

珠三角城市群生态游憩空间分异特征及关联性因素

王甫园^{1,3}, 王开泳^{1,3}, 虞虎^{1,3}, 陈田^{1,2,3}

(1. 中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100101; 2. 粤港澳大湾区战略研究院, 广州 510070;
3. 中国科学院区域可持续发展分析与模拟重点实验室, 北京 100101)

摘要: 生态游憩空间是居民放松身心、亲近自然的主要活动场所, 是提升居民生活质量和幸福感的重要开放空间。随着城市群的一体化发展, 以及城市群居民对居住环境和休闲品质要求的提高, 生态空间游憩利用的区域组织成为了新的理论课题。本文在界定生态游憩空间并对其进行空间解译的基础上, 运用GIS空间分析方法, 对珠三角城市群生态游憩空间分布的集聚和分异特征进行了刻画, 并分析了其与人文、自然生态要素的空间关系, 揭示生态游憩空间分布存在的问题与成因。结果显示: ① 各城市生态空间游憩利用率的空间分异明显, 反映了生态空间游憩利用缺少有效的区域统筹。② 生态游憩空间数量、规模、等级以及生态空间游憩利用率分布具有空间集聚特征, 但四者的集聚导向存在差异。③ 生态游憩空间分布与地形、交通具有空间依存关系, 但与水系、旅游要素以及文化资源分布的关联性不明显。④ 生态游憩空间面积分布与人口密度分布相反, 说明珠三角城市群生态空间游憩服务存在供需空间错位矛盾。

关键词: 珠三角城市群; 生态游憩空间; 空间分异; 分布; 关联性因素

DOI: 10.11821/dlyj020200376

1 引言

生态游憩空间提供生态支持(提供生物生境、支持生物多样性等)、供给(水源供给等)、调节(气候调节等)与文化服务(休闲旅游等)等多维生态系统服务。它既是城市绿色基础设施, 也是福利设施, 其分布是影响居民福祉和环境正义(environmental justice)的主要因素^[1]。中国改革开放以来40余年的快速城市化, 导致城市群空间粗放式、蔓延式扩展, 生态景观破碎化发展, 生态游憩空间配置不均衡, 统筹优化区域生态游憩空间格局已经成为中国区域规划的重要内容。并且, 与一般区域相比, 城市群的人口密集, 生态游憩服务的需求更为突出, 因而生态游憩空间配置的优化具有较大的实践需求。

作为生态游憩空间的基底, 城市生态空间格局研究备受关注, 现有研究主要集中在两个方面: 一是基于景观生态学对生态空间格局演变及优化进行研究, 包括对生态网络结构^[2]、景观连通性^[3]和生态空间破碎化问题^[4]等的研究。二是基于土地利用/覆被分析研究城市生态空间的时空演变特征^[5], 如研究发现京津冀区域的部分生态用地转化成耕地和建设用地, 且生态用地具有破碎化趋势^[6]。生态空间格局变化受自然因素、社会经济因素

收稿日期: 2020-05-06; 修订日期: 2020-06-08

基金项目: 国家自然科学基金青年科学基金项目(41901181); 国家自然科学基金面上项目(41871151); 中国博士后科学基金资助项目(2018M641457); 粤港澳大湾区战略研究院建设专项(2019GDASYL-0202001); 广东省科学院发展专项(2020GDASYL-20200102002)

作者简介: 王甫园(1988-), 男, 湖南新化人, 博士后, 研究方向为旅游地理与生态空间治理。

E-mail: wangfy.15b@igsnr.ac.cn

通讯作者: 王开泳(1980-), 男, 山东滕州人, 博士, 副研究员, 硕士生导师, 研究方向为城市地理与行政区划。

E-mail: wangky@igsnr.ac.cn

和相关政策的综合影响^[6]。自然因素包括海拔和坡度^[4]、气候、水文条件^[7]等因素。社会经济因素方面, 经济发展^[5,6]、城市化、人口增长、农业生产规模扩大^[8]一般对生态用地变化产生负向影响。植树造林^[8]、管理者和市民的重视^[9]对生态空间格局调整具有积极作用。

城市生态游憩空间是城市生态空间中与居民日常生活关系非常密切的一种类型, 包括城市公园绿地、生态景区和各类自然公园等。生态游憩空间的相关学术概念多样, 其中国外的相关研究多使用“绿色空间 (green space)”的概念, 而国内学者则多使用“城市绿地”, 但根据研究情境可判断其实际内涵都侧重于公众可获得、可使用的绿色空间^[10,11], 类似于公园绿地, 因而在本文中均被统筹到生态游憩空间的范畴。在城市生态游憩空间提供的生态系统服务中, 休闲娱乐等文化服务最容易被感知, 价值最高^[12], 以其为对象的研究在生态空间研究领域非常活跃, 且非常重视其对居民福祉的影响。一些学者探究了城市生态游憩空间分布与居民感知价值、健康水平的关系, 发现城市生态游憩空间对居民感知价值和身心健康具有积极影响^[13-15]。城市生态游憩空间分布的公平性和可达性格局是研究热点, 主要探讨城市生态游憩空间的景观格局、质量分布、可达性格局, 揭示绿地享有的社会平等和空间公平状态, 代表性研究有: 对深圳市福田区公园绿地分布进行评估, 发现约50%的区域的公园绿地可达到供需平衡, 其他区域则供给不足^[16]; 以质量和可接近性为指标构建了绿色空间的可达性指数, 并利用格网分析揭示了上海市绿色空间的可达性格局与演变^[17]; 使用社会网络分析法发现当前公共交通网络建设缺少对绿色空间可达性的关注^[10]; 利用高斯两步移动搜寻法发现大都市绿色空间可达性在不同人群之间存在不平等情况^[18], 靠近河流和城郊大型自然公园的居民点可达性较好^[19]; 利用高斯两步移动搜寻法测算了城市绿地可达性, 提出均等化布局的建议^[20]; 利用增强的两步移动分析法 (Enhanced 2SFCA) 揭示武汉市旅游景区潜在可达性的不均衡^[21]。城市生态游憩空间的空间分异与区位、人口聚居地的种族和社会经济地位^[18,22,23]、生态空间的形态与布局^[24]有关。在城市群或大都市区尺度, 生态游憩空间分布格局研究较少, 代表性研究有: 李玢等分析北京市绿带游憩空间分布特征及其成因, 发现其具有明显的集聚和热点地区, 资源环境本底、政策规划、交通线路、游憩活动类型影响绿带游憩空间的分布^[25]。杨丽婷等使用通勤时间指标揭示了长江中游城市群各县 (市、区) 森林公园可达性^[26]。王甫园等指出珠三角城市群生态空间游憩服务的供需不匹配性矛盾比较突出, 城市群核心区生态空间游憩服务供给比较稀缺, 供需匹配性格局受海拔、生态空间分布等自然因素和人口密度、区域工业化与城镇化格局、规划与政策等人文因素的影响^[27]。

以往相关研究在城市生态空间分布演变、城市生态游憩空间可达性方面取得重要进展, 但还存在一定的局限。首先, 在研究区域上以城市为主, 城市群尺度的分析较少。随着城市群快速交通网络的发展, 居民开展休闲活动的通勤范围越来越大, 城郊和城际休闲活动逐渐成为常态, 要求在城市群尺度统筹各类生态游憩空间配置。然而, 现有研究对城市群地区的生态游憩空间分异的特征和关联性因素缺少深入探究, 难以满足城市群空间统筹利用需求。在具体研究对象上, 对城市建设用地内的公园绿地的关注较多, 缺少对区域绿地、自然公园和景区等多类型生态游憩空间的统筹分析, 尚未揭示城市群生态游憩系统的总体空间格局和形成机制。本文基于区域整体性理念, 整合珠三角城市群城市公园、森林公园、湿地公园等各类生态游憩空间, 综合分析其分布的总体特征、在各城市和各乡镇街道上分布的空间分异, 及其与公路、水系、地形、人口与旅游要素等地理要素的分布关系, 揭示生态空间游憩利用的影响机制, 并为该区域生态游憩空间的建设提供方向, 也可以为其他城市群生态游憩空间布局的优化提供决策参考。

