

# 广东西樵山国家森林公园景观格局分析及优化

Analysis and Optimization of Landscape Pattern of Xiqiao Mountain National Forest Park in Guangdong Province

罗皓 赵庆\* 张凌宇

LUO Hao, ZHAO Qing\*, ZHANG Ling-yu

**摘要:** 城郊森林公园是提升大众福祉、发挥生态功能的载体。以广东西樵山国家森林公园为研究对象,运用ArcGIS软件和Fragstats软件对其景观格局进行分析。结果表明,风景林是公园景观的基质( $PLAND=67.84\%$ ),道路廊道将其与用材林、建筑和水体3种主要景观类型进行串联;公园各景观类型的破碎化程度不同,斑块形状均较为规则( $MSI$ 值为1.41~2.12;  $MPFD$ 值为1.10~1.24);公园的景观多样性较低( $SHDI=1.31$ ),斑块空间分布不均( $SHEI=0.53$ ),斑块形状较为复杂( $LSI=22.83$ ),各功能分区的格局特征差异明显。城郊森林公园的经营应严格控制人为干扰影响,提高公园景观多样性,注重斑块类型、功能分区和整体景观格局的优化。

**关键词:** 城郊森林公园; 西樵山国家森林公园; 景观格局

**中图分类号:** TU986

**文献标志码:** A

**文章编号:** 1671-2641(2023)04-0013-05

**收稿日期:** 2022-08-19

**修回日期:** 2022-11-16

**Abstract:** Suburban forest park is the carrier of improving public welfare and giving full play to ecological function. Taking Xiqiao Mountain National Forest Park in Guangdong Province as the research object, the landscape pattern is analyzed by using ArcGIS software and Fragstats software. The results show that scenic forest is the matrix of the park landscape ( $PLAND=67.84\%$ ), and the road corridor connects it with three main landscape types of timber forest, building and water body. The fragmentation degree varies across the park's landscape types, and patch shapes are all relatively regular (1.41~2.12 for  $MSI$ , 1.10~1.24 for  $MPFD$ ). The park has low landscape diversity ( $SHDI=1.31$ ), uneven spatial distribution of patches ( $SHEI=0.53$ ), relatively complex patch shapes ( $LSI=22.83$ ), and significant differences in the pattern characteristics of the functional zones. The management of suburban forest park should strictly control the impact of human disturbance, improve landscape diversity, and pay attention to the optimization of patch types, functional zoning and overall landscape pattern.

**Key words:** Suburban forest park; Xiqiao Mountain National Forest Park; Landscape pattern

城郊森林公园是位于城市(城镇)及其周边,以森林景观为主体,生态环境良好,休憩健身设施完善,开展公众游览、休憩、健身、科普、文化等活动的户外特定区域<sup>[1]</sup>。森林健康是指森林生态系统既能满足人类合理需要,又能维持其多样性和稳定性<sup>[2]</sup>。以往研究多通过构建“活力-组织结构-恢复力”评价模型,评估森林生态系统在林分、景观、区域尺度的健康状况<sup>[3]</sup>。但这些研究很难定量分析森林和非森林景观、森林景观内部要素之间的差异。景观格局是景观形状、大小以及数量等各要素在空间上的排列和组合,能够充分体现景观异质性<sup>[4]</sup>。因此,开展森林景观格局研究,能够更客观、精细地刻画森林生态系统的完整性、稳定性和健康状况<sup>[5]</sup>。目前,景观格局研究的内容包括景观要素的形态、空间结构关系和空间构型分析等<sup>[6]</sup>,研究方法主要有景观指数法和空间统计学法<sup>[7]</sup>,研究尺度涉及区域宏观尺度、景观中观尺度、乡镇或社区的微观尺度<sup>[8]</sup>。针对城郊森林公园景观格局的研究,主要从区域宏观尺度<sup>[9]</sup>和景观中观尺度<sup>[10]</sup>开展,采用景观格局指数法分析景观格局特征<sup>[11]</sup>和演变特征<sup>[12]</sup>,着重分析林地景观,缺少对其他景观类型

