



广东从化陈禾洞省级自然保护区南亚热带常绿阔叶林群落结构和区系特征

余佩琪, 陈焕锦, 钟平生, 陈永发, 许涵

引用本文:

余佩琪, 陈焕锦, 钟平生, 等. 广东从化陈禾洞省级自然保护区南亚热带常绿阔叶林群落结构和区系特征[J]. 热带亚热带植物学报, 2026, 34(3): 255–264.

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.11926/jtsb.5027>

您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

亚热带常绿阔叶林89种木本植物一级根碳氮浓度变异规律

Variation Patterns in C and N Concentrations in the First-order Roots of 89 Woody Species in Subtropical Evergreen Broad-leaved Forest

热带亚热带植物学报. 2021, 29(5): 474–482 <https://doi.org/10.11926/jtsb.4372>

尧山国家级自然保护区种子植物区系研究

Floristic Studies of Seed Plants in Yaoshan National Nature Reserve

热带亚热带植物学报. 2020, 28(3): 217–226 <https://doi.org/10.11926/jtsb.4097>

茂兰喀斯特常绿落叶阔叶混交林群落组成和优势种更新类型

Community Composition and Regeneration Types of Dominant Species in Evergreen and Deciduous Broad-leaved Mixed Karst Forest in Maolan National Nature Reserve, Guizhou Province

热带亚热带植物学报. 2018, 26(6): 651–660 <https://doi.org/10.11926/jtsb.3893>

横县野生种子植物区系及与附近地区的比较研究

Flora Characteristics of Wild Seed Plants in Hengxian County and Its Comparison with Neighboring Areas

热带亚热带植物学报. 2020, 28(6): 615–623 <https://doi.org/10.11926/jtsb.4163>

草海国家级自然保护区华山松群落特征及物种多样性研究

热带亚热带植物学报. 2020, 28(1): 44–52 <https://doi.org/10.11926/jtsb.4063>

向下翻页，浏览PDF全文

广东从化陈禾洞省级自然保护区南亚热带常绿阔叶林群落结构和区系特征

余佩琪¹, 陈焕锦¹, 钟平生², 陈永发¹, 许涵^{3*}

(1. 广东从化陈禾洞省级自然保护区, 广州 510950; 2. 广东南雄小流坑-青嶂山省级自然保护区, 广东 韶关 512400; 3. 中国林业科学研究院热带林业研究所, 广州 510520)

摘要: 在广东从化陈禾洞省级自然保护区内建立 14 个长期固定监测样地, 探索该区域木本植物的群落结构特征。结果表明, 样地内共记录到存活的胸径 ≥ 1.0 cm 的木本植物 23 777 株, 除 185 株有待鉴定外, 其他隶属于 55 科 121 属 289 种。植物组成中, 优势科有 8 个, 占总科数的 14.54%; 优势属有 14 个, 占总属数的 11.57%; 重要值 $\geq 1.00\%$ 的物种共有 25 种, 占总种数的 8.65%。植物科的分布区类型包括 7 种类型 and 8 种变型, 以热带分布为主, 占优势科总数的 62.50%; 植物属的分布区类型包括 12 种类型 and 10 种变型, 以热带分布为主, 占优势属总数的 78.57%。样地内常见种、偶见种和稀有种的数量分别为 120、107 和 62 种, 分别占总物种数的 41.52%、37.02% 和 21.45%。样地内所有个体的平均胸径为 5.33 cm, 平均树高为 5.85 m, 径级和高度级结构均呈倒“J”形分布, 群落更新情况良好, 处于稳定增长过程中。本研究增进了对南亚热带常绿阔叶林生态系统结构特征的认识, 同时也为保护区的管理、保护策略和生态修复的制定提供了依据。

关键词: 广东从化陈禾洞自然保护区; 南亚热带常绿阔叶林; 群落结构; 植物区系

doi: 10.11926/jtsb.5027

CSTR:32235.14.jtsb.5027

Community Structure and Floristic Characteristics of Subtropical Evergreen Broad-leaved Forest in Chenhedong Provincial Nature Reserve in Conghua, Guangdong

YU Peiqi¹, CHEN Huanjin¹, ZHONG Pingsheng², CHEN Yongfa¹, XU Han^{3*}

(1. Guangdong Conghua Chenhedong Provincial Nature Reserve, Guangzhou 510950, China; 2. Guangdong Nanxiong Xiaoliukeng-Qingzhangshan Nature Reserve, Shaoguan 512400, Guangdong, China; 3. Research Institute of Tropical Forestry, Chinese Academy of Forestry, Guangzhou 510520, China)

Abstract: Fourteen long-term fixed monitoring plots were established in the Chenhedong Provincial Nature Reserve in Conghua, Guangdong Province to explore the community structure characteristics of woody plants in this area. The results showed that a total of 23 777 woody plants with a diameter at breast height (DBH) ≥ 1.0 cm were recorded in the plots, of which 185 were unidentified and the rest belonged to 289 species in 121 genera and 55 families. Among the plant composition, there were 8 dominant families, accounting for 14.54% of the total number of families; 14 dominant genera, accounting for 11.57% of the total number of genera; and 25 species with an importance value $\geq 1.00\%$, accounting for 8.65% of the total number of species. The distribution types of plant families included 7 types and 8 variants, with tropical distribution being the most dominant, accounting for

收稿日期: 2025-04-25 接受日期: 2025-08-12

基金项目: 广东从化陈禾洞省级自然保护区总体规划修编项目(2024-03); 广东省基础与应用基础研究基金项目(2024A1515011100); 广东省级以上自然保护区关键植物类群保护成效分析项目(SL021)资助

This work was supported by the Project for Revision of the Overall Plan of Chenhedong Provincial Nature Reserve in Conghua, Guangdong (Grant No. 2024-03), the Project for Basic and Applied Basic Research in Guangdong (Grant No. 2024A1515011100), and the Project for Analysis of Conservation Effectiveness of Key Plant Groups in Nature Reserves at or above the Provincial Level in Guangdong (Grant No. SL021).

作者简介: 余佩琪(1991 年生), 女, 硕士, 主要从事林业技术和自然保护区管理、生态监测研究。E-mail: 562582805@qq.com

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: ywfj@163.com

62.50% of the total number of dominant families; the distribution types of plant genera included 12 types and 10 variants, with tropical distribution being the most dominant, accounting for 78.57% of the total number of dominant genera. The number of common, occasional and rare species in the plots were 120, 107 and 62 respectively, accounting for 41.52%, 37.02% and 21.45% of the total number of species. The average DBH of all individuals in the plots was 5.33 cm, and the average tree height was 5.85 m. The diameter and height class structures were both in an inverted “J” shape, indicating a good community regeneration and a stable growth process. This study enhanced the understanding of the structural characteristics of the evergreen broad-leaved forest ecosystem in the South China subtropical region, and also provided a basis for the management, protection strategies and ecological restoration of the nature reserve.

