



•研究报告•

# 浙江野生种子植物的分布格局与区系分区

丁炳扬<sup>1\*</sup>, 金孝锋<sup>2</sup>, 张永华<sup>3</sup>, 李根有<sup>4</sup>, 陈征海<sup>5</sup>, 张方钢<sup>6</sup>

1. 浙江省林业科学研究院, 杭州 310023; 2. 浙江省森林康养植物功能研究重点实验室/浙江农林大学林业与生物技术学院, 杭州 311300; 3. 温州大学生命与环境科学学院, 浙江温州 325035; 4. 浙江农林大学暨阳学院, 浙江诸暨 311800; 5. 浙江省森林资源监测中心, 杭州 310020; 6. 浙江自然博物院, 杭州 310014

**摘要:** 植物的分布格局和区系分区研究可以为植物资源开发、物种引种、植物多样性保护以及农、林、牧的远景规划提供依据。本文基于最近出版的《浙江植物志(新编)》记载的相关数据, 分析了浙江省野生种子植物的分布格局, 探讨了植物区系的分区。结果显示: 浙江省有种子植物212科1,469属4,430种(不计种下分类群), 其中自然分布的野生种子植物有190科1,085属3,344种, 包含中国特有属45个, 中国特有种1,405个。属级水平上, 广布属有548个, 占野生种子植物总属数的50.5%; 各区域中属数最多的是洞宫山区(851属), 其次是浙东南沿海区(822属)和天目山区(818属), 最少的是浙北平原区(仅有411属)。种级水平上, 种数最多的是洞宫山区(2,304种), 其次是天目山区和仙霞岭区(均超过2,000种), 最少的是浙北平原区(仅有721种)。按照浙江种子植物分布的区域数目分为广布种(904个)、常见种(846个)、局限种(1,000个)、区域独有(594个); 常见种和局限种共计1,846种, 可归纳为以下6个基本分布式样, 浙北部分布(171种)、浙南部分布(280种)、浙西部分布(109种)、浙东部分布(93种)、浙西至浙东南分布(98种)、浙东北至浙西南分布(37种), 其余为丘陵山地散布和间断分布。根据浙江野生种子植物属和种的分布, 结合前人的区系分区研究成果, 将浙江植物区系划分成2个地区(华东地区和岭南山地地区) 3个亚地区(黄淮平原亚地区、浙南山地亚地区和闽北山地亚地区) 5个小区(浙北平原小区、浙江中北部山地丘陵小区、浙东北沿海小区、浙江中南部山地丘陵小区、浙东南沿海小区)。

**关键词:** 种子植物; 植物区系; 分布格局; 区系分区; 浙江

丁炳扬, 金孝锋, 张永华, 李根有, 陈征海, 张方钢 (2023) 浙江野生种子植物的分布格局与区系分区. 生物多样性, 31, 22515. doi: 10.17520/biods.2022515.  
Ding BY, Jin XF, Zhang YH, Li GY, Chen ZH, Zhang FG (2023) Distribution pattern and floristic regionalization of wild seed plants in Zhejiang Province, China. Biodiversity Science, 31, 22515. doi: 10.17520/biods.2022515.

## Distribution pattern and floristic regionalization of wild seed plants in Zhejiang Province, China

Bingyang Ding<sup>1\*</sup>, Xiaofeng Jin<sup>2</sup>, Yonghua Zhang<sup>3</sup>, Genyou Li<sup>4</sup>, Zhenghai Chen<sup>5</sup>, Fanggang Zhang<sup>6</sup>

1 Zhejiang Forestry Academy, Hangzhou 310023

2 Zhejiang Provincial Key Laboratory of Forest Aromatic Plants-based Healthcare Functions/School of Forestry and Bio-technology, Zhejiang A&amp;F University, Hangzhou 311300

3 College of Life and Environmental Sciences, Wenzhou University, Wenzhou, Zhejiang 325035

4 Jiyang College, Zhejiang A&amp;F University, Zhuji, Zhejiang 311800

5 Monitoring Center for Forest Resources in Zhejiang, Hangzhou 310020

6 Zhejiang Museum of Natural History, Hangzhou 310014

### ABSTRACT

**Aims:** Understanding plant distribution pattern and floristic regionalization provides the basis for resource development, species introduction, diversity protection, and long-term planning. Here, the distribution pattern of wild seed plants and the diversity of genera and species in different areas of the Zhejiang Province were analyzed, and the floristic regionalization was discussed.

**Method:** Based on the distribution data of wild seed plants in Zhejiang, recorded in volumes 2–10 of the recently

收稿日期: 2022-09-07; 接受日期: 2022-11-28

基金项目: 浙江省野生植物资源调查、建档、编纂及《浙江植物志》(第二版)编著专项(335010-2015-0005)和国家自然科学基金(32070218)

\* 通讯作者 Author for correspondence. E-mail: dingby2005@126.com

published *Flora of Zhejiang* (New Edition), the distribution pattern and floristic regionalization of wild seed plants in Zhejiang was conducted using statistical and analytical methods of species and genera in this study.

**Results:** Excluding infraspecies, there are 4,430 species of seed plants (representing 1,469 genera in 212 families) in Zhejiang Province, of which 3,344 species are native and wild (representing 1,085 genera in 190 families), including 1,405 species and 45 genera that are endemic to China. At the genus level, there are 548 genera that are widely distributed, which accounts for 50.5% of all wild seed plants in Zhejiang. The most genera are found in the Donggong Mountain area (851), the Southeast Zhejiang coastal area (822) and the Tianmu Mountain area (818) and the least in the North Zhejiang plain (only 411 genera). At the species level, the most are in the Donggong Mountain area (2,304), followed by the Tianmu Mountain and Xianxialing Mountain areas (more than 2,000 species each), and the least are in the North Zhejiang plain area (only 721 species).

**Conclusions:** According to the distribution of seed plants in Zhejiang, we identify four groups: widely-distributed species (904), common species (846), limited species (1,000), and area-unique species (594). Based on the distribution of 1,846 common and limited species, we recognize six distribution patterns: North Zhejiang (including 171 species), South Zhejiang (280 species), West Zhejiang (109 species), East Zhejiang (93 species), West to Southeast Zhejiang (98 species), and Northeast to Southwest Zhejiang (37 species). The others are scattered or disjuncted in hills and mountains. According to the genera and species distribution of wild seed plants in Zhejiang and the results of previous studies on regionalization, the flora of Zhejiang is divided into two regions (East China and the Lingnan mountainous region), three subregions (Huang-Huai plain subregion, southern Zhejiang mountainous subregion and the Northern Fujian mountainous subregion), and five districts (North Zhejiang plain district, North to Central Zhejiang mountainous and hilly district, Northeast Zhejiang coastal district, South to Central Zhejiang mountainous and hilly district, and the Southeast Zhejiang coastal district).

**Key words:** seed plant; flora; distribution pattern; floristic regionalization; Zhejiang

在自然历史条件作用下, 某一特定地区发展演化过程中自然形成的所有植物的总和, 被称作植物区系(林楠和孙航, 2019)。对于浙江种子植物区系的研究, 王景祥(1986)分析了浙江森林植物区系特征, 郑朝宗(1987)分析了浙江种子植物区系的特点, 接着两人合作探讨了浙江植物区系的起源与发展、现代植物区系的特点、与周邻植物区系的联系(王景祥和郑朝宗, 1993); 最近, 金孝锋和鲁益飞等根据最新的浙江植物研究资料作了进一步的分析(金孝锋和鲁益飞, 2021; 金孝锋等, 2022)。

依据植物区系中植物的组成及其长期的自然地理分布, 以及区系的形成过程, 再结合该区域古地质发展历史等特征, 划分出不同等级的单位, 称为植物区系区划(林楠和孙航, 2019)。1979年, 吴征镒系统地论述了中国植物区系的分区问题, 提出2个植物区7个亚区和22个地区的划分方案(吴征镒, 1979); 2011年, 吴征镒等将其修订为4个植物区7个亚区24个地区和49个亚地区(吴征镒等, 2011); 1994年, 张宏达提出植物区系分区提纲, 把全球植物区系划分为劳亚植物界、华夏植物界、澳大利亚植物界、非洲植物界、南美植物界、南极植物界和热带红树植物界(张宏达, 1994)。之后, 我国的许多学者在此基础上对一些省份或地理区域作过更深入的

次级划分, 如西藏(李恒和武素功, 1983)、广东(廖文波, 1995)、河南(刘宗才和曹振强, 2001)、山东(张伟和赵善伦, 2002)、黄土高原(张振万等, 1992)、南岭(陈涛和张宏达, 1995)、秦岭(张秦伟, 2002)、东北(蕨类植物) (Wang & Li, 1995)、山东半岛和辽东半岛(鲁法军等, 2005)、罗霄山脉(赵万义, 2017)等。

对于浙江范围内区域性植物的分布和区系划分, 郑勉(1958)概述了浙江西天目山、杭州市郊山区、四明山、天台山、雁荡山、凤阳山和鼎山的植物分布; 吴征镒(1979)把浙江的大部归入泛北极植物区-中国-日本森林植物亚区-华东地区, 仅东南一隅划为华南地区; 王景祥(1986)通过对浙江森林植物的地理分析认为这一划分是正确的; 裘宝林(1995)选取116个华南区系成分的代表种进一步探讨了浙江南部华南、华东区系的界线。在吴征镒等(2011)的分区方案中, 浙江归属东亚植物区-中国-日本森林植物亚区, 并进一步细分, 将浙江北部(环杭州湾及以北)归入华东地区-黄淮平原亚地区, 浙东南一隅归入岭南山地地区-闽北山地亚地区, 其余全部归入华东地区-浙南山地亚地区。而在张宏达(1994)的分区方案中, 浙江被归于华夏植物界-东亚植物区-华中省。