2 数据与方法

2.1 研究区域

广东省珠三角城市群由广州、深圳、珠海、佛山、惠州、东莞、中山、江门、肇庆9市组成,土地面积5.477万 km^2 ,2018年常住人口6300.99万,人口城镇化率为85.91%^[28],是中国开放程度最高、经济活力最强、一体化程度最深的城市群之一,在国家发展大局中具有重要战略地位。当前,珠三角城市群经济社会发展正处在“空间转型”的关键时期。2013年8月发布的《关于全面推进新一轮绿化广东大行动的决定》提出依托森林公园、湿地公园、自然保护区、森林旅游景区和绿道网发展生态旅游休闲产业^[29]。《珠三角国家森林城市群建设规划(2016—2025年)》提出统筹生态一体化建设,到2025年,珠三角建成互联互通的森林生态体系和生态水网。2019年2月发布的《粤港澳大湾区发展规划纲要》提出构建休闲湾区,而珠三角城市群9市国土空间面积占大湾区总面积的97.7%,是打造休闲湾区的主体,也是生态空间游憩利用格局优化的关键区域。由此可见,创造优质生态游憩产品、优化人居环境成为珠三角城市群区域规划和管理的紧迫问题和重要目标。珠三角城市群的区域特征,为生态游憩空间分析由城市向城市群拓展提供了合适的案例地。

2.2 研究对象与数据来源

生态游憩空间一般建立在生态空间之上,因此,为界定和解译生态游憩空间,并测算生态空间游憩利用率,首先必须明确生态空间的类型和范围。在城市群等较大的区域中,生态空间是指“具有自然属性、以提供生态服务或生态产品为主体功能的国土空间,包括森林、草原、湿地、河流、湖泊、滩涂、岸线、海洋、荒地、荒漠、戈壁、冰川、高山冻原、无居民海岛等”^[30]。根据中国科学院资源环境科学数据中心提供的2015年100 m \times 100 m中国陆地生态系统空间分布数据,珠三角城市群共包括7个一级土地利用类型:农田、森林、草地、水体与湿地、荒漠、建设用地、其他(包括裸土地、裸岩砾石地)^[31]。本研究界定的生态空间包括其中的森林、草地、水体与湿地、荒漠和其他土地。珠三角城市群的地形和气候使得区域内的生态空间以森林、水体与湿地两类生态空间为主,草地面积较少,而荒漠几乎没有,其他土地也稀少。

城市群生态游憩空间就是指可供居民进入并具有休息、交往、锻炼、观光、旅游等游憩功能的城市群生态开放空间。从具有区域性游憩服务意义的角度,本研究选取的生态游憩空间包括七类:森林公园、风景名胜区、地质公园、水利风景区、湿地公园、生态型景区、城市公园绿地。前六类生态游憩空间是国家主导建立的自然游憩地体系的核心组成。城市公园绿地包含综合公园、专类公园和社区公园。其中,城市综合公园包括全市性公园和区域性公园,是适合公众开展各类户外活动的规模较大、设施相对齐全的绿地;专类公园是具有特定游憩功能的绿地,包括动物园、植物园、游乐园和其他等^[32]。这两类公园在整个城市群层面具有游憩服务意义,因而也被纳入。但是,城市公园绿地中的社区公园以及乡镇级森林公园和乡镇级湿地公园游憩服务范围只面向乡镇街道居民点,1A级景区观赏游憩价值和市场吸引力较小,在整个城市群尺度上生态游憩服务功能非常小,且广东省公布的A级景区名录也不包含1A级景区,因而未将这四类纳入研究对象。将获取的各类公园的名称、等级和面积信息(见表1)录入Excel数据库,一地两名或多名的按照一个空间单元进行处理。例如,一个生态游憩空间既是国家森林公园,也是国家风景名胜区,则将其合并为一个,面积和等级取两类称号中的较高者。经

此过程,共得到539个生态游憩空间。其中,森林公园、湿地公园、旅游景区和公园绿地的数量最多,分别占总数的45.64%、17.81%、17.63%、14.47%,分布在各个城市。郊野公园数量较少,占1.67%,分布在深圳、东莞、广州和佛山四个城市。地质公园和风景名胜数量也较少,分别占0.74%、1.3%,水利风景区占0.74%,只分布在广州、惠州和佛山等少数城市。

采用点定位和目视解译相结合的方法,对539个生态游憩空间进行矢量化,本文以佛山市西樵山国家森林公园数字化为例来进行说明(见图1)^[33]。首先,搜集各生态游憩点的经纬度信息,并将其导入到ArcGIS软件,并精准定位到区域地图上,然后结合谷歌影像图与点的位置,对点周边的生态斑块进行数字化,得到面状的生态游憩空间斑块,将其叠加到生态空间底图上,得出生态空间游憩利用斑块的分布格局。此外,本文还获取了交通、POI等空间数据(见表1)。

a. 利用经纬度信息定位生态游憩空间斑块



b. 对生态游憩空间斑块进行数字化



图1 西樵山国家森林公园目视解译过程

Fig. 1 The visual interpretation process of Xiqiao Mountain national forest park

2.3 研究方法

2.3.1 GIS空间统计分析 利用ArcGIS10.6对以城市、乡镇街道为空间单元的生态游憩空间分异特征进行空间制图与统计分析。主要使用缓冲区统计方法探讨生态游憩空间分布与河流水系、交通、文化资源等的空间关系,采用核密度估计(Kernel Density Estimation)揭示生态游憩空间点集的空间聚集情况,使用Getis-Ord G_i^* (热点指数)识别珠三角城市群生态游憩空间等级分布的热点和冷点地区。通过计算空间自相关局部指标(local indicators of spatial association, LISA)来识别生态游憩空间的集聚类型,其中HH为高高聚集,HL为高低聚集,LL为低低聚集。

2.3.2 描述性统计方法 收集生态游憩空间斑块的面积、建立时间、类型、所在城市等信息,完善ArcGIS属性表,并据此对各城市、乡镇街道生态空间、生态游憩空间数量、面积和生态空间游憩利用率进行统计,揭示生态空间游憩利用的区域差异。其中,城市群生态空间游憩利用是指在保护和发展城市群基本生态系统服务(调节、供给或支持等)的前提下,人类通过一定的改造和利用活动,使得生态空间斑块具有可进入性与休闲旅游功能,从而将该生态空间转变成生态游憩空间,以实现其游憩、生态等多种服务功能的行为。结合这一定义和生态系统服务的协同关系可知,适度推进生态空间斑块游憩利用率的提升,有利于增加生态空间文化服务的供给,且不造成对区域其他生态系统服务

表1 主要数据来源

Tab. 1 Main data sources

大类	具体类型	属性信息来源	获取信息的等级属性
生态游憩空间	森林公园	包含县级至国家级4个等级, 名录、面积和等级信息从原广东省林业厅官方网站获得	国家级、省级、市级和县级
	湿地公园	包含县级至国家级4个等级, 名称、面积和等级信息通过申请原广东省林业厅政府信息公开获得	国家级、省级、市级和县级
	风景名胜区	有国家级、省级两个等级, 名称和等级从《广东省风景名胜区域体系规划(2015—2030)》获得	国家级、省级
	水利风景区	包含国家级、省级两个等级, 缺乏省级数据, 仅从水利部官方网站获得国家级水利风景区名录, 其面积经由网络搜索获得	国家级
	地质公园	包含国家级和省级两级, 名录、面积和等级信息通过向原广东省国土资源厅申请信息公开获得	国家级、省级
	生态型景区	名录和等级信息来自广东省旅游局官方网站 ^[34] , 面积同样通过网络搜索整理	5A、4A、3A、2A
	城市公园	名录、面积和等级信息通过网络和谷歌地图综合整理	城市综合公园和专类公园
其他地理数据	公路网	根据15级的谷歌影像图, 对区域内公路进行数字化处理, 建立城乡道路网Shapefile图层	高速公路、国道、省道、县道
	水系、高程和坡度	水系根据城市群自然地理地图数字化得来。90 m空间分辨率的珠三角城市群的高程和坡度栅格图下载自地理空间数据云	—
	人口	人口数据方面, 从最近的一次人口普查中获取乡镇街道人口数据的做法, 被国内外研究所采用 ^[18, 35] , 因而本文的乡镇街道(含少数开发区、林场和管委会管辖区)人口数据来自广东省2010年人口普查分乡、镇、街道资料 ^[36] , 共计611个人口统计单元。借助广东省乡镇街道地图, 对乡镇街道边界进行数字化, 然后将人口属性赋予每个乡镇街道, 得到乡镇街道人口分布矢量图	乡镇级
	旅游要素POI	旅游要素分为住宿、购物、餐饮和休闲娱乐四类, 数据为BIGEMAP地图下载器提取的POI(Point of Interest), 其中购物点414404个, 休闲娱乐点77938个, 住宿点21088个, 餐饮点113773个	—
	文化资源	根据数据可得性, 选取省级以上文物保护单位作为文化资源, 考察其与生态游憩空间的空间关系。省级文物保护单位名称与地理位置信息来源于网络公开发布的广东省第1-8批省级文物保护单位名录, 总计299项。全国重点文物保护单位来源于国家文物局网站公布的第1~7批全国重点文物保护单位名录, 总计62项 ^[37] 。通过查询361个文化资源点的经纬度信息, 对其进行空间定位, 建立点状矢量数据集	国家级、省级

