

# 广东石门国家森林公园群落结构特征分析\*

吴晓君 钱万惠 赵庆 许东先 张凌宇

(广东省森林培育与保护利用重点实验室/广东省林业科学研究院, 广东 广州 510520)

**摘要** 为探究华南地区森林群落结构特征与群落稳定性, 以广东石门国家森林公园天然次生阔叶混交林 70 m×100 m 样地为研究对象, 计算种群结构、林分结构、生态位宽度、生态位重叠度和总体关联性, 分析森林群落结构特征和稳定性。结果表明, 样地乔木隶属于 30 科 44 属 68 种, 整体径阶呈现反“J”型曲线分布; 角尺度呈现近正态分布, 随机木占比较高, 林分空间结构稳定; 样地优势树种重要值排序与生态位排序不一致, 乔木群落种对的生态位重叠指数均小于 0.5, 竞争程度小; 样地总体关联性呈不显著正关联, 种群间相互作用不强烈。因此, 在未来华南地区天然次生林后续经营过程中, 可进行适当的人工干预, 合理搭配物种, 以促进该地区森林群落的正向演替。

**关键词** 石门国家森林公园; 群落结构; 生态位; 林分空间结构

中图分类号: S718.5 文献标志码: A 文章编号: 2096-2053 (2025) 02-0044-07

DOI: 10.20221/j.cnki.2096-2053.202502006

## Analysis of Community Structure in Shimen National Forest Park, Guangdong Province

WU Xiaojun QIAN Wanhui ZHAO Qing XU Dongxian ZHANG Lingyu

(Guangdong Provincial Key Laboratory of Silviculture, Protection and Utilization/Guangdong Academy of Forestry,  
Guangzhou, Guangdong 510520, China)

**Abstract** To investigate the structural characteristics and stability of the forest communities in South China, we analyzed a natural secondary broad-leaved mixed forest (70 m×100 m) in Guangdong Shimen National Forest Park. We calculated the population structure, stand structure, niche width, niche overlap, and overall correlation, and analyzed the structural characteristics and stability of the forest community. The results showed that the trees within the sample site were classified into 30 families, 44 genera, and 68 species. The overall diameter-class distribution exhibited a reverse J-shaped distribution curve. The uniform angle index distribution approximated a nearly normal distribution, with a high proportion of trees exhibiting random spatial arrangement, which indicates a stable stand. The ranking of importance values of the dominant tree species within the sample site was inconsistent with the ordering of niche positions, and the niche overlap index of species pairs in tree communities was less than 0.5, and indicating a low level of competition. The sample plots exhibit an overall non-significant positive association, suggesting limited interactions between populations. Therefore, in the follow-up management process of natural secondary forests in South China, appropriate artificial intervention

\* 基金项目: 广州市科技计划项目 (2024A04J4206)。

第一作者: 吴晓君 (2000—), 女, 助理工程师, 主要从事森林可持续经营研究。E-mail: wuxiaojun\_gaf@foxmail.com

通信作者: 张凌宇 (1990—), 男, 工程师, 主要从事森林可持续经营研究。E-mail: zly2020@sinogaf.cn

and reasonable collocation of species can be carried out to promote the positive succession of forest communities.

**Key words** Shimen National Forest Park; community structure; niche; spatial structure of forest stands

在生态文明建设国家战略不断推进的背景下，森林生态系统作为陆地生态系统的主体，提升其多样性、稳定性和持续性已成为重中之重的战略任务与关键核心举措。森林群落结构的稳定有助于提升生态系统功能，主要表现在保障能量流动的高效持续性和调节局部气候等方面。森林群落结构是研究森林生态系统的关键，当前对森林群落结构的研究主要集中在物种组成<sup>[1]</sup>、物种多样性<sup>[2-3]</sup>、种群间关系<sup>[4]</sup>、空间分布<sup>[5]</sup>、垂直结构<sup>[6]</sup>、水平结构<sup>[7]</sup>、生态位<sup>[8]</sup>、生物量和生产力<sup>[9]</sup>等方面。描述森林群落稳定性的方法多种多样，例如从工业生产引入并应用于植物生态学的 M. Godron 稳定性测定方法<sup>[10]</sup>，基于物种丰富度和物种均匀度的物种多样性指数<sup>[11]</sup>，基于多个评价指标构建的稳定度指数法（Stability degree index, SDI）<sup>[12]</sup>等。