上述关于浙江植物区系的研究大多限于当时

的不甚完整的植物调查与分类研究资料,或是建立在局部的调查研究基础之上,缺乏系统性,且没有对浙江种子植物的分布格局和区系的次级划分进行过探讨。值得研究的科学问题有:浙江野生种子植物有什么样的分布格局?各区域种子植物区系有什么共性和差异?植物区系的次级分区如何进行划分?《浙江植物志》出版后的30年来,在浙江各级政府和科教单位的高度重视下,植物资源调查工作开展的如火如荼,研究工作更为全面和深入,获得了丰富的研究资料。最近,种类更齐全、分布信息更准确的《浙江植物志(新编)》出版,为更深入研究浙江植物区系特征、分布格局及区系的次级划分奠定了基础(《浙江植物志(新编)》编辑委员会, 2020–2021)。本文以最近出版的《浙江植物志(新编)》第二至十卷记载的浙江自然分布的野生种子植物分布数据为依据,分析了浙江各区域属和种的多样性差异,揭示了野生种子植物的分布格局,探讨了植物区系的分区,以期对植物资源开发、物种引种、植物多样性保护以及农、林、牧远景规划提供科学依据。

## 1 浙江自然概况

浙江(27°06′–31°11′ N、118°01′–123°10′ E)位于我国东南沿海,东濒东海,南接福建,西与安徽、江西交界,北与江苏、上海相邻,全省陆域面积 $1.055 \times 10^7$  ha,沿海有众多岛屿。浙江地质上属华夏隆起地带,全省以江山–绍兴深大断裂为界线分为东、西两大片。浙西片历史上为海相沉积地层,有较多石灰岩出露;浙东片主要为中生代陆相火山沉积地层,以火山碎屑岩和侵入岩(花岗岩)最常见。地貌属华中–华东低山与丘陵及江浙冲积平原的一部分,以分割破碎的中低山和丘陵为主。全省地势西南高东北低,西南山地为省内主要山区,最高峰为龙泉的黄茅尖,海拔1,929 m,中部多为1,000 m以下的低山丘陵,间有大小盆地,北部的太湖流域及钱塘江下游地区为冲积平原。主要水系有钱塘江、甌江、椒江、甬江、飞云江、鳌江、苕溪和运河等八大水系(图1)。主要山脉均沿西南–东北方向延伸,可分为3支:北支为天目山脉,是长江和钱塘江水系的分水岭;中支为仙霞岭山脉,是钱塘江和甌江水系的分水岭,向东北延伸为大盘山、天台山及四明山,

是曹娥江(隶属钱塘江水系)、甬江和椒江水系的分水岭;南支为洞宫山脉,是甌江和飞云江水系的分水岭,向东北延伸的括苍山是椒江和甌江水系的分水岭(陈桥驿, 1985)。

浙江位于中纬度亚热带中北部,南北纬度相差约4°,属典型亚热带季风型气候,冬夏季风交替显著,季节性变化明显。全年光照时间约1,800–2,100 h,日均温稳定通过5℃以上的生长期南部可达335 d,北部有275 d。年均温15.4–18.1℃,最冷月1月平均温度在2.5–7.5℃之间,浙东南的温州和浙西北的湖州相差约5℃,极端最低气温达–17.4℃。最热月7月平均气温在26.5–29.5℃之间,多年极端最高气温达42.5℃,各地温差较小(陈桥驿, 1985)。年降水量1,100–1,900 mm,其空间分布的基本趋势是沿海少于内陆,平原少于山地,由西南向东北递减。降水量的季节分布不均,主要有集中于3–4月的春雨、6月的梅雨和8–9月的台风雨(陈桥驿, 1985)。地带性土壤以红壤为主,还有黄壤、黄棕壤,低山、丘陵零星分布有石灰土、紫色土等,河谷平原冲积地区、滨海平原盐渍地区、水网平原河湖相沉积地区有潮土、盐土、水稻土等。地带性植被为中亚热带常绿阔叶林,植被区划上北部和西部为浙–皖山丘青冈(*Cyclobalanopsis glauca*)、苦槠(*Castanopsis sclerophylla*)林及栽培植被区,浙东和浙中为浙–闽山地甜槠(*Castanopsis eyrei*)、木荷(*Schima superba*)林区,浙东南属南岭–闽中山地栲类(*Castanopsis* spp.)、蕈树(*Altingia chinensis*)林区(吴征镒, 1980)。由于历史上人类过度开发,原生植被仅在局部地区有少量留存,但近30多年来大部分地区得到较好保护并在逐渐恢复之中。

## 2 研究方法

### 2.1 研究区域划分

为了研究浙江野生种子植物的分布规律,以主要山脉为基础,参考地质历史、地形地貌和气候条件并结合多年野外调查经验将研究区域划分为10个区域(图1)。首先根据地貌将环杭州湾的杭嘉湖平原和宁绍平原单独划分为区1(浙北平原区)。然后以江山–绍兴深大断裂为界线将其余部分划分为东、西片。再依据主要山脉将西片划分为区2(天目山区)和区3(千里岗山区);将东片丘陵山地划分为区4



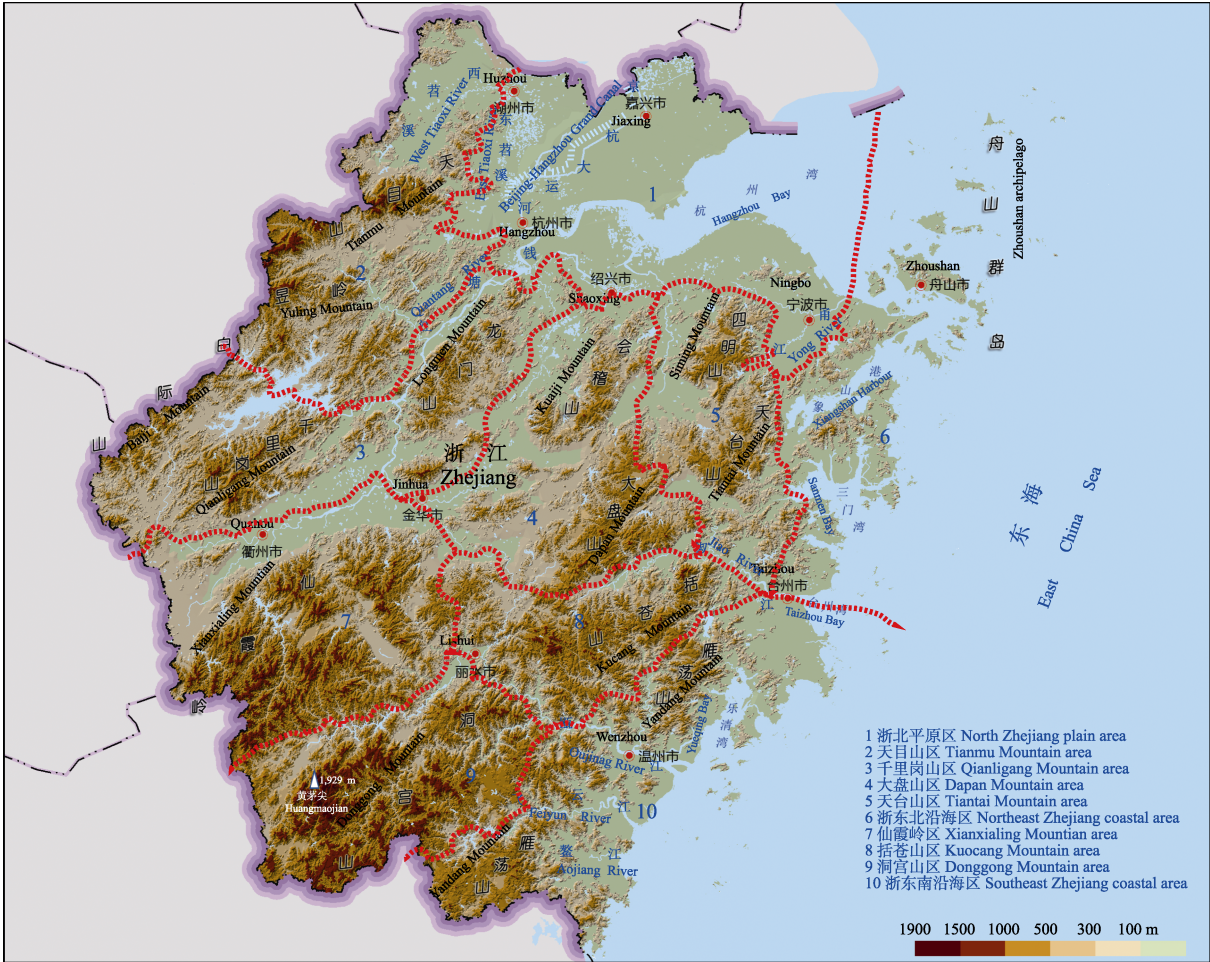


图1 浙江省地势及野生种子植物分布区域划分图  
Fig. 1 Topography and distribution area of wild seed plants division diagram of Zhejiang Province

(大盘山区)、区5(天台山区)、区7(仙霞岭区)、区8(括苍山区)和区9(洞宫山区);在东部沿海以椒江口为界,北部以舟山群岛为主,加上具有相似生境条件的宁波、台州沿海划分为区6(浙东北沿海区);南部沿海则按照吴征镒和裘宝林的分区意见划分为区10(浙东南沿海区)(详细划分见附录1)。

## 2.2 种类分布数据的采集

以《浙江植物志(新编)》第二至十卷和第一卷补遗记载的种子植物分布为依据采集上述10个研究区域的种类数据。因该植物志是以行政区划记录植物分布的,数据采集时对于某个行政区处于不同研究区域的,通过文献和标本查阅及野外调查记录获得的具体分布点确定其所属研究区域,如夏蜡梅(*Sinocalycanthus chinensis*)在天台分布于大雷山,归入大盘山区而不是天台山区;白花过路黄(*Lysimachia huitsunae*)在龙泉分布于披云山,归入

仙霞岭区而不是洞宫山区;眉县藁草(*Carex meihsienica*)在桐庐分布于白云源,归入千里岗山区而不是天目山区。

本文以浙江自然分布的野生种子植物的属和种为研究对象,不包括栽培种和外来种(入侵、逸生或归化种),外来种的界定主要参照《中国外来入侵植物名录》(马金双和李惠如,2018)。在种类统计上以种系为单位,浙江有模式亚种(变种、变型)的种下分类群不作统计,其分布范围归入模式亚种(变种、变型),浙江无模式亚种(变种、变型)的种下分类群以种计数(1个种系下不止1个种下分类群的只计1个)(附录2,附录3)。