Key words: Chenhedong Nature Reserve in Conghua, Guangdong; Subtropical evergreen broad-leaved forest; Community characteristics; Plant flora

森林群落是植物、动物、微生物及所处环境在长期历史过程中相互作用形成的有机集合体^[1]。群落结构是指群落中物种在空间和时间上的分布格局,由于物种自身特性、环境因素等的综合作用,不同的群落在结构与功能上存在显著的差异。因此,群落结构特征分析是研究森林生态系统过程与功能的基础,也是探究生物多样性维持机制的关键^[1-3]。

亚热带常绿阔叶林分布在南北纬 25°~35°的大陆东部,中国亚热带常绿阔叶林资源丰富,是亚热带常绿阔叶林分布面积最大的国家^[4]。由于分布区的气候温暖湿润,亚热带常绿阔叶林终年常绿,林冠层结构完整,群落组成结构复杂,在水土保持、水源涵养及碳循环等方面发挥关键生态功能,对维护区域生物多样性、保障生态安全和促进可持续发展都具有重要意义^[5]。我国亚热带常绿阔叶林主要分布在华南片区,该区域人口密集,城镇化水平高,在人口规模持续扩张和社会经济快速发展的双重驱动下,原生植被覆盖率显著降低,生物多样性急剧减少,森林生态系统功能退化^[6],森林生态系统亟待进行恢复与重建。

广东从化陈禾洞省级自然保护区位于珠江三角洲到粤北山区过渡地带,地处亚热带季风气候区,植物区系在科属水平上的地理成分以热带分布为主,具有从热带向亚热带过渡的性质,区内地带性顶级植物群落为亚热带季风常绿阔叶林群落^[7]。根据历史资料,保护区的季风常绿阔叶林属次生性类型,是上世纪 90 年代初期停止人为采伐后自然演替而来。近年来,保护区开展了有关维管束植物^[8]、珍稀濒危及特有植物^[9]、兰科植物^[10]以及外来入侵植物^[11]等多项专项调查工作,研究了保护区的植物区系组成及基本特征^[12]。但是科研工作

仍处于起步阶段,亟需在区内建立长期固定的监测样地,以进行长期、全方位、多类群、多尺度的综合监测,为我国亚热带常绿阔叶林的生物多样性及重要生物资源的保护管理和有效利用提供科技支撑。

本文以陈禾洞保护区亚热带常绿阔叶林为研究对象,基于在不同海拔的典型林分中建立的 14 个森林植被长期固定监测样地的首次调查数据,分析了群落结构和区系特征等指标,以期回答以下科学问题:(1) 陈禾洞保护区亚热带常绿阔叶林具有怎样的物种组成?(2) 陈禾洞保护区亚热带常绿阔叶林的群落结构有何种特征?(3) 陈禾洞保护区亚热带常绿阔叶林具有怎样的区系特征?拟为揭示亚热带常绿阔叶林群落的物种多样性维持机制奠定基础,也为保护区的科学经营管理提供科学的参考依据。

1 材料和方法

1.1 研究区域

广东从化陈禾洞省级自然保护区(113°49'52"~114°02'03" E, 23°43'08"~23°48'14" N)位于广东省广州市从化区东北部的吕田镇境内,保护区总面积达 7 069.47 hm²,属于以保护水源涵养功能为主、兼顾珍稀濒危动植物资源保护的森林生态系统类型自然保护区^[10]。保护区内地形复杂,以山地和丘陵为主,海拔高度为 210~1 146 m^[13]。地带性土壤类型为赤红壤,从低海拔到高海拔,依次分布有赤红壤、山地红壤、山地黄壤和灌丛草甸土^[9]。保护区属亚热带季风气候,年均气温 20.4 °C。4 月—9 月雨量充沛,年平均降雨量约 2 000 mm,占

全年降水的 80%以上^[9]。区内有低山常绿阔叶林、常绿针叶林、亚热带竹林、山顶矮林 4 种主要植被类型^[12]。

1.2 样地调查方法

在 2015 年森林资源二类调查数据的基础上, 按照森林资源二调数据面积加权平均的基本原则, 在最具有代表性的罗浮锥-粗脉桂群落中设立了 2 个 1 hm² 样地, 并在其他主要群落中设立了 12 个

0.16 hm² 样地, 样地基本信息见表 1。样地调查参照 CTFS (Center of Tropical Forest Sciences)样地调查技术规范实施^[14]。将每个样地划分为若干个 20 m×20 m 的样方, 每个 20 m×20 m 的样方又分为 16 个 5 m×5 m 的小样方, 调查记录小样方内胸径 ≥1.0 cm 木本植物的物种基本信息, 包括种名、胸径、树高、分枝和萌条情况、相对坐标及其生长状态。给每棵树挂牌, 以待再次复查。

表 1 陈禾洞样地基本信息

Table 1 Basic information of sample plots in Chenhedong

样地号 Plot No.	经度 (E) Longitude	纬度 (N) Latitude	海拔 (m) Altitude	坡向 (°) Aspect	坡度 (°) Slope	面积 (hm ²) Plot area	群落类型 Community type
1701	113°54'45.27"	23°45'3.14"	846	26.19	37	1	罗浮锥-粗脉桂群落
1702	113°55'47.36"	23°44'41.55"	827	219.99	32	1	罗浮锥-粗脉桂群落
1703	113°54'40.74"	23°44'26.94"	811	126.31	17	0.16	罗浮锥-粗脉桂群落
1704	113°54'46.38"	23°44'24.90"	833	4.10	18	0.16	罗浮锥-粗脉桂群落
1705	113°55'11.16"	23°45'12.96"	763	0.40	28	0.16	马尾松-细齿叶柃群落
1706	113°56'14.46"	23°45'50.06"	555	230.28	35	0.16	蚊母树-密花树群落
1707	113°57'3.37"	23°46'7.58"	376	18.95	42	0.16	草树-蓝树群落
1708	113°57'18.30"	23°44'54.18"	358	249.51	38	0.16	鹿角锥-柯群落
1709	113°57'47.67"	23°45'23.85"	343	259.89	41	0.16	草树-蓝树群落
1710	114°0'27.96"	23°47'1.07"	524	323.41	28	0.16	罗浮柿-鸚公树群落
1711	113°58'18.38"	23°47'36.51"	323	32.33	39	0.16	黄杞-毛棉杜鹃群落
1712	113°52'14.82"	23°44'48.31"	359	251.71	32	0.16	鹿角锥-柯群落
1713	113°52'17.18"	23°44'39.27"	352	302.22	42	0.16	鹿角锥-柯群落
1714	113°52'14.42"	23°44'26.10"	384	260.50	36	0.16	鹿角锥-柯群落