乔木是森林群落的重要组成部分，其数量、生长状况、生态区位等因素均能影响群落结构的稳定性。深入研究森林群落结构特征及其稳定性，不仅有助于揭示生态系统各环节运转过程以及各物种在其中的作用，还能进一步深化对物种多样性与群落稳定性关系的认识，同时为生态系统服务价值的评估提供基础数据。现有研究多集中于单一维度的分析，如仅关注森林群落的空间结构或仅对生态位进行分析。然而，这种单一视角的研究方法难以全面揭示森林群落结构与稳定性的内在联系。因此，本研究尝试综合考虑森林群落的空间结构与生态位特征，以期对森林群落稳定性研究提供新的视角和方法。本研究以华南地区的广东石门国家森林公园天然次生林为研究对象，通过对乔木的空间结构和生态位进行研究，评估物种间的竞争力和共存关系，进而探究群落结构特征及其稳定性，旨在为华南地区天然次生林经营与管理提供科学参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 研究区概况

石门国家森林公园位于广东省广州市从化区（23°36'50"~23°39'20"N，113°46'16"~113°49'17"E），总面积 2 628.1 hm<sup>2</sup>，森林覆盖率达 96.8%，

拥有华南地区现存较为完好的一片天然次生林，面积约 1 067 hm<sup>2</sup>。公园地处北回归线北缘，属亚热带季风气候，全年温暖湿润，海拔为 100~1 210 m。

### 1.2 样地设置与调查

2021 年，在全面踏查的基础上，选择天然次生阔叶混交林，布设 1 个 70 m×100 m 的调查样地（70 m 为该样地最大纵宽），海拔为 806.67~851.34 m，对样地内胸径≥5 cm 的乔木进行了每木检尺，记录了树种名称、胸径、树高及相对位置等信息。基于上述调查数据，采用系统网格法将样地划分成 70 个 10 m×10 m 的连续样方单元，进行重要值、空间结构与生态位相关计算，系统开展种群结构、空间分布格局和资源利用特征等研究。鉴于天然次生林样地树种组成丰富，本研究对径级结构采用重要值前 6 位的主要优势树种进行分析，其余生态指标则基于重要值前 15 位的优势树种进行计算。

### 1.3 重要值计算

$$\text{树种重要值的表达式为: } I_v = \frac{R_A + R_F + R_D}{3}$$

式中，相对多度  $R_A$  表示样地内某一树种的个体数占比，相对频度  $R_F$  表示样地内某一树种的频度占比，相对显著度  $R_D$  表示样地内某一树种的胸高断面面积占比。

### 1.4 林分空间结构参数计算

林分空间结构参数采用惠刚盈等<sup>[13]</sup>提出的基于 4 株最近相邻木的混交度、角尺度和大小比数，计算公式与含义详见参考文献。其中，大小比数是基于测量得到的胸径数据计算得出。本研究运用 Winkelmass 林分结构分析软件，计算样地内每木基于 4 株相邻木的混交度、角尺度和大小比数，根据计算结果，进一步得到每个优势种群的平均混交度、平均角尺度和平均大小比数。