## 2.3 统计分析方法

### 2.3.1 各区域属、种的数量比较和相似性分析

统计并比较各区域野生种子植物属、种数量及各区域独有分布(在浙江仅限于某个区域)属、种数



量。然后基于不同区域分布属、种的Jaccard系数( $2B/(1+B)$ , B为Bray-Curtis差异)通过全联聚类法(complete linkage clustering)作聚类树状图。另外, 统计并比较各区域中国特有属数量, 作聚类树状图。

2.3.2 种和属的分布格局分析

将浙江野生种子植物属和种按在省内分布的广泛程度分为广布(10个区域均有的全省分布和出现于9个区域的准全省分布)、常见(5–8个区域有分布)、局限(2–4个区域有分布)和各区域独有(仅某个区域有分布)。着重将常见种(属)和局限种(属)的分布归纳于以下几个式样: (1)浙北部分布(仅出现于第2–5区域, 个别的也出现于第1、6区域); (2)浙南部分布(仅出现于第7–10区域); (3)浙西部分布(仅出现于第2、3、7、9区域); (4)浙东部分布(仅出现于第6、10区域, 个别的还出现于相邻的第5或8区域); (5)浙西至浙东南分布(自浙西的第3区域的西部往南至第7、9区域, 再向东至第10区域); (6)浙东北至浙西南分布(自浙东北的第6区域往南至第10区域, 再向西至第8、9区域); (7)丘陵山地散布(除上述式样外在第2–10区域内有2至数个区域形成连续分布区); (8)间断分布(在全省有2至数个区域但不形成连续分布区)。

3 结果

3.1 属的分析

现知浙江有种子植物212科1,469属4,430种(《浙江植物志(新编)》编辑委员会, 2020–2021), 其中野生植物有190科1,085属3,344种, 包含中国特有属45个(占野生植物总属数的4.1%)。

3.1.1 各区域属的数量和独特性

各区域分布的野生种子植物属数和独有属数见表1。从表1可见, 各区域中属数最多的是洞宫山

区(851属), 其次是浙东南沿海区(822属)和天目山区(818属), 最少的是浙北平原区(仅有411属)。

区域独有属数最多的是浙东南沿海区(40属), 其次是天目山区(28属), 洞宫山区、浙东北沿海区和仙霞岭区也较多, 其余区域很少, 甚至无(如括苍山区)。浙北平原区有区域独有属茛苳属(*Euryale*)和葶苈属(*Thlaspi*); 天目山区有青檀属(*Pteroceltis*)、黄山梅属(*Kirengeshoma*)、梅花草属(*Parnassia*)、栂子属(*Cotoneaster*)、叠鞘兰属(*Chamaegastrodia*)等; 千里岗山区有全唇苣苔属(*Deinocheilos*)、舞花姜属(*Globba*)等; 大盘山区有星粟草属(*Glinus*)和蓝刺头属(*Echinops*); 天台山区有莲属(*Nelumbo*); 浙东北沿海区有蓝雪花属(*Ceratostigma*)、沟繁缕属(*Elatine*)、獐毛属(*Aeluropus*)、落草属(*Koeleria*)、田葱属(*Philydrum*)等; 仙霞岭区有穗花杉属(*Amentotaxus*)、润边草属(*Peltoboykinia*)、永瓣藤属(*Monimopetalum*)、鞭打绣球属(*Hemiphragma*)、假野菰属(*Christisonia*)等; 洞宫山区有匙叶草属(*Latouchea*)、台闽苣苔属(*Titanotrichum*)、假盖果草属(*Pseudopyxis*)、紫菊属(*Notoseris*)、美冠兰属(*Eulophia*)等; 浙东南沿海区有厚壳桂属(*Cryptocarya*)、黄细心属(*Boerhavia*)、翅子树属(*Pterospermum*)、老虎刺属(*Pterolobium*)、幌伞枫属(*Heteropanax*)、省藤属(*Calamus*)等。

3.1.2 浙江各区域分布属的相似性比较和聚类分析

基于不同区域分布属的Jaccard系数作聚类树状图(图2)。从图2可见, 根据各区域属的分布在Jaccard系数0.35水平, 将浙江植物区系划分为3个亚区, 浙北平原区单独成1个亚区, 浙东北沿海区和浙东南沿海区组成1个亚区, 其余7个内陆山地丘陵组成1个亚区。在Jaccard系数0.27水平可将浙江植物区系划分为5个亚区, 浙北平原区仍单独为1个亚

表1 浙江各区域分布的野生种子植物属数和独有属数

Table 1 Number of the genera and unique genera of wild seed plants distributed in each area of Zhejiang

区域 Area	属数 Genus number	独有属数 Number of unique genera	区域 Area	属数 Genus number	独有属数/ Number of unique genera
1 浙北平原区 North Zhejiang plain area	411	2	6 浙东北沿海区 Northeast Zhejiang coastal area	707	12
2 天目山区 Tianmu Mountain area	818	28	7 仙霞岭区 Xianxialing Mountain area	804	9
3 千里岗山区 Qianligang Mountain area	786	4	8 括苍山区 Kuocang Mountain area	758	0
4 大盘山区 Dapan Mountain area	695	2	9 洞宫山区 Donggong Mountain area	851	18
5 天台山区 Tiantai Mountain area	736	1	10 浙东南沿海区 Southeast Zhejiang coastal area	822	40

区, 浙东北沿海区和浙东南沿海区各成1个亚区, 天目山区、千里岗山区、大盘山区和天台山区组成1个亚区, 仙霞岭区、括苍山区和洞宫山区组成1个亚区。

浙江分布的中国特有属共45个, 各区域中分布数量最多的是天目山区(31属), 最少的是浙北平原区(3属), 其余区域依次是千里岗山区(27)、仙霞岭区(26)、洞宫山区(23)、括苍山区(19)、大盘山区(18)、天台山区(15)、浙东南沿海区(12)、浙东北沿海区(9)。除浙北平原区外, 明显具有自西向东、自北至南减少的趋势, 这与浙江所处的地理位置有关, 浙江的西面是中国的腹地, 中国特有属多样性中心所在地。从树状图(图3)可见, 在Jaccard系数0.83水平可将浙江植物区系划分为3个亚区, 在Jaccard系数0.76水平将浙江植物区系划分为4个亚区, 与全部属的聚类结果的差异是将浙东南沿海区归入由括

苍山区、洞宫山区和仙霞岭区组成的分支中。

### 3.1.3 属的分布格局

在1,085属野生种子植物中, 全省分布的有355属, 占总属数的32.7%, 准全省分布的有193属(除浙北平原区外其余9区均有的有181属, 占绝大多数), 占总属数的17.8%, 两者相加占50.5%, 说明有一半的属是广布属。常见属有200个, 占总属数的18.4%; 局限属有221个, 占总属数的20.4%; 区域独有属有116个, 占总属数的10.7%。在常见和局限分布的共421属中, 可以归纳为以下几种分布式样(图4): (1) 浙北部分布有31属; (2) 浙南部分布有57属; (3) 浙西部分布有27属; (4) 浙东部分布有29属; (5) 浙西至浙东南分布有21属; (6) 浙东北至浙西南分布有10属; (7) 丘陵山地散布有150属, 其中32属分布至浙东北沿海区、54属分布到浙东南沿海区; (8) 间断分布有96属。

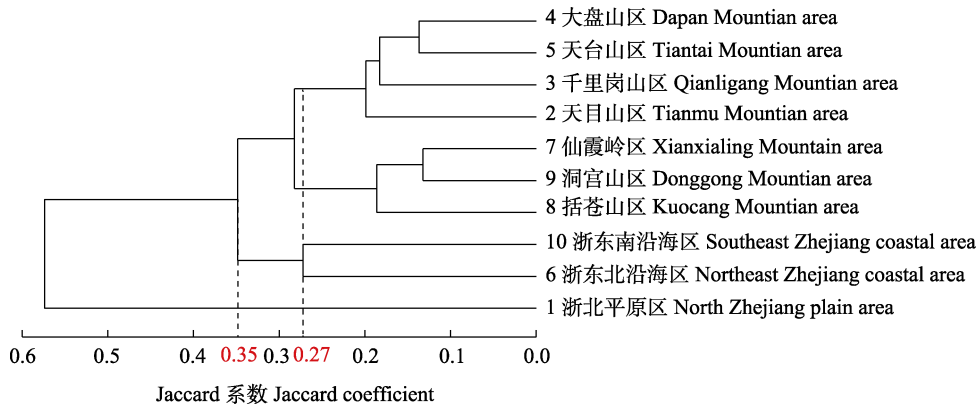


图2 基于不同区域分布属的Jaccard系数聚类树状图

Fig. 2 Clustering tree based on Jaccard coefficient of different area's distribution genera

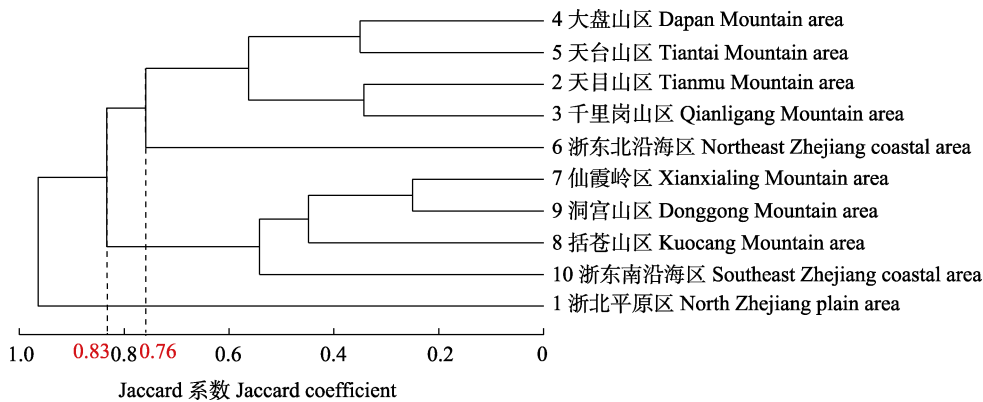


图3 基于不同区域分布的中国特有属的Jaccard系数聚类树状图

Fig. 3 Clustering tree based on Jaccard coefficient of different area's distribution genera endemic to China



