西北林学院学报 2023,38(1):181-189
Journal of Northwest Forestry University

doi:10.3969/j.issn.1001-7461.2023.01.25

海南省5个国家级自然保护区景观格局时空变化比较研究

陈圣天,付　晖*,付　广,陈　杰

(海南大学 林学院,海南 海口 570228)

摘　要:基于2015、2020年的30 m地表覆盖数据,采用景观格局指数和动态变化模型,分析海南省霸王岭、尖峰岭、吊罗山、五指山及鹦哥岭5个国家级自然保护区景观格局时空变化规律,并利用PLUS模型探究其驱动因素。结果表明,近5 a各保护区整体景观变化基本一致,均呈现破碎化减弱、景观集聚发展态势,具体表现为优势种群常绿阔叶林扩张,针叶林、灌木林面积减少;差异主要体现为鹦哥岭各景观类型面积变化量最大,五指山各景观类型占比变化最显著。景观演变的驱动因子主要为高程与人为因素,核心区高海拔林地较为稳定,但边缘缓冲区易受人为干扰而较脆弱。建议各保护区之间应增强沟通连接,基于热带雨林国家公园形成体系化管理,有针对性地开展生态修复工作。

关键词:景观格局;时空变化;国家级自然保护区;海南省

中图分类号:S731.3　　**文献标志码**:A　　**文章编号**:1001-7461(2023)01-0181-09

Comparison of Spatial-Temporal Dynamics of the Landscape Patterns of 5 National Nature Reserves in Hainan Province

CHEN Sheng-tian, FU Hui*, FU Guang, CHEN Jie

(*College of Forestry, Hainan University, Haikou* 570228, *Hainan, China*)

Abstract: The national nature reserves in Hainan Province are important habitats for the survival and reproduction of rare tropical plant and animal species in China. The study of spatial and temporal dynamics of the landscape patterns can provide theoretical basis for the sustainable development and conservation of nature reserves. Based on 30 m land cover data in 2015 and 2020, the landscape pattern indexes and landscape dynamic models were used, to analyze the spatial and temporal change characteristics in landscape patterns in Hainan's five national nature reserves: Bawangling, Jianfengling, Diaoluoshan, Wuzhishan and Yinggeling, and the driving factors of landscape change were explored by using the PLUS model. The results showed that the overall landscape of each reserve in the past five years were generally consistent, fragmentation was decreasing and landscape agglomeration was strengthening, which was reflected by the expansion of evergreen broadleaved forests with the dominant species communities and the decrease of coniferous forests and shrub land. The differences were mainly reflected in the largest amount of area change for each landscape type in the Yinggeling reserve, and the most significant change in the proportion of each landscape types in the Wuzhishan reserve. The main driving factors of landscape evolution were elevation and human factors. The forests in the high elevation core area were more stable, but those in the edge buffers were more fragile due to susceptibility to human disturbance. It was suggested that connection among protected areas should be enhanced, and systematic management measures should be proposed based on

收稿日期:2022-03-24　**修回日期**:2022-04-25

基金项目:国家自然科学基金(C030803);海南省自然科学基金(421MS015;421QN200);海南省哲学社会科学规划课题(HNSK(ZC)21-126)。

第一作者:陈圣天。研究方向:景观生态规划。E-mail:omoyatt@163.com

* **通信作者**:付　晖,博士,副教授。研究方向:景观生态规划。E-mail:iflying@126.com

tropical rainforest national park, and the ecological restoration should be carried out in a targeted manner.
Key words: landscape pattern; temporal and spatial changes; national nature reserve; Hainan Province

景观格局揭示了形状大小各异的景观要素在空间上分布配置情况，感知不同生态过程多因素时空作用的影响，有助于探索区域景观生态资源可持续发展道路[1-2]。目前，景观格局广泛应用于各项研究中，李玉杰等[3]通过分析源汇景观格局对海口热环境的贡献及其生态效应，提出基于区域景观系统理论的热岛缓解策略。刘平等[4]通过模拟关门山国家森林公园未来 300 a 的景观指数动态变化，为森林公园稳定可持续发展提供理论依据。

自然保护区通过政策法律等有效手段对区域内物种进行保护管理，从而发挥长期保护区域生物多样性、修复破损生态环境的作用[5]。海南热带雨林国家公园范围内共设有 5 个国家级自然保护区：霸王岭、尖峰岭、吊罗山、五指山及鹦哥岭保护区，各保护区聚集于海南热带雨林密集区，是多种濒危野生动植物的重要栖息地，对保护我国南方热带雨林景观及珍稀热带动植物具有重要现实意义。此前关于海南自然保护区的研究主要集中于自然保护区内物种或种群资源特征[6-7]、生物多样性[8]、森林公园旅游发展规划[9-10]、景观适宜粒度分析[11]、森林景观格局研究[12]等方面，尚未见不同保护区之间景观格局变化的分析。本研究以霸王岭、尖峰岭、吊罗山、五指山及鹦哥岭国家级自然保护区为对象，选取景观格局指数、景观动态变化模型对不同保护区景观时空动态变化进行比较分析，找寻保护区景观格局变化的异同点，并运用 PLUS 模型探析景观演变的驱动因素，有针对性地提出保护建议，为海南自然保护区未来保护管理提供理论依据。