### 1.5 生态位宽度计算

生态位宽度采用 Levins 和 Shannon-Wiener 多样性指标：

(1) Levins 生态位宽度<sup>[14]</sup>

$$B_L = - \sum_{j=1}^r (P_{ij} \ln P_{ij})$$

## (2) Shannon-Wiener 生态位宽度

$$B_s = - \frac{1}{\sum_{j=1}^r (P_{ij})^2}$$

式中,  $P_{ij}$  为树种  $i$  利用第  $j$  种资源占其利用全部资源的比例;  $r$  为资源位数 (小样方数)。其中  $P_{ij} = n_{ij}/Y_i$ 。

### 1.6 生态位重叠计算

生态位重叠是指一定资源序列上, 两个树种利用同等级资源而相互重叠的度量, 常用 Pianka 指数:

$$O_{ik} = \frac{\sum_{j=1}^r P_{ij}P_{kj}}{\sqrt{(\sum_{j=1}^r P_{ij})^2 (\sum_{j=1}^r P_{kj})^2}}$$

其中,  $O_{ik}$  为物种  $i$  与物种  $k$  的生态位重叠指数,  $P_{ij}$  为物种  $i$  利用资源状态  $j$  的个体数占该种个体总数的比例,  $P_{kj}$  为物种  $k$  利用资源状态  $j$  的个体数占该种个体总数的比例,  $r$  为样方的总数。

### 1.7 总体联结性检验

采用方差比率法 (Variance ratio, VR) 测定乔木主要优势树种的总体联结性, 利用统计量  $W$

检验总体联结显著性<sup>[15]</sup>。

生态位宽度、生态位重叠度等与生态位相关指标和总体联结性指标的计算通过 R 语言中的 spaa 包<sup>[16]</sup> 来实现。以上数据统计与作图使用 WPS Office 表格模块和 Origin 2021 完成。

## 2 结果与分析

### 2.1 种群结构

样地内共有  $DBH \geq 5$  cm 的木本植物 821 株, 隶属于 30 科 44 属 68 种, 以樟科、壳斗科、木兰科、山茶科、茜草科、杜英科、桑科、清风藤科、柿科、胡桃科、冬青科、虎皮楠科、报春花科、无患子科、山矾科为主, 其中重要值排名前 6 的树种为罗浮锥 *Castanopsis fabri* (14.5%)、华润楠 *Machilus chinensis* (11.94%)、野含笑 *Michelia skinneriana* (4.98%)、猴欢喜 *Sloanea sinensis* (3.89%)、香楠 *Aidia canthioides* (3.59%)、樟叶泡花树 *Meliosma squamulata* (3.11%), 这 6 个树种的相对多度、相对频度、相对显著度分别占总样地的 38.01%、29.91%、58.08%。

表 1 石门国家森林公园乔木层树种特征值 %

Table 1 Characteristic values of tree species in the tree layer of Shimen National Forest Park

树种	相对多度	相对频度	相对显著度	重要值
罗浮锥 <i>Castanopsis fabri</i>	6.58	5.68	31.25	14.50
华润楠 <i>Machilus chinensis</i>	10.11	7.21	18.49	11.94
野含笑 <i>Michelia skinneriana</i>	7.06	5.24	2.62	4.98
猴欢喜 <i>Sloanea sinensis</i>	4.51	4.80	2.35	3.89
香楠 <i>Aidia canthioides</i>	5.24	3.49	2.05	3.59
樟叶泡花树 <i>Meliosma squamulata</i>	4.51	3.49	1.32	3.11
其他 62 种之和	61.99	70.09	41.92	57.99

由图 1 可知, 样地内全部树种的径级结构呈现出明显的反“J”型曲线分布, 总体上个体数随着径级的增加而减少。野含笑、香楠、樟叶泡花树和猴欢喜的径级呈反“J”型分布, 罗浮锥和华润楠呈现多峰型分布, 二者在各个径级均有分布, 范围较广, 但个体数较少。