的整合。而综合考虑多种景观类型,有利于合理规划土地,实现生态系统稳定可持续发展<sup>[13]</sup>。因此,本文以广东西樵山国家森林公园为研究对象,基于不同景观类型分析其景观格局,为森林景观健康评价提供研究基础。

## 1 材料与方

### 1.1 研究区概况

西樵山国家森林公园位于广东省佛山市南海区的西南部( $22^{\circ}55' \sim 22^{\circ}57'N$ ,  $112^{\circ}56' \sim 113^{\circ}0'E$ ),占地面积约1 304.84  $hm^2$ 。公园地处南亚热带季风气候区,冬暖夏凉,四季温和,雨量充沛,年均气温21.8 $^{\circ}C$ ,年均降雨量1 638.5 mm。园内植被丰富,植被类型多为亚热带常绿林,植物种类多达800余种<sup>[14]</sup>。园区由生态培育区(A区)、风景游赏区(B区)、居民社会生活区(C区)、服务接待区(D区)四大功能区组成(图1)。

### 1.2 数据来源

以西樵山国家森林公园2021年10月13日的Google Earth遥感影像图(分辨率为0.30 m)为基础数据源,经

过几何校正、图像配准后,参照《国土空间调查、规划、用途管制用地用海分类指南(试行)》分类标准<sup>[15]</sup>,通过目视解译法<sup>①</sup>在Arcgis10.5中完成图像解译,结合实地考察中利用RTK测量仪(合众思壮G960,北京合众思壮科技股份有限公司)所建立的100个解译标志,对解译成果进行核验,核验精度达到95%以上。实地考察时间集中在2022年4—5月,经过3次为期4天的野外调查,根据公园各景观的功能特点,划为农田、草地、水体、林地及建设用地5类景观。因研究区农田、草地和水体的面积较小,而林地与建设用地是最主要的两类景观,因此将其进一步划分,最终确定12种景观类型(表1,图2)。

### 1.3 研究方法

以西樵山国家森林公园遥感影像图为底图,利用Arcgis10.5将公园景观类型分类结果矢量化,通过实地考察确定廊道、斑块的类型与边界,运用Fragstats4.2提取面积、周长等基本信息。

景观格局指数反映景观组成单元的空间配置特征<sup>[16]</sup>。基于前人研究成果<sup>[6-8]</sup>,从类型水平和景观水平,选取廊道长度(*CL*)、廊道宽度(*CW*)、廊道面积(*CA*)、廊道密度(*CD*)、斑块数量(*NP*)、平均斑块面积(*MPS*)、斑块密度(*PD*)、斑块面积(*PA*)、斑块面积占比(*PLAND*)、最大斑块指数(*LPI*)、平均斑块形状指数(*MSI*)、平均分维度(*MPFD*)、景观形状指数(*LSI*)、香农多样性指数(*SHDI*)、香农均匀度(*SHEI*)等指数进行分析(表2)。

## 2 结果与分析

### 2.1 廊道特征

廊道是起物质和能量传输、引导交通等作用的线性空间<sup>[17]</sup>。西樵山国家森林公园的道路总长124.44 km,具有交通和输导作用,因此为公园的主要廊道。道路由车行道和人行道组成,宽度差异大、结构明显,*CD*值为2.17 km/hm<sup>2</sup>(表3),表明路网密度合理,能有效组织游览路线<sup>[18]</sup>。

### 2.2 斑块特征

基质是景观中面积最大、连续性最好的景观要素类型<sup>[17]</sup>。西樵山国家森林公园林地面积占比76.74%,其中风景林面积最大(*PA*=885.25 hm<sup>2</sup>),用材林(*PA*=65.94 hm<sup>2</sup>)次之。建筑(*PA*=95.04 hm<sup>2</sup>)与水体(*PA*=61.14 hm<sup>2</sup>)的面积也较大。此外,风景林的*MPS*值(11.07)和*LPI*值(30.35%)均最大(表4)。由此可认为,风景林是公园景观的基质,对整体景观的控制作用最强;用材林、建筑和水体作为公园主要景观类型,与风景林共同构成公园的大体骨架。