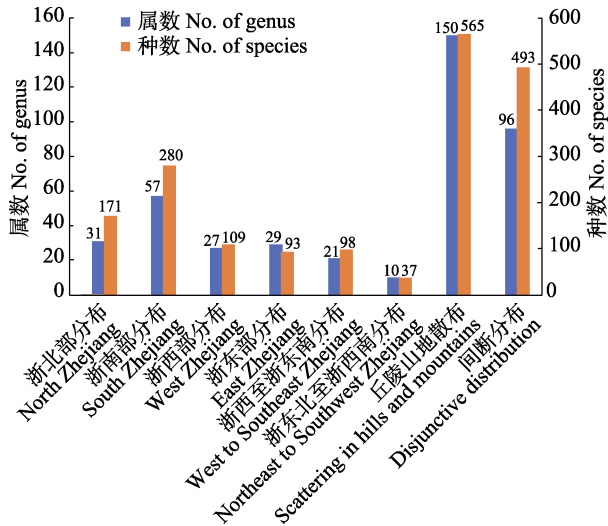


图4 常见属(种)和局限属(种)各分布式样的属(种)数  
Fig. 4 Number of the genera (species) in each distribution pattern of the common genera (species) and limited genera (species)

3.2 种的分析

3.2.1 各区域种的数量和独特性

浙江3,344种野生种子植物中,各区域分布的种数和区域独有种数见表2。种数最多的是洞宫山区(2,304种),其次是天目山区和仙霞岭区,均超过2,000种,最少的是浙北平原区,仅有721种。

区域独有种数最多的是天目山区,其次是洞宫山区和浙东南沿海区。浙北平原区的区域独有种有芡实(*Euryale ferox*)、簸箕柳(*Salix suchowensis*)、百金花(*Centaurium pulchellum*)、戟叶薹草(*Carex canina*)等14种;天目山区有天目金粟兰(*Chloranthus tianmushanensis*)、白花土元胡(*Corydalis humosa*)、羊角槭(*Acer miaotaiense* subsp. *yangjuechi*)、天目当归(*Angelica tianmuensis*)、浙江天名精(*Carpesium zhejiangense*)等149种;千里岗山区有美丽马醉木(*Pieris formosa*)、浙江安息香

(*Styrax zhejiangensis*)、洪林龙头草(*Meehania hongliniana*)等35种;大盘山区有大盘山榧(*Torreya dapanshanica*)、陈谋悬钩子(*Rubus chenmouii*)、高姥山堇花(*Wikstroemia gaomushanensis*)等16种;天台山区有华顶卷耳(*Cerastium glabripetalum*)、天台猪屎豆(*Crotalaria tiantaiensis*)、鄂西香茶菜(*Isodon henryi*)等13种;浙东北沿海区有圆头叶桂(*Cinnamomum daphnoides*)、普陀樟(*Cinnamomum japonicum* var. *chenii*)、三蕊沟繁缕(*Elatine triandra*)、普陀南星(*Arisaema ringens*)等56种;仙霞岭区有遂昌凤仙花(*Impatiens suichangensis*)、江山倭竹(*Shibataea chiangshanensis*)、大西坑水玉簪(*Burmannia daxikangensis*)、梵净山石斛(*Dendrobium fanjingshanense*)、政和石斛(*Dendrobium zhenghuoense*)等33种;括苍山区有仙居葡萄(*Vitis wentsaiana*)、舌叶天名精(*Carpesium glossophyllum*)、仙居紫菀(*Aster xianjuensis*)、仙居油点草(*Tricyrtis xianjuensis*)等15种;洞宫山区有景宁晚樱(*Cerasus paludosa*)、庆元冬青(*Ilex qingyuanensis*)、文采乌菰莓(*Causonis wentsaiana*)、泰顺皿果草(*Omphalotrigonotis taishunensis*)、庆元香科科(*Teucrium qingyuanense*)等127种;浙东南沿海区有硬壳桂(*Cryptocarya chingii*)、长圆楼梯草(*Elatostema oblongifolium*)、黧蒴栲(*Castanopsis fissa*)、锐叶山柑(*Capparis acutifolia*)、桃金娘(*Rhodomyrtus tomentosa*)、艳山姜(*Alpinia zerumbet*)等112种。

3.2.2 浙江各区域种的相似性比较和聚类分析

基于不同区域分布种的Jaccard相似系数作聚类树状图(图5)。从图5可以看出,种分布格局的聚类树状图与属分布的聚类树状图比较相似,同样在Jaccard系数0.55水平将浙江植物区系划分为3个亚区,在Jaccard系数0.43水平划分为5个亚区,差异在于划分为3个亚区时浙东南沿海区与括苍山区、仙

表2 浙江各区域分布的野生种子植物种数和独有种数

Table 2 Number of the species and unique species of wild seed plants distributed in each area of Zhejiang

区域 Area	种数 Species number	区域独有种数 Number of unique species	区域 Area	种数 Species number	区域独有种数 Number of unique species
1 浙北平原区 North Zhejiang plain area	721	14	6 浙东北沿海区 Northeast Zhejiang coastal area	1,527	56
2 天目山区 Tianmu Mountain area	2,089	149	7 仙霞岭区 Xianxialing Mountain area	2,006	33
3 千里岗山区 Qianligang Mountain area	1,939	35	8 括苍山区 Kuocang Mountain area	1,803	15
4 大盘山区 Dapan Mountain area	1,541	16	9 洞宫山区 Donggong Mountain area	2,304	127
5 天台山区 Tiantai Mountain area	1,688	13	10 浙东南沿海区 Southeast Zhejiang coastal area	1,920	112

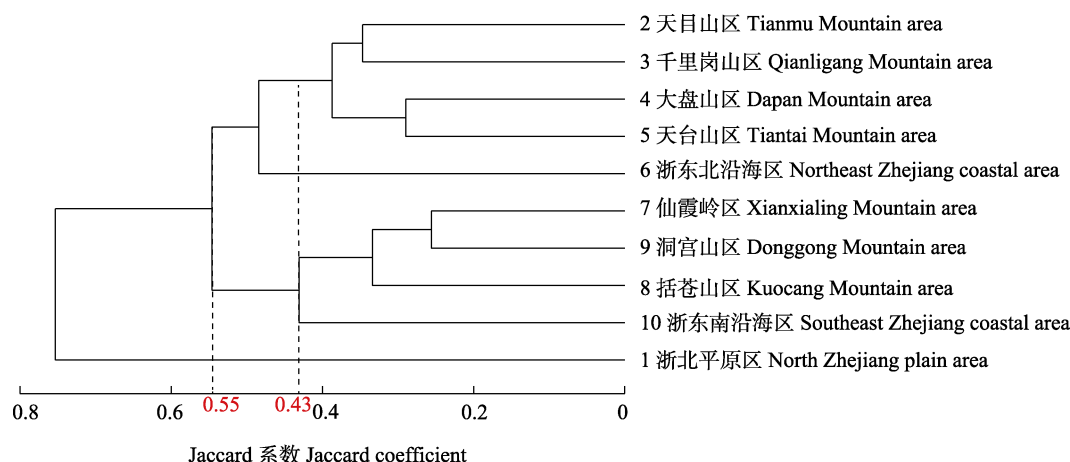


图5 基于不同区域分布种的Jaccard系数聚类树状图

Fig. 5 Clustering tree based on Jaccard coefficient of species distributed in different areas

霞岭区、洞宫山区合成1个亚区, 而浙东北沿海区则与天目山区、千里岗山区、大盘山区和天台山区合成1个亚区, 但这2个区域都与其他区域有较大距离, 这与中国特有属分布的聚类树状图一致。5个亚区的划分与属的分布聚类树状图完全一致。

### 3.2.3 种的分布格局

全省3,344种野生种子植物中, 中国特有种1,405个(占总种数的42.0%), 其中华东特有(与邻省共有, 即《浙江植物志(新编)》所指的华东地区)168种, 浙江特有183种。浙江特有的183种中, 洞宫山区分布有81种之多, 其次是仙霞岭区(67种), 天目山区(52种)和千里岗山区(51种)也较多; 而华东特有的168种则以天目山区最多, 达91种, 其次为千里岗山区和洞宫山区, 均有86种。

按照浙江野生种子植物在省内分布的区域数目分为5个等级: 全省分布的有523种, 仅占总种数的15.6%; 准全省分布有381种(除浙北平原区外其余9区均有的有355种, 占大多数), 占总种数的11.4%, 两者相加为27.0%; 常见种有846种, 占总种数的25.3%; 局限种有1,000种, 占总种数的29.9%; 区域独有种有594种, 占总种数的17.8%。

常见种和局限种1,846种, 可归纳为以下几种分布式样(图4): (1)浙北部分布有171种, 集中了东北或华北植物区系成分分布至浙江的大多数种类, 如辽宁堇菜(*Viola rossii*)、北柴胡(*Bupleurum chinense*)、睡菜(*Menyanthes trifoliata*)、日本龙常草(*Diarrhena japonica*)、假鼠妇草(*Glyceria leptolepis*)、毛崖棕(*Carex ciliatomarginata*)、对叶韭(*Allium listera*)、玉

