

DOI: 10.20103/j.stxb.202305151014

钱海源,任海保,杜晴晴,陈小南,武克壮,盛岩,祝燕.钱江源国家公园森林物种组成和群落结构.生态学报,2024,44(5):2008-2018.

Qian H Y, Ren H B, Du Q Q, Chen X N, Wu K Z, Sheng Y, Zhu Y. Forest species composition and community structure in Qianjiangyuan National Park. Acta Ecologica Sinica, 2024, 44(5):2008-2018.

钱江源国家公园森林物种组成和群落结构

钱海源¹,任海保^{2,3},杜晴晴^{2,3},陈小南¹,武克壮¹,盛岩^{4,*},祝燕^{2,3}

1 钱江源国家公园生态资源保护中心,开化 324300

2 中国科学院植物研究所植被与环境变化国家重点实验室,北京 100093

3 国家植物园,北京 100093

4 中国人民大学环境学院,北京 100872

摘要:全面了解以国家公园为主体的自然保护地体系木本植物物种组成,特别是珍稀濒危物种,分析其区系特征及不同植被类型群落结构现状,对国家公园物种保护和不同植被类型恢复具有重要指导意义。基于对钱江源国家公园全域的木本植物调查,详细分析了不同胸径大小级森林植被类型的物种组成、区系特征、种-个体曲线分析和结构特征。调查涵盖 313 个木本物种,温带分布的科多于热带分布的科(22/35),热带分布的属略少于温带分布的属(28/31);中国特有属 7 个,特有种 101 个,中国珍稀保护物种 10 个,世界自然保护联盟(IUCN)红色名录的近危、易危和濒危物种 17 个。在同等取样水平下,物种多样性在常绿阔叶林最高,天然针叶林次之,杉木林最低;全域所有个体及各林型的径级分布总体呈现明显的倒“J”形,群落总体上更新良好。研究发现钱江源国家公园物种丰富,但由于包含较多次生林等植被类型,整体温带多于热带区系成分,亟待采取措施恢复至典型中亚热带常绿阔叶林植被;研究对钱江源国家公园木本植物物种的多样性及其更新情况等科学和保护实践急需解决的基本问题做出了回答,也为未来钱江源国家公园生物多样性保护和恢复提供了科学依据。

关键词:森林植被;群落组成;物种多样性;空间格局;钱江源国家公园

Forest species composition and community structure in Qianjiangyuan National Park

QIAN Haiyuan¹, REN Haibao^{2,3}, DU Qingqing^{2,3}, CHEN Xiaonan¹, WU Kezhuang¹, SHENG Yan^{4,*}, ZHU Yan^{2,3}

1 Ecological Resource Conservation Center of Qianjiangyuan National Park, Kaihua 324300, China

2 State Key Laboratory of Vegetation and Environmental Change, Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100093, China

3 China National Botanical Garden, Beijing 100093, China

4 School of Environment and Natural Resources, Renmin University of China, Beijing 100872, China

Abstract: In order to protect the ecological environment, it is important to fully know the specific species in the natural reserve system with national parks as the main body, analyze its floristic characteristics and community structure status, which plays an important role in the protection of national park species, especially rare and endangered species. Based on a survey of woody plants in Qianjiangyuan National Park, this study analyzed the species composition, floristic characteristics, species-individual curve analysis and structure characteristics of dbh (diameter in breast height) size classes of different forest vegetation types in detail. We found that the survey covered 313 woody species, the families distributed in the temperate zone were more than those distributed in the tropics (22/35), and the genera distributed in the tropics were slightly less than those distributed in the temperate zone (28/31); there were 7 endemic genera in China.

基金项目:国家自然科学基金项目(41371074,32271614,31870408)

收稿日期:2023-05-15; **网络出版日期:**2023-08-31

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: shengyan@ruc.edu.cn

There are 101 endemic species, 10 rare and protected species in China, and 17 near threatened, vulnerable and endangered species on the IUCN Red List. Under the same number sampling level, the species diversity was the highest in the evergreen broad-leaved forest, and the lowest in the fir forest. The distribution of dbh size classes of all individuals in the whole area and different forest types showed an obvious inverted "J" shape, and the Qianjiangyuan forest community generally regenerated well. These studies provided the basic information of rich woody species in Qianjiangyuan National Park, but the families and genus distributed in the temperate zone were more than those distributed in the tropics for more non-primary forest included. So we need to take measures to restore the vegetation to the typical evergreen broad-leaved forest. Our findings answered the basic questions urgently needed to be solved in scientific and conservation practices, such as the diversity and recruitment of woody species in Qianjiangyuan National Park, and provided a scientific basis for biodiversity conservation in Qianjiangyuan National Park in the future.

Key Words: forest vegetation; community composition; species diversity; spatial pattern; Qianjiangyuan National Park

当前,地球迎来了第六次生物大灭绝,我国同样面临着生物多样性灭绝等重大生态安全挑战^[1-2],而国家公园是全球生物多样性保护的重要基地^[3-5]。为了应对生物多样性保护及生态安全挑战,党中央、国务院紧紧围绕统筹推进“五位一体”总体布局和协调推进“四个全面”战略布局,提出建立以国家公园为主体的自然保护地体系,保护生态环境,建设美丽中国^[6-7]。在此背景下,钱江源国家公园于2016年6月,作为全国首批十个国家公园体制试点区之一建立,是长三角地区唯一的试点区,地处浙、皖、赣三省交界。钱江源国家公园生物多样性丰富、区系兼具南北特点,区内大面积集中分布的典型低海拔中亚热带常绿阔叶原始林是我国亚热带区域的典型代表^[8-9]。钱江源国家公园是国务院通过的《中国生物多样性保护战略与行动计划》(2011—2030)确定的全国生物多样性保护优先区域之一^[10],加强对其生物多样性保护和管理尤为重要。

全面了解以国家公园为主体的自然保护地体系具体有哪些物种,特别是代表植被类型主体的木本植物,分析其区系特征及群落结构现状,对国家公园物种保护,特别是珍稀濒危物种,具有重要意义^[11],而基于高强度的详细而精确的野外调查监测是生物多样性保护和管理的基础^[12-15]。钱江源国家公园以往的资源调查主要分两个方面:(1)全面的资源考察,以一次性踏查或典型调查等方式考察一个区域有哪些生物多样性资源;(2)典型生物群落的长期系统的监测,如大型森林动态样地。但前期工作没有对生物多样性进行全域的、可比较的监测,不能很好地阐明钱江源国家公园等自然保护地的木本植物种类有多少,不利于国家公园生物多样性保护。目前国家公园植被类型研究较多集中在当地代表性的典型植被类型,缺乏对国家公园森林群落不同植被类型结构的全面概况。在古田山24hm²森林大样地的植被调查中发现,原始林具有温带落叶阔叶林和热带雨林的相关特征,较好代表了中亚热带常绿阔叶林群落;木本植物物种总径级分布呈倒“J”形,群落更新良好^[16]。然而,一个大型森林样地不能表征整个钱江源国家公园各种生态系统植被特征和更新状况,特别是钱江源国家公园在其一般控制区及其周边区域分布着不同干扰程度的次生林、人工林等各类型生态系统类型^[9]。那么,包含各种植被类型的国家公园整体区系特征、非典型地带性植被的物种组成和分布特点是什么样的呢?开展相应的研究将对开展国家公园植被恢复具有重要的指导意义。