### 2.2 石门国家森林公园优势树种林分空间结构参数

优势树种林分空间结构参数结果如表 2 所示。从树种平均混交度看, 重要值排名前 15 的乔木,

除了黄杞 *Engelhardia roxburghiana* 和深山含笑 *Michelia maudiae* 均为聚集分布, 样地前 15 优势树种有 13 种的混交度大于 0.5, 优势树种整体混交程度偏大; 对于树种平均大小比数而言, 罗浮锥的平均大小比数最小, 在调查样地内最有优势。

统计样地优势树种不同角尺度取值的林木数量, 得角尺度频率分布图, 见图 2。林木角尺度近似正态分布, 峰值为 0.5, 即角尺度为 0.5 的随机木占多数, 为 57.3%; 角尺度为 0 和 0.25 的均匀木占 15.6%, 角尺度为 0.75 和 1 的聚集木占 27.1%。

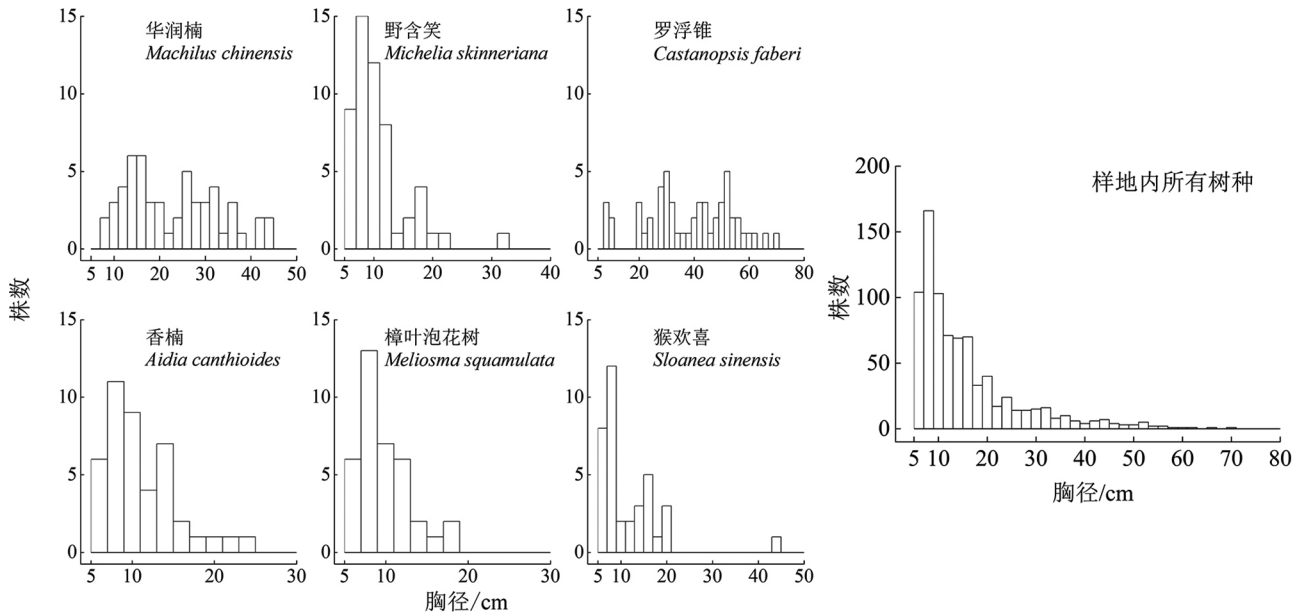


图 1 石门国家森林公园重要值前 6 的优势种及样地全部物种的径级分布  
Figure 1 Diameter class distribution of the top six dominant species with important values and the species of whole plot in Shimen National Forest Park

表 2 石门国家森林公园样地主要优势树种林分空间结构参数

Table 2 Stand spatial structure parameters of main dominant tree species in sample plot in Shimen National Forest Park