*NP*值和*PD*值越大,则破碎度高且异质性越强。公园各景观类型的破碎化程度不同,建筑破碎化程度最高(*NP*=162个,*PD*=12.42个/100 hm<sup>2</sup>),其空间分布零散,受人为干扰程度强。此外,与湖南<sup>[7]</sup>、辽宁<sup>[12]</sup>等同类城郊森林公园景观斑块边缘变化小且规则(*MPFD*值接近1)类似,西樵山国家森林公园各景观类型斑块形状(*MSI*值为1.41~2.12,*MPFD*值为1.10~1.24)也较为规则,由此表明随着人类活动逐渐增强,城郊森林公园受人为干扰强度较大。

*LSI*反映不同类型斑块的边缘情况。防护林的*LSI*值(3.15)最小,表明其边缘效应较弱,受到较为严重的人为干扰。就廊道密度*CD*而言,建筑、广场、景观与管理设施的值较高,说明建设用地大多景观类型的可达性较高;林地的值较低,特别是风景林(0.64 km/hm<sup>2</sup>),因此可适当加大对森林公园林内道路的开发力度。

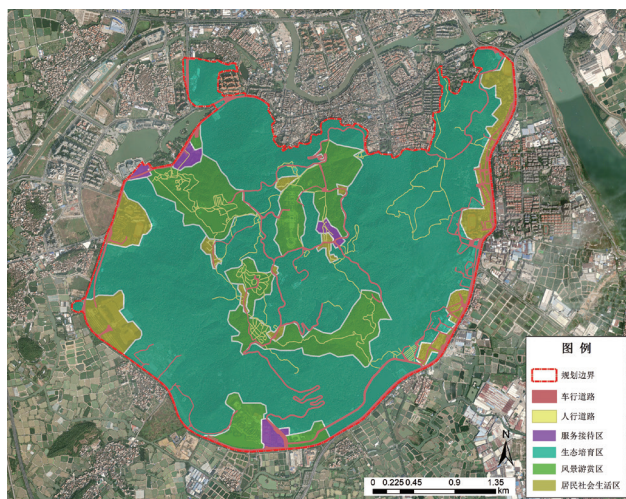


图1 西樵山国家森林公园功能分区图

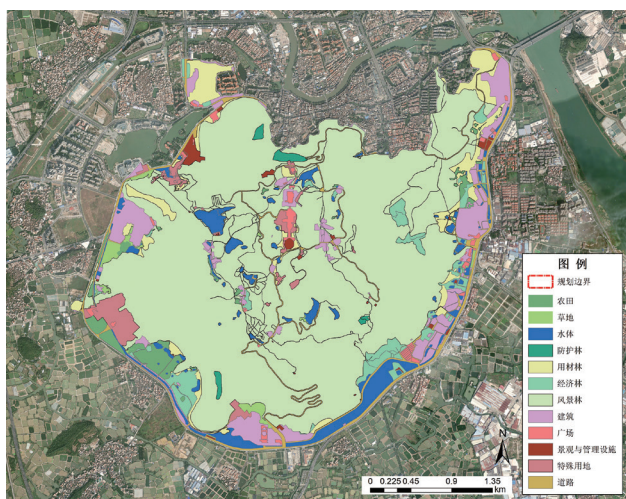


图2 景观类型分布

① 目视解译是遥感图像解译的一种,是由专业人员通过直接观察或借助辅助判读仪器在遥感图像上获取特定目标地物信息的过程。

表1 西樵山国家森林公园景观类型

序号	一级分类	二级分类	具体描述
1	农田	农田	种植水稻 <i>Oryza sativa</i> 、莲藕 (莲 <i>Nelumbo nucifera</i> ) 等水生农作物, 实行水生、旱生农作物轮种的耕地, 以及由人工灌溉, 种植旱生农作物 (含蔬菜) 的耕地
2	草地	草地	由人工种植, 树木郁闭度 < 0.1, 用于观赏或游憩休息的草地, 以及树木郁闭度 < 0.1, 表层为土质、生长杂草的荒草地
3	水体	水体	天然形成或人工开挖的河流与湖泊库塘, 以及由人工修建, 用于引、排、灌的沟渠
4	林地	防护林	以保持水土、防风固沙、涵养水源、调节气候、减少污染, 改善生态环境和人类生产、生活条件为主要目的森林
		用材林	以生产木材和木纤维为主要目的的森林
		经济林	以生产除木材以外的果品、食用油料、饮料、调料, 工业原料和药材等林产品为主要目的的森林
		风景林	以美化环境, 供人休息、游玩、欣赏自然景色为主要目的的森林
5	建设用地	景观与管理设施	指森林公园中亭、廊、花架等休闲景观设施, 以及厕所、餐饮、小卖部、游客中心等管理服务设施
		特殊用地	指专门用于军事目的、宗教活动或殡葬的场地
		道路	主要指车行道路与步行道路

表2 主要景观格局指数及其生态学意义