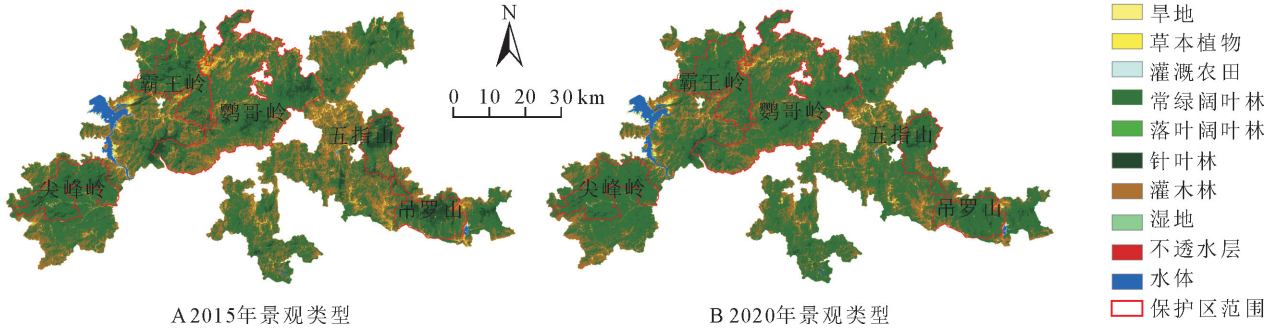
1 研究区概况

霸王岭国家级自然保护区（109°03′E－109°17′E，18°57′N－19°11′N，以下简称霸王岭），地处海南岛西南部山区，国家公园范围总面积为 297.41 km^2，属野生动物类型自然保护区，主要保护对象为海南长臂猿及其栖息地。尖峰岭国家级自然保护区（108°36′E－109°05′E，18°23′N－18°52′N，下简称尖峰岭），地处海南岛西南部，拥有中国现存纬度最低、垂直系统最完整的热带雨林，国家公园范围总面积为 240.69 km^2。吊罗山国家级自然保护区（109°45′E－109°57′E，18°40′N－18°49′N，下简称吊罗山），地处海南岛东南部，横亘海南岛南半部，国家公园范围总面积为 183.61 km^2。海南五指山国家级自然保护区（109°32′E－109°43′E，18°48′N－18°59′N，下简称五指山），位于海南岛中部，为海南第一高峰，国家公园范围总面积为 134.17 km^2。鹦哥岭国家级保护区（109°11′E－109°34′E，18°49′N－19°08′N，下简称鹦哥岭），位于海南省中南部，是海南岛面积最大的保护区，国家公园范围总面积为 873.65 km^2。除霸王岭外，其余 4 个保护区均属森林生态系统类型自然保护区，主要保护对象为热带雨林生态系统、珍稀动植物及栖息地[13]。

2 研究方法

2.1 数据来源及预处理

选用 2015 年和 2020 年 30 m 地表覆盖数据（GLC_FCS30－2015、GLC_FCS30－2020），运用 ENVI5.3 对基础数据进行了几何校正、图像镶嵌等预处理，并根据霸王岭、吊罗山、尖峰岭、五指山和鹦哥岭保护区矢量边界范围进行裁剪，得到图 1。参照国际 IGBP 的 LUCC 分类体系和 GLC_FCS30 的 30 类土地覆盖类型，结合保护区实际景观情况和研究目的将保护区景观类型分为旱地、草本植物、灌溉农田、常绿阔叶林、落叶阔叶林、针叶林、灌木林、湿地、不透水层、水体 10 类。



A 2015年景观类型　　B 2020年景观类型

图 1　2015 年、2020 年海南热带雨林国家公园范围及景观类型

Fig. 1　Landscape types of Tropical Rainforest National Park in Hainan in 2015 and 2020

为探究保护区用地变化的驱动力,参考相关研究和研究区实际情况,选取人口、经济、道路密度 3 个社会经济指标及年均温度、年均降水量、高程、坡度 4 个环境气候指标进行分析(表 1),并对各项数据进行预处理:对研究区周边 37 个乡镇人口及经济数据进行克里金插值,其中以区域内营业面积 50 m^2 以上的综合商店或超市数量表征地区经济情况。提取 2020 年研究区周边 5 km 范围内的各级道路、铁路,计算道路密度,分辨率为 1 km^2 网格。

2.2　景观格局分析方法

2.2.1　*景观格局指数*　从类型水平和景观水平 2 个方面选取相关指标,探讨各保护区景观格局的多样性、破碎度及连接度,分析景观空间分布特征,各指标均使用 Fragstats4.2 完成计算[14-17]。具体指标为斑块占景观面积比例(PLAND)、斑块数量(NP)、斑块密度(PD)、平均斑块面积(AREA_MN)、最大斑块指数(LPI)、景观形状指数(LSI)、斑块结合度指数(COHESION)、蔓延度指数(CONTAG)、聚合度指数(AI)、香农多样性指数(SHDI)、香农均匀度指数(SHEI),总计 11 个指标。

2.2.2　景观动态变化模型　景观时空动态变化研究旨在揭示各保护区景观在某一时间段内景观变化程度、趋势和空间分布特征,定量揭示各保护区景观类型变化特征,并对区域间景观格局变化的差异性进行比较分析[18-19]。本研究引入景观动态度和转移矩阵构建景观动态变化模型。景观动态度能准确反映某时间范围内各保护区某种景观类型变化的活跃程度及数量变化情况,计算公式为:

$$K=\frac{U_b-U_a}{U_a}\times\frac{1}{T}\times100\% \tag{1}$$

式中:K 为研究时段内某一景观类型动态度;U_a、U_b 分别为研究期初及研究期末某一种景观类型的面积(km^2);T 为研究时段长[20]。

景观转移矩阵能够揭示不同景观类型之间的转移数量和转移方向,其数学表达式为:

$$S_{ij}=\begin{vmatrix} S_{11} & S_{21} & \cdots & S_{n1} \\ S_{12} & S_{22} & \cdots & S_{n2} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ S_{1n} & S_{2n} & \cdots & S_{nn} \end{vmatrix} \tag{2}$$

式中:S 为景观面积;n 为转移前后景观格局的类型数;i、j 分别为研究期初级研究期末的景观类型[21-22]。

表 1　数据来源信息

Table 1　Data source information table

数据类型		数据名称	初始数据来源
基础数据	影像数据	2015 和 2020 年 30 m 地表覆盖数据	中国科学院空天信息创新研究院刘良云研究员团队(http://data.casearth.cn)
	保护区界限	5 个保护区边界数据	自然保护区管理处
	土地利用数据	2010、2015 年和 2020 年 3 期土地利用数据	资源环境科学与数据中心(https://www.resdc.cn/)
驱动因子	社会经济指标	人口	2019 年中国县域统计年鉴(乡镇篇)
		经济	
		道路密度	OSM 数据集(https://www.openstreetmap.org/)
	环境气候指标	年均温度	中国气象数据网(https://data.cma.cn)
		年均降水量	
		高程	地理空间数据云平台(http://www.gscloud.cn/)
		坡度	