注: 各类数据截止日期为2017年。

的负向影响, 总体上有利于保障居民福祉。根据这一定义和图1, 确定各城市生态空间游憩利用率为城市生态游憩空间斑块面积和城市生态空间斑块面积的比例。

3 空间分异特征与关联性因素

3.1 空间分异特征

3.1.1 生态游憩点的分布特征 核密度分析显示(见图2), 生态游憩点围绕珠江河口呈集聚分布, 在深莞穗走廊、佛山东部、珠海东部、中山中部等区域形成多个分布中心, 这些区域城市化和工业化水平较高, 公园绿地的数量较多, 分布密度较高; 而外围的江门、肇庆、惠州的公园绿地、生态型旅游景区等生态游憩空间数量较少, 因而分布密度较低。例如, 生态型旅游景区分布有聚拢在珠江口周边的态势, 而在肇庆、江门、

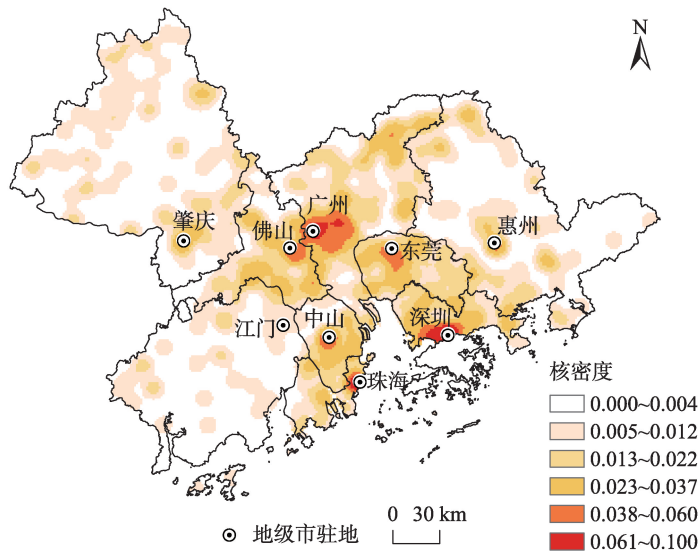


图2 珠三角城市群生态游憩空间核密度分析

Fig. 2 Kernel density of ecological recreation space in the Pearl River Delta urban agglomeration

注: 该图基于国家测绘地理信息局标准地图(审图号为GS(2019)4343号)绘制, 底图无修改。

惠州等城市群外围地市以零星分布为主。2017年江门市的2A级及以上的旅游景区数量为10家, 肇庆市2A级及以上的旅游景区数量仅有5家, 惠州市有22家, 分别只占广东省旅游景区总数的3.06%、1.53%、6.73%, 说明三市生态空间的旅游开发利用程度较低。三市生态空间面积广阔, 游憩利用还可进一步挖潜。

3.1.2 生态空间游憩利用的城市差异 广州、肇庆、佛山、惠州的生态游憩空间数量分布较多, 分别为121、77、65、61个, 占总数的比例分别为22.45%、14.47%、12.06%、11.32%, 深圳、东莞数量中等, 占比为10.76%、10.02%, 珠海、江门、中山的数量相对较少, 占比分别为6.86%、6.31%、5.75%。肇庆市、惠州市、江门市、广州市、佛山市、东莞市的生态游憩空间以森林公园为主, 其中肇庆和惠州森林公园占比尤其突出。深圳市、中山市、珠海市和东莞市公园绿地比例较大, 说明这些城市建成区的休闲公共空间发展较好。

基于ArcGIS面积测算工具, 对各城市生态游憩空间和生态空间的面积进行统计(见图3), 得出肇庆市生态游憩空间面积最大, 占全域生态游憩空间总面积的30.5%, 其次为广州市、惠州市、深圳市, 分别占比19.07%、15.86%、13.86%。江门市、东莞市、佛山市、中山市、珠海市的生态游憩空间面积较少, 占比均在10%以下, 说明生态游憩空间的分布不均衡。根据各市生态游憩空间与生态空间的比值, 进一步测算出生态空间游憩利用率, 发现深圳市生态空间占有较少, 但游憩利用率却很高, 达到80.37%, 东莞、广州的利用率也分别达到26.45%、32.57%, 其他市却均在14%以下, 低于全域14.59%的利用率。其中, 肇庆市、惠州市、江门市生态空间资源丰富, 占全域生态空间比例分别为35.3%、22.88%、17.11%, 位居前三, 利用率却分别只有12.62%、10.11%、6.65%, 说明城市间生态空间游憩利用率存在较大差异, 也反映了生态空间游憩利用缺少有效的区域统筹。

3.1.3 生态游憩空间分布的集疏特征 进一步以乡镇街道为空间单元, 对全域生态游憩空

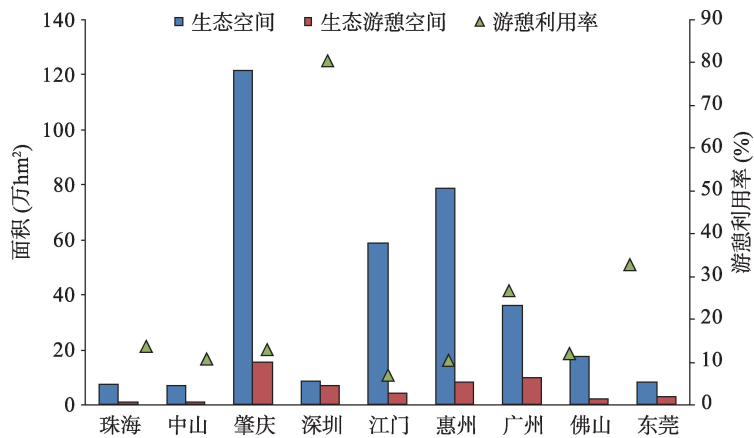


图3 珠三角城市群各城市生态空间游憩利用率

Fig. 3 Recreational utilization rate of ecological space in each city in the Pearl River Delta urban agglomeration

间分布的空间差异进行统计分析, 满足生态空间精细化治理需求。首先对区域内各乡镇街道生态游憩空间数量进行空间制图和统计分析。数量越高, 说明该区域生态空间游憩利用的热度越高。由图4a可知, 生态游憩空间数量较多的乡镇街道包括两类: ①生态空间面积较大的远郊区乡镇, 主要有广州市流溪河国家森林公园涉及的良口镇、吕田镇、派潭镇、温泉镇, 惠州市南昆山国家森林公园涉及的永汉镇、龙田镇, 它们因森林资源丰富而拥有较多的生态游憩空间。②城市建成区范围内及邻近地区的乡镇街道, 因靠近人口集聚区而具有区位优势, 政府投入的积极性比较高, 因而生态空间开发利用数量较多。进一步利用LISA指标考察生态游憩空间的数量集聚特征(见图4b), 发现广州市北部-龙门县西部一带以及城市建成区邻近区域属于高-高聚类区, 证实生态游憩空间数量集聚指向有靠近优良生态本底和靠近人口密集区两类。

在面积分布上, 城市建成区及邻近区域的生态游憩空间斑块面积普遍偏小, 而边缘区乡镇的斑块面积较大, 如广州市增城区北部、惠州市东北部、肇庆市北部、佛山市南部和江门市西部等地。这些地区城乡建设用地占比少, 生态系统完整性较好, 生态斑块面积较大, 因而生态游憩空间面积普遍较大。采用LISA指数计算得出上述区域为高值聚类区, 而广州-佛山都市连绵区为低值聚集区, 主要是因为该区域建设用地占比高, 导致生态游憩空间破碎化, 说明面积较大的生态游憩空间有集聚分布在各城市边缘区的态势。