因此,为了解国家公园整个森林群落的区系特征、物种特征,特别是珍稀濒危物种,以及不同森林群落物种组成、更新状况及结构特征等问题,以钱江源国家公园为例,于2018年对国家公园进行了精确的全域木本植物多样性监测,对多种生态系统植被类型进行了调查。主要回答钱江源国家公园植物多样性的木本植物物种区系特征和数量信息,特别是珍稀濒危物种;整体及不同群落类型的树木物种多样性的更新等现状分析,以期研究成果为钱江源国家公园植被恢复,保护中亚热典型森林植被生物多样性研究提供指导和范例。

1 研究区域概况

1.1 地理位置与地形

钱江源国家公园体制试点区(以下简称“钱江源”)位于浙江省开化县西北部,浙、皖、赣三省交界处

(118°01"—118°37"E, 28°54"—29°30"N), 由古田山国家级自然保护区、钱江源国家森林公园、钱江源省级风景名胜区分以及连接上述自然保护地之间的生态区域整合而成, 总面积 252km²^[17]。钱江源国家公园地处白际山脉东南麓, 岗岩侵入体风化形成许多悬崖峭壁, 地形复杂, 地势险要^[18]。

1.2 气候特征

按照国家气候区划标准(GB/T 17297—1998), 钱江源属中亚热带湿润气候大区。季节显著, 气候温和, 四季分明, 降水充沛, 无霜期长。一年中降水量变化一般呈“两湿两干”型, 即 3—6 月为第一雨季, 7—8 月为伏旱期, 8 月底至 9 月秋雨来临受台风影响形成第二雨季, 10 月至翌年 2 月为干期。1958—2016 年平均气温为 16.54℃, 近 60 年年平均气温呈极显著上升趋势, 但增长率小于我国平均气温增长率^[18]。7 月月平均气温最高, 为 27.6℃, 1 月月平均气温最低, 为 4.7℃。1958—2016 年年平均降水量为 1821mm, 降水充沛, 但年际差异较大^[18]。

1.3 土壤特征

钱江源国家公园母岩以花岗岩为主, 外围有含砾粉砂岩及紫红色细砂岩, 国家公园内分布有红壤、黄壤、水稻土和沼泽土四种土壤发生类型^[17]: 红壤主要分布于 500—700m 以下的区域, 成土时间较短, 肥力较好; 黄壤主要分布于 600m 以上的区域, 以山地黄泥砂土种分布最广。水稻土分布于附近周围的农田中, 为长期耕作形成; 沼泽土分布在海拔 850m 左右的古田庙一带局部低洼处, 土壤呈酸性反应, pH 值在 5.5—6.5 之间, 表层土呈褐色, 地下水位较高。

1.4 植被特征

分布有全球罕见、典型的中亚热带地带性植被-低海拔原生性常绿阔叶林, 被称为“亚热带常绿阔叶林之窗”。钱江源国家公园核心保护区内完好保存了大面积、集中分布的中亚热带低海拔原生性常绿阔叶林, 是独特的中亚热带典型的纬度地带性顶级群落, 其原真性和完整性具有国家代表性, 在研究全球和国家大尺度生态过程中不可或缺, 具有重要保护价值。此外, 在其一般控制区及其周边区域分布着不同干扰程度的次生林、人工林、经济林、农田、荒地等各类型生态系统类型及完整的演替序列, 是我国亚热带区域各类生态系统的典型代表^[9]。

2 研究方法

2.1 调查方案

2.1.1 全域样地布设

以钱江源国家公园古田山片区(原古田山国家级自然保护区)全域植物多样性监测网络为基础, 在钱江源国家公园苏庄片区, 将该片区划分为 350m×350m 的网格, 在天然林分布区, 每个网格节点设置 1 个 20m×20m 样方; 在人工杉木林分布区, 因群落类型单一, 仅在每个人工林连片分布区选择典型区域设置 1 个 20m×20m 样方; 在人工油茶(*Camellia oleifera*)经济林分布区不设调查样方; 共设置 380 个 20m×20m 森林群落监测样方(图 1)^[19]。同时, 将钱江源国家公园苏庄片区区域划分为公里网格, 每个公里网格包含 3 个随机生成的监测样点, 它们之间的距离不小于 300m。根据每个公里网格植被的异质性状况, 植被异质性降低的公里网格, 监测样点数量相应减少, 植被高度均质的公里网格保留一个监测样点, 使得每个公里网格有 1—3 个监测

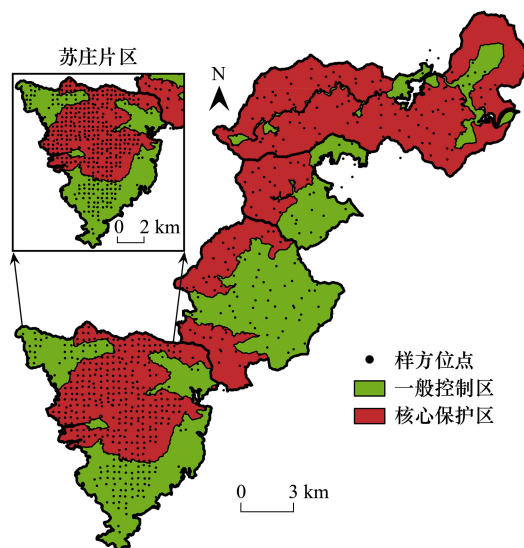


图 1 钱江源国家公园全域森林监测样地分布图

Fig.1 Map of forest monitoring plots in the entire area of the Qianjiangyuan National Park

样点,共设置 283 个监测位点,在每个监测位点设置 1 个 20m×20m 森林群落样方(图 1)^[19]。在钱江源国家公园全域,总计 663 个 20m×20m 森林群落样方;对所有监测样方,测量样方内所有所有胸径(DBH)≥1cm 木本植物个体的胸径,并鉴定到物种;对每一样方,利用专业高精度手持全球定位系统,至少实测并记录样方西南角的经纬度坐标^[20]。