1.3 数据处理

植物信息来源 参考吴征镒^[15-16]的方法统计木本植物科、属分布区类型。优势科属是指群落中占优势的科属, 所含物种数大于等于 10 的科定义为优势科, 所含物种数大于等于 5 的属定义为优势属^[17]。

重要值计算 重要值(IV)=(RB+RA+RF)/3, 式中, RB (相对胸高断面积)=(某种的胸高断面积之和/全部种的胸高断面积之和)×100%; RA (相对多度)=(某种株数/全部种株数之和)×100%; RF (相对频度)=(某种的频度/全部种的频度之和)×100%^[18]。

稀有种、偶见种和常见种划分 根据 Hubbell 等^[19]的定义, 植株密度 ≤1 ind./hm² 的物种为稀有种, 植株密度为 1~10 ind./hm² 的物种为偶见种, 植株密度 >10 ind./hm² 的物种为常见种。

物种多度分布及其拟合曲线图、径级分布图、高度级分布图等均在 R 4.2.3 软件中完成分析与作图, 数据处理在 Excel 2021 中完成。

2 结果和分析

2.1 物种组成

陈禾洞样地内共记录到存活的胸径 ≥1.0 cm 的木本植物 23 777 株, 其中独立植株 17 176 株, 分枝和萌条 6 601 株, 除 185 株有待鉴定外, 其他隶属于 55 科 121 属 289 种(附录 1)。

在科水平上, 含 10 种及以上的有 8 科 152 种, 分别占总科数、总种数的 14.54%、52.60%; 含 5~9 种的有 9 科 64 种; 含 2~4 种的有 19 科 54 种; 单种科共有 19 科。在属的层面, 含 5 种及以上的有 14 属 118 种; 含 2~4 种的有 39 属 103 种, 分别占总属数、总种数的 7.09%、35.64%; 单种属共有 68 属, 分别占总属数、总种数的 56.20%、23.53%。

2.2 植物优势科、优势属

陈禾洞样地内木本植物优势科共有 8 科, 如樟科 (Lauraceae, 8 属 40 种)、壳斗科(Fagaceae, 3 属 28 种)、山茶科(Theaceae, 9 属 22 种)、冬青科(Aquifoliaceae, 2 属 16 种)等, 共含 44 属 152 种, 分别占总属数、总

种数的 35.54%、52.60% (表 2); 优势属共有 14 属, 如冬青属(*Ilex*, 15 种)、柯属(*Lithocarpus*, 12 种)、山矾属(*Symplocos*, 11 种)、润楠属(*Machilus*, 10 种)等, 共含 118 种, 占总种数的 40.83% (表 3)。

2.3 物种优势度

陈禾洞样地内木本植物重要值排前 5 位的物种分别是罗浮锥(*Castanopsis faberi*)、木荷(*Schima superba*)、罗浮柿(*Diospyros morrisiana*)、粗脉桂(*Cinnamomum validinerve*)和黄心树(*Machilus bom-*

bycina), 在样地中具有相对的优势。重要值 $\geq 1.00\%$ 的物种共有 25 种, 这些种的重要值占总重要值的 45.81% (表 4)。就重要值的组成因子而言, 广东紫珠(*Callicarpa kwangtungensis*)、五月茶(*Antidesma bunius*)、海桐(*Pittosporum tobira*)和米碎花(*Eurya chinensis*)的相对胸高断面积 $>7.50\%$; 粗脉桂、罗浮柿、罗浮锥和木荷的相对密度 $>3.00\%$; 罗浮柿、粗脉桂、罗浮锥、狗骨柴(*Tricalysia dubia*)和短序润楠(*Phoebe brachythyrsa*)的相对频度 $>1.50\%$ 。

表 2 陈禾洞样地木本植物的优势科统计

Table 2 Dominant families of woody plants in Chenhedong

科 Family	属 Genera		种 Species	
	数量 Number	%	数量 Number	%
樟科 Lauraceae	8	6.61	40	13.84
壳斗科 Fagaceae	3	2.48	28	9.69
山茶科 Theaceae	9	7.44	22	7.61
冬青科 Aquifoliaceae	2	1.65	16	5.54
大戟科 Euphorbiaceae	9	7.44	15	5.19
山矾科 Symplocaceae	1	0.83	11	3.81
蔷薇科 Rosaceae	7	5.79	10	3.46
杜鹃花科 Ericaceae	4	3.31	10	5.54
合计 Total	44	35.54	152	52.60

表 3 陈禾洞样地木本植物的优势属统计

Table 3 Dominant genera of woody plants in Chenhedong

属 Genus	种数 Number	%	属 Genus	种数 Number	%
冬青属 <i>Ilex</i>	15	5.19	杜英属 <i>Elaeocarpus</i>	7	2.42
柯属 <i>Lithocarpus</i>	12	4.15	蒲桃属 <i>Syzygium</i>	6	2.08
山矾属 <i>Symplocos</i>	11	3.81	榕属 <i>Ficus</i>	6	2.08
润楠属 <i>Machilus</i>	10	3.46	青冈属 <i>Cyclobalanopsis</i>	6	2.08
木姜子属 <i>Litsea</i>	10	3.46	桂属 <i>Cinnamomum</i>	6	2.08
锥属 <i>Castanopsis</i>	10	3.46	杜鹃花属 <i>Rhododendron</i>	5	1.73
桉属 <i>Eurya</i>	9	3.11	山茶属 <i>Camellia</i>	5	1.73
合计 Total	118	40.83			

2.4 植物区系特征

2.4.1 科的分布区类型

陈禾洞样地内木本植物科的分布区类型包括 7 种类型和 8 种变型(表 5), 植物科的地理区系组成成分以热带分布为主, 由此可见该区域植物区系具有明显的热带属性。在优势科中, 热带成分的有樟科、山茶科、大戟科(*Euphorbiaceae*) 3 科, 为泛热带分布, 山矾科(*Symplocaceae*) 1 科为热带亚洲、大洋洲和南美洲(墨西哥)间断分布, 杜鹃花科(*Ericaceae*) 1 科为南非分布, 占优势科总数(8 科)的 62.50%; 世界分布仅有蔷薇科(*Rosaceae*) 1 科;