同理, 发现乡镇街道生态空间游憩利用率存在空间分异。深圳市、东莞市和惠州市西部的大部分乡镇街道以及珠海市、中山市、江门市和佛山市的少数乡镇生态空间游憩利用率较高(见图4c), 而广州市北部以及惠州市西部的数量高值集聚区以及城市边缘区的面积高值集聚区(如肇庆市怀集县和封开县、惠州市博罗县和龙门县)的生态空间游憩利用率并不高, 说明城市群边缘区生态空间游憩利用仍有较大的潜力。LISA空间集聚图显示(见图4d), 深圳-东莞-惠州市辖区西部一带的大部分乡镇街道以及江门市鹤山市与佛山市交界处的龙口镇、鹤城镇、杨和镇、明城镇4个乡镇、江门恩平市沙湖镇、牛江镇和开平市大沙镇的3个乡镇成为高值集聚区, 其他乡镇街道生态空间游憩利用率均较低, 尤其是地处城市群边缘区的肇庆市、广州北部、惠州东部和北部等生态空间富集的地方, 利用率最低。

生态游憩空间从高到低有县(市、区)级(或2A)~国家级(或5A)四个等级, 分别赋值1~4。对生态游憩空间等级分布进行热点分析(Getis-Ord G_i^*), 识别具有统计显

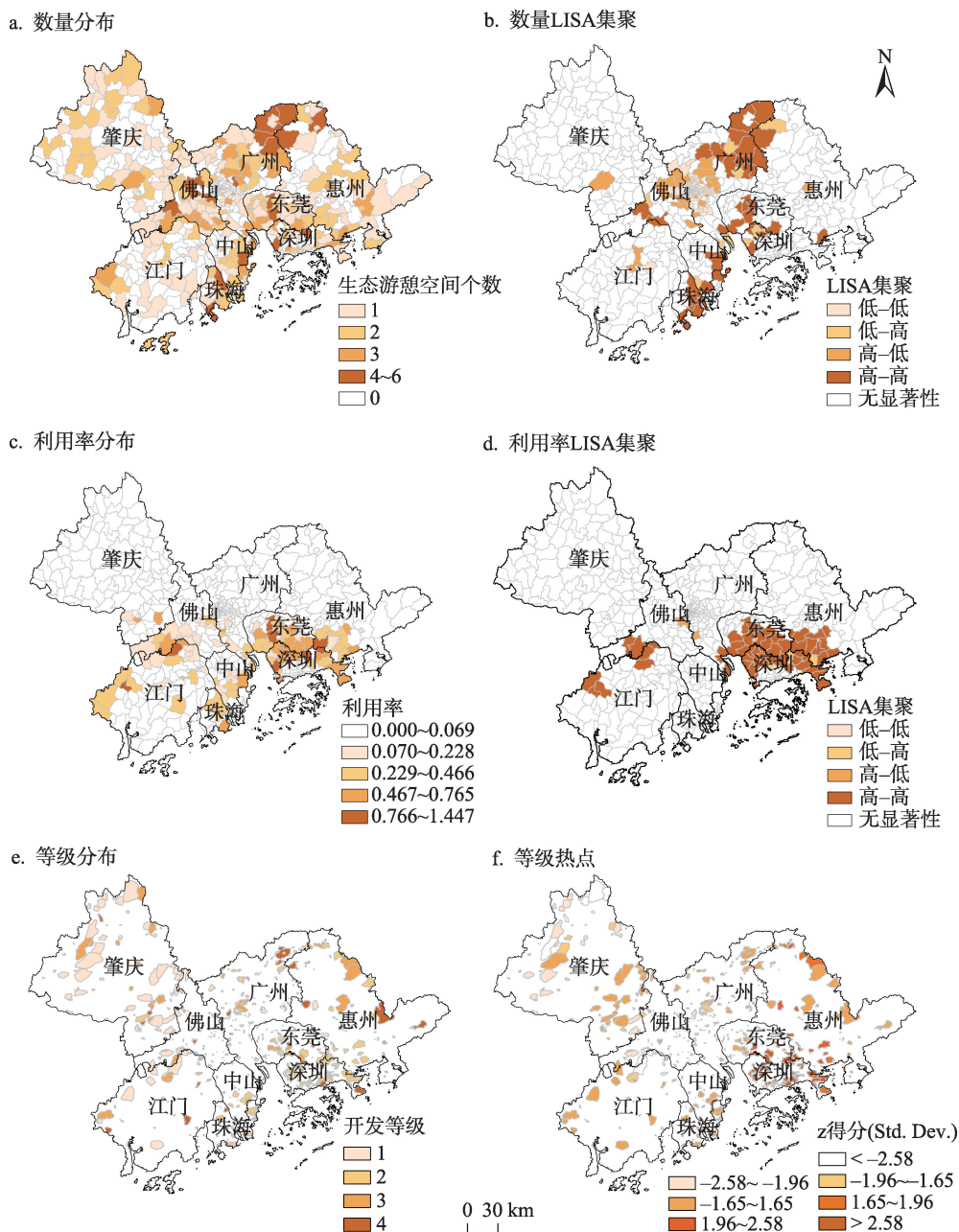


图4 珠三角城市群生态游憩空间的空间集聚特征

Fig. 4 Spatial agglomeration characteristics of the ecological recreation space in the Pearl River Delta urban agglomeration
注: 该图基于国家测绘地理信息局标准地图(审图号为GS(2019)4343号)绘制, 底图无修改。

著性的热点和冷点。由图4e、图4f可知, 深圳、东莞、惠州市市辖区西部为生态游憩空间高等级分布的热点区, 而肇庆西北部、广州市西部、江门市北部、佛山市西南部等广大区域的Z得分较低且为负数, 即存在低等级生态游憩空间的聚类, 说明生态空间游憩利用整体上较粗放, 特别是肇庆市、佛山虽然生态游憩空间数量较多, 但其开发等级普遍较低, 质量还有待提升, 说明珠三角城市群生态空间游憩价值未得到充分挖掘, 不少

生态游憩空间吸引力比较匮乏。

3.2 生态游憩空间分异的关联性因素分析

对生态游憩空间与有关自然和人文地理要素的分布关系进行空间分析,挖掘生态空间游憩利用与地理要素分布的关联性规律。

3.2.1 生态游憩空间与水系 沿水系建立1~10 km的缓冲区,采用ArcGIS叠加分析中的相交方法,计算缓冲区内生态游憩点数量占总数量的比例,发现随着距离的增加,生态游憩空间分布个数递减,特别是当缓冲区设置为4 km时,个数占比仅为44.8% (见图5),说明珠江三角洲城市群滨河休闲空间数量不足,与发达的河流水网不相对应。当缓冲区大于4 km时,生态游憩空间个数递减曲线非常平坦,说明生态游憩空间分布与河流关系已然不大。单独对湿地公园分布进行核密度分析,发现湿地公园在佛山-广州、珠海两地的水系密集地带形成两个大的集聚区。进一步利用缓冲区分析得出,65.98%的湿地公园分布在河流5 km缓冲区内,说明湿地公园主要沿着低洼的河流水网集聚分布。此外,在沿海地区也形成少数几个小集聚区,主要是以红树林湿地公园和沿海滩涂湿地公园为主。综合而言,尽管湿地公园具有沿水系分布的集聚态势,但由于湿地公园在生态游憩空间总量中占比较低,只有17.81%,因而整体生态游憩空间沿水系集聚分布的态势不明显。

3.2.2 生态游憩空间与地形 面积较大的生态游憩空间斑块主要分布在城市群外围的山地地区,因而肇庆、惠州、广州、江门等生态游憩空间占有面积较大。在海拔小于81、坡度小于3.76的城市群核心地带,山体少,虽然生态游憩空间数量多,但面积较小,成破碎化状态,因而东莞、佛山、珠海、中山的生态游憩空间面积较少 (见图6a、图6b)。