指数	公式	生态学意义
廊道长度 ( $CL$ )	—	影响物质、能量等传输的时间与距离
廊道宽度 ( $CW$ )	—	影响内部生境的质量和物种的数量
廊道面积 ( $CA$ )	—	影响廊道内部的物质流、能量流和信息流等
廊道密度 ( $CD$ )	$CD=CL/CA$	反映各景观类型被分割和连接的程度
斑块面积 ( $PA$ )	—	影响斑块内部物种的丰度、数量、食物链及其次生种的繁殖等
斑块数量 ( $NP$ )	—	反映斑块类型的异质性
平均斑块面积 ( $MPS$ )	$MPS=PA/NP$	反映斑块类型的破碎化程度
斑块密度 ( $PD$ )	$PD=NP/A$	反映斑块类型的异质性与破碎度
斑块面积占比 ( $PLAND$ )	$PLAND = \sum_{j=1}^n a_{ij} / A$	反映斑块类型在整体景观中的优势地位
最大斑块指数 ( $LPI$ )	$LPI=a_{max}/A$	确定景观中的优势斑块类型, 间接反映人类活动干扰的方向和大小
平均斑块形状指数 ( $MSI$ )	$MSI = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n (0.25P_{ij} / \sqrt{a_{ij}}) / N$	反映斑块形状的复杂程度
平均分维度指数 ( $MPFD$ )	$MPFD = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \{2 \ln (0.25P_{ij}) / \ln a_{ij}\} / N$	反映斑块形状的复杂程度
景观形状指数 ( $LSI$ )	$LSI = 0.25 \sum_{k=1}^m e_{ik} / \sqrt{A}$	反映总体景观或不同类型斑块的边缘情况
香农多样性指数 ( $SHDI$ )	$SHDI = - \sum_{k=1}^m P_k \ln P_k$	反映景观类型的多少和各景观类型所占比例的变化
香农均匀度指数 ( $SHEI$ )	$SHEI = - \sum_{k=1}^m P_k \ln P_k / \ln m$	反映景观各斑块类型数目或面积分布的均匀程度

注:  $A$  为景观总面积;  $a_{ij}$  代表第  $i$  类景观类型中第  $j$  个斑块的面积;  $N$  为景观斑块的总数目;  $n$  为某景观类型所拥有的斑块总数目;  $a_{max}$  指某一种景观类型中最大斑块的面积;  $P_{ij}$  代表第  $i$  类景观类型中第  $j$  个斑块的周长;  $e_{ik}$  代表景观类型  $i$  和  $k$  之间的景观边缘总长度;  $m$  为景观类型总数;  $P_k$  为景观类型  $k$  所占面积的比例。