2.2 数据分析

钱江源国家公园森林区系特征根据吴征镒等关于我国科、属地理区系成分的划分^[21–24]。根据《中国生物多样性红色名录-高等植物卷》^[25]和《中国珍稀濒危保护植物名录》对物种的特有性和濒危等级进行认定。

钱江源国家公园主要分布有常绿阔叶林、天然针叶林(以自然恢复的马尾松为主要优势物种)、杉木林等森林植被类型。基于钱江源国家公园全境植物多样性的监测数据,分析了钱江源国家公园总体及各种森林类型的种-个体曲线的变化特征。为了克服在空间上取样强度的偏差,对钱江源国家公园全域 663 个相邻水平间距大于 300m 的 20m×20m 植物多样性监测样方进行种-个体曲线的分析。针对钱江源国家公园总体、常绿阔叶林、天然针叶林、杉木林,从相应的监测数据总体中不重复随机抽取 20、40、60、80、100、……、2000 个植物个体,分别计算所包含的相应物种数量;对每一个体数量级,重复 100 次随机抽样,计算相对应的物种数量平均值及 95%上限和下限;平均值用于构建期望的种-个体曲线,95%上限和下限用于构建相应的种-个体曲线的 95%上限和下限。给定抽样个体数量,种-个体曲线可以用来比较不同森林类型的物种多样性^[26]。

3 结果

3.1 区系组成特征

钱江源国家公园木本植物调查共涵盖 68 个科、167 个属,区系特征分析结果(表 1):有 4 个科(Arecaceae、Leguminosae、Paulowniace 和 Poaceae)、8 个属(*Gamblea*、*Houpoea*、*Morella*、*Neoshirakia*、*Oligostachyum*、*Pertusadina*、*Wikstroemia* 和 *Triadica*),在吴征镒等关于我国科、属地理区系成分划分的文献里没有记录,其余科的分布区类型以北温带分布最多,达 30.88%,代表科如槭树科、小檗科、桦木科等,其次是泛热带分布(16.17%),如大戟科、梧桐科、茶科等;总体而言,温带分布的科多于热带分布的科(22/35)。属分布区类型中北温带分布占比最多(19.3%),代表属有槭属、桤木属、栗属等,泛热带分布次之(17.5%),热带代表属如冬青

表 1 钱江源森林样地木本植物区系类型
Table 1 The areal-types of woody plants in Qianjiangyuan forest plots

分布区类型 Areal types		科数 No. of families	属数 No. of genera
热带(2—7) Tropical(2—7)	1.世界广布 Cosmopolitan	7	3
	2.泛热带 Pantropic	11	28
	3.东亚及热带美洲间断 Trop. Asia & Trop. Amer. disjuncted	4	9
	4.旧世界热带 Old world tropics	2	10
温带(8—14) Temperate(8—14)	5.热带亚洲及热带大洋洲 Trop. Asia to Trop. Australasia	0	4
	6.热带亚洲及热带非洲 Trop. Asia to Trop. Africa	2	4
	7.热带亚洲 Trop. Asia	3	15
	8.北温带 N.Temp.	21	31
	9.东亚及北美间断 E. Asia & N. Amer. disjuncted	7	24
	10.旧世界温带分布 Old World Temperate	2	2
	11.温带亚洲 Temp. Asia	0	0
	12.地中海区、西亚至中亚分布 Mediterranean, W. Asia to C. Asia	3	0
	13.中亚 Central Asia	1	0
	14.东亚 East Asia	1	22
	15.中国特有 Endemic to China	0	7

属(*Ilex*), 热带分布的属略少于温带分布的属(28/31); 有 7 个中国特有属, 鸡仔木属(*Sinadina*)、石笔木属(*Tutcheria*)等。

3.2 物种组成特征

3.2.1 物种组成

钱江源国家公园植被调查总计涵盖 313 个物种, 427263 株, 多度前 10 的物种占比 45.48%; 前 20 的物种占比 64.43%; 平均每公顷小于 1 株的物种有 149 个, 占总物种数的 47.6%, 占总个体数的 0.58%。其中 101 个特有种, 共监测到 181756 株; 10 个中国珍稀保护物种, 共计 26528 株; 17 个属于 IUCN 红色名录的近危、易危和濒危物种, 共计 18354 株(表 2, 3, 4)。