2.3　PLUS 模型

斑块生成土地利用变化模拟模型(PLUS 模型)应用了新的分析策略:土地扩张分析策略(LEAS),该策略在 2 期用地变化扩张的部分中采样,运用随机森林算法逐一挖掘驱动因子,获取用地发展概率以及各驱动因素对用地变化的贡献度。该策略避免了转化分析策略(TAS)中转化类型随类别增加而呈指数增长的复杂分析,保留了格局分析策略(PAS)所不具备的用地变化机理分析能力,具有更好的解释性,因此本研究采用土地扩张分析策略探究保护区景观变化驱动力[23]。

3　结果与分析

3.1　不同保护区景观格局变化

3.1.1　*不同保护区景观结构特征*　5 个保护区优势景观均为常绿阔叶林,其总面积占比均超过 50%,5 a 间呈现缓慢增长态势;针叶林及灌木林面积均趋于减少;湿地仅存在于尖峰岭、吊罗山及鹦哥岭,斑块面积一致呈现增长态势;旱地、灌溉农田、落叶阔叶林、不透水层、水体在保护区内面积较小,变化较不显著。鹦哥岭面积辽阔,高达 873.65 km^2,五指山总面积最小,仅为 134.14 km^2,受面积影响鹦哥岭各景观类型面积变化量最大,五指山各景观类型占比变化最显

著。常绿阔叶林在鹦哥岭内面积增长最高达92.28 km^2，尖峰岭增幅则相对较缓，在五指山所占比重增幅最多，为24.48%。鹦哥岭针叶林面积减少最多，为40.23 km^2，占比则仅减少4.61%，反之五指山与吊罗山占比变化显著，分别为18.23%、16.63%。草本植物在鹦哥岭范围内锐减12.74 km^2（表2）。

表2 2015、2020年各保护区各景观类型面积

Table 2 Area of each landscape type of the 5 nature reserves in 2015 and 2020

保护区	总面积/km^2	年份	景观类型面积/km^2									
			旱地	草本植物	灌溉农田	常绿阔叶林	落叶阔叶林	针叶林	灌木林	湿地	不透水层	水体
霸王岭	297.41	2015	1.64	2.62	0.04	205.53	0.07	29.40	58.09	—	—	0.01
		2020	0.77	0.12	0.06	237.76	0.14	8.43	50.13	—	0.01	0.002
吊罗山	183.61	2015	0.46	0.56	0.07	111.35	0.001	39.07	32.07	—	0.003	0.02
		2020	0.22	0.03	0.04	150.65	0.03	8.54	24.09	0.002	0.01	0.001
尖峰岭	240.69	2015	0.73	0.59	0.07	189.59	0.02	25.02	24.45	0.001	—	0.20
		2020	0.62	0.10	0.07	211.75	0.10	10.35	17.51	0.002	0.02	0.16
五指山	134.17	2015	0.07	0.17	—	70.47	—	35.46	27.99	—	0.01	—
		2020	0.05	0.03	0.01	103.31	0.004	11.00	19.75	—	0.01	—
鹦哥岭	873.65	2015	6.67	13.85	0.49	516.46	0.16	63.36	272.49	0.01	0.01	0.14
		2020	5.58	1.10	0.61	608.74	1.80	23.13	232.36	0.03	0.17	0.13

3.1.2 *不同保护区景观指数变化特征* 由图2可见，不同保护区景观指数变化较为一致，NP、PD呈现下降趋势，保护区景观破碎化程度降低；常绿阔叶林PLAND、AREA_MN与LPI显著增长，表明保护区景观格局以常绿阔叶林大斑块为主导，随着不断加强林地修复，使林地面积逐年攀升，优势度增强，连通性向好；各景观类型LSI大都呈现下降趋势，景观形状从复杂趋于简单；常绿阔叶林、灌木林及针叶林COHESION较高，但变化程度较小。鹦哥岭草本植物锐减，NP、PD、LSI减少量最大，景观形状趋于规则，常绿阔叶林减少量次之，表现为面积增加，由景观连接成片所致。尖峰岭常绿阔叶林AREA_MN增长量最高为73.26 hm^2。五指山常绿阔叶林LPI变化最大，表明其斑块连通性较好。吊罗山因斑块数量变化较小，导致落叶阔叶林及水体COHESION变化量显著。

由图3可见，五大保护区景观水平总体变化相近，NP降幅显著，占比约为40%，景观破碎度减弱；CONTAG、AI均呈现增长态势，表明保护区景观集聚程度增强，优势景观联结；SHDI、SHEI小幅降低，整体景观分布较不均匀。受斑块面积影响鹦哥岭NP降幅最大，五指山最小；但五指山CONTAG变化最为突出，增幅约18.56%，景观连通程度较高；尖峰岭SHEI最低仅为0.21，表明景观多样性降低，常绿阔叶林优势度升高。