蝉花(*Iris ensata*)等; (2)浙南部分布有280种, 华南区系成分延至浙江的种类大多集中于此, 如乐东拟单性木兰(*Parakmeria lotungensis*)、瓜馥木(*Fissistigma oldhamii*)、细柄蕈树(*Altingia gracilipes*)、半枫荷(*Semiliquidambar cathayensis*)、南岭栲(*Castanopsis fordii*)、山芝麻(*Helicteres angustifolia*)等; (3)浙西部分布有109种, 多是西南和华中区系成分分布到浙江的种类, 如巴山榧(*Torreya fargesii*)、猫儿屎(*Decaisnea insignis*)、华中婆婆纳(*Veronica henryi*)、中南蒿(*Artemisia simulans*)、西南葶草(*Setaria forbesiana*)等; (4)浙东部分布有93种, 其中许多是典型的滨海植物, 如滨海黄堇(*Corydalis heterocarpa*)、盐角草(*Salicornia europaea*)、海岸卫矛(*Euonymus tanakae*)、滨海前胡(*Peucedanum japonicum*)、滨海珍珠菜(*Lysimachia mauritiana*)、滨艾(*Artemisia fukudo*)、川蔓藻(*Ruppia maritima*)、盐地鼠尾粟(*Sporobolus virginicus*)等, 或是日本或我国台湾与浙江间断分布的种类, 如台湾蚊母树(*Distylium gracile*)、厚叶石斑木(*Rhaphiolepis umbellata*)、琉球虎皮楠(*Daphniphyllum luzonense*)、全缘冬青(*Ilex integra*)、海岛荚蒾(*Viburnum japonicum*)、日本百金花(*Centaurium japonicum*)等; (5)浙西至浙东南分布有98种, 如假地枫皮(*Illicium jiadifengpi*)、绒毛山胡椒(*Lindera nacusua*)、中华野海棠(*Bredia sinensis*)、尼泊尔鼠李(*Rhamnus napalensis*)等; (6)浙东北至浙西南分布有37种, 如竹柏(*Nageia nagi*)、华南樟(*Cinnamomum austrosinense*)、风兰(*Neofinetia falcata*)等; (7)丘陵山地散布的有565种, 其中最典型的是除



浙北平原区、浙东北沿海区和浙东南沿海区外的7个区域均有分布,如黑壳楠(*Lindera megaphylla*)、金缕梅(*Hamamelis mollis*)、光叶榉(*Zelkova serrata*)、山拐枣(*Poliothysis sinensis*)、香槐(*Cladrastis wilsonii*)、毛药花(*Bostrychanthus deflexa*)等;(8)间断分布的有493种,如天目木兰(*Magnolia amoena*)间断分布于第2-6区和第9区(洞宫山区),莼菜(*Brasenia schreberi*)间断分布于浙江西北部和浙江南部,夏蜡梅间断分布于天目山区和大盘山区,草芍药(*Paeonia obovata*)间断分布于天目山区和天台山区等。

### 3.2.4 边界局域种与省外植物区系的关联性

对在浙江局部分布且其分布区是以浙江为分布边界的称之为边界局域种。统计结果表明这样的物种共有1,317种。其中,华南、西南和华中至浙西南分布的有403种,西南和华中至浙西分布的有224种,华南至浙南分布的有196种,东北、华北和西北至浙江西北分布的有172种,日本、朝鲜、中国东北和西北至浙北分布的有149种,中国西南、华南、浙南至日本分布的有98种,日本或我国台湾至浙东南分布的有75种。总体上是往西与华中及西南区系联系最为密切,其次是往南与华南区系的联系。这与浙江位于亚洲大陆的东缘有关,也与我国西南是植物物种多样性发展和演化辐射中心有关,验证了由西南向华东沿海存在3条迁移路线,即北部沿秦岭-大别山走廊、中部沿武陵山-幕阜山、南部沿南岭走廊(王文采,1992)。

### 3.3 浙江种子植物区系的分区

分析结果表明,无论是属、种和中国特有属的分布的聚类树状图,都是空间位置上循序聚合,而未出现跳跃的情况。一方面说明浙江植物区系各区域是循序渐进的演化关系,相互之间并没有明显的阻隔。另一方面也说明本文采用的植物分布数据是翔实可靠的,各个区域面积大小和调查的深入程度略有差异,但差异微小,每个区域都至少有1个调查特别详尽的地方(如保护区、山脉或县域)。

从聚类树状图可以看出现代浙江植物区系的分异存在以下几个特点:一是地形地貌上的分异,可以明显区别出浙北平原区;二是东西向的分异,主要体现为2个沿海区域与7个内陆丘陵山地分开,沿海区域虽然都是浙江内陆山地的自然延伸,但受

海洋环境的影响较大;三是南北向的分异,沿椒江-金衢盆地一线以北的4个山地和以南的3个山地明显分开。江山-绍兴深大断裂东西两个构造单元在晚侏罗纪(距今1.3亿年)形成了两个不同的植物区系(王景祥和郑朝宗,1993),但经过漫长的历史演化和扩散迁移过程,致使两个构造单元的植物区系融为一体,此大断裂并没有成为现代植物区系的主要分界线。

根据浙江野生种子植物属和种分布的聚类树状图(图2,图5),结合前人的区系分区研究成果,将浙江植物区系划分成2个地区3个亚地区5个小区。即:

#### III 东亚植物区

##### III D 中国-日本森林植物亚区

##### III D9 华东地区

##### III D9a 黄淮平原亚地区

##### (1)浙北平原小区(区1)

##### III D9c 浙南山地亚地区

##### (2)浙江中北部山地丘陵小区(区2-5)

##### (3)浙东北沿海小区(区6)

##### (4)浙江中南部山地丘陵小区(区7-9)

##### III D11 岭南山地地区

##### III D11a 闽北山地亚地区

##### (5)浙东南沿海小区(区10)

以下对上述5个小区植物分布作简要阐述。

#### 3.3.1 浙北平原小区

本小区以平原河网为主,还包括环杭州湾滨江或滨海,植物分布上以常见草本植物(尤其是农田杂草)为主,如毛茛属(*Ranunculus*)、繁缕属(*Stellaria*)、眼子菜属(*Potamogeton*)、菊科和禾本科杂草等。在嘉兴市的东部和慈溪的南部有一些丘陵低山分布,因此有许多广布的乔灌木出现,如马尾松(*Pinus massoniana*)、香樟(*Cinnamomum camphora*)、青冈、欒木(*Loropetalum chinense*)、水竹(*Phyllostachys heteroclada*)等;在钱塘江口和杭州湾两岸的沿江和沿海滩涂上生长着一些滨海植物。本小区共有野生种子植物411属721种,其中区域独有属2个,区域独有种14个,特别是最近在杭州湾南面的慈溪五磊山等地发现的秤锤树(*Sinojackia xylocarpa*)是国家二级重点保护野生植物。本小区浙江特有植物有浙江柳(*Salix chekiangensis*)、杭州芥宁(*Mosla hangchowensis*)、

花哺鸡竹(*Phyllostachys glabrata*) 3种; 国家二级重点保护野生植物有秤锤树、榉树(*Zelkova schneideriana*)、野荞麦(*Fagopyrum dibotrys*)、野大豆(*Glycine soja*)、细果野菱(*Trapa incisa*)等9种; 浙江省重点保护野生植物有茭实、山绿豆(*Vigna minima*)、野豇豆(*Vigna vexillata*)等6种。

### 3.3.2 浙江中北部山地丘陵小区

本小区包括天目山、千里岗山、大盘山、天台山4个区域, 包含了中山、低山、丘陵、山地沼泽、盆地、河谷小平原等地貌类型, 生境多样。其中天目山区具有第二多的区域独有属, 第一多的区域独有种, 第三多的浙江特有种和最多的华东特有种, 包括许多自东北-华北或西北经华中分布到浙江的属和种(刘昉勋等, 1995), 如睡菜属(*Menyanthes*)、鸦葱属(*Scorzonera*)、顶冰花属(*Gagea*)及蔓孩儿参(*Pseudostellaria davidii*)、拳参(*Polygonum bistorta*)、锥果芥(*Berteroella maximowiczii*)、秋子梨(*Pyrus ussuriensis*)、有斑百合(*Lilium concolor* var. *pulchellum*)、玉蝉花等, 表明这是一个南北区系交汇强烈的区域, 具有特殊性, 然而在几个聚类树状图中均没有单独分开, 而与千里岗山区、大盘山区、天台山区聚在一起, 这说明它们之间具有很高的相似性, 是一个整体。本小区共分布有野生种子植物905属2,572种, 其中4个区域共有种为1,182种, 在浙江仅见于本小区的有58属340种。本小区有浙江特有植物108种, 如天目铁木(*Ostrya rehderiana*)、浙江商陆(*Phytolacca zhejiangensis*)、清凉峰卷耳(*Cerastium qingliangfengicum*)、天台小檗(*Berberis lempergiana*)、天目山景天(*Sedum tianmushanense*)、临安槭(*Acer linganense*)、细果秤锤树(*Sinojackia microcarpa*)等。本小区分布的国家一级重点保护野生植物有5种, 即银杏(*Ginkgo biloba*)、南方红豆杉(*Taxus mairei*)、天目铁木、银缕梅(*Parrotia subaequalis*)和象鼻兰(*Nothodoritis zhejiangensis*)、二级重点保护野生植物有66种, 如金钱松(*Pseudolarix amabilis*)、大盘山榧、夏蜡梅、连香树(*Cercidiphyllum japonicum*)、长柄双花木(*Disanthus cercidifolius* subsp. *longipes*)、天台鹅耳枥(*Carpinus tientaiensis*)、黄山梅(*Kirengeshoma palmata*)、天目贝母(*Fritillaria monantha*)、独花兰(*Changnienia amoena*)等; 浙江省重点保护野生植物65种, 如天

目木兰、天台铁线莲(*Clematis tientaiensis*)、小勾儿茶(*Berchemiella wilsonii*)、浙江安息香、睡菜、扇脉杓兰(*Cypripedium japonicum*)等。