序号	树种	角尺度	大小比数	混交度
1	罗浮锥	0.54	0.24	0.68
2	华润楠	0.56	0.33	0.64
3	野含笑	0.56	0.63	0.59
4	猴欢喜	0.57	0.65	0.72
5	香楠	0.55	0.55	0.49
6	樟叶泡花树	0.61	0.59	0.47
7	黄杞 <i>Engelhardia roxburghiana</i>	0.48	0.34	0.71
8	广东木莲 <i>Manglietia kwangtungensis</i>	0.57	0.40	0.52
9	广东琼楠 <i>Beilschmiedia fordii</i>	0.50	0.46	0.68
10	罗浮柿 <i>Diospyros morrisiana</i>	0.59	0.45	0.88
11	黧蒴锥 <i>Castanopsis fissa</i>	0.51	0.57	0.76
12	变叶榕 <i>Ficus variolosa</i>	0.56	0.63	0.84
13	深山含笑 <i>Michelia maudiae</i>	0.46	0.5	0.77
14	硬叶柯 <i>Lithocarpus crassifolius</i>	0.66	0.25	0.86
15	榕叶冬青 <i>Ilex ficoidea</i>	0.54	0.58	0.79

### 2.3 石门国家森林公园优势树种生态位宽度

根据重要值排序结果，选择群落中重要值排名前 15 的主要乔木树种进行物种生态位分析（表 3）。重要值、Levins 生态位宽度和 Shannon 生态位宽度排序前 3 的均为罗浮锥、华润楠和野含笑。在重要值排名前 6 的树种中，香楠重要值排名第 5，但生态位宽度较小，重要值与生态位排序不一致。

### 2.4 石门国家森林公园生态位重叠程度

石门国家森林公园乔木群落优势树种生态位

重叠指数图 3 所示。群落中重要值排名前 15 的优势树种所组成的 105 组种对，其中有 103 组（98.1%）种对间存在生态位重叠（ $O_{ik} > 0$ ），总平均值为 0.17，生态位重叠指数最大值达 0.46，为猴欢喜和黄杞种对。在存在重叠的种对中：指数小于 0.20 的种对数有 65 组（63.11%），指数在 0.2~0.4 之间有 36 组（34.95%），指数大于 0.4 的有 2 组（1.94%）。

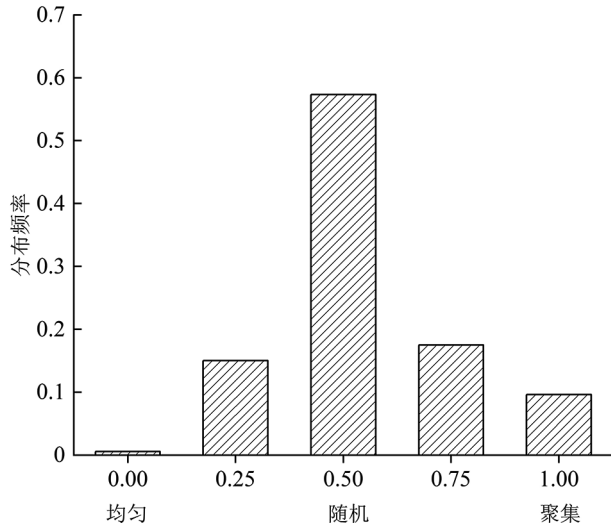


图2 石门国家森林公园样地优势树种角尺度分布  
Figure 2 Uniform angle index distribution of top 15 dominant species with important values in Shimen National Forest Park