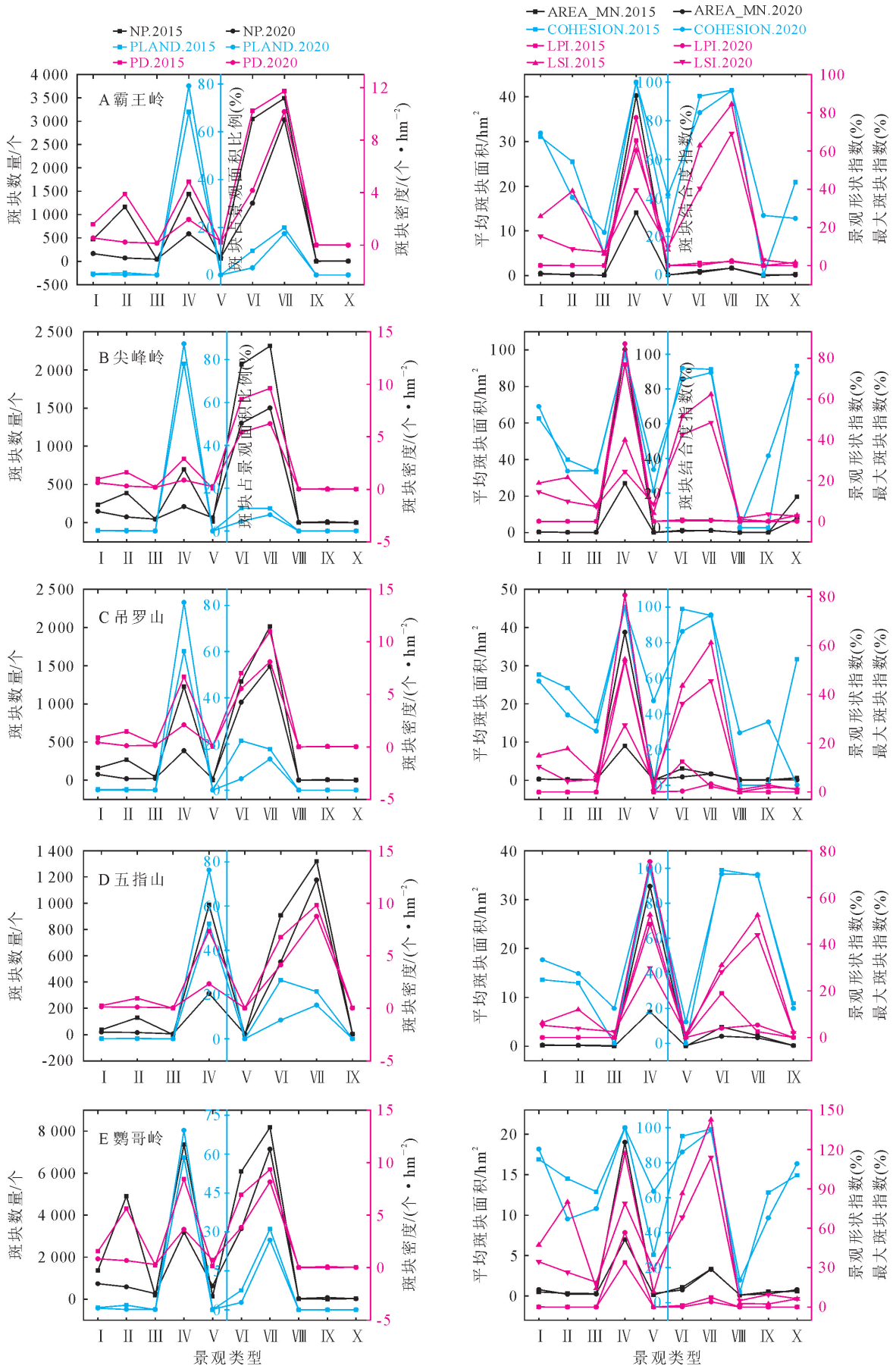
3.1.3 *不同保护区景观类型动态转移* 由表3可见，不同保护区景观动态转移程度相近。从类型转化上看，转换度最高的均为灌木林与针叶林向常绿阔叶林的转化，同时亦存在部分常绿阔叶林向灌木林退化的现象，其中鹦哥岭转化量尤为突出，此三者之间的转化均占据了面积变化总量的90%以上。草本植物、旱地向灌木林的转化在5个保护区内均有发生，其中霸王岭、鹦哥岭旱地变化幅度明显。各保护区在景观种类方面亦有转变，霸王岭和尖峰岭保护区增加不透水层，吊罗山增加少许湿地，五指山则增加灌溉农田和落叶阔叶林，其余景观类型转化幅度较小。

本研究将新增景观类型的动态度数值视作0。不同保护区景观面积变化最显著的均为常绿阔叶林，但与热带雨林国家公园总体变化相反的是：保护区内针叶林转化量高于灌木林。保护区常绿阔叶林及落叶阔叶林动态度均为正值，表明保护区林地面积不断正向增长。保护区常绿阔叶林面积增量均为最大值，但其动态度较小，动态度最高值为吊罗山落叶阔叶林363.65%。反之，湿地与不透水层面积增量少，动态度较大。

综合动态度统筹分析保护区景观类型总体情况，反映各景观类型变化强弱。5 a间霸王岭、尖峰岭和鹦哥岭保护区综合动态度近似为2.4%，吊罗山综合动态度较高为4.28%，五指山最低仅为0.000 1%。参照相关研究，吊罗山保护区综合动态度属缓慢变化型，霸王岭、尖峰岭、五指山、鹦哥岭保护区综合动态度均属极缓慢变化型，由此可见，5 a间5个保护区整体景观类型变化较为缓慢，景观类型基本稳定，人为干扰影响较小，景观植被属自然演替，生态系统较为稳定。

3.2 基于PLUS模型的保护区景观变化驱动因子分析

运用ArcGIS软件，对2010、2015年和2020年



注:Ⅰ.旱地;Ⅱ.草本植物;Ⅲ.灌溉农田;Ⅳ.常绿阔叶林;Ⅴ.落叶阔叶林;Ⅵ.针叶林;Ⅶ.灌木林;Ⅷ.湿地;Ⅸ.不透水层;Ⅹ.水体。

图 2　2015 年、2020 年各保护区类型水平景观指数

Fig. 2　Type level landscape index of each nature reserve in 2015 and 2020

表 3 2015－2020 年不同保护区景观类型面积变化及动态度

Table 3 Changes in area and dynamic attitude of the 5 nature reserves in 2015 and 2020