### 2.3 各功能区景观格局分析

西樵山国家森林公园的A区以生态保护功能为主，B区兼具生态保护和游憩利用功能，两区斑块形状相对复杂，所受人为干扰强度较小。C区与D区多为住宅、商业服务和公共服务用地，以服务居民社会生活和接待游客的游憩利用功能为主，CD值相对较高（表5）。由此可知，公园按照不同功能区主导功能的差异进行了合理布局。

D区作为游客出入口、重要景观打造区域，其景观多样性最高（ $SHDI=1.92$ ， $SHEI=0.87$ ），景观的配置分布较均匀（ $LSI=8.60$ ）。而A区作为森林生态保护和修复区域，存有大量成片林地，因此该区景观多样性相对较少，优势斑块最明显（ $LSI=18.38$ ），斑块空间分布不均。以上表明，今后森林公园的景观保护和提升建设还需加强各区之间的联系，注意功能区内不同景观类型的均衡性。

### 2.4 景观格局总体特征分析

分析西樵山国家森林公园的整体景观格局（表6）得知，公园斑块形状较为复杂（ $LSI=22.83$ ），但景观多样性较低（ $SHDI=1.31$ ），斑块空间分布不均（ $SHEI=0.53$ ）。这主要受林地的影响，面积最大的风景林聚集于公园中心区域，其余林地类型面积小且分散于公园边界附近。此外，公园CD值较低，主要由于道路集中分布在生态培育区和风景游赏区的中心位置，缺少与公园边界区域的连接。因此，除了注重对林地景观斑块结构完整性的管理，还需提升林地景观的多样性，并通过合理布置道路的协

调手段，均衡利用林地与其他景观类型，以改善公园整体景观的多样性。

## 3 结论与讨论

### 3.1 结论

西樵山国家森林公园在空间分布上表现为景观斑块（用材林、建筑、水体等）镶嵌在基质（风景林）当中，并由道路廊道串联，形成了较为完整的“斑块-廊道-基质”景观结构。公园各景观类型的破碎化程度不同，但平均分维度较低，受人为干扰影响较大。公园景观格局总体呈现为景观多样性较低，斑块空间分布不均，斑块形状较为复杂的特征，各功能分区的格局特征差异明显，主导功能划分合理，但各区景观连通性不足。

城区高密度的人口和拥挤的生活环境刺激了居民的自然休闲需求，城郊森林公园成为市民休闲游憩的选择<sup>[19]</sup>。但游客人数的增加影响了现有自然景观，一定程度上导致公园水体、风景林、用材林的斑块数量大，斑块密度高，破碎化程度强。同时，公园管理处为提高单位土地的使用效益，常采用土地集约利用方式，但过度集约化会简化景观结构的复杂性<sup>[18]</sup>。西樵山国家森林公园各景观类型MPFD在1.10~1.24，斑块形状均较为规则，这主要受趋于集约的土地利用方式的影响。与上海<sup>[8]</sup>、福建<sup>[10]</sup>等城郊森林公园在影响因素方面类似，人为因素深刻影响着森林公园景观格局的变化。

目前较多研究基于土地分类和优势树种的角度，将林地分为纯林、混交林、竹林、灌木林等类型进行景观格局研究<sup>[11-12]</sup>。但此类划分方法所得结果多停留在景观特征描述方面，缺少与景观功能的联系，不能对城郊森林公园如何发挥和利用森林景观功能提供可行建议。因此，本文从景观功能的角度将林地分为防护林、用材林、经济林、风景林，更有助于森林资源的功能化管理和经营。

表3 廊道特征

	CW/m	CL/km	CA/hm <sup>2</sup>	CD/(km/hm <sup>2</sup> )
车行道路	3.50~12.00	88.97	53.31	1.67
人行道路	0.90~1.50	35.47	4.06	8.74
小计		124.44	57.37	2.17