### 2.5 石门国家森林公园优势树种总体关联性

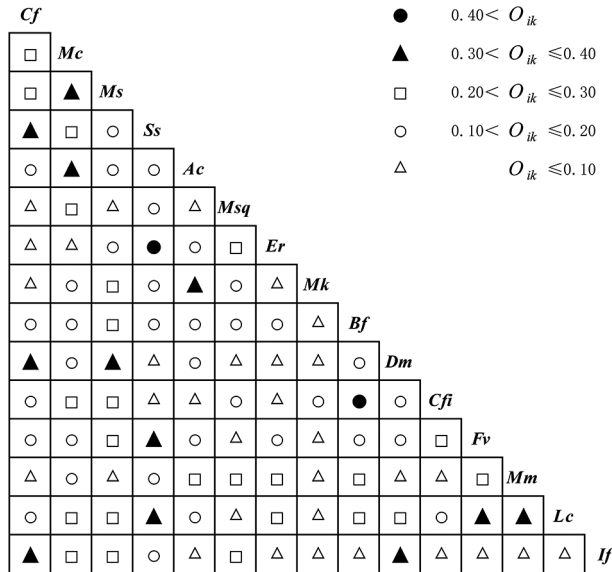
基于乔木层物种重要值排序遴选出前15位优势树种，采用二元存在矩阵计算群落总体关联性，结果显示  $VR = 1.034$  ( $W = 72.38$ ,  $df = 70$ )，其值虽大于1但未达显著水平 ( $\chi^2_{(0.95,70)} = 51.74 < W < \chi^2_{(0.05,70)} = 90.53$ )，表明研究区优势树种间存在非显著正关联格局。

表3 石门国家森林公园样地主要优势树种生态位宽度  
Table 3 The niche width of the dominant tree species in Shimen National Forest Park

序号	树种	重要值 /%	生态位宽度	
			Levins 指数	Shannon 指数
1	罗浮锥	14.50	17.15	3.03
2	华润楠	11.94	24.34	3.33
3	野含笑	4.98	17.16	2.99
4	猴欢喜	3.89	14.11	2.88
5	香楠	3.59	7.03	2.33
6	樟叶泡花树	3.11	9.99	2.52
7	黄杞	3.04	7.67	2.26
8	广东木莲	2.99	9.60	2.36
9	广东琼楠	2.94	10.05	2.51
10	罗浮柿	2.62	10.29	2.53
11	黧蒴锥	2.55	11.36	2.65
12	变叶榕	2.54	14.53	2.75
13	深山含笑	2.48	10.29	2.50
14	硬叶柯	2.32	9.14	2.31
15	榕叶冬青	2.18	9.26	2.36

### 3 结论与讨论

种群中各树种的径级结构与生态系统的稳定性密切相关<sup>[17]</sup>，石门国家森林公园天然次生林样



注：Cf-罗浮锥 *Castanopsis faberi*；Mc-华润楠 *Machilus chinensis*；Ms-野含笑 *Michelia skinneriana*；Ss-猴欢喜 *Sloanea sinensis*；Ac-香楠 *Aidia canthioides*；Msq-樟叶泡花树 *Meliosma squamulata*；Er-黄杞 *Engelhardia roxburghiana*；Mk-广东木莲 *Manglietia kwangtungensis*；Bf-广东琼楠 *Beilschmiedia fordii*；Dm-罗浮柿 *Diospyros morrisiana*；Cfi-黧蒴锥 *Castanopsis fissa*；Fv-变叶榕 *Ficus variolosa*；Mm-深山含笑 *Michelia maudiae*；Lc-硬叶柯 *Lithocarpus crassifolius*；If-榕叶冬青 *Ilex ficoidea*。

图3 石门国家森林公园样地主要优势树种生态位重叠指数半矩阵图

Figure 3 Semi-matrix map of niche overlap index of dominant tree species of Shimen National Forest Park

地内树种在整体上呈现出反“J”型分布,说明该种群处于增长型状态。而作为华南地区地带性顶级群落的建群种,相对显著度和重要值排名处于前2的罗浮锥和华润楠,径级呈现多峰分布,表明幼苗补充机制受限,种群更新受阻,这种建群种的代际断层可能导致整体森林群落的生长潜能和稳定性呈下降趋势。刘利杰等<sup>[18]</sup>对溪流河国家森林公园的幼苗天然更新结果表明,罗浮锥天然更新状况优于华润楠,这主要是由于华润楠幼年耐阴,但公园内大部分阔叶混交林郁闭度较大,林下阳光不足,不利于华润楠幼苗生长。勾啸等<sup>[19]</sup>研究与实地调查发现,石门国家森林公园天然次生林在演替后期存在优势木死亡的现象,这可能导致林分的树种数量、个体数量和生物多样性下降。