景观类型	霸王岭		吊罗山		尖峰岭		五指山		鹦哥岭	
	面积变化/km²	动态度(%)	面积变化/km²	动态度(%)	面积变化/km²	动态度(%)	面积变化/km²	动态度(%)	面积变化/km²	动态度(%)
旱地	－0.87	－10.60	－0.24	－10.25	－0.12	－3.22	－0.01	－4.16	－1.10	－3.28
草本植物	－2.50	－19.08	－0.53	－18.99	－0.49	－16.51	－0.14	－16.50	－12.74	－18.41
灌溉农田	0.01	6.41	－0.03	－9.53	0.00	－0.02	0.01	0.00	0.12	4.91
常绿阔叶林	32.22	3.14	39.30	7.06	22.15	2.34	32.84	9.32	92.28	3.57
落叶阔叶林	0.06	17.01	0.03	363.65	0.08	88.32	0.00	0.00	1.64	204.43
针叶林	－20.97	－14.26	－30.53	－15.63	－14.67	－11.73	－24.45	－13.79	－40.23	－12.70
灌木林	－7.97	－2.74	－7.98	－4.98	－6.94	－5.68	－8.24	－5.89	－40.14	－2.95
湿地	－	－	0.002	0.00	0.001	32.81	－	－	0.02	43.66
不透水层	0.01	0.00	0.01	64.02	0.02	0.00	0.00	－3.43	0.16	214.24
水体	0.00	－13.33	－0.02	－19.05	－0.04	－4.29	－	－	－0.01	－1.20

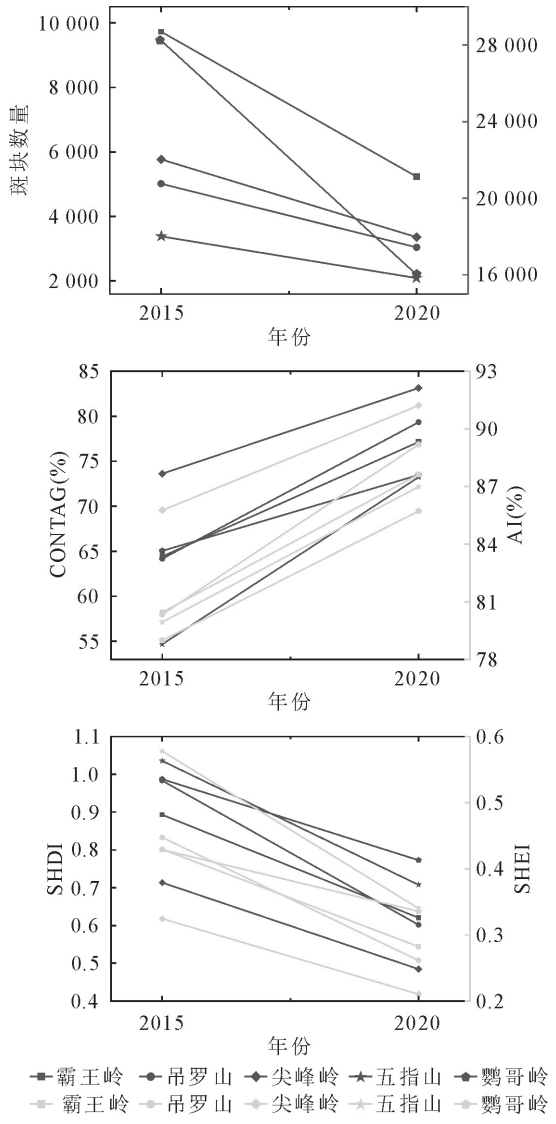


图 3 2015、2020 年各保护区景观水平景观指数

Fig. 3 Landscape index of landscape level for each nature reserve in 2015 and 2020

3 期土地利用数据进行重分类，与各项驱动因子导入 PLUS 模型，得到用地发展潜力图（图 4）与用地变化驱动因子的贡献度（图 5）。

由图 5A 可见，耕地扩张潜力较大的区域主要分布于保护区边缘。其驱动因子主要为高程、道路密度及降水量，即在交通便利、地势平缓、雨量充沛利于灌溉的地区，人们倾向于从事农业生产活动，用地类型向耕地转化。保护区内林地占据较大的比重，扩张趋势显著，其驱动因子主要为高程、坡度、降水量等自然因素。另一方面，保护区林地转入草地的部分占草地增量的 99.18%，草地主要受到高程与人口因素影响，即在保护区边缘的低海拔地带，林地易受人为干扰而退化为草地，因此可以认定人口也是林地变化的影响因素之一。水域变化的驱动因子主要为高程、温度及道路密度（图 5D），霸王岭及五指山等地势较高的区域水域扩张潜力较小，在尖峰岭及毛阳镇则具有较高潜力。保护区地势陡峭、人口稀疏，建设用地扩张潜力较小。

保护区景观变化驱动因子主要为高程与人为因素，这与保护区植被垂直分布特征相关。海拔 600～1 000 m 是以樟科、壳斗科等高大乔木植物为优势种的热带山地雨林，层间植物丰富，林地稳定发展。海拔 600 m 以下林地以次生林为主，易受到人为干扰而退化，镶嵌分布有五节芒（*Miscanthus floridulus*）群落草地及桃金娘（*Rhodomyrtus tomentosa*）、野牡丹（*Melastoma candidum*）群系灌丛[24]。高海拔地区主要生长针叶林树种，在海拔 1 400 m 以上则为山顶苔藓矮林。五大保护区平均海拔较高，针叶林群落丰富，因而与热带雨林国家公园总体变化相反：针叶林转化率普遍高于灌木林。

4 结论与讨论

4.1 结论

霸王岭、吊罗山、尖峰岭、五指山及鹦哥岭保护区景观变化大体相同，受保护区人工造林种植类型

和林型间的自然演变影响,五大保护区林地类型景观格局均呈现增长态势,非林地向林地转换、针叶林向常绿阔叶林转变,景观破碎化程度减轻,保护区土地利用以及生态环境得以保护。另一方面,各保护区景观变化驱动因子主要为高程及人为因素,大体上存在核心林区稳定、缓冲区脆弱的特征。但不同保护区之间仍存在差异主要体现如下。