温带成分仅有壳斗科 1 科, 为北温带和南温带(全温带)间断分布。

2.4.2 属的分布区类型

陈禾洞样地内木本植物属的分布区类型包括 12 种类型和 10 种变型(表 6), 植物属的地理区系组成成分以热带分布为主, 占总属数的 73.55%。在优势属中, 热带分布的属占 78.57%, 有冬青属、山矾属、润楠属、木姜子属(*Litsea*)、桉属(*Eurya*)、杜英属(*Elaeocarpus*)等; 温带分布的属占 21.43%, 其中杜鹃花属(*Rhododendron*)为北温带分布, 柯属和锥属(*Castanopsis*)为东亚

表 4 陈禾洞样地中木本植物的优势物种组成

Table 4 Dominant species composition of woody plant in the plots in Chenhedong

植物 Species	重要值 /% Importance value	相对胸高断面积 /% Relative basal area	相对密度 /% Relative density	相对频度 /% Relative frequency
罗浮锥 <i>Castanopsis faberi</i>	3.61	5.89	3.41	1.53
木荷 <i>Schima superba</i>	3.16	5.05	3.10	1.33
罗浮柿 <i>Diospyros morrisiana</i>	3.15	3.19	4.18	2.07
粗脉桂 <i>Cinnamomum validinerve</i>	3.02	2.89	4.52	1.66
黄心树 <i>Machilus bombycina</i>	2.55	4.88	1.56	1.22
鹿角锥 <i>Castanopsis lamontii</i>	2.21	4.08	1.48	1.07
鵝蒴锥 <i>C. fissa</i>	2.05	3.52	1.68	0.96
美叶柯 <i>Lithocarpus calophyllus</i>	1.96	4.34	0.78	0.74
栲 <i>Castanopsis fargesii</i>	1.81	2.78	1.32	1.35
深山含笑 <i>Michelia maudiae</i>	1.75	2.39	1.60	1.26
少叶黄杞 <i>Engelhardtia fenzelii</i>	1.75	1.41	2.49	1.35
黄杞 <i>E. roxburgiana</i>	1.71	3.51	0.98	0.63
硬叶柯 <i>Lithocarpus crassifolius</i>	1.59	2.81	0.83	1.13
网脉山龙眼 <i>Helicia reticulata</i>	1.57	0.66	2.60	1.44
硬壳柯 <i>Lithocarpus hancei</i>	1.56	1.75	1.64	1.29
短序润楠 <i>Phoebe brachythyrsa</i>	1.51	1.48	1.55	1.50
假轮叶虎皮楠 <i>Daphniphyllum subverticillatum</i>	1.44	0.71	2.36	1.24
柯 <i>Lithocarpus glaber</i>	1.39	1.77	1.50	0.92
密花树 <i>Rapanea neriifolia</i>	1.33	1.19	1.60	1.20
尖脉木姜子 <i>Litsea acutivena</i>	1.20	0.41	1.96	1.22
赤楠 <i>Syzygium buxifolium</i>	1.17	0.51	1.89	1.09
狗骨柴 <i>Tricalysia dubia</i>	1.16	0.20	1.78	1.50
光叶山矾 <i>Symplocos lancifolia</i>	1.14	0.78	1.40	1.24
马尾松 <i>Pinus massoniana</i>	1.02	2.19	0.72	0.15
披针叶杜英 <i>Elaeocarpus lanceaefolius</i>	1.00	0.91	0.95	1.15

表 5 陈禾洞样地木本植物科的分布区类型

Table 5 Areal type of families of woody plant families in the plots in Chenhedong

分布区类型 Areal type	科 Family		种 Species	
	数量 Number	%	数量 Number	%
1. 世界分布	10	18.18	45	15.57
2. 泛热带分布	17	30.91	105	36.33
2-1 热带亚洲、大洋洲和南美洲(墨西哥)间断分布	1	1.82	11	3.81
2-2 热带亚洲、非洲和美洲间断分布	2	3.64	3	1.04
2S 以南半球为主的泛热带分布	2	3.64	9	3.11
3. 热带亚洲和热带美洲间断分布	6	10.91	44	15.22
4 旧世界热带分布	1	1.82	2	0.69
5 热带亚洲至热带大洋洲分布	1	1.82	3	1.04
6d 南非分布	1	1.82	10	3.46
7-3 缅甸、泰国至华西南分布	1	1.82	1	0.35
7a 西马来分布	1	1.82	1	0.35
7d 全分布区东达新几内亚	1	1.82	2	0.69
8 北温带分布	2	3.64	3	1.04
8-4 北温带和南温带(温带)间断分布	7	12.73	40	13.84
9 东亚及北美间断分布	2	3.64	10	3.46
合计 Total	55	100.00	289	100.00

和北美洲间断分布。

2.5 多度分布

陈禾洞样地内木本植物的物种多度总体呈对

数正态分布，主要表现为更多物种拥有平均水平的植株数量(图 1)。拟合曲线方程为： $\log N_i=2.984+1.888\times\Phi^{-1}(1-\text{Rank}_i/289)$ 。其中， N_i 为第 i 物种的多

表 6 陈禾洞样地木本植物属的分布区类型

Table 6 Areal type of genera of woody plant genera in Chenhedong

分布区类型 Areal type	属 Genus		种 Species	
	数量 Number	%	数量 Number	%
1. 世界分布	1	0.83	1	0.35
2. 泛热带分布	30	24.79	85	29.41
2-2. 热带亚洲、非洲和美洲间断分布	2	1.65	3	1.04
3. 热带亚洲和热带美洲间断分布	8	6.61	30	10.38
4. 旧世界热带分布	7	5.79	17	5.88
4-1. 热带亚洲、非洲和大洋洲间断分布	3	2.48	4	1.38
5. 热带亚洲至热带大洋洲分布	7	5.79	15	5.19
6. 热带亚洲至热带非洲分布	4	3.31	5	1.73
6-2. 热带亚洲和东非间断分布	1	0.83	2	0.69
7. 热带亚洲(印度-马来西亚)分布	18	14.88	51	17.65
7-1. 爪哇、喜马拉雅和华南、西南星散分布	3	2.48	3	1.04
7-2. 热带印度至华南分布	1	0.83	1	0.35
7-4. 越南(或中南半岛)华南(或西南)分布	5	4.13	6	2.08
8. 北温带分布	6	4.96	13	4.50
8-4. 北温带和南温带(全温带)间断分布	3	2.48	5	1.73
9. 东亚和北美洲间断分布	10	8.26	35	12.11
10. 旧世界温带分布	1	0.83	1	0.35
10-1. 地中海区、西亚和东亚间断分布	1	0.83	1	0.35
12-3. 地中海区至温带、热带亚洲、大洋洲和南美洲间断分布	1	0.83	1	0.35
14. 东亚(东喜马拉雅-日本)分布	5	4.13	6	2.08
14(SH). 中国-喜马拉雅分布	1	0.83	1	0.35
15. 中国特有分布	3	2.48	3	1.04
合计 Total	121	100.00	289	100.00