3.2.3 生态游憩空间与交通 以高速公路、国道作为参照物,建立1~10 km的缓冲区,考

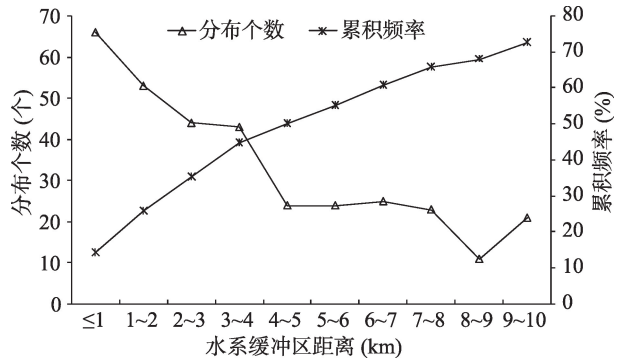
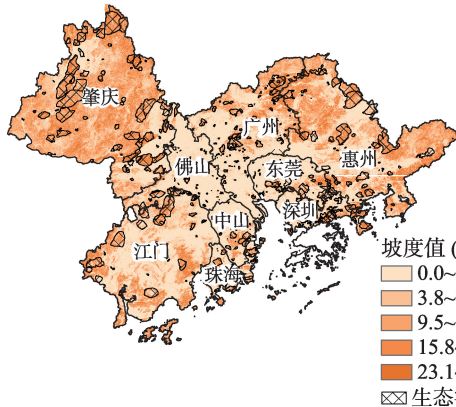


图5 沿河流1~10 km缓冲区内生态游憩点的分布
Fig. 5 Distribution of ecological recreational spaces within 1-10 km buffer zone along the river

a. 坡度与生态游憩空间叠加



b. 高程与生态游憩空间叠加

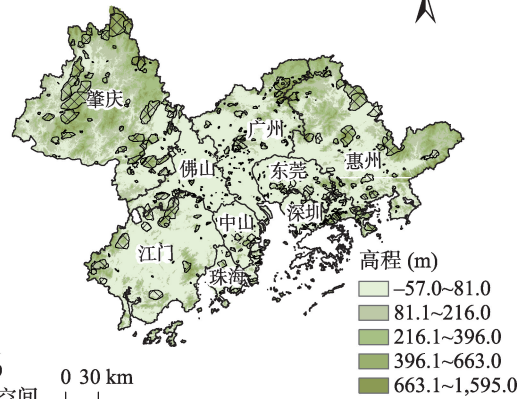


图6 珠三角城市群生态游憩空间与高程和海拔的关系

Fig. 6 Spatial relationship of ecological recreation space and elevation, altitude in the Pearl River Delta urban agglomeration

注: 该图基于国家测绘地理信息局标准地图 (审图号为GS (2019) 4343号) 绘制, 底图无修改。

察交通干线与生态游憩空间分布的关系。结果得出, 交通线 5 km 缓冲区内的生态游憩点的累积频率为 331 个, 占比高达 72%。缓冲区由 5 km 延伸至 10 km 时, 游憩点个数占比由 72% 提升至 85%, 只提高了 13 个百分点, 增加率大幅放缓, 说明公路 5 km 缓冲区内出现点的集聚分布态势。5 km 以外仍有游憩点的分布, 但数量占比较少, 说明生态游憩空间有依存交通干线分布的趋势。

3.2.4 生态游憩空间与人口分布 珠三角城市群地形起伏较大, 中部是平原, 外围地区是丘陵、山地和岛屿, 规模较大的生态游憩空间主要集中在外圈层的丘陵、山地和岛屿, 而人口主要分布在内圈层, 人口与生态休闲空间的分布出现明显的不匹配。经测算, 外围人均生态游憩空间面积大, 而核心地带人均面积非常低 (见图 7), 说明珠三角城市群生态游憩服务供需存在空间不匹配。

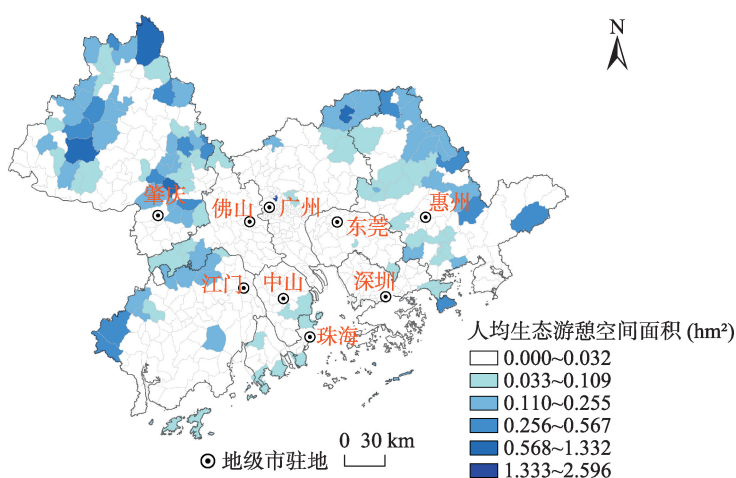


图 7 珠三角城市群人均生态游憩空间面积分布的空间差异

Fig. 7 Spatial difference of per capita area of ecological recreation space in the Pearl River Delta urban agglomeration

注: 该图基于国家测绘地理信息局标准地图 (审图号为 GS (2019) 4343 号) 绘制, 底图无修改。

3.2.5 生态游憩空间与旅游要素 旅游业包括食、住、行、游、购、娱六大要素, 餐饮业、住宿业、购物业和休闲娱乐业的发展水平与游憩开发具有互动关系。为探究这一空间关系, 本研究分别计算出各乡镇街道餐饮点、住宿点、购物点和休闲娱乐点的个数与生态游憩空间频次的比值, 并假定每个细分行业同等重要, 即每个行业权重设为 0.25, 再对比例进行加权求和, 得出每个乡镇街道生态游憩空间的旅游要素配套水平。由图 8 可知, 除了没有生态游憩空间的乡镇街道未予统计外, 其他乡镇街道生态游憩空间的旅游要素配套水平总体上呈现出由中心向边缘递减的格局。城市建成区以及邻近地区旅游要素配套水平高, 而广州市北部、肇庆市大部、江门市西南部、惠州市东部和北部等广阔区域内的生态游憩空间的旅游要素的配套水平较低, 说明外围地带旅游要素分布稀少, 游憩服务供给水平较低, 对生态空间游憩利用的支撑效应较弱。

3.2.6 生态游憩空间与文化资源 以文化资源为基点, 建立 1~10 km 缓冲区, 并统计不同的缓冲区内生态游憩空间分布个数和累积频数, 来考察生态游憩空间与文化资源的分布关系, 得出 1~10 km 缓冲区内生态游憩点累积频率分别为 8.72%、17.25%、27.46%、35.25%、43.78%、53.43%、57.51%、65.12%、68.46%、71.99%, 变化趋势比较平稳, 近

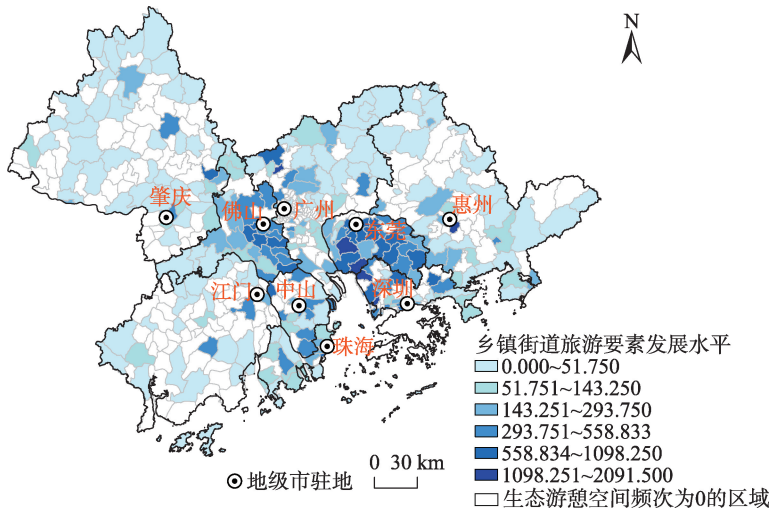


图8 珠三角城市群生态游憩空间与其他旅游要素的分布关系

Fig. 8 The spatial relationship of ecological recreation space and tourism elements in the Pearl River Delta urban agglomeration