表 2 监测到的中国特有种株数

Table 2 Individual number of monitored species endemic to China

中文名 Chinese name	株数 No. of individuals	中文名 Chinese name	株数 No. of individuals
格药铃 <i>Eurya muricata</i>	25174	薄叶润楠 <i>Machilus leptophylla</i>	38
甜槠 <i>Castanopsis eyrei</i>	24641	棕脉花楸 <i>Sorbus dunnii</i>	38
马银花 <i>Rhododendron ovatum</i>	20073	宁波溲疏 <i>Deutzia ningpoensis</i>	34
浙江红山茶 <i>Camellia chekiangoleosa</i>	11732	密花梭罗树 <i>Reevesia pycnantha</i>	33
浙江新木姜子 <i>Neolitsea aurata</i> var. <i>chekiangensis</i>	11667	细枝铃 <i>Eurya loquaiana</i>	32
窄基红褐铃 <i>Eurya rubiginosa</i> var. <i>attenuata</i>	10285	紫茎 <i>Stewartia sinensis</i>	31
毛花连蕊茶 <i>Camellia fraterna</i>	9447	浙江山梅花 <i>Philadelphus zhejiangensis</i>	29
柳叶蜡梅 <i>Chimonanthus salicifolius</i>	9263	具毛常绿荚蒾 <i>Viburnum sempervirens</i> var. <i>trichophorum</i>	29
马尾松 <i>Pinus massoniana</i>	8693	桤木 <i>Alnus cremastogyne</i>	27
江南越桔 <i>Vaccinium mandarinorum</i>	5498	闽楠 <i>Phoebe bournei</i>	27
灰白蜡瓣花 <i>Corylopsis glandulifera</i>	5430	老鸦糊 <i>Callicarpa giraldii</i>	26
峨眉鼠刺 <i>Itea omeiensis</i>	5125	亮叶桦 <i>Betula luminifera</i>	24
满山红 <i>Rhododendron farrerae</i>	4662	中华绣线菊 <i>Spiraea chinensis</i>	22
杨梅叶蚊母树 <i>Distylium myricoides</i>	4529	红果榆 <i>Ulmus szechuanica</i>	20
豹皮樟 <i>Litsea coreana</i> var. <i>sinensis</i>	2788	翅铃 <i>Eurya alata</i>	19
栲树 <i>Castanopsis fargesii</i>	2626	云和新木姜子 <i>Neolitsea aurata</i> var. <i>paraciculata</i>	19
山榧 <i>Lindera reflexa</i>	2503	臭椿 <i>Ailanthus giraldii</i>	18
黄山松 <i>Pinus taiwanensis</i>	1751	岭南花椒 <i>Zanthoxylum austrosinense</i>	18
毛果南烛 <i>Lyonia ovalifolia</i> var. <i>hebecarpa</i>	1563	醉鱼草 <i>Buddleja lindleyana</i>	17
芬芳安息香 <i>Styrax odoratissimus</i>	1393	苦竹 <i>Pleoblastus amarus</i>	17
石灰花楸 <i>Sorbus folgeri</i>	1391	合轴荚蒾 <i>Viburnum sympodiale</i>	17
垂珠花 <i>Styrax dasyanthus</i>	1305	下江忍冬 <i>Lonicera modesta</i>	16
厚叶冬青 <i>Ilex elmerrilliana</i>	1134	台湾泡桐 <i>Paulownia kawakamii</i>	16
苦槠 <i>Castanopsis sclerophylla</i>	1083	浙江大青 <i>Clerodendrum kaichianum</i>	15
白背麸杨 <i>Rhus hypoleuca</i>	784	华空木 <i>Stephanandra chinensis</i>	14
小叶石楠 <i>Photinia parvifolia</i>	589	东南石栎 <i>Lithocarpus harlandii</i>	13
毛冬青 <i>Ilex pubescens</i>	559	婺源安息香 <i>Styrax wuyuanensis</i>	13
钩栲 <i>Castanopsis tibetana</i>	556	香果树 <i>Emmenopterys henryi</i>	12
宁波木犀 <i>Osmanthus cooperi</i>	522	异色泡花树 <i>Meliosma myriantha</i> var. <i>discolor</i>	12
柏木 <i>Cupressus funebris</i>	424	香槐 <i>Cladrastis wilsonii</i>	11
野含笑 <i>Michelia skinneriana</i>	393	水杉 <i>Metasequoia glyptostroboides</i>	11
白毛榉 <i>Tilia endochrysea</i>	386	山鼠李 <i>Rhamnus wilsonii</i>	9
红毒茴 <i>Illicium lanceolatum</i>	341	褐毛石楠 <i>Photinia hirsuta</i>	8
木姜叶冬青 <i>Ilex litseifolia</i>	318	水竹 <i>Phyllostachys heteroclada</i>	7
四照花 <i>Cornus kousa</i> subsp. <i>chinensis</i>	315	米心水青冈 <i>Fagus engleriana</i>	6

续表

中文名 Chinese name	株数 No. of individuals	中文名 Chinese name	株数 No. of individuals
尾叶冬青 <i>Ilex wilsonii</i>	232	百齿卫矛 <i>Euonymus centidens</i>	5
北江茺花 <i>Wikstroemia monnula</i>	222	锐角枫 <i>Acer acutum</i>	4
香冬青 <i>Ilex suaveolens</i>	197	厚朴 <i>Houpoa officinalis</i>	4
猴头杜鹃 <i>Rhododendron simiarum</i>	196	硬斗石栎 <i>Lithocarpus hancei</i>	4
茶茺莲 <i>Viburnum setigerum</i>	190	矮冬青 <i>Ilex lohfauiensis</i>	3
垂枝泡花树 <i>Meliosma flexuosa</i>	152	红脉钓樟 <i>Lindera rubronervia</i>	3
秀丽槭 <i>Acer elegantulum</i>	137	青檀 <i>Pteroceltis tatarinowii</i>	2
黄山玉兰 <i>Yulania cylindrica</i>	136	榧树 <i>Torreya grandis</i>	2
白栎 <i>Quercus fabri</i>	132	长序榆 <i>Ulmus elongata</i>	2
蜡莲绣球 <i>Hydrangea strigosa</i>	113	天台小檗 <i>Berberis lempergiana</i>	1
野柿 <i>Diospyros kaki</i> var. <i>silvestris</i>	107	毛果冬青 <i>Ilex trichocarpa</i>	1
榉木 <i>Aralia chinensis</i>	85	刺柏 <i>Juniperus formosana</i>	1
山油麻 <i>Trema cannabina</i> var. <i>dielsiana</i>	54	福建假卫矛 <i>Microtropis fokenensis</i>	1
青钱柳 <i>Cyclocarya paliurus</i>	46	四季竹 <i>Oligostachyum lubricum</i>	1
大果卫矛 <i>Euonymus myrianthus</i>	42	绒毛石楠 <i>Photinia schneideriana</i>	1
刨花润楠 <i>Machilus pauhoi</i>	39		

表 3 17 个红色名录物种被监测到的株数

Table 3 Individual number of 17 species monitored in the IUCN Red List

中文名 Chinese name	株数 No. of individuals	濒危等级 Endangered category
柳叶蜡梅 <i>Chimonanthus salicifolius</i>	9263	近危
灰白蜡瓣花 <i>Corylopsis glandulifera</i>	5430	易危
黄檀 <i>Dalbergia hupeana</i>	2864	近危
浙江樟 <i>Cinnamomum japonicum</i>	571	易危
吴茱萸五加 <i>Gamblea ciliata</i> var. <i>evodiifolia</i>	58	近危
阔叶槭 <i>Acer amplum</i>	40	近危
密花梭罗树 <i>Reevesia pycnantha</i>	33	易危
闽楠 <i>Phoebe bournei</i>	27	近危
鸡爪槭 <i>Acer palmatum</i>	14	易危
婺源安息香 <i>Styrax wuyuanensis</i>	13	濒危
香果树 <i>Emmenopterys henryi</i>	12	易危
水杉 <i>Metasequoia glyptostroboides</i>	11	易危
福建柏 <i>Fokienia hodginsii</i>	6	易危
南方红豆杉 <i>Taxus wallichiana</i> var. <i>mairei</i>	4	易危
红豆杉 <i>Taxus wallichiana</i> var. <i>chinensis</i>	3	近危
红椿 <i>Toona ciliata</i>	3	濒危
长序榆 <i>Ulmus elongata</i>	2	易危