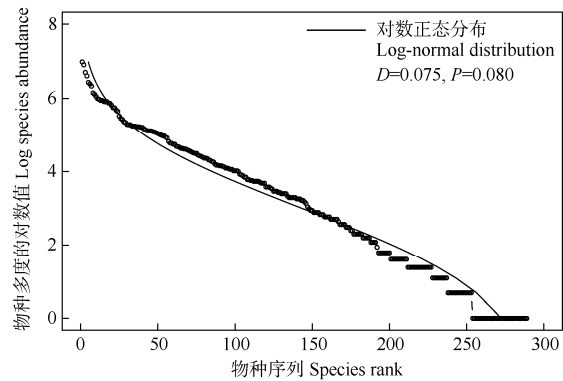


图 1 陈禾洞样地木本植物的多度分布拟合曲线

Fig. 1 Species abundance distribution fitted curve of woody plant in Chenhedong

度， $Rank_i$ 为物种按多度降序排列的位序。

样地内常见种、偶见种和稀有种的数量分别为 120、107 和 62 种，分别占总物种数的 41.52%、37.02% 和 21.45%。个体数量最多的物种是粗脉桂，共 1 075 株，占总个体数的 4.52%；其次是罗浮柿，共 994 株，占总个体数的 4.18%。此外，样地内稀有种的个体数量占比较低，仅占总个体数的 0.41%，有 36 物种仅有 1 株。

2.6 群落结构特征

2.6.1 径级分布

陈禾洞样地内所有胸径 ≥ 1.0 cm 个体的平均胸径为 5.33 cm，胸高断面积为 26.06 m²/hm²，径级结构呈倒“J”形分布。小径级植株最多，胸径 < 5.0 cm 的个体有 15 328 株，胸径 < 10.0 cm 的个体有 20 510 株，胸径 < 20.0 cm 的个体有 23 248 株，胸径 ≥ 40.0 cm 的个体仅有 29 株，分别占总个体数的 64.47%、86.26%、97.78% 和 0.12% (图 2)。

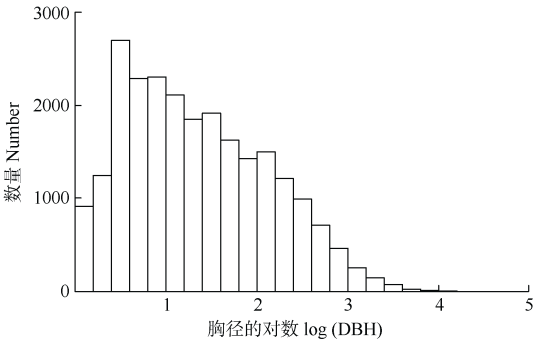


图 2 陈禾洞样地木本植物的径级分布

Fig. 2 Diameter class distribution of woody plants in Chenhedong

2.6.2 高度级分布

陈禾洞样地所有胸径 ≥ 1.0 cm 个体的平均高度为 5.85 m, 植物高度级结构呈倒“J”形分布。株高 < 5.0 m 的个体有 10 450 株, 占总个体数的 43.95%; $5.0 \text{ m} \leq \text{株高} < 10.0 \text{ m}$ 的个体有 10 385 株, 占总个体数的 43.68%; $10.0 \leq \text{株高} < 15.0 \text{ m}$ 的个体有 2 453 株, 占总个体数的 10.32%; 株高 $\geq 15 \text{ m}$ 的个体仅有 489 株, 占总个体数的 2.06% (图 3)。

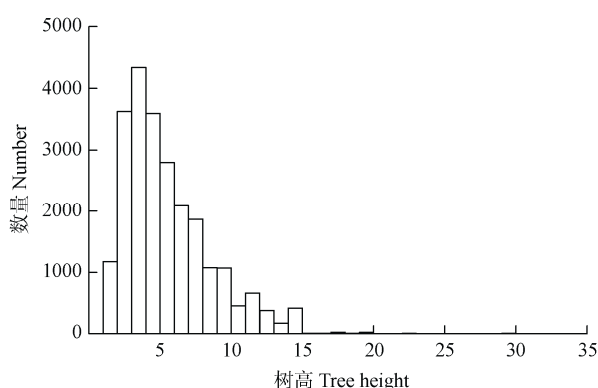


图3 陈禾洞样地木本植物的高度级分布

Fig. 3 Height class distribution of woody plants in the plots in Chenhedong

3 讨论和结论

3.1 陈禾洞样地的物种组成基本特征

陈禾洞 3.92 hm^2 样地中除 185 株有待鉴定外, 共记录到木本植物 55 科 121 属 289 种。与国内亚热带常绿阔叶林分布区中建立的样地相比, 如罗浮山(5 hm^2 , 234 种)^[20]、武夷山(9.6 hm^2 , 171 种)^[21]、鼎湖山(20 hm^2 , 210 种)^[22]、黑石顶(50 hm^2 , 214 种)^[23], 面积更小的陈禾洞样地呈现高物种丰富度。这可能有如下原因: (1) 陈禾洞地处中亚热带和南亚热带季风常绿阔叶林之间的过渡带, 是世界两大植物区系(泛北极和古热带区系)的交汇和过渡区域, 物种丰富度相对较高^[24]。(2) 本研究设置样地覆盖低海拔到中高海拔($323 \sim 846 \text{ m}$)、不同坡向坡度, 较高的生境异质性有利于物种共存, 并提高物种丰富度^[25]。研究表明, 稀有种作为群落功能的重要载体, 对整体生物多样性的维持至关重要^[26]。陈禾洞样地内稀有种的比例为 22.98%, 显著低于同处亚热带地区的鼎湖山(52.38%)^[22]、哀牢山(20 hm^2 , 47.12%)^[27]、古田山(24 hm^2 , 37.11%)^[28]等大型样地。一方面, 受尺度效应的影响, 稀有物种比例随取样面积的减小而逐渐减少^[29]。另一方面, 受环境梯度