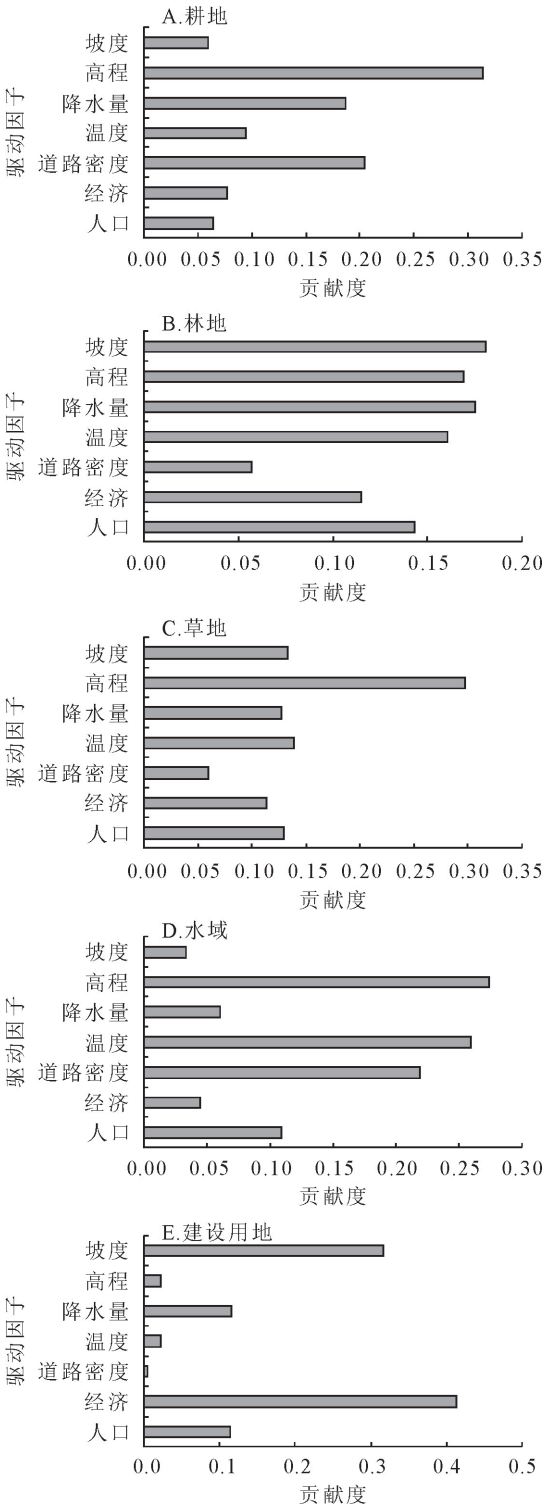


图 4　各保护区用地扩张驱动因子贡献度

Fig. 4　Contributions of driving factors of land expansion in the 5 nature reserves

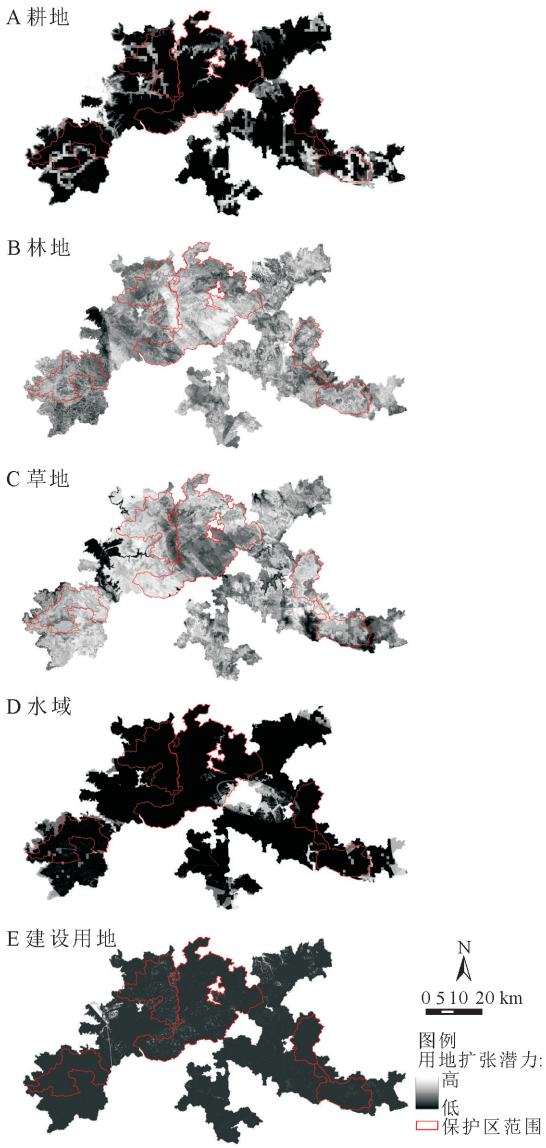


图 5　各保护区用地扩张潜力

Fig. 5　Land expansion potential of the 5 nature reserves

景观结构方面,鹦哥岭各景观类型面积变化量最大,五指山各景观类型占比变化最显著。景观类型方面,霸王岭及尖峰岭新增不透水层;吊罗山新增湿地;五指山新增灌溉农田及落叶阔叶林但依旧缺少湿地及水体景观。景观格局指数方面,因斑块数量较少,吊罗山落叶阔叶林 COHESION 增幅最大,反之水体 COHESION 降幅最大;尖峰岭常绿阔叶林 AREA_MN 最大,景观优势度增强,但尖峰岭 SHEI 最低,仅为 0.21,景观多样性较低;五指山常绿阔叶林动态度最大,各景观趋于团聚,异质性减弱。景观转移方面,在鹦哥岭保护区地势平坦的边缘地区,草本植物向灌木林转化显著,5 a 间面积锐减 12.74 km^2,其中 91.58%均转化为灌木林,草地在鹦哥岭的发展潜力较小。驱动因子方面,耕地、林地、草地及水域均受高程因素的影响较大,建设用地则主要受人为活动影响,具体表现为经济因素。