### 3.3.3 浙东北沿海小区

本小区以舟山群岛为主体, 还包括宁波东部和台州北部沿海。以低山丘陵为主, 滨海滩涂是其特征生境。共分布有野生种子植物707属1,527种, 包括浙江特有植物14种, 如普陀鹅耳枥(*Carpinus putoensis*)、浙江溲疏(*Deutzia faberi*)、单花合柱蔷薇(*Rosa uniflorella*)、钟氏菊(*Cirsium tsoongianum*)等。在浙江仅见于本小区的有12属56种, 其中有许多日本-朝鲜半岛与浙江间断分布的属和种, 如小石积属(*Osteomeles*)及舟山新木姜子(*Neolitsea sericea*)、日本野木瓜(*Stauntonia hexaphylla*)、日本厚皮香(*Ternstroemia japonica*)、海滨木槿(*Hibiscus hamabo*)、日本女贞(*Ligustrum japonicum*)、朝鲜韭(*Allium sacculiferum*)等。本小区分布的国家一级重点保护野生植物有南方红豆杉、普陀鹅耳枥、银缕梅和象鼻兰4种, 二级重点保护野生植物有普陀樟、舟山新木姜子、榉树等31种; 浙江省重点保护野生植物22种, 如罗汉松(*Podocarpus macrophyllus*)、毛叶铁线莲(*Clematis lanuginosa*)、海滨木槿、圆叶小石积(*Osteomeles subrotunda*)、金豆(*Fortunella venosa*)、海岛荚蒾等。滨海植物丰富, 超过150种, 如海岛薜荔(*Ficus thunbergii*)、海岛桑(*Morus bombycis*)、盐角草、刺沙蓬(*Salsola tragus*)、滨柃(*Eurya emarginata*)、滨蛇床(*Cnidium japonicum*)、肾叶打碗花(*Calystegia soldanella*)、匙叶紫菀(*Aster spathulifolius*)、筛草(*Carex kobomugi*)、绢毛飘拂草(*Fimbristylis sericea*)等。

### 3.3.4 浙江中南部山地丘陵小区

本小区包括仙霞岭、括苍山和洞宫山3个区域, 以中低山地为主, 是浙江海拔最高的小区, 在浙江海拔超过1,800 m的山峰均集中于此。包含了中山、低山、丘陵、山地沼泽、盆地、河谷小平原等地貌, 生境复杂多样。共分布有野生种子植物913属2,593种, 其中3个区域共有种为1,498种, 在浙江仅见于本小区的有41属274种。本小区有浙江特有植物120种, 如百山祖冷杉(*Abies beshanzuensis*)、景宁木兰(*Magnolia sinostellata*)、舟柄铁线莲(*Clematis dilatata*)、九龙山景天(*Sedum jiulongshanense*)、凤



阳山樱(*Cerasus fengyangshanica*)、红毛过路黄(*Lysimachia rufopilosa*)、羽裂马蓝(*Strobilanthes pinnatifida*)、云和哺鸡竹(*Phyllostachys yunhoensis*)、百山祖玉山竹(*Yushania baishanzuensis*)、浙南薹草(*Carex austrozhejiangensis*)、浙南菝葜(*Smilax austrozhejiangensis*)等。有较多自华南或西南经华中分布到浙江的属和种,如穗花杉属、半枫荷属(*Semiliquidambar*)、山香圆属(*Turpinia*)、狸尾豆属(*Uraria*)、匙叶草属、假野菰属、地胆草属(*Elephantopus*)及白豆杉(*Pseudotaxus chienii*)、假地枫皮、稠树桑寄生(*Loranthus delavayi*)、南岭栲、巴东栎(*Quercus engleriana*)、红豆树(*Ormosia hosiei*)、广西紫荆(*Cercis chuniana*)、总状山矾(*Symplocos botryantha*)、三峡槭(*Acer wilsonii*)、福建酸竹(*Acidosasa longiligula*)、头花水玉簪(*Burmannia championii*)等。本小区分布的国家一级重点保护野生植物有3种,即百山祖冷杉、红豆杉(*Taxus chinensis*)和南方红豆杉;二级重点保护野生植物有64种,如穗花杉(*Amentotaxus argotaenia*)、九龙山榧(*Torreya jiulongshanensis*)、长序榆(*Ulmus elongata*)、政和杏(*Armeniaca zhengheensis*)、竹节参(*Panax japonicus*)、江西杜鹃(*Rhododendron kiangsiense*)、梵净山石斛等;浙江省重点保护野生植物63种,如天女花(*Magnolia sieboldii*)、景宁木兰、刺叶栎(*Quercus spinosa*)、庆元冬青、川鄂山茱萸(*Cornus chinensis*)、广西越橘(*Vaccinium sinicum*)、台闽苣苔(*Titanotrichum oldhamii*)、浙江雪胆(*Hemsleya zhejiangensis*)等。

### 3.3.5 浙东南沿海小区

本小区以沿海丘陵低山为主体,仅有少数海拔1,350 m以下的中山,还包括洞头列岛、南麂列岛等众多沿海岛屿,包含山地、丘陵、盆地、平原、滨海滩涂等生境。共分布有野生种子植物822属1,920种,包括浙江特有植物40种,如雁荡润楠(*Machilus minutiloba*)、泰顺石楠(*Photinia taishunensis*)、温州冬青(*Ilex wenchowensis*)、温州葡萄(*Vitis wenchowensis*)、泰顺凤仙花(*Impatiens taishunensis*)、泰顺杜鹃(*Rhododendron taishunense*)、紫脉过路黄(*Lysimachia rubinervis*)、温州长蒴苣苔(*Didymocarpus cortusifolius*)、浙南茜草(*Rubia austrozhejiangensis*)、铜铃山紫菀(*Aster tonglingensis*)、雁荡山薹草(*Carex*

*yandangshanica*)、浙南菝葜、永嘉石斛(*Dendrobium yongjiaense*)等。在浙江仅见于本小区的有40属112种,其中有许多自我国台湾、华南及西南分布到浙江的属和种,如茅瓜属(*Solena*)、蝙蝠草属(*Christia*)、水壶藤属(*Urceola*)、球兰属(*Hoya*)、黄兰属(*Cephalantheropsis*)及闽粤蚊母树(*Distylium chungii*)、早田氏爵床(*Justicia hayatai*)、台湾斑鸠菊(*Vernonia gratiosa*)、刺葵(*Phoenix loureiroi*)、台湾虎尾草(*Chloris formosana*)等。在属的分布区类型上,是浙江省内唯一1个热带比例总和超过温带的区域。本小区分布的国家重点保护野生植物有33种,其中一级仅南方红豆杉1种,二级32种,如山橘(*Fortunella hindsii*)、珊瑚菜(*Glehnia littoralis*)、中华结缕草(*Zoysia sinica*)、永嘉石斛等;浙江省重点保护野生植物40种,如油杉(*Keteleeria fortunei*)、毛果青冈(*Cyclobalanopsis pachyloma*)、崖壁杜鹃(*Rhododendron saxatile*)、云南木犀榄(*Olea tsoongii*)、菜头肾(*Strobilanthes sarcorrhiza*)、毛鳞省藤(*Calamus thysanolepis*)等。滨海植物丰富,超过100种,如灰绿藜(*Chenopodium glaucum*)、南方碱蓬(*Suaeda australis*)、变叶裸实(*Gymnosporia diversifolia*)、滨海珍珠菜、厚藤(*Ipomoea pescaprae*)、过江藤(*Phyla nodiflora*)、碱茅(*Puccinellia distans*)、糙叶薹草(*Carex scabrifolia*)等。

## 4 讨论

### 4.1 影响浙江野生种子植物分布格局的主要因素尚需深入研究

影响植物分布格局形成的因素很多,主要是与温度、水分相关的地理位置(纬度、经度及与海洋的距离)、地质历史、地貌类型、地形因素(海拔)、气候(降水量、积温)、土壤、水文等。本文主要从浙江野生种子植物的分布现状探讨其分布格局和区系分区,但主要影响因素及如何发挥作用等问题尚需作进一步的专题研究。在植物区系分区中,依据种分布的聚类树状图与属分布的聚类树状图在划分为3个亚区时存在差异,前者是将浙东南沿海区和浙东北沿海区归于1个亚区,而后者是浙东南沿海区与括苍山区、仙霞岭区、洞宫山区合成1个亚区,浙东北沿海区则与天目山区、千里岗山区、大盘山区和天台山区合成1个亚区;依据中国特有属

分布的聚类树状图与种分布的聚类树状图在划分3个亚区时基本一致, 但进一步划分小区时与前两者都有差异。是什么因素造成这个差异的, 也需要作更进一步的分析研究。浙东南沿海区在吴征镒等(2011)、王景祥(1986)、裘宝林(1995)的研究中都是独立于浙江其他地区的, 但本文的几个聚类树状图并非如此。对这个问题除进行上述影响因素的全面分析外, 还需扩大至省外(如福建)进行更大尺度的分析比较。

#### 4.2 浙江部分地区的植物资源调查亟需加强

浙江的植物调查采集和分类研究起步较早, 老一辈植物学家和采集家为浙江的植物调查和研究打下了坚实的基础, 在1993年出版了具里程碑意义的《浙江植物志》。但总体而言仍处于描述阶段, 调查研究不够深入, 地区之间也不够平衡。浙江的植物资源调查和分类工作者已认识到这一点, 近30年来, 特别是进入21世纪以来, 植物资源调查和分类研究得到学者和政府的高度重视, 开展了持续不断的调查和研究工作, 使浙江省的植物资源调查研究上升到新的高度, 大大改变了以往不够深入和不够均衡的局面(丁炳扬和刘军, 2021)。迄今, 省内调查比较深入的有浙北平原区的慈溪, 天目山区的临安、杭州市区、安吉, 千里岗山区的开化、衢江、淳安, 大盘山区的磐安、诸暨, 天台山区的天台、余姚, 浙东北沿海区的宁波市区、宁海、象山、普陀、定海, 仙霞岭区的遂昌、武义、江山、婺城, 括苍山区的仙居、缙云、永嘉, 洞宫山区的龙泉、泰顺、景宁、庆元、莲都、文成, 浙东南沿海区的温岭、平阳、瑞安、乐清、苍南等。相比较而言, 比较薄弱的是浙北平原区、浙江中北部龙门山和会稽山。浙北平原区除对水生植物和农田杂草作过一些零星调查外未有系统性调查, 尤其是平湖和海盐东部的沿海山丘几乎是空白。龙门山(属千里岗山区东北段)包括浦江、建德(东部)、桐庐(东部)、富阳(东部), 会稽山(属大盘山区北段)包括东阳(北部)、嵊州(西部)、绍兴市区(南部), 此两山植物种类较为丰富, 虽然也做过多次调查采集, 有若干新发现, 如江西全唇苣苔(*Deinocheilos jiangxiense*)、浙江勾儿茶(*Berchemia zhejiangensis*)、浙东长蒴苣苔(*Didymocarpus lobulatus*)等, 但总体上仍需要进一步加强。