根据惠刚盈等<sup>[20]</sup>提出的森林稳定性“随机体—稳定性”假说,随机木在天然林构成中起到维持森林稳定性的作用。本研究结果表明,石门国家森林公园天然次生林空间结构角尺度接近正态分布,其分布特征与人工林成熟林阶段相似。随机木在群落中占据主体地位(57.31%),因此从空间结构角度来看,由于样地随机木数量较多,结合较高的混交度,整体林分的空间结构表现为较好的稳定性。

生态位宽度能够反映物种对资源的利用及对环境的适应性。在本研究中,石门国家森林公园天然次生林的生态位宽度、重要值排序前3的树种依次为罗浮锥、华润楠和野含笑,Shannon生态位宽度排序前3的树种为华润楠、罗浮锥和野含笑、Levins生态位宽度指数排序前三的树种为华润楠、野含笑和罗浮锥。这表明在该群落中,罗浮锥、华润楠和野含笑对资源利用程度较高,具有较强的竞争力与生存能力优势。然而,树种的重要值排序与生态位宽度并不完全一致,这一现象与刘润红等<sup>[21]</sup>在漓江河岸带对枫杨 *Pterocarya stenoptera* 群落的研究结果相似。在本研究中,这种不一致性主要是由于调查样地内罗浮锥的平均胸径较大,其相对显著度较高,因而导致其重要值结果较大;此外,本文使用的生态位宽度计算方法是基于物种多度,在调查样地内,华润楠的株数超过了罗浮锥和野含笑,因此在基于多度计算的生态位指数结果中,华润楠的生态位指数较高。

生态位重叠指数越大,表示物种间的生态位分化程度越低、相互影响程度越高。本研究中乔木群落种对的生态位重叠指数均小于0.5,属于低重叠水平<sup>[22]</sup>,优势树种角度间资源环境利用效率较低,这反映出种间竞争压力较小,生态位分化程度较高,资源分配模式有利于物种共存,对维持森林生态系统多样性及其稳定性具有积极影响。

本研究通过种间联结性分析发现,种群的总体关联性呈现不显著正关联,这一结果可能表明,尽管这些物种在群落中共存,但它们之间的相互作用相对较弱。李波等<sup>[23]</sup>在洮河上游紫果云杉 *Picea purpurea* 群落的研究结果也发现,种间总体关联性为非显著正关联。非显著正关联的种间总体关联性格局,意味着物种对环境的适应性较一致,但尚未形成协调稳定的搭配关系以充分利用生境中的资源,群落整体稳定性弱,处于一种不稳定的状态。

综合考虑石门国家森林公园天然次生林中优势树种的种群结构、径阶结构、林分空间结构、生态位宽度、生态位重叠度以及总体关联性等多方面因素,公园次生林样地的乔木群落特征介于稳定与不稳定之间。生态位重叠程度与林分空间结构的分析表明,当前林分具有一定的稳定性,然而径阶结构与总体关联性的分析则显示存在一些不稳定的迹象。因而,在后续的经营过程中,应在维持林分空间结构稳定性的同时,实施适当的人工干预措施,进行合理的物种搭配调整,加强种群间相互作用,以确保森林群落的正向演替。此外,建立长期的森林生态系统监测与评价网络,将有助于更好地理解群落结构的动态变化特征和稳定性维持机制,从而为森林资源管理和生态保护提供科学依据。