4.2 讨论和建议

霸王岭保护区是海南黑冠长臂猿唯一的栖息地，其周边的青松乡、王下乡等地区人类活动较为频繁，耕地变化潜力较大，如不加以防范，势必对保护区景观稳定性造成负面影响，海南黑冠长臂猿栖息地也将受到威胁[25-26]。毛阳镇位于海南热带雨林国家公园中心位置，起到了连通两侧鹦哥岭与五指山保护区的作用，该地受昌化江流域影响，水量充沛，水体扩张潜力较大；但大广坝水库则与之相反，5 a间水库周边部分水体转化为湿地，以致水体面积减少，对周边尖峰岭、霸王岭保护区造成不利影响。

基于上述研究结果，提出以下建议：1）霸王岭保护区应严格管控周边土地利用开发强度，并加强对高大乔木类植物的保护，为海南黑冠长臂猿提供良好的生存环境及食物来源。2）吊罗山、尖峰岭及鹦哥岭保护区均存在水体面积减少的情形，应多加注重水土保持，调节水资源平衡；适当加强毛阳镇周边水体及滨水环境的修复及保护力度，更好地发挥纽带作用。3）五大保护区均位于海南热带雨林国家公园范围内，应加强与国家公园的整体联系，形成体系化管理制度，增强群众保护意识，促进多层有效保护。4）在保护区边缘地带树立标识牌，广泛开展科普宣传教育，提高周边群众生态文明意识，增强法制观念，自觉守护生态家园[27-28]。

本研究通过景观格局及动态度分析，探究海南不同保护区景观格局时空演变规律；通过PLUS模型确定景观演变的驱动因素；通过对比分析得出不同保护区景观变化的异同点，为各保护区因地制宜制定保护管理措施提供理论依据。但本研究仅选用两期30 m地表覆盖数据开展分析，时间跨度较短，景观变化较不明显。同时，只考虑了社会经济与自然大环境的驱动因素，缺乏对研究区开展样地调查，未对热带雨林景观植被种类开展研究。在后续研究中，应对保护区景观进行全方面综合分析。

参考文献：

[1] 徐睿泽，高健峰. 莫莫格湿地景观变化及对白鹤生境的影响[J]. 野生动物学报，2021，42(1)：106-113.
XU R Z，GAO J F. Research on the Influence of Momoge Wetland landscape pattern dynamics on siberian crane habitat[J]. Chinese Journal of Wildlife，2021，42(1)：106-113. (in Chinese)

[2] 刘立冰. 基于GIS和RS的龙溪-虹口自然保护区景观格局分析及生态脆弱性评价研究[D]. 贵阳：贵州师范大学，2020.

[3] 李玉杰，马昊，邓涛，等. 基于“源-汇”理论的海口城市景观格局与热岛效应响应机制[J]. 西北林学院学报，2021，36(5)：223-232.
LI Y J，MA H，DENG T，*et al*. Urban landscape pattern and response mechanism of heat island effect based on “source-sink” theory of Haikou City[J]. Journal of Northwest Forestry University，2021，36(5)：223-232. (in Chinese)

[4] 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.
LIU P，ZOU C D，LIU H M，*et al*. Research on landscape dynamic change of guanmenshan national forest park based on LANDIS model[J]. Journal of Shenyang Agricultural University，2021，52(1)：62-69. (in Chinese)

[5] 石秀雄，杨广斌，李亦秋，等. 基于国家公园体制的贵州自然保护地资源整合及体系转换研究[J]. 河南农业大学学报，2021，55(3)：504-513.
SHI X X，YANG G B，LI Y Q，*et al*. Research on resource integration and system transformation of natural protected area based on national park system：a case study of Guizhou Province[J]. Journal of Henan Agricultural University，2021，55(3)：504-513. (in Chinese)

[6] 李翠华，蔡榕硕，颜秀花. 2010-2018年海南东寨港红树林湿地碳收支的变化分析[J]. 海洋通报，2020，39(4)：488-497.
LI C H，CAI R S，YAN X H，Analysis on the changes of carbon budget of mangrove wetland in Hainan Dongzhaigang during 2010-2018[J]. Marine Science Bulletin，2020，39(4)：488-497. (in Chinese)

[7] 杜家贤，刘闯，殷崇敏，等. 海南猕猴岭自然保护区海南锥＋黄牛木群落特征研究[J]. 植物科学学报，2020，38(5)：609-617.
DU J X，LIU C，YIN C M，*et al*. Characteristics of the *Castanopsis hainanensis*＋*Cratoxylum cochinchinense* community in Mt. Mihouling nature reserve，Hainan，China[J]. Plant Science Journal，2020，38(5)：609-617. (in Chinese)

[8] 许涵. 海南尖峰岭热带天然林物种多样性时空变化规律研究[D]. 北京：中国林业科学研究院，2010.

[9] 赵瑞莹. 海南森林旅游生态补偿及其影响因素研究[D]. 海口：海南大学，2019.