注：该图基于国家测绘地理信息局标准地图（审图号为GS（2019）4343号）绘制，底图无修改。

似一条直线，没有在某一缓冲距离上出现骤增或骤减，说明生态游憩空间未在文化资源的某一缓冲区内出现大规模集聚现象，二者的空间依存关系不明显。

3.2.7 政策与管理因素 2018年10月机构改革后，广东省林业局主要负责全省生态游憩空间的管理，9市的生态游憩空间则主要由市林业局或林业和园林局来管理，一定程度上解决了生态游憩空间的多部门管理问题，但未彻底解决条块分割矛盾。首先，各行政区之间的协调机制不完善。例如，绿化广东大行动要求一个镇必须建一个森林公园，一个县必须建3个森林公园。据此，原广东省林业厅将任务分解到各个地市，而地市则将任务下达给各县（市、区）和乡镇，并通过财政补贴的形式支持森林公园建设。例如，广州市财政补贴为：33.33 hm²以下森林公园补贴100万元，33.33~66.67 hm²补贴125万元，66.67 hm²以上的补贴150万元。但由于各市财力的差异，财政支持的城际差异较大，如肇庆市建一个县级森林公园只提供5万元的补贴。为此，省级管理部门也采取了一定的协调举措。在绿化广东大行动中，省财政共安排资金3000万元，下拨至粤东西北地区（含肇庆市、惠州市）、江门市的恩平市、台山市和开平市等享受省财政转移支付的县（市），按每个市、县、镇级城郊森林公园分别补助资金30万元、20万元、10万元开展基础设施建设^[38]。但这些资金扶持额度远远难以满足森林公园游憩配套设施建设和景观质量改造的需要，导致外围县市的森林公园只建设了最基本的入口广场和上山游道，难以建成等级较高的游憩空间。况且，其他未享受财政转移支付的地区财政收入差异也较大。而深圳、东莞两市的生态空间游憩利用率遥遥领先于其他市，主要得益于深圳、东莞两市积极的生态空间游憩利用政策和较多的财政投入^[20]。其次，生态游憩空间保护利用的多头管理问题仍然存在。据调研，珠三角城市群存在一些省管林场，如东莞市宝山森林公园，游憩利用水平较低，原因是省级主管部门缺少对其进行游憩利用的动力，与城市规划建设割裂开来，而市管国有林场，反而利用水平较高，公园开发与城市建设融合的较好。此外，还存在少部分村集体自发建设管理的生态游憩空间，保护利用缺乏相应的标准和规范。总体上，珠三角城市群生态游憩空间管理以垂直型的科层制为主，

行政区和多主体间横向协调和统筹机制尚不完善, 导致生态空间游憩利用率的空间分异明显 (见图9)。

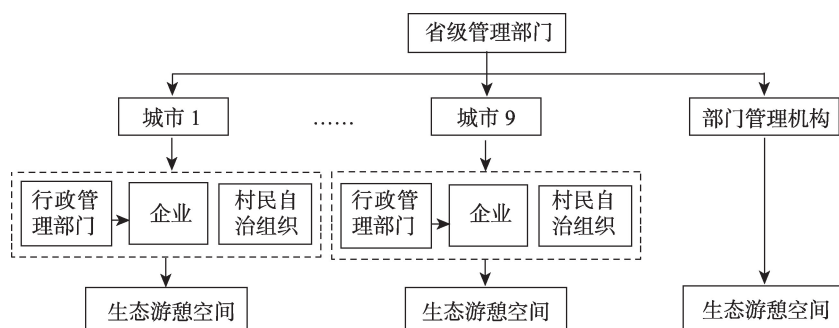


图9 珠三角城市群生态游憩空间的治理结构

Fig. 9 The governance structure of ecological recreation space in the Pearl River Delta urban agglomeration

4 结论与启示

4.1 结论与讨论

第一, 各城市生态空间游憩利用水平空间分异明显, 反映了生态空间游憩利用区域统筹与协调机制不完善。生态游憩空间分异特征反映了各城市生态空间游憩利用水平悬殊、低等级生态游憩空间集聚等问题。具体而言, 肇庆市、广州市、惠州市、深圳市生态游憩空间面积规模较大, 但只有深圳市 (80.37%)、东莞市 (26.45%)、广州市 (32.57%) 的利用率较高, 其他市利用率偏低, 均在14%以下, 低于全域14.59%的利用率。江门、肇庆和惠州三市的旅游景区分布较少, 有待进一步加强生态旅游资源的开发利用。等级较高的生态游憩空间集聚分布在深圳、东莞和惠州三市, 其余城市则出现低等级生态游憩空间集聚现象, 特别是肇庆市、佛山市虽然生态游憩空间数量较多, 但开发等级普遍较低, 质量还有待提升。当前珠三角城市群生态空间游憩利用管理框架以垂直型科层制治理结构为主导, 省政府主管部门负责制定公园建设目标, 然后层层分解到下级行政区。这种管理架构缺少市场和社会力量的整合平台, 各城市间、多主体间横向协调机制不完善, 成为了生态空间游憩利用水平悬殊的重要原因。

第二, 生态游憩空间数量、规模、等级以及生态空间游憩利用率均具有空间集聚特征, 但四者的集聚导向具有差异。其中, 数量集聚分布有靠近优良生态本底和靠近人口密集区两类模式。面积的LISA高值聚类区分布在城市边缘区, 如广州市增城区北部、惠州市东北部、肇庆市北部、佛山市南部和江门市西部等地, 这些地区生态本底好, 生态斑块面积大, 因而生态游憩空间面积较大, 而广州-佛山都市连绵区建设用地占比较高, 生态游憩空间呈破碎化状态, 因而成为低值聚类区。说明生态空间分布是影响生态游憩空间分布的基础要素, 与Zhou等^[39]的研究类似。而在人口密集区, 随着人们对休闲品质要求的提高, 对生态游憩空间建设产生倒逼作用, 使得生态游憩空间面积呈集聚分布, 印证了Xie等^[6]的观点。生态空间游憩利用率高值聚类区也主要分布在深圳、东莞至惠州市辖区西部一带, 少部分位于佛山市、江门市城市边缘区的乡镇街道。等级分布热点区位于深圳、东莞、惠州市市辖区西部, 而肇庆西北部、广州市西部、江门市北部、佛山市西南部存在低等级的生态游憩空间的聚类, 说明高等级生态游憩空间具有向城市中心

区聚集的态势。

第三,生态游憩空间分布与地形、交通具有空间依存关系,但与水系、旅游要素以及文化资源分布的关联性不明显。面积较大的生态游憩空间斑块主要分布在城市外围山地,与高程和坡度具有明显的正相关性。根据以往研究^[4,40],海拔较高的地区,生态空间保存较完好,为生态游憩空间开发提供了良好的基础。公路5 km缓冲区内呈现出生态游憩点的集聚分布态势,说明公路对生态空间游憩利用起到了积极促进作用。生态游憩空间分布与水系的空間关联性并不明显,这是因为研究区生态游憩空间以森林公园、公园绿地居多,沿水系分布的湿地公园在总量中占比较低,有待进一步提升。此外,旅游要素分布与生态游憩空间数量的分布也不匹配,边缘区生态游憩空间周边旅游服务设施较少,分布比较分散,而中心城区集聚了数量较多的旅游服务设施,这与现实情况相符,一般而言,城市商业和服务业主要在城镇建成区发育,而外围生态游憩空间的配套旅游要素有待补齐。最后,生态游憩空间依托文化资源集聚分布的趋向也不明显,说明文化资源与生态空间的游憩利用的结合度不高。

第四,生态游憩空间面积分布与人口密度分布相反,珠三角城市群生态空间游憩服务的供需错位的矛盾较突出。这与以往的研究类似,即人口密度和城镇化水平对生态游憩空间供给具有负向效应^[40,41]。随着珠三角城市群核心地带人口集聚和城镇化的发展,生态空间面积减少,破碎度增加,因而内圈层生态游憩空间规模普遍较小。外圈层的丘陵、山地和岛屿等面积广阔,大型生态游憩空间主要依托外圈层生态空间布局,而人口规模主要集聚分布在核心地带,人口与人口所需的生态游憩空间的分布出现供需空间错位的问题。

本研究揭示了珠三角城市群生态游憩空间分异的特征,并发现了人口密度、地形和生态空间分布等与城市群生态游憩空间分布存在关联性,印证了以往相关研究的结论^[39-41]。在此基础上,本文进一步实证探讨了生态游憩空间与水系、交通、旅游要素、文化资源、政策与管理等的关联性,发现区域政策和管理、交通也是影响生态游憩空间分异的重要因素,水系对湿地公园分布具有影响。综合而言,珠三角城市群生态游憩空间分异的影响因素包括地形、水系和生态空间分布三个自然因素和人口密度、交通、区域政策与管理三个人文因素。此外,旅游要素、文化资源与生态游憩空间分布的关联性较弱,一定程度上反映了城市群生态游憩空间布局存在的一些问题。