与过渡带特征复杂性的影响, 与中亚热带地区的哀牢山样地和古田山样地相比较, 陈禾洞样地位于亚热带南缘, 具有亚热带向热带过渡的特征, 落叶树种的成分变少, 稀有种比例较低^[21]; 而与纬度相近的鼎湖山样地相比, 陈禾洞样地海拔更高, 较高的海拔可能会导致稀有种比例下降^[27]。

3.2 陈禾洞样地的物种优势度

与许多样地不同, 陈禾洞样地没有明显占优势的树种, 与丁晖等^[21]的研究结果一致。从重要值来看, 最大仅 3.61% (罗浮锥); 从相对胸高断面面积来看, 最大仅 9.30% (广东紫珠、五月茶)。这可能由于保护区成立前植被资源被过度采伐^[9], 群落正处于受干扰后的恢复演替阶段, 种间竞争激烈, 总体仍处于不稳定状态^[30]。再者, 本研究所设的 14 个样地分散在海拔 $323 \sim 846 \text{ m}$ 内, 海拔高差越大, 各样地的优势种组成差异越明显, 因此没有某一树种能在整个群落中占据绝对优势^[31]。

3.3 植物区系特征

植物区系组成反映了特定环境条件下物种的分布格局与适应性^[32]。陈禾洞样地内木本植物的区系组成多样, 世界成分、热带成分和温带成分都有涵盖。热带分布的科、属所占比例分别为非世界分布科、属的 75.56%、74.17%, 说明热带分布类型在科属的区系组成中均占据主导地位; 同时, 在优势科属中均含有温带成分, 说明该地区植物区系具有热带向亚热带的过渡性, 与同样地处南亚热带季风气候区的鼎湖山^[22]、黑石顶^[33]等在植物区系成分上具有相似性。这种植物区系的过渡性使该地区成为物种交汇与共存的热点区域, 物种丰富度更高、群落更为复杂^[22], 生物多样性保护价值尤为突出。特有现象是反映植物区系的关键特征^[34]。陈禾洞样地内木本植物的特有性不明显, 本研究中未见中国特有科, 中国特有属有石笔木属(*Tutcheria*)、伯乐树属(*Bretschneidera*)和杉木属(*Cunninghamia*) 3 属, 中国特有属的存在说明陈禾洞地区植物区系历史悠久, 对研究陈禾洞地区植物区系起源、演化和发展具有重要意义^[35]。

3.4 陈禾洞样地的径级结构

径级结构是反映植物群落稳定性的重要指标^[3]。陈禾洞样地内所有胸径 $\geq 1.0 \text{ cm}$ 的个体的平均胸径为 5.33 cm, 径级结构呈倒“J”形分布, 且中小径级个体占绝大多数, 大径级个体相对较少, 说明整个群落更新情况良好, 处于稳定增长过程中。

陈禾洞样地的胸高断面积为 $26.06 \text{ m}^2/\text{hm}^2$, 低于其他更为成熟的样地, 如鼎湖山样地为 $30.17 \text{ m}^2/\text{hm}^2$ ^[22], 古田山样地为 $36.90 \text{ m}^2/\text{hm}^2$ ^[28]。这可能与陈禾洞样地目前处于恢复演替阶段, 群落物种多样性较高但平均胸径较小有关。样地中胸高断面积最大的是罗浮锥, 它是华南地区的常见物种, 树木高大, 生长速度较快; 其次是木荷, 木荷多为中等大小, 但植株数量多, 总胸高断面积大; 黄心树(*Machilus gamblei*)和美叶柯(*Lithocarpus calophyllus*)属上层树种, 在样地内多有高大植株分布。

综上, 本研究基于广东从化陈禾洞省级自然保护区 14 个固定监测样地首次群落调查数据, 分析了该区域的森林群落结构和区系特征, 反映了陈禾洞保护区的植被多样化特征和独特的生态价值。这一研究增进了对南亚热带北缘常绿阔叶林生态系统结构特征的认识, 同时也为陈禾洞保护区的管理、保护策略和生态修复的制定提供了直接的科学依据。基于本研究结果, 建议保护区采取以下针对性措施: (1) 重点保护关键生态功能区, 并实施严格巡护与干扰控制; (2) 参照邻近顶级群落物种组成与结构特征, 修复受干扰退化区域; (3) 继续优化监测网络, 构建覆盖整个保护区的公里网格监测样地, 持续跟踪群落动态与人为活动影响, 为适应性管理提供依据。