表4 斑块类型特征

景观类型	NP/个	PA/hm <sup>2</sup>	MPS/hm <sup>2</sup>	PD/(个/100hm <sup>2</sup> )	PLAND/%	LPI/%	MSI	MPFD	LSI	CD/(km/hm <sup>2</sup> )
农田	42	27.37	0.65	3.22	2.10	0.63	1.76	1.15	8.95	1.43
草地	19	11.17	0.59	1.46	0.86	0.26	2.12	1.24	7.17	1.26
水体	116	61.14	0.53	8.89	4.69	1.41	1.75	1.14	15.49	2.14
防护林	5	6.82	1.36	0.38	0.52	0.26	1.55	1.10	3.15	0.24
用材林	81	65.94	0.81	6.21	5.05	1.00	2.01	1.21	13.61	1.01
经济林	48	43.42	0.90	3.68	3.33	0.68	1.83	1.16	11.52	1.77
风景林	80	885.25	11.07	6.13	67.84	30.35	1.77	1.23	14.06	0.64
建筑	162	95.04	0.59	12.42	7.28	1.12	1.85	1.20	16.22	1.79
广场	42	13.08	0.31	3.22	1.00	0.19	1.86	1.15	11.58	2.62
景观与管理设施	60	9.32	0.16	4.60	0.71	0.30	1.41	1.13	7.73	2.29
特殊用地	38	28.92	0.76	2.91	2.22	1.18	2.09	1.20	9.63	1.18

表5 不同功能区景观指数对比分析

功能分区	NP/个	PA/hm <sup>2</sup>	MPS/hm <sup>2</sup>	PD/(个/100 hm <sup>2</sup> )	LPI	MSI	MPFD	LSI	SHDI	SHEI	CD/(km/hm <sup>2</sup> )
A	593	949.68	1.60	62.44	25.66	2.17	1.23	18.38	1.05	0.42	0.74
B	251	221.94	0.88	113.09	19.75	2.42	1.22	17.29	1.23	0.50	1.29
C	262	112.54	0.43	232.80	12.08	2.00	1.20	15.09	1.75	0.73	1.93
D	58	20.66	0.36	280.68	15.48	2.19	1.20	8.60	1.92	0.87	1.90

表6 整体景观格局分析

类别	NP/个	PA/hm <sup>2</sup>	LSI	SHDI	SHEI	CD/(km/hm <sup>2</sup> )
数值	722	1 304.84	22.83	1.31	0.53	0.10

### 3.2 优化建议

西樵山国家森林公园的景观格局优化, 首先需降低景观破碎化程度, 增加斑块的完整性。例如, 合并具有相同功能且距离较近的建筑, 缩减建筑斑块的数量, 为游人提供合理、有效的集散空间; 减少水体景观周边人造景观的建设, 串联相邻水体, 使其生态功能得到充分发挥; 在林地边缘增加疏林或灌丛草地等人工植被景观斑块, 强化边缘效应, 丰富原有景观。其次, 减少不同景观的分离度, 提升内部景观连通性。适当减少居民社会生活区和服务接待区内景观的分离度, 提升生态培育区和风景游赏区内部景观的连通性, 并加强各功能区之间的沟通与联系, 实现景观综合价值的最大化。最后, 重视不同景观类型的均衡利用, 增加斑块分布的均匀度, 强化景观系统的多样性。在保证土地集约利用的同时, 加强对各类景观的管理和分类, 不随意减少和破坏景观类型, 采取丰富植被多样性、增设景观设施等措施改善景观的多样性, 以更好地发挥城郊森林公园生态保护、休闲游憩的综合功能。

### 3.3 研究展望

本研究采用斑块类型、景观2个级别的景观指数反映了单一时空尺度下西樵山国家森林公园的景观格局特征, 而如何利用城郊森林公园不同时期的遥感影像图分析景观格局动态演变特征及其驱动因素, 以深入揭示景观格局作用机制, 有待进一步研究。此外, 后期还需进一步基于生态保护、游憩利用等景观功能, 对斑块与廊道进行细化分类, 以精准识别景观格局特征, 实现景观与生态协同的最优格局。

注: 图片均为作者自绘

### 参考文献:

[1] 陆扬. 中小城市城郊森林公园景观功能拓展研究[D]. 荆州: 长江大学, 2021.

