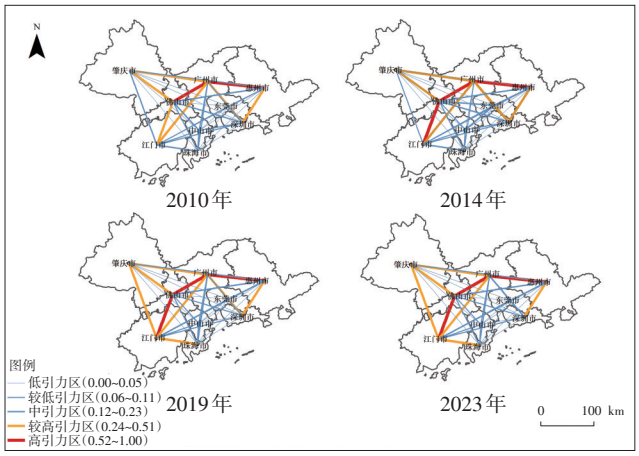


图6 珠三角城市群内部设施农业生产引力网络结构图

审图号：粤S(2025)180号

3 结 语

大力发展现代设施农业是践行大食物观，构建多元化食物供给体系的必由路径[32]。本文基于土地利用变更调查数据，以珠三角城市群为研究对象，探讨2010—2023年设施农用地的时空演变与布局特征，以期为保障设施农用地建设规模、优化城市群设施农用地布局提供科学参考。

本文通过多模型分析验证了珠三角城市群设施农用地空间结构演变显著的多中心扩散趋势，修正引力模型则刻画了这种空间联系的互动过程。在区域内部，惠州、江门等高核密度区与高引力区高度重叠，表明该地区集聚了较多的设施农业用地资源，同时具备较强的与周边城市农业产品的流通能力。与之对比，广州、佛山等密度低值区与引力高值区的空间错位现象则说明人口集聚区通过增强对周边农业产地的“需求引力”，促使设施农用地朝消费市场集中布局，从而突破传统资源禀赋约束，进一步揭示了设施农用地空间演变不仅由土地资源本身驱动，也受跨区域人口需求与生产能力分布不均衡的综合影响。

与现有研究相比[11,14,33]，本文在揭示设施农用地空间扩展路径与引力机制方面有所创新，将设施农用地布局从单城市内部因素拓展到城市间供需网络；但侧重于城市群内部关联，未能将粤港澳大湾区跨境供应链纳入分析框架，对港口经济驱动的全球农产品流通体系嵌入机制探讨不足，未来可结合《全国现代设施农业建设规划（2023—2030年）》的要求，引入社会网络分析、引力核分解等方法，以揭示不同类型节点城市之间的功能转换路径与策略协同机制。珠三角设施农用地的多中心扩散格局，本质上是跨境需求拉力与本地资源约束博弈的结果。未来需重点关注粤港澳大湾区统一大市场建设对设施农业布局的重构效应。本文发现的顺德重心迁移等空间演化结论为珠三角设施农用地政策优化提供了新视角。例如，林太志等[21]提出的分类管控机制可进一步结合多中心网络特征，在江门、惠州等供给核心区强化产能保护，在广州、佛山等需求枢纽区探索消费端补贴政策，以提升《广东省耕地保护专项规划（2021—2035年）》[25]的实施效能。

本文通过格局—过程—机制集成分析框架，基于核密度分析、空间自相关、修正引力模型等研究方法，首次系统解析了珠三角城市群设施农用地的时空演化规律，填补了高密度城市群设施农用地系统性研究的空白。

1）2010—2023年珠三角城市群的设施农用地规模总体呈增长趋势，复合增长率为4%，经历了稳步扩张（2010—2014年）、小幅收缩（2015—2018年）与快速增长（2019—2023年）3个阶段，复合年均增长率分别为2%、–1%、3%。空间格局演变表现为由单核心向多核心扩散的趋势，重心轨迹西南向迁移至顺德市，与顺德市“现代农业+跨境电商”综合实验区建设进程高度耦合。

2）珠三角城市群设施农用地空间分布存在空间正相关的结构性特征，设施农用地的集聚效应由强转弱，由集中供应模式逐步转向以集中供应为主、分散供应为辅的供应模式，该过程与现有研究中国城市群设施农用地布局分型[11]具有相似性。在局部集聚特征上，高—高集聚主要分布江门市和惠州市，低—高集聚收缩分布至肇庆市，低—低集聚主要分布在深圳市和中山市，而高—低集聚呈现显著的空间依附性特征，主要分布在核心城市周边。

3）在当前农副产品供需矛盾与城市扩张侵占的现实压力下，珠三角城市群设施农用地正由传统资源集中型布局向需求导向型网络化农业空间结构转型。

广州、佛山等中心城市在网络结构中体现出更强的节点引力，引力联系强度占比由29.45%升至31.08%。城市群外围城市逐渐展现出“区域填充效应”，说明设施农业正由核心支撑转向全域协同。不同城市之间的设施农用地空间联系强度差异明显，说明未来设施农业发展应更注重需求响应与供给能力之间的平衡，以确保农产品的高效供应。