#### 4.3 黄淮平原亚地区和浙南山地亚地区的界线有待进一步细化

本研究在划分研究区域时, 以东苕溪作为第1和第2区域间的分界线。吴征镒等(2011)的中国植物区系分区系统示意图中黄淮平原亚地区和浙南山地亚地区则大致以杭州—安徽宁国一线为分界线。从地形地貌和植物分布来看, 天目山脉从临安、安吉、德清西部延伸至吴兴区南端, 应该归入浙南山地亚地区, 而吴兴区中北部、长兴县可以归入黄淮平原亚地区, 具体的划分需作更为深入的研究。

#### 4.4 区系分区对植物多样性保护的启示

胡绍庆等(2002)根据维管植物物种多样性、珍稀濒危植物的物种数量及个体数量特征、受威胁状况以及浙江省特有植物的分布情况, 提出了浙江省珍稀濒危植物保护的7个关键区域。对应于本文的10个研究区域, 除浙北平原区、大盘山区和浙东南沿海区外均分别有1个关键区域, 对应于本文植物区系分区的5个小区, 浙江中北部山地丘陵小区有浙西北山区、浙西山区、浙东丘陵3个关键区域, 浙东北沿海小区有舟山群岛1个关键区域, 浙江中南部山地丘陵小区有浙西南山区、浙南山区和浙东山区3个关键区域。迄今为止, 浙江省建有省级及以上自然保护区27处(国家级11处, 省级16处), 其中将森林生态系统或植物作为主要保护对象的保护区17处。相对应于本文的5个小区, 浙江中北部山地丘陵小区有天目山、清凉峰、龙王山、古田山、大盘山5处国家级和千里岗、东白山、东江源3处省级自然保护区, 但以本小区西部为主, 东部的天台山区还是空白。浙江中南部山地丘陵小区有凤阳山-百山祖、乌岩岭、九龙山3处国家级和望东垟、括苍山、大仰湖、仙霞岭、峰源、南山6处省级自然保护区, 也是以西部为多, 偏东部的括苍山区只有1个省级自然保护区。浙东南沿海小区和浙东北沿海小区虽然分别建有南麂列岛国家级海洋自然保护区和韭山列岛国家级自然保护区, 但以海洋动物、藻类和海岛生态系统为主要保护对象。因此在浙江省植物多样性保护和自然保护区布局上要更重视浙东南沿海小区和浙东北沿海小区2个小区及天台山区的建设。

#### 4.5 区系分区对植物引种驯化的启示




浙江虽然面积不大, 然而浙南与浙北、沿海与



内陆的环境条件存在一定差异, 根据气候相似论引种原理, 这为浙江从不同地理区域引种驯化创造了条件。浙江南部尤其是浙东南沿海区, 是热带和南亚热带植物引种的试验、驯化和推广中心。如浙江省亚热带作物研究所自1962年开始在平阳水头和苍南马站建立引种驯化基地, 从我国华南、东南亚、澳大利亚等地引种热带经济植物近千种, 经过多年试验, 筛选出适应温州地区乃至华东地区自然气候环境的有300种, 在生产上推广应用的有100余种(李林和陶正明, 2011)。相同地, 从本文对边界局域种与省外植物区系的关联性分析中可知, 浙西北的天目山区是华北、西北等温带资源植物引种驯化的理想基地, 浙西的千里岗山区和仙霞岭区是华中、西南资源植物引种驯化的理想基地, 浙东北沿海区是日本等海岛资源植物引种驯化的理想基地, 而浙北平原区则是水生植物引种驯化的理想基地。

**致谢:** 承蒙《浙江植物志(新编)》全体作者为本文提供科、属、种分布的基础资料, 浙江大学刘军先生协助查阅文献, 浙江省森林资源监测中心陈锋高级工程师和浙江农林大学鲁益飞博士协助部分插图制作, 在此表示衷心感谢。

## ORCID

丁炳扬  <https://orcid.org/0000-0002-5335-5265>  
金孝锋  <https://orcid.org/0000-0002-8195-6738>  
张永华  <https://orcid.org/0000-0002-2676-9059>  
李根有  <https://orcid.org/0000-0001-7255-7607>  
陈征海  <https://orcid.org/0000-0001-5695-0230>

## 参考文献

- Chang HT (1994) On outline on the regionalisation of the global flora. *Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Sunyatseni*, 33(3), 73–80. (in Chinese with English abstract) [张宏达 (1994) 地球植物区系分区提纲. 中山大学学报(自然科学版), 33(3), 73–80.]
- Chen QY (1985) Brief Records of Zhejiang Geography. Zhejiang People's Publishing House, Hangzhou. (in Chinese) [陈桥驿 (1985) 浙江地理简志. 浙江人民出版社, 杭州.]
- Chen T, Chang HT (1995) The floristic geography of Nanling Mountain Range, China. III. Florogeographic affinities and floristic division. *Guihaia*, 15, 131–138. (in Chinese with English abstract) [陈涛, 张宏达 (1995) 南岭植物区系地理学研究. III. 植物区系地理亲缘和区划. 广西植物, 15, 131–138.]

- Cheng M (1958) The plant distribution of several mountains in Anhui and Zhejiang provinces. *Journal of East China Normal University (Natural Science)*, (1), 73–87. (in Chinese) [郑勉 (1958) 皖浙两省主要山区植物分布概况. 华东师范大学学报(自然科学版), (1), 73–87.]
- Ding BY, Liu J (2021) A brief history of specimen collection and taxonomic study. In: *Flora of Zhejiang (New Edition)* (ed. Jin SH) Vol. 1, pp. 3–45. Zhejiang Science and Technology Publishing House, Hangzhou. (in Chinese) [丁炳扬, 刘军 (2021) 采集与研究简史. 见: 浙江植物志(新编)第一卷(金水虎主编), 3–45页. 浙江科学技术出版社, 杭州.]
- Editorial Board of *Flora of Zhejiang (New Edition)* (2020–2021) *Flora of Zhejiang (New Edition)*, Vols. 2–10. Zhejiang Science and Technology Publishing House, Hangzhou. (in Chinese) [《浙江植物志(新编)》编辑委员会 (2020–2021) 浙江植物志(新编) 第二至十卷. 浙江科学技术出版社, 杭州.]
- Hu SQ, Ding BY, Chen ZH (2002) The critical regions for conservation of rare and endangered plant species diversity in Zhejiang Province. *Biodiversity Science*, 10, 15–23. (in Chinese with English abstract) [胡绍庆, 丁炳扬, 陈征海 (2002) 浙江省珍稀濒危植物物种多样性保护的关键区域. 生物多样性, 10, 15–23.]
- Jin XF, Lu YF (2021) Floristic characteristics. In: *Flora of Zhejiang (New Edition)*, Vol. 1 (ed. Jin SH), pp. 46–74. Zhejiang Science and Technology Publishing House, Hangzhou. (in Chinese) [金孝锋, 鲁益飞 (2021) 植物区系. 见: 浙江植物志(新编), 第一卷(金水虎主编), 46–74页. 浙江科学技术出版社, 杭州.]
- Jin XF, Lu YF, Ding BY, Li GY, Chen ZH, Zhang FG (2022) Species cataloging of the seed plants in Zhejiang, East China. *Biodiversity Science*, 30, 21408. (in Chinese with English abstract) [金孝锋, 鲁益飞, 丁炳扬, 李根有, 陈征海, 张方钢 (2022) 浙江种子植物物种编目. 生物多样性, 30, 21408.]
- Li H, Wu SK (1983) The regionalization of Xizang (Tibet) flora and the floristic structure of South Himalaya Region. *Acta Geographica Sinica*, 38, 252–261. (in Chinese with English abstract) [李恒, 武素功 (1983) 西藏植物区系区划和喜马拉雅南部植物地区的区系特征. 地理学报, 38, 252–261.]
- Li L, Tao ZM (2011) Featured Subtropical Plants Introduced in Zhejiang. China Agricultural Science and Technology Press, Beijing. (in Chinese) [李林, 陶正明 (2011) 浙江亚热带特色引种植物. 中国农业科学技术出版社, 北京.]
- Liao WB, Chang HT, Zhong MJ (1995) The regionalization of flora from Guangdong and its neighbouring regions. *Guihaia*, 15, 26–35. (in Chinese with English abstract) [廖文波, 张宏达, 仲铭锦 (1995) 广东植物区系的分区. 广西植物, 15, 26–35.]
- Lin N, Sun H (2019) Putative utilization and potential of phylogeoregion in substandard biogeographic regionalization. *Kexue*, 71(4), 21–24. (in Chinese) [林楠, 孙航 (2019) 谱系地理区划学: 植物区系区划中的新概念. 科学, 71(4), 21–24.]