表 4 10 个珍稀保护物种监测到个体数量

Table 4 Individual numbers of 10 rare species monitored

中文名 Chinese name	株数 No. of individuals	中文名 Chinese name	株数 No. of individuals
浙江新木姜子 <i>Neolitsea aurata</i> var. <i>chekiangensis</i>	11667	山油麻 <i>Trema cannabina</i> var. <i>dielsiana</i>	54
窄基红褐桤 <i>Eurya rubiginosa</i> var. <i>attenuata</i>	10285	闽楠 <i>Phoebe bournei</i>	27
豹皮樟 <i>Litsea coreana</i> var. <i>sinensis</i>	2788	云和新木姜子 <i>Neolitsea aurata</i> var. <i>paraciculata</i>	19
毛果南烛 <i>Lyonia ovalifolia</i> var. <i>hebecarpa</i>	1563	异色泡花树 <i>Meliosma myriantha</i> var. <i>discolor</i>	12
野柿 <i>Diospyros kaki</i> var. <i>silvestris</i>	107	福建柏 <i>Fokienia hodginsii</i>	6

整体上甜槠 (*Castanopsis eyrei*)、木荷 (*Schima superba*)、马尾松 (*Pinus massoniana*)、短柄枹 (*Quercus serrata*)、马银花 (*Rhododendron ovatum*)、映山红 (*Rhododendron simsii*) 等物种为森林群落里不同垂直层的优势种。但是在不同的森林类型中,物种重要值有差异,其中甜槠、木荷和马尾松在常绿阔叶林、天然针叶林、杉木 (*Cunninghamia lanceolata*) 林中都属于优势种(表 5)。

表 5 不同林型重要值排名前 10 的物种及相关信息

Table 5 Top 10 species with important values of different forest types and related information

物种 Species	优势度 Dominance	重要值 Important value	多度 Abundance	林型 Forest type
杉木 <i>Cunninghamia lanceolata</i>	0.188	0.092	15118	所有
木荷 <i>Schima superba</i>	0.116	0.069	14167	所有
马尾松 <i>Pinus massoniana</i>	0.130	0.056	4839	所有
甜槠 <i>Castanopsis eyrei</i>	0.102	0.053	8195	所有
隔药枰 <i>Eurya muricata</i>	0.015	0.038	15148	所有
欒木 <i>Loropetalum chinensis</i>	0.010	0.029	12762	所有
映山红 <i>Rhododendron simsii</i>	0.004	0.028	12702	所有
短柄枹 <i>Quercus serrata</i>	0.032	0.025	5852	所有
黄山松 <i>Pinus taiwanensis</i>	0.051	0.021	1750	所有
马银花 <i>Rhododendron ovatum</i>	0.008	0.019	5937	所有
甜槠 <i>Castanopsis eyrei</i>	0.179	0.086	4198	常绿阔叶林
木荷 <i>Schima superba</i>	0.152	0.085	5651	常绿阔叶林
马尾松 <i>Pinus massoniana</i>	0.101	0.044	1255	常绿阔叶林
隔药枰 <i>Eurya muricata</i>	0.015	0.034	4487	常绿阔叶林
杉木 <i>Cunninghamia lanceolata</i>	0.053	0.030	1874	常绿阔叶林
映山红 <i>Rhododendron simsii</i>	0.003	0.025	3768	常绿阔叶林
欒木 <i>Loropetalum chinensis</i>	0.009	0.023	3218	常绿阔叶林
马银花 <i>Rhododendron ovatum</i>	0.012	0.023	2663	常绿阔叶林
短柄枹 <i>Quercus serrata</i>	0.034	0.023	1472	常绿阔叶林
石栎 <i>Lithocarpus glaber</i>	0.022	0.021	1994	常绿阔叶林
杉木 <i>Cunninghamia lanceolata</i>	0.204	0.096	3958	天然针叶林
马尾松 <i>Pinus massoniana</i>	0.206	0.088	2112	天然针叶林
木荷 <i>Schima superba</i>	0.121	0.073	4148	天然针叶林
隔药枰 <i>Eurya muricata</i>	0.018	0.043	4802	天然针叶林
映山红 <i>Rhododendron simsii</i>	0.006	0.037	4675	天然针叶林
甜槠 <i>Castanopsis eyrei</i>	0.061	0.037	1718	天然针叶林
欒木 <i>Loropetalum chinensis</i>	0.013	0.036	4414	天然针叶林
黄山松 <i>Pinus taiwanensis</i>	0.082	0.034	668	天然针叶林
短柄枹 <i>Quercus serrata</i>	0.031	0.031	2368	天然针叶林
窄基红褐枰 <i>Eurya rubiginosa</i> var. <i>attenuata</i>	0.002	0.017	1714	天然针叶林
杉木 <i>Cunninghamia lanceolata</i>	0.524	0.245	7410	杉木林
马尾松 <i>Pinus massoniana</i>	0.118	0.050	680	杉木林
隔药枰 <i>Eurya muricata</i>	0.014	0.041	3313	杉木林
石栎 <i>Lithocarpus glaber</i>	0.013	0.038	3231	杉木林
木荷 <i>Schima superba</i>	0.047	0.035	1512	杉木林
青冈 <i>Cyclobalanopsis glauca</i>	0.014	0.024	1503	杉木林
甜槠 <i>Castanopsis eyrei</i>	0.032	0.023	788	杉木林
窄基红褐枰 <i>Eurya rubiginosa</i> var. <i>attenuata</i>	0.003	0.022	1764	杉木林
映山红 <i>Rhododendron simsii</i>	0.003	0.020	1505	杉木林
拟赤杨 <i>Alniphyllum fortunei</i>	0.021	0.017	443	杉木林

3.2.2 种-个体曲线

为减少取样偏差,本分析仅采用 663 个相邻水平距离大于 300m 的 20m×20m 样方数据,包含常绿阔叶林、天然针叶林及杉木林分别为 245、162、120 个样方,占总样地数 36.95%、24.43%和 18.10%。通过分析,获得钱江源国家公园全域森林、常绿阔叶林、天然针叶林及杉木林的种-个体曲线,结果表明(图 2):对国家公园全域和上述三类森林类型,随着取样个体数增加,物种数量先快速增加,然后逐渐缓慢上升。总体而言,钱江源国家公园全域,如随机取样 1000 个个体,包含的物种数量平均值为 123.2;常绿阔叶林物种多样性最高,随机取样 1000 个个体,包含的物种数量平均值为 125.4;天然针叶林次之,所包含的物种平均数量为 112.0;杉木林物种多样性最低,所包含的物种平均物种数量为 106.8。