4.2 政策启示

第一,优化城市群生态游憩空间结构,特别是注重促进城市群核心地带和外围地区生态游憩空间配置的相对均衡。对于开发强度较高的核心地带,应控制城镇空间增长,减少对生态空间的侵蚀,加强中心城区城市存量空间的更新和重塑,修复或新建生态斑块和廊道,增白留绿,显著拓展生态游憩空间比例。充分依托珠三角城市群的农林水网,开辟线性生态游憩走廊,将生态游憩空间网络嵌入人口密集区。对于外围地带,以提高生态空间游憩利用率和品质为方向,打造环珠三角城市群绿色休闲旅游带。

第二,提升珠三角城市群生态游憩空间的交通可达性。针对生态游憩空间分布不均衡的特点,亟待加强的是核心地带与外围地区、珠江口东西两岸的公路交通联系,提升生态游憩空间的服务半径覆盖率,促进共建共享。

第三,加强与旅游要素与文化资源的整合开发,提升生态游憩空间等级与品质。将珠三角城市群历史文化元素融入湾区森林公园、水利公园和湿地公园等各类生态游憩空间的开发利用,塑造具有地域特色和高度地方认同的生态-文化复合休闲场所,并通过服务和配套设施质量提升,建成一批高等级的生态游憩空间。

第四, 建立一体化的生态游憩空间治理体系。珠三角城市群生态空间游憩利用涉及多个城市、多个投资经营主体, 应着力在区域层面完善横向协调机制和合作机制, 建立全域统筹的生态空间游憩利用的空间治理体系: 一是加强管理的横向联合, 成立统一的生态游憩空间管理协调机构或办公室, 根据各地方生态本底、社会经济基础, 细致划分区域生态空间管制等级和区域, 制定差异化的管制措施, 赋予地方政府或村(社区)差异化的游憩开发权限。二是探索建立区域有限公司, 负责区域内游憩项目的开发, 打造投融资和项目建设一体化机制, 吸收国有控股投资集团以及相关社会资本加入, 搭建起珠三角城市群游憩项目开发与运营的统一平台。

致谢: 真诚感谢匿名评审专家在论文评审中所付出的时间和精力, 评审专家对本文文献综述、数据与方法介绍和结论提升方面的修改意见, 使本文获益匪浅。衷心感谢中国海洋大学郑鑫同学在本文的图件制作、文本校对等方面给予的大力协助。

参考文献(References)

- [1] Wolch J R, Byrne J, Newell J P. Urban green space, public health, and environmental justice: The challenge of making cities 'just green enough'. *Landscape and Urban Planning*, 2014, 125: 234-244.
- [2] Serret H, Raymond R, Foltéteq J-C, et al. Potential contributions of green spaces at business sites to the ecological network in an urban agglomeration: The case of the Ile-de-France region, France. *Landscape and Urban Planning*, 2014, 131: 27-35.
- [3] Su Y, Chen X, Liao J, et al. Modeling the optimal ecological security pattern for guiding the urban constructed land expansions. *Urban Forestry & Urban Greening*, 2016, 19: 35-46.
- [4] Peng J, Zhao M, Guo X, et al. Spatial-temporal dynamics and associated driving forces of urban ecological land: A case study in shenzhen city, China. *Habitat International*, 2017, 60: 81-90.
- [5] Wang J, He T, Lin Y. Changes in ecological, agricultural, and urban land space in 1984 - 2012 in China: Land policies and regional social-economical drivers. *Habitat International*, 2018, 71: 1-13.
- [6] Xie H, He Y, Xie X. Exploring the factors influencing ecological land change for China's Beijing-Tianjin-Hebei region using big data. *Journal of Cleaner Production*, 2017, 142: 677-687.
- [7] Jiang W, Wang W, Chen Y, et al. Quantifying driving forces of urban wetlands change in Beijing City. *Journal of Geographical Sciences*, 2012, 22: 301 - 314.
- [8] 姚娜, 马履一, 杨军, 等. 北京市平原地区 1992-2013 年生态空间演变. *生态学杂志*. 2015, 34(5): 1427-1434. [Yao Na, Ma Lvji, Yang Jun, et al. Changes of ecological spaces in Beijing's plain areas between 1992 and 2013. *Chinese Journal of Ecology*, 2015, 34(5): 1427-1434.]
- [9] Xie H, Liu Z, Wang P, et al. Exploring the mechanisms of ecological land change based on the spatial autoregressive model: A case study of the poyang lake eco-economic zone, China. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2014, 11(1): 583-599.
- [10] 魏冶, 修春亮, 高瑞, 等. 基于高斯两步移动搜索法的沈阳市绿地可达性评价. *地理科学进展*, 2014, 33(4): 479-487. [Wei Ye, Xiu Chunliang, Gao Rui, et al. Evaluation of green space accessibility of Shenyang using Gaussian based 2-step floating catchment area method. *Progress in Geography*, 2014, 33(4): 479 - 487.]
- [11] Chen J, Chang Z. Rethinking urban green space accessibility: Evaluating and optimizing public transportation system through social network analysis in megacities. *Landscape and Urban Planning*, 2015, 143: 150-159.
- [12] Camps-Calvet M, Langemeyer J, Calvet-Mir L, et al. Ecosystem services provided by urban gardens in Barcelona, Spain: Insights for policy and planning. *Environmental Science & Policy*, 2016, 62: 14-23.
- [13] Wu J G. Urban ecology and sustainability: The state-of-the-science and future directions. *Landscape and Urban Planning*, 2014, 125: 209-221.
- [14] Triguero-Mas M, Dadvand P, Cirach M, et al. Natural outdoor environments and mental and physical health: Relationships and mechanisms. *Environment International*, 2015, 77: 35-41.
- [15] Nieuwenhuijsen M J, Khreis H, Triguero-Mas M, et al. Fifty shades of green pathway to healthy urban living. *Epidemiology*, 2017, 28(1): 63-71.