## 参考文献

- [1] 丁晖,方炎明,杨青,等. 武夷山中亚热带常绿阔叶林样地的群落特征[J]. 生物多样性, 2015, 23(4): 479-492.
- [2] HARGER J, TUSTIN K. Succession and stability in biological communities: Part 1: Diversity [J]. International Journal of Environmental Studies, 1973, 5(1-4): 117-130.
- [3] 茹文明,张金屯,张峰,等. 历山森林群落物种多样性与群落结构研究[J]. 应用生态学报, 2006(4): 4561-

- 4566.
- [4] 李意德,许涵,陈德祥,等.从植物种群间联结性探讨生态种组与功能群划分:以尖峰岭热带低地雨林乔木层数据为例[J].林业科学,2007,43(4):9-16.
- [5] 闫海冰,韩有志,杨秀清,等.华北山地典型天然次生林群落的树种空间分布格局及其关联性[J].生态学报,2010,30(9):2311-2321.
- [6] 解宇阳,王彬,姚扬,等.基于无人机激光雷达遥感的亚热带常绿阔叶林群落垂直结构分析[J].生态学报,2020,40(3):940-951.
- [7] 宋育红,张新文,周斌.格氏栲自然保护区常绿阔叶林群落特征[J].生态科学,2005(3):228-232.
- [8] 牛克昌,刘悛宁,沈泽昊,等.群落构建的中性理论和生态位理论[J].生物多样性,2009,17(6):579-593.
- [9] 朱杰,吴安驰,邹顺,等.南亚热带常绿阔叶林树木多样性与生物量和生产力的关联及其影响因素[J].生物多样性,2021,29(11):1435-1446.
- [10] 郑元润.森林群落稳定性研究方法初探[J].林业科学,2000,36(5):28-32.
- [11] 郝建锋,王德艺,李艳,等.人为干扰对川西金凤山楠木次生林群落结构和物种多样性的影响[J].生态学报,2014,34(23):6930-6942.
- [12] 闫东锋,王向阳,杨喜田.主成分分析法和稳定度指数法评价森林群落稳定性比较[J].河南农业大学学报,2011,45(2):166-171,182.
- [13] 惠刚盈,Gadow K,胡艳波,等.结构化森林经营[M].北京:中国林业出版社,2007:26-34.
- [14] LEVINS R. Evolution in changing environments: some theoretical explorations[M]. USA: Princeton University Press, 1968.
- [15] 刘润红,陈乐,涂洪润,等.桂林岩溶石山青冈群落灌木层主要物种生态位与种间联结[J].生态学报,2020,40(6):2057-2071.
- [16] 张金龙,马克平.种间联结和生态位重叠的计算:spaa程序包[C]//马克平.中国生物多样性保护与研究进展X.北京:气象出版社,2014.
- [17] 刘菊莲,韦博良,吴雁南,等.浙江九龙山常绿阔叶林不同物种的径级结构及空间关联[J].浙江农林大学学报,2023,40(3):598-607.
- [18] 刘利杰,丁辉鸿,施悦谋,等.亚热带常绿阔叶混交林幼苗天然更新及其空间分布[J].林业与环境科学,2024,40(2):53-60.
- [19] 勾啸,黄火成,王志和,等.南亚热带次生林主要树种早期生长表现[J].林业与环境科学,2023,39(6):124-127.
- [20] 惠刚盈,赵中华,张弓乔,等.基于角尺度的随机体在森林稳定性维持中的作用[J].林业科学,2021,57(2):22-30.
- [21] 刘润红,常斌,荣春艳,等.漓江河岸带枫杨群落主要木本植物种群生态位[J].应用生态学报,2018,29(12):3917-3926.
- [22] 段后浪,赵安,姚忠.鄱阳湖湿地典型草洲主要植物种群在5个资源环境梯度上的生态位特征[J].生态与农村环境学报,2017,33(3):225-233.
- [23] 李波,赵阳,曹家豪,等.洮河上游紫果云杉群落主要乔木生态位,种间关系及群落稳定性[J].中南林业科技大学学报,2024,44(11):70-77.