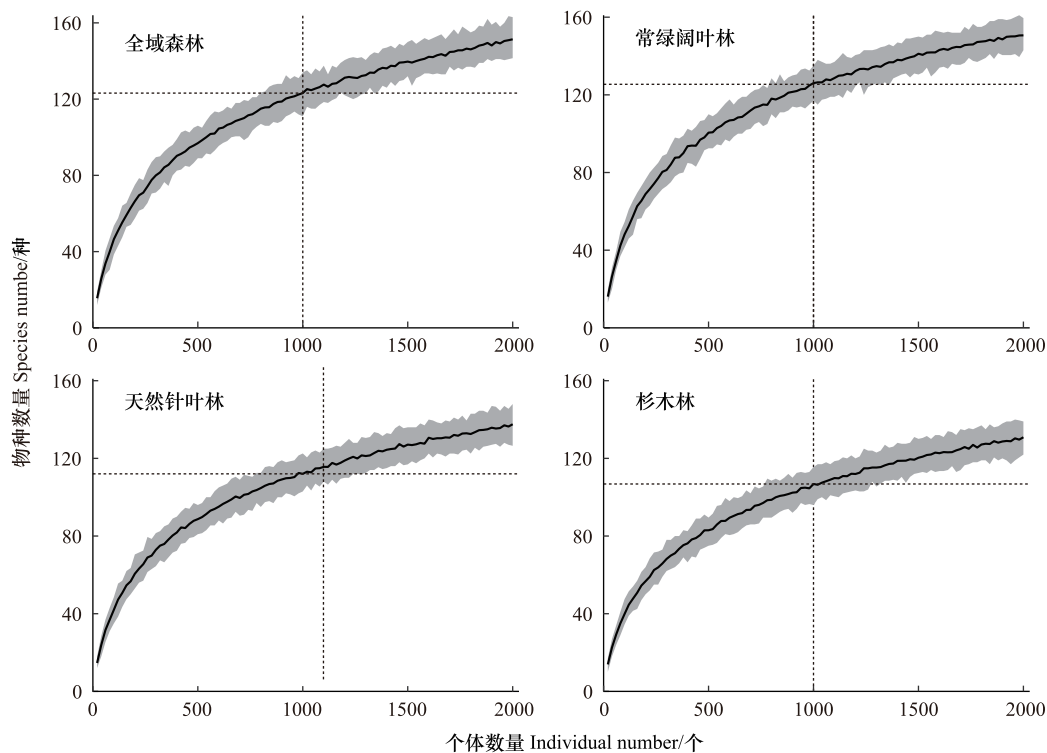


图 2 钱江源国家公园森林种-个体曲线

Fig.2 Species-individual curve of forests in Qianjiangyuan National Park

灰色部分为 95%置信区间

3.3 径级结构特征

对钱江源国家公园树木个体大小分布进行分析。为减少取样偏差,本分析仍仅采用 663 个相邻水平距离大于 300m 的 20m×20m 样方数据,包含胸径(DBH) ≥ 1 cm 的个体 209,403 株,DBH > 10 cm 的有 26051 株,DBH > 25 cm 的有 2490 株,DBH > 50 cm 的有 75 株;最大胸径为 74cm,平均胸径为 4.80cm(图 3)。其中,常绿阔叶林包含个体 71922 株,平均胸径为 4.85cm,最大胸径为 74cm;天然针叶林包含个体 56723 株,平均胸径 4.53cm,最大胸径为 62.8cm;杉木林包含个体 40131 株,平均胸径 4.91cm,最大胸径为 59.9cm(图 3)。

样地中所有个体的总径级分布呈现明显的倒“J”形,胸径 1—4cm 的个体数占总个体数的 64.54%,没有明显的断层现象,群落总体上更新良好,且 97.33%的个体集中在 1cm<DBH<20cm 区间(图 3);不同林型(常绿阔叶林、天然针叶林和杉木林)的径级分布同样显示倒“J”形分布,分别有 96.86%、97.50%、97.78%的个体 DBH 在 1cm<DBH<20cm 区间,没有明显的断层出现(图 3)。