[2] 罗鹏飞, 江海斌, 谭尹豪, 等. 基于主成分分析与系统聚类的森林健康评价研究[J]. 林业与环境科学, 2021, 37(5): 69-75.

[3] ZHAO Q, TANG H H, GAO C J, et al. Evaluation of urban forest landscape health: a case study of the Nanguo Peach Garden, China[J]. iForest - Biogeosciences and Forestry, 2020, 13(3): 175-184.

[4] 叶俊, 康思奇, 傅根深, 等. 基于卫星遥感的城市绿地景观格局变化研究进展[J]. 测绘通报, 2022(3): 23-27.

[5] 孟超, 王计平, 支晓蓉, 等. 乡镇尺度森林景观格局特征与影响因素定量分析[J]. 农业机械学报, 2019, 50(3): 212-220.

[6] 翁燕萍, 陆金森, 魏绪英, 等. 基于ArcGIS的南昌市象湖湿地公园景观格局分析[J]. 江西农业大学学报, 2018, 40(3): 561-569.

[7] 曹瑜娟, 陈亮明, 陈冬洋. 湖南嘉义森林公园森林景观格局分析[J]. 中南林业科技大学学报, 2016, 36(6): 117-123.

[8] 张凯旋, 范雯, 陈圣子. 郊野游憩资源开发背景下的上海城市森林景观格局动态[J]. 资源开发与市场, 2019, 35(1): 32-37.

[9] 李晓曼, 谷康. 扬州市中心城区绿地空间格局优化策略研究[J]. 广东园林, 2018, 40(4): 36-44.

[10] 肖以恒, 朱晓玥, 杨春霞, 等. 基于RS与GIS的旗山森林公园景观格局变迁分析[J]. 西南林业大学学报(自然科学), 2017, 37(4): 140-149.

[11] 任煜莹, 唐代生, 文敏. 湖南望云山森林公园林地景观空间格局研究[J]. 西南林业大学学报(自然科学), 2017, 37(4): 150-155.

[12] 刘平, 邹臣丹, 刘红民, 等. 基于LANDIS模型的关门山国家森林公园景观动态变化研究[J]. 沈阳农业大学学报, 2021, 52(1): 62-69.

[13] 赵芳芳, 孙桂丽, 吉小敏, 等. 天山大峡谷国家森林公园土地景观格局及生态风险分析[J]. 新疆农业科学, 2022, 59(3): 735-743.

[14] 傅俊杰. 西樵山风景名胜借景研究[D]. 广州: 华南理工大学, 2020.

[15] 宁晶. 将分类指南贯穿自然资源全生命周期管理——《国土空间调查、规划、用途管制用地用海分类指南(试行)》解读[J]. 资源与人居环境, 2020(12): 14-17.

[16] 郭建国. 景观生态学: 格局、过程、尺度与等级[M]. 北京: 高等教育出版社, 2007.

[17] 王瑛, 陈北光, 张璐. 广州越秀公园景观格局分析[J]. 华南农业大学学报, 2008(1): 68-72.

[18] 谢念斯, 刘胜华. 广州市城市绿地空间格局及其关联性分析[J]. 生态科学, 2019, 38(3): 55-63.

[19] 张凯旋, 施佳颖, 孟陈. 2000—2018年上海顾村郊野森林公园景观格局演变及其影响因素研究[J]. 西南林业大学学报(自然科学), 2020, 40(3): 139-147.

### 作者简介:

罗皓/1993年生/男/重庆人/博士/广东省林业科学研究院(广州 510520)/工程师/研究方向为风景园林规划与设计

(\* 通信作者) 赵庆/1985年生/男/浙江金华人/博士/广东省林业科学研究院(广州 510520)/正高级工程师/研究方向为城市林业、风景园林/E-mail: zhaoping@sinogaf.cn

张凌宇/1990年生/男/黑龙江绥化人/博士/广东省林业科学研究院(广州 510520)/工程师/研究方向为森林可持续经营