参考文献

[1] 仇焕广,雷馨圆,冷淦潇,等. 新时期中国粮食安全的理论辨析[J]. 中国农村经济,2022(7):2-17

[2] 李二玲,胥亚男,雍雅君,等. 农业结构调整与中国乡村转型发展:以河南省巩义市和鄢陵县为例[J]. 地理科学进展,2018,37(5):698-709

[3] 郑英杰. 三江平原水田区设施农用地布局及优化研究[D]. 哈尔滨:东北农业大学,2019

[4] 张英男,吴岚,余黎,等. 耕地利用“温室化”转型:内涵、进展与展望[J]. 地理研究,2024,43(2):519-534

[5] 王牧野,李建平,李俊杰. 中国设施蔬菜历史演变、规模分布与区域布局[J]. 中国瓜菜,2020,33(7):86-89

[6] 马丽,刘思含,施利锋,等. “菜篮子”工程对南京市大棚扩张的影响[J]. 农业工程学报,2021,37(2):288-296

[7] 张宇,钟太洋. 中国省际间农用地远程利用格局研究[J]. 西北大学学报(自然科学版),2022,52(1):11-20

[8] 涂圣伟. 我国保障粮食和重要农产品稳定安全供给的路径研究[J]. 学习与探索,2024(7):87-97

[9] 国家统计局. 中国统计年鉴2023[M]. 北京:中国统计出版社,2023

[10] 广东省统计局,国家统计局广东调查总队. 广东统计年鉴2023[M]. 广州:广东年鉴社,2023

[11] 李文博,巩晓曦,吕晓,等. 中国城市群设施农用地时空演变与布局分型[J]. 农业工程学报,2024,40(23):323-331

[12] 杨维彬,湛国毅. 设施农业用地动态变化监测工作实践与探索[J]. 天津科技,2023,50(8):46-49

[13] 周伊伊. 基于无人机遥感技术的设施农业用地监测研究[J]. 现代化农业,2023(2):47-50

[14] Zhang P, Du P, Guo S, et al. A Novel Index for Robust and Large-scale Mapping of Plastic Greenhouse from Sentinel-2 Images[J]. Remote Sensing of Environment,2022,276:113042

[15] Tong X, Zhang X, Fensholt R, et al. Global Area Boom for Greenhouse Cultivation Revealed by Satellite Mapping[J]. Nature Food,2024,5(6):513-523

[16] 戴起伟,曹静,凡燕,等. 面向现代设施农业应用的物联网技术模式设计[J]. 江苏农业学报,2012,28(5):1173-1180

[17] 盛平,郭洋洋,李萍萍. 基于ZigBee和3G技术的设施农业智能测控系统[J]. 农业机械学报,2012,43(12):229-233

[18] 胡梅. 山区设施农业用地利用现状及其优化策略[J]. 南方农机,2022,53(11):72-74

[19] 魏慧,吕昌河,刘亚群,等. 青藏高原设施农业分布格局及变化[J]. 资源科学,2019,41(6):1093-1101

[20] 陈韵凌,王茂军. 泰安市设施农用地的时空格局演变与影响因素[J]. 地理科学进展,2023,42(1):116-130

[21] 林太志,朱秋诗,方武冬. 广州市设施农用地管理政策创新研究[J]. 规划师,2021,37(14):85-92

[22] 张娇娇. 设施农业用地使用现状及对策研究:以广东省清远市清城区为例[J]. 中国集体经济,2022(31):4-6

[23] 吴绍贤. 关于国土空间规划下的设施农用地管理工作的探讨:以广东省M市D区为例[J]. 村委主任,2022(9):130-132

[24] 广东省人民政府. 广东省国土空间规划(2021—2035年)[R]. 广州:广东省人民政府,2023

[25] 广东省人民政府. 广东省耕地保护专项规划(2021—2035年)[R]. 广州:广东省人民政府,2024

[26] 谢薇. 粤港澳大湾区文化遗产时空分布及格局特征研究[D]. 广州:华南理工大学,2023

[27] 董泽楷,王海军,彭小桃,等. 珠三角城市群建设用地开发强度时空格局演化及影响因素分析[J]. 时空信息学报,2024,31(2):248-258

[28] 农业农村部. 全国现代设施农业建设规划(2023—2030年)[R]. 北京:农业农村部,2023

[29] 闫卓冉,李文博,王冬艳. “哈长城市群”农业空间网络结构及要素优化配置[J]. 农业工程学报,2023,39(2):194-202

[30] 侯丽. 粮食供应、人口增长与城镇化道路选择:谈小城镇在国家城镇化中的历史地位[J]. 国际城市规划,2011,26(1):24-27

[31] 王彦开,赵渺希,吉瑞,等. 珠三角巨型城市区域食物供应网络:特征、韧性与保障策略[J]. 自然资源学报,2024,39 (3):564-581

[32] 杨智慧,路欣怡,孔祥斌,等. 中国耕地刚性管制与弹性调控框架构建[J]. 中国土地科学,2021,35(6):11-19

[33] 范树平,巨芬,李鹏,等. 合肥都市圈设施农用地时空演变特征识别及分区管控研究:基于35个评价单元面板数据的实证分析[J]. 中国农业资源与区划,2023,44(8):52-63