参考文献

- [1] CHEN X X, LI Q, HUANG J X, et al. The community structure and floristic characteristics of subtropical evergreen broadleaved forest in Qingyunshan Nature Reserve, Guangdong [J]. For Res, 2020, 33(5): 77–85. [陈晓熹, 李群, 黄久香, 等. 翁源青山山自然保护区亚热带常绿阔叶林群落结构和区系特征 [J]. 林业科学研究, 2020, 33(5): 77–85. doi: 10.13275/j.cnki.lykxyj.2020.05.010.]
- [2] ZHOU Q J, HAN W B, ZHAO C M, et al. Species composition and community structure of natural mixed needle- and broad-leaved forest in Shennongjia [J]. Chin J Ecol, 2019, 38(1): 11–18. [周秋静, 韩文斌, 赵常明, 等. 神农架天然针阔混交林的物种组成和群落结构 [J]. 生态学杂志, 2019, 38(1): 11–18. doi: 10.13292/j.1000-4890.201901.025.]
- [3] LI J Y, CHEN X X, LI M W, et al. Community composition and structure under different restoration pathways in subalpine forest, Sichuan Province, China [J]. Acta Ecol Sin, 2024, 44(8): 3471–3482. [李婧怡, 陈晓霞, 李梦玮, 等. 川西亚高山森林不同恢复途径物种组成和群落结构动态变化 [J]. 生态学报, 2024, 44(8): 3471–3482. doi: 10.20103/j.stxb.202308151766.]
- [4] SONG Y Y, HUANG Q X, LI Z L, et al. Characteristics of species diversity in the evergreen broad-leaved forest in Jiulian Mountain and its response to snow disasters [J]. Biol Dis Sci, 2025, 48(1): 29–38. [宋育英, 黄钦秀, 李子林, 等. 九连山常绿阔叶林物种多样性特征及其对雪灾的响应 [J]. 生物灾害科学, 2025, 48(1): 29–38. doi: 10.3969/j.issn.2095-3704.2025.01.04.]
- [5] YANG C, HUANG L, GAO X Y, et al. The dynamics and composition of litter fall of evergreen broad-leaved forest on Mt. Jinyun [J]. For Res, 2016, 29(1): 1–9. [杨超, 黄力, 高祥阳, 等. 缙云山常绿阔叶林凋落动态及组成 [J]. 林业科学研究, 2016, 29(1): 1–9. doi: 10.13275/j.cnki.lykxyj.2016.01.001.]
- [6] LI C H, YU S Q, ZHOU G M. Review of researches in restoration of subtropical evergreen broad-leaved forests [J]. J Zhejiang A&F Univ, 2002, 19(3): 325–329. [李翠环, 余树全, 周国模. 亚热带常绿阔叶林植被恢复研究进展 [J]. 浙江林学院学报, 2002, 19(3): 325–329. doi: 10.3969/j.issn.2095-0756.2002.03.024.]
- [7] HUANG L M, GUO Y, ZHANG S, et al. Flora of vascular plants in Chenhedong Nature Reserve from Conghua of Guangdong [J]. Subtrop Plant Sci, 2019, 48(2): 169–175. [黄力明, 郭韵, 张硕, 等. 广东从化陈禾洞省级自然保护区维管植物区系研究 [J]. 亚热带植物科学, 2019, 48(2): 169–175. doi: 10.3969/j.issn.1009-7791.2019.02.012.]
- [8] YU P Q. Vascular plant resources in Chenhedong Nature Reserve from Conghua of Guangdong [J]. S China Agric, 2019, 13(12): 174–176. [余佩琪. 广东从化陈禾洞省级自然保护区维管束植物资源 [J]. 南方农业, 2019, 13(12): 174–176. doi: 10.19415/j.cnki.1673-890x.2019.12.090.]
- [9] ZHU Y Z, XIONG L Q, HUANG X S, et al. Study on rare & endangered plants and endemic plants in Chenhedong Nature Reserve [J]. J Green Sci Technol, 2018(16): 132–135. [朱永钊, 熊露桥, 黄萧酒, 等. 陈禾洞自然保护区珍稀濒危及特有植物资源调查 [J]. 绿色科技, 2018(16): 132–135. doi: 10.16663/j.cnki.lskj.2018.16.049.]
- [10] YU P Q, CHEN H J, ZHONG P S, et al. Distribution of Orchidaceae resources in Guangdong Conghua Chenhedong Provincial Nature Reserve [J]. For Environ Sci, 2024, 40(2): 135–141. [余佩琪, 陈焕锦, 钟平生, 等. 广东从化陈禾洞省级自然保护区兰科植物资源分布 [J]. 林业与环境科学, 2024, 40(2): 135–141. doi: 10.3969/j.issn.1006-4427.2024.02.017.]
- [11] YE R Y, HUANG X S, YU P Q, et al. Investigation on alien invasive plants in Chenhedong Nature Reserve, Guangdong, China [J]. J Green Sci Technol, 2018(14): 30–33. [叶瑞银, 黄萧酒, 余佩琪, 等. 广东陈禾洞自然保护区外来入侵植物调查研究 [J]. 绿色科技, 2018(14): 30–33. doi: 10.16663/j.cnki.lskj.2018.14.010.]

- [12] YU P Q. Study on the flora and resources of plants in Chenhedong Provincial Nature Reserve in Conghua Guangdong [D]. Guangzhou: South China Agricultural University, 2018: 14–15. [余佩琪. 广东从化陈禾洞省级自然保护区植物区系及其植物资源研究 [D]. 广州: 华南农业大学, 2018: 14–15.]
- [13] XIONG L Q, YU P Q, CHEN H J, et al. Diversity and protection strategies of medicinal plant resources in Conghua Chenhedong Nature Reserve [J]. Chin Wild Plant Resour, 2025, 44(2): 114–118. [熊露桥, 余佩琪, 陈焕锦, 等. 从化陈禾洞保护区药用植物资源多样性与保护策略 [J]. 中国野生植物资源, 2025, 44(2): 114–118. doi: 10.3969/j.issn.1006-9690.2025.02.017.]
- [14] CONDIT R. Tropical Forest Census Plots: Methods and Results from Barro Colorado Island, Panama and a Comparison with Other Plots [M]. Berlin: Springer, 1998.
- [15] WU Z Y, ZHOU Z K, LI D Z, et al. The areal-types of world families of seed plants [J]. Acta Bot Yunnan, 2003, 25(3): 245–257. [吴征镒, 周浙昆, 李德铎, 等. 世界种子植物科的分布区类型系统 [J]. 云南植物研究, 2003, 25(3): 245–257. doi: 10.3969/j.issn.2095-0845.2003.03.001.]
- [16] WU Z Y. The areal-types of Chinese genera of seed plants [J]. Acta Bot Yunnan, 1991(S1): 1–139. [吴征镒. 中国种子植物属的分布区类型 [J]. 云南植物研究, 1991(S1): 1–139.]
- [17] WU T T, YE J T, CEN H F, et al. Floristic characteristics of Wuhuang Mountain Area in Guangxi, China [J]. J Trop Subtrop Bot, 2023, 31(6): 870–878. [吴婷婷, 叶家桐, 岑华飞, 等. 广西五皇山地区植物区系特性 [J]. 热带亚热带植物学报, 2023, 31(6): 870–878. doi: 10.11926/jtsb.4689.]
- [18] FANG J Y, LI Y D, ZHU B, et al. Community structures and species richness in the montane rain forest of Jianfengling, Hainan Island, China [J]. Biodiv Sci, 2004, 12(1): 29–43. [方精云, 李意德, 朱彪, 等. 海南岛尖峰岭山地雨林的群落结构、物种多样性以及在世界雨林中的地位 [J]. 生物多样性, 2004, 12(1): 29–43. doi: 10.3321/j.issn: 1005-0094.2004.01.005.]
- [19] HUBBELL S P, FOSTER R B. Commonness and rarity in a neotropical forest: implications for tropical tree conservation [M]// SOULE M E. Conservation Biology: The Science of Scarcity and Diversity. Sunderland: Sinauer Press, 1986: 205–231.
- [20] YANG Q Q, LIN W T, HUANG X S. Study on the characteristics of woody plant community in Luofu Mountain Provincial-level Nature Reserve of Guangdong [J]. J Smart Agric, 2021, 1(11): 29–32. [杨奇青, 林伟通, 黄潇洒. 广东罗浮山省级自然保护区木本植物群落特征的研究 [J]. 智慧农业导刊, 2021, 1(11): 29–32. doi: 10.20028/j.zhnydk.2021.11.009.]
- [21] DING H, FANG Y M, YANG Q, et al. Community characteristics of a mid-subtropical evergreen broad-leaved forest plot in the Wuyi Mountains, Fujian Province, southeastern China [J]. Biodiv Sci, 2015, 23(4): 479–492. [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. doi: 10.17520/biods.2015021.]
- [22] YE W H, CAO H L, HUANG Z L, et al. Community structure of a 20 hm² lower subtropical evergreen broadleaved forest plot in Dinghushan, China [J]. Chin J Plant Ecol, 2008, 32(2): 274–286. [叶万辉, 曹洪麟, 黄忠良, 等. 鼎湖山南亚热带常绿阔叶林20公顷样地群落特征研究 [J]. 植物生态学报, 2008, 32(2): 274–286. doi: 10.3773/j.issn.1005-264x.2008.02.005.]
- [23] HE D. Plant functional trait variation and community assembly: A case study in a subtropical evergreen forest [D]. Guangzhou: Zhongshan University, 2016: 8–9. [何东. 植物功能性状变异与群落构建: 以黑石顶常绿阔叶林为例 [D]. 广州: 中山大学, 2016: 8–9.]
- [24] CHEN Y H. Study on synecological characteristics and scenic beauty estimation of *Rhododendron fortunei* dwarf forest at Yangming mountaintop in Hunan [D]. Changsha: Hunan Agricultural University, 2021: 2. doi: 10.27136/d.cnki.ghunu.2021.000345. [陈艳华. 湖南阳明山山顶云锦杜鹃矮林群落生态学特征及美景度研究 [D]. 长沙: 湖南农业大学, 2021: 2. doi: 10.27136/d.cnki.ghunu.2021.000345.]
- [25] DROZ M, PEKALSKI A. Species richness in a model with resource gradient [J]. Theor Ecol, 2016, 9(4): 409–416. doi: 10.1007/s12080-016-0298-8.
- [26] TETETLA-RANGEL E, DUPUY J M, HERNÁNDEZ-STEFANONI J L, et al. Patterns and correlates of plant diversity differ between common and rare species in a neotropical dry forest [J]. Biodiv Conserv, 2017, 26(7): 1705–1721. doi: 10.1007/s10531-017-1327-7.
- [27] WEN H D, LIN L X, YANG J, et al. Species composition and community structure of a 20 hm² plot of mid-mountain moist evergreen broad-leaved forest on the Mts. Ailaoshan, Yunnan Province, China [J]. Chin J Plant Ecol, 2018, 42(4): 419–429. [温韩东, 林露湘, 杨洁, 等. 云南哀牢山中山湿性常绿阔叶林 20 hm² 动态样地的物种组成与群落结构 [J]. 植物生态学报, 2018, 42(4): 419–429. doi: 10.17521/cjpe.2017.0272.]
- [28] ZHU Y, ZHAO G F, ZHANG L W, et al. Community composition and structure of Gutianshan forest dynamic plot in a mid-subtropical evergreen broad-leaved forest, east China [J]. Chin J Plant Ecol, 2008, 32(2): 262–273. [祝燕, 赵谷风, 张丽文, 等. 古田山中亚热带常绿阔叶林动态监测样地——群落组成与结构 [J]. 植物生态学报, 2008, 32(2): 262–273. doi: 10.3773/j.issn.1005-264x.2008.02.004.]
- [29] WANG B, HUANG Y S, LI X K, et al. Species composition and spatial