- [16] 吴健生, 司梦林, 李卫锋. 供需平衡视角下的城市公园绿地空间公平性分析: 以深圳市福田区为例. 应用生态学报, 2016, 27(9): 2831-2838. [Wu Jiansheng, Si Menglin, Li Weifeng. Spatial equity analysis of urban green space from the perspective of balance between supply and demand: A case study of Futian District, Shenzhen, China. Chinese Journal of Applied Ecology, 2016, 27(9): 2831-2838.]
- [17] Fan P, Xu L, Yue W, et al. Accessibility of public urban green space in an urban periphery: The case of Shanghai. Landscape and Urban Planning, 2017, 165: 177-192.
- [18] Dai D. Racial/ethnic and socioeconomic disparities in urban green space accessibility: Where to intervene? Landscape and Urban Planning, 2011, 102(4): 234-244.
- [19] Wei F. Greener urbanization? Changing accessibility to parks in China. Landscape and Urban Planning, 2017, 157: 542-552.
- [20] 李孟桐, 杨令宾, 魏冶. 高斯两步移动搜索法的模型研究: 以上海市绿地可达性为例. 地理科学进展, 2016, 35(8): 990-996. [Li Mengtong, Yang Lingbin, Wei Ye. Improved Gaussian based 2-step floating catchment area method: A case study of green space accessibility in Shanghai. Progress in Geography, 2016, 35(8): 990-996.]
- [21] 张鹏飞, 蔡忠亮, 张成, 等. 基于E2SFCA的城市旅游景点的潜在空间可达性分析. 测绘地理信息, 2015, 40(1): 76-79. [Zhang Pengfei, Cai Zhongliang, Zhang Cheng. Potential spatial accessibility to urban scenic spots based on E2SFCA. Journal of Geomatics, 2015, 40(1): 76-79.]
- [22] Matthew Mcconnachie M, Shackleton C M. Public green space inequality in small towns in South Africa. Habitat International, 2010, 34(2): 244-248.
- [23] Jones K R. 'The Lungs of the City': Green space, public health and bodily metaphor in the landscape of urban park history. Environment and History, 2018, 24(1): 39-58.
- [24] Ngom R, Gosselin P, Blais C. Reduction of disparities in access to green spaces: Their geographic insertion and recreational functions matter. Applied Geography, 2016, 66: 35-51.
- [25] 李玟, 刘家明, 宋涛, 等. 北京市绿带游憩空间分布特征及其成因. 地理研究, 2015, 34(8): 1507-1521. [Li Le, Liu Jiaming, Song Tao, et al. Spatial characteristics and causes of recreational space in the urban green belt of Beijing, China. Geographical Research, 2015, 34(8): 1507-1521.]
- [26] 杨丽婷, 刘大均, 赵越, 等. 长江中游城市群森林公园空间分布格局及可达性评价. 长江流域资源与环境, 2016, 25(8): 1228-1237. [Yang Liting, Liu Dajun, Zhao Yue, et al. Spatial pattern and accessibility of the forest parks in urban agglomeration in the middle reaches of the Yangtze River. Resources and Environment in the Yangtze Basin, 2016, 25(8): 1228-1237.]
- [27] 王甫园, 王开泳, 刘汉初. 珠三角城市群生态空间游憩服务供需匹配性评价与成因分析: 基于改进的两步移动搜索法. 生态学报, 2020, 40(11): 3622-3633. [Wang Fuyuan, Wang Kaiyong, Liu Hanchu. The evaluation and influencing factors of spatial accessibility of ecological space recreation service in the Pearl River Delta urban agglomeration: A modified two-step floating catchment area method. Acta Ecologica Sinica, 2020, 40(11): 3622-3633.]
- [28] 广东省统计局, 国家统计局广东调查总队. 2019年广东统计年鉴. 北京: 中国统计出版社, 2019. [Guangdong Bureau of Statistics, Guangdong Survey Corps of the National Bureau of Statistics. Guangdong Statistical Yearbook 2019. Beijing: China Statistics Press, 2019.]
- [29] 广东省委, 省人民政府. 广东省委省政府新一轮绿化广东大行动的决定. <http://www.forestry.gov.cn/portal/slgy/s/2445/content-730481.html>, 2020-4-20. [Guangdong Provincial Party Committee, Guangdong Provincial Government. Guangdong Provincial Party Committee and Provincial Government's decision on a new round of greening Guangdong. <http://www.forestry.gov.cn/portal/slgy/s/2445/content-730481.html>, 2020-4-20.]
- [30] 中共中央办公厅, 国务院办公厅. 关于划定并严守生态保护红线的若干意见. http://www.gov.cn/zhengce/2017-02/07/content_5166291.htm, 2020-7-3. [General Office of the CPC Central Committee, General Office of the State Council. [Several opinions on delineating and strictly observing the red line of ecological protection. http://www.gov.cn/zhengce/2017-02/07/content_5166291.htm, 2020-7-3.]
- [31] 中国科学院资源环境科学数据中心. 2015年中国土地利用现状遥感监测数据. <http://www.resdc.cn/data.aspx?DATAID=184>, 2020-4-20. [Data Center for Resources and Environmental Sciences, Chinese Academy of Sciences. Remote sensing monitoring data of China's land use status in 2015. <http://www.resdc.cn/data.aspx?DATAID=184>, 2020-4-20.]
- [32] 建设部. 《城市绿地分类标准》(CJJ/T 85—2002). http://www.linxiang.gov.cn/24733/24760/24821/24859/36947/content_1115834.html, 2020-4-20. [Ministry of Construction. City Greenland Classification Standards (CJJ/T 85-2002). http://www.linxiang.gov.cn/24733/24760/24821/24859/36947/content_1115834.html, 2020-4-20.]

- [33] 王甫园, 王开泳. 珠江三角洲城市群区域绿道与生态游憩空间的连接度与分布模式. 地理科学进展, 2019, 38(3): 428-440. [Wang Fuyuan, Wang Kaiyong. Connectivity and distribution pattern of regional greenways and ecological recreation spaces in the Pearl River Delta urban agglomeration. *Progress in Geography*, 2019, 38(3): 428-440.]
- [34] 广东省旅游局. 广东省 A 级旅游景区名录(截至 2017 年 9 月 8 日). http://zwgk.gd.gov.cn/006940247/201710/t20171024_727479.html, 2020-4-20. [Tourism Bureau of Guangdong Province. Directory of A-level tourist attractions in Guangdong Province (before September 8, 2017). http://zwgk.gd.gov.cn/006940247/201710/t20171024_727479.html, 2020-4-20.]
- [35] Cheng G, Zeng X, Duan L, et al. Spatial difference analysis for accessibility to high level hospitals based on travel time in Shenzhen, China. *Habitat International*, 2016, 53: 485-494.
- [36] 国务院人口普查办公室, 国家统计局. 中国 2010 年人口普查分乡、镇、街道资料. 北京: 中国统计出版社, 2012. [Census Office of the State Council, National Bureau of Statistics. *China Census by Township, Town, and Street in 2010*. Beijing: China Statistics Press, 2012.]
- [37] 国家文物局. 全国重点文物保护单位. <http://www.sach.gov.cn/col/col1645/index.html>, 2020-4-23. [State Administration of Cultural Heritage. National key cultural relics protection unit. <http://www.sach.gov.cn/col/col1645/index.html>, 2020-4-23.]
- [38] 广东省林业局. 提升市民“享绿”空间 为美丽广东建设增速: 广东城郊森林公园建设发展纪实. http://zwgk.gd.gov.cn/006939916/201412/t20141224_561271.html, 2019- 4- 25. [Guangdong Provincial Forestry Bureau. Promote the growth of citizens' "green space" for the construction of beautiful Guangdong - Documentary of Guangdong suburban forest park construction and development. http://zwgk.gd.gov.cn/006939916/201412/t20141224_561271.html, 2019-4-25.]
- [39] Zhou X, Wang Y C. Spatial-temporal dynamics of urban green space in response to rapid urbanization and greening policies. *Landscape and Urban Planning*, 2011, 100(3): 268-277.
- [40] Zhao J, Chen S, Jiang B, et al. Temporal trend of green space coverage in China and its relationship with urbanization over the last two decades. *Science of the Total Environment*, 2013, 442: 455-65.
- [41] Tan P Y, Wang J, Sia A. Perspectives on five decades of the urban greening of Singapore. *Cities*, 2013, 32: 24-32.

Spatial differentiation and correlative factors of ecological recreation space distribution in the Pearl River Delta urban agglomeration

WANG Fuyuan^{1,3}, WANG Kaiyong^{1,3}, YU Hu^{1,3}, CHEN Tian^{1,2,3}

(1. Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, CAS, Beijing 100101, China; 2. Institute of Strategy Research for Guangdong, Hong Kong and Macao Greater Bay Area, Guangzhou 510070, China;

3. Key Laboratory of Regional Sustainable Development Modeling, CAS, Beijing 100101, China)

Abstract: As an open place for residents to relax and get close to nature, ecological recreation space (ERS) plays an important role in improving residents' life quality and wellbeing. With the integrated development of urban agglomerations and the increasingly high requirements of urban residents for the quality of their habitat and leisure environment, the regional organization of recreational use of ecological space within urban agglomerations has become a new hot topic. Based on the definition and spatial interpretation of ERS, this paper analyzed the spatial agglomeration and differentiation characteristics of ERSs in the Pearl River Delta urban agglomeration (PRDUA) by using GIS spatial analysis methods. The spatial relationship between ERS and other humanities and natural ecological elements were also analyzed to reveal the problems and causes of the distribution of ERS. The results show that: (1) The spatial differentiation of recreational utilization rate of ecological space in each city is obvious, which reflects the lack of effective regional co-ordination of recreational utilization of ecological space. (2) The distribution of ERS' s number, scale, grade, and recreational utilization rate of ecological space is characterized by spatial agglomeration, but with different agglomeration orientations. (3) The distribution of ERS is spatially dependent on topography and traffic, but its link with the distribution of water systems, tourism elements, and cultural resources is not evident. (4) The area distribution of ERS is opposite to that of population density, suggesting the contradiction between the supply and demand of recreation services of ecological spaces. Compared with previous studies, this study attempted to reveal more factors that affect the spatial distribution of ERS in regional scale through the empirical study in PRDUA. It can be concluded that the factors affecting the spatial differentiation of ERS include three natural factors, i.e. topography, water system, and ecological space distribution, and three human factors, i.e. population density, transportation and regional policy and management. Interestingly, ERS distribution is not significantly correlated with the tourism elements and cultural resources, which suggests that the coordination between ERS layout and tourism and cultural system needs to be improved in the future in PRDUA.

Keywords: the Pearl River Delta urban agglomeration; ecological recreation space; spatial differentiation; distribution; correlation factors