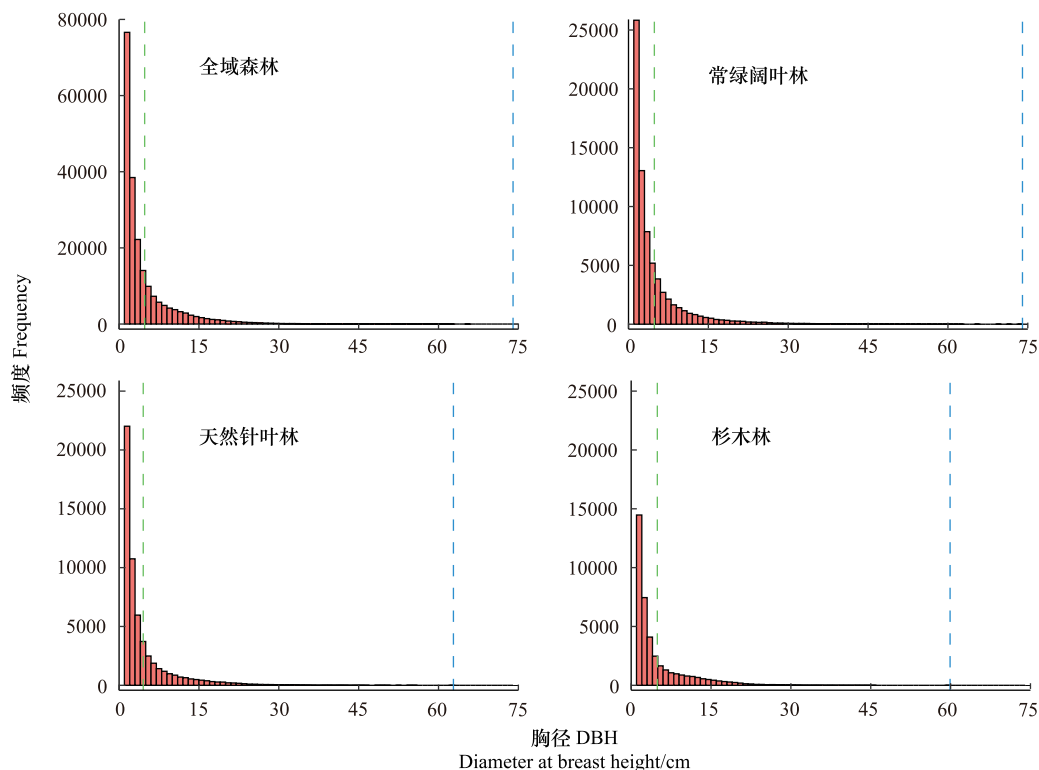


图3 钱江源国家公园树木个体径级分布图

Fig.3 Distribution of DBH size classes of trees in Qianjiangyuan National Park

胸径间隔范围为1,绿色竖线指平均胸径,蓝色竖线指最大胸径

4 讨论

亚热带常绿阔叶林是世界重要植被类型之一,我国的亚热带常绿阔叶林在世界范围内分布面积最广,最为典型,与青藏高原高寒植被同为我国独特的植被类型^[27]。中亚热带是常绿阔叶林的重要分布区,钱江源国家公园目前保存着大面积、原始的低海拔天然常绿阔叶林,物种丰富,在中亚热带十分少见。然而从钱江源国家公园区系分析结果来看,温带区系分布比例与原始林相比偏高。全境科的区系分布类型与古田山 24hm²森林大样地不一致,大样地原始林以热带植物分布为主(泛热带和北温带分布的科数比为 14/10),然而钱江源国家公园整体则以温带植物分布的较为普遍(泛热带和北温带分布的科数比为 22/35);钱江源全境属的区系分布类型中热带成分比例低于温带成分(泛热带和北温带分布的属数比为 28/31),而古田山 24hm²森林大样地的热带分布属的比例要高于温带分布属的比例(泛热带和北温带分布的属数比为 22/14)^[16]。钱江源国家公园全境植物多样性监测包含了大量次生林,甚至经济林,温带成分属的分布比例较高符合预期结果。在植被区划上钱江源位于中亚热带常绿阔叶林地,常绿阔叶林是当地原始顶级植被类型^[8]。在一定程度上,说明了古田山 24hm²森林大样地能代表钱江源国家公园森林植被的原始类型,但是从另一个角度来讲,钱江源国家公园还包含大量次生林植被,有待采取措施恢复到原生植被中亚热带典型常绿阔叶林。

研究结果发现钱江源国家公园物种丰富,特别是中国特有种比例较高,珍稀濒危、红色名录植物物种丰富,占比较大的珍稀濒危物种和中国特有种,以及个体数较少的物种,需要采取措施重点加强保护。从外貌、结构和种类组成上看,钱江源国家公园常绿阔叶林具有我国典型常绿阔叶林科属种特征,更多的植株数量,涵盖了更多的物种,包括蔷薇科 31 种、樟科 21 种、壳斗科 21 种和山茶科 16 种,拥有甜槠林、青冈林等中亚热带常绿阔叶林典型群系,在人为干扰严重的中亚热带地区低海拔山地,存在保存如此完好的植被极为罕见。而

其他经济林或灌丛,在单位面积上的物种数量和个体数量都最低。在不同的森林类型中,物种重要值有差异,其中甜槠、木荷和马尾松在常绿阔叶林、针阔混交林、杉木林中都属于优势种,中亚热带典型优势种占比突出。与钱江源国家公园处于相似纬度带的武夷山自然保护区同属中亚热带生态系统^[28—29],在常绿阔叶林区域两者有相似的优势种^[30—31]。

种-个体曲线指物种数量随植物个体取样数量的变化,反映了群落的结构,是群落生态学的核心内容,也是保护生物学的基础^[32—33],对预测气候变化、生境丧失、人为干扰等因素造成的物种灭绝具有重要意义^[34—35]。钱江源国家公园全域森林、常绿阔叶林、天然针叶林及杉木林的种-个体曲线都显示出,随着取样个体数增加,物种数量先快速增加,然后逐渐缓慢上升,说明取样能够比较好地代表钱江源国家森林公园全域以及不同森林类型的物种组成。在三种森林类型中常绿阔叶林物种多样性最高,物种及个体数量平均值均高于国家公园全域森林,天然针叶林物种多样性次之,杉木林物种多样性最低,二者物种数量平均值均低于国家公园全域森林,显示出钱江源国家森林公园特有的亚热带常绿阔叶林在全域森林物种多样中的主要贡献。

钱江源国家公园森林总体及各种主要森林类型树木的径级呈倒“J”形分布,没有明显的断层现象,群落总体上更新良好。但是树木个体平均胸径较小,这可能与国家公园全境植物多样性监测样地涵盖了大量次生林、人工林相关,树龄偏低。此外,各种林型径级分布为倒“J”形分布,没有明显断层,说明原古田山国家级自然保护区、钱江源国家森林公园等自然保护地对森林的保护和管理措施有效,促进了不同林型更新良好;为了使钱江源国家公园内的森林群落持续处于进展演替的轨道,最终发展到结构更复杂、功能更强大的地带性顶级群落阶段,保护措施的持久性是有必要的。

5 结论与展望

钱江源国家公园物种丰富,珍稀濒危物种多样,但是整体呈现热带成分偏低、温带成分偏高的区系特征,与典型地带性的常绿阔叶原始林有差异;与次生林和杉木林相比,常绿阔叶林包含物种多样性更高,尤其是大径级树木数量更多,钱江源国家公园还包含大量次生林植被,亟待继续加强林地管护,稳步进行不同生态系统植被修复等措施恢复到典型常绿阔叶林植被;钱江源国家公园森林整体及不同植被类型木本植物更新良好,说明自然保护地对森林的保护和管理措施有效。

保护国家公园原真性和完整性是促进国家公园管理和建设、落实国家生态文明发展战略的重要措施^[36—38]。在国家公园建立全域野外科学观测综合平台,针对各类生态系统进行完整、综合、长期的监测研究,有助于揭示典型地带性生态系统的演化规律及其维持机制,为国家公园生物多样性保护和植被恢复提供科学依据。本研究基于浙江钱江源森林生物多样性国家野外科学观测研究站综合平台,对钱江源国家公园全域范围木本植物物种,尤其是珍稀濒危物种的组成和结构进行了研究,为未来研究钱江源国家公园物种多样性和分布长期动态变化、评估物种保护成效奠定了坚实的研究基础,同时也为其他国家公园开展长期生物多样性和生态保育研究提供范例。不同于国家公园植被研究大多聚焦现存的典型地带性植被,本研究还就次生林、经济林与典型地带性植被类型在物种组成和结构上进行对比分析,研究结果为钱江源国家公园不同植被类型恢复管理和保护提供科学指导,对其他国家公园植被恢复研究有重要借鉴意义。

致谢:感谢浙江钱江源森林生物多样性国家野外科学观测研究站为本研究提供数据支持,感谢钱江源国家公园管理局余建平、陈声文和浙江师范大学陈建华教授在野外工作、物种鉴定中给予的帮助。

参考文献 (References):

- [1] 马克平. 森林与人类休戚相关,需要我们更多呵护. 生物多样性, 2011, 19(3): 273-274, 387.
- [2] Cardinale B J, Duffy J E, Gonzalez A, Hooper D U, Perrings C, Venail P, Narwani A, Mace G M, Tilman D, Wardle D A, Kinzig A P, Daily G C, Loreau M, Grace J B, Larigauderie A, Srivastava D S, Naeem S. Biodiversity loss and its impact on humanity. *Nature*, 2012, 486(7401): 59-67.