[10] 唐泓凯，许先升，陈有锦，等. 基于LAC理论的海南热带雨林七仙岭国家森林公园旅游综合容量研究[J]. 海南大学学报：自然科学版，2020，38(2)：196-206.
TANG H K，XU X S，CHEN Y J，*et al*. Integrated tourism capacity of Hainan tropical rain forest Qixianling national park based on LAC theory[J]. Natural Science Journal of Hainan University，2020，38(2)：196-206. (in Chinese)

[11] 佘宇晨，陈彩虹，常双双. 尖峰岭林区不同海拔的森林景观特征及其适宜粒度分析[J]. 西南林业大学学报，2016，36(4)：109-114.
SHE Y C，CHEN C H，CHANG S S. Forest landscape characteristics at different altitude and suitable particle size analysis of landscape in Jianfengling forest[J]. Journal of Southwest Forestry University，2016，36(4)：109-114. (in Chinese)

[12] 佘宇晨，陈彩虹，陆禹，等. 海南省五指山市森林景观格局时空演变研究[J]. 林业资源管理，2015(3)：47-52.
SHE Y C，CHEN C H，LU Y，*et al*. Study on the temporal and spatial variation of forest landscape pattern in Wuzhishan City，Hainan Province[J]. Forest Resources Management，2015(3)：47-52. (in Chinese)

[13] 海南热带雨林国家公园. 海南热带雨林国家公园简介[EB/OL]. (2019-11-28)[2020-12-25]. http://www.hntrnp.com.

[14] 俞飞,李智勇.天目山林区景观格局时空变化及驱动因素分析[J].浙江农林大学学报,2020,37(3):439-446.
YU F,LI Z Y. Forests landscape pattern changes and driving forces in MountTianmu[J]. Journal of Zhejiang A&F University,2020,37(3):439-446. (in Chinese)

[15] 贾艳艳,唐晓岚,唐芳林,等. 1995-2015 年长江中下游流域景观格局时空演变[J].南京林业大学学报:自然科学版,2020,44(3):185-194.
JIA Y Y,TANG X L,TANG F L,*et al*. Spatial-temporal evolution of landscape pattern in the middle and lower reaches of the Yangtze River basin from 1995 to 2015[J]. Journal of Nanjing Forestry University:Natural Sciences Edition,2020,44(3):185-194. (in Chinese)

[16] 陈品.基于 RS 与 Fragstats 的霞浦县绿地信息提取与景观格局分析[D].福州:福建农林大学,2019.

[17] 张新悦.基于 GIS 和 FRAGSTATS 的成都市中心城区公园绿地空间布局研究[D].成都:四川农业大学,2019.

[18] 张宏静,靳勇超,窦红亮,等.黑龙江老爷岭东北虎国家级自然保护区土地利用与景观格局变化研究[J].野生动物学报,2021,42(2):479-486.
ZHANG H J,JIN Y C,DOU H L,*et al*. Study on the changes of land use and landscape pattern in Heilongjiang Laoyeling amur tiger national nature reserve[J]. Chinese Journal of Wildlife,2021,42(2):479-486. (in Chinese)

[19] 贾艳艳,唐晓岚,杨阳,等.长江沿岸芜湖区段景观格局演变及生态系统服务价值分析[J].西北林学院学报,2019,34(6):249-258.
JIA Y Y,TANG X L,YANG Y,*et al*. Landscape pattern changes and ecological service values in Wuhu section along the Yangtze River[J]. Journal of Northwest Forestry University,2019,34 (6):249-258. (in Chinese)

[20] 王秀兰,包玉海.土地利用动态变化研究方法探讨[J].地理科学进展,1999(1):83-89.
WANG X L,BAO Y H. Study on the methods of land use dynamic changeresearch[J]. Progress in Geography,1999(1):83-89. (in Chinese)

[21] 席梅竹,赵中秋,吴攀升,等.基于改进 CA-Markov 模型的滹沱河流域山区段土地利用变化模拟及预测[J].西北林学院学报,2021,36 (4):150-158.
XI M Z,ZHAO Z Q,WU P S,*et al*. Changes and predictions of land use in mountain section of the Hutuo River basin based on improved CA-Markov model[J]. Journal of Northwest Forestry University,2021,36 (4):150-158. (in Chinese)

[22] 吕乐婷,张杰,彭秋志,等.东江流域景观格局演变分析及变化预测[J].生态学报,2019,39(18):6850-6859.
LÜ L T,ZHANG J,PENG Q Z,*et al*. Landscape pattern analysis and prediction in the Dongjiang river basin[J]. Acta Ecologica Sinica,2019,39(18):6850-6859. (in Chinese)

[23] LIANG X,GUAN Q F,CLARKE K C,*et al*. Understanding the drivers of sustainable land expansion using a patch-generating land use simulation (PLUS) model:a case study in Wuhan,China[J]. Computers,Environment and Urban Systems,2021,85:101569.

[24] 周婷.鹦哥岭自然保护区森林资源现状及可持续经营分析[D].长沙:中南林业科技大学,2015.

[25] 唐玮璐,毕玉,金崑.海南热带雨林国家公园海南长臂猿食源植物组成[J].野生动物学报,2021,42(3):675-685.
TANG W L,BI Y,JIN K. Composition of foraging plants of Hainan gibbon in Hainan rainforest national park,China[J]. Chinese Journal of Wildlife,2021,42(3):675-685. (in Chinese)

[26] DU Y J,LI D F,YANG X B,*et al*. Reproductive phenology and its drivers in a tropical rainforest national park in China:Implications for Hainan gibbon (*Nomascus hainanus*) conservation[J]. Global Ecology and Conservation,2020,24:01317.

[27] 莫锦华,姬云瑞,许涵,等.海南尖峰岭国家级自然保护区森林动态监测样地鸟类和兽类多样性[J].生物多样性,2021,29(6):819-824.
MO J H,JI Y R,XU H,*et al*. Camera-trapping survey on mammals and birds in a forest dynamics plot in Hainan Jianfengling national nature reserve[J]. Biodiversity Science,2021,29(6):819-824. (in Chinese)

[28] 肖书文,詹晨,王梦桥,等.国家公园资源利用体系优化策略——以海南热带雨林国家公园霸王岭片区为例[J].北京林业大学学报:社会科学版,2021,20(2):35-43.
XIAO S W,ZHAN C,WANG M Q,*et al*. The optimization strategy of resources utilization system of national parks:taking the Bawangling zone of the Hainan tropical rainforest national park as an example[J]. Journal of Beijing Forestry University:Social Sciences,2021,20(2):35-43. (in Chinese)