- Liu FX, Liu SL, Yang ZB, Hao RM, Yao G, Huang ZY, Li N (1995) A floristic study on the seed plants from the region of East China. *Acta Botanica Yunnanica*, (Suppl. 7), 93–110. (in Chinese with English abstract) [刘昉勋, 刘守炉, 杨志斌, 郝日明, 姚淦, 黄致远, 李宁 (1995) 华东地区种子植物区系研究. 云南植物研究, (增刊7), 93–110.]
- Liu ZC, Cao ZQ (2001) Study on the division of the floristic area in Henan. *Journal of Henan Agricultural University*, 35(2), 145–148. (in Chinese with English abstract) [刘宗才和曹振强 (2001) 河南植物区系分区研究. 河南农业大学学报, 35(2), 145–148.]
- Lu FJ, Du XY, Qu CY, Yang MJ, Li FZ (2005) Further discussion on the Shandong and Liaodong Peninsula floras. *Acta Phytocologica Sinica*, 29, 516–518. (in Chinese with English abstract) [鲁法军, 杜晓艳, 曲畅游, 杨美娟, 李法曾 (2005) 再论山东半岛和辽东半岛植物区系在区划中的地位. 植物生态学报, 29, 516–518.]
- Ma JS, Li HR (2018) The Checklist of the Alien Invasive Plants in China. Higher Education Press, Beijing. (in Chinese) [马金双, 李惠如 (2018) 中国外来入侵植物名录. 高等教育出版社, 北京.]
- Qiu BL (1995) On the subject of dividing the South and the East China floristic regions of the forest plants in southern Zhejiang. *Journal of Plant Resources and Environment*, 4, 23–30. (in Chinese with English abstract) [裘宝林 (1995) 关于浙江南部森林植物华南、华东两个区系的划分问题. 植物资源与环境, 4, 23–30.]
- Wang JX (1986) On the forest flora of Zhejiang Province. *Acta Phytotaxonomica Sinica*, 24, 165–176. (in Chinese with English abstract) [王景祥 (1986) 试论浙江省森林植物区系. 植物分类学报, 24, 165–176.]
- Wang JX, Zheng CZ (1993) Floristic outline. In: *Flora of Zhejiang (Volume General)* (eds Zhang SY, Ding BY), pp. 8–23. Zhejiang Science and Technology Publishing House, Hangzhou. (in Chinese) [王景祥, 郑朝宗 (1993) 植物区系. 见: 浙江植物志(总论卷) (章绍尧, 丁炳扬主编), 8–23页. 浙江科学技术出版社, 杭州.]
- Wang JZ, Li SX (1995) The features and regionalization of the Pteridophyte flora in N E China. *Journal of Beijing Forestry University*, 4(1), 43–52.
- Wang WT (1992) On some distribution patterns and some migration routes found in the Eastern Asiatic Region. *Acta Phytotaxonomica Sinica*, 30, 1–24, 97–117. (in Chinese with English abstract) [王文采 (1992) 东亚植物区系的一些分布式样和迁移路线. 植物分类学报, 30, 1–24, 97–117.]
- Wu ZY (1979) The regionalization of Chinese flora. *Acta Botanica Yunnanica*, 1(1), 1–20. (in Chinese) [吴征镒 (1979) 论中国植物区系的分区问题. 云南植物研究, 1(1), 1–20.]
- Wu ZY (1980) *Vegetation of China*. Science Press, Beijing. (in Chinese) [吴征镒 (1980) 中国植被. 科学出版社, 北京.]
- Wu ZY, Sun H, Zhou ZK, Li DZ, Peng H (2011) *Floristics of Seed Plants from China*. Science Press, Beijing. (in Chinese) [吴征镒, 孙航, 周浙昆, 李德铎, 彭华 (2011) 中国种子植物区系地理. 科学出版社, 北京.]
- Zhang QW (2002) A study on floristic regionalization in Qinling Mt. *Journal of Wuhan Botanical Research*, 20, 21–32. (in Chinese with English abstract) [张秦伟 (2002) 秦岭种子植物区系分区研究. 武汉植物学研究, 20, 21–32.]
- Zhang W, Zhao SL (2002) A study of floristic division of Shandong Province. *Guihaia*, 22, 29–34. (in Chinese with English abstract) [张伟, 赵善伦 (2002) 山东植物区系分区研究. 广西植物, 22, 29–34.]
- Zhang ZW, Zhang CL, Chen YS, Ding SY (1992) A preliminary study on the border line the floristic regionalization in the Loess Plateau of Northern Shaanxi. *Acta Botanica Borealo-Occidentalia Sinica*, 12, 303–308. (in Chinese with English abstract) [张振万, 张春林, 陈彦生, 丁士友 (1992) 陕北黄土高原植物区系分区界线初探. 西北植物学报, 12, 303–308.]
- Zhao WY (2017) *The Floristic Phytogeography of Spermatophyte Flora in Luoxiao Range*. PhD dissertation, Sun Yat-sen University. Guangzhou. (in Chinese with English abstract) [赵万义 (2017) 罗霄山脉种子植物区系地理学研究. 博士学位论文, 中山大学, 广州.]
- Zheng CZ (1987) Characteristics of Zhejiang flora. *Journal of Hangzhou University (Natural Science Edition)*, 14, 348–361. (in Chinese with English abstract) [郑朝宗 (1987) 浙江植物区系的特点. 杭州大学学报(自然科学版), 14, 348–361.]

(责任编辑: 陈又生 责任编辑: 黄祥忠)

## 附录 Supplementary Material

### 附录1 浙江野生种子植物分布区域划分

Appendix 1 Distribution area of wild seed plants division diagram of Zhejiang Province  
<https://www.biodiversity-science.net/fileup/PDF/2022515-1.pdf>

### 附录2 浙江野生种子植物属的分布

Appendix 2 Distribution of wild seed plants genus in Zhejiang  
<https://www.biodiversity-science.net/fileup/PDF/2022515-2.xlsx>

### 附录3 浙江野生种子植物种的分布

Appendix 3 Distribution of wild seed plant species in Zhejiang  
<https://www.biodiversity-science.net/fileup/PDF/2022515-3.xlsx>

## 附录1 浙江野生种子植物分布区域划分

### Appendix 1 Distribution area of wild seed plants division diagram of Zhejiang Province

1. **浙北平原区**(North Zhejiang plain area) (杭嘉湖平原-宁绍平原): 东苕溪以东, 浙东地势分界线以北, 甬江以西。区内以平原为主, 但在嘉兴的东部沿海和慈溪南部有丘陵低山, 环杭州湾则有沿海(或沿江)滩涂。最高峰: 海盐高阳山海拔 251.6 m, 慈溪踢脑岗海拔 446 m。

2. **天目山区**(Tianmu Mountain area) (浙西北丘陵山地区): 东苕溪以西、新安江以北、富春江以西。区内主要为丘陵和中山, 主要山峰有天目山、龙王山、龙塘山、大明山、金紫尖。最高峰为临安清凉峰海拔 1,787.4 m。

3. **千里岗山区**(Qianligang Mountain area) (浙西丘陵山地区): 新安江以南、常山港(延至浙赣边界)-衢江-兰江-金华以北、富春江以东、金华沿东阳江-义乌(延至郑家坞)-沿浦阳江至诸暨山下湖-绍兴一线以西、浙东运河(杭州-绍兴)以南。区内主要为丘陵低山及盆地, 主要山峰有古田山、南华山、磨心尖、千里岗山、白菊花尖、龙门山(观音尖)、仙华山、北山。最高峰为淳安磨心尖海拔 1,523 m。

以上 3 区属于江山-绍兴深大断裂以西, 为海相沉积地层, 有较多石灰岩分布, 后面 7 个区则属于此断裂带以东, 为陆相火山沉积地层, 以火山碎屑岩和侵入岩为主。

4. **大盘山区**(Dapan Mountain area) (浙中丘陵山地区): 金华市区沿武义江至武义以东、永安溪至缙云壶镇至永康-武义以北、天台始丰溪至曹娥江(嵊州以上)主流以西, 金华沿东阳江-义乌(延至郑家坞)-沿浦阳江至诸暨山下湖-绍兴一线以东、浙东地势分界线(绍兴至曹娥江)以南。区内大部为低山丘陵及山间盆地, 主要山峰有大盘山、清明尖、大雷山、会稽山(东白山)。最高峰为磐安青梅尖海拔 1,314 m。

5. **天台山区**(Tiantai Mountain area) (浙东丘陵山地区): 椒江以北、临海连至三门、宁海、奉化沿甬江至浙东运河以西、沿始丰溪至曹娥江主流以东、浙东地势分界线以南。区内主要为丘陵及山间盆地, 主要山峰有华顶山、苍山、四明山。最高峰为天台苍山海拔 1,113.5 m。

6. **浙东北沿海区**(Northeast Zhejiang coastal area) (浙东北沿海丘陵及岛屿区): 舟山群岛及椒江以北、临海连至三门-宁海-奉化沿甬江出海口以东的沿海地区。区内主要为丘陵和沿海岛屿, 有较大面积的沿海滩涂。主要山峰有湫水山(三门)、茶山(宁海)、天童、黄杨尖、普陀山、大青山、对峙山、东福山。最高峰为三门湫水山 882.4 m, 普陀桃花岛对峙山海拔 544.4 m 为舟山群岛最高峰。

7. **仙霞岭区**(Xianxialing Mountain area) (浙西南丘陵山地区): 常山港(延至浙赣边界)-衢江-兰江-金华以南, 大溪丽水至龙泉-八都-上垟连至浙闽边界以北, 莲都沿小安溪连武义沿武义江至金华以西。区内主要为中低山地及山间盆地, 主要山峰有九龙山、白马山、药王山、仙霞岭、箬寮岬、披云山、牛头山、金华南山, 最高峰为遂昌九龙山海拔 1,724 m。

8. **括苍山区**(Kuocang Mountain area) (浙东南丘陵山地区): 瓯江(丽水至青田温溪)以北、温溪连至永嘉再沿楠溪江及东源延至黄岩长潭水库至三江口与椒江汇合以西, 椒江三江口-永安溪至缙云壶镇至永康-武义以南, 武义沿莲都小安溪至丽水以东。区内主要为低山丘陵及山间盆地, 主要山峰有括苍山、大洋山、五台山(青田)、大青岗(永嘉)。最高峰为缙云大洋山海拔 1,500.6 m。

9. **洞宫山区**(Donggong Mountain area) (浙南丘陵山地区): 大溪丽水至龙泉-八都-上垟连至浙闽边界以南, 大溪(丽水至青田温溪)以西、温溪连至文成沿飞云江(珊溪水库)至泰顺县城连至浙闽交界以西。区内主要为中低山地及山间盆地, 主要山峰有凤阳山、百山祖、五岭坑、上山头、望东垟、大仰湖、乌岩岭、铜铃山、莲都峰源。最高峰为龙泉凤阳山海拔 1,929 m。

10. **浙东南沿海区**(Southeast Zhejiang coastal area) (浙东南沿海丘陵及岛屿区): 温溪连至文成沿飞云江(珊溪水库)至泰顺县城连至浙闽交界以东, 温溪连至永嘉再沿楠溪江及东源延至黄岩长潭水库至三江口与椒江汇合以东, 三江口至椒江出海口以南。区内主要低山丘陵、沿海平原和滩涂, 主要山峰有九峰山、玉苍山、南雁荡山、望州山(苍南)、花岩、奇云山(金鸡山)、大罗山、北雁荡山。最高峰为瑞安、青田和瓯海交界的金鸡山海拔 1,320.7 m。