- [3] Gaston K J, Charman K, Jackson S F, Armsworth P R, Bonn A, Briers R A, Callaghan C S Q, Catchpole R, Hopkins J, Kunin W E, Latham J, Opdam P, Stoneman R, Stroud D A, Tratt R. The ecological effectiveness of protected areas: the United Kingdom. *Biological Conservation*, 2006, 132(1): 76-87.
- [4] Timko J, Satterfield T. Criteria and indicators for evaluating social equity and ecological integrity in National Parks and protected areas. *Natural Areas Journal*, 2008, 28(3): 307-319.
- [5] 唐芳林. 国家公园理论与实践. 北京: 中国林业出版社, 2017.
- [6] 王毅. 中国国家公园顶层制度设计的实践与创新. *生物多样性*, 2017, 25(10): 1037-1039.
- [7] 杨锐. 生态保护第一、国家代表性、全民公益性——中国国家公园体制建设的三大理念. *生物多样性*, 2017, 25(10): 1040-1041.
- [8] 宋永昌. 中国常绿阔叶林: 分类·生态·保育. 北京: 科学出版社, 2013.
- [9] 马克平. 钱江源国家公园体制试点区生物多样性保护与管理对策研究. 中国科学院植物研究所, 2019.
- [10] 中华人民共和国生态环境部.《中国生物多样性保护战略与行动计划》(2011-2030 年). 中国环境科学出版社, 2011.
- [11] 代云川, 薛亚东, 张云毅, 李迪强. 国家公园生态系统完整性评价研究进展. *生物多样性*, 2019, 27(1): 104-113.
- [12] Blocksom K A, Kurtenbach J P, Klemm D J, Fulk F A, Cormier S M. Development and evaluation of the lake macroinvertebrate integrity index (LMII) for new jersey lakes and reservoirs. *Environmental Monitoring and Assessment*, 2002, 77(3): 311-333.
- [13] Baron E. Evaluating a benthic index of biotic integrity (B-IBI) to measure ecological integrity in Pacific Rim National Park Reserve of Canada. Simon Fraser University Press, Burnaby, Canada, 2003.
- [14] Rocchio FJ, Crawford RC. Monitoring Desired Ecological Conditions on Washington State Wildlife Areas Using an Ecological Integrity Assessment Framework. Washington Natural Heritage Program, Washington Department of Natural Resources Olympia, Washington, 2009.
- [15] 马克平. 中国生物多样性监测网络建设: 从 CForBio 到 Sino BON. *生物多样性*, 2015, 23(1): 1-2.
- [16] 祝燕, 赵谷风, 张丽文, 沈国春, 米湘成, 任海保, 于明坚, 陈建华, 陈声文, 方腾, 马克平. 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. *植物生态学报*, 2008, 32(2): 262-273.
- [17] 罗伟雄. 钱江源园区总体规划 (2020—2025 年), 2020.
- [18] 于明坚. 钱江源国家公园综合科学考察报告. 浙江大学生命科学学院、钱江源国家公园管理局, 2020.
- [19] 陈声文, 任海保, 童光蓉, 王宁宁, 蓝文超, 薛建华, 米湘成. 钱江源国家公园木本植物物种多样性空间分布格局. *生物多样性*, 2023, 31(7): 1-13.
- [20] 任海保. 生物多样性观测技术导则--陆生维管植物. 环境保护部, 2014.
- [21] 吴征镒. 中国种子植物属的分布区类型. *云南植物研究*, 1991, 13(S4): 1-139.
- [22] 吴征镒. 中国种子植物属的分布区类型的增订和勘误. *云南植物研究*, 1993, Suppl. IV, 141-178.
- [23] 吴征镒.《世界种子植物科的分布区类型系统》的修订. *云南植物研究*, 2003, 25(5): 535-538.
- [24] 吴征镒, 周浙昆, 李德铎, 彭华, 孙航. 世界种子植物科的分布区类型系统. *云南植物研究*, 2003, 25(3): 245-257.
- [25] 中华人民共和国环境保护部, 中国科学院. 中国生物多样性红色名录-高等植物卷, 2013.
- [26] Gotelli N J, Colwell R K. Quantifying biodiversity: procedures and pitfalls in the measurement and comparison of species richness. *Ecology Letters*, 2001, 4(4): 379-391.
- [27] Song Y C. The essential characteristics and main types of the broad-leaved evergreen forest in China. *Phytocoenologia*, 1988, 16(1): 105-123.
- [28] 陈世品. 武夷山风景区种子植物区系研究. *福建林业科技*, 2004, 31(2): 16-19.
- [29] 方福清. 福建、江西武夷山自然保护区种子植物区系比较. *亚热带农业研究*, 2017, 13(2): 110-114.
- [30] 丁晖, 方炎明, 杨青, 陈晓, 袁发银, 徐辉, 何立恒, 严靖, 陈婷婷, 余朝健, 徐海根. 武夷山中亚热带常绿阔叶林样地的群落特征. *生物多样性*, 2015, 23(4): 479-492.
- [31] 丁晖, 杨云方, 徐海根, 方炎明, 陈晓, 杨青, 伊贤贵, 徐辉, 温小荣, 徐鲜均. 武夷山典型常绿阔叶林物种组成与群落结构. *生态学报*, 2015, 35(4): 1142-1154.
- [32] Preston F W. The commonness, and rarity, of species. *Ecology*, 1948, 29(3): 254-283.
- [33] Condit R, Hubbell S P, Lafrankie J V, Sukumar R, Manokaran N, Foster R B, Ashton P S. Species-area and species-individual relationships for tropical trees: a comparison of three 50-ha plots. *The Journal of Ecology*, 1996, 84(4): 549.
- [34] Pimm S L, Russell G J, Gittleman J L, Brooks T M. The future of biodiversity. *Science*, 1995, 269(5222): 347-350.
- [35] Rybicki J, Hanski I. Species-area relationships and extinctions caused by habitat loss and fragmentation. *Ecology Letters*, 2013, 16: 27-38.
- [36] 唐小平, 欧阳志云, 蒋亚芳, 马伟, 徐卫华, 陈尚, 刘增力. 中国国家公园空间布局研究. *国家公园*, 2023, 1(1): 1-10.
- [37] 徐卫华, 赵磊, 韩梅, 欧阳志云. 国家公园空间布局的物种保护状况评估. *国家公园*, 2023, 1(1): 11-16.
- [38] 王湘国. 三江源国家公园保护价值与管理模式. *国家公园*, 2023, 1(1): 62-66.