- distribution of a 15 hm² northern tropical karst seasonal rain forest dynamics study plot in Nonggang, Guangxi, southern China [J]. *Biodiv Sci*, 2014, 22(2): 141–156. [王斌, 黄俞淞, 李先琨, 等. 弄岗北热带喀斯特季节性雨林 15 hm² 监测样地的树种组成与空间分布 [J]. 生物多样性, 2014, 22(2): 141–156. doi: 10.3724/SPJ.1003.2014.13195.]
- [30] CHEN J S, GUO Q J, YAO L, et al. Interspecific associations and community stability changes of dominant woody species of natural forest communities in Mulinzi National Nature Reserve [J]. *J Trop Subtrop Bot*, 2024, 32(5): 601–610. [陈锦世, 郭秋菊, 姚兰, 等. 木林子国家级自然保护区天然林群落优势木本植物种间联结和稳定性 [J]. 热带亚热带植物学报, 2024, 32(5): 601–610. doi: 10.11926/jtsb.4815.]
- [31] GUO H, ZHAO H B, GAO Y B, et al. Characteristics of dominant tree species and their niches in the middle section of the Nanling Mountains with altitudinal gradient [J]. *Plant Sci J*, 2024, 42(5): 582–594. [郭昊, 赵厚本, 高亿波, 等. 南岭中段森林优势树种及其生态位随海拔梯度变化特征 [J]. 植物科学学报, 2024, 42(5): 582–594. doi: 10.11913/PSJ.2095-0837.24106.]
- [32] SONG Y C. *Vegetation Ecology* [M]. 2nd ed. Beijing: Higher Education Press, 2016: 44–84. [宋永昌. 植被生态学 [M]. 第 2 版. 北京: 高等教育出版社, 2016: 44–84.]
- [33] YANG N. Initial flora research in Heishiding nature reserve of Guangdong Province [J]. *CS For Invent Plan*, 2005, 24(1): 57–59. [杨宁. 广东黑石顶自然保护区植物区系初步研究 [J]. 中南林业调查规划, 2005, 24(1): 57–59. doi: 10.3969/j.issn.1003-6075.2005.01.016.]
- [34] LI J H, ZHANG S W, YANG X B, et al. Composition and floristic characteristics of national key protected wild plants distributed in Hainan Province, China [J]. *Guihaia*, 2024, 44(11): 2021–2032. [李婧涵, 张顺卫, 杨小波, 等. 海南省分布的国家重点保护野生植物组成及区系特征 [J]. 广西植物, 2024, 44(11): 2021–2032. doi: 10.11931/guihaia.gxzw202401028.]
- [35] CHEN S B, OUYANG Z Y, FANG Y, et al. Geographic patterns of endemic seed plant genera diversity in China [J]. *Biodiv Sci*, 2011, 19(4): 414–423. [陈圣宾, 欧阳志云, 方瑜, 等. 中国种子植物特有属的地理分布格局 [J]. 生物多样性, 2011, 19(4): 414–423. doi: 10.3724/SPJ.1003.2011.10289.]

附录 1 陈禾洞样地科、属、种组成

http://jtsb.ijournals.cn/ajax/common/download_attache_file.aspx?seq_id=20250829